

IEEJ：2021年10月掲載 禁無断転載

# IEEJ Outlook 2022

エネルギー・環境・経済

カーボンニュートラルへの挑戦と課題



The Institute of  
Energy Economics, Japan



# IEEJ Outlook 2022



**The Institute of  
Energy Economics, Japan**



碓井 良平  
伊藤 葉子  
岩田 竹広  
遠藤 聖也  
太田 啓介  
大槻 貴司  
岡林 秀明  
尾羽 秀晃  
川上 恭章  
    鬮 思超  
木村 謙仁  
久谷 一郎  
小林 良和  
    小山 堅  
佐川 篤男  
柴田 善朗  
    末広 茂  
田上 貴彦  
    永富 悠  
野口 正義  
    橋本 裕  
松尾 雄司  
村上 朋子  
森川 哲男  
    柳澤 明  
山下 ゆかり  
横田 恵美理



エグゼクティブ・サマリー	1
<b>第I部 エネルギー需給展望</b>	<b>7</b>
1. 主要前提	9
2. エネルギー需要	21
3. エネルギー供給	51
4. 技術進展シナリオ	85
5. エネルギー関連投資	113
<b>第II部 カーボンニュートラルへの挑戦と課題</b>	<b>119</b>
6. カーボンニュートラルへの挑戦と課題	121
7. 炭素循環経済/4Rシナリオ	145
<b>付表</b>	<b>157</b>
<b>スライド</b>	<b>219</b>

図1-1   地域区分.....	9
図1-2   導入技術の想定例[技術進展シナリオ] .....	10
図1-3   世界のGDP .....	15
図1-4   主要国・地域の経済成長率.....	16
図1-5   主要国・地域の人口 .....	17
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].....	21
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] .....	22
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] .....	23
図2-4   一次エネルギー消費増減[2019年～2050年、レファレンスシナリオ].....	24
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] .....	24
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、2019年～ 2050年].....	25
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].....	25
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] .....	26
図2-9   主要国・地域の石油消費[レファレンスシナリオ].....	26
図2-10   世界の石油消費[レファレンスシナリオ] .....	26
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].....	28
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] .....	29
図2-13   世界の天然ガス消費[レファレンスシナリオ] .....	29
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].....	30
図2-15   主要国・地域の石炭消費[レファレンスシナリオ] .....	31
図2-16   世界の石炭消費[レファレンスシナリオ] .....	31
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].....	32
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] .....	32
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] .....	33
図2-20   ASEANの一次エネルギー消費[レファレンスシナリオ] .....	33

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].....	35
図2-22   アジアの石油消費[レファレンスシナリオ].....	36
図2-23   アジアの天然ガス消費[レファレンスシナリオ].....	36
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].....	39
図2-25   主要国・地域の最終エネルギー消費増分[レファレンスシナリオ、 2019年～2050年].....	40
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].....	40
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].....	42
図2-28   自動車保有台数[レファレンスシナリオ].....	43
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].....	44
図2-30   主要国・地域のエネルギー起源CO <sub>2</sub> 排出[レファレンスシナリオ].....	48
図2-31   中国のエネルギー起源CO <sub>2</sub> 排出等の年変化率[レファレンスシナリオ].....	49
図3-1   足元のOECD商業石油在庫量.....	51
図3-2   主要地域間の原油貿易[2020年].....	55
図3-3   主要地域間の原油貿易[レファレンスシナリオ、2030年].....	55
図3-4   主要地域間の原油貿易[レファレンスシナリオ、2050年].....	56
図3-5   世界の天然ガス、LNG供給.....	57
図3-6   米国シェール革命と世界のLNG市場の変遷.....	60
図3-7   主要地域間の天然ガス貿易[2019年].....	62
図3-8   主要地域間の天然ガス貿易[レファレンスシナリオ、2030年].....	63
図3-9   主要地域間の天然ガス貿易[レファレンスシナリオ、2050年].....	63
図3-10   世界の石炭生産.....	65
図3-11   世界の石炭生産[レファレンスシナリオ].....	67
図3-12   世界の石炭貿易(輸入量) [レファレンスシナリオ].....	69
図3-13   主要国・地域間の石炭貿易[2020年].....	69
図3-14   主要国・地域間の石炭貿易[レファレンスシナリオ、2030年].....	70
図3-15   主要国・地域間の石炭貿易[レファレンスシナリオ、2050年].....	70
図3-16   GDP成長率と発電量の前年比変化率[2020年].....	71
図3-17   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].....	73

図3-18   主要国・地域の発電電力量[レファレンスシナリオ].....	73
図3-19   世界の発電構成[レファレンスシナリオ].....	74
図3-20   先進国、新興・途上国の電源構成[レファレンスシナリオ].....	75
図3-21   中国、インド、ASEANの電源構成[レファレンスシナリオ] .....	76
図3-22   世界の原子力発電設備容量と基数 .....	77
図3-23   原子力発電設備容量[レファレンスシナリオ].....	78
図3-24   アジアの原子力発電設備容量[レファレンスシナリオ].....	80
図3-25   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].....	81
図3-26   風力発電設備容量[レファレンスシナリオ].....	82
図3-27   太陽光発電設備容量[レファレンスシナリオ].....	82
図3-28   輸送用バイオ燃料消費[レファレンスシナリオ].....	84
図4-1   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].....	86
図4-2   風力発電設備容量[技術進展シナリオ].....	90
図4-3   太陽光発電設備容量[技術進展シナリオ].....	90
図4-4   原子力発電設備容量[技術進展シナリオ].....	93
図4-5   アジアの原子力発電設備容量[技術進展シナリオ].....	94
図4-6   世界の一次エネルギー消費と地域別省エネルギー(レファレンスシナリ オ比) [技術進展シナリオ].....	95
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].....	96
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].....	97
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].....	98
図4-10   世界の最終エネルギー消費構成[2050年].....	98
図4-11   最終エネルギー消費節減量とGDPあ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].....	99
図4-12   世界の発電量[技術進展シナリオ].....	100
図4-13   アジアの発電量[技術進展シナリオ].....	101

図4-14   主要地域間の原油貿易[技術進展シナリオ、2030年]	104
図4-15   主要地域間の原油貿易[技術進展シナリオ、2050年]	104
図4-16   主要地域間の天然ガス貿易[技術進展シナリオ、2030年]	106
図4-17   主要地域間の天然ガス貿易[技術進展シナリオ、2050年]	107
図4-18   世界の石炭生産[技術進展シナリオ]	108
図4-19   主要国・地域間の石炭貿易[技術進展シナリオ、2030年]	109
図4-20   主要国・地域間の石炭貿易[技術進展シナリオ、2050年]	109
図4-21   世界のエネルギー起源CO <sub>2</sub> 排出	111
図4-22   エネルギー起源CO <sub>2</sub> 排出[技術進展シナリオ]	112
図5-1   世界のエネルギー関連投資	113
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]	114
図5-3   発電分野の投資[レファレンスシナリオ]	115
図5-4   送配電の投資[レファレンスシナリオ]	116
図5-5   天然ガスの投資[レファレンスシナリオ]	117
図5-6   石油の投資[レファレンスシナリオ]	117
図5-7   省エネルギーの投資[レファレンスシナリオ]	118
図6-1   一次エネルギー供給に占める化石燃料のシェア[2019年]	121
図6-2   CO <sub>2</sub> 排出量のGDP原単位	123
図6-3   外部不経済と経済活動	125
図6-4   1人あたりGDP [2019年]	127
図6-5   1人あたりエネルギー消費[2019年]	127
図6-6   1人あたりCO <sub>2</sub> 排出量[2019年]	127
図6-7   カーボンバジェットと累計排出量	128
図6-8   2050年、2060年にASEANでカーボンニュートラルを実現する場合の平均削減費用	129
図6-9   2060年にASEANでカーボンニュートラルを実現する場合の電力価格	129
図6-10   新興・途上国の一次エネルギー消費	130
図6-11   新興・途上国のCO <sub>2</sub> 排出	130
図6-12   最終エネルギー消費における電化率	133
図6-13   新規投資が行われなかった場合の石油供給能力[2025年]	136

図6-14   新規投資が行われなかった場合の世界の石油供給能力と需要 .....	136
図6-15   世界の天然ガス液化能力 .....	137
図6-16   アジアのLNGスポット価格.....	137
図6-17   世界の石油・天然ガス供給における企業種別シェア[2018年].....	138
図6-18   日本のLNG輸入量.....	139
図6-19   再生可能エネルギー発電への投資[レファレンスシナリオ、2021年～ 2050年].....	141
図6-20   世界の化石燃料とクリティカルミネラルの処理能力[2019年] .....	141
図7-1   世界のCO <sub>2</sub> 排出.....	151
図7-2   追加的なCO <sub>2</sub> 排出削減量(技術進展シナリオ比) [炭素循環経済/4Rシナ リオ].....	152
図7-3   世界の一次エネルギー消費[2050年] .....	153
図7-4   世界の発電量[2050年] .....	153
図7-5   世界の発電構成[2050年].....	153
図7-6   ブルー水素とグリーン水素の比率[炭素循環経済/4Rシナリオ].....	154
図7-7   水素需要[炭素循環経済/4Rシナリオ].....	155
図7-8   水素供給[炭素循環経済/4Rシナリオ].....	155
図7-9   世界の水素需要[炭素循環経済/4Rシナリオ] .....	156
図7-10   水素の純輸出[炭素循環経済/4Rシナリオ、2050年].....	156
表1-1   主な石油・ガス企業によるネットゼロ排出目標.....	12
表1-2   国際エネルギー価格 .....	19
表2-1   主要国・地域の2030年目標およびネットゼロ排出・カーボンニュート ラル目標 .....	47
表3-1   原油生産[レファレンスシナリオ] .....	53
表3-2   一般炭生産[レファレンスシナリオ].....	68
表3-3   原料炭生産[レファレンスシナリオ].....	68
表4-1   技術の想定例[技術進展シナリオ] .....	85
表4-2   世界のエネルギー指標.....	87
表4-3   原油生産[技術進展シナリオ] .....	102

表4-4   天然ガス生産[技術進展シナリオ] .....	105
表4-5   一般炭生産[技術進展シナリオ].....	110
表4-6   原料炭生産[技術進展シナリオ].....	110
表7-1   炭素循環経済における主な「4R技術」 .....	147
表7-2   技術導入想定[炭素循環経済/4Rシナリオ].....	150
付表1   地域区分 .....	159
付表2   主要エネルギー・経済指標 .....	162
付表3   人口 .....	163
付表4   GDP .....	164
付表5   1人あたりGDP.....	165
付表6   国際エネルギー価格.....	166
付表7   一次エネルギー消費[レファレンスシナリオ].....	167
付表8   一次エネルギー消費、石炭[レファレンスシナリオ] .....	168
付表9   一次エネルギー消費、石油[レファレンスシナリオ] .....	169
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] .....	170
付表11   最終エネルギー消費[レファレンスシナリオ].....	171
付表12   最終エネルギー消費、産業[レファレンスシナリオ] .....	172
付表13   最終エネルギー消費、運輸[レファレンスシナリオ] .....	173
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] .....	174
付表15   最終エネルギー消費、電力[レファレンスシナリオ] .....	175
付表16   発電電力量[レファレンスシナリオ].....	176
付表17   1人あたり一次エネルギー消費[レファレンスシナリオ].....	177
付表18   GDPあたり一次エネルギー消費[レファレンスシナリオ] .....	178
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] .....	179
付表20   世界[レファレンスシナリオ] .....	180
付表21   アジア[レファレンスシナリオ].....	181
付表22   中国[レファレンスシナリオ] .....	182
付表23   インド[レファレンスシナリオ].....	183
付表24   日本[レファレンスシナリオ] .....	184

付表25   韓国[レファレンスシナリオ]	185
付表26   台湾[レファレンスシナリオ]	186
付表27   ASEAN [レファレンスシナリオ]	187
付表28   インドネシア[レファレンスシナリオ]	188
付表29   マレーシア[レファレンスシナリオ]	189
付表30   ミャンマー[レファレンスシナリオ]	190
付表31   フィリピン[レファレンスシナリオ]	191
付表32   タイ[レファレンスシナリオ]	192
付表33   ベトナム[レファレンスシナリオ]	193
付表34   北米[レファレンスシナリオ]	194
付表35   米国[レファレンスシナリオ]	195
付表36   中南米[レファレンスシナリオ]	196
付表37   欧州先進国[レファレンスシナリオ]	197
付表38   他欧州/ユーラシア[レファレンスシナリオ]	198
付表39   欧州連合[レファレンスシナリオ]	199
付表40   アフリカ[レファレンスシナリオ]	200
付表41   中東[レファレンスシナリオ]	201
付表42   オセアニア[レファレンスシナリオ]	202
付表43   先進国[レファレンスシナリオ]	203
付表44   新興・途上国[レファレンスシナリオ]	204
付表45   世界[技術進展シナリオ]	205
付表46   アジア[技術進展シナリオ]	206
付表47   中国[技術進展シナリオ]	207
付表48   インド[技術進展シナリオ]	208
付表49   日本[技術進展シナリオ]	209
付表50   ASEAN [技術進展シナリオ]	210
付表51   米国[技術進展シナリオ]	211
付表52   欧州連合[技術進展シナリオ]	212
付表53   先進国[技術進展シナリオ]	213
付表54   新興・途上国[技術進展シナリオ]	214

---

付表55   世界[炭素循環経済/4Rシナリオ].....	215
付表56   先進国[炭素循環経済/4Rシナリオ].....	216
付表57   新興・途上国[炭素循環経済/4Rシナリオ].....	217
Box 1-1   世界で大きく動くカーボンニュートラルへの取り組みとIEEJ Outlookの対応.....	10
Box 6-1   日本の新たなエネルギー基本計画とLNG輸入.....	139



# 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)

### 世界のエネルギー消費増分の4分の3はインド、MENA、ASEAN

- 効率化および省エネルギー努力により、世界のエネルギー消費原単位は低下している。しかし、過去の趨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、マクロ経済がその下落率以上に拡大するため、世界の一次エネルギー消費は増え続ける。エネルギー消費は、2050年には現行水準の1.2倍に増加する。
- 特にインド、中東・北アフリカ(MENA)、東南アジア諸国連合(ASEAN)が、世界の一次エネルギー消費増大を牽引する。この3か国・地域の世界シェアは2019年の18%から2050年には28%まで拡大する。また、2019年から2050年の消費増分の76%を占める。
- 非化石エネルギーが増えるものの、それ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。

### 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

- 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0.5%で増加し、これに呼応して、石油輸出国機構(OPEC)、非OPECとともに原油生産を増加させる。長期的には、北米地域での産油量もピークアウトし、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ってゆく。
- 原油増産の主軸が再び中東産油国に移ることを受け、世界全体で80%弱の原油輸入シェアを有するようになるアジアでは、原油の対中東依存度が再び高まることになる。2050年には、世界最大の原油輸入国は中国からインドへと移行し、その輸入量は今日の中国のそれをも上回る。

## LNG市場が豊富な供給ポテンシャルにより拡大持続

- 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に生産が年率1%程度で増加し、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、液化天然ガス(LNG)輸出が果たす役割が重要となる。
- 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。

## 供給力の柔軟性が低下し、石炭の需給バランスは不安定化

- 脱石炭が世界的な潮流として厳しさを増し、石炭関連の投融資が大幅に制限される中で、石炭生産が特定の国・地域に偏重する傾向は今後さらに強まってゆく。供給構造の柔軟性が低下する中、需要面では引き続き不確実性の高い状況が続く。
- 炭種別にみると、一般炭生産量は主に発電用需要の増加に伴い増加するが、2040年ごろをピークに減少に転じる。主に鉄鋼生産の原料として用いられる原料炭は、2019年の1,050 Mtから2040年までには800 Mt台に減少する。

## 発電電力量はアジア地域で急速に拡大。天然ガス火力が最大の電源に

- 世界の発電量は年率1.7%で増加し、2050年には2019年の1.7倍となる。その増分は、世界最大の中国の現発電量の2.3倍に相当し、その95%が新興・途上国に由来する。
- 2050年には天然ガスが最大の電源となる。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となる。石炭は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。
- 原子力は、日本や韓国、米国やヨーロッパの一部では従来想定されていた計画どおりに発電所を新設することは困難となっている。一方、中国をはじめとして利用を推進してゆく国のほか、中東諸国など新たに導入する国も現れる。そのため、世界の設備容量は2050年にかけて少しずつ増加してゆく。
- 風力発電や太陽光発電といった自然変動電源の発電量は、2050年には8,409 TWhに達する。電源構成比は19%へ上昇し、電力システムにおける存在感を増す。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。

## 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(CO<sub>2</sub>)排出削減対策を見込む。2050年における一次エネルギー消費削減量は石油換算2.9十億t (Gtoe)、CO<sub>2</sub>削減量は15.8 Gtとなりレファレンスシナリオ比42%減にとどまる。2020年以降、多くの国がカーボンニュートラル政策を導入しているが、2050年に世界がカーボンニュートラルを実現することは非常に難しい。
- 2030年におけるCO<sub>2</sub>排出削減率は、米国が2005年比33.2%、欧州連合(EU)が1990年比40.1%、日本が2013年比37.2%、カナダが2005年比9.8%と、いずれも「国が決定する貢献」(NDC)の温室効果ガス(GHG)排出削減率に届いていない。技術進展シナリオを越える、さらなる政策・対策が求められる。
- 中国、米国、EUおよび日本はネットゼロ排出・カーボンニュートラル目標を発表している。それらの国・地域によるシナリオ分析ではその多くで、2050年に8割程度の排出削減を見込んでいるが、いずれの国もそれに届いていない。現在、商業化されていない排出削減技術の開発・導入が必要となる。
- 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減少する一方で、再生可能エネルギーへの投資が増大し、2040年代には34兆ドルが必要となる。

## カーボンニュートラルへの道のり

- 2015年のパリ協定合意以降、米国やEU、中国、英国など、多くの国々が、今世紀半ばでのカーボンニュートラル目標を掲げるようになってきている。しかし、現在の化石燃料への高い依存度とあわせて、既存のインフラや供給システムがもたらす経路依存的な効果を考えると、カーボンニュートラルは決して容易な目標ではない。
- グリーン成長政策によるプラスの効果はもちろん存在するが、本質的に気候変動対策には費用の負担や成長の制約が付随するという事実から目をそらしてはいけない。カーボンニュートラルの実現に向けた対応については、「成長」という観点からその

利点を説明するのではなく、各国がある程度の負担を負いながら追求すべき地球的規模の「規範」と位置付けるべきである。

■ カーボンニュートラルに向かうプロセスにおいて懸念される大きな問題の1つが、新たな格差の発生とその拡大の可能性である。経済条件や資源賦存、技術力等の要因は、当然のことながら国によって異なる。これら要因の差異が勝者と敗者を生み出すことで、新たな格差を生じさせる可能性がある。

■ カーボンニュートラルに向かう場合には、電力化が進むことになり、電力セキュリティ問題が最も重要なエネルギー安全保障上の課題の1つとなる。また、再生可能エネルギー導入や電力化を進めてゆくうえで重要な役割を果たす鉱物資源(クリティカルミネラル)の安定供給も、新たなエネルギー安全保障の重要な課題となる。

■ 原油生産に対する新規投資が停止されても即座に需給逼迫が起きることはない。しかし、2024年にはレファレンスシナリオ、需要の伸びがそれよりも鈍化する技術進展シナリオのいずれであっても、世界の石油需給バランスは供給不足・需要超過となる。新規投資の停止は、そう遠くない将来に需給の逼迫と価格の上昇をもたらす可能性がある。

## 炭素循環経済/4Rシナリオ

■ 炭素循環経済は、従前の循環型経済の考え方を発展させた概念である。「削減」(Reduce)、「再利用」(Reuse)、「再循環」(Recycle)の3つの「R」を通じて資源の利用や廃棄物の発生を抑制する循環型経済の考え方に対し、炭素循環経済は「除去」(Remove)を加えた4つのRを通じて大気中のCO<sub>2</sub>の総量を抑制するという概念である。

■ 技術進展シナリオにさらに多様な脱炭素化技術の普及を見込んだ「炭素循環経済/4Rシナリオ」では、2050年における世界のCO<sub>2</sub>排出量は、現在の半分以下の15.7 Gtにまで低下する。技術進展シナリオと比べた削減量のうち半分以上が非電力部門におけるものとなる。

■ 一次エネルギー消費総量は技術進展シナリオからやや増加する。多様な脱炭素化技術の導入によって追加的な転換需要が発生するためである。2050年の化石燃料シェ

アは60%と技術進展シナリオとほぼ同水準となる。化石燃料の脱炭素化技術を積極的に導入することで、化石燃料の利用を続けながら大幅な排出量の削減を実現できる。

■ 多様な部門においてクリーン水素(ブルー水素およびグリーン水素)が大きな役割を果たす。需要地としては、特に大きいのがやはりアジアである。供給地としては、北米や中東、ロシアといったブルー水素の原料となる化石燃料資源が豊富に存在している地域が主となる。



## 第I部

# エネルギー需給展望



# 1. 主要前提

## 1.1 モデルの概要およびシナリオ設定

2050年までの将来にわたる世界のエネルギー需給を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<sup>1</sup>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](http://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趨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。ここでは今

<sup>1</sup> 詳細な定義は付表1を参照

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、趨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。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ことを想定し、推計している。

### 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

国家的戦略・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(ベストプラクティス)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

##### ■ 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、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の普及拡大

##### ■ 次世代送配電技術

低損失型の変電設備、電圧調整装置

##### ■ 二酸化炭素貯留技術

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

### Box 1-1 | 世界で大きく動くカーボンニュートラルへの取り組みとIEEJ Outlookの対応

世界のカーボンニュートラル目標に向けた取り組みは、2020年をターニングポイントとして大きく動いた。

地球の気温上昇を2°Cよりも十分に低く抑えることを目標とするパリ協定は、2015年12月に採択され、翌2016年11月4日に発効した。しかし、その直後の11月8日、米国

大統領選で、パリ協定からの脱退を公約とするドナルド・トランプ氏が勝利した。米国は、パリ協定からの脱退のプロセスを開始できる2019年11月4日に、正式な脱退通知を国連に提出した

欧州連合(EU)では、2019年6月に2050年ネットゼロ排出量目標の提案が行われたが、東欧諸国の反対により合意に至らなかった。同年12月、翌2020年3月にも引き続き議論が行われたが、やはり合意には至らなかった。

2019年9月、国連気候行動サミットがニューヨークで開催された。中国は2030年目標の更新と2050年長期戦略の公表を行うと一部で観測されていたが、そのいずれも行われなかった。

このように、米国、EUおよび中国などの主要国において、程度の差こそあれ、気候変動対策の抜本的強化に向けたモメンタムには一種の「停滞」が見られてきた。この状況が大きく動いたのは、2020年9月であった。

2020年9月に、中国が2060年より前にカーボンニュートラル達成を目指すことを国連総会で発表した。これに続き、2020年10月、東欧諸国の反対により合意できていなかったEUが2050年までの温室効果ガス(GHG)ニュートラルに合意し、日本も2050年までに温室効果ガスの排出を全体としてゼロにすることを発表した。2021年1月には、米国で、2050年より前にネットゼロ排出を目標とするバイデン政権が発足した。

ネットゼロ排出・カーボンニュートラルを目標とする国は125か国にのぼり、世界のGHG排出量に占める割合も6割を超えた。実現そのものは決して容易ではないものの、主要国がそして120以上の国家が21世紀の半ばごろのカーボンニュートラルを目指すと表明したことは画期的に重要であり、国際社会の「現実」となった。

また、このような各国・地域の動きの中、主要石油・ガス企業からも、エネルギー製品使用に伴う排出を含めたネットゼロ排出目標が示されている。2019年12月の第25回国連気候変動枠組条約締約国会議(COP25)に際して、Repsolがネットゼロ排出目標を発表していたが、2020年11月にEquinor、12月にOccidental、2021年2月にShellおよびEniが続いた(表1-1)。欧州系企業を中心にスコープ3<sup>2</sup>までを視野に入れた積極

<sup>2</sup> 自社製品の最終消費段階での排出

的な対応がみられるが、世界の生産量の過半を占める国営石油会社はほとんどがこうした目標を掲げておらず、今後の動向が注目される。

表1-1 | 主な石油・ガス企業によるネットゼロ排出目標

日付	企業名	目標
2019年12月2日	Repsol	スコープ1および2ならびに自社上流生産による製品の使用に基づくスコープ3のネットゼロ排出(Strategic Plan 2021-2025)
2020年11月2日	Equinor	スコープ1、2および3のGHG排出量を含めて、2050年までにネットゼロになる
2020年12月2日	Occidental	2050年より前に達成する野心として、製品使用を含めた総排出量(スコープ1、2および3)についてネットゼロ(Climate Report 2020)
2021年2月11日	Shell	2050年までにネットゼロ排出エネルギービジネスとなる目標を達成する(目標は、操業による排出および販売するエネルギー製品の使用による排出を対象)
2021年2月19日	Eni	2050年までに、GHGライフサイクル排出量スコープ1、2および3に関するネットゼロ目標を達成することを目指す(Strategic Plan 2021-2024)

注: エネルギー製品使用に伴う排出を含む。

2020年秋以降の加速度的な脱炭素化宣言などのこうした世界の流れを踏まえつつ、IEEJ Outlook 2022では、世界のエネルギー需給見通しとGHG排出削減の将来像についてシナリオに基づいた分析を行った。昨年までのIEEJ Outlookでは2°C目標をどの時期に達成すればよいかという時間軸を長期的にとった視点から費用便益分析を活用して世界のエネルギーおよびGHG排出シナリオの分析を行い、この問題に対する新たな知見の提示を試みてきた。しかしながら、世界の情勢が大きく動き、上述のとおり2020年秋以降、主要国や企業が次々に21世紀半ば頃のカーボンニュートラル目標を発表していることを踏まえ、IEEJ Outlook 2022では、カーボンニュートラル目標実現に向けた課題や必要な道筋など、どうやってこの目標を実現するか、そこにはどのような課題が存在するのかに重点を置いて分析を行っている。新たな挑戦に向けた課題の中には増大するコストによる経済的な影響が考えられるため、引き続きエネルギー転換に伴う各種費用の最小化の必要性に注意を払って分析をしてゆくことが重要である。

## 1.2 主要な前提

エネルギー需給構造は、人口や経済成長等の社会・経済要因、エネルギー価格、エネルギー利用技術、エネルギー・環境政策等に大きく左右される。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している。

### 経済情勢

#### 最近の情勢

2020年の初めから世界中で感染拡大した新型コロナウイルス感染症(COVID-19)で多くの人命が失われ、世界経済にも未曾有のマイナス影響が発生した。各国政府は大規模な金融緩和や財政出動で経済を支えたにも関わらず、2020年の主要国経済は、わずかにプラス成長の中国を除いては、大幅なマイナス成長となった。

有効なワクチンが開発・承認されて、2020年末から先進国と中国でワクチン接種が拡大するにつれて各国経済も急激にコロナ禍から回復する一方、新興・途上国でワクチン接種は限定的な中で経済も後退したままとなるなど、ワクチン格差が経済格差となり、ワクチン供給の協力体制構築が叫ばれている。また、先進国等にあっても、従来株以上に感染力の強い新たな変異株が次々と発生、流行しており、いまだ終息が見通せない状況にある。

米国では、世界最大のCOVID-19の累計感染者数が世界最大の経済を抑制してきたが、米連邦準備制度理事会(FRB)が積極的な金利誘導や債券の大量購入(量的緩和)で何とか経済を下支えしてきた。しかし、ワクチン接種完了率が50%を超えて進み、生活上の制限を撤廃しつつあり、経済が急回復をみせている。なお、米中の「新冷戦」は、トランプ政権下で最大の焦点となった貿易摩擦に関してはさらなる悪化はせず、経済の回復もあって高関税のまま貿易量が輸出入ともに増加している。しかし、2021年1月のバイデン新政権設立以降、新疆ウイグル自治区や香港等の人権侵害や情報セキュリティ問題が特にクローズアップされることで対立がさらに深まり、経済の攪乱要因となっている。

米国に次ぐヨーロッパ経済は、英国のEU離脱、ポピュリズム政党の台頭や移民対応等の政治的な分断で連帯感を欠いているところにCOVID-19対策の各国での度重なる都市封鎖(ロックダウン)による移動の自由の制限が加わり、活力が失われていた。しかし、2020年7月、EUの行政府の欧州委員会が史上初の共同債を含め経済を立て直す7,500億ユーロ規模の復興基金の創設を決定し、2020年12月、基金の資金配分先と2021年～2027年の予

算が承認された。補助金・融資の提供で共同債務を負うことで、EUの連帯強化が再び意識されている。

世界第3の経済規模を持つ中国では、米国をはじめとした西側先進国と貿易・人権・情報セキュリティなどをめぐって対立し、外国企業が政治的なリスクを避けるために製造工場を撤退させたり投資を他国へ振り替えたりする動きもみられる。しかし、従来株のCOVID-19に対しては、ポリメラーゼ連鎖反応(PCR)検査と隔離措置の徹底、専用スマートフォンアプリによる成人の行動追跡と制限、陽性者が出た工場の操業停止等を通じて封じ込めに成功し、コロナ禍前の生活がほぼ戻りつつあり、経済は強く回復している。ただし、最近、封じ込めを突破した変異株の感染拡大が複数例報告されている。

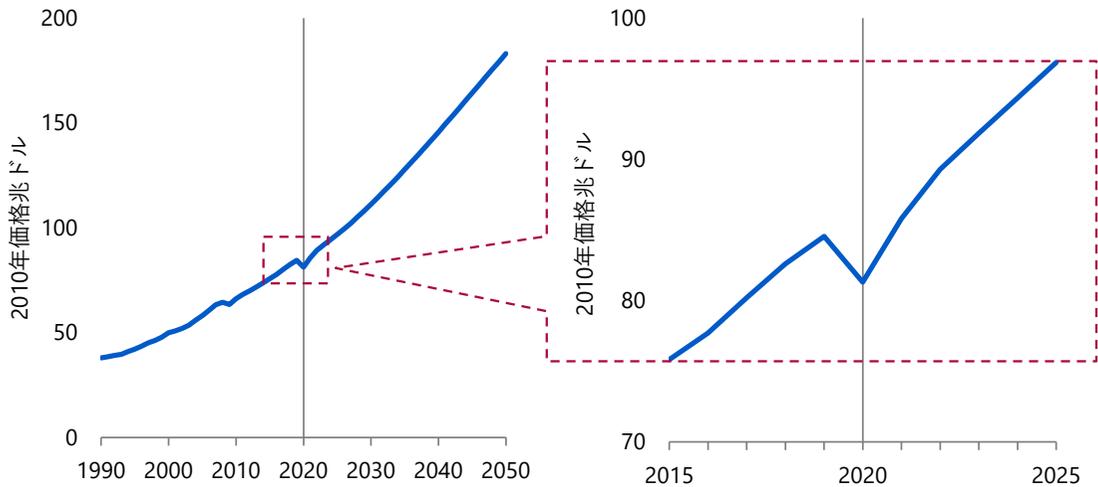
国際原油価格は、コロナ禍の世界経済減速による石油需要の急減少から2020年4月～5月には\$20/bbl～\$30/bbl台まで下落したが、石油輸出国機構(OPEC)プラスが大規模な協調減産で供給を引き締め、6月以降は\$40/bbl前後に戻して推移して来た。2021年に入り、ワクチン普及や米バイデン政権の経済政策への期待等から世界経済の回復が顕著となり、2月には\$60/bbl台とほぼコロナ禍前の水準に戻した。7月には\$70/bbl台まで上昇したが、8月以降は変異株の感染急拡大による経済減速懸念で\$60/bbl台へ下落している。

#### 将来の想定

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、世界の経済成長率について以下のとおりの想定を置く：

COVID-19は2021年内で先進国と中国等一部新興国において、2022年末にその他の地域においてワクチンの普及と治療法へのアクセス向上が成し遂げられて経済の押し下げ影響がほぼなくなり、2023年以降も大規模な感染の再拡大や、それに伴う2020年3月～4月期のような厳しい都市封鎖は発生しない。結果、2021年は2020年の3.8%のマイナス成長から反転して5.5%のプラス成長に復帰し、2022年も4.1%の成長となる。2023年以降の経済成長率は2%台後半から前半へと漸減してゆく。

図1-3 | 世界のGDP



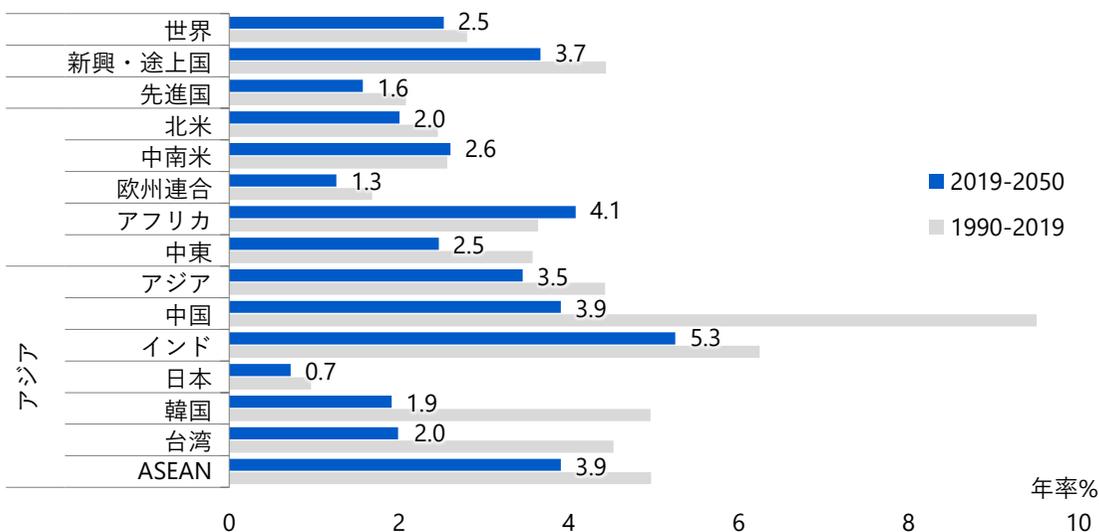
世界経済へのCOVID-19の影響は短期的なものであり、中長期的には多くの国で経済は成長してゆく。ただし、そのためには生産性の向上、技術イノベーション、適切な財政・金融政策の実行や国際協調行動などが欠かせない。

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・途上国は世界経済の牽引役であり続ける。特にインドでは、足元では構造改革などの政策の浸透に時間がかかりマイナスの作用が出ているが、長期的には政策が浸透して内需拡大、外資導入が進み、見通し期間において世界で最も高い年率5.3%で成長する。中国は、減速傾向が続くものの年率3.9%の成長となる。アフリカは年率4.1%と地域別では最も成長が加速し、2050年の経済規模は現在の5倍に拡大する。

このように、新興・途上国は今後も世界経済の成長センターであることが期待される。しかし、国によっては、賃金水準の上昇や国民の権利意識の芽生え、あるいは先進国などを中心にエシカル消費へ関心が寄せられていること等により、従来のような豊富な余剰労働力と低コストを武器とした経済成長は転換を迫られることになる。

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2.5%とする(図1-4)。

図1-4 | 主要国・地域の経済成長率

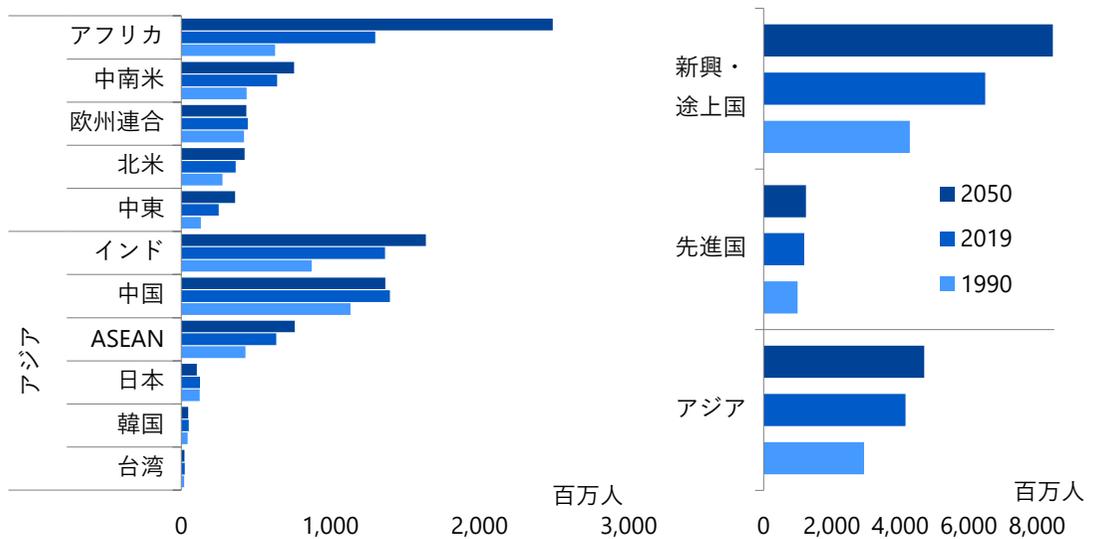


## 人口

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も。しかし、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、人口増が続く。世界の人口は今後も年平均0.8%程度の増加基調で推移する。その結果、1990年に53億人、2019年に77億人であった世界の人口は、2050年には97億人に達する(図1-5)。

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。ヨーロッパでは、ドイツ、イタリアで減少する一方、フランス、英国のように緩やかに増加してゆく国もある。EU全体の人口は2040年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年より既に減少に転じており、2050年には現在から2割減少し、1億500万人となる。韓国も2020年代半ばをピークに減少に転じる。

図1-5 | 主要国・地域の人口



他方、新興・途上国では、アフリカやインドなどが牽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、出生率は徐々に下落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24億9,000万人となる。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、1.5倍に増加する。欧州/ユーラシアでは、2030年ごろまで微増するが、その後はロシア、旧東欧の人口減が効き2050年には現状と同水準に戻る。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16億人に達する。現在、最大の人口を擁する中国は、2030年ごろには14億3,000万人でピークを打ち、その後2050年に向けて6,000万人減少する。中国は65歳以上の人口が1億人を超える唯一の国であり、ますます高齢化が進む。東南アジア諸国連合(ASEAN)は、2050年までに1億3,000万人増加して7億6,000万人に達する。

## 国際エネルギー価格

### 最近の情勢

COVID-19パンデミックからいまだ脱していないとはいえ、多くの国での経済再開に伴う需要回復、OPECプラスの協調減産、米国の原油生産量伸び悩み等によって、2020年後半から石油需給は引き締まってきた。2021年に入って経済協力開発機構(OECD)加盟国の商業在庫量も過去5年平均水準にまで減少し、COVID-19パンデミックの結果生じた過剰在庫は払拭した。その結果、原油価格も2019年の水準にまで回復している。米国の金融引き

締め時期や程度、OPECプラス協調減産体制の安定性、米国による対イラン制裁解除の可能性といった要因はあるが、需給が大幅に緩和する可能性は限定的で、短期的には原油価格も堅調に推移すると思われる。

天然ガス価格については、近年、国際的相互作用が加速している。

日本平均液化天然ガス(LNG)輸入価格は、2020年3月以降の原油価格急落の影響により、同年第3四半期には、2005年1月以来の低水準となる\$5/MBtu台まで下落、その後原油価格の回復に伴い、12月には\$7/MBtu台に上昇した。堅調な原油価格の値動きに応じて、2021年2月には\$9/MBtu台半ばまで上昇後、いったん3月は\$7/MBtu台半ばまで下落したが、7月までには\$9/MBtu台後半へと上昇して推移している。

他方、アジアのスポットLNG価格(アセスメント)は、2020年1月以降、供給拡大と需要増加ペースの失速により下落基調となり、2020年4月末には史上最安値の\$1.83/MBtuを記録した。同年5月以降\$2/MBtu台が続いたが、その後の複数の生産設備での供給障害により上昇基調に転じ、12月には\$10/MBtu台を超え、2021年1月には寒波の影響で需要が急増したことにより、\$30/MBtuを大きく超え、史上最高値を付けた。その後、価格は急落して2月下旬にかけて\$5/MBtu台まで下落、3月に入り上昇基調に転じて以降は、高値で推移するヨーロッパガス市場にも牽引され、第3四半期には\$17/MBtu台と上昇傾向にあり、ボラティリティ拡大とともに懸念事項である。

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、2020年半ばには\$2/MBtuを割る史上最低水準を付けたが、2021年には上昇傾向に転じ、第3四半期には\$14/MBtu~\$16/MBtu前後で推移している。2021年のヨーロッパガス需要が前年比で大きく増加したこと、これに比して地下貯蔵へのガス充填が遅れていること、ノルウェーガス田のメンテナンスやロシアからのパイプラインガス供給懸念などが影響している。

米国スポットガス価格Henry Hub (HH)も2020年前半は\$2/MBtu割れで推移したが、2021年第2四半期に入り\$4/MBtu台を維持している。価格上昇要因として、米国産LNG輸出量の拡大と国内での経済活動再開に伴うガス消費量の増加が影響している。

石炭の国際市況は、コロナ禍の影響により2020年夏ごろまで大きく下落した後、2021年に入って以降は高騰が続いている。COVID-19感染拡大を抑え、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が要因となっている。供給側の対応により、次第に需給は緩和すると予想されるが、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

カーボンニュートラルに向けた取り組みは強化されるものの、レファレンスシナリオでは石油需要はアジアの非OECD諸国に牽引されて増加を続ける。供給側では、米国等の非OPEC諸国で原油生産も増加するものの、OECD諸国では油田開発規制も強化されると予想されることから、中長期的にOPECやロシアの依存度が高まる。原油価格は中長期的にも上昇するものの、多くの国で脱炭素に向けた取り組みが強化され、石油需要の伸びが鈍化するため、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(2020年価格)は、2030年に\$80/bbl、2050年には\$100/bblと想定する(表1-2)。想定インフレ率2%/年程度の下での名目価格は、2030年に\$98/bbl、2050年には\$181/bblに達する。

表1-2 | 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
原油	\$2020/bbl	41	80	95	100	65	60	50
天然ガス								
日本	\$2020/MBtu	7.8	7.6	7.6	7.5	7.0	6.3	5.1
ヨーロッパ(英国)	\$2020/MBtu	3.3	7.5	7.5	7.4	6.9	6.2	5.0
米国	\$2020/MBtu	2.1	3.3	3.8	3.8	3.0	3.5	3.5
一般炭	\$2020/t	80	96	97	98	75	69	64
名目価格								
			2030	2040	2050	2030	2040	2050
原油	\$/bbl	41	98	141	181	79	89	91
天然ガス								
日本	\$/MBtu	7.8	9.3	11.3	13.6	8.5	9.4	9.3
ヨーロッパ(英国)	\$/MBtu	3.3	9.1	11.1	13.4	8.4	9.2	9.1
米国	\$/MBtu	2.1	4.0	5.6	6.9	3.6	5.2	6.3
一般炭	\$/t	80	117	144	178	91	103	116

注: インフレ率を年率2%程度として算出。

天然ガスは、米国では引き続き豊富な供給力を背景に今後も他地域と比較して低水準で推移する。しかしながら、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、2020年の記録的低水準からは上昇する。日本の実質輸入価格は、2020年の

\$7.8/MBtuから2021年にいったん上昇するものの、その後低下し、その後2050年ごろまで横ばいで推移する。なお、米国本土の液化天然ガス輸出の増加・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、原油価格の水準とは次第に乖離してゆくことを織り込んでいる。実際、2020年～2021年には、アジア向けの長期契約LNG価格とスポットLNG価格の乖離が拡大し、スポット価格のボラティリティが拡大しており、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、米国ガス価格との価格差は残るものの、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、2018年半ばに近年のピークに達した後、供給過剰局面を迎え下落に転じ、2019年後半以降は概ね\$60/t台で推移していた。COVID-19の世界的感染拡大による需要の減少により価格の低下はさらに鮮明化し、一時は\$50/tを下回り近年(2016年初頭)の底値に迫る水準となった。生産量の需要に合わせた見直しと、一大消費国である中国でCOVID-19による景況悪化に歯止めがかかり需要が回復しつつあることから、石炭価格は今後徐々に上昇に転じる。その他のアジア諸国においても発電用需要の増加が見込まれる一方で、供給サイドでは環境規制の強化により石炭の生産能力の拡大が困難さを増す。需給は徐々にタイト化し、中長期的には季節要因や短期的な需給バランスの崩れによる変動を経ながら、緩やかに上昇する。単位発熱量あたりの価格は、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、また、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、原油価格、天然ガス価格の上昇はレファレンスシナリオと比較して抑制される。天然ガスについては、全体の需要増加が抑制され、地域間の裁定もいっそう進むことから、地域間の価格差が縮小することとなる。一般炭価格は、製造部門の省エネルギーや、発電部門における高効率化設備への転換等、石炭利用の各分野の技術進展による熱効率の改善が進み、特に中長期的にアジアの需要が大きく減少することから下落する。

## 2. エネルギー需要

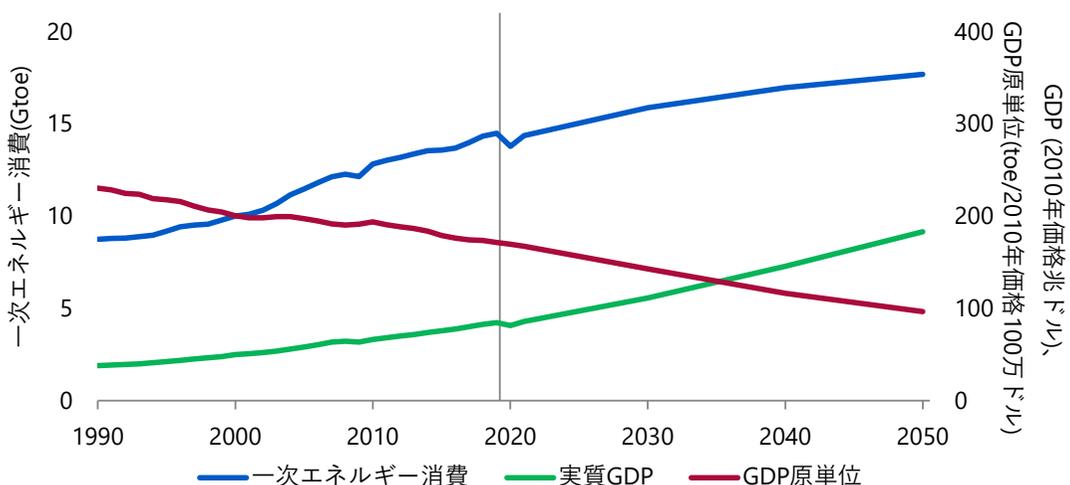
### 2.1 一次エネルギー消費

世界のエネルギー消費増分の4分の3はインド、MENA、ASEAN

洪水や干ばつ、山火事など、気候変動の影響が世界各地で激しさを増しているため、これへの対策のひとつとして、世界的に脱炭素化の動きが加速している。ヨーロッパに加え、2020年以降、中国、日本、韓国や米国も二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)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。また、中国以外の多くの新興・途上国もカーボンニュートラルの方針を宣言している。しかし、化石燃料の消費削減は容易ではない。特に新興・途上国のエネルギー需要は長期的にも伸び続けるため、CO<sub>2</sub>排出原単位の小さなエネルギー源を廉価に大量かつ安定的に調達することが大きな課題となっている。

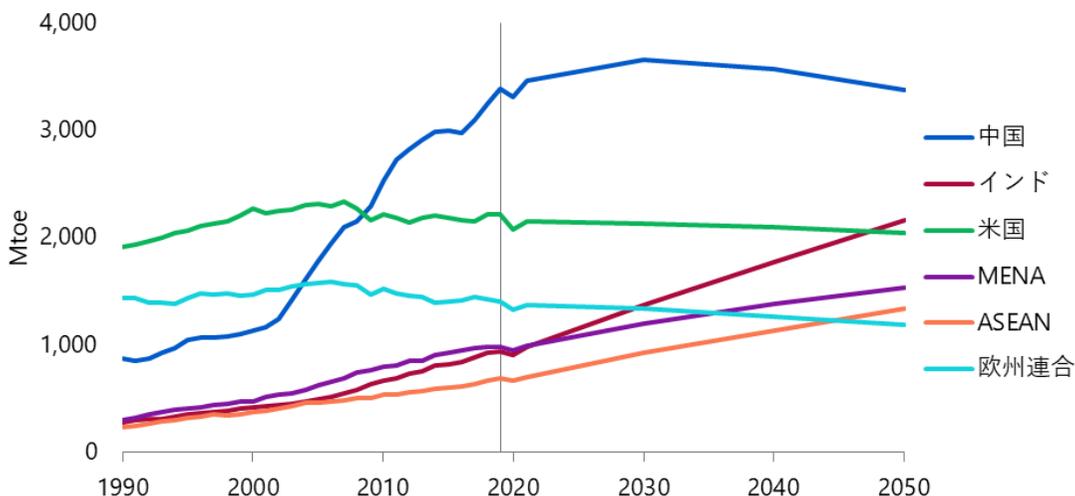
新興・途上国を含めた世界各国の効率化および省エネルギー努力により、世界のエネルギー消費原単位は低下するが、マクロ経済がそのスピード以上で拡大するため、世界の一次エネルギー消費は増え続ける(図2-1)。エネルギー消費は、2050年には現行水準の1.2倍に増加する。1990年から2019年まで年率1.8%であったその伸びは2050年にかけて同0.6%に鈍化するものの、消費抑制のためには各国がさらに効率を高める必要がある。

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]



特にインド、中東・北アフリカ(MENA)、東南アジア諸国連合(ASEAN)が、世界の一次エネルギー消費増大を牽引する(図2-2)。この3か国・地域の世界シェアは2019年の18%から2050年には28%まで拡大する。また、2019年から2050年の消費増分の76%を占める。したがって、インド、MENA、ASEANのエネルギー消費を抑制してゆくことが世界全体のエネルギー消費の動向を特に大きく左右する。

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、2019年から2050年にかけてそれぞれ年率2.7%、1.4%、2.2%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2.1ポイント、0.8ポイント、1.5ポイント高い。これは国内総生産(GDP)が2050年まで年率5.3%、2.7%、3.9%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。

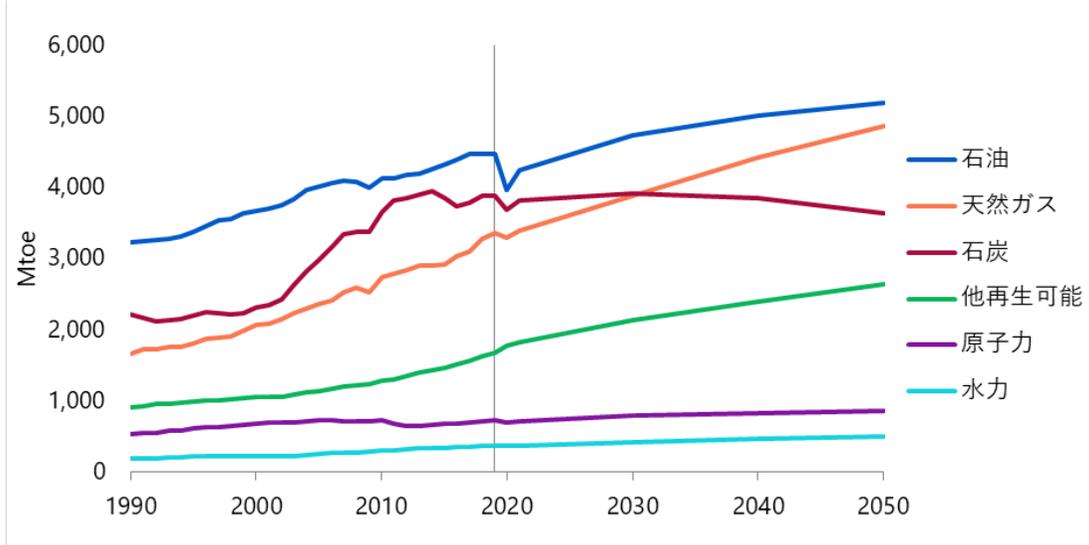
もっとも、米国、欧州連合(EU)、日本などの先進国のエネルギー多消費国・地域が、さらなるエネルギー消費削減を継続することも不可欠である。日米欧の一次エネルギー消費の合計は2050年においても世界シェア20%と大きい。GDP合計の世界シェアは36%を占める。つまり、この日米欧がその消費や投資を通じて世界経済を安定的に成長させる役割を果たしつつ、自らのエネルギー消費低減を加速することが世界全体のエネルギー消費抑制には引き続き重要である。

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。特にインド、ASEANは新型コロナウイルス(COVID-19)影響によるマクロ経済のダメージが大きい。このため、その回復過程において、エネルギー消費低減よりもマクロ経済成長が優先される可能性が高い。日米欧等の先進国はこれらの国々に対し、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。

### 化石燃料の消費は年率0.5%で伸び続ける

世界的にカーボンニュートラルを目指す動きがあるものの、化石燃料消費は全体として今後も年率0.5%で伸び続ける(図2-3)。今後最も増加するエネルギー源は天然ガスで、2050年の消費量は2019年の1.4倍になり、発電部門での消費を中心に年率1.2%で増加する。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0.5%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]



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、その規模・シェアを拡大し続ける。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)は、2019年から2050年の増加量の38%を占める。2019年には1990年と同じ19%であったシェアは、2050年には23%に到達する。

このように、2050年の世界のエネルギー源は、非化石エネルギーが増えるものの、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)。

2050年の化石燃料依存度は77%と2019年の81%に比べて低下するものの、新興・途上国においては高止まりとなる(図2-5)。米国、EU、日本では、2019年の82%、69%、88%から、2050年に75%、64%、73%へと低下する。しかし、インド、MENA、ASEANでは、それぞれ81%、93%、76%となり、依然として高い依存度を示す。これらの新興国・地域では合計エネルギー消費量も増加するため、化石燃料消費量は増加する。

図2-4 | 一次エネルギー消費増減[2019年～2050年、レファレンスシナリオ]

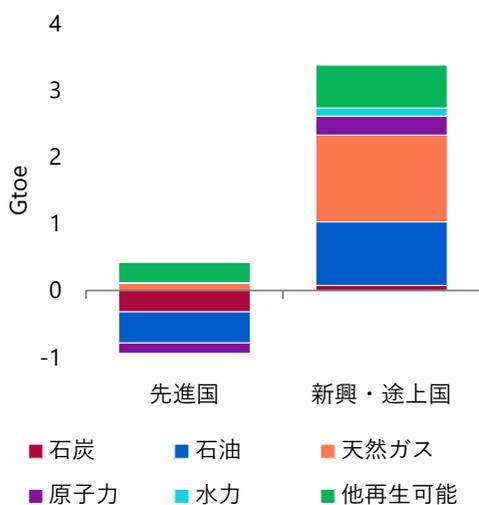
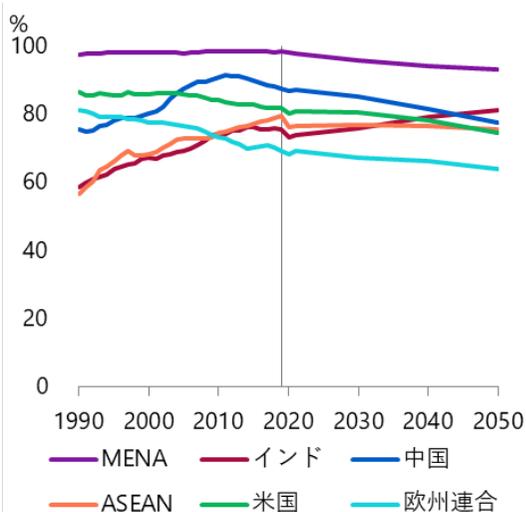


図2-5 | 主要国・地域の化石燃料依存度[レファレンスシナリオ]

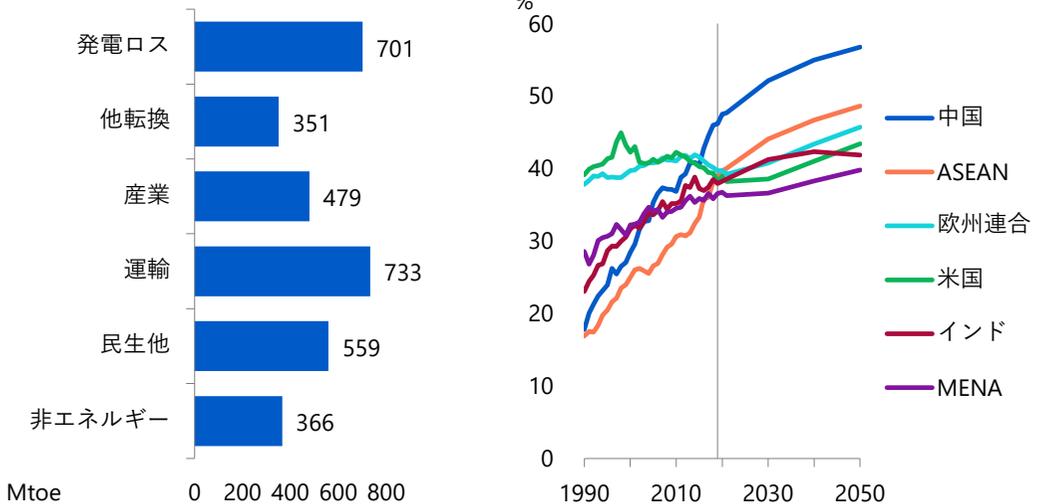


### どの用途においても、消費削減・脱炭素化は容易ではない

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、所得向上に伴う自動車利用の増加が大半を占めるが、航空、船舶による消費量も大きく伸長する。発電部門は、所得水準の向上や未電化地域における電力インフラ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。

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シェアは増加する。この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。

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、2019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]

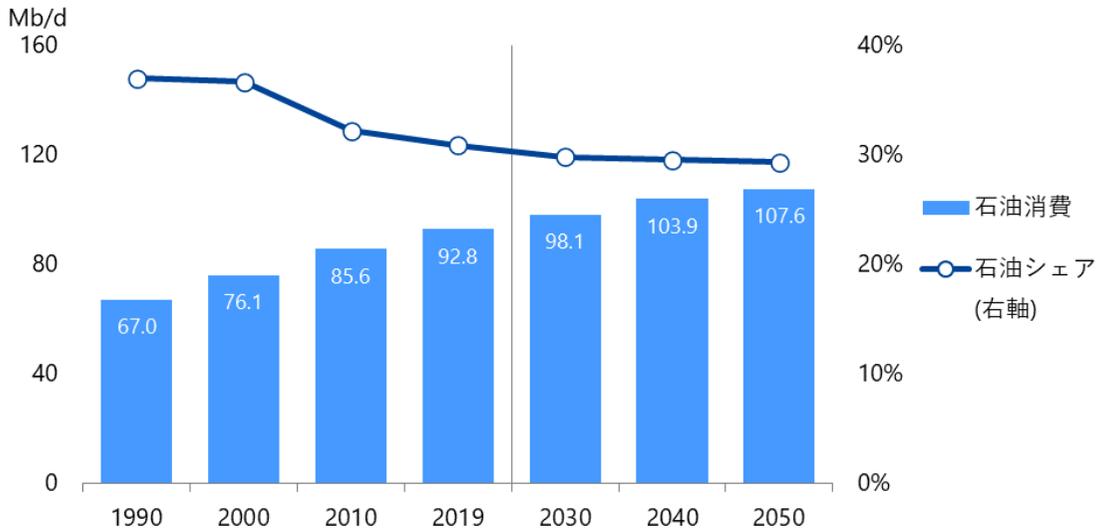


産業部門、民生部門のエネルギー消費量増分も無視できない。特にインド、MENA、ASEANでは、重化学工業などエネルギー多消費の第二次産業の強化や、世界のコールセンター機能を含む第三次産業のさらなる発展が計画されている。したがって、これらの国々では、産業部門のエネルギー需要が伸び、その結果、人々の生活水準が向上し、民生部門の需要も伸びる。このため、経済を成長させつつエネルギー消費を減少に転じさせることが非常に難しい。

### 石油消費のドラスティックな削減も困難

石油は、COVID-19影響により2020年に消費が前年比12%減少したあと、再び増加に転じる。2019年に日量92.8百万bbl (Mb/d)であった消費量は、緩やか後加し、2050年は107.6 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2019年の31%から、2050年の29%へとわずかに下落する。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既にピークを迎えている(図2-9)。2004年のピークから2019年までは年率1.0%で減少してきたが、2019年から2050年までも年率0.9%のマイナスで9.6 Mb/d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。

図2-9 | 主要国・地域の石油消費[レファレンスシナリオ]

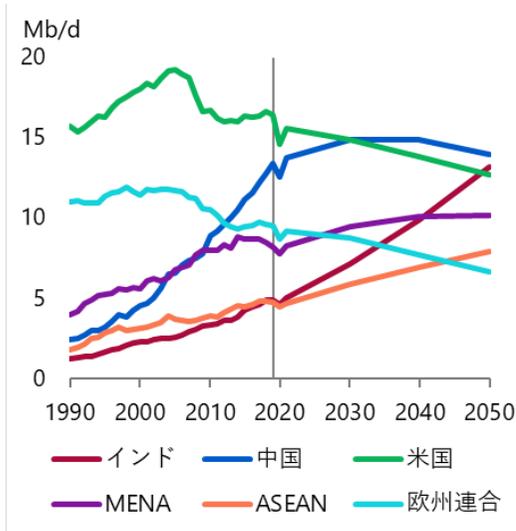
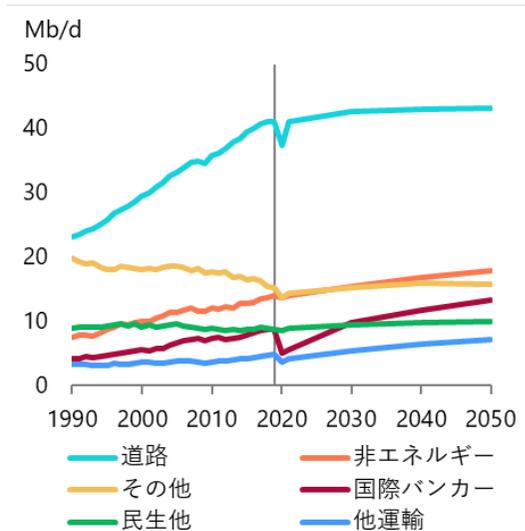


図2-10 | 世界の石油消費[レファレンスシナリオ]



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影響で前年比5.4%減と減少するものの、2019年から2050年にかけて年率1.8%で13.4 Mb/d増加する。これら3か国・地域が世界の石油消費増分の91%を占める。この国々の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。

世界の石油消費のうち、インド、MENA、ASEANの運輸部門では、2019年から2050年にかけて、自動車用が8.0 Mb/dから15.0 Mb/dへと特に増加する。これら3か国・地域の需要が運輸部門における世界の石油消費増分の334%を占める。これは、この3か国・地域を除く世界全体の運輸部門の消費量は大きく減少することを意味する。これらの国々では、所得水準の向上と道路・橋梁等の運輸インフラ改善により、自動車保有台数が現在の4.2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のイニシャルコストは2050年においても高額であり、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2019年から2050年に2.6 Mb/d増加し、世界の消費増分の67%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世界需要は根強く、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牽引する。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・厨房用途を中心に2019年から2050年に1.7 Mb/d増加し、世界の消費増分の134%を占める。これは、この3か国・地域を除く世界全体の消費量は減少することを意味する。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。もっとも、民生部門の石油消費増加には南アフリカを除くサブサハラの国々も同じ期間に0.4 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・厨房エネルギーを供給することは、イニシャルコスト・オペレーションコストの双方ともに高くつくため、液化石油ガス(LPG)が利用される。

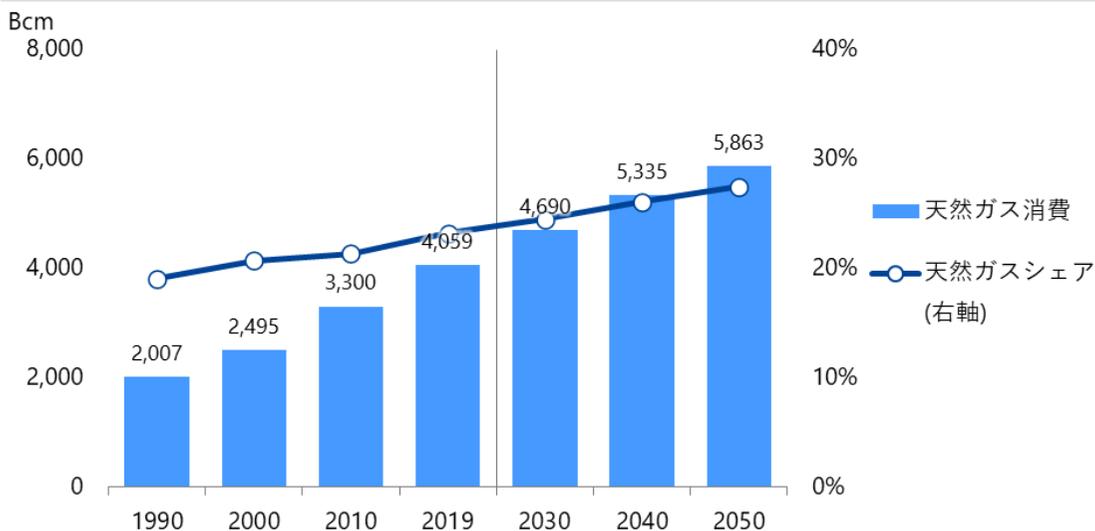
なお、中国の石油消費は2035年ごろに15.0 Mb/dでピークを迎え、2050年には13.9 Mb/dに減少する。これは特に自動車の燃費改善とEV普及、保有台数の飽和による運輸部門の消費抑制、および、電化・都市ガス化が進む民生部門での消費減少が寄与するためである。

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。

### 伸び続ける天然ガス消費をどのように抑制するか？

天然ガスも、石油と同様にCOVID-19影響により2020年に前年比2.1%減となるものの、2050年にかけてはその消費量はすべてのエネルギー源の中で最大の増加を示す。2019年に4,059十億m<sup>3</sup> (Bcm)であった消費量は、年率1.2%で増加し2050年には5,863 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、2019年の23%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。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ひとつである。

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2019年から2050年の間に1,804 Bcm増加するが、この増分の47%がインド、MENA、ASEANに由来し、14%が中国、4%が米国に由来する(図2-12)。インド、MENA、ASEANの消費量は、2050年にそれぞれ270 Bcm、1,101 Bcm、371 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260 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90 Bcm拡大する。他方、EUでは、天然ガスも化石燃料の一種として敬遠され、2050年までに現在より34 Bcm減少する。

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]

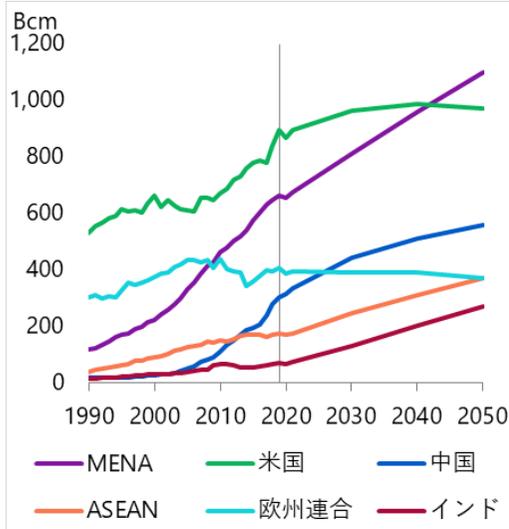
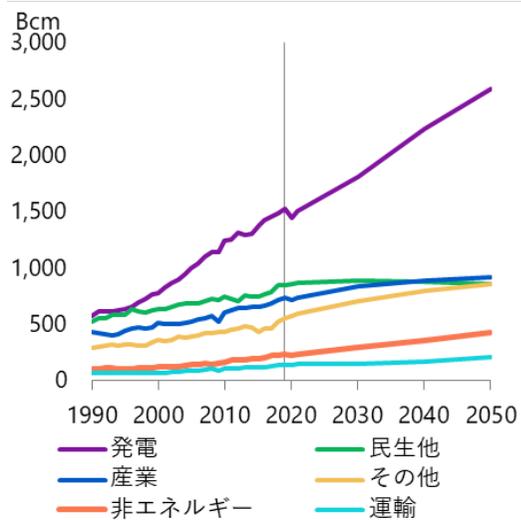


図2-13 | 世界の天然ガス消費[レファレンスシナリオ]



用途別にみると、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、2019年から2050年までに年率2.2%で増加し、同期間の世界の発電部門の消費量増分の79%に寄与する。石油は発電コストが高く、石炭は環境影響が大きく、再生可能エネルギーは大規模発電が難しく統合コストも高いためである。

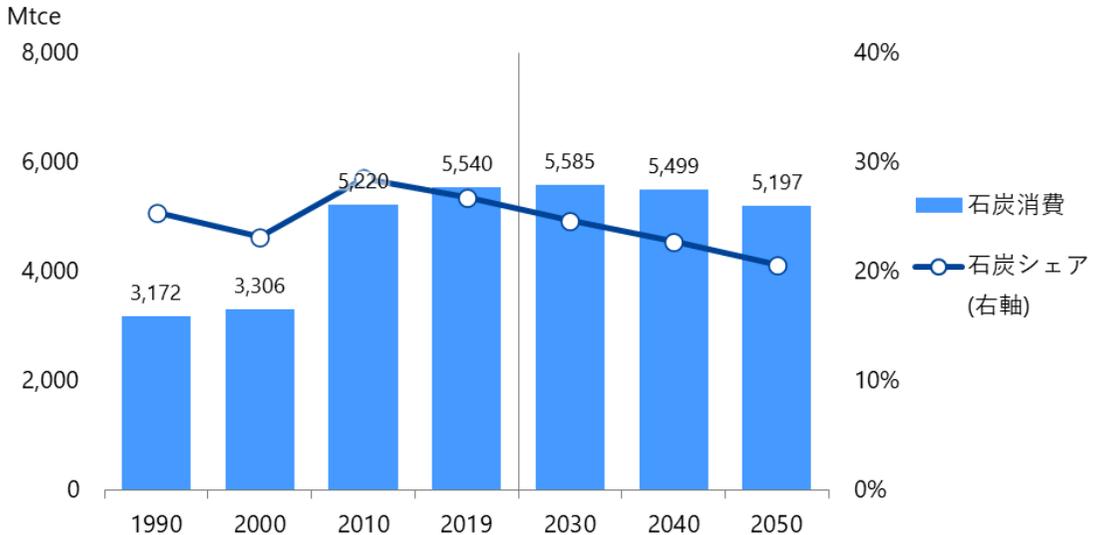
産業部門では、新興・途上国の天然ガス消費が年率1.2%で増加し、世界の消費増分の108%に相当する。これは、先進国の産業部門の天然ガス消費量は減少することを示す。利便性や環境面への配慮から、石油・石炭から天然ガスへのエネルギー移行が進む。民生他部門での消費増分はほとんどが中国におけるもので、健康被害や大気汚染の原因となっている石炭や薪などの固形燃料から都市ガスへの燃料転換が急速に進む。

このように、天然ガス消費はインド、MENA、ASEAN、中国が牽引するため、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、天然ガス消費の抑制のためには、天然ガスの代替品として、CO<sub>2</sub>排出原単位の小さな水素・アンモニアの供給を新興・途上国が調達可能なコスト水準で実現する技術開発・市場創造も期待される。

## 石炭消費は2030年ごろにようやく減少に転じ、年率0.4%のスローペースで減少

石炭は2019年に石炭換算5,540百万t (Mtce)であった消費量は2030年ごろに5,585 Mtceでピークを迎え、その後年率0.4%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、2019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]



現在、世界の石炭消費の53%を中国、15%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)。

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57%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47%減となる。MENAの石炭消費も限定的である。他方、インドとASEANでは2050年に発電用がそれぞれ2.0倍、1.9倍になり、産業用が2.2倍、1.6倍になる。

図2-15 | 主要国・地域の石炭消費[レファレンスシナリオ]

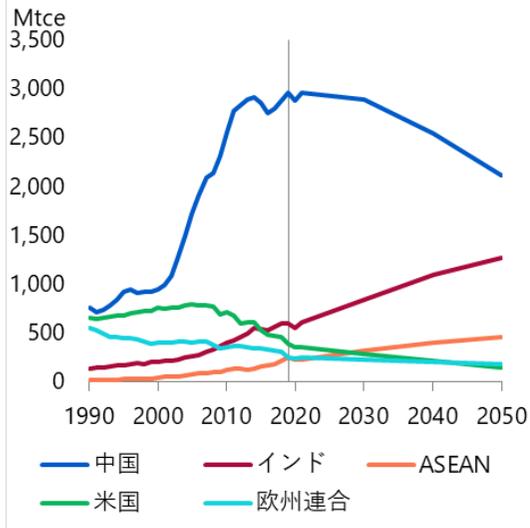
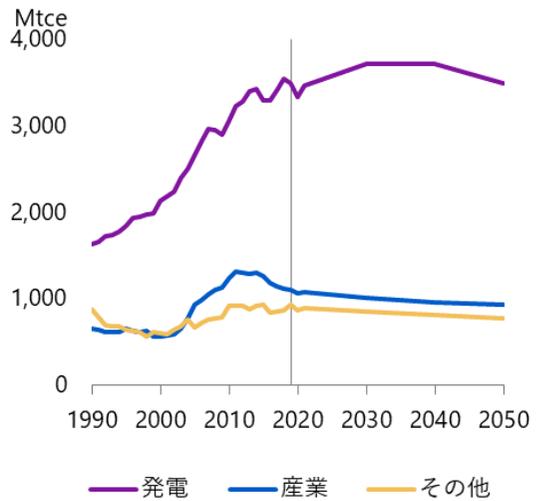


図2-16 | 世界の石炭消費[レファレンスシナリオ]



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つそう強まっている。ヨーロッパでは、石炭火力発電所への経済的負担やCO<sub>2</sub>・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、石炭から他燃料へのシフトを推進することが重要となる。

### 太陽光・風力の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、2019年の19%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、現在の石油換算1,557百万t (Mtoe)から2050年に2,917 Mtoeへと1.9倍に増加する(図2-17)。1990年には0.6 Mtoeに過ぎなかった太陽光・風力他の伸びが最も大きく、2019年には300倍に至り、2050年には2019年に比べ4.2倍に拡大する。原子力・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2019年の58%から2050年には46%に低下する。

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]

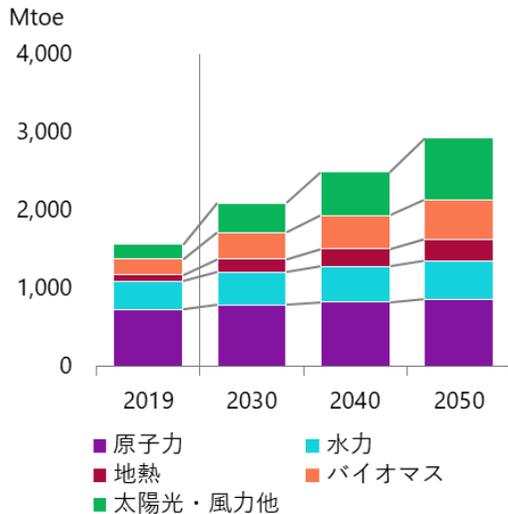


図2-18 | 世界の熱用非化石エネルギー消費[レファレンスシナリオ]



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・畜糞などの伝統的な固形バイオマスが中心であり、現在の1,211 Mtoeから2020年代後半に減少に転じ2050年には1,073 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1.7倍になるものの、熱用非化石エネルギー消費の18%を占めるに過ぎない。

つまり、非化石エネルギー消費は、その増加率でみると飛躍的に増加しているが、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でみると2050年断面においても限られてしまう。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19%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32%だったが2050年には42%に拡大し、世界のエネルギー消費シェア増加分のうち、アジアの増分が62%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牽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。

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]

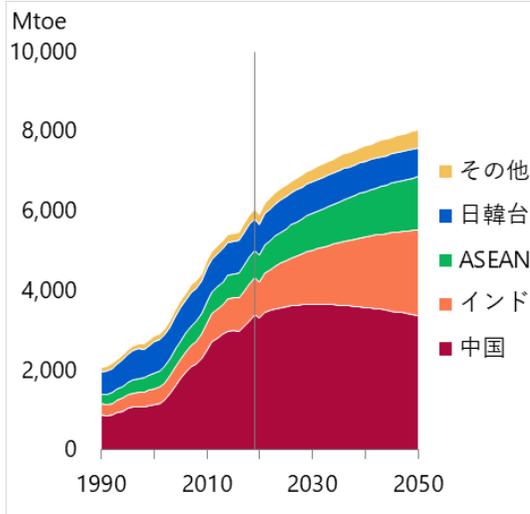
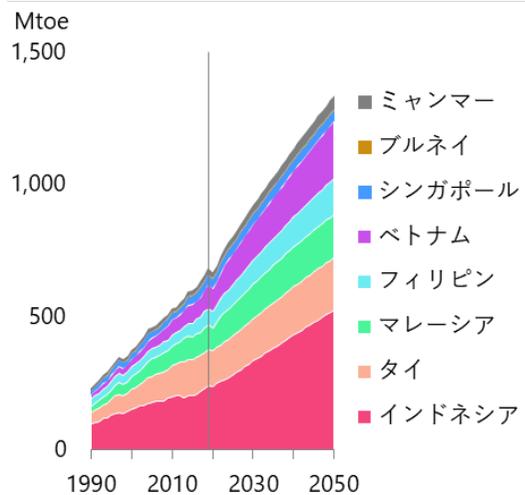


図2-20 | ASEANの一次エネルギー消費[レファレンスシナリオ]



まず共通点を見てみよう。中国、インド、ASEANのGDPは、同期間にそれぞれ3.3倍、4.9倍、3.3倍となり、高い経済成長を実現する。この結果、これら3か国・地域のアジアGDPシェアは、2020年の66%から2050年には81%に拡大する。また、この経済成長に伴い、アジアのエネルギー消費における中国、インド、ASEANを合わせたシェアは、2019年の83%から2050年に86%へと高まる。アジアでは、日本、韓国などの先進国・地域のシェアが低下し、中国、インド、ASEANの新興・途上国がマクロ経済、エネルギー消費の双方に対して影響力を増す。

一方、アジアの新興・途上国の中にも相違点があり、中国が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の削減を開始する一方、インド、ASEANは経済成長に伴いエネルギー消費の拡大を続ける(図2-20)。中国のエネルギー消費は1990年から2019年まで年率4.8%の急激な伸びを示したが、2019年から2030年は年率0.7%に減速し、その後減少に転じる。他方、1990年から2019年まで年率4.3%の伸びを示したインドは、2019年から2050年までも年率2.7%で増加する。同じくASEANも伸び、1990年から2019年までは年率3.8%であったが、2019年から2050年は年率2.2%で拡大する。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。

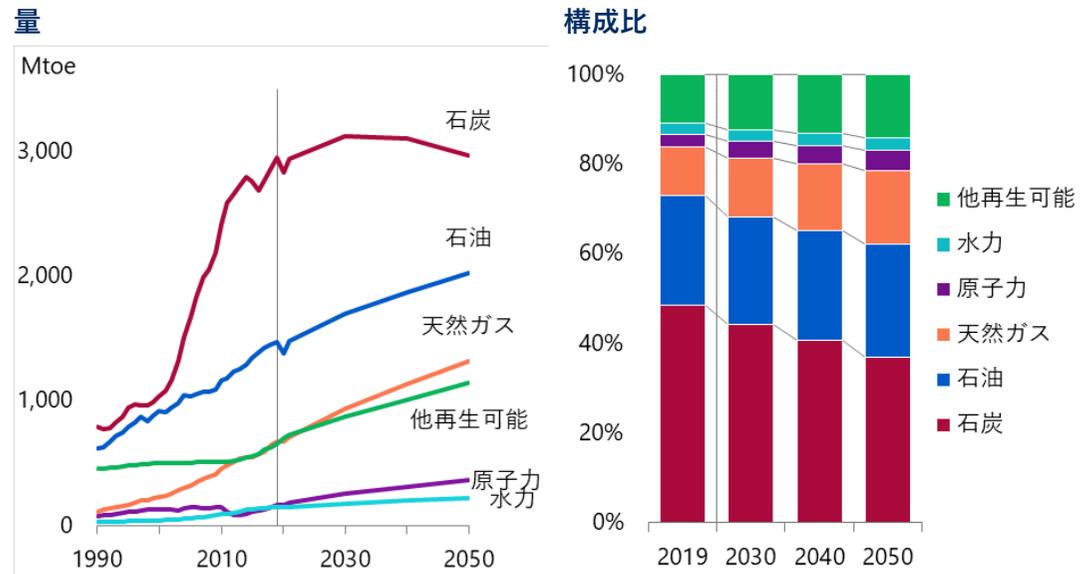
中国のアジアエネルギー消費シェアは1990年に42%であったが、2019年に56%、2050年には42%となる。中国経済は1990年に8,000億ドルに過ぎなかったが、2019年には13.9倍の11兆5,000億ドルに拡大し、2050年には2019年比3.3倍の37兆7,000億ドルに至る。この間、人口は1990年の11億4,000万人から2019年の14億人に増えたが、その後2030年ごろをピークに減少し、2050年には13億7,000万人と現在を下回る。中国は、経済は拡大する一方で人口減少に転じることにより、2050年には1人あたり実質GDPが2万7,000ドルを超え、カーボンニュートラルを意識した成熟社会への移行を開始する。

インドのアジアエネルギー消費シェアは1990年の13%、2019年の15%から、2050年には27%まで急拡大する。この間、インド経済は1990年の5,000億ドルから2019年には5.8倍の2兆9,000億ドル、2050年には2019年比4.9倍の14兆3,000億ドルに拡大する。人口は1990年の8億7,000万人から2019年に13億7,000万人に至り、2023年ごろには中国を追い抜いて2050年には16億4,000万人になる。人口増に加え、1990年には600ドル足らずに過ぎなかった1人あたり実質GDPが2050年には9,000ドルに迫るなどの所得・生活水準向上により、エネルギー消費は増加を続ける。

ASEANのアジアエネルギー消費シェアは1990年にも2019年にも11%であったが、2050年には17%に至る。ASEANの経済規模は1990年の7,500億ドル、2019年の3兆ドルから、2050年には10兆ドルに急増する。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人あたり実質GDPは、2019年には4,800ドル、2050年には13,000ドルに到達するため、1人あたりの所得・生活水準向上により、ASEANのエネルギー消費は右肩上がりになる。

この共通点、相違点とその背景を理解しつつ、アジアにおけるカーボンニュートラルの可能性を考えてみよう。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る(図2-21)。2019年には84%、2050年には79%を化石燃料に依存する。特に石油・天然ガス消費が増加し続けるため、2050年の世界の化石燃料シェアより2ポイント高い。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。

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]



1990年～2019年に年率3.0%増加したアジアの石油消費は、2050年にかけて同1.0%増となり、増加がやや減速する(図2-22)。2050年までの増加分のうち、部門別では運輸部門が61%、非エネルギー消費部門が21%、民生他部門が9%を、地域別ではインドが72%、ASEANが27%、中国が4%を占める。インド、ASEAN、中国の合計が100%を超えるのは、日本や韓国は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78%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。

その一方、アジアの石油自給率は2019年の24%から2050年には14%に下落する。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～2019年に年率6.2%で増大したアジアの天然ガス消費は、2050年にかけて同2.2%で拡大する(図2-23)。2050年までの増加分のうち、部門別では発電部門が55%、産業部門が13%、非エネルギー消費部門が13%を、地域別では中国が33%、インドが26%、ASEANが26%を占める。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、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43%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2-22 | アジアの石油消費[レファレンスシナリオ]

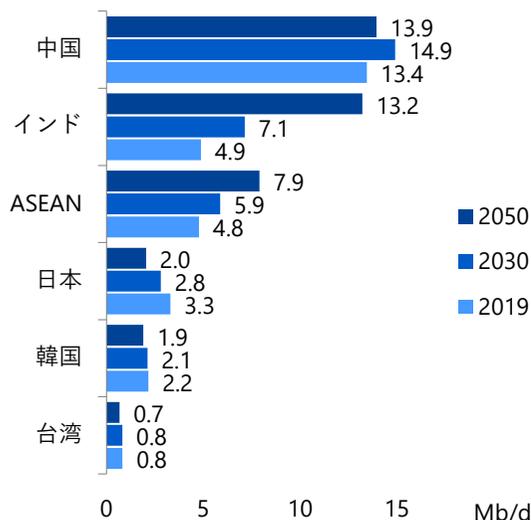
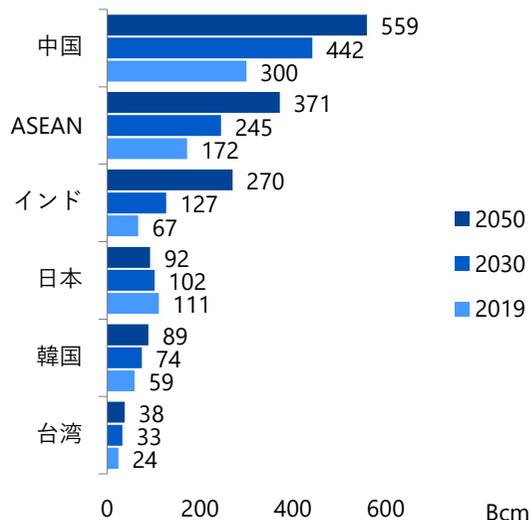


図2-23 | アジアの天然ガス消費[レファレンスシナリオ]



他方、アジアの天然ガス自給率は、生産量の減少等を背景に2019年の60%から2050年には54%に低下する。天然ガスは石油・石炭より環境に優しいと言われるが、燃焼時にCO<sub>2</sub>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を必須化するなど、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支えるのは液化天然ガス(LNG)輸入である。アジアのLNG消費量は2020年の254 Mtから2050年の540 Mtの倍以上に拡大する。2020年には、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消費という意味においても、インド、ASEAN、中国の果たす役割がますます大きくなる。

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2019年は年率4.7%で急成長したが、2019年から2035年は年率0.3%に減速した後、2050年に向けて年率0.3%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1.9%で急速に伸びてゆく。2019年から2050年までの消費増分の68%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6%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40%、ASEANは28%、インドが19%を占める。原子力の増分では、中国が60%、インドが27%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、CO<sub>2</sub>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の増分の大半を占めるインド、ASEANにおいては、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2019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、2019年の9,983 Mtoeの1.2倍となる12,120 Mtoeに達する。この増加幅を年率に均すと、0.6%の成長に相当する。2019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趨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の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恐れがある。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2019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牽引

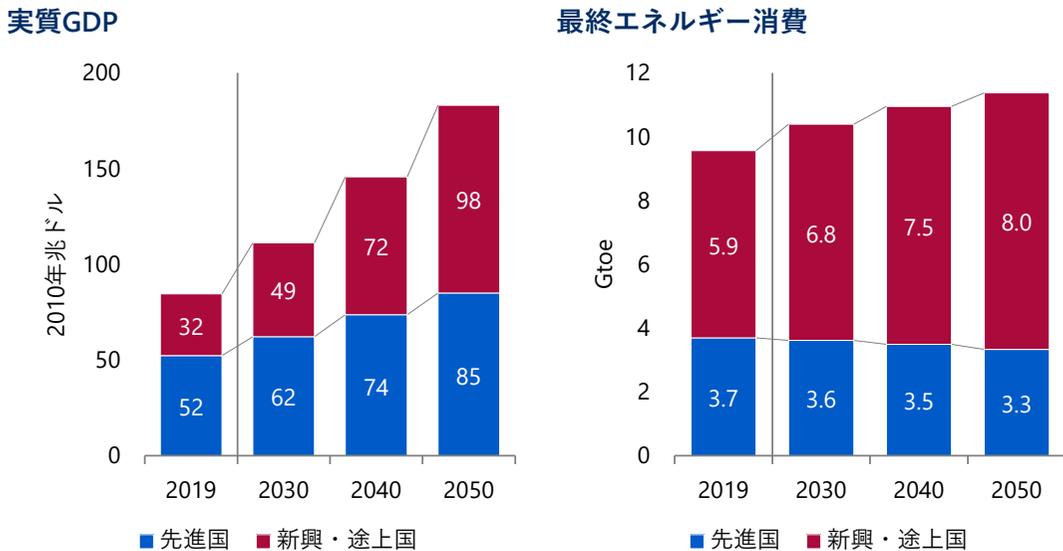
2019年から2050年までの最終エネルギー消費の変化を経済別にみた場合、新興・途上国における消費増が世界の消費増を牽引する(図2-24)。先進国では同期間に最終エネルギー消費が減少するものの、新興・途上国の消費の堅調な増加が先進国の減少を相殺・上回る。このため、世界の最終エネルギー消費は2050年にかけて増加傾向をたどる。

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2019年の1.4倍となる8,039 Mtoeまで増加する(年率1.0%)。足元ではCOVID-19の感染拡大が経済成長を抑制しているが、中長期的には新興・途上国経済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、2019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3.7%)よりも緩やかなものにとどまる。

一方、先進国では、2050年の最終エネルギー消費が2019年より1割少ない3,334 Mtoeとなる。先進国でも、2019年から2050年にかけて実質GDPは成長する(年率1.6%)。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-0.3%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<sup>3</sup>は、1990年~2019年に0.31であったのに対して、2019年~2050年は-0.21となる。

<sup>3</sup> 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2-24 | 実質GDPと最終エネルギー消費[レファレンスシナリオ]



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

2019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牽引する(図2-25)。同期間における世界全体の最終エネルギー消費の増分のうち、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。

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2019年の39.3%から2050年には43.1%まで伸長する。今後の世界にとって、アジアはいっそう重要なエネルギー消費センターとなる。

以下では、最終エネルギー消費の成長ドライバーであるインドとASEAN、MENAに加えて、世界一の規模を誇る中国の最終エネルギー消費の変化をみる(図2-26)。

図2-25 | 主要国・地域の最終エネルギー消費増分[レファレンスシナリオ、2019年～2050年]

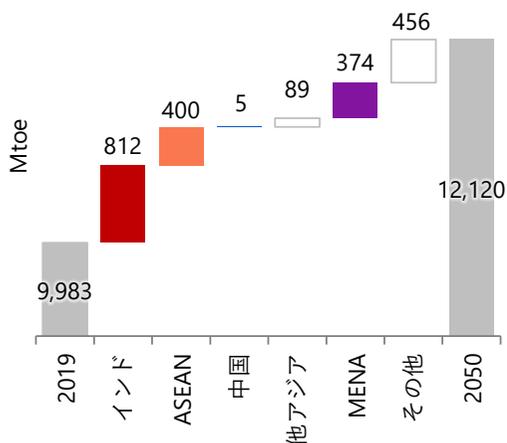
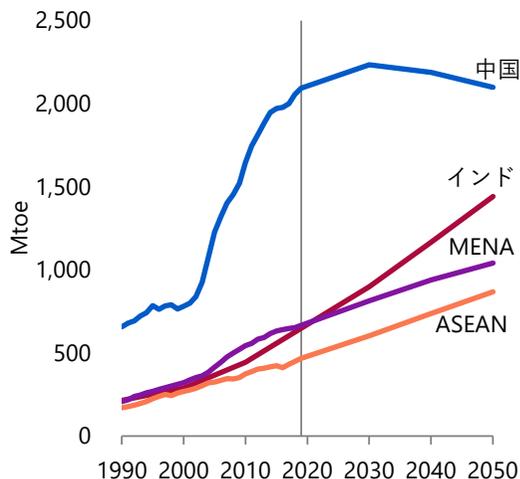


図2-26 | 中国、インド、MENA、ASEANの最終エネルギー消費[レファレンスシナリオ]



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、2019年から2050年までの間に年率5.3%で成長するとともに、1人あたりGDPも4.1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、2019年(630 Mtoe)の2.3倍となる1,442 Mtoeまで増加する(年率2.7%)。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、2019年の6.3%から2050年には11.9%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、2019年の467 Mtoeから2050年には867 Mtoeまで増加する(年率2.0%)。ASEANの最終エネルギー消費の増分400 Mtoeのうち、インドネシアの増分は150 Mtoe、ベトナムの増分は82 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、2019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9,600万人(同3位)の規模があり、将来的にも増加してゆく。また、1人あたりGDPは、2019年から2050年までの間にインドネシアで3.1倍、ベトナムで4.5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年代末に日本を上回るようになる。

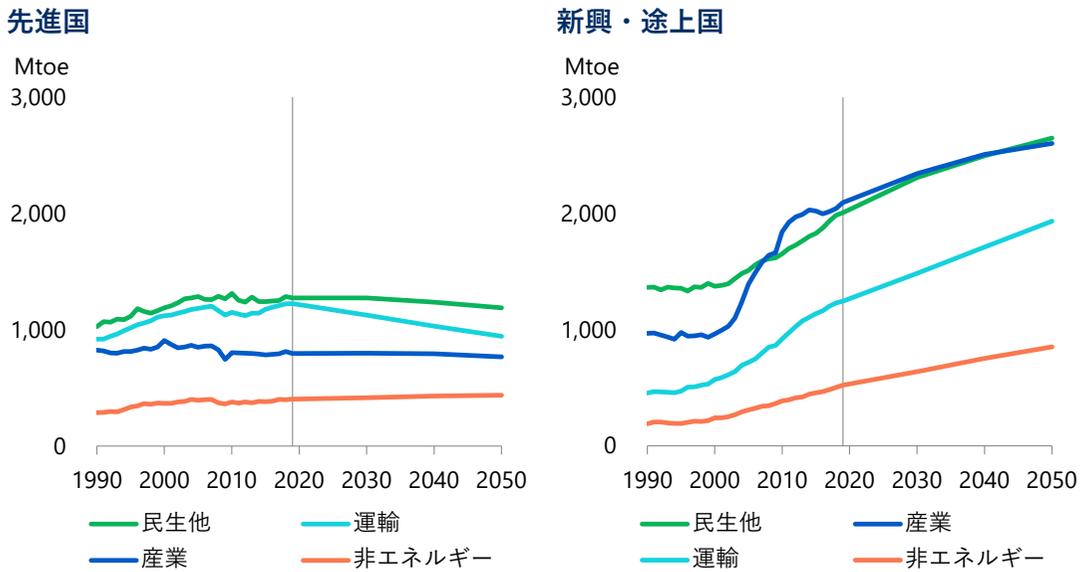
中国の最終エネルギー消費は、2019年(2,093 Mtoe)と2050年(2,099 Mtoe)とでほぼ同等の水準になる。そして、同期間にわたって、中国は世界最大の最終エネルギー消費国の座を占め続ける。ただし、中国の最終エネルギー消費の経年変化をみると、足元から伸びが徐々に緩やかになったのち、2020年代後半をピークに減少トレンドに転じる。この変化は、インドやASEANにみられる右肩上がりの増加トレンドとは明らかに異なる。中国の最終エネルギー消費のピークアウトの主な原因となる部門は産業部門で、なかでもエネルギー多消費産業の代表である製鉄業とセメント製造業における消費減が大きい。過剰生産能力の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、イランと北アフリカ地域、サウジアラビアを中心に、2019年の667 Mtoeから2050年には1,041 Mtoeまで年率1.4%で増加する。イランの増分が128 Mtoe、北アフリカ地域の増分が99 Mtoe、サウジアラビアの増分が72 Mtoeとなり、これら3地域の合計がMENA全体の増分374 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、2019年から2050年にかけて1人あたりGDPがイランで1.7倍、北アフリカ地域で1.9倍、サウジアラビアで1.5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牽引

2019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牽引されて、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]

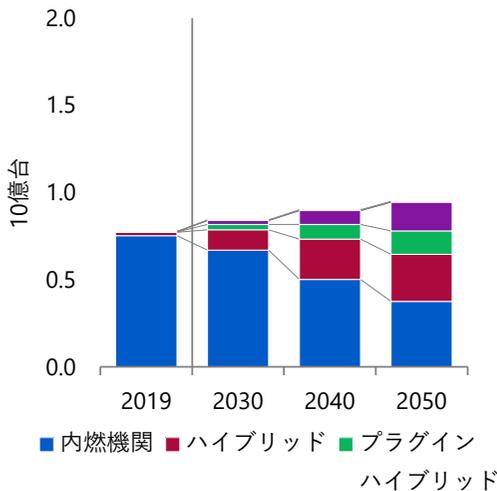


以下では、部門ごとに世界の最終エネルギー消費の変化をみる。

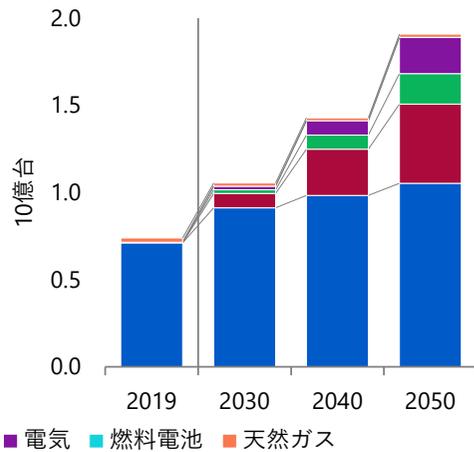
運輸部門では、新興・途上国の道路部門や国際バンカー部門などにおける消費増に牽引され、最終エネルギー消費が2019年の2,889 Mtoeから2050年には3,623 Mtoeまで年率0.7%で増加する。運輸部門の消費増分は733 Mtoeで、最終エネルギー消費全体の増分の34%を占める。新興・途上国では、経済成長を背景として、同期間にわたって内燃自動車と電動自動車の保有台数が伸びる(図2-28)。このため、新興・途上国の運輸部門の最終エネルギー消費は年率1.4%のペースで成長する。先進国では、政策誘導などの影響で電動自動車が増え電力消費が増える一方、燃費の改善や内燃自動車台数の減少などにより道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-0.8%で減少する。

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



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2019年の2,890 Mtoeから2050年には3,369 Mtoeまで年率0.5%で増加する。産業部門の消費増分は479 Mtoeで、最終エネルギー消費全体の増分の22%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、2019年から2050年までの世界の第2次産業のGDPが年率2.3%で成長するのに比べて、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。

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2019年の3,280 Mtoeから2050年には3,838 Mtoeまで年率0.5%で増加する。民生他部門の消費増分は559 Mtoeで、最終エネルギー消費全体の増分の26%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、薪炭財や畜糞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2019年の79%から2050年には50%まで、アジアでは23%から8%まで、それぞれ低下する。

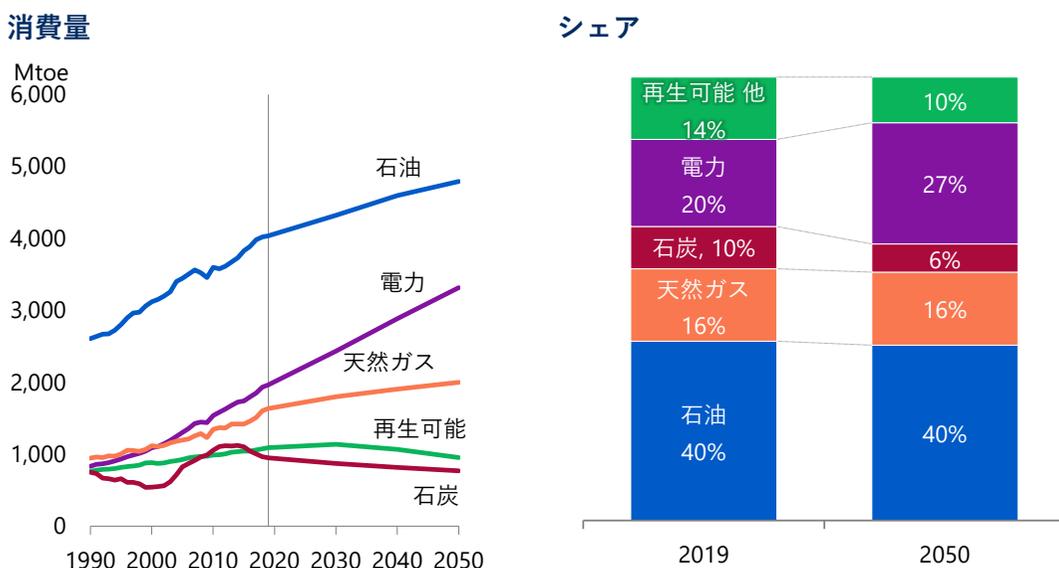
非エネルギー消費部門では、新興・途上国における石油と天然ガスの消費増を主な要因として、最終エネルギー消費が2019年の924 Mtoeから2050年には1,290 Mtoeまで年率1.1%

で増加する。非エネルギー消費部門の消費増分は366 Mtoeで、最終エネルギー消費全体の増分の17%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增大してゆく。また、非エネルギー消費部門は、先進国で2019年から2050年にかけて消費量がわずかながら増加する唯一の部門である。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

2019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、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二分される(図2-29)。石油と電力、天然ガスの消費は増加する一方で、石炭と再生可能エネルギーの消費は減少する。ただし、2050年でも石炭と再生可能エネルギーへの需要は存在する。また、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2019年の66%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]



以下では、主要なエネルギー源ごとに最終エネルギー消費の変化をみる。

石油の最終消費は、部門別の切り口でも触れた新興・途上国の道路部門や国際バンカー部門など運輸部門における消費増を中心に、2019年の4,036 Mtoeから2050年には4,793 Mtoeまで年率0.6%で増加する。モータリゼーションが進むインドとASEAN、MENAの道路部門における消費増は合わせて336 Mtoeとすさまじく、先進国の石油消費減少幅(-412 Mtoe)の8割超を相殺するほどである。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、2019年の1,965 Mtoeから2050年には3,314 Mtoeまで年率1.7%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牽引するとともに、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、2019年の20%から2050年には27%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、2019年の1,634 Mtoeから2050年には1,998 Mtoeまで年率0.7%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って、世界の消費増を牽引する。

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、2019年の950 Mtoeから2050年には770 Mtoeまで年率-0.7%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年の同国の産業部門の石炭消費は、2019年比で半分以下になる。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、2019年の1,092 Mtoeから2050年には954 Mtoeまで年率-0.4%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、2019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糞といった伝統的バイオマス消費が71%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 二酸化炭素排出量

### ネットゼロ排出・カーボンニュートラル目標の発表や、2030年目標の更新が続く

IEEJ Outlook 2021の公表以降、2020年から2021年にかけて、各国・地域から、ネットゼロ排出・カーボンニュートラル目標の発表や、2030年目標の更新が続いた。

ネットゼロ排出・カーボンニュートラル目標については、2020年9月に、中国が2060年より前にカーボンニュートラル達成を目指すことを発表した。これに続き、2020年10月、東欧諸国の反対により合意できていなかったEUが、2050年までの温室効果ガス(GHG)ニュートラルに合意した。日本も、2050年までに温室効果ガスの排出を全体として0にすることを発表した。2021年1月には、米国で、2050年より前にネットゼロ排出を目標とするバイデン政権が発足した。

2030年目標については、2020年12月、EUが、目標を1990年比40%削減から55%削減に引き上げた。2021年4月には、米国主催の気候リーダーズサミットに際して、米国が2005年比2030年50%~52%削減の「国が決定する貢献」(NDC)を提出し、日本も2030年目標を2013年比26%削減から46%削減に引き上げた。一方、世界最大の排出国である中国と同3位のインドは、まだ2030年目標の更新を行っていない。

2015年時点でGHG排出量が多い10か国の2030年目標とネットゼロ排出・カーボンニュートラル目標をまとめたものが表2-1である。2021年10月~11月に英国・グラスゴーで行われる第26回国連気候変動枠組条約締約国会議(COP26)までに、どのような国が2030年目標の更新、ネットゼロ排出・カーボンニュートラル目標を発表するかが注目される。

表2-1 | 主要国・地域の2030年目標およびネットゼロ排出・カーボンニュートラル目標

	2030年目標	ネットゼロ排出・カーボンニュートラル目標
中国	CO <sub>2</sub> /GDP原単位2005年比60%～65%削減	2060年より前にカーボンニュートラル達成を目指す (2020年9月22日国連総会で発表)
米国	2005年比50%～52%削減 (2021年4月22日NDC提出)	2050年より前にネットゼロ排出 (2021年1月20日バイデン大統領就任)
欧州連合27	1990年比55%削減 (2020年12月18日更新NDC提出) (更新前の削減率は40%)	2050年までにGHGニュートラル (2020年10月23日閣僚理事会で合意)
インド	GHG/GDP原単位2005年比33%～35%削減	N.A.
ロシア	1990年比30%削減 (2020年11月25日NDC提出) (INDCでの削減率は25%～30%)	N.A.
日本	2013年度比46%削減 (2021年4月22日気候リーダーズサミットで発表)	2050年までに温室効果ガスの排出を全体としてゼロ (2020年10月26日国会で発表)
インドネシア	BAU (2,869 Mt)比29%～41%削減 (2021年7月22日更新NDC提出) (削減率は変更なし、更新前のBAUは2,881 Mt)	2060年またはそれよりも早い段階でのネットゼロ排出への急速な進捗の機会を探る (2021年7月22日長期戦略提出)
カナダ	2005年比40%～45%削減 (2021年7月12日更新NDC提出) (更新前の削減率は30%)	2050年までにネットゼロGHG排出 (2021年6月29日法制化)
イラン	NDC未提出	N.A.
メキシコ	BAU (2030年991 Mt)比22%～36%削減 (2020年12月30日更新NDC提出) (削減率は変更なし、更新前のBAUは1,110 Mt)	N.A.

注: BAU = business as usual

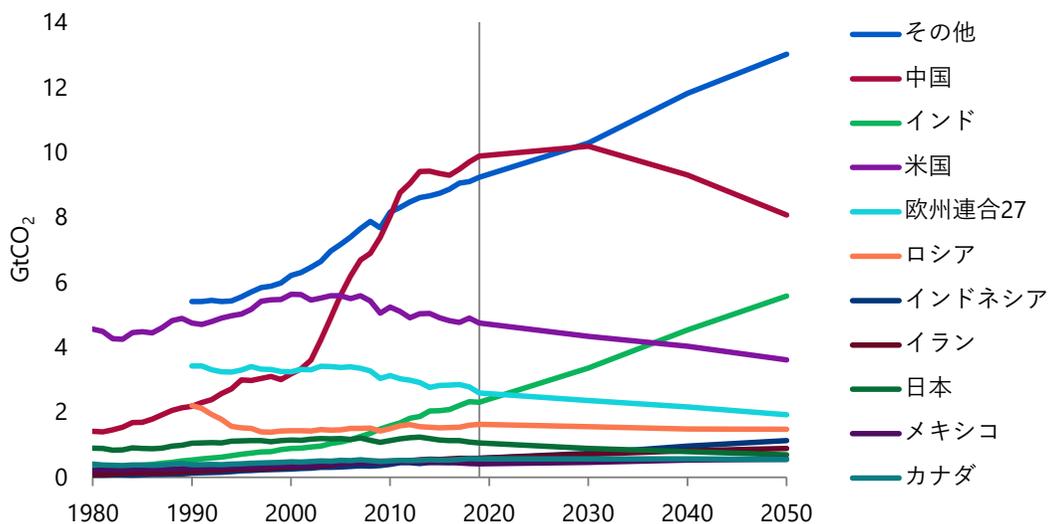
COP26ではまた、先進国共同による途上国への新資金目標の設定に関する議論が始められる。先進国は、2025年まで引き続き、年1,000億ドルの共同資金調達目標を有している。COP26では、途上国の削減行動等に用いられる、2025年より後の目標金額を年1,000億ドル以上とすることに関する議論が始められることになっており、注目される。

### 中国のCO<sub>2</sub>排出は2020年代半ばに減少に転じる。インドのCO<sub>2</sub>排出は大きく増加

世界のエネルギー起源CO<sub>2</sub>排出は、2019年の33.6 Gtから2030年には35.5 Gtに増加し、2050年には37.5 Gtになる。

2015年時点でGHG排出量が多い10か国・地域およびその他のエネルギー起源CO<sub>2</sub>排出の推移をみたものが図2-30である。中国は、2019年の9.9 Gtから、2020年代半ばに増加から減少に転じ、2050年には8.1 Gtになる。インドは、2019年の2.3 Gtから2050年には5.6 Gtに増加する。米国、EU 27および日本は、2019年から2050年にかけてエネルギー起源CO<sub>2</sub>排出が減少し、2050年には、日本の排出量0.7 Gtよりも、インドネシアやイランの排出量のほうが、それぞれ1.1 Gt、0.9 Gtと多くなる。その他の2019年～2050年の増加量3.8 Gtのうち、アフリカが1.3 Gt、インドネシアを除くASEANが0.7 Gtを占める。

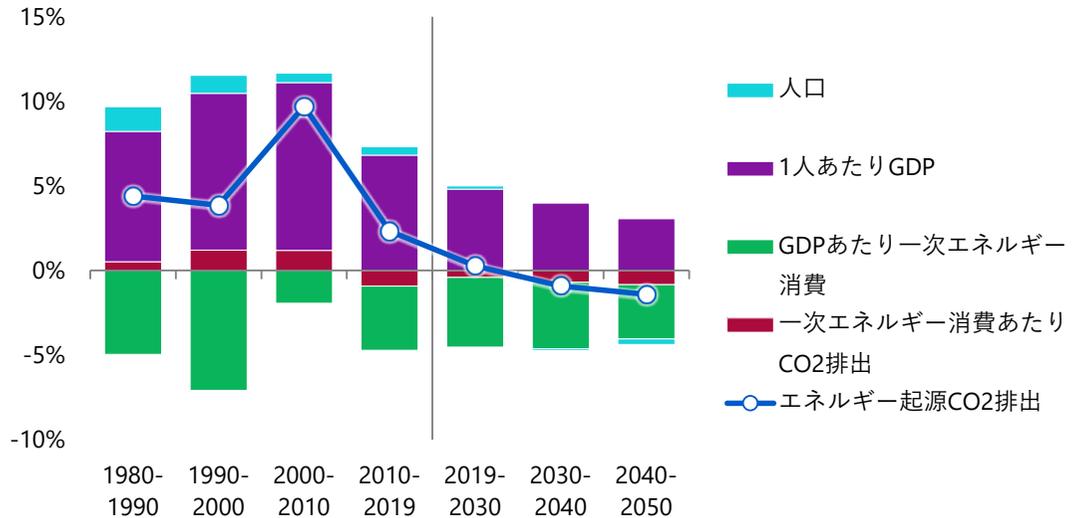
図2-30 | 主要国・地域のエネルギー起源CO<sub>2</sub>排出[レファレンスシナリオ]



中国について、2020年代半ばに増加から減少に転じる要因を検討すると、2019年～2030年の期間以降、GDPあたり一次エネルギー消費の減少寄与は変わらないものの、1人あた

りGDPの増加寄与が小さくなり、中国経済の成長の鈍化がエネルギー起源CO<sub>2</sub>排出ピークアウトの大きな要因となる(図2-31)。

図2-31 | 中国のエネルギー起源CO<sub>2</sub>排出等の年変化率[レファレンスシナリオ]



2030年のGDPあたりCO<sub>2</sub>排出量をみると、中国は、2005年の1.572 kg/\$から2030年には0.516 kg/\$と67%減少する(中国の2030年目標は、エネルギー起源以外を含むCO<sub>2</sub>の対GDP原単位で2005年比60%~65%削減)。また、インドのそれは、2005年の0.913 kg/\$から2030年の0.635 kg/\$に30%減少する(インドの2030年目標は、GHG全体の対GDP原単位で33%~35%削減)。中国やインドが、2030年目標を今後更新してゆくか注目される。



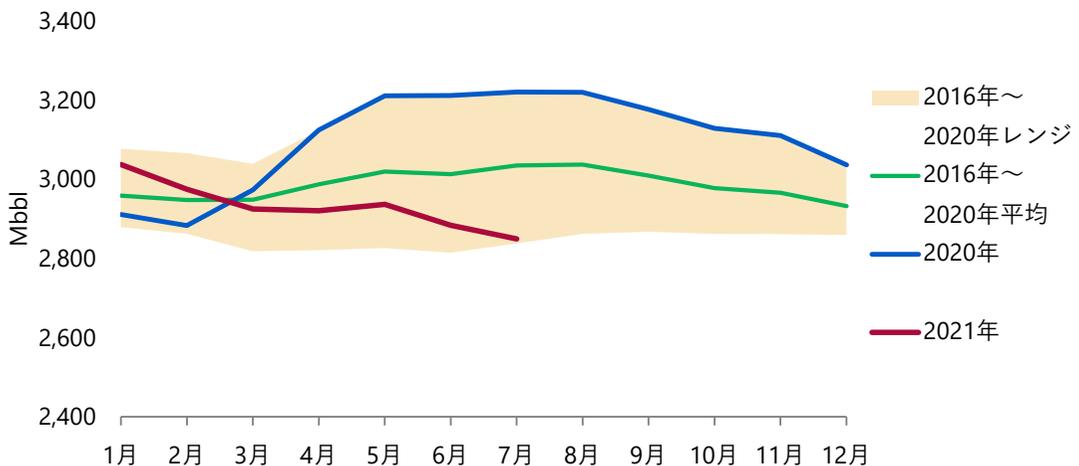
## 3. エネルギー供給

### 3.1 原油

#### OPECプラス協調減産と需要回復期待から油価は上昇

石油輸出国機構(OPEC)とロシア等の非加盟産油国で構成するOPECプラスは、2017年1月から原油の協調減産を開始した。当初の減産規模は日量1.8百万バレル(Mb/d)と比較的小規模であったが、新型コロナウイルス感染症(COVID-19)拡大に伴う石油需要の喪失を契機に、2020年5月から9.7 Mb/dの大減産に舵を切った。2020年4月に約16年ぶりの低水準となる\$27/bblの平均価格を付けたブレント原油先物は、この減産や一部の国での経済活動再開への期待等により上昇に転じた。それでも、2020年第2四半期は依然として供給超過であったこと、その後も欧米やインド等での感染第2波の発生により石油需要が期待されるほど伸びなかったこと等から、油価は10月ごろまで\$40/bbl~\$45/bbl程度で推移した。需給バランスの指標となる経済協力開発機構(OECD)石油商業在庫も、2020年10月まで、過去5年間平均を2億バレル以上上回っていた(図3-1)。

図3-1 | 足元のOECD商業石油在庫量



出所: IEA「Monthly Oil Market Report」をもとに作成

しかし、その後原油市況は様相を変え、2020年11月以降、油価は近年ではまれにみる著しいスピードで上昇した。需要面では、COVID-19ワクチンの接種開始により、経済活動再開の動きが加速し、石油需要回復への期待感が増した。米国バイデン政権による大型の

追加経済対策への期待感も、石油需要増加への期待感を強めた。供給面では、OPECプラスが慎重に協調減産幅を調整し、石油市場が供給超過にならないように図った。2021年1月からの減産量の緩和は、当初予定されていた1.9 Mb/dから縮小して0.5 Mb/dにとどまったほか、サウジアラビアは2月から自主的に1 Mb/dの追加減産を行った。これにより石油需給の引き締め感が増し、OECD在庫も2021年3月に過去5年間平均を下回った。3月のブレント原油平均価格は\$65.7/bblとなり、\$41.5/bblであった前年10月からの5か月で約60%の上昇率をみせた。

原油価格の上昇にも関わらず、近年油価上昇に乗じてシェールオイルの生産量を著しく増加させてきた米国の反応は鈍かった。シェールオイル生産者が事業から得たキャッシュフローを掘削活動ではなく債務削減等の財務健全化に充てたためである。米国での石油リグ稼働数は、油価の急上昇が一巡した2021年7月時点でも約380基と、COVID-19前の約680基を大きく下回った。2021年の米国の産油量は前年比で微増にとどまる公算が高い。

米国からの供給量が伸び悩む中で、石油需要は世界経済の回復を背景に増加を続け、原油価格は7月には一時2018年10月以来2年9か月ぶりとなる\$77.2/bblの高値をつけた。その後も、OPECプラスは減産縮小を限定的なものにとどめている。7月には減産規模を8月から12月まで0.4 Mb/dずつ毎月縮小させることで合意し、あわせて従来2022年4月までとっていた協調減産の枠組みを2022年末まで延長することも決定した。今後も、石油市場の動向を注視し、減産規模を柔軟に変化させながら、原油価格の維持を目指すであろう。

### 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、石油の液体燃料としての利便性(貯蔵のしやすさや分散供給への適合性)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0.5%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。OPECプラス協調減産の実施により2019年の原油生産量が前年比5%減少したOPEC加盟国は、豊富な生産余力と安価な生産コストを強みに、この期間中の世界の原油供給増を牽引する。一方、2010年代に年率9.5%という驚異的な増産をみせた米国では、COVID-19拡大による原油価格の急落後、シェールオイル生産企業が財務健全化への取り組みを重要視し、上流投資が一時的

に停滞したこと等を受け、圧倒的な産油量の伸びを持続させることはできない。比較的穏やかな生産量増加をみせる北米に対して、非OPEC加盟国で産油国としての存在感を増してゆくのが中南米の国々である。国営石油会社ペトロブラスが2021年から25年までの5年間にプレソルト(岩塩層下)での油ガスの探査および生産に320億ドルを投じるブラジルや、2019年末に最初のオフショアプロジェクトが生産開始され、40%超の経済成長率に沸き立つガイアナ等である。ガイアナにおける原油生産の損益分岐点は\$20/bbl~\$30/bblと評価されており、採算性は米シェールオイルよりも高い。

長期的には、北米地域での産油量もピークアウトし、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ってゆく。OPECの盟主であるサウジアラビアの生産コストは約\$4/bblと圧倒的に低いとされており、同国を筆頭に、安価な生産コストを誇るこれらの国々が、2030年から2050年までの石油需要の増分である約10 Mb/dのうちの大半を充足することになる。石油生産に陰りがみられる非OPEC加盟国の中では、唯一中南米が長期的にも底堅い産油量の増加をみせる。既に商業生産が開始されたガイアナのほかにも、大規模な炭化水素の埋蔵の確認が相次いでいるスリナム等が、次なる新興産油国として台頭する。

表3-1 | 原油生産[レファレンスシナリオ]

	2019	2030	2040	2050	2019-2050	
					変化量	変化率
原油生産計	95.0	98.5	104.3	108.1	13.1	0.4%
OPEC	34.9	37.6	42.9	46.4	11.4	0.9%
中東	27.0	29.2	33.1	35.3	8.3	0.9%
その他	7.9	8.4	9.8	11.1	3.1	1.1%
非OPEC	60.0	60.9	61.4	61.7	1.7	0.1%
北米	22.4	23.4	22.7	21.2	-1.2	-0.2%
中南米	7.2	8.7	10.5	12.4	5.2	1.8%
欧州・ユーラシア	18.2	16.9	16.3	15.9	-2.3	-0.4%
中東	3.2	3.4	3.6	4.0	0.9	0.8%
アフリカ	1.4	1.4	1.5	1.6	0.2	0.3%
アジア・オセアニア	7.6	7.0	6.8	6.6	-1.0	-0.5%
プロセスゲイン	2.4	2.6	3.0	3.2	0.9	1.0%
石油供給計	97.3	101.1	107.3	111.3	14.0	0.4%

注: 原油にはNGLを含む

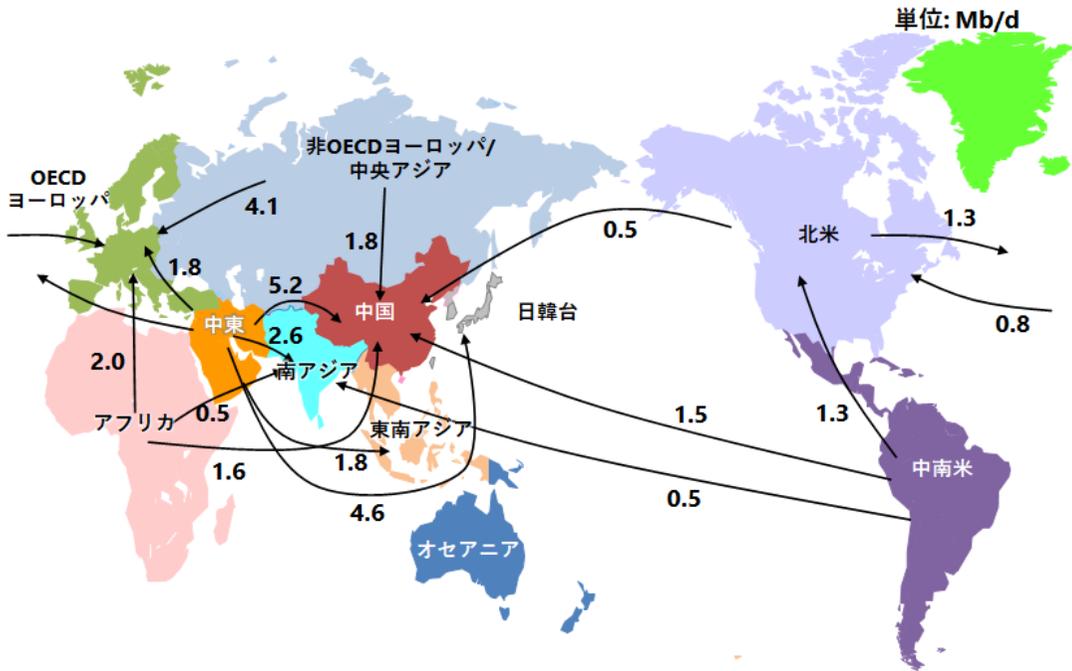
## アジアで高まる中東への原油依存

2020年の世界の主要地域間の原油貿易量は約42 Mb/dであった。コロナ禍での石油需要の落ち込みに比べて、貿易量の減少は小さかった。その背景には、世界最大の原油輸入国である中国の輸入量が前年比で約1割増加したことがある。2020年第1四半期こそコロナ禍で石油需要が前年同期比減少となった中国ではあるが、第2四半期以降はCOVID-19の封じ込めに成功し、需要は前年同期比で増加に転じた。世界の貿易量のうち、中東からの輸出量が42%を占めており、中東からの輸出の約8割はアジア地域に向かっている。米国からの輸出量は3.1 Mb/dと、前年から約4割増加した。西欧向けに加えて中国向けの輸出量が著しく増加し、アジアへの原油輸出量は初めて1 Mb/dを上回った2019年からさらに増加して1.3 Mb/dに及んだ。

将来、世界の主要地域間での原油貿易総量は、非産油国での石油需要の増加を背景に増加する。需要の減少で輸入量も減少するOECD諸国を横目に、今後の需要増を牽引するインドやASEAN諸国による輸入量が、これを上回る勢いで増加する。2020年の原油輸入量が世界最大の11.2 Mb/dであった中国では、将来の石油需要の伸びは比較的小さいものの、国内の主力油田の老朽化により原油生産量が伸び悩むことから、2030年にかけて原油輸入量は緩やかに増加する。アジアで高まる原油輸入需要に対し、産油量増加を背景に原油輸出を伸ばす北米地域からアジアへの原油輸出が増加し、アジアでの原油の中東依存度の高まりを抑制する効果をもたらす。

2050年にかけては、原油増産の主軸が再び中東産油国に移ることを受け、世界全体で80%弱の原油輸入シェアを有するようになるアジアでは、原油の対中東依存度が再び高まることになる。北米の産油量がピークアウトすることや、アフリカでの石油需要の増加によって同地域からの原油輸出量があまり増加しないこともこの一因である。2050年には、世界最大の原油輸入国は中国からインドへと移行し、その輸入量は今日の中国のそれをも上回る。

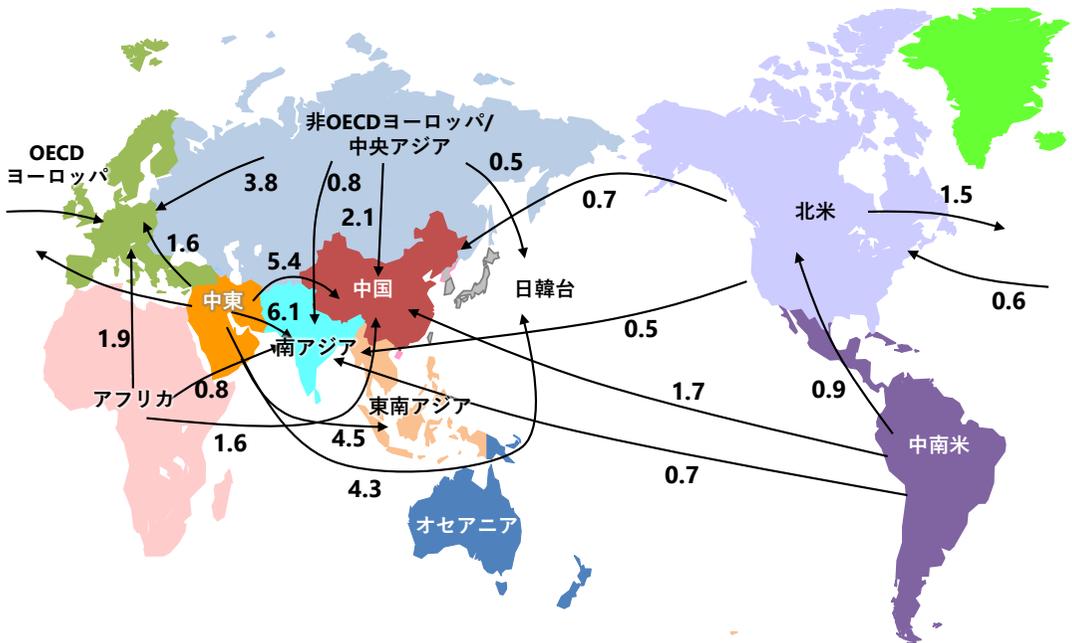
図3-2 | 主要地域間の原油貿易[2020年]



注: 0.5 Mb/d以上のフローを記載

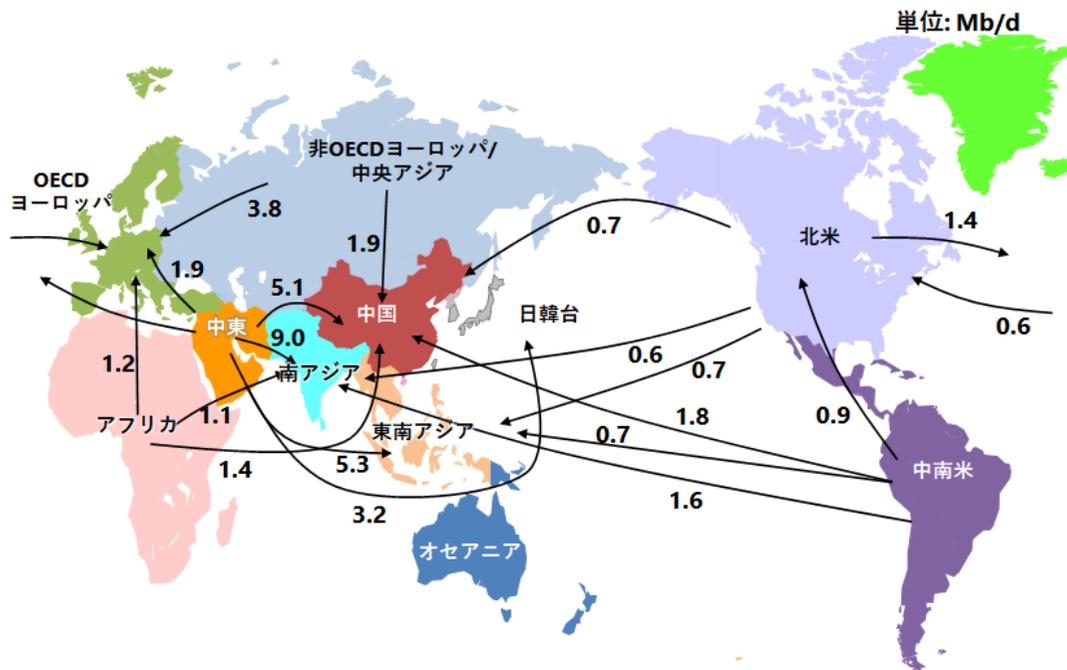
出所: BP「BP Statistical Review of World Energy」(2021年版)、各国貿易統計をもとに作成

図3-3 | 主要地域間の原油貿易[レファレンスシナリオ、2030年]



注: 0.5 Mb/d以上のフローを記載

図3-4 | 主要地域間の原油貿易[レファレンスシナリオ、2050年]



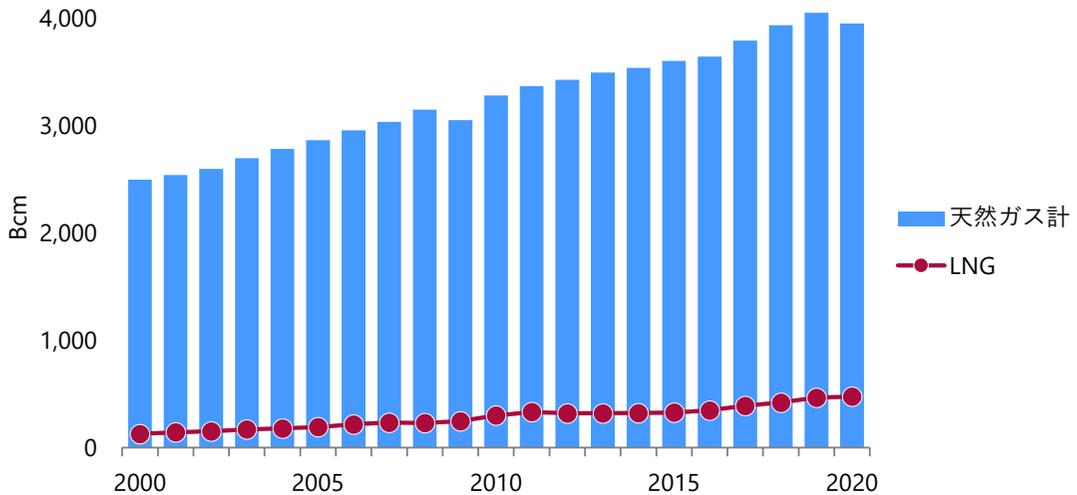
注: 0.5 Mb/d以上のフローを記載

## 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持続

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液化天然ガス(LNG)は、天然ガス供給全体よりもさらに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、41百万t (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ーを吸収、市場が拡大軌道に戻る。中長期的には、豊富な天然ガス資源と旺盛な開発意欲が市場拡大を後押ししてきており、今後も拡大を続けるポテンシャルは大きい。

図3-5 | 世界の天然ガス、LNG供給



LNG生産プロジェクトへの投資決定については、2019年に対象となった液化設備容量が世界全体で年間71 Mt分と過去最大、2019年の世界のLNG貿易量350 Mtに対して約2割に相当した。ところが翌2020年には、LNG価格変動と需要先行きの不確実性から、投資決定件数は激減した。今後の投資決定可能性が高いプロジェクトに関しては、引き続き米国が多数を占め、今後のLNG生産拡大における同国の役割の大きさを示している。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いる。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つつある。2019年は、従来アジア向け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ている。このことが、他供給源含めて、契約条件交渉に影響を与え始めている。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年に2006年以降の世界最大のLNG輸出国だったカタールをわずか

に凌駕した。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いる。

これらの生産動向を受けて、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）に低下した。世界最大のLNG輸入国である日本のシェアは、2018年の25%から2020年には21%に低下した。同じ北東アジア市場圏に属する中国では、ペースが鈍化しているものの引き続きLNG市場の拡大が続いており、2021年上半期累計では、中国のLNG輸入量が日本を上回った。

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輸入が急拡大しており、同経済圏全体としてみれば2019年のLNG輸入量は日本、中国を上回った。このLNG輸入増加に大きな役割を果たしているのが、同経済圏の地下ガス貯蔵設備である。2021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、輸入量に応じて大きく変動しており、世界のLNG市場の緩衝役割を拡大している。その稼働率は2019年10月末で97%、2020年3月末で54%、同10月末には再び96%と高水準で推移したが、2020年～2021年冬季にはグローバルLNG市場の供給がアジアに大きくシフトしたことを反映して、2021年3月末までに30%まで低下した。世界LNG市場におけるヨーロッパ市場の位置付けの重要性が増していることと並行して、ヨーロッパスポットガス価格、特にオランダTitle Transfer Facility (TTF)の世界市場に対する影響力が拡大し、かつアジアのLNGスポット価格との連動性が増している。

2020年は、世界的なスポットガス価格の低迷にアジアのスポットLNG価格も巻き込まれ、特に同年前半、原油連動の長期契約価格との格差が過去最大水準へと拡大した。同年末から2021年初、および2021年中盤には、スポットガス価格、スポットLNG価格が大幅に上昇、ボラティリティが拡大している。このことは、今後のLNG売買取引において、原油連動における傾き低下傾向、他指標導入、仕向地制限なしなど、LNG市場の流動性向上を求める動きにつながっている。

売買取引の条件面、特に価格面での改善が、東南アジア、南アジアなどの新興市場での新規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。

### ガス資源開発が世界各地でLNG拡大を支える

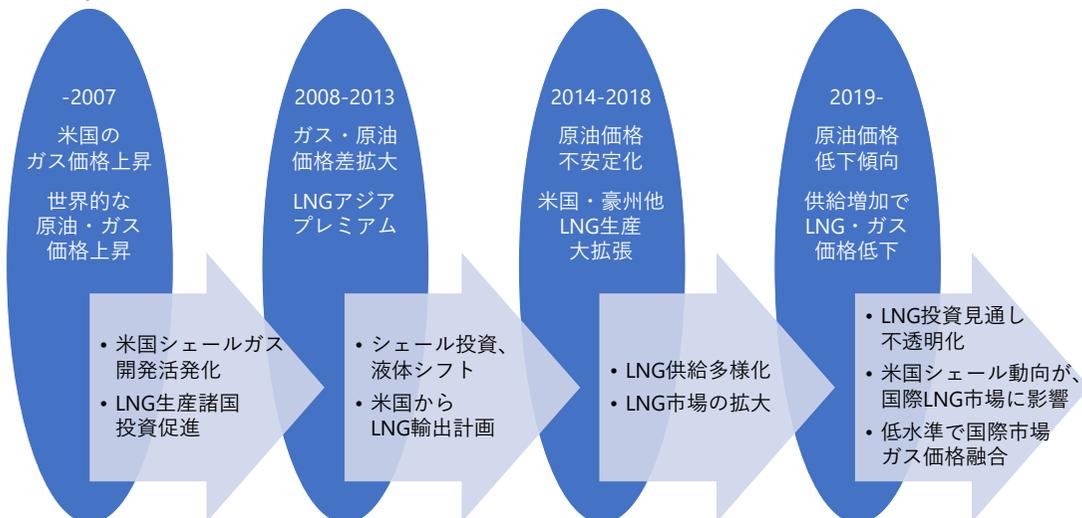
世界最大の天然ガス生産国であり、かつ消費国でもある米国では、引き続き見通し期間を通じて、シェールガスを中心とする天然ガスの生産が増加する。2030年ごろまで、年率1%程度で生産が増加し、その後は安定化する。その販路拡大・貿易バランス改善の意味でも、LNG輸出が果たす役割が重要となる。シェールガス生産は前世紀より少量ながら継続していたが、特に2005年前後の同国内天然ガス価格上昇により開発意欲が刺激され、2008年以降、水圧破碎・水平掘削等の技術進展・普及により経済性が向上し、大幅に生産が増加した。2021年時点で、シェール構造からのガス生産は、米国の天然ガス生産量全体の7割を占めている。

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、これに伴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に影響を受けることとなる。このことが2020年～2021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、状況次第で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す。

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、世界最大のLNG輸出国であるオーストラリア、カタールと並ぶ年間77 Mt分以上の供給力を持つ見込みである。さらに残余の建設中・最終投資決定(FID)済みのプロジェクトを合計すれば、その容量は年間100 Mt分を超える。

図3-6 | 米国シェール革命と世界のLNG市場の変遷



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的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す。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る。

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件が既に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が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年時点でカタルをわずかに上回り、世界最大級のLNG供給力を持つこととなった。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ある程度の柔軟性を織り込んだ供給が期待されている。さらに今後の上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既に投資決定を行い、建設が進行している。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。

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。既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計画されている。このうち、既に1件は2019年6月に投資決定済みである。2021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路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。

図3-7 | 主要地域間の天然ガス貿易[2019年]

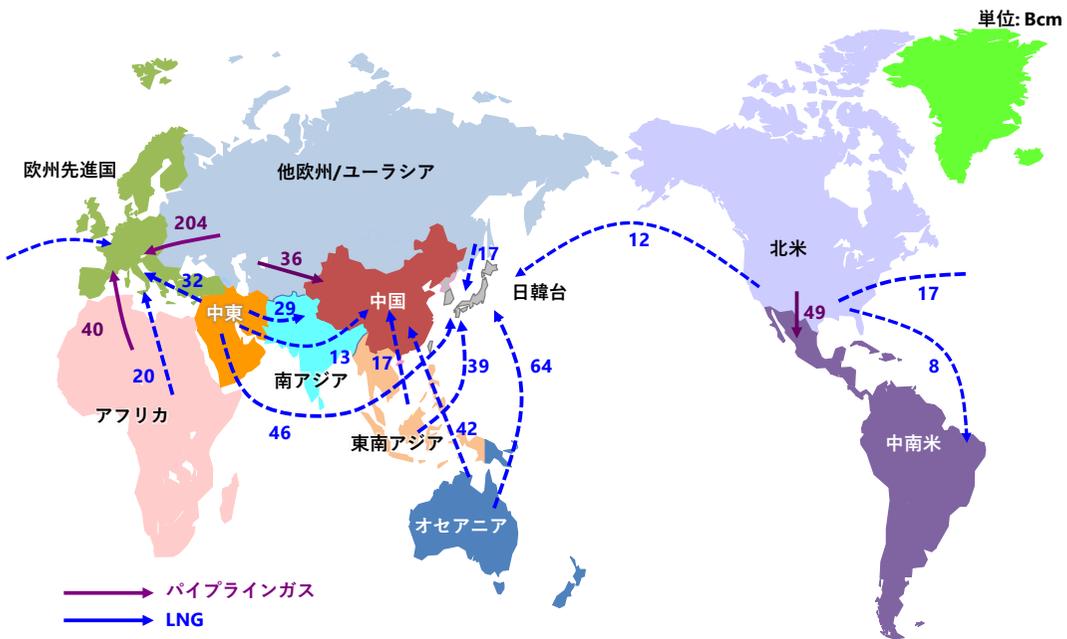
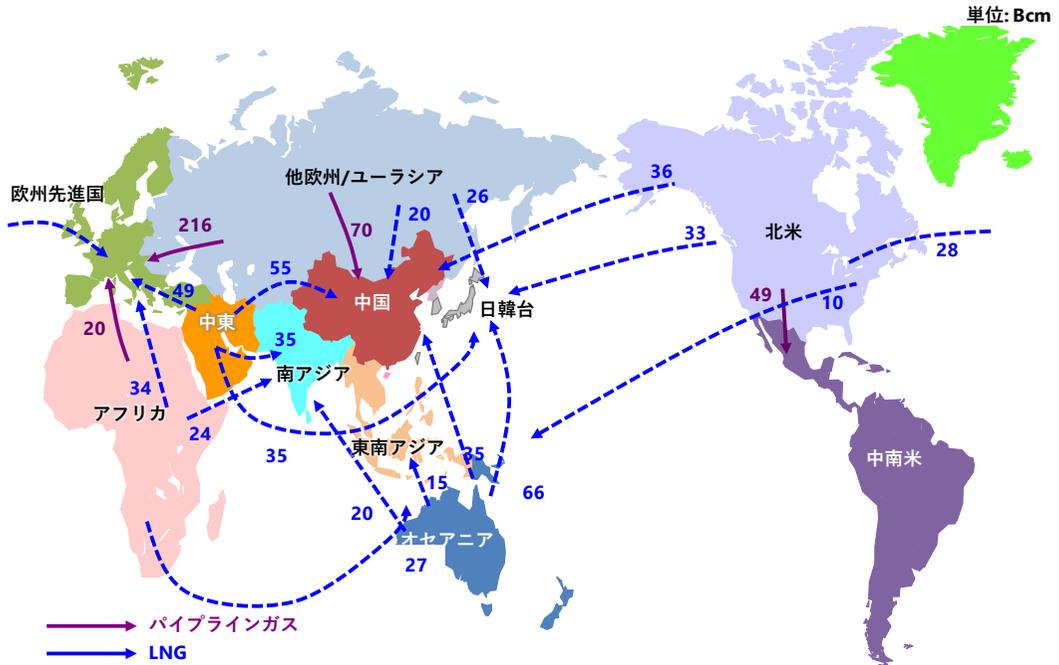
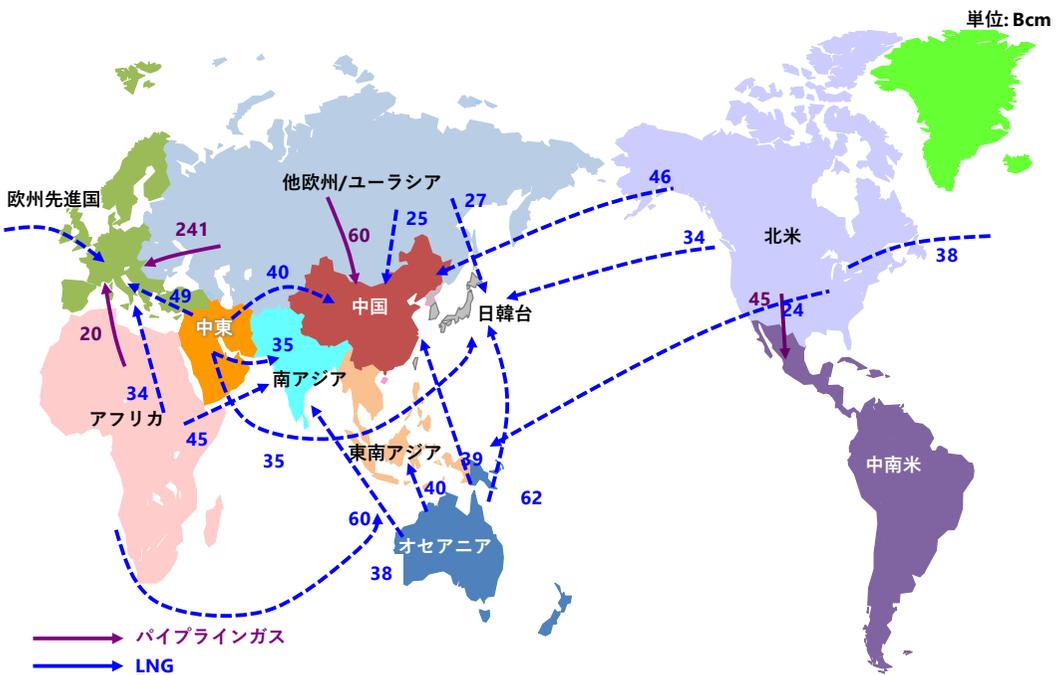


図3-8 | 主要地域間の天然ガス貿易[レファレンスシナリオ、2030年]



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。

図3-9 | 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

#### 生産の減少・供給障害下で底堅い需要を背景に石炭市場がタイト化

COVID-19の世界的な感染拡大により、経済・社会の混乱が続く中、温室効果ガス排出削減の国際的な機運はむしろ勢いを増した。カーボンプライシングを推進してきた欧州連合(EU)の取り組みに加え、米国の政権交代による気候変動対策強化に向けた揺り戻しや、中国政府によるカーボンニュートラル目標の表明等、温室効果ガスの主要排出国・地域で対策強化の意向が共有されたことにより、化石燃料の中でもとりわけ石炭の生産・消費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。しかしながら、足元の石炭需給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。

世界の2020年の石炭生産量は7,575 Mtと、前年比-4.8% (385 Mt減少)となった。世界の石炭生産のピークは2013年(7,976 Mt)とみられるが、2017年以降は増加が続き、2019年は7,960 Mtに拡大した。コロナ禍に見舞われた2020年には減少に転じたが、地域別にみると減少幅にはばらつきがあり、北米で前年比-23.8% (166 Mt減)、OECDヨーロッパで同-18.5% (60 Mt減)、中南米で同-35.8% (36 Mt減)等となっているが、アジア・太平洋地域では前年比-0.5% (26 Mt減)と、前年に近い水準の生産量を維持した。石炭需給の中心はアジア太平洋地域に明確にシフトしており、同地域の2020年の石炭生産量(5,750 Mt)は世界全体の76%を占めている。

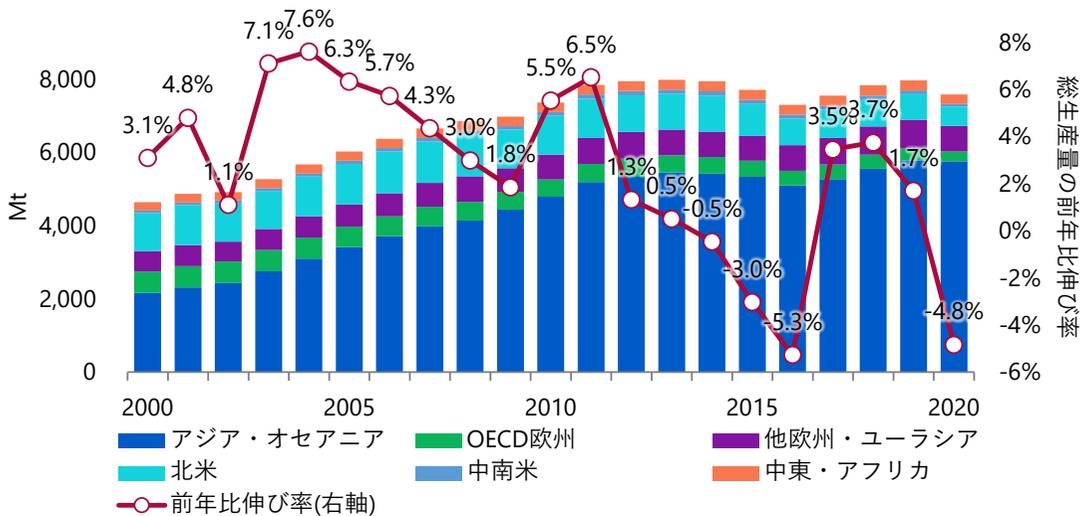
石炭の国際市況は、コロナ禍の影響により2020年4月から夏ごろにかけて大きく下落したものの、2021年に入って以降は高騰が続いている。一般炭スポット価格(オーストラリアニューキャッスル港積み出しFOB価格)は、2019年後半から2020年初頭まで\$70/t前後で推移していたが、2020年8月末には\$47/tと近年の底値(2016年1月)に迫る水準に下落した。原料炭も2020年秋ごろには\$100/tを割り込んだ。その後は市況が持ち直し、2021年1月以降は、一般炭スポット価格は\$80/t台で推移しつつ上昇、5月に\$100/t台となり、8月には\$175/t台に高騰した。原料炭も\$220/t台に上昇した(2021年8月)。

価格上昇の主な要因としては、COVID-19拡大を抑えいち早く経済活動を再開した中国において、電力および産業部門の需要が回復し、石炭輸入が拡大したことが挙げられる。中国政府は、国内炭鉱については操業を規制しつつ、輸入炭を一定程度活用する姿勢を示し

ており、オーストラリア政府との外交摩擦により豪州炭の輸入を手控える一方、主にインドネシア炭の輸入を急速に拡大した。

一方、供給面では、自然災害や設備故障等、各種要因による供給障害が発生し、市場のタイト化を招いた。オーストラリアでは、2020年末に主要な石炭積出港でシップローダー事故が発生して以降復旧していないほか、3月に発生した豪雨により石炭輸送網に深刻な影響が出た。インドネシアは国際市況高騰の好機に、中国向け輸出を大幅に拡大したが、COVID-19拡大の深刻化により、炭鉱操業への支障が懸念されている。コロンビアでは炭鉱労働者の抗議活動による鉄道封鎖や炭鉱内の事故等が発生した。同国の2020年の石炭生産量は前年比で約40%減少しており、生産が不安定化している。

図3-10 | 世界の石炭生産



注: 2020年は暫定値

出所: IEA "World Energy Statistics and Balances 2021"

### 供給力の柔軟性が低下し、石炭の需給バランスは不安定化

脱石炭が世界的な潮流として厳しさを増し、石炭関連の投融資が大幅に制限される中で、石炭生産が特定の国・地域に偏重する傾向は今後さらに強まってゆく。

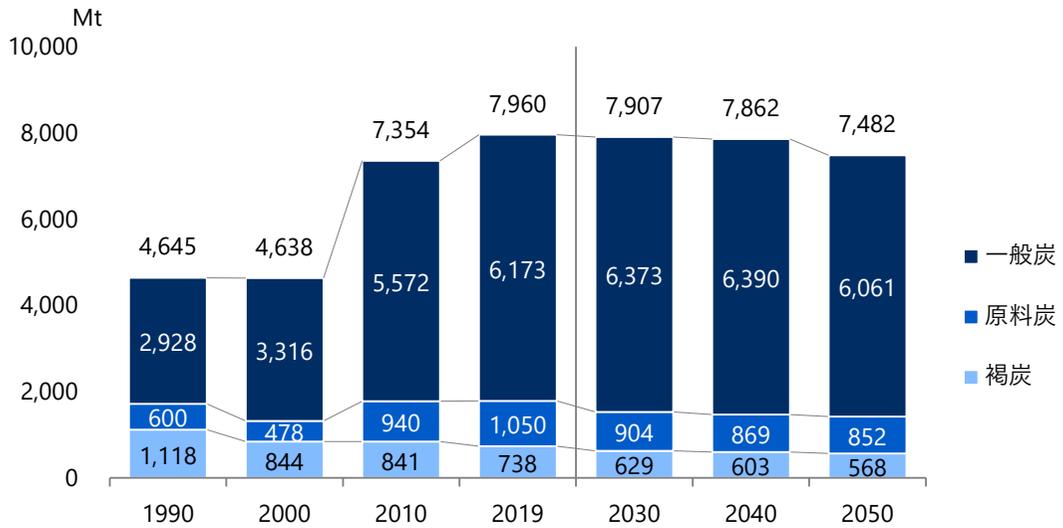
欧米先進国や、ポーランドをはじめEU加盟国である東欧の産炭国では、新規炭鉱開発だけでなく、既存炭鉱の拡張や輸送・輸出インフラの整備等もさらに実施が困難となる。オーストラリアでは、国内の石炭生産・消費および輸出の是非は、世論を二分する重要な関心事となっている。産炭州政府は、石炭輸出以外の外貨獲得手段を模索する動きを強め、

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日本において石炭火力発電の縮小が打ち出されたことで、炭鉱投資がさらに削がれ、今後の供給量に大幅な拡大は見込まれない。これまでに主に欧米地域への供給源となっていた南アフリカやコロンビアにおいては、先進国企業の撤退が加速し、アジア市場向けに一定程度の生産は維持されるが、中長期的には生産量は減衰に向かう。その他の新興国においても、先進国の開発銀行や輸出入銀行等による公的支援が得られず、供給源の拡大・多様化の選択肢となり難い。

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。今後も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。石炭の主要輸出国であるインドネシアは、高い生産量を維持し、中国やベトナムへの輸出を拡大するが、従来から課題となっている国内消費向けの供給を強化する。

石炭生産の地域的偏重が強まり、供給構造の柔軟性が低下する中、需要面では引き続き不確実性の高い状況が続く。中国政府は、CO<sub>2</sub>排出を2030年までにピークアウトさせるとしており、当該目標に向け石炭消費を削減させるドラスティックな政策がとられる場合には、世界の石炭需給バランスだけでなく、石炭廃止に向けた国際的な取り組みに多大な影響を及ぼす。しかしながら、足元の需給が膨大であることや、新興諸国やロシア等では、早くとも2060年等の長期スパンでのカーボンニュートラルを標榜していること等を踏まえると、特に中国の需要が一定程度維持される場合には、世界の脱石炭の取り組みは長期的なものとなり、石炭生産は高い水準で維持される。ただし、上述のとおり高度の不確実性を孕む石炭市場においては、炭鉱開発・拡張への投資は進まない。世界の石炭生産量は、2019年の7,960 Mtから2040年に向けてはほぼ横ばいし緩やかに減少する。その後2050年に向け減少傾向が強まり、7,482 Mtまで減少する(図3-11)。

図3-11 | 世界の石炭生産[レファレンスシナリオ]



炭種別にみると、一般炭生産量は主に発電用需要の増加に伴い2019年の6,173 Mtから2040年には6,390 Mtに増加するが、2040年ごろをピークに減少に転じる。一方で、主に鉄鋼生産の原料として用いられる原料炭は、2019年の1,050 Mtから2040年までには800 Mt台に減少する。地産地消型のエネルギー資源である褐炭は、主な生産・消費国であるドイツ、ポーランド、タイ等でいずれも需要が減少するため、生産量は2019年の738 Mtから漸減し、現存する褐炭火力の廃止に伴い2050年には568 Mtとなる。

石炭の主要輸出国でみると、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、アフリカ等の生産は増加し、石炭貿易量(輸出量)は2019年の1,434 Mtから2050年には1,551 Mtに拡大する。ロシアは、ヨーロッパ市場が失われる中で、アジア向け輸出に力を入れている。輸送インフラの整備拡大に伴い、石炭生産量は2019年の358 Mtから2050年には400 Mt台に増加し、輸出が拡大する。

表3-2 | 一般炭生産[レファレンスシナリオ]

	2019	2030	2040	2050	2019-2050	
					変化量	変化率
世界	6,173	6,373	6,390	6,061	-111	-0.1%
北米	544	379	300	207	-337	-3.1%
米国	528	370	294	201	-327	-3.1%
中南米	90	82	90	88	-3	-0.1%
コロンビア	79	70	78	76	-3	-0.1%
OECDヨーロッパ	56	48	45	41	-15	-1.0%
非OECDヨーロッパ・中央アジア	378	348	398	432	54	0.4%
ロシア	261	244	277	305	45	0.5%
中東	0	0	0	0	0	0.0%
アフリカ	266	277	306	313	47	0.5%
南アフリカ	255	263	287	291	36	0.4%
アジア	4,565	4,954	4,943	4,674	109	0.1%
中国	3,186	3,223	2,901	2,454	-732	-0.8%
インド	684	968	1,271	1,449	765	2.5%
インドネシア	595	643	639	632	37	0.2%
オセアニア	273	285	309	307	34	0.4%
オーストラリア	271	284	308	306	34	0.4%

表3-3 | 原料炭生産[レファレンスシナリオ]

	2019	2030	2040	2050	2019-2050	
					変化量	変化率
世界	1,050	904	869	852	-198	-0.7%
北米	95	86	85	83	-12	-0.4%
米国	65	57	56	54	-11	-0.6%
中南米	9	10	11	11	3	0.9%
コロンビア	5	6	7	7	2	0.9%
OECDヨーロッパ	15	13	13	13	-3	-0.7%
非OECDヨーロッパ・中央アジア	107	103	104	106	-1	0.0%
ロシア	97	93	94	95	-2	-0.1%
中東	1	2	2	2	0	0.7%
アフリカ	9	15	22	30	20	3.8%
モザンビーク	3	3	4	4	1	0.9%
アジア	623	500	435	390	-233	-1.5%
中国	539	400	303	224	-315	-2.8%
インド	49	73	100	130	81	3.2%
モンゴル	6	7	11	18	12	3.7%
オセアニア	190	177	198	217	27	0.4%
オーストラリア	189	176	197	216	27	0.4%

図3-12 | 世界の石炭貿易(輸入量) [レファレンスシナリオ]

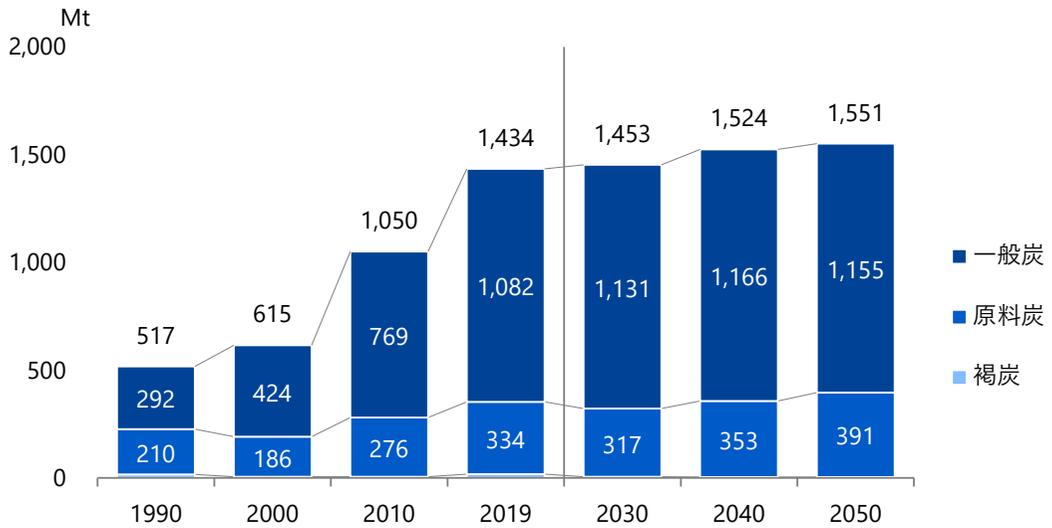
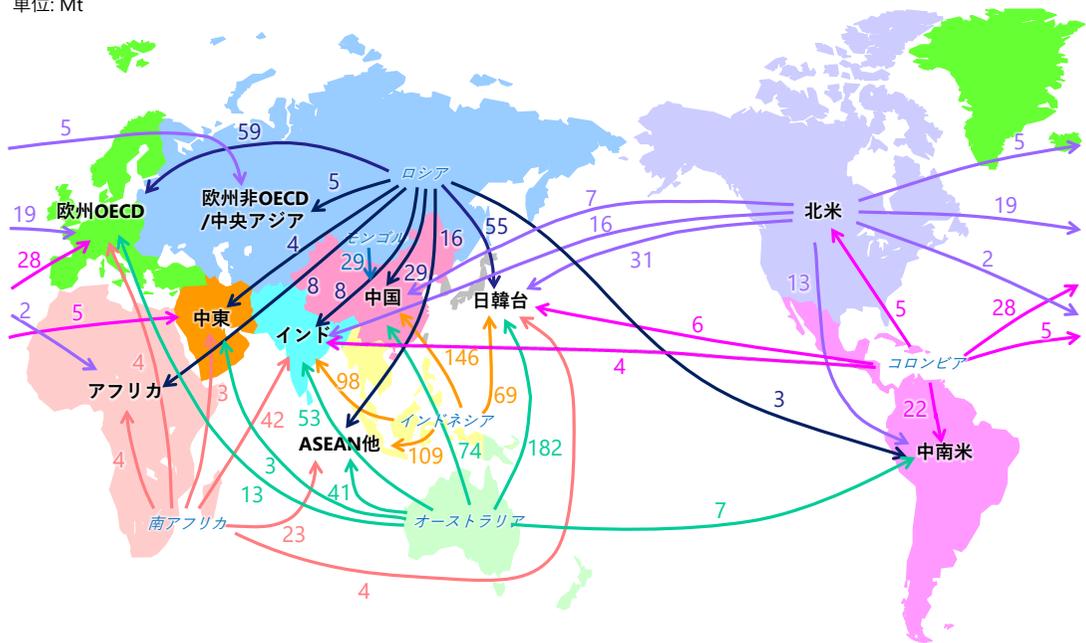


図3-13 | 主要国・地域間の石炭貿易[2020年]

単位: Mt



注: 一般炭と原料炭の合計値。2 Mt以上を記載。南アフリカはモザンビークを含む。  
出所: IEA "Coal Information 2021"、TEXレポート等をもとに推定



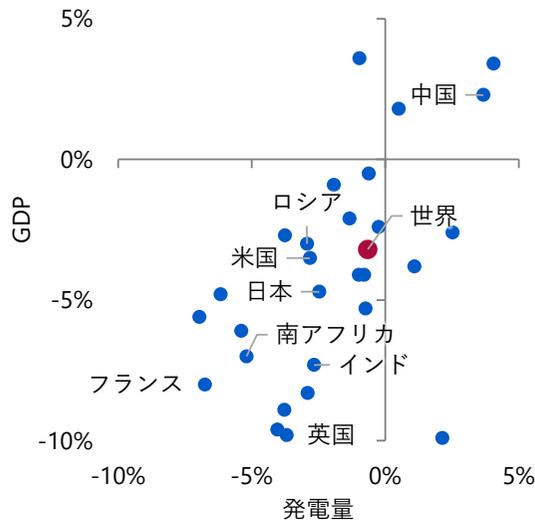
### 3.4 発電

#### 近年の動向

##### COVID-19による発電量の減少

2020年、世界各国で深刻化したCOVID-19の拡大に伴う経済影響により、世界全体の発電量は前年比0.9%減少した<sup>4</sup>。2010年以降、世界の発電量は年率2.9%のペースで増加していたが、2020年は10年ぶりに減少に転じた。在宅勤務などに伴う外出減少により家庭向け需要は増加したが、それ以上に業務、産業、運輸部門での需要が大きく低減している。国際通貨基金(IMF)によると2020年の世界のGDP成長率は-3.2%であり<sup>5</sup>、各国においては経済ショックに相関する形で発電量が影響を受けている(図3-16)。

図3-16 | GDP成長率と発電量の前年比変化率[2020年]



電力需要が低減する中でも再生可能エネルギーの拡大は続き、2020年の発電量は前年比6%増であった。一方で火力は総じて減少傾向にあり、天然ガスは同0.9%減、石油は同7.6%減、石炭は同4.1%減となった。これにより石炭火力が電源構成に占めるシェアは35.1%と過去最低になった。とりわけOECD諸国においては急速な「脱石炭」の動きも相まって、同地域における石炭火力の発電量は1年間で-15.6%と著しく減少した。

<sup>4</sup> BP, Statistical Review of World Energy (2021)

<sup>5</sup> International Monetary Fund, World Economic Outlook (July 2021)

## 日本、米国で冬季に電力需給が逼迫

2021年初頭、北東アジアおよび米国は厳しい寒波に見舞われ、電力需給の逼迫がみられた。

日本では2021年1月、寒波に見舞われ10年に1度規模の電力需要を記録した。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逼迫した。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逼迫した。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逼迫を深刻なものにした。

米国テキサス州では、2021年2月、記録的な寒波により電力需要が増加し、さらに供給側の風力タービンの凍結、天然ガス供給プラントの停止が合わさったことで需給が逼迫、同州の27%に及ぶ499万3,000口で停電が発生した。同州における石炭火力の設備容量は年々減少の一途をたどり、主要電源であるガス、風力の供給障害に対する耐性が失われつつあったといえる。

いずれの事例も大寒波による需要急増が直接の原因であるが、さらに背景には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プレイ電源の減少が合わさっていた。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、安定供給確保の必要性を改めて示したといえる。

## 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1.7%で増加し、2050年には2019年の1.7倍となる44,376 TWhに増大する(図3-17)。その増分18,508 TWhは、世界最大の中国の現発電量の2.3倍に相当し、その95%が新興・途上国に由来する。なかでも急速な経済成長を続けるアジアの発電量は、2019年の12,432 TWhから年率1.9%で増加し、2050年には世界の過半となる22,124 TWhに達する(図3-18)。

図3-17 | 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]

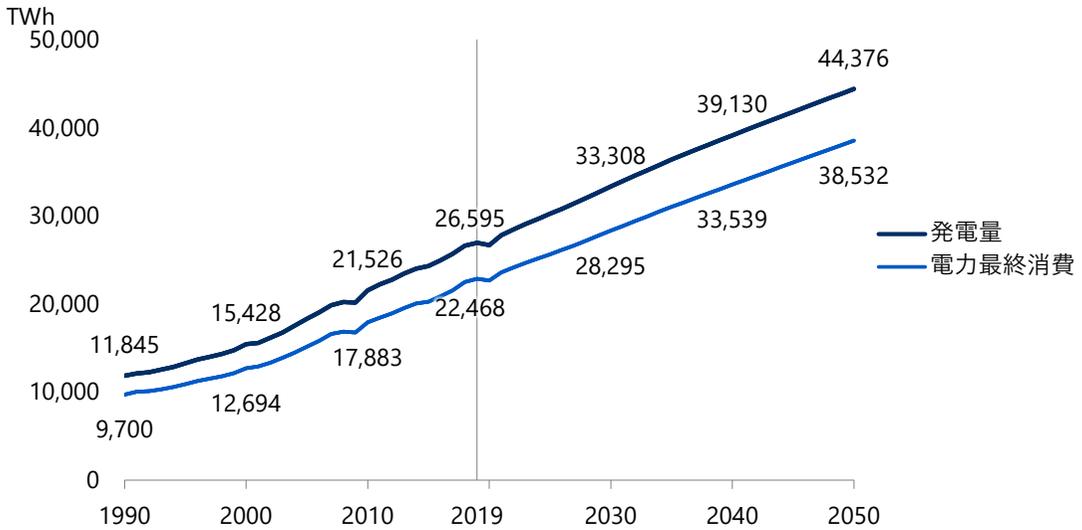
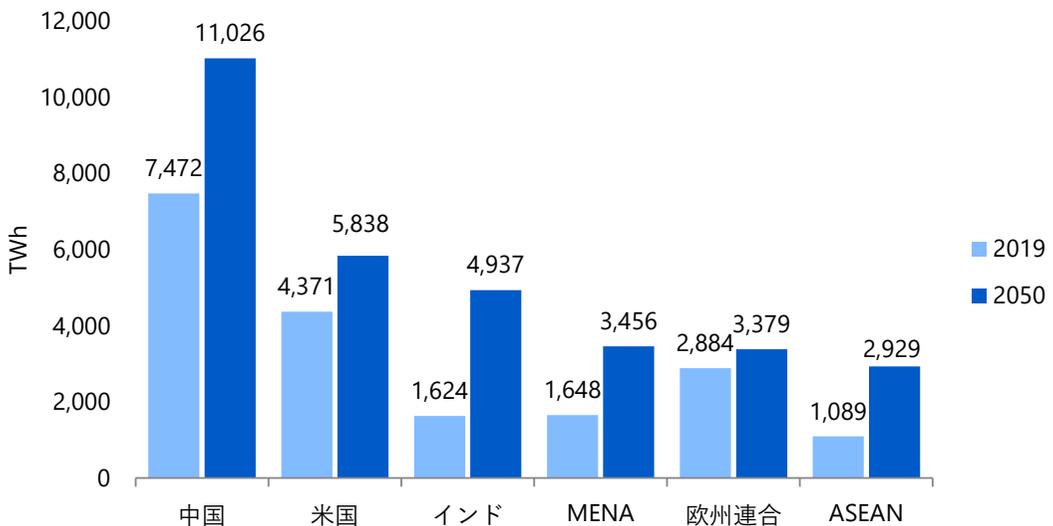


図3-18 | 主要国・地域の発電電力量[レファレンスシナリオ]



#### 発電構成: 天然ガス火力が最大の電源に

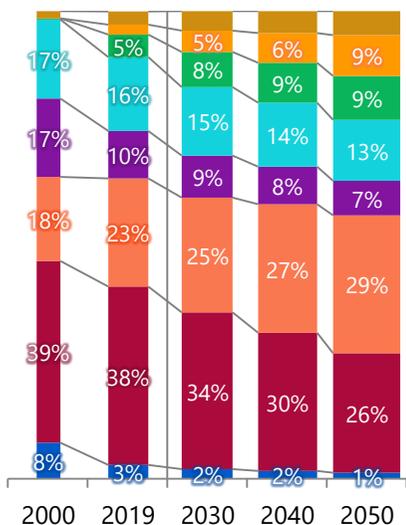
世界の発電構成において、最も大きなシェアを占めているのは石炭であるが、2050年には天然ガスが最大の電源となる(図3-19)。従来どおりミドル・ピーク電源の役割を担うほか、変動性再生可能エネルギーの導入が増え、需給バランスを調整する役割が今以上に重要なものとなる。石炭は、イタリア、カナダ、英国、フランス、ドイツなどの先進国が石炭火力発電の段階的な廃止方針を表明しており、また新興国でも天然ガスへのシフトに

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。石油火力のシェアは、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23%にのぼる。

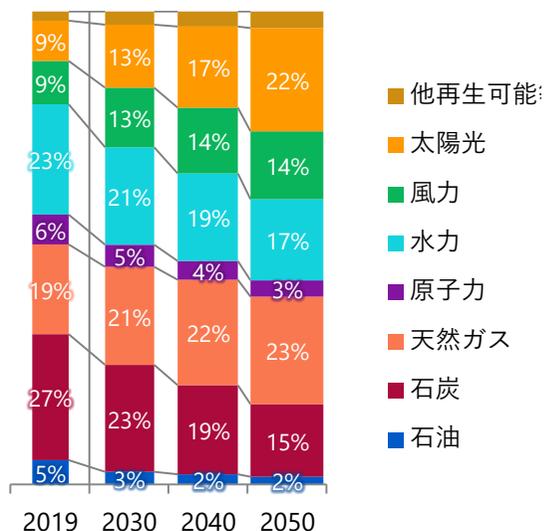
図3-19 | 世界の発電構成[レファレンスシナリオ]

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

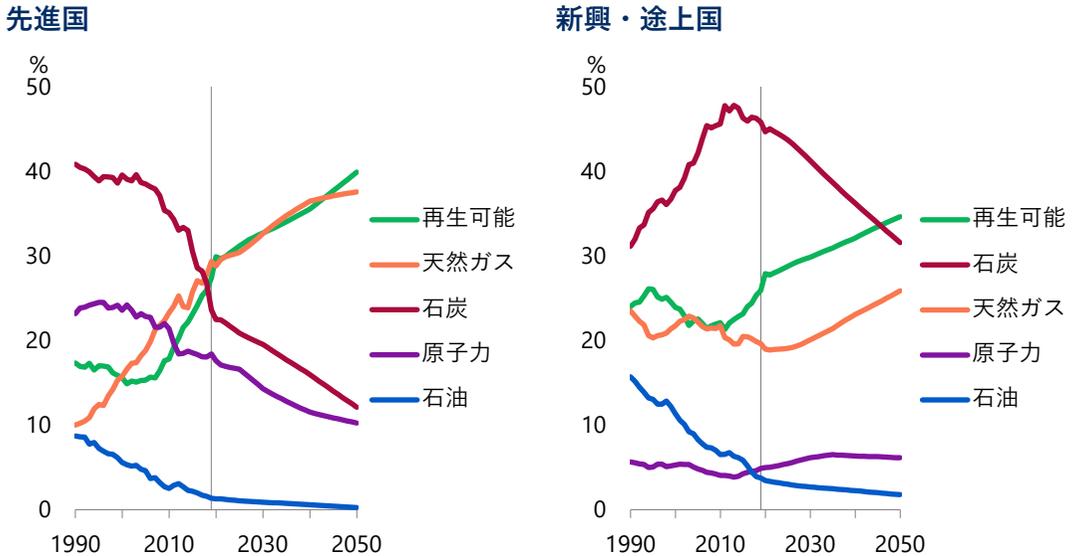


注: 棒の幅は総発電設備容量に比例

先進国では、発電量全体に占める再生可能エネルギーのシェアが2030年には33%、2050年には40%に達し、天然ガスを追い抜き最大の電源となる(図3-20)。このうち出力変動性の太陽光・風力は2050年には発電量の21%を占めるようになり、出力変動への対策、発電適地と需要地を結ぶ系統拡充が各地域における課題となる。一方、足元で最大のシェアを占める石炭は、カナダ、イタリア等における脱石炭火力の政策、金融機関の投融資差し控えによりシェアを大きく低減させ、2050年には12%と現在の半分にとどまる。

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。石炭火力は比率を低下させつつも、2040年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く。

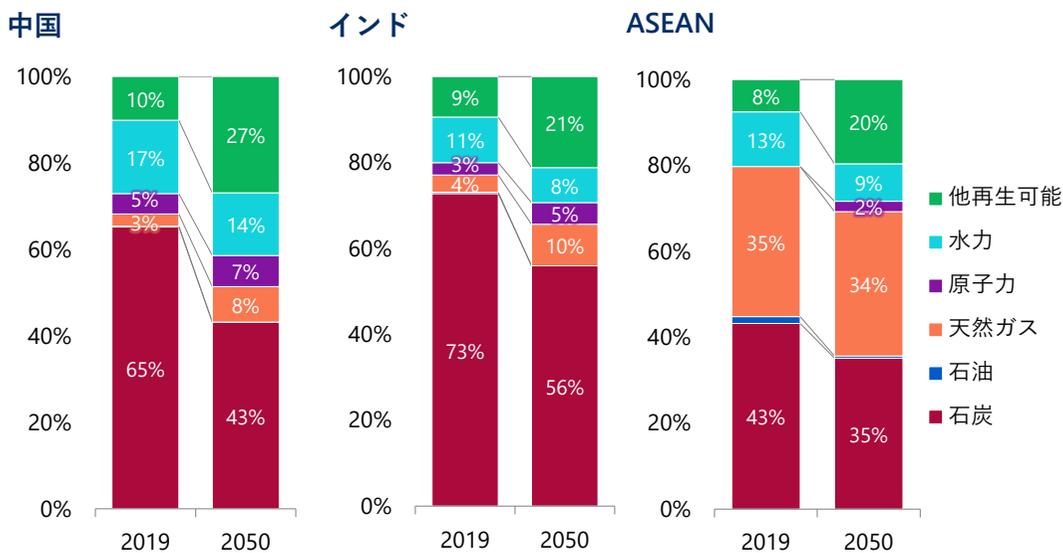
図3-20 | 先進国、新興・途上国の電源構成[レファレンスシナリオ]



#### 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、特に中国、インドにおいては急速に伸びる電力需要に対し石炭火力が主要な電源としての地位を維持するが、大気汚染、気候変動対策を背景にその高いシェアは徐々に減少する(図3-21)。代わって再生可能エネルギー、天然ガスが割合を増加させる。一方でASEANの全体的な傾向として、天然ガス火力による発電量は増加するもののシェアは足元の水準を維持する。石炭火力発電の動向は国によって状況が異なり、インドでは電源の半分程度の規模が活用される一方、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、ベトナムなどの地域における脱石炭火力の世論の影響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3-21 | 中国、インド、ASEANの電源構成[レファレンスシナリオ]

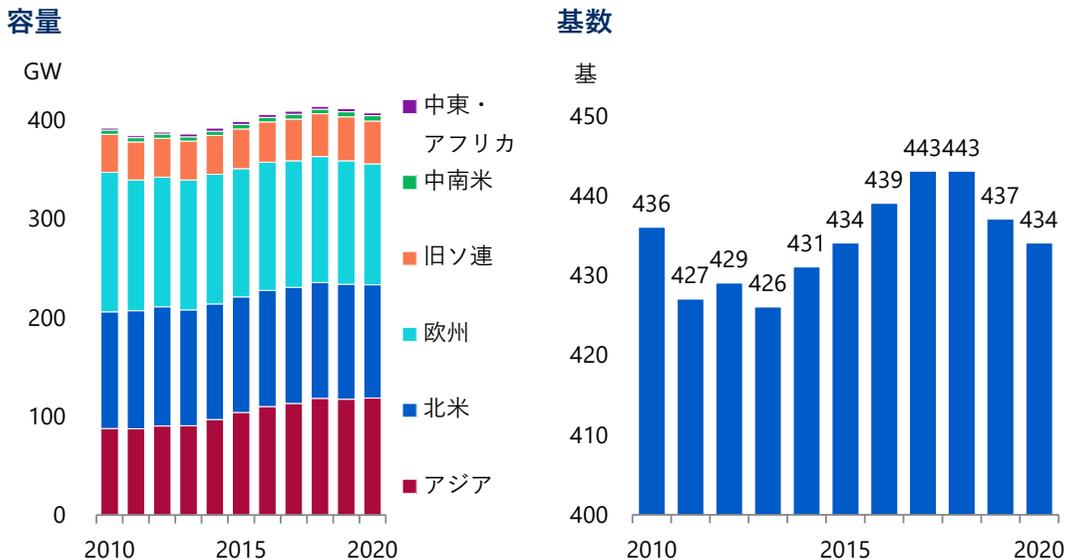


### 原子力

2年続けての減少傾向: 好調な中露に欧米諸国はどのような手を打つか?

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、2020年は2年連続で減少した(図3-22)。これには、2019年に日本で5基、2020年には米国とフランスで各2基、ロシアとスウェーデンで各1基が閉鎖されたことが大きく影響している。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、2020年には中国で1基、ロシアで2基が営業運転を開始した。ロシアの2基は設備容量こそ35 MW × 2と小型だが、これらは原子力潜水艦の技術を適用した世界初の浮体式洋上原子力発電所である。この技術によって、従来型の原子炉導入が困難とされていた遠隔地など、新たな需要を創出することが期待される。これに限らず、ロシアは国外への原子力輸出が旺盛であり、ベラルーシ、トルコ、イラン、インド、バングラデシュといった国々でロシア製原子炉の建設が進められているほか、中国やフィンランドなどでも計画中の新設炉をロシア企業が手掛ける見通しとなっている。他方で欧米では新設計画の遅延や頓挫が相次いでおり、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3-22 | 世界の原子力発電設備容量と基数



一部の国を除いて新設計画が進まない一方で、欧米諸国では既設炉の有効活用を目指す動きも広まっている。米国では既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。

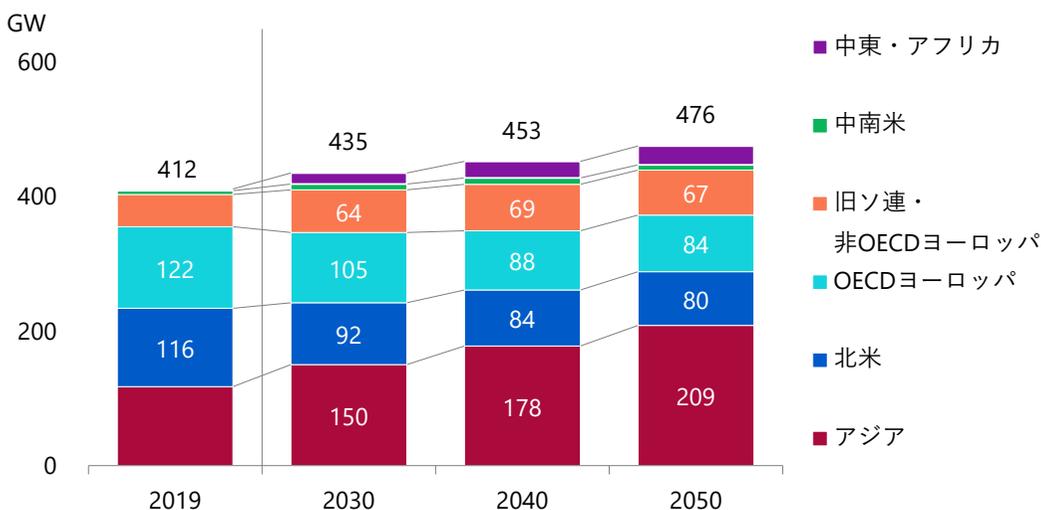
また、近年注目が集まっている小型モジュール炉(SMR)や第四世代炉といった、新型炉の開発に係る動向にも進展がみられる。米国では2020年8月にニュースケール・パワー社のSMRがNRCによる設計面での審査に合格した。英国においても、原子炉の設計審査対象にSMRや第四世代炉技術などを採用した先進的なモジュール型炉(AMR)を加えることが発表された。こうした規制面での進展は新技術を実際に社会の中へと導入するうえで非常に重要である。

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、日本や韓国、米国やヨーロッパの一部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は困難

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電気事業者にとって引き続き重要な経営資源であ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3-23)。

図3-23 | 原子力発電設備容量[レファレンスシナリオ]



米国は94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安価な天然ガス火力や再生可能エネルギーとの競争に晒され、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。新たに発足したバイデン政権は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次第ではあるが運転期間の延長や一定程度的新設計画が今後も続いてゆくほか、一部の州では既設炉の早期閉鎖回避のための支援策が実施される。

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。2040年以降は廃炉のペースが加速し、大幅な減少となるが、前述のとおり既設炉の長期運転に向けた環境整備も行われており、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、それとは別の新設計画が立ち上げられており、将来に向けて一定程度の設備容量を確保しようという動きは実際に確認できる。こうした姿勢は今後も続き、2040年ごろには現在の水準近くまで到達する。

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ドイツ、スイス、ベルギーなどでは、政府の原子炉閉鎖計画に従い、原子力発電は2025年から2035年ごろにかけて0となる。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、市場で採算の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。

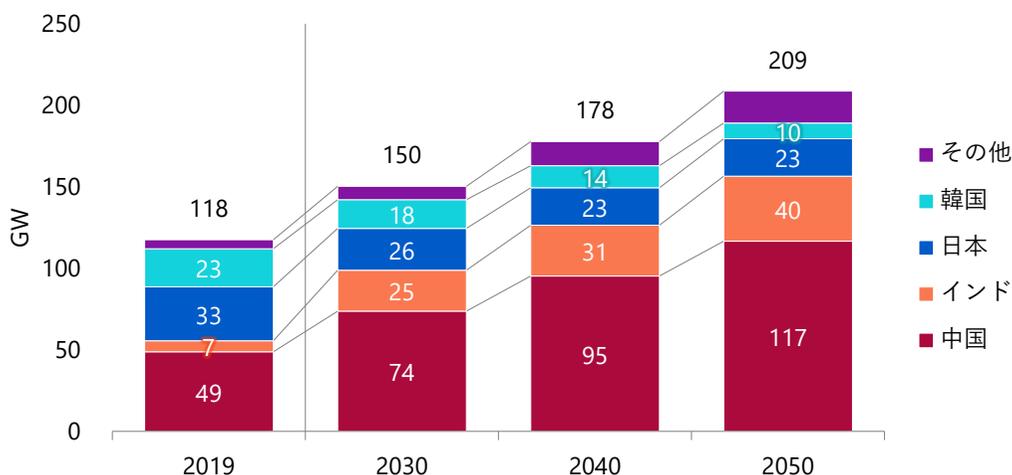
ロシアは国内外における原子力の積極的な利用を掲げており、国内の設備容量は2020年の29 GWから2035年にかけて45 GW程度まで拡大する。その過程では2030年ごろに、現在世界第4位の日本の設備容量を抜くこととなる。また、前述のとおりロシアは他国への原子力輸出にも積極的であるため、世界の原子力市場における存在感は、これらの数値以上となり得る。ロシアは既存の大型軽水炉の利活用を進めているのみならず、前述のとおり世界初となる浮体式原子力発電所を導入したほか、2021年6月には鉛冷却高速炉の実証炉を着工している。このように幅広い技術を保有しておくことは、原子力産業の基盤強化として重要である。

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、2040年には設備容量が95 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3-24)。また、アジアの合計設備容量は2040年には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209 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3-24 | アジアの原子力発電設備容量[レファレンスシナリオ]

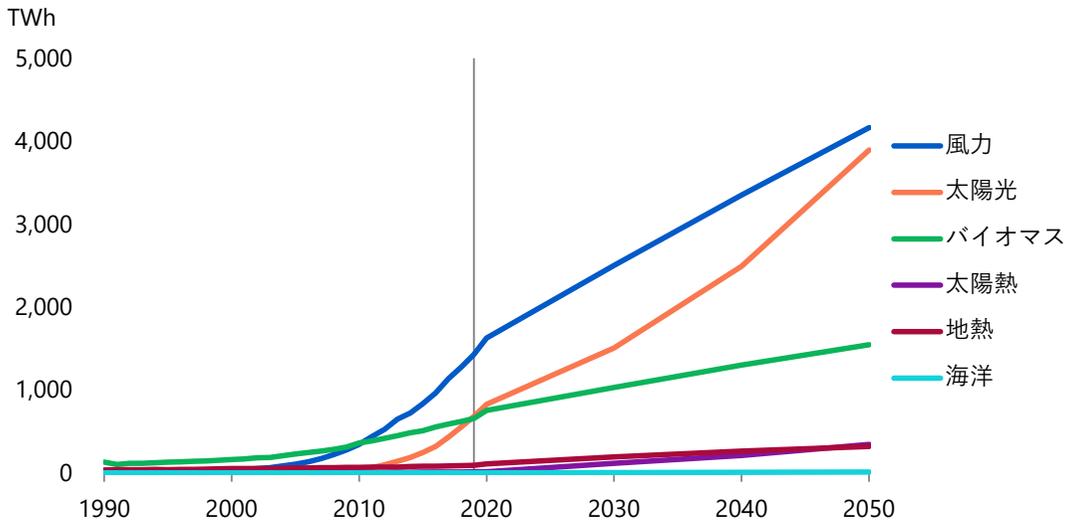


### 再生可能エネルギー発電

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、ポストCOVID-19の経済復興策の一環として、多数の国がグリーンエネルギー分野への投資促進措置を打ち出した。さらに、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、2019年の2,123 TWhから2050年には8,409 TWhに達する(図3-25)。世界の総発電量における自然変動電源のシェアは2019年で8%に過ぎないが、2050年には19%へ上昇し、電力システムにおける存在感を増す。

図3-25 | 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、今後も牽引役を担う(図3-26)。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、その増加率は逡減してゆく。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2018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23 GWに拡大した<sup>6</sup>。ヨーロッパは洋上風力発電の最も成熟した市場であり、洋上風力発電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)。米国は、多数の洋上風力発電プロジェクトが進行している。さらに、バイデン政権は2021年3月に、洋上風力発電能力を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<sup>7</sup>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

<sup>6</sup> International Energy Agency (IEA), *Offshore Wind Outlook 2019*, 2019, <https://www.iea.org/reports/offshore-wind-outlook-2019>

<sup>7</sup> 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

と国内産業サプライチェーンの育成に積極的に支援している。世界の風力発電設備容量は2019年の622 GWから2050年には1,981 GWへ3倍強に拡大する。

図3-26 | 風力発電設備容量[レファレンスシナリオ]

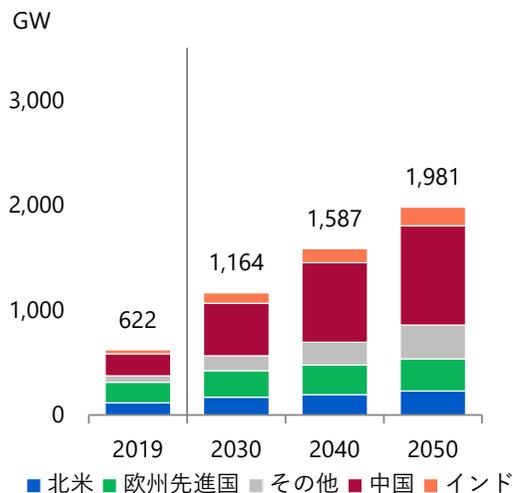
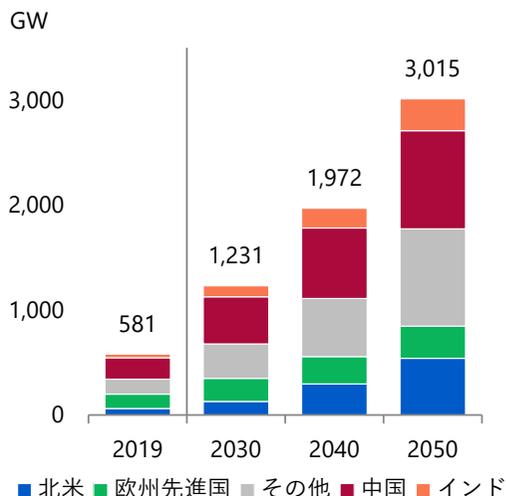


図3-27 | 太陽光発電設備容量[レファレンスシナリオ]



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3-27)。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\$20/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、2019年の581 GWから2050年には3,015 GWへ5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。

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靱化の向上等に貢献し、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超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、消費電力の100%を再生可能エネルギーで賄うことに

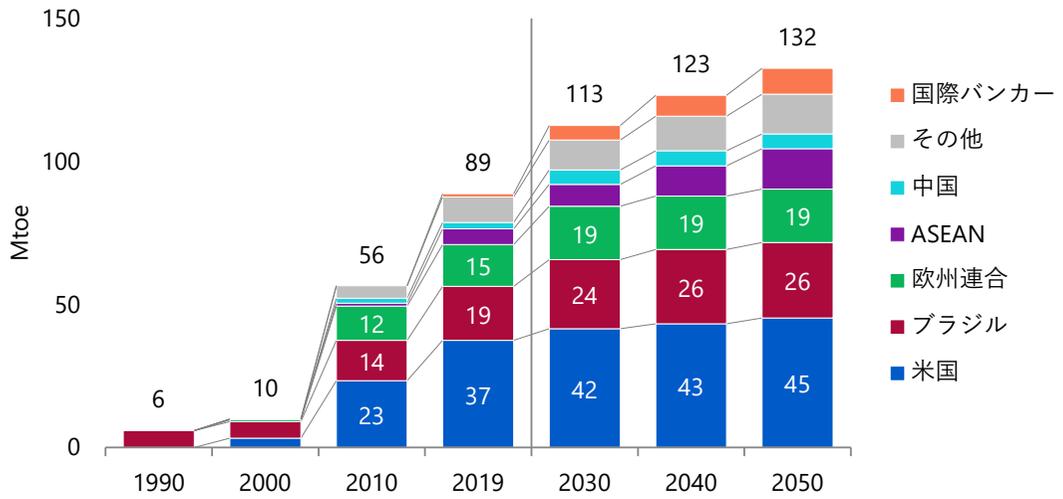
コミットした企業も増えており、再生可能エネルギー導入拡大の一押しとなっている。再生可能エネルギー発電が自立化しつつある中、固定価格買取制度のような再生可能エネルギーの補助政策が徐々に廃止され、Power Purchase Agreement (PPA: 消費者が発電事業者と直接売電契約を結ぶこと)を可能にするような制度・市場の構築の必要性が増えている。また、エネルギー・社会システムとの調和の実現が重要な課題となる。たとえば、自然変動電源の電力システムとの統合に係る技術開発や制度構築、地元コミュニティに還元できるようなプロジェクト開発に対する政策的な誘導、洋上風力発電と地熱発電については周辺自然環境の保護や再生可能エネルギー雇用促進のための職業訓練等が必要となる。

### 3.5 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、2019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78百万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。COVID-19の影響による自動車用燃料消費の落ち込みのため、2020年のバイオ燃料消費量も前年比で減少する。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バイオ燃料の需要増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130 Mtoeに達する(図3-28)。自動車用バイオ燃料利用は、今後も、米国、ブラジル、EUが中心であり続ける。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、欧米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3-28 | 輸送用バイオ燃料消費[レファレンスシナリオ]



## 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(CO<sub>2</sub>)排出削減対策を見込む。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・原子力の普及拡大などが強力に図られる(表4-1)。

表4-1 | 技術の想定例[技術進展シナリオ]

2019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% → 63.0% (60.4%)	37.9% → 54.9% (48.2%)
[石炭ストック効率]	37.4% → 42.5% (44.5%)	34.1% → 38.6% (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]	2019年: 302 GW → 306 (197)	2019年: 110 GW → 470 (279)
再生可能発電	システムコスト低減 システム安定化技術のコスト低減 システムシステムの効率的運用	システムコスト低減 低コスト融資 電力システムの高度化
[風力設備容量]	328 GW → 1,075 (613)	294 GW → 2,814 (1,369)
[太陽光設備容量]	289 GW → 2,058 (1,084)	291 GW → 3,369 (1,931)
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	バイオ燃料のコスト低減 農業政策としての位置付け
[消費量]	59 Mtoe → 111 (70)	36 Mtoe → 88 (61)
産業	2050年にBATが100%普及	

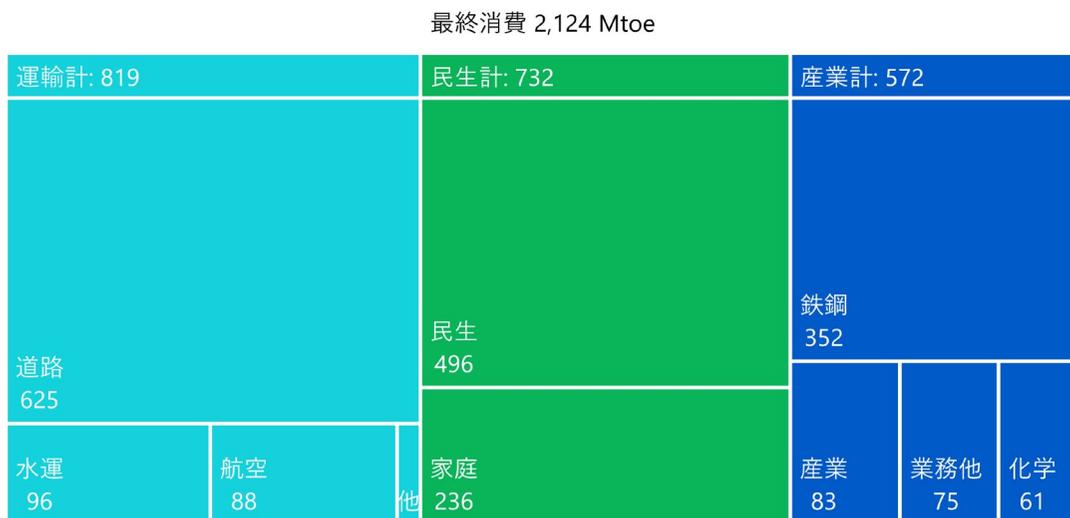
2019年 → 2050年 (レファレンス2050年)

先進国	新興・途上国
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] 15.7 km/L → 50.0 (33.1)	13.6 km/L → 36.5 (24.0)
[乗用ZEV販売比率] 2.4% → 80% (52%)	1.8% → 60% (30%)
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・厨房用途における電化、クリーンクッキング化

### 省エネルギー

技術進展シナリオでは、2050年にレファレンスシナリオと比較して石油換算2,124百万t (Mtoe)の最終エネルギー消費が節減される。これは、2019年の世界の最終エネルギー消費の21%に及ぶ量である。節減量の内訳は、運輸部門が819 Mtoe、民生部門が732 Mtoe、産業部門が572 Mtoeである(図4-1)。

図4-1 | 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]



運輸部門の中では道路部門が625 Mtoe、民生部門の中では家庭部門が496 Mtoeと過半を占める。自動車や家庭の機器等において、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%と大きい。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。

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、2050年の各産業の原単位はレファレンスシナリオより15%~17%程度改善する(表4-2)。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457 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59%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。

表4-2 | 世界のエネルギー指標

	2019	2050 レファレンス	2050 技術進展	
産業	鉄鋼原単位(2019=100)	100	72.2	60.4
	窯業土石原単位(2019=100)	100	82.1	68.7
	化学原単位(2019=100)	100	79.4	66.4
	紙パルプ原単位(2019=100)	100	86.7	73.0
	その他産業原単位(2019=100)	100	69.2	58.4
運輸	乗用車の新車燃費(km/L)	14.4	25.9	39.2
	ZEV新車販売シェア	1.5%	31%	57%
	外航海運の天然ガスシェア	0.1%	22%	43%
	国際航空のバイオ燃料シェア	0.0%	3.8%	19%
民生	家庭総合効率(2019=100)	100	63.6	49.7
	業務総合効率(2019=100)	100	50.6	43.7
	家庭電化率	25%	41%	51%
	業務電化率	54%	69%	76%

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

運輸部門では、燃費改善や車種構成の変化がいっそう進展する。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2050年の新車販売シェアは、レファレンスシナリオから26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レファレンスシナリオから13.3 km/L改善して39.2 km/L(2.6 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2050年に天然ガスのシェアが43%となり、国際航空ではバイオ燃料が19%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比22%、業務の総合効率は14%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糞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

ヨーロッパや日本、米国、中国をはじめとする主要なエネルギー消費国・地域では、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顕著である。他方で、近年、いくつかの国では自然変動電源の時間変動性や空間偏在性等によって、電力システム運用上の課題が顕在化してきている。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<sup>8</sup>の増加に伴う系統慣性低下や立地周辺自然环境・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。

---

<sup>8</sup> 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。

新興・途上国においては、現状として自然変動電源の導入が限定的な国が多い。しかしながら、ローカルの電力系統が比較的脆弱な地域では上記の課題に直面している。ベトナムでは新型コロナウイルス感染症(COVID-19)の影響による電力需要減少と急速な太陽光発電開発が余剰電力や送電網への過負荷を引き起こしており、太陽光発電の出力抑制が実施されている。インドネシアにおいても南スラウェシでは1,000 MW未満の電力負荷に対して、154 MWの風力発電が導入された。南スラウェシ地域では既に電力供給のオーバーキャパシティ課題に直面していることもあり、風力発電への対応が早急の課題となっている。

このような課題に対して、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を前提に、自然変動電源を中心とした再生可能エネルギーの導入拡大を見込んだ。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2019年の14%から2050年にはレファレンスシナリオを13ポイント上回る27%に上昇し、自然変動電源に限ったシェアは2019年の1.5%から2050年には10%まで上昇する。こ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、2050年の世界の設備容量は3,890 GWに達する(図4-2)。これはレファレンスシナリオの2倍弱の規模である。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。米国においても、レファレンスシナリオでは発電税額控除の廃止や大陸中心部に偏在する資源が抑制要因となるが、技術進展シナリオでは優遇政策等の延長や系統増強により拡大傾向が続く。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49%を、2050年時点においても44%を占める。

図4-2 | 風力発電設備容量[技術進展シナリオ]

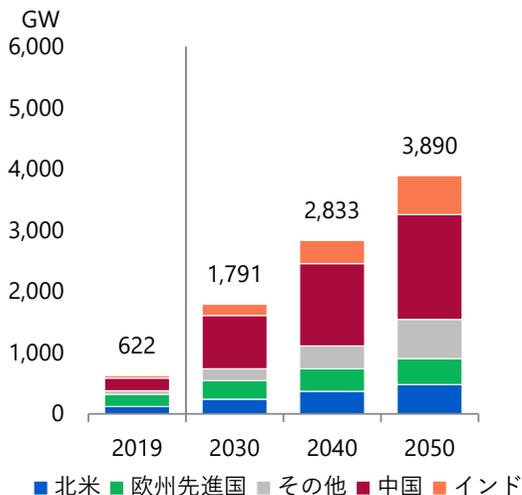
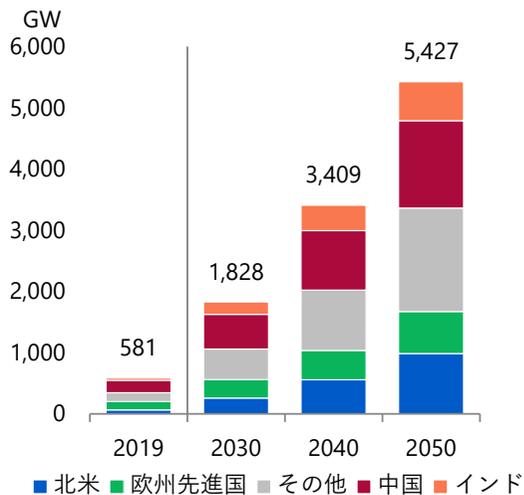


図4-3 | 太陽光発電設備容量[技術進展シナリオ]



太陽光発電も世界的に導入が加速し、2050年における世界の設備容量は5,427 GWに達する(図4-3)。これはレファレンスシナリオの1.8倍である。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牽引され、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3,032 GWであり、これら3か国で世界の56%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602 GWとなる。レファレンスシナリオ比で1.8倍、2019年実績と比べると21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。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。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の概念設計や実証実験が行われており、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利用が議論される。また、水素とCO<sub>2</sub>を合成し、燃料や素材として利用するカーボンリサイクル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。これらのような電力系統と他部門を統合して低炭素化を図るシステム・インテグレーション技術が長期的に普及拡大すれば、再生可能エネルギー電源のさらなる促進につながる可能性がある。

## 原子力

原子力は、エネルギー安定供給、気候変動対策そして大気汚染対策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。進行中の実証プロジェクトが、こうした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、こういった期待は数十年前から世界各国で提唱されているにも関わらず、実現には至っていない。現状の原子力は依然ベースロード電源として運用することが前提とされている。上記のような多目的利用の実現にあたっては、技術面の改良のみならず、エネルギーシステム全体を視野に入れて有効性を検証する必要がある。

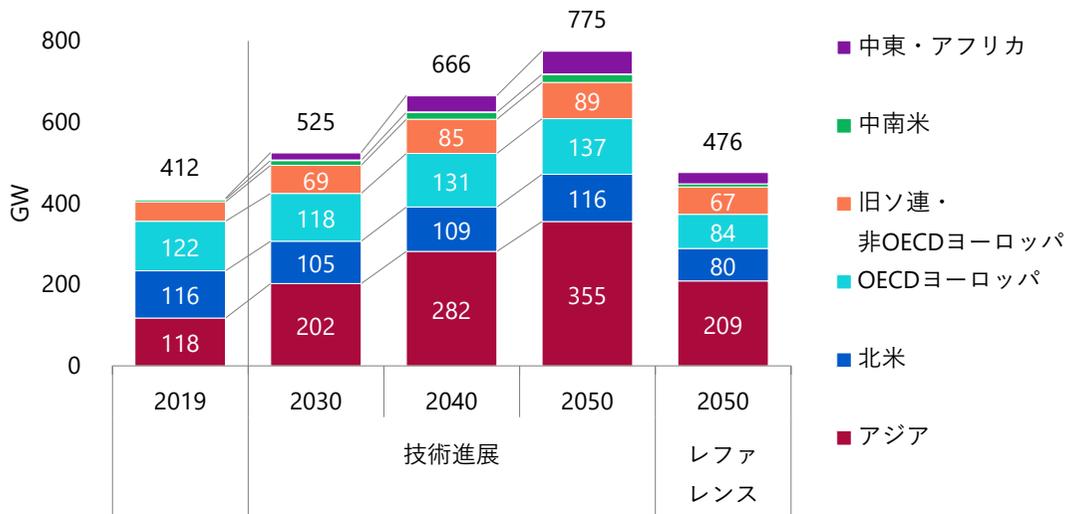
早期から原子力を積極的に推進してきた米国やフランスは、既設炉の大部分が一度に経年化を迎えることもあって、設備容量が現在の水準から低下する。ただし、気候変動対策が一段と強力に発揮される技術進展シナリオではレファレンスシナリオより多くの新設計画が実現し、下げ幅は縮まる。同様に、気候変動対策を推し進める英国や、原子力技術の安全保障的な側面を重視するロシアでも、レファレンスシナリオ以上の新規建設が行われ、2050年までの間に現状の設備容量を上回る導入量となる。福島第一事故を受けて脱原子力政策の方向性を明確にした国においても、低炭素化や自国の産業競争力の維持という観点から、原子炉の閉鎖計画の先送りや、閉鎖計画に沿って廃炉した設備をリプレイ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、島嶼部などの遠隔地を抱える新興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2019年の412 GWから2050年には775 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476 GWの1.6倍に相当する。

北米では一時的に設備容量が減少するものの、2050年には2019年と同等の116 GWとなる。自由化市場における安価な天然ガス・再生可能エネルギーとの競争により、採算性が悪化した既設炉が、所定の運転期間を満了する前に閉鎖を決定する事例が既に生じている。一方で、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、原子力革新技術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。

図4-4 | 原子力発電設備容量[技術進展シナリオ]



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ことによって、設備容量は2019年の122 GWから2050年には137 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16 GWと現在を上回る水準まで増加する。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

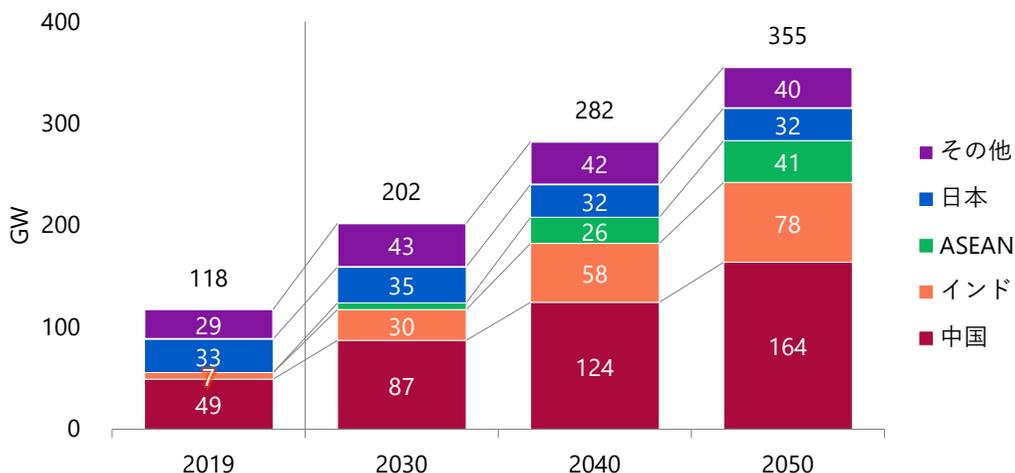
ロシアでは新規建設計画が加速し、設備容量は2019年の30 GWから2035年ごろには45 GWへと拡大する。それ以降は経年化炉の閉鎖などにより、ロシア国内では設備容量が減少してゆく。一方で、新興国の経済成長およびエネルギー需要の増大を背景に、国外への輸出が積極的に進められる。既に多くの新興国との間で、原子力を含む多くの産業分野での基盤整備や人材育成などを含めた包括的な協力関係の構築を進めているため、これが将来の原子力輸出の盤石な布石となる可能性は高い。

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、既に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(227 GW)を上回り、2050年には355 GWに達する。その内訳もレファレンスシナリオ同様、中国とインドが牽引役となる。並行して、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嶼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2019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]

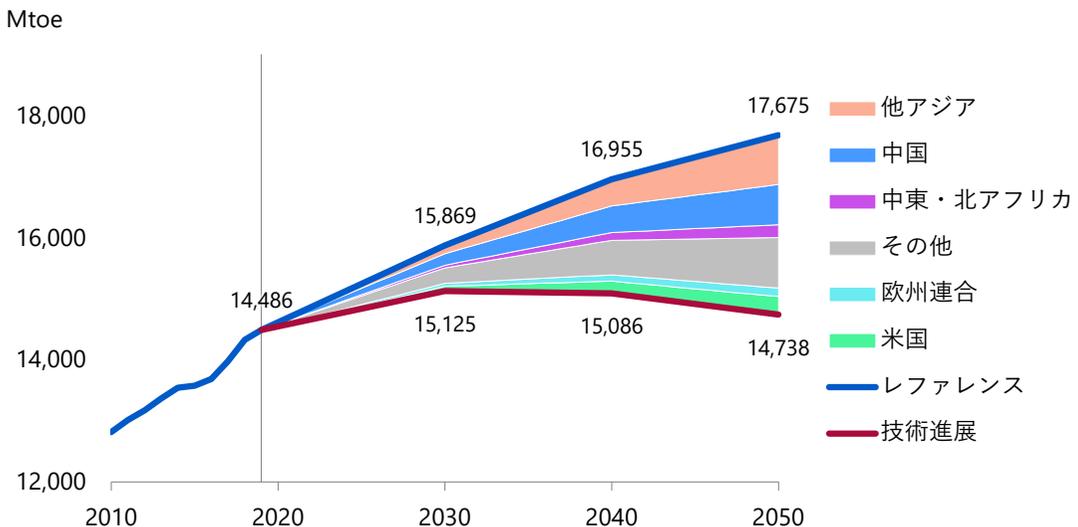


## 4.2 エネルギー需給

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。2050年における一次エネルギー消費削減量は2.9 Gtoeになるが、レファレンスシナリオ比17%にとどまる(図4-6)。2050年までの累積節減量は42.7 Gtoe、特に石炭、石油、天然ガスの化石燃料は61.5 Gtoe節減される。しかし、2050年のCO<sub>2</sub>削減量は15.8 Gtとなり、レファレンスシナリオ比42%減にとどまる(CO<sub>2</sub>について詳しくは4.3 二酸化炭素排出量を参照)。2020年以降、多くの国がカーボンニュートラルの方針を表明しているが、2050年に世界がカーボンニュートラルを実現することは非常に難しい。

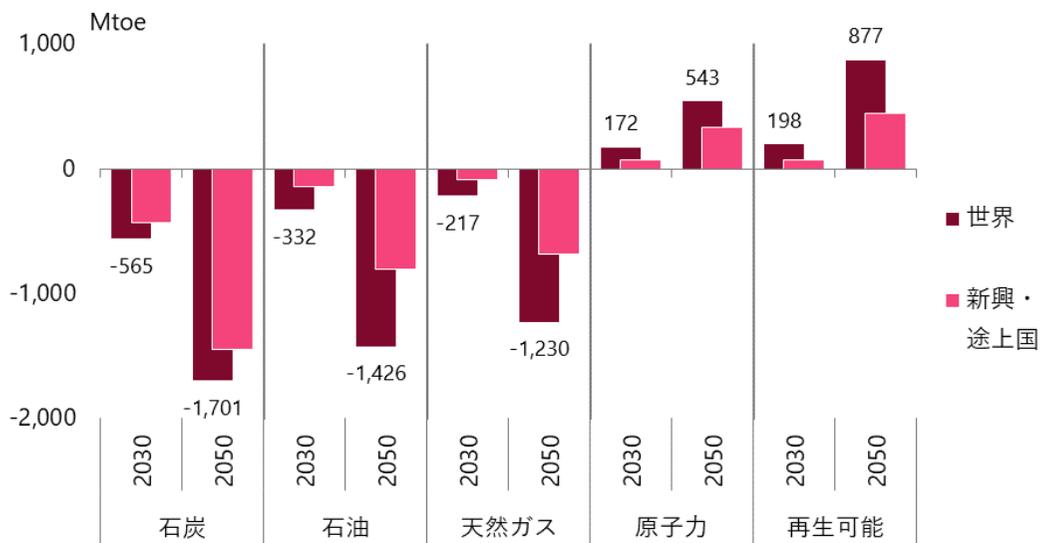
図4-6 | 世界の一次エネルギー消費と地域別省エネルギー(レファレンスシナリオ比) [技術進展シナリオ]



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。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73%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、世界の気候変動対策のカギとなる。

エネルギー源別では、2050年に化石燃料消費量を4.4 Gtoe節減できるが、レファレンスシナリオ比32%にとどまる(図4-7)。石炭はレファレンスシナリオ比39%節減されるが、石油、天然ガスはそれぞれ27%、25%の節減にとどまる。非化石エネルギーは1.4 Gtoe増加し、原子力と再生可能エネルギーはそれぞれレファレンスシナリオ比63%、28%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ができない。

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]

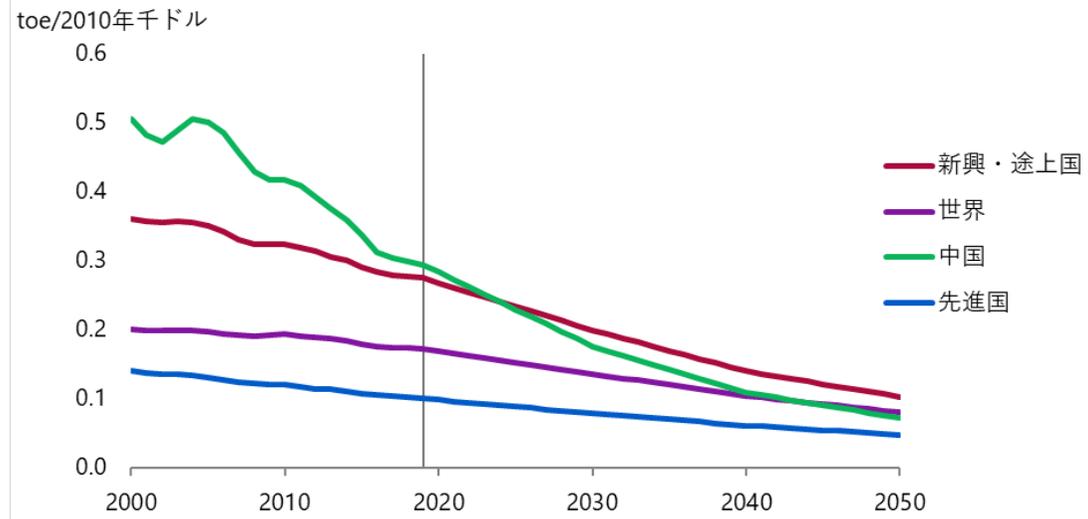


その技術進展シナリオでも実現は容易ではない。2050年における石炭節減量では、新興・途上国が85%、インド、MENA、ASEANが合わせて36%の寄与率となる。また、原子力、再生可能エネルギーの増加量に対しても、新興・途上国の寄与率はそれぞれ62%、51%、インド、MENA、ASEANの寄与率はそれぞれ27%、37%を占める。つまり、技術進展シナリオは30年間という短期間でこれらの実現を経済発展中の新興・途上国に要求している。技術進展シナリオの実現プロセスにおいては、従来の先進国の歩みとは異なる加速度的なエネルギー政策の実行が新興・途上国には求められている。

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2019年比52%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。加速する中国の原単位は、産業構造の変化などから2019年比76%減となり、2040年代前半には世界平均に追いつく。もし、技術進展シナリオにおける2050

年の非化石エネルギー消費量(5.4 Gtoe)で、世界全体のエネルギー消費を賄いカーボンニュートラルを達成しようとした場合には、世界全体のGDP原単位を2019年比で83%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。

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]



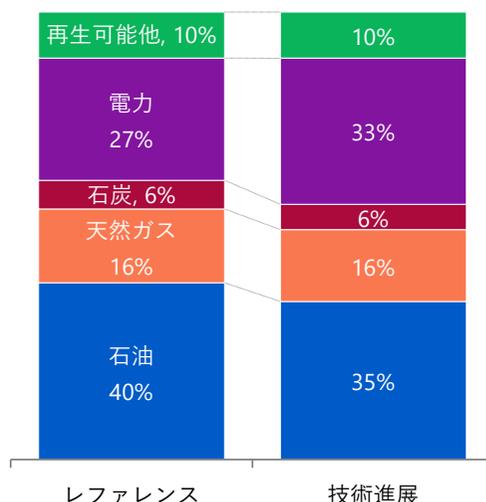
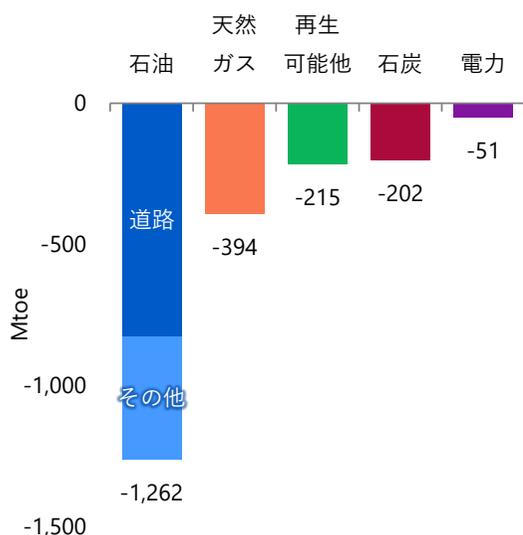
技術進展シナリオを実現し、さらにCO<sub>2</sub>排出量の削減を推し進めるためには、先進国も新興・途上国もハイペースで省エネルギーを進め、またエネルギー源の脱炭素化も進めなければならない。このため、先進国における省エネルギー技術の開発と新興・途上国への技術移転、国際的な資金調達力や意識不足などの省エネルギーバリア解消などは必須条件となる。また、一国内においても、日々の生活に追われている低所得者層が省エネルギー機器を導入するためのインセンティブの設定や、都市部と農村部に対して異なる省エネルギーや脱炭素化のアプローチも必要となる。さらに、長期的な視点から、国・地域の省エネルギー意識を高める教育を強化してゆくことも重要である。

これらのCO<sub>2</sub>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]**



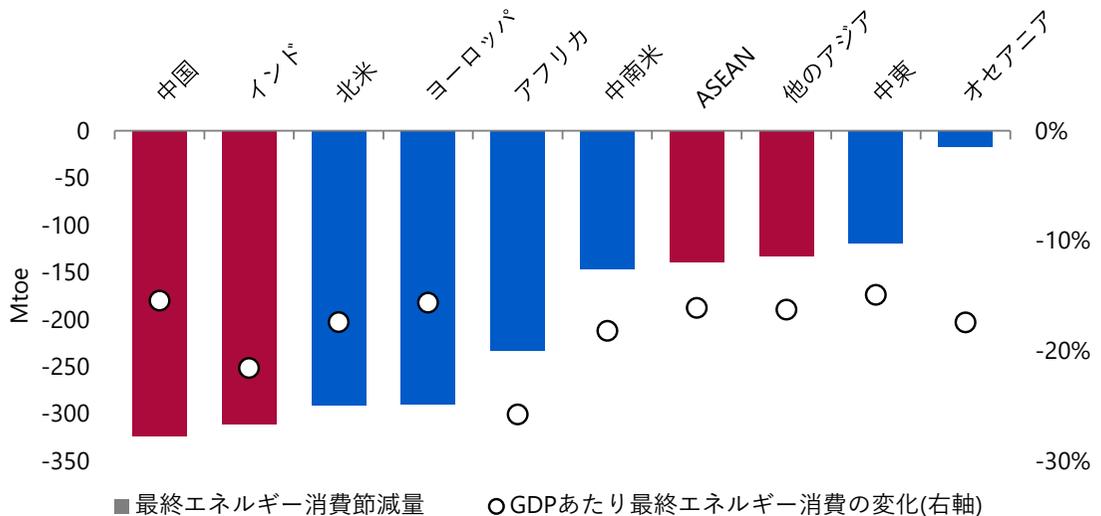
石油の節減量がエネルギー全体の節減量に占める規模を鑑みると、燃費改善と車種構成の変化を着実に実現することは、最終エネルギー消費を技術進展シナリオのパスに近づけるための重要な要素の1つと言える。

なお、技術進展シナリオでは、石油のみならず、すべての主要なエネルギー源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。それでも、2050年における両シナリオのエネルギー源別構成比の差は限定的で、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、北米、ヨーロッパ、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、特に中国やインド、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あ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906 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。なかでも中国とインドの存在感は大きく、中国の節減量は323 Mtoe、インドは311 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。

北米の最終エネルギー消費節減量は291 Mtoeと、世界全体の節減量の14%を占める。このうち、半量以上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

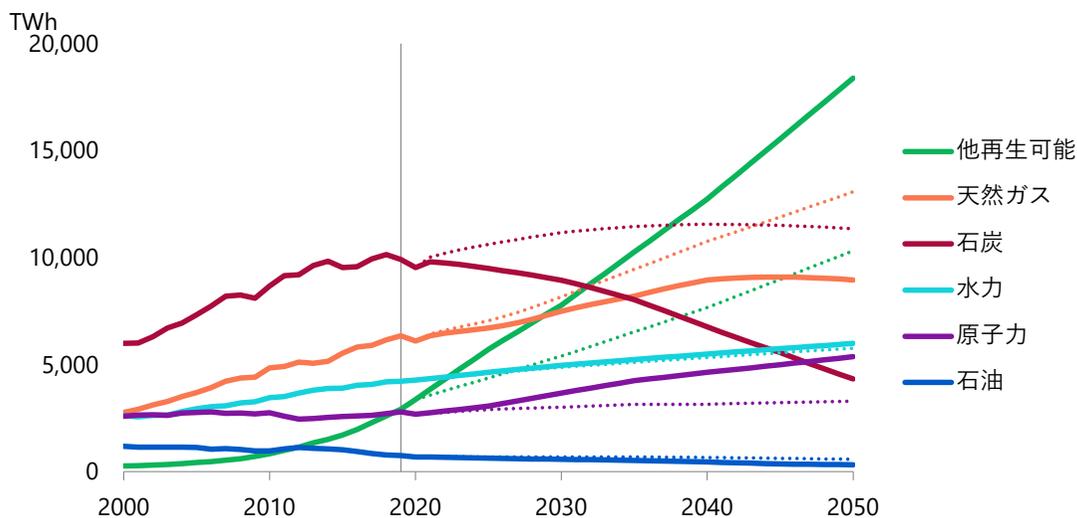
石油消費が大幅に節減される。特に米国の最終エネルギー消費節減量(253 Mtoe)は、中国やインドにこそ及ばないものの、一国の節減量としてその他の国を凌駕する。そのため、道路部門をはじめ米国の各消費部門の省エネルギー実現にも引き続き注力が必要である。

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233 Mtoeのうち、約7割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あたり最終エネルギー消費が他の国・地域を上回る26%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1,011 TWh減少する。電化の進展により最終需要における電力の割合は5ポイント上昇するが、それ以上に省エネルギーによる需要減が発電量の減少に寄与している。先進国を中心に、脱石炭政策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35%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。

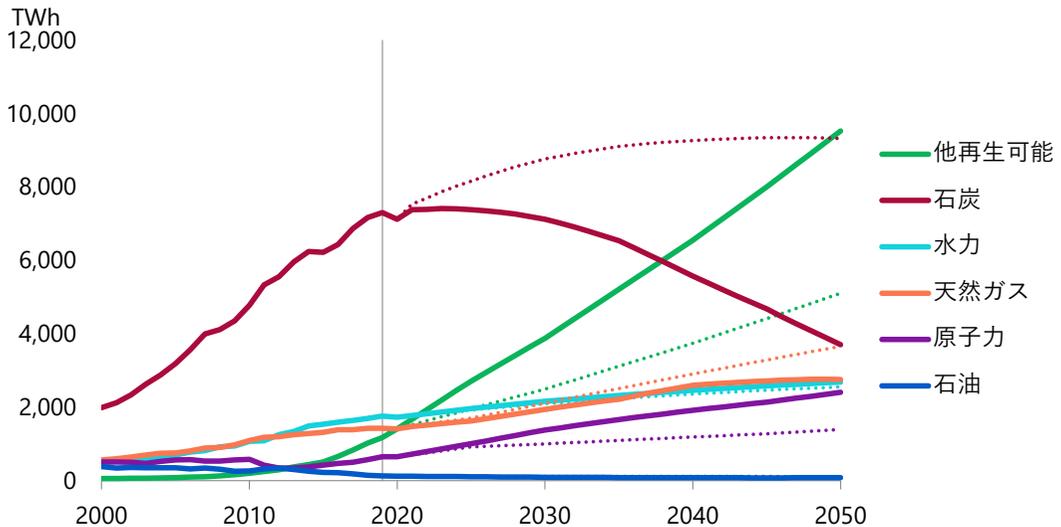
図4-12 | 世界の発電量[技術進展シナリオ]



注: 点線はレファレンスシナリオ

アジアにおいて石炭火力による発電量は足元で増加しているが、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20%程度であり主要な電源の1つであり続ける。アジア地域においては高効率化、将来的にはCCS導入によるCO<sub>2</sub>排出の抑制、大気汚染への対策が極めて重要な事項となる。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4-13 | 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。石油需要は2025年ごろにコロナ禍前水準に迫るが、結局その水準を上回ることはなく、その後は減少推移する。2050年の石油需要は78 Mb/dと、レファレンスシナリオと比べて約30 Mb/d少ない。これは2019年のヨーロッパと中国での石油需要を足し合わせたものに相当する量である。各地域の石油供給量は、レファレンスシナリオと比較して押しなべて減少する(表4-3)。

表4-3 | 原油生産[技術進展シナリオ]

	2019	2030	2040	2050	(Mb/d)	
					変化量	変化率
原油生産計	95.0	91.6	85.9	78.4	-16.6	-0.6%
OPEC	34.9	35.2	35.7	33.8	-1.1	-0.1%
中東	27.0	27.5	28.1	26.7	-0.2	0.0%
その他	7.9	7.8	7.6	7.1	-0.9	-0.4%
非OPEC	60.0	56.4	50.2	44.6	-15.5	-1.0%
北米	22.4	21.6	18.2	15.4	-7.1	-1.2%
中南米	7.2	7.9	8.6	8.3	1.1	0.5%
欧州・ユーラシア	18.2	15.8	13.2	11.8	-6.4	-1.4%
中東	3.2	3.1	3.0	2.9	-0.3	-0.3%
アフリカ	1.4	1.3	1.2	1.1	-0.3	-0.7%
アジア・オセアニア	7.6	6.7	5.9	5.2	-2.5	-1.3%
プロセスゲイン	2.4	2.4	2.4	2.4	0.0	0.0%
石油供給計	97.3	94.0	88.3	80.8	-16.6	-0.6%

注: 原油には天然ガス液(NGL)を含む

産油国は、石油需要が縮小する中で、原油の販路を求めて熾烈な競争に直面することになる。コスト競争力の高い石油輸出国機構(OPEC)の中東加盟国はこの競争において優位な立場にあり、原油価格の急落を避けるために生産量を調整しながらも、2050年にも2019年とほぼ同等の原油生産量を実現する。多くの非OPEC加盟国は、レファレンスシナリオよりも低位で推移する原油価格と石油需要減少という環境下では、産油量を維持することが難しい。したがって、世界の原油生産におけるOPECのシェアはレファレンスシナリオと比較して上昇することになる。コスト競争力が假定的に低く2019年から2050年までの需要の減少量が9.1 Mb/dと世界で最も大きい北米や、次いで減少量が多いヨーロッパ(7.0 Mb/d)への供給が多いロシア(欧州・ユーラシア)では、レファレンスシナリオに比べて供給量の減少が著しい。他方、中南米では、ガイアナやスリナムに代表されるように、近年新たな埋蔵量の確認が相次ぎ、外資の誘致にも積極的な国々で石油開発が進むことから、2050年の原油供給量は今日からわずかに増加する。北米等とは異なり、中南米では技術進展シナリオにおいても石油需要の減少が限定的である点も、同地域での生産増を下支えする要因となる。

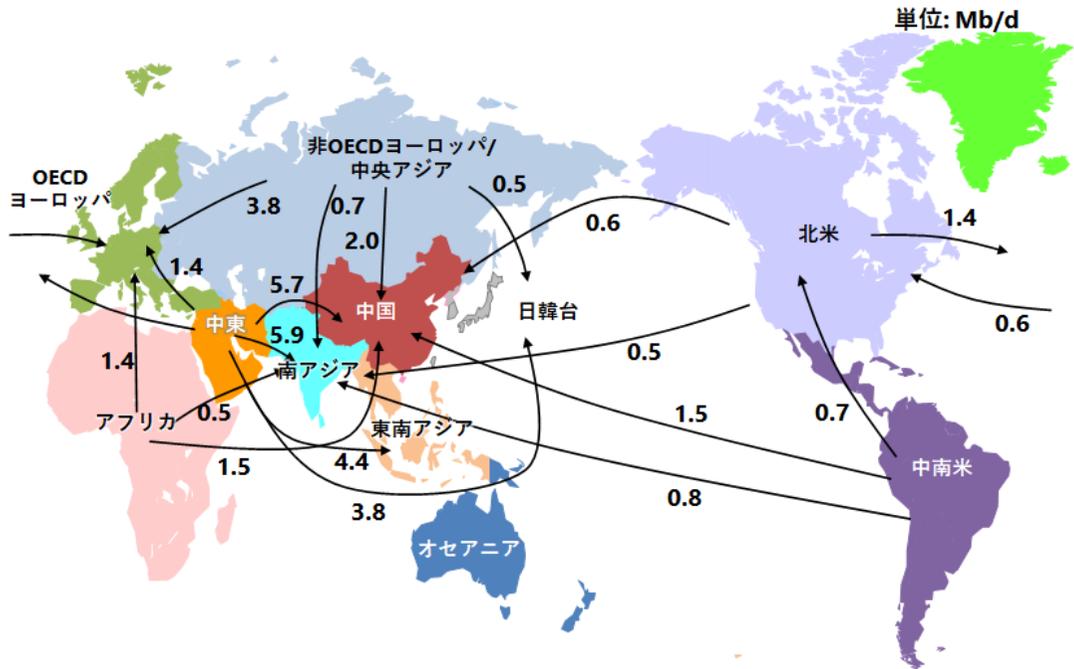
既に生産量が減少傾向にあるアジアでも、他の多くの地域と同様、供給量はレファレンスシナリオを上回る減少率で減少してゆく。ただし、同地域は多くが純輸入国であり、国営石油会社が石油生産を担っているケースが多い。そのため、供給セキュリティ確保の観点から、相対的に高い生産コストであっても生産減少を抑制するインセンティブが働く。その結果、アジアの自給率はレファレンスシナリオよりも上昇する。

石油需要のピークアウトに伴い、2020年に約42 Mb/dであった世界の原油貿易量は、2030年に約39 Mb/d、2050年には約34 Mb/dへと減少してゆく。現在の主な原油輸入地域である北米やヨーロッパでは、2050年までに16 Mb/dを超える需要が喪失することから原油輸入量は減少の一途をたどり、原油輸入地域としてのアジアの存在感がますます高まってゆく。2050年には総貿易量の約80%がアジア向けのフローとなり、底堅い原油生産量を維持する中東地域が、アジア向け輸出の70%強を占めることになる。

石油需要の減少が著しい技術進展シナリオでは、各国・地域における石油精製業の帰趨が今後の原油貿易フローに大きく影響し得る。近年、石油メジャーが低炭素戦略の中で精製業の再構成を進める一方で、中国や中東等では、石油精製・石油化学プラントの新設が続いている。アジアでは、既に中国による石油製品輸出の増加が、韓国やシンガポールといった近隣の輸出志向型製油所の稼働に影響を与えている。今後、精製設備の余剰感が生じることは明らかであり、地域間の精製競争力の違いにより、競争力の劣る製油所は閉鎖を余儀なくされる。反対に、高い競争力を持つ国や地域においては、その地域の石油需要が減少するとしても、原油調達量は減少せず、精製した石油製品の輸出を増加させることで、事業の継続を図るであろう。

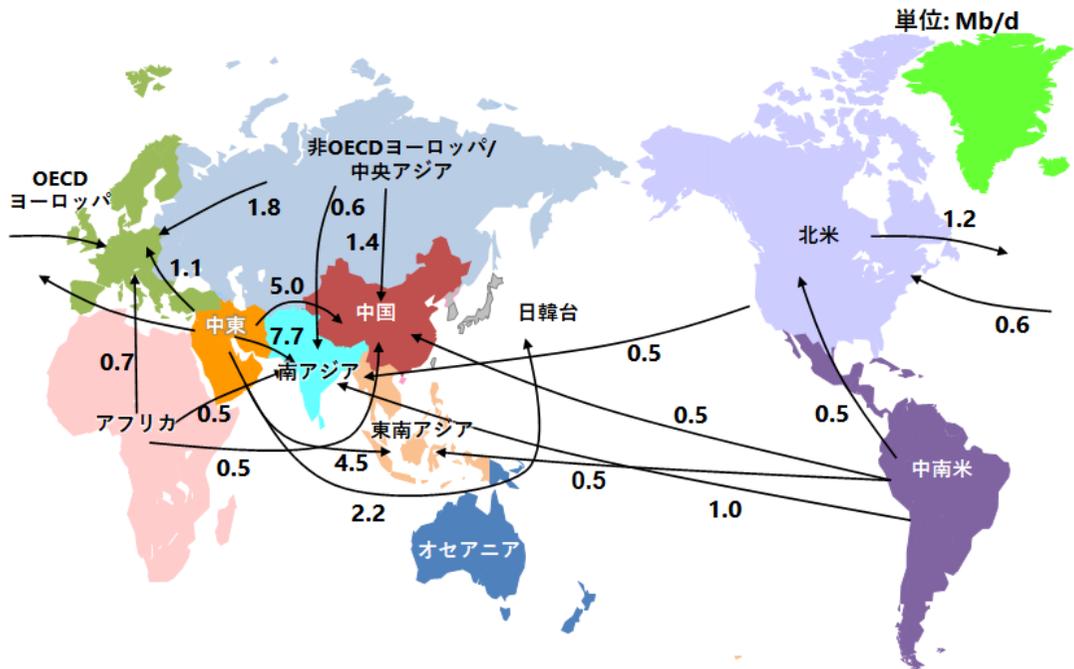
技術進展シナリオにおいては、これまで以上に多くの石油精製業が、事業の転換点を迎えることは間違いない。石油需要が失われてゆく中で、事業者はさまざまな選択肢——石油化学へのシフトを強めながら原油精製を維持し続ける、バイオ燃料生産や石油製品輸入基地化等の比較的親和性の高い事業への転換を図る、異なるエネルギー事業に参入する、完全撤退する等——の中から、市場環境や事業戦略に応じた意思決定をしなければならない。製油所は用地が広く大量のタンク設置に親和性が高いこと、港湾設備が充実していることから、アンモニアや水素といった脱炭素燃料の物流上の拠点とすることも、選択肢の1つとなるであろう。

図4-14 | 主要地域間の原油貿易[技術進展シナリオ、2030年]



注: 0.5 Mb/d以上のフローを記載

図4-15 | 主要地域間の原油貿易[技術進展シナリオ、2050年]



注: 0.5 Mb/d以上のフローを記載

## 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14%、2050年には25%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3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、2040年ごろにピークを迎え減少に転じる。一方、中東やロシアを含む非OECDヨーロッパは、レファレンスシナリオに比べて増加ペースは落ちるものの、相対的には堅調に生産を増加させる。特に中東では、イラン、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。

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。

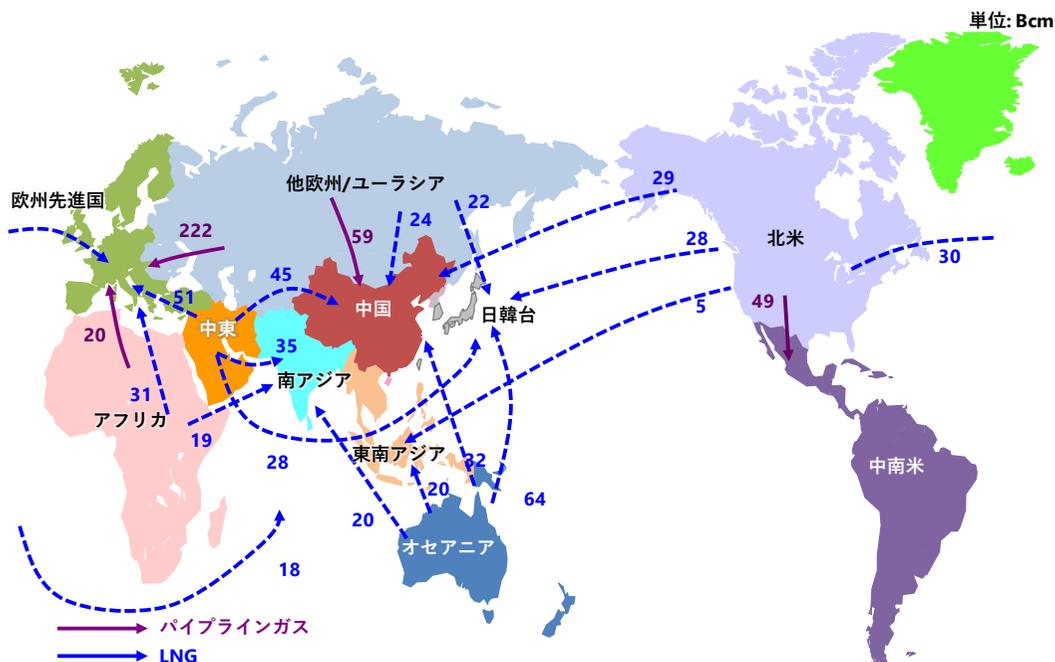
表4-4 | 天然ガス生産[技術進展シナリオ]

	2019	2030	2040	2050	2019-2050	
					変化量	変化率
世界	4,089	4,461	4,626	4,435	346	0.3%
北米	1,131	1,210	1,160	970	-161	-0.5%
中南米	201	224	235	217	16	0.2%
OECDヨーロッパ	219	91	45	27	-192	-6.5%
非OECDヨーロッパ/中央アジア	990	988	975	978	-12	0.0%
ロシア	750	740	760	770	20	0.1%
中東	662	808	843	815	154	0.7%
アフリカ	250	341	417	465	215	2.0%
アジア	489	605	718	729	240	1.3%
中国	178	242	362	375	197	2.4%
インド	32	58	72	73	41	2.7%
ASEAN	211	216	207	211	0	0.0%
オセアニア	147	195	233	234	87	1.5%

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概ね2割～6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年の輸出量がレファレンスシナリオ比で概ね7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倍増近くとなる。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。

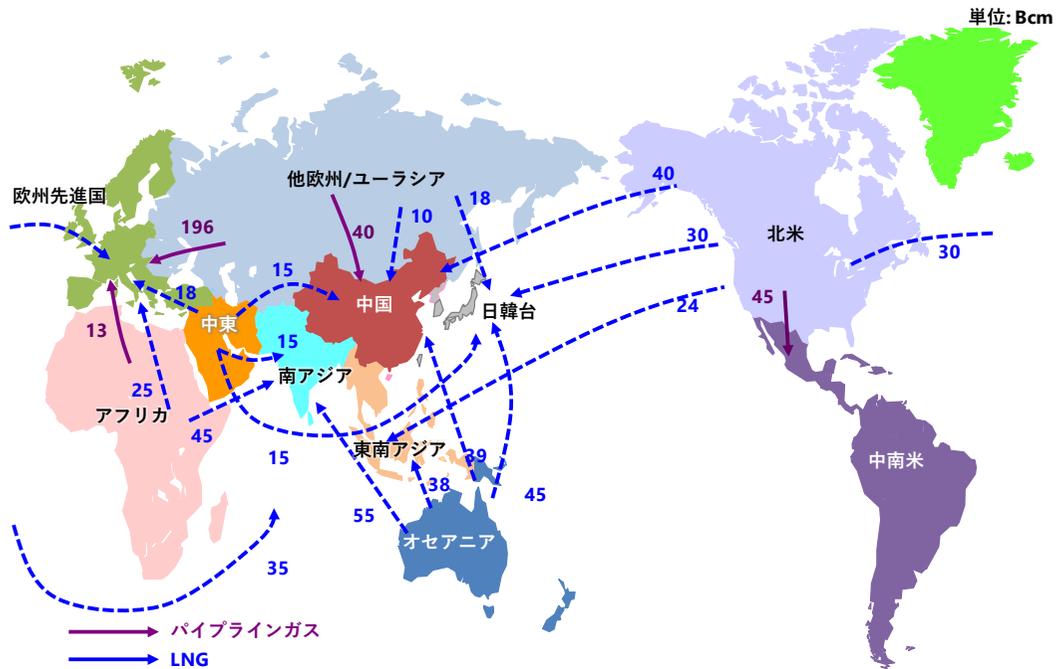
LNG輸送船舶、あるいは圧縮天然ガス(CNG)も含めた海上輸送技術の進展、パイプライン貿易においてはコンプレッサー効率の向上、漏洩検知監視等の技術進展およびこれを促進する政策支援が、持続的な天然ガス貿易の発展に寄与することとなる。

図4-16 | 主要地域間の天然ガス貿易[技術進展シナリオ、2030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。

図4-17 | 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

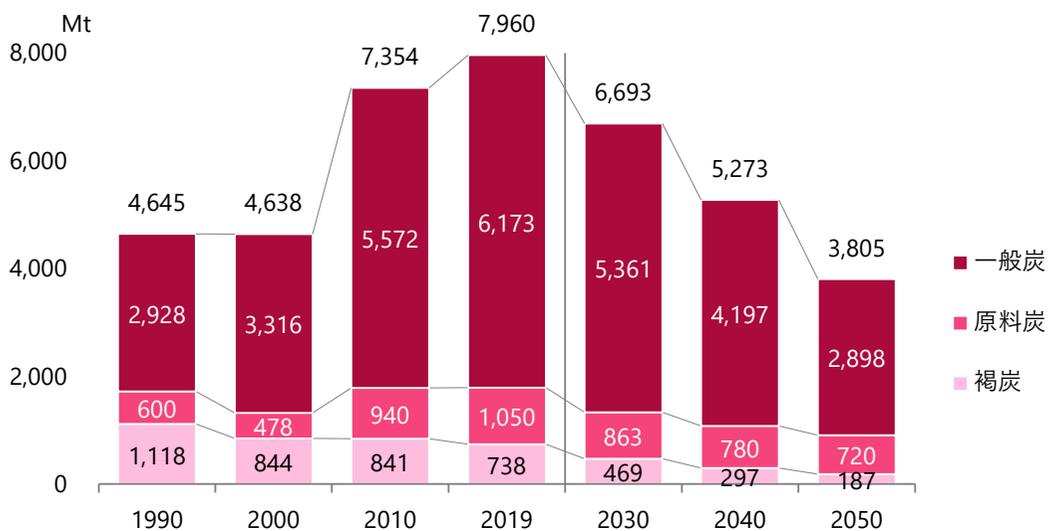
カーボンニュートラルの実現に向け、石炭の利用効率を高めたり、代替燃料に置き換えるための技術が強化され、発電、製鉄、その他産業部門や熱利用等、さまざまな分野で石炭利用を最小化する取り組みが進展する。再生可能エネルギーや原子力発電の拡大により、電源構成における石炭火力の割合が多く多くの国で低下する。ただし予備力の確保や慣性力の維持等、電力システムの安定確保の観点や、再生可能エネルギーの導入が困難な国・地域では経済性の観点からも、一定程度の石炭火力が維持される。

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およびCO<sub>2</sub>排出原単位が低下するが、石炭の採掘や利用拡大に対する国際社会の強い反発から、先進技術による石炭需要の喚起は2050年においてもわずかにとどまる。

新興・途上国でも、老朽化した低効率設備を置き換えたり、新たに大規模発電所を建設する際に、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、石炭のニーズは抑えられる。

こうした動きに伴い石炭生産量は、2019年の7,960 Mtから2050年の3,805 Mtまで減少する(図4-18)。炭種別にみると、一般炭生産量は2019年の6,173 Mtから2050年には2,898 Mtに、原料炭生産量は2019年の1,050 Mtから2050年には720 Mtに、褐炭生産量は2019年の738 Mtから2050年には187 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3,677 Mt減少し、特に一般炭は3,163 Mt、褐炭は381 Mtと大幅に減少し、原料炭は132 Mtの減少となる。

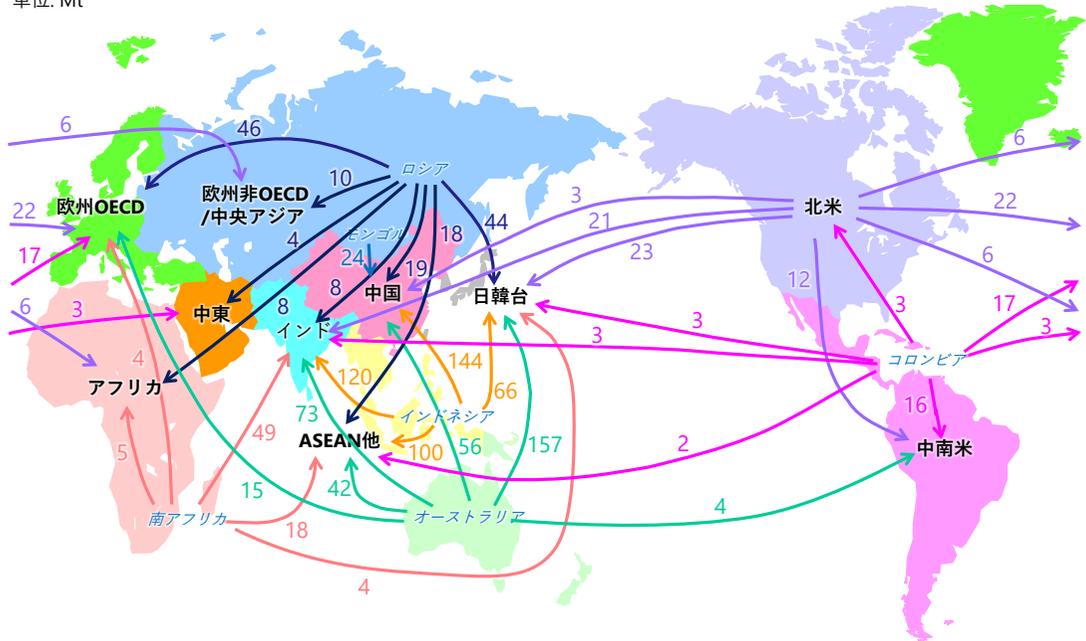
図4-18 | 世界の石炭生産[技術進展シナリオ]



石炭生産は世界のいずれの地域においても減少が顕著となり、アジア地域での生産も2050年までに5割近く減少する。しかし、他の地域での大幅な減少により、アジア地域が世界の石炭生産に占める割合は2050年で7割を超え、地域的偏在が強まる。

図4-19 | 主要国・地域間の石炭貿易[技術進展シナリオ、2030年]

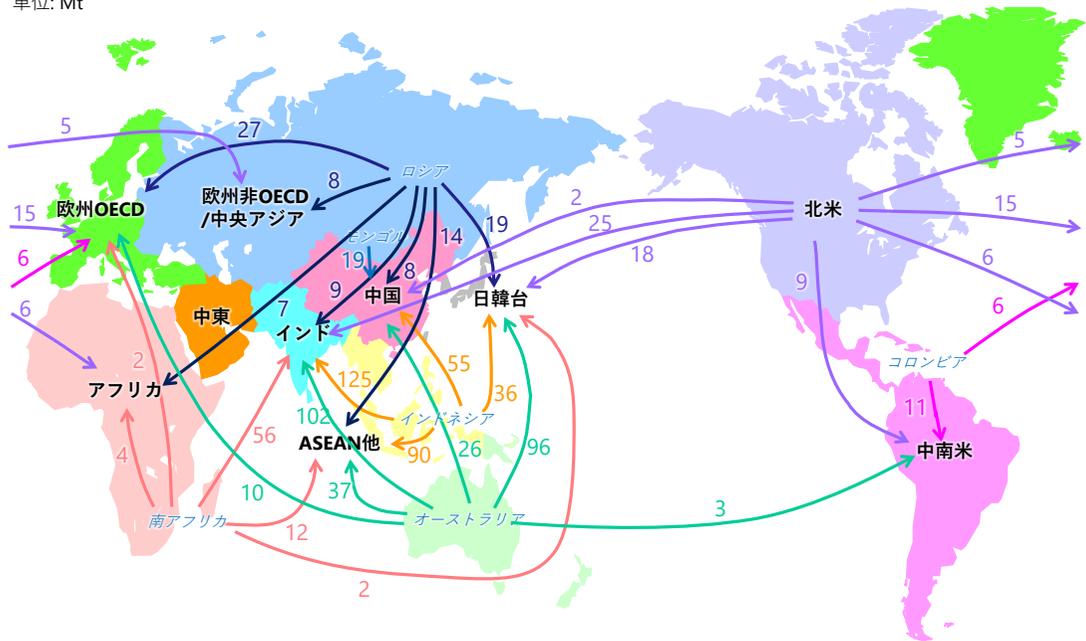
単位: Mt



注: 一般炭と原料炭の合計値。2 Mt以上を記載。南アフリカはモザンビークを含む。

図4-20 | 主要国・地域間の石炭貿易[技術進展シナリオ、2050年]

単位: Mt



注: 一般炭と原料炭の合計値。2 Mt以上を記載。南アフリカはモザンビークを含む。

表4-5 | 一般炭生産[技術進展シナリオ]

	2019	2030	2040	2050	(Mt)	
					変化量	変化率
世界	6,173	5,361	4,197	2,898	-3,275	-2.4%
北米	544	293	166	64	-481	-6.7%
米国	528	289	163	62	-466	-6.7%
中南米	90	58	42	28	-62	-3.7%
コロンビア	79	50	36	24	-55	-3.8%
OECDヨーロッパ	56	31	19	10	-46	-5.5%
非OECDヨーロッパ・中央アジア	378	277	231	180	-198	-2.4%
ロシア	261	187	142	102	-158	-3.0%
中東	0	0	0	0	0	0.0%
アフリカ	266	247	219	180	-86	-1.3%
南アフリカ	255	235	208	172	-83	-1.3%
アジア	4,565	4,225	3,341	2,322	-2,243	-2.2%
中国	3,186	2,781	2,012	1,235	-1,951	-3.0%
インド	684	762	686	547	-137	-0.7%
インドネシア	595	573	537	440	-155	-1.0%
オセアニア	273	229	177	114	-159	-2.8%
オーストラリア	271	229	177	113	-158	-2.8%

表4-6 | 原料炭生産[技術進展シナリオ]

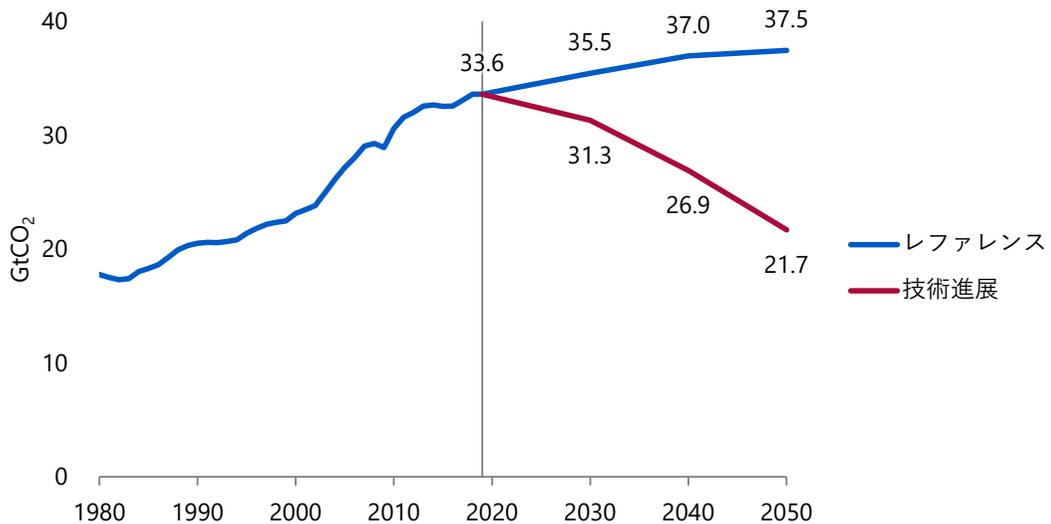
	2019	2030	2040	2050	(Mt)	
					変化量	変化率
世界	1,050	863	780	720	-330	-1.2%
北米	95	83	79	76	-19	-0.7%
米国	65	55	52	50	-15	-0.9%
中南米	9	9	9	9	1	0.2%
コロンビア	5	6	6	6	1	0.4%
OECDヨーロッパ	15	13	13	13	-2	-0.5%
非OECDヨーロッパ・中央アジア	107	98	92	86	-21	-0.7%
ロシア	97	88	82	77	-20	-0.8%
中東	1	2	2	1	0	0.3%
アフリカ	9	13	18	23	14	2.9%
モザンビーク	3	3	4	4	1	0.6%
アジア	623	478	391	328	-295	-2.0%
中国	539	384	279	195	-343	-3.2%
インド	49	67	85	105	55	2.5%
モンゴル	6	6	8	10	4	1.8%
オセアニア	190	168	175	183	-7	-0.1%
オーストラリア	189	167	174	182	-7	-0.1%

### 4.3 二酸化炭素排出量

2030年目標、ネットゼロ排出・カーボンニュートラル目標の達成の道のりは厳しい

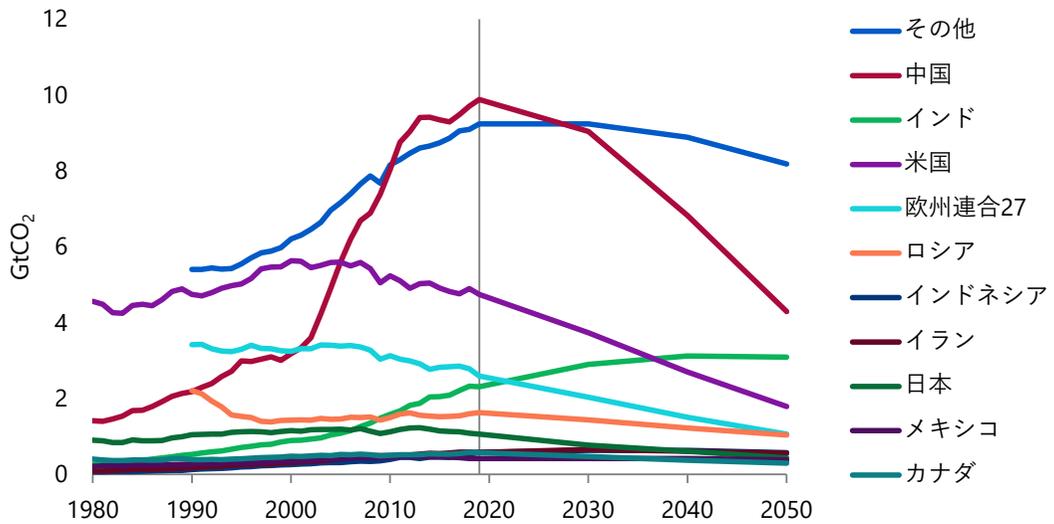
世界のエネルギー起源CO<sub>2</sub>排出は、2019年の33.6 Gtから、2050年にかけて21.7 Gtまで減少する(図4-21)。

図4-21 | 世界のエネルギー起源CO<sub>2</sub>排出



2015年時点でGHG排出量が多い10か国とその他のエネルギー起源CO<sub>2</sub>排出は、いずれもレファレンスシナリオに比べると減少する(図4-22)。2050年におけるレファレンスシナリオからのCO<sub>2</sub>排出削減量は、中国3.8 Gt、インド2.5 Gt、米国1.8 Gt、欧州連合(EU) 0.9 Gtである。また、インドネシアを含むASEANで1.3 Gt、イランを含む中東で1.0 Gt、アフリカで0.9 Gtである。こういった新興・途上国における排出削減ポテンシャルを実現できるよう、2021年から議論が始まる2025年より後の気候資金のあり方を検討してゆく必要がある。

2030年におけるCO<sub>2</sub>排出削減率は、米国が2005年比33.2%、欧州連合が1990年比40.1%、日本が2013年比37.2%、カナダが2005年比9.8%と、いずれも「国が決定する貢献」(NDC)のGHG排出削減率に届かない。技術進展シナリオを越える、さらなる政策・対策が求められる。

図4-22 | エネルギー起源CO<sub>2</sub>排出[技術進展シナリオ]

また、中国、米国、EUおよび日本はネットゼロ排出・カーボンニュートラル目標を発表している。それらの国・地域によるシナリオ分析ではその多くで、2050年に8割程度の排出削減を見込んでいるが、いずれの国もそれに届かない。現在、商業化されていない排出削減技術の開発・導入が必要となる。

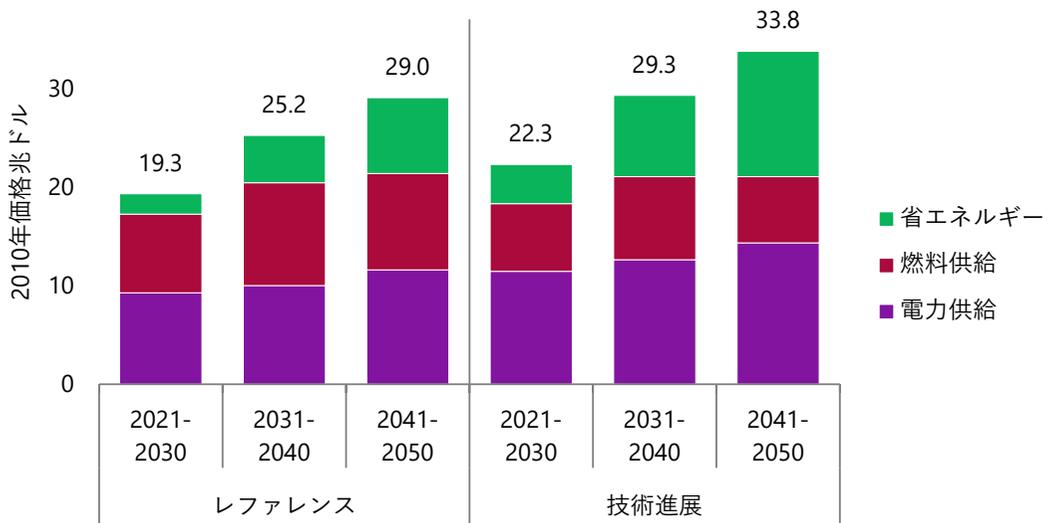
## 5. エネルギー関連投資

### 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。2000年代から2010年代にかけてのヨーロッパなどでの固定価格買取制度(FIT)の導入や、米国での税優遇措置やネットメタリング制度の導入などによって、太陽光発電や風力発電に対する投資が活発に行われるようになった。

レファレンスシナリオでの投資額は、2020年代の累積19兆ドル(2010年実質価格、以下同じ)から2040年代には29兆ドルへと約5割増加する(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へのさらなる投資が求められ、2040年代には34兆ドルが必要となる。

図5-1 | 世界のエネルギー関連投資



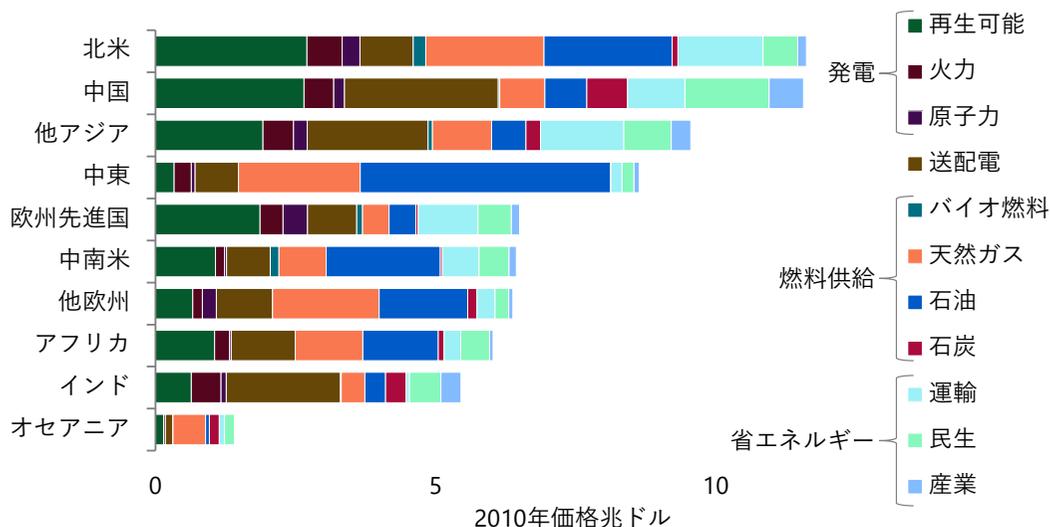
多くの先進国などは2050年までに温室効果ガスの排出量を全体として0にする目標を掲げている。しかし、レファレンスシナリオでは天然ガスや石油の需要は今後も高まり、燃料供給に対する投資は増大する。技術進展シナリオにおいても、2050年における全エネルギー関連投資のうち約5分の1が燃料供給向けである。

再生可能エネルギー発電に対する投資は、各国の支援策などを背景に多く行われてきた。米国における税優遇措置での税額控除率の引き下げや、中国における新規の太陽光発電・

風力発電事業に対する補助金の廃止などは、短期的には下押し圧力となりうる。しかし、中長期的には発電コストの低下がそれを上回る導入量の増加を喚起し、これらの電源に対する投資が増大する。

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、北米においては、石油と天然ガスに対する投資が全体の約半分を占める一方で、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。これは、米国でシェールオイル・ガス資源の開発と再生可能エネルギーの導入が並行して行われるためである。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。インドにおいては、電化浸透の影響がさらに著しく、送配電網への投資が4割に迫る。

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]



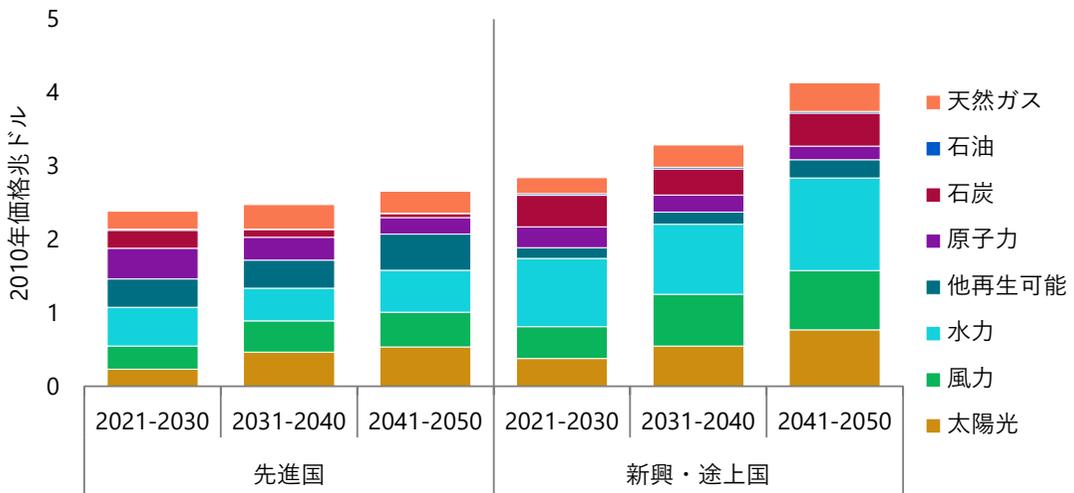
化石燃料の供給地域であるオセアニアや中東においては、燃料供給に対する投資が占める割合が大きく、再生可能エネルギーに対する投資は小さい。特に中東では、石油と天然ガスに対する投資は合わせて全体の約4分の3を占める。アジアやヨーロッパ、北米などでは、低燃費車・ゼロエミッション車の導入や水素やEVステーションといったインフラストラクチャーの整備など、運輸部門における省エネルギーの投資も多く行われる。

## 5.2 電力投資

### 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資本費がかさむ再生可能エネルギーである(図5-3)。先進国では、再生可能エネルギー発電設備の低廉化が進むものの、その導入量が増大するため、発電分野への投資額は増加基調で推移する。石炭発電は脱石炭の動きを受けて減少するが、天然ガス発電は電力の安定供給などの観点から一定の需要があるため今後も一定の投資が行われる。新興・途上国においては、2030年以降は太陽光発電や水力発電を中心に、投資額が先進国を上回るペースで増大する。石炭発電については今後も現状と同水準の投資が維持され、天然ガス発電については今後増大する。

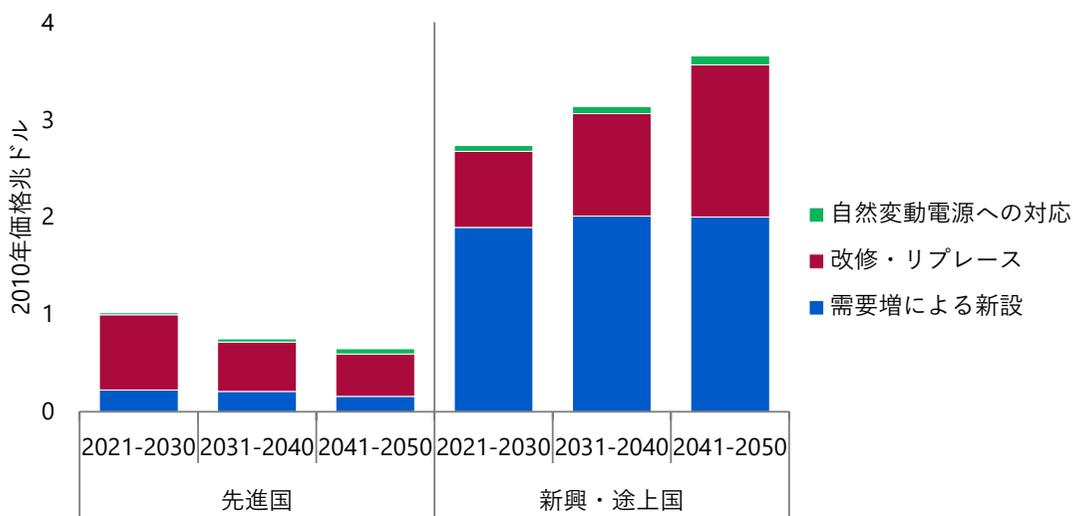
図5-3 | 発電分野の投資[レファレンスシナリオ]



### 新興・途上国では需要増大に伴う送配電設備への投資が増大

電力分野においては、発電設備だけでなく、送配電設備に対しても大規模な投資が必要となる。電力分野全体における投資額のうち、送配電設備への投資が約半分程度を占める。これは、主に電力需要の増大に伴う新設や、老朽化する送配電設備への改修に伴うものである(図5-4)。太陽光発電や風力発電などの自然変動電源の導入拡大による送配電設備への投資は、相対的にわずかである。

図5-4 | 送配電の投資[レファレンスシナリオ]

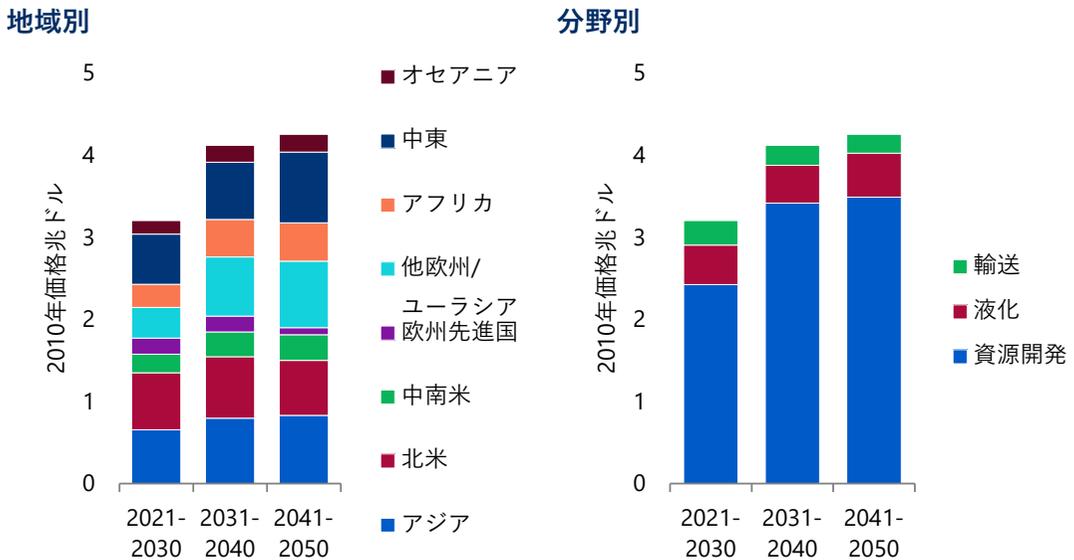


先進国においては、既に投資の中心は老朽化した送配電設備の改修であり、改修・リプレースが送配電設備投資額の約4分の1を占める。2020年代には、寿命を終える送配電設備がピークとなり、それに合わせて送配電設備の改修・リプレースに対する投資が多く行われる。なお、米国のニューヨーク州などでは、送配電設備の改修やリプレースのタイミングに合わせて、電力の取引に関するデジタル化の動きも議論されており、単純な改修やリプレースだけでなく、電力取引のプラットフォーム化などに対応した送配電設備に改良されることも期待される。新興・途上国においては、電力需要の増加に伴う送配電設備の新設に伴う費用が大部分を占める。今後は、改修やリプレースに伴う投資も増大するものの、新設に伴う投資も継続して行われる。

### 5.3 化石燃料投資

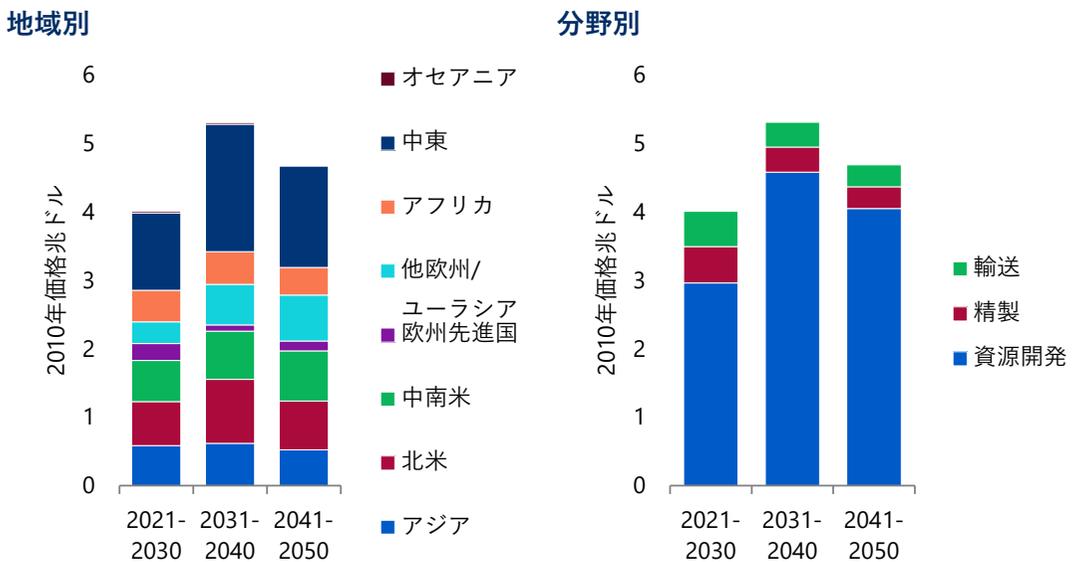
化石燃料に対する投資は、脱石炭の動きを受けて石炭に対する投資は減少するが、需要が増加する天然ガスと石油に対する投資は今後も増大する。特に、天然ガス投資は、増産のためにほとんどの地域で増加が継続する(図5-5)。また、資源開発に関わる投資だけでなく、液化天然ガス(LNG)製造のための液化に対する投資も引き続き行われる。

図5-5 | 天然ガスの投資[レファレンスシナリオ]



石油に対する投資は、2030年代にはピークとなり、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。

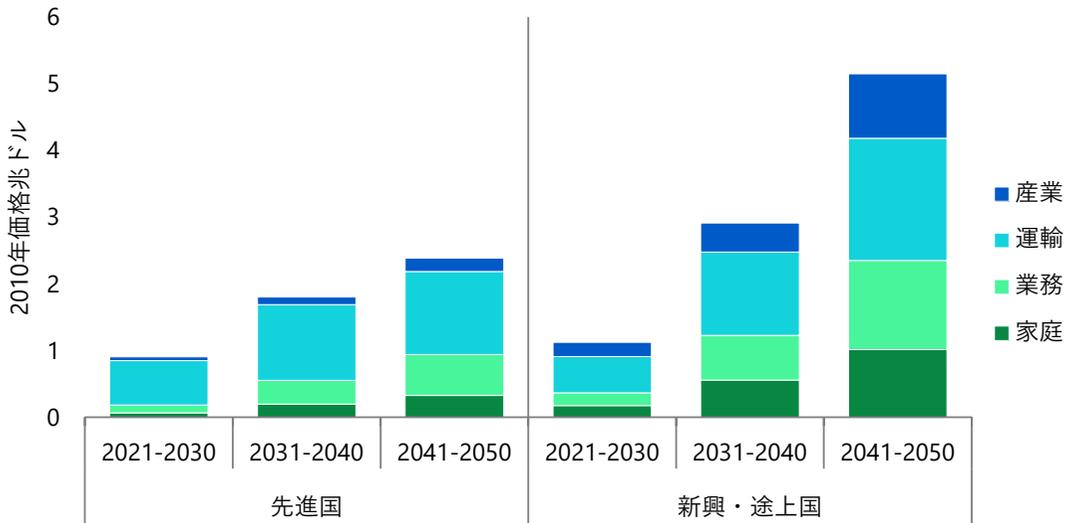
図5-6 | 石油の投資[レファレンスシナリオ]



## 5.4 省エネルギー投資

需要側でエネルギー効率が高い<sup>9</sup>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り、新興・途上国では増加の程度も業務部門が大きい。運輸部門は、自動車の電動化などにより投資額が増大する。

図5-7 | 省エネルギーの投資[レファレンスシナリオ]



<sup>9</sup> 2019年のエネルギー効率をベースラインとする。

## 第II部

# カーボンニュートラルへの挑戦と課題



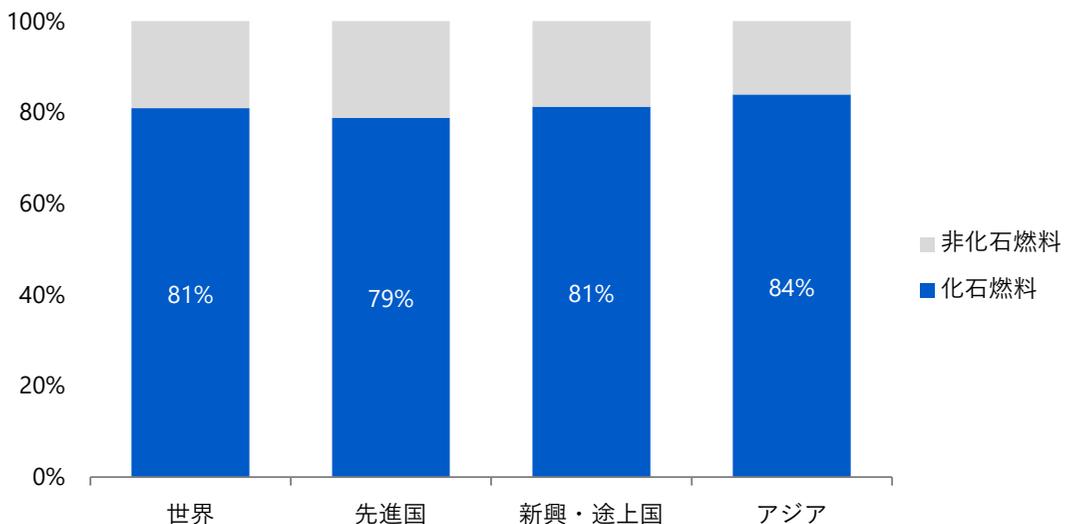
## 6. カーボンニュートラルへの挑戦と課題

### 6.1 はじめに

2015年のパリ協定合意以降、米国や欧州連合(EU)、中国、英国など、多くの国々が、今世紀半ばでのカーボンニュートラル目標を掲げている。2021年1月に発足した米国のバイデン政権が気候変動対策を政権の主要な政策課題に挙げていること、また2021年5月には国際エネルギー機関(IEA)が2050年時点で温室効果ガス(GHG)の排出を実質0(ネットゼロ)とするシナリオを発表したこともあり<sup>10</sup>、長期的なカーボンニュートラルの実現に対する関心がさらに高まってきている。

カーボンニュートラルに向けた積極的な気候変動対策は、大幅な排出削減を実現するだけでなく、革新的な技術開発を実現し、競争力のあるクリーンエネルギー産業を育成し、新たな雇用を創出することで、世界経済に対し多様なプラスの効果をもたらすことが期待されている。しかしその一方で、現在の世界は依然としてエネルギー供給の8割強を化石燃料に依存しており(図6-1)、カーボンニュートラルの実現は決して容易な道のりではない。本章では、カーボンニュートラルへ向かうプロセスに注目し、その過程において生じると考えられる諸課題について検討する。

図6-1 | 一次エネルギー供給に占める化石燃料のシェア[2019年]



出所: International Energy Agency, World Energy Balances 2021 edition

<sup>10</sup> International Energy Agency (IEA), (2021), *Net Zero by 2050*. Paris: IEA

## 6.2 気候変動対策と経済効果をどう見るか

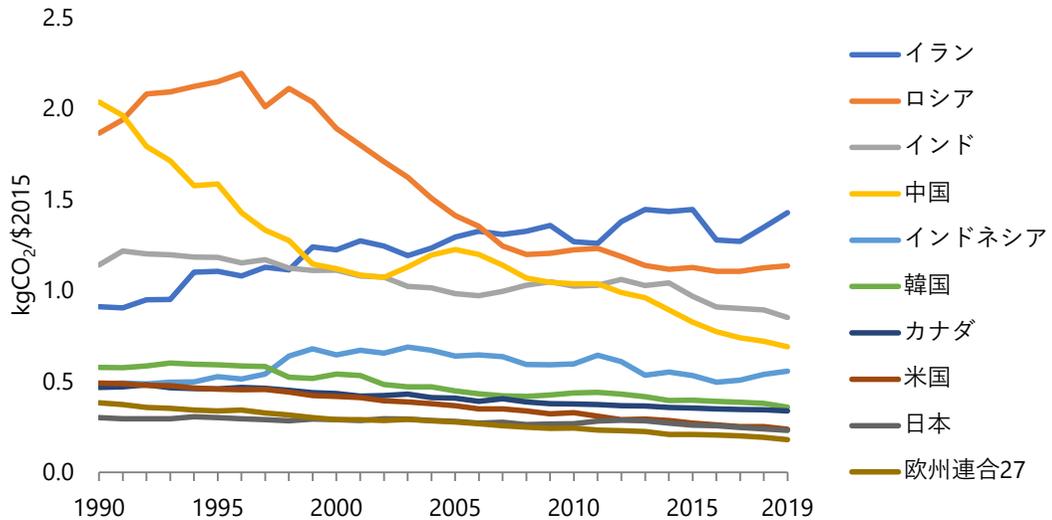
### グリーン成長

カーボンニュートラルに向かう過程においてまず考慮すべき問題が、気候変動対策とその経済効果との関係である。最近、両者が相互に正の影響をもたらすことで排出削減と経済成長が好循環を形成するという文脈で「グリーン成長」という言葉がよく用いられる。このグリーン成長(Green growth)という言葉は、2012年6月に開催された国連持続可能な開発会議(リオ+20)において広く世界的に認識されるようになった概念である<sup>11</sup>。もともとは、経済成長と二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)排出量のデカップリング(Decoupling、両者の相関関係を究極的には0にする、すなわち経済が成長してもCO<sub>2</sub>の排出が増えないようにする)が達成された状態を意味する言葉である<sup>12</sup>。したがって、グリーン成長戦略とは、字義どおりに解釈すれば、経済成長とCO<sub>2</sub>排出量のデカップリングを達成するための戦略ということになる。なお、世界のCO<sub>2</sub>排出量上位10か国・地域の国内総生産(GDP)あたりのCO<sub>2</sub>排出量は、多くの国において改善傾向が停滞している(図6-2)。経済成長とCO<sub>2</sub>排出量のデカップリングは、理論上は必ずしも不可能ではないものの、実際には非常に達成困難な目的であることもまた事実である。

---

<sup>11</sup> United Nations (UN), (2012), *The Future We Want*. New York: UN.

<sup>12</sup> Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD), (2011), *Towards Green Growth: A Summary for Policy Makers*. Paris: OECD; United Nations Environment Plan (UNEP), (2011), *Towards a Green Economy: Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication – A Synthesis for Policy Makers*. Nairobi: UNEP; World Bank, (2012). *Inclusive Green Growth: the Pathway to Sustainable Development*. Washington, DC: World Bank; Jason Hickel and Giorgos Kallis, (2020), “Is Green Growth Possible?” *New Political Economy*, 25:4, 469-486.

図6-2 | CO<sub>2</sub>排出量のGDP原単位

出所: International Energy Agency, CO<sub>2</sub> Emissions from Fuel Combustion, 2021

### グリーン・ディール

このほかに、気候変動対策と経済効果との関連では、「グリーン・ニューディール」または「グリーン・ディール」という概念も用いられる。これは、政府による積極的な気候変動対策に、景気刺激策や産業政策としての効果を持たせることで、排出削減と経済成長と同時に達成するという考え方であり、EUや米国のバイデン政権が現在進めようとしている政策がこれにあたる<sup>13</sup>。具体的なグリーン・ディールによる経済効果としては、たとえばEUであれば、新たなクリーン技術の開発や製品市場が創出されることで、EU域内で今後16万人の雇用が創出されるとしている<sup>14</sup>。またIEAは、2050年に世界全体でGHGの排出を実質0(ネットゼロ)にするシナリオにおいて、クリーン技術への投資によって今後10年間のGDP成長率は0.4%程度プラス、雇用はネットで2,500万人増加すると試算している<sup>15</sup>。

<sup>13</sup> Lisa Friedman, (2019), "What Is the Green New Deal? A Climate Proposal, Explained" *The New York Times*, February 21, 2019. <https://www.nytimes.com/2019/02/21/climate/green-new-deal-questions-answers.html>. Accessed on September 2021.

European Commission (EC), (2021), *European Green Deal: Delivering on our targets*. Brussels: EC

<sup>14</sup> EC (2021)

<sup>15</sup> IEA (2021)

これらのEUやIEAによる試算は、積極的な気候変動対策が行われない状態と比較して、そうした気候変動対策を行った場合のプラスの経済効果を測定したものである。しかし、その一方で気候変動対策は本質的に費用を伴うものでもある。これらの気候変動対策によるプラスの効果が、マイナスの効果(費用)と比べて、どちらが大きくなるのかは、国や主体によって異なる可能性があり、一様にプラスの効果のみを強調するのではなく、マイナスの効果についてももう少し詳しく吟味する必要がある。

### 気候変動対策に付随する費用

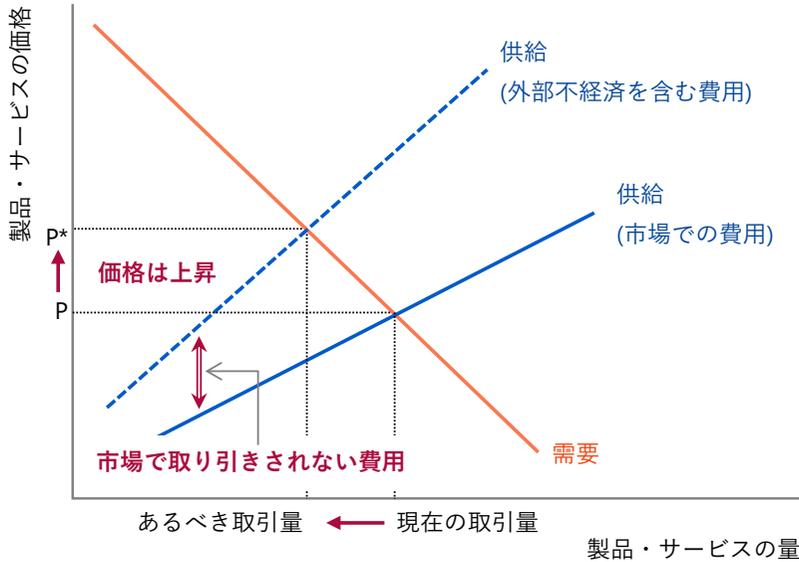
気候変動対策に付随して発生する費用の問題としては、①外部不経済の問題、②ネットワーク効果の2つの要素がある。まず外部不経済とは、個々の企業や家計の生産活動が、市場での取引を介さずに他の企業や家計の生産量や効用を減少させたり生産費用を増加させる効果を指す<sup>16</sup>。このことは、外部不経済が引き起こすマイナスの影響が市場メカニズムにおいて明示的な費用として取り引きされていないことによって、本来最適な水準を上回って経済活動が行われていることを意味する(図6-3)。個々の企業や家計がエネルギーを消費してCO<sub>2</sub>を排出することで、さまざまな気候変動問題を引き起こすことは、外部不経済の典型例の1つであるとみなされている。その問題を解決するには、現在は市場メカニズムで評価されていない費用を、既存の製品やサービスの取引価格に加える必要がある<sup>17</sup>。その結果として市場での取引価格は上昇し、市場参加者は追加的な費用を払うことになり、また取引される量も減少する。

---

<sup>16</sup> 西村和雄『ミクロ経済学入門 第2版』(岩波書店、1998年)

<sup>17</sup> William Baumol and Wallace E. Oates, (1988), *The Theory of Environmental Policy 2nd edition*. Cambridge: Cambridge University Press.

図6-3 | 外部不経済と経済活動



もう1つの費用の問題がロックイン効果である。ロックイン効果とは、既存の技術やインフラストラクチャー、消費者の行動様式などが相乗的に作用してエネルギー消費における「惰性」をもたらすことで、排出削減策の導入を遅延させる効果を指す<sup>18</sup>。こうしたロックイン効果は多くのエネルギー利用の場面においてみられるが、特に発電部門や産業部門のような大型の設備投資が必要な分野や、自動車用燃料のような広範なエネルギー供給インフラのネットワークが必要な分野において特に顕著にみられる。こうしたロックイン効果に抗してカーボンニュートラルな社会を実現するには、新たなインフラ投資や需要家におけるエネルギー利用設備の変更、産業間での労働力の移動、人材育成などが必要である。それには多くの費用が付随することは言うまでもない。

#### プラスか？ マイナスか？ 主体、地域特性によっても変わる影響

気候変動対策によって、経済成長や雇用にネットでプラスの影響が出るのか、マイナスの影響が出るのか、さまざまな考えがありうる。グリーン成長やグリーン・ディールの考えに基づけば、世界は気候変動対策実施によってより高い成長や雇用の純増を期待できる。一方、気候変動問題という外部不経済への対応とそれに伴うコスト、既存の経済・社会シ

<sup>18</sup> Karen C. Seto, Steven J. Davis, Ronald B. Mitchell, Eleanor C. Stokes, Gregory Unruh, and Diana Ürge-Vorsatz, (2016), "Carbon Lock-In: Types, Causes, and Policy Implications," *Annual Review of Environment and Resources*, 41, 425–52.

システムからの大規模な転換に伴うコスト等を考えると、ネットでプラスの効果を期待するのは難しいという考えもある。また、気候変動という外部不経済上の「地球益」を守るため、一定のコスト負担は仕方がないという考えもありうる。

さらに、世界がカーボンニュートラルに向かう過程においては、各国や主体によってそうしたプラス効果とマイナス効果のバランスが異なる可能性がある。日射量や風況など再生可能エネルギーの導入に適した地理的条件、いわゆるクリティカルミネラル<sup>19</sup>などに恵まれた国や地域においては、安価な再生可能エネルギーの導入やそれに基づく産業の育成、雇用の創出が可能となり、プラスの効果がマイナスの効果を上回りやすい。さらにカーボンニュートラルの実現に向けた、政府の行政能力やリーダーシップ、企業の技術力や資金力、起業家精神、クリーンエネルギー産業と親和性の高い産業構造、労働市場の流動性、新型コロナウイルスの収束状況などといった内的要因もそうしたプラス効果とマイナス効果のバランスに影響を及ぼす。

このように、気候変動対策に要する費用の規模やプラスの効果とのバランスは国や主体によって異なるため、気候変動対策が経済にとって一様にプラスかマイナスかという議論はできない。しかし、気候変動対策が経済に対して常にネットでプラスの効果をもたらすという議論や気候変動対策を経済成長の観点からのみ論じることについては、少なくとも留保が必要である。

### 6.3 カーボンニュートラルへの対応が生み出す格差の可能性

カーボンニュートラルに向かうプロセスにおいて懸念される大きな問題の1つが、新たな格差の発生とその拡大の可能性である。経済条件や資源賦存、技術力、資金力、産業構造、リーダーシップ、起業家精神等の要因は、当然のことながら国や主体によって異なる。問題はこれらの要因の差異が、カーボンニュートラルへの対応において適応に成功するものとそうではないものを生み出すことで、新たな格差を生じさせる可能性があることである。そのような格差には、大きく分けて、以下の4種類が考えられる：

- 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

---

<sup>19</sup> 再生可能エネルギーや電力化を進めるうえで必要となる天然資源

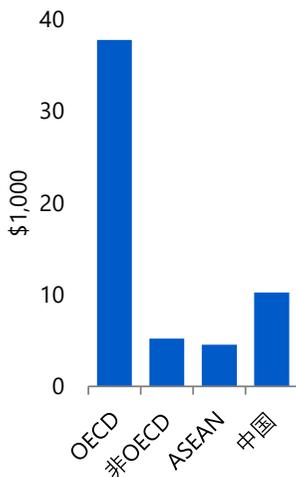
## ④同じ国の国民・市民の中での格差

これらの格差はいずれも深刻な問題となりうるが、その中でも特に懸念されるのが、②～④の格差である。

## ②先進国と途上国との間での格差

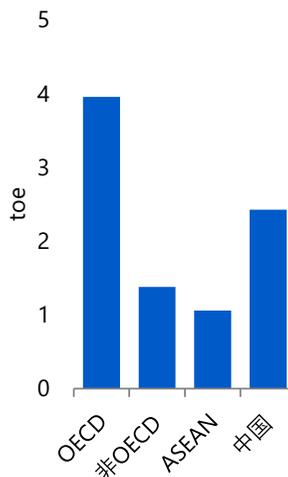
先進国と途上国との間には現在、所得やエネルギー消費、CO<sub>2</sub>排出量の面で、依然として大きな格差が存在していることは論を待たない(図6-4、図6-5、図6-6)。

図6-4 | 1人あたりGDP [2019年]

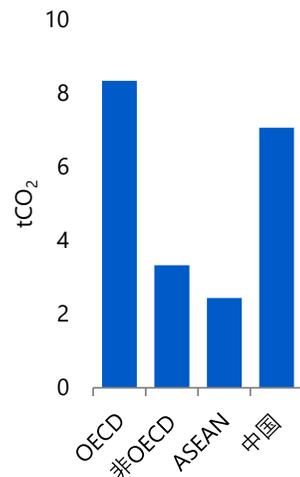


出所: International Energy Agency, World Energy Balances, 2021

図6-5 | 1人あたりエネルギー消費[2019年]



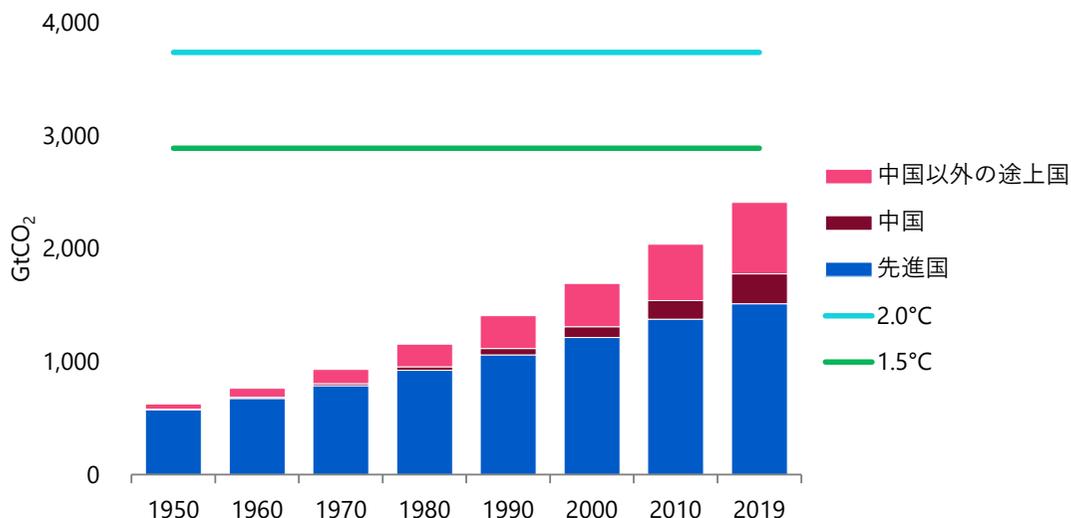
出所: International Energy Agency, World Energy Balances, 2021

図6-6 | 1人あたりCO<sub>2</sub>排出量 [2019年]

出所: International Energy Agency, CO<sub>2</sub> Emissions from Fuel Combustion, 2021

今後の排出削減の問題を考えるうえでの先進国と途上国間との格差の問題は、将来の温度上昇を一定水準に抑えるために必要となるGHGの累計排出量(カーボンバジェット)を考慮するとさらに尖鋭となる。図6-7は世界の気温上昇を1.5°C、2.0°Cに抑える場合のカーボンバジェットの規模と、タイプの排出量を示したものである。気温上昇を2°Cに抑える場合であっても既に全体の6割以上が利用されており、その利用分の6割を人口比でいえば18%にしか過ぎない先進国が利用している。既に多くのカーボンバジェットを利用して経済成長を成し遂げた先進国が、これから経済成長を始めようとする途上国に、カーボンバジェットの制約から先進国と同様の厳しい排出削減を求めることは、途上国の立場からすれば不条理な要求に映るであろう。

図6-7 | カーボンバジェットと累計排出量



注: 温度上昇は50%確率値

出所: カーボンバジェットは、Intergovernmental Panel on Climate Change, (2021), "Summary for Policymakers." In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu and B. Zhou (eds.)]. Cambridge: Cambridge University Pressをもとに作成。累積排出量は、Friedlingstein et al., (2020), "Global Carbon Budget 2020," Earth System Science Data, 12, 3269–3340.

今後、仮に先進国が総じて比較的順調にカーボンニュートラルへの移行過程に適応し、クリーンエネルギー投資の拡大や新たなグリーン産業の育成に成功し、経済を成長させることができたとしても。しかし、もし途上国において、マクロ経済面での制約や投資環境の未整備などの要因からそれが叶わず、気候変動対策の負のコストが課されることで経済成長が鈍化するようであれば、現在両者の間に存在する格差はさらに拡大し、新たな南北問題を引き起こす事態が懸念される。

この先進国と途上国との格差の問題に関連して、仮に東南アジア諸国連合(ASEAN)諸国において2050年もしくは2060年にカーボンニュートラルを実現する場合に必要な平均削減費用は、CO<sub>2</sub> 1 tあたり213ドルもしくは\$197/tである(図6-8)。また、その削減に必要な追加コストは、ASEAN全体のGDPに対し、前者のケースにおいては通期平均で2.5%、後者のケースにおいては2.9%にも達する。ちなみに、IEAのNet Zero Roadmapによれば、世界全体では2050年のカーボンニュートラル実現までの通期平均で1%と見込んでおり、途上国では相対的に高いコストが必要なことが伺われる。これは、過去では新し

いエネルギー技術はまず先進国で普及が進みコストが十分に下がってから途上国へ展開されてきたのに対し、先進国と途上国が同じ新技術を同じコストで同時に導入すれば経済規模が小さい途上国において負担が相対的に大きくなることを示している。さらに、2060年にカーボンニュートラルを実現する場合の電力価格は、2060年には現在の水準の約3倍に上昇する(図6-9)。同様に、IEAのRoadmapでは世界全体で2050年に約1.5倍と見込んでいる。短期間でのカーボンニュートラルの追求は、ASEANに対し巨額の国民負担増をもたらす恐れがあるということである。

図6-8 | 2050年、2060年にASEANでカーボンニュートラルを実現する場合の平均削減費用

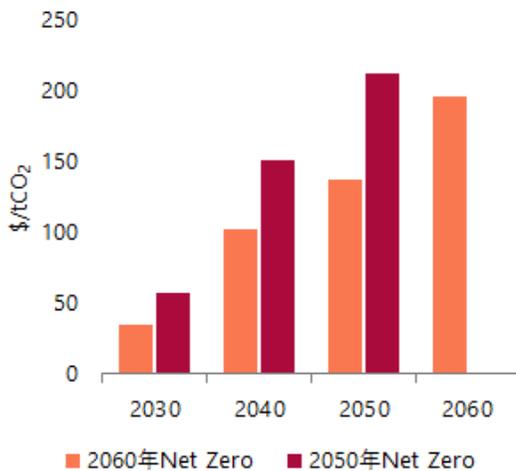
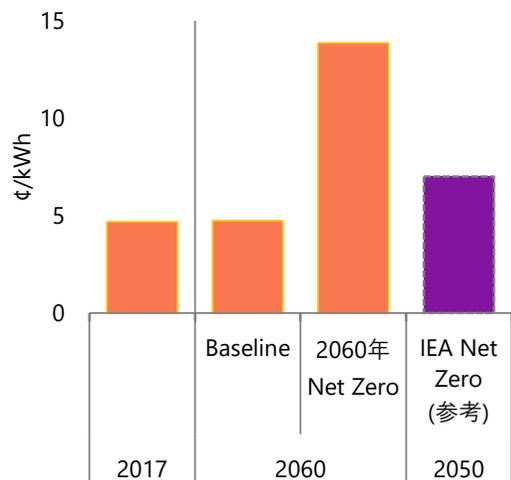


図6-9 | 2060年にASEANでカーボンニュートラルを実現する場合の電力価格



注: 電力価格におけるIEA Net Zeroの参考価格は、2050年時点で世界でネットゼロを実現するシナリオにおける世界全体の電力価格の上昇率(50%)を2017年の実績に乗じたもの。

出所: 日本エネルギー経済研究所; International Energy Agency, Net Zero by 2050, 2021

もちろん、これらはいくまで理論的な数字であり、ASEAN各国がただカーボンニュートラルを実現するためだけにこれほどの巨額の費用負担を甘受するという保証はどこにもない。ただ、これらが示唆することは、先進国と途上国とでは置かれている条件が異なり、カーボンニュートラルを実現するためのコストも大きく異なること、それが故に、途上国に対し一律に紋切り型のカーボンニュートラルへの移行パスを求めるのは適切ではなく、各国の多様な実情を考慮し、それぞれの国に合ったカーボンニュートラルに向けた行程表が示されるべきということである。

この点に関連して、炭素循環経済/4Rシナリオによれば、途上国においても化石燃料を脱炭素化して利用する技術を導入することで、全体の化石燃料の消費量はさほど変わらずに、追加で3.8 GtのCO<sub>2</sub>が削減される(図6-10、図6-11)。途上国において現実的な排出削減を進めてゆくうえでは、技術中立的な観点から、化石燃料の脱炭素化技術についても積極的にその導入を検討してゆくべきである。

図6-10 | 新興・途上国の一次エネルギー消費

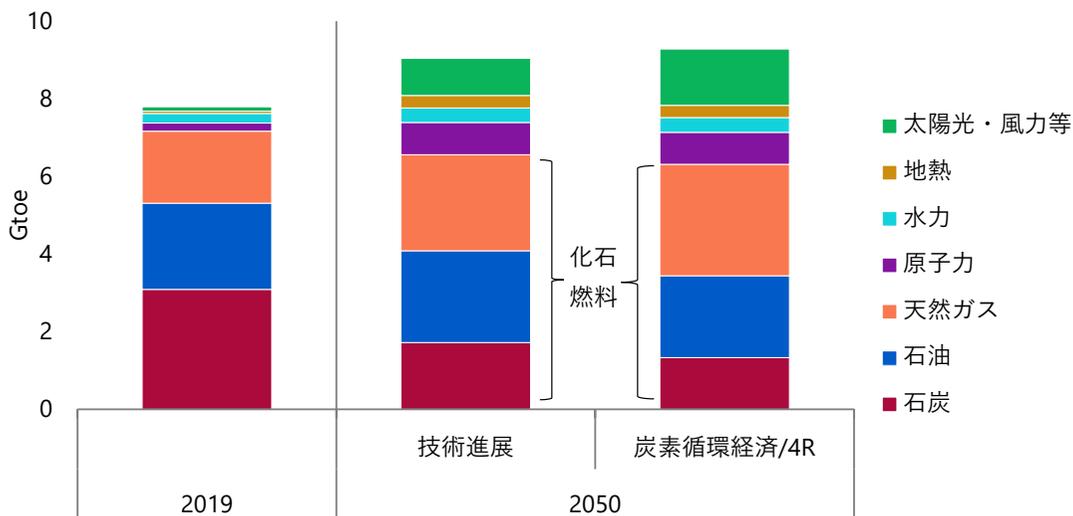
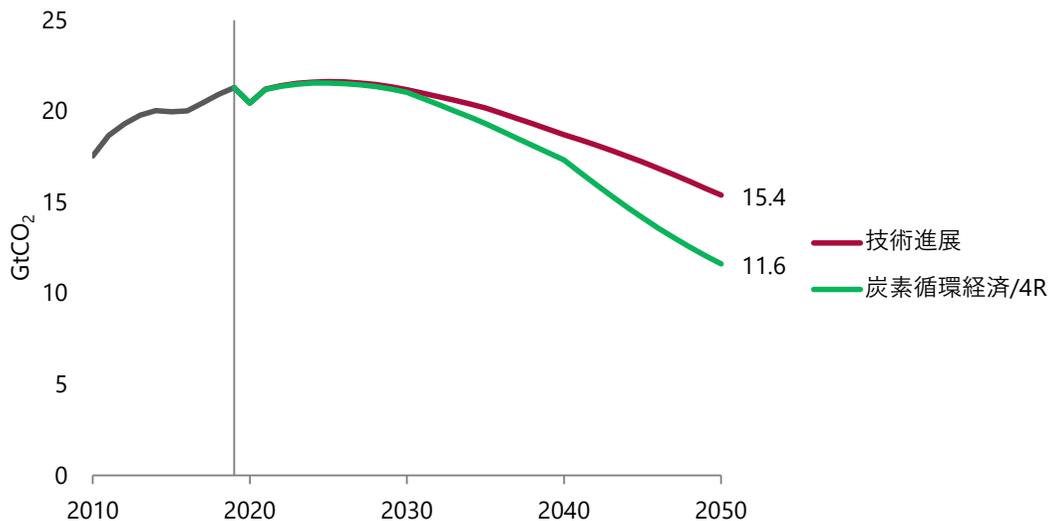


図6-11 | 新興・途上国のCO<sub>2</sub>排出



### 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

カーボンニュートラルへの移行が生み出す恐れのある第三の格差が、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である。この格差については、同じ化石燃料の輸出国であっても、その輸出品の脱炭素化の成功度合いによって、構図がやや変わりうる。たとえば、既存の産油国や産ガス国であっても、化石燃料を脱炭素化して生産する水素やアンモニアの輸出国に転身することができれば、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かもしれない。しかし、今後持続的に世界の化石燃料需要が減少してゆくような世界では、そうした輸出品の脱炭素化に後れをとった産油国や産ガス国は、これまで享受してきたレントを徐々に失ってゆくことが確実である。したがって、これらの資源国では、化石燃料を脱炭素化したエネルギーを可能な限り低コストでかつ大量に生産できるような体制の整備を急ぐ必要がある。

### ④同じ国の国民・市民の中での格差

最後に、カーボンニュートラルへの移行が生み出す第四の格差として、④同じ国の国民・市民の中での格差が挙げられる。これは、同じ国の中でもカーボンニュートラルへの適応に成功する者とそうでない者とが明確になる中で、社会の分断や不満が高まる事象を指す。2018年11月にフランスで発生した社会運動である「黄色いベスト」運動は、燃料税引き上げがきっかけとなった。こうした気候変動対策に伴うコスト負担が国民間での分断を招く事象は、今後のその負担度合いが高まれば、先進国や途上国を問わず発生する可能性が高まるであろう。

## 6.4 カーボンニュートラルに向けた世界における異なる2つの将来像

もちろん、カーボンニュートラルへの移行が暗い将来ばかりをもたらすわけではない。上記のような問題にも関わらず、カーボンニュートラルへの適応に成功する国・主体がより大きな割合を占めてゆくような世界であれば、「明るい将来像」に至るシナリオもみえてくる。そうした将来のシナリオの分岐点となりうる要因が、カーボンニュートラルを実現するためのコストの低減とその知見の共有である。

まず、この明るい将来像シナリオにおいては、主として先進国が主導する形で技術開発と進展が進み、クリーンエネルギー導入におけるコスト削減のブレークスルーが実現する。この技術進展によって、カーボンニュートラルへの移行において発生するコストそのも

のが大きく低下することが、明るい将来像が実現するための鍵となる。また、この明るい将来像シナリオにおいては、このコストの低下を可能にした技術が、先進国から途上国へと世界規模で波及してゆく。その波及プロセスにおいては、多額の資金の移転を伴う国際協力やビジネス機会を追求した企業の起業家精神が大きな役割を果たす。これと併せて、資源国では、水素やアンモニア、合成燃料などのような、化石燃料を脱炭素化した燃料の生産や輸出も、コストの大幅低減とともに進んでゆく。このようなカーボンニュートラルの世界にうまく適応する国・主体が大きく増えてゆけば、世界全体としてマクロ経済への悪影響などは最小化される。かつ、新しい産業とビジネス機会が世界に広がることで、国内での格差の拡大も抑制され、社会経済システムのカーボンニュートラルへの移行が円滑に進む。

他方、カーボンニュートラルへの適応に成功する者が一部にとどまり、相対的に多くの国や主体が「取り残され」ながら、カーボンニュートラルに向かう世界が、「厳しい将来像」のシナリオである。このシナリオでは、国際協力の精神は機能せず、単独行動主義が主流となり、技術の囲い込みがなされることで、カーボンニュートラルへの適応の成功の波及が阻害される。その結果、上述した各種格差の存在と悪化が世界の分断をもたらす。また、新産業やビジネスによる経済の牽引や雇用の創出は、カーボンニュートラルへの移行によって生じる費用の問題を十分に解決できない。そして、そうした格差・分断の発生と深刻化は、カーボンニュートラルを追求するという地球益と国益最優先との相克と衝突を生み、地球益追求という規範の力が弱まってしまう。

## 6.5 重層性・複雑さを増す安全保障問題

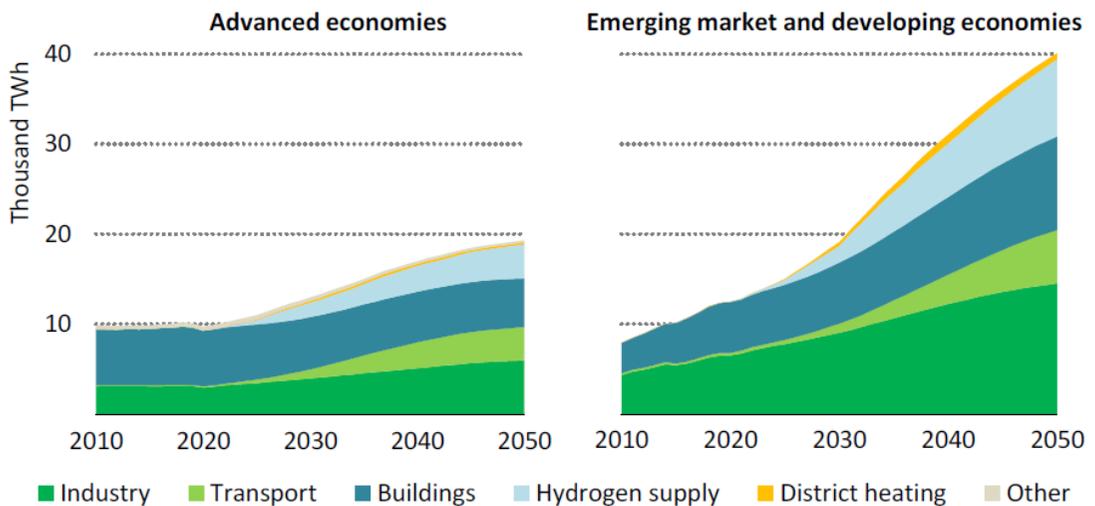
カーボンニュートラルに向かうプロセスにおいては、いわゆる伝統的なエネルギー安全保障の問題はあまり重要ではなくなってゆくという見方がある。これは、再生可能エネルギーは基本的には国産エネルギーであるため、そのシェアが高まれば、エネルギーの輸入依存度に起因する伝統的なエネルギー安全保障の問題も今後徐々に小さくなるはずだという論理である。

しかしながら、冒頭に示したとおり、いまだ世界のエネルギーの8割は化石燃料である。化石燃料の供給を輸入に多く依存している国では、少なくともカーボンニュートラルへの移行期の段階では、従来のエネルギー安全保障問題の構図は大きくは変わらない。また長期的にみても、たとえば安価な再生可能エネルギーを利用できる国や、もしくは低コス

トでの二酸化炭素回収・貯留(CCS)が可能な国が、自国の資源をうまく活用して水素やアンモニア、合成燃料の主要な輸出国へと転身してゆけば、それらのエネルギーを輸入する国においては今と同じエネルギー安全保障の問題が残る。

そうした伝統的なエネルギー安全保障の問題に加えて、カーボンニュートラルの世界において新たに重要性を増すエネルギー安全保障上の脅威やリスク要因も登場する。カーボンニュートラルに向かう過程では、再生可能エネルギーを中心とする電力化が進むことが確実である。IEAの分析によれば、仮に世界が2050年時点でネットゼロを実現する場合には、先進国では現在の2倍の、途上国にいたっては3倍以上の電力が消費されるようになる(図6-12)。今後は、そうした相当な規模での電化が進む中で、再生可能エネルギーの大量導入に伴う間欠性の問題や慣性力低下の問題への対処、電力市場におけるシステム改革の推進、サイバー攻撃に対する防御などといった、それぞれが単独で非常に大きな重要性を持った課題に同時並行的に対応しなければならない。電力の安定供給自体は、これまでもエネルギー安全保障問題の構成要素であったが、カーボンニュートラルの世界に向かう中では、そのエネルギー供給全体に及ぼす影響度や重要性が飛躍的に拡大してゆく。またそのほかにも、再生可能エネルギー導入や電力化を進めてゆくうえで重要な役割を果たす鉱物資源(クリティカルミネラル)の安定供給も、新たなエネルギー安全保障の重要な課題となる。

図6-12 | 最終エネルギー消費における電化率



IEA. All rights reserved.

出所: International Energy Agency, Net Zero by 2050, 2021

## 6.6 上流投資抑制がもたらしうるエネルギー安定供給への問題

6.5で述べたエネルギー安全保障の問題はどちらかということと中長期的な事象であるが、カーボンニュートラルに向かう移行期に特有に現れる問題として、既存のエネルギー供給能力に対する投資の問題がある。この問題は短期的にみても非常に重要である。

### IEA報告書の内容

この問題が重要である大きな理由の1つは、IEAが2021年5月17日に発表した「Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector」(以下、IEA報告書)において、2050年時点で世界でネットゼロを実現する「ネットゼロシナリオ」では、既に投資の意思決定を行った案件以外の新規の油ガス田開発や新規の炭鉱開発やその延伸も行われたい、と言及したことがある。IEA報告書は、2021年11月に開催される国連気候変動枠組条約第26回締約国会議(COP26)の議長国である英国政府を支援するために作成したものである。報告書の目的は、世界が2050年にネットゼロを実現するには、具体的にどのような道筋をたどるのかということの詳細に示すことにあり、エネルギー供給と需要の各分野における2050年に向けてのロードマップが描かれている。分析のアプローチとしてバックキャスト的な手法を用いており、まず2050年でのネットゼロを究極的な到達点と設定し、次に現状からその到達点に至るには、何がいつまでにどの程度できている必要があるのかというものを示した「べき論」に基づいた分析を行っている。これは、IEAが従来作成してきた長期見通しである「World Energy Outlook」とは異なったアプローチである点に注意する必要がある。

IEA報告書には、石油と天然ガス・液化天然ガス(LNG)供給能力への投資についてのやや詳しい言及がある。石油は、(1)新しい石油資源の発見を図る探鉱活動は今後不要であること、(2)既に生産中の油田に対する投資は継続してよいこと、(3)既発見油田を生産段階へと移行させる開発活動については、現時点で実施が決定しているもののみ実施すればよいこと、の3点が示されている。なお、こうした新規投資の抑制は不可避的に生産能力の減退を招く。既に生産中の油田への投資を含む一切の投資を停止する場合は年率8%、既に生産中の油田への投資のみ行う場合は年率で4.5%のペースで生産能力が減退するとしている。ネットゼロシナリオにおいて、世界の石油需要は2050年にかけて年率4%で減少するとしており、その差分となる年率0.5%分が既に開発を行うことが決定している油田から供給されるとしている(報告書中p.101)。天然ガスは、既に開発段階にあるもの

外のガス田の新規開発は不要としている。LNGは、現在計画中および建設中の案件についても不要になるものがあるとしている(同p.102)。

なお、投資に関連する分析として、ネットゼロシナリオにおける化石燃料の価格見通しも示されている。いずれの化石燃料も需要減少に伴う需給バランスの緩和で、価格が大きく低下するとみている。原油はIEA加盟国輸入平均の実質価格で、2030年で\$35/bbl、2050年で\$24/bbl、LNGは2030年の日本着平均価格が\$4.4/MBtu、2050年で\$4.1/MBtuと、いずれも現状の水準に比べて大きく低下する(同p.51)。こうした原油価格の低下により、石油輸出に依存する資源国の財政には大きなインパクトが生じるであろうこと、また既存の石油生産関連インフラの多くが座礁資産化する可能性があるとは指摘している。

なお上記は、あくまでIEAがバックキャスト的な手法に基づいて作成したシナリオであり、IEAが今後の上流投資が不要であるとか、原油価格は大きく下落するとの「見通し」を示したわけではないことに注意が必要である。

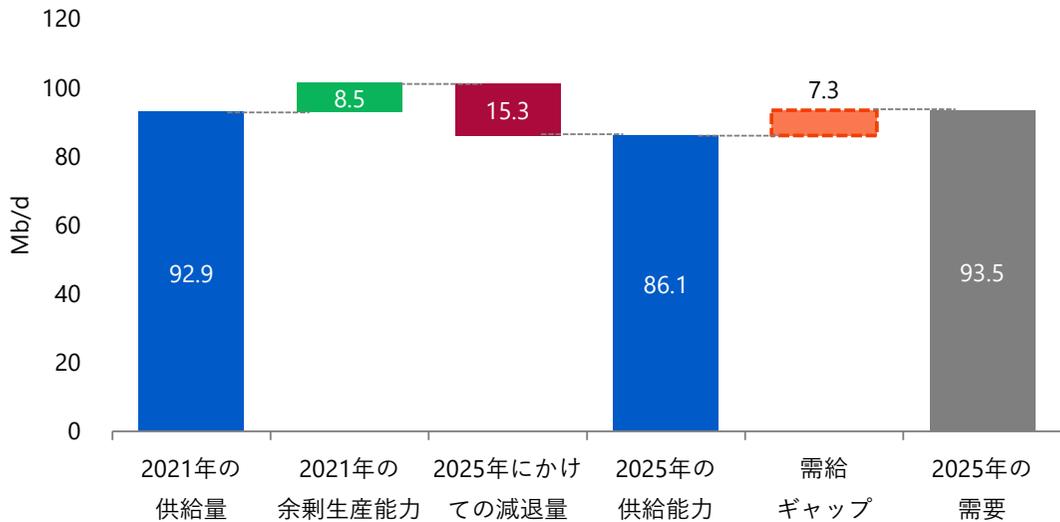
#### 実際に新規投資がとどまるとどうなるか

ここではIEA報告書で想定されている新規投資の停止が実際になされた場合の需給バランスについて概観する。まず石油需給であるが、2021年の供給能力は、2021年8月の液体燃料供給量実績である日量96.1百万バレル(Mb/d)からバイオ燃料分3.3 Mb/dを控除した92.9 Mb/dに余剰生産能力である8.5 Mb/d<sup>20</sup>を加えた101.4 Mb/dとする。この供給能力が年率4%のペースで低下すると、たとえば2025年には86.1 Mb/dとなり、レファレンスシナリオにおける石油需要と比べて7 Mb/d以上不足する(図6-13)。こうした需給を時系列的に比較したものが図6-14である。2021年時点では高水準の余剰生産能力が存在していることもあり、仮にIEA報告書で示されているとおり新規投資が停止されても、即座に需給逼迫が起きることはない。しかし、2024年にはレファレンスシナリオ、需要の伸びがそれよりも鈍化する技術進展シナリオのいずれであっても、世界の石油需給バランスは供給不足・需要超過となる。また、これはあくまで既存の生産能力をフルに活用した場合であるので、実際にはそれよりも早く需給逼迫化の影響が市場に現れる可能性がある。新規投資の停止は、そう遠くない将来に需給の逼迫と価格の上昇をもたらす可能性があるということを改めて認識しておく必要がある。

---

<sup>20</sup> International Energy Agency, Oil Market Report. September 14, 2021. p.19およびp.65

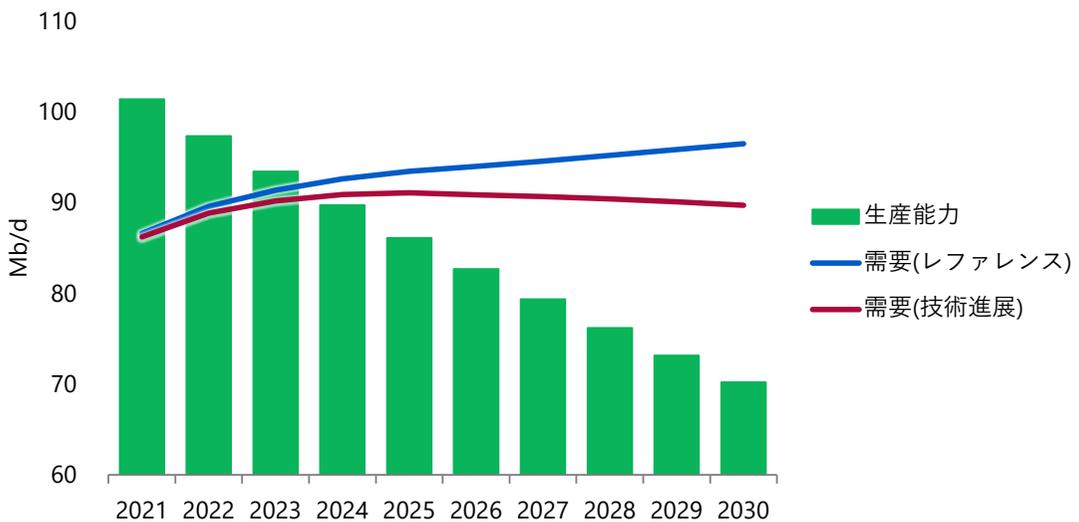
図6-13 | 新規投資が行われなかった場合の石油供給能力[2025年]



注: 需要、供給共にバイオ燃料は含まない。既存能力の減退率は年率4%で想定(IEA報告書における既に生産中の油田と投資決定済油田のみ投資を行うケースの減退率)。需要はレファレンスシナリオの値。

出所: IEA Net Zero by 2050; IEA, Oil market Reportをもとに作成

図6-14 | 新規投資が行われなかった場合の世界の石油供給能力と需要



注: 既存能力の減退率は年率4%で想定

出所: IEA Net Zero by 2050; IEA, Oil market Reportをもとに作成

一方、LNGは、アフリカやロシア、カナダなどで大型の供給能力の投資が決定していることもあり、仮にIEA報告書のとおり現時点で投資決定された案件以外の新規投資がすべて

停止しても、少なくとも2028年ごろまでは供給能力の拡大が続く(図6-15)。ただし、あくまで承認されている能力が計画どおりに供給を開始すればという前提である。もし、新規案件の稼働開始が遅延するようなことがあれば、需給バランスはさらに厳しくなる。LNGは、原油と異なり新規能力の竣工までには長いリードタイムが必要である。仮に構造的な需給逼迫が発生した場合にはその調整に時間がかかるため、今後の需要の動態に見合った前広の投資決定が重要である。特に足元のLNG市場においては、コロナ禍からの景気回復、低炭素化対応、中国等での急速な需要拡大、欧州での風力稼働低下などによる需要増や、ロシアのパイプラインガス供給上の課題などが複合的に影響し、スポット価格の上昇が続いている(図6-16)。このような状況下で新たな液化プロジェクトに対する投資が停止されれば、需給逼迫感をさらに高めることはもちろんのこと、中期的にも需給バランスが不透明な状況を作り出すことで、価格の持続的な不安定化を招く可能性がある。

図6-15 | 世界の天然ガス液化能力

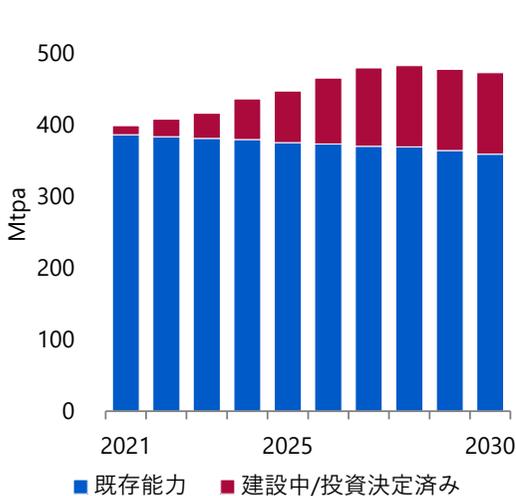
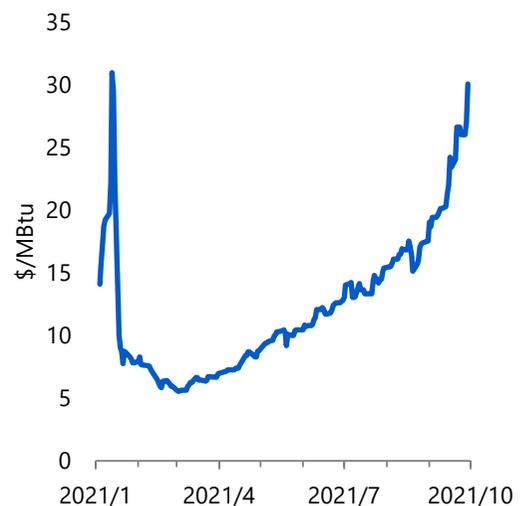


図6-16 | アジアのLNGスポット価格



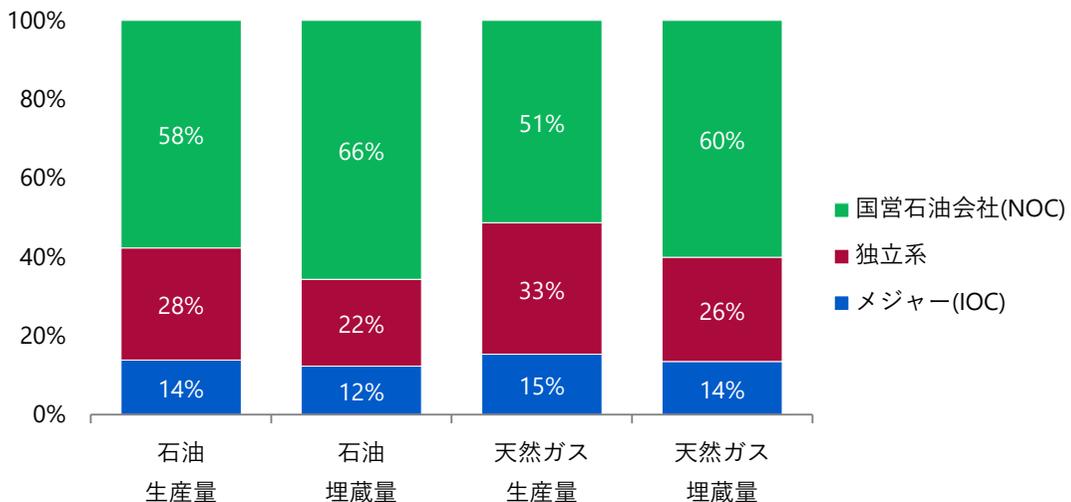
上記は、あくまでIEAのシナリオどおりに上流投資が停止した場合であり、現実には国際原油市場のプレイヤーは状況を見極め、しかるべき投資を行おうとする。ただ、石油メジャーなど欧米の国際石油会社は近年、環境非政府組織(NGO)だけでなく、機関投資家や場合によっては司法機関からも、従来以上に気候変動対策を強化するような要請を受けており<sup>21</sup>、これまでのように比較的自由度をもって上流部門に投資しにくくなって

<sup>21</sup> 2021年5月、ExxonMobilでは、脱炭素化事業の拡大を主張する機関投資家が推薦する取締役3名が新

いる。特に欧州系の石油メジャーには、自社の販売製品分も含め2050年のGHG排出のネットゼロ目標を掲げている企業もあり、CO<sub>2</sub>を排出する石油や天然ガスの生産能力に対する新規投資に対しては、必然的に投資家などから厳しい目を向けられる傾向にある。

これに対し、産油国や新興国の国営石油会社は、そうした脱炭素化圧力を受けにくい立ち位置にある。国営石油会社の株主は本国の政府であり、政府がそうした強力な気候変動対策を求めないのであれば、基本的には国営石油会社は従来どおり上流部門への投資を継続することが可能である<sup>22</sup>。これは産油ガス国の国営石油会社の場合のみならず、中国やインドといった新興国の国営石油会社についても同様のことが指摘できる。もともと、世界の石油・天然ガス供給においては、国営石油会社の影響力が強いとされてきた(図6-17)。先進国の国際石油会社による上流投資の鈍化は、資源供給の偏在性をさらに悪化させることにつながる。石油では主要な石油輸出国機構(OPEC)産油国、天然ガスではカタルーやロシアなどの供給が今後も堅調に増加することで、少なくとも今後カーボンニュートラルの世界に向かう移行期においては、これらの資源国の市場支配力がさらに高まる。

図6-17 | 世界の石油・天然ガス供給における企業種別シェア[2018年]



注: 国営石油会社の値は、原典のInternational National Oil CompanyとNational Oil Companyの合計値

出所: IEA, The Oil and Gas Industry in Energy Transitions, January 2020

たに選任された。同じく2021年5月には、Chevronの株主総会は、自社販売製品からの排出量を大幅に削減する株主からの提案を採択している。また、同じく2021年5月には、オランダのハーグ地方裁判所が、Shellに対し2030年までにGHG排出を2019年比で45%削減するよう命じる判決を下している。

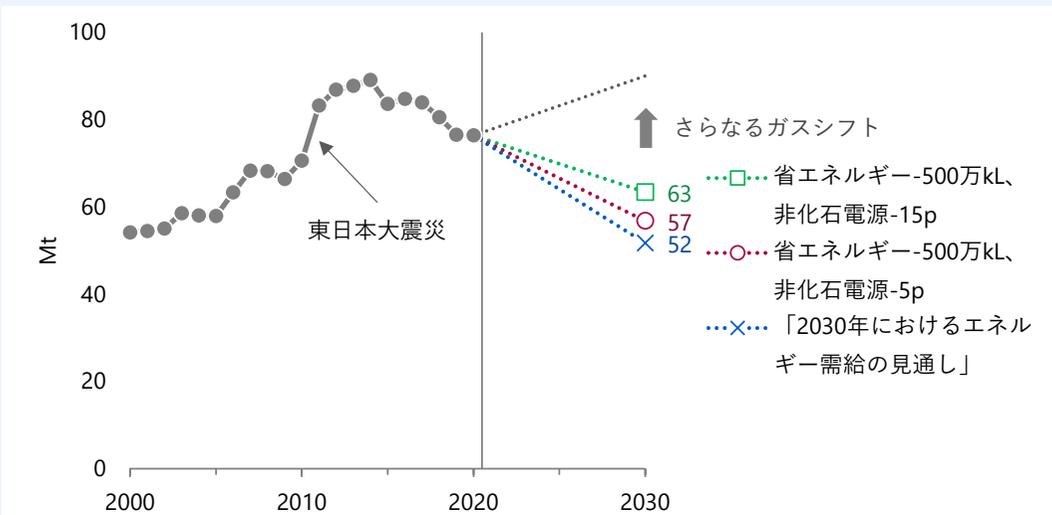
<sup>22</sup> ただし、今後、欧米の金融機関からの資金調達が行いにくくなる可能性はある。

## Box 6-1 | 日本の新たなエネルギー基本計画とLNG輸入

2021年9月3日、資源エネルギー庁が第6次エネルギー基本計画(案)のパブリックコメントを開始した。計画案で示された「2030年におけるエネルギー需給の見通し」では、極めて野心的な2030年の温室効果ガス排出削減目標の達成を目指し、省エネルギー量として原油換算約62百万kL、電源構成において非化石電源比率約59%という姿が描かれている。他方で、天然ガスの一次エネルギー供給量は、足元から大きく減少することとなっており、LNGの調達の在り方についても検討が必要となる。

しかし、「2030年におけるエネルギー需給の見通し」は「徹底した省エネルギーと再生可能エネルギー導入の取組」に基づく現行の見通しにさらに野心的な積み上げを行ったものであり、必ずしも約束された将来像ではない。仮に、これらの見込みを省エネルギー量が原油換算5百万kL、非化石電源比率が5ポイント(p)から15p下回った場合、追加が必要となる一次エネルギー国内供給を賄うのは化石燃料である。「2030年におけるエネルギー需給の見通し」では天然ガスの一次エネルギー供給は原油換算80百万kL程度とされており、LNG輸入量は52 Mt程度と概算されるが、これが57 Mt～63 Mtに跳ね上がる(図6-18)。また、新たな温室効果ガスの削減目標を目指すうえで、さらなるガスシフト等の追加的な対策が必要となる可能性もある。

図6-18 | 日本のLNG輸入量



このような、LNG需要量、特に発電燃料用需要量の変動を勘案する場合、今後のLNG調達活動に対するインプリケーションとして、変動に対応できる実質的な柔軟性の

いっそうの向上が求められることとなる。LNG売買契約上の柔軟性は、引き取りの増量・削減、日程変更・スワップさらに仕向地制限撤廃等、近年向上している。また、短期契約・スポット取引の拡大等の流動性拡大も進んでいる。

これらにより短期的な需要変動に対応できる柔軟性が拡大したことは事実であるが、一方で季節的な需要急変動やLNG設備操業支障に伴い、スポット価格変動のボラティリティは拡大し、季節的な短期調達における厳しさが熾烈となっている。上記の短期的柔軟性向上、特に契約条件に数量の柔軟性、あるいは仕向地制限の撤廃を織り込むことのみで今後難しさを増す短期的必要調達量確保のニーズに対応しきれるとは限らない。季節的な電力需要、ガス需要の短期変動のみならず、再生可能エネルギー導入の進展度合い、省エネルギーの進展度合い等の中期的な変動を補完するうえでのLNG確保必要量変動への対応が必要である。

特に2年～3年スパンでのより精緻な需要見通しを立て、中期的契約でのフレキシブルな調達量を増加確保したうえで、その確保量を軸として機動的に引き取り数量を増減できることがいっそう重要となる。

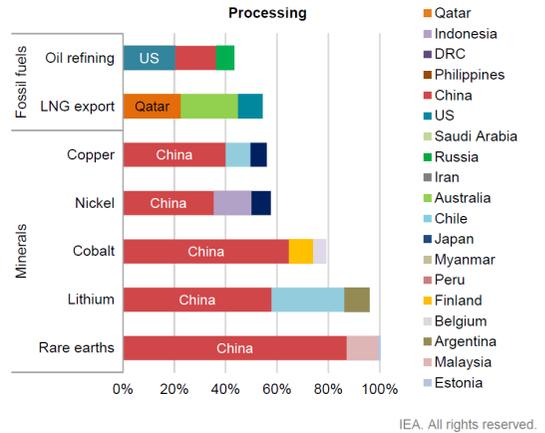
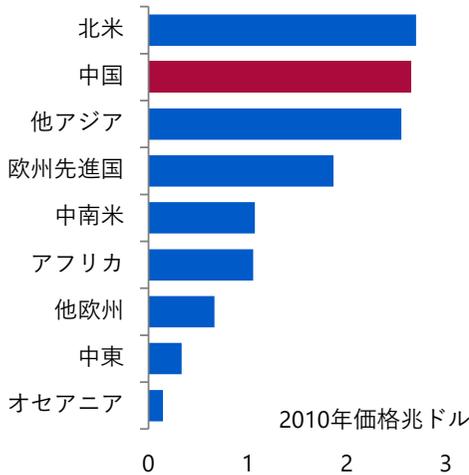
「2030年におけるエネルギー需給の見通し」において示されているLNG数量は、むしろミニマムの需要量とみなし、この部分は長期コミットメントが必要な新規プロジェクトも含めた大型プロジェクトから、比較的長期の契約により確保する。需要量積み増し可能性が大きく柔軟対応が必要となる需要については、米国産などの供給上の柔軟性高い供給源、また今後数年間で長期契約が満了となる、初期の設備投資を償却済みのアジア太平洋地域の既存プロジェクトから、2年～5年程度の中期契約で、削減・増量の柔軟性を織り込んで確保してゆくことも有効だと考えられる。さらに契約上のみならず、数量増減を実質的・主導的にコントロールできる、調達のみならずマーケティング力も備えたLNG市場プレイヤーとしての総合力がますます重要となる。

## 6.7 高まる中国の存在感と地政学的課題

カーボンニュートラルに向かう世界において、存在感が今後ますます大きくなるのが中国である。化石燃料の世界はもちろんのこと、それ以外の再生可能エネルギー産業やクリティカルミネラルの供給の分野、またカーボンニュートラルをめぐる途上国への外交・経

済協力という点でも、中国の存在感が今後さらに高まる可能性が高い。2050年までの再生可能エネルギー発電への投資額(図6-19)、化石燃料とクリティカルミネラルの処理能力(図6-20)いずれにおいても、世界の中での中国の存在感は大きく、カーボンニュートラルに向かう世界においても、中国が大きな影響力を維持し続けることはほぼ確実である。

図6-19 | 再生可能エネルギー発電への投資 [レファレンスシナリオ、2021年~2050年] 図6-20 | 世界の化石燃料とクリティカルミネラルの処理能力[2019年]



注: 石油は精製能力、ガスはLNGの輸出能力  
出所: International Energy Agency, The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions, 2021

こうした状況に対し、先進国はサプライチェーンの見直しや戦略物資・財・技術をめぐる競争に乗り出すが、それがどのように奏功するのか、機能するのか、現時点はまだ見えていない。先進国が対中国包囲網を強化すればするほど、中国はロシア、アジア、他の途上国や資源国との連携を強めることで、全体としての国際社会の分断が進む可能性もある。なお、こうした国際社会の分断は、気候変動対策が本質的には地球益を追求するためのものであることを考えれば、決して望ましい事態ではない。気候変動対策は、全世界で協力して取り組むことが本筋であり、理想的である。しかし、現実の世界では、国益追求が前面に出て、かつ上記のような厳しい国際環境や地政学情勢では、その本来あるべき姿での取り組みはうまく機能しない。したがって、中国の存在感と国際社会の分断リスクは、カーボンニュートラルを目指す世界においても、そのあり方について大きな影響を及ぼす。明るい将来像の下でのカーボンニュートラルへの移行を追求してゆくためには、諸般の問題を乗り越えて国際協力が進み、カーボンニュートラルへの適応をめぐる知見が世

界に波及してゆくことが必要である。一方、そうした知見がうまく波及してゆかない世界像は、分断と格差の拡大を招き、暗い将来像をもたらす結果となる。

## 6.8 まとめ

カーボンニュートラルに向かう過程においては、技術革新やクリーンエネルギー産業、クリーンエネルギー市場の創出によりプラスの経済効果が発生するものの、それだけではなく、気候変動対策には本質的に費用の負担が付随するという事実から目をそらすべきではない。これらのプラスとマイナスの関係は、国や主体によって異なるが、プラスの効果が常にマイナスの効果を上回る保証はない。

エネルギー安全保障問題は、より重層さを増し複雑になる。カーボンニュートラルに向かう過程においても、エネルギーの輸入依存の問題は、重要な課題であり続ける可能性がある。また、そういった伝統的なエネルギー安全保障の問題に加えて、今後は電力供給セキュリティやクリティカルミネラルの確保の問題が新たな重要課題として浮上してくることが考えられる。

過度な「上流投資不要論」は安定供給のリスク要因となる。IEAが行ったようなバックキャスト的な分析は、あるべき将来像とのベンチマーク比較を行ううえでは、重要な分析であり価値があるものである。一方で、そうしたバックキャスト的な分析が、本来必要となる正当な投資に対する萎縮効果をもたらし、将来の需給逼迫を招く可能性が懸念される。

カーボンニュートラルへの移行は包括的(inclusive)に進められるべきである。プラスの効果だけではなく、本質的に費用の発生を伴うカーボンニュートラルへの移行においては、さまざまな格差や分断が起こる可能性がある。これらの問題をすべて取り除くことは非常に困難であるが、そうした格差や分断を可能な限り抑制してゆきながら、できるだけその過程からとりこぼれる国や主体が出ない形でのカーボンニュートラルへの移行が望まれる。

その中で、先進国が途上国に対してできることは、確実に実行が可能で、途上国に過度な負担を強いることなく、そのうえで長期的なカーボンニュートラルの実現が可能なパスについて、ともに考え、そしてその実現を手助けしてゆくことである。具体的には、まずは各国固有の産業構造や社会構造、資源賦存、地理条件などを考慮し、現実的なカーボンニュートラル実現のためのロードマップの作成を、各国と共同で行うことである。そのう

えで、そのロードマップの実現に必要な技術の支援やファイナンス、人材育成などを行ってゆくことである。

こうしたエネルギー・環境分野における国際協力は、これまでも先進国によって行われてきた。しかし、カーボンニュートラルという単なる排出削減とは全く異なる長期的な目標を実現するには、そうした国際協力の重要性がこれまでになく高まっていることもまた事実である。より多くの国や主体がカーボンニュートラルへの移行に成功する明るい将来像を実現するために、これまでも増して密な国際協力を進めることが先進国に対して強く求められている。



## 7. 炭素循環経済/4Rシナリオ

### 7.1 炭素循環経済/4Rシナリオとは

#### 概念と構成要素

「炭素循環経済/4Rシナリオ」(CCEシナリオ)は、2020年10月に発表したIEEJ Outlook 2021において示したシナリオであり、IEEJ Outlook 2022ではその改訂版のシナリオを示す<sup>23</sup>。

米国や中国、欧州連合(EU)、日本、英国など世界の主要国が、温室効果ガス(GHG)の排出を実質0(ネットゼロ)にする長期目標を相次いで掲げる中、GHG排出削減の強化に向けた機運がこれまでになく高まりつつある。2021年には国際エネルギー機関(IEA)が、2050年のネットゼロの達成を視野に入れたロードマップに関する報告書を公表したことも、昨今のネットゼロに向けた関心を高めている。

しかし、IEEJ Outlook 2022では、IEAの報告書のような、将来の「あるべき姿」からそれを実現するための道筋を逆算して提示するバックキャストと呼ばれる手法は採用していない。あくまで現時点でのエネルギー需給の状態をスタート地点と定め、そこから考えられる限り最大限の脱炭素化技術が導入された場合の世界のエネルギー需要を計量経済的手法に基づいて推定したシナリオで分析する。技術進展シナリオは、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、それが最大限奏功し、エネルギー・環境技術が最大限導入されると想定する。それに加えて、近年新たにその導入ポテンシャルが増大しつつある化石燃料を脱炭素化して利用する技術の導入を加味したシナリオが、本章で示す炭素循環経済/4Rシナリオである。なお、炭素循環経済(Circular Carbon Economy: CCE)とは、大気中に存在する二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)をReduce(削減)、Reuse(再利用)、Recycle(再循環)、Remove(除去)の4つの「R」(4R)の循環構造に見立てて、全体を俯瞰する包括的な観点から削減を進めてゆく考え方であり、昨年11月に開催されたG20首脳会合においても、4Rの枠組みに基づく炭素循環

<sup>23</sup> シナリオの意義やその基本的なコンセプトについて詳細は、IEEJ Outlook 2021、pp.137-141を参照

経済の考え方は、経済と環境をはじめとするさまざまな世界の問題に取り組むうえでの全体的かつ包括的、現実的なアプローチであるとの評価を受けている<sup>24</sup>。

炭素循環経済は、従前の循環型経済(Circular Economy)の考え方を発展させた概念である。「削減」(Reduce)、「再利用」(Reuse)、「再循環」(Recycle)の3つの「R」を通じて資源の利用や廃棄物の発生を抑制する循環型経済の考え方に対し、炭素循環経済はこれらの3つのRに「除去」(Remove)を加えた4つのRを通じて大気中のCO<sub>2</sub>の総量を抑制するという概念である。炭素循環経済においては、これらの4つのRに区分される技術(表7-1)を導入することで、さらに化石燃料を脱炭素化して利用しながら、排出削減を図ることをその主たる目的としている。

---

<sup>24</sup> 2020年のG20サミットの宣言文書には以下の文言が含まれた。

“We endorse the Circular Carbon Economy (CCE) Platform, with its 4Rs framework (Reduce, Reuse, Recycle and Remove), recognizing the key importance and ambition of reducing emissions, taking into account system efficiency and national circumstances. The CCE is a voluntary, holistic, integrated, inclusive, pragmatic, and complementary approach to promote economic growth while enhancing environmental stewardship through managing emissions in all sectors including, but not limited to, energy, industry, mobility, and food.” G20 Riyadh Summit Leaders’ Declaration. November 21-22, 2020. P9.

表7-1 | 炭素循環経済における主な「4R技術」

	概要	主な技術
削減(Reduce)	化石燃料の使用量そのものを削減することで大気中に排出されるCO <sub>2</sub> の量を削減する。	省エネルギーの推進 再生可能エネルギーの導入促進 原子力の導入促進 先進超々臨界圧石炭火力発電の活用 燃料電池車・水素自動車の導入促進 水素発電 水素の産業用および民生用燃料としての利用 アンモニアの発電用燃料や船舶用燃料としての利用 石炭灰等の混和材を用いたセメント生産量削減 水素を用いた還元製鉄プロセス
再利用(Reuse)	大気中から回収したCO <sub>2</sub> を化学変化を加えない形で別の用途に利用する。	回収したCO <sub>2</sub> を用いた油田の増進回収法(Enhanced Oil Recovery: EOR) 回収したCO <sub>2</sub> を活用しCO <sub>2</sub> 濃度を高めた温室における農産物栽培 回収したCO <sub>2</sub> を活用した藻類系バイオ燃料原料の増産 葦を原料としたジェット燃料の生産
再循環(Recycle)	大気中から回収したCO <sub>2</sub> を化学変化を加えた形で別の用途に利用する。	回収したCO <sub>2</sub> をコンクリートに吸着させる技術 回収したCO <sub>2</sub> を炭酸塩として固定 回収したCO <sub>2</sub> と水素を原料とした合成液体燃料の生産 回収したCO <sub>2</sub> と水素を原料とした合成メタンの生産 回収したCO <sub>2</sub> と水素を原料とした化学原料の生産
除去(Remove)	大気中のCO <sub>2</sub> を回収して除去する。	二酸化炭素回収・貯留(CCS) 二酸化炭素直接吸収(Direct Air Capture: DAC)によるCO <sub>2</sub> の回収

出所: Mansouri, N. Y. et al. (2020) "A Carbon Management System of Innovation: Towards a Circular Carbon Economy"をもとに作成

### 重要性概念と構成要素

次に、現在のエネルギー・環境情勢を考えるうえでの炭素循環経済/4Rシナリオの重要性を示す。まず挙げられるのがボトムアップ型アプローチの重要性である。IEAなどが行っている長期的なネットゼロに関するエネルギー需給見通しは、将来の到達点をあらかじめ

め定めておき、その状態を達成するためには何をいつまで行うべきなのか、という観点から作成されるバックキャスト型の分析である。言い方を変えれば、「将来はこうあるべき」という姿をまず前提するという意味で、規範的(normative)な需給見通しとも言える。気候変動対策の観点からGHG排出を削減するということが既に世界共通の規範として共有されており、世界がその規範に基づいた理性的な行動をとれば、そのような規範的な見通しを実現する可能性は高くなる。しかし、現実のエネルギー市場においては、世界のエネルギー消費者、エネルギー供給者は必ずしもそのすべてが理性的な行動をとるわけではない。実際のエネルギー需要や供給は、その時々政治的、経済的、社会的な要因によって左右される。すべての環境がGHGの排出削減にとって望ましい状況にある状態もあれば、気候変動対策に後ろ向きな政権が誕生したり、世界的な経済危機の発生により気候変動対策の優先順位が低下したりといった事象が起これば、その分だけ気候変動対策への取り組みは停滞する。規範的な需給見通しは、それ自体として目指すべきベンチマークとしての価値を有するものの、現実の世界で起こる可能性が高いシナリオではないことを認識しておく必要がある。

また、現実のエネルギー供給は、さまざまなインフラストラクチャー(上流資産、パイプライン・船舶をはじめとする輸送インフラ)に基づいて供給されている。既存のエネルギー供給は規模の経済が働くため、短期間に非連続なエネルギー利用の転換を行うには、相当強力な政治介入が必要となる。しかし、そうした介入は、急激なエネルギー価格の変動や雇用調整などを生じる可能性が高く、実際に行うことは難しい。この意味で、エネルギー需給の見通しの「精度」としては、現在利用しているインフラやエネルギーの供給システムを前提として、そこから将来どのような変化がありうるかというボトムアップ型のアプローチの方が、上からあるべき姿を設定し現状との差異を詰めてゆくというアプローチよりも高い精度を確保できる可能性が高い。

あるべき到達点をあらかじめ定め、その到達点に至るエネルギー需給の道筋を描くことには、そうした到達点と現状との差異を検証し、その差異を埋めるための課題を特定するという目的では、価値があるものではある。しかし、そうした分析に基づいて描かれる将来の道筋は、やや仮想的な性格を持つことは否めない。そして、実際の事業を行い、またそのための投資を検討するエネルギー産業の立場からすれば、そうした仮想的な見通しとあわせて、現実的な見通しについても念頭に置いた意思決定を行う必要がある。IEEJ Outlook 2022では、かような問題意識から、現状に即しつつ、多様なエネルギー環境技術

が今後も導入されることを想定した、より「地に足の着いた」分析を行うために、ボトムアップ式の脱炭素化シナリオを作成している。

炭素循環経済/4Rシナリオの重要性として2点目に挙げられるのが、化石燃料をエネルギーミックスの中に入れておくことの価値である。化石燃料は地理的に偏在している場合が多く、エネルギーの自給という観点からは、ややその魅力が劣る。しかしながら、少なくとも石油や石炭については、国際的に統合された市場が存在しており、想定外の供給途絶が発生しても、国際市場から不足分を調達することが比較的容易にできる。液化天然ガス(LNG)についても、2020年時点では全体の取引のほぼ4割がスポットまたは短期契約で取り引きされており、年々その国際市場の流動性が改善している。また、備蓄をしておくことである程度長期にわたる供給途絶に対しても対応可能であるというのも化石燃料の大きな利点である。さらに、化石燃料を利用した火力発電についても、再生可能エネルギーの導入が進む中で、出力変動に対する調整力や慣性力の観点から、安定供給確保の観点からも特有の価値や重要性を有している。もちろんこうした化石燃料の利用は、今後はあくまで二酸化炭素回収・有効利用・貯留(CCUS)などの活用によって脱炭素化した形での利用が大前提となるが、逆に言えばうまく脱炭素化する手法を見出すことができれば、脱炭素化社会においても化石燃料を有効活用することができる。

3点目に、技術中立的アプローチの重要性である。世界各国が掲げる野心的な排出削減目標の実現に向けては、あらゆる排出削減に資する技術を総動員する必要がある。その中では、化石燃料を脱炭素化して利用するという削減策が主要な削減オプションとして位置付けられる必要がある。そもそも、気候変動対策の要点は、化石燃料は「悪」ではなく、削減の対象とされるべきは化石燃料の利用に伴った排出されるCO<sub>2</sub>やメタンである。これらの化石燃料を脱炭素化して利用すれば排出削減と両立させることが可能である。野心的な排出削減を実現させるためには、こうした特定のエネルギー源を優先ないしは劣後させることなく、あくまで排出削減効果そのものを重視した技術中立的なアプローチが不可欠である。そのようなアプローチに基づく化石燃料の脱炭素化が、省エネルギーや再生可能エネルギーの導入とあわせて、主要な排出削減策の1つとして明確に位置付けられるべきである。炭素循環経済/4Rシナリオは、その削減効果を定量的かつ明示的に示すものである。

## 7.2 シナリオの前提

炭素循環経済は、技術中立的な観点から多様な化石燃料の脱炭素化技術も活用しながら現実的な排出削減を進めてゆくべきとする概念であるが、その炭素循環経済の概念に基づく炭素循環経済/4Rシナリオにおいては、表7-2に示すような脱炭素化技術の導入を想定している。炭素循環経済/4Rシナリオは既述のとおり、技術進展シナリオをベースとしており、表7-2に示す技術の想定以外はいずれの前提も技術進展シナリオに準拠している。

表7-2 | 技術導入想定[炭素循環経済/4Rシナリオ]

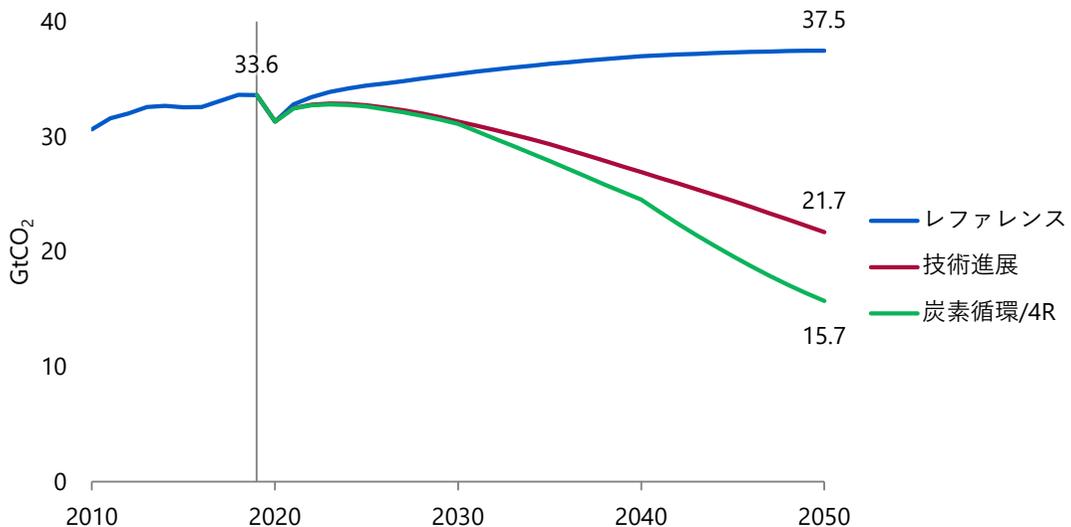
4R分類	シナリオで想定する技術	想定内容
削減(Reduce)	発電部門の水素利用	2050年でCCSが付いていない石炭火力発電とガス火力発電の50%~75%に水素発電(アンモニアを含む)を導入
	輸送部門の水素利用	2050年の道路部門の石油需要の10%~15%、国際輸送用需要の20%~30%を水素に転換
	産業部門の水素利用	先進国および国内の水素供給が豊富な国において2050年の産業用需要の10%~30%を水素に転換
	水素還元製鉄	2050年の先進国および中国、インド、ブラジルの粗鋼生産の25%にブルー水素を用いた水素還元製鉄技術を導入
	民生部門における水素利用	2050年の先進国の民生用需要の10%を水素に転換
	セメント生産量の削減	石炭灰や石灰石焼成粘土などの混和剤を活用することで2050年の世界のセメント生産量を25%削減
再利用(Reuse)	CO <sub>2</sub> 集中利用による藻類系バイオ燃料の増産	2050年のバイオディーゼルの生産量が50%増加
	CO <sub>2</sub> 吸着コンクリート	2050年の世界のコンクリート生産の25%~50%にCO <sub>2</sub> 吸着技術を導入
	合成メタン	2050年の産業用・民生用の需要の20%~40%を合成メタンで代替
再循環(Recycle)	合成燃料	2050年の道路部門の石油需要の10%~20%を合成燃料で代替
除去(Remove)	CO <sub>2</sub> 回収・貯留	ブルー水素製造に要するCCSを追加で実施

IEEJ Outlook 2021の炭素循環経済/4Rシナリオからの主な変更点としては、まず全体的な技術の導入条件を各国・地域の現状に即してより精緻に設定している。また、発電用の水素の利用に関しては、水素とアンモニアの利用を分けて想定した。また、IEEJ Outlook 2021では導入を想定しなかった、カーボンリサイクル技術の1つである合成燃料(E-fuel)の導入を想定しており、合成メタンについては電化が難しい部門における有力な脱炭素化策として導入を想定した。水素についても、発電部門だけではなく、産業や民生などでの導入も織り込んだ。

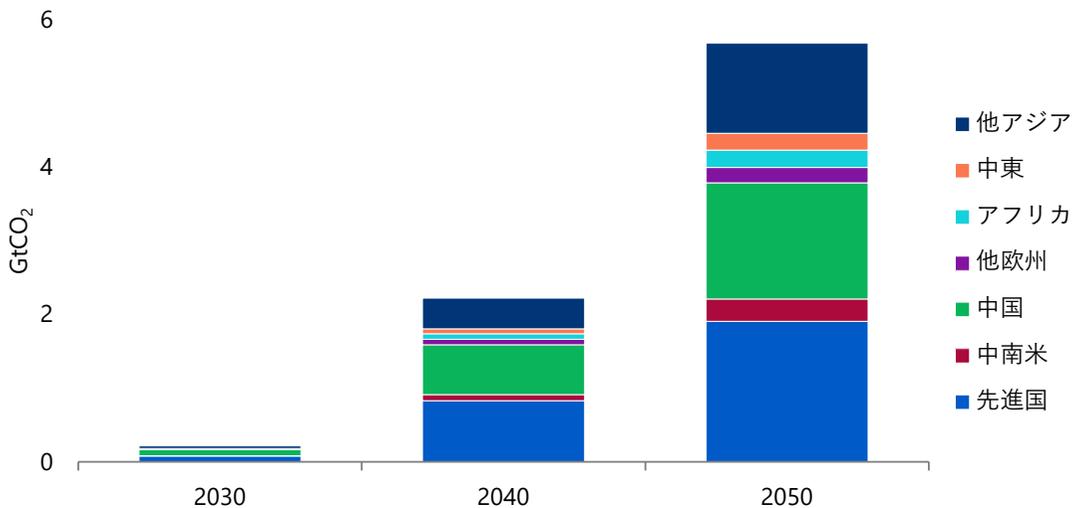
### 7.3 需給像

炭素循環経済/4Rシナリオでは、2050年における世界のCO<sub>2</sub>排出量は、2019年の33.6 Gtからその半分以下の15.7 Gtにまで低下する(図7-1)。レファレンスシナリオに比べて21.7 Gt、技術進展シナリオに比べると6.0 Gtの削減である。技術進展シナリオからの削減量のうち半分以上(3.4 Gt)が非電力部門におけるものである。

図7-1 | 世界のCO<sub>2</sub>排出



なお、2050年時点における追加の排出量削減の約7割近くが新興・途上国における削減である(図7-2)。このことは、新興・途上国においても化石燃料の脱炭素化技術の導入が進めば、化石燃料を利用しながら排出量の削減の積み上げができることを示している。

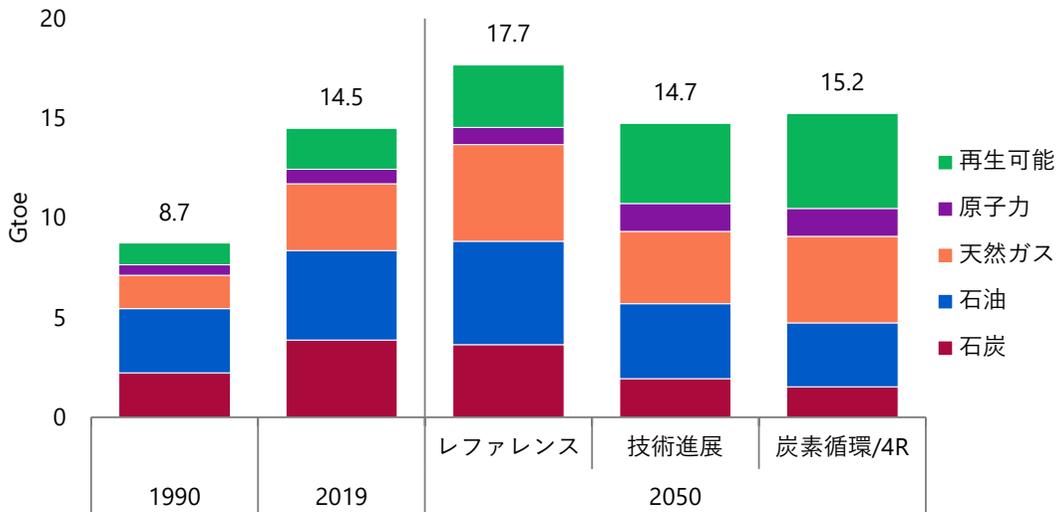
図7-2 | 追加的なCO<sub>2</sub>排出削減量(技術進展シナリオ比) [炭素循環経済/4Rシナリオ]

注: 水素やアンモニア、合成メタン、合成燃料による排出削減は、消費地において計上している。

一次エネルギー消費総量は、技術進展シナリオからやや増加する(図7-3)。これは、多様な脱炭素化技術の導入によって追加的な転換需要が発生するためである。エネルギー源別の構成では、2050年の化石燃料シェアは60%と、レファレンスシナリオの77%からは大きく低下するものの、技術進展シナリオの63%とほぼ同水準となる。化石燃料の脱炭素化技術を積極的に導入することで、化石燃料の利用を続けながら大幅な排出量の削減を実現できる。なお、化石燃料の内訳では、石油や石炭のシェアが減り、天然ガスへの振替が起こる。これは発電部門や運輸部門における石炭や石油の消費が主として天然ガス由来のブルー水素<sup>25</sup>によって代替されることによる。

<sup>25</sup> 化石燃料を分解しその際に排出するCO<sub>2</sub>を回収して製造される水素

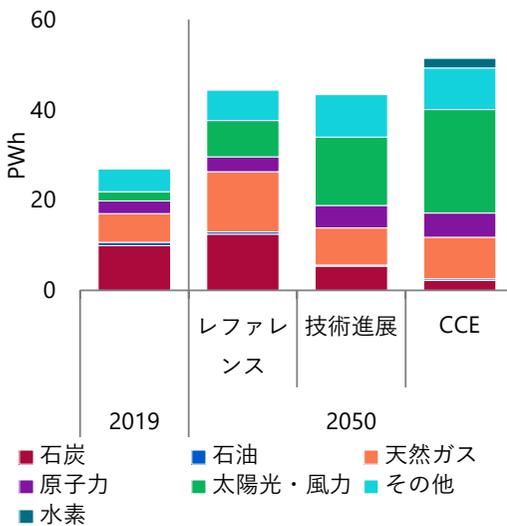
図7-3 | 世界の一次エネルギー消費[2050年]



注: 天然ガスには合成メタンを含む。

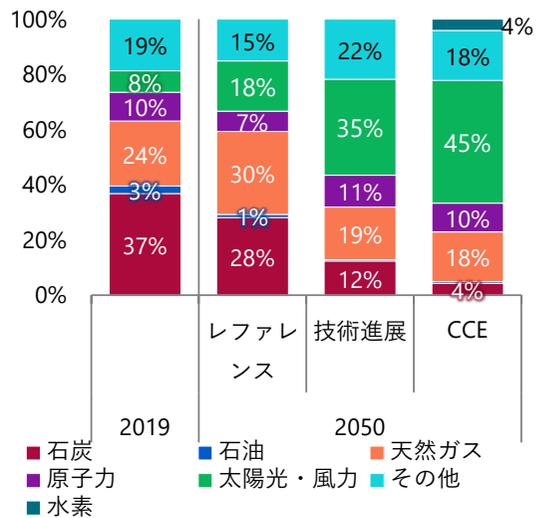
電源構成では、技術進展シナリオに比べて石炭とその他(主に水力とバイオマス)のシェアが低下し、再生可能と水素(アンモニアを含む)が増加する(図7-5)。再生可能の増加は主としてグリーン水素<sup>26</sup>の製造量が増加するためである。技術進展シナリオでは32%の化石燃料は、23%にまで低下する。一方で、水素電は4%となり、化石燃料を一部代替する。

図7-4 | 世界の発電量[2050年]



注: 天然ガスには合成メタンを含む。

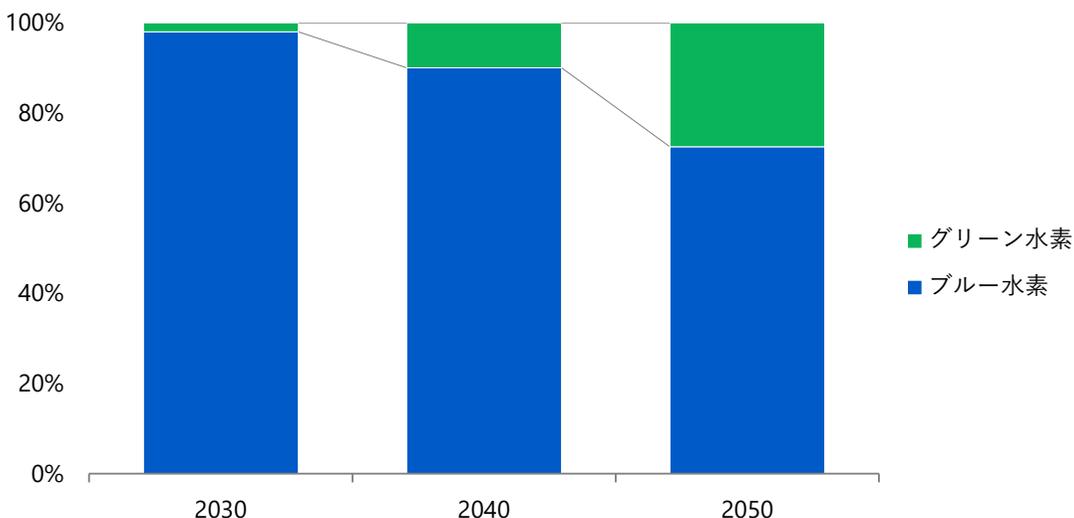
図7-5 | 世界の発電構成[2050年]



<sup>26</sup> 再生可能エネルギーによって水を電気分解することによって得られる水素

炭素循環経済/4Rシナリオにおいては、多様な部門においてクリーン水素(ブルー水素およびグリーン水素)が大きな役割を果たす。2050年におけるブルー水素とグリーン水素の比率は約7:3である。ライフサイクルでみた場合のCO<sub>2</sub>排出量が少ないのはグリーン水素であるが、その一方で物理的な量を確保しやすいのがブルー水素である。グリーン水素は一般的に製造プラントあたりの製造能力が少なく、また余剰電力を活用する場合には設備利用率が低くそのぶん製造量も少なくなるという性格があるためである。経済性の観点では、当面ブルー水素の方がコストが安い、その格差は2050年に向けて縮小するというのが一般的な見方である。まずはブルー水素の導入が進み、今後の技術開発の進展によって、この製造能力やコストの問題が解消してゆくことで、グリーン水素の比率が高くなってゆく(図7-6)。

図7-6 | ブルー水素とグリーン水素の比率[炭素循環経済/4Rシナリオ]



世界のほぼ全地域において水素の需要が拡大するが、特に大きな需要地はやはりアジアである(図7-7)。これは、発電部門における脱炭素化の進展が、他の地域と比べて滞る可能性が高いためであり、中国や東南アジア、南アジアを中心に火力発電の混焼用燃料として需要が大きく拡大する。また欧米など先進国においても、水素の需要は同様に拡大する。発電部門における脱炭素化が進むこと、また残存する火力発電所に対しても、途上国と比較してCCSの適用が進むことから、発電部門もさることながら、輸送部門や産業部門における需要が拡大する。さらに、水素は合成メタンや合成燃料など、既存のインフラを

利用しながら脱炭素化を進める技術の原料にもなるため、これらのいわば「3次燃料」用の原料としての役割も大きくなる。

図7-7 | 水素需要[炭素循環経済/4Rシナリオ]

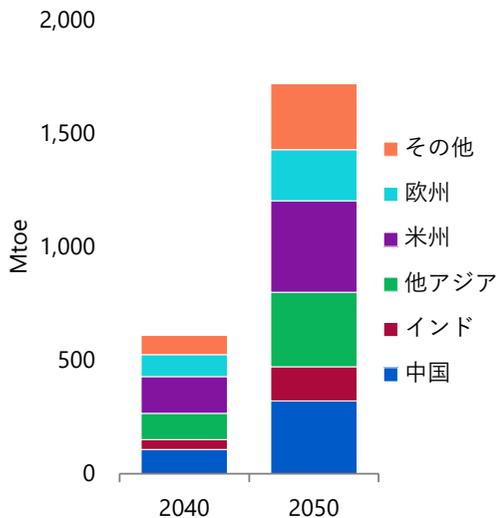
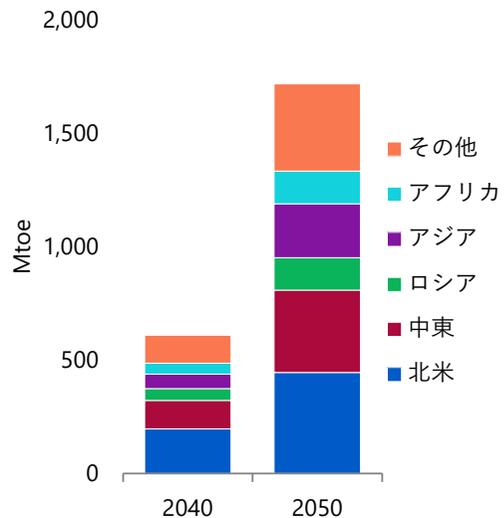


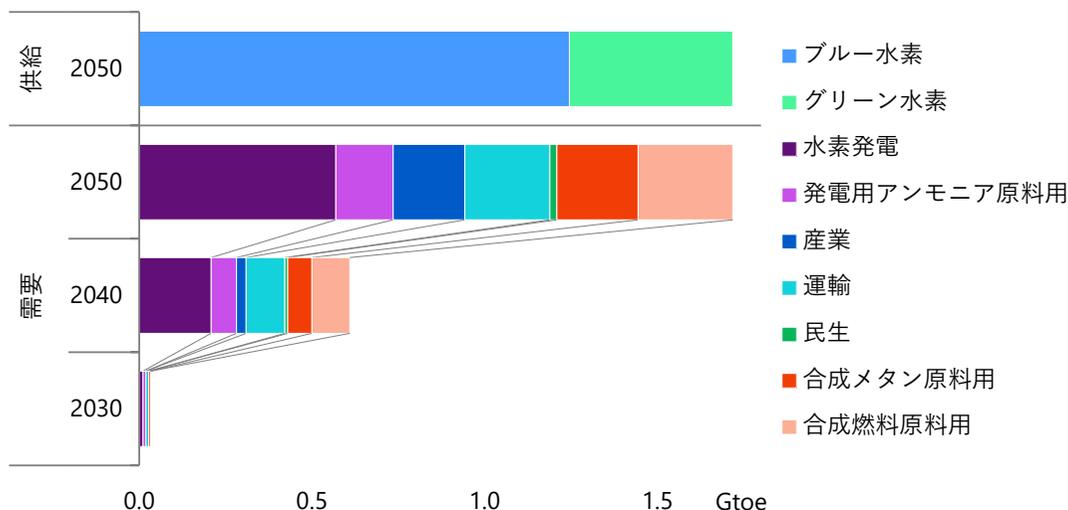
図7-8 | 水素供給[炭素循環経済/4Rシナリオ]



上述のとおりブルー水素が大きな役割を果たすため、水素の供給地としては、北米や中東、ロシアといったブルー水素の原料となる化石燃料資源が豊富に存在している地域が主となる(図7-8)。他方、グリーン水素については、各地域においてまんべんなく製造されるが、なかでも南米や中東、北アフリカなど、安価な再生可能エネルギーの供給が得られる地域における製造量が相対的に大きくなる。

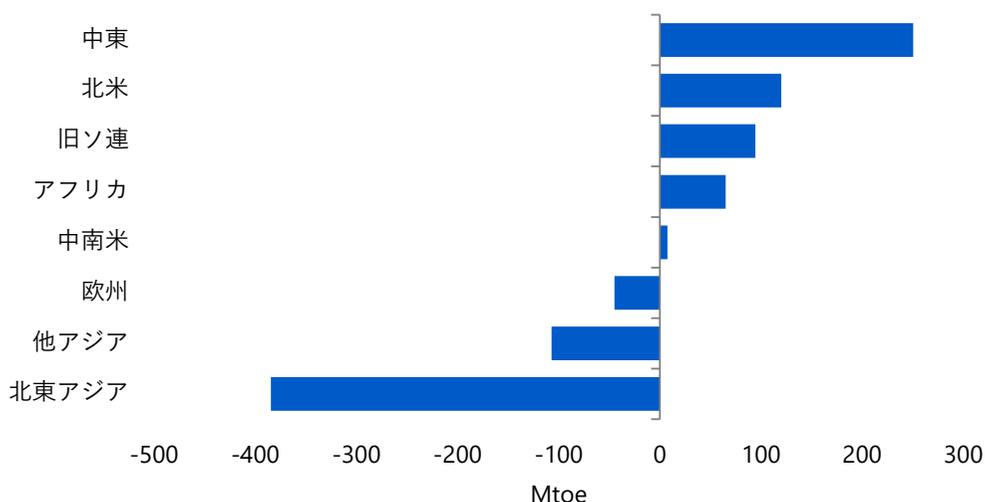
水素の用途別需要について図7-9に示す。アンモニアを含めると発電用が最も多く全体の4割を超える。炭素循環経済/4Rシナリオにおいては、発電部門における水素の利用形態としてアンモニアの直接燃焼を想定している。アンモニアは水素のキャリアとして相対的にコスト競争力があるとされているが、今後も発電部門を中心にその利用は拡大する。発電部門におけるアンモニアの導入は2020年代半ばから日本を中心に始まり、導入量は2050年には発電部門における水素需要の23%に達する。地域としてはアジアが全体のアンモニア導入量の大半を占める。

図7-9 | 世界の水素需要[炭素循環経済/4Rシナリオ]



水素は輸送が困難なエネルギーであり、本来は地産地消が望ましい。しかし今後脱炭素化を進める際には、水素を大量かつ低コストで生産できる地域とそうではない地域との間で国際貿易が発生する。炭素循環経済/4Rシナリオにおいて、水素の主要な輸出地域となるのは、ブルー水素、グリーン水素ともに相対的に低コストでの製造が可能と考えられる中東や北米である(図7-10)。他方、今後エネルギー需要全体が増加するアジアが主な輸入地域となり、その多くがアンモニアとして輸入される。

図7-10 | 水素の純輸出[炭素循環経済/4Rシナリオ、2050年]



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, エチオピア, ガボン, ガーナ, ケニア, 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, セネガル, 南スーダン, スーダン, トーゴ, タンザニア, 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	



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	2019	2030	2050	2030	2050	1990/ 2019	2019/2050	
									レファレンス	技術進展
一次エネルギー消費 (Mtoe)	世界	8,738	14,486	15,869	17,675	15,125	14,738	1.8	0.6	0.1
	先進国	4,465	5,236	5,084	4,717	4,895	4,055	0.6	-0.3	-0.8
	新興・途上国	4,070	8,829	10,297	12,211	9,772	10,056	2.7	1.1	0.4
	アジア	2,083	6,064	7,063	8,028	6,740	6,562	3.8	0.9	0.3
	非アジア	6,453	8,002	8,318	8,900	7,928	7,549	0.7	0.3	-0.2
石油一次消費 (Mtoe)	世界	3,232	4,475	4,728	5,188	4,396	3,762	1.1	0.5	-0.6
	先進国	1,824	1,837	1,679	1,373	1,539	973	0.0	-0.9	-2.0
	新興・途上国	1,206	2,219	2,578	3,170	2,432	2,368	2.1	1.2	0.2
	アジア	616	1,470	1,695	2,024	1,605	1,511	3.0	1.0	0.1
	非アジア	2,414	2,585	2,562	2,519	2,366	1,830	0.2	-0.1	-1.1
天然ガス一次消費 (Mtoe)	世界	1,662	3,363	3,885	4,857	3,668	3,627	2.5	1.2	0.2
	先進国	827	1,503	1,592	1,611	1,458	1,013	2.1	0.2	-1.3
	新興・途上国	835	1,859	2,279	3,158	2,189	2,477	2.8	1.7	0.9
	アジア	116	670	933	1,315	885	1,009	6.2	2.2	1.3
	非アジア	1,547	2,692	2,939	3,454	2,761	2,481	1.9	0.8	-0.3
石炭一次消費 (Mtoe)	世界	2,220	3,878	3,910	3,638	3,344	1,937	1.9	-0.2	-2.2
	先進国	1,088	786	652	466	518	217	-1.1	-1.7	-4.1
	新興・途上国	1,133	3,092	3,258	3,171	2,826	1,719	3.5	0.1	-1.9
	アジア	788	2,947	3,115	2,963	2,694	1,596	4.7	0.0	-2.0
	非アジア	1,432	932	794	675	650	340	-1.5	-1.0	-3.2
発電電力量 (TWh)	世界	11,845	26,936	33,308	44,376	33,444	43,364	2.9	1.6	1.5
	先進国	7,667	10,913	11,860	13,688	11,922	13,670	1.2	0.7	0.7
	新興・途上国	4,178	16,023	21,449	30,688	21,522	29,694	4.7	2.1	2.0
	アジア	2,237	12,432	16,577	22,124	16,570	21,153	6.1	1.9	1.7
	非アジア	9,608	14,504	16,731	22,252	16,874	22,212	1.4	1.4	1.4
エネルギー起源 二酸化炭素排出 (Mt)	世界	20,511	33,613	35,461	37,479	31,330	21,706	1.7	0.4	-1.4
	先進国	10,782	11,019	10,156	8,527	8,783	4,688	0.1	-0.8	-2.7
	新興・途上国	9,102	21,292	23,813	26,746	21,176	15,391	3.0	0.7	-1.0
	アジア	4,682	16,148	17,954	18,921	15,802	10,594	4.4	0.5	-1.4
	非アジア	15,202	16,163	16,015	16,352	14,157	9,486	0.2	0.0	-1.7
GDP (2010年価格10億ドル)	世界	37,974	84,540	111,268	183,075	111,268	183,075	2.8	2.5	2.5
	先進国	28,841	52,404	62,231	84,998	62,231	84,998	2.1	1.6	1.6
	新興・途上国	9,133	32,136	49,037	98,077	49,037	98,077	4.4	3.7	3.7
	アジア	7,634	26,795	40,632	76,784	40,632	76,784	4.4	3.5	3.5
	非アジア	30,340	57,745	70,636	106,292	70,636	106,292	2.2	2.0	2.0
人口 (100万人)	世界	5,277	7,663	8,506	9,694	8,506	9,694	1.3	0.8	0.8
	先進国	998	1,191	1,222	1,238	1,222	1,238	0.6	0.1	0.1
	新興・途上国	4,279	6,472	7,285	8,456	7,285	8,456	1.4	0.9	0.9
	アジア	2,938	4,150	4,462	4,697	4,462	4,697	1.2	0.4	0.4
	非アジア	2,339	3,513	4,044	4,997	4,044	4,997	1.4	1.1	1.1

付表3 | 人口

(100万人)

	1990	2010	2019	2030	2040	2050	年平均変化率(%)				
							1990/ 2019	2019/ 2030	2030/ 2040	2040/ 2050	2019/ 2050
世界	5,277 (100)	6,919 (100)	7,663 (100)	8,506 (100)	9,157 (100)	9,694 (100)	1.3	1.0	0.7	0.6	0.8
アジア	2,938 (55.7)	3,824 (55.3)	4,150 (54.2)	4,462 (52.5)	4,632 (50.6)	4,697 (48.5)	1.2	0.7	0.4	0.1	0.4
中国	1,135 (21.5)	1,338 (19.3)	1,398 (18.2)	1,429 (16.8)	1,414 (15.4)	1,368 (14.1)	0.7	0.2	-0.1	-0.3	-0.1
インド	873 (16.5)	1,234 (17.8)	1,366 (17.8)	1,504 (17.7)	1,593 (17.4)	1,639 (16.9)	1.6	0.9	0.6	0.3	0.6
日本	124 (2.3)	128 (1.9)	126 (1.6)	120 (1.4)	113 (1.2)	105 (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)	50 (0.5)	47 (0.5)	0.6	-0.1	-0.3	-0.6	-0.3
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)	637 (8.3)	699 (8.2)	738 (8.1)	761 (7.9)	1.4	0.8	0.5	0.3	0.6
インドネシア	181 (3.4)	242 (3.5)	271 (3.5)	299 (3.5)	319 (3.5)	331 (3.4)	1.4	0.9	0.6	0.4	0.7
マレーシア	18 (0.3)	28 (0.4)	32 (0.4)	36 (0.4)	39 (0.4)	41 (0.4)	2.0	1.1	0.7	0.5	0.8
ミャンマー	41 (0.8)	51 (0.7)	54 (0.7)	58 (0.7)	61 (0.7)	62 (0.6)	0.9	0.7	0.5	0.2	0.5
フィリピン	62 (1.2)	94 (1.4)	108 (1.4)	124 (1.5)	136 (1.5)	144 (1.5)	1.9	1.2	0.9	0.6	0.9
シンガポール	3 (0.1)	5 (0.1)	6 (0.1)	6 (0.1)	6 (0.1)	6 (0.1)	2.2	0.7	0.3	-0.1	0.3
タイ	57 (1.1)	67 (1.0)	70 (0.9)	70 (0.8)	69 (0.8)	66 (0.7)	0.7	0.1	-0.2	-0.5	-0.2
ベトナム	68 (1.3)	88 (1.3)	96 (1.3)	104 (1.2)	108 (1.2)	110 (1.1)	1.2	0.7	0.3	0.2	0.4
北米	277 (5.3)	343 (5.0)	366 (4.8)	390 (4.6)	410 (4.5)	425 (4.4)	1.0	0.6	0.5	0.4	0.5
米国	250 (4.7)	309 (4.5)	328 (4.3)	350 (4.1)	366 (4.0)	379 (3.9)	0.9	0.6	0.5	0.3	0.5
中南米	438 (8.3)	586 (8.5)	643 (8.4)	701 (8.2)	737 (8.0)	757 (7.8)	1.3	0.8	0.5	0.3	0.5
欧州先進国	505 (9.6)	556 (8.0)	580 (7.6)	588 (6.9)	590 (6.4)	586 (6.0)	0.5	0.1	0.0	-0.1	0.0
欧州連合	420 (8.0)	442 (6.4)	448 (5.8)	447 (5.3)	445 (4.9)	437 (4.5)	0.2	0.0	-0.1	-0.2	-0.1
他欧州/ユーラシア	336 (6.4)	332 (4.8)	341 (4.5)	344 (4.0)	342 (3.7)	340 (3.5)	0.0	0.1	-0.1	-0.1	0.0
アフリカ	630 (11.9)	1,039 (15.0)	1,301 (17.0)	1,688 (19.8)	2,077 (22.7)	2,489 (25.7)	2.5	2.4	2.1	1.8	2.1
中東	132 (2.5)	213 (3.1)	252 (3.3)	299 (3.5)	333 (3.6)	362 (3.7)	2.3	1.6	1.1	0.8	1.2
オセアニア	20 (0.4)	26 (0.4)	30 (0.4)	33 (0.4)	36 (0.4)	39 (0.4)	1.4	0.9	0.8	0.7	0.8
先進国	998 (18.9)	1,139 (16.5)	1,191 (15.5)	1,222 (14.4)	1,237 (13.5)	1,238 (12.8)	0.6	0.2	0.1	0.0	0.1
新興・途上国	4,279 (81.1)	5,780 (83.5)	6,472 (84.5)	7,285 (85.6)	7,920 (86.5)	8,456 (87.2)	1.4	1.1	0.8	0.7	0.9

(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

(2010年価格10億ドル)

	1990	2010	2019	2030	2040	2050	年平均変化率(%)				
							1990/ 2019	2019/ 2030	2030/ 2040	2040/ 2050	2019/ 2050
世界	37,974 (100)	66,176 (100)	84,540 (100)	111,268 (100)	145,690 (100)	183,075 (100)	2.8	2.5	2.7	2.3	2.5
アジア	7,634 (20.1)	17,747 (26.8)	26,795 (31.7)	40,632 (36.5)	57,782 (39.7)	76,784 (41.9)	4.4	3.9	3.6	2.9	3.5
中国	828 (2.2)	6,087 (9.2)	11,520 (13.6)	19,727 (17.7)	28,857 (19.8)	37,739 (20.6)	9.5	5.0	3.9	2.7	3.9
インド	506 (1.3)	1,670 (2.5)	2,930 (3.5)	5,301 (4.8)	9,066 (6.2)	14,321 (7.8)	6.2	5.5	5.5	4.7	5.3
日本	4,704 (12.4)	5,700 (8.6)	6,211 (7.3)	6,664 (6.0)	7,227 (5.0)	7,761 (4.2)	1.0	0.6	0.8	0.7	0.7
韓国	364 (1.0)	1,144 (1.7)	1,482 (1.8)	1,885 (1.7)	2,308 (1.6)	2,665 (1.5)	5.0	2.2	2.0	1.4	1.9
台湾	155 (0.4)	446 (0.7)	560 (0.7)	740 (0.7)	893 (0.6)	1,030 (0.6)	4.5	2.6	1.9	1.4	2.0
ASEAN	746 (2.0)	1,970 (3.0)	3,040 (3.6)	4,692 (4.2)	7,044 (4.8)	9,967 (5.4)	5.0	4.0	4.1	3.5	3.9
インドネシア	310 (0.8)	755 (1.1)	1,204 (1.4)	1,965 (1.8)	3,129 (2.1)	4,595 (2.5)	4.8	4.6	4.8	3.9	4.4
マレーシア	82 (0.2)	255 (0.4)	399 (0.5)	614 (0.6)	876 (0.6)	1,182 (0.6)	5.6	4.0	3.6	3.0	3.6
ミャンマー	7 (0.0)	41 (0.1)	73 (0.1)	105 (0.1)	175 (0.1)	270 (0.1)	8.6	3.4	5.2	4.4	4.3
フィリピン	98 (0.3)	208 (0.3)	361 (0.4)	572 (0.5)	829 (0.6)	1,156 (0.6)	4.6	4.3	3.8	3.4	3.8
シンガポール	69 (0.2)	240 (0.4)	336 (0.4)	422 (0.4)	521 (0.4)	599 (0.3)	5.6	2.1	2.1	1.4	1.9
タイ	142 (0.4)	341 (0.5)	453 (0.5)	612 (0.6)	849 (0.6)	1,118 (0.6)	4.1	2.8	3.3	2.8	3.0
ベトナム	29 (0.1)	116 (0.2)	201 (0.2)	384 (0.3)	643 (0.4)	1,023 (0.6)	6.8	6.1	5.3	4.7	5.4
北米	10,014 (26.4)	16,606 (25.1)	20,240 (23.9)	24,902 (22.4)	31,012 (21.3)	37,433 (20.4)	2.5	1.9	2.2	1.9	2.0
米国	9,001 (23.7)	14,992 (22.7)	18,300 (21.6)	22,575 (20.3)	28,191 (19.4)	34,109 (18.6)	2.5	1.9	2.2	1.9	2.0
中南米	2,828 (7.4)	5,249 (7.9)	5,894 (7.0)	7,405 (6.7)	10,220 (7.0)	13,074 (7.1)	2.6	2.1	3.3	2.5	2.6
欧州先進国	12,710 (33.5)	18,523 (28.0)	21,589 (25.5)	25,122 (22.6)	28,657 (19.7)	31,986 (17.5)	1.8	1.4	1.3	1.1	1.3
欧州連合	10,242 (27.0)	14,556 (22.0)	16,619 (19.7)	19,290 (17.3)	22,002 (15.1)	24,509 (13.4)	1.7	1.4	1.3	1.1	1.3
他欧州/ユーラシア	2,140 (5.6)	2,429 (3.7)	2,940 (3.5)	3,761 (3.4)	4,762 (3.3)	5,958 (3.3)	1.1	2.3	2.4	2.3	2.3
アフリカ	896 (2.4)	1,956 (3.0)	2,526 (3.0)	3,674 (3.3)	5,899 (4.0)	8,724 (4.8)	3.6	3.5	4.9	4.0	4.1
中東	1,032 (2.7)	2,326 (3.5)	2,854 (3.4)	3,636 (3.3)	4,772 (3.3)	6,074 (3.3)	3.6	2.2	2.8	2.4	2.5
オセアニア	722 (1.9)	1,340 (2.0)	1,702 (2.0)	2,137 (1.9)	2,586 (1.8)	3,044 (1.7)	3.0	2.1	1.9	1.6	1.9
先進国	28,841 (75.9)	44,228 (66.8)	52,404 (62.0)	62,231 (55.9)	73,632 (50.5)	84,998 (46.4)	2.1	1.6	1.7	1.4	1.6
新興・途上国	9,133 (24.1)	21,949 (33.2)	32,136 (38.0)	49,037 (44.1)	72,058 (49.5)	98,077 (53.6)	4.4	3.9	3.9	3.1	3.7

(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人あたりGDP

	(2010年価格1,000ドル/人)										
							年平均変化率(%)				
	1990	2010	2019	2030	2040	2050	1990/ 2019	2019/ 2030	2030/ 2040	2040/ 2050	2019/ 2050
世界	7.2	9.6	11.0	13.1	15.9	18.9	1.5	1.6	2.0	1.7	1.7
アジア	2.6	4.6	6.5	9.1	12.5	16.3	3.2	3.2	3.2	2.7	3.0
中国	0.7	4.6	8.2	13.8	20.4	27.6	8.7	4.8	4.0	3.1	4.0
インド	0.6	1.4	2.1	3.5	5.7	8.7	4.6	4.6	4.9	4.4	4.6
日本	38.1	44.5	49.2	55.5	64.1	73.8	0.9	1.1	1.5	1.4	1.3
韓国	8.5	23.1	28.7	36.7	46.1	56.6	4.3	2.3	2.3	2.1	2.2
台湾	7.6	19.3	23.7	30.9	38.0	46.2	4.0	2.4	2.1	2.0	2.2
ASEAN	1.7	3.4	4.8	6.7	9.5	13.1	3.6	3.2	3.6	3.2	3.3
インドネシア	1.7	3.1	4.5	6.6	9.8	13.9	3.4	3.6	4.1	3.5	3.7
マレーシア	4.5	9.0	12.5	17.0	22.6	29.1	3.6	2.8	2.9	2.6	2.8
ミャンマー	0.2	0.8	1.3	1.8	2.9	4.3	7.6	2.7	4.8	4.2	3.9
フィリピン	1.6	2.2	3.3	4.6	6.1	8.0	2.6	3.0	2.8	2.7	2.9
シンガポール	22.6	47.2	58.8	68.6	82.2	95.0	3.4	1.4	1.8	1.5	1.6
タイ	2.5	5.1	6.5	8.7	12.3	17.0	3.3	2.7	3.5	3.3	3.1
ベトナム	0.4	1.3	2.1	3.7	6.0	9.3	5.6	5.3	4.9	4.6	5.0
北米	36.1	48.4	55.3	63.8	75.7	88.1	1.5	1.3	1.7	1.5	1.5
米国	36.1	48.5	55.8	64.6	76.9	89.9	1.5	1.3	1.8	1.6	1.6
中南米	6.5	9.0	9.2	10.6	13.9	17.3	1.2	1.3	2.8	2.2	2.1
欧州先進国	25.2	33.3	37.2	42.7	48.5	54.6	1.4	1.3	1.3	1.2	1.2
欧州連合	24.4	33.0	37.1	43.1	49.5	56.1	1.5	1.4	1.4	1.3	1.3
他欧州/ユーラシア	6.4	7.3	8.6	10.9	13.9	17.5	1.1	2.2	2.4	2.3	2.3
アフリカ	1.4	1.9	1.9	2.2	2.8	3.5	1.1	1.0	2.7	2.1	1.9
中東	7.8	10.9	11.3	12.1	14.3	16.8	1.3	0.6	1.7	1.6	1.3
オセアニア	35.4	50.8	56.1	63.8	71.5	78.9	1.6	1.2	1.1	1.0	1.1
先進国	28.9	38.8	44.0	50.9	59.5	68.7	1.5	1.3	1.6	1.4	1.4
新興・途上国	2.1	3.8	5.0	6.7	9.1	11.6	3.0	2.8	3.1	2.5	2.8

(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
		2020						
原油	\$2020/bbl	41	80	95	100	65	60	50
天然ガス								
日本	\$2020/MBtu	7.8	7.6	7.6	7.5	7.0	6.3	5.1
ヨーロッパ(英国)	\$2020/MBtu	3.3	7.5	7.5	7.4	6.9	6.2	5.0
米国	\$2020/MBtu	2.1	3.3	3.8	3.8	3.0	3.5	3.5
一般炭	\$2020/t	80	96	97	98	75	69	64
名目価格								
		2020						
原油	\$/bbl	41	98	141	181	79	89	91
天然ガス								
日本	\$/MBtu	7.8	9.3	11.3	13.6	8.5	9.4	9.3
ヨーロッパ(英国)	\$/MBtu	3.3	9.1	11.1	13.4	8.4	9.2	9.1
米国	\$/MBtu	2.1	4.0	5.6	6.9	3.6	5.2	6.3
一般炭	\$/t	80	117	144	178	91	103	116

(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	2019	2030	2040	2050	年平均変化率(%)				
							1990/ 2019	2019/ 2030	2030/ 2040	2040/ 2050	2019/ 2050
世界	8,738 (100)	12,813 (100)	14,486 (100)	15,869 (100)	16,955 (100)	17,675 (100)	1.8	0.8	0.7	0.4	0.6
アジア	2,083 (23.8)	4,781 (37.3)	6,064 (41.9)	7,063 (44.5)	7,639 (45.1)	8,028 (45.4)	3.8	1.4	0.8	0.5	0.9
中国	874 (10.0)	2,536 (19.8)	3,389 (23.4)	3,655 (23.0)	3,576 (21.1)	3,373 (19.1)	4.8	0.7	-0.2	-0.6	0.0
インド	280 (3.2)	667 (5.2)	938 (6.5)	1,367 (8.6)	1,776 (10.5)	2,158 (12.2)	4.3	3.5	2.7	2.0	2.7
日本	437 (5.0)	500 (3.9)	415 (2.9)	392 (2.5)	366 (2.2)	340 (1.9)	-0.2	-0.5	-0.7	-0.7	-0.6
韓国	93 (1.1)	250 (2.0)	280 (1.9)	288 (1.8)	282 (1.7)	263 (1.5)	3.9	0.2	-0.2	-0.7	-0.2
台湾	47 (0.5)	109 (0.8)	110 (0.8)	115 (0.7)	113 (0.7)	107 (0.6)	3.0	0.4	-0.1	-0.6	-0.1
ASEAN	232 (2.7)	533 (4.2)	686 (4.7)	923 (5.8)	1,137 (6.7)	1,336 (7.6)	3.8	2.7	2.1	1.6	2.2
インドネシア	99 (1.1)	202 (1.6)	241 (1.7)	336 (2.1)	433 (2.6)	527 (3.0)	3.1	3.1	2.6	2.0	2.6
マレーシア	21 (0.2)	72 (0.6)	92 (0.6)	129 (0.8)	150 (0.9)	162 (0.9)	5.2	3.2	1.5	0.8	1.9
ミャンマー	11 (0.1)	14 (0.1)	24 (0.2)	31 (0.2)	40 (0.2)	50 (0.3)	2.8	2.6	2.6	2.2	2.5
フィリピン	28 (0.3)	42 (0.3)	62 (0.4)	90 (0.6)	112 (0.7)	136 (0.8)	2.8	3.5	2.2	2.0	2.6
シンガポール	12 (0.1)	24 (0.2)	34 (0.2)	38 (0.2)	40 (0.2)	41 (0.2)	3.8	0.9	0.6	0.1	0.5
タイ	42 (0.5)	118 (0.9)	139 (1.0)	159 (1.0)	182 (1.1)	199 (1.1)	4.2	1.3	1.3	0.9	1.2
ベトナム	18 (0.2)	59 (0.5)	91 (0.6)	136 (0.9)	175 (1.0)	216 (1.2)	5.8	3.7	2.5	2.2	2.8
北米	2,126 (24.3)	2,477 (19.3)	2,518 (17.4)	2,447 (15.4)	2,416 (14.3)	2,350 (13.3)	0.6	-0.3	-0.1	-0.3	-0.2
米国	1,914 (21.9)	2,216 (17.3)	2,213 (15.3)	2,128 (13.4)	2,095 (12.4)	2,039 (11.5)	0.5	-0.4	-0.2	-0.3	-0.3
中南米	464 (5.3)	788 (6.2)	829 (5.7)	940 (5.9)	1,085 (6.4)	1,166 (6.6)	2.0	1.1	1.5	0.7	1.1
欧州先進国	1,643 (18.8)	1,835 (14.3)	1,715 (11.8)	1,638 (10.3)	1,549 (9.1)	1,457 (8.2)	0.1	-0.4	-0.6	-0.6	-0.5
欧州連合	1,439 (16.5)	1,527 (11.9)	1,403 (9.7)	1,341 (8.5)	1,267 (7.5)	1,182 (6.7)	-0.1	-0.4	-0.6	-0.7	-0.6
他欧州/ユーラシア	1,514 (17.3)	1,112 (8.7)	1,167 (8.1)	1,191 (7.5)	1,234 (7.3)	1,269 (7.2)	-0.9	0.2	0.4	0.3	0.3
アフリカ	385 (4.4)	687 (5.4)	857 (5.9)	1,021 (6.4)	1,200 (7.1)	1,354 (7.7)	2.8	1.6	1.6	1.2	1.5
中東	223 (2.5)	630 (4.9)	766 (5.3)	929 (5.9)	1,060 (6.3)	1,159 (6.6)	4.4	1.8	1.3	0.9	1.3
オセアニア	99 (1.1)	144 (1.1)	149 (1.0)	152 (1.0)	151 (0.9)	146 (0.8)	1.4	0.1	-0.1	-0.3	-0.1
先進国	4,465 (51.1)	5,352 (41.8)	5,236 (36.1)	5,084 (32.0)	4,931 (29.1)	4,717 (26.7)	0.6	-0.3	-0.3	-0.4	-0.3
新興・途上国	4,070 (46.6)	7,103 (55.4)	8,829 (61.0)	10,297 (64.9)	11,403 (67.3)	12,211 (69.1)	2.7	1.4	1.0	0.7	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	2019	2030	2040	2050	年平均変化率(%)				
							1990/ 2019	2019/ 2030	2030/ 2040	2040/ 2050	2019/ 2050
世界	2,220 (100)	3,654 (100)	3,878 (100)	3,910 (100)	3,849 (100)	3,638 (100)	1.9	0.1	-0.2	-0.6	-0.2
アジア	788 (35.5)	2,409 (65.9)	2,947 (76.0)	3,115 (79.7)	3,105 (80.7)	2,963 (81.4)	4.7	0.5	0.0	-0.5	0.0
中国	531 (23.9)	1,790 (49.0)	2,072 (53.4)	2,028 (51.9)	1,784 (46.3)	1,483 (40.8)	4.8	-0.2	-1.3	-1.8	-1.1
インド	93 (4.2)	279 (7.6)	418 (10.8)	588 (15.0)	767 (19.9)	894 (24.6)	5.3	3.2	2.7	1.5	2.5
日本	77 (3.5)	116 (3.2)	115 (3.0)	92 (2.4)	84 (2.2)	74 (2.0)	1.4	-2.0	-0.9	-1.3	-1.4
韓国	25 (1.1)	73 (2.0)	80 (2.1)	80 (2.1)	76 (2.0)	66 (1.8)	4.0	0.0	-0.5	-1.5	-0.6
台湾	11 (0.5)	38 (1.0)	39 (1.0)	44 (1.1)	41 (1.1)	37 (1.0)	4.6	1.0	-0.6	-1.2	-0.2
ASEAN	13 (0.6)	85 (2.3)	174 (4.5)	224 (5.7)	279 (7.2)	321 (8.8)	9.5	2.3	2.2	1.4	2.0
インドネシア	4 (0.2)	32 (0.9)	69 (1.8)	87 (2.2)	117 (3.0)	136 (3.7)	10.8	2.2	2.9	1.5	2.2
マレーシア	1 (0.1)	15 (0.4)	22 (0.6)	29 (0.8)	33 (0.9)	35 (1.0)	10.2	2.5	1.2	0.5	1.4
ミャンマー	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (0.0)	3 (0.1)	4 (0.1)	7 (0.2)	11.0	6.4	5.2	3.9	5.2
フィリピン	1 (0.1)	7 (0.2)	18 (0.5)	21 (0.5)	25 (0.7)	29 (0.8)	9.0	1.6	1.8	1.3	1.6
シンガポール	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	11.1	-0.1	-0.3	-1.3	-0.6
タイ	4 (0.2)	16 (0.4)	16 (0.4)	16 (0.4)	16 (0.4)	15 (0.4)	5.1	-0.2	0.2	-0.9	-0.3
ベトナム	2 (0.1)	15 (0.4)	47 (1.2)	66 (1.7)	83 (2.1)	100 (2.7)	11.1	3.3	2.2	1.9	2.5
北米	484 (21.8)	525 (14.4)	289 (7.4)	208 (5.3)	159 (4.1)	104 (2.9)	-1.8	-3.0	-2.7	-4.1	-3.2
米国	460 (20.7)	501 (13.7)	275 (7.1)	201 (5.2)	155 (4.0)	101 (2.8)	-1.8	-2.8	-2.6	-4.2	-3.2
中南米	21 (1.0)	39 (1.1)	44 (1.1)	42 (1.1)	47 (1.2)	47 (1.3)	2.6	-0.5	1.3	0.0	0.2
欧州先進国	448 (20.2)	301 (8.2)	213 (5.5)	186 (4.8)	170 (4.4)	152 (4.2)	-2.5	-1.2	-0.9	-1.1	-1.1
欧州連合	391 (17.6)	252 (6.9)	175 (4.5)	157 (4.0)	143 (3.7)	127 (3.5)	-2.7	-1.0	-1.0	-1.2	-1.0
他欧州/ユーラシア	365 (16.5)	211 (5.8)	216 (5.6)	191 (4.9)	191 (5.0)	190 (5.2)	-1.8	-1.1	0.0	0.0	-0.4
アフリカ	74 (3.3)	108 (3.0)	119 (3.1)	123 (3.1)	136 (3.5)	145 (4.0)	1.6	0.3	1.1	0.6	0.7
中東	3 (0.1)	10 (0.3)	8 (0.2)	10 (0.3)	9 (0.2)	8 (0.2)	3.4	1.9	-0.5	-1.4	0.1
オセアニア	36 (1.6)	52 (1.4)	43 (1.1)	36 (0.9)	32 (0.8)	28 (0.8)	0.6	-1.7	-1.1	-1.4	-1.4
先進国	1,088 (49.0)	1,111 (30.4)	786 (20.3)	652 (16.7)	568 (14.8)	466 (12.8)	-1.1	-1.7	-1.4	-2.0	-1.7
新興・途上国	1,133 (51.0)	2,543 (69.6)	3,092 (79.7)	3,258 (83.3)	3,281 (85.2)	3,171 (87.2)	3.5	0.5	0.1	-0.3	0.1

(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	2019	2030	2040	2050	年平均変化率(%)				
							1990/ 2019	2019/ 2030	2030/ 2040	2040/ 2050	2019/ 2050
世界	3,232 (100)	4,126 (100)	4,475 (100)	4,728 (100)	5,008 (100)	5,188 (100)	1.1	0.5	0.6	0.4	0.5
アジア	616 (19.1)	1,161 (28.1)	1,470 (32.9)	1,695 (35.9)	1,873 (37.4)	2,024 (39.0)	3.0	1.3	1.0	0.8	1.0
中国	119 (3.7)	428 (10.4)	648 (14.5)	719 (15.2)	719 (14.4)	672 (13.0)	6.0	0.9	0.0	-0.7	0.1
インド	61 (1.9)	162 (3.9)	235 (5.3)	344 (7.3)	476 (9.5)	637 (12.3)	4.8	3.5	3.3	3.0	3.3
日本	249 (7.7)	201 (4.9)	159 (3.6)	135 (2.9)	116 (2.3)	98 (1.9)	-1.5	-1.5	-1.6	-1.6	-1.5
韓国	50 (1.5)	95 (2.3)	104 (2.3)	102 (2.2)	98 (2.0)	92 (1.8)	2.6	-0.2	-0.4	-0.7	-0.4
台湾	26 (0.8)	44 (1.1)	40 (0.9)	39 (0.8)	37 (0.7)	32 (0.6)	1.5	0.0	-0.7	-1.2	-0.6
ASEAN	89 (2.7)	188 (4.6)	231 (5.2)	283 (6.0)	335 (6.7)	381 (7.3)	3.3	1.9	1.7	1.3	1.6
インドネシア	33 (1.0)	67 (1.6)	75 (1.7)	91 (1.9)	111 (2.2)	128 (2.5)	2.9	1.7	2.0	1.5	1.7
マレーシア	11 (0.4)	25 (0.6)	27 (0.6)	31 (0.7)	30 (0.6)	28 (0.5)	3.0	1.4	-0.3	-1.0	0.1
ミャンマー	1 (0.0)	1 (0.0)	7 (0.2)	10 (0.2)	15 (0.3)	20 (0.4)	8.1	3.3	4.2	3.0	3.5
フィリピン	11 (0.3)	14 (0.3)	19 (0.4)	32 (0.7)	44 (0.9)	57 (1.1)	2.0	4.6	3.3	2.8	3.6
シンガポール	11 (0.4)	16 (0.4)	24 (0.5)	26 (0.5)	27 (0.5)	28 (0.5)	2.6	0.5	0.5	0.3	0.4
タイ	18 (0.6)	45 (1.1)	55 (1.2)	60 (1.3)	66 (1.3)	70 (1.4)	3.9	0.8	1.0	0.6	0.8
ベトナム	3 (0.1)	18 (0.4)	21 (0.5)	32 (0.7)	40 (0.8)	48 (0.9)	7.4	3.6	2.4	1.8	2.6
北米	833 (25.8)	903 (21.9)	896 (20.0)	813 (17.2)	754 (15.1)	690 (13.3)	0.2	-0.9	-0.7	-0.9	-0.8
米国	757 (23.4)	807 (19.5)	793 (17.7)	718 (15.2)	667 (13.3)	612 (11.8)	0.2	-0.9	-0.7	-0.9	-0.8
中南米	238 (7.4)	365 (8.9)	338 (7.6)	356 (7.5)	382 (7.6)	380 (7.3)	1.2	0.5	0.7	0.0	0.4
欧州先進国	617 (19.1)	606 (14.7)	560 (12.5)	513 (10.8)	452 (9.0)	394 (7.6)	-0.3	-0.8	-1.3	-1.4	-1.1
欧州連合	531 (16.4)	506 (12.3)	460 (10.3)	422 (8.9)	371 (7.4)	323 (6.2)	-0.5	-0.8	-1.3	-1.4	-1.1
他欧州/ユーラシア	459 (14.2)	216 (5.2)	237 (5.3)	236 (5.0)	231 (4.6)	226 (4.4)	-2.3	0.0	-0.2	-0.2	-0.2
アフリカ	85 (2.6)	162 (3.9)	198 (4.4)	247 (5.2)	332 (6.6)	423 (8.2)	2.9	2.1	3.0	2.5	2.5
中東	146 (4.5)	306 (7.4)	307 (6.9)	349 (7.4)	373 (7.4)	369 (7.1)	2.6	1.2	0.6	-0.1	0.6
オセアニア	35 (1.1)	48 (1.2)	50 (1.1)	47 (1.0)	43 (0.9)	37 (0.7)	1.3	-0.5	-1.0	-1.4	-0.9
先進国	1,824 (56.4)	1,917 (46.5)	1,837 (41.0)	1,679 (35.5)	1,530 (30.5)	1,373 (26.5)	0.0	-0.8	-0.9	-1.1	-0.9
新興・途上国	1,206 (37.3)	1,850 (44.8)	2,219 (49.6)	2,578 (54.5)	2,910 (58.1)	3,170 (61.1)	2.1	1.4	1.2	0.9	1.2

(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	2019	2030	2040	2050	年平均変化率(%)				
							1990/ 2019	2019/ 2030	2030/ 2040	2040/ 2050	2019/ 2050
世界	1,662 (100)	2,734 (100)	3,363 (100)	3,885 (100)	4,420 (100)	4,857 (100)	2.5	1.3	1.3	0.9	1.2
アジア	116 (7.0)	453 (16.6)	670 (19.9)	933 (24.0)	1,140 (25.8)	1,315 (27.1)	6.2	3.1	2.0	1.4	2.2
中国	13 (0.8)	89 (3.3)	248 (7.4)	366 (9.4)	422 (9.5)	463 (9.5)	10.8	3.6	1.4	0.9	2.0
インド	11 (0.6)	54 (2.0)	55 (1.7)	105 (2.7)	167 (3.8)	224 (4.6)	5.9	6.0	4.7	3.0	4.6
日本	44 (2.7)	86 (3.1)	92 (2.7)	84 (2.2)	82 (1.9)	77 (1.6)	2.6	-0.8	-0.2	-0.7	-0.6
韓国	3 (0.2)	39 (1.4)	49 (1.5)	62 (1.6)	69 (1.6)	73 (1.5)	10.5	2.1	1.2	0.6	1.3
台湾	1 (0.1)	13 (0.5)	20 (0.6)	27 (0.7)	30 (0.7)	31 (0.6)	9.5	3.0	0.9	0.5	1.5
ASEAN	30 (1.8)	125 (4.6)	143 (4.2)	203 (5.2)	258 (5.8)	308 (6.3)	5.5	3.3	2.4	1.8	2.5
インドネシア	16 (1.0)	39 (1.4)	39 (1.2)	58 (1.5)	83 (1.9)	107 (2.2)	3.2	3.7	3.6	2.5	3.3
マレーシア	7 (0.4)	31 (1.1)	39 (1.2)	64 (1.6)	76 (1.7)	87 (1.8)	6.2	4.4	1.8	1.4	2.6
ミャンマー	1 (0.0)	1 (0.0)	3 (0.1)	9 (0.2)	13 (0.3)	18 (0.4)	5.4	8.6	4.5	2.8	5.4
フィリピン	- (-)	3 (0.1)	4 (0.1)	6 (0.2)	10 (0.2)	14 (0.3)	-	4.9	4.5	3.8	4.4
シンガポール	- (-)	6 (0.2)	9 (0.3)	10 (0.3)	11 (0.2)	10 (0.2)	-	1.1	0.5	-0.3	0.4
タイ	5 (0.3)	33 (1.2)	37 (1.1)	38 (1.0)	40 (0.9)	39 (0.8)	7.1	0.3	0.6	-0.4	0.2
ベトナム	0 (0.0)	8 (0.3)	9 (0.3)	16 (0.4)	22 (0.5)	30 (0.6)	32.0	5.7	3.5	3.3	4.2
北米	493 (29.7)	632 (23.1)	859 (25.6)	945 (24.3)	980 (22.2)	972 (20.0)	1.9	0.9	0.4	-0.1	0.4
米国	438 (26.4)	556 (20.3)	742 (22.1)	798 (20.5)	817 (18.5)	806 (16.6)	1.8	0.7	0.2	-0.1	0.3
中南米	71 (4.3)	179 (6.5)	207 (6.2)	239 (6.1)	317 (7.2)	376 (7.7)	3.8	1.3	2.9	1.7	1.9
欧州先進国	267 (16.1)	473 (17.3)	433 (12.9)	417 (10.7)	417 (9.4)	395 (8.1)	1.7	-0.3	0.0	-0.5	-0.3
欧州連合	250 (15.0)	363 (13.3)	336 (10.0)	322 (8.3)	324 (7.3)	308 (6.3)	1.0	-0.4	0.1	-0.5	-0.3
他欧州/ユーラシア	596 (35.8)	566 (20.7)	575 (17.1)	571 (14.7)	585 (13.2)	604 (12.4)	-0.1	-0.1	0.2	0.3	0.2
アフリカ	30 (1.8)	89 (3.3)	135 (4.0)	185 (4.8)	261 (5.9)	343 (7.1)	5.4	2.9	3.5	2.7	3.0
中東	72 (4.3)	311 (11.4)	444 (13.2)	538 (13.8)	628 (14.2)	716 (14.7)	6.5	1.8	1.6	1.3	1.6
オセアニア	19 (1.1)	31 (1.1)	38 (1.1)	44 (1.1)	47 (1.1)	48 (1.0)	2.5	1.2	0.8	0.2	0.7
先進国	827 (49.8)	1,283 (46.9)	1,503 (44.7)	1,592 (41.0)	1,641 (37.1)	1,611 (33.2)	2.1	0.5	0.3	-0.2	0.2
新興・途上国	835 (50.2)	1,451 (53.1)	1,859 (55.3)	2,279 (58.7)	2,735 (61.9)	3,158 (65.0)	2.8	1.9	1.8	1.4	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	2019	2030	2040	2050	年平均変化率(%)				
							1990/ 2019	2019/ 2030	2030/ 2040	2040/ 2050	2019/ 2050
世界	6,236 (100)	8,801 (100)	9,983 (100)	10,880 (100)	11,576 (100)	12,120 (100)	1.6	0.8	0.6	0.5	0.6
アジア	1,529 (24.5)	3,156 (35.9)	3,919 (39.3)	4,511 (41.5)	4,895 (42.3)	5,226 (43.1)	3.3	1.3	0.8	0.7	0.9
中国	658 (10.5)	1,645 (18.7)	2,093 (21.0)	2,233 (20.5)	2,189 (18.9)	2,099 (17.3)	4.1	0.6	-0.2	-0.4	0.0
インド	215 (3.4)	444 (5.0)	630 (6.3)	899 (8.3)	1,166 (10.1)	1,442 (11.9)	3.8	3.3	2.6	2.1	2.7
日本	291 (4.7)	314 (3.6)	279 (2.8)	259 (2.4)	240 (2.1)	222 (1.8)	-0.1	-0.7	-0.8	-0.8	-0.7
韓国	65 (1.0)	158 (1.8)	182 (1.8)	190 (1.7)	189 (1.6)	180 (1.5)	3.6	0.4	0.0	-0.5	0.0
台湾	30 (0.5)	70 (0.8)	70 (0.7)	74 (0.7)	73 (0.6)	70 (0.6)	3.0	0.6	-0.1	-0.5	0.0
ASEAN	171 (2.7)	375 (4.3)	467 (4.7)	604 (5.5)	737 (6.4)	867 (7.2)	3.5	2.4	2.0	1.6	2.0
インドネシア	79 (1.3)	146 (1.7)	161 (1.6)	200 (1.8)	254 (2.2)	311 (2.6)	2.5	2.0	2.4	2.0	2.2
マレーシア	13 (0.2)	42 (0.5)	65 (0.7)	94 (0.9)	108 (0.9)	117 (1.0)	5.6	3.4	1.4	0.8	1.9
ミャンマー	9 (0.2)	13 (0.1)	20 (0.2)	24 (0.2)	29 (0.3)	35 (0.3)	2.7	1.5	2.0	1.9	1.8
フィリピン	19 (0.3)	25 (0.3)	36 (0.4)	54 (0.5)	70 (0.6)	90 (0.7)	2.3	3.6	2.7	2.5	3.0
シンガポール	5 (0.1)	15 (0.2)	19 (0.2)	22 (0.2)	23 (0.2)	24 (0.2)	4.7	1.1	0.7	0.2	0.7
タイ	29 (0.5)	84 (1.0)	102 (1.0)	117 (1.1)	134 (1.2)	146 (1.2)	4.4	1.2	1.4	0.9	1.1
ベトナム	16 (0.3)	48 (0.5)	62 (0.6)	92 (0.8)	117 (1.0)	143 (1.2)	4.8	3.8	2.4	2.0	2.8
北米	1,452 (23.3)	1,700 (19.3)	1,794 (18.0)	1,759 (16.2)	1,726 (14.9)	1,679 (13.8)	0.7	-0.2	-0.2	-0.3	-0.2
米国	1,294 (20.7)	1,513 (17.2)	1,588 (15.9)	1,553 (14.3)	1,525 (13.2)	1,485 (12.3)	0.7	-0.2	-0.2	-0.3	-0.2
中南米	344 (5.5)	570 (6.5)	598 (6.0)	668 (6.1)	753 (6.5)	806 (6.7)	1.9	1.0	1.2	0.7	1.0
欧州先進国	1,142 (18.3)	1,289 (14.6)	1,245 (12.5)	1,202 (11.0)	1,129 (9.8)	1,056 (8.7)	0.3	-0.3	-0.6	-0.7	-0.5
欧州連合	995 (16.0)	1,070 (12.2)	1,015 (10.2)	983 (9.0)	922 (8.0)	859 (7.1)	0.1	-0.3	-0.6	-0.7	-0.5
他欧州/ユーラシア	1,057 (17.0)	711 (8.1)	772 (7.7)	787 (7.2)	794 (6.9)	802 (6.6)	-1.1	0.2	0.1	0.1	0.1
アフリカ	285 (4.6)	496 (5.6)	613 (6.1)	726 (6.7)	827 (7.1)	906 (7.5)	2.7	1.6	1.3	0.9	1.3
中東	157 (2.5)	431 (4.9)	526 (5.3)	639 (5.9)	730 (6.3)	802 (6.6)	4.3	1.8	1.3	0.9	1.4
オセアニア	66 (1.1)	89 (1.0)	97 (1.0)	101 (0.9)	100 (0.9)	98 (0.8)	1.3	0.3	-0.1	-0.3	0.0
先進国	3,057 (49.0)	3,642 (41.4)	3,694 (37.0)	3,615 (33.2)	3,489 (30.1)	3,334 (27.5)	0.7	-0.2	-0.4	-0.5	-0.3
新興・途上国	2,977 (47.7)	4,801 (54.5)	5,869 (58.8)	6,777 (62.3)	7,466 (64.5)	8,039 (66.3)	2.4	1.3	1.0	0.7	1.0

(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	2019	2030	2040	2050	年平均変化率(%)				
							1990/ 2019	2019/ 2030	2030/ 2040	2040/ 2050	2019/ 2050
世界	1,795 (100)	2,642 (100)	2,890 (100)	3,142 (100)	3,300 (100)	3,369 (100)	1.7	0.8	0.5	0.2	0.5
アジア	506 (28.2)	1,401 (53.0)	1,638 (56.7)	1,787 (56.9)	1,831 (55.5)	1,838 (54.6)	4.1	0.8	0.2	0.0	0.4
中国	234 (13.0)	924 (35.0)	1,024 (35.5)	967 (30.8)	829 (25.1)	712 (21.1)	5.2	-0.5	-1.5	-1.5	-1.2
インド	59 (3.3)	158 (6.0)	243 (8.4)	381 (12.1)	489 (14.8)	555 (16.5)	5.0	4.2	2.5	1.3	2.7
日本	108 (6.0)	92 (3.5)	81 (2.8)	73 (2.3)	67 (2.0)	61 (1.8)	-1.0	-1.0	-0.9	-0.9	-0.9
韓国	19 (1.1)	45 (1.7)	47 (1.6)	51 (1.6)	51 (1.5)	48 (1.4)	3.1	0.7	0.0	-0.6	0.1
台湾	12 (0.7)	24 (0.9)	24 (0.8)	26 (0.8)	26 (0.8)	25 (0.7)	2.3	0.8	0.0	-0.5	0.1
ASEAN	42 (2.3)	120 (4.6)	164 (5.7)	216 (6.9)	272 (8.2)	320 (9.5)	4.8	2.5	2.3	1.6	2.2
インドネシア	17 (1.0)	49 (1.9)	58 (2.0)	74 (2.4)	99 (3.0)	121 (3.6)	4.2	2.2	2.9	2.0	2.4
マレーシア	6 (0.3)	15 (0.6)	20 (0.7)	28 (0.9)	35 (1.1)	40 (1.2)	4.6	2.9	2.3	1.3	2.2
ミャンマー	0 (0.0)	1 (0.0)	4 (0.1)	5 (0.2)	8 (0.2)	10 (0.3)	8.2	3.1	4.4	2.5	3.3
フィリピン	4 (0.2)	6 (0.2)	8 (0.3)	10 (0.3)	13 (0.4)	15 (0.5)	2.0	2.8	2.2	1.8	2.3
シンガポール	1 (0.0)	5 (0.2)	7 (0.2)	8 (0.3)	8 (0.3)	8 (0.2)	8.8	1.2	0.5	-0.1	0.5
タイ	9 (0.5)	26 (1.0)	34 (1.2)	40 (1.3)	48 (1.5)	53 (1.6)	4.8	1.6	1.8	1.0	1.5
ベトナム	5 (0.3)	17 (0.7)	33 (1.1)	50 (1.6)	61 (1.8)	73 (2.2)	7.1	3.8	2.0	1.8	2.6
北米	331 (18.4)	313 (11.9)	315 (10.9)	313 (10.0)	317 (9.6)	313 (9.3)	-0.2	-0.1	0.1	-0.1	0.0
米国	284 (15.8)	270 (10.2)	268 (9.3)	266 (8.4)	268 (8.1)	265 (7.9)	-0.2	-0.1	0.1	-0.1	0.0
中南米	114 (6.3)	181 (6.9)	171 (5.9)	199 (6.3)	239 (7.2)	262 (7.8)	1.4	1.4	1.8	0.9	1.4
欧州先進国	330 (18.4)	296 (11.2)	292 (10.1)	297 (9.5)	292 (8.9)	281 (8.3)	-0.4	0.1	-0.2	-0.4	-0.1
欧州連合	313 (17.4)	247 (9.3)	240 (8.3)	244 (7.8)	242 (7.3)	233 (6.9)	-0.9	0.2	-0.1	-0.4	-0.1
他欧州/ユーラシア	391 (21.8)	205 (7.8)	207 (7.2)	220 (7.0)	233 (7.1)	242 (7.2)	-2.2	0.5	0.6	0.4	0.5
アフリカ	53 (2.9)	85 (3.2)	90 (3.1)	116 (3.7)	157 (4.7)	193 (5.7)	1.9	2.3	3.0	2.1	2.5
中東	47 (2.6)	134 (5.1)	149 (5.2)	181 (5.8)	202 (6.1)	211 (6.3)	4.1	1.8	1.1	0.4	1.1
オセアニア	23 (1.3)	27 (1.0)	27 (0.9)	29 (0.9)	30 (0.9)	29 (0.9)	0.5	0.8	0.1	-0.3	0.2
先進国	826 (46.0)	802 (30.4)	795 (27.5)	798 (25.4)	792 (24.0)	766 (22.7)	-0.1	0.0	-0.1	-0.3	-0.1
新興・途上国	969 (54.0)	1,840 (69.6)	2,095 (72.5)	2,344 (74.6)	2,508 (76.0)	2,603 (77.3)	2.7	1.0	0.7	0.4	0.7

(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(%)

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	2019	2030	2040	2050	年平均変化率(%)				
							1990/ 2019	2019/ 2030	2030/ 2040	2040/ 2050	2019/ 2050
世界	1,576 (100)	2,430 (100)	2,889 (100)	3,100 (100)	3,361 (100)	3,623 (100)	2.1	0.6	0.8	0.8	0.7
アジア	188 (11.9)	494 (20.3)	719 (24.9)	867 (28.0)	1,002 (29.8)	1,150 (31.7)	4.7	1.7	1.5	1.4	1.5
中国	30 (1.9)	197 (8.1)	324 (11.2)	390 (12.6)	406 (12.1)	391 (10.8)	8.5	1.7	0.4	-0.4	0.6
インド	21 (1.3)	65 (2.7)	105 (3.6)	155 (5.0)	237 (7.0)	362 (10.0)	5.8	3.6	4.4	4.4	4.1
日本	72 (4.6)	79 (3.2)	69 (2.4)	59 (1.9)	50 (1.5)	43 (1.2)	-0.1	-1.4	-1.6	-1.5	-1.5
韓国	15 (0.9)	30 (1.2)	37 (1.3)	34 (1.1)	31 (0.9)	27 (0.7)	3.2	-0.6	-0.9	-1.4	-1.0
台湾	7 (0.4)	12 (0.5)	12 (0.4)	11 (0.4)	9 (0.3)	7 (0.2)	2.1	-0.6	-1.8	-2.6	-1.6
ASEAN	33 (2.1)	86 (3.6)	135 (4.7)	167 (5.4)	200 (6.0)	234 (6.5)	5.0	1.9	1.8	1.6	1.8
インドネシア	11 (0.7)	30 (1.2)	54 (1.9)	66 (2.1)	81 (2.4)	97 (2.7)	5.8	1.8	2.1	1.8	1.9
マレーシア	5 (0.3)	15 (0.6)	22 (0.8)	23 (0.7)	21 (0.6)	19 (0.5)	5.3	0.6	-0.7	-1.3	-0.5
ミャンマー	0 (0.0)	1 (0.0)	2 (0.1)	3 (0.1)	5 (0.2)	8 (0.2)	5.6	3.7	4.9	3.8	4.1
フィリピン	5 (0.3)	8 (0.3)	13 (0.4)	22 (0.7)	31 (0.9)	43 (1.2)	3.6	5.2	3.6	3.1	4.0
シンガポール	1 (0.1)	2 (0.1)	3 (0.1)	2 (0.1)	2 (0.1)	2 (0.1)	2.1	-0.3	-0.8	-1.4	-0.8
タイ	9 (0.6)	19 (0.8)	27 (0.9)	28 (0.9)	31 (0.9)	32 (0.9)	3.8	0.4	0.8	0.5	0.6
ベトナム	1 (0.1)	10 (0.4)	14 (0.5)	21 (0.7)	27 (0.8)	33 (0.9)	8.3	3.7	2.7	1.8	2.8
北米	531 (33.7)	656 (27.0)	705 (24.4)	655 (21.1)	614 (18.3)	575 (15.9)	1.0	-0.7	-0.7	-0.6	-0.7
米国	488 (30.9)	596 (24.5)	637 (22.1)	590 (19.0)	554 (16.5)	520 (14.4)	0.9	-0.7	-0.6	-0.6	-0.7
中南米	103 (6.5)	197 (8.1)	227 (7.8)	250 (8.1)	271 (8.1)	282 (7.8)	2.8	0.9	0.8	0.4	0.7
欧州先進国	269 (17.1)	335 (13.8)	356 (12.3)	324 (10.5)	285 (8.5)	253 (7.0)	1.0	-0.9	-1.3	-1.2	-1.1
欧州連合	220 (13.9)	279 (11.5)	289 (10.0)	263 (8.5)	232 (6.9)	205 (5.7)	1.0	-0.9	-1.3	-1.2	-1.1
他欧州/ユーラシア	170 (10.8)	145 (6.0)	155 (5.4)	153 (4.9)	146 (4.3)	141 (3.9)	-0.3	-0.2	-0.5	-0.4	-0.3
アフリカ	38 (2.4)	88 (3.6)	121 (4.2)	153 (4.9)	202 (6.0)	251 (6.9)	4.0	2.2	2.8	2.2	2.4
中東	51 (3.2)	121 (5.0)	147 (5.1)	172 (5.6)	185 (5.5)	191 (5.3)	3.7	1.5	0.7	0.3	0.8
オセアニア	24 (1.5)	35 (1.4)	39 (1.4)	37 (1.2)	36 (1.1)	33 (0.9)	1.7	-0.4	-0.5	-0.6	-0.5
先進国	919 (58.4)	1,151 (47.3)	1,224 (42.4)	1,126 (36.3)	1,030 (30.6)	943 (26.0)	1.0	-0.8	-0.9	-0.9	-0.8
新興・途上国	454 (28.8)	921 (37.9)	1,245 (43.1)	1,486 (47.9)	1,711 (50.9)	1,933 (53.4)	3.5	1.6	1.4	1.2	1.4

(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(%). 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	2019	2030	2040	2050	年平均変化率(%)				
							1990/ 2019	2019/ 2030	2030/ 2040	2040/ 2050	2019/ 2050
世界	2,389 (100)	2,964 (100)	3,280 (100)	3,583 (100)	3,732 (100)	3,838 (100)	1.1	0.8	0.4	0.3	0.5
アジア	720 (30.2)	972 (32.8)	1,163 (35.5)	1,369 (38.2)	1,505 (40.3)	1,627 (42.4)	1.7	1.5	0.9	0.8	1.1
中国	351 (14.7)	411 (13.9)	567 (17.3)	666 (18.6)	727 (19.5)	769 (20.0)	1.7	1.5	0.9	0.6	1.0
インド	122 (5.1)	187 (6.3)	231 (7.0)	289 (8.1)	335 (9.0)	386 (10.1)	2.2	2.1	1.5	1.4	1.7
日本	78 (3.3)	109 (3.7)	95 (2.9)	96 (2.7)	93 (2.5)	88 (2.3)	0.7	0.1	-0.4	-0.5	-0.2
韓国	24 (1.0)	44 (1.5)	45 (1.4)	48 (1.3)	47 (1.3)	44 (1.2)	2.2	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 (0.3)	2.2	0.7	0.2	-0.1	0.3
ASEAN	86 (3.6)	128 (4.3)	112 (3.4)	138 (3.9)	162 (4.3)	191 (5.0)	0.9	1.9	1.6	1.6	1.7
インドネシア	44 (1.8)	57 (1.9)	39 (1.2)	47 (1.3)	56 (1.5)	69 (1.8)	-0.4	1.7	1.8	2.0	1.8
マレーシア	2 (0.1)	8 (0.3)	9 (0.3)	12 (0.3)	15 (0.4)	17 (0.4)	5.1	2.8	1.9	1.3	2.0
ミャンマー	8 (0.4)	11 (0.4)	14 (0.4)	15 (0.4)	15 (0.4)	16 (0.4)	1.7	0.6	0.2	0.8	0.6
フィリピン	10 (0.4)	11 (0.4)	15 (0.5)	20 (0.5)	23 (0.6)	28 (0.7)	1.4	2.4	1.8	1.7	2.0
シンガポール	1 (0.0)	2 (0.1)	3 (0.1)	3 (0.1)	3 (0.1)	3 (0.1)	3.1	1.3	0.6	0.0	0.6
タイ	11 (0.5)	20 (0.7)	18 (0.6)	21 (0.6)	22 (0.6)	23 (0.6)	1.8	1.2	0.6	0.3	0.7
ベトナム	10 (0.4)	18 (0.6)	13 (0.4)	20 (0.6)	27 (0.7)	35 (0.9)	1.0	3.6	3.0	2.7	3.1
北米	456 (19.1)	573 (19.3)	596 (18.2)	606 (16.9)	600 (16.1)	587 (15.3)	0.9	0.2	-0.1	-0.2	0.0
米国	403 (16.9)	511 (17.3)	525 (16.0)	534 (14.9)	529 (14.2)	518 (13.5)	0.9	0.2	-0.1	-0.2	0.0
中南米	101 (4.2)	147 (5.0)	164 (5.0)	178 (5.0)	195 (5.2)	208 (5.4)	1.7	0.8	0.9	0.7	0.8
欧州先進国	442 (18.5)	545 (18.4)	492 (15.0)	476 (13.3)	447 (12.0)	419 (10.9)	0.4	-0.3	-0.6	-0.6	-0.5
欧州連合	374 (15.7)	446 (15.1)	395 (12.0)	384 (10.7)	358 (9.6)	333 (8.7)	0.2	-0.3	-0.7	-0.7	-0.5
他欧州/ユーラシア	431 (18.0)	281 (9.5)	315 (9.6)	316 (8.8)	309 (8.3)	305 (8.0)	-1.1	0.0	-0.2	-0.1	-0.1
アフリカ	183 (7.7)	305 (10.3)	380 (11.6)	432 (12.0)	437 (11.7)	423 (11.0)	2.6	1.2	0.1	-0.3	0.3
中東	40 (1.7)	119 (4.0)	144 (4.4)	179 (5.0)	211 (5.6)	240 (6.2)	4.5	2.0	1.6	1.3	1.6
オセアニア	15 (0.6)	23 (0.8)	25 (0.7)	27 (0.8)	28 (0.8)	29 (0.8)	1.8	1.0	0.4	0.1	0.5
先進国	1,025 (42.9)	1,312 (44.2)	1,273 (38.8)	1,274 (35.6)	1,236 (33.1)	1,189 (31.0)	0.7	0.0	-0.3	-0.4	-0.2
新興・途上国	1,363 (57.1)	1,653 (55.8)	2,007 (61.2)	2,309 (64.4)	2,495 (66.9)	2,650 (69.0)	1.3	1.3	0.8	0.6	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	2019	2030	2040	2050	1990/ 2019	2019/ 2030	2030/ 2040	2040/ 2050	2019/ 2050
世界	9,700 (100)	17,883 (100)	22,844 (100)	28,295 (100)	33,539 (100)	38,532 (100)	3.0	2.0	1.7	1.4	1.7
アジア	1,822 (18.8)	6,678 (37.3)	10,828 (47.4)	14,375 (50.8)	17,095 (51.0)	19,563 (50.8)	6.3	2.6	1.7	1.4	1.9
中国	454 (4.7)	3,450 (19.3)	6,522 (28.5)	8,378 (29.6)	9,251 (27.6)	9,804 (25.4)	9.6	2.3	1.0	0.6	1.3
インド	212 (2.2)	720 (4.0)	1,311 (5.7)	2,219 (7.8)	3,210 (9.6)	4,225 (11.0)	6.5	4.9	3.8	2.8	3.8
日本	765 (7.9)	1,035 (5.8)	927 (4.1)	937 (3.3)	972 (2.9)	995 (2.6)	0.7	0.1	0.4	0.2	0.2
韓国	94 (1.0)	449 (2.5)	524 (2.3)	604 (2.1)	654 (1.9)	667 (1.7)	6.1	1.3	0.8	0.2	0.8
台湾	77 (0.8)	218 (1.2)	246 (1.1)	284 (1.0)	307 (0.9)	318 (0.8)	4.1	1.3	0.8	0.4	0.8
ASEAN	130 (1.3)	601 (3.4)	983 (4.3)	1,487 (5.3)	2,038 (6.1)	2,651 (6.9)	7.2	3.8	3.2	2.7	3.3
インドネシア	28 (0.3)	147 (0.8)	260 (1.1)	416 (1.5)	627 (1.9)	882 (2.3)	7.9	4.4	4.2	3.5	4.0
マレーシア	20 (0.2)	111 (0.6)	159 (0.7)	233 (0.8)	309 (0.9)	379 (1.0)	7.4	3.6	2.9	2.0	2.8
ミャンマー	2 (0.0)	6 (0.0)	20 (0.1)	35 (0.1)	58 (0.2)	84 (0.2)	8.7	5.4	5.2	3.8	4.8
フィリピン	21 (0.2)	55 (0.3)	87 (0.4)	132 (0.5)	185 (0.6)	248 (0.6)	5.0	3.8	3.5	3.0	3.4
シンガポール	13 (0.1)	42 (0.2)	52 (0.2)	62 (0.2)	68 (0.2)	70 (0.2)	4.9	1.7	1.0	0.3	1.0
タイ	38 (0.4)	149 (0.8)	193 (0.8)	252 (0.9)	312 (0.9)	361 (0.9)	5.7	2.5	2.2	1.5	2.0
ベトナム	6 (0.1)	87 (0.5)	209 (0.9)	353 (1.2)	473 (1.4)	621 (1.6)	12.9	4.9	3.0	2.8	3.6
北米	3,051 (31.5)	4,264 (23.8)	4,359 (19.1)	4,772 (16.9)	5,358 (16.0)	5,886 (15.3)	1.2	0.8	1.2	0.9	1.0
米国	2,633 (27.1)	3,788 (21.2)	3,829 (16.8)	4,192 (14.8)	4,707 (14.0)	5,176 (13.4)	1.3	0.8	1.2	1.0	1.0
中南米	518 (5.3)	1,128 (6.3)	1,332 (5.8)	1,677 (5.9)	2,150 (6.4)	2,580 (6.7)	3.3	2.1	2.5	1.8	2.2
欧州先進国	2,248 (23.2)	3,106 (17.4)	3,125 (13.7)	3,375 (11.9)	3,621 (10.8)	3,768 (9.8)	1.1	0.7	0.7	0.4	0.6
欧州連合	1,887 (19.4)	2,510 (14.0)	2,484 (10.9)	2,685 (9.5)	2,884 (8.6)	3,002 (7.8)	1.0	0.7	0.7	0.4	0.6
他欧州/ユーラシア	1,448 (14.9)	1,193 (6.7)	1,268 (5.6)	1,463 (5.2)	1,728 (5.2)	1,974 (5.1)	-0.5	1.3	1.7	1.3	1.4
アフリカ	256 (2.6)	543 (3.0)	669 (2.9)	990 (3.5)	1,523 (4.5)	2,276 (5.9)	3.4	3.6	4.4	4.1	4.0
中東	199 (2.0)	722 (4.0)	1,009 (4.4)	1,344 (4.7)	1,729 (5.2)	2,120 (5.5)	5.8	2.6	2.5	2.1	2.4
オセアニア	158 (1.6)	250 (1.4)	254 (1.1)	299 (1.1)	335 (1.0)	364 (0.9)	1.7	1.5	1.1	0.8	1.2
先進国	6,429 (66.3)	9,407 (52.6)	9,531 (41.7)	10,382 (36.7)	11,368 (33.9)	12,121 (31.5)	1.4	0.8	0.9	0.6	0.8
新興・途上国	3,272 (33.7)	8,476 (47.4)	13,312 (58.3)	17,913 (63.3)	22,172 (66.1)	26,411 (68.5)	5.0	2.7	2.2	1.8	2.2

(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	2019	2030	2040	2050	年平均変化率(%)				
							1990/ 2019	2019/ 2030	2030/ 2040	2040/ 2050	2019/ 2050
世界	11,845 (100)	21,526 (100)	26,936 (100)	33,308 (100)	39,130 (100)	44,376 (100)	2.9	1.9	1.6	1.3	1.6
アジア	2,237 (18.9)	7,990 (37.1)	12,432 (46.2)	16,577 (49.8)	19,567 (50.0)	22,124 (49.9)	6.1	2.7	1.7	1.2	1.9
中国	621 (5.2)	4,197 (19.5)	7,472 (27.7)	9,604 (28.8)	10,517 (26.9)	11,026 (24.8)	9.0	2.3	0.9	0.5	1.3
インド	289 (2.4)	974 (4.5)	1,624 (6.0)	2,756 (8.3)	3,879 (9.9)	4,937 (11.1)	6.1	4.9	3.5	2.4	3.7
日本	862 (7.3)	1,164 (5.4)	1,037 (3.9)	1,045 (3.1)	1,079 (2.8)	1,099 (2.5)	0.6	0.1	0.3	0.2	0.2
韓国	105 (0.9)	497 (2.3)	578 (2.1)	666 (2.0)	720 (1.8)	733 (1.7)	6.0	1.3	0.8	0.2	0.8
台湾	87 (0.7)	244 (1.1)	271 (1.0)	313 (0.9)	337 (0.9)	349 (0.8)	4.0	1.3	0.7	0.3	0.8
ASEAN	154 (1.3)	675 (3.1)	1,089 (4.0)	1,646 (4.9)	2,255 (5.8)	2,929 (6.6)	7.0	3.8	3.2	2.6	3.2
インドネシア	33 (0.3)	170 (0.8)	295 (1.1)	472 (1.4)	709 (1.8)	992 (2.2)	7.9	4.4	4.1	3.4	4.0
マレーシア	23 (0.2)	125 (0.6)	176 (0.7)	259 (0.8)	344 (0.9)	420 (0.9)	7.3	3.6	2.9	2.0	2.9
ミャンマー	2 (0.0)	9 (0.0)	24 (0.1)	62 (0.2)	99 (0.3)	137 (0.3)	8.2	9.0	4.7	3.4	5.8
フィリピン	26 (0.2)	68 (0.3)	106 (0.4)	159 (0.5)	219 (0.6)	290 (0.7)	4.9	3.7	3.3	2.8	3.3
シンガポール	16 (0.1)	46 (0.2)	54 (0.2)	65 (0.2)	72 (0.2)	74 (0.2)	4.4	1.7	1.0	0.3	1.0
タイ	44 (0.4)	159 (0.7)	191 (0.7)	230 (0.7)	282 (0.7)	323 (0.7)	5.2	1.7	2.1	1.3	1.7
ベトナム	9 (0.1)	95 (0.4)	238 (0.9)	394 (1.2)	525 (1.3)	686 (1.5)	12.1	4.7	2.9	2.7	3.5
北米	3,685 (31.1)	4,957 (23.0)	5,016 (18.6)	5,479 (16.4)	6,121 (15.6)	6,678 (15.0)	1.1	0.8	1.1	0.9	0.9
米国	3,203 (27.0)	4,354 (20.2)	4,371 (16.2)	4,777 (14.3)	5,341 (13.6)	5,838 (13.2)	1.1	0.8	1.1	0.9	0.9
中南米	623 (5.3)	1,407 (6.5)	1,652 (6.1)	2,063 (6.2)	2,602 (6.7)	3,060 (6.9)	3.4	2.0	2.3	1.6	2.0
欧州先進国	2,697 (22.8)	3,625 (16.8)	3,610 (13.4)	3,890 (11.7)	4,149 (10.6)	4,285 (9.7)	1.0	0.7	0.6	0.3	0.6
欧州連合	2,259 (19.1)	2,957 (13.7)	2,884 (10.7)	3,112 (9.3)	3,299 (8.4)	3,379 (7.6)	0.8	0.7	0.6	0.2	0.5
他欧州/ユーラシア	1,856 (15.7)	1,689 (7.8)	1,791 (6.7)	2,021 (6.1)	2,299 (5.9)	2,515 (5.7)	-0.1	1.1	1.3	0.9	1.1
アフリカ	316 (2.7)	672 (3.1)	851 (3.2)	1,244 (3.7)	1,876 (4.8)	2,733 (6.2)	3.5	3.5	4.2	3.8	3.8
中東	244 (2.1)	888 (4.1)	1,275 (4.7)	1,674 (5.0)	2,119 (5.4)	2,557 (5.8)	5.9	2.5	2.4	1.9	2.3
オセアニア	187 (1.6)	298 (1.4)	308 (1.1)	360 (1.1)	397 (1.0)	424 (1.0)	1.7	1.4	1.0	0.7	1.0
先進国	7,667 (64.7)	10,869 (50.5)	10,913 (40.5)	11,860 (35.6)	12,922 (33.0)	13,688 (30.8)	1.2	0.8	0.9	0.6	0.7
新興・途上国	4,178 (35.3)	10,657 (49.5)	16,023 (59.5)	21,449 (64.4)	26,208 (67.0)	30,688 (69.2)	4.7	2.7	2.0	1.6	2.1

(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(%)

付表17 | 1人あ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	2019	2030	2040	2050	年平均変化率(%)				
							1990/ 2019	2019/ 2030	2030/ 2040	2040/ 2050	2019/ 2050
世界	1.66	1.85	1.89	1.87	1.85	1.82	0.5	-0.1	-0.1	-0.2	-0.1
アジア	0.71	1.25	1.46	1.58	1.65	1.71	2.5	0.7	0.4	0.4	0.5
中国	0.77	1.90	2.42	2.56	2.53	2.46	4.0	0.5	-0.1	-0.3	0.1
インド	0.32	0.54	0.69	0.91	1.12	1.32	2.7	2.6	2.1	1.7	2.1
日本	3.54	3.91	3.29	3.27	3.24	3.23	-0.3	-0.1	-0.1	0.0	-0.1
韓国	2.17	5.05	5.42	5.59	5.63	5.60	3.2	0.3	0.1	-0.1	0.1
台湾	2.29	4.69	4.64	4.81	4.82	4.79	2.5	0.3	0.0	-0.1	0.1
ASEAN	0.54	0.93	1.08	1.32	1.54	1.75	2.4	1.9	1.5	1.3	1.6
インドネシア	0.54	0.83	0.89	1.12	1.36	1.59	1.7	2.1	1.9	1.6	1.9
マレーシア	1.18	2.57	2.88	3.59	3.88	4.01	3.1	2.0	0.8	0.3	1.1
ミャンマー	0.26	0.27	0.44	0.53	0.66	0.81	1.8	1.9	2.1	2.0	2.0
フィリピン	0.45	0.44	0.57	0.72	0.82	0.94	0.8	2.2	1.3	1.3	1.6
シンガポール	3.78	4.63	6.04	6.16	6.32	6.44	1.6	0.2	0.3	0.2	0.2
タイ	0.75	1.75	1.99	2.27	2.63	3.01	3.4	1.2	1.5	1.4	1.3
ベトナム	0.26	0.67	0.95	1.31	1.62	1.97	4.5	3.0	2.2	2.0	2.4
北米	7.67	7.21	6.88	6.27	5.90	5.53	-0.4	-0.8	-0.6	-0.6	-0.7
米国	7.67	7.16	6.74	6.09	5.72	5.37	-0.4	-0.9	-0.6	-0.6	-0.7
中南米	1.06	1.35	1.29	1.34	1.47	1.54	0.7	0.4	0.9	0.4	0.6
欧州先進国	3.25	3.30	2.96	2.78	2.62	2.49	-0.3	-0.5	-0.6	-0.5	-0.6
欧州連合	3.42	3.46	3.13	3.00	2.85	2.70	-0.3	-0.4	-0.5	-0.5	-0.5
他欧州/ユーラシア	4.50	3.35	3.42	3.46	3.61	3.73	-0.9	0.1	0.4	0.3	0.3
アフリカ	0.61	0.66	0.66	0.60	0.58	0.54	0.3	-0.8	-0.5	-0.6	-0.6
中東	1.69	2.96	3.04	3.10	3.19	3.21	2.0	0.2	0.3	0.1	0.2
オセアニア	4.85	5.47	4.92	4.53	4.17	3.78	0.0	-0.7	-0.8	-1.0	-0.8
先進国	4.47	4.70	4.40	4.16	3.99	3.81	-0.1	-0.5	-0.4	-0.5	-0.5
新興・途上国	0.95	1.23	1.36	1.41	1.44	1.44	1.3	0.3	0.2	0.0	0.2

(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あ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/2010年価格100万ドル)

	1990	2010	2019	2030	2040	2050	年平均変化率(%)				
							1990/ 2019	2019/ 2030	2030/ 2040	2040/ 2050	2019/ 2050
世界	230	194	171	143	116	97	-1.0	-1.7	-2.0	-1.9	-1.8
アジア	273	269	226	174	132	105	-0.6	-2.4	-2.7	-2.3	-2.5
中国	1,055	417	294	185	124	89	-4.3	-4.1	-3.9	-3.2	-3.8
インド	554	400	320	258	196	151	-1.9	-1.9	-2.7	-2.6	-2.4
日本	93	88	67	59	51	44	-1.1	-1.2	-1.5	-1.4	-1.4
韓国	255	219	189	153	122	99	-1.0	-1.9	-2.2	-2.1	-2.1
台湾	301	244	196	155	127	104	-1.5	-2.1	-2.0	-2.0	-2.0
ASEAN	311	270	226	197	161	134	-1.1	-1.2	-2.0	-1.8	-1.7
インドネシア	318	267	200	171	139	115	-1.6	-1.4	-2.1	-1.9	-1.8
マレーシア	259	284	230	211	171	137	-0.4	-0.8	-2.1	-2.2	-1.7
ミャンマー	1,594	335	323	297	231	185	-5.4	-0.8	-2.5	-2.2	-1.8
フィリピン	285	200	171	157	135	118	-1.8	-0.8	-1.5	-1.4	-1.2
シンガポール	168	98	103	90	77	68	-1.7	-1.2	-1.5	-1.3	-1.3
タイ	299	346	306	261	214	178	0.1	-1.5	-1.9	-1.9	-1.7
ベトナム	607	506	454	354	272	212	-1.0	-2.2	-2.6	-2.5	-2.4
北米	212	149	124	98	78	63	-1.8	-2.1	-2.3	-2.1	-2.2
米国	213	148	121	94	74	60	-1.9	-2.2	-2.4	-2.2	-2.2
中南米	164	150	141	127	106	89	-0.5	-0.9	-1.8	-1.7	-1.5
欧州先進国	129	99	79	65	54	46	-1.7	-1.8	-1.9	-1.7	-1.8
欧州連合	141	105	84	70	58	48	-1.7	-1.7	-1.9	-1.8	-1.8
他欧州/ユーラシア	708	458	397	317	259	213	-2.0	-2.0	-2.0	-1.9	-2.0
アフリカ	429	351	339	278	203	155	-0.8	-1.8	-3.1	-2.7	-2.5
中東	216	271	268	256	222	191	0.8	-0.4	-1.4	-1.5	-1.1
オセアニア	137	108	88	71	58	48	-1.5	-1.9	-1.9	-1.9	-1.9
先進国	155	121	100	82	67	55	-1.5	-1.8	-2.0	-1.9	-1.9
新興・途上国	446	324	275	210	158	125	-1.7	-2.4	-2.8	-2.4	-2.5

(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	2019	2030	2040	2050	年平均変化率(%)				
							1990/ 2019	2019/ 2030	2030/ 2040	2040/ 2050	2019/ 2050
世界	20,511 (100)	30,624 (100)	33,613 (100)	35,461 (100)	36,991 (100)	37,479 (100)	1.7	0.5	0.4	0.1	0.4
アジア	4,682 (22.8)	12,934 (42.2)	16,148 (48.0)	17,954 (50.6)	18,744 (50.7)	18,921 (50.5)	4.4	1.0	0.4	0.1	0.5
中国	2,181 (10.6)	8,033 (26.2)	9,882 (29.4)	10,188 (28.7)	9,298 (25.1)	8,067 (21.5)	5.3	0.3	-0.9	-1.4	-0.7
インド	530 (2.6)	1,586 (5.2)	2,310 (6.9)	3,366 (9.5)	4,535 (12.3)	5,574 (14.9)	5.2	3.5	3.0	2.1	2.9
日本	1,049 (5.1)	1,127 (3.7)	1,059 (3.2)	885 (2.5)	792 (2.1)	691 (1.8)	0.0	-1.6	-1.1	-1.4	-1.4
韓国	210 (1.0)	533 (1.7)	587 (1.7)	595 (1.7)	581 (1.6)	531 (1.4)	3.6	0.1	-0.2	-0.9	-0.3
台湾	107 (0.5)	245 (0.8)	256 (0.8)	287 (0.8)	272 (0.7)	244 (0.7)	3.1	1.0	-0.5	-1.1	-0.1
ASEAN	355 (1.7)	1,080 (3.5)	1,580 (4.7)	2,009 (5.7)	2,464 (6.7)	2,835 (7.6)	5.3	2.2	2.1	1.4	1.9
インドネシア	131 (0.6)	397 (1.3)	584 (1.7)	739 (2.1)	961 (2.6)	1,128 (3.0)	5.3	2.2	2.7	1.6	2.1
マレーシア	54 (0.3)	193 (0.6)	237 (0.7)	294 (0.8)	321 (0.9)	333 (0.9)	5.2	2.0	0.9	0.4	1.1
ミャンマー	4 (0.0)	8 (0.0)	35 (0.1)	62 (0.2)	95 (0.3)	129 (0.3)	7.7	5.2	4.4	3.1	4.3
フィリピン	37 (0.2)	75 (0.2)	135 (0.4)	190 (0.5)	247 (0.7)	307 (0.8)	4.6	3.1	2.7	2.2	2.7
シンガポール	28 (0.1)	51 (0.2)	47 (0.1)	51 (0.1)	53 (0.1)	52 (0.1)	1.8	0.7	0.4	-0.3	0.3
タイ	80 (0.4)	223 (0.7)	251 (0.7)	257 (0.7)	268 (0.7)	256 (0.7)	4.0	0.2	0.4	-0.4	0.1
ベトナム	17 (0.1)	126 (0.4)	282 (0.8)	408 (1.1)	512 (1.4)	623 (1.7)	10.2	3.4	2.3	2.0	2.6
北米	5,135 (25.0)	5,741 (18.7)	5,315 (15.8)	4,907 (13.8)	4,599 (12.4)	4,161 (11.1)	0.1	-0.7	-0.6	-1.0	-0.8
米国	4,743 (23.1)	5,234 (17.1)	4,744 (14.1)	4,340 (12.2)	4,029 (10.9)	3,614 (9.6)	0.0	-0.8	-0.7	-1.1	-0.9
中南米	856 (4.2)	1,520 (5.0)	1,529 (4.6)	1,637 (4.6)	1,899 (5.1)	2,015 (5.4)	2.0	0.6	1.5	0.6	0.9
欧州先進国	3,939 (19.2)	3,818 (12.5)	3,299 (9.8)	3,007 (8.5)	2,766 (7.5)	2,479 (6.6)	-0.6	-0.8	-0.8	-1.1	-0.9
欧州連合	3,445 (16.8)	3,132 (10.2)	2,650 (7.9)	2,364 (6.7)	2,165 (5.9)	1,927 (5.1)	-0.9	-1.0	-0.9	-1.2	-1.0
他欧州/ユーラシア	3,896 (19.0)	2,515 (8.2)	2,534 (7.5)	2,445 (6.9)	2,449 (6.6)	2,463 (6.6)	-1.5	-0.3	0.0	0.1	-0.1
アフリカ	532 (2.6)	1,024 (3.3)	1,263 (3.8)	1,544 (4.4)	2,009 (5.4)	2,491 (6.6)	3.0	1.8	2.7	2.2	2.2
中東	566 (2.8)	1,547 (5.1)	1,810 (5.4)	2,094 (5.9)	2,299 (6.2)	2,414 (6.4)	4.1	1.3	0.9	0.5	0.9
オセアニア	279 (1.4)	413 (1.3)	414 (1.2)	380 (1.1)	360 (1.0)	330 (0.9)	1.4	-0.8	-0.5	-0.9	-0.7
先進国	10,782 (52.6)	11,968 (39.1)	11,019 (32.8)	10,156 (28.6)	9,465 (25.6)	8,527 (22.8)	0.1	-0.7	-0.7	-1.0	-0.8
新興・途上国	9,102 (44.4)	17,543 (57.3)	21,292 (63.3)	23,813 (67.2)	25,661 (69.4)	26,746 (71.4)	3.0	1.0	0.8	0.4	0.7

(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	2019	2030	2040	2050	1990	2019	2050	1990/2019	2019/2030	2030/2050	2019/2050
	合計 <sup>1)</sup>	8,738	10,003	12,813	14,486	15,869	16,955	17,675	100	100	100	1.8	0.8	0.5
石炭	2,220	2,314	3,654	3,878	3,910	3,849	3,638	25	27	21	1.9	0.1	-0.4	-0.2
石油	3,232	3,669	4,126	4,475	4,728	5,008	5,188	37	31	29	1.1	0.5	0.5	0.5
天然ガス	1,662	2,067	2,734	3,363	3,885	4,420	4,857	19	23	27	2.5	1.3	1.1	1.2
原子力	526	675	719	728	786	821	857	6.0	5.0	4.8	1.1	0.7	0.4	0.5
水力	184	225	297	363	419	459	496	2.1	2.5	2.8	2.4	1.3	0.8	1.0
地熱	34	52	62	100	191	248	297	0.4	0.7	1.7	3.8	6.0	2.2	3.6
太陽光・風力等	2.5	8.1	49	220	416	601	829	0.0	1.5	4.7	16.7	6.0	3.5	4.4
バイオマス・廃棄物	876	991	1,173	1,357	1,532	1,546	1,511	10	9.4	8.5	1.5	1.1	-0.1	0.3

## 最終エネルギー消費

	(Mtoe)							構成比(%)			1990/2019/2030/2019/2050			
	1990	2000	2010	2019	2030	2040	2050	1990	2019	2050	2019	2030	2050	2050
	合計	6,236	7,004	8,801	9,983	10,880	11,576	12,120	100	100	100	1.6	0.8	0.5
産業	1,795	1,871	2,642	2,890	3,142	3,300	3,369	29	29	28	1.7	0.8	0.3	0.5
運輸	1,576	1,964	2,430	2,889	3,100	3,361	3,623	25	29	30	2.1	0.6	0.8	0.7
民生・農業他	2,389	2,564	2,964	3,280	3,583	3,732	3,838	38	33	32	1.1	0.8	0.3	0.5
非エネルギー消費	477	606	764	924	1,054	1,182	1,290	7.7	9.3	11	2.3	1.2	1.0	1.1
石炭	752	542	1,057	950	870	816	770	12	9.5	6.4	0.8	-0.8	-0.6	-0.7
石油	2,606	3,118	3,596	4,036	4,320	4,595	4,793	42	40	40	1.5	0.6	0.5	0.6
天然ガス	944	1,119	1,346	1,634	1,801	1,907	1,998	15	16	16	1.9	0.9	0.5	0.7
電力	834	1,092	1,538	1,965	2,433	2,884	3,314	13	20	27	3.0	2.0	1.6	1.7
熱	336	248	275	306	317	306	291	5.4	3.1	2.4	-0.3	0.3	-0.4	-0.2
水素	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	-	-	0.0	n.a.	n.a.	-0.1	n.a.
再生可能	764	885	990	1,092	1,140	1,068	954	12	11	7.9	1.2	0.4	-0.9	-0.4

## 発電量

	(TWh)							構成比(%)			1990/2019/2030/2019/2050			
	1990	2000	2010	2019	2030	2040	2050	1990	2019	2050	2019	2030	2050	2050
	合計	11,845	15,428	21,526	26,936	33,308	39,130	44,376	100	100	100	2.9	1.9	1.4
石炭	4,430	5,995	8,671	9,914	11,166	11,555	11,348	37	37	26	2.8	1.1	0.1	0.4
石油	1,324	1,188	967	747	679	663	577	11	2.8	1.3	-2.0	-0.9	-0.8	-0.8
天然ガス	1,748	2,771	4,844	6,346	8,173	10,758	13,072	15	24	29	4.5	2.3	2.4	2.4
原子力	2,013	2,591	2,756	2,790	3,015	3,150	3,287	17	10	7.4	1.1	0.7	0.4	0.5
水力	2,140	2,613	3,449	4,221	4,877	5,335	5,770	18	16	13	2.4	1.3	0.8	1.0
地熱	36	52	68	91	191	264	319	0.3	0.3	0.7	3.2	7.0	2.6	4.1
太陽光	0.1	0.8	32	681	1,506	2,492	3,892	0.0	2.5	8.8	36.0	7.5	4.9	5.8
風力	3.9	31	342	1,427	2,502	3,349	4,164	0.0	5.3	9.4	22.6	5.2	2.6	3.5
太陽熱・海洋	1.2	1.1	2.2	14	120	215	352	0.0	0.1	0.8	8.9	21.3	5.5	10.9
バイオマス・廃棄物	129	162	362	655	1,030	1,300	1,545	1.1	2.4	3.5	5.8	4.2	2.0	2.8
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
その他	20	22	34	49	49	49	49	0.2	0.2	0.1	3.1	0.0	0.0	0.0

## エネルギー・経済指標他

	1990	2000	2010	2019	2030	2040	2050	1990/2019/2030/2019/2050
	2019	2030	2050	2050				
GDP (2010年価格10億ドル)	37,974	49,930	66,176	84,540	111,268	145,690	183,075	2.8 2.5 2.5 2.5
人口(100万人)	5,277	6,111	6,919	7,663	8,506	9,157	9,694	1.3 1.0 0.7 0.8
エネルギー起源CO <sub>2</sub> 排出(100万t)	20,511	23,159	30,624	33,613	35,461	36,991	37,479	1.7 0.5 0.3 0.4
一人あたりGDP (2010年価格1,000ドル/人)	7.2	8.2	9.6	11	13	16	19	1.5 1.6 1.9 1.7
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	1.7	1.6	1.9	1.9	1.9	1.9	1.8	0.5 -0.1 -0.1 -0.1
GDPあたり一次エネルギー消費 <sup>2)</sup>	230	200	194	171	143	116	97	-1.0 -1.7 -1.9 -1.8
GDPあたりCO <sub>2</sub> 排出量 <sup>3)</sup>	540	464	463	398	319	254	205	-1.1 -2.0 -2.2 -2.1
一次エネルギー消費あたりCO <sub>2</sub> 排出(t/toe)	2.3	2.3	2.4	2.3	2.2	2.2	2.1	0.0 -0.3 -0.3 -0.3

\*1 電力、熱、水素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/2010年価格100万ドル。\*3 t/2010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	2019	2030	2040	2050	1990	2019	2050	1990/2019	2019/2030	2030/2050	2019/2050
	合計 <sup>1</sup>	2,083	2,860	4,781	6,064	7,063	7,639	8,028	100	100	100	3.8	1.4	0.6
石炭	788	1,035	2,409	2,947	3,115	3,105	2,963	38	49	37	4.7	0.5	-0.3	0.0
石油	616	915	1,161	1,470	1,695	1,873	2,024	30	24	25	3.0	1.3	0.9	1.0
天然ガス	116	233	453	670	933	1,140	1,315	5.6	11	16	6.2	3.1	1.7	2.2
原子力	77	132	152	169	260	309	362	3.7	2.8	4.5	2.8	4.0	1.7	2.5
水力	32	41	92	151	180	203	220	1.5	2.5	2.7	5.5	1.6	1.0	1.2
地熱	8.2	23	31	55	103	128	153	0.4	0.9	1.9	6.8	5.9	2.0	3.4
太陽光・風力等	1.3	2.1	16	100	202	299	408	0.1	1.7	5.1	16.2	6.6	3.6	4.6
バイオマス・廃棄物	444	480	467	501	573	580	582	21	8.3	7.3	0.4	1.2	0.1	0.5

## 最終エネルギー消費

	(Mtoe)							構成比(%)			1990/2019/2030/2019/2050			
	1990	2000	2010	2019	2030	2040	2050	1990	2019	2050	2019	2030	2050	2050
	合計	1,529	1,973	3,156	3,919	4,511	4,895	5,226	100	100	100	3.3	1.3	0.7
産業	506	654	1,401	1,638	1,787	1,831	1,838	33	42	35	4.1	0.8	0.1	0.4
運輸	188	321	494	719	867	1,002	1,150	12	18	22	4.7	1.7	1.4	1.5
民生・農業他	720	817	972	1,163	1,369	1,505	1,627	47	30	31	1.7	1.5	0.9	1.1
非エネルギー消費	115	181	288	399	488	557	612	7.5	10	12	4.4	1.8	1.1	1.4
石炭	423	373	894	796	724	678	642	28	20	12	2.2	-0.9	-0.6	-0.7
石油	463	740	988	1,289	1,505	1,676	1,824	30	33	35	3.6	1.4	1.0	1.1
天然ガス	46	89	200	344	466	532	581	3.0	8.8	11	7.2	2.8	1.1	1.7
電力	157	280	574	931	1,236	1,470	1,682	10	24	32	6.3	2.6	1.6	1.9
熱	14	30	69	120	131	127	120	0.9	3.1	2.3	7.6	0.8	-0.4	0.0
水素	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	-	-	0.0	n.a.	n.a.	0.3	n.a.
再生可能	426	462	430	437	449	413	376	28	11	7.2	0.1	0.2	-0.9	-0.5

## 発電量

	(TWh)							構成比(%)			1990/2019/2030/2019/2050			
	1990	2000	2010	2019	2030	2040	2050	1990	2019	2050	2019	2030	2050	2050
	合計	2,237	3,971	7,990	12,432	16,577	19,567	22,124	100	100	100	6.1	2.7	1.5
石炭	868	1,984	4,776	7,299	8,763	9,264	9,315	39	59	42	7.6	1.7	0.3	0.8
石油	433	381	262	127	115	112	107	19	1.0	0.5	-4.1	-0.9	-0.4	-0.6
天然ガス	237	566	1,096	1,425	2,113	2,905	3,656	11	11	17	6.4	3.6	2.8	3.1
原子力	294	505	582	647	999	1,188	1,390	13	5.2	6.3	2.8	4.0	1.7	2.5
水力	368	477	1,072	1,758	2,095	2,358	2,554	16	14	12	5.5	1.6	1.0	1.2
地熱	8.4	20	22	28	61	78	95	0.4	0.2	0.4	4.2	7.4	2.2	4.0
太陽光	0.1	0.4	5.2	375	846	1,360	2,076	0.0	3.0	9.4	34.4	7.7	4.6	5.7
風力	0.0	2.4	70	498	1,132	1,704	2,194	0.0	4.0	9.9	39.2	7.7	3.4	4.9
太陽熱・海洋	0.0	0.0	0.0	1.6	9.1	15	26	0.0	0.0	0.1	20.5	17.2	5.5	9.5
バイオマス・廃棄物	8.9	15	82	252	422	561	690	0.4	2.0	3.1	12.2	4.8	2.5	3.3
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	0.3	0.0	0.0	0.0

## エネルギー・経済指標他

	1990	2000	2010	2019	2030	2040	2050	1990/2019	2019/2030	2030/2050	2019/2050
	GDP (2010年価格10億ドル)	7,634	11,121	17,747	26,795	40,632	57,782	76,784	4.4	3.9	3.2
人口(100万人)	2,938	3,420	3,824	4,150	4,462	4,632	4,697	1.2	0.7	0.3	0.4
エネルギー起源CO <sub>2</sub> 排出(100万t)	4,682	6,790	12,934	16,148	17,954	18,744	18,921	4.4	1.0	0.3	0.5
一人あたりGDP (2010年価格1,000ドル/人)	2.6	3.3	4.6	6.5	9.1	12	16	3.2	3.2	3.0	3.0
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	0.7	0.8	1.3	1.5	1.6	1.6	1.7	2.5	0.7	0.4	0.5
GDPあたり一次エネルギー消費 <sup>2</sup>	273	257	269	226	174	132	105	-0.6	-2.4	-2.5	-2.5
GDPあたりCO <sub>2</sub> 排出量 <sup>3</sup>	613	611	729	603	442	324	246	-0.1	-2.8	-2.9	-2.8
一次エネルギー消費あたりCO <sub>2</sub> 排出(t/toe)	2.2	2.4	2.7	2.5	2.5	2.5	2.4	0.6	-0.4	-0.4	-0.4

\*1 電力、熱、水素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/2010年価格100万ドル。\*3 t/2010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	2019	2030	2040	2050	1990	2019	2050	1990/2019	2019/2030	2030/2050	2019/2050
	合計 <sup>1)</sup>	874	1,130	2,536	3,389	3,655	3,576	3,373	100	100	100	4.8	0.7	-0.4
石炭	531	665	1,790	2,072	2,028	1,784	1,483	61	61	44	4.8	-0.2	-1.6	-1.1
石油	119	221	428	648	719	719	672	14	19	20	6.0	0.9	-0.3	0.1
天然ガス	13	21	89	248	366	422	463	1.5	7.3	14	10.8	3.6	1.2	2.0
原子力	-	4.4	19	91	131	170	208	-	2.7	6.2	n.a.	3.4	2.3	2.7
水力	11	19	61	109	123	133	137	1.2	3.2	4.1	8.3	1.1	0.6	0.7
地熱	-	1.7	3.6	19	22	23	24	-	0.6	0.7	n.a.	1.4	0.4	0.8
太陽光・風力等	0.0	1.0	12	77	145	208	263	0.0	2.3	7.8	30.7	5.9	3.0	4.0
バイオマス・廃棄物	200	198	133	127	123	121	125	23	3.7	3.7	-1.6	-0.3	0.1	0.0

## 最終エネルギー消費

	(Mtoe)							構成比(%)			1990/2019/2030/2019/2050			
	1990	2000	2010	2019	2030	2040	2050	1990	2019	2050	2019	2030	2050	2050
	合計	658	781	1,645	2,093	2,233	2,189	2,099	100	100	100	4.1	0.6	-0.3
産業	234	302	924	1,024	967	829	712	36	49	34	5.2	-0.5	-1.5	-1.2
運輸	30	84	197	324	390	406	391	4.6	15	19	8.5	1.7	0.0	0.6
民生・農業他	351	338	411	567	666	727	769	53	27	37	1.7	1.5	0.7	1.0
非エネルギー消費	43	58	113	178	210	227	228	6.5	8.5	11	5.0	1.5	0.4	0.8
石炭	311	274	712	574	449	348	269	47	27	13	2.1	-2.2	-2.5	-2.4
石油	85	180	369	542	607	608	567	13	26	27	6.6	1.0	-0.3	0.1
天然ガス	8.9	12	73	179	222	226	224	1.3	8.6	11	10.9	2.0	0.0	0.7
電力	39	89	297	561	721	796	843	5.9	27	40	9.6	2.3	0.8	1.3
熱	13	26	62	111	121	117	110	2.0	5.3	5.3	7.6	0.8	-0.5	0.0
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
再生可能	200	199	132	125	114	95	85	30	6.0	4.1	-1.6	-0.9	-1.4	-1.2

## 発電量

	(TWh)							構成比(%)			1990/2019/2030/2019/2050			
	1990	2000	2010	2019	2030	2040	2050	1990	2019	2050	2019	2030	2050	2050
	合計	621	1,356	4,197	7,472	9,604	10,517	11,026	100	100	100	9.0	2.3	0.7
石炭	441	1,060	3,240	4,876	5,620	5,288	4,763	71	65	43	8.6	1.3	-0.8	-0.1
石油	50	47	15	11	9.6	6.8	3.8	8.1	0.1	0.0	-5.3	-0.8	-4.5	-3.2
天然ガス	2.8	5.8	78	213	512	729	900	0.4	2.8	8.2	16.1	8.3	2.9	4.8
原子力	-	17	74	348	503	652	797	-	4.7	7.2	n.a.	3.4	2.3	2.7
水力	127	222	711	1,273	1,429	1,545	1,597	20	17	14	8.3	1.1	0.6	0.7
地熱	0.1	0.1	0.1	0.1	0.3	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0	2.8	9.4	2.2	4.7
太陽光	0.0	0.0	0.7	224	453	680	945	0.0	3.0	8.6	49.3	6.6	3.7	4.8
風力	0.0	0.6	45	406	905	1,373	1,712	0.0	5.4	16	52.4	7.6	3.2	4.8
太陽熱・海洋	0.0	0.0	0.0	1.1	2.6	4.0	8.6	0.0	0.0	0.1	19.1	8.0	6.2	6.8
バイオマス・廃棄物	-	2.4	34	121	171	239	298	-	1.6	2.7	n.a.	3.2	2.8	2.9
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	2019	2030	2040	2050	1990/2019	2019/2030	2030/2050	2019/2050
GDP (2010年価格10億ドル)	828	2,232	6,087	11,520	19,727	28,857	37,739	9.5	5.0	3.3	3.9
人口(100万人)	1,135	1,263	1,338	1,398	1,429	1,414	1,368	0.7	0.2	-0.2	-0.1
エネルギー起源CO <sub>2</sub> 排出(100万t)	2,181	3,181	8,033	9,882	10,188	9,298	8,067	5.3	0.3	-1.2	-0.7
一人あたりGDP (2010年価格1,000ドル/人)	0.7	1.8	4.6	8.2	14	20	28	8.7	4.8	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	2.4	2.6	2.5	2.5	4.0	0.5	-0.2	0.1
GDPあたり一次エネルギー消費 <sup>2)</sup>	1,055	506	417	294	185	124	89	-4.3	-4.1	-3.6	-3.8
GDPあたりCO <sub>2</sub> 排出量 <sup>3)</sup>	2,634	1,425	1,320	858	516	322	214	-3.8	-4.5	-4.3	-4.4
一次エネルギー消費あたりCO <sub>2</sub> 排出(t/toe)	2.5	2.8	3.2	2.9	2.8	2.6	2.4	0.5	-0.4	-0.8	-0.6

\*1 電力、熱、水素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/2010年価格100万ドル。\*3 t/2010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	2019	2030	2040	2050	1990	2019	2050	1990/2019	2019/2030	2030/2050	2019/2050
	合計 <sup>1)</sup>	280	418	667	938	1,367	1,776	2,158	100	100	100	4.3	3.5	2.3
石炭	93	146	279	418	588	767	894	33	45	41	5.3	3.2	2.1	2.5
石油	61	112	162	235	344	476	637	22	25	30	4.8	3.5	3.1	3.3
天然ガス	11	23	54	55	105	167	224	3.8	5.9	10	5.9	6.0	3.8	4.6
原子力	1.6	4.4	6.8	12	41	51	65	0.6	1.3	3.0	7.2	11.7	2.3	5.6
水力	6.2	6.4	11	15	21	28	35	2.2	1.6	1.6	3.1	3.0	2.6	2.8
地熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
太陽光・風力等	0.0	0.2	2.0	11	34	55	82	0.0	1.2	3.8	27.3	10.5	4.4	6.5
バイオマス・廃棄物	108	126	152	191	233	234	224	39	20	10	2.0	1.8	-0.2	0.5

**最終エネルギー消費**

	(Mtoe)							構成比(%)			1990/2019/2030/2019/2050			
	1990	2000	2010	2019	2030	2040	2050	1990	2019	2050	2019	2030	2050	2050
	合計	215	290	444	630	899	1,166	1,442	100	100	100	3.8	3.3	2.4
産業	59	85	158	243	381	489	555	27	39	38	5.0	4.2	1.9	2.7
運輸	21	32	65	105	155	237	362	9.6	17	25	5.8	3.6	4.4	4.1
民生・農業他	122	147	187	231	289	335	386	57	37	27	2.2	2.1	1.5	1.7
非エネルギー消費	13	27	34	51	75	106	139	6.2	8.2	9.6	4.8	3.5	3.1	3.3
石炭	38	33	87	107	151	189	220	18	17	15	3.6	3.2	1.9	2.4
石油	50	94	138	208	310	434	586	23	33	41	5.0	3.7	3.2	3.4
天然ガス	6.1	12	19	34	65	97	126	2.8	5.5	8.7	6.1	6.0	3.4	4.3
電力	18	32	62	113	191	276	363	8.5	18	25	6.5	4.9	3.3	3.8
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	168	183	170	147	48	27	10	1.7	0.8	-1.1	-0.4

**発電量**

	(TWh)							構成比(%)			1990/2019/2030/2019/2050			
	1990	2000	2010	2019	2030	2040	2050	1990	2019	2050	2019	2030	2050	2050
	合計	289	561	974	1,624	2,756	3,879	4,937	100	100	100	6.1	4.9	3.0
石炭	189	387	658	1,181	1,731	2,338	2,763	65	73	56	6.5	3.5	2.4	2.8
石油	13	25	21	6.0	5.4	2.8	-	4.3	0.4	-	-2.5	-1.0	-100	-100
天然ガス	10.0	56	107	65	162	308	475	3.4	4.0	9.6	6.7	8.7	5.5	6.6
原子力	6.1	17	26	46	157	196	249	2.1	2.9	5.0	7.2	11.7	2.3	5.6
水力	72	74	125	172	240	320	402	25	11	8.1	3.1	3.0	2.6	2.8
地熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
太陽光	-	0.0	0.1	51	205	367	592	-	3.1	12	n.a.	13.5	5.5	8.3
風力	0.0	1.7	20	70	164	224	297	0.0	4.3	6.0	30.4	8.0	3.0	4.8
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	33	89	118	149	-	2.0	3.0	n.a.	9.5	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	2019	2030	2040	2050	1990/2019	2019/2030	2030/2050	2019/2050
GDP (2010年価格10億ドル)	506	870	1,670	2,930	5,301	9,066	14,321	6.2	5.5	5.1	5.3
人口(100万人)	873	1,057	1,234	1,366	1,504	1,593	1,639	1.6	0.9	0.4	0.6
エネルギー起源CO <sub>2</sub> 排出(100万t)	530	890	1,586	2,310	3,366	4,535	5,574	5.2	3.5	2.6	2.9
一人あたりGDP (2010年価格1,000ドル/人)	0.6	0.8	1.4	2.1	3.5	5.7	8.7	4.6	4.6	4.6	4.6
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	0.3	0.4	0.5	0.7	0.9	1.1	1.3	2.7	2.6	1.9	2.1
GDPあたり一次エネルギー消費 <sup>2)</sup>	554	480	400	320	258	196	151	-1.9	-1.9	-2.6	-2.4
GDPあたりCO <sub>2</sub> 排出量 <sup>3)</sup>	1,048	1,023	950	788	635	500	389	-1.0	-1.9	-2.4	-2.3
一次エネルギー消費あたりCO <sub>2</sub> 排出(t/toe)	1.9	2.1	2.4	2.5	2.5	2.6	2.6	0.9	0.0	0.2	0.2

<sup>1)</sup> 電力、熱、水素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。

<sup>2)</sup> toe/2010年価格100万ドル。<sup>3)</sup> t/2010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	2019	2030	2040	2050	1990	2019	2050	1990/2019	2019/2030	2030/2050	2019/2050
合計 <sup>1)</sup>	437	516	500	415	392	366	340	100	100	100	-0.2	-0.5	-0.7	-0.6
石炭	77	97	116	115	92	84	74	18	28	22	1.4	-2.0	-1.1	-1.4
石油	249	253	201	159	135	116	98	57	38	29	-1.5	-1.5	-1.6	-1.5
天然ガス	44	66	86	92	84	82	77	10	22	23	2.6	-0.8	-0.5	-0.6
原子力	53	84	75	17	41	37	37	12	4.0	11	-3.9	8.5	-0.6	2.6
水力	7.6	7.2	7.2	6.8	7.8	8.1	8.2	1.7	1.6	2.4	-0.3	1.2	0.2	0.6
地熱	1.6	3.1	2.4	2.6	5.3	8.4	11	0.4	0.6	3.2	1.7	6.8	3.7	4.8
太陽光・風力等	1.2	0.9	1.1	6.8	9.1	12	16	0.3	1.6	4.8	6.1	2.7	2.9	2.8
バイオマス・廃棄物	4.2	5.0	11	16	17	18	19	1.0	3.8	5.6	4.6	0.9	0.5	0.6

## 最終エネルギー消費

	(Mtoe)							構成比(%)			1990/2019/2030/2019/2050			
	1990	2000	2010	2019	2030	2040	2050	1990	2019	2050	2019	2030	2050	2050
合計	291	336	314	279	259	240	222	100	100	100	-0.1	-0.7	-0.8	-0.7
産業	108	103	92	81	73	67	61	37	29	27	-1.0	-1.0	-0.9	-0.9
運輸	72	89	79	69	59	50	43	25	25	19	-0.1	-1.4	-1.6	-1.5
民生・農業他	78	108	109	95	96	93	88	27	34	40	0.7	0.1	-0.4	-0.2
非エネルギー消費	33	36	35	33	32	31	30	11	12	14	0.0	-0.4	-0.3	-0.3
石炭	27	21	23	21	17	15	13	9.3	7.4	5.9	-0.9	-1.7	-1.4	-1.5
石油	181	206	166	143	124	107	92	62	51	42	-0.8	-1.2	-1.5	-1.4
天然ガス	14	21	29	29	31	28	25	4.7	10	11	2.6	0.5	-1.0	-0.5
電力	66	84	89	80	81	84	86	23	29	39	0.7	0.1	0.3	0.2
熱	0.2	0.5	0.6	0.5	0.5	0.5	0.4	0.1	0.2	0.2	3.5	-0.1	-1.5	-1.0
水素	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	-	-	0.0	n.a.	n.a.	-16.4	n.a.
再生可能	3.8	4.1	6.1	6.5	6.4	6.0	5.6	1.3	2.3	2.5	1.9	-0.2	-0.7	-0.5

## 発電量

	(TWh)							構成比(%)			1990/2019/2030/2019/2050			
	1990	2000	2010	2019	2030	2040	2050	1990	2019	2050	2019	2030	2050	2050
合計	862	1,055	1,164	1,037	1,045	1,079	1,099	100	100	100	0.6	0.1	0.3	0.2
石炭	125	228	317	329	257	247	221	14	32	20	3.4	-2.2	-0.8	-1.3
石油	250	133	91	36	19	9.6	0.1	29	3.5	0.0	-6.4	-5.6	-22.4	-16.8
天然ガス	168	255	332	385	338	358	354	19	37	32	2.9	-1.2	0.2	-0.3
原子力	202	322	288	64	157	141	141	23	6.1	13	-3.9	8.5	-0.6	2.6
水力	88	84	84	80	91	94	95	10	7.7	8.7	-0.3	1.2	0.2	0.6
地熱	1.7	3.3	2.6	2.8	6.0	9.7	13	0.2	0.3	1.1	1.7	7.1	3.7	4.9
太陽光	0.1	0.4	3.5	69	86	106	123	0.0	6.6	11	27.0	2.1	1.8	1.9
風力	-	0.1	4.0	7.7	18	32	64	-	0.7	5.8	n.a.	7.9	6.6	7.1
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	45	54	63	70	0.9	4.3	6.4	6.1	1.7	1.3	1.5
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
その他	20	20	21	19	19	19	19	2.3	1.8	1.7	-0.1	0.0	0.0	0.0

## エネルギー・経済指標他

	1990	2000	2010	2019	2030	2040	2050	1990/2019	2019/2030	2030/2050	2019/2050
GDP (2010年価格10億ドル)	4,704	5,349	5,700	6,211	6,664	7,227	7,761	1.0	0.6	0.8	0.7
人口(100万人)	124	127	128	126	120	113	105	0.1	-0.5	-0.7	-0.6
エネルギー起源CO <sub>2</sub> 排出(100万t)	1,049	1,152	1,127	1,059	885	792	691	0.0	-1.6	-1.2	-1.4
一人あたりGDP (2010年価格1,000ドル/人)	38	42	45	49	55	64	74	0.9	1.1	1.4	1.3
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	3.5	4.1	3.9	3.3	3.3	3.2	3.2	-0.3	-0.1	-0.1	-0.1
GDPあたり一次エネルギー消費 <sup>2)</sup>	93	96	88	67	59	51	44	-1.1	-1.2	-1.5	-1.4
GDPあたりCO <sub>2</sub> 排出量 <sup>3)</sup>	223	215	198	171	133	110	89	-0.9	-2.2	-2.0	-2.1
一次エネルギー消費あたりCO <sub>2</sub> 排出(t/toe)	2.4	2.2	2.3	2.6	2.3	2.2	2.0	0.2	-1.1	-0.5	-0.7

\*1 電力、熱、水素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/2010年価格100万ドル。\*3 t/2010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	2019	2030	2040	2050	1990	2019	2050	1990/2019	2019/2030	2030/2050	2019/2050
	合計 <sup>1)</sup>	93	188	250	280	288	282	263	100	100	100	3.9	0.2	-0.4
石炭	25	42	73	80	80	76	66	27	29	25	4.0	0.0	-1.0	-0.6
石油	50	99	95	104	102	98	92	54	37	35	2.6	-0.2	-0.5	-0.4
天然ガス	2.7	17	39	49	62	69	73	2.9	17	28	10.5	2.1	0.9	1.3
原子力	14	28	39	38	33	25	18	15	14	6.8	3.6	-1.4	-3.0	-2.4
水力	0.5	0.3	0.3	0.2	0.3	0.3	0.3	0.6	0.1	0.1	-2.8	2.2	0.0	0.8
地熱	-	-	0.0	0.2	0.3	0.2	0.2	-	0.1	0.1	n.a.	1.0	-1.0	-0.3
太陽光・風力等	0.0	0.0	0.2	1.6	2.8	4.3	6.3	0.0	0.6	2.4	19.2	5.2	4.1	4.5
バイオマス・廃棄物	0.7	1.4	3.5	6.7	7.5	8.0	8.1	0.8	2.4	3.1	7.9	1.1	0.4	0.6

最終エネルギー消費

	(Mtoe)							構成比(%)			1990/2019/2030/2019/2050			
	1990	2000	2010	2019	2030	2040	2050	1990	2019	2050	2019	2030	2050	2050
	合計	65	127	158	182	190	189	180	100	100	100	3.6	0.4	-0.3
産業	19	38	45	47	51	51	48	30	26	27	3.1	0.7	-0.3	0.1
運輸	15	26	30	37	34	31	27	22	20	15	3.2	-0.6	-1.1	-1.0
民生・農業他	24	37	44	45	48	47	44	38	25	25	2.2	0.5	-0.4	-0.1
非エネルギー消費	6.7	25	38	53	57	60	60	10	29	33	7.4	0.7	0.3	0.4
石炭	12	9.1	9.5	7.9	6.8	5.8	4.7	18	4.4	2.6	-1.3	-1.4	-1.8	-1.6
石油	44	80	82	98	96	93	86	67	54	48	2.8	-0.1	-0.5	-0.4
天然ガス	0.7	11	21	22	25	24	22	1.0	12	12	12.7	1.1	-0.6	0.0
電力	8.1	23	39	45	52	56	57	13	25	32	6.1	1.3	0.5	0.8
熱	-	3.3	4.3	5.5	5.6	5.3	4.9	-	3.0	2.7	n.a.	0.1	-0.7	-0.4
水素	-	-	-	-	0.0	0.0	-	-	-	-	n.a.	n.a.	-100	n.a.
再生可能	0.7	1.3	2.7	4.2	4.5	4.7	4.7	1.1	2.3	2.6	6.2	0.7	0.2	0.4

発電量

	(TWh)							構成比(%)			1990/2019/2030/2019/2050			
	1990	2000	2010	2019	2030	2040	2050	1990	2019	2050	2019	2030	2050	2050
	合計	105	289	497	578	666	720	733	100	100	100	6.0	1.3	0.5
石炭	18	111	219	246	272	277	249	17	43	34	9.5	0.9	-0.4	0.0
石油	19	35	19	9.3	5.0	-	-	18	1.6	-	-2.4	-5.5	-100	-100
天然ガス	9.6	29	103	146	213	277	323	9.1	25	44	9.8	3.5	2.1	2.6
原子力	53	109	149	146	125	97	68	50	25	9.3	3.6	-1.4	-3.0	-2.4
水力	6.4	4.0	3.7	2.8	3.6	3.6	3.6	6.0	0.5	0.5	-2.8	2.2	0.0	0.8
地熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
太陽光	0.0	0.0	0.8	13	24	35	49	0.0	2.2	6.7	38.6	5.6	3.7	4.4
風力	-	0.0	0.8	2.7	5.7	9.7	16	-	0.5	2.2	n.a.	7.1	5.2	5.9
太陽熱・海洋	-	-	-	0.5	3.2	4.7	8.0	-	0.1	1.1	n.a.	18.9	4.7	9.6
バイオマス・廃棄物	-	0.1	1.1	9.3	12	13	14	-	1.6	1.9	n.a.	2.1	0.9	1.4
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
その他	-	-	0.3	2.4	2.4	2.4	2.4	-	0.4	0.3	n.a.	0.0	0.0	0.0

エネルギー・経済指標他

	1990	2000	2010	2019	2030	2040	2050	1990/2019	2019/2030	2030/2050	2019/2050
GDP (2010年価格10億ドル)	364	724	1,144	1,482	1,885	2,308	2,665	5.0	2.2	1.7	1.9
人口(100万人)	43	47	50	52	51	50	47	0.6	-0.1	-0.4	-0.3
エネルギー起源CO <sub>2</sub> 排出(100万t)	210	406	533	587	595	581	531	3.6	0.1	-0.6	-0.3
一人あたりGDP (2010年価格1,000ドル/人)	8.5	15	23	29	37	46	57	4.3	2.3	2.2	2.2
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	2.2	4.0	5.0	5.4	5.6	5.6	5.6	3.2	0.3	0.0	0.1
GDPあたり一次エネルギー消費 <sup>2)</sup>	255	260	219	189	153	122	99	-1.0	-1.9	-2.1	-2.1
GDPあたりCO <sub>2</sub> 排出量 <sup>3)</sup>	578	561	466	396	316	252	199	-1.3	-2.0	-2.3	-2.2
一次エネルギー消費あたりCO <sub>2</sub> 排出(t/toe)	2.3	2.2	2.1	2.1	2.1	2.1	2.0	-0.3	-0.1	-0.1	-0.1

\*1 電力、熱、水素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/2010年価格100万ドル。\*3 t/2010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	2019	2030	2040	2050	1990	2019	2050	1990/ 2019	2019/ 2030	2030/ 2050	2019/ 2050
合計 <sup>1)</sup>	47	82	109	110	115	113	107	100	100	100	3.0	0.4	-0.4	-0.1
石炭	11	28	38	39	44	41	37	23	36	34	4.6	1.0	-0.9	-0.2
石油	26	38	44	40	39	37	32	55	36	30	1.5	0.0	-1.0	-0.6
天然ガス	1.4	5.6	13	20	27	30	31	3.0	18	29	9.5	3.0	0.7	1.5
原子力	8.6	10	11	8.4	-	-	-	18	7.7	-	-0.1	-100	n.a.	-100
水力	0.5	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5	1.2	0.4	0.4	-0.5	-0.2	0.1	0.0
地熱	0.0	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-4.6	0.0	0.0	0.0
太陽光・風力等	0.0	0.1	0.2	0.6	1.4	2.1	2.9	0.0	0.5	2.7	12.9	8.0	3.8	5.3
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	2.8	12.9	5.0	0.8	2.2

## 最終エネルギー消費

	(Mtoe)							構成比(%)			1990/2019/2030/2019/2050			
	1990	2000	2010	2019	2030	2040	2050	1990	2019	2050	2019	2030	2050	2050
合計	30	50	70	70	74	73	70	100	100	100	3.0	0.6	-0.3	0.0
産業	12	20	24	24	26	26	25	41	34	36	2.3	0.8	-0.3	0.1
運輸	6.6	11	12	12	11	9.4	7.3	22	17	10	2.1	-0.6	-2.2	-1.6
民生・農業他	6.5	10	12	12	13	13	13	22	17	19	2.2	0.7	0.1	0.3
非エネルギー消費	4.4	8.6	22	22	24	24	24	15	31	35	5.6	0.8	0.1	0.4
石炭	3.4	5.2	6.2	5.3	5.0	4.5	3.8	11	7.6	5.5	1.5	-0.6	-1.3	-1.0
石油	19	29	40	37	37	35	31	63	53	45	2.4	0.1	-0.9	-0.5
天然ガス	0.9	1.6	2.2	4.0	4.9	4.9	4.5	3.0	5.7	6.5	5.3	1.9	-0.4	0.4
電力	6.6	14	19	21	24	26	27	22	30	39	4.1	1.3	0.6	0.8
熱	-	0.0	1.4	1.7	2.0	1.9	1.8	-	2.5	2.6	n.a.	1.2	-0.3	0.2
水素	-	-	-	-	0.0	0.0	-	-	-	-	n.a.	n.a.	-100	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	12.0	2.3	1.1	1.5

## 発電量

	(TWh)							構成比(%)			1990/2019/2030/2019/2050			
	1990	2000	2010	2019	2030	2040	2050	1990	2019	2050	2019	2030	2050	2050
合計	87	181	244	271	313	337	349	100	100	100	4.0	1.3	0.5	0.8
石炭	24	88	122	126	145	136	121	28	47	35	5.8	1.2	-0.9	-0.1
石油	22	31	11	5.8	5.1	3.0	0.7	26	2.2	0.2	-4.5	-1.3	-9.4	-6.6
天然ガス	1.2	18	60	91	135	161	180	1.4	34	52	16.1	3.7	1.4	2.2
原子力	33	39	42	32	-	-	-	38	12	-	-0.1	-100	n.a.	-100
水力	6.4	4.6	4.2	5.5	5.4	5.5	5.5	7.3	2.0	1.6	-0.5	-0.2	0.1	0.0
地熱	0.0	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-4.6	0.0	0.0	0.0
太陽光	-	-	0.0	4.0	6.3	9.3	12	-	1.5	3.4	n.a.	4.2	3.1	3.5
風力	-	0.0	1.0	1.9	8.8	14	21	-	0.7	6.1	n.a.	15.0	4.5	8.1
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	10.5	6.0	0.9	2.7
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	2019	2030	2040	2050	1990/2019	2019/2030	2030/2050	2019/2050
GDP (2010年価格10億ドル)	155	297	446	560	740	893	1,030	4.5	2.6	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 <sub>2</sub> 排出(100万t)	107	209	245	256	287	272	244	3.1	1.0	-0.8	-0.1
一人あたりGDP (2010年価格1,000ドル/人)	7.6	13	19	24	31	38	46	4.0	2.4	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	4.6	4.8	4.8	4.8	2.5	0.3	0.0	0.1
GDPあたり一次エネルギー消費 <sup>2)</sup>	301	278	244	196	155	127	104	-1.5	-2.1	-2.0	-2.0
GDPあたりCO <sub>2</sub> 排出量 <sup>3)</sup>	689	705	550	457	388	305	237	-1.4	-1.5	-2.4	-2.1
一次エネルギー消費あたりCO <sub>2</sub> 排出(t/toe)	2.3	2.5	2.3	2.3	2.5	2.4	2.3	0.1	0.6	-0.4	-0.1

\*1 電力、熱、水素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/2010年価格100万ドル。\*3 t/2010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	2019	2030	2040	2050	1990	2019	2050	1990/2019	2019/2030	2030/2050	2019/2050
	合計 <sup>1)</sup>	232	378	533	686	923	1,137	1,336	100	100	100	3.8	2.7	1.9
石炭	13	31	85	174	224	279	321	5.4	25	24	9.5	2.3	1.8	2.0
石油	89	153	188	231	283	335	381	38	34	29	3.3	1.9	1.5	1.6
天然ガス	30	74	125	143	203	258	308	13	21	23	5.5	3.3	2.1	2.5
原子力	-	-	-	-	-	9.7	18	-	-	1.4	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
水力	2.3	4.1	6.1	12	18	20	22	1.0	1.7	1.6	5.8	3.7	1.0	2.0
地熱	6.6	18	25	33	75	96	117	2.9	4.9	8.8	5.7	7.6	2.3	4.1
太陽光・風力等	-	-	0.0	1.6	7.3	15	30	-	0.2	2.3	n.a.	14.7	7.4	9.9
バイオマス・廃棄物	92	97	104	90	111	121	133	40	13	10.0	-0.1	1.9	0.9	1.3

**最終エネルギー消費**

	(Mtoe)							構成比(%)			1990/2019/2030/2019/2050			
	1990	2000	2010	2019	2030	2040	2050	1990	2019	2050	2019	2030	2050	2050
	合計	171	269	375	467	604	737	867	100	100	100	3.5	2.4	1.8
産業	42	75	120	164	216	272	320	24	35	37	4.8	2.5	2.0	2.2
運輸	33	61	86	135	167	200	234	19	29	27	5.0	1.9	1.7	1.8
民生・農業他	86	112	128	112	138	162	191	50	24	22	0.9	1.9	1.6	1.7
非エネルギー消費	11	21	40	56	83	102	122	6.4	12	14	5.8	3.6	2.0	2.5
石炭	5.4	13	40	53	62	75	86	3.1	11	9.9	8.2	1.4	1.6	1.6
石油	67	123	163	217	269	320	366	39	46	42	4.1	2.0	1.6	1.7
天然ガス	7.5	17	29	46	78	101	120	4.4	9.9	14	6.5	4.9	2.2	3.1
電力	11	28	52	85	128	175	228	6.5	18	26	7.2	3.8	2.9	3.3
熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
水素	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	-	-	0.0	n.a.	n.a.	0.9	n.a.
再生可能	81	88	91	66	66	66	68	47	14	7.8	-0.7	0.1	0.1	0.1

**発電量**

	(TWh)							構成比(%)			1990/2019/2030/2019/2050			
	1990	2000	2010	2019	2030	2040	2050	1990	2019	2050	2019	2030	2050	2050
	合計	154	370	675	1,089	1,646	2,255	2,929	100	100	100	7.0	3.8	2.9
石炭	28	79	185	471	647	851	1,029	18	43	35	10.3	2.9	2.3	2.6
石油	66	72	59	18	19	19	14	43	1.6	0.5	-4.5	0.8	-1.4	-0.6
天然ガス	26	154	336	380	549	762	985	17	35	34	9.7	3.4	3.0	3.1
原子力	-	-	-	-	-	37	71	-	-	2.4	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
水力	27	47	71	139	207	235	254	18	13	8.7	5.8	3.7	1.0	2.0
地熱	6.6	16	19	25	54	67	81	4.3	2.3	2.8	4.7	7.3	2.1	3.9
太陽光	-	-	0.0	13	59	127	281	-	1.2	9.6	n.a.	15.0	8.1	10.5
風力	-	-	0.1	5.9	25	43	71	-	0.5	2.4	n.a.	14.0	5.4	8.4
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	39	85	113	142	0.4	3.5	4.9	15.4	7.5	2.6	4.3
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	2019	2030	2040	2050	1990/2019	2019/2030	2030/2050	2019/2050
GDP (2010年価格10億ドル)	746	1,187	1,970	3,040	4,692	7,044	9,967	5.0	4.0	3.8	3.9
人口(100万人)	431	507	575	637	699	738	761	1.4	0.8	0.4	0.6
エネルギー起源CO <sub>2</sub> 排出(100万t)	355	689	1,080	1,580	2,009	2,464	2,835	5.3	2.2	1.7	1.9
一人あたりGDP (2010年価格1,000ドル/人)	1.7	2.3	3.4	4.8	6.7	9.5	13	3.6	3.2	3.4	3.3
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	0.5	0.7	0.9	1.1	1.3	1.5	1.8	2.4	1.9	1.4	1.6
GDPあたり一次エネルギー消費 <sup>2)</sup>	311	319	270	226	197	161	134	-1.1	-1.2	-1.9	-1.7
GDPあたりCO <sub>2</sub> 排出量 <sup>3)</sup>	475	581	548	520	428	350	284	0.3	-1.7	-2.0	-1.9
一次エネルギー消費あたりCO <sub>2</sub> 排出(t/toe)	1.5	1.8	2.0	2.3	2.2	2.2	2.1	1.4	-0.5	-0.1	-0.3

\*1 電力、熱、水素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/2010年価格100万ドル。\*3 t/2010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	2019	2030	2040	2050	1990	2019	2050	1990/2019	2019/2030	2030/2050	2019/2050
	合計 <sup>1)</sup>	99	156	202	241	336	433	527	100	100	100	3.1	3.1	2.3
石炭	3.5	12	32	69	87	117	136	3.6	29	26	10.8	2.2	2.2	2.2
石油	33	58	67	75	91	111	128	34	31	24	2.9	1.7	1.7	1.7
天然ガス	16	27	39	39	58	83	107	16	16	20	3.2	3.7	3.1	3.3
原子力	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
水力	0.5	0.9	1.5	1.8	2.2	2.7	3.2	0.5	0.8	0.6	4.6	1.6	1.9	1.8
地熱	1.9	8.4	16	24	58	76	96	2.0	10	18	9.1	8.2	2.6	4.5
太陽光・風力等	-	-	0.0	0.1	1.1	3.7	13	-	0.0	2.5	n.a.	32.2	13.0	19.5
バイオマス・廃棄物	44	50	46	31	37	40	44	44	13	8.3	-1.1	1.6	0.8	1.1

## 最終エネルギー消費

	(Mtoe)							構成比(%)			1990/2019/2030/2019/2050			
	1990	2000	2010	2019	2030	2040	2050	1990	2019	2050	2019	2030	2050	2050
	合計	79	120	146	161	200	254	311	100	100	100	2.5	2.0	2.2
産業	17	30	49	58	74	99	121	22	36	39	4.2	2.2	2.5	2.4
運輸	11	21	30	54	66	81	97	14	34	31	5.8	1.8	2.0	1.9
民生・農業他	44	59	57	39	47	56	69	55	25	22	-0.4	1.7	1.9	1.8
非エネルギー消費	7.4	9.8	10	8.3	12	17	23	9.3	5.2	7.5	0.4	3.5	3.3	3.4
石炭	1.5	4.6	17	25	27	36	43	1.9	15	14	10.1	1.0	2.3	1.8
石油	27	48	55	72	88	107	125	34	45	40	3.4	1.9	1.8	1.8
天然ガス	6.0	12	16	17	26	37	46	7.6	10	15	3.5	4.3	2.9	3.4
電力	2.4	6.8	13	22	36	54	76	3.1	14	24	7.9	4.4	3.8	4.0
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	45	25	22	20	20	53	16	6.6	-1.7	-1.1	-0.5	-0.7

## 発電量

	(TWh)							構成比(%)			1990/2019/2030/2019/2050			
	1990	2000	2010	2019	2030	2040	2050	1990	2019	2050	2019	2030	2050	2050
	合計	33	93	170	295	472	709	992	100	100	100	7.9	4.4	3.8
石炭	9.8	34	68	174	244	345	414	30	59	42	10.5	3.1	2.7	2.8
石油	15	18	34	10	11	11	7.8	47	3.4	0.8	-1.5	0.9	-1.7	-0.8
天然ガス	0.7	26	40	61	108	185	265	2.2	21	27	16.5	5.3	4.6	4.8
原子力	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
水力	5.7	10	17	21	25	31	37	17	7.2	3.7	4.6	1.6	1.9	1.8
地熱	1.1	4.9	9.4	14	34	44	56	3.4	4.8	5.6	9.1	8.2	2.6	4.5
太陽光	-	-	0.0	0.1	5.8	28	118	-	0.0	12	n.a.	42.5	16.3	25.0
風力	-	-	0.0	0.5	7.2	15	33	-	0.2	3.3	n.a.	27.8	7.8	14.5
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	13	37	49	62	-	4.5	6.2	n.a.	9.6	2.6	5.1
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	2019	2030	2040	2050	1990/2019/2030/2019/2050
GDP (2010年価格10億ドル)	310	453	755	1,204	1,965	3,129	4,595	4.8 4.6 4.3 4.4
人口(100万人)	181	212	242	271	299	319	331	1.4 0.9 0.5 0.7
エネルギー起源CO <sub>2</sub> 排出(100万t)	131	255	397	584	739	961	1,128	5.3 2.2 2.1 2.1
一人あたりGDP (2010年価格1,000ドル/人)	1.7	2.1	3.1	4.5	6.6	9.8	14	3.4 3.6 3.8 3.7
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	0.5	0.7	0.8	0.9	1.1	1.4	1.6	1.7 2.1 1.8 1.9
GDPあたり一次エネルギー消費 <sup>2)</sup>	318	343	267	200	171	139	115	-1.6 -1.4 -2.0 -1.8
GDPあたりCO <sub>2</sub> 排出量 <sup>3)</sup>	422	563	526	485	376	307	245	0.5 -2.3 -2.1 -2.2
一次エネルギー消費あたりCO <sub>2</sub> 排出(t/toe)	1.3	1.6	2.0	2.4	2.2	2.2	2.1	2.1 -0.9 -0.1 -0.4

\*1 電力、熱、水素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/2010年価格100万ドル。\*3 t/2010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	2019	2030	2040	2050	1990	2019	2050	1990/2019	2019/2030	2030/2050	2019/2050
	合計 <sup>1)</sup>	21	48	72	92	129	150	162	100	100	100	5.2	3.2	1.1
石炭	1.4	2.3	15	22	29	33	35	6.4	24	21	10.2	2.5	0.8	1.4
石油	11	19	25	27	31	30	28	54	29	17	3.0	1.4	-0.6	0.1
天然ガス	6.8	25	31	39	64	76	87	32	43	54	6.2	4.4	1.6	2.6
原子力	-	-	-	-	-	3.7	3.7	-	-	2.2	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
水力	0.3	0.6	0.6	2.3	3.0	3.4	3.5	1.6	2.5	2.2	6.8	2.6	0.8	1.4
地熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
太陽光・風力等	-	-	-	0.1	0.5	1.5	2.9	-	0.1	1.8	n.a.	18.1	9.1	12.2
バイオマス・廃棄物	1.2	1.3	0.8	0.8	1.6	2.2	2.7	5.9	0.9	1.7	-1.3	6.2	2.6	3.9

**最終エネルギー消費**

	(Mtoe)							構成比(%)			1990/2019/2030/2019/2050			
	1990	2000	2010	2019	2030	2040	2050	1990	2019	2050	2019	2030	2050	2050
	合計	13	29	42	65	94	108	117	100	100	100	5.6	3.4	1.1
産業	5.6	12	15	20	28	35	40	41	31	34	4.6	2.9	1.8	2.2
運輸	4.9	11	15	22	23	21	19	36	33	16	5.3	0.6	-1.0	-0.5
民生・農業他	2.1	4.3	8.2	9.1	12	15	17	16	14	14	5.1	2.8	1.6	2.0
非エネルギー消費	0.8	2.2	3.7	14	30	36	42	6.3	21	36	10.2	7.4	1.6	3.6
石炭	0.5	1.0	1.8	1.9	2.1	2.2	2.2	3.8	2.9	1.9	4.6	0.9	0.3	0.5
石油	9.3	18	24	29	34	33	31	70	45	26	4.1	1.3	-0.5	0.1
天然ガス	1.1	3.9	6.3	20	37	45	50	8.2	30	43	10.5	5.9	1.6	3.1
電力	1.7	5.3	9.5	14	20	27	33	13	21	28	7.4	3.6	2.5	2.8
熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
水素	-	-	-	-	0.0	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	-100	n.a.
再生可能	0.8	0.7	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	5.7	0.6	0.9	-2.5	3.9	3.2	3.5

**発電量**

	(TWh)							構成比(%)			1990/2019/2030/2019/2050			
	1990	2000	2010	2019	2030	2040	2050	1990	2019	2050	2019	2030	2050	2050
	合計	23	69	125	176	259	344	420	100	100	100	7.3	3.6	2.5
石炭	2.9	7.7	43	81	108	125	138	13	46	33	12.1	2.7	1.2	1.7
石油	11	3.6	3.7	1.0	0.8	0.2	-	46	0.6	-	-7.9	-2.1	-100	-100
天然ガス	5.5	51	71	65	105	143	188	24	37	45	8.9	4.5	3.0	3.5
原子力	-	-	-	-	-	14	14	-	-	3.3	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
水力	4.0	7.0	6.5	27	35	40	41	17	15	9.8	6.8	2.6	0.8	1.4
地熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
太陽光	-	-	-	0.9	5.9	17	33	-	0.5	7.9	n.a.	18.1	9.1	12.2
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	1.4	3.4	4.5	5.7	-	0.8	1.4	n.a.	8.3	2.6	4.6
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	2019	2030	2040	2050	1990/2019	2019/2030	2030/2050	2019/2050
GDP (2010年価格10億ドル)	82	163	255	399	614	876	1,182	5.6	4.0	3.3	3.6
人口(100万人)	18	23	28	32	36	39	41	2.0	1.1	0.6	0.8
エネルギー起源CO <sub>2</sub> 排出(100万t)	54	116	193	237	294	321	333	5.2	2.0	0.6	1.1
一人あたりGDP (2010年価格1,000ドル/人)	4.5	7.0	9.0	12	17	23	29	3.6	2.8	2.7	2.8
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	1.2	2.1	2.6	2.9	3.6	3.9	4.0	3.1	2.0	0.6	1.1
GDPあたり一次エネルギー消費 <sup>2)</sup>	259	297	284	230	211	171	137	-0.4	-0.8	-2.1	-1.7
GDPあたりCO <sub>2</sub> 排出量 <sup>3)</sup>	656	711	758	593	480	366	282	-0.3	-1.9	-2.6	-2.4
一次エネルギー消費あたりCO <sub>2</sub> 排出(t/toe)	2.5	2.4	2.7	2.6	2.3	2.1	2.0	0.1	-1.1	-0.5	-0.7

\*1 電力、熱、水素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/2010年価格100万ドル。\*3 t/2010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	2019	2030	2040	2050	1990	2019	2050	1990/2019	2019/2030	2030/2050	2019/2050
	合計 <sup>1)</sup>	11	13	14	24	31	40	50	100	100	100	2.8	2.6	2.4
石炭	0.1	0.3	0.4	1.4	2.7	4.5	6.6	0.6	5.8	13	11.0	6.4	4.6	5.2
石油	0.7	2.0	1.3	7.1	10	15	20	6.8	30	41	8.1	3.3	3.6	3.5
天然ガス	0.8	1.2	1.3	3.5	8.7	13	18	7.1	15	35	5.4	8.6	3.6	5.4
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	3.8	3.6	7.8	3.4	1.6	2.2
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.	36.1	7.0	16.6
バイオマス・廃棄物	9.0	9.2	10	11	10	8.0	6.3	84	46	13	0.6	-0.7	-2.3	-1.7

## 最終エネルギー消費

	(Mtoe)							構成比(%)			1990/2019/2030/2019/2050			
	1990	2000	2010	2019	2030	2040	2050	1990	2019	2050	2019	2030	2050	2050
	合計	9.4	11	13	20	24	29	35	100	100	100	2.7	1.5	2.0
産業	0.4	1.2	1.3	3.8	5.3	8.2	10	4.2	19	30	8.2	3.1	3.4	3.3
運輸	0.4	1.2	0.8	2.2	3.2	5.2	7.5	4.7	11	21	5.6	3.7	4.3	4.1
民生・農業他	8.5	9.1	11	14	15	15	16	90	68	47	1.7	0.6	0.5	0.6
非エネルギー消費	0.1	0.1	0.1	0.5	0.6	0.7	0.9	1.0	2.4	2.4	5.8	1.1	2.3	1.9
石炭	0.1	0.3	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	1.5	1.2	6.4	0.3	1.4	1.0
石油	0.6	1.5	1.0	7.0	10.0	15	20	6.2	34	58	8.9	3.3	3.7	3.5
天然ガス	0.2	0.3	0.6	0.6	0.7	0.9	1.0	2.4	2.9	2.9	3.4	1.1	2.2	1.8
電力	0.1	0.3	0.5	1.7	3.0	5.0	7.2	1.6	8.3	20	8.7	5.4	4.5	4.8
熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
水素	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	-	-	0.0	n.a.	n.a.	-5.2	n.a.
再生可能	8.4	9.0	10	11	10.0	7.9	6.2	89	53	18	0.9	-0.7	-2.3	-1.7

## 発電量

	(TWh)							構成比(%)			1990/2019/2030/2019/2050			
	1990	2000	2010	2019	2030	2040	2050	1990	2019	2050	2019	2030	2050	2050
	合計	2.5	5.1	8.6	24	62	99	137	100	100	100	8.2	9.0	4.0
石炭	0.0	-	0.6	2.3	9.2	18	29	1.6	9.3	21	14.9	13.6	6.0	8.6
石油	0.3	0.7	0.0	0.1	0.2	0.2	0.1	11	0.4	0.1	-3.1	7.8	-5.0	-0.7
天然ガス	1.0	2.5	1.8	11	36	60	82	39	47	60	8.8	11.2	4.1	6.6
原子力	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
水力	1.2	1.9	6.2	11	15	18	21	48	43	15	7.8	3.4	1.6	2.2
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.	33.3	7.6	16.1
風力	-	-	-	0.0	0.3	0.4	0.7	-	0.0	0.5	n.a.	138	4.4	39.8
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.	0.0	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	2019	2030	2040	2050	1990/2019/2030/2019/2050
	GDP (2010年価格10億ドル)	6.7	13	41	73	105	175	270
人口(100万人)	41	47	51	54	58	61	62	0.9 0.7 0.3 0.5
エネルギー起源CO <sub>2</sub> 排出(100万t)	4.0	9.5	8.1	35	62	95	129	7.7 5.2 3.8 4.3
一人あたりGDP (2010年価格1,000ドル/人)	0.2	0.3	0.8	1.3	1.8	2.9	4.3	7.6 2.7 4.5 3.9
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	0.7	0.8	1.8 1.9 2.1 2.0
GDPあたり一次エネルギー消費 <sup>2)</sup>	1,594	960	335	323	297	231	185	-5.4 -0.8 -2.3 -1.8
GDPあたりCO <sub>2</sub> 排出量 <sup>3)</sup>	603	714	195	483	584	542	478	-0.8 1.7 -1.0 0.0
一次エネルギー消費あたりCO <sub>2</sub> 排出(t/toe)	0.4	0.7	0.6	1.5	2.0	2.3	2.6	4.8 2.5 1.3 1.8

\*1 電力、熱、水素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/2010年価格100万ドル。\*3 t/2010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	2019	2030	2040	2050	1990	2019	2050	1990/2019	2019/2030	2030/2050	2019/2050
	合計 <sup>1)</sup>	28	39	42	62	90	112	136	100	100	100	2.8	3.5	2.1
石炭	1.5	4.8	7.2	18	21	25	29	5.3	29	21	9.0	1.6	1.5	1.6
石油	11	16	14	19	32	44	57	39	31	42	2.0	4.6	3.0	3.6
天然ガス	-	0.0	3.1	3.7	6.2	9.6	14	-	5.9	10	n.a.	4.9	4.1	4.4
原子力	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
水力	0.5	0.7	0.7	0.7	1.1	1.1	1.2	1.9	1.1	0.9	1.0	3.9	0.7	1.9
地熱	4.7	10	8.5	9.2	17	19	21	17	15	16	2.3	5.8	1.1	2.8
太陽光・風力等	-	-	0.0	0.2	0.7	1.5	2.6	-	0.3	1.9	n.a.	12.7	6.5	8.6
バイオマス・廃棄物	10	7.6	8.7	11	12	11	11	37	18	8.1	0.1	0.6	-0.3	0.0

## 最終エネルギー消費

	(Mtoe)							構成比(%)			1990/2019/2030/2019/2050			
	1990	2000	2010	2019	2030	2040	2050	1990	2019	2050	2019	2030	2050	2050
	合計	19	23	25	36	54	70	90	100	100	100	2.3	3.6	2.6
産業	4.3	5.1	6.0	7.5	10	13	15	22	21	17	2.0	2.8	2.0	2.3
運輸	4.5	8.1	8.0	13	22	31	43	24	35	47	3.6	5.2	3.3	4.0
民生・農業他	10.0	9.9	11	15	20	23	28	53	42	31	1.4	2.4	1.8	2.0
非エネルギー消費	0.2	0.3	0.1	1.0	1.7	2.7	4.1	1.2	2.7	4.6	5.2	4.9	4.6	4.7
石炭	0.6	0.8	1.9	2.3	2.9	3.4	3.8	3.2	6.4	4.3	4.7	2.0	1.4	1.6
石油	8.1	13	11	19	31	43	56	43	51	63	2.9	4.7	3.1	3.7
天然ガス	-	-	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	-	0.2	0.3	n.a.	7.9	3.9	5.3
電力	1.8	3.1	4.8	7.5	11	16	21	9.6	21	24	5.0	3.8	3.2	3.4
熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
水素	-	-	-	-	0.0	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	-100	n.a.
再生可能	8.4	6.4	6.9	7.9	8.6	8.1	7.7	44	22	8.6	-0.2	0.7	-0.5	-0.1

## 発電量

	(TWh)							構成比(%)			1990/2019/2030/2019/2050			
	1990	2000	2010	2019	2030	2040	2050	1990	2019	2050	2019	2030	2050	2050
	合計	26	45	68	106	159	219	290	100	100	100	4.9	3.7	3.1
石炭	1.9	17	23	58	74	97	118	7.3	55	41	12.4	2.3	2.3	2.3
石油	12	9.2	7.1	3.8	3.8	3.7	2.5	47	3.5	0.9	-4.0	0.2	-2.1	-1.3
天然ガス	-	0.0	20	22	39	64	98	-	21	34	n.a.	5.1	4.8	4.9
原子力	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
水力	6.1	7.8	7.8	8.0	12	13	14	23	7.6	4.9	1.0	3.9	0.7	1.9
地熱	5.5	12	9.9	11	20	23	25	21	10	8.6	2.3	5.8	1.1	2.8
太陽光	-	-	0.0	1.2	4.3	10	19	-	1.2	6.6	n.a.	12.0	7.7	9.2
風力	-	-	0.1	1.0	4.2	6.9	11	-	1.0	3.7	n.a.	13.5	4.8	7.8
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	1.0	1.3	1.8	2.2	1.6	1.0	0.8	3.1	2.3	2.6	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	2019	2030	2040	2050	1990/2019/2030/2019/2050
GDP (2010年価格10億ドル)	98	130	208	361	572	829	1,156	4.6 4.3 3.6 3.8
人口(100万人)	62	78	94	108	124	136	144	1.9 1.2 0.8 0.9
エネルギー起源CO <sub>2</sub> 排出(100万t)	37	66	75	135	190	247	307	4.6 3.1 2.4 2.7
一人あたりGDP (2010年価格1,000ドル/人)	1.6	1.7	2.2	3.3	4.6	6.1	8.0	2.6 3.0 2.8 2.9
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	0.5	0.5	0.4	0.6	0.7	0.8	0.9	0.8 2.2 1.3 1.6
GDPあたり一次エネルギー消費 <sup>2)</sup>	285	301	200	171	157	135	118	-1.8 -0.8 -1.4 -1.2
GDPあたりCO <sub>2</sub> 排出量 <sup>3)</sup>	372	506	361	375	332	298	266	0.0 -1.1 -1.1 -1.1
一次エネルギー消費あたりCO <sub>2</sub> 排出(t/toe)	1.3	1.7	1.8	2.2	2.1	2.2	2.3	1.8 -0.3 0.3 0.1

\*1 電力、熱、水素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/2010年価格100万ドル。\*3 t/2010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	2019	2030	2040	2050	1990	2019	2050	1990/2019	2019/2030	2030/2050	2019/2050	
	合計 <sup>1)</sup>	42	73	118	139	159	182	199	100	100	100	4.2	1.3	1.1	1.2
石炭	3.8	7.7	16	16	16	16	15	9.0	12	7.5	5.1	-0.2	-0.3	-0.3	
石油	18	32	45	55	60	66	70	43	40	35	3.9	0.8	0.8	0.8	
天然ガス	5.0	17	33	37	38	40	39	12	26	20	7.1	0.3	0.1	0.2	
原子力	-	-	-	-	-	1.8	6.2	-	-	3.1	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	
水力	0.4	0.5	0.5	0.6	0.8	0.9	0.9	1.0	0.4	0.5	0.9	3.2	0.8	1.7	
地熱	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	11.6	1.1	4.7	
太陽光・風力等	-	-	0.0	0.8	2.4	4.6	7.2	-	0.6	3.6	n.a.	10.7	5.7	7.5	
バイオマス・廃棄物	15	15	23	27	38	46	54	35	20	27	2.1	3.1	1.8	2.2	

## 最終エネルギー消費

	(Mtoe)								構成比(%)			1990/2019/2030/2019/2050			
	1990	2000	2010	2019	2030	2040	2050	1990	2019	2050	2019	2030	2050	2050	
	合計	29	51	84	102	117	134	146	100	100	100	4.4	1.2	1.1	1.1
産業	8.7	17	26	34	40	48	53	30	33	36	4.8	1.6	1.4	1.5	
運輸	9.2	15	19	27	28	31	32	32	26	22	3.8	0.4	0.7	0.6	
民生・農業他	11	14	20	18	21	22	23	37	18	16	1.8	1.2	0.4	0.7	
非エネルギー消費	0.4	5.6	18	24	27	33	38	1.5	23	26	14.8	1.4	1.7	1.6	
石炭	1.3	3.5	9.2	7.8	7.7	8.0	8.0	4.5	7.6	5.4	6.4	-0.2	0.2	0.1	
石油	15	29	43	55	60	66	70	52	54	48	4.5	0.8	0.8	0.8	
天然ガス	0.1	1.1	4.6	7.1	8.7	11	13	0.5	6.9	8.8	14.5	1.9	1.9	1.9	
電力	3.3	7.6	13	17	22	27	31	11	16	21	5.7	2.5	1.8	2.0	
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	16	19	21	24	32	16	16	1.9	1.4	1.3	1.3	

## 発電量

	(TWh)								構成比(%)			1990/2019/2030/2019/2050			
	1990	2000	2010	2019	2030	2040	2050	1990	2019	2050	2019	2030	2050	2050	
	合計	44	96	159	191	230	282	323	100	100	100	5.2	1.7	1.7	1.7
石炭	11	18	30	36	36	38	34	25	19	11	4.1	0.1	-0.3	-0.1	
石油	10	10.0	1.1	0.2	-	-	-	23	0.1	-	-12.2	-100	n.a.	-100	
天然ガス	18	62	120	121	121	126	111	40	64	34	6.8	0.0	-0.4	-0.3	
原子力	-	-	-	-	-	7.0	24	-	-	7.4	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	
水力	5.0	6.0	5.6	6.4	9.1	10	11	11	3.4	3.3	0.9	3.2	0.8	1.7	
地熱	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	11.6	1.1	4.7	
太陽光	-	-	0.0	5.1	20	42	70	-	2.7	22	n.a.	13.3	6.4	8.8	
風力	-	-	-	3.7	6.7	10	12	-	1.9	3.8	n.a.	5.7	3.0	4.0	
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	18	36	48	60	-	9.7	19	n.a.	6.2	2.6	3.9	
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	2019	2030	2040	2050	1990/2019	2019/2030	2030/2050	2019/2050
GDP (2010年価格10億ドル)	142	218	341	453	612	849	1,118	4.1	2.8	3.1	3.0
人口(100万人)	57	63	67	70	70	69	66	0.7	0.1	-0.3	-0.2
エネルギー起源CO <sub>2</sub> 排出(100万t)	80	151	223	251	257	268	256	4.0	0.2	0.0	0.1
一人あたりGDP (2010年価格1,000ドル/人)	2.5	3.5	5.1	6.5	8.7	12	17	3.3	2.7	3.4	3.1
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	0.7	1.2	1.8	2.0	2.3	2.6	3.0	3.4	1.2	1.4	1.3
GDPあたり一次エネルギー消費 <sup>2)</sup>	299	334	346	306	261	214	178	0.1	-1.5	-1.9	-1.7
GDPあたりCO <sub>2</sub> 排出量 <sup>3)</sup>	564	692	653	555	420	315	229	-0.1	-2.5	-3.0	-2.8
一次エネルギー消費あたりCO <sub>2</sub> 排出(t/toe)	1.9	2.1	1.9	1.8	1.6	1.5	1.3	-0.1	-1.1	-1.1	-1.1

\*1 電力、熱、水素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/2010年価格100万ドル。\*3 t/2010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	2019	2030	2040	2050	1990	2019	2050	1990/ 2019	2019/ 2030	2030/ 2050	2019/ 2050
	合計 <sup>1</sup>	18	29	59	91	136	175	216	100	100	100	5.8	3.7	2.3
石炭	2.2	4.4	15	47	66	83	100	12	51	46	11.1	3.3	2.1	2.5
石油	2.7	7.8	18	21	32	40	48	15	24	22	7.4	3.6	2.1	2.6
天然ガス	0.0	1.1	8.1	8.5	16	22	30	0.0	9.4	14	32.0	5.7	3.4	4.2
原子力	-	-	-	-	-	4.2	8.6	-	-	4.0	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
水力	0.5	1.3	2.4	5.7	9.4	11	11	2.6	6.2	5.2	9.0	4.7	0.9	2.2
地熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
太陽光・風力等	-	-	0.0	0.5	2.4	3.1	4.1	-	0.5	1.9	n.a.	15.7	2.8	7.2
バイオマス・廃棄物	12	14	15	8.3	10.0	11	13	70	9.1	6.1	-1.4	1.7	1.4	1.5

## 最終エネルギー消費

	(Mtoe)							構成比(%)			1990/2019/2030/2019/2050			
	1990	2000	2010	2019	2030	2040	2050	1990	2019	2050	2019	2030	2050	2050
	合計	16	25	48	62	92	117	143	100	100	100	4.8	3.8	2.2
産業	4.5	7.9	17	33	50	61	73	28	54	51	7.1	3.8	1.9	2.6
運輸	1.4	3.5	10	14	21	27	33	8.7	23	23	8.3	3.7	2.3	2.8
民生・農業他	10	13	18	13	20	27	35	63	22	24	1.0	3.6	2.9	3.1
非エネルギー消費	0.0	0.1	2.3	1.2	1.8	2.5	3.2	0.2	1.9	2.2	13.8	3.9	2.9	3.3
石炭	1.3	3.2	9.8	16	22	25	28	8.3	26	20	9.0	2.6	1.4	1.8
石油	2.3	6.5	17	21	31	39	47	15	34	33	7.9	3.6	2.1	2.6
天然ガス	-	0.0	0.5	0.7	3.3	4.9	6.6	-	1.1	4.6	n.a.	15.7	3.6	7.8
電力	0.5	1.9	7.5	18	30	41	53	3.3	29	37	12.9	4.9	2.9	3.6
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	12	13	14	5.6	6.3	7.0	8.1	74	9.2	5.6	-2.5	1.1	1.2	1.2

## 発電量

	(TWh)							構成比(%)			1990/2019/2030/2019/2050			
	1990	2000	2010	2019	2030	2040	2050	1990	2019	2050	2019	2030	2050	2050
	合計	8.7	27	95	238	394	525	686	100	100	100	12.1	4.7	2.8
石炭	2.0	3.1	20	119	174	227	294	23	50	43	15.1	3.5	2.7	3.0
石油	1.3	4.5	3.4	2.2	2.9	3.3	3.6	15	0.9	0.5	1.8	2.4	1.1	1.6
天然ガス	0.0	4.4	44	43	75	113	169	0.1	18	25	35.8	5.2	4.2	4.6
原子力	-	-	-	-	-	16	33	-	-	4.8	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
水力	5.4	15	28	66	110	123	130	62	28	19	9.0	4.7	0.9	2.2
地熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
太陽光	-	-	-	4.8	21	25	33	-	2.0	4.8	n.a.	14.3	2.3	6.4
風力	-	-	0.1	0.7	6.5	11	15	-	0.3	2.2	n.a.	22.2	4.3	10.3
太陽熱・海洋	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
バイオマス・廃棄物	-	-	0.1	2.8	4.8	6.4	8.1	-	1.2	1.2	n.a.	4.9	2.6	3.4
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	2019	2030	2040	2050	1990/2019/2030/2019/2050
GDP (2010年価格10億ドル)	29	61	116	201	384	643	1,023	6.8 6.1 5.0 5.4
人口(100万人)	68	80	88	96	104	108	110	1.2 0.7 0.3 0.4
エネルギー起源CO <sub>2</sub> 排出(100万t)	17	43	126	282	408	512	623	10.2 3.4 2.1 2.6
一人あたりGDP (2010年価格1,000ドル/人)	0.4	0.8	1.3	2.1	3.7	6.0	9.3	5.6 5.3 4.8 5.0
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	0.3	0.4	0.7	0.9	1.3	1.6	2.0	4.5 3.0 2.1 2.4
GDPあたり一次エネルギー消費 <sup>2</sup>	607	470	506	454	354	272	212	-1.0 -2.2 -2.5 -2.4
GDPあたりCO <sub>2</sub> 排出量 <sup>3</sup>	579	709	1,086	1,405	1,062	796	609	3.1 -2.5 -2.7 -2.7
一次エネルギー消費あたりCO <sub>2</sub> 排出(t/toe)	1.0	1.5	2.1	3.1	3.0	2.9	2.9	4.1 -0.3 -0.2 -0.2

\*1 電力、熱、水素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/2010年価格100万ドル。\*3 t/2010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	2019	2030	2040	2050	1990	2019	2050	1990/2019	2019/2030	2030/2050	2019/2050
	合計 <sup>1)</sup>	2,126	2,527	2,477	2,518	2,447	2,416	2,350	100	100	100	0.6	-0.3	-0.2
石炭	484	565	525	289	208	159	104	23	11	4.4	-1.8	-3.0	-3.4	-3.2
石油	833	958	903	896	813	754	690	39	36	29	0.2	-0.9	-0.8	-0.8
天然ガス	493	622	632	859	945	980	972	23	34	41	1.9	0.9	0.1	0.4
原子力	179	227	242	246	188	172	165	8.4	9.8	7.0	1.1	-2.4	-0.7	-1.3
水力	49	53	53	58	61	63	63	2.3	2.3	2.7	0.6	0.5	0.2	0.3
地熱	14	13	8.4	9.1	18	31	37	0.7	0.4	1.6	-1.5	6.2	3.8	4.6
太陽光・風力等	0.3	2.1	11	40	74	113	170	0.0	1.6	7.2	18.1	5.7	4.2	4.8
バイオマス・廃棄物	73	87	103	122	142	146	149	3.4	4.9	6.4	1.8	1.4	0.2	0.7

## 最終エネルギー消費

	(Mtoe)							構成比(%)			1990/2019/2030/2019/2050			
	1990	2000	2010	2019	2030	2040	2050	1990	2019	2050	2019	2030	2050	2050
	合計	1,452	1,734	1,700	1,794	1,759	1,726	1,679	100	100	100	0.7	-0.2	-0.2
産業	331	388	313	315	313	317	313	23	18	19	-0.2	-0.1	0.0	0.0
運輸	531	640	656	705	655	614	575	37	39	34	1.0	-0.7	-0.6	-0.7
民生・農業他	456	533	573	596	606	600	587	31	33	35	0.9	0.2	-0.2	0.0
非エネルギー消費	134	173	158	178	184	195	203	9.2	9.9	12	1.0	0.3	0.5	0.4
石炭	59	36	30	18	14	12	9.9	4.1	1.0	0.6	-4.0	-2.5	-1.6	-1.9
石油	749	870	851	857	788	733	674	52	48	40	0.5	-0.8	-0.8	-0.8
天然ガス	346	413	364	435	438	415	387	24	24	23	0.8	0.0	-0.6	-0.4
電力	262	342	367	375	410	461	506	18	21	30	1.2	0.8	1.1	1.0
熱	2.8	6.1	7.1	6.6	6.1	5.8	5.3	0.2	0.4	0.3	3.0	-0.7	-0.7	-0.7
水素	-	-	-	-	0.0	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	-100	n.a.
再生可能	33	66	81	102	103	99	96	2.3	5.7	5.7	4.0	0.1	-0.3	-0.2

## 発電量

	(TWh)							構成比(%)			1990/2019/2030/2019/2050			
	1990	2000	2010	2019	2030	2040	2050	1990	2019	2050	2019	2030	2050	2050
	合計	3,685	4,631	4,957	5,016	5,479	6,121	6,678	100	100	100	1.1	0.8	1.0
石炭	1,782	2,247	2,074	1,112	917	711	452	48	22	6.8	-1.6	-1.7	-3.5	-2.9
石油	147	133	56	41	33	24	12	4.0	0.8	0.2	-4.3	-2.1	-5.0	-4.0
天然ガス	391	668	1,070	1,708	2,173	2,656	2,943	11	34	44	5.2	2.2	1.5	1.8
原子力	685	871	930	945	721	659	631	19	19	9.5	1.1	-2.4	-0.7	-1.3
水力	570	612	614	669	711	727	736	15	13	11	0.6	0.5	0.2	0.3
地熱	16	15	18	18	36	64	77	0.4	0.4	1.2	0.5	6.4	3.8	4.7
太陽光	0.0	0.2	3.3	98	183	420	765	0.0	2.0	11	43.1	5.9	7.4	6.9
風力	3.1	5.9	104	331	486	559	654	0.1	6.6	9.8	17.5	3.6	1.5	2.2
太陽熱・海洋	0.7	0.6	0.9	3.5	52	100	174	0.0	0.1	2.6	5.8	27.6	6.3	13.4
バイオマス・廃棄物	90	80	82	85	162	197	228	2.5	1.7	3.4	-0.2	6.1	1.7	3.3
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	2019	2030	2040	2050	1990/2019	2019/2030	2030/2050	2019/2050
GDP (2010年価格10億ドル)	10,014	13,827	16,606	20,240	24,902	31,012	37,433	2.5	1.9	2.1	2.0
人口(100万人)	277	313	343	366	390	410	425	1.0	0.6	0.4	0.5
エネルギー起源CO <sub>2</sub> 排出(100万t)	5,135	6,114	5,741	5,315	4,907	4,599	4,161	0.1	-0.7	-0.8	-0.8
一人あたりGDP (2010年価格1,000ドル/人)	36	44	48	55	64	76	88	1.5	1.3	1.6	1.5
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	7.7	8.1	7.2	6.9	6.3	5.9	5.5	-0.4	-0.8	-0.6	-0.7
GDPあたり一次エネルギー消費 <sup>2)</sup>	212	183	149	124	98	78	63	-1.8	-2.1	-2.2	-2.2
GDPあたりCO <sub>2</sub> 排出量 <sup>3)</sup>	513	442	346	263	197	148	111	-2.3	-2.6	-2.8	-2.7
一次エネルギー消費あたりCO <sub>2</sub> 排出(t/toe)	2.4	2.4	2.3	2.1	2.0	1.9	1.8	-0.5	-0.5	-0.6	-0.6

\*1 電力、熱、水素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/2010年価格100万ドル。\*3 t/2010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	2019	2030	2040	2050	1990	2019	2050	1990/2019	2019/2030	2030/2050	2019/2050
	合計 <sup>1)</sup>	1,914	2,273	2,216	2,213	2,128	2,095	2,039	100	100	100	0.5	-0.4	-0.2
石炭	460	533	501	275	201	155	101	24	12	5.0	-1.8	-2.8	-3.4	-3.2
石油	757	871	807	793	718	667	612	40	36	30	0.2	-0.9	-0.8	-0.8
天然ガス	438	548	556	742	798	817	806	23	34	40	1.8	0.7	0.0	0.3
原子力	159	208	219	220	167	158	157	8.3	9.9	7.7	1.1	-2.5	-0.3	-1.1
水力	23	22	23	25	26	27	27	1.2	1.1	1.3	0.2	0.4	0.2	0.3
地熱	14	13	8.4	9.1	18	31	37	0.7	0.4	1.8	-1.5	6.2	3.8	4.6
太陽光・風力等	0.3	2.1	11	37	68	105	160	0.0	1.7	7.8	17.8	5.7	4.4	4.8
バイオマス・廃棄物	62	73	89	108	128	132	136	3.3	4.9	6.7	1.9	1.5	0.3	0.7

**最終エネルギー消費**

	(Mtoe)							構成比(%)			1990/2019/2030/2019/2050			
	1990	2000	2010	2019	2030	2040	2050	1990	2019	2050	2019	2030	2050	2050
	合計	1,294	1,546	1,513	1,588	1,553	1,525	1,485	100	100	100	0.7	-0.2	-0.2
産業	284	332	270	268	266	268	265	22	17	18	-0.2	-0.1	0.0	0.0
運輸	488	588	596	637	590	554	520	38	40	35	0.9	-0.7	-0.6	-0.7
民生・農業他	403	473	511	525	534	529	518	31	33	35	0.9	0.2	-0.2	0.0
非エネルギー消費	119	153	135	158	164	174	181	9.2	9.9	12	1.0	0.3	0.5	0.4
石炭	56	33	27	15	12	9.9	8.3	4.3	1.0	0.6	-4.3	-2.6	-1.7	-2.0
石油	683	793	762	764	699	651	599	53	48	40	0.4	-0.8	-0.8	-0.8
天然ガス	303	360	322	383	384	364	340	23	24	23	0.8	0.0	-0.6	-0.4
電力	226	301	326	329	360	405	445	18	21	30	1.3	0.8	1.1	1.0
熱	2.2	5.3	6.6	6.0	5.6	5.2	4.8	0.2	0.4	0.3	3.6	-0.7	-0.8	-0.8
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
再生可能	23	54	70	91	93	90	88	1.8	5.7	5.9	4.9	0.1	-0.3	-0.1

**発電量**

	(TWh)							構成比(%)			1990/2019/2030/2019/2050			
	1990	2000	2010	2019	2030	2040	2050	1990	2019	2050	2019	2030	2050	2050
	合計	3,203	4,026	4,354	4,371	4,777	5,341	5,838	100	100	100	1.1	0.8	1.0
石炭	1,700	2,129	1,994	1,070	904	710	450	53	24	7.7	-1.6	-1.5	-3.4	-2.8
石油	131	118	48	36	29	20	10	4.1	0.8	0.2	-4.4	-2.0	-5.0	-3.9
天然ガス	382	634	1,018	1,640	2,062	2,465	2,703	12	38	46	5.2	2.1	1.4	1.6
原子力	612	798	839	843	640	605	602	19	19	10	1.1	-2.5	-0.3	-1.1
水力	273	253	262	290	304	311	315	8.5	6.6	5.4	0.2	0.4	0.2	0.3
地熱	16	15	18	18	36	64	77	0.5	0.4	1.3	0.5	6.4	3.8	4.7
太陽光	0.0	0.2	3.1	94	176	408	748	0.0	2.1	13	42.9	5.9	7.5	6.9
風力	3.1	5.7	95	298	425	478	550	0.1	6.8	9.4	17.1	3.3	1.3	2.0
太陽熱・海洋	0.7	0.5	0.9	3.5	52	100	174	0.0	0.1	3.0	5.9	27.6	6.3	13.4
バイオマス・廃棄物	86	72	73	74	144	175	203	2.7	1.7	3.5	-0.5	6.3	1.7	3.3
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
その他	-	-	3.7	5.1	5.1	5.1	5.1	-	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	2019	2030	2040	2050	1990/2019/2030/2019/2050
	GDP (2010年価格10億ドル)	9,001	12,620	14,992	18,300	22,575	28,191	34,109
人口(100万人)	250	282	309	328	350	366	379	0.9 0.6 0.4 0.5
エネルギー起源CO <sub>2</sub> 排出(100万t)	4,743	5,633	5,234	4,744	4,340	4,029	3,614	0.0 -0.8 -0.9 -0.9
一人あたりGDP (2010年価格1,000ドル/人)	36	45	48	56	65	77	90	1.5 1.3 1.7 1.6
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	7.7	8.1	7.2	6.7	6.1	5.7	5.4	-0.4 -0.9 -0.6 -0.7
GDPあたり一次エネルギー消費 <sup>2)</sup>	213	180	148	121	94	74	60	-1.9 -2.2 -2.3 -2.2
GDPあたりCO <sub>2</sub> 排出量 <sup>3)</sup>	527	446	349	259	192	143	106	-2.4 -2.7 -2.9 -2.8
一次エネルギー消費あたりCO <sub>2</sub> 排出(t/toe)	2.5	2.5	2.4	2.1	2.0	1.9	1.8	-0.5 -0.5 -0.7 -0.6

<sup>1)</sup> 電力、熱、水素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。

<sup>2)</sup> toe/2010年価格100万ドル。\*3 t/2010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	2019	2030	2040	2050	1990	2019	2050	1990/2019	2019/2030	2030/2050	2019/2050
合計 <sup>1)</sup>	464	608	788	829	940	1,085	1,166	100	100	100	2.0	1.1	1.1	1.1
石炭	21	27	39	44	42	47	47	4.6	5.3	4.0	2.6	-0.5	0.6	0.2
石油	238	310	365	338	356	382	380	51	41	33	1.2	0.5	0.3	0.4
天然ガス	71	118	179	207	239	317	376	15	25	32	3.8	1.3	2.3	1.9
原子力	3.2	5.3	7.2	9.3	16	17	14	0.7	1.1	1.2	3.7	5.1	-0.7	1.3
水力	33	50	63	62	73	80	86	7.2	7.4	7.4	2.2	1.6	0.8	1.1
地熱	5.1	6.5	6.4	6.6	21	30	36	1.1	0.8	3.1	0.9	11.2	2.7	5.7
太陽光・風力等	0.0	0.2	0.9	12	24	33	44	0.0	1.4	3.8	25.2	6.8	3.1	4.4
バイオマス・廃棄物	93	90	128	150	167	179	182	20	18	16	1.7	1.0	0.4	0.6

## 最終エネルギー消費

	(Mtoe)							構成比(%)			1990/2019/2030/2019/2050			
	1990	2000	2010	2019	2030	2040	2050	1990	2019	2050	2019	2030	2050	2050
合計	344	443	570	598	668	753	806	100	100	100	1.9	1.0	0.9	1.0
産業	114	144	181	171	199	239	262	33	29	32	1.4	1.4	1.4	1.4
運輸	103	140	197	227	250	271	282	30	38	35	2.8	0.9	0.6	0.7
民生・農業他	101	122	147	164	178	195	208	29	27	26	1.7	0.8	0.8	0.8
非エネルギー消費	26	38	45	37	41	48	54	7.6	6.2	6.7	1.2	0.9	1.4	1.2
石炭	8.1	11	15	13	13	15	15	2.3	2.2	1.8	1.8	-0.1	0.5	0.3
石油	178	236	284	291	316	344	352	52	49	44	1.7	0.8	0.5	0.6
天然ガス	38	54	75	70	79	91	100	11	12	12	2.1	1.1	1.2	1.1
電力	45	69	97	115	144	185	222	13	19	28	3.3	2.1	2.2	2.2
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	75	74	99	110	116	119	118	22	18	15	1.3	0.5	0.1	0.2

## 発電量

	(TWh)							構成比(%)			1990/2019/2030/2019/2050			
	1990	2000	2010	2019	2030	2040	2050	1990	2019	2050	2019	2030	2050	2050
合計	623	1,010	1,407	1,652	2,063	2,602	3,060	100	100	100	3.4	2.0	2.0	2.0
石炭	24	44	75	93	87	111	114	3.8	5.6	3.7	4.8	-0.6	1.4	0.7
石油	129	198	189	139	111	104	65	21	8.4	2.1	0.3	-2.1	-2.7	-2.4
天然ガス	58	141	325	445	533	835	1,114	9.3	27	36	7.3	1.6	3.8	3.0
原子力	12	20	28	36	62	66	54	2.0	2.2	1.8	3.7	5.1	-0.7	1.3
水力	386	584	731	717	854	929	997	62	43	33	2.2	1.6	0.8	1.1
地熱	5.9	8.0	9.9	9.9	34	49	60	1.0	0.6	2.0	1.8	11.8	2.9	6.0
太陽光	0.0	0.0	0.1	25	67	103	151	0.0	1.5	4.9	41.9	9.2	4.2	5.9
風力	0.0	0.3	4.7	95	190	254	332	0.0	5.8	11	48.5	6.5	2.8	4.1
太陽熱・海洋	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
バイオマス・廃棄物	7.5	13	44	78	112	139	159	1.2	4.7	5.2	8.4	3.3	1.7	2.3
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
その他	-	0.4	0.5	14	14	14	14	-	0.8	0.4	n.a.	0.0	0.0	0.0

## エネルギー・経済指標他

	1990	2000	2010	2019	2030	2040	2050	1990/2019/2030/2019/2050
GDP (2010年価格10億ドル)	2,828	3,823	5,249	5,894	7,405	10,220	13,074	2.6 2.1 2.9 2.6
人口(100万人)	438	517	586	643	701	737	757	1.3 0.8 0.4 0.5
エネルギー起源CO <sub>2</sub> 排出(100万t)	856	1,182	1,520	1,529	1,637	1,899	2,015	2.0 0.6 1.0 0.9
一人あたりGDP (2010年価格1,000ドル/人)	6.5	7.4	9.0	9.2	11	14	17	1.2 1.3 2.5 2.1
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	1.1	1.2	1.3	1.3	1.3	1.5	1.5	0.7 0.4 0.7 0.6
GDPあたり一次エネルギー消費 <sup>2)</sup>	164	159	150	141	127	106	89	-0.5 -0.9 -1.7 -1.5
GDPあたりCO <sub>2</sub> 排出量 <sup>3)</sup>	303	309	290	259	221	186	154	-0.5 -1.4 -1.8 -1.7
一次エネルギー消費あたりCO <sub>2</sub> 排出(t/toe)	1.8	1.9	1.9	1.8	1.7	1.7	1.7	0.0 -0.5 0.0 -0.2

\*1 電力、熱、水素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/2010年価格100万ドル。\*3 t/2010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	2019	2030	2040	2050	1990	2019	2050	1990/2019	2019/2030	2030/2050	2019/2050
	合計 <sup>1)</sup>	1,643	1,759	1,835	1,715	1,638	1,549	1,457	100	100	100	0.1	-0.4	-0.6
石炭	448	331	301	213	186	170	152	27	12	10	-2.5	-1.2	-1.0	-1.1
石油	617	654	606	560	513	452	394	38	33	27	-0.3	-0.8	-1.3	-1.1
天然ガス	267	396	473	433	417	417	395	16	25	27	1.7	-0.3	-0.3	-0.3
原子力	210	247	239	214	180	154	146	13	12	10	0.1	-1.5	-1.0	-1.2
水力	39	47	48	49	51	52	53	2.4	2.8	3.7	0.8	0.4	0.3	0.3
地熱	4.9	7.1	11	21	28	30	32	0.3	1.2	2.2	5.1	2.8	0.8	1.5
太陽光・風力等	0.4	2.9	18	57	83	95	108	0.0	3.3	7.4	19.2	3.4	1.4	2.1
バイオマス・廃棄物	56	72	137	166	178	177	173	3.4	9.7	12	3.8	0.7	-0.1	0.1

## 最終エネルギー消費

	(Mtoe)							構成比(%)			1990/2019/2030/2019/2050			
	1990	2000	2010	2019	2030	2040	2050	1990	2019	2050	2019	2030	2050	2050
	合計	1,142	1,235	1,289	1,245	1,202	1,129	1,056	100	100	100	0.3	-0.3	-0.6
産業	330	325	296	292	297	292	281	29	23	27	-0.4	0.1	-0.3	-0.1
運輸	269	318	335	356	324	285	253	24	29	24	1.0	-0.9	-1.2	-1.1
民生・農業他	442	477	545	492	476	447	419	39	40	40	0.4	-0.3	-0.6	-0.5
非エネルギー消費	101	114	113	104	105	104	102	8.9	8.4	9.7	0.1	0.1	-0.1	0.0
石炭	124	62	55	40	35	29	25	11	3.2	2.3	-3.8	-1.3	-1.7	-1.6
石油	527	573	537	512	470	412	359	46	41	34	-0.1	-0.8	-1.3	-1.1
天然ガス	205	269	285	275	257	239	220	18	22	21	1.0	-0.6	-0.8	-0.7
電力	193	234	267	269	290	311	324	17	22	31	1.1	0.7	0.6	0.6
熱	45	42	53	48	47	43	39	3.9	3.9	3.7	0.2	-0.3	-0.9	-0.7
水素	-	-	-	-	0.0	0.0	-	-	-	-	n.a.	n.a.	-100	n.a.
再生可能	48	56	92	101	102	95	89	4.2	8.1	8.5	2.6	0.1	-0.7	-0.4

## 発電量

	(TWh)							構成比(%)			1990/2019/2030/2019/2050			
	1990	2000	2010	2019	2030	2040	2050	1990	2019	2050	2019	2030	2050	2050
	合計	2,697	3,238	3,625	3,610	3,890	4,149	4,285	100	100	100	1.0	0.7	0.5
石炭	1,030	968	873	579	545	520	461	38	16	11	-2.0	-0.5	-0.8	-0.7
石油	210	180	80	48	37	31	16	7.8	1.3	0.4	-4.9	-2.3	-4.1	-3.4
天然ガス	176	514	858	744	864	1,092	1,167	6.5	21	27	5.1	1.4	1.5	1.5
原子力	804	948	916	820	692	591	562	30	23	13	0.1	-1.5	-1.0	-1.2
水力	451	549	560	567	590	606	622	17	16	15	0.8	0.4	0.3	0.3
地熱	3.6	6.2	11	22	30	34	37	0.1	0.6	0.9	6.4	3.2	0.9	1.7
太陽光	0.0	0.1	23	141	239	280	331	0.0	3.9	7.7	36.7	5.0	1.6	2.8
風力	0.8	22	153	449	572	629	684	0.0	12	16	24.5	2.2	0.9	1.4
太陽熱・海洋	0.5	0.5	1.2	6.2	34	47	65	0.0	0.2	1.5	9.0	16.6	3.3	7.9
バイオマス・廃棄物	21	48	146	227	280	313	334	0.8	6.3	7.8	8.6	1.9	0.9	1.3
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
その他	0.3	1.5	4.6	6.3	6.3	6.3	6.3	0.0	0.2	0.1	10.5	0.0	0.0	0.0

## エネルギー・経済指標他

	1990	2000	2010	2019	2030	2040	2050	1990/2019/2030/2019/2050
GDP (2010年価格10億ドル)	12,710	15,976	18,523	21,589	25,122	28,657	31,986	1.8 1.4 1.2 1.3
人口(100万人)	505	527	556	580	588	590	586	0.5 0.1 0.0 0.0
エネルギー起源CO <sub>2</sub> 排出(100万t)	3,939	3,915	3,818	3,299	3,007	2,766	2,479	-0.6 -0.8 -1.0 -0.9
一人あたりGDP (2010年価格1,000ドル/人)	25	30	33	37	43	49	55	1.4 1.3 1.2 1.2
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	3.3	3.3	3.3	3.0	2.8	2.6	2.5	-0.3 -0.5 -0.6 -0.6
GDPあたり一次エネルギー消費 <sup>2)</sup>	129	110	99	79	65	54	46	-1.7 -1.8 -1.8 -1.8
GDPあたりCO <sub>2</sub> 排出量 <sup>3)</sup>	310	245	206	153	120	97	77	-2.4 -2.2 -2.2 -2.2
一次エネルギー消費あたりCO <sub>2</sub> 排出(t/toe)	2.4	2.2	2.1	1.9	1.8	1.8	1.7	-0.8 -0.4 -0.4 -0.4

\*1 電力、熱、水素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/2010年価格100万ドル。\*3 t/2010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	2019	2030	2040	2050	1990	2019	2050	1990/2019	2019/2030	2030/2050	2019/2050
合計 <sup>1)</sup>	1,514	988	1,112	1,167	1,191	1,234	1,269	100	100	100	-0.9	0.2	0.3	0.3
石炭	365	209	211	216	191	191	190	24	18	15	-1.8	-1.1	0.0	-0.4
石油	459	199	216	237	236	231	226	30	20	18	-2.3	0.0	-0.2	-0.2
天然ガス	596	481	566	575	571	585	604	39	49	48	-0.1	-0.1	0.3	0.2
原子力	55	61	76	84	113	125	119	3.6	7.2	9.4	1.5	2.7	0.3	1.1
水力	22	23	26	27	29	31	32	1.5	2.3	2.5	0.6	0.8	0.4	0.6
地熱	0.0	0.1	0.6	0.3	0.6	0.6	0.6	0.0	0.0	0.1	8.5	7.4	0.6	3.0
太陽光・風力等	-	0.0	0.2	2.2	4.9	7.5	11	-	0.2	0.9	n.a.	7.4	4.1	5.2
バイオマス・廃棄物	17	15	19	27	48	65	87	1.1	2.3	6.9	1.7	5.2	3.1	3.8

## 最終エネルギー消費

	(Mtoe)							構成比(%)			1990/2019/2030/2019/2050			
	1990	2000	2010	2019	2030	2040	2050	1990	2019	2050	2019	2030	2050	2050
合計	1,057	647	711	772	787	794	802	100	100	100	-1.1	0.2	0.1	0.1
産業	391	205	205	207	220	233	242	37	27	30	-2.2	0.5	0.5	0.5
運輸	170	110	145	155	153	146	141	16	20	18	-0.3	-0.2	-0.4	-0.3
民生・農業他	431	285	281	315	316	309	305	41	41	38	-1.1	0.0	-0.2	-0.1
非エネルギー消費	65	47	80	94	99	106	113	6.2	12	14	1.3	0.5	0.7	0.6
石炭	113	36	41	51	51	48	45	11	6.7	5.6	-2.7	-0.1	-0.6	-0.4
石油	275	144	174	203	209	204	198	26	26	25	-1.0	0.3	-0.3	-0.1
天然ガス	258	200	233	258	249	247	246	24	33	31	0.0	-0.3	-0.1	-0.1
電力	125	86	103	109	126	149	170	12	14	21	-0.5	1.3	1.5	1.4
熱	274	170	147	131	133	130	127	26	17	16	-2.5	0.1	-0.2	-0.1
水素	-	-	-	-	0.0	0.0	-	-	-	-	n.a.	n.a.	-100	n.a.
再生可能	13	11	14	19	18	17	16	1.2	2.5	1.9	1.4	-0.3	-0.9	-0.7

## 発電量

	(TWh)							構成比(%)			1990/2019/2030/2019/2050			
	1990	2000	2010	2019	2030	2040	2050	1990	2019	2050	2019	2030	2050	2050
合計	1,856	1,415	1,689	1,791	2,021	2,299	2,515	100	100	100	-0.1	1.1	1.1	1.1
石炭	429	338	396	393	394	442	475	23	22	19	-0.3	0.0	0.9	0.6
石油	252	69	22	16	14	12	9.8	14	0.9	0.4	-9.1	-1.5	-1.6	-1.6
天然ガス	707	504	671	716	746	853	974	38	40	39	0.0	0.4	1.3	1.0
原子力	209	234	289	322	433	478	455	11	18	18	1.5	2.7	0.3	1.1
水力	259	267	306	312	343	362	374	14	17	15	0.6	0.8	0.4	0.6
地熱	0.0	0.1	0.5	0.5	1.8	2.1	2.3	0.0	0.0	0.1	10.6	12.0	1.1	4.8
太陽光	-	-	0.0	9.2	20	33	48	-	0.5	1.9	n.a.	7.4	4.5	5.5
風力	-	0.0	1.2	15	35	53	75	-	0.8	3.0	n.a.	8.0	4.0	5.4
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	7.3	35	64	100	0.0	0.4	4.0	18.9	15.3	5.4	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	2019	2030	2040	2050	1990/2019	2019/2030	2030/2050	2019/2050
GDP (2010年価格10億ドル)	2,140	1,478	2,429	2,940	3,761	4,762	5,958	1.1	2.3	2.3	2.3
人口(100万人)	336	334	332	341	344	342	340	0.0	0.1	-0.1	0.0
エネルギー起源CO <sub>2</sub> 排出(100万t)	3,896	2,344	2,515	2,534	2,445	2,449	2,463	-1.5	-0.3	0.0	-0.1
一人あたりGDP (2010年価格1,000ドル/人)	6.4	4.4	7.3	8.6	11	14	18	1.1	2.2	2.4	2.3
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	4.5	3.0	3.4	3.4	3.5	3.6	3.7	-0.9	0.1	0.4	0.3
GDPあたり一次エネルギー消費 <sup>2)</sup>	708	669	458	397	317	259	213	-2.0	-2.0	-2.0	-2.0
GDPあたりCO <sub>2</sub> 排出量 <sup>3)</sup>	1,821	1,586	1,035	862	650	514	413	-2.5	-2.5	-2.2	-2.3
一次エネルギー消費あたりCO <sub>2</sub> 排出(t/toe)	2.6	2.4	2.3	2.2	2.1	2.0	1.9	-0.6	-0.5	-0.3	-0.4

\*1 電力、熱、水素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/2010年価格100万ドル。\*3 t/2010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	2019	2030	2040	2050	1990	2019	2050	1990/2019	2019/2030	2030/2050	2019/2050
合計 <sup>1)</sup>	1,439	1,471	1,527	1,403	1,341	1,267	1,182	100	100	100	-0.1	-0.4	-0.6	-0.6
石炭	391	285	252	175	157	143	127	27	12	11	-2.7	-1.0	-1.1	-1.0
石油	531	550	506	460	422	371	323	37	33	27	-0.5	-0.8	-1.3	-1.1
天然ガス	250	309	363	336	322	324	308	17	24	26	1.0	-0.4	-0.2	-0.3
原子力	190	224	223	199	170	147	133	13	14	11	0.2	-1.5	-1.2	-1.3
水力	24	30	32	28	30	31	31	1.7	2.0	2.6	0.4	0.7	0.2	0.4
地熱	3.2	4.6	5.5	6.9	9.0	9.8	11	0.2	0.5	0.9	2.7	2.4	0.8	1.4
太陽光・風力等	0.3	2.5	16	47	69	80	92	0.0	3.4	7.8	18.9	3.5	1.5	2.2
バイオマス・廃棄物	47	65	128	150	161	159	155	3.3	11	13	4.1	0.6	-0.2	0.1

## 最終エネルギー消費

	(Mtoe)							構成比(%)			1990/2019/2030/2019/2050			
	1990	2000	2010	2019	2030	2040	2050	1990	2019	2050	2019	2030	2050	2050
合計	995	1,027	1,070	1,015	983	922	859	100	100	100	0.1	-0.3	-0.7	-0.5
産業	313	274	247	240	244	242	233	31	24	27	-0.9	0.2	-0.2	-0.1
運輸	220	262	279	289	263	232	205	22	29	24	1.0	-0.9	-1.3	-1.1
民生・農業他	374	391	446	395	384	358	333	38	39	39	0.2	-0.3	-0.7	-0.5
非エネルギー消費	88	100	98	91	91	90	88	8.9	8.9	10	0.1	0.1	-0.2	-0.1
石炭	109	47	38	28	25	21	18	11	2.7	2.1	-4.6	-0.9	-1.7	-1.4
石油	445	479	448	420	386	338	294	45	41	34	-0.2	-0.8	-1.4	-1.1
天然ガス	185	220	231	214	203	189	174	19	21	20	0.5	-0.5	-0.8	-0.7
電力	162	189	216	214	231	248	258	16	21	30	1.0	0.7	0.6	0.6
熱	55	43	52	46	44	41	37	5.5	4.5	4.3	-0.6	-0.3	-0.9	-0.7
水素	-	-	-	-	0.0	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	-100	n.a.
再生可能	39	50	86	94	94	85	78	4.0	9.3	9.1	3.0	0.0	-0.9	-0.6

## 発電量

	(TWh)							構成比(%)			1990/2019/2030/2019/2050			
	1990	2000	2010	2019	2030	2040	2050	1990	2019	2050	2019	2030	2050	2050
合計	2,259	2,631	2,957	2,884	3,112	3,299	3,379	100	100	100	0.8	0.7	0.4	0.5
石炭	844	846	755	491	481	455	400	37	17	12	-1.9	-0.2	-0.9	-0.7
石油	190	173	82	52	41	33	18	8.4	1.8	0.5	-4.4	-2.2	-4.0	-3.4
天然ガス	188	331	590	569	633	796	858	8.3	20	25	3.9	1.0	1.5	1.3
原子力	729	860	854	765	652	566	511	32	27	15	0.2	-1.5	-1.2	-1.3
水力	285	352	373	320	347	355	363	13	11	11	0.4	0.7	0.2	0.4
地熱	3.2	4.8	5.6	6.7	10	11	12	0.1	0.2	0.4	2.6	3.8	0.9	1.9
太陽光	0.0	0.1	22	120	207	245	293	0.0	4.2	8.7	36.2	5.1	1.8	2.9
風力	0.8	21	140	367	475	525	572	0.0	13	17	23.7	2.4	0.9	1.4
太陽熱・海洋	0.5	0.5	1.2	6.2	34	47	65	0.0	0.2	1.9	9.0	16.6	3.3	7.9
バイオマス・廃棄物	19	42	129	181	229	259	281	0.8	6.3	8.3	8.1	2.1	1.0	1.4
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
その他	0.2	1.4	4.4	4.9	4.7	4.7	4.7	0.0	0.2	0.1	11.5	-0.5	0.0	-0.2

## エネルギー・経済指標他

	1990	2000	2010	2019	2030	2040	2050	1990/2019	2019/2030	2030/2050	2019/2050
GDP (2010年価格10億ドル)	10,242	12,702	14,556	16,619	19,290	22,002	24,509	1.7	1.4	1.2	1.3
人口(100万人)	420	429	442	448	447	445	437	0.2	0.0	-0.1	-0.1
エネルギー起源CO <sub>2</sub> 排出(100万t)	3,445	3,265	3,132	2,650	2,364	2,165	1,927	-0.9	-1.0	-1.0	-1.0
一人あたりGDP (2010年価格1,000ドル/人)	24	30	33	37	43	49	56	1.5	1.4	1.3	1.3
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	3.4	3.4	3.5	3.1	3.0	2.8	2.7	-0.3	-0.4	-0.5	-0.5
GDPあたり一次エネルギー消費 <sup>2)</sup>	141	116	105	84	70	58	48	-1.7	-1.7	-1.8	-1.8
GDPあたりCO <sub>2</sub> 排出量 <sup>3)</sup>	336	257	215	159	123	98	79	-2.5	-2.4	-2.2	-2.3
一次エネルギー消費あたりCO <sub>2</sub> 排出(t/toe)	2.4	2.2	2.1	1.9	1.8	1.7	1.6	-0.8	-0.6	-0.4	-0.5

\*1 電力、熱、水素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/2010年価格100万ドル。\*3 t/2010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	2019	2030	2040	2050	1990	2019	2050	1990/2019	2019/2030	2030/2050	2019/2050
	合計 <sup>1)</sup>	385	490	687	857	1,021	1,200	1,354	100	100	100	2.8	1.6	1.4
石炭	74	90	108	119	123	136	145	19	14	11	1.6	0.3	0.8	0.7
石油	85	101	162	198	247	332	423	22	23	31	2.9	2.1	2.7	2.5
天然ガス	30	47	89	135	185	261	343	7.7	16	25	5.4	2.9	3.1	3.0
原子力	2.2	3.4	3.2	3.5	7.3	12	12	0.6	0.4	0.9	1.6	7.1	2.6	4.2
水力	4.8	6.4	9.4	12	19	25	36	1.3	1.4	2.7	3.1	4.4	3.3	3.7
地熱	0.3	0.4	1.3	4.2	13	21	29	0.1	0.5	2.2	9.8	11.1	4.0	6.5
太陽光・風力等	0.0	0.0	0.3	3.0	14	31	53	0.0	0.4	3.9	35.1	15.2	6.7	9.6
バイオマス・廃棄物	188	241	312	383	411	382	311	49	45	23	2.5	0.7	-1.4	-0.7

## 最終エネルギー消費

	(Mtoe)							構成比(%)			1990/2019/2030/2019/2050			
	1990	2000	2010	2019	2030	2040	2050	1990	2019	2050	2019	2030	2050	2050
	合計	285	363	496	613	726	827	906	100	100	100	2.7	1.6	1.1
産業	53	57	85	90	116	157	193	19	15	21	1.9	2.3	2.5	2.5
運輸	38	55	88	121	153	202	251	13	20	28	4.0	2.2	2.5	2.4
民生・農業他	183	237	305	380	432	437	423	64	62	47	2.6	1.2	-0.1	0.3
非エネルギー消費	11	15	18	21	25	32	39	3.8	3.4	4.3	2.2	1.7	2.2	2.0
石炭	20	19	17	24	26	28	28	7.0	4.0	3.1	0.7	0.7	0.4	0.5
石油	70	90	138	170	216	283	351	25	28	39	3.1	2.2	2.5	2.4
天然ガス	8.6	14	29	45	59	76	94	3.0	7.4	10	5.9	2.4	2.4	2.4
電力	22	31	47	58	85	131	196	7.7	9.4	22	3.4	3.6	4.2	4.0
熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
水素	-	-	-	-	0.0	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	-100	n.a.
再生可能	164	209	266	316	340	309	236	58	51	26	2.3	0.7	-1.8	-0.9

## 発電量

	(TWh)							構成比(%)			1990/2019/2030/2019/2050			
	1990	2000	2010	2019	2030	2040	2050	1990	2019	2050	2019	2030	2050	2050
	合計	316	442	672	851	1,244	1,876	2,733	100	100	100	3.5	3.5	4.0
石炭	164	209	259	260	276	331	376	52	31	14	1.6	0.6	1.6	1.2
石油	41	37	64	71	96	167	261	13	8.4	9.5	1.9	2.8	5.1	4.3
天然ガス	45	106	220	334	473	735	1,102	14	39	40	7.2	3.2	4.3	3.9
原子力	8.4	13	12	13	28	45	47	2.7	1.6	1.7	1.6	7.1	2.6	4.2
水力	56	75	110	136	219	286	418	18	16	15	3.1	4.4	3.3	3.7
地熱	0.3	0.4	1.5	4.9	16	24	34	0.1	0.6	1.3	9.8	11.1	4.0	6.5
太陽光	-	0.0	0.3	7.4	65	156	300	-	0.9	11	n.a.	21.7	8.0	12.7
風力	-	0.2	2.4	17	39	70	107	-	2.1	3.9	n.a.	7.7	5.1	6.0
太陽熱・海洋	-	-	-	2.7	20	42	66	-	0.3	2.4	n.a.	19.7	6.2	10.8
バイオマス・廃棄物	0.7	1.4	2.1	2.0	11	16	20	0.2	0.2	0.7	3.7	16.4	3.2	7.7
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	2019	2030	2040	2050	1990/2019/2030/2019/2050
GDP (2010年価格10億ドル)	896	1,173	1,956	2,526	3,674	5,899	8,724	3.6 3.5 4.4 4.1
人口(100万人)	630	810	1,039	1,301	1,688	2,077	2,489	2.5 2.4 2.0 2.1
エネルギー起源CO <sub>2</sub> 排出(100万t)	532	661	1,024	1,263	1,544	2,009	2,491	3.0 1.8 2.4 2.2
一人あたりGDP (2010年価格1,000ドル/人)	1.4	1.4	1.9	1.9	2.2	2.8	3.5	1.1 1.0 2.4 1.9
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	0.6	0.6	0.7	0.7	0.6	0.6	0.5	0.3 -0.8 -0.5 -0.6
GDPあたり一次エネルギー消費 <sup>2)</sup>	429	418	351	339	278	203	155	-0.8 -1.8 -2.9 -2.5
GDPあたりCO <sub>2</sub> 排出量 <sup>3)</sup>	594	564	524	500	420	341	285	-0.6 -1.6 -1.9 -1.8
一次エネルギー消費あたりCO <sub>2</sub> 排出(t/toe)	1.4	1.3	1.5	1.5	1.5	1.7	1.8	0.2 0.2 1.0 0.7

\*1 電力、熱、水素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/2010年価格100万ドル。\*3 t/2010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	2019	2030	2040	2050	1990	2019	2050	1990/2019	2019/2030	2030/2050	2019/2050
	合計 <sup>1)</sup>	223	372	630	766	929	1,060	1,159	100	100	100	4.4	1.8	1.1
石炭	3.0	8.1	9.8	8.0	9.8	9.3	8.1	1.3	1.0	0.7	3.4	1.9	-1.0	0.1
石油	146	217	306	307	349	373	369	66	40	32	2.6	1.2	0.3	0.6
天然ガス	72	145	311	444	538	628	716	32	58	62	6.5	1.8	1.4	1.6
原子力	-	-	-	1.9	21	32	38	-	0.2	3.3	n.a.	24.5	3.1	10.3
水力	1.0	0.7	1.5	1.7	2.1	2.2	2.4	0.5	0.2	0.2	1.7	1.9	0.7	1.1
地熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
太陽光・風力等	0.4	0.7	1.3	1.8	7.7	13	23	0.2	0.2	2.0	5.1	14.4	5.6	8.7
バイオマス・廃棄物	0.5	0.4	1.0	1.1	1.2	1.6	2.1	0.2	0.1	0.2	3.0	1.5	2.6	2.2

## 最終エネルギー消費

	(Mtoe)							構成比(%)			1990/2019/2030/2019/2050			
	1990	2000	2010	2019	2030	2040	2050	1990	2019	2050	2019	2030	2050	2050
	合計	157	252	431	526	639	730	802	100	100	100	4.3	1.8	1.1
産業	47	71	134	149	181	202	211	30	28	26	4.1	1.8	0.8	1.1
運輸	51	75	121	147	172	185	191	32	28	24	3.7	1.5	0.5	0.8
民生・農業他	40	74	119	144	179	211	240	25	27	30	4.5	2.0	1.5	1.6
非エネルギー消費	20	32	57	86	106	132	160	12	16	20	5.2	1.9	2.1	2.0
石炭	0.2	0.5	1.2	3.0	3.1	3.0	2.7	0.1	0.6	0.3	10.1	0.4	-0.7	-0.3
石油	108	153	220	244	296	329	348	69	46	43	2.9	1.8	0.8	1.2
天然ガス	31	65	146	191	222	247	266	20	36	33	6.4	1.4	0.9	1.1
電力	17	33	62	87	116	149	182	11	16	23	5.8	2.6	2.3	2.4
熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
水素	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	-	-	0.0	n.a.	n.a.	-0.1	n.a.
再生可能	0.7	1.0	2.2	1.5	1.6	2.0	2.4	0.5	0.3	0.3	2.5	0.8	1.9	1.5

## 発電量

	(TWh)							構成比(%)			1990/2019/2030/2019/2050			
	1990	2000	2010	2019	2030	2040	2050	1990	2019	2050	2019	2030	2050	2050
	合計	244	472	888	1,275	1,674	2,119	2,557	100	100	100	5.9	2.5	2.1
石炭	11	30	35	23	30	30	26	4.3	1.8	1.0	2.7	2.8	-0.8	0.5
石油	108	189	286	298	269	210	104	44	23	4.1	3.6	-0.9	-4.6	-3.3
天然ガス	114	246	549	915	1,202	1,603	2,033	47	72	80	7.4	2.5	2.7	2.6
原子力	-	-	-	7.1	80	124	148	-	0.6	5.8	n.a.	24.5	3.1	10.3
水力	12	8.0	18	19	24	26	28	4.9	1.5	1.1	1.7	1.9	0.7	1.1
地熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
太陽光	-	-	0.1	10	51	90	155	-	0.8	6.1	n.a.	15.5	5.7	9.1
風力	0.0	0.0	0.2	1.7	12	25	43	0.0	0.1	1.7	29.1	19.4	6.7	11.0
太陽熱・海洋	-	-	-	0.3	6.1	10	20	-	0.0	0.8	n.a.	31.0	6.2	14.4
バイオマス・廃棄物	-	0.0	0.1	0.1	0.3	0.4	0.6	-	0.0	0.0	n.a.	16.6	2.9	7.6
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	2019	2030	2040	2050	1990/2019	2019/2030	2030/2050	2019/2050
GDP (2010年価格10億ドル)	1,032	1,534	2,326	2,854	3,636	4,772	6,074	3.6	2.2	2.6	2.5
人口(100万人)	132	168	213	252	299	333	362	2.3	1.6	0.9	1.2
エネルギー起源CO <sub>2</sub> 排出(100万t)	566	944	1,547	1,810	2,094	2,299	2,414	4.1	1.3	0.7	0.9
一人あたりGDP (2010年価格1,000ドル/人)	7.8	9.2	11	11	12	14	17	1.3	0.6	1.6	1.3
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	1.7	2.2	3.0	3.0	3.1	3.2	3.2	2.0	0.2	0.2	0.2
GDPあたり一次エネルギー消費 <sup>2)</sup>	216	243	271	268	256	222	191	0.8	-0.4	-1.4	-1.1
GDPあたりCO <sub>2</sub> 排出量 <sup>3)</sup>	549	615	665	634	576	482	397	0.5	-0.9	-1.8	-1.5
一次エネルギー消費あたりCO <sub>2</sub> 排出(t/toe)	2.5	2.5	2.5	2.4	2.3	2.2	2.1	-0.2	-0.4	-0.4	-0.4

\*1 電力、熱、水素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/2010年価格100万ドル。\*3 t/2010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	2019	2030	2040	2050	1990	2019	2050	1990/2019	2019/2030	2030/2050	2019/2050
	合計 <sup>1)</sup>	99	125	144	149	152	151	146	100	100	100	1.4	0.1	-0.2
石炭	36	49	52	43	36	32	28	36	29	19	0.6	-1.7	-1.3	-1.4
石油	35	40	48	50	47	43	37	35	33	25	1.3	-0.5	-1.2	-0.9
天然ガス	19	24	31	38	44	47	48	19	26	33	2.5	1.2	0.5	0.7
原子力	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
水力	3.2	3.5	3.3	3.5	3.5	3.5	3.4	3.2	2.4	2.4	0.3	0.0	-0.1	-0.1
地熱	1.5	2.0	3.3	4.7	7.4	7.7	8.1	1.5	3.1	5.5	4.0	4.2	0.5	1.8
太陽光・風力等	0.1	0.1	0.9	3.5	6.6	9.5	13	0.1	2.3	8.8	12.1	6.1	3.3	4.3
バイオマス・廃棄物	4.7	6.2	6.1	6.1	7.3	7.9	8.4	4.8	4.1	5.7	0.9	1.6	0.7	1.0

## 最終エネルギー消費

	(Mtoe)							構成比(%)			1990/2019/2030/2019/2050			
	1990	2000	2010	2019	2030	2040	2050	1990	2019	2050	2019	2030	2050	2050
	合計	66	83	89	97	101	100	98	100	100	100	1.3	0.3	-0.2
産業	23	28	27	27	29	30	29	35	27	29	0.5	0.8	-0.1	0.2
運輸	24	30	35	39	37	36	33	36	40	34	1.7	-0.4	-0.6	-0.5
民生・農業他	15	19	23	25	27	28	29	22	25	30	1.8	1.0	0.3	0.5
非エネルギー消費	4.6	6.1	5.4	6.9	6.9	6.9	6.8	6.9	7.1	6.9	1.4	0.1	-0.1	0.0
石炭	5.2	4.7	3.1	3.7	3.6	3.2	2.8	7.9	3.8	2.9	-1.2	-0.2	-1.1	-0.8
石油	33	40	45	51	49	46	41	50	52	42	1.5	-0.4	-0.8	-0.7
天然ガス	10	14	14	15	17	17	17	16	16	17	1.4	0.9	-0.1	0.3
電力	14	18	21	22	26	29	31	20	22	32	1.7	1.5	1.0	1.2
熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
水素	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	-	-	0.0	n.a.	n.a.	-11.8	n.a.
再生可能	4.1	5.6	5.7	5.5	5.8	5.7	5.4	6.2	5.7	5.5	1.0	0.4	-0.3	-0.1

## 発電量

	(TWh)							構成比(%)			1990/2019/2030/2019/2050			
	1990	2000	2010	2019	2030	2040	2050	1990	2019	2050	2019	2030	2050	2050
	合計	187	249	298	308	360	397	424	100	100	100	1.7	1.4	0.8
石炭	122	176	182	157	153	145	128	65	51	30	0.9	-0.2	-0.9	-0.6
石油	3.6	1.8	6.1	4.9	4.2	3.4	2.5	1.9	1.6	0.6	1.1	-1.4	-2.7	-2.2
天然ガス	20	26	54	59	69	79	83	11	19	19	3.8	1.6	0.9	1.1
原子力	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
水力	37	41	38	41	41	41	40	20	13	9.4	0.3	0.0	-0.1	-0.1
地熱	2.1	2.9	5.9	8.0	13	14	14	1.1	2.6	3.3	4.7	4.3	0.5	1.8
太陽光	-	0.0	0.4	15	35	50	67	-	4.9	16	n.a.	7.9	3.4	5.0
風力	-	0.2	6.7	20	38	56	76	-	6.5	18	n.a.	5.9	3.6	4.4
太陽熱・海洋	-	-	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	-	0.0	0.0	n.a.	28.3	6.5	13.7
バイオマス・廃棄物	1.2	1.7	3.4	4.1	7.4	10	13	0.7	1.3	3.0	4.2	5.4	2.8	3.8
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	-1.1	0.0	0.0	0.0

## エネルギー・経済指標他

	1990	2000	2010	2019	2030	2040	2050	1990/2019	2019/2030	2030/2050	2019/2050
GDP (2010年価格10億ドル)	722	998	1,340	1,702	2,137	2,586	3,044	3.0	2.1	1.8	1.9
人口(100万人)	20	23	26	30	33	36	39	1.4	0.9	0.7	0.8
エネルギー起源CO <sub>2</sub> 排出(100万t)	279	360	413	414	380	360	330	1.4	-0.8	-0.7	-0.7
一人あたりGDP (2010年価格1,000ドル/人)	35	43	51	56	64	72	79	1.6	1.2	1.1	1.1
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	4.9	5.4	5.5	4.9	4.5	4.2	3.8	0.0	-0.7	-0.9	-0.8
GDPあたり一次エネルギー消費 <sup>2)</sup>	137	126	108	88	71	58	48	-1.5	-1.9	-1.9	-1.9
GDPあたりCO <sub>2</sub> 排出量 <sup>3)</sup>	386	360	308	243	178	139	108	-1.6	-2.8	-2.4	-2.6
一次エネルギー消費あたりCO <sub>2</sub> 排出(t/toe)	2.8	2.9	2.9	2.8	2.5	2.4	2.3	-0.1	-0.9	-0.5	-0.7

\*1 電力、熱、水素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/2010年価格100万ドル。\*3 t/2010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	2019	2030	2040	2050	1990	2019	2050	1990/2019	2019/2030	2030/2050	2019/2050
	合計 <sup>1)</sup>	4,465	5,230	5,352	5,236	5,084	4,931	4,717	100	100	100	0.6	-0.3	-0.4
石炭	1,088	1,116	1,111	786	652	568	466	24	15	9.9	-1.1	-1.7	-1.7	-1.7
石油	1,824	2,066	1,917	1,837	1,679	1,530	1,373	41	35	29	0.0	-0.8	-1.0	-0.9
天然ガス	827	1,135	1,283	1,503	1,592	1,641	1,611	19	29	34	2.1	0.5	0.1	0.2
原子力	463	596	606	523	442	388	365	10	10.0	7.7	0.4	-1.5	-0.9	-1.1
水力	100	111	112	117	124	127	129	2.2	2.2	2.7	0.6	0.5	0.2	0.3
地熱	22	25	25	37	58	78	89	0.5	0.7	1.9	1.8	4.2	2.1	2.8
太陽光・風力等	2.1	6.1	31	110	177	236	316	0.0	2.1	6.7	14.7	4.4	3.0	3.5
バイオマス・廃棄物	139	173	263	319	357	362	364	3.1	6.1	7.7	2.9	1.0	0.1	0.4

**最終エネルギー消費**

	(Mtoe)							構成比(%)			1990/2019/2030/2019/2050			
	1990	2000	2010	2019	2030	2040	2050	1990	2019	2050	2019	2030	2050	2050
	合計	3,057	3,582	3,642	3,694	3,615	3,489	3,334	100	100	100	0.7	-0.2	-0.4
産業	826	907	802	795	798	792	766	27	22	23	-0.1	0.0	-0.2	-0.1
運輸	919	1,120	1,151	1,224	1,126	1,030	943	30	33	28	1.0	-0.8	-0.9	-0.8
民生・農業他	1,025	1,189	1,312	1,273	1,274	1,236	1,189	34	34	36	0.7	0.0	-0.3	-0.2
非エネルギー消費	287	366	378	403	416	431	437	9.4	11	13	1.2	0.3	0.2	0.3
石炭	231	138	127	96	81	69	59	7.5	2.6	1.8	-3.0	-1.5	-1.6	-1.5
石油	1,559	1,808	1,736	1,714	1,582	1,444	1,302	51	46	39	0.3	-0.7	-1.0	-0.9
天然ガス	578	732	717	782	774	730	676	19	21	20	1.1	-0.1	-0.7	-0.5
電力	553	719	809	820	893	978	1,042	18	22	31	1.4	0.8	0.8	0.8
熱	48	52	66	63	61	56	52	1.6	1.7	1.5	0.9	-0.3	-0.8	-0.6
水素	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	-	-	0.0	n.a.	n.a.	-11.3	n.a.
再生可能	89	133	188	220	223	212	203	2.9	6.0	6.1	3.2	0.1	-0.5	-0.3

**発電量**

	(TWh)							構成比(%)			1990/2019/2030/2019/2050			
	1990	2000	2010	2019	2030	2040	2050	1990	2019	2050	2019	2030	2050	2050
	合計	7,667	9,706	10,869	10,913	11,860	12,922	13,688	100	100	100	1.2	0.8	0.7
石炭	3,129	3,837	3,812	2,573	2,314	2,062	1,657	41	24	12	-0.7	-1.0	-1.7	-1.4
石油	668	539	273	146	104	72	32	8.7	1.3	0.2	-5.1	-3.1	-5.8	-4.8
天然ガス	766	1,528	2,528	3,199	3,869	4,709	5,138	10.0	29	38	5.1	1.7	1.4	1.5
原子力	1,776	2,288	2,324	2,007	1,695	1,488	1,402	23	18	10	0.4	-1.5	-0.9	-1.1
水力	1,159	1,294	1,304	1,366	1,442	1,477	1,503	15	13	11	0.6	0.5	0.2	0.3
地熱	23	27	37	51	86	121	140	0.3	0.5	1.0	2.7	4.8	2.5	3.3
太陽光	0.1	0.7	31	340	575	902	1,348	0.0	3.1	9.8	33.0	4.9	4.4	4.5
風力	3.8	29	269	812	1,127	1,298	1,516	0.1	7.4	11	20.3	3.0	1.5	2.0
太陽熱・海洋	1.2	1.1	2.1	10	88	152	247	0.0	0.1	1.8	7.7	21.7	5.3	10.8
バイオマス・廃棄物	121	142	257	375	526	608	673	1.6	3.4	4.9	4.0	3.1	1.2	1.9
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
その他	20	22	33	33	33	33	33	0.3	0.3	0.2	1.8	0.0	0.0	0.0

**エネルギー・経済指標他**

	1990	2000	2010	2019	2030	2040	2050	1990/2019/2030/2019/2050
	GDP (2010年価格10億ドル)	28,841	37,461	44,228	52,404	62,231	73,632	84,998
人口(100万人)	998	1,070	1,139	1,191	1,222	1,237	1,238	0.6 0.2 0.1 0.1
エネルギー起源CO <sub>2</sub> 排出(100万t)	10,782	12,240	11,968	11,019	10,156	9,465	8,527	0.1 -0.7 -0.9 -0.8
一人あたりGDP (2010年価格1,000ドル/人)	29	35	39	44	51	60	69	1.5 1.3 1.5 1.4
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	4.5	4.9	4.7	4.4	4.2	4.0	3.8	-0.1 -0.5 -0.4 -0.5
GDPあたり一次エネルギー消費 <sup>2)</sup>	155	140	121	100	82	67	55	-1.5 -1.8 -1.9 -1.9
GDPあたりCO <sub>2</sub> 排出量 <sup>3)</sup>	374	327	271	210	163	129	100	-2.0 -2.3 -2.4 -2.4
一次エネルギー消費あたりCO <sub>2</sub> 排出(t/toe)	2.4	2.3	2.2	2.1	2.0	1.9	1.8	-0.5 -0.5 -0.5 -0.5

<sup>1)</sup> 電力、熱、水素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。

<sup>2)</sup> toe/2010年価格100万ドル。\*3 t/2010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	2019	2030	2040	2050	1990	2019	2050	1990/2019	2019/2030	2030/2050	2019/2050
	合計 <sup>1)</sup>	4,070	4,499	7,103	8,829	10,297	11,403	12,211	100	100	100	2.7	1.4	0.9
石炭	1,133	1,198	2,543	3,092	3,258	3,281	3,171	28	35	26	3.5	0.5	-0.1	0.1
石油	1,206	1,328	1,850	2,219	2,578	2,910	3,170	30	25	26	2.1	1.4	1.0	1.2
天然ガス	835	933	1,451	1,859	2,279	2,735	3,158	21	21	26	2.8	1.9	1.6	1.7
原子力	62	79	113	205	344	433	491	1.5	2.3	4.0	4.2	4.8	1.8	2.9
水力	84	113	184	245	295	332	367	2.1	2.8	3.0	3.8	1.7	1.1	1.3
地熱	12	27	36	63	133	171	208	0.3	0.7	1.7	5.9	7.0	2.3	3.9
太陽光・風力等	0.5	2.1	17	110	240	366	513	0.0	1.2	4.2	20.6	7.3	3.9	5.1
バイオマス・廃棄物	738	818	911	1,038	1,171	1,176	1,133	18	12	9.3	1.2	1.1	-0.2	0.3

## 最終エネルギー消費

	(Mtoe)							構成比(%)			1990/2019/2030/2019/2050			
	1990	2000	2010	2019	2030	2040	2050	1990	2019	2050	2019	2030	2050	2050
	合計	2,977	3,148	4,801	5,869	6,777	7,466	8,039	100	100	100	2.4	1.3	0.9
産業	969	964	1,840	2,095	2,344	2,508	2,603	33	36	32	2.7	1.0	0.5	0.7
運輸	454	570	921	1,245	1,486	1,711	1,933	15	21	24	3.5	1.6	1.3	1.4
民生・農業他	1,363	1,374	1,653	2,007	2,309	2,495	2,650	46	34	33	1.3	1.3	0.7	0.9
非エネルギー消費	191	240	387	521	638	752	853	6.4	8.9	11	3.5	1.8	1.5	1.6
石炭	521	404	930	854	789	746	711	18	15	8.8	1.7	-0.7	-0.5	-0.6
石油	845	1,036	1,502	1,902	2,266	2,582	2,846	28	32	35	2.8	1.6	1.1	1.3
天然ガス	367	388	629	852	1,013	1,134	1,234	12	15	15	2.9	1.6	1.0	1.2
電力	281	372	729	1,145	1,541	1,907	2,271	9.5	20	28	5.0	2.7	2.0	2.2
熱	288	196	209	244	256	249	240	9.7	4.2	3.0	-0.6	0.4	-0.3	-0.1
水素	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	-	-	0.0	n.a.	n.a.	0.5	n.a.
再生可能	674	752	802	872	913	848	737	23	15	9.2	0.9	0.4	-1.1	-0.5

## 発電量

	(TWh)							構成比(%)			1990/2019/2030/2019/2050			
	1990	2000	2010	2019	2030	2040	2050	1990	2019	2050	2019	2030	2050	2050
	合計	4,178	5,722	10,657	16,023	21,449	26,208	30,688	100	100	100	4.7	2.7	1.8
石炭	1,301	2,158	4,859	7,341	8,851	9,493	9,691	31	46	32	6.1	1.7	0.5	0.9
石油	656	650	693	601	575	591	545	16	3.7	1.8	-0.3	-0.4	-0.3	-0.3
天然ガス	982	1,244	2,315	3,147	4,303	6,049	7,934	24	20	26	4.1	2.9	3.1	3.0
原子力	236	303	432	783	1,319	1,662	1,885	5.7	4.9	6.1	4.2	4.9	1.8	2.9
水力	981	1,319	2,145	2,855	3,435	3,858	4,267	23	18	14	3.8	1.7	1.1	1.3
地熱	13	25	31	40	106	143	179	0.3	0.3	0.6	4.0	9.2	2.7	4.9
太陽光	0.0	0.1	1.4	341	932	1,591	2,545	0.0	2.1	8.3	49.4	9.6	5.2	6.7
風力	0.0	2.8	73	615	1,375	2,051	2,649	0.0	3.8	8.6	39.9	7.6	3.3	4.8
太陽熱・海洋	0.0	0.0	0.0	4.2	32	63	105	0.0	0.0	0.3	24.6	20.3	6.2	11.0
バイオマス・廃棄物	8.7	20	105	280	504	691	872	0.2	1.7	2.8	12.7	5.5	2.8	3.7
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
その他	-	0.5	1.1	16	16	16	16	-	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	2019	2030	2040	2050	1990/2019	2019/2030	2030/2050	2019/2050
	GDP (2010年価格10億ドル)	9,133	12,469	21,949	32,136	49,037	72,058	98,077	4.4	3.9	3.5
人口(100万人)	4,279	5,042	5,780	6,472	7,285	7,920	8,456	1.4	1.1	0.7	0.9
エネルギー起源CO <sub>2</sub> 排出(100万t)	9,102	10,069	17,543	21,292	23,813	25,661	26,746	3.0	1.0	0.6	0.7
一人あたりGDP (2010年価格1,000ドル/人)	2.1	2.5	3.8	5.0	6.7	9.1	12	3.0	2.8	2.8	2.8
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	1.0	0.9	1.2	1.4	1.4	1.4	1.4	1.3	0.3	0.1	0.2
GDPあたり一次エネルギー消費 <sup>2)</sup>	446	361	324	275	210	158	125	-1.7	-2.4	-2.6	-2.5
GDPあたりCO <sub>2</sub> 排出量 <sup>3)</sup>	997	808	799	663	486	356	273	-1.4	-2.8	-2.8	-2.8
一次エネルギー消費あたりCO <sub>2</sub> 排出(t/toe)	2.2	2.2	2.5	2.4	2.3	2.3	2.2	0.3	-0.4	-0.3	-0.3

\*1 電力、熱、水素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/2010年価格100万ドル。\*3 t/2010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	2019	2030	2040	2050	1990	2019	2050	1990/2019	2019/2030	2030/2050	2019/2050
	合計 <sup>1)</sup>	8,738	10,003	12,813	14,486	15,125	15,086	14,738	100	100	100	1.8	0.4	-0.1
石炭	2,220	2,314	3,654	3,878	3,344	2,658	1,937	25	27	13	1.9	-1.3	-2.7	-2.2
石油	3,232	3,669	4,126	4,475	4,396	4,121	3,762	37	31	26	1.1	-0.2	-0.8	-0.6
天然ガス	1,662	2,067	2,734	3,363	3,668	3,798	3,627	19	23	25	2.5	0.8	-0.1	0.2
原子力	526	675	719	728	958	1,209	1,400	6.0	5.0	9.5	1.1	2.5	1.9	2.1
水力	184	225	297	363	427	473	515	2.1	2.5	3.5	2.4	1.5	0.9	1.1
地熱	34	52	62	100	237	344	440	0.4	0.7	3.0	3.8	8.1	3.1	4.9
太陽光・風力等	2.5	8.1	49	220	605	1,033	1,542	0.0	1.5	10	16.7	9.6	4.8	6.5
バイオマス・廃棄物	876	991	1,173	1,357	1,488	1,449	1,514	10	9.4	10	1.5	0.8	0.1	0.4

## 最終エネルギー消費

	(Mtoe)							構成比(%)			1990/2019/2030/2019/2050			
	1990	2000	2010	2019	2030	2040	2050	1990	2019	2050	2019	2030	2050	2050
	合計	6,236	7,004	8,801	9,983	10,321	10,192	9,996	100	100	100	1.6	0.3	-0.2
産業	1,795	1,871	2,642	2,890	3,079	3,017	2,797	29	29	28	1.7	0.6	-0.5	-0.1
運輸	1,576	1,964	2,430	2,889	2,862	2,791	2,803	25	29	28	2.1	-0.1	-0.1	-0.1
民生・農業他	2,389	2,564	2,964	3,280	3,326	3,203	3,107	38	33	31	1.1	0.1	-0.3	-0.2
非エネルギー消費	477	606	764	924	1,053	1,181	1,289	7.7	9.3	13	2.3	1.2	1.0	1.1
石炭	752	542	1,057	950	795	675	568	12	9.5	5.7	0.8	-1.6	-1.7	-1.6
石油	2,606	3,118	3,596	4,036	4,036	3,824	3,530	42	40	35	1.5	0.0	-0.7	-0.4
天然ガス	944	1,119	1,346	1,634	1,731	1,681	1,604	15	16	16	1.9	0.5	-0.4	-0.1
電力	834	1,092	1,538	1,965	2,446	2,891	3,263	13	20	33	3.0	2.0	1.5	1.6
熱	336	248	275	306	305	269	227	5.4	3.1	2.3	-0.3	0.0	-1.5	-1.0
水素	-	-	-	-	0.2	0.6	1.4	-	-	0.0	n.a.	n.a.	10.2	n.a.
再生可能	764	885	990	1,092	1,008	851	802	12	11	8.0	1.2	-0.7	-1.1	-1.0

## 発電量

	(TWh)							構成比(%)			1990/2019/2030/2019/2050			
	1990	2000	2010	2019	2030	2040	2050	1990	2019	2050	2019	2030	2050	2050
	合計	11,845	15,428	21,526	26,936	33,444	39,043	43,364	100	100	100	2.9	2.0	1.3
石炭	4,430	5,995	8,671	9,914	8,939	6,761	4,331	37	37	10.0	2.8	-0.9	-3.6	-2.6
石油	1,324	1,188	967	747	575	452	326	11	2.8	0.8	-2.0	-2.4	-2.8	-2.6
天然ガス	1,748	2,771	4,844	6,346	7,497	8,952	8,957	15	24	21	4.5	1.5	0.9	1.1
原子力	2,013	2,591	2,756	2,790	3,675	4,641	5,371	17	10	12	1.1	2.5	1.9	2.1
水力	2,140	2,613	3,449	4,221	4,972	5,498	5,989	18	16	14	2.4	1.5	0.9	1.1
地熱	36	52	68	91	248	370	482	0.3	0.3	1.1	3.2	9.5	3.4	5.5
太陽光	0.1	0.8	32	681	2,309	4,401	7,060	0.0	2.5	16	36.0	11.7	5.7	7.8
風力	3.9	31	342	1,427	3,756	5,900	8,049	0.0	5.3	19	22.6	9.2	3.9	5.7
太陽熱・海洋	1.2	1.1	2.2	14	174	427	812	0.0	0.1	1.9	8.9	25.4	8.0	13.9
バイオマス・廃棄物	129	162	362	655	1,251	1,594	1,938	1.1	2.4	4.5	5.8	6.1	2.2	3.6
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
その他	20	22	34	49	49	49	49	0.2	0.2	0.1	3.1	0.0	0.0	0.0

## エネルギー・経済指標他

	1990	2000	2010	2019	2030	2040	2050	1990/2019	2019/2030	2030/2050	2019/2050
	GDP (2010年価格10億ドル)	37,974	49,930	66,176	84,540	111,268	145,690	183,075	2.8	2.5	2.5
人口(100万人)	5,277	6,111	6,919	7,663	8,506	9,157	9,694	1.3	1.0	0.7	0.8
エネルギー起源CO <sub>2</sub> 排出(100万t)	20,511	23,159	30,624	33,613	31,330	26,913	21,706	1.7	-0.6	-1.8	-1.4
一人あたりGDP (2010年価格1,000ドル/人)	7.2	8.2	9.6	11	13	16	19	1.5	1.6	1.9	1.7
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	1.7	1.6	1.9	1.9	1.8	1.6	1.5	0.5	-0.6	-0.8	-0.7
GDPあたり一次エネルギー消費 <sup>2)</sup>	230	200	194	171	136	104	81	-1.0	-2.1	-2.6	-2.4
GDPあたりCO <sub>2</sub> 排出量 <sup>3)</sup>	540	464	463	398	282	185	119	-1.1	-3.1	-4.2	-3.8
一次エネルギー消費あたりCO <sub>2</sub> 排出(t/toe)	2.3	2.3	2.4	2.3	2.1	1.8	1.5	0.0	-1.0	-1.7	-1.5

\*1 電力、熱、水素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/2010年価格100万ドル。\*3 t/2010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	2019	2030	2040	2050	1990	2019	2050	1990/2019	2019/2030	2030/2050	2019/2050
	合計 <sup>1)</sup>	2,083	2,860	4,781	6,064	6,740	6,765	6,562	100	100	100	3.8	1.0	-0.1
石炭	788	1,035	2,409	2,947	2,694	2,176	1,596	38	49	24	4.7	-0.8	-2.6	-2.0
石油	616	915	1,161	1,470	1,605	1,592	1,511	30	24	23	3.0	0.8	-0.3	0.1
天然ガス	116	233	453	670	885	1,013	1,009	5.6	11	15	6.2	2.6	0.7	1.3
原子力	77	132	152	169	359	500	626	3.7	2.8	9.5	2.8	7.1	2.8	4.3
水力	32	41	92	151	186	212	231	1.5	2.5	3.5	5.5	1.9	1.1	1.4
地熱	8.2	23	31	55	125	185	235	0.4	0.9	3.6	6.8	7.8	3.2	4.8
太陽光・風力等	1.3	2.1	16	100	310	523	764	0.1	1.7	12	16.2	10.8	4.6	6.8
バイオマス・廃棄物	444	480	467	501	575	565	589	21	8.3	9.0	0.4	1.3	0.1	0.5

## 最終エネルギー消費

	(Mtoe)							構成比(%)			1990/2019/2030/2019/2050			
	1990	2000	2010	2019	2030	2040	2050	1990	2019	2050	2019	2030	2050	2050
	合計	1,529	1,973	3,156	3,919	4,329	4,369	4,320	100	100	100	3.3	0.9	0.0
産業	506	654	1,401	1,638	1,749	1,663	1,503	33	42	35	4.1	0.6	-0.8	-0.3
運輸	188	321	494	719	799	816	846	12	18	20	4.7	1.0	0.3	0.5
民生・農業他	720	817	972	1,163	1,294	1,334	1,360	47	30	31	1.7	1.0	0.3	0.5
非エネルギー消費	115	181	288	399	487	556	610	7.5	10	14	4.4	1.8	1.1	1.4
石炭	423	373	894	796	676	574	485	28	20	11	2.2	-1.5	-1.6	-1.6
石油	463	740	988	1,289	1,427	1,424	1,358	30	33	31	3.6	0.9	-0.2	0.2
天然ガス	46	89	200	344	453	468	456	3.0	8.8	11	7.2	2.5	0.0	0.9
電力	157	280	574	931	1,236	1,448	1,622	10	24	38	6.3	2.6	1.4	1.8
熱	14	30	69	120	127	112	93	0.9	3.1	2.1	7.6	0.5	-1.6	-0.8
水素	-	-	-	-	0.1	0.2	0.4	-	-	0.0	n.a.	n.a.	8.4	n.a.
再生可能	426	462	430	437	409	343	306	28	11	7.1	0.1	-0.6	-1.4	-1.1

## 発電量

	(TWh)							構成比(%)			1990/2019/2030/2019/2050			
	1990	2000	2010	2019	2030	2040	2050	1990	2019	2050	2019	2030	2050	2050
	合計	2,237	3,971	7,990	12,432	16,570	19,170	21,153	100	100	100	6.1	2.6	1.2
石炭	868	1,984	4,776	7,299	7,121	5,569	3,700	39	59	17	7.6	-0.2	-3.2	-2.2
石油	433	381	262	127	90	82	83	19	1.0	0.4	-4.1	-3.1	-0.4	-1.4
天然ガス	237	566	1,096	1,425	1,943	2,593	2,757	11	11	13	6.4	2.9	1.8	2.2
原子力	294	505	582	647	1,380	1,917	2,403	13	5.2	11	2.8	7.1	2.8	4.3
水力	368	477	1,072	1,758	2,159	2,461	2,684	16	14	13	5.5	1.9	1.1	1.4
地熱	8.4	20	22	28	76	116	151	0.4	0.2	0.7	4.2	9.6	3.5	5.6
太陽光	0.1	0.4	5.2	375	1,248	2,351	3,669	0.0	3.0	17	34.4	11.6	5.5	7.6
風力	0.0	2.4	70	498	1,992	3,336	4,742	0.0	4.0	22	39.2	13.4	4.4	7.5
太陽熱・海洋	0.0	0.0	0.0	1.6	13	29	65	0.0	0.0	0.3	20.5	20.9	8.5	12.7
バイオマス・廃棄物	8.9	15	82	252	527	695	876	0.4	2.0	4.1	12.2	6.9	2.6	4.1
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	0.3	0.0	0.0	0.0

## エネルギー・経済指標他

	1990	2000	2010	2019	2030	2040	2050	1990/2019	2019/2030	2030/2050	2019/2050
	GDP (2010年価格10億ドル)	7,634	11,121	17,747	26,795	40,632	57,782	76,784	4.4	3.9	3.2
人口(100万人)	2,938	3,420	3,824	4,150	4,462	4,632	4,697	1.2	0.7	0.3	0.4
エネルギー起源CO <sub>2</sub> 排出(100万t)	4,682	6,790	12,934	16,148	15,802	13,577	10,594	4.4	-0.2	-2.0	-1.4
一人あたりGDP (2010年価格1,000ドル/人)	2.6	3.3	4.6	6.5	9.1	12	16	3.2	3.2	3.0	3.0
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	0.7	0.8	1.3	1.5	1.5	1.5	1.4	2.5	0.3	-0.4	-0.1
GDPあたり一次エネルギー消費 <sup>2)</sup>	273	257	269	226	166	117	85	-0.6	-2.8	-3.3	-3.1
GDPあたりCO <sub>2</sub> 排出量 <sup>3)</sup>	613	611	729	603	389	235	138	-0.1	-3.9	-5.0	-4.6
一次エネルギー消費あたりCO <sub>2</sub> 排出(t/toe)	2.2	2.4	2.7	2.3	2.3	2.0	1.6	0.6	-1.2	-1.8	-1.6

\*1 電力、熱、水素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/2010年価格100万ドル。\*3 t/2010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	2019	2030	2040	2050	1990	2019	2050	1990/2019	2019/2030	2030/2050	2019/2050
	合計 <sup>1)</sup>	874	1,130	2,536	3,389	3,467	3,141	2,714	100	100	100	4.8	0.2	-1.2
石炭	531	665	1,790	2,072	1,778	1,284	801	61	61	30	4.8	-1.4	-3.9	-3.0
石油	119	221	428	648	688	614	510	14	19	19	6.0	0.5	-1.5	-0.8
天然ガス	13	21	89	248	353	404	378	1.5	7.3	14	10.8	3.2	0.4	1.4
原子力	-	4.4	19	91	155	222	292	-	2.7	11	n.a.	5.0	3.2	3.8
水力	11	19	61	109	127	139	144	1.2	3.2	5.3	8.3	1.3	0.6	0.9
地熱	-	1.7	3.6	19	21	20	18	-	0.6	0.7	n.a.	1.0	-0.8	-0.2
太陽光・風力等	0.0	1.0	12	77	212	322	423	0.0	2.3	16	30.7	9.6	3.5	5.6
バイオマス・廃棄物	200	198	133	127	135	138	150	23	3.7	5.5	-1.6	0.6	0.5	0.6

## 最終エネルギー消費

	(Mtoe)							構成比(%)			1990/2019/2030/2019/2050			
	1990	2000	2010	2019	2030	2040	2050	1990	2019	2050	2019	2030	2050	2050
	合計	658	781	1,645	2,093	2,166	1,988	1,775	100	100	100	4.1	0.3	-1.0
産業	234	302	924	1,024	951	769	605	36	49	34	5.2	-0.7	-2.2	-1.7
運輸	30	84	197	324	363	333	287	4.6	15	16	8.5	1.1	-1.2	-0.4
民生・農業他	351	338	411	567	643	661	657	53	27	37	1.7	1.1	0.1	0.5
非エネルギー消費	43	58	113	178	210	225	226	6.5	8.5	13	5.0	1.5	0.4	0.8
石炭	311	274	712	574	420	295	204	47	27	11	2.1	-2.8	-3.5	-3.3
石油	85	180	369	542	581	518	429	13	26	24	6.6	0.6	-1.5	-0.8
天然ガス	8.9	12	73	179	215	194	166	1.3	8.6	9.3	10.9	1.7	-1.3	-0.2
電力	39	89	297	561	720	783	808	5.9	27	46	9.6	2.3	0.6	1.2
熱	13	26	62	111	117	103	85	2.0	5.3	4.8	7.6	0.5	-1.6	-0.9
水素	-	-	-	-	0.0	0.0	0.1	-	-	0.0	n.a.	n.a.	8.3	n.a.
再生可能	200	199	132	125	113	94	83	30	6.0	4.7	-1.6	-0.9	-1.5	-1.3

## 発電量

	(TWh)							構成比(%)			1990/2019/2030/2019/2050			
	1990	2000	2010	2019	2030	2040	2050	1990	2019	2050	2019	2030	2050	2050
	合計	621	1,356	4,197	7,472	9,595	10,310	10,510	100	100	100	9.0	2.3	0.5
石炭	441	1,060	3,240	4,876	4,670	3,363	1,986	71	65	19	8.6	-0.4	-4.2	-2.9
石油	50	47	15	11	8.1	4.6	1.8	8.1	0.1	0.0	-5.3	-2.4	-7.2	-5.5
天然ガス	2.8	5.8	78	213	489	777	799	0.4	2.8	7.6	16.1	7.9	2.5	4.4
原子力	-	17	74	348	596	852	1,119	-	4.7	11	n.a.	5.0	3.2	3.8
水力	127	222	711	1,273	1,474	1,612	1,673	20	17	16	8.3	1.3	0.6	0.9
地熱	0.1	0.1	0.1	0.1	0.4	0.6	0.8	0.0	0.0	0.0	2.8	12.0	2.8	6.0
太陽光	0.0	0.0	0.7	224	575	981	1,447	0.0	3.0	14	49.3	8.9	4.7	6.2
風力	0.0	0.6	45	406	1,574	2,433	3,100	0.0	5.4	29	52.4	13.1	3.4	6.8
太陽熱・海洋	0.0	0.0	0.0	1.1	3.7	12	31	0.0	0.0	0.3	19.1	11.7	11.2	11.4
バイオマス・廃棄物	-	2.4	34	121	206	276	352	-	1.6	3.4	n.a.	4.9	2.7	3.5
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	2019	2030	2040	2050	1990/2019	2019/2030	2030/2050	2019/2050
	GDP (2010年価格10億ドル)	828	2,232	6,087	11,520	19,727	28,857	37,739	9.5	5.0	3.3
人口(100万人)	1,135	1,263	1,338	1,398	1,429	1,414	1,368	0.7	0.2	-0.2	-0.1
エネルギー起源CO <sub>2</sub> 排出(100万t)	2,181	3,181	8,033	9,882	9,038	6,824	4,292	5.3	-0.8	-3.7	-2.7
一人あたりGDP (2010年価格1,000ドル/人)	0.7	1.8	4.6	8.2	14	20	28	8.7	4.8	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	2.4	2.4	2.2	2.0	4.0	0.0	-1.0	-0.6
GDPあたり一次エネルギー消費 <sup>2)</sup>	1,055	506	417	294	176	109	72	-4.3	-4.6	-4.4	-4.4
GDPあたりCO <sub>2</sub> 排出量 <sup>3)</sup>	2,634	1,425	1,320	858	458	236	114	-3.8	-5.5	-6.7	-6.3
一次エネルギー消費あたりCO <sub>2</sub> 排出(t/toe)	2.5	2.8	3.2	2.9	2.6	2.2	1.6	0.5	-1.0	-2.5	-2.0

\*1 電力、熱、水素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/2010年価格100万ドル。\*3 t/2010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	2019	2030	2040	2050	1990	2019	2050	1990/2019	2019/2030	2030/2050	2019/2050
	合計 <sup>1)</sup>	280	418	667	938	1,283	1,497	1,648	100	100	100	4.3	2.9	1.3
石炭	93	146	279	418	490	486	457	33	45	28	5.3	1.5	-0.3	0.3
石油	61	112	162	235	326	403	447	22	25	27	4.8	3.0	1.6	2.1
天然ガス	11	23	54	55	104	142	162	3.8	5.9	9.8	5.9	5.9	2.2	3.5
原子力	1.6	4.4	6.8	12	49	95	128	0.6	1.3	7.8	7.2	13.7	4.9	7.9
水力	6.2	6.4	11	15	22	30	38	2.2	1.6	2.3	3.1	3.6	2.8	3.1
地熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
太陽光・風力等	0.0	0.2	2.0	11	63	129	206	0.0	1.2	12	27.3	16.8	6.1	9.8
バイオマス・廃棄物	108	126	152	191	229	213	211	39	20	13	2.0	1.6	-0.4	0.3

## 最終エネルギー消費

	(Mtoe)							構成比(%)			1990/2019/2030/2019/2050			
	1990	2000	2010	2019	2030	2040	2050	1990	2019	2050	2019	2030	2050	2050
	合計	215	290	444	630	852	1,010	1,132	100	100	100	3.8	2.8	1.4
産業	59	85	158	243	367	418	409	27	39	36	5.0	3.8	0.6	1.7
運輸	21	32	65	105	141	191	258	9.6	17	23	5.8	2.7	3.1	2.9
民生・農業他	122	147	187	231	269	296	326	57	37	29	2.2	1.4	1.0	1.1
非エネルギー消費	13	27	34	51	75	106	139	6.2	8.2	12	4.8	3.5	3.1	3.3
石炭	38	33	87	107	140	158	163	18	17	14	3.6	2.5	0.7	1.4
石油	50	94	138	208	294	366	408	23	33	36	5.0	3.2	1.7	2.2
天然ガス	6.1	12	19	34	63	86	100	2.8	5.5	8.9	6.1	5.7	2.3	3.5
電力	18	32	62	113	191	269	353	8.5	18	31	6.5	4.9	3.1	3.8
熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
水素	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	-	-	0.0	n.a.	n.a.	10.8	n.a.
再生可能	102	119	138	168	163	131	107	48	27	9.5	1.7	-0.2	-2.1	-1.4

## 発電量

	(TWh)							構成比(%)			1990/2019/2030/2019/2050			
	1990	2000	2010	2019	2030	2040	2050	1990	2019	2050	2019	2030	2050	2050
	合計	289	561	974	1,624	2,744	3,703	4,657	100	100	100	6.1	4.9	2.7
石炭	189	387	658	1,181	1,315	1,132	896	65	73	19	6.5	1.0	-1.9	-0.9
石油	13	25	21	6.0	4.2	1.5	-	4.3	0.4	-	-2.5	-3.2	-100	-100
天然ガス	10.0	56	107	65	155	242	292	3.4	4.0	6.3	6.7	8.3	3.2	5.0
原子力	6.1	17	26	46	190	364	492	2.1	2.9	11	7.2	13.7	4.9	7.9
水力	72	74	125	172	255	349	446	25	11	9.6	3.1	3.6	2.8	3.1
地熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
太陽光	-	0.0	0.1	51	393	811	1,237	-	3.1	27	n.a.	20.5	5.9	10.9
風力	0.0	1.7	20	70	309	634	1,064	0.0	4.3	23	30.4	14.5	6.4	9.2
太陽熱・海洋	-	-	-	-	5.1	11	22	-	-	0.5	n.a.	n.a.	7.6	n.a.
バイオマス・廃棄物	-	0.2	17	33	118	158	210	-	2.0	4.5	n.a.	12.4	2.9	6.2
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	2019	2030	2040	2050	1990/2019	2019/2030	2030/2050	2019/2050
GDP (2010年価格10億ドル)	506	870	1,670	2,930	5,301	9,066	14,321	6.2	5.5	5.1	5.3
人口(100万人)	873	1,057	1,234	1,366	1,504	1,593	1,639	1.6	0.9	0.4	0.6
エネルギー起源CO <sub>2</sub> 排出(100万t)	530	890	1,586	2,310	2,898	3,125	3,091	5.2	2.1	0.3	0.9
一人あたりGDP (2010年価格1,000ドル/人)	0.6	0.8	1.4	2.1	3.5	5.7	8.7	4.6	4.6	4.6	4.6
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	0.3	0.4	0.5	0.7	0.9	0.9	1.0	2.7	2.0	0.8	1.2
GDPあたり一次エネルギー消費 <sup>2)</sup>	554	480	400	320	242	165	115	-1.9	-2.5	-3.6	-3.2
GDPあたりCO <sub>2</sub> 排出量 <sup>3)</sup>	1,048	1,023	950	788	547	345	216	-1.0	-3.3	-4.5	-4.1
一次エネルギー消費あたりCO <sub>2</sub> 排出(t/toe)	1.9	2.1	2.4	2.5	2.3	2.1	1.9	0.9	-0.8	-0.9	-0.9

\*1 電力、熱、水素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/2010年価格100万ドル。\*3 t/2010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	2019	2030	2040	2050	1990	2019	2050	1990/2019	2019/2030	2030/2050	2019/2050
	合計 <sup>1)</sup>	437	516	500	415	388	344	304	100	100	100	-0.2	-0.6	-1.2
石炭	77	97	116	115	76	59	38	18	28	13	1.4	-3.7	-3.4	-3.5
石油	249	253	201	159	127	102	83	57	38	27	-1.5	-2.0	-2.1	-2.1
天然ガス	44	66	86	92	73	62	42	10	22	14	2.6	-2.1	-2.7	-2.5
原子力	53	84	75	17	64	59	58	12	4.0	19	-3.9	13.1	-0.5	4.1
水力	7.6	7.2	7.2	6.8	7.9	8.2	8.3	1.7	1.6	2.7	-0.3	1.3	0.2	0.6
地熱	1.6	3.1	2.4	2.6	6.5	11	16	0.4	0.6	5.1	1.7	8.9	4.5	6.0
太陽光・風力等	1.2	0.9	1.1	6.8	12	20	33	0.3	1.6	11	6.1	5.4	5.1	5.2
バイオマス・廃棄物	4.2	5.0	11	16	21	23	25	1.0	3.8	8.3	4.6	2.6	1.0	1.5

最終エネルギー消費

	(Mtoe)							構成比(%)			1990/2019/2030/2019/2050			
	1990	2000	2010	2019	2030	2040	2050	1990	2019	2050	2019	2030	2050	2050
	合計	291	336	314	279	250	219	194	100	100	100	-0.1	-1.0	-1.3
産業	108	103	92	81	72	63	54	37	29	28	-1.0	-1.2	-1.4	-1.3
運輸	72	89	79	69	55	43	37	25	25	19	-0.1	-2.2	-2.0	-2.0
民生・農業他	78	108	109	95	93	83	73	27	34	38	0.7	-0.3	-1.1	-0.8
非エネルギー消費	33	36	35	33	32	31	30	11	12	15	0.0	-0.4	-0.3	-0.3
石炭	27	21	23	21	15	12	9.4	9.3	7.4	4.8	-0.9	-2.7	-2.5	-2.5
石油	181	206	166	143	118	95	78	62	51	40	-0.8	-1.7	-2.1	-1.9
天然ガス	14	21	29	29	29	24	19	4.7	10	9.7	2.6	0.2	-2.2	-1.4
電力	66	84	89	80	80	82	81	23	29	42	0.7	0.1	0.0	0.0
熱	0.2	0.5	0.6	0.5	0.5	0.4	0.3	0.1	0.2	0.1	3.5	-0.5	-2.9	-2.0
水素	-	-	-	-	0.0	0.1	0.3	-	-	0.1	n.a.	n.a.	9.0	n.a.
再生可能	3.8	4.1	6.1	6.5	6.2	5.9	6.2	1.3	2.3	3.2	1.9	-0.4	0.0	-0.2

発電量

	(TWh)							構成比(%)			1990/2019/2030/2019/2050			
	1990	2000	2010	2019	2030	2040	2050	1990	2019	2050	2019	2030	2050	2050
	合計	862	1,055	1,164	1,037	1,041	1,054	1,036	100	100	100	0.6	0.0	0.0
石炭	125	228	317	329	187	132	47	14	32	4.5	3.4	-5.0	-6.7	-6.1
石油	250	133	91	36	9.9	6.0	0.0	29	3.5	0.0	-6.4	-11.1	-23.8	-19.5
天然ガス	168	255	332	385	272	248	162	19	37	16	2.9	-3.1	-2.6	-2.8
原子力	202	322	288	64	247	225	224	23	6.1	22	-3.9	13.1	-0.5	4.1
水力	88	84	84	80	92	95	96	10	7.7	9.3	-0.3	1.3	0.2	0.6
地熱	1.7	3.3	2.6	2.8	7.5	13	18	0.2	0.3	1.8	1.7	9.2	4.5	6.2
太陽光	0.1	0.4	3.5	69	113	148	183	0.0	6.6	18	27.0	4.6	2.4	3.2
風力	-	0.1	4.0	7.7	27	88	196	-	0.7	19	n.a.	12.0	10.5	11.0
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	45	67	82	91	0.9	4.3	8.7	6.1	3.8	1.5	2.3
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
その他	20	20	21	19	19	19	19	2.3	1.8	1.8	-0.1	0.0	0.0	0.0

エネルギー・経済指標他

	1990	2000	2010	2019	2030	2040	2050	1990/2019/2030/2019/2050			
	2019	2030	2050	2050							
GDP (2010年価格10億ドル)	4,704	5,349	5,700	6,211	6,664	7,227	7,761	1.0	0.6	0.8	0.7
人口(100万人)	124	127	128	126	120	113	105	0.1	-0.5	-0.7	-0.6
エネルギー起源CO <sub>2</sub> 排出(100万t)	1,049	1,152	1,127	1,059	775	610	435	0.0	-2.8	-2.8	-2.8
一人あたりGDP (2010年価格1,000ドル/人)	38	42	45	49	55	64	74	0.9	1.1	1.4	1.3
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	3.5	4.1	3.9	3.3	3.2	3.1	2.9	-0.3	-0.2	-0.6	-0.4
GDPあたり一次エネルギー消費 <sup>2)</sup>	93	96	88	67	58	48	39	-1.1	-1.2	-2.0	-1.7
GDPあたりCO <sub>2</sub> 排出量 <sup>3)</sup>	223	215	198	171	116	84	56	-0.9	-3.4	-3.6	-3.5
一次エネルギー消費あたりCO <sub>2</sub> 排出(t/toe)	2.4	2.2	2.3	2.6	2.0	1.8	1.4	0.2	-2.2	-1.7	-1.9

\*1 電力、熱、水素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/2010年価格100万ドル。\*3 t/2010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	2019	2030	2040	2050	1990	2019	2050	1990/2019	2019/2030	2030/2050	2019/2050
	合計 <sup>1)</sup>	232	378	533	686	906	1,076	1,197	100	100	100	3.8	2.6	1.4
石炭	13	31	85	174	190	191	164	5.4	25	14	9.5	0.8	-0.7	-0.2
石油	89	153	188	231	262	279	284	38	34	24	3.3	1.2	0.4	0.7
天然ガス	30	74	125	143	193	217	223	13	21	19	5.5	2.8	0.7	1.5
原子力	-	-	-	-	12	47	75	-	-	6.3	n.a.	n.a.	9.6	n.a.
水力	2.3	4.1	6.1	12	18	21	23	1.0	1.7	1.9	5.8	3.8	1.1	2.1
地熱	6.6	18	25	33	97	153	200	2.9	4.9	17	5.7	10.1	3.7	5.9
太陽光・風力等	-	-	0.0	1.6	14	36	76	-	0.2	6.3	n.a.	21.6	8.9	13.2
バイオマス・廃棄物	92	97	104	90	117	129	148	40	13	12	-0.1	2.4	1.2	1.6

## 最終エネルギー消費

	(Mtoe)							構成比(%)			1990/2019/2030/2019/2050			
	1990	2000	2010	2019	2030	2040	2050	1990	2019	2050	2019	2030	2050	2050
	合計	171	269	375	467	577	660	728	100	100	100	3.5	1.9	1.2
産業	42	75	120	164	212	251	270	24	35	37	4.8	2.4	1.2	1.6
運輸	33	61	86	135	153	163	176	19	29	24	5.0	1.1	0.7	0.9
民生・農業他	86	112	128	112	130	144	160	50	24	22	0.9	1.3	1.1	1.2
非エネルギー消費	11	21	40	56	83	102	122	6.4	12	17	5.8	3.6	2.0	2.5
石炭	5.4	13	40	53	59	65	67	3.1	11	9.2	8.2	0.8	0.7	0.7
石油	67	123	163	217	250	267	275	39	46	38	4.1	1.3	0.5	0.8
天然ガス	7.5	17	29	46	76	92	100	4.4	9.9	14	6.5	4.6	1.4	2.5
電力	11	28	52	85	128	173	218	6.5	18	30	7.2	3.9	2.7	3.1
熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
水素	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	-	-	0.0	n.a.	n.a.	3.1	n.a.
再生可能	81	88	91	66	63	62	67	47	14	9.2	-0.7	-0.4	0.3	0.1

## 発電量

	(TWh)							構成比(%)			1990/2019/2030/2019/2050			
	1990	2000	2010	2019	2030	2040	2050	1990	2019	2050	2019	2030	2050	2050
	合計	154	370	675	1,089	1,657	2,251	2,835	100	100	100	7.0	3.9	2.7
石炭	28	79	185	471	527	528	427	18	43	15	10.3	1.0	-1.0	-0.3
石油	66	72	59	18	16	12	6.4	43	1.6	0.2	-4.5	-0.8	-4.5	-3.2
天然ガス	26	154	336	380	522	630	655	17	35	23	9.7	2.9	1.1	1.8
原子力	-	-	-	-	46	181	287	-	-	10	n.a.	n.a.	9.6	n.a.
水力	27	47	71	139	210	241	262	18	13	9.2	5.8	3.8	1.1	2.1
地熱	6.6	16	19	25	67	102	131	4.3	2.3	4.6	4.7	9.5	3.4	5.5
太陽光	-	-	0.0	13	105	283	577	-	1.2	20	n.a.	21.2	8.9	13.1
風力	-	-	0.1	5.9	55	129	305	-	0.5	11	n.a.	22.5	8.9	13.6
太陽熱・海洋	-	-	-	-	0.1	0.2	0.5	-	-	0.0	n.a.	n.a.	8.8	n.a.
バイオマス・廃棄物	0.6	1.0	5.7	39	108	145	183	0.4	3.5	6.5	15.4	9.8	2.7	5.2
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	2019	2030	2040	2050	1990/2019	2019/2030	2030/2050	2019/2050
GDP (2010年価格10億ドル)	746	1,187	1,970	3,040	4,692	7,044	9,967	5.0	4.0	3.8	3.9
人口(100万人)	431	507	575	637	699	738	761	1.4	0.8	0.4	0.6
エネルギー起源CO <sub>2</sub> 排出(100万t)	355	689	1,080	1,580	1,741	1,680	1,517	5.3	0.9	-0.7	-0.1
一人あたりGDP (2010年価格1,000ドル/人)	1.7	2.3	3.4	4.8	6.7	9.5	13	3.6	3.2	3.4	3.3
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	0.5	0.7	0.9	1.1	1.3	1.5	1.6	2.4	1.7	1.0	1.2
GDPあたり一次エネルギー消費 <sup>2)</sup>	311	319	270	226	193	153	120	-1.1	-1.4	-2.3	-2.0
GDPあたりCO <sub>2</sub> 排出量 <sup>3)</sup>	475	581	548	520	371	238	152	0.3	-3.0	-4.4	-3.9
一次エネルギー消費あたりCO <sub>2</sub> 排出(t/toe)	1.5	1.8	2.0	2.3	1.9	1.6	1.3	1.4	-1.6	-2.1	-1.9

\*1 電力、熱、水素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/2010年価格100万ドル。\*3 t/2010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	2019	2030	2040	2050	1990	2019	2050	1990/2019	2019/2030	2030/2050	2019/2050
	合計 <sup>1)</sup>	1,914	2,273	2,216	2,213	2,052	1,894	1,743	100	100	100	0.5	-0.7	-0.8
石炭	460	533	501	275	158	88	32	24	12	1.8	-1.8	-4.9	-7.7	-6.7
石油	757	871	807	793	651	511	411	40	36	24	0.2	-1.8	-2.3	-2.1
天然ガス	438	548	556	742	741	655	494	23	34	28	1.8	0.0	-2.0	-1.3
原子力	159	208	219	220	194	203	218	8.3	9.9	12	1.1	-1.1	0.6	0.0
水力	23	22	23	25	28	31	33	1.2	1.1	1.9	0.2	1.1	0.9	1.0
地熱	14	13	8.4	9.1	25	41	57	0.7	0.4	3.3	-1.5	9.6	4.2	6.1
太陽光・風力等	0.3	2.1	11	37	107	204	322	0.0	1.7	18	17.8	10.1	5.6	7.2
バイオマス・廃棄物	62	73	89	108	145	159	173	3.3	4.9	10.0	1.9	2.7	0.9	1.5

## 最終エネルギー消費

	(Mtoe)							構成比(%)			1990/2019/2030/2019/2050			
	1990	2000	2010	2019	2030	2040	2050	1990	2019	2050	2019	2030	2050	2050
	合計	1,294	1,546	1,513	1,588	1,481	1,346	1,232	100	100	100	0.7	-0.6	-0.9
産業	284	332	270	268	261	247	225	22	17	18	-0.2	-0.3	-0.7	-0.6
運輸	488	588	596	637	544	455	404	38	40	33	0.9	-1.4	-1.5	-1.5
民生・農業他	403	473	511	525	512	470	422	31	33	34	0.9	-0.2	-1.0	-0.7
非エネルギー消費	119	153	135	158	164	174	181	9.2	9.9	15	1.0	0.3	0.5	0.4
石炭	56	33	27	15	7.8	5.8	4.3	4.3	1.0	0.3	-4.3	-6.0	-3.0	-4.1
石油	683	793	762	764	637	508	416	53	48	34	0.4	-1.6	-2.1	-1.9
天然ガス	303	360	322	383	359	298	235	23	24	19	0.8	-0.6	-2.1	-1.6
電力	226	301	326	329	364	416	452	18	21	37	1.3	0.9	1.1	1.0
熱	2.2	5.3	6.6	6.0	5.4	4.5	3.6	0.2	0.4	0.3	3.6	-1.1	-2.0	-1.7
水素	-	-	-	-	0.0	0.2	0.7	-	-	0.1	n.a.	n.a.	15.3	n.a.
再生可能	23	54	70	91	107	113	122	1.8	5.7	9.9	4.9	1.5	0.6	0.9

## 発電量

	(TWh)							構成比(%)			1990/2019/2030/2019/2050			
	1990	2000	2010	2019	2030	2040	2050	1990	2019	2050	2019	2030	2050	2050
	合計	3,203	4,026	4,354	4,371	4,838	5,509	5,936	100	100	100	1.1	0.9	1.0
石炭	1,700	2,129	1,994	1,070	681	369	101	53	24	1.7	-1.6	-4.0	-9.1	-7.3
石油	131	118	48	36	24	14	4.3	4.1	0.8	0.1	-4.4	-3.6	-8.2	-6.6
天然ガス	382	634	1,018	1,640	1,801	1,786	1,295	12	38	22	5.2	0.9	-1.6	-0.8
原子力	612	798	839	843	745	779	835	19	19	14	1.1	-1.1	0.6	0.0
水力	273	253	262	290	326	358	389	8.5	6.6	6.6	0.2	1.1	0.9	1.0
地熱	16	15	18	18	52	86	119	0.5	0.4	2.0	0.5	9.9	4.2	6.2
太陽光	0.0	0.2	3.1	94	352	767	1,365	0.0	2.1	23	42.9	12.8	7.0	9.0
風力	3.1	5.7	95	298	610	946	1,221	0.1	6.8	21	17.1	6.7	3.5	4.7
太陽熱・海洋	0.7	0.5	0.9	3.5	84	208	376	0.0	0.1	6.3	5.9	33.4	7.8	16.2
バイオマス・廃棄物	86	72	73	74	158	192	224	2.7	1.7	3.8	-0.5	7.2	1.8	3.7
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
その他	-	-	3.7	5.1	5.1	5.1	5.1	-	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	2019	2030	2040	2050	1990/2019/2030/2019/2050
	2019	2030	2050	2050				
GDP (2010年価格10億ドル)	9,001	12,620	14,992	18,300	22,575	28,191	34,109	2.5 1.9 2.1 2.0
人口(100万人)	250	282	309	328	350	366	379	0.9 0.6 0.4 0.5
エネルギー起源CO <sub>2</sub> 排出(100万t)	4,743	5,633	5,234	4,744	3,734	2,701	1,788	0.0 -2.2 -3.6 -3.1
一人あたりGDP (2010年価格1,000ドル/人)	36	45	48	56	65	77	90	1.5 1.3 1.7 1.6
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	7.7	8.1	7.2	6.7	5.9	5.2	4.6	-0.4 -1.2 -1.2 -1.2
GDPあたり一次エネルギー消費 <sup>2)</sup>	213	180	148	121	91	67	51	-1.9 -2.6 -2.8 -2.7
GDPあたりCO <sub>2</sub> 排出量 <sup>3)</sup>	527	446	349	259	165	96	52	-2.4 -4.0 -5.6 -5.0
一次エネルギー消費あたりCO <sub>2</sub> 排出(t/toe)	2.5	2.5	2.4	2.1	1.8	1.4	1.0	-0.5 -1.5 -2.8 -2.4

\*1 電力、熱、水素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/2010年価格100万ドル。\*3 t/2010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	2019	2030	2040	2050	1990	2019	2050	1990/2019	2019/2030	2030/2050	2019/2050
	合計 <sup>1)</sup>	1,439	1,471	1,527	1,403	1,293	1,164	1,043	100	100	100	-0.1	-0.7	-1.1
石炭	391	285	252	175	113	72	48	27	12	4.6	-2.7	-3.9	-4.1	-4.1
石油	531	550	506	460	386	296	228	37	33	22	-0.5	-1.6	-2.6	-2.2
天然ガス	250	309	363	336	295	253	184	17	24	18	1.0	-1.2	-2.3	-1.9
原子力	190	224	223	199	198	210	217	13	14	21	0.2	-0.1	0.5	0.3
水力	24	30	32	28	29	29	30	1.7	2.0	2.9	0.4	0.4	0.2	0.3
地熱	3.2	4.6	5.5	6.9	10	12	13	0.2	0.5	1.2	2.7	3.6	1.0	2.0
太陽光・風力等	0.3	2.5	16	47	84	116	148	0.0	3.4	14	18.9	5.4	2.9	3.8
バイオマス・廃棄物	47	65	128	150	175	173	169	3.3	11	16	4.1	1.4	-0.2	0.4

## 最終エネルギー消費

	(Mtoe)							構成比(%)			1990/2019/2030/2019/2050			
	1990	2000	2010	2019	2030	2040	2050	1990	2019	2050	2019	2030	2050	2050
	合計	995	1,027	1,070	1,015	939	818	712	100	100	100	0.1	-0.7	-1.4
産業	313	274	247	240	242	225	199	31	24	28	-0.9	0.1	-1.0	-0.6
運輸	220	262	279	289	242	188	156	22	29	22	1.0	-1.6	-2.2	-2.0
民生・農業他	374	391	446	395	366	318	275	38	39	39	0.2	-0.7	-1.4	-1.2
非エネルギー消費	88	100	98	91	90	87	83	8.9	8.9	12	0.1	-0.1	-0.4	-0.3
石炭	109	47	38	28	16	12	8.7	11	2.7	1.2	-4.6	-5.0	-2.9	-3.7
石油	445	479	448	420	355	272	210	45	41	30	-0.2	-1.5	-2.6	-2.2
天然ガス	185	220	231	214	195	163	132	19	21	19	0.5	-0.8	-1.9	-1.5
電力	162	189	216	214	232	251	259	16	21	36	1.0	0.7	0.6	0.6
熱	55	43	52	46	43	35	27	5.5	4.5	3.8	-0.6	-0.7	-2.2	-1.7
水素	-	-	-	-	0.0	0.0	0.1	-	-	0.0	n.a.	n.a.	8.9	n.a.
再生可能	39	50	86	94	98	86	75	4.0	9.3	10	3.0	0.4	-1.4	-0.7

## 発電量

	(TWh)							構成比(%)			1990/2019/2030/2019/2050			
	1990	2000	2010	2019	2030	2040	2050	1990	2019	2050	2019	2030	2050	2050
	合計	2,259	2,631	2,957	2,884	3,159	3,396	3,469	100	100	100	0.8	0.8	0.5
石炭	844	846	755	491	315	148	54	37	17	1.6	-1.9	-4.0	-8.4	-6.9
石油	190	173	82	52	29	16	3.9	8.4	1.8	0.1	-4.4	-5.1	-9.6	-8.0
天然ガス	188	331	590	569	550	555	322	8.3	20	9.3	3.9	-0.3	-2.6	-1.8
原子力	729	860	854	765	761	804	833	32	27	24	0.2	0.0	0.5	0.3
水力	285	352	373	320	333	341	349	13	11	10	0.4	0.4	0.2	0.3
地熱	3.2	4.8	5.6	6.7	11	14	16	0.1	0.2	0.5	2.6	4.9	1.6	2.8
太陽光	0.0	0.1	22	120	284	451	655	0.0	4.2	19	36.2	8.2	4.3	5.6
風力	0.8	21	140	367	566	682	789	0.0	13	23	23.7	4.0	1.7	2.5
太陽熱・海洋	0.5	0.5	1.2	6.2	38	70	99	0.0	0.2	2.9	9.0	17.8	5.0	9.4
バイオマス・廃棄物	19	42	129	181	266	309	343	0.8	6.3	9.9	8.1	3.5	1.3	2.1
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
その他	0.2	1.4	4.4	4.9	4.9	4.9	4.9	0.0	0.2	0.1	11.5	0.0	0.0	0.0

## エネルギー・経済指標他

	1990	2000	2010	2019	2030	2040	2050	1990/2019/2030/2019/2050
	2019	2030	2050	2050				
GDP (2010年価格10億ドル)	10,242	12,702	14,556	16,619	19,313	22,028	24,538	1.7 1.4 1.2 1.3
人口(100万人)	420	429	442	448	447	444	437	0.2 0.0 -0.1 -0.1
エネルギー起源CO <sub>2</sub> 排出(100万t)	3,445	3,265	3,132	2,650	2,032	1,506	1,066	-0.9 -2.4 -3.2 -2.9
一人あたりGDP (2010年価格1,000ドル/人)	24	30	33	37	43	50	56	1.5 1.4 1.3 1.3
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	3.4	3.4	3.5	3.1	2.9	2.6	2.4	-0.3 -0.7 -1.0 -0.9
GDPあたり一次エネルギー消費 <sup>2)</sup>	141	116	105	84	67	53	43	-1.7 -2.1 -2.2 -2.2
GDPあたりCO <sub>2</sub> 排出量 <sup>3)</sup>	336	257	215	159	105	68	43	-2.5 -3.7 -4.3 -4.1
一次エネルギー消費あたりCO <sub>2</sub> 排出(t/toe)	2.4	2.2	2.1	1.9	1.6	1.3	1.0	-0.8 -1.7 -2.1 -2.0

\*1 電力、熱、水素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/2010年価格100万ドル。\*3 t/2010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	2019	2030	2040	2050	1990	2019	2050	1990/2019	2019/2030	2030/2050	2019/2050
	合計 <sup>1)</sup>	4,465	5,230	5,352	5,236	4,895	4,478	4,055	100	100	100	0.6	-0.6	-0.9
石炭	1,088	1,116	1,111	786	518	357	217	24	15	5.4	-1.1	-3.7	-4.3	-4.1
石油	1,824	2,066	1,917	1,837	1,539	1,216	973	41	35	24	0.0	-1.6	-2.3	-2.0
天然ガス	827	1,135	1,283	1,503	1,458	1,299	1,013	19	29	25	2.1	-0.3	-1.8	-1.3
原子力	463	596	606	523	539	557	574	10	10.0	14	0.4	0.3	0.3	0.3
水力	100	111	112	117	127	132	137	2.2	2.2	3.4	0.6	0.7	0.4	0.5
地熱	22	25	25	37	71	99	122	0.5	0.7	3.0	1.8	6.0	2.8	3.9
太陽光・風力等	2.1	6.1	31	110	242	397	580	0.0	2.1	14	14.7	7.4	4.5	5.5
バイオマス・廃棄物	139	173	263	319	399	418	435	3.1	6.1	11	2.9	2.1	0.4	1.0

## 最終エネルギー消費

	(Mtoe)							構成比(%)			1990/2019/2030/2019/2050			
	1990	2000	2010	2019	2030	2040	2050	1990	2019	2050	2019	2030	2050	2050
	合計	3,057	3,582	3,642	3,694	3,454	3,102	2,790	100	100	100	0.7	-0.6	-1.1
産業	826	907	802	795	783	732	651	27	22	23	-0.1	-0.1	-0.9	-0.6
運輸	919	1,120	1,151	1,224	1,034	838	724	30	33	26	1.0	-1.5	-1.8	-1.7
民生・農業他	1,025	1,189	1,312	1,273	1,221	1,102	978	34	34	35	0.7	-0.4	-1.1	-0.8
非エネルギー消費	287	366	378	403	416	431	437	9.4	11	16	1.2	0.3	0.2	0.3
石炭	231	138	127	96	60	45	34	7.5	2.6	1.2	-3.0	-4.2	-2.8	-3.3
石油	1,559	1,808	1,736	1,714	1,460	1,164	944	51	46	34	0.3	-1.4	-2.2	-1.9
天然ガス	578	732	717	782	733	609	483	19	21	17	1.1	-0.6	-2.1	-1.5
電力	553	719	809	820	898	991	1,043	18	22	37	1.4	0.8	0.8	0.8
熱	48	52	66	63	59	49	38	1.6	1.7	1.4	0.9	-0.6	-2.1	-1.6
水素	-	-	-	-	0.1	0.4	1.1	-	-	0.0	n.a.	n.a.	12.0	n.a.
再生可能	89	133	188	220	245	243	246	2.9	6.0	8.8	3.2	1.0	0.0	0.4

## 発電量

	(TWh)							構成比(%)			1990/2019/2030/2019/2050			
	1990	2000	2010	2019	2030	2040	2050	1990	2019	2050	2019	2030	2050	2050
	合計	7,667	9,706	10,869	10,913	11,922	13,096	13,670	100	100	100	1.2	0.8	0.7
石炭	3,129	3,837	3,812	2,573	1,730	1,095	492	41	24	3.6	-0.7	-3.5	-6.1	-5.2
石油	668	539	273	146	77	42	10	8.7	1.3	0.1	-5.1	-5.6	-9.6	-8.2
天然ガス	766	1,528	2,528	3,199	3,348	3,402	2,608	10.0	29	19	5.1	0.4	-1.2	-0.7
原子力	1,776	2,288	2,324	2,007	2,068	2,137	2,203	23	18	16	0.4	0.3	0.3	0.3
水力	1,159	1,294	1,304	1,366	1,473	1,538	1,594	15	13	12	0.6	0.7	0.4	0.5
地熱	23	27	37	51	108	158	201	0.3	0.5	1.5	2.7	7.1	3.2	4.5
太陽光	0.1	0.7	31	340	888	1,597	2,535	0.0	3.1	19	33.0	9.1	5.4	6.7
風力	3.8	29	269	812	1,464	2,094	2,706	0.1	7.4	20	20.3	5.5	3.1	4.0
太陽熱・海洋	1.2	1.1	2.1	10	126	285	487	0.0	0.1	3.6	7.7	25.6	7.0	13.3
バイオマス・廃棄物	121	142	257	375	606	716	801	1.6	3.4	5.9	4.0	4.5	1.4	2.5
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
その他	20	22	33	33	33	33	33	0.3	0.3	0.2	1.8	0.0	0.0	0.0

## エネルギー・経済指標他

	1990	2000	2010	2019	2030	2040	2050	1990/2019	2019/2030	2030/2050	2019/2050
	GDP (2010年価格10億ドル)	28,841	37,461	44,228	52,404	62,231	73,632	84,998	2.1	1.6	1.6
人口(100万人)	998	1,070	1,139	1,191	1,222	1,237	1,238	0.6	0.2	0.1	0.1
エネルギー起源CO <sub>2</sub> 排出(100万t)	10,782	12,240	11,968	11,019	8,783	6,627	4,688	0.1	-2.0	-3.1	-2.7
一人あたりGDP (2010年価格1,000ドル/人)	29	35	39	44	51	60	69	1.5	1.3	1.5	1.4
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	4.5	4.9	4.7	4.4	4.0	3.6	3.3	-0.1	-0.8	-1.0	-0.9
GDPあたり一次エネルギー消費 <sup>2)</sup>	155	140	121	100	79	61	48	-1.5	-2.2	-2.5	-2.4
GDPあたりCO <sub>2</sub> 排出量 <sup>3)</sup>	374	327	271	210	141	90	55	-2.0	-3.6	-4.6	-4.2
一次エネルギー消費あたりCO <sub>2</sub> 排出(t/toe)	2.4	2.3	2.2	2.1	1.8	1.5	1.2	-0.5	-1.4	-2.2	-1.9

\*1 電力、熱、水素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/2010年価格100万ドル。\*3 t/2010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	2019	2030	2040	2050	1990	2019	2050	1990/2019	2019/2030	2030/2050	2019/2050	
	合計 <sup>1)</sup>	4,070	4,499	7,103	8,829	9,772	10,058	10,056	100	100	100	2.7	0.9	0.1	0.4
石炭	1,133	1,198	2,543	3,092	2,826	2,301	1,719	28	35	17	3.5	-0.8	-2.5	-1.9	
石油	1,206	1,328	1,850	2,219	2,432	2,452	2,368	30	25	24	2.1	0.8	-0.1	0.2	
天然ガス	835	933	1,451	1,859	2,189	2,428	2,477	21	21	25	2.8	1.5	0.6	0.9	
原子力	62	79	113	205	419	652	826	1.5	2.3	8.2	4.2	6.7	3.5	4.6	
水力	84	113	184	245	301	340	378	2.1	2.8	3.8	3.8	1.9	1.1	1.4	
地熱	12	27	36	63	166	245	317	0.3	0.7	3.2	5.9	9.2	3.3	5.3	
太陽光・風力等	0.5	2.1	17	110	363	636	962	0.0	1.2	9.6	20.6	11.5	5.0	7.3	
バイオマス・廃棄物	738	818	911	1,038	1,078	1,005	1,011	18	12	10	1.2	0.4	-0.3	-0.1	

## 最終エネルギー消費

	(Mtoe)								構成比(%)			1990/2019/2030/2050			
	1990	2000	2010	2019	2030	2040	2050	1990	2019	2050	2019	2030	2050	2050	
	合計	2,977	3,148	4,801	5,869	6,409	6,540	6,581	100	100	100	2.4	0.8	0.1	0.4
産業	969	964	1,840	2,095	2,296	2,285	2,146	33	36	33	2.7	0.8	-0.3	0.1	
運輸	454	570	921	1,245	1,371	1,403	1,454	15	21	22	3.5	0.9	0.3	0.5	
民生・農業他	1,363	1,374	1,653	2,007	2,106	2,101	2,129	46	34	32	1.3	0.4	0.1	0.2	
非エネルギー消費	191	240	387	521	637	750	852	6.4	8.9	13	3.5	1.8	1.5	1.6	
石炭	521	404	930	854	735	630	535	18	15	8.1	1.7	-1.4	-1.6	-1.5	
石油	845	1,036	1,502	1,902	2,151	2,206	2,165	28	32	33	2.8	1.1	0.0	0.4	
天然ガス	367	388	629	852	977	1,001	984	12	15	15	2.9	1.3	0.0	0.5	
電力	281	372	729	1,145	1,548	1,900	2,220	9.5	20	34	5.0	2.8	1.8	2.2	
熱	288	196	209	244	246	220	189	9.7	4.2	2.9	-0.6	0.1	-1.3	-0.8	
水素	-	-	-	-	0.1	0.2	0.3	-	-	0.0	n.a.	n.a.	6.5	n.a.	
再生可能	674	752	802	872	752	583	488	23	15	7.4	0.9	-1.3	-2.1	-1.9	

## 発電量

	(TWh)								構成比(%)			1990/2019/2030/2050			
	1990	2000	2010	2019	2030	2040	2050	1990	2019	2050	2019	2030	2050	2050	
	合計	4,178	5,722	10,657	16,023	21,522	25,947	29,694	100	100	100	4.7	2.7	1.6	2.0
石炭	1,301	2,158	4,859	7,341	7,209	5,667	3,839	31	46	13	6.1	-0.2	-3.1	-2.1	
石油	656	650	693	601	497	410	315	16	3.7	1.1	-0.3	-1.7	-2.3	-2.1	
天然ガス	982	1,244	2,315	3,147	4,149	5,550	6,349	24	20	21	4.1	2.5	2.2	2.3	
原子力	236	303	432	783	1,607	2,504	3,168	5.7	4.9	11	4.2	6.8	3.5	4.6	
水力	981	1,319	2,145	2,855	3,498	3,960	4,395	23	18	15	3.8	1.9	1.1	1.4	
地熱	13	25	31	40	140	212	281	0.3	0.3	0.9	4.0	12.0	3.5	6.5	
太陽光	0.0	0.1	1.4	341	1,421	2,804	4,525	0.0	2.1	15	49.4	13.9	6.0	8.7	
風力	0.0	2.8	73	615	2,292	3,805	5,344	0.0	3.8	18	39.9	12.7	4.3	7.2	
太陽熱・海洋	0.0	0.0	0.0	4.2	48	142	325	0.0	0.0	1.1	24.6	24.9	10.0	15.1	
バイオマス・廃棄物	8.7	20	105	280	644	879	1,137	0.2	1.7	3.8	12.7	7.9	2.9	4.6	
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	
その他	-	0.5	1.1	16	16	16	16	-	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	2019	2030	2040	2050	1990/2019	2019/2030	2030/2050	2019/2050
	GDP (2010年価格10億ドル)	9,133	12,469	21,949	32,136	49,037	72,058	98,077	4.4	3.9	3.5
人口(100万人)	4,279	5,042	5,780	6,472	7,285	7,920	8,456	1.4	1.1	0.7	0.9
エネルギー起源CO <sub>2</sub> 排出(100万t)	9,102	10,069	17,543	21,292	21,176	18,712	15,391	3.0	0.0	-1.6	-1.0
一人あたりGDP (2010年価格1,000ドル/人)	2.1	2.5	3.8	5.0	6.7	9.1	12	3.0	2.8	2.8	2.8
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	1.0	0.9	1.2	1.4	1.3	1.3	1.2	1.3	-0.2	-0.6	-0.4
GDPあたり一次エネルギー消費 <sup>2)</sup>	446	361	324	275	199	140	103	-1.7	-2.9	-3.3	-3.1
GDPあたりCO <sub>2</sub> 排出量 <sup>3)</sup>	997	808	799	663	432	260	157	-1.4	-3.8	-4.9	-4.5
一次エネルギー消費あたりCO <sub>2</sub> 排出(t/toe)	2.2	2.2	2.5	2.4	2.2	1.9	1.5	0.3	-1.0	-1.7	-1.5

\*1 電力、熱、水素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/2010年価格100万ドル。\*3 t/2010年価格100万ドル

## 付表55 | 世界[炭素循環経済/4R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	2019	2030	2040	2050	1990	2019	2050	1990/2019	2019/2030	2030/2050	2019/2050
	合計 <sup>1)</sup>	8,738	10,003	12,813	14,486	15,107	15,215	15,236	100	100	100	1.8	0.4	0.0
石炭	2,220	2,314	3,654	3,878	3,311	2,501	1,528	25	27	10	1.9	-1.4	-3.8	-3.0
石油	3,232	3,669	4,126	4,475	4,384	3,876	3,201	37	31	21	1.1	-0.2	-1.6	-1.1
天然ガス	1,662	2,067	2,734	3,363	3,695	4,213	4,340	19	23	28	2.5	0.9	0.8	0.8
原子力	526	675	719	728	958	1,209	1,400	6.0	5.0	9.2	1.1	2.5	1.9	2.1
水力	184	225	297	363	427	473	515	2.1	2.5	3.4	2.4	1.5	0.9	1.1
地熱	34	52	62	100	237	344	439	0.4	0.7	2.9	3.8	8.1	3.1	4.9
太陽光・風力等	2.5	8.1	49	220	606	1,127	2,260	0.0	1.5	15	16.7	9.6	6.8	7.8
バイオマス・廃棄物	876	991	1,173	1,357	1,487	1,469	1,551	10	9.4	10	1.5	0.8	0.2	0.4

## 最終エネルギー消費

	(Mtoe)							構成比(%)			1990/2019/2030/2050			
	1990	2000	2010	2019	2030	2040	2050	1990	2019	2050	2019	2030	2050	2050
	合計	6,236	7,004	8,801	9,983	10,303	10,157	9,914	100	100	100	1.6	0.3	-0.2
産業	1,795	1,871	2,642	2,890	3,061	2,983	2,715	29	29	27	1.7	0.5	-0.6	-0.2
運輸	1,576	1,964	2,430	2,889	2,862	2,791	2,804	25	29	28	2.1	-0.1	-0.1	-0.1
民生・農業他	2,389	2,564	2,964	3,280	3,280	3,203	3,107	38	33	31	1.1	0.1	-0.3	-0.2
非エネルギー消費	477	606	764	924	1,053	1,181	1,289	7.7	9.3	13	2.3	1.2	1.0	1.1
石炭	752	542	1,057	950	786	659	531	12	9.5	5.4	0.8	-1.7	-1.9	-1.9
石油	2,606	3,118	3,596	4,036	4,025	3,686	3,232	42	40	33	1.5	0.0	-1.1	-0.7
天然ガス	944	1,119	1,346	1,634	1,728	1,653	1,493	15	16	15	1.9	0.5	-0.7	-0.3
電力	834	1,092	1,538	1,965	2,444	2,886	3,252	13	20	33	3.0	2.0	1.4	1.6
熱	336	248	275	306	305	268	226	5.4	3.1	2.3	-0.3	0.0	-1.5	-1.0
水素	-	-	-	-	8.6	132	341	-	-	3.4	n.a.	n.a.	20.2	n.a.
再生可能	764	885	990	1,092	1,007	872	839	12	11	8.5	1.2	-0.7	-0.9	-0.8

## 発電量

	(TWh)							構成比(%)			1990/2019/2030/2050			
	1990	2000	2010	2019	2030	2040	2050	1990	2019	2050	2019	2030	2050	2050
	合計	11,845	15,428	21,526	26,936	33,424	40,122	51,651	100	100	100	2.9	2.0	2.2
石炭	4,430	5,995	8,671	9,914	8,803	5,772	2,200	37	37	4.3	2.8	-1.1	-6.7	-4.7
石油	1,324	1,188	967	747	574	452	327	11	2.8	0.6	-2.0	-2.4	-2.8	-2.6
天然ガス	1,748	2,771	4,844	6,346	7,486	8,075	6,138	15	24	12	4.5	1.5	-1.0	-0.1
原子力	2,013	2,591	2,756	2,790	3,675	4,641	5,371	17	10	10	1.1	2.5	1.9	2.1
水力	2,140	2,613	3,449	4,221	4,972	5,498	5,989	18	16	12	2.4	1.5	0.9	1.1
地熱	36	52	68	91	248	370	482	0.3	0.3	0.9	3.2	9.5	3.4	5.5
太陽光	0.1	0.8	32	681	2,316	4,988	11,755	0.0	2.5	23	36.0	11.8	8.5	9.6
風力	3.9	31	342	1,427	3,762	6,411	11,702	0.0	5.3	23	22.6	9.2	5.8	7.0
太陽熱・海洋	1.2	1.1	2.2	14	174	427	812	0.0	0.1	1.6	8.9	25.4	8.0	13.9
バイオマス・廃棄物	129	162	362	655	1,251	1,594	1,938	1.1	2.4	3.8	5.8	6.1	2.2	3.6
水素	-	-	-	-	116	1,847	4,887	-	-	9.5	n.a.	n.a.	20.6	n.a.
その他	20	22	34	49	49	49	49	0.2	0.2	0.1	3.1	0.0	0.0	0.0

## エネルギー・経済指標他

	1990	2000	2010	2019	2030	2040	2050	1990/2019	2019/2030	2030/2050	2019/2050
	GDP (2010年価格10億ドル)	37,974	49,930	66,176	84,540	111,268	145,690	183,075	2.8	2.5	2.5
人口(100万人)	5,277	6,111	6,919	7,663	8,506	9,157	9,694	1.3	1.0	0.7	0.8
エネルギー起源CO <sub>2</sub> 排出(100万t)	20,511	23,159	30,624	33,613	31,115	24,518	15,713	1.7	-0.7	-3.4	-2.4
一人あたりGDP (2010年価格1,000ドル/人)	7.2	8.2	9.6	11	13	16	19	1.5	1.6	1.9	1.7
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	1.7	1.6	1.9	1.9	1.8	1.7	1.6	0.5	-0.6	-0.6	-0.6
GDPあたり一次エネルギー消費 <sup>2)</sup>	230	200	194	171	136	104	83	-1.0	-2.1	-2.4	-2.3
GDPあたりCO <sub>2</sub> 排出量 <sup>3)</sup>	540	464	463	398	280	168	86	-1.1	-3.1	-5.7	-4.8
一次エネルギー消費あたりCO <sub>2</sub> 排出(t/toe)	2.3	2.3	2.4	2.3	2.1	1.6	1.0	0.0	-1.1	-3.4	-2.6

\*1 電力、熱、水素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/2010年価格100万ドル。\*3 t/2010年価格100万ドル

## 付表56 | 先進国[炭素循環経済/4R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	2019	2030	2040	2050	1990	2019	2050	1990/2019	2019/2030	2030/2050	2019/2050
	合計 <sup>1)</sup>	4,465	5,230	5,352	5,236	4,896	4,589	4,356	100	100	100	0.6	-0.6	-0.6
石炭	1,088	1,116	1,111	786	512	352	200	24	15	4.6	-1.1	-3.8	-4.6	-4.3
石油	1,824	2,066	1,917	1,837	1,530	1,111	770	41	35	18	0.0	-1.6	-3.4	-2.8
天然ガス	827	1,135	1,283	1,503	1,471	1,490	1,330	19	29	31	2.1	-0.2	-0.5	-0.4
原子力	463	596	606	523	539	557	574	10	10.0	13	0.4	0.3	0.3	0.3
水力	100	111	112	117	127	132	137	2.2	2.2	3.1	0.6	0.7	0.4	0.5
地熱	22	25	25	37	71	99	122	0.5	0.7	2.8	1.8	6.0	2.8	3.9
太陽光・風力等	2.1	6.1	31	110	242	426	807	0.0	2.1	19	14.7	7.4	6.2	6.6
バイオマス・廃棄物	139	173	263	319	399	427	455	3.1	6.1	10	2.9	2.0	0.7	1.1

## 最終エネルギー消費

	(Mtoe)							構成比(%)			1990/2019/2030/2019/2050			
	1990	2000	2010	2019	2030	2040	2050	1990	2019	2050	2019	2030	2050	2050
	合計	3,057	3,582	3,642	3,694	3,450	3,094	2,774	100	100	100	0.7	-0.6	-1.1
産業	826	907	802	795	780	724	635	27	22	23	-0.1	-0.2	-1.0	-0.7
運輸	919	1,120	1,151	1,224	1,034	838	724	30	33	26	1.0	-1.5	-1.8	-1.7
民生・農業他	1,025	1,189	1,312	1,273	1,221	1,102	978	34	34	35	0.7	-0.4	-1.1	-0.8
非エネルギー消費	287	366	378	403	416	431	437	9.4	11	16	1.2	0.3	0.2	0.3
石炭	231	138	127	96	59	44	32	7.5	2.6	1.2	-3.0	-4.3	-3.0	-3.5
石油	1,559	1,808	1,736	1,714	1,451	1,128	869	51	46	31	0.3	-1.5	-2.5	-2.2
天然ガス	578	732	717	782	732	586	397	19	21	14	1.1	-0.6	-3.0	-2.2
電力	553	719	809	820	897	990	1,040	18	22	38	1.4	0.8	0.7	0.8
熱	48	52	66	63	59	48	38	1.6	1.7	1.4	0.9	-0.6	-2.2	-1.6
水素	-	-	-	-	7.8	46	133	-	-	4.8	n.a.	n.a.	15.3	n.a.
再生可能	89	133	188	220	245	252	265	2.9	6.0	9.5	3.2	1.0	0.4	0.6

## 発電量

	(TWh)							構成比(%)			1990/2019/2030/2019/2050			
	1990	2000	2010	2019	2030	2040	2050	1990	2019	2050	2019	2030	2050	2050
	合計	7,667	9,706	10,869	10,913	11,918	13,463	16,354	100	100	100	1.2	0.8	1.6
石炭	3,129	3,837	3,812	2,573	1,686	910	291	41	24	1.8	-0.7	-3.8	-8.4	-6.8
石油	668	539	273	146	77	42	11	8.7	1.3	0.1	-5.1	-5.6	-9.4	-8.1
天然ガス	766	1,528	2,528	3,199	3,344	2,900	1,448	10.0	29	8.9	5.1	0.4	-4.1	-2.5
原子力	1,776	2,288	2,324	2,007	2,068	2,137	2,203	23	18	13	0.4	0.3	0.3	0.3
水力	1,159	1,294	1,304	1,366	1,473	1,538	1,594	15	13	9.7	0.6	0.7	0.4	0.5
地熱	23	27	37	51	108	158	201	0.3	0.5	1.2	2.7	7.1	3.2	4.5
太陽光	0.1	0.7	31	340	890	1,738	3,752	0.0	3.1	23	33.0	9.1	7.5	8.1
風力	3.8	29	269	812	1,466	2,299	4,132	0.1	7.4	25	20.3	5.5	5.3	5.4
太陽熱・海洋	1.2	1.1	2.1	10	126	285	487	0.0	0.1	3.0	7.7	25.6	7.0	13.3
バイオマス・廃棄物	121	142	257	375	606	716	801	1.6	3.4	4.9	4.0	4.5	1.4	2.5
水素	-	-	-	-	41	707	1,402	-	-	8.6	n.a.	n.a.	19.3	n.a.
その他	20	22	33	33	33	33	33	0.3	0.3	0.2	1.8	0.0	0.0	0.0

## エネルギー・経済指標他

	1990	2000	2010	2019	2030	2040	2050	1990/2019/2030/2019/2050
	GDP (2010年価格10億ドル)	28,841	37,461	44,228	52,404	62,231	73,632	84,998
人口(100万人)	998	1,070	1,139	1,191	1,222	1,237	1,238	0.6 0.2 0.1 0.1
エネルギー起源CO <sub>2</sub> 排出(100万t)	10,782	12,240	11,968	11,019	8,705	5,798	2,782	0.1 -2.1 -5.5 -4.3
一人あたりGDP (2010年価格1,000ドル/人)	29	35	39	44	51	60	69	1.5 1.3 1.5 1.4
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	4.5	4.9	4.7	4.4	4.0	3.7	3.5	-0.1 -0.8 -0.6 -0.7
GDPあたり一次エネルギー消費 <sup>2)</sup>	155	140	121	100	79	62	51	-1.5 -2.1 -2.1 -2.1
GDPあたりCO <sub>2</sub> 排出量 <sup>3)</sup>	374	327	271	210	140	79	33	-2.0 -3.6 -7.0 -5.8
一次エネルギー消費あたりCO <sub>2</sub> 排出(t/toe)	2.4	2.3	2.2	2.1	1.8	1.3	0.6	-0.5 -1.5 -5.0 -3.8

\*1 電力、熱、水素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/2010年価格100万ドル。\*3 t/2010年価格100万ドル

## 付表57 | 新興・途上国[炭素循環経済/4R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	2019	2030	2040	2050	1990	2019	2050	1990/2019	2019/2030	2030/2050	2019/2050
	合計 <sup>1)</sup>	4,070	4,499	7,103	8,829	9,753	10,076	10,253	100	100	100	2.7	0.9	0.3
石炭	1,133	1,198	2,543	3,092	2,800	2,149	1,329	28	35	13	3.5	-0.9	-3.7	-2.7
石油	1,206	1,328	1,850	2,219	2,429	2,367	2,111	30	25	21	2.1	0.8	-0.7	-0.2
天然ガス	835	933	1,451	1,859	2,202	2,653	2,874	21	21	28	2.8	1.5	1.3	1.4
原子力	62	79	113	205	419	652	826	1.5	2.3	8.1	4.2	6.7	3.5	4.6
水力	84	113	184	245	301	340	378	2.1	2.8	3.7	3.8	1.9	1.1	1.4
地熱	12	27	36	63	166	245	317	0.3	0.7	3.1	5.9	9.2	3.3	5.3
太陽光・風力等	0.5	2.1	17	110	364	701	1,453	0.0	1.2	14	20.6	11.5	7.2	8.7
バイオマス・廃棄物	738	818	911	1,038	1,078	1,016	1,028	18	12	10	1.2	0.3	-0.2	0.0

## 最終エネルギー消費

	(Mtoe)							構成比(%)			1990/2019/2030/2050			
	1990	2000	2010	2019	2030	2040	2050	1990	2019	2050	2019	2030	2050	2050
	合計	2,977	3,148	4,801	5,869	6,395	6,513	6,514	100	100	100	2.4	0.8	0.1
産業	969	964	1,840	2,095	2,282	2,258	2,080	33	36	32	2.7	0.8	-0.5	0.0
運輸	454	570	921	1,245	1,371	1,403	1,453	15	21	22	3.5	0.9	0.3	0.5
民生・農業他	1,363	1,374	1,653	2,007	2,106	2,101	2,129	46	34	33	1.3	0.4	0.1	0.2
非エネルギー消費	191	240	387	521	637	750	852	6.4	8.9	13	3.5	1.8	1.5	1.6
石炭	521	404	930	854	727	615	499	18	15	7.7	1.7	-1.5	-1.9	-1.7
石油	845	1,036	1,502	1,902	2,148	2,160	2,044	28	32	31	2.8	1.1	-0.2	0.2
天然ガス	367	388	629	852	974	997	960	12	15	15	2.9	1.2	-0.1	0.4
電力	281	372	729	1,145	1,547	1,896	2,212	9.5	20	34	5.0	2.8	1.8	2.1
熱	288	196	209	244	246	220	188	9.7	4.2	2.9	-0.6	0.1	-1.3	-0.8
水素	-	-	-	-	0.8	30	106	-	-	1.6	n.a.	n.a.	27.6	n.a.
再生可能	674	752	802	872	752	595	505	23	15	7.8	0.9	-1.3	-2.0	-1.7

## 発電量

	(TWh)							構成比(%)			1990/2019/2030/2050			
	1990	2000	2010	2019	2030	2040	2050	1990	2019	2050	2019	2030	2050	2050
	合計	4,178	5,722	10,657	16,023	21,506	26,659	35,296	100	100	100	4.7	2.7	2.5
石炭	1,301	2,158	4,859	7,341	7,116	4,862	1,909	31	46	5.4	6.1	-0.3	-6.4	-4.3
石油	656	650	693	601	497	410	316	16	3.7	0.9	-0.3	-1.7	-2.2	-2.0
天然ガス	982	1,244	2,315	3,147	4,143	5,175	4,690	24	20	13	4.1	2.5	0.6	1.3
原子力	236	303	432	783	1,607	2,504	3,168	5.7	4.9	9.0	4.2	6.8	3.5	4.6
水力	981	1,319	2,145	2,855	3,498	3,960	4,395	23	18	12	3.8	1.9	1.1	1.4
地熱	13	25	31	40	140	212	281	0.3	0.3	0.8	4.0	12.0	3.5	6.5
太陽光	0.0	0.1	1.4	341	1,426	3,251	8,003	0.0	2.1	23	49.4	13.9	9.0	10.7
風力	0.0	2.8	73	615	2,296	4,112	7,570	0.0	3.8	21	39.9	12.7	6.1	8.4
太陽熱・海洋	0.0	0.0	0.0	4.2	48	142	325	0.0	0.0	0.9	24.6	24.9	10.0	15.1
バイオマス・廃棄物	8.7	20	105	280	644	879	1,137	0.2	1.7	3.2	12.7	7.9	2.9	4.6
水素	-	-	-	-	75	1,139	3,485	-	-	9.9	n.a.	n.a.	21.2	n.a.
その他	-	0.5	1.1	16	16	16	16	-	0.1	0.0	n.a.	0.0	0.0	0.0

## エネルギー・経済指標他

	1990	2000	2010	2019	2030	2040	2050	1990/2019	2019/2030	2030/2050	2019/2050
	GDP (2010年価格10億ドル)	9,133	12,469	21,949	32,136	49,037	72,058	98,077	4.4	3.9	3.5
人口(100万人)	4,279	5,042	5,780	6,472	7,285	7,920	8,456	1.4	1.1	0.7	0.9
エネルギー起源CO <sub>2</sub> 排出(100万t)	9,102	10,069	17,543	21,292	21,040	17,320	11,616	3.0	-0.1	-2.9	-1.9
一人あたりGDP (2010年価格1,000ドル/人)	2.1	2.5	3.8	5.0	6.7	9.1	12	3.0	2.8	2.8	2.8
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	1.0	0.9	1.2	1.4	1.3	1.3	1.2	1.3	-0.2	-0.5	-0.4
GDPあたり一次エネルギー消費 <sup>2)</sup>	446	361	324	275	199	140	105	-1.7	-2.9	-3.2	-3.1
GDPあたりCO <sub>2</sub> 排出量 <sup>3)</sup>	997	808	799	663	429	240	118	-1.4	-3.9	-6.2	-5.4
一次エネルギー消費あたりCO <sub>2</sub> 排出(t/toe)	2.2	2.2	2.5	2.4	2.2	1.7	1.1	0.3	-1.0	-3.2	-2.4

\*1 電力、熱、水素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/2010年価格100万ドル。\*3 t/2010年価格100万ドル



スライド





第439回 定例研究報告会

# IEEJ Outlook 2022

カーボンニュートラルへの挑戦と課題

エネルギー・環境・経済

2021年10月15日, 東京

日本エネルギー経済研究所



2050年までのエネルギー需給見通し

# IEEJアウトック2022

## IEEJアウトックとは

- 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。
- 技術・政策等の進展・動向について、シナリオ分析を実施。

\*現在や過去のデータから将来を見通す方法

### 【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】

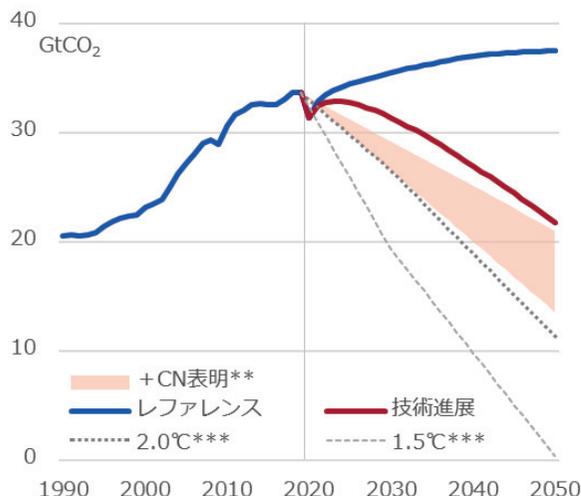
エネルギー安定供給の確保や気候変動対策の強化のため、エネルギー・環境技術が最大限導入されるシナリオ。

### 【炭素循環経済/4Rシナリオ】

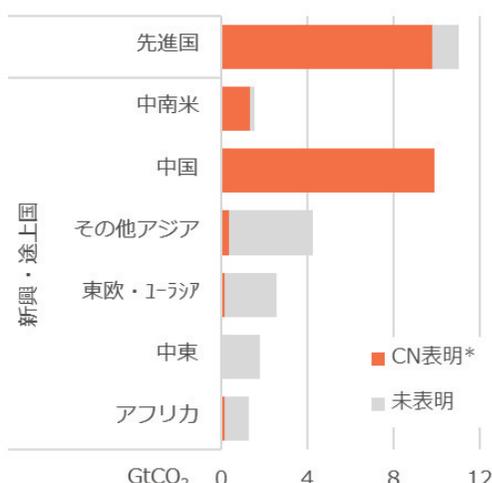
炭素循環経済の概念における“4R (Reduce, Reuse, Recycle, Remove)”の考え方に基づき、技術進展シナリオの想定に加えて、さらに化石燃料利用の脱炭素化技術の最大限導入を検討したシナリオ。

## 排出量の3分の2がCNを宣言しているが…

### ❖ エネルギー起源CO<sub>2</sub>排出量(世界)



### ❖ CO<sub>2</sub>排出量内訳(2019年)



\*米国、ブラジル、韓国、ポーランド、中国及び気候野心同盟(121か国)。\*\*レファレンス・技術進展シナリオの排出量に対して、CN表明国は2050年に排出ゼロ(中国は2060年のCN表明のため、直線補間による2050年時点の排出量を計上)を達成した場合の排出パス。\*\*\*IPCC「1.5℃特別報告書」より平均的なパスを作成。

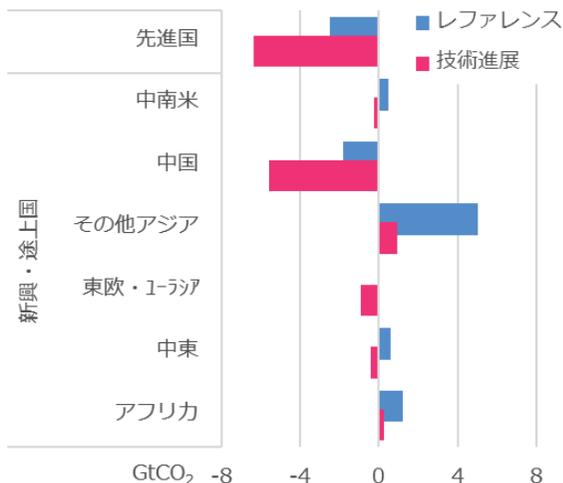
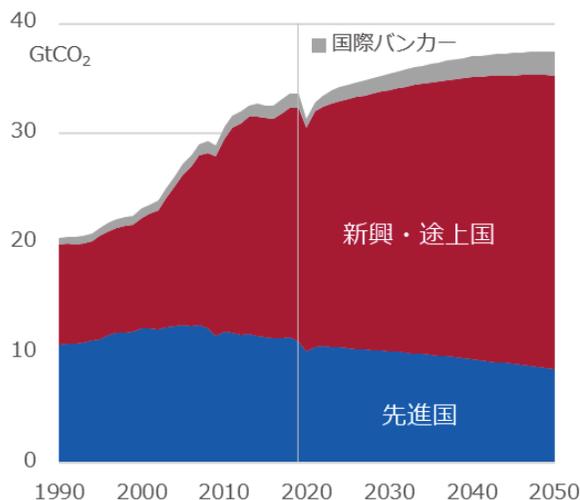
世界的にカーボンニュートラル(CN)を目指そうとする動き。

現在、世界のCO<sub>2</sub>排出量の3分の2に相当する国・地域がCNを表明している。しかし、表明国がCN達成できても、2050年の排出量は現在から半減程度に低下するに過ぎない。

# 排出が増えるのはCN宣言していない国

## ❖ エネ起源CO<sub>2</sub>排出量(レファレンス)

## ❖ 排出量増減(2019-2050年)



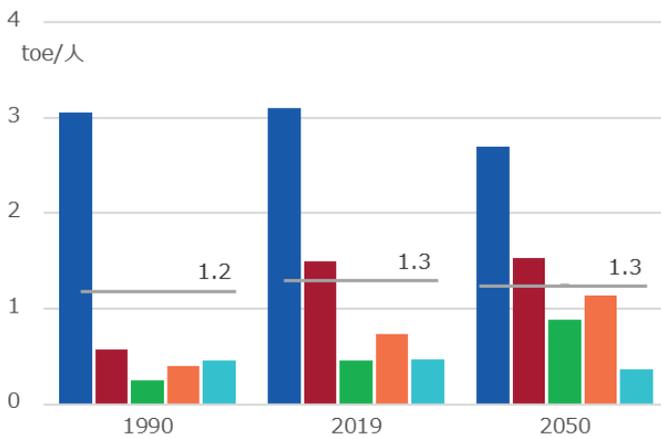
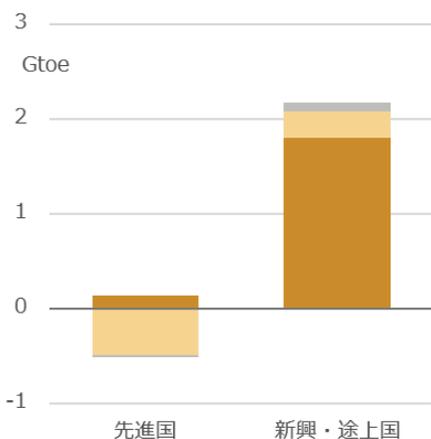
レファレンスシナリオでCO<sub>2</sub>排出量の伸びが見込まれるのは、CN表明をしていない、インド・ASEANを含むその他アジア、中東、アフリカなど。  
 技術進展シナリオでも、これらの地域の排出量を減少に転じさせるのは容易ではない。

IEE Outlook 2022 IEEJ © 2021

# 途上国はより多くのエネルギーが必要になる

## ❖ 最終エネ消費増加の要因分解 (レファレンス, 2019-2050)

## ❖ 1人当たり最終エネルギー消費



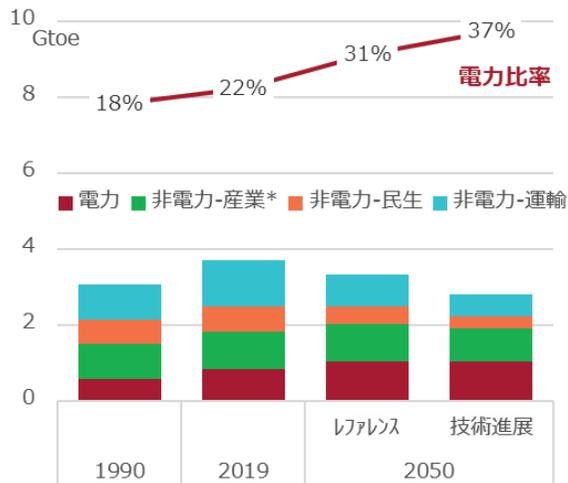
■ 人口要因 ■ 1人当たり消費要因 ■ 交絡項 ■ 先進国 ■ 中国 ■ インド ■ ASEAN ■ アフリカ - 世界平均

新興・途上国のエネルギー需要は大きく伸びるが、需要の伸びの大半は人口増加が要因で、1人当たり消費の伸びは小さい。  
 途上国の1人当たりのエネルギー消費量は、先進国に比べてもまだまだ少なく、さらなる需要増加の余地は大きい。

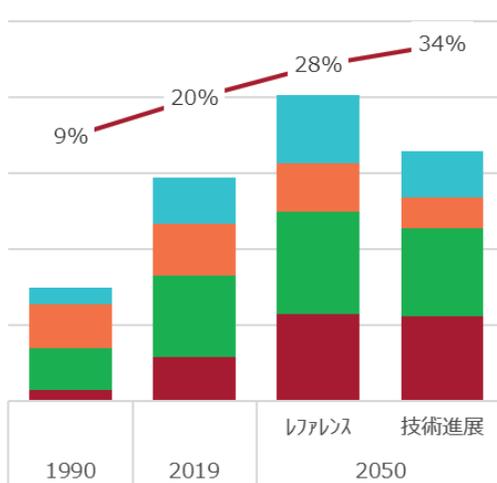
IEE Outlook 2022 IEEJ © 2021

# 電力需要が伸びるのは確実

## ❖ 最終エネルギー消費(先進国)



## ❖ 最終エネルギー消費(新興・途上国)



\*産業には、農林水産業・非エネ部門が含まれる。

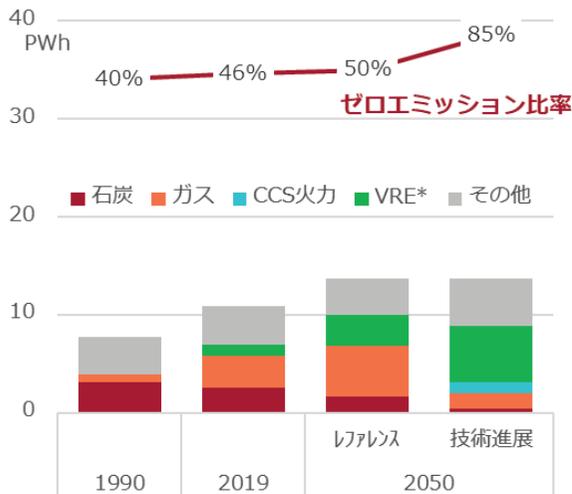
先進国も途上国もエネルギー需要の電力化が進む。産業部門における熱需要の電化は限定されるが、技術進展シナリオではさらに電力比率は上昇する。

電力需要はどちらのシナリオでも大差なく、電力の安定供給・セキュリティは確実に対処すべき課題。

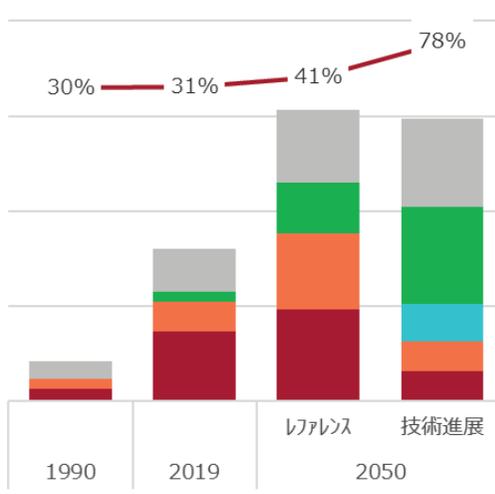
6

# 発電部門の脱炭素化が進む

## ❖ 電源構成(先進国)



## ❖ 電源構成(新興・途上国)



\*VRE(Variable Renewable Energy) : 太陽光・風力等

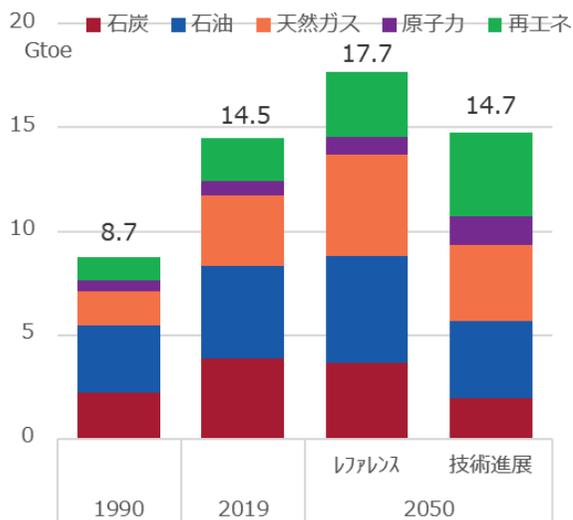
レファレンスシナリオでは、電力需要増の半分以上をVREを中心とする再エネ電源で対応する。しかし、新興・途上国では旺盛な電力需要に応えるため火力発電も必要。

技術進展シナリオでは、再エネ及びCCS付き火力の大幅導入によって、発電部門の脱炭素化が大きく進む。

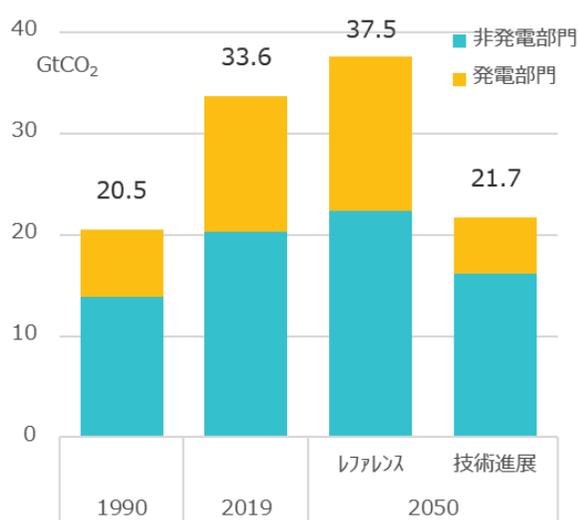
7

# 非発電部門の脱炭素化は難しい

## ❖ 一次エネルギー需要



## ❖ エネルギー起源CO<sub>2</sub>排出量

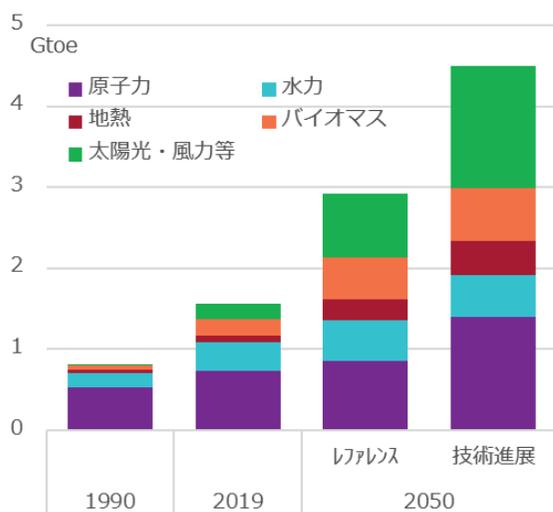


技術進展シナリオの2050年の一次エネルギー需要は現在とほぼ同じ。化石燃料需要は落ち込むが、それでも全体の6割を占める。

一方、CO<sub>2</sub>排出量は現在の3分の2の水準に。発電部門での削減効果が大きく、非発電部門の排出削減はあまり進まない。

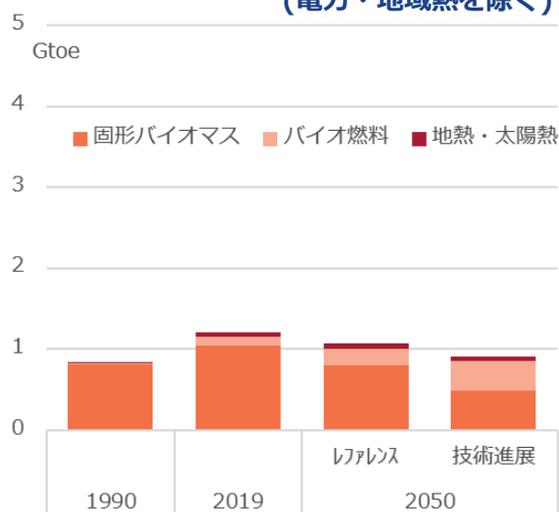
# 非発電部門での非化石エネの導入が課題

## ❖ 発電部門の非化石エネルギー



## ❖ 非発電部門の非化石エネルギー

(電力・地域熱を除く)



非化石エネルギーの導入が進むのは発電部門で、非発電部門ではごくわずか。

非発電部門での電力化は進むが、高温熱を使う産業部門などでは限界もある。電力化以外による脱炭素化が課題。

# 炭素循環経済/4Rシナリオ

## ❖ シナリオの想定条件（技術進展シナリオからの追加想定）

4R分類	シナリオで想定する技術	想定内容
Reduce	発電部門の水素利用	2050年時点でCCSがっていない石炭火力発電とガス火力発電の50%~75%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	2050年時点の道路部門の国内輸送用需要の10%~15%、国際輸送用需要の20%~30%を水素に転換
	産業部門の水素利用	先進国及び国内の水素供給が豊富な国において2050年時点の産業用需要の10%~30%を水素に転換
	水素還元製鉄	2050年時点の先進国および中国・インド・ブラジルの粗鋼生産の25%にブルー水素を用いた水素還元製鉄技術を導入
	民生部門の水素利用	2050年時点の先進国において民生用需要の10%を水素に転換
	セメント生産量の削減	石炭灰や石灰石焼成粘土などの混和剤を活用することで2050年時点の世界のセメント生産量を25%削減
Reuse	CO <sub>2</sub> 集中利用による藻類系バイオ燃料の増産	2050年時点のバイオディーゼルの生産量が50%増加
Recycle	CO <sub>2</sub> 吸着コンクリート	2050年時点の世界のコンクリート生産の25%~50%にCO <sub>2</sub> 吸着技術を導入
	合成メタン	2050年時点の産業用・民生用の需要の20%~40%を合成メタンで代替
	合成燃料	2050年時点の輸送用需要の10%~20%を合成燃料で代替
Remove	炭素回収・貯留（CCS）	ブルー水素製造に要するCCSを追加で実施

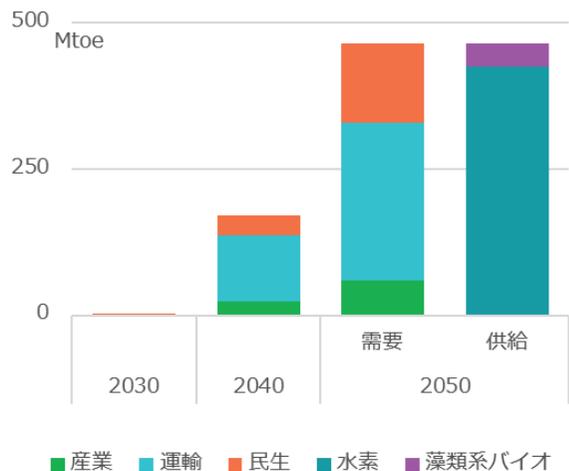
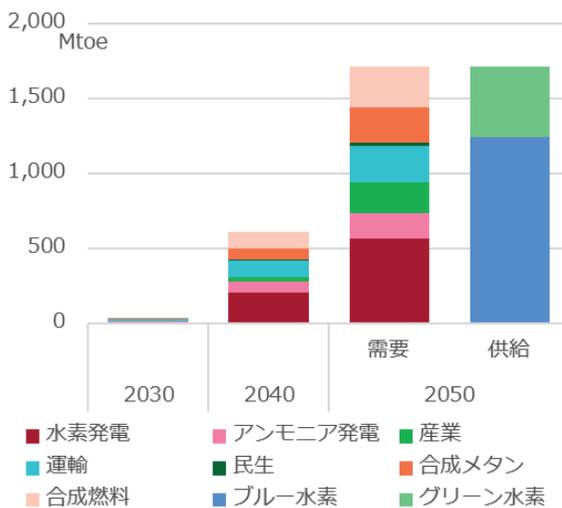
化石燃料利用を脱炭素化するという観点から、技術進展シナリオの設定に追加して、4R（Reduce, Reuse, Recycle, Remove）技術の最大限導入を検討したシナリオ。

IEE Outlook 2022 IEE © 2021

# クリーン水素を活用する

## ❖ 水素/アンモニア需給の想定

## ❖ 合成メタン/燃料需給の想定



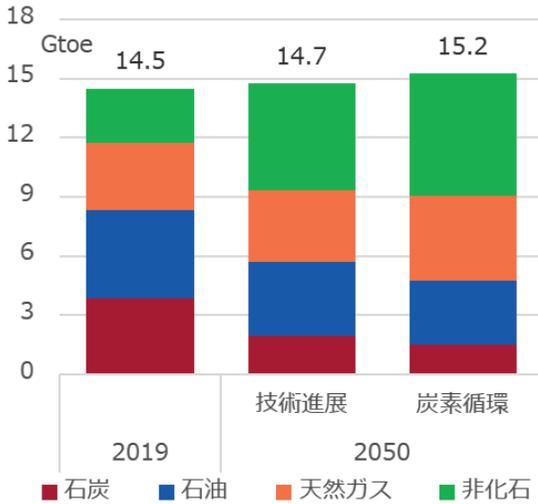
IEE Outlook 2022 IEE © 2021

産業・発電などで、燃焼時にCO<sub>2</sub>を排出しない水素/アンモニアを活用する。水素製造は、CCSを利用するブルー水素が再エネを利用するグリーン水素に限定。

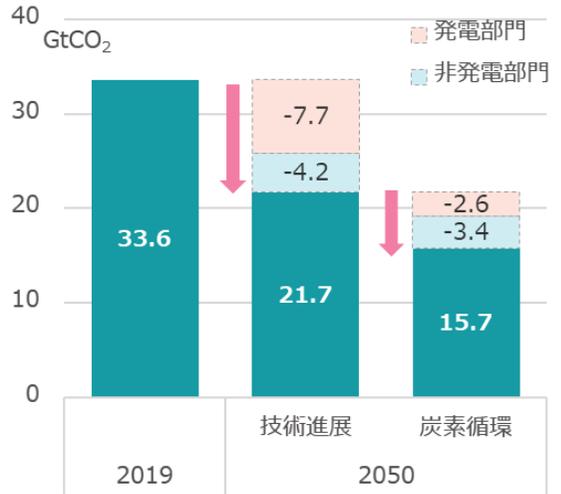
クリーン水素を利用した合成メタン/燃料も、非発電部門での既存インフラを活かして、電力化が難しい用途などで利用する。

# 化石燃料を減らさずに、CO<sub>2</sub>排出を減らす

## ❖ 一次エネルギー需要



## ❖ エネルギー起源CO<sub>2</sub>排出量

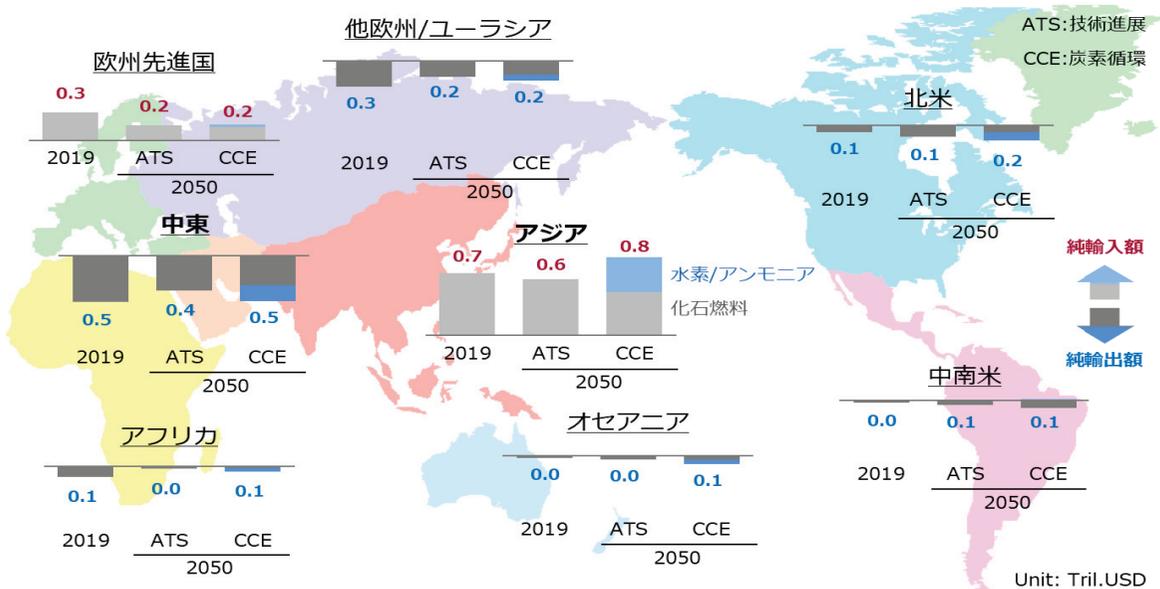


炭素循環経済/4Rシナリオの化石燃料消費量は技術進展シナリオとほとんど変わらない。水素製造用の天然ガス需要が増加する。

一方、CO<sub>2</sub>排出量は大きく低下する。排出削減量は非発電部門に重心がシフト。

IEEJ Outlook 2022 IEEJ © 2021

# アジアと中東の関係は変わらない

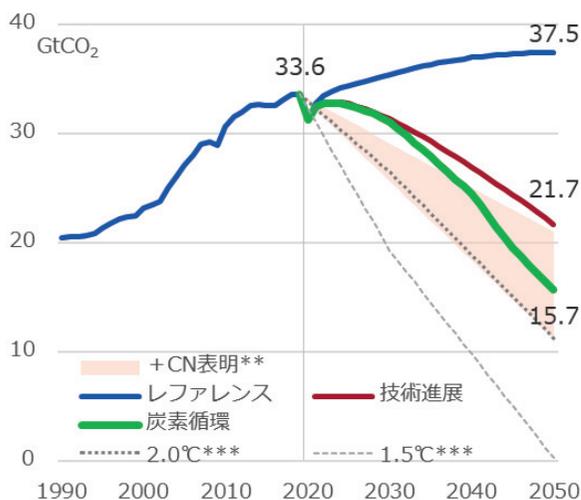


炭素循環経済/4Rシナリオでは、化石燃料貿易から水素/アンモニア貿易にシフトしていく。中東は石油・ガス輸出額の減少を水素輸出額が補填。一方、アジアは水素の輸入が大きく増加する。脱炭素化を目指す世界でも、アジアと中東の貿易関係の重要性は変わらない。

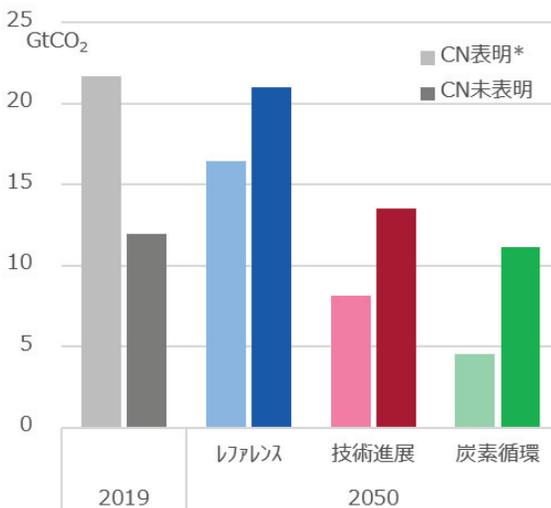
IEEJ Outlook 2022 IEEJ © 2021

# 世界でのCNに向けて課題は多い

## ❖ エネルギー起源CO<sub>2</sub>排出量(世界)



## ❖ エネルギー起源CO<sub>2</sub>排出量(地域別)



\*米国、ブラジル、韓国、ポーランド、中国及び気候野心同盟(121か国)。\*\*レファレンス・炭素循環シナリオの排出量に対して、CN表明国は2050年に排出ゼロ(中国は2060年のCN表明のため、直線補間による2050年時点の排出量を計上)を達成した場合の排出パス。\*\*\*IPCC「1.5℃特別報告書」より平均的なパスを作成。

CN実現に向けては、既存のクリーン技術に加えて、水素やCCUSなど新しい脱炭素技術の活用が必須であり、先進国だけでなく新興・途上国など全ての国による排出削減が必要。国際協力のもとで脱炭素化技術の進展・共有を進め、世界大での排出削減を。

## まとめ

### 【レファレンス・技術進展シナリオ】

- CO<sub>2</sub>排出量の伸びが見込まれるのは、カーボンニュートラル(CN)を表明していないインド、ASEAN、中東、アフリカなど。
- 現状追認の世界でも、脱炭素化が進む世界でも、電力需要は増加する。電力の安定供給・セキュリティは確実に対処すべき課題。
- 発電部門でのCO<sub>2</sub>削減は進みやすいが、非発電部門の排出削減はあまり進まない。非発電部門での脱炭素化がカギ。

### 【炭素循環経済/4Rシナリオ】

- 非発電部門の脱炭素化に向けて、クリーン水素/アンモニアや、それらを原料とした合成メタン/燃料を活用する。
- 化石燃料貿易から水素/アンモニア貿易にシフトしていくが、アジアと中東の貿易関係の重要性は今後も変わらない。
- 世界全体でのCNに向けては、国際協力のもとで脱炭素化技術の進展・共有を進めていくことが重要。



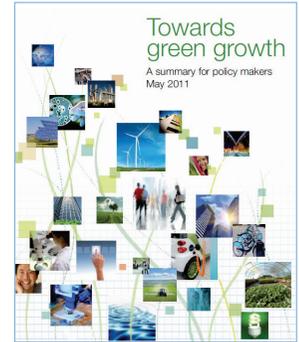
# カーボンニュートラル（CN） への挑戦と課題

## 高まるカーボンニュートラル(CN)への関心とその課題

- 日本を含む主要な国・地域が相次いで今世紀半ばまでのカーボンニュートラル(CN)目標を宣言。国内外にてCNへの関心が急速に高まっている。
- CNに向けた積極的な気候変動対策は、排出削減だけではなく、クリーンエネルギー産業の育成やクリーンエネルギー市場の創出など多様なプラスの効果をもたらす可能性がある。
- 一方、現在世界のエネルギー供給の8割強が化石燃料に依存していることを考えると、CNの実現は決して容易な道のりではない。CNの実現に向けて、あるいはCNの将来像そのものに多くの課題が存在することに留意する必要がある。
- 特に、気候変動対策には本質的に費用が付随すること、CNへの移行過程におけるプラス・マイナスのバランスは国や主体によって異なることを認識しておくべき。
- **CNに向かう道のり（プロセス）とその将来像における課題とは？**
  - ✓ 気候変動対策と経済効果をどう見るか
  - ✓ CNへの対応が生み出す格差の可能性
  - ✓ 重層性・複雑さを増すエネルギー安全保障問題
  - ✓ 上流投資抑制がもたらしうるエネルギー安定供給への問題
  - ✓ 地政学的要因への影響

# 気候変動対策による経済効果

- 「グリーン成長」と「グリーン・ディール」
  - グリーン成長は、元々は、経済成長とCO<sub>2</sub>排出量のデカップリング（両者の相関関係をゼロにする、即ち経済が成長してもCO<sub>2</sub>の排出が増えないようにする）を達成するという概念（OECD 2011; UNEP 2011; World Bank 2012）
  - 「グリーン・ニューディール」または「グリーン・ディール」は、政府による積極的な気候変動対策に、景気刺激策や産業政策、雇用政策としての性格を持たせることで、排出削減と経済成長とを同時に達成することを指す（Friedman 2019; European Commission 2021）。
- グリーン・ディールの経済効果
  - EUは、気候変動対策による新たなグリーン技術や製品市場の創設で、2030年までに域内で16万人の雇用が創出されると試算（European Commission 2021）。
  - IEAは、世界が2050年までにネットゼロに向かうシナリオにおいて、グリーン技術への投資によって2030年時点での世界のGDPは基準となるシナリオに対し4%プラスになり、雇用は2019年～2030年でネットで2,500万人増加すると試算（IEA 2021）

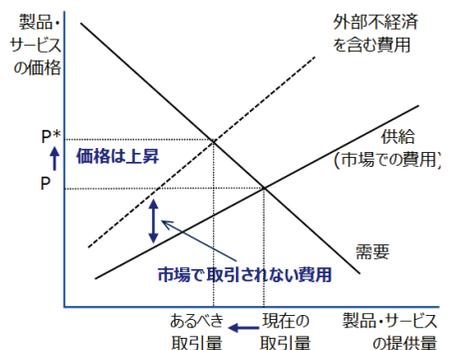


18

# 気候変動対策に付随する費用

- 「外部不経済」に伴う費用
  - CO<sub>2</sub>排出に伴う負の影響は外部不経済の典型例の一つ
  - 外部不経済の問題を解決するには、現在は市場メカニズムで評価されていない費用を、既存の製品やサービスの取引価格に加える必要があり、結果として価格の上昇や取引量の低下をもたらす（Baumol and Oates 1988）。
  - さらに、国内市場における価格の上昇は、輸入の拡大によって、相応の気候変動対策を行っていない国に利得が流出する可能性もある。
- 「ロックイン効果」に伴う費用
  - ロックイン効果：既存の技術やインフラ、消費者の行動様式などが相乗的に作用することでエネルギー消費における「惰性(inertia)」をもたらし、排出削減策の導入を遅延させる効果（Seto et al. 2016）
  - 発電部門や産業部門のような大規模な設備投資を要する分野や自動車用燃料のような広範なエネルギー供給インフラのネットワークが必要な分野において顕著にみられる。
  - こうしたロックイン効果に抗して、CNな社会を実現するには、新たなインフラ投資や、需要家におけるエネルギー利用設備の変更、産業間での労働力の移動、人材育成などが必要であり、それには多くの費用が付随

## ❖ 外部不経済の内部化



19

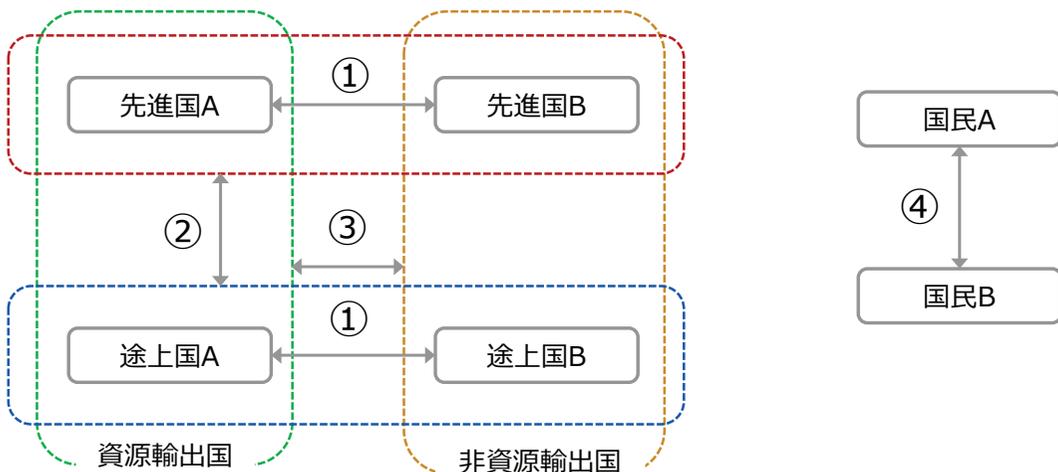
# 気候変動対策と経済効果をどう見るか

- 気候変動対策によって、経済成長や雇用にネットでプラスの影響が出るのか、マイナスの影響が出るのか、様々な考えがありうる。
  - グリーン成長やグリーンディールの考えに基づけば、世界は気候変動対策実施によってより高い成長や雇用の純増を期待できる。
  - 一方、気候変動問題という外部不経済への対応とそれに伴うコスト、既存の経済・社会システムからの大規模な転換に伴うコスト等を考えると、ネットでプラスの効果을期待するのは難しい、という考えもある。
  - 気候変動という外部不経済上の「地球益」を守るため、一定のコスト負担は仕方がない、という考えもありうる。
- 実際の気候変動対策においても、そのプラス・マイナスのバランスは下記の諸要因によって、国や主体によって異なる。
  - 外的な要因： 地理的条件、国内の天然資源、再生可能エネルギー資源等
  - 内的な要因： 行政能力・リーダーシップ、技術力、資金力、起業家精神、産業構造、労働市場の流動性、新型コロナウイルスの収束状況など

IEEJ Outlook 2022 IEEJ © 2021

# CNへの対応が生み出す格差の可能性

- CNへの移行過程では経済条件、資源賦存、技術力等の差異に基づき、多様な格差が生じ、拡大していく可能性がある。
  - ① 先進国間での格差と途上国間（新興国と非新興途上国）での格差
  - ② 先進国と途上国の間の格差
  - ③ 化石燃料資源の輸出依存度が高い国とそうではない国との格差
  - ④ 同じ国の国民の間での格差

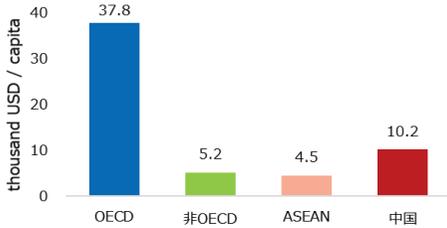


IEEJ Outlook 2022 IEEJ © 2021

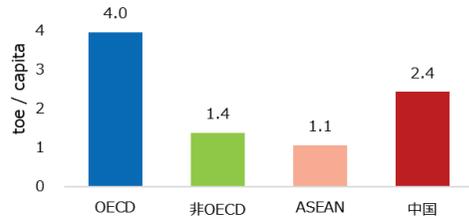
# 先進国と途上国の現実の格差

- 先進国と途上国との間には依然として大きな格差が存在

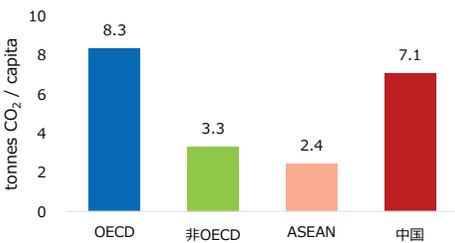
## ❖ 一人当たりGDP (2019年)



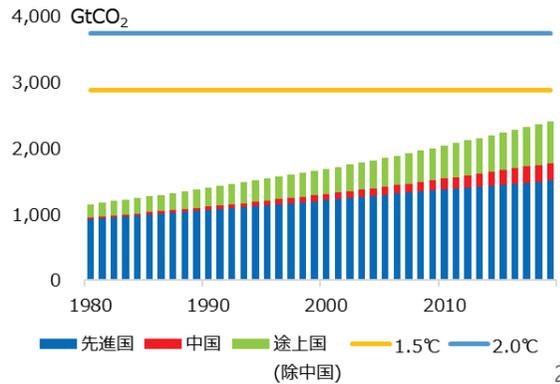
## ❖ 一人当たりエネルギー消費 (2019年)



## ❖ 一人当たりCO<sub>2</sub>排出量 (2019年)



## ❖ カーボンバジェットと累積排出量



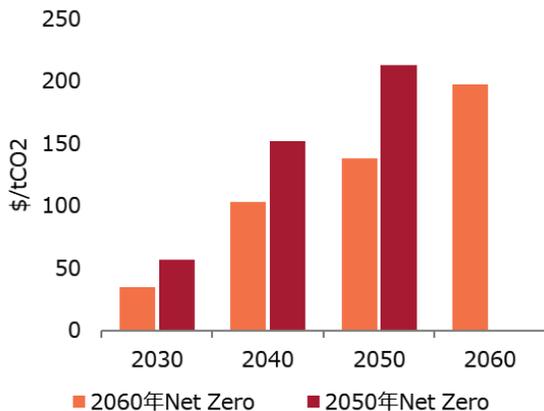
IEE Outlook 2022 IEE © 2021

注：カーボンバジェットは50%確率値  
 出所：IEA, Energy Balances of the World(2021年); IEA, CO<sub>2</sub> emissions from fuel combustion(2021年); IPCC、第6次評価報告書第1作業部会報告書(2021年); Global Carbon Budget 2020; 日本エネルギー経済研究所

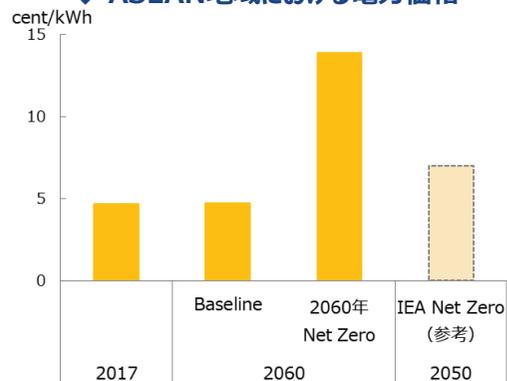
# 途上国に対する大きな負担の可能性(ASEANの例)

- 短期間でのCNを追求することはASEANに対し巨額の経済的負担をもたらす恐れ
  - 2050年または2060年にCNを実現する場合の平均削減コストは約\$200/t-CO<sub>2</sub>
  - 2060年にCNを実現する場合の電力コストは現在の約3倍に
  - 2050年、2060年にCNを実現する場合の追加対策費用はGDP比年率2.9%、2.5% + IEA Net Zeroシナリオでは世界平均で2021年～2050年でGDP比同1%の投資が必要と推定
- 現実的なCN実現に向けた計画作り・脱炭素化技術への支援が必要

## ❖ ASEAN地域におけるCO<sub>2</sub>の平均削減コスト



## ❖ ASEAN地域における電力価格



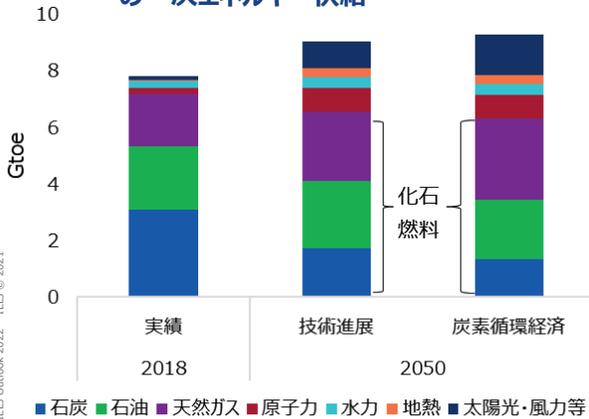
IEE Outlook 2022 IEE © 2021

注：IEA Net zeroの値は世界平均の2050年時点での電力価格上昇率（50%）をASEANの2017年の実績に適用した値  
 出所：日本エネルギー経済研究所; IEA, Net zero by 2050

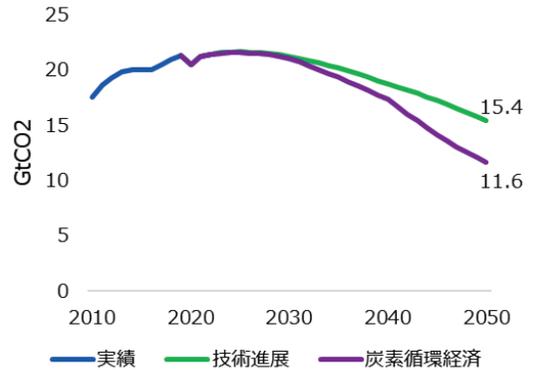
# 途上国における化石燃料の脱炭素化

- 途上国の脱炭素化を進める上では、省エネルギー、再生可能エネルギーの利活用と共に、化石燃料の脱炭素化利用も有効な排出削減策となりうる。
  - 本アウトックにおける炭素循環経済シナリオでは、途上国においては、化石燃料のシェアはほぼ変わらず、3.8GtのCO<sub>2</sub>排出の追加削減が可能となる。

❖ 新興・途上国における本アウトックの一次エネルギー供給



❖ 新興・途上国における本アウトックのCO<sub>2</sub>排出量



出所：日本エネルギー経済研究所 24

# CNにむけた世界における異なる2つの将来像(シナリオ)

- CNへの移行に要するコストの低減とその広範な波及が明るい将来像の実現に向けた鍵となる。

## 明るい将来像

- 先進国が推進役になって、技術開発と進展が進み、コスト削減のブレークスルーが実現 ⇒ CNに向けた移行コストそのものが大きく低下 ⇒ 低下したコスト・ブレークスルー技術が先進国から途上国へ、世界へ波及
- 多額の資金の移転を伴う国際協力やビジネス機会を追求した起業家精神の役割が大きい。
- 資源国での輸出資源の脱炭素化（水素、アンモニアなど）も、コストの大幅低減と共に進む。
- CNの世界にうまく適応する国・主体が大きく増えていけば、世界全体として、経済への悪影響などは最小化され、かつ新しい産業とビジネス機会が世界に広がり、経済構造がCNに適応した新たなものに転換していく。

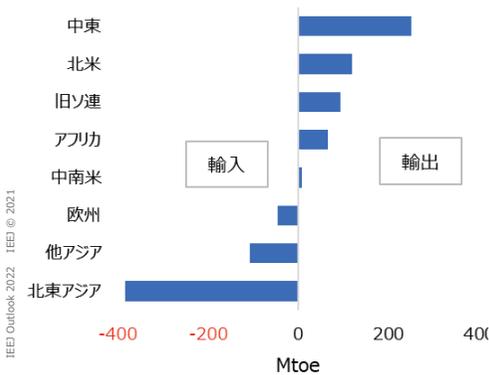
## 厳しい将来像

- CNへの適応に成功するものが一部に止まり、相対的に多くの国や主体が「取り残される」ことになれば、CNに向かう世界は厳しい世界となる。
- 国際協力の精神は機能せず、単独行動主義が全面に出ること技術の囲い込みがなされ、CNへの適応の成功が波及することを阻害
- その結果、既述の各種格差の存在と拡大が世界の分断をもたらす
- 気候変動対策によって誕生する新産業・ビジネスによる経済牽引や雇用創出効果は、同じく気候変動対策によって生じる多種多様な費用を十分に相殺することができない。
- 格差・分断の発生と深刻化は、CN追求の地球益と国益最優先との相克と衝突を生み、地球益追求という規範の力が弱まってしまう。

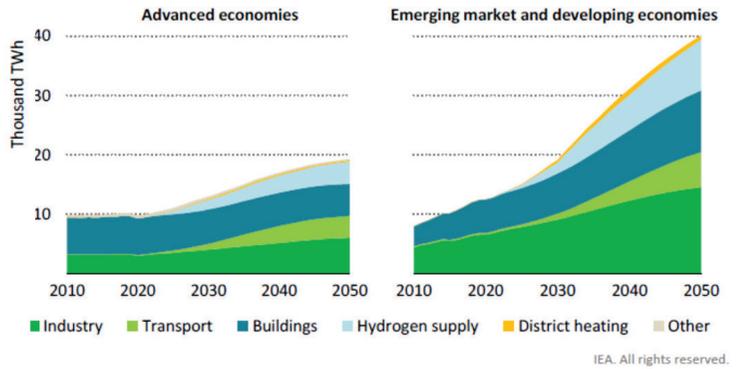
# より重層的かつ複雑になるエネルギー安全保障問題

- 伝統的な要素に加え、新たに重要性を増す脅威・リスクの構成要素が登場
  - 移行期には引き続き既存の化石燃料輸入に依存（別途後述）
  - 資源国が脱炭素化エネルギーの輸出国に転じれば、現状と同じ構図が残る。
  - CNの世界では、電力化が大幅に進展する中で、サイバー防御や再エネの間欠性、慣性力低下、システム改革などの重要課題に同時に取り組む必要
  - 再エネの利用拡大や電化と共にクリティカルミネラルの安定供給問題も浮上

## ❖ 2050年時点の水素貿易バランス (炭素循環経済シナリオ)



## ❖ IEA Net Zeroシナリオにおける電力需要の増加



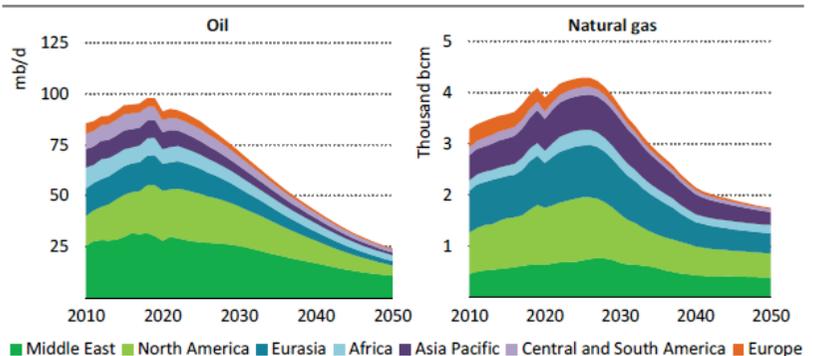
出所：IEA, Net Zero by 2050<sup>26</sup>

# ネットゼロの実現には「新規上流投資は不要」?

- IEA報告書から生じた「上流投資不要論」
  - IEAは、2021年5月の報告書で、2050年時点で世界でネットゼロを実現するバックキャストシナリオを提示。そのシナリオでは、既に投資の意思決定を行った案件以外の新規の油ガス田開発や新規の炭鉱の開発その延伸は必要ではなくなる、と言及（IEAは今後の新規上流投資は不要になるとの「見通し」を示したわけではない）。
  - ネットゼロの世界では、需要の減少によって資源価格も下落するとして、原油価格は2030年時点で\$35/bbl、2050年で\$24/bbl、LNG価格は2030年時点で\$4.4/mmbtu、2050年時点で\$4.1/mmbtuと予測

## ❖ IEAネットゼロシナリオにおける石油・天然ガス生産量見通し

Figure 3.3 ▶ Oil and natural gas production in the NZE



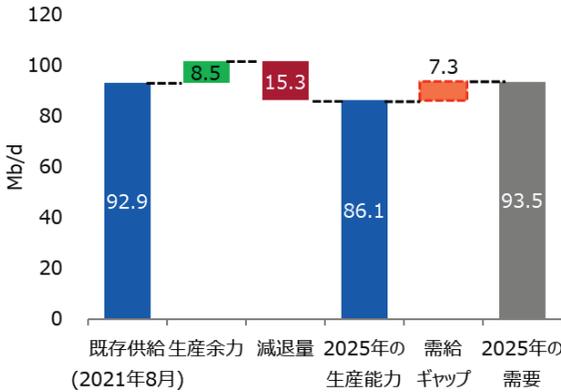
出所：IEA (2021)

出所：IEA, Net Zero by 2050 IEE. All rights reserved.

# 投資が停滞するとどうなるのか：原油の場合

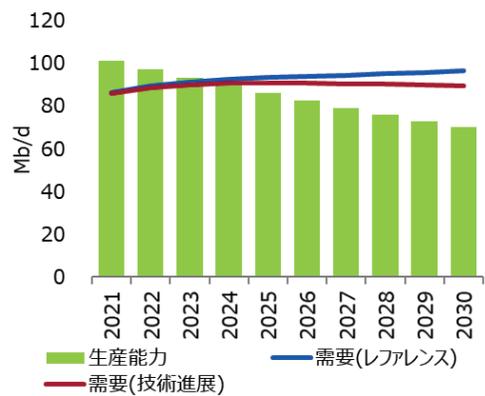
- 仮に新規投資が止まれば、2024年には需要超過が発生する恐れ
  - 現状は余剰能力が豊富に存在し、短期的な需給ひっ迫の可能性は低い
  - 現実には、コロナ収束後は石油需要は再び増加を続ける可能性があり、過度な上流投資不要論が、正当な投資を萎縮させてしまうことが懸念される。

## ❖ 新規投資が止まった場合の2025年時点の世界の石油生産能力の変化と需給ギャップ



注：需要供給共にバイオ燃料分は除く。2025年の需要の値はレファレンスシナリオ。生産能力の減退率は年率4%で想定（IEA Net Zero報告書における既に生産中の油田と投資決定済油田のみ投資を行うケースの減退率）  
出所：IEA Net Zero by 2050; IEA, Oil market Report を元に日本エネルギー経済研究所作成

## ❖ 新規投資が止まった場合の世界の原油生産能力と需要のバランス

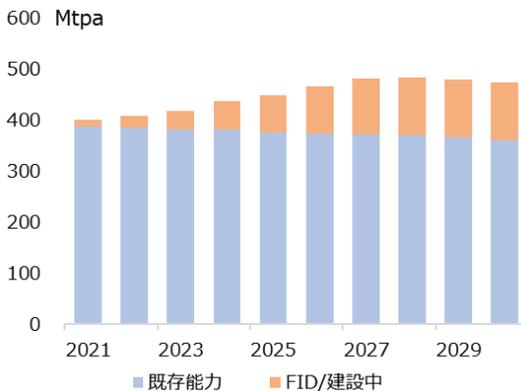


注：需要はバイオ燃料分を除く。  
出所：IEA Net Zero by 2050; IEA, Oil market Report を元に日本エネルギー経済研究所作成

# 投資が停滞するとどうなるのか：LNGの場合

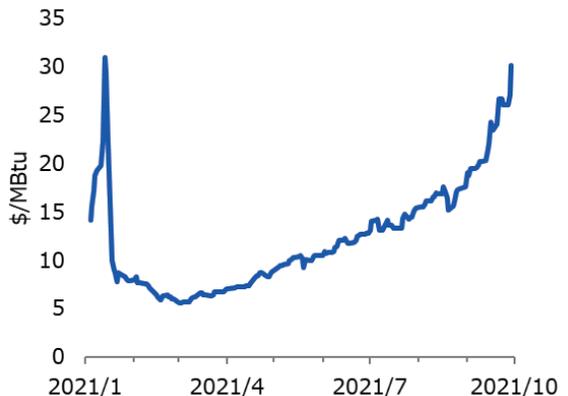
- LNGに関しては、投資決定された案件が多く、供給能力自体は当面拡大
- 一方、LNG市場においては、既に足元でスポット価格が上昇
  - コロナ禍からの景気回復、低炭素化対応、中国等での急速な需要拡大、欧州での風力稼働低下などによる需要増、ロシアのPLガス供給上の課題などが複合的に影響
  - 新規投資の停滞は、需給バランスの不透明感を高め、国際天然ガス市場をさらに不安定化させる可能性あり

## ❖ 既存液化能力と建設中及び投資決定がなされた案件の能力の見通し



出所：日本エネルギー経済研究所

## ❖ LNGのスポット価格の推移（2021年）



出所：ICIS 29

# 供給源のさらなる偏在化

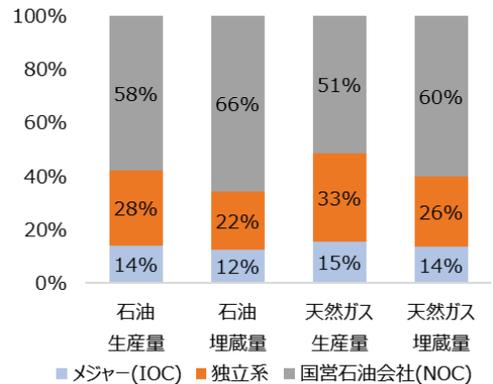
- 先進国において化石燃料への投資が「問題視」されることで、今後は化石燃料への投資が、一部の資源国や新興国によって集中的に行われる可能性がある。
  - 先進国の国際石油会社(IOC)は、脱炭素化に向けた関心が高まる中で、これまでのような配分での上流投資を行っていくくなっている。
  - 一方、脱炭素化に向けた要請を比較的受けにくい産油国や新興国の国営石油会社(NOC)が、国際市場においてさらに影響力を増していく。

## ❖ 主な国際石油会社の設備投資方針

会社	投資先の構成
Chevron	2021年は3億ドル以上をエネルギー-転換に投資（会社全体の投資額は140億ドル）
Shell	2020年から2025年以降にかけて上流部門への配分を42%から25~30%に引き下げ、ガス・化学部門への配分も43%から30~40%に引き下げ、再エネ・販売部門への配分を16%から35~40%へ引き上げ
bp	低炭素電力・エネルギー部門（ガス含む）と消費者・モビリティ部門（潤滑油・水素含む）の2部門への投資比率を2019年の15%から2030年に40%へ引き上げ。
TotalEnergies	LNGに対する配分比率は2030年まで全体の投資額の15~20%を維持。再エネ・電力の比率は過去5年間平均の10%から2021~2025年は15%、2026~2030年は20%に引き上げ
ENI	2021~2024年平均で65%が上流部門。20%がグリーン・販売部門、15%がその他
Repsol	2021~2025年の平均で44%が上流部門、25%が下流部門（バイオ燃料含む）、22%が低炭素発電、8%がその他
Equinor	2030年までに再エネ・低炭素分野への投資比率を2020年の4%から50%以上に引き上げ

出所：各社公開情報を基に作成

## ❖ 世界の石油・天然ガス供給に占めるIOC、NOCのシェア（2018年時点）



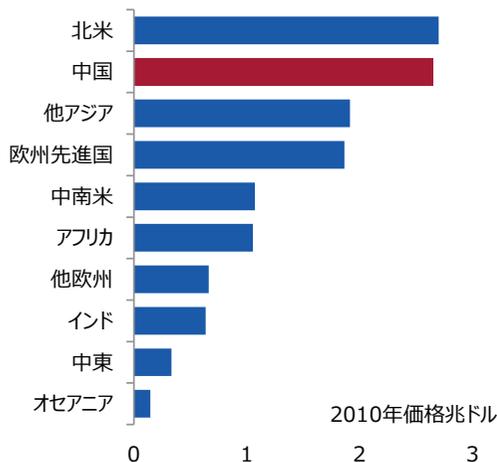
出所：IEA, Oil and Gas Industry in Energy Transitions<sup>30</sup>

IEEJ Outlook 2022 IEEJ © 2021

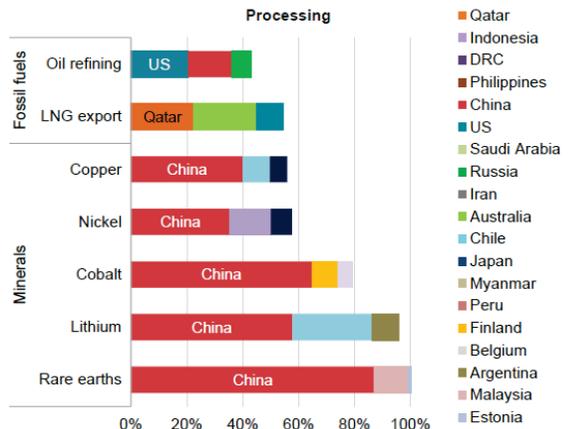
# CN環境下でも高まる中国の存在感

- CNに向かう世界でも中国の存在感が拡大していく可能性が高い。
  - 化石燃料だけでなく再エネやクリティカルミネラルの分野でも高まる中国の存在感
- 先進国との間での競合が高まれば、国際的な分断を招く恐れがある。

## ❖ レファレンスシナリオにおける再生可能発電への投資額（2021~2050年累積）



## ❖ 化石燃料とクリティカルミネラルの処理能力



注：石油は精製能力、ガスはLNG輸出能力  
出所：IEA, The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions

IEA. All rights reserved.

IEEJ Outlook 2022 IEEJ © 2021

## まとめ

- CNへの移行にはプラスの経済効果だけではなく費用も発生する。
  - 国や主体によってそのプラス・マイナスのバランスが異なることに留意
- エネルギー安全保障問題はより重層的になり、複雑化する。
  - 伝統的な資源の輸入依存度の問題に加えて、電力供給セキュリティやクリティカルミネラル確保の問題が今まで以上により重要な課題として浮上
- 過度な「上流投資不要論」は安定供給のリスク要因となる。
  - 現実の需給や各消費国の現状を踏まえたプラグマティックなCNへの移行プロセスの提示が必要
- CNへの移行は包括的（inclusive）な形で進められるべき。
  - 多様性を尊重し、CNへの移行における様々な格差や分断を可能な限り抑制
  - 日本は、途上国に対し、CNに向けた現実的なロードマップを共に考え、その実現に向けて自らが強みを持つ化石燃料の脱炭素化技術の導入支援や、ファイナンス、人材育成などの協力を進めることが求められる。

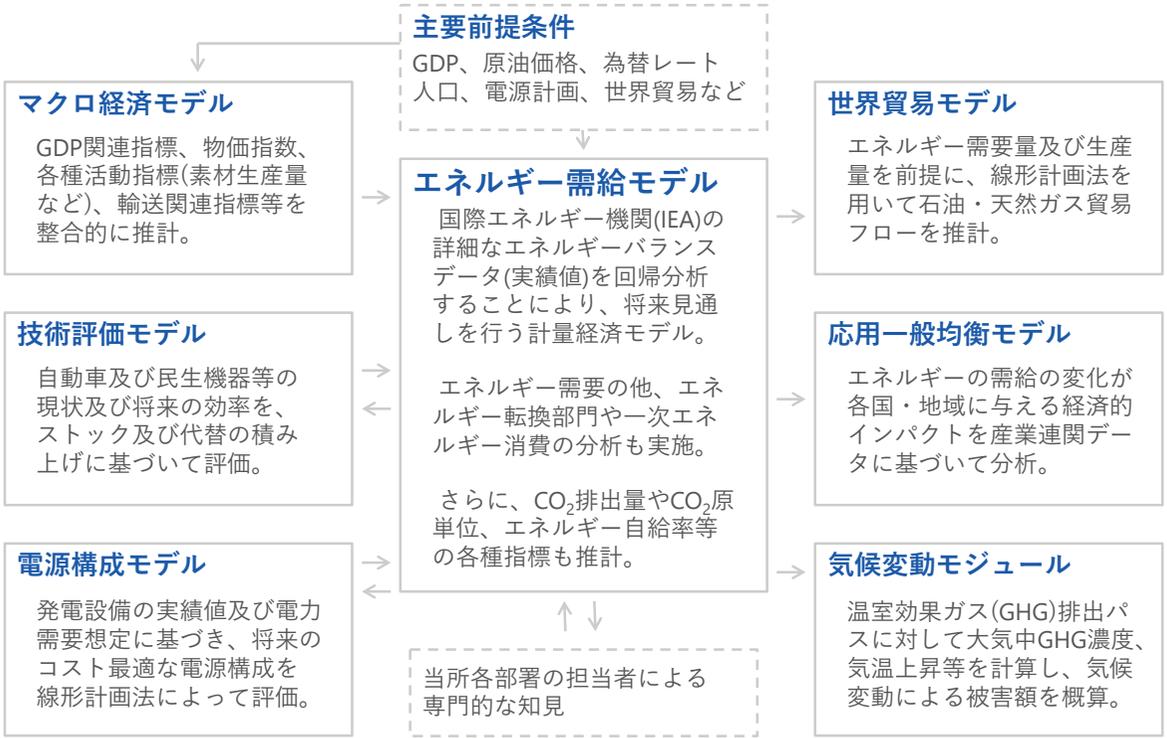
# 付属資料

## 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



# モデルの構造



IEEJ Outlook 2022 IEEJ © 2021

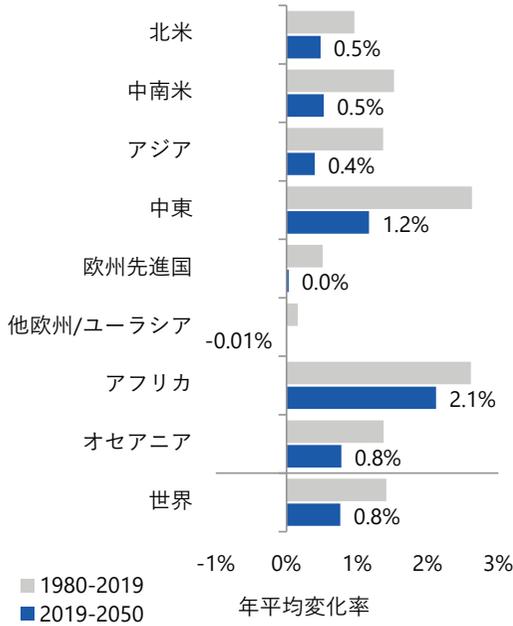
# IEEJ Outlook の基本シナリオ

	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：現状と同程度の水準を維持	需要増抑制のため価格上昇は限定的(石炭価格は低下)
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

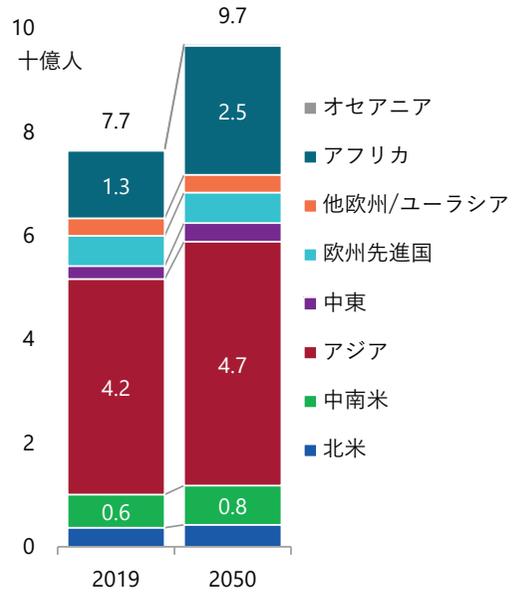
IEEJ Outlook 2022 IEEJ © 2021

# 人口

年平均増減率



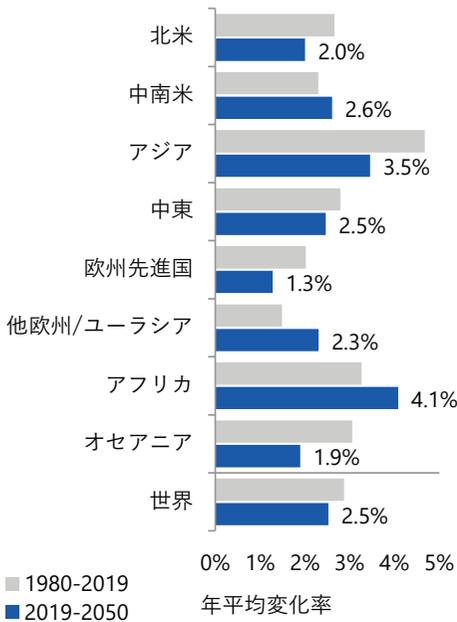
人口構成



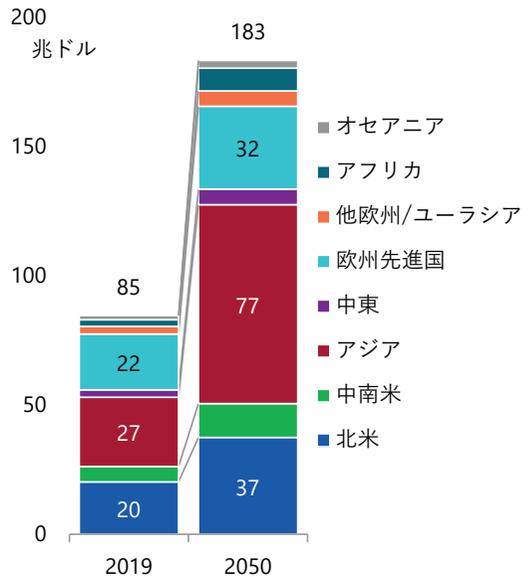
IEEJ Outlook 2022 IEEJ © 2021

# 実質GDP

経済成長率



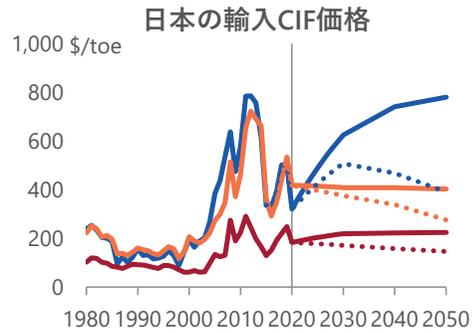
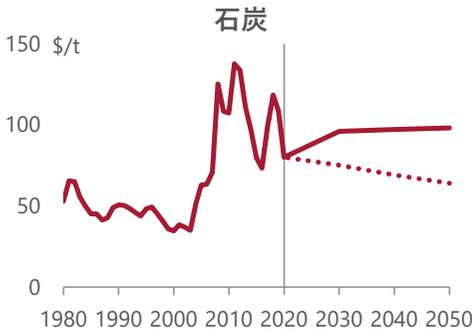
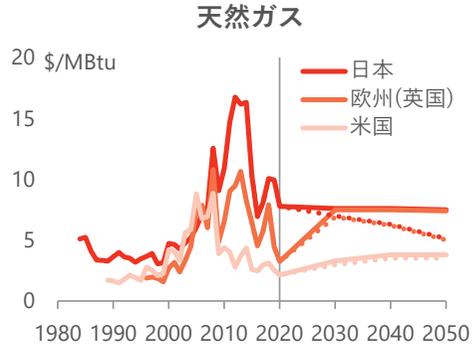
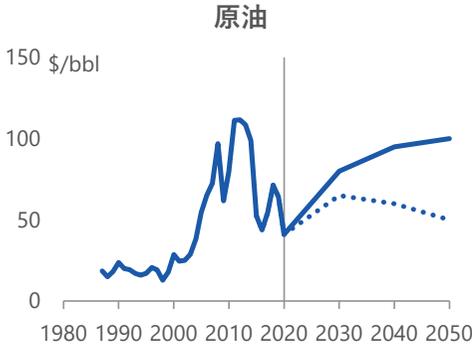
GDP構成



IEEJ Outlook 2022 IEEJ © 2021

# 国際化石燃料価格

レファレンス：実線  
技術進展：破線



(注)実績値は名目価格、見通しは2020年価格

IEEJ Outlook 2022 IEEJ © 2021

# エネルギー・環境技術の前提

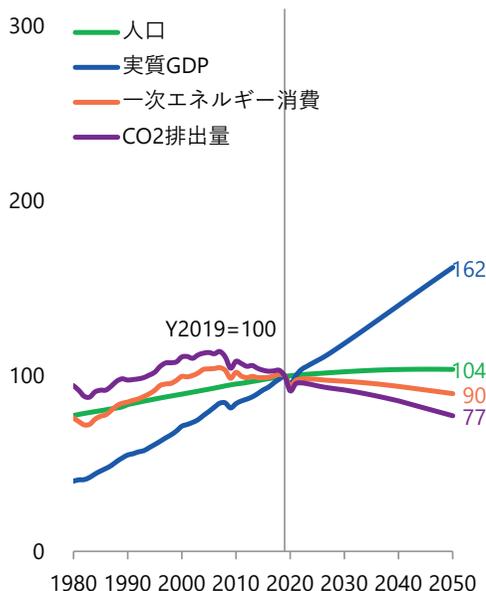


	2019	2050		技術進展シナリオにおける前提
		レファレンス	技術進展	
<b>エネルギー効率の改善</b>				
産業部門 鉄鋼業の原単位 (ktoe/kit)	0.271	0.244	0.205	2050年までにBest Available Technologyが100%普及
窯業土石業の原単位	0.092	0.076	0.064	
運輸部門 電動乗用車販売比率	5%	63%	91%	電動自動車のコスト低下。燃料インフラを含む普及促進策の強化 ※電動自動車:ハイブリッド車、プラグインハイブリッド車、電気自動車、燃料電池車
乗用車新車燃費 (km/L)	14.4	26.8	37.0	
民生部門 家庭の総合効率 (Y2019=100)	100	157	201	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	153	178	
発電部門 火力発電効率(発電端)	38%	46%	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
<b>低炭素エネルギーの導入</b>				
運輸用バイオ燃料消費量 (Mtoe)	95	145	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)	428	476	731	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)	622	1,981	3,890	発電コストのさらなる低下 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
太陽光発電設備容量 (GW)	581	3,015	5,427	
CCS付設火力発電設備容量 (GW)	0	0	1,152	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)	37%	44%	80%	国際連系を含む系統システムの効率的運用

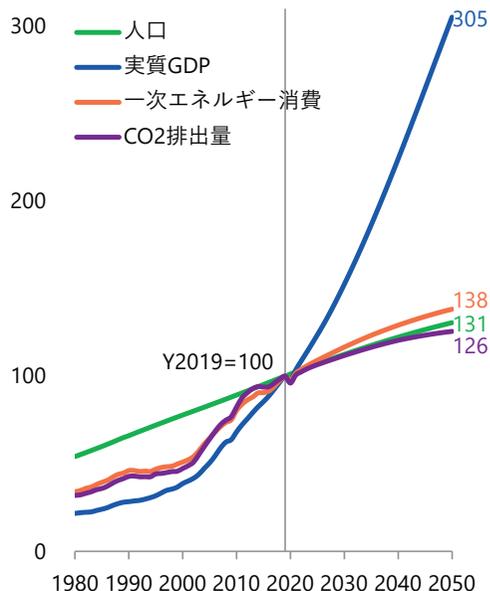
IEEJ Outlook 2022 IEEJ © 2021

# 人口、GDP、エネルギー消費、CO<sub>2</sub>排出量

先進国



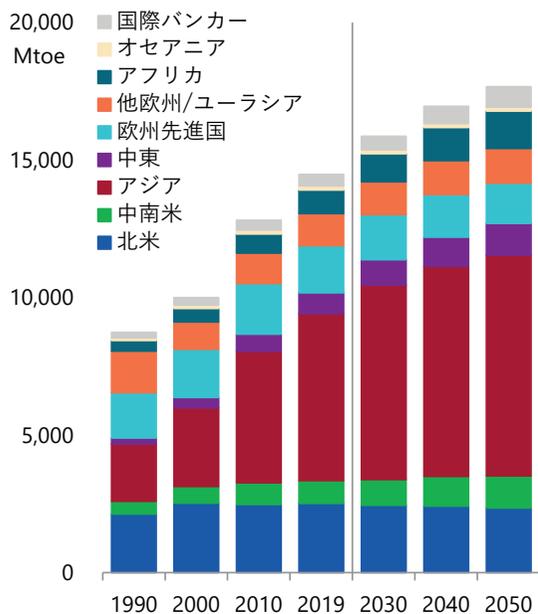
新興・途上国



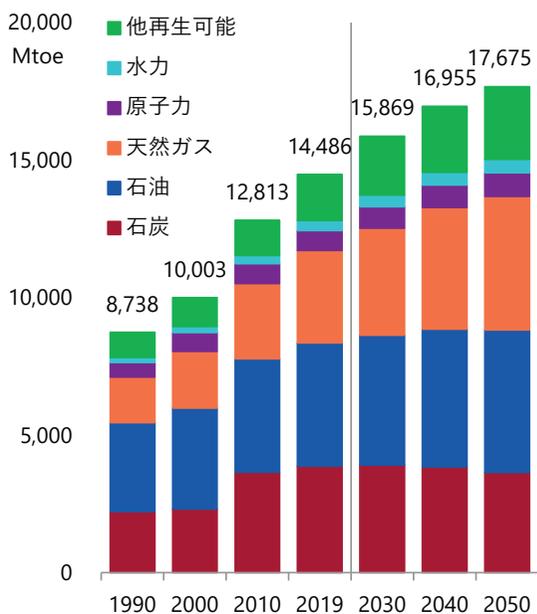
IEEJ Outlook 2022 IEEJ © 2021

# 一次エネルギー消費

地域別



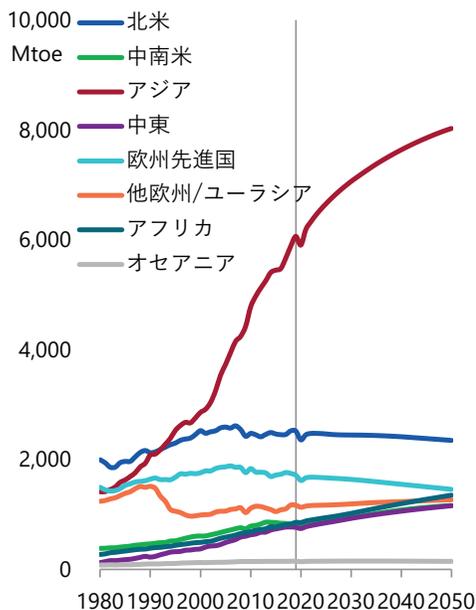
エネルギー源別



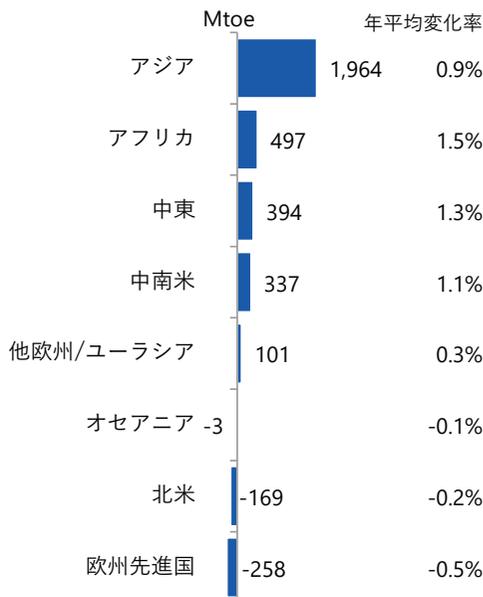
IEEJ Outlook 2022 IEEJ © 2021

# 一次エネルギー消費(地域別)

エネルギー消費量



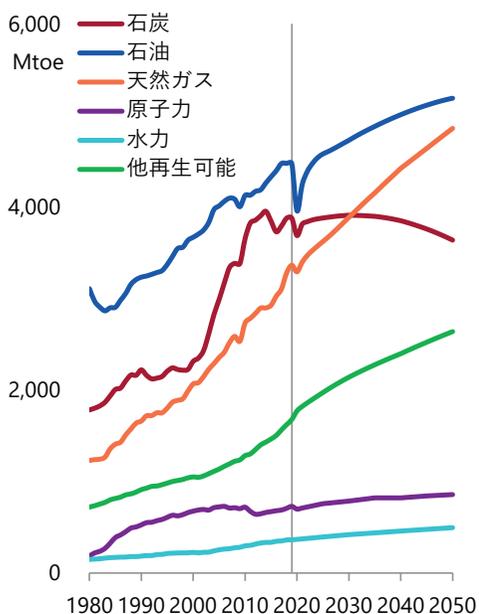
増減分(2019-2050年)



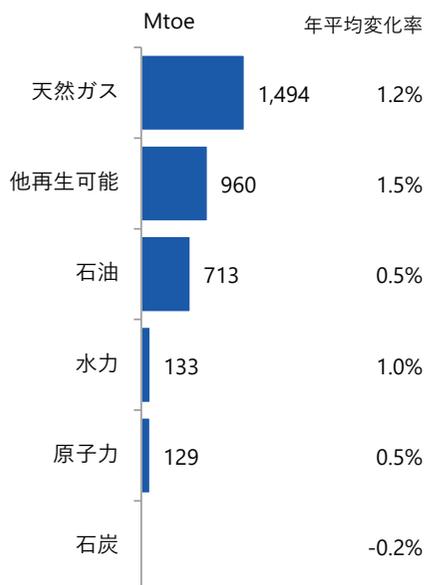
IEEJ Outlook 2022 IEEJ © 2021

# 一次エネルギー消費(エネルギー別)

エネルギー消費量



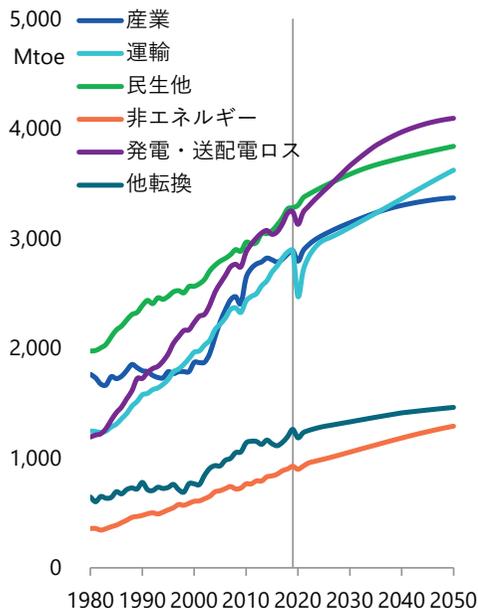
増減分(2019-2050年)



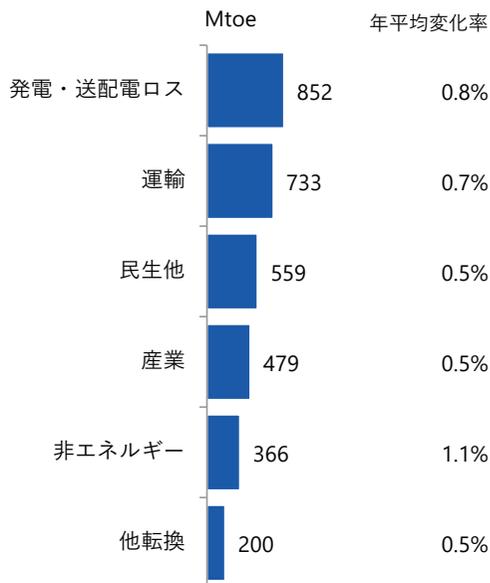
IEEJ Outlook 2022 IEEJ © 2021

# 一次エネルギー消費(部門別)

エネルギー消費量



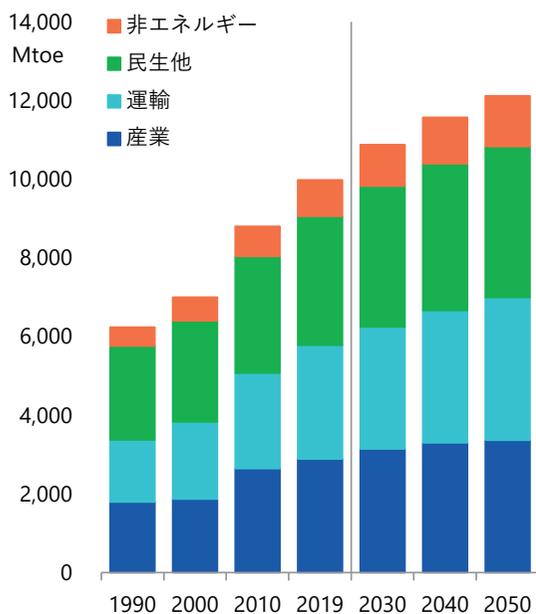
増減分(2019-2050年)



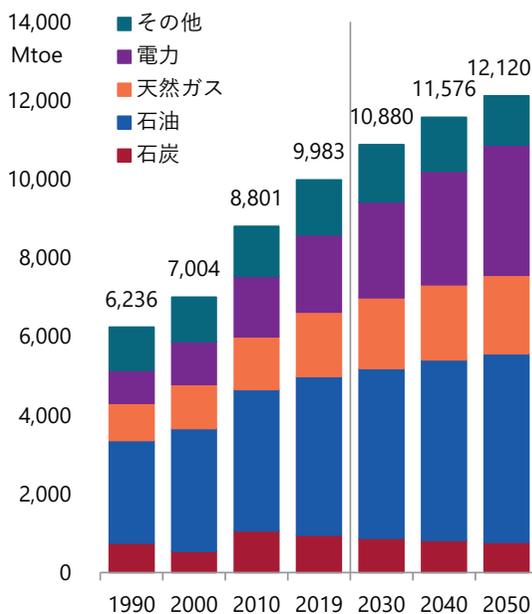
IEEJ Outlook 2022 IEEJ © 2021

# 最終エネルギー消費

部門別



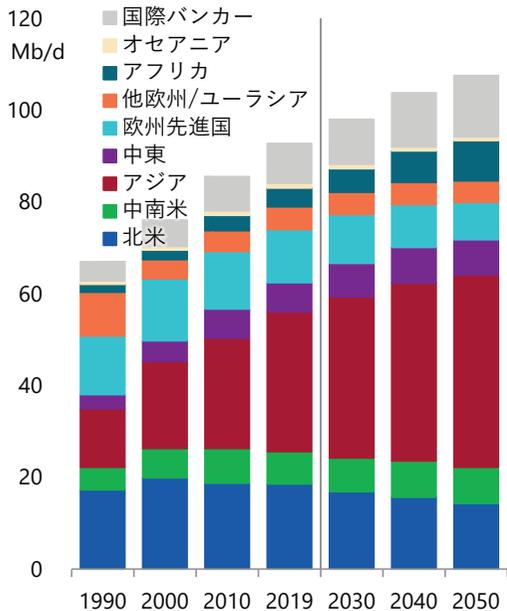
エネルギー源別



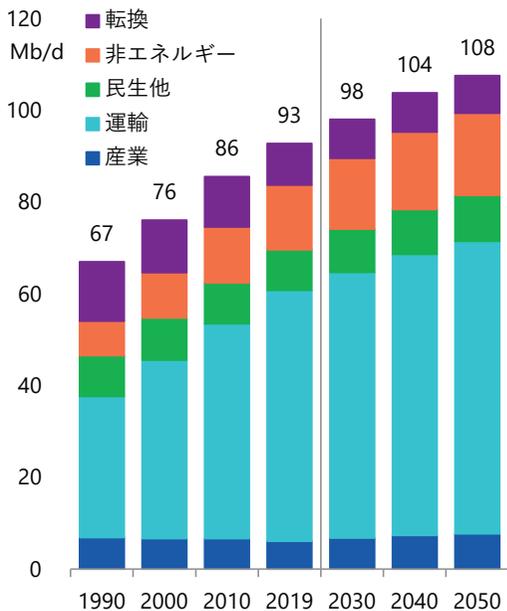
IEEJ Outlook 2022 IEEJ © 2021

# 石油消費

地域別



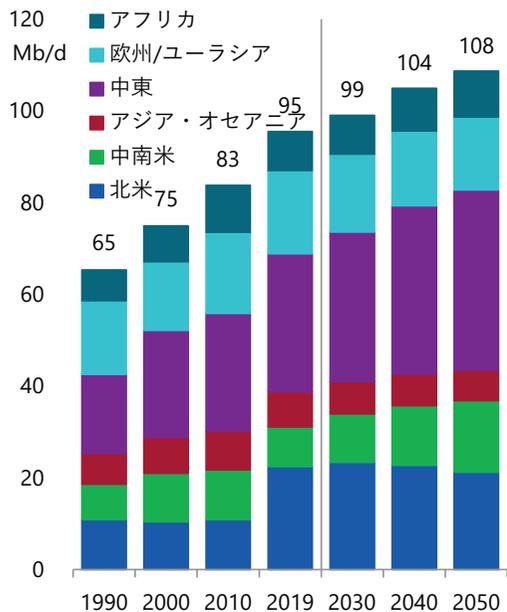
部門別



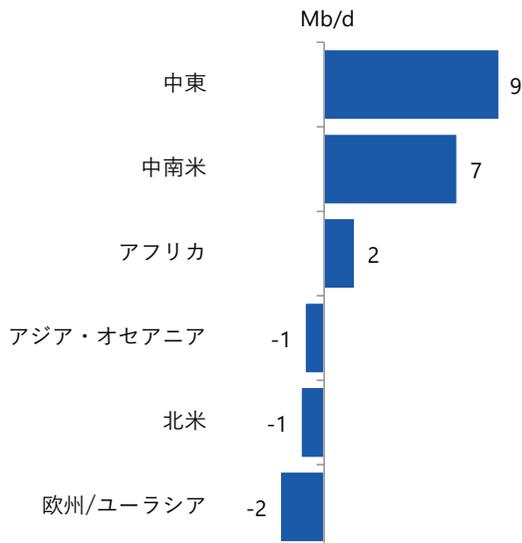
IEEJ Outlook 2022 IEEJ © 2021

# 原油生産

地域別

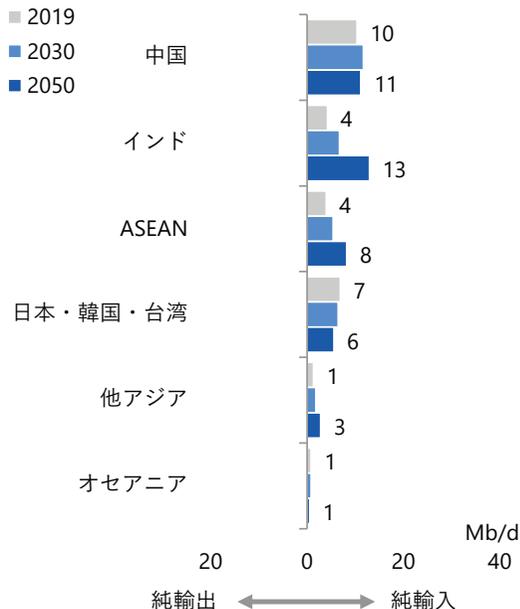
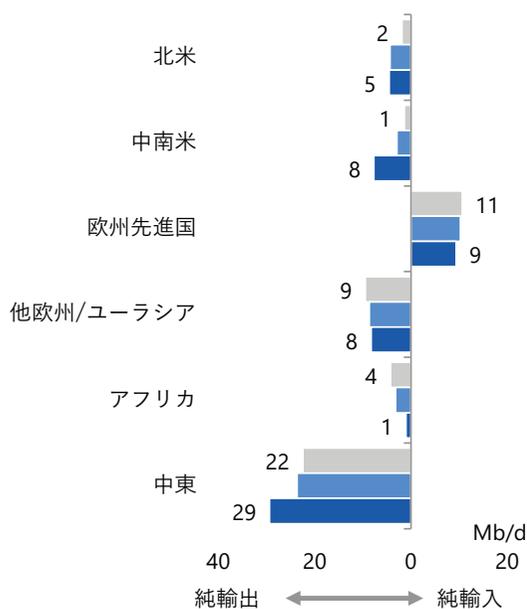


増減分(2019-2050年)



IEEJ Outlook 2022 IEEJ © 2021

# 石油純輸出入量

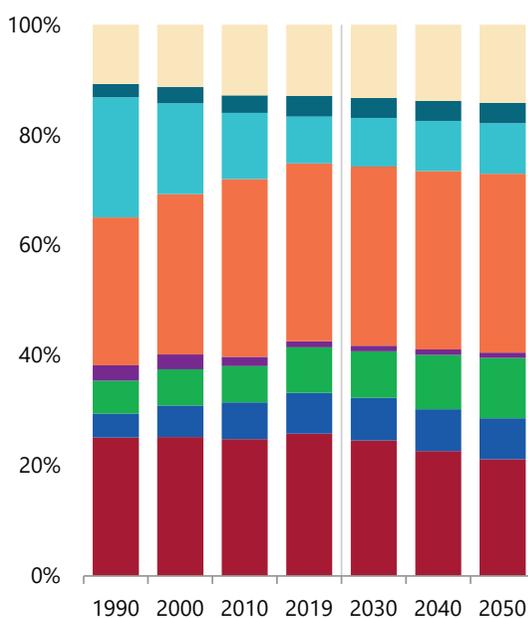
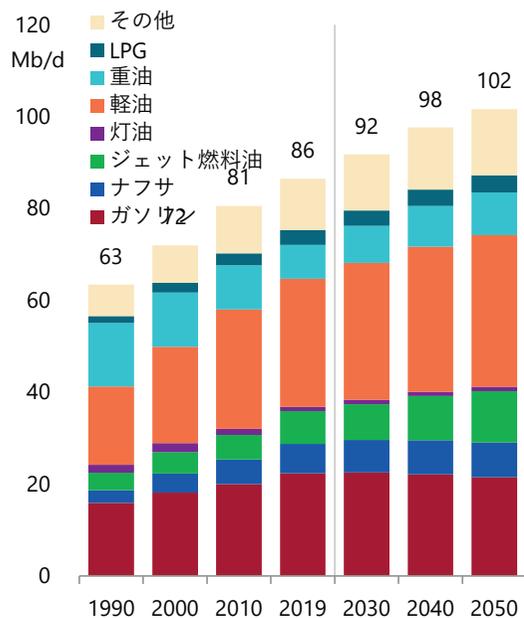


IEEJ Outlook 2022 IEEJ © 2021

# 石油製品需要

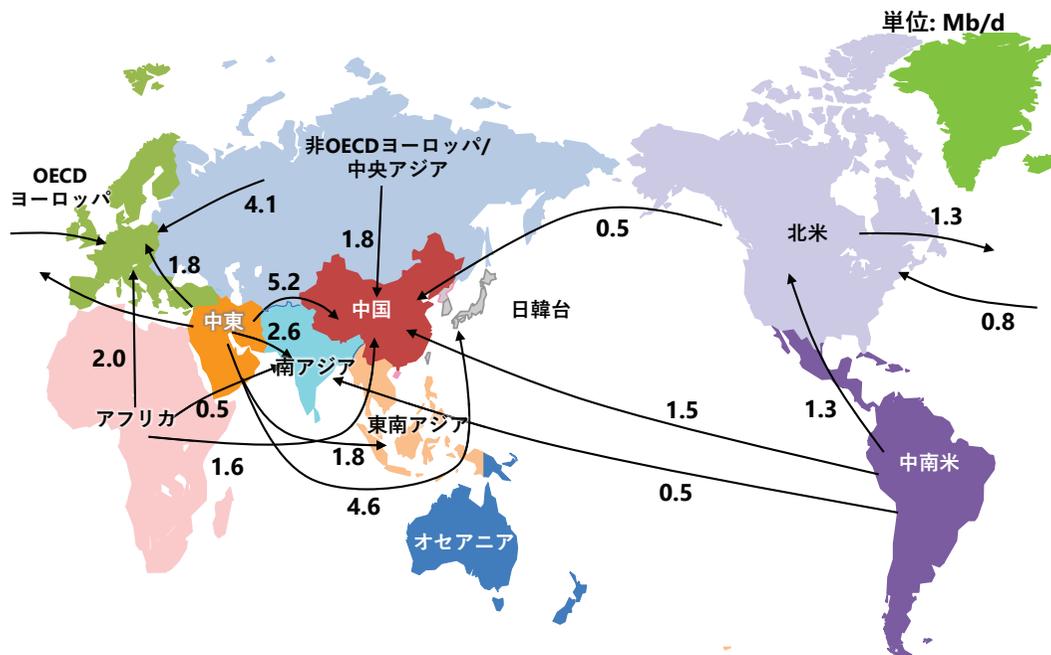
需要量

構成比



IEEJ Outlook 2022 IEEJ © 2021

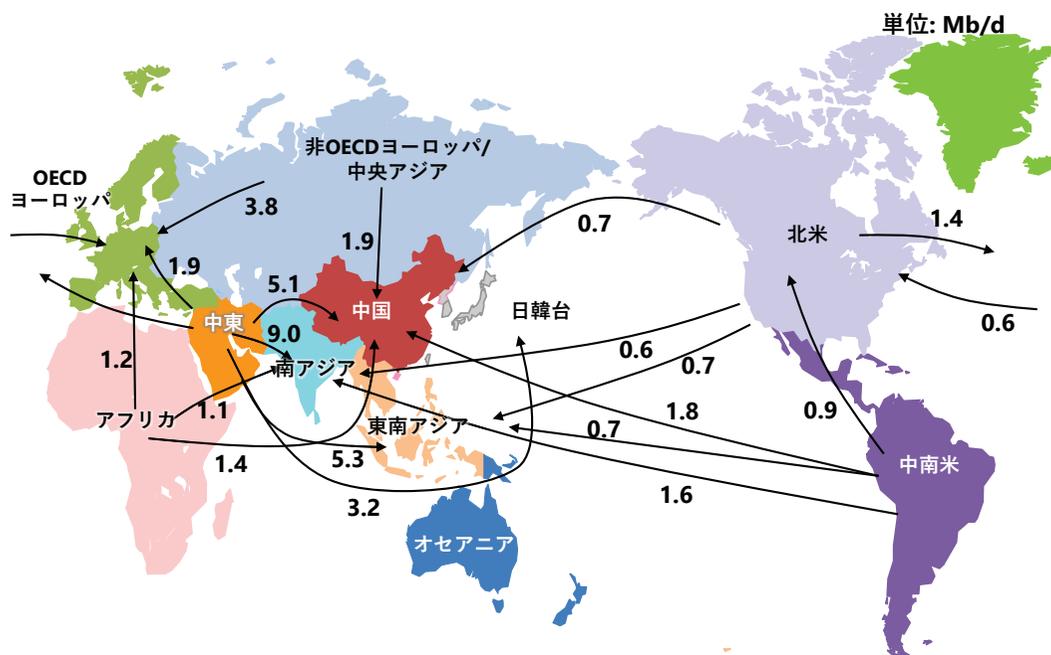
# 主要な原油貿易フロー(2020年)



IEE Outlook 2022 IEEJ © 2021

(注) 0.5Mb/d以上のフローを記載

# 主要な原油貿易フロー(2050年)

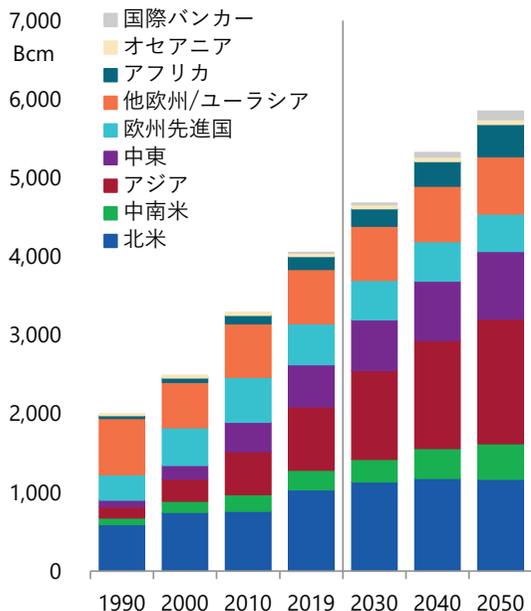


IEE Outlook 2022 IEEJ © 2021

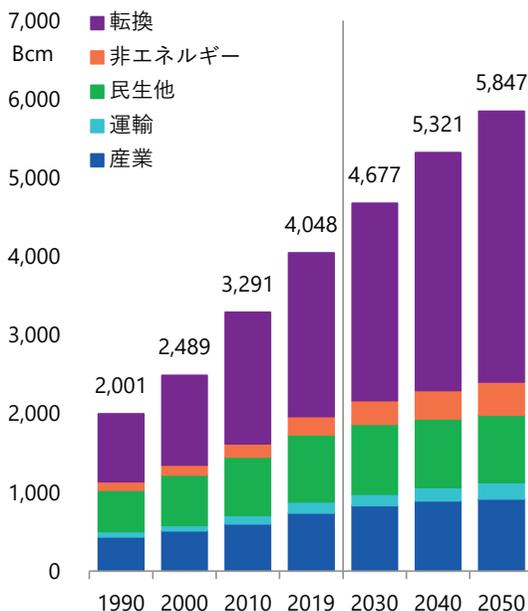
(注) 0.5Mb/d以上のフローを記載

# 天然ガス消費

地域別



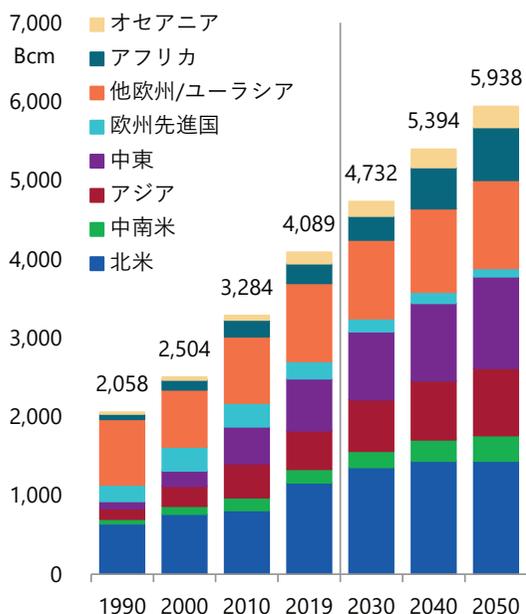
部門別



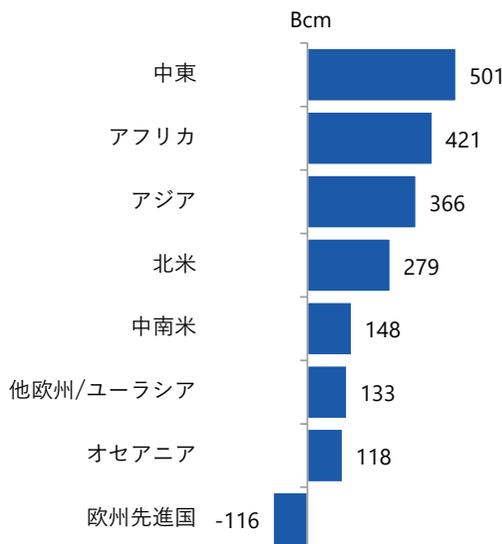
IEEJ Outlook 2022 IEEJ © 2021

# 天然ガス生産

地域別

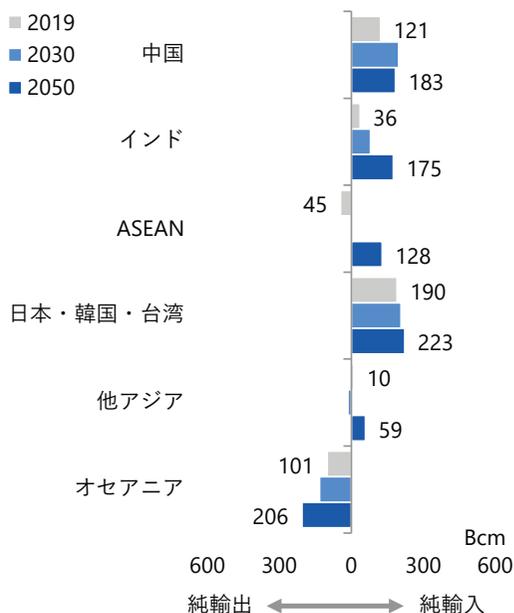
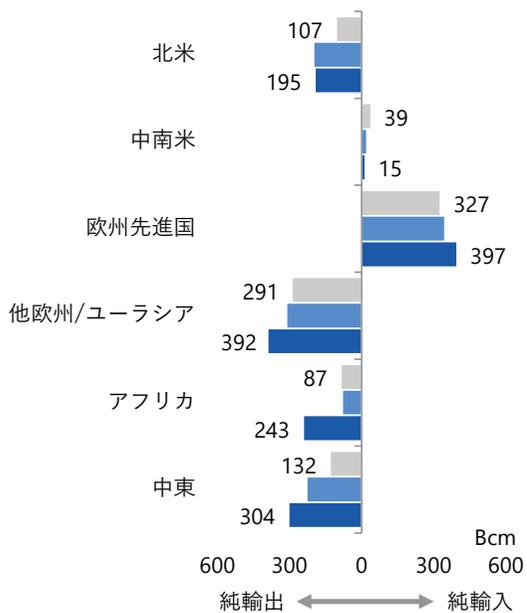


増減分(2019-2050)



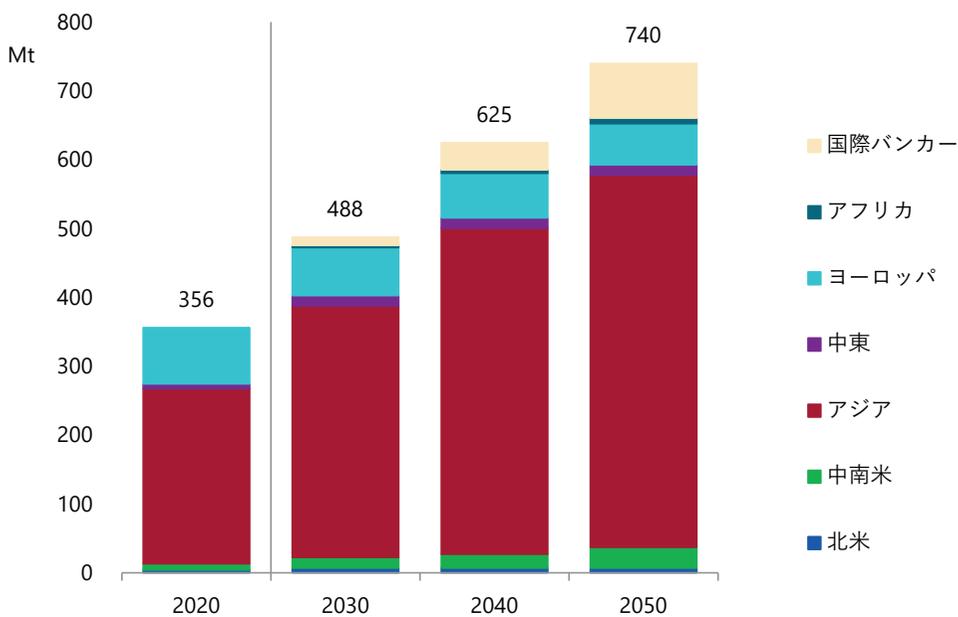
IEEJ Outlook 2022 IEEJ © 2021

# 天然ガス純輸出入量



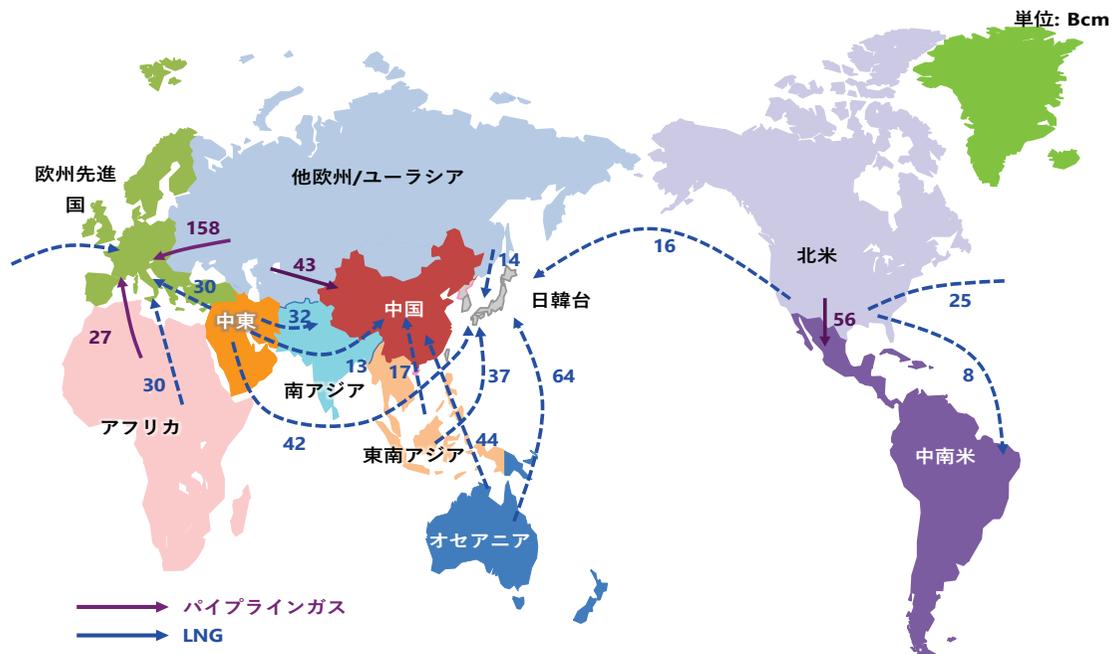
IEEJ Outlook 2022 IEEJ © 2021

# LNG需要量



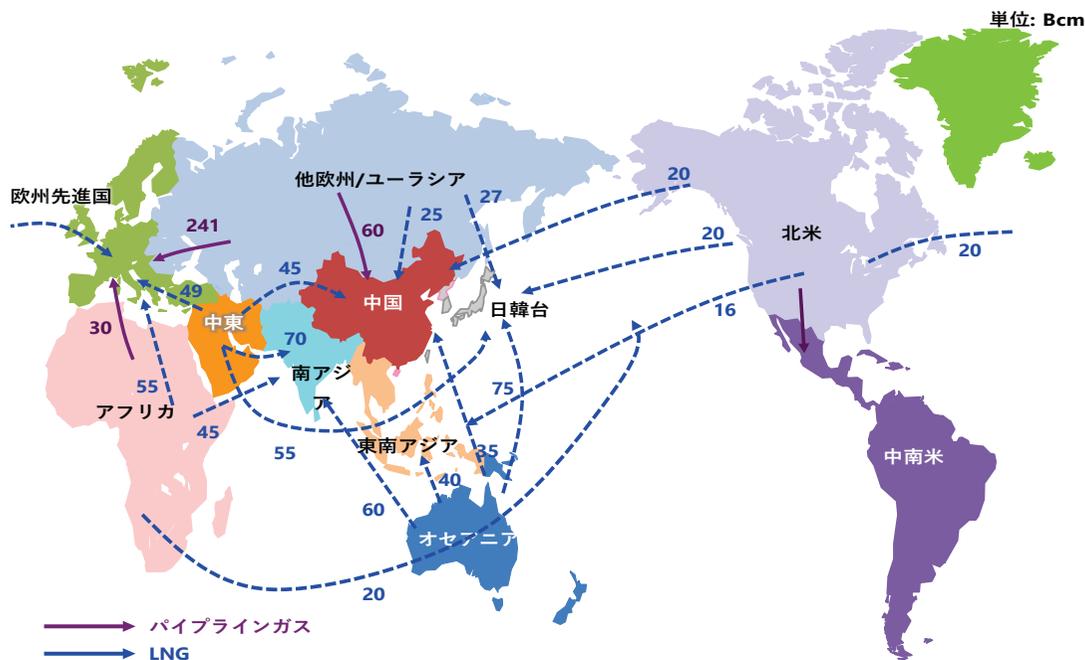
IEEJ Outlook 2022 IEEJ © 2021

# 主要な天然ガス貿易フロー(2020年)



IEE Outlook 2022 IEEJ © 2021

# 主要な天然ガス貿易フロー(2050年)

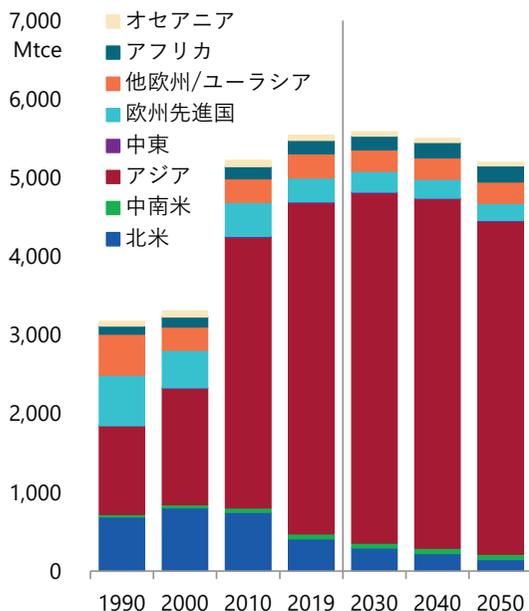


(注) 本図には、主な地域間貿易を記載しており、全貿易量を包含するものではない。一部、パイプラインガスがLNGに代替される可能性がある。

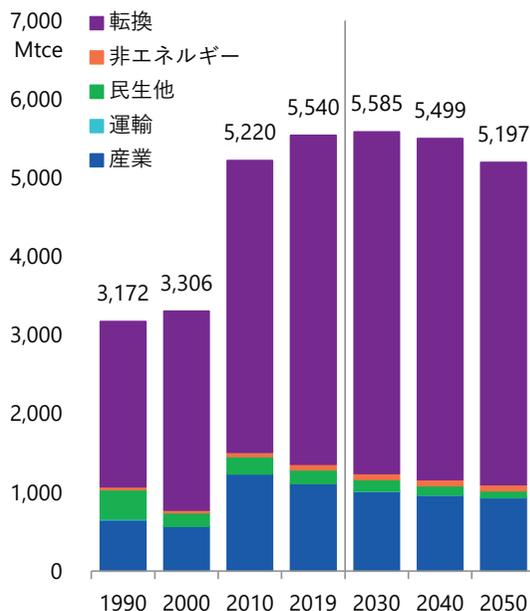
IEE Outlook 2022 IEEJ © 2021

# 石炭消費

地域別



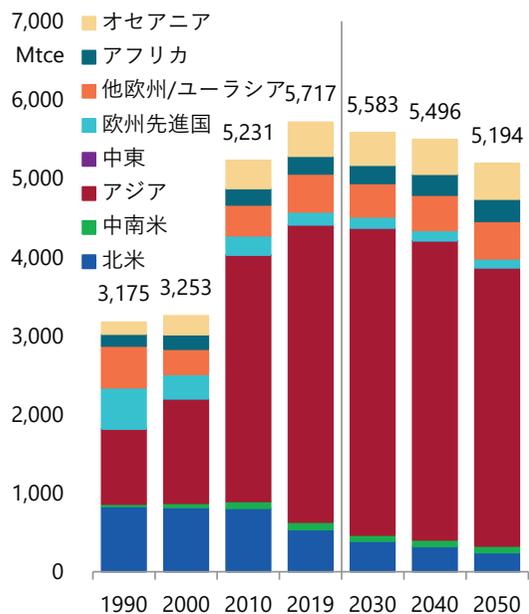
部門別



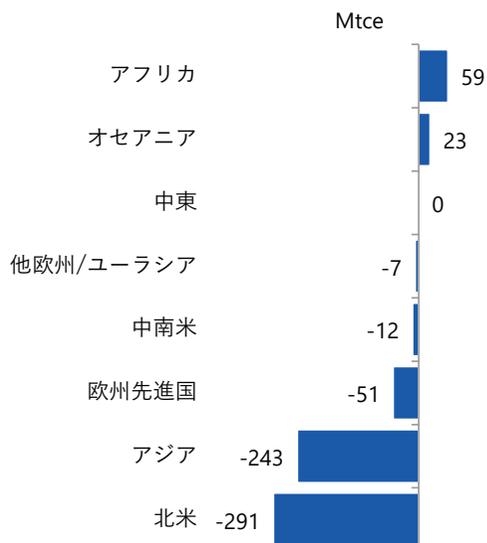
IEEJ Outlook 2022 IEEJ © 2021

# 石炭生産

地域別

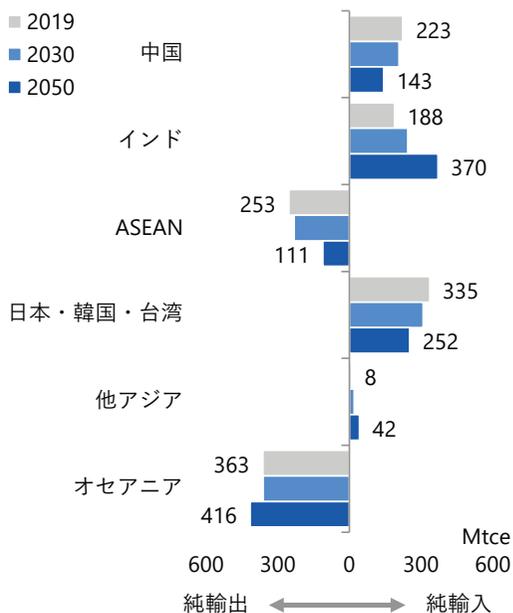
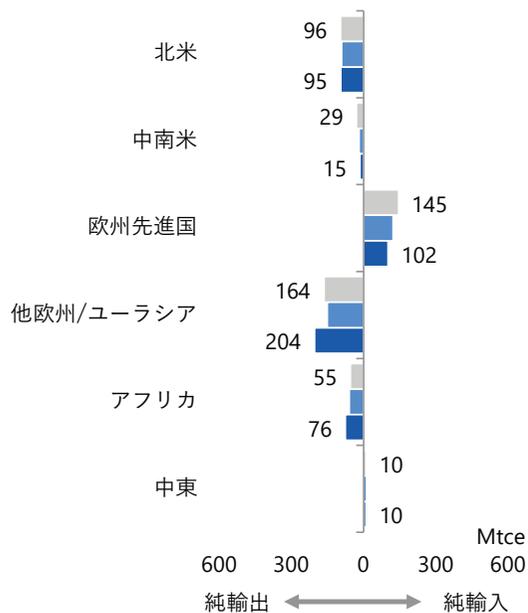


増減分(2019-2050年)



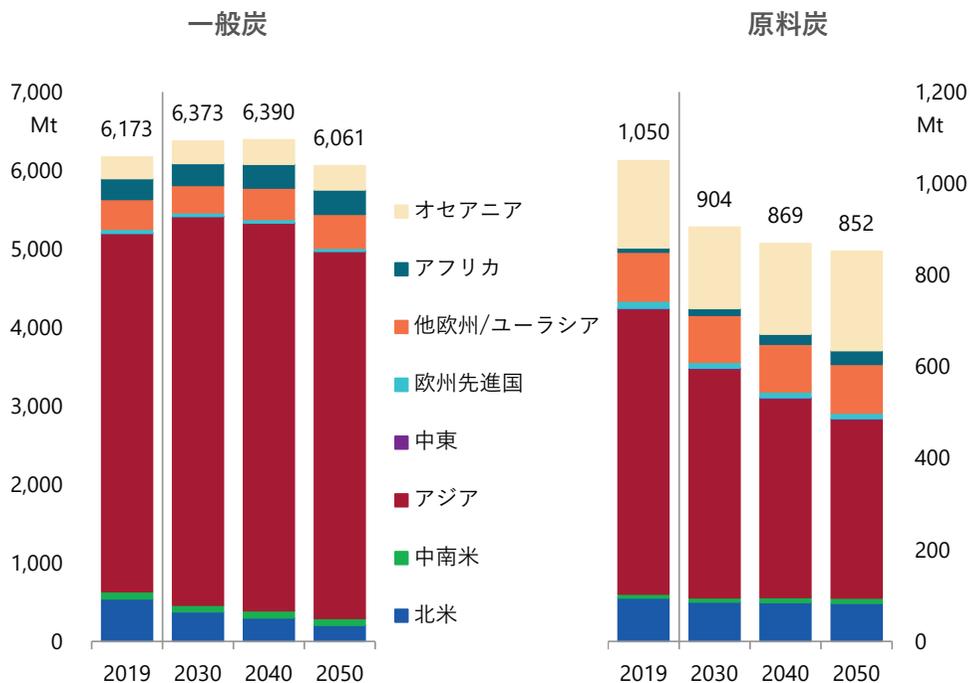
IEEJ Outlook 2022 IEEJ © 2021

# 石炭純輸出入量



IEEJ Outlook 2022 IEEJ © 2021

# 石炭生産(一般炭・原料炭)

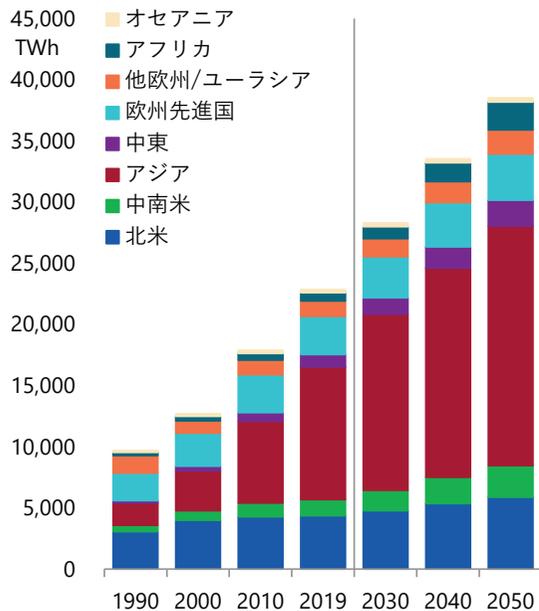


IEEJ Outlook 2022 IEEJ © 2021

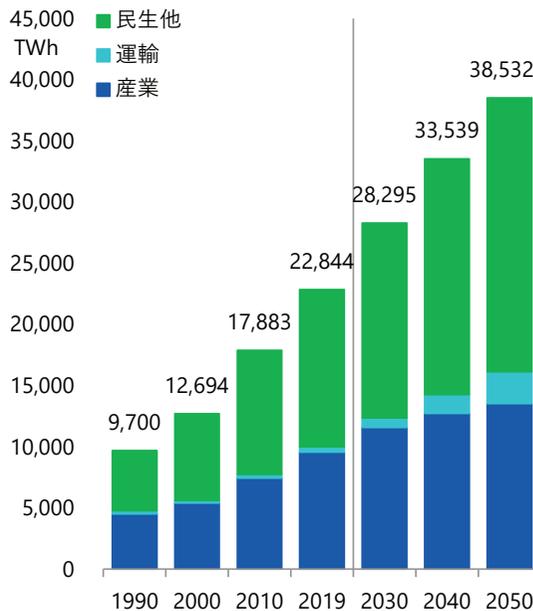


# 電力最終消費

地域別



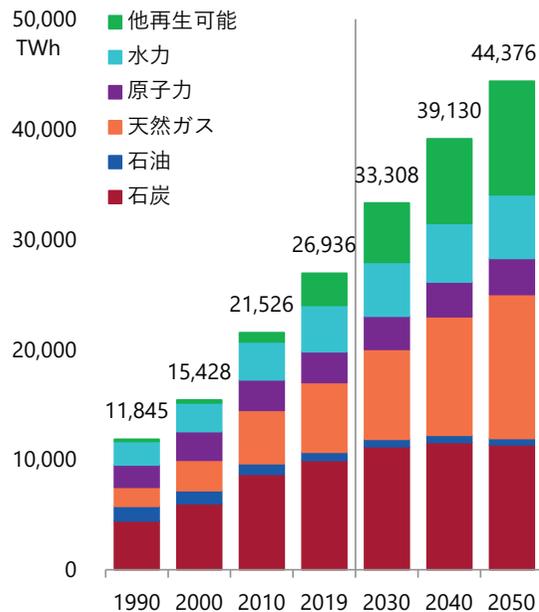
部門別



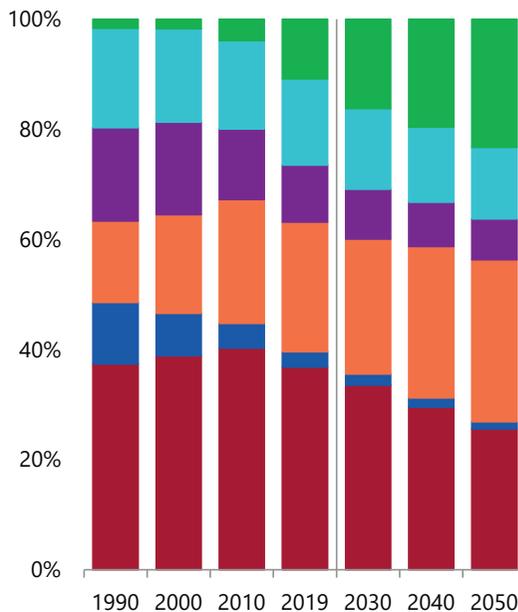
IEEJ Outlook 2022 IEEJ © 2021

# 発電構成

発電量



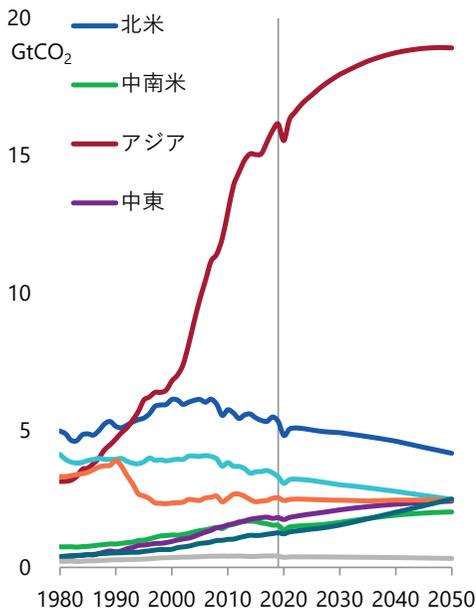
発電量シェア



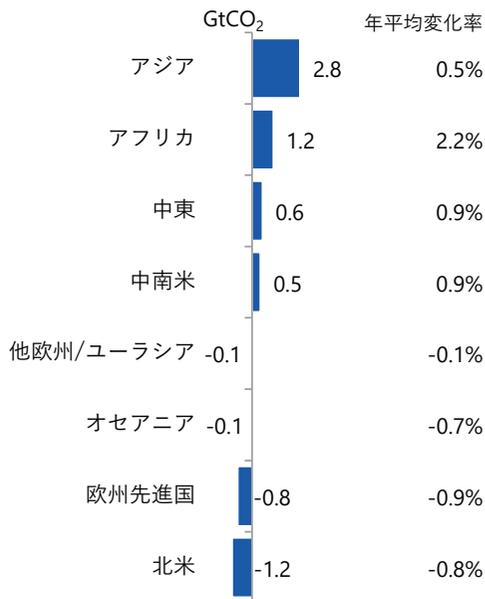
IEEJ Outlook 2022 IEEJ © 2021

# CO<sub>2</sub>排出量

エネルギー起源CO<sub>2</sub>排出量



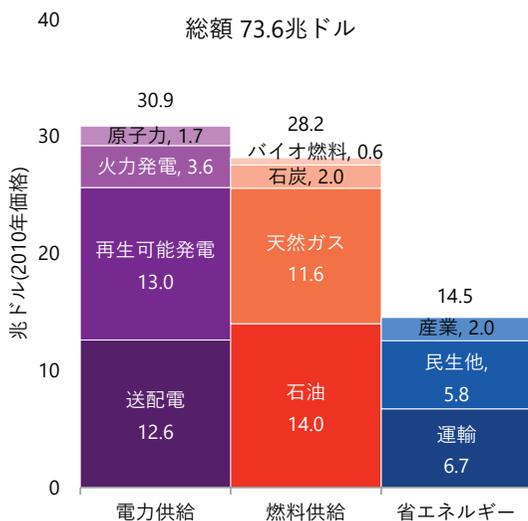
増減分(2019-2050年)



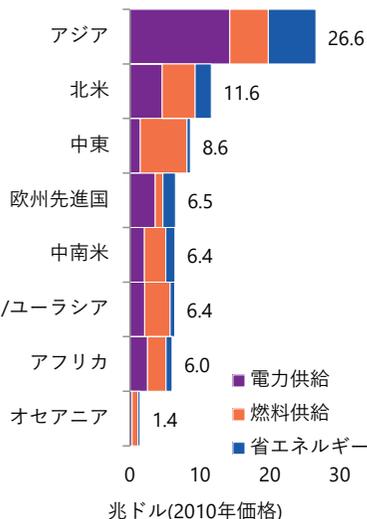
IEEJ Outlook 2022 IEEJ © 2021

# エネルギー関連投資額 (2021年~2050年 累積投資額)

部門別



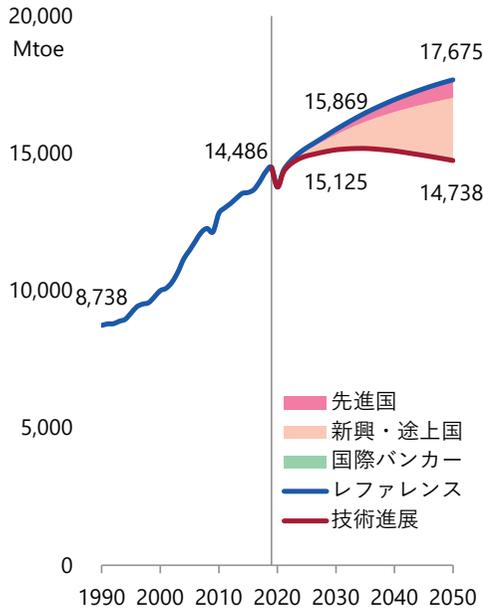
地域別



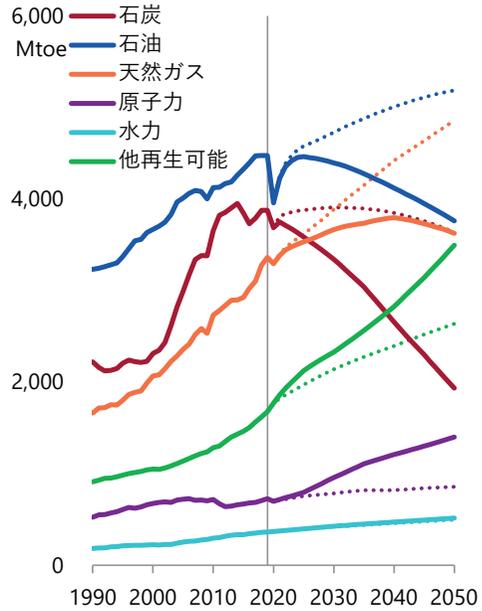
IEEJ Outlook 2022 IEEJ © 2021

# 一次エネルギー消費

国・地域別



エネルギー源別

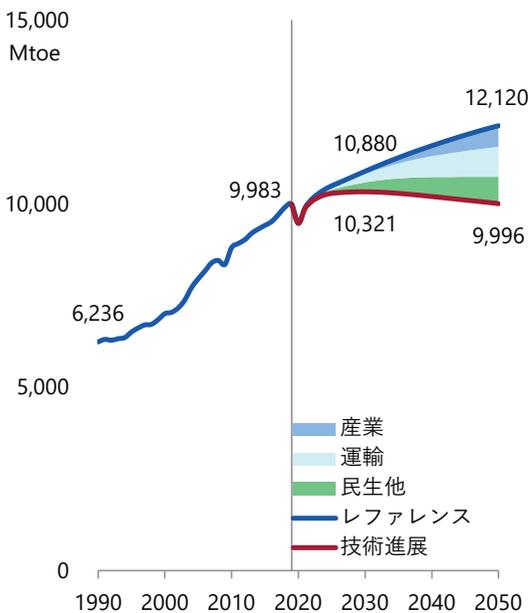


(注)実線：技術進展、破線：レファレンス

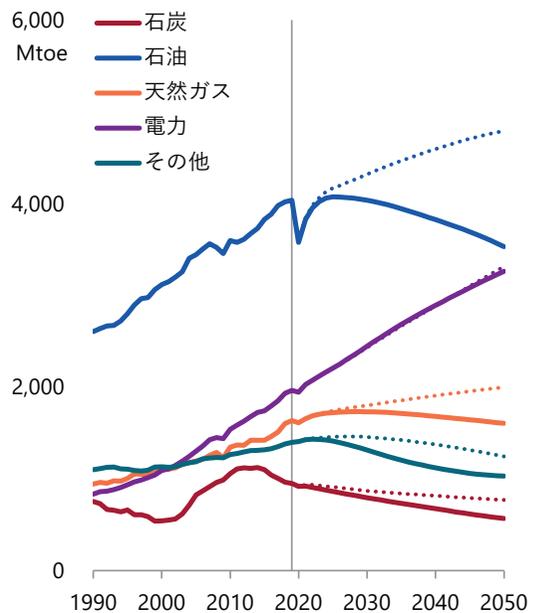
IEEJ Outlook 2022 IIEJ © 2021

# 最終エネルギー消費

部門別



エネルギー源別

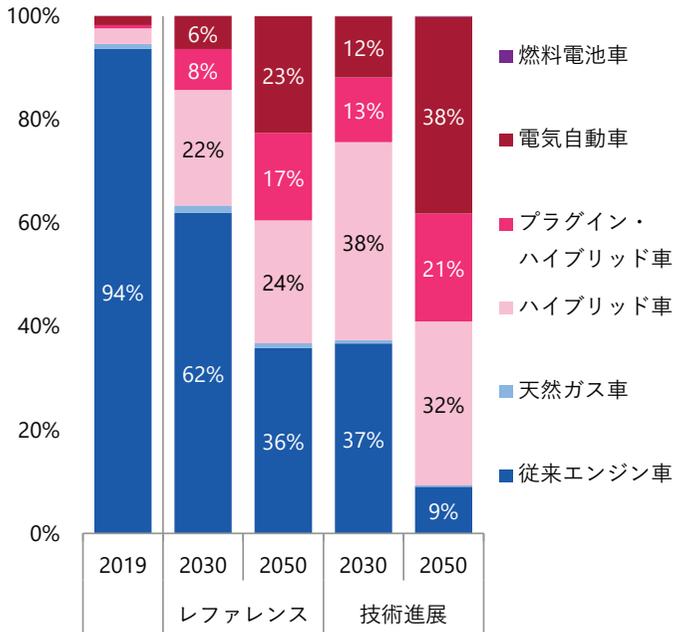


(注)実線：技術進展、破線：レファレンス

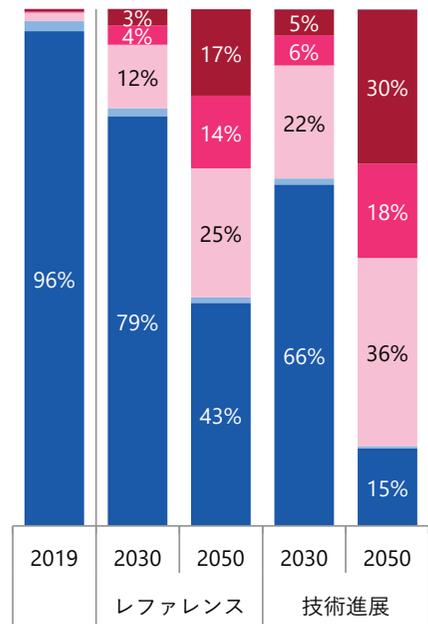
IEEJ Outlook 2022 IIEJ © 2021

# 自動車駆動タイプ構成(乗用車)

新車販売台数構成



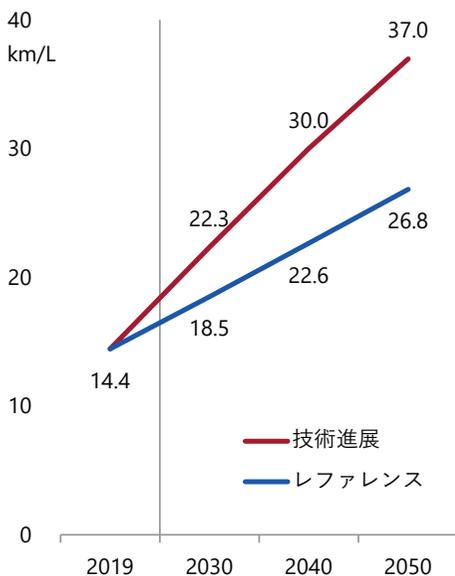
保有台数構成



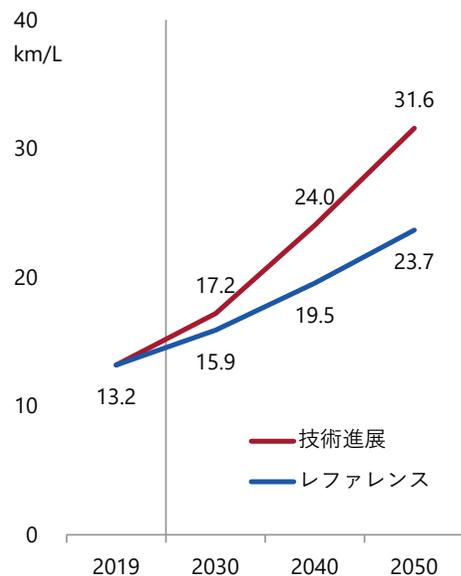
IEEJ Outlook 2022 IEEJ © 2021

# 自動車燃費(乗用車)

新車燃費



保有燃費

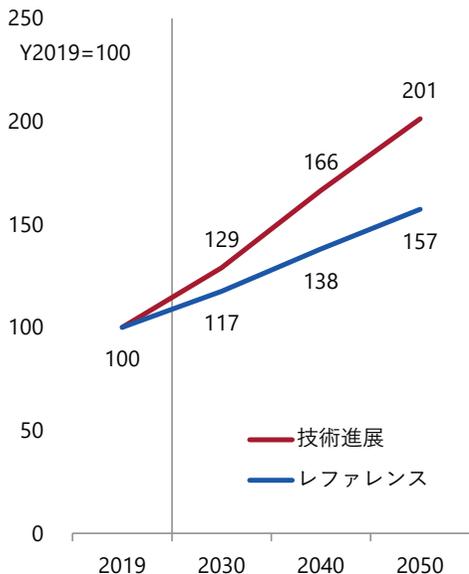


IEEJ Outlook 2022 IEEJ © 2021

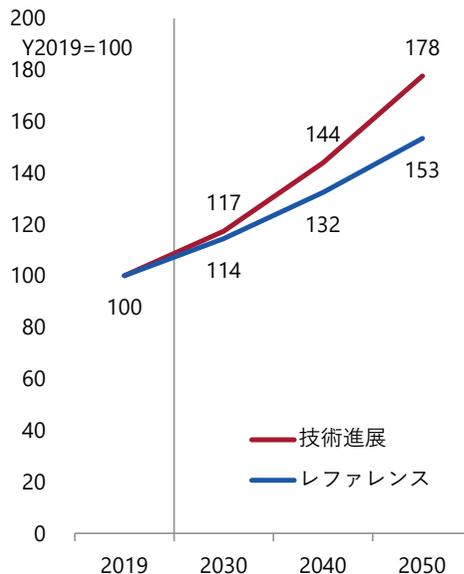
(注) km/L: ガソリン換算1Lあたり走行距離

# 民生部門総合効率

家庭部門



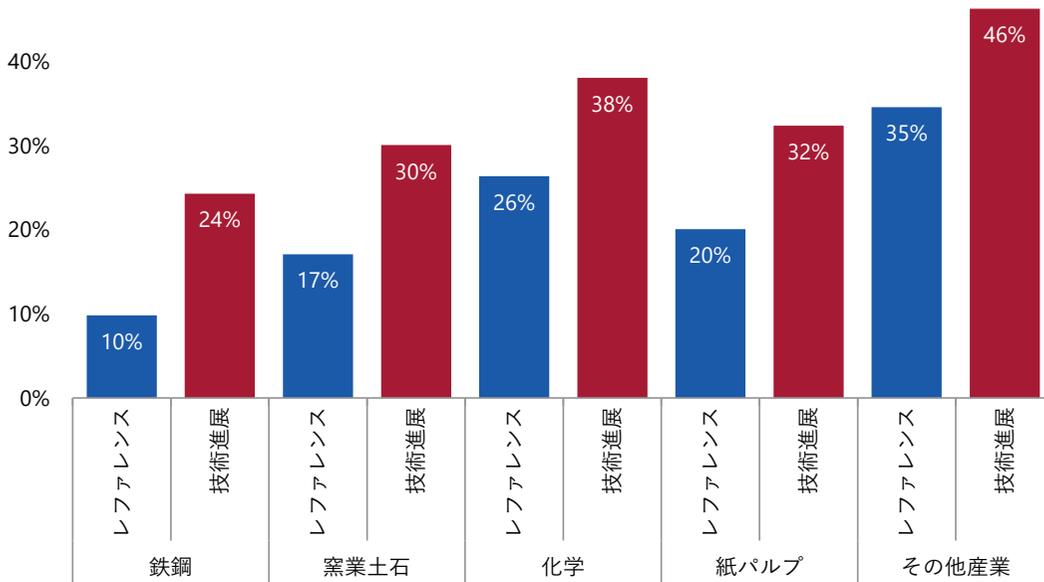
業務部門



IEEJ Outlook 2022 IEEJ © 2021

# 産業部門原単位改善率

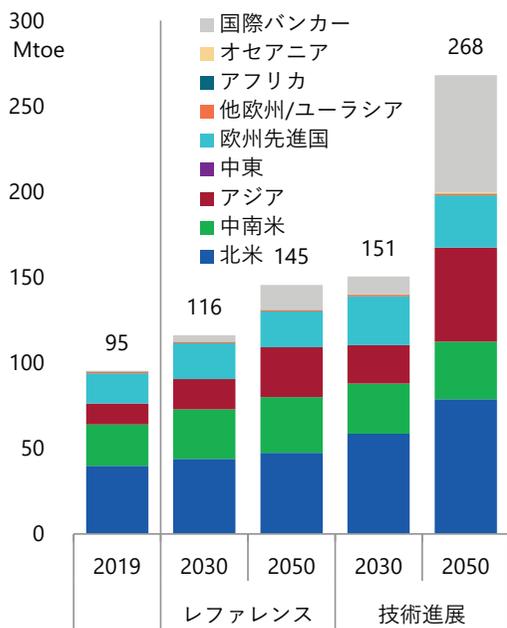
2019年比改善率



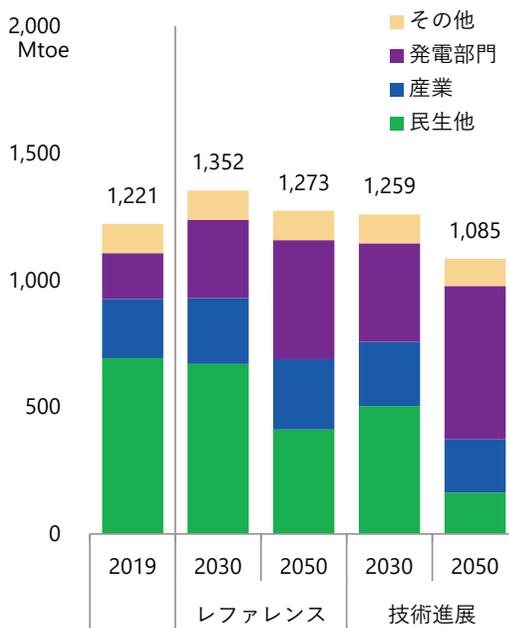
IEEJ Outlook 2022 IEEJ © 2021

# バイオマスエネルギー

輸送用バイオ燃料

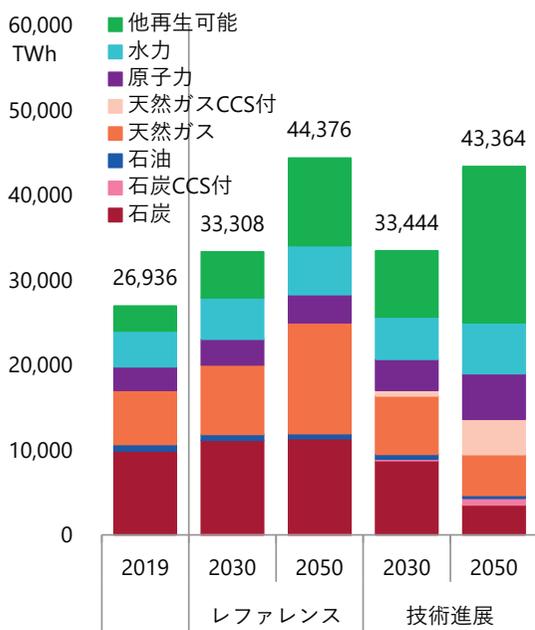


固形バイオマス利用量

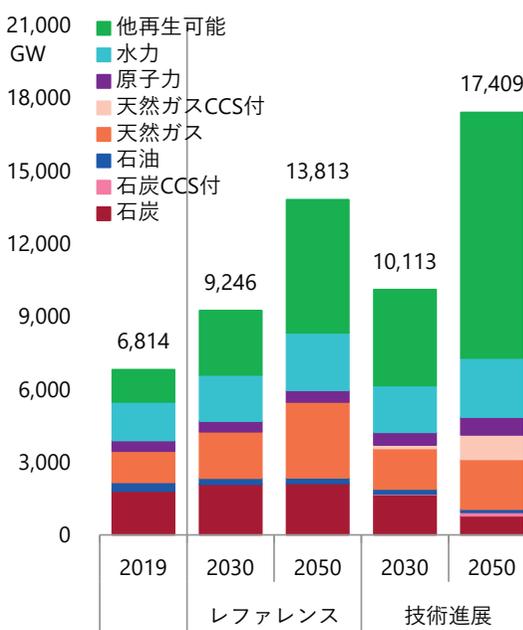


# 発電構成

発電量



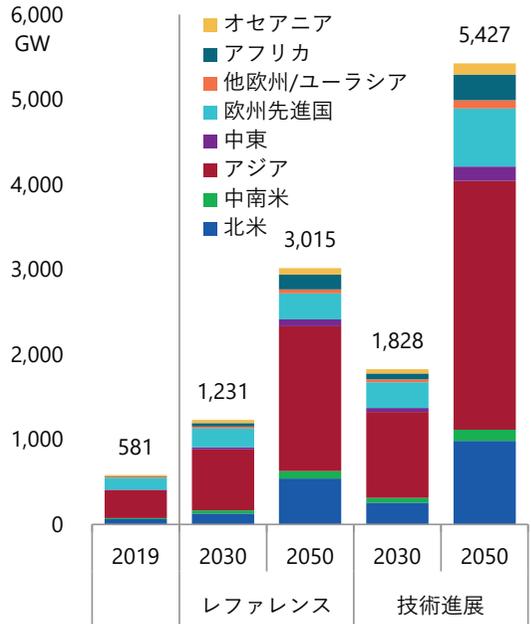
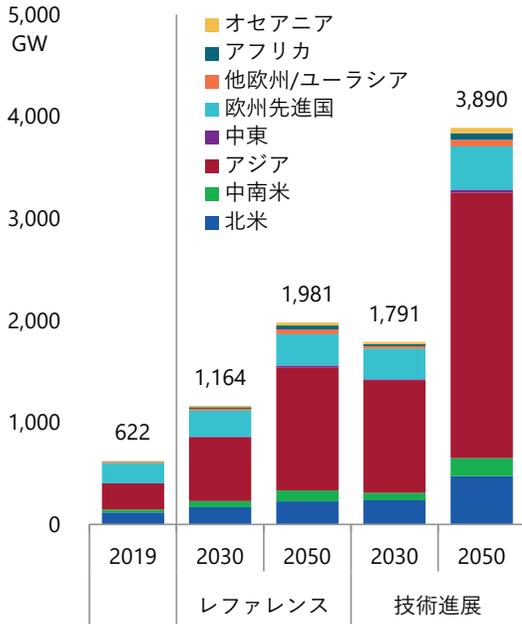
発電設備容量



# 風力・太陽光発電設備容量

風力発電

太陽光発電

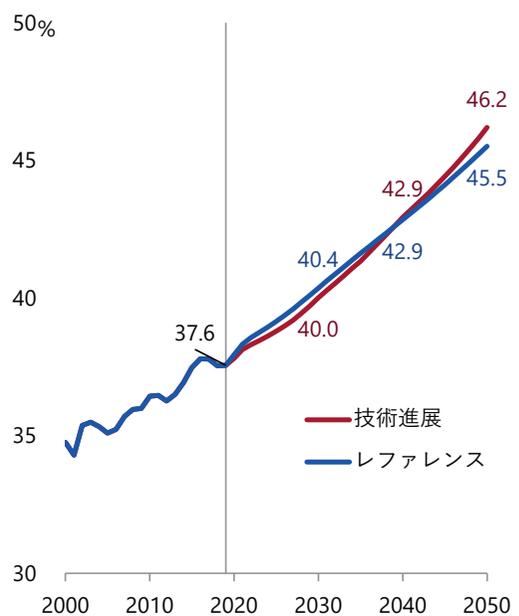
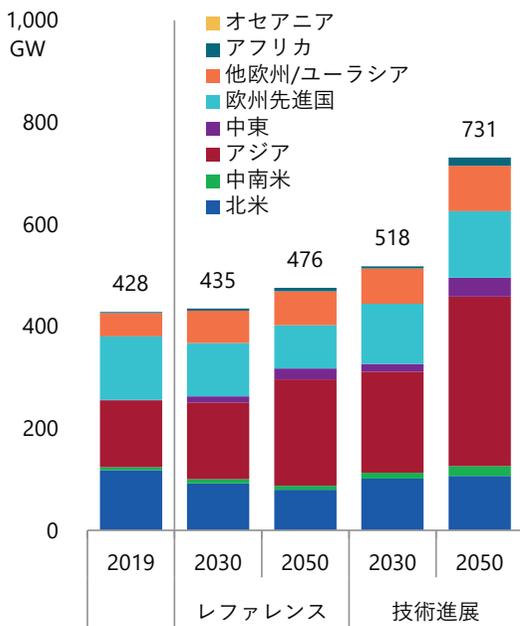


IEEJ Outlook 2022 IEEJ © 2021

# 原子力発電設備容量・火力発電効率

原子力発電

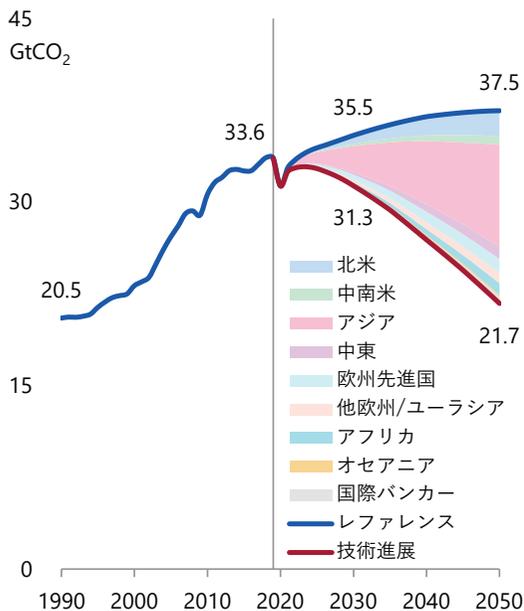
火力発電効率(発電端)



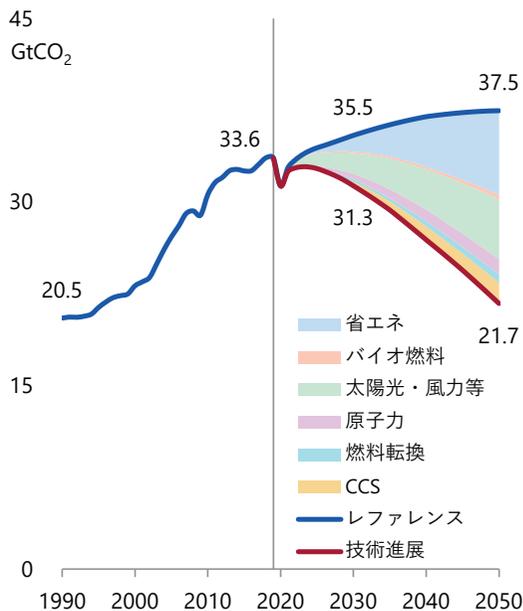
IEEJ Outlook 2022 IEEJ © 2021

# CO<sub>2</sub>排出量

国・地域別



技術別

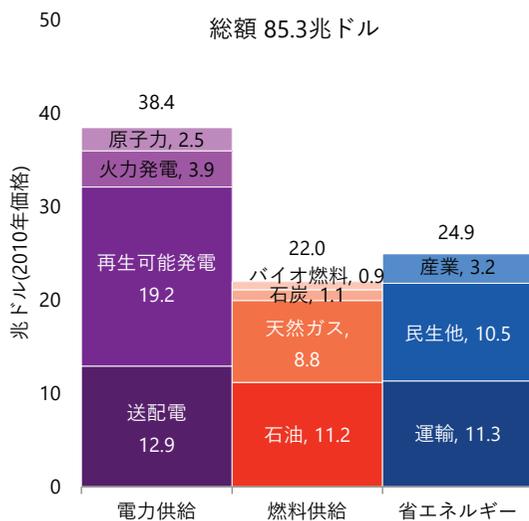


IEEJ Outlook 2022 IEEJ © 2021

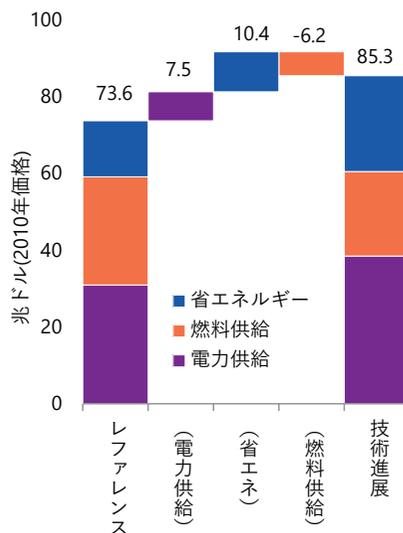
# エネルギー関連投資額

(2021年～2050年 累積投資額)

部門別投資額



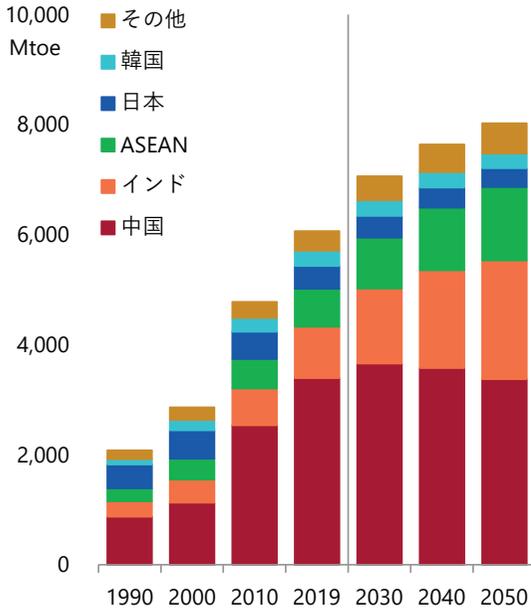
レファレンスシナリオとの比較



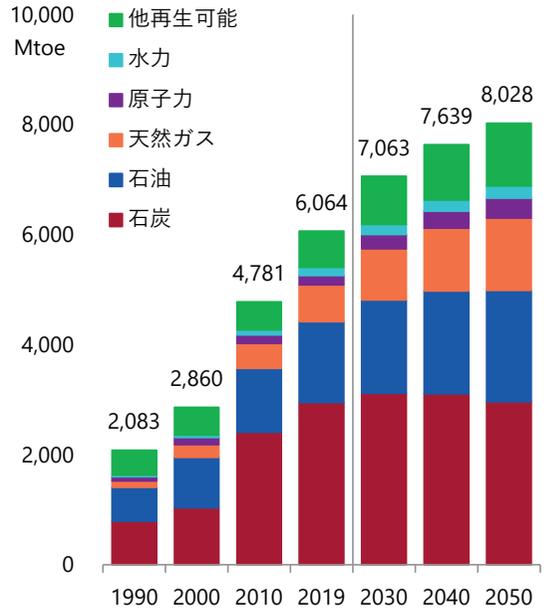
IEEJ Outlook 2022 IEEJ © 2021

# 一次エネルギー消費

地域別



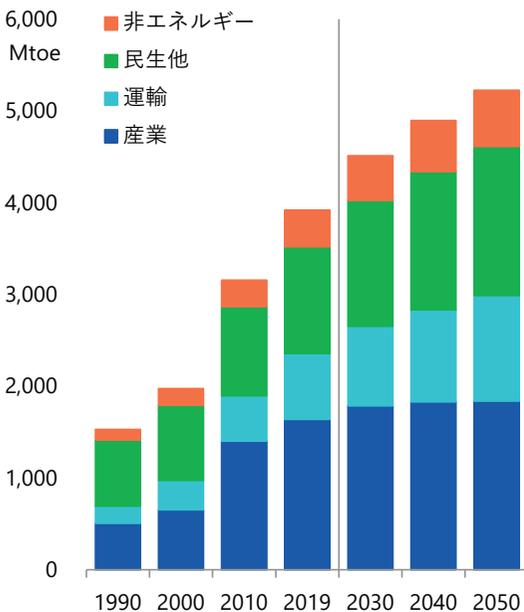
エネルギー源別



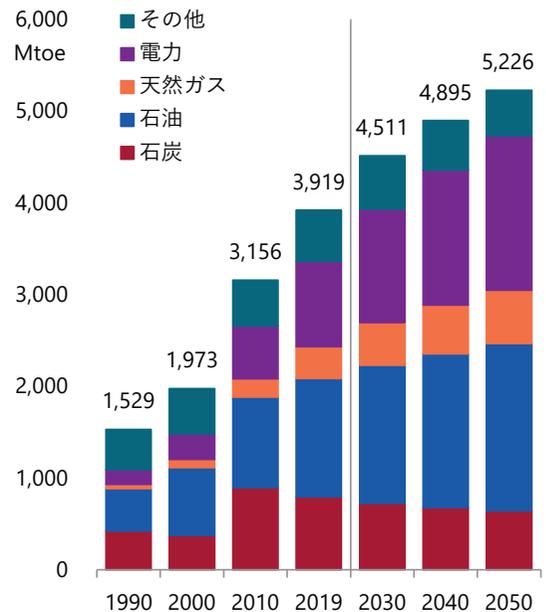
IEEJ Outlook 2022 IEEJ © 2021

# 最終エネルギー消費

部門別



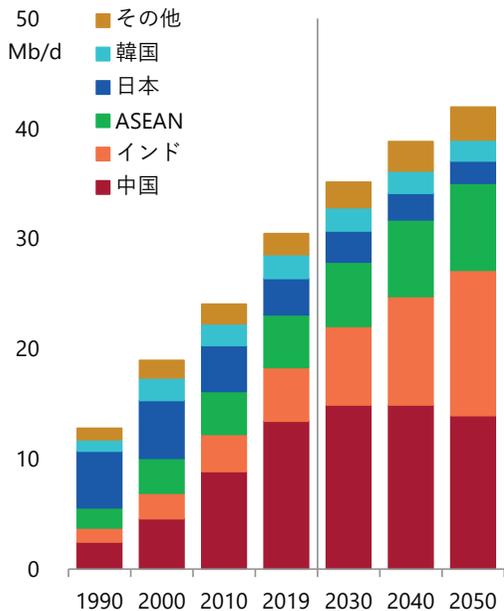
エネルギー別



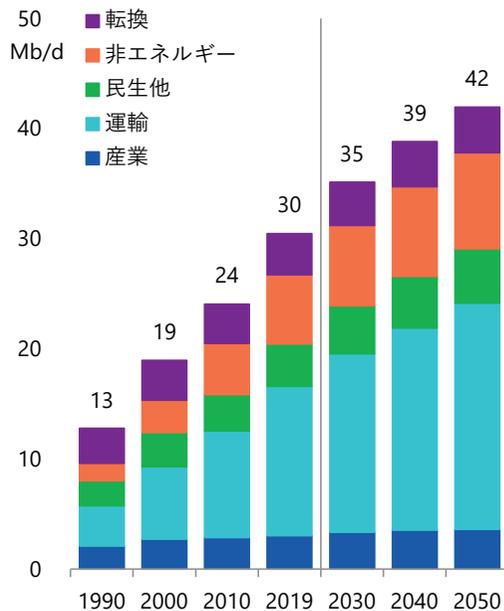
IEEJ Outlook 2022 IEEJ © 2021

# 石油消費

地域別



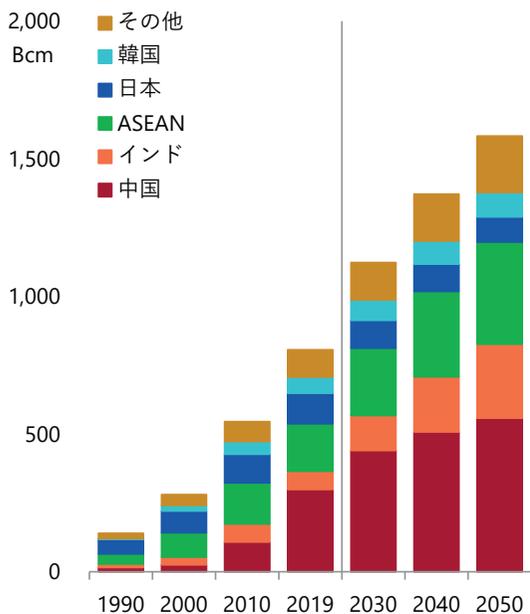
部門別



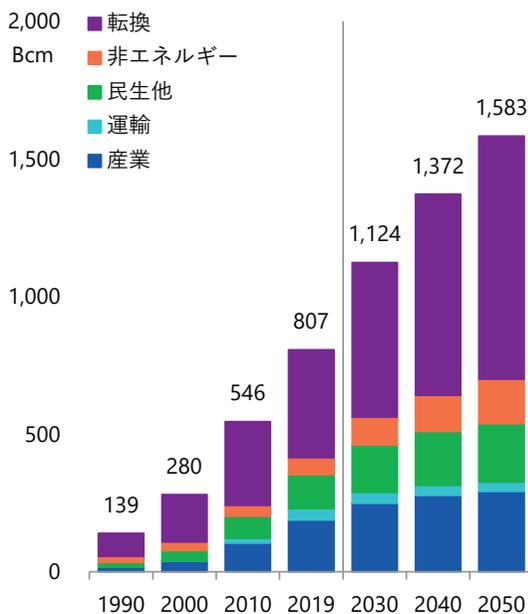
IEEJ Outlook 2022 IEEJ © 2021

# 天然ガス消費

地域別



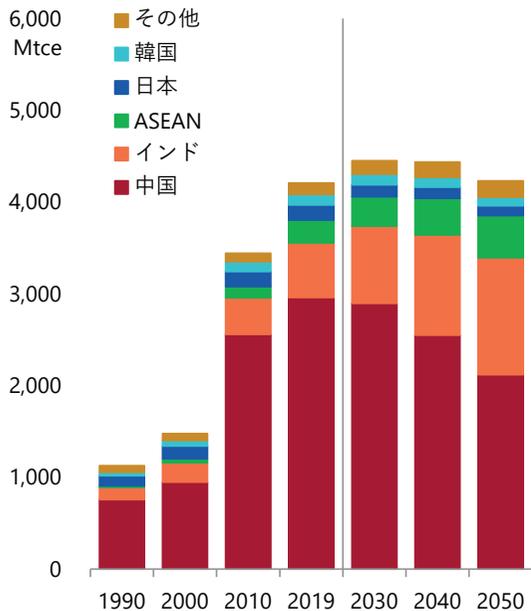
部門別



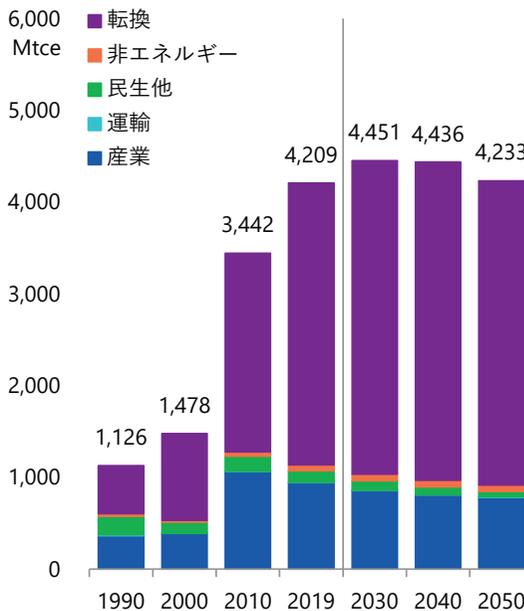
IEEJ Outlook 2022 IEEJ © 2021

# 石炭消費

地域別



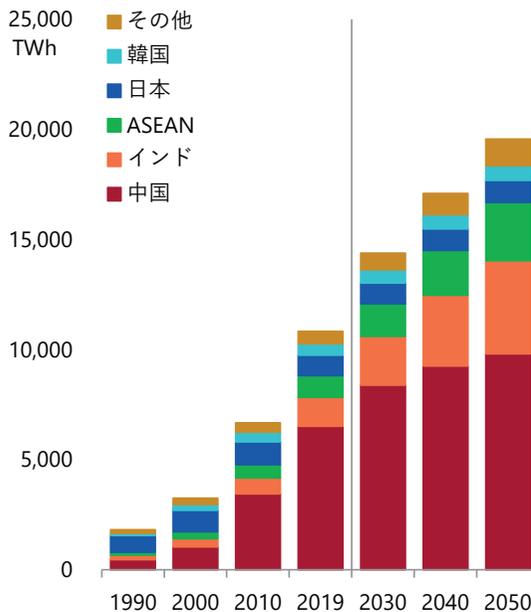
部門別



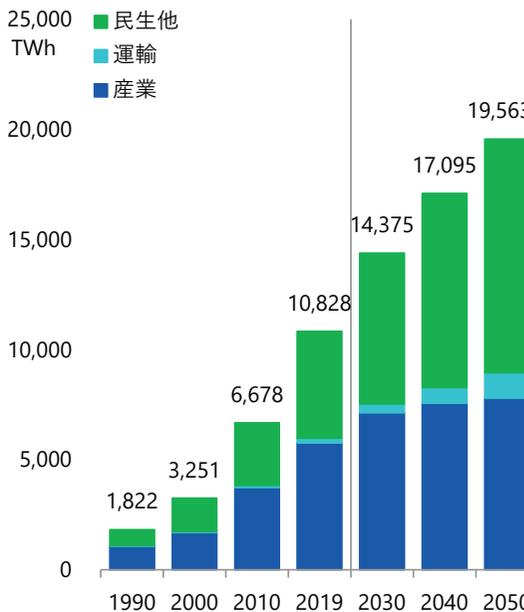
IEEJ Outlook 2022 IEEJ © 2021

# 電力最終消費

地域別



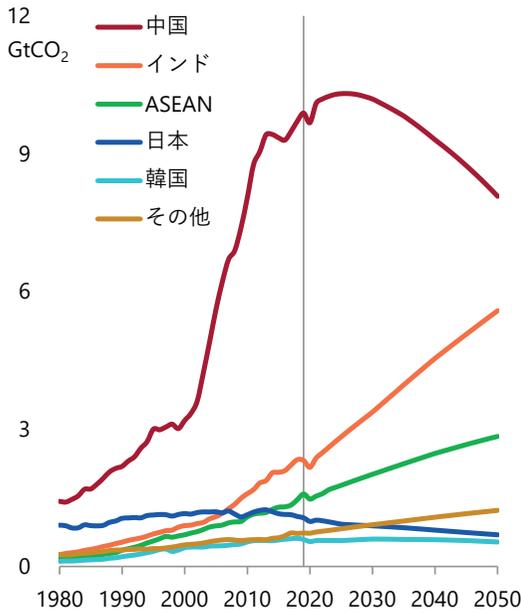
部門別



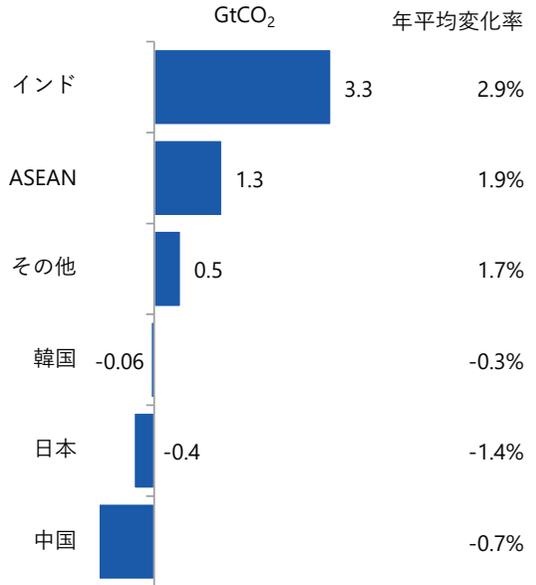
IEEJ Outlook 2022 IEEJ © 2021

# CO<sub>2</sub>排出量

エネルギー起源CO<sub>2</sub>排出量



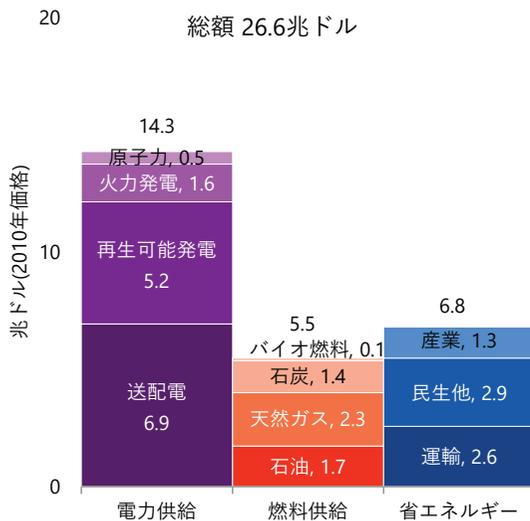
増減分(2019-2050年)



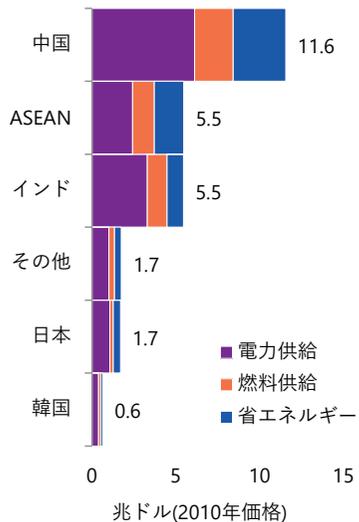
IEEJ Outlook 2022 IIEJ © 2021

# エネルギー関連投資額 (2021年～2050年 累積投資額)

部門別



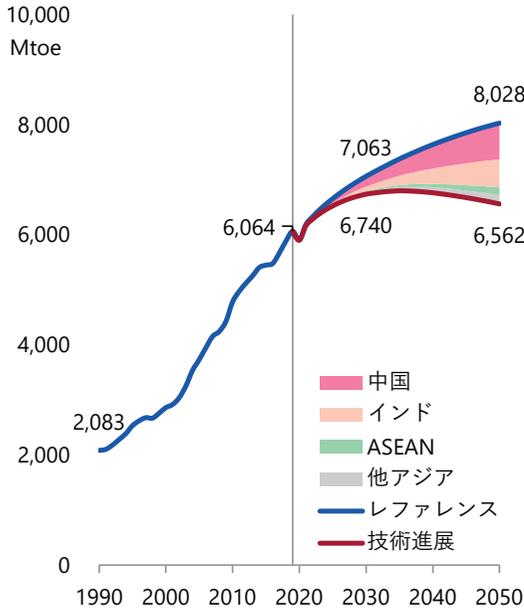
地域別



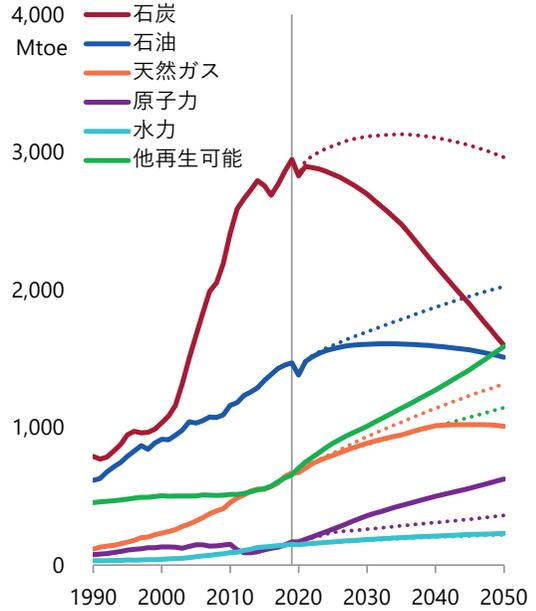
IEEJ Outlook 2022 IIEJ © 2021

# 一次エネルギー消費

国・地域別



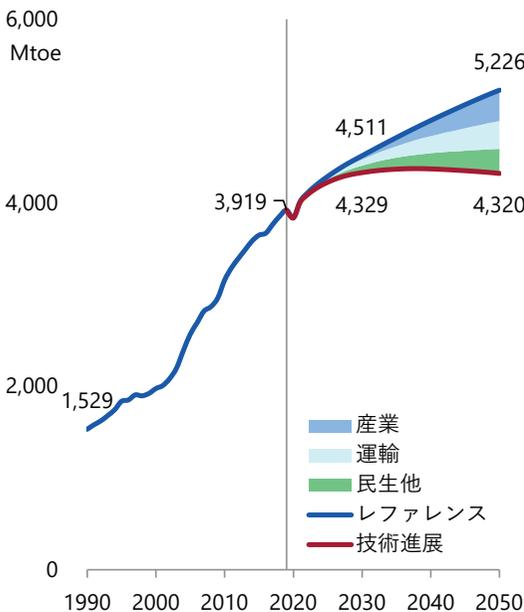
エネルギー源別



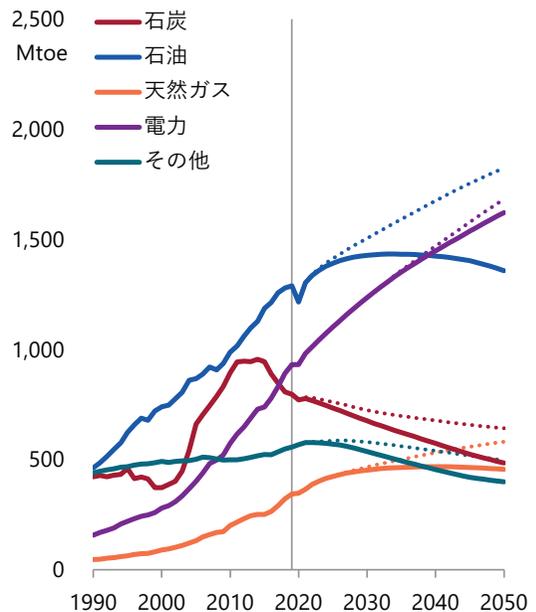
(注)実線：技術進展、破線：レファレンス

# 最終エネルギー消費

部門別



エネルギー源別

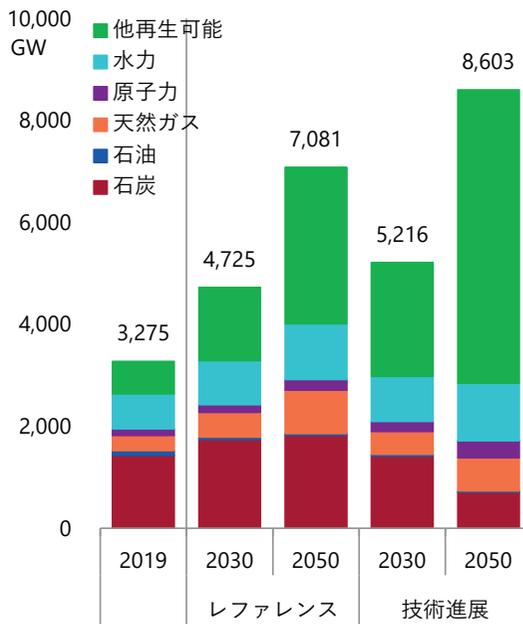
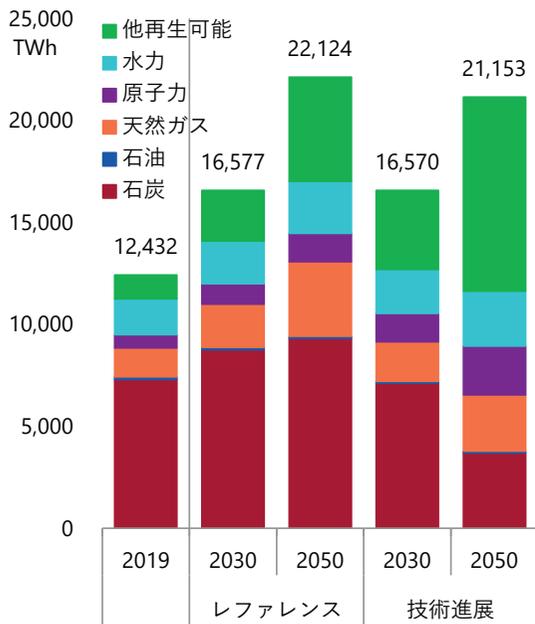


(注)実線：技術進展、破線：レファレンス

# 発電構成

発電量

発電設備容量



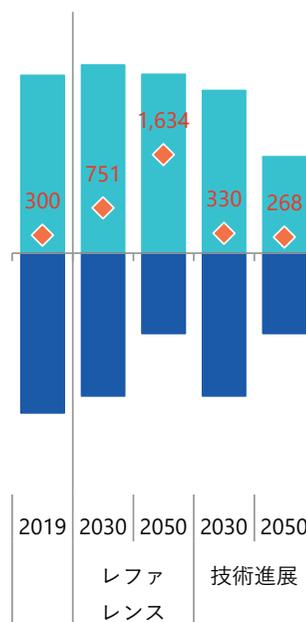
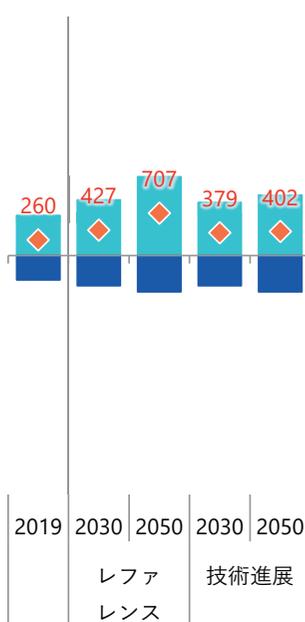
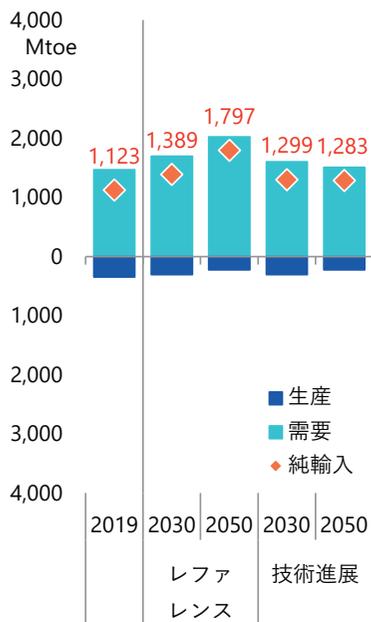
IEEJ Outlook 2022 IEEJ © 2021

# 化石燃料需給バランス

石油

天然ガス

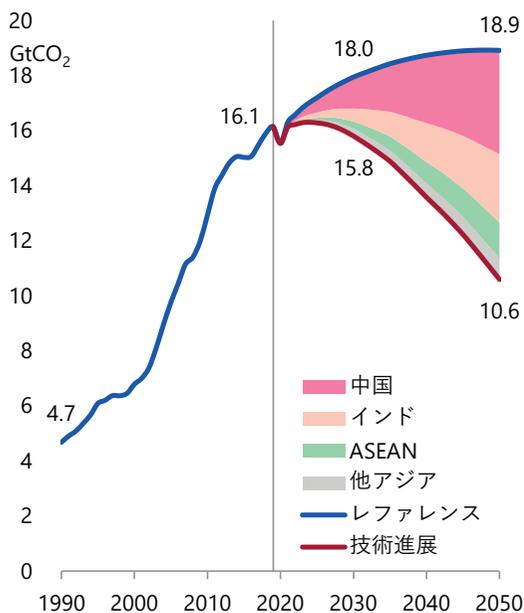
石炭



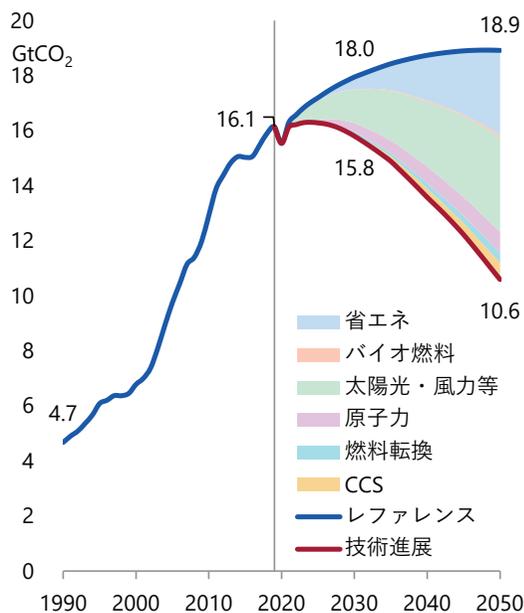
IEEJ Outlook 2022 IEEJ © 2021

# CO<sub>2</sub>排出量

国・地域別



技術別

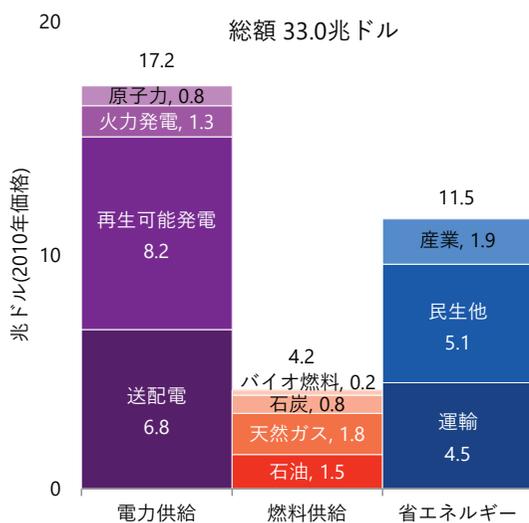


IEEJ Outlook 2022 IEEJ © 2021

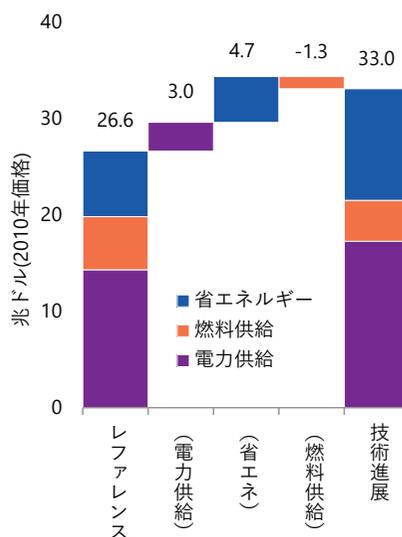
# エネルギー関連投資額

(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

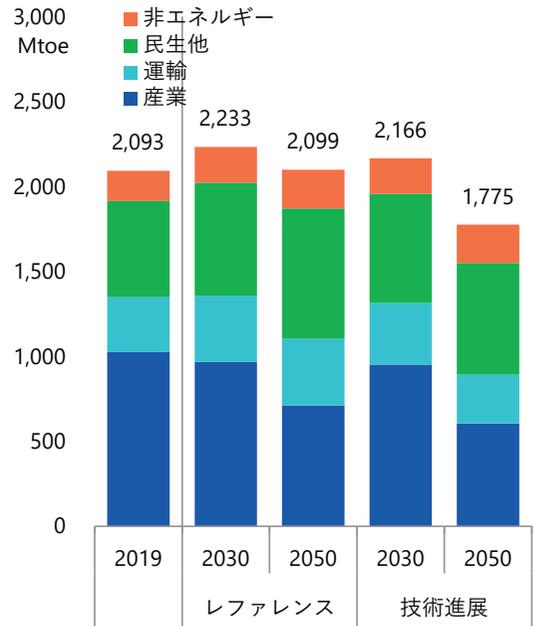
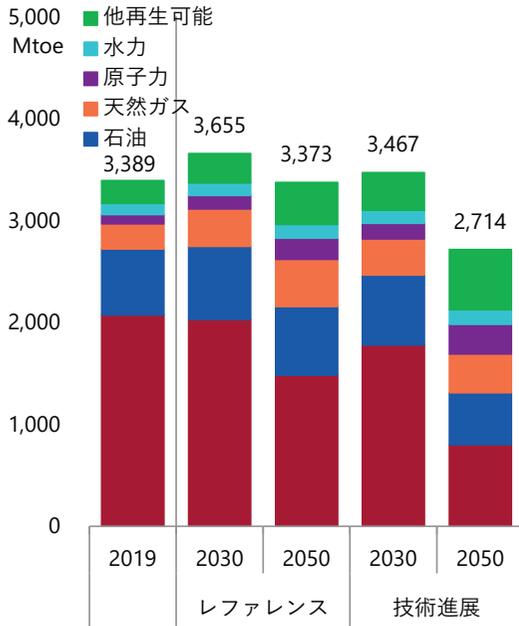


IEEJ Outlook 2022 IEEJ © 2021

# 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



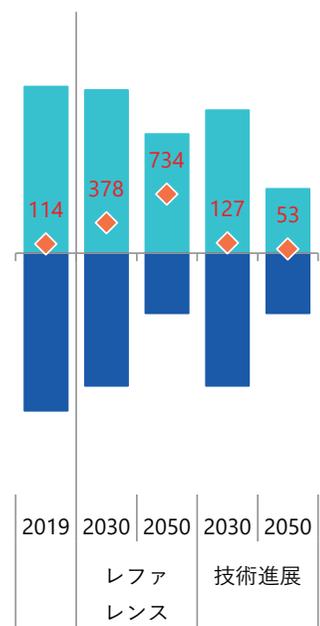
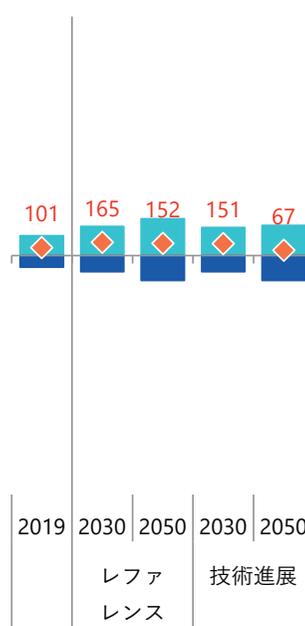
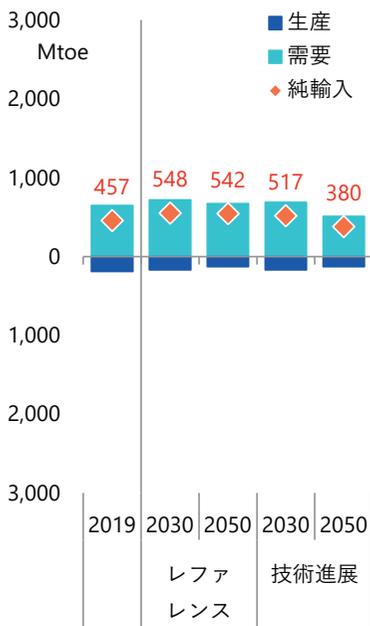
IEEJ Outlook 2022 IEEJ © 2021

# 化石燃料需給バランス

石油

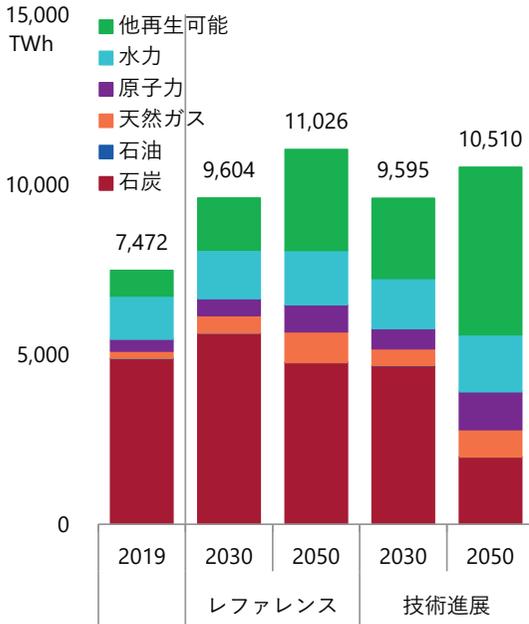
天然ガス

石炭

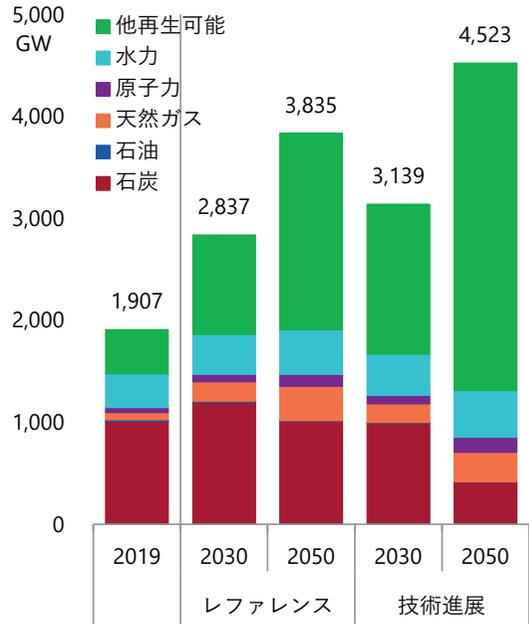


IEEJ Outlook 2022 IEEJ © 2021

発電量

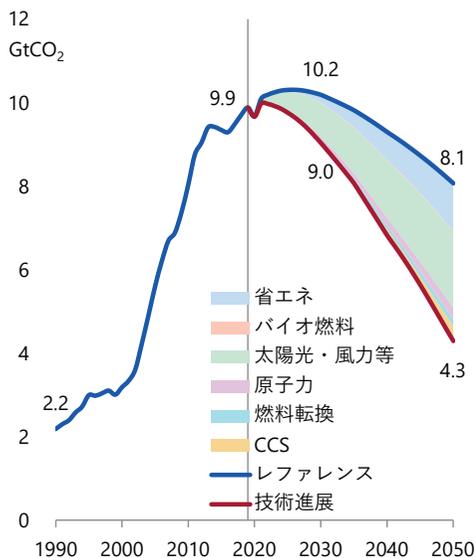


発電設備容量

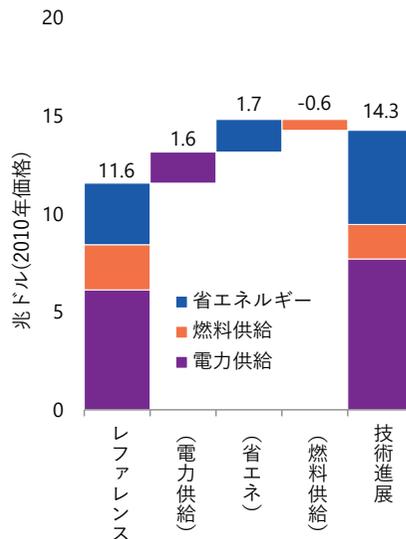


IEEJ Outlook 2022 IEEJ © 2021

エネルギー起源CO<sub>2</sub>排出量



エネルギー関連投資  
(2021年～2050年累積額)

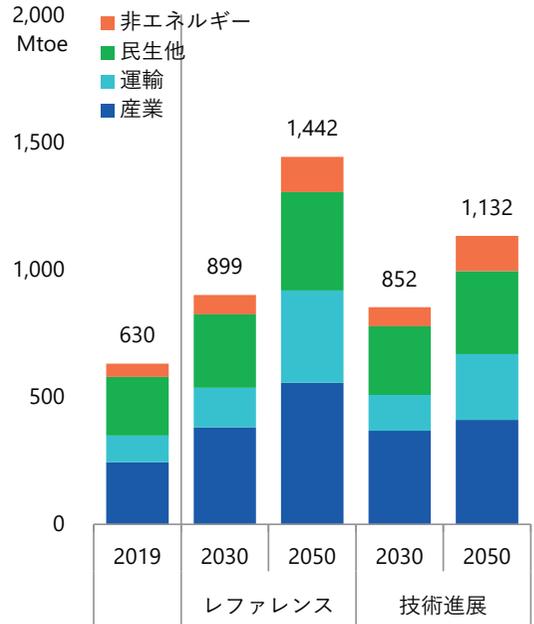
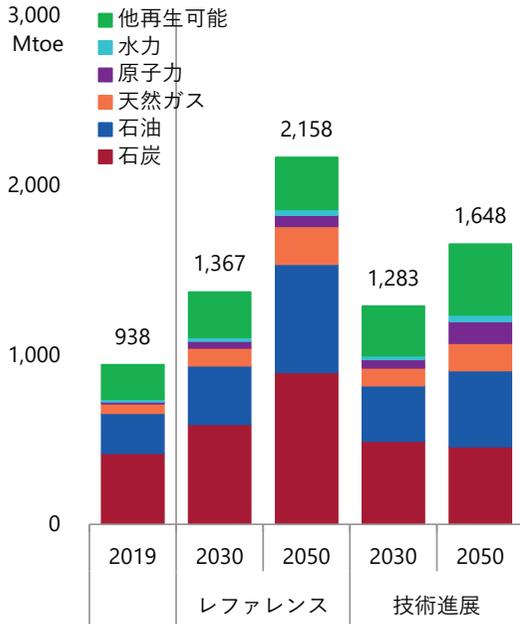


IEEJ Outlook 2022 IEEJ © 2021

# 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



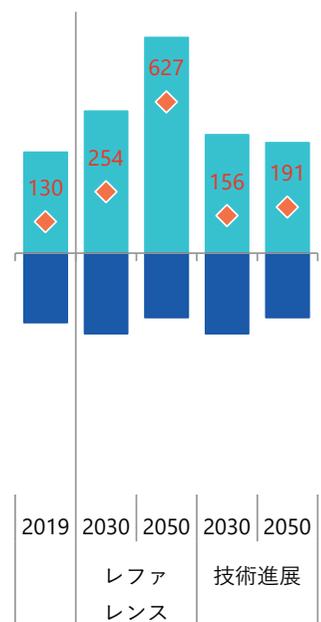
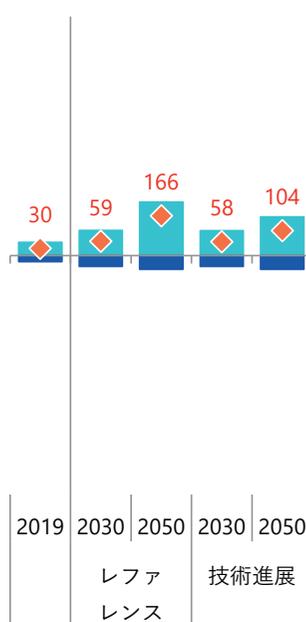
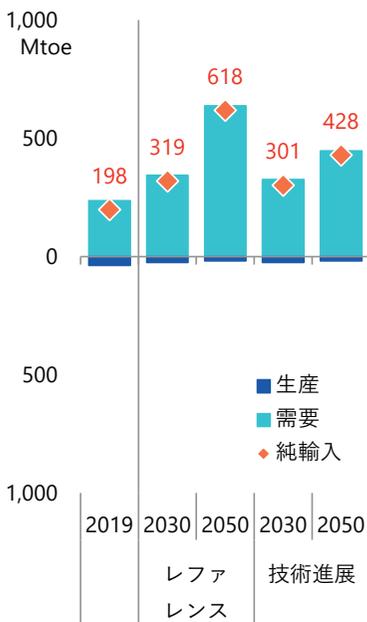
IEEJ Outlook 2022 IEEJ © 2021

# 化石燃料需給バランス

石油

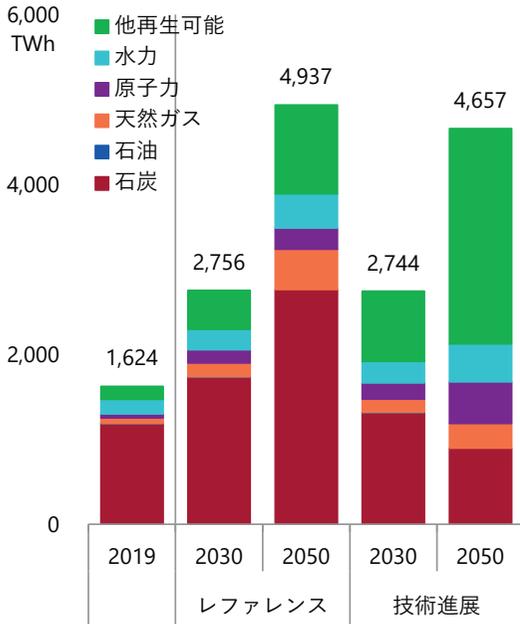
天然ガス

石炭

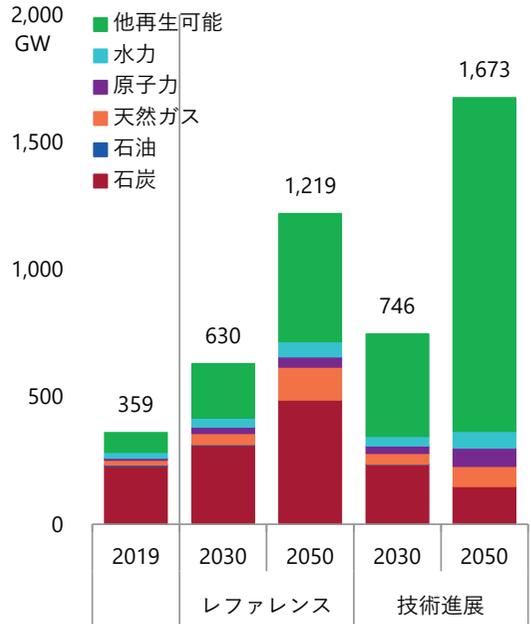


IEEJ Outlook 2022 IEEJ © 2021

発電量

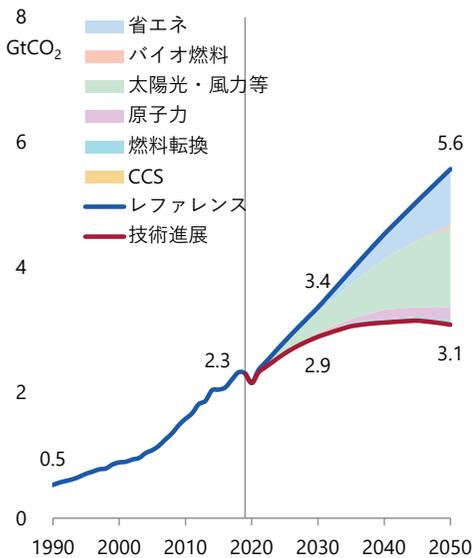


発電設備容量

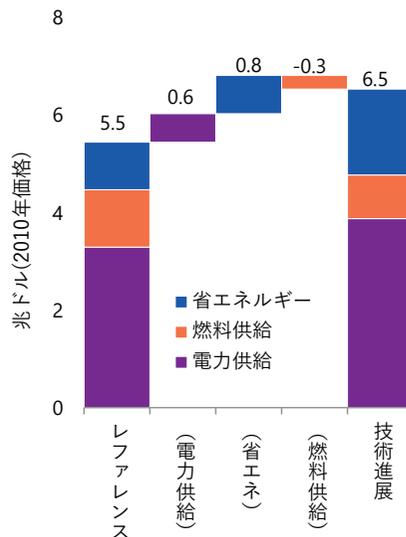


IEEJ Outlook 2022 IEEJ © 2021

エネルギー起源CO<sub>2</sub>排出量



エネルギー関連投資  
(2021年～2050年累積額)

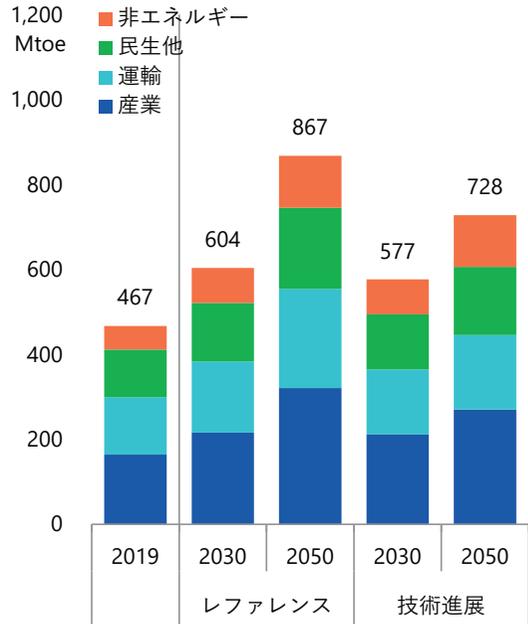
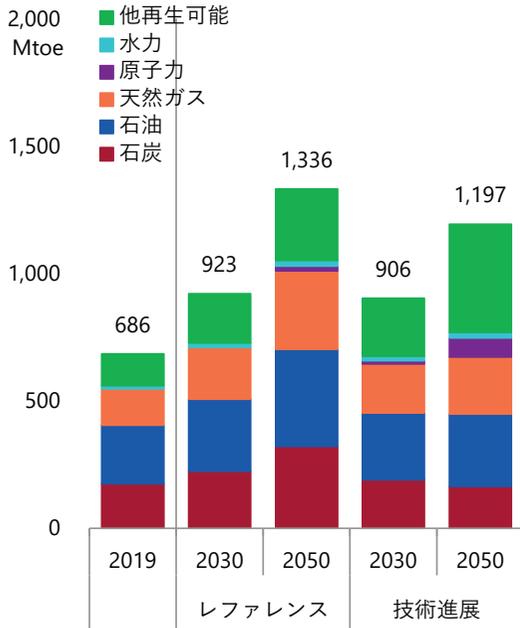


IEEJ Outlook 2022 IEEJ © 2021

# 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



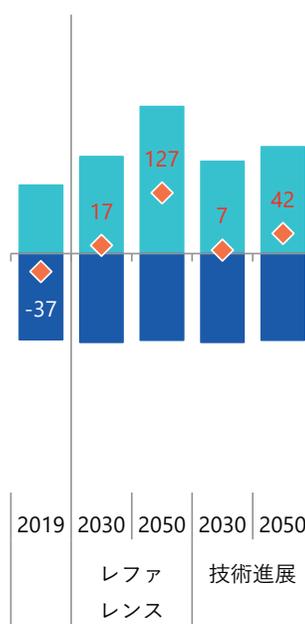
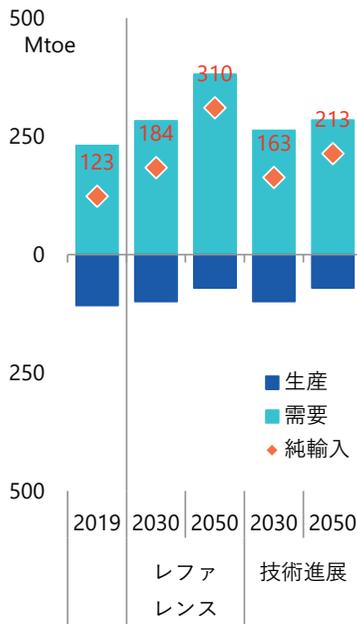
IEEJ Outlook 2022 IEEJ © 2021

# 化石燃料需給バランス

石油

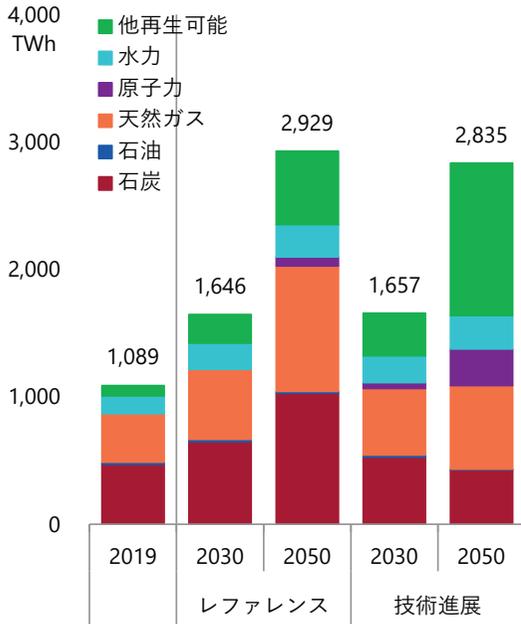
天然ガス

石炭

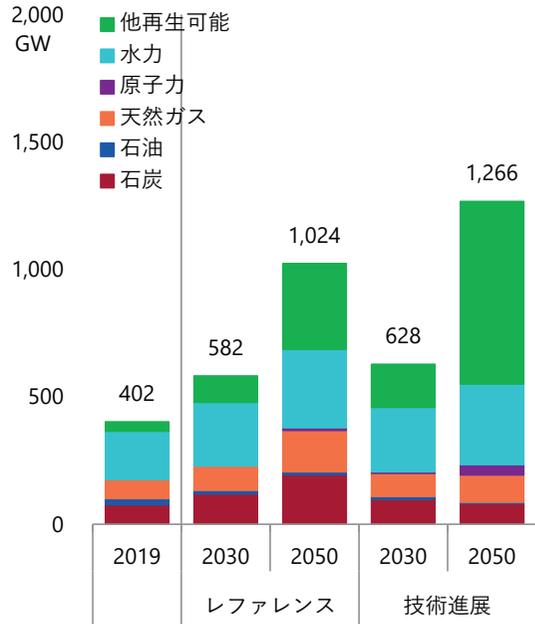


IEEJ Outlook 2022 IEEJ © 2021

発電量



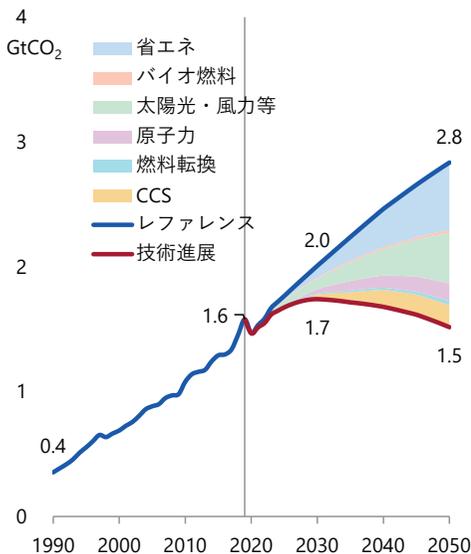
発電設備容量



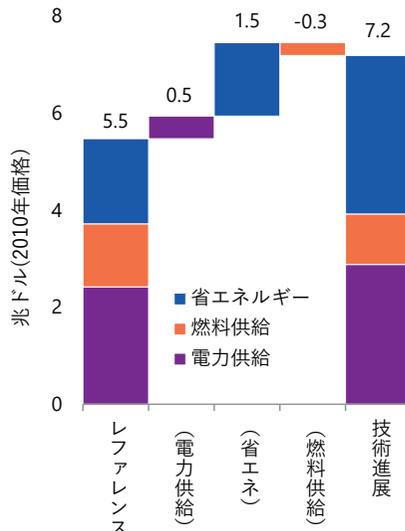
IEEJ Outlook 2022 IEEJ © 2021

# CO<sub>2</sub>排出量・エネルギー関連投資

エネルギー起源CO<sub>2</sub>排出量



エネルギー関連投資  
(2021年～2050年累積額)



IEEJ Outlook 2022 IEEJ © 2021



**IEEJ Outlook 2022**

---

2021年10月

日本エネルギー経済研究所

IEEJ © 2021

お問い合わせ: [report@tky.iej.or.jp](mailto:report@tky.iej.or.jp)