

IEEJ Outlook

2023

エネルギー・環境・経済

エネルギー安全保障と脱炭素化の両立に向けた挑戦



The Institute of
Energy Economics, Japan

IEEJ Outlook 2023



**The Institute of
Energy Economics, Japan**

岩田 竹広
江藤 諒
遠藤 聖也
太田 啓介
小笠原 潤一
尾羽 秀晃
鬮 思超
木村 謙仁
久谷 一朗
小林 良和
小山 堅
佐川 篤男
柴田 善朗
末広 茂
橋本 裕
村上 朋子
森川 哲男
森本 壮一
森本 大樹
柳澤 明
山下 ゆかり
横田 恵美理
吉田 昌登

| | |
|------------------------------------|------------|
| エグゼクティブ・サマリー | 1 |
| 第I部 エネルギー需給展望 | 11 |
| 1. 見通しの枠組み | 13 |
| 2. エネルギー需要 | 23 |
| 3. エネルギー供給 | 53 |
| 4. 技術進展シナリオ | 95 |
| 5. エネルギー関連投資 | 123 |
| 第II部 新情勢下のエネルギー安全保障の課題と対応戦略 | 129 |
| 6. ウクライナ危機とエネルギー転換を踏まえたエネルギー安全保障戦略 | 131 |
| 7. 電力安定供給強化への対応と原子力発電の重要性 | 143 |
| 8. クリティカルミネラル問題とエネルギーおよび経済安全保障 | 153 |
| 9. グリーン投資による経済への影響 | 179 |
| 付表 | 193 |
| スライド | 251 |

| | |
|---|----|
| 図1-1 地域区分..... | 13 |
| 図1-2 導入技術の想定例[技術進展シナリオ] | 14 |
| 図1-3 世界の経済成長率..... | 17 |
| 図1-4 主要国・地域の経済成長率..... | 17 |
| 図1-5 人口..... | 18 |
| 図1-6 Brent原油価格..... | 20 |
| 図2-1 世界の一次エネルギー消費、実質GDP、対GDPエネルギー消費原単位 [レファレンスシナリオ]..... | 24 |
| 図2-2 主要国・地域の一次エネルギー消費[レファレンスシナリオ] | 24 |
| 図2-3 世界の一次エネルギー消費[レファレンスシナリオ] | 26 |
| 図2-4 一次エネルギー消費増減[2020年～2050年、レファレンスシナリオ]..... | 26 |
| 図2-5 主要国・地域の化石燃料依存度[レファレンスシナリオ] | 26 |
| 図2-6 世界の一次エネルギー消費増減寄与[レファレンスシナリオ、2020年～ 2050年]..... | 27 |
| 図2-7 主要国・地域の供給側電化率[レファレンスシナリオ]..... | 27 |
| 図2-8 世界の石油消費と一次エネルギー消費に占めるシェア[レファレンスシナ リオ]..... | 28 |
| 図2-9 主要国・地域の石油消費[レファレンスシナリオ]..... | 29 |
| 図2-10 世界の石油消費[レファレンスシナリオ]..... | 29 |
| 図2-11 世界の天然ガス消費と一次エネルギー消費に占めるシェア[レファレン スシナリオ] | 31 |
| 図2-12 主要国・地域の天然ガス消費[レファレンスシナリオ]..... | 32 |
| 図2-13 世界の天然ガス消費[レファレンスシナリオ]..... | 32 |
| 図2-14 世界の石炭消費と一次エネルギー消費に占めるシェア[レファレンスシ ナリオ] | 33 |
| 図2-15 主要国・地域の石炭消費[レファレンスシナリオ]..... | 33 |
| 図2-16 世界の石炭消費[レファレンスシナリオ]..... | 33 |
| 図2-17 世界の発電用非化石エネルギー消費[レファレンスシナリオ]..... | 35 |
| 図2-18 世界の熱用非化石エネルギー消費[レファレンスシナリオ]..... | 35 |
| 図2-19 アジアの一次エネルギー消費[レファレンスシナリオ]..... | 36 |

| | |
|--|----|
| 図2-20 ASEANの一次エネルギー消費[レファレンスシナリオ] | 36 |
| 図2-21 アジアの一次エネルギー消費[レファレンスシナリオ] | 38 |
| 図2-22 アジアの石油消費[レファレンスシナリオ] | 38 |
| 図2-23 アジアの天然ガス消費[レファレンスシナリオ] | 39 |
| 図2-24 実質GDPと最終エネルギー消費[レファレンスシナリオ] | 42 |
| 図2-25 世界の最終エネルギー消費と主要国・地域の増加寄与[レファレンスシ ナリオ、2020年～2050年] | 43 |
| 図2-26 中国、インド、MENA、ASEANの最終エネルギー消費[レファレンスシ ナリオ] | 43 |
| 図2-27 先進国、新興・途上国の最終エネルギー消費[レファレンスシナリオ] | 45 |
| 図2-28 自動車保有台数[レファレンスシナリオ] | 46 |
| 図2-29 世界の最終エネルギー消費(エネルギー源別) [レファレンスシナリオ] | 47 |
| 図2-30 エネルギー起源CO ₂ 排出量[レファレンスシナリオ] | 50 |
| 図2-31 エネルギー起源CO ₂ 排出量の年変化率と寄与度[レファレンスシナリオ] | 50 |
| 図2-32 世界のエネルギー起源CO ₂ 排出量[レファレンスシナリオ] | 51 |
| 図3-1 主要地域間の原油貿易[2021年] | 56 |
| 図3-2 主要地域間の原油貿易[レファレンスシナリオ、2050年] | 56 |
| 図3-3 主要地域間の天然ガス貿易[2021年] | 67 |
| 図3-4 主要地域間の天然ガス貿易[レファレンスシナリオ、2050年] | 67 |
| 図3-5 世界の石炭生産 | 68 |
| 図3-6 世界の石炭生産[レファレンスシナリオ] | 71 |
| 図3-7 世界の石炭貿易(輸入量) [レファレンスシナリオ] | 74 |
| 図3-8 主要国・地域間の石炭貿易[2021年] | 75 |
| 図3-9 主要国・地域間の石炭貿易[レファレンスシナリオ、2050年] | 75 |
| 図3-10 輸送用バイオ燃料消費[レファレンスシナリオ] | 76 |
| 図3-11 世界の発電電力量と電力最終消費[レファレンスシナリオ] | 79 |
| 図3-12 主要国・地域の発電電力量[レファレンスシナリオ] | 79 |
| 図3-13 世界の発電構成[レファレンスシナリオ] | 80 |
| 図3-14 先進国、新興・途上国の電源構成[レファレンスシナリオ] | 81 |
| 図3-15 中国、インド、ASEANの電源構成[レファレンスシナリオ] | 82 |

| | |
|---|-----|
| 図3-16 世界の原子力発電設備容量と基数 | 83 |
| 図3-17 原子力発電設備容量[レファレンスシナリオ] | 84 |
| 図3-18 アジアの原子力発電設備容量[レファレンスシナリオ] | 87 |
| 図3-19 世界の再生可能エネルギー(水力を除く)発電量[レファレンスシナリオ] | 88 |
| 図3-20 風力発電設備容量[レファレンスシナリオ] | 90 |
| 図3-21 太陽光発電設備容量[レファレンスシナリオ] | 90 |
| 図3-22 日本の太陽光発電産業の経済規模、雇用者数、年間太陽光発電導入量の 推移 | 91 |
| 図3-23 日本の太陽光パネル国内出荷構成 | 92 |
| 図4-1 世界の技術による省エネルギー(レファレンスシナリオ比) [技術進展シナ リオ、2050年] | 98 |
| 図4-2 風力発電設備容量[技術進展シナリオ] | 101 |
| 図4-3 太陽光発電設備容量[技術進展シナリオ] | 101 |
| 図4-4 原子力発電設備容量[技術進展シナリオ] | 104 |
| 図4-5 アジアの原子力発電設備容量[技術進展シナリオ] | 106 |
| 図4-6 世界の一次エネルギー消費と省エネルギー(レファレンスシナリオ比) [技 術進展シナリオ] | 107 |
| 図4-7 一次エネルギー消費の変化(レファレンスシナリオ比) [技術進展シナリ オ] | 108 |
| 図4-8 一次エネルギー消費量のGDP原単位[技術進展シナリオ] | 109 |
| 図4-9 世界の最終消費の変化(レファレンスシナリオ比) [技術進展シナリオ、 2050年] | 110 |
| 図4-10 世界の最終エネルギー消費構成[2050年] | 110 |
| 図4-11 最終エネルギー消費節減量とGDP当たり最終エネルギー消費の変化(レ ファレンスシナリオ比) [技術進展シナリオ、2050年] | 111 |
| 図4-12 世界の発電量[技術進展シナリオ] | 113 |
| 図4-13 アジアの発電量[技術進展シナリオ] | 113 |
| 図4-14 主要地域間の天然ガス貿易[技術進展シナリオ、2050年] | 116 |
| 図4-15 世界の石炭生産[技術進展シナリオ] | 117 |
| 図4-16 世界のエネルギー起源CO ₂ 排出量[技術進展シナリオ] | 119 |

| | |
|---|-----|
| 図4-17 エネルギー起源CO ₂ 排出量[技術進展シナリオ] | 120 |
| 図4-18 エネルギー起源CO ₂ 排出削減量の要因分解[技術進展シナリオ]..... | 121 |
| 図5-1 世界のエネルギー関連投資..... | 124 |
| 図5-2 エネルギー関連投資[レファレンスシナリオ、2021年～2050年累積] | 124 |
| 図5-3 発電分野の投資[レファレンスシナリオ]..... | 125 |
| 図5-4 発電分野の投資[技術進展シナリオ]..... | 126 |
| 図5-5 天然ガス分野の投資 | 127 |
| 図5-6 石油分野の投資 | 127 |
| 図5-7 世界の省エネルギーの投資..... | 128 |
| 図6-1 アジア主要国の一次エネルギー供給[2020年] | 136 |
| 図6-2 化石燃料価格がASEANの電力限界費用に及ぼす影響 | 139 |
| 図6-3 ブルー水素とグリーン水素..... | 141 |
| 図7-1 2021年夏季カリフォルニアISOの最大電力とピーク時輸入率 | 144 |
| 図7-2 EU 28か国の電源種別発電電力量 | 147 |
| 図7-3 英国の電源構成 | 149 |
| 図7-4 世界の建設中・計画中原子炉[2022年1月1日]..... | 151 |
| 図8-1 世界のリチウム需給 | 156 |
| 図8-2 世界のリチウム需要[技術進展シナリオ、2022年～2050年累積]と埋蔵量 | 156 |
| 図8-3 世界のシリコン需要 | 157 |
| 図8-4 世界のシリコン需要[技術進展シナリオ、2022年～2050年累積]と埋蔵量 | 157 |
| 図8-5 世界のニッケル需給 | 158 |
| 図8-6 世界のニッケル需要[技術進展シナリオ、2022年～2050年累積]と埋蔵量 | 159 |
| 図8-7 世界のコバルト需給 | 160 |
| 図8-8 世界のコバルト需要[技術進展シナリオ、2022年～2050年累積]と埋蔵量 | 160 |
| 図8-9 世界の天然グラファイト需給 | 161 |
| 図8-10 世界の天然グラファイト需要[技術進展シナリオ、2022年～2050年累積] と埋蔵量 | 162 |
| 図8-11 世界のプラチナ需給 | 163 |
| 図8-12 世界のプラチナ需要[技術進展シナリオ、2022年～2050年累積]と埋蔵量 | 163 |
| 図8-13 世界のパラジウム需給 | 164 |

| | |
|---|-----|
| 図8-14 世界のパラジウム需要[技術進展シナリオ、2022年～2050年累積]と埋蔵量..... | 165 |
| 図8-15 世界のロジウム需給..... | 166 |
| 図8-16 世界のロジウム需要[技術進展シナリオ、2022年～2050年累積]と埋蔵量 | 166 |
| 図8-17 世界のネオジム需給 | 167 |
| 図8-18 世界のネオジム需要[技術進展シナリオ、2022年～2050年累積]と埋蔵量 | 168 |
| 図8-19 世界のジスプロシウム需給 | 169 |
| 図8-20 世界のジスプロシウム需要[技術進展シナリオ、2022年～2050年累積]と埋蔵量..... | 169 |
| 図8-21 世界のバナジウム需給 | 170 |
| 図8-22 世界のバナジウム需要[技術進展シナリオ、2022年～2050年累積]と埋蔵量..... | 171 |
| 図8-23 世界の銅需給..... | 172 |
| 図8-24 世界の銅需要[技術進展シナリオ、2022年～2050年累積]と埋蔵量..... | 172 |
| 図8-25 ニッケルのマテリアルフロー[2019年] | 173 |
| 図9-1 グリーン投資の波及効果測定のイメージ..... | 180 |
| 図9-2 モデル構造の概要..... | 181 |
| 図9-3 生産額構成 | 184 |
| 図9-4 グリーン投資・消費額の増減(レファレンスシナリオ比) [2021年～2050年累積] | 185 |
| 図9-5 エネルギー投入・消費額の増減(レファレンスシナリオ比) [2050年]..... | 186 |
| 図9-6 生産額の増減(レファレンスシナリオ比) [2050年]..... | 187 |
| 図9-7 生産額の増減率(地域別、レファレンスシナリオ比) [2050年] | 187 |
| 図9-8 生産額の増減率(産業別、レファレンスシナリオ比) [2050年] | 188 |
| 図9-9 GDPおよび世界の雇用者所得の増減率(レファレンスシナリオ比) [2050年] | 189 |
| | |
| 表1-1 国際エネルギー価格想定 | 21 |
| 表3-1 原油生産[レファレンスシナリオ] | 54 |
| 表3-2 米国シェール革命と世界のLNG市場の変遷 | 64 |

| | |
|--|-----|
| 表3-3 天然ガス生産[レファレンスシナリオ] | 66 |
| 表3-4 一般炭生産[レファレンスシナリオ] | 73 |
| 表3-5 原料炭生産[レファレンスシナリオ] | 73 |
| 表3-6 主要国・地域における再生可能エネルギー導入目標 | 88 |
| 表4-1 技術の想定例[技術進展シナリオ] | 95 |
| 表4-2 水素技術導入想定 | 97 |
| 表4-3 世界のエネルギー指標 | 98 |
| 表4-4 原油生産[技術進展シナリオ] | 114 |
| 表4-5 天然ガス生産[技術進展シナリオ] | 115 |
| 表4-6 一般炭生産[技術進展シナリオ] | 118 |
| 表4-7 原料炭生産[技術進展シナリオ] | 118 |
| 表4-8 主要国・地域の2030年エネルギー起源CO ₂ 排出量と2030年目標の比較 | 121 |
| 表6-1 アジア主要国の石炭依存度と天然ガス転換によるCO ₂ 排出削減効果[2020 年] | 137 |
| 表8-1 分析対象(鉱種・カーボンニュートラル関連技術)と使用原単位 | 154 |
| 表8-2 技術進展シナリオにおけるクリティカルミネラルの需給見通しサマリー | 174 |
| | |
| 付表1 地域区分 | 195 |
| 付表2 主要エネルギー・経済指標 | 198 |
| 付表3 人口 | 199 |
| 付表4 GDP | 200 |
| 付表5 1人当たりGDP | 201 |
| 付表6 国際エネルギー価格 | 202 |
| 付表7 一次エネルギー消費[レファレンスシナリオ] | 203 |
| 付表8 一次エネルギー消費、石炭[レファレンスシナリオ] | 204 |
| 付表9 一次エネルギー消費、石油[レファレンスシナリオ] | 205 |
| 付表10 一次エネルギー消費、天然ガス[レファレンスシナリオ] | 206 |
| 付表11 最終エネルギー消費[レファレンスシナリオ] | 207 |
| 付表12 最終エネルギー消費、産業[レファレンスシナリオ] | 208 |
| 付表13 最終エネルギー消費、運輸[レファレンスシナリオ] | 209 |

| | |
|---|-----|
| 付表14 最終エネルギー消費、民生・農業他[レファレンスシナリオ] | 210 |
| 付表15 最終エネルギー消費、電力[レファレンスシナリオ] | 211 |
| 付表16 発電電力量[レファレンスシナリオ] | 212 |
| 付表17 1人当たり一次エネルギー消費[レファレンスシナリオ] | 213 |
| 付表18 GDP当たり一次エネルギー消費[レファレンスシナリオ] | 214 |
| 付表19 エネルギー起源二酸化炭素排出[レファレンスシナリオ] | 215 |
| 付表20 世界[レファレンスシナリオ] | 216 |
| 付表21 アジア[レファレンスシナリオ] | 217 |
| 付表22 中国[レファレンスシナリオ] | 218 |
| 付表23 インド[レファレンスシナリオ] | 219 |
| 付表24 日本[レファレンスシナリオ] | 220 |
| 付表25 韓国[レファレンスシナリオ] | 221 |
| 付表26 台湾[レファレンスシナリオ] | 222 |
| 付表27 ASEAN [レファレンスシナリオ] | 223 |
| 付表28 インドネシア[レファレンスシナリオ] | 224 |
| 付表29 マレーシア[レファレンスシナリオ] | 225 |
| 付表30 ミャンマー[レファレンスシナリオ] | 226 |
| 付表31 フィリピン[レファレンスシナリオ] | 227 |
| 付表32 タイ[レファレンスシナリオ] | 228 |
| 付表33 ベトナム[レファレンスシナリオ] | 229 |
| 付表34 北米[レファレンスシナリオ] | 230 |
| 付表35 米国[レファレンスシナリオ] | 231 |
| 付表36 中南米[レファレンスシナリオ] | 232 |
| 付表37 欧州先進国[レファレンスシナリオ] | 233 |
| 付表38 他欧州/ユーラシア[レファレンスシナリオ] | 234 |
| 付表39 欧州連合[レファレンスシナリオ] | 235 |
| 付表40 アフリカ[レファレンスシナリオ] | 236 |
| 付表41 中東[レファレンスシナリオ] | 237 |
| 付表42 オセアニア[レファレンスシナリオ] | 238 |
| 付表43 先進国[レファレンスシナリオ] | 239 |

| | |
|--|-----|
| 付表44 新興・途上国[レファレンスシナリオ] | 240 |
| 付表45 世界[技術進展シナリオ] | 241 |
| 付表46 アジア[技術進展シナリオ] | 242 |
| 付表47 中国[技術進展シナリオ] | 243 |
| 付表48 インド[技術進展シナリオ] | 244 |
| 付表49 日本[技術進展シナリオ] | 245 |
| 付表50 ASEAN [技術進展シナリオ] | 246 |
| 付表51 米国[技術進展シナリオ] | 247 |
| 付表52 欧州連合[技術進展シナリオ] | 248 |
| 付表53 先進国[技術進展シナリオ] | 249 |
| 付表54 新興・途上国[技術進展シナリオ] | 250 |
| | |
| Box 3-1 太陽光発電の国外依存度の高まりにどのように対応するか | 91 |
| Box 4-1 技術進展シナリオにおける水素の織り込み | 96 |
| Box 9-1 産業連関モデルおよび国際貿易モデルの構造式 | 182 |

エグゼクティブ・サマリー

世界のエネルギー需給展望(レファレンスシナリオ)

気候変動対策やエネルギー安全保障の観点から省エネルギーが進むものの、エネルギー消費は増え続ける

- 気候変動対策やエネルギー安全保障の観点から、世界の国内総生産(GDP)当たりエネルギー消費原単位の減少速度はこれまでのペースを上回る。しかし、マクロ経済がその減少率以上に拡大するため、過去のすう勢および現在までのエネルギー・環境に係る政策・技術等の延長上に見込まれる効果を織り込む「レファレンスシナリオ」では、2050年の世界のエネルギー消費は2020年の1.3倍に増加し、石油換算17,649百万t (Mtoe)となる。
- 供給投資不足やロシアのウクライナ侵攻により、化石燃料安定供給への懸念が高まっている。しかし、化石燃料の消費は今後も年率0.8%で伸び続ける。天然ガスは発電部門を中心に年率1.3%で増加し、最も消費量が多い石油に近づく。石油は航空、船舶、石油化学原料などを中心に年率0.7%で拡大する。石炭は大気汚染や気候変動問題等を背景に、2030年ごろをピークに減少に転じ、2050年には2020年を下回る。
- 多くの国がカーボンニュートラルを目指し、非化石エネルギー利用拡大への期待が高まっている。太陽光・風力他の伸びが最も大きく、2050年には2020年に比べ3.9倍に増大する。しかし、非化石エネルギーが一次エネルギー消費全体に占める割合は、2020年の20%から2050年に23%へとわずかに拡大するにとどまる。
- 世界の需要増加をけん引していた中国の消費が2030年ごろをピークに減少に転じる一方、インド、中東・北アフリカ、東南アジア諸国連合(ASEAN)の需要は増加の一途をたどる。2040年代にインドの消費量は米国を、ASEANは欧州連合(EU)を凌駕し、エネルギー・環境分野における新興・途上国の役割がいっそう重要となる。

中東産油国が低生産コストを活かして原油供給をリード。ロシアは禁輸や制裁の影響で上流投資不足が深刻化し、減少スピードが速くなる

- 2030年までの中期的なタイムスパンでは、石油輸出国機構(OPEC)、非OPECはともに原油生産を増加させる。ただし、ウクライナ戦争前から中長期的な生産量減少が見込まれていたヨーロッパ・ユーラシアは、西側諸国の禁輸や制裁の影響でロシアの上流投資不足が深刻化し、減少スピードが速くなる。2010年代に驚異的な増産をみせた米国を中心とする北米の生産は、2030年ごろにピークに達する。
- 2030年からは、中南米での生産量は増加するものの、OPEC、特に潤沢な原油埋蔵量と安価な生産コストを誇る中東OPEC加盟国の存在感がますます高まる。世界の石油供給に占めるOPEC原油のシェアは2020年の34%から2050年には44%に高まる。
- 世界の原油貿易総量は、石油需要の増加を背景に増加する。需要が減少する経済協力開発機構(OECD)諸国では輸入も低下するが、非OECD諸国の輸入がそれを上回る勢いで増加する。アジアは輸入依存度が上昇し続け、米州からの流入は増加するものの、中東が最大供給地域であり続ける。ロシアを中心とする非OECDヨーロッパ/中央アジアは、ヨーロッパ向けの供給減少が加速し、中国市場への依存度が高くなる。

LNG市場が豊富な供給ポテンシャルにより拡大しつつも、見通しは不確実化

- 世界最大の天然ガス生産国であり、かつ消費国でもある米国では、引き続きシェールガスを中心とする天然ガスの生産が増加する。2030年ごろまで、年率1%程度で生産が増加し、その後は安定化する。
- 2020年時点でカタールをわずかに上回り世界最大の液化天然ガス(LNG)輸出国となったオーストラリアは、既存のLNG生産設備への補完的ガス供給を軸とする案件もあり、生産が順調に増加するが、2030年以降、増加は緩やかになる。
- ロシア北極圏では、2件目の大型LNG輸出プロジェクトが投資決定を行い、建設が進行してきた。しかしながら、2022年2月以降のロシアによるウクライナ侵攻により先行きは不透明化している。

脱石炭の実現は、現実的には長期的な取り組み

- 欧米をはじめ先進国では脱炭素が一段と加速し、新興・途上国においてもカーボンニュートラルの表明がなされたが、長期的には中国を除くインド、ASEAN等のアジア

アとアフリカ等で石炭需要は拡大する。世界の石炭生産は、需要に対応して2030年代前半まで増加する。その後は減少に転じ、2040年代に入り減少傾向が強まる。

一般炭生産は、主に発電用需要の増加に伴い2020年の5,950 Mtから2040年には6,537 Mtまで増加する。その後減少に転じ、2050年には6,311 Mtとなる。主に鉄鋼生産の原料として用いられる原料炭の生産は、2020年の1,014 Mtから漸減し、2050年には824 Mtまで減少する。

発電電力量はアジアで急速に拡大。天然ガス火力が最大の電源に

世界の発電量は年率1.8%で増加し、2050年には2020年の1.7倍となる45,777 TWhに増大する。その増分の95%が新興・途上国に由来する。急速な経済成長を続けるアジアの発電量は、年率2.1%で増加し、2050年には世界のおよそ半分となる23,313 TWhに達する。

世界の発電構成において、最も大きなシェアを占めているのは石炭であるが、2050年には天然ガスが最大の電源となる。先進国、新興・途上国の双方で増加傾向が続いており、その安定供給確保は喫緊の課題であると同時に長期的な課題であり続ける。

先進国では、再生可能エネルギーの急速な導入が進むことで、2020年代前半には天然ガスを追い抜き最大の電源となる。このうち出力変動性がある太陽光・風力は2050年には発電量の25%を占める。これらの出力変動への対策、発電適地と需要地を結ぶ系統拡充が課題となる。

新興・途上国においても再生可能エネルギーは風力を中心に増加傾向が続き、2050年には石炭と入れ替わり最大の電源になる。ただし、旺盛な電力需要を支えるために石炭火力が果たす役割も決して小さくなく、予見性の高い投資環境の整備および大気汚染等の環境問題対策が必要となる。

原子力は、気候変動対策、ロシアによるウクライナ侵攻を機にいっそう重点が置かれるようになったエネルギーセキュリティの確保の観点から、その役割が日本やヨーロッパなどでは改めて認識されつつある。しかし、アジアを中心に新規着工が進むものの、2050年までの電力需要の増加率を上回るほどは拡大せず、発電構成に占めるシェアは7%に縮小する。

技術進展シナリオ

技術進展シナリオでも2050年世界カーボンニュートラル実現には程遠く、省エネルギー・気候変動対策のさらなる推進にはあらゆる手段の総動員が必要

「技術進展シナリオ」では、社会での適用機会および受容性を踏まえた最大限の二酸化炭素(CO₂)排出削減対策——新たに織り込んだ水素の本格導入も含め——およびエネルギー安全保障対策の強化を見込む。なお、この見通しは、技術の導入などを前提条件として試算したフォアキャスト型の将来見通しであり、将来の「着地点」を定めてそこに至る道筋を描くバックキャスト型の分析と対照をなすものである。技術進展シナリオにおける世界の最終エネルギー消費は、2030年にはレファレンスシナリオ比で5.2%、2050年には23.5%節減される。

一次エネルギー消費は2030年にレファレンスシナリオ比では4.4%減となるが、2020年比では増加する。2030年以降は省エネルギーがさらに進むことで減少に転じるが、2050年におけるレファレンスシナリオ比の削減率は最終エネルギー消費のそれを下回る18.5%にとどまる。これは転換ロスがある電力、水素の利用が進むためである。

燃料転換も進み、化石燃料の一次エネルギー消費は2030年にレファレンスシナリオ比1.1 Gtoe、2050年には5.1 Gtoe節減される。化石燃料を代替する非化石エネルギーは2030年に0.4 Gtoe、2050年には1.8 Gtoe増加する。言い換えれば、非化石エネルギーが大きく伸長する技術進展シナリオにおいても、世界は化石燃料なしには、経済、社会、生活を維持し改善し続けることはできない。

エネルギー起源CO₂排出量は、2030年に31.2 Gt (2020年比1.4%減)、2050年に16.9 Gt (同46.5%減)となる。このシナリオではCO₂排出量は国際エネルギー機関(IEA)“World Energy Outlook 2021”での「表明公約シナリオ」なみの大幅削減となるが、それでも世界全体での排出ネットゼロには程遠い状況である。レファレンスシナリオからの削減分は2050年で20.1 Gtに達し、うち38.1%を中国とインドが占める。

中国の「国が決定する貢献」における2030年目標の1つ、GDP当たりCO₂排出原単位の2005年比65%以上の削減は、レファレンスシナリオとほぼ同等である。原単位を同45%減という2022年更新のインドの目標は、技術進展シナリオとほぼ同等となる。一

方、排出量の削減を目標に掲げる米国(2005年比50%~52%減)、欧州連合(1990年比55%減)、日本(2013年度比45%減)は、技術進展シナリオにおいても目標未達となる。

技術進展シナリオでは、レファレンスシナリオと比較して、化石燃料に対する投資は少なくて済む。一方で、再生可能エネルギーや省エネルギー設備などへのさらなる低炭素投資が求められる。技術進展シナリオで2040年代に必要な投資額は、35兆ドル(2015年価格)であり、2010年代より20兆ドル、レファレンスシナリオでの2040年代より6兆ドル多い。また、2050年までに世界全体で必要となるエネルギー投資の累積額は88兆ドル(年平均2兆9,000億ドル)に達する。

ウクライナ危機とエネルギー転換を踏まえたエネルギー安全保障戦略

アジアでもカーボンニュートラルを宣言する国が増えている。炭素排出がない新しいエネルギーインフラを構築することに加え、既存設備の大量廃棄の問題や、エネルギーシステムの作り替えによる雇用の配置転換など、どれも簡単には解決できない大問題を、今後30年から40年という限られた時間の中で解決してゆかなければならない。具体的な実現手段にも大きな不確実性が伴う。

アジアはエネルギー安全保障に由来するさまざまな困難を抱えている。高い経済成長が期待されるアジア新興国・途上国では、大量のエネルギーを安定的かつ低廉に供給することが不可欠である。エネルギー価格高騰で石炭回帰も見られる中、再生可能エネルギーの利用可能量や統合コストを加味した経済性などを勘案すれば、まず石炭から天然ガスへと転換してゆく段階を追った脱炭素が現実的な道筋と考えられる。その際、第1段階の天然ガスへの転換では、ロシア以外での供給投資を増やしつつ、供給・コスト問題への現実解を提示する。第2段階では、再生可能エネルギー、天然ガス等の脱炭素利用を含む各種対策を追加することで、脱炭素化を実現する。

化石燃料の脱炭素化を実現させるツールとなるのが、いわゆる「4R技術」である。その中でも特に製造時に発生するCO₂を回収して生産されるブルー水素の活用や、製造業のプラントや発電所における二酸化炭素回収・貯留(CCS)技術の導入、回収したCO₂を別の目的に利用するカーボンリサイクル技術などが、中核的な役割を果たす。

電力安定供給強化への対応と原子力発電の重要性

電力自由化の下では、市場で利用される(発電機会の)頻度が少ない発電設備は休廃止される。再生可能エネルギー発電は、政府の支援策に基づき導入が拡大した。これに伴い、火力発電は稼働率の低下や収益性の悪化により、多くの先進諸国で休廃止が進展した。そのため電力システム全体としての供給余力が低下し、猛暑や厳冬に伴う電力需要の急増や熱波や寒波による発電設備の出力減や停止の増加で、需給ひっ迫に至る状況が散見されるようになった。

これまで、電力の安定供給の評価は需要の増加に対応する発電設備容量の不足(kW不足)の可能性を評価するものであった。今後、脱炭素化政策を進めてゆくと少数の電源種への依存が高まることが予想される。依存度の大きい電源種に何らかの不測の事態が発生する場合の発電電力量の不足(kWh不足)リスクをどのように評価するかも大きな課題と言える。

低炭素化を主軸とした議論が支配的な状況の中、2021年ごろよりの世界的な化石燃料価格高騰、2022年2月のロシアによるウクライナ侵攻で、エネルギーの安定供給確保にいっそう重点が置かれるようになった。原子力がエネルギー安全保障で果たす役割も日本やヨーロッパなどでは改めて認識されつつある。火力発電制約下での安定的な大規模ベースロード電源として、その利活用の重要性に新たな脚光が当たっている。

フランスなどは、再生可能エネルギーとのベストミックスを分析しつつ、野心的な原子力利用目標を発表。英国や東欧諸国でも原子力発電所新設計画が進められている。既存原子力発電所の運転延長や日本での再稼働が世界の注目を集める。脱炭素と安定供給を両立させる原子力の新規投資の確保に向けた英国における一種の総括原価主義ともいえる規制資産ベース(RAB)モデルでの投資回収方式の導入などの取り組みが注目される。

エネルギー安全保障の観点から原子力が重要視されているが、その原子力開発をどの国の企業が手掛けるかも重要となる。西側諸国の企業による新設プロジェクトは、建設期間やコストが当初の予定を大幅に超過する事例が相次いでみられる。建設の

ノウハウが失われたことや、規制要件などから建設開始後に設計変更を余儀なくされたことが指摘されている。

クリティカルミネラル問題とエネルギーおよび経済安全保障

カーボンニュートラルの実現のためには、再生可能エネルギーや電気自動車、水素等の低炭素技術の大量普及が必要である。そして、これらの技術に不可欠とされる希少鉱物(クリティカルミネラル)の需給タイト化や化石燃料同様の資源偏在性が引き起こす、新たなエネルギー安全保障の課題が浮かび上がっている。

技術進展シナリオにおいて、主に電気自動車の普及拡大によりリチウム、コバルト、ネオジウムおよびジスプロシウムは2030年代半ばまでに需給がタイト化する。また、ニッケルとコバルトに関しては、2050年までの累積需要量が累積リサイクル供給量と資源埋蔵量の合計を上回り長期の需要を賄えない懸念がある。

リチウムはチリ、アルゼンチン、オーストラリア、中国、ニッケルはインドネシア、フィリピン、コバルトはコンゴ民主共和国、レアアースであるネオジウムおよびジスプロシウムは中国に資源が集中している。

エネルギー安全保障には短期的な視点と長期的な視点がある。何らかの擾乱^{じょうらん}により供給途絶が生じると短期間で大きな影響を及ぼすフロー型の石油・天然ガスと異なり、ストック型であるマテリアルは供給途絶が起こったとしてもすでに輸入された分は再生可能エネルギー設備等に組み込まれエネルギーを供給できることから、短期間のリスクへの耐性は強い。一方で、長期的な視点では、世界的なクリティカルミネラルの需給のタイト化や資源偏在性への対応策を事前に準備しておかなければ、再生可能エネルギー、電気自動車、水素等をベースとしたカーボンニュートラルの実現が困難になる。

供給不足が懸念される鉱種については、既存鉱山での増産と新規鉱山開発の促進が必須になるが、将来的に供給国において資源開発や輸出に対する規制が強まる懸念もある。したがって、需要国においては、権益確保を目指した資源外交の強化が求められることは言うまでもないが、加えて、輸入依存度の軽減や調達源の多様化に向け

たりサイクル率の向上、シフト技術(不使用・使用量削減)、代替技術の開発促進も求められる。

一方、供給国の政策やりサイクル・シフト・代替技術開発の見直しには、いずれも不確実性が伴う。したがって、エネルギー・経済安全保障の観点から、特定のカーボンニュートラル技術への過度な依存の回避を目指したバランスの取れた技術選択の検討も求められるであろう¹。

グリーン投資による経済への影響

気候変動対策への投資が、排出削減と経済成長の好循環を形成するという「グリーン成長」が期待されているが、その効果が実現しない可能性や効果の現れ方が国や主体によって異なる可能性がある。新たな格差——①先進国間での格差と新興・途上国間での格差、②先進国と新興・途上国との間での格差、③化石燃料の輸出に依存している国とそうではない国との間での格差、④同じ国の国民・市民の中での格差——を生じさせる可能性がある。

技術進展シナリオを実現するための追加的なグリーン投資・消費は、累計で14兆ドル(2015年価格)にのぼる。このグリーン投資・消費が、使える資金総額を自在に増やせる「資金制約なし」の状況で行われた場合、2050年のGDPは20兆ドル(11.2%、年平均0.4%)増加する。一方、経済力や資金調達力の制限などにより資金総額を変えられない「資金制約あり」の状況では6兆2,000億ドル(3.5%、同0.1%)減少する。なお、「資金制約あり」とは、グリーン投資の増分は他の分野の投資・消費の減少で相殺される、ということの意味している。

資金制約なしの場合は、多くの国でGDP、生産額が増加するが、鉱業(化石燃料)への依存が高い中東諸国、旧ソ連諸国などは減少する。資金制約ありの場合は、多くの国でGDP、生産額が減少する。しかし、一部の先進国や中国は、グリーン投資・消費に

¹ なお本件は独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構(JOGMEC)の委託調査「令和4年度カーボンニュートラル実現に向けた鉱物資源需給調査」の成果の一部を同機構の許可を得て掲載するものであり、成果の詳細はJOGMECが2022年11月10日に開催予定のセミナーで報告される。

よるエネルギー輸入金額の減少効果が大きく、資金制約による他分野の投資減少効果を上回り、増加する。

■ 投資は新たな需要であり、成長の源泉である。しかし、資金制約・予算制約の状況において、新たな投資の分だけ他の投資が削減されるならば、総額として新たな需要は創出されない。また、グリーン投資の場合、それ自体が生産能力拡大投資ではないので、成長の源泉とはなりにくい。資金制約の緩和、十分な資金供給がグリーン成長実現に向けての大きなカギとなる。

■ 円滑な資金調達には、政府予算だけでなく、民間資金を主体とするグリーンファイナンスを活用してゆく必要がある。リスクを抑え、投資意欲を促進するためには、環境政策の方向性を明確にすることが重要である。負の経済影響をいかに抑えるか、また国家間・産業間で異なる影響をいかに平準化するかが重要である。

第I部

エネルギー需給展望

1. 見通しの枠組み

1.1 モデルの概要およびシナリオ設定

世界のエネルギー需給を2050年までにわたり定量的に評価するため、計量経済的手法を中核とした定量分析モデルを用いてエネルギー需給見通しを作成した。モデルのベースとなるのは国際エネルギー機関(IEA)のエネルギー・バランス表であるが、その他にも各種経済指標や人口、自動車保有台数、素材生産量等、エネルギーに関連するデータを収集し、モデル化を行った。世界全体を図1-1に示す42地域²と国際バンカーに分割し、それぞれを対象として詳細な需給モデルを構築したうえで分析した。

図1-1 | 地域区分



出所: [地図] www.craftmap.box-i.net

試算にあたっては、以下の2つの中核的なシナリオを想定した。

レファレンスシナリオ

本研究における中核的なシナリオである。このシナリオでは過去のすう勢および現在までのエネルギー・環境に係る政策・技術等に従って将来の見通しが作成される。ここでは

² 詳細な定義は付表1を参照

今後、過去の延長上に見込まれる政策等の効果を織り込む——すなわち、政策・技術等の現状固定を意味するものではない。一方で、すう勢を逸脱した急進的な省エネルギー・低炭素化政策は打ち出されないものと想定している。

技術進展シナリオ

このシナリオでは、世界のすべての国において、エネルギー安定供給の確保、気候変動対策、大気汚染対策などの強化に資するエネルギー・環境政策等が強力に実施され、それが最大限奏功することを想定している。

図1-2 | 導入技術の想定例[技術進展シナリオ]

環境規制や国家目標の導入・強化

国家戦略・目標設定、省エネ基準、燃費基準、低炭素燃料基準、省エネ・環境ラベリング制度、再生可能エネルギー導入基準、固定価格買取制度、補助金・助成制度、環境税、排出量取引等

技術開発強化や国際的な技術協力の推進

研究開発投資の拡大、国際的な省エネ技術協力(鉄鋼、セメント分野等)や省エネ基準制度の構築支援等

【需要サイドの技術】

■産業部門

最高効率水準の産業プロセス技術(鉄鋼、セメント、紙パルプ等)が世界的に普及、水素還元製鉄技術の導入

■運輸部門

クリーンエネルギー自動車(低燃費車、ハイブリッド車、プラグインハイブリッド車、電気自動車、水素燃料電池車)の普及拡大

■民生部門

省エネ家電(冷蔵庫、テレビ等)、高効率給湯器(ヒートポンプ等)、高効率空調機器、高効率照明の普及拡大、断熱強化

【供給サイドの技術】

■再生可能エネルギー

風力発電、太陽光発電、太陽熱発電、バイオマス発電、海洋発電、バイオ燃料の普及拡大

■原子力導入促進

原子力発電建設加速、設備利用率向上

■高効率火力発電技術

SC、USC、A-USC、石炭IGCC、天然ガスMACC IIの普及拡大

■水素由来の技術

水素・アンモニアを燃料とした火力発電、水素を利用した合成メタン・合成燃料

■次世代送配電技術

低損失型の変電設備、電圧調整装置

■二酸化炭素貯留・利活用技術(CCS・CCUS)

注: SCは超臨界圧火力発電、USCは超々臨界圧火力発電、A-USCは先進超々臨界圧火力発電、IGCCは石炭ガス化複合発電、MACCは1,600°C級コンバインドサイクル発電

具体的には、図1-2に示すエネルギー需要側・供給側の先進的技術が世界各国で現実社会での適用機会・受容性を踏まえて最大限に導入されると想定している。なお、本Outlookでは、二酸化炭素(CO₂)排出のさらなる削減に向けて各国・企業が具体的な取り組みを始めている水素技術も織り込んだ³。

1.2 主要前提

エネルギー需給構造は、上記のエネルギー利用技術、エネルギー・環境政策のみならず、人口や経済成長等の社会・経済要因、エネルギー価格等にも大きく左右されうる。このうち、経済成長、人口については、レファレンスシナリオ、技術進展シナリオ共通の想定を置いている。なお、エネルギー転換のためのグリーン投資に係る経済影響については、9章 グリーン投資による経済への影響 を参照。

経済情勢

最近の情勢

2021年は、各国政府の大規模な金融緩和や財政出動が効果をみせ始めたことで、新型コロナウイルス感染症(COVID-19)の流行が続く中であっても、主要国経済は大幅なプラス成長となり、COVID-19前の2019年水準を上回る回復を示した。一方、新たな変異株の発生によりCOVID-19の終息が見通せないことに加え、2022年2月のロシアのウクライナ侵攻発生による世界経済への影響も強まりつつあり、足元の情勢は依然不透明なままである。

米国では、連邦準備制度理事会(FRB)による積極的な金融緩和や、COVID-19新規感染のピークアウトに伴い、経済は回復基調となり底堅く推移していた。しかし、COVID-19に起因する供給側混乱による大きな需給ギャップ(インフレギャップ)、エネルギー価格の上昇などにより、インフレーションが発生した。その対策としてFRBは2022年3月に0金利政策を解除して金融引き締めへ転じ、6月、7月、9月には異例となる3回連続0.75%の大幅利上げを行った。高インフレ抑制のための利上げではあるが、景気を後退させてしまう懸念もある。

³ IEEJ Outlook 2022まででも水素を織り込んでいたが、技術進展シナリオにおける導入量はきわめて限定的であった。

米国に次ぐヨーロッパ経済は、COVID-19影響から緩やかに回復しつつある中で、ロシアのウクライナ侵攻による影響に直面している。ロシアへの制裁としての同国産化石燃料禁輸措置による燃料価格高騰や食料品価格の高騰により、インフレ率が高水準で推移している。足元ではサービス消費の拡大による景気の下支え効果がみられるが、ウクライナ侵攻の影響が不安要素となっている。

世界第3の経済規模を持つ中国では、COVID-19の世界的流行の初期は他地域と比べ封じ込めに成功していたものの、変異株による度重なる感染拡大とその結果としての厳格な都市封鎖により、成長が鈍化している。コロナ禍による経済成長への影響を軽減するため、中国政府は不動産や金融の規制を一部緩和し、財政・金融政策を緩和した。これにより、いったんはインフラストラクチャー投資が回復し、不動産投資の減少ペースが和らいだ。しかし、2022年4月からは再び上海などで都市封鎖が行われ、解除後も需要回復は鈍い。

石油需要は、コロナ禍による世界経済減速、輸送需要の落ち込みにより急減したが、徐々に回復をみせている。国際原油価格は、2021年2月には\$60/bbl台とほぼコロナ禍前にまで戻し、以降も上昇傾向にあった。そこに、ロシアのウクライナ侵攻が発生し、原油の供給不安などから\$100/bbl~\$120/bbl台まで急騰した。その後、世界経済の減速懸念などにより下げたものの、依然、高値圏にある。

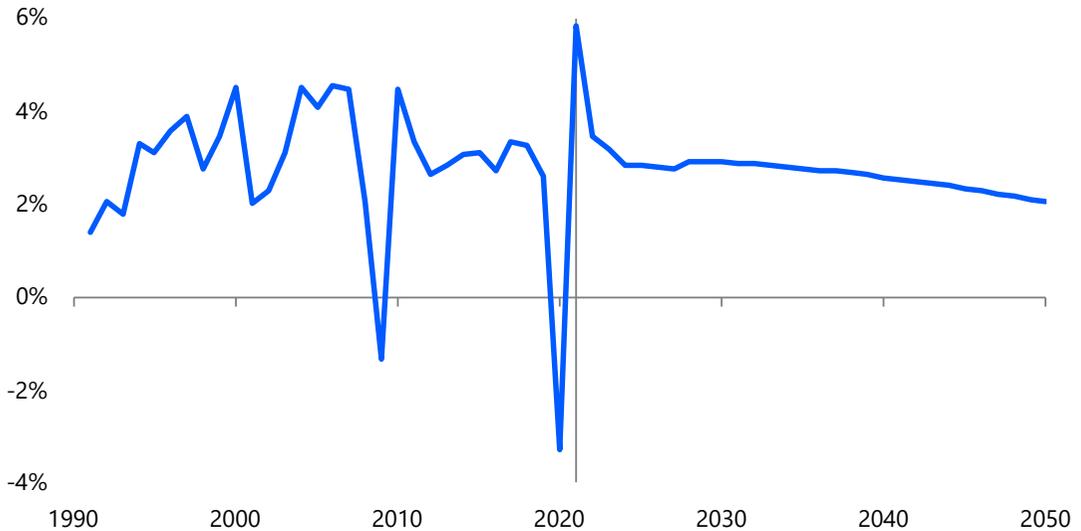
将来の想定

経済成長率については、各国政府の経済開発計画や各国シンクタンク等の見通しも参考にしながら、以下のとおりの想定を置く：

COVID-19は、2023年以降は世界経済に影響を与えるほどの大規模な感染の再拡大や、それに伴う厳しい都市封鎖は発生しないと見込む。また、ロシアによるウクライナ侵攻は局地的・短期的な影響はあるものの、世界経済に対してはコロナ禍による2020年のマイナス成長のような甚大な影響は及ぼさない。2023年は2022年のプラス成長が継続し3.1%成長となる。2023年以降の経済成長率は2%台後半から2%台前半へと徐々に低下してゆく(図1-3)。

COVID-19やロシアのウクライナ侵攻による世界経済への影響は短期的なものであり、中長期的には多くの国で経済は成長してゆく。ただし、そのためには生産性の向上、技術イノベーション、適切な財政・金融・分配政策、国際協調行動、安全保障の確保などが欠かせない。

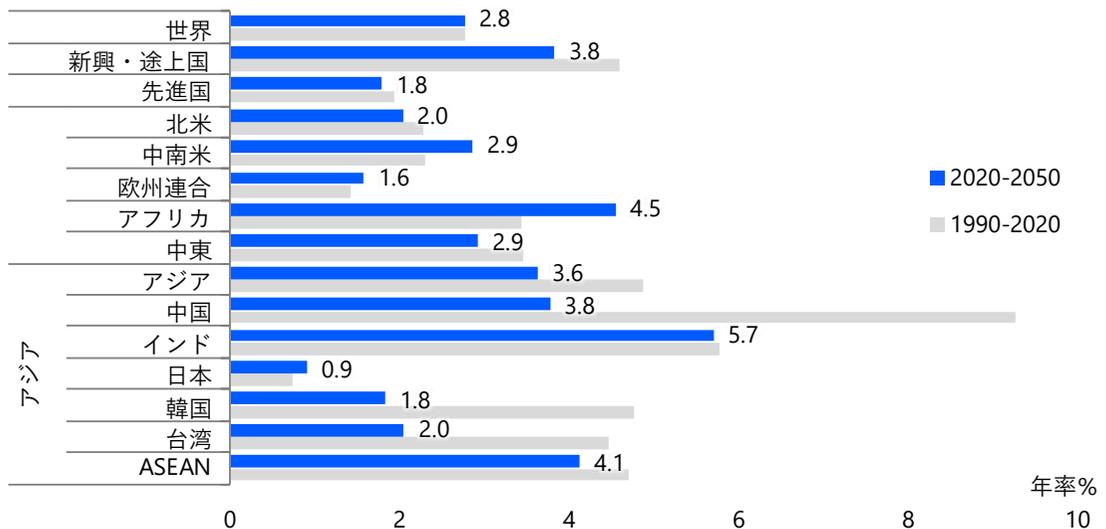
図1-3 | 世界の経済成長率



先進国はこれまでとほぼ同水準での成長が続く。アジア、アフリカなどの新興・途上国は高速成長を続ける。特にインドでは、見通し期間において、過去30年実績の5.8%に匹敵する世界で最も高い年率5.7%で成長する。中国は、減速傾向が続くものの年率3.8%の成長となる。アフリカは年率4.5%と地域別では最も成長が加速する。

これらから、見通し期間における世界の経済成長率を年率2.8%とする(図1-4)。

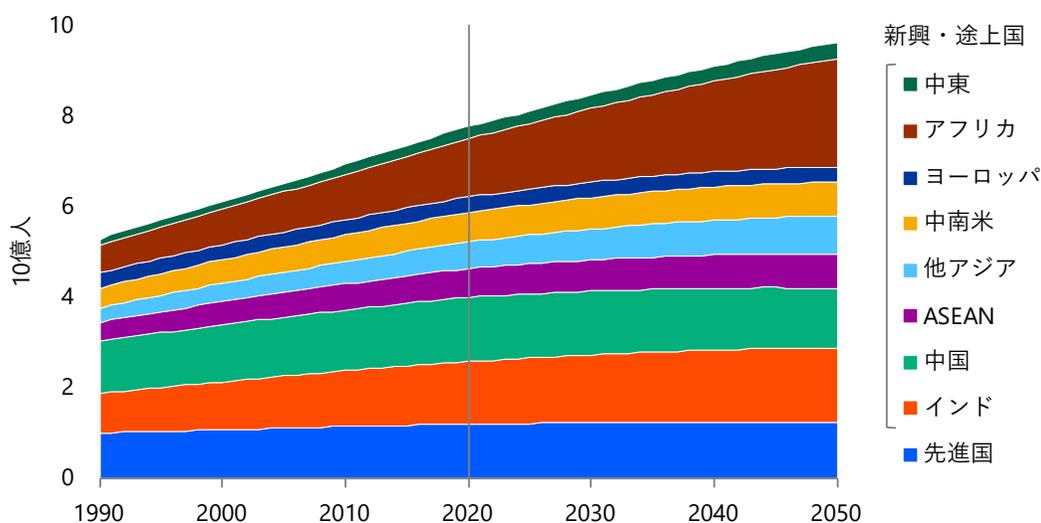
図1-4 | 主要国・地域の経済成長率



人口

人口の想定においては、国際連合の“World Population Prospects”等を参照した。多くの先進国においては、1人の女性が一生で産む子供の平均数である合計特殊出生率が2を割り込んでいる。足元ではCOVID-19の感染拡大やそれに伴う世界経済の低迷によるマイナス影響もあり、人口減少圧力が増大する。新興・途上国においても所得水準の上昇や女性の社会進出に伴って出生率は低下傾向にある。加えて、医療技術の発展と食料事情・衛生状態の改善により死亡率も低下しており、人口増は続くものの、そのペースは鈍化する。世界の人口は今後も年平均0.7%程度の増加基調で推移する。その結果、1990年に53億人、2020年に78億人であった世界の人口は、2050年には96億人に達する(図1-5)。

図1-5 | 人口



先進国のうち、北米、特に米国において、国外からの人口流入が多く、また出生率も高いことから、人口が比較的堅調に増加する。しかし、そのテンポは緩やかなものにとどまり、世界に占める割合は微減する。欧州連合(EU)の人口は2030年代まで非常に緩やかに増加し、その後減少に転じる。アジアでは、日本は2011年より減少に転じており、2050年には現在から2割減少し、1億400万人となる。韓国も2021年から減少に転じており、2050年には4,600万人を割り込む。

他方、新興・途上国では、アフリカやインドなどがけん引することで人口が引き続き大きく増加する。アフリカは、出生率は徐々に低下するものの死亡率も減少するため、2050年には現在の倍近い23億7,000万人となる。中東は、政府が人口を増やすために資金面で

優遇策を採っていること、域外からの流入が増加することなどから、1.4倍に増加する。アジアでは、インドは高い増加率を維持し、まもなく中国を抜き、2050年には世界最大の17億人に達する。現在、最大の人口を擁する中国は、2021年にピークを打ってすでに減少が始まっており、2050年に向けて13億人の水準まで減少する。東南アジア諸国連合（ASEAN）は、2050年までに1億1,000万人増加して7億6,000万人に達する。

国際エネルギー価格

最近の情勢

2021年は、多くの国でコロナ禍からの経済再開に伴う需要回復が生じ、エネルギー需要が急増したことに加え、脱炭素の流れを踏まえた化石燃料供給投資が抑制されていることで需給がひっ迫、エネルギー価格はCOVID-19前の2019年の水準を大きく超えて高騰した。さらに、2022年2月のロシアによるウクライナ侵攻の影響も加わったことで、エネルギー価格の上昇・高止まりが今後も継続することが懸念される。

原油価格は、COVID-19の影響により世界の原油需要が大きく落ち込んだことで大幅に下落した(図1-6)。コロナ禍からの経済回復や石油輸出国機構(OPEC)とOPEC非加盟の主要産油国からなるOPECプラスの生産調整により、2021年に入って\$60/bbl台というCOVID-19前と同程度まで上昇した。さらに、ロシアによるウクライナ侵略により2022年3月に急騰し、8日にはBrent原油価格が\$128/bblを付けた。その後、消費国の石油備蓄放出、中国の一部都市によるロックダウン影響、世界経済の減速懸念などにより下げているものの、依然、高値圏で推移している。

図1-6 | Brent原油価格



出所: インターコンチネンタル取引所

天然ガスでは、液化天然ガス(LNG)の日本の平均輸入価格は、原油価格の値動きに応じて、2020年9月を直近の底値として上昇傾向で推移している。しかし、需給を敏感に反映するスポット価格においては、近年、国際的相互作用が強まっている。アジアのスポットLNG価格(Japan Korea Marker [JKM])はボラティリティが大きく、2022年1月～2月には\$20/MBtu台で推移していたが、3月にはロシア産パイプラインガスのヨーロッパへの供給が中断されるとの懸念で一時急騰し\$80/MBtuを上回った。4月には\$20/MBtu台までいったん下落したものの、6月後半以降は天然ガス・LNGの供給不安の再度の高まりを背景に\$40/MBtuの高水準で推移している。ヨーロッパガススポット価格(オランダTitle Transfer Facility [TTF]、英国National Balancing Point [NBP]等)は、2021年初頭には\$10/MBtu未満だったものが、コロナ禍からの需要の急回復やヨーロッパ地域での悪風況による風力発電量の低下や厳冬、さらにはロシアによるウクライナ侵攻の影響もあり、2022年3月には\$40/MBtuを超えた。米国スポットガス価格(Henry Hub [HH])は、2021年は\$3/MBtu～\$5/MBtu台で推移していたものの、2022年4月以降は\$6/MBtu～\$8/MBtu台に切り上がっている。価格上昇要因として、ウクライナ情勢を踏まえたヨーロッパへのLNG輸出増や生産設備トラブルによる供給障害が挙げられる。

石炭の国際市況は、いち早く経済活動を再開した中国の石炭輸入が拡大する一方で、供給面では自然災害や設備故障等による供給障害が発生し、市場がタイト化したことで2021

年以降、高騰が続いている。世界経済の後退懸念から原料炭価格が一時より軟化しているのに対し、一般炭はウクライナ侵攻に対する主要国によるロシア産石炭禁輸措置により価格上昇・高止まりの傾向に拍車がかかっている。脱石炭の潮流下で供給力の柔軟性が低下し、石炭市場においては構造的な不安定さが顕在化しつつある。

レファレンスシナリオ

レファレンスシナリオでの石油需要は、インドやASEAN等、アジアの新興・途上国にけん引され増加を続ける。供給側では、中長期的にはOPECなどへ依存度が高まる一方、先進国での油田開発規制強化・投資意欲減退から、需給を均衡させる原油価格は中長期的に上昇する。ただし、特に先進国を中心に脱炭素に向けた取り組みが強化され、世界全体としては石油需要の伸びは鈍化するため、価格上昇の程度は抑制されるものと見込む。実質原油価格(2021年価格)は、2030年に\$80/bbl、2050年には\$95/bblと想定する(表1-1)。想定インフレ率2%/年程度の下での名目価格は、2030年に\$96/bbl、2050年には\$148/bblとなる。

表1-1 | 国際エネルギー価格想定

| 実質価格 | | | レファレンス | | | 技術進展 | | |
|-----------|-------------|------|--------|------|------|------|------|------|
| | | | 2030 | 2040 | 2050 | 2030 | 2040 | 2050 |
| 原油 | \$2021/bbl | 71 | 80 | 90 | 95 | 60 | 55 | 45 |
| 天然ガス | | | | | | | | |
| 日本 | \$2021/MBtu | 10.8 | 7.6 | 7.2 | 7.1 | 6.5 | 5.8 | 4.6 |
| ヨーロッパ(英国) | \$2021/MBtu | 16.1 | 7.5 | 7.5 | 7.4 | 6.9 | 6.2 | 5.0 |
| 米国 | \$2021/MBtu | 3.9 | 3.3 | 3.8 | 3.8 | 3.0 | 3.5 | 3.5 |
| 一般炭 | \$2021/t | 129 | 99 | 96 | 93 | 84 | 77 | 70 |
| 名目価格 | | | | | | | | |
| | | | 2030 | 2040 | 2050 | 2030 | 2040 | 2050 |
| 原油 | \$/bbl | 71 | 96 | 125 | 148 | 72 | 77 | 70 |
| 天然ガス | | | | | | | | |
| 日本 | \$/MBtu | 10.8 | 9.1 | 10.0 | 11.1 | 7.7 | 8.1 | 7.2 |
| ヨーロッパ(英国) | \$/MBtu | 16.1 | 9.0 | 10.5 | 11.6 | 8.3 | 8.6 | 7.8 |
| 米国 | \$/MBtu | 3.9 | 4.0 | 5.3 | 5.9 | 3.6 | 4.9 | 5.5 |
| 一般炭 | \$/t | 129 | 119 | 134 | 145 | 101 | 107 | 109 |

注: インフレ率を年率2%程度として算出。

天然ガス価格は、米国でも目下、14年ぶりとなる水準まで上昇しているが、豊富な供給力を背景に今後も他地域と比較して廉価で推移する。足元の開発状況も踏まえ、2030年に向けては下落する。その後は、開発・生産コストの相対的上昇と域外輸出も含めた需要の増加により、2040年に向けて上昇、以降は横ばいとなる。日本の実質輸入価格は、原油価格高騰やウクライナ情勢などの影響により足元で高値を付けているが、今後のLNG投資回復を織り込み安定化傾向となり、2040年以降はほぼ横ばいで推移する。なお、米国本土のLNG輸出の増加・定常化により、調達先の多様化や仕向地制限条項の撤廃・緩和に向かうことが期待され、原油価格とはしだいかい離してゆくことを織り込んでいる。実際、アジア向けのLNGではスポット価格と原油価格連動が多い長期契約価格とのかい離が近年は拡大、また、スポット価格のボラティリティが拡大している。こうしたことから、米国以外の供給源も含めて契約条件を見直す動きが出始めている。今後、LNG海上輸送の最適化も進められるが、コスト低減には限界があることから、米国天然ガス価格との価格差は残る。一方で、ヨーロッパ価格とは連動性が浮上し、価格差は狭まる。

石炭価格(オーストラリアニューカッスル港出し一般炭本船渡し[FOB]価格)は、2022年には主要国によるロシア産石炭の禁輸措置により記録的な高値を付けているものの、以降世界的なカーボンニュートラルの動きもあって需要が減少し、2050年には\$90/t台前半に落ち着いてゆく。インドやASEAN等のアジア諸国において発電用需要が増加する一方で、供給サイドでは環境規制の強化、脱炭素潮流により石炭の生産能力拡大の困難さが増す。季節要因や需給バランスの崩れによる短期的な変動のリスクが高まる。単位発電量当たりの価格は、原油、天然ガスに比して低廉であるが、天然ガス価格の世界的な低下傾向の中で、特にヨーロッパのように炭素価格を導入している国や地域等では、石炭の経済的優位性が低下する。

技術進展シナリオ

技術進展シナリオにおいては、省エネルギーや原子力、再生可能エネルギー、水素などへのエネルギー転換が進められることから、化石燃料需要が減少する。結果、化石燃料の価格はいずれもレファレンスシナリオと比較して下落する。ただし、エネルギー需要構造の円滑な転換とそれに対応した供給体制が構築されない場合は、価格の乱高下リスクが顕在化することもありうる。

2. エネルギー需要

2.1 一次エネルギー消費

気候変動対策やエネルギー安全保障の観点からGDP原単位改善が進むもエネルギー消費は増え続ける

気候変動に関する政府間パネル(IPCC)の第6次評価報告書の第I作業部会報告書では「人間の影響が大気、海洋および陸域を温暖化させてきたことには疑う余地がない」と記されており、これらの対策として、多くの国が二酸化炭素(CO₂)排出量ネットゼロを目指すカーボンニュートラル政策を発表した。さらに、2022年2月のロシアのウクライナ侵攻に伴い、化石燃料供給の不安定さが露呈し、エネルギー安全保障が脅かされる事態となった。エネルギー安定供給確保の観点からもヨーロッパを中心にさらなる省エネルギーや脱化石燃料への方向性を示した。

気候変動対策やエネルギー安全保障の観点から世界各国では効率化および省エネルギーが進むことにより、2020年から2050年の世界の対国内総生産(GDP)エネルギー消費原単位は1990年から2020年よりも速く低下する(図2-1)。しかし、GDPはそれを上回るスピードで成長するため、世界の一次エネルギー消費は増え続ける。1990年から2020年まで年率1.6%であった一次エネルギー消費の伸びは、省エネルギーの進展により2020年から2050年にかけて同0.8%に鈍化するが、2050年の世界のエネルギー消費は2020年の1.3倍に増加、石油換算17,649百万t (Mtoe)となる。原子力や再生可能エネルギーなどの非化石燃料の供給増で新たな需要をすべて賄うことは困難である。世界全体での化石燃料の消費削減のためには各国がさらに効率を高める必要がある。

地域別では2000年以降、世界の一次エネルギー消費増加をけん引していた中国が2030年ごろをピークに減少に転じる一方、インド、中東・北アフリカ(MENA)、東南アジア諸国連合(ASEAN)が増加の一途をたどる。この3か国・地域の2020年から2050年の消費増分は世界の71%を占め、世界の一次エネルギー消費増大をけん引し、シェアは2020年の18%から2050年には29%まで拡大する。(図2-2)。したがって、先進国や中国の減少を加速させることに加え、インド、MENA、ASEANのエネルギー消費を抑制してゆくことの可否が世界全体のエネルギー消費の動向、ひいては気候変動対策やエネルギー安全保障対策の動向を左右する。

図2-1 | 世界の一次エネルギー消費、実質GDP、対GDPエネルギー消費原単位[レファレンスシナリオ]

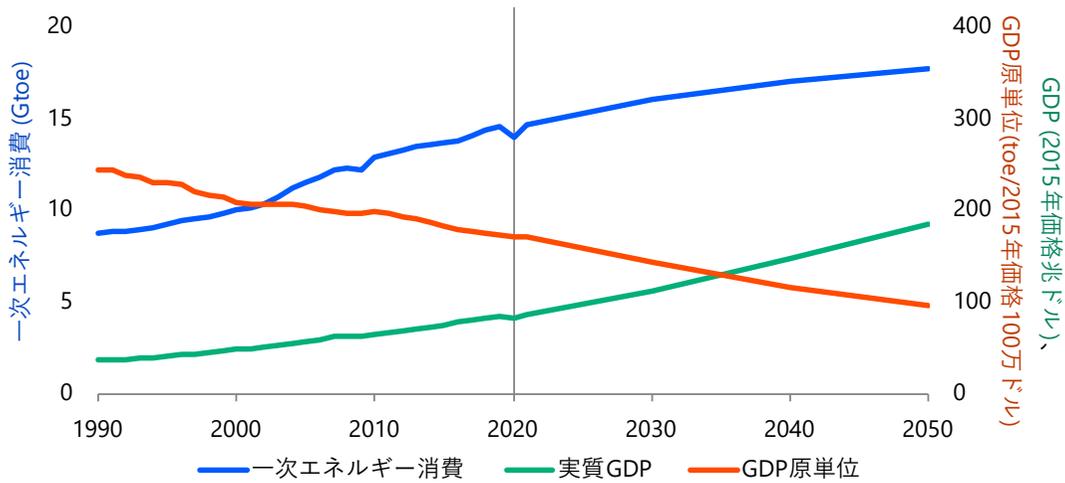
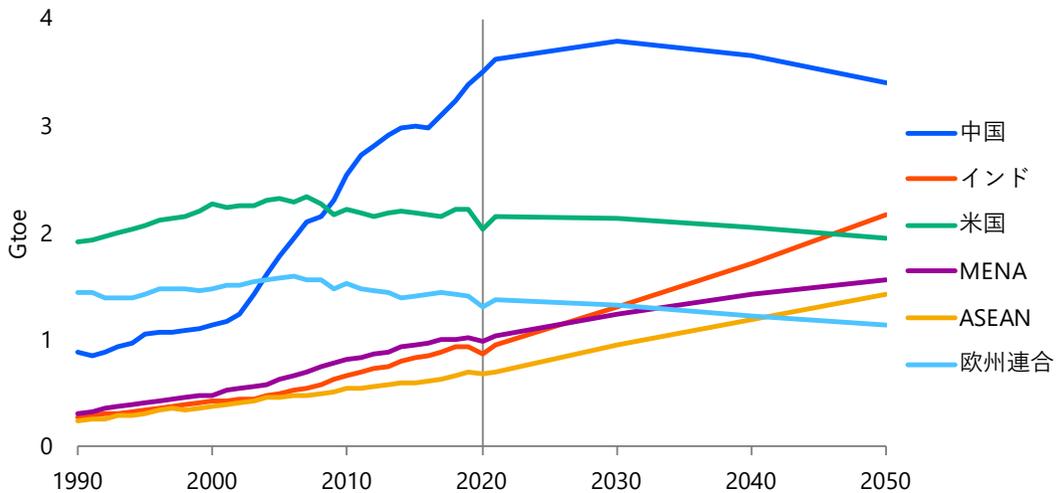


図2-2 | 主要国・地域の一次エネルギー消費[レファレンスシナリオ]



インド、MENA、ASEANの一次エネルギー消費は、2020年から2050年にかけてそれぞれ年率3.1%、1.5%、2.5%で増加し、世界シェアは12%、9%、8%となる。その伸び率は世界平均よりそれぞれ2.3ポイント、0.8ポイント、1.7ポイント高い。これはGDPが2050年まで年率5.3%、2.6%、3.4%の高成長を続けるためである。世界全体のエネルギー消費抑制

の観点からは、インド、MENA、ASEANの経済成長とエネルギー消費をデカップリングしてゆくことが、今後の世界的課題となる。

もっとも、エネルギー多消費国・地域である米国、欧州連合(EU)、日本などの先進国や中国においても気候変動対策やエネルギー安全保障対策の観点からさらなるエネルギー消費削減を継続することも不可欠である。日米欧、中国の2050年におけるGDPの世界シェアは34%、16%、一次エネルギー消費の合計はともに19%を占め、引き続き大きなシェアを占める。つまり、この日米欧や中国がその消費や投資を通じて世界経済を安定的に成長させる役割を果たしつつ、気候変動やエネルギー安全保障対策で自らのエネルギー消費低減を加速することが世界全体のエネルギー消費抑制には引き続き重要である。

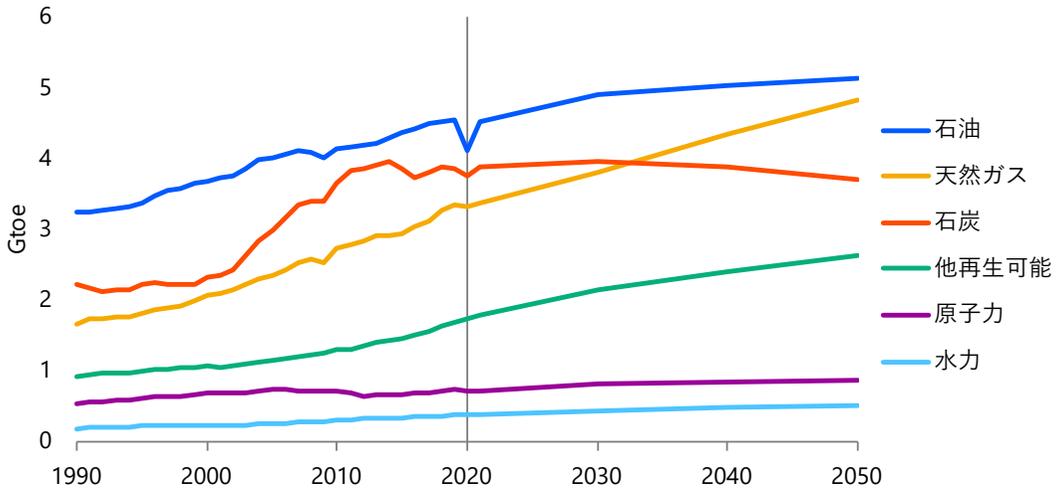
さらに世界のエネルギー消費抑制を図るためには、各国の政策に委ねるのみならず、先進国と新興・途上国の間、および新興・途上国同士の間における国際協力の強化も期待される。日米欧等の先進国はこれらの国々に対し、パリ協定6条の活用や化石燃料供給の不安定さを中心としたエネルギー安全保障の懸念の共有等によりエネルギー消費を抑えつつ、経済成長を実現できるような高効率技術の移転や支援などを行う必要がある。

気候変動やエネルギー安全保障の高まりの中でも化石燃料の消費は伸び続ける

世界的にカーボンニュートラルを目指す動きが出てきたことに加えてロシアのウクライナ侵攻を契機に、欧州を中心に化石燃料の安定供給への懸念が高まっている。化石燃料消費は、2020年には新型コロナウイルス(COVID-19)の影響で景気悪化や外出自粛等もあり大きく減少した。しかし、COVID-19からの回復以降は増加傾向に戻り、全体として今後も年率0.8%で伸び続ける(図2-3)。天然ガスは化石燃料の中で最も低炭素であることから、気候変動対策の観点から導入が進むことで最も増加する。2050年の消費量は発電部門での消費を中心に年率1.3%で増加して2020年の1.5倍になり、最も消費量が多い石油に近づく。次に大きく増加するのは石油で、運輸部門(自動車、航空、船舶など)を中心に年率0.7%で拡大する。石炭は、大気汚染や気候変動問題等を背景とした利用抑制の動きがあり、2030年ごろをピークに減少に転じ、2050年には2020年を下回る。

原子力や再生可能エネルギーなどの非化石エネルギーは、気候変動対策やエネルギー安全保障対策の高まりからその規模を拡大し続ける。原子力、水力、その他再生可能エネルギー(固形バイオマス除く)のシェアは、2020年の20%から、2050年には23%に到達する。

図2-3 | 世界の一次エネルギー消費[レファレンスシナリオ]



このように、非化石エネルギーの利用が拡大するものの、それ以上に需要全体が増えることから、30年後においても非化石エネルギーだけでエネルギー消費を賄うことは非常に難しい。2050年までのタイムラインにおいては、世界、とりわけ消費が拡大する新興・途上国では、化石燃料と非化石エネルギーの併用が現実的である(図2-4)。

図2-4 | 一次エネルギー消費増減[2020年～2050年、レファレンスシナリオ]

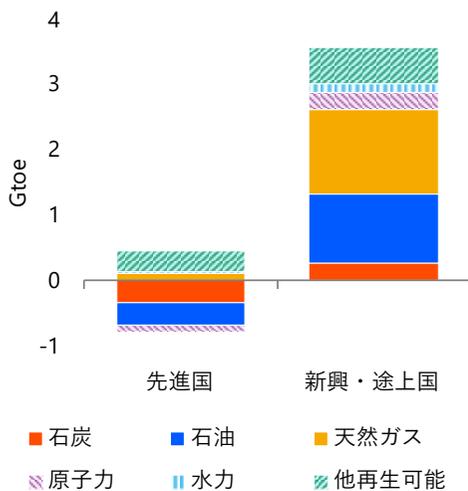
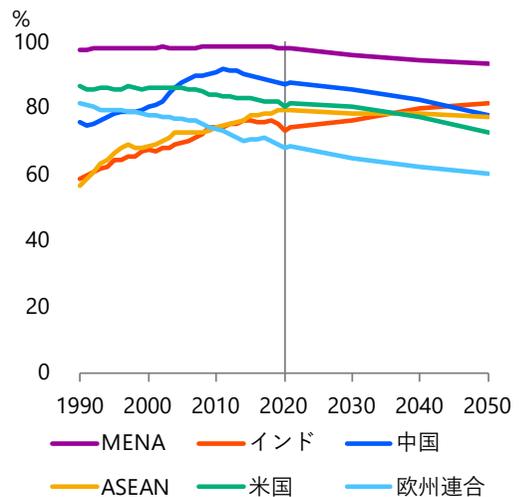


図2-5 | 主要国・地域の化石燃料依存度[レファレンスシナリオ]

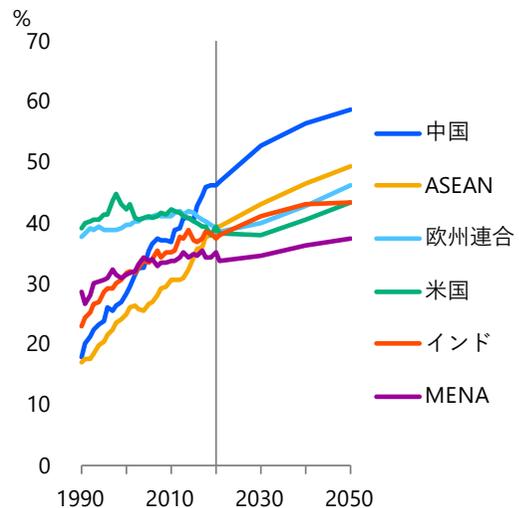
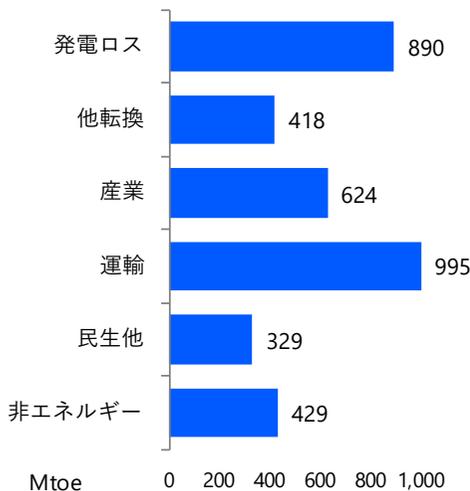


2050年の化石燃料依存度は77%と2020年の80%に比べて低下するものの、中国を含めた新興・途上国においては高止まりする(図2-5)。米国、EU、日本では、2020年の81%、68%、89%から、2050年に73%、60%、73%へと低下する。しかし、インド、MENA、ASEANでは、エネルギー消費総量が増加し、増加分の多くを化石燃料で賄うことから、それぞれ81%、93%、77%となり、依然として化石燃料に大きく依存する。

どの部門においても、消費削減・脱炭素化は容易ではない

一方、用途別では、新興・途上国を中心に運輸部門と発電部門において最も増加する(図2-6)。運輸部門は、新興・途上国での所得向上に伴う自動車利用の増加が大半を占めるが、人の移動や貿易の増加から航空、船舶による消費量も大きく伸長する。発電部門での増加は、所得水準の向上や未電化地域における電力インフラストラクチャーの整備などを背景に、利便性の高い電力がより多く使われるためである。もっとも、この世界の運輸部門と発電部門のエネルギー消費増大は、COVID-19影響から新興・途上国の経済が回復し、運輸・発電インフラの整備が行われることを前提としている。

図2-6 | 世界の一次エネルギー消費増減寄与 [レファレンスシナリオ、2020年~2050年]
図2-7 | 主要国・地域の供給側電化率 [レファレンスシナリオ]



供給側からみた電化率は、ほとんどの国で上昇する(図2-7)。新興・途上国の電化が進むだけでなく、先進国においても経済のデジタル化を背景に電力需要は増加する。非化石

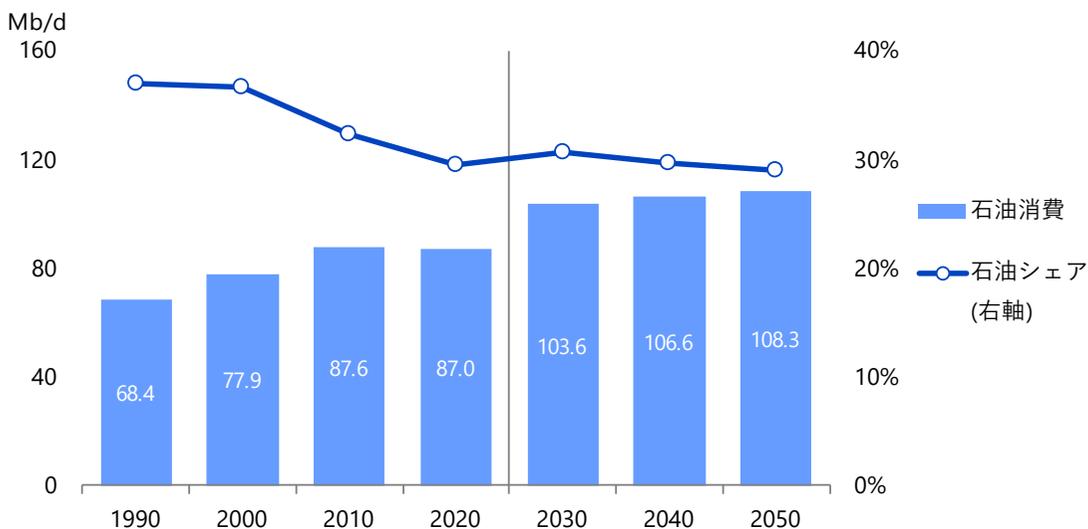
エネルギーの拡大は期待されるが、増加する電力を非化石エネルギーですべて賄うことも容易ではない。

産業部門、民生部門のエネルギー消費量増分も無視できない。特にインド、MENA、ASEANでは、重化学工業などエネルギー多消費の第二次産業の強化や、世界のコールセンター機能を含む第三次産業のさらなる発展が計画されている。したがって、これらの国・地域では、産業部門のエネルギー需要が伸び、人々の生活水準が向上することで民生部門の需要も伸びる。このため、経済を成長させつつエネルギー消費を減少に転じさせることが非常に難しい。

石油消費の増加は抑制も一次エネルギーシェアは横ばい

石油消費は2020年にCOVID-19影響により人の移動が減少したことに伴い前年比9%減少したが、再び増加に転じる。2020年に日量87.0百万bbl (Mb/d)であった消費量は、緩やかに増加し、2050年は108.3 Mb/dに到達する(図2-8)。石油が一次エネルギー消費に占めるシェアは、2020年はCOVID-19の影響により29%に下落した。2030年には31%にまで上昇するものの、2050年かけて下落して29%となる。それでもレファレンスシナリオでは、2050年の世界において、石油は最も多く利用されるエネルギー源であり続ける。

図2-8 | 世界の石油消費と一次エネルギー消費に占めるシェア[レファレンスシナリオ]



ただし、先進国の石油消費はすでにピークを迎えている(図2-9)。2004年のピークから2020年までは年率1.6%で減少してきたが、2020年から2050年までも7.3 Mb/d、年率にし

て0.8%で減少する。この先進国の石油消費減少の主な要因は自動車燃料の減少であり、従来型自動車の燃費改善とハイブリッド車を含めた電動化の寄与が大きい。一方、インド、MENA、ASEANの石油消費は堅調に増加する。2020年はCOVID-19の影響で前年比8.6%減少したものの、2020年から2050年にかけて年率2.1%で増加し、15.7 Mb/d増加する。これらの国々における石油消費増加の主な要因は運輸部門、非エネルギー消費部門、民生部門によるものである。

図2-9 | 主要国・地域の石油消費[レファレンスシナリオ]

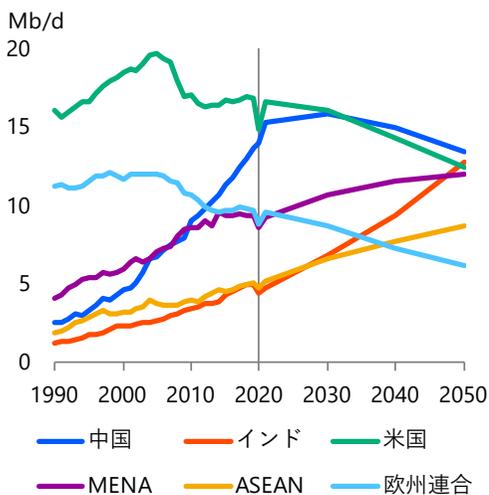
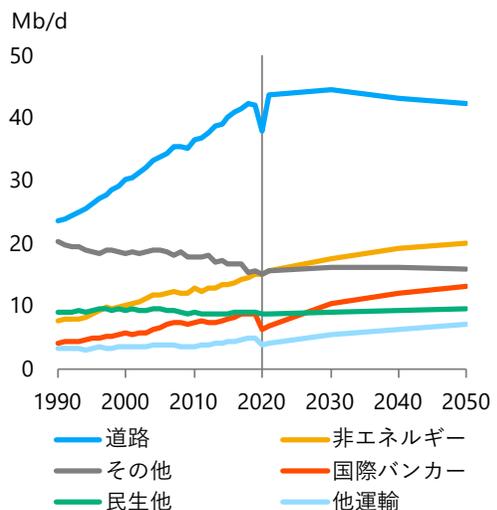


図2-10 | 世界の石油消費[レファレンスシナリオ]



用途別にみると最もシェアが大きい道路部門では燃費の向上や電動車の普及による減少要因が自動車保有台数の増加による増加要因を上回る。COVID-19が影響した2020年比では増加となるが、早々にピークを打ち減少に転じる(図2-10)。一方、国際的な物流、人の移動が増加することで国際バンカーや航空、船舶など他運輸は増加を続ける。

インド、MENA、ASEANの運輸部門では、2020年から2050年にかけて、自動車用が7.4 Mb/dから15.3 Mb/dへと特に増加する。これら3か国・地域の需要が世界の運輸部門における石油消費増分の180%を占める。これは、この3か国・地域以外では運輸部門の消費量がネットで大きく減少することを意味する。インド、MENA、ASEANでは、所得水準の向上と道路・橋りょう等の運輸インフラ改善により、自動車保有台数が現在の3.8倍に増加する影響が大きい。自動車用石油需要を抑制するには、電気自動車(EV)へのシフトが考えられるが、特に新興・途上国にとって、EVのインシャルコストは2050年におい

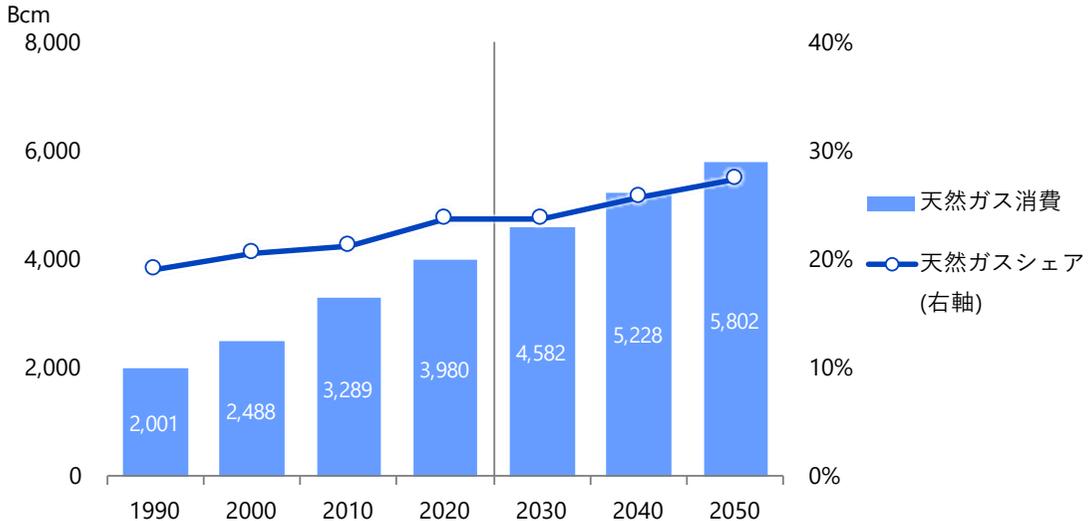
でも高額であり、強い気候変動対策がない限り一部の高所得者層にしか購買されない。インド、MENA、ASEANの非エネルギー消費部門では、石油化学を中心に2020年から2050年に3.3 Mb/d増加し、世界の非エネルギー消費部門消費増分の66%を占める。需要サイドではプラスチックなどの石油化学製品への需要は世界的に根強く、供給サイドでは産業多様化の必要性から石油供給国の石油化学産業育成への期待は大きい。したがって、需給両面がマッチして非エネルギー消費部門による石油消費をけん引する。この消費抑制にはプラスチック利用に対する世界的な規制強化などが必要になる。

インド、MENA、ASEANの民生部門では、給湯・ちゅう房用途を中心に2020年から2050年に1.4 Mb/d増加し、世界の民生部門消費増分の204%を占める。この3か国・地域では、所得改善に伴い、石炭や固形バイオマスから、健康への影響という意味において比較的クリーンな石油製品へとエネルギー転換が進む。また、南アフリカを除くサブサハラの間々も同じ期間に0.5 Mb/d増となり無視できない。これらの国々では、一足飛びに電力や都市ガスによって給湯・ちゅう房エネルギーサービスを充足することは、イニシャルコスト・オペレーションコストの双方とも高くつくため、液化石油ガス(LPG)が利用される。なお、中国の石油消費は2030年ごろに15.8 Mb/dでピークを迎え、2050年には13.5 Mb/dに減少する。これは特に自動車の燃費改善とEV普及、保有台数の飽和による運輸部門の消費抑制、および、電化・都市ガス化が進む民生部門での消費減少が寄与するためである。世界の石油消費をドラスティックに削減するためには、中国の石油消費削減ペースの加速も必要となる。

インド、ASEAN、MENAで伸び続ける発電用天然ガス需要

天然ガス消費量も、石油と同様にCOVID-19の影響により2020年に前年比1.2%減となったものの、2050年にかけてはすべてのエネルギー源の中で最大の増加を示す。2020年に3,980十億 m^3 (Bcm)であった消費量は、年率1.5%で増加し2050年には5,802 Bcmに到達する(図2-11)。天然ガス消費の一次エネルギー消費に占めるシェアは、2020年の24%から2050年には27%まで上昇し、石油に次ぐ第2の主要なエネルギー源となる。EUがロシア依存度を下げてLNGを中心に他地域からの輸入を増やす中で、この伸び続ける天然ガス需要をどのように抑制するのかということも世界の抱える課題の1つである。

図2-11 | 世界の天然ガス消費と一次エネルギー消費に占めるシェア[レファレンスシナリオ]



世界の天然ガス消費は2020年から2050年の間に1,822 Bcm増加し、この増分の47%がインド、MENA、ASEANに由来する(図2-12)。インド、MENA、ASEANの消費量は、2050年にそれぞれ275 Bcm、1,048 Bcm、413 Bcmに到達する。中東では、コスト競争力の高い石油を輸出して外貨を獲得すべく国内では天然ガス活用が進められ、インド、ASEANでは増加する電力需要を満たすため発電部門を中心に増加する。また、中国でも発電部門を主として2050年までに188 Bcm増加する。米国は、シェールガス活用継続による消費増があり、2040年ごろまでに105 Bcm拡大する。他方、EUでは、エネルギー安全保障上の観点から天然ガス離れが進み、2050年までに2020年より42 Bcm減少する。

用途別にみると、民生他部門は省エネルギーや電化が進むことで天然ガス消費は減少傾向となる一方、中国を含む新興・途上国における天然ガス消費の増加は、主に発電部門と産業部門に起因する(図2-13)。発電部門において、新興・途上国の天然ガス消費は、2020年から2050年までに年率2.6%で増加し、世界の発電部門消費量増分の81%を占める。天然ガスは化石燃料の中でCO₂排出量が低いことに加え、再生可能エネルギーより大規模発電が容易で統合コストが低いためである。

図2-12 | 主要国・地域の天然ガス消費[レファレンスシナリオ]

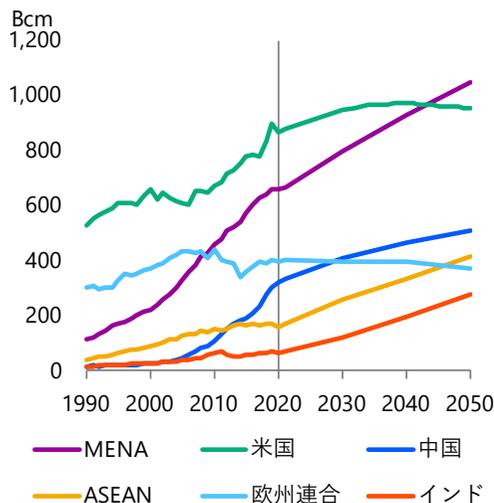
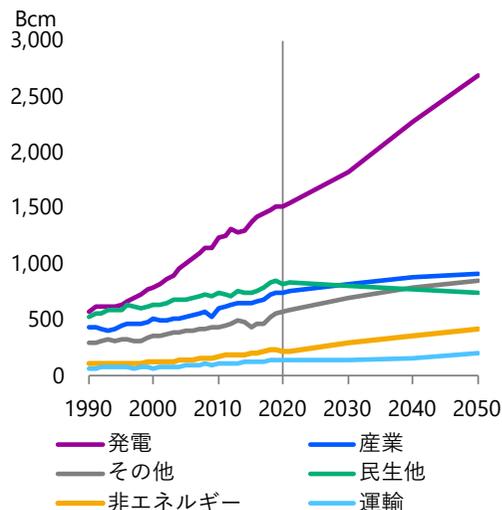


図2-13 | 世界の天然ガス消費[レファレンスシナリオ]



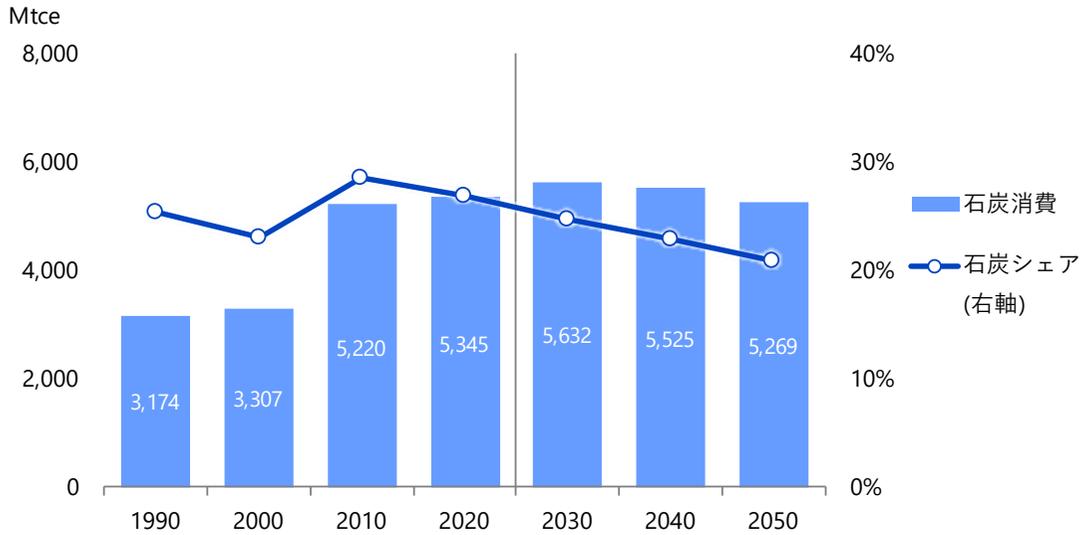
産業部門では、先進国の消費量が減少する中、新興・途上国の消費が年率1.3%、世界の消費増分の105%に相当する増加を示す。利便性や環境面への配慮から、石油・石炭から天然ガスへのエネルギー移行が進む。民生他部門での消費増分はほとんどが中国におけるもので、健康被害や大気汚染の原因となっている石炭や薪などの固形燃料から都市ガスへの燃料転換が急速に進むが、他の国・地域での電化や省エネルギーの影響で減少傾向となる。

このように、天然ガス消費はインド、MENA、ASEAN、中国がけん引するため、その抑制には、天然ガス火力発電システムのコンバインドサイクル化の徹底など、新興・途上国における高効率設備・機器の導入・普及が不可欠である。加えて、天然ガスの代替品としてCO₂を排出しない水素を火力発電の燃料として使えるように、新興・途上国も調達可能なコスト水準で水素を調達できるような技術開発・市場創造も期待される。

石炭消費は環境対策の影響で2030年ごろをピークに減少に転じる

石炭は2020年に石炭換算5,345百万t (Mtce)であった消費量は安定供給の観点から短期的に増加して2030年ごろにピークを迎えるが、環境対策の影響でその後は年率0.3%で減少に転じる(図2-14)。石炭消費の一次エネルギー消費に占めるシェアは、2020年の27%から2050年には21%まで下落し、石油に次ぐ第2のエネルギーの座を天然ガスに譲る。

図2-14 | 世界の石炭消費と一次エネルギー消費に占めるシェア[レファレンスシナリオ]



2020年には世界の石炭消費の57%を中国、13%を日米欧、15%をインド・ASEANが占めているが、今後、中国と日米欧はシェアを落とし、インドとASEANがシェアを伸ばす(図2-15)。

図2-15 | 主要国・地域の石炭消費[レファレンスシナリオ]

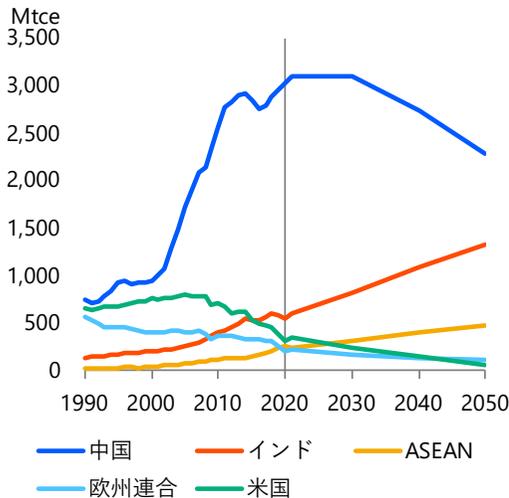
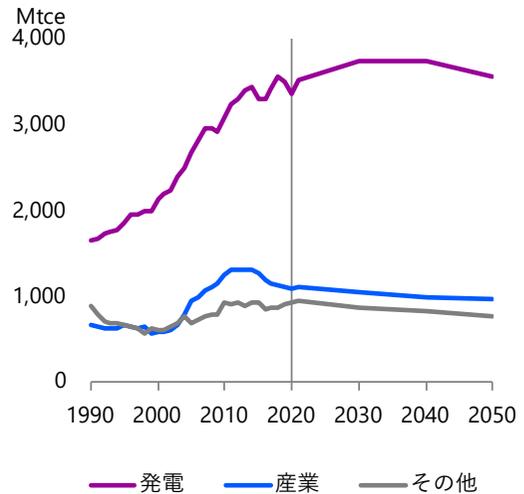


図2-16 | 世界の石炭消費[レファレンスシナリオ]



中国では、発電用石炭消費は2030年に向けて増加するものの、鉄鋼およびセメント生産がまもなくピークを迎え、産業用石炭消費が2050年までに55%減と激減するため、2020

年代前半をピークに減少に転じる。また、日米欧は発電用・産業用ともに右肩下がりで2050年に59%減となる。他方、インドとASEANでは2050年に発電用がそれぞれ2.4倍、2.0倍、産業用が2.6倍、1.7倍になる。なお、MENAは産油国、産ガス国が多いことから石炭消費は限定的である。気候変動問題への対処から、世界的に石炭消費に対する風当たりがいっそう強まっている。ヨーロッパでは、石炭火力発電所への経済的負担やCO₂・水銀等排出規制の強化など、発電部門と産業部門の両方で石炭利用への規制が強化されている。一方、中国、インド、ASEANなどのアジア新興・途上国では、エネルギー自給の観点から石炭が廉価な国内エネルギー資源と捉えられており、必ずしも厳しい利用制限が進められているわけではない。先進国では金融機関を巻き込んで石炭に対するダイベストメントが進められているが、中国やインドの金融機関は必ずしも同調していない。石炭消費抑制の観点からは、日米欧が消費抑制をさらに推し進めるとともに、中国、インド、ASEANの発電・産業両部門において、石炭から天然ガスや水素アンモニアへのシフトを推進することが重要となる。

太陽光・風力は大きく増加も一次エネルギー消費シェアは限定的

多くの国がカーボンニュートラルを目指し、非化石エネルギーの利用拡大への期待が高まっているが、その一次エネルギー全体に占める割合は、2020年の20%から2050年に23%へとわずかに増加するにとどまる。非化石エネルギーのうち、原子力、水力を中心とする発電用は、2020年の石油換算1,576百万t (Mtoe)から2050年に3,015 Mtoeへと1.9倍に増加する(図2-17)。太陽光・風力他の伸びが最も大きく、2050年には2020年に比べ3.9倍に拡大する。原子力および水力は、原子力政策の見直しや環境社会配慮により伸びは小さく、発電用非化石エネルギーに占める割合は2020年の57%から2050年には46%に低下する。

他方、熱利用では、今後も新興・途上国の農村部で利用される薪・畜ふんなどの伝統的な固形バイオマスが中心である。2020年の1,222 Mtoeから2030年代に減少に転じ、2050年には1,001 Mtoeとなる(図2-18)。熱利用が減少に転じるのは、大半を占める農村部の伝統的バイオマス利用が、所得・生活水準の向上に伴って近代的エネルギーに転換してゆくためである。自動車・民生用の液体バイオ燃料やバイオガスは2050年にかけて1.9倍になるものの、熱用非化石エネルギー消費の20%を占めるに過ぎない。

図2-17 | 世界の発電用非化石エネルギー消費 [レファレンスシナリオ]

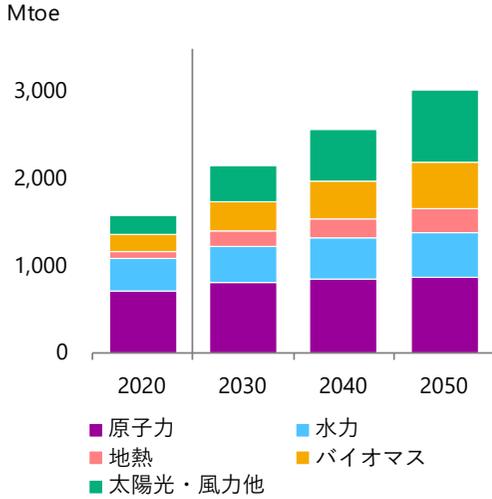
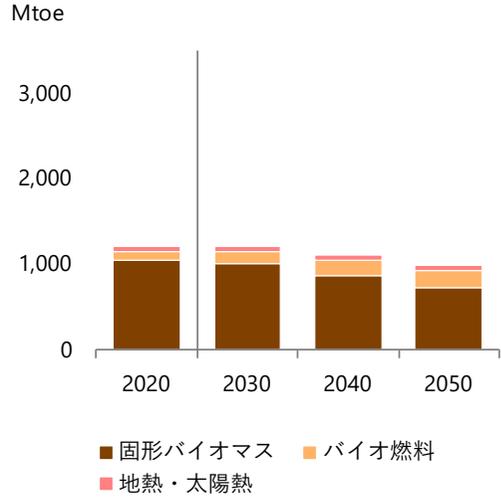


図2-18 | 世界の熱用非化石エネルギー消費 [レファレンスシナリオ]



非化石エネルギー消費は2050年にかけての増加率は飛躍的である。しかし、一次エネルギー消費全体も大きく伸びているため、一次エネルギー消費に占める割合の伸びは大きくはない。コスト下落に伴う太陽光、風力等の新エネルギーの普及拡大が期待されているが、2050年までの世界の一次エネルギー消費量増分の17%を占めるに過ぎない。

アジアのエネルギー消費増の中心は中国からインド・ASEANへ

アジアの世界経済シェアは実質ベースで2020年に34%であったが2050年には44%に拡大し、世界のエネルギー消費増加分のうち、アジアの増分が53%を占める(図2-19)。特に、中国、インド、ASEANが世界のマクロ経済とエネルギー消費の双方をけん引することになるが、これらの国・地域の間には共通点と相違点がある。中国では2030年ごろにエネルギー消費がピークアウトする一方、インド、ASEANは拡大が続く(図2-20)。この背景には各国・地域の経済成長および人口成長のスピードの変化がある。

図2-19 | アジアの一次エネルギー消費[レファレンスシナリオ]

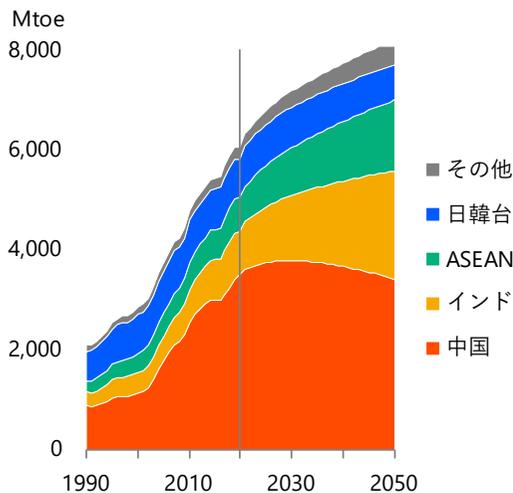
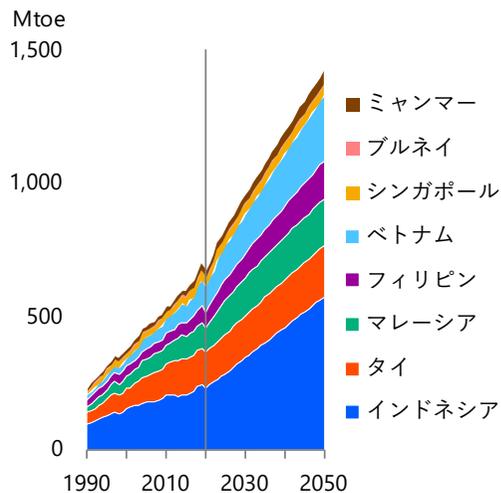


図2-20 | ASEANの一次エネルギー消費[レファレンスシナリオ]



中国の経済は1990年に1兆ドルに過ぎなかったが、2020年には14.2倍の14兆6,000億ドルに拡大し、2050年には2020年比3.0倍の44兆4,000億ドルに至る。この間、人口は1990年の11億4,000万人から2020年の14億1,000万人に増えたが、その後2030年ごろをピークに減少し、2050年には13億1,000万人と2020年を下回る。経済は拡大する一方で人口減少に転じることもあり、2030年ごろには先進国と同様に経済を成長させつつエネルギー消費が減少し始める。エネルギー消費は1990年から2020年まで年率4.7%の急激な伸びを示したが、2020年から2030年は年率0.8%増に減速し、その後減少に転じる。2050年には1人当たり実質GDPが3万4,000ドルを超える中でエネルギー消費は2020年を下回り、カーボンニュートラルを意識した成熟社会への移行を開始する。アジアでのエネルギー消費シェアは1990年に42%であったが、2020年に58%に上昇後、2050年には42%に低下する。

インド経済は1990年の5,000億ドルから2020年には5.4倍の2兆6,000億ドル、2050年には2020年比5.3倍の13兆4,000億ドルに拡大する。人口は1990年の8億7,000万人から2020年に13億8,000万人に至り、2024年ごろには中国を追い抜いて2050年には16億6,000万人になる。人口増に加え、1990年には500ドル足らずに過ぎなかった1人当たり実質GDPが2050年には8,000ドルに迫り、所得・生活水準が向上する。インドは2070年カーボンニュートラルの実現を目指しているが、エネルギー消費は2020年から2030年は年率4.1%増加し、1990年から2020年より高い増加率となる。さらに、2030年から2040年は年率2.8%、2040

年から2050年は2.4%と増加し続けることから、インドにおいて気候変動対策やエネルギー安全保障対策がより重要となる。インドのアジアにおけるエネルギー消費シェアは1990年の13%、2020年の14%から、2050年には26%まで急拡大する。

ASEANの経済規模は1990年の7,200億ドル、2020年の2兆8,000億ドルから、2050年には9兆6,000億ドルに拡大する。ASEAN全体の人口は、1990年の4億3,000万人から2050年には7億6,000万人に増加する。この結果、1990年に1,700ドルであった1人当たり実質GDPは、2020年には4,400ドル、2050年には13,000ドルに到達するため、1人当たりの所得・生活水準が向上する。ASEANのエネルギー消費は2020年から2030年は年率3.6%増と1990年から2020年と同じ増加率となる。さらに、2030年から2040年は年率2.2%増、2040年から2050年は年率1.8%増と右肩上がりが続くこと、2020年から2050年の増分の半分はインドネシアが占めることになる。インドネシアは2060年カーボンニュートラルを達成することを表明している中でエネルギー消費の増加が続くことから、気候変動対策やエネルギー安全保障対策がより重要となる。ASEANのアジアにおけるエネルギー消費シェアは1990年、2020年ともに11%であったが、2050年には17%に至る。

インド、ASEANのエネルギー消費が拡大し続ける2050年においても、アジアのエネルギー消費は主に化石燃料で賄われ、2020年には83%、2050年には79%を化石燃料に依存する(図2-21)。特に運輸部門を中心に石油、発電用を中心に天然ガス消費が増加し続ける。アジアの化石燃料消費をどのように低減してゆくかということが、世界のエネルギー安定供給やカーボンニュートラル実現、および世界の気候変動対策の観点から非常に重要となる。

1990年～2020年に年率2.9%増加したアジアの石油消費は、2050年にかけて同1.1%増となり、増加が減速する。2050年までの増加分のうち、部門別では運輸部門が63%、非エネルギー消費部門が24%、民生他部門が5%を、地域別ではインドが72%、ASEANが34%を占める(図2-22)。インド、ASEANの合計が100%を超えるのは、日本や韓国、中国で消費が減少するためである。消費抑制のためには、特にインド、ASEAN、中国の運輸部門において電動化を含む燃費改善が重要となる。アジアの石油消費増分は世界の増分の54%を占めているため、これらの国々の石油消費動向が世界全体に影響を与える。

図2-21 | アジアの一次エネルギー消費[レファレンスシナリオ]

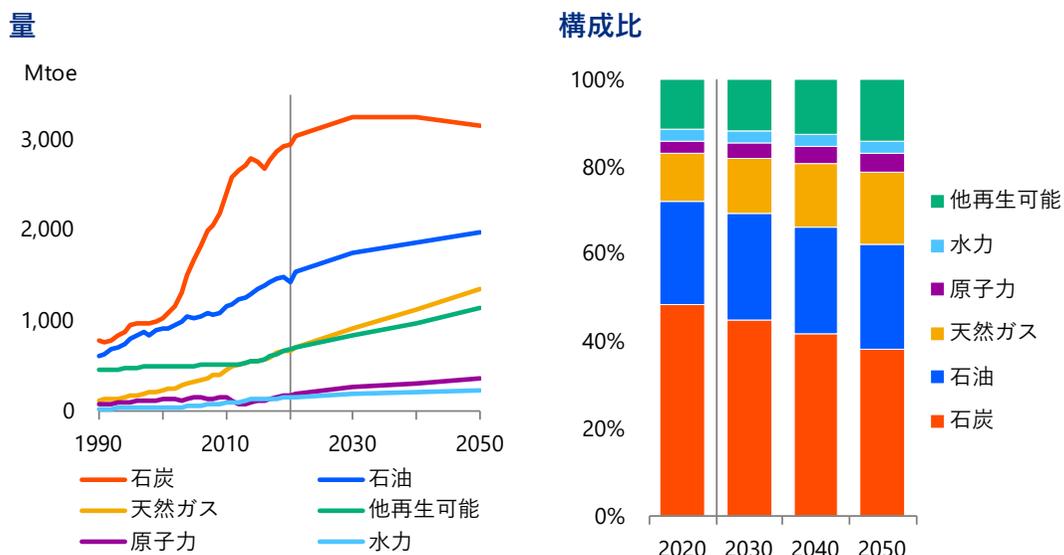
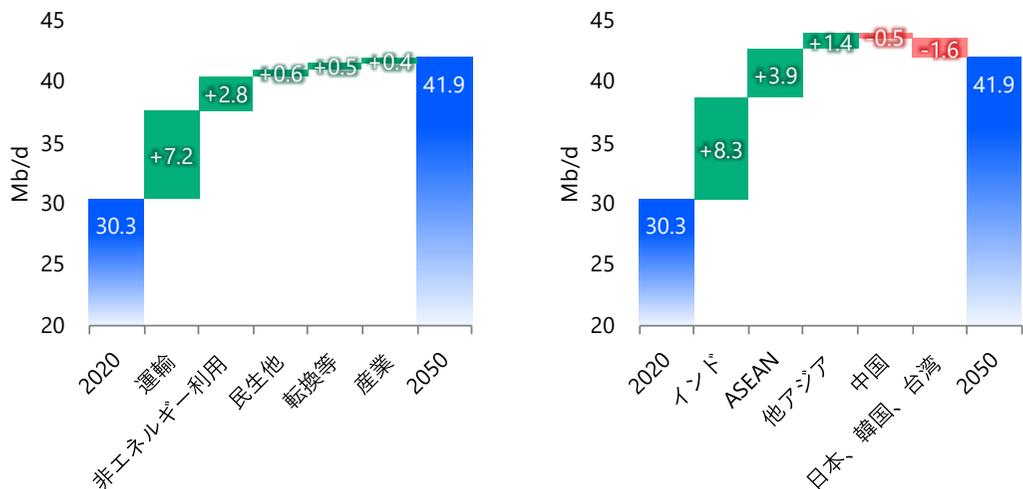


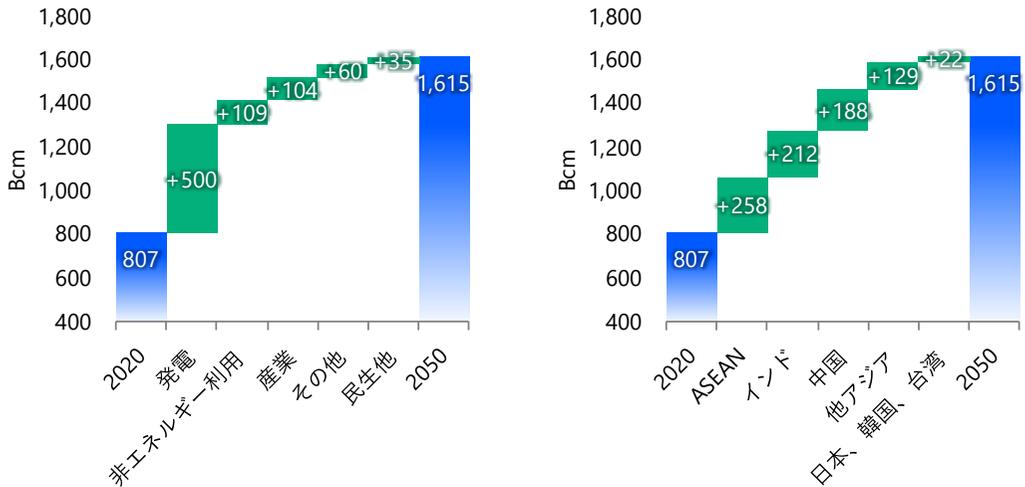
図2-22 | アジアの石油消費[レファレンスシナリオ]



安定供給確保と環境問題への対応の両面から、石油を他エネルギーに転換してゆくこと、および石油を徹底して効率的に消費してゆくことが、アジア各国の政策上不可欠となる。1990年～2020年に年率6.0%で増大したアジアの天然ガス消費は、2020年から2050年にかけて同2.3%と増加は減速する。2050年までの増加分のうち、部門別では発電部門が62%、産業部門、非エネルギー消費部門が13%を、地域別ではASEANが32%、インドが26%、中国が23%を占める(図2-23)。消費抑制の観点からは、特に中国、インド、ASEANにおい

て、発電部門の高効率化や送配電ロス率低下、水素混焼、民生部門で断熱性向上などの省エネルギーを推し進めることが不可欠である。また、アジアの天然ガス消費増分は世界の増分の44%を占めるため、この3か国・地域の消費抑制が世界全体の天然ガス消費抑制に直結する。

図2-23 | アジアの天然ガス消費[レファレンスシナリオ]



天然ガスは石油・石炭よりCO₂排出量が少ないが、燃焼時にCO₂を排出する化石燃料であることに変わりはない。新興・途上国のエンジニアに運用管理・保守点検技術を習得させ、天然ガス火力発電所にはコンバインドサイクル発電システム利用の必須化や水素を混焼するなど、高効率な利活用を進めることが重要である。

このアジアの天然ガス供給不足分を埋めるのは液化天然ガス(LNG)輸入である。アジアのLNG消費量は2021年の273 Mtから2050年の551 Mtと倍以上に拡大する。LNGを早くから利用、大量に輸入していたのは日本や韓国であったが、2021年に中国が日本を抜き世界最大の輸入国となった。2021年における日本、韓国、台湾のシェアが52%、中国、インド、ASEANのシェアが43%であったが、2050年には前者は29%、後者は62%と逆転する。LNGの安定供給の確保という意味においても、インド、ASEAN、中国の果たす役割がいっそう大きくなる。

石油、天然ガスとは異なり、アジアの石炭消費は2030年代半ばをピークに減少に転じる。1990年から2020年は年率4.5%で急成長したが、2020年から2035年は年率0.7%に減速した後、2050年に向けて年率0.2%で減少し始める。気候変動や大気汚染への配慮から、世

界的に石炭火力発電所への批判は高まっているが、アジアでは産業用、民生用は2020年比で減少するものの、発電用で増加する。この結果、石炭は2050年においてもアジア最大のエネルギー源であり続ける。アジア各国は、非効率な石炭火力発電所の新規建設・増設を回避し、先進国を巻き込んだ二酸化炭素回収・有効利用・貯留(CCUS)導入やアンモニア混焼も含めて環境負荷の低減に努めつつ、アジアに豊富に賦存する石炭資源の有効活用を進めてゆく必要がある。

アジアの非化石エネルギーは、石油・天然ガス消費ほどの規模ではないが、年率1.8%で急速に伸びてゆく。2020年から2050年までの消費増分の100%が伝統的バイオマスを除く再生可能エネルギーで、次いで原子力が26%、伝統的バイオマスは-26%となる。伝統的バイオマスを除く再生可能エネルギーの増分では、中国が44%、ASEANは27%、インドが20%を占める。原子力の増分では、中国が54%、インドが26%を占める。2050年の世界の非化石エネルギー消費に占めるアジアのシェアは62%と、現在より11ポイント上昇する。

2060年カーボンニュートラル実現を目指すことを2020年9月に宣言した中国は、2050年に向けて、CO₂排出原単位の高い石油・石炭消費を抑制し、より環境負荷の小さな天然ガス・非化石エネルギー消費に舵を切った。しかし、中国の化石燃料消費の規模を考慮すれば、省エネルギーおよび脱炭素化政策をさらに強化すべきであろう。また、2050年に向けて、アジアのエネルギー消費増分の大半を占めるインドは2070年まで、ASEANにおいてもインドネシアを中心として多くの加盟国がカーボンニュートラルを表明した。インドやASEANは日本、韓国、中国等による技術的・金融的な支援の継続・改善も含め、アジア全体で省エネルギー・脱炭素化の加速に向けて取り組む必要があるであろう。中国、インド、ASEANにおけるこれらの取り組みは、アジアのみならず世界全体の気候変動対策、ひいてはLNG安定確保などエネルギー安定供給にも貢献する。

2.2 最終エネルギー消費

2050年の世界の最終エネルギー消費は2020年の1.2倍に増加

レファレンスシナリオにおいて、2050年の世界の最終エネルギー消費は、2020年の9,573 Mtoeの1.2倍となる11,951 Mtoeに達する。この増加幅を年率に均すと、0.7%の成長に相当する。2020年から2050年までの世界の最終エネルギー消費の変化を概括すると、2つの特徴が挙げられる。

1つ目は、2050年までの世界の最終エネルギー消費は特にインドやASEAN、MENAが中心となって増加してゆくという点である。そのため、これらの地域で最終エネルギー消費に大きな影響を与えるような事態が起きると、世界全体の最終エネルギー消費のすう勢にも影響が及ぶ可能性がある。したがって、これらの地域の最終エネルギー消費変動要因には特に注意が必要である。なお、変動要因の例としては、経済成長、エネルギー関連政策の内容と強度、エネルギー利用機器に関する技術開発とその普及度合いなどがある。

2つ目は、2050年時点でもすべての主要なエネルギー源に対する最終エネルギー需要が一定程度存在するという点である。石炭と再生可能エネルギーの最終エネルギー需要は減少トレンドをたどるが、2050年に至っても0にはならない。気候変動問題は世界大の重要な課題であるが、その対策として政策誘導や投資の対象が特定のエネルギー源に極端に偏ると、中長期的にエネルギー需給のバランスを欠くおそれがある。そのため、需要変化のトレンドや気候変動への影響を踏まえつつも、各エネルギー源が需要に応じて安定的に供給されるような市場を構築することが肝要である。

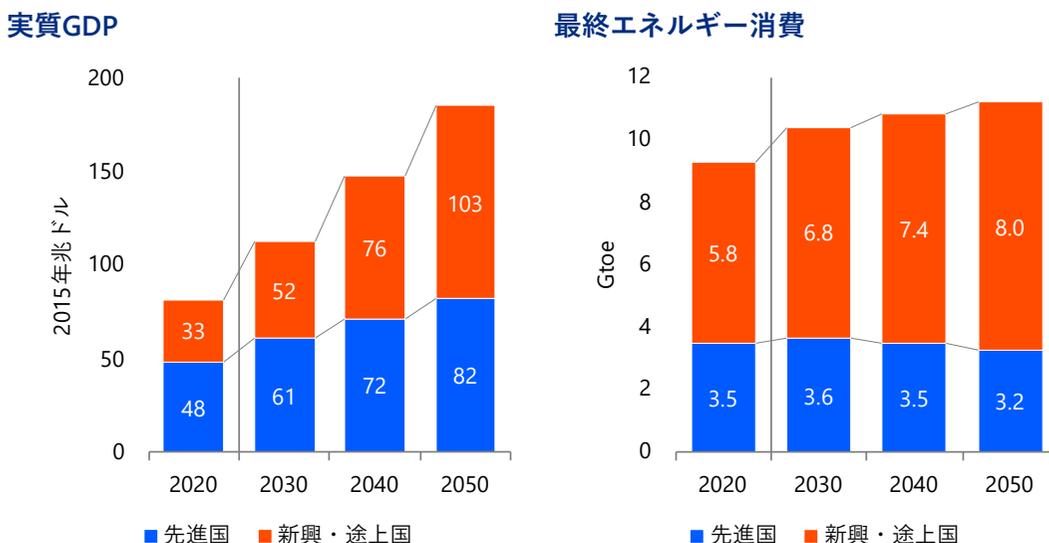
以下では、経済別、地域別、部門別、エネルギー源別という4つの切り口から、レファレンスシナリオにおける2020年から2050年までの最終エネルギー消費の変化をみる。

経済別: 新興・途上国が世界の消費増をけん引

2020年から2050年までの最終エネルギー消費の変化を経済別にみた場合、新興・途上国における消費増が世界の消費増をけん引する(図2-24)。先進国では同期間に最終エネルギー消費が減少するものの、新興・途上国の消費の堅調な増加が先進国の減少を相殺・上回る。このため、世界の最終エネルギー消費は2050年にかけて増加傾向をたどる。

新興・途上国では、人口増加と経済成長を背景として、2050年の最終エネルギー消費が2020年の1.4倍となる7,971 Mtoeまで増加する(年率1.1%)。新興・途上国経済は、中長期的には成長軌道をたどる。ただし、エネルギー利用効率の改善や経済のサービス化が徐々に進むことなどが影響して、2020年から2050年までの新興・途上国の最終エネルギー消費の増加は、実質GDPの伸び(年率3.8%)よりも緩やかなものにとどまる。

図2-24 | 実質GDPと最終エネルギー消費[レファレンスシナリオ]



一方、先進国では、2050年の最終エネルギー消費が2020年より1割少ない3,247 Mtoeとなる。先進国でも、2020年から2050年にかけて実質GDPは成長する(年率1.8%)。しかし、実質GDPの増加トレンドとは対照的に、同期間の先進国の最終エネルギー消費は年率-0.2%のペースで減少する。先進国では、省エネルギーや経済のサービス化の進展により、2000年代後半以降は経済が成長する中でも最終エネルギー消費は減少傾向をたどるようになった。結果として、先進国における最終エネルギー消費のGDP弾性値⁴は、1990年~2020年に0.21であったのに対して、2020年~2050年は-0.12となる。

省エネルギーは、昨今世界で注目されている脱炭素化に向けた重要な方策の1つに数えられる。今後も、先進国と新興・途上国の双方において、最終エネルギー消費部門における省エネルギーの進展に向けた取り組みが求められる。

地域別: インドやASEAN、MENAが今後の成長ドライバーに

2020年から2050年までの最終エネルギー消費の変化を地域別にみた場合、インドやASEAN、MENAが世界の最終エネルギー消費の伸びを強力にけん引する(図2-25)。同期間における世界全体の最終エネルギー消費増分のうち、インドとASEAN、MENAの増分合計が7割超と圧倒的なシェアを占める(図2-26)。

⁴ 最終エネルギー消費のGDP弾性値=最終エネルギー消費変化率÷実質GDP変化率

図2-25 | 世界の最終エネルギー消費と主要国・地域の増加寄与[レファレンスシナリオ、2020年～2050年]

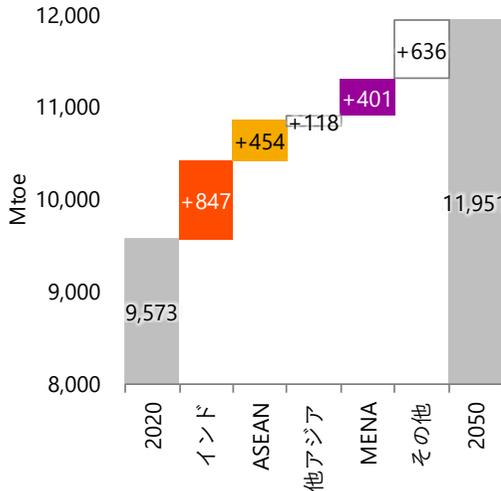
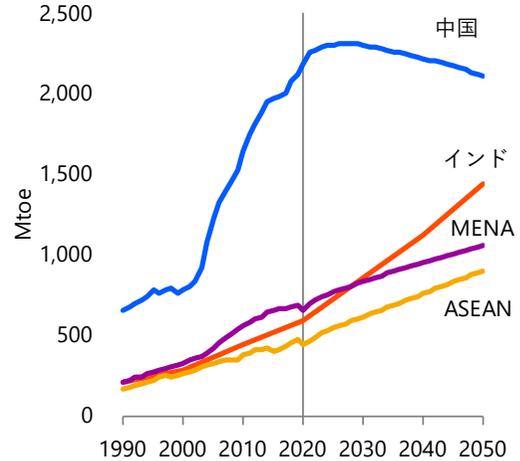


図2-26 | 中国、インド、MENA、ASEANの最終エネルギー消費[レファレンスシナリオ]



なお、インドやASEANの力強い成長の結果として、世界の最終エネルギー消費に占めるアジアの消費の比率は2020年の41.0%から2050年には44.0%まで伸長する。今後の世界にとって、アジアはいっそう枢要なエネルギー消費センターとなる。

インドの人口は、2020年代前半に中国を追い抜き世界一となり、2050年時点では16億人超の規模になる。また、GDPは、都市化の進展などを背景として、2020年から2050年までの間に年率5.7%で成長するとともに、1人当たりGDPも4.4倍になる。こうした人口増加と経済成長を背景として、2050年の最終エネルギー消費は、2020年(596 Mtoe)の2.4倍となる1,443 Mtoeまで増加する(年率3.0%)。インド一国の最終エネルギー消費の増分は、アジア全体の増分の6割超を占めるほどのインパクトがある。その存在感の大きさはアジア内に限ったことではなく、インドの最終エネルギー消費が世界の最終エネルギー消費に占めるシェアは、2020年の6.2%から2050年には12.1%まで拡大する。今後の世界のエネルギー需給を考えるうえで、インドはますます重要な存在になってゆく。

ASEANの最終エネルギー消費は、インドネシアやベトナムの消費増を中心に、2020年の447 Mtoeから2050年には901 Mtoeまで増加する(年率2.4%)。ASEANの最終エネルギー消費の増分454 Mtoeのうち、インドネシアの増分は174 Mtoe、ベトナムの増分は101 Mtoeとそれぞれ大きな部分を占める。これら二国でも、人口増加と経済成長が最終

エネルギー消費の増加を支える。両国の人口は、2020年時点でインドネシアが2億7,000万人(ASEAN内1位)、ベトナムが9,700万人(同3位)の規模があり、将来的にも増加してゆく。また、1人当たりGDPは、2020年から2050年までの間にインドネシアで3.3倍、ベトナムで4.2倍の成長を遂げる。このような成長により、インドネシアの最終エネルギー消費は2030年代後半から日本を上回るようになる。

中国の最終エネルギー消費は、2020年では2,182 Mtoeだったものが2050年には2,105 Mtoeとなり、同期間にわたって世界最大の最終エネルギー消費国の座を占め続けるものの、2020年代後半をピークに減少トレンドに転じる。この変化は、インドやASEANにみられる右肩上がりの増加トレンドとは明らかに異なる。最終エネルギー消費のピークアウトの主な原因となる部門は産業部門で、中でもエネルギー多消費産業の代表である製鉄業とセメント製造業における消費減が大きい。過剰生産能力の解消に向けた取り組みが徐々に影響することで、2010年代中ごろを境にピークアウトしたセメント生産量に続き粗鋼生産量も近々、減少トレンドに入っていく。

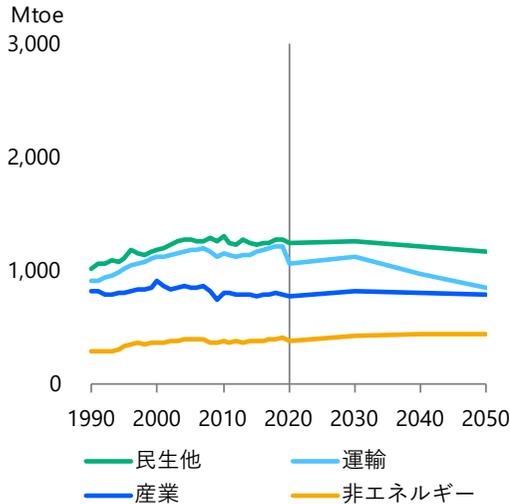
MENAの最終エネルギー消費は、北アフリカ地域、サウジアラビア、イランを中心に、2020年の656 Mtoeから2050年には1,057 Mtoeまで年率1.6%で増加する。北アフリカ地域の増分が99 Mtoe、サウジアラビアの増分が98 Mtoe、イランの増分が96 Mtoeとなり、これら3地域の合計がMENA全体の増分401 Mtoeの大半を占める。インドやASEANには及ばないものの、これら3地域でも人口増加と経済成長を背景に、2020年から2050年にかけて1人当たりGDPが、北アフリカ地域で2.3倍、サウジアラビアで1.7倍、イランで1.8倍にそれぞれ増大するためである。

部門別: 新興・途上国が各部門の消費増をけん引

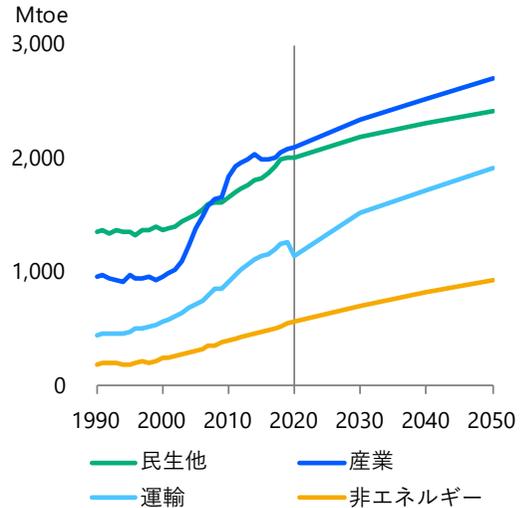
2020年から2050年までの世界の最終エネルギー消費の変化を部門別にみた場合、新興・途上国における消費増にけん引されて、すべての部門の最終エネルギー消費が増加する。先進国では、非エネルギー消費部門以外の各部門で最終エネルギー消費が微減となる(図2-27)。

図2-27 | 先進国、新興・途上国の最終エネルギー消費[レファレンスシナリオ]

先進国



新興・途上国

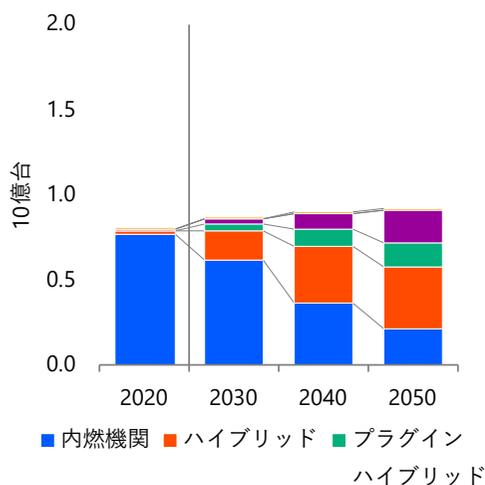


運輸部門では、主に新興・途上国の道路部門における消費増にけん引され、最終エネルギー消費が2020年の2,507 Mtoeから2050年には3,502 Mtoeまで年率1.1%で増加する。運輸部門の消費増分は995 Mtoeで、最終エネルギー消費全体の増分の42%を占める。新興・途上国では、経済成長を背景として、同期間にわたって内燃自動車と電動自動車の保有台数が伸びる(図2-28)。このため、新興・途上国の運輸部門の最終エネルギー消費は年率1.7%のペースで成長する。先進国では、政策誘導などの影響で電動自動車普及して電力消費が増える一方、燃費の改善や内燃自動車台数の減少などにより道路部門の石油消費が大幅に減少する。結果として、先進国の運輸部門の最終エネルギー消費は年率-0.7%で減少する。

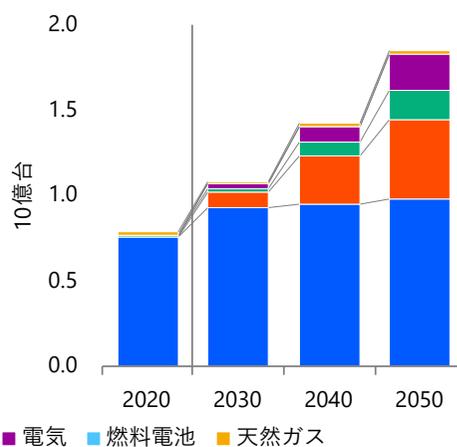
産業部門では、新興・途上国の製造業の隆盛に伴う電力や天然ガスなどの消費増を主な要因として、最終エネルギー消費が2020年の2,873 Mtoeから2050年には3,497 Mtoeまで年率0.7%で増加する。産業部門の消費増分は624 Mtoeで、最終エネルギー消費全体の増分の26%を占める。ただし一般に、製造業をはじめとする産業部門では、事業のエネルギー消費を節減して製品のコスト競争力を高めようとするインセンティブが強く働く。そのため、2020年から2050年までの世界の第二次産業のGDP成長率(年率2.5%)に比べて、世界の産業部門の最終エネルギー消費は緩やかなペースで増加する。

図2-28 | 自動車保有台数[レファレンスシナリオ]

先進国



新興・途上国



民生他部門では、新興・途上国の業務部門と家庭部門における電力や都市ガス、石油製品などの消費増を主な要因として、最終エネルギー消費が2020年の3,248 Mtoeから2050年には3,578 Mtoeまで年率0.3%で増加する。民生他部門の消費増分は329 Mtoeで、最終エネルギー消費全体の増分の14%を占める。新興・途上国では、生活水準の向上とともに、近代エネルギーやその利用機器へのアクセスが徐々に広がる。特に、薪炭財や畜ふんといった伝統的バイオマスが利用されてきたアフリカやアジアでは、民生他部門消費に占める伝統的バイオマス消費の比率が、アフリカでは2020年の80%から2050年には37%まで、アジアでは23%から5%まで、それぞれ低下する。

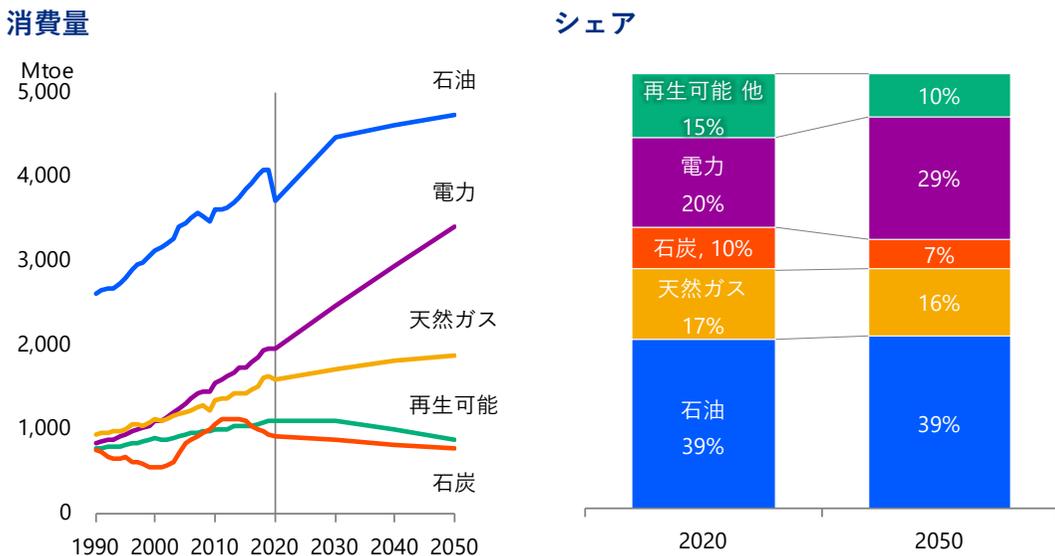
非エネルギー消費部門では、新興・途上国における石油と天然ガスの消費増を主な要因として、最終エネルギー消費が2020年の946 Mtoeから2050年には1,375 Mtoeまで年率1.3%で増加する。非エネルギー消費部門の消費増分は429 Mtoeで、最終エネルギー消費全体の増分の18%を占める。新興・途上国では、生活水準の向上とともに、プラスチックなど石油化学製品の利用量が増大してゆく。非エネルギー消費部門は、先進国で2020年から2050年にかけて消費量がわずかながら増加する。特に北米では、シェールガスの域内生産量が増えて原材料が安価で手に入るようになったことを背景として、化学産業における非エネルギー消費が増える。なお、プラスチックは利便性が高い一方で、昨今ではその大量消費に伴う資源・廃棄物制約や海洋プラスチックごみ、気候変動への影響などが国際的

な課題になっている。これらの課題への対策の一環として、化石燃料ではなくバイオマス
を原料としたバイオマスプラスチックの導入が徐々に進む。

エネルギー源別: すべてのエネルギー源の需要が残る

2020年から2050年までの世界の最終エネルギー消費の変化を主要なエネルギー源別にみ
た場合、シェアが増加トレンドをたどるものと減少トレンドをたどるものに大別される
(図2-29)。電力シェアのみ増加、石油はほぼ横ばいとなる一方で、石炭と天然ガス、再生
可能エネルギーは減少する。ただし、2050年でも天然ガスはもちろんのこと、石炭と再生
可能エネルギーへの需要は存在する。化石燃料(石炭・石油・天然ガス)は、世界の最終エ
ネルギー消費に占める比率が2020年の65%から2050年には62%に低下するものの、引き
続き過半を占める有力なエネルギー源である。

図2-29 | 世界の最終エネルギー消費(エネルギー源別) [レファレンスシナリオ]



石油の最終消費は、部門別の切り口でも触れた新興・途上国の道路部門など運輸部門にお
ける消費増を中心に、2020年の3,700 Mtoeから2050年には4,718 Mtoeまで年率0.8%で増
加する。モータリゼーションが進むインドやASEAN含むアジア全体の道路部門における
消費増は342 Mtoeとなっており、先進国の石油消費減少幅(-316 Mtoe)を超えてしまう
ほどである。運輸部門に次ぐ消費の増加をみせるのは、非エネルギー消費部門である。同
部門では、アジアの消費増に加えて、中東が域内の豊富な資源を活かして消費を増加させ
る。

電力の最終消費は、民生他部門と産業部門における消費増を主な要因として、2020年の1,958 Mtoeから2050年には3,408 Mtoeまで年率1.9%で増加する。電力は、先進国でも消費が増える唯一の主要なエネルギー源である。中国やインド、ASEANを筆頭としたアジアの消費増が世界全体の消費増をけん引するとともに、北米やヨーロッパでも電力消費が増える。一般に、所得が増大するにつれて、利便性の高いエネルギー源である電力が好んで使われるようになる。また、デジタル化などが進展することにより、電力を利用するマシンやデバイスの数も増えてゆく。世界の最終エネルギー消費に占める電力の比率は、2020年の20%から2050年には29%まで上昇する。経済社会のさまざまなシステムの電力依存度が高まるにつれて、供給障害が生じたときの損害がより大きくなりうる。電源の脱炭素化は重要な論点ではあるが、エネルギーセキュリティの観点からは、それに加えて安定的な電力供給体制を確保することも重要である。

天然ガスの最終消費は、新興・途上国の産業部門と非エネルギー消費部門における消費増を中心として、2020年の1,580 Mtoeから2050年には1,880 Mtoeまで年率0.6%で増加する。産業部門では、製造業が隆盛するインドやASEAN、MENAにおいて、非素材系産業を中心に消費が増加する。非エネルギー消費部門では、化学製品の内需が高まるインド、ASEANや、ガス化学産業の拡大を目指す中東が中心となり、世界の消費増をけん引する。

石炭の最終消費は、中国の産業部門と民生他部門における消費減を主な要因として、2020年の924 Mtoeから2050年には780 Mtoeまで年率-0.6%で減少する。地域別の切り口でも触れたとおり、中国では石炭消費量の多い製鉄業とセメント製造業の生産量が中長期的に減少する。これに伴い、2050年には中国の産業部門の石炭消費は、2020年比で半分程度になる。また、石炭の利用に伴う大気汚染や健康被害を抑制する観点から、同国の民生他部門で天然ガスや電力への利用エネルギー転換が進む。

再生可能エネルギーの最終消費は、アジアやアフリカの新興・途上国におけるエネルギー転換の進展などにより、2020年の1,101 Mtoeから2050年には878 Mtoeまで年率-0.8%で減少する。最終消費部門における再生可能エネルギーの例としては、自動車・航空機用のバイオ燃料が注目を集めている。しかし、2020年の再生可能エネルギー最終消費の構成比率では、新興・途上国における薪炭財や畜ふんといった伝統的バイオマス消費が72%と最も大きく、次いで欧米諸国の暖房用などの薪炭財消費が13%、バイオ燃料消費が10%、その他が5%である。部門別の切り口でも触れたとおり、アジアやアフリカの新興・途上

国などで近代エネルギーの利用が伝統的バイオマスの利用を徐々に代替してゆく。その影響で、2020年代後半から世界の再生可能エネルギー最終消費は徐々に減少する。

2.3 二酸化炭素排出

短中期的な取組強化が必要だが足元の状況は逆風

COVID-19の影響を受け2年ぶりの開催となった第26回国連気候変動枠組条約締約国会議(COP26)に向かって脱炭素の潮流は加速した。COP26が終了した2021年11月時点で、154か国・1地域が2050年等の年限を区切ったカーボンニュートラルの実現を表明し、これらの国におけるエネルギー起源CO₂排出量が世界全体に占める割合は79%に達した⁵。

COP26では、残された議題であったパリ協定第6条に基づく市場メカニズムの実施指針等について合意に至り、パリ協定のルールブックが完成をみた。一方、気候目標の達成に向けて、短中期的な取組強化の必要性が改めて認識された。

8年ぶりに作成された気候変動に関する政府間パネル 第6次評価報告書 第3作業部会(IPCC AR6 WG3)報告書によれば、COP26以前に発表された国が決定する貢献(NDC)(条件なし)を前提とした場合、2030年の世界の温室効果ガス(GHG)排出量は二酸化炭素換算53十億t(GtCO₂-eq)になると推計される。これは2019年の59 GtCO₂-eqから微減にとどまり、2°Cおよび1.5°Cの排出パスと整合的な2019年比21%減および43%減からは程遠いことを意味する。COP26では締約国に対し、2022年末までにパリ協定の気候目標に整合するよう、必要に応じてNDCにおける2030年目標を再検討し強化することを要請した。

一方で、足元の状況は逆風である。2020年はCOVID-19の影響により、世界のエネルギー起源CO₂排出量は前年比で5.8%も減少した。しかし、IEAの速報値⁶によれば、2021年にはリバウンドし、すでに2019年と同程度の水準に戻った。加えて、ロシアによるウクライナ侵攻が引き起こしたエネルギー危機により、各国はエネルギー安全保障を最優先課題とせざるを得ず、気候変動への関心は相対的に低下した。引き続き、少なくとも短期的には気候変動への取り組みが減速する可能性は否定できず、動向を注視する必要がある。

⁵ 経済産業省「令和3年度エネルギーに関する年次報告」(エネルギー白書2022)

⁶ IEA (2022), Global Energy Review: CO₂ Emissions in 2021

インドを含む新興・途上国の排出増が中国・米国の減少分を上回る

主要国・地域別の世界のエネルギー起源CO₂排出量を図2-30に、世界のエネルギー起源CO₂排出量の年変化率と主要国・地域別寄与度を図2-31に示す。レファレンスシナリオでは、排出量の増加率は徐々に減少してゆくものの、絶対値は2050年まで増加をたどり、2030年に35.5 Gt (2020年比12.2%増)、2050年には37.0 Gt (2020年比16.9%増)に達する。最大の排出国である中国の排出は2027年にピークアウトを迎えるが、インドやASEANといったその他の新興・途上国の排出が中国や米国の減少分以上に増加する。

図2-30 | エネルギー起源CO₂排出量[レファレンスシナリオ]

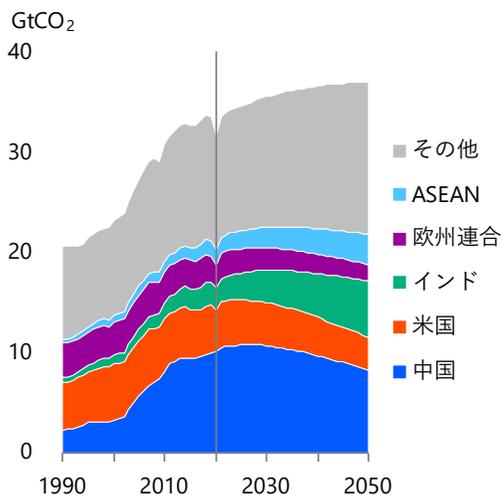
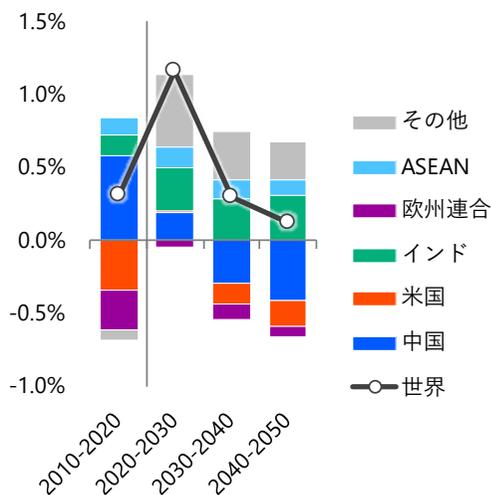
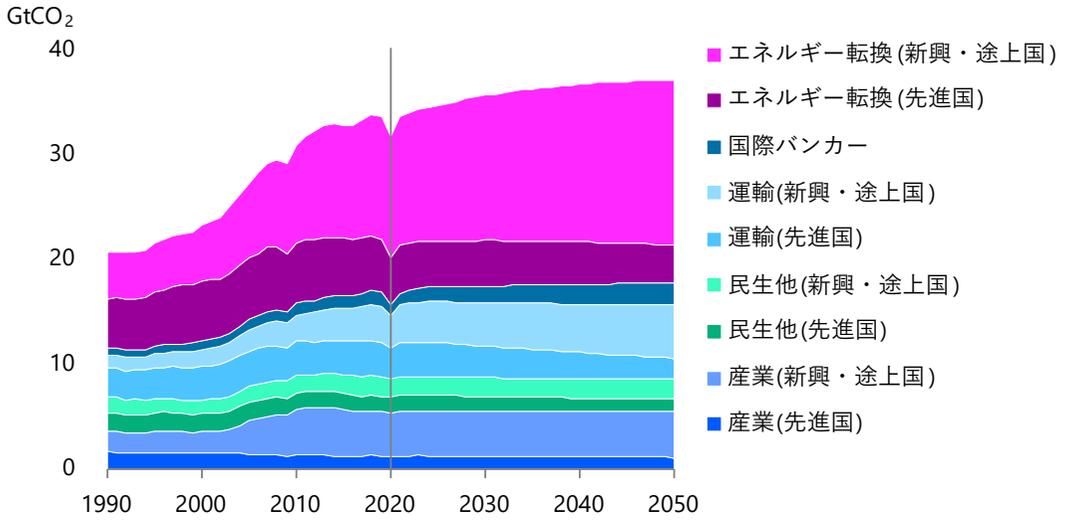


図2-31 | エネルギー起源CO₂排出量の年変化率と寄与度[レファレンスシナリオ]



エネルギー起源CO₂排出量を先進国、新興・途上国別かつ部門別にみたものが図2-32である。先進国ではエネルギー転換および運輸からの排出量が減少してゆく一方、新興・途上国のエネルギー転換および運輸、国際バンカーからの排出は増加してゆく。

図2-32 | 世界のエネルギー起源CO₂排出量[レファレンスシナリオ]



3. エネルギー供給

3.1 原油

ウクライナ侵攻前後の原油供給

2017年から協調減産を続けていた石油輸出国機構(OPEC)とOPEC非加盟の主要産油国からなるOPECプラスは、新型コロナウイルス感染症(COVID-19)パンデミック初期の2020年3月～4月に減産を一時放棄したが、同年5月より再び減産を実施し、その後は徐々に減産幅を緩和してきた。しかし、上流投資不足や治安悪化といった要因で、2021年からは目標生産量未達が常態化している。一方、世界最大の産油国である米国の生産量は、パンデミック初期の原油価格暴落によって投資採算性が悪化、上流事業への融資が絞られたことで大きく落ち込んだ。2020年後半に原油価格が上昇基調に入っても、米国での上流投資の回復は鈍く生産量は低迷した。2020年第3四半期から2022年第1四半期に至るまで石油市場は需要超過が続いたが、需要回復とともに供給面ではOPECプラス協調減産および米国の生産回復の遅れが大きく影響したと言えよう。

ロシアによるウクライナ侵攻を受け、西側諸国はロシア産石油からの脱却を進めている。実施時期や程度には差があるものの、主要7か国(G7)および欧州連合(EU)はロシア産石油禁輸を決定している。この影響は2022年後半から本格化し、ロシアの原油生産量を短中期的に抑制するものとなろう。OPECプラスの生産目標は目標生産量未達が常態化することによってかなり意味を失っており、余剰生産能力の大半を占めるサウジアラビアおよびアラブ首長国連邦(UAE)の増産程度に焦点が移っている。一方、油価の上昇とともに米国の生産量もようやく回復基調に入っており、ロシアの代替供給源として米国の重要性が高まっている。

中東産油国が低生産コストを活かして原油供給をリード

レファレンスシナリオにおいては、世界の石油需要は、インドや東南アジア諸国連合(ASEAN)、アフリカ等の新興・途上国を中心に、経済成長や中産階級世帯数の増加等を背景に2050年まで増加を続ける。

2030年までの中期的なタイムスパンでは、世界の石油需要は年率1.6%で増加し、これに呼応して、OPEC、非OPECはともに原油生産を増加させる。圧倒的なコスト競争力を持

つ中東湾岸諸国を中心として、OPEC加盟国はこの期間中の世界の原油供給増をけん引する。ウクライナ戦争前から中長期的な生産量減少が見込まれていたヨーロッパ・ユーラシアは、西側諸国の禁輸や制裁の影響でロシアの上流投資不足が深刻化し、減少スピードが速くなる。一方、2010年代に驚異的な増産をみせた米国を中心とする北米の生産量は2030年ごろにピークに達する。また、ブラジルやガイアナといった国々の増産が南米の生産量を押し上げるが、アフリカの生産量は横ばい、アジア・オセアニアの生産量は減少し続ける。

2030年からは、中南米での生産量は増加するものの、北米、ヨーロッパ・ユーラシア、アジアといった非OPEC地域は減少し、OPEC、特に潤沢な原油埋蔵量を誇る中東OPEC加盟国の存在感がますます高まる。OPECの盟主であるサウジアラビアを筆頭に、安価な生産コストを誇るこれらの国々が、2030年から2050年までの需要増加分の大半を得ることになる。その結果、世界の石油供給に占めるOPEC原油のシェアは2020年の34%から2050年には44%に高まる。

表3-1 | 原油生産[レファレンスシナリオ]

| | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 2020-2050 | |
|-----------|------|-------|-------|-------|-----------|-------|
| | | | | | 変化量 | 変化率 |
| 原油生産計 | 89.6 | 108.5 | 111.7 | 113.2 | 23.6 | 0.8% |
| OPEC | 31.3 | 41.9 | 48.0 | 51.5 | 20.2 | 1.7% |
| 中東 | 25.0 | 34.2 | 39.6 | 42.2 | 17.2 | 1.8% |
| その他 | 6.3 | 7.7 | 8.4 | 9.3 | 3.0 | 1.3% |
| 非OPEC | 58.3 | 66.6 | 63.6 | 61.7 | 3.4 | 0.2% |
| 北米 | 21.0 | 28.4 | 27.1 | 25.2 | 4.2 | 0.6% |
| 中南米 | 7.7 | 9.2 | 10.6 | 11.6 | 4.0 | 1.4% |
| 欧州・ユーラシア | 17.4 | 16.4 | 14.3 | 13.6 | -3.8 | -0.8% |
| 中東 | 2.9 | 3.6 | 3.9 | 4.2 | 1.3 | 1.2% |
| アフリカ | 1.4 | 1.6 | 1.6 | 1.7 | 0.2 | 0.5% |
| アジア・オセアニア | 7.9 | 7.4 | 6.2 | 5.3 | -2.6 | -1.3% |
| プロセスゲイン | 2.1 | 2.9 | 3.2 | 3.4 | 1.3 | 1.6% |
| 石油供給計 | 91.7 | 111.4 | 114.8 | 116.6 | 24.9 | 0.8% |

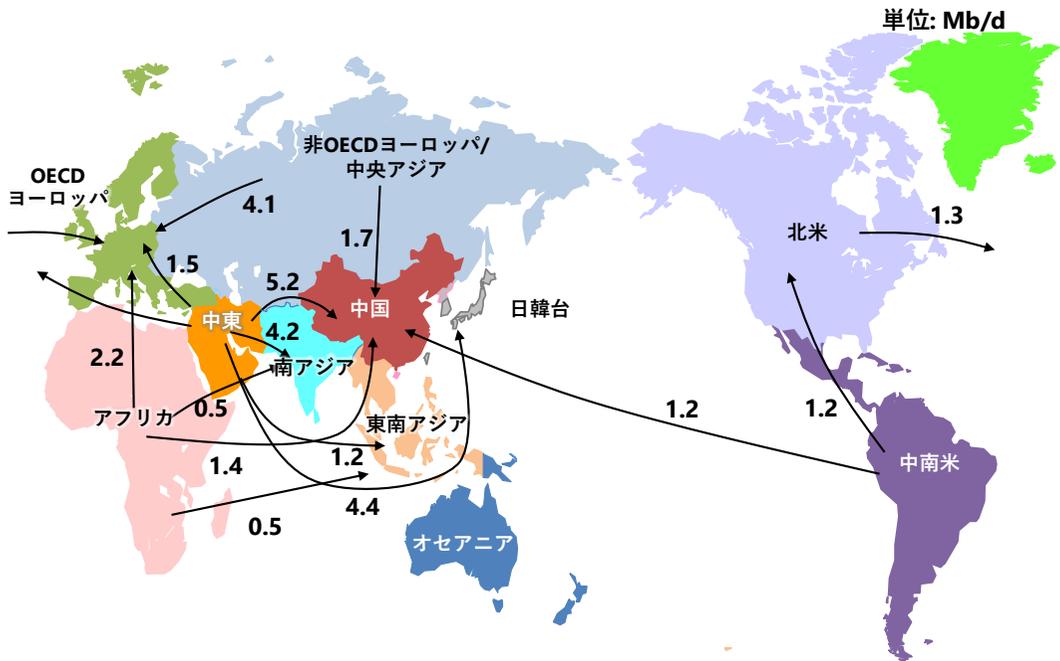
注: 原油にはNGLを含む

アジアで高まる中東への原油依存

2021年の世界の原油貿易量は日量約42百万bbl (Mb/d)であった。最大の輸出地域である中東の輸出量は約16 Mb/dで輸出量の39%を占め、ロシアを中心とする非OECDヨーロッパ/中央アジアが約6.4 Mb/d、北米が約6.0 Mb/dが続いている。中東の輸出量の8割はアジア向けであり、非OECDヨーロッパ/中央アジアは6割がヨーロッパ向け、3割がアジア向けである。北米は域内(米国・カナダ間)での貿易が6割を占め、2割がアジア向けである。輸入地域ではアジアの輸入量が約23 Mb/dと圧倒的に大きく、中でも世界最大の輸入国である中国の輸入量は約10 Mb/dに達する。OECDヨーロッパの輸入量も約10 Mb/dと大きい。アジア向け最大の供給地域は中東で、アジア全体での中東依存度は6割である。OECDヨーロッパ向け最大の供給地域は非OECDヨーロッパ/中央アジアで、OECDヨーロッパ全体での非OECDヨーロッパ/中央アジア依存度は4割(EUのロシア依存度は3割)となっている。

世界の原油貿易総量は、非産油国での石油需要の増加を背景に増加する。需要が減少する経済協力開発機構(OECD)諸国では輸入量も低下し続けるが、非OECD諸国の輸入量がそれを上回る勢いで増加する。中国の輸入量は2030年ごろにピークアウトするが、インドやASEANの輸入量増加が顕著であり、アジアの輸入依存度は上昇し続ける。ロシアを中心とする非OECDヨーロッパ/中央アジアは、ヨーロッパ向けの供給量減少が加速し、中国市場への依存度が高くなる。米州からアジアへの流入量は増加するものの、中東がアジア向けの最大供給地域であり続ける。

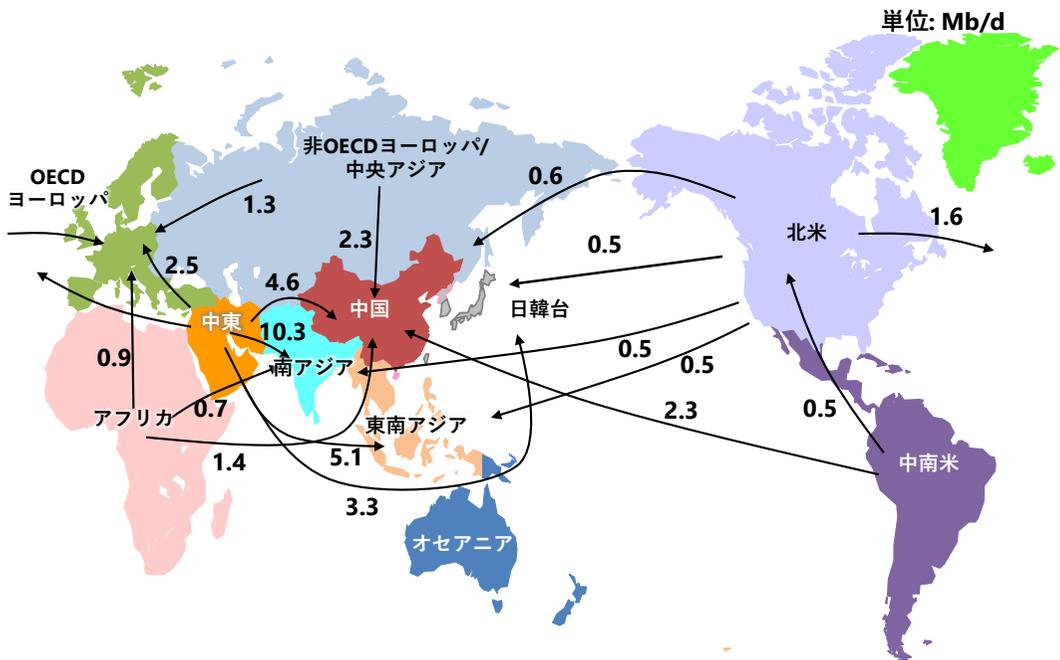
図3-1 | 主要地域間の原油貿易[2021年]



注: 0.5 Mb/d以上のフローを記載

出所: BP 「BP Statistical Review of World Energy」 (2021年版)、各国貿易統計を基に作成

図3-2 | 主要地域間の原油貿易[レファレンスシナリオ、2050年]



注: 0.5 Mb/d以上のフローを記載

3.2 天然ガス

LNG市場が豊富な供給ポテンシャルにより拡大しつつも、見通しは不確実化

世界の液化天然ガス(LNG)・天然ガス市場は、2021年後半以降、未曾有の価格上昇と、高水準が継続している。

2020年のCOVID-19パンデミックによる需要減少から、同年後半以降のリバウンドに対して、供給面の対応が遅れ、需要と供給の不均衡が生じた。その背景の1つとして、2021年には、LNG設備・上流ガス生産側の計画的な、あるいは計画外での生産活動停止、失速が供給不足につながった。

アジアでは、マレーシアのBintulu LNG生産設備で、2021年8月以降、一部のガス田からの原料ガス不足により、LNG生産量が影響を受けた。インドネシアのパプア州Tangguh LNG設備では、建設中の第3生産系列の稼働開始時期が1年以上遅延して、2023年までずれ込む見通しとなっている。西オーストラリア沖Prelude浮体LNG生産設備は、2021年12月の火災事故後、同国連邦海洋安全規制機関の命令により、原因究明のため停止となり、2022年5月に稼働を再開した。その後、同年7月には労働争議により、LNG出荷にも影響が出た。ロシアのサハリン州Sakhalin 2 LNG設備では、ウクライナ侵攻勃発以前の2021年7月～8月にメンテナンスで2系列とも停止する時期があった。

大西洋では、北欧ノルウェーのSnøhvit LNG設備は、2020年9月の火災事故後、2022年6月中旬までLNG生産を停止した。南米ペルーのPeru LNG生産設備は、2021年5月末のトラブルで4か月間、LNG生産を停止した。南米トリニダード・トバゴでは、Atlantic LNG生産設備3系列中1系列が、2021年半ば以降、原料ガス不足による無期限に停止となっている。西アフリカのナイジェリアでは2021年中、原料ガス不足によりLNG生産が20%程度減少した。なお、同じプロジェクトの拡張第7系列計画では、2021年6月に建設開始した。2025年ごろに生産量が増加することが期待される。西アフリカの赤道ギニアでも、原料ガス供給中断により、2021年10月～11月にLNG生産を停止した。

2022年6月中旬には、米国メキシコ湾のFreeport LNG輸出設備で火災が発生し、LNG生産を停止した。稼働再開は2022年11月と見込まれているが、この停止によって累計数百万t (Mt)規模の供給減少につながる見通しである。

供給量増加の動向としては、米連邦政府エネルギー情報局(EIA)は、2022年～2023年のLNG輸出の堅調な増加を見込んでいる。2022年2月には、ルイジアナ州でCheniere社のSabine Pass LNG輸出設備第6系列が、建設が完了したことを明らかにした。同設備からは、2021年末に、初のLNGカーゴが出荷された。また、Venture Global LNG社の、同州内のCalcasieu Pass輸出設備については、2022年2月に初めてのLNGカーゴが出荷された。これらにより、米国では、前記のFreeport LNGの一時的な輸出量減少があっても、2022年上半期にすでに42 MtのLNGを輸出しており、通年でも82 Mt程度と、オーストラリア、カタールを上回る世界最大のLNG輸出国となると見込まれる。

2021年には、中国向けを中心に、推定年間60 Mt分を超える新規LNG売買取引が締結されたが、これは2020年の総量を50%以上、上回るものとなった。しかし2021年の新規契約中、投資決定(FID)前のプロジェクトからの予定生産数量に関して締結されたものは、全体の3分の1に過ぎず、新規プロジェクト投資決定に向けた裏付けとしては、十分に大きくなっていないという懸念は残った。残りは、すでに生産している、あるいは計画・建設されているプロジェクトからの追加販売分であった。

2022年は、特にロシアによるウクライナ侵攻後に、LNG調達活動が急速に増加している。7月末時点までに確定売買契約(SPA)で年間約40 Mt分、またSPAに結実する確度が高い基本合意(HOA)も合わせると約50 Mt分の引き取りコミットメントが確保された。これらは、2021年分と異なり、すべて新規案件分であり、LNG生産部門での新規投資の裏付けとなることが期待される。またこれらはすべて、米国を中心とする北米のLNG生産プロジェクトである。

足元でも、2022年のLNG生産の拡大は、引き続き米国が主導する見通しである。それ以降、特に2025年以降の供給力増強に向けた建設進捗・投資決定動向も大きな関心事項となる。投資決定済みで、新規にLNG輸出国に加わる予定の、カナダ、東アフリカのモザンビークにおける建設状況・完成時期見込み、さらにコスト超過可能性が、引き続き注目される。

LNG生産部門への投資決定に関しては、容量だけをみれば、2021年は年間50 Mt分と、単年で史上3番目の水準となった。しかしその内訳をみると、32 Mt分がカタールの巨大拡張計画に伴うもので、オーストラリアの1件・5 Mt分は純粋な新規開発案件でなく、拡張ブラウンフィールドプロジェクトによるものとなった。

現在建設中の案件だけでなく、さらに新規案件の投資決定により将来の拡張が期待される米国では、世界的パンデミックによる先行き不確実性がなければ2021年にも投資決定が期待されていた案件の内、潜在的には年間70 Mt分程度のプロジェクトの投資決定が2022年以降にずれ込んだ。これらのプロジェクトの円滑な進捗が、健全なLNG市場発展のカギとなる。2022年はこれらの内から、7月までに2件、年間23.33 Mt分の投資決定が発表された。

また、投資決定・建設中のプロジェクトには、ロシアの案件(Arctic LNG 2: 年間19.8 Mt、Ust Luga: 年間13 Mt)が含まれており、その先行きが不透明化している。当該プロジェクトが期待できない状況となれば、将来の供給力に不安が生じるが、その不足分を一方で充足すべき需要が確実化することで、他地域のプロジェクトの推進への後押し要因となる可能性もある。この要因もあって、米国を中心とするLNG生産プロジェクトの波が台頭している。北米以外の大型案件では、前記のカタールの投資決定済みの巨大拡張プロジェクトに、2022年6月末以降、国際企業5社参加決定が発表されている。

世界の天然ガス供給は、過去半世紀の間、エネルギー全般よりも急速に拡大してきた。このうち、海上輸送による国際貿易を通じて供給されるLNGは、天然ガス供給全体よりも急速に拡大してきた。特に2019年は、米国、オーストラリア、ロシアでのLNG生産設備の急速な立ち上がりを受けて、LNG供給の大幅拡大が継続、2桁台の成長率を記録、絶対量としては過去最大、41 Mt程度の増加となった。2020年は、引き続き米国で生産容量の拡大が続いた一方で、消費市場が失速、第2、第3四半期に貿易量が落ち込んだ結果、稼働率が低下した。この結果、2020年の市場拡大はわずかにとどまった。2021年については、中国を中心とする旺盛な北東アジア需要により、LNG市場が拡大した生産キャパシティを吸収、市場が拡大軌道に戻った。2022年は5%程度拡大する見通し。

米国産LNGのプレゼンス拡大とその世界市場への影響

上記のとおり、今後の投資決定可能性が高いプロジェクトに関しては、当面米国が多数を占める。同国でのLNGプロジェクトは、原料ガスとなる上流側のガス田が伝統的なLNGプロジェクトと異なり必ずしも垂直統合型に特定されていない。さらに、LNGの引き取りに関しても、必ずしも最終消費先が固定されない緩やかなコミットメントでのプロジェクト構築・投資決定がなされてきた。一方で2021年～2022年には、最終消費先特

定度の高い長期契約も盛り返しており、ボリュームの拡大とともに、プロジェクト構造の多様化も進みつつある。

こうした米国産LNGのグローバル市場への登場が、LNG市場全体の構造変化をもたらしている。2019年は、米国産LNGの日本向け供給が本格化したことにより、従来のアジア向けLNG供給主体からの取引契約で主流であった原油連動価格が高水準であるときに優位性を実証した。一方で2020年は、世界的ガス価格低迷・短期需要低迷時に、供給量の変動分を吸収する柔軟性を発揮した。さらに2021年には再び世界的なガス価格上昇局面で、柔軟性・価格優位性を発揮し、各地への有力供給源として確立した。さらに2022年には、世界最大のLNG輸出国となる見通しである。

このことが、他供給源含めて、契約条件交渉に影響を与えている。他方、オーストラリアは2019年までに現在の生産容量拡大局面が最終段階を迎え、そのLNG生産量は、2020年、2021年には2006年以降の世界最大のLNG輸出国だったカタールを上回った。また、ロシアは北極圏プロジェクトでのLNG生産が増加し、ヨーロッパガス市場でシェアを拡大しており、2022年上半期にはヨーロッパ向け輸出量が過去最大となった。

これらのLNG生産動向の進化を受けて、LNG消費市場側にも構造変化がもたらされている。北東アジアがLNGの主力消費市場であることには変わりはないが、その世界市場におけるシェアが2018年の62%から56%（2019年～2020年）、59%（2021年）に低下した。長年世界最大のLNG輸入国であった日本のシェアは、2018年の25%から2021年には20%に低下した。同じ北東アジア市場圏に属する中国では、成長ペースが鈍化したものの、2021年は、LNG輸入量が日本を上回った。なお、2022年上半期は中国のLNG輸入量が減少し、日本が再び世界最大のLNG輸入国となった。

さらに、米国産LNG輸出増加を受け、2018年第4四半期以降、ヨーロッパのLNG輸入が急拡大し、欧州連合+英国ベースでの2019年のLNG輸入量は日本、中国を上回った。2022年は欧州連合の脱ロシア依存への動きに伴うLNG輸入増加により、再び日本、中国を上回る見通しである。このLNG輸入増加に大きな役割を果たしているのが、欧州連合内の地下ガス貯蔵設備である。2022年時点でLNG換算70 Mt分程度の貯蔵容量を持つが、利用状況がLNG輸入の増加を反映して大きく変動する。

LNG物流のヨーロッパシフトと世界ガス価格高水準の常態化

2021年以降、米国産LNGを中心に、ヨーロッパ向けのLNG流入が増加している。2022年第1四半期、米国産LNGの世界市場に向けた出荷量は、2200万トンと、1四半期に、1国が輸出した数量として、過去最大となった。この期間には、欧州連合(EU)プラス英国にて、米国産LNG出荷先に占めるシェアは、65%となっており、2020年、2021年における3割前後からほぼ倍増した。2022年前半は、世界の2大LNG輸入国である日本、中国のLNG輸入量が減少しており、LNG市場におけるヨーロッパのプレゼンスが拡大した。

これと並行して、ヨーロッパ天然ガススポット価格・市場価格およびアジアのスポットLNG価格を中心として、高価格が常態化している。これらは、2021年8月以降急上昇し、同年10月以降は、史上最高水準が持続している。そしてその後、乱高下というよりも「乱高」を頻発している。

この要因としては、パンデミック影響を受けた2020年前半の低迷から、世界の天然ガス需要が2020年後半以降急速に回復したこと、需要低迷時に減少した天然ガス生産の回復スピードが相対的に遅かったことが指摘できる。さらに、中長期的には、天然ガス・LNGの新規生産に向けて、建設・投資が追いついていなかったことが指摘できる。

これに加えて、前記の既存LNG生産設備におけるトラブルがある。これらにより、2025年ごろまでは、全般的に高価格が続く見通しであり、特に大規模市場のガス需要がピークとなる北半球冬季に、価格が跳ね上がる状況が予見される。ウクライナ情勢を受けてのガス供給先行き不安が続いている。EUによる脱ロシア産化石燃料依存策は、他供給源からの追加調達を意味しており、他市場向けのガス供給にとっても不安材料となる。当面、世界の各市場で、多くの場合、未曾有の高価格水準の中で、天然ガスの安定調達が重要な課題となっている。

日本でも、2022年4月、5月、7月のLNG輸入価格は、急速な円安進行も追い打ちとなり、円建てで史上最高となった。LNG購入の長期契約が連動する原油価格の高止まりにより、日本のLNG輸入価格はさらに上昇見込みである。

国際市場のLNG供給源である米国においても、ヘンリーハブ天然ガス先物契約価格が6月上旬には100万Btu当たり9ドルを超える等、シェール革命以降での同国内ガス価格が最高水準となっている。この要因としては、米国内のガス生産量の増加ペースがやや緩いこと、

米国内での発電用ガス需要が堅調であること、同国からのLNG輸出用原料ガス需要が堅調であることが指摘できる。

過去の水準をはるかに上回る高価格の常態化により、LNG生産開発・投資活動も過去最高水準に近づく兆しを示しており、LNG調達の動きが加速化している。これらの中で、中国企業のコミットメントが目立つものの、日本企業の引き取りはない。2020年代後半の日本・アジアのガス需要対応に向けて、日本企業によるコミットメント・国際連携と、これを支える政策対応が重要となる。

これら大型プロジェクトでは、従来投資決定からLNG輸出開始まで4年～5年と長期間を要することが特色だった。建設期間を短縮するため、一部設備の標準化・モジュラー化によりエンジニアリング期間・組み立て建設期間を短縮する取り組みとその成果も実現されつつある。さらに年間1.4 Mt規模のLNG液化設備を従来よりも大幅に短い1年～2年間で実現することを表明するプロジェクト企業も台頭している。

また、今後のLNGプロジェクトにおいては、温室効果ガス(GHG)排出管理面での優位性が競争力や存立にも大きく影響する。現在各地で計画されているLNG生産プロジェクトのほとんどが二酸化炭素回収・貯留(CCS)組み込み、再生可能エネルギー源を動力として織り込んで設計されつつある。

過去2年間は、LNG高価格が、東南アジア、南アジアなどの新興市場でのLNG導入はおろか、既存のLNG輸入にも逆風となっている。しかしながら、売買取引の条件面、特に価格面での改善が、新規LNG輸入プロジェクトの動きを加速させる。また、海上輸送におけるLNGバンカリングへのイニシアチブ増加、LNG燃料船舶の拡大にもつながってゆく。

ガス資源開発が長期的にLNG拡大を支える

世界最大の天然ガス生産国であり、かつ消費国でもある米国では、引き続き見通し期間を通じて、シェールガスを中心とする天然ガスの生産が増加する。2030年ごろまで、年率1%程度で生産が増加し、その後は安定化する。その販路拡大・貿易バランス改善の意味でも、LNG輸出が果たす役割が重要となる。シェールガス生産は前世紀より少量ながら継続していたが、特に2005年前後の同国内天然ガス価格上昇により開発意欲が刺激され、2008年以降、水圧破碎・水平掘削等の技術進展・普及により経済性が向上し、大幅に生産が増加した。2022年時点で、シェール構造からのガス生産は、米国の天然ガス生産量全体の8割を占めている。

2008年以降の天然ガス生産増加により、同国の天然ガス価格は低位安定するようになった。天然ガス・原油価格の相対的価格差の拡大と並行して、開発技術も液体生産側に適用・改善され、天然ガス液(NGL)・原油生産が増加することにより、これに随伴する天然ガス生産がいっそう増加することにつながった。一方、国際市場においては米国天然ガス・原油価格の相対的価格差が、米国天然ガス・原油連動アジアLNG価格の価格差に反映され、米国でのLNG輸出プロジェクト開発構想が次々に持ち上がることとなった。

米国産LNGの国際LNG市場における競争力は、競合するほかのLNG供給源・パイプラインガス供給との相対的な価格動向、特にアジアの伝統的LNG供給が連動する原油価格の動向およびヨーロッパにおいてはロシア産パイプラインガスが連動するヨーロッパのスポット天然ガス価格の動向に影響を受けることとなる。このことが2020年～2022年の世界市場におけるLNG貿易フローの変動に大きく影響している。

また、米メキシコ湾を含む東部に立地するLNG生産プロジェクトの場合、アジア市場にはパナマ運河を経由してのアクセスが主体となる。このことから、状況しだいでLNGカーゴをスワップするなどの、供給源・供給ルート最適化の必要を生むことから、さまざまなプレイヤー間の提携を促進することとなる。特に、同運河を経由してのLNG貿易量は拡大途上にありながら、2020年～2021年冬季のアジアLNG需要急増局面において、さらに多くのカーゴを米国から調達したいアジア買主の要請に対して、輸送が対応しきれなかったことから、LNG輸送のオプティマイゼーションの要請は増している。

米国では、稼働中・建設中のLNG生産設備により、早ければ2022年時点で、年間82 Mt程度のLNGを輸出する見込みで、オーストラリア、カタールを抜いて、世界最大のLNG輸出国となる可能性が濃厚となっている。さらに2022年7月までに建設中・最終投資決定(FID)済みとなっているプロジェクトを合計すれば、その容量は年間120 Mt分を超える。

米国からのLNG輸出は、価格決定方式が従来のアジアLNG市場の主流である原油価格連動方式ではなく、米国天然ガス市場価格に基づき設定され、かつその参照する天然ガス市場価格の絶対水準が低いという特徴がある。アジアの他エネルギーの価格水準に左右されるものの、競争力ある価格をアジア市場に提供すること、かつ従来硬直的であったアジアのLNG価格決定方式に変化をもたらすと期待されること、多くの場合、仕向地自由の契約となっていることから、世界市場のLNG取引のあり方自体に大きな変化をもたらしている。加えて、このような米国産LNGの持つ柔軟性により、新興市場の開拓も促進す

ることが期待され、中南米、ヨーロッパ等での新たなLNG輸入国の出現につながっている。

表3-2 | 米国シェール革命と世界のLNG市場の変遷

| | 米国内 | 国際LNG市場 | 両者関係 |
|-------|----------------------------------|---|---|
| ～2007 | 米国内ガス価格上昇、米国内でのガス開発促進 | 世界的なガス・原油価格上昇 | LNG生産諸国での投資促進 |
| 2008～ | シェール革命ガスから開始、ガス・原油価格差の拡大 | カタール、ロシア等LNG輸出拡大 | LNG価格のアジアプレミアムが顕著化(特に日本の原発危機以降) |
| 2014～ | LNG輸出プロジェクト進展、輸出開始と急拡大 | オーストラリア中心にLNG輸出プロジェクト大拡張進展 | 米国産LNG登場が国際LNG取引柔軟化刺激へ |
| 2019 | LNG輸出設備への投資決定年間30 Mt | 供給増加によるLNG・ガス価格低下 | 米国内・国際市場価格差が追加投資決定を促進 |
| 2020 | 北半球夏季にLNG輸出キャンセル多発 | 世界同時LNG・ガス価格史上最低水準への低下 低水準で国際市場ガス価格が融合 | 世界ガス価格低迷で北半球夏季に米国産LNGキャンセル多発 |
| 2021 | 世界LNG供給増加分を事実上独占 | 下半期に価格急上昇・高価格常態化 LNG生産設備トラブルも価格上昇に影響 | 国際LNG・ガス価格高水準も、先行き不透明感のより米国でのLNG投資決定にはつながらず |
| 2022 | LNG輸出世界筆頭へ ガス価格堅調、シェール革命直前水準へ | 高価格常態化と乱高騰頻発 ヨーロッパLNG引き取り急増 | 国際市場高価格常態化が、米国のみならず世界各地LNG生産開発加速 |

同じ北米では、米国のシェール革命以前、ガス生産量の半分近くを米国向けにパイプラインで輸出していたカナダは、シェール革命により実質的に販路としての米国を失ったことから、今後の生産拡大にはLNG輸出市場に大きく期待している。太平洋側、大西洋側ともに複数のLNG輸出プロジェクトが計画されており、太平洋側の大型プロジェクト1件がFID済である。これらにより、特に2030年以降、生産が増加する。

オーストラリアでは、1989年、西オーストラリアでの大型LNG生産プロジェクトにより、日本向けのLNG輸出を開始し、2段階の拡張が行われた。このプロジェクトでは、LNG生

産プロジェクトと並行して国内市場向けガス供給システムの拡大も実施され、その後の開発のモデルケースとなった。また、2006年には北部準州、2012年には西オーストラリア2件目のプロジェクトからのLNG輸出を開始した。また、2010年代は、日本、中国等アジアのLNG需要増加に対応して、西オーストラリアでの追加案件複数に加え、東部クィーンズランド州でLNG生産プロジェクトが立ち上がった。これらのプロジェクトの立ち上がりは2019年に完了しており、同国のLNG生産容量は、年間80 Mtを超え、2020年時点でカタールをわずかに上回り、世界最大のLNG輸出国となった。プロジェクトごとに推進主体が異なる(日本企業がオペレーターとなっているプロジェクトもある)ことで供給条件が異なり、かつその多くが日本をはじめアジアの買主企業のマイノリティー出資を受け入れていることから、エクイティー引き取りなどにより、今後、柔軟性を織り込んだ供給が期待されている。さらに現在計画の中流ガス資源開発には既存のLNG生産設備への補完的ガス供給を軸とする案件もあり、安定操業を確立したLNG設備が持続的な上流ガス生産のプラットフォームを提供することとなる。これらにより、生産が順調に増加するが、2030年以降、増加は緩やかになる。

ロシアでは、2009年より太平洋岸サハリン、2017年末より北極圏のプロジェクトからLNG輸出を行っている。後者により、太平洋地域のLNG消費国に加え、従来ロシアからパイプラインガスを供給してきたヨーロッパ市場にも、日常的にロシア産LNGを供給することとなっている。このロシア北極圏では、2件目の大型LNG輸出プロジェクトが投資決定を行い、建設が進行してきた。しかしながら、2022年2月以降のロシア軍によるウクライナ侵攻により先行きは不透明化している。それ以前は、比較的近距離のヨーロッパ市場への供給に加え、北極圏でも運航できる砕氷級のLNG輸送船から、通常のLNG輸送船へLNGを積み替える基地を整備し、輸送の最適化を図るなど、こちらもLNG供給に新たな構造変化をもたらすこととなると期待されていた。

このほかに、今後のLNGを中心として、世界の天然ガス供給を増加する地域として、東西アフリカのフロンティア地域がある。これらの地域では、洋上、また時には中小規模のガス資源も存在することから、浮体式LNG生産方式も開発の現実的な選択肢となっている。すでに西アフリカのカメルーンで浮体式LNG生産プロジェクトが稼働開始している。さらに、2017年に東アフリカのモザンビーク沖、2018年に西アフリカのセネガル・モーリタニア沖、2022年にコンゴ共和国沖のガス資源を活用する浮体式LNG生産プロジェクトがそれぞれ投資決定を行っている。これらのプロジェクトではいずれも、国際市場での

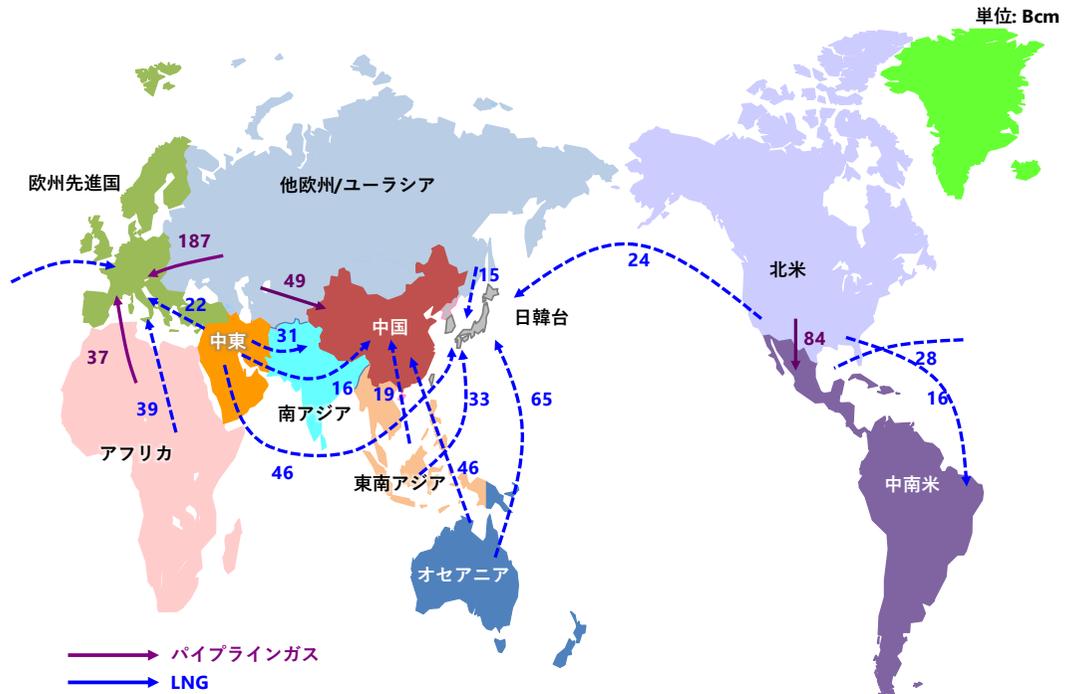
LNGマーケティング力を持つ大手LNGプレイヤーが生産されるLNG全量の引き取りをコミットすることにより、プロジェクト推進の裏付けとしている。

モザンビークではこの浮体式LNG生産プロジェクトに加え、陸上サイトでのLNG生産プロジェクトも複数件計画されている。このうち1件は2019年6月に投資決定済みである。2021年～2022年時点では、現地の治安情勢の悪化により、一時的に建設作業が中断している。しかしながら、長期的には資源規模の大きさ、およびインドをはじめとした南アジアに近く、海運上のチョークポイントもなく、アジア市場はもとよりスエズ運河経由あるいは喜望峰回りでヨーロッパ市場ともにアクセスできる戦略的な立地から、長期的に大きなLNG供給源として成長する。これらを背景に、天然ガス生産が順調に増加する。

表3-3 | 天然ガス生産[レファレンスシナリオ]

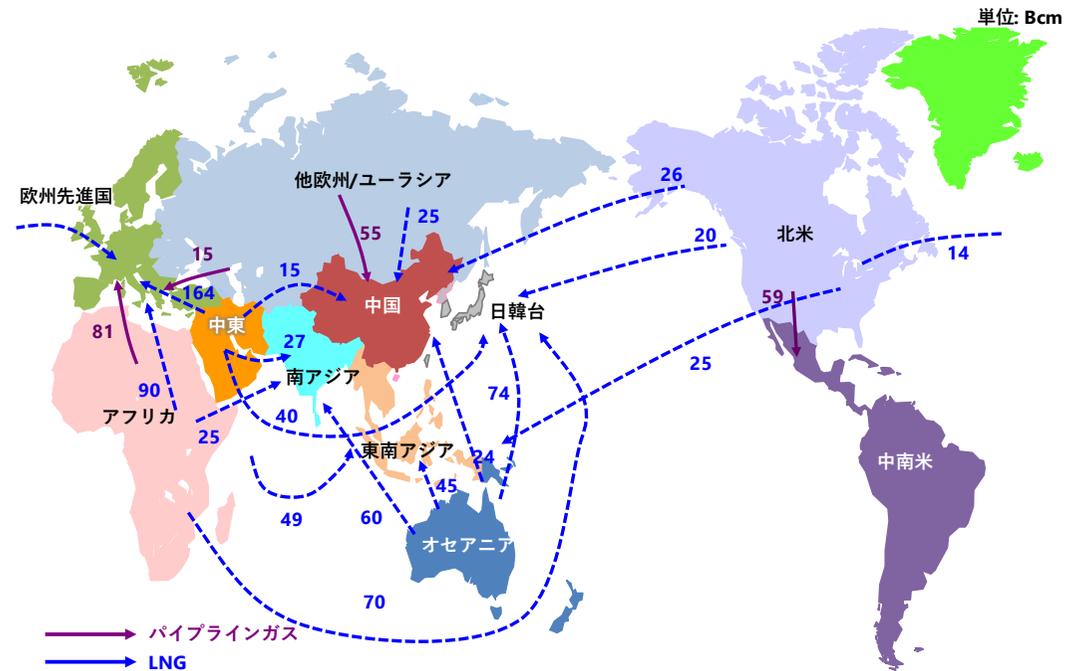
| | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 2020-2050 | |
|------------------|-------|-------|-------|-------|-----------|-------|
| | | | | | 変化量 | 変化率 |
| 世界 | 4,028 | 4,626 | 5,292 | 5,871 | 1,843 | 1.3% |
| 北米、メキシコ | 1,177 | 1,370 | 1,412 | 1,435 | 258 | 0.7% |
| 中南米(メキシコを除く) | 123 | 205 | 269 | 322 | 199 | 3.3% |
| OECDヨーロッパ | 201 | 164 | 162 | 135 | -66 | -1.3% |
| 非OECDヨーロッパ/中央アジア | 970 | 903 | 879 | 902 | -69 | -0.2% |
| ロシア | 720 | 650 | 610 | 605 | -115 | -0.6% |
| 中東 | 675 | 828 | 957 | 1,141 | 466 | 1.8% |
| アフリカ | 240 | 301 | 585 | 726 | 486 | 3.8% |
| アジア | 482 | 668 | 783 | 945 | 463 | 2.3% |
| 中国 | 195 | 245 | 300 | 380 | 185 | 2.2% |
| インド | 28 | 50 | 83 | 110 | 82 | 4.6% |
| ASEAN | 199 | 234 | 247 | 256 | 58 | 0.9% |
| オセアニア | 159 | 186 | 245 | 265 | 106 | 1.7% |

図3-3 | 主要地域間の天然ガス貿易[2021年]



注: 主な地域間貿易を記載

図3-4 | 主要地域間の天然ガス貿易[レファレンスシナリオ、2050年]



注: 主な地域間貿易を記載。一部、パイプラインガスがLNGに代替される可能性がある。

3.3 石炭

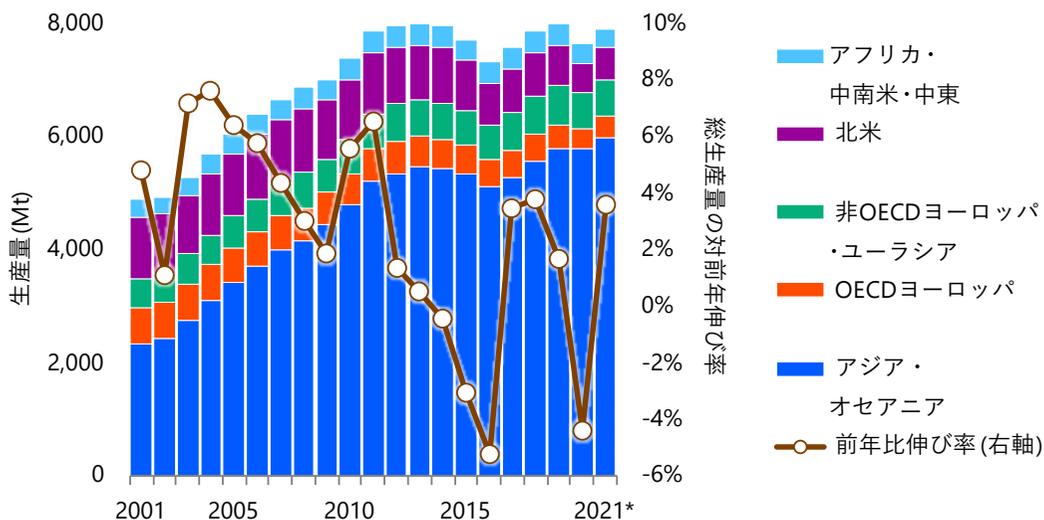
需要回復の中、供給は伸び悩む

2021年は、石炭消費量は多くの国で経済活動の再開から増加した。その一方で、生産量は自然災害や事故、COVID-19感染による人員不足等、各種要因による供給障害が発生し、伸び悩んだ。

2021年の世界の石炭消費量は、2020年のCOVID-19感染拡大による大きな落ち込みから7,958 Mt（前年比6.0%、447 Mt増加）まで回復し、2019年を199 Mt上回った。多くの国で石炭消費が増加したが、2020年においても前年比99 Mt増加した中国はさらに同186 Mt増加した。インドは同160 Mt増加し、2019年を108 Mt上回った。一方で北米は同69 Mt、OECDヨーロッパは同54 Mt増加したが、2019年と比較するとそれぞれ37 Mt、42 Mt減少し、欧米での石炭消費は縮小し続けている。

一方、世界の2021年の石炭生産量は、需要の回復に伴い7,877 Mt（前年比3.6%、271 Mt増加）となったが、COVID-19感染拡大前の2019年の7,958 Mtには達しなかった（図3-5）。

図3-5 | 世界の石炭生産



注: 2021年は暫定値

出所: IEA "World Energy Statistics and Balances 2022"

地域別にみると増加幅(一部地域では減少)にはばらつきがある。アジア・オセアニアでは前年比3.4% (195 Mt増加)であったが、その増加のほとんどは中国とインドによるもので、

中国では同4.0% (153 Mt増加)、インドでは同9.4% (71 Mt増加)であった。その他地域では、北米で同7.7% (41 Mt増加)、OECDヨーロッパで同9.6% (33 Mt増加)、非OECDヨーロッパ・ユーラシアで同2.3% (15 Mt増加)、一方でアフリカ・中南米・中東では同-3.5% (12 Mt減少)となった。

2021年の生産動向を主要輸出国にみると、オーストラリアでは、2020年末にニューキャッスル港でシップローダー事故が発生して復旧に相当の時間を要し、2021年3月には豪雨により石炭輸送網に被害が出た。さらには中国のオーストラリア炭禁輸が影響して輸出量が減少し、生産量は前年比で33 Mt減少した。インドネシアではオーストラリア炭禁輸から中国向けの輸出が拡大したが、一部生産会社に対する輸出禁止(2021年8月)とCOVID-19感染拡大により生産量は前年比3 Mt増加にとどまった。ヨーロッパを主な市場とするコロンビアでは、グレンコアが価格の低迷とCOVID-19による影響から100%子会社であるプレデコの生産を2020年4月から停止し、2021年に入り鉱業権をコロンビア政府に返却した。また、セレフォンでは操業する炭鉱労働者の抗議活動による鉄道封鎖(5月5日から1か月)され、内陸部では小規模坑内掘炭鉱では事故が頻発した。同国の石炭生産量は2020年に前年比で約40%減少の50 Mtまで減少したが、2021年は前年比3 Mtの増加にとどまった。インドを中心にASEAN等も主な市場とする南アフリカは、COVID-19感染拡大、2021年終わりからの豪雨等により生産量は前年比19 Mt減少した。一方、ロシアでは内需拡大により生産量は前年比34 Mt増加した。

需要超過が続く中でのウクライナ侵攻

世界の石炭市場は2022年に入っても需要超過が継続した。オーストラリア、南アフリカでの2021年終わりからの天候不順、COVID-19感染拡大の影響による供給抑制、インドネシアでの石炭輸出禁止令(当初、1月1日から1か月間であったが1月14日に解除)、またオーストラリアでは3月から4月にかけて再び豪雨に見舞われ供給は制限された。さらにオーストラリアニューサウスウェールズ州では7月初めに豪雨で石炭の鉄道輸送が停止した。

一方で、石炭輸入量上位4か国の2022年上期の需給状況をみると、2021年に中国は国内生産不足から需給ひっ迫に陥ったが、2022年は国内生産を増加させており、輸入量は前年同期比で減少している。インドでは3月に電力不足、石炭不足が報じられたが、国内生産を増加させ、石炭輸入量も3月以降、前年同期比で増加している。また、日本と韓国(1月~6月)は前年同期比で増加している。これらに、ロシアのウクライナ侵攻に対する経済制

裁としてのEUと日本のロシア炭輸入禁止(EUは8月10日からのロシア炭禁輸を開始し、日本は調達状況を見つつ徐々に減少させるとしている)によるロシア炭代替需要が加わっている。需給ひっ迫解消には、供給サイドが正常に戻り、さらに需要に応じた増産が行われ、代替需要に目途が立つことが求められる。なお、中国やインドをはじめロシアへの経済制裁に同調しない国では、ロシアからの石炭輸入比率が高まっているところもある。

2022年の石炭の国際価格動向は、一般炭、原料炭ともに需要過剰中で供給サイドの問題とウクライナ情勢への懸念から上昇基調で推移していたが、ロシアのウクライナ侵攻後に急騰した。その後一時下落したが、EUと日本のロシア炭禁輸表明と4月以降オーストラリアでの豪雨により再び高騰した。価格の変動を概観すると、一般炭価格(オーストラリアニューキャッスル港出しFOB価格)は\$250/t台まで徐々に上昇した後、ウクライナ侵攻後の3月上旬には一時\$400/t近くまで急騰した。その後\$200/t台後半まで戻したが、4月に入り再び上昇基調となり5月には一時\$400/tを大きく上回った。その後\$400/t前後で推移したが、8月下旬には再び\$400/tを大きく上回った。原料炭価格(オーストラリア高品質強粘結炭FOB価格)は、\$400/t台前半まで徐々に上昇した後、ウクライナ侵攻後の3月上旬には一時\$600/t超まで急騰した。その後\$400/t台前半まで戻したが、4月に入り再び上昇基調となり5月には\$500/tを上回るまで上昇した。その後供給が回復したことから7月には\$300/tを割り込み、8月に入り\$200/tまで下落したが、8月下旬には\$200/t台後半まで戻した。6月後半以降、一般炭価格が原料炭価格を上回って推移している。

需要に見合った供給体制の維持

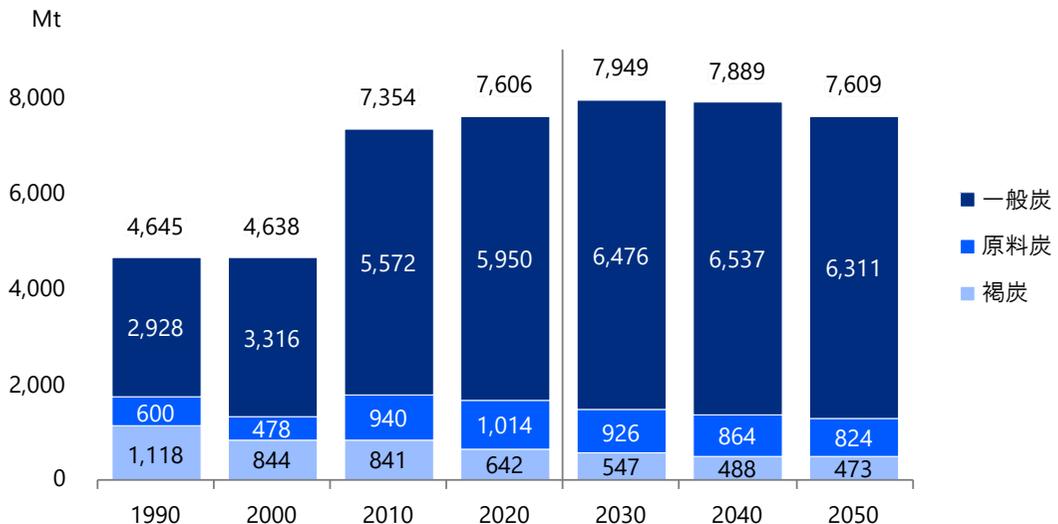
欧米をはじめ先進国では脱炭素が一段と加速し、新興・途上国においてもカーボンニュートラルの表明がなされ、化石燃料の中でもとりわけ石炭の消費・生産を厳しく抑制する方向性は多くの国で共通認識となっている。すでに欧米での石炭消費は減少の一途をたどり、石炭需要の拡大が見込まれるインド、ASEAN等においても需要増加速度が鈍ってきている。供給側では脱石炭の潮流の中、2019年からの石炭価格低迷、さらにCOVID-19感染拡大による石炭の需要縮小により、資源メジャーや日本商社等の石炭離れが、一般炭を中心に加速している。

しかしながら、各国のエネルギー事情および足元の石炭需要の現状を踏まえると、世界レベルでの脱石炭の実現は、現実的には長期的な取り組みと捉えざるを得ない。2021年の石炭消費量は前年比で増加したが、すべての国・地域でCOVID-19感染拡大前にまで戻っ

たわけではなく、多くの国で2022年も需要は増加する。また、対ロシア経済制裁の手段としてのロシア炭輸入禁止策は、2022年の石炭市場を混乱させているが、石炭貿易フローが変化することで、短・中期的には石炭供給国の生産に影響を与える。世界の石炭需要を再確認すると、短中期では経済成長に伴い、中国、インド、ASEANをはじめとするアジアやアフリカ等で需要は拡大し、長期的には中国を除くインド、ASEAN等のアジアとアフリカ等で需要は拡大する。供給国は、石炭上流への投融資が大幅に制限される中で、国内需要と輸出需要に対応してゆくことになる。

世界の石炭生産は、需要に対応して2030年代前半まで増加し、その後減少に転じ、2040年代に入り減少傾向が強まる。生産量は、2020年の7,606 Mtから2030年では7,949 Mtまで増加し、2050年には7,609 Mtに減少する(図3-6)。炭種別にみると、一般炭生産は主に発電用需要の増加に伴い2030年代後半まで増加し、その後減少に転じ、生産量は2020年の5,950 Mtから2040年には6,537 Mtまで増加するが、2050年には6,311 Mtまで減少する。一方で、主に鉄鋼生産の原料として用いられる原料炭の生産量は、2020年の1,014 Mtから漸減し、2050年には824 Mtまで減少する。地産地消型のエネルギー資源である褐炭は、現存する褐炭火力の廃止に伴い、生産量は2020年の642 Mtから漸減し、2050年には473 Mtとなる。

図3-6 | 世界の石炭生産[レファレンスシナリオ]



将来に向けて石炭供給国は、自国の需要を満たしたうえで国際石炭市場すなわち輸出需要に対応して生産がなされる。一方、中国やインドなどの石炭多消費かつ生産国では、国

内需要を満たすべく国内生産を拡大し、不足分を他供給国から輸入する。日本のような石炭資源が少なく、生産が経済的でない諸国は、輸入に依存する。

主要石炭生産国・地域の状況を見ると、欧米先進国や、ポーランドをはじめEU加盟国である東欧の産炭国では、新規炭鉱開発だけでなく、既存炭鉱の維持・拡張や輸送インフラの整備等もさらに実施が困難となる。オーストラリアでは、国内の石炭消費および輸出の是非は、世論を二分する重要な関心事となっている。産炭州政府は、石炭輸出以外の外貨獲得手段を模索する動きを強め、炭鉱開発の許認可を引き締めつつある。また、石炭の主要な輸出先であるアジア地域において石炭火力発電建設の縮小が打ち出されていることで炭鉱投資がさらに削がれ、今後の供給量(特に一般炭)に大幅な拡大は見込まれない。

これまでに主にヨーロッパ地域への供給源となっていたコロンビアでは先進国企業が撤退し、アジア市場向けに一定程度の生産は維持されるが、中長期的な生産量の大幅な増加は見込めない。国内供給、インド、ASEANを主市場とする南アフリカでも同様に先進国企業の撤退など石炭産業の変革が進んでいる。同国では生産の中心である既炭田の埋蔵量が枯渇に近づき、新規炭田への移行が必要となる。一般炭の主要輸出国であるインドネシアはこれまで生産を拡大させてきたが、石炭資源保護の観点から生産量を抑制するために政府が毎年目標を発表している。国内需要は拡大しており、インドネシア政府は石炭供給義務を定めて国内供給を優先しており、長期的には輸出量は減少に向かう。

一方、中国およびインドは、国内資源の活用に重点を置き、これまでに石炭火力発電の建設を急速に進めてきた。今後、中国の需要は2030年ごろをピークに減少し、インドの需要は2050年に向けて増加するが、両国は国内炭鉱からの供給体制を維持しつつ、主に沿岸部等では輸入炭を取り入れるため、国際市場でも重要な買い手となり続ける。

表3-4 | 一般炭生産[レファレンスシナリオ]

| | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 2020-2050 | |
|------------------|-------|-------|-------|-------|-----------|-------|
| | | | | | 変化量 | 変化率 |
| 世界 | 5,950 | 6,476 | 6,537 | 6,311 | 361 | 0.2% |
| 北米 | 404 | 326 | 212 | 96 | -308 | -4.7% |
| 米国 | 391 | 318 | 206 | 89 | -302 | -4.8% |
| 中南米 | 53 | 96 | 97 | 102 | 49 | 2.2% |
| コロンビア | 45 | 86 | 86 | 92 | 46 | 2.4% |
| OECDヨーロッパ | 47 | 48 | 38 | 30 | -17 | -1.5% |
| 非OECDヨーロッパ・ユーラシア | 361 | 346 | 360 | 386 | 24 | 0.2% |
| ロシア | 240 | 235 | 235 | 248 | 8 | 0.1% |
| 中東 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2.3% |
| アフリカ | 253 | 266 | 284 | 302 | 49 | 0.6% |
| 南アフリカ | 245 | 253 | 267 | 280 | 34 | 0.4% |
| アジア | 4,562 | 5,102 | 5,258 | 5,098 | 537 | 0.4% |
| 中国 | 3,227 | 3,422 | 3,124 | 2,664 | -563 | -0.6% |
| インド | 679 | 990 | 1,354 | 1,625 | 947 | 3.0% |
| インドネシア | 562 | 578 | 654 | 678 | 116 | 0.6% |
| オセアニア | 269 | 293 | 286 | 296 | 27 | 0.3% |
| オーストラリア | 268 | 292 | 285 | 296 | 28 | 0.3% |

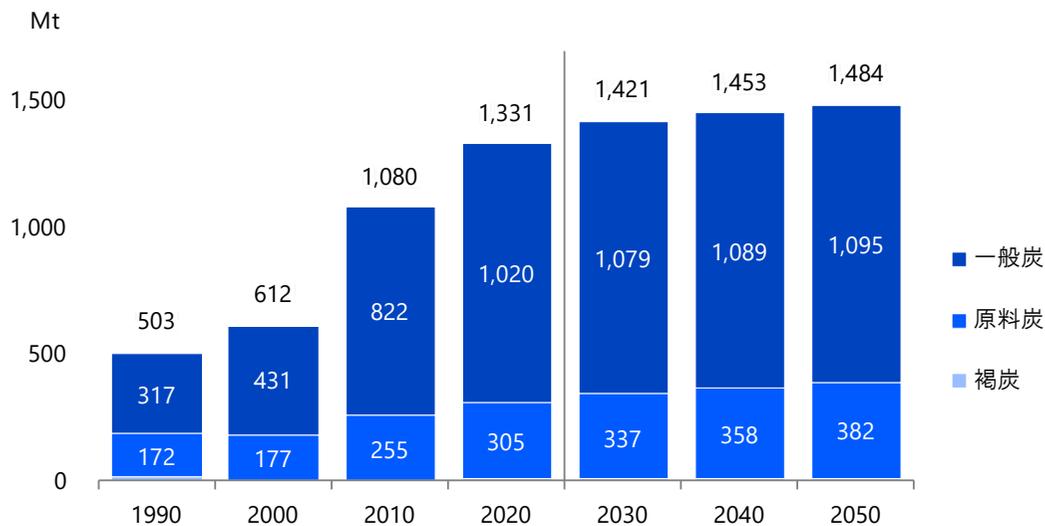
表3-5 | 原料炭生産[レファレンスシナリオ]

| | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 2020-2050 | |
|------------------|-------|------|------|------|-----------|-------|
| | | | | | 変化量 | 変化率 |
| 世界 | 1,014 | 926 | 864 | 824 | -189 | -0.7% |
| 北米 | 75 | 82 | 84 | 87 | 12 | 0.5% |
| 米国 | 50 | 55 | 56 | 56 | 7 | 0.4% |
| 中南米 | 8 | 9 | 10 | 10 | 1 | 0.5% |
| コロンビア | 4 | 5 | 6 | 7 | 2 | 1.3% |
| OECDヨーロッパ | 14 | 16 | 16 | 16 | 1 | 0.3% |
| 非OECDヨーロッパ・ユーラシア | 94 | 82 | 84 | 87 | -8 | -0.3% |
| ロシア | 90 | 77 | 79 | 81 | -10 | -0.4% |
| 中東 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0.1% |
| アフリカ | 7 | 18 | 25 | 32 | 25 | 5.3% |
| モザンビーク | 4 | 16 | 22 | 29 | 25 | 6.6% |
| アジア | 629 | 520 | 438 | 374 | -255 | -1.7% |
| 中国 | 561 | 423 | 303 | 196 | -366 | -3.5% |
| インド | 38 | 71 | 110 | 154 | 117 | 4.8% |
| モンゴル | 26 | 20 | 19 | 17 | -8 | -1.3% |
| オセアニア | 185 | 197 | 207 | 218 | 34 | 0.6% |
| オーストラリア | 184 | 196 | 205 | 217 | 33 | 0.6% |

石炭貿易量は、インド、ASEAN等のアジアやアフリカでの輸入量が増加することから、2020年の1,331 Mtから2030年には1,421 Mtと90 Mt増加し、その後も漸増して2050年の貿易量は1,484 Mtとなる。炭種別で見ると、一般炭の貿易量は中国の輸入量が2030年をピークに減少に転じるため、2030年以降の増加量はしだいに小さくなり、2040年代後半には減少に転じる。一方で原料炭の貿易量は2050年に向けてヨーロッパをはじめ先進諸国や中国で微減する一方で、インドの輸入量が大きく増加することから漸増する。

石炭の主要輸出国で見ると、アジアを中心とした市場の拡大に対応するためにオーストラリア、ロシア、アフリカ等からの輸出量が増加する。なお、ロシアの輸出量は、EUや日本のロシア炭禁輸政策から短中期では減少するが、長期的ではASEAN等アジア向けを中心に増加する。炭種別にみると、一般炭は主要な輸出国で増加するが、インドネシアでは国内需要の増加により2040年ごろをピークに減少する。原料炭は原料炭輸出の半分以上を占めるオーストラリアを中心に主要原料炭輸出国で増加するが、中でもモザンビークの輸出量はインド向けを中心に大きく増加する。

図3-7 | 世界の石炭貿易(輸入量) [レファレンスシナリオ]

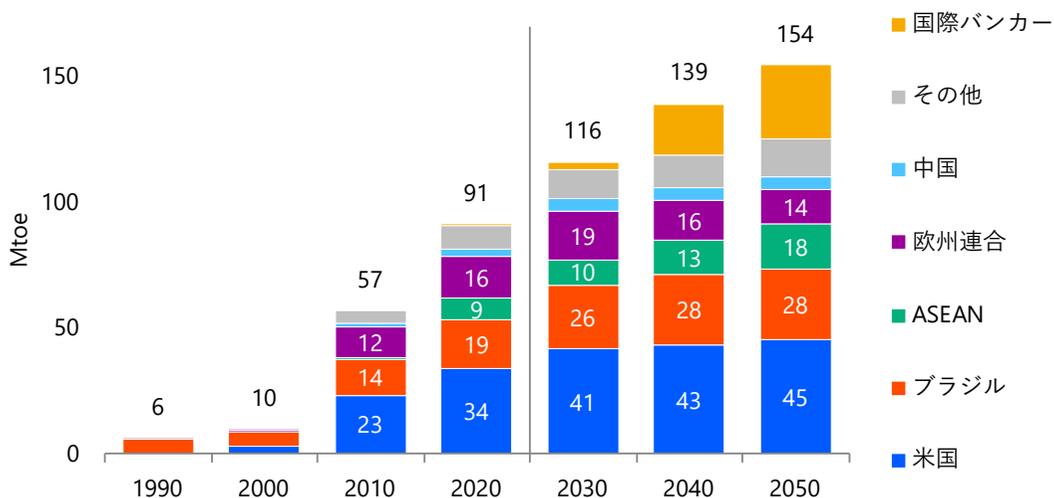


3.4 輸送用バイオ燃料

気候変動対策、エネルギー安全保障、農業振興の一環として、バイオエタノールとバイオディーゼルに代表される液体バイオ燃料の普及が進んでいる。ただし、自動車用バイオ燃料の利用は米国、ブラジル、EUに偏っており、2020年においてこれら3地域が世界のバイオ燃料消費量(石油換算69百万t [Mtoe])の8割弱を占めている。

1990年代からバイオ燃料の消費量は大幅に増加したものの、2010年以降バイオ燃料に対する投資の低迷が継続している。長期的には、気候変動対策の強化とともにバイオ燃料消費が回復してゆくものの、自動車部門の電動化拡大の影響で増加テンポが過去と比べて減速する。それでも、2050年には自動車用バイオ燃料の消費量は125 Mtoeに達する(図3-10)。第一世代のバイオ燃料の環境影響や食糧との競合に対する懸念が強まっているため、セルロース系バイオ燃料や藻類由来のバイオ燃料等、次世代バイオ燃料の開発とコスト削減に対する取り組みが強化される。アジアでは、ASEANを中心にバイオ燃料の需要が大きく伸びるが、米国やブラジルほどの規模には至らない。また、自動車用以外では、現在はほとんど利用実績がないが、国際航空や海運におけるバイオ燃料利用が拡大する。

図3-10 | 輸送用バイオ燃料消費[レファレンスシナリオ]



3.5 発電

近年の動向

電力需要の回復

2010年以降の10年間で世界の電力需要は年率3%のペースで増加したが、2020年はCOVID-19の拡大に伴い10年ぶりに発電量が減少し、前年比-0.9%となった。しかし、続く2021年には世界の経済回復が急速に進み、発電量は6%増加した⁷。この発電量増に最も寄与したのは産業部門における需要増であり、次いで業務、家庭部門の需要も増加した。

近年、石炭火力脱却の動きが進んでいたが、2021年にはその発電量は前年比9%増加した。電力需要の増加に加え、ヨーロッパを中心とした天然ガス価格上昇により石炭が競争力のある電源となったことがその背景にある。再生可能エネルギーは前年と同じ同6%増であり、堅調な増加が続いている。天然ガスや原子力はそれぞれ2%、4%増であり、コロナ禍以前(2019年)の水準に復帰した。

需給ひっ迫が深刻化

2021年以降、コロナ禍からの需要回復に加え、厳しい寒さ、暑さや燃料供給障害により、日本、中国、ヨーロッパなど世界各地で電力価格の上昇、需給のひっ迫が同時多発的にみられた。

日本では2021年1月、異例の寒波に見舞われ電力需要が急増した。アジア地域のLNG市場では寒波と経済回復に伴う需要増加、オーストラリア・米国プロジェクトでの供給トラブルが合わさり需給が著しくひっ迫した。結果、スポットLNG価格は一時期\$30/MBtuを上回る暴騰をみせ、日本における電力需給は大きくひっ迫した。実際には停電は起きなかったものの、電力各社は消費者に節電を呼びかけ、また日本卸電力取引所(JEPX)のスポット価格は¥251/kWhと過去最高となる水準を記録した。近年相次ぐ石炭、石油火力の休廃止や、同時期の悪天候に伴う太陽光発電の設備利用率低下も需給ひっ迫を深刻なものにした。

中国では2021年秋ごろ、国内の石炭生産の抑制、オーストラリア炭の輸入抑制と需要拡大から電力が不足し、計画停電、時には事前予告なしの停電が起こる事態となった。これに伴い主に工業生産が低調になり、コロナ禍からの回復の足かせとなった。ブラジルでは

⁷ IEA, Electricity Market Report (2022)

異例の干ばつにより、発電量の60%程度を占める水力からの出力が不足し、火力発電の焼き増しを行ったことで電気料金の高騰を引き起こした。

ヨーロッパでは悪天候による風力発電の設備利用率低下と需要増加が合わさり、さらに天然ガス価格の急騰と在庫不足で電力価格が高騰、ドイツ、スペインなどでは電力価格は前年の3倍以上に急騰した。英国では製鉄所をはじめとした工場がピーク需要時に稼働停止措置に追い込まれるなどの事態が発生した。

どの事象も異例の寒さや干ばつのような天候、需要回復が主因であるが、背景には天然ガス火力発電への燃料供給障害、変動性再生可能エネルギーの設備利用率低下、石炭火力等のディスパッチ電源の減少も存在する。一連の事象は、今後電源の低炭素化、脱炭素化を進めてゆく中でも、電力安定供給確保の必要性を改めて示したといえる。

さらに、2022年3月にはロシアのウクライナ侵攻と、それに対する制裁措置、天然ガス供給途絶への懸念から電力需給のひっ迫がより深刻なものとなった。こうした動向から、特にヨーロッパにおいて短期、長期両方の電源計画を見直す動きが起こっている。たとえば、ドイツでは7月、天然ガス供給途絶に対する懸念から当初2022年末に閉鎖予定であった原子力発電設備3基の運転継続の検討を行った。また、英国ではビジネス・エネルギー・産業戦略省(BEIS)が、同年に廃止予定であった石炭火力を運転延長するよう国内の発電事業者に要請した。このように、短期的には代替となる発電設備の確保に向けた動きがみられる。加えて、2030年に向け新たに策定された計画であるREPowerEUにおいても、天然ガスへの依存度が従前のFit-For-55に比べ下がり、石炭火力、再生可能エネルギー、原子力の利用が図られた。

見通し

発電電力量: アジア地域で急速な拡大

長期的には、世界経済はCOVID-19やウクライナ危機の影響から徐々に回復し、電力消費は再び拡大傾向に戻る。世界の発電量は年率1.8%で増加し、2050年には2020年の1.7倍となる45,777 TWhに増大する(図3-11)。その増分18,819 TWhは世界最大の中国の現発電量の2.4倍に相当し、その95%が新興・途上国に由来する。中でも急速な経済成長を続けるアジアの発電量は、2020年の12,432 TWhから年率2.1%で増加し、2050年には世界のおよそ半分となる23,313 TWhに達する(図3-12)。

図3-11 | 世界の発電電力量と電力最終消費[レファレンスシナリオ]

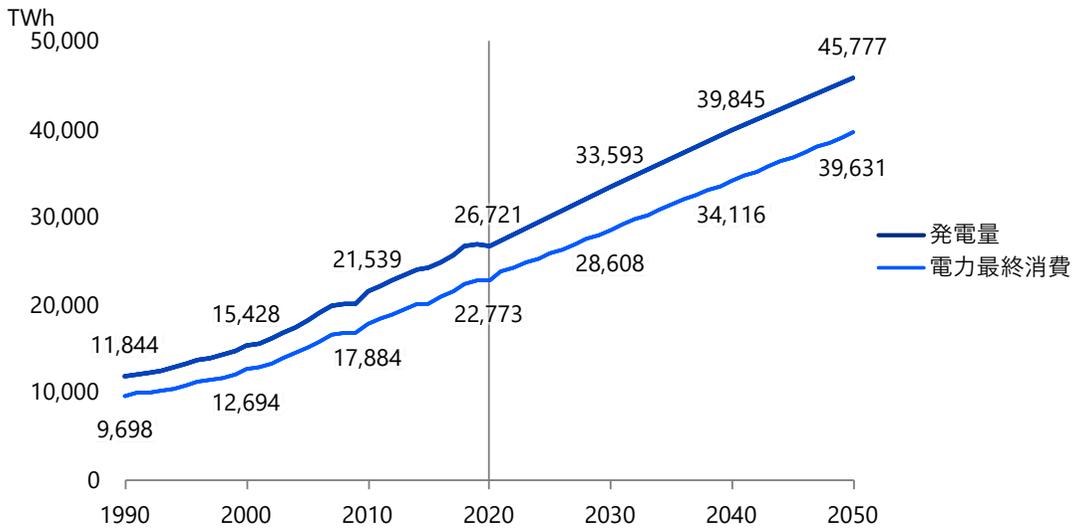
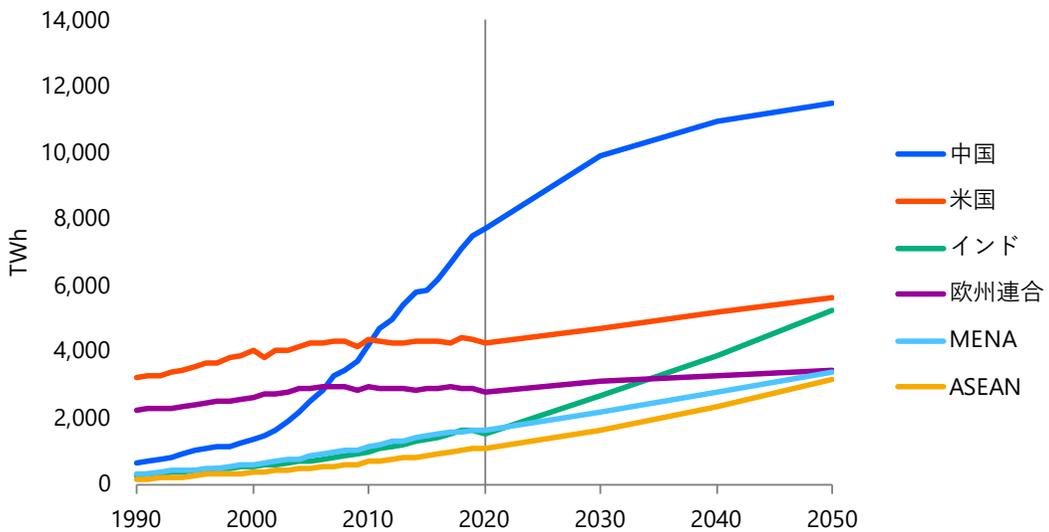


図3-12 | 主要国・地域の発電電力量[レファレンスシナリオ]



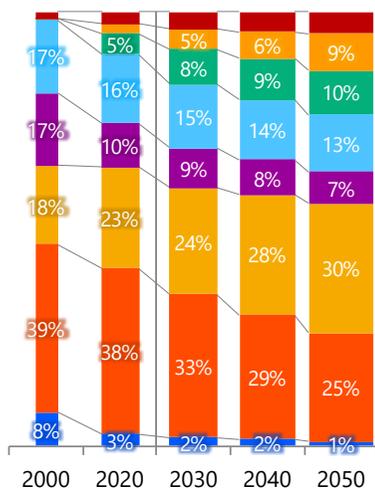
発電構成: 天然ガス火力が最大の電源に

世界の発電構成において、最も大きなシェアを占めているのは石炭であるが、2050年には天然ガスが最大の電源となる(図3-13)。従来どおりミドル・ピーク電源の役割を担うほか、変動性再生可能エネルギーの導入が増え、需給バランスを調整する役割が今以上に重要なものとなる。足元ではウクライナ危機による供給障害と、それに伴う価格高騰に伴い一時的に発電量が落ちるが、供給の安定化、石炭火力の減少に伴うディスパッチ電源の必

要性を背景に2030年に向けてシェアを再び高める。先進国、新興・途上国を問わず、低廉かつ安定的なガスの供給は中長期的に重要な課題であり続ける。

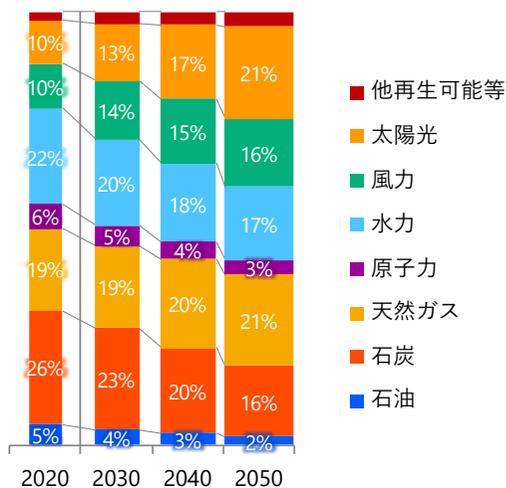
図3-13 | 世界の発電構成[レファレンスシナリオ]

発電電力量



注: 棒の幅は総発電電力量に比例

発電設備容量



注: 棒の幅は総発電設備容量に比例

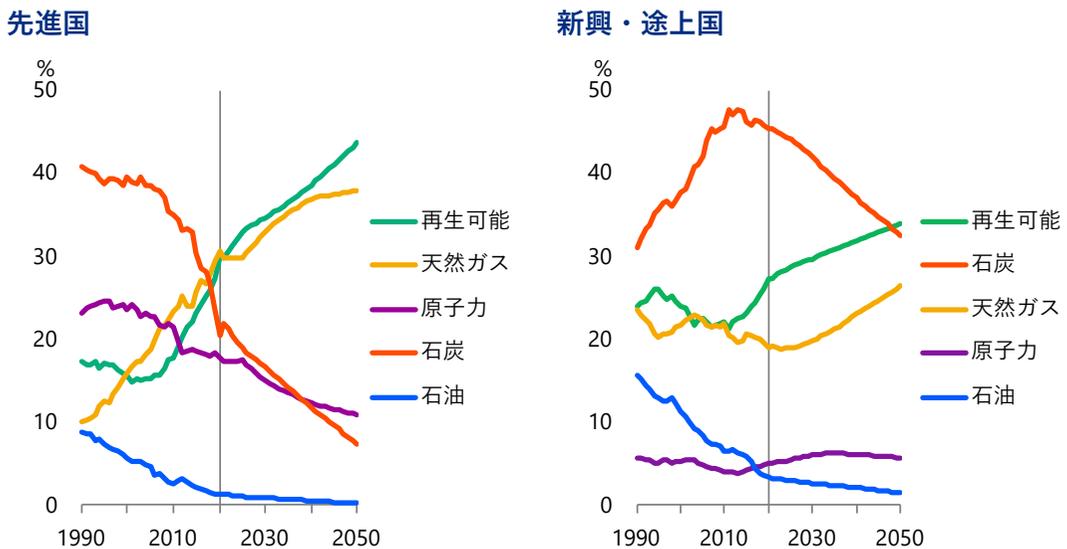
石炭は、イタリア、カナダ、英国、フランス、ドイツなどの先進国が石炭火力発電の段階的な廃止方針を表明しており、また新興・途上国でも天然ガスや再生可能電源の導入によりシェアは足元より低下するが、引き続きベースロード電源としての役割を担い続ける。石油火力はその高い発電コストから、先進諸国、さらには石油資源の豊富な中東を含め減少基調で推移する。

原子力は、エネルギーセキュリティの確保、気候変動対策の観点から、アジアを中心に新規着工が進む。しかし、2050年までの電力需要の増加率を上回るほどは拡大せず、発電構成に占めるシェアは7%に縮小する。風力・太陽光・地熱等による発電量は、政策的な後押しとコスト低減を追い風に年率5%で急速に拡大し、そのシェアは2050年において24%にのぼる。

先進国では、再生可能エネルギーの急速な導入が進むことで、2020年代前半には天然ガスを追い抜き最大の電源となる(図3-14)。発電量全体に占めるシェアは2030年には35%、2050年には44%に達し、このうち出力変動性の太陽光・風力は2050年には発電量の25%を占める。これらの出力変動への対策、発電適地と需要地を結ぶ系統拡充が課題となる。一

方、10年前に最大の電源であった石炭は、カナダ、イタリア等における脱石炭火力の政策、金融機関の投融资差し控えによりシェアを大きく低減させ、2050年には7%まで低下する。石炭を含む火力の設備容量は、2020年には発電設備全体の49%を占めるが、2050年には45%にまで低下する。現在課題となっている火力設備減少に伴う電力需給のひっ迫は、今後も大きな課題として残り続ける。今後電源全体の低炭素化を進める一方で、必要な設備容量の確保、電力貯蔵設備の拡充、デマンドレスポンス推進などの取り組みが求められる。

図3-14 | 先進国、新興・途上国の電源構成[レファレンスシナリオ]



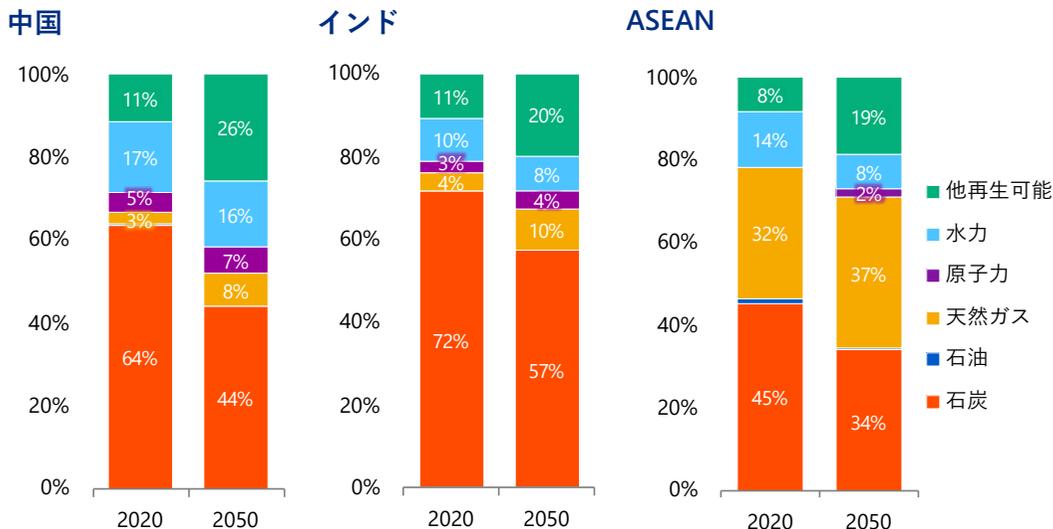
新興・途上国においても再生可能エネルギーは風力を中心に増加傾向が続き、2050年には石炭と入れ替わり最大の電源になる。石炭火力は比率を低下させつつも、2040年代中ごろまでは最大の電源であり続ける。旺盛な電力需要を支えるために石炭火力が果たす役割は決して小さくなく、予見性の高い投資環境の整備および大気汚染等の環境問題対策が必要となる。天然ガスも先進国、新興・途上国の双方で増加傾向が続いており、その安定供給確保は喫緊の課題であると同時に長期的な課題であり続ける。

アジアでも石炭減。ただし最大の電源であり続け、環境問題への対処が課題に

アジアでは石炭火力発電が足下で大きなシェアを占めているが、今後の動向は国によって異なる。インドでは2050年でも発電量の過半を占める一方、中国では再生可能エネルギーの拡大に向けた国策、ASEANではタイ、ベトナムなどの脱石炭火力政策を受けシェ

アが低下する。増加する電力需要には主に天然ガス火力、再生可能エネルギー設備の拡大で対応する(図3-15)。

図3-15 | 中国、インド、ASEANの電源構成[レファレンスシナリオ]

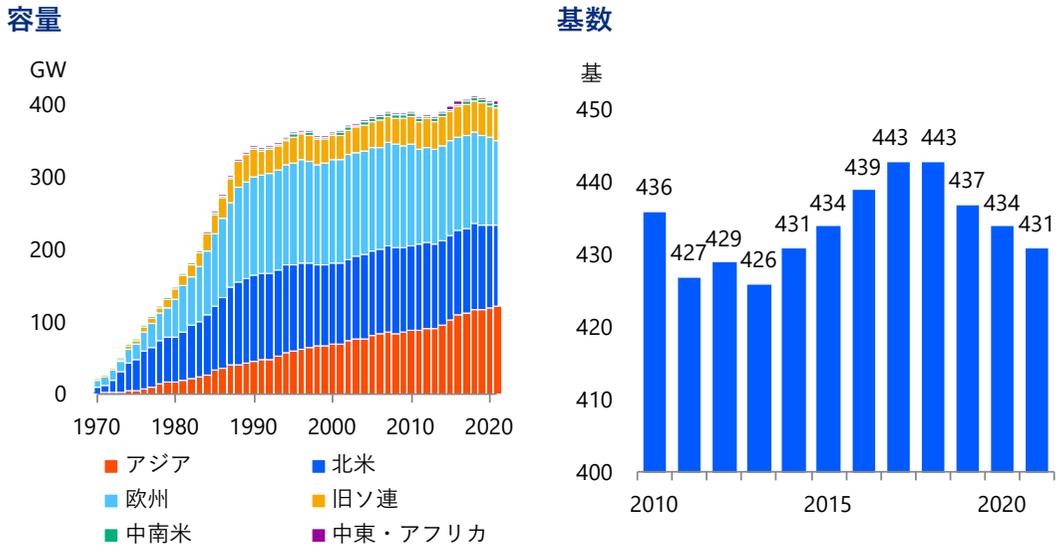


原子力

ロシアの輸出攻勢はとどまらず:欧米諸国は優位を取り戻せるか?

世界の原子力発電の設備容量および原子炉基数は2014年以降、2018年まで増加を続けていたが、2019年から2021年にかけては3年連続で微減が続いている(図3-16)。これには、特に欧米において既設炉の経年化や経済性悪化を理由とする閉鎖が相次いだことの影響が大きい。他方で中国やロシアでは新設計画が比較的順調に進行しており、世界の新設市場における両国の優勢が浮き彫りとなっている。特にロシアは国外への原子力輸出が旺盛である。2022年2月のロシアによるウクライナ侵攻を受け、フィンランドはロシア企業との新規建設契約を打ち切ったが、中国、トルコ、イラン、インド、バングラデシュといった国々ではロシア製原子炉の建設が進行されているほか、2022年7月にはエジプト初となる原子力発電所の建設が開始された。欧米では新設計画の遅延や頓挫が相次いでおり、市場の優位を奪還するためには、資金調達やプロジェクト管理などの体制を見直すことが急務となっている。

図3-16 | 世界の原子力発電設備容量と基数



欧米諸国では近年、既設炉の有効活用を目指す動きが広くみられた。米国ではすでに多くの炉が当初の運転期間である40年間を超えて、さらに20年間(合計60年間)の運転認可を原子力規制委員会(NRC)から得ている。さらに、一部の炉は2回目の運転期間延長を承認され、合計80年間の運転が可能となった。また、フランスにおいても規制当局である原子力安全機関(ASN)が、運転開始から40年を超える原子炉の継続運転に向けたルールを明確化し、長期運転が可能な環境整備を行っている。

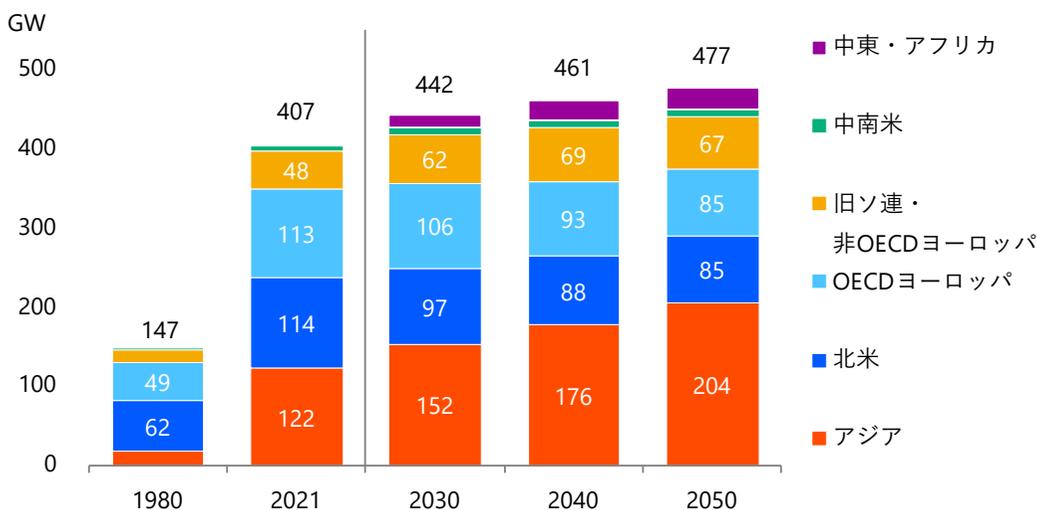
こうした動きに加え、直近では新設の方針を改めて明確化する動きもみられる。フランスはウクライナ侵攻より前の2022年2月、2050年カーボンニュートラル実現に向けたエネルギー政策を発表し、この中で原子力については、最低6基(最大でさらに8基)の改良型欧州式加圧水型炉(EPR2)を建設するとした。英国はウクライナ侵攻を受けて2022年4月に発表したエネルギー安全保障戦略の中で、原子力については2050年までに最大24 GWを導入し、電力供給量の25%を賄うという目標を設定した。こうした動きの背景には、気候変動対策として低炭素電源を欲しているのみならず、近年の世界的な化石燃料価格の高騰や対ロシア依存の低減がある。ただし、欧米諸国では近年の新設計画が大幅に遅延、あるいは頓挫しているため、そういった失敗から得た教訓を今後生かしてゆくことができるか否かによって、この「追い風」に乗ることができるかが左右されるだろう。

また、近年注目が集まっている小型モジュール炉(SMR)や第四世代炉といった新型炉については、世界的な開発競争がますます激化している。米国ではバイデン政権がトランプ前政権に引き継ぎ、積極的な支援策を打ち出しているほか、英国においても、ロールスロイス社を中心とするSMRコンソーシアムが2022年3月に原子力規制局(ONR)へ、設計認証審査の開始を要請した。他方で中国では高速炉やSMRの実証炉建設が進行しているほか、ロシアではすでに洋上浮体式原子炉が運転を開始している。さらにロシアでは、陸上設置型のSMRも2028年の運転開始を目標として計画が立てられている。

将来見通し:アジアでは増加、欧米でも重要な低炭素安定電源として活用継続

福島第一原子力発電所における事故(福島第一事故)を契機とした世論の変化や、長期間新設が行われてこなかったことによるノウハウの消失などにより、日本や欧米諸国では従来想定されていた計画どおりに原子力発電所を新設することが困難となっている。1970年代から1980年代ごろにかけて建設された既設炉の閉鎖も進むため、将来的には利用規模が縮小する国も少なくない。ただし、そういった国々でも、市場競争力を有する一部の炉は重要な低炭素ベースロード電源であり、かつエネルギー安全保障にも寄与することから、一定程度の原子力利用が維持される。また、中国をはじめとして、今後さらに原子力利用を推進してゆく国が複数存在するほか、中東諸国など、現在原子力を利用していないが今後新たに導入する国も現れる。そのため、世界の発電設備容量は2050年にかけて少しずつ増加してゆく(図3-17)。

図3-17 | 原子力発電設備容量[レファレンスシナリオ]



米国は93基の発電用原子炉を有する世界最大の原子力大国であるが、電力市場が自由化された州では天然ガス火力や再生可能エネルギーとの競争にさらされ、経済的な観点から早期閉鎖を決定する既設炉も出てきている。そのため、設備容量は2050年にかけて低減してゆく。ただし、米国として原子力を重要なエネルギー源と位置付ける基本方針自体に変更はない。バイデン政権は2050年までに温室効果ガス排出量ネットゼロを実現することを目指しており、その手段の1つとして原子力の意義を認めている。民主党・共和党の両者が原子力の重要性を認めていることから、原子力事業に対する政策変更リスクは比較的低いといえよう。こうした情勢を背景に、市場状況と投資環境しだいではあるが運転期間の延長や一定程度の新設計画が今後も続いてゆくほか、連邦政府および一部の州では経済的に危機的な状況にある炉に対する支援策が実施されるため、既設炉の早期閉鎖も抑制される。

ヨーロッパで最大の原子力推進国であるフランスでは、2025年までに原子力比率を50%（2015年時点では75%程度）とすることを目標としたエネルギー転換法が2015年7月に成立した。しかし、温室効果ガス排出削減目標との兼ね合いなどから、この目標の達成は困難とされ、年限を2035年に遅らせることが決定された。したがって、当面は一部炉の閉鎖と新規建設が重なることによって現在の水準を維持ないしは微減にとどまる。前述のとおり、フランスは2022年2月に最低6基（最大でさらに8基）の新設を宣言したが、2035年以降は経年化による既設炉の廃炉ペースが加速し、全体としては減少傾向が続く。他方で、既設炉の長期運転に向けた環境整備も行われているため、事業者としては再生可能エネルギーとのバランスを考慮したうえで、採算上可能な限り設備容量を確保してゆくことになる。

英国では、政府として原子力を維持する方針を示しているものの、経年化した既設炉の廃炉が相次ぐことから、2030年ごろまでは低減してゆく。一方で、近年ではホライズン計画が頓挫した事例もみられたものの、前述のとおりエネルギー安全保障戦略に基づく新設計画が予定されている。こうした姿勢は今後も続き、2045年ごろには現在の水準近くに戻り回復する。

福島第一事故を受けて脱原子力政策の方向性を明確にしているスイスでは、政府の原子炉閉鎖計画に従い、原子力発電は2035年までに0となる。ベルギーも2025年までにすべての原子炉を閉鎖する予定であったが、昨今の情勢を踏まえて少なくとも2基の運転期間を

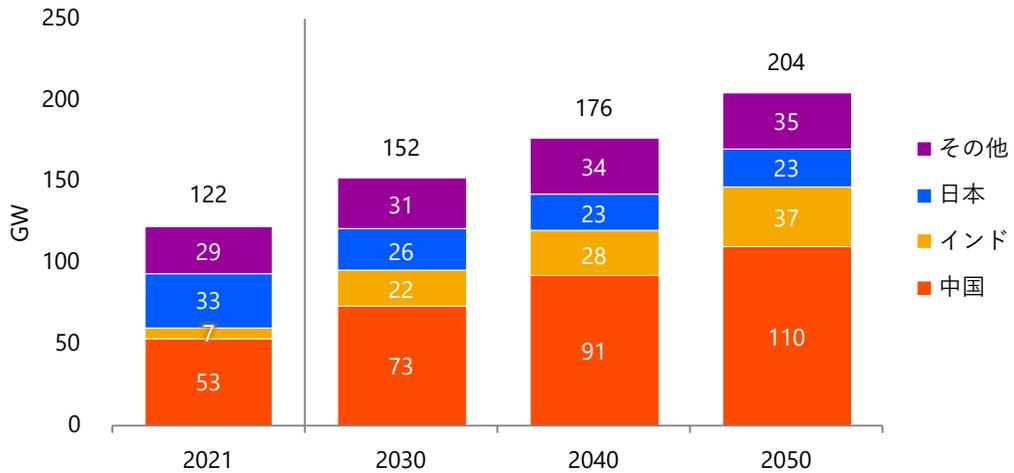
10年間延長することを決定したため、脱原子力の完了は若干遅れる。ドイツは2022年末ですべての原子炉を閉鎖する計画を立てていたところ、冬期の電力安定供給のため2023年4月まで2基を予備力として温存する方針を新たに発表した。ただし、これは長期的な見通しに大きな影響を与えない。他のOECDヨーロッパ諸国では、新規建設に向けて動いている国もみられるものの、市場で採算が取れない炉の廃止も進むため、全体として設備容量は2050年にかけて低減してゆく。

ロシアは国内外における原子力の積極的な利用を掲げており、国内の設備容量は2021年の30 GWから2035年にかけて45 GW程度まで拡大する。その過程では2030年ごろに、現在世界第4位の日本の設備容量を抜くこととなる。また、前述のとおりロシアは他国への原子力輸出にも積極的であるため、世界の原子力市場における存在感は、これらの数値以上となり得る。ロシアは既存の大型軽水炉の利活用を進めているのみならず、前述のとおり世界初となる浮体式原子力発電所を導入したほか、2021年6月には鉛冷却高速炉の実証炉を着工している。このように幅広い技術を保有しておくことは、原子力産業の基盤強化として重要である。

2030年以降には、それまで市場化されていなかった中東やアフリカ、および中南米等の国々の台頭もみられるようになる。中東では、アラブ首長国連邦やサウジアラビア、イランを中心に導入が進み、2050年には設備容量が合計で22 GWに達する。中南米ではブラジルやアルゼンチンを中心に、国内の電力需要の拡大を満たすための原子力発電導入計画が掲げられており、少量ながら新規建設が進められる。

中国、インドを中心とするアジアの存在感は原子力分野でもいっそう高まってゆく。経済成長の著しいアジアの新興・途上国にとって、原子力は低炭素であるのみならず、大規模な安定電源であることが導入の重要な動機となる。中国は、2035年には設備容量が82 GWとなり、このころには米国を抜いて世界第1位の原子力大国となる(図3-18)。また、アジアの合計設備容量は2045年ごろにはOECDヨーロッパと北米の設備容量の合計を上回り、2050年には204 GWに達する。その7割以上を中国とインドが占めることとなる。

図3-18 | アジアの原子力発電設備容量[レファレンスシナリオ]



再生可能エネルギー発電

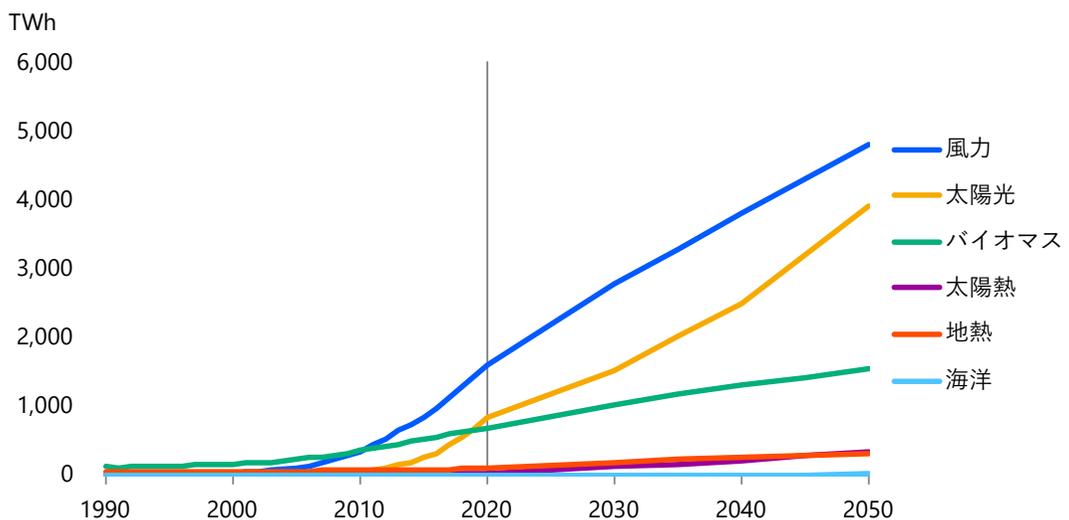
再生可能エネルギーに対しては世界的に大きな期待が寄せられている。2000年代半ば以降、ヨーロッパ主要国や日本、米国、中国を中心とした導入支援政策やコスト低下により、風力発電や太陽光発電といった自然変動電源の市場導入が顕著に進んだ。経済性の大幅な改善を背景に、近年は風力発電や太陽光発電への支援策の見直しや規模縮小の動きが加速している。他方、長期的なカーボンニュートラルにコミットした地域・国が増えており、再生可能エネルギーの導入拡大がさらに進んでゆく。

自然変動電源の発電量は、2020年の2,437 TWhから2050年には9,067 TWhに達する(図3-19)。世界の総発電量における自然変動電源のシェアは2020年で9.4%であったが、2050年には20%へ上昇し、電力システムにおける存在感を増す。

表3-6 | 主要国・地域における再生可能エネルギー導入目標

| 国・地域 | 主な目標 |
|-------|--|
| 米国 | 2035年までに全電力セクターの脱炭素化(再生可能エネルギー、原子力、水素、CCS等) Biden政権の脱炭素化目標, 2021年4月(The White House) |
| EU | 2030年までにエネルギー最終消費に占める再生可能エネルギーの割合を45%に REPowerEU Plan, Renewable Directive見直し(2022年9月欧州議会可決、加盟国との交渉が進行中) (EU Commission, European Parliament) |
| 日本 | 2030年までに全発電量における再生可能エネルギーの割合を36%~38%に 第6次エネルギー基本計画, 2021年10月閣議決定(経済産業省) |
| 中国 | 2030年まで一次エネルギー消費に占める非化石燃料の割合を25%に(うち風力と太陽光発電の設備容量を1,200 GWに) 2030年までにカーボンピークアウトを達成するためのアクションプラン, 2021年10月公表(国務院) |
| インド | 2030年までに電力消費の50%を再生可能エネルギーで供給(非化石発電設備を500 GWに) モディ首相がCOP26で宣言, 2021年11月(Ministry of External Affairs) |
| ASEAN | 2025年までに一次エネルギー供給の23%、発電設備容量の35%を再生可能エネルギーに ASEAN Plan of Action and Energy Cooperation Phase II, 2020年11月発表(38th ASEAN Senior Officials of Meeting on Energyで採択) |

図3-19 | 世界の再生可能エネルギー(水力を除く)発電量[レファレンスシナリオ]



現在、風力発電の主要な市場であるヨーロッパ、中国および北米は、今後もけん引役を担う(図3-20)。世界の風力発電設備容量は2020年の731 GWから2050年には2,243 GWへ3倍強に拡大する。陸上風力発電については送電線制約や開発適地の減少等の課題が生じ、その増加率は減減してゆく。一方、近年事業性が向上している洋上風力発電が市場拡大に寄与する。2010年から2020年にかけて、世界における洋上風力発電の設備導入量は3 GWから34 GWに拡大した⁸。ヨーロッパは洋上風力発電の最も成熟した市場であり、発電設備のサプライチェーンも整備されている。近年ヨーロッパにおける洋上風力発電の入札では、補助金0の案件が相次いで出ており、落札された売電価格も\$50/MWh台に下落している(2025年以降稼働開始予定)。米国でも、多数の洋上風力発電プロジェクトが進行している。バイデン政権は2021年3月に、洋上風力発電容量を2030年までに30 GWに拡大する方針を発表した。アジアでは、中国、台湾、韓国、ベトナム等の洋上風力発電市場の急成長が注目を集めている。日本では、再エネ海域利用法⁹の施行(2019年4月)とともに洋上風力発電プロジェクトの開発が活発化しており、政府も洋上風力発電の導入拡大とあわせて国内サプライチェーンの拡充や国内産業の育成に積極的に支援している。世界の洋上風力発電設備容量は2020年の34 GWから2050年には179 GWへ5倍強に拡大する。

太陽光発電の普及は、大幅なコスト低減によって、補助政策が充実していたヨーロッパ、米国、中国、日本等から全世界に広がっている(図3-21)。チリやアラブ首長国連邦、サウジアラビアなど日射に恵まれた国での大規模太陽光発電入札で\$10/MWh台の売電価格が記録されている。また、都市部では、住宅や商業施設に設置する分散型太陽光発電システムの発電コストは、電力小売価格と競合できる水準(グリッドパリティ)になってきている。今後も太陽光発電の競争力はさらに高まると予想される。世界の太陽光発電設備容量は、2020年の707 GWから2050年には3,033 GWへ4倍強に拡大する。長期的かつ継続的にコストが低下してゆくことから、見通し期間の後半において導入が大幅に拡大し、2040年～2050年における世界の設備容量の正味増分は1,043 GWに達する。

⁸ International Energy Agency, *Offshore Wind Outlook 2019*, 2019,
<https://www.iea.org/reports/offshore-wind-outlook-2019>

⁹ 海洋再生可能エネルギー発電設備の整備に係る海域の利用の促進に関する法律

図3-20 | 風力発電設備容量[レファレンスシナリオ]

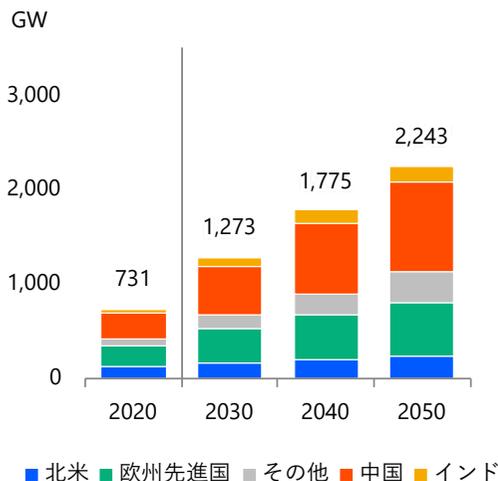
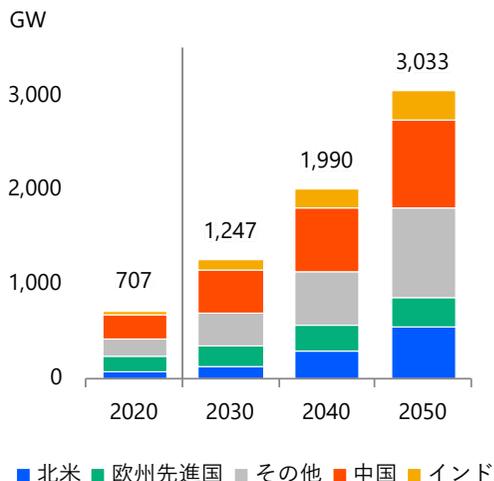


図3-21 | 太陽光発電設備容量[レファレンスシナリオ]



再生可能エネルギーの利用は、電力供給の低炭素化やエネルギー供給の対外依存度の低減、エネルギーシステム強じん化の向上等に貢献する。今後も再生可能エネルギー電源は堅調に増加しゆく。長期的な気候変動対策目標を実現するためには、最終エネルギー需要における電化がさらに進むことが考えられ、電源の低炭素化がいっそう重要となり、レファレンスシナリオを越える規模の再生可能エネルギー発電の普及が求められる。気候変動対策に対する世界的な意識向上の中、民間企業が再生可能エネルギーを調達するニーズも増えている。消費電力の100%を再生可能エネルギー電力で賄うことを目指す国際的なイニシアチブ「RE100」に加盟する企業は2021年時点で315社となり、これらの企業の電力消費量は合計で340 TWh (2021年時点)であり、英国の電力消費量に相当する¹⁰。RE100企業はグローバル範囲で拠点を持っており、世界の再生可能エネルギー導入拡大の一端を担っている。再生可能エネルギー発電が自立化しつつある中、消費者が発電事業者と直接売電契約を結ぶこと (Power Purchase Agreement, PPA) を可能にするような制度・市場の構築の必要性が増えている。また、エネルギー・社会システムとの調和の実現が重要な課題となる。たとえば、自然変動電源の電力システムとの統合に係る技術開発や制度

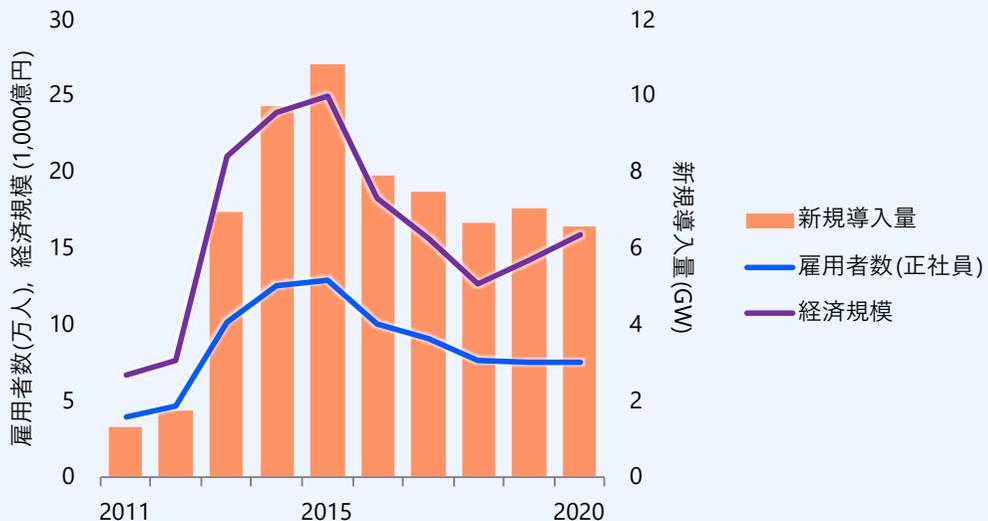
¹⁰ RE100 “RE100 Annual Disclosure Report 2021- Stepping up: RE100 gathers speed in challenging markets” (January 2022), <https://www.there100.org/stepping-re100-gathers-speed-challenging-markets>

構築、地元コミュニティに還元できるようなプロジェクト開発に対する政策的な誘導、洋上風力発電と地熱発電については周辺自然環境の保護や再生可能エネルギー関連雇用促進のための職業訓練等が必要となる。

Box 3-1 | 太陽光発電の国外依存度の高まりにどのように対応するか

日本では再生可能エネルギーの固定価格買取制度(FIT)が導入された2012年以降、太陽光発電の導入量が急速に増加してきた。ここ数年は導入量が失速しているものの、これまでの市場の拡大に伴い、太陽光発電産業の経済規模(販売額)と雇用者数も増加している(図3-22)。再生可能エネルギーの導入拡大は、経済にプラスの影響を与えたり、液化天然ガス(LNG)などの化石燃料の消費・輸入削減に貢献したりする。一方で、関連設備の輸入シェア増大が引き起こす課題もある。日本では国産太陽光パネルが国内出荷量に占める割合は、2008年度まではほぼ100%であったものが2009年度から低下し始め、2020年度には16%まで落ち込んでいる(図3-23)。

図3-22 | 日本の太陽光発電産業の経済規模、雇用者数、年間太陽光発電導入量の推移

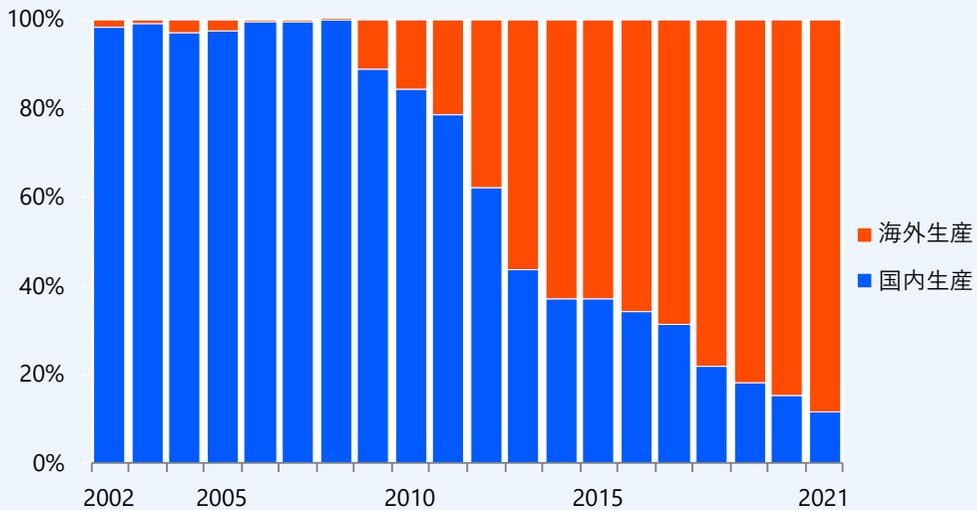


出所: International Energy Agency, Photovoltaic Power Systems Programme (経済規模と雇用者数)¹¹;
International Renewable Energy Agency (年間導入量)¹²

¹¹ IEA PVPS, National Survey Report, https://iea-pvps.org/national-survey-reports/?year_p=&country=&order=DESC&keyword=Japan

¹² IRENA, Renewable Electricity Capacity and Generation Statistics, <https://www.irena.org/Statistics>

図3-23 | 日本の太陽光パネル国内出荷構成



出所: 経済産業省資源エネルギー庁「エネルギー白書」¹³、太陽光発電協会

グローバルでみると太陽光発電設備の中国依存度はきわめて高い。太陽光パネルの製造フローのポリシリコン、インゴット、ウェハー、セル、モジュール/パネルのすべての段階において中国が占める割合は80%を超えている¹⁴。公表された生産能力の拡大計画を踏まえると中国の割合は今後もさらに高まると考えられる。これまで、中国が世界の太陽光発電設備のコストダウンに大きく貢献してきたことは事実である。しかしながら、サプライチェーンのこれ程までの過度な特定国依存は、今後の製品安定供給への潜在的なリスクとなる。感染症、災害、外交問題等、何らかの要因による製品供給途絶や価格コントロールの懸念が高まる。

世界の太陽光発電の設備容量は2020年末時点で710 GWであるが、レファレンスシナリオで2030年に1,247 GW、2050年に3,033 GW。また、カーボンニュートラルに向けてはさらなる導入拡大が求められる。これらは、グリーン投資ならびにグリーン雇用の拡大にも貢献するが、エネルギー安全保障の観点から、太陽光発電のサプライチェーンの強じん化を目指さなければならない。

¹³ 経済産業省「令和3年度エネルギーに関する年次報告」(エネルギー白書2022),

<https://www.enecho.meti.go.jp/about/whitepaper/2022/html/2-1-3.html>

¹⁴ IEA (2022), "Special Report on Solar PV Global Supply Chains"

そのためには、日本においては、半導体の事例と同様に、まず太陽光発電の国産製造の強化が求められる。中国製の太陽光パネルは価格競争力があるため、太陽光発電関連製品の製造企業の収益を確保するための政策支援が必要となる。たとえば、太陽光パネル主要要素であるポリシリコン、ウェハー、インゴットの製造コストに占める割合が大きい電気代に対する補助、投資効率を高めるために求められる生産プラントの大規模化に伴う土地利用に対する税優遇政策等の措置が考えられる。

将来の太陽光発電産業の育成には、次世代太陽光発電技術の開発と社会実装に向けた実証等に対する支援も必要である。日本政府が2050年カーボンニュートラル目標の実現に向けて創生した総額2兆円のグリーンイノベーション基金における重点支援分野の1つに太陽光発電が含まれており、ペロブスカイト太陽電池の実用化を目指す支援事業に2021年度～2025年度に総額200億円の資金を提供する予定である¹⁵。ペロブスカイト太陽電池は、耐荷重の小さい場所にも導入できるような軽さと建物の曲面にも設置可能な柔軟性を持ちながら、転換効率が既存の太陽電池に匹敵する潜在能力を有している。今後の実用化・普及拡大が期待されているが、落とし穴もある。2009年に日本の研究者が発明し開発を進めていたが、海外特許の取得ができておらず、2022年に中国のスタートアップ企業が世界初の量産を開始している。この事実は、国内で育てる国産技術を商用化させ、さらには世界市場の獲得を目指すためには、研究開発への支援だけではなく基本的な知的財産の管理に対する政府支援の必要性を物語っている。

次に、国産化の強化には太陽光パネルのリサイクル技術の開発・商用化も求められる。ガラスや金属等の構成部材・部品ごとに分離し、適切にリサイクルできる技術を開発することで、リサイクル部品から国内で太陽光パネルを製造することができれば、クリティカルミネラルと同様に輸入依存度を軽減することができる。

ハードの国産化を少しでも拡大してゆくことは大事ではあるが、同時に、別の視点からはソフト面で国内外市場を獲得してゆく戦略もあり得る。つまり、外国製太陽光パネルの市場シェア拡大に対して、国内メーカーは製品・部品提供からソリューション提供への戦略転換を目指すことである。たとえば、太陽光パネル、蓄電池、家庭用エ

¹⁵ 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO), グリーンイノベーション基金事業で、次世代型太陽電池の開発に着手, https://www.nedo.go.jp/news/press/AA5_101501.html

エネルギー管理システム(HEMS)等を搭載したネット・ゼロ・エネルギー・ハウス(ZEH)ソリューションシステムの提供が挙げられる。また、国内太陽光発電メーカーが電力会社や商社と連携し需要家向けのPPA¹⁶事業を展開している事例もある。将来には、このような太陽光発電設備と蓄電池やモノのインターネット(IoT)技術を組み合わせたシステムの国内外展開を模索することも大事である。

¹⁶ 発電事業者による消費者への直接売電契約

4. 技術進展シナリオ

4.1 主要対策

「技術進展シナリオ」では、社会での適用機会および受容性を踏まえた最大限の二酸化炭素(CO₂)排出削減対策およびエネルギー安全保障対策の強化を見込む。各国がエネルギー安定供給のいっそうの確保や気候変動対策の強化に資する先鋭的な省エネルギー・低炭素化政策等を強力に実行し、先進的技術の開発・導入が世界大で加速する。環境規制や国家・自主目標の導入、技術開発強化や国際的な協力の推進を背景に、需要サイドでは省エネルギー機器、供給サイドでは再生可能エネルギー、原子力、水素、二酸化炭素回収・貯留(CCS)の普及拡大などが強力に図られる(表4-1)。なお、この見通しは、技術の導入などを前提条件として試算したフォアキャスト型の将来見通しであり、将来の「着地点」を定めてそこに至る道筋を描くバックキャスト型の分析と対照をなすものである。

表4-1 | 技術の想定例[技術進展シナリオ]

2020年 → 2050年 (レファレンス2050年)

| | 先進国 | 新興・途上国 |
|--------------|--|---------------------------|
| 火力発電 | 初期投資ファイナンススキーム整備 2030年以降新設CCS導入(帯水層を除く貯留ポテンシャルがある国) | |
| [天然ガストック効率] | 50.0% → 62.1% (60.8%) | 38.2% → 56.5% (48.6%) |
| [石炭ストック効率] | 37.3% → 38.5% (42.8%) | 34.0% → 39.4% (39.2%) |
| [IGCC新設導入比率] | 0% → 60% (20%) | |
| 原子力発電 | 適切な卸電力市場価格の維持 | 初期投資の融資枠組み整備 |
| [設備容量] | 2020年: 294 GW → 309 (208) | 2020年: 113 GW → 458 (269) |
| 再生可能発電 | システムコスト低減 | システムコスト低減 |
| | 系統安定化技術のコスト低減 | 低コスト融資 |
| | 系統システム効率的運用 | 電力システムの高度化 |
| [風力設備容量] | 358 GW → 1,559 (870) | 374 GW → 2,901 (1,373) |
| [太陽光設備容量] | 340 GW → 2,339 (1,089) | 368 GW → 3,675 (1,944) |

2020年 → 2050年 (レファレンス2050年)

| | 先進国 | 新興・途上国 |
|-------------|--|--|
| 自動車用バイオ燃料 | 次世代バイオ燃料の開発 FFVの普及拡大 [消費量] 54 Mtoe → 87 (64) | バイオ燃料のコスト低減 農業政策としての位置付け 36 Mtoe → 88 (62) |
| 産業 | 2050年にBATが100%普及 | |
| 運輸 | 低燃費自動車のコスト低下 ゼロエミッション車(ZEV)の航続距離が2倍に | |
| [乗用車新車燃費] | 16.1 km/L → 49.6 (33.0) | 13.9 km/L → 37.4 (24.9) |
| [乗用ZEV販売比率] | 3.5% → 78.3% (50.5%) | 2.4% → 63.0% (34.4%) |
| 民生 | 新規、新設の家電・機器効率および断熱効率の 改善スピードが約2倍に(2050年でレファレンス比約15%改善) 暖房・給湯・ちゅう房用途における電化、クリーンクッキング化 | |

Box 4-1 | 技術進展シナリオにおける水素の織り込み

IEEJ Outlook 2023の技術進展シナリオにおいては、水素の本格導入を織り込んだ。IEEJ Outlook 2022の炭素循環経済/4Rシナリオにおける水素関連の脱炭素化技術につき、技術進展シナリオにふさわしい導入量を想定している(表4-2)。

想定においては、技術の導入条件を各国・地域の現状に即して精緻に設定した。また、発電用の水素は、水素そのままとアンモニアとしての利用とを分けて想定した。カーボンリサイクル技術の1つである合成メタンや合成燃料(E-fuel)は、2050年時点で電化が難しい用途における有力な脱炭素化策として特に先進国において導入を想定した。

表4-2 | 水素技術導入想定

| シナリオで想定する技術 | 想定内容 |
|-----------------------|--|
| 発電部門の水素利用 | 2050年でCCSが付いていない石炭火力発電とガス火力発電の30%～50%に水素発電(アンモニアを含む)を導入 |
| 輸送部門の水素利用 | 先進国および国内の水素供給が豊富な国において2050年の道路部門の輸送用需要の5%～10%を水素に転換 |
| 産業部門の水素利用 | 先進国および国内の水素供給が豊富な国において2050年の産業用需要の20%を水素に転換 |
| 水素還元製鉄 | 2050年の先進国の粗鋼生産の10%および中国、インドの粗鋼生産の5%にブルー水素を用いた水素還元製鉄技術を導入 |
| 民生部門における水素利用 | 2050年の先進国の民生用需要の10%を水素に転換 |
| 合成メタン | 先進国において2050年の産業用・民生用の需要の10%を合成メタンで代替 |
| 合成燃料 | 先進国において2050年の輸送用需要の10%を合成燃料で代替 |
| CO ₂ 回収・貯留 | ブルー水素製造に要するCCSを追加で実施 |

省エネルギー

技術進展シナリオでは、レファレンスシナリオと比較して、2030年には石油換算567百万t (Mtoe)、5.2%、2050年には2,808 Mtoe、23.5%の最終エネルギー消費が節減される。2050年の最終エネルギー消費の節減量は、2020年の最終エネルギー消費の29%に相当する。節減量の内訳は、運輸部門が1,097 Mtoe、産業部門が867 Mtoe、民生部門が842 Mtoeである(図4-1)。

運輸部門の中では道路部門が816 Mtoe、民生部門の中では家庭部門が525 Mtoeと過半を占める。自動車や家庭の消費機器等において、省エネルギーの余地が大きいためである。また、すべての部門において新興・途上国による節減量が過半を占めており、特に産業部門ではその占有率が80%を超えている。新興・途上国での省エネルギーの実現の可否が、世界の省エネルギー進展の鍵を握っている。

図4-1 | 世界の技術による省エネルギー(レファレンスシナリオ比) [技術進展シナリオ、2050年]

最終消費 2,808 Mtoe

| | | | | | | |
|------------|-----------|-----------|-----------|----------------|------------|--|
| 運輸計: 1 097 | | 産業計: 867 | | | 民生計: 842 | |
| 道路 816 | | 他 562 | | | 家庭 525 | |
| 水運 139 | 航空 126 | 鉄鋼 115 | 化学 109 | 窯業 土石 81 | 業務他 317 | |

表4-3 | 世界のエネルギー指標

| | 2020 | レファレンス | | 技術進展 | |
|----------------|------|--------|------|------|------|
| | | 2030 | 2050 | 2030 | 2050 |
| 原単位(2020=100) | | | | | |
| 産業 | | | | | |
| 鉄鋼原単位 | 100 | 94.3 | 78.9 | 92.8 | 62.7 |
| 窯業土石原単位 | 100 | 93.4 | 82.0 | 90.4 | 62.7 |
| 化学原単位 | 100 | 95.0 | 79.6 | 92.9 | 60.4 |
| 紙パルプ原単位 | 100 | 95.8 | 87.8 | 92.7 | 68.2 |
| その他産業原単位 | 100 | 91.9 | 71.7 | 89.4 | 54.0 |
| 運輸 | | | | | |
| 乗用車の新車燃費(km/L) | 14.7 | 18.4 | 26.5 | 23.6 | 39.9 |
| ZEV新車販売シェア | 2.3% | 12% | 33% | 25% | 59% |
| 外航海運の天然ガスシェア | 0.1% | 5.4% | 22% | 9.2% | 43% |
| 国際航空のバイオ燃料シェア | 0.0% | 1.0% | 6.8% | 5.3% | 27% |
| 民生 | | | | | |
| 総合効率(2020=100) | | | | | |
| 家庭 | 100 | 84.2 | 62.1 | 77.3 | 46.5 |
| 業務 | 100 | 77.2 | 46.3 | 75.0 | 37.9 |
| 電化率 | | | | | |
| 家庭 | 26% | 31% | 47% | 35% | 63% |
| 業務 | 55% | 60% | 71% | 62% | 84% |

注: 原単位は生産量当たり、総合効率はエネルギーサービス量当たりのエネルギー消費量

現状で利用可能な高効率技術の適用を鉄鋼やセメント、化学、紙・パルプ等のエネルギー多消費型産業を中心にいっそう拡大することにより、各産業の原単位は、2030年時点で

レファレンスシナリオより2%~3%程度改善し、さらに高効率技術の拡大が加速することで2050年時点では20%~24%程度改善する(表4-3)。これにより、新興・途上国の産業部門の消費はレファレンスシナリオから697 Mtoe節減され、素材系産業の生産量の割合が高いアジアにおける節減は世界の60%程度を占める。高効率技術の導入が新興・途上国の効率を改善する効果は非常に大きい。省エネルギー技術の開発と新興・途上国を含めた積極的な展開が期待される。

運輸部門では、燃費改善や車種構成の変化がいつそう進展する。車種構成においては、ハイブリッド自動車に加え、電気自動車、プラグインハイブリッド自動車や燃料電池自動車などの導入・普及が拡大する。これらゼロエミッション自動車(ZEV)の新車販売シェアは、レファレンスシナリオと比較して、2030年で13ポイント、2050年時点で25ポイント上昇する。世界平均の新車燃費は、車種構成変化や燃費改善により、2050年時点では、レファレンスシナリオから13.4 km/L改善して39.9 km/L (2.5 L/100 km)になる。先進国ではZEVが車種構成に占める割合がより早期に増加することから、運輸部門が最も省エネルギー量が大きい部門となる。国際バンカーにおいては、技術革新と運用の改善などによる省エネルギーが前進する。同時に、燃料転換の余地が大きく、外航海運では天然ガスのシェアが2030年では9.2%、2050年では43%を占める。また、国際航空ではバイオ燃料シェアが2030年では5.3%、2050年では27%を占める。

民生部門は、経済的な観点等から省エネルギー意識の高い産業部門とは異なり、エネルギー消費節減のインセンティブが働きにくい。そのため、エネルギー消費の削減余地が大きく、世界の家庭の総合エネルギー効率は、レファレンスシナリオと比較して、2030年で8%、2050年時点で25%改善する。また、業務の総合効率は、2030年では3%、2050年では18%改善する。寒冷地域における暖房・給湯機器の効率改善に加え、新興・途上国における断熱性能の向上等がエネルギー節減に大きく貢献する。国による違いはあるものの、給湯や暖房には都市ガス、液化石油ガス(LPG)、灯油などが用いられることも多いため、両用途に関しては燃料が大きく削減されうる。農村部における電化地域の拡大や近代的調理器具の普及により、エネルギー効率が悪い薪や畜ふんなどの伝統的バイオマスが最も削減される。電力も、冷房・動力・照明等広い範囲における省エネルギー効果が使用機器の電化による増加寄与を上回り、消費が大きく低下する。

再生可能エネルギー

技術進展シナリオでは、風力発電や太陽光発電といった自然変動電源の市場導入がさらに加速する。一次エネルギー消費に占める再生可能エネルギー(水力を含む)のシェアは2020年の15%から、2030年にはレファレンスシナリオ比2ポイント増え18%、2050年には同13ポイント増え31%に上昇する。自然変動電源に限ったシェアは2020年の2%から2030年には4%、2050年には14%まで上昇する。

他方、自然変動電源の導入拡大による電力システム運用上の課題もある。たとえば、風力・太陽光電力の時間変動性に起因する課題として、急激な発電出力変動(周波数変動)や余剰電力、年に1回～2回程度発生するとされる「曇天無風期間」などがある。また、空間偏在性に起因する課題として送電容量不足がある。さらには、その他の課題として非同期電源¹⁷の増加に伴う系統慣性低下や立地周辺の自然環境・生態系・経済活動への影響(大規模太陽光発電設置のための森林開発や陸上風力発電機による鳥類への影響、洋上風力発電が漁業に及ぼす影響等)もある。

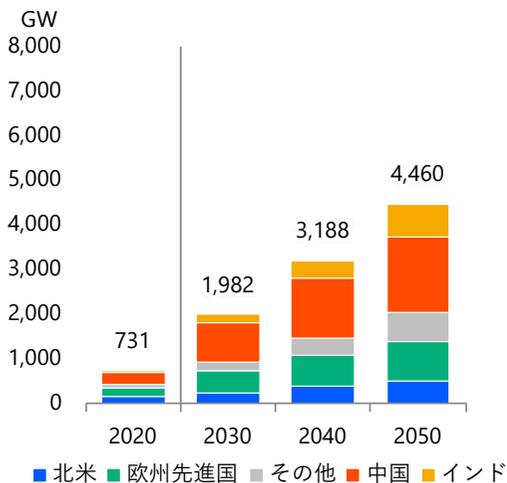
自然変動電源を電力システムに統合するための技術的・制度的・政策的な対策が必要となっている。技術進展シナリオでは自然変動電源の統合技術の実用化進展や、その社会実装への政策的支援、事業者・投資家・消費者の環境意識の高まり、および電力インフラ敷設への社会的受容性の向上等が想定される。自然変動電源の拡大を支える技術として、発電予測技術や出力抑制、エネルギー貯蔵(主に揚水式水力や蓄電池)、バックアップ電源の出力調整、電気自動車を活用した需給調整技術、系統増強と地域間の電力融通、そしてこれらの技術を情報通信技術で結んで最適制御を行うスマートグリッド等が大きな役割を果たす。また、技術の普及のみならず、環境との調和や地域との合意形成を促す政策や法制度も持続的な再生可能エネルギー導入を後押しする。

風力発電(陸上風力と洋上風力の両者を含む)の導入は、すべての地域においてレファレンスシナリオ比で加速し、世界の設備容量は、2030年に1,982GW、2050年には4,460 GWに達する(図4-2)。陸上風力発電は、送電インフラの増強やエネルギー貯蔵技術のコスト低

¹⁷ 同期電源とは、自らが回転エネルギーを持つことで、タービンが回転し続ける力である慣性力や発電機同士が同速度で回ろうとする力である同期化力を有し、電力システムの安定化に資する機能がある電源。火力、水力、原子力発電など。これに対し、非同期電源(インバータ電源)とは、そうした機能がない電源。太陽光、風力発電など。

減によって空間的・時間的な偏在性が緩和され、中国やインドにて顕著に拡大する。洋上風力発電は、これまでの主役であったヨーロッパに加え、アジア(中国や台湾、日本)や米国でも導入が進む。継続的な技術開発とコスト削減努力に加え、政策的支援——経済的支援の充実化や海洋利用に係る各国内の制度構築、漁業関係者をはじめとする既存の海域利用者の理解促進に基づく開発調整の円滑化等——がこれらの地域での洋上風力利用を促進させる。陸上・洋上風力発電設備導入量の合計値では中国が世界トップの座を維持し、主要な風力発電市場であり続ける。中国は、2030年時点で世界の設備容量の44%を、2050年時点においても38%を占める。

図4-2 | 風力発電設備容量[技術進展シナリオ] 図4-3 | 太陽光発電設備容量[技術進展シナリオ]



太陽光発電も世界的に導入が加速し、世界の設備容量は2030年には1,990 GW、2050年には6,013 GWに達する(図4-3)。現在の太陽光発電の主要市場は中国やヨーロッパ先進国、米国、日本等であるが、太陽光発電や蓄電池のコスト低下にけん引され、これらの地域に加えてインドの存在感が増す。さらに中東やアフリカ、中南米といった日射量に恵まれたサンベルト地域の伸びも大きくなる。2050年の中国、米国、インドの設備導入量合計値は3,478 GWであり、これら3か国で世界の58%を占める。中東やアフリカ、中南米の3地域は、合わせて2050年に585 GWとなる。レファレンスシナリオ比で1.8倍、2020年実績と比べると19倍の規模であり、有望な太陽光発電市場となる。

近年、カーボンニュートラル社会への取り組みが世界的に高まっているが、今世紀半ばごろまでの実現には自然変動電源の導入を技術進展シナリオ以上に加速させる必要がある。電力需給の様相が様変わりする可能性があり、それを見越した技術選択が重要である。たとえば、エネルギー貯蔵の観点ではリチウムイオン電池やナトリウム・硫黄(NAS)電池のような数時間の貯蔵容量を持つ技術の活用に加え、自然変動電源の発電出力の週・月・季節変動に対応するため長期間の貯蔵に適した技術が必要となる可能性がある。そのような貯蔵技術にはレドックスフロー電池や水素がある。レドックスフロー電池は出力と貯蔵容量を独立して設計できる特長があり、電解液を増やすことで大規模かつ長期間の貯蔵にも対応できる。水素についても水電気分解と水素貯蔵、水素発電の設備容量を独立して選択できる。エネルギー貯蔵技術は電力系統の周波数調整等のアンシラリーサービス提供機能としても期待されており、欧米では蓄電池はすでにアンシラリーサービス市場に参入している。また、水電解もアンシラリーサービスへ活用するための制度設計を目指した実証が欧州を中心に行われている。エネルギー貯蔵はそれぞれの技術の特性——技術的特徴や経済性、安全性、さらには素材となる鉱物資源(リチウム、ニッケル、コバルト、バナジウム、白金等)の調達元といった経済安全保障の観点等——を総合的に踏まえ、最適な組み合わせ追求してゆく必要がある。

水素については、電力貯蔵技術としての役割だけではなく、Power-to-Gasとして気体燃料としての役割も期待されている。水素は多様な用途に利用できる利点を有する。近年、ヨーロッパを中心に再生可能エネルギーを活用したPower-to-Gasの概念設計や実証等の動きが加速しており、輸送用燃料や産業・民生部門の熱供給用途の燃料、さらには工業用プロセスの原料としての水素の利用を目指している。特に、電力による脱炭素化が困難な部門での利用が期待される。また、水素とCO₂を合成し、燃料や素材として利用する技術も近年脚光を浴びている。燃料合成プロセスとしては、メタン合成や液体燃料合成(フィッシャー・トロプシュ合成等)がある。それらを活用すれば、メタンや液体炭化水素燃料として既存のエネルギー供給インフラを座礁資産化させることなく活用しつつ、再生可能エネルギーの余剰電力を部門横断的に利用することが可能になる。このような電力系統と都市ガスネットワークや運輸部門等の他部門を統合して低炭素化を図るエネルギー・システム・インテグレーションが普及すれば、再生可能エネルギー電源のさらなる導入促進につながる可能性がある。ただし、エネルギー・システム・インテグレーションの実現には、電力とガスを統合的に扱う新たな制度設計が必要となる。脱炭素化以外の視点も重要

である。水素や水素由来の合成燃料は自己放電ロスのある蓄電池と異なり長期間のエネルギー貯蔵が可能であることから、備蓄としても活用でき、エネルギーの安定供給やエネルギー安全保障の改善にも貢献できる。

原子力

原子力は気候変動対策や大気汚染対策、そしてエネルギー安全保障といった多くの政策目標に対して有用性を発揮できる。そのため、技術進展シナリオではレファレンスシナリオ以上に導入が進むこととなる。従来の大型軽水炉については、ノウハウの蓄積や建設技術の効率化などによって導入に係る障壁は低減される。他方で、近年特に開発が進められている小型モジュール炉(SMR)や第四世代炉といった新型炉もまた、実用化に向けて強力な政策措置が実施される。これらの新型炉は数十年の開発期間を重ねても商用規模では実用化していないが、米国やカナダなどでは近年、具体的なユーザー候補が現れ導入を検討しているほか、中国ではすでに実機の建設が開始されている。現在計画中、あるいは進行中の実証炉建設が、世界中の潜在ユーザーからの関心に十分応える結果を残せるか否かが新型炉導入のポイントとなる。

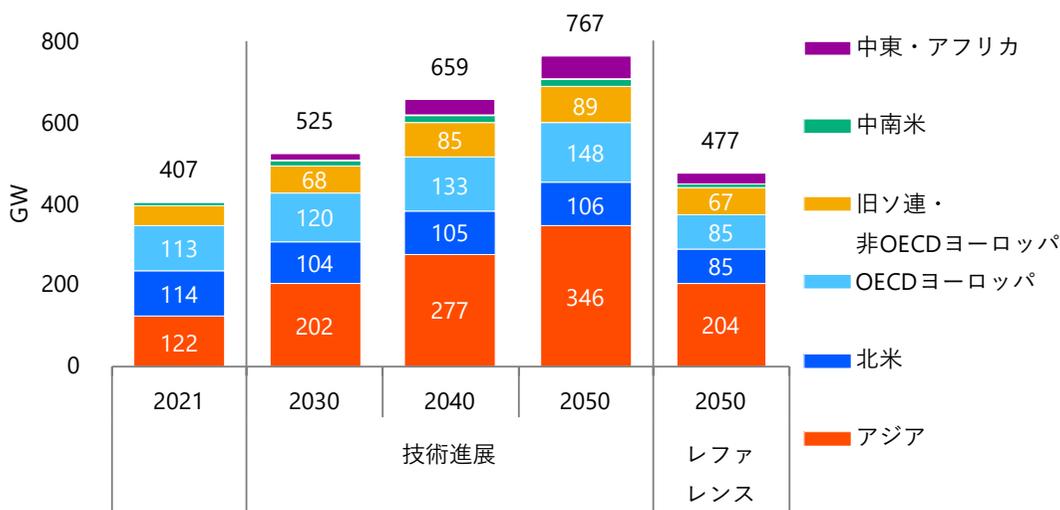
社会全体の大幅な低炭素化を目指すうえでは、電力部門以外での取り組みも重要となる。前述の新型炉をはじめ、原子力技術は発電用途にとどまらず、地域熱供給、産業用熱供給、水素製造、海水淡水化など多様な用途に活用されることが期待されている。ただし、現状の原子力はベースロード電源として運用することが前提とされており、それ自体は2050年においても変わらない。第一義的な役割である電力供給を全うしたうえで、余剰となった電力や熱の有効活用を検討してゆくことになるであろう。

早期から原子力を積極的に推進してきた米国やフランスは、既設炉の大部分が一度に経年化を迎えることもあって、設備容量が現在の水準から低下する。ただし、気候変動対策やエネルギー安全保障の観点から原子力利用促進策が一段と強力に発揮される技術進展シナリオでは、レファレンスシナリオより多くの新設計画が実現し、下げ幅が縮まる。英国でもレファレンスシナリオ以上の新規建設が行われ、2050年までの間に現状の設備容量を上回る導入量となる。福島第一事故を受けて脱原子力政策の方向性を明確にした国においても、低炭素化や自国の産業競争力の維持という観点から、原子炉の閉鎖計画の先送りや、閉鎖計画に沿って廃炉した設備をリプレースで補うという方針が採用される。

野心的な低炭素目標を掲げる先進国のみならず、新興・途上国でも電力需要の急速な拡大に対応しつつ、低炭素化を進めるため原子力が導入される。原子力導入の基本的な動機は大規模な安定電源によるエネルギー需要への対応であるが、島しょ部などの遠隔地を抱える新興・途上国では小規模系統に対応した小型炉の導入も見込まれる。

こうした想定の下、技術進展シナリオでは、世界の原子力発電設備容量は2021年の407 GWから2050年には767 GWに拡大する(図4-4)。これは、レファレンスシナリオでの設備容量477 GWの1.6倍に相当する。

図4-4 | 原子力発電設備容量[技術進展シナリオ]



北米では2025年以降に設備容量が微減するものの、その後は必要な既設炉の維持や新設が行われ、2050年まで105 GW前後の水準を維持する。米国では原子力の低炭素価値やエネルギー供給の信頼性を再評価する動きが、連邦政府や一部の州政府で高まっている。そのため、そういった政策動向が最大限奏功する技術進展シナリオでは、原子力革新技术開発への支援や既設炉の長期運転がレファレンスシナリオよりも大規模に進められる。米国とカナダはともにSMRや第四世代炉の開発を積極的に推進しており、2030年代以降はそれらの実用化も進む。ただし、SMRは1基当たりの設備容量が小さいため、国の合計設備容量の中におけるインパクトは限定的となる。

野心的な温室効果ガス排出削減目標を掲げる欧州先進国では、経年化した既設炉が廃炉される一方で、新設やリプレースも政策的に推進される。そのため、設備容量は2021年の113 GWから2050年には148 GWまで拡大する。ヨーロッパ最大の原子力利用国である

フランスでは、2050年にかけて設備容量が減少してゆくが、新設計画も増えるため、レファレンスシナリオと比して緩やかな減少となる。英国では最先端技術の大型軽水炉の建設がいっそう促進され、2050年にはエネルギー安全保障戦略によって定められた最大目標値である累計24 GW（既設を含む）が実現される。欧米諸国では新設計画のノウハウ消失や建設開始後の設計変更などにより、現在建設中の大型軽水炉（第三世代+）の工期に大幅な遅延が生じている。次以降の新設計画において、こうした問題点が修正されることにより新設のリスクが軽減され、事業者にとっての投資環境が改善されることが、この拡大の主要なドライバーである。また、英国やフランスなどでは新たに発表された新設計画について、立地サイトや建設企業の候補、資金調達の枠組みなどを早急に具体化し、民間企業が経営判断を行うための情報公開を行うことが重要となる。

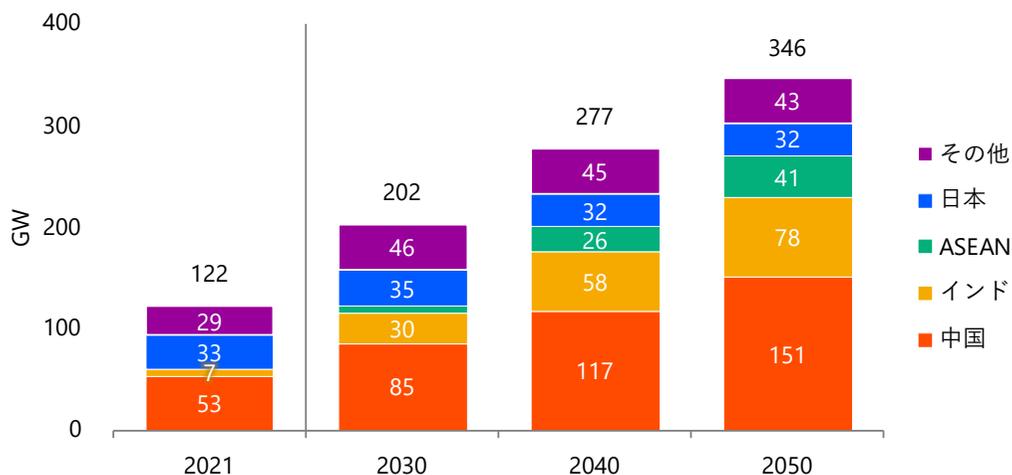
ロシアでは新規建設計画が加速し、設備容量は2021年の30 GWから2035年ごろには46 GWへと拡大する。ただし、それ以降は経年化炉の閉鎖などにより、ロシア国内では設備容量が減少してゆく。他方で、ロシアについては新興・途上国の経済成長およびエネルギー需要の増大を背景に、国外への輸出が積極的に進められる。すでに多くの新興・途上国との間で、原子力を含む多くの産業分野での基盤整備や人材育成などを含めた包括的な協力関係の構築を進めているため、これが将来の原子力輸出の盤石な布石となる可能性は高い。

新興市場とされる中東、アフリカ、中南米では、2025年ごろより新設炉が順次運転開始を迎え、以降設備容量は着実に拡大する。特に中東では、化石燃料依存の経済から脱却することが政策上の優先事項となるため、建設を進めているアラブ首長国連邦や、建設計画を表明したサウジアラビアを中心に新設が相次ぎ、中東全体で2030年に15 GW、2050年に37 GWにまで達する。

アジアはレファレンスシナリオでも2050年時点で最大の導入地域となっているが、これは技術進展シナリオでも同様である（図4-5）。アジア全体での設備容量は2035年に欧州先進国と北米の和（230 GW）を上回り、2050年には346 GWに達する。その内訳もレファレンスシナリオ同様、中国とインドがけん引役となるが、それらに加えて東南アジア諸国でも、増加する電力需要に対して安定的で経済合理性のある低炭素電源への需要が高まり、現在は計画段階にとどまっている国々での原子力導入が進展する。これらの国々には島しょ地域を抱える国も多く、そういった地域の電力安定供給も課題としているため、SMR

や洋上浮体式原子炉の導入も進む。こうした動機があることから、東南アジア諸国連合（ASEAN）合計の導入量は2021年時点でこそ0であるが、2030年ごろから営業運転が順次開始され、2050年には発電設備容量が41 GWに達する。これは、同時点の日本の設備容量(32 GW)を上回る値である。

図4-5 | アジアの原子力発電設備容量[技術進展シナリオ]

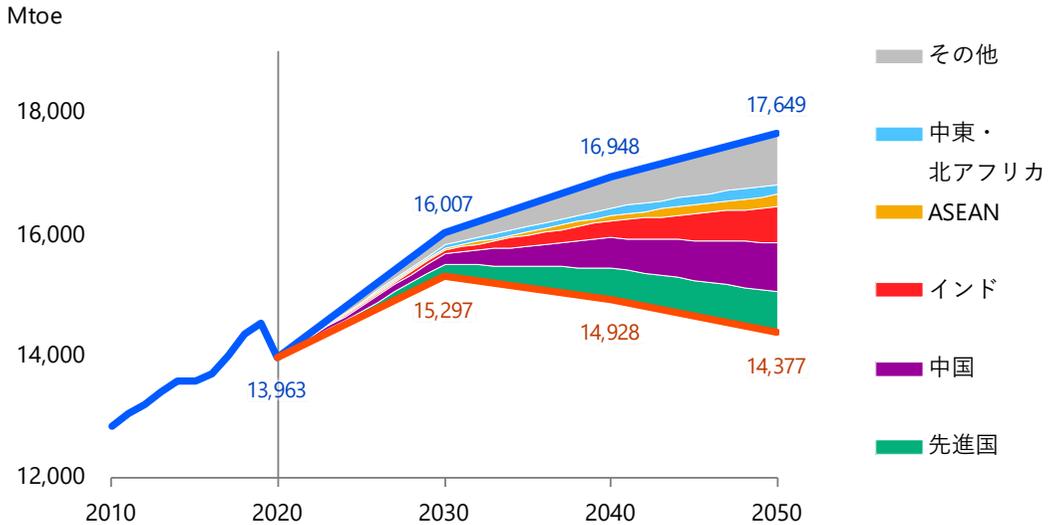


4.2 エネルギー需給

技術進展シナリオでも2050年世界カーボンニュートラル実現には程遠く、省エネルギー・気候変動対策のさらなる推進にはあらゆる手段の総動員が必要

技術進展シナリオは省エネルギー・気候変動対策の強力な展開を想定する。2030年における一次エネルギー消費はレファレンスシナリオ比 -710 Mtoe (-4.4%)となるが、2020年比では増加する(図4-6)。2030年以降は省エネルギーがさらに進むことで一次エネルギー消費は減少に転じるが、2050年におけるレファレンスシナリオ比の一次エネルギー消費削減量は $3,273$ Mtoe (18.5%)にとどまる。2050年までの累積節減量は省エネルギー等が進み 45.3 Gtoeとなる。技術進展シナリオを実現するためには、エネルギー消費節減および非化石エネルギー導入のポテンシャルが大きい新興・途上国、特にインド、中東・北アフリカ(MENA)、ASEANの役割が大きい。

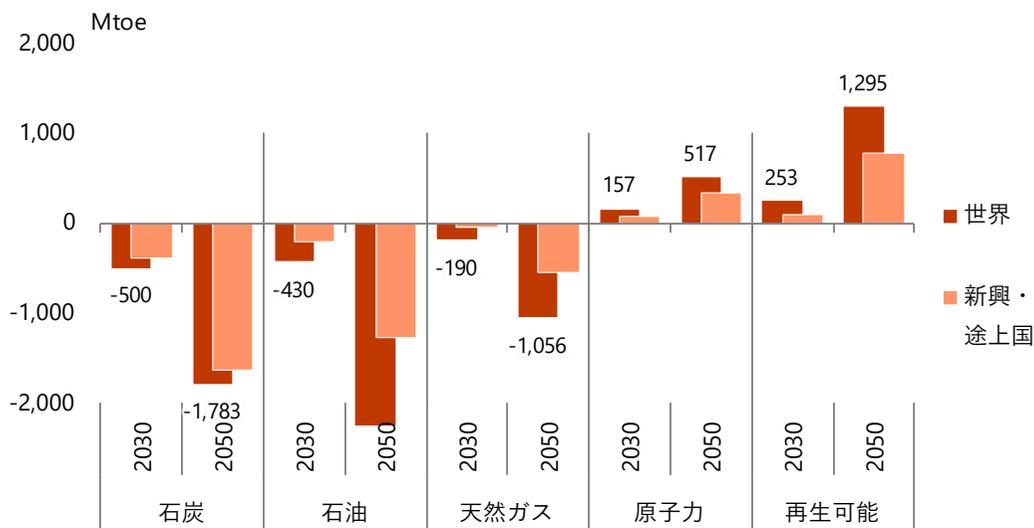
図4-6 | 世界の一次エネルギー消費と省エネルギー(レファレンスシナリオ比) [技術進展シナリオ]



技術進展シナリオで世界が到達可能な省エネルギー量のうち、新興・途上国は2050年において74%を占める。特にインド、MENA、ASEANは合わせて29%を占める。これらの国々の省エネルギーと脱炭素化をいち早く進めることが、世界のエネルギー安定供給、気候変動対策のカギとなる。

エネルギー源別では、化石燃料は燃料転換も進むものの、2050年はレファレンスシナリオ比5.1 Gtoe (31%)の節減にとどまり、累積削減量は67.6 Gtoeとなる(図4-7)。石炭は新興・途上国で発電用の燃料転換が進み、新興・途上国が2030年で8割、2050年で9割の削減分を占める。石油は2030年は0.4 Gtoeの節減と石炭よりも節減量が少ないが、2030年以降は自動車の電動化が進むことで、2050年には2.2 Gtoeと最も節減量が多いエネルギーとなる。天然ガスは2030年は0.2 Gtoe、2050年は1.1 Gtoeの節減にとどまる。もっとも、2050年の天然ガスの節減が少ないのは水素製造の原料用で増えていることもある。非化石エネルギーは2030年で0.4 Gtoe、2050年で1.8 Gtoe増加し、原子力と再生可能エネルギーは2050年でそれぞれレファレンスシナリオ比60%、41%の大幅増となる。言い換えれば、非化石エネルギーが大きく伸長する技術進展シナリオにおいても、世界は化石燃料なしには、経済、社会、生活を維持し改善し続けることはできない。

図4-7 | 一次エネルギー消費の変化(レファレンスシナリオ比) [技術進展シナリオ]

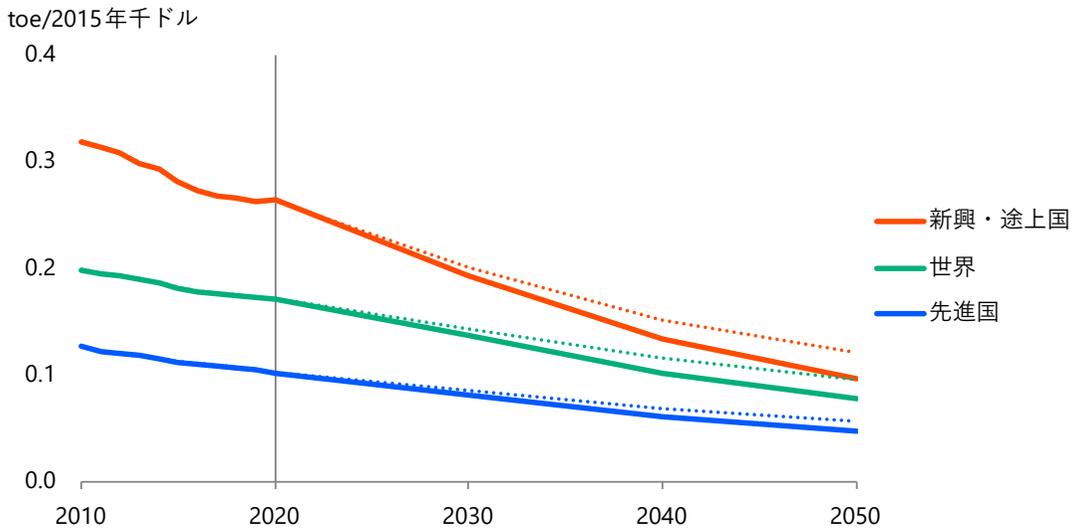


技術進展シナリオの実現自体も容易ではない。2050年における石炭節減量では、新興・途上国が92%、インド、MENA、ASEANが合わせて38%の寄与率となる。また、原子力、再生可能エネルギーの増加量に対しても、新興・途上国の寄与率はそれぞれ64%、59%、インド、MENA、ASEANの寄与率はそれぞれ30%、38%を占める。つまり、技術進展シナリオは30年間という短期間でこれらの実現を経済発展中の新興・途上国に要求している。技術進展シナリオの実現プロセスにおいては、従来の先進国の歩みとは異なる加速度的なエネルギー政策の実行が新興・途上国には求められている。

世界がカーボンニュートラルを目指すならば、技術進展シナリオにおける先進国および新興・途上国の国内総生産(GDP)原単位の減少は十分ではない(図4-8)。先進国の原単位は2020年比53%減、新興・途上国の原単位は足元における効率改善余地が大きいいため63%減と大きく減少する。もし、技術進展シナリオにおける2050年の世界のエネルギー消費を原子力、再生可能エネルギーおよびブルー水素¹⁸製造用の化石燃料の計6.4 Gtoeのみで賄うことでカーボンニュートラルを達成しようとした場合、世界のGDP原単位を2020年比で80%減少させる必要がある。これは、技術進展シナリオにおける新興・途上国や中国の原単位減少ペースをはるかに上回るペースであり、2050年に世界全体でカーボンニュートラルを実現することは、やはり相当チャレンジングであると言わざるを得ない。

¹⁸ 化石燃料を分解しその際に排出するCO₂を回収して製造される水素

図4-8 | 一次エネルギー消費量のGDP原単位[技術進展シナリオ]



注: 点線はレファレンスシナリオ

技術進展シナリオを実現し、さらにCO₂排出量の削減を推し進めるためには、先進国も新興・途上国もハイペースで省エネルギーを進め、またエネルギー源の脱炭素化も進めなければならない。このため、先進国における省エネルギー技術の開発と新興・途上国への技術移転、国際的な資金調達力や意識不足などの省エネルギーバリア解消などは必須条件となる。また、一国内においても、日々の生活に追われている低所得者層が省エネルギー機器を導入するためのインセンティブの設定や、都市部と農村部に対して異なる省エネルギーや脱炭素化のアプローチも必要となる。さらに、長期的な視点から、国・地域の省エネルギー意識を高める教育を強化してゆくことも重要である。

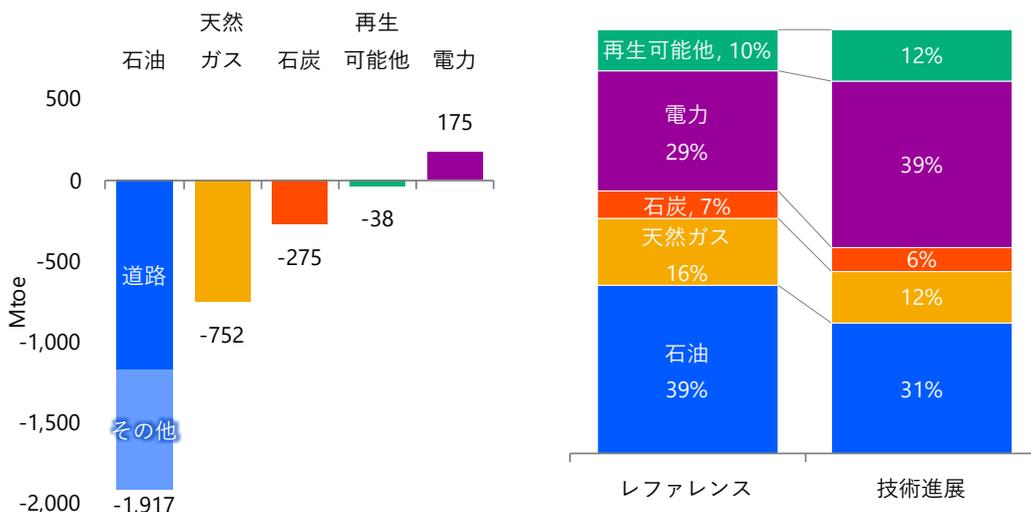
これらのCO₂排出量削減手段を実現するための具体的政策の立案・実行には、各国政府による補助金・税金・規制などの公共政策とそれを用いた民間企業の活用、および先進国と新興・途上国間の二国間協力の枠組み、アジアであればASEAN+3、アジア太平洋経済協力(APEC)等の多国間協調フレームワーク、国際通貨基金(IMF)や世界銀行等の国際金融機関の活用など、あらゆる政策手段の総動員が必要となる。

自動車の燃費改善と電動化の進展が最終エネルギー消費節減のカギ

技術進展シナリオにおける最終エネルギー消費節減量(2050年)のエネルギー源別内訳では、石油が半分以上を占めている(図4-9)。この主な要因は、先にも触れたとおり、自動車の燃費改善や車種構成の変化の進展に伴う道路部門の石油消費の減少である。なお、電

動自動車のさらなる普及拡大のためには、各種の政策誘導に加えて充電設備の拡充やバッテリー生産能力の拡大、製造コストの低減などをいっそう加速させる必要がある。

図4-9 | 世界の最終消費の変化(レファレンスシナリオ比) [技術進展シナリオ、2050年] **図4-10 | 世界の最終エネルギー消費構成 [2050年]**



石油の節減量がエネルギー全体の節減量に占める規模を鑑みると、燃費改善と車種構成の変化を着実に実現することは、最終エネルギー消費を技術進展シナリオのパスに近づけるための重要な要素の1つと言える。

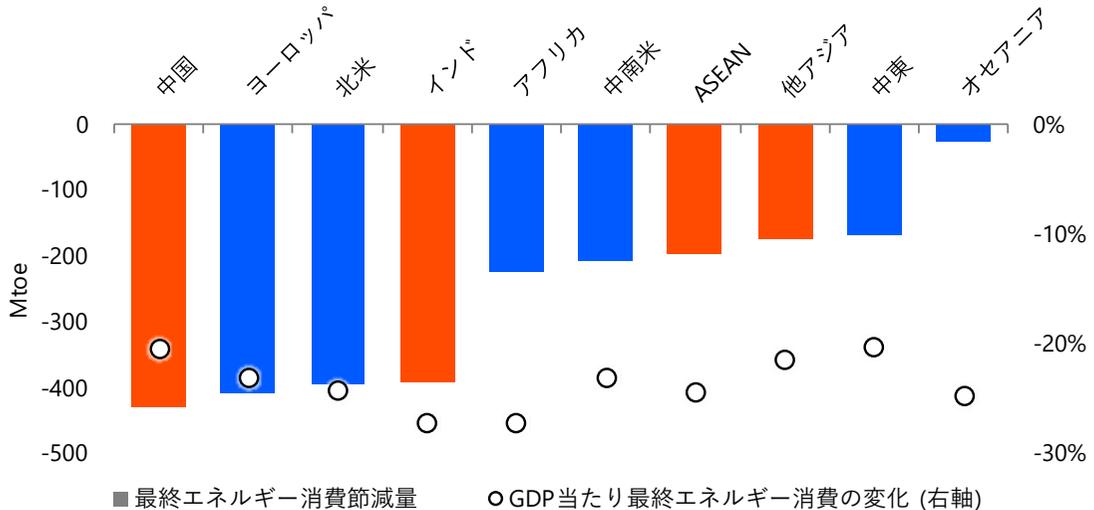
なお、技術進展シナリオでは、石油・天然ガス・石炭・再生可能他の最終エネルギー消費がレファレンスシナリオ比で節減される一方、発電の高効率化や水素・アンモニアの混焼、CCS付火力といった技術進展を織り込んだことで、電力については増加することとなった。これに伴い、2050年における技術進展シナリオのエネルギー源別構成比については、電力が10%増加している。しかし、両シナリオにおけるエネルギー源別構成比の差は、電力を除いて限定的であり、技術進展シナリオでもすべての主要なエネルギー源に対する需要が存在する(図4-10)。そのため、技術進展シナリオにおいてもレファレンスシナリオと同様に、各種エネルギー源を安定的に供給することが重要である。

中国やインド、米国などにおける省エネルギーの着実な進展が重要

主要国・地域の2050年の最終エネルギー消費の節減量では、中国とインドを中心としたアジアが最も大きく、ヨーロッパ、北米、アフリカがそれに続く(図4-11)。技術進展シナ

リオの最終エネルギー消費パスを実現するうえでは、特に中国やインド、ヨーロッパや米国といった節減量の大きい国や地域で省エネルギーを着実に進展させることが重要になる。

図4-11 | 最終エネルギー消費節減量とGDP当たり最終エネルギー消費の変化(レファレンスシナリオ比) [技術進展シナリオ、2050年]



2050年におけるアジアの最終エネルギー消費節減量は1,201 Mtoeと、世界全体の節減量の43%という大きなシェアを占める。中でも中国とインドの存在感は大きく、中国の節減量は429 Mtoe、インドは391 Mtoeと、合わせて世界全体の節減量の約3割にも相当する。両国における省エネルギーの進展度合いは、当事国のみならず、世界の気候変動や他地域のエネルギー安全保障にも影響を及ぼしうる。これら二国では、道路部門の石油消費や産業部門の石炭消費などが大きく節減され、技術進展シナリオで想定する各種技術の効果が広範に現れている。先進国からの高効率技術移転も含めたさまざまな方策を通じて、両国の省エネルギーを着実に進展させることが重要になる。

ヨーロッパの最終エネルギー消費節減は407 Mtoeとなり、世界全体の節減量の15%を占める。民生部門が節減量の半分程度を占めていることが特徴であり、経済協力開発機構(OECD)諸国を中心に、より効率化された家庭用あるいは業務用機器の導入が進められる。北米の最終エネルギー消費節減量は392 Mtoeと、世界全体の節減量の14%を占める。このうち、半量程度が主に道路部門における石油消費の節減である。北米では移動・輸送手段として自動車が多用されることから、北米の道路部門の石油需要はアジアに次ぐ規模

を誇る。それゆえ、自動車の燃費改善や車種構成の変化の影響を強く受けて、道路部門の石油消費が大幅に節減される。

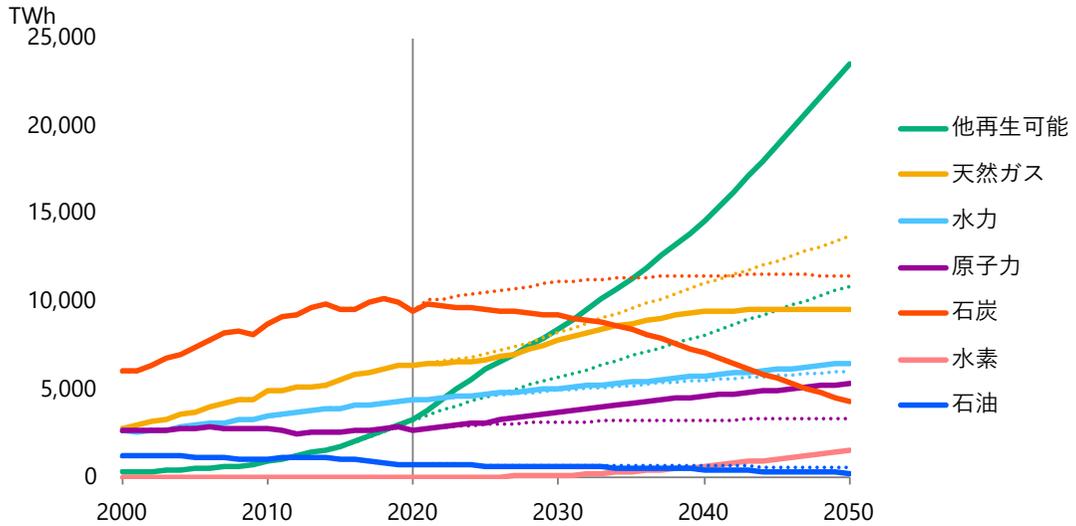
部門別の節減量が特徴的な地域としては、アフリカがある。アフリカの最終エネルギー消費節減量224 Mtoeのうち、半分強が家庭部門における再生可能エネルギー消費の節減によってもたらされる。このことが、GDP当たり最終エネルギー消費が他の国・地域を上回る27%も低下することに貢献している。その背景として、利用エネルギーの近代化と高効率消費機器の利用がいっそう進むことが挙げられる。家庭部門における節減を着実に実現するうえでは、より広範な利用者が入手できる価格帯の高効率消費機器が普及することや、近代エネルギーの供給体制を整備することが大切な要素となる。

電源構成

2050年の発電量はレファレンスシナリオに比べ1,423 TWh増加する。電化の進展により最終需要における電力の割合はレファレンスシナリオの29%から10ポイント上昇し、さらに水素製造のために電力投入が増えることが要因である。先進国を中心に、脱石炭の取り組みが急速に進むことで石炭火力発電量は2020年代から大幅に減少、2050年には足元の半分以下となる(図4-12)。これとは対照的に、太陽光・風力等、バイオマスに代表される再生可能エネルギーが最大の電源となる。総発電量の37%が変動性の再生可能エネルギーとなり、その出力変動への対応は各地域における重要な課題となる。水素は主にCCSの貯留ポテンシャルが乏しい地域において、既存の石炭、ガス火力を代替するディスパッチ電源として2040年ごろから本格的な導入が進む。

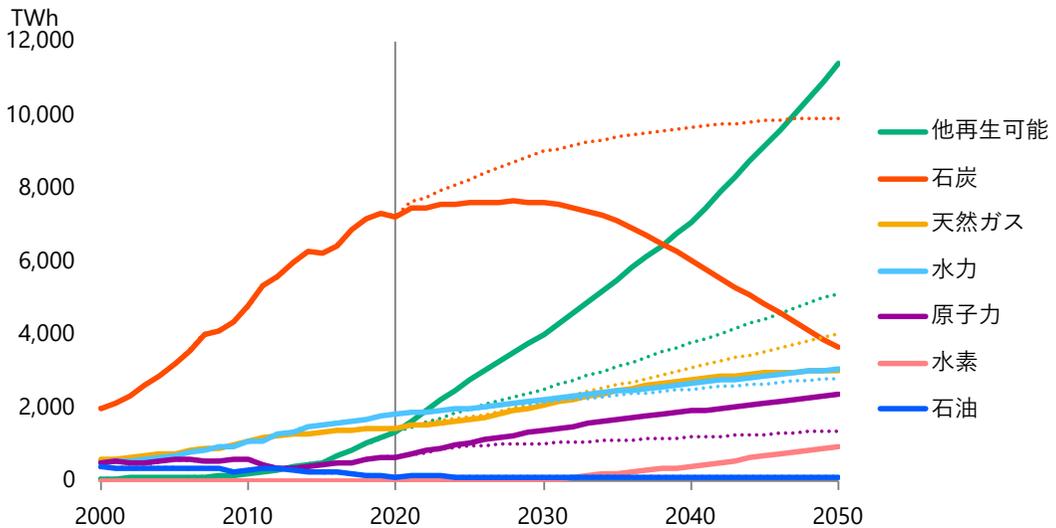
アジアにおいて石炭火力の発電量は2030年以前にピークを迎え、その後は大幅な減少を始める(図4-13)。それでも、2050年の総発電量に占める石炭の割合は17%程度であり2番目に大きな電源である。アジア地域においては高効率化、大気汚染への対策が重要な事項であり、将来的にはCCS導入によるCO₂排出の抑制も検討されることが望ましい。再生可能エネルギーは特に中国、インドで急速に拡大する。他方、これらの地域では経済成長が持続することから、再生可能エネルギー大量導入と両立した電力の安価、安定した供給が重要な課題となる。

図4-12 | 世界の発電量[技術進展シナリオ]



注: 点線はレファレンスシナリオ

図4-13 | アジアの発電量[技術進展シナリオ]



注: 点線はレファレンスシナリオ

原油生産

技術進展シナリオでは、自動車の電動化の急速な進展をはじめとする最終需要部門での燃料代替や省エネルギーのいっそうの進展等により、石油需要の伸びは抑制される。2030年までに石油需要はピークアウトし、2050年の需要は日量63.6百万bbl (Mb/d)とレファ

レンスシナリオと比べて44%少ない。このような需要減少により、コスト競争力に劣る非石油輸出国機構(OPEC)の生産量はすべての地域で減少する。非中東のOPEC諸国でも生産量減少は避けられないが、コスト競争力の高い中東OPEC諸国の生産量は2050年時点でも24.3 Mb/dを維持する。その結果、OPECの市場シェアはレファレンスシナリオよりも上昇し、2050年時点で46%に達する。

表4-4 | 原油生産[技術進展シナリオ]

| | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 2020-2050 | |
|-----------|------|-------|------|------|-----------|-------|
| | | | | | 変化量 | 変化率 |
| 原油生産計 | 89.6 | 99.0 | 82.8 | 63.6 | -26.0 | -1.1% |
| OPEC | 31.3 | 38.0 | 34.9 | 29.8 | -1.5 | -0.2% |
| 中東 | 25.0 | 29.7 | 27.8 | 24.3 | -0.8 | -0.1% |
| その他 | 6.3 | 8.3 | 7.1 | 5.6 | -0.7 | -0.4% |
| 非OPEC | 58.3 | 61.0 | 47.9 | 33.8 | -24.5 | -1.8% |
| 北米 | 21.0 | 25.4 | 18.3 | 13.8 | -7.2 | -1.4% |
| 中南米 | 7.7 | 8.5 | 8.2 | 6.3 | -1.4 | -0.7% |
| 欧州・ユーラシア | 17.4 | 15.6 | 12.6 | 7.6 | -9.9 | -2.7% |
| 中東 | 2.9 | 3.3 | 2.9 | 2.3 | -0.6 | -0.7% |
| アフリカ | 1.4 | 1.4 | 1.2 | 0.9 | -0.5 | -1.5% |
| アジア・オセアニア | 7.9 | 6.7 | 4.6 | 2.9 | -5.0 | -3.3% |
| プロセスゲイン | 2.1 | 2.6 | 2.3 | 1.9 | -0.2 | -0.3% |
| 石油供給計 | 91.7 | 101.6 | 85.1 | 65.5 | -26.2 | -1.1% |

注: 原油には天然ガス液(NGL)を含む

天然ガス供給

省エネルギー技術をはじめとするエネルギー利用技術の進展により天然ガスの消費量が抑制されるため、天然ガス生産量はレファレンスシナリオと比べて2040年で12%、2050年には20%低い水準となる。しかしながら、技術進展により温室効果ガス(GHG)排出に関してよりよく管理することによって、よりグリーンな天然ガス生産容量のシェア拡大へとつながる可能性もある。

レファレンス・技術進展の両シナリオ間で大きく異なるのは比較的開発・生産コストが高いOECDヨーロッパの生産量であり、2050年の生産量はレファレンスシナリオを4割～5割下回る低い水準となる。また、北米の生産量も、米国、カナダにおいて、2030年以降は大きく増加しない。一方、ロシアを含む非OECDヨーロッパの生産量も成長が鈍化する。

中東では、カタール、サウジアラビアが、技術進展シナリオにおいても生産量の増加は大きいものの、2040年以降、中東全体として生産量は微減する。

技術進展シナリオにおいて生産量の増減を左右するのは、天然ガス生産、輸送面での二酸化炭素・メタンの排出監視・削減技術、およびこれをサポートする政策・規制(排出監視、排出抑制の規制)の進展度合いである。

表4-5 | 天然ガス生産[技術進展シナリオ]

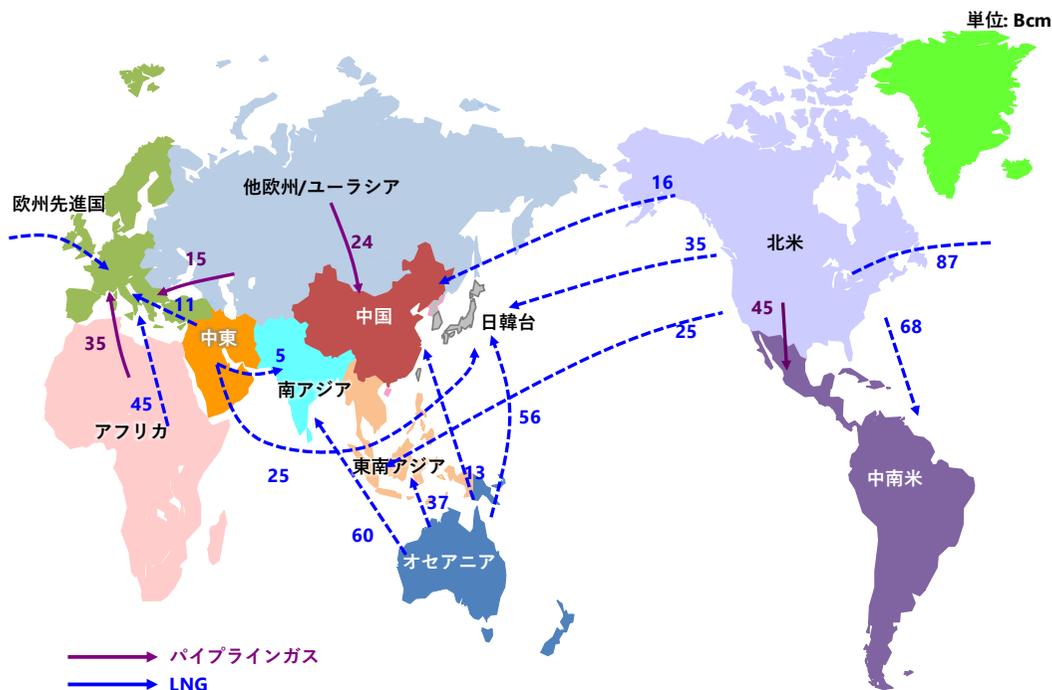
| | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | (Bcm) | |
|------------------|-------|-------|-------|-------|------------------|-------|
| | | | | | 2020-2050 変化量 | 変化率 |
| 世界 | 4,028 | 4,372 | 4,642 | 4,570 | 1,843 | 1.3% |
| 北米、メキシコ | 1,177 | 1,240 | 1,238 | 1,273 | 258 | 0.7% |
| 中南米(メキシコを除く) | 123 | 202 | 222 | 156 | 199 | 3.3% |
| OECDヨーロッパ | 201 | 121 | 83 | 74 | -66 | -1.3% |
| 非OECDヨーロッパ/中央アジア | 970 | 850 | 811 | 829 | -69 | -0.2% |
| ロシア | 720 | 600 | 560 | 555 | -115 | -0.6% |
| 中東 | 675 | 815 | 808 | 810 | 466 | 1.8% |
| アフリカ | 240 | 334 | 506 | 482 | 486 | 3.8% |
| アジア | 482 | 621 | 741 | 712 | 463 | 2.3% |
| 中国 | 195 | 242 | 362 | 300 | 185 | 2.2% |
| インド | 28 | 58 | 72 | 73 | 82 | 4.6% |
| ASEAN | 199 | 216 | 207 | 211 | 58 | 0.9% |
| オセアニア | 159 | 190 | 233 | 233 | 106 | 1.7% |

純輸入地域とみなされる地域では、2050年の輸入量がレファレンスシナリオ比でおおむね2割～8割減少する。純輸出地域では、ロシアを含む非OECDヨーロッパは微減、中東では、2050年の域内貿易分を除く純輸出量がレファレンスシナリオ比でおおむね9割減少する。北米においては、生産量がレファレンスシナリオ比で減少するものの、需要量の減少がこれを上回る。国際価格の低下を受けつつも、2050年の純輸出量はレファレンスシナリオ比では2倍以上の増加となる。

技術進展シナリオにおいて貿易量の増減を左右するのは、天然ガスおよび液化天然ガス(LNG)貿易を合理化・最適化する企業間の協力・努力、さらにはこれを促進する当事国間の協力・サポートする政策・規制(海上輸送時の燃費効率・排出等の監視、規制)の進展度合いである。特にLNG輸送に関しては、当事者間の連携により仕向先変更、交換等を行うこと(オプティマイゼーション)により、同等のフットプリントでもより大量の輸送を行うことが可能となる。

LNG輸送船舶、あるいは圧縮天然ガス(CNG)も含めた海上輸送技術の進展、パイプライン貿易においてはコンプレッサー効率の向上、漏えい検知監視等の技術進展およびこれを促進する政策支援が、持続的な天然ガス貿易の発展に寄与することとなる。

図4-14 | 主要地域間の天然ガス貿易[技術進展シナリオ、2050年]



注: 主な地域間貿易を記載。一部、パイプラインガスがLNGに代替される可能性がある。

石炭供給

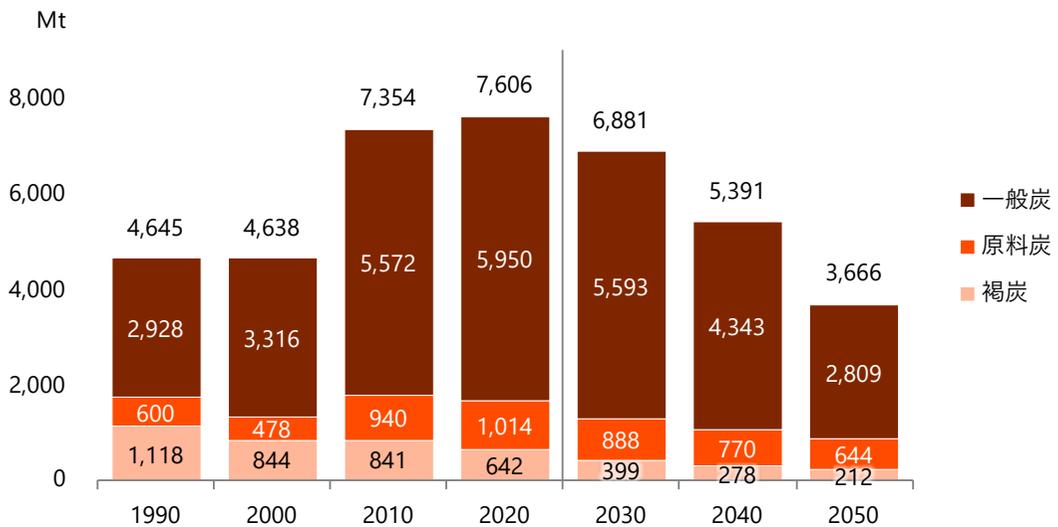
カーボンニュートラルの実現に向け、代替燃料への転換、石炭利用効率の向上が強化され、発電、製鉄、その他産業部門等、さまざまな分野で石炭利用を最小化する取り組みが進展する。再生可能エネルギーや原子力発電の拡大により、電源構成における石炭火力の割合が多く の国で低下する。ただし予備力の確保や慣性力の維持等、電力系統の安定確保の観点や、再生可能エネルギーの導入が困難な国・地域では経済性の観点からも、一定程度の石炭火力が維持される。

先進国では、非効率な石炭火力発電設備の休廃止が進められ、また、限定的ながらリプレースが行われる場合には石炭ガス化複合発電(IGCC)やアンモニア混焼、水素混焼等、熱効率の高さや混焼技術等により、石炭消費を極力抑える技術が採用される。個々の発電所や産業施設における石炭の消費効率が向上し、CO₂排出原単位が低下する。

新興・途上国でも、老朽化した低効率設備のリプレースや新規大型発電所建設の際には、低炭素・脱炭素が国際社会から強く求められる。また、技術進展によるコスト低下により、他の燃料・電源が有力な選択肢となることで、石炭需要は減少する。

こうした動きに伴い石炭生産量は、2020年の7,606 Mtから2050年の3,666 Mtまで減少する(図4-15)。炭種別にみると、一般炭生産量は2020年の5,950 Mtから2050年には2,809 Mtに、原料炭生産量は2020年の1,014 Mtから2050年には644 Mtに、褐炭生産量は2020年の642 Mtから2050年には212 Mtに減少する。レファレンスシナリオと比較すると、2050年において石炭全体で3,942 Mt減少し、特に一般炭は3,502 Mt、褐炭は261 Mtと大幅に減少し、原料炭は180 Mtの減少となる。

図4-15 | 世界の石炭生産[技術進展シナリオ]



石炭生産は需要減少から世界のいずれの地域にもおいても減少する。中でも米国の生産量は国内需要減少から大きく減少し、2050年の生産量は2020年の15%となり、アジアでは中国やインドの国内需要減少から同50%となる。

表4-6 | 一般炭生産[技術進展シナリオ]

| | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 2020-2050 | |
|------------------|-------|-------|-------|-------|-----------|-------|
| | | | | | 変化量 | 変化率 |
| 世界 | 5,950 | 5,593 | 4,343 | 2,809 | -3,141 | -2.5% |
| 北米 | 404 | 250 | 104 | 30 | -374 | -8.3% |
| 米国 | 391 | 244 | 100 | 27 | -364 | -8.5% |
| 中南米 | 53 | 74 | 57 | 40 | -13 | -0.9% |
| コロンビア | 45 | 67 | 52 | 37 | -9 | -0.7% |
| OECDヨーロッパ | 47 | 35 | 18 | 10 | -37 | -5.0% |
| 非OECDヨーロッパ・中央アジア | 361 | 313 | 266 | 211 | -150 | -1.8% |
| ロシア | 240 | 215 | 170 | 123 | -117 | -2.2% |
| 中東 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.8% |
| アフリカ | 253 | 229 | 189 | 142 | -111 | -1.9% |
| 南アフリカ | 245 | 218 | 180 | 136 | -109 | -2.0% |
| アジア | 4,562 | 4,442 | 3,522 | 2,257 | -2,304 | -2.3% |
| 中国 | 3,227 | 3,041 | 2,180 | 1,206 | -2,021 | -3.2% |
| インド | 679 | 826 | 812 | 601 | -78 | -0.4% |
| インドネシア | 562 | 473 | 432 | 361 | -201 | -1.5% |
| オセアニア | 269 | 250 | 187 | 118 | -151 | -2.7% |
| オーストラリア | 268 | 250 | 186 | 117 | -150 | -2.7% |

表4-7 | 原料炭生産[技術進展シナリオ]

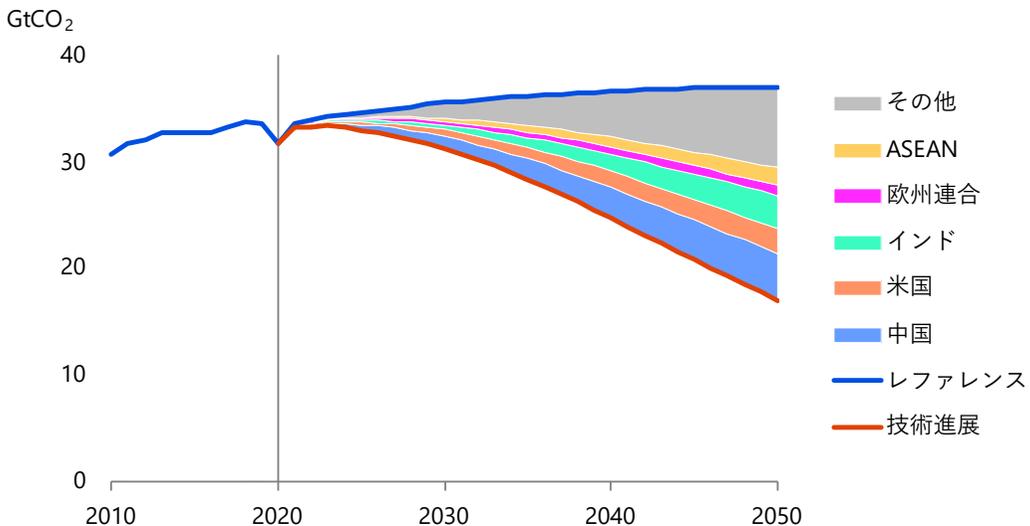
| | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 2020-2050 | |
|------------------|-------|------|------|------|-----------|-------|
| | | | | | 変化量 | 変化率 |
| 世界 | 1,014 | 888 | 770 | 644 | -369 | -1.5% |
| 北米 | 75 | 77 | 74 | 67 | -8 | -0.4% |
| 米国 | 50 | 51 | 48 | 43 | -7 | -0.5% |
| 中南米 | 8 | 9 | 9 | 9 | 0 | 0.2% |
| コロンビア | 4 | 5 | 5 | 6 | 1 | 0.8% |
| OECDヨーロッパ | 14 | 15 | 15 | 14 | -1 | -0.2% |
| 非OECDヨーロッパ・中央アジア | 94 | 82 | 77 | 70 | -24 | -1.0% |
| ロシア | 90 | 77 | 72 | 65 | -25 | -1.1% |
| 中東 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | -0.3% |
| アフリカ | 7 | 18 | 22 | 26 | 19 | 4.6% |
| モザンビーク | 4 | 15 | 20 | 23 | 19 | 5.8% |
| アジア | 629 | 500 | 389 | 286 | -343 | -2.6% |
| 中国 | 561 | 408 | 276 | 158 | -403 | -4.1% |
| インド | 38 | 65 | 89 | 107 | 70 | 3.6% |
| モンゴル | 26 | 21 | 19 | 16 | -10 | -1.7% |
| オセアニア | 185 | 185 | 183 | 172 | -13 | -0.2% |
| オーストラリア | 184 | 184 | 181 | 170 | -13 | -0.2% |

4.3 二酸化炭素排出

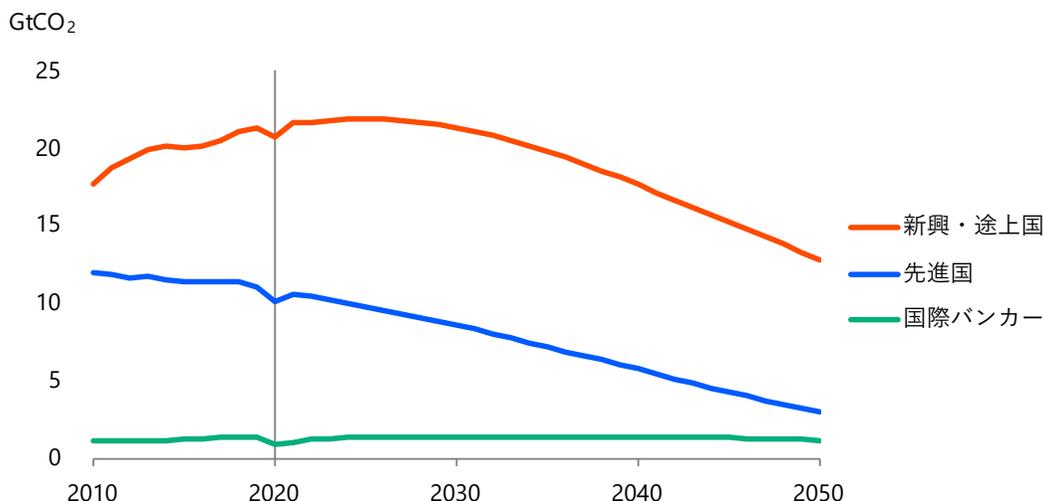
2030年目標の達成難易度にギャップ。新興・途上国の省エネルギーによる削減効果大

技術進展シナリオでは、世界のエネルギー起源CO₂排出量は、2030年に31.2 Gt（2020年比1.4%減）、2050年に16.9 Gt（同46.5%減）となる（図4-16）。このシナリオではCO₂排出量は国際エネルギー機関(IEA)「World Energy Outlook 2021」でのAnnounced Pledges Scenarioなみの大幅削減となるが、それでも世界全体での排出ネットゼロには程遠い状況である。レファレンスシナリオからの削減分は2050年で20.1 Gtに達し、うち7.7 Gt（38.1%）を中国とインドが占める。

図4-16 | 世界のエネルギー起源CO₂排出量[技術進展シナリオ]



2050年の排出量は、先進国3.0 Gtに対し、新興・途上国は12.8 Gtと世界の排出量の75%を占める(図4-17)。

図4-17 | エネルギー起源CO₂排出量[技術進展シナリオ]

主要排出国について、2030年エネルギー起源CO₂排出量と2030年目標の比較を行ったのが表4-8である。中国の2030年目標の1つは、GDP当たりCO₂排出量の65%以上削減(2005年比)であり、これはレファレンスシナリオとほぼ同等である。インドは2022年8月にGDP当たりの排出削減目標を2005年比33～35%減から同45%減へと更新した。新目標は技術進展シナリオとほぼ同等となる。一方、米国(2005年比50%～52%減)、欧州連合(1990年比55%減)、日本(2013年度比45%減¹⁹)といった先進国が掲げる排出削減目標は技術進展シナリオにおいても未達となる。

レファレンスシナリオからの排出削減はどのような要因でもたらされるだろうか。要因分解の結果を図4-18に示す。4つの要因(省エネルギー、燃料転換、非化石エネルギー、CCS)はいずれも排出削減に貢献するが、とりわけ新興・途上国における省エネルギーによる排出削減効果は大きく、2050年断面で見れば、先進国全体の排出削減量に匹敵する。新興・途上国における省エネルギー余地が大きいことは、2020年における新興・途上国のGDP当たり一次エネルギー供給量の値が先進国の2.6倍に達することからも理解されよう。

¹⁹ エネルギー起源CO₂

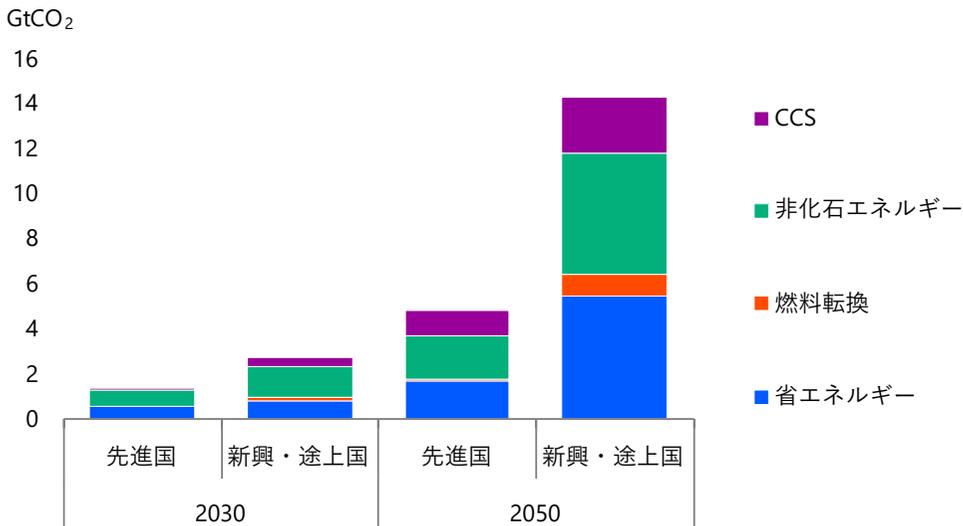
表4-8 | 主要国・地域の2030年エネルギー起源CO₂排出量と2030年目標の比較

(Gt)

| 国・地域 | 2030年目標(相当) | レファレンス | 技術進展 |
|------|-------------|--------|------|
| 中国 | 10.7 | 10.7 | 9.5 |
| インド | 2.7 | 3.2 | 2.7 |
| 米国 | 2.7~2.8 | 4.3 | 3.7 |
| 欧州連合 | 1.6 | 2.2 | 1.9 |
| 日本 | 0.68 | 0.88 | 0.78 |

注: 中国、インドの2030年目標はGDP当たり排出削減目標を本OutlookのGDP想定に基づき絶対値相当に換算したもの。両国の2030年目標は再生可能エネルギー導入目標等も含むが上表には反映していない。

図4-18 | エネルギー起源CO₂排出削減量の要因分解[技術進展シナリオ]



今後、中国など新興・途上国における国が決定する貢献(NDC)の強化はもとより、近年注目されているボランタリーな市場メカニズムや国際イニシアチブなども活用した国際協力により、世界全体で効率的な排出削減を進めてゆくことができるかが焦点となる。

5. エネルギー関連投資

5.1 近年のトレンドと今後の見通し

エネルギー関連の投資は、石油生産、天然ガス生産や再生可能エネルギーに関わる投資が多くを占めている。2010年代においては、再生可能エネルギーや送配電設備などの電力インフラストラクチャー、石油や天然ガスの生産に関わる設備に対する投資が主に行われてきた。2020年代以降は、再生可能エネルギー設備の資本費の低下に加えて、ロシアへの化石燃料依存からの脱却に向けた動きから、再生可能エネルギーや省エネルギー設備への投資が進むことが見込まれる。

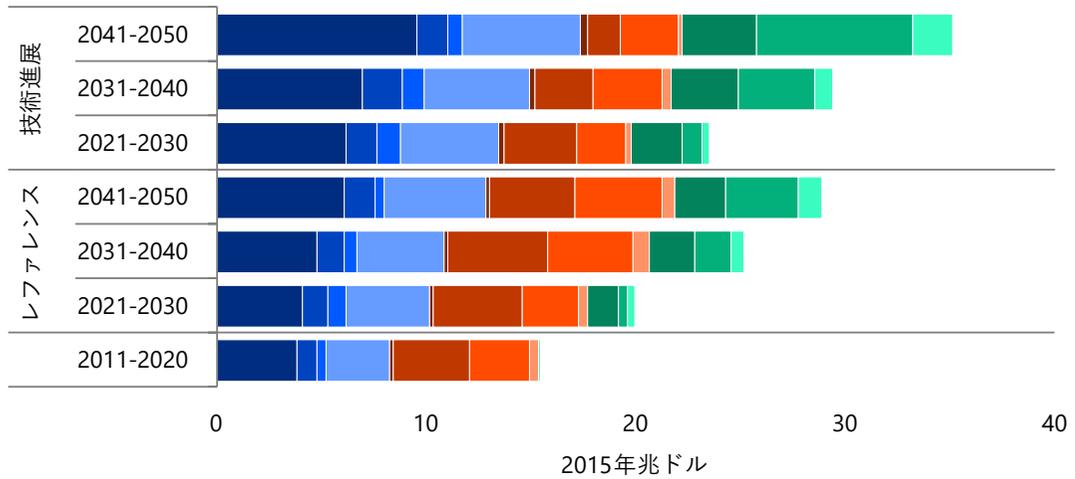
レファレンスシナリオでの投資額²⁰は、2010年代の累積15兆ドル(2015年実質価格、以下同じ)から2040年代には29兆ドルへと約1.9倍に増加する(図5-1)。技術進展シナリオでは、レファレンスシナリオと比較して、化石燃料に対する投資は少なくて済む。一方で、再生可能エネルギーや省エネルギー設備などへのさらなる投資が求められ、2040年代の必要投資額は2010年代より20兆ドル多い35兆ドルとなる。また、2050年までに世界全体で必要となるエネルギー投資の累積額は88兆ドル(年平均2兆9,000億ドル)に達する。

エネルギー関連の投資額は地域によって特徴が異なる(図5-2)。たとえば、化石燃料依存からの脱却に向けた動きが進んでいる欧州先進国においては、再生可能エネルギーや省エネルギー設備に対する投資額が半分以上を占めている。他方で、化石燃料の供給地域であるオセアニアや中東においては、燃料供給に対する投資が占める割合が大きく、再生可能エネルギーに対する投資は小さい。

また、米国では、再生可能エネルギーの投資が約4分の1を占める一方で、シェールガスの開発など化石燃料の生産に対する投資も多く占めている。他方、中国では、米国と同様に再生可能エネルギーに対する投資が約4分の1を占めるが、電力需要の増大に伴う送配電網の新設が必要となるため送配電に対する投資がこれを上回る。

²⁰ ここでの投資額は各年におけるエネルギー技術の新規導入量と資本費によって推計したものであり、過去の投資額は計算による推定値である。

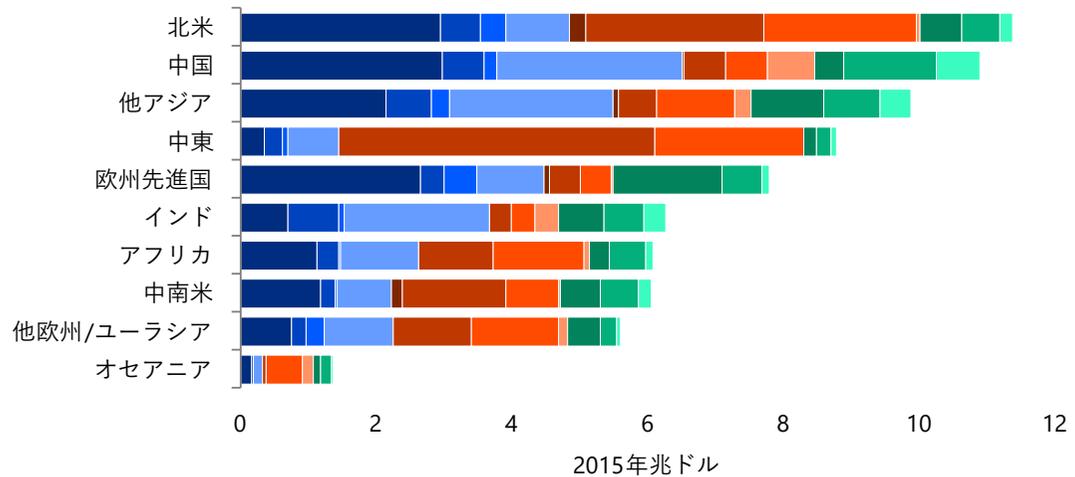
図5-1 | 世界のエネルギー関連投資



発電・送配電 — 再生可能 火力 原子力 送配電
 燃料供給 — バイオ燃料・水素 石油 天然ガス 石炭
 省エネルギー — 運輸 民生 産業

注: 2011年～2020年は実績推計値

図5-2 | エネルギー関連投資[レファレンスシナリオ、2021年～2050年累積]



発電・送配電 — 再生可能 火力 原子力 送配電
 燃料供給 — バイオ燃料・水素 石油 天然ガス 石炭
 省エネルギー — 運輸 民生 産業

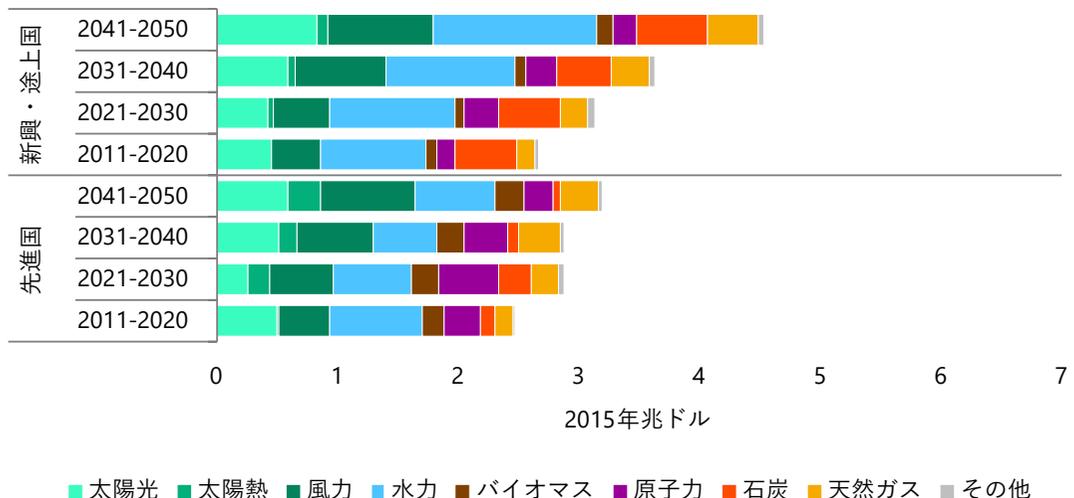
5.2 電力投資

新興・途上国を中心に再生可能エネルギーへの投資は増大

発電分野に関わる投資のうち、投資額が最も大きい分野は再生可能エネルギーである(図5-3、図5-4)。2010年代は、固定価格買取制度やネットメータリングなどによって多くの地域で再生可能エネルギーへの投資が盛んに行われた。2020年代以降は、レファレンスシナリオ・技術進展シナリオともに、特に新興・途上国における投資額の増大が顕著となる。

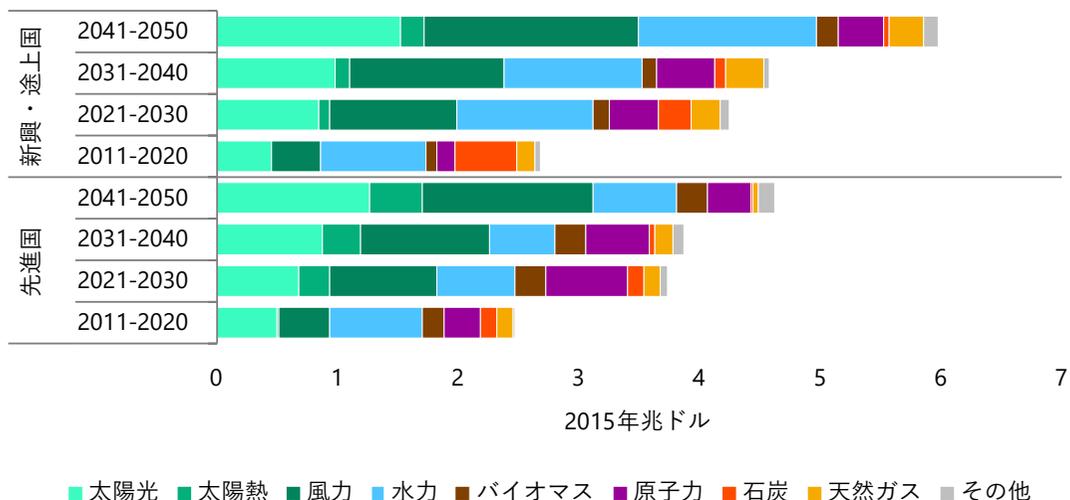
レファレンスシナリオにおいては、先進国の2020年代以降の投資額は2010年代と同等以下となる。2010年代は、再生可能エネルギーの資本費は高い傾向にあったが、固定価格買取制度などの政策的インセンティブによって導入が進んだため、再生可能エネルギーの投資額は多かった。2020年代以降においては、再生可能エネルギーのさらなる導入の一方で、風車の大型化などによる資本費の低下により、投資額は少なくなる。他方で、新興・途上国においては、水力発電や風力発電の顕著な増大により、2020年代以降において投資額も増大する。技術進展シナリオにおいては、レファレンスシナリオと比較し、再生可能エネルギーおよび原子力発電の導入が特に増大するため、これらの投資額が増大する。

図5-3 | 発電分野の投資[レファレンスシナリオ]



注: 2011年～2020年は実績推計値

図5-4 | 発電分野の投資[技術進展シナリオ]



注: 2011年～2020年は実績推計値

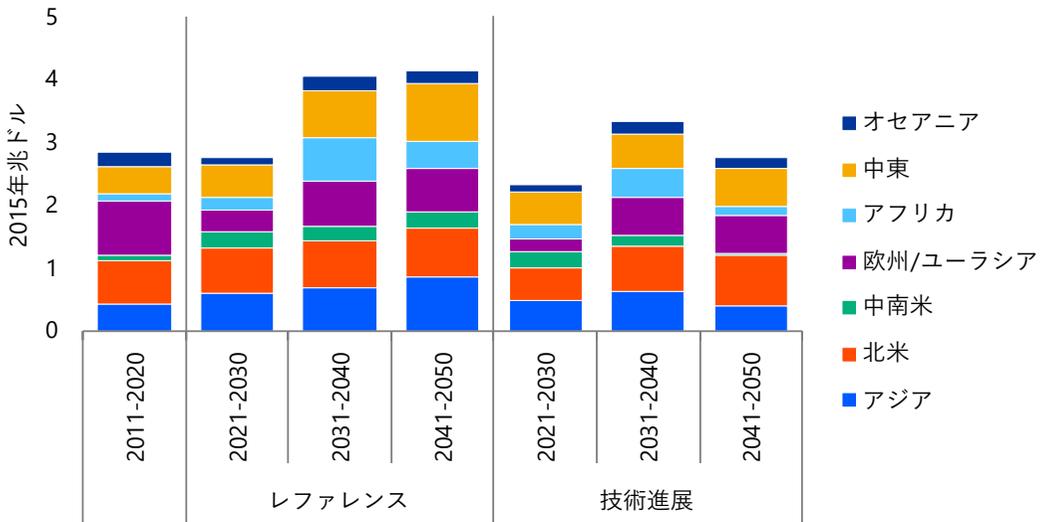
5.3 天然ガス・石油投資

カーボンニュートラルや化石燃料供給におけるロシアなどの特定地域への依存脱却の動きがあるものの、需要が増加する天然ガスと石油に対する投資は今後必ずしも減少しない。

天然ガスに対する投資は、レファレンスシナリオにおいて、アフリカや中東などを中心に増大し、2040年代には2010年代の約1.5倍に増大する(図5-5)。また、再生可能エネルギーや原子力発電がさらに増大する技術進展シナリオにおいても、2040年代の投資額は2010年代の投資額と同程度となる。

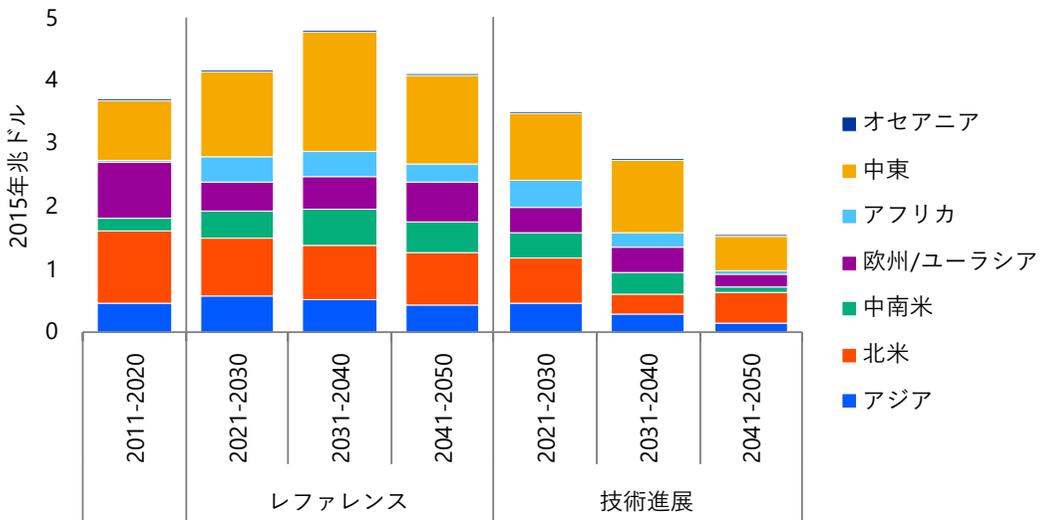
石油に対する投資は、レファレンスシナリオ・技術進展シナリオともに2030年代にピークとなり、その後緩やかに減少する(図5-6)。原油生産量が2050年には足元を下回り、かつコストの高い北米が、こうしたトレンド形成に大きく寄与する。

図5-5 | 天然ガス分野の投資



注: 2011年～2020年は実績推計値

図5-6 | 石油分野の投資

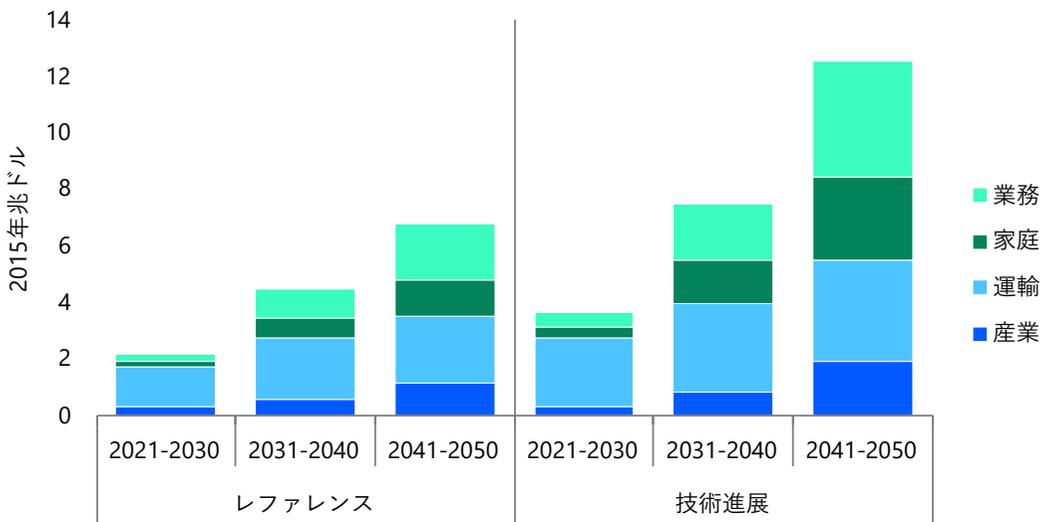


注: 2011年～2020年は実績推計値

5.4 省エネルギー投資

需要側でエネルギー効率が高い²¹設備を導入するための省エネルギーへの投資では、民生部門と運輸部門が大きな割合を占める(図5-7)。民生部門では、業務部門への投資額が家庭部門を上回る。運輸部門は、ガソリン車やディーゼル車から電気自動車への転換に伴い投資額が増大する。技術進展シナリオにおいては、電気自動車がレファレンスシナリオよりさらに導入されるため、投資額も大きく増大する。

図5-7 | 世界の省エネルギーの投資



²¹ 2019年のエネルギー効率をベースラインとする。

第II部

新情勢下のエネルギー安全保障の 課題と対応戦略

6. ウクライナ危機とエネルギー転換を踏まえたエネルギー安全保障戦略

6.1 天然ガスの脱ロシア依存に向けた対応戦略の課題

脱ロシア依存・ヨーロッパと日本の根本的な違い

欧州連合(EU)が掲げる、「2027年までに化石燃料のロシア依存フェーズアウト」とは、政治的な宣言であって、現状、法的拘束力を持たない課題である。したがって、EU加盟諸国の液化天然ガス(LNG)導入増加や天然ガス消費量自体の削減等の具体策は、現在進行形で構築・実施されつつあるが、加盟諸国により依存度・ガス市場における地理的位置付けの相違もあり、流動的要素は多い。

他方、日本のエネルギー調達において、ロシアのウクライナ侵攻後に、全般的にロシア依存を段階的に軽減する方針はあるものの、短期的にサハリン産LNGを自ら手放す方針はない。このため、プロジェクト権益・購入契約を維持しながら、不測の事態に備えるという対応といえる。

EU方針の背景には、従来、特に天然ガスについてロシアに大きく依存していたことがある。他方、日本のロシア産LNG導入は、むしろ供給源の多様化、エネルギー供給セキュリティ強化のためになされた側面が大きい。

日本にとっての課題

2022年6月30日、ロシア大統領令が、サハリン2プロジェクトの権利・義務を新たに創設するロシア企業に移管するとした。現在の外国企業株主は、新条件下でのプロジェクト残留意思を1か月以内に表明し、ロシア政府の承認を得ない限り、株式はロシア国内で売却され、売却からの資金はロシア連邦内で凍結されるという一方的通告であった。

同大統領令に沿って、運営引き継ぎの受け皿となるロシア法人を設立することを宣する政令が、8月2日に同国閣議決定として発表され、同5日に新法人が設立された。既存の外国企業株主の内、日本企業2社は、新条件下でのプロジェクト参加意思を表明し、継続する方向となった。

同プロジェクトに関して、日本企業による出資参加・日本企業が受けるLNG供給とも、継続確保が望ましい。一方で、今後も出資参加・供給の両面で不測の事態に備えた対策が

重要となっている。同プロジェクトからのLNG供給が脅かされることとなれば、年間6百万t (Mt)規模のLNG供給代替について、短期・長期の対応が必要となる。

2022年～2023年の冬から2025年までは、他プロジェクトからの供給確保、ポートフォリオプレイヤー(メジャーズ等)供給確保、中国プレイヤーの余剰分の融通確保に期待するところである。サハリン2プロジェクト自体が、近距離より、供給源を多様化する取り組みの大きな目玉だった。今回は、それ以外の供給源に関して、これまでの供給源の多様化努力の真価が問われるところとなる。また、同プロジェクトからのLNG調達に関しては、おおむね長期契約で、価格決定方式は原油価格連動となっており、特に直近は他の供給源と比較して競争力ある価格で輸入されてきた。代替供給源からの調達により、価格上昇が懸念される。

2026年以降分は、新規プロジェクト含めた他供給源でのLNG長期契約確保が肝腎となる。既存サハリン2プロジェクト以外でも、日本企業に関わるLNGプロジェクトとして、アーキティックLNG 2、カムチャッカFSUプロジェクトがあり、これらのプロジェクトの先行きおよび供給面への影響について精査が必要である。

今回の一件にて、ロシアにおける新規LNG開発案件は後退、投資先・調達源としてのロシアの信頼回復への道筋はさらに遠のくこととなる。しかし、遠い将来の布石としても、サハリン2プロジェクトへの出資参加・同プロジェクトからの調達とも、正当な権利であり、一方的なロシア側通告により脅かされる理由はないことを内外に明示するべきである。

EUの脱ロシア依存策への留意点

EU当局が打ち出した脱ロシア依存策は、カタール、米国、エジプト、西アフリカ等からのLNG輸入増加、アゼルバイジャン、アルジェリア、ノルウェーからのパイプラインガス輸入増加などの代替ガス供給源の確保、主要7か国(G7)やガスの主要輸入国である日本、韓国、中国、インド等と協議し中期的なガス市場に関して協力を探ること、域内でのバイオメタン生産増加等のガス供給確保策に加え、エネルギー効率向上、ヒートポンプ設置、風力・太陽光発電利用の加速化等のクリーンエネルギーを中心とするガス以外のエネルギー供給増量、節電・節ガスの省エネルギー策を含む。実務的には、石炭火力発電の稼働増加、原子力発電の見直しも含まれている。

全加盟国一律の動きではないが、ヨーロッパ企業(各国・ヨーロッパ当局)は、LNG購入増加の方向に動いている。また、短期的にも中・長期的にも、需要期前から前倒し調達の増加につながっている。また、ベースロード需要を見極めたうえでの長期契約でのLNG調達が増加することとなる。脱温室効果ガス化により、長期のコミットメントは困難とも言われてきたヨーロッパLNG買主においても、15年～20年契約でのLNG確保の動きが増加している。

さらに欧州委員会競争当局は、2018年より進行していたカタール産LNG契約に対する捜査を打ち切った。これは、欧州連合向けカタール産LNG確保のための妥協との憶測もされている。また、欧州委員会エネルギー総局は、米国政府ともエネルギーセキュリティに関するタスクフォースを設置して積極的なLNG長期契約確保促進に動いている。

これらの動きは、LNGの役割、上流投資が重要との認識を高める契機とすべきである。さらに、日本・ヨーロッパ間でも、LNG生産プロジェクト開発で協力する道を探るべきである。現に、2022年6月末、G7エネルギー相共同宣言は、LNG投資の重要性を確認することとなった。

一方で、EUの動きによる、短期的な市場不安定化インパクトにも注目する必要がある。たとえば、2022年におけるEUの37 MtものLNG追加輸入は、2022年に世界で見込まれているLNG供給増量分を理論的にはすべて吸収することになる。たとえばアジアからヨーロッパへのカーゴの向け直しが必要で、カーゴを引き寄せるためヨーロッパガス価格が高止まりし、さらにこれにつられてアジアのLNG価格も高止まりすることになる。これに加えて、より現実的と観測される非ロシア産パイプラインガス輸入増加についても、必ずしも輸入水準が安定的に維持される保証はない。

改めて打ち出されているガス需要の削減策は、加盟国により例外措置はあり、それぞれエネルギー事情も異なることから、目標達成・効果は未知数といえる。

加えて、世界ガス市場への影響が最大の懸念事項である。まず、世界のガス価格が、2020年代の残りの期間について、従来の予測よりも高くなる可能性が高くなる。これにより、アジアの新興ガス需要やトランジションを破壊、遅延する懸念が生じる。

また、EUは「2027年までにロシア依存をフェーズアウトする」ことを政治的目標として掲げており、これは2027年を最後にロシア産ガス供給を0とすることを目指すことを意味

する。しかし同時に、脱・依存までの5年間についても、契約が残存しているロシア産ガスが安定的に(数量・価格両面)供給されることが必要であるということも意味している。しかし、脱・依存を宣言した相手方により天然ガスが引き続き安定供給されるのか、また中途での契約打ち切りの場合、その違約金や解体コストはどのように処理するのか、といった疑問がわく。現に、ロシアからバルト海底経由でドイツに至るノルトストリーム1ガスパイプライン経由のロシア産ガス供給量が、6月上旬からキャパシティの40%、7月下旬には20%に減少、8月末以降はゼロとなった。

オペレーター企業は、経済制裁に伴うメンテナンス後の機器回復に関わる問題点、メンテナンス時の油漏れ等の支障を理由としている。この規模の減少が継続する場合、LNG換算で年間40 Mt程度の供給減少要因となり得るものであり、ことはヨーロッパガス市場に留まらず世界的なガス・LNG市場ひっ迫につながっている。さらに長期的にみれば、何らかの形で紛争が終結し、ロシアが正常になれば、ガスをはじめとする化石燃料供給を含め、経済関係といかにして再構築するか、という課題も生じる。

6.2 アジアのエネルギー転換とエネルギー安全保障における天然ガスの役割と課題

アジアの低・脱炭素に向けた動き

アジアでもカーボンニュートラルを宣言する国が増えている。たとえば中国は2060年、インドは2070年、インドネシアは2060年、マレーシアは2050年、タイは2065年、ベトナムは2050年までにカーボンニュートラルの達成を目指すと宣言している。

一方、具体的な実現手段となると不確かである。たとえばインドは一次エネルギー供給の43%、発電の72% (2020年, IEA)を石炭に依存しているが、カーボンニュートラルを実現するにはこれらすべてを再生可能エネルギーや原子力、アンモニア、水素などに置き換えてゆく必要がある。産業の中には、現在の技術では経済合理的に脱炭素化することが難しい分野もあり、その場合は二酸化炭素(CO₂)排出量を負にするネガティブエミッション技術(バイオマス発電と二酸化炭素回収・貯留[CCS]を組み合わせるBECCSや、大気中からCO₂を回収するDAC)の導入も必要となる。さらには、こうした炭素排出がない新しいエネルギーインフラを構築することに加え、既存設備の大量廃棄問題や、エネルギーシステムの作り替えによる雇用の配置転換など、どれも簡単には解決できない大問題を、今後30

年から40年という限られた時間の中で解決してゆかなければならない。具体的な実現手段にも大きな不確実性が伴う。

アジア新興・途上国のエネルギー転換の難易度をさらに高める要素として、今後も続く経済成長と、経済的負担能力の低さを挙げることができる。アジア新興・途上国の経済には、依然として伸びる余地が多く残されている。経済成長とエネルギー需要は高い相関があり、経済成長とともに増加するエネルギー需要に対していかに安定供給を確保するかは、アジア新興・途上国の最大の関心事の1つと言ってよい。これに対して、国によってはそもそも利用可能な再生可能エネルギーの量が不十分な場合がある。また、期待されている脱炭素技術の中には先進国でもいまだ実証段階にあるものや、安定供給対策が十分に確立されていないものがある。前者の例は水素発電であり、後者の例は変動性再生可能エネルギーの大量導入である。増加し続ける大量の需要に対する安定供給を旨とする国では、こうした不確実な技術に対して及び腰になることもあるだろう。

アジア新興・途上国にとって量的な安定性と同等かそれ以上に重要なのが、価格の低廉性である。国によってはいまだに多くの貧困層を抱え、経済的な負担能力の劣る国民に対しては政府が補助金を投入してでも低廉なエネルギーを供給しなければならない。また、産業も安価な労働力とともに安価なエネルギーを前提に成り立っている面があり、エネルギー価格の上昇は国民の生活や補助金を提供する国家ばかりでなく、成長の途上にある産業の競争力を損なう可能性もある。一方、脱炭素技術は、残念ながら従来技術と比較して高価なものが多い。もしくは原子力のように、初期投資がきわめて大きいものもある。当然、新技術も普及が進むことでコストが低下する。しかし、エネルギー需要が急拡大を続けている新興・途上国ではコストの低下を待つことができない。投資決定を迫られている今この瞬間に、既存技術との比較で割高なものを採用することにためらいがあったとしても仕方がない。化石燃料価格がおしなべて歴史的な高値にある現在、こうした傾向はさらに顕著となっており、石炭に回帰しようとする動きもみられる。

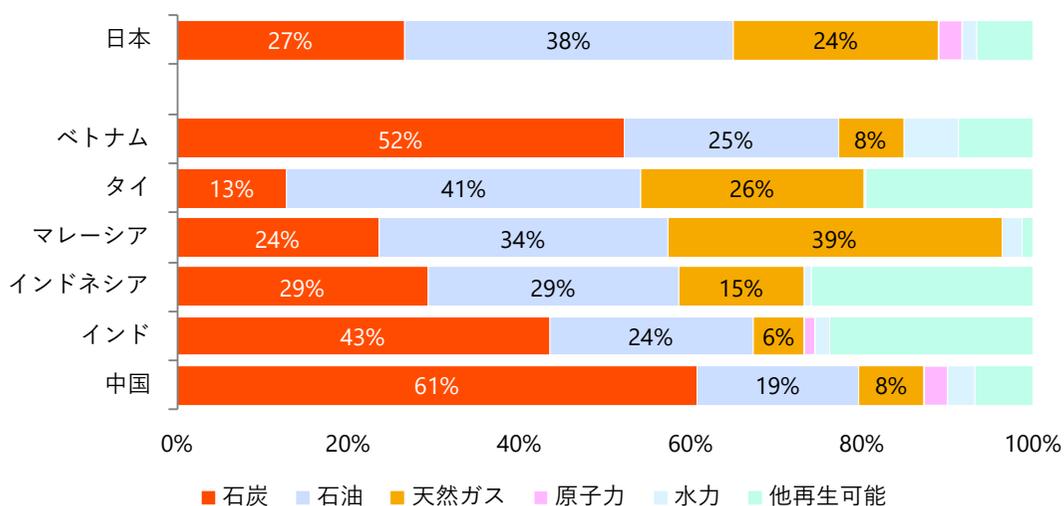
現実的な脱炭素手段

このように、アジアは今世紀半ばのカーボンニュートラル達成という高い目標を掲げる一方、現実のエネルギー転換ではエネルギー安全保障(エネルギーの安定供給を妥当なコストで実現する)に由来するさまざまな困難を抱えている。では、アジアが採り得る現実

的なエネルギー転換の道筋とはどのようなものだろうか。鍵は、天然ガスの特長を活かした2段階の脱炭素プロセスにある。

天然ガスの第一の特徴は、大量のエネルギーを安定して供給することが可能であり、またアジアにおいてはエネルギーミックスの多様化による安全保障の強化を図ることができることにある(ロシアのウクライナ侵攻に起因する昨今の問題については後述)。アジアの中では、天然ガスを多用する国はまれである(図6-1)。輸出できるほど大量の天然ガス資源を有する国が限られており、かつ地理的環境がパイプラインという安価な輸送手段を選択しにくくしているためである。

図6-1 | アジア主要国の一次エネルギー供給[2020年]



出所: International Energy Agency "World Energy Balances July 2022"

逆に、地域の大国である中国やインド、インドネシアは石炭を豊富に持ち、古くからこれをよく利用してきた。エネルギー安全保障の観点からは引き続き石炭を利用することが合理的な選択であるが、気候変動問題がそれを許さない。石炭投資に対する資金供給がますます絞られてゆくことは明白であり、したがって石炭に代わるエネルギーをみつけなければならない。ここで登場するのが天然ガスである。天然ガスは石炭と同様、再生可能エネルギーとは異なり、エネルギー密度が高く大量に輸送、供給することができる。そのため、エネルギー需要の増加が必至の新興・途上国や、需要規模の大きい工業国での利用に適している。

第二の特徴は、アジアの多くの国で主力となっている石炭を天然ガスへ転換することによって、供給量を維持しつつエネルギーシステムの低炭素化を実現することができることである。一定の条件のもとで簡易的に試算を行うと、表6-1のとおりとなる。日本の2020年のCO₂排出量1,038 Mt-CO₂eq (IEA)と比較すると、天然ガスへの燃料転換によって無視できない量のCO₂排出を削減できることがわかる。

表6-1 | アジア主要国の石炭依存度と天然ガス転換によるCO₂排出削減効果[2020年]

| | 発電石炭比率 | 産業石炭比率 | 天然ガス転換によるCO ₂ 削減量(Mt-CO ₂ eq) |
|--------|--------|--------|---|
| 中国 | 64% | 43% | 1,086 |
| インド | 72% | 37% | 328 |
| インドネシア | 62% | 36% | 65 |
| マレーシア | 47% | 9% | 23 |
| タイ | 21% | 27% | 16 |
| ベトナム | 50% | 57% | 52 |

注: 石炭利用のうち発電の50%、産業の50%を天然ガスに転換すると仮定。発電部門の効率は平均15%向上、産業部門の効率は平均10%向上すると仮定。

出所: International Energy Agency “World Energy Balances July 2022”

天然ガスが持つこれら2つの特長、すなわち高いエネルギー密度と低炭素性を活かすことにより、アジアにとって現実的な脱炭素の道筋を描くことができる。再生可能エネルギーは脱炭素という点で理想的だが、エネルギー密度が小さく、短期間のうちに大量のエネルギー供給の追加を迫られている国では力不足と言わざるを得ない。また、導入する国やエネルギーの種類によっては依然として高価であることから、市場で選択されにくかったり、経済的負担能力に劣る国では手を出しにくかったりする。そこで、途中段階として石炭や石油から天然ガスへの転換というステップを組み込み、脱炭素を2段階で行う。第1段階の石炭や石油から天然ガスへの転換では、短・中期に求められる供給量とコストの問題への現実解を提示する。その後の第2段階では、再生可能エネルギーはもちろん、天然ガスの脱炭素利用(水素、二酸化炭素回収・有効利用・貯留[CCUS])を含む各種対策を追加することで、脱炭素化を実現する。この方法のもう1つの重要なメリットは、水素やCCUSといった現在世界が開発にしのぎを削る技術の実現によって天然ガス投資の座礁資産化を回避でき、したがって現在の投資を正当化できることにある。

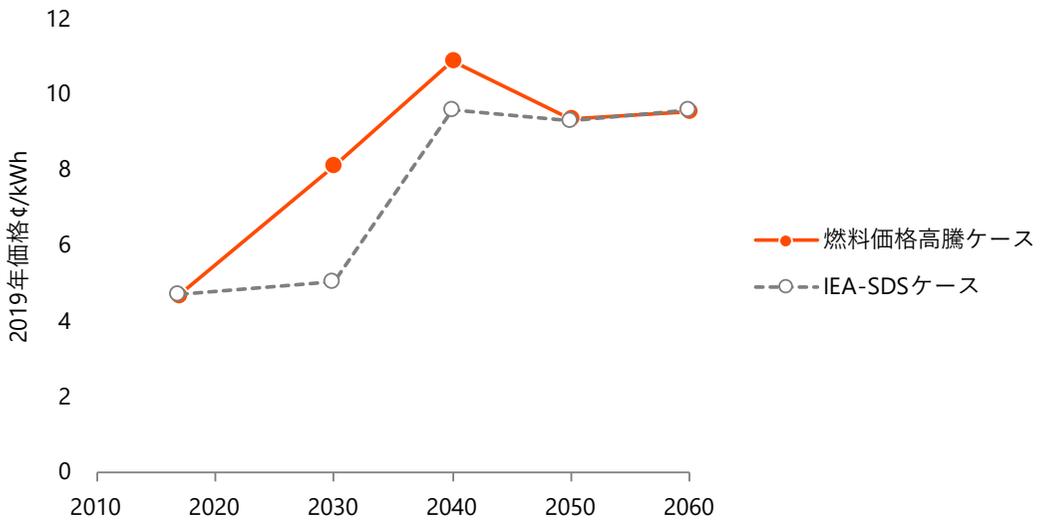
天然ガス供給をめぐる不確実性

このように天然ガスはアジアのエネルギー転換で重要な役割を担い得るが、昨今みられる天然ガス、特にLNG需給のタイト化と価格高騰は、このシナリオに影を落としている。脱ロシアを目指すヨーロッパを中心とした西側諸国は、ロシア以外の天然ガス・LNG調達先を求めて奔走している。ヨーロッパがロシアに頼る天然ガス量は膨大であり、これを即座に代替可能な天然ガス輸出国は世界のどこにもない。そのためおのずと世界の天然ガス需給はタイト化せざるを得ず、その結果、価格も従来にない高値で推移している。現下の価格水準は、アジア新興・途上国はもとより先進国にとっても持続可能とは言いがたいものであり、天然ガスの利用を躊躇^{ちゆうちゆう}させることとなっている。

加えて課題となるのが、天然ガス投資に対するファイナンス姿勢の変化である。国際金融や先進国金融による石炭ダイベストメントは、もはや不可逆な流れとなっている。昨今の天然ガス需給の緊張を受けた緊急対策の必要性からやや一服感はあるものの、天然ガス投資に対する慎重な姿勢が散見されるようになってきている。気候変動対策を金科玉条とする規範的なアプローチの下で天然ガスダイベストメントが決定的なものとなれば、アジアのエネルギー転換とエネルギー安全保障はより高コストなものとなり、その結果、アジアの経済力を相対的に弱めることになりかねない。図6-2のとおり、仮に供給力の追加に対する投資が制限されたことで天然ガスを含む化石燃料の高価格が2030年にかけて継続したとすると、東南アジア諸国連合(ASEAN)の電力限界費用はIEA “World Energy Outlook”における「持続可能な開発シナリオ」(SDS)を基準としたケースよりも、2030年時点でおよそ60%高くなる。

これを解消するには、ロシア以外での天然ガスやLNGの生産・輸送への投資を増やすしかない。幸いなことに、世界には十分な量の天然ガスの埋蔵が残されており、また開発に向けて準備を進めてきたプロジェクトがある。こうした投資が現実のものとなれば、目下不安定化している天然ガス・LNG市場の安定化のみならず、アジアのエネルギー転換・安全保障コストの抑制や、地域経済への悪影響を回避することにも貢献することが期待できる。

図6-2 | 化石燃料価格がASEANの電力限界費用に及ぼす影響



そのためアジア諸国は、長期戦略における天然ガスのトランジションエネルギーとしての役割を明確にすることや、必要な天然ガス関連投資を進めるためのリスクマネーの供給、将来天然ガス資産を脱炭素利用するための技術(CCS、CCUS、水素、アンモニア)の開発や社会実装の支援を行うことが求められる。

最後に、天然ガスの価格が低下するタイミングの問題について指摘したい。数年以内に価格が受容可能な水準まで低下すれば、「天然ガスを活用した2段階の脱炭素化プロセス」は再びアジアにとって現実的な選択肢として存在感を示すようになるだろう。しかし逆に、天然ガスの超高価格がたとえば5年や10年という期間にわたって常態化することになれば、もはや天然ガスは選択可能なエネルギーでなくなり、代わりに再生可能エネルギーや原子力、蓄電池など異なる脱炭素エネルギーシステムへの投資が急進展することも考えられる。天然ガスにとっては、この先数年の開発投資とその結果としての需給緩和と価格の低下が正念場になると言える。

6.3 化石燃料の脱炭素化に向けた市場安定化の重要性

市場の安定化が、既存の化石燃料の供給にとって非常に重要な要素であることは言うまでもないが、将来的に化石燃料の脱炭素化を進めてゆくうえでも、化石燃料、特に天然ガス市場の安定化は重要な前提条件となる。

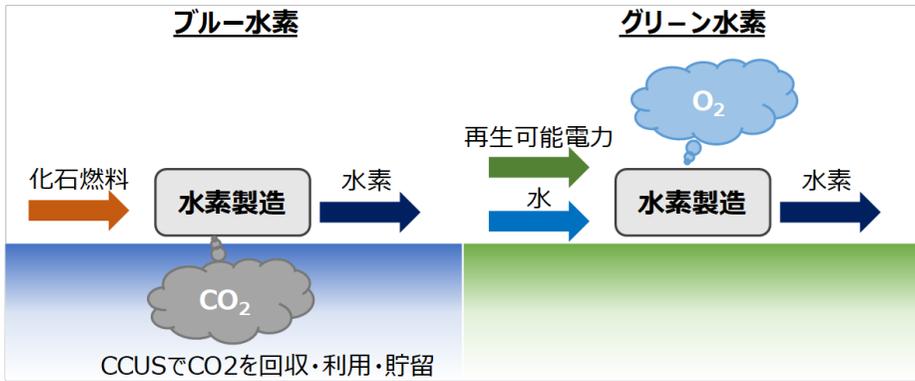
まず、ここでいう化石燃料の脱炭素化とは、既存の化石燃料の供給インフラを活用し、化石燃料の利用を続けながら、その利用に伴う排出量を削減してゆくというコンセプトである。そのコンセプトを実現させるツールとなるのが、IEEJ Outlook 2021および2022において提示した、いわゆる「4R技術」である²²。その中でも特に製造時に発生するCO₂を回収して生産されるブルー水素の活用や、大量のCO₂が発生する製造業のプラントや発電所におけるCCS技術の導入、回収したCO₂を別の目的に利用するカーボンリサイクル技術などが、化石燃料の脱炭素化においては中核的な役割を果たす。

化石燃料の脱炭素化というコンセプトは、過去のIEEJ Outlookにおいて繰り返し述べてきたように、今後世界が脱炭素化を進めてゆくうえでは、非常に現実的で実効性のある削減オプションを提示してくれる。しかしその一方で、化石燃料の価格や供給が不安定で不確実であれば、当然のことながら化石燃料の供給や利用そのものに関する投資が停滞するため、その供給インフラを活用する化石燃料の脱炭素化というコンセプトも実現が難しくなる。化石燃料の脱炭素化を図る4R技術についてはその多くがまだ技術開発段階にあるため、今後長期にわたる技術開発を継続してゆくうえでも、その前提条件となる化石燃料の供給を確保するために、化石燃料の生産から輸送、精製、最終利用に至るすべてのサプライチェーンに対し十分な投資がなされていなければならない。

特に、化石燃料の脱炭素化において中心的な役割を果たすのは、化石燃料を原料とするものの、その製造工程で発生するCO₂は回収して地中に貯留したり再利用したりして製造するブルー水素やブルーアンモニアである(図6-3)。これに対しては、再生可能エネルギーによって水を電気分解して製造するグリーン水素があるが、量と価格の両面で導入初期の難易度が高く、ブルー水素/アンモニアには、水素・アンモニア導入初期に市場を形成する役割も期待されている。そのブルー水素やアンモニアの主たる原料となる天然ガスの価格が高価であれば、ブルー水素/アンモニアが競争力をもちえず、結果的に水素やアンモニアの導入が進まなくなってしまう。その意味で、今後世界ができるだけ早期に脱炭素化燃料としての水素を広範に使用していくためには、ブルー水素/アンモニアの導入が必要であり、そのためには天然ガス市場の安定化が不可欠である。

²² 日本エネルギー経済研究所「IEEJ Outlook 2022」, pp. 145-156、日本エネルギー経済研究所「IEEJ Outlook 2021」, pp. 137-147

図6-3 | ブルー水素とグリーン水素



7. 電力安定供給強化への対応と原子力発電の重要性

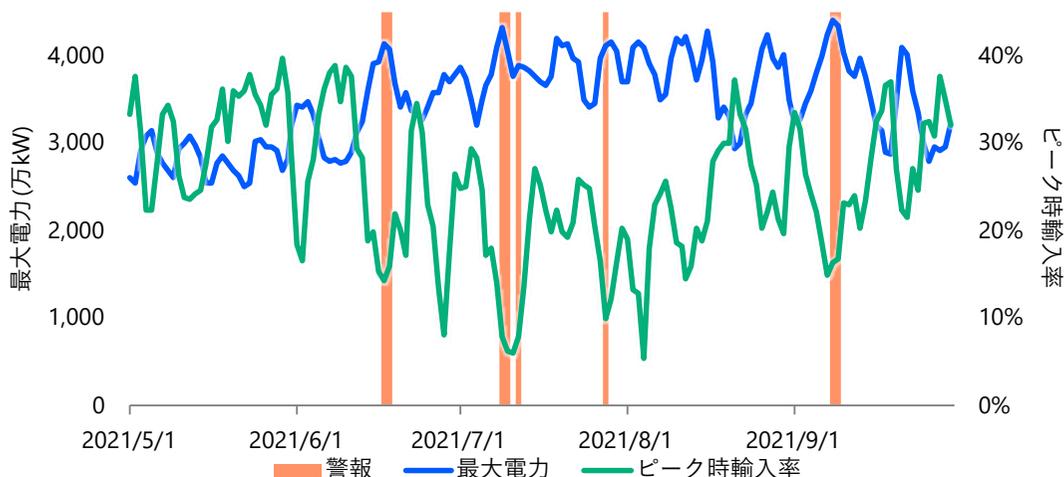
7.1 市場自由化および再生可能エネルギー大量導入と燃料高騰下における電力安定供給の課題

電力の安定供給で問題となった過去の大停電の事例としては、2000年夏・2001年冬に起きたカリフォルニア電力危機や、2003年8月の北米北東部停電、2003年9月のイタリア大停電、2006年11月西欧大停電等が挙げられる。しかし、エンロンによる市場操作の影響が大きかったカリフォルニア電力危機を除くと、北米北東部大停電とイタリア大停電は送電線の樹木との接触が原因、西欧大停電は船舶通過のために行った送電停止が信頼度基準を満たさなかったことが原因であり、いずれも送電システムの監視が不十分であったことに伴うものである。その後、米国および欧州連合(EU)大での信頼度基準の見直しおよび法的拘束力の付与と広域系統監視の強化により、類似の停電の事例は起こりにくくなった。

電力自由化の下では「市場」で取引されない、または利用される(発電機会の)頻度が少ない発電設備は休廃止せざるを得ない。再生可能エネルギー発電は、政府の支援策に基づき導入が拡大した。これに伴い、火力発電は稼働率の低下や収益性の悪化により、先進諸国の多くの国・地域で休廃止が進展した。そのため電力システム全体としての供給余力が低下し、猛暑や厳冬に伴う電力需要の急増に発電設備が追い付かずに需給ひっ迫に至る状況や、熱波や寒波による発電設備の出力減や停止の増加で需給ひっ迫に至る状況が散見されるようになった。

カリフォルニア独立系統運用機関(ISO)では猛暑による需給ひっ迫で2020年8月14日・15日に計画停電を実施し、2021年も猛暑で6月から9月の間に8回節電要請を出す事態となった(図7-1)。日本でも2022年3月16日に福島県沖地震でいくつかの発電設備が停止した中、3月22日から23日にかけて低気温による需要の急増で需給ひっ迫を招き、需給ひっ迫警報が出された。6月27日から30日にも急な気温上昇で需要が増加し、需給ひっ迫注意報が出された。

図7-1 | 2021年夏季カリフォルニアISOの最大電力とピーク時輸入率



出所: California ISO "Today's Outlook" より作成

発電設備が内陸に立地している場合には川などから給水することになるが、熱波の場合は水不足で発電出力が制限されて供給力不足となるリスクがある。2022年7月後半のヨーロッパでは熱波が到来して供給余力が低下した。需給ひっ迫こそ顕在化しなかったものの、卸電力価格の暴騰を招いた。寒波の場合の事例としては、2021年2月にテキサス州電力信頼度協議会(ERCOT)が経験した計画停電が挙げられる。風力発電タービンの凍結、天然ガス火力発電所の配管の故障、天然ガス生産設備での坑口の凍結や天然ガス処理プラントの停止で天然ガスの供給が縮小したことで、供給力不足を招いた。米国北東部のPJMエリアでも2014年1月に寒波による発電設備の故障増加が起きた。対策として、厳気象下でも運転継続が可能な設備改修投資²³を実施した発電設備に対し、容量市場で追加的報酬を支払うCapacity Performance制度が2018年に導入された。導入直後の2018年1月には2014年より厳しい寒波が到来したが、故障で停止した発電設備は2014年寒波時を下回ったとされている。このような寒波対策は米国ではWinterizationと呼ばれ、寒波リスクのある地域での実施例が増えている。ただし、電気事業側で対策を取ったとしてもテキサス州ERCOTの事例でみられたように天然ガス供給設備での寒波対策を促す仕組みが確立されておらず、課題として残っている。

²³ 寒波時に燃料、コンベア、配管が凍結しないような措置などを指す。

その他では台風やハリケーンにより電力のネットワーク設備が故障することで広域的に停電が発生することがある。米国で有名な広域停電の例としては2012年10月末から11月初旬にかけて米国東海岸を襲ったハリケーン・サンディであり、コネチカット州、メリーランド州、ニュージャージー州、ニューヨーク州、ペンシルベニア州、ウェストバージニア州で93万口が停電した。この際に復旧作業に長時間を要したことから大きな批判が起り、電力会社を跨った協力体制が構築されたことで、同様にハリケーンが到来して停電が発生しても復旧が短縮されるようになった。日本でも2018年、台風21号により関西電力エリアで、台風24号により中部電力エリアで広域停電が発生した。翌2019年にも台風15号が東京電力エリアで広域停電を引き起こし、台風19号は東京電力エリアおよび中部電力エリア、東北電力エリアで広域停電をもたらした。これら停電では情報収集および情報提供のあり方が課題とされ、体制の見直しと災害復旧費用の相互扶助制度を構築するなど円滑な広域的協力関係を構築しやすくする仕組みが導入されることになった。

電力自由化に伴い供給余力が低下している国・地域が増えている。それに対して、いくつかの国・地域では安定供給に必要な供給力(猛暑や厳冬とならずに実際に使用されることがなかった供給余力を含む)の調達に対価を支払う容量市場を整備するようになった。元々米国では小売事業者に供給力確保義務があったが、広域的な市場運営者である地域送電機関(RTO)やISOが小売事業者に代行して供給力を一括して買い上げ、小売事業者に負担を求める仕組みが導入された。前述のカリフォルニアISOでも小売事業者が事前確保した供給力に対価を支払う容量支払制度が存在する。ただし、そのように供給力確保にインセンティブを提供している場合でも、実際に需要が高まる夏季に十分な供給力を準備できないケースが出てきている。

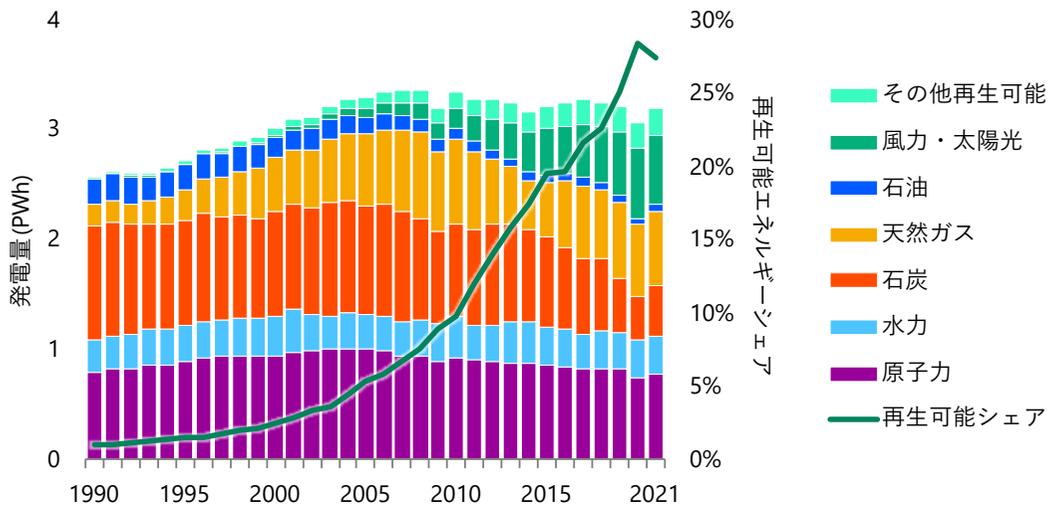
ヨーロッパのいくつかの国でも政府が石炭火力廃止を政策的に推進する一方で、将来的な脱炭素に向けて天然ガス火力発電の新設が困難化している。このためヨーロッパ全体としてみると原子力発電や火力発電といった従来型発電設備は減少傾向にあり、増加しているのはもっぱら再生可能エネルギー発電となっている。このように先進諸国では電源構成に占める天然ガス火力発電と再生可能エネルギー発電の割合が高まるとともに、従来型発電設備の新設が難しいという問題を抱えることになった。なお、天然ガス火力発電であっても二酸化炭素(CO₂)を排出するため、カリフォルニア州では地球環境問題への関心の高まりから天然ガス火力発電計画には反対運動が起り、建設が困難となってい

る。そのため事実上、カリフォルニア州では再生可能エネルギー発電・蓄電池以外の導入は難しくなっている。

卸電力市場の市況を事前に予測することが難しいように、経済性悪化を理由とした火力発電の休廃止を長期的に予見することは難しい。このため先進諸国共通の問題として長期的な安定供給の評価である長期信頼度評価を行うことは難しくなっている。中長期的な電力需給の予見性を提供できなくなっており、これも電源新設投資の判断を難しくさせている。一方で脱炭素に向け、英国では脱炭素と安定供給確保の両方に貢献する電源等の新設に対し、個別技術の特性を考慮しつつ投資回収の予見性を与える制度(国際連系線に対する収入キャップ&フロア制度、水素発電に対する差額決済契約[CfD]制度、原子力発電に対する規制資産ベース[RAB]制度など)で政策的支援を行う姿勢を示しており、他の先進諸国でも類似の制度を採用する国が増える可能性が高い。

電源構成の偏りが強まったヨーロッパでは、風力発電の出力の減少と天然ガスの在庫不足により2021年秋頃から天然ガスのスポット価格が高騰を始めた。当初は天然ガス需要が低下する2022年3月以降には天然ガス価格の高騰は沈静化するとみられていたが、ロシアによるウクライナ侵攻によりいつまでこうした状況が続くのか不透明となっている。ロシアからの天然ガス供給減少が問題になっているが、ロシアからの供給が途絶するとヨーロッパでは電力不足を招く可能性が高い。また、中国やインドは電源構成に占める石炭火力の割合が高いが、2021年にはいずれも石炭不足で電力不足を招いた。発電設備が需要に対して不足することをkW不足と呼ぶが、こうした燃料不足による需給ひっ迫はkWh不足と呼ばれる。日本でも2020年12月に予想外の寒波となり液化天然ガス(LNG)が不足して2021年1月前半に卸電力スポット価格が暴騰したが、これもkWh不足問題である。米国北東部では石油も^も焚くことができる天然ガス火力を相当数維持しており、天然ガスの調達不足しても石油に代替することで安定供給確保に貢献できる。電源構成の偏りが強くなったヨーロッパや日本ではそうした代替手段の確保という観点での技術開発が必要であろう。

図7-2 | EU 28か国の電源種別発電電力量



出所: International Energy Agency "World Energy Balances"

これまで将来の安定供給の評価は、需要の増加に対応する発電設備容量の不足(kW不足)の可能性を評価するものであった。近年、長期評価では安定供給維持可能と評価されても、熱波や寒波で需給ひっ迫に至る事例が発生している。夏季信頼度評価や冬季信頼度評価といった短期信頼度評価では、北米電力信頼度協議会(NERC)が実施しているように過去の過酷事象を拾って評価するなど改良が試みられている。しかし何らかの不測の事態が発生する場合の発電電力量の不足(kWh不足)といった燃料セキュリティの問題は、燃料調達のある方の多様性や供給国リスクの定量化が難しいといったことを理由として、定量的評価手法が確立されていない。今後、脱炭素化政策を進めてゆく少数の電源種への依存が高まることが予想される。依存度の大きい電源種のkWh不足リスクをそれぞれどのように評価するかも今後の大きな課題と言える。

7.2 新情勢下で新たな脚光を浴びる原子力利活用推進に向けた動きと今後の課題

各国が野心的な温室効果ガス排出削減目標を掲げる中、ゼロエミッションのベースロード電源として原子力発電に注目が集まりつつある。電力システム全体でのコスト増加を抑制しつつ低炭素化を実現するうえで、原子力が一定の役割を持つことが期待されている。なお、こうした議論と並行して、より高い安全性や経済性、従来では対応できなかった

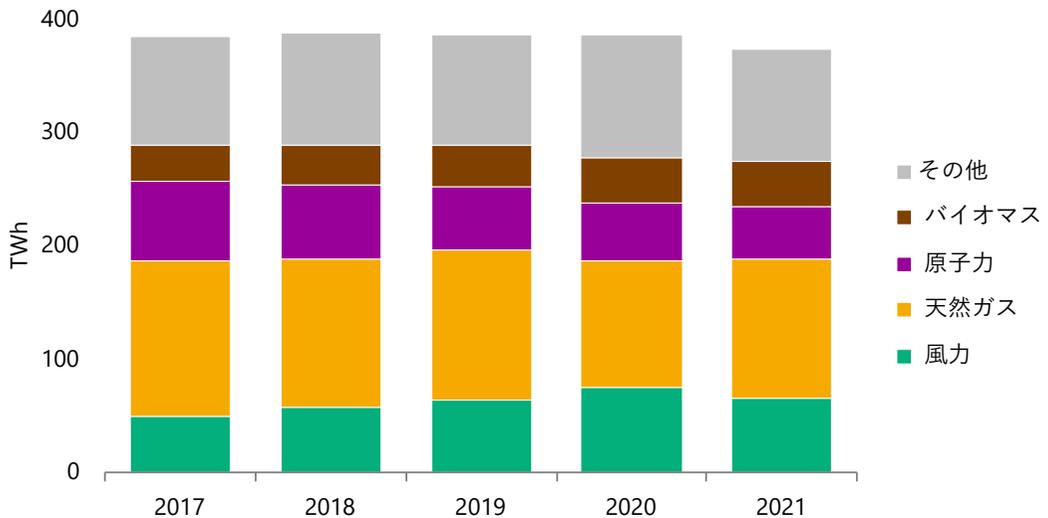
た需要への対応といった観点から、小型モジュール炉(SMR)や第四世代炉といった新型炉の開発に改めて注力する国も現れている。

こうした低炭素化を主軸とした議論が支配的な状況の中、2021年ごろより世界的な化石燃料価格が高騰し、さらに2022年2月24日にはロシアによるウクライナ侵攻が勃発し、エネルギーの安定供給確保にいつそう重点が置かれるようになった。本件では原子力発電所に対する軍事攻撃のリスクが現実のものとして示された一方で、原子力がエネルギー安全保障面において果たす役割も日本やヨーロッパなどでは改めて認識されつつあり、その利活用の重要性に新たな脚光が当たっているといえる。無論、再生可能エネルギーも化石燃料への依存を低減し、エネルギー自給率を向上させることに貢献するが、その発電量は自然条件に依存する。原子力は火力発電制約下での安定的な大規模ベースロード電源として特有の役割を持ち得ることになる。

2022年6月末には国際エネルギー機関(IEA)がNuclear Power and Secure Energy Transitionと題した報告書を公表した。IEAが原子力に焦点を当てた報告書を作成したのは、2019年5月以来となる。基本的な論旨は2019年の報告書と同様で、持続可能な発展を経済効率的に実現するうえで原子力が重要な役割を果たし得ることを指摘したものとなっている。ただし、今次の報告書は、化石燃料価格高騰やウクライナ侵攻に言及しつつ、原子力の重要性がいつそう増していることを強調しており、エネルギー安全保障に対する関心の高まりが色濃く反映されているといえる。

ロシアによるウクライナ侵攻を受けて、英国は2022年4月初頭にエネルギー安全保障戦略を発表した。この戦略では自給率を高めるための方策として、風力や太陽光、水素などに関する包括的な開発方針がまとめられている。原子力についても2050年までに最大24 GWの発電設備容量を導入し、電力供給量の25%を賄うという目標が盛り込まれた。2022年1月1日時点での英国の原子力発電設備容量が約8 GWであるため、これは現状を大幅に上回る野心的な目標である。政府は5月に、この目標を達成するため1億2,000万ポンドの原子力基金を設置することを発表した。英国では再生可能エネルギー、とりわけ風力発電の導入が盛んで、設備容量は年々増加しているが、2021年には例年ほどの風量が得られなかったことなどにより、発電量が低下している。その低下分は主に天然ガス火力によって賄われた(図7-3)が、将来的には化石燃料への依存から脱却しなければならないため、今回の戦略では改めて原子力の供給安定性が着目されたものと考えられる。

図7-3 | 英国の電源構成



出所: International Energy Agency “World Energy Balances July 2022”

もとより英国では既設炉の閉鎖が続く状況に対して新設の意向を示していたが、これまでは大幅な進展はみられなかった。現在進行中のヒンクリーポイントC計画に対しては、支援措置としてCfDが適用されることとなっているが、£92.5/MWhの基準価格²⁴が高額であるとの批判がなされている。また、CfDは実際に発電を開始して初めて支援を受けられる仕組みとなっているため、建設段階で大規模な投資と長い年月を要する原子力発電の不確実性を十分に抑制することができていなかった。そこで、英国政府はRABモデルと呼ばれる新たな支援制度の検討を続けている。RABモデルでは、一定程度保証された収益が早い段階から確保できるため、CfDが抱える不確実性を軽減し、投資を集めやすくなることが期待できる。日立が撤退したウィルヴァ・ニューウィッド建設計画においても、資金調達方法について合意に至らなかったことが問題の1つとなったため、こうしたリスク軽減策で資金調達の可能性を高めることは重要となる。

ヨーロッパ最大の原子力利用国であるフランスもまた、原子力の利用継続を明確にしている。2022年2月10日にはマクロン大統領の演説において、原子力と再生可能エネルギーの拡大によって化石燃料依存からの脱却を目指す方針が示された。特に原子力については、改良型の欧州式加圧水型炉(EPR2)を最低6基建設し、追加でさらに8基の建設を検討するとしている。この演説はウクライナ侵攻より前に行われたものであり、突然表明され

²⁴ ストライクプライスとも呼ぶ。この価格と市場での電力価格との差額が発電事業者に支払われる。

たものではない。フランスが長期にわたって脱化石燃料依存とエネルギー自給を追求してきたことを想起させる言説が含まれている。

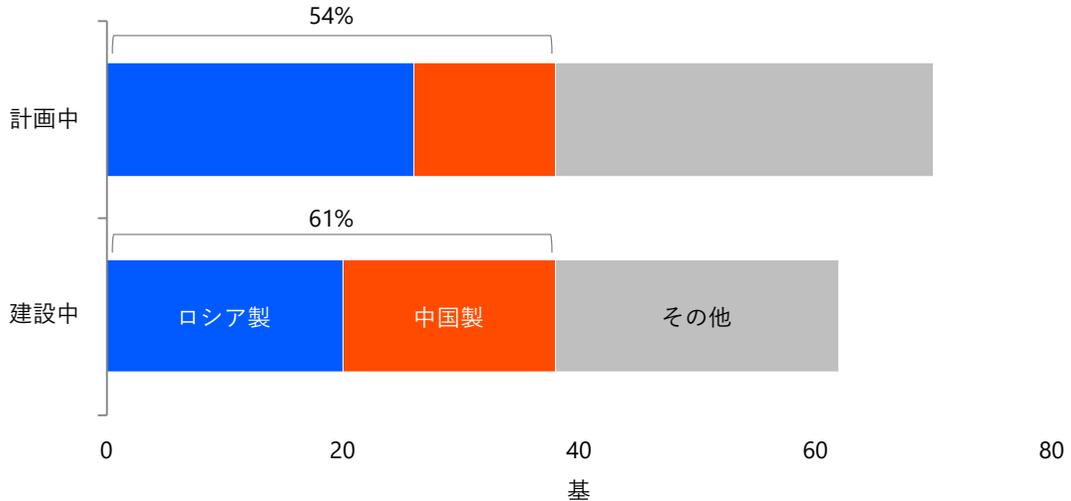
マクロン大統領が2021年10月および11月の時点で、原子力発電所の新設再開に言及していたことは着目すべきであろう。また、フランスでは送電系統運用会社であるRTEが長期的な電源構成に関する分析を行っており、2021年10月にその分析結果の要点を発表している。この分析では2050年までに原子力を全廃して再生可能エネルギーを100%とするシナリオから、14基のEPR2と数基の小型モジュール炉を建設するケースまで、主に6つのシナリオを想定した検討が行われた。その中では、特に、原子力の新設を行うシナリオでの電力システムの総コストが新設を行わないシナリオに対して安価になる傾向が示されており、安定電源としての原子力の価値が経済的側面から評価されている。マクロン大統領による新設宣言も、こうした分析結果を踏まえたものとみられる。原子力をめぐる意思決定や実際の建設には長い期間が必要となるため、ウクライナ侵攻のような特定の出来事をきっかけに動き出すのではなく、長期的な視野を持って、危機が顕在化する前から計画を練り、着実に進めてゆくことが理想的といえよう。

なお、2022年7月にはボルヌ首相より、低炭素化を強力に推進するためにフランス電力(EDF)を100%国有化する方針が示された。前述のとおり、原子力の新設には大規模な投資と長い年月を要するため、国有化は1つの有力な選択肢となる。英国のRABモデルもだが、こうした政策はこれまでヨーロッパ諸国で進められてきた電力市場の自由化には逆行する動きにもみえる。しかしながら、これは逆に言えば、英仏両国は野心的な政策目標を実現するため、自由化に一部逆行するような大胆な施策を打ち出したということでもあり、日本のエネルギー政策を考えるうえでも非常に重要な示唆を含んでいる。

エネルギー安全保障の観点から原子力が重要視されていることは前述のとおりだが、その原子力開発をどの国の企業が手掛けるかも重要となる。たとえば、フィンランドは2022年5月にロシアの国営原子力企業ロスアトムとの間で結んでいた、ハンヒキビ1号機の建設に関する契約を破棄しているほか、ロシアから侵攻を受けている当事国のウクライナは、米国のウェスティングハウス製の軽水炉であるAP1000を計9基導入する方針である。また、ウクライナの隣国であるポーランドも、原子力の新規導入に向けて米国やフランスの企業と協力関係を構築している。他方で中国、インド、トルコ、バングラデシュ、ハンガリーなどではロシア製原子炉の建設が継続中であり、2022年7月にはロスアトムがエジ

プト初の原子力発電所であるエルダバ1号機の建設を開始した。現在確認されている建設中・計画中の原子炉を国籍別に分類すると中国・ロシア製の比率が高く、現行炉市場での優勢がうかがえる(図7-4)。

図7-4 | 世界の建設中・計画中原子炉[2022年1月1日]



出所: 日本原子力産業協会『世界の原子力発電開発の動向』2022年版より集計・作成

西側諸国の企業による新設プロジェクトは、米国のボーグル3、4号機やフランスのフラマンビル3号機、フィンランドのオルキオト3号機など、建設期間やコストが当初の予定を大幅に超過する事例が相次いでみられる。その主な原因としては、直近の数十年間において新設プロジェクトの件数が激減し、建設のノウハウが失われたことや、規制要件などから建設開始後に設計変更を余儀なくされたことが指摘されている。今後のプロジェクトにおいて、こうした問題点を改善することができなければ、西側諸国が世界市場におけるシェアを奪還することは困難となるであろう。エネルギー政策をめぐる意思決定において、安全保障の観点が重視されるようになってきていることが事実だとしても、それだけを理由に西側諸国の企業が商機を掴むことができるとは考えにくい。顧客にとって魅力となる判断材料を十分に示すことができるかが、いっそう問われる状況になったといえる。

8. クリティカルミネラル問題とエネルギーおよび経済安全保障

8.1 はじめに

カーボンニュートラルが実現される世界では化石燃料の利用が大きく減少し、中東やロシアなどに化石燃料資源が偏在していることに起因する地政学的安全保障の課題が緩和することが期待される。しかし、カーボンニュートラルの実現のためには、再生可能エネルギーや電気自動車、水素等の低炭素技術の大量普及が必要である。そして、これらの技術に不可欠とされるレアメタルにおいても、急速な需要増加が見込まれる。こうした鉱物資源も偏在性が認められており、新たなエネルギー安全保障の課題が浮かび上がってくる。そこで、カーボンニュートラル化を進めてゆくうえで重要な役割を果たす希少鉱物(クリティカルミネラル)について、独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構(JOGMEC)および三菱UFJリサーチ&コンサルティング株式会社(MURC)と共同で、今後の需給バランスを定量的に分析し、想定される課題を抽出することを試みた。

なお、今回の結果は、数あるシミュレーションの一つであり、現時点でのエネルギー原単位を2050年まで使用した場合(原単位自体の技術進展を考慮していない)のシミュレーションとなっていることに留意が必要である。

また、各鉱種の需給シミュレーション図の他に参考として埋蔵量と需要の比較を付している。埋蔵量については米国United States Geological Survey (USGS)のデータを活用して作成したものであり、シミュレーションのデータとはリンクするものではない。

8.2 クリティカルミネラル需給見通し

推計手法

将来のクリティカルミネラル需要量を、本Outlookにおけるカーボンニュートラル技術の導入量に、同技術の単位導入量に対して必要な鉱物資源の量(原単位)を乗じることで推計する。対象とするカーボンニュートラル技術と鉱種は表8-1のとおりである。火力発電や従来自動車(ICV)などは低炭素技術ではないが、カーボンニュートラル技術と代替関係にある。将来のクリティカルミネラル需要を、カーボンニュートラル技術の増加による鉱物需要の増加と従来技術の減少による鉱物需要の減少の相殺を含め、総合的に把握する。

表8-1 | 分析対象(鉱種・カーボンニュートラル関連技術)と使用原単位

| | | 銅 | リチウム | ニッケル | コバルト | グラファイト | シリコン |
|---------|--------------|-------|------|------|------|--------|------|
| 陸上風力 | t/GW | 2,880 | - | 430 | - | - | - |
| 洋上風力 | t/GW | 8,000 | - | 270 | - | - | - |
| 定置用LIB | t/GWh | 340 | 120 | 531 | 173 | 881 | - |
| 定置用VRF | t/GWh | - | - | - | - | - | - |
| 車載用電池 | t/GWh | 425 | 120 | 531 | 173 | 881 | - |
| 乗用車ICV | t/1,000 unit | 15 | - | - | - | - | - |
| 乗用車HEV | t/1,000 unit | 17 | 0 | 1 | 0 | 1 | - |
| 乗用車PHEV | t/1,000 unit | 22 | 1 | 5 | 2 | 8 | - |
| 乗用車BEV | t/1,000 unit | 32 | 6 | 27 | 9 | 44 | - |
| 乗用車FCV | t/1,000 unit | 19 | 0 | 1 | 0 | 13 | - |
| 重量車ICV | t/1,000 unit | 30 | - | - | - | - | - |
| 重量車HEV | t/1,000 unit | 35 | 0 | 1 | 0 | 2 | - |
| 重量車PHEV | t/1,000 unit | 43 | 2 | 9 | 3 | 16 | - |
| 重量車BEV | t/1,000 unit | 63 | 12 | 53 | 17 | 89 | - |
| 重量車FCV | t/1,000 unit | 38 | 0 | 1 | 0 | 27 | - |
| 水電解 | t/GW | 229 | - | 423 | 0 | - | - |

| | | ジスプロシウム | ネオジウム | バナジウム | プラチナ | パラジウム | ロジウム |
|---------|--------------|---------|-------|-------|----------|----------|----------|
| 陸上風力 | t/GW | 2 | 28 | - | - | - | - |
| 洋上風力 | t/GW | 15 | 235 | - | - | - | - |
| 定置用LIB | t/GWh | - | - | - | - | - | - |
| 定置用VRF | t/GWh | - | - | 2,920 | - | - | - |
| 車載用電池 | t/GWh | - | - | - | - | - | - |
| 乗用車ICV | t/1,000 unit | - | - | - | 0.000453 | 0.001499 | 0.000154 |
| 乗用車HEV | t/1,000 unit | 0.036 | 0.324 | - | 0.000453 | 0.001499 | 0.000154 |
| 乗用車PHEV | t/1,000 unit | 0.060 | 0.540 | - | 0.000453 | 0.001499 | 0.000154 |
| 乗用車BEV | t/1,000 unit | 0.060 | 0.540 | - | - | - | - |
| 乗用車FCV | t/1,000 unit | 0.060 | 0.540 | - | 0.020000 | - | - |
| 重量車ICV | t/1,000 unit | - | - | - | 0.000907 | 0.002999 | 0.000309 |
| 重量車HEV | t/1,000 unit | 0.072 | 0.648 | - | 0.000907 | 0.002999 | 0.000309 |
| 重量車PHEV | t/1,000 unit | 0.120 | 1.080 | - | 0.000907 | 0.002999 | 0.000309 |
| 重量車BEV | t/1,000 unit | 0.120 | 1.080 | - | - | - | - |
| 重量車FCV | t/1,000 unit | 0.120 | 1.080 | - | 0.040000 | - | - |
| 水電解 | t/GW | - | - | - | 0.010000 | - | - |

注: 使用原単位は現時点の原単位を見通し期間を通じて固定している。LIBはリチウムイオン電池、VRFはバナジウム電解液レドックスフロー電池、HEVはハイブリッド自動車、PHEVはプラグインハイブリッド自動車、BEVはバッテリー式電気自動車、FCVは燃料電池自動車。車載用電池は平均8年で交換すると想定

出所: IEA, "The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions"、CSIRO, "Critical Energy Minerals Roadmap" German Mineral Resources Agency (DERA) "Raw materials for emerging technologies 2021"など

供給については、鉱山からの採掘による供給にリサイクル量を加味して推計を行った。鉱山からの生産量は、鉱山データベース²⁵における各鉱山の開発ステージおよび生産キャパシティを考慮して推計した。ただし、需要に対して供給が超過する場合には鉱山開発がそれ以上進まないよう制約を設けた。すなわち、需要に対して供給が不足した場合にのみ、開発ステージが進展しており供給ポテンシャルが大きい鉱山から順に直近年の需要を満たせるよう生産が開始されると想定した。リサイクル量については、鉱種別に将来の廃棄量を推計したうえで、廃棄量のうちリサイクルされる重量割合(製品回収率×再資源化率)を乗じて推計した。なお、廃棄量のうちリサイクルされる重量割合は既往文献を参考に将来の値を設定した。

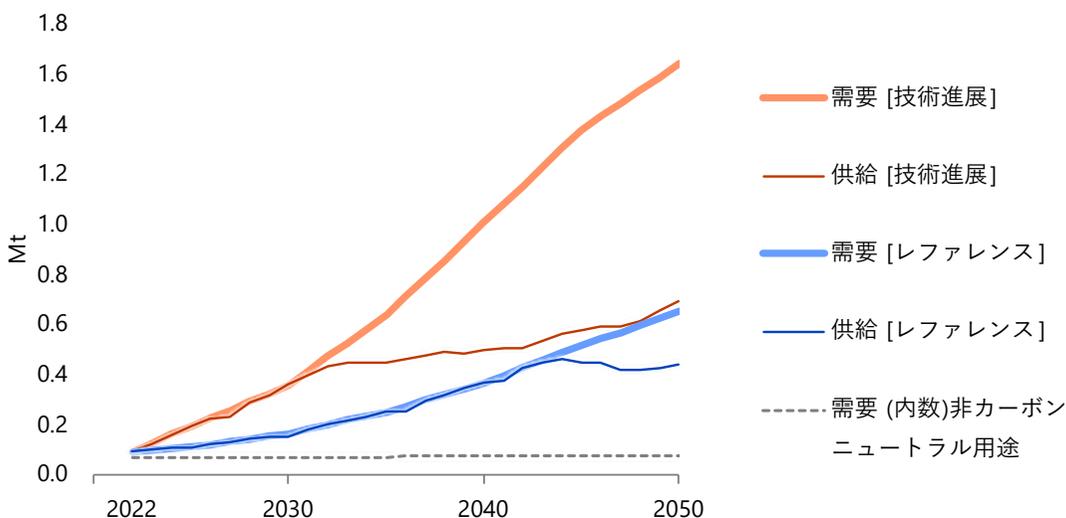
推計結果

リチウム

リチウムは、蓄電池での利用が主であり、電動自動車の増加などに伴い需要が大きく伸びる。自動車の電動化が大きく進む技術進展シナリオでは、需要が2050年までに現在の18倍に増大する。特に、車載用電池は能力の低下が早く、8年程度での交換が推奨されている。新車販売時の需要だけでなく、交換需要にも留意が必要となる。技術進展シナリオでの需要量は、2030年ごろには供給量を上回る。なお、リチウムの新規鉱山からの供給予測については、生産量が明確な鉱山、もしくは鉱石生産量と品位が具体化している鉱山のみを対象とした。すでに開発の見込みが高い鉱山については、探査が進められているとの前提に立っているが、今後未探査もしくは生産量が不明な鉱山の探査が進めば、将来の供給量が増大する可能性が高い。2050年までの累積需要量は現時点の埋蔵量に匹敵するが、埋蔵量は経済性によって変動するものである。また、埋蔵量には未開発案件からの量が相当量含まれることから、引き続き新規鉱山の探鉱・開発は必要となる。2050年以降に供給不足に至らないためには、リサイクルも重要な役割を果たす。

²⁵ 基本的にS&P Global社のデータベースを使用し、一部Roskill社のデータベースを使用した。

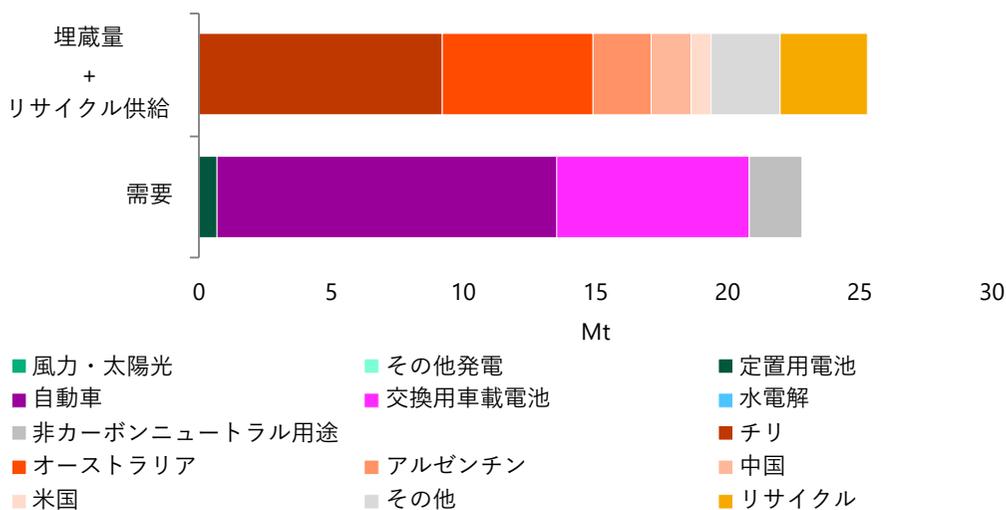
図8-1 | 世界のリチウム需給



注: 鉱物資源の使用原単位は現時点の原単位を見通し期間を通じて固定している

出所: 日本エネルギー経済研究所、三菱UFJリサーチ&コンサルティング

図8-2 | 世界のリチウム需要[技術進展シナリオ、2022年～2050年累積]と埋蔵量



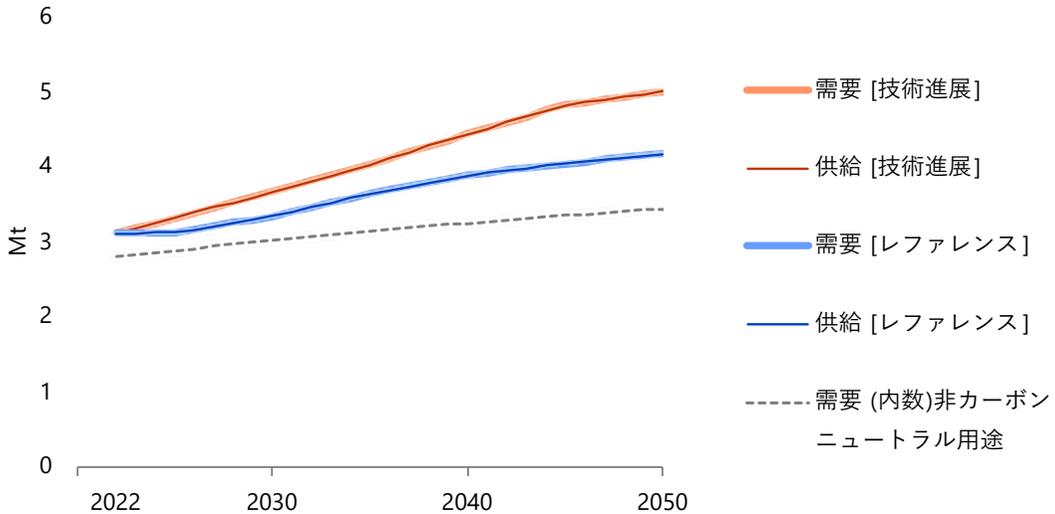
出所: 日本エネルギー経済研究所、三菱UFJリサーチ&コンサルティング、United States Geological Survey

シリコン

シリコン(ケイ素)は、鋼材の添加剤や半導体などさまざまな用途で使用されており、カーボンニュートラル技術では太陽光発電パネルに使用されている。レファレンスシナリオ、

技術進展シナリオとともに、太陽光発電の普及に伴いシリコン需要も大きく増加する。シリコン自体は、酸素に次いで2番目に多い元素で、埋蔵量は非常に多い。そのため、埋蔵量全体でみた場合には、需給ひっ迫の懸念はないと考えられる。

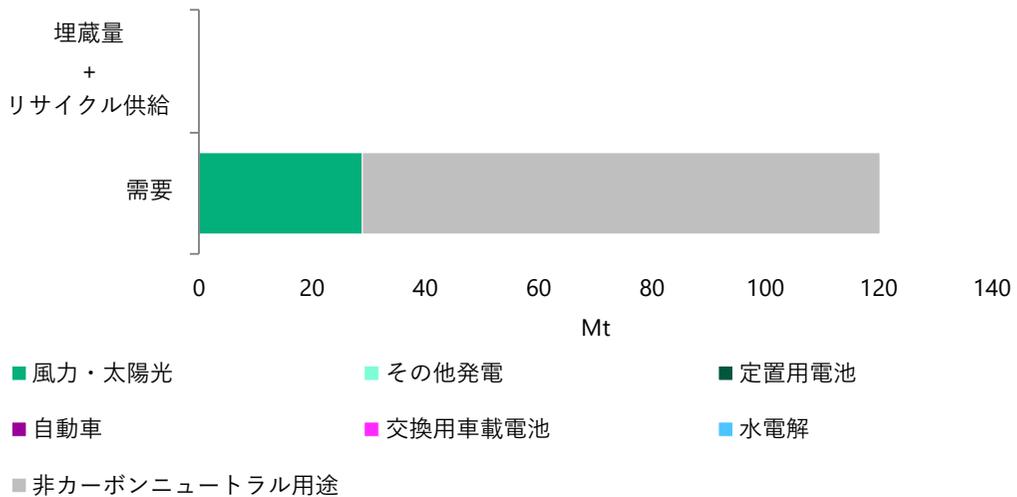
図8-3 | 世界のシリコン需要



注: 鉱物資源の使用原単位は現時点の原単位を見通し期間を通じて固定している

出所: 日本エネルギー経済研究所、三菱UFJリサーチ&コンサルティング

図8-4 | 世界のシリコン需要[技術進展シナリオ、2022年~2050年累積]と埋蔵量

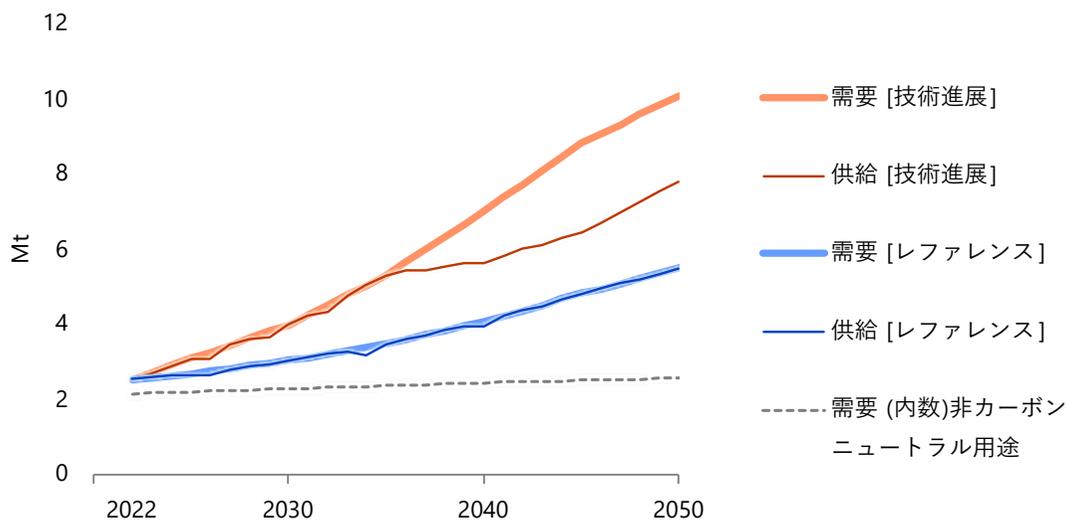


出所: 日本エネルギー経済研究所、三菱UFJリサーチ&コンサルティング

ニッケル

ニッケルの主要な用途はステンレス鋼や耐熱鋼である。カーボンニュートラル技術では、リチウムイオン電池の正極材(ニッケル・コバルト・アルミ[NCA]系やニッケル・マンガン・コバルト[NMC]系)として使用されている。そのため、自動車の電動化が大きく進む技術進展シナリオでは、需要が2050年までに現在の4倍に増大する。また、地熱発電所に使用される耐熱鋼での需要も無視できない。こうしたことから、需要量は2030年代後半に供給量を上回る。埋蔵量(+リサイクル供給量)も、技術進展シナリオでの累積需要量よりも少なく、供給不足に至る可能性がある。なお、ニッケルの新規鉱山からの供給予測については、生産量が明確な鉱山、もしくは鉱石生産量と品位が具体化している鉱山のみを対象とした。すでに開発の見込みが高い鉱山については、探査が進められているとの前提に立っているが、今後未探査もしくは生産量が不明な鉱山の探査が進めば、将来の供給量が増大する可能性が高い。鉱山の探鉱・開発及びリサイクル率の向上とともに、ニッケルの使用量が少ない、あるいは使わない蓄電池等のカーボンニュートラル技術の開発・普及が必要となる。

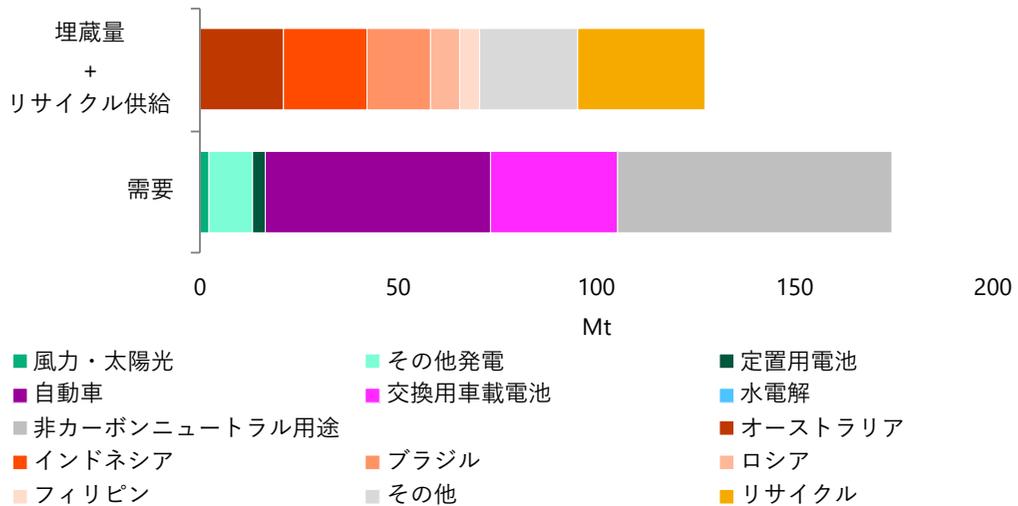
図8-5 | 世界のニッケル需給



注: 鉱物資源の使用原単位は現時点の原単位を見通し期間を通じて固定している

出所: 日本エネルギー経済研究所、三菱UFJリサーチ&コンサルティング

図8-6 | 世界のニッケル需要[技術進展シナリオ、2022年～2050年累積]と埋蔵量

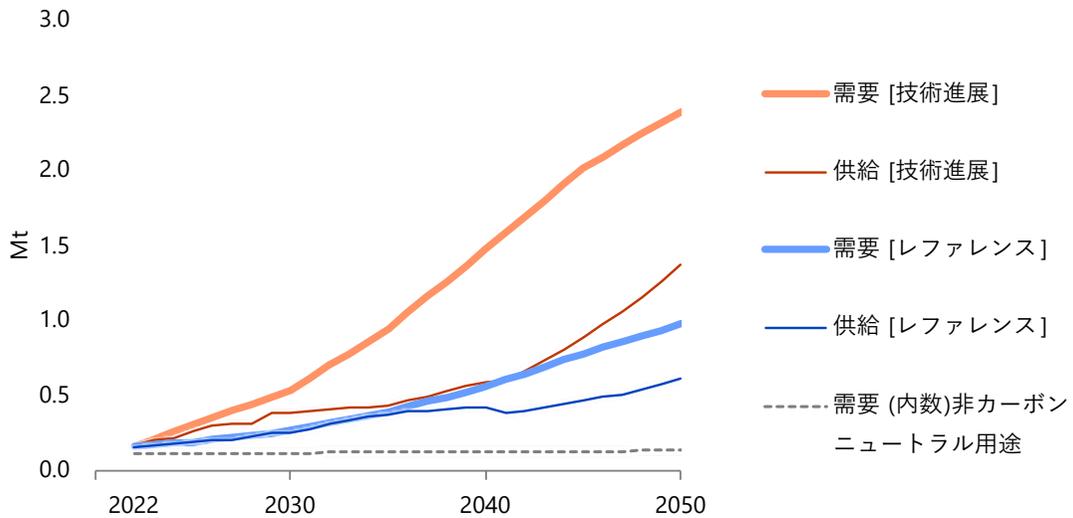


出所: 日本エネルギー経済研究所、三菱UFJリサーチ&コンサルティング、United States Geological Survey

コバルト

コバルトは、リチウムイオン電池の正極材が主用途である。そのため、自動車の電動化が大きく進む技術進展シナリオでの需要量は、2020年代半ばには供給量を上回り、2050年までに現在の15倍に増大する。埋蔵量も累積需要量に比べて非常に少なく、早期に供給不足に至る可能性がある。なお、コバルトの新規鉱山からの供給予測については、生産量が明確な鉱山、もしくは鉱石生産量と品位が具体化している鉱山のみを対象とした。すでに開発の見込みが高い鉱山については、探査が進められているとの前提に立っているが、今後未探査もしくは生産量が不明な鉱山の探査が進めば、将来の供給量が増大する可能性が高い。鉱山の探鉱・開発及びリサイクル率の向上とともに、コバルトの使用量が少ない、あるいは使わない蓄電池等のカーボンニュートラル技術の開発・普及が必要となる。また、コバルトは概して銅やニッケルを主生産物とする鉱種の副産物として生産されるが、今回のシミュレーションにおいては、コバルトと主生産物の関連は設定していない。

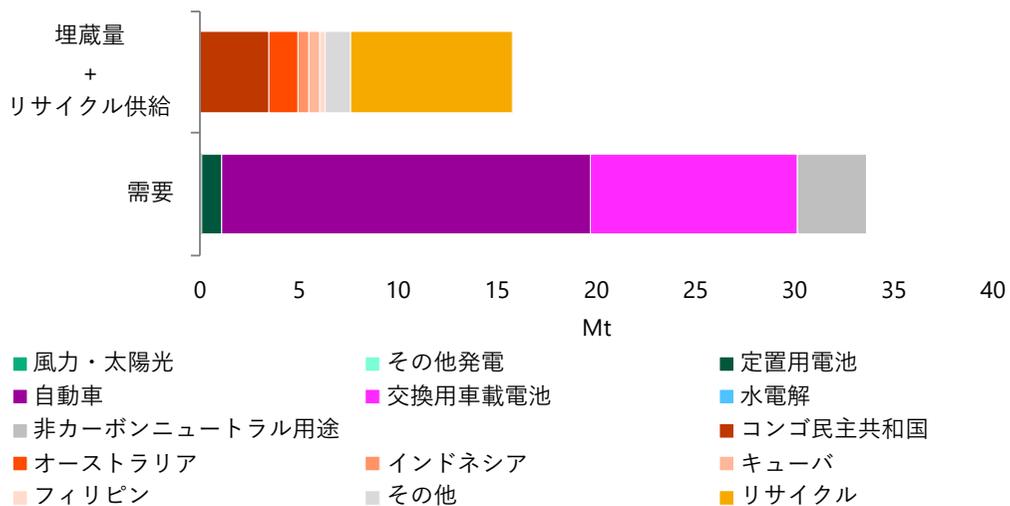
図8-7 | 世界のコバルト需給



注: 鉱物資源の使用原単位は現時点の原単位を見通し期間を通じて固定している

出所: 日本エネルギー経済研究所、三菱UFJリサーチ&コンサルティング

図8-8 | 世界のコバルト需要[技術進展シナリオ、2022年~2050年累積]と埋蔵量



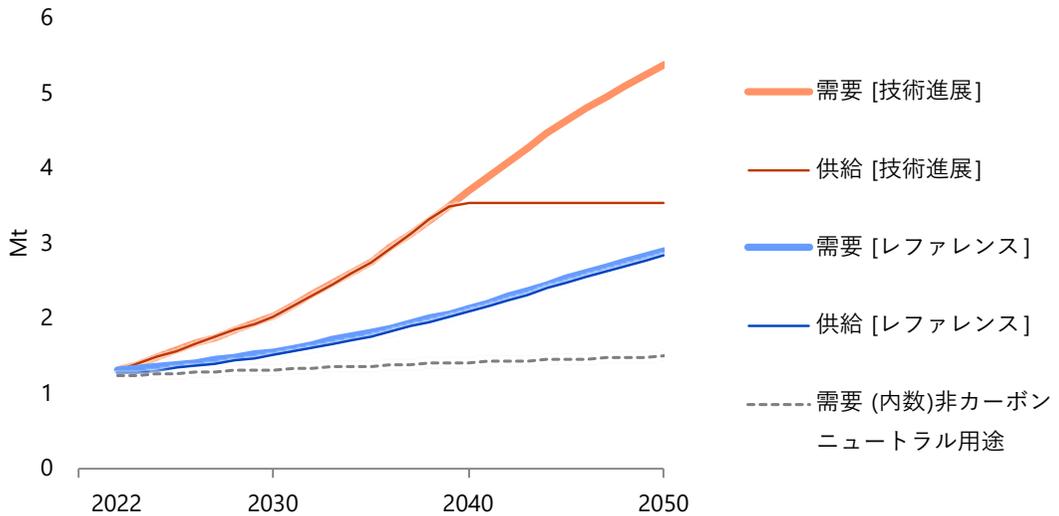
出所: 日本エネルギー経済研究所、三菱UFJリサーチ&コンサルティング、United States Geological Survey

グラファイト(天然)

グラファイト(黒鉛)は耐熱性に優れ、耐火物をはじめとして金属用ろつば、鋳型、電気炉電極などに使用される。近年は、リチウムイオン電池の負極材としての用途が増加してい

る。そのため、自動車の電動化が大きく進む技術進展シナリオでの天然グラファイトの需要量は、2040年頃には供給量を上回り、2050年までに現在の4倍以上に増大する。埋蔵量は累積需要量よりも十分に多く、供給不足に至らないためには、新たな鉱山開発や現状困難なりサイクル技術の開発などが必要である。なお、今回のシミュレーションでは人造グラファイトの需給については考慮していない。

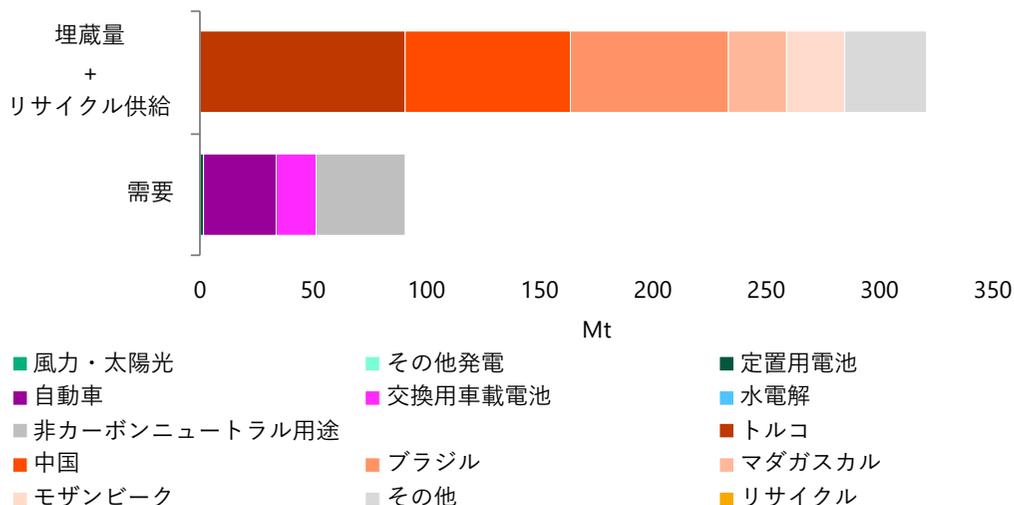
図8-9 | 世界の天然グラファイト需給



注: 鉱物資源の使用原単位は現時点の原単位を見通し期間を通じて固定している。需要のうち、3分の1を天然グラファイトとして推計している。

出所: 日本エネルギー経済研究所、三菱UFJリサーチ&コンサルティング

図8-10 | 世界の天然グラファイト需要[技術進展シナリオ、2022年～2050年累積]と埋蔵量

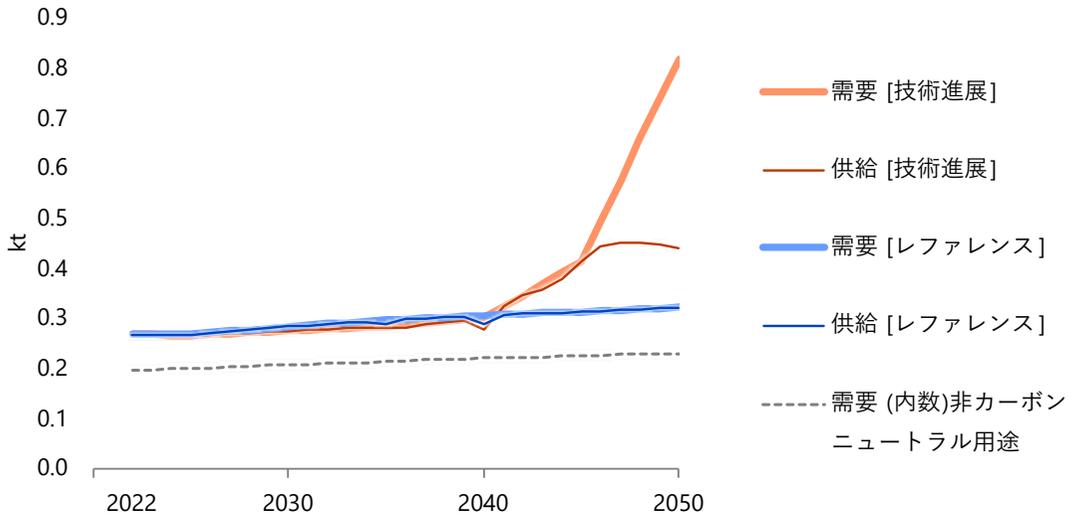


出所: 日本エネルギー経済研究所、三菱UFJリサーチ&コンサルティング、United States Geological Survey

プラチナ

プラチナ(白金)は、融点が高く、化学的に安定していることから、医療用や工業用として、また宝飾用としても幅広く使用されている。特に、自動車の排ガス触媒(三元触媒)として不可欠な鉱物である。また、燃料電池や水電解装置の電極触媒としても使用されている。技術進展シナリオでは、従来エンジン車の減少による需要減の一方で、燃料電池自動車による需要増加が2040年以降、顕著となる。その2040年代半ばには、技術進展シナリオでの需要量は、リサイクル分を含めた供給量を上回る。なお、プラチナの新規鉱山からの供給予測については、生産量が明確な鉱山、もしくは鉱石生産量と品位が具体化している鉱山のみを対象とした。すでに開発の見込みが高い鉱山については、探査が進められているとの前提に立っているが、今後未探査もしくは生産量が不明な鉱山の探査が進めば、将来の供給量が増大する可能性が高い。なお、プラチナはパラジウム等と共生することが多いが、今回のシミュレーションでは各鉱種のデータの関連性は設定していない。一方、埋蔵量は十分にあり、供給不足に至らないためには、新たな鉱山開発やリサイクル率の引き上げなどが必要である。

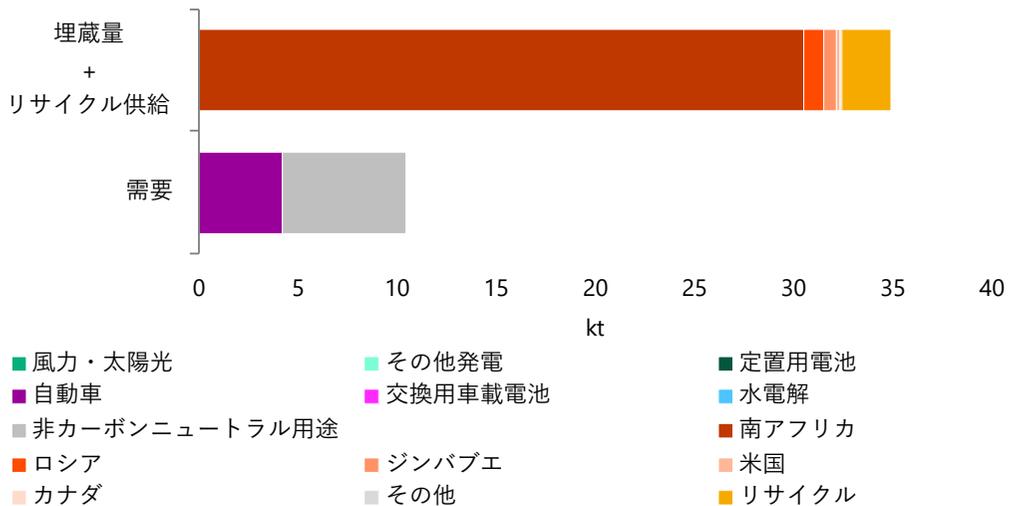
図8-11 | 世界のプラチナ需給



注: 鉱物資源の使用原単位は現時点の原単位を見通し期間を通じて固定している

出所: 日本エネルギー経済研究所、三菱UFJリサーチ&コンサルティング

図8-12 | 世界のプラチナ需要[技術進展シナリオ、2022年～2050年累積]と埋蔵量



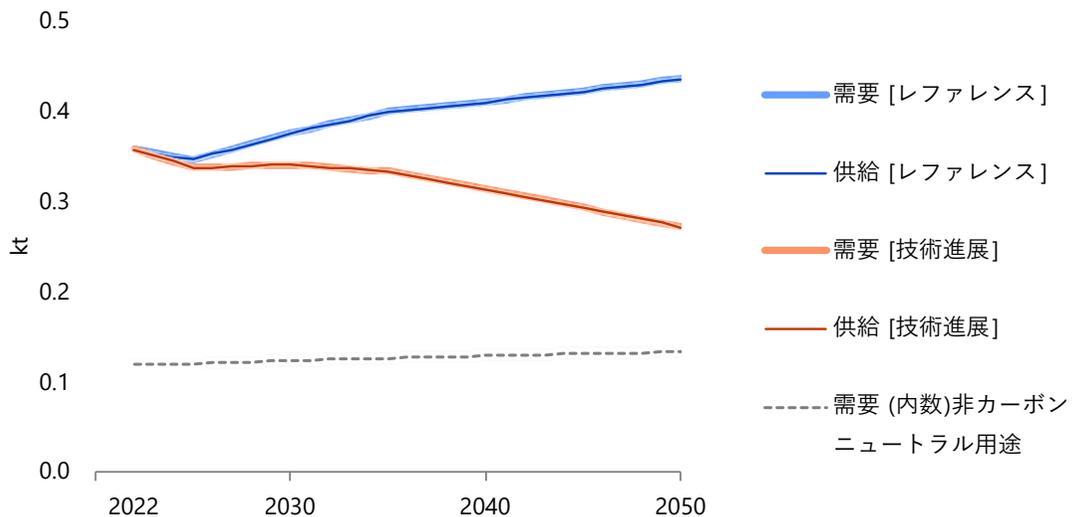
出所: 日本エネルギー経済研究所、三菱UFJリサーチ&コンサルティング、Hughes(2021)²⁶

²⁶ Hughes, et.al (2021), Platinum Group Metals: A Review of Resources, Production and Usage with a Focus on Catalysts

パラジウム

パラジウムも白金族(PGM)の1つであり、自動車の排ガス触媒(三元触媒)として不可欠な鉱物である。従来エンジン車が少ない技術進展シナリオにおける需要は横ばいから微減で推移する。その需要量は常にリサイクルを含めた供給で賄うことができ、2050年までには供給不足には至らない。埋蔵量も累積需要量に対して十分にあり、新たな鉱山開発やリサイクルを維持すれば、供給不足は回避できる。なお、パラジウムもニッケルやプラチナ等と共生することが多いが、今回のシミュレーションでは各鉱種の関連性は設定していない。

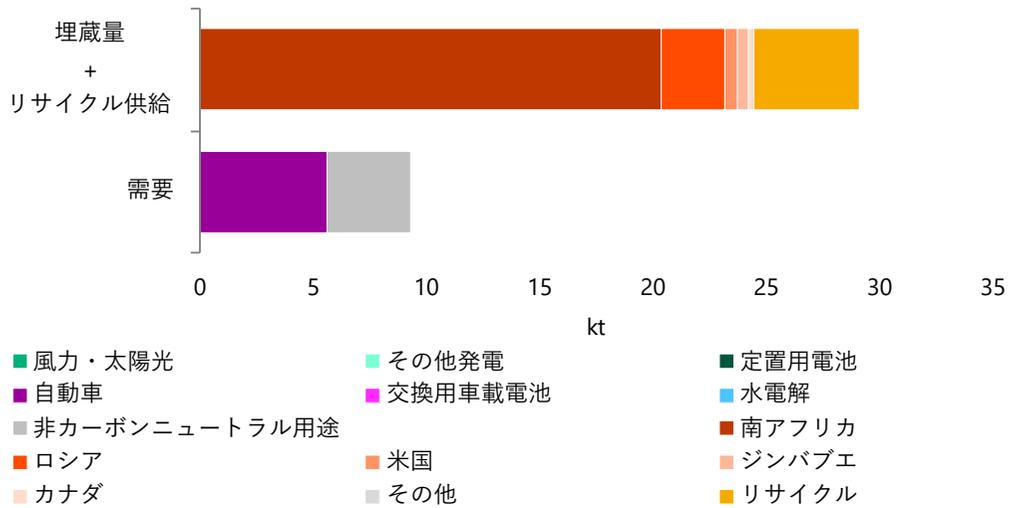
図8-13 | 世界のパラジウム需給



注: 鉱物資源の使用原単位は現時点の原単位を見通し期間を通じて固定している

出所: 日本エネルギー経済研究所、三菱UFJリサーチ&コンサルティング

図8-14 | 世界のパラジウム需要[技術進展シナリオ、2022年～2050年累積]と埋蔵量

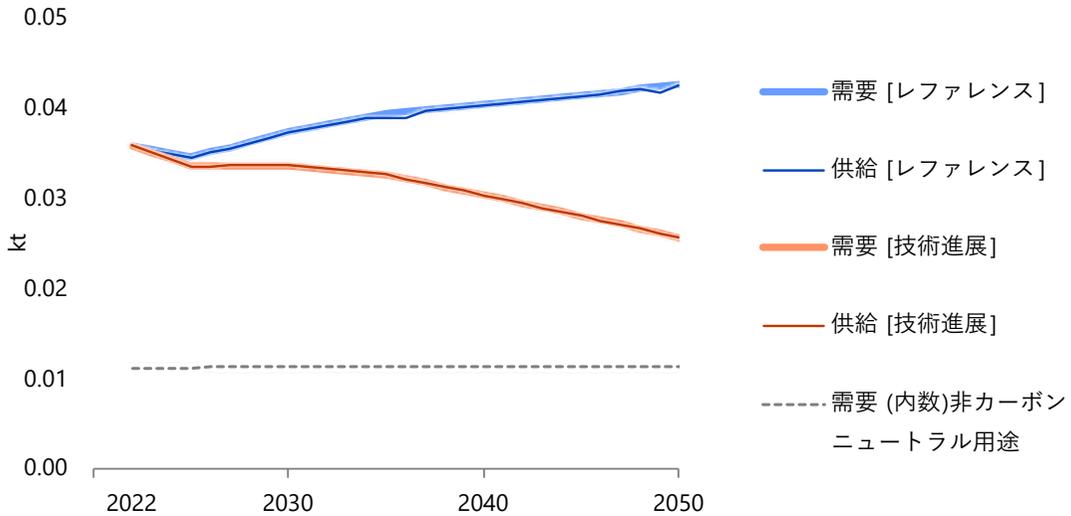


出所: 日本エネルギー経済研究所、三菱UFJリサーチ&コンサルティング、Hughes(2021)

ロジウム

ロジウムもPGMの1つである。硬度が非常に高く、強度を増すために合金として利用されている。また、他のPGMと同様に、自動車の排ガス触媒(三元触媒)として不可欠な鉱物である。ロジウムを使用する燃料電池や水電解技術の開発も行われているが、本Outlookでは計上せず、従来エンジン車が少ない技術進展シナリオにおける需要は横ばいから微減で推移する。その需要量は常に供給で賅うことができ、2050年までは供給不足には至らない。埋蔵量も累積需要量に対して十分にあり、新たな鉱山開発やリサイクルを維持すれば、供給不足は回避できる。なお、ロジウムについても、共生する他の鉱種との関連性は設定していない。

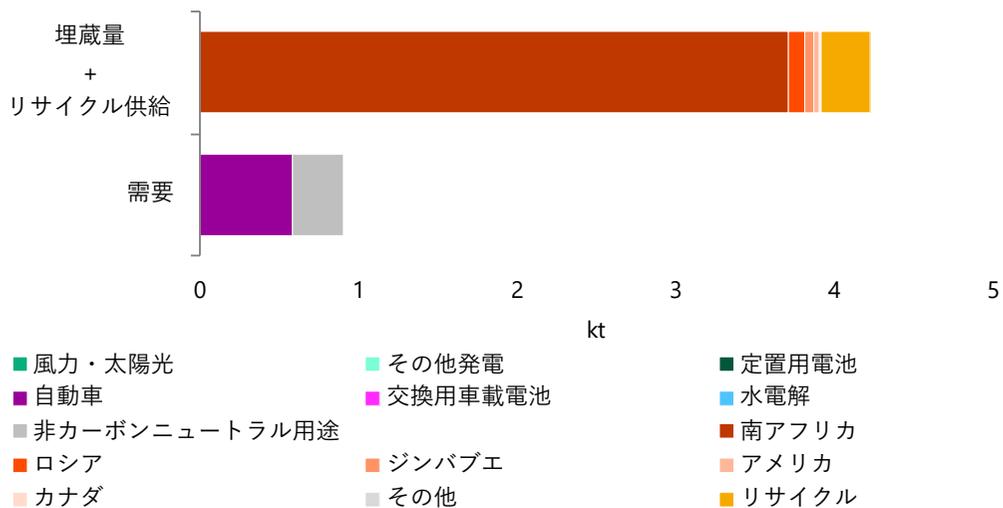
図8-15 | 世界のロジウム需給



注: 鉱物資源の使用原単位は現時点の原単位を見通し期間を通じて固定している

出所: 日本エネルギー経済研究所、三菱UFJリサーチ&コンサルティング

図8-16 | 世界のロジウム需要[技術進展シナリオ、2022年～2050年累積]と埋蔵量



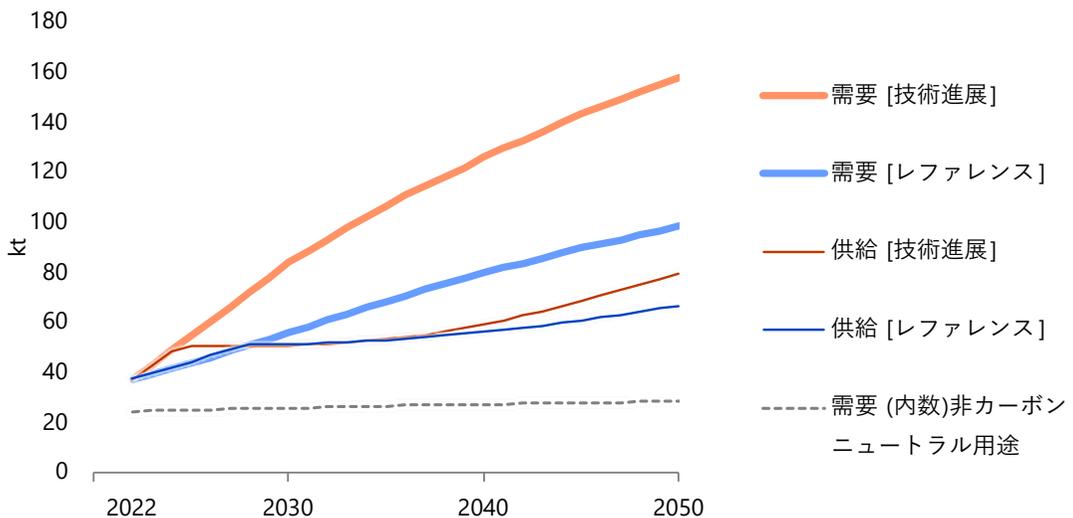
出所: 日本エネルギー経済研究所、三菱UFJリサーチ&コンサルティング、Hughes (2021)

ネオジウム

ネオジウムは、レアアース(希土類)の1つであり、主に磁石の材料として使われる。その磁石はネオジウム磁石と呼ばれ、非常に強い磁力が特長である。そのため、さまざまな電気機器に利用され、カーボンニュートラル技術では電動自動車のモーターや風力発電所の発

電機内の磁石に使用されている。技術進展シナリオでのネオジム需要は、あと数年で供給量を上回り、2050年までに現在の4倍以上に増大する。供給不足を回避するには、ネオジムの使用量が少ない、あるいは使わない磁石等のカーボンニュートラル技術の開発・普及や、リサイクル技術・システムの早期確立が必要である。なお、ネオジムの新規鉱山からの供給予測については、生産量が明確な鉱山、もしくは鉱石生産量と品位が具体化している鉱山のみを対象とした。すでに開発の見込みが高い鉱山については、探査が進められているとの前提に立っているが、今後未探査もしくは生産量が不明な鉱山の探査が進めば、将来の供給量が増大する可能性が高い。また、既存鉱山からの供給予測については、現状の生産量が2050年まで横ばいで推移すると想定した。ただし、主産地である中国においては、現時点の規制された生産量が維持されるとの前提に立っているが、将来の需要に応じて規制量は変動する可能性もある。

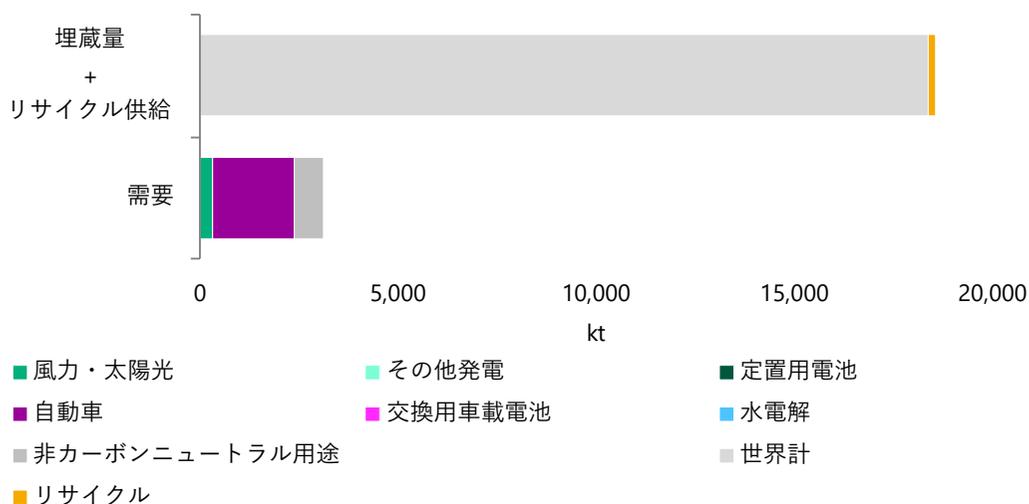
図8-17 | 世界のネオジム需給



注: 鉱物資源の使用原単位は現時点の原単位を見通し期間を通じて固定している

出所: 日本エネルギー経済研究所、三菱UFJリサーチ&コンサルティング

図8-18 | 世界のネオジム需要[技術進展シナリオ、2022年～2050年累積]と埋蔵量

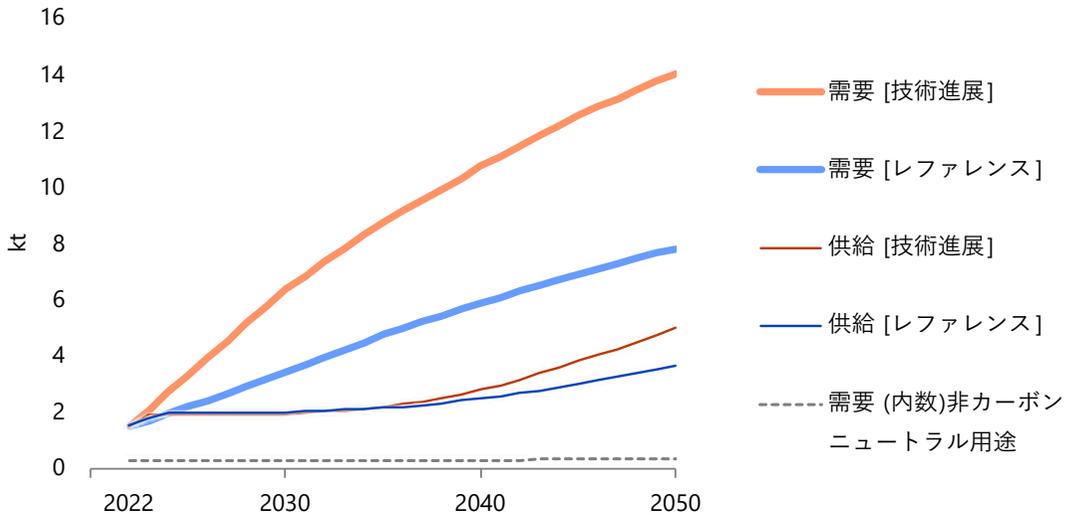


出所: 日本エネルギー経済研究所、三菱UFJリサーチ&コンサルティング、United States Geological Surveyより推計

ジスプロシウム

ジスプロシウムは、ネオジムと同様に、レアアース(希土類)の1つであり、主にネオジム磁石への添加材として使われる。電動自動車や風力発電がより普及する技術進展シナリオでの需要量は、あと数年で開発中・計画中の鉱山を含めた生産ポテンシャルを上回り、2050年までに現在の10倍に増大する。供給不足を回避するには、ジスプロシウムの使用量が少ない、あるいは使わない磁石等のカーボンニュートラル技術の開発・普及や、リサイクル技術・システムの早期確立が必要である。なお、ジスプロシウムの新規鉱山からの供給予測については、生産量が明確な鉱山、もしくは鉱石生産量と品位が具体化している鉱山のみを対象としているため、すでに開発の見込みが高い鉱山については、探査が進められているとの前提に立っているが、今後未探査もしくは生産量が不明な鉱山の探査が進めば、将来の供給量が増大する可能性が高い。また、ネオジム同様に中国の生産規制政策が需要状況に応じて変動する可能性もある。

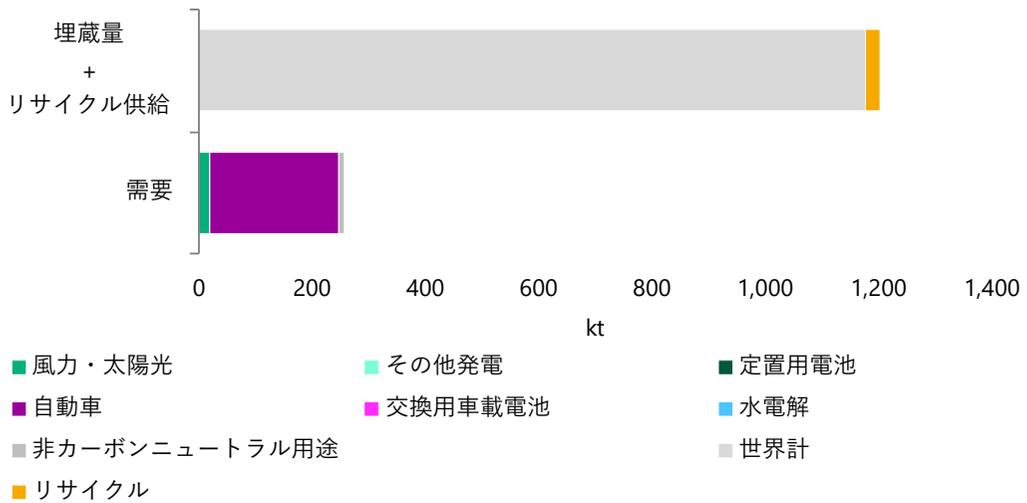
図8-19 | 世界のジスプロシウム需給



注: 鉱物資源の使用原単位は現時点の原単位を見通し期間を通じて固定している

出所: 日本エネルギー経済研究所、三菱UFJリサーチ&コンサルティング

図8-20 | 世界のジスプロシウム需要[技術進展シナリオ、2022年~2050年累積]と埋蔵量



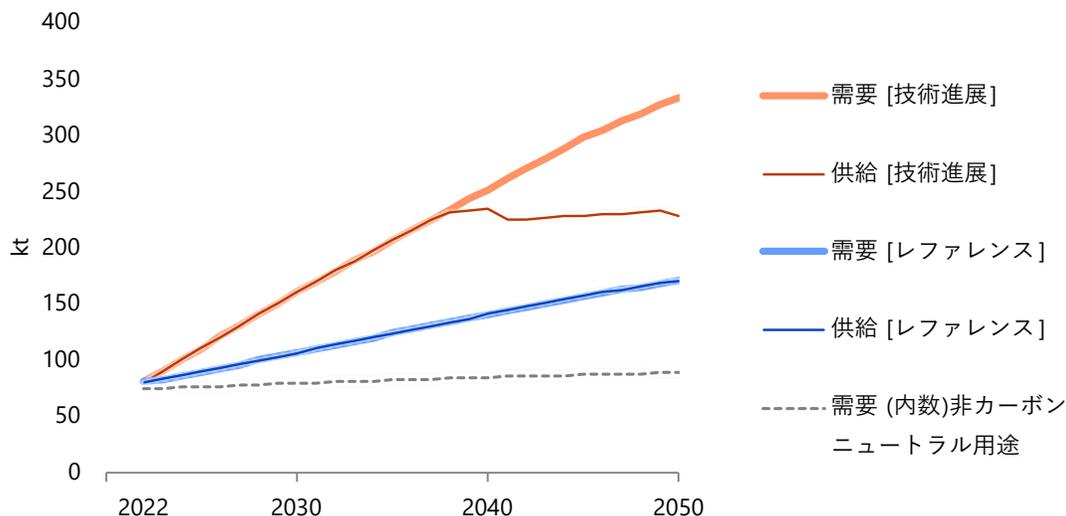
出所: 日本エネルギー経済研究所、三菱UFJリサーチ&コンサルティング、United States Geological Surveyより推計

バナジウム

バナジウムは、その多くが強じん性、耐熱性を高めるための鉄鋼への添加材として使われている。カーボンニュートラル技術では、レドックスフロー電池の電解液に利用される。

レドックスフロー電池は、電解液に含まれる活物質の酸化還元反応を利用することで半永久的に使用できるのが特長で、変動性再生可能エネルギー電源用の蓄電池として増加が見込まれる。技術進展シナリオでのバナジウム需要は、2050年までに現在の4倍に増大する。2030年代後半には供給量を上回る。ただ、埋蔵量は十分にあり、供給不足に至らないためには、新たな鉱山開発やリサイクル率の引き上げなどが必要である。

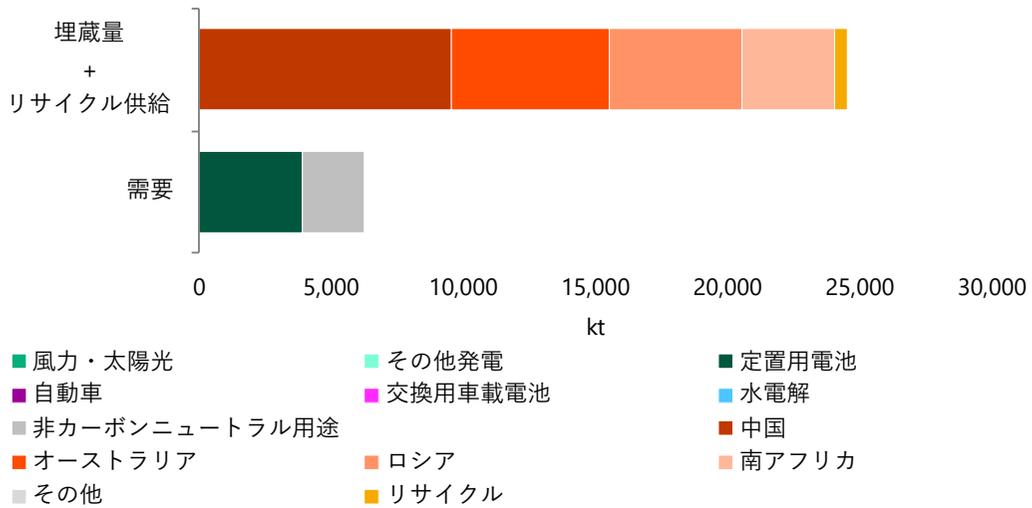
図8-21 | 世界のバナジウム需給



注: 鉱物資源の使用原単位は現時点の原単位を見通し期間を通じて固定している

出所: 日本エネルギー経済研究所、三菱UFJリサーチ&コンサルティング

図8-22 | 世界のバナジウム需要[技術進展シナリオ、2022年～2050年累積]と埋蔵量



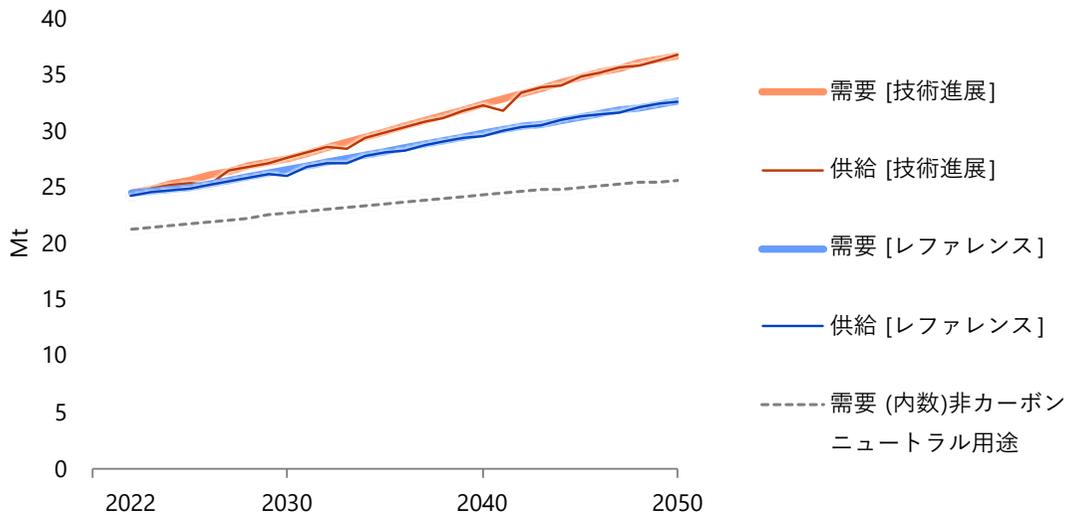
出所: 日本エネルギー経済研究所、三菱UFJリサーチ&コンサルティング、United States Geological Survey

銅

銅は、さまざまな用途で使用されており、本Outlookで定義したカーボンニュートラル技術以外での需要²⁷が多い。カーボンニュートラル技術では、風力・太陽光発電や電動自動車、蓄電池での需要が大きく増える。技術進展シナリオでの需要は、レファレンスシナリオより大きいだが、火力発電やエンジン自動車など従来技術での需要減少で一部相殺されている。対して供給量は、鉱山からの生産に加えて、リサイクルシステムが確立しており、また、現在の未開発案件からの採掘が進めば、少なくとも2050年までは大きな供給不足には至らないと予想される。今後約30年間の累積需要量は現時点の埋蔵量に匹敵するが、埋蔵量は経済性によって変動するものである。また、埋蔵量には未開発案件からの量が相当量含まれることから、引き続き新規鉱山の探鉱・開発は必要となる。2050年以降に供給不足に至らないためには、リサイクルも重要な役割を果たす。

²⁷ カーボンニュートラル技術以外の鉱物需要は人口・経済等の見通しから概算的な予測を試みている。

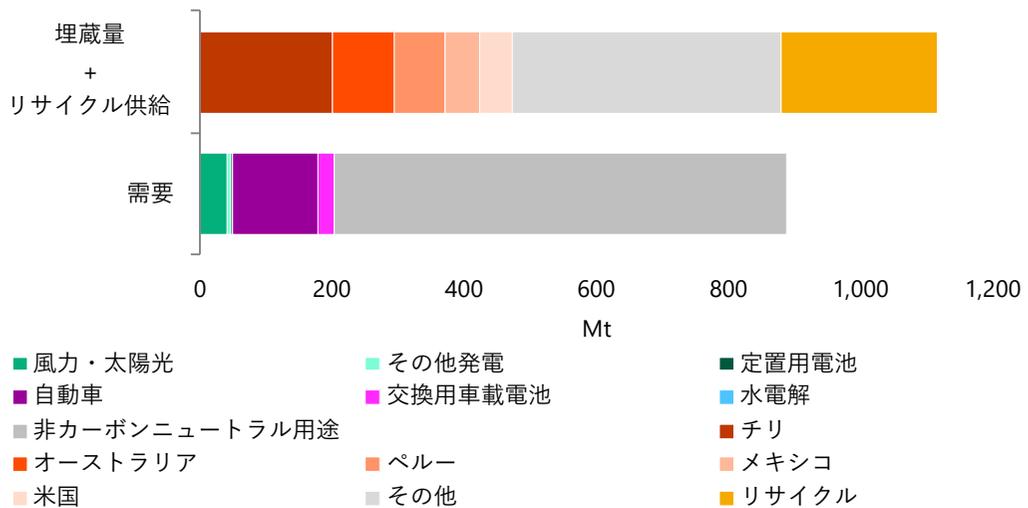
図8-23 | 世界の銅需給



注: 鉱物資源の使用原単位は現時点の原単位を見通し期間を通じて固定している

出所: 日本エネルギー経済研究所、三菱UFJリサーチ&コンサルティング

図8-24 | 世界の銅需要[技術進展シナリオ、2022年～2050年累積]と埋蔵量

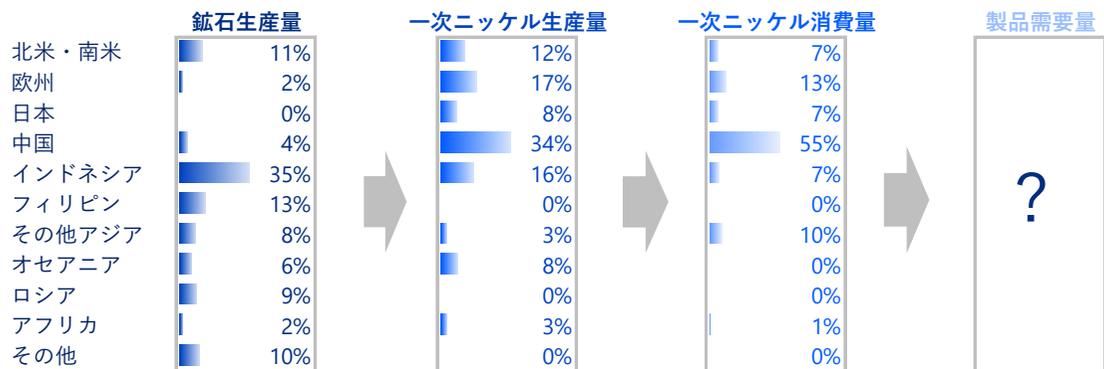


出所: 日本エネルギー経済研究所、三菱UFJリサーチ&コンサルティング、United States Geological Survey

8.3 課題・まとめ

鉱物資源のマテリアルフローは複雑である。図8-25に2019年におけるニッケルのマテリアルフローの各段階における国・地域別シェアを示す。上流から下流に向けて、大きく分けて鉱石生産、一次ニッケル生産、一次ニッケルからのステンレス鋼や耐熱鋼等の製造（一次ニッケル消費）、製品の需要の各段階がある。鉱石生産ではインドネシアのシェアが最も大きい、一次ニッケルの生産・消費は中国のシェアが最大、つまり、製品需要側からみると中国への依存度が最も高い。このニッケルの例が示すように、鉱石生産と最終製品需要のみでは鉱物資源のサプライチェーンにおける課題やボトルネックを正確に特定することは難しく、最終製品ごとに異なるであろうサプライチェーンを詳細に分析しなければわからないことも多い。また、現在のサプライチェーンが今後も長期にわたり不変であるとは限らない。このように分析における課題は多いものの、まず鉱物の需給バランスや偏在性に基づき課題を抽出することには意義がある。

図8-25 | ニッケルのマテリアルフロー[2019年]



出所: JOGMEC 鉱物資源マテリアルフロー 2020 8. ニッケル(Ni)に基づき作成

技術進展シナリオにおけるクリティカルミネラルの需給見通しおよび課題・インプリケーションを表8-2に示す。

表8-2 | 技術進展シナリオにおけるクリティカルミネラルの需給見通しサマリー

| | 埋蔵量(+リサイクル供給) vs 累積需要 | 供給不足年 | 偏在性・地政学リスク |
|---------|-----------------------|----------|-----------------------------------|
| 銅 | > | 可能性低 | 低 (チリ、オーストラリア、ペルー、メキシコ) |
| リチウム | > | 2030年ごろ | 中 (チリ、オーストラリア、アルゼンチン、中国) |
| シリコン | ≈ | - | - |
| ニッケル | < | 2030年代後半 | 大 (インドネシア、フィリピン、ロシア、オーストラリア、ブラジル) |
| コバルト | << | 2020年代半ば | 大 (コンゴ民主共和国、オーストラリア、インドネシア) |
| グラファイト | >> | 2040年頃 | 大 (トルコ、中国、ブラジル) |
| プラチナ | >> | 2040年代半ば | 大 (南アフリカ、ロシア、ジンバブエ) |
| パラジウム | >> | 可能性低 | 大 (南アフリカ、ロシア、米国) |
| ロジウム | >> | 可能性低 | 大 (南アフリカ、ロシア、ジンバブエ) |
| ネオジム | >> | 2020年代半ば | 大 (中国) |
| ジスプロシウム | >> | 2020年代半ば | 大 (中国) |
| バナジウム | >> | 2030年代後半 | 大 (中国、オーストラリア、ロシア、南アフリカ) |

多くのクリティカルミネラルでは、埋蔵量とリサイクル量が累積需要量を上回る。しかし、本シミュレーションにおいては、リチウム、コバルト、ネオジムおよびジスプロシウムは2030年代半ばまでには需要が供給を上回る。また、ニッケル、グラファイト、プラチナ、バナジウムに関しても、将来的に需要が供給を上回る可能性が示されている。短期的には既存鉱山での増産が、中長期的には新規鉱山開発やリサイクル率の向上に資する技術開

発の促進が求められる。ただし、需要量の原単位やレアアースの生産規制など変動する可能性については考慮せずに現状のままのシミュレーションになっている点は考慮すべきである。これらの仮定が変化すれば、需給バランスも大きく変化する。

自動車の電動化が大きく進展する技術進展シナリオではリチウムイオン電池の正極材としてニッケル需要の急拡大が見込まれるが、主な供給国はインドネシア、フィリピンなど限定的である。同様に、自動車の電動化の進展に伴いコバルトの需要の急拡大が見込まれるが、コンゴ民主共和国が世界の生産シェアの約70%を占める。グラファイトの供給はトルコ、中国、ブラジルの寡占であり、プラチナ、パラジウム、ロジウムについては供給に占める南アフリカやロシアのシェアが高い。レアアースであるネオジウム、ジスプロシウムの生産は中国に集中している。バナジウムの供給は中国、オーストラリア、ロシア、南アフリカの寡占であり、そのうち中国のシェアは50%超である。このようにクリティカルミネラルの供給は数か国による寡占状態にあり、資源供給国における資源開発プロジェクトへの規制や、税制を含めた輸出規制の導入は、資源需要国に対する供給制約につながるおそれがある。そのため、資源供給国の政策動向に十分に注意を払う必要がある。

クリティカルミネラルの他国への依存を軽減できる技術として、今後はリサイクル技術の開発と実用化を最大限進めてゆく必要がある²⁸。エネルギー・経済安全保障の観点より、これまでは権益取得や長期売買契約により資源の確保と安定供給が担保されてきたが、リサイクルはこれらの従来型アプローチに頼らない取り組みという意味でも重要である。一例として、リチウムはリサイクルが困難なクリティカルミネラルであり、現時点ではリサイクル技術が確立されているとは言い難い。しかし、今後は経済性のみならず、世界全体でサーキュラーエコノミーを実現する社会的意義からも Battery to Batteryでの水平リサイクル技術などを積極的に導入してゆくことが重要である²⁹。リチウムはそれ程希少な金属資源ではなく世界中に賦存しているが、陸上で経済的に採掘・生産可能な埋蔵量には限界がある。一方、濃度は低いものの海水中にも微量のリチウムが含まれており、埋蔵量は陸上の5,000倍と見積もられている。そこで、海水中から微量のリチウムを回収・分離

²⁸ 重要鉱物の累積導入量(=ストック量+新規導入量-廃棄量)が拡大している間はリサイクルだけで必要量を充足することは困難であり、外部からの供給が必要である点に留意

²⁹ JX金属(2022)、「クローズドループ・リサイクルによる車載LiB再資源化」がNEDOグリーンイノベーション基金で採択」、https://www.nmm.jx-group.co.jp/newsrelease/2022/20220420_01.html

し、高純度にまで濃縮する技術の開発と実用化も試みられている³⁰。リサイクルと同時に、シフト(不使用・使用量削減)技術の開発も重要である。リチウムイオン電池のリチウム代替を目指したナトリウムイオン電池の開発、リチウムイオン電池に必要なコバルトの使用量の削減(レス: less)や不使用(フリー: free)に向けた取り組みも進められている。このような例が示すように、使用原単位を左右する重要な要素技術の開発動向に注意を払う必要もある。

また、クリティカルミネラルの分散化も検討課題である。自然変動型再生可能エネルギーの導入拡大に伴いエネルギー貯蔵技術の必要性も高まるが、たとえば、バナジウムレドックスフロー電池や水素燃料電池の活用によってリチウムへの依存度を軽減できる可能性もある。

このように、クリティカルミネラルの安定供給には、資源外交の強化、新規鉱山の探鉱・開発、リサイクルの促進、シフト技術開発、分散化など、多面的な対応が求められる。しかしながら、資源供給国の政策やリサイクル・省資源・代替技術開発の見直しには、いずれも不確実性が伴う。また、本分析は技術進展シナリオを前提としたものであり、もし世界全体で2050年頃のカーボンニュートラルを目指す場合には、さらに安定供給への懸念が高まるものと思われる。したがって、エネルギー・経済安全保障の観点から、特定のカーボンニュートラル技術への過度な依存の回避を目指したバランスの取れた技術選択の検討も求められるであろう。

一方、クリティカルミネラルと石油・ガスのエネルギー・経済安全保障への影響のあり方は異なる点に留意が必要である。多くの国では、技術進展シナリオで必要とされるクリティカルミネラルを自国内だけで確保することは困難であり、最大限リサイクル率を向上させたとしても輸入に頼らざるを得ない状況に変わりはない。一方、蓄電池併設型の再生可能エネルギー発電を例にエネルギー・経済安全保障に着目した場合、たとえクリティカルミネラルの供給途絶が起きたとしても、すでに輸入されているクリティカルミネラルは何らかの機能を継続して発揮し得る。つまり、クリティカルミネラルの輸入依存度が高くとも、エネルギーの安定供給への短期的な悪影響は他のエネルギー資源に比べて小さ

³⁰ Royal Society of Chemistry (March 30, 2021), "Continues electrical pumping membrane process for seawater lithium mining," <https://pubs.rsc.org/en/content/articlehtml/2021/ee/d1ee00354b>

いといえ、供給途絶がエネルギー危機にそのまま直結する石油・天然ガスなどの化石燃料との比較において、この点はクリティカルミネラルが有する利点といえよう。

9. グリーン投資による経済への影響

9.1 背景

IEEJ Outlook 2022では、カーボンニュートラルに向かう過程において考慮すべき諸課題について提起した。その中で、気候変動対策への投資が、排出削減と経済成長の好循環を形成するという「グリーン成長」が期待されているが、その効果の実現しない可能性や効果の現れ方が国や主体によって異なる可能性があることを懸念した。そして、そのことが、新たな格差——①先進国間での格差と新興・途上国間での格差、②先進国と新興・途上国との間での格差、③化石燃料の輸出に依存している国とそうではない国との間での格差、④同じ国の国民・市民の中での格差——を生じさせる可能性があることを指摘した。

本章は、上記の指摘を踏まえ、気候変動対策への投資(グリーン投資)が、各国・地域にどのような影響を与え、また、どのような格差が生じうるのか定量的に評価するものである。

9.2 分析手法

分析手法の概要

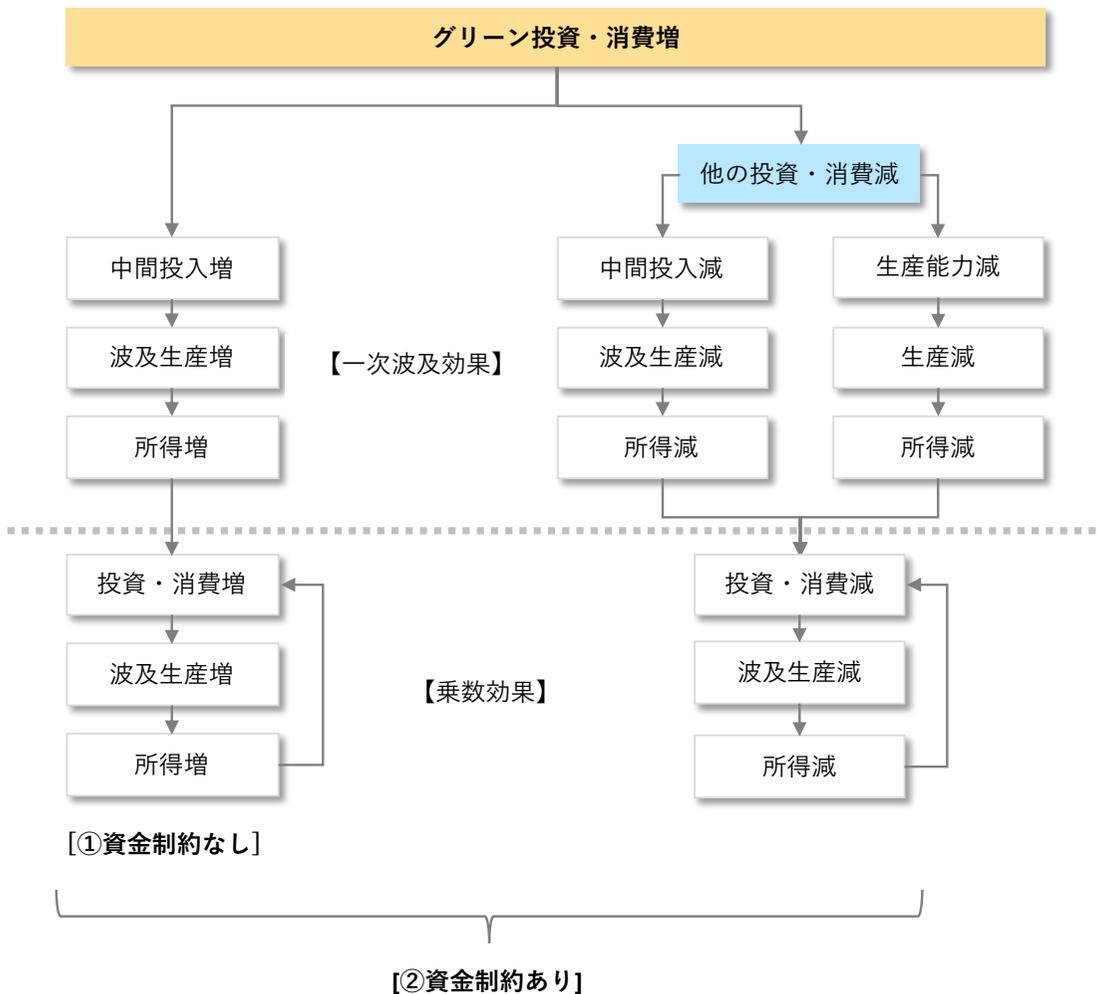
各国の各主体によるグリーン投資・消費³¹による経済波及効果を産業連関分析によって計測する。グリーン投資・消費額は、本Outlookで推計しているエネルギー投資額(5章 エネルギー関連投資)に基づいており、技術進展シナリオのレファレンスシナリオに対する投資差額を適用して経済影響を測定する。また、グリーン投資によって生じるエネルギー支出額のレファレンスシナリオ比の増減も考慮されている。

波及効果の測定には、①投資・消費に回すことができる資金総額を自在に増やせる「資金制約なし」と、②経済力や資金調達力の制限などにより資金総額を変えられない「資金制約あり」の2ケースを実施する。

前者の場合、追加的なグリーン投資・消費は、それだけでプラスの波及効果が期待される(図9-1)。追加的な投資・消費額分の財・サービス需要が発生し、当該産業の所得増加を通じて、さらなる財・サービスの消費が誘発される(グリーン成長の基本的な考え方)。

³¹ 産業連関分析にあたって、企業が行う最終支出を投資、家計が行う最終支出を消費と区別する。

図9-1 | グリーン投資の波及効果測定のイメージ



しかし、実際には投資資金・消費予算には制約があり、グリーン投資・消費に支出した分、他の投資・消費が減じられる可能性もある。個々の企業・家計においては、支出予算は収入とのバランスで常に意識されるはずであり、また、借入金で追加的なグリーン投資・消費資金を賄う場合でも、金融市場が引き締め金利上昇を通じて他の投資・消費が抑制される可能性がある。さらに、グリーン投資自体は生産能力拡大投資ではないので、他の投資減少による生産能力の減少を通じて生産・所得が減少することも考えられる³²。

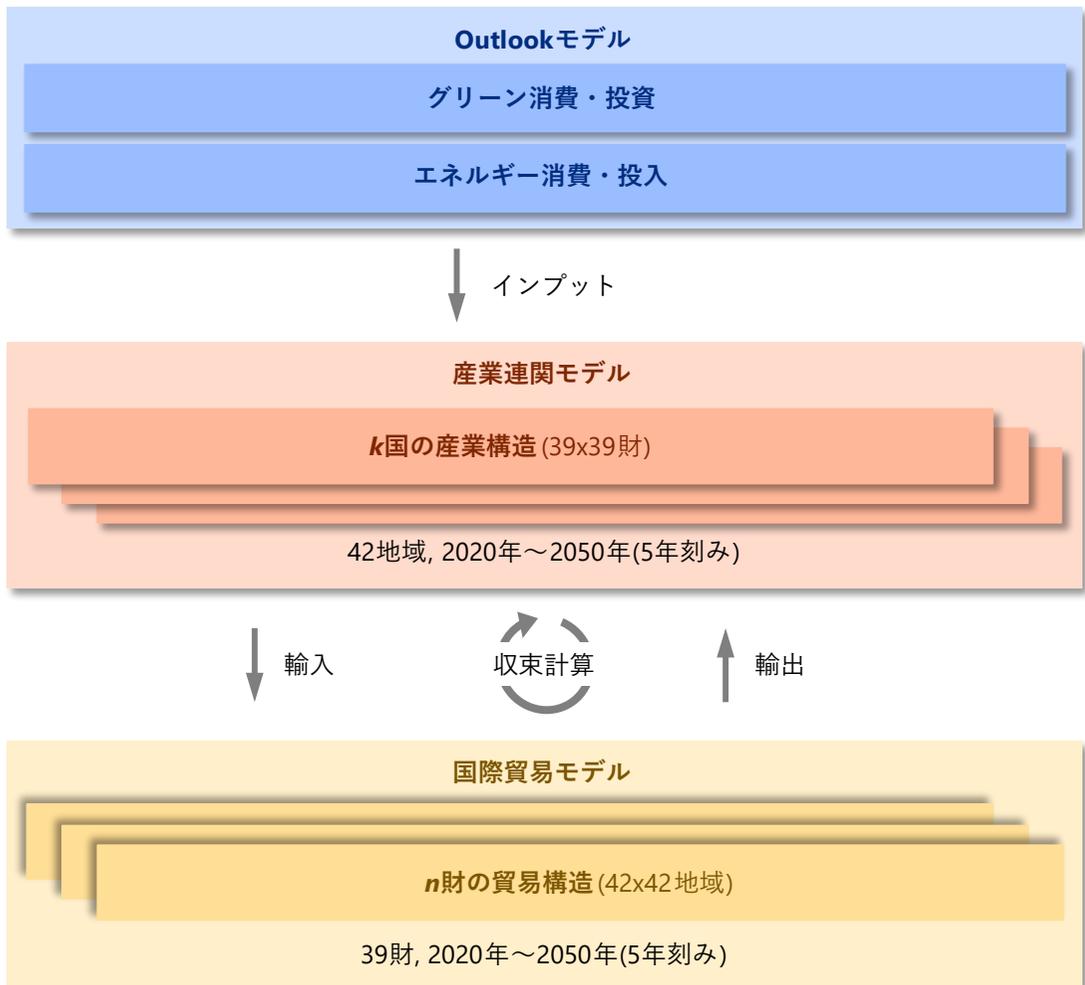
³² 運送業を例にとるとわかりやすい。たとえば、5万ドルのエンジン自動車トラックも10万ドルの電気自動車トラックも1台当たりの積載能力は変わらない。グリーン投資(差額の5万ドル)は生産拡大になん

実際には、資金制約なしにグリーン投資の分だけ投資が追加されることも、また、グリーン投資のすべての予算を他分野の投資予算を減じて捻出することもないであろう。グリーン投資・消費の経済影響を、上限値と下限値という振れ幅の中で評価する。

モデル構造

分析に用いるモデルは、各国の産業関連モデルと国際貿易モデルの2つのモジュールから成る(図9-2)。

図9-2 | モデル構造の概要



ら寄与しない。仮に、ある企業のトラックの購入(投資)予算が10万ドルの場合、エンジン自動車なら2台購入できるが、電気自動車なら1台しか購入できない。予算制約下のグリーン投資は、生産能力が通常の投資に比べて低下し、ひいては売上の低下につながる。

産業連関モデルにおいて、初期インプットとして、グリーン投資・消費額およびその帰結としてのエネルギー投入・消費の増減額を与え、各国の経済波及効果を測定する。その際、ある財・サービスへの需要の変化は輸入の変化をもたらすが、この輸入の変化を国際貿易モデルにて各国の輸出の変化に転換する。そして、この輸出の変化による各国の経済波及効果を産業連関モデルにて再び測定する。各国の産業連関モデルと国際貿易モデルとの間で波及効果が収束するまで繰り返し計算を行う。

Box 9-1 | 産業連関モデルおよび国際貿易モデルの構造式

産業連関モデルおよび国際貿易モデルの構造式は以下のとおりである：

k 国の産業連関モデル

産業連関モデル: $A_k \mathbf{x}_k + \mathbf{d}_k + \mathbf{e}_k - \mathbf{m}_k - \mathbf{t}_k = \mathbf{x}_k$

内需: $\mathbf{d}_k = \mathbf{c}_k + \mathbf{i}_k + \mathbf{g}_k$

消費: \mathbf{c}_k (インプット: グリーン消費額 + エネルギー消費額の変化)

投資: \mathbf{i}_k (インプット: グリーン投資額)

政府支出: \mathbf{g}_k

輸出: \mathbf{e}_k

輸入: $\mathbf{m}_k = M_k (A_k \mathbf{x}_k + \mathbf{d}_k)$

税金(間接税 + 輸入税): $\mathbf{t}_k = T^d_k (A_k \mathbf{x}_k + \mathbf{d}_k) + T^m_k \mathbf{m}_k$

国内生産: $\mathbf{x}_k = [I - (I - T^d_k - (I + T^m_k) M_k) A_k]^{-1} [(I - (I - T^d_k - (I + T^m_k) M_k) \mathbf{d}_k + \mathbf{e}_k]$

国内総生産(GDP): $y_k = \mathbf{y}^{va}_k^T \mathbf{x}_k$

投入係数: A_k (インプット: エネルギー投入の変化)

輸入比率の対角行列: M_k

間接税率の対角行列: T^d_k

輸入税率の対角行列: T^m_k

付加価値率: \mathbf{y}^{va}_k

ここで、大文字は産業の正方行列(39×39)、 I は単位行列(39×39)、ボールド小文字は産業ベクトル(39×1)、上添え字 T は転置である。

n 財の国際貿易モデル

輸入額: $M_{[n]}^r$ (産業連関モデル内 m_k の n 番目の要素を42か国について対角行列化)

輸入行列: $M_{kl} = M_{[n]}^r M_{kl}^s$ (k 国の l 国からの輸入額)

輸出行列: $E_{kl} = M_{lk} = M_{kl}^T$ (k 国の l 国への輸出額)

輸入元構成比: M_{kl}^s (k 国の輸入国別構成比)

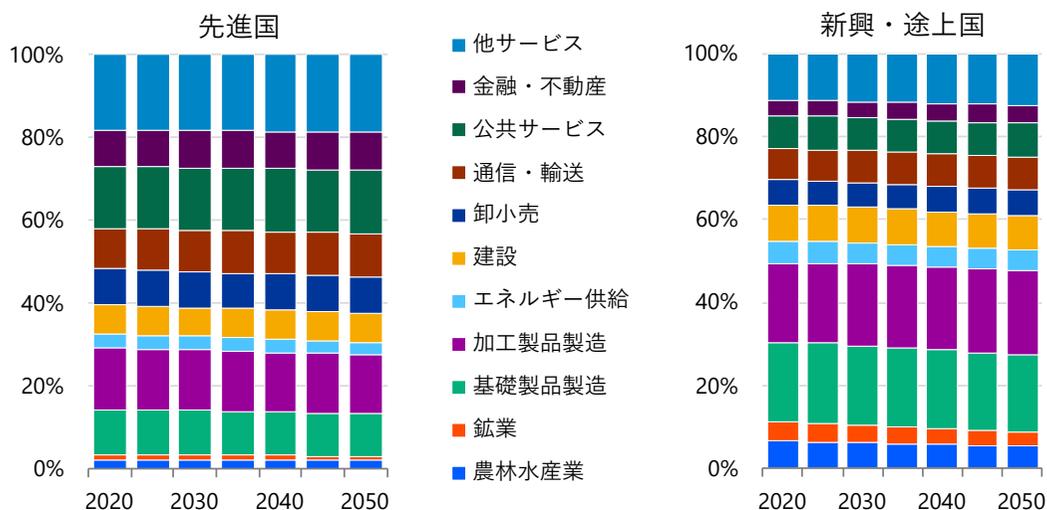
ここで、大文字は地域の正方行列(42×42)である。

レファレンスシナリオの経済構造

経済波及効果を測定するにあたり、レファレンスシナリオにおける2050年までの各国の産業連関表を推計する。実績はGlobal Trade Analysis Project (GTAP)のGTAP 10 Data Baseの産業連関表(2004年、2007年、2011年、2014年)を使用し、42地域区分、39×39産業表に集約している。2050年までは2020年から5年刻みで推計し、経済規模は本Outlookで想定した経済想定(1.2 主要前提)に準じている。中間投入構造の変化はRAS法を採用し、各需要構造は過去からのトレンドなどを考慮して推計を行った。また、本Outlookレファレンスシナリオの各部門のエネルギー消費や電源構成なども反映した。

推計の結果、2050年までの先進国の産業構造に大きな変化はない(図9-3)。一方、新興・途上国では一次産業が低下、工業化・サービス化が進む。特に新興・途上国では、所得水準の向上によって消費構成の食料のシェアが大きく低下し、工業品・サービスの割合が高まってくる。また、輸出構成でも、工業製品が一次産品(農業や鉱業)を取って代わり、経済の工業化が大きく進展する。

図9-3 | 生産額構成



初期インプットの前提

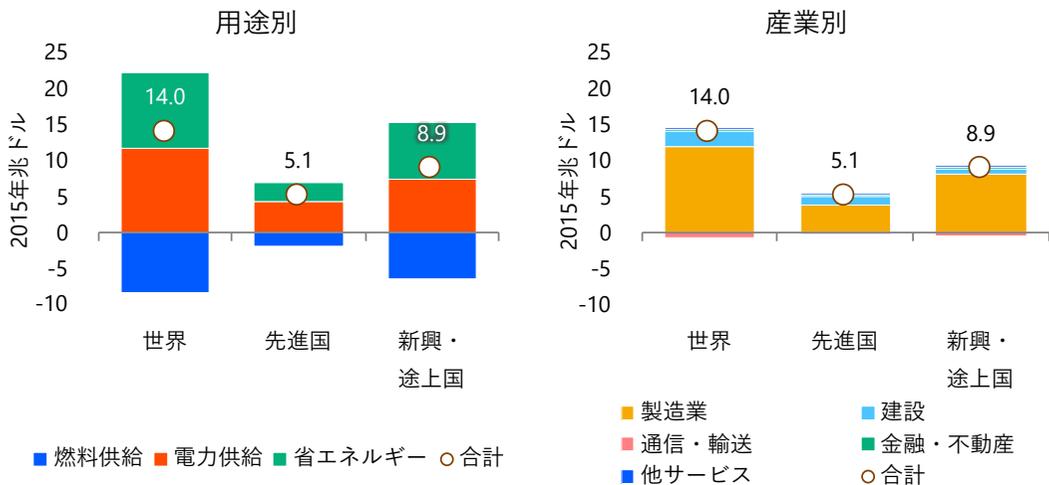
前項で推計した産業連関表(レファレンスシナリオ)に対して、本Outlookのグリーン投資・消費額およびエネルギー投入・消費額増減(技術進展シナリオのレファレンスシナリオに対する差分)を初期ショックとしてインプットする。

2050年までのグリーン投資・消費額累計(レファレンスシナリオと技術進展シナリオとの投資額の差分)は、世界全体で14兆ドル(2015年価格)にのぼる(図9-4)。脱炭素化の余地が大きい新興・途上国が先進国より多額となる。年平均では4,700億ドルで、GDPに対する比率は平均で0.4%程度となる。

エネルギー投資・消費額は、その技術要素の内訳を各産業に分配し、消費および投資にインプットする。産業別にみると、建設業は燃料供給投資の減少と電力供給投資の増加が相殺され、結果として、製造業への投資が中心となる。なお、資金制約がある場合、グリーン投資・消費に相当する額だけ他の投資・消費が減少する(各産業の減少分は投資構造、消費構造の比率で案分)。さらに、グリーン投資以外の投資の減少により、生産能力が低下する³³。

³³ 資本と労働に関する一次同次のコブ・ダグラス型生産関数を想定する。投資の減少は資本ストックの低下となり、生産関数を通じてGDPが減少することを考慮した。

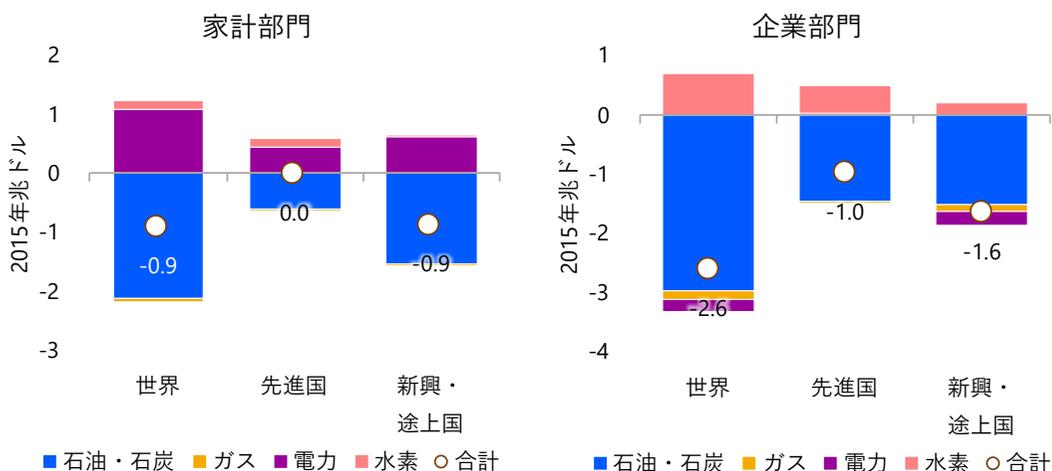
図9-4 | グリーン投資・消費額の増減(レファレンスシナリオ比) [2021年～2050年累積]



エネルギーへの支出額累計の減少(技術進展シナリオのレファレンスシナリオとの差分)は世界全体で28兆8,000億ドルにのぼる。減少額は省エネルギー余地が大きい新興・途上国が先進国より多額となる。年平均では9,600億ドルで、GDPに対する比率は平均0.7%程度となる。

各エネルギーの消費増減額を、家計部門は消費に、企業部門は中間投入にインプットする。家計部門では、石油の消費減が大きく、一方で電力への支出は増加する。エネルギー消費減少によって余った予算は他の財・サービスの消費に充てることにする(予算制約を想定。各財・サービスの増加分は消費構造の比率で案分)。企業部門では、石油・石炭の消費減が大きく、電力やガスへの支出も減少する。中間投入の減少によって余った金額は付加価値の増加に充てる(価格維持を想定。付加価値率の上昇は0.3%ポイント程度)。付加価値(=所得)の増加により、消費が誘発されることも考慮している。

図9-5 | エネルギー投入・消費額の増減(レファレンスシナリオ比) [2050年]



注: ガスは液化石油ガス(LPG)を含む

9.3 分析結果

生産額への影響

資金制約なしでグリーン投資・消費が行われた場合、世界の2050年の生産額はレファレンスシナリオに比べて39兆3,000億ドル(9.8%)増加する。地域別には、先進国の増加率が相対的に高く、新興・途上国は低い。欧州先進国(16.9%増)、中国以外のアジア新興・途上国(16.5%増)、アジア先進国(11.5%増)の生産増が大きい一方で、鉱業(化石燃料)への依存が高い中東(11.4%減)などの生産額は減少することになる。産業別には、多くの産業で生産額は増加するが、化石燃料供給に関わる鉱業(16.1%減)、エネルギー供給(4.3%減)の生産額は減少する。

投資・消費に資金制約がある場合は、世界の2050年の生産額は14兆7,000億ドル(3.7%)減少する(図9-6)。とりわけ、アフリカ(25.4%減)、中東(18.8%減)、他欧州/ユーラシア(17.0%減)の減少率が大きい(図9-7)。これに対し、欧州先進国(2.6%増)は資金制約があっても生産額は減少しない。エネルギー輸入依存度が高い国は、グリーン投資・消費によるエネルギー輸入金額の減少効果が大きく、資金制約による他分野の投資減少効果を上回るという傾向がみられる。多くの先進国にはこうした傾向がみられるが、北米や豪州など化石燃料産業が相対的に大きい国はやはり生産額は減少する。産業別には、「資金制約なし」と

同様に、鉱業(26.4%減)、エネルギー供給(19.9%減)の減少率が大きく、加えて、新興・途上国を中心に、農林水産業(12.4%減)での減少も大きい(図9-8)。

図9-6 | 生産額の増減(レファレンスシナリオ比) [2050年]

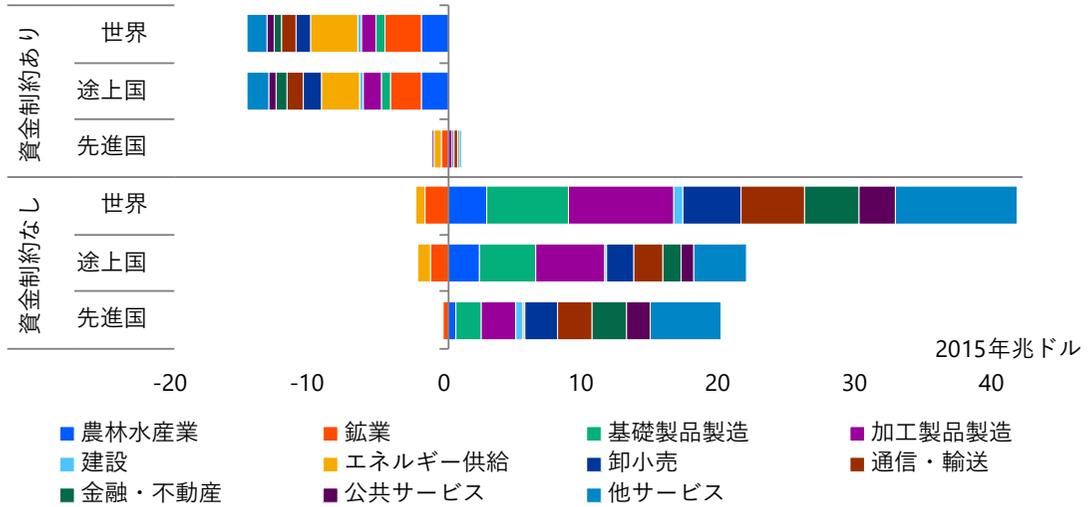


図9-7 | 生産額の増減率(地域別、レファレンスシナリオ比) [2050年]

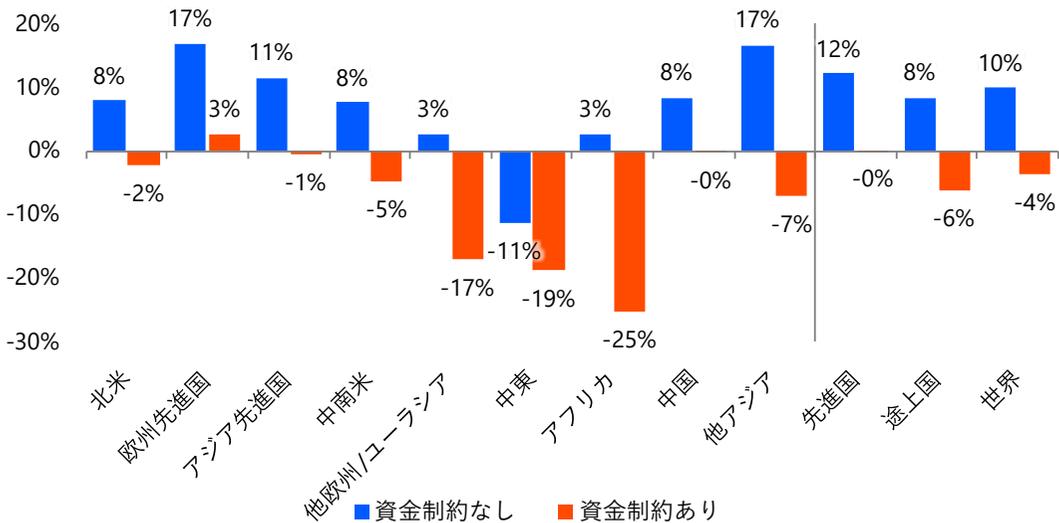
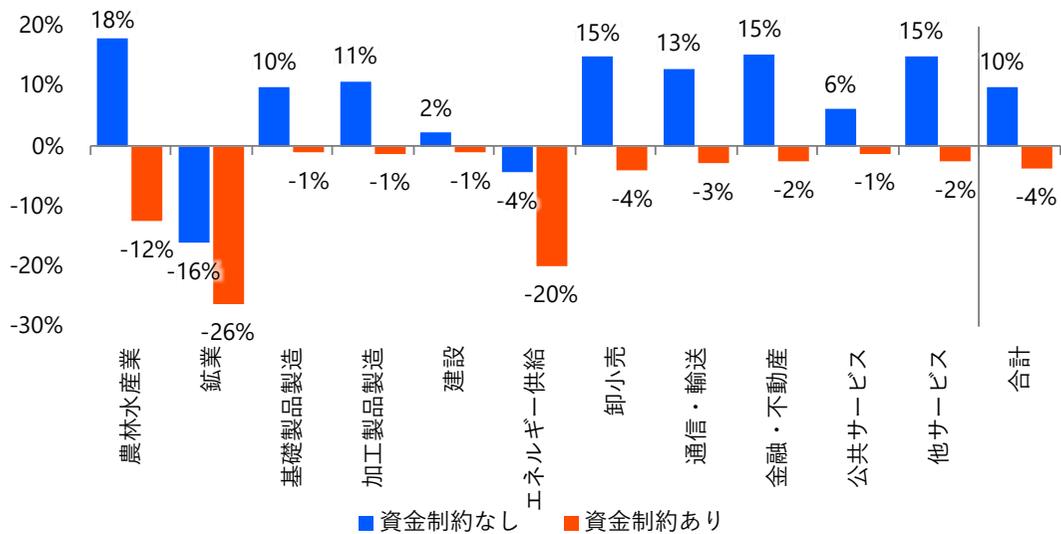


図9-8 | 生産額の増減率(産業別、レファレンスシナリオ比) [2050年]



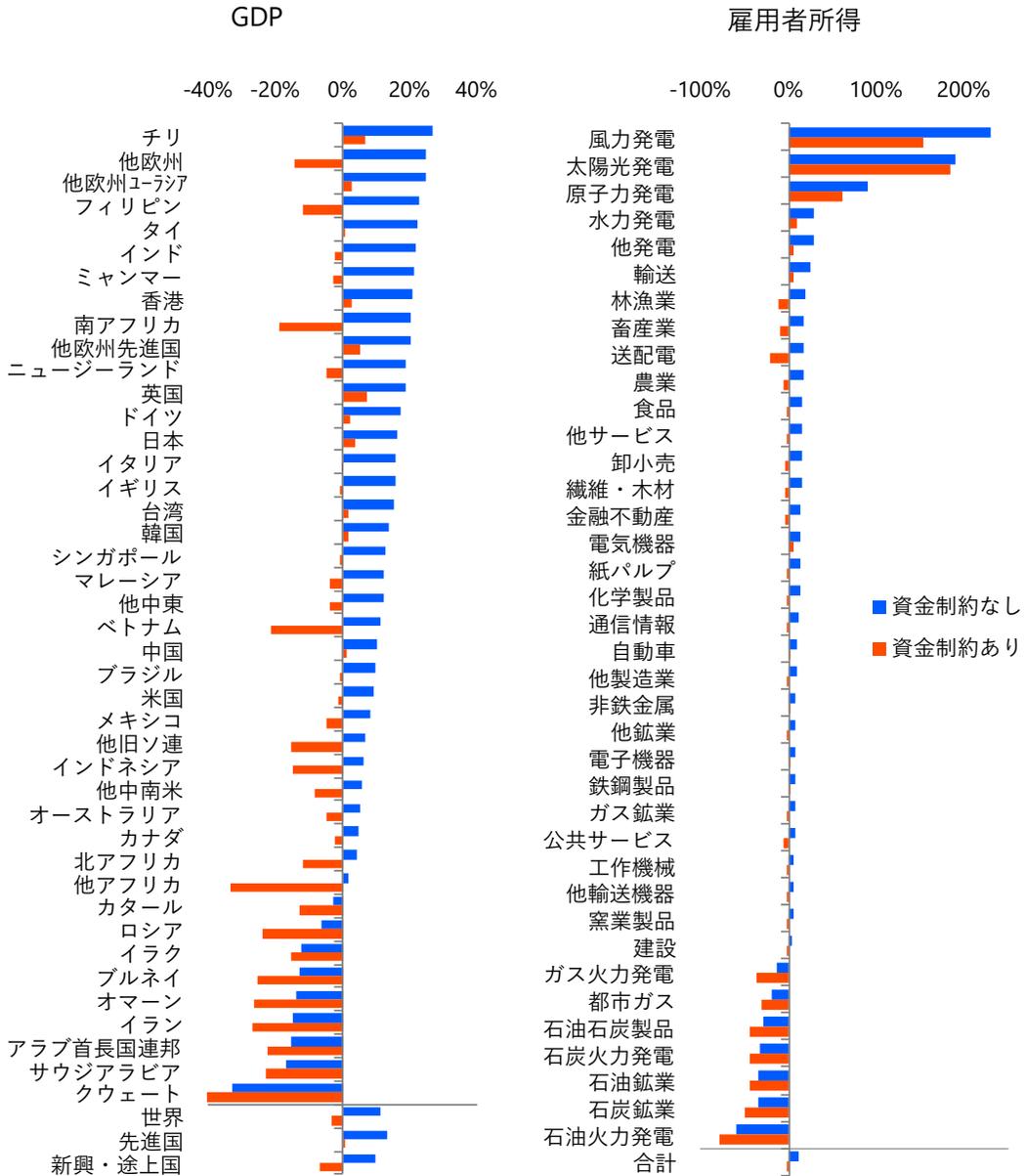
GDP・雇業者所得への影響

資金制約なしで、グリーン投資・消費が行われた場合、世界の2050年のGDPはレファレンスシナリオに比べて20兆ドル(11.2%、年平均0.4%)増加する(図9-9)。前項の生産額への影響と同様で、多くの国でGDPは増加するが、鉱業(化石燃料)への依存が高い中東諸国、旧ソ連諸国などは減少する。一方、資金制約がある場合のGDPはレファレンスシナリオに比べて6兆2,000億ドル(3.5%、同0.1%)減少する。多くの国でGDPは減少するが、一部の先進国では増加する。

雇業者所得³⁴は、資金制約なしでグリーン投資・消費が行われた場合、レファレンスシナリオに比べて10兆1,000億ドル(11.2%)増加、一方、資金制約がある場合は2兆2,000億ドル(2.5%)減少する。太陽光・風力・原子力発電などは、資金制約の有無にかかわらず増加する。一方、化石燃料供給、火力発電は資金制約の有無にかかわらず減少する。低炭素化を目指す社会では、当然のことながら、伸びる産業と衰退する産業がある。雇用のミスマッチを緩和するためにも、労働者の再教育(リスキリング)が重要になる。

³⁴ 雇業者所得は雇業者数と1人当たり賃金に分解できるが、その内訳は不明である。1人当たり賃金が不変であれば、雇業者所得の増減率と雇業者数の増減率は一致する。

図9-9 | GDPおよび世界の雇用者所得の増減率(レファレンスシナリオ比) [2050年]



注: 産業別は「水素供給」を除く

9.4 まとめ

投資は新たな需要であり、成長の源泉である。「グリーン成長」という場合、グリーン投資により新たな需要を創出し、その需要が新たな雇用・所得(ひいては新たな消費)を生み

出すという乗数効果により経済を成長させようという考えに基づいている。しかし、資金制約・予算制約の状況において、新たな投資の分だけ他の投資が削減されるならば、総額として新たな需要は創出されない。また、グリーン投資の場合、それ自体が生産能力拡大投資ではないので、成長の源泉とはなりにくい。

そもそもグリーン投資は二酸化炭素(CO₂)排出量の削減、主には化石燃料使用量の削減を目的とするものである。燃料投入・消費額の削減により、余った予算を他の財・サービス消費に振り替えることで、新たな需要を創出することができる。しかし一方で、化石燃料を供給する側に見れば、燃料需要の減少は、雇用・所得の減少につながり、負の乗数効果が生じることになる。鉱業、燃料供給、火力発電などはもとより、当該産業への依存度が高い中東・旧ソ連地域などの国にとっては、この負の影響は顕著である。

資金が潤沢にあり予算制約もない場合、グリーン投資は多くの国(化石燃料産業への依存が高くない国)にとって正の乗数効果をもたらす³⁵。グリーン技術(または、その材料や必要なサービス)を国内で生産できない場合は、貿易を通じて調達することになるが、高度部材産業・サービス業が相対的に発達している先進国でより大きな正の効果を得ている。これは、資金制約下においても同じで、多くの国が負の経済影響を甘受している中、一部の先進国は正の影響を享受する。すなわち、資金制約の有無にかかわらず、先進国はグリーン成長を享受しやすいのに対して、新興・途上国は必ずしもそうではない。また、本分析はすべての国で一律に資金制約のあり/なしで分析を行ったが、現実世界では、資金に余裕がある先進国と余裕のない新興・途上国があり、両者間で経済格差がより広がることになりかねない。

資金制約がある場合には、多くの国でグリーン成長を享受できない。すなわち、資金制約の緩和、十分な資金供給がグリーン成長実現に向けての大きなカギとなる。そしてこの資金制約の緩和、十分な資金供給は、グリーン成長果実の享受以前に、今後の気候変動対策において重要な要素でもある。そもそもグリーン投資は、グリーン成長のためではなく、カーボンニュートラル実現のために行うものである。レファレンスシナリオでは2050年までに年平均2兆5,000億ドル、技術進展シナリオでは同2兆9,000億ドルのエネルギー関連投資が必要となる。カーボンニュートラルを早期に目指す世界では、さらに多くの投資が必要になるだろう(このことは、資金制約の有無の違いによる経済格差がさらに拡大す

³⁵ ただし、供給不足・需要超過の状況下では物価上昇を加速させるリスクがある。

ることにつながる)。さらに言えば、本分析では、実用化された低炭素技術への投資額が対象であり、実用化を目指す技術への開発投資は考慮されていない。こうした領域も含めて、円滑な資金調達には重要な課題となる。

低炭素技術の開発・普及への資金は、補助金等を含めて政府予算が多く使われてきている。しかし、カーボンニュートラルを目指す場合には、政府からの資金だけでは不十分であることは明白であることから、民間資金を主体とするグリーンファイナンスに注目が集まっている。グリーンボンド(環境債)やインフラファンドなどにより、用途をグリーン技術の開発・普及に特化した資金調達を行うもので、金融市場での割合はまだごくわずかだが、近年急速に伸びてきている。グリーンファイナンスの普及にはまだなお課題も多く、その1つに投資リスクの不透明性がある。リスクを抑え、投資意欲を促進するためには、環境政策の方向性を明確にすることが重要である。

一方で、化石燃料輸出への依存が高い経済においては、資金制約の有無にかかわらず、負の影響を受ける。かねてから言われていることであるが、当該産業依存からの脱却が必要であり、グリーン産業を含む産業の多様化が求められる。たとえば、化石燃料を脱炭素化して生産する水素やアンモニアを主要な輸出産業に育てることができれば、カーボンニュートラルの世界においても、安定した輸出収入を得ることができるともかもしれない。当然、産業構造の変化には、雇用のミスマッチなどの痛みが伴う。衰退する産業から他産業への円滑な労働移動のためには、労働者の再教育(リスキング)が重要になる。また、新たな産業の創出には、ファイナンスも重要な役割を担う。

IEEJ Outlook 2022で指摘したように、低炭素社会を目指す世界では、国家間・産業間の新たな格差が生じる可能性がある。そして、グリーン投資が必ずしもグリーン成長に結びつくわけではない。しかし、成長につながらないから投資をしなくてよい、ということではない。グリーン投資は、カーボンニュートラルの達成を目指すために行うものであり、それによって経済に負の影響があるとしても、低炭素化に伴うコストであるとの理解を人々から得たうえで進めるべきである。もちろん、受容できるコストには限界もあり、負の経済影響をいかに抑えるか、また国家間・産業間で異なる影響をいかに平準化するかが重要である。とりわけ、資金制約の有無の違いが格差の拡大につながるのであれば、資金に余裕のない新興・途上国に対して、余裕のある先進国が資金支援をしてゆくことも必要

であろう。気候変動対策が経済に対して常に正の効果をもたらすという議論は、少なくとも留保が必要である。

附表

付表1 | 地域区分

| | | |
|-------|----------------------|---|
| アジア | 中国 | |
| | 香港 | |
| | インド | |
| | 日本 | |
| | 韓国 | |
| | 台湾 | |
| | 東南アジア諸国連合 (ASEAN) | ブルネイ |
| | | インドネシア |
| | | マレーシア |
| | | ミャンマー |
| | フィリピン | |
| | シンガポール | |
| | タイ | |
| | ベトナム | |
| | その他アジア | バングラデシュ, カンボジア, 朝鮮民主主義人民共和国, ラオス, モンゴル, ネパール, パキスタン, スリランカ, IEA統計におけるその他非OECDアジア |
| 北米 | 米国 | |
| | カナダ | |
| 中南米 | ブラジル | |
| | チリ | |
| | メキシコ | |
| | その他中南米 | アルゼンチン, ボリビア, コロンビア, コスタリカ, キューバ, キュラソー島, ドミニカ共和国, エクアドル, エルサルバドル, グアテマラ, ガイアナ, ハイチ, ホンジュラス, ジャマイカ, ニカラグア, パナマ, パラグアイ, ペルー, トリニダード・トバゴ, ウルグアイ, ベネズエラ, IEA統計におけるその他非OECDアメリカ |
| ヨーロッパ | 欧州先進国 | フランス |

| | | |
|-----------|-----------|---|
| | ドイツ | |
| | イタリア | |
| | 英国 | |
| | 他欧州先進国 | オーストリア, ベルギー, チェコ, デンマーク, エストニア, フィンランド, ギリシャ, ハンガリー, アイスランド, アイルランド, ラトビア, リトアニア, ルクセンブルク, オランダ, ノルウェー, ポーランド, ポルトガル, スロバキア, スロベニア, スペイン, スウェーデン, スイス, トルコ |
| 他欧州/ユーラシア | ロシア | |
| | 他旧ソビエト連邦 | アルメニア, アゼルバイジャン, ベラルーシ, ジョージア, カザフスタン, キルギスタン, モルドバ, タジキスタン, トルクメニスタン, ウクライナ, ウズベキスタン |
| | 他欧州新興・途上国 | アルバニア, ボスニア・ヘルツェゴビナ, ブルガリア, クロアチア, キプロス, ジブラルタル, コンゴ, マルタ, モンテネグロ, 北マケドニア, ルーマニア, セルビア |
| アフリカ | 南アフリカ共和国 | |
| | 北アフリカ | アルジェリア, エジプト, リビア, モロッコ, チュニジア |
| | その他アフリカ | アンゴラ, ベニン, ボツワナ, カメルーン, コンゴ共和国, コンゴ民主共和国, コートジボアール, 赤道ギニア, エリトリア, エスワティニ, エチオピア, ガボン, ガーナ, ケニア, マダガスカル, モーリシャス, モザンビーク, ナミビア, ニジェール, ナイジェリア, ルワンダ, セネガル, 南スーダン, スーダン, トーゴ, タンザニア, ウガンダ, ザンビア, ジンバブエ, IEA統計におけるその他アフリカ |

| | |
|-------------------|---|
| 中東 | イラン |
| | イラク |
| | クウェート |
| | オマーン |
| | カタール |
| | サウジアラビア |
| | アラブ首長国連邦 |
| | その他中東 |
| オセアニア | オーストラリア |
| | ニュージーランド |
| 国際バンカー | |
| 欧州連合 (EU) | オーストリア, ベルギー, ブルガリア, クロアチア, キプロス, チェコ, デンマーク, エストニア, フィンランド, フランス, ドイツ, グリシャ, ハンガリー, アイルランド, イタリア, ラトビア, リトアニア, ルクセンブルク, マルタ, オランダ, ポーランド, ポルトガル, ルーマニア, スロバキア, スロベニア, スペイン, スウェーデン |
| 先進国 | 欧州先進国, 香港, 日本, 韓国, 北米, オセアニア, シンガポール, 台湾 |
| 新興・途上国 | アフリカ, ブルネイ, 中国, インド, インドネシア, 中南米, マレーシア, 中東, ミャンマー, 他欧州/ユーラシア, その他アジア, フィリピン, タイ, ベトナム |
| 石油輸出国機構 (OPEC) | アルジェリア, アンゴラ, コンゴ共和国, 赤道ギニア, ガボン, イラク, イラン, クウェート, リビア, ナイジェリア, サウジアラビア, アラブ首長国連邦, ベネズエラ |

(注)原統計・分析の都合上、他旧ソビエト連邦は1989年以前のエストニア、ラトビア、リトアニアのエネルギーデータを含む。先進国、新興・途上国には地域を含む。

付表2 | 主要エネルギー・経済指標

| | | | | レファレンス | | 技術進展 | | 年平均変化率(%) | | |
|----------------------------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------------|-----------|------|
| | | 1990 | 2020 | 2030 | 2050 | 2030 | 2050 | 1990/ 2020 | 2020/2050 | |
| | | | | | | | | | レファレンス | 技術進展 |
| 一次エネルギー消費 (Mtoe) | 世界 | 8,747 | 13,963 | 16,007 | 17,649 | 15,297 | 14,377 | 1.6 | 0.8 | 0.1 |
| | 先進国 | 4,467 | 4,893 | 5,102 | 4,575 | 4,900 | 3,907 | 0.3 | -0.2 | -0.7 |
| | 新興・途上国 | 4,078 | 8,774 | 10,392 | 12,341 | 9,931 | 9,933 | 2.6 | 1.1 | 0.4 |
| | アジア | 2,081 | 6,052 | 7,175 | 8,200 | 6,881 | 6,416 | 3.6 | 1.0 | 0.2 |
| | 非アジア | 6,464 | 7,615 | 8,319 | 8,716 | 7,950 | 7,424 | 0.5 | 0.5 | -0.1 |
| 石油一次消費 (Mtoe) | 世界 | 3,234 | 4,115 | 4,897 | 5,122 | 4,467 | 2,876 | 0.8 | 0.7 | -1.2 |
| | 先進国 | 1,824 | 1,666 | 1,728 | 1,306 | 1,565 | 665 | -0.3 | -0.8 | -3.0 |
| | 新興・途上国 | 1,207 | 2,153 | 2,672 | 3,196 | 2,474 | 1,923 | 1.9 | 1.3 | -0.4 |
| | アジア | 615 | 1,435 | 1,739 | 1,982 | 1,622 | 1,218 | 2.9 | 1.1 | -0.5 |
| | 非アジア | 2,416 | 2,384 | 2,661 | 2,520 | 2,416 | 1,370 | 0.0 | 0.2 | -1.8 |
| 天然ガス一次消費 (Mtoe) | 世界 | 1,662 | 3,306 | 3,806 | 4,820 | 3,616 | 3,764 | 2.3 | 1.3 | 0.4 |
| | 先進国 | 827 | 1,470 | 1,578 | 1,598 | 1,433 | 1,055 | 1.9 | 0.3 | -1.1 |
| | 新興・途上国 | 835 | 1,836 | 2,215 | 3,139 | 2,163 | 2,598 | 2.7 | 1.8 | 1.2 |
| | アジア | 116 | 670 | 905 | 1,342 | 858 | 907 | 6.0 | 2.3 | 1.0 |
| | 非アジア | 1,547 | 2,636 | 2,888 | 3,395 | 2,738 | 2,746 | 1.8 | 0.8 | 0.1 |
| 石炭一次消費 (Mtoe) | 世界 | 2,222 | 3,741 | 3,942 | 3,688 | 3,442 | 1,905 | 1.8 | 0.0 | -2.2 |
| | 先進国 | 1,089 | 670 | 592 | 342 | 479 | 199 | -1.6 | -2.2 | -4.0 |
| | 新興・途上国 | 1,133 | 3,071 | 3,350 | 3,346 | 2,963 | 1,706 | 3.4 | 0.3 | -1.9 |
| | アジア | 788 | 2,938 | 3,238 | 3,142 | 2,861 | 1,578 | 4.5 | 0.2 | -2.1 |
| | 非アジア | 1,434 | 803 | 705 | 546 | 581 | 327 | -1.9 | -1.3 | -2.9 |
| 発電電力量 (TWh) | 世界 | 11,844 | 26,721 | 33,593 | 45,777 | 34,600 | 50,800 | 2.7 | 1.8 | 2.2 |
| | 先進国 | 7,667 | 10,649 | 11,954 | 13,767 | 12,237 | 15,175 | 1.1 | 0.9 | 1.2 |
| | 新興・途上国 | 4,178 | 16,071 | 21,639 | 32,010 | 22,363 | 35,626 | 4.6 | 2.3 | 2.7 |
| | アジア | 2,237 | 12,567 | 16,925 | 23,313 | 17,347 | 24,447 | 5.9 | 2.1 | 2.2 |
| | 非アジア | 9,607 | 14,154 | 16,668 | 22,464 | 17,253 | 26,354 | 1.3 | 1.6 | 2.1 |
| エネルギー起源 二酸化炭素排出 (Mt) | 世界 | 20,556 | 31,666 | 35,531 | 37,028 | 31,220 | 16,936 | 1.5 | 0.5 | -2.1 |
| | 先進国 | 10,808 | 10,046 | 9,966 | 7,780 | 8,567 | 2,996 | -0.2 | -0.8 | -4.0 |
| | 新興・途上国 | 9,112 | 20,690 | 23,973 | 27,103 | 21,259 | 12,773 | 2.8 | 0.9 | -1.6 |
| | アジア | 4,699 | 15,889 | 18,312 | 19,403 | 16,143 | 8,879 | 4.1 | 0.7 | -1.9 |
| | 非アジア | 15,221 | 14,847 | 15,627 | 15,480 | 13,682 | 6,890 | -0.1 | 0.1 | -2.5 |
| GDP (2015年価格10億ドル) | 世界 | 35,843 | 81,578 | 112,310 | 184,952 | 112,310 | 184,952 | 2.8 | 2.8 | 2.8 |
| | 先進国 | 27,204 | 48,304 | 60,587 | 82,280 | 60,587 | 82,280 | 1.9 | 1.8 | 1.8 |
| | 新興・途上国 | 8,639 | 33,275 | 51,724 | 102,672 | 51,724 | 102,672 | 4.6 | 3.8 | 3.8 |
| | アジア | 6,688 | 27,854 | 43,113 | 81,167 | 43,113 | 81,167 | 4.9 | 3.6 | 3.6 |
| | 非アジア | 29,155 | 53,725 | 69,197 | 103,785 | 69,197 | 103,785 | 2.1 | 2.2 | 2.2 |
| 人口 (100万人) | 世界 | 5,272 | 7,753 | 8,448 | 9,597 | 8,448 | 9,597 | 1.3 | 0.7 | 0.7 |
| | 先進国 | 998 | 1,196 | 1,219 | 1,224 | 1,219 | 1,224 | 0.6 | 0.1 | 0.1 |
| | 新興・途上国 | 4,274 | 6,557 | 7,229 | 8,373 | 7,229 | 8,373 | 1.4 | 0.8 | 0.8 |
| | アジア | 2,951 | 4,230 | 4,479 | 4,740 | 4,479 | 4,740 | 1.2 | 0.4 | 0.4 |
| | 非アジア | 2,322 | 3,523 | 3,969 | 4,857 | 3,969 | 4,857 | 1.4 | 1.1 | 1.1 |

付表3 | 人口

(100万人)

| | 1990 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 年平均変化率(%) | | | | |
|-----------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | | | | | | | 1990/ 2020 | 2020/ 2030 | 2030/ 2040 | 2040/ 2050 | 2020/ 2050 |
| 世界 | 5,272 (100) | 6,912 (100) | 7,753 (100) | 8,448 (100) | 9,082 (100) | 9,597 (100) | 1.3 | 0.9 | 0.7 | 0.6 | 0.7 |
| アジア | 2,951 (56.0) | 3,849 (55.7) | 4,230 (54.6) | 4,479 (53.0) | 4,656 (51.3) | 4,740 (49.4) | 1.2 | 0.6 | 0.4 | 0.2 | 0.4 |
| 中国 | 1,135 (21.5) | 1,338 (19.4) | 1,411 (18.2) | 1,404 (16.6) | 1,368 (15.1) | 1,305 (13.6) | 0.7 | 0.0 | -0.3 | -0.5 | -0.3 |
| インド | 873 (16.6) | 1,234 (17.9) | 1,380 (17.8) | 1,498 (17.7) | 1,596 (17.6) | 1,657 (17.3) | 1.5 | 0.8 | 0.6 | 0.4 | 0.6 |
| 日本 | 123 (2.3) | 128 (1.9) | 126 (1.6) | 119 (1.4) | 112 (1.2) | 104 (1.1) | 0.1 | -0.5 | -0.6 | -0.7 | -0.6 |
| 韓国 | 43 (0.8) | 50 (0.7) | 52 (0.7) | 51 (0.6) | 49 (0.5) | 46 (0.5) | 0.6 | -0.1 | -0.4 | -0.7 | -0.4 |
| 台湾 | 20 (0.4) | 23 (0.3) | 24 (0.3) | 24 (0.3) | 23 (0.3) | 22 (0.2) | 0.5 | 0.1 | -0.2 | -0.5 | -0.2 |
| ASEAN | 431 (8.2) | 575 (8.3) | 643 (8.3) | 695 (8.2) | 735 (8.1) | 758 (7.9) | 1.3 | 0.8 | 0.6 | 0.3 | 0.6 |
| インドネシア | 181 (3.4) | 242 (3.5) | 274 (3.5) | 294 (3.5) | 311 (3.4) | 320 (3.3) | 1.4 | 0.7 | 0.5 | 0.3 | 0.5 |
| マレーシア | 18 (0.3) | 28 (0.4) | 32 (0.4) | 36 (0.4) | 38 (0.4) | 40 (0.4) | 2.0 | 1.0 | 0.7 | 0.4 | 0.7 |
| ミャンマー | 41 (0.8) | 51 (0.7) | 54 (0.7) | 58 (0.7) | 60 (0.7) | 61 (0.6) | 0.9 | 0.7 | 0.4 | 0.1 | 0.4 |
| フィリピン | 62 (1.2) | 94 (1.4) | 110 (1.4) | 127 (1.5) | 142 (1.6) | 155 (1.6) | 1.9 | 1.5 | 1.2 | 0.9 | 1.2 |
| シンガポール | 3 (0.1) | 5 (0.1) | 6 (0.1) | 6 (0.1) | 6 (0.1) | 6 (0.1) | 2.1 | 0.6 | 0.3 | -0.1 | 0.2 |
| タイ | 57 (1.1) | 67 (1.0) | 70 (0.9) | 70 (0.8) | 69 (0.8) | 67 (0.7) | 0.7 | 0.1 | -0.1 | -0.4 | -0.2 |
| ベトナム | 68 (1.3) | 88 (1.3) | 97 (1.3) | 104 (1.2) | 107 (1.2) | 108 (1.1) | 1.2 | 0.6 | 0.3 | 0.1 | 0.4 |
| 北米 | 277 (5.3) | 343 (5.0) | 370 (4.8) | 388 (4.6) | 406 (4.5) | 417 (4.3) | 1.0 | 0.5 | 0.4 | 0.3 | 0.4 |
| 米国 | 250 (4.7) | 309 (4.5) | 332 (4.3) | 347 (4.1) | 362 (4.0) | 371 (3.9) | 1.0 | 0.5 | 0.4 | 0.2 | 0.4 |
| 中南米 | 439 (8.3) | 587 (8.5) | 650 (8.4) | 696 (8.2) | 731 (8.1) | 750 (7.8) | 1.3 | 0.7 | 0.5 | 0.3 | 0.5 |
| 欧州先進国 | 505 (9.6) | 556 (8.0) | 581 (7.5) | 589 (7.0) | 590 (6.5) | 583 (6.1) | 0.5 | 0.1 | 0.0 | -0.1 | 0.0 |
| 欧州連合 | 420 (8.0) | 442 (6.4) | 447 (5.8) | 449 (5.3) | 446 (4.9) | 438 (4.6) | 0.2 | 0.0 | -0.1 | -0.2 | -0.1 |
| 他欧州/ユーラシア | 336 (6.4) | 332 (4.8) | 342 (4.4) | 340 (4.0) | 340 (3.7) | 339 (3.5) | 0.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| アフリカ | 612 (11.6) | 1,005 (14.5) | 1,293 (16.7) | 1,627 (19.3) | 1,993 (21.9) | 2,368 (24.7) | 2.5 | 2.3 | 2.0 | 1.7 | 2.0 |
| 中東 | 132 (2.5) | 213 (3.1) | 256 (3.3) | 294 (3.5) | 330 (3.6) | 362 (3.8) | 2.2 | 1.4 | 1.2 | 0.9 | 1.2 |
| オセアニア | 20 (0.4) | 26 (0.4) | 31 (0.4) | 34 (0.4) | 36 (0.4) | 38 (0.4) | 1.4 | 0.9 | 0.7 | 0.6 | 0.7 |
| 先進国 | 998 (18.9) | 1,139 (16.5) | 1,196 (15.4) | 1,219 (14.4) | 1,230 (13.5) | 1,224 (12.8) | 0.6 | 0.2 | 0.1 | 0.0 | 0.1 |
| 新興・途上国 | 4,274 (81.1) | 5,773 (83.5) | 6,557 (84.6) | 7,229 (85.6) | 7,852 (86.5) | 8,373 (87.2) | 1.4 | 1.0 | 0.8 | 0.6 | 0.8 |

(出所)国際連合 "World Population Prospects: The 2019 Revision"、世界銀行 "World Development Indicators"

(注)カッコ内は対世界比(%)

付表4 | GDP

(2015年価格10億ドル)

| | 1990 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 年平均変化率(%) | | | | |
|-----------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | | | | | | | 1990/ 2020 | 2020/ 2030 | 2030/ 2040 | 2040/ 2050 | 2020/ 2050 |
| 世界 | 35,843 (100) | 64,655 (100) | 81,578 (100) | 112,310 (100) | 147,292 (100) | 184,952 (100) | 2.8 | 3.2 | 2.7 | 2.3 | 2.8 |
| アジア | 6,688 (18.7) | 17,857 (27.6) | 27,854 (34.1) | 43,113 (38.4) | 61,368 (41.7) | 81,167 (43.9) | 4.9 | 4.5 | 3.6 | 2.8 | 3.6 |
| 中国 | 1,027 (2.9) | 7,554 (11.7) | 14,632 (17.9) | 23,979 (21.4) | 34,465 (23.4) | 44,383 (24.0) | 9.3 | 5.1 | 3.7 | 2.6 | 3.8 |
| インド | 475 (1.3) | 1,567 (2.4) | 2,551 (3.1) | 4,958 (4.4) | 8,483 (5.8) | 13,446 (7.3) | 5.8 | 6.9 | 5.5 | 4.7 | 5.7 |
| 日本 | 3,520 (9.8) | 4,219 (6.5) | 4,381 (5.4) | 4,889 (4.4) | 5,321 (3.6) | 5,739 (3.1) | 0.7 | 1.1 | 0.9 | 0.8 | 0.9 |
| 韓国 | 402 (1.1) | 1,261 (2.0) | 1,624 (2.0) | 2,091 (1.9) | 2,499 (1.7) | 2,796 (1.5) | 4.8 | 2.6 | 1.8 | 1.1 | 1.8 |
| 台湾 | 161 (0.4) | 463 (0.7) | 597 (0.7) | 781 (0.7) | 944 (0.6) | 1,092 (0.6) | 4.5 | 2.7 | 1.9 | 1.5 | 2.0 |
| ASEAN | 720 (2.0) | 1,914 (3.0) | 2,846 (3.5) | 4,495 (4.0) | 6,741 (4.6) | 9,557 (5.2) | 4.7 | 4.7 | 4.1 | 3.6 | 4.1 |
| インドネシア | 270 (0.8) | 658 (1.0) | 1,028 (1.3) | 1,709 (1.5) | 2,721 (1.8) | 3,994 (2.2) | 4.6 | 5.2 | 4.8 | 3.9 | 4.6 |
| マレーシア | 75 (0.2) | 233 (0.4) | 344 (0.4) | 527 (0.5) | 745 (0.5) | 998 (0.5) | 5.2 | 4.4 | 3.5 | 3.0 | 3.6 |
| ミャンマー | 7 (0.0) | 43 (0.1) | 81 (0.1) | 90 (0.1) | 142 (0.1) | 210 (0.1) | 8.4 | 1.1 | 4.7 | 3.9 | 3.2 |
| フィリピン | 107 (0.3) | 229 (0.4) | 358 (0.4) | 642 (0.6) | 988 (0.7) | 1,459 (0.8) | 4.1 | 6.0 | 4.4 | 4.0 | 4.8 |
| シンガポール | 71 (0.2) | 247 (0.4) | 330 (0.4) | 449 (0.4) | 538 (0.4) | 603 (0.3) | 5.3 | 3.1 | 1.8 | 1.1 | 2.0 |
| タイ | 144 (0.4) | 347 (0.5) | 433 (0.5) | 596 (0.5) | 812 (0.6) | 1,052 (0.6) | 3.7 | 3.3 | 3.1 | 2.6 | 3.0 |
| ベトナム | 37 (0.1) | 145 (0.2) | 259 (0.3) | 466 (0.4) | 775 (0.5) | 1,221 (0.7) | 6.7 | 6.1 | 5.2 | 4.6 | 5.3 |
| 北米 | 10,620 (29.6) | 17,720 (27.4) | 20,902 (25.6) | 26,554 (23.6) | 32,406 (22.0) | 38,238 (20.7) | 2.3 | 2.4 | 2.0 | 1.7 | 2.0 |
| 米国 | 9,805 (27.4) | 16,320 (25.2) | 19,294 (23.7) | 24,520 (21.8) | 29,928 (20.3) | 35,322 (19.1) | 2.3 | 2.4 | 2.0 | 1.7 | 2.0 |
| 中南米 | 2,589 (7.2) | 4,833 (7.5) | 5,130 (6.3) | 6,932 (6.2) | 9,441 (6.4) | 11,959 (6.5) | 2.3 | 3.1 | 3.1 | 2.4 | 2.9 |
| 欧州先進国 | 11,651 (32.5) | 16,908 (26.2) | 18,608 (22.8) | 23,351 (20.8) | 26,826 (18.2) | 30,136 (16.3) | 1.6 | 2.3 | 1.4 | 1.2 | 1.6 |
| 欧州連合 | 9,083 (25.3) | 12,898 (19.9) | 13,890 (17.0) | 17,337 (15.4) | 19,839 (13.5) | 22,158 (12.0) | 1.4 | 2.2 | 1.4 | 1.1 | 1.6 |
| 他欧州/ユーラシア | 1,813 (5.1) | 2,088 (3.2) | 2,487 (3.0) | 2,961 (2.6) | 3,784 (2.6) | 4,763 (2.6) | 1.1 | 1.8 | 2.5 | 2.3 | 2.2 |
| アフリカ | 914 (2.5) | 1,992 (3.1) | 2,519 (3.1) | 3,864 (3.4) | 6,255 (4.2) | 9,561 (5.2) | 3.4 | 4.4 | 4.9 | 4.3 | 4.5 |
| 中東 | 910 (2.5) | 2,039 (3.2) | 2,529 (3.1) | 3,482 (3.1) | 4,630 (3.1) | 6,001 (3.2) | 3.5 | 3.3 | 2.9 | 2.6 | 2.9 |
| オセアニア | 658 (1.8) | 1,219 (1.9) | 1,551 (1.9) | 2,053 (1.8) | 2,582 (1.8) | 3,128 (1.7) | 2.9 | 2.8 | 2.3 | 1.9 | 2.4 |
| 先進国 | 27,204 (75.9) | 42,304 (65.4) | 48,304 (59.2) | 60,587 (53.9) | 71,616 (48.6) | 82,280 (44.5) | 1.9 | 2.3 | 1.7 | 1.4 | 1.8 |
| 新興・途上国 | 8,639 (24.1) | 22,351 (34.6) | 33,275 (40.8) | 51,724 (46.1) | 75,676 (51.4) | 102,672 (55.5) | 4.6 | 4.5 | 3.9 | 3.1 | 3.8 |

(出所)世界銀行 "World Development Indicators"他

見通しは日本エネルギー経済研究所

(注)カッコ内は対世界比(%)

付表5 | 1人当たりGDP

(2015年価格1,000ドル/人)

| | 1990 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 年平均変化率(%) | | | | |
|-----------|------|------|------|------|------|------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | | | | | | | 1990/ 2020 | 2020/ 2030 | 2030/ 2040 | 2040/ 2050 | 2020/ 2050 |
| 世界 | 6.8 | 9.4 | 10.5 | 13.3 | 16.2 | 19.3 | 1.5 | 2.4 | 2.0 | 1.7 | 2.0 |
| アジア | 2.3 | 4.6 | 6.6 | 9.6 | 13.2 | 17.1 | 3.6 | 3.9 | 3.2 | 2.7 | 3.2 |
| 中国 | 0.9 | 5.6 | 10.4 | 17.1 | 25.2 | 34.0 | 8.5 | 5.1 | 4.0 | 3.0 | 4.0 |
| インド | 0.5 | 1.3 | 1.8 | 3.3 | 5.3 | 8.1 | 4.2 | 6.0 | 4.9 | 4.3 | 5.1 |
| 日本 | 28.5 | 32.9 | 34.8 | 41.0 | 47.6 | 55.0 | 0.7 | 1.7 | 1.5 | 1.5 | 1.5 |
| 韓国 | 9.4 | 25.5 | 31.3 | 40.7 | 50.5 | 60.8 | 4.1 | 2.7 | 2.2 | 1.9 | 2.2 |
| 台湾 | 7.9 | 20.0 | 25.3 | 32.8 | 40.3 | 48.9 | 4.0 | 2.6 | 2.1 | 2.0 | 2.2 |
| ASEAN | 1.7 | 3.3 | 4.4 | 6.5 | 9.2 | 12.6 | 3.3 | 3.9 | 3.6 | 3.2 | 3.6 |
| インドネシア | 1.5 | 2.7 | 3.8 | 5.8 | 8.8 | 12.5 | 3.1 | 4.5 | 4.2 | 3.6 | 4.1 |
| マレーシア | 4.1 | 8.2 | 10.6 | 14.7 | 19.4 | 24.8 | 3.2 | 3.3 | 2.8 | 2.5 | 2.9 |
| ミャンマー | 0.2 | 0.8 | 1.5 | 1.6 | 2.4 | 3.4 | 7.4 | 0.4 | 4.3 | 3.8 | 2.8 |
| フィリピン | 1.7 | 2.4 | 3.3 | 5.1 | 7.0 | 9.4 | 2.1 | 4.5 | 3.2 | 3.1 | 3.6 |
| シンガポール | 23.3 | 48.7 | 58.1 | 74.6 | 87.0 | 98.5 | 3.1 | 2.5 | 1.6 | 1.2 | 1.8 |
| タイ | 2.5 | 5.2 | 6.2 | 8.5 | 11.7 | 15.8 | 3.0 | 3.2 | 3.3 | 3.1 | 3.2 |
| ベトナム | 0.5 | 1.6 | 2.7 | 4.5 | 7.2 | 11.3 | 5.4 | 5.4 | 4.9 | 4.5 | 4.9 |
| 北米 | 38.3 | 51.6 | 56.6 | 68.4 | 79.9 | 91.7 | 1.3 | 1.9 | 1.6 | 1.4 | 1.6 |
| 米国 | 39.3 | 52.8 | 58.2 | 70.6 | 82.7 | 95.3 | 1.3 | 2.0 | 1.6 | 1.4 | 1.7 |
| 中南米 | 5.9 | 8.2 | 7.9 | 10.0 | 12.9 | 15.9 | 1.0 | 2.4 | 2.6 | 2.1 | 2.4 |
| 欧州先進国 | 23.1 | 30.4 | 32.0 | 39.6 | 45.5 | 51.7 | 1.1 | 2.2 | 1.4 | 1.3 | 1.6 |
| 欧州連合 | 21.6 | 29.2 | 31.0 | 38.6 | 44.5 | 50.6 | 1.2 | 2.2 | 1.4 | 1.3 | 1.6 |
| 他欧州/ユーラシア | 5.4 | 6.3 | 7.3 | 8.7 | 11.1 | 14.0 | 1.0 | 1.8 | 2.5 | 2.4 | 2.2 |
| アフリカ | 1.5 | 2.0 | 1.9 | 2.4 | 3.1 | 4.0 | 0.9 | 2.0 | 2.8 | 2.5 | 2.5 |
| 中東 | 6.9 | 9.6 | 9.9 | 11.8 | 14.0 | 16.6 | 1.2 | 1.8 | 1.7 | 1.7 | 1.7 |
| オセアニア | 32.2 | 46.2 | 50.4 | 60.7 | 71.2 | 81.7 | 1.5 | 1.9 | 1.6 | 1.4 | 1.6 |
| 先進国 | 27.3 | 37.1 | 40.4 | 49.7 | 58.2 | 67.2 | 1.3 | 2.1 | 1.6 | 1.4 | 1.7 |
| 新興・途上国 | 2.0 | 3.9 | 5.1 | 7.2 | 9.6 | 12.3 | 3.1 | 3.5 | 3.0 | 2.4 | 3.0 |

(出所)世界銀行 "World Development Indicators"、IEA "World Energy Balances"等より算出
見通しは日本エネルギー経済研究所

付表6 | 国際エネルギー価格

| 実質価格 | | | レファレンス | | | 技術進展 | | |
|-----------|-------------|------|--------|------|------|------|------|------|
| | | | 2030 | 2040 | 2050 | 2030 | 2040 | 2050 |
| | | 2021 | | | | | | |
| 原油 | \$2021/bbl | 71 | 80 | 90 | 95 | 60 | 55 | 45 |
| 天然ガス | | | | | | | | |
| 日本 | \$2021/MBtu | 10.8 | 7.6 | 7.2 | 7.1 | 6.5 | 5.8 | 4.6 |
| ヨーロッパ(英国) | \$2021/MBtu | 16.1 | 7.5 | 7.5 | 7.4 | 6.9 | 6.2 | 5.0 |
| 米国 | \$2021/MBtu | 3.9 | 3.3 | 3.8 | 3.8 | 3.0 | 3.5 | 3.5 |
| 一般炭 | \$2021/t | 129 | 99 | 96 | 93 | 84 | 77 | 70 |
| 名目価格 | | | | | | | | |
| | | 2021 | 2030 | 2040 | 2050 | 2030 | 2040 | 2050 |
| 原油 | \$/bbl | 71 | 96 | 125 | 148 | 72 | 77 | 70 |
| 天然ガス | | | | | | | | |
| 日本 | \$/MBtu | 10.8 | 9.1 | 10.0 | 11.1 | 7.7 | 8.1 | 7.2 |
| ヨーロッパ(英国) | \$/MBtu | 16.1 | 9.0 | 10.5 | 11.6 | 8.3 | 8.6 | 7.8 |
| 米国 | \$/MBtu | 3.9 | 4.0 | 5.3 | 5.9 | 3.6 | 4.9 | 5.5 |
| 一般炭 | \$/t | 129 | 119 | 134 | 145 | 101 | 107 | 109 |

(注)インフレ率を年率2%として算出。

付表7 | 一次エネルギー消費[レファレンスシナリオ]

(石油換算100万t)

| | 1990 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 年平均変化率(%) | | | | |
|-----------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | | | | | | | 1990/ 2020 | 2020/ 2030 | 2030/ 2040 | 2040/ 2050 | 2020/ 2050 |
| 世界 | 8,747 (100) | 12,833 (100) | 13,963 (100) | 16,007 (100) | 16,948 (100) | 17,649 (100) | 1.6 | 1.4 | 0.6 | 0.4 | 0.8 |
| アジア | 2,081 (23.8) | 4,783 (37.3) | 6,052 (43.3) | 7,175 (44.8) | 7,735 (45.6) | 8,200 (46.5) | 3.6 | 1.7 | 0.8 | 0.6 | 1.0 |
| 中国 | 874 (10.0) | 2,536 (19.8) | 3,499 (25.1) | 3,791 (23.7) | 3,662 (21.6) | 3,407 (19.3) | 4.7 | 0.8 | -0.3 | -0.7 | -0.1 |
| インド | 280 (3.2) | 667 (5.2) | 872 (6.2) | 1,299 (8.1) | 1,712 (10.1) | 2,172 (12.3) | 3.9 | 4.1 | 2.8 | 2.4 | 3.1 |
| 日本 | 437 (5.0) | 500 (3.9) | 385 (2.8) | 392 (2.5) | 363 (2.1) | 335 (1.9) | -0.4 | 0.2 | -0.8 | -0.8 | -0.5 |
| 韓国 | 93 (1.1) | 250 (1.9) | 276 (2.0) | 303 (1.9) | 292 (1.7) | 268 (1.5) | 3.7 | 0.9 | -0.4 | -0.8 | -0.1 |
| 台湾 | 47 (0.5) | 109 (0.8) | 107 (0.8) | 111 (0.7) | 108 (0.6) | 101 (0.6) | 2.8 | 0.3 | -0.3 | -0.7 | -0.2 |
| ASEAN | 231 (2.6) | 535 (4.2) | 673 (4.8) | 954 (6.0) | 1,192 (7.0) | 1,420 (8.0) | 3.6 | 3.6 | 2.2 | 1.8 | 2.5 |
| インドネシア | 99 (1.1) | 204 (1.6) | 233 (1.7) | 346 (2.2) | 460 (2.7) | 575 (3.3) | 2.9 | 4.0 | 2.9 | 2.3 | 3.1 |
| マレーシア | 21 (0.2) | 72 (0.6) | 92 (0.7) | 142 (0.9) | 161 (0.9) | 172 (1.0) | 5.0 | 4.4 | 1.3 | 0.7 | 2.1 |
| ミャンマー | 11 (0.1) | 14 (0.1) | 23 (0.2) | 29 (0.2) | 39 (0.2) | 48 (0.3) | 2.5 | 2.6 | 2.8 | 2.3 | 2.6 |
| フィリピン | 27 (0.3) | 42 (0.3) | 58 (0.4) | 90 (0.6) | 116 (0.7) | 144 (0.8) | 2.6 | 4.5 | 2.5 | 2.2 | 3.1 |
| シンガポール | 12 (0.1) | 24 (0.2) | 32 (0.2) | 37 (0.2) | 39 (0.2) | 39 (0.2) | 3.5 | 1.5 | 0.5 | 0.0 | 0.7 |
| タイ | 42 (0.5) | 118 (0.9) | 133 (1.0) | 159 (1.0) | 179 (1.1) | 193 (1.1) | 3.9 | 1.8 | 1.2 | 0.8 | 1.2 |
| ベトナム | 18 (0.2) | 59 (0.5) | 97 (0.7) | 147 (0.9) | 195 (1.1) | 245 (1.4) | 5.8 | 4.2 | 2.9 | 2.3 | 3.1 |
| 北米 | 2,126 (24.3) | 2,475 (19.3) | 2,322 (16.6) | 2,458 (15.4) | 2,382 (14.1) | 2,264 (12.8) | 0.3 | 0.6 | -0.3 | -0.5 | -0.1 |
| 米国 | 1,914 (21.9) | 2,216 (17.3) | 2,038 (14.6) | 2,141 (13.4) | 2,057 (12.1) | 1,943 (11.0) | 0.2 | 0.5 | -0.4 | -0.6 | -0.2 |
| 中南米 | 467 (5.3) | 788 (6.1) | 779 (5.6) | 959 (6.0) | 1,089 (6.4) | 1,173 (6.6) | 1.7 | 2.1 | 1.3 | 0.7 | 1.4 |
| 欧州先進国 | 1,644 (18.8) | 1,835 (14.3) | 1,607 (11.5) | 1,627 (10.2) | 1,506 (8.9) | 1,398 (7.9) | -0.1 | 0.1 | -0.8 | -0.7 | -0.5 |
| 欧州連合 | 1,441 (16.5) | 1,527 (11.9) | 1,311 (9.4) | 1,331 (8.3) | 1,225 (7.2) | 1,130 (6.4) | -0.3 | 0.2 | -0.8 | -0.8 | -0.5 |
| 他欧州/ユーラシア | 1,514 (17.3) | 1,112 (8.7) | 1,133 (8.1) | 1,114 (7.0) | 1,154 (6.8) | 1,204 (6.8) | -1.0 | -0.2 | 0.4 | 0.4 | 0.2 |
| アフリカ | 391 (4.5) | 688 (5.4) | 830 (5.9) | 1,012 (6.3) | 1,168 (6.9) | 1,300 (7.4) | 2.5 | 2.0 | 1.4 | 1.1 | 1.5 |
| 中東 | 223 (2.5) | 649 (5.1) | 792 (5.7) | 989 (6.2) | 1,119 (6.6) | 1,221 (6.9) | 4.3 | 2.2 | 1.2 | 0.9 | 1.5 |
| オセアニア | 99 (1.1) | 144 (1.1) | 151 (1.1) | 160 (1.0) | 161 (1.0) | 156 (0.9) | 1.4 | 0.6 | 0.1 | -0.3 | 0.1 |
| 先進国 | 4,467 (51.1) | 5,349 (41.7) | 4,893 (35.0) | 5,102 (31.9) | 4,864 (28.7) | 4,575 (25.9) | 0.3 | 0.4 | -0.5 | -0.6 | -0.2 |
| 新興・途上国 | 4,078 (46.6) | 7,125 (55.5) | 8,774 (62.8) | 10,392 (64.9) | 11,450 (67.6) | 12,341 (69.9) | 2.6 | 1.7 | 1.0 | 0.8 | 1.1 |

(出所) IEA "World Energy Balances"

見通しは日本エネルギー経済研究所

(注)カッコ内は対世界比(%)。世界は国際バンカーを含む

付表8 | 一次エネルギー消費、石炭[レファレンスシナリオ]

(石油換算100万t)

| | 1990 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 年平均変化率(%) | | | | |
|-----------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | | | | | | | 1990/ 2020 | 2020/ 2030 | 2030/ 2040 | 2040/ 2050 | 2020/ 2050 |
| 世界 | 2,222 (100) | 3,654 (100) | 3,741 (100) | 3,942 (100) | 3,867 (100) | 3,688 (100) | 1.8 | 0.5 | -0.2 | -0.5 | 0.0 |
| アジア | 788 (35.5) | 2,409 (65.9) | 2,938 (78.5) | 3,238 (82.1) | 3,247 (83.9) | 3,142 (85.2) | 4.5 | 1.0 | 0.0 | -0.3 | 0.2 |
| 中国 | 531 (23.9) | 1,790 (49.0) | 2,125 (56.8) | 2,167 (55.0) | 1,919 (49.6) | 1,597 (43.3) | 4.7 | 0.2 | -1.2 | -1.8 | -0.9 |
| インド | 93 (4.2) | 279 (7.6) | 379 (10.1) | 571 (14.5) | 760 (19.7) | 935 (25.3) | 4.8 | 4.2 | 2.9 | 2.1 | 3.1 |
| 日本 | 77 (3.5) | 115 (3.2) | 102 (2.7) | 91 (2.3) | 80 (2.1) | 67 (1.8) | 1.0 | -1.2 | -1.3 | -1.7 | -1.4 |
| 韓国 | 25 (1.1) | 73 (2.0) | 74 (2.0) | 83 (2.1) | 79 (2.0) | 67 (1.8) | 3.6 | 1.1 | -0.5 | -1.6 | -0.3 |
| 台湾 | 11 (0.5) | 38 (1.0) | 36 (1.0) | 41 (1.0) | 38 (1.0) | 33 (0.9) | 4.2 | 1.2 | -0.7 | -1.4 | -0.3 |
| ASEAN | 13 (0.6) | 85 (2.3) | 178 (4.7) | 226 (5.7) | 290 (7.5) | 340 (9.2) | 9.2 | 2.4 | 2.5 | 1.6 | 2.2 |
| インドネシア | 4 (0.2) | 32 (0.9) | 68 (1.8) | 92 (2.3) | 129 (3.3) | 160 (4.3) | 10.4 | 3.0 | 3.5 | 2.2 | 2.9 |
| マレーシア | 1 (0.1) | 15 (0.4) | 22 (0.6) | 22 (0.6) | 21 (0.6) | 18 (0.5) | 9.7 | 0.3 | -0.4 | -2.0 | -0.7 |
| ミャンマー | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 1 (0.0) | 3 (0.1) | 6 (0.1) | 9 (0.2) | 10.5 | 9.5 | 5.5 | 4.2 | 6.3 |
| フィリピン | 1 (0.1) | 7 (0.2) | 18 (0.5) | 22 (0.6) | 27 (0.7) | 29 (0.8) | 8.6 | 2.4 | 1.9 | 0.7 | 1.6 |
| シンガポール | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 1 (0.0) | 1 (0.0) | 0 (0.0) | 10.5 | 2.0 | -0.2 | -1.2 | 0.2 |
| タイ | 4 (0.2) | 16 (0.4) | 17 (0.5) | 15 (0.4) | 15 (0.4) | 14 (0.4) | 5.1 | -1.2 | 0.0 | -1.0 | -0.7 |
| ベトナム | 2 (0.1) | 15 (0.4) | 51 (1.4) | 70 (1.8) | 91 (2.4) | 111 (3.0) | 11.0 | 3.3 | 2.6 | 2.0 | 2.6 |
| 北米 | 484 (21.8) | 525 (14.4) | 231 (6.2) | 178 (4.5) | 109 (2.8) | 38 (1.0) | -2.4 | -2.6 | -4.8 | -10.0 | -5.8 |
| 米国 | 460 (20.7) | 501 (13.7) | 222 (5.9) | 175 (4.4) | 109 (2.8) | 38 (1.0) | -2.4 | -2.3 | -4.7 | -10.0 | -5.7 |
| 中南米 | 21 (1.0) | 39 (1.1) | 37 (1.0) | 40 (1.0) | 47 (1.2) | 48 (1.3) | 1.9 | 0.7 | 1.5 | 0.3 | 0.8 |
| 欧州先進国 | 450 (20.3) | 301 (8.2) | 183 (4.9) | 158 (4.0) | 123 (3.2) | 104 (2.8) | -3.0 | -1.5 | -2.4 | -1.7 | -1.9 |
| 欧州連合 | 393 (17.7) | 252 (6.9) | 144 (3.9) | 122 (3.1) | 95 (2.5) | 81 (2.2) | -3.3 | -1.6 | -2.5 | -1.6 | -1.9 |
| 他欧州/ユーラシア | 365 (16.4) | 211 (5.8) | 199 (5.3) | 169 (4.3) | 173 (4.5) | 183 (5.0) | -2.0 | -1.6 | 0.2 | 0.6 | -0.3 |
| アフリカ | 74 (3.3) | 108 (3.0) | 105 (2.8) | 114 (2.9) | 127 (3.3) | 138 (3.7) | 1.2 | 0.8 | 1.1 | 0.8 | 0.9 |
| 中東 | 3 (0.1) | 10 (0.3) | 8 (0.2) | 10 (0.3) | 10 (0.2) | 8 (0.2) | 3.3 | 2.3 | -0.6 | -1.7 | 0.0 |
| オセアニア | 36 (1.6) | 52 (1.4) | 41 (1.1) | 36 (0.9) | 32 (0.8) | 27 (0.7) | 0.4 | -1.1 | -1.2 | -1.6 | -1.3 |
| 先進国 | 1,089 (49.0) | 1,110 (30.4) | 670 (17.9) | 592 (15.0) | 467 (12.1) | 342 (9.3) | -1.6 | -1.2 | -2.3 | -3.1 | -2.2 |
| 新興・途上国 | 1,133 (51.0) | 2,543 (69.6) | 3,071 (82.1) | 3,350 (85.0) | 3,400 (87.9) | 3,346 (90.7) | 3.4 | 0.9 | 0.1 | -0.2 | 0.3 |

(出所) IEA "World Energy Balances"

見通しは日本エネルギー経済研究所

(注)カッコ内は対世界比(%). 世界は国際バンカーを含む

付表9 | 一次エネルギー消費、石油[レファレンスシナリオ]

(石油換算100万t)

| | 1990 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 年平均変化率(%) | | | | |
|-----------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | | | | | | | 1990/ 2020 | 2020/ 2030 | 2030/ 2040 | 2040/ 2050 | 2020/ 2050 |
| 世界 | 3,234 (100) | 4,144 (100) | 4,115 (100) | 4,897 (100) | 5,040 (100) | 5,122 (100) | 0.8 | 1.8 | 0.3 | 0.2 | 0.7 |
| アジア | 615 (19.0) | 1,161 (28.0) | 1,435 (34.9) | 1,739 (35.5) | 1,864 (37.0) | 1,982 (38.7) | 2.9 | 1.9 | 0.7 | 0.6 | 1.1 |
| 中国 | 119 (3.7) | 428 (10.3) | 661 (16.1) | 749 (15.3) | 710 (14.1) | 636 (12.4) | 5.9 | 1.3 | -0.5 | -1.1 | -0.1 |
| インド | 61 (1.9) | 162 (3.9) | 207 (5.0) | 321 (6.6) | 444 (8.8) | 601 (11.7) | 4.2 | 4.5 | 3.3 | 3.1 | 3.6 |
| 日本 | 249 (7.7) | 201 (4.9) | 148 (3.6) | 133 (2.7) | 110 (2.2) | 94 (1.8) | -1.7 | -1.0 | -1.9 | -1.6 | -1.5 |
| 韓国 | 50 (1.5) | 95 (2.3) | 101 (2.5) | 109 (2.2) | 100 (2.0) | 90 (1.8) | 2.4 | 0.7 | -0.8 | -1.1 | -0.4 |
| 台湾 | 26 (0.8) | 44 (1.1) | 39 (0.9) | 38 (0.8) | 35 (0.7) | 30 (0.6) | 1.4 | -0.1 | -1.0 | -1.3 | -0.8 |
| ASEAN | 88 (2.7) | 188 (4.5) | 225 (5.5) | 311 (6.3) | 365 (7.2) | 412 (8.0) | 3.2 | 3.3 | 1.6 | 1.2 | 2.0 |
| インドネシア | 33 (1.0) | 67 (1.6) | 68 (1.7) | 100 (2.0) | 123 (2.4) | 140 (2.7) | 2.4 | 3.9 | 2.1 | 1.4 | 2.4 |
| マレーシア | 11 (0.4) | 25 (0.6) | 31 (0.8) | 41 (0.8) | 39 (0.8) | 36 (0.7) | 3.4 | 2.8 | -0.4 | -0.8 | 0.5 |
| ミャンマー | 1 (0.0) | 1 (0.0) | 7 (0.2) | 9 (0.2) | 13 (0.3) | 18 (0.3) | 7.7 | 2.9 | 4.1 | 2.9 | 3.3 |
| フィリピン | 10 (0.3) | 14 (0.3) | 16 (0.4) | 32 (0.7) | 45 (0.9) | 59 (1.2) | 1.8 | 6.9 | 3.3 | 2.8 | 4.3 |
| シンガポール | 11 (0.4) | 16 (0.4) | 22 (0.5) | 25 (0.5) | 26 (0.5) | 26 (0.5) | 2.2 | 1.2 | 0.4 | 0.1 | 0.5 |
| タイ | 18 (0.6) | 45 (1.1) | 55 (1.3) | 63 (1.3) | 68 (1.3) | 70 (1.4) | 3.8 | 1.4 | 0.7 | 0.3 | 0.8 |
| ベトナム | 3 (0.1) | 18 (0.4) | 24 (0.6) | 40 (0.8) | 50 (1.0) | 61 (1.2) | 7.6 | 5.0 | 2.5 | 2.0 | 3.1 |
| 北米 | 833 (25.8) | 903 (21.8) | 794 (19.3) | 860 (17.6) | 768 (15.2) | 665 (13.0) | -0.2 | 0.8 | -1.1 | -1.4 | -0.6 |
| 米国 | 757 (23.4) | 807 (19.5) | 702 (17.1) | 762 (15.6) | 679 (13.5) | 586 (11.4) | -0.2 | 0.8 | -1.1 | -1.5 | -0.6 |
| 中南米 | 240 (7.4) | 364 (8.8) | 294 (7.1) | 360 (7.4) | 380 (7.5) | 373 (7.3) | 0.7 | 2.1 | 0.5 | -0.2 | 0.8 |
| 欧州先進国 | 617 (19.1) | 606 (14.6) | 508 (12.3) | 506 (10.3) | 419 (8.3) | 354 (6.9) | -0.6 | 0.0 | -1.9 | -1.7 | -1.2 |
| 欧州連合 | 531 (16.4) | 506 (12.2) | 418 (10.2) | 414 (8.4) | 343 (6.8) | 290 (5.7) | -0.8 | -0.1 | -1.8 | -1.7 | -1.2 |
| 他欧州/ユーラシア | 459 (14.2) | 216 (5.2) | 231 (5.6) | 226 (4.6) | 217 (4.3) | 207 (4.0) | -2.3 | -0.2 | -0.4 | -0.5 | -0.4 |
| アフリカ | 85 (2.6) | 161 (3.9) | 176 (4.3) | 245 (5.0) | 326 (6.5) | 420 (8.2) | 2.5 | 3.4 | 2.9 | 2.6 | 2.9 |
| 中東 | 146 (4.5) | 324 (7.8) | 331 (8.1) | 412 (8.4) | 444 (8.8) | 457 (8.9) | 2.8 | 2.2 | 0.7 | 0.3 | 1.1 |
| オセアニア | 35 (1.1) | 48 (1.2) | 50 (1.2) | 53 (1.1) | 49 (1.0) | 45 (0.9) | 1.2 | 0.5 | -0.7 | -0.9 | -0.4 |
| 先進国 | 1,824 (56.4) | 1,917 (46.3) | 1,666 (40.5) | 1,728 (35.3) | 1,511 (30.0) | 1,306 (25.5) | -0.3 | 0.4 | -1.3 | -1.4 | -0.8 |
| 新興・途上国 | 1,207 (37.3) | 1,867 (45.1) | 2,153 (52.3) | 2,672 (54.6) | 2,956 (58.7) | 3,196 (62.4) | 1.9 | 2.2 | 1.0 | 0.8 | 1.3 |

(出所) IEA "World Energy Balances"

見通しは日本エネルギー経済研究所

(注)カッコ内は対世界比(%). 世界は国際バンカーを含む

付表10 | 一次エネルギー消費、天然ガス[レファレンスシナリオ]

(石油換算100万t)

| | 1990 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 年平均変化率(%) | | | | |
|-----------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | | | | | | | 1990/ 2020 | 2020/ 2030 | 2030/ 2040 | 2040/ 2050 | 2020/ 2050 |
| 世界 | 1,662 (100) | 2,732 (100) | 3,306 (100) | 3,806 (100) | 4,343 (100) | 4,820 (100) | 2.3 | 1.4 | 1.3 | 1.0 | 1.3 |
| アジア | 116 (7.0) | 453 (16.6) | 670 (20.3) | 905 (23.8) | 1,128 (26.0) | 1,342 (27.8) | 6.0 | 3.0 | 2.2 | 1.8 | 2.3 |
| 中国 | 13 (0.8) | 89 (3.3) | 265 (8.0) | 338 (8.9) | 387 (8.9) | 421 (8.7) | 10.6 | 2.4 | 1.4 | 0.9 | 1.6 |
| インド | 11 (0.6) | 54 (2.0) | 53 (1.6) | 99 (2.6) | 161 (3.7) | 229 (4.7) | 5.5 | 6.5 | 4.9 | 3.6 | 5.0 |
| 日本 | 44 (2.7) | 86 (3.1) | 92 (2.8) | 87 (2.3) | 88 (2.0) | 83 (1.7) | 2.5 | -0.6 | 0.1 | -0.6 | -0.4 |
| 韓国 | 3 (0.2) | 39 (1.4) | 49 (1.5) | 57 (1.5) | 64 (1.5) | 67 (1.4) | 10.1 | 1.3 | 1.2 | 0.5 | 1.0 |
| 台湾 | 1 (0.1) | 13 (0.5) | 21 (0.6) | 27 (0.7) | 29 (0.7) | 31 (0.6) | 9.5 | 2.3 | 0.9 | 0.5 | 1.2 |
| ASEAN | 30 (1.8) | 125 (4.6) | 130 (3.9) | 213 (5.6) | 277 (6.4) | 343 (7.1) | 5.0 | 5.1 | 2.7 | 2.2 | 3.3 |
| インドネシア | 16 (1.0) | 39 (1.4) | 34 (1.0) | 58 (1.5) | 86 (2.0) | 116 (2.4) | 2.6 | 5.4 | 4.1 | 3.0 | 4.2 |
| マレーシア | 7 (0.4) | 31 (1.1) | 36 (1.1) | 73 (1.9) | 88 (2.0) | 104 (2.2) | 5.7 | 7.3 | 2.0 | 1.6 | 3.6 |
| ミャンマー | 1 (0.0) | 1 (0.0) | 3 (0.1) | 8 (0.2) | 13 (0.3) | 17 (0.4) | 4.7 | 10.4 | 4.5 | 3.1 | 6.0 |
| フィリピン | - (-) | 3 (0.1) | 3 (0.1) | 7 (0.2) | 13 (0.3) | 21 (0.4) | - | 7.6 | 6.4 | 5.2 | 6.4 |
| シンガポール | - (-) | 6 (0.2) | 9 (0.3) | 10 (0.3) | 11 (0.3) | 11 (0.2) | - | 1.6 | 0.5 | -0.4 | 0.6 |
| タイ | 5 (0.3) | 33 (1.2) | 35 (1.0) | 39 (1.0) | 41 (0.9) | 38 (0.8) | 6.7 | 1.2 | 0.5 | -0.5 | 0.4 |
| ベトナム | 0 (0.0) | 8 (0.3) | 7 (0.2) | 16 (0.4) | 23 (0.5) | 34 (0.7) | 30.2 | 8.0 | 3.8 | 3.8 | 5.2 |
| 北米 | 493 (29.7) | 632 (23.1) | 832 (25.2) | 932 (24.5) | 974 (22.4) | 970 (20.1) | 1.8 | 1.1 | 0.4 | 0.0 | 0.5 |
| 米国 | 438 (26.4) | 556 (20.4) | 719 (21.7) | 786 (20.7) | 806 (18.6) | 792 (16.4) | 1.7 | 0.9 | 0.3 | -0.2 | 0.3 |
| 中南米 | 71 (4.3) | 178 (6.5) | 204 (6.2) | 253 (6.6) | 322 (7.4) | 386 (8.0) | 3.6 | 2.1 | 2.4 | 1.8 | 2.1 |
| 欧州先進国 | 267 (16.1) | 473 (17.3) | 421 (12.7) | 416 (10.9) | 413 (9.5) | 381 (7.9) | 1.5 | -0.1 | -0.1 | -0.8 | -0.3 |
| 欧州連合 | 250 (15.0) | 363 (13.3) | 326 (9.9) | 329 (8.6) | 326 (7.5) | 307 (6.4) | 0.9 | 0.1 | -0.1 | -0.6 | -0.2 |
| 他欧州/ユーラシア | 596 (35.8) | 566 (20.7) | 559 (16.9) | 526 (13.8) | 535 (12.3) | 564 (11.7) | -0.2 | -0.6 | 0.2 | 0.5 | 0.0 |
| アフリカ | 30 (1.8) | 88 (3.2) | 133 (4.0) | 183 (4.8) | 265 (6.1) | 355 (7.4) | 5.1 | 3.2 | 3.8 | 3.0 | 3.3 |
| 中東 | 72 (4.3) | 311 (11.4) | 445 (13.5) | 533 (14.0) | 614 (14.1) | 688 (14.3) | 6.3 | 1.8 | 1.4 | 1.1 | 1.5 |
| オセアニア | 19 (1.1) | 31 (1.1) | 42 (1.3) | 46 (1.2) | 51 (1.2) | 52 (1.1) | 2.7 | 1.0 | 1.0 | 0.1 | 0.7 |
| 先進国 | 827 (49.8) | 1,283 (47.0) | 1,470 (44.5) | 1,578 (41.5) | 1,633 (37.6) | 1,598 (33.1) | 1.9 | 0.7 | 0.3 | -0.2 | 0.3 |
| 新興・途上国 | 835 (50.2) | 1,449 (53.0) | 1,836 (55.5) | 2,215 (58.2) | 2,668 (61.4) | 3,139 (65.1) | 2.7 | 1.9 | 1.9 | 1.6 | 1.8 |

(出所) IEA "World Energy Balances"

見通しは日本エネルギー経済研究所

(注)カッコ内は対世界比(%). 世界は国際バンカーを含む

付表11 | 最終エネルギー消費[レファレンスシナリオ]

(石油換算100万t)

| | 1990 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 年平均変化率(%) | | | | |
|-----------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | | | | | | | 1990/ 2020 | 2020/ 2030 | 2030/ 2040 | 2040/ 2050 | 2020/ 2050 |
| 世界 | 6,236 (100) | 8,820 (100) | 9,573 (100) | 10,918 (100) | 11,467 (100) | 11,951 (100) | 1.4 | 1.3 | 0.5 | 0.4 | 0.7 |
| アジア | 1,529 (24.5) | 3,159 (35.8) | 3,923 (41.0) | 4,545 (41.6) | 4,892 (42.7) | 5,264 (44.0) | 3.2 | 1.5 | 0.7 | 0.7 | 1.0 |
| 中国 | 658 (10.5) | 1,645 (18.7) | 2,182 (22.8) | 2,301 (21.1) | 2,218 (19.3) | 2,105 (17.6) | 4.1 | 0.5 | -0.4 | -0.5 | -0.1 |
| インド | 215 (3.4) | 444 (5.0) | 596 (6.2) | 859 (7.9) | 1,122 (9.8) | 1,443 (12.1) | 3.5 | 3.7 | 2.7 | 2.6 | 3.0 |
| 日本 | 291 (4.7) | 314 (3.6) | 263 (2.7) | 259 (2.4) | 237 (2.1) | 218 (1.8) | -0.3 | -0.2 | -0.9 | -0.8 | -0.6 |
| 韓国 | 65 (1.0) | 158 (1.8) | 175 (1.8) | 192 (1.8) | 186 (1.6) | 173 (1.5) | 3.4 | 0.9 | -0.3 | -0.7 | 0.0 |
| 台湾 | 30 (0.5) | 70 (0.8) | 71 (0.7) | 74 (0.7) | 73 (0.6) | 69 (0.6) | 2.9 | 0.5 | -0.2 | -0.5 | -0.1 |
| ASEAN | 171 (2.7) | 377 (4.3) | 447 (4.7) | 618 (5.7) | 760 (6.6) | 901 (7.5) | 3.2 | 3.3 | 2.1 | 1.7 | 2.4 |
| インドネシア | 79 (1.3) | 148 (1.7) | 152 (1.6) | 203 (1.9) | 264 (2.3) | 326 (2.7) | 2.2 | 3.0 | 2.6 | 2.1 | 2.6 |
| マレーシア | 13 (0.2) | 42 (0.5) | 61 (0.6) | 102 (0.9) | 116 (1.0) | 125 (1.0) | 5.2 | 5.4 | 1.2 | 0.8 | 2.4 |
| ミャンマー | 9 (0.2) | 13 (0.1) | 20 (0.2) | 22 (0.2) | 26 (0.2) | 31 (0.3) | 2.6 | 0.7 | 1.9 | 1.8 | 1.5 |
| フィリピン | 19 (0.3) | 25 (0.3) | 32 (0.3) | 52 (0.5) | 69 (0.6) | 90 (0.7) | 1.8 | 4.8 | 2.9 | 2.7 | 3.5 |
| シンガポール | 5 (0.1) | 15 (0.2) | 18 (0.2) | 21 (0.2) | 23 (0.2) | 23 (0.2) | 4.3 | 2.0 | 0.6 | 0.1 | 0.9 |
| タイ | 29 (0.5) | 84 (1.0) | 97 (1.0) | 114 (1.0) | 128 (1.1) | 137 (1.1) | 4.1 | 1.6 | 1.2 | 0.7 | 1.2 |
| ベトナム | 16 (0.3) | 48 (0.5) | 67 (0.7) | 102 (0.9) | 133 (1.2) | 167 (1.4) | 4.9 | 4.3 | 2.7 | 2.3 | 3.1 |
| 北米 | 1,452 (23.3) | 1,699 (19.3) | 1,651 (17.2) | 1,774 (16.2) | 1,713 (14.9) | 1,627 (13.6) | 0.4 | 0.7 | -0.3 | -0.5 | -0.1 |
| 米国 | 1,294 (20.7) | 1,513 (17.2) | 1,461 (15.3) | 1,568 (14.4) | 1,510 (13.2) | 1,432 (12.0) | 0.4 | 0.7 | -0.4 | -0.5 | -0.1 |
| 中南米 | 344 (5.5) | 570 (6.5) | 550 (5.7) | 668 (6.1) | 745 (6.5) | 798 (6.7) | 1.6 | 2.0 | 1.1 | 0.7 | 1.3 |
| 欧州先進国 | 1,142 (18.3) | 1,288 (14.6) | 1,182 (12.3) | 1,206 (11.0) | 1,113 (9.7) | 1,030 (8.6) | 0.1 | 0.2 | -0.8 | -0.8 | -0.5 |
| 欧州連合 | 995 (16.0) | 1,070 (12.1) | 963 (10.1) | 981 (9.0) | 904 (7.9) | 834 (7.0) | -0.1 | 0.2 | -0.8 | -0.8 | -0.5 |
| 他欧州/ユーラシア | 1,057 (17.0) | 711 (8.1) | 752 (7.9) | 735 (6.7) | 739 (6.4) | 745 (6.2) | -1.1 | -0.2 | 0.1 | 0.1 | 0.0 |
| アフリカ | 285 (4.6) | 494 (5.6) | 598 (6.2) | 708 (6.5) | 775 (6.8) | 826 (6.9) | 2.5 | 1.7 | 0.9 | 0.6 | 1.1 |
| 中東 | 157 (2.5) | 451 (5.1) | 527 (5.5) | 667 (6.1) | 754 (6.6) | 829 (6.9) | 4.1 | 2.4 | 1.2 | 0.9 | 1.5 |
| オセアニア | 66 (1.1) | 89 (1.0) | 94 (1.0) | 102 (0.9) | 102 (0.9) | 100 (0.8) | 1.2 | 0.8 | 0.0 | -0.2 | 0.2 |
| 先進国 | 3,057 (49.0) | 3,640 (41.3) | 3,461 (36.2) | 3,636 (33.3) | 3,455 (30.1) | 3,247 (27.2) | 0.4 | 0.5 | -0.5 | -0.6 | -0.2 |
| 新興・途上国 | 2,976 (47.7) | 4,821 (54.7) | 5,816 (60.7) | 6,768 (62.0) | 7,378 (64.3) | 7,971 (66.7) | 2.3 | 1.5 | 0.9 | 0.8 | 1.1 |

(出所) IEA "World Energy Balances"

見通しは日本エネルギー経済研究所

(注)カッコ内は対世界比(%). 世界は国際バンカーを含む

付表12 | 最終エネルギー消費、産業[レファレンスシナリオ]

(石油換算100万t)

| | 1990 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 年平均変化率(%) | | | | |
|-----------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | | | | | | | 1990/ 2020 | 2020/ 2030 | 2030/ 2040 | 2040/ 2050 | 2020/ 2050 |
| 世界 | 1,795 (100) | 2,639 (100) | 2,873 (100) | 3,161 (100) | 3,337 (100) | 3,497 (100) | 1.6 | 1.0 | 0.5 | 0.5 | 0.7 |
| アジア | 506 (28.2) | 1,402 (53.1) | 1,650 (57.5) | 1,809 (57.2) | 1,874 (56.2) | 1,959 (56.0) | 4.0 | 0.9 | 0.4 | 0.4 | 0.6 |
| 中国 | 234 (13.0) | 924 (35.0) | 1,073 (37.3) | 1,009 (31.9) | 866 (25.9) | 748 (21.4) | 5.2 | -0.6 | -1.5 | -1.5 | -1.2 |
| インド | 59 (3.3) | 158 (6.0) | 226 (7.9) | 362 (11.4) | 483 (14.5) | 606 (17.3) | 4.6 | 4.8 | 2.9 | 2.3 | 3.3 |
| 日本 | 108 (6.0) | 92 (3.5) | 75 (2.6) | 75 (2.4) | 69 (2.1) | 63 (1.8) | -1.2 | -0.1 | -0.8 | -0.9 | -0.6 |
| 韓国 | 19 (1.1) | 45 (1.7) | 46 (1.6) | 51 (1.6) | 50 (1.5) | 46 (1.3) | 2.9 | 1.1 | -0.2 | -0.8 | 0.0 |
| 台湾 | 12 (0.7) | 24 (0.9) | 24 (0.8) | 27 (0.9) | 27 (0.8) | 26 (0.7) | 2.3 | 1.2 | 0.1 | -0.4 | 0.3 |
| ASEAN | 41 (2.3) | 120 (4.6) | 158 (5.5) | 215 (6.8) | 276 (8.3) | 333 (9.5) | 4.6 | 3.1 | 2.6 | 1.9 | 2.5 |
| インドネシア | 17 (1.0) | 49 (1.9) | 56 (1.9) | 77 (2.4) | 105 (3.1) | 131 (3.8) | 3.9 | 3.3 | 3.1 | 2.3 | 2.9 |
| マレーシア | 6 (0.3) | 15 (0.6) | 18 (0.6) | 25 (0.8) | 32 (0.9) | 36 (1.0) | 4.0 | 3.1 | 2.4 | 1.4 | 2.3 |
| ミャンマー | 0 (0.0) | 1 (0.0) | 4 (0.1) | 4 (0.1) | 6 (0.2) | 8 (0.2) | 7.8 | 1.4 | 3.9 | 2.3 | 2.5 |
| フィリピン | 4 (0.2) | 6 (0.2) | 6 (0.2) | 10 (0.3) | 12 (0.4) | 15 (0.4) | 1.3 | 4.3 | 2.6 | 2.3 | 3.1 |
| シンガポール | 1 (0.0) | 5 (0.2) | 6 (0.2) | 8 (0.2) | 8 (0.2) | 8 (0.2) | 8.2 | 2.0 | 0.5 | -0.3 | 0.7 |
| タイ | 9 (0.5) | 26 (1.0) | 31 (1.1) | 39 (1.2) | 46 (1.4) | 50 (1.4) | 4.4 | 2.1 | 1.7 | 0.9 | 1.6 |
| ベトナム | 5 (0.3) | 17 (0.7) | 36 (1.3) | 52 (1.6) | 67 (2.0) | 84 (2.4) | 7.2 | 3.6 | 2.6 | 2.3 | 2.8 |
| 北米 | 331 (18.4) | 313 (11.9) | 310 (10.8) | 322 (10.2) | 328 (9.8) | 324 (9.3) | -0.2 | 0.4 | 0.2 | -0.1 | 0.2 |
| 米国 | 284 (15.8) | 270 (10.2) | 265 (9.2) | 273 (8.6) | 276 (8.3) | 272 (7.8) | -0.2 | 0.3 | 0.1 | -0.1 | 0.1 |
| 中南米 | 114 (6.3) | 180 (6.8) | 167 (5.8) | 200 (6.3) | 239 (7.2) | 264 (7.6) | 1.3 | 1.8 | 1.8 | 1.0 | 1.5 |
| 欧州先進国 | 330 (18.4) | 296 (11.2) | 285 (9.9) | 307 (9.7) | 299 (8.9) | 286 (8.2) | -0.5 | 0.7 | -0.3 | -0.4 | 0.0 |
| 欧州連合 | 313 (17.4) | 247 (9.4) | 232 (8.1) | 250 (7.9) | 245 (7.4) | 236 (6.7) | -1.0 | 0.8 | -0.2 | -0.4 | 0.1 |
| 他欧州/ユーラシア | 391 (21.8) | 205 (7.8) | 202 (7.0) | 195 (6.2) | 210 (6.3) | 224 (6.4) | -2.2 | -0.4 | 0.7 | 0.6 | 0.3 |
| アフリカ | 53 (3.0) | 83 (3.1) | 84 (2.9) | 110 (3.5) | 148 (4.4) | 188 (5.4) | 1.5 | 2.8 | 3.0 | 2.4 | 2.7 |
| 中東 | 47 (2.6) | 134 (5.1) | 147 (5.1) | 186 (5.9) | 207 (6.2) | 220 (6.3) | 3.9 | 2.4 | 1.1 | 0.6 | 1.3 |
| オセアニア | 23 (1.3) | 26 (1.0) | 27 (0.9) | 31 (1.0) | 32 (1.0) | 32 (0.9) | 0.6 | 1.4 | 0.5 | 0.0 | 0.6 |
| 先進国 | 825 (46.0) | 802 (30.4) | 774 (26.9) | 822 (26.0) | 814 (24.4) | 787 (22.5) | -0.2 | 0.6 | -0.1 | -0.3 | 0.1 |
| 新興・途上国 | 969 (54.0) | 1,838 (69.6) | 2,099 (73.1) | 2,340 (74.0) | 2,523 (75.6) | 2,710 (77.5) | 2.6 | 1.1 | 0.8 | 0.7 | 0.9 |

(出所) IEA "World Energy Balances"

見通しは日本エネルギー経済研究所

(注)カッコ内は対世界比(%)

付表13 | 最終エネルギー消費、運輸[レファレンスシナリオ]

(石油換算100万t)

| | 1990 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 年平均変化率(%) | | | | |
|-----------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | | | | | | | 1990/ 2020 | 2020/ 2030 | 2030/ 2040 | 2040/ 2050 | 2020/ 2050 |
| 世界 | 1,577 (100) | 2,430 (100) | 2,507 (100) | 3,167 (100) | 3,328 (100) | 3,502 (100) | 1.6 | 2.4 | 0.5 | 0.5 | 1.1 |
| アジア | 188 (11.9) | 494 (20.3) | 681 (27.2) | 900 (28.4) | 999 (30.0) | 1,116 (31.9) | 4.4 | 2.8 | 1.1 | 1.1 | 1.7 |
| 中国 | 30 (1.9) | 197 (8.1) | 323 (12.9) | 423 (13.4) | 417 (12.5) | 383 (10.9) | 8.2 | 2.7 | -0.1 | -0.9 | 0.6 |
| インド | 21 (1.3) | 65 (2.7) | 93 (3.7) | 154 (4.9) | 228 (6.8) | 344 (9.8) | 5.1 | 5.2 | 4.0 | 4.2 | 4.5 |
| 日本 | 72 (4.6) | 79 (3.2) | 62 (2.5) | 54 (1.7) | 42 (1.3) | 36 (1.0) | -0.5 | -1.5 | -2.4 | -1.6 | -1.8 |
| 韓国 | 15 (0.9) | 30 (1.2) | 34 (1.4) | 36 (1.1) | 31 (0.9) | 25 (0.7) | 2.9 | 0.4 | -1.5 | -1.9 | -1.0 |
| 台湾 | 7 (0.4) | 12 (0.5) | 12 (0.5) | 11 (0.3) | 9 (0.3) | 7 (0.2) | 2.1 | -1.1 | -2.3 | -2.6 | -2.0 |
| ASEAN | 33 (2.1) | 86 (3.6) | 122 (4.9) | 172 (5.4) | 207 (6.2) | 241 (6.9) | 4.5 | 3.5 | 1.8 | 1.5 | 2.3 |
| インドネシア | 11 (0.7) | 30 (1.2) | 48 (1.9) | 70 (2.2) | 87 (2.6) | 103 (3.0) | 5.1 | 3.8 | 2.2 | 1.8 | 2.6 |
| マレーシア | 5 (0.3) | 15 (0.6) | 21 (0.8) | 25 (0.8) | 23 (0.7) | 20 (0.6) | 4.9 | 1.8 | -0.9 | -1.3 | -0.1 |
| ミャンマー | 0 (0.0) | 1 (0.0) | 2 (0.1) | 3 (0.1) | 5 (0.2) | 7 (0.2) | 5.3 | 4.3 | 4.8 | 3.7 | 4.2 |
| フィリピン | 5 (0.3) | 8 (0.3) | 10 (0.4) | 22 (0.7) | 31 (0.9) | 42 (1.2) | 2.6 | 8.1 | 3.6 | 3.1 | 4.9 |
| シンガポール | 1 (0.1) | 2 (0.1) | 2 (0.1) | 2 (0.1) | 2 (0.1) | 2 (0.1) | 1.8 | 0.0 | -1.0 | -1.5 | -0.8 |
| タイ | 9 (0.6) | 19 (0.8) | 27 (1.1) | 30 (0.9) | 31 (0.9) | 32 (0.9) | 3.6 | 1.0 | 0.6 | 0.3 | 0.6 |
| ベトナム | 1 (0.1) | 10 (0.4) | 12 (0.5) | 21 (0.7) | 28 (0.8) | 35 (1.0) | 7.6 | 5.3 | 3.0 | 2.3 | 3.5 |
| 北米 | 531 (33.7) | 656 (27.0) | 605 (24.1) | 666 (21.0) | 597 (17.9) | 527 (15.1) | 0.4 | 1.0 | -1.1 | -1.2 | -0.5 |
| 米国 | 488 (30.9) | 596 (24.5) | 549 (21.9) | 603 (19.0) | 541 (16.2) | 477 (13.6) | 0.4 | 1.0 | -1.1 | -1.2 | -0.5 |
| 中南米 | 103 (6.6) | 197 (8.1) | 191 (7.6) | 252 (8.0) | 272 (8.2) | 282 (8.1) | 2.1 | 2.8 | 0.7 | 0.4 | 1.3 |
| 欧州先進国 | 269 (17.0) | 335 (13.8) | 309 (12.3) | 317 (10.0) | 258 (7.7) | 220 (6.3) | 0.5 | 0.3 | -2.0 | -1.6 | -1.1 |
| 欧州連合 | 220 (13.9) | 279 (11.5) | 252 (10.1) | 256 (8.1) | 209 (6.3) | 178 (5.1) | 0.5 | 0.2 | -2.0 | -1.6 | -1.2 |
| 他欧州/ユーラシア | 170 (10.8) | 145 (6.0) | 144 (5.8) | 145 (4.6) | 135 (4.1) | 128 (3.7) | -0.6 | 0.0 | -0.7 | -0.5 | -0.4 |
| アフリカ | 38 (2.4) | 87 (3.6) | 112 (4.5) | 159 (5.0) | 208 (6.3) | 265 (7.6) | 3.7 | 3.6 | 2.7 | 2.4 | 2.9 |
| 中東 | 51 (3.2) | 121 (5.0) | 131 (5.2) | 178 (5.6) | 189 (5.7) | 197 (5.6) | 3.2 | 3.1 | 0.6 | 0.4 | 1.4 |
| オセアニア | 24 (1.5) | 35 (1.4) | 36 (1.4) | 37 (1.2) | 35 (1.1) | 33 (0.9) | 1.4 | 0.3 | -0.6 | -0.7 | -0.3 |
| 先進国 | 920 (58.3) | 1,151 (47.4) | 1,064 (42.5) | 1,126 (35.5) | 976 (29.3) | 852 (24.3) | 0.5 | 0.6 | -1.4 | -1.4 | -0.7 |
| 新興・途上国 | 454 (28.8) | 920 (37.9) | 1,146 (45.7) | 1,528 (48.3) | 1,717 (51.6) | 1,917 (54.7) | 3.1 | 2.9 | 1.2 | 1.1 | 1.7 |

(出所) IEA "World Energy Balances"

見通しは日本エネルギー経済研究所

(注)カッコ内は対世界比(%). 世界は国際バンカーを含む

付表14 | 最終エネルギー消費、民生・農業他[レファレンスシナリオ]

(石油換算100万t)

| | 1990 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 年平均変化率(%) | | | | |
|-----------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | | | | | | | 1990/ 2020 | 2020/ 2030 | 2030/ 2040 | 2040/ 2050 | 2020/ 2050 |
| 世界 | 2,387 (100) | 2,967 (100) | 3,248 (100) | 3,443 (100) | 3,531 (100) | 3,578 (100) | 1.0 | 0.6 | 0.3 | 0.1 | 0.3 |
| アジア | 720 (30.1) | 975 (32.9) | 1,177 (36.2) | 1,300 (37.8) | 1,419 (40.2) | 1,543 (43.1) | 1.7 | 1.0 | 0.9 | 0.8 | 0.9 |
| 中国 | 351 (14.7) | 411 (13.9) | 587 (18.1) | 641 (18.6) | 695 (19.7) | 738 (20.6) | 1.7 | 0.9 | 0.8 | 0.6 | 0.8 |
| インド | 122 (5.1) | 187 (6.3) | 223 (6.9) | 259 (7.5) | 295 (8.4) | 345 (9.7) | 2.0 | 1.5 | 1.3 | 1.6 | 1.5 |
| 日本 | 78 (3.2) | 109 (3.7) | 96 (2.9) | 97 (2.8) | 93 (2.6) | 88 (2.5) | 0.7 | 0.1 | -0.4 | -0.6 | -0.3 |
| 韓国 | 24 (1.0) | 44 (1.5) | 45 (1.4) | 48 (1.4) | 47 (1.3) | 44 (1.2) | 2.1 | 0.5 | -0.2 | -0.6 | -0.1 |
| 台湾 | 6 (0.3) | 12 (0.4) | 12 (0.4) | 13 (0.4) | 13 (0.4) | 13 (0.4) | 2.2 | 0.3 | 0.3 | -0.1 | 0.2 |
| ASEAN | 86 (3.6) | 130 (4.4) | 113 (3.5) | 130 (3.8) | 157 (4.4) | 188 (5.2) | 0.9 | 1.4 | 1.9 | 1.8 | 1.7 |
| インドネシア | 44 (1.8) | 59 (2.0) | 40 (1.2) | 43 (1.2) | 54 (1.5) | 68 (1.9) | -0.3 | 0.8 | 2.3 | 2.3 | 1.8 |
| マレーシア | 2 (0.1) | 8 (0.3) | 9 (0.3) | 12 (0.3) | 14 (0.4) | 16 (0.4) | 4.8 | 2.9 | 1.9 | 1.2 | 2.0 |
| ミャンマー | 8 (0.4) | 11 (0.4) | 14 (0.4) | 14 (0.4) | 14 (0.4) | 15 (0.4) | 1.6 | -0.1 | 0.4 | 0.8 | 0.4 |
| フィリピン | 10 (0.4) | 11 (0.4) | 15 (0.5) | 19 (0.6) | 23 (0.7) | 28 (0.8) | 1.4 | 2.3 | 2.0 | 2.0 | 2.1 |
| シンガポール | 1 (0.0) | 2 (0.1) | 3 (0.1) | 3 (0.1) | 3 (0.1) | 3 (0.1) | 2.9 | 1.2 | 0.6 | -0.1 | 0.6 |
| タイ | 11 (0.5) | 20 (0.7) | 16 (0.5) | 19 (0.5) | 20 (0.6) | 21 (0.6) | 1.4 | 1.3 | 0.7 | 0.4 | 0.8 |
| ベトナム | 10 (0.4) | 18 (0.6) | 16 (0.5) | 21 (0.6) | 28 (0.8) | 36 (1.0) | 1.6 | 2.7 | 2.9 | 2.6 | 2.7 |
| 北米 | 456 (19.1) | 572 (19.3) | 572 (17.6) | 589 (17.1) | 583 (16.5) | 566 (15.8) | 0.8 | 0.3 | -0.1 | -0.3 | 0.0 |
| 米国 | 403 (16.9) | 511 (17.2) | 505 (15.5) | 518 (15.1) | 513 (14.5) | 497 (13.9) | 0.8 | 0.3 | -0.1 | -0.3 | 0.0 |
| 中南米 | 100 (4.2) | 148 (5.0) | 159 (4.9) | 173 (5.0) | 185 (5.2) | 197 (5.5) | 1.5 | 0.9 | 0.7 | 0.6 | 0.7 |
| 欧州先進国 | 442 (18.5) | 544 (18.3) | 485 (14.9) | 473 (13.7) | 448 (12.7) | 418 (11.7) | 0.3 | -0.2 | -0.5 | -0.7 | -0.5 |
| 欧州連合 | 374 (15.7) | 447 (15.1) | 390 (12.0) | 380 (11.1) | 358 (10.1) | 332 (9.3) | 0.1 | -0.2 | -0.6 | -0.8 | -0.5 |
| 他欧州/ユーラシア | 431 (18.1) | 281 (9.5) | 306 (9.4) | 298 (8.7) | 289 (8.2) | 281 (7.8) | -1.1 | -0.3 | -0.3 | -0.3 | -0.3 |
| アフリカ | 183 (7.7) | 306 (10.3) | 383 (11.8) | 414 (12.0) | 389 (11.0) | 336 (9.4) | 2.5 | 0.8 | -0.6 | -1.4 | -0.4 |
| 中東 | 40 (1.7) | 119 (4.0) | 142 (4.4) | 168 (4.9) | 190 (5.4) | 210 (5.9) | 4.3 | 1.7 | 1.3 | 1.0 | 1.3 |
| オセアニア | 15 (0.6) | 23 (0.8) | 25 (0.8) | 27 (0.8) | 28 (0.8) | 28 (0.8) | 1.7 | 0.9 | 0.3 | 0.0 | 0.4 |
| 先進国 | 1,025 (42.9) | 1,310 (44.1) | 1,242 (38.2) | 1,254 (36.4) | 1,220 (34.5) | 1,163 (32.5) | 0.6 | 0.1 | -0.3 | -0.5 | -0.2 |
| 新興・途上国 | 1,362 (57.1) | 1,657 (55.9) | 2,007 (61.8) | 2,189 (63.6) | 2,311 (65.5) | 2,415 (67.5) | 1.3 | 0.9 | 0.5 | 0.4 | 0.6 |

(出所) IEA "World Energy Balances"

見通しは日本エネルギー経済研究所

(注)カッコ内は対世界比(%)

付表15 | 最終エネルギー消費、電力[レファレンスシナリオ]

(TWh)

| | | | | | | | 年平均変化率(%) | | | | |
|-----------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | 1990 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990/ 2020 | 2020/ 2030 | 2030/ 2040 | 2040/ 2050 | 2020/ 2050 |
| 世界 | 9,698 (100) | 17,884 (100) | 22,773 (100) | 28,608 (100) | 34,116 (100) | 39,631 (100) | 2.9 | 2.3 | 1.8 | 1.5 | 1.9 |
| アジア | 1,822 (18.8) | 6,678 (37.3) | 10,985 (48.2) | 14,657 (51.2) | 17,613 (51.6) | 20,465 (51.6) | 6.2 | 2.9 | 1.9 | 1.5 | 2.1 |
| 中国 | 454 (4.7) | 3,450 (19.3) | 6,827 (30.0) | 8,724 (30.5) | 9,682 (28.4) | 10,220 (25.8) | 9.5 | 2.5 | 1.0 | 0.5 | 1.4 |
| インド | 212 (2.2) | 720 (4.0) | 1,182 (5.2) | 2,077 (7.3) | 3,103 (9.1) | 4,337 (10.9) | 5.9 | 5.8 | 4.1 | 3.4 | 4.4 |
| 日本 | 765 (7.9) | 1,035 (5.8) | 907 (4.0) | 969 (3.4) | 1,009 (3.0) | 1,025 (2.6) | 0.6 | 0.7 | 0.4 | 0.2 | 0.4 |
| 韓国 | 94 (1.0) | 449 (2.5) | 513 (2.3) | 610 (2.1) | 658 (1.9) | 664 (1.7) | 5.8 | 1.8 | 0.8 | 0.1 | 0.9 |
| 台湾 | 77 (0.8) | 218 (1.2) | 252 (1.1) | 287 (1.0) | 310 (0.9) | 319 (0.8) | 4.0 | 1.3 | 0.8 | 0.3 | 0.8 |
| ASEAN | 130 (1.3) | 601 (3.4) | 992 (4.4) | 1,509 (5.3) | 2,127 (6.2) | 2,865 (7.2) | 7.0 | 4.3 | 3.5 | 3.0 | 3.6 |
| インドネシア | 28 (0.3) | 147 (0.8) | 276 (1.2) | 448 (1.6) | 700 (2.1) | 1,043 (2.6) | 7.9 | 5.0 | 4.6 | 4.1 | 4.5 |
| マレーシア | 20 (0.2) | 111 (0.6) | 152 (0.7) | 224 (0.8) | 300 (0.9) | 370 (0.9) | 7.0 | 4.0 | 3.0 | 2.1 | 3.0 |
| ミャンマー | 2 (0.0) | 6 (0.0) | 20 (0.1) | 33 (0.1) | 54 (0.2) | 83 (0.2) | 8.5 | 4.9 | 5.2 | 4.3 | 4.8 |
| フィリピン | 21 (0.2) | 55 (0.3) | 83 (0.4) | 136 (0.5) | 200 (0.6) | 276 (0.7) | 4.7 | 5.1 | 3.9 | 3.3 | 4.1 |
| シンガポール | 13 (0.1) | 42 (0.2) | 51 (0.2) | 62 (0.2) | 68 (0.2) | 69 (0.2) | 4.7 | 2.0 | 0.9 | 0.1 | 1.0 |
| タイ | 38 (0.4) | 149 (0.8) | 187 (0.8) | 251 (0.9) | 311 (0.9) | 362 (0.9) | 5.4 | 3.0 | 2.2 | 1.5 | 2.2 |
| ベトナム | 6 (0.1) | 87 (0.5) | 218 (1.0) | 349 (1.2) | 488 (1.4) | 657 (1.7) | 12.6 | 4.8 | 3.4 | 3.0 | 3.7 |
| 北米 | 3,051 (31.5) | 4,264 (23.8) | 4,300 (18.9) | 4,773 (16.7) | 5,321 (15.6) | 5,786 (14.6) | 1.2 | 1.0 | 1.1 | 0.8 | 1.0 |
| 米国 | 2,633 (27.1) | 3,788 (21.2) | 3,777 (16.6) | 4,174 (14.6) | 4,647 (13.6) | 5,054 (12.8) | 1.2 | 1.0 | 1.1 | 0.8 | 1.0 |
| 中南米 | 516 (5.3) | 1,127 (6.3) | 1,286 (5.6) | 1,669 (5.8) | 2,162 (6.3) | 2,667 (6.7) | 3.1 | 2.6 | 2.6 | 2.1 | 2.5 |
| 欧州先進国 | 2,248 (23.2) | 3,107 (17.4) | 3,016 (13.2) | 3,455 (12.1) | 3,728 (10.9) | 3,931 (9.9) | 1.0 | 1.4 | 0.8 | 0.5 | 0.9 |
| 欧州連合 | 1,887 (19.5) | 2,510 (14.0) | 2,384 (10.5) | 2,739 (9.6) | 2,952 (8.7) | 3,103 (7.8) | 0.8 | 1.4 | 0.8 | 0.5 | 0.9 |
| 他欧州/ユーラシア | 1,448 (14.9) | 1,193 (6.7) | 1,250 (5.5) | 1,383 (4.8) | 1,681 (4.9) | 2,015 (5.1) | -0.5 | 1.0 | 2.0 | 1.8 | 1.6 |
| アフリカ | 256 (2.6) | 541 (3.0) | 667 (2.9) | 999 (3.5) | 1,532 (4.5) | 2,302 (5.8) | 3.2 | 4.1 | 4.4 | 4.2 | 4.2 |
| 中東 | 199 (2.0) | 722 (4.0) | 1,012 (4.4) | 1,366 (4.8) | 1,734 (5.1) | 2,091 (5.3) | 5.6 | 3.0 | 2.4 | 1.9 | 2.4 |
| オセアニア | 158 (1.6) | 252 (1.4) | 255 (1.1) | 306 (1.1) | 345 (1.0) | 373 (0.9) | 1.6 | 1.8 | 1.2 | 0.8 | 1.3 |
| 先進国 | 6,429 (66.3) | 9,410 (52.6) | 9,338 (41.0) | 10,511 (36.7) | 11,490 (33.7) | 12,218 (30.8) | 1.3 | 1.2 | 0.9 | 0.6 | 0.9 |
| 新興・途上国 | 3,270 (33.7) | 8,473 (47.4) | 13,434 (59.0) | 18,097 (63.3) | 22,626 (66.3) | 27,413 (69.2) | 4.8 | 3.0 | 2.3 | 1.9 | 2.4 |

(出所) IEA "World Energy Balances"

見通しは日本エネルギー経済研究所

(注)カッコ内は対世界比(%)

付表16 | 発電電力量[レファレンスシナリオ]

(TWh)

| | 1990 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 年平均変化率(%) | | | | |
|-----------|-----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | | | | | | | 1990/ 2020 | 2020/ 2030 | 2030/ 2040 | 2040/ 2050 | 2020/ 2050 |
| 世界 | 11,844 (100) | 21,539 (100) | 26,721 (100) | 33,593 (100) | 39,845 (100) | 45,777 (100) | 2.7 | 2.3 | 1.7 | 1.4 | 1.8 |
| アジア | 2,237 (18.9) | 7,990 (37.1) | 12,567 (47.0) | 16,925 (50.4) | 20,264 (50.9) | 23,313 (50.9) | 5.9 | 3.0 | 1.8 | 1.4 | 2.1 |
| 中国 | 621 (5.2) | 4,197 (19.5) | 7,732 (28.9) | 9,933 (29.6) | 10,969 (27.5) | 11,473 (25.1) | 8.8 | 2.5 | 1.0 | 0.5 | 1.3 |
| インド | 289 (2.4) | 974 (4.5) | 1,533 (5.7) | 2,689 (8.0) | 3,897 (9.8) | 5,240 (11.4) | 5.7 | 5.8 | 3.8 | 3.0 | 4.2 |
| 日本 | 862 (7.3) | 1,164 (5.4) | 1,009 (3.8) | 1,077 (3.2) | 1,116 (2.8) | 1,128 (2.5) | 0.5 | 0.7 | 0.4 | 0.1 | 0.4 |
| 韓国 | 105 (0.9) | 497 (2.3) | 575 (2.2) | 683 (2.0) | 735 (1.8) | 741 (1.6) | 5.8 | 1.7 | 0.7 | 0.1 | 0.8 |
| 台湾 | 87 (0.7) | 244 (1.1) | 277 (1.0) | 316 (0.9) | 340 (0.9) | 350 (0.8) | 3.9 | 1.3 | 0.8 | 0.3 | 0.8 |
| ASEAN | 154 (1.3) | 675 (3.1) | 1,075 (4.0) | 1,654 (4.9) | 2,344 (5.9) | 3,161 (6.9) | 6.7 | 4.4 | 3.5 | 3.0 | 3.7 |
| インドネシア | 33 (0.3) | 170 (0.8) | 292 (1.1) | 488 (1.5) | 773 (1.9) | 1,156 (2.5) | 7.6 | 5.3 | 4.7 | 4.1 | 4.7 |
| マレーシア | 23 (0.2) | 125 (0.6) | 183 (0.7) | 263 (0.8) | 348 (0.9) | 425 (0.9) | 7.1 | 3.7 | 2.8 | 2.0 | 2.9 |
| ミャンマー | 2 (0.0) | 9 (0.0) | 20 (0.1) | 57 (0.2) | 92 (0.2) | 135 (0.3) | 7.2 | 11.0 | 5.0 | 3.9 | 6.6 |
| フィリピン | 26 (0.2) | 68 (0.3) | 102 (0.4) | 166 (0.5) | 240 (0.6) | 325 (0.7) | 4.6 | 5.0 | 3.7 | 3.1 | 3.9 |
| シンガポール | 16 (0.1) | 46 (0.2) | 53 (0.2) | 65 (0.2) | 72 (0.2) | 72 (0.2) | 4.2 | 2.0 | 0.9 | 0.1 | 1.0 |
| タイ | 44 (0.4) | 159 (0.7) | 179 (0.7) | 229 (0.7) | 281 (0.7) | 323 (0.7) | 4.8 | 2.5 | 2.1 | 1.4 | 2.0 |
| ベトナム | 9 (0.1) | 95 (0.4) | 240 (0.9) | 380 (1.1) | 532 (1.3) | 717 (1.6) | 11.7 | 4.7 | 3.4 | 3.0 | 3.7 |
| 北米 | 3,685 (31.1) | 4,957 (23.0) | 4,891 (18.3) | 5,419 (16.1) | 6,023 (15.1) | 6,520 (14.2) | 0.9 | 1.0 | 1.1 | 0.8 | 1.0 |
| 米国 | 3,203 (27.0) | 4,354 (20.2) | 4,239 (15.9) | 4,694 (14.0) | 5,215 (13.1) | 5,652 (12.3) | 0.9 | 1.0 | 1.1 | 0.8 | 1.0 |
| 中南米 | 623 (5.3) | 1,406 (6.5) | 1,591 (6.0) | 2,053 (6.1) | 2,618 (6.6) | 3,167 (6.9) | 3.2 | 2.6 | 2.5 | 1.9 | 2.3 |
| 欧州先進国 | 2,696 (22.8) | 3,624 (16.8) | 3,499 (13.1) | 3,985 (11.9) | 4,279 (10.7) | 4,476 (9.8) | 0.9 | 1.3 | 0.7 | 0.5 | 0.8 |
| 欧州連合 | 2,258 (19.1) | 2,956 (13.7) | 2,758 (10.3) | 3,210 (9.6) | 3,421 (8.6) | 3,673 (8.0) | 0.7 | 1.5 | 0.6 | 0.7 | 1.0 |
| 他欧州/ユーラシア | 1,856 (15.7) | 1,689 (7.8) | 1,752 (6.6) | 1,919 (5.7) | 2,250 (5.6) | 2,582 (5.6) | -0.2 | 0.9 | 1.6 | 1.4 | 1.3 |
| アフリカ | 316 (2.7) | 687 (3.2) | 836 (3.1) | 1,245 (3.7) | 1,877 (4.7) | 2,756 (6.0) | 3.3 | 4.1 | 4.2 | 3.9 | 4.1 |
| 中東 | 244 (2.1) | 888 (4.1) | 1,275 (4.8) | 1,677 (5.0) | 2,123 (5.3) | 2,525 (5.5) | 5.7 | 2.8 | 2.4 | 1.7 | 2.3 |
| オセアニア | 187 (1.6) | 298 (1.4) | 309 (1.2) | 369 (1.1) | 411 (1.0) | 438 (1.0) | 1.7 | 1.8 | 1.1 | 0.6 | 1.2 |
| 先進国 | 7,667 (64.7) | 10,869 (50.5) | 10,649 (39.9) | 11,954 (35.6) | 13,018 (32.7) | 13,767 (30.1) | 1.1 | 1.2 | 0.9 | 0.6 | 0.9 |
| 新興・途上国 | 4,178 (35.3) | 10,670 (49.5) | 16,071 (60.1) | 21,639 (64.4) | 26,827 (67.3) | 32,010 (69.9) | 4.6 | 3.0 | 2.2 | 1.8 | 2.3 |

(出所) IEA "World Energy Balances"

見通しは日本エネルギー経済研究所

(注)カッコ内は対世界比(%)

付表17 | 1人当たり一次エネルギー消費[レファレンスシナリオ]

(石油換算t/人)

| | 1990 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 年平均変化率(%) | | | | |
|-----------|------|------|------|------|------|------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | | | | | | | 1990/ 2020 | 2020/ 2030 | 2030/ 2040 | 2040/ 2050 | 2020/ 2050 |
| 世界 | 1.66 | 1.86 | 1.80 | 1.89 | 1.87 | 1.84 | 0.3 | 0.5 | -0.2 | -0.1 | 0.1 |
| アジア | 0.71 | 1.24 | 1.43 | 1.60 | 1.66 | 1.73 | 2.4 | 1.1 | 0.4 | 0.4 | 0.6 |
| 中国 | 0.77 | 1.90 | 2.48 | 2.70 | 2.68 | 2.61 | 4.0 | 0.9 | -0.1 | -0.3 | 0.2 |
| インド | 0.32 | 0.54 | 0.63 | 0.87 | 1.07 | 1.31 | 2.3 | 3.2 | 2.1 | 2.0 | 2.5 |
| 日本 | 3.54 | 3.90 | 3.06 | 3.29 | 3.24 | 3.21 | -0.5 | 0.7 | -0.2 | -0.1 | 0.2 |
| 韓国 | 2.17 | 5.05 | 5.33 | 5.90 | 5.90 | 5.83 | 3.0 | 1.0 | 0.0 | -0.1 | 0.3 |
| 台湾 | 2.29 | 4.69 | 4.55 | 4.66 | 4.60 | 4.52 | 2.3 | 0.2 | -0.1 | -0.2 | 0.0 |
| ASEAN | 0.54 | 0.93 | 1.05 | 1.37 | 1.62 | 1.87 | 2.3 | 2.8 | 1.7 | 1.4 | 2.0 |
| インドネシア | 0.54 | 0.84 | 0.85 | 1.17 | 1.48 | 1.79 | 1.5 | 3.2 | 2.3 | 1.9 | 2.5 |
| マレーシア | 1.18 | 2.57 | 2.85 | 3.95 | 4.18 | 4.27 | 3.0 | 3.3 | 0.6 | 0.2 | 1.4 |
| ミャンマー | 0.26 | 0.27 | 0.42 | 0.51 | 0.64 | 0.79 | 1.6 | 2.0 | 2.4 | 2.1 | 2.2 |
| フィリピン | 0.43 | 0.44 | 0.53 | 0.71 | 0.82 | 0.93 | 0.7 | 3.0 | 1.3 | 1.3 | 1.9 |
| シンガポール | 3.78 | 4.63 | 5.65 | 6.21 | 6.33 | 6.39 | 1.3 | 1.0 | 0.2 | 0.1 | 0.4 |
| タイ | 0.75 | 1.75 | 1.91 | 2.26 | 2.58 | 2.90 | 3.2 | 1.7 | 1.3 | 1.2 | 1.4 |
| ベトナム | 0.26 | 0.67 | 1.00 | 1.42 | 1.82 | 2.27 | 4.6 | 3.6 | 2.5 | 2.2 | 2.8 |
| 北米 | 7.67 | 7.21 | 6.28 | 6.33 | 5.87 | 5.43 | -0.7 | 0.1 | -0.8 | -0.8 | -0.5 |
| 米国 | 7.67 | 7.16 | 6.15 | 6.17 | 5.69 | 5.24 | -0.7 | 0.0 | -0.8 | -0.8 | -0.5 |
| 中南米 | 1.06 | 1.34 | 1.20 | 1.38 | 1.49 | 1.56 | 0.4 | 1.4 | 0.8 | 0.5 | 0.9 |
| 欧州先進国 | 3.26 | 3.30 | 2.76 | 2.76 | 2.55 | 2.40 | -0.5 | 0.0 | -0.8 | -0.6 | -0.5 |
| 欧州連合 | 3.43 | 3.46 | 2.93 | 2.96 | 2.75 | 2.58 | -0.5 | 0.1 | -0.7 | -0.6 | -0.4 |
| 他欧州/ユーラシア | 4.50 | 3.36 | 3.32 | 3.27 | 3.39 | 3.55 | -1.0 | -0.1 | 0.4 | 0.5 | 0.2 |
| アフリカ | 0.64 | 0.68 | 0.64 | 0.62 | 0.59 | 0.55 | 0.0 | -0.3 | -0.6 | -0.7 | -0.5 |
| 中東 | 1.69 | 3.05 | 3.09 | 3.36 | 3.39 | 3.37 | 2.0 | 0.9 | 0.1 | 0.0 | 0.3 |
| オセアニア | 4.85 | 5.46 | 4.90 | 4.73 | 4.44 | 4.08 | 0.0 | -0.3 | -0.6 | -0.8 | -0.6 |
| 先進国 | 4.47 | 4.70 | 4.09 | 4.18 | 3.96 | 3.74 | -0.3 | 0.2 | -0.6 | -0.6 | -0.3 |
| 新興・途上国 | 0.95 | 1.23 | 1.34 | 1.44 | 1.46 | 1.47 | 1.1 | 0.7 | 0.1 | 0.1 | 0.3 |

(出所)世界銀行 "World Development Indicators"、IEA "World Energy Balances"等より算出

見通しは日本エネルギー経済研究所

(注)世界は国際バンカーを含む

付表18 | GDP当たり一次エネルギー消費[レファレンスシナリオ]

(石油換算t/2015年価格100万ドル)

| | 1990 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 年平均変化率(%) | | | | |
|-----------|-------|------|------|------|------|------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | | | | | | | 1990/ 2020 | 2020/ 2030 | 2030/ 2040 | 2040/ 2050 | 2020/ 2050 |
| 世界 | 244 | 198 | 171 | 143 | 115 | 95 | -1.2 | -1.8 | -2.1 | -1.9 | -1.9 |
| アジア | 311 | 268 | 217 | 166 | 126 | 101 | -1.2 | -2.6 | -2.7 | -2.2 | -2.5 |
| 中国 | 850 | 336 | 239 | 158 | 106 | 77 | -4.1 | -4.1 | -3.9 | -3.2 | -3.7 |
| インド | 590 | 426 | 342 | 262 | 202 | 162 | -1.8 | -2.6 | -2.6 | -2.2 | -2.5 |
| 日本 | 124 | 118 | 88 | 80 | 68 | 58 | -1.1 | -0.9 | -1.6 | -1.5 | -1.3 |
| 韓国 | 231 | 198 | 170 | 145 | 117 | 96 | -1.0 | -1.6 | -2.1 | -2.0 | -1.9 |
| 台湾 | 290 | 235 | 180 | 142 | 114 | 92 | -1.6 | -2.3 | -2.2 | -2.1 | -2.2 |
| ASEAN | 321 | 280 | 236 | 212 | 177 | 149 | -1.0 | -1.1 | -1.8 | -1.7 | -1.5 |
| インドネシア | 366 | 310 | 227 | 202 | 169 | 144 | -1.6 | -1.2 | -1.8 | -1.6 | -1.5 |
| マレーシア | 284 | 312 | 268 | 269 | 216 | 172 | -0.2 | 0.0 | -2.2 | -2.2 | -1.5 |
| ミャンマー | 1,489 | 323 | 279 | 325 | 271 | 231 | -5.4 | 1.5 | -1.8 | -1.6 | -0.6 |
| フィリピン | 251 | 182 | 162 | 141 | 117 | 99 | -1.4 | -1.4 | -1.8 | -1.7 | -1.6 |
| シンガポール | 163 | 95 | 97 | 83 | 73 | 65 | -1.7 | -1.5 | -1.4 | -1.1 | -1.3 |
| タイ | 294 | 340 | 308 | 267 | 220 | 184 | 0.1 | -1.4 | -1.9 | -1.8 | -1.7 |
| ベトナム | 485 | 404 | 376 | 315 | 251 | 201 | -0.8 | -1.7 | -2.3 | -2.2 | -2.1 |
| 北米 | 200 | 140 | 111 | 93 | 74 | 59 | -1.9 | -1.8 | -2.3 | -2.1 | -2.1 |
| 米国 | 195 | 136 | 106 | 87 | 69 | 55 | -2.0 | -1.9 | -2.4 | -2.2 | -2.2 |
| 中南米 | 180 | 163 | 152 | 138 | 115 | 98 | -0.6 | -0.9 | -1.8 | -1.6 | -1.4 |
| 欧州先進国 | 141 | 109 | 86 | 70 | 56 | 46 | -1.6 | -2.1 | -2.1 | -1.9 | -2.1 |
| 欧州連合 | 159 | 118 | 94 | 77 | 62 | 51 | -1.7 | -2.0 | -2.1 | -1.9 | -2.0 |
| 他欧州/ユーラシア | 835 | 533 | 456 | 376 | 305 | 253 | -2.0 | -1.9 | -2.1 | -1.9 | -1.9 |
| アフリカ | 428 | 346 | 330 | 262 | 187 | 136 | -0.9 | -2.3 | -3.3 | -3.1 | -2.9 |
| 中東 | 245 | 318 | 313 | 284 | 242 | 203 | 0.8 | -1.0 | -1.6 | -1.7 | -1.4 |
| オセアニア | 150 | 118 | 97 | 78 | 62 | 50 | -1.4 | -2.2 | -2.2 | -2.2 | -2.2 |
| 先進国 | 164 | 126 | 101 | 84 | 68 | 56 | -1.6 | -1.8 | -2.1 | -2.0 | -2.0 |
| 新興・途上国 | 472 | 319 | 264 | 201 | 151 | 120 | -1.9 | -2.7 | -2.8 | -2.3 | -2.6 |

(出所)世界銀行 "World Development Indicators"、IEA "World Energy Balances"等より算出

見通しは日本エネルギー経済研究所

(注)世界は国際バンカーを含む

付表19 | エネルギー起源二酸化炭素排出[レファレンスシナリオ]

(100万t)

| | 1990 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 年平均変化率(%) | | | | |
|-----------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | | | | | | | 1990/ 2020 | 2020/ 2030 | 2030/ 2040 | 2040/ 2050 | 2020/ 2050 |
| 世界 | 20,556 (100) | 30,726 (100) | 31,666 (100) | 35,531 (100) | 36,608 (100) | 37,028 (100) | 1.5 | 1.2 | 0.3 | 0.1 | 0.5 |
| アジア | 4,699 (22.9) | 13,030 (42.4) | 15,889 (50.2) | 18,312 (51.5) | 19,075 (52.1) | 19,403 (52.4) | 4.1 | 1.4 | 0.4 | 0.2 | 0.7 |
| 中国 | 2,202 (10.7) | 8,133 (26.5) | 10,081 (31.8) | 10,703 (30.1) | 9,680 (26.4) | 8,272 (22.3) | 5.2 | 0.6 | -1.0 | -1.6 | -0.7 |
| インド | 531 (2.6) | 1,587 (5.2) | 2,075 (6.6) | 3,206 (9.0) | 4,391 (12.0) | 5,633 (15.2) | 4.7 | 4.4 | 3.2 | 2.5 | 3.4 |
| 日本 | 1,055 (5.1) | 1,137 (3.7) | 990 (3.1) | 880 (2.5) | 772 (2.1) | 664 (1.8) | -0.2 | -1.2 | -1.3 | -1.5 | -1.3 |
| 韓国 | 211 (1.0) | 532 (1.7) | 547 (1.7) | 591 (1.7) | 566 (1.5) | 507 (1.4) | 3.2 | 0.8 | -0.4 | -1.1 | -0.3 |
| 台湾 | 101 (0.5) | 240 (0.8) | 247 (0.8) | 274 (0.8) | 258 (0.7) | 230 (0.6) | 3.0 | 1.0 | -0.6 | -1.1 | -0.2 |
| ASEAN | 350 (1.7) | 1,071 (3.5) | 1,507 (4.8) | 2,023 (5.7) | 2,540 (6.9) | 2,988 (8.1) | 5.0 | 3.0 | 2.3 | 1.6 | 2.3 |
| インドネシア | 130 (0.6) | 396 (1.3) | 532 (1.7) | 758 (2.1) | 1,027 (2.8) | 1,262 (3.4) | 4.8 | 3.6 | 3.1 | 2.1 | 2.9 |
| マレーシア | 53 (0.3) | 192 (0.6) | 229 (0.7) | 278 (0.8) | 292 (0.8) | 292 (0.8) | 5.0 | 2.0 | 0.5 | 0.0 | 0.8 |
| ミャンマー | 4 (0.0) | 8 (0.0) | 31 (0.1) | 57 (0.2) | 90 (0.2) | 126 (0.3) | 7.0 | 6.5 | 4.6 | 3.4 | 4.8 |
| フィリピン | 36 (0.2) | 75 (0.2) | 124 (0.4) | 197 (0.6) | 263 (0.7) | 329 (0.9) | 4.2 | 4.7 | 2.9 | 2.2 | 3.3 |
| シンガポール | 26 (0.1) | 49 (0.2) | 44 (0.1) | 50 (0.1) | 51 (0.1) | 49 (0.1) | 1.7 | 1.3 | 0.3 | -0.4 | 0.4 |
| タイ | 80 (0.4) | 222 (0.7) | 243 (0.8) | 256 (0.7) | 262 (0.7) | 247 (0.7) | 3.8 | 0.5 | 0.3 | -0.6 | 0.1 |
| ベトナム | 17 (0.1) | 123 (0.4) | 294 (0.9) | 419 (1.2) | 546 (1.5) | 675 (1.8) | 10.1 | 3.6 | 2.7 | 2.2 | 2.8 |
| 北米 | 5,146 (25.0) | 5,726 (18.6) | 4,766 (15.1) | 4,857 (13.7) | 4,399 (12.0) | 3,802 (10.3) | -0.3 | 0.2 | -1.0 | -1.4 | -0.8 |
| 米国 | 4,755 (23.1) | 5,220 (17.0) | 4,258 (13.4) | 4,299 (12.1) | 3,826 (10.5) | 3,237 (8.7) | -0.4 | 0.1 | -1.2 | -1.7 | -0.9 |
| 中南米 | 868 (4.2) | 1,522 (5.0) | 1,339 (4.2) | 1,627 (4.6) | 1,852 (5.1) | 1,975 (5.3) | 1.5 | 2.0 | 1.3 | 0.6 | 1.3 |
| 欧州先進国 | 3,956 (19.2) | 3,828 (12.5) | 3,014 (9.5) | 2,876 (8.1) | 2,480 (6.8) | 2,141 (5.8) | -0.9 | -0.5 | -1.5 | -1.5 | -1.1 |
| 欧州連合 | 3,467 (16.9) | 3,137 (10.2) | 2,394 (7.6) | 2,226 (6.3) | 1,903 (5.2) | 1,651 (4.5) | -1.2 | -0.7 | -1.6 | -1.4 | -1.2 |
| 他欧州/ユーラシア | 3,877 (18.9) | 2,513 (8.2) | 2,419 (7.6) | 2,256 (6.3) | 2,251 (6.1) | 2,313 (6.2) | -1.6 | -0.7 | 0.0 | 0.3 | -0.1 |
| アフリカ | 528 (2.6) | 1,013 (3.3) | 1,144 (3.6) | 1,495 (4.2) | 1,964 (5.4) | 2,479 (6.7) | 2.6 | 2.7 | 2.8 | 2.4 | 2.6 |
| 中東 | 567 (2.8) | 1,544 (5.0) | 1,761 (5.6) | 2,119 (6.0) | 2,311 (6.3) | 2,422 (6.5) | 3.9 | 1.9 | 0.9 | 0.5 | 1.1 |
| オセアニア | 279 (1.4) | 421 (1.4) | 405 (1.3) | 396 (1.1) | 380 (1.0) | 349 (0.9) | 1.2 | -0.2 | -0.4 | -0.9 | -0.5 |
| 先進国 | 10,808 (52.6) | 11,974 (39.0) | 10,046 (31.7) | 9,966 (28.0) | 8,947 (24.4) | 7,780 (21.0) | -0.2 | -0.1 | -1.1 | -1.4 | -0.8 |
| 新興・途上国 | 9,112 (44.3) | 17,624 (57.4) | 20,690 (65.3) | 23,973 (67.5) | 25,766 (70.4) | 27,103 (73.2) | 2.8 | 1.5 | 0.7 | 0.5 | 0.9 |

(出所) IEA "World Energy Balances" より算出

見通しは日本エネルギー経済研究所

(注) カッコ内は対世界比(%). 世界は国際バンカーを含む

付表20 | 世界[レファレンスシナリオ]

一次エネルギー消費

| | (石油換算100万トン(Mtoe)) | | | | | | | 構成比(%) | | | 年平均変化率(%) | | | |
|-----------------|--------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|------|------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990 | 2020 | 2050 | 1990/2020 | 2020/2030 | 2030/2050 | 2020/2050 |
| 合計 ¹ | 8,747 | 10,022 | 12,833 | 13,963 | 16,007 | 16,948 | 17,649 | 100 | 100 | 100 | 1.6 | 1.4 | 0.5 | 0.8 |
| 石炭 | 2,222 | 2,315 | 3,654 | 3,741 | 3,942 | 3,867 | 3,688 | 25 | 27 | 21 | 1.8 | 0.5 | -0.3 | 0.0 |
| 石油 | 3,234 | 3,681 | 4,144 | 4,115 | 4,897 | 5,040 | 5,122 | 37 | 29 | 29 | 0.8 | 1.8 | 0.2 | 0.7 |
| 天然ガス | 1,662 | 2,067 | 2,732 | 3,306 | 3,806 | 4,343 | 4,820 | 19 | 24 | 27 | 2.3 | 1.4 | 1.2 | 1.3 |
| 原子力 | 526 | 675 | 719 | 697 | 802 | 839 | 864 | 6.0 | 5.0 | 4.9 | 0.9 | 1.4 | 0.4 | 0.7 |
| 水力 | 184 | 225 | 297 | 373 | 422 | 471 | 517 | 2.1 | 2.7 | 2.9 | 2.4 | 1.2 | 1.0 | 1.1 |
| 地熱 | 34 | 52 | 61 | 107 | 193 | 251 | 300 | 0.4 | 0.8 | 1.7 | 3.9 | 6.1 | 2.2 | 3.5 |
| 太陽光・風力等 | 2.5 | 8.1 | 49 | 247 | 436 | 634 | 873 | 0.0 | 1.8 | 4.9 | 16.5 | 5.8 | 3.5 | 4.3 |
| バイオマス・廃棄物 | 883 | 997 | 1,177 | 1,374 | 1,505 | 1,501 | 1,462 | 10 | 9.8 | 8.3 | 1.5 | 0.9 | -0.1 | 0.2 |
| 水素 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |

最終エネルギー消費

| | (Mtoe) | | | | | | | 構成比(%) | | | 1990/2020/2030/2050 | | | |
|----------|--------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|------|------|---------------------|------|------|------|
| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990 | 2020 | 2050 | 2020 | 2030 | 2050 | 2050 |
| 合計 | 6,236 | 7,014 | 8,820 | 9,573 | 10,918 | 11,467 | 11,951 | 100 | 100 | 100 | 1.4 | 1.3 | 0.5 | 0.7 |
| 産業 | 1,795 | 1,869 | 2,639 | 2,873 | 3,161 | 3,337 | 3,497 | 29 | 30 | 29 | 1.6 | 1.0 | 0.5 | 0.7 |
| 運輸 | 1,577 | 1,964 | 2,430 | 2,507 | 3,167 | 3,328 | 3,502 | 25 | 26 | 29 | 1.6 | 2.4 | 0.5 | 1.1 |
| 民生・農業他 | 2,387 | 2,565 | 2,967 | 3,248 | 3,443 | 3,531 | 3,578 | 38 | 34 | 30 | 1.0 | 0.6 | 0.2 | 0.3 |
| 非エネルギー消費 | 477 | 615 | 784 | 946 | 1,147 | 1,271 | 1,375 | 7.7 | 9.9 | 12 | 2.3 | 1.9 | 0.9 | 1.3 |
| 石炭 | 752 | 542 | 1,057 | 924 | 871 | 816 | 780 | 12 | 9.7 | 6.5 | 0.7 | -0.6 | -0.6 | -0.6 |
| 石油 | 2,606 | 3,126 | 3,615 | 3,700 | 4,457 | 4,607 | 4,718 | 42 | 39 | 39 | 1.2 | 1.9 | 0.3 | 0.8 |
| 天然ガス | 944 | 1,119 | 1,344 | 1,580 | 1,717 | 1,807 | 1,880 | 15 | 17 | 16 | 1.7 | 0.8 | 0.5 | 0.6 |
| 電力 | 834 | 1,092 | 1,538 | 1,958 | 2,460 | 2,934 | 3,408 | 13 | 20 | 29 | 2.9 | 2.3 | 1.6 | 1.9 |
| 熱 | 336 | 248 | 275 | 309 | 316 | 304 | 287 | 5.4 | 3.2 | 2.4 | -0.3 | 0.2 | -0.5 | -0.2 |
| 水素 | - | - | - | - | 0.0 | 0.0 | 0.0 | - | - | 0.0 | n.a. | n.a. | 3.5 | n.a. |
| 再生可能 | 764 | 887 | 991 | 1,101 | 1,096 | 1,000 | 878 | 12 | 12 | 7.3 | 1.2 | 0.0 | -1.1 | -0.8 |

発電量

| | (TWh) | | | | | | | 構成比(%) | | | 1990/2020/2030/2050 | | | |
|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|------|------|---------------------|------|------|------|
| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990 | 2020 | 2050 | 2020 | 2030 | 2050 | 2050 |
| 合計 | 11,844 | 15,428 | 21,539 | 26,721 | 33,593 | 39,845 | 45,777 | 100 | 100 | 100 | 2.7 | 2.3 | 1.6 | 1.8 |
| 石炭 | 4,429 | 5,995 | 8,670 | 9,452 | 11,078 | 11,463 | 11,434 | 37 | 35 | 25 | 2.6 | 1.6 | 0.2 | 0.6 |
| 石油 | 1,324 | 1,188 | 969 | 668 | 659 | 615 | 490 | 11 | 2.5 | 1.1 | -2.3 | -0.1 | -1.5 | -1.0 |
| 天然ガス | 1,748 | 2,771 | 4,856 | 6,335 | 8,220 | 10,988 | 13,658 | 15 | 24 | 30 | 4.4 | 2.6 | 2.6 | 2.6 |
| 原子力 | 2,013 | 2,591 | 2,756 | 2,674 | 3,077 | 3,220 | 3,314 | 17 | 10 | 7.2 | 1.0 | 1.4 | 0.4 | 0.7 |
| 水力 | 2,140 | 2,613 | 3,449 | 4,341 | 4,910 | 5,476 | 6,010 | 18 | 16 | 13 | 2.4 | 1.2 | 1.0 | 1.1 |
| 地熱 | 36 | 52 | 68 | 95 | 191 | 264 | 319 | 0.3 | 0.4 | 0.7 | 3.2 | 7.3 | 2.6 | 4.1 |
| 太陽光 | 0.1 | 0.8 | 32 | 824 | 1,516 | 2,503 | 3,904 | 0.0 | 3.1 | 8.5 | 35.5 | 6.3 | 4.8 | 5.3 |
| 風力 | 3.9 | 31 | 342 | 1,598 | 2,757 | 3,768 | 4,717 | 0.0 | 6.0 | 10 | 22.2 | 5.6 | 2.7 | 3.7 |
| 太陽熱・海洋 | 1.2 | 1.1 | 2.2 | 15 | 120 | 215 | 352 | 0.0 | 0.1 | 0.8 | 8.7 | 23.4 | 5.5 | 11.2 |
| バイオマス・廃棄物 | 130 | 162 | 362 | 685 | 1,030 | 1,300 | 1,545 | 1.1 | 2.6 | 3.4 | 5.7 | 4.2 | 2.0 | 2.7 |
| 水素 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |
| その他 | 20 | 22 | 34 | 34 | 34 | 34 | 34 | 0.2 | 0.1 | 0.1 | 1.8 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |

エネルギー・経済指標他

| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990/2020 | 2020/2030 | 2030/2050 | 2020/2050 |
|--|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| GDP (2015年価格10億ドル) | 35,843 | 48,064 | 64,655 | 81,578 | 112,310 | 147,292 | 184,952 | 2.8 | 3.2 | 2.5 | 2.8 |
| 人口(100万人) | 5,272 | 6,105 | 6,912 | 7,753 | 8,448 | 9,082 | 9,597 | 1.3 | 0.9 | 0.6 | 0.7 |
| エネルギー起源CO ₂ 排出(100万t) | 20,556 | 23,207 | 30,726 | 31,666 | 35,531 | 36,608 | 37,028 | 1.5 | 1.2 | 0.2 | 0.5 |
| 一人あたりGDP (2015年価格1,000ドル/人) | 6.8 | 7.9 | 9.4 | 11 | 13 | 16 | 19 | 1.5 | 2.4 | 1.9 | 2.0 |
| 一人あたり一次エネルギー消費(toe/人) | 1.7 | 1.6 | 1.9 | 1.8 | 1.9 | 1.9 | 1.8 | 0.3 | 0.5 | -0.1 | 0.1 |
| GDPあたり一次エネルギー消費 ² | 244 | 209 | 198 | 171 | 143 | 115 | 95 | -1.2 | -1.8 | -2.0 | -1.9 |
| GDPあたりCO ₂ 排出量 ³ | 573 | 483 | 475 | 388 | 316 | 249 | 200 | -1.3 | -2.0 | -2.3 | -2.2 |
| 一次エネルギー消費あたりCO ₂ 排出(t/toe) | 2.3 | 2.3 | 2.4 | 2.3 | 2.2 | 2.2 | 2.1 | -0.1 | -0.2 | -0.3 | -0.3 |

*1 電力、熱の輸出入を掲載していないため、合計と内訳は必ずしも一致しない。

*2 toe/2015年価格100万ドル。*3 t/2015年価格100万ドル

付表21 | アジア[レファレンスシナリオ]

一次エネルギー消費

| | (石油換算100万トン[Mtoe]) | | | | | | | 構成比(%) | | | 年平均変化率(%) | | | |
|-----------------|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|------|------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990 | 2020 | 2050 | 1990/2020 | 2020/2030 | 2030/2050 | 2020/2050 |
| 合計 ¹ | 2,081 | 2,861 | 4,783 | 6,052 | 7,175 | 7,735 | 8,200 | 100 | 100 | 100 | 3.6 | 1.7 | 0.7 | 1.0 |
| 石炭 | 788 | 1,036 | 2,409 | 2,938 | 3,238 | 3,247 | 3,142 | 38 | 49 | 38 | 4.5 | 1.0 | -0.1 | 0.2 |
| 石油 | 615 | 915 | 1,161 | 1,435 | 1,739 | 1,864 | 1,982 | 30 | 24 | 24 | 2.9 | 1.9 | 0.7 | 1.1 |
| 天然ガス | 116 | 233 | 453 | 670 | 905 | 1,128 | 1,342 | 5.6 | 11 | 16 | 6.0 | 3.0 | 2.0 | 2.3 |
| 原子力 | 77 | 132 | 152 | 170 | 265 | 308 | 356 | 3.7 | 2.8 | 4.3 | 2.7 | 4.5 | 1.5 | 2.5 |
| 水力 | 32 | 41 | 92 | 156 | 185 | 215 | 240 | 1.5 | 2.6 | 2.9 | 5.5 | 1.7 | 1.3 | 1.4 |
| 地熱 | 8.2 | 23 | 31 | 60 | 106 | 132 | 158 | 0.4 | 1.0 | 1.9 | 6.9 | 5.8 | 2.0 | 3.3 |
| 太陽光・風力等 | 1.3 | 2.1 | 16 | 111 | 198 | 295 | 403 | 0.1 | 1.8 | 4.9 | 16.0 | 5.9 | 3.6 | 4.4 |
| バイオマス・廃棄物 | 444 | 480 | 469 | 510 | 538 | 546 | 577 | 21 | 8.4 | 7.0 | 0.5 | 0.5 | 0.3 | 0.4 |
| 水素 | - | - | - | - | - | -0.0 | -0.0 | - | - | -0.0 | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |

最終エネルギー消費

| | (Mtoe) | | | | | | | 構成比(%) | | | 1990/2020/2030/2050 | | | |
|----------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|------|------|---------------------|------|------|------|
| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990 | 2020 | 2050 | 2020 | 2030 | 2050 | 2050 |
| 合計 | 1,529 | 1,973 | 3,159 | 3,923 | 4,545 | 4,892 | 5,264 | 100 | 100 | 100 | 3.2 | 1.5 | 0.7 | 1.0 |
| 産業 | 506 | 654 | 1,402 | 1,650 | 1,809 | 1,874 | 1,959 | 33 | 42 | 37 | 4.0 | 0.9 | 0.4 | 0.6 |
| 運輸 | 188 | 322 | 494 | 681 | 900 | 999 | 1,116 | 12 | 17 | 21 | 4.4 | 2.8 | 1.1 | 1.7 |
| 民生・農業他 | 720 | 817 | 975 | 1,177 | 1,300 | 1,419 | 1,543 | 47 | 30 | 29 | 1.7 | 1.0 | 0.9 | 0.9 |
| 非エネルギー消費 | 115 | 181 | 288 | 414 | 536 | 599 | 646 | 7.5 | 11 | 12 | 4.4 | 2.6 | 0.9 | 1.5 |
| 石炭 | 422 | 372 | 894 | 779 | 734 | 686 | 658 | 28 | 20 | 13 | 2.1 | -0.6 | -0.5 | -0.6 |
| 石油 | 463 | 740 | 988 | 1,275 | 1,561 | 1,682 | 1,799 | 30 | 33 | 34 | 3.4 | 2.0 | 0.7 | 1.2 |
| 天然ガス | 46 | 89 | 200 | 350 | 434 | 496 | 548 | 3.0 | 8.9 | 10 | 7.0 | 2.2 | 1.2 | 1.5 |
| 電力 | 157 | 280 | 574 | 945 | 1,260 | 1,515 | 1,760 | 10 | 24 | 33 | 6.2 | 2.9 | 1.7 | 2.1 |
| 熱 | 14 | 30 | 69 | 130 | 141 | 137 | 130 | 0.9 | 3.3 | 2.5 | 7.7 | 0.8 | -0.4 | 0.0 |
| 水素 | - | - | - | - | 0.0 | - | - | - | - | - | n.a. | n.a. | -100 | n.a. |
| 再生可能 | 426 | 462 | 433 | 444 | 414 | 377 | 369 | 28 | 11 | 7.0 | 0.1 | -0.7 | -0.6 | -0.6 |

発電量

| | (TWh) | | | | | | | 構成比(%) | | | 1990/2020/2030/2050 | | | |
|-----------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|------|------|---------------------|------|------|------|
| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990 | 2020 | 2050 | 2020 | 2030 | 2050 | 2050 |
| 合計 | 2,237 | 3,971 | 7,990 | 12,567 | 16,925 | 20,264 | 23,313 | 100 | 100 | 100 | 5.9 | 3.0 | 1.6 | 2.1 |
| 石炭 | 868 | 1,984 | 4,776 | 7,224 | 8,984 | 9,653 | 9,920 | 39 | 57 | 43 | 7.3 | 2.2 | 0.5 | 1.1 |
| 石油 | 433 | 381 | 262 | 106 | 111 | 108 | 99 | 19 | 0.8 | 0.4 | -4.6 | 0.5 | -0.6 | -0.2 |
| 天然ガス | 237 | 566 | 1,096 | 1,439 | 2,166 | 3,071 | 4,016 | 11 | 11 | 17 | 6.2 | 4.2 | 3.1 | 3.5 |
| 原子力 | 294 | 505 | 582 | 651 | 1,015 | 1,184 | 1,366 | 13 | 5.2 | 5.9 | 2.7 | 4.5 | 1.5 | 2.5 |
| 水力 | 368 | 477 | 1,072 | 1,818 | 2,151 | 2,499 | 2,792 | 16 | 14 | 12 | 5.5 | 1.7 | 1.3 | 1.4 |
| 地熱 | 8.4 | 20 | 22 | 29 | 61 | 78 | 95 | 0.4 | 0.2 | 0.4 | 4.3 | 7.5 | 2.2 | 4.0 |
| 太陽光 | 0.1 | 0.4 | 5.2 | 446 | 851 | 1,364 | 2,080 | 0.0 | 3.5 | 8.9 | 33.9 | 6.7 | 4.6 | 5.3 |
| 風力 | 0.0 | 2.4 | 70 | 558 | 1,134 | 1,711 | 2,207 | 0.0 | 4.4 | 9.5 | 38.2 | 7.3 | 3.4 | 4.7 |
| 太陽熱・海洋 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 2.2 | 9.1 | 15 | 26 | 0.0 | 0.0 | 0.1 | 21.0 | 15.4 | 5.5 | 8.7 |
| バイオマス・廃棄物 | 8.9 | 15 | 82 | 272 | 422 | 561 | 690 | 0.4 | 2.2 | 3.0 | 12.1 | 4.5 | 2.5 | 3.1 |
| 水素 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |
| その他 | 20 | 20 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 0.9 | 0.2 | 0.1 | 0.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |

エネルギー・経済指標他

| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990/2020 | 2020/2030 | 2030/2050 | 2020/2050 |
|--|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| GDP (2015年価格10億ドル) | 6,688 | 10,377 | 17,857 | 27,854 | 43,113 | 61,368 | 81,167 | 4.9 | 4.5 | 3.2 | 3.6 |
| 人口(100万人) | 2,951 | 3,437 | 3,849 | 4,230 | 4,479 | 4,656 | 4,740 | 1.2 | 0.6 | 0.3 | 0.4 |
| エネルギー起源CO ₂ 排出(100万t) | 4,699 | 6,816 | 13,030 | 15,889 | 18,312 | 19,075 | 19,403 | 4.1 | 1.4 | 0.3 | 0.7 |
| 一人あたりGDP (2015年価格1,000ドル/人) | 2.3 | 3.0 | 4.6 | 6.6 | 9.6 | 13 | 17 | 3.6 | 3.9 | 2.9 | 3.2 |
| 一人あたり一次エネルギー消費(toe/人) | 0.7 | 0.8 | 1.2 | 1.4 | 1.6 | 1.7 | 1.7 | 2.4 | 1.1 | 0.4 | 0.6 |
| GDPあたり一次エネルギー消費 ² | 311 | 276 | 268 | 217 | 166 | 126 | 101 | -1.2 | -2.6 | -2.5 | -2.5 |
| GDPあたりCO ₂ 排出量 ³ | 703 | 657 | 730 | 570 | 425 | 311 | 239 | -0.7 | -2.9 | -2.8 | -2.9 |
| 一次エネルギー消費あたりCO ₂ 排出(t/toe) | 2.3 | 2.4 | 2.7 | 2.6 | 2.6 | 2.5 | 2.4 | 0.5 | -0.3 | -0.4 | -0.3 |

*1 電力、熱の輸出入を掲載していないため、合計と内訳は必ずしも一致しない。

*2 toe/2015年価格100万ドル。*3 t/2015年価格100万ドル

付表22 | 中国[レファレンスシナリオ]

一次エネルギー消費

| | (石油換算100万トン[Mtoe]) | | | | | | | 構成比(%) | | | 年平均変化率(%) | | | |
|-----------------|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|------|------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990 | 2020 | 2050 | 1990/2020 | 2020/2030 | 2030/2050 | 2020/2050 |
| 合計 ¹ | 874 | 1,133 | 2,536 | 3,499 | 3,791 | 3,662 | 3,407 | 100 | 100 | 100 | 4.7 | 0.8 | -0.5 | -0.1 |
| 石炭 | 531 | 668 | 1,790 | 2,125 | 2,167 | 1,919 | 1,597 | 61 | 61 | 47 | 4.7 | 0.2 | -1.5 | -0.9 |
| 石油 | 119 | 221 | 428 | 661 | 749 | 710 | 636 | 14 | 19 | 19 | 5.9 | 1.3 | -0.8 | -0.1 |
| 天然ガス | 13 | 21 | 89 | 265 | 338 | 387 | 421 | 1.5 | 7.6 | 12 | 10.6 | 2.4 | 1.1 | 1.6 |
| 原子力 | - | 4.4 | 19 | 95 | 130 | 163 | 196 | - | 2.7 | 5.7 | n.a. | 3.1 | 2.1 | 2.4 |
| 水力 | 11 | 19 | 61 | 114 | 127 | 144 | 155 | 1.2 | 3.2 | 4.5 | 8.1 | 1.1 | 1.0 | 1.0 |
| 地熱 | - | 1.7 | 3.6 | 21 | 25 | 27 | 28 | - | 0.6 | 0.8 | n.a. | 1.6 | 0.6 | 0.9 |
| 太陽光・風力等 | 0.0 | 1.0 | 12 | 86 | 141 | 202 | 256 | 0.0 | 2.4 | 7.5 | 29.9 | 5.1 | 3.0 | 3.7 |
| バイオマス・廃棄物 | 200 | 198 | 133 | 134 | 117 | 113 | 119 | 23 | 3.8 | 3.5 | -1.3 | -1.4 | 0.1 | -0.4 |
| 水素 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |

最終エネルギー消費

| | (Mtoe) | | | | | | | 構成比(%) | | | 1990/2020/2030/2050 | | | |
|----------|--------|------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|------|------|---------------------|------|------|------|
| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990 | 2020 | 2050 | 2020 | 2030 | 2050 | 2050 |
| 合計 | 658 | 781 | 1,645 | 2,182 | 2,301 | 2,218 | 2,105 | 100 | 100 | 100 | 4.1 | 0.5 | -0.4 | -0.1 |
| 産業 | 234 | 302 | 924 | 1,073 | 1,009 | 866 | 748 | 36 | 49 | 36 | 5.2 | -0.6 | -1.5 | -1.2 |
| 運輸 | 30 | 84 | 197 | 323 | 423 | 417 | 383 | 4.6 | 15 | 18 | 8.2 | 2.7 | -0.5 | 0.6 |
| 民生・農業他 | 351 | 338 | 411 | 587 | 641 | 695 | 738 | 53 | 27 | 35 | 1.7 | 0.9 | 0.7 | 0.8 |
| 非エネルギー消費 | 43 | 58 | 113 | 199 | 228 | 240 | 236 | 6.5 | 9.1 | 11 | 5.2 | 1.4 | 0.2 | 0.6 |
| 石炭 | 311 | 274 | 712 | 576 | 456 | 352 | 275 | 47 | 26 | 13 | 2.1 | -2.3 | -2.5 | -2.4 |
| 石油 | 85 | 180 | 369 | 577 | 659 | 626 | 561 | 13 | 26 | 27 | 6.6 | 1.3 | -0.8 | -0.1 |
| 天然ガス | 8.9 | 12 | 73 | 192 | 198 | 196 | 191 | 1.3 | 8.8 | 9.1 | 10.8 | 0.3 | -0.2 | 0.0 |
| 電力 | 39 | 89 | 297 | 587 | 750 | 833 | 879 | 5.9 | 27 | 42 | 9.5 | 2.5 | 0.8 | 1.4 |
| 熱 | 13 | 26 | 62 | 121 | 131 | 127 | 121 | 2.0 | 5.6 | 5.7 | 7.7 | 0.8 | -0.4 | 0.0 |
| 水素 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |
| 再生可能 | 200 | 199 | 132 | 128 | 107 | 85 | 78 | 30 | 5.9 | 3.7 | -1.5 | -1.8 | -1.6 | -1.6 |

発電量

| | (TWh) | | | | | | | 構成比(%) | | | 1990/2020/2030/2050 | | | |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|------|------|---------------------|------|------|------|
| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990 | 2020 | 2050 | 2020 | 2030 | 2050 | 2050 |
| 合計 | 621 | 1,356 | 4,197 | 7,732 | 9,933 | 10,969 | 11,473 | 100 | 100 | 100 | 8.8 | 2.5 | 0.7 | 1.3 |
| 石炭 | 441 | 1,060 | 3,240 | 4,928 | 5,897 | 5,633 | 5,056 | 71 | 64 | 44 | 8.4 | 1.8 | -0.8 | 0.1 |
| 石油 | 50 | 47 | 15 | 11 | 10 | 7.5 | 4.5 | 8.1 | 0.1 | 0.0 | -4.8 | -1.1 | -4.1 | -3.1 |
| 天然ガス | 2.8 | 5.8 | 78 | 235 | 516 | 736 | 897 | 0.4 | 3.0 | 7.8 | 16.0 | 8.2 | 2.8 | 4.6 |
| 原子力 | - | 17 | 74 | 366 | 498 | 626 | 750 | - | 4.7 | 6.5 | n.a. | 3.1 | 2.1 | 2.4 |
| 水力 | 127 | 222 | 711 | 1,322 | 1,480 | 1,669 | 1,800 | 20 | 17 | 16 | 8.1 | 1.1 | 1.0 | 1.0 |
| 地熱 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.3 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 2.7 | 10.3 | 2.2 | 4.8 |
| 太陽光 | 0.0 | 0.0 | 0.7 | 261 | 453 | 680 | 945 | 0.0 | 3.4 | 8.2 | 48.1 | 5.7 | 3.7 | 4.4 |
| 風力 | 0.0 | 0.6 | 45 | 466 | 905 | 1,373 | 1,712 | 0.0 | 6.0 | 15 | 51.0 | 6.9 | 3.2 | 4.4 |
| 太陽熱・海洋 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.7 | 2.6 | 4.0 | 8.6 | 0.0 | 0.0 | 0.1 | 20.1 | 4.3 | 6.2 | 5.6 |
| バイオマス・廃棄物 | - | 2.4 | 34 | 141 | 171 | 239 | 298 | - | 1.8 | 2.6 | n.a. | 1.9 | 2.8 | 2.5 |
| 水素 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |
| その他 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |

エネルギー・経済指標他

| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990/2020 | 2020/2030 | 2030/2050 | 2020/2050 |
|--|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| GDP (2015年価格10億ドル) | 1,027 | 2,770 | 7,554 | 14,632 | 23,979 | 34,465 | 44,383 | 9.3 | 5.1 | 3.1 | 3.8 |
| 人口(100万人) | 1,135 | 1,263 | 1,338 | 1,411 | 1,404 | 1,368 | 1,305 | 0.7 | 0.0 | -0.4 | -0.3 |
| エネルギー起源CO ₂ 排出(100万t) | 2,202 | 3,217 | 8,133 | 10,081 | 10,703 | 9,680 | 8,272 | 5.2 | 0.6 | -1.3 | -0.7 |
| 一人あたりGDP (2015年価格1,000ドル/人) | 0.9 | 2.2 | 5.6 | 10 | 17 | 25 | 34 | 8.5 | 5.1 | 3.5 | 4.0 |
| 一人あたり一次エネルギー消費(toe/人) | 0.8 | 0.9 | 1.9 | 2.5 | 2.7 | 2.7 | 2.6 | 4.0 | 0.9 | -0.2 | 0.2 |
| GDPあたり一次エネルギー消費 ² | 850 | 409 | 336 | 239 | 158 | 106 | 77 | -4.1 | -4.1 | -3.5 | -3.7 |
| GDPあたりCO ₂ 排出量 ³ | 2,143 | 1,161 | 1,077 | 689 | 446 | 281 | 186 | -3.7 | -4.2 | -4.3 | -4.3 |
| 一次エネルギー消費あたりCO ₂ 排出(t/toe) | 2.5 | 2.8 | 3.2 | 2.9 | 2.8 | 2.6 | 2.4 | 0.4 | -0.2 | -0.8 | -0.6 |

*1 電力、熱の輸出入を掲載していないため、合計と内訳は必ずしも一致しない。

*2 toe/2015年価格100万ドル。*3 t/2015年価格100万ドル

付表23 | インド[レファレンスシナリオ]

一次エネルギー消費

| | (石油換算100万トン[Mtoe]) | | | | | | | 構成比(%) | | | 年平均変化率(%) | | | |
|-----------------|--------------------|------|------|------|-------|-------|-------|--------|------|------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990 | 2020 | 2050 | 1990/2020 | 2020/2030 | 2030/2050 | 2020/2050 |
| 合計 ¹ | 280 | 418 | 667 | 872 | 1,299 | 1,712 | 2,172 | 100 | 100 | 100 | 3.9 | 4.1 | 2.6 | 3.1 |
| 石炭 | 93 | 146 | 279 | 379 | 571 | 760 | 935 | 33 | 43 | 43 | 4.8 | 4.2 | 2.5 | 3.1 |
| 石油 | 61 | 112 | 162 | 207 | 321 | 444 | 601 | 22 | 24 | 28 | 4.2 | 4.5 | 3.2 | 3.6 |
| 天然ガス | 11 | 23 | 54 | 53 | 99 | 161 | 229 | 3.8 | 6.0 | 11 | 5.5 | 6.5 | 4.3 | 5.0 |
| 原子力 | 1.6 | 4.4 | 6.8 | 11 | 36 | 46 | 60 | 0.6 | 1.3 | 2.8 | 6.7 | 12.3 | 2.6 | 5.7 |
| 水力 | 6.2 | 6.4 | 11 | 14 | 21 | 28 | 37 | 2.2 | 1.6 | 1.7 | 2.7 | 4.2 | 2.9 | 3.3 |
| 地熱 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |
| 太陽光・風力等 | 0.0 | 0.2 | 2.0 | 12 | 35 | 55 | 82 | 0.0 | 1.4 | 3.8 | 26.6 | 10.8 | 4.4 | 6.5 |
| バイオマス・廃棄物 | 108 | 126 | 152 | 196 | 217 | 218 | 229 | 39 | 22 | 11 | 2.0 | 1.1 | 0.3 | 0.5 |
| 水素 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |

最終エネルギー消費

| | (Mtoe) | | | | | | | 構成比(%) | | | 1990/2020/2030/2050 | | | |
|----------|--------|------|------|------|------|-------|-------|--------|------|------|---------------------|------|------|------|
| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990 | 2020 | 2050 | 2020 | 2030 | 2050 | 2050 |
| 合計 | 215 | 290 | 444 | 596 | 859 | 1,122 | 1,443 | 100 | 100 | 100 | 3.5 | 3.7 | 2.6 | 3.0 |
| 産業 | 59 | 85 | 158 | 226 | 362 | 483 | 606 | 27 | 38 | 42 | 4.6 | 4.8 | 2.6 | 3.3 |
| 運輸 | 21 | 32 | 65 | 93 | 154 | 228 | 344 | 9.6 | 16 | 24 | 5.1 | 5.2 | 4.1 | 4.5 |
| 民生・農業他 | 122 | 147 | 187 | 223 | 259 | 295 | 345 | 57 | 37 | 24 | 2.0 | 1.5 | 1.5 | 1.5 |
| 非エネルギー消費 | 13 | 27 | 34 | 55 | 85 | 115 | 148 | 6.2 | 9.2 | 10 | 4.8 | 4.4 | 2.8 | 3.4 |
| 石炭 | 38 | 33 | 87 | 96 | 151 | 191 | 228 | 18 | 16 | 16 | 3.1 | 4.7 | 2.1 | 2.9 |
| 石油 | 50 | 94 | 138 | 194 | 303 | 420 | 570 | 23 | 32 | 39 | 4.6 | 4.6 | 3.2 | 3.7 |
| 天然ガス | 6.1 | 12 | 19 | 33 | 59 | 88 | 119 | 2.8 | 5.5 | 8.3 | 5.8 | 5.9 | 3.6 | 4.4 |
| 電力 | 18 | 32 | 62 | 102 | 179 | 267 | 373 | 8.5 | 17 | 26 | 5.9 | 5.8 | 3.7 | 4.4 |
| 熱 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |
| 水素 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |
| 再生可能 | 102 | 119 | 138 | 173 | 167 | 155 | 153 | 48 | 29 | 11 | 1.8 | -0.3 | -0.4 | -0.4 |

発電量

| | (TWh) | | | | | | | 構成比(%) | | | 1990/2020/2030/2050 | | | |
|-----------|-------|------|------|-------|-------|-------|-------|--------|------|------|---------------------|------|------|------|
| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990 | 2020 | 2050 | 2020 | 2030 | 2050 | 2050 |
| 合計 | 289 | 561 | 974 | 1,533 | 2,689 | 3,897 | 5,240 | 100 | 100 | 100 | 5.7 | 5.8 | 3.4 | 4.2 |
| 石炭 | 189 | 387 | 658 | 1,097 | 1,685 | 2,356 | 3,006 | 65 | 72 | 57 | 6.0 | 4.4 | 2.9 | 3.4 |
| 石油 | 13 | 25 | 21 | 3.2 | - | - | - | 4.3 | 0.2 | - | -4.5 | -100 | n.a. | -100 |
| 天然ガス | 10.0 | 56 | 107 | 66 | 165 | 319 | 529 | 3.4 | 4.3 | 10 | 6.5 | 9.6 | 6.0 | 7.2 |
| 原子力 | 6.1 | 17 | 26 | 43 | 137 | 176 | 230 | 2.1 | 2.8 | 4.4 | 6.7 | 12.3 | 2.6 | 5.7 |
| 水力 | 72 | 74 | 125 | 161 | 242 | 330 | 428 | 25 | 10 | 8.2 | 2.7 | 4.2 | 2.9 | 3.3 |
| 地熱 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |
| 太陽光 | - | 0.0 | 0.1 | 61 | 205 | 367 | 592 | - | 4.0 | 11 | n.a. | 12.8 | 5.5 | 7.9 |
| 風力 | 0.0 | 1.7 | 20 | 67 | 164 | 224 | 297 | 0.0 | 4.4 | 5.7 | 29.1 | 9.3 | 3.0 | 5.1 |
| 太陽熱・海洋 | - | - | - | - | 3.2 | 5.9 | 9.5 | - | - | 0.2 | n.a. | n.a. | 5.6 | n.a. |
| バイオマス・廃棄物 | - | 0.2 | 17 | 35 | 89 | 118 | 149 | - | 2.3 | 2.8 | n.a. | 9.7 | 2.6 | 4.9 |
| 水素 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |
| その他 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |

エネルギー・経済指標他

| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990/2020 | 2020/2030 | 2030/2050 | 2020/2050 |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| GDP (2015年価格10億ドル) | 475 | 817 | 1,567 | 2,551 | 4,958 | 8,483 | 13,446 | 5.8 | 6.9 | 5.1 | 5.7 |
| 人口(100万人) | 873 | 1,057 | 1,234 | 1,380 | 1,498 | 1,596 | 1,657 | 1.5 | 0.8 | 0.5 | 0.6 |
| エネルギー起源CO ₂ 排出(100万t) | 531 | 891 | 1,587 | 2,075 | 3,206 | 4,391 | 5,633 | 4.7 | 4.4 | 2.9 | 3.4 |
| 一人あたりGDP (2015年価格1,000ドル/人) | 0.5 | 0.8 | 1.3 | 1.8 | 3.3 | 5.3 | 8.1 | 4.2 | 6.0 | 4.6 | 5.1 |
| 一人あたり一次エネルギー消費(toe/人) | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 0.9 | 1.1 | 1.3 | 2.3 | 3.2 | 2.1 | 2.5 |
| GDPあたり一次エネルギー消費 ² | 590 | 512 | 426 | 342 | 262 | 202 | 162 | -1.8 | -2.6 | -2.4 | -2.5 |
| GDPあたりCO ₂ 排出量 ³ | 1,118 | 1,091 | 1,012 | 813 | 647 | 518 | 419 | -1.1 | -2.3 | -2.1 | -2.2 |
| 一次エネルギー消費あたりCO ₂ 排出(t/toe) | 1.9 | 2.1 | 2.4 | 2.4 | 2.5 | 2.6 | 2.6 | 0.8 | 0.4 | 0.2 | 0.3 |

*1 電力、熱の輸出入を掲載していないため、合計と内訳は必ずしも一致しない。

*2 toe/2015年価格100万ドル。*3 t/2015年価格100万ドル

付表24 | 日本[レファレンスシナリオ]

一次エネルギー消費

| | (石油換算100万トン[Mtoe]) | | | | | | | 構成比(%) | | | 年平均変化率(%) | | | |
|-----------------|--------------------|------|------|------|------|------|------|--------|------|------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990 | 2020 | 2050 | 1990/2020 | 2020/2030 | 2030/2050 | 2020/2050 |
| 合計 ¹ | 437 | 516 | 500 | 385 | 392 | 363 | 335 | 100 | 100 | 100 | -0.4 | 0.2 | -0.8 | -0.5 |
| 石炭 | 77 | 97 | 115 | 102 | 91 | 80 | 67 | 18 | 27 | 20 | 1.0 | -1.2 | -1.5 | -1.4 |
| 石油 | 249 | 253 | 201 | 148 | 133 | 110 | 94 | 57 | 38 | 28 | -1.7 | -1.0 | -1.8 | -1.5 |
| 天然ガス | 44 | 66 | 86 | 92 | 87 | 88 | 83 | 10 | 24 | 25 | 2.5 | -0.6 | -0.3 | -0.4 |
| 原子力 | 53 | 84 | 75 | 10 | 41 | 37 | 37 | 12 | 2.6 | 11 | -5.4 | 15.0 | -0.6 | 4.4 |
| 水力 | 7.6 | 7.2 | 7.2 | 6.8 | 7.9 | 8.2 | 8.4 | 1.7 | 1.8 | 2.5 | -0.4 | 1.6 | 0.3 | 0.7 |
| 地熱 | 1.6 | 3.1 | 2.4 | 2.7 | 5.3 | 8.4 | 11 | 0.4 | 0.7 | 3.2 | 1.8 | 7.0 | 3.7 | 4.8 |
| 太陽光・風力等 | 1.2 | 0.9 | 1.1 | 7.7 | 9.2 | 12 | 16 | 0.3 | 2.0 | 4.8 | 6.4 | 1.7 | 2.9 | 2.5 |
| バイオマス・廃棄物 | 4.2 | 5.0 | 11 | 15 | 18 | 19 | 20 | 1.0 | 4.0 | 5.9 | 4.4 | 1.6 | 0.5 | 0.9 |
| 水素 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |

最終エネルギー消費

| | (Mtoe) | | | | | | | 構成比(%) | | | 1990/2020/2030/2050 | | | |
|----------|--------|------|------|------|------|------|------|--------|------|------|---------------------|------|------|------|
| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990 | 2020 | 2050 | 2020 | 2030 | 2050 | 2050 |
| 合計 | 291 | 336 | 314 | 263 | 259 | 237 | 218 | 100 | 100 | 100 | -0.3 | -0.2 | -0.8 | -0.6 |
| 産業 | 108 | 103 | 92 | 75 | 75 | 69 | 63 | 37 | 29 | 29 | -1.2 | -0.1 | -0.8 | -0.6 |
| 運輸 | 72 | 89 | 79 | 62 | 54 | 42 | 36 | 25 | 24 | 16 | -0.5 | -1.5 | -2.0 | -1.8 |
| 民生・農業他 | 78 | 108 | 109 | 96 | 97 | 93 | 88 | 27 | 36 | 40 | 0.7 | 0.1 | -0.5 | -0.3 |
| 非エネルギー消費 | 33 | 36 | 35 | 30 | 33 | 32 | 32 | 11 | 11 | 14 | -0.4 | 1.2 | -0.2 | 0.2 |
| 石炭 | 27 | 21 | 23 | 19 | 18 | 16 | 14 | 9.3 | 7.1 | 6.3 | -1.2 | -0.3 | -1.4 | -1.0 |
| 石油 | 181 | 206 | 166 | 133 | 123 | 102 | 88 | 62 | 50 | 40 | -1.0 | -0.8 | -1.7 | -1.4 |
| 天然ガス | 14 | 21 | 29 | 27 | 27 | 25 | 23 | 4.7 | 10 | 10 | 2.3 | 0.2 | -0.9 | -0.6 |
| 電力 | 66 | 84 | 89 | 78 | 83 | 87 | 88 | 23 | 30 | 40 | 0.6 | 0.7 | 0.3 | 0.4 |
| 熱 | 0.2 | 0.5 | 0.6 | 0.5 | 0.6 | 0.5 | 0.4 | 0.1 | 0.2 | 0.2 | 3.4 | 0.5 | -2.0 | -1.2 |
| 水素 | - | - | - | - | 0.0 | - | - | - | - | - | n.a. | n.a. | -100 | n.a. |
| 再生可能 | 3.8 | 4.1 | 6.1 | 6.3 | 6.6 | 6.2 | 5.8 | 1.3 | 2.4 | 2.6 | 1.8 | 0.4 | -0.7 | -0.3 |

発電量

| | (TWh) | | | | | | | 構成比(%) | | | 1990/2020/2030/2050 | | | |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|------|------|---------------------|------|------|------|
| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990 | 2020 | 2050 | 2020 | 2030 | 2050 | 2050 |
| 合計 | 862 | 1,055 | 1,164 | 1,009 | 1,077 | 1,116 | 1,128 | 100 | 100 | 100 | 0.5 | 0.7 | 0.2 | 0.4 |
| 石炭 | 125 | 228 | 317 | 311 | 257 | 236 | 198 | 14 | 31 | 18 | 3.1 | -1.9 | -1.3 | -1.5 |
| 石油 | 250 | 133 | 91 | 32 | 18 | 7.1 | - | 29 | 3.2 | - | -6.6 | -5.6 | -100 | -100 |
| 天然ガス | 168 | 255 | 332 | 395 | 371 | 408 | 406 | 19 | 39 | 36 | 2.9 | -0.6 | 0.5 | 0.1 |
| 原子力 | 202 | 322 | 288 | 39 | 157 | 141 | 141 | 23 | 3.8 | 12 | -5.4 | 15.0 | -0.6 | 4.4 |
| 水力 | 88 | 84 | 84 | 79 | 92 | 96 | 97 | 10 | 7.8 | 8.6 | -0.4 | 1.6 | 0.3 | 0.7 |
| 地熱 | 1.7 | 3.3 | 2.6 | 3.0 | 6.0 | 9.7 | 13 | 0.2 | 0.3 | 1.1 | 1.8 | 7.2 | 3.7 | 4.9 |
| 太陽光 | 0.1 | 0.4 | 3.5 | 79 | 86 | 106 | 123 | 0.0 | 7.8 | 11 | 26.6 | 0.9 | 1.8 | 1.5 |
| 風力 | - | 0.1 | 4.0 | 9.0 | 19 | 33 | 64 | - | 0.9 | 5.7 | n.a. | 7.6 | 6.4 | 6.8 |
| 太陽熱・海洋 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |
| バイオマス・廃棄物 | 8.1 | 9.2 | 21 | 46 | 54 | 63 | 70 | 0.9 | 4.5 | 6.2 | 6.0 | 1.6 | 1.3 | 1.4 |
| 水素 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |
| その他 | 20 | 20 | 21 | 17 | 17 | 17 | 17 | 2.3 | 1.7 | 1.5 | -0.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |

エネルギー・経済指標他

| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990/2020 | 2020/2030 | 2030/2050 | 2020/2050 |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| GDP (2015年価格10億ドル) | 3,520 | 3,987 | 4,219 | 4,381 | 4,889 | 5,321 | 5,739 | 0.7 | 1.1 | 0.8 | 0.9 |
| 人口(100万人) | 123 | 127 | 128 | 126 | 119 | 112 | 104 | 0.1 | -0.5 | -0.7 | -0.6 |
| エネルギー起源CO ₂ 排出(100万t) | 1,055 | 1,160 | 1,137 | 990 | 880 | 772 | 664 | -0.2 | -1.2 | -1.4 | -1.3 |
| 一人あたりGDP (2015年価格1,000ドル/人) | 29 | 31 | 33 | 35 | 41 | 48 | 55 | 0.7 | 1.7 | 1.5 | 1.5 |
| 一人あたり一次エネルギー消費(toe/人) | 3.5 | 4.1 | 3.9 | 3.1 | 3.3 | 3.2 | 3.2 | -0.5 | 0.7 | -0.1 | 0.2 |
| GDPあたり一次エネルギー消費 ² | 124 | 129 | 118 | 88 | 80 | 68 | 58 | -1.1 | -0.9 | -1.6 | -1.3 |
| GDPあたりCO ₂ 排出量 ³ | 300 | 291 | 269 | 226 | 180 | 145 | 116 | -0.9 | -2.2 | -2.2 | -2.2 |
| 一次エネルギー消費あたりCO ₂ 排出(t/toe) | 2.4 | 2.2 | 2.3 | 2.6 | 2.2 | 2.1 | 2.0 | 0.2 | -1.4 | -0.6 | -0.9 |

*1 電力、熱の輸出入を掲載していないため、合計と内訳は必ずしも一致しない。

*2 toe/2015年価格100万ドル。*3 t/2015年価格100万ドル

付表25 | 韓国[レファレンスシナリオ]

一次エネルギー消費

| | (石油換算100万トン[Mtoe]) | | | | | | | 構成比(%) | | | 年平均変化率(%) | | | |
|-----------------|--------------------|------|------|------|------|------|------|--------|------|------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990 | 2020 | 2050 | 1990/2020 | 2020/2030 | 2030/2050 | 2020/2050 |
| 合計 ¹ | 93 | 187 | 250 | 276 | 303 | 292 | 268 | 100 | 100 | 100 | 3.7 | 0.9 | -0.6 | -0.1 |
| 石炭 | 25 | 40 | 73 | 74 | 83 | 79 | 67 | 27 | 27 | 25 | 3.6 | 1.1 | -1.0 | -0.3 |
| 石油 | 50 | 99 | 95 | 101 | 109 | 100 | 90 | 54 | 37 | 34 | 2.4 | 0.7 | -0.9 | -0.4 |
| 天然ガス | 2.7 | 17 | 39 | 49 | 57 | 64 | 67 | 2.9 | 18 | 25 | 10.1 | 1.3 | 0.9 | 1.0 |
| 原子力 | 14 | 28 | 39 | 42 | 43 | 36 | 28 | 15 | 15 | 11 | 3.8 | 0.4 | -2.1 | -1.3 |
| 水力 | 0.5 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.6 | 0.1 | 0.1 | -1.6 | -0.8 | 0.0 | -0.3 |
| 地熱 | - | - | 0.0 | 0.2 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | - | 0.1 | 0.2 | n.a. | 5.5 | 0.4 | 2.0 |
| 太陽光・風力等 | 0.0 | 0.0 | 0.2 | 2.2 | 2.8 | 4.3 | 6.3 | 0.0 | 0.8 | 2.4 | 19.7 | 2.6 | 4.1 | 3.6 |
| バイオマス・廃棄物 | 0.7 | 1.4 | 3.5 | 6.5 | 7.5 | 7.9 | 8.0 | 0.8 | 2.3 | 3.0 | 7.6 | 1.5 | 0.3 | 0.7 |
| 水素 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |

最終エネルギー消費

| | (Mtoe) | | | | | | | 構成比(%) | | | 1990/2020/2030/2050 | | | |
|----------|--------|------|------|------|------|------|------|--------|------|------|---------------------|------|------|------|
| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990 | 2020 | 2050 | 2020 | 2030 | 2050 | 2050 |
| 合計 | 65 | 127 | 158 | 175 | 192 | 186 | 173 | 100 | 100 | 100 | 3.4 | 0.9 | -0.5 | 0.0 |
| 産業 | 19 | 38 | 45 | 46 | 51 | 50 | 46 | 30 | 26 | 27 | 2.9 | 1.1 | -0.5 | 0.0 |
| 運輸 | 15 | 26 | 30 | 34 | 36 | 31 | 25 | 22 | 20 | 15 | 2.9 | 0.4 | -1.7 | -1.0 |
| 民生・農業他 | 24 | 37 | 44 | 45 | 48 | 47 | 44 | 38 | 26 | 25 | 2.1 | 0.5 | -0.4 | -0.1 |
| 非エネルギー消費 | 6.7 | 25 | 38 | 50 | 58 | 59 | 58 | 10 | 28 | 33 | 6.9 | 1.5 | 0.0 | 0.5 |
| 石炭 | 12 | 9.1 | 9.5 | 7.3 | 7.0 | 5.9 | 4.6 | 18 | 4.2 | 2.7 | -1.5 | -0.5 | -2.0 | -1.5 |
| 石油 | 44 | 80 | 82 | 93 | 100 | 93 | 83 | 67 | 53 | 48 | 2.5 | 0.8 | -0.9 | -0.4 |
| 天然ガス | 0.7 | 11 | 21 | 21 | 22 | 21 | 19 | 1.0 | 12 | 11 | 12.2 | 0.6 | -0.8 | -0.3 |
| 電力 | 8.1 | 23 | 39 | 44 | 52 | 57 | 57 | 13 | 25 | 33 | 5.8 | 1.8 | 0.4 | 0.9 |
| 熱 | - | 3.3 | 4.3 | 5.4 | 5.4 | 5.0 | 4.4 | - | 3.1 | 2.6 | n.a. | 0.0 | -1.0 | -0.6 |
| 水素 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |
| 再生可能 | 0.7 | 1.3 | 2.7 | 4.0 | 4.6 | 4.8 | 4.8 | 1.1 | 2.3 | 2.8 | 5.8 | 1.5 | 0.2 | 0.6 |

発電量

| | (TWh) | | | | | | | 構成比(%) | | | 1990/2020/2030/2050 | | | |
|-----------|-------|------|------|------|------|------|------|--------|------|------|---------------------|------|------|------|
| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990 | 2020 | 2050 | 2020 | 2030 | 2050 | 2050 |
| 合計 | 105 | 289 | 497 | 575 | 683 | 735 | 741 | 100 | 100 | 100 | 5.8 | 1.7 | 0.4 | 0.8 |
| 石炭 | 18 | 111 | 219 | 206 | 256 | 258 | 226 | 17 | 36 | 31 | 8.5 | 2.2 | -0.6 | 0.3 |
| 石油 | 19 | 35 | 19 | 7.3 | 5.2 | 0.2 | - | 18 | 1.3 | - | -3.1 | -3.3 | -100 | -100 |
| 天然ガス | 9.6 | 29 | 103 | 163 | 205 | 269 | 311 | 9.1 | 28 | 42 | 9.9 | 2.3 | 2.1 | 2.2 |
| 原子力 | 53 | 109 | 149 | 160 | 166 | 138 | 109 | 50 | 28 | 15 | 3.8 | 0.4 | -2.1 | -1.3 |
| 水力 | 6.4 | 4.0 | 3.7 | 3.9 | 3.6 | 3.6 | 3.6 | 6.0 | 0.7 | 0.5 | -1.6 | -0.8 | 0.0 | -0.3 |
| 地熱 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |
| 太陽光 | 0.0 | 0.0 | 0.8 | 18 | 24 | 35 | 49 | 0.0 | 3.1 | 6.6 | 38.6 | 2.8 | 3.7 | 3.4 |
| 風力 | - | 0.0 | 0.8 | 3.2 | 5.7 | 9.7 | 16 | - | 0.5 | 2.1 | n.a. | 6.2 | 5.2 | 5.5 |
| 太陽熱・海洋 | - | - | - | 0.5 | 3.2 | 4.7 | 8.0 | - | 0.1 | 1.1 | n.a. | 21.4 | 4.7 | 10.0 |
| バイオマス・廃棄物 | - | 0.1 | 1.1 | 9.2 | 12 | 13 | 14 | - | 1.6 | 1.9 | n.a. | 2.4 | 0.9 | 1.4 |
| 水素 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |
| その他 | - | - | 0.3 | 3.6 | 3.6 | 3.6 | 3.6 | - | 0.6 | 0.5 | n.a. | 0.0 | 0.0 | 0.0 |

エネルギー・経済指標他

| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990/2020/2030/2050 |
|--|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|---------------------|
| GDP (2015年価格10億ドル) | 402 | 799 | 1,261 | 1,624 | 2,091 | 2,499 | 2,796 | 4.8 2.6 1.5 1.8 |
| 人口(100万人) | 43 | 47 | 50 | 52 | 51 | 49 | 46 | 0.6 -0.1 -0.5 -0.4 |
| エネルギー起源CO ₂ 排出(100万t) | 211 | 404 | 532 | 547 | 591 | 566 | 507 | 3.2 0.8 -0.8 -0.3 |
| 一人あたりGDP (2015年価格1,000ドル/人) | 9.4 | 17 | 25 | 31 | 41 | 51 | 61 | 4.1 2.7 2.0 2.2 |
| 一人あたり一次エネルギー消費(toe/人) | 2.2 | 4.0 | 5.0 | 5.3 | 5.9 | 5.9 | 5.8 | 3.0 1.0 -0.1 0.3 |
| GDPあたり一次エネルギー消費 ² | 231 | 234 | 198 | 170 | 145 | 117 | 96 | -1.0 -1.6 -2.0 -1.9 |
| GDPあたりCO ₂ 排出量 ³ | 524 | 506 | 422 | 337 | 283 | 227 | 181 | -1.5 -1.7 -2.2 -2.0 |
| 一次エネルギー消費あたりCO ₂ 排出(t/toe) | 2.3 | 2.2 | 2.1 | 2.0 | 2.0 | 1.9 | 1.9 | -0.4 -0.1 -0.2 -0.2 |

*1 電力、熱の輸出入を掲載していないため、合計と内訳は必ずしも一致しない。

*2 toe/2015年価格100万ドル。*3 t/2015年価格100万ドル

付表26 | 台湾[レファレンスシナリオ]

一次エネルギー消費

| | (石油換算100万トン[Mtoe]) | | | | | | | 構成比(%) | | | 年平均変化率(%) | | | |
|------------------|--------------------|------|------|------|------|------|------|--------|------|------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990 | 2020 | 2050 | 1990/2020 | 2020/2030 | 2030/2050 | 2020/2050 |
| 合計 ¹⁾ | 47 | 82 | 109 | 107 | 111 | 108 | 101 | 100 | 100 | 100 | 2.8 | 0.3 | -0.5 | -0.2 |
| 石炭 | 11 | 28 | 38 | 36 | 41 | 38 | 33 | 23 | 34 | 33 | 4.2 | 1.2 | -1.1 | -0.3 |
| 石油 | 26 | 38 | 44 | 39 | 38 | 35 | 30 | 55 | 36 | 30 | 1.4 | -0.1 | -1.2 | -0.8 |
| 天然ガス | 1.4 | 5.6 | 13 | 21 | 27 | 29 | 31 | 3.0 | 20 | 30 | 9.5 | 2.3 | 0.7 | 1.2 |
| 原子力 | 8.6 | 10 | 11 | 8.2 | - | - | - | 18 | 7.6 | - | -0.1 | -100 | n.a. | -100 |
| 水力 | 0.5 | 0.4 | 0.4 | 0.3 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 1.2 | 0.2 | 0.4 | -2.5 | 5.5 | 0.1 | 1.8 |
| 地熱 | 0.0 | - | - | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -1.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 太陽光・風力等 | 0.0 | 0.1 | 0.2 | 0.8 | 1.7 | 2.5 | 3.3 | 0.0 | 0.8 | 3.3 | 13.7 | 7.7 | 3.2 | 4.7 |
| バイオマス・廃棄物 | 0.0 | 0.8 | 1.6 | 1.5 | 2.6 | 2.9 | 3.0 | 0.1 | 1.4 | 3.0 | 12.4 | 5.7 | 0.7 | 2.4 |
| 水素 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |

最終エネルギー消費

| | (Mtoe) | | | | | | | 構成比(%) | | | 1990/2020/2030/2050 | | | |
|----------|--------|------|------|------|------|------|------|--------|------|------|---------------------|------|------|------|
| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990 | 2020 | 2050 | 2020 | 2030 | 2050 | 2050 |
| 合計 | 30 | 50 | 70 | 71 | 74 | 73 | 69 | 100 | 100 | 100 | 2.9 | 0.5 | -0.4 | -0.1 |
| 産業 | 12 | 20 | 24 | 24 | 27 | 27 | 26 | 41 | 34 | 38 | 2.3 | 1.2 | -0.2 | 0.3 |
| 運輸 | 6.6 | 11 | 12 | 12 | 11 | 8.6 | 6.7 | 22 | 17 | 9.7 | 2.1 | -1.1 | -2.4 | -2.0 |
| 民生・農業他 | 6.5 | 10 | 12 | 12 | 13 | 13 | 13 | 22 | 18 | 19 | 2.2 | 0.3 | 0.1 | 0.2 |
| 非エネルギー消費 | 4.4 | 8.6 | 22 | 22 | 23 | 24 | 23 | 15 | 31 | 34 | 5.5 | 0.7 | -0.1 | 0.2 |
| 石炭 | 3.4 | 5.2 | 6.2 | 5.2 | 5.2 | 4.6 | 4.0 | 11 | 7.4 | 5.8 | 1.4 | 0.0 | -1.3 | -0.9 |
| 石油 | 19 | 29 | 40 | 37 | 37 | 34 | 30 | 63 | 53 | 43 | 2.3 | -0.1 | -1.1 | -0.7 |
| 天然ガス | 0.9 | 1.6 | 2.2 | 4.1 | 4.8 | 5.1 | 5.1 | 3.0 | 5.9 | 7.3 | 5.2 | 1.6 | 0.2 | 0.7 |
| 電力 | 6.6 | 14 | 19 | 22 | 25 | 27 | 27 | 22 | 31 | 40 | 4.0 | 1.3 | 0.5 | 0.8 |
| 熱 | - | 0.0 | 1.4 | 1.7 | 1.9 | 1.9 | 1.8 | - | 2.5 | 2.6 | n.a. | 0.7 | -0.3 | 0.1 |
| 水素 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |
| 再生可能 | 0.0 | 0.3 | 0.6 | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 0.1 | 0.7 | 1.1 | 11.6 | 2.8 | 1.0 | 1.6 |

発電量

| | (TWh) | | | | | | | 構成比(%) | | | 1990/2020/2030/2050 | | | |
|-----------|-------|------|------|------|------|------|------|--------|------|------|---------------------|------|------|------|
| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990 | 2020 | 2050 | 2020 | 2030 | 2050 | 2050 |
| 合計 | 87 | 181 | 244 | 277 | 316 | 340 | 350 | 100 | 100 | 100 | 3.9 | 1.3 | 0.5 | 0.8 |
| 石炭 | 24 | 88 | 122 | 126 | 144 | 135 | 119 | 28 | 45 | 34 | 5.6 | 1.4 | -0.9 | -0.2 |
| 石油 | 22 | 31 | 11 | 4.4 | 5.1 | 3.1 | 0.9 | 26 | 1.6 | 0.3 | -5.3 | 1.5 | -8.3 | -5.2 |
| 天然ガス | 1.2 | 18 | 60 | 100 | 135 | 161 | 179 | 1.4 | 36 | 51 | 15.9 | 3.1 | 1.4 | 2.0 |
| 原子力 | 33 | 39 | 42 | 31 | - | - | - | 38 | 11 | - | -0.1 | -100 | n.a. | -100 |
| 水力 | 6.4 | 4.6 | 4.2 | 3.0 | 5.2 | 5.2 | 5.2 | 7.3 | 1.1 | 1.5 | -2.5 | 5.5 | 0.1 | 1.8 |
| 地熱 | 0.0 | - | - | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -1.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 太陽光 | - | - | 0.0 | 6.1 | 10 | 13 | 16 | - | 2.2 | 4.6 | n.a. | 5.5 | 2.2 | 3.3 |
| 風力 | - | 0.0 | 1.0 | 2.4 | 8.8 | 14 | 21 | - | 0.9 | 6.1 | n.a. | 13.7 | 4.5 | 7.5 |
| 太陽熱・海洋 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |
| バイオマス・廃棄物 | 0.2 | 1.8 | 3.4 | 3.8 | 7.2 | 8.2 | 8.7 | 0.2 | 1.4 | 2.5 | 10.1 | 6.7 | 0.9 | 2.8 |
| 水素 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |
| その他 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |

エネルギー・経済指標他

| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990/2020 | 2020/2030 | 2030/2050 | 2020/2050 |
|---|------|------|------|------|------|------|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| GDP (2015年価格10億ドル) | 161 | 308 | 463 | 597 | 781 | 944 | 1,092 | 4.5 | 2.7 | 1.7 | 2.0 |
| 人口(100万人) | 20 | 22 | 23 | 24 | 24 | 23 | 22 | 0.5 | 0.1 | -0.3 | -0.2 |
| エネルギー起源CO ₂ 排出(100万t) | 101 | 202 | 240 | 247 | 274 | 258 | 230 | 3.0 | 1.0 | -0.9 | -0.2 |
| 一人あたりGDP (2015年価格1,000ドル/人) | 7.9 | 14 | 20 | 25 | 33 | 40 | 49 | 4.0 | 2.6 | 2.0 | 2.2 |
| 一人あたり一次エネルギー消費(toe/人) | 2.3 | 3.7 | 4.7 | 4.5 | 4.7 | 4.6 | 4.5 | 2.3 | 0.2 | -0.1 | 0.0 |
| GDPあたり一次エネルギー消費 ²⁾ | 290 | 268 | 235 | 180 | 142 | 114 | 92 | -1.6 | -2.3 | -2.1 | -2.2 |
| GDPあたりCO ₂ 排出量 ³⁾ | 629 | 655 | 518 | 414 | 351 | 273 | 211 | -1.4 | -1.6 | -2.5 | -2.2 |
| 一次エネルギー消費あたりCO ₂ 排出(t/toe) | 2.2 | 2.4 | 2.2 | 2.3 | 2.5 | 2.4 | 2.3 | 0.2 | 0.7 | -0.4 | 0.0 |

*1 電力、熱の輸出入を掲載していないため、合計と内訳は必ずしも一致しない。

*2 toe/2015年価格100万ドル。*3 t/2015年価格100万ドル

付表27 | ASEAN [レファレンスシナリオ]

一次エネルギー消費

| | (石油換算100万トン[Mtoe]) | | | | | | | 構成比(%) | | | 年平均変化率(%) | | | |
|-----------------|--------------------|------|------|------|------|-------|-------|--------|------|------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990 | 2020 | 2050 | 1990/2020 | 2020/2030 | 2030/2050 | 2020/2050 |
| 合計 ¹ | 231 | 378 | 535 | 673 | 954 | 1,192 | 1,420 | 100 | 100 | 100 | 3.6 | 3.6 | 2.0 | 2.5 |
| 石炭 | 13 | 31 | 85 | 178 | 226 | 290 | 340 | 5.4 | 26 | 24 | 9.2 | 2.4 | 2.1 | 2.2 |
| 石油 | 88 | 153 | 188 | 225 | 311 | 365 | 412 | 38 | 33 | 29 | 3.2 | 3.3 | 1.4 | 2.0 |
| 天然ガス | 30 | 74 | 125 | 130 | 213 | 277 | 343 | 13 | 19 | 24 | 5.0 | 5.1 | 2.4 | 3.3 |
| 原子力 | - | - | - | - | - | 9.7 | 18 | - | - | 1.3 | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |
| 水力 | 2.3 | 4.1 | 6.1 | 13 | 18 | 20 | 22 | 1.0 | 1.9 | 1.6 | 5.7 | 3.6 | 1.1 | 1.9 |
| 地熱 | 6.6 | 18 | 25 | 36 | 75 | 96 | 117 | 2.9 | 5.4 | 8.3 | 5.8 | 7.6 | 2.3 | 4.0 |
| 太陽光・風力等 | - | - | 0.0 | 2.1 | 7.4 | 15 | 32 | - | 0.3 | 2.2 | n.a. | 13.2 | 7.5 | 9.4 |
| バイオマス・廃棄物 | 92 | 97 | 106 | 87 | 101 | 115 | 131 | 40 | 13 | 9.2 | -0.2 | 1.5 | 1.3 | 1.4 |
| 水素 | - | - | - | - | - | -0.0 | -0.0 | - | - | -0.0 | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |

最終エネルギー消費

| | (Mtoe) | | | | | | | 構成比(%) | | | 1990/2020/2030/2050 | | | |
|----------|--------|------|------|------|------|------|------|--------|------|------|---------------------|------|------|------|
| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990 | 2020 | 2050 | 2020 | 2030 | 2050 | 2050 |
| 合計 | 171 | 269 | 377 | 447 | 618 | 760 | 901 | 100 | 100 | 100 | 3.2 | 3.3 | 1.9 | 2.4 |
| 産業 | 41 | 74 | 120 | 158 | 215 | 276 | 333 | 24 | 35 | 37 | 4.6 | 3.1 | 2.2 | 2.5 |
| 運輸 | 33 | 62 | 86 | 122 | 172 | 207 | 241 | 19 | 27 | 27 | 4.5 | 3.5 | 1.7 | 2.3 |
| 民生・農業他 | 86 | 112 | 130 | 113 | 130 | 157 | 188 | 50 | 25 | 21 | 0.9 | 1.4 | 1.9 | 1.7 |
| 非エネルギー消費 | 11 | 21 | 40 | 54 | 101 | 120 | 139 | 6.4 | 12 | 15 | 5.4 | 6.5 | 1.6 | 3.2 |
| 石炭 | 5.3 | 13 | 40 | 54 | 66 | 80 | 91 | 3.1 | 12 | 10 | 8.0 | 2.1 | 1.6 | 1.8 |
| 石油 | 67 | 123 | 163 | 200 | 279 | 330 | 375 | 39 | 45 | 42 | 3.7 | 3.4 | 1.5 | 2.1 |
| 天然ガス | 7.5 | 17 | 29 | 44 | 85 | 107 | 123 | 4.4 | 9.8 | 14 | 6.0 | 6.8 | 1.9 | 3.5 |
| 電力 | 11 | 28 | 52 | 85 | 130 | 183 | 246 | 6.5 | 19 | 27 | 7.0 | 4.3 | 3.3 | 3.6 |
| 熱 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |
| 水素 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |
| 再生可能 | 81 | 88 | 93 | 65 | 58 | 61 | 66 | 47 | 14 | 7.3 | -0.7 | -1.1 | 0.7 | 0.1 |

発電量

| | (TWh) | | | | | | | 構成比(%) | | | 1990/2020/2030/2050 | | | |
|-----------|-------|------|------|-------|-------|-------|-------|--------|------|------|---------------------|------|------|------|
| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990 | 2020 | 2050 | 2020 | 2030 | 2050 | 2050 |
| 合計 | 154 | 370 | 675 | 1,075 | 1,654 | 2,344 | 3,161 | 100 | 100 | 100 | 6.7 | 4.4 | 3.3 | 3.7 |
| 石炭 | 28 | 79 | 185 | 485 | 633 | 863 | 1,072 | 18 | 45 | 34 | 10.0 | 2.7 | 2.7 | 2.7 |
| 石油 | 66 | 72 | 59 | 13 | 19 | 20 | 15 | 43 | 1.2 | 0.5 | -5.3 | 4.1 | -1.2 | 0.6 |
| 天然ガス | 26 | 154 | 336 | 344 | 568 | 831 | 1,156 | 17 | 32 | 37 | 9.0 | 5.2 | 3.6 | 4.1 |
| 原子力 | - | - | - | - | - | 37 | 71 | - | - | 2.2 | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |
| 水力 | 27 | 47 | 71 | 146 | 208 | 238 | 257 | 18 | 14 | 8.1 | 5.7 | 3.6 | 1.1 | 1.9 |
| 地熱 | 6.6 | 16 | 19 | 26 | 54 | 67 | 81 | 4.3 | 2.4 | 2.6 | 4.7 | 7.4 | 2.1 | 3.8 |
| 太陽光 | - | - | 0.0 | 19 | 59 | 127 | 281 | - | 1.8 | 8.9 | n.a. | 12.1 | 8.1 | 9.4 |
| 風力 | - | - | 0.1 | 5.7 | 26 | 48 | 85 | - | 0.5 | 2.7 | n.a. | 16.5 | 6.0 | 9.4 |
| 太陽熱・海洋 | - | - | - | - | 0.1 | 0.2 | 0.3 | - | - | 0.0 | n.a. | n.a. | 8.3 | n.a. |
| バイオマス・廃棄物 | 0.6 | 1.0 | 5.7 | 36 | 85 | 113 | 142 | 0.4 | 3.4 | 4.5 | 14.7 | 8.9 | 2.6 | 4.7 |
| 水素 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |
| その他 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |

エネルギー・経済指標他

| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990/2020 | 2020/2030 | 2030/2050 | 2020/2050 |
|--|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| GDP (2015年価格10億ドル) | 720 | 1,149 | 1,914 | 2,846 | 4,495 | 6,741 | 9,557 | 4.7 | 4.7 | 3.8 | 4.1 |
| 人口(100万人) | 431 | 507 | 575 | 643 | 695 | 735 | 758 | 1.3 | 0.8 | 0.4 | 0.6 |
| エネルギー起源CO ₂ 排出(100万t) | 350 | 682 | 1,071 | 1,507 | 2,023 | 2,540 | 2,988 | 5.0 | 3.0 | 2.0 | 2.3 |
| 一人あたりGDP (2015年価格1,000ドル/人) | 1.7 | 2.3 | 3.3 | 4.4 | 6.5 | 9.2 | 13 | 3.3 | 3.9 | 3.4 | 3.6 |
| 一人あたり一次エネルギー消費(toe/人) | 0.5 | 0.7 | 0.9 | 1.0 | 1.4 | 1.6 | 1.9 | 2.3 | 2.8 | 1.6 | 2.0 |
| GDPあたり一次エネルギー消費 ² | 321 | 329 | 280 | 236 | 212 | 177 | 149 | -1.0 | -1.1 | -1.8 | -1.5 |
| GDPあたりCO ₂ 排出量 ³ | 486 | 593 | 560 | 529 | 450 | 377 | 313 | 0.3 | -1.6 | -1.8 | -1.7 |
| 一次エネルギー消費あたりCO ₂ 排出(t/toe) | 1.5 | 1.8 | 2.0 | 2.2 | 2.1 | 2.1 | 2.1 | 1.3 | -0.5 | 0.0 | -0.2 |

*1 電力、熱の輸出入を掲載していないため、合計と内訳は必ずしも一致しない。

*2 toe/2015年価格100万ドル。*3 t/2015年価格100万ドル

付表28 | インドネシア[レファレンスシナリオ]

一次エネルギー消費

| | (石油換算100万トン[Mtoe]) | | | | | | | 構成比(%) | | | 年平均変化率(%) | | | |
|-----------------|--------------------|------|------|------|------|------|------|--------|------|------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990 | 2020 | 2050 | 1990/2020 | 2020/2030 | 2030/2050 | 2020/2050 |
| 合計 ¹ | 99 | 156 | 204 | 233 | 346 | 460 | 575 | 100 | 100 | 100 | 2.9 | 4.0 | 2.6 | 3.1 |
| 石炭 | 3.5 | 12 | 32 | 68 | 92 | 129 | 160 | 3.6 | 29 | 28 | 10.4 | 3.0 | 2.8 | 2.9 |
| 石油 | 33 | 58 | 67 | 68 | 100 | 123 | 140 | 34 | 29 | 24 | 2.4 | 3.9 | 1.7 | 2.4 |
| 天然ガス | 16 | 27 | 39 | 34 | 58 | 86 | 116 | 16 | 15 | 20 | 2.6 | 5.4 | 3.6 | 4.2 |
| 原子力 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |
| 水力 | 0.5 | 0.9 | 1.5 | 2.1 | 2.2 | 2.8 | 3.3 | 0.5 | 0.9 | 0.6 | 5.0 | 0.7 | 2.0 | 1.5 |
| 地熱 | 1.9 | 8.4 | 16 | 27 | 58 | 76 | 96 | 2.0 | 11 | 17 | 9.2 | 8.0 | 2.6 | 4.4 |
| 太陽光・風力等 | - | - | 0.0 | 0.1 | 1.1 | 3.7 | 13 | - | 0.0 | 2.2 | n.a. | 35.0 | 13.0 | 19.9 |
| バイオマス・廃棄物 | 44 | 50 | 48 | 34 | 35 | 40 | 46 | 44 | 14 | 8.0 | -0.9 | 0.4 | 1.4 | 1.0 |
| 水素 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |

最終エネルギー消費

| | (Mtoe) | | | | | | | 構成比(%) | | | 1990/2020/2030/2050 | | | |
|----------|--------|------|------|------|------|------|------|--------|------|------|---------------------|------|------|------|
| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990 | 2020 | 2050 | 2020 | 2030 | 2050 | 2050 |
| 合計 | 79 | 120 | 148 | 152 | 203 | 264 | 326 | 100 | 100 | 100 | 2.2 | 3.0 | 2.4 | 2.6 |
| 産業 | 17 | 30 | 49 | 56 | 77 | 105 | 131 | 22 | 37 | 40 | 3.9 | 3.3 | 2.7 | 2.9 |
| 運輸 | 11 | 21 | 30 | 48 | 70 | 87 | 103 | 14 | 32 | 32 | 5.1 | 3.8 | 2.0 | 2.6 |
| 民生・農業他 | 44 | 59 | 59 | 40 | 43 | 54 | 68 | 55 | 26 | 21 | -0.3 | 0.8 | 2.3 | 1.8 |
| 非エネルギー消費 | 7.4 | 9.8 | 10 | 8.0 | 13 | 18 | 23 | 9.3 | 5.2 | 7.1 | 0.3 | 5.1 | 2.9 | 3.6 |
| 石炭 | 1.5 | 4.6 | 17 | 20 | 25 | 33 | 38 | 1.9 | 13 | 12 | 9.1 | 2.3 | 2.1 | 2.2 |
| 石油 | 27 | 48 | 55 | 64 | 93 | 114 | 132 | 34 | 42 | 40 | 2.9 | 3.9 | 1.8 | 2.4 |
| 天然ガス | 6.0 | 12 | 16 | 17 | 26 | 36 | 44 | 7.6 | 11 | 13 | 3.5 | 4.5 | 2.6 | 3.2 |
| 電力 | 2.4 | 6.8 | 13 | 24 | 39 | 60 | 90 | 3.1 | 16 | 28 | 7.9 | 5.0 | 4.3 | 4.5 |
| 熱 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |
| 水素 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |
| 再生可能 | 42 | 49 | 48 | 27 | 20 | 21 | 23 | 53 | 18 | 6.9 | -1.4 | -2.9 | 0.6 | -0.6 |

発電量

| | (TWh) | | | | | | | 構成比(%) | | | 1990/2020/2030/2050 | | | |
|-----------|-------|------|------|------|------|------|-------|--------|------|------|---------------------|------|------|------|
| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990 | 2020 | 2050 | 2020 | 2030 | 2050 | 2050 |
| 合計 | 33 | 93 | 170 | 292 | 488 | 773 | 1,156 | 100 | 100 | 100 | 7.6 | 5.3 | 4.4 | 4.7 |
| 石炭 | 9.8 | 34 | 68 | 181 | 255 | 389 | 519 | 30 | 62 | 45 | 10.2 | 3.5 | 3.6 | 3.6 |
| 石油 | 15 | 18 | 34 | 7.9 | 11 | 11 | 6.7 | 47 | 2.7 | 0.6 | -2.2 | 3.3 | -2.4 | -0.5 |
| 天然ガス | 0.7 | 26 | 40 | 48 | 112 | 205 | 324 | 2.2 | 16 | 28 | 15.0 | 8.8 | 5.4 | 6.6 |
| 原子力 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |
| 水力 | 5.7 | 10 | 17 | 24 | 26 | 32 | 39 | 17 | 8.3 | 3.3 | 5.0 | 0.7 | 2.0 | 1.5 |
| 地熱 | 1.1 | 4.9 | 9.4 | 16 | 34 | 44 | 56 | 3.4 | 5.3 | 4.8 | 9.2 | 8.0 | 2.6 | 4.4 |
| 太陽光 | - | - | 0.0 | 0.2 | 5.8 | 28 | 118 | - | 0.1 | 10 | n.a. | 42.2 | 16.3 | 24.3 |
| 風力 | - | - | 0.0 | 0.5 | 7.2 | 15 | 33 | - | 0.2 | 2.8 | n.a. | 31.3 | 7.8 | 15.1 |
| 太陽熱・海洋 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |
| バイオマス・廃棄物 | - | 0.0 | 0.1 | 14 | 37 | 49 | 62 | - | 5.0 | 5.3 | n.a. | 9.8 | 2.6 | 5.0 |
| 水素 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |
| その他 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |

エネルギー・経済指標他

| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990/2020 | 2020/2030 | 2030/2050 | 2020/2050 |
|--|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| GDP (2015年価格10億ドル) | 270 | 395 | 658 | 1,028 | 1,709 | 2,721 | 3,994 | 4.6 | 5.2 | 4.3 | 4.6 |
| 人口(100万人) | 181 | 212 | 242 | 274 | 294 | 311 | 320 | 1.4 | 0.7 | 0.4 | 0.5 |
| エネルギー起源CO ₂ 排出(100万t) | 130 | 254 | 396 | 532 | 758 | 1,027 | 1,262 | 4.8 | 3.6 | 2.6 | 2.9 |
| 一人あたりGDP (2015年価格1,000ドル/人) | 1.5 | 1.9 | 2.7 | 3.8 | 5.8 | 8.8 | 12 | 3.1 | 4.5 | 3.9 | 4.1 |
| 一人あたり一次エネルギー消費(toe/人) | 0.5 | 0.7 | 0.8 | 0.9 | 1.2 | 1.5 | 1.8 | 1.5 | 3.2 | 2.1 | 2.5 |
| GDPあたり一次エネルギー消費 ² | 366 | 394 | 310 | 227 | 202 | 169 | 144 | -1.6 | -1.2 | -1.7 | -1.5 |
| GDPあたりCO ₂ 排出量 ³ | 482 | 644 | 602 | 518 | 444 | 378 | 316 | 0.2 | -1.5 | -1.7 | -1.6 |
| 一次エネルギー消費あたりCO ₂ 排出(t/toe) | 1.3 | 1.6 | 1.9 | 2.3 | 2.2 | 2.2 | 2.2 | 1.8 | -0.4 | 0.0 | -0.1 |

*1 電力、熱の輸出入を掲載していないため、合計と内訳は必ずしも一致しない。

*2 toe/2015年価格100万ドル。*3 t/2015年価格100万ドル

付表29 | マレーシア[レファレンスシナリオ]

一次エネルギー消費

| | (石油換算100万トン[Mtoe]) | | | | | | | 構成比(%) | | | 年平均変化率(%) | | | |
|------------------|--------------------|------|------|------|------|------|------|--------|------|------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990 | 2020 | 2050 | 1990/2020 | 2020/2030 | 2030/2050 | 2020/2050 |
| 合計 ¹⁾ | 21 | 48 | 72 | 92 | 142 | 161 | 172 | 100 | 100 | 100 | 5.0 | 4.4 | 1.0 | 2.1 |
| 石炭 | 1.4 | 2.3 | 15 | 22 | 22 | 21 | 18 | 6.4 | 24 | 10 | 9.7 | 0.3 | -1.2 | -0.7 |
| 石油 | 11 | 19 | 25 | 31 | 41 | 39 | 36 | 54 | 34 | 21 | 3.4 | 2.8 | -0.6 | 0.5 |
| 天然ガス | 6.8 | 25 | 31 | 36 | 73 | 88 | 104 | 32 | 39 | 61 | 5.7 | 7.3 | 1.8 | 3.6 |
| 原子力 | - | - | - | - | - | 3.7 | 3.7 | - | - | 2.1 | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |
| 水力 | 0.3 | 0.6 | 0.6 | 2.3 | 3.2 | 3.6 | 3.8 | 1.6 | 2.4 | 2.2 | 6.5 | 3.5 | 0.9 | 1.7 |
| 地熱 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |
| 太陽光・風力等 | - | - | - | 0.2 | 0.5 | 1.5 | 2.9 | - | 0.2 | 1.7 | n.a. | 9.7 | 9.1 | 9.3 |
| バイオマス・廃棄物 | 1.2 | 1.3 | 0.8 | 1.1 | 2.1 | 2.7 | 3.3 | 5.9 | 1.2 | 2.0 | -0.3 | 6.4 | 2.4 | 3.7 |
| 水素 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |

最終エネルギー消費

| | (Mtoe) | | | | | | | 構成比(%) | | | 1990/2020/2030/2050 | | | |
|----------|--------|------|------|------|------|------|------|--------|------|------|---------------------|------|------|------|
| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990 | 2020 | 2050 | 2020 | 2030 | 2050 | 2050 |
| 合計 | 13 | 29 | 42 | 61 | 102 | 116 | 125 | 100 | 100 | 100 | 5.2 | 5.4 | 1.0 | 2.4 |
| 産業 | 5.6 | 12 | 15 | 18 | 25 | 32 | 36 | 41 | 30 | 29 | 4.0 | 3.1 | 1.9 | 2.3 |
| 運輸 | 4.9 | 11 | 15 | 21 | 25 | 23 | 20 | 36 | 34 | 16 | 4.9 | 1.8 | -1.1 | -0.1 |
| 民生・農業他 | 2.1 | 4.3 | 8.2 | 8.7 | 12 | 14 | 16 | 16 | 14 | 13 | 4.8 | 2.9 | 1.6 | 2.0 |
| 非エネルギー消費 | 0.8 | 2.2 | 3.7 | 13 | 41 | 47 | 53 | 6.3 | 21 | 42 | 9.5 | 12.3 | 1.3 | 4.8 |
| 石炭 | 0.5 | 1.0 | 1.8 | 1.6 | 1.7 | 1.7 | 1.6 | 3.8 | 2.7 | 1.3 | 3.9 | 0.8 | -0.5 | -0.1 |
| 石油 | 9.3 | 18 | 24 | 28 | 37 | 36 | 33 | 70 | 46 | 26 | 3.7 | 2.9 | -0.5 | 0.6 |
| 天然ガス | 1.1 | 3.9 | 6.3 | 18 | 43 | 51 | 57 | 8.2 | 29 | 46 | 9.7 | 9.5 | 1.4 | 4.0 |
| 電力 | 1.7 | 5.3 | 9.5 | 13 | 19 | 26 | 32 | 13 | 22 | 25 | 7.0 | 4.0 | 2.5 | 3.0 |
| 熱 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |
| 水素 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |
| 再生可能 | 0.8 | 0.7 | 0.2 | 0.7 | 0.9 | 1.2 | 1.5 | 5.7 | 1.1 | 1.2 | -0.4 | 3.0 | 2.7 | 2.8 |

発電量

| | (TWh) | | | | | | | 構成比(%) | | | 1990/2020/2030/2050 | | | |
|-----------|-------|------|------|------|------|------|------|--------|------|------|---------------------|------|------|------|
| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990 | 2020 | 2050 | 2020 | 2030 | 2050 | 2050 |
| 合計 | 23 | 69 | 125 | 183 | 263 | 348 | 425 | 100 | 100 | 100 | 7.1 | 3.7 | 2.4 | 2.9 |
| 石炭 | 2.9 | 7.7 | 43 | 86 | 89 | 87 | 75 | 13 | 47 | 18 | 11.9 | 0.4 | -0.9 | -0.4 |
| 石油 | 11 | 3.6 | 3.7 | 1.0 | 0.7 | 0.1 | - | 46 | 0.5 | - | -7.7 | -2.5 | -100 | -100 |
| 天然ガス | 5.5 | 51 | 71 | 66 | 127 | 183 | 253 | 24 | 36 | 59 | 8.6 | 6.7 | 3.5 | 4.6 |
| 原子力 | - | - | - | - | - | 14 | 14 | - | - | 3.3 | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |
| 水力 | 4.0 | 7.0 | 6.5 | 26 | 37 | 42 | 44 | 17 | 14 | 10 | 6.5 | 3.5 | 0.9 | 1.7 |
| 地熱 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |
| 太陽光 | - | - | - | 2.3 | 5.9 | 17 | 33 | - | 1.3 | 7.8 | n.a. | 9.7 | 9.1 | 9.3 |
| 風力 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |
| 太陽熱・海洋 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |
| バイオマス・廃棄物 | - | - | 1.0 | 1.0 | 3.4 | 4.5 | 5.7 | - | 0.6 | 1.3 | n.a. | 12.7 | 2.6 | 5.9 |
| 水素 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |
| その他 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |

エネルギー・経済指標他

| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990/2020 | 2020/2030 | 2030/2050 | 2020/2050 |
|---|------|------|------|------|------|------|------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| GDP (2015年価格10億ドル) | 75 | 148 | 233 | 344 | 527 | 745 | 998 | 5.2 | 4.4 | 3.2 | 3.6 |
| 人口(100万人) | 18 | 23 | 28 | 32 | 36 | 38 | 40 | 2.0 | 1.0 | 0.6 | 0.7 |
| エネルギー起源CO ₂ 排出(100万t) | 53 | 114 | 192 | 229 | 278 | 292 | 292 | 5.0 | 2.0 | 0.2 | 0.8 |
| 一人あたりGDP (2015年価格1,000ドル/人) | 4.1 | 6.4 | 8.2 | 11 | 15 | 19 | 25 | 3.2 | 3.3 | 2.7 | 2.9 |
| 一人あたり一次エネルギー消費(toe/人) | 1.2 | 2.1 | 2.6 | 2.8 | 4.0 | 4.2 | 4.3 | 3.0 | 3.3 | 0.4 | 1.4 |
| GDPあたり一次エネルギー消費 ²⁾ | 284 | 326 | 312 | 268 | 269 | 216 | 172 | -0.2 | 0.0 | -2.2 | -1.5 |
| GDPあたりCO ₂ 排出量 ³⁾ | 704 | 770 | 824 | 666 | 528 | 392 | 293 | -0.2 | -2.3 | -2.9 | -2.7 |
| 一次エネルギー消費あたりCO ₂ 排出(t/toe) | 2.5 | 2.4 | 2.6 | 2.5 | 2.0 | 1.8 | 1.7 | 0.0 | -2.3 | -0.7 | -1.3 |

*1 電力、熱の輸出入を掲載していないため、合計と内訳は必ずしも一致しない。

*2 toe/2015年価格100万ドル。*3 t/2015年価格100万ドル

付表30 | ミャンマー[レファレンスシナリオ]

一次エネルギー消費

| | (石油換算100万トン[Mtoe]) | | | | | | | 構成比(%) | | | 年平均変化率(%) | | | |
|------------------|--------------------|------|------|------|------|------|------|--------|------|------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990 | 2020 | 2050 | 1990/2020 | 2020/2030 | 2030/2050 | 2020/2050 |
| 合計 ¹⁾ | 11 | 13 | 14 | 23 | 29 | 39 | 48 | 100 | 100 | 100 | 2.5 | 2.6 | 2.5 | 2.6 |
| 石炭 | 0.1 | 0.3 | 0.4 | 1.4 | 3.3 | 5.7 | 8.6 | 0.6 | 6.0 | 18 | 10.5 | 9.5 | 4.8 | 6.3 |
| 石油 | 0.7 | 2.0 | 1.3 | 6.7 | 8.8 | 13 | 18 | 6.8 | 29 | 36 | 7.7 | 2.9 | 3.5 | 3.3 |
| 天然ガス | 0.8 | 1.2 | 1.3 | 3.0 | 8.2 | 13 | 17 | 7.1 | 13 | 36 | 4.7 | 10.4 | 3.8 | 6.0 |
| 原子力 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |
| 水力 | 0.1 | 0.2 | 0.5 | 0.9 | 1.3 | 1.6 | 1.8 | 1.0 | 4.0 | 3.7 | 7.5 | 3.6 | 1.6 | 2.3 |
| 地熱 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |
| 太陽光・風力等 | - | - | - | 0.0 | 0.1 | 0.2 | 0.5 | - | 0.0 | 0.9 | n.a. | 41.6 | 7.0 | 17.5 |
| バイオマス・廃棄物 | 9.0 | 9.2 | 10 | 11 | 9.2 | 7.6 | 5.8 | 84 | 48 | 12 | 0.6 | -1.6 | -2.3 | -2.1 |
| 水素 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |

最終エネルギー消費

| | (Mtoe) | | | | | | | 構成比(%) | | | 1990/2020/2030/2050 | | | |
|----------|--------|------|------|------|------|------|------|--------|------|------|---------------------|------|------|------|
| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990 | 2020 | 2050 | 2020 | 2030 | 2050 | 2050 |
| 合計 | 9.4 | 11 | 13 | 20 | 22 | 26 | 31 | 100 | 100 | 100 | 2.6 | 0.7 | 1.9 | 1.5 |
| 産業 | 0.4 | 1.2 | 1.3 | 3.7 | 4.3 | 6.3 | 7.9 | 4.2 | 19 | 25 | 7.8 | 1.4 | 3.1 | 2.5 |
| 運輸 | 0.4 | 1.2 | 0.8 | 2.1 | 3.1 | 5.0 | 7.2 | 4.7 | 10 | 23 | 5.3 | 4.3 | 4.2 | 4.2 |
| 民生・農業他 | 8.5 | 9.1 | 11 | 14 | 14 | 14 | 15 | 90 | 69 | 50 | 1.6 | -0.1 | 0.6 | 0.4 |
| 非エネルギー消費 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.5 | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 1.0 | 2.4 | 2.0 | 5.6 | -0.8 | 1.7 | 0.8 |
| 石炭 | 0.1 | 0.3 | 0.2 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.5 | 1.5 | 1.1 | 6.1 | -1.2 | 1.1 | 0.3 |
| 石油 | 0.6 | 1.5 | 1.0 | 6.6 | 8.6 | 13 | 17 | 6.2 | 33 | 55 | 8.4 | 2.7 | 3.5 | 3.2 |
| 天然ガス | 0.2 | 0.3 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.8 | 0.9 | 2.4 | 3.2 | 3.0 | 3.5 | -0.1 | 1.9 | 1.3 |
| 電力 | 0.1 | 0.3 | 0.5 | 1.7 | 2.8 | 4.7 | 7.1 | 1.6 | 8.7 | 23 | 8.5 | 4.9 | 4.8 | 4.8 |
| 熱 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |
| 水素 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |
| 再生可能 | 8.4 | 9.0 | 10 | 11 | 9.2 | 7.5 | 5.7 | 89 | 54 | 18 | 0.8 | -1.6 | -2.3 | -2.1 |

発電量

| | (TWh) | | | | | | | 構成比(%) | | | 1990/2020/2030/2050 | | | |
|-----------|-------|------|------|------|------|------|------|--------|------|------|---------------------|------|------|------|
| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990 | 2020 | 2050 | 2020 | 2030 | 2050 | 2050 |
| 合計 | 2.5 | 5.1 | 8.6 | 20 | 57 | 92 | 135 | 100 | 100 | 100 | 7.2 | 11.0 | 4.4 | 6.6 |
| 石炭 | 0.0 | - | 0.6 | 2.3 | 12 | 24 | 40 | 1.6 | 12 | 30 | 14.5 | 18.0 | 6.2 | 10.0 |
| 石油 | 0.3 | 0.7 | 0.0 | 0.1 | 0.4 | 0.6 | 0.7 | 11 | 0.6 | 0.5 | -2.9 | 14.3 | 2.7 | 6.4 |
| 天然ガス | 1.0 | 2.5 | 1.8 | 7.0 | 28 | 47 | 68 | 39 | 35 | 50 | 6.8 | 14.7 | 4.6 | 7.9 |
| 原子力 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |
| 水力 | 1.2 | 1.9 | 6.2 | 11 | 15 | 18 | 21 | 48 | 53 | 15 | 7.5 | 3.6 | 1.6 | 2.3 |
| 地熱 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |
| 太陽光 | - | - | - | 0.0 | 1.1 | 1.9 | 4.6 | - | 0.2 | 3.4 | n.a. | 38.4 | 7.6 | 17.0 |
| 風力 | - | - | - | 0.0 | 0.3 | 0.4 | 0.7 | - | 0.0 | 0.5 | n.a. | 160 | 4.4 | 41.4 |
| 太陽熱・海洋 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |
| バイオマス・廃棄物 | - | - | - | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | - | 0.0 | 0.0 | n.a. | -0.1 | 0.0 | 0.0 |
| 水素 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |
| その他 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |

エネルギー・経済指標他

| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990/2020 | 2020/2030 | 2030/2050 | 2020/2050 |
|---|-------|------|------|------|------|------|------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| GDP (2015年価格10億ドル) | 7.2 | 14 | 43 | 81 | 90 | 142 | 210 | 8.4 | 1.1 | 4.3 | 3.2 |
| 人口(100万人) | 41 | 47 | 51 | 54 | 58 | 60 | 61 | 0.9 | 0.7 | 0.3 | 0.4 |
| エネルギー起源CO ₂ 排出(100万t) | 4.0 | 9.5 | 8.1 | 31 | 57 | 90 | 126 | 7.0 | 6.5 | 4.0 | 4.8 |
| 一人あたりGDP (2015年価格1,000ドル/人) | 0.2 | 0.3 | 0.8 | 1.5 | 1.6 | 2.4 | 3.4 | 7.4 | 0.4 | 4.0 | 2.8 |
| 一人あたり一次エネルギー消費(toe/人) | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 0.8 | 1.6 | 2.0 | 2.3 | 2.2 |
| GDPあたり一次エネルギー消費 ²⁾ | 1,489 | 942 | 323 | 279 | 325 | 271 | 231 | -5.4 | 1.5 | -1.7 | -0.6 |
| GDPあたりCO ₂ 排出量 ³⁾ | 564 | 700 | 188 | 378 | 636 | 635 | 601 | -1.3 | 5.4 | -0.3 | 1.6 |
| 一次エネルギー消費あたりCO ₂ 排出(t/toe) | 0.4 | 0.7 | 0.6 | 1.4 | 2.0 | 2.3 | 2.6 | 4.3 | 3.7 | 1.4 | 2.2 |

*1 電力、熱の輸出入を掲載していないため、合計と内訳は必ずしも一致しない。

*2 toe/2015年価格100万ドル。*3 t/2015年価格100万ドル

付表31 | フィリピン[レファレンスシナリオ]

一次エネルギー消費

| | (石油換算100万トン[Mtoe]) | | | | | | | | 構成比(%) | | | 年平均変化率(%) | | | |
|-----------------|--------------------|------|------|------|------|------|------|------|--------|------|-----------|-----------|-----------|-----------|--|
| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990 | 2020 | 2050 | 1990/2020 | 2020/2030 | 2030/2050 | 2020/2050 | |
| 合計 ¹ | 27 | 39 | 42 | 58 | 90 | 116 | 144 | 100 | 100 | 100 | 2.6 | 4.5 | 2.3 | 3.1 | |
| 石炭 | 1.5 | 4.8 | 7.2 | 18 | 22 | 27 | 29 | 5.5 | 30 | 20 | 8.6 | 2.4 | 1.3 | 1.6 | |
| 石油 | 9.7 | 16 | 14 | 16 | 32 | 45 | 59 | 36 | 28 | 41 | 1.8 | 6.9 | 3.1 | 4.3 | |
| 天然ガス | - | 0.0 | 3.1 | 3.3 | 6.9 | 13 | 21 | - | 5.7 | 15 | n.a. | 7.6 | 5.8 | 6.4 | |
| 原子力 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. | |
| 水力 | 0.5 | 0.7 | 0.7 | 0.6 | 1.0 | 1.1 | 1.1 | 1.9 | 1.1 | 0.8 | 0.6 | 5.0 | 0.5 | 2.0 | |
| 地熱 | 4.7 | 10 | 8.5 | 9.2 | 17 | 19 | 21 | 17 | 16 | 15 | 2.3 | 6.4 | 1.1 | 2.8 | |
| 太陽光・風力等 | - | - | 0.0 | 0.2 | 0.7 | 1.5 | 2.6 | - | 0.4 | 1.8 | n.a. | 13.5 | 6.5 | 8.8 | |
| バイオマス・廃棄物 | 10 | 7.6 | 8.7 | 11 | 10 | 9.8 | 9.9 | 39 | 18 | 6.9 | 0.1 | -0.5 | -0.2 | -0.3 | |
| 水素 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. | |

最終エネルギー消費

| | (Mtoe) | | | | | | | | 構成比(%) | | | 1990/2020/2030/2050 | | | |
|----------|--------|------|------|------|------|------|------|------|--------|------|------|---------------------|------|------|--|
| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990 | 2020 | 2050 | 2020 | 2030 | 2050 | 2050 | |
| 合計 | 19 | 23 | 25 | 32 | 52 | 69 | 90 | 100 | 100 | 100 | 1.8 | 4.8 | 2.8 | 3.5 | |
| 産業 | 4.2 | 4.6 | 6.0 | 6.3 | 9.5 | 12 | 15 | 22 | 19 | 17 | 1.3 | 4.3 | 2.5 | 3.1 | |
| 運輸 | 4.5 | 8.3 | 8.0 | 9.9 | 22 | 31 | 42 | 24 | 31 | 46 | 2.6 | 8.1 | 3.3 | 4.9 | |
| 民生・農業他 | 10.0 | 9.9 | 11 | 15 | 19 | 23 | 28 | 53 | 47 | 32 | 1.4 | 2.3 | 2.0 | 2.1 | |
| 非エネルギー消費 | 0.2 | 0.3 | 0.1 | 1.2 | 1.7 | 2.7 | 4.2 | 1.2 | 3.6 | 4.7 | 5.6 | 3.9 | 4.7 | 4.4 | |
| 石炭 | 0.6 | 0.8 | 1.9 | 1.6 | 2.1 | 2.4 | 2.6 | 3.2 | 4.8 | 2.9 | 3.2 | 2.8 | 1.2 | 1.7 | |
| 石油 | 8.1 | 13 | 11 | 16 | 31 | 43 | 57 | 43 | 50 | 63 | 2.3 | 6.7 | 3.1 | 4.3 | |
| 天然ガス | - | - | 0.1 | 0.0 | 0.1 | 0.2 | 0.3 | - | 0.1 | 0.3 | n.a. | 9.2 | 5.8 | 7.0 | |
| 電力 | 1.8 | 3.1 | 4.8 | 7.2 | 12 | 17 | 24 | 9.6 | 22 | 26 | 4.7 | 5.1 | 3.6 | 4.1 | |
| 熱 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. | |
| 水素 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. | |
| 再生可能 | 8.4 | 6.4 | 6.9 | 7.5 | 7.1 | 6.5 | 6.4 | 44 | 23 | 7.2 | -0.4 | -0.7 | -0.5 | -0.5 | |

発電量

| | (TWh) | | | | | | | | 構成比(%) | | | 1990/2020/2030/2050 | | | |
|-----------|-------|------|------|------|------|------|------|------|--------|------|------|---------------------|------|------|--|
| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990 | 2020 | 2050 | 2020 | 2030 | 2050 | 2050 | |
| 合計 | 26 | 45 | 68 | 102 | 166 | 240 | 325 | 100 | 100 | 100 | 4.6 | 5.0 | 3.4 | 3.9 | |
| 石炭 | 1.9 | 17 | 23 | 58 | 78 | 101 | 113 | 7.3 | 57 | 35 | 12.0 | 3.0 | 1.9 | 2.2 | |
| 石油 | 12 | 9.2 | 7.1 | 2.5 | 4.2 | 4.4 | 3.5 | 47 | 2.4 | 1.1 | -5.2 | 5.4 | -0.9 | 1.2 | |
| 天然ガス | - | 0.0 | 20 | 19 | 42 | 80 | 139 | - | 19 | 43 | n.a. | 8.0 | 6.1 | 6.8 | |
| 原子力 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. | |
| 水力 | 6.1 | 7.8 | 7.8 | 7.2 | 12 | 12 | 13 | 23 | 7.1 | 4.0 | 0.6 | 5.0 | 0.5 | 2.0 | |
| 地熱 | 5.5 | 12 | 9.9 | 11 | 20 | 23 | 25 | 21 | 11 | 7.6 | 2.3 | 6.4 | 1.1 | 2.8 | |
| 太陽光 | - | - | 0.0 | 1.4 | 4.3 | 10 | 19 | - | 1.3 | 5.9 | n.a. | 12.2 | 7.7 | 9.2 | |
| 風力 | - | - | 0.1 | 1.0 | 4.2 | 6.9 | 11 | - | 1.0 | 3.3 | n.a. | 15.1 | 4.8 | 8.1 | |
| 太陽熱・海洋 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. | |
| バイオマス・廃棄物 | 0.4 | - | 0.0 | 1.3 | 1.3 | 1.8 | 2.2 | 1.6 | 1.2 | 0.7 | 3.6 | 0.5 | 2.6 | 1.9 | |
| 水素 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. | |
| その他 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. | |

エネルギー・経済指標他

| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990/2020 | 2020/2030 | 2030/2050 | 2020/2050 |
|--|------|------|------|------|------|------|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| GDP (2015年価格10億ドル) | 107 | 143 | 229 | 358 | 642 | 988 | 1,459 | 4.1 | 6.0 | 4.2 | 4.8 |
| 人口(100万人) | 62 | 78 | 94 | 110 | 127 | 142 | 155 | 1.9 | 1.5 | 1.0 | 1.2 |
| エネルギー起源CO ₂ 排出(100万t) | 36 | 66 | 75 | 124 | 197 | 263 | 329 | 4.2 | 4.7 | 2.6 | 3.3 |
| 一人あたりGDP (2015年価格1,000ドル/人) | 1.7 | 1.8 | 2.4 | 3.3 | 5.1 | 7.0 | 9.4 | 2.1 | 4.5 | 3.1 | 3.6 |
| 一人あたり一次エネルギー消費(toe/人) | 0.4 | 0.5 | 0.4 | 0.5 | 0.7 | 0.8 | 0.9 | 0.7 | 3.0 | 1.3 | 1.9 |
| GDPあたり一次エネルギー消費 ² | 251 | 273 | 182 | 162 | 141 | 117 | 99 | -1.4 | -1.4 | -1.8 | -1.6 |
| GDPあたりCO ₂ 排出量 ³ | 339 | 459 | 330 | 347 | 307 | 267 | 225 | 0.1 | -1.2 | -1.5 | -1.4 |
| 一次エネルギー消費あたりCO ₂ 排出(t/toe) | 1.4 | 1.7 | 1.8 | 2.1 | 2.2 | 2.3 | 2.3 | 1.6 | 0.2 | 0.2 | 0.2 |

*1 電力、熱の輸出入を掲載していないため、合計と内訳は必ずしも一致しない。

*2 toe/2015年価格100万ドル。*3 t/2015年価格100万ドル

付表32 | タイ[レファレンスシナリオ]

一次エネルギー消費

| | (石油換算100万トン[Mtoe]) | | | | | | | 構成比(%) | | | 年平均変化率(%) | | | |
|-----------------|--------------------|------|------|------|------|------|------|--------|------|------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990 | 2020 | 2050 | 1990/2020 | 2020/2030 | 2030/2050 | 2020/2050 |
| 合計 ¹ | 42 | 73 | 118 | 133 | 159 | 179 | 193 | 100 | 100 | 100 | 3.9 | 1.8 | 1.0 | 1.2 |
| 石炭 | 3.8 | 7.7 | 16 | 17 | 15 | 15 | 14 | 9.0 | 13 | 7.1 | 5.1 | -1.2 | -0.5 | -0.7 |
| 石油 | 18 | 32 | 45 | 55 | 63 | 68 | 70 | 43 | 41 | 36 | 3.8 | 1.4 | 0.5 | 0.8 |
| 天然ガス | 5.0 | 17 | 33 | 35 | 39 | 41 | 38 | 12 | 26 | 20 | 6.7 | 1.2 | 0.0 | 0.4 |
| 原子力 | - | - | - | - | - | 1.8 | 6.2 | - | - | 3.2 | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |
| 水力 | 0.4 | 0.5 | 0.5 | 0.4 | 0.9 | 1.0 | 1.1 | 1.0 | 0.3 | 0.6 | -0.2 | 8.2 | 0.9 | 3.3 |
| 地熱 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.3 | 14.8 | 1.1 | 5.5 |
| 太陽光・風力等 | - | - | 0.0 | 0.7 | 2.4 | 4.6 | 7.2 | - | 0.5 | 3.7 | n.a. | 12.6 | 5.7 | 8.0 |
| バイオマス・廃棄物 | 15 | 15 | 23 | 23 | 35 | 43 | 51 | 35 | 17 | 26 | 1.5 | 4.2 | 1.9 | 2.7 |
| 水素 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |

最終エネルギー消費

| | (Mtoe) | | | | | | | 構成比(%) | | | 1990/2020/2030/2050 | | | |
|----------|--------|------|------|------|------|------|------|--------|------|------|---------------------|------|------|------|
| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990 | 2020 | 2050 | 2020 | 2030 | 2050 | 2050 |
| 合計 | 29 | 51 | 84 | 97 | 114 | 128 | 137 | 100 | 100 | 100 | 4.1 | 1.6 | 1.0 | 1.2 |
| 産業 | 8.7 | 17 | 26 | 31 | 39 | 46 | 50 | 30 | 32 | 36 | 4.4 | 2.1 | 1.3 | 1.6 |
| 運輸 | 9.2 | 15 | 19 | 27 | 30 | 31 | 32 | 32 | 28 | 23 | 3.6 | 1.0 | 0.4 | 0.6 |
| 民生・農業他 | 11 | 14 | 20 | 16 | 19 | 20 | 21 | 37 | 17 | 15 | 1.4 | 1.3 | 0.5 | 0.8 |
| 非エネルギー消費 | 0.4 | 5.8 | 18 | 22 | 27 | 31 | 35 | 1.5 | 23 | 25 | 14.1 | 1.9 | 1.3 | 1.5 |
| 石炭 | 1.3 | 3.5 | 9.2 | 8.5 | 8.7 | 8.9 | 8.5 | 4.5 | 8.8 | 6.2 | 6.4 | 0.2 | -0.1 | 0.0 |
| 石油 | 15 | 29 | 43 | 54 | 62 | 66 | 68 | 52 | 56 | 50 | 4.3 | 1.4 | 0.5 | 0.8 |
| 天然ガス | 0.1 | 1.1 | 4.6 | 5.3 | 6.2 | 7.7 | 8.7 | 0.5 | 5.5 | 6.3 | 12.9 | 1.5 | 1.7 | 1.7 |
| 電力 | 3.3 | 7.6 | 13 | 16 | 22 | 27 | 31 | 11 | 17 | 23 | 5.4 | 3.0 | 1.8 | 2.2 |
| 熱 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |
| 水素 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |
| 再生可能 | 9.3 | 9.4 | 14 | 13 | 15 | 18 | 21 | 32 | 13 | 15 | 1.1 | 1.7 | 1.5 | 1.6 |

発電量

| | (TWh) | | | | | | | 構成比(%) | | | 1990/2020/2030/2050 | | | |
|-----------|-------|------|------|------|------|------|------|--------|------|------|---------------------|------|------|------|
| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990 | 2020 | 2050 | 2020 | 2030 | 2050 | 2050 |
| 合計 | 44 | 96 | 159 | 179 | 229 | 281 | 323 | 100 | 100 | 100 | 4.8 | 2.5 | 1.7 | 2.0 |
| 石炭 | 11 | 18 | 30 | 37 | 28 | 30 | 26 | 25 | 21 | 8.1 | 4.1 | -2.6 | -0.4 | -1.1 |
| 石油 | 10 | 10.0 | 1.1 | 0.2 | - | - | - | 23 | 0.1 | - | -12.3 | -100 | n.a. | -100 |
| 天然ガス | 18 | 62 | 120 | 113 | 127 | 133 | 118 | 40 | 63 | 36 | 6.3 | 1.2 | -0.4 | 0.2 |
| 原子力 | - | - | - | - | - | 7.0 | 24 | - | - | 7.4 | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |
| 水力 | 5.0 | 6.0 | 5.6 | 4.7 | 10 | 12 | 12 | 11 | 2.6 | 3.8 | -0.2 | 8.2 | 0.9 | 3.3 |
| 地熱 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.3 | 14.8 | 1.1 | 5.5 |
| 太陽光 | - | - | 0.0 | 5.0 | 20 | 42 | 70 | - | 2.8 | 22 | n.a. | 15.0 | 6.4 | 9.2 |
| 風力 | - | - | - | 3.2 | 6.7 | 10 | 12 | - | 1.8 | 3.8 | n.a. | 7.6 | 3.0 | 4.5 |
| 太陽熱・海洋 | - | - | - | - | 0.1 | 0.2 | 0.3 | - | - | 0.1 | n.a. | n.a. | 8.3 | n.a. |
| バイオマス・廃棄物 | - | 0.5 | 3.4 | 17 | 36 | 48 | 60 | - | 9.3 | 19 | n.a. | 8.0 | 2.6 | 4.4 |
| 水素 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |
| その他 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |

エネルギー・経済指標他

| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990/2020 | 2020/2030 | 2030/2050 | 2020/2050 |
|--|------|------|------|------|------|------|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| GDP (2015年価格10億ドル) | 144 | 221 | 347 | 433 | 596 | 812 | 1,052 | 3.7 | 3.3 | 2.9 | 3.0 |
| 人口(100万人) | 57 | 63 | 67 | 70 | 70 | 69 | 67 | 0.7 | 0.1 | -0.3 | -0.2 |
| エネルギー起源CO ₂ 排出(100万t) | 80 | 150 | 222 | 243 | 256 | 262 | 247 | 3.8 | 0.5 | -0.2 | 0.1 |
| 一人あたりGDP (2015年価格1,000ドル/人) | 2.5 | 3.5 | 5.2 | 6.2 | 8.5 | 12 | 16 | 3.0 | 3.2 | 3.2 | 3.2 |
| 一人あたり一次エネルギー消費(toe/人) | 0.7 | 1.2 | 1.8 | 1.9 | 2.3 | 2.6 | 2.9 | 3.2 | 1.7 | 1.3 | 1.4 |
| GDPあたり一次エネルギー消費 ² | 294 | 328 | 340 | 308 | 267 | 220 | 184 | 0.1 | -1.4 | -1.8 | -1.7 |
| GDPあたりCO ₂ 排出量 ³ | 552 | 678 | 640 | 562 | 429 | 323 | 235 | 0.1 | -2.7 | -3.0 | -2.9 |
| 一次エネルギー消費あたりCO ₂ 排出(t/toe) | 1.9 | 2.1 | 1.9 | 1.8 | 1.6 | 1.5 | 1.3 | -0.1 | -1.3 | -1.1 | -1.2 |

*1 電力、熱の輸出入を掲載していないため、合計と内訳は必ずしも一致しない。

*2 toe/2015年価格100万ドル。*3 t/2015年価格100万ドル

付表33 | ベトナム[レファレンスシナリオ]

一次エネルギー消費

| | (石油換算100万トン[Mtoe]) | | | | | | | 構成比(%) | | | 年平均変化率(%) | | | |
|-----------------|--------------------|------|------|------|------|------|------|--------|------|------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990 | 2020 | 2050 | 1990/2020 | 2020/2030 | 2030/2050 | 2020/2050 |
| 合計 ¹ | 18 | 29 | 59 | 97 | 147 | 195 | 245 | 100 | 100 | 100 | 5.8 | 4.2 | 2.6 | 3.1 |
| 石炭 | 2.2 | 4.4 | 15 | 51 | 70 | 91 | 111 | 12 | 52 | 45 | 11.0 | 3.3 | 2.3 | 2.6 |
| 石油 | 2.7 | 7.8 | 18 | 24 | 40 | 50 | 61 | 15 | 25 | 25 | 7.6 | 5.0 | 2.2 | 3.1 |
| 天然ガス | 0.0 | 1.1 | 8.1 | 7.4 | 16 | 23 | 34 | 0.0 | 7.6 | 14 | 30.2 | 8.0 | 3.8 | 5.2 |
| 原子力 | - | - | - | - | - | 4.2 | 8.6 | - | - | 3.5 | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |
| 水力 | 0.5 | 1.3 | 2.4 | 6.3 | 9.3 | 10 | 11 | 2.6 | 6.4 | 4.5 | 9.1 | 4.0 | 0.9 | 1.9 |
| 地熱 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |
| 太陽光・風力等 | - | - | 0.0 | 0.9 | 2.5 | 3.6 | 5.3 | - | 0.9 | 2.2 | n.a. | 10.6 | 3.8 | 6.0 |
| バイオマス・廃棄物 | 12 | 14 | 15 | 7.5 | 8.6 | 11 | 14 | 70 | 7.7 | 5.6 | -1.7 | 1.4 | 2.3 | 2.0 |
| 水素 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |

最終エネルギー消費

| | (Mtoe) | | | | | | | 構成比(%) | | | 1990/2020/2030/2050 | | | |
|----------|--------|------|------|------|------|------|------|--------|------|------|---------------------|------|------|------|
| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990 | 2020 | 2050 | 2020 | 2030 | 2050 | 2050 |
| 合計 | 16 | 25 | 48 | 67 | 102 | 133 | 167 | 100 | 100 | 100 | 4.9 | 4.3 | 2.5 | 3.1 |
| 産業 | 4.5 | 7.9 | 17 | 36 | 52 | 67 | 84 | 28 | 55 | 51 | 7.2 | 3.6 | 2.5 | 2.8 |
| 運輸 | 1.4 | 3.5 | 10 | 12 | 21 | 28 | 35 | 8.7 | 18 | 21 | 7.6 | 5.3 | 2.6 | 3.5 |
| 民生・農業他 | 10 | 13 | 18 | 16 | 21 | 28 | 36 | 63 | 24 | 21 | 1.6 | 2.7 | 2.7 | 2.7 |
| 非エネルギー消費 | 0.0 | 0.1 | 2.3 | 1.9 | 8.6 | 10 | 12 | 0.2 | 2.9 | 7.4 | 15.2 | 16.1 | 1.8 | 6.4 |
| 石炭 | 1.3 | 3.2 | 9.8 | 21 | 28 | 34 | 39 | 8.3 | 32 | 23 | 9.7 | 2.8 | 1.7 | 2.1 |
| 石油 | 2.3 | 6.5 | 17 | 19 | 33 | 43 | 53 | 15 | 29 | 32 | 7.3 | 5.5 | 2.4 | 3.4 |
| 天然ガス | - | 0.0 | 0.5 | 1.4 | 5.7 | 7.8 | 9.9 | - | 2.1 | 5.9 | n.a. | 14.8 | 2.8 | 6.7 |
| 電力 | 0.5 | 1.9 | 7.5 | 19 | 30 | 42 | 57 | 3.3 | 28 | 34 | 12.6 | 4.8 | 3.2 | 3.7 |
| 熱 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |
| 水素 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |
| 再生可能 | 12 | 13 | 14 | 5.7 | 5.2 | 6.6 | 8.7 | 74 | 8.6 | 5.2 | -2.4 | -1.0 | 2.6 | 1.4 |

発電量

| | (TWh) | | | | | | | 構成比(%) | | | 1990/2020/2030/2050 | | | |
|-----------|-------|------|------|------|------|------|------|--------|------|------|---------------------|------|------|------|
| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990 | 2020 | 2050 | 2020 | 2030 | 2050 | 2050 |
| 合計 | 8.7 | 27 | 95 | 240 | 380 | 532 | 717 | 100 | 100 | 100 | 11.7 | 4.7 | 3.2 | 3.7 |
| 石炭 | 2.0 | 3.1 | 20 | 119 | 169 | 230 | 296 | 23 | 50 | 41 | 14.6 | 3.5 | 2.8 | 3.1 |
| 石油 | 1.3 | 4.5 | 3.4 | 1.1 | 2.8 | 3.5 | 4.1 | 15 | 0.4 | 0.6 | -0.7 | 10.2 | 1.9 | 4.6 |
| 天然ガス | 0.0 | 4.4 | 44 | 35 | 67 | 113 | 186 | 0.1 | 14 | 26 | 33.5 | 6.8 | 5.2 | 5.7 |
| 原子力 | - | - | - | - | - | 16 | 33 | - | - | 4.6 | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |
| 水力 | 5.4 | 15 | 28 | 73 | 108 | 121 | 129 | 62 | 30 | 18 | 9.1 | 4.0 | 0.9 | 1.9 |
| 地熱 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |
| 太陽光 | - | - | - | 9.6 | 21 | 25 | 33 | - | 4.0 | 4.6 | n.a. | 8.1 | 2.3 | 4.2 |
| 風力 | - | - | 0.1 | 1.0 | 7.9 | 16 | 29 | - | 0.4 | 4.0 | n.a. | 23.1 | 6.7 | 11.9 |
| 太陽熱・海洋 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |
| バイオマス・廃棄物 | - | - | 0.1 | 1.7 | 4.8 | 6.4 | 8.1 | - | 0.7 | 1.1 | n.a. | 11.2 | 2.6 | 5.4 |
| 水素 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |
| その他 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |

エネルギー・経済指標他

| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990/2020 | 2020/2030 | 2030/2050 | 2020/2050 |
|--|------|------|------|-------|------|------|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| GDP (2015年価格10億ドル) | 37 | 76 | 145 | 259 | 466 | 775 | 1,221 | 6.7 | 6.1 | 4.9 | 5.3 |
| 人口(100万人) | 68 | 80 | 88 | 97 | 104 | 107 | 108 | 1.2 | 0.6 | 0.2 | 0.4 |
| エネルギー起源CO ₂ 排出(100万t) | 17 | 42 | 123 | 294 | 419 | 546 | 675 | 10.1 | 3.6 | 2.4 | 2.8 |
| 一人あたりGDP (2015年価格1,000ドル/人) | 0.5 | 1.0 | 1.6 | 2.7 | 4.5 | 7.2 | 11 | 5.4 | 5.4 | 4.7 | 4.9 |
| 一人あたり一次エネルギー消費(toe/人) | 0.3 | 0.4 | 0.7 | 1.0 | 1.4 | 1.8 | 2.3 | 4.6 | 3.6 | 2.4 | 2.8 |
| GDPあたり一次エネルギー消費 ² | 485 | 376 | 404 | 376 | 315 | 251 | 201 | -0.8 | -1.7 | -2.2 | -2.1 |
| GDPあたりCO ₂ 排出量 ³ | 450 | 549 | 848 | 1,137 | 899 | 704 | 553 | 3.1 | -2.3 | -2.4 | -2.4 |
| 一次エネルギー消費あたりCO ₂ 排出(t/toe) | 0.9 | 1.5 | 2.1 | 3.0 | 2.9 | 2.8 | 2.8 | 4.0 | -0.6 | -0.2 | -0.3 |

*1 電力、熱の輸出入を掲載していないため、合計と内訳は必ずしも一致しない。

*2 toe/2015年価格100万ドル。*3 t/2015年価格100万ドル

付表34 | 北米[レファレンスシナリオ]

一次エネルギー消費

| | (石油換算100万トン[Mtoe]) | | | | | | | 構成比(%) | | | 年平均変化率(%) | | | |
|-----------------|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|------|------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990 | 2020 | 2050 | 1990/2020 | 2020/2030 | 2030/2050 | 2020/2050 |
| 合計 ¹ | 2,126 | 2,527 | 2,475 | 2,322 | 2,458 | 2,382 | 2,264 | 100 | 100 | 100 | 0.3 | 0.6 | -0.4 | -0.1 |
| 石炭 | 484 | 565 | 525 | 231 | 178 | 109 | 38 | 23 | 9.9 | 1.7 | -2.4 | -2.6 | -7.4 | -5.8 |
| 石油 | 833 | 958 | 903 | 794 | 860 | 768 | 665 | 39 | 34 | 29 | -0.2 | 0.8 | -1.3 | -0.6 |
| 天然ガス | 493 | 622 | 632 | 832 | 932 | 974 | 970 | 23 | 36 | 43 | 1.8 | 1.1 | 0.2 | 0.5 |
| 原子力 | 179 | 227 | 242 | 240 | 199 | 182 | 175 | 8.4 | 10 | 7.7 | 1.0 | -1.9 | -0.6 | -1.1 |
| 水力 | 49 | 53 | 53 | 58 | 62 | 63 | 64 | 2.3 | 2.5 | 2.8 | 0.6 | 0.7 | 0.2 | 0.3 |
| 地熱 | 14 | 13 | 8.4 | 9.3 | 18 | 31 | 37 | 0.7 | 0.4 | 1.6 | -1.4 | 6.6 | 3.8 | 4.7 |
| 太陽光・風力等 | 0.3 | 2.1 | 11 | 46 | 74 | 114 | 171 | 0.0 | 2.0 | 7.5 | 18.0 | 4.8 | 4.2 | 4.4 |
| バイオマス・廃棄物 | 73 | 87 | 101 | 112 | 137 | 141 | 145 | 3.4 | 4.8 | 6.4 | 1.4 | 2.0 | 0.3 | 0.9 |
| 水素 | - | - | - | - | - | - | -0.0 | - | - | -0.0 | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |

最終エネルギー消費

| | (Mtoe) | | | | | | | 構成比(%) | | | 1990/2020/2030/2050 | | | |
|----------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|------|------|---------------------|------|------|------|
| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990 | 2020 | 2050 | 2020 | 2030 | 2050 | 2050 |
| 合計 | 1,452 | 1,734 | 1,699 | 1,651 | 1,774 | 1,713 | 1,627 | 100 | 100 | 100 | 0.4 | 0.7 | -0.4 | -0.1 |
| 産業 | 331 | 388 | 313 | 310 | 322 | 328 | 324 | 23 | 19 | 20 | -0.2 | 0.4 | 0.0 | 0.2 |
| 運輸 | 531 | 640 | 656 | 605 | 666 | 597 | 527 | 37 | 37 | 32 | 0.4 | 1.0 | -1.2 | -0.5 |
| 民生・農業他 | 456 | 533 | 572 | 572 | 589 | 583 | 566 | 31 | 35 | 35 | 0.8 | 0.3 | -0.2 | 0.0 |
| 非エネルギー消費 | 134 | 173 | 158 | 164 | 197 | 205 | 209 | 9.2 | 9.9 | 13 | 0.7 | 1.8 | 0.3 | 0.8 |
| 石炭 | 59 | 36 | 30 | 16 | 15 | 13 | 11 | 4.1 | 1.0 | 0.7 | -4.3 | -0.6 | -1.7 | -1.3 |
| 石油 | 749 | 870 | 851 | 759 | 825 | 742 | 650 | 52 | 46 | 40 | 0.0 | 0.8 | -1.2 | -0.5 |
| 天然ガス | 346 | 413 | 364 | 406 | 419 | 398 | 369 | 24 | 25 | 23 | 0.5 | 0.3 | -0.6 | -0.3 |
| 電力 | 262 | 342 | 367 | 370 | 410 | 458 | 498 | 18 | 22 | 31 | 1.2 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| 熱 | 2.8 | 6.1 | 7.1 | 6.4 | 6.4 | 6.1 | 5.7 | 0.2 | 0.4 | 0.3 | 2.8 | 0.0 | -0.6 | -0.4 |
| 水素 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |
| 再生可能 | 33 | 66 | 80 | 94 | 98 | 96 | 94 | 2.3 | 5.7 | 5.8 | 3.6 | 0.5 | -0.3 | 0.0 |

発電量

| | (TWh) | | | | | | | 構成比(%) | | | 1990/2020/2030/2050 | | | |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|------|------|---------------------|------|------|------|
| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990 | 2020 | 2050 | 2020 | 2030 | 2050 | 2050 |
| 合計 | 3,685 | 4,631 | 4,957 | 4,891 | 5,419 | 6,023 | 6,520 | 100 | 100 | 100 | 0.9 | 1.0 | 0.9 | 1.0 |
| 石炭 | 1,782 | 2,247 | 2,074 | 894 | 764 | 458 | 112 | 48 | 18 | 1.7 | -2.3 | -1.6 | -9.1 | -6.7 |
| 石油 | 147 | 133 | 56 | 42 | 32 | 22 | 10 | 4.0 | 0.9 | 0.2 | -4.1 | -2.9 | -5.5 | -4.7 |
| 天然ガス | 391 | 668 | 1,070 | 1,753 | 2,216 | 2,764 | 3,078 | 11 | 36 | 47 | 5.1 | 2.4 | 1.7 | 1.9 |
| 原子力 | 685 | 871 | 930 | 921 | 763 | 699 | 671 | 19 | 19 | 10 | 1.0 | -1.9 | -0.6 | -1.1 |
| 水力 | 570 | 612 | 614 | 674 | 719 | 736 | 745 | 15 | 14 | 11 | 0.6 | 0.7 | 0.2 | 0.3 |
| 地熱 | 16 | 15 | 18 | 19 | 36 | 64 | 77 | 0.4 | 0.4 | 1.2 | 0.5 | 6.8 | 3.8 | 4.8 |
| 太陽光 | 0.0 | 0.2 | 3.3 | 121 | 183 | 420 | 765 | 0.0 | 2.5 | 12 | 42.4 | 4.3 | 7.4 | 6.3 |
| 風力 | 3.1 | 5.9 | 104 | 377 | 487 | 560 | 655 | 0.1 | 7.7 | 10 | 17.4 | 2.6 | 1.5 | 1.9 |
| 太陽熱・海洋 | 0.7 | 0.6 | 0.9 | 3.4 | 52 | 100 | 174 | 0.0 | 0.1 | 2.7 | 5.5 | 31.2 | 6.3 | 14.0 |
| バイオマス・廃棄物 | 90 | 80 | 82 | 81 | 162 | 197 | 228 | 2.5 | 1.7 | 3.5 | -0.4 | 7.2 | 1.7 | 3.5 |
| 水素 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |
| その他 | - | - | 6.8 | 5.2 | 5.2 | 5.2 | 5.2 | - | 0.1 | 0.1 | n.a. | 0.0 | 0.0 | 0.0 |

エネルギー・経済指標他

| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990/2020 | 2020/2030 | 2030/2050 | 2020/2050 |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| GDP (2015年価格10億ドル) | 10,620 | 14,785 | 17,720 | 20,902 | 26,554 | 32,406 | 38,238 | 2.3 | 2.4 | 1.8 | 2.0 |
| 人口(100万人) | 277 | 313 | 343 | 370 | 388 | 406 | 417 | 1.0 | 0.5 | 0.4 | 0.4 |
| エネルギー起源CO ₂ 排出(100万t) | 5,146 | 6,108 | 5,726 | 4,766 | 4,857 | 4,399 | 3,802 | -0.3 | 0.2 | -1.2 | -0.8 |
| 一人あたりGDP (2015年価格1,000ドル/人) | 38 | 47 | 52 | 57 | 68 | 80 | 92 | 1.3 | 1.9 | 1.5 | 1.6 |
| 一人あたり一次エネルギー消費(toe/人) | 7.7 | 8.1 | 7.2 | 6.3 | 6.3 | 5.9 | 5.4 | -0.7 | 0.1 | -0.8 | -0.5 |
| GDPあたり一次エネルギー消費 ² | 200 | 171 | 140 | 111 | 93 | 74 | 59 | -1.9 | -1.8 | -2.2 | -2.1 |
| GDPあたりCO ₂ 排出量 ³ | 485 | 413 | 323 | 228 | 183 | 136 | 99 | -2.5 | -2.2 | -3.0 | -2.7 |
| 一次エネルギー消費あたりCO ₂ 排出(t/toe) | 2.4 | 2.4 | 2.3 | 2.1 | 2.0 | 1.8 | 1.7 | -0.5 | -0.4 | -0.8 | -0.7 |

*1 電力、熱の輸出入を掲載していないため、合計と内訳は必ずしも一致しない。

*2 toe/2015年価格100万ドル。*3 t/2015年価格100万ドル

付表35 | 米国[レファレンスシナリオ]

一次エネルギー消費

| | (石油換算100万トン[Mtoe]) | | | | | | | 構成比(%) | | | 年平均変化率(%) | | | |
|------------------|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|------|------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990 | 2020 | 2050 | 1990/2020 | 2020/2030 | 2030/2050 | 2020/2050 |
| 合計 ¹⁾ | 1,914 | 2,273 | 2,216 | 2,038 | 2,141 | 2,057 | 1,943 | 100 | 100 | 100 | 0.2 | 0.5 | -0.5 | -0.2 |
| 石炭 | 460 | 533 | 501 | 222 | 175 | 109 | 38 | 24 | 11 | 1.9 | -2.4 | -2.3 | -7.4 | -5.7 |
| 石油 | 757 | 871 | 807 | 702 | 762 | 679 | 586 | 40 | 34 | 30 | -0.2 | 0.8 | -1.3 | -0.6 |
| 天然ガス | 438 | 548 | 556 | 719 | 786 | 806 | 792 | 23 | 35 | 41 | 1.7 | 0.9 | 0.0 | 0.3 |
| 原子力 | 159 | 208 | 219 | 214 | 179 | 169 | 168 | 8.3 | 11 | 8.6 | 1.0 | -1.8 | -0.3 | -0.8 |
| 水力 | 23 | 22 | 23 | 25 | 27 | 28 | 28 | 1.2 | 1.2 | 1.4 | 0.2 | 0.9 | 0.2 | 0.4 |
| 地熱 | 14 | 13 | 8.4 | 9.3 | 18 | 31 | 37 | 0.7 | 0.5 | 1.9 | -1.4 | 6.6 | 3.8 | 4.7 |
| 太陽光・風力等 | 0.3 | 2.1 | 11 | 43 | 68 | 106 | 160 | 0.0 | 2.1 | 8.2 | 17.7 | 4.8 | 4.4 | 4.5 |
| バイオマス・廃棄物 | 62 | 73 | 89 | 100 | 123 | 127 | 132 | 3.3 | 4.9 | 6.8 | 1.6 | 2.1 | 0.4 | 0.9 |
| 水素 | - | - | - | - | - | - | -0.0 | - | - | -0.0 | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |

最終エネルギー消費

| | (Mtoe) | | | | | | | 構成比(%) | | | 1990/2020/2030/2050 | | | |
|----------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|------|------|---------------------|------|------|------|
| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990 | 2020 | 2050 | 2020 | 2030 | 2050 | 2050 |
| 合計 | 1,294 | 1,546 | 1,513 | 1,461 | 1,568 | 1,510 | 1,432 | 100 | 100 | 100 | 0.4 | 0.7 | -0.5 | -0.1 |
| 産業 | 284 | 332 | 270 | 265 | 273 | 276 | 272 | 22 | 18 | 19 | -0.2 | 0.3 | 0.0 | 0.1 |
| 運輸 | 488 | 588 | 596 | 549 | 603 | 541 | 477 | 38 | 38 | 33 | 0.4 | 1.0 | -1.2 | -0.5 |
| 民生・農業他 | 403 | 473 | 511 | 505 | 518 | 513 | 497 | 31 | 35 | 35 | 0.8 | 0.3 | -0.2 | 0.0 |
| 非エネルギー消費 | 119 | 153 | 135 | 143 | 173 | 181 | 185 | 9.2 | 9.8 | 13 | 0.6 | 2.0 | 0.3 | 0.9 |
| 石炭 | 56 | 33 | 27 | 13 | 12 | 11 | 8.8 | 4.3 | 0.9 | 0.6 | -4.7 | -0.8 | -1.6 | -1.4 |
| 石油 | 683 | 793 | 762 | 677 | 736 | 660 | 576 | 53 | 46 | 40 | 0.0 | 0.8 | -1.2 | -0.5 |
| 天然ガス | 303 | 360 | 322 | 356 | 367 | 348 | 322 | 23 | 24 | 22 | 0.5 | 0.3 | -0.6 | -0.3 |
| 電力 | 226 | 301 | 326 | 325 | 359 | 400 | 435 | 18 | 22 | 30 | 1.2 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| 熱 | 2.2 | 5.3 | 6.6 | 6.0 | 5.9 | 5.7 | 5.2 | 0.2 | 0.4 | 0.4 | 3.5 | -0.1 | -0.6 | -0.4 |
| 水素 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |
| 再生可能 | 23 | 54 | 70 | 84 | 88 | 87 | 85 | 1.8 | 5.7 | 5.9 | 4.4 | 0.5 | -0.2 | 0.1 |

発電量

| | (TWh) | | | | | | | 構成比(%) | | | 1990/2020/2030/2050 | | | |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|------|------|---------------------|------|------|------|
| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990 | 2020 | 2050 | 2020 | 2030 | 2050 | 2050 |
| 合計 | 3,203 | 4,026 | 4,354 | 4,239 | 4,694 | 5,215 | 5,652 | 100 | 100 | 100 | 0.9 | 1.0 | 0.9 | 1.0 |
| 石炭 | 1,700 | 2,129 | 1,994 | 856 | 756 | 456 | 111 | 53 | 20 | 2.0 | -2.3 | -1.2 | -9.2 | -6.6 |
| 石油 | 131 | 118 | 48 | 37 | 28 | 20 | 10 | 4.1 | 0.9 | 0.2 | -4.1 | -3.0 | -4.9 | -4.3 |
| 天然ガス | 382 | 634 | 1,018 | 1,680 | 2,072 | 2,541 | 2,806 | 12 | 40 | 50 | 5.1 | 2.1 | 1.5 | 1.7 |
| 原子力 | 612 | 798 | 839 | 823 | 687 | 649 | 644 | 19 | 19 | 11 | 1.0 | -1.8 | -0.3 | -0.8 |
| 水力 | 273 | 253 | 262 | 287 | 313 | 320 | 324 | 8.5 | 6.8 | 5.7 | 0.2 | 0.9 | 0.2 | 0.4 |
| 地熱 | 16 | 15 | 18 | 19 | 36 | 64 | 77 | 0.5 | 0.4 | 1.4 | 0.5 | 6.8 | 3.8 | 4.8 |
| 太陽光 | 0.0 | 0.2 | 3.1 | 116 | 176 | 408 | 748 | 0.0 | 2.7 | 13 | 42.2 | 4.3 | 7.5 | 6.4 |
| 風力 | 3.1 | 5.7 | 95 | 342 | 425 | 478 | 550 | 0.1 | 8.1 | 9.7 | 17.0 | 2.2 | 1.3 | 1.6 |
| 太陽熱・海洋 | 0.7 | 0.5 | 0.9 | 3.4 | 52 | 100 | 174 | 0.0 | 0.1 | 3.1 | 5.6 | 31.2 | 6.3 | 14.0 |
| バイオマス・廃棄物 | 86 | 72 | 73 | 71 | 144 | 175 | 203 | 2.7 | 1.7 | 3.6 | -0.7 | 7.4 | 1.7 | 3.6 |
| 水素 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |
| その他 | - | - | 3.7 | 4.9 | 4.9 | 4.9 | 4.9 | - | 0.1 | 0.1 | n.a. | 0.0 | 0.0 | 0.0 |

エネルギー・経済指標他

| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990/2020 | 2020/2030 | 2030/2050 | 2020/2050 |
|---|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| GDP (2015年価格10億ドル) | 9,805 | 13,738 | 16,320 | 19,294 | 24,520 | 29,928 | 35,322 | 2.3 | 2.4 | 1.8 | 2.0 |
| 人口(100万人) | 250 | 282 | 309 | 332 | 347 | 362 | 371 | 1.0 | 0.5 | 0.3 | 0.4 |
| エネルギー起源CO ₂ 排出(100万t) | 4,755 | 5,629 | 5,220 | 4,258 | 4,299 | 3,826 | 3,237 | -0.4 | 0.1 | -1.4 | -0.9 |
| 一人あたりGDP (2015年価格1,000ドル/人) | 39 | 49 | 53 | 58 | 71 | 83 | 95 | 1.3 | 2.0 | 1.5 | 1.7 |
| 一人あたり一次エネルギー消費(toe/人) | 7.7 | 8.1 | 7.2 | 6.1 | 6.2 | 5.7 | 5.2 | -0.7 | 0.0 | -0.8 | -0.5 |
| GDPあたり一次エネルギー消費 ²⁾ | 195 | 165 | 136 | 106 | 87 | 69 | 55 | -2.0 | -1.9 | -2.3 | -2.2 |
| GDPあたりCO ₂ 排出量 ³⁾ | 485 | 410 | 320 | 221 | 175 | 128 | 92 | -2.6 | -2.3 | -3.2 | -2.9 |
| 一次エネルギー消費あたりCO ₂ 排出(t/toe) | 2.5 | 2.5 | 2.4 | 2.1 | 2.0 | 1.9 | 1.7 | -0.6 | -0.4 | -0.9 | -0.8 |

*1 電力、熱の輸出入を掲載していないため、合計と内訳は必ずしも一致しない。

*2 toe/2015年価格100万ドル。*3 t/2015年価格100万ドル

付表36 | 中南米[レファレンスシナリオ]

一次エネルギー消費

| | (石油換算100万トン[Mtoe]) | | | | | | | 構成比(%) | | | 年平均変化率(%) | | | |
|------------------|--------------------|------|------|------|------|-------|-------|--------|------|------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990 | 2020 | 2050 | 1990/2020 | 2020/2030 | 2030/2050 | 2020/2050 |
| 合計 ¹⁾ | 467 | 611 | 788 | 779 | 959 | 1,089 | 1,173 | 100 | 100 | 100 | 1.7 | 2.1 | 1.0 | 1.4 |
| 石炭 | 21 | 28 | 39 | 37 | 40 | 47 | 48 | 4.6 | 4.8 | 4.1 | 1.9 | 0.7 | 0.9 | 0.8 |
| 石油 | 240 | 314 | 364 | 294 | 360 | 380 | 373 | 51 | 38 | 32 | 0.7 | 2.1 | 0.2 | 0.8 |
| 天然ガス | 71 | 118 | 178 | 204 | 253 | 322 | 386 | 15 | 26 | 33 | 3.6 | 2.1 | 2.1 | 2.1 |
| 原子力 | 3.2 | 5.3 | 7.2 | 8.6 | 17 | 18 | 15 | 0.7 | 1.1 | 1.3 | 3.3 | 7.2 | -0.7 | 1.9 |
| 水力 | 33 | 50 | 63 | 62 | 72 | 78 | 83 | 7.1 | 7.9 | 7.1 | 2.1 | 1.5 | 0.7 | 1.0 |
| 地熱 | 5.1 | 6.5 | 6.4 | 6.5 | 20 | 28 | 35 | 1.1 | 0.8 | 2.9 | 0.8 | 12.0 | 2.7 | 5.7 |
| 太陽光・風力等 | 0.0 | 0.2 | 0.9 | 14 | 24 | 33 | 44 | 0.0 | 1.7 | 3.7 | 24.8 | 5.9 | 3.0 | 4.0 |
| バイオマス・廃棄物 | 93 | 90 | 128 | 152 | 172 | 183 | 189 | 20 | 20 | 16 | 1.7 | 1.2 | 0.5 | 0.7 |
| 水素 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |

最終エネルギー消費

| | (Mtoe) | | | | | | | 構成比(%) | | | 1990/2020/2030/2050 | | | |
|----------|--------|------|------|------|------|------|------|--------|------|------|---------------------|------|------|------|
| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990 | 2020 | 2050 | 2020 | 2030 | 2050 | 2050 |
| 合計 | 344 | 442 | 570 | 550 | 668 | 745 | 798 | 100 | 100 | 100 | 1.6 | 2.0 | 0.9 | 1.3 |
| 産業 | 114 | 143 | 180 | 167 | 200 | 239 | 264 | 33 | 30 | 33 | 1.3 | 1.8 | 1.4 | 1.5 |
| 運輸 | 103 | 140 | 197 | 191 | 252 | 272 | 282 | 30 | 35 | 35 | 2.1 | 2.8 | 0.6 | 1.3 |
| 民生・農業他 | 100 | 122 | 148 | 159 | 173 | 185 | 197 | 29 | 29 | 25 | 1.5 | 0.9 | 0.6 | 0.7 |
| 非エネルギー消費 | 26 | 38 | 45 | 33 | 42 | 49 | 55 | 7.6 | 5.9 | 6.9 | 0.7 | 2.7 | 1.3 | 1.8 |
| 石炭 | 8.2 | 11 | 15 | 13 | 14 | 15 | 14 | 2.4 | 2.4 | 1.8 | 1.5 | 0.7 | 0.1 | 0.3 |
| 石油 | 178 | 235 | 284 | 253 | 316 | 339 | 344 | 52 | 46 | 43 | 1.2 | 2.3 | 0.4 | 1.0 |
| 天然ガス | 38 | 54 | 75 | 62 | 74 | 83 | 88 | 11 | 11 | 11 | 1.6 | 1.8 | 0.8 | 1.2 |
| 電力 | 44 | 69 | 97 | 111 | 143 | 186 | 229 | 13 | 20 | 29 | 3.1 | 2.6 | 2.4 | 2.5 |
| 熱 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |
| 水素 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |
| 再生可能 | 75 | 74 | 99 | 111 | 120 | 123 | 123 | 22 | 20 | 15 | 1.3 | 0.8 | 0.1 | 0.3 |

発電量

| | (TWh) | | | | | | | 構成比(%) | | | 1990/2020/2030/2050 | | | |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|------|------|---------------------|------|------|------|
| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990 | 2020 | 2050 | 2020 | 2030 | 2050 | 2050 |
| 合計 | 623 | 1,009 | 1,406 | 1,591 | 2,053 | 2,618 | 3,167 | 100 | 100 | 100 | 3.2 | 2.6 | 2.2 | 2.3 |
| 石炭 | 24 | 44 | 75 | 78 | 89 | 117 | 131 | 3.8 | 4.9 | 4.1 | 4.0 | 1.3 | 2.0 | 1.7 |
| 石油 | 130 | 197 | 189 | 119 | 105 | 83 | 33 | 21 | 7.5 | 1.0 | -0.3 | -1.2 | -5.7 | -4.2 |
| 天然ガス | 58 | 141 | 325 | 409 | 556 | 899 | 1,276 | 9.3 | 26 | 40 | 6.7 | 3.1 | 4.2 | 3.9 |
| 原子力 | 12 | 20 | 28 | 33 | 66 | 70 | 58 | 2.0 | 2.1 | 1.8 | 3.3 | 7.2 | -0.7 | 1.9 |
| 水力 | 386 | 584 | 731 | 719 | 834 | 904 | 968 | 62 | 45 | 31 | 2.1 | 1.5 | 0.7 | 1.0 |
| 地熱 | 5.9 | 8.0 | 9.9 | 10 | 34 | 49 | 60 | 1.0 | 0.6 | 1.9 | 1.8 | 12.8 | 2.9 | 6.1 |
| 太陽光 | 0.0 | 0.0 | 0.1 | 35 | 67 | 103 | 151 | 0.0 | 2.2 | 4.8 | 41.7 | 6.8 | 4.2 | 5.0 |
| 風力 | 0.0 | 0.3 | 4.7 | 105 | 190 | 254 | 332 | 0.0 | 6.6 | 10 | 47.0 | 6.1 | 2.8 | 3.9 |
| 太陽熱・海洋 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |
| バイオマス・廃棄物 | 7.5 | 13 | 43 | 83 | 112 | 139 | 159 | 1.2 | 5.2 | 5.0 | 8.3 | 3.1 | 1.7 | 2.2 |
| 水素 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |
| その他 | - | 0.4 | 0.5 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | - | 0.0 | 0.0 | n.a. | 0.0 | 0.0 | 0.0 |

エネルギー・経済指標他

| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990/2020 | 2020/2030 | 2030/2050 | 2020/2050 |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| GDP (2015年価格10億ドル) | 2,589 | 3,527 | 4,833 | 5,130 | 6,932 | 9,441 | 11,959 | 2.3 | 3.1 | 2.8 | 2.9 |
| 人口(100万人) | 439 | 517 | 587 | 650 | 696 | 731 | 750 | 1.3 | 0.7 | 0.4 | 0.5 |
| エネルギー起源CO ₂ 排出(100万t) | 868 | 1,196 | 1,522 | 1,339 | 1,627 | 1,852 | 1,975 | 1.5 | 2.0 | 1.0 | 1.3 |
| 一人あたりGDP (2015年価格1,000ドル/人) | 5.9 | 6.8 | 8.2 | 7.9 | 10.0 | 13 | 16 | 1.0 | 2.4 | 2.4 | 2.4 |
| 一人あたり一次エネルギー消費(toe/人) | 1.1 | 1.2 | 1.3 | 1.2 | 1.4 | 1.5 | 1.6 | 0.4 | 1.4 | 0.6 | 0.9 |
| GDPあたり一次エネルギー消費 ²⁾ | 180 | 173 | 163 | 152 | 138 | 115 | 98 | -0.6 | -0.9 | -1.7 | -1.4 |
| GDPあたりCO ₂ 排出量 ³⁾ | 335 | 339 | 315 | 261 | 235 | 196 | 165 | -0.8 | -1.1 | -1.7 | -1.5 |
| 一次エネルギー消費あたりCO ₂ 排出(t/toe) | 1.9 | 2.0 | 1.9 | 1.7 | 1.7 | 1.7 | 1.7 | -0.3 | -0.1 | 0.0 | -0.1 |

*1 電力、熱の輸出入を掲載していないため、合計と内訳は必ずしも一致しない。

*2 toe/2015年価格100万ドル。*3 t/2015年価格100万ドル

付表37 | 欧州先進国[レファレンスシナリオ]

一次エネルギー消費

| | (石油換算100万トン[Mtoe]) | | | | | | | 構成比(%) | | | 年平均変化率(%) | | | |
|------------------|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|------|------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990 | 2020 | 2050 | 1990/2020 | 2020/2030 | 2030/2050 | 2020/2050 |
| 合計 ¹⁾ | 1,644 | 1,759 | 1,835 | 1,607 | 1,627 | 1,506 | 1,398 | 100 | 100 | 100 | -0.1 | 0.1 | -0.8 | -0.5 |
| 石炭 | 450 | 331 | 301 | 183 | 158 | 123 | 104 | 27 | 11 | 7.4 | -3.0 | -1.5 | -2.1 | -1.9 |
| 石油 | 617 | 654 | 606 | 508 | 506 | 419 | 354 | 38 | 32 | 25 | -0.6 | 0.0 | -1.8 | -1.2 |
| 天然ガス | 267 | 396 | 473 | 421 | 416 | 413 | 381 | 16 | 26 | 27 | 1.5 | -0.1 | -0.4 | -0.3 |
| 原子力 | 210 | 247 | 239 | 190 | 182 | 161 | 148 | 13 | 12 | 11 | -0.3 | -0.4 | -1.0 | -0.8 |
| 水力 | 39 | 47 | 48 | 52 | 51 | 52 | 53 | 2.4 | 3.2 | 3.8 | 0.9 | -0.2 | 0.3 | 0.1 |
| 地熱 | 4.9 | 7.1 | 11 | 21 | 28 | 31 | 33 | 0.3 | 1.3 | 2.3 | 5.1 | 2.7 | 0.8 | 1.4 |
| 太陽光・風力等 | 0.4 | 2.9 | 18 | 63 | 105 | 131 | 156 | 0.0 | 3.9 | 11 | 18.9 | 5.2 | 2.0 | 3.0 |
| バイオマス・廃棄物 | 56 | 72 | 136 | 169 | 179 | 174 | 167 | 3.4 | 10 | 12 | 3.8 | 0.6 | -0.4 | 0.0 |
| 水素 | - | - | - | - | - | -0.0 | -0.0 | - | - | -0.0 | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |

最終エネルギー消費

| | (Mtoe) | | | | | | | 構成比(%) | | | 1990/2020/2030/2050 | | | |
|----------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|------|------|---------------------|------|------|------|
| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990 | 2020 | 2050 | 2020 | 2030 | 2050 | 2050 |
| 合計 | 1,142 | 1,235 | 1,288 | 1,182 | 1,206 | 1,113 | 1,030 | 100 | 100 | 100 | 0.1 | 0.2 | -0.8 | -0.5 |
| 産業 | 330 | 325 | 296 | 285 | 307 | 299 | 286 | 29 | 24 | 28 | -0.5 | 0.7 | -0.4 | 0.0 |
| 運輸 | 269 | 318 | 335 | 309 | 317 | 258 | 220 | 24 | 26 | 21 | 0.5 | 0.3 | -1.8 | -1.1 |
| 民生・農業他 | 442 | 477 | 544 | 485 | 473 | 448 | 418 | 39 | 41 | 41 | 0.3 | -0.2 | -0.6 | -0.5 |
| 非エネルギー消費 | 101 | 114 | 113 | 103 | 109 | 108 | 106 | 8.9 | 8.7 | 10 | 0.1 | 0.5 | -0.1 | 0.1 |
| 石炭 | 124 | 62 | 55 | 39 | 38 | 31 | 25 | 11 | 3.3 | 2.5 | -3.7 | -0.4 | -2.0 | -1.5 |
| 石油 | 527 | 573 | 537 | 468 | 466 | 386 | 326 | 46 | 40 | 32 | -0.4 | 0.0 | -1.8 | -1.2 |
| 天然ガス | 205 | 269 | 285 | 267 | 255 | 240 | 217 | 18 | 23 | 21 | 0.9 | -0.5 | -0.8 | -0.7 |
| 電力 | 193 | 234 | 267 | 259 | 297 | 321 | 338 | 17 | 22 | 33 | 1.0 | 1.4 | 0.6 | 0.9 |
| 熱 | 45 | 42 | 53 | 46 | 46 | 44 | 40 | 3.9 | 3.9 | 3.9 | 0.1 | 0.0 | -0.7 | -0.5 |
| 水素 | - | - | - | - | 0.0 | - | - | - | - | - | n.a. | n.a. | -100 | n.a. |
| 再生可能 | 48 | 56 | 91 | 102 | 103 | 92 | 83 | 4.2 | 8.6 | 8.1 | 2.6 | 0.1 | -1.1 | -0.7 |

発電量

| | (TWh) | | | | | | | 構成比(%) | | | 1990/2020/2030/2050 | | | |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|------|------|---------------------|------|------|------|
| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990 | 2020 | 2050 | 2020 | 2030 | 2050 | 2050 |
| 合計 | 2,696 | 3,238 | 3,624 | 3,499 | 3,985 | 4,279 | 4,476 | 100 | 100 | 100 | 0.9 | 1.3 | 0.6 | 0.8 |
| 石炭 | 1,030 | 968 | 873 | 471 | 390 | 271 | 206 | 38 | 13 | 4.6 | -2.6 | -1.9 | -3.1 | -2.7 |
| 石油 | 209 | 180 | 81 | 45 | 36 | 26 | 14 | 7.8 | 1.3 | 0.3 | -5.0 | -2.2 | -4.7 | -3.9 |
| 天然ガス | 176 | 514 | 857 | 728 | 859 | 1,036 | 1,067 | 6.5 | 21 | 24 | 4.8 | 1.7 | 1.1 | 1.3 |
| 原子力 | 804 | 948 | 916 | 730 | 699 | 619 | 569 | 30 | 21 | 13 | -0.3 | -0.4 | -1.0 | -0.8 |
| 水力 | 451 | 549 | 560 | 599 | 588 | 605 | 622 | 17 | 17 | 14 | 0.9 | -0.2 | 0.3 | 0.1 |
| 地熱 | 3.6 | 6.2 | 11 | 23 | 30 | 34 | 37 | 0.1 | 0.6 | 0.8 | 6.3 | 3.0 | 0.9 | 1.6 |
| 太陽光 | 0.0 | 0.1 | 23 | 162 | 239 | 280 | 331 | 0.0 | 4.6 | 7.4 | 36.0 | 4.0 | 1.6 | 2.4 |
| 風力 | 0.8 | 22 | 153 | 497 | 824 | 1,041 | 1,227 | 0.0 | 14 | 27 | 24.0 | 5.2 | 2.0 | 3.1 |
| 太陽熱・海洋 | 0.5 | 0.5 | 1.2 | 5.5 | 34 | 47 | 65 | 0.0 | 0.2 | 1.4 | 8.3 | 19.8 | 3.3 | 8.6 |
| バイオマス・廃棄物 | 21 | 48 | 146 | 233 | 280 | 313 | 334 | 0.8 | 6.7 | 7.5 | 8.4 | 1.8 | 0.9 | 1.2 |
| 水素 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |
| その他 | 0.3 | 1.5 | 4.6 | 6.2 | 6.2 | 6.2 | 6.2 | 0.0 | 0.2 | 0.1 | 10.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |

エネルギー・経済指標他

| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990/2020 | 2020/2030 | 2030/2050 | 2020/2050 |
|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| GDP (2015年価格10億ドル) | 11,651 | 14,636 | 16,908 | 18,608 | 23,351 | 26,826 | 30,136 | 1.6 | 2.3 | 1.3 | 1.6 |
| 人口(100万人) | 505 | 527 | 556 | 581 | 589 | 590 | 583 | 0.5 | 0.1 | -0.1 | 0.0 |
| エネルギー起源CO ₂ 排出(100万t) | 3,956 | 3,923 | 3,828 | 3,014 | 2,876 | 2,480 | 2,141 | -0.9 | -0.5 | -1.5 | -1.1 |
| 一人あたりGDP (2015年価格1,000ドル/人) | 23 | 28 | 30 | 32 | 40 | 46 | 52 | 1.1 | 2.2 | 1.3 | 1.6 |
| 一人あたり一次エネルギー消費(toe/人) | 3.3 | 3.3 | 3.3 | 2.8 | 2.8 | 2.6 | 2.4 | -0.5 | 0.0 | -0.7 | -0.5 |
| GDPあたり一次エネルギー消費 ²⁾ | 141 | 120 | 109 | 86 | 70 | 56 | 46 | -1.6 | -2.1 | -2.0 | -2.1 |
| GDPあたりCO ₂ 排出量 ³⁾ | 340 | 268 | 226 | 162 | 123 | 92 | 71 | -2.4 | -2.7 | -2.7 | -2.7 |
| 一次エネルギー消費あたりCO ₂ 排出(t/toe) | 2.4 | 2.2 | 2.1 | 1.9 | 1.8 | 1.6 | 1.5 | -0.8 | -0.6 | -0.7 | -0.7 |

*1 電力、熱の輸出入を掲載していないため、合計と内訳は必ずしも一致しない。

*2 toe/2015年価格100万ドル。*3 t/2015年価格100万ドル

付表38 | 他欧州/ユーラシア[レファレンスシナリオ]

一次エネルギー消費

| | (石油換算100万トン[Mtoe]) | | | | | | | 構成比(%) | | | 年平均変化率(%) | | | |
|-----------------|--------------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|------|------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990 | 2020 | 2050 | 1990/2020 | 2020/2030 | 2030/2050 | 2020/2050 |
| 合計 ¹ | 1,514 | 988 | 1,112 | 1,133 | 1,114 | 1,154 | 1,204 | 100 | 100 | 100 | -1.0 | -0.2 | 0.4 | 0.2 |
| 石炭 | 365 | 209 | 211 | 199 | 169 | 173 | 183 | 24 | 18 | 15 | -2.0 | -1.6 | 0.4 | -0.3 |
| 石油 | 459 | 199 | 216 | 231 | 226 | 217 | 207 | 30 | 20 | 17 | -2.3 | -0.2 | -0.4 | -0.4 |
| 天然ガス | 596 | 481 | 566 | 559 | 526 | 535 | 564 | 39 | 49 | 47 | -0.2 | -0.6 | 0.4 | 0.0 |
| 原子力 | 55 | 61 | 76 | 85 | 111 | 125 | 119 | 3.6 | 7.5 | 9.9 | 1.5 | 2.7 | 0.4 | 1.1 |
| 水力 | 22 | 23 | 26 | 28 | 30 | 32 | 34 | 1.5 | 2.5 | 2.8 | 0.8 | 0.8 | 0.5 | 0.6 |
| 地熱 | 0.0 | 0.1 | 0.6 | 0.2 | 0.6 | 0.7 | 0.7 | 0.0 | 0.0 | 0.1 | 8.0 | 9.2 | 0.9 | 3.6 |
| 太陽光・風力等 | - | 0.0 | 0.2 | 2.9 | 5.4 | 8.3 | 12 | - | 0.3 | 1.0 | n.a. | 6.4 | 3.9 | 4.7 |
| バイオマス・廃棄物 | 17 | 15 | 19 | 29 | 49 | 66 | 87 | 1.1 | 2.6 | 7.2 | 1.9 | 5.4 | 2.9 | 3.7 |
| 水素 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |

最終エネルギー消費

| | (Mtoe) | | | | | | | 構成比(%) | | | 1990/2020/2030/2050 | | | |
|----------|--------|------|------|------|------|------|------|--------|------|------|---------------------|------|------|------|
| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990 | 2020 | 2050 | 2020 | 2030 | 2050 | 2050 |
| 合計 | 1,057 | 647 | 711 | 752 | 735 | 739 | 745 | 100 | 100 | 100 | -1.1 | -0.2 | 0.1 | 0.0 |
| 産業 | 391 | 205 | 205 | 202 | 195 | 210 | 224 | 37 | 27 | 30 | -2.2 | -0.4 | 0.7 | 0.3 |
| 運輸 | 170 | 110 | 145 | 144 | 145 | 135 | 128 | 16 | 19 | 17 | -0.6 | 0.0 | -0.6 | -0.4 |
| 民生・農業他 | 431 | 285 | 281 | 306 | 298 | 289 | 281 | 41 | 41 | 38 | -1.1 | -0.3 | -0.3 | -0.3 |
| 非エネルギー消費 | 65 | 47 | 80 | 100 | 96 | 105 | 113 | 6.2 | 13 | 15 | 1.4 | -0.3 | 0.8 | 0.4 |
| 石炭 | 113 | 36 | 41 | 51 | 44 | 43 | 43 | 11 | 6.8 | 5.7 | -2.6 | -1.4 | -0.2 | -0.6 |
| 石油 | 275 | 144 | 174 | 201 | 203 | 195 | 187 | 26 | 27 | 25 | -1.0 | 0.1 | -0.4 | -0.3 |
| 天然ガス | 258 | 200 | 233 | 246 | 227 | 220 | 216 | 24 | 33 | 29 | -0.2 | -0.8 | -0.3 | -0.4 |
| 電力 | 125 | 86 | 103 | 108 | 119 | 145 | 173 | 12 | 14 | 23 | -0.5 | 1.0 | 1.9 | 1.6 |
| 熱 | 274 | 170 | 147 | 126 | 122 | 117 | 111 | 26 | 17 | 15 | -2.5 | -0.4 | -0.5 | -0.4 |
| 水素 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |
| 再生可能 | 13 | 11 | 14 | 20 | 20 | 18 | 16 | 1.2 | 2.7 | 2.1 | 1.6 | -0.1 | -1.1 | -0.8 |

発電量

| | (TWh) | | | | | | | 構成比(%) | | | 1990/2020/2030/2050 | | | |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|------|------|---------------------|------|------|------|
| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990 | 2020 | 2050 | 2020 | 2030 | 2050 | 2050 |
| 合計 | 1,856 | 1,415 | 1,689 | 1,752 | 1,919 | 2,250 | 2,582 | 100 | 100 | 100 | -0.2 | 0.9 | 1.5 | 1.3 |
| 石炭 | 429 | 338 | 396 | 369 | 379 | 444 | 518 | 23 | 21 | 20 | -0.5 | 0.3 | 1.6 | 1.1 |
| 石油 | 252 | 69 | 22 | 16 | 13 | 12 | 10 | 14 | 0.9 | 0.4 | -8.8 | -2.1 | -1.0 | -1.4 |
| 天然ガス | 707 | 504 | 671 | 678 | 654 | 781 | 974 | 38 | 39 | 38 | -0.1 | -0.4 | 2.0 | 1.2 |
| 原子力 | 209 | 234 | 289 | 323 | 425 | 478 | 455 | 11 | 18 | 18 | 1.5 | 2.8 | 0.4 | 1.2 |
| 水力 | 259 | 267 | 306 | 324 | 351 | 376 | 391 | 14 | 19 | 15 | 0.8 | 0.8 | 0.5 | 0.6 |
| 地熱 | 0.0 | 0.1 | 0.5 | 0.5 | 1.8 | 2.1 | 2.3 | 0.0 | 0.0 | 0.1 | 10.2 | 13.5 | 1.1 | 5.1 |
| 太陽光 | - | - | 0.0 | 14 | 26 | 40 | 55 | - | 0.8 | 2.1 | n.a. | 6.4 | 3.9 | 4.7 |
| 風力 | - | 0.0 | 1.2 | 18 | 35 | 53 | 75 | - | 1.0 | 2.9 | n.a. | 6.7 | 3.9 | 4.9 |
| 太陽熱・海洋 | - | - | - | - | 0.0 | 0.1 | 0.2 | - | - | 0.0 | n.a. | n.a. | 12.7 | n.a. |
| バイオマス・廃棄物 | 0.0 | 2.6 | 3.3 | 8.7 | 35 | 64 | 100 | 0.0 | 0.5 | 3.9 | 18.9 | 15.0 | 5.4 | 8.5 |
| 水素 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |
| その他 | - | - | 0.0 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | - | 0.0 | 0.0 | n.a. | 0.0 | 0.0 | 0.0 |

エネルギー・経済指標他

| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990/2020 | 2020/2030 | 2030/2050 | 2020/2050 |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| GDP (2015年価格10億ドル) | 1,813 | 1,265 | 2,088 | 2,487 | 2,961 | 3,784 | 4,763 | 1.1 | 1.8 | 2.4 | 2.2 |
| 人口(100万人) | 336 | 334 | 332 | 342 | 340 | 340 | 339 | 0.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| エネルギー起源CO ₂ 排出(100万t) | 3,877 | 2,341 | 2,513 | 2,419 | 2,256 | 2,251 | 2,313 | -1.6 | -0.7 | 0.1 | -0.1 |
| 一人あたりGDP (2015年価格1,000ドル/人) | 5.4 | 3.8 | 6.3 | 7.3 | 8.7 | 11 | 14 | 1.0 | 1.8 | 2.4 | 2.2 |
| 一人あたり一次エネルギー消費(toe/人) | 4.5 | 3.0 | 3.4 | 3.3 | 3.3 | 3.4 | 3.5 | -1.0 | -0.1 | 0.4 | 0.2 |
| GDPあたり一次エネルギー消費 ² | 835 | 781 | 533 | 456 | 376 | 305 | 253 | -2.0 | -1.9 | -2.0 | -1.9 |
| GDPあたりCO ₂ 排出量 ³ | 2,138 | 1,850 | 1,203 | 973 | 762 | 595 | 486 | -2.6 | -2.4 | -2.2 | -2.3 |
| 一次エネルギー消費あたりCO ₂ 排出(t/toe) | 2.6 | 2.4 | 2.3 | 2.1 | 2.0 | 2.0 | 1.9 | -0.6 | -0.5 | -0.3 | -0.4 |

*1 電力、熱の輸出入を掲載していないため、合計と内訳は必ずしも一致しない。

*2 toe/2015年価格100万ドル。*3 t/2015年価格100万ドル

付表39 | 欧州連合[レファレンスシナリオ]

一次エネルギー消費

| | (石油換算100万トン[Mtoe]) | | | | | | | 構成比(%) | | | 年平均変化率(%) | | | |
|-----------------|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|------|------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990 | 2020 | 2050 | 1990/2020 | 2020/2030 | 2030/2050 | 2020/2050 |
| 合計 ¹ | 1,441 | 1,471 | 1,527 | 1,311 | 1,331 | 1,225 | 1,130 | 100 | 100 | 100 | -0.3 | 0.2 | -0.8 | -0.5 |
| 石炭 | 393 | 285 | 252 | 144 | 122 | 95 | 81 | 27 | 11 | 7.2 | -3.3 | -1.6 | -2.0 | -1.9 |
| 石油 | 531 | 550 | 506 | 418 | 414 | 343 | 290 | 37 | 32 | 26 | -0.8 | -0.1 | -1.8 | -1.2 |
| 天然ガス | 250 | 309 | 363 | 326 | 329 | 326 | 307 | 17 | 25 | 27 | 0.9 | 0.1 | -0.4 | -0.2 |
| 原子力 | 190 | 224 | 223 | 178 | 171 | 151 | 136 | 13 | 14 | 12 | -0.2 | -0.4 | -1.2 | -0.9 |
| 水力 | 24 | 30 | 32 | 30 | 30 | 30 | 31 | 1.7 | 2.3 | 2.7 | 0.7 | -0.1 | 0.2 | 0.1 |
| 地熱 | 3.2 | 4.6 | 5.5 | 6.9 | 9.0 | 9.8 | 11 | 0.2 | 0.5 | 0.9 | 2.6 | 2.7 | 0.8 | 1.4 |
| 太陽光・風力等 | 0.3 | 2.5 | 16 | 51 | 80 | 98 | 115 | 0.0 | 3.9 | 10 | 18.5 | 4.5 | 1.9 | 2.7 |
| バイオマス・廃棄物 | 47 | 65 | 128 | 154 | 163 | 156 | 149 | 3.3 | 12 | 13 | 4.0 | 0.6 | -0.4 | -0.1 |
| 水素 | - | - | - | - | - | -0.0 | -0.0 | - | - | -0.0 | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |

最終エネルギー消費

| | (Mtoe) | | | | | | | 構成比(%) | | | 1990/2020/2030/2050 | | | |
|----------|--------|-------|-------|------|------|------|------|--------|------|------|---------------------|------|------|------|
| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990 | 2020 | 2050 | 2020 | 2030 | 2050 | 2050 |
| 合計 | 995 | 1,027 | 1,070 | 963 | 981 | 904 | 834 | 100 | 100 | 100 | -0.1 | 0.2 | -0.8 | -0.5 |
| 産業 | 313 | 274 | 247 | 232 | 250 | 245 | 236 | 31 | 24 | 28 | -1.0 | 0.8 | -0.3 | 0.1 |
| 運輸 | 220 | 262 | 279 | 252 | 256 | 209 | 178 | 22 | 26 | 21 | 0.5 | 0.2 | -1.8 | -1.2 |
| 民生・農業他 | 374 | 391 | 447 | 390 | 380 | 358 | 332 | 38 | 40 | 40 | 0.1 | -0.2 | -0.7 | -0.5 |
| 非エネルギー消費 | 88 | 100 | 98 | 90 | 93 | 92 | 89 | 8.9 | 9.3 | 11 | 0.0 | 0.4 | -0.2 | 0.0 |
| 石炭 | 109 | 47 | 38 | 26 | 25 | 20 | 17 | 11 | 2.6 | 2.0 | -4.7 | -0.4 | -1.9 | -1.4 |
| 石油 | 445 | 479 | 448 | 384 | 380 | 315 | 267 | 45 | 40 | 32 | -0.5 | -0.1 | -1.7 | -1.2 |
| 天然ガス | 185 | 220 | 231 | 208 | 201 | 190 | 172 | 19 | 22 | 21 | 0.4 | -0.4 | -0.8 | -0.6 |
| 電力 | 162 | 189 | 216 | 205 | 236 | 254 | 267 | 16 | 21 | 32 | 0.8 | 1.4 | 0.6 | 0.9 |
| 熱 | 55 | 43 | 52 | 44 | 44 | 41 | 38 | 5.5 | 4.6 | 4.5 | -0.7 | 0.0 | -0.7 | -0.5 |
| 水素 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |
| 再生可能 | 39 | 50 | 86 | 96 | 96 | 83 | 73 | 4.0 | 10 | 8.8 | 3.0 | -0.1 | -1.3 | -0.9 |

発電量

| | (TWh) | | | | | | | 構成比(%) | | | 1990/2020/2030/2050 | | | |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|------|------|---------------------|------|------|------|
| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990 | 2020 | 2050 | 2020 | 2030 | 2050 | 2050 |
| 合計 | 2,258 | 2,631 | 2,956 | 2,758 | 3,210 | 3,421 | 3,673 | 100 | 100 | 100 | 0.7 | 1.5 | 0.7 | 1.0 |
| 石炭 | 844 | 846 | 755 | 383 | 312 | 215 | 172 | 37 | 14 | 4.7 | -2.6 | -2.0 | -2.9 | -2.6 |
| 石油 | 189 | 173 | 82 | 48 | 40 | 28 | 16 | 8.4 | 1.7 | 0.4 | -4.5 | -1.9 | -4.4 | -3.6 |
| 天然ガス | 188 | 331 | 589 | 560 | 687 | 792 | 872 | 8.3 | 20 | 24 | 3.7 | 2.1 | 1.2 | 1.5 |
| 原子力 | 729 | 860 | 854 | 684 | 657 | 578 | 520 | 32 | 25 | 14 | -0.2 | -0.4 | -1.2 | -0.9 |
| 水力 | 285 | 352 | 373 | 346 | 344 | 352 | 360 | 13 | 13 | 9.8 | 0.7 | -0.1 | 0.2 | 0.1 |
| 地熱 | 3.2 | 4.8 | 5.6 | 6.7 | 10 | 11 | 12 | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 2.5 | 4.2 | 0.9 | 2.0 |
| 太陽光 | 0.0 | 0.1 | 22 | 139 | 207 | 245 | 293 | 0.0 | 5.0 | 8.0 | 35.6 | 4.0 | 1.8 | 2.5 |
| 風力 | 0.8 | 21 | 140 | 397 | 689 | 889 | 1,080 | 0.0 | 14 | 29 | 23.2 | 5.7 | 2.3 | 3.4 |
| 太陽熱・海洋 | 0.5 | 0.5 | 1.2 | 5.5 | 34 | 47 | 65 | 0.0 | 0.2 | 1.8 | 8.3 | 19.8 | 3.3 | 8.6 |
| バイオマス・廃棄物 | 19 | 42 | 129 | 183 | 227 | 257 | 278 | 0.8 | 6.7 | 7.6 | 7.9 | 2.2 | 1.0 | 1.4 |
| 水素 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |
| その他 | 0.2 | 1.4 | 4.4 | 4.7 | 4.7 | 4.7 | 4.7 | 0.0 | 0.2 | 0.1 | 10.9 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |

エネルギー・経済指標他

| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990/2020 | 2020/2030 | 2030/2050 | 2020/2050 |
|--|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| GDP (2015年価格10億ドル) | 9,083 | 11,260 | 12,898 | 13,890 | 17,337 | 19,839 | 22,158 | 1.4 | 2.2 | 1.2 | 1.6 |
| 人口(100万人) | 420 | 429 | 442 | 447 | 449 | 446 | 438 | 0.2 | 0.0 | -0.1 | -0.1 |
| エネルギー起源CO ₂ 排出(100万t) | 3,467 | 3,267 | 3,137 | 2,394 | 2,226 | 1,903 | 1,651 | -1.2 | -0.7 | -1.5 | -1.2 |
| 一人あたりGDP (2015年価格1,000ドル/人) | 22 | 26 | 29 | 31 | 39 | 44 | 51 | 1.2 | 2.2 | 1.4 | 1.6 |
| 一人あたり一次エネルギー消費(toe/人) | 3.4 | 3.4 | 3.5 | 2.9 | 3.0 | 2.7 | 2.6 | -0.5 | 0.1 | -0.7 | -0.4 |
| GDPあたり一次エネルギー消費 ² | 159 | 131 | 118 | 94 | 77 | 62 | 51 | -1.7 | -2.0 | -2.0 | -2.0 |
| GDPあたりCO ₂ 排出量 ³ | 382 | 290 | 243 | 172 | 128 | 96 | 75 | -2.6 | -2.9 | -2.7 | -2.8 |
| 一次エネルギー消費あたりCO ₂ 排出(t/toe) | 2.4 | 2.2 | 2.1 | 1.8 | 1.7 | 1.6 | 1.5 | -0.9 | -0.9 | -0.7 | -0.7 |

*1 電力、熱の輸出入を掲載していないため、合計と内訳は必ずしも一致しない。

*2 toe/2015年価格100万ドル。*3 t/2015年価格100万ドル

付表40 | アフリカ[レファレンスシナリオ]

一次エネルギー消費

| | (石油換算100万トン[Mtoe]) | | | | | | | 構成比(%) | | | 年平均変化率(%) | | | |
|------------------|--------------------|------|------|------|-------|-------|-------|--------|------|------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990 | 2020 | 2050 | 1990/2020 | 2020/2030 | 2030/2050 | 2020/2050 |
| 合計 ¹⁾ | 391 | 496 | 688 | 830 | 1,012 | 1,168 | 1,300 | 100 | 100 | 100 | 2.5 | 2.0 | 1.3 | 1.5 |
| 石炭 | 74 | 90 | 108 | 105 | 114 | 127 | 138 | 19 | 13 | 11 | 1.2 | 0.8 | 1.0 | 0.9 |
| 石油 | 85 | 101 | 161 | 176 | 245 | 326 | 420 | 22 | 21 | 32 | 2.5 | 3.4 | 2.7 | 2.9 |
| 天然ガス | 30 | 47 | 88 | 133 | 183 | 265 | 355 | 7.6 | 16 | 27 | 5.1 | 3.2 | 3.4 | 3.3 |
| 原子力 | 2.2 | 3.4 | 3.2 | 2.6 | 7.4 | 12 | 12 | 0.6 | 0.3 | 0.9 | 0.5 | 11.1 | 2.6 | 5.3 |
| 水力 | 4.8 | 6.4 | 9.4 | 12 | 17 | 25 | 36 | 1.2 | 1.5 | 2.8 | 3.2 | 3.3 | 3.8 | 3.6 |
| 地熱 | 0.3 | 0.4 | 0.9 | 4.4 | 13 | 21 | 29 | 0.1 | 0.5 | 2.3 | 9.6 | 11.9 | 4.0 | 6.6 |
| 太陽光・風力等 | 0.0 | 0.0 | 0.3 | 3.4 | 14 | 31 | 52 | 0.0 | 0.4 | 4.0 | 34.2 | 15.6 | 6.7 | 9.6 |
| バイオマス・廃棄物 | 195 | 247 | 316 | 393 | 418 | 362 | 258 | 50 | 47 | 20 | 2.4 | 0.6 | -2.4 | -1.4 |
| 水素 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |

最終エネルギー消費

| | (Mtoe) | | | | | | | 構成比(%) | | | 1990/2020/2030/2050 | | | |
|----------|--------|------|------|------|------|------|------|--------|------|------|---------------------|------|------|------|
| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990 | 2020 | 2050 | 2020 | 2030 | 2050 | 2050 |
| 合計 | 285 | 365 | 494 | 598 | 708 | 775 | 826 | 100 | 100 | 100 | 2.5 | 1.7 | 0.8 | 1.1 |
| 産業 | 53 | 57 | 83 | 84 | 110 | 148 | 188 | 19 | 14 | 23 | 1.5 | 2.8 | 2.7 | 2.7 |
| 運輸 | 38 | 54 | 87 | 112 | 159 | 208 | 265 | 13 | 19 | 32 | 3.7 | 3.6 | 2.6 | 2.9 |
| 民生・農業他 | 183 | 238 | 306 | 383 | 414 | 389 | 336 | 64 | 64 | 41 | 2.5 | 0.8 | -1.0 | -0.4 |
| 非エネルギー消費 | 11 | 15 | 18 | 19 | 24 | 30 | 37 | 3.8 | 3.2 | 4.5 | 1.8 | 2.6 | 2.1 | 2.3 |
| 石炭 | 20 | 19 | 17 | 19 | 19 | 21 | 22 | 7.0 | 3.1 | 2.7 | -0.2 | 0.4 | 0.7 | 0.6 |
| 石油 | 70 | 89 | 137 | 158 | 217 | 285 | 361 | 25 | 26 | 44 | 2.7 | 3.3 | 2.6 | 2.8 |
| 天然ガス | 8.6 | 14 | 27 | 41 | 55 | 71 | 87 | 3.0 | 6.9 | 11 | 5.4 | 2.8 | 2.3 | 2.5 |
| 電力 | 22 | 31 | 47 | 57 | 86 | 132 | 198 | 7.7 | 9.6 | 24 | 3.2 | 4.1 | 4.3 | 4.2 |
| 熱 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |
| 水素 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |
| 再生可能 | 164 | 212 | 267 | 323 | 331 | 267 | 157 | 58 | 54 | 19 | 2.3 | 0.2 | -3.6 | -2.4 |

発電量

| | (TWh) | | | | | | | 構成比(%) | | | 1990/2020/2030/2050 | | | |
|-----------|-------|------|------|------|-------|-------|-------|--------|------|------|---------------------|------|------|------|
| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990 | 2020 | 2050 | 2020 | 2030 | 2050 | 2050 |
| 合計 | 316 | 442 | 687 | 836 | 1,245 | 1,877 | 2,756 | 100 | 100 | 100 | 3.3 | 4.1 | 4.1 | 4.1 |
| 石炭 | 164 | 209 | 259 | 248 | 287 | 344 | 396 | 52 | 30 | 14 | 1.4 | 1.5 | 1.6 | 1.6 |
| 石油 | 41 | 37 | 66 | 47 | 74 | 114 | 159 | 13 | 5.6 | 5.8 | 0.5 | 4.7 | 3.9 | 4.1 |
| 天然ガス | 45 | 106 | 234 | 346 | 504 | 775 | 1,207 | 14 | 41 | 44 | 7.0 | 3.8 | 4.5 | 4.3 |
| 原子力 | 8.4 | 13 | 12 | 9.9 | 28 | 45 | 47 | 2.7 | 1.2 | 1.7 | 0.5 | 11.1 | 2.6 | 5.3 |
| 水力 | 56 | 75 | 110 | 145 | 201 | 290 | 423 | 18 | 17 | 15 | 3.2 | 3.3 | 3.8 | 3.6 |
| 地熱 | 0.3 | 0.4 | 1.1 | 5.1 | 16 | 24 | 34 | 0.1 | 0.6 | 1.2 | 9.6 | 11.9 | 4.0 | 6.6 |
| 太陽光 | - | 0.0 | 0.3 | 12 | 65 | 156 | 300 | - | 1.4 | 11 | n.a. | 18.8 | 8.0 | 11.5 |
| 風力 | - | 0.2 | 2.4 | 18 | 39 | 68 | 102 | - | 2.1 | 3.7 | n.a. | 8.2 | 5.0 | 6.0 |
| 太陽熱・海洋 | - | - | - | 2.6 | 20 | 42 | 66 | - | 0.3 | 2.4 | n.a. | 22.7 | 6.2 | 11.5 |
| バイオマス・廃棄物 | 0.5 | 1.2 | 2.2 | 2.0 | 11 | 16 | 20 | 0.2 | 0.2 | 0.7 | 4.9 | 18.2 | 3.2 | 8.0 |
| 水素 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |
| その他 | - | 0.1 | 0.6 | 1.6 | 1.6 | 1.6 | 1.6 | - | 0.2 | 0.1 | n.a. | 0.0 | 0.0 | 0.0 |

エネルギー・経済指標他

| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990/2020 | 2020/2030 | 2030/2050 | 2020/2050 |
|---|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| GDP (2015年価格10億ドル) | 914 | 1,202 | 1,992 | 2,519 | 3,864 | 6,255 | 9,561 | 3.4 | 4.4 | 4.6 | 4.5 |
| 人口(100万人) | 612 | 786 | 1,005 | 1,293 | 1,627 | 1,993 | 2,368 | 2.5 | 2.3 | 1.9 | 2.0 |
| エネルギー起源CO ₂ 排出(100万t) | 528 | 657 | 1,013 | 1,144 | 1,495 | 1,964 | 2,479 | 2.6 | 2.7 | 2.6 | 2.6 |
| 一人あたりGDP (2015年価格1,000ドル/人) | 1.5 | 1.5 | 2.0 | 1.9 | 2.4 | 3.1 | 4.0 | 0.9 | 2.0 | 2.7 | 2.5 |
| 一人あたり一次エネルギー消費(toe/人) | 0.6 | 0.6 | 0.7 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.5 | 0.0 | -0.3 | -0.6 | -0.5 |
| GDPあたり一次エネルギー消費 ²⁾ | 428 | 413 | 346 | 330 | 262 | 187 | 136 | -0.9 | -2.3 | -3.2 | -2.9 |
| GDPあたりCO ₂ 排出量 ³⁾ | 578 | 546 | 509 | 454 | 387 | 314 | 259 | -0.8 | -1.6 | -2.0 | -1.9 |
| 一次エネルギー消費あたりCO ₂ 排出(t/toe) | 1.4 | 1.3 | 1.5 | 1.4 | 1.5 | 1.7 | 1.9 | 0.1 | 0.7 | 1.3 | 1.1 |

*1 電力、熱の輸出入を掲載していないため、合計と内訳は必ずしも一致しない。

*2 toe/2015年価格100万ドル。*3 t/2015年価格100万ドル

付表41 | 中東[レファレンスシナリオ]

一次エネルギー消費

| | (石油換算100万トン[Mtoe]) | | | | | | | 構成比(%) | | | 年平均変化率(%) | | | |
|-----------------|--------------------|------|------|------|------|-------|-------|--------|------|------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990 | 2020 | 2050 | 1990/2020 | 2020/2030 | 2030/2050 | 2020/2050 |
| 合計 ¹ | 223 | 381 | 649 | 792 | 989 | 1,119 | 1,221 | 100 | 100 | 100 | 4.3 | 2.2 | 1.1 | 1.5 |
| 石炭 | 3.0 | 8.1 | 9.8 | 8.0 | 10 | 9.5 | 8.0 | 1.3 | 1.0 | 0.7 | 3.3 | 2.3 | -1.1 | 0.0 |
| 石油 | 146 | 226 | 324 | 331 | 412 | 444 | 457 | 66 | 42 | 37 | 2.8 | 2.2 | 0.5 | 1.1 |
| 天然ガス | 72 | 145 | 311 | 445 | 533 | 614 | 688 | 32 | 56 | 56 | 6.3 | 1.8 | 1.3 | 1.5 |
| 原子力 | - | - | - | 1.5 | 21 | 32 | 39 | - | 0.2 | 3.2 | n.a. | 30.1 | 3.1 | 11.4 |
| 水力 | 1.0 | 0.7 | 1.5 | 1.9 | 2.0 | 2.2 | 2.3 | 0.5 | 0.2 | 0.2 | 2.2 | 0.3 | 0.8 | 0.6 |
| 地熱 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |
| 太陽光・風力等 | 0.4 | 0.7 | 1.3 | 2.3 | 7.7 | 13 | 23 | 0.2 | 0.3 | 1.9 | 5.9 | 12.8 | 5.6 | 8.0 |
| バイオマス・廃棄物 | 0.5 | 0.4 | 1.0 | 1.2 | 1.4 | 1.6 | 2.1 | 0.2 | 0.1 | 0.2 | 3.2 | 1.9 | 2.0 | 2.0 |
| 水素 | - | - | - | - | - | - | -0.0 | - | - | -0.0 | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |

最終エネルギー消費

| | (Mtoe) | | | | | | | 構成比(%) | | | 1990/2020/2030/2050 | | | |
|----------|--------|------|------|------|------|------|------|--------|------|------|---------------------|------|------|------|
| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990 | 2020 | 2050 | 2020 | 2030 | 2050 | 2050 |
| 合計 | 157 | 261 | 451 | 527 | 667 | 754 | 829 | 100 | 100 | 100 | 4.1 | 2.4 | 1.1 | 1.5 |
| 産業 | 47 | 71 | 134 | 147 | 186 | 207 | 220 | 30 | 28 | 26 | 3.9 | 2.4 | 0.8 | 1.3 |
| 運輸 | 51 | 75 | 121 | 131 | 178 | 189 | 197 | 32 | 25 | 24 | 3.2 | 3.1 | 0.5 | 1.4 |
| 民生・農業他 | 40 | 74 | 119 | 142 | 168 | 190 | 210 | 25 | 27 | 25 | 4.3 | 1.7 | 1.1 | 1.3 |
| 非エネルギー消費 | 20 | 41 | 77 | 106 | 135 | 167 | 202 | 12 | 20 | 24 | 5.8 | 2.5 | 2.0 | 2.2 |
| 石炭 | 0.2 | 0.5 | 1.2 | 3.3 | 3.6 | 3.5 | 3.3 | 0.1 | 0.6 | 0.4 | 10.1 | 0.6 | -0.3 | 0.0 |
| 石油 | 108 | 162 | 240 | 243 | 322 | 359 | 388 | 69 | 46 | 47 | 2.7 | 2.9 | 0.9 | 1.6 |
| 天然ガス | 31 | 65 | 146 | 192 | 222 | 240 | 255 | 20 | 36 | 31 | 6.2 | 1.5 | 0.7 | 1.0 |
| 電力 | 17 | 33 | 62 | 87 | 117 | 149 | 180 | 11 | 17 | 22 | 5.6 | 3.0 | 2.2 | 2.4 |
| 熱 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |
| 水素 | - | - | - | - | 0.0 | 0.0 | - | - | - | - | n.a. | n.a. | -100 | n.a. |
| 再生可能 | 0.7 | 1.0 | 2.2 | 1.6 | 1.8 | 2.0 | 2.4 | 0.5 | 0.3 | 0.3 | 2.7 | 1.0 | 1.5 | 1.3 |

発電量

| | (TWh) | | | | | | | 構成比(%) | | | 1990/2020/2030/2050 | | | |
|-----------|-------|------|------|-------|-------|-------|-------|--------|------|------|---------------------|------|------|------|
| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990 | 2020 | 2050 | 2020 | 2030 | 2050 | 2050 |
| 合計 | 244 | 472 | 888 | 1,275 | 1,677 | 2,123 | 2,525 | 100 | 100 | 100 | 5.7 | 2.8 | 2.1 | 2.3 |
| 石炭 | 11 | 30 | 35 | 20 | 30 | 28 | 21 | 4.3 | 1.5 | 0.8 | 2.1 | 4.1 | -1.6 | 0.3 |
| 石油 | 108 | 189 | 286 | 289 | 284 | 245 | 162 | 44 | 23 | 6.4 | 3.3 | -0.2 | -2.8 | -1.9 |
| 天然ガス | 114 | 246 | 549 | 921 | 1,191 | 1,574 | 1,948 | 47 | 72 | 77 | 7.2 | 2.6 | 2.5 | 2.5 |
| 原子力 | - | - | - | 5.8 | 80 | 124 | 148 | - | 0.5 | 5.9 | n.a. | 30.1 | 3.1 | 11.4 |
| 水力 | 12 | 8.0 | 18 | 23 | 23 | 25 | 27 | 4.9 | 1.8 | 1.1 | 2.2 | 0.3 | 0.8 | 0.6 |
| 地熱 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |
| 太陽光 | - | - | 0.1 | 14 | 51 | 90 | 155 | - | 1.1 | 6.1 | n.a. | 13.9 | 5.7 | 8.4 |
| 風力 | 0.0 | 0.0 | 0.2 | 2.2 | 12 | 25 | 43 | 0.0 | 0.2 | 1.7 | 29.2 | 18.2 | 6.7 | 10.4 |
| 太陽熱・海洋 | - | - | - | 1.0 | 6.2 | 11 | 20 | - | 0.1 | 0.8 | n.a. | 19.4 | 6.1 | 10.4 |
| バイオマス・廃棄物 | - | 0.0 | 0.1 | 0.0 | 0.3 | 0.4 | 0.6 | - | 0.0 | 0.0 | n.a. | 21.4 | 2.9 | 8.8 |
| 水素 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |
| その他 | - | - | 0.0 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | - | 0.0 | 0.0 | n.a. | 0.0 | 0.0 | 0.0 |

エネルギー・経済指標他

| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990/2020 | 2020/2030 | 2030/2050 | 2020/2050 |
|--|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| GDP (2015年価格10億ドル) | 910 | 1,364 | 2,039 | 2,529 | 3,482 | 4,630 | 6,001 | 3.5 | 3.3 | 2.8 | 2.9 |
| 人口(100万人) | 132 | 168 | 213 | 256 | 294 | 330 | 362 | 2.2 | 1.4 | 1.0 | 1.2 |
| エネルギー起源CO ₂ 排出(100万t) | 567 | 943 | 1,544 | 1,761 | 2,119 | 2,311 | 2,422 | 3.9 | 1.9 | 0.7 | 1.1 |
| 一人あたりGDP (2015年価格1,000ドル/人) | 6.9 | 8.1 | 9.6 | 9.9 | 12 | 14 | 17 | 1.2 | 1.8 | 1.7 | 1.7 |
| 一人あたり一次エネルギー消費(toe/人) | 1.7 | 2.3 | 3.0 | 3.1 | 3.4 | 3.4 | 3.4 | 2.0 | 0.9 | 0.0 | 0.3 |
| GDPあたり一次エネルギー消費 ² | 245 | 279 | 318 | 313 | 284 | 242 | 203 | 0.8 | -1.0 | -1.7 | -1.4 |
| GDPあたりCO ₂ 排出量 ³ | 622 | 691 | 757 | 696 | 609 | 499 | 404 | 0.4 | -1.3 | -2.0 | -1.8 |
| 一次エネルギー消費あたりCO ₂ 排出(t/toe) | 2.5 | 2.5 | 2.4 | 2.2 | 2.1 | 2.1 | 2.0 | -0.5 | -0.4 | -0.4 | -0.4 |

*1 電力、熱の輸出入を掲載していないため、合計と内訳は必ずしも一致しない。

*2 toe/2015年価格100万ドル。*3 t/2015年価格100万ドル

付表42 | オセアニア[レファレンスシナリオ]

一次エネルギー消費

| | (石油換算100万トン[Mtoe]) | | | | | | | 構成比(%) | | | 年平均変化率(%) | | | |
|-----------------|--------------------|------|------|------|------|------|------|--------|------|------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990 | 2020 | 2050 | 1990/2020 | 2020/2030 | 2030/2050 | 2020/2050 |
| 合計 ¹ | 99 | 125 | 144 | 151 | 160 | 161 | 156 | 100 | 100 | 100 | 1.4 | 0.6 | -0.1 | 0.1 |
| 石炭 | 36 | 49 | 52 | 41 | 36 | 32 | 27 | 36 | 27 | 17 | 0.4 | -1.1 | -1.4 | -1.3 |
| 石油 | 35 | 40 | 48 | 50 | 53 | 49 | 45 | 35 | 33 | 29 | 1.2 | 0.5 | -0.8 | -0.4 |
| 天然ガス | 19 | 24 | 31 | 42 | 46 | 51 | 52 | 19 | 28 | 33 | 2.7 | 1.0 | 0.6 | 0.7 |
| 原子力 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |
| 水力 | 3.2 | 3.5 | 3.3 | 3.4 | 3.6 | 3.6 | 3.6 | 3.2 | 2.2 | 2.3 | 0.1 | 0.8 | -0.1 | 0.2 |
| 地熱 | 1.5 | 2.0 | 3.3 | 4.8 | 7.3 | 7.7 | 8.0 | 1.5 | 3.2 | 5.1 | 4.0 | 4.3 | 0.5 | 1.7 |
| 太陽光・風力等 | 0.1 | 0.1 | 0.9 | 4.3 | 6.7 | 9.6 | 13 | 0.1 | 2.8 | 8.2 | 12.5 | 4.6 | 3.3 | 3.8 |
| バイオマス・廃棄物 | 4.7 | 6.0 | 5.9 | 5.7 | 6.8 | 7.6 | 8.4 | 4.7 | 3.8 | 5.4 | 0.6 | 1.8 | 1.1 | 1.3 |
| 水素 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |

最終エネルギー消費

| | (Mtoe) | | | | | | | 構成比(%) | | | 1990/2020/2030/2050 | | | |
|----------|--------|------|------|------|------|------|------|--------|------|------|---------------------|------|------|------|
| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990 | 2020 | 2050 | 2020 | 2030 | 2050 | 2050 |
| 合計 | 66 | 82 | 89 | 94 | 102 | 102 | 100 | 100 | 100 | 100 | 1.2 | 0.8 | -0.1 | 0.2 |
| 産業 | 23 | 28 | 26 | 27 | 31 | 32 | 32 | 34 | 28 | 32 | 0.6 | 1.4 | 0.2 | 0.6 |
| 運輸 | 24 | 30 | 35 | 36 | 37 | 35 | 33 | 36 | 38 | 33 | 1.4 | 0.3 | -0.7 | -0.3 |
| 民生・農業他 | 15 | 19 | 23 | 25 | 27 | 28 | 28 | 22 | 26 | 28 | 1.7 | 0.9 | 0.2 | 0.4 |
| 非エネルギー消費 | 4.6 | 6.1 | 5.4 | 6.7 | 7.1 | 7.2 | 7.1 | 6.9 | 7.1 | 7.1 | 1.3 | 0.6 | 0.0 | 0.2 |
| 石炭 | 5.2 | 4.7 | 3.1 | 3.4 | 3.6 | 3.4 | 3.1 | 7.9 | 3.6 | 3.1 | -1.4 | 0.5 | -0.8 | -0.3 |
| 石油 | 33 | 40 | 45 | 48 | 50 | 46 | 42 | 50 | 51 | 42 | 1.2 | 0.4 | -0.8 | -0.4 |
| 天然ガス | 10 | 14 | 14 | 16 | 17 | 18 | 17 | 16 | 17 | 17 | 1.4 | 0.8 | 0.0 | 0.2 |
| 電力 | 14 | 18 | 22 | 22 | 26 | 30 | 32 | 21 | 23 | 32 | 1.6 | 1.8 | 1.0 | 1.3 |
| 熱 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |
| 水素 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |
| 再生可能 | 3.8 | 5.2 | 5.3 | 4.9 | 5.1 | 5.2 | 5.1 | 5.8 | 5.2 | 5.2 | 0.8 | 0.5 | 0.0 | 0.2 |

発電量

| | (TWh) | | | | | | | 構成比(%) | | | 1990/2020/2030/2050 | | | |
|-----------|-------|------|------|------|------|------|------|--------|------|------|---------------------|------|------|------|
| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990 | 2020 | 2050 | 2020 | 2030 | 2050 | 2050 |
| 合計 | 187 | 249 | 298 | 309 | 369 | 411 | 438 | 100 | 100 | 100 | 1.7 | 1.8 | 0.9 | 1.2 |
| 石炭 | 122 | 176 | 182 | 148 | 156 | 149 | 130 | 65 | 48 | 30 | 0.6 | 0.5 | -0.9 | -0.4 |
| 石油 | 3.6 | 1.8 | 6.1 | 4.5 | 4.5 | 3.8 | 2.8 | 1.9 | 1.5 | 0.6 | 0.8 | -0.1 | -2.3 | -1.5 |
| 天然ガス | 20 | 26 | 54 | 62 | 74 | 87 | 93 | 11 | 20 | 21 | 3.8 | 1.9 | 1.1 | 1.4 |
| 原子力 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |
| 水力 | 37 | 41 | 38 | 39 | 42 | 42 | 41 | 20 | 13 | 9.4 | 0.1 | 0.8 | -0.1 | 0.2 |
| 地熱 | 2.1 | 2.9 | 5.9 | 8.3 | 13 | 14 | 14 | 1.1 | 2.7 | 3.2 | 4.6 | 4.4 | 0.5 | 1.8 |
| 太陽光 | - | 0.0 | 0.4 | 21 | 35 | 50 | 67 | - | 6.9 | 15 | n.a. | 5.0 | 3.4 | 3.9 |
| 風力 | - | 0.2 | 6.7 | 23 | 38 | 56 | 76 | - | 7.3 | 17 | n.a. | 5.2 | 3.6 | 4.1 |
| 太陽熱・海洋 | - | - | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.1 | 0.2 | - | 0.0 | 0.0 | n.a. | 30.1 | 6.5 | 13.8 |
| バイオマス・廃棄物 | 1.6 | 2.0 | 3.5 | 4.1 | 7.4 | 10 | 13 | 0.9 | 1.3 | 2.9 | 3.2 | 5.9 | 2.8 | 3.9 |
| 水素 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |
| その他 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -1.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |

エネルギー・経済指標他

| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990/2020 | 2020/2030 | 2030/2050 | 2020/2050 |
|--|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| GDP (2015年価格10億ドル) | 658 | 907 | 1,219 | 1,551 | 2,053 | 2,582 | 3,128 | 2.9 | 2.8 | 2.1 | 2.4 |
| 人口(100万人) | 20 | 23 | 26 | 31 | 34 | 36 | 38 | 1.4 | 0.9 | 0.6 | 0.7 |
| エネルギー起源CO ₂ 排出(100万t) | 279 | 360 | 421 | 405 | 396 | 380 | 349 | 1.2 | -0.2 | -0.6 | -0.5 |
| 一人あたりGDP (2015年価格1,000ドル/人) | 32 | 39 | 46 | 50 | 61 | 71 | 82 | 1.5 | 1.9 | 1.5 | 1.6 |
| 一人あたり一次エネルギー消費(toe/人) | 4.9 | 5.4 | 5.5 | 4.9 | 4.7 | 4.4 | 4.1 | 0.0 | -0.3 | -0.7 | -0.6 |
| GDPあたり一次エネルギー消費 ² | 150 | 138 | 118 | 97 | 78 | 62 | 50 | -1.4 | -2.2 | -2.2 | -2.2 |
| GDPあたりCO ₂ 排出量 ³ | 425 | 397 | 345 | 261 | 193 | 147 | 112 | -1.6 | -3.0 | -2.7 | -2.8 |
| 一次エネルギー消費あたりCO ₂ 排出(t/toe) | 2.8 | 2.9 | 2.9 | 2.7 | 2.5 | 2.4 | 2.2 | -0.2 | -0.8 | -0.5 | -0.6 |

*1 電力、熱の輸出入を掲載していないため、合計と内訳は必ずしも一致しない。

*2 toe/2015年価格100万ドル。*3 t/2015年価格100万ドル

付表43 | 先進国[レファレンスシナリオ]

一次エネルギー消費

| | (石油換算100万トン[Mtoe]) | | | | | | | 構成比(%) | | | 年平均変化率(%) | | | |
|-----------------|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|------|------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990 | 2020 | 2050 | 1990/2020 | 2020/2030 | 2030/2050 | 2020/2050 |
| 合計 ¹ | 4,467 | 5,228 | 5,349 | 4,893 | 5,102 | 4,864 | 4,575 | 100 | 100 | 100 | 0.3 | 0.4 | -0.5 | -0.2 |
| 石炭 | 1,089 | 1,114 | 1,110 | 670 | 592 | 467 | 342 | 24 | 14 | 7.5 | -1.6 | -1.2 | -2.7 | -2.2 |
| 石油 | 1,824 | 2,066 | 1,917 | 1,666 | 1,728 | 1,511 | 1,306 | 41 | 34 | 29 | -0.3 | 0.4 | -1.4 | -0.8 |
| 天然ガス | 827 | 1,135 | 1,283 | 1,470 | 1,578 | 1,633 | 1,598 | 19 | 30 | 35 | 1.9 | 0.7 | 0.1 | 0.3 |
| 原子力 | 463 | 596 | 606 | 490 | 465 | 416 | 388 | 10 | 10 | 8.5 | 0.2 | -0.5 | -0.9 | -0.8 |
| 水力 | 100 | 111 | 112 | 120 | 125 | 128 | 130 | 2.2 | 2.5 | 2.8 | 0.6 | 0.4 | 0.2 | 0.3 |
| 地熱 | 22 | 25 | 25 | 39 | 59 | 78 | 89 | 0.5 | 0.8 | 1.9 | 1.9 | 4.3 | 2.1 | 2.8 |
| 太陽光・風力等 | 2.1 | 6.1 | 31 | 125 | 200 | 273 | 365 | 0.0 | 2.5 | 8.0 | 14.7 | 4.8 | 3.1 | 3.6 |
| バイオマス・廃棄物 | 138 | 173 | 260 | 311 | 353 | 355 | 354 | 3.1 | 6.3 | 7.7 | 2.7 | 1.3 | 0.0 | 0.4 |
| 水素 | - | - | - | - | - | -0.0 | -0.0 | - | - | -0.0 | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |

最終エネルギー消費

| | (Mtoe) | | | | | | | 構成比(%) | | | 1990/2020/2030/2050 | | | |
|----------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|------|------|---------------------|------|------|------|
| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990 | 2020 | 2050 | 2020 | 2030 | 2050 | 2050 |
| 合計 | 3,057 | 3,581 | 3,640 | 3,461 | 3,636 | 3,455 | 3,247 | 100 | 100 | 100 | 0.4 | 0.5 | -0.6 | -0.2 |
| 産業 | 825 | 906 | 802 | 774 | 822 | 814 | 787 | 27 | 22 | 24 | -0.2 | 0.6 | -0.2 | 0.1 |
| 運輸 | 920 | 1,120 | 1,151 | 1,064 | 1,126 | 976 | 852 | 30 | 31 | 26 | 0.5 | 0.6 | -1.4 | -0.7 |
| 民生・農業他 | 1,025 | 1,189 | 1,310 | 1,242 | 1,254 | 1,220 | 1,163 | 34 | 36 | 36 | 0.6 | 0.1 | -0.4 | -0.2 |
| 非エネルギー消費 | 287 | 366 | 378 | 381 | 435 | 445 | 445 | 9.4 | 11 | 14 | 1.0 | 1.3 | 0.1 | 0.5 |
| 石炭 | 230 | 138 | 127 | 90 | 87 | 74 | 62 | 7.5 | 2.6 | 1.9 | -3.1 | -0.4 | -1.7 | -1.3 |
| 石油 | 1,559 | 1,808 | 1,736 | 1,553 | 1,618 | 1,421 | 1,237 | 51 | 45 | 38 | 0.0 | 0.4 | -1.3 | -0.8 |
| 天然ガス | 578 | 732 | 717 | 744 | 748 | 710 | 652 | 19 | 21 | 20 | 0.8 | 0.1 | -0.7 | -0.4 |
| 電力 | 553 | 719 | 809 | 803 | 904 | 988 | 1,051 | 18 | 23 | 32 | 1.3 | 1.2 | 0.8 | 0.9 |
| 熱 | 48 | 52 | 66 | 60 | 61 | 57 | 52 | 1.6 | 1.7 | 1.6 | 0.8 | 0.0 | -0.7 | -0.5 |
| 水素 | - | - | - | - | 0.0 | 0.0 | - | - | - | - | n.a. | n.a. | -100 | n.a. |
| 再生可能 | 89 | 132 | 185 | 211 | 219 | 205 | 193 | 2.9 | 6.1 | 6.0 | 2.9 | 0.3 | -0.6 | -0.3 |

発電量

| | (TWh) | | | | | | | 構成比(%) | | | 1990/2020/2030/2050 | | | |
|-----------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|------|------|---------------------|------|------|------|
| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990 | 2020 | 2050 | 2020 | 2030 | 2050 | 2050 |
| 合計 | 7,667 | 9,706 | 10,869 | 10,649 | 11,954 | 13,018 | 13,767 | 100 | 100 | 100 | 1.1 | 1.2 | 0.7 | 0.9 |
| 石炭 | 3,129 | 3,837 | 3,812 | 2,171 | 1,990 | 1,532 | 1,014 | 41 | 20 | 7.4 | -1.2 | -0.9 | -3.3 | -2.5 |
| 石油 | 667 | 539 | 274 | 136 | 101 | 63 | 28 | 8.7 | 1.3 | 0.2 | -5.2 | -2.9 | -6.2 | -5.1 |
| 天然ガス | 766 | 1,528 | 2,527 | 3,272 | 3,936 | 4,808 | 5,218 | 10.0 | 31 | 38 | 5.0 | 1.9 | 1.4 | 1.6 |
| 原子力 | 1,776 | 2,288 | 2,324 | 1,881 | 1,786 | 1,597 | 1,489 | 23 | 18 | 11 | 0.2 | -0.5 | -0.9 | -0.8 |
| 水力 | 1,159 | 1,294 | 1,304 | 1,398 | 1,450 | 1,487 | 1,515 | 15 | 13 | 11 | 0.6 | 0.4 | 0.2 | 0.3 |
| 地熱 | 23 | 27 | 37 | 53 | 86 | 121 | 140 | 0.3 | 0.5 | 1.0 | 2.7 | 5.0 | 2.5 | 3.3 |
| 太陽光 | 0.1 | 0.7 | 31 | 408 | 579 | 905 | 1,352 | 0.0 | 3.8 | 9.8 | 32.5 | 3.6 | 4.3 | 4.1 |
| 風力 | 3.8 | 29 | 269 | 912 | 1,381 | 1,714 | 2,059 | 0.1 | 8.6 | 15 | 20.0 | 4.2 | 2.0 | 2.8 |
| 太陽熱・海洋 | 1.2 | 1.1 | 2.1 | 9.4 | 88 | 152 | 247 | 0.0 | 0.1 | 1.8 | 7.1 | 25.1 | 5.3 | 11.5 |
| バイオマス・廃棄物 | 121 | 142 | 257 | 379 | 526 | 608 | 673 | 1.6 | 3.6 | 4.9 | 3.9 | 3.3 | 1.2 | 1.9 |
| 水素 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |
| その他 | 20 | 22 | 33 | 32 | 32 | 32 | 32 | 0.3 | 0.3 | 0.2 | 1.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |

エネルギー・経済指標他

| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990/2020 | 2020/2030 | 2030/2050 | 2020/2050 |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| GDP (2015年価格10億ドル) | 27,204 | 35,742 | 42,304 | 48,304 | 60,587 | 71,616 | 82,280 | 1.9 | 2.3 | 1.5 | 1.8 |
| 人口(100万人) | 998 | 1,070 | 1,139 | 1,196 | 1,219 | 1,230 | 1,224 | 0.6 | 0.2 | 0.0 | 0.1 |
| エネルギー起源CO ₂ 排出(100万t) | 10,808 | 12,238 | 11,974 | 10,046 | 9,966 | 8,947 | 7,780 | -0.2 | -0.1 | -1.2 | -0.8 |
| 一人あたりGDP (2015年価格1,000ドル/人) | 27 | 33 | 37 | 40 | 50 | 58 | 67 | 1.3 | 2.1 | 1.5 | 1.7 |
| 一人あたり一次エネルギー消費(toe/人) | 4.5 | 4.9 | 4.7 | 4.1 | 4.2 | 4.0 | 3.7 | -0.3 | 0.2 | -0.6 | -0.3 |
| GDPあたり一次エネルギー消費 ² | 164 | 146 | 126 | 101 | 84 | 68 | 56 | -1.6 | -1.8 | -2.1 | -2.0 |
| GDPあたりCO ₂ 排出量 ³ | 397 | 342 | 283 | 208 | 164 | 125 | 95 | -2.1 | -2.3 | -2.7 | -2.6 |
| 一次エネルギー消費あたりCO ₂ 排出(t/toe) | 2.4 | 2.3 | 2.2 | 2.1 | 2.0 | 1.8 | 1.7 | -0.5 | -0.5 | -0.7 | -0.6 |

*1 電力、熱の輸出入を掲載していないため、合計と内訳は必ずしも一致しない。

*2 toe/2015年価格100万ドル。*3 t/2015年価格100万ドル

付表44 | 新興・途上国[レファレンスシナリオ]

一次エネルギー消費

| | (石油換算100万トン[Mtoe]) | | | | | | | 構成比(%) | | | 年平均変化率(%) | | | |
|-----------------|--------------------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|------|------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990 | 2020 | 2050 | 1990/2020 | 2020/2030 | 2030/2050 | 2020/2050 |
| 合計 ¹ | 4,078 | 4,520 | 7,125 | 8,774 | 10,392 | 11,450 | 12,341 | 100 | 100 | 100 | 2.6 | 1.7 | 0.9 | 1.1 |
| 石炭 | 1,133 | 1,201 | 2,543 | 3,071 | 3,350 | 3,400 | 3,346 | 28 | 35 | 27 | 3.4 | 0.9 | 0.0 | 0.3 |
| 石油 | 1,207 | 1,340 | 1,867 | 2,153 | 2,672 | 2,956 | 3,196 | 30 | 25 | 26 | 1.9 | 2.2 | 0.9 | 1.3 |
| 天然ガス | 835 | 933 | 1,449 | 1,836 | 2,215 | 2,668 | 3,139 | 20 | 21 | 25 | 2.7 | 1.9 | 1.8 | 1.8 |
| 原子力 | 62 | 79 | 113 | 207 | 337 | 423 | 476 | 1.5 | 2.4 | 3.9 | 4.1 | 5.0 | 1.7 | 2.8 |
| 水力 | 84 | 113 | 184 | 253 | 297 | 343 | 387 | 2.1 | 2.9 | 3.1 | 3.7 | 1.6 | 1.3 | 1.4 |
| 地熱 | 12 | 27 | 36 | 68 | 135 | 173 | 211 | 0.3 | 0.8 | 1.7 | 6.0 | 7.0 | 2.3 | 3.8 |
| 太陽光・風力等 | 0.5 | 2.0 | 17 | 123 | 236 | 361 | 508 | 0.0 | 1.4 | 4.1 | 20.3 | 6.8 | 3.9 | 4.8 |
| バイオマス・廃棄物 | 745 | 824 | 917 | 1,063 | 1,149 | 1,126 | 1,080 | 18 | 12 | 8.7 | 1.2 | 0.8 | -0.3 | 0.1 |
| 水素 | - | - | - | - | - | -0.0 | -0.0 | - | - | -0.0 | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |

最終エネルギー消費

| | (Mtoe) | | | | | | | 構成比(%) | | | 1990/2020/2030/2050 | | | |
|----------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|------|------|---------------------|------|------|------|
| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990 | 2020 | 2050 | 2020 | 2030 | 2050 | 2050 |
| 合計 | 2,976 | 3,158 | 4,821 | 5,816 | 6,768 | 7,378 | 7,971 | 100 | 100 | 100 | 2.3 | 1.5 | 0.8 | 1.1 |
| 産業 | 969 | 963 | 1,838 | 2,099 | 2,340 | 2,523 | 2,710 | 33 | 36 | 34 | 2.6 | 1.1 | 0.7 | 0.9 |
| 運輸 | 454 | 569 | 920 | 1,146 | 1,528 | 1,717 | 1,917 | 15 | 20 | 24 | 3.1 | 2.9 | 1.1 | 1.7 |
| 民生・農業他 | 1,362 | 1,376 | 1,657 | 2,007 | 2,189 | 2,311 | 2,415 | 46 | 35 | 30 | 1.3 | 0.9 | 0.5 | 0.6 |
| 非エネルギー消費 | 191 | 249 | 407 | 564 | 711 | 827 | 930 | 6.4 | 9.7 | 12 | 3.7 | 2.3 | 1.3 | 1.7 |
| 石炭 | 521 | 404 | 930 | 834 | 784 | 742 | 718 | 18 | 14 | 9.0 | 1.6 | -0.6 | -0.4 | -0.5 |
| 石油 | 844 | 1,043 | 1,520 | 1,852 | 2,342 | 2,613 | 2,861 | 28 | 32 | 36 | 2.7 | 2.4 | 1.0 | 1.5 |
| 天然ガス | 367 | 388 | 628 | 836 | 955 | 1,055 | 1,145 | 12 | 14 | 14 | 2.8 | 1.3 | 0.9 | 1.1 |
| 電力 | 281 | 372 | 729 | 1,155 | 1,556 | 1,946 | 2,358 | 9.4 | 20 | 30 | 4.8 | 3.0 | 2.1 | 2.4 |
| 熱 | 288 | 196 | 209 | 249 | 255 | 247 | 235 | 9.7 | 4.3 | 2.9 | -0.5 | 0.2 | -0.4 | -0.2 |
| 水素 | - | - | - | - | 0.0 | 0.0 | 0.0 | - | - | 0.0 | n.a. | n.a. | 0.0 | n.a. |
| 再生可能 | 675 | 754 | 805 | 889 | 875 | 775 | 656 | 23 | 15 | 8.2 | 0.9 | -0.2 | -1.4 | -1.0 |

発電量

| | (TWh) | | | | | | | 構成比(%) | | | 1990/2020/2030/2050 | | | |
|-----------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|------|------|---------------------|------|------|------|
| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990 | 2020 | 2050 | 2020 | 2030 | 2050 | 2050 |
| 合計 | 4,178 | 5,721 | 10,670 | 16,071 | 21,639 | 26,827 | 32,010 | 100 | 100 | 100 | 4.6 | 3.0 | 2.0 | 2.3 |
| 石炭 | 1,300 | 2,158 | 4,858 | 7,282 | 9,088 | 9,931 | 10,420 | 31 | 45 | 33 | 5.9 | 2.2 | 0.7 | 1.2 |
| 石油 | 657 | 649 | 695 | 532 | 559 | 552 | 462 | 16 | 3.3 | 1.4 | -0.7 | 0.5 | -0.9 | -0.5 |
| 天然ガス | 982 | 1,244 | 2,329 | 3,063 | 4,284 | 6,180 | 8,440 | 24 | 19 | 26 | 3.9 | 3.4 | 3.4 | 3.4 |
| 原子力 | 236 | 303 | 432 | 792 | 1,292 | 1,623 | 1,825 | 5.7 | 4.9 | 5.7 | 4.1 | 5.0 | 1.7 | 2.8 |
| 水力 | 981 | 1,319 | 2,145 | 2,943 | 3,459 | 3,989 | 4,495 | 23 | 18 | 14 | 3.7 | 1.6 | 1.3 | 1.4 |
| 地熱 | 13 | 25 | 31 | 42 | 106 | 143 | 179 | 0.3 | 0.3 | 0.6 | 4.0 | 9.6 | 2.7 | 4.9 |
| 太陽光 | 0.0 | 0.1 | 1.4 | 416 | 937 | 1,598 | 2,552 | 0.0 | 2.6 | 8.0 | 48.4 | 8.5 | 5.1 | 6.2 |
| 風力 | 0.0 | 2.8 | 73 | 686 | 1,375 | 2,054 | 2,658 | 0.0 | 4.3 | 8.3 | 38.9 | 7.2 | 3.3 | 4.6 |
| 太陽熱・海洋 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 5.3 | 32 | 63 | 105 | 0.0 | 0.0 | 0.3 | 24.7 | 19.6 | 6.1 | 10.5 |
| バイオマス・廃棄物 | 8.5 | 20 | 105 | 306 | 504 | 691 | 872 | 0.2 | 1.9 | 2.7 | 12.7 | 5.1 | 2.8 | 3.6 |
| 水素 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |
| その他 | - | 0.5 | 1.1 | 2.2 | 2.2 | 2.2 | 2.2 | - | 0.0 | 0.0 | n.a. | 0.0 | 0.0 | 0.0 |

エネルギー・経済指標他

| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990/2020 | 2020/2030 | 2030/2050 | 2020/2050 |
|--|-------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| GDP (2015年価格10億ドル) | 8,639 | 12,321 | 22,351 | 33,275 | 51,724 | 75,676 | 102,672 | 4.6 | 4.5 | 3.5 | 3.8 |
| 人口(100万人) | 4,274 | 5,036 | 5,773 | 6,557 | 7,229 | 7,852 | 8,373 | 1.4 | 1.0 | 0.7 | 0.8 |
| エネルギー起源CO ₂ 排出(100万t) | 9,112 | 10,106 | 17,624 | 20,690 | 23,973 | 25,766 | 27,103 | 2.8 | 1.5 | 0.6 | 0.9 |
| 一人あたりGDP (2015年価格1,000ドル/人) | 2.0 | 2.4 | 3.9 | 5.1 | 7.2 | 9.6 | 12 | 3.1 | 3.5 | 2.7 | 3.0 |
| 一人あたり一次エネルギー消費(toe/人) | 1.0 | 0.9 | 1.2 | 1.3 | 1.4 | 1.5 | 1.5 | 1.1 | 0.7 | 0.1 | 0.3 |
| GDPあたり一次エネルギー消費 ² | 472 | 367 | 319 | 264 | 201 | 151 | 120 | -1.9 | -2.7 | -2.5 | -2.6 |
| GDPあたりCO ₂ 排出量 ³ | 1,055 | 820 | 789 | 622 | 463 | 340 | 264 | -1.7 | -2.9 | -2.8 | -2.8 |
| 一次エネルギー消費あたりCO ₂ 排出(t/toe) | 2.2 | 2.2 | 2.5 | 2.4 | 2.3 | 2.3 | 2.2 | 0.2 | -0.2 | -0.2 | -0.2 |

*1 電力、熱の輸出入を掲載していないため、合計と内訳は必ずしも一致しない。

*2 toe/2015年価格100万ドル。*3 t/2015年価格100万ドル

付表45 | 世界[技術進展シナリオ]

一次エネルギー消費

| | (石油換算100万トン[Mtoe]) | | | | | | | 構成比(%) | | | 年平均変化率(%) | | | |
|-----------------|--------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|------|------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990 | 2020 | 2050 | 1990/2020 | 2020/2030 | 2030/2050 | 2020/2050 |
| 合計 ¹ | 8,747 | 10,022 | 12,833 | 13,963 | 15,297 | 14,928 | 14,377 | 100 | 100 | 100 | 1.6 | 0.9 | -0.3 | 0.1 |
| 石炭 | 2,222 | 2,315 | 3,654 | 3,741 | 3,442 | 2,726 | 1,905 | 25 | 27 | 13 | 1.8 | -0.8 | -2.9 | -2.2 |
| 石油 | 3,234 | 3,681 | 4,144 | 4,115 | 4,467 | 3,740 | 2,876 | 37 | 29 | 20 | 0.8 | 0.8 | -2.2 | -1.2 |
| 天然ガス | 1,662 | 2,067 | 2,732 | 3,306 | 3,616 | 3,837 | 3,764 | 19 | 24 | 26 | 2.3 | 0.9 | 0.2 | 0.4 |
| 原子力 | 526 | 675 | 719 | 697 | 959 | 1,196 | 1,381 | 6.0 | 5.0 | 9.6 | 0.9 | 3.2 | 1.8 | 2.3 |
| 水力 | 184 | 225 | 297 | 373 | 433 | 494 | 556 | 2.1 | 2.7 | 3.9 | 2.4 | 1.5 | 1.3 | 1.3 |
| 地熱 | 34 | 52 | 61 | 107 | 238 | 342 | 434 | 0.4 | 0.8 | 3.0 | 3.9 | 8.3 | 3.1 | 4.8 |
| 太陽光・風力等 | 2.5 | 8.1 | 49 | 247 | 653 | 1,188 | 2,009 | 0.0 | 1.8 | 14 | 16.5 | 10.2 | 5.8 | 7.2 |
| バイオマス・廃棄物 | 883 | 997 | 1,177 | 1,374 | 1,486 | 1,402 | 1,448 | 10 | 9.8 | 10 | 1.5 | 0.8 | -0.1 | 0.2 |
| 水素 | - | - | - | - | - | 0.0 | 0.0 | - | - | 0.0 | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |

最終エネルギー消費

| | (Mtoe) | | | | | | | 構成比(%) | | | 1990/2020/2030/2050 | | | |
|----------|--------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|--------|------|------|---------------------|------|------|------|
| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990 | 2020 | 2050 | 2020 | 2030 | 2050 | 2050 |
| 合計 | 6,236 | 7,014 | 8,820 | 9,573 | 10,351 | 9,763 | 9,144 | 100 | 100 | 100 | 1.4 | 0.8 | -0.6 | -0.2 |
| 産業 | 1,795 | 1,869 | 2,639 | 2,873 | 3,088 | 2,928 | 2,630 | 29 | 30 | 29 | 1.6 | 0.7 | -0.8 | -0.3 |
| 運輸 | 1,577 | 1,964 | 2,430 | 2,507 | 2,912 | 2,610 | 2,404 | 25 | 26 | 26 | 1.6 | 1.5 | -1.0 | -0.1 |
| 民生・農業他 | 2,387 | 2,565 | 2,967 | 3,248 | 3,205 | 2,954 | 2,736 | 38 | 34 | 30 | 1.0 | -0.1 | -0.8 | -0.6 |
| 非エネルギー消費 | 477 | 615 | 784 | 946 | 1,146 | 1,270 | 1,373 | 7.7 | 9.9 | 15 | 2.3 | 1.9 | 0.9 | 1.3 |
| 石炭 | 752 | 542 | 1,057 | 924 | 816 | 650 | 505 | 12 | 9.7 | 5.5 | 0.7 | -1.2 | -2.4 | -2.0 |
| 石油 | 2,606 | 3,126 | 3,615 | 3,700 | 4,081 | 3,491 | 2,801 | 42 | 39 | 31 | 1.2 | 1.0 | -1.9 | -0.9 |
| 天然ガス | 944 | 1,119 | 1,344 | 1,580 | 1,628 | 1,422 | 1,128 | 15 | 17 | 12 | 1.7 | 0.3 | -1.8 | -1.1 |
| 電力 | 834 | 1,092 | 1,538 | 1,958 | 2,535 | 3,100 | 3,583 | 13 | 20 | 39 | 2.9 | 2.6 | 1.7 | 2.0 |
| 熱 | 336 | 248 | 275 | 309 | 295 | 235 | 166 | 5.4 | 3.2 | 1.8 | -0.3 | -0.5 | -2.9 | -2.1 |
| 水素 | - | - | - | - | 0.2 | 77 | 250 | - | - | 2.7 | n.a. | n.a. | 41.6 | n.a. |
| 再生可能 | 764 | 887 | 991 | 1,101 | 995 | 787 | 711 | 12 | 12 | 7.8 | 1.2 | -1.0 | -1.7 | -1.4 |

発電量

| | (TWh) | | | | | | | 構成比(%) | | | 1990/2020/2030/2050 | | | |
|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|------|------|---------------------|------|------|------|
| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990 | 2020 | 2050 | 2020 | 2030 | 2050 | 2050 |
| 合計 | 11,844 | 15,428 | 21,539 | 26,721 | 34,600 | 42,310 | 50,800 | 100 | 100 | 100 | 2.7 | 2.6 | 1.9 | 2.2 |
| 石炭 | 4,429 | 5,995 | 8,670 | 9,452 | 9,182 | 7,033 | 4,254 | 37 | 35 | 8.4 | 2.6 | -0.3 | -3.8 | -2.6 |
| 石油 | 1,324 | 1,188 | 969 | 668 | 560 | 401 | 203 | 11 | 2.5 | 0.4 | -2.3 | -1.7 | -4.9 | -3.9 |
| 天然ガス | 1,748 | 2,771 | 4,856 | 6,335 | 7,745 | 9,421 | 9,542 | 15 | 24 | 19 | 4.4 | 2.0 | 1.0 | 1.4 |
| 原子力 | 2,013 | 2,591 | 2,756 | 2,674 | 3,679 | 4,592 | 5,300 | 17 | 10 | 10 | 1.0 | 3.2 | 1.8 | 2.3 |
| 水力 | 2,140 | 2,613 | 3,449 | 4,341 | 5,038 | 5,742 | 6,464 | 18 | 16 | 13 | 2.4 | 1.5 | 1.3 | 1.3 |
| 地熱 | 36 | 52 | 68 | 95 | 248 | 370 | 482 | 0.3 | 0.4 | 0.9 | 3.2 | 10.1 | 3.4 | 5.6 |
| 太陽光 | 0.1 | 0.8 | 32 | 824 | 2,483 | 5,139 | 9,846 | 0.0 | 3.1 | 19 | 35.5 | 11.7 | 7.1 | 8.6 |
| 風力 | 3.9 | 31 | 342 | 1,598 | 4,189 | 6,948 | 10,290 | 0.0 | 6.0 | 20 | 22.2 | 10.1 | 4.6 | 6.4 |
| 太陽熱・海洋 | 1.2 | 1.1 | 2.2 | 15 | 174 | 462 | 988 | 0.0 | 0.1 | 1.9 | 8.7 | 28.0 | 9.1 | 15.1 |
| バイオマス・廃棄物 | 130 | 162 | 362 | 685 | 1,251 | 1,594 | 1,938 | 1.1 | 2.6 | 3.8 | 5.7 | 6.2 | 2.2 | 3.5 |
| 水素 | - | - | - | - | 18 | 575 | 1,459 | - | - | 2.9 | n.a. | n.a. | 24.5 | n.a. |
| その他 | 20 | 22 | 34 | 34 | 34 | 34 | 34 | 0.2 | 0.1 | 0.1 | 1.8 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |

エネルギー・経済指標他

| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990/2020 | 2020/2030 | 2030/2050 | 2020/2050 |
|--|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| GDP (2015年価格10億ドル) | 35,843 | 48,064 | 64,655 | 81,578 | 112,310 | 147,292 | 184,952 | 2.8 | 3.2 | 2.5 | 2.8 |
| 人口(100万人) | 5,272 | 6,105 | 6,912 | 7,753 | 8,448 | 9,082 | 9,597 | 1.3 | 0.9 | 0.6 | 0.7 |
| エネルギー起源CO ₂ 排出(100万t) | 20,556 | 23,207 | 30,726 | 31,666 | 31,220 | 24,732 | 16,936 | 1.5 | -0.1 | -3.0 | -2.1 |
| 一人あたりGDP (2015年価格1,000ドル/人) | 6.8 | 7.9 | 9.4 | 11 | 13 | 16 | 19 | 1.5 | 2.4 | 1.9 | 2.0 |
| 一人あたり一次エネルギー消費(toe/人) | 1.7 | 1.6 | 1.9 | 1.8 | 1.8 | 1.6 | 1.5 | 0.3 | 0.1 | -0.9 | -0.6 |
| GDPあたり一次エネルギー消費 ² | 244 | 209 | 198 | 171 | 136 | 101 | 78 | -1.2 | -2.3 | -2.8 | -2.6 |
| GDPあたりCO ₂ 排出量 ³ | 573 | 483 | 475 | 388 | 278 | 168 | 92 | -1.3 | -3.3 | -5.4 | -4.7 |
| 一次エネルギー消費あたりCO ₂ 排出(t/toe) | 2.3 | 2.3 | 2.4 | 2.3 | 2.0 | 1.7 | 1.2 | -0.1 | -1.0 | -2.7 | -2.2 |

*1 電力、熱の輸出入を掲載していないため、合計と内訳は必ずしも一致しない。

*2 toe/2015年価格100万ドル。*3 t/2015年価格100万ドル

付表46 | アジア[技術進展シナリオ]

一次エネルギー消費

| | (石油換算100万トン[Mtoe]) | | | | | | | | 構成比(%) | | | 年平均変化率(%) | | | |
|-----------------|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|--------|------|-----------|-----------|-----------|-----------|--|
| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990 | 2020 | 2050 | 1990/2020 | 2020/2030 | 2030/2050 | 2020/2050 | |
| 合計 ¹ | 2,081 | 2,861 | 4,783 | 6,052 | 6,881 | 6,765 | 6,416 | 100 | 100 | 100 | 3.6 | 1.3 | -0.3 | 0.2 | |
| 石炭 | 788 | 1,036 | 2,409 | 2,938 | 2,861 | 2,302 | 1,578 | 38 | 49 | 25 | 4.5 | -0.3 | -2.9 | -2.1 | |
| 石油 | 615 | 915 | 1,161 | 1,435 | 1,622 | 1,459 | 1,218 | 30 | 24 | 19 | 2.9 | 1.2 | -1.4 | -0.5 | |
| 天然ガス | 116 | 233 | 453 | 670 | 858 | 954 | 907 | 5.6 | 11 | 14 | 6.0 | 2.5 | 0.3 | 1.0 | |
| 原子力 | 77 | 132 | 152 | 170 | 361 | 492 | 610 | 3.7 | 2.8 | 9.5 | 2.7 | 7.8 | 2.7 | 4.4 | |
| 水力 | 32 | 41 | 92 | 156 | 190 | 228 | 264 | 1.5 | 2.6 | 4.1 | 5.5 | 2.0 | 1.6 | 1.8 | |
| 地熱 | 8.2 | 23 | 31 | 60 | 127 | 185 | 233 | 0.4 | 1.0 | 3.6 | 6.9 | 7.8 | 3.1 | 4.6 | |
| 太陽光・風力等 | 1.3 | 2.1 | 16 | 111 | 315 | 560 | 915 | 0.1 | 1.8 | 14 | 16.0 | 10.9 | 5.5 | 7.3 | |
| バイオマス・廃棄物 | 444 | 480 | 469 | 510 | 544 | 522 | 545 | 21 | 8.4 | 8.5 | 0.5 | 0.6 | 0.0 | 0.2 | |
| 水素 | - | - | - | - | 1.8 | 62 | 146 | - | - | 2.3 | n.a. | n.a. | 24.5 | n.a. | |

最終エネルギー消費

| | (Mtoe) | | | | | | | | 構成比(%) | | | 1990/2020/2030/2050 | | | |
|----------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|--------|------|------|---------------------|------|------|--|
| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990 | 2020 | 2050 | 2020 | 2030 | 2050 | 2050 | |
| 合計 | 1,529 | 1,973 | 3,159 | 3,923 | 4,361 | 4,241 | 4,063 | 100 | 100 | 100 | 3.2 | 1.1 | -0.4 | 0.1 | |
| 産業 | 506 | 654 | 1,402 | 1,650 | 1,762 | 1,625 | 1,441 | 33 | 42 | 35 | 4.0 | 0.7 | -1.0 | -0.5 | |
| 運輸 | 188 | 322 | 494 | 681 | 833 | 783 | 747 | 12 | 17 | 18 | 4.4 | 2.0 | -0.5 | 0.3 | |
| 民生・農業他 | 720 | 817 | 975 | 1,177 | 1,232 | 1,235 | 1,230 | 47 | 30 | 30 | 1.7 | 0.5 | 0.0 | 0.1 | |
| 非エネルギー消費 | 115 | 181 | 288 | 414 | 535 | 598 | 645 | 7.5 | 11 | 16 | 4.4 | 2.6 | 0.9 | 1.5 | |
| 石炭 | 422 | 372 | 894 | 779 | 690 | 549 | 427 | 28 | 20 | 10 | 2.1 | -1.2 | -2.4 | -2.0 | |
| 石油 | 463 | 740 | 988 | 1,275 | 1,457 | 1,324 | 1,125 | 30 | 33 | 28 | 3.4 | 1.3 | -1.3 | -0.4 | |
| 天然ガス | 46 | 89 | 200 | 350 | 411 | 389 | 332 | 3.0 | 8.9 | 8.2 | 7.0 | 1.6 | -1.1 | -0.2 | |
| 電力 | 157 | 280 | 574 | 945 | 1,293 | 1,567 | 1,815 | 10 | 24 | 45 | 6.2 | 3.2 | 1.7 | 2.2 | |
| 熱 | 14 | 30 | 69 | 130 | 133 | 107 | 74 | 0.9 | 3.3 | 1.8 | 7.7 | 0.2 | -2.9 | -1.8 | |
| 水素 | - | - | - | - | 0.1 | 11 | 37 | - | - | 0.9 | n.a. | n.a. | 38.4 | n.a. | |
| 再生可能 | 426 | 462 | 433 | 444 | 377 | 294 | 253 | 28 | 11 | 6.2 | 0.1 | -1.6 | -2.0 | -1.9 | |

発電量

| | (TWh) | | | | | | | | 構成比(%) | | | 1990/2020/2030/2050 | | | |
|-----------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|------|--------|------|------|---------------------|------|------|--|
| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990 | 2020 | 2050 | 2020 | 2030 | 2050 | 2050 | |
| 合計 | 2,237 | 3,971 | 7,990 | 12,567 | 17,347 | 20,886 | 24,447 | 100 | 100 | 100 | 5.9 | 3.3 | 1.7 | 2.2 | |
| 石炭 | 868 | 1,984 | 4,776 | 7,224 | 7,592 | 6,036 | 3,635 | 39 | 57 | 15 | 7.3 | 0.5 | -3.6 | -2.3 | |
| 石油 | 433 | 381 | 262 | 106 | 94 | 89 | 74 | 19 | 0.8 | 0.3 | -4.6 | -1.2 | -1.2 | -1.2 | |
| 天然ガス | 237 | 566 | 1,096 | 1,439 | 2,065 | 2,771 | 3,019 | 11 | 11 | 12 | 6.2 | 3.7 | 1.9 | 2.5 | |
| 原子力 | 294 | 505 | 582 | 651 | 1,386 | 1,890 | 2,341 | 13 | 5.2 | 9.6 | 2.7 | 7.8 | 2.7 | 4.4 | |
| 水力 | 368 | 477 | 1,072 | 1,818 | 2,213 | 2,648 | 3,067 | 16 | 14 | 13 | 5.5 | 2.0 | 1.6 | 1.8 | |
| 地熱 | 8.4 | 20 | 22 | 29 | 76 | 116 | 151 | 0.4 | 0.2 | 0.6 | 4.3 | 10.0 | 3.5 | 5.6 | |
| 太陽光 | 0.1 | 0.4 | 5.2 | 446 | 1,355 | 2,666 | 4,823 | 0.0 | 3.5 | 20 | 33.9 | 11.8 | 6.6 | 8.3 | |
| 風力 | 0.0 | 2.4 | 70 | 558 | 1,993 | 3,531 | 5,438 | 0.0 | 4.4 | 22 | 38.2 | 13.6 | 5.1 | 7.9 | |
| 太陽熱・海洋 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 2.2 | 13 | 30 | 71 | 0.0 | 0.0 | 0.3 | 21.0 | 19.4 | 9.0 | 12.4 | |
| バイオマス・廃棄物 | 8.9 | 15 | 82 | 272 | 527 | 695 | 876 | 0.4 | 2.2 | 3.6 | 12.1 | 6.8 | 2.6 | 4.0 | |
| 水素 | - | - | - | - | 13 | 393 | 930 | - | - | 3.8 | n.a. | n.a. | 24.0 | n.a. | |
| その他 | 20 | 20 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 0.9 | 0.2 | 0.1 | 0.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | |

エネルギー・経済指標他

| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990/2020 | 2020/2030 | 2030/2050 | 2020/2050 |
|--|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| GDP (2015年価格10億ドル) | 6,688 | 10,377 | 17,857 | 27,854 | 43,113 | 61,368 | 81,167 | 4.9 | 4.5 | 3.2 | 3.6 |
| 人口(100万人) | 2,951 | 3,437 | 3,849 | 4,230 | 4,479 | 4,656 | 4,740 | 1.2 | 0.6 | 0.3 | 0.4 |
| エネルギー起源CO ₂ 排出(100万t) | 4,699 | 6,816 | 13,030 | 15,889 | 16,143 | 13,044 | 8,879 | 4.1 | 0.2 | -2.9 | -1.9 |
| 一人あたりGDP (2015年価格1,000ドル/人) | 2.3 | 3.0 | 4.6 | 6.6 | 9.6 | 13 | 17 | 3.6 | 3.9 | 2.9 | 3.2 |
| 一人あたり一次エネルギー消費(toe/人) | 0.7 | 0.8 | 1.2 | 1.4 | 1.5 | 1.5 | 1.4 | 2.4 | 0.7 | -0.6 | -0.2 |
| GDPあたり一次エネルギー消費 ² | 311 | 276 | 268 | 217 | 160 | 110 | 79 | -1.2 | -3.0 | -3.5 | -3.3 |
| GDPあたりCO ₂ 排出量 ³ | 703 | 657 | 730 | 570 | 374 | 213 | 109 | -0.7 | -4.1 | -6.0 | -5.4 |
| 一次エネルギー消費あたりCO ₂ 排出(t/toe) | 2.3 | 2.4 | 2.7 | 2.6 | 2.3 | 1.9 | 1.4 | 0.5 | -1.1 | -2.6 | -2.1 |

*1 電力、熱の輸出入を掲載していないため、合計と内訳は必ずしも一致しない。

*2 toe/2015年価格100万ドル。*3 t/2015年価格100万ドル

付表47 | 中国[技術進展シナリオ]

一次エネルギー消費

| | (石油換算100万トン[Mtoe]) | | | | | | | 構成比(%) | | | 年平均変化率(%) | | | |
|-----------|--------------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|------|------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990 | 2020 | 2050 | 1990/2020 | 2020/2030 | 2030/2050 | 2020/2050 |
| | 合計 ¹ | 874 | 1,133 | 2,536 | 3,499 | 3,617 | 3,172 | 2,592 | 100 | 100 | 100 | 4.7 | 0.3 | -1.7 |
| 石炭 | 531 | 668 | 1,790 | 2,125 | 1,944 | 1,398 | 796 | 61 | 61 | 31 | 4.7 | -0.9 | -4.4 | -3.2 |
| 石油 | 119 | 221 | 428 | 661 | 705 | 571 | 433 | 14 | 19 | 17 | 5.9 | 0.6 | -2.4 | -1.4 |
| 天然ガス | 13 | 21 | 89 | 265 | 324 | 327 | 254 | 1.5 | 7.6 | 9.8 | 10.6 | 2.0 | -1.2 | -0.1 |
| 原子力 | - | 4.4 | 19 | 95 | 151 | 209 | 269 | - | 2.7 | 10 | n.a. | 4.7 | 2.9 | 3.5 |
| 水力 | 11 | 19 | 61 | 114 | 129 | 149 | 165 | 1.2 | 3.2 | 6.4 | 8.1 | 1.3 | 1.2 | 1.2 |
| 地熱 | - | 1.7 | 3.6 | 21 | 23 | 20 | 16 | - | 0.6 | 0.6 | n.a. | 0.9 | -1.9 | -1.0 |
| 太陽光・風力等 | 0.0 | 1.0 | 12 | 86 | 214 | 328 | 449 | 0.0 | 2.4 | 17 | 29.9 | 9.6 | 3.8 | 5.7 |
| バイオマス・廃棄物 | 200 | 198 | 133 | 134 | 128 | 129 | 144 | 23 | 3.8 | 5.6 | -1.3 | -0.5 | 0.6 | 0.2 |
| 水素 | - | - | - | - | 0.0 | 41 | 68 | - | - | 2.6 | n.a. | n.a. | 74.4 | n.a. |

最終エネルギー消費

| | (Mtoe) | | | | | | | 構成比(%) | | | 1990/2020/2030/2050 | | | |
|----------|--------|------|------|-------|-------|-------|-------|--------|------|------|---------------------|------|------|------|
| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990 | 2020 | 2050 | 2020 | 2030 | 2050 | 2050 |
| | 合計 | 658 | 781 | 1,645 | 2,182 | 2,229 | 1,961 | 1,676 | 100 | 100 | 100 | 4.1 | 0.2 | -1.4 |
| 産業 | 234 | 302 | 924 | 1,073 | 991 | 772 | 574 | 36 | 49 | 34 | 5.2 | -0.8 | -2.7 | -2.1 |
| 運輸 | 30 | 84 | 197 | 323 | 396 | 336 | 275 | 4.6 | 15 | 16 | 8.2 | 2.1 | -1.8 | -0.5 |
| 民生・農業他 | 351 | 338 | 411 | 587 | 616 | 615 | 593 | 53 | 27 | 35 | 1.7 | 0.5 | -0.2 | 0.0 |
| 非エネルギー消費 | 43 | 58 | 113 | 199 | 227 | 238 | 235 | 6.5 | 9.1 | 14 | 5.2 | 1.4 | 0.2 | 0.6 |
| 石炭 | 311 | 274 | 712 | 576 | 431 | 286 | 185 | 47 | 26 | 11 | 2.1 | -2.9 | -4.1 | -3.7 |
| 石油 | 85 | 180 | 369 | 577 | 619 | 505 | 386 | 13 | 26 | 23 | 6.6 | 0.7 | -2.3 | -1.3 |
| 天然ガス | 8.9 | 12 | 73 | 192 | 185 | 145 | 96 | 1.3 | 8.8 | 5.7 | 10.8 | -0.4 | -3.2 | -2.3 |
| 電力 | 39 | 89 | 297 | 587 | 766 | 841 | 852 | 5.9 | 27 | 51 | 9.5 | 2.7 | 0.5 | 1.2 |
| 熱 | 13 | 26 | 62 | 121 | 124 | 99 | 69 | 2.0 | 5.6 | 4.1 | 7.7 | 0.2 | -2.9 | -1.9 |
| 水素 | - | - | - | - | 0.0 | 6.7 | 24 | - | - | 1.4 | n.a. | n.a. | 45.5 | n.a. |
| 再生可能 | 200 | 199 | 132 | 128 | 104 | 79 | 66 | 30 | 5.9 | 3.9 | -1.5 | -2.1 | -2.2 | -2.2 |

発電量

| | (TWh) | | | | | | | 構成比(%) | | | 1990/2020/2030/2050 | | | |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|------|------|---------------------|------|------|------|
| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990 | 2020 | 2050 | 2020 | 2030 | 2050 | 2050 |
| | 合計 | 621 | 1,356 | 4,197 | 7,732 | 10,138 | 11,039 | 11,164 | 100 | 100 | 100 | 8.8 | 2.7 | 0.5 |
| 石炭 | 441 | 1,060 | 3,240 | 4,928 | 5,100 | 3,651 | 1,784 | 71 | 64 | 16 | 8.4 | 0.3 | -5.1 | -3.3 |
| 石油 | 50 | 47 | 15 | 11 | 9.0 | 5.1 | 1.8 | 8.1 | 0.1 | 0.0 | -4.8 | -2.4 | -7.8 | -6.0 |
| 天然ガス | 2.8 | 5.8 | 78 | 235 | 515 | 669 | 599 | 0.4 | 3.0 | 5.4 | 16.0 | 8.2 | 0.8 | 3.2 |
| 原子力 | - | 17 | 74 | 366 | 580 | 803 | 1,034 | - | 4.7 | 9.3 | n.a. | 4.7 | 2.9 | 3.5 |
| 水力 | 127 | 222 | 711 | 1,322 | 1,497 | 1,728 | 1,917 | 20 | 17 | 17 | 8.1 | 1.3 | 1.2 | 1.2 |
| 地熱 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.4 | 0.6 | 0.8 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 2.7 | 13.3 | 2.8 | 6.2 |
| 太陽光 | 0.0 | 0.0 | 0.7 | 261 | 653 | 1,074 | 1,719 | 0.0 | 3.4 | 15 | 48.1 | 9.6 | 5.0 | 6.5 |
| 風力 | 0.0 | 0.6 | 45 | 466 | 1,574 | 2,492 | 3,238 | 0.0 | 6.0 | 29 | 51.0 | 12.9 | 3.7 | 6.7 |
| 太陽熱・海洋 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.7 | 3.7 | 12 | 32 | 0.0 | 0.0 | 0.3 | 20.1 | 8.2 | 11.4 | 10.3 |
| バイオマス・廃棄物 | - | 2.4 | 34 | 141 | 206 | 276 | 352 | - | 1.8 | 3.2 | n.a. | 3.8 | 2.7 | 3.1 |
| 水素 | - | - | - | - | - | 329 | 486 | - | - | 4.4 | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |
| その他 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |

エネルギー・経済指標他

| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990/2020/2030/2050 | | | |
|--|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|---------------------|------|------|------|
| | 2020 | 2030 | 2050 | 2020 | 2030 | 2050 | 2020 | 2030 | 2050 | 2050 | |
| GDP (2015年価格10億ドル) | 1,027 | 2,770 | 7,554 | 14,632 | 23,979 | 34,465 | 44,383 | 9.3 | 5.1 | 3.1 | 3.8 |
| 人口(100万人) | 1,135 | 1,263 | 1,338 | 1,411 | 1,404 | 1,368 | 1,305 | 0.7 | 0.0 | -0.4 | -0.3 |
| エネルギー起源CO ₂ 排出(100万t) | 2,202 | 3,217 | 8,133 | 10,081 | 9,549 | 6,818 | 3,802 | 5.2 | -0.5 | -4.5 | -3.2 |
| 一人あたりGDP (2015年価格1,000ドル/人) | 0.9 | 2.2 | 5.6 | 10 | 17 | 25 | 34 | 8.5 | 5.1 | 3.5 | 4.0 |
| 一人あたり一次エネルギー消費(toe/人) | 0.8 | 0.9 | 1.9 | 2.5 | 2.6 | 2.3 | 2.0 | 4.0 | 0.4 | -1.3 | -0.7 |
| GDPあたり一次エネルギー消費 ² | 850 | 409 | 336 | 239 | 151 | 92 | 58 | -4.1 | -4.5 | -4.6 | -4.6 |
| GDPあたりCO ₂ 排出量 ³ | 2,143 | 1,161 | 1,077 | 689 | 398 | 198 | 86 | -3.7 | -5.3 | -7.4 | -6.7 |
| 一次エネルギー消費あたりCO ₂ 排出(t/toe) | 2.5 | 2.8 | 3.2 | 2.9 | 2.6 | 2.1 | 1.5 | 0.4 | -0.9 | -2.9 | -2.2 |

*1 電力、熱の輸出入を掲載していないため、合計と内訳は必ずしも一致しない。

*2 toe/2015年価格100万ドル。*3 t/2015年価格100万ドル

付表48 | インド[技術進展シナリオ]

一次エネルギー消費

| | (石油換算100万トン[Mtoe]) | | | | | | | 構成比(%) | | | 年平均変化率(%) | | | |
|-----------------|--------------------|------|------|------|-------|-------|-------|--------|------|------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990 | 2020 | 2050 | 1990/2020 | 2020/2030 | 2030/2050 | 2020/2050 |
| 合計 ¹ | 280 | 418 | 667 | 872 | 1,230 | 1,429 | 1,590 | 100 | 100 | 100 | 3.9 | 3.5 | 1.3 | 2.0 |
| 石炭 | 93 | 146 | 279 | 379 | 484 | 490 | 424 | 33 | 43 | 27 | 4.8 | 2.5 | -0.7 | 0.4 |
| 石油 | 61 | 112 | 162 | 207 | 295 | 334 | 341 | 22 | 24 | 21 | 4.2 | 3.6 | 0.7 | 1.7 |
| 天然ガス | 11 | 23 | 54 | 53 | 101 | 138 | 151 | 3.8 | 6.0 | 9.5 | 5.5 | 6.8 | 2.0 | 3.6 |
| 原子力 | 1.6 | 4.4 | 6.8 | 11 | 49 | 95 | 128 | 0.6 | 1.3 | 8.1 | 6.7 | 16.0 | 4.9 | 8.5 |
| 水力 | 6.2 | 6.4 | 11 | 14 | 24 | 34 | 46 | 2.2 | 1.6 | 2.9 | 2.7 | 5.7 | 3.3 | 4.1 |
| 地熱 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |
| 太陽光・風力等 | 0.0 | 0.2 | 2.0 | 12 | 63 | 149 | 294 | 0.0 | 1.4 | 19 | 26.6 | 17.8 | 8.0 | 11.2 |
| バイオマス・廃棄物 | 108 | 126 | 152 | 196 | 213 | 186 | 182 | 39 | 22 | 11 | 2.0 | 0.8 | -0.8 | -0.2 |
| 水素 | - | - | - | - | -0.0 | 3.8 | 24 | - | - | 1.5 | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |

最終エネルギー消費

| | (Mtoe) | | | | | | | 構成比(%) | | | 1990/2020/2030/2050 | | | |
|----------|--------|------|------|------|------|------|-------|--------|------|------|---------------------|------|------|------|
| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990 | 2020 | 2050 | 2020 | 2030 | 2050 | 2050 |
| 合計 | 215 | 290 | 444 | 596 | 813 | 934 | 1,052 | 100 | 100 | 100 | 3.5 | 3.1 | 1.3 | 1.9 |
| 産業 | 59 | 85 | 158 | 226 | 344 | 386 | 394 | 27 | 38 | 37 | 4.6 | 4.3 | 0.7 | 1.9 |
| 運輸 | 21 | 32 | 65 | 93 | 141 | 175 | 224 | 9.6 | 16 | 21 | 5.1 | 4.3 | 2.4 | 3.0 |
| 民生・農業他 | 122 | 147 | 187 | 223 | 243 | 258 | 285 | 57 | 37 | 27 | 2.0 | 0.9 | 0.8 | 0.8 |
| 非エネルギー消費 | 13 | 27 | 34 | 55 | 85 | 115 | 148 | 6.2 | 9.2 | 14 | 4.8 | 4.4 | 2.8 | 3.4 |
| 石炭 | 38 | 33 | 87 | 96 | 140 | 144 | 133 | 18 | 16 | 13 | 3.1 | 3.9 | -0.2 | 1.1 |
| 石油 | 50 | 94 | 138 | 194 | 279 | 316 | 324 | 23 | 32 | 31 | 4.6 | 3.7 | 0.8 | 1.7 |
| 天然ガス | 6.1 | 12 | 19 | 33 | 56 | 71 | 76 | 2.8 | 5.5 | 7.2 | 5.8 | 5.4 | 1.5 | 2.8 |
| 電力 | 18 | 32 | 62 | 102 | 189 | 297 | 435 | 8.5 | 17 | 41 | 5.9 | 6.4 | 4.2 | 5.0 |
| 熱 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |
| 水素 | - | - | - | - | 0.0 | 1.8 | 5.5 | - | - | 0.5 | n.a. | n.a. | 43.6 | n.a. |
| 再生可能 | 102 | 119 | 138 | 173 | 149 | 104 | 78 | 48 | 29 | 7.4 | 1.8 | -1.5 | -3.2 | -2.6 |

発電量

| | (TWh) | | | | | | | 構成比(%) | | | 1990/2020/2030/2050 | | | |
|-----------|-------|------|------|-------|-------|-------|-------|--------|------|------|---------------------|------|------|------|
| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990 | 2020 | 2050 | 2020 | 2030 | 2050 | 2050 |
| 合計 | 289 | 561 | 974 | 1,533 | 2,823 | 4,217 | 6,097 | 100 | 100 | 100 | 5.7 | 6.3 | 3.9 | 4.7 |
| 石炭 | 189 | 387 | 658 | 1,097 | 1,341 | 1,264 | 885 | 65 | 72 | 15 | 6.0 | 2.0 | -2.1 | -0.7 |
| 石油 | 13 | 25 | 21 | 3.2 | - | - | - | 4.3 | 0.2 | - | -4.5 | -100 | n.a. | -100 |
| 天然ガス | 10.0 | 56 | 107 | 66 | 188 | 328 | 399 | 3.4 | 4.3 | 6.5 | 6.5 | 11.1 | 3.8 | 6.2 |
| 原子力 | 6.1 | 17 | 26 | 43 | 190 | 364 | 492 | 2.1 | 2.8 | 8.1 | 6.7 | 16.0 | 4.9 | 8.5 |
| 水力 | 72 | 74 | 125 | 161 | 279 | 396 | 533 | 25 | 10 | 8.7 | 2.7 | 5.7 | 3.3 | 4.1 |
| 地熱 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |
| 太陽光 | - | 0.0 | 0.1 | 61 | 393 | 926 | 1,783 | - | 4.0 | 29 | n.a. | 20.4 | 7.9 | 11.9 |
| 風力 | 0.0 | 1.7 | 20 | 67 | 309 | 748 | 1,541 | 0.0 | 4.4 | 25 | 29.1 | 16.4 | 8.4 | 11.0 |
| 太陽熱・海洋 | - | - | - | - | 5.1 | 12 | 27 | - | - | 0.4 | n.a. | n.a. | 8.8 | n.a. |
| バイオマス・廃棄物 | - | 0.2 | 17 | 35 | 118 | 158 | 210 | - | 2.3 | 3.4 | n.a. | 12.9 | 2.9 | 6.1 |
| 水素 | - | - | - | - | - | 21 | 227 | - | - | 3.7 | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |
| その他 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |

エネルギー・経済指標他

| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990/2020 | 2020/2030 | 2030/2050 | 2020/2050 |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| GDP (2015年価格10億ドル) | 475 | 817 | 1,567 | 2,551 | 4,958 | 8,483 | 13,446 | 5.8 | 6.9 | 5.1 | 5.7 |
| 人口(100万人) | 873 | 1,057 | 1,234 | 1,380 | 1,498 | 1,596 | 1,657 | 1.5 | 0.8 | 0.5 | 0.6 |
| エネルギー起源CO ₂ 排出(100万t) | 531 | 891 | 1,587 | 2,075 | 2,739 | 2,799 | 2,450 | 4.7 | 2.8 | -0.6 | 0.6 |
| 一人あたりGDP (2015年価格1,000ドル/人) | 0.5 | 0.8 | 1.3 | 1.8 | 3.3 | 5.3 | 8.1 | 4.2 | 6.0 | 4.6 | 5.1 |
| 一人あたり一次エネルギー消費(toe/人) | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 0.8 | 0.9 | 1.0 | 2.3 | 2.6 | 0.8 | 1.4 |
| GDPあたり一次エネルギー消費 ² | 590 | 512 | 426 | 342 | 248 | 168 | 118 | -1.8 | -3.2 | -3.6 | -3.5 |
| GDPあたりCO ₂ 排出量 ³ | 1,118 | 1,091 | 1,012 | 813 | 552 | 330 | 182 | -1.1 | -3.8 | -5.4 | -4.9 |
| 一次エネルギー消費あたりCO ₂ 排出(t/toe) | 1.9 | 2.1 | 2.4 | 2.4 | 2.2 | 2.0 | 1.5 | 0.8 | -0.7 | -1.8 | -1.4 |

*1 電力、熱の輸出入を掲載していないため、合計と内訳は必ずしも一致しない。

*2 toe/2015年価格100万ドル。*3 t/2015年価格100万ドル

付表49 | 日本[技術進展シナリオ]

一次エネルギー消費

| | (石油換算100万トン[Mtoe]) | | | | | | | 構成比(%) | | | 年平均変化率(%) | | | |
|-----------------|--------------------|------|------|------|------|------|------|--------|------|------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990 | 2020 | 2050 | 1990/2020 | 2020/2030 | 2030/2050 | 2020/2050 |
| 合計 ¹ | 437 | 516 | 500 | 385 | 390 | 335 | 288 | 100 | 100 | 100 | -0.4 | 0.1 | -1.5 | -1.0 |
| 石炭 | 77 | 97 | 115 | 102 | 79 | 56 | 31 | 18 | 27 | 11 | 1.0 | -2.6 | -4.6 | -3.9 |
| 石油 | 249 | 253 | 201 | 148 | 124 | 89 | 60 | 57 | 38 | 21 | -1.7 | -1.7 | -3.6 | -2.9 |
| 天然ガス | 44 | 66 | 86 | 92 | 74 | 63 | 35 | 10 | 24 | 12 | 2.5 | -2.2 | -3.7 | -3.2 |
| 原子力 | 53 | 84 | 75 | 10 | 64 | 59 | 58 | 12 | 2.6 | 20 | -5.4 | 20.4 | -0.5 | 6.0 |
| 水力 | 7.6 | 7.2 | 7.2 | 6.8 | 8.0 | 8.5 | 8.7 | 1.7 | 1.8 | 3.0 | -0.4 | 1.7 | 0.4 | 0.8 |
| 地熱 | 1.6 | 3.1 | 2.4 | 2.7 | 6.5 | 11 | 16 | 0.4 | 0.7 | 5.4 | 1.8 | 9.2 | 4.5 | 6.0 |
| 太陽光・風力等 | 1.2 | 0.9 | 1.1 | 7.7 | 12 | 21 | 33 | 0.3 | 2.0 | 11 | 6.4 | 4.7 | 5.0 | 4.9 |
| バイオマス・廃棄物 | 4.2 | 5.0 | 11 | 15 | 21 | 23 | 24 | 1.0 | 4.0 | 8.4 | 4.4 | 3.1 | 0.8 | 1.6 |
| 水素 | - | - | - | - | 1.4 | 5.7 | 23 | - | - | 8.0 | n.a. | n.a. | 15.2 | n.a. |

最終エネルギー消費

| | (Mtoe) | | | | | | | 構成比(%) | | | 1990/2020/2030/2050 | | | |
|----------|--------|------|------|------|------|------|------|--------|------|------|---------------------|------|------|------|
| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990 | 2020 | 2050 | 2020 | 2030 | 2050 | 2050 |
| 合計 | 291 | 336 | 314 | 263 | 250 | 210 | 176 | 100 | 100 | 100 | -0.3 | -0.5 | -1.7 | -1.3 |
| 産業 | 108 | 103 | 92 | 75 | 73 | 63 | 53 | 37 | 29 | 30 | -1.2 | -0.2 | -1.6 | -1.2 |
| 運輸 | 72 | 89 | 79 | 62 | 50 | 33 | 23 | 25 | 24 | 13 | -0.5 | -2.2 | -3.7 | -3.2 |
| 民生・農業他 | 78 | 108 | 109 | 96 | 93 | 82 | 68 | 27 | 36 | 39 | 0.7 | -0.3 | -1.5 | -1.1 |
| 非エネルギー消費 | 33 | 36 | 35 | 30 | 33 | 32 | 32 | 11 | 11 | 18 | -0.4 | 1.2 | -0.2 | 0.2 |
| 石炭 | 27 | 21 | 23 | 19 | 17 | 13 | 9.3 | 9.3 | 7.1 | 5.3 | -1.2 | -0.8 | -3.1 | -2.3 |
| 石油 | 181 | 206 | 166 | 133 | 116 | 83 | 59 | 62 | 50 | 34 | -1.0 | -1.3 | -3.3 | -2.6 |
| 天然ガス | 14 | 21 | 29 | 27 | 26 | 20 | 12 | 4.7 | 10 | 6.9 | 2.3 | -0.4 | -3.7 | -2.6 |
| 電力 | 66 | 84 | 89 | 78 | 84 | 87 | 85 | 23 | 30 | 48 | 0.6 | 0.7 | 0.1 | 0.3 |
| 熱 | 0.2 | 0.5 | 0.6 | 0.5 | 0.5 | 0.4 | 0.3 | 0.1 | 0.2 | 0.1 | 3.4 | 0.1 | -3.8 | -2.5 |
| 水素 | - | - | - | - | 0.0 | 1.2 | 3.9 | - | - | 2.2 | n.a. | n.a. | 27.3 | n.a. |
| 再生可能 | 3.8 | 4.1 | 6.1 | 6.3 | 6.4 | 6.1 | 6.2 | 1.3 | 2.4 | 3.5 | 1.8 | 0.1 | -0.1 | -0.1 |

発電量

| | (TWh) | | | | | | | 構成比(%) | | | 1990/2020/2030/2050 | | | |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|------|------|---------------------|-------|------|------|
| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990 | 2020 | 2050 | 2020 | 2030 | 2050 | 2050 |
| 合計 | 862 | 1,055 | 1,164 | 1,009 | 1,084 | 1,113 | 1,113 | 100 | 100 | 100 | 0.5 | 0.7 | 0.1 | 0.3 |
| 石炭 | 125 | 228 | 317 | 311 | 202 | 126 | 33 | 14 | 31 | 2.9 | 3.1 | -4.2 | -8.7 | -7.2 |
| 石油 | 250 | 133 | 91 | 32 | 9.1 | 4.5 | - | 29 | 3.2 | - | -6.6 | -11.8 | -100 | -100 |
| 天然ガス | 168 | 255 | 332 | 395 | 291 | 286 | 162 | 19 | 39 | 15 | 2.9 | -3.0 | -2.9 | -2.9 |
| 原子力 | 202 | 322 | 288 | 39 | 247 | 225 | 224 | 23 | 3.8 | 20 | -5.4 | 20.4 | -0.5 | 6.0 |
| 水力 | 88 | 84 | 84 | 79 | 93 | 98 | 101 | 10 | 7.8 | 9.0 | -0.4 | 1.7 | 0.4 | 0.8 |
| 地熱 | 1.7 | 3.3 | 2.6 | 3.0 | 7.5 | 13 | 18 | 0.2 | 0.3 | 1.6 | 1.8 | 9.6 | 4.5 | 6.2 |
| 太陽光 | 0.1 | 0.4 | 3.5 | 79 | 113 | 148 | 183 | 0.0 | 7.8 | 16 | 26.6 | 3.6 | 2.4 | 2.8 |
| 風力 | - | 0.1 | 4.0 | 9.0 | 28 | 92 | 196 | - | 0.9 | 18 | n.a. | 12.1 | 10.2 | 10.8 |
| 太陽熱・海洋 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |
| バイオマス・廃棄物 | 8.1 | 9.2 | 21 | 46 | 67 | 82 | 91 | 0.9 | 4.5 | 8.1 | 6.0 | 3.8 | 1.5 | 2.3 |
| 水素 | - | - | - | - | 9.3 | 23 | 90 | - | - | 8.0 | n.a. | n.a. | 12.0 | n.a. |
| その他 | 20 | 20 | 21 | 17 | 17 | 17 | 17 | 2.3 | 1.7 | 1.5 | -0.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |

エネルギー・経済指標他

| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990/2020 | 2020/2030 | 2030/2050 | 2020/2050 |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| GDP (2015年価格10億ドル) | 3,520 | 3,987 | 4,219 | 4,381 | 4,889 | 5,321 | 5,739 | 0.7 | 1.1 | 0.8 | 0.9 |
| 人口(100万人) | 123 | 127 | 128 | 126 | 119 | 112 | 104 | 0.1 | -0.5 | -0.7 | -0.6 |
| エネルギー起源CO ₂ 排出(100万t) | 1,055 | 1,160 | 1,137 | 990 | 775 | 560 | 317 | -0.2 | -2.4 | -4.4 | -3.7 |
| 一人あたりGDP (2015年価格1,000ドル/人) | 29 | 31 | 33 | 35 | 41 | 48 | 55 | 0.7 | 1.7 | 1.5 | 1.5 |
| 一人あたり一次エネルギー消費(toe/人) | 3.5 | 4.1 | 3.9 | 3.1 | 3.3 | 3.0 | 2.8 | -0.5 | 0.7 | -0.8 | -0.3 |
| GDPあたり一次エネルギー消費 ² | 124 | 129 | 118 | 88 | 80 | 63 | 50 | -1.1 | -1.0 | -2.3 | -1.8 |
| GDPあたりCO ₂ 排出量 ³ | 300 | 291 | 269 | 226 | 159 | 105 | 55 | -0.9 | -3.5 | -5.1 | -4.6 |
| 一次エネルギー消費あたりCO ₂ 排出(t/toe) | 2.4 | 2.2 | 2.3 | 2.6 | 2.0 | 1.7 | 1.1 | 0.2 | -2.5 | -2.9 | -2.8 |

*1 電力、熱の輸出入を掲載していないため、合計と内訳は必ずしも一致しない。

*2 toe/2015年価格100万ドル。*3 t/2015年価格100万ドル

付表50 | ASEAN [技術進展シナリオ]

一次エネルギー消費

| | (石油換算100万トン[Mtoe]) | | | | | | | 構成比(%) | | | 年平均変化率(%) | | | |
|-----------|--------------------|------|------|------|------|------|-------|--------|------|------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990 | 2020 | 2050 | 1990/2020 | 2020/2030 | 2030/2050 | 2020/2050 |
| | 合計 ¹ | 231 | 378 | 535 | 673 | 931 | 1,101 | 1,217 | 100 | 100 | 100 | 3.6 | 3.3 | 1.4 |
| 石炭 | 13 | 31 | 85 | 178 | 191 | 197 | 183 | 5.4 | 26 | 15 | 9.2 | 0.7 | -0.2 | 0.1 |
| 石油 | 88 | 153 | 188 | 225 | 286 | 277 | 234 | 38 | 33 | 19 | 3.2 | 2.4 | -1.0 | 0.1 |
| 天然ガス | 30 | 74 | 125 | 130 | 201 | 233 | 248 | 13 | 19 | 20 | 5.0 | 4.5 | 1.1 | 2.2 |
| 原子力 | - | - | - | - | 12 | 47 | 75 | - | - | 6.2 | n.a. | n.a. | 9.6 | n.a. |
| 水力 | 2.3 | 4.1 | 6.1 | 13 | 18 | 22 | 24 | 1.0 | 1.9 | 2.0 | 5.7 | 3.9 | 1.4 | 2.2 |
| 地熱 | 6.6 | 18 | 25 | 36 | 97 | 153 | 200 | 2.9 | 5.4 | 16 | 5.8 | 10.4 | 3.7 | 5.9 |
| 太陽光・風力等 | - | - | 0.0 | 2.1 | 15 | 40 | 98 | - | 0.3 | 8.1 | n.a. | 21.5 | 9.9 | 13.6 |
| バイオマス・廃棄物 | 92 | 97 | 106 | 87 | 108 | 123 | 142 | 40 | 13 | 12 | -0.2 | 2.2 | 1.4 | 1.6 |
| 水素 | - | - | - | - | -0.0 | 4.9 | 9.0 | - | - | 0.7 | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |

最終エネルギー消費

| | (Mtoe) | | | | | | | 構成比(%) | | | 1990/2020/2030/2050 | | | |
|----------|--------|------|------|------|------|------|------|--------|------|------|---------------------|------|------|------|
| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990 | 2020 | 2050 | 2020 | 2030 | 2050 | 2050 |
| | 合計 | 171 | 269 | 377 | 447 | 588 | 658 | 694 | 100 | 100 | 100 | 3.2 | 2.8 | 0.8 |
| 産業 | 41 | 74 | 120 | 158 | 208 | 242 | 254 | 24 | 35 | 37 | 4.6 | 2.7 | 1.0 | 1.6 |
| 運輸 | 33 | 62 | 86 | 122 | 158 | 160 | 153 | 19 | 27 | 22 | 4.5 | 2.6 | -0.2 | 0.7 |
| 民生・農業他 | 86 | 112 | 130 | 113 | 122 | 135 | 149 | 50 | 25 | 21 | 0.9 | 0.8 | 1.0 | 0.9 |
| 非エネルギー消費 | 11 | 21 | 40 | 54 | 101 | 120 | 139 | 6.4 | 12 | 20 | 5.4 | 6.5 | 1.6 | 3.2 |
| 石炭 | 5.3 | 13 | 40 | 54 | 63 | 68 | 66 | 3.1 | 12 | 9.5 | 8.0 | 1.7 | 0.2 | 0.7 |
| 石油 | 67 | 123 | 163 | 200 | 257 | 255 | 221 | 39 | 45 | 32 | 3.7 | 2.6 | -0.7 | 0.3 |
| 天然ガス | 7.5 | 17 | 29 | 44 | 82 | 95 | 97 | 4.4 | 9.8 | 14 | 6.0 | 6.5 | 0.8 | 2.7 |
| 電力 | 11 | 28 | 52 | 85 | 131 | 184 | 248 | 6.5 | 19 | 36 | 7.0 | 4.4 | 3.3 | 3.6 |
| 熱 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |
| 水素 | - | - | - | - | 0.0 | 0.1 | 0.4 | - | - | 0.1 | n.a. | n.a. | 24.4 | n.a. |
| 再生可能 | 81 | 88 | 93 | 65 | 55 | 56 | 62 | 47 | 14 | 9.0 | -0.7 | -1.6 | 0.6 | -0.1 |

発電量

| | (TWh) | | | | | | | 構成比(%) | | | 1990/2020/2030/2050 | | | |
|-----------|-------|------|------|------|-------|-------|-------|--------|------|------|---------------------|------|------|------|
| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990 | 2020 | 2050 | 2020 | 2030 | 2050 | 2050 |
| | 合計 | 154 | 370 | 675 | 1,075 | 1,673 | 2,402 | 3,420 | 100 | 100 | 100 | 6.7 | 4.5 | 3.6 |
| 石炭 | 28 | 79 | 185 | 485 | 516 | 548 | 517 | 18 | 45 | 15 | 10.0 | 0.6 | 0.0 | 0.2 |
| 石油 | 66 | 72 | 59 | 13 | 16 | 14 | 8.0 | 43 | 1.2 | 0.2 | -5.3 | 2.4 | -3.5 | -1.6 |
| 天然ガス | 26 | 154 | 336 | 344 | 533 | 685 | 791 | 17 | 32 | 23 | 9.0 | 4.5 | 2.0 | 2.8 |
| 原子力 | - | - | - | - | 46 | 181 | 287 | - | - | 8.4 | n.a. | n.a. | 9.6 | n.a. |
| 水力 | 27 | 47 | 71 | 146 | 213 | 251 | 281 | 18 | 14 | 8.2 | 5.7 | 3.9 | 1.4 | 2.2 |
| 地熱 | 6.6 | 16 | 19 | 26 | 67 | 102 | 131 | 4.3 | 2.4 | 3.8 | 4.7 | 9.9 | 3.4 | 5.5 |
| 太陽光 | - | - | 0.0 | 19 | 118 | 326 | 769 | - | 1.8 | 22 | n.a. | 20.0 | 9.8 | 13.1 |
| 風力 | - | - | 0.1 | 5.7 | 55 | 142 | 373 | - | 0.5 | 11 | n.a. | 25.5 | 10.0 | 14.9 |
| 太陽熱・海洋 | - | - | - | - | 0.1 | 0.2 | 0.6 | - | - | 0.0 | n.a. | n.a. | 9.9 | n.a. |
| バイオマス・廃棄物 | 0.6 | 1.0 | 5.7 | 36 | 108 | 145 | 183 | 0.4 | 3.4 | 5.4 | 14.7 | 11.6 | 2.7 | 5.5 |
| 水素 | - | - | - | - | - | 8.0 | 79 | - | - | 2.3 | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |
| その他 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |

エネルギー・経済指標他

| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990/2020/2030/2050 | | | |
|--|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------------------|------|------|------|
| | 2020 | 2030 | 2050 | 2020 | 2030 | 2050 | 2020 | 2030 | 2050 | 2050 | |
| GDP (2015年価格10億ドル) | 720 | 1,149 | 1,914 | 2,846 | 4,495 | 6,741 | 9,557 | 4.7 | 4.7 | 3.8 | 4.1 |
| 人口(100万人) | 431 | 507 | 575 | 643 | 695 | 735 | 758 | 1.3 | 0.8 | 0.4 | 0.6 |
| エネルギー起源CO ₂ 排出(100万t) | 350 | 682 | 1,071 | 1,507 | 1,733 | 1,598 | 1,296 | 5.0 | 1.4 | -1.4 | -0.5 |
| 一人あたりGDP (2015年価格1,000ドル/人) | 1.7 | 2.3 | 3.3 | 4.4 | 6.5 | 9.2 | 13 | 3.3 | 3.9 | 3.4 | 3.6 |
| 一人あたり一次エネルギー消費(toe/人) | 0.5 | 0.7 | 0.9 | 1.0 | 1.3 | 1.5 | 1.6 | 2.3 | 2.5 | 0.9 | 1.4 |
| GDPあたり一次エネルギー消費 ² | 321 | 329 | 280 | 236 | 207 | 163 | 127 | -1.0 | -1.3 | -2.4 | -2.0 |
| GDPあたりCO ₂ 排出量 ³ | 486 | 593 | 560 | 529 | 385 | 237 | 136 | 0.3 | -3.1 | -5.1 | -4.4 |
| 一次エネルギー消費あたりCO ₂ 排出(t/toe) | 1.5 | 1.8 | 2.0 | 2.2 | 1.9 | 1.5 | 1.1 | 1.3 | -1.8 | -2.8 | -2.5 |

*1 電力、熱の輸出入を掲載していないため、合計と内訳は必ずしも一致しない。

*2 toe/2015年価格100万ドル。*3 t/2015年価格100万ドル

付表51 | 米国[技術進展シナリオ]

一次エネルギー消費

| | (石油換算100万トン[Mtoe]) | | | | | | | 構成比(%) | | | 年平均変化率(%) | | | |
|-----------|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|------|------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990 | 2020 | 2050 | 1990/2020 | 2020/2030 | 2030/2050 | 2020/2050 |
| | 合計 ¹ | 1,914 | 2,273 | 2,216 | 2,038 | 2,047 | 1,818 | 1,634 | 100 | 100 | 100 | 0.2 | 0.0 | -1.1 |
| 石炭 | 460 | 533 | 501 | 222 | 137 | 55 | 14 | 24 | 11 | 0.9 | -2.4 | -4.7 | -10.6 | -8.7 |
| 石油 | 757 | 871 | 807 | 702 | 682 | 459 | 259 | 40 | 34 | 16 | -0.2 | -0.3 | -4.7 | -3.3 |
| 天然ガス | 438 | 548 | 556 | 719 | 727 | 677 | 564 | 23 | 35 | 34 | 1.7 | 0.1 | -1.3 | -0.8 |
| 原子力 | 159 | 208 | 219 | 214 | 193 | 194 | 195 | 8.3 | 11 | 12 | 1.0 | -1.0 | 0.0 | -0.3 |
| 水力 | 23 | 22 | 23 | 25 | 29 | 31 | 34 | 1.2 | 1.2 | 2.1 | 0.2 | 1.5 | 0.9 | 1.1 |
| 地熱 | 14 | 13 | 8.4 | 9.3 | 25 | 41 | 57 | 0.7 | 0.5 | 3.5 | -1.4 | 10.3 | 4.2 | 6.2 |
| 太陽光・風力等 | 0.3 | 2.1 | 11 | 43 | 113 | 223 | 380 | 0.0 | 2.1 | 23 | 17.7 | 10.2 | 6.3 | 7.5 |
| バイオマス・廃棄物 | 62 | 73 | 89 | 100 | 139 | 152 | 166 | 3.3 | 4.9 | 10 | 1.6 | 3.4 | 0.9 | 1.7 |
| 水素 | - | - | - | - | -0.4 | -18 | -38 | - | - | -2.4 | n.a. | n.a. | 25.4 | n.a. |

最終エネルギー消費

| | (Mtoe) | | | | | | | 構成比(%) | | | 1990/2020/2030/2050 | | | |
|----------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|------|------|---------------------|------|------|------|
| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990 | 2020 | 2050 | 2020 | 2030 | 2050 | 2050 |
| | 合計 | 1,294 | 1,546 | 1,513 | 1,461 | 1,494 | 1,281 | 1,092 | 100 | 100 | 100 | 0.4 | 0.2 | -1.6 |
| 産業 | 284 | 332 | 270 | 265 | 272 | 250 | 214 | 22 | 18 | 20 | -0.2 | 0.3 | -1.2 | -0.7 |
| 運輸 | 488 | 588 | 596 | 549 | 553 | 408 | 312 | 38 | 38 | 29 | 0.4 | 0.1 | -2.8 | -1.9 |
| 民生・農業他 | 403 | 473 | 511 | 505 | 496 | 442 | 381 | 31 | 35 | 35 | 0.8 | -0.2 | -1.3 | -0.9 |
| 非エネルギー消費 | 119 | 153 | 135 | 143 | 173 | 181 | 185 | 9.2 | 9.8 | 17 | 0.6 | 2.0 | 0.3 | 0.9 |
| 石炭 | 56 | 33 | 27 | 13 | 11 | 8.2 | 5.9 | 4.3 | 0.9 | 0.5 | -4.7 | -1.8 | -3.1 | -2.7 |
| 石油 | 683 | 793 | 762 | 677 | 663 | 463 | 295 | 53 | 46 | 27 | 0.0 | -0.2 | -4.0 | -2.7 |
| 天然ガス | 303 | 360 | 322 | 356 | 346 | 255 | 151 | 23 | 24 | 14 | 0.5 | -0.3 | -4.1 | -2.8 |
| 電力 | 226 | 301 | 326 | 325 | 367 | 426 | 458 | 18 | 22 | 42 | 1.2 | 1.2 | 1.1 | 1.2 |
| 熱 | 2.2 | 5.3 | 6.6 | 6.0 | 5.7 | 4.6 | 3.1 | 0.2 | 0.4 | 0.3 | 3.5 | -0.5 | -3.0 | -2.2 |
| 水素 | - | - | - | - | 0.1 | 17 | 64 | - | - | 5.9 | n.a. | n.a. | 42.3 | n.a. |
| 再生可能 | 23 | 54 | 70 | 84 | 101 | 107 | 115 | 1.8 | 5.7 | 11 | 4.4 | 1.9 | 0.6 | 1.1 |

発電量

| | (TWh) | | | | | | | 構成比(%) | | | 1990/2020/2030/2050 | | | |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|------|------|---------------------|------|-------|-------|
| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990 | 2020 | 2050 | 2020 | 2030 | 2050 | 2050 |
| | 合計 | 3,203 | 4,026 | 4,354 | 4,239 | 4,814 | 5,616 | 6,202 | 100 | 100 | 100 | 0.9 | 1.3 | 1.3 |
| 石炭 | 1,700 | 2,129 | 1,994 | 856 | 565 | 197 | 8.5 | 53 | 20 | 0.1 | -2.3 | -4.1 | -18.9 | -14.2 |
| 石油 | 131 | 118 | 48 | 37 | 23 | 13 | 2.9 | 4.1 | 0.9 | 0.0 | -4.1 | -4.7 | -9.9 | -8.2 |
| 天然ガス | 382 | 634 | 1,018 | 1,680 | 1,833 | 1,772 | 864 | 12 | 40 | 14 | 5.1 | 0.9 | -3.7 | -2.2 |
| 原子力 | 612 | 798 | 839 | 823 | 742 | 744 | 748 | 19 | 19 | 12 | 1.0 | -1.0 | 0.0 | -0.3 |
| 水力 | 273 | 253 | 262 | 287 | 332 | 362 | 393 | 8.5 | 6.8 | 6.3 | 0.2 | 1.5 | 0.9 | 1.1 |
| 地熱 | 16 | 15 | 18 | 19 | 52 | 86 | 119 | 0.5 | 0.4 | 1.9 | 0.5 | 10.6 | 4.2 | 6.3 |
| 太陽光 | 0.0 | 0.2 | 3.1 | 116 | 410 | 925 | 1,808 | 0.0 | 2.7 | 29 | 42.2 | 13.5 | 7.7 | 9.6 |
| 風力 | 3.1 | 5.7 | 95 | 342 | 610 | 985 | 1,341 | 0.1 | 8.1 | 22 | 17.0 | 6.0 | 4.0 | 4.7 |
| 太陽熱・海洋 | 0.7 | 0.5 | 0.9 | 3.4 | 84 | 217 | 412 | 0.0 | 0.1 | 6.6 | 5.6 | 37.7 | 8.3 | 17.3 |
| バイオマス・廃棄物 | 86 | 72 | 73 | 71 | 158 | 192 | 224 | 2.7 | 1.7 | 3.6 | -0.7 | 8.4 | 1.8 | 3.9 |
| 水素 | - | - | - | - | - | 118 | 278 | - | - | 4.5 | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |
| その他 | - | - | 3.7 | 4.9 | 4.9 | 4.9 | 4.9 | - | 0.1 | 0.1 | n.a. | 0.0 | 0.0 | 0.0 |

エネルギー・経済指標他

| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990/2020/2030/2050 |
|--|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------------------|
| GDP (2015年価格10億ドル) | 9,805 | 13,738 | 16,320 | 19,294 | 24,520 | 29,928 | 35,322 | 2.3 2.4 1.8 2.0 |
| 人口(100万人) | 250 | 282 | 309 | 332 | 347 | 362 | 371 | 1.0 0.5 0.3 0.4 |
| エネルギー起源CO ₂ 排出(100万t) | 4,755 | 5,629 | 5,220 | 4,258 | 3,694 | 2,310 | 986 | -0.4 -1.4 -6.4 -4.8 |
| 一人あたりGDP (2015年価格1,000ドル/人) | 39 | 49 | 53 | 58 | 71 | 83 | 95 | 1.3 2.0 1.5 1.7 |
| 一人あたり一次エネルギー消費(toe/人) | 7.7 | 8.1 | 7.2 | 6.1 | 5.9 | 5.0 | 4.4 | -0.7 -0.4 -1.4 -1.1 |
| GDPあたり一次エネルギー消費 ² | 195 | 165 | 136 | 106 | 83 | 61 | 46 | -2.0 -2.3 -2.9 -2.7 |
| GDPあたりCO ₂ 排出量 ³ | 485 | 410 | 320 | 221 | 151 | 77 | 28 | -2.6 -3.7 -8.1 -6.7 |
| 一次エネルギー消費あたりCO ₂ 排出(t/toe) | 2.5 | 2.5 | 2.4 | 2.1 | 1.8 | 1.3 | 0.6 | -0.6 -1.5 -5.3 -4.1 |

*1 電力、熱の輸出入を掲載していないため、合計と内訳は必ずしも一致しない。

*2 toe/2015年価格100万ドル。*3 t/2015年価格100万ドル

付表52 | 欧州連合[技術進展シナリオ]

一次エネルギー消費

| | (石油換算100万トン[Mtoe]) | | | | | | | 構成比(%) | | | 年平均変化率(%) | | | |
|-----------|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|------|------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990 | 2020 | 2050 | 1990/2020 | 2020/2030 | 2030/2050 | 2020/2050 |
| | 合計 ¹ | 1,441 | 1,471 | 1,527 | 1,311 | 1,281 | 1,145 | 1,048 | 100 | 100 | 100 | -0.3 | -0.2 | -1.0 |
| 石炭 | 393 | 285 | 252 | 144 | 92 | 60 | 45 | 27 | 11 | 4.3 | -3.3 | -4.3 | -3.6 | -3.8 |
| 石油 | 531 | 550 | 506 | 418 | 371 | 239 | 147 | 37 | 32 | 14 | -0.8 | -1.2 | -4.5 | -3.4 |
| 天然ガス | 250 | 309 | 363 | 326 | 287 | 228 | 168 | 17 | 25 | 16 | 0.9 | -1.3 | -2.6 | -2.2 |
| 原子力 | 190 | 224 | 223 | 178 | 197 | 212 | 221 | 13 | 14 | 21 | -0.2 | 1.0 | 0.6 | 0.7 |
| 水力 | 24 | 30 | 32 | 30 | 30 | 30 | 31 | 1.7 | 2.3 | 3.0 | 0.7 | -0.1 | 0.2 | 0.1 |
| 地熱 | 3.2 | 4.6 | 5.5 | 6.9 | 10 | 12 | 12 | 0.2 | 0.5 | 1.2 | 2.6 | 4.0 | 1.0 | 2.0 |
| 太陽光・風力等 | 0.3 | 2.5 | 16 | 51 | 106 | 152 | 194 | 0.0 | 3.9 | 19 | 18.5 | 7.5 | 3.1 | 4.5 |
| バイオマス・廃棄物 | 47 | 65 | 128 | 154 | 174 | 155 | 140 | 3.3 | 12 | 13 | 4.0 | 1.2 | -1.1 | -0.3 |
| 水素 | - | - | - | - | 0.3 | 7.5 | 21 | - | - | 2.0 | n.a. | n.a. | 24.0 | n.a. |

最終エネルギー消費

| | (Mtoe) | | | | | | | 構成比(%) | | | 1990/2020/2030/2050 | | | |
|----------|--------|------|-------|-------|------|------|------|--------|------|------|---------------------|------|------|------|
| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990 | 2020 | 2050 | 2020 | 2030 | 2050 | 2050 |
| | 合計 | 995 | 1,027 | 1,070 | 963 | 934 | 768 | 637 | 100 | 100 | 100 | -0.1 | -0.3 | -1.9 |
| 産業 | 313 | 274 | 247 | 232 | 246 | 220 | 184 | 31 | 24 | 29 | -1.0 | 0.6 | -1.4 | -0.8 |
| 運輸 | 220 | 262 | 279 | 252 | 235 | 156 | 121 | 22 | 26 | 19 | 0.5 | -0.7 | -3.2 | -2.4 |
| 民生・農業他 | 374 | 391 | 447 | 390 | 361 | 303 | 247 | 38 | 40 | 39 | 0.1 | -0.8 | -1.9 | -1.5 |
| 非エネルギー消費 | 88 | 100 | 98 | 90 | 93 | 90 | 84 | 8.9 | 9.3 | 13 | 0.0 | 0.4 | -0.5 | -0.2 |
| 石炭 | 109 | 47 | 38 | 26 | 21 | 14 | 9.7 | 11 | 2.6 | 1.5 | -4.7 | -1.8 | -3.9 | -3.2 |
| 石油 | 445 | 479 | 448 | 384 | 342 | 229 | 156 | 45 | 40 | 25 | -0.5 | -1.1 | -3.8 | -3.0 |
| 天然ガス | 185 | 220 | 231 | 208 | 188 | 138 | 79 | 19 | 22 | 12 | 0.4 | -1.0 | -4.2 | -3.2 |
| 電力 | 162 | 189 | 216 | 205 | 244 | 276 | 285 | 16 | 21 | 45 | 0.8 | 1.8 | 0.8 | 1.1 |
| 熱 | 55 | 43 | 52 | 44 | 41 | 31 | 20 | 5.5 | 4.6 | 3.2 | -0.7 | -0.7 | -3.5 | -2.6 |
| 水素 | - | - | - | - | 0.1 | 11 | 40 | - | - | 6.3 | n.a. | n.a. | 38.9 | n.a. |
| 再生可能 | 39 | 50 | 86 | 96 | 97 | 69 | 46 | 4.0 | 10 | 7.3 | 3.0 | 0.1 | -3.6 | -2.4 |

発電量

| | (TWh) | | | | | | | 構成比(%) | | | 1990/2020/2030/2050 | | | |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|------|------|---------------------|------|------|------|
| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990 | 2020 | 2050 | 2020 | 2030 | 2050 | 2050 |
| | 合計 | 2,258 | 2,631 | 2,956 | 2,758 | 3,349 | 3,766 | 4,137 | 100 | 100 | 100 | 0.7 | 2.0 | 1.1 |
| 石炭 | 844 | 846 | 755 | 383 | 189 | 85 | 35 | 37 | 14 | 0.9 | -2.6 | -6.8 | -8.1 | -7.6 |
| 石油 | 189 | 173 | 82 | 48 | 30 | 15 | 4.1 | 8.4 | 1.7 | 0.1 | -4.5 | -4.7 | -9.4 | -7.9 |
| 天然ガス | 188 | 331 | 589 | 560 | 519 | 381 | 166 | 8.3 | 20 | 4.0 | 3.7 | -0.7 | -5.5 | -4.0 |
| 原子力 | 729 | 860 | 854 | 684 | 756 | 814 | 847 | 32 | 25 | 20 | -0.2 | 1.0 | 0.6 | 0.7 |
| 水力 | 285 | 352 | 373 | 346 | 344 | 352 | 360 | 13 | 13 | 8.7 | 0.7 | -0.1 | 0.2 | 0.1 |
| 地熱 | 3.2 | 4.8 | 5.6 | 6.7 | 11 | 14 | 16 | 0.1 | 0.2 | 0.4 | 2.5 | 5.4 | 1.6 | 2.9 |
| 太陽光 | 0.0 | 0.1 | 22 | 139 | 284 | 451 | 655 | 0.0 | 5.0 | 16 | 35.6 | 7.4 | 4.3 | 5.3 |
| 風力 | 0.8 | 21 | 140 | 397 | 904 | 1,236 | 1,516 | 0.0 | 14 | 37 | 23.2 | 8.6 | 2.6 | 4.6 |
| 太陽熱・海洋 | 0.5 | 0.5 | 1.2 | 5.5 | 38 | 70 | 99 | 0.0 | 0.2 | 2.4 | 8.3 | 21.2 | 5.0 | 10.1 |
| バイオマス・廃棄物 | 19 | 42 | 129 | 183 | 265 | 308 | 341 | 0.8 | 6.7 | 8.3 | 7.9 | 3.7 | 1.3 | 2.1 |
| 水素 | - | - | - | - | 4.0 | 36 | 92 | - | - | 2.2 | n.a. | n.a. | 16.9 | n.a. |
| その他 | 0.2 | 1.4 | 4.4 | 4.7 | 4.7 | 4.7 | 4.7 | 0.0 | 0.2 | 0.1 | 10.9 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |

エネルギー・経済指標他

| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990/2020/2030/2050 | | | |
|--|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------------------|------|------|------|
| | 1990 | 2020 | 2030 | 2050 | 2020 | 2030 | 2050 | 2050 | | | |
| GDP (2015年価格10億ドル) | 9,083 | 11,260 | 12,898 | 13,890 | 17,337 | 19,839 | 22,158 | 1.4 | 2.2 | 1.2 | 1.6 |
| 人口(100万人) | 420 | 429 | 442 | 447 | 449 | 446 | 438 | 0.2 | 0.0 | -0.1 | -0.1 |
| エネルギー起源CO ₂ 排出(100万t) | 3,467 | 3,267 | 3,137 | 2,394 | 1,883 | 1,231 | 767 | -1.2 | -2.4 | -4.4 | -3.7 |
| 一人あたりGDP (2015年価格1,000ドル/人) | 22 | 26 | 29 | 31 | 39 | 44 | 51 | 1.2 | 2.2 | 1.4 | 1.6 |
| 一人あたり一次エネルギー消費(toe/人) | 3.4 | 3.4 | 3.5 | 2.9 | 2.9 | 2.6 | 2.4 | -0.5 | -0.3 | -0.9 | -0.7 |
| GDPあたり一次エネルギー消費 ² | 159 | 131 | 118 | 94 | 74 | 58 | 47 | -1.7 | -2.4 | -2.2 | -2.3 |
| GDPあたりCO ₂ 排出量 ³ | 382 | 290 | 243 | 172 | 109 | 62 | 35 | -2.6 | -4.5 | -5.6 | -5.2 |
| 一次エネルギー消費あたりCO ₂ 排出(t/toe) | 2.4 | 2.2 | 2.1 | 1.8 | 1.5 | 1.1 | 0.7 | -0.9 | -2.2 | -3.4 | -3.0 |

*1 電力、熱の輸出入を掲載していないため、合計と内訳は必ずしも一致しない。

*2 toe/2015年価格100万ドル。*3 t/2015年価格100万ドル

付表53 | 先進国[技術進展シナリオ]

一次エネルギー消費

| | (石油換算100万トン[Mtoe]) | | | | | | | 構成比(%) | | | 年平均変化率(%) | | | |
|-----------------|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|------|------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990 | 2020 | 2050 | 1990/2020 | 2020/2030 | 2030/2050 | 2020/2050 |
| 合計 ¹ | 4,467 | 5,228 | 5,349 | 4,893 | 4,900 | 4,352 | 3,907 | 100 | 100 | 100 | 0.3 | 0.0 | -1.1 | -0.7 |
| 石炭 | 1,089 | 1,114 | 1,110 | 670 | 479 | 315 | 199 | 24 | 14 | 5.1 | -1.6 | -3.3 | -4.3 | -4.0 |
| 石油 | 1,824 | 2,066 | 1,917 | 1,666 | 1,565 | 1,075 | 665 | 41 | 34 | 17 | -0.3 | -0.6 | -4.2 | -3.0 |
| 天然ガス | 827 | 1,135 | 1,283 | 1,470 | 1,433 | 1,307 | 1,055 | 19 | 30 | 27 | 1.9 | -0.3 | -1.5 | -1.1 |
| 原子力 | 463 | 596 | 606 | 490 | 545 | 555 | 576 | 10 | 10 | 15 | 0.2 | 1.1 | 0.3 | 0.5 |
| 水力 | 100 | 111 | 112 | 120 | 127 | 133 | 138 | 2.2 | 2.5 | 3.5 | 0.6 | 0.6 | 0.4 | 0.5 |
| 地熱 | 22 | 25 | 25 | 39 | 71 | 99 | 122 | 0.5 | 0.8 | 3.1 | 1.9 | 6.3 | 2.7 | 3.9 |
| 太陽光・風力等 | 2.1 | 6.1 | 31 | 125 | 286 | 485 | 749 | 0.0 | 2.5 | 19 | 14.7 | 8.7 | 4.9 | 6.2 |
| バイオマス・廃棄物 | 138 | 173 | 260 | 311 | 389 | 388 | 391 | 3.1 | 6.3 | 10 | 2.7 | 2.3 | 0.0 | 0.8 |
| 水素 | - | - | - | - | 1.4 | -7.7 | 7.7 | - | - | 0.2 | n.a. | n.a. | 8.9 | n.a. |

最終エネルギー消費

| | (Mtoe) | | | | | | | 構成比(%) | | | 1990/2020/2030/2050 | | | |
|----------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|------|------|---------------------|------|------|------|
| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990 | 2020 | 2050 | 2020 | 2030 | 2050 | 2050 |
| 合計 | 3,057 | 3,581 | 3,640 | 3,461 | 3,472 | 2,958 | 2,509 | 100 | 100 | 100 | 0.4 | 0.0 | -1.6 | -1.1 |
| 産業 | 825 | 906 | 802 | 774 | 809 | 731 | 617 | 27 | 22 | 25 | -0.2 | 0.4 | -1.3 | -0.8 |
| 運輸 | 920 | 1,120 | 1,151 | 1,064 | 1,033 | 737 | 566 | 30 | 31 | 23 | 0.5 | -0.3 | -3.0 | -2.1 |
| 民生・農業他 | 1,025 | 1,189 | 1,310 | 1,242 | 1,194 | 1,045 | 881 | 34 | 36 | 35 | 0.6 | -0.4 | -1.5 | -1.1 |
| 非エネルギー消費 | 287 | 366 | 378 | 381 | 435 | 445 | 445 | 9.4 | 11 | 18 | 1.0 | 1.3 | 0.1 | 0.5 |
| 石炭 | 230 | 138 | 127 | 90 | 78 | 55 | 38 | 7.5 | 2.6 | 1.5 | -3.1 | -1.4 | -3.6 | -2.9 |
| 石油 | 1,559 | 1,808 | 1,736 | 1,553 | 1,474 | 1,049 | 719 | 51 | 45 | 29 | 0.0 | -0.5 | -3.5 | -2.5 |
| 天然ガス | 578 | 732 | 717 | 744 | 702 | 516 | 298 | 19 | 21 | 12 | 0.8 | -0.6 | -4.2 | -3.0 |
| 電力 | 553 | 719 | 809 | 803 | 925 | 1,042 | 1,089 | 18 | 23 | 43 | 1.3 | 1.4 | 0.8 | 1.0 |
| 熱 | 48 | 52 | 66 | 60 | 57 | 44 | 29 | 1.6 | 1.7 | 1.1 | 0.8 | -0.6 | -3.4 | -2.5 |
| 水素 | - | - | - | - | 0.2 | 38 | 134 | - | - | 5.3 | n.a. | n.a. | 39.9 | n.a. |
| 再生可能 | 89 | 132 | 185 | 211 | 236 | 214 | 204 | 2.9 | 6.1 | 8.1 | 2.9 | 1.1 | -0.7 | -0.1 |

発電量

| | (TWh) | | | | | | | 構成比(%) | | | 1990/2020/2030/2050 | | | |
|-----------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|------|------|---------------------|------|-------|------|
| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990 | 2020 | 2050 | 2020 | 2030 | 2050 | 2050 |
| 合計 | 7,667 | 9,706 | 10,869 | 10,649 | 12,237 | 13,858 | 15,175 | 100 | 100 | 100 | 1.1 | 1.4 | 1.1 | 1.2 |
| 石炭 | 3,129 | 3,837 | 3,812 | 2,171 | 1,480 | 802 | 296 | 41 | 20 | 2.0 | -1.2 | -3.8 | -7.7 | -6.4 |
| 石油 | 667 | 539 | 274 | 136 | 76 | 37 | 6.6 | 8.7 | 1.3 | 0.0 | -5.2 | -5.7 | -11.5 | -9.6 |
| 天然ガス | 766 | 1,528 | 2,527 | 3,272 | 3,361 | 3,238 | 1,800 | 10.0 | 31 | 12 | 5.0 | 0.3 | -3.1 | -2.0 |
| 原子力 | 1,776 | 2,288 | 2,324 | 1,881 | 2,092 | 2,132 | 2,210 | 23 | 18 | 15 | 0.2 | 1.1 | 0.3 | 0.5 |
| 水力 | 1,159 | 1,294 | 1,304 | 1,398 | 1,478 | 1,547 | 1,609 | 15 | 13 | 11 | 0.6 | 0.6 | 0.4 | 0.5 |
| 地熱 | 23 | 27 | 37 | 53 | 108 | 158 | 201 | 0.3 | 0.5 | 1.3 | 2.7 | 7.4 | 3.2 | 4.6 |
| 太陽光 | 0.1 | 0.7 | 31 | 408 | 963 | 1,811 | 3,188 | 0.0 | 3.8 | 21 | 32.5 | 9.0 | 6.2 | 7.1 |
| 風力 | 3.8 | 29 | 269 | 912 | 1,897 | 2,878 | 3,910 | 0.1 | 8.6 | 26 | 20.0 | 7.6 | 3.7 | 5.0 |
| 太陽熱・海洋 | 1.2 | 1.1 | 2.1 | 9.4 | 126 | 294 | 522 | 0.0 | 0.1 | 3.4 | 7.1 | 29.6 | 7.4 | 14.3 |
| バイオマス・廃棄物 | 121 | 142 | 257 | 379 | 606 | 716 | 801 | 1.6 | 3.6 | 5.3 | 3.9 | 4.8 | 1.4 | 2.5 |
| 水素 | - | - | - | - | 18 | 214 | 598 | - | - | 3.9 | n.a. | n.a. | 19.1 | n.a. |
| その他 | 20 | 22 | 33 | 32 | 32 | 32 | 32 | 0.3 | 0.3 | 0.2 | 1.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |

エネルギー・経済指標他

| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990/2020 | 2020/2030 | 2030/2050 | 2020/2050 |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| GDP (2015年価格10億ドル) | 27,204 | 35,742 | 42,304 | 48,304 | 60,587 | 71,616 | 82,280 | 1.9 | 2.3 | 1.5 | 1.8 |
| 人口(100万人) | 998 | 1,070 | 1,139 | 1,196 | 1,219 | 1,230 | 1,224 | 0.6 | 0.2 | 0.0 | 0.1 |
| エネルギー起源CO ₂ 排出(100万t) | 10,808 | 12,238 | 11,974 | 10,046 | 8,567 | 5,730 | 2,996 | -0.2 | -1.6 | -5.1 | -4.0 |
| 一人あたりGDP (2015年価格1,000ドル/人) | 27 | 33 | 37 | 40 | 50 | 58 | 67 | 1.3 | 2.1 | 1.5 | 1.7 |
| 一人あたり一次エネルギー消費(toe/人) | 4.5 | 4.9 | 4.7 | 4.1 | 4.0 | 3.5 | 3.2 | -0.3 | -0.2 | -1.1 | -0.8 |
| GDPあたり一次エネルギー消費 ² | 164 | 146 | 126 | 101 | 81 | 61 | 47 | -1.6 | -2.2 | -2.6 | -2.5 |
| GDPあたりCO ₂ 排出量 ³ | 397 | 342 | 283 | 208 | 141 | 80 | 36 | -2.1 | -3.8 | -6.6 | -5.6 |
| 一次エネルギー消費あたりCO ₂ 排出(t/toe) | 2.4 | 2.3 | 2.2 | 2.1 | 1.7 | 1.3 | 0.8 | -0.5 | -1.6 | -4.0 | -3.2 |

*1 電力、熱の輸出入を掲載していないため、合計と内訳は必ずしも一致しない。

*2 toe/2015年価格100万ドル。*3 t/2015年価格100万ドル

付表54 | 新興・途上国[技術進展シナリオ]

一次エネルギー消費

| | (石油換算100万トン[Mtoe]) | | | | | | | | 構成比(%) | | | 年平均変化率(%) | | | |
|-----------|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----|
| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990 | 2020 | 2050 | 1990/2020 | 2020/2030 | 2030/2050 | 2020/2050 | |
| | 合計 ¹ | 4,078 | 4,520 | 7,125 | 8,774 | 9,931 | 10,060 | 9,933 | 100 | 100 | 100 | 2.6 | 1.2 | 0.0 | 0.4 |
| 石炭 | 1,133 | 1,201 | 2,543 | 3,071 | 2,963 | 2,411 | 1,706 | 28 | 35 | 17 | 3.4 | -0.4 | -2.7 | -1.9 | |
| 石油 | 1,207 | 1,340 | 1,867 | 2,153 | 2,474 | 2,273 | 1,923 | 30 | 25 | 19 | 1.9 | 1.4 | -1.3 | -0.4 | |
| 天然ガス | 835 | 933 | 1,449 | 1,836 | 2,163 | 2,469 | 2,598 | 20 | 21 | 26 | 2.7 | 1.7 | 0.9 | 1.2 | |
| 原子力 | 62 | 79 | 113 | 207 | 414 | 641 | 805 | 1.5 | 2.4 | 8.1 | 4.1 | 7.2 | 3.4 | 4.6 | |
| 水力 | 84 | 113 | 184 | 253 | 306 | 361 | 417 | 2.1 | 2.9 | 4.2 | 3.7 | 1.9 | 1.6 | 1.7 | |
| 地熱 | 12 | 27 | 36 | 68 | 167 | 244 | 312 | 0.3 | 0.8 | 3.1 | 6.0 | 9.3 | 3.2 | 5.2 | |
| 太陽光・風力等 | 0.5 | 2.0 | 17 | 123 | 367 | 703 | 1,260 | 0.0 | 1.4 | 13 | 20.3 | 11.6 | 6.4 | 8.1 | |
| バイオマス・廃棄物 | 745 | 824 | 917 | 1,063 | 1,080 | 972 | 964 | 18 | 12 | 9.7 | 1.2 | 0.2 | -0.6 | -0.3 | |
| 水素 | - | - | - | - | -1.4 | -13 | -51 | - | - | -0.5 | n.a. | n.a. | 19.7 | n.a. | |

最終エネルギー消費

| | (Mtoe) | | | | | | | | 構成比(%) | | | 1990/2020/2030/2050 | | | |
|----------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|------|------|---------------------|------|------|-----|
| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990 | 2020 | 2050 | 2020 | 2030 | 2050 | 2050 | |
| | 合計 | 2,976 | 3,158 | 4,821 | 5,816 | 6,413 | 6,289 | 6,098 | 100 | 100 | 100 | 2.3 | 1.0 | -0.3 | 0.2 |
| 産業 | 969 | 963 | 1,838 | 2,099 | 2,278 | 2,197 | 2,013 | 33 | 36 | 33 | 2.6 | 0.8 | -0.6 | -0.1 | |
| 運輸 | 454 | 569 | 920 | 1,146 | 1,414 | 1,357 | 1,302 | 15 | 20 | 21 | 3.1 | 2.1 | -0.4 | 0.4 | |
| 民生・農業他 | 1,362 | 1,376 | 1,657 | 2,007 | 2,011 | 1,909 | 1,855 | 46 | 35 | 30 | 1.3 | 0.0 | -0.4 | -0.3 | |
| 非エネルギー消費 | 191 | 249 | 407 | 564 | 711 | 825 | 928 | 6.4 | 9.7 | 15 | 3.7 | 2.3 | 1.3 | 1.7 | |
| 石炭 | 521 | 404 | 930 | 834 | 738 | 595 | 467 | 18 | 14 | 7.7 | 1.6 | -1.2 | -2.3 | -1.9 | |
| 石油 | 844 | 1,043 | 1,520 | 1,852 | 2,178 | 2,050 | 1,794 | 28 | 32 | 29 | 2.7 | 1.6 | -1.0 | -0.1 | |
| 天然ガス | 367 | 388 | 628 | 836 | 906 | 845 | 719 | 12 | 14 | 12 | 2.8 | 0.8 | -1.1 | -0.5 | |
| 電力 | 281 | 372 | 729 | 1,155 | 1,611 | 2,058 | 2,495 | 9.4 | 20 | 41 | 4.8 | 3.4 | 2.2 | 2.6 | |
| 熱 | 288 | 196 | 209 | 249 | 238 | 192 | 137 | 9.7 | 4.3 | 2.2 | -0.5 | -0.4 | -2.7 | -2.0 | |
| 水素 | - | - | - | - | 0.1 | 20 | 72 | - | - | 1.2 | n.a. | n.a. | 41.1 | n.a. | |
| 再生可能 | 675 | 754 | 805 | 889 | 743 | 530 | 415 | 23 | 15 | 6.8 | 0.9 | -1.8 | -2.9 | -2.5 | |

発電量

| | (TWh) | | | | | | | | 構成比(%) | | | 1990/2020/2030/2050 | | | |
|-----------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|------|------|---------------------|------|------|-----|
| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990 | 2020 | 2050 | 2020 | 2030 | 2050 | 2050 | |
| | 合計 | 4,178 | 5,721 | 10,670 | 16,071 | 22,363 | 28,452 | 35,626 | 100 | 100 | 100 | 4.6 | 3.4 | 2.4 | 2.7 |
| 石炭 | 1,300 | 2,158 | 4,858 | 7,282 | 7,702 | 6,231 | 3,958 | 31 | 45 | 11 | 5.9 | 0.6 | -3.3 | -2.0 | |
| 石油 | 657 | 649 | 695 | 532 | 484 | 364 | 197 | 16 | 3.3 | 0.6 | -0.7 | -0.9 | -4.4 | -3.3 | |
| 天然ガス | 982 | 1,244 | 2,329 | 3,063 | 4,383 | 6,183 | 7,742 | 24 | 19 | 22 | 3.9 | 3.6 | 2.9 | 3.1 | |
| 原子力 | 236 | 303 | 432 | 792 | 1,587 | 2,460 | 3,090 | 5.7 | 4.9 | 8.7 | 4.1 | 7.2 | 3.4 | 4.6 | |
| 水力 | 981 | 1,319 | 2,145 | 2,943 | 3,560 | 4,195 | 4,855 | 23 | 18 | 14 | 3.7 | 1.9 | 1.6 | 1.7 | |
| 地熱 | 13 | 25 | 31 | 42 | 140 | 212 | 281 | 0.3 | 0.3 | 0.8 | 4.0 | 12.7 | 3.5 | 6.5 | |
| 太陽光 | 0.0 | 0.1 | 1.4 | 416 | 1,520 | 3,328 | 6,658 | 0.0 | 2.6 | 19 | 48.4 | 13.8 | 7.7 | 9.7 | |
| 風力 | 0.0 | 2.8 | 73 | 686 | 2,292 | 4,071 | 6,380 | 0.0 | 4.3 | 18 | 38.9 | 12.8 | 5.3 | 7.7 | |
| 太陽熱・海洋 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 5.3 | 48 | 168 | 465 | 0.0 | 0.0 | 1.3 | 24.7 | 24.7 | 12.0 | 16.1 | |
| バイオマス・廃棄物 | 8.5 | 20 | 105 | 306 | 644 | 879 | 1,137 | 0.2 | 1.9 | 3.2 | 12.7 | 7.7 | 2.9 | 4.5 | |
| 水素 | - | - | - | - | - | 361 | 861 | - | - | 2.4 | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. | |
| その他 | - | 0.5 | 1.1 | 2.2 | 2.2 | 2.2 | 2.2 | - | 0.0 | 0.0 | n.a. | 0.0 | 0.0 | 0.0 | |

エネルギー・経済指標他

| | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 1990/2020/2030/2050 | | | |
|--|-------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------------------|------|------|------|
| | 2020 | 2030 | 2050 | 2020 | 2030 | 2050 | 2020 | 2030 | 2050 | 2050 | |
| GDP (2015年価格10億ドル) | 8,639 | 12,321 | 22,351 | 33,275 | 51,724 | 75,676 | 102,672 | 4.6 | 4.5 | 3.5 | 3.8 |
| 人口(100万人) | 4,274 | 5,036 | 5,773 | 6,557 | 7,229 | 7,852 | 8,373 | 1.4 | 1.0 | 0.7 | 0.8 |
| エネルギー起源CO ₂ 排出(100万t) | 9,112 | 10,106 | 17,624 | 20,690 | 21,259 | 17,628 | 12,773 | 2.8 | 0.3 | -2.5 | -1.6 |
| 一人あたりGDP (2015年価格1,000ドル/人) | 2.0 | 2.4 | 3.9 | 5.1 | 7.2 | 9.6 | 12 | 3.1 | 3.5 | 2.7 | 3.0 |
| 一人あたり一次エネルギー消費(toe/人) | 1.0 | 0.9 | 1.2 | 1.3 | 1.4 | 1.3 | 1.2 | 1.1 | 0.3 | -0.7 | -0.4 |
| GDPあたり一次エネルギー消費 ² | 472 | 367 | 319 | 264 | 192 | 133 | 97 | -1.9 | -3.1 | -3.4 | -3.3 |
| GDPあたりCO ₂ 排出量 ³ | 1,055 | 820 | 789 | 622 | 411 | 233 | 124 | -1.7 | -4.1 | -5.8 | -5.2 |
| 一次エネルギー消費あたりCO ₂ 排出(t/toe) | 2.2 | 2.2 | 2.5 | 2.4 | 2.1 | 1.8 | 1.3 | 0.2 | -1.0 | -2.5 | -2.0 |

*1 電力、熱の輸出入を掲載していないため、合計と内訳は必ずしも一致しない。

*2 toe/2015年価格100万ドル。*3 t/2015年価格100万ドル

スライド

第442回 定例研究報告会

IEEJ Outlook 2023

エネルギー・環境・経済

エネルギー安全保障と脱炭素化の両立に向けた挑戦

2022年10月19日 東京

日本エネルギー経済研究所

2050年までの世界エネルギー需給見通し

一般財団法人日本エネルギー経済研究所

計量分析ユニット 計量・統計分析グループ
未広 茂

IEEJ Outlook 2023 とは

- 2050年までの世界全体のエネルギー需給構造を定量化
- 計量経済モデルなどを駆使したフォアキャスト型の見通し
フォアキャスト型は、現在を出発点として、さまざまな前提を置きながら将来を見通す手法。対して、バックキャスト型は、将来目標を置いて、現在からどのように対策を打つべきか考える手法
- 技術・政策等の進展・動向について、シナリオ分析を実施

【レファレンスシナリオ】

現在までのエネルギー・環境政策等を背景とし、これまでの趨勢的な変化が継続するシナリオ

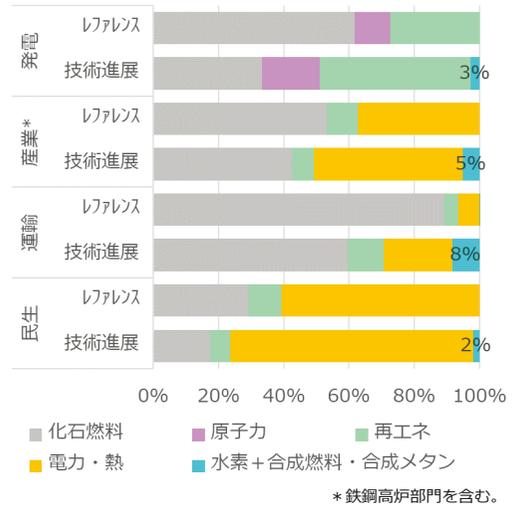
【技術進展シナリオ】

エネルギー安定供給の確保や気候変動対策の強化のため、エネルギー・環境技術が最大限導入されるシナリオ

昨年度の「炭素循環経済/4Rシナリオ」の一部を技術進展シナリオに反映。

- ・水素発電、水素直接燃焼、水素還元製鉄、燃料電池自動車、合成燃料・合成メタンの各技術を想定。
- ・供給は、ブルー水素またはグリーン水素に限定。

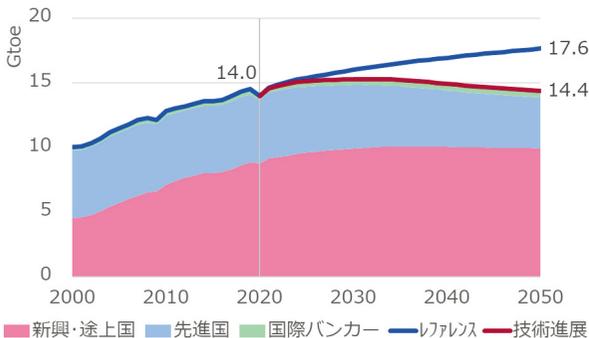
エネルギー消費構成(2050年)



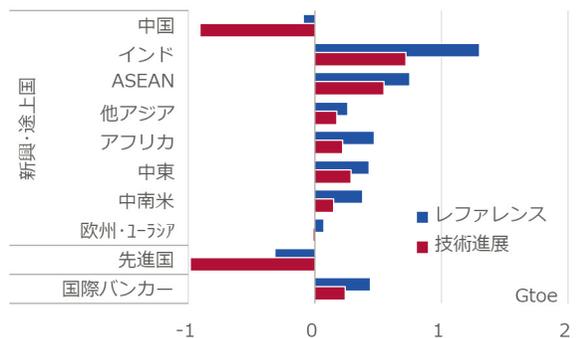
2

エネルギー需要増加の中心はインド・ASEAN

一次エネルギー需要の見通し



一次エネルギー需要の増減量(2020-2050年)

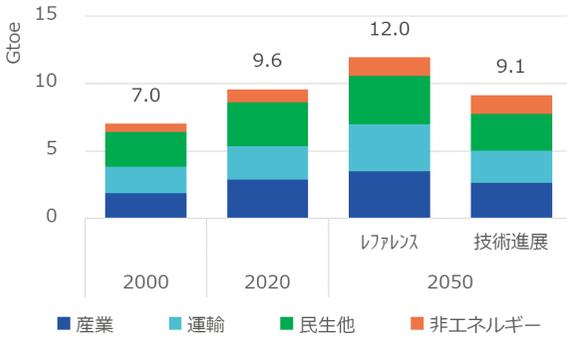


- (レファレンス) 一次エネルギー需要は増加し続け、2050年には1.3倍に。
- (技術進展) 2030年代前半をピークに緩やかに減少する。新興・途上国は2030年代から概ね横ばいで推移。
- どちらのシナリオでも、需要増加の中心はインド・ASEAN。これまで需要増を牽引してきた中国はレファレンスシナリオでも2030年までにはピークアウトする。

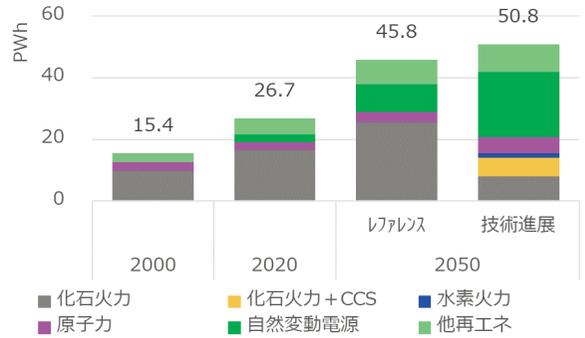
3

省エネと電源の低炭素化が大きく進む(技術進展シナリオ)

最終エネルギー消費の見通し



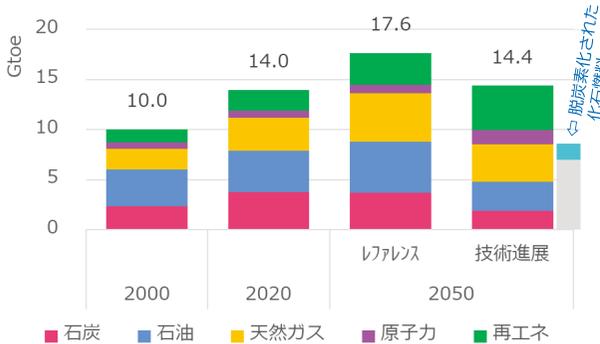
発電量の見通し



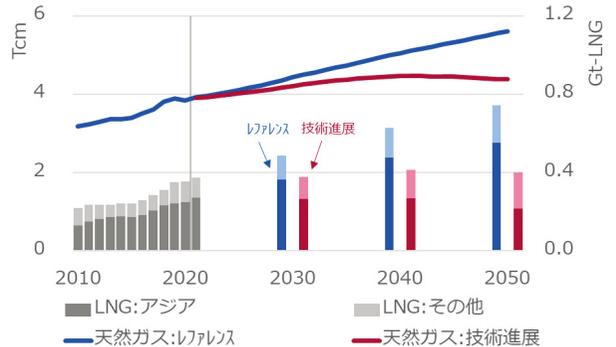
- (レファレンス) 最終消費は1.2倍に増加。増加分の4割以上が運輸部門、エネ源別では6割以上が電力。
- (技術進展) レファレンスに対して23%の省エネ。消費の電化が進み、電力の割合が39%に(2020年20%)。
- 両シナリオとも電力需要は大きく増加。レファレンスでは、再エネ電源とともに化石火力も需要増に対応。技術進展では、再エネ電源の割合は6割に。CCS付き火力を含めたゼロエミッション電源は8割を超える。

化石燃料への依存は続く

一次エネルギー需要の見通し



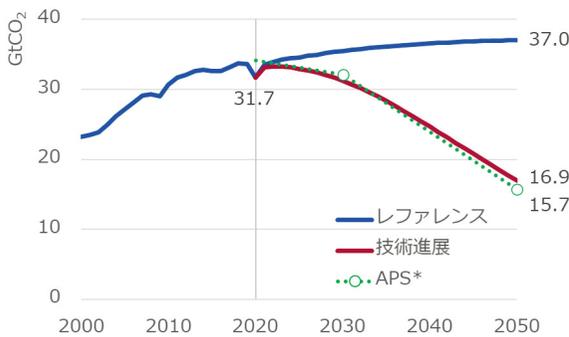
天然ガス・LNG需要の見通し



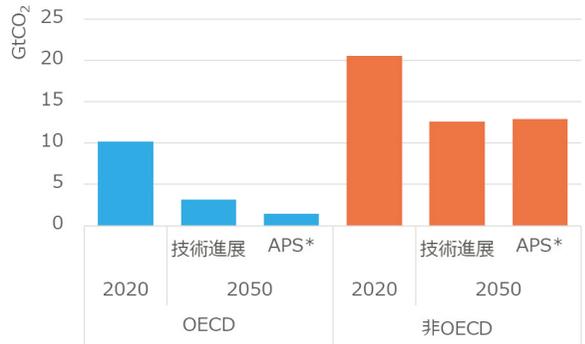
- (レファレンス) 石油は微増続く、天然ガスは1.5倍に増加、石炭は2030年頃をピークに減少。
- 天然ガスは主に発電用の需要が伸び、LNG需要も2倍に増加。特にアジアの需要が牽引する。
- (技術進展) 石油・石炭は2020年代には減少に向かうが、天然ガスは化石燃料の中で唯一現在より増加する。LNG需要は4億トン程度で推移。原子力・再エネはそれぞれ2倍に増加するも、2050年時点での非化石燃料の割合は4割程度。ただし、化石燃料のうち2割程度は脱炭素化(CCS)されている。

カーボンニュートラルの達成は途上国がカギを握る

エネルギー起源CO₂排出量の見通し



地域別CO₂排出量の見通し



- レファレンスシナリオでのエネルギー起源CO₂排出量は増加し続ける。一方、技術進展シナリオでは2020年代前半にピークアウトし、2050年には17GtCO₂まで減少。各国のカーボンニュートラル宣言を織り込んだAPS*と同程度のパスとなる。
- 技術進展でもAPS*でも非OECD全体の排出量は4割減程度にとどまる。世界大のカーボンニュートラルの達成は途上国での排出削減がカギを握る。また、先進国も宣言通りに進められるかどうかにも注視が必要。

* APS: Announced Pledges Scenario (updated)、各国が表明した政策目標が実現した場合の推計。工業プロセス分を含む。IEA “World Energy Outlook 2021” (2021年10月) 及び “Technical note on the emissions and temperature implications of COP26 pledges” (2021年11月) よりエネ研推計。

まとめ

- 世界の需要増加を牽引してきた中国のエネルギー需要は2030年ごろまでにはピークを迎え減少に転じる。代わって、インド・ASEANが需要増加の中心になる。
- 現状追認の世界(レファレンス)でも、脱炭素化が進む世界(技術進展)でも、電力需要は大きく増加する。電力の安定供給・セキュリティの重要性は今後ますます高くなる。
- 化石燃料への依存は続く。レファレンスシナリオでは2050年時点で8割、技術進展シナリオでも6割(うち2割程度は脱炭素化されている)は化石燃料が占める。化石燃料の安定供給は引き続き重要な課題として残る。
- 技術進展シナリオでも2050年世界カーボンニュートラル実現には程遠い。特に、途上国における省エネルギー及び脱炭素化のさらなる推進が世界の脱炭素化進展のカギを握る。

新情勢下のエネルギー安全保障問題 の課題と対応戦略

一般財団法人日本エネルギー経済研究所

戦略研究ユニット 国際情勢分析第1グループ

久谷 一朗

新たな情勢

- 近年、エネルギー・気候政策の議論の中心は気候変動問題にあった。
- しかしここ1年ほどの間、エネルギー安全保障の危機がこれまでになく高まっている。
 - 気象(2021年春の低気温、長期に渡る風況の悪化)や偶発的な要因(故障などによる天然ガス供給力の低下)などから、2021年央以降に欧州のエネルギー価格が高騰。
 - 2022年2月にロシアがウクライナに侵攻。その後西側諸国は、ロシア産エネルギーの(段階的な)禁輸を決定。ロシアも対抗措置として、自身のエネルギー輸出を武器として利用(輸出力の削減、資産の接収)。
 - 天然ガスを中心に、物理的なエネルギー供給の不足が現実の脅威に。
 - 出口の見えない紛争が地政学リスクを高めていることも加わり、あらゆる化石燃料の国際価格が歴史的な高値で推移。
 - 途上国では、輸入エネルギーの価格高騰が財政をひっ迫し、燃料調達に支障をきたす例も。
- エネルギー安全保障は人々の生活とあらゆる経済活動の基盤であり、少なくとも短期的にはエネルギー供給の確保を最優先とせざるを得ない事態となっている。
- ただし気候変動対策も待ったなしの状況にあり、**如何にエネルギー安全保障と気候変動対策を両立するかが問われている。**

本報告のポイント

1. ウクライナ危機とエネルギー転換を踏まえたエネルギー安全保障戦略

- ✓ 日本は、ロシア産LNGについて、引き続き調達維持を図りつつ、不測の事態に備える対応が必要。「ゼロサムゲーム下の争奪戦」を回避するため、LNGの役割や上流投資の重要性を再認識し、供給の拡大に具体的に取り組む必要がある。
- ✓ アジアでは、先ず石炭から天然ガスへと転換していく段階を追った脱炭素が、再エネの利用可能量や統合コストを加味した経済性などを勘案すれば現実的な道筋と考えられる。天然ガス・LNG投資の促進が現実化すれば、市場安定化とともに、アジアのエネルギー転換による地域経済への悪影響を回避。
- ✓ 化石燃料の脱炭素化ではブルー水素・アンモニアの果たす役割が大きい。天然ガスの高値はこれらの競争力を失わせる。そのため、ブルー水素・アンモニア導入を確保するためにも天然ガス市場の安定化が必要。

2. 電力安定供給強化への対応と原子力発電の重要性

- ✓ 先進諸国では電源構成の偏りと供給余力の減少により、熱波や寒波、地震などリスクへの脆弱性が高まっている。燃料価格高騰や燃料供給国リスクにより燃料不足に起因するkWh不足も問題になっており、安定供給確保が課題になっている。
- ✓ エネルギー安全保障の重要性が高まるなか、原子力発電の役割が見直され、新設計画が進められている。世界市場では中露による建設が現状では優勢。西側諸国企業には現在のプロジェクトから得た反省を次に生かすことが求められる。

3. クリティカルミネラル問題とエネルギーおよび経済安全保障

- ✓ 電気自動車、再エネ、蓄電池等の導入拡大に伴いリチウム等のクリティカルミネラルの需給が逼迫する可能性がある。安定供給に向けて、新規鉱山開発、資源外交の強化、リサイクルの促進、シフト技術開発等多面的な対応が求められる。また、クリティカルミネラルの供給と加工は特定の国への依存が高く、サプライチェーンの分散化も取り組むべく課題。

4. グリーン投資による経済への影響

- ✓ 現実世界では、資金的な余裕の有無や産業構造の違いによって、「グリーン成長」が実現しない場合もある。負の経済影響をいかに抑えるか、また国家間・産業間で異なる影響をいかに平準化するかが重要である。

報告の構成

1. ウクライナ危機とエネルギー転換

2. 電力安定供給強化への対応と原子力発電の重要性

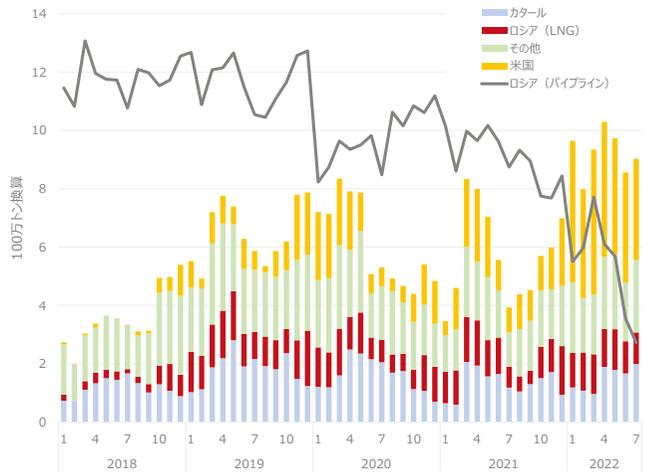
3. クリティカルミネラル問題とエネルギーおよび経済安全保障

4. エネルギー転換におけるグリーン投資の重要性とその経済分析

1.1 天然ガスの脱ロシア依存に向けた対応戦略の課題

- 欧州連合の脱ロシア方針は、日本と事情が違ふ。
 - ✓ EU諸国はロシア産天然ガス依存度が高かったが、日本のロシア産LNG導入は寧ろ供給源多様化が主題だった
- EUは2027年までに脱ロシア依存との方針だが、それまでの間も安定供給を確保しなくてはならない。
 - ✓ 短期的には代替供給確保が不確実な中、ロシアの揺さ振りに曝される。
 - ✓ 世界LNG市場の逼迫を招いている。
- 日本にとって、Sakhalin 2 LNG は、出資参加・供給とも継続確保が望ましい。
 - ✓ 一方で、出資参加・供給を失う事態に備えた対策が急務。

EU・英国向けLNG、ロシア産パイプラインガス供給の推移



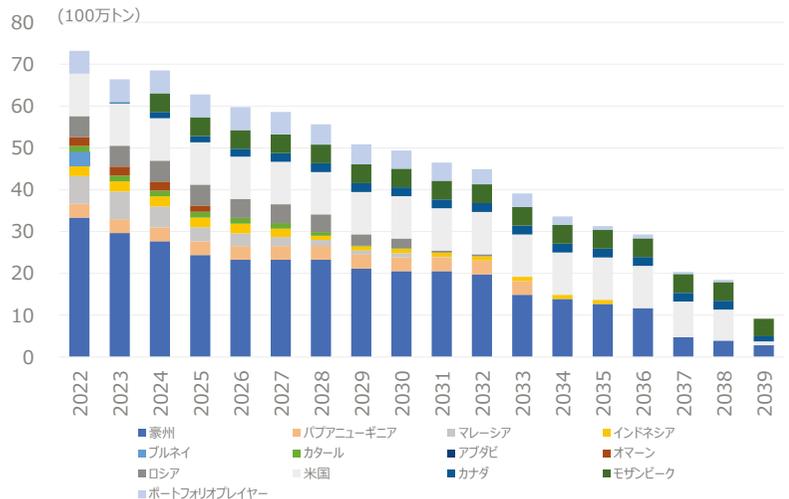
出所: Cedigaz LNG Services, Eurostat, 英国貿易統計, Gazpromより作成

1.1 天然ガスの脱ロシア依存に向けた対応戦略の課題

[日本にとっての対策課題]

- 2025年までは、他プロジェクトからの供給確保、ポートフォリオプレイヤー供給確保に期待。
- 2026年以降は、新規プロジェクト含めた他供給源でのLNG長期契約確保・これらプロジェクトを支える投資確保が肝腎。
- ロシアにおける新規開発案件は後退。投資先・調達源としてのロシアの将来の信頼回復への道筋はさらに遠のく。
- 将来の布石としても、同プロジェクトへの出資参加・同プロジェクトからの調達とも、契約に基づく正当な権利であり、一方的なロシア側通告により脅かされる理由はないことを内外に明示するべき。

日本企業のLNGターム契約確保量の見通し

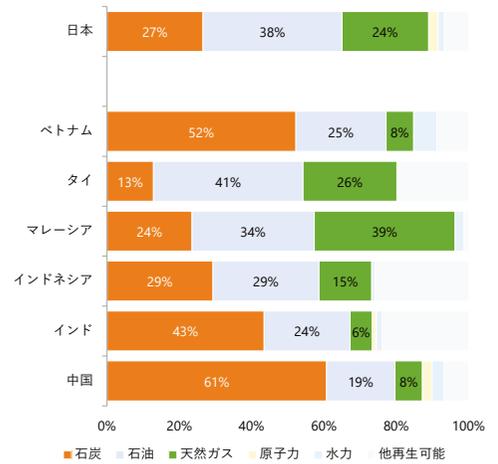


出所: 各種資料をもとに推計

1.2 アジアのエネルギー転換と エネルギー安全保障における天然ガスの役割と課題

- アジアでもカーボンニュートラル（CN）宣言を行う国が増えているが、実現手段は不明確。
例) 中国2060年、印2070年、インドネシア2060年、ベトナム2050年
- アジア諸国のエネルギー需給構造は炭素集約度が高く、CNの実現に向けては、今後30-40年という限られた時間のなかで大胆な需給構造改革を行う必要。
- 加えて、途上国には固有の課題も存在。
 - ✓ 今後もエネルギー需要が増え続けるのは必至であり、大量のエネルギーを安定供給する必要。
 - ✓ 貧困層を多く抱える国もあり、また産業育成の観点からも低廉なエネルギー供給が不可欠。
- アジアのエネルギー転換には課題が存在。
 - 急激なエネルギー需要増加に 대응するうえで再エネは力不足。
 - 国によっては再エネの利用可能量が限られていることも。
 - エネルギーの低廉性が強く求められ、再エネの系統統合コストが課題に。

アジア主要国のエネルギーミックス



出所:IEA “World Energy Balance 2022”より作成

1.2 アジアのエネルギー転換と エネルギー安全保障における天然ガスの役割と課題

- 天然ガスの特徴（※）を活かした二段階の脱炭素シナリオは、エネルギー転換の課題（前頁参照）を抱えるアジアの現実解となり得る。ただし、課題も存在。
※ 大量のエネルギーを安定供給可能。石炭からの転換によって低炭素化が可能。

天然ガスの特徴を活かしたアジアの脱炭素

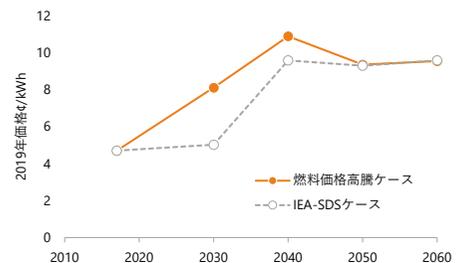
第1段階：石炭から天然ガスへの転換によって、エネルギー需要の充足と低炭素化を両立
第2段階：開発中の様々な技術（水素、CCUS）の商業化によって、天然ガス投資の座礁資産化を回避しつつ脱炭素化。

天然ガスの課題

- 価格の高騰から天然ガスの経済性が低下。
- 高値が長期間続くとすれば、他の脱炭素エネルギーへの投資が進むことで天然ガスの役割が縮小していく懸念。

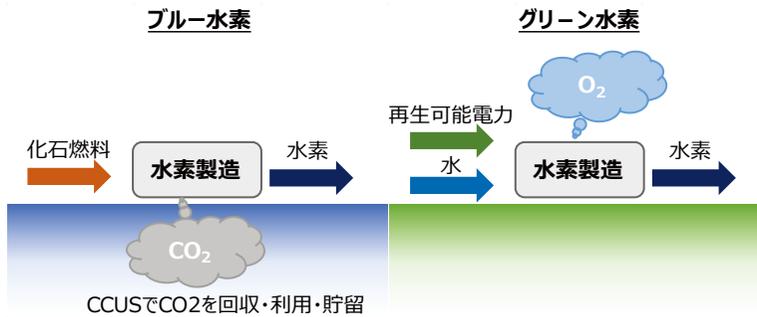
- 天然ガス投資への制約が高値を誘発するとすれば、アジアのエネルギー転換/安全保障はより高コストになり（右図）、アジアの経済力を相対的に弱めることになりかねない。
- 天然ガス・LNG投資の促進は、目下不安定化している市場の安定化のみならず、アジアのエネルギー転換/安全保障コスト抑制や地域経済への悪影響回避にも貢献。
- そのため、天然ガスを適切に利用するための環境整備が必要。
 - トランジションエネルギーとしての位置づけの明確化
 - 天然ガス関連投資の促進
 - 天然ガスを脱炭素利用する技術（CC(U)S、水素・アモニア）の支援

化石燃料価格が
ASEANの電力限界費用に及ぼす影響



1.3 化石燃料（天然ガス）脱炭素化に向けた市場安定化の重要性

- 化石燃料の脱炭素化において中心的な役割を果たすブルー水素・アンモニア
 - ブルー水素/アンモニアには、水素・アンモニア導入初期に市場を形成する役割も期待。（グリーン水素/アンモニアは量と価格の両面で導入初期の難易度が高い）
 - しかし、ガスが高値だとブルー水素/アンモニアが競争力をもちえず、シナリオが成立しないため、ブルー水素・アンモニアの導入を確保するためにも天然ガス市場の安定化が必要

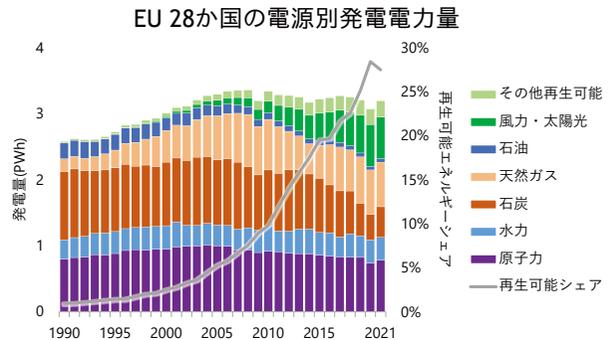


報告の構成

1. ウクライナ危機とエネルギー転換
2. 電力安定供給強化への対応と原子力発電の重要性
3. クリティカルミネラル問題とエネルギーおよび経済安全保障
4. エネルギー転換におけるグリーン投資の重要性とその経済分析

2.1 市場自由化及び再エネ大量導入と 燃料高騰下における電力安定供給の課題

- 先進諸国では電力自由化、脱炭素政策の推進・再生可能エネルギー発電導入拡大及び2020年までの低廉な一次エネルギー価格により、2010年代を通じて電源構成が大きく変化し、従来型の発電設備が減少傾向にある。全体的に供給余力が減少しており、ショックに対する脆弱性が高まっている。
- ショックには熱波、寒波、地震、風況の悪化の長期化等があり、それらショックが生じた場合に需給が悪化しやすくなっている。そうした例としては2020年～2022年のカリフォルニアISO夏季の熱波による需給ひっ迫、2021年2月テキサス州ERCOTでの寒波による計画停電、2022年3月・6月東京エリア需給ひっ迫（地震による発電設備停止に寒波や熱波が重なる）等が挙げられる。
- 先進諸国では供給力の確保に対して対価を支払う仕組みである容量市場を導入することで新規投資の確保や既存設備の維持を図る国・地域が増えたが、そうした国・地域でも実際に需要が高まる時期に十分な供給力を確保できない例も出てきている。
- 経済性を理由とした発電設備の撤退は予見が難しく、長期の信頼度評価が困難になると共に新規発電投資が難しくなっている。英国では脱炭素と安定供給を両立できる技術について、次世代技術であることから個別の特性を考慮した支援制度を通じた導入を試みているが、他の国・地域でも同様の動きが広がる可能性が高い。



18

2.1 市場自由化及び再エネ大量導入と 燃料高騰下における電力安定供給の課題

- 脱炭素への取り組みの中で石炭火力を政策的に廃止する国が多い欧州では、2021年秋頃から風力発電が低出力となり、天然ガス価格の上昇に伴う卸電力スポット価格が高騰している。これにロシアのウクライナ侵攻が加わったことで危機が長期化している。2022年夏季は熱波が重なったことで発電設備停止や出力低下により供給余力が一段と厳しくなっている。冬に向けてロシアからのガス供給が不足した場合に電力不足を招く可能性がある。
- 石炭火力の割合が高い中国やインドでは、2021年・2022年に石炭不足による計画停電も発生している。2021年1月に日本でもLNG不足により卸電力スポット価格が高騰した。これらはいずれも燃料制約に伴う「kWh不足」という問題である。従来型のkW不足に引き続き対応が必要だが、加えてkWh不足への対応も必要となっている。
- これまで安定供給は供給力の十分性（kW不足の可能性）を評価してきたが、kWh不足の問題は燃料供給国のリスクなど定量評価が難しい。政策的な対応を図る上でもこうしたkWh不足リスクの定量評価が今後の大きな課題である。

19

2.2 新情勢下で新たな脚光を浴びる原子力利活用推進に向けた動きと今後の課題

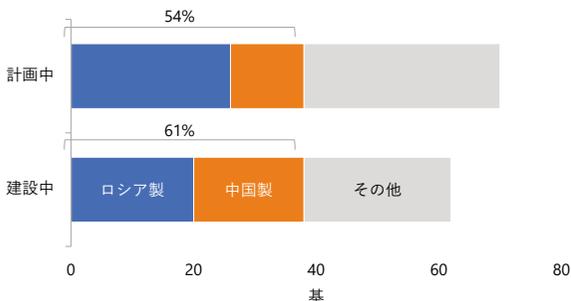
- 原子力発電には、ゼロエミッションのベースロード電源としての期待がある。加えて、足元でエネルギー安全保障への要請が強まるなか、原子力発電はその特徴を活かした役割を果たし得る。
- イギリスやフランスの例では、野心的な政策目標の実現に向けて、自由化の流れから一部乖離するような大胆な施策を打ち出しており、日本のエネルギー政策を考えるうえで重要な示唆を含んでいる。

| イギリスの例 | フランスの例 |
|---|--|
| <p>【原子力の必要性を堅持】</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 2022年4月初頭にエネルギー安全保障戦略を発表。この戦略では原子力について、2050年までに最大24 GWを導入し、電力供給量の25%を賅うという野心的な目標を盛り込んだ。 <ul style="list-style-type: none"> ✓ 年々増加する風力発電の出力が想定通りにならない場合の備えが必要であり、かつ将来的には天然ガスを含む化石燃料への依存から脱却しなければならないため、安定的な発電が可能な原子力が改めて着目されたと考えられる。 <p>【支援策】</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 新設の推進に向けた支援制度の見直し（RABモデル）を検討中。 <ul style="list-style-type: none"> ✓ 現在採用されている支援措置（差額決済制度：CfD）は、実際に発電を開始してはじめて支援を受けられる仕組みとなっており、建設段階で大規模な投資と長い年月を要する原子力発電の不確実性を十分に抑制できない。 | <p>【長期的な視点に立脚した戦略】</p> <ul style="list-style-type: none"> ● （露によるウクライナ侵攻前の）2022年2月にマクロン大統領は、改良型欧州式加圧水型炉（EPR2）を最低6基建設し、追加でさらに8基の建設を検討すると発言。 <ul style="list-style-type: none"> ● 送電系統運用会社RTEが2021年10月に発表した分析結果を踏まえた戦略と考えられる。 ● 長期的な電源構成に関するシナリオ分析。原子力の新設なくしてカーボンニュートラルを実現するために必要な再生可能エネルギーの導入は非現実的とした上で、原子力の新設を想定するシナリオでは（行わないシナリオと比較して）統合コスト等を含めた電力システムの総コストが明確に安価になることを示している。 ● 原子力をめぐる意思決定や建設には長期を要するため、長期的な視点のもとでの計画策定と遂行が理想的。 <p>【国家主導による遂行体制の強化】</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 2022年7月にポルヌ首相は、低炭素化を強力に推進するためにフランス電力（EDF）を100%国有化する方針を発表。 |

20

2.2 新情勢下で新たな脚光を浴びる原子力利活用推進に向けた動きと今後の課題

- 原子力分野でも脱ロシア依存の動きは見られるものの、依然として世界の原子力市場は中露が優勢（下図）。
 - フィンランドはハンキビ1号機の建設に関する契約を破棄、ウクライナはウエスティングハウス製の軽水炉を計9基導入する方針である。ウクライナの隣国であるポーランドも、米国やフランスの企業と協力関係を構築。
 - 他方で中国、インド、トルコ、バングラデシュ、ハンガリー、エジプトなどではロシア製原子炉の建設が進行中。
- 欧米諸国では直近の数十年間は新設プロジェクトの件数が激減し、建設のノウハウが失われたことなどにより、新設の遅延やコスト超過が見られる。
 - エネルギー安全保障が重視されるようになってきていることが事実としても、それだけを理由に西側諸国の企業が商機を掴むことができるとは考えにくい。現行プロジェクトの反省点を生かせるか否かが鍵となる。



世界の建設中・計画中原子炉 (2022年1月1日)

出所：日本原子力産業協会『世界の原子力発電開発の動向』2022年版より集計・作成

21

報告の構成

1. ウクライナ危機とエネルギー転換
2. 電力安定供給強化への対応と原子力発電の重要性
3. クリティカルミネラル問題とエネルギーおよび経済安全保障
4. エネルギー転換におけるグリーン投資の重要性とその経済分析

分析のフレームワーク

- クリティカルミネラルの需給バランスの分析を実施。
 - ➡ 時系列で需要量と供給量の比較、累積需要量と資源埋蔵量+リサイクル供給量の比較（～2050年）

[対象技術と対象鉱種]

- カーボンニュートラル（CN）技術：再エネ、定置用蓄電池、電気自動車、燃料電池自動車、水電解等（従来技術代替によるクリティカルミネラル減少分も考慮。非カーボンニュートラル用の需要も考慮）
- クリティカルミネラル：銅、リチウム、ニッケル、コバルト、グラファイト、シリコン、ジスプロシウム、ネオジウム、プラチナ、パラジウム、ロジウム、バナジウム

[方法]

- 需要量 = CN技術の導入量 × 必要な鉱物資源の原単位 - 代替される従来型技術 × 必要な鉱物資源の原単位
- 供給量 = 鉱山からの生産量 + リサイクル供給量。
 鉱山からの生産量 = $f(\text{鉱山の開発ステージ, 生産キャパシティ})$ 。
 リサイクル量 = 廃棄量 × 製品回収率 × 再資源化率

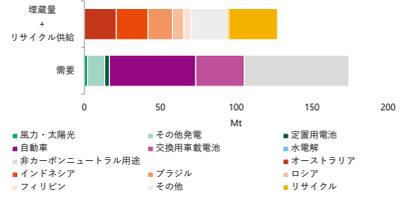
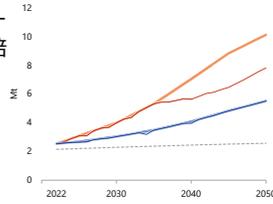
分析結果：NiとLiを例に

需給見通し

累積需要と埋蔵量(+リサイクル供給)の比較

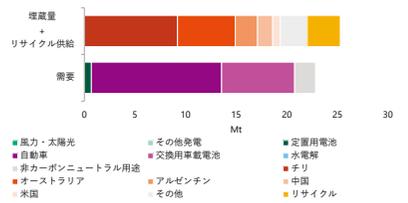
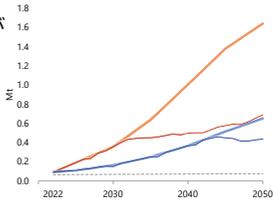
ニッケル (Ni) (リチウムイオン電池に使用)

- 自動車の電動化が大きく進む技術進展シナリオ (ATS) では2050年までに現在の3倍以上に需要が増大。
- ATSでは、2035年頃に需要量が供給量 (鉱山生産+リサイクル) を上回る。
- 2050年までのATSの累積需要量は埋蔵量 (+リサイクル供給) を上回る。



リチウム (Li)

- 主に電動自動車の増加に伴い大きく需要が伸びる。ATSでは、2050年までに現在の10倍以上に増大。
- ATSでは、2030年頃に需要量が供給量 (鉱山生産+リサイクル) を上回る。
- 2050年までのATSの累積需要量は埋蔵量 (+リサイクル供給) をやや下回る程度。



IEE © 2022

クリティカルミネラルの偏在性

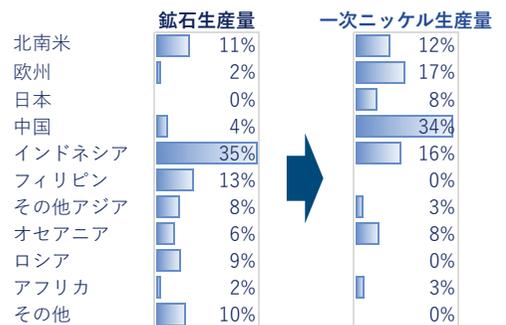
- 多くのクリティカルミネラルの埋蔵量は特定の国に偏在。
- ただし、鉱石生産とその下流の工程の国別分布は異なることが多い。例えば、ニッケルの鉱石生産量はインドネシアのシェアが最も大きいですが、精錬後の一次ニッケルの生産量は中国のシェアが最大である。

埋蔵量の国別シェア

| | Cu (銅) | Co (コバルト) | Ni (ニッケル) | Li (リチウム) | V (バナジウム) | PGM (白金族) | REO (レアアース) |
|--------|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------------|
| 米国 | 5% | 1% | 0% | 3% | 0% | 1% | 2% |
| カナダ | 1% | 3% | 2% | 0% | 0% | 0% | 1% |
| メキシコ | 6% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| ブラジル | 0% | 0% | 17% | 0% | 1% | 0% | 18% |
| ペルー | 9% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| チリ | 23% | 0% | 0% | 42% | 0% | 0% | 0% |
| アルゼンチン | 0% | 0% | 0% | 10% | 0% | 0% | 0% |
| キューバ | 0% | 7% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| 豪州 | 11% | 18% | 22% | 26% | 25% | 0% | 3% |
| インドネシア | 3% | 8% | 22% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| フィリピン | 0% | 3% | 5% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| ベトナム | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 18% |
| 中国 | 3% | 1% | 3% | 7% | 40% | 0% | 37% |
| カザフスタン | 2% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| ロシア | 1% | 3% | 8% | 0% | 21% | 6% | 18% |
| ジンバブエ | 0% | 0% | 0% | 1% | 0% | 2% | 0% |
| コンゴ | 4% | 46% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| 南アフリカ | 0% | 0% | 0% | 0% | 15% | 90% | 1% |
| その他 | 33% | 9% | 21% | 11% | 0% | 0% | 4% |

注: USGS Mineral Commodity Summaries 2022から作成

ニッケルの鉱石生産量と一次ニッケル生産量の国別シェア(2019年)

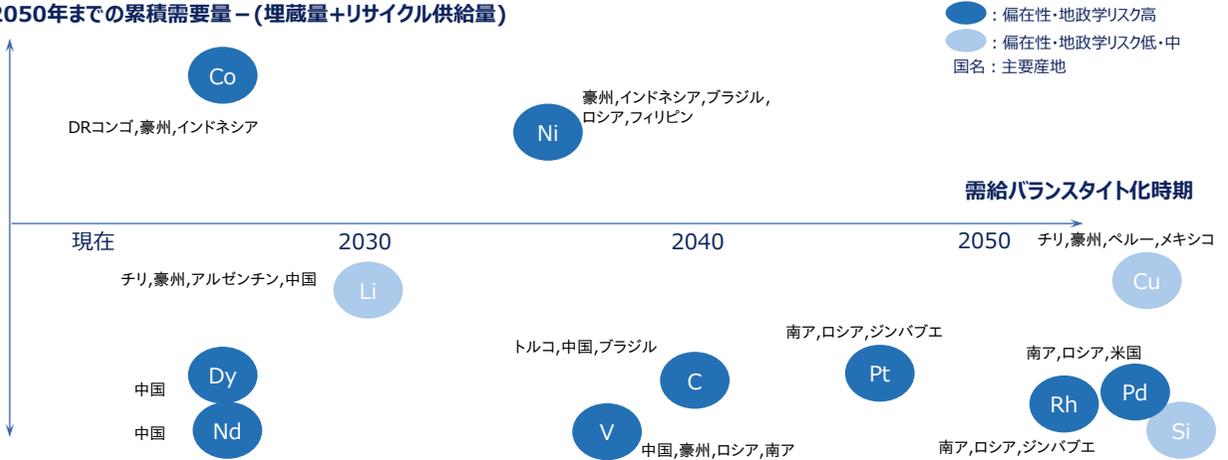


IEE © 2022

需給バランス（技術進展シナリオ）

- 埋蔵量+リサイクル<累積需要(～2050年)：ニッケル、コバルト
- 早期の供給不足の懸念：リチウム、コバルト、ネオジム、ジスプロシウム
- 偏在性・地政学リスク：ニッケル、コバルト、グラファイト、PGM、ネオジム、ジスプロシウム、バナジウム

2050年までの累積需要量－(埋蔵量+リサイクル供給量)



注：Cu(銅)、Li(リチウム)、Si(シリコン)、Ni(ニッケル)、Co(コバルト)、C(グラファイト)、Pt(プラチナ)、Pd(パラジウム)、Rh(ロジウム)、Nd(ネオジム)、Dy(ジスプロシウム)、V(バナジウム)

26

【参考】クリティカルミネラルの主な用途

| 鉱種 | 主な用途 |
|-------------|---------------------------------------|
| Cu(銅) | 風力、太陽光発電、電動自動車、蓄電池。ただし、CN技術以外での利用が多い。 |
| Li(リチウム) | リチウムイオン蓄電池 |
| Si(シリコン) | 太陽光発電。ただしCN技術以外での利用が多い。 |
| Ni(ニッケル) | リチウムイオン蓄電池。ただし、ステンレス鋼や耐熱鋼が主要な用途。 |
| Co(コバルト) | リチウムイオン蓄電池。特殊鋼 |
| C(グラファイト) | リチウムイオン蓄電池。金属用坩堝、鋳型、電気炉電極等 |
| Pt(プラチナ) | 自動車排ガス触媒、燃料電池や水電解装置の電極触媒 |
| Pd(パラジウム) | 自動車排ガス触媒、燃料電池や水電解装置の電極触媒 |
| Rh(ロジウム) | 自動車排ガス触媒 |
| Nd(ネオジム) | 電動自動車のモーター、風力発電所の発電機内の磁石 |
| Dy(ジスプロシウム) | 電動自動車のモーター、風力発電所の発電機内の磁石 |
| V(バナジウム) | レドックスフロー電池の電解液。CN技術以外では鉄鋼への添加剤が主 |

27

求められる対応

- 技術進展シナリオにおいて、ニッケルやコバルトは2050年までの累積需要量が埋蔵資源量(+リサイクル供給)を上回る。また、リチウム、コバルト、ネオジム、ジスプロシウムでは2030年頃までに需要が供給を上回る。
- これらのクリティカルミネラルに対しては、既存鉱山での増産や新規鉱山開発と併せて、リサイクル率の向上に資する技術開発が求められる。
- クリティカルミネラルの確保について、従来型の権益取得や長期売買契約のみならず、リサイクル技術やシフト(不使用・削減)技術の開発を進める必要がある。また、クリティカルミネラルの分散化も重要である。
- 現在、クリティカルミネラルの供給は数カ国による寡占状態にある。資源供給国における資源開発プロジェクトや資源輸出に関する新たな規制・税制の導入は需要国への供給制約に繋がる恐れがある。そのため、資源供給国の政策動向には十分に注意を払う必要がある。また、精錬等の加工が中国等の特定の国に集中していることから、サプライチェーンの分散化も取り組むべき課題である。
- 資源供給国の政策やリサイクル・シフト技術開発の見通しには、いずれも不確実性が伴う。エネルギー・経済安全保障の観点やクリティカルミネラルの持続可能性を踏まえた技術選択のバランスが重要。

報告の構成

1. ウクライナ危機とエネルギー転換
2. 電力安定供給強化への対応と原子力発電の重要性
3. クリティカルミネラル問題とエネルギーおよび経済安全保障
4. グリーン投資による経済への影響

分析の背景

「IEEJ Outlook 2022」で、カーボンニュートラルに向かう過程において、考慮すべき諸課題について提起した。

- ・気候変動対策への投資が、排出削減と経済成長の好循環を形成するという「グリーン成長」が期待されているが、その効果は国や主体によって異なる可能性がある
- ・そのことが、新たな格差（①先進国間での格差と途上国間での格差、②先進国と途上国との間での格差、③化石燃料の輸出に依存している国とそうではない国との間での格差、④同じ国の国民・市民の中での格差）を生じさせる可能性がある

「IEEJ Outlook 2023」では、上記の分析を踏まえ、気候変動対策への投資（グリーン投資）が、各国・地域にどのような影響を与え、また、どのような格差が生じるのかを、定量的に評価した。

分析手法

- 気候変動対策への投資(グリーン投資*)が、各国経済にどのような影響を与えるのか定量的に評価

*レファレンスシナリオに対する技術進展シナリオの投資差額を適用する。

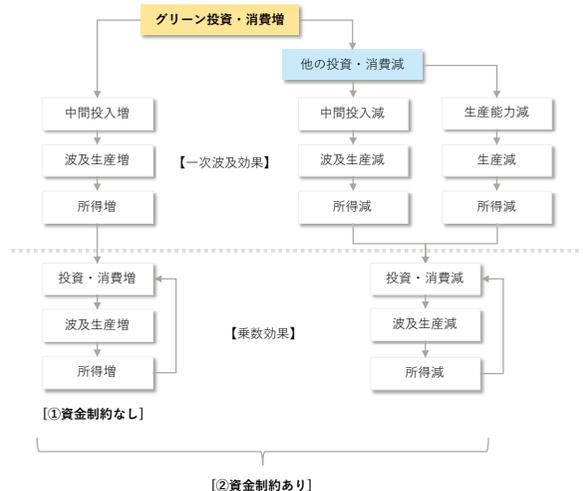
《2ケースを実施》

①資金制約なし

追加的なグリーン投資は、それだけで正の波及効果をもたらし、さらに、需要増→所得増→消費増を通じた乗数効果も期待される(グリーン成長の基本的な考え方)

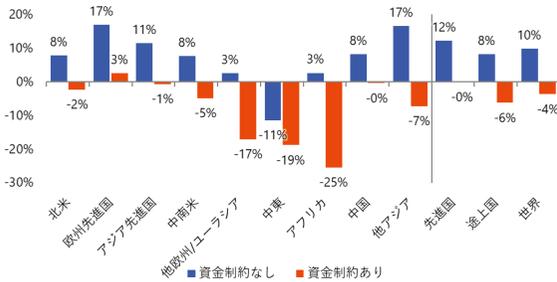
②資金制約あり

投資資金には制約があり、グリーン投資に支出した分、他の投資が減じられる。さらに、グリーン投資自体は生産能力拡大投資ではないので、他の投資減少による生産能力の減少を通じて生産・所得が減少することも考慮。



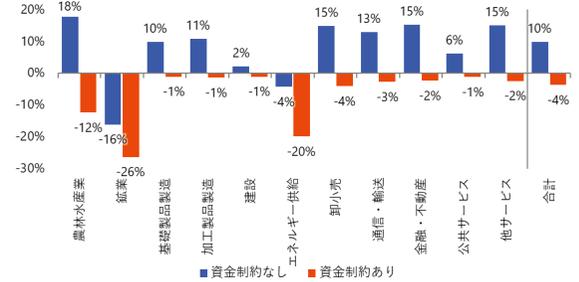
資金制約がある場合、グリーン成長は期待できない

生産額の増減率(地域別、REF比) [2050年]



- 資金制約なしの場合、世界の生産額は9.8%増加、一方、制約ありの場合は3.7%減少する。
- 制約の有無に関わらず、鉱業(化石燃料)への依存が高い中東などの生産額は減少する。
- 先進国はグリーン成長を享受しやすく、途上国はそうではない。

生産額の増減率(産業別、REF比) [2050年]



- 資金制約の有無に関わらず、化石燃料供給に関わる鉱業、エネルギー供給の生産額は減少する。
- GDPは資金制約なしは年平均0.4%加速、制約ありは同0.1%減速
(IEAのネットゼロシナリオの分析では2020年代に同0.4%の加速*)。

* IEA(2021), Net Zero by 2050 - A Roadmap for the Global Energy Sector

32

まとめ

- グリーン投資による「グリーン成長」が期待されているが、資金制約がある場合には、多くの国でグリーン成長を享受できない。
- 資金制約の有無にかかわらず、先進国はグリーン成長を享受しやすいのに対して、新興・途上国は必ずしもそうではない。現実世界では、資金に余裕がある先進国と余裕のない途上国があり、両者間で経済格差がより広がる可能性がある。
- 円滑な資金調達には、政府予算だけでなく、民間資金を主体とするグリーンファイナンスを活用していく必要がある。リスクを抑え、投資意欲を促進するためには、環境政策の方向性を明確にすることが重要である。
- 化石燃料輸出への依存が高い経済においては、資金制約の有無にかかわらず、負の影響を受ける。化石燃料産業依存からの脱却が必要であり、衰退する産業から他産業への円滑な労働移動のためには、労働者の再教育(リスキング)が重要になる。
- 低炭素社会を目指す世界では、国家間・産業間の新たな格差が生じる可能性がある。負の経済影響をいかに抑えるか、また国家間・産業間で異なる影響をいかに平準化するかが重要である。資金制約の有無の違いが格差の拡大につながるのであれば、資金に余裕のない新興・途上国に対して、余裕のある先進国が資金支援をしてゆくことも必要。

ご清聴ありがとうございました。

資料作成

橋本裕 化石エネルギー・国際協力ユニット ガスグループ (1.1)

小林良和 化石エネルギー・国際協力ユニット CCUSグループ (1.3)

小笠原潤 電力・新エネルギーユニット (2.1)

木村謙仁 戦略研究ユニット 原子力グループ (2.2)

柴田善朗 電力・新エネルギーユニット 次世代エネルギーシステムグループ (3.1)

末広茂 計量分析ユニット 計量・統計分析グループ (3.1, 3.2)

付属資料

IEEJ Outlook 2023 IEEJ © 2022

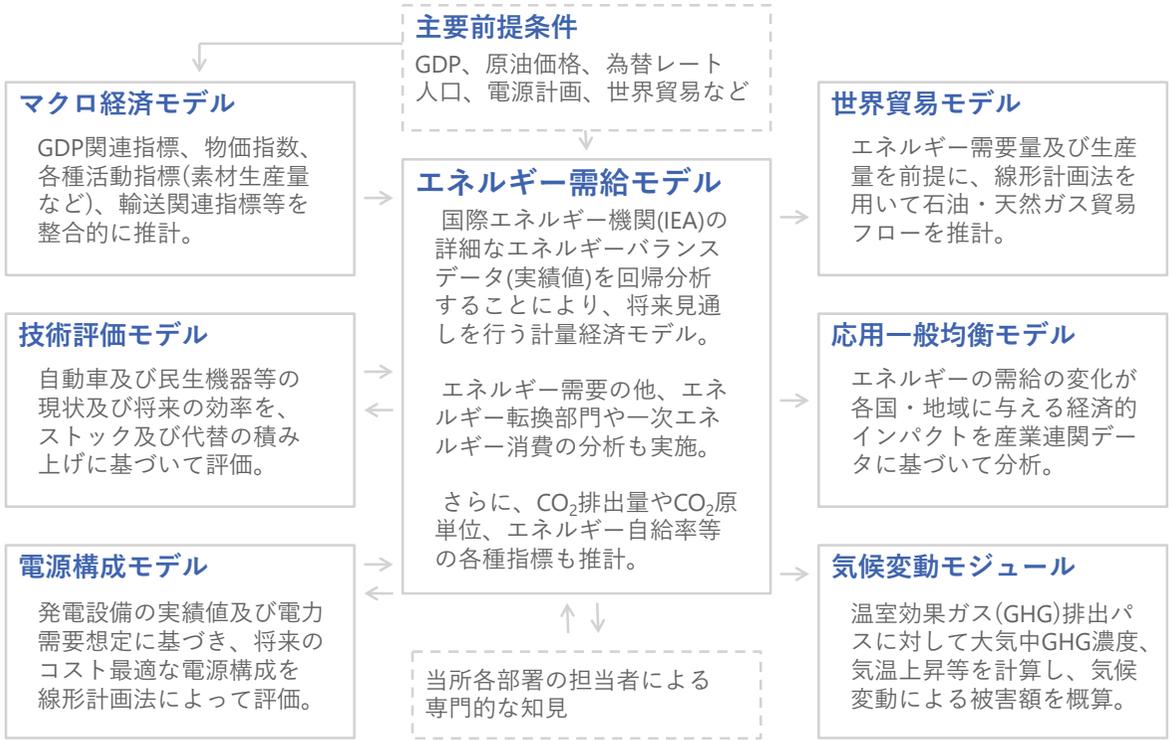
地域区分

- 世界を42か国・地域および国際バンカーに区分
- 特にアジアは15か国・地域、中東は8か国・地域と詳細に区分



IEEJ Outlook 2023 IEEJ © 2022

モデルの構造



IEEJ Outlook 2023 IEEJ © 2022

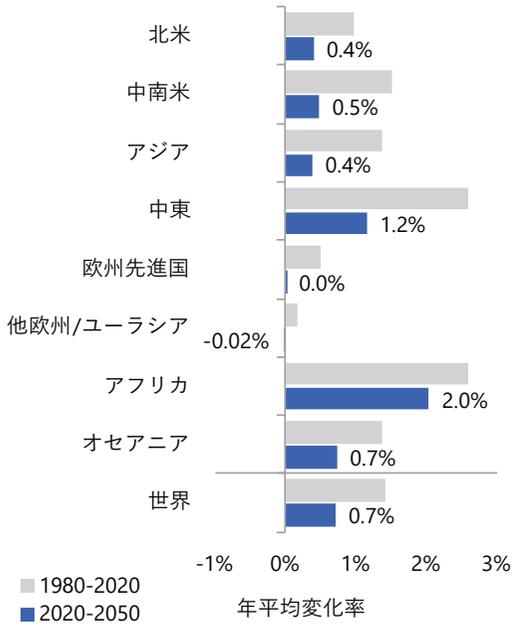
IEEJ Outlookの基本シナリオ

| | レファレンスシナリオ | 技術進展シナリオ |
|------------|---|--|
| | 現在までのエネルギー・環境政策等を背景とし、これまでの趨勢的な変化が継続するシナリオ。急進的な省エネルギー・低炭素化政策は打ち出されない | 各国がエネルギー安定供給の確保や気候変動対策の強化のため、強力なエネルギー・環境政策を打ち出し、それが最大限奏功するシナリオ |
| 社会経済構造 | 人口増加率は低下するものの、新興・途上国を中心に安定した経済成長 経済構造の変化は連続的、産業のサービス化が進展 所得水準の向上により、家電、自動車等のエネルギー消費機器が大きく普及 | |
| 国際エネルギー価格 | 原油：需要増に伴い、生産費用が上昇 ガス：欧米亜市場の価格差が縮小 石炭：脱炭素による需要減により低下 | 省エネの進展や、脱炭素による需要減により低下 |
| エネルギー・環境政策 | 過去の動向と同様に低炭素化政策を漸進的に強化 ・規制措置(省エネ基準、排出規制等) ・経済的誘導措置(補助金、税金等) | 国内政策強化とともに国際連携を推進 ・エネルギー安定供給の確保 ・気候変動問題への対処 ・低開発農村地域のエネルギー近代化 |
| エネルギー・環境技術 | 現行技術について ・過去の趨勢と同程度の効率進展 ・過去の趨勢と同程度の価格低下 ・規制・誘導による低炭素技術の普及 | 現行技術及び商業化の見込みが高い技術について ・技術進展により価格低下が加速 ・規制・誘導強化により普及が加速 |

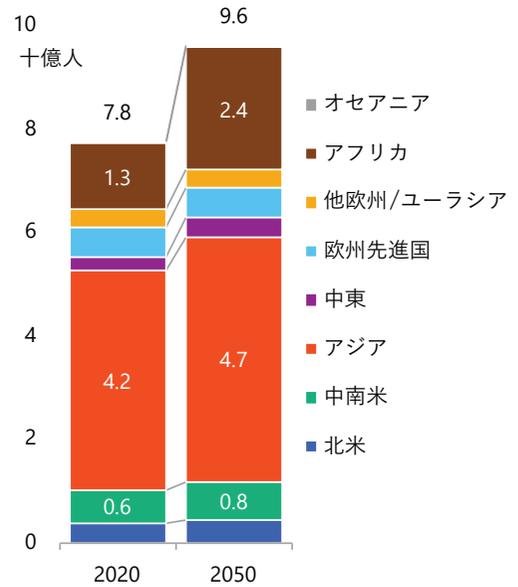
IEEJ Outlook 2023 IEEJ © 2022

人口

年平均増減率



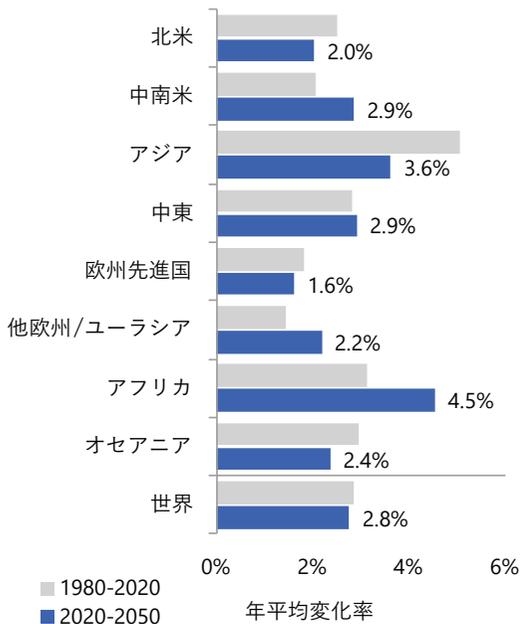
人口構成



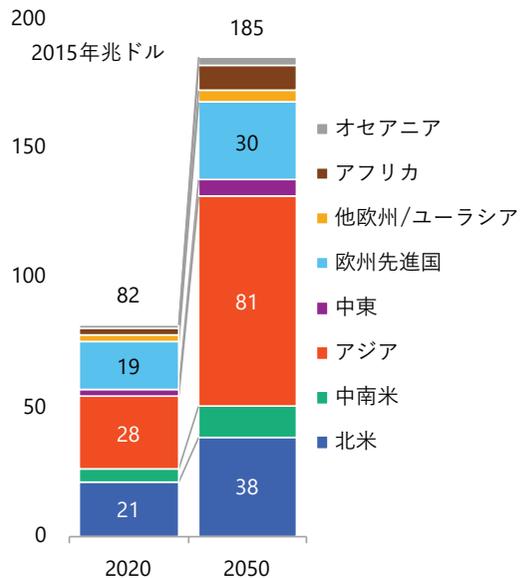
IEEJ Outlook 2023 IEEJ © 2022

実質GDP

経済成長率



GDP構成



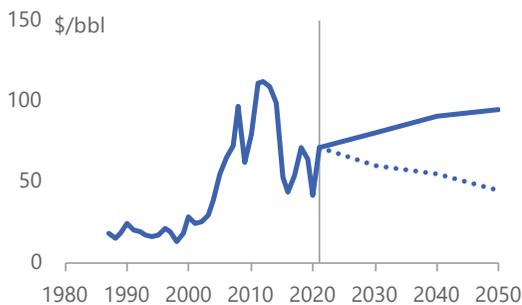
IEEJ Outlook 2023 IEEJ © 2022

国際化石燃料価格

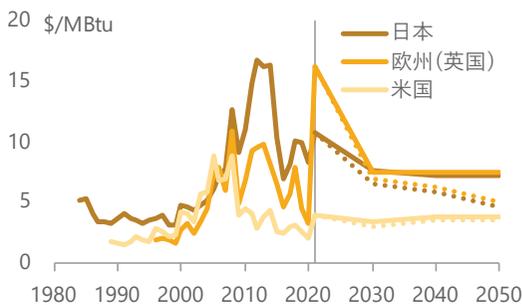
レファレンス：実線——
技術進展：破線·····



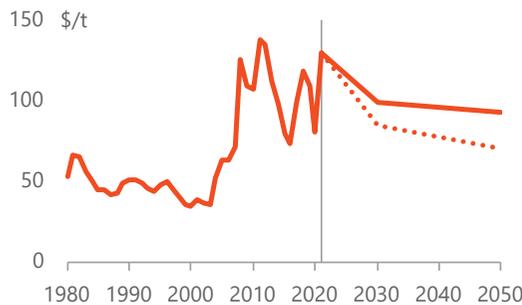
原油



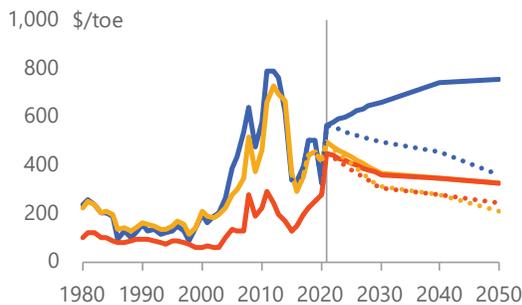
天然ガス



石炭



日本の輸入CIF価格



(注)実績値は名目価格、見通しは2021年価格

IEEJ Outlook 2023 IEEJ © 2022

エネルギー・環境技術の前提

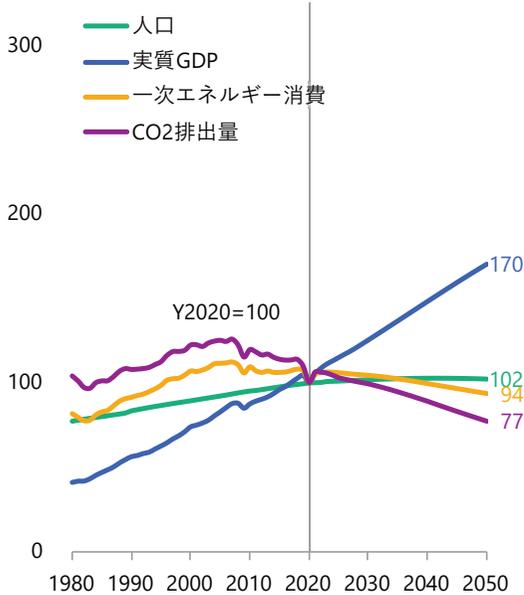


| | 2020 | 2050 | | 技術進展シナリオにおける前提 |
|--------------------------|-------|--------|-------|--|
| | | レファレンス | 技術進展 | |
| エネルギー効率の改善 | | | | |
| 産業部門 鉄鋼業の原単位 (ktoe/kit) | 0.266 | 0.254 | 0.200 | 2050年までにBest Available Technologyが100%普及 |
| 窯業土石業の原単位 | 0.089 | 0.070 | 0.054 | |
| 運輸部門 電動乗用車販売比率 | 8% | 66% | 95% | 電動自動車のコスト低下。燃料インフラを含む普及促進策の強化 ※電動自動車:ハイブリッド車、プラグインハイブリッド車、電気自動車、燃料電池車 |
| 乗用車新車燃費 (km/L) | 14.5 | 26.7 | 40.2 | |
| 民生部門 家庭の総合効率 (Y2020=100) | 100 | 161 | 215 | 新規、新設の家電・機器効率及び断熱効率の改善スピードが約2倍に 暖房・給湯・厨房用途における電化。クリーンクッキング化(途上国) |
| 業務の総合効率 | 100 | 155 | 189 | |
| 発電部門 火力発電効率(発電端) | 38% | 45% | 46% | 高効率火力発電導入のための初期投資ファイナンススキーム整備 |
| 低炭素エネルギーの導入 | | | | |
| 運輸用バイオ燃料消費量 (Mtoe) | 91 | 154 | 268 | 次世代バイオ燃料の開発・コスト低下。農業政策としての位置づけ(途上国) |
| 原子力発電設備容量 (GW) | 408 | 477 | 767 | 適切な卸電力市場価格の維持。初期投資の融資枠組み整備(途上国) |
| 風力発電設備容量 (GW) | 731 | 2,243 | 4,460 | 発電コストのさらなる低下 |
| 太陽光発電設備容量 (GW) | 708 | 3,033 | 6,013 | 系統安定化技術のコスト低減、系統システムの効率的運用 |
| CCS付設火力発電設備容量 (GW) | 0 | 0 | 1,247 | 2030年以降の新設火力はCCS付設(帯水層を除く貯留ポテンシャルがある国) |
| ゼロエミッション発電比率 (CCS含む) | 38% | 44% | 84% | 国際連系を含む系統システムの効率的運用 |

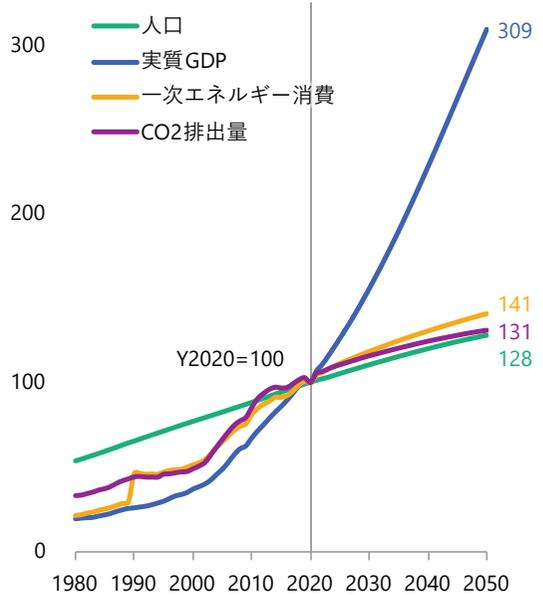
IEEJ Outlook 2023 IEEJ © 2022

人口、GDP、エネルギー消費、CO₂排出量

先進国



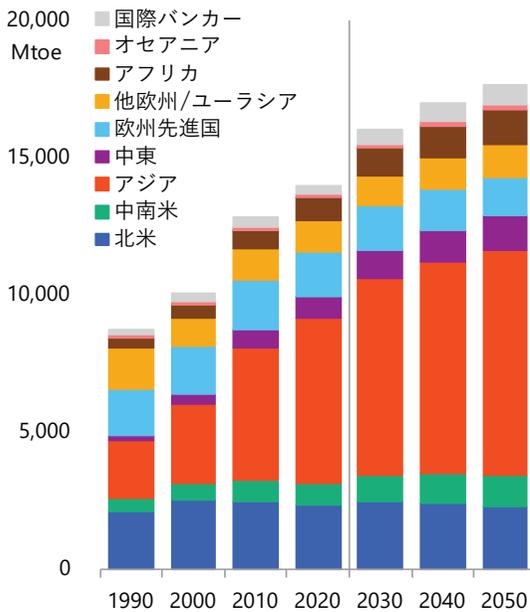
新興・途上国



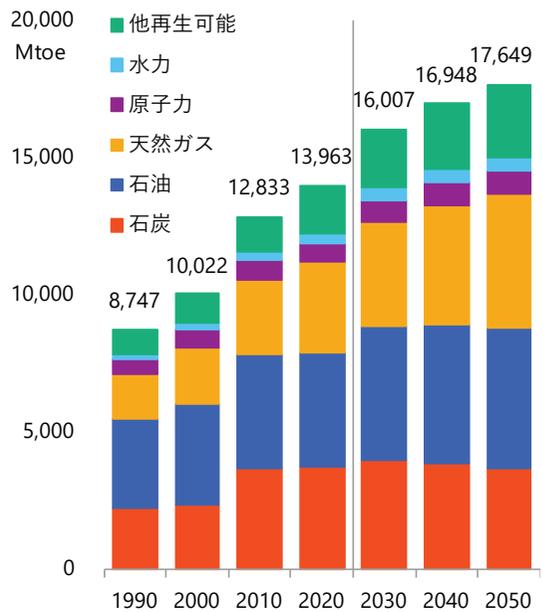
IEEJ Outlook 2023 IEEJ © 2022

一次エネルギー消費

地域別



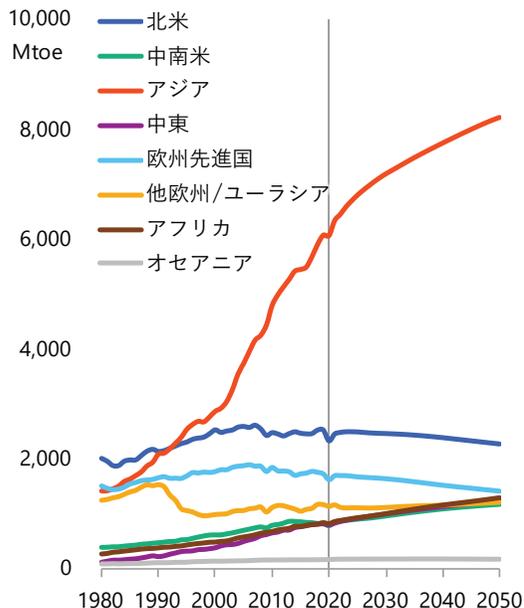
エネルギー源別



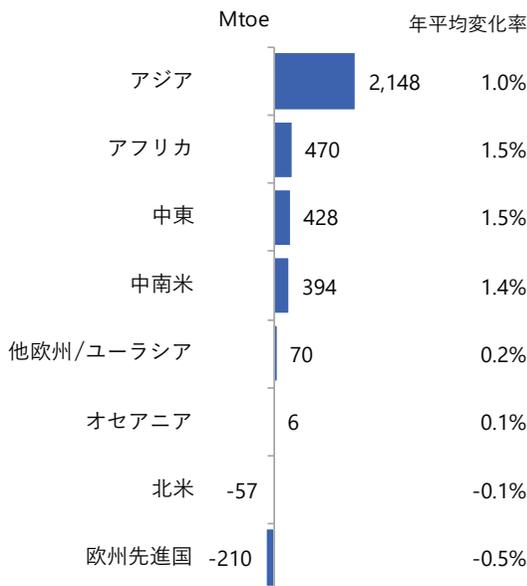
IEEJ Outlook 2023 IEEJ © 2022

一次エネルギー消費(地域別)

エネルギー消費量

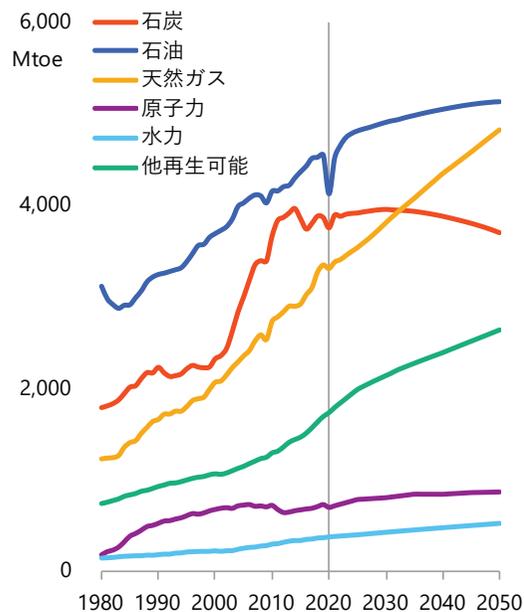


増減分(2020-2050年)

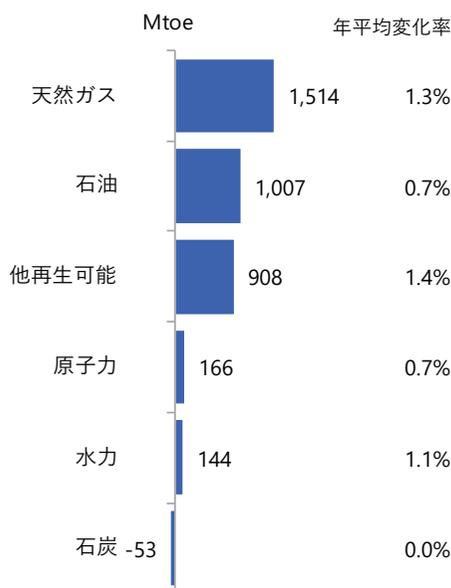


一次エネルギー消費(エネルギー別)

エネルギー消費量

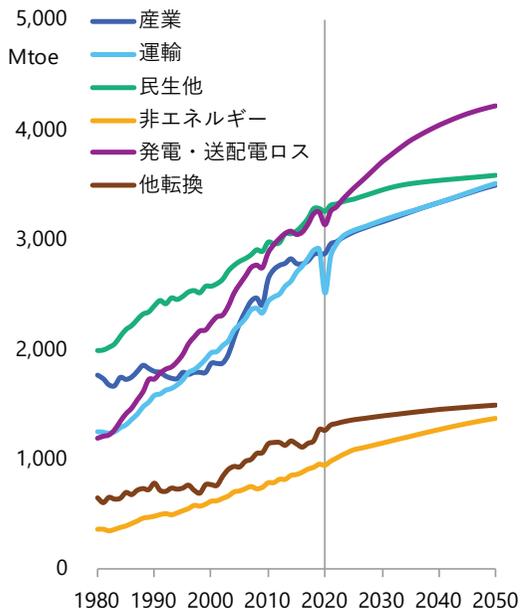


増減分(2020-2050年)

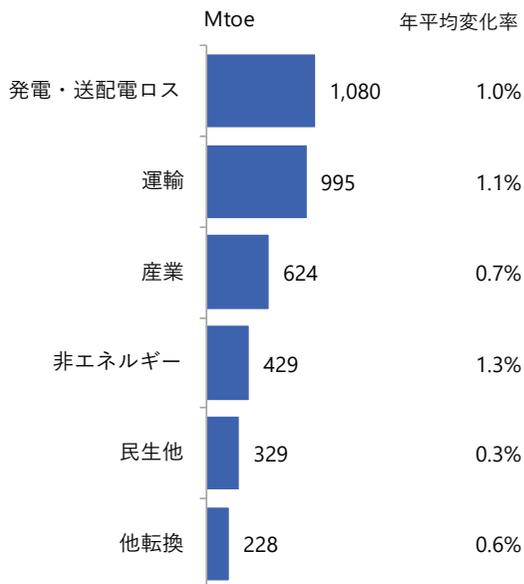


一次エネルギー消費(部門別)

エネルギー消費量



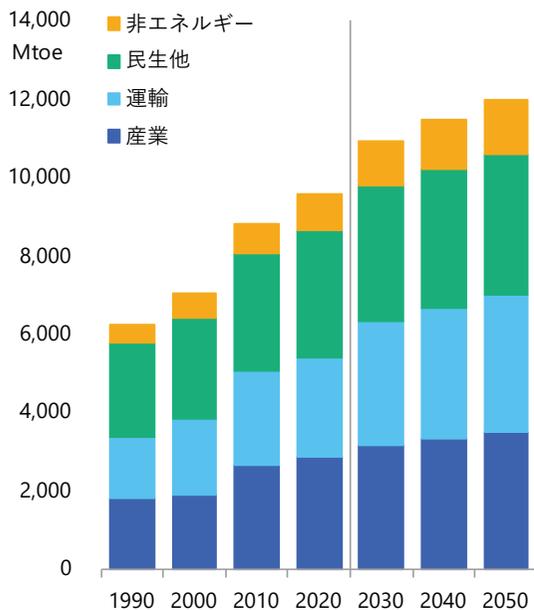
増減分(2020-2050年)



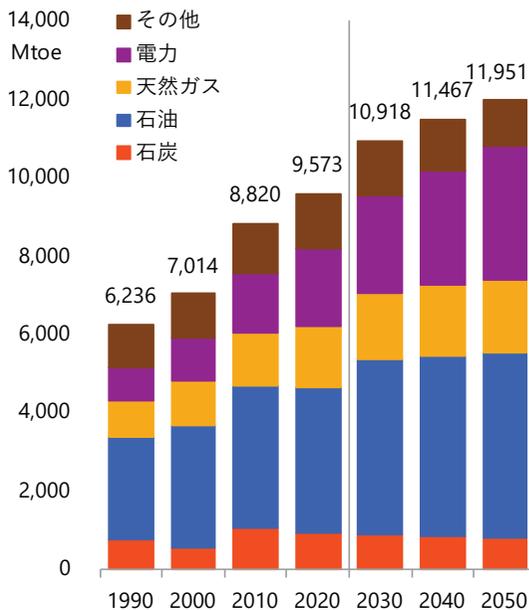
IEEJ Outlook 2023 IEEJ © 2022

最終エネルギー消費

部門別



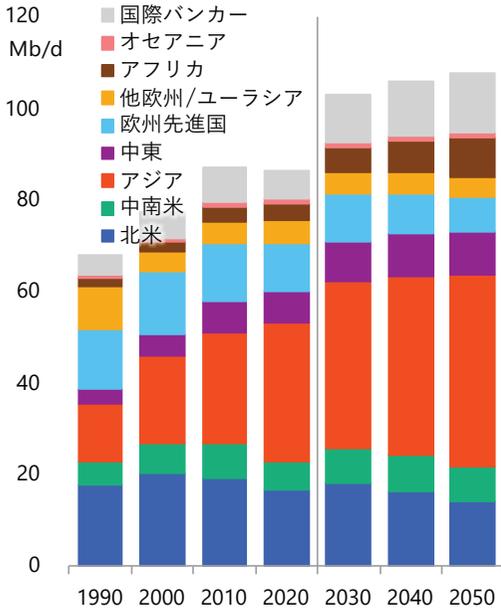
エネルギー源別



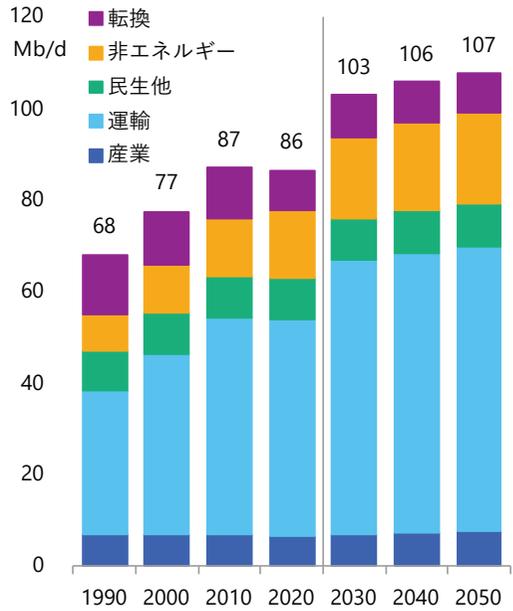
IEEJ Outlook 2023 IEEJ © 2022

石油消費

地域別



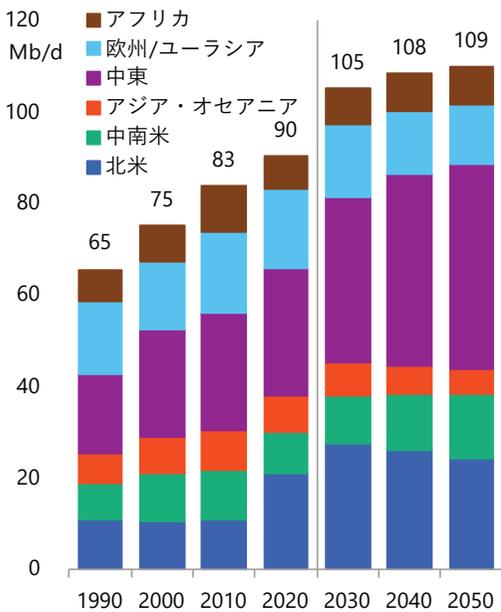
部門別



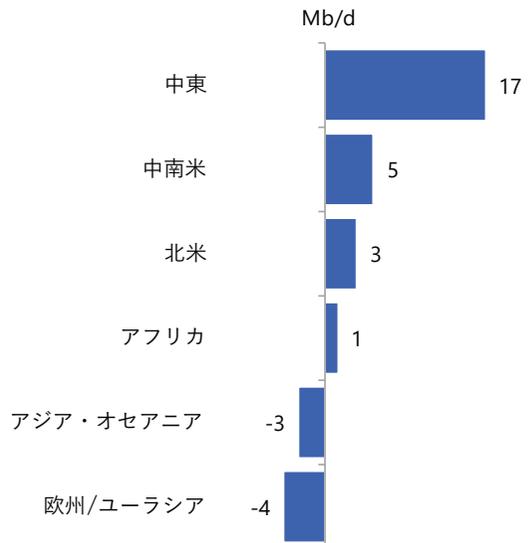
IEEJ Outlook 2023 IEEJ © 2022

原油生産

地域別

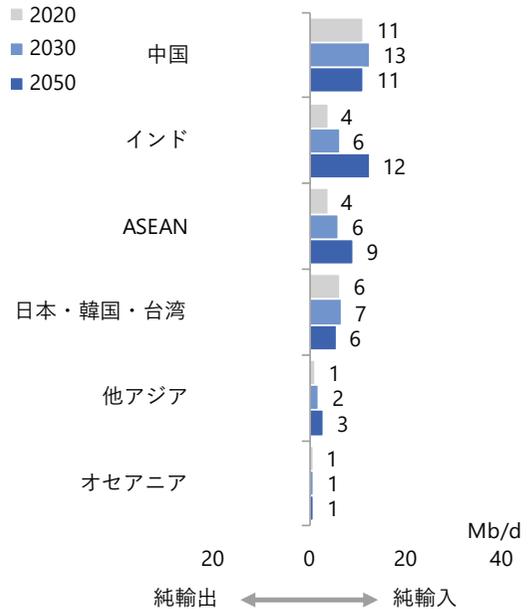
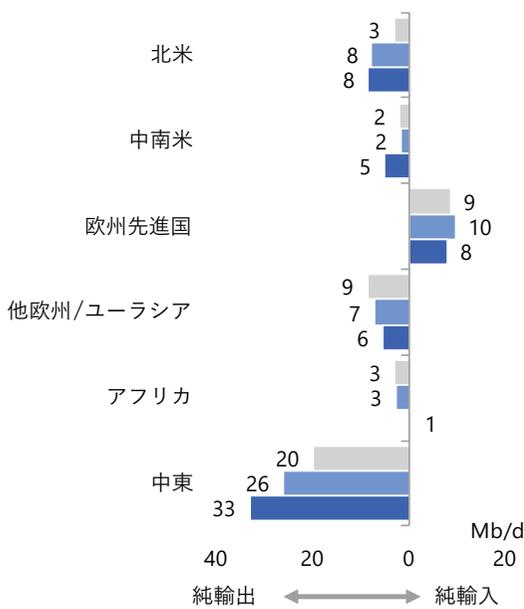


増減分(2020-2050年)



IEEJ Outlook 2023 IEEJ © 2022

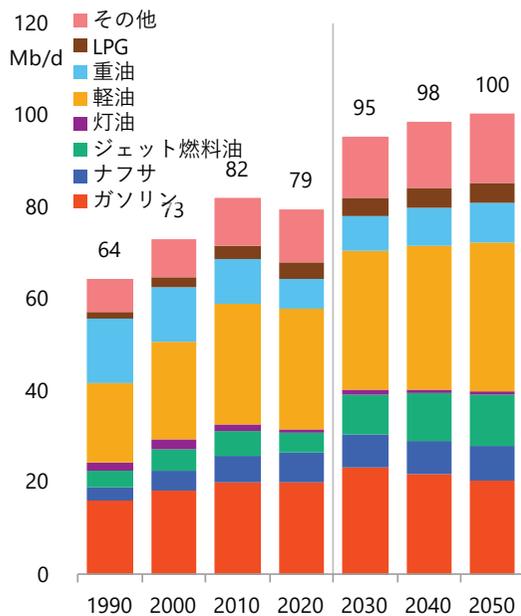
石油純輸出入量



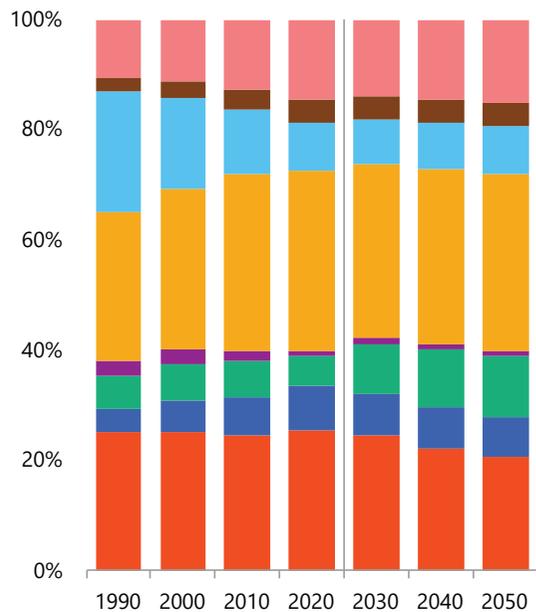
IEE Outlook 2023 IEE © 2022

石油製品需要

需要量



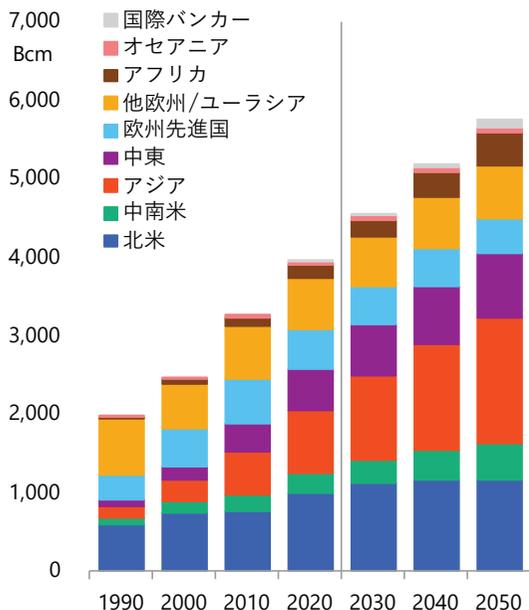
構成比



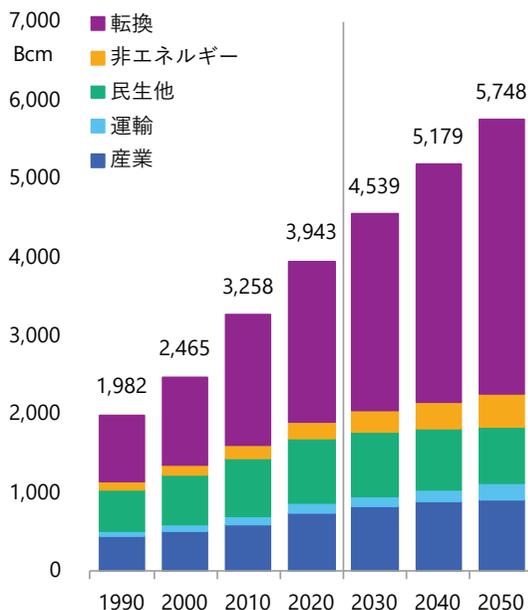
IEE Outlook 2023 IEE © 2022

天然ガス消費

地域別



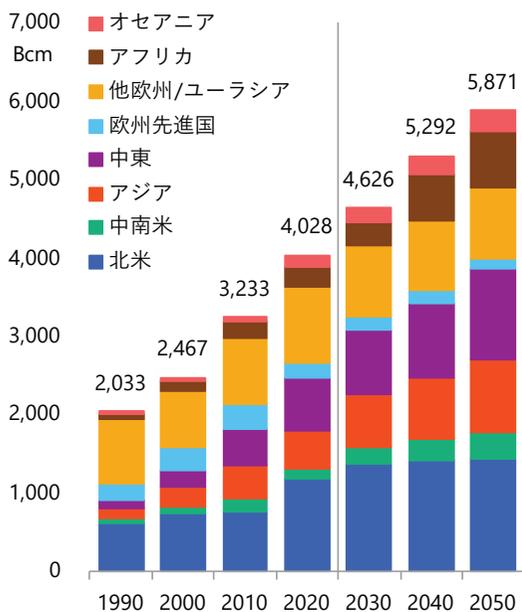
部門別



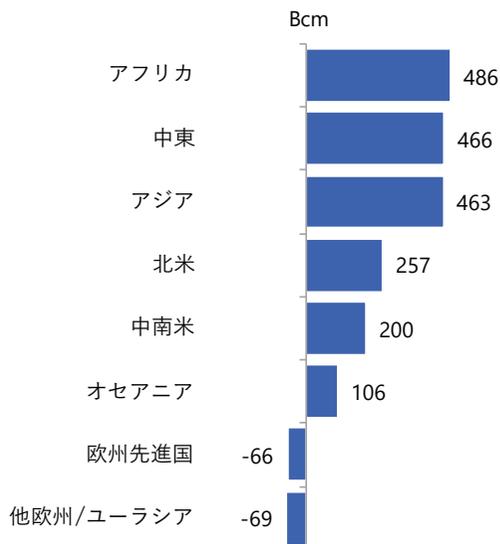
IEEJ Outlook 2023 IEEJ © 2022

天然ガス生産

地域別

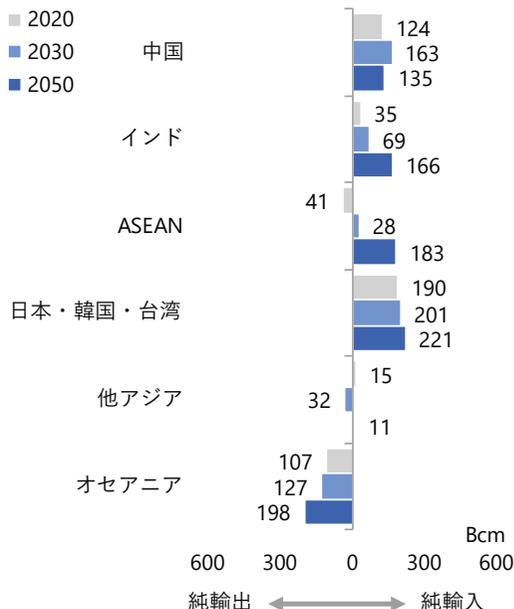
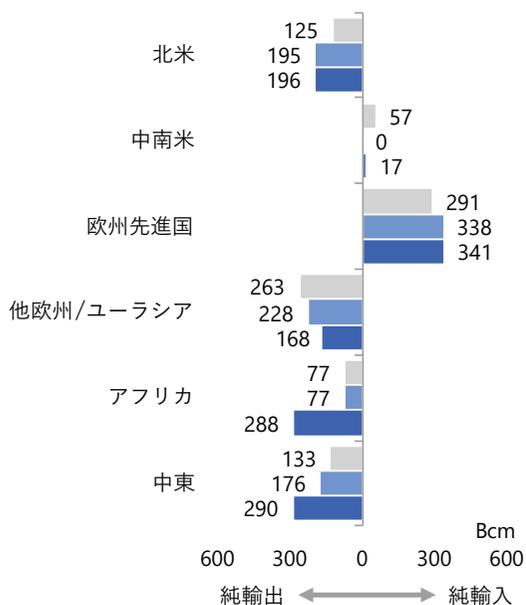


増減分(2020-2050)



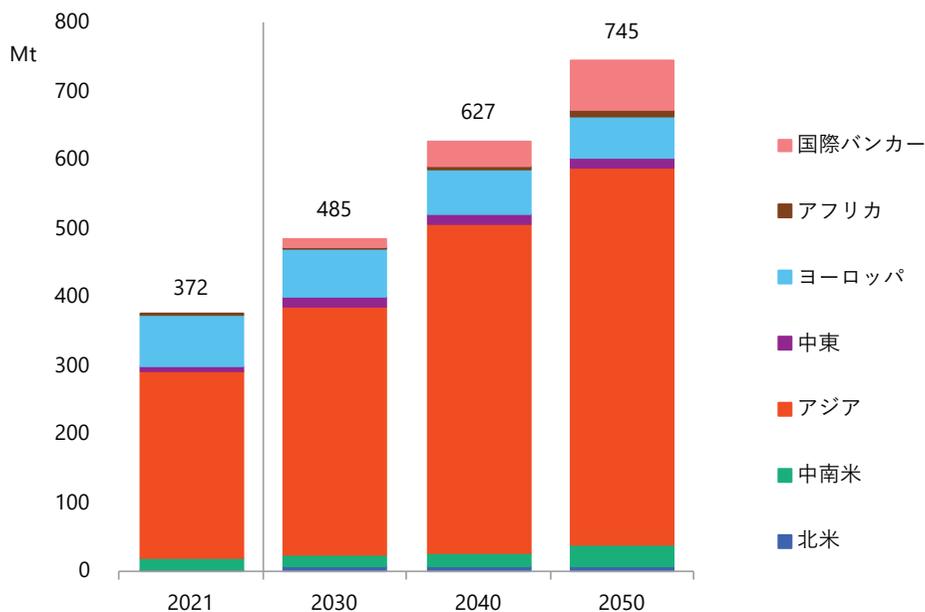
IEEJ Outlook 2023 IEEJ © 2022

天然ガス純輸出入量



IEEJ Outlook 2023 IEEJ © 2022

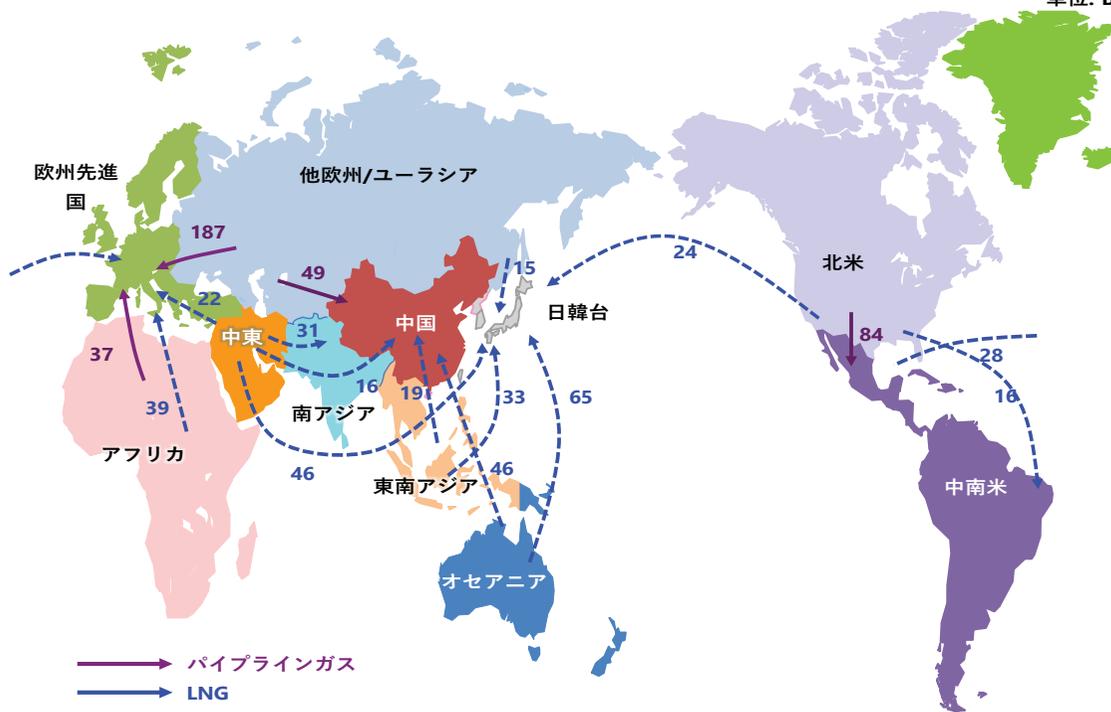
LNG需要量



IEEJ Outlook 2023 IEEJ © 2022

主要な天然ガス貿易フロー(2021年)

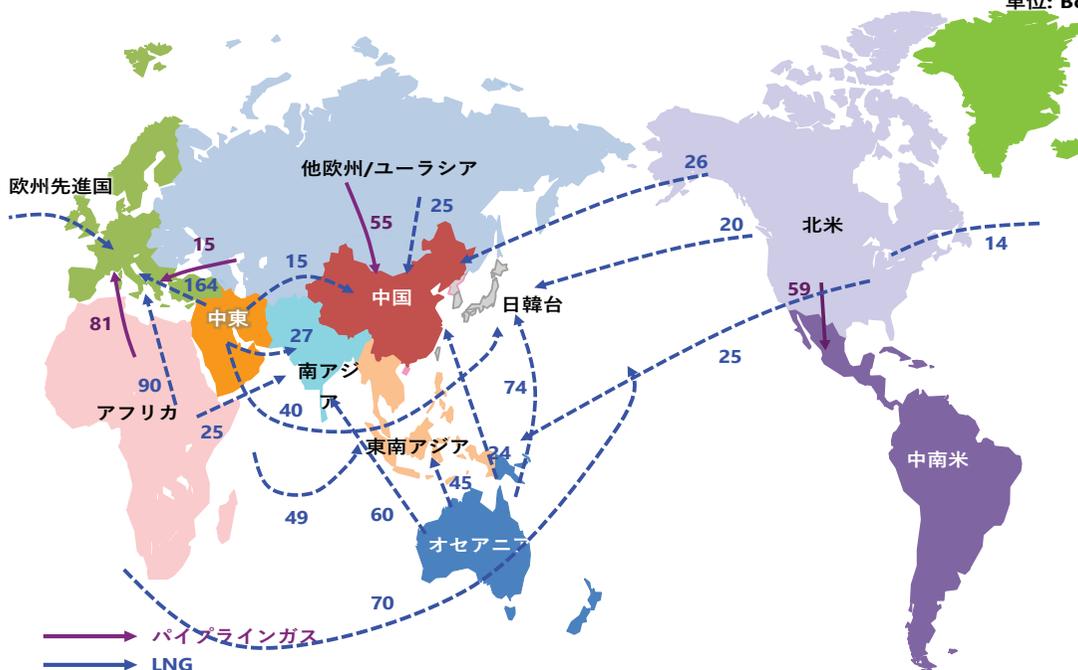
単位: Bcm



IEE Outlook 2023 IEE © 2022

主要な天然ガス貿易フロー(2050年)

単位: Bcm

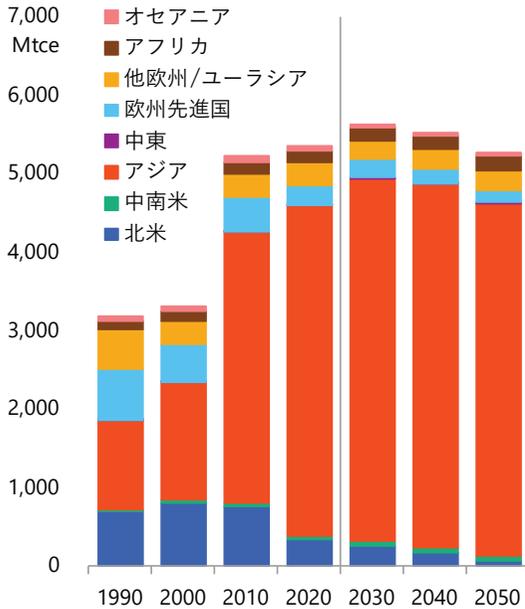


IEE Outlook 2023 IEE © 2022

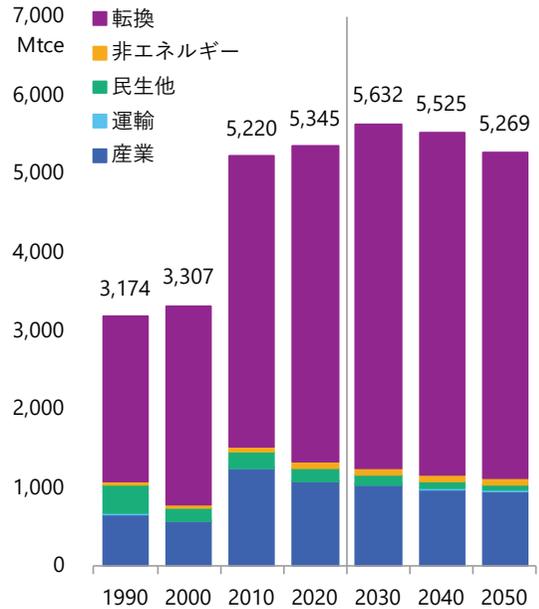
(注) 本図には、主な地域間貿易を記載しており、全貿易量を包含するものではない。
一部、パイプラインガスがLNGに代替される可能性がある。

石炭消費

地域別



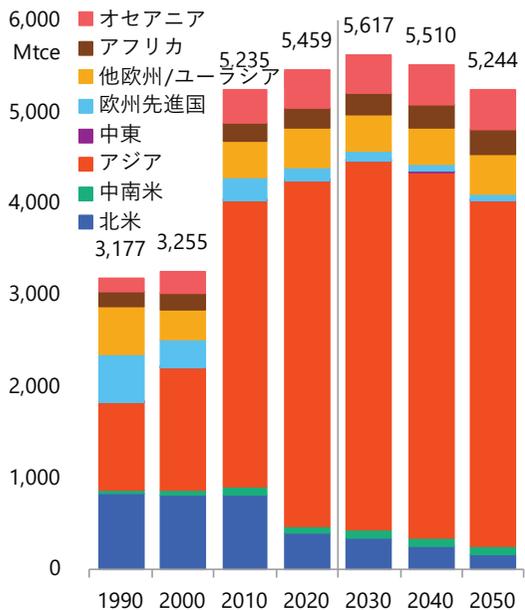
部門別



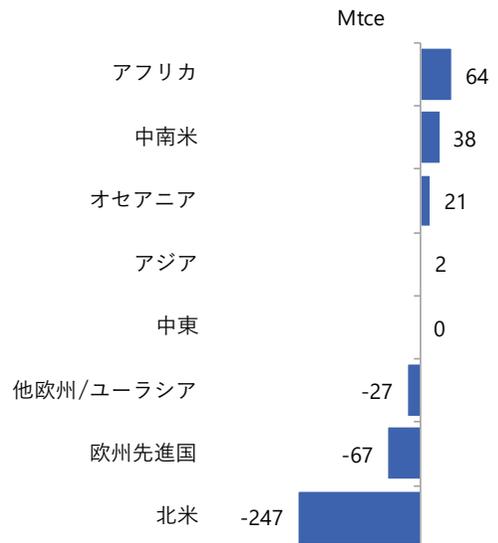
IEEJ Outlook 2023 IEEJ © 2022

石炭生産

地域別

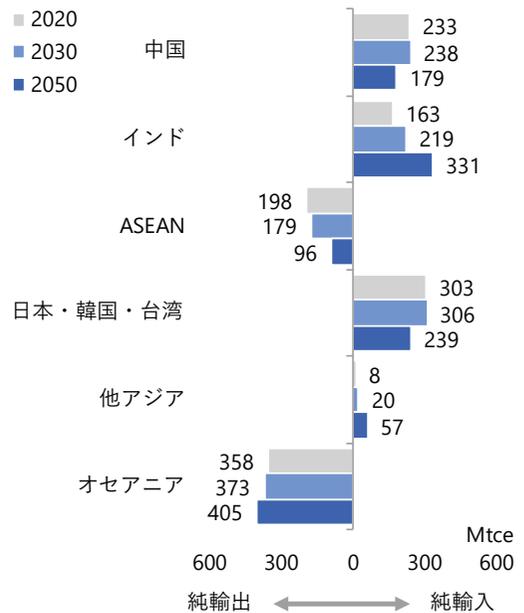
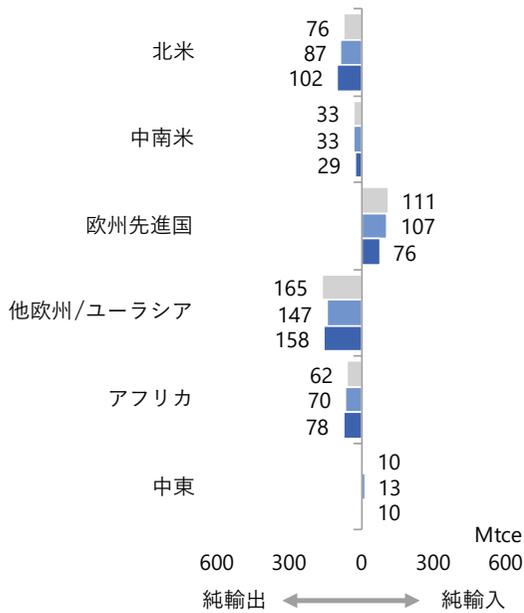


増減分(2020-2050年)



IEEJ Outlook 2023 IEEJ © 2022

石炭純輸出入量

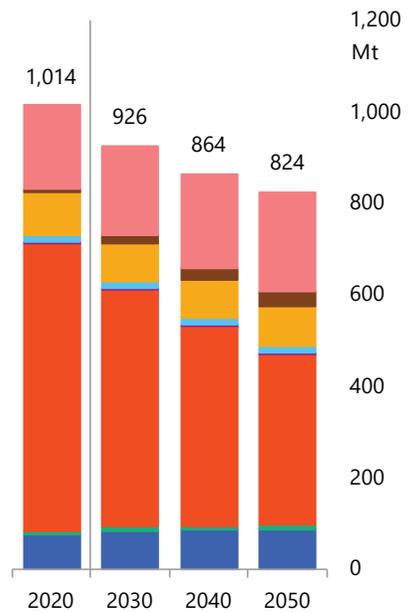
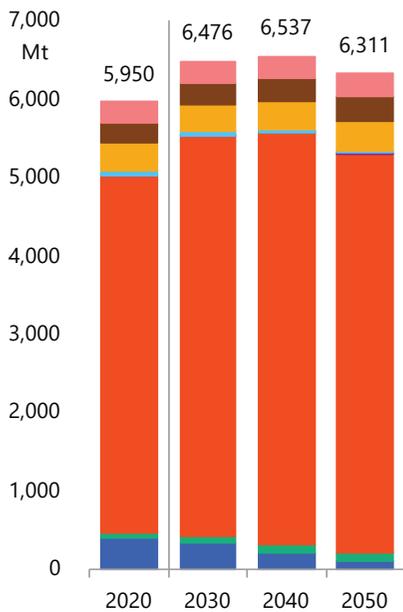


IEEJ Outlook 2023 IEEJ © 2022

石炭生産(一般炭・原料炭)

一般炭

原料炭

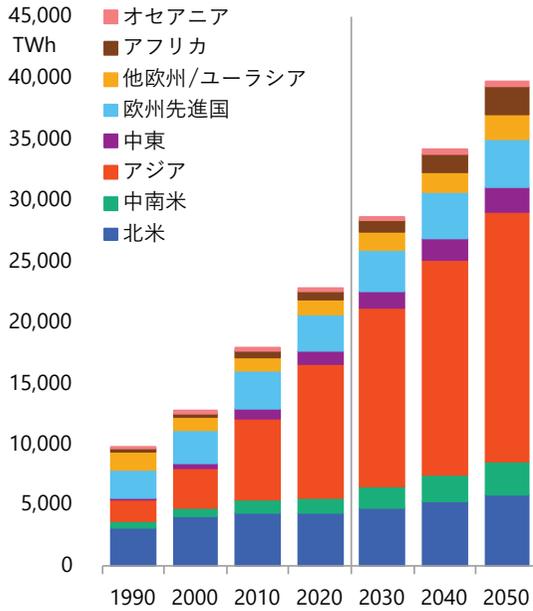


- オセアニア
- アフリカ
- 他欧州/ユーラシア
- 欧州先進国
- 中東
- アジア
- 中南米
- 北米

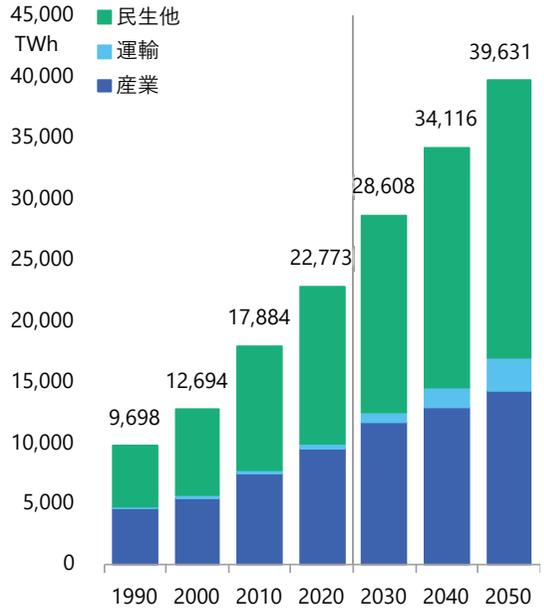
IEEJ Outlook 2023 IEEJ © 2022

電力最終消費

地域別



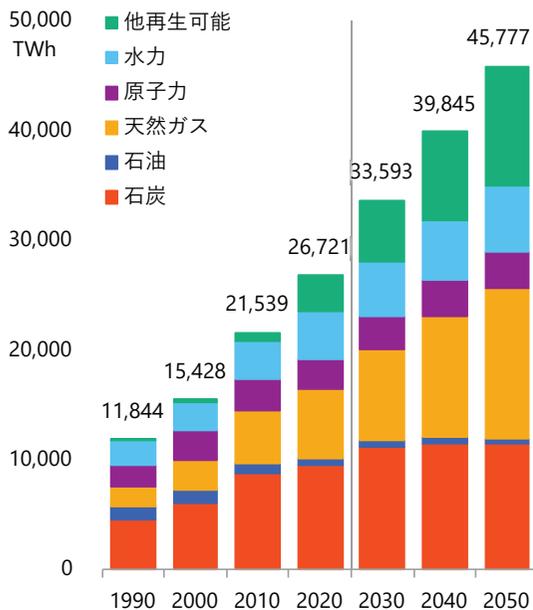
部門別



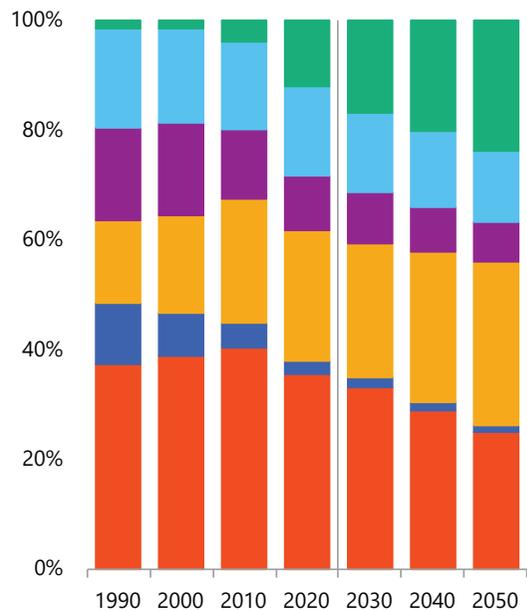
IEEJ Outlook 2023 IEEJ © 2022

発電構成

発電量



発電量シェア

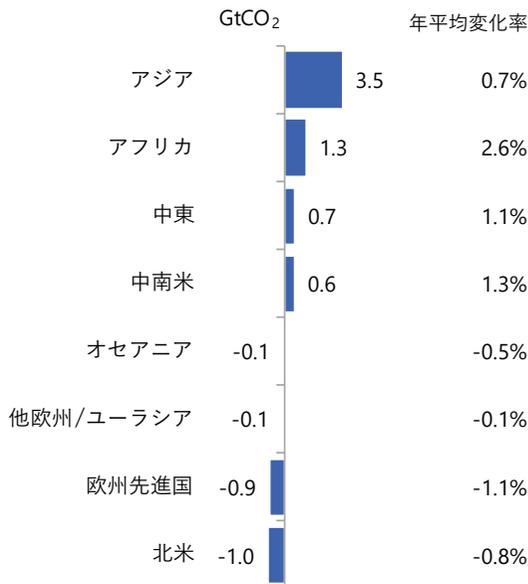
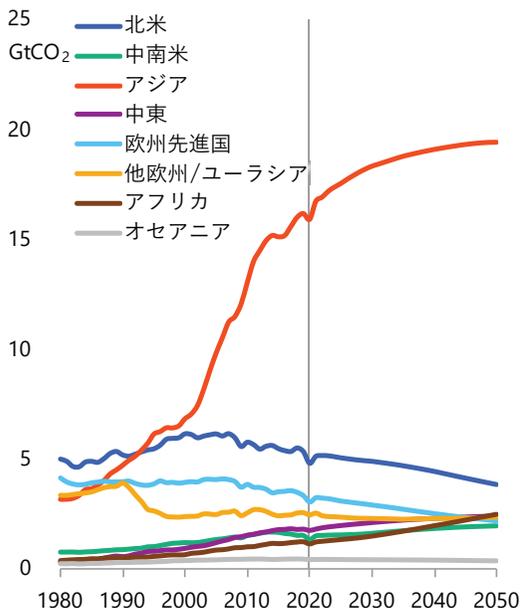


IEEJ Outlook 2023 IEEJ © 2022

CO₂排出量

エネルギー起源CO₂排出量

増減分(2020-2050年)



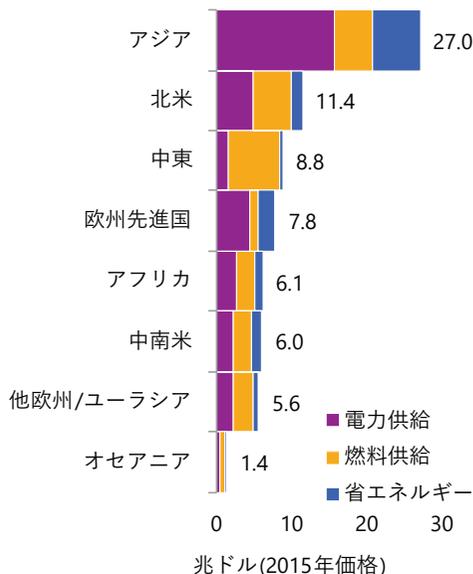
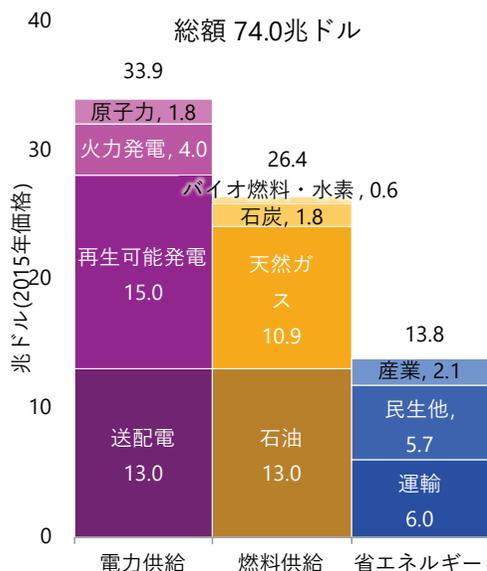
IEEJ Outlook 2023 IEEJ © 2022

エネルギー関連投資額

(2021年~2050年 累積投資額)

部門別

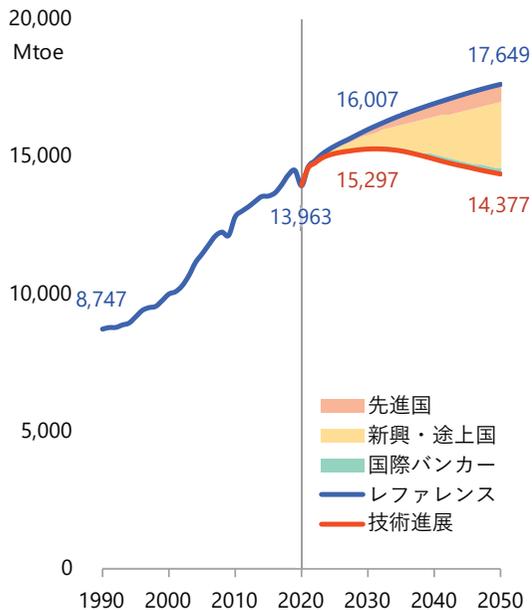
地域別



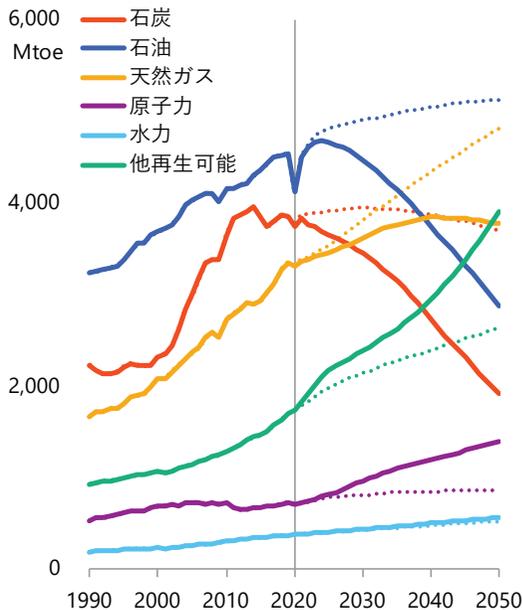
IEEJ Outlook 2023 IEEJ © 2022

一次エネルギー消費

国・地域別



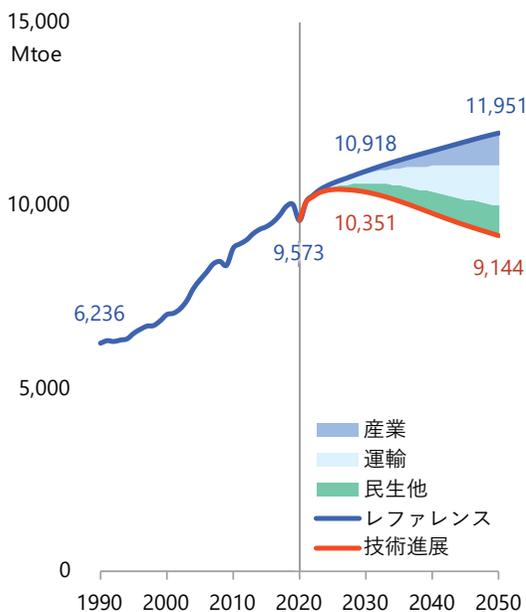
エネルギー源別



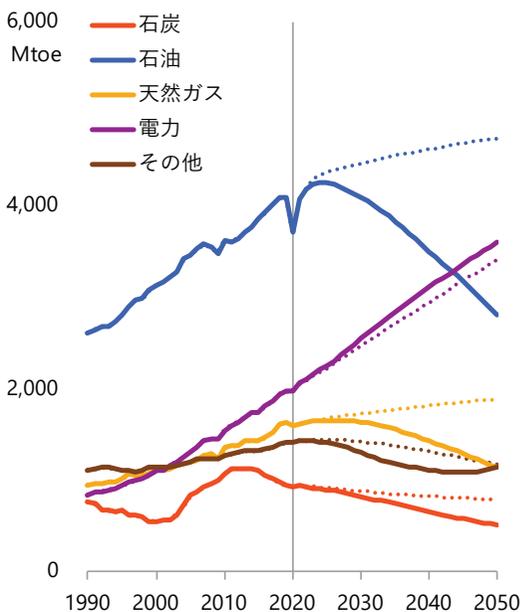
(注)実線：技術進展、破線：レファレンス

最終エネルギー消費

部門別



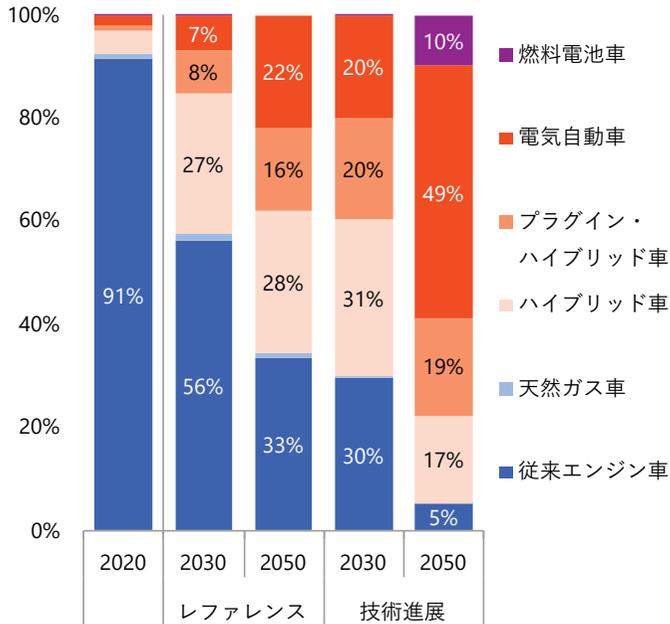
エネルギー源別



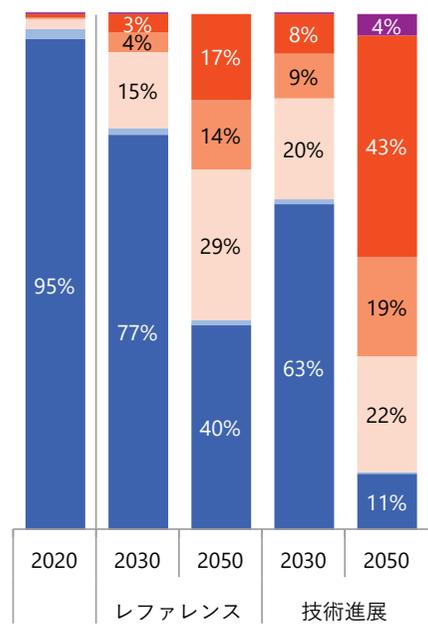
(注)実線：技術進展、破線：レファレンス

自動車駆動タイプ構成(乗用車)

新車販売台数構成



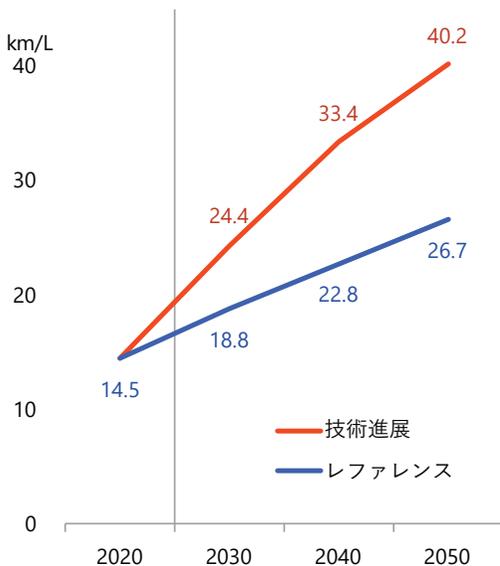
保有台数構成



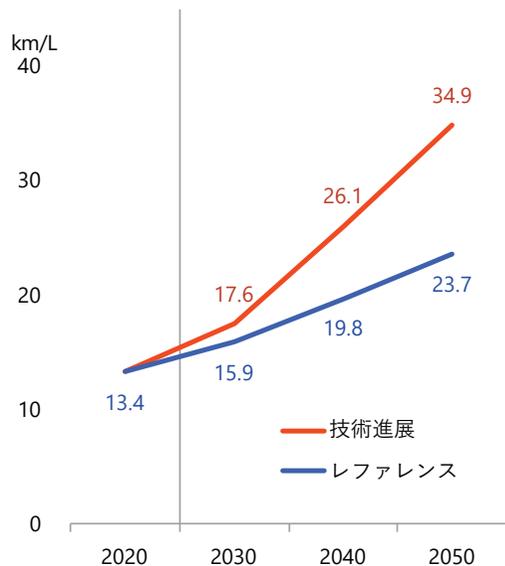
IEE Outlook 2023 IEE © 2022

自動車燃費(乗用車)

新車燃費



保有燃費



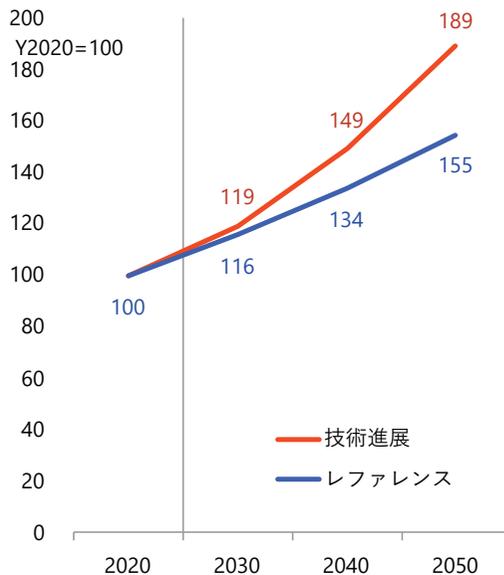
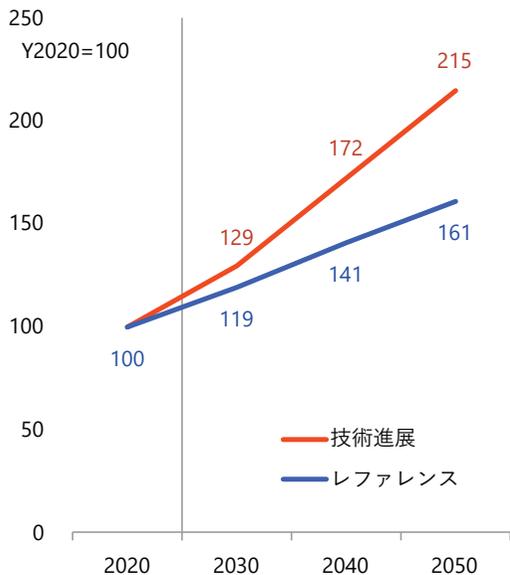
(注) km/L: ガソリン換算1Lあたり走行距離

IEE Outlook 2023 IEE © 2022

民生部門総合効率

家庭部門

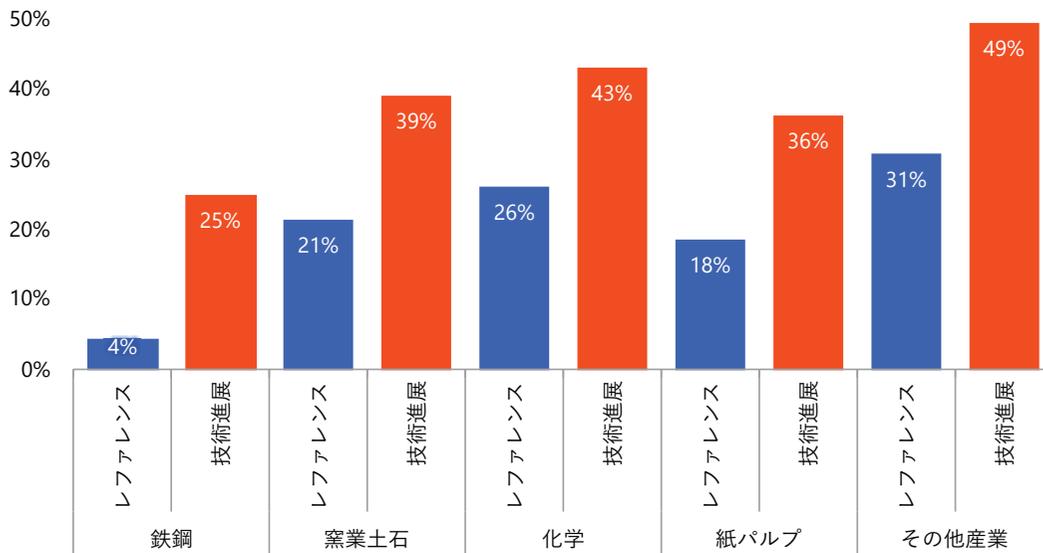
業務部門



IEEJ Outlook 2023 IEEJ © 2022

産業部門原単位改善率

2020年比改善率

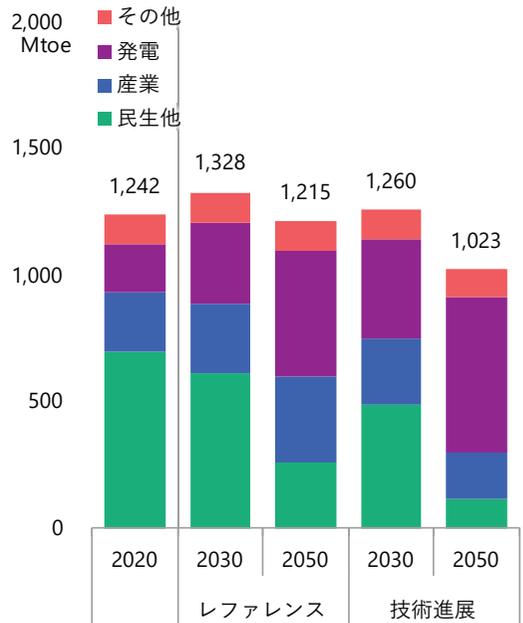
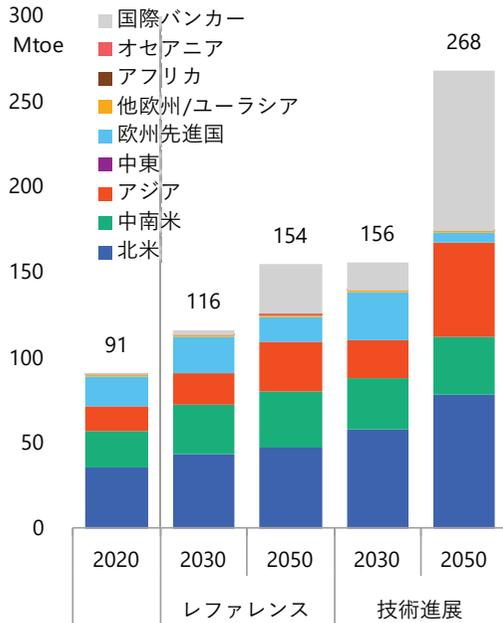


IEEJ Outlook 2023 IEEJ © 2022

バイオマスエネルギー

輸送用バイオ燃料

固形バイオマス利用量

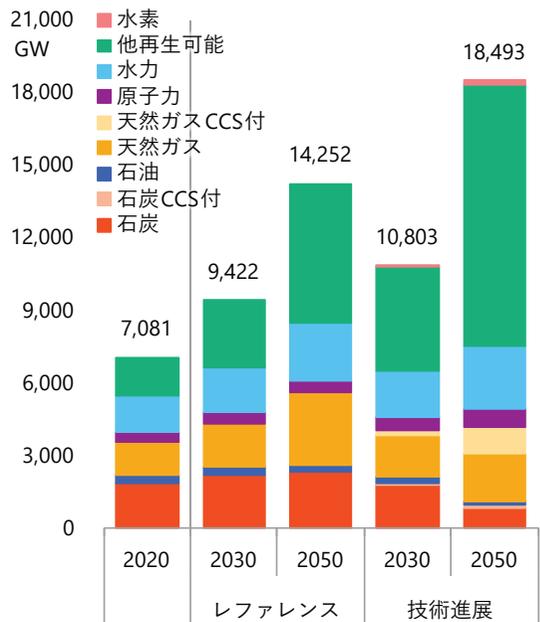
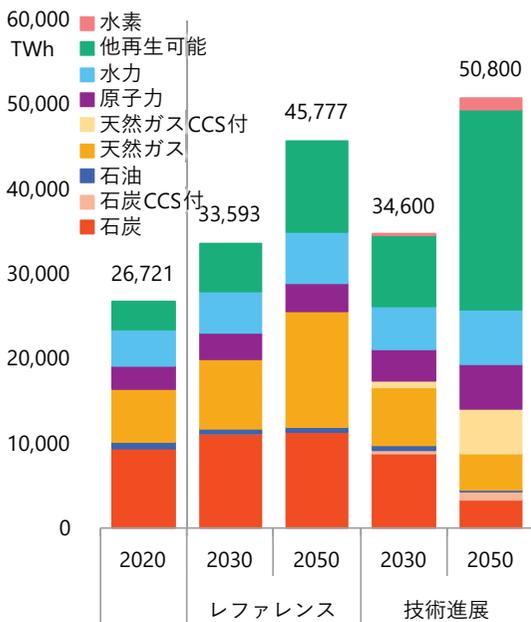


IEE Outlook 2023 IEE © 2022

発電構成

発電量

発電設備容量

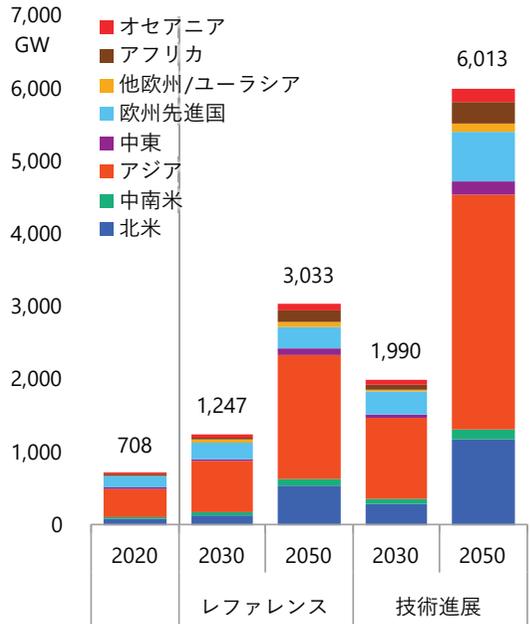
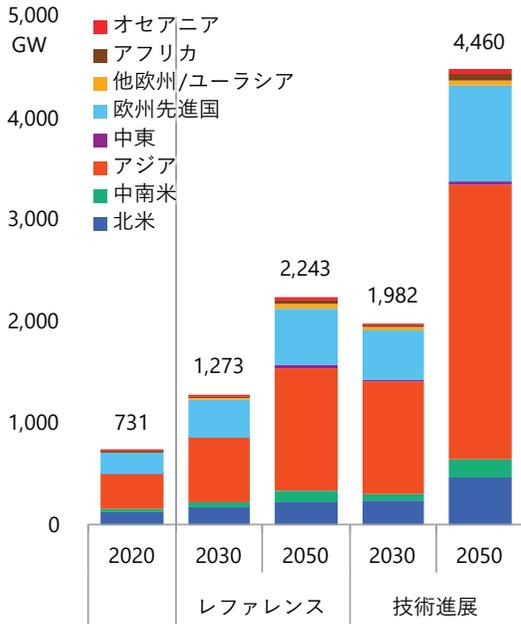


IEE Outlook 2023 IEE © 2022

風力・太陽光発電設備容量

風力発電

太陽光発電

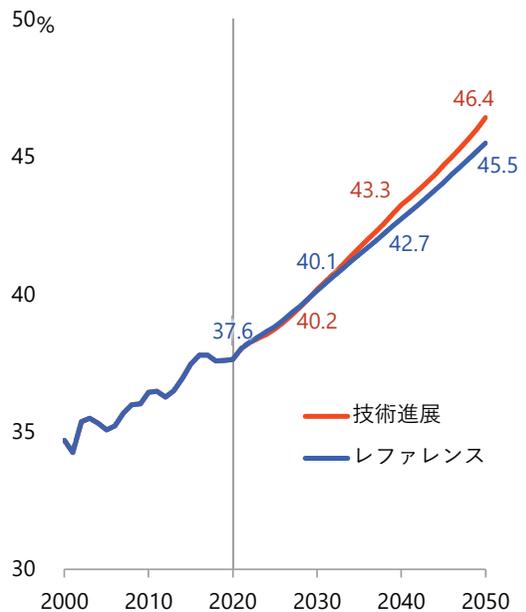
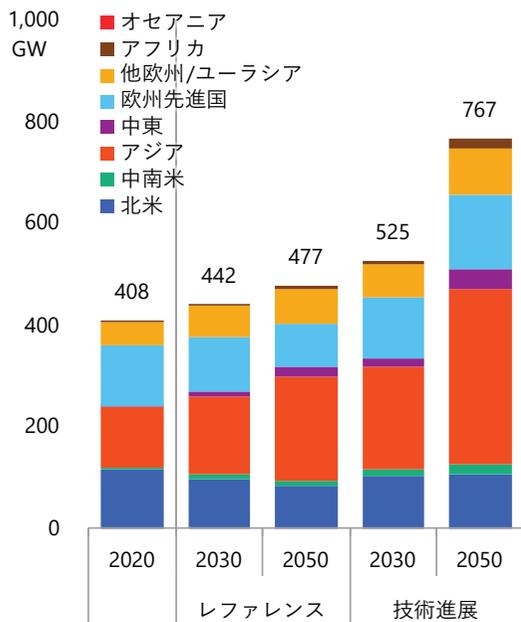


IEE Outlook 2023 IEE © 2022

原子力発電設備容量・火力発電効率

原子力発電

火力発電効率(発電端)

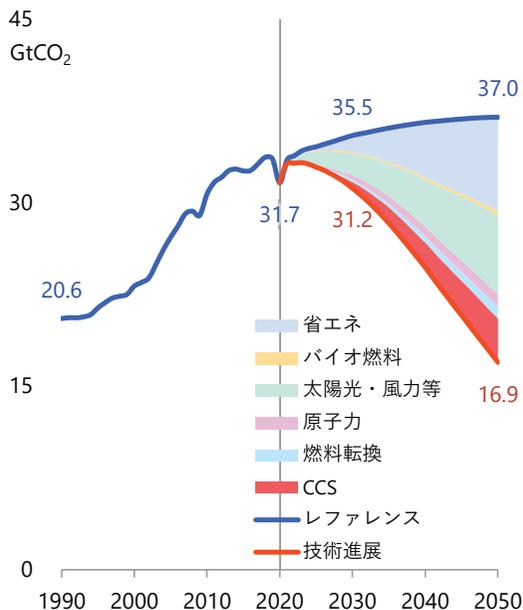
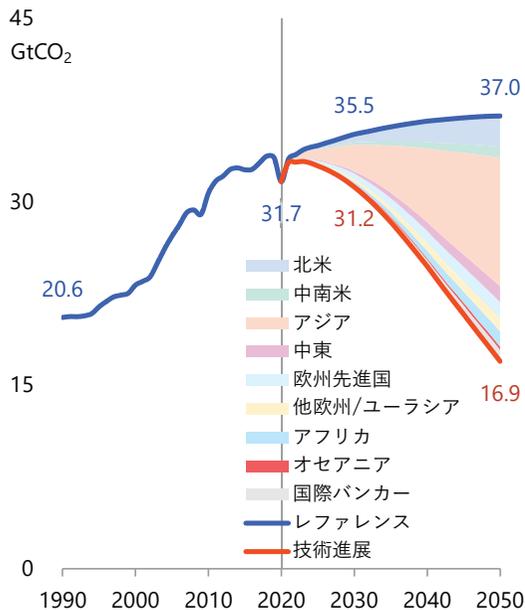


IEE Outlook 2023 IEE © 2022

CO₂排出量

国・地域別

技術別

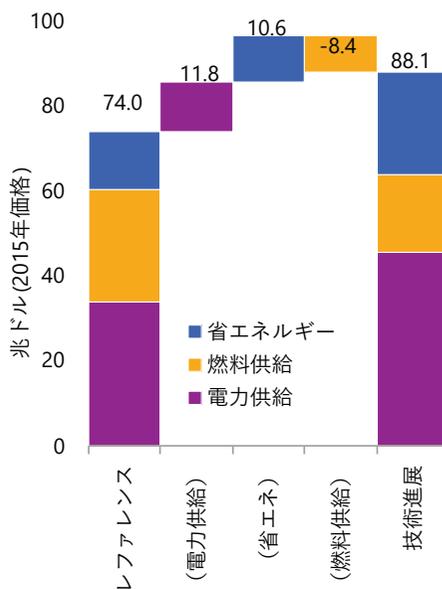
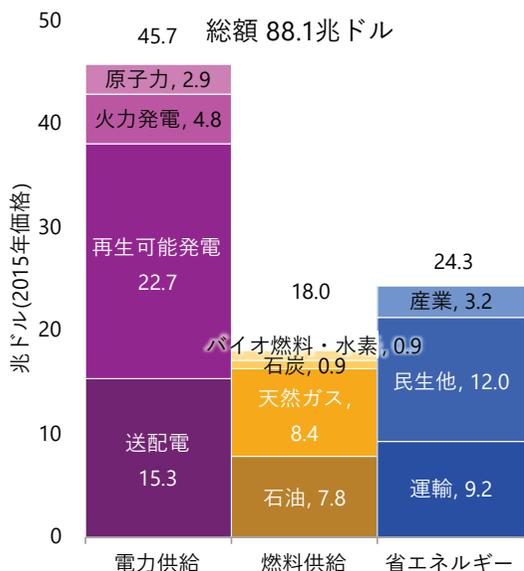


IEEJ Outlook 2023 IEEJ © 2022

エネルギー関連投資額 (2021年～2050年 累積投資額)

部門別投資額

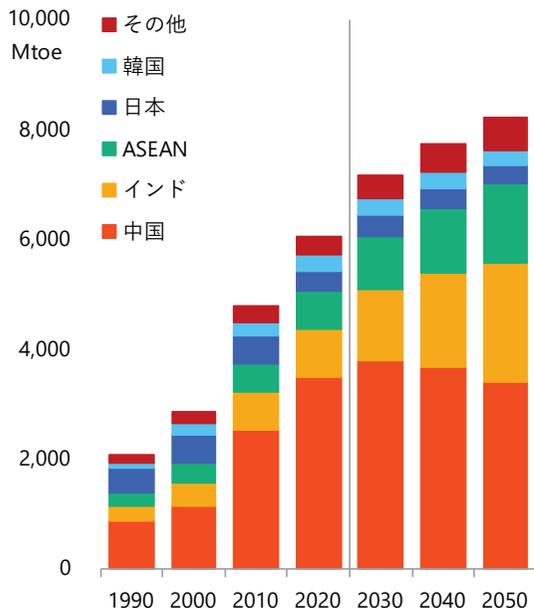
レファレンスシナリオとの比較



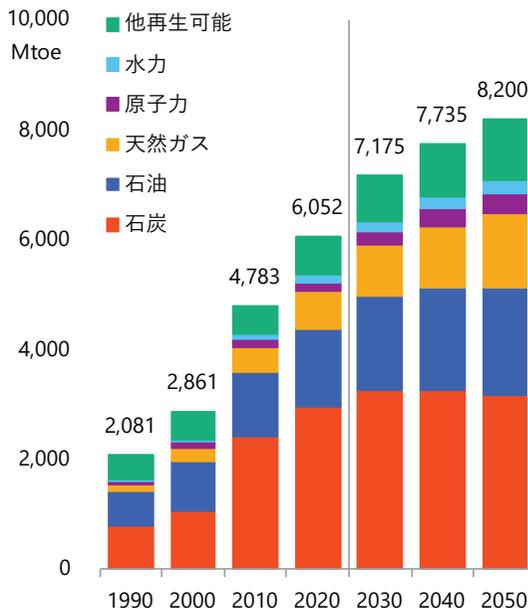
IEEJ Outlook 2023 IEEJ © 2022

一次エネルギー消費

地域別



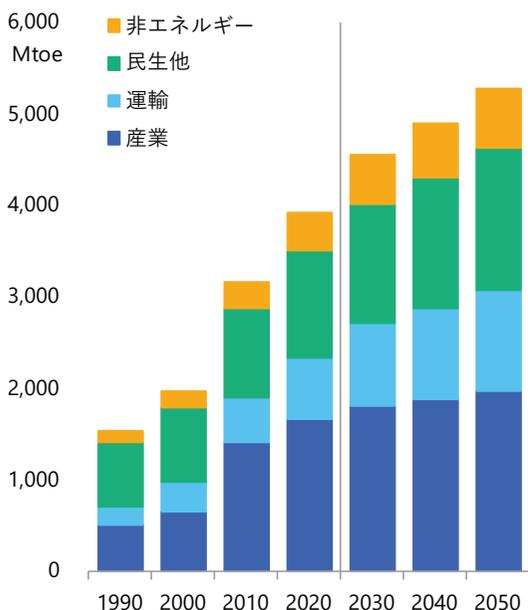
エネルギー源別



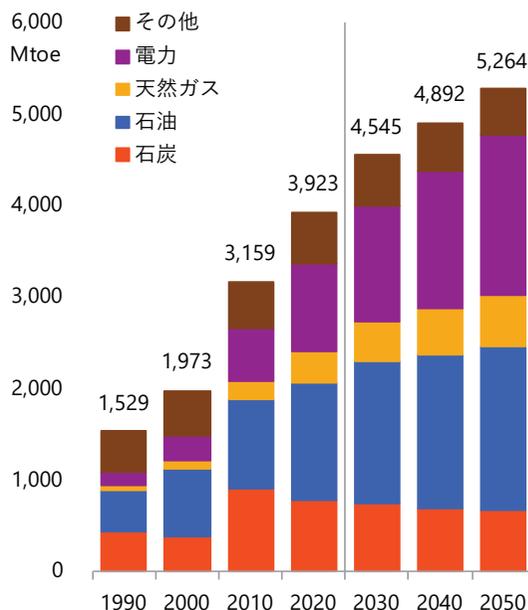
IEEJ Outlook 2023 IEEJ © 2022

最終エネルギー消費

部門別



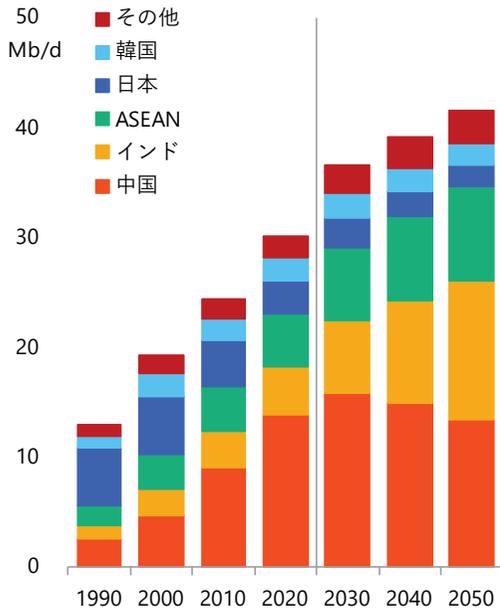
エネルギー別



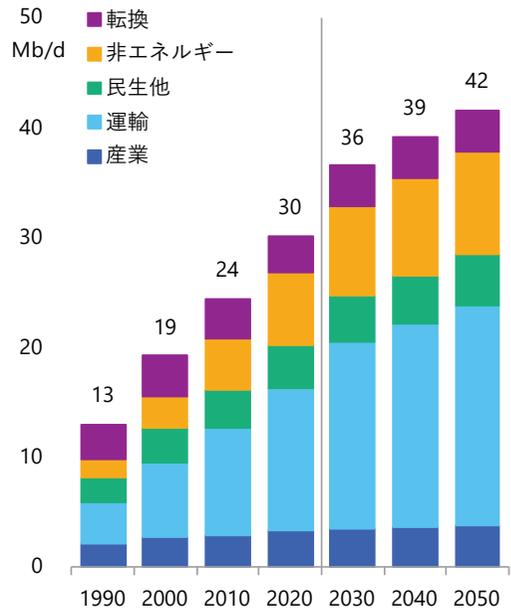
IEEJ Outlook 2023 IEEJ © 2022

石油消費

地域別



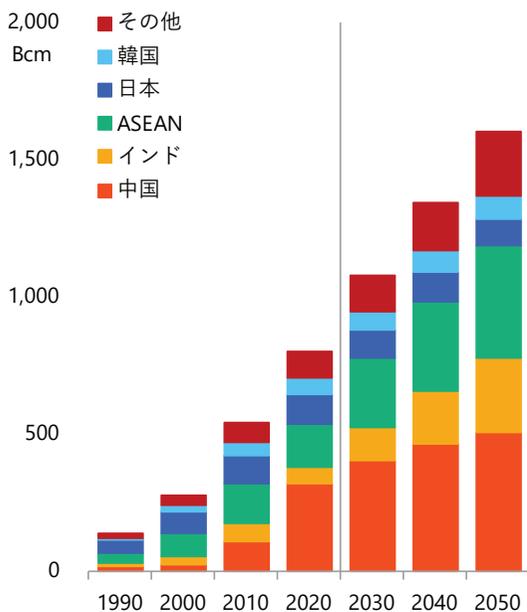
部門別



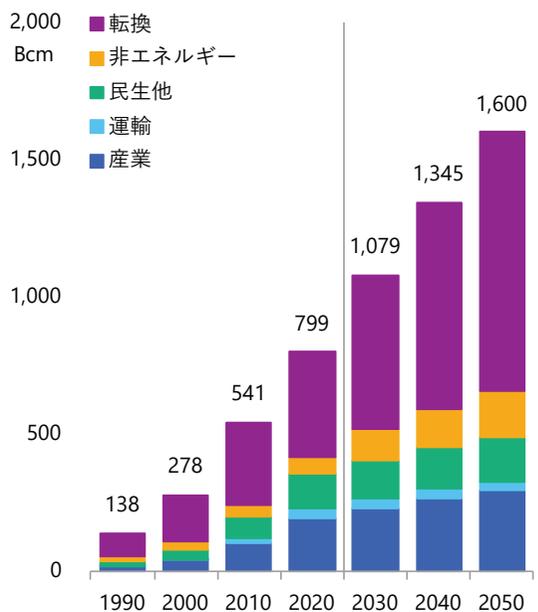
IEEJ Outlook 2023 IEEJ © 2022

天然ガス消費

地域別



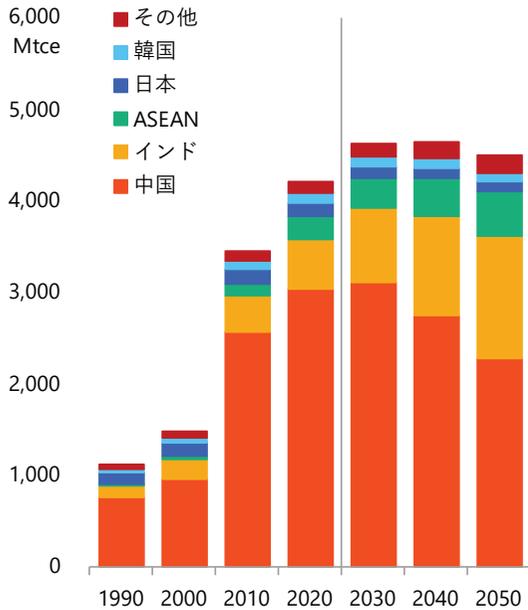
部門別



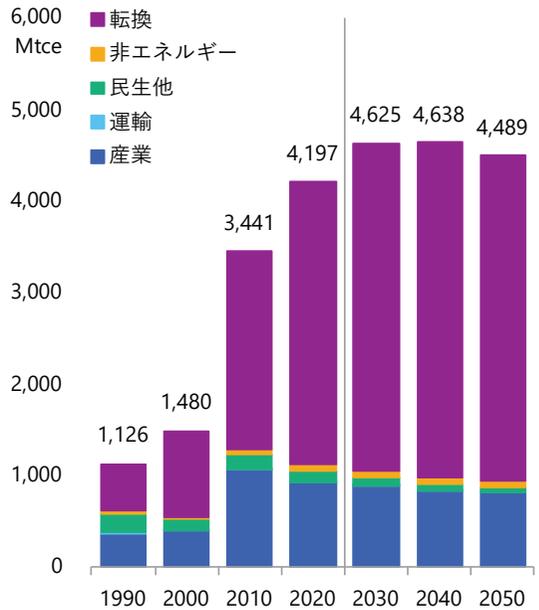
IEEJ Outlook 2023 IEEJ © 2022

石炭消費

地域別



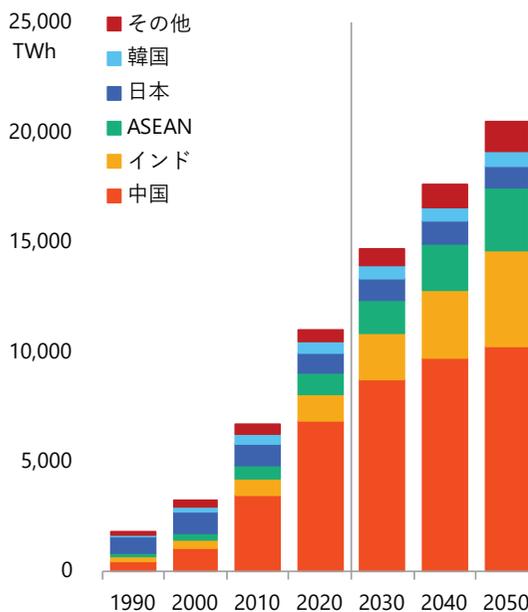
部門別



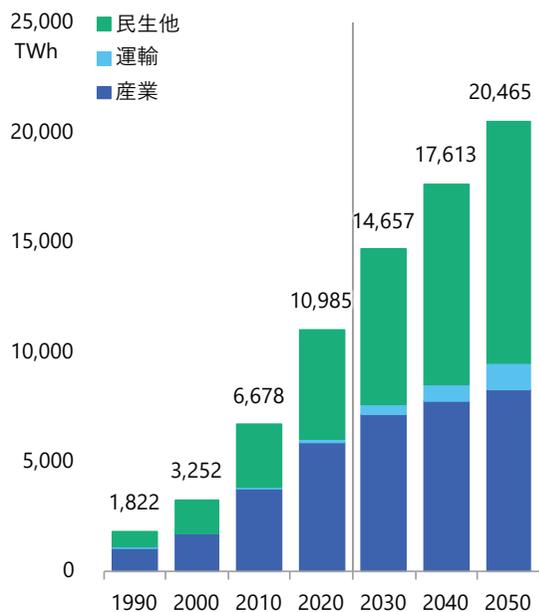
IEEJ Outlook 2023 IEEJ © 2022

電力最終消費

地域別



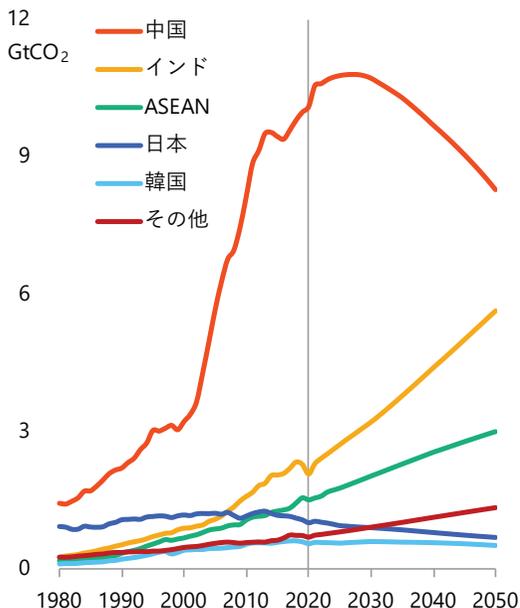
部門別



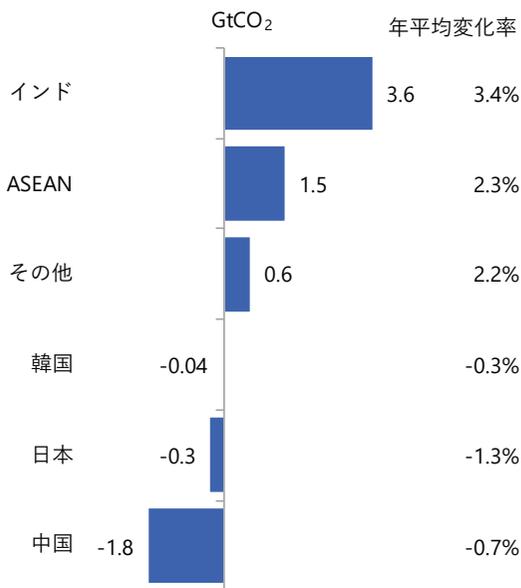
IEEJ Outlook 2023 IEEJ © 2022

CO₂排出量

エネルギー起源CO₂排出量



増減分(2020-2050年)

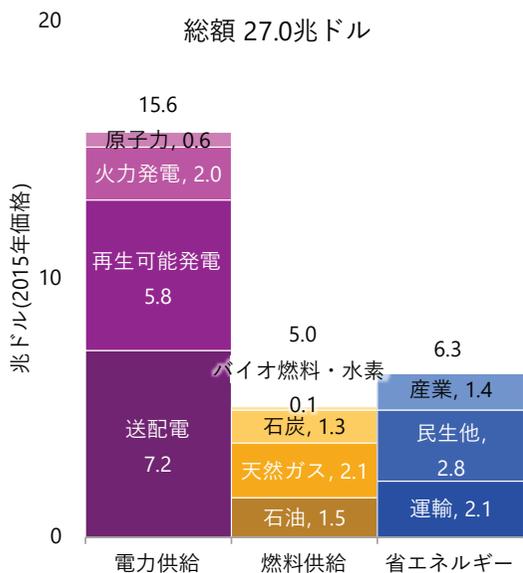


IEEJ Outlook 2023 IEEJ © 2022

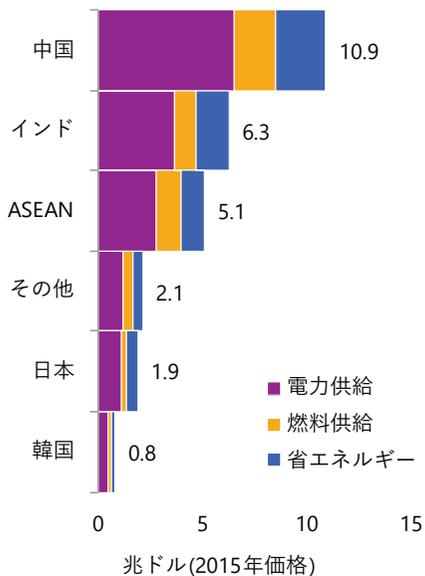
エネルギー関連投資額

(2021年～2050年 累積投資額)

部門別



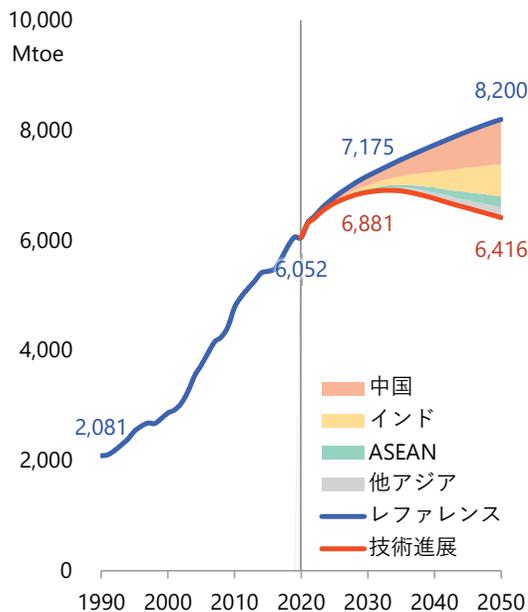
地域別



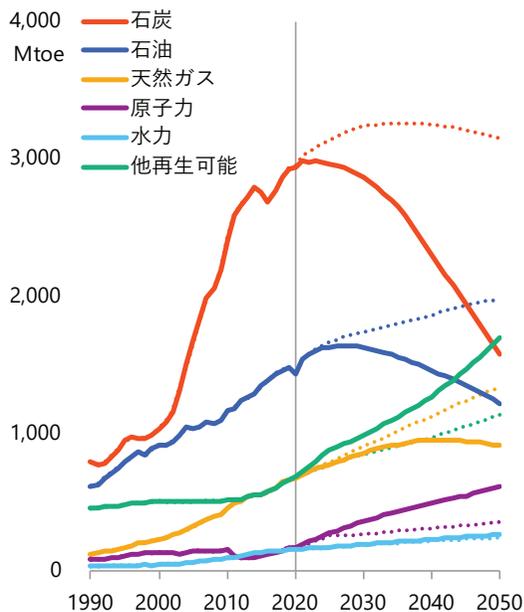
IEEJ Outlook 2023 IEEJ © 2022

一次エネルギー消費

国・地域別



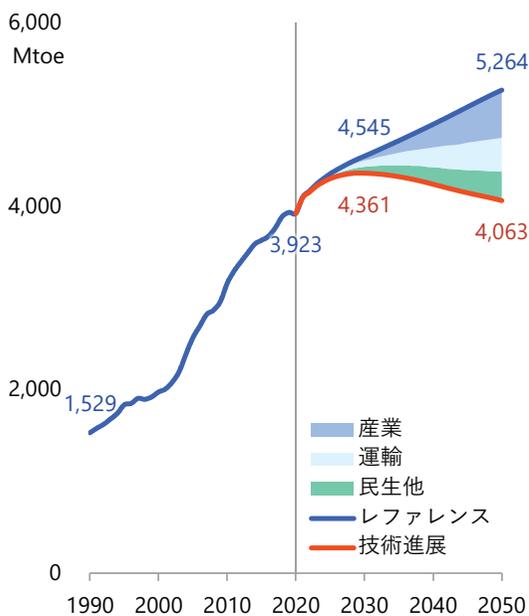
エネルギー源別



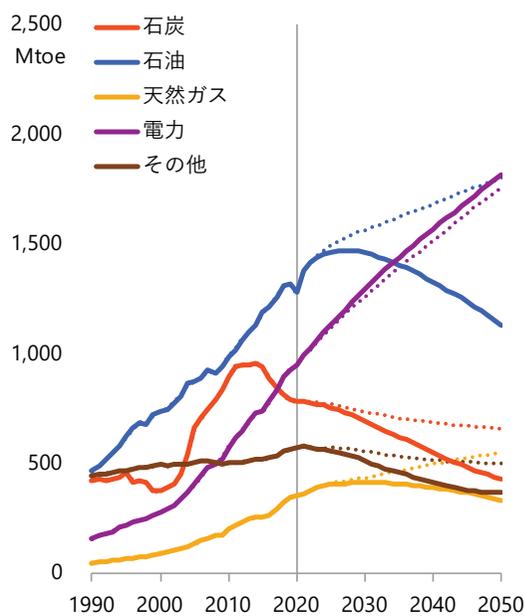
(注)実線：技術進展、破線：レファレンス

最終エネルギー消費

部門別



エネルギー源別

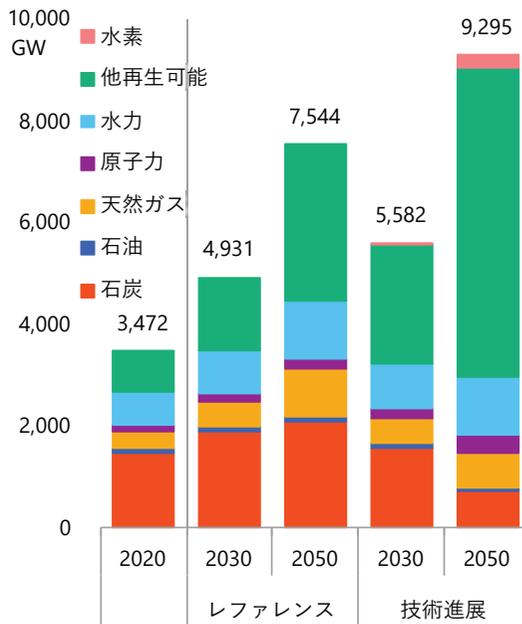
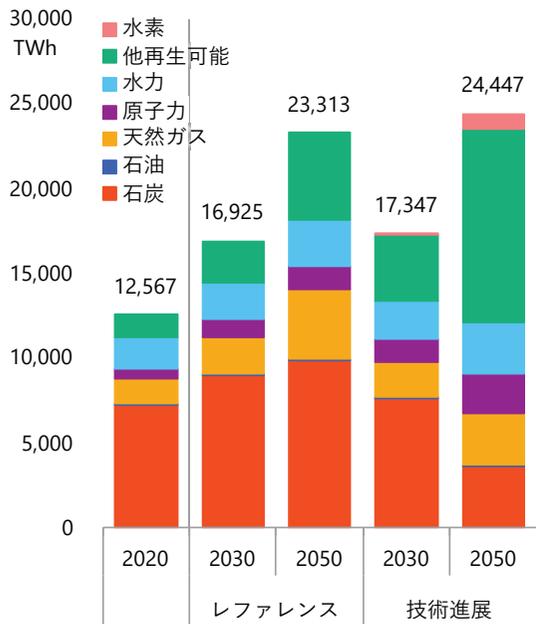


(注)実線：技術進展、破線：レファレンス

発電構成

発電量

発電設備容量



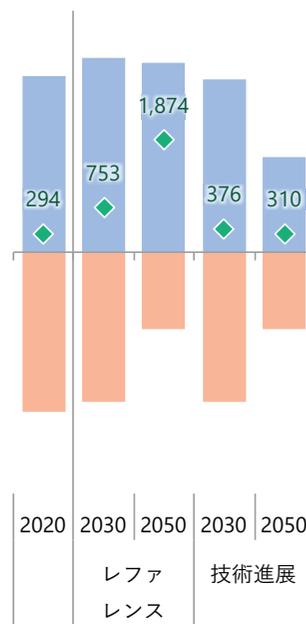
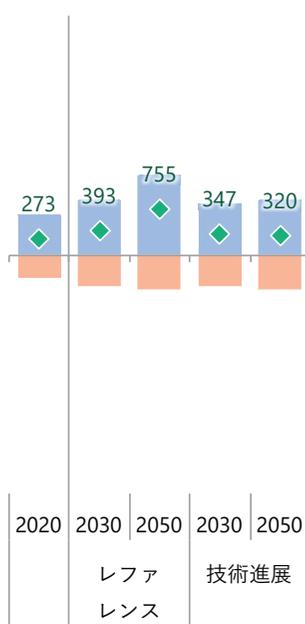
IEE Outlook 2023 IEE © 2022

化石燃料需給バランス

石油

天然ガス

石炭

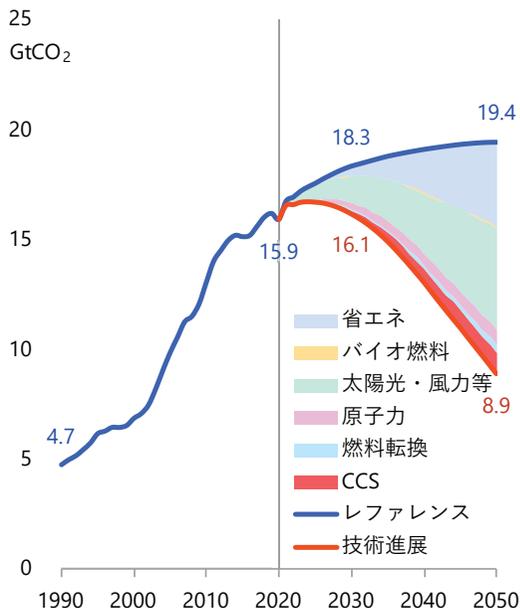
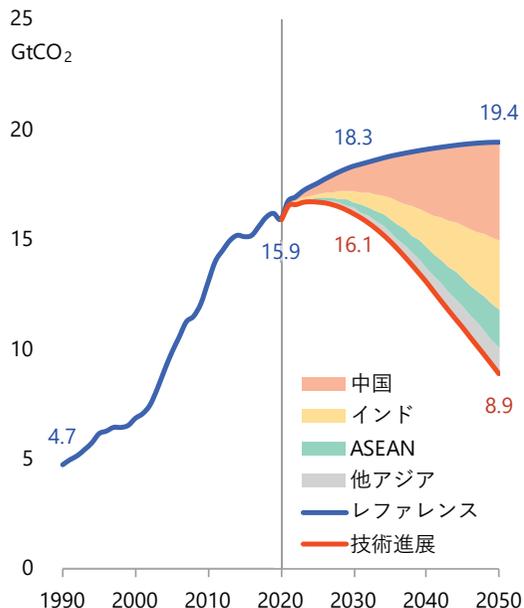


IEE Outlook 2023 IEE © 2022

CO₂排出量

国・地域別

技術別

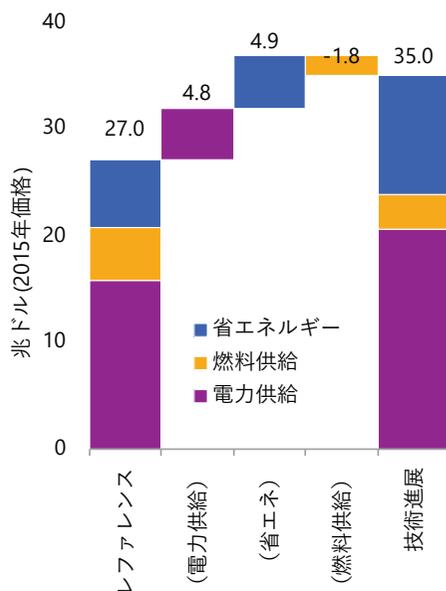
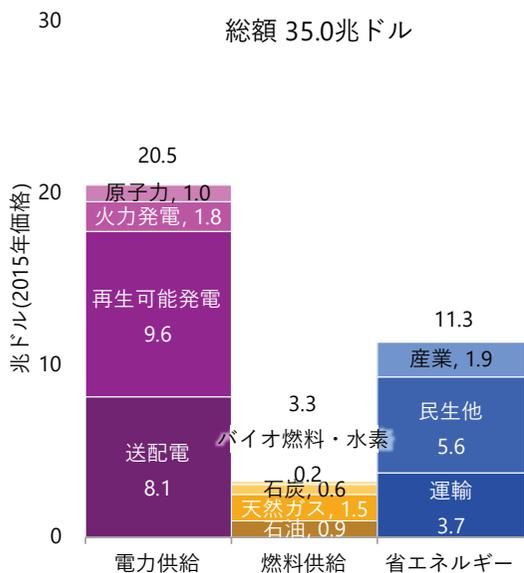


IEEJ Outlook 2023 IEEJ © 2022

エネルギー関連投資額 (2021年～2050年 累積投資額)

部門別投資額

レファレンスシナリオとの比較

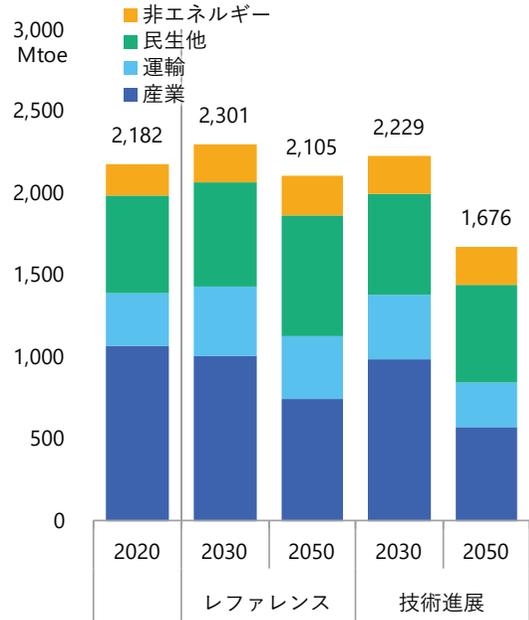
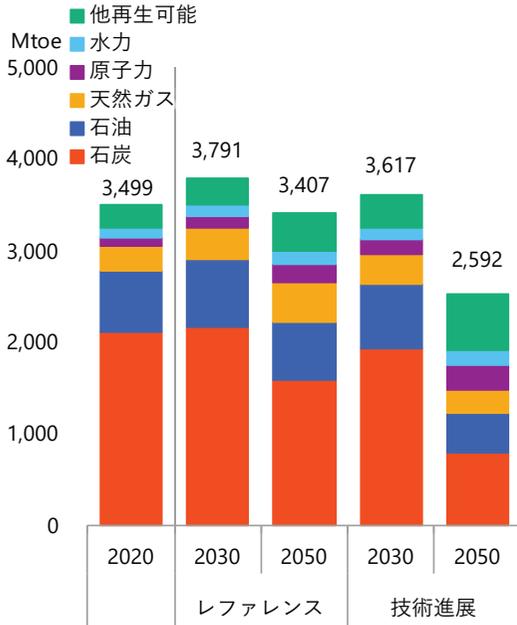


IEEJ Outlook 2023 IEEJ © 2022

エネルギー消費

一次エネルギー消費

最終エネルギー消費



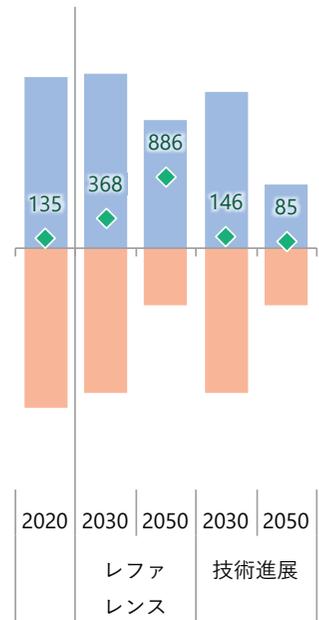
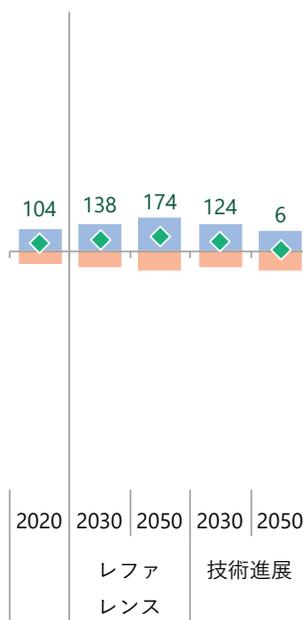
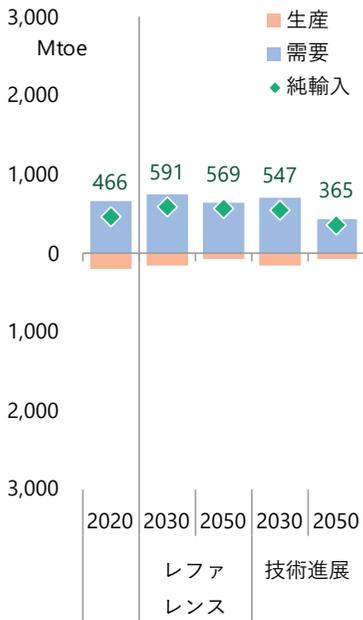
IEEJ Outlook 2023 IEEJ © 2022

化石燃料需給バランス

石油

天然ガス

石炭

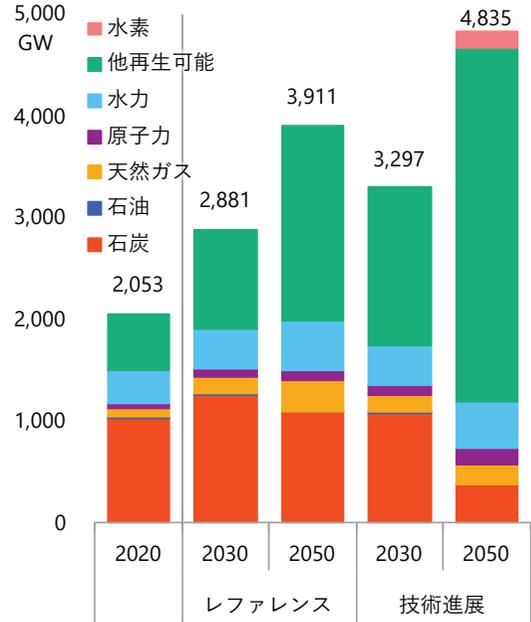
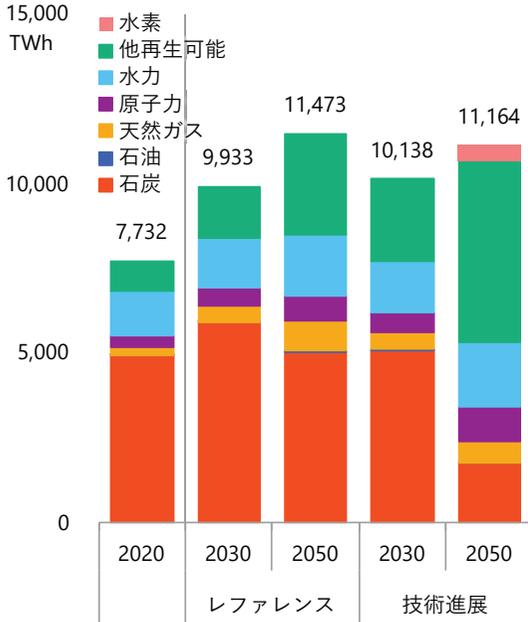


IEEJ Outlook 2023 IEEJ © 2022

発電構成

発電量

発電設備容量

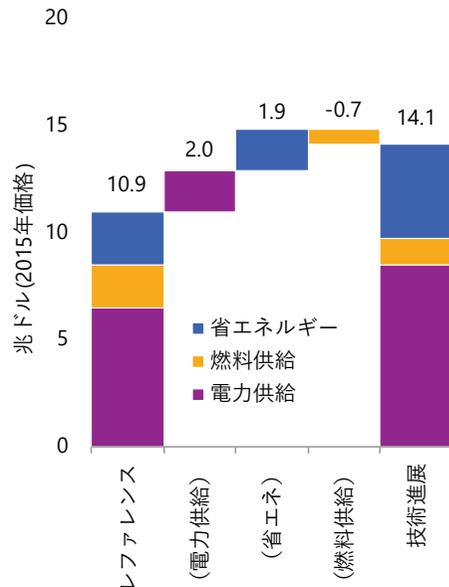
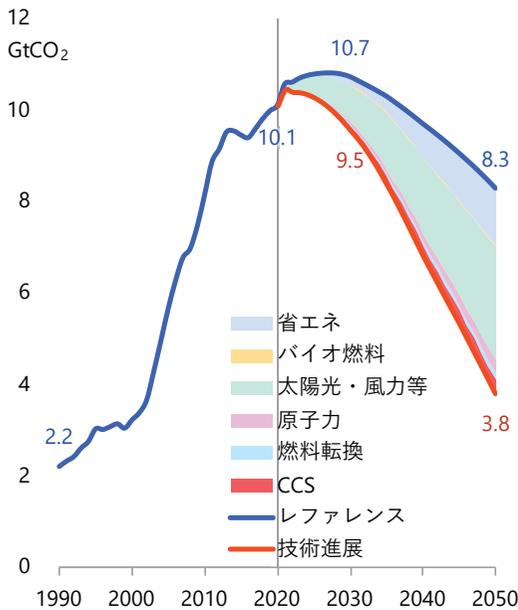


IEEJ Outlook 2023 IEEJ © 2022

CO₂排出量・エネルギー関連投資

エネルギー起源CO₂排出量

エネルギー関連投資
(2021年～2050年累積額)

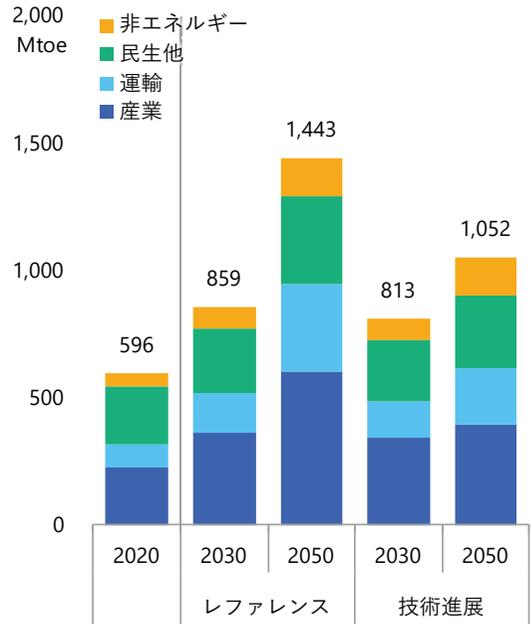
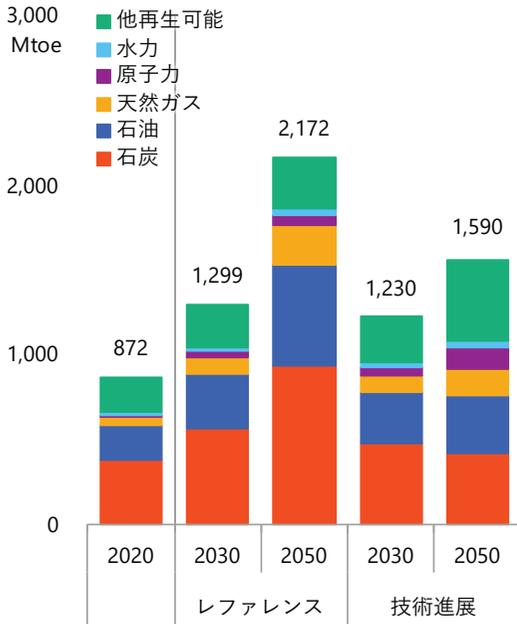


IEEJ Outlook 2023 IEEJ © 2022

エネルギー消費

一次エネルギー消費

最終エネルギー消費



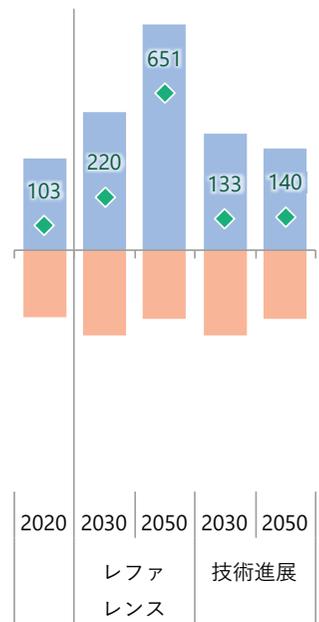
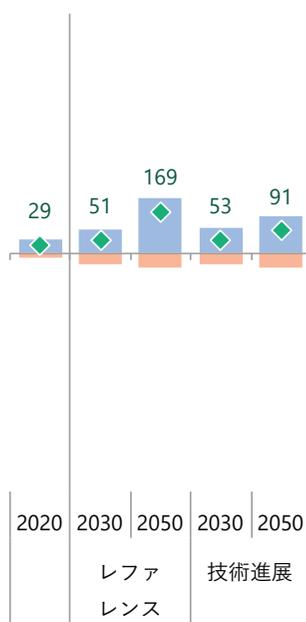
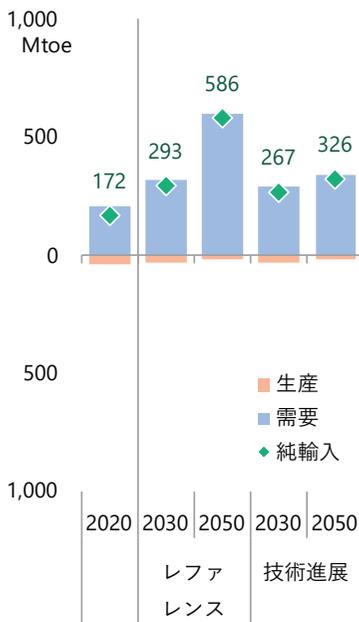
IEEJ Outlook 2023 IEEJ © 2022

化石燃料需給バランス

石油

天然ガス

石炭

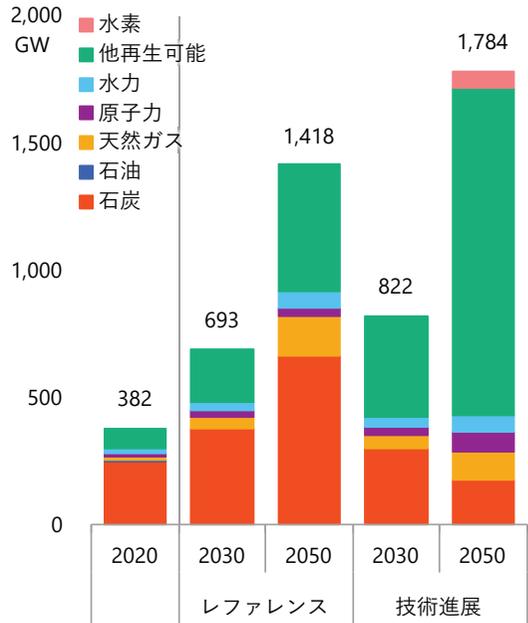
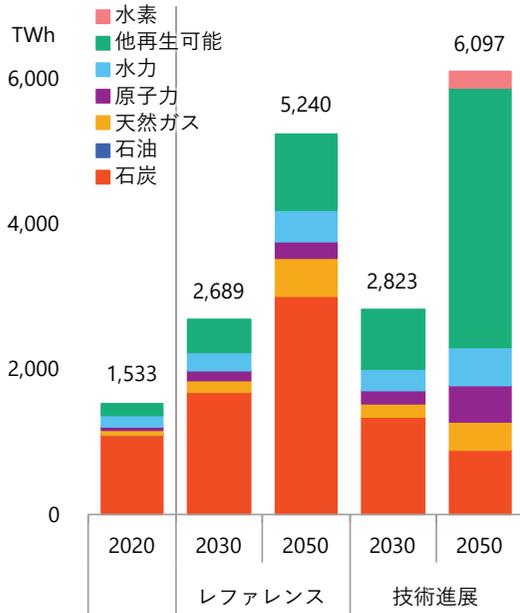


IEEJ Outlook 2023 IEEJ © 2022

発電構成

発電量

発電設備容量

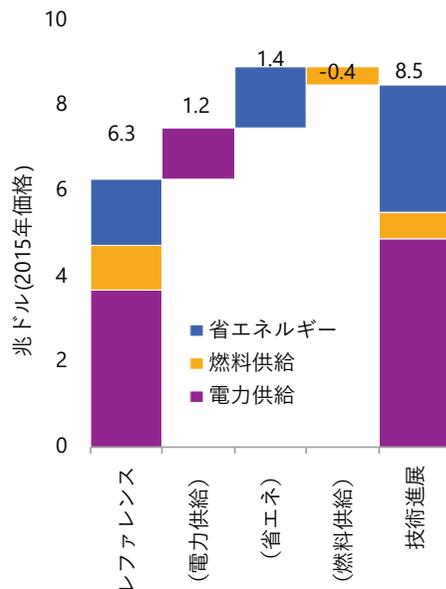
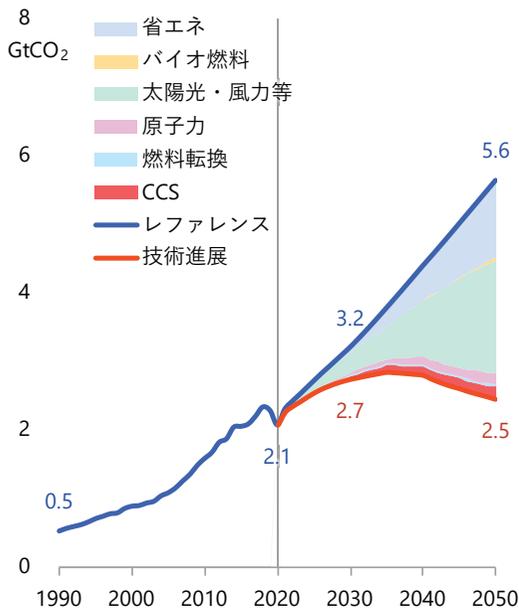


IEEJ Outlook 2023 IEEJ © 2022

CO₂排出量・エネルギー関連投資

エネルギー起源CO₂排出量

エネルギー関連投資
(2021年～2050年累積額)

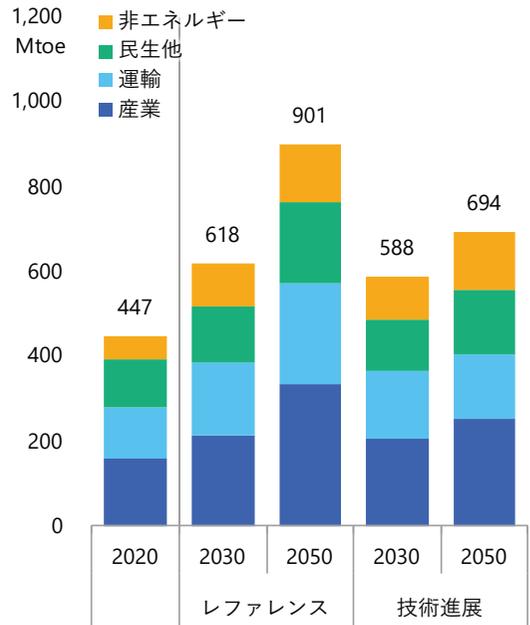
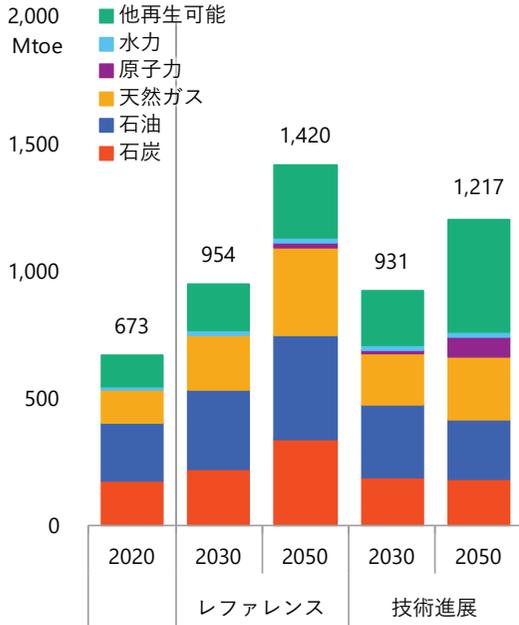


IEEJ Outlook 2023 IEEJ © 2022

エネルギー消費

一次エネルギー消費

最終エネルギー消費



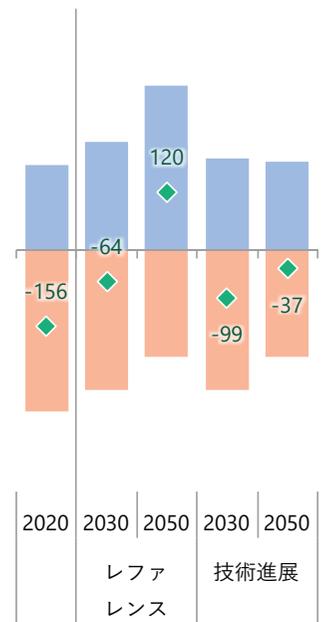
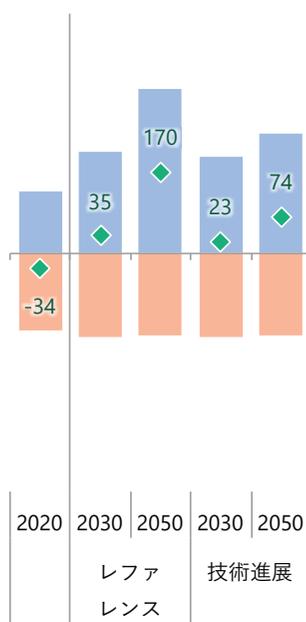
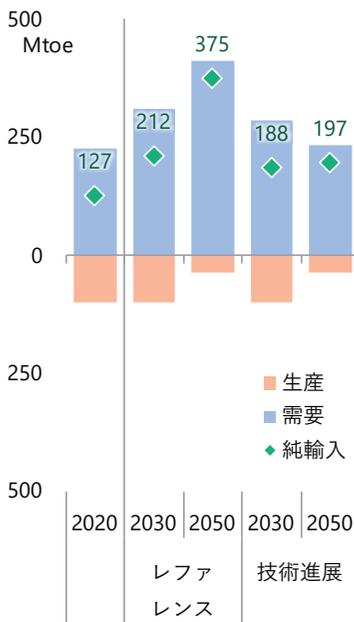
IEEJ Outlook 2023 IEEJ © 2022

化石燃料需給バランス

石油

天然ガス

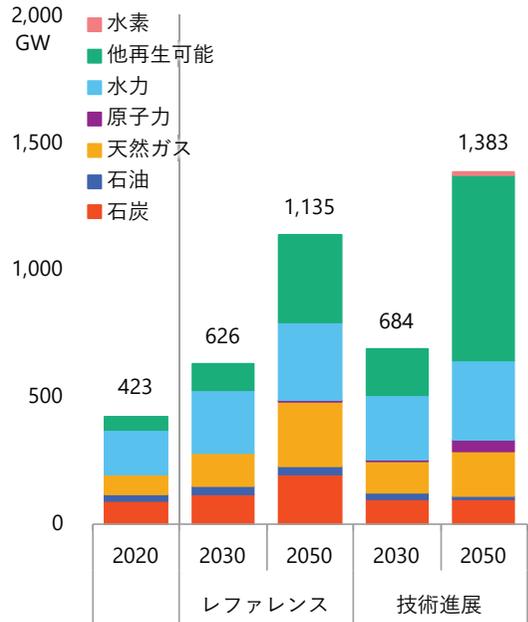
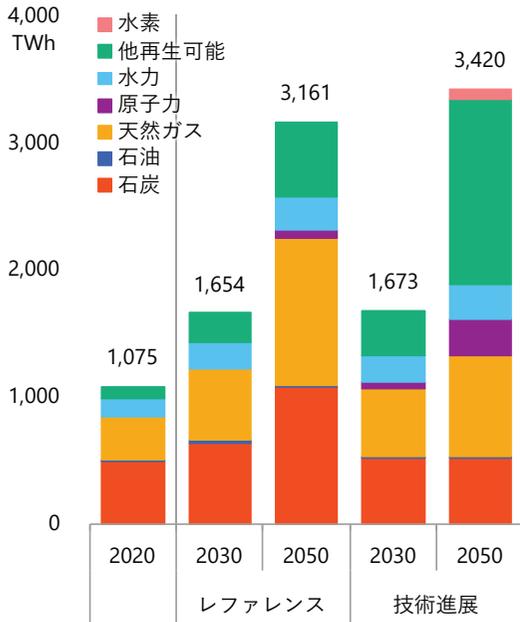
石炭



IEEJ Outlook 2023 IEEJ © 2022

発電量

発電設備容量

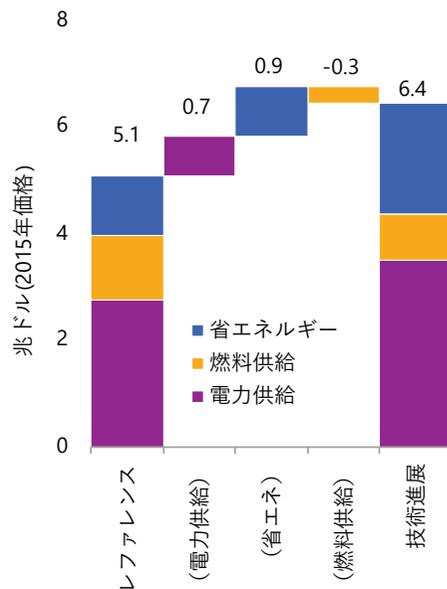
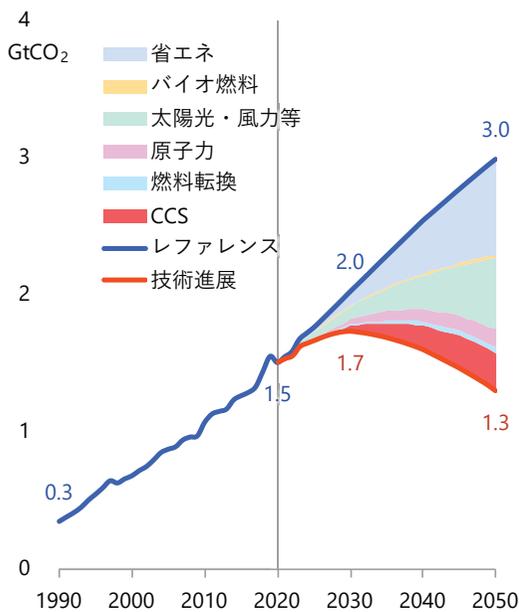


IEEJ Outlook 2023 IEEJ © 2022

CO₂排出量・エネルギー関連投資

エネルギー起源CO₂排出量

エネルギー関連投資
(2021年～2050年累積額)



IEEJ Outlook 2023 IEEJ © 2022

IEEJ Outlook 2023

2022年10月

日本エネルギー経済研究所

IEEJ © 2022

お問い合わせ: report@tky.ieej.or.jp