

IEEJ

アウトルック 2018

—2050年に向けた展望と課題—

エネルギー・環境・経済

2017年10月



一般財団法人

日本エネルギー経済研究所

The Institute of Energy Economics, JAPAN

「IEEJアウトルック 2018」作成担当者

参与 伊藤 浩吉

計量分析ユニット

理事・ユニット担任	山下 ゆかり
グループマネージャー	末広 茂
グループマネージャー	柳澤 明
主任研究員	呂 正
研究員	江藤 諒
研究員	遠藤 聖也
研究員	加藤 利哉

地球環境ユニット

常務理事・ユニット担任	黒木 昭弘
グループマネージャー	田上 貴彦
主任研究員	小松 潔

新エネルギー・国際協力ユニット

グループマネージャー	柴田 善朗
研究員	鬨 思超

戦略研究ユニット

常務理事・首席研究員	小山 堅
グループマネージャー	村上 朋子
主任研究員	大平 智子
主任研究員	田口 鋼志
研究員	下郡 けい
研究員	鈴木 敦彦

化石エネルギー・電力ユニット

グループマネージャー	小林 良和
グループマネージャー	佐川 篤男
グループマネージャー	森川 哲男
主任研究員	永富 悠
研究員	川上 恭章

編集補助

主任事務員	恩田 知代子
事務員	中田 鮎美

序

世界のエネルギー消費は増加が緩慢な状態にある。しかし、世界経済とエネルギー消費が無関係になったわけではない。経済の拡大速度が、省エネルギーの進展具合とおおよそ同じ程度まで鈍化していると言うのがよりふさわしい。中長期的には、ますます多くのエネルギーが新興国を中心に求められてゆく。こうした増加にとりわけ寄与するのは、これまでの中国に続き、インド、東南アジア諸国連合などアジアの国々である。それは、この地域が世界の将来像を大きく描きかえる可能性を秘めていることも意味する。

アジアでもその他の地域同様、化石燃料に多くを依存してきた。こうした構造が一朝一夕に変革されることは考え難い。しかし、今や中国は、再生可能エネルギー利用において、主要地域であったヨーロッパを凌駕する最大市場である。インドは、2022年までに再生可能エネルギー発電量を3倍以上に増やす野心的な目標を打ち出している。インドネシアとフィリピンは、世界の地熱利用の36%を担っている。その裏で、化石燃料の中でも最も重要な石油に関し、これまでとは異なる見解がより多く語られるようになっていく。

石油需要を歴史的に振り返ると、灯火用は電球の実用化により衰退したが、自動車用がこれに取って代わった。テキサスでの石油ブームの始まりを象徴する1901年のスピンドルトップでの石油発見の前年、自動車生産台数はわずか1万台程度に過ぎなかった。それが、今日、自動車保有台数は13億台近くに達し、そのほとんどが石油を燃料としている。その結果、世界の石油の4割以上が自動車のタンクに注ぎ込まれている。石油と自動車は、1世紀以上もの間、切っても切れない関係にあった。しかし、石油利用が、気候変動対策などを背景とした需要側の要因により、遠からず減少に転じるという見方が一部で囁かれている。足元では、大気汚染対策としての自動車電動化の推進も重なり、石油需要ピークへの関心がいっそう高まっている。こうしたことから、「IEEJアウトルック 2018」では、石油消費がピークを打つケースを広角的に分析している。

石油の歴史には及ばないものの、国連気候変動枠組条約も採択されてから四半世紀を経た。この間、世界レベルの低炭素化の潮流が徐々にしか具現化しなかった一方で、国際交渉や政治の場では挑戦的な目標のさらなる引き上げが常態化してきた。現実と理想のギャップを容易に埋め難くなってきているというのが、今のありさまである。気候変動問題は、広範な領域に影響し、かつ何世代にもわたる長期的課題である。持続可能性を多面的にとらえ、現実を踏まえつつ、排出削減、適応、残余被害の3つのバランスをどのようにとってゆくのかが望ましいのか慎重に検討する必要がある。今回、精度をより高めた手法を携えて、この難題に向き合っている。

われわれは、装いも新たにこのアウトルックが知見の蓄積を通じて世に広く貢献できるものと考えている。

2017年10月、東京

目次

エグゼクティブ・サマリー	1
第I部 世界・アジアのエネルギー需給展望	21
1. 主要前提	23
1.1 モデルの概要およびシナリオ設定	23
レファレンスシナリオ	23
技術進展シナリオ	23
1.2 主要な前提	24
人口	24
経済	25
国際エネルギー価格	26
2. エネルギー需要	29
2.1 一次エネルギー消費	29
世界	29
石油	31
天然ガス	33
石炭	35
非化石エネルギー	36
アジア	37
2.2 最終エネルギー消費	39
世界	39
地域別	40
部門別	41
エネルギー源別	42
3. エネルギー供給	45
3.1 原油	45
供給	45
貿易	46
3.2 天然ガス	47
生産	47
貿易	48
アジアの天然ガス需要の拡大に向けて	50
3.3 石炭	51
生産	51
貿易	53
3.4 発電	58

発電量・電源構成	58
原子力	61
再生可能エネルギー発電.....	63
3.5 バイオ燃料	64
4. 石油需要ピークケース.....	66
4.1 ピークオイル論	66
供給ピークから需要ピークへ.....	66
ゼロエミッション車強化の動き	67
4.2 石油需要ピークケース	69
石油需要	69
石油供給	71
4.3 石油需要ピークケースの含意	73
低油価による石油供給への影響.....	73
経済への影響	73
環境への影響	75
エネルギー安全保障への影響.....	76
第II部 地球環境問題への対処.....	79
5. 技術進展シナリオ	81
5.1 主要対策	81
省エネルギー	81
再生可能エネルギー	83
原子力	84
5.2 エネルギー需給	85
一次エネルギー消費	85
最終エネルギー消費	88
電源構成	90
原油供給	91
天然ガス供給	92
石炭供給	93
アジアにおける石炭の役割と高効率利用.....	94
6. 地球環境問題への対処.....	96
6.1 二酸化炭素、温室効果ガス排出量	96
パリ協定と温室効果ガス削減目標.....	96
技術進展シナリオ	99
さらなるCO ₂ 削減に向けて	101
6.2 超長期の温室効果ガス排出経路	103
超長期を踏まえた規範.....	103

最小費用パス	106
6.3 超長期分析における不確実性	109
割引率	109
気候感度	111
6.4 超長期に向けた革新的技術開発	113
気温上昇を抑えるさまざまな技術.....	113
研究開発予算の推移と望まれる方向.....	121
付表	123

図目次

図1 世界の人口、実質GDP、一次エネルギー消費	1
図2 一次エネルギー消費、変分(地域別).....	2
図3 世界の一次エネルギー消費(エネルギー源別).....	3
図4 最終エネルギー消費の変分[2015-2050年].....	4
図5 電力最終消費	4
図6 主要地域の原油生産	5
図7 世界の原油確認埋蔵量と累積生産量.....	5
図8 主要地域間の原油貿易[2015年、2030年].....	5
図9 主要国・地域の天然ガス生産.....	7
図10 世界のLNG供給能力と需要.....	7
図11 世界の発電構成	7
図12 主要国・地域の風力・太陽光発電設備容量と発電量構成比.....	8
図13 世界の石油消費	9
図14 世界の石油消費と変化寄与.....	10
図15 世界のエネルギー消費増減(レファレンスシナリオ比) [石油需要ピークケース].	10
図16 世界の石油製品消費構成.....	11
図17 主要地域の原油生産[石油需要ピークケース].....	11
図18 石油純輸出入額[石油需要ピークケース、2050年].....	12
図19 世界の自動車起源NO _x 、PM _{2.5} 排出増減(レファレンスシナリオ比) [石油需要ピーク ケース].....	13
図20 石油自給率[2050年].....	13
図21 世界の一次エネルギー消費.....	14
図22 一次エネルギー消費変分 [2015-2050年].....	14
図23 世界の一次エネルギー消費と発電量.....	15
図24 世界のエネルギー起源CO ₂ 排出と削減寄与.....	15
図25 世界のGHG排出	16
図26 緩和、適応、被害の総合コストのイメージ	17

図27 超長期パス	18
図28 CO ₂ 削減コスト	20
図1-1 地域区分	23
図1-2 技術進展シナリオにおける技術導入の想定例	24
図1-3 主要国・地域の人口	25
図1-4 主要国・地域の経済成長率	26
図2-1 世界の一次エネルギー消費と 対GDPエネルギー消費原単位 [レファレンスシナリオ]	29
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]	29
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]	30
図2-4 主要国・地域の化石燃料依存度 [レファレンスシナリオ]	30
図2-5 世界の化石燃料消費	31
図2-6 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]	32
図2-7 主要国・地域の石油消費[レファレンスシナリオ]	32
図2-8 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]	33
図2-9 主要国・地域の天然ガス消費[レファレンスシナリオ]	34
図2-10 世界の天然ガス消費[レファレンスシナリオ]	34
図2-11 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]	35
図2-12 主要国・地域の石炭消費[レファレンスシナリオ]	36
図2-13 世界の石炭消費[レファレンスシナリオ]	36
図2-14 アジアの一次エネルギー消費[レファレンスシナリオ]	37
図2-15 アジアの石油消費 [レファレンスシナリオ]	38
図2-16 アジアの天然ガス消費 [レファレンスシナリオ]	38
図2-17 GDPと最終エネルギー消費[レファレンスシナリオ]	40
図2-18 最終エネルギー消費(地域別) [レファレンスシナリオ]	40
図2-19 OECD、非OECDの最終エネルギー消費[レファレンスシナリオ]	42
図2-20 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]	43
図2-21 電力最終消費[レファレンスシナリオ]	43
図3-1 主要地域間の原油貿易[2016年]	46
図3-2 主要地域間の原油貿易[レファレンスシナリオ、2030年]	47
図3-3 主要地域間の天然ガス貿易[2016年]	49
図3-4 主要地域間の天然ガス貿易[レファレンスシナリオ、2030年]	50
図3-5 世界の石炭生産(炭種別) [レファレンスシナリオ]	52
図3-6 石炭生産(地域別) [レファレンスシナリオ]	52
図3-7 世界の石炭貿易[レファレンスシナリオ]	55
図3-8 主要国(地域)間の一般炭貿易[2016年]	56
図3-9 主要国(地域)間の一般炭貿易[レファレンスシナリオ、2030年]	56
図3-10 主要国(地域)間の原料炭貿易[2016年]	57

図3-11 主要国(地域)間の原料炭貿易[レファレンスシナリオ、2030年]	57
図3-12 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]	58
図3-13 主要国・地域の発電電力量[レファレンスシナリオ]	58
図3-14 世界の発電構成[レファレンスシナリオ]	59
図3-15 OECD、非OECDの電源構成[レファレンスシナリオ]	60
図3-16 中国、インド、ASEANの電源構成[レファレンスシナリオ]	60
図3-17 原子力発電設備容量と基数	61
図3-18 原子力発電設備容量[レファレンスシナリオ]	62
図3-19 世界の再生可能エネルギー(水力を除く)発電量[レファレンスシナリオ]	63
図3-20 世界の風力発電設備容量[レファレンスシナリオ]	64
図3-21 世界の太陽光発電設備容量[レファレンスシナリオ]	64
図3-22 液体バイオ燃料の利用量[レファレンスシナリオ]	65
図4-1 世界の石油需要[レファレンスシナリオ]	66
図4-2 自動車販売台数シェア[2040年]	68
図4-3 世界の自動車販売・保有構成	70
図4-4 世界の石油需要	70
図4-5 世界の石油製品消費構成	71
図4-6 実質原油価格	72
図4-7 原油生産量	72
図4-8 石油純輸出入額[石油需要ピークケース、2050年]	74
図4-9 OECDの自動車用ガソリン・軽油物品税率[2016年]	75
図4-10 OECDの自動車用ガソリン・軽油物品税額	75
図4-11 世界の環境汚染物質排出	76
図4-12 3大石油消費国の石油自給率[2050年]	76
図5-1 政策・技術の想定例[技術進展シナリオ]	81
図5-2 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]	82
図5-3 世界の風力発電設備容量[技術進展シナリオ]	84
図5-4 世界の太陽光発電設備容量[技術進展シナリオ]	84
図5-5 原子力発電設備容量	85
図5-6 世界の一次エネルギー消費と地域別省エネルギー	86
図5-7 世界の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]	87
図5-8 一次エネルギー消費量の対GDP原単位[技術進展シナリオ]	87
図5-9 世界の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]	88
図5-10 世界の道路部門エネルギー消費構成	89
図5-11 世界の道路部門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]	89
図5-12 電力最終消費の節減等に伴う一次エネルギー消費の削減[技術進展シナリオ、	

2050年]	89
図5-13 世界のエネルギー源別発電量[技術進展シナリオ]	91
図5-14 アジアのエネルギー源別発電量[技術進展シナリオ]	91
図5-15 石炭生産[技術進展シナリオ]	93
図6-1 世界の温室効果ガス排出	98
図6-2 主要国・地域の温室効果ガス排出	98
図6-3 世界のエネルギー起源二酸化炭素排出	99
図6-4 二酸化炭素排出[技術進展シナリオ、2050年]	99
図6-5 世界のエネルギー起源二酸化炭素排出と対策別削減寄与	100
図6-6 世界のエネルギー起源CO ₂ 排出(超長期分析との比較)	102
図6-7 緩和、適応、被害の総合コストのイメージ	105
図6-8 モデル概要図	105
図6-9 温室効果ガス排出量	107
図6-10 大気中GHG濃度	107
図6-11 19世紀後半からの気温上昇	107
図6-12 総合コスト	107
図6-13 実質GDP	107
図6-14 累積総合コスト(現在価値)	107
図6-15 CO ₂ 削減コスト	108
図6-16 2300年までの割引率推移	111
図6-17 割引率の違いによる超長期パス(GHG排出量と気温上昇)	111
図6-18 気候感度の違いによる超長期パス(GHG排出量と気温上昇)	112
図6-19 日米欧のエネルギー技術研究・開発・実証予算額の推移	121
図6-20 日本米欧の技術ごとの予算額(2013年)	122

表目次

表1 自動車電動化への主な動き	9
表2 パリ協定の長期目標	16
表3 2°C最小費用パスへの移行に必要な革新的技術導入量の例	19
表1-1 国際エネルギー価格	27
表3-1 原油供給[レファレンスシナリオ]	45
表3-2 天然ガス生産[レファレンスシナリオ]	48
表3-3 石炭生産[レファレンスシナリオ]	54
表4-1 最近のZEV強化の方針(発表順)	67
表4-2 最近の主要自動車メーカーの電動化戦略(発表順)	68
表4-3 原油供給[石油需要ピークケース]	73
表5-1 エネルギー指標	83
表5-2 原油供給[技術進展シナリオ]	92

表5-3 天然ガス生産[技術進展シナリオ].....	93
表5-4 石炭生産[技術進展シナリオ].....	95
表6-1 パリ協定の概要	96
表6-2 主要国・地域のINDC.....	97
表6-3 二酸化炭素削減量(レファレンスシナリオ比) [技術進展シナリオ]	101
表6-4 さらに削減に向けた革新的技術の必要導入量	103
表6-5 緩和、適応、被害	104
表6-6 割引率の例	110
表6-7 割引率の想定	111
表6-8 IPCC報告書での気候感度.....	112
表6-9 気温上昇を抑えるさまざまな技術	113
表6-10 中長期的に開発されるべき革新的な技術	113

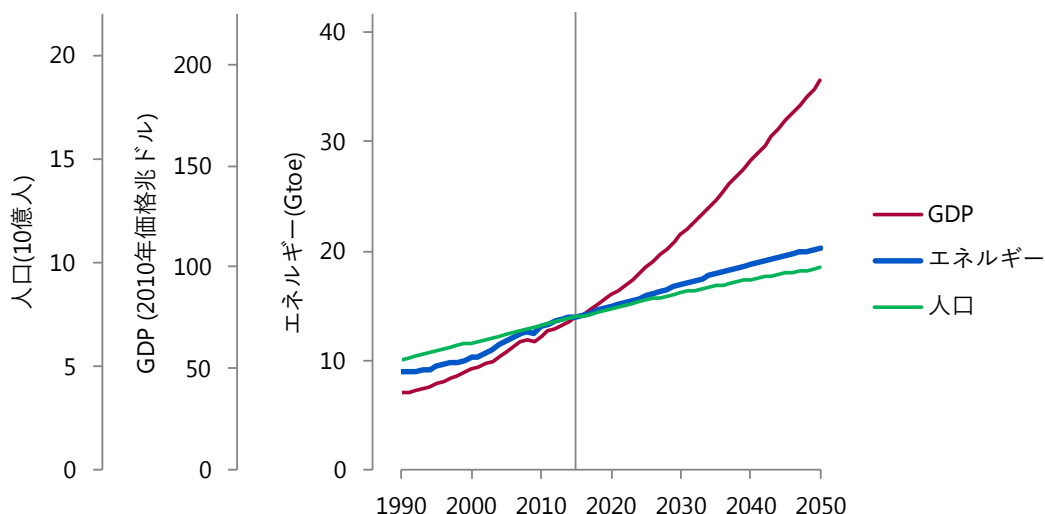
エグゼクティブ・サマリー

世界のエネルギー需給展望

需要

■ 現在までのエネルギー・環境政策等を背景とし、過去の趨勢が継続する「レファレンスシナリオ」では、2050年までに世界の人口は1.3倍に、経済は2.5倍に、エネルギー消費は1.5倍に拡大する(図1)。国内総生産(GDP)を1単位生み出すのに必要なエネルギーは、省エネルギーの進展により年率1.6%で低下し、2050年には現在の半分強(56%)で済むようになる。経済成長につれてエネルギー消費の増加は持続するものの、両者の拡大速度には顕著な差異が現れる。それでも、この間のエネルギー消費の増分—石油換算6,142百万t (Mtoe)—は決して小さな量ではなく、毎年英国1国分の新たな需要が生じることに相当する。

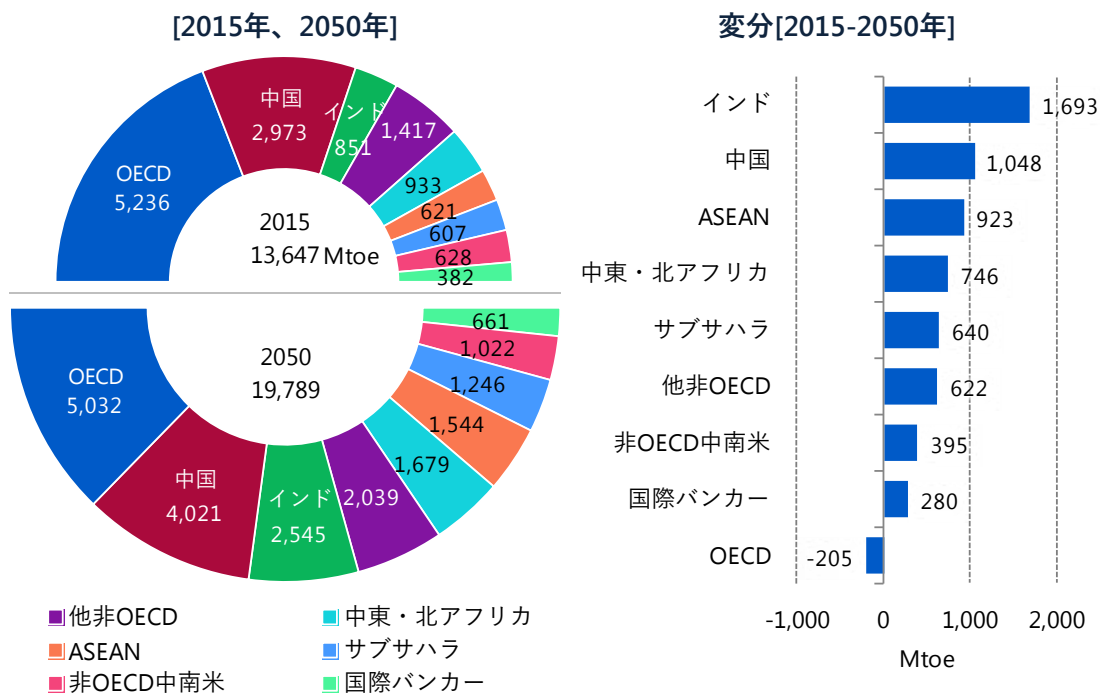
図1 | 世界の人口、実質GDP、一次エネルギー消費



■ 経済成長とエネルギー消費の関係は必ずしも世界一様というわけではない。経済協力開発機構(OECD)加盟国の35年後のエネルギー消費は、経済成長にもかかわらずむしろ現在よりも少なくなる(図2)。すなわち、エネルギー消費の今後の増加はすべてOECD域外で発生する勘定になる。非OECDの中でも、アジア・インド、中国、東南アジア諸国連合(ASEAN) —の増加は引き続き著しく、また、中東・北アフリカやサブサハラアフリカも急速な人口増加と経済成長を背景に消費を大きく増やす。非OECDのエネルギー消費は、2005年にOECDを上回った後、現在では世界の59%まで拡大している。その比率は2050年には71%に達する。換言すれば、仮にアジアをはじ

めとする非OECDが社会経済情勢の変調などでエネルギー消費の増加を鈍化させるようなことがあれば、世界のエネルギー需給像は大きく異なったものになりうる。

図2 | 一次エネルギー消費、変分(地域別)



非化石エネルギーに寄せられる期待は大きいですが、新たに発生する膨大な需要を満たすのは主に化石燃料であるということは今後も変わらない(図3)。見通し期間において、非化石エネルギーが1 toe増加する間に化石燃料は2.7 toe増加する。非化石エネルギーをすべて合わせても、化石燃料のうち2050年時点で最も少ない石炭にまだ及ばない。非化石エネルギーはシェアを足元の19%より拡大させはするものの、その値は今世紀半においても21%に過ぎない。

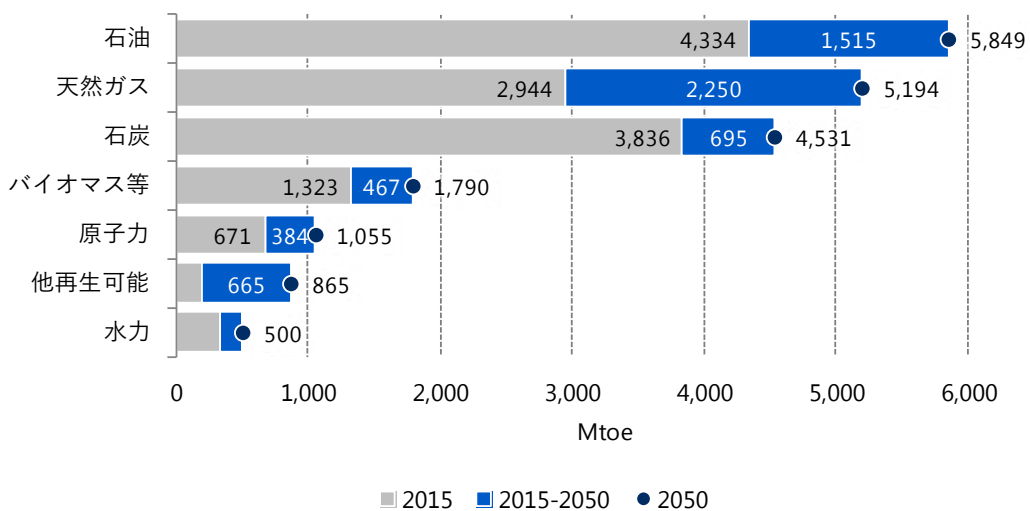
石油は、2050年においても最大のエネルギー源で、世界のエネルギー需要の30%を支える。もっとも、OECDではその消費のピークは10年前に越えており、今後も年率0.7%で減少してゆく。世界の石油消費を現在の日量90百万バレル(Mb/d)から122 Mb/dまで引き上げるのは、非OECDおよび国際バンカーでの旺盛な消費である。中国はこの先10年ほどで米国を凌駕して世界最大の消費国となる—ただし、2040年代半ばまでにピークをつけ、減少に転じる。インドは、2050年を待たずに米国と入れ替わり第2の消費国となる。この最大の人口を擁する国は、さらに2050年代半ばには中国を上回って最大の消費国となることが見込まれる。

天然ガスは、消費量の増加が他のどのエネルギー源よりも大きく、2040年までに石炭を抜き第2のエネルギー源となる。発電用、その他のいずれもが、1,000 Mtoe以上増加に寄与する。IEEJアウトルックで世界を表章する42の国・地域のうち、2050年の

消費が現在を下回るのは、日本、英国、イタリア、ドイツの4国のみである。米国では2030年ごろ、欧州連合(EU)では2040年ごろに天然ガスが石油を上回るなど、この最も新しい化石燃料が最大のエネルギー源である国・地域は、現在の10(エネルギーカバー率で13%)から2050年には全体の半数の21(同36%)まで増加する。

石炭は、今世紀初頭の10年間、世界のエネルギー消費増分の半分以上を賄うほど大きく伸張した。しかし、その勢いは足元では急速に鈍化しており、この傾向が今後も総体としては続く。ただし、個別の様相は地域によってかなり異なる。OECDでは引き続き減少、消費を2000年から2015年にかけて3倍に拡大させた中国は2040年まで微増した後に減少に転じる。一方、インド、ASEANでは石炭が旺盛なエネルギー需要の多くを賄い、2050年の石炭依存度は現在と同等かむしろ高まる。石炭は欠かせざるものであることから、その高効率・クリーンな活用技術の展開が強く要請される。

図3 | 世界の一次エネルギー消費(エネルギー源別)



エンドユーザーが実際に消費する分を表す最終エネルギー消費は、民生他、運輸、産業、非エネルギー消費いずれの部門でも増加を示し、2050年には現在より46%多い13,675 Mtoeに達する(図4)。ここでも一次エネルギー消費と同様に、その増加はすべて非OECDと国際バンカーに由来する。

ただし、最終消費の中でも電力は、今後も各国・地域の経済発展段階を問わず増加を続ける(図5)。世界の最終エネルギー消費に占める電力のシェアは、現在の19%から2050年には24%まで上昇する。電力消費の増加がとりわけ著しいのは非OECDの高所得国である。これと4倍以上に増加する低中・低所得国とを合わせた非OECDの増分は15兆7,000億kWhと、現在のOECDの消費9兆3,000億kWhを優に上回る。

電力消費の伸長に伴い、世界の電力供給(発電電力量)も急速に増大する。発電用に使われるエネルギーは、2000年には一次エネルギー消費全量の34%であったが、発電効

率の継続的な向上にもかかわらず、2050年には41%が発電向けとなる。その比率は電化がより進んでいるOECDでは44%にも達する。

図4 | 最終エネルギー消費の変分
[2015-2050年]

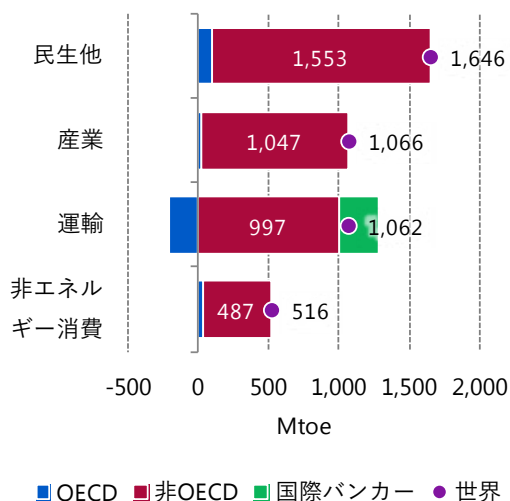
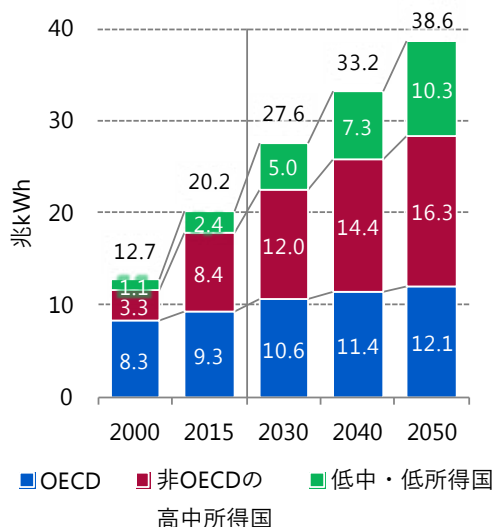


図5 | 電力最終消費



注: 低中・低所得国は2015年時点の1人あたり名目GDPが\$4,000以下の国・地域とした

供給

OPEC、非OPECとも、石油需要の増加に合わせて供給量を増加させる(図6)。2050年にかけての生産増分の8割強は、中東OPEC、北米および中南米による。北米では、緩やかな原油価格回復—2030年\$95/bbl、2050年\$125/bbl(2016年実質)—に伴って、探鉱・開発部門への投資が回復し、シェールオイルやオイルサンドといった非在来型石油が増産をけん引する。ブラジル・プレソルト開発に代表される中南米での増産も、非OPEC供給量の増加の中心となる。ただし、非OPECの生産シェアは、アジアが減少していくことやヨーロッパ・ユーラシアも2030年頃にピークアウトすることで、2015年の58%から2050年には53%へ徐々に低下する。

石油の需要は増加してゆくが、現在の技術・経済性で生産可能な資源—確認(可採)埋蔵量—のみで、今世紀半までの必要量を賄うことができる(図7)。このほかに、技術の進歩などによる埋蔵量成長や未確認資源の発見もあることから、世界全体としては資源枯渇による供給制約発生の可能性は小さい。懸念すべきは、原油価格の乱高下や環境制約などを背景とする過度のリスク回避姿勢が適切な供給投資を妨げることなどである。

図6 | 主要地域の原油生産

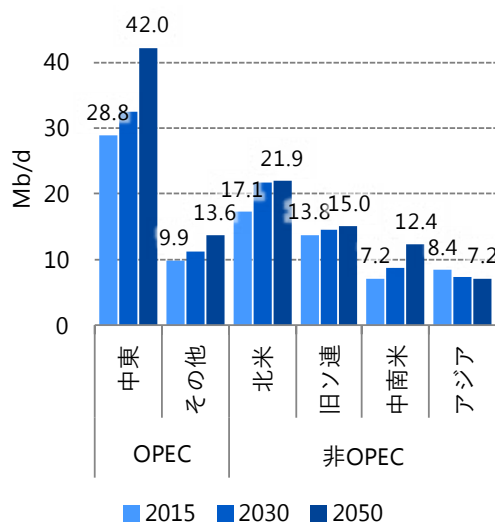
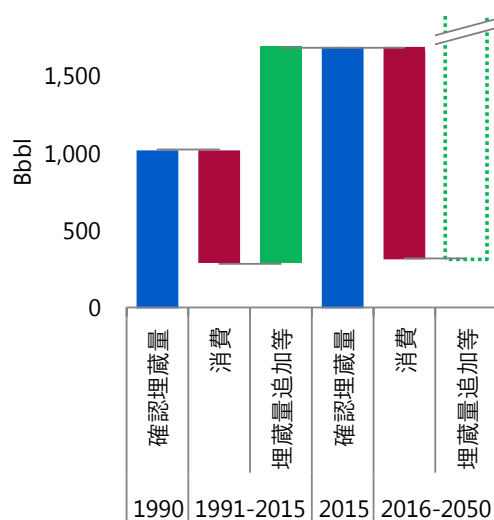
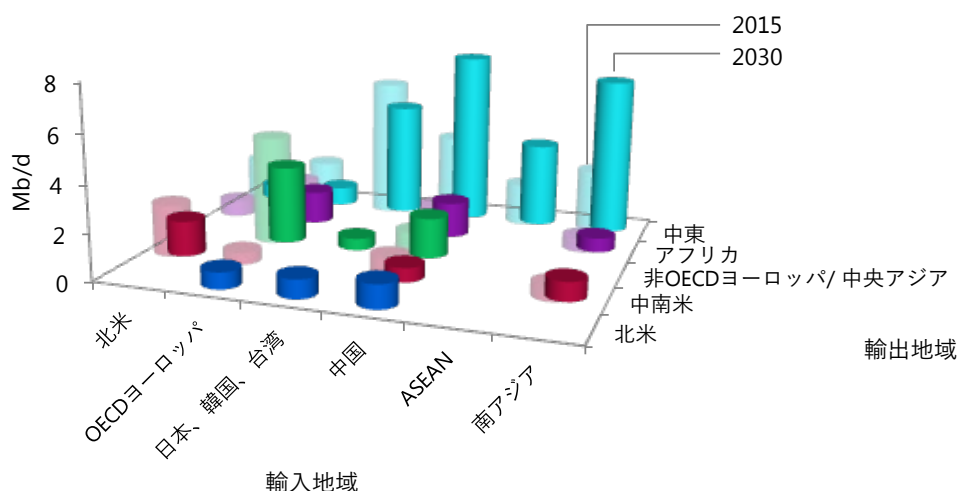


図7 | 世界の原油確認埋蔵量と累積生産量



主要地域間の原油貿易は、2030年には43 Mb/dにまで増加する(図8)。OECDでは需要減少や北米での生産増加に伴って輸入が減少するが、アジア新興国での輸入増加が全体の貿易量を押し上げる。アジアでは、ある程度の供給源多角化が図られるものの、中東およびアフリカからの供給量は2030年時点でも8割を占める。北米の輸入は、中南米や中東からは継続するものの、大幅に減少する。ヨーロッパでも輸入が減少する中で非OECDヨーロッパ/中央アジア、アフリカ、中東が競合する。非OECDヨーロッパ/中央アジアおよび中東は需要が増加するアジアへの輸出先シフトを強め、特に中東とアジアの原油貿易における相互依存関係はますます深まる。

図8 | 主要地域間の原油貿易[2015年、2030年]



世界の天然ガス生産量は2015年から2050年にかけて80%増加する(図9)。増産量が一番大きいのが中東であり、その量は589十億 m^3 (Bcm)にも上る。世界最大の確認埋蔵量を有するイランが、2030年以降、石油化学原料、隣国へのパイプラインガスの輸出等によって地域最大の生産国の地位を維持し続ける。米国は、今後も開発に関する知見の蓄積が進むこと、メキシコ湾岸からの液化天然ガス(LNG)の輸出が拡大する中で増産が進む。これらに次ぐのが、旧ソ連であり、特にロシアにおいては現在開発が進められているヤマル半島に加えて、2030年以降は東シベリアやサハリンなども増産に寄与する。アジアでは、需要が拡大する中国やインドにおいて、国内の開発が進む。特に中国においては、天然ガス利用をさらに促進すべく、国内のシェールガス開発に対する投資が本格化していく。アフリカでは、モザンビークやタンザニア、セネガルなどにおいてガス田の発見が相次いでおり、2030年以降に増産が本格化していく。

2016年時点での世界の主要地域間の天然ガス貿易量は544 Bcmである。その多くがパイプライン貿易であり、特にロシアからヨーロッパへと輸出されるパイプライン輸出量が大半を占める。今後は、主としてLNGでのアジアの輸入増加や北米の輸出増加によって拡大を続け、2030年時点には825 Bcmにまで増加する。輸出地域として最も大きく増加するのがオセアニアと北米であり、それぞれ2020年から2025年にかけて多くのLNGプロジェクトの稼働開始が計画されている。一方、最も多くを輸入するのが中国であり、特にロシア・中央アジアからパイプラインとLNG合計で108 Bcmを輸入する。

天然ガス利用の量的・地域的拡大に伴い、LNGの需要は天然ガス全体よりも急速に増加する。その需給バランスは、目下緩和した状態にあるが、今後の供給能力の追加が最終投資決定(FID)済み/建設中分のみであれば、2020年代半ばにも400百万t (Mt)程度で均衡に達しうる(図10)。一方で、現時点で約370 Mt分の案件が計画中であり、これら(の一部)が立ち上がれば、供給不足に陥ることはない。十分な投資を呼び込む環境の整備が重要である。

石炭生産量は、アジアを中心に中南米、アフリカなどの非OECDでの需要増加に伴い、2015年の7,727 Mtから2050年には9,283 Mtまで増加する。一般炭は主に電力向け需要の増加に伴い2015年の5,835 Mtから2050年に7,710 Mtと1.32倍に増加する。原料炭は粗鋼生産の減少に伴い2015年の1,081 Mtから2050年に1,004 Mtまで減少し、褐炭は電力向け需要の減少に伴い2015年の811 Mtから2050年に570 Mtまで減少する。

図9 | 主要国・地域の天然ガス生産

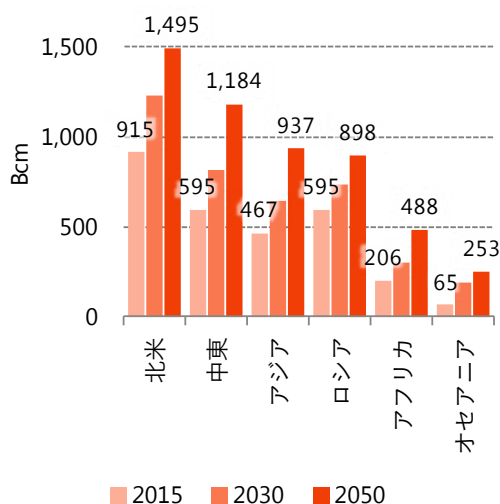
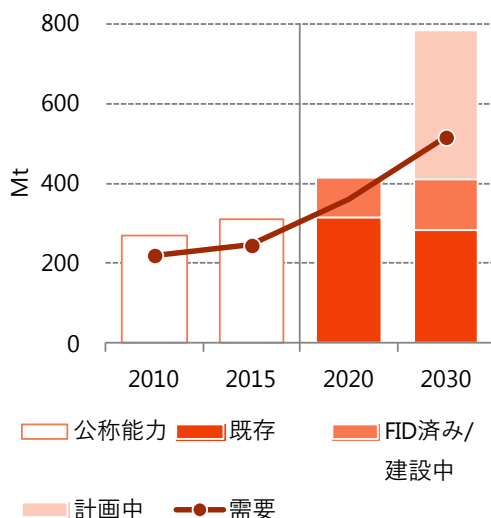
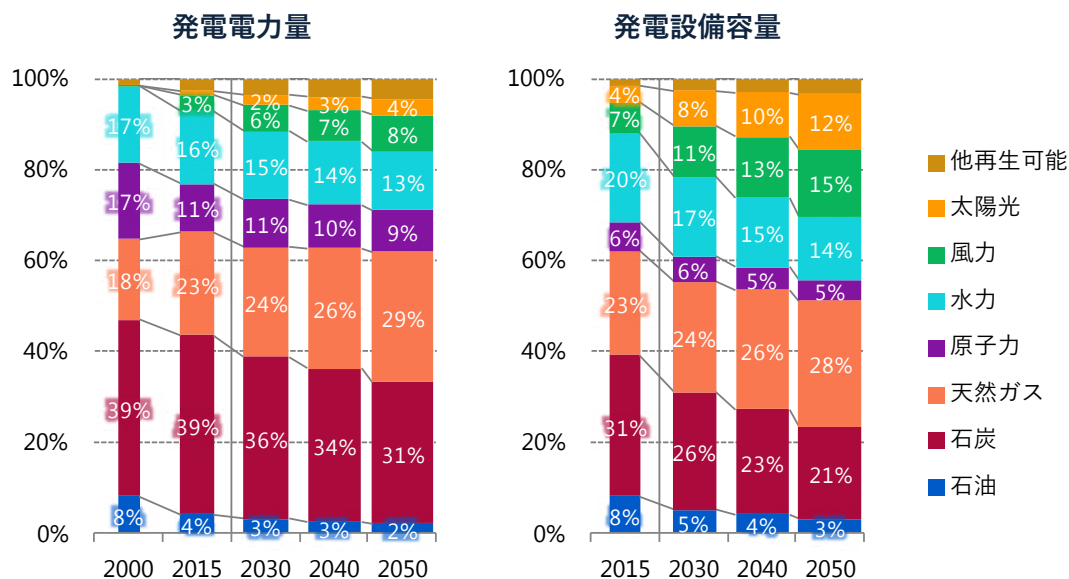


図10 | 世界のLNG供給能力と需要



発電では、再生可能エネルギーが脚光を浴びているが、電源構成において大枠では火力が中心であることに変化はない(図11)。ただし、火力でシェアを拡大するのは、発電効率が高く、二酸化炭素(CO₂)排出が少なく、負荷追従性が優れた天然ガスのみである。石炭は、最大の電源であり続けるものの、欧米で減少することなどでシェアが8%ポイント減の31%まで低下する。

図11 | 世界の発電構成



注: 棒の幅は総発電量に比例

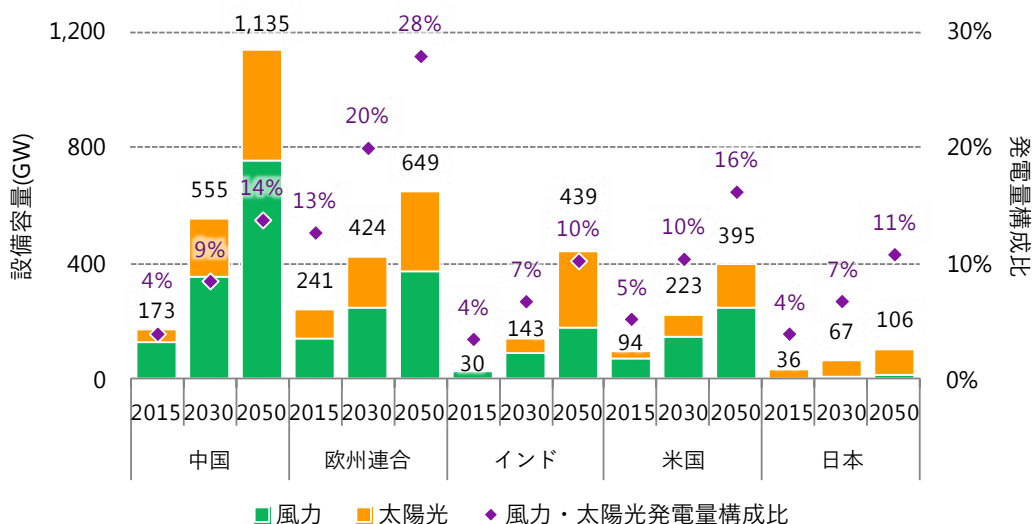
注: 棒の幅は総発電容量に比例

原子力は、2015年の2,571 TWhから2050年には4,047 TWhまで増加する。しかし、総発電量ほど急速には伸びず、シェアとしては2%ポイントの縮小となる。設備容量は、2020年代に全停止となるドイツをはじめ、日本など9か国・地域で減少する。一方、12か国が新規導入し、20か国が増設・増強することで、世界の設備容量は2016年の406 GWから2050年には577 GWまで拡大する。

風力・太陽光等の発電量は、2015年の1,111 TWhから政策支援や技術開発により2030年には2.5倍の2,778 TWh、その後20年でさらに2倍の5,637 TWhへと急速に拡大する。2050年には総発電量の13%を占めるに至る。そのために必要となる設備容量は、風力が現在の4.5倍の1,865 GW、太陽光が同6.8倍の1,519 GWであり、あわせて総発電容量12,547 GWの27%－発電量シェアの2倍以上－も占めることになる。

風力・太陽光等の主要な導入地域は、現在は中国、ヨーロッパ、米国であるが、今後はこれにインドが加わる(図12)。導入は、発電コストの低下が著しい地域ほど拡大する。コスト低下の背後には、システム価格や工事費の低下、設備利用率を決定する恵まれた日射条件や風況、土地取得や環境アセスメント等に係る障壁の低さなど多様な要因がある。システム価格や工事費が高い国においては、課題解消に向けた取り組みが求められる。

図12 | 主要国・地域の風力・太陽光発電設備容量と発電量構成比



石油需要ピークケース

需要

石油消費は自動車用にけん引され2050年まで増加し続ける(図13)。しかし、従来型ガソリン・軽油自動車から電気自動車などへの移行を目指す動きが、大気汚染対策を

背景に昨今特に活発化している(表1)。気候変動問題への対処もあり、資源制約ではなく需要側の要因で、石油消費が遠からずピークを迎えるという見方も一部にある。

仮に2050年に世界の新車(乗用・貨物)販売がすべてゼロエミッション車(ZEV)¹になる場合、将来像はレファレンスシナリオとは異なったものとなる。この「石油需要ピークケース」においては、石油消費は2030年ごろの98 Mb/dを頂点として減少に転じる(図14)。レファレンスシナリオからの減少量は、2030年に7 Mb/d、2050年には33 Mb/dにまで拡大する。

図13 | 世界の石油消費

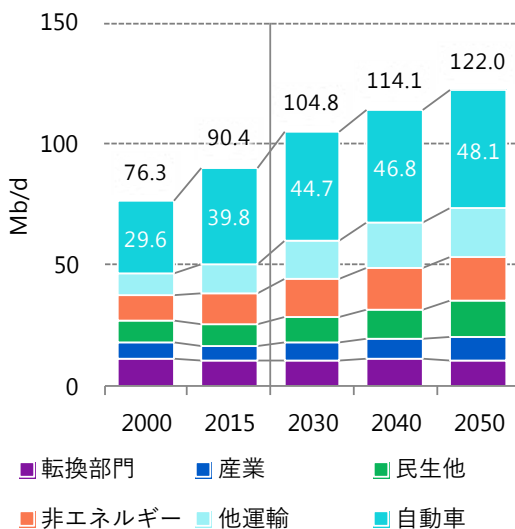


表1 | 自動車電動化への主な動き

ドイツ	2030年までにEUでの従来型自動車販売を禁止する決議案を連邦参議院が可決(2016)
ノルウェー	2025年までに従来型自動車の廃止を与野党が提案(2016)
フランス	2040年までに従来型自動車販売を禁止と政府が発表(2017)
英国	2040年までに従来型自動車販売を禁止と政府が発表(2017)
インド	2030年以降の新車販売をすべて電気自動車にと大臣が発言(2017)
中国	従来型自動車の販売禁止について研究検討中と副大臣が言及(2017)

ZEVによる電力需要増加の影響も小さなものではない(図15)。2050年における自動車用の電力消費はレファレンスシナリオ比409 Mtoe増となり、電力最終消費を12%押し上げる。増加する発電量を火力で賄うと、天然ガス、石炭の一次消費が発電用でそれぞれ572 Mtoe、432 Mtoe増加することにより、天然ガス、石炭が2030年代末には石油を上回り、以降、天然ガスが最大のエネルギー源となる。自動車用バイオ燃料は、内燃機関を動力源とする自動車保有台数の縮小に伴い減少する。

CO₂排出は、2050年にレファレンスシナリオ比1.8 Gt、2010年総排出量比5.9%削減される。このうち削減率が最も高くなるのは、ニュージーランド、カナダ、ラテンアメリカなど豊富な水力を背景に低い電力炭素原単位を誇る国・地域である。対して、イラクのCO₂排出は7%増とかえって増える。

¹ 本アウトLOOKでは、プラグインハイブリッド自動車、電気自動車、燃料電池自動車

図14 | 世界の石油消費と変化寄与

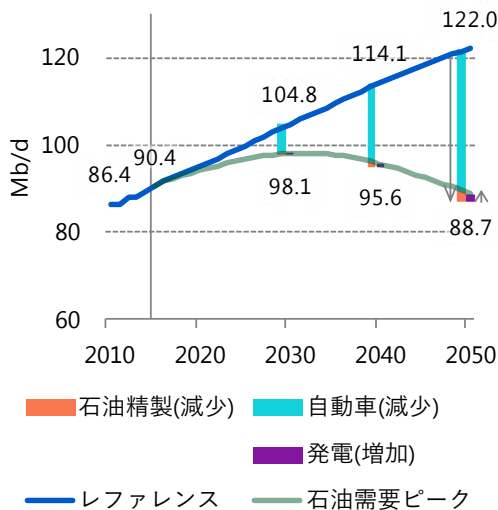
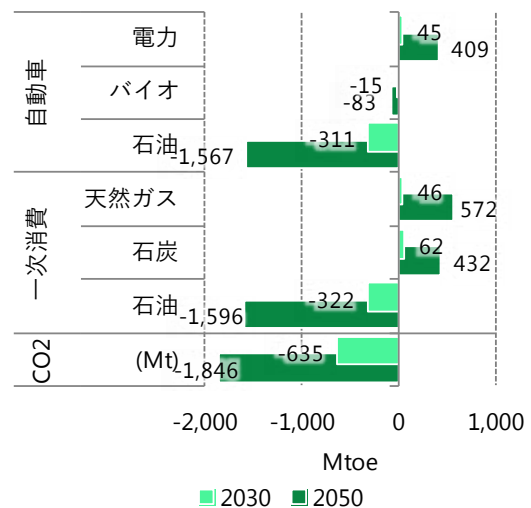


図15 | 世界のエネルギー消費増減(レファレンスシナリオ比) [石油需要ピークケース]

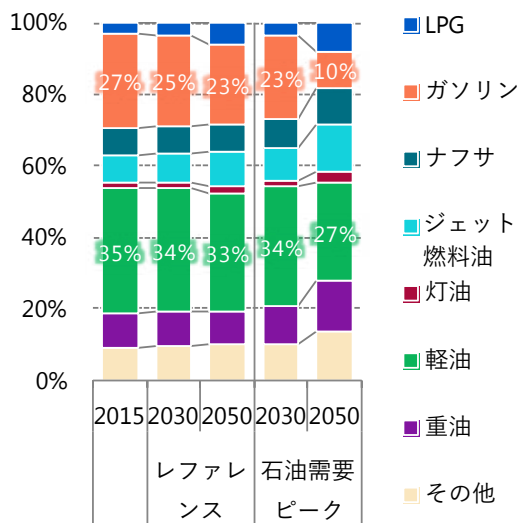


供給

こうした変化は、石油製品別の需給にも波及する(図16)。ガソリンの石油製品消費に占めるシェアは、2050年にはわずか10%にまで低下する。軽油は、産業などでも用いられることからそのシェアはガソリンほど小さくはないが、それでもレファレンスシナリオ比で6%ポイントの縮小となる。このような状況に直面する石油精製業は得率を劇的に変革させる必要がある。転じては、二次精製設備の違いによる競争力や、原油の重軽価格差にも変化が生じうる。

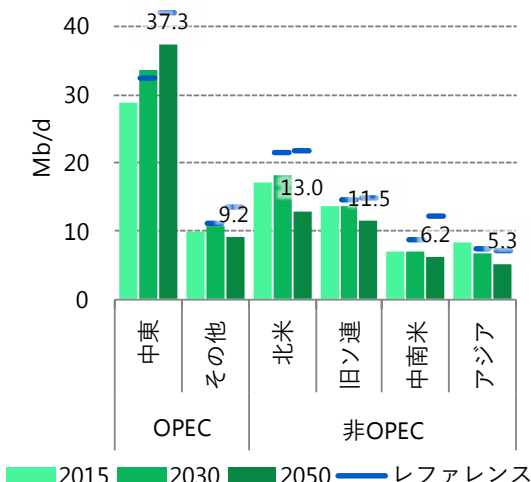
石油消費の減退は、原油生産にも大きな影響を及ぼす(図17)。従来の原油価格前提が将来も世界の石油需要は増加を続け、より供給コストが高い石油が必要になるとの考えに立っていたことから見て、世界の石油需要のピークアウトは一種のゲームチェンジャーとなり、需給の緩和圧力と市場の認識変化を背景として原油価格は下落する。レファレンスシナリオでの2030年\$95/bbl、2050年\$125/bblに対し、2030年\$65/bbl、2050年\$50/bbl（2016年実質価格）。この大幅な価格低下を想定すると、コストが低廉な地域の優位性が高まり、2050年の生産が現状を上回るのは中東のみとなる。OPECの生産シェアは2015年の42%から2030年には46%に増加し、その後も拡大を続ける。対して、北米の生産は、2050年にレファレンスシナリオ比4割減の13 Mb/dとなる。

図16 | 世界の石油製品消費構成



注: 自家消費を除く

図17 | 主要地域の原油生産[石油需要ピークケース]

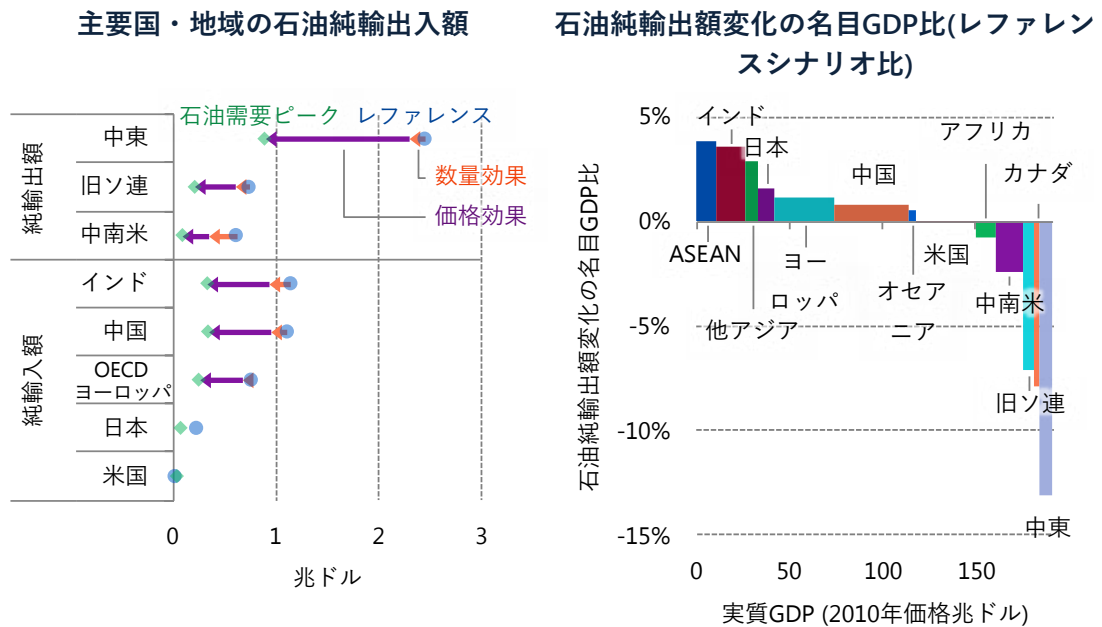


経済・大気保全・エネルギー安全保障への影響

ただし、経済の下押しは、原油生産シェアを落とす国・地域のみならず、中東産油国にも働く(図18)。中東の石油純輸出額の減少は、2050年において1兆6,000億ドル、名目GDP比13%にも達する。産油国においては石油のみに頼らない経済多角化への備えが求められ、そうした萌芽はサウジアラビアの“Saudi Vision 2030”の策定などに認められる。逆に、石油純輸入の削減額において最も裨益する国は、第2の石油消費国となるが国内資源に恵まれないインド、次いで世界最大の自動車保有国となる中国である。

先進国では自動車用ガソリン・軽油に物品税が課されていることから、需要低下で税収減となり、財政への影響もありえる。その税額はOECD計で現在3,700億ドル程度と見積もられるが、税率等が現状のままの場合、石油需要ピークケースでは2050年に5分の1の約800億ドルまで激減する。一方、現状の仕組みでは、電気のうち自動車に用いられた分を他用途分と区別して課税することはほぼ不可能である。ZEV普及促進期における助成と合わせ、財源が大きな問題となる可能性がある。

図18 | 石油純輸出入額[石油需要ピークケース、2050年]



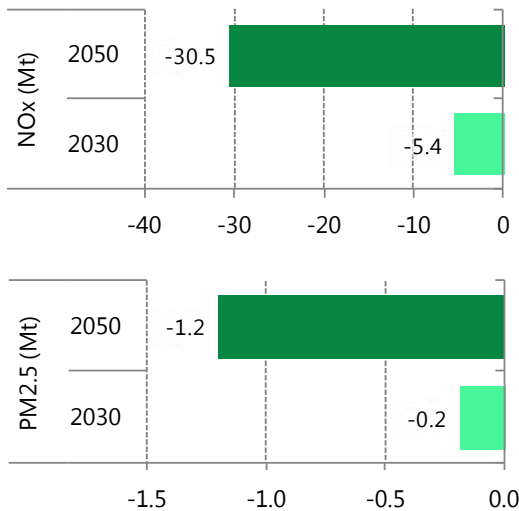
注: ヨーロッパは旧ソ連を除く

ZEV推進の大きなドライバーとなっている大気汚染物質の排出は、従来型自動車の排出抑制性能の向上効果を別にすれば、窒素酸化物(NO_x)がレファレンスシナリオ比30 Mt、微小粒子状物質($\text{PM}_{2.5}$)は1.2 Mt (2010年総排出量比ではそれぞれ27%、3%)削減される(図19)²。都市部の大気保全には一定の貢献が見込まれる。

石油純輸入国・地域の石油自給率は、消費の減少にもかかわらず、レファレンスシナリオより悪化する場合がある(図20)。これは、上で見たように原油価格下落がこれらの高コスト地域での原油生産に向かい風となるためである。

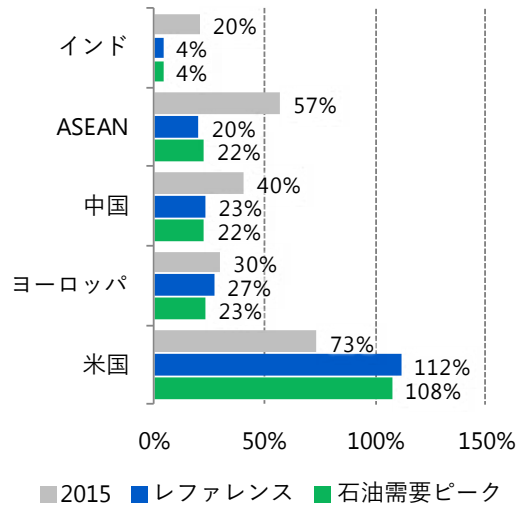
² ZEV用電力需要は発電起源の大気汚染物質を増加させうる。しかし、発電所での排出対策は自動車に比べ容易である。排出増を招かないよう、適切な管理が重要となる。

図19 | 世界の自動車起源NO_x、PM_{2.5}排出増減(レファレンスシナリオ比) [石油需要ピークケース]



注: 従来型自動車の排出抑制性能の向上効果を含まない

図20 | 石油自給率[2050年]



注: ヨーロッパは旧ソ連を除く

急速な脱化石燃料の見立てをどう認識するか

石油需要ピークケースは、状況によっては石油消費が遠からず減少に転じうることを示している。しかし、このケースの実現可能性は、ZEVの普及状況が、ボトムアップ方式で先進技術の最大限の導入を見込み分析を行った後述の「技術進展シナリオ」のそれをはるかに上回ることから、極めてチャレンジングであるといえる。むしろ、石油消費は容易には減少しない可能性を暗示しているとも解釈できる。また、石油需要ピークケースの2050年においても、石油が今日と大差ない規模で求められていることを見過ごしてはならない。供給側が需要ピークを憂えることは自然で、それに備えることは必要である。しかし、将来を過度に悲観することで供給投資がおろそかになれば、それこそが石油離れを—エネルギー安全保障を脅かしながら—誘発することになりかねない。

中東原油依存度の高まりは、安定供給に対する地政学リスクを上昇させることになる。サウジアラビアとイランの対立、カタル国交断交、「イスラム国」攻略の進捗の一方でテロ拡散の可能性等、中東情勢は流動的であり、短期的に安定する兆しは見えない。中東産油国では、本ケースで想定するような低油価では財政均衡が難しい。財政赤字低減のための公共投資抑制や補助金削減といった取り組みには合理性があるが、社会不安を増大させ、産油国のみならず中東情勢をさらに悪化させる可能性も否定できない。

気候変動問題への対処

技術進展シナリオ

「技術進展シナリオ」では、エネルギー安定供給確保や気候変動対策のため、省エネルギー・低炭素化技術が、世界のすべての国において、現実社会での適用機会・受容性を踏まえた最大限に展開されることを見込む。このシナリオにおいては、エネルギー消費は2050年にレファレンスシナリオ比2,570 Mtoe、13%節減され、今後の増分は同42%抑制される(図21)。

レファレンスシナリオから技術進展シナリオへの移行に必要な2050年における省エネルギー量のうち23%はOECD 35か国によるものであるが、中国、インドは1国でそれぞれ24%、15%の寄与度を示す(図22)。先進国のみならず、技術展開のポテンシャルに恵まれた発展途上国での広範な省エネルギー・低炭素化の成否が、世界の将来像を左右する。

図21 | 世界の一次エネルギー消費

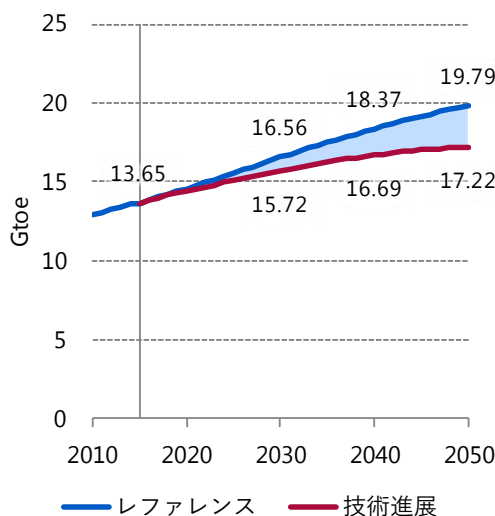
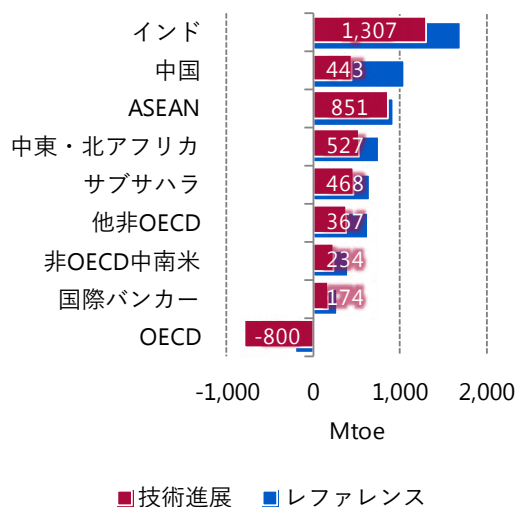
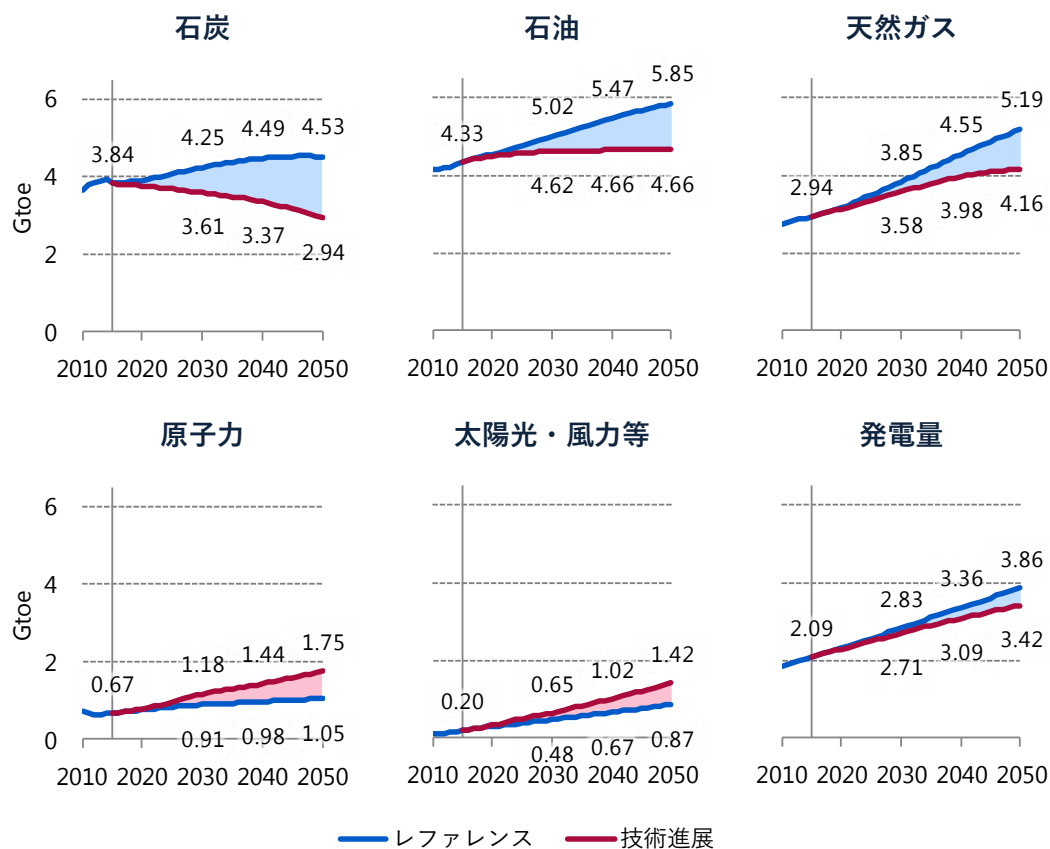
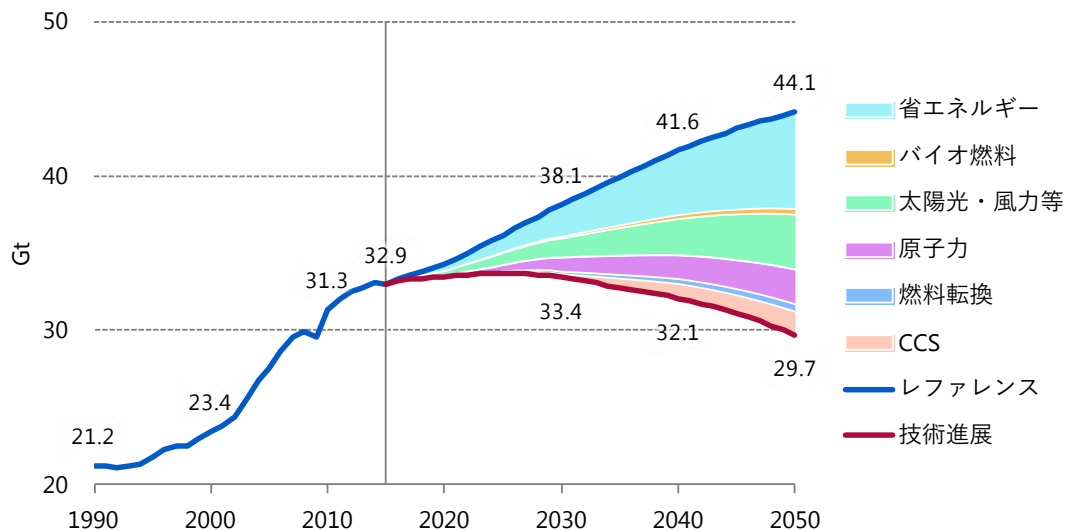


図22 | 一次エネルギー消費変分
[2015-2050年]



最も大きな変化が表れるエネルギー源は、電力消費の抑制、発電効率の向上、他エネルギーへの代替影響で主に発電用が減少する石炭である(図23)。石油は、2040年ごろには頭打ちとなり、2050年にはレファレンスシナリオを1,193 Mtoe下回る。一方で、天然ガスは、石炭や石油と異なり、技術進展シナリオにおいても増加が今後35年間継続する。化石燃料がレファレンスシナリオから3,825 Mtoe削減されるのに対して、原子力は699 Mtoe、再生可能エネルギーは風力、太陽光を中心に555 Mtoe増加する。これらの結果、化石燃料のシェアは、2015年の81%から2050年には68%まで低下する。

図23 | 世界の一次エネルギー消費と発電量

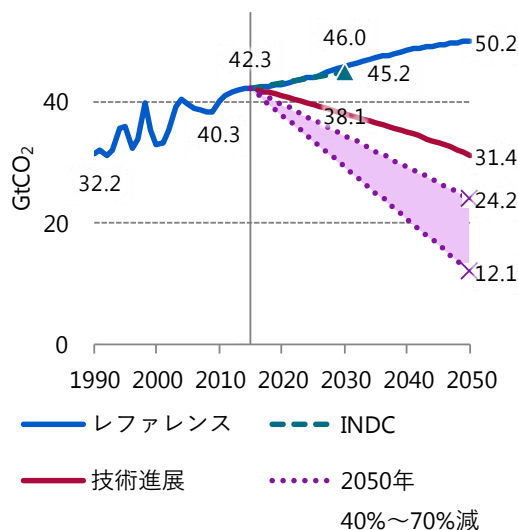
図24 | 世界のエネルギー起源CO₂排出と削減寄与

世界のエネルギー起源CO₂排出量は、2025年ごろをピークに緩やかな減少に転じ、2050年には2010年比1.6 Gt、5%減の29.7 Gtとなる(図24)。2015年のG7エルマウ・サミットで支持された「(温室効果ガス[GHG]を) 2050年までに2010年比で最新の気候変動に関する政府間パネル(IPCC)提案の40%から70%の幅の上方の削減とする」が想起させる姿からは遠い。それでも、レファレンスシナリオからの削減量14.4 Gtは世界の2010年の排出量の46%に相当し、2050年までの累積削減量227 Gtは世界の現排出量の7.2年分にあたるなど、決して小さな効果ではない。地域別では、OECDは2050年において2010年比半減となる。これに対し、非OECDは2040年ごろのピークからは減少するものの、2010年比では23%増となる。

パリ協定での約束草案

パリ協定での約束草案³(INDC)をもとに推計される世界のGHG排出量は、2030年で45.2 GtCO₂であり、足元より増加する(図25)。過去のトレンドよりは抑制されるが、ここ数年の排出が抑制的に推移していることから、レファレンスシナリオでの排出量と大差ない。上述の2050年に40%から70%減、あるいはパリ協定の長期目標—できる限り早期にピークアウトし今世紀後半に実質0にする—とは乖離の大きな将来像である(表2)。長期目標に接近するためには、少なくとも各国が技術進展シナリオ程度まで排出を抑制する努力が望まれる。発展途上国での低炭素技術の展開がとりわけ重要である。

図25 | 世界のGHG排出



注: G20のパリ協定でのINDCをもとに推計

表2 | パリ協定の長期目標

Holding the increase in the global average temperature to well below 2°C above pre-industrial levels and pursuing efforts to limit the temperature increase to 1.5°C above pre-industrial levels, recognizing that this would significantly reduce the risks and impacts of climate change. – Article 2

In order to achieve the long-term temperature goal set out in Article 2, Parties aim to reach global peaking of greenhouse gas emissions as soon as possible, recognizing that peaking will take longer for developing country Parties, and to undertake rapid reductions thereafter in accordance with best available science, so as to achieve a balance between anthropogenic emissions by sources and removals by sinks of greenhouse gases in the second half of this century, on the basis of equity, and in the context of sustainable development and efforts to eradicate poverty. – Article 4

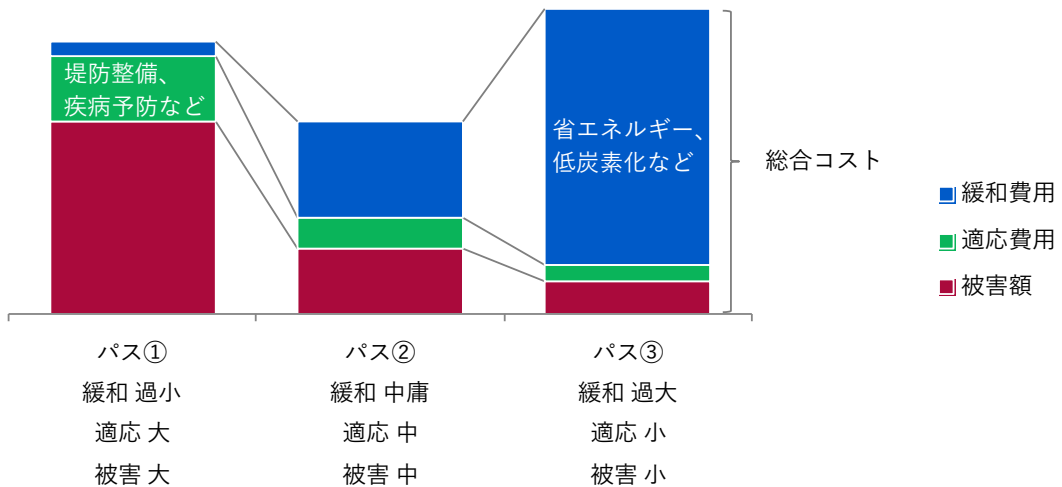
出所: 国際連合

³ 米国は2017年8月4日、国連に対して、パリ協定から脱退する旨の通知を提出したが、最短で米国がパリ協定を脱退できるのは2020年11月4日のため、分析に含めている。

超長期の気候変動対策パス

気候変動問題は、広範な領域に影響し、かつ何世代にもわたる長期的課題である。いつ、どのような、どの程度の対策を講じてゆくべきか、よくよく吟味する必要がある。バランスや持続可能という視点に基づけば、消費によって規定される効用を大きくする—すなわち、緩和費用、適応費用、被害額の和である総合コストを小さくするような組み合わせが評価に値する(図26のパス②)。 $\$100$ の被害を防止するために $\$1,000$ の費用を投じて排出を削減し堤防を築く—そのようなことを長期にわたり継続するのは相当に困難であり、いずこかで破綻するリスクを否めないからである。

図26 | 緩和、適応、被害の総合コストのイメージ



累積総合コストを小さくする「最小費用パス」は、2050年にエネルギー起源 CO_2 を技術進展シナリオなみに削減することとなる⁴が、GHG排出を現状比半減させなければならないほどのものではない(図27)。GHG排出は、2050年以降も緩やかに減少を続け、2100年に現状比52%減となる。大気中GHG濃度⁵は、2100年ごろまで緩やかに上昇を続けた後、2150年には550 ppmまで低下する。気温は、19世紀後半と比べ2100年に 2.4°C 、2150年に 2.6°C 上昇する。すなわち、最小費用パスは極めて野心的なパリ協定の長期目標の達成の将来パスとは異なる姿となる。

もっとも、これらは条件次第で異なった姿にもなりうる。例えば、気候感度⁶が 3.0°C ではなく 1.9°C である場合、最小費用パスでは緩和対策が先送りされるものの、気温上昇は 2°C 程度に収まる。単純計算すると気候感度 1°C の違いで2200年の気温に 0.5°C 程度の差が生じる。また、割引率として2300年までの期間平均2.5%ではなく1.1%を

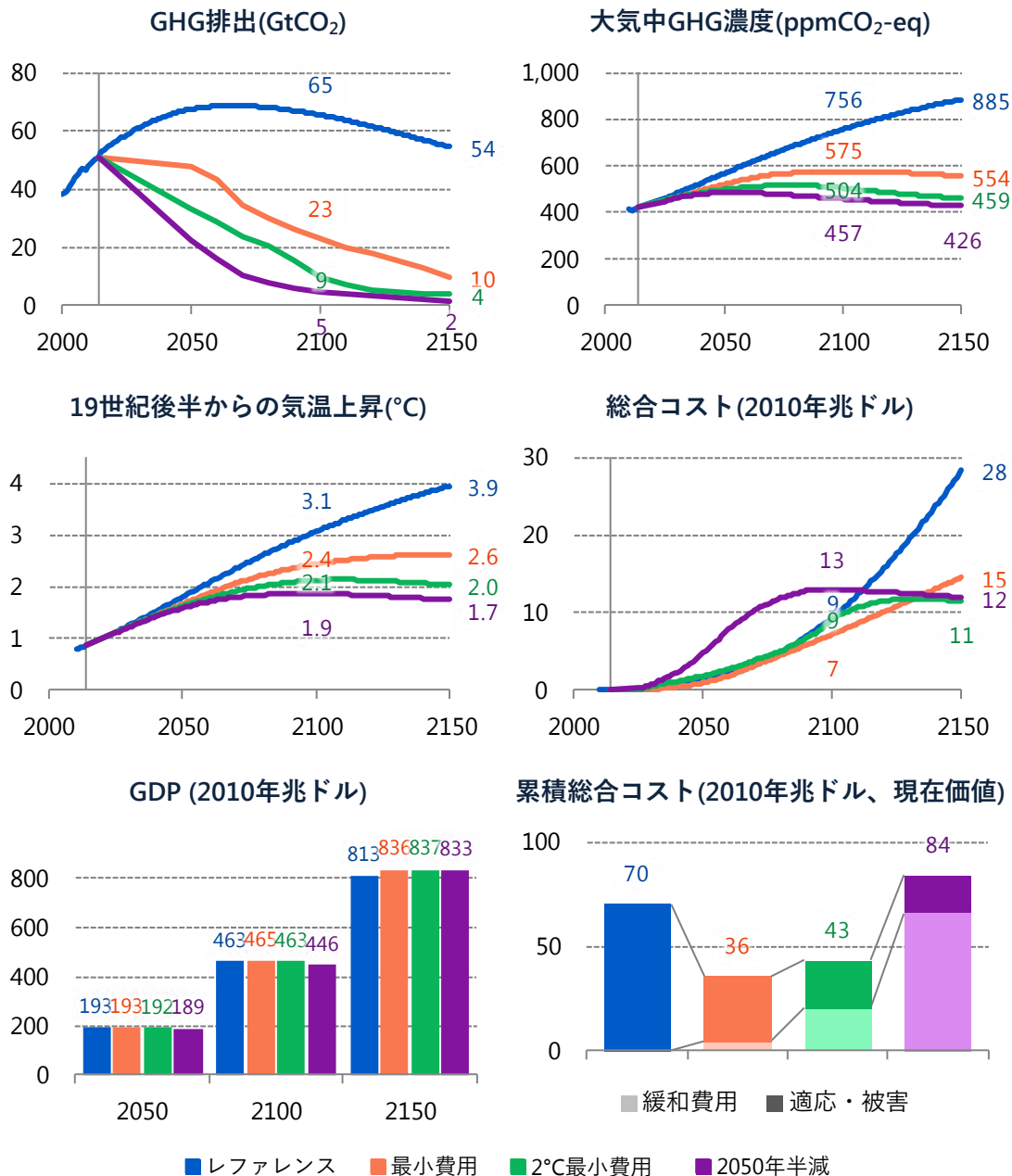
⁴ 導出モデルはp.107参照

⁵ CO_2 換算。エーロゾル等を含む

⁶ 大気中のGHGの CO_2 換算濃度が倍増した場合の平均気温の上昇幅($^\circ\text{C}$)

採用する場合⁷、将来発生する費用がより高めに評価されるため、早急に緩和を行うパスが最適と評価される。気温は2100年頃に2°Cまで上昇し、その後は低下していく。単純計算すると割引率1%ポイントの違いで2200年の気温に0.5°C程度の差が生じる。

図27 | 超長期パス



注: 大気中GHG濃度はエアロゾル等を含む。累積総合コストは2015年-2500年

⁷ 期間平均2.5%はラムゼイ・ルールにおける時間選好率 $\delta = 0.5\%$ 、限界効用の対消費弾力性 $\eta = 2$ に相当。期間平均1.1%は $\delta = 0.1\%$ 、 $\eta = 1$ に相当。

一方、国際政治・交渉の場における「2°C目標」への尊重を鑑みれば、気温上昇抑制へ上述の最小費用パスより強力に取り組むパスの検討も有益である。例えば、累積総合コストを可能な限り小さくする原則を堅持しつつ、2150年における気温上昇幅を2°Cに抑えるためには、最小費用パスより追加的な削減が必要となる。この「2°C最小費用パス」の下でのGHG排出は、2050年に2010年比31%減、2100年に80%減となる。

2°C最小費用パスの実現には、革新的技術の開発・普及が不可欠である。技術進展シナリオから2°C最小費用パスへの移行に必要なエネルギー起源CO₂の削減(2050年に11.1 Gt)を、例えば水素の利活用で実現するとすれば、世界全体で3,000 GWの水素発電と10億台の燃料電池自動車の導入が必要となる勘定になる(表3)。その他のオプションも含め、革新的技術のすべてが、現状、技術面、社会の受容性などで課題を抱えており、その克服のためには個別の技術開発と同時に国際協力も重要である。

表3 | 2°C最小費用パスへの移行に必要な革新的技術導入量の例

[1]ゼロエミッション技術: 発電部門におけるCO₂削減(10.4 Gt)に必要な導入量

2050年におけるCCS未設置火力発電ストック約2,800 GWの代替

CCS付き火力発電 (帯水層貯留)	約2,800 GW (CO ₂ 回収率90%と仮定すると、削減量は最大9.4 Gt) CO ₂ 貯留ポテンシャルは推定7,000 Gt以上	いずれか
水素発電 (CO ₂ フリー水素)	約3,000 GW $\approx$ 1 GWタービン $\times$ 約3,000基分 所要水素量: 650 Mt/年(現在のLNG需要の3倍に相当)	
宇宙太陽光	約3,000 GW $\approx$ 1.3 GW設備(2 km四方) $\times$ 約2,300基分	
高温ガス炉	約2,400 GW $\approx$ 0.275 GW炉 $\times$ 約8,700基分	
核融合	約2,200 GW $\approx$ 0.5 GW炉(ITER相当) $\times$ 約4,500基分	

[2]ゼロエミッション技術: 発電部門以外におけるCO₂削減(残り0.7 Gt)に必要な導入量

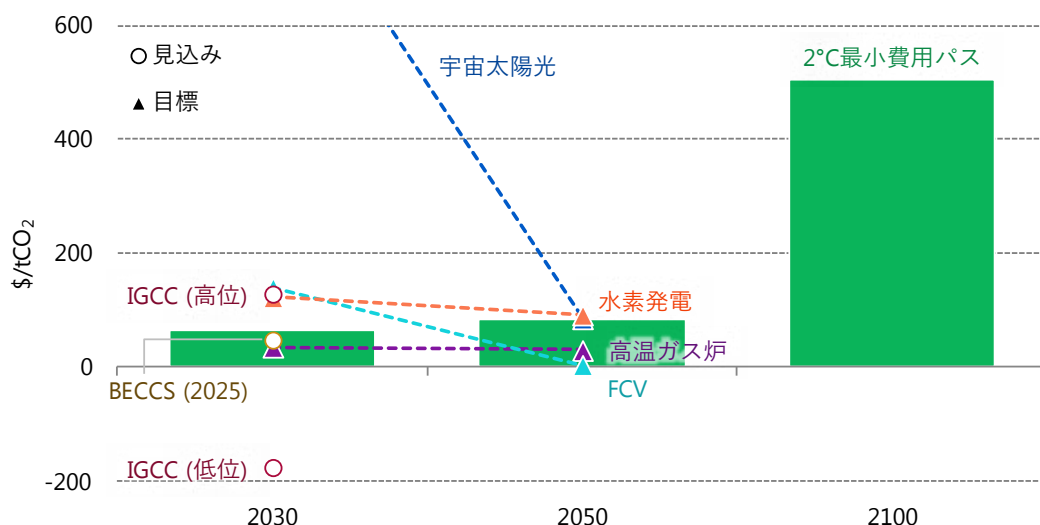
製造業CCS	鉄鋼、セメント、化学、紙パルプ、石油精製、GTL/CTLの製造施設・プラントの16%にCCS敷設	いずれか
燃料電池自動車 (CO ₂ フリー水素)	約10億台(2050年の総保有台数は約26億台) 所要水素量: 150 Mt/年(現在のLNG需要の6割に相当)	

[3]ネガティブエミッション技術: 発電部門におけるCO₂削減(11.1 Gt)に必要な導入量

CCS付きバイオマス発電(BECCS)	約1,400 GW $\approx$ 0.5 GWタービン $\times$ 約2,800基分 所要バイオマス量: 2,000 Mtoe/年。供給にアルゼンチン(278万km ²)より広い285万km ² 相当の土地が必要
---------------------	--

注: 2050年時点のストック量、利用量。技術進展シナリオからの追加分。[1]、[2]それぞれから1つずつ、もしくは[3]により11.1 Gtの削減に相当

また、これらの技術は十分に低廉化されていなければならない。2°C最小費用パスにおける暗黙的なCO₂削減コスト(2010年実質)の最高値は、2050年に\$85/tCO₂、2100年に\$503/tCO₂である(図28)。累積総合コストを小さくする原則が規定する最小費用パスでは、少なくとも技術のコストがこのCO₂削減コストを下回らなければ、その技術は導入されない。さらに、他の競合技術より廉価でなければ、競合技術の導入ポテンシャルに制約がない限り、経済合理的に選択されることはない。革新的技術には革新的なコスト低減も求められる。BECCSや水素発電、FCV、高温ガス炉、宇宙太陽光などの革新的技術の目標コストは上記CO₂削減コストの概ね範囲内にあり、2°C目標はこれらの技術を活用することができれば、十分に達成可能となる。

図28 | CO₂削減コスト

注: 2°C最小費用パスは、同パスの各時点で採用された技術のうち最も高いもののコスト(炭素価格)で、2010年実質。目標・見込みの前提条件・野心度合いなどは各技術で異なる。

計算の主要な前提:

[高温ガス炉] 原子力科学技術委員会「高温ガス炉技術開発に係わる今後の研究開発の進め方について(案)」を参考に、30万kW発電炉の建設費約5億ドルと想定。

[石炭ガス化複合発電(IGCC)] OECD/NEA "Projected Costs of Generating Electricity 2015 Edition"を参考に、建設費\$1,200/kW - \$2,900/kW、発電効率50%-52%と想定。

[燃料電池自動車(FCV)] 水素・燃料電池戦略協議会「水素・燃料電池戦略ロードマップ」を参考に、2050年の車両価格\$25,000(従来車と同等)、燃費115 km/kg(ガソリン換算燃費31 km/L)、水素小売価格\$0.5/Nm³と想定。

[水素発電] 水素・燃料電池戦略協議会「水素・燃料電池戦略ロードマップ」、IEA "Technology Roadmap: Hydrogen and Fuel Cells"を参考に、2050年の水素プラント引き渡し価格\$0.15/Nm³、建設費\$1,200/kW、発電効率57%と想定。

[宇宙太陽光] 宇宙システム開発利用推進機構「発電電一体型宇宙太陽光発電システム2006モデル研究開発ロードマップ 2016年度改訂版」を参考に、2050年の発電単価目標として\$100/MWhを使用。

[CCS付きバイオマス発電(BECCS)] IRENA "Renewable Power Generation Costs in 2014"より、バイオマス発電単価\$130/MWh、IPCC "Special Report on CCS"よりCO₂回収貯留コスト\$70/tCO₂をもとに推計。

第I部

世界・アジアの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、モデル化を行っている。世界全体を図1-1に示す42地域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分析モデルを構築した上で分析した。

図1-1 | 地域区分



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・環境にかかる政策・技術等に従って将来の見通しが作成される。ここでは今後、過去の延長上に見込まれる政策等を織り込む一すなわち、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、世界すべての国において、エネルギー安定供給の確保や気候変動対策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 | 技術進展シナリオにおける技術導入の想定例

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

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うる。このうち、人口、経済成長、国際エネルギー価格については、両シナリオ共通の前提として、以下のような想定をしている。

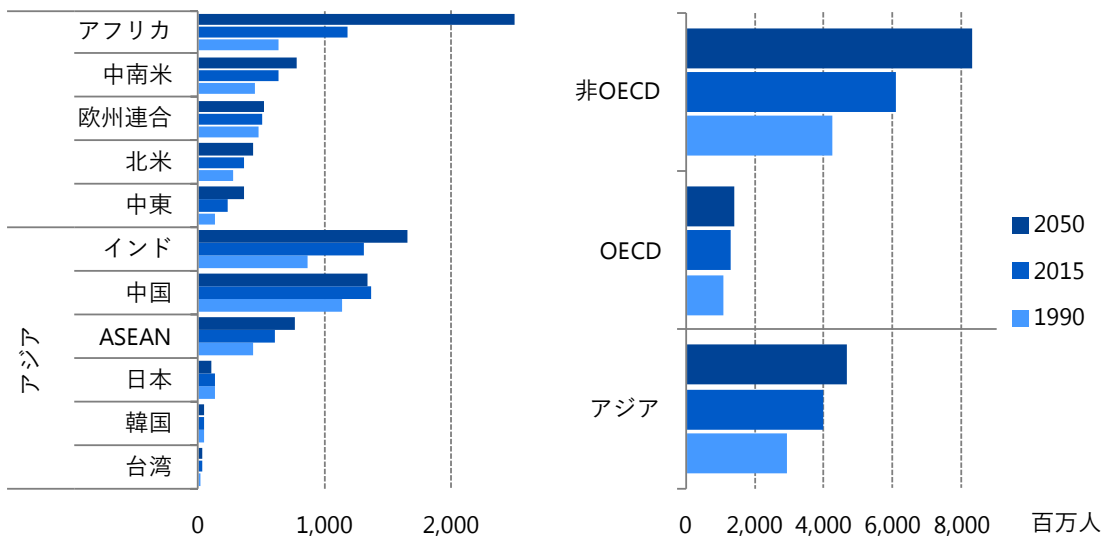
人口

人口の想定においては、国際連合の“World Population Prospects”等を参照した。多くの経済開発協力機構(OECD)諸国においては、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を割り込んでおり、人口減少圧力が増大する。非OECD諸国においても所得水準の上昇、女性の社会進出に伴い出生率は低下傾向にあるが、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いるため、人口の増加が続く。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、2015年に73億人であった世界の人口は、2050年には97億人に達する(図1-3、付表3)。

OECDのうち、北米では、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り、欧州連合(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、今後は世界で最も速いスピードで減少してゆく。2015年には高齢人口が年少人口の2倍を超えており、今後もしっそうの少子高齢化が進む。韓国も2030年代半ばをピークに減少に転じる。

図1-3 | 主要国・地域の人口



他方、非OECDの多くでは、人口が引き続き増加する。2050年までに世界で増加する人口の大半は非OECDに居住する。アフリカは、かつて人口爆発と称されたほどではないが、多くの国が高い出生率を維持し、年率2.2%と引き続き急速に増加する。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、国外からの流入が増加することなどから、約1.5倍に増加する。ヨーロッパでは、ロシアがソ連崩壊以降の人口減に悩んでおり、今後も引き続き減少基調で推移するが、東欧諸国は緩やかなペースで増加する。アジアでは、インドは高い増加率を維持し、2020年代前半には中国を抜き、2050年には世界最大の約17億人に達する。既にヨーロッパを大きく上回る東南アジア諸国連合(ASEAN)は、2050年代には7億6,000万人にまで増加する。現在、最大の人口を擁する中国は、2030年頃には14億1,500万人でピークを打ち、その後2050年に向けて約7,500万人減少する。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、今後ますます高齢化が進む。多くの若年層が都市部に集中し、農村部での高齢化がさらに深刻化する。

アジア全体としては、引き続き増加となるものの、世界に占める割合は緩やかに減少してゆく、2015年には54%であった世界シェアは、2050年にはおよそ48%にまで縮小する。

経済

世界経済は足元では不透明性がありながらも成長している。世界最大の米国経済は、トランプ政権の政策動向に不安感があるものの、2014年以降の原油安および失業率の低下

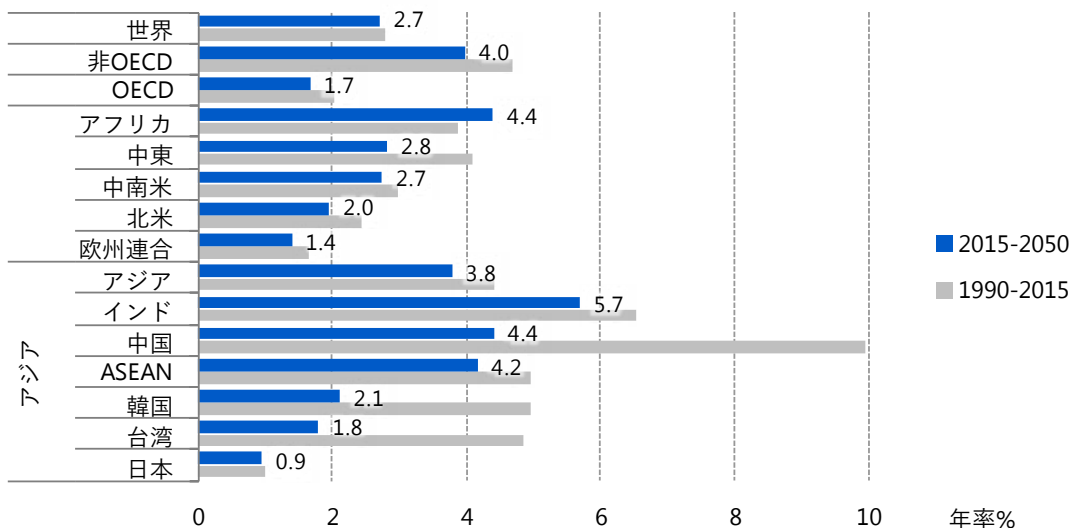
とそれに伴う個人消費拡大により経済が緩やかに回復している。また、米国に次ぐヨーロッパ経済は、英国のEU離脱交渉の難航が予想され不確実性はあるが、ヨーロッパ全体では雇用・所得の改善や個人消費、設備投資の拡大が経済を底支える。世界第3の経済規模を持つ中国経済は景気が加速し始め、それ伴い対中輸出によって経済を拡大してきたアジアの新興国経済も、成長のペースが回復している。一方、原油安の長期化がロシアや中東、中南米などの産油国・資源国経済を圧迫している。

中長期的には、人口増加、生産性向上、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を通じ、多くの国で経済は成長してゆくと考えられる。その中で今後、世界経済の新たなけん引役として存在感を増してゆくのインドである。インド経済は、見通し期間において、世界で最も高い年率5.7%で成長する。構造改革、内需拡大、外資導入が経済成長の源泉となる。また、ASEANも年率4.2%の成長率を維持する。

このように、アジア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ている。しかしながら、賃金水準の上昇や国民の権利意識の芽生え等により、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輸出主導型の経済成長は転換を迫られることになる。特に輸出依存度が高いアジア新興国、とりわけ中国においては、これまでの高成長を支えてきた環境は変わり、中進国の罫への警戒が必要とされつつある。

以上のような情勢を鑑み、また国際通貨基金、アジア開発銀行をはじめとする国際機関による予測、ならびに各国政府の経済開発計画等も参考にして、見通し期間における世界の経済成長率を年率2.7%と想定した(図1-4、付表4)。

図1-4 | 主要国・地域の経済成長率



国際エネルギー価格

2014年後半以降、ヨーロッパや中国の景気減速等に、米国の原油増産、および石油輸出国機構(OPEC)の減産見送り等も加わり、国際原油市場で需給緩和・供給余剰感が拡大し

たことで原油価格が急落し、2016年1月にはBrent原油価格は\$30.80/bblまで下落した。その後、米国の原油生産増加などもあったが、OPECの協調減産合意等により原油価格はもみ合いつつ、2017年9月平均では\$56/bblになっている。しかし、OPECの協調減産がいつまで守られるのか、先行きは不透明である。

石油需要は世界経済の堅調な成長に伴って増加を続ける。供給側では、米国等の非OPECの石油生産も増加傾向にあるとはいえ、依然として供給の多くを地政学リスクを抱えるOPECやロシアに依存することには変わりはない。同時に、相対的に生産コストの高い中小規模、極地、大水深油田等へのシフトによる限界費用の上昇も見込まれる。また、先物市場への過剰な資金流入に対し強力な規制が導入される見込みは薄く、投機・投資資金による原油価格の押し上げの発生も否定できない。これらから、原油価格は短期的な変動幅を増しつつ、中長期的にはじりじりと上昇してゆくものと見込む。実質原油価格(2016年価格)は、2020年に\$70/bbl、2050年には\$125/bblと想定する(表1-1)。想定インフレ率2%/年の下での名目価格は、2020年に\$76/bbl、2050年には\$245/bblに達する。

表1-1 | 国際エネルギー価格

実質価格								年平均変化率(%)				
			2016	2020	2030	2040	2050	2016/ 2020	2020/ 2030	2030/ 2040	2040/ 2050	2016/ 2050
原油	\$2016/bbl		44	70	95	115	125	12.3	3.1	1.9	0.8	3.1
天然ガス												
日本	\$2016/MBtu		6.9	9.0	10.9	12.4	12.6	6.7	2.0	1.3	0.2	1.8
ヨーロッパ(英国)	\$2016/MBtu		4.7	7.1	8.3	9.3	9.5	10.9	1.5	1.2	0.3	2.1
米国	\$2016/MBtu		2.5	3.8	4.5	5.5	6.0	11.0	1.7	2.0	0.9	2.6
一般炭	\$2016/t		73	83	100	121	132	3.1	1.9	1.9	0.8	1.7

名目価格								年平均変化率(%)				
			2016	2020	2030	2040	2050	2016/ 2020	2020/ 2030	2030/ 2040	2040/ 2050	2016/ 2050
原油	\$/bbl		44	76	125	185	245	14.6	5.2	4.0	2.9	5.2
天然ガス												
日本	\$/MBtu		6.9	9.7	14.4	19.9	24.7	8.9	4.0	3.3	2.2	3.8
ヨーロッパ(英国)	\$/MBtu		4.7	7.7	10.9	14.9	18.6	13.1	3.5	3.2	2.3	4.1
米国	\$/MBtu		2.5	4.1	5.9	8.8	11.8	13.3	3.7	4.1	2.9	4.7
一般炭	\$/t		73	89	132	195	258	5.2	4.0	4.0	2.9	3.8

注: インフレ率を年率2%として算出。

天然ガスは、米国では今後も廉価な価格が持続する。ただし、開発・生産コストの上昇に伴い、その価格は現在の記録的な安さからは上昇する。日本の実質輸入価格は、2016年の\$6.9/MBtuから2050年にかけて\$12.6/MBtuに上昇すると想定する。なお、米国の液化天然ガス(LNG)輸出開始で、調達先の多様化や仕向け地条項の緩和・撤廃に貢献するこ

とが期待される。一方、足元の低油価とLNG価格では米国産LNGによる価格低減の効果は限定的である。また、液化や海上輸送等のコスト低減は一定の限界があり、欧米との価格差は残る。

石炭価格は、足元までは需給の緩和を反映してかなり低廉であった。資源制約が相対的に小さいものの、アジアで発電用を中心とした需要が増加傾向にあること、およびこれまでの安値からの反発により、長期的にその価格は上昇しゆく。もっとも、単位発電量あたりの価格は原油や天然ガスと比べると低廉である。

2. エネルギー需要

2.1 一次エネルギー消費

世界

世界の一次エネルギー消費は、足元では世界経済の減速を受け、増加スピードが鈍化している。しかし、エネルギー需給にまつわる社会・経済・政策・技術導入等の趨勢的な変化の継続を想定するレファレンスシナリオでは、世界経済の成長と人口増などにより、2015年の石油換算13,647百万t (Mtoe)から2050年には19,789 Mtoeへと6,142 Mtoe増加する。この増分は、世界最大のエネルギー消費国である中国の現在の消費量2年分を上回る規模である。2050年までに、世界全体のGDPがおよそ2.5倍に増加する一方で、エネルギー消費の増加は1.5倍にとどまり、省エネルギーが一定程度進展する。しかしながら、この結果は、レファレンスシナリオにおいて見込まれるような現在想定される各国のエネルギー政策や省エネルギー技術だけでは、経済成長を進めながらエネルギー消費を抑制するのが困難であることも示唆している(図2-1)。

中国や高い経済成長が期待されるインド、東南アジア諸国連合(ASEAN)など、アジアが世界のエネルギー消費増に大きく寄与する(図2-2)。ただし、これまで世界の消費増をけん引してきた中国は、今後もエネルギー消費を増加させてゆくものの、世界に占めるシェアは2015年よりわずかに小さくなる。中東・アフリカ地域の需要は拡大する一方、米国と欧州連合(EU)の需要は減少を続ける。

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

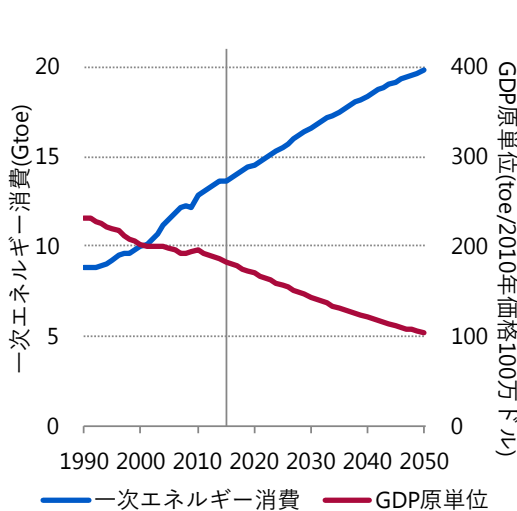
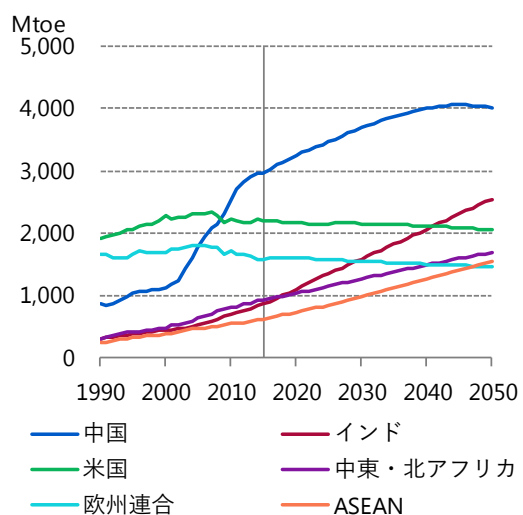


図2-2 | 主要国・地域の一次エネルギー消費
[レファレンスシナリオ]



2015年時点で、一次エネルギー消費の81%は化石燃料(石油、石炭、天然ガス)であり、2050年でも化石燃料が一次エネルギー消費の79%を引き続き担う(図2-3)。近年、気候変動対策として化石燃料への依存低減を目指す国・地域が多く見られる。しかし、野心的な気候変動対策を打ち出しているEUであってもなお、2050年時点で一次エネルギー消費のおよそ6割を化石燃料に頼る(図2-4)。経済成長著しいインドおよびASEANは、化石燃料への依存をますます強めてゆく。

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]

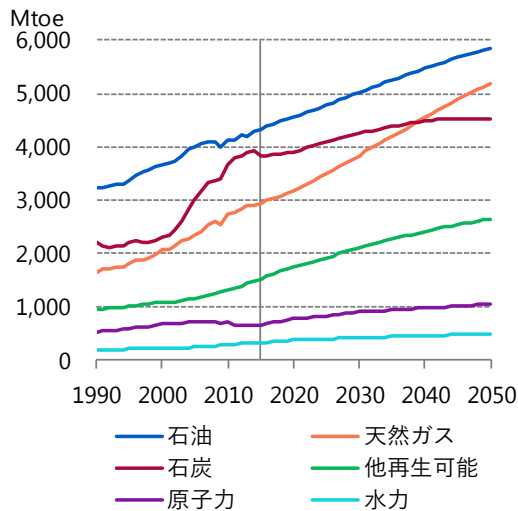
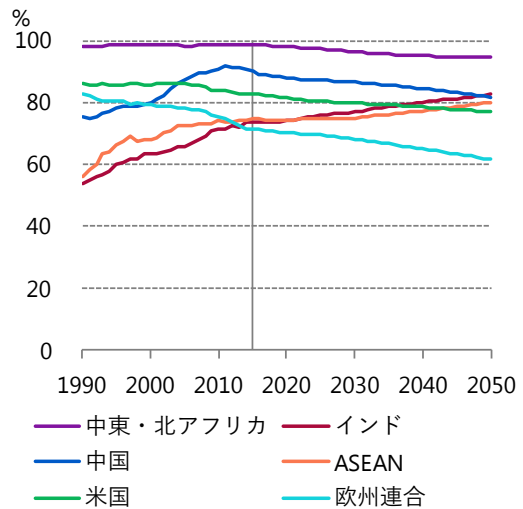


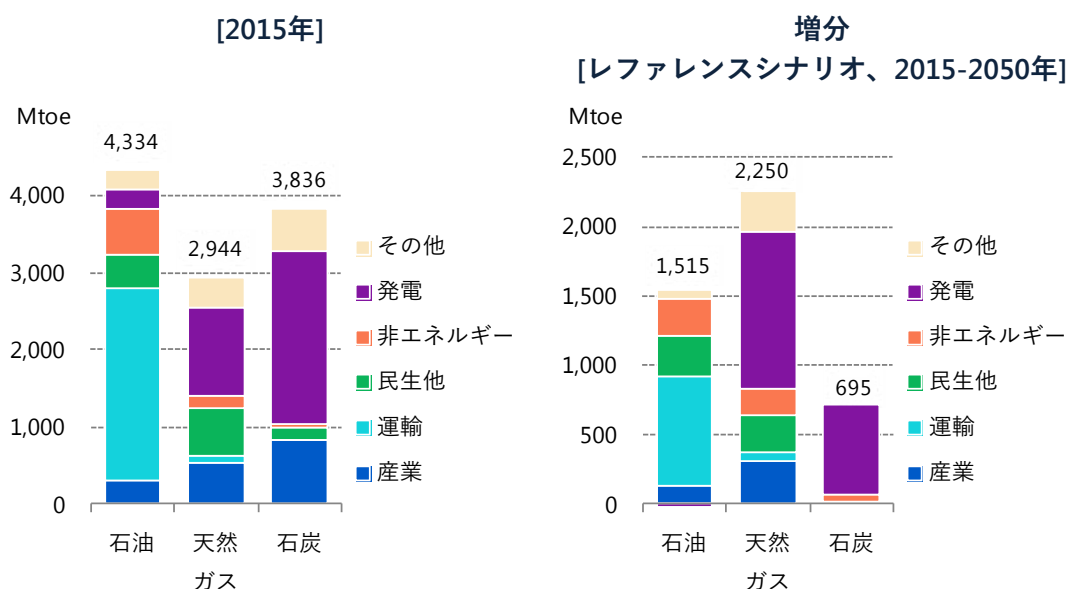
図2-4 | 主要国・地域の化石燃料依存度
[レファレンスシナリオ]



化石燃料の用途は、エネルギー源によって異なり、とりわけ石油の用途は、天然ガス、石炭と傾向が大きく異なる(図2-5)。2015年において運輸部門は石油消費のおよそ57%を占めており、この割合は2050年でもほぼ変わらない。石油消費量を抑制するためには、運輸部門における省エネルギーあるいはエネルギー転換が欠かせない。

天然ガスは、主に発電部門での消費が拡大し、2050年までの消費増加量が他のどのエネルギー源よりも大きい。その消費量は2015年の2,944 Mtoeから、2050年には1.8倍の5,194 Mtoeになる。一次エネルギー消費に占めるシェアは、2015年の22%から2050年には26%まで上昇し、石油に次ぐ第2のエネルギーとなる。石炭は、主に発電部門での消費量増加により消費が伸張するが、大気汚染や気候変動問題等を背景に世界全体で石炭節減の政策が進展するため、石油や天然ガスに比して需要の伸びは緩やかになる。石炭の消費量は2015年時点で3,836 Mtoe、2050年では4,531 Mtoeであり、1.2倍程度の増加にとどまる。一次エネルギー消費に占める石炭のシェアは2015年の28%から2040年には23%に低下する。

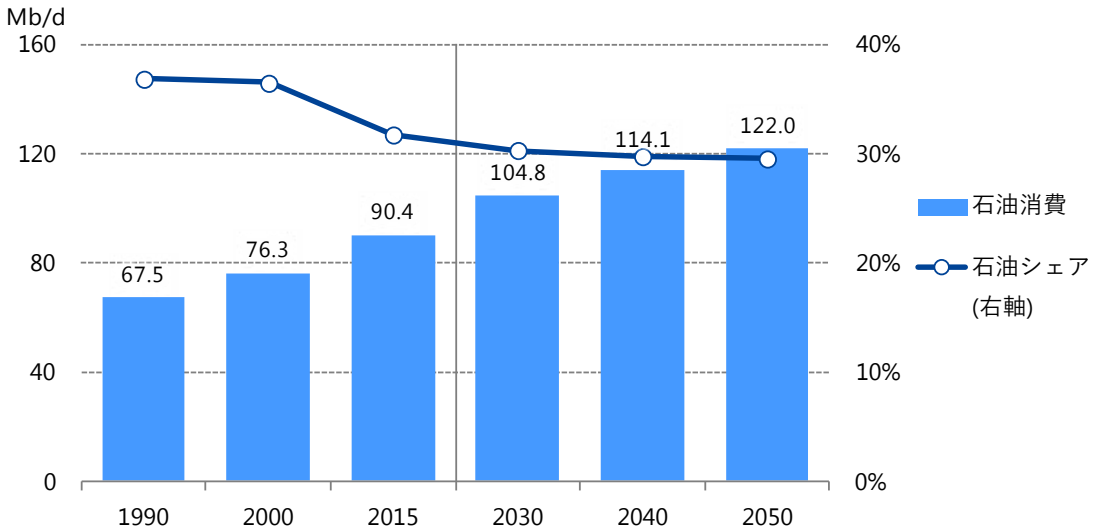
図2-5 | 世界の化石燃料消費



石油

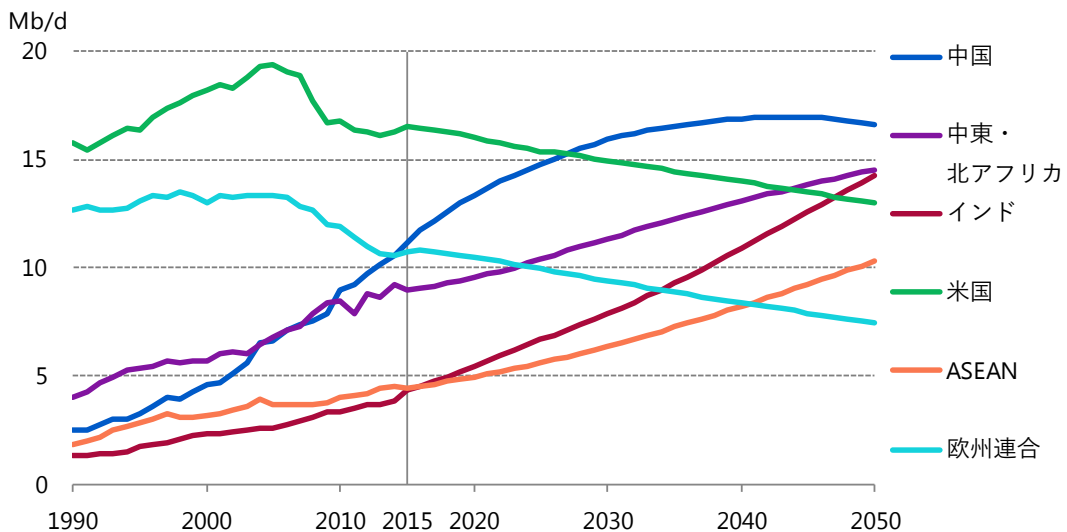
世界の一次エネルギー消費をエネルギー源別に見ると、石油は、天然ガス等への燃料転換や運輸部門の省エネルギーの進展などによって、一次エネルギー消費に占めるシェアが2015年の32%から2050年には30%まで低下するものの、最も多く消費されるエネルギー源であり続ける。2015年に日量90.4百万bbl (Mb/d)であった消費量は、2025年ごろに100 Mb/dを突破し、2050年には122.0 Mb/dまで年率0.9%程度で増加する(図2-6)。その増分31.6 Mb/dは、中東・北アフリカOPECにおける現在の原油生産量に相当する。その消費増分のうち半分以上は、自動車用燃料を中心とする運輸部門によるものである。一方、石油利用全体に占める発電用途のシェアは、少しずつ減少していく。2050年には、石油の56%が運輸部門、15%が石油化学原料等の非エネルギー消費部門、12%が民生他部門で消費される。

図2-6 | 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]



非OECDの石油消費は堅調に増加し、見通し期間において年率1.7%で増加する(図2-7)。一方、OECDの石油消費は、年率0.7%で減少していく。世界全体の石油消費に占めるOECDの割合は、2015年の43%から2050年には25%まで減少する。

図2-7 | 主要国・地域の石油消費[レファレンスシナリオ]



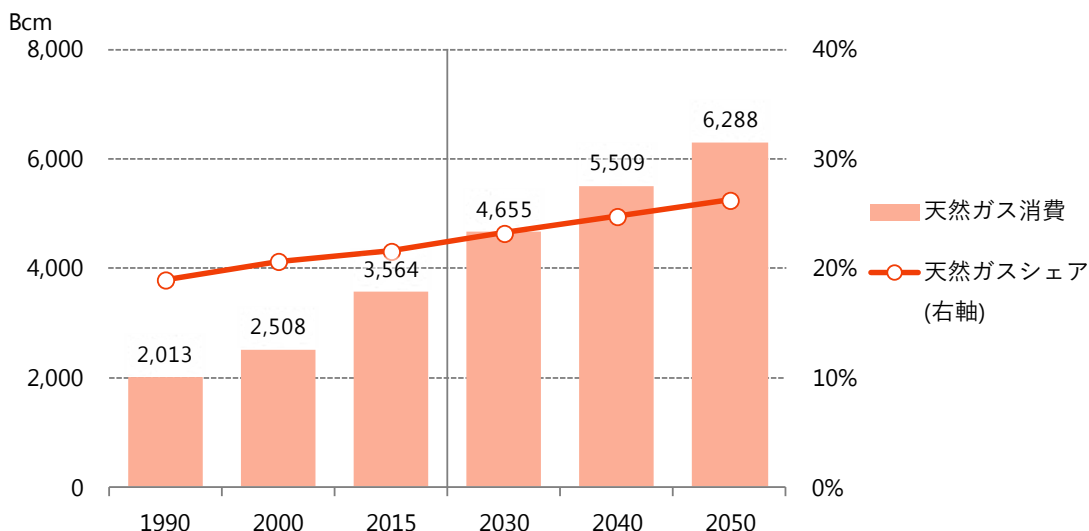
中国は2020年代後半には石油消費量で米国を追い抜き、世界最大の石油消費国となる。中国の石油消費量はその後、2040年代半ばにピークを迎え、減少に転じる。インドおよびASEANの石油消費は、2015年から2050年にかけてそれぞれ約3.3倍、2.3倍に増加する。中国やインド、ASEANは国内消費の増加に対応するために輸入を増やすことを求められる。とりわけ、国内資源に乏しい地域が多いアジアにおいては海外からの輸入に頼らざるを得ず、エネルギー安全保障が重要な課題となる。

気候変動問題や大気汚染問題への対策を考えても、増大する運輸部門の石油消費の厳しい抑制が引き続き求められる。中国では、PM_{2.5}等による大気汚染が深刻になっている。中国政府は、2015年8月に大気汚染防止法を改正し、ガソリンなどの品質基準を定め、石油の精製企業に対して基準に基づいた精製や生産を求めている。加えて、重大な大気汚染を起こした企業への罰則強化も盛り込んでいる。中国同様、大気汚染が問題となっているインドネシアでも2012年以降オートバイから発生する排気ガスに対する規制が強化されている。大気汚染の抑制のためには、こうした品質基準や排気ガスについて規制することも重要であるが、運輸部門のエネルギー消費そのものを抑制することも大きな効果をもたらす。その主な方策として、鉄道などの大量輸送システムの整備を進めてゆくことや、次世代自動車の普及拡大などが挙げられる。フランスでは2017年7月にユーロ・エコロジー相が、英国でも同月にゴープ環境・食糧・農村地域相がそれぞれ2040年以降のガソリン車、ディーゼル車等の販売を禁止する方針を示した。他国でも同様の規制導入を検討する動きが散見される。

天然ガス

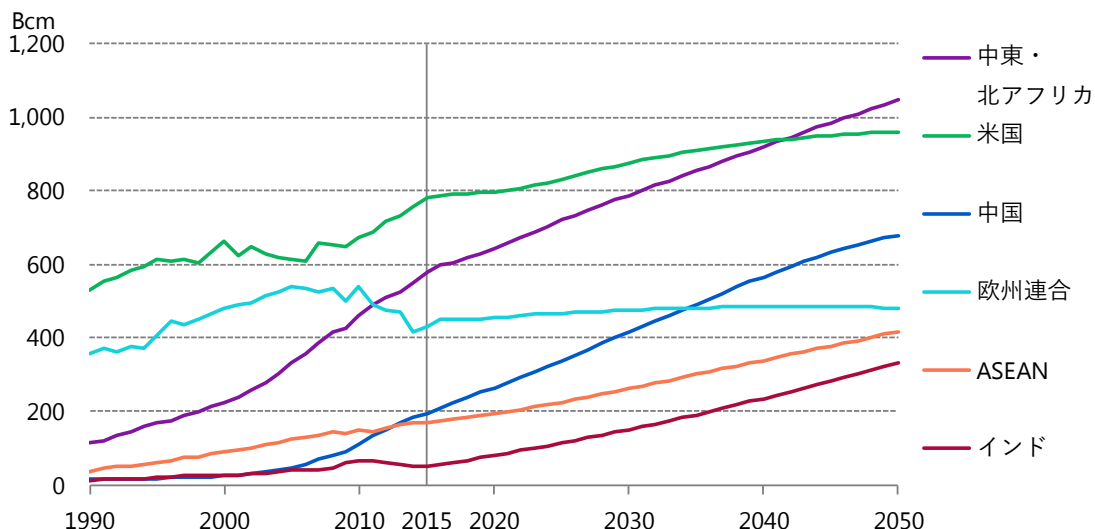
天然ガスは、発電部門での石炭からの燃料転換や最終消費の増加などから、他のどのエネルギー源よりも消費が拡大し、その量は2015年の3,564十億m³ (Bcm)から、2050年には1.8倍の6,288 Bcmになる(図2-8)。一次エネルギー消費に占めるシェアは、2015年の22%から2050年には26%まで上昇し、石油に次ぐ第2の主要なエネルギーとなる。

図2-8 | 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]



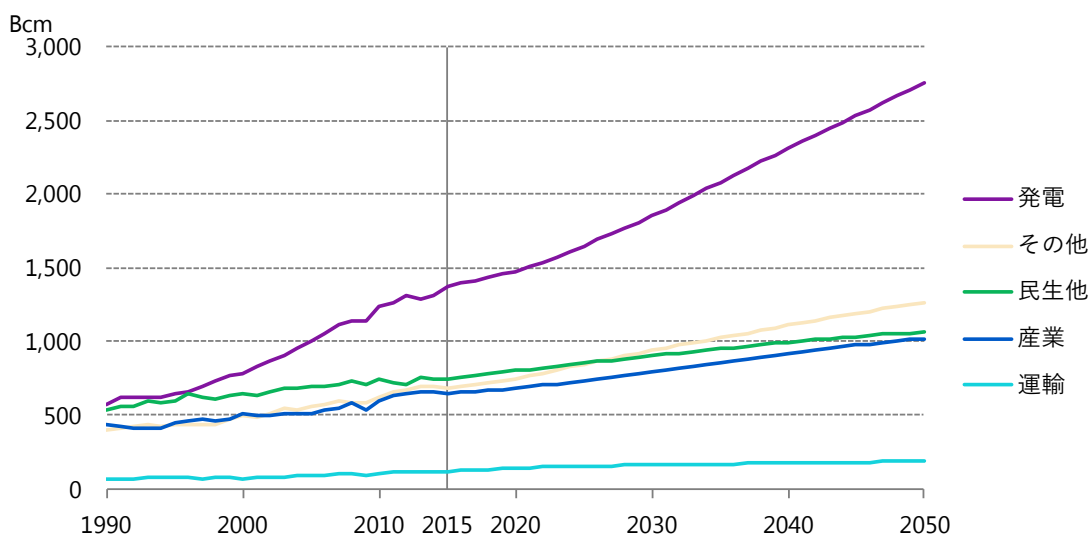
天然ガス消費は2015年から2050年の間で約2,724 Bcm増加するが、この増分の85%が非OECDに由来する(図2-9)。この増加により、世界の天然ガス消費に占める非OECDのシェアは54%から67%に拡大する。

図2-9 | 主要国・地域の天然ガス消費[レファレンスシナリオ]



OECDの中では、日本は2015年の121 Bcmから118 Bcmへ減少、対してEUは433 Bcmから481 Bcmまで緩やかに増加する。米国は2015年の783 Bcmから2050年に961 Bcmまで増え、OECD諸国としては著しい増加を見せる。米国では、2030年頃に天然ガス消費が石油を上回り、最大のエネルギー源となる。非OECDの中で、著しい増加が見込まれるのが、中国、インドおよび中東・北アフリカである。中国の天然ガス需要はこの先35年間で487 Bcm、インドは280 Bcm増加する。中東・北アフリカの天然ガス消費量は、2040年頃に米国の消費量を追い越す。

図2-10 | 世界の天然ガス消費[レファレンスシナリオ]



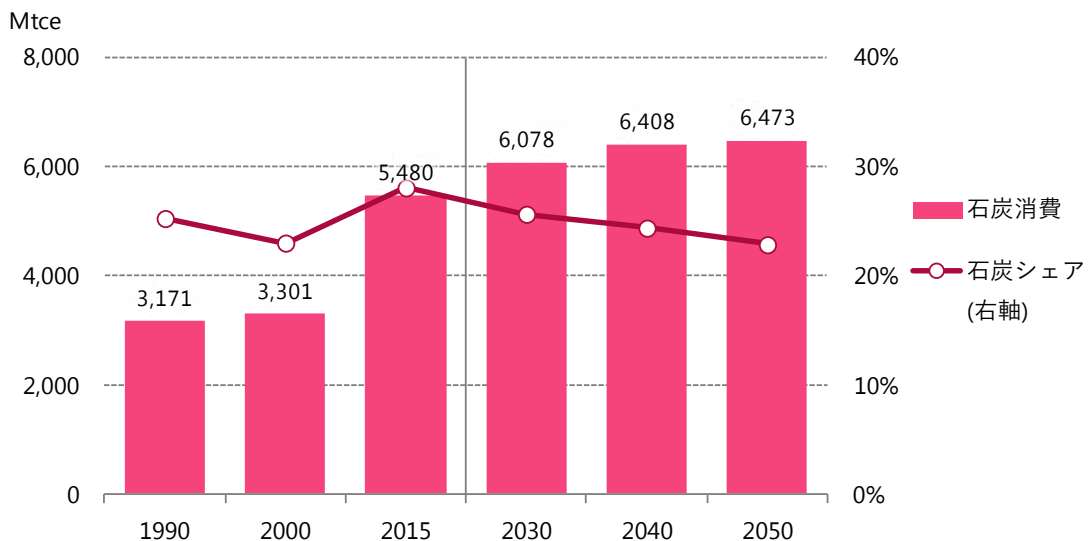
天然ガスの用途としては、利用技術の進歩、経済性、環境面への適合性から、発電等で大きく増加する。天然ガス消費量増加分の半分は発電部門に由来する(図2-10)。石油は発

電コストが高く、石炭は環境影響の問題等から、天然ガスの活用が進んでゆく。2050年には世界の発電電力量に占める天然ガス火力発電の割合は29%となり、石炭との差は3%pまで縮まる。民生部門では、新興国で高い経済成長とともに都市化が進むことなどが要因となり、天然ガスの消費が増加する。

石炭

石炭消費の今後の動向は、石油・天然ガスとはやや異なる。大気汚染や気候変動問題等を背景に、先進国を中心に石炭から他エネルギー源への代替が進むこともあり、石油や天然ガスに比して消費の増加は緩やかなものになる。世界の消費量は、2015年の石炭換算5,480百万t (Mtce⁸)から2050年には6,473 Mtceと、2割程度の増加にとどまる(図2-11)。増分の大半は発電用である。一次エネルギー消費に占める石炭の割合は、2015年の28%から2050年には23%に縮小する。

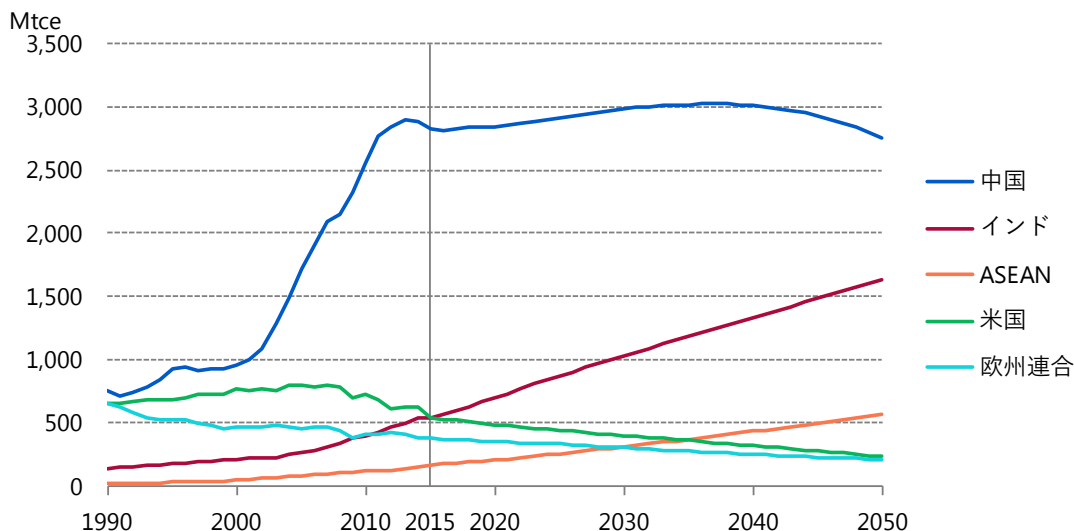
図2-11 | 世界の石炭消費と一次エネルギー消費に占めるシェア[レファレンスシナリオ]



OECDでは、米国やEUを中心に石炭火力発電所に対する課税負担の増大、二酸化炭素(CO₂)や水銀などの排出規制の強化から、石炭火力発電量が減少する。今後35年の石炭消費の増分はすべて非OECDによるものである。このうちアジアの増分は95%を占める。2015年に米国を抜いたインドは、見通し期間に他のどの国よりも多い消費増分を示す(図2-12)。一方で中国は、消費量こそ世界最大であり続けるが、その増加ペースは鈍く、さらに2030年代中頃には減少に転じる。

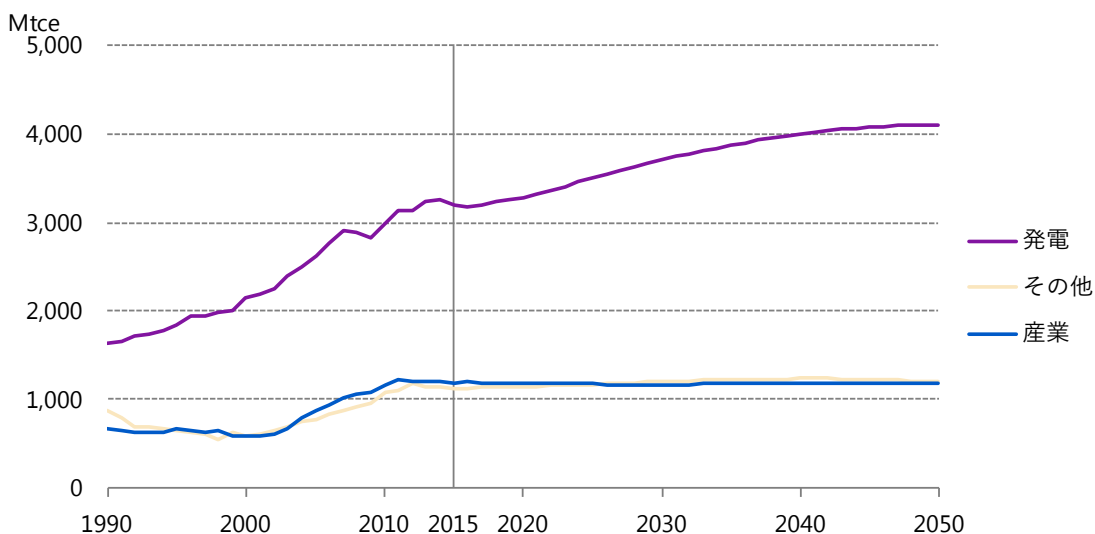
⁸ 1 Mtce = 0.7 Mtoe

図2-12 | 主要国・地域の石炭消費[レファレンスシナリオ]



石炭は世界に広く賦存し、少数の地域に偏在する石油や天然ガスに比べ安定供給が容易といえる。さらに低廉であることも相まって、発電用に主に増加する(図2-13)。石炭の発電消費量は、2050にかけて年率0.7%で増加し、現状の1.3倍となる。

図2-13 | 世界の石炭消費[レファレンスシナリオ]



非化石エネルギー

一次エネルギー全体に占める水力や地熱、太陽光、風力、バイオマスなどの再生可能エネルギーのシェアは、2015年の14%から2050年には16%に拡大する。2050年までの増分は、1,298 Mtoeとなる。太陽光発電や風力発電などの普及が進む一方で、依然として発展途上国の薪・糞等に代表される不衛生なバイオマス・廃棄物直接消費も大きな割合を占める。

原子力による発電量は、2015年の2,571 TWhから、2050年には4,047 TWhへ増加し、一次エネルギー消費に占める原子力のシェアは、2015年の4.9%から2050年には5.3%に増加する。増加の中心は安定的な経済成長のために大量の電力を必要とする新興国であり、非OECDにおける原子力発電量は2015年の601 TWhから2050年には2,323 TWhに増加する。

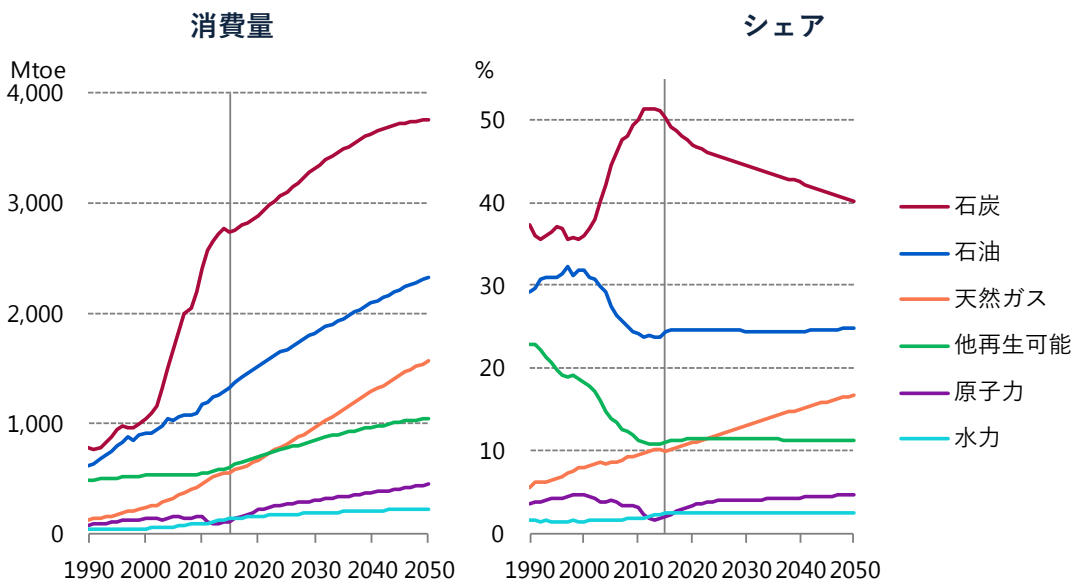
アジア

2015年に5,459 Mtoeであったアジアの一次エネルギー消費は、堅調な経済成長に伴い2050年まで年率1.5%で増加し、2050年には9,351 Mtoeに達する(図2-14)。この増分3,893 Mtoeは、世界のエネルギー消費増分のおよそ6割を占める。世界の一次エネルギー消費に占めるアジアのシェアは、2015年の40%から2050年には47%に拡大する。

アジアの中でも、中国や高い経済成長が期待されるインド、ASEANの消費は引き続き大きく増大し、アジアの増分のうち94%がこれらの地域に由来する。その結果、アジアのエネルギー消費に占めるこれら3地域のシェアは、2015年の81%から2050年には87%にまで上昇する。一方、日本、韓国、台湾等の経済がある程度成熟した地域ではエネルギー消費はほぼ横ばいにとどまる。

現在、アジアの一次エネルギー消費の85%は化石燃料により賄われており、今後35年間の増分も78%が化石燃料に由来する。

図2-14 | アジアの一次エネルギー消費[レファレンスシナリオ]



アジアの石油消費は2015年に27.7 Mb/dであったが、2050年には48.4 Mb/dまで増加する(図2-15)。その伸び率は年率1.6%であり、世界全体の伸び率0.9%と比べると著しい。特に、運輸部門、民生他部門での石油消費が拡大し、運輸部門での消費は2015年の12.4 Mb/dから2050年には23.6 Mb/dに、民生他部門での消費は2015年の3.6 Mb/dから2050年には8.1 Mb/dになる。世界の石油需要増分の6割強はアジアに由来し、アジアの世界シェアは

31%から40%へ拡大する。こうした需要の増加により、国際石油市場におけるアジア諸国の影響力は、現在以上に大きいものとなる。

アジアの天然ガス消費は、2015年の662 Bcmから2050年には1,897 Bcmと2.9倍になり、年率3.1%ペースで増加する(図2-16)。石油同様、世界全体の増加率(年率1.6%)を上回る。世界の天然ガス消費に占めるアジアのシェアは、2015年の19%から2050年には30%に上昇する。シェアの増大幅は、他のどの地域よりも大きい。特に中国の増加寄与は著しく、2050年には2015年の3.5倍となる679 Bcmを消費する。これは世界全体のガス消費の11%に相当する。インドの天然ガス消費は2011年以降減少傾向にあるものの、今後は発電用途を中心に増大してゆく。大気汚染対策としても公共交通機関の燃料に天然ガスの活用を推進するなどの取り組みがなされており、今後の需要増大が予想される。一方、現在液化天然ガス(LNG)輸入大国である日本では、経済成熟による需要ピークや非化石エネルギーの活用により、今後の天然ガス消費は減少に向かう。日本同様LNG輸入の多い韓国に関しても、今後の需要の伸びは緩やかなものになる。

アジアにおける天然ガス需要の拡大に伴い、今後はアジアの天然ガス市場を巡る動きがますます活発になる。ロシアなどの多くの資源国がアジアを成長市場とみなし目を向けている。アジア諸国は、低廉で安定した資源の供給を達成するために、資源国との交渉、市場設計などの取り組みを進めていくことが望ましい。また、天然ガスの備蓄や、国や地域間での流通・融通を行うパイプラインの敷設など、供給途絶への対策を強化することも必要である。

図2-15 | アジアの石油消費
[レファレンスシナリオ]

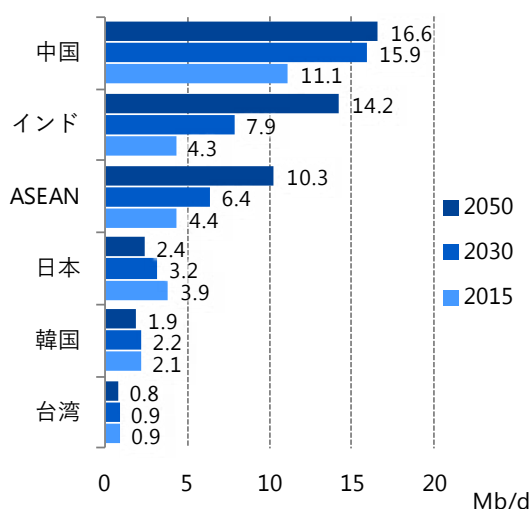
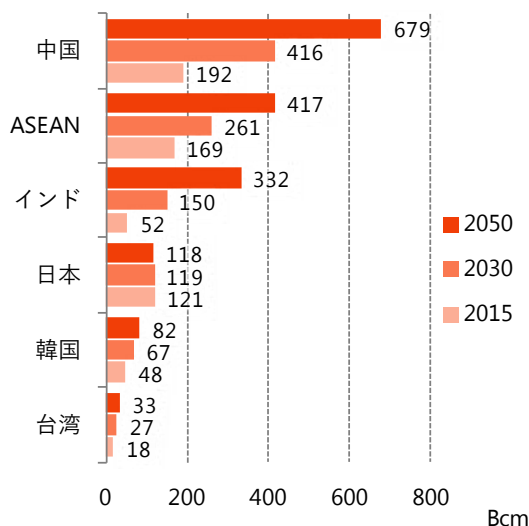


図2-16 | アジアの天然ガス消費
[レファレンスシナリオ]



アジアの石炭消費は、2015年の3,913 Mtceから、2050年には5,363 Mtceに増加する。一次エネルギー消費に占める石炭のシェアは、2015年の50%から2050年には40%まで低下するが、それでもなお最大のエネルギー源であり続ける。中国での伸びは鈍化するものの、

経済成長が続くインド、ASEANでは堅調な増加を続ける。用途別に見ると、発電の伸びが大部分を占め、発電用石炭消費の増分は石炭消費全体の増分1,450 Mtceの94%に相当する。

今後、気候変動・大気汚染への配慮を欠いた石炭火力の新規建設・増設は、ますます難しくなっていく。途上国においても既に取り組みが行われており、例えば中国では効率の低い小規模石炭発電所を閉鎖している。またインドでは、石炭火力発電所に対する汚染物質の排出規制を強化し、煤塵に加えて二酸化硫黄(SO₂)や窒素酸化物(NO_x)などの排出基準を2015年12月に策定した。

アジアの再生可能エネルギーは、2015年の731 Mtoeから2050年には1,265 Mtoeになる。このうち、バイオマス・廃棄物を除く、水力、地熱、太陽光・風力等の再生可能エネルギーは、アジアの世界シェアは2015年の40%から2050年には45%になり、そのうち中国が過半を占める。しかしながら、化石燃料等の消費も同様に拡大していることから、一次エネルギー消費に占める再生可能エネルギーのシェアは2015年からほぼ横ばいである。

アジアの原子力は、2015年の425 TWhから2050年の1,692 TWhまで拡大する。一次エネルギー消費に占める原子力のシェアは2015年2.0%から2050年4.7%に上昇する。2050年までの原子力増分の86%がアジアにおけるものであり、とりわけ拡大が著しいのは電力需要が大きく増加する中国、インドである。

2.2 最終エネルギー消費

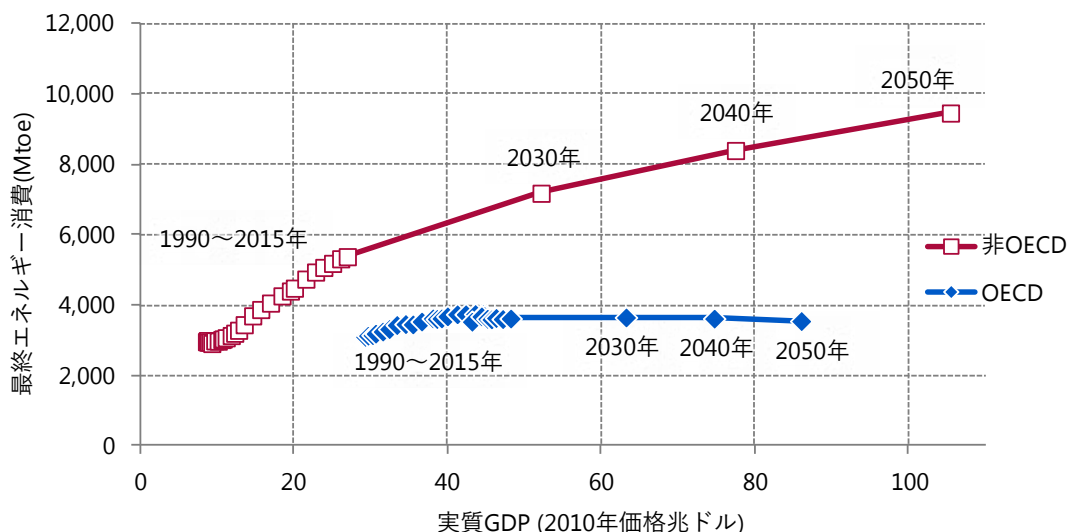
世界

世界の最終エネルギー消費は、過去、経済成長率に比べて低い伸び率で増加してきた。1990年から2015年の間、実質GDPの伸び率が年率2.8%であったのに対して、最終エネルギー消費の伸び率は年率1.6%であった⁹。OECDにおいては、経済のサービス化、省エネルギーが進展し、実質GDPは年率2.0%で増加したものの、最終消費は年率0.6%の増加にとどまり、最終消費のGDP弾性値¹⁰は0.31であった。非OECDでは年率4.7%の高い経済成長率とエネルギー多消費型産業の生産量の増大、および人口増を主要要因として、最終消費は年率2.4%で増加し、GDP弾性値は0.52とOECDより高かった。今後はOECDを中心にエネルギー消費と経済成長のデカップリングがさらに進み、2015-2050年の世界の実質GDPが年率2.7%増と過去四半世紀並みなものに対して、最終エネルギー消費の増加は年率1.1%に減速する。OECDの最終消費は2030年頃にピークアウトし、2050年には3,549 Mtoeに減少し、2015年の3,622 Mtoeを下回る。非OECDの最終消費は2015年の5,380 Mtoeから、2050年には9,465 Mtoeへと年率1.6%で増加するものの、GDP弾性値は0.41に低下する(図2-17)。

⁹ 世界計は国際バンカーを含む。

¹⁰ 最終エネルギー消費のGDP弾性値=最終エネルギー変化率/実質GDP変化率

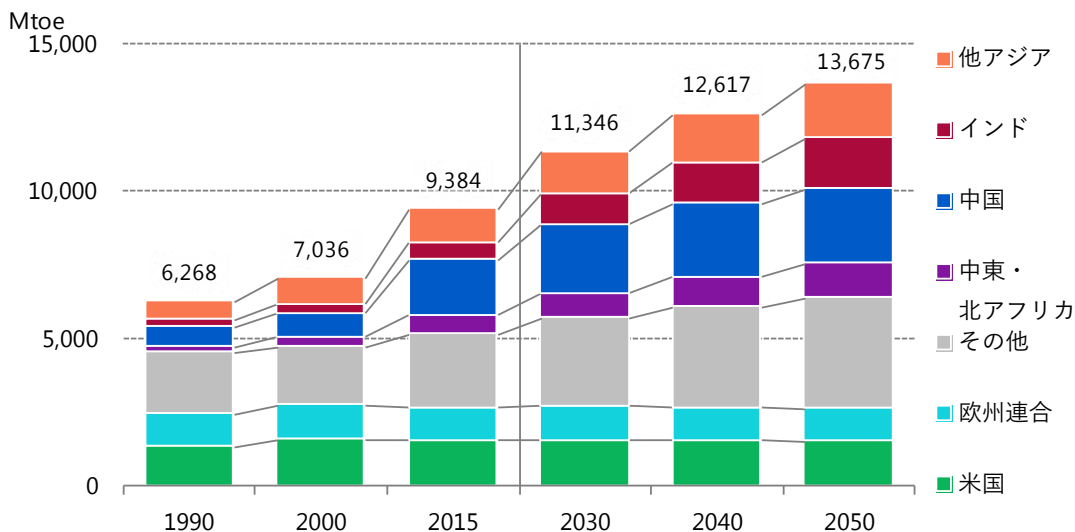
図2-17 | GDPと最終エネルギー消費[レファレンスシナリオ]



地域別

世界の最終エネルギー消費の2050年までの増分4,291 Mtoeのうち、59%の2,523 Mtoeがアジアによるものとなる(図2-18)。高い経済成長率を維持するアジアでは、産業の発達、モータリゼーション、都市化の進展、生活水準の向上などを背景に、最終消費は2015年の3,617 Mtoeから年率1.5%で増加し、2050年には6,140 Mtoeに達する。

図2-18 | 最終エネルギー消費(地域別) [レファレンスシナリオ]



また、中東・北アフリカは、人口増加と経済成長を背景に2015年の613 Mtoeから、2050年には1,142 Mtoeとなる。その増加量はASEANの増加量を上回り、世界の増加分の12%を占めることになる。一方、成熟社会である米国やEUの最終消費は2020年代以降縮小傾向

向に転じ、それぞれ2015年の1,520 Mtoe、1,114 Mtoeから、2050年には1,477 Mtoe、1,106 Mtoeに減少する。

部門別

最終エネルギー消費の2015年から2050年の増加分4,291 Mtoeのうち、部門別には民生他部門が1,646 Mtoeとなり、全体の38%を占める。次いで、産業部門が1,066 Mtoe、運輸部門が1,062 Mtoe、非エネルギー消費部門が516 Mtoeと続く。増加率は、非エネルギー消費部門、民生他部門がそれぞれ年率1.4%、1.2%、産業部門、運輸部門がともに年率1.0%となる。

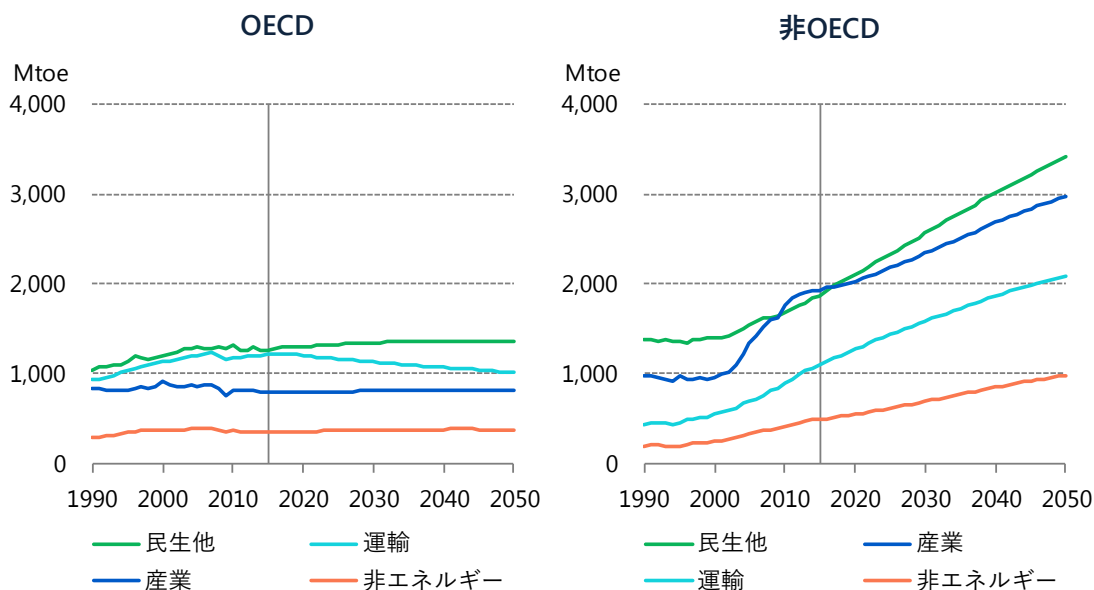
2015年から2050年にかけて、OECDでは民生他部門、産業部門が微増するが、次世代自動車の導入拡大等による自動車の燃費改善などに伴う運輸部門の減少がより大きく、合計では減少傾向となる(図2-19)。一方、非OECDでは民生他部門、産業部門、運輸部門いずれも急速に増加する。

民生他部門では、特に、中国、インド、ASEANなどで所得水準の上昇とともに生活環境の向上、家電製品の普及などが進むことから、非OECDアジアにおいて年率2.0%と他の国・地域と比べて高い伸び率で増加する。増加量では中国が群を抜き、2015年から2050年にかけて331 Mtoe増加する。これは日本の現在の年間最終エネルギー消費全体を上回る量に相当する。

非OECDアジアを中心とした高い経済成長と農業などに代表される第一次産業から製造業への産業構造の移行により、産業部門のエネルギー消費は2015年の2,712 Mtoeから2050年には3,779 Mtoeに増加する。この増分1,066 Mtoeのうち58%は非OECDアジアの増加によるものとなる。

運輸部門では、特に、非OECDアジアにおけるモータリゼーションの進展がエネルギー消費の増加をけん引し、世界全体では年率1.0%で増加する。世界の自動車保有台数は2015年の12億9,000万台から2050年には25億6,000万台まで倍増するが、この増加分の56%が非OECDアジアに集中する。2015年から2050年の間、OECDでは自動車の燃費改善等により年率0.5%の減少となる一方、非OECDでは保有台数の増加影響が燃費改善効果を大きく上回り年率1.9%の増加となる。国際バンカーによる消費量は渡航・国際貿易の拡大により年率1.6%増となり、2015年の382 Mtoeから2050年の661 Mtoeに増加する。

図2-19 | OECD、非OECDの最終エネルギー消費[レファレンスシナリオ]



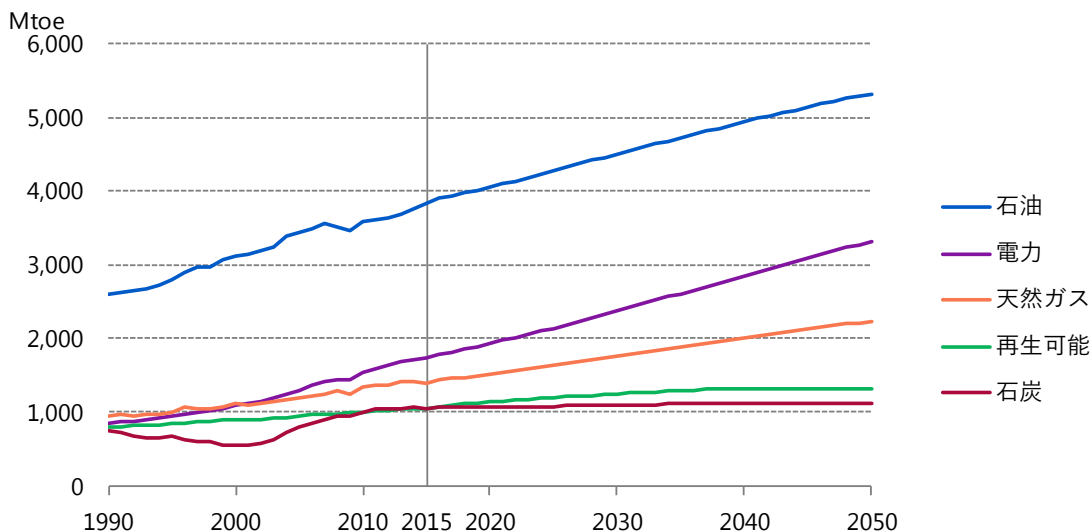
エネルギー源別

世界の最終エネルギー消費をエネルギー源別に見ると、増加量が最も大きいのは電力であり、最終消費全体の増分の37%を占める。電力はOECD、非OECDいずれにおいても主要エネルギー源の中で最も高い増加率を示す(図2-20)。また、石油は非OECDの運輸部門と非エネルギー消費部門によって増加、天然ガスは中国の民生他部門、中東の産業部門で大幅に増加する。2015年から2050年の間、電力は年率1.9%、天然ガスは年率1.3%、石油は年率0.9%で増加する。その一方、石炭は年率0.2%の増加にとどまる。エネルギー源別シェアでは、同期間に順位の変化はないが、石油は41%から39%へ減少、電力が19%から24%に増加、天然ガスが15%から16%に増加、石炭は11%から8%に減少する。

石油消費の主な増加要因は、アジアの運輸部門である。中国やインドといった非OECDアジアを中心に所得水準の向上に伴いモータリゼーションが進展、自動車の保有台数が急速に増加する。アジアは2050年までの世界の石油消費増加量の65%を占め、世界の石油消費に占めるシェアも2015年の30%から2050年には40%へ拡大する。運輸部門のガソリンや軽油の利用が増加することなどから軽質石油製品へのシフトが進む。

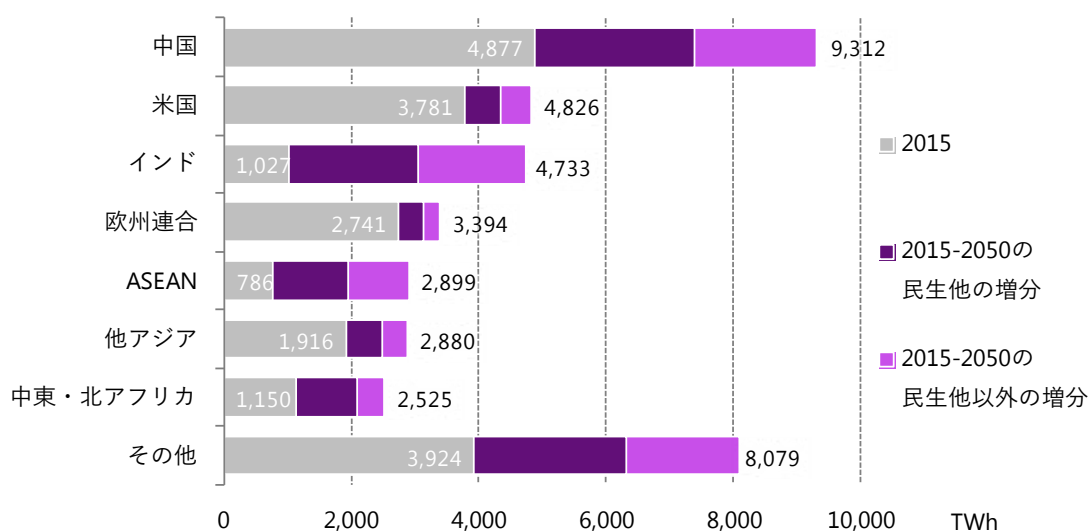
天然ガス消費の主な増加要因は、中国の家庭部門、中東の産業部門である。中国の家庭部門では、石炭や薪などのバイオマス燃料がまだ利用されているが、大気汚染問題から都市ガスへの燃料転換が進む。中東では、石油輸出による外貨獲得のために、国内での天然ガス活用を進めるほか、雇用創出の見地から天然ガスを原料とする石油化学プラントが増強される。

図2-20 | 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]



一般に所得の増大につれ利便性の高い電力が嗜好されてゆくが、今後もその傾向は変わらない。電力の消費はOECD、非OECDいずれにおいても主要エネルギーの中で最大の増加率を示す。世界の電化率¹¹は2015年の19%から2050年に24%に上昇する。とりわけその増加をけん引するのは、中国、インド、ASEANを中心とするアジア地域、および中東やブラジル等の新興国である(図2-21)。また、1つの国・地域の中でも、都市部のみならず農村部を中心に電力インフラ整備が進むことや、所得水準の向上に伴いエアコンやテレビ等の家電製品の普及が進むことが電力消費の増加を誘発する。

図2-21 | 電力最終消費[レファレンスシナリオ]



¹¹ 最終エネルギー消費に占める電力消費量の比率。

現在、世界の電力最終消費の46%はOECDによるものである。しかし、世界最大の電力消費国である中国の消費量が第2位の米国の現在の消費量を上回る4,435 TWhも増加し、インドも年率4.5%で増え2050年に4,733 TWhに達するなど、非OECDの電力消費量の伸びは速くて大きい。世界の電力消費量増分の8割以上は非OECDで発生し、2050年にはOECDのシェアは31%まで低下する。

3. エネルギー供給

3.1 原油

供給

レファレンスシナリオでの原油供給を表3-1に示す。世界の石油需要の増加に合わせてOPEC、非OPECとも供給量は増加する。非OPECでは、アジアでの生産量が減少していくことや、欧州・ユーラシアでの生産量も2030年頃にピークアウトすることが影響し、世界の原油生産に占める非OPECの生産シェアは2015年の58%から2030年に57%、2050年には53%と、徐々に低下していく。

2050年にかけては、中東のOPEC加盟国、北米および中南米の生産量増加が世界全体の増加量の8割強を占める。余剰生産能力を有するサウジアラビアや、増産ポテンシャルを持つイラン・イラクといった国々がOPEC増産の原動力になる。北米では、緩やかな原油価格回復に伴って、探鉱・開発部門への投資が回復し、シェールオイルやオイルサンドといった非在来型石油が増産をけん引する。それにより、北米の生産量は2030年頃まで力強く増加し、ブラジル・プレソルト開発に代表される中南米での増産とともに、非OPEC供給量の増加の中心となる。

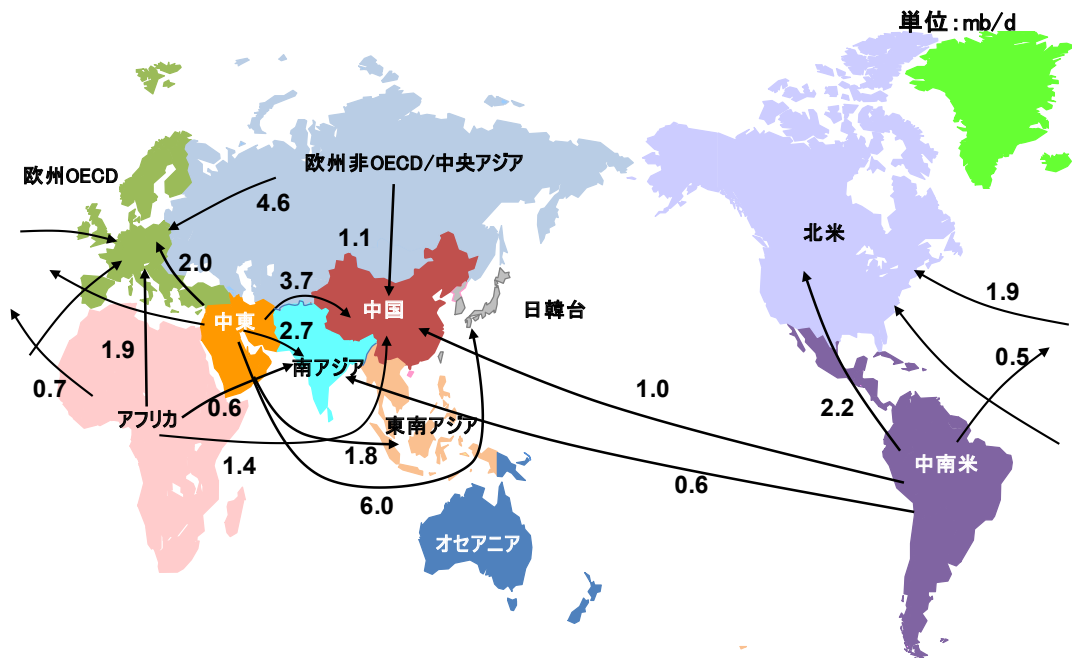
表3-1 | 原油供給[レファレンスシナリオ]

	2015	2030	2040	2050	(Mb/d)	
					2015-2050 変化量	変化率
合計	93.94	104.90	114.18	121.85	27.91	0.7%
OPEC	38.65	43.61	50.26	55.65	17.00	1.0%
中東	28.80	32.36	37.77	42.04	13.24	1.1%
その他	9.85	11.25	12.49	13.60	3.75	0.9%
非OPEC	53.05	58.51	60.74	62.66	9.60	0.5%
北米	17.15	21.63	21.89	21.88	4.74	0.7%
中南米	7.16	8.77	10.75	12.35	5.19	1.6%
欧州・ユーラシア	17.48	17.45	17.31	17.29	-0.19	0.0%
中東	1.26	1.45	1.58	1.74	0.48	0.9%
アフリカ	1.63	1.84	1.98	2.18	0.55	0.8%
アジア・オセアニア	8.37	7.37	7.24	7.21	-1.16	-0.4%
中国	4.31	3.75	3.64	3.63	-0.68	-0.5%
インドネシア	0.84	0.79	0.74	0.71	-0.13	-0.5%
インド	0.88	0.61	0.56	0.56	-0.31	-1.3%
プロセスゲイン	2.24	2.78	3.18	3.55	1.31	1.3%

貿易

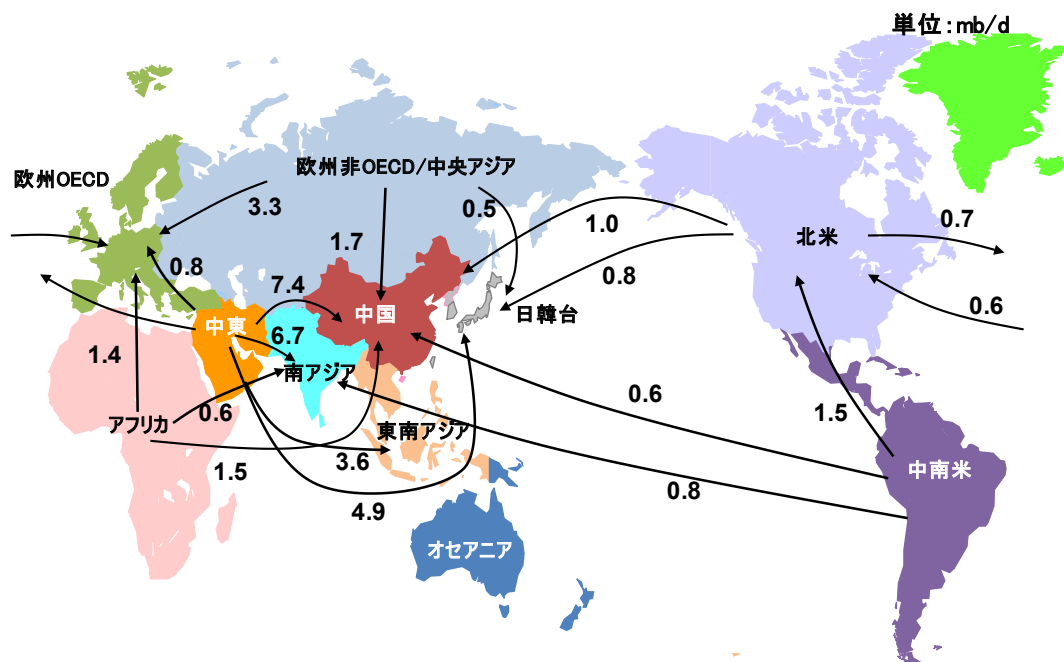
世界の原油貿易量は2016年に39 Mb/dであった。図3-1は2016年の原油貿易フローを示したものである。主要な輸入地域は、アジア(日本・韓国・台湾、中国、東南アジア、南アジア)、OECDヨーロッパ、および北米であるが、アジアには中東・アフリカ・中南米、OECDヨーロッパには非OECDヨーロッパ/中央アジア、北米には中南米や中東がそれぞれ主要な原油供給地域となっている。

図3-1 | 主要地域間の原油貿易[2016年]



貿易量は2030年には43 Mb/dにまで増加する。OECD諸国では需要減少や北米での生産量増加に伴って輸入量が減少するが、アジア新興国での輸入量増加が全体の貿易量を押し上げる結果となる。図3-2は2030年時点での原油貿易フローを示したものである。

図3-2 | 主要地域間の原油貿易[レファレンスシナリオ、2030年]



アジアでは、北米や非OECDヨーロッパ/中央アジアからの供給が増加することで、ある程度の供給源多角化が図られるものの、中東およびアフリカからの供給量は2030年時点でも8割を占める。中南米や中東からの輸入は継続するものの、2030年時点の北米の輸入量は、2016年と比較して大幅に減少する。ヨーロッパでも輸入量が減少する中で非OECDヨーロッパ/中央アジア、アフリカ、中東が競合するが、非OECDヨーロッパ/中央アジアおよび中東は需要が増加するアジアへのシフトを強め、結果としてヨーロッパへの供給量を減少させる。他方、生産を拡大する北米からヨーロッパへの原油輸出が増加する。

3.2 天然ガス

生産

レファレンスシナリオにおける世界の天然ガス生産量は2015年から2050年にかけて80%増加する(表3-2)。

表3-2 | 天然ガス生産[レファレンスシナリオ]

	2015	2030	2040	2050	(Bcm)	
					2015-2050 変化量	変化率
世界	3,493	4,668	5,521	6,300	2,807	1.7%
北米	915	1,235	1,365	1,495	580	1.4%
中南米	205	262	381	459	254	2.3%
OECDヨーロッパ	248	217	207	190	-58	-0.8%
非OECDヨーロッパ/中央アジア	792	991	1,153	1,295	503	1.4%
ロシア	595	735	809	898	303	1.2%
中東	595	820	970	1,184	589	2.0%
アフリカ	206	301	432	488	283	2.5%
アジア	467	650	793	937	470	2.0%
中国	131	260	336	406	276	3.3%
インド	32	60	97	129	97	4.1%
ASEAN	215	237	267	310	95	1.1%
オセアニア	65	193	221	253	188	4.0%

地域別に見て2015年から2050年までの増産量が一番大きいのが中東であり、同期間に589 Bcmの増産となる。とりわけ、世界最大の確認埋蔵量を有するイランの生産が拡大し、2030年以降、隣国へのパイプラインガスの輸出やLNG案件の実現によって中東最大のガス生産国の地位を維持し続ける。次に大きな増産が見込まれるのが北米であり、その中でも米国の生産量は、今後も開発に関する知見の蓄積が進むこととメキシコ湾岸からの液化天然ガス(LNG)の輸出が拡大することで増産が大きく進む。また米国同様、豊富なシェールガス資源の賦存するカナダの生産量が2030年以降拡大する。旧ソ連でも同期間内に503 Bcmの増産が起これ、特にロシアにおいては現在開発が進められているヤマル半島に加えて、2030年以降は東シベリアやサハリンなどの増産も全体の生産量に寄与する。

一方、アジアにおいては、需要が拡大する中国やインドにおいて、国内のガス開発が進む。特に中国においては国内における天然ガス利用をさらに促進すべく、国内のシェールガス開発に対する投資が本格化していく。アフリカでは、モザンビークやタンザニア、セネガルなどにおいてガス田の発見が相次いでおり、2030年以降にその増産が本格化していく。その一方で、OECDヨーロッパにおいては、地質学的な限界もあり、域内の生産量は徐々に減少していく。

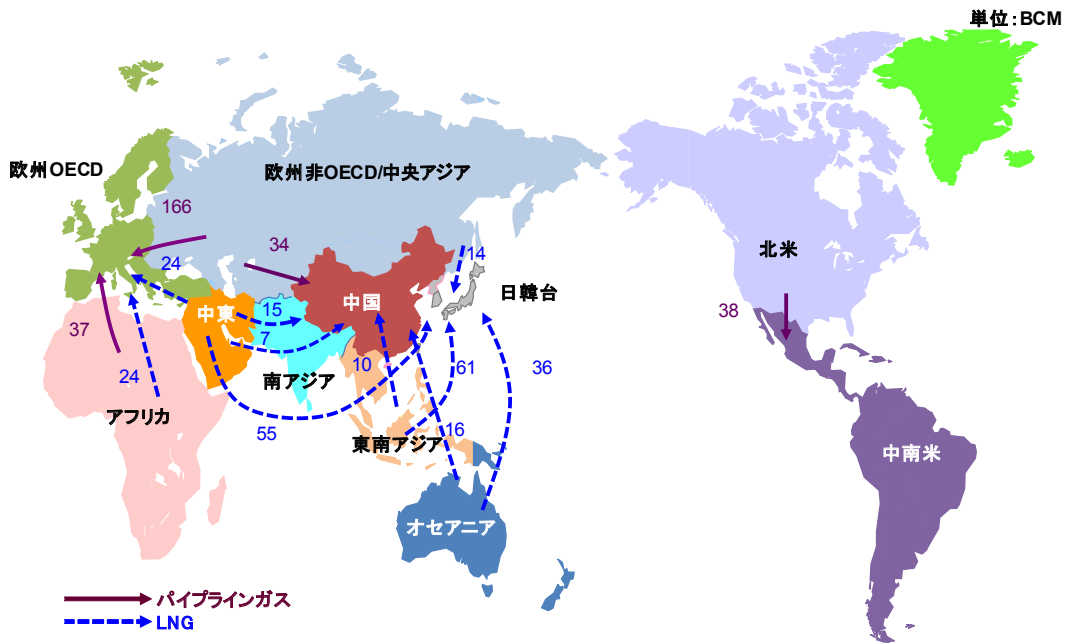
貿易

2016年時点での世界の主要地域間の天然ガス貿易量は511 Bcmである。その多くがパイプライン貿易であり、特にロシアから欧州へと輸出されるパイプライン輸出力が大半を占める。LNG貿易は元々、東南アジアから日本や韓国など北東アジアへの貿易が多かったが、最近ではカタールや豪州などでの新規LNGプロジェクトの稼働開始に伴い、世界のLNG貿易はより分散化しつつある。供給側では2016年に米国本土からのLNG輸出が開始

され、需要側でも2016年にはコロンビアやジャマイカなど新たにLNG輸入を始める国も出てきており、LNG貿易パターンの多様化は今後も続いていく。

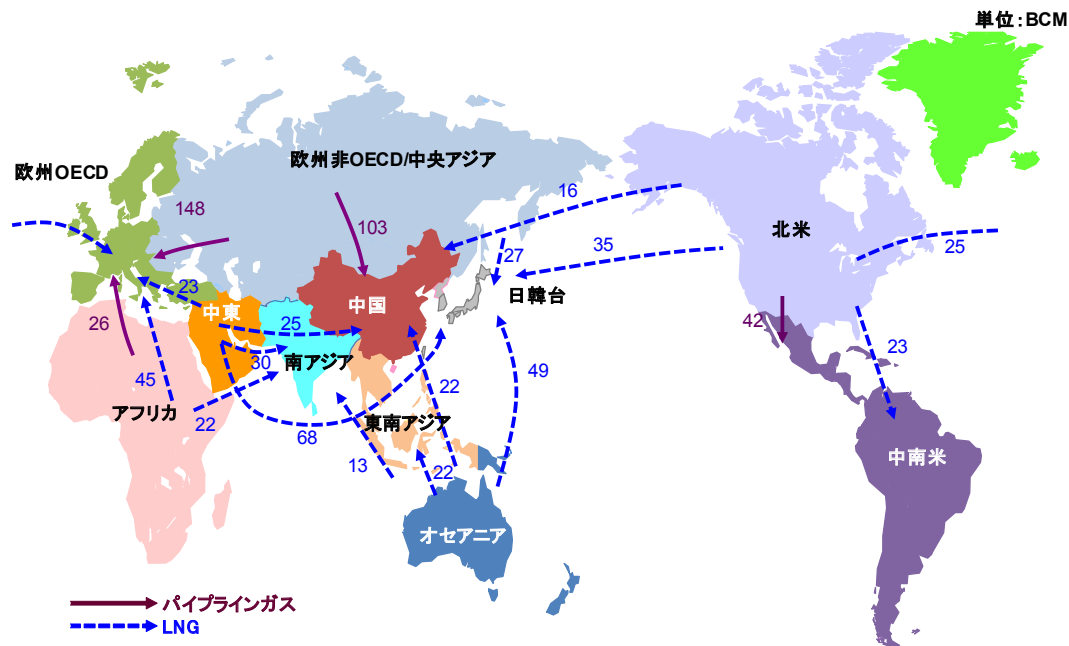
今後の主要地域間の天然ガス貿易量は、主としてアジア地域における輸入増加や北米からの輸出増加によって拡大を続け、2030年時点には825 Bcmにまで増加する。輸出地域として最も大きな増加が見られるのがオセアニアと北米であり、それぞれ2020年から2025年にかけて多くのLNGプロジェクトの稼働開始が計画されている。一方、輸入地域として最も多くの天然ガスを輸入するのが中国であり、特にロシア・中央アジアからパイプラインとLNG合計で108 Bcmの天然ガスを輸入する。

図3-3 | 主要地域間の天然ガス貿易[2016年]



出所: BP 「BP Statistical Review of World Energy」 (2017年版)

図3-4 | 主要地域間の天然ガス貿易[レファレンスシナリオ、2030年]



アジアの天然ガス需要の拡大に向けて

今後世界のエネルギー需要の増加を主導していくのはアジアであり、その中では、化石燃料の中では最もクリーンで、シェール革命に伴いその埋蔵量が飛躍的に増加した天然ガスの利用を拡大していくことがアジアのエネルギー安全保障や気候変動対策の推進に大きく寄与する。特に近年、需給バランスの緩和に伴うスポットLNG価格の低迷や、仕向地の制約を持たない米国産LNGが供給されるになったことで供給源の分散化も進みつつことなどから、アジアの新興諸国においてLNGの利活用を図っていくことに対する関心が、これまでになく高まってきている。

それでは、アジアにおける天然ガスの利用を拡大していくには何が必要になってくるであろうか。一つには、天然ガス取引、特にLNG取引の柔軟性の向上を進めていくことである。アジア新興国では、国内で天然ガスを生産している国も多く、またパイプラインによる天然ガス輸入を行っていたり、石炭の国内生産を行っていたりと、日本や韓国などに比べて、多くのエネルギー供給のオプションを有している、このため、特にLNGはエネルギー供給のオプションの一つとして扱われるため、その需要は、国内のエネルギー需給バランスによって大きく左右され、不安定かつ不確実な性格を持つ。従って、そうした新興国においてLNGの利活用を図っていく上では、これまでは仕向地の制約がある長期契約で取引されることが多かったLNGの取引形態をより柔軟なものへと変えていかなければならない。

仕向地制約の撤廃を進めていく上で重要な効果をもたらすと考えられるのが、2017年6月に発表された日本の公正取引委員会による国際LNG市場に関する調査結果である。この

報告においては、既存の長期契約に含まれる仕向地の制約は、日本の独占禁止法上問題があると明記されており、新規契約や契約更新時だけではなく、既存契約についても、仕向地制約の見直しを求めている。もし、日本だけではなく、アジアの競争当局が同様の判断を下すことがあれば、仕向地制約の撤廃がアジアのLNG市場におけるスタンダードとなることで、アジアのLNG市場における柔軟性に大きく寄与することが期待される。

次に重要な視点がインフラ整備に対するファイナンス面での支援である。天然ガスは、その物理的な特性上、石炭や石油と比べても、その供給に必要となるインフラ投資額が大きい。他方、多くのアジア諸国においては、電力価格や都市ガス価格は政府によって規制されており、天然ガス供給は必ずしも高い利益率が期待できる事業ではないため、そのインフラ整備に対する投資も、民間の資金だけでは不足しがちである。このため、今後アジア新興国において天然ガス利用を促進していく上では、新興国政府ないしはそうしたインフラ建設に関心を持つ企業の本国政府の輸出信用機関、世界銀行やアジア開発銀行などの国際開発金融機関など、公的な性格を持つ金融機関による資金調達面での支援が重要な役割を果たすことになる。またそうした支援を受ける過程において、支援を行う組織による助言によって、当該インフラ開発案件の収益性や効率性なども改善させることができるという利点も期待できる。

さらに、新興国自身の政府においては、中長期的な天然ガス利用政策を定めることも重要である。上述のとおり、新興国におけるLNG需要は本質的に不安定であり、またその収益性についても不確実な部分が多い。そうした新規のインフラ投資にかかる不確実性を可能な限り低減させていく上でも、政府による政策的なコミットメントは不可欠である。天然ガスを導入するメリットとしては、そのクリーン性や供給源が分散化されていることによるエネルギー安全保障上の利点などが挙げられるが、こうしたメリットは市場メカニズムの中では、価格に反映されにくく、石炭などの他燃料などとの競合において劣位に置かれることがある。その意味で、天然ガスのメリットを適正に評価する上でも、政府による政策的な支援は正当化されるだろう。

LNGの利用拡大については、現地の人材育成も欠かせない。LNGは、その取引形態や物理的な性質(超低温かつ高圧)などの面で、非常にユニークなエネルギー源である。その意味でも、取引面、安全面、環境面などの点で必要となる専門知識は多い。このため、これまでLNGを利用してきた日本をはじめとする国々が、こうした人材育成に対し積極的な役割を果たしていくことができれば、アジアのLNG利用拡大を促す上でも大きな推進力となる。また行政面においても、アジア新興国では、LNGの受け入れ利用に関しては、十分な法規制が整備されていない国が多い。このため当該国のガス産業だけではなく、政府・行政分野の人材育成についても積極的にこれを支援していくべきであろう。

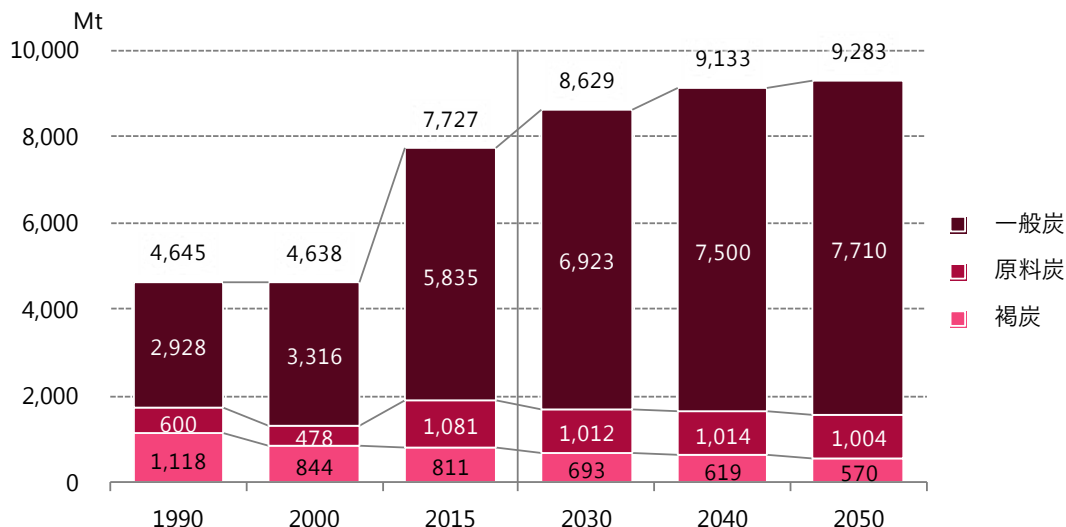
3.3 石炭

生産

世界の石炭生産量は、アジアを中心に中南米、アフリカなどの非OECDでの需要増加に伴い、2015年の7,727 Mtから2050年には9,283 Mtまで増加する(図3-5)。炭種別では、一般炭

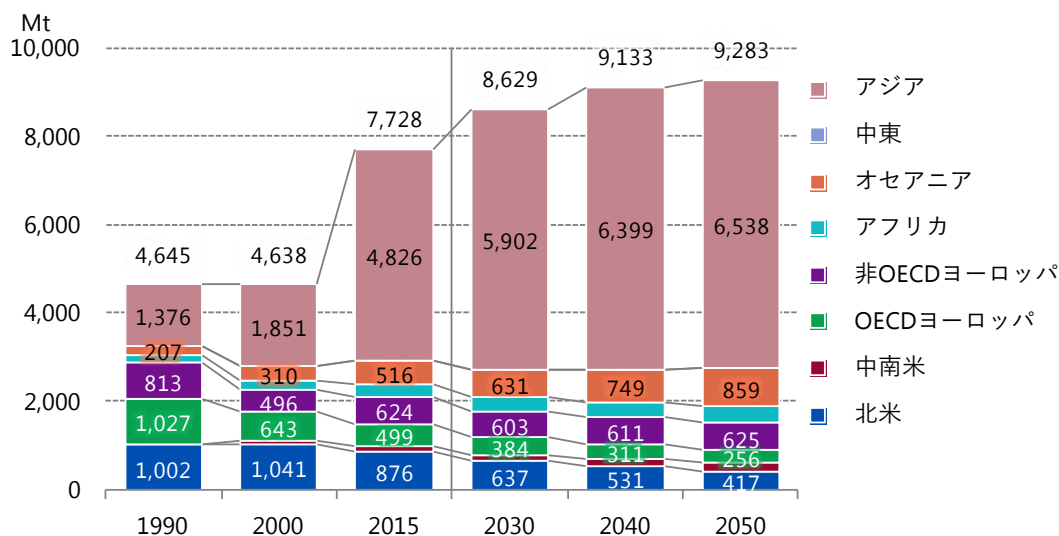
は主に電力向け需要の増加に伴い2015年の5,835 Mtから2050年に7,710 Mtと1.32倍に増加する。原料炭は銑鉄生産の減少に伴い2015年の1,081 Mtから2050年に1,004 Mtまで減少し、褐炭は電力向け需要の減少に伴い2015年の811 Mtから2050年に570 Mtまで減少する。

図3-5 | 世界の石炭生産(炭種別) [レファレンスシナリオ]



地域別に見ると、石炭生産量は、需要が増加するアジアと主要輸出国があるオセアニアやアフリカ、中南米で増加し、石炭需要が減少する北米やOECDヨーロッパでは減少する(図3-6)。表3-3に地域別の一般炭・原料炭の地域別生産量を示す。

図3-6 | 石炭生産(地域別) [レファレンスシナリオ]



アジアの石炭生産量は、2015年の4,826 Mtから2050年には6,538 Mtまで1,712 Mt増加する。中国では、電力向け需要の増加により一般炭生産量は増加する。しかし、その増加量は

次第に減少し、2040年頃を境に減少に転じる。一方、原料炭は、銑鉄生産量の減少に伴い原料炭需要が減少し、生産量も減少する。インドでは需要拡大に伴い一般炭・原料炭ともに生産量は増加する。インドネシアでは自国の石炭資源の保護と持続的・効率的な利用のために生産量を調整する方針を打ち出しており、生産量は頭打ちになる可能性がある。

北米の石炭生産量は2015年の876 Mtから2050年には417 Mtと大きく減少する。米国の一般炭生産量は、国内需要の減少と欧州市場の縮小により減少する。カナダにおいても国内需要の減少に伴い一般炭の生産量は減少する。原料炭の生産量は国際価格の低迷と輸出需要の減少により足元大きく減少した。今後も輸出需要の回復が見込めず微減する。

中南米の石炭生産量は域内需要と輸出需要の拡大により増加する。一般炭の主要な輸出国であるコロンビアでは、主な輸出先であるヨーロッパ市場は縮小するが、アフリカや南米、中東での輸入拡大に加え、アジア市場の拡大にも対応することで生産量は増加する。

OECDヨーロッパでは、域内の需要が減少することに加え、生産コストの上昇や石炭産業への補助金がなくなることから、石炭生産量は一般炭、原料炭ともに減少する。

アフリカでは、域内の一般炭需要の増加と輸出需要の増加(主にアジアでの一般炭需要の増加とインドでの原料炭需要の増加)に伴い石炭生産量は2015年の273 Mtから2050年には382 Mtに増加する。南アフリカで一般炭の生産量が増加し、モザンビークでは原料炭と一般炭の生産量が増加する。

中南米の石炭生産量は域内需要と輸出需要の拡大により増加する。一般炭の主要な輸出国であるコロンビアでは、主な輸出先であるヨーロッパ市場は縮小するが、アフリカや南米、中東での輸入拡大に加え、アジア市場の拡大にも対応することで生産量は増加する。

オセアニアでは、インドおよびASEANを中心としたアジア市場の拡大に加え、インドネシアの一般炭輸出量の減少を補うために、オーストラリアの生産量は2015年の516 Mtから2050年には859 Mtと大きく増加する。

貿易

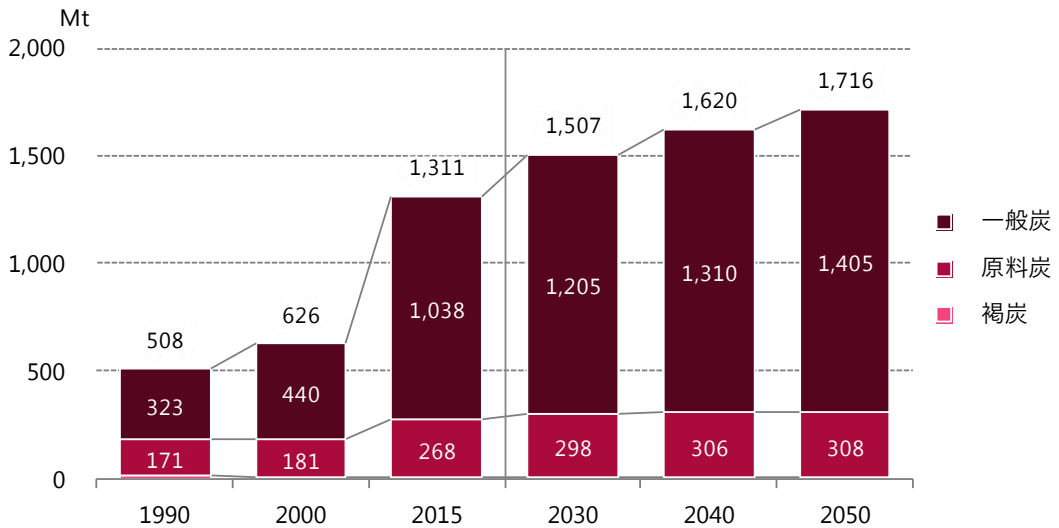
石炭貿易量(輸入量)は、石炭需要の増加に伴い2015年の1,311 Mtから2050年には1,716 Mtまで増加する(図3-7)。炭種別に見ると、一般炭貿易量はインドやASEAN等での需要増に伴い2015年の1,038 Mtから2050年には1,405 Mtにまで、原料炭貿易量は主にインドでの需要増により2015年の268 Mtから2050年には308 Mtまで増加する。

表3-3 | 石炭生産[レファレンスシナリオ]

一般炭						(Mt)
	2015	2030	2040	2050	2015-2050	
					変化量	変化率
世界	5,835	6,923	7,500	7,710	1,875	0.8%
北米	718	509	415	318	-400	-2.3%
米国	691	492	401	309	-383	-2.3%
中南米	101	136	166	192	91	1.8%
コロンビア	81	113	140	165	84	2.0%
OECDヨーロッパ	81	59	49	41	-40	-1.9%
非OECDヨーロッパ・中央アジア	312	337	367	393	81	0.7%
ロシア	195	221	243	266	71	0.9%
中東	0.2	0.2	0.2	0.2	0	0.7%
アフリカ	264	307	328	352	88	0.8%
南アフリカ	256	290	302	310	54	0.6%
アジア	4,100	5,193	5,672	5,796	1,696	1.0%
中国	2,970	3,335	3,438	3,192	222	0.2%
インド	586	1,203	1,572	1,936	1,350	3.5%
インドネシア	453	550	550	550	97	0.6%
オセアニア	258	382	502	617	360	2.5%
オーストラリア	256	381	502	616	360	2.5%

原料炭						(Mt)
世界	1,081	1,012	1,014	1,004	-77	-0.2%
北米	84	73	71	67	-17	-0.7%
米国	58	47	46	43	-15	-0.8%
中南米	8	9	10	10	2	0.8%
コロンビア	4	6	6	6	2	1.0%
OECDヨーロッパ	22	17	15	14	-8	-1.2%
非OECDヨーロッパ・中央アジア	106	100	100	100	-6	-0.2%
ロシア	83	78	78	79	-4	-0.1%
中東	0.9	0.9	0.9	0.9	0	-0.1%
アフリカ	8	16	23	29	20	3.6%
モザンビーク	5	13	19	25	20	4.8%
アジア	660	605	599	589	-72	-0.3%
中国	593	466	411	350	-243	-1.5%
インド	53	124	174	225	172	4.2%
モンゴル	13	11	10	8	-5	-1.3%
オセアニア	192	191	195	195	3	0.0%
オーストラリア	191	190	194	193	2	0.0%

図3-7 | 世界の石炭貿易[レファレンスシナリオ]



注: 数値は輸入量を示す。

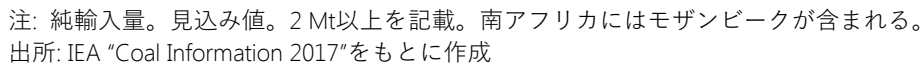
一般炭純輸入量は、アジアで2015年の320 Mtから2050年には917 Mtまで増加する。輸入量はインドとASEAN主要4か国(マレーシア・タイ・フィリピン・ベトナム)で大きく増加し、アジアの増加量597 Mtのうちインドが127 Mt、ASEAN主要4か国が200 Mtを占める。その他地域では、2015年から2050年にかけて中東で3.7 Mt増加する。一方でOECDヨーロッパの純輸入量は需要の減少に伴い、2015年の170 Mtが2050年に92 Mtと78 Mt減少する。

一般炭純輸出量は、オーストラリア、ロシア、コロンビア、南アフリカ等で増加する。一方で、インドネシアでは生産調整をする方針を打ち出しており、輸出量は国内需要の伸びに伴い減少する。オーストラリアの純輸出量は、アジア市場の拡大に加え、インドネシアからの輸出量の減少分を補うために、2015年の205 Mtから2050年には583 Mtと378 Mtも増加する。ロシアは2015年の112 Mtから2050年には201 Mtに、コロンビアは2015年の77 Mtから2050年に158 Mtに増加する。南アフリカでは、現在の主要採掘地域の埋蔵量が枯渇に向かうため新規炭田の開発が進められるが、生産拡大に限界があると言われている。このため、国内需要が増加する中、輸出量は90 Mtが限界と見ている。

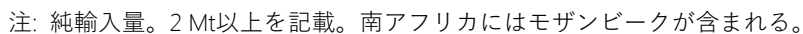
原料炭純輸入量は、インドで2015年の49 Mtから2050年に109 Mtと60 Mt増加する。一方で、需要が減少する中国、日本、韓国、OECDヨーロッパ等ではそれぞれ12 Mt、13 Mt、7 Mt、9 Mt減少する。

原料炭純輸出量は、新規ソースであるモザンビークで増加するが、中国、日本、韓国、OECDヨーロッパ等で輸入が減少することから、カナダや米国等での純輸出量は減少する。モザンビークの輸出量は2015年の4 Mtから2050年には27 Mtに増加する。一方、米国の純輸出量は2015年の40 Mtから2050年には31 Mtに、カナダの純輸出量は2015年の27 Mtから2050年には21 Mtに減少する。なお、既存の原料炭輸出国であるロシアやオーストラリアの輸出量は横ばいから微増にとどまる。

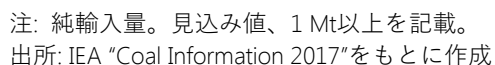
単位: Mt



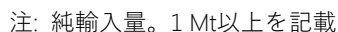
単位: Mt



单位: Mt



单位: Mt

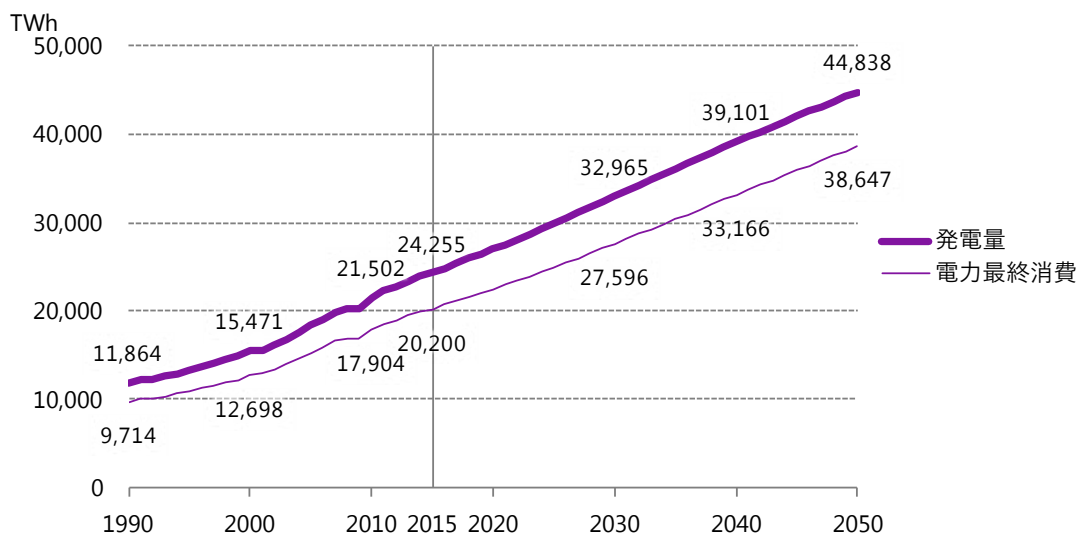


3.4 発電

発電量・電源構成

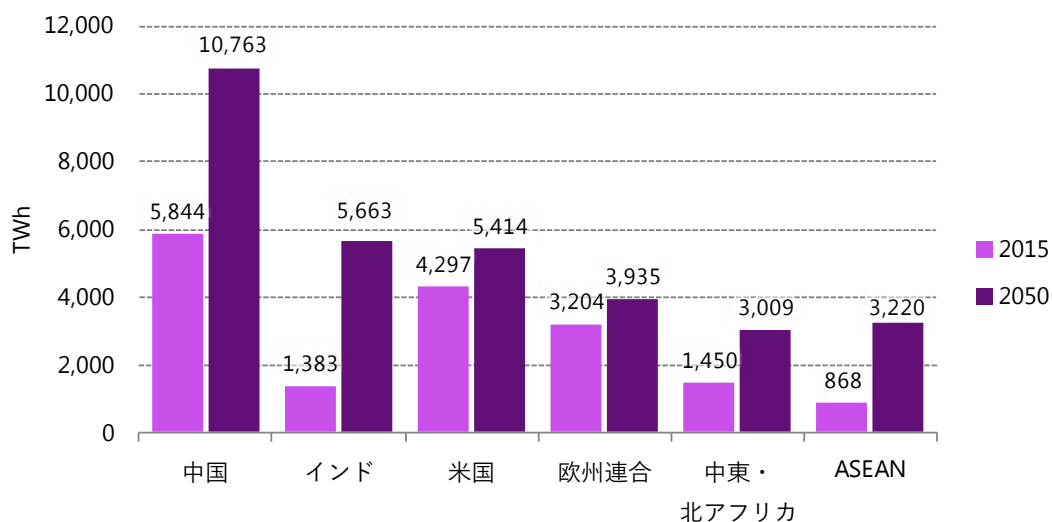
電力消費の増加に伴い、世界の発電量は2015年の24,255 TWhから年率1.8%で増加し、2050年には44,838 TWhとなり、1.8倍に増大する(図3-12)。この増加量20,583 TWhは世界最大の中国の現発電量のおよそ3.5倍、日本の現発電量のおよそ20倍に相当する。

図3-12 | 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]



2050年までの発電量増加のうち約9割が非OECDによるものである(図3-13)。アジアの発電量は2015年の10,204 TWhから年率2.3%で増加し、2050年には22,874 TWhにまで達する。アジアの発電量をけん引するのは、中国、インド、ASEANである。

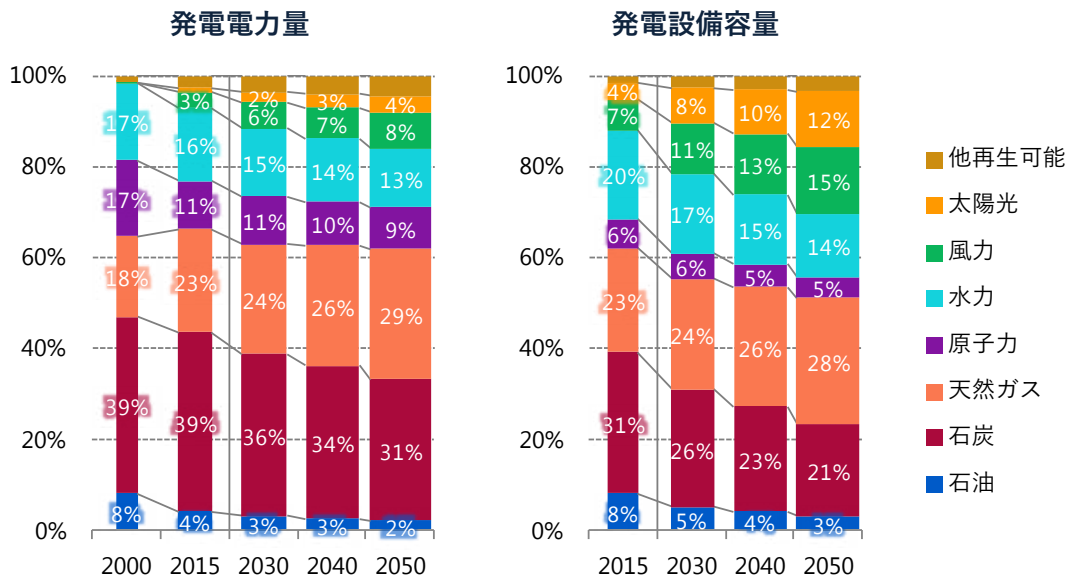
図3-13 | 主要国・地域の発電電力量[レファレンスシナリオ]



2015年の世界の発電構成において、石炭のシェアは39%と最大であり、次いで天然ガス(23%)、水力(16%)、原子力(11%)となっている(図3-14)。2050年にかけて、石炭のシェアは低下するものの、依然として最大のシェアを占めるエネルギー源となり、基幹電源の役割を引き続き担う。技術開発により天然ガス複合発電(CCGT)が普及、変動性再生可能エネルギーの調整電源としてガスタービンも用いられること等から、天然ガスへのシフトが進展、天然ガスのシェアは、2015年の23%から2050年には29%に拡大する。石油のシェアは、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。原子力については、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の拡大は見込めず、シェアは2050年にかけて9%に縮小する。風力・太陽光等の増加率は、政策的な後押しとコスト低減を追い風に、他に比肩するものがないほど高い年率4.7%ではあるが、そのシェアは2050年においても1割強である。

発電設備容量で見ると、天然ガスが2050年にかけてそのシェアを徐々に増やし、石炭を追い抜き最大となる。また、発電量では13%に過ぎない風力・太陽光は27% — 発電量シェアの2倍以上 — も占める。

図3-14 | 世界の発電構成[レファレンスシナリオ]

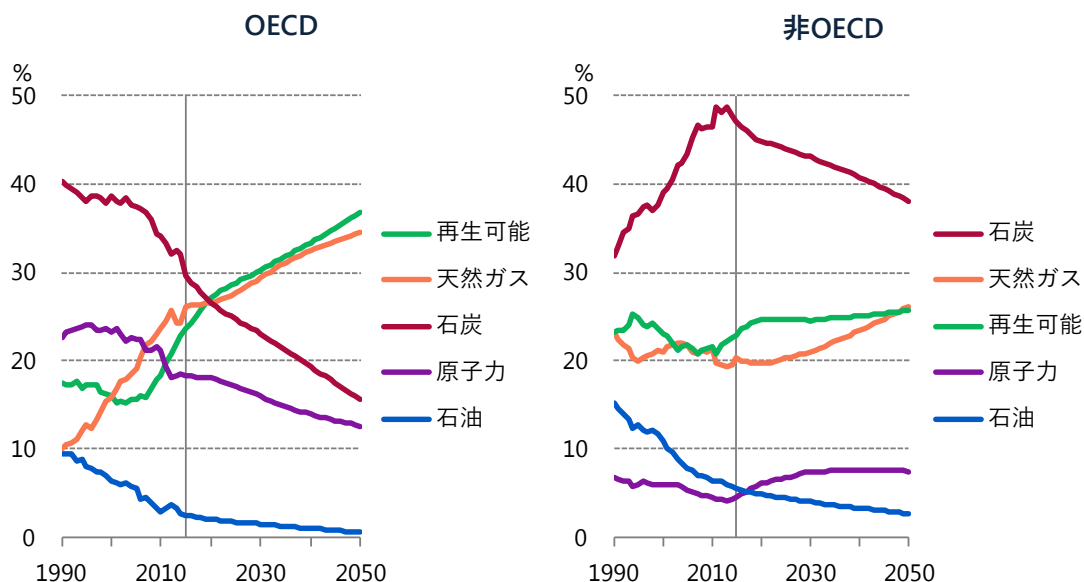


注: 棒の幅は総発電量に比例

注: 棒の幅は総発電容量に比例

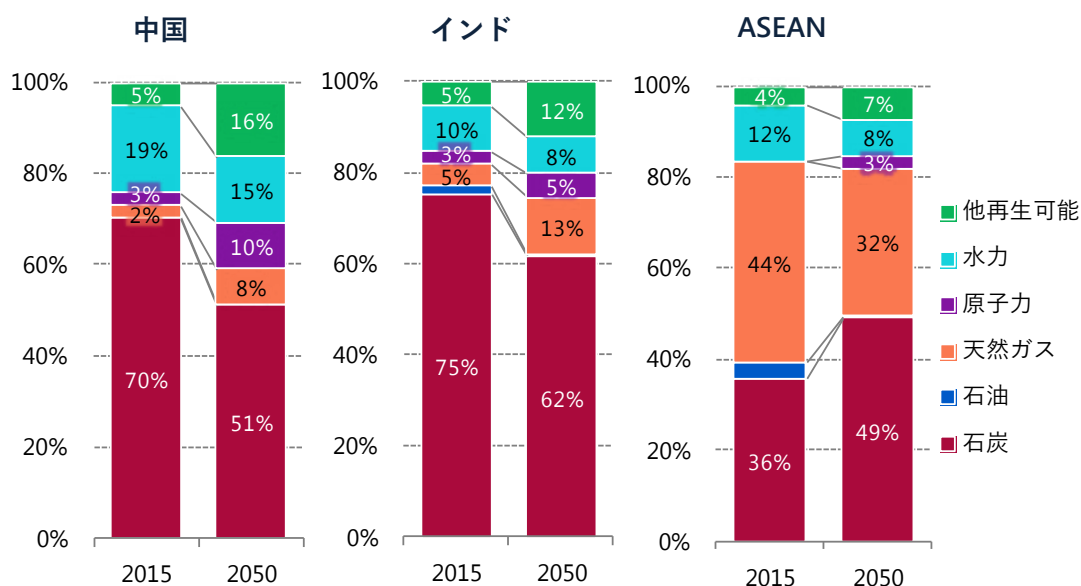
OECDでは、発電量全体に占める再生可能エネルギーのシェアが2030年には3割を超し、天然ガスを追い抜き最大となる。非OECDでは、石炭は最大のシェアを維持するが、その比率が低下してゆく。また、天然ガスがシェアを伸ばし、石炭に次いで2番目に高いシェアとなる。電力需要が急速に拡大する非OECDにおいても、主に2030年以降再生可能エネルギーのシェアが拡大していく(図3-15)。

図3-15 | OECD、非OECDの電源構成[レファレンスシナリオ]



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その高いシェアを徐々に落とし、天然ガスが割合を増加させる(図3-16)。一方でASEANにおいては、タイ湾等での天然ガス資源開発により、1990年代以降、発電構成は石油から天然ガスへと大きくシフトした。しかし、2000年代には天然ガス生産量の頭打ち、他部門での需要増により、発電向けの供給力が不足しつつある。地域としては天然ガス純輸出であったASEANでも輸入計画が進められている。その発電構成は中国、インドとは逆に天然ガスのシェアが減少し、石炭へのシフトが進む。

図3-16 | 中国、インド、ASEANの電源構成[レファレンスシナリオ]

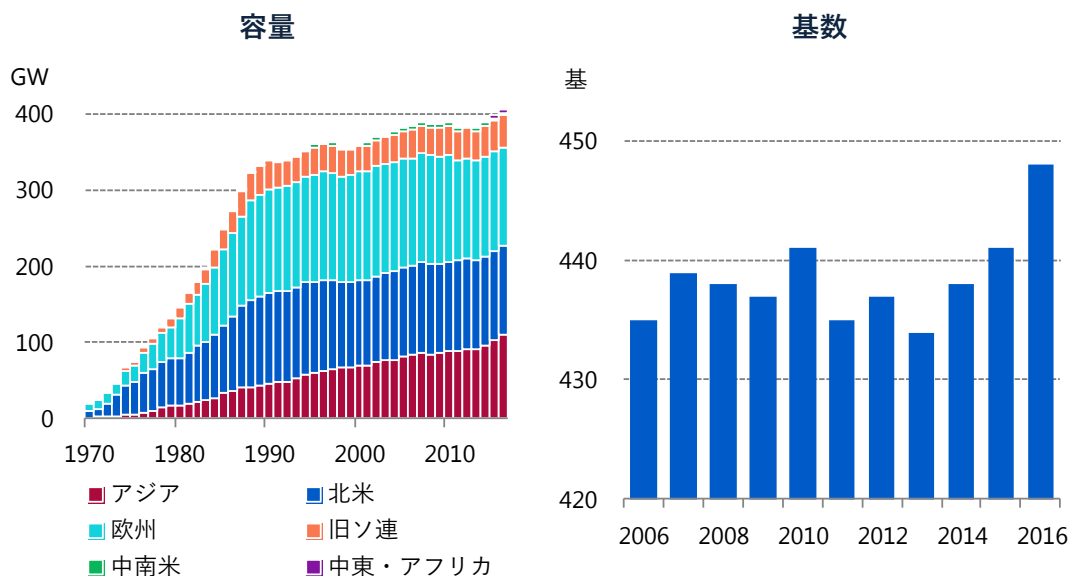


原子力

世界の原子力発電の設備容量は、1970-1980年代は欧米を中心に急激に拡大したが、1990年代には増加率が低下して横ばいで推移し、1990年代後半には欧米でパフォーマンスの低下した原子炉の廃止もあって減少した時期もあった。2000年代以降は、1970年代ほどではないものの、アジアを中心に着実に設備容量が増加しつつある(図3-17左)。

2011年3月の福島第一原子力発電所事故(福島第一事故)後は、日本における新規規制基準に基づく安全対策実施のための運転停止や、ドイツにおける政策変更に伴う既設炉の閉鎖、米国における経済的な観点による既設炉の閉鎖等を背景に、運転中の原子炉基数が減少したものの、アジアを中心に新規建設が進捗し、2016年末時点の運転中基数は福島第一事故前の水準まで回復した(図3-17右)。

図3-17 | 原子力発電設備容量と基数

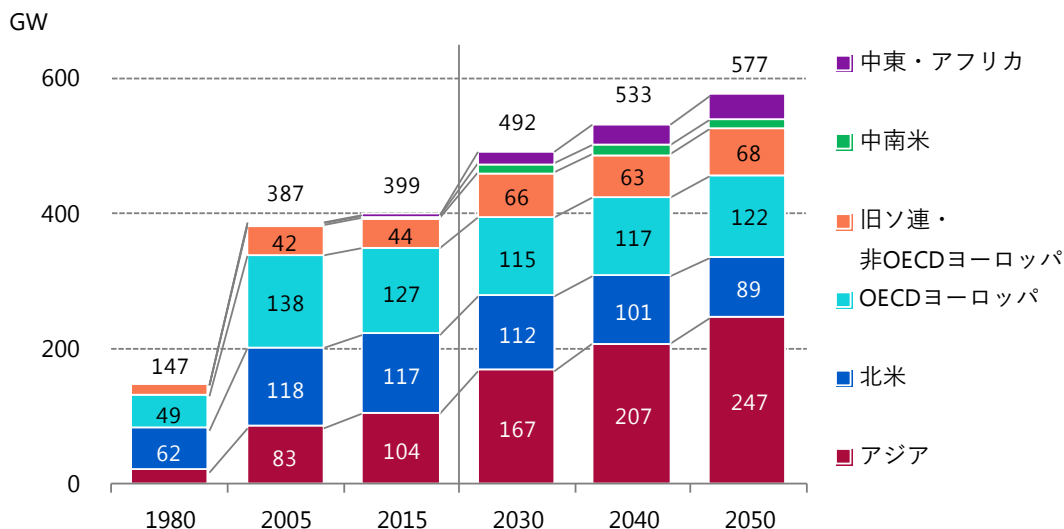


福島第一事故は、日本やヨーロッパの一部の国において原子力政策に直接の影響を与えた。一方で、米国、フランス、ロシア、韓国といった従来から原子力発電を積極的に推進してきた国々、および中国等の新興国では、エネルギー安定供給や気候変動問題への対応、さらには自国の原子力産業育成を通じた国際競争力の維持・強化という観点から、原子力の維持ないしは推進政策を大きく変更していない。なお、後述するように、フランスはエネルギー転換法を可決し、原子力発電の設備容量について現行の66 GW(ネット電気出力63.2 GW)を上限とするという目標を定めているが、原子力発電を基幹電源として維持する方針に変更はない。

米国は99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、シェール開発により天然ガス火力発電の経済的優位性が増したことなどで新規に建設される原子力発電所の足取りが弱まり、経済的な観点から一部既設炉の閉鎖も行われている。2015年時点の

設備容量は103 GWとなり、既存の新設計画や既設炉の運転期間延長(60年運転)によって2040年までほぼ同水準を維持するが、2040年以降は60年を迎える既設炉の廃炉により設備容量が低減する(図3-18)。

図3-18 | 原子力発電設備容量[レファレンスシナリオ]



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年には原子力比率を50% (2015年時点は78%)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。しかし電気料金の高騰や雇用問題といった課題に直面しており、Fessenheim 1号機以外の閉鎖計画は明らかにされていない。2015年時点の設備容量は66 GWであるが、当面は現状の維持が続くと考えられる。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、ベルギーでは、政府の原子炉閉鎖計画に従い、2025年から2035年にかけて原子力発電は0になる。OECDヨーロッパ諸国では、老朽化した既設炉が廃炉される一方で、新規建設へ向けた動きも見られる。そのため、2025年から2035年にかけて一時的に設備容量が115 GWまで落ち込むが、その後再び増加する。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、2030年にかけて国内の設備容量は2015年の26 GWの約1.5倍となる38 GWまで拡大する。

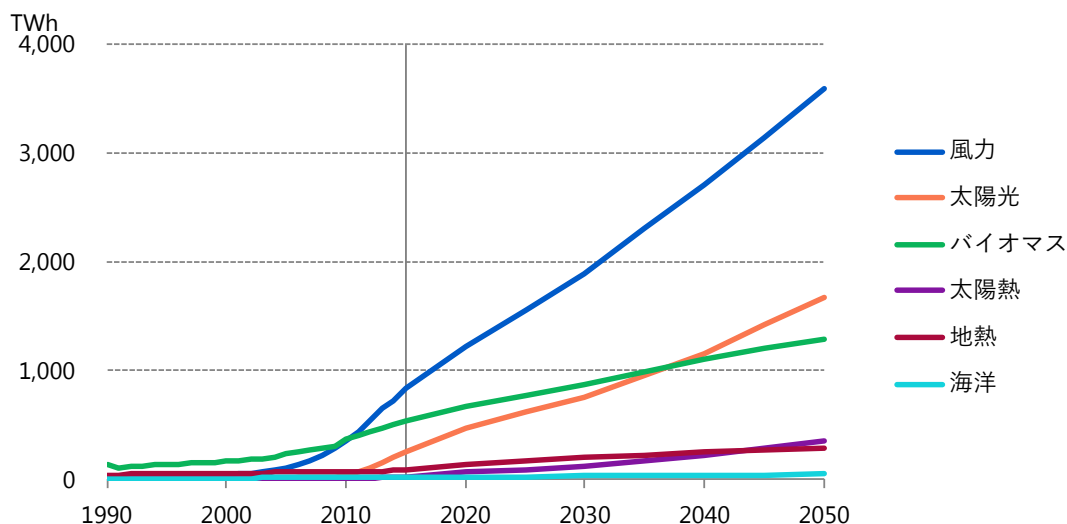
2030年以降には、これまで市場化されていなかった中東やアフリカ、および中南米等の国々の台頭も見られるようになる。中東では、アラブ首長国連邦やサウジアラビア、イランを中心に2030年には設備容量が13 GWに達する。アフリカでは南アフリカ、中南米ではブラジルを中心に、国内の電力需要の拡大を満たすため原子力発電の導入計画が掲げられており、着実に新規建設が進められる。

また、原子力においても中国、インドを中心とするアジアの存在感はますます高まってゆく。2035年には、中国は米国を抜いて設備容量が106 GWとなり(2015年時点の中国の設備容量は29 GW)、世界第1位の原子力大国となる。アジアの設備容量は、2050年には247 GWとなり、OECDヨーロッパと北米の設備容量の和である211 GWを上回る。

再生可能エネルギー発電

太陽光発電、風力発電等の再生可能エネルギーに対しては、大きな期待が寄せられている。ヨーロッパ先進国を中心とした導入支援政策の規模縮小、原油価格の急落等、ネガティブ要素の影響を受けながらも、大幅にコストが低下している太陽光発電や風力発電を中心に再生可能エネルギー発電の導入量は順調に拡大している。しかし、供給が自然条件に左右され不安定であることから、世界全体で見た場合、化石資源と肩を並べる基幹エネルギーとして地位を確立するには至らない(図3-19)。

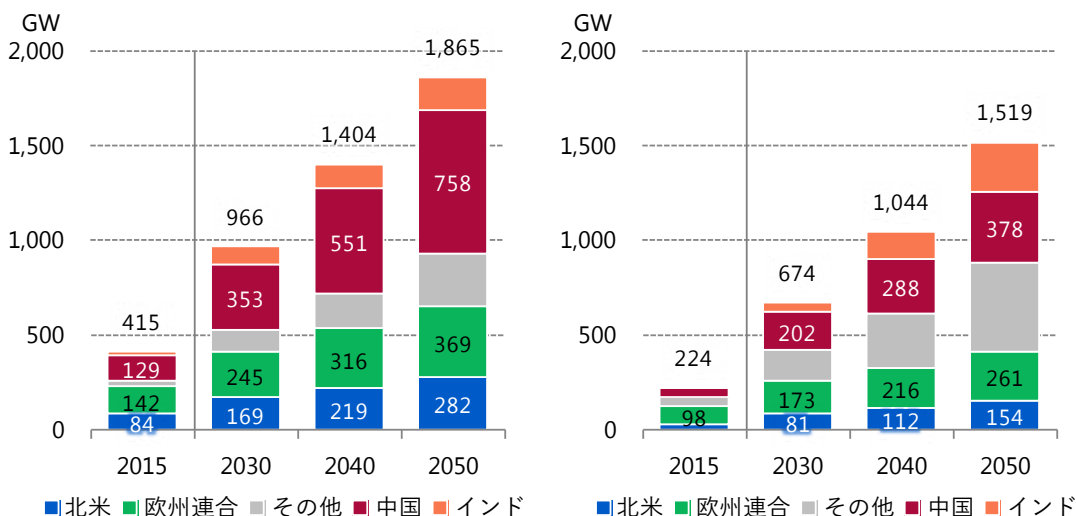
図3-19 | 世界の再生可能エネルギー(水力を除く)発電量[レファレンスシナリオ]



再生可能エネルギーの導入は、電源の低炭素化に貢献し、対外依存度を低減し、化石燃料価格高騰を潜在的に抑制しうる。大規模な普及の実現には、研究開発の継続によるさらなる低コスト化、高効率化、エネルギーシステムとの調和の実現が重要な課題となる。

現在主要な風力発電市場であるヨーロッパ、中国、および北米は、今後もけん引役を担う。他方、インド、ブラジル、メキシコ等新興国においても風力発電の設備導入量が拡大していく。風力発電設備容量は、2015年の415 GWから2050年には1,865 GWまで増加し、2015年比4倍強に拡大する(図3-20、図3-21)。

図3-20 | 世界の風力発電設備容量[レファレンスシナリオ] 図3-21 | 世界の太陽光発電設備容量[レファレンスシナリオ]



太陽光発電の世界市場は、ヨーロッパから中国、米国、日本を中心としたアジア太平洋地域に主役交代し、引き続き拡大してゆく。例えば、中国やインドでは野心的な太陽光発電導入目標を打ち出すなど、各国政府の高い目標設定やそれに伴う優遇支援策の強化によって市場が拡大し、コストも徐々に低下し、導入が加速される。世界全体では太陽光発電の発電コストは従来発電技術より依然として高いものの、アラブ首長国連邦やチリなど日射に恵まれた国での太陽光発電入札で\$30/MWh以下の売電価格が記録されるなど、今後太陽光発電の競争力がさらに高まると予想される。レファレンスシナリオにおける世界の太陽光発電設備容量は、2015年の224 GWから2050年には1,519 GWへ増加し、2015年比約7倍まで拡大する。

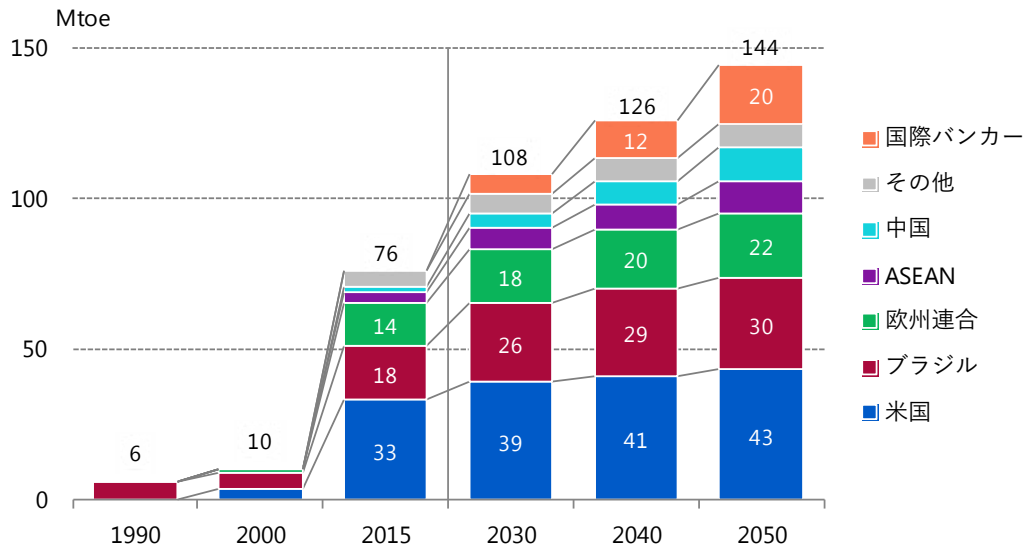
3.5 バイオ燃料

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、欧州連合(EU)に偏っており、2015年において、これら3地域が世界のバイオ燃料消費量の86%強を占めている。

世界の自動車用バイオ燃料導入量は2015年の75 Mtoeから2050年に125 Mtoeに増加する(図3-22)。今後も、自動車用バイオ燃料利用は米国、ブラジル、EUが中心であり続ける。米国は高いバイオエタノール混合率でも対応できる自動車の普及拡大によって、消費量は若干増える。ブラジルではエタノールとガソリンの両方を利用できるFlexible Fuel Vehicle (FFV)の普及より、バイオ燃料の利用量が堅調に増加する。一方、EUでは液体燃料の需要増の鈍化とともに、第一世代のバイオ燃料の環境影響に対する懸念が強まっているため、2030年以降のバイオ燃料の消費量増が減速する。アジアでは、ASEAN、中国

等で大きく伸びるが、欧米やブラジルほどの規模には至らない。また、現在はほとんど利用実績がないが、国際航空用のバイオジェット燃料が2020年以降に活用されるようになる。

図3-22 | 液体バイオ燃料の利用量[レファレンスシナリオ]



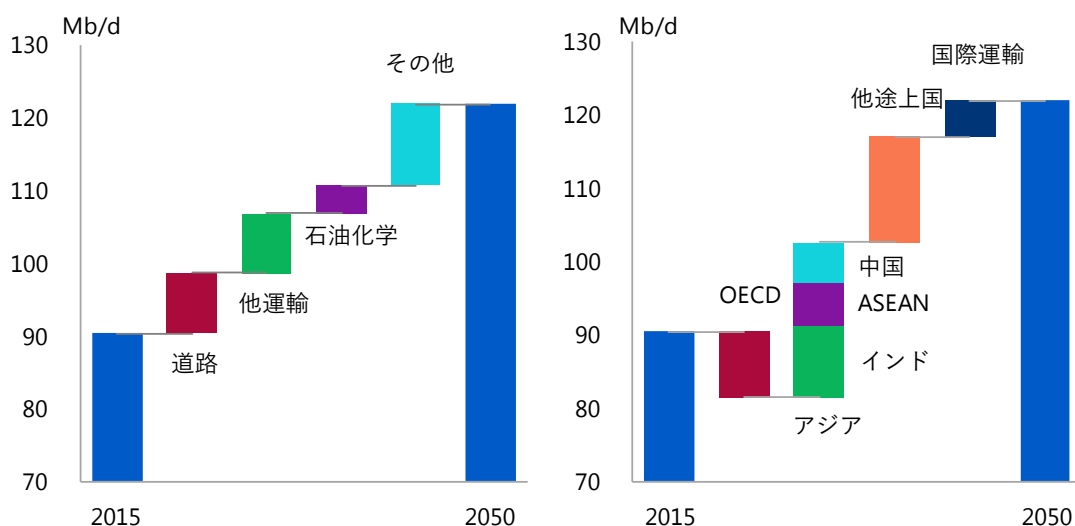
4. 石油需要ピークケース

4.1 ピークオイル論

供給ピークから需要ピークへ

レファレンスシナリオにおける石油需要は、現在の90.4 Mb/d（2015年）から2050年には122.0 Mb/dまで増加していく。増加する31.6 Mb/dのうち、道路部門での増加が8.6 Mb/d、その他の運輸部門（航空、船舶等）での増加が8.2 Mb/d、石油化学原料用での増加が3.8 Mb/dで、これらの3部門で全体の増加の約7割を占める。地域別には、OECD諸国は計9.0 Mb/d減少するものの、インド（9.9 Mb/d増）、ASEAN（5.9 Mb/d増）、中国（5.5 Mb/d増）などアジア地域で大きく増加する。

図4-1 | 世界の石油需要[レファレンスシナリオ]



「爆飲」と呼ばれた中国などの旺盛な需要により世界の石油需要が年平均1.3 Mb/dずつ増加していた2000年代(2000-2007年)、「ピークオイル論(供給ピーク論)」が大きく取り上げられるようになった¹²。需給逼迫に加えて世界金融市場での過剰流動性なども相まって原油価格は高騰し、2008年7月には\$147/bbl (WTI先物)に達したこともあった。しかし、その後は、「シェール革命」に代表される非在来型石油の供給が本格化するなどして、「石油供給ピーク論」は影を潜めている。代わって登場するのが、「石油需要ピーク論」である。気候変動対策の強化による省エネルギーの進展や再生可能エネルギーへのシフトが

¹² もともとピークオイル論は、M・キング・ハバートの米国石油生産量が1970年までに減少するとの予測が的中したことから注目を集めた。2000年代初めの議論はこれを世界大に当てはめたものである。2005年、代表的な論者であるコリン・キャンベルは、在来型石油の生産は2010年までにピークを迎えて減少するとの予測を示した。

石油を含む化石燃料の消費を抑制し、資源制約に達する前に需要がピークを迎えるという考え方である。

しかし、現在の石油需要の57%は運輸部門燃料(自動車、航空、船舶など)、10%は石油化学原料が占め、石油以外への原燃料代替が容易ではない用途に集中している。政策強化や技術進展などにより省エネルギーが進むものの、レファレンスシナリオで見たように、石油需要はまだまだ増加し続けるというのが主流的な見方である。とりわけ道路部門は、自動車燃費の大幅な改善が見込まれるものの、保有台数が2050年には現在の2倍増の約26億台に達し、石油需要の増加に大きく寄与する。

ゼロエミッション車強化の動き

しかし、近年は自動車技術の発展が目覚ましく、まだまだ規模は小さいものの電動自動車あるいはZero Emission Vehicle (ZEV)の普及が加速している¹³。さらには、2030年以降は従来エンジン車の販売を禁止するなどといったZEV強化の方針が、世界各国で相次いで公表されている(表4-1)。政策強化の背景には、気候変動対策もさることながら、都市部での大気汚染対策が直接的な動機となっている場合もある。

表4-1 | 最近のZEV強化の方針(発表順)

国	公表された方針
米国カリフォルニア州	一定比率以上のZEV販売を義務付ける「ZEV規制」において、2018年より、ZEVの定義からHEVが外れ、EV、PHEV、FCVに限定
オランダ	2025年以降ガソリン車とディーゼル車の販売を禁じる法案がオランダ議会に提出(2016年4月)
ノルウェー	ノルウェー議会は2025年までに排気ガスを排出しないゼロエミッション車の販売比率を100%に高める目標を策定へ(2016年6月)
中国	2018年に8%相当(以降2%ずつ引き上げ)のEV、PHEV、FCV生産を義務付ける「New Energy Vehicle (NEV)規制」の導入案を発表(2016年9月)
ドイツ	ドイツ連邦参議院は、2030年までに内燃エンジンを搭載した新車の販売禁止を求める決議を可決(2016年10月)
インド	2030年までにインドで販売される自動車を電気自動車のみに制限するとの方針を発表(2017年6月)
フランス	環境相は、2040年までに国内でのガソリン車、ディーゼル車の販売を禁止する方針を明らかに(2017年7月)
英国	環境相は、ガソリン車とディーゼル車の新規販売を2040年から禁止すると正式発表(2017年7月)

¹³ 本アウトLOOKではZEVには電気自動車(EV: Electric Vehicle)、プラグインハイブリッド(PHEV: Plug-in Hybrid Electric Vehicle)、燃料電池自動車(FCV: Fuel Cell Vehicle)を含む。ハイブリッド自動車(HEV: Hybrid Electric Vehicle)は含まない。2015年現在、ZEVの世界自動車販売に占めるシェアは1%未満である。

国	公表された方針
インドネシア	エネルギー・鉱物資源相は、2040年から化石燃料を動力源とする自動車と二輪車の新規販売を禁止する方針を発表(2017年8月)
中国	工業情報化省副大臣が従来自動車の販売禁止に関する調査を開始したと言及(2017年9月)

出所: 各種報道等より作成

従来エンジン車の販売禁止といった動きはヨーロッパで先行しているが、2040年には世界の自動車販売市場の約3割を占める中国、インドでもこうした動きが出ていることには注視が必要である(図4-2)。自動車メーカーもこうした政策動向を反映して、特に巨大市場の動向を見越して、車両電動化に舵を切り始めている(表4-2)。

図4-2 | 自動車販売台数シェア[2040年]

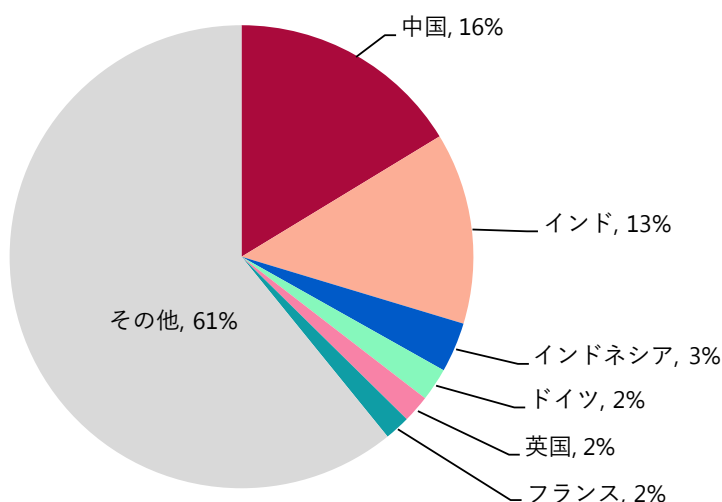


表4-2 | 最近の主要自動車メーカーの電動化戦略(発表順)

メーカー	公表された戦略
ヒュンダイ	2020年までに全ラインアップで電動車両を用意する計画(HEV: 12車種、PHEV: 6車種、EV: 2車種、FCV: 2車種) (2015年5月)
トヨタ	FCVの販売目標を2020年に年間3万台以上に引き上げ(2015年10月) 2020年にEVに本格参入との報道(2016年11月)
PSA	2021年までに7車種のPHEVと4車種のEVを投入すると発表(2016年4月)
ダイムラー	2025年までに10車種以上のEV投入し、総販売台数のうち15～25%をEVとする計画(2016年9月)
フォード	EVとHEVを合わせたエコカーの中国での販売比率を2025年までに7割に引き上げると

メーカー	公表された戦略
VW	2025年までに30車種以上のEVを投入し、年間販売台数を最大300万台に増やし、総販売台数の25%まで高める戦略を発表(2017年6月)
ホンダ	2030年に四輪車販売台数の3分の2を電動化する。2018年には中国でEVを発売予定。二輪車でも電動スクーターを投入(2017年6月)
ボルボ	2019年以降に発売するすべての車種をEV、PHEV、HEVの電動車にすると発表(2017年7月)
BMW	全ブランドにEV・PHEVモデルを用意すると発表。2025年までに年間販売台数の15～25%を電動化モデルとすることを目指す(2017年7月)
JLR	2020年以降、すべての販売車種を電動化(EV、PHEV、HEV)する(2017年9月)
ルノー・日産	2022年までに12車種のEVを投入。販売の3割は電動化車両となる見込み(2017年9月)

出所: 各種報道等より作成

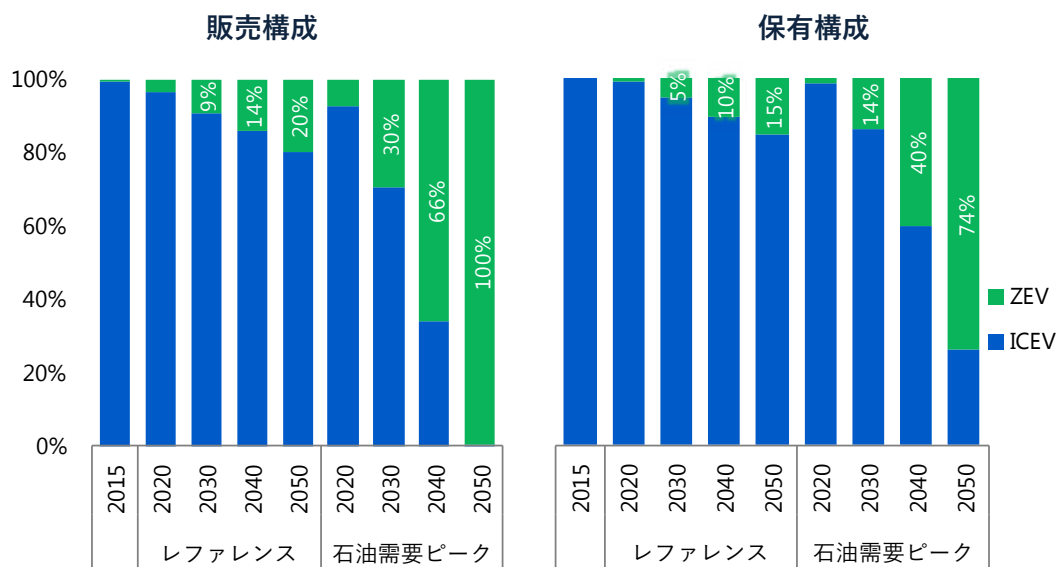
4.2 石油需要ピークケース

石油需要

自動車保有台数が増えても、増加する自動車がZEVであるならば、道路部門の石油需要は増加しない。さらに、既存のガソリン・ディーゼル自動車もいずれZEVに置き換わってくるとなれば、石油需要は減少に向かう。そこで、仮想的に2030年に世界の自動車販売台数の30%が、2050年までには100%がZEVになる「石油需要ピークケース」を想定してみる(図4-3)。この普及スピードは、主要国で構成されるクリーンエネルギー大臣会合の「EV30@30」キャンペーン¹⁴の目標が世界レベルで達成する想定である。また、英仏などの2040年までにエンジン車の販売禁止といった政策が、10年遅れではあるが世界規模で展開されるといった想定に匹敵する。こうした新車販売の普及想定のもとでは、ZEVの保有台数構成比は2030年には14%、2050年には74%を占めるようになる。

¹⁴ EV・PHEV・FCVの新車販売シェアを参加国全体で2030年までに30%にすることを目標とする活動。

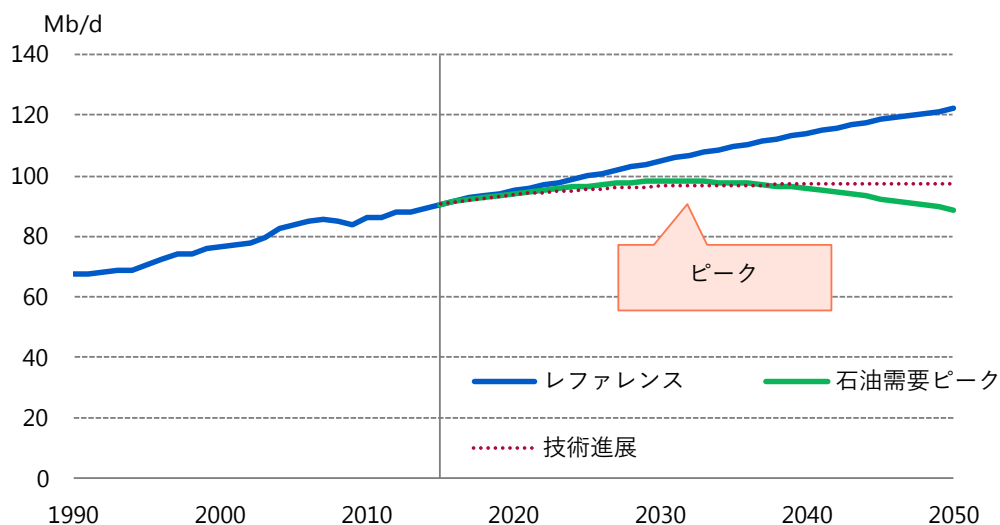
図4-3 | 世界の自動車販売・保有構成



注: ZEV (zero emission vehicle): 電気自動車、プラグインハイブリッド自動車、燃料電池自動車。ICEV (internal combustion engine vehicle): 従来エンジン車(ハイブリッド自動車を含む)

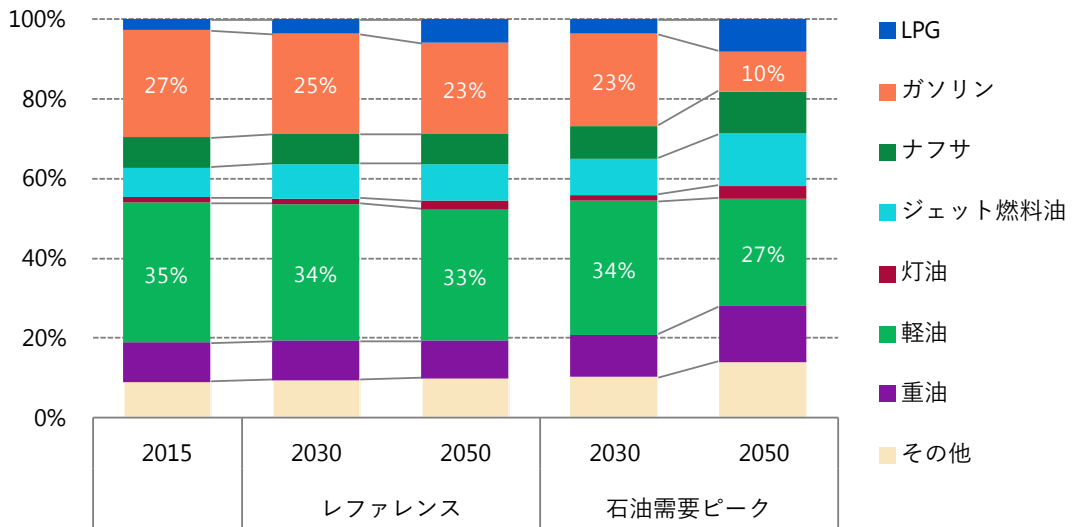
このとき道路部門の石油需要は、2050年には現在の約3分の1にまで減少する。石油需要全体では、現在(2015年)の90.4 Mb/dから2030年ごろに98.2 Mb/dまで増加した後減少に転じ、2050年には現在の需要レベル以下(88.7 Mb/d)まで落ち込むことになる(図4-4)。現在注目されているZEVの普及が、レファレンスシナリオや技術進展シナリオで考えるスピードを大きく上回る場合、懸念されている石油需要ピークが実際に生じうる。

図4-4 | 世界の石油需要



自動車のZEV化は、石油製品別の需要構造にも影響する。ガソリンの石油製品消費に占めるシェアは、現在の30%弱から2050年にはわずか10%にまで低下する(図4-5)。軽油は、産業部門などでも用いられることからそのシェアはガソリンほど小さくはないが、それでも現在比8%ポイント縮小の27%となる。このような状況に直面する石油精製業は生産得率を劇的に変革させる必要がある。ひいては、二次精製設備の違いによる競争力や、原油の重軽価格差にも変化が生じうる。

図4-5 | 世界の石油製品消費構成



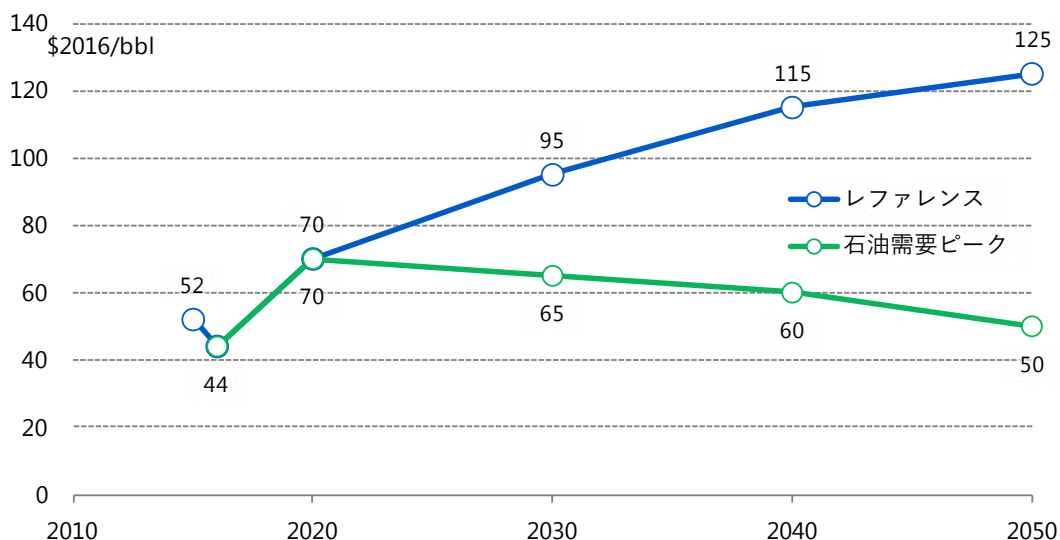
注: 自家消費を除く

ただし、2030年以降に従来エンジン車の販売を禁止するといった政策は、まだ一部の国が表明しているに過ぎない。さらに言えば、こうした政策が具体的にどのように実施されるのか、また本当に実現可能なのか、など不透明な点が多い。しかし、こうした動きが世界規模で拡大することになれば、国際石油市場、石油産業に与える影響は大きなものとなる。

石油供給

前述のとおり石油需要が2030年ごろにピークアウトすると、需給緩和を通じて国際原油価格の下落をもたらすことになる。レファレンスシナリオでは2050年には\$125/bbl (2016年実質価格)まで上昇するのに対し、石油需要ピークケースでは、2020年代以降下落に転じ、2050年には\$50/bblまで低下する可能性がある(図4-6)。

図4-6 | 実質原油価格



需要ピークにあわせて原油生産量も2030年前後に頭打ちすることになるが、その程度は地域によって異なる。中東OPEC諸国の生産量はレファレンスシナリオよりも下がるものの増加基調を維持する(図4-7、表4-3)。しかし、他の地域では2030年以降に生産量を落とす。これは主として生産コストの低い中東(特に陸上油田)の低油価への耐性が最も高いことによる。一方、相対的に生産コストの高い他地域、特に米国のシェールオイルやブラジルのプレソルトといった供給源のポテンシャルが大きい米州では、長期的な価格低迷の下では経済性が確保できず、生産量が大きく減少する。その結果、OPECの生産シェアは2015年の42%から2040年に49%、2050年には54%と上昇していく。

図4-7 | 原油生産量

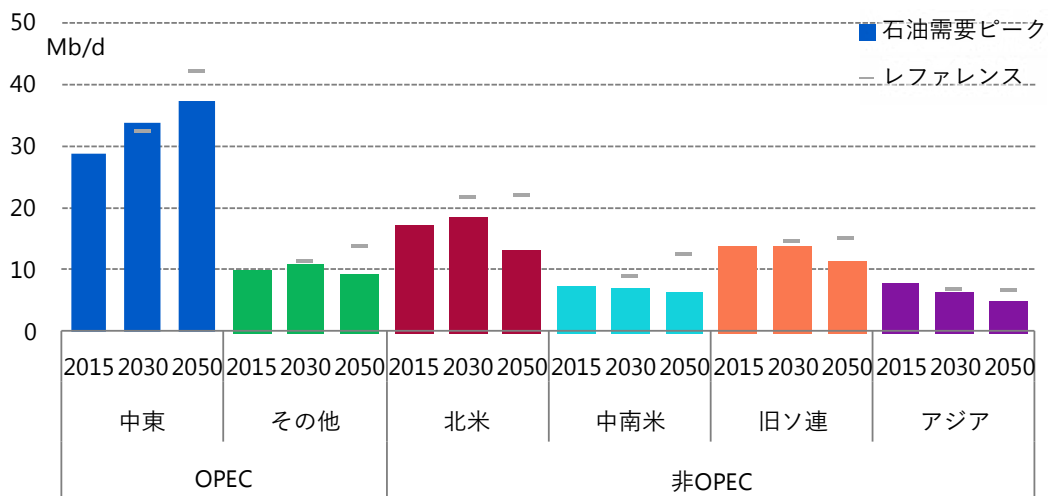


表4-3 | 原油供給[石油需要ピークケース]

	2015	2030	2040	2050	(Mb/d)	
					2015-2050 変化量	変化率
合計	93.94	98.35	95.58	88.71	-5.24	-0.2%
OPEC	38.65	44.35	45.97	46.47	7.82	0.5%
中東	28.80	33.69	35.86	37.30	8.50	0.7%
その他	9.85	10.66	10.11	9.17	-0.68	-0.2%
非OPEC	53.05	51.39	46.95	39.65	-13.40	-0.8%
北米	17.15	18.36	16.53	12.99	-4.15	-0.8%
中南米	7.16	6.95	6.89	6.23	-0.93	-0.4%
欧州・ユーラシア	17.48	16.46	14.84	12.81	-4.67	-0.9%
中東	1.26	1.34	1.36	1.37	0.10	0.2%
アフリカ	1.63	1.39	1.20	0.96	-0.67	-1.5%
アジア・オセアニア	8.37	6.90	6.12	5.29	-3.07	-1.3%
中国	4.31	3.51	3.08	2.67	-1.64	-1.4%
インドネシア	0.84	0.73	0.62	0.52	-0.32	-1.4%
インド	0.88	0.57	0.48	0.41	-0.46	-2.1%
プロセスゲイン	2.24	2.61	2.66	2.58	0.34	0.4%

4.3 石油需要ピークケースの含意

低油価による石油供給への影響

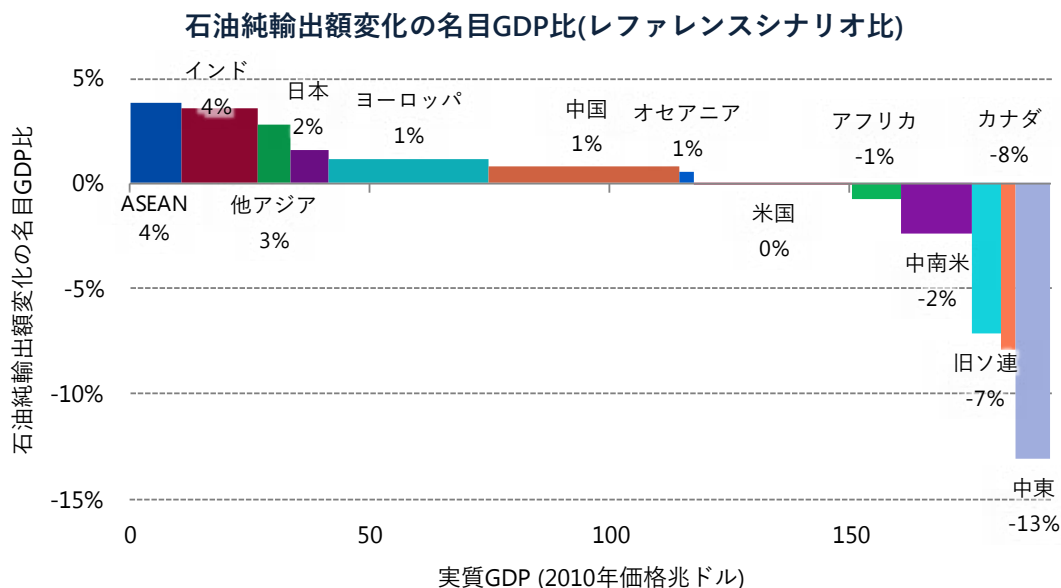
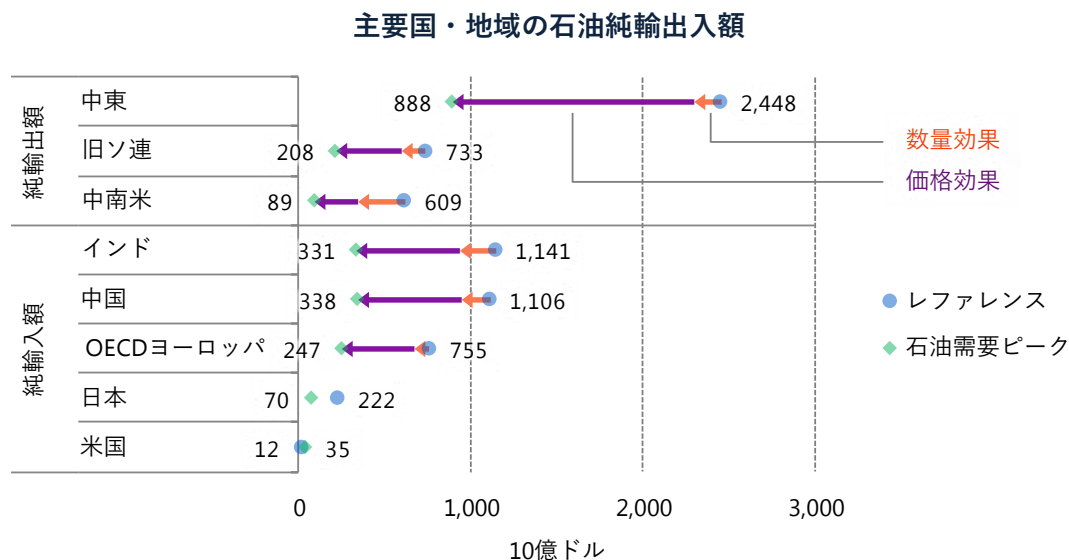
石油需給の大幅な緩和自体は、輸入国にとって朗報であるが、価格低迷は中長期的な石油供給を担保する上で大きなリスクをはらんでいる。国際エネルギー機関によると、世界の油ガス田開発投資額は、2014年から2016年にかけて5割減少した。投資決定から生産開始までは、在来型原油の場合で一般に7年から15年程度を要する。従って、2015年以降の上流開発投資低迷が2020年代に供給不足に陥るリスクから、安定した石油供給が確保できない可能性が懸念されている。もちろん、2030年ごろに石油需要がピークアウトすれば需給逼迫の可能性は低下するが、弱含む需要さえ賄えない程度にまで上流投資が低迷すれば安定供給に対するリスクが残ることは言うまでもない。従って、継続的な上流投資を確保するために、産油国の取り組みのみならず、資源金融や出資等で消費国側の役割は重要であり続ける。

経済への影響

原油価格の下落は、高コスト生産国・地域の生産シェアを落とし、中東産油国に相対的利得をもたらす。しかしながら、経済の下押しは中東産油国にも働く。中東の石油純輸出額の減少は、2050年において1兆6,000億ドル、名目GDP比13%にも達する(図4-8)。逆に、石油純輸入の削減額において最も裨益する国は、第2の石油消費国となるが国内資源に恵まれないインド、次いで世界最大の自動車保有国となる中国である。こうした利得

は、エネルギー効率が悪く、石油シェアが高く、輸入依存度が高い消費国において大きくなる。米国はほぼ石油自給となるため、消費規模の割には影響が小さめとなる。

図4-8 | 石油純輸出入額[石油需要ピークケース、2050年]

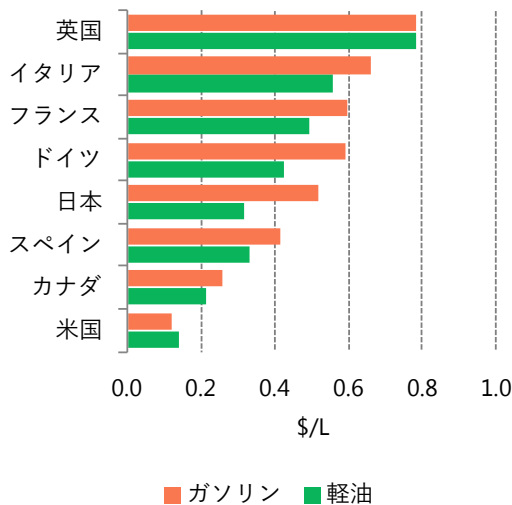


注: ヨーロッパは旧ソ連を除く

経済的影響は、国際貿易だけでなく、先進国の中央・地方政府の財政にも波及する。多くの先進国では自動車用ガソリン・軽油に物品税が課されている(図4-9)。OECD計で現在3,700億ドル程度と見積もられるその税額は、自動車の電動化が急速に進むと、2030年には約2,700億ドル、2050年には5分の1の約800億ドルまで激減する(図4-10)。一方、現状の仕組みでは、電気のうち自動車に用いられた分を他用途分と区別して課税することは

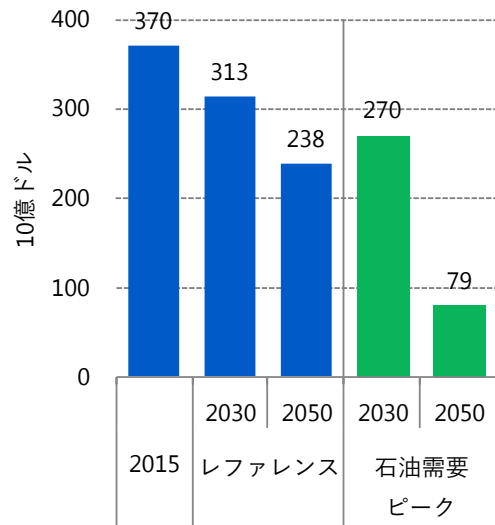
ほぼ不可能である。ZEV普及促進期における助成と合わせ、財源が大きな問題となる可能性がある。逆に、発展途上国でしばしば見られる燃料補助金には総額圧縮余地が生じる。

図4-9 | OECDの自動車用ガソリン・軽油物
品税率[2016年]



出所: IEA “Monthly oil price statistics”、IMF
“International Financial Statistics”より算出

図4-10 | OECDの自動車用ガソリン・軽油
物品税額

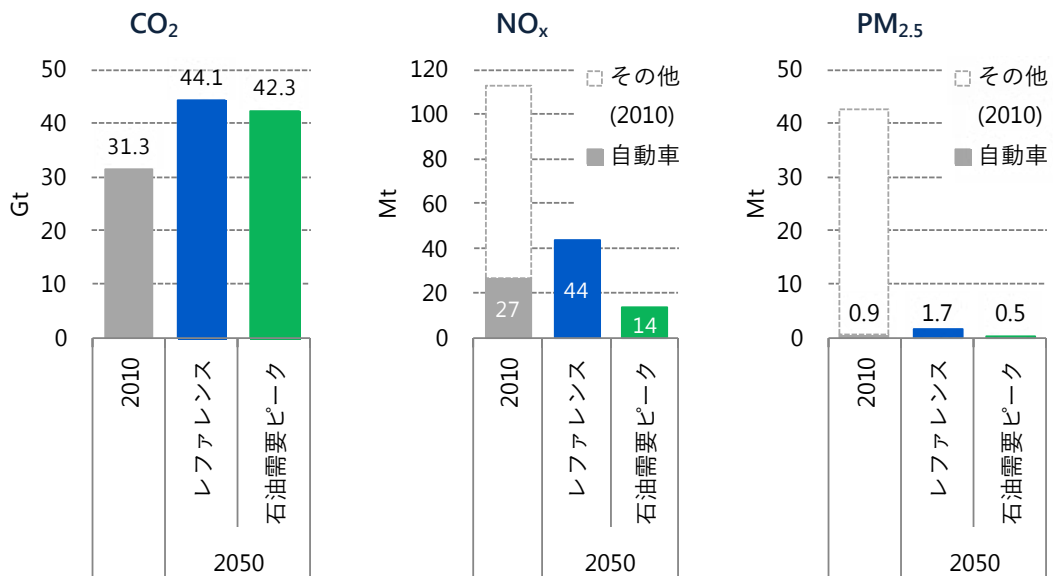


環境への影響

CO₂排出は、2050年にレファレンスシナリオ比1.8 Gt、2010年総排出量比5.9%削減される(図4-11)。このうち削減率が最も高くなるのは、ニュージーランド、カナダ、南米など豊富な水力を背景に低い電力炭素原単位を誇る国・地域である。対して、イラクのCO₂排出は7%増とかえって増える。ZEV推進の大きなドライバーとなっている大気汚染物質の排出は、従来型自動車の排出抑制性能の向上効果を別にすれば、窒素酸化物(NO_x)がレファレンスシナリオ比30 Mt、微小粒子状物質(PM_{2.5})は1.2 Mt (2010年総排出量比ではそれぞれ27%、3%)削減される¹⁵。PM_{2.5}は発展途上国での家庭用薪・木炭や農産物廃棄物焼却からも大量に発生しているため、ZEVによる削減寄与は総排出に比すると大きくはないが、都市部の大気保全には一定の貢献が見込まれる。

¹⁵ ZEV用電力需要は発電起源の大気汚染物質を増加させうる。しかし、発電所での排出対策は自動車に比べ容易である。排出増を招かないよう、適切な管理が重要となる。

図4-11 | 世界の環境汚染物質排出

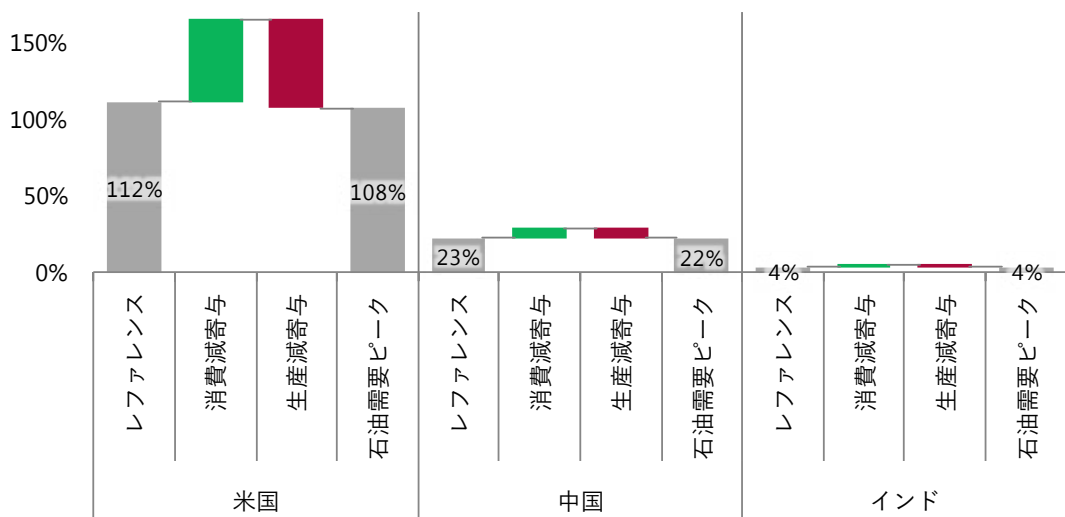


注: CO₂は総排出。NO_x、PM_{2.5}は自動車起源で、従来型自動車の排出抑制性能の向上効果を含まない

エネルギー安全保障への影響

石油純輸入国・地域の石油自給率は、消費の減少にもかかわらず、レファレンスシナリオより悪化する場合がある(図4-12)。これは、上で見たように原油価格下落がこれらの高コスト地域での原油生産に向かい風となるためである。

図4-12 | 3大石油消費国の石油自給率[2050年]



また、中東原油依存度の高まりは、安定供給に対する地政学リスクを上昇させることになる。サウジアラビアとイランの対立、カタール国交断交、「イスラム国」攻略の進捗の

一方でのテロ拡散の可能性等、中東情勢は流動的であり、短期的に安定する兆しは見えない。中東産油国では、一般的にマクロ経済に対する石油輸出の依存度が高く、本ケースで想定するような状況では財政均衡が難しい。財政赤字低減のための公共投資抑制や補助金削減といった取り組みには合理性があるが、社会不安を増大させ、産油国のみならず中東情勢をさらに悪化させる可能性も否定できない。従って、石油需要がピークアウトする状況であればなおさら、輸入国側もサウジアラビアの“Saudi Vision 2030”に代表される産油国の取り組みを支援することが必要である。

第II部

地球環境問題への対処

5. 技術進展シナリオ

5.1 主要対策

「技術進展シナリオ」では、社会での適用機会および受容性を踏まえた最大限の二酸化炭素(CO₂)排出削減対策を見込む。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、革新的技術の開発・導入が世界大で加速する。環境規制や国家目標の導入、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(図5-1)。

図5-1 | 政策・技術の想定例[技術進展シナリオ]

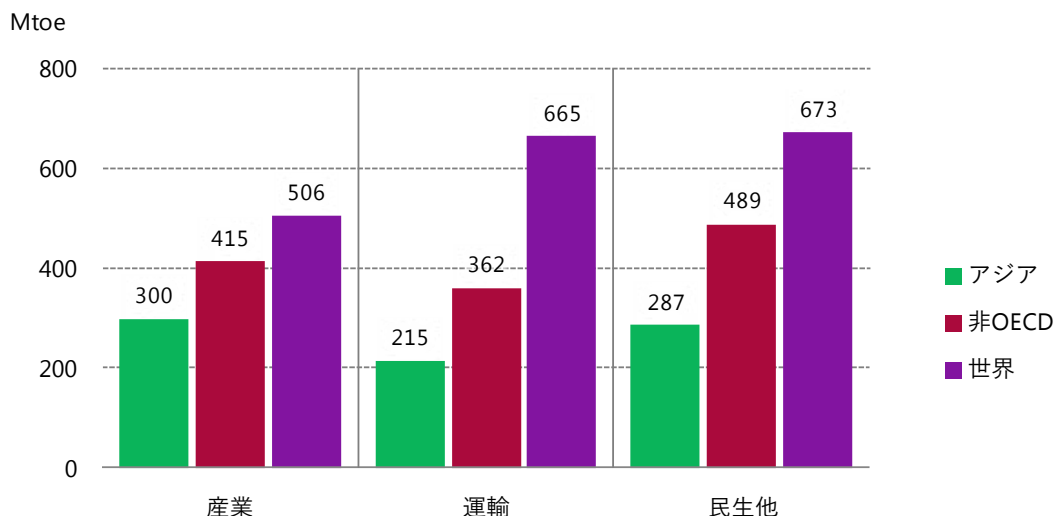
環境規制や国家目標の導入、強化 国家的戦略・目標設定、省エネ基準、燃費基準、低炭素燃料基準、省エネ・環境ラベリング制度、再生可能エネルギー導入基準、固定価格買取制度、補助金・助成制度、環境税、排出量取引等	技術開発強化や国際的な技術協力の推進 研究開発投資の拡大、国際的な省エネ技術協力(鉄鋼、セメント分野等)や省エネ基準制度の構築支援等
【需要サイドの技術】 ■ 産業部門 最高効率水準(ベストプラクティス)の産業プロセス技術(鉄鋼、セメント、紙パルプ等)が世界的に普及 ■ 運輸部門 クリーンエネルギー自動車(低燃費車、ハイブリッド車、プラグインハイブリッド車、電気自動車、燃料電池車)の普及拡大 ■ 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

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1,844 Mtoeの最終エネルギー消費が節減される。これは、2015年の世界の最終エネルギー消費の2割に及ぶ量である。節減量の内訳は、民生部門が673 Mtoe、運輸部門が665 Mtoe、産業部門が506 Mtoeである(図5-2)。すべての部門において、非OECDによる節減量が過半を占めており、中でも産業部門ではその占有率が82%と大きい。産業部門を中心とした非OECD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カギを握っている。以下に技術進展シナリオにおける部門別の省エネルギーの特徴について説明する。

図5-2 | 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]



産業部門では、非OECDの効率改善余地が特に大きい。同部門での非OECDによる消費の増加は著しく、2000年に世界全体に占める割合は51%であったが、2015年には71%まで急上昇している。非OECDのエネルギー効率は新規設備の導入等により改善傾向にあるものの、エネルギー多消費な素材型産業の生産増加の結果、エネルギー消費は増加している。現状で利用可能な高効率技術を、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適用を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12%程度改善する(表5-1)。これにより、非OECDの産業部門の消費はレファレンスシナリオから415 Mtoe節減され、素材系産業の生産量の割合が高いアジア地域における節減は世界の59%を占める。OECDの高効率技術の技術移転という形で非OECDの効率改善に協力する効果は非常に大きい。OECDによる省エネルギー技術に関する研究事業、途上国との積極的な協力事業が期待される。

運輸部門では、燃費改善や車種構成の変化がいっそう進展する。2050年の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ZEVの導入・普及拡大で、販売シェアはレファレンスシナリオから23%ポイント増加する。車種構成変化や燃費改善により、世界平均の新車燃費がレファレンスシナリオから9.7 km/L改善して32.0 km/L (3.1 L/100 km)になる。先進地域ではZEVが車種構成に占める割合がより早期に増加し、OECDでは運輸部門が最も省エネルギー量が大きい部門である。国際バンカーにおいては、技術革新と運用の改善などによる省エネルギーが前進する。同時に、燃料転換の余地が大きく、外航海運では天然ガスのシェアが25%を占め、国際航空ではバイオ燃料が20%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、業務の総合効率は20%以上改善する。寒冷地域における暖房・給湯機器の効率改善に加え、非OECD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。給湯や暖房には、国による違いはあるものの、灯油、LPG、都市ガス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。しかし、レファレンスシナリオから技術進展シナリオで電化が進むこと、電力が冷房・動力・照明等用途が広いことから、エネルギー消費節減の過半を占める。

表5-1 | エネルギー指標

		2015	2050 レファレンス	2050 技術進展
産業	鉄鋼原単位(2015=100)	100	73.2	64.3
	窯業土石原単位(2015=100)	100	80.6	71.2
	化学原単位(2015=100)	100	75.6	66.5
	紙パルプ原単位(2015=100)	100	80.1	70.9
	その他産業原単位(2015=100)	100	68.7	60.6
運輸	乗用車の新車燃費(km/L)	13.6	22.3	32.0
	ZEV販売シェア	0.5%	20%	43%
	外航海運の天然ガスシェア	0.0%	8.0%	25%
	国際航空のバイオ燃料シェア	0.0%	5.0%	20%
民生	家庭総合効率(2015=100)	100	77.0	61.1
	業務総合効率(2015=100)	100	50.2	40.0
	家庭電化率	23%	32%	32%
	業務電化率	51%	56%	55%

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

再生可能エネルギー

技術進展シナリオでは、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、2015年の14%から2050年にはレファレンスシナリオを6%ポイント上回る22%に上昇する。そのけん引役は、風力発電や太陽光発電であり、これらの合計(太陽熱発電と海洋発電も含む)が一次エネルギー消費に占める割合は、2015年の0.9%から2050年には5.8%まで上昇する。

風力発電については、陸上風力のさらなるコスト削減と送配電インフラの整備によって、新興・途上国および米国を中心に導入が加速する。また、ヨーロッパを中心に建設コスト、運営管理費、系統連系コストの低減により洋上風力発電の導入が拡大する(図5-3)。技術進展シナリオにおける2050年の全世界の累積導入設備量は3,002 GWで、レファレンスシナリオにおける導入量の1.6倍となる。

太陽光発電については、システムコストの低減によって、新興・途上国において普及がさらに拡大する(図5-4)。特に、中国、インド、中東、北アフリカ、中南米等の日射量に恵まれたサンベルト地域での伸びが大きい。先進国では、蓄電池の価格低下が、太陽光発電の普及を加速させる。2050年における全世界の累積導入設備容量は2,497 GWと、レファレンスシナリオの1.6倍に拡大する。

風力発電や太陽光発電等の自然変動電源の導入拡大を加速させる要因は、建設コストや、システム価格の低減であるが、発展途上国では低コスト融資も重要な要素である。また、発電予測技術、出力抑制、エネルギー貯蔵技術、送配電網増強、さらにはこれらの技術を情報技術(IT)と組み合わせたスマートグリッド技術による系統安定化対策の強化も大きな役割を果たす。

図5-3 | 世界の風力発電設備容量[技術進展シナリオ]

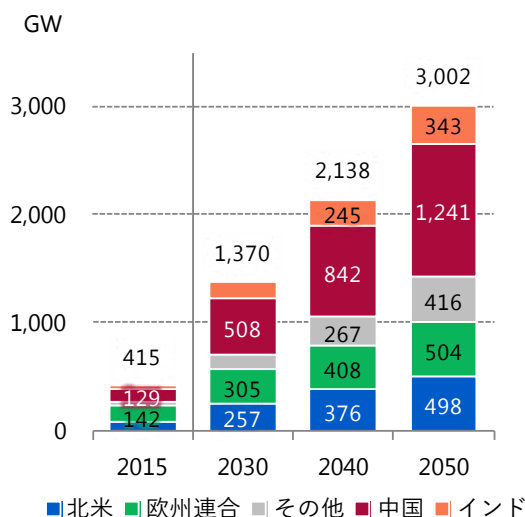
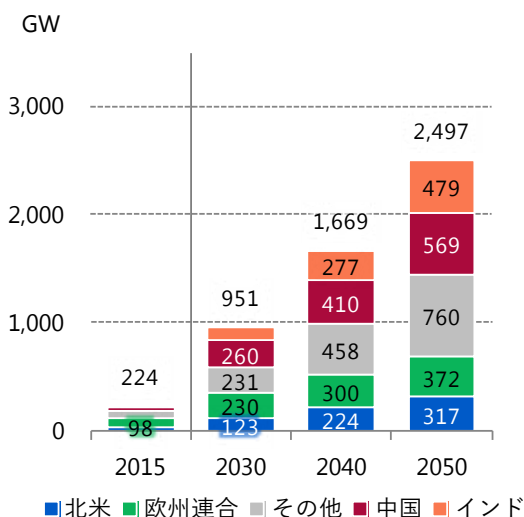


図5-4 | 世界の太陽光発電設備容量[技術進展シナリオ]



原子力

原子力発電の導入は、低炭素化対策の観点から期待が大きい。新興国では、国内電力需要の急速な拡大に対応し、かつ低炭素化対策を進めるために、原子力発電の導入が検討されている。従来原子力発電を積極的に推進してきた国々の中でも、米国やフランスは2015年時点の設備容量を維持するにとどまる一方で、英国、ロシアでは現状の設備容量を上回る規模での新規建設が進む。また、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スイス、ベルギーでも、低炭素化対策や、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ブレースで補うという方針が検討される可能性がある。

技術進展シナリオでは、一次エネルギー消費に占める原子力のシェアは、2015年の4.9%から2050年にはレファレンスシナリオを4.9%ポイント上回る10.2%に上昇する。設備容量は、2015年の399 GWから2050年には956 GWに増大する(図5-5)。レファレンスシナリオでの2050年の設備容量577 GW比では約1.7倍に相当する。

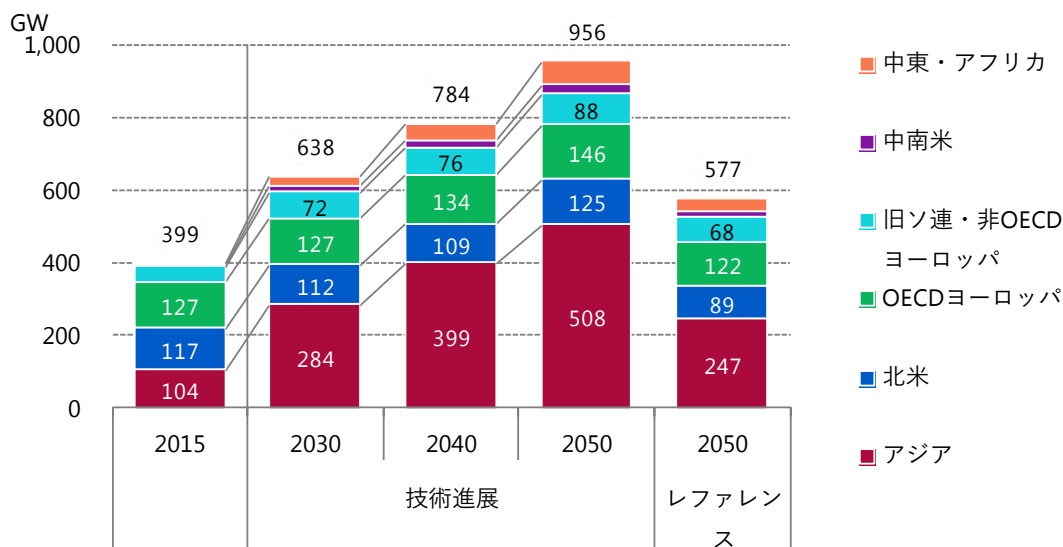
北米は、米国のけん引により2050年に設備容量が125 GWへと拡大する。米国では、最近の電力需要の伸び悩みや安価な天然ガス価格を背景とした新規建設計画の低迷、既設炉の閉鎖から2035年には設備容量が95 GWとなる。しかし、80年までの運転期間延長が検

討され、天然ガス代替による燃料価格の変動リスクや気候変動対策面から新規建設が再検討され、設備容量は2050年に114 GWまで拡大する。

OECDヨーロッパでは、老朽化した既設炉が廃炉される一方で、リプレイスによって設備容量は補われ、2015年の127 GWから2050年には146 GWまで拡大する。例えば、英国では、既設炉の廃炉と同時に新規建設が進み、2050年には15 GWまで拡大する。また、ロシアでは新規建設計画が加速し、設備容量は2015年の26 GWから2050年には40 GWへと拡大する。東欧諸国でも、原子力導入が着実に進められる。

アジアでは、中国、インドを中心に、東南アジア諸国でも新規建設が進展する。設備容量は2030年にOECDヨーロッパと北米の和(238 GW)を上回り、2050年には508 GWに達する。中国は2025年に米国の設備容量(101 GW)を上回って世界最大の原子力利用国となり、2030年に150 GW、2050年には300 GWまで導入が進む。インドは2015年時点の設備容量が6 GWであるが、政府は積極的な原子力導入目標を掲げており、2030年には45 GW、2050年には90 GWまで拡大する。新興市場とされる中東、アフリカ、中南米では、2025年頃より新設炉の運転開始を迎え、以降設備容量は着実に拡大する。特に中東地域では、アラブ首長国連邦とサウジアラビアを中心に新規建設が計画されており、設備容量は2030年に20 GW、2050年に38 GWまで達する。

図5-5 | 原子力発電設備容量



5.2 エネルギー需給

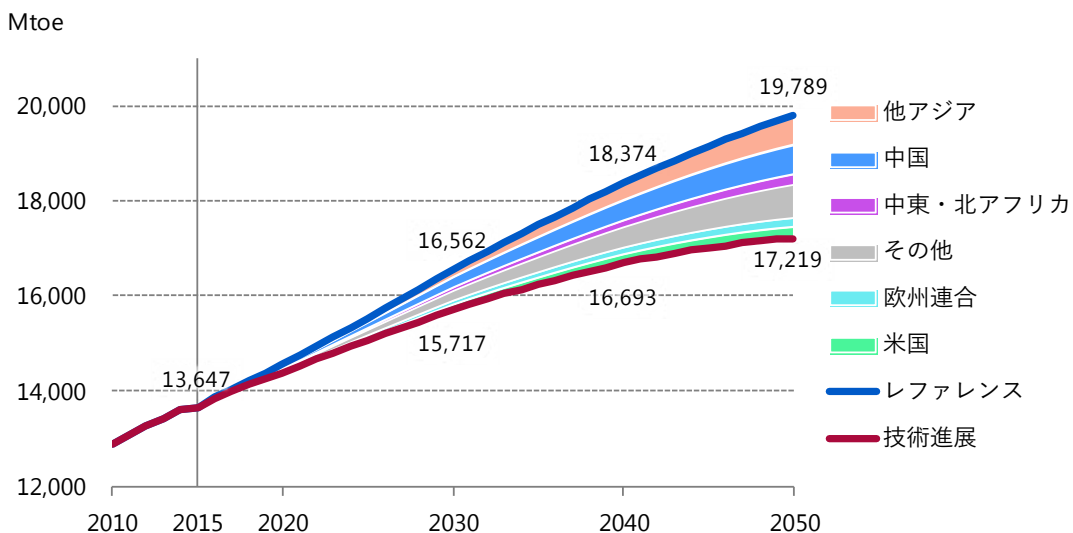
一次エネルギー消費

上述の省エネルギー・気候変動対策の強力な展開により、一次エネルギー消費は大幅に節減されうる(図5-6)。技術進展シナリオにおける2050年の一次エネルギー消費量は17,219 Mtoeであり、レファレンスシナリオからの節減量は2,570 Mtoeと、世界の2015年

の一次エネルギー消費量の20%程度の水準となる。さらに、2050年までの累積で見れば、この節減量は約40 Gtoeにも及ぶ。これは、2015年の世界の一次エネルギー消費の3倍程度にあたる。

技術進展シナリオへの移行においては、今後エネルギー需要が拡大し、かつ節減対策ポテンシャルが大きい非OECDやアジアの役割が大きい。2050年における世界の省エネルギー量のうち、非OECDによる分は73%、アジアによる分は46%にのぼる。これらの地域でのエネルギー消費が、世界で必要とされるエネルギーの消費・生産形態、あるいは地球環境への影響力など、広い意味での世界のエネルギーシステムを変革するカギを握っている。

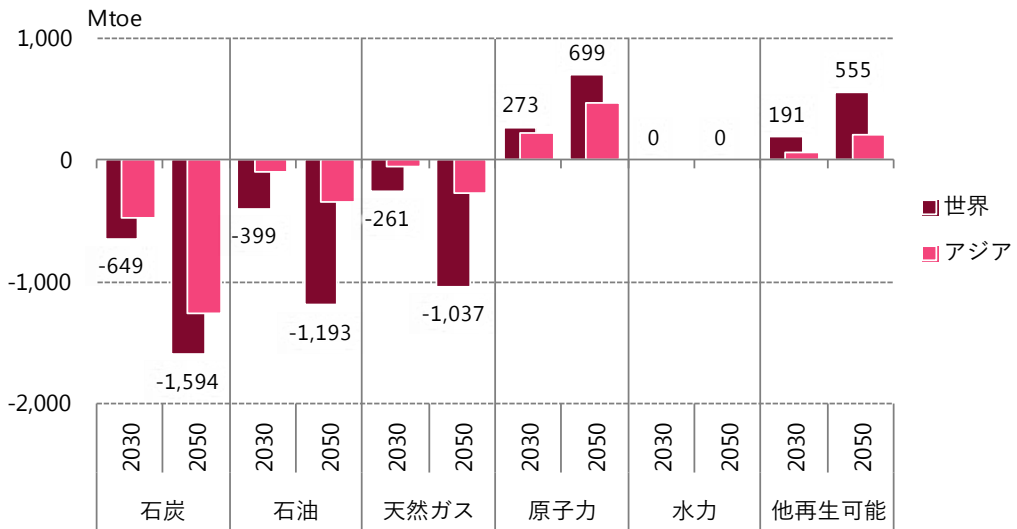
図5-6 | 世界の一次エネルギー消費と地域別省エネルギー



一次エネルギー消費節減量をエネルギー源別に見ると、化石燃料のそれが非常に大きい(図5-7)。2050年における一次エネルギー消費のレファレンスシナリオからの節減量2,570 Mtoeのうち、石炭が1,594 Mtoe、石油が1,193 Mtoe、天然ガスが1,037 Mtoeをそれぞれ占有する。他方、原子力や再生可能エネルギーは導入が加速し、その消費量は、原子力がレファレンスシナリオを699 Mtoe(うちアジアが477 Mtoe)、水力を除く再生可能エネルギーが555 Mtoe(同205 Mtoe)、それぞれ上回る。これらの結果、技術進展シナリオにおける化石燃料のシェアは、2015年の82%から2050年に68%まで低下する。

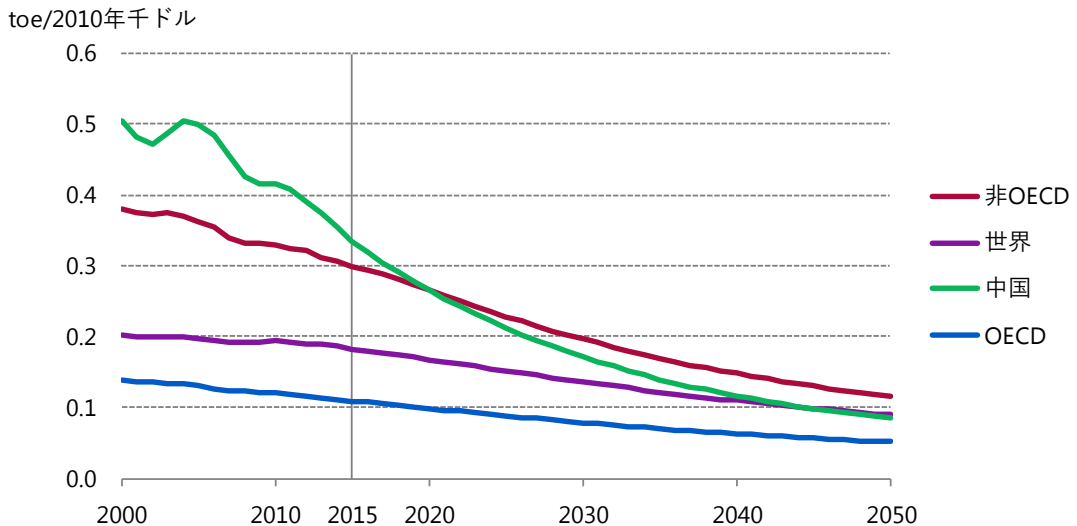
化石燃料消費の節減量のうち、中国やインドを中心とするアジアが占める割合は49%であり、特に石炭の節減量では79%と非常に高い。また、原子力の増加量に対しても、アジアの寄与は過半を占めるが、他再生可能エネルギーの増加量に対しては37%の寄与にとどまる。

図5-7 | 世界の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]



マクロなエネルギー効率を示す世界の一次エネルギー消費量の対GDP原単位は、2050年に2015年比51%減少する。OECDは53%減であるのに対して、非OECDは2015年の効率改善の余地がOECDよりも大きいことから、61%減とOECDより大きく減少し差を縮めてゆく。中でも中国の対GDP原単位は、産業構造の変化などから足元でも急速に減少しているが、この先も減少が続き、2020年ごろに非OECDの平均を下回り、2040年代半ばには世界平均に追いつく(図5-8)。アジア全体では、対GDP原単位は2050年までに59%減少する。

図5-8 | 一次エネルギー消費量の対GDP原単位[技術進展シナリオ]



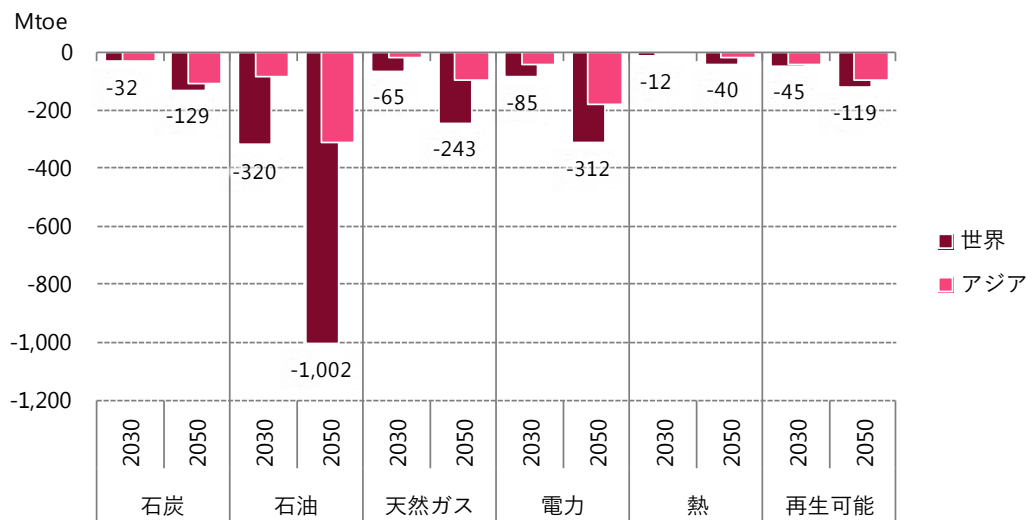
技術進展シナリオが描く世界のエネルギーシステム実現のために、アジアが極めて重要な役割を担う。技術の普及を阻む資金調達力や意識の不足などの省エネルギーバリア解消が重要である。低所得者層に対してリーズナブルな価格で省エネルギー機器の普及を

促すことや、都市部と郊外のライフスタイルの違いも考慮した省エネルギー技術の提供も必要である。国全体で省エネルギー意識を高めてゆく教育も必要となろう。二国間協力や、ASEAN+3、APEC等の多国間枠組みなどがその一助となる。

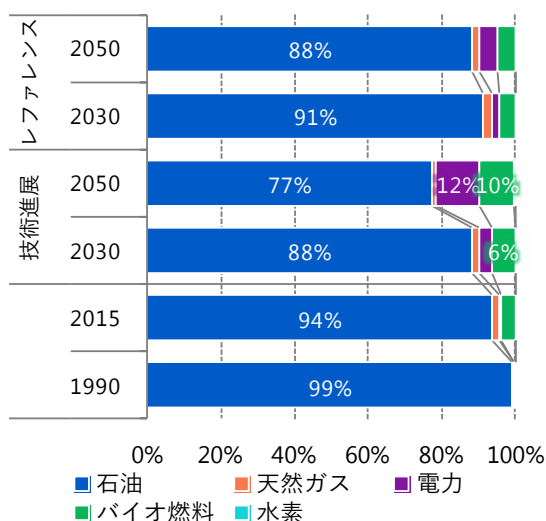
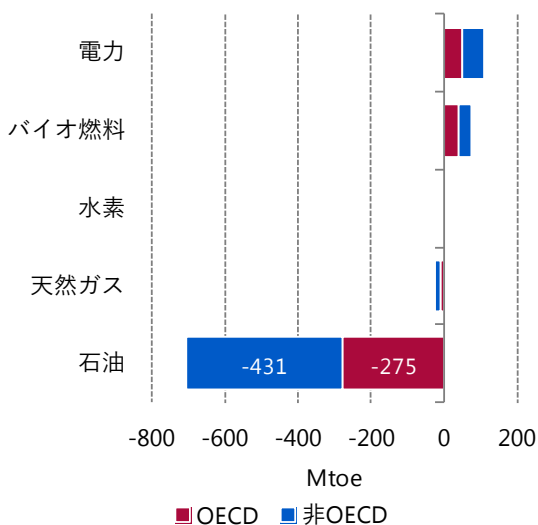
最終エネルギー消費

最終エネルギー消費は、2050年において1,844 Mtoe節減されうる。このうち、石油が1,002 Mtoeであり、省エネルギー量の54%を占める(図5-9)。

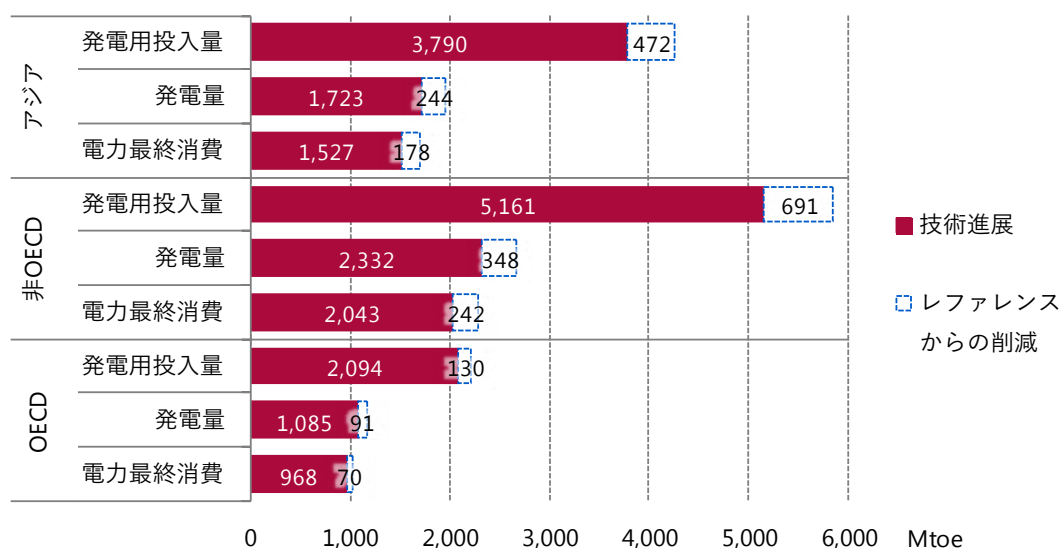
図5-9 | 世界の最終エネルギー消費の変化(レファレンスシナリオ比) [技術進展シナリオ]



石油の節減は、主として運輸部門の省エネルギー進展の寄与が大きい。技術進展シナリオでは、2015年に94%を占めていた道路部門の石油の割合は、2050年に77%まで低下する(図5-10)。他方、ZEVの普及が進むことにより、石油以外のエネルギー源が道路部門に占める割合は、2050年に23%に達する。道路部門のエネルギー消費をレファレンスシナリオと比べると、電力の増加が最も多い(図5-11)。技術進展シナリオでは、電気自動車の普及に加え、渋滞緩和・物流効率化を含む交通需要マネージメントの情報技術の普及も進む。

図5-10 | 世界の道路部門エネルギー消費
構成図5-11 | 世界の道路部門エネルギー消費
の変化(レファレンスシナリオ比) [技術進
展シナリオ、2050年]

電力の最終消費は312 Mtoe節減され、これにより発電量を439 Mtoe削減することができる。発電効率向上の効果も相まって、結果的に一次エネルギー消費を822 Mtoe節減することができる(図5-12)。これは一次エネルギー消費の総節減量のうち32%に相当する。

図5-12 | 電力最終消費の節減等に伴う一次エネルギー消費の削減[技術進展シナリオ、
2050年]

この節減に大きく寄与する地域は、アジアである。アジア新興国での発電効率は大きく向上し、電力需要の増加に伴う新規発電設備の導入やリプレイスによって2050年には先進地域とほぼ大差ない水準まで改善する。

世界的な発電効率改善の実現を目指す過程においては、先進地域と新興国が協力してこの課題に取り組むことが重要である。新興国では、経済成長を急ぐあまりに、環境への配慮を欠いた開発が進められていることも少なくない。例えば、火力発電による大気汚染問題への取り組みは、経済性が低下する懸念から、新興国の対応は鈍くなりがちである。そのため、かつて環境問題を克服してきた先進地域の協力がますます重要になる。

発電効率の向上によって一次エネルギー消費を節減することはもちろん、電力消費そのものを抑制する技術も重要である。とりわけ、生活水準の向上とともに増加を続ける民生部門の電力消費をいかに抑制するかは、先進地域においても重要な課題である。スマートメーターを含むホームエネルギー管理システム(HEMS)やビルエネルギー管理システム(BEMS)など、エネルギー消費をコントロールする技術が先進地域に普及し、新興国にその技術が移転されることが期待される。

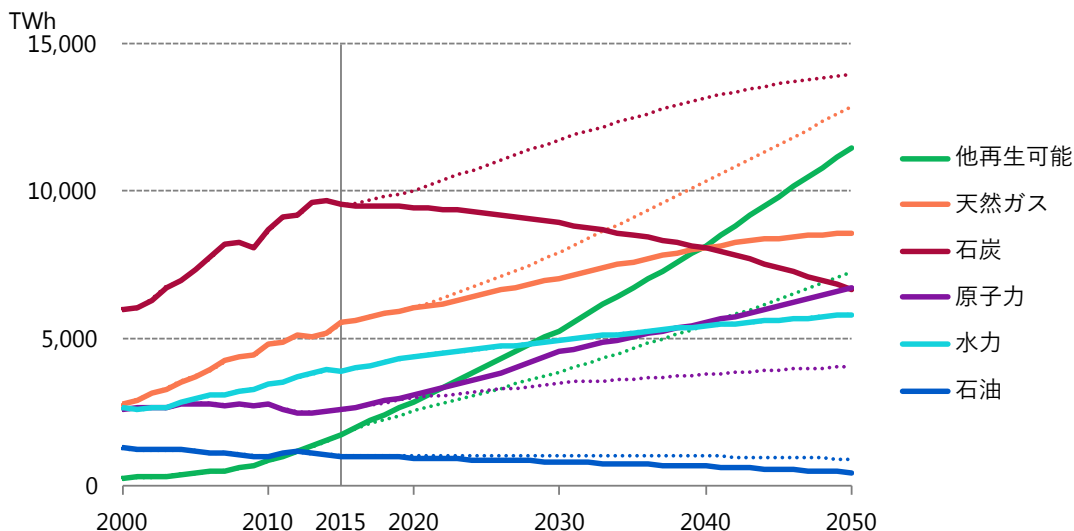
石炭の最終消費の節減は2050年には129 Mtoeとなり、アジアは世界全体の節減量の85%を占める。このうち、粗鋼生産量が拡大するインド等の鉄鋼業での省エネルギーが要諦となる。例えば、日本の粗鋼生産量あたりのエネルギー消費量は、世界トップレベルの小ささであり、インドの3分の1となっている。今後、インドを含むアジア新興国に、日本のような先進地域の高効率技術を移転することができれば、当該部門のエネルギー節減の実現性は非常に高くなる。先進地域は、省エネルギー設備・機器のハード面だけでなく、オペレーション等のソフト面においてもエネルギー節減に貢献できよう。

電源構成

技術進展シナリオでは、電力最終消費の節減が発電量を5,105 TWh減少させる。これは、米国と日本の現発電量の合計にほぼ相当する。また、石炭ガス化複合発電(IGCC)やバイオマスとの混焼が石炭消費量を大幅に節減させる。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他再生可能エネルギーが最大の電源になり、原子力による発電の存在感も高まってゆく(図5-13)。

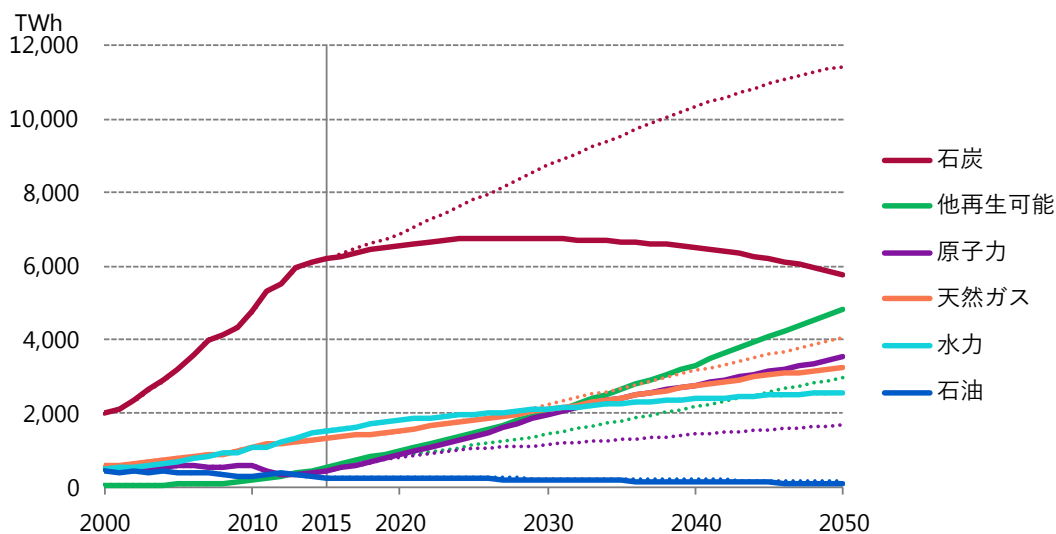
アジアでも、石炭による発電量は大幅に節減されうる。とはいえ、アジアでは、総発電量に占める石炭の割合は2050年においても、他の地域に比べて高いことに変わりはない(図5-14)。中国等では再生可能エネルギー技術の導入が盛んになっており、これらの導入拡大を今後も持続させながら、石炭消費量を節減することが重要である。

図5-13 | 世界のエネルギー源別発電量[技術進展シナリオ]



注: 点線はレファレンスシナリオ

図5-14 | アジアのエネルギー源別発電量[技術進展シナリオ]



注: 点線はレファレンスシナリオ

原油供給

技術進展シナリオでの原油供給を表5-2に示す。技術進展シナリオでは、2030年および2050年時点の需要はレファレンスシナリオと比べてそれぞれ8%、20%減少する。需要の伸びの大幅な低下に伴って各国の生産量は減少していくが、アジアを中心とする純輸入国では、供給セキュリティ確保の観点から生産の削減率は相対的に小さく、自給率はレファレンスシナリオよりも上昇する。

表5-2 | 原油供給[技術進展シナリオ]

(Mb/d)

	2015	2030	2040	2050	2015-2050	
					変化量	変化率
合計	93.94	96.60	97.27	97.28	3.34	0.1%
OPEC	38.65	40.03	42.56	44.01	5.36	0.4%
中東	28.80	29.70	31.99	33.26	4.46	0.4%
その他	9.85	10.33	10.58	10.76	0.91	0.3%
非OPEC	53.05	54.00	52.00	50.43	-2.62	-0.1%
北米	17.15	19.86	18.53	17.31	0.16	0.0%
中南米	7.16	8.13	9.34	10.16	3.00	1.0%
欧州・ユーラシア	17.48	16.02	14.66	13.68	-3.80	-0.7%
中東	1.26	1.33	1.34	1.38	0.11	0.2%
アフリカ	1.63	1.69	1.68	1.72	0.09	0.2%
アジア・オセアニア	8.37	6.98	6.46	6.18	-2.19	-0.9%
中国	4.31	3.55	3.27	3.15	-1.16	-0.9%
インドネシア	0.84	0.74	0.66	0.62	-0.22	-0.9%
インド	0.88	0.59	0.51	0.49	-0.39	-1.7%
プロセスゲイン	2.24	2.56	2.71	2.83	0.59	0.7%

天然ガス供給

技術進展シナリオにおいては、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って天然ガスの消費量が抑制されるため、天然ガス生産量は2030年時点で、レファレンスシナリオに比べて7%、2050年時点では同20%低い水準となる(表5-3)。

天然ガスは化石燃料の中でも最もクリーンな性質を持つこともあり、石炭や石油と比べてもその生産量の減少量は小さい。両シナリオ間で大きく異なるのが、比較的開発コストが高いOECDヨーロッパの生産量であり、2050年時点での生産量はレファレンスシナリオと比べて42%低い水準となる。他方、最も減少幅が小さいのが北米の生産量であり、その減少幅はレファレンスシナリオと比べて、2050年時点で12%の減少にとどまる。

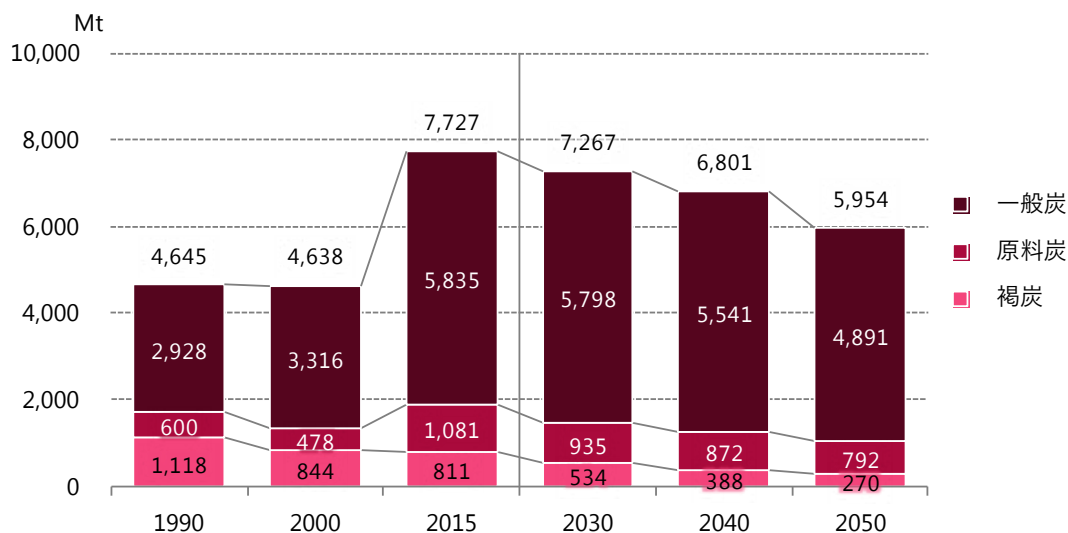
表5-3 | 天然ガス生産[技術進展シナリオ]

	2015	2030	2040	2050	(Bcm)	
					2015-2050 変化量	変化率
世界	3,493	4,352	4,825	5,039	1,546	1.1%
北米	915	1,155	1,230	1,332	417	1.1%
中南米	205	242	312	331	126	1.4%
OECDヨーロッパ	248	190	162	110	-138	-2.3%
非OECDヨーロッパ/中央アジア	792	937	1,011	1,040	248	0.8%
ロシア	595	701	752	768	173	0.7%
中東	595	745	832	869	274	1.1%
アフリカ	206	283	344	353	148	1.6%
アジア	467	638	764	817	350	1.6%
中国	131	260	328	356	226	2.9%
インド	32	60	95	114	82	3.7%
ASEAN	215	230	254	265	50	0.6%
オセアニア	65	163	171	188	123	3.1%

石炭供給

技術進展シナリオでは、利用効率の向上および発電構成における石炭シェア減少等により、石炭需要は減少に向かう。それに伴い石炭生産量は、2015年の7,935 Mtから2050年の5,954 Mtまで減少する(図5-15)。

図5-15 | 石炭生産[技術進展シナリオ]



炭種別に見ると、一般炭生産量は2015年の5,835 Mtから2050年に4,891 Mtに、原料炭は2015年の1,081 Mtから2050年に792 Mtに、褐炭は2015年の811 Mtから2050年に270 Mtに減

少する。レファレンスシナリオと比較すると、2050年の石炭全体で3,329 Mt減少し、その内訳は一般炭が2,818 Mt、原料炭が212 Mt、褐炭が299 Mtの減少となる。地域別では需要が大きく減少する北米、OECDヨーロッパ、中国において大きく減少する(表5-4)。一方、インドとインドネシアでは需要増に伴い生産量が増加する。また、世界全体の需要減少に伴い貿易量が減少するため、地域により異なるが輸出国の生産量は横ばいから減少となる。

アジアにおける石炭の役割と高効率利用

レファレンスシナリオでは、石炭火力からの発電電力量は中国、インドおよびインドなど、アジアを中心に増加し、アジアでの総発電電力量に占める石炭火力発電量のシェアは2050年において50%を占める。一方で、技術進展シナリオでは、省エネルギーが進み電力需要が減少することに加え、燃料転換等により石炭火力発電量は大きく減少し、シェアは29%に低下する。電力需要が増加するインドやASEANでは、エネルギーセキュリティと石炭は低価格であることから石炭火力発電所の建設が進み、石炭火力発電量は技術進展シナリオにおいても2015年比で増加する。

アジアのエネルギー事情は、脱石炭の動きが活発化している西ヨーロッパとは異なる。そのため、各国の事情に即した電源ミックスを目指す必要があり、エネルギー安定供給の面から石炭は一定の役割を果たす。

もちろん、石炭を利用するにあたっては、環境への影響(大気汚染と気候変動)を考慮しなければならない。その対策としてクリーンコールテクノロジー(CCT)が重要となる。大気汚染対策については、脱硫、脱硝、集塵などの技術は既に出来上がっている。これらを、新設石炭火力に付帯するとともに既存設備にも適応する必要がある。

一方で、気候変動対策については、CO₂排出量を少しでも削減するために高効率石炭火力発電技術の開発、導入が進められている。超臨界圧石炭火力発電設備(SC)、超々臨界圧石炭火力発電設備(USC)は既に商用化されており、今後は石炭ガス化コンバインドサイクル発電設備(IGCC)の商用化、先進的超々臨界圧石炭火力発電設備(A-USC)、石炭ガス化複合発電設備(IGFC)等の開発と商用化が待たれるところである。

高効率石炭発電技術導入により、1 kWhあたりのCO₂排出量は、亜臨界圧石炭火力発電設備に対してSCでは90%に、USCでは86%に、IGCCでは79%に低下する。しかし、高効率石炭火力発電設備の設備費は、亜臨界圧石炭火力発電設備と比較して、SCが1.2倍に、USC発電設備が1.3倍に、IGCCでは1.5倍と割高となる。

高効率発電設備の導入は、発電効率の向上により燃料費が削減されるため長期的に見れば初期投資の増加分を回収できることになるが、この割高な初期投資は高効率発電設備の導入の足枷となる。欧米の金融機関や投資機関などを中心に石炭火力発電への投融資を停止する動きがあるが、今後も石炭火力発電設備が必要とするこれらの国ではファイナンスが重要となる。

表5-4 | 石炭生産[技術進展シナリオ]

一般炭					(Mt)	
	2015	2030	2040	2050	2015-2050	
					変化量	変化率
世界	5,835	5,798	5,541	4,891	-943	-0.5%
北米	718	394	255	133	-585	-4.7%
米国	691	391	253	131	-560	-4.6%
中南米	101	87	84	79	-23	-0.7%
コロンビア	81	67	64	59	-22	-0.9%
OECDヨーロッパ	81	39	23	12	-69	-5.2%
非OECDヨーロッパ・中央アジア	312	265	250	225	-88	-0.9%
ロシア	195	170	164	154	-41	-0.7%
中東	0.2	0.2	0.2	0.2	0	-0.4%
アフリカ	264	272	285	254	-11	-0.1%
南アフリカ	256	262	270	232	-23	-0.3%
アジア	4,100	4,467	4,358	3,905	-196	-0.1%
中国	2,970	2,819	2,542	1,953	-1,017	-1.2%
インド	586	1,004	1,160	1,293	707	2.3%
インドネシア	453	550	550	550	97	0.6%
オセアニア	258	273	285	284	27	0.3%
オーストラリア	256	272	284	284	28	0.3%

原料炭					(Mt)	
世界	1,081	935	872	792	-289	-0.9%
北米	84	63	57	48	-36	-1.6%
米国	58	40	36	31	-27	-1.8%
中南米	8	9	9	9	1	0.4%
コロンビア	4	6	6	5	1	0.6%
OECDヨーロッパ	22	14	12	11	-11	-2.0%
非OECDヨーロッパ・中央アジア	106	93	87	81	-25	-0.8%
ロシア	83	72	69	65	-18	-0.7%
中東	0.9	0.9	0.9	0.9	0	-0.1%
アフリカ	8	15	20	25	17	3.2%
モザンビーク	5	12	18	22	18	4.5%
アジア	660	572	527	473	-187	-0.9%
中国	593	446	370	288	-305	-2.0%
インド	53	113	147	177	124	3.5%
モンゴル	13	9	7	5	-9	-3.0%
オセアニア	192	168	158	144	-49	-0.8%
オーストラリア	191	166	156	142	-49	-0.8%

6. 地球環境問題への対処

6.1 二酸化炭素、温室効果ガス排出量

パリ協定と温室効果ガス削減目標

2015年12月の国連気候変動枠組条約第21回締約国会議(COP21)においてパリ協定が採択され、2020年以降の温室効果ガス(GHG)排出削減等のための新たな国際枠組みが整備された。パリ協定は、京都議定書の反省を踏まえ、すべての国が参加し、各国が自主的な削減目標である「自主的に決定する約束草案」(Intended Nationally Determined Contributions, INDC)を持ち寄るボトムアップ的な枠組みである(表6-1、表6-2)。主要国・地域は、INDCを5年ごとに提出、更新することが求められている。各国が次のINDCを提出する際には、その前のINDCより厳格化することになっており、長期目標の達成に向けた全体の進捗が5年に1度評価されるが(グローバルストックテイク)、その結果を各国はINDCを5年ごとに通知する際に考慮に入れなければならない。また、原則として2年に1度、各国の目標実施・達成の進捗を他国とともに評価し、さらなる削減努力を求めてゆくピアレビュー方式も採用している。世界のGHG排出量の55%以上を占める55か国以上がパリ協定を批准したため、採択から1年以内で、パリ協定は2016年11月4日、発効した。

表6-1 | パリ協定の概要

項目	内容
目的	世界平均気温上昇を2℃より低く保ち、さらに気温上昇を1.5℃に抑える努力を推進することなどにより、気候変動の脅威に対する世界的対応を強化する。
緩和(削減)に関する 共同の長期目標	温室効果ガス排出のピークアウトをできる限り早く達成し、その後、最良の科学的知見に従って急速に削減を実施、排出と吸収のバランスを21世紀後半に達成する。
目標設定の 事前プロセス	パリ協定締約国会合は定期的に、この協定の目的と長期目標の達成に向けた全体の進捗を評価しなければならない(グローバルストックテイク)。また各国が定める貢献(削減目標等)を5年ごとに通知する際には、グローバルストックテイクの結果を踏まえなければならない。
目標達成の 事後レビュー	各締約国が緩和行動および支援に関して提出した情報は、技術的専門家レビューを受けなければならない。また各締約国は、支援に対する努力および各国が定める貢献の実施・達成に関して、促進的性質で多国間の進捗検討に参加しなければならない。

表6-2 | 主要国・地域のINDC

	目標タイプ	削減水準(%)	参照点	目標年	対象セクター・ガス
中国	基準年比対GDP原単位	60～65	2005	2030	CO ₂ 排出量
米国	基準年比排出量	26～28	2005	2025	GHG排出量*
欧州連合	基準年比排出量	40	1990	2030	GHG排出量
ロシア	基準年比排出量	25～30	1990	2030	GHG排出量
インド	基準年比対GDP原単位	33～35	2005	2030	GHG排出量
日本	基準年比排出量	26	2013	2030	GHG排出量
ブラジル	基準年比排出量	37 (2030年 43)	2005	2025	GHG排出量
インドネシア	BAU比排出量	29	BAU	2030	GHG排出量

注: * 基準年排出量には森林吸収源等による吸収量を含む。

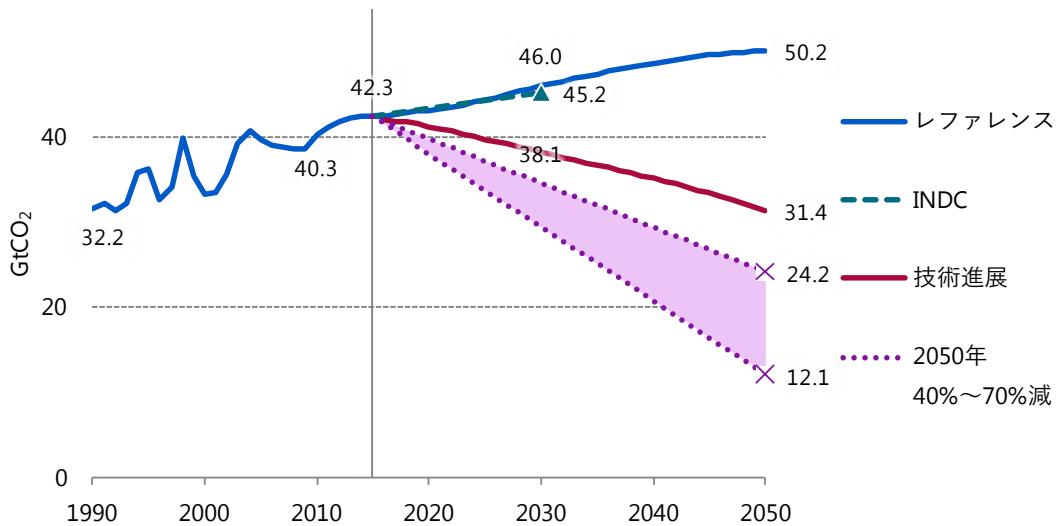
パリ協定の下でのパリ協定特別作業部会では、協定実施のため、①目標設定に関して、長期目標の達成に向けた5年ごとの全体進捗評価(グローバルストックテイク)や、②目標達成のチェックに関して、削減行動や支援等についての透明性を確保する枠組みの手続き・ガイドライン、実施・遵守のためのメカニズム、等が検討されている。2016年11月、モロッコ・マラケシュ市で開かれたCOP22では、パリ協定の実施のための作業を2018年のCOP24までに終えることが決定された。

その一方、米国のトランプ大統領は2017年6月1日、パリ協定から脱退する旨の声明を発表した。米国離脱が国際気候変動交渉にどのように影響するか注視していく必要がある。

G20のINDCをもとに推計した世界のGHG排出量¹⁶は、2030年で45.2 GtCO₂であり、足元より増加する(図6-1)。これまでのトレンドよりは抑制されているが、2050年に排出半減といった将来像には結びつき難い姿である。

¹⁶ 2010年のエネルギー起源CO₂排出量は、世界で30.2 GtCO₂ (国際バンカーを除く)、G20で25.5 GtCO₂ である。2030年のG20のGHG排出量にこの比率を乗じて世界のGHG排出量を推計した。

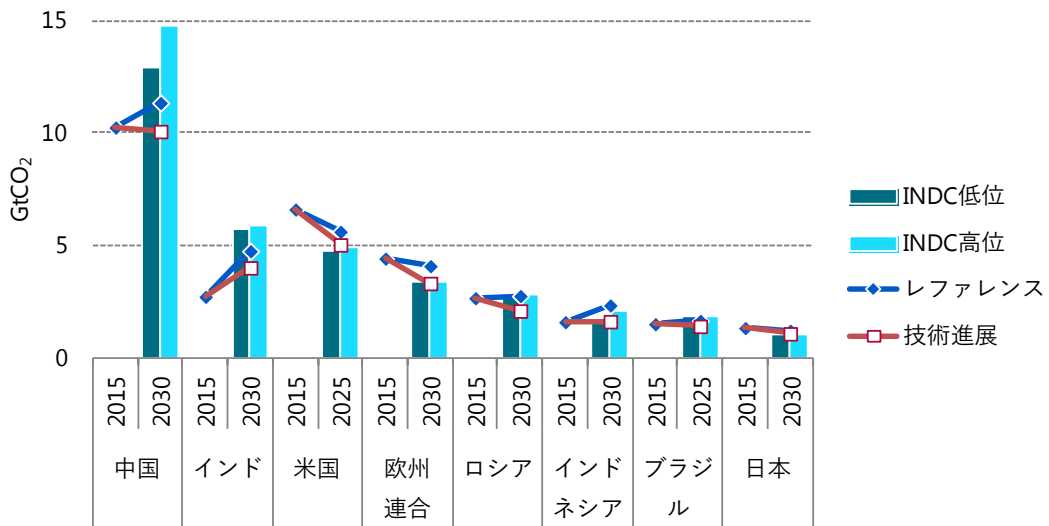
図6-1 | 世界の温室効果ガス排出



注: G20のINDCをもとに推計。米国は2017年8月4日、国連に対して、パリ協定から脱退する旨の通知を提出したが、最短で米国がパリ協定を脱退できるのは2020年11月4日のため、分析に含めている。

各国のINDCの排出量水準とレファレンスシナリオ、後述する技術進展シナリオを比較すると、図6-2のとおりとなる。

図6-2 | 主要国・地域の温室効果ガス排出



注: 各国のINDCをもとに推計。中国およびインドのINDCについては、基準年対GDP排出量原単位のみを対象にしている。

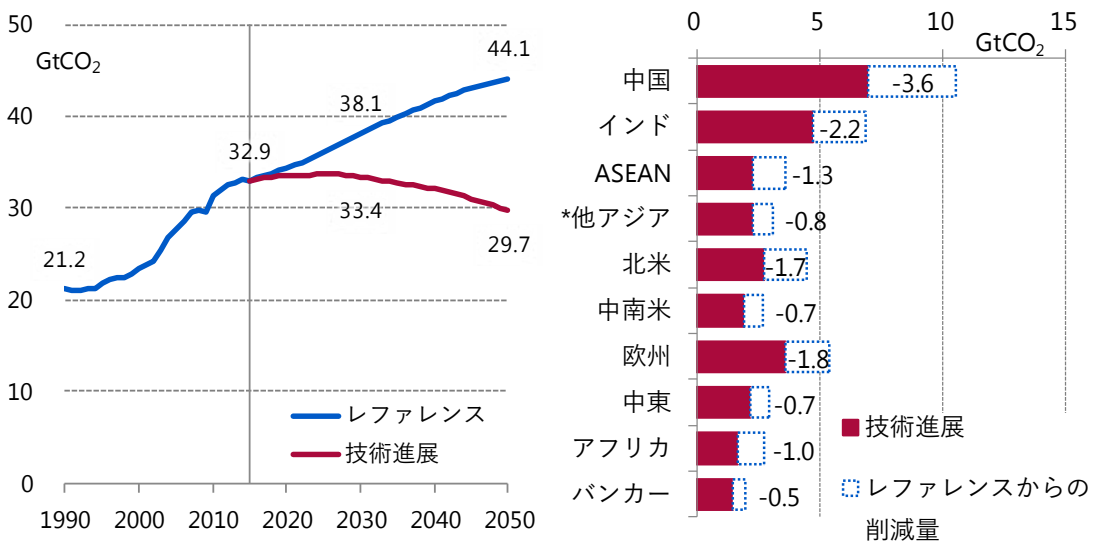
主要各国のINDCを評価すると、先進国は総じて技術進展シナリオに近い。一方、中国、インドおよびブラジルはレファレンスシナリオに近く、インドネシアは技術進展シナリオとレファレンスシナリオの間にある。各国には技術進展シナリオ程度の努力が望まれ、そのためには途上国への技術移転の推進が重要となる。

2023年の「グローバルストックテイク」に先立って、2018年末にパリ協定の長期削減目標に向けた進捗に関連付けて締約国全体としての努力を評価する「促進的対話」が行われ、それを受けて各国は2020年初めに2030年目標を改めて通知することとなっている。今後この協定での目標を着実に現実のものとし、さらなる削減につなげてゆくためには、削減目標の客観的評価が必要である。その上で、技術革新と同時に、技術移転および資金支援による世界全体での対策を後押しすることが欠かせない。

技術進展シナリオ

省エネルギー・低炭素技術のいっそうの進展を見込む技術進展シナリオでは、世界のエネルギー起源二酸化炭素(CO₂)排出量は、2025年ごろをピークに緩やかな減少に転じる(図6-3)。2050年には2015年比9.8%減の29.7 Gtとなる。レファレンスシナリオからは33%減、14.4 Gtの削減となるが、これは現在のOECD全体の排出量である11.9 Gtを上回る規模である。また、2050年までの累積削減量227 Gtは世界の現排出量の6.9年分に当たる。

図6-3 | 世界のエネルギー起源二酸化炭素 排出
図6-4 | 二酸化炭素排出[技術進展シナリオ、2050年]



2050年における削減量を地域別に見ると、非OECDが世界のおよそ4分の3を占め、途上国の削減ポテンシャルが大きい。世界最大の排出国である中国の削減量は、欧州連合の現排出量3.2 Gtを大きく上回る3.6 Gtにのぼる(図6-4)。そのうちの約7割が発電部門での石炭消費の削減に起因する。中国は石炭火力への依存度が高く(現在の発電構成比は70%。レファレンスシナリオでは2050年でも過半を占める)、電力需要の削減、発電効率の改善、そして非化石電源へのシフトがCO₂削減への大きなファクターとなる。2035年までに米国を越え世界第2の排出国となるインドは、現排出量を上回る2.2 Gtを削減する。中国同様に石炭火力への依存が高いインドも、排出削減の約6割が発電部門での石炭消費の削減による。アジアをはじめとする途上国においてCO₂排出削減を実現することが、実効性のあ

る気候変動対策として不可欠である。その意味で、途上国自身の取り組み、先進国による途上国への技術移転や制度構築支援等による低炭素技術の展開支援の意義は極めて大きい。

2050年における世界のエネルギー起源CO₂削減量を技術別に見ると、省エネルギーによるものが最大で6.2 Gt、次いで再生可能エネルギーが4.0 Gt、原子力が2.2 Gt、二酸化炭素回収・貯留技術(Carbon Capture and Storage, CCS)が1.5 Gtとなる(図6-5、表6-3)。省エネルギーのうち3割強が電力関連(電力需要の減少、火力発電効率の改善、送配電ロスの削減など)、3割弱が輸送部門(自動車燃費改善、国際バンカーにおける運航効率化など)である。太陽光、風力などの再生可能エネルギー発電および原子力発電の非化石電源によるCO₂削減効果は全体の4割強である。CCSは、貯留ポテンシャルがある国・地域について、2030年以降の新設火力発電所すべてに敷設することを想定している。火力発電CCSに、非化石電源、省エネルギー分を加えると、電力関連によるCO₂削減効果は全体のおよそ3分の2を占める。それぞれの技術は完璧なものではなく、長所と同時に短所も併せ持つ。また、国、地域によっても、それぞれの技術の導入容易性・困難性は大きく異なる。ある特定の技術や手段に偏ることなく、さまざまなオプションの適切な活用を模索することが肝要である。

図6-5 | 世界のエネルギー起源二酸化炭素排出と対策別削減寄与

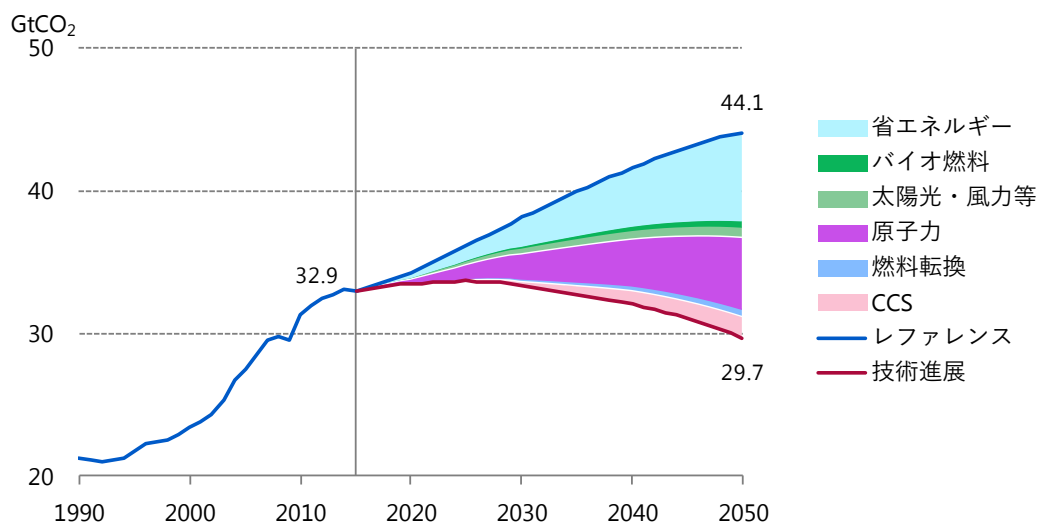


表6-3 | 二酸化炭素削減量(レファレンスシナリオ比) [技術進展シナリオ]

(GtCO₂)

	2050		2016-2050累積	
	削減量	構成比	削減量	構成比
省エネルギー	6.2	43%	97.0	43%
バイオ燃料	0.4	3%	6.5	3%
太陽光・風力等	3.6	25%	58.1	26%
原子力	2.2	16%	37.0	16%
燃料転換	0.5	4%	8.5	4%
CCS	1.5	10%	19.8	9%
合計	14.4	100%	226.6	100%

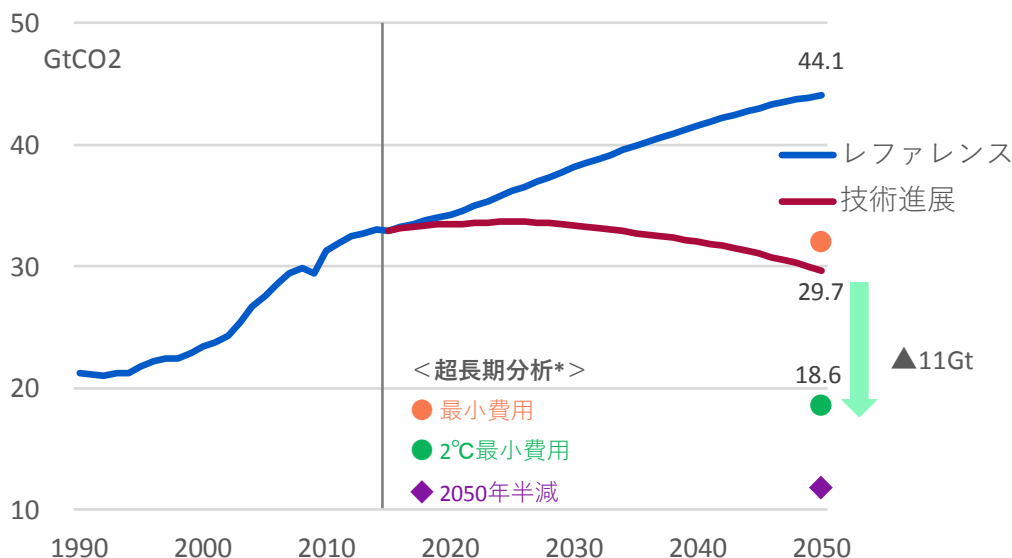
さらなるCO₂削減に向けて

技術進展シナリオにおける2050年のエネルギー起源CO₂排出量は2010年比5.1%減で、2050年に半減を目指す考えとは大きな隔たりがある。技術進展シナリオのCO₂排出パスは、次節で詳述する「最小費用パス」と概ね整合的である。ただし、最小費用パスは2150年には19世紀後半に比べて2.6℃気温が上昇する。すなわち、野心的なパリ協定の長期目標(産業革命前からの気温上昇を2℃より十分低く保ち、さらに1.5℃以下に抑える努力をする)とは整合しない。例えば、2150年に19世紀後半からの気温上昇を2℃に抑える場合(次節「2℃最小費用パス」参照)、2050年時点で技術進展シナリオよりもさらに11.1 Gt削減する必要がある。

2050年に11.1 GtのCO₂をさらに削減するためには、革新的技術の大量導入が必要となる(表6-4)。CCS付き火力発電やカーボンフリー水素¹⁷による水素発電などのゼロエミッション電源の導入が期待される。しかし、技術進展シナリオでは、電源の3分の2が既にゼロエミッション電源(非化石発電およびCCS付き火力発電)となっており、残りすべての化石燃料火力発電をゼロエミッション電源に代替しても最大10.4 Gtまでしか削減できない。例えば、火力発電すべてにCCS設備を敷設しても、CO₂回収率を90%と仮定すればCO₂削減量は最大9.4 Gtにとどまる。なお、帯水層を含むCCS貯留ポテンシャルは7,000 Gt以上であり¹⁸、物理的には十分に対応可能である。

¹⁷ 再生可能エネルギー電力を使った電気分解による水素製造、あるいは化石燃料からの水素製造時にCCSを活用することで最終消費段階だけでなく、製造段階からもCO₂を排出しない水素のこと。日本エネルギー経済研究所「アジア/世界エネルギーアウトルック 2016」参照。

¹⁸ Global CCS Institute “Global Storage Portfolio”, 2016

図6-6 | 世界のエネルギー起源CO₂排出(超長期分析との比較)

注: 超長期分析は統合評価モデルによる結果(次節参照)

技術進展シナリオにおける2050年の火力発電容量(CCS未設置)は約2,800 GWであり、これを水素発電で代替すると、世界全体で3,000基分の発電所が必要となる。カーボンフリー水素の必要量は年間650 Mtである。カーボンフリー水素は自国にCCS貯留ポテンシャルがない国・地域でも貿易を通して入手可能であることが大きな特長の1つである。ガスの貿易という点で、仮にLNGと比べると現在のLNG需要の3倍に相当する水素需要となる。他の革新的発電技術で代替する場合、宇宙太陽光発電なら2,300基、高温ガス炉では8,700基、核融合炉では4,500基分に相当する。

発電部門で削減できない残りの0.7 Gtは、製造業におけるCCSの導入が考えられる。2050年時点で、鉄鋼、セメント、化学、紙・パルプ、石油精製、GTL/CTLの製造施設・プラントのすべてにCCS設備を敷設すると、4.4 GtのCO₂排出量を削減できる。0.7 Gtの削減であれば16%の施設・プラントにCCS設備が敷設すればよい。カーボンフリー水素を利用する燃料電池自動車の導入で同量のCO₂を削減する場合、世界全体で約10億台が必要となる。2050年時点での自動車保有台数約26億台の4割弱が燃料電池自動車となっている計算である。車両本体だけでなく水素供給インフラも整備も必要となる。

バイオマスを活用したCCS (Bioenergy and Carbon Capture and Storage, BECCS)といったネガティブエミッション技術であれば、11.1 GtのCO₂削減も可能である。CCS付きバイオマス発電の場合約2,800基の発電所が必要となり、燃料のバイオマスには年間2,000 Mtoeを必要とする。ただし、2,000 Mtoe分のバイオマスを短期伐採林(ヤナギ・ポプラなど)で供給するためには、アルゼンチンよりも広い285万km²の土地を要する計算となる。

表6-4 | さらなる削減に向けた革新的技術の必要導入量

ゼロエミッション技術: 発電部門におけるCO₂削減(10.4 Gt)に必要な導入量

2050年におけるCCS未設置火力発電ストック約2,800 GWの代替

CCS付き火力発電 (帯水層貯留)	約2,800 GW (CO ₂ 回収率90%と仮定すると、削減量は最大9.4 Gtとなる) CO ₂ 貯留ポテンシャルは推定7,000 Gt以上* *Global CCS Institute "Global Storage Portfolio", 2016
水素発電 (CO ₂ フリー水素)	約3,000 GW 1 GWタービン×約3,000基分 所要水素量: 650 Mt/年(現在のLNG需要の3倍に相当)
宇宙太陽光	約3,000 GW 1.3 GW設備(2 km四方) ×約2,300基分
高温ガス炉	約2,400 GW 0.275 GW炉×約8,700基分
核融合	約2,200 GW 0.5 GW炉(ITER*相当) ×約4,500基分 *ITER: 国際熱核融合実験炉

ゼロエミッション技術: 発電部門以外におけるCO₂削減(残り0.7 Gt)に必要な導入量

製造業CCS	鉄鋼、セメント、化学、紙パルプ、石油精製、GTL/CTLの製造施設・プラントの16%にCCS敷設
燃料電池自動車 (CO ₂ フリー水素)	約10億台(2050年の総保有台数は約26億台) 所要水素量: 150 Mt/年(現在のLNG需要の6割に相当)

ネガティブエミッション技術: 発電部門におけるCO₂削減(11.1 Gt)に必要な導入量

CCS付きバイオマス発電(BECCS)	約1,400 GW 0.5 GWタービン×約2,800基分 所要バイオマス量: 2,000 Mtoe/年。供給にアルゼンチン(*278万km ²)より広い285万km ² 相当の土地が必要。 *UNSTATSより
---------------------	--

もちろん、どれか1つの技術だけで11 Gtを削減する必要はなく、これらの革新的技術を複合的かつ適材適所で導入していけばよい。しかし、2050年までに大量導入が必要となることを考えれば、2030年位までには商業化され、残り20年で十分なコスト低下とともに普及していくといったスケジュール感となろう。

6.2 超長期の温室効果ガス排出経路

超長期を踏まえた規範

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CO₂排出削減対策を見込んでいる。この意欲的なシナリオにおけるGHG排出量をもって、目指すべき

目標として掲げることも可能ではある。しかしながら、気候変動問題は、広範な領域に影響し、かつ何世代にもわたる長期的課題である。いつ、どのような、どの程度の対策を講じてゆくべきかは、よくよく吟味する必要がある。この重大なパスの選択を、一時点における削減量の多寡の単純比較に貶めては決してならない。そうした認識の下、持続可能性を多面的にとらえれば、GHG削減(≈緩和)、適応、残余被害のバランスを適切にとってゆくのが望ましいと考える。

表6-5 | 緩和、適応、被害

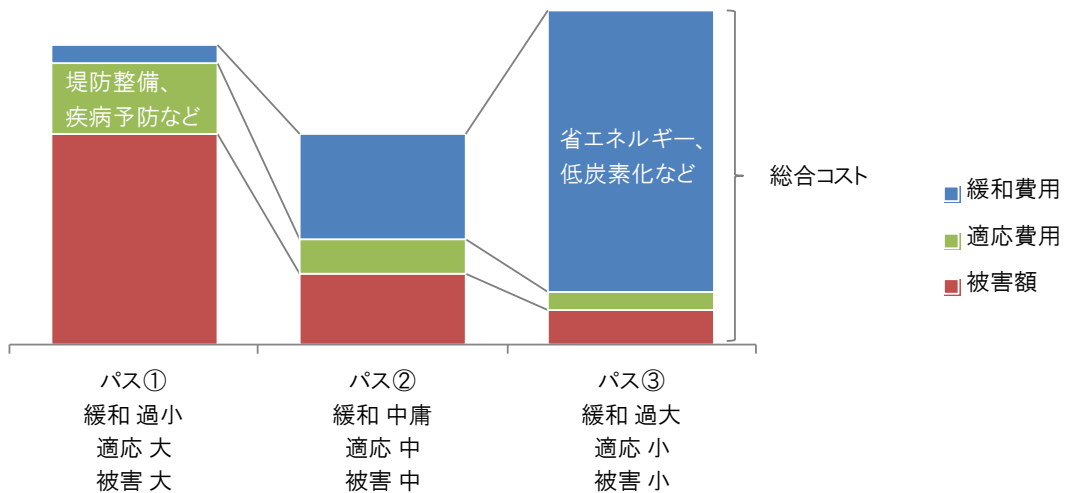
緩和	適応	被害
GHG排出削減が代表的。CCSによりGHGの大気中への放出削減なども含む。これらにより、気候変動を「緩和」する。	気温上昇により、海面上昇、農作物の早魃、疾病の蔓延などが発生しうる。これらに対する堤防・貯水池整備、農業研究、疾病の予防・処置などが「適応」である。	緩和、適応によっても気候変動の影響が十分に低減できない場合、実際に海面上昇、農作物の早魃、新たな疾病の蔓延などの「被害」が発生することになる。

気候変動に対して無策であれば、緩和にかかる費用は0で済むが、適応費用もしくは被害は膨大となる。緩和策を講じれば、適応費用・被害は軽減される。ただし、一定程度までの緩和はそのコストが比較的小さい¹⁹が、大幅な削減を実現するためには高コストな省エネルギー機器の普及などが必要となり費用は顕著に大きくなる。すなわち、この3者、特に緩和と適応および被害との間にはトレードオフの関係がある。

これら緩和、適応、被害のバランスのとり方には多様な考え方がありうる。その中で、長期にわたり持続可能という視点に基づき、緩和費用、適応費用、被害額の合計たる総合コストが小さくなるような組み合わせが評価に値する。図6-7でのパス①やパス③よりもパス②を推すべきと考える。やや乱暴な言い方をすれば、\$100の被害を防止するために\$500あるいは\$1,000の費用を投じて排出を削減し堤防を築く—そのようなことを長期にわたり続けるのは相当に困難であり、いずこかで破綻するリスクを否めない下策である、ということである。

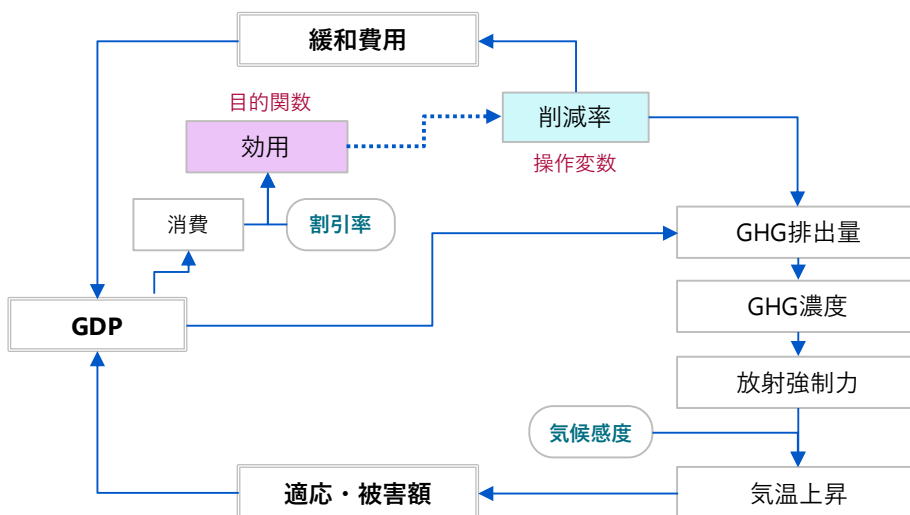
¹⁹ 省エネルギーによるエネルギーコスト低減により逆に便益が得られることもある。

図6-7 | 緩和、適応、被害の総合コストのイメージ



総合コストを考慮して、経済的に最適な超長期パスを分析するツールが、統合評価モデル(Integrated Assessment Model, IAM)である。統合評価モデルはマクロ経済と温室効果ガス排出量、気候変動とそれに伴う被害等を包括的に扱い、評価するモデルの総称である。日本エネルギー経済研究所のIAMは、①マクロ経済モジュール、②GHG排出モジュール、③気候変動モジュールから成り、GHG削減率を操作して効用最大化を目指す構造となっている。GHG削減率を高めれば、緩和費用が増加するが、適応・被害額は減少する。緩和費用と適応・被害額はGDPを通して、効用(=消費の関数)に影響を与える。2500年までの効用総計(割引現在価値)を最大化するように各年の削減率(GHG排出量パス)を決定する。なお、本モデルにおいて、効用最大化は総合コスト最小化と同義である。

図6-8 | モデル概要図



最小費用パス

本IAMでは、費用最小化(=効用最大化)とは無関係に「レファレンスパス」を設定することから始める。第2章で示された本アウトLOOKにおける2050年までのCO₂排出パスを参照しつつ、それ以降はそのトレンドを延長した。エネルギー原単位の改善、GDPおよび人口伸び率の鈍化などから2080年頃にはピークを迎えてGHG排出量は減少する結果となっている。ただし、大気中GHG濃度(CO₂換算。エーロゾル等を含む)および気温は2150年まで上がり続けることになる。

このレファレンスパスをベースに、総合コストが最小となるパスを推計する(最小費用パス)。最小費用パスでは、GHG排出量が2050年に2010年比1%減、2100年に同52%減、2150年には同79%減となる。しかし、大気中GHG濃度は、2100年ごろまで緩やかに上昇を続けた後、2100年にピークとなり、2150年には550 ppmまで低下する。気温への影響はさらに緩慢で、2150年まで上昇を続け、19世紀後半と比べ2.6°C上昇する。総合コスト(割引現在価値で見た2500年までの累積額)はレファレンスパスに比べて半分に抑えられる。

一方、2050年にGHG排出量が2010年比で半分程度となる「2050年半減パス²⁰」では、大気中GHG濃度は2050年ごろ480 ppm程度でピークとなり、2150年には430 ppmまで低下、気温上昇も2°C以下に抑えられる。適応・被害額はかなり抑えられるが、その分緩和費用が膨大となり、レファレンスパスを大きく上回る。多大な緩和費用は経済に悪影響を及ぼし、2100年までの実質GDPはレファレンスパスおよび最小費用パスよりも小さくなる。

上述のとおり最小費用パスでは、2150年には19世紀後半と比べて2.6°C上昇する。すなわち、最小費用パスは野心的なパリ協定の長期目標(産業革命前からの気温上昇を2°Cより十分低く保ち、さらに1.5°C以下に抑える努力をする)の達成を強要しない。しかし、国際政治・交渉の場における「2°C目標」への尊重を鑑みれば、気温上昇抑制に向けて強力に取り組むGHG排出パスの検討も有益である。例えば、2150年における気温上昇幅を2°Cに抑えるという条件下で、総合コストが最小化となるパスを推計したのが「2°C最小費用パス」である。気温条件のない最小費用パスよりも総合コストは2割ほど増大するが、2050年半減パスの半分程度にとどまる。適応・被害額に偏る最小費用パス、緩和費用に偏る半減パスと異なり、緩和費用と適応・被害額のバランスもよくなっている。この2°C最小費用パスの下でのGHG排出は、2050年に2010年比31%減、2100年に同80%減、それ以降はほぼ“ゼロエミッション”となる。気温上昇幅は2100年には一旦2.1°Cとなるが、2150年には2°Cまで低下し、その後も下がり続ける。実質GDPは気温条件のない最小費用パスとほとんど変わらない。

²⁰ 気候変動に関する政府間パネル(IPCC)第5次評価報告書(AR5)で整理されている「RCP2.6」における排出パスを設定。

図6-9 | 温室効果ガス排出量

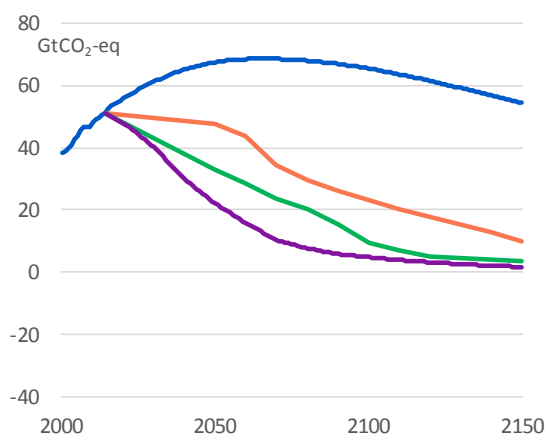


図6-10 | 大気中GHG濃度

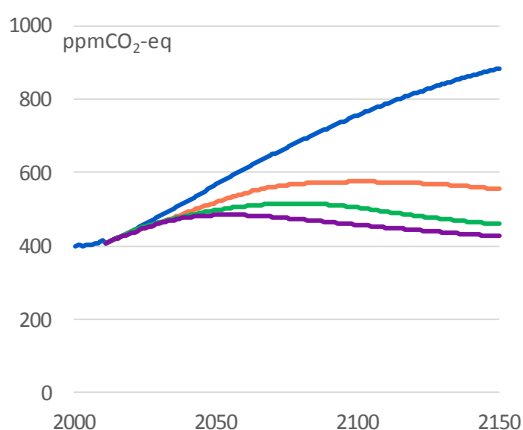


図6-11 | 19世紀後半からの気温上昇

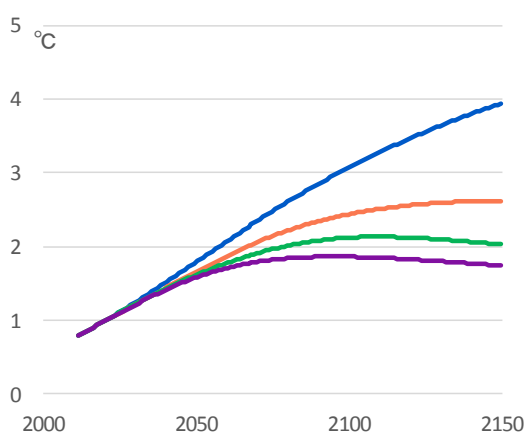
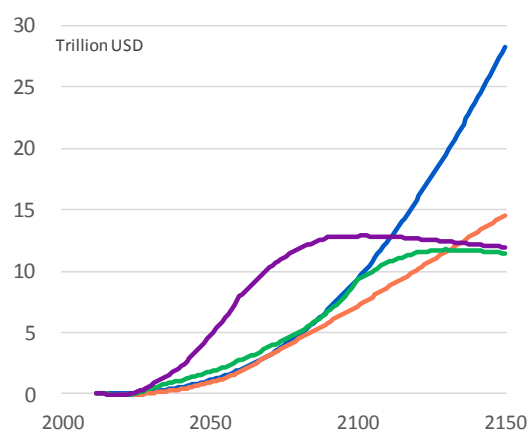


図6-12 | 総合コスト



— レファレンス — 最小費用パス — 2°C最小費用パス — 2050年半減

図6-13 | 実質GDP

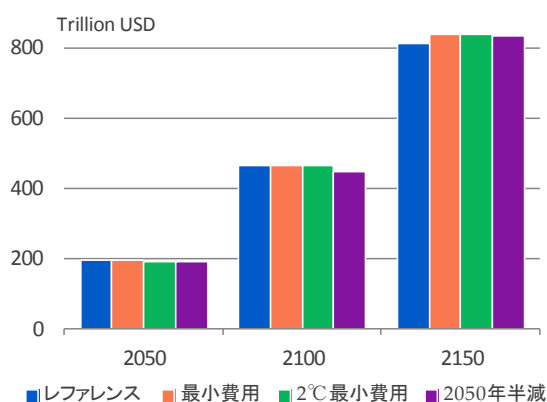
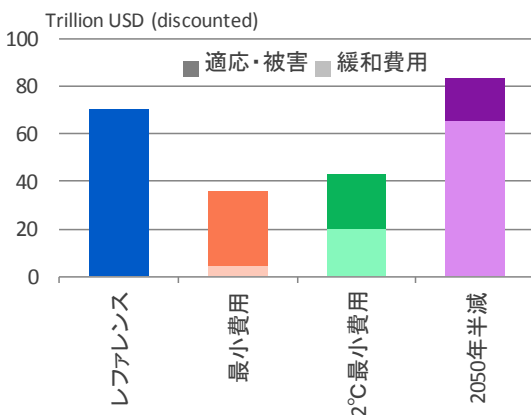
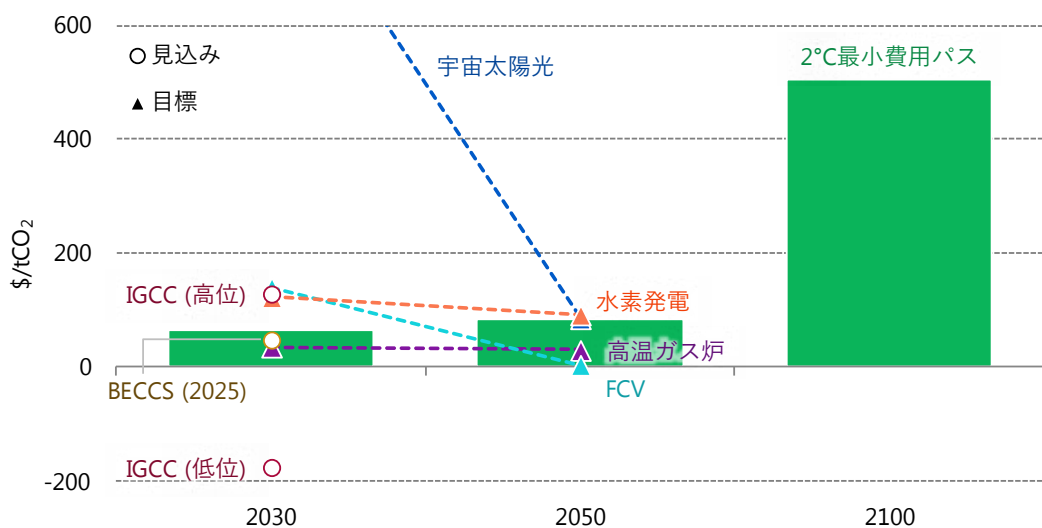


図6-14 | 累積総合コスト(現在価値)



注: 大気中GHG濃度はCO₂換算濃度。エアロゾル等を含む。

もちろん、緩和費用を低減させる努力は必要である。気温条件のない最小費用パスの総合コストに近づけていくのが望ましい。これについては、水素発電などの革新的技術により、緩和費用が大きく低減していく可能性はおおいにある。モデル内で計算された2°C最小費用パスにおける暗黙的な炭素価格(2010年実質)は、2050年に\$85/tCO₂、2100年に\$503/tCO₂である。BECCSや水素発電、燃料電池自動車(FCV)、高温ガス炉などの革新的技術が目標としているコストはこれらの炭素価格の範囲内にある(図6-15)。すなわち、2°C最小費用パスはこれらの技術を活用することで十分に達成可能である。こうした技術開発が目標に向かって進展し、欲を言えば、モデルで想定された炭素価格を大きく下回る水準までコストが下がってくれば、気温条件のない本当の意味での最小費用パスが可能となってくる。

図6-15 | CO₂削減コスト

注: 2°C最小費用パスは、同パスの各時点で採用された技術のうち最も高いもののコスト(2010年実質)。目標・見込みの前提条件・野心度合いなどは各技術で異なる。

計算の主要な前提:

[高温ガス炉] 原子力科学技術委員会「高温ガス炉技術開発に係わる今後の研究開発の進め方について(案)」を参考に、30万kW発電炉の建設費約5億ドルと想定。

[石炭ガス化複合発電(IGCC)] OECD/NEA "Projected Costs of Generating Electricity 2015 Edition"を参考に、建設費\$1,200/kW - \$2,900/kW、発電効率50%-52%と想定。

[FCV] 水素・燃料電池戦略協議会「水素・燃料電池戦略ロードマップ」を参考に、2050年の車両価格\$25,000(従来車と同等)、燃費115 km/kg(ガソリン換算燃費31 km/L)、水素小売価格\$0.5/Nm³と想定。

[水素発電] 水素・燃料電池戦略協議会「水素・燃料電池戦略ロードマップ」、IEA "Technology Roadmap: Hydrogen and Fuel Cells"を参考に、2050年の水素プラント引き渡し価格\$0.15/Nm³、建設費\$1,200/kW、発電効率57%と想定。

[宇宙太陽光] 宇宙システム開発利用推進機構「発電一体型宇宙太陽光発電システム2006モデル研究開発ロードマップ 2016年度改訂版」を参考に、2050年の発電単価目標として\$100/MWhを使用。

[BECCS] IRENA "Renewable Power Generation Costs in 2014"より、バイオマス発電単価\$130/MWh、IPCC "Special Report on CCS"よりCO₂回収貯留コスト\$70/tCO₂と想定。

緩和費用、適応費用、被害額の合計たる総合コストを最小化(=効用最大化)を目指す最小費用パスにおける総合コストは、レファレンスの半分程度となる。しかし、2150年までに気温は19世紀後半から2.6℃上昇する。2150年に2℃という条件下での最小費用パスでは、総合コストは気温条件のないパスよりも高くなるが、2050年半減パスの半分程度にとどまる。気温上昇幅は2100年に2.1℃となるが、2150年には2℃へと低下に向かう。しかし、このときのGHG排出経路では2100年以降にGHGの排出量が概ねゼロとなる必要があり、CO₂固定化・有効利用(CCU)やバイオマスを活用した二酸化炭素回収・貯留技術(BECCS)などのネガティブエミッション技術が必須となるであろう。

幸い、これらの技術は今すぐに必要となるわけではない。開発・商用化までに数十年の猶予が与えられている。技術コストを2050年までに急速に引き下げることができれば、2150年以降も気温上昇幅を2℃以下に抑えることができる。このオーバーシュートパスを実現するためには、長期的視点から革新的技術の研究開発を強化することが重要である。また、世界中の政府、企業、学界が知恵を共有し、互いに緊密に協力することも不可欠であろう。例えば、Innovation for Cool Earth Forum (ICEF)のように、どのような革新的技術が開発されるべきか、イノベーションがどのように促進されるべきか、そしてステークホルダー間で協力がどのように強化されるべきか、について議論を行う国際協調の場が必要である。このように、将来の技術開発や技術コストの低減は、人類の長期にわたる持続的発展にとって極めて重要な事項である。

6.3 超長期分析における不確実性

前節の分析は、各種のパラメータに基づく評価である。パラメータの想定は、各種文献からできる限り客観性を持たせ、平均的な数値を採用している。超長期分析においてはさまざまな不確実性が存在し、パラメータも文献によって大きく異なることがある。特によく論点となるのが、割引率²¹と気候感度である。ここでは、これら2つのパラメータの不確実性を十分に認識した上で、超長期の最小費用パスを再評価することを試みる。

割引率

長期的な経済問題を考える上で、費用の発生する時点の差は、慎重に考慮すべきことである。異なる時点における費用は異なる価値を持ち、仮に物価変動の影響を控除したとしても、将来における貨幣価値は現在の同一金額の価値よりも一般的に小さい。緩和・適応費用および被害額を用いて評価を行う場合、より高い割引率を用いて計算を行う(すなわち、遠い将来の価値をより小さく評価する)と気候変動による被害額の影響が相対的に小さくなり、緩和対策を行わないパスがより最適に近い結果となる。逆に低い割引率を使うと、将来の被害が大きく認識され、早急に緩和を行うパスがより最適に近いものと評価される。気候変動問題のような極めて長期にわたる問題を考える際に、割引率をどのような値とすべきかについては議論が多い。

²¹ 日本エネルギー経済研究所「アジア/世界エネルギーアウトlook2015」第9章 コラム参照

割引率(社会的割引率) ρ は一般的に、ラムゼイ・ルールと呼ばれる以下の式によって表される。

$$\rho = \delta + \eta g$$

ここで δ は純時間選好率であり、この数値が大きいほど将来の価値は現在の価値よりも低く評価されるべきだと人々が考えていることになる。 g は消費の成長率であり、一般的には消費は経済規模とともに成長してゆく。 η は限界効用の対消費弾力性であり、消費の水準(1人あたりの消費)が1%拡大すると同一金額の財の価値が何%低下するかを示している。

純時間選好率(δ)と限界効用の対消費弾力性(η)については、一意に決定されるものではなく、多くの分析者がさまざまな数値をおいて分析を行っている。表6-6は、気候変動に関する政府間パネル(IPCC)第5次評価報告書(AR5)が、主要論文で採用されている純時間選好率と対消費弾力性をまとめたものである。純時間選好率は0~2%、対消費弾力性は1~4と幅がある。

表6-6 | 割引率の例

	純時間選好率	限界効用の 対消費弾力性
Cline (1992)	0%	1.5
IPCC (1996)	0%	1.5 – 2
Arrow (1999)	0%	2
UK: Green Book (HM Treasury, 2003)	1.5%	1
France: Rapport Lebègue (2005)	0%	2
Stern (2007)	0.1%	1
Dasgupta (2007)	0.1%	2 – 4
Weitzman (2007a)	2%	2
Nordhaus (2008)	1%	2

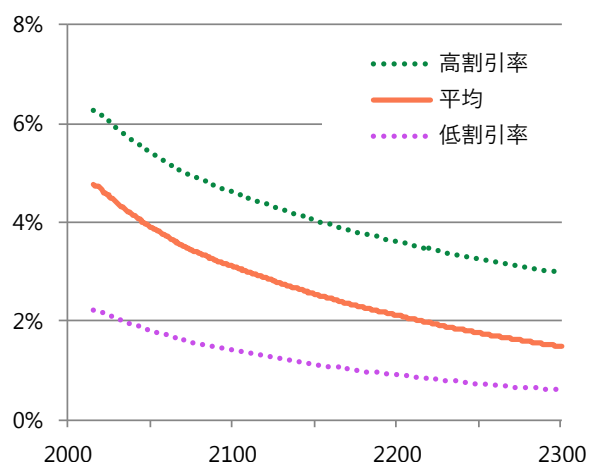
出所: 気候変動に関する政府間パネル(IPCC)第5次評価報告書(AR5) 第3章 表3.2

ここでは、割引率の設定の違いがどの程度最小費用パスに影響を与えるか分析を行った。前節での分析では、表6-6の各パラメータの概ね平均値(純時間選好率 $\delta = 0.5\%$ 、対消費弾力性 $\eta = 2$)を設定し、2300年までの平均割引率は2.5%となる。高割引率には表6-6で最も高い割引率となる組み合わせ($\delta = 2.0\%$ 、 $\eta = 2$)で期間平均4.1%を、低割引率には最も低い割引率となる組み合わせ($\delta = 0.1\%$ 、 $\eta = 1$)で期間平均1.1%と設定した。

表6-7 | 割引率の想定

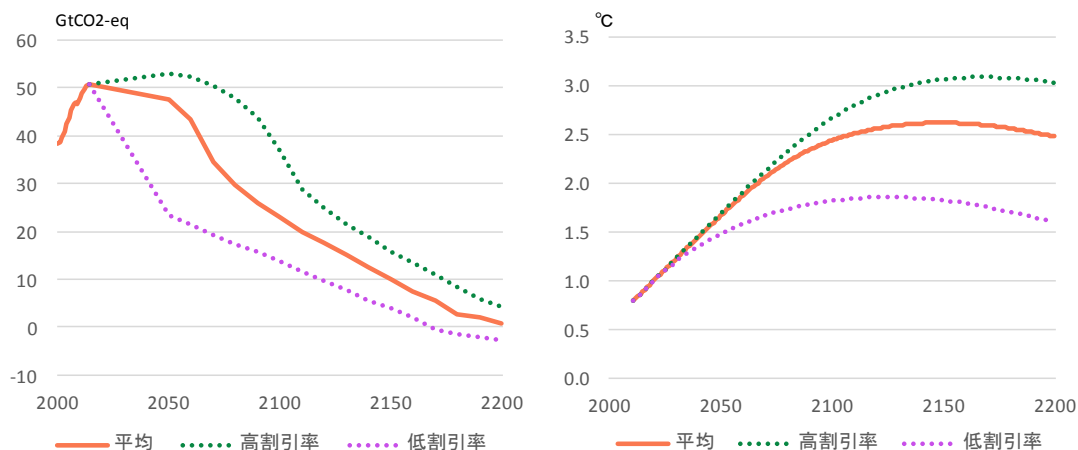
	純粋時間選好率(δ)	限界効用の 対消費弾力性(η)	期間平均割引率 (2015-2300年)
高割引率	2.0%	2.0	4.1%
平均	0.5%	2.0	2.5%
低割引率	0.1%	1.0	1.1%

図6-16 | 2300年までの割引率推移



高割引率(期間平均4.1%)では、被害額の影響を相対的に小さく評価するため、緩和コストが低下してくるまで、緩和対策を先延ばしする傾向が見てとれる。2200年時点での気温上昇は3.0°Cとなる。一方、低割引率(同1.1%)では、早急に緩和を行うパスがより最適と評価される。気温は2100年頃に2°C近くまで上昇し、その後は低下していく。両ケースの2200年時点での気温差は1.4°Cとなり、単純計算すると1%の割引率の違いで0.5°C程度の差が生じることになる。割引率の想定の違いによる分析結果の差は大きいと言えよう。

図6-17 | 割引率の違いによる超長期パス(GHG排出量と気温上昇)



気候感度

気候感度とは、大気中の温室効果ガスの濃度(二酸化炭素換算濃度)が倍増したときに、気温が何°C上昇するかを示すパラメータである。すなわち、人類の経済活動がどの程度気温上昇に影響するかを分析する際において、非常に重要なパラメータである。しかし、

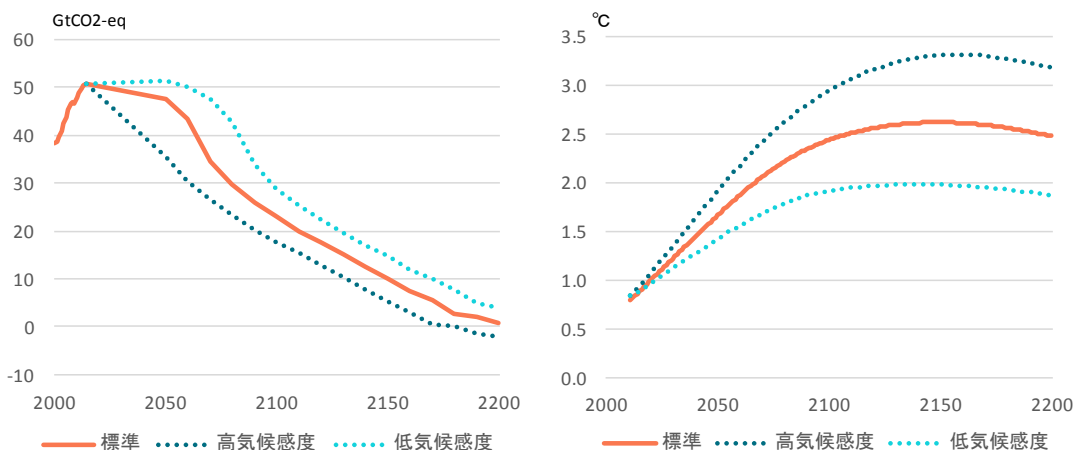
雲の放射強制力などに関する科学的な理解が進んでいないため、気候感度は気候モデルによって値が大きく異なっているのが現状である。IPCCの評価報告書では、気候感度は概ね1.5～4.5℃と大きな幅で示されている。最良推定値は第3次報告書までは2.5℃であったが、第4次報告書では3.0℃に変更された。ところが、第5次報告書では最良推定値は示されていない。このように、気候感度については気候学者の間でもコンセンサスが得られていない。将来的には科学の進歩によって、一意の気候感度が得られるであろうが、現時点では不確実性の最も大きいパラメータの1つである。なお、本分析では、IPCCの評価報告書でも使用されているMAGICCモデルなどを参考にして3.0℃を採用している。

表6-8 | IPCC報告書での気候感度

IPCC報告書	気候感度(℃)	最良推定値(℃)
第1次(1990年)	1.5-4.5	2.5
第2次(1995年)	1.5-4.5	2.5
第3次(2001年)	1.5-4.5	2.5
第4次(2007年)	2.0-4.5	3.0
第5次(2014年)	1.5-4.5	n.a.

IPCC第5次報告書で採用された気候モデルにおける気候感度の単純平均値は3.2℃で、そして、気候感度は90%の確率で平均値 ± 1.3 ℃に収まると同報告書は推定している。そこで、高い気候感度に4.5℃、低い気候感度に1.9℃をそれぞれ設定して、気候感度の違いがどの程度最小費用パスに影響を与えるのか分析を行った。

図6-18 | 気候感度の違いによる超長期パス(GHG排出量と気温上昇)



高い気候感度(4.5℃)では、経済活動による気温上昇への影響が大きく表れるため、早めに緩和を行うパスがより最適と評価されるが、それでも気温上昇は2200年時点で3.2℃となる。一方、低い気候感度(1.9℃)では、緩和対策を先送りしても、気温上昇は2℃程度に収まっている。両ケースの2200年時点での気温の差は1.3℃となり、単純計算すると気候

感度1°Cの違いで気温は0.5°C程度の差が生じることになる。気候感度の違いは、気温上昇の程度だけでなく、緩和対策行動にも大きな影響を及ぼすことになる。

ただし、人類は気候感度を操作することはできない。その一方で緩和コストは既存低炭素技術の低コスト化、革新的技術の開発を進めることで低減することが可能である。われわれに求められているのは、適切な気候変動対策を継続的に実施するのと並行して、長期的な視点から技術開発を協力して行うことである。例えば、2150年頃の気温上昇を2°C程度までに抑えるようなパスを考えるならば、次節に記すような革新的技術の開発促進が極めて重要となってくる。

6.4 超長期に向けた革新的技術開発

気温上昇を抑えるさまざまな技術

気温上昇を抑える技術は、省エネルギー、再生可能エネルギー、原子力のほかにもさまざまな技術がある。

表6-9 | 気温上昇を抑えるさまざまな技術

	技術
省エネルギー技術	省エネルギー
クリーンエネルギー技術	再生可能エネルギー 原子力 クリーン化石燃料
ゼロ・カーボン技術	次世代原子炉 核融合 宇宙太陽光発電 水素の利活用
ネガティブ・カーボン技術	CO ₂ 固定化・有効利用 CCS付きバイオエネルギー(BECCS)

長期的には気温上昇を2°Cに戻すことが理想的であり、そのため、向こう50年では、技術移転を目指すのと並行して、革新的技術開発を進めることが重要である。革新的技術開発には、次世代原子力、核融合、宇宙太陽光発電、水素の利活用、CO₂固定化・有効利用、CCS付きバイオエネルギーなどが含まれる(表6-10)。

表6-10 | 中長期的に開発されるべき革新的な技術

二酸化炭素の発生を抑制するもの

	次世代原子炉
技術開発の現状	次世代(第4世代)原子炉として、燃料の効率的利用、核廃棄物の最小化、核拡散抵抗性などを満足し、同時に安全性および経済性を確保した新世代原子炉概念の検討が

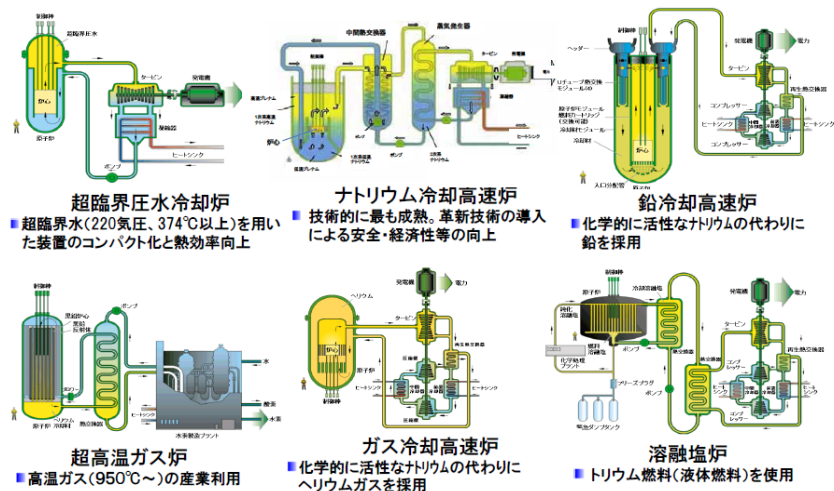
次世代原子炉

進められている。中小型炉も、現在国際的に開発が進められている。

第4世代原子炉には、超高温ガス炉、超臨界圧軽水冷却炉、熔融塩炉、ガス冷却高速炉、ナトリウム冷却高速炉、鉛合金冷却高速炉が含まれる。

ロシアでは既にナトリウム冷却高速炉(BN800)が稼働中、中国およびインドでもナトリウム冷却高速炉が建設中。

第4世代炉の6つの候補概念を以下に示す。



出所: http://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic_policy_subcommittee/008/pdf/008_003.pdf

コスト

いずれの開発プロジェクトでも既存の軽水炉と同等以上の優れた経済性を目指している。

欧州持続的原子力産業戦略(ESNII: The European Sustainable Nuclear Industrial Initiative)試算

ナトリウム冷却高速炉: 原型炉(600 MWe)設計・建設費 €4,000M

鉛合金冷却高速炉: 原型炉(100 MWe)設計・建設費 €1,000M

ガス冷却高速炉: 原型炉(70-100 MWe)設計・建設費 €700M - €800M

第4世代国際フォーラム(GIF: Generation-IV International Forum)

他のエネルギー源と同等のライフサイクルコストおよび財務リスクを目指す。

実用発電高温ガス炉システム試算値(日本): 約¥4.2/kWh

高速増殖炉サイクル実用化研究開発(FaCT) (日本)の資本費目安: ¥20万/kW以下

ポテンシャル

1基当たりの発電能力は70-600 MWeと想定される

今後の課題

次世代原子炉に対する研究開発支援の拡大等が挙げられる。

核融合

技術開発の現状 質量数の小さな水素等の核融合により、太陽と同じようにエネルギーを取り出す技術である。燃料となる重水素は豊富かつ普遍的に存在する。また、高レベル放射性廃棄物としての使用済燃料が発生しない。

プラズマ閉じ込め方式等に応じて、トカマク型、ヘリカル型、逆転地場磁場配位型、レーザー核融合などの方式が提案されている。

日本、米国、ロシア、欧州、中国等、35か国の国際コンソーシアムの下、トカマク型の国際熱核融合実験炉(ITER)の建設が進められており、2020年に最初の燃焼プラズマ(安定的に核融合反応が行われる状態)の達成を目指している。

このほか、各国でも核融合炉の研究が進められている。

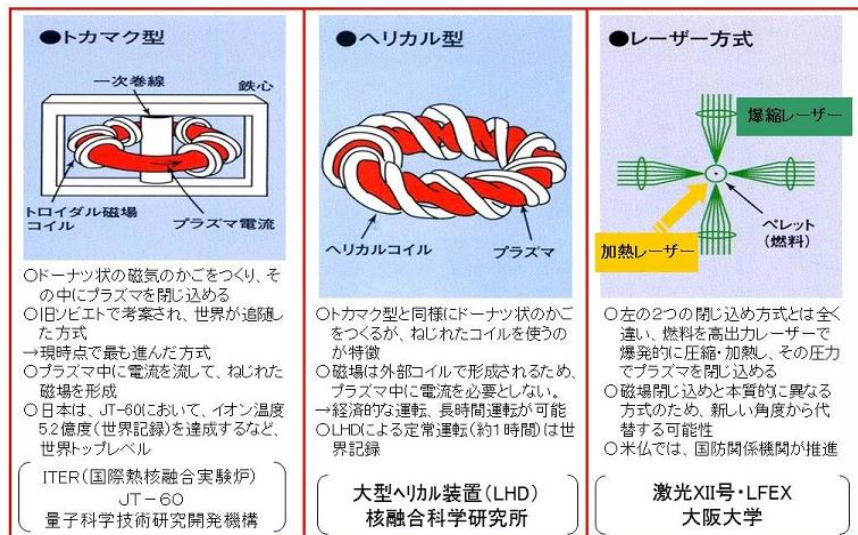
ドイツのマックスプランク研究所ではヘリカル型のWendelstein 7-Xが2015年に初起動した。

米国ではエネルギー省下の複数の国立研究所で要素技術の研究が進められている。

また、より早期の商業化を目指し、下記を例とする、野心的なベンチャー企業も小型核融合炉等の開発に乗り出している。

英国Tokamak Energy社は球状トカマク炉に注力している。

米国Tri Alpha Energy社はゴールドマンサックス等の民間企業の出資で逆転磁場配位型炉の研究開発を進めている。



出所: http://www.mext.go.jp/a_menu/shinkou/iter/019.htm

コスト

実用化時点での経済性を議論し得る段階にはないが、下記の試算例がある。

仏カダラッシュで建設中のITER(トカマク方式) 50万kW

建設費 130億

運転中 3.2億/年

除染段階 2.8億

廃止措置 53億

核融合

ポテンシャル 1基当たりの発電能力は70万kW程度と想定される

今後の課題 主に下記が挙げられる。

連続的に核融合反応を起こし、またそれを一定の空間に閉じ込める技術

高温、高圧、高磁気および高中性子線下で安定した材料の開発

トリチウムの安全な取り扱い技術の確立

エネルギー収支およびコストの削減

また、長期的な技術開発を可能にするためには下記のような取り組みも重要である。

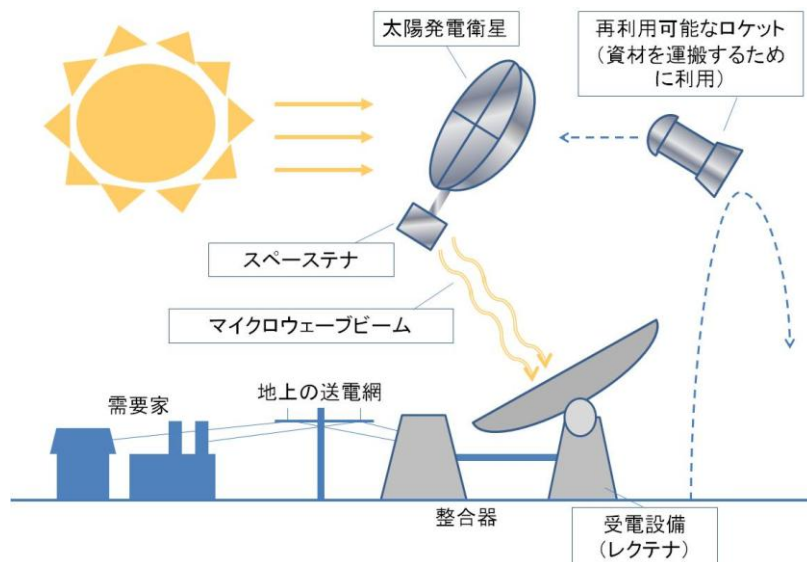
大規模な開発のための資金調達と国際協力体制の構築

商業化に向け民間企業の参画の促進および他エネルギーと比肩するコスト競争力向上

宇宙太陽光発電

技術開発の現状 地上よりも豊富に太陽光の降り注ぐ宇宙空間にて太陽光発電を行い、発電した電気を、マイクロ波等を通じて無線で地球に伝送し地上で利用する技術である。宇宙空間で太陽光発電を行うため、気象条件や昼夜の出力変動を受けないため、ベースロード電源になりうる。現在は研究開発の段階にあり、地上において要素技術の実験が行われている。これまで主に、日米でさまざまな構想が検討されてきた。

なお、現在日本では宇宙航空研究開発機構(JAXA)によりマイクロ波による電力の伝送実験が実施されている。



コスト 建設費: 1兆2,716億円、年間保守運用費: 336億円(コストを¥10/kWh以下に抑えようとした場合)

宇宙太陽光発電

ポテンシャル 1システムあたりの発電能力: 1.3 GW (上記の費用試算の前提)

今後の課題 技術的な課題としては、無線エネルギー転送技術の確立およびマイクロ波等から電気に再転換する際の効率向上や、衛星の姿勢制御が重要である。また、建設にあたって宇宙に資材を運ぶコストを低減する必要がある。これについては、近年再利用ロケットのベンチャー企業を中心に相次いでいる。

短期的に成果を出すのが難しい中、研究開発資金を用意する必要がある。この際、途中の成果のスピノフによる社会貢献も考える必要がある。また、超長期にわたって技術開発をする必要があるため、そのための人材育成も不可欠である。

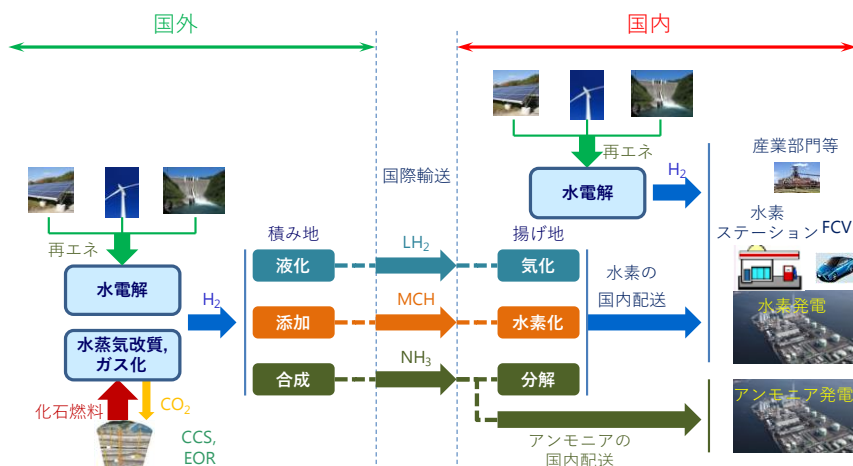
注: コストおよびポテンシャルについては、次の資料を参照。宇宙システム開発利用推進機構「発電電一体型宇宙太陽光発電システム2006モデル研究開発ロードマップ 2016年度改訂版」2017年3月

水素の利活用

技術開発の現状 現在の主な水素の製造技術は、天然ガスの水蒸気改質、石炭のガス化、水の電気分解等である。水素自体の消費はカーボンフリーであるが、水素を化石燃料から製造する場合は、発生するCO₂に対してCCSを実施することが求められる。電気分解では、再生可能エネルギー電力の活用が必要である。また、将来的には原子力(高温ガス炉)での水素製造の可能性もある。

水素の輸送方法(エネルギーキャリア)としては、現在は短距離輸送であるため、圧縮水素とパイプライン(工業地域)が主流であるが、わが国では、国際海上長距離輸送を視野に入れた液化水素と有機ハイドライド(メチルシクロヘキサン)が検討されており、2020年には実証船が稼働する予定である。また、肥料用として既にサプライチェーンが構築されているアンモニアのエネルギーキャリアとしての利用も検討されている。

水素の利用としては、燃料電池や天然ガスと同様にコンバインドサイクル発電の燃料としての利用、産業部門等における燃焼用途、石油精製における脱硫、鉄鋼における水素還元製鉄、天然ガス網への注入なども考えられる。また、アンモニアの場合は、直接燃焼による発電用燃料としての利用も検討されている。



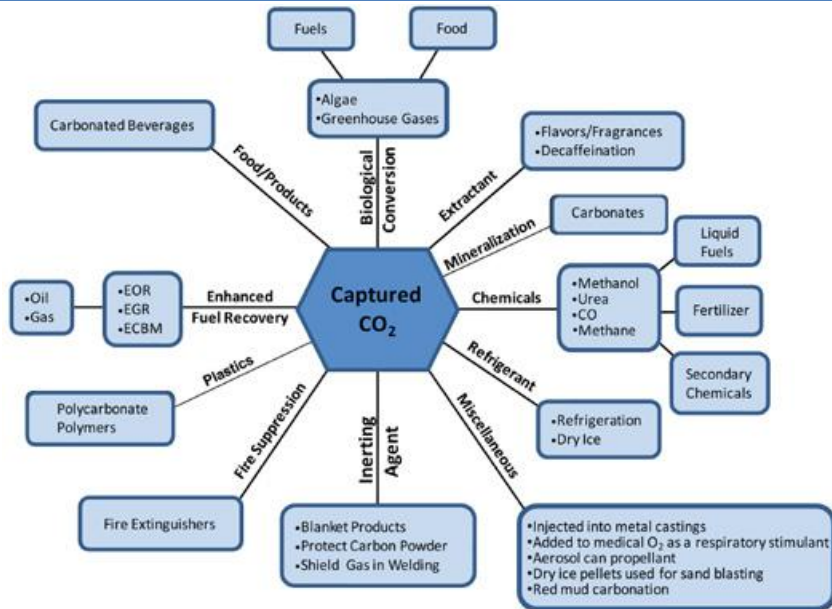
水素の利活用

コスト	水素製造コストは、製造方法や国・地域によって大きく異なるが、IEAの“Technology Roadmap, Hydrogen and Fuel Cells”によると、天然ガス改質の場合は $\$0.1/\text{Nm}^3 \sim \$0.3/\text{Nm}^3$ 、電気分解の場合は $\$0.5/\text{Nm}^3 \sim \$0.6/\text{Nm}^3$ とされている。ただし、天然ガス改質の場合はCCSのコストを追加しなければならない。なお、豪州の褐炭からのCO ₂ フリー水素のわが国への輸入CIF価格が $\yen30/\text{Nm}^3$ という試算もある。
ポテンシャル	水素は多様な資源から製造できることからポテンシャルは膨大である。ただし、化石燃料から製造する場合は、CCSポテンシャル・利用可能性に影響を受ける。ちなみに、豪州の褐炭からCO ₂ フリー水素を製造する場合は、わが国の総発電量の240年分に相当するポテンシャルがあると言われている。その他に、油田からの随伴ガスも期待されている。水素を再生可能エネルギーから製造する場合は、アルゼンチン・パタゴニア地方の風力、カナダや極東ロシアの水力、中東地域の太陽エネルギー等のポテンシャルが有望視されている。また、再生可能エネルギー大量導入における系統安定化対策(Power to Gas)の検討も進む。
今後の課題	水蒸気改質や水電解など水素製造技術は成熟しているがコスト削減が求められる。一方、輸送・貯蔵に関しては、技術検証を通じた効率向上が引き続き必要である。利用に関しても技術実証やコスト削減が必要であるとともに、水素利用を促進するための制度構築が検討課題である。

発生した二酸化炭素を固定、または大気中の二酸化炭素を取り除くもの

CO₂固定化・有効利用

技術開発の現状	CO₂を固定化・有効利用(CCU)する技術として、CO₂を原料にして化学原料等となる炭素化合物を製造する人工光合成技術や、バイオマスを炭化水素燃料や化学品原料、その他の有価物等に転換・利用する技術、環境配慮型コンクリート生産技術等がある。 CO₂の変換プロセスには、触媒変換、鉱物化、電気化学変換、光触媒変換、発酵などがある。 また、CCUによってつくられる製品には、化学中間品、燃料、建材、ポリマーなどがある。 CCUにより、CO₂を固定化できる。また、CCUは、CO₂貯留サイトが限られている地域にとって特に重要である。 現在の人工光合成技術は3段階の化学反応プロセスからなる。第1段階は光触媒による水の水素と酸素への分離、第2段階は水素と酸素との分離、第3段階は有機物を生成するための水素とCO₂との反応であり、エネルギー変換効率の向上が続いている。 CO₂との反応については、メタン、一酸化炭素、ギ酸等が生成されている。
---------	---

CO₂固定化・有効利用

出所: <http://www.netl.doe.gov/research/coal/carbon-storage/research-and-development/co2-utilization>

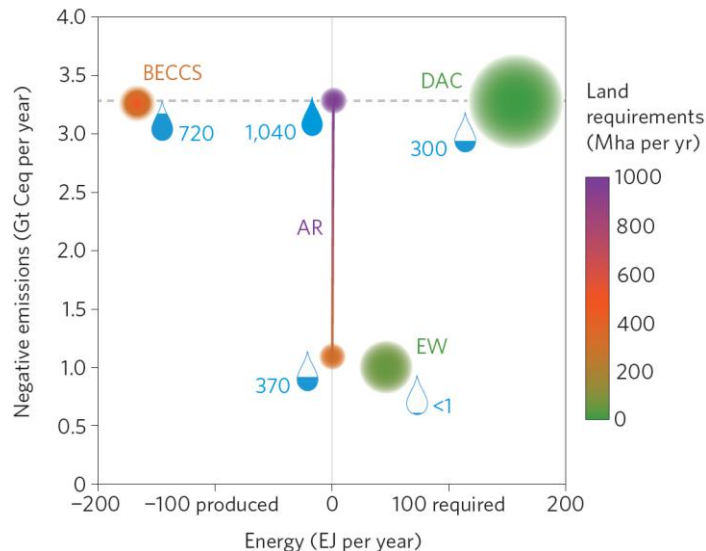
コスト	建材やポリマーは商業化に近い。
ポテンシャル	コンクリート、燃料、骨材、ポリマーおよびメタノールといったCO₂利用製品は、2030年で10億～70億t/年のCO₂を利用するポテンシャルがある。2030年時点で最大で骨材は36億t/年、燃料は21億t/年、コンクリートは14億t/年のポテンシャルがある。 出所: ICEF, Carbon Dioxide Utilization (CO₂U) – ICEF Roadmap 1.0, 2016
今後の課題	固定化・有効利用できる量や効率の格段の向上が課題である。 また、人工光合成の課題として、触媒物質の開発、また、水素は燃えるため、水素と酸素を安全に分離する技術の改善等が挙げられる。 Innovation for Cool Earth Forumでは、CCUの技術ロードマップが2016年に公表され、2017年はその第2版が公表予定である。

CCS付きバイオエネルギー(BECCS)

技術開発の現状	二酸化炭素回収・貯留(CCS)技術をバイオエネルギー変換プロセスに適用するもの(Bioenergy and Carbon Dioxide Capture and Storage, BECCS)。BECCSは、大気からCO₂を吸収できる可能性がある。 生物学的プロセスによる光合成とCCSにより、大気から炭素を吸収。 エネルギー作物の生産性は、短期伐採林(柳・ポプラ)・ススキで4.7～8.6 tC/ha・年。
コスト	\$40/tCO ₂ ～\$100/tCO ₂ (2100年時点のモデル上での価格中央値は\$36/tCO ₂)

CCS付きバイオエネルギー(BECCS)

ポテンシャル 2100年時点で12.1 GtCO₂/年(2100年のCO₂濃度を430~480 ppmにするシナリオにおけるBECCSの導入レベル)



ネガティブエミッション技術の効果・影響

出所: Smith et al., 2015

今後の課題 12.1 GtCO₂/年のネガティブエミッションをもたらすBECCSは、2100年に3.8億~7.0億haの土地を必要とし、その幅は生産性によってはより広くなる。

2000年の世界の農地(牧草地等を含む)は49.6億ha、可耕地・永年作物栽培地(果樹園等)は15.2億haであり、BECCSに用いる土地(3.8億~7.0億ha)は農地の7~25%、可耕地・永年作物栽培地の25~46%になる。この土地需要は、耕作放棄地・不作付地の2~4倍になる。BECCSによる生産地の大規模な利用は、食料等の生産のために利用可能な土地面積に影響を与えると見込まれ、BECCSの実施にとって制約となる。

出所: Smith et al., 2015

(参考)

ジオ・エンジニアリング

技術開発の現状 気候変動の影響を軽減するため、気候システムを故意に変えることを目的とする手法・技術。狭義には、気候システムに吸収される太陽エネルギー量を削減することを目的とする手法(太陽放射管理)、または、気候を変えるのに十分大きな規模で大気からのネットの炭素吸収を増加することも目的とする手法(二酸化炭素除去)を指す。

太陽放射管理は、気候変動を軽減する目的で、地球への短波放射の量を意図的に変更するものを指す。成層圏エアロゾルの人工的な注入などが例。

ジオ・エンジニアリング技術は現状では、仮説的なものであり、将来の気候変動影

ジオ・エンジニアリング

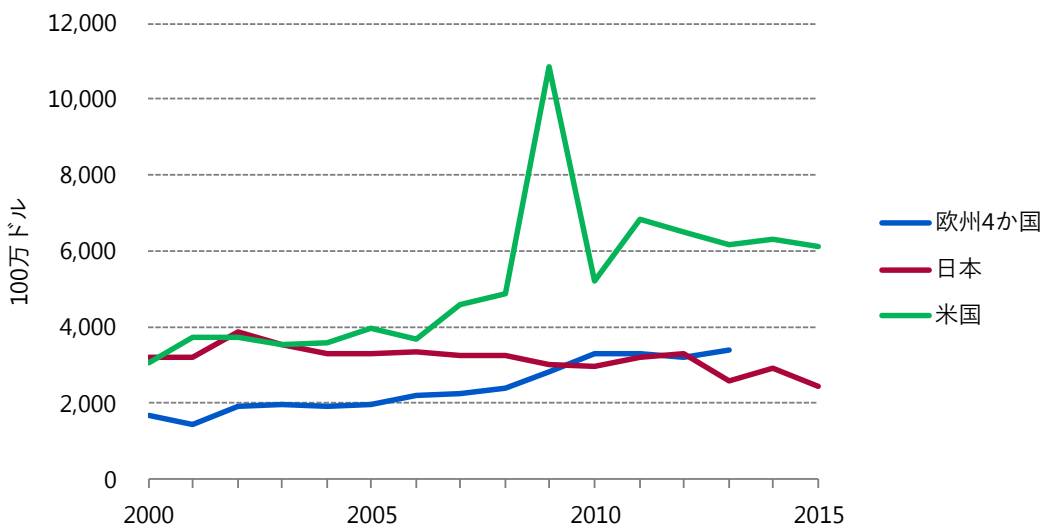
響の回避に実際に寄与するかは不明確である。

コスト	一部の研究では、一定の太陽放射管理技術について、コストが低いことが示唆されている。
ポテンシャル	ジオ・エンジニアリング技術の効果とリスクが現状ではほとんど分かっていないため、二酸化炭素除去や太陽放射管理などのジオ・エンジニアリング技術が排出経路の転換に有益な役割を実際に果たすかは不確実である。
今後の課題	気候システムを利用、または、気候システムに影響を与えること、国境を越えた非意図的な影響がありえることが懸念されている。 太陽放射管理には、次のような課題がある。 ● 温暖化を回避するため、GHG濃度が高い間は、続けて行う必要がある。 ● GHG濃度の上昇により生じる気候変動すべてを完全に逆転できず、特に地域的な差異が大きい。 ● 気候以外の副次効果を伴う可能性があり、硫酸エアロゾル注入により、オゾンレベルを減少させる可能性がある。

研究開発予算の推移と望まれる方向

以上のような、エネルギー技術開発を進めるための予算はどのようになっているか。日米欧のエネルギー技術研究・開発・実証予算額の推移をIEAのエネルギー技術研究・開発・実証データベースから見たのが図6-19である。

図6-19 | 日米欧のエネルギー技術研究・開発・実証予算額の推移

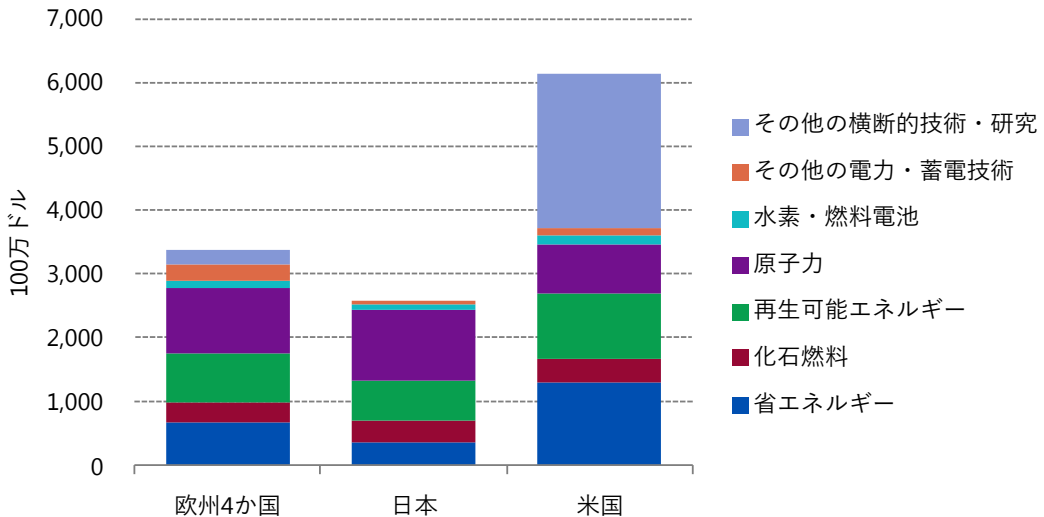


注: 欧州は、フランス、ドイツ、イタリア、英国の4か国の合計。2009年の米国のピークは、米国回復・再投資法による支出

出所: IEA energy technology RD&Dデータベースから作成

2013年のエネルギー技術研究・開発・実証予算額で比較すると、米国が61億ドル、欧州が4か国で34億ドル、日本が26億ドルとなっている。2000年と比べて2013年では、米欧ともに予算額が2倍になっているのに対して、日本は2割減少している。

図6-20 | 日本米欧の技術ごとの予算額(2013年)



注: 欧州はフランス、ドイツ、イタリア、英国の4か国の合計

出所: IEA energy technology RD&Dデータベースから作成

技術ごとの予算額を見ると、日欧は、原子力、再生可能エネルギー、省エネルギーの順になっているのに対して、米国は、横断的技術・研究(基礎研究)、省エネルギー、再生可能エネルギーの順になっており、基礎研究に多くの予算が振り分けられている。2000年から2013年にかけて、米欧では、再生可能エネルギー・省エネルギーに対する予算が増額され、米国では、横断的技術・研究に対する予算が増額された。一方、日本では、原子力に対する予算が減少している。

エネルギー技術研究・開発・実証予算の内訳を見ると、原子力、省エネルギー、再生可能エネルギー、化石燃料など、既存のエネルギー源に関する研究・開発・実証が中心となっており、長期的技術の研究開発に、より取り組んでいく必要がある。

付表

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	ブルネイ
	(ASEAN)	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
北米	その他アジア	ベトナム
		バングラデシュ, 朝鮮民主主義人民共和国, 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アジア
	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, 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	OECDヨーロッパ	フランス
		ドイツ
		イタリア
		英国

	その他OECDヨーロッパ	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, 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
	非OECDヨーロッパ	ロシア
	その他非OECD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, リトアニア, 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
	その他非OECDヨーロッパ	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, マケドニア, マルタ, モンテネグロ, 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, コンゴ民主共和国, コンゴ共和国, コートジボアール, エリトリア, エチオピア, ガボン, ガーナ, ケニヤ, 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	
	イラク	
	クウェート	
	オマーン	
	カタール	
	サウジアラビア	
	アラブ首長国連邦	

	その他中東	バーレーン, イスラエル, ヨルダン, レバノン, シリア, イエメン
オセアニア	オーストラリア	
	ニュージーランド	
国際バンカー		
欧州連合 (EU)	オーストリア, ベルギー, ブルガリア, クロアチア, キプロス, チェコ, デンマーク, エストニア, フィンランド, フランス, ドイツ, ギリシャ, ハンガリー, アイルランド, イタリア, ラトビア, リトアニア, ルクセンブルク, マルタ, オランダ, ポーランド, ポルトガル, ルーマニア, スロバキア, スロベニア, スペイン, スウェーデン, 英国	
OECD	オーストラリア, オーストリア, ベルギー, カナダ, チリ, チェコ, デンマーク, エストニア, フィンランド, フランス, ドイツ, ギリシャ, ハンガリー, アイスランド, アイルランド, イタリア, 日本, 韓国, ラトビア, ルクセンブルク, メキシコ, オランダ, ニュージーランド, 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, 英国, 米国	

(注)原統計・分析の都合上、(1)その他非OECD旧ソビエト連邦は1989年以前のエストニア、ラトビアのエネルギーデータを含む、(2) OECDはイスラエルを含まない。

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(%)		
								1990/20152015/2050		
								1990/2015	レファレンス	技術進展
		1990	2015	2030	2050	2030	2050			
一次エネルギー消費 (Mtoe)	世界	8,774	13,647	16,562	19,789	15,717	17,219	1.8	1.1	0.7
	アジア	2,108	5,459	7,434	9,351	7,078	8,156	3.9	1.5	1.2
	中国	871	2,973	3,695	4,021	3,485	3,416	5.0	0.9	0.4
	インド	306	851	1,585	2,545	1,492	2,158	4.2	3.2	2.7
	日本	439	430	433	391	425	369	-0.1	-0.3	-0.4
石油一次消費 (Mtoe)	世界	3,235	4,334	5,024	5,849	4,625	4,656	1.2	0.9	0.2
	アジア	618	1,330	1,820	2,323	1,720	1,974	3.1	1.6	1.1
	中国	119	534	763	795	722	673	6.2	1.1	0.7
	インド	61	206	377	683	358	582	5.0	3.5	3.0
	日本	250	185	151	115	141	100	-1.2	-1.4	-1.7
天然ガス一次消費 (Mtoe)	世界	1,663	2,944	3,845	5,194	3,584	4,157	2.3	1.6	1.0
	アジア	116	547	965	1,567	906	1,294	6.4	3.1	2.5
	中国	13	159	343	561	333	448	10.6	3.7	3.0
	インド	11	43	124	274	122	235	5.8	5.4	5.0
	日本	44	100	98	98	86	82	3.3	-0.1	-0.6
石炭一次消費 (Mtoe)	世界	2,220	3,836	4,254	4,531	3,606	2,937	2.2	0.5	-0.8
	アジア	785	2,739	3,320	3,754	2,848	2,499	5.1	0.9	-0.3
	中国	528	1,982	2,096	1,935	1,806	1,219	5.4	-0.1	-1.4
	インド	93	379	720	1,143	606	775	5.8	3.2	2.1
	日本	76	117	112	104	103	76	1.7	-0.3	-1.2
発電電力量 (TWh)	世界	11,864	24,255	32,965	44,838	31,482	39,733	2.9	1.8	1.4
	アジア	2,252	10,204	15,895	22,874	15,136	20,032	6.2	2.3	1.9
	中国	621	5,844	8,441	10,763	8,036	9,298	9.4	1.8	1.3
	インド	293	1,383	3,106	5,663	2,904	4,845	6.4	4.1	3.6
	日本	873	1,035	1,136	1,150	1,109	1,091	0.7	0.3	0.1
エネルギー起源	世界	21,205	32,910	38,142	44,107	33,377	29,699	1.8	0.8	-0.3
二酸化炭素排出 (Mt)	アジア	4,918	15,076	19,461	23,706	17,007	15,977	4.6	1.3	0.2
	中国	2,339	9,333	10,721	10,517	9,399	6,939	5.7	0.3	-0.8
	インド	542	2,107	4,040	6,850	3,491	4,699	5.6	3.4	2.3
	日本	1,071	1,147	1,023	884	925	691	0.3	-0.7	-1.4
GDPあたり	世界	232	182	144	103	136	90	-1.0	-1.6	-2.0
一次エネルギー消費 (toe/100万ドル)	アジア	278	244	174	114	166	100	-0.5	-2.2	-2.5
	中国	1,050	334	182	100	172	85	-4.5	-3.4	-3.8
	インド	651	372	258	160	243	136	-2.2	-2.4	-2.8
	日本	94	72	62	47	61	44	-1.1	-1.2	-1.4
1人あたり	世界	1.66	1.86	1.95	2.04	1.85	1.77	0.5	0.3	-0.1
一次エネルギー消費 (toe/人)	アジア	0.72	1.37	1.68	2.01	1.60	1.75	2.6	1.1	0.7
	中国	0.77	2.17	2.61	3.00	2.46	2.55	4.2	0.9	0.5
	インド	0.35	0.65	1.05	1.53	0.98	1.30	2.5	2.5	2.0
	日本	3.55	3.39	3.59	3.62	3.52	3.42	-0.2	0.2	0.0
GDP (2010年価格10億ドル)	世界	37,797	75,059	115,303	191,400	115,303	191,400	2.8	2.7	2.7
	アジア	7,586	22,344	42,637	81,910	42,637	81,910	4.4	3.8	3.8
	中国	830	8,910	20,311	40,328	20,311	40,328	10.0	4.4	4.4
	インド	470	2,288	6,133	15,857	6,133	15,857	6.5	5.7	5.7
	日本	4,683	5,986	6,948	8,329	6,948	8,329	1.0	0.9	0.9
人口 (100万人)	世界	5,277	7,336	8,497	9,710	8,497	9,710	1.3	0.8	0.8
	アジア	2,932	3,993	4,433	4,658	4,433	4,658	1.2	0.4	0.4
	中国	1,135	1,371	1,415	1,340	1,415	1,340	0.8	-0.1	-0.1
	インド	871	1,311	1,515	1,662	1,515	1,662	1.7	0.7	0.7
	日本	124	127	121	108	121	108	0.1	-0.5	-0.5

付表3 | 人口

(100万人)

	1990	2000	2015	2030	2040	2050	年平均変化率(%)				
							1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2040	2040/ 2050	2015/ 2050
世界	5,277 (100)	6,108 (100)	7,336 (100)	8,497 (100)	9,152 (100)	9,710 (100)	1.3	1.0	0.7	0.6	0.8
アジア	2,932 (55.6)	3,407 (55.8)	3,993 (54.4)	4,433 (52.2)	4,595 (50.2)	4,658 (48.0)	1.2	0.7	0.4	0.1	0.4
中国	1,135 (21.5)	1,263 (20.7)	1,371 (18.7)	1,415 (16.6)	1,391 (15.2)	1,340 (13.8)	0.8	0.2	-0.2	-0.4	-0.1
インド	871 (16.5)	1,053 (17.2)	1,311 (17.9)	1,515 (17.8)	1,608 (17.6)	1,662 (17.1)	1.7	1.0	0.6	0.3	0.7
日本	124 (2.3)	127 (2.1)	127 (1.7)	121 (1.4)	114 (1.2)	108 (1.1)	0.1	-0.3	-0.5	-0.6	-0.5
韓国	43 (0.8)	47 (0.8)	51 (0.7)	53 (0.6)	52 (0.6)	50 (0.5)	0.7	0.3	-0.1	-0.4	0.0
台湾	20 (0.4)	22 (0.4)	23 (0.3)	24 (0.3)	24 (0.3)	23 (0.2)	0.6	0.2	-0.1	-0.5	-0.1
ASEAN	430 (8.1)	505 (8.3)	608 (8.3)	696 (8.2)	736 (8.0)	761 (7.8)	1.4	0.9	0.6	0.3	0.6
インドネシア	181 (3.4)	212 (3.5)	258 (3.5)	295 (3.5)	312 (3.4)	322 (3.3)	1.4	0.9	0.6	0.3	0.6
マレーシア	18 (0.3)	23 (0.4)	30 (0.4)	36 (0.4)	39 (0.4)	41 (0.4)	2.1	1.2	0.7	0.5	0.9
ミャンマー	42 (0.8)	48 (0.8)	54 (0.7)	61 (0.7)	63 (0.7)	64 (0.7)	1.0	0.8	0.4	0.1	0.5
フィリピン	62 (1.2)	78 (1.3)	101 (1.4)	124 (1.5)	138 (1.5)	150 (1.5)	2.0	1.4	1.1	0.8	1.1
シンガポール	3 (0.1)	4 (0.1)	6 (0.1)	6 (0.1)	7 (0.1)	7 (0.1)	2.4	0.9	0.3	0.0	0.5
タイ	57 (1.1)	63 (1.0)	68 (0.9)	69 (0.8)	68 (0.7)	65 (0.7)	0.7	0.1	-0.2	-0.4	-0.1
ベトナム	66 (1.3)	78 (1.3)	92 (1.3)	104 (1.2)	109 (1.2)	112 (1.2)	1.3	0.9	0.5	0.3	0.6
アジア(除日本)	2,809 (53.2)	3,281 (53.7)	3,866 (52.7)	4,313 (50.8)	4,481 (49.0)	4,551 (46.9)	1.3	0.7	0.4	0.2	0.5
北米	277 (5.3)	313 (5.1)	357 (4.9)	397 (4.7)	419 (4.6)	436 (4.5)	1.0	0.7	0.5	0.4	0.6
米国	250 (4.7)	282 (4.6)	321 (4.4)	356 (4.2)	376 (4.1)	391 (4.0)	1.0	0.7	0.5	0.4	0.6
中南米	442 (8.4)	522 (8.5)	629 (8.6)	715 (8.4)	754 (8.2)	777 (8.0)	1.4	0.9	0.5	0.3	0.6
OECDヨーロッパ	502 (9.5)	524 (8.6)	566 (7.7)	586 (6.9)	591 (6.5)	589 (6.1)	0.5	0.2	0.1	0.0	0.1
欧州連合	478 (9.1)	488 (8.0)	510 (6.9)	524 (6.2)	526 (5.7)	523 (5.4)	0.3	0.2	0.0	-0.1	0.1
非OECDヨーロッパ	341 (6.5)	339 (5.5)	341 (4.7)	344 (4.1)	341 (3.7)	337 (3.5)	0.0	0.1	-0.1	-0.1	0.0
アフリカ	631 (12.0)	813 (13.3)	1,185 (16.2)	1,691 (19.9)	2,085 (22.8)	2,509 (25.8)	2.6	2.4	2.1	1.9	2.2
中東	132 (2.5)	168 (2.7)	235 (3.2)	297 (3.5)	332 (3.6)	364 (3.7)	2.3	1.6	1.1	0.9	1.3
オセアニア	20 (0.4)	23 (0.4)	28 (0.4)	33 (0.4)	36 (0.4)	39 (0.4)	1.3	1.1	0.8	0.7	0.9
OECD	1,065 (20.2)	1,151 (18.8)	1,275 (17.4)	1,358 (16.0)	1,392 (15.2)	1,409 (14.5)	0.7	0.4	0.2	0.1	0.3
非OECD	4,213 (79.8)	4,957 (81.2)	6,062 (82.6)	7,139 (84.0)	7,760 (84.8)	8,301 (85.5)	1.5	1.1	0.8	0.7	0.9

(出所)国際連合 "World Population Prospects: The 2017 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	2000	2015	2030	2040	2050	年平均変化率(%)				
							1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2040	2040/ 2050	2015/ 2050
世界	37,797 (100)	49,825 (100)	75,059 (100)	115,303 (100)	152,089 (100)	191,400 (100)	2.8	2.9	2.8	2.3	2.7
アジア	7,586 (20.1)	11,047 (22.2)	22,344 (29.8)	42,637 (37.0)	61,674 (40.6)	81,910 (42.8)	4.4	4.4	3.8	2.9	3.8
中国	830 (2.2)	2,237 (4.5)	8,910 (11.9)	20,311 (17.6)	30,759 (20.2)	40,328 (21.1)	10.0	5.6	4.2	2.7	4.4
インド	470 (1.2)	809 (1.6)	2,288 (3.0)	6,133 (5.3)	10,236 (6.7)	15,857 (8.3)	6.5	6.8	5.3	4.5	5.7
日本	4,683 (12.4)	5,349 (10.7)	5,986 (8.0)	6,948 (6.0)	7,705 (5.1)	8,329 (4.4)	1.0	1.0	1.0	0.8	0.9
韓国	377 (1.0)	710 (1.4)	1,267 (1.7)	1,877 (1.6)	2,284 (1.5)	2,633 (1.4)	5.0	2.7	2.0	1.4	2.1
台湾	162 (0.4)	309 (0.6)	527 (0.7)	715 (0.6)	851 (0.6)	975 (0.5)	4.8	2.1	1.8	1.4	1.8
ASEAN	741 (2.0)	1,180 (2.4)	2,490 (3.3)	4,955 (4.3)	7,383 (4.9)	10,390 (5.4)	5.0	4.7	4.1	3.5	4.2
インドネシア	310 (0.8)	453 (0.9)	988 (1.3)	2,124 (1.8)	3,329 (2.2)	4,819 (2.5)	4.7	5.2	4.6	3.8	4.6
マレーシア	82 (0.2)	163 (0.3)	330 (0.4)	629 (0.5)	895 (0.6)	1,205 (0.6)	5.7	4.4	3.6	3.0	3.8
ミャンマー	7 (0.0)	13 (0.0)	59 (0.1)	153 (0.1)	252 (0.2)	384 (0.2)	9.1	6.5	5.1	4.3	5.5
フィリピン	95 (0.3)	125 (0.3)	266 (0.4)	609 (0.5)	901 (0.6)	1,286 (0.7)	4.2	5.7	4.0	3.6	4.6
シンガポール	68 (0.2)	134 (0.3)	287 (0.4)	407 (0.4)	487 (0.3)	547 (0.3)	6.0	2.4	1.8	1.2	1.9
タイ	142 (0.4)	218 (0.4)	392 (0.5)	642 (0.6)	884 (0.6)	1,157 (0.6)	4.2	3.3	3.2	2.7	3.1
ベトナム	29 (0.1)	61 (0.1)	155 (0.2)	367 (0.3)	607 (0.4)	957 (0.5)	6.9	5.9	5.2	4.7	5.3
アジア(除日本)	2,903 (7.7)	5,698 (11.4)	16,358 (21.8)	35,689 (31.0)	53,969 (35.5)	73,581 (38.4)	7.2	5.3	4.2	3.1	4.4
北米	10,078 (26.7)	14,056 (28.2)	18,394 (24.5)	25,027 (21.7)	30,559 (20.1)	36,274 (19.0)	2.4	2.1	2.0	1.7	2.0
米国	9,064 (24.0)	12,713 (25.5)	16,597 (22.1)	22,629 (19.6)	27,677 (18.2)	32,902 (17.2)	2.4	2.1	2.0	1.7	2.0
中南米	2,779 (7.4)	3,767 (7.6)	5,779 (7.7)	8,545 (7.4)	11,704 (7.7)	14,903 (7.8)	3.0	2.6	3.2	2.4	2.7
OECDヨーロッパ	12,666 (33.5)	15,889 (31.9)	19,517 (26.0)	24,815 (21.5)	28,286 (18.6)	31,565 (16.5)	1.7	1.6	1.3	1.1	1.4
欧州連合	11,888 (31.5)	14,768 (29.6)	17,885 (23.8)	22,762 (19.7)	26,005 (17.1)	29,079 (15.2)	1.6	1.6	1.3	1.1	1.4
非OECDヨーロッパ	2,142 (5.7)	1,496 (3.0)	2,658 (3.5)	3,862 (3.3)	5,106 (3.4)	6,671 (3.5)	0.9	2.5	2.8	2.7	2.7
アフリカ	876 (2.3)	1,145 (2.3)	2,261 (3.0)	4,224 (3.7)	6,841 (4.5)	10,197 (5.3)	3.9	4.3	4.9	4.1	4.4
中東	949 (2.5)	1,430 (2.9)	2,582 (3.4)	4,001 (3.5)	5,302 (3.5)	6,834 (3.6)	4.1	3.0	2.9	2.6	2.8
オセアニア	721 (1.9)	995 (2.0)	1,524 (2.0)	2,192 (1.9)	2,619 (1.7)	3,045 (1.6)	3.0	2.5	1.8	1.5	2.0
OECD	29,226 (77.3)	38,029 (76.3)	48,159 (64.2)	63,177 (54.8)	74,658 (49.1)	85,986 (44.9)	2.0	1.8	1.7	1.4	1.7
非OECD	8,572 (22.7)	11,796 (23.7)	26,900 (35.8)	52,126 (45.2)	77,431 (50.9)	105,413 (55.1)	4.7	4.5	4.0	3.1	4.0

(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)

	1990	2000	2015	2030	2040	2050	年平均変化率(%)				
							1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2040	2040/ 2050	2015/ 2050
世界	7.2	8.2	10.2	13.6	16.6	19.7	1.4	1.9	2.0	1.7	1.9
アジア	2.6	3.2	5.6	9.6	13.4	17.6	3.1	3.7	3.4	2.7	3.3
中国	0.7	1.8	6.5	14.4	22.1	30.1	9.1	5.4	4.4	3.1	4.5
インド	0.5	0.8	1.7	4.0	6.4	9.5	4.8	5.8	4.6	4.1	5.0
日本	37.9	42.2	47.2	57.6	67.4	77.2	0.9	1.3	1.6	1.4	1.4
韓国	8.8	15.1	25.0	35.6	43.6	52.2	4.3	2.4	2.0	1.8	2.1
台湾	7.9	13.9	22.4	29.6	35.7	42.8	4.2	1.9	1.9	1.8	1.9
ASEAN	1.7	2.3	4.1	7.1	10.0	13.7	3.5	3.8	3.5	3.1	3.5
インドネシア	1.7	2.1	3.8	7.2	10.7	15.0	3.3	4.3	4.0	3.5	4.0
マレーシア	4.5	6.9	10.9	17.3	22.8	29.3	3.6	3.1	2.8	2.5	2.9
ミャンマー	0.2	0.3	1.1	2.5	4.0	6.0	8.0	5.7	4.7	4.2	5.0
フィリピン	1.5	1.6	2.6	4.9	6.5	8.6	2.2	4.2	2.9	2.8	3.4
シンガポール	22.2	33.4	51.9	64.1	74.2	83.3	3.5	1.4	1.5	1.2	1.4
タイ	2.5	3.5	5.8	9.3	13.1	17.9	3.4	3.2	3.4	3.2	3.3
ベトナム	0.4	0.8	1.7	3.5	5.6	8.5	5.5	5.0	4.7	4.3	4.7
アジア(除日本)	1.0	1.7	4.2	8.3	12.0	16.2	5.8	4.6	3.8	3.0	3.9
北米	36.3	44.9	51.5	63.1	73.0	83.2	1.4	1.4	1.5	1.3	1.4
米国	36.3	45.1	51.6	63.5	73.6	84.1	1.4	1.4	1.5	1.3	1.4
中南米	6.3	7.2	9.2	11.9	15.5	19.2	1.5	1.8	2.7	2.1	2.1
OECDヨーロッパ	25.2	30.4	34.5	42.3	47.9	53.6	1.3	1.4	1.2	1.1	1.3
欧州連合	24.9	30.3	35.1	43.5	49.4	55.6	1.4	1.4	1.3	1.2	1.3
非OECDヨーロッパ	6.3	4.4	7.8	11.2	15.0	19.8	0.9	2.5	2.9	2.8	2.7
アフリカ	1.4	1.4	1.9	2.5	3.3	4.1	1.3	1.8	2.8	2.2	2.2
中東	7.2	8.5	11.0	13.5	16.0	18.8	1.7	1.4	1.7	1.6	1.5
オセアニア	35.4	43.3	53.7	65.6	72.3	78.4	1.7	1.3	1.0	0.8	1.1
OECD	27.5	33.0	37.8	46.5	53.6	61.0	1.3	1.4	1.4	1.3	1.4
非OECD	2.0	2.4	4.4	7.3	10.0	12.7	3.2	3.4	3.2	2.4	3.0

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

付表6 | 国際エネルギー価格

実質価格							年平均変化率(%)				
							2016/ 2020	2020/ 2030	2030/ 2040	2040/ 2050	2016/ 2050
原油	\$2016/bbl	44	70	95	115	125	12.3	3.1	1.9	0.8	3.1
天然ガス											
日本	\$2016/MBtu	6.9	9.0	10.9	12.4	12.6	6.7	2.0	1.3	0.2	1.8
ヨーロッパ(英国)	\$2016/MBtu	4.7	7.1	8.3	9.3	9.5	10.9	1.5	1.2	0.3	2.1
米国	\$2016/MBtu	2.5	3.8	4.5	5.5	6.0	11.0	1.7	2.0	0.9	2.6
一般炭	\$2016/t	73	83	100	121	132	3.1	1.9	1.9	0.8	1.7

名目価格							年平均変化率(%)				
							2016/ 2020	2020/ 2030	2030/ 2040	2040/ 2050	2016/ 2050
原油	\$/bbl	44	76	125	185	245	14.6	5.2	4.0	2.9	5.2
天然ガス											
日本	\$/MBtu	6.9	9.7	14.4	19.9	24.7	8.9	4.0	3.3	2.2	3.8
ヨーロッパ(英国)	\$/MBtu	4.7	7.7	10.9	14.9	18.6	13.1	3.5	3.2	2.3	4.1
米国	\$/MBtu	2.5	4.1	5.9	8.8	11.8	13.3	3.7	4.1	2.9	4.7
一般炭	\$/t	73	89	132	195	258	5.2	4.0	4.0	2.9	3.8

(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	2000	2015	2030	2040	2050	年平均変化率(%)				
							1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2040	2040/ 2050	2015/ 2050
世界	8,774 (100)	10,028 (100)	13,647 (100)	16,562 (100)	18,374 (100)	19,789 (100)	1.8	1.3	1.0	0.7	1.1
アジア	2,108 (24.0)	2,887 (28.8)	5,459 (40.0)	7,434 (44.9)	8,548 (46.5)	9,351 (47.3)	3.9	2.1	1.4	0.9	1.5
中国	871 (9.9)	1,130 (11.3)	2,973 (21.8)	3,695 (22.3)	4,005 (21.8)	4,021 (20.3)	5.0	1.5	0.8	0.0	0.9
インド	306 (3.5)	441 (4.4)	851 (6.2)	1,585 (9.6)	2,061 (11.2)	2,545 (12.9)	4.2	4.2	2.7	2.1	3.2
日本	439 (5.0)	518 (5.2)	430 (3.1)	433 (2.6)	414 (2.3)	391 (2.0)	-0.1	0.0	-0.4	-0.6	-0.3
韓国	93 (1.1)	188 (1.9)	273 (2.0)	292 (1.8)	283 (1.5)	263 (1.3)	4.4	0.5	-0.3	-0.7	-0.1
台湾	48 (0.5)	85 (0.8)	109 (0.8)	110 (0.7)	109 (0.6)	103 (0.5)	3.3	0.1	-0.2	-0.5	-0.1
ASEAN	233 (2.7)	379 (3.8)	621 (4.5)	982 (5.9)	1,259 (6.9)	1,544 (7.8)	4.0	3.1	2.5	2.1	2.6
インドネシア	99 (1.1)	156 (1.6)	225 (1.7)	394 (2.4)	511 (2.8)	619 (3.1)	3.4	3.8	2.7	1.9	2.9
マレーシア	22 (0.2)	49 (0.5)	86 (0.6)	120 (0.7)	142 (0.8)	158 (0.8)	5.6	2.3	1.7	1.1	1.8
ミャンマー	11 (0.1)	13 (0.1)	20 (0.1)	35 (0.2)	50 (0.3)	69 (0.3)	2.5	3.9	3.6	3.3	3.6
フィリピン	29 (0.3)	40 (0.4)	52 (0.4)	97 (0.6)	132 (0.7)	175 (0.9)	2.4	4.3	3.0	2.9	3.5
シンガポール	12 (0.1)	19 (0.2)	26 (0.2)	30 (0.2)	33 (0.2)	34 (0.2)	3.2	1.2	0.8	0.4	0.8
タイ	42 (0.5)	72 (0.7)	135 (1.0)	174 (1.1)	210 (1.1)	245 (1.2)	4.8	1.7	1.9	1.6	1.7
ベトナム	18 (0.2)	29 (0.3)	74 (0.5)	128 (0.8)	178 (1.0)	240 (1.2)	5.8	3.7	3.3	3.0	3.4
アジア(除日本)	1,669 (19.0)	2,369 (23.6)	5,029 (36.8)	7,001 (42.3)	8,134 (44.3)	8,960 (45.3)	4.5	2.2	1.5	1.0	1.7
北米	2,126 (24.2)	2,527 (25.2)	2,458 (18.0)	2,420 (14.6)	2,382 (13.0)	2,312 (11.7)	0.6	-0.1	-0.2	-0.3	-0.2
米国	1,915 (21.8)	2,273 (22.7)	2,188 (16.0)	2,154 (13.0)	2,116 (11.5)	2,049 (10.4)	0.5	-0.1	-0.2	-0.3	-0.2
中南米	465 (5.3)	600 (6.0)	851 (6.2)	1,092 (6.6)	1,264 (6.9)	1,378 (7.0)	2.5	1.7	1.5	0.9	1.4
OECDヨーロッパ	1,629 (18.6)	1,752 (17.5)	1,706 (12.5)	1,658 (10.0)	1,606 (8.7)	1,561 (7.9)	0.2	-0.2	-0.3	-0.3	-0.3
欧州連合	1,647 (18.8)	1,695 (16.9)	1,586 (11.6)	1,545 (9.3)	1,499 (8.2)	1,458 (7.4)	-0.1	-0.2	-0.3	-0.3	-0.2
非OECDヨーロッパ	1,530 (17.4)	1,000 (10.0)	1,106 (8.1)	1,216 (7.3)	1,322 (7.2)	1,451 (7.3)	-1.3	0.6	0.8	0.9	0.8
アフリカ	393 (4.5)	496 (4.9)	788 (5.8)	1,086 (6.6)	1,349 (7.3)	1,635 (8.3)	2.8	2.2	2.2	1.9	2.1
中東	223 (2.5)	372 (3.7)	752 (5.5)	993 (6.0)	1,153 (6.3)	1,291 (6.5)	5.0	1.9	1.5	1.1	1.6
オセアニア	99 (1.1)	120 (1.2)	146 (1.1)	153 (0.9)	152 (0.8)	150 (0.8)	1.6	0.3	-0.1	-0.1	0.1
OECD	4,524 (51.6)	5,281 (52.7)	5,236 (38.4)	5,240 (31.6)	5,162 (28.1)	5,032 (25.4)	0.6	0.0	-0.1	-0.3	-0.1
非OECD	4,048 (46.1)	4,472 (44.6)	8,029 (58.8)	10,812 (65.3)	12,613 (68.6)	14,096 (71.2)	2.8	2.0	1.6	1.1	1.6

(出所) IEA "World Energy Balances"

見通しは日本エネルギー経済研究所

(注)カッコ内は対世界比(%). 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	2000	2015	2030	2040	2050	年平均変化率(%)				
							1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2040	2040/ 2050	2015/ 2050
世界	2,220 (100)	2,311 (100)	3,836 (100)	4,254 (100)	4,486 (100)	4,531 (100)	2.2	0.7	0.5	0.1	0.5
アジア	785 (35.4)	1,037 (44.9)	2,739 (71.4)	3,320 (78.0)	3,632 (81.0)	3,754 (82.9)	5.1	1.3	0.9	0.3	0.9
中国	528 (23.8)	665 (28.8)	1,982 (51.7)	2,096 (49.3)	2,109 (47.0)	1,935 (42.7)	5.4	0.4	0.1	-0.9	-0.1
インド	93 (4.2)	146 (6.3)	379 (9.9)	720 (16.9)	932 (20.8)	1,143 (25.2)	5.8	4.4	2.6	2.1	3.2
日本	76 (3.4)	97 (4.2)	117 (3.1)	112 (2.6)	110 (2.5)	104 (2.3)	1.7	-0.3	-0.1	-0.6	-0.3
韓国	25 (1.1)	42 (1.8)	81 (2.1)	92 (2.2)	91 (2.0)	82 (1.8)	4.7	0.9	-0.1	-1.0	0.0
台湾	11 (0.5)	30 (1.3)	40 (1.0)	42 (1.0)	39 (0.9)	33 (0.7)	5.1	0.4	-0.9	-1.5	-0.5
ASEAN	13 (0.6)	32 (1.4)	114 (3.0)	217 (5.1)	300 (6.7)	398 (8.8)	9.2	4.4	3.3	2.9	3.6
インドネシア	4 (0.2)	12 (0.5)	41 (1.1)	87 (2.0)	123 (2.7)	161 (3.6)	10.3	5.1	3.6	2.8	4.0
マレーシア	1 (0.1)	2 (0.1)	18 (0.5)	31 (0.7)	38 (0.8)	47 (1.0)	10.8	4.0	1.9	2.3	2.9
ミャンマー	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	3 (0.1)	5 (0.1)	9 (0.2)	7.9	13.4	6.2	5.3	9.0
フィリピン	2 (0.1)	5 (0.2)	13 (0.3)	25 (0.6)	36 (0.8)	49 (1.1)	8.8	4.7	3.4	3.2	3.9
シンガポール	0 (0.0)	- (-)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	12.5	0.1	0.0	-0.5	-0.1
タイ	4 (0.2)	8 (0.3)	17 (0.4)	24 (0.6)	30 (0.7)	34 (0.8)	6.1	2.4	2.2	1.3	2.0
ベトナム	2 (0.1)	4 (0.2)	25 (0.7)	47 (1.1)	68 (1.5)	97 (2.1)	10.2	4.3	3.9	3.6	4.0
アジア(除日本)	708 (31.9)	939 (40.7)	2,622 (68.3)	3,208 (75.4)	3,521 (78.5)	3,650 (80.6)	5.4	1.4	0.9	0.4	1.0
北米	485 (21.8)	565 (24.5)	393 (10.2)	289 (6.8)	230 (5.1)	168 (3.7)	-0.8	-2.0	-2.3	-3.1	-2.4
米国	460 (20.7)	534 (23.1)	374 (9.8)	278 (6.5)	221 (4.9)	162 (3.6)	-0.8	-2.0	-2.3	-3.1	-2.4
中南米	21 (1.0)	27 (1.2)	47 (1.2)	59 (1.4)	68 (1.5)	72 (1.6)	3.3	1.4	1.6	0.6	1.2
OECDヨーロッパ	449 (20.2)	331 (14.3)	285 (7.4)	226 (5.3)	186 (4.1)	154 (3.4)	-1.8	-1.5	-1.9	-1.9	-1.7
欧州連合	455 (20.5)	321 (13.9)	263 (6.9)	210 (4.9)	173 (3.9)	144 (3.2)	-2.2	-1.5	-1.9	-1.8	-1.7
非OECDヨーロッパ	367 (16.5)	209 (9.0)	211 (5.5)	185 (4.3)	183 (4.1)	183 (4.0)	-2.2	-0.9	-0.1	0.0	-0.4
アフリカ	74 (3.3)	90 (3.9)	107 (2.8)	122 (2.9)	134 (3.0)	150 (3.3)	1.5	0.8	1.0	1.1	1.0
中東	3 (0.1)	8 (0.3)	10 (0.3)	16 (0.4)	18 (0.4)	19 (0.4)	4.9	3.3	1.2	0.8	2.0
オセアニア	36 (1.6)	44 (1.9)	44 (1.2)	39 (0.9)	34 (0.8)	31 (0.7)	0.8	-0.9	-1.2	-1.1	-1.0
OECD	1,079 (48.6)	1,089 (47.1)	941 (24.5)	786 (18.5)	685 (15.3)	575 (12.7)	-0.5	-1.2	-1.4	-1.7	-1.4
非OECD	1,141 (51.4)	1,222 (52.9)	2,895 (75.5)	3,468 (81.5)	3,801 (84.7)	3,956 (87.3)	3.8	1.2	0.9	0.4	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(%). 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	2000	2015	2030	2040	2050	年平均変化率(%)				
							1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2040	2040/ 2050	2015/ 2050
世界	3,235 (100)	3,660 (100)	4,334 (100)	5,024 (100)	5,471 (100)	5,849 (100)	1.2	1.0	0.9	0.7	0.9
アジア	618 (19.1)	916 (25.0)	1,330 (30.7)	1,820 (36.2)	2,089 (38.2)	2,323 (39.7)	3.1	2.1	1.4	1.1	1.6
中国	119 (3.7)	221 (6.0)	534 (12.3)	763 (15.2)	809 (14.8)	795 (13.6)	6.2	2.4	0.6	-0.2	1.1
インド	61 (1.9)	112 (3.1)	206 (4.8)	377 (7.5)	521 (9.5)	683 (11.7)	5.0	4.1	3.3	2.7	3.5
日本	250 (7.7)	255 (7.0)	185 (4.3)	151 (3.0)	133 (2.4)	115 (2.0)	-1.2	-1.3	-1.3	-1.4	-1.4
韓国	50 (1.5)	99 (2.7)	103 (2.4)	105 (2.1)	99 (1.8)	91 (1.6)	2.9	0.1	-0.5	-0.9	-0.3
台湾	26 (0.8)	38 (1.0)	42 (1.0)	42 (0.8)	40 (0.7)	37 (0.6)	2.0	-0.1	-0.4	-0.7	-0.4
ASEAN	89 (2.7)	153 (4.2)	210 (4.9)	305 (6.1)	394 (7.2)	493 (8.4)	3.5	2.5	2.6	2.3	2.5
インドネシア	33 (1.0)	58 (1.6)	71 (1.6)	107 (2.1)	142 (2.6)	176 (3.0)	3.1	2.8	2.8	2.2	2.6
マレーシア	11 (0.4)	19 (0.5)	28 (0.6)	34 (0.7)	37 (0.7)	40 (0.7)	3.6	1.4	1.0	0.7	1.1
ミャンマー	1 (0.0)	2 (0.1)	5 (0.1)	15 (0.3)	24 (0.4)	36 (0.6)	8.4	7.1	4.7	4.2	5.6
フィリピン	11 (0.3)	16 (0.4)	18 (0.4)	34 (0.7)	49 (0.9)	68 (1.2)	2.0	4.4	3.7	3.4	3.9
シンガポール	11 (0.4)	17 (0.5)	15 (0.4)	18 (0.4)	20 (0.4)	21 (0.4)	1.2	1.1	0.9	0.6	0.9
タイ	18 (0.6)	32 (0.9)	54 (1.2)	64 (1.3)	75 (1.4)	87 (1.5)	4.5	1.1	1.7	1.4	1.4
ベトナム	3 (0.1)	8 (0.2)	19 (0.4)	32 (0.6)	46 (0.8)	64 (1.1)	8.1	3.6	3.5	3.4	3.5
アジア(除日本)	368 (11.4)	661 (18.1)	1,145 (26.4)	1,669 (33.2)	1,956 (35.8)	2,208 (37.7)	4.6	2.5	1.6	1.2	1.9
北米	833 (25.8)	958 (26.2)	888 (20.5)	805 (16.0)	751 (13.7)	695 (11.9)	0.3	-0.7	-0.7	-0.8	-0.7
米国	757 (23.4)	871 (23.8)	794 (18.3)	717 (14.3)	670 (12.3)	622 (10.6)	0.2	-0.7	-0.7	-0.8	-0.7
中南米	238 (7.4)	303 (8.3)	377 (8.7)	449 (8.9)	487 (8.9)	491 (8.4)	1.9	1.2	0.8	0.1	0.8
OECDヨーロッパ	611 (18.9)	653 (17.8)	554 (12.8)	484 (9.6)	433 (7.9)	387 (6.6)	-0.4	-0.9	-1.1	-1.1	-1.0
欧州連合	608 (18.8)	625 (17.1)	516 (11.9)	450 (9.0)	401 (7.3)	357 (6.1)	-0.7	-0.9	-1.1	-1.2	-1.0
非OECDヨーロッパ	465 (14.4)	201 (5.5)	238 (5.5)	247 (4.9)	271 (5.0)	301 (5.1)	-2.6	0.3	0.9	1.1	0.7
アフリカ	86 (2.7)	97 (2.7)	176 (4.1)	252 (5.0)	340 (6.2)	458 (7.8)	2.9	2.4	3.1	3.0	2.8
中東	146 (4.5)	217 (5.9)	341 (7.9)	422 (8.4)	485 (8.9)	536 (9.2)	3.4	1.4	1.4	1.0	1.3
オセアニア	35 (1.1)	40 (1.1)	49 (1.1)	48 (1.0)	46 (0.8)	44 (0.7)	1.4	0.0	-0.5	-0.6	-0.3
OECD	1,867 (57.7)	2,105 (57.5)	1,885 (43.5)	1,714 (34.1)	1,588 (29.0)	1,455 (24.9)	0.0	-0.6	-0.8	-0.9	-0.7
非OECD	1,166 (36.0)	1,281 (35.0)	2,068 (47.7)	2,815 (56.0)	3,315 (60.6)	3,780 (64.6)	2.3	2.1	1.6	1.3	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	2000	2015	2030	2040	2050	年平均変化率(%)				
							1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2040	2040/ 2050	2015/ 2050
世界	1,663 (100)	2,071 (100)	2,944 (100)	3,845 (100)	4,550 (100)	5,194 (100)	2.3	1.8	1.7	1.3	1.6
アジア	116 (7.0)	232 (11.2)	547 (18.6)	965 (25.1)	1,285 (28.2)	1,567 (30.2)	6.4	3.9	2.9	2.0	3.1
中国	13 (0.8)	21 (1.0)	159 (5.4)	343 (8.9)	468 (10.3)	561 (10.8)	10.6	5.3	3.2	1.8	3.7
インド	11 (0.6)	23 (1.1)	43 (1.5)	124 (3.2)	195 (4.3)	274 (5.3)	5.8	7.3	4.6	3.5	5.4
日本	44 (2.7)	66 (3.2)	100 (3.4)	98 (2.6)	100 (2.2)	98 (1.9)	3.3	-0.1	0.2	-0.2	-0.1
韓国	3 (0.2)	17 (0.8)	39 (1.3)	56 (1.4)	64 (1.4)	68 (1.3)	11.3	2.3	1.4	0.6	1.6
台湾	1 (0.1)	6 (0.3)	15 (0.5)	22 (0.6)	25 (0.5)	27 (0.5)	9.9	2.7	1.3	0.9	1.7
ASEAN	30 (1.8)	74 (3.6)	140 (4.8)	216 (5.6)	280 (6.2)	344 (6.6)	6.3	2.9	2.7	2.1	2.6
インドネシア	16 (1.0)	27 (1.3)	38 (1.3)	72 (1.9)	101 (2.2)	131 (2.5)	3.6	4.4	3.4	2.6	3.6
マレーシア	7 (0.4)	25 (1.2)	38 (1.3)	50 (1.3)	57 (1.3)	61 (1.2)	7.1	1.9	1.4	0.6	1.4
ミャンマー	1 (0.0)	1 (0.1)	3 (0.1)	5 (0.1)	7 (0.2)	10 (0.2)	5.7	3.0	4.4	3.4	3.5
フィリピン	- (-)	0 (0.0)	3 (0.1)	9 (0.2)	15 (0.3)	24 (0.5)	-	7.6	5.4	4.8	6.2
シンガポール	- (-)	1 (0.1)	9 (0.3)	11 (0.3)	11 (0.2)	11 (0.2)	-	1.0	0.4	0.0	0.6
タイ	5 (0.3)	17 (0.8)	38 (1.3)	49 (1.3)	59 (1.3)	67 (1.3)	8.4	1.7	1.9	1.3	1.6
ベトナム	0 (0.0)	1 (0.1)	10 (0.3)	18 (0.5)	27 (0.6)	38 (0.7)	38.6	4.4	4.0	3.3	4.0
アジア(除日本)	72 (4.3)	167 (8.0)	446 (15.2)	866 (22.5)	1,185 (26.0)	1,469 (28.3)	7.6	4.5	3.2	2.2	3.5
北米	493 (29.6)	622 (30.0)	733 (24.9)	819 (21.3)	877 (19.3)	905 (17.4)	1.6	0.7	0.7	0.3	0.6
米国	438 (26.3)	548 (26.4)	646 (22.0)	724 (18.8)	772 (17.0)	794 (15.3)	1.6	0.8	0.7	0.3	0.6
中南米	72 (4.3)	119 (5.7)	207 (7.0)	281 (7.3)	364 (8.0)	437 (8.4)	4.3	2.1	2.6	1.8	2.2
OECDヨーロッパ	262 (15.8)	394 (19.0)	389 (13.2)	425 (11.0)	431 (9.5)	426 (8.2)	1.6	0.6	0.1	-0.1	0.3
欧州連合	297 (17.9)	396 (19.1)	358 (12.1)	393 (10.2)	400 (8.8)	397 (7.6)	0.7	0.6	0.2	-0.1	0.3
非OECDヨーロッパ	600 (36.1)	487 (23.5)	526 (17.9)	598 (15.6)	676 (14.8)	751 (14.5)	-0.5	0.9	1.2	1.1	1.0
アフリカ	30 (1.8)	47 (2.3)	108 (3.7)	183 (4.8)	253 (5.6)	359 (6.9)	5.3	3.6	3.3	3.5	3.5
中東	72 (4.3)	145 (7.0)	397 (13.5)	523 (13.6)	602 (13.2)	677 (13.0)	7.1	1.9	1.4	1.2	1.5
オセアニア	19 (1.1)	24 (1.2)	36 (1.2)	42 (1.1)	44 (1.0)	45 (0.9)	2.7	1.0	0.4	0.2	0.6
OECD	845 (50.8)	1,164 (56.2)	1,367 (46.4)	1,531 (39.8)	1,628 (35.8)	1,674 (32.2)	1.9	0.8	0.6	0.3	0.6
非OECD	818 (49.2)	908 (43.8)	1,577 (53.6)	2,305 (59.9)	2,905 (63.8)	3,493 (67.2)	2.7	2.6	2.3	1.9	2.3

(出所) IEA "World Energy Balances"

見通しは日本エネルギー経済研究所

(注)カッコ内は対世界比(%). 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	2000	2015	2030	2040	2050	年平均変化率(%)				
							1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2040	2040/ 2050	2015/ 2050
世界	6,268 (100)	7,036 (100)	9,384 (100)	11,346 (100)	12,617 (100)	13,675 (100)	1.6	1.3	1.1	0.8	1.1
アジア	1,551 (24.7)	1,990 (28.3)	3,617 (38.5)	4,838 (42.6)	5,560 (44.1)	6,140 (44.9)	3.4	2.0	1.4	1.0	1.5
中国	654 (10.4)	781 (11.1)	1,906 (20.3)	2,346 (20.7)	2,532 (20.1)	2,555 (18.7)	4.4	1.4	0.8	0.1	0.8
インド	243 (3.9)	315 (4.5)	578 (6.2)	1,056 (9.3)	1,383 (11.0)	1,729 (12.6)	3.5	4.1	2.7	2.3	3.2
日本	287 (4.6)	328 (4.7)	291 (3.1)	279 (2.5)	266 (2.1)	251 (1.8)	0.1	-0.3	-0.5	-0.6	-0.4
韓国	65 (1.0)	127 (1.8)	174 (1.9)	191 (1.7)	189 (1.5)	180 (1.3)	4.0	0.6	-0.1	-0.5	0.1
台湾	29 (0.5)	49 (0.7)	69 (0.7)	71 (0.6)	71 (0.6)	70 (0.5)	3.4	0.2	0.0	-0.2	0.0
ASEAN	173 (2.8)	270 (3.8)	436 (4.6)	645 (5.7)	817 (6.5)	1,006 (7.4)	3.8	2.6	2.4	2.1	2.4
インドネシア	80 (1.3)	120 (1.7)	163 (1.7)	245 (2.2)	314 (2.5)	382 (2.8)	2.9	2.8	2.5	2.0	2.5
マレーシア	14 (0.2)	30 (0.4)	52 (0.5)	71 (0.6)	82 (0.7)	92 (0.7)	5.4	2.1	1.5	1.2	1.7
ミャンマー	9 (0.1)	11 (0.2)	18 (0.2)	31 (0.3)	43 (0.3)	59 (0.4)	2.6	3.7	3.4	3.2	3.5
フィリピン	20 (0.3)	24 (0.3)	30 (0.3)	58 (0.5)	82 (0.6)	114 (0.8)	1.7	4.6	3.5	3.3	3.9
シンガポール	5 (0.1)	8 (0.1)	17 (0.2)	20 (0.2)	22 (0.2)	23 (0.2)	5.0	1.2	0.8	0.4	0.8
タイ	29 (0.5)	51 (0.7)	98 (1.0)	122 (1.1)	144 (1.1)	168 (1.2)	5.0	1.4	1.7	1.5	1.5
ベトナム	16 (0.3)	25 (0.4)	58 (0.6)	96 (0.8)	128 (1.0)	167 (1.2)	5.3	3.4	2.9	2.7	3.1
アジア(除日本)	1,264 (20.2)	1,662 (23.6)	3,326 (35.4)	4,559 (40.2)	5,294 (42.0)	5,889 (43.1)	3.9	2.1	1.5	1.1	1.6
北米	1,455 (23.2)	1,738 (24.7)	1,714 (18.3)	1,711 (15.1)	1,701 (13.5)	1,669 (12.2)	0.7	0.0	-0.1	-0.2	-0.1
米国	1,294 (20.6)	1,546 (22.0)	1,520 (16.2)	1,516 (13.4)	1,506 (11.9)	1,477 (10.8)	0.6	0.0	-0.1	-0.2	-0.1
中南米	343 (5.5)	447 (6.4)	610 (6.5)	773 (6.8)	891 (7.1)	975 (7.1)	2.3	1.6	1.4	0.9	1.3
OECDヨーロッパ	1,134 (18.1)	1,233 (17.5)	1,202 (12.8)	1,188 (10.5)	1,157 (9.2)	1,123 (8.2)	0.2	-0.1	-0.3	-0.3	-0.2
欧州連合	1,136 (18.1)	1,180 (16.8)	1,114 (11.9)	1,168 (10.3)	1,138 (9.0)	1,106 (8.1)	-0.1	0.3	-0.3	-0.3	0.0
非OECDヨーロッパ	1,067 (17.0)	651 (9.3)	701 (7.5)	768 (6.8)	836 (6.6)	918 (6.7)	-1.7	0.6	0.9	0.9	0.8
アフリカ	292 (4.7)	369 (5.2)	573 (6.1)	804 (7.1)	1,005 (8.0)	1,216 (8.9)	2.7	2.3	2.3	1.9	2.2
中東	157 (2.5)	253 (3.6)	489 (5.2)	652 (5.7)	766 (6.1)	868 (6.3)	4.6	1.9	1.6	1.3	1.7
オセアニア	66 (1.1)	83 (1.2)	95 (1.0)	102 (0.9)	104 (0.8)	104 (0.8)	1.5	0.5	0.1	0.0	0.3
OECD	3,102 (49.5)	3,624 (51.5)	3,622 (38.6)	3,652 (32.2)	3,619 (28.7)	3,549 (26.0)	0.6	0.1	-0.1	-0.2	-0.1
非OECD	2,964 (47.3)	3,138 (44.6)	5,380 (57.3)	7,184 (63.3)	8,399 (66.6)	9,465 (69.2)	2.4	1.9	1.6	1.2	1.6

(出所) IEA "World Energy Balances"

見通しは日本エネルギー経済研究所

(注)カッコ内は対世界比(%). 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	2000	2015	2030	2040	2050	年平均変化率(%)				
							1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2040	2040/ 2050	2015/ 2050
世界	1,809 (100)	1,868 (100)	2,712 (100)	3,146 (100)	3,499 (100)	3,779 (100)	1.6	1.0	1.1	0.8	1.0
アジア	517 (28.6)	646 (34.6)	1,481 (54.6)	1,759 (55.9)	1,956 (55.9)	2,097 (55.5)	4.3	1.2	1.1	0.7	1.0
中国	234 (12.9)	299 (16.0)	966 (35.6)	965 (30.7)	973 (27.8)	937 (24.8)	5.8	0.0	0.1	-0.4	-0.1
インド	67 (3.7)	83 (4.5)	195 (7.2)	376 (12.0)	492 (14.1)	597 (15.8)	4.4	4.5	2.7	2.0	3.2
日本	110 (6.1)	100 (5.3)	82 (3.0)	81 (2.6)	81 (2.3)	78 (2.1)	-1.1	-0.1	0.0	-0.3	-0.1
韓国	19 (1.1)	38 (2.1)	49 (1.8)	53 (1.7)	53 (1.5)	50 (1.3)	3.8	0.5	-0.1	-0.5	0.1
台湾	12 (0.7)	19 (1.0)	23 (0.8)	23 (0.7)	23 (0.7)	23 (0.6)	2.4	0.1	0.0	-0.1	0.0
ASEAN	43 (2.4)	75 (4.0)	125 (4.6)	198 (6.3)	257 (7.3)	318 (8.4)	4.4	3.1	2.6	2.2	2.7
インドネシア	18 (1.0)	30 (1.6)	42 (1.5)	69 (2.2)	92 (2.6)	115 (3.0)	3.4	3.4	3.0	2.3	3.0
マレーシア	6 (0.3)	12 (0.6)	15 (0.6)	24 (0.8)	30 (0.9)	36 (0.9)	4.1	3.1	2.3	1.7	2.5
ミャンマー	0 (0.0)	1 (0.1)	2 (0.1)	5 (0.2)	7 (0.2)	10 (0.3)	7.1	5.8	4.0	2.8	4.4
フィリピン	5 (0.3)	5 (0.3)	7 (0.3)	13 (0.4)	18 (0.5)	24 (0.6)	1.9	4.0	3.0	3.0	3.4
シンガポール	1 (0.0)	2 (0.1)	6 (0.2)	6 (0.2)	7 (0.2)	7 (0.2)	9.3	0.8	0.5	0.1	0.5
タイ	9 (0.5)	17 (0.9)	31 (1.1)	38 (1.2)	46 (1.3)	53 (1.4)	5.2	1.5	1.7	1.4	1.6
ベトナム	5 (0.3)	8 (0.4)	23 (0.8)	42 (1.3)	57 (1.6)	73 (1.9)	6.7	4.1	3.1	2.6	3.4
アジア(除日本)	407 (22.5)	546 (29.2)	1,399 (51.6)	1,678 (53.4)	1,876 (53.6)	2,019 (53.4)	5.1	1.2	1.1	0.7	1.1
北米	331 (18.3)	388 (20.7)	304 (11.2)	305 (9.7)	305 (8.7)	299 (7.9)	-0.3	0.0	0.0	-0.2	-0.1
米国	284 (15.7)	332 (17.8)	262 (9.6)	264 (8.4)	265 (7.6)	259 (6.9)	-0.3	0.1	0.0	-0.2	0.0
中南米	114 (6.3)	148 (7.9)	191 (7.0)	229 (7.3)	274 (7.8)	310 (8.2)	2.1	1.2	1.8	1.2	1.4
OECDヨーロッパ	328 (18.2)	326 (17.4)	280 (10.3)	279 (8.9)	276 (7.9)	271 (7.2)	-0.6	0.0	-0.1	-0.2	-0.1
欧州連合	347 (19.2)	309 (16.6)	254 (9.4)	279 (8.9)	279 (8.0)	278 (7.4)	-1.2	0.6	0.0	0.0	0.3
非OECDヨーロッパ	394 (21.8)	205 (11.0)	191 (7.0)	214 (6.8)	243 (6.9)	275 (7.3)	-2.9	0.8	1.3	1.3	1.0
アフリカ	55 (3.0)	58 (3.1)	87 (3.2)	126 (4.0)	173 (5.0)	222 (5.9)	1.9	2.5	3.2	2.5	2.7
中東	47 (2.6)	71 (3.8)	150 (5.5)	203 (6.4)	241 (6.9)	274 (7.3)	4.8	2.0	1.7	1.3	1.7
オセアニア	23 (1.3)	28 (1.5)	28 (1.0)	30 (1.0)	30 (0.9)	30 (0.8)	0.9	0.5	0.0	-0.1	0.2
OECD	840 (46.5)	914 (48.9)	789 (29.1)	806 (25.6)	815 (23.3)	808 (21.4)	-0.2	0.1	0.1	-0.1	0.1
非OECD	968 (53.5)	954 (51.1)	1,923 (70.9)	2,340 (74.4)	2,684 (76.7)	2,970 (78.6)	2.8	1.3	1.4	1.0	1.3

(出所) IEA "World Energy Balances"

見通しは日本エネルギー経済研究所

(注)カッコ内は対世界比(%)

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	2000	2015	2030	2040	2050	年平均変化率(%)				
							1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2040	2040/ 2050	2015/ 2050
世界	1,573 (100)	1,961 (100)	2,703 (100)	3,230 (100)	3,528 (100)	3,765 (100)	2.2	1.2	0.9	0.7	1.0
アジア	186 (11.9)	320 (16.3)	648 (24.0)	989 (30.6)	1,149 (32.6)	1,274 (33.8)	5.1	2.9	1.5	1.0	2.0
中国	33 (2.1)	87 (4.5)	299 (11.0)	504 (15.6)	541 (15.3)	537 (14.3)	9.2	3.6	0.7	-0.1	1.7
インド	21 (1.3)	32 (1.6)	86 (3.2)	163 (5.0)	236 (6.7)	304 (8.1)	5.8	4.3	3.8	2.6	3.7
日本	68 (4.3)	84 (4.3)	71 (2.6)	57 (1.8)	52 (1.5)	47 (1.2)	0.2	-1.4	-1.0	-1.0	-1.2
韓国	15 (0.9)	26 (1.3)	33 (1.2)	36 (1.1)	34 (0.9)	30 (0.8)	3.4	0.4	-0.6	-1.0	-0.3
台湾	7 (0.4)	12 (0.6)	12 (0.5)	12 (0.4)	11 (0.3)	9 (0.2)	2.6	-0.4	-0.9	-1.4	-0.8
ASEAN	32 (2.1)	61 (3.1)	117 (4.3)	170 (5.3)	215 (6.1)	270 (7.2)	5.2	2.5	2.4	2.3	2.4
インドネシア	11 (0.7)	21 (1.1)	44 (1.6)	68 (2.1)	88 (2.5)	110 (2.9)	5.8	2.9	2.6	2.2	2.6
マレーシア	5 (0.3)	11 (0.6)	21 (0.8)	24 (0.7)	25 (0.7)	25 (0.7)	6.0	0.8	0.4	0.2	0.5
ミャンマー	0 (0.0)	1 (0.1)	4 (0.1)	10 (0.3)	16 (0.5)	25 (0.7)	8.6	7.2	4.9	4.6	5.8
フィリピン	5 (0.3)	8 (0.4)	11 (0.4)	24 (0.7)	35 (1.0)	50 (1.3)	3.5	5.5	4.0	3.6	4.5
シンガポール	1 (0.1)	2 (0.1)	2 (0.1)	2 (0.1)	2 (0.1)	2 (0.1)	2.3	-0.1	-0.6	-1.0	-0.5
タイ	9 (0.6)	15 (0.7)	24 (0.9)	26 (0.8)	28 (0.8)	30 (0.8)	3.9	0.6	0.8	0.6	0.7
ベトナム	1 (0.1)	3 (0.2)	11 (0.4)	15 (0.5)	20 (0.6)	27 (0.7)	8.5	2.4	2.6	3.2	2.7
アジア(除日本)	118 (7.5)	236 (12.0)	576 (21.3)	931 (28.8)	1,097 (31.1)	1,227 (32.6)	6.5	3.3	1.7	1.1	2.2
北米	531 (33.7)	640 (32.7)	690 (25.5)	640 (19.8)	609 (17.3)	584 (15.5)	1.1	-0.5	-0.5	-0.4	-0.5
米国	488 (31.0)	588 (30.0)	629 (23.3)	578 (17.9)	550 (15.6)	528 (14.0)	1.0	-0.6	-0.5	-0.4	-0.5
中南米	103 (6.5)	140 (7.2)	222 (8.2)	284 (8.8)	316 (9.0)	332 (8.8)	3.1	1.7	1.1	0.5	1.2
OECDヨーロッパ	267 (17.0)	317 (16.2)	335 (12.4)	293 (9.1)	264 (7.5)	241 (6.4)	0.9	-0.9	-1.0	-0.9	-0.9
欧州連合	259 (16.5)	303 (15.5)	312 (11.6)	273 (8.4)	245 (6.9)	223 (5.9)	0.8	-0.9	-1.1	-0.9	-1.0
非OECDヨーロッパ	171 (10.9)	110 (5.6)	143 (5.3)	147 (4.6)	153 (4.3)	162 (4.3)	-0.7	0.2	0.4	0.5	0.3
アフリカ	38 (2.4)	54 (2.8)	105 (3.9)	149 (4.6)	196 (5.6)	247 (6.5)	4.2	2.4	2.8	2.3	2.5
中東	51 (3.2)	75 (3.8)	141 (5.2)	180 (5.6)	206 (5.8)	229 (6.1)	4.2	1.6	1.4	1.0	1.4
オセアニア	24 (1.5)	30 (1.5)	37 (1.4)	37 (1.2)	37 (1.0)	36 (1.0)	1.8	0.0	-0.2	-0.2	-0.1
OECD	936 (59.5)	1,139 (58.1)	1,227 (45.4)	1,131 (35.0)	1,067 (30.2)	1,012 (26.9)	1.1	-0.5	-0.6	-0.5	-0.5
非OECD	435 (27.7)	547 (27.9)	1,095 (40.5)	1,588 (49.2)	1,862 (52.8)	2,092 (55.6)	3.8	2.5	1.6	1.2	1.9

(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(%). 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	2000	2015	2030	2040	2050	年平均変化率(%)				
							1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2040	2040/ 2050	2015/ 2050
世界	2,409 (100)	2,591 (100)	3,132 (100)	3,911 (100)	4,367 (100)	4,779 (100)	1.1	1.5	1.1	0.9	1.2
アジア	733 (30.4)	836 (32.3)	1,124 (35.9)	1,593 (40.7)	1,872 (42.9)	2,126 (44.5)	1.7	2.4	1.6	1.3	1.8
中国	344 (14.3)	335 (12.9)	483 (15.4)	661 (16.9)	767 (17.6)	814 (17.0)	1.4	2.1	1.5	0.6	1.5
インド	142 (5.9)	173 (6.7)	250 (8.0)	420 (10.7)	525 (12.0)	671 (14.0)	2.3	3.5	2.3	2.5	2.9
日本	76 (3.1)	103 (4.0)	99 (3.2)	103 (2.6)	97 (2.2)	90 (1.9)	1.1	0.3	-0.6	-0.7	-0.3
韓国	24 (1.0)	37 (1.4)	44 (1.4)	50 (1.3)	50 (1.1)	48 (1.0)	2.4	0.8	0.0	-0.3	0.2
台湾	7 (0.3)	10 (0.4)	12 (0.4)	14 (0.4)	14 (0.3)	14 (0.3)	2.5	1.0	0.3	0.0	0.5
ASEAN	87 (3.6)	113 (4.4)	147 (4.7)	211 (5.4)	262 (6.0)	317 (6.6)	2.1	2.5	2.2	1.9	2.2
インドネシア	44 (1.8)	59 (2.3)	70 (2.2)	97 (2.5)	119 (2.7)	140 (2.9)	1.9	2.2	2.0	1.6	2.0
マレーシア	3 (0.1)	5 (0.2)	9 (0.3)	14 (0.4)	17 (0.4)	20 (0.4)	5.2	2.8	1.9	1.4	2.1
ミャンマー	8 (0.4)	9 (0.4)	12 (0.4)	15 (0.4)	19 (0.4)	23 (0.5)	1.3	1.7	2.0	2.0	1.9
フィリピン	10 (0.4)	10 (0.4)	11 (0.3)	19 (0.5)	25 (0.6)	34 (0.7)	0.1	4.0	3.0	3.0	3.4
シンガポール	1 (0.0)	2 (0.1)	3 (0.1)	3 (0.1)	3 (0.1)	3 (0.1)	3.2	1.3	0.6	0.1	0.8
タイ	11 (0.4)	14 (0.5)	21 (0.7)	29 (0.7)	35 (0.8)	41 (0.9)	2.7	2.1	2.0	1.6	1.9
ベトナム	10 (0.4)	14 (0.5)	21 (0.7)	33 (0.8)	43 (1.0)	55 (1.2)	3.0	3.0	2.7	2.6	2.8
アジア(除日本)	657 (27.3)	734 (28.3)	1,025 (32.7)	1,491 (38.1)	1,775 (40.7)	2,036 (42.6)	1.8	2.5	1.8	1.4	2.0
北米	460 (19.1)	537 (20.7)	574 (18.3)	607 (15.5)	621 (14.2)	623 (13.0)	0.9	0.4	0.2	0.0	0.2
米国	403 (16.7)	473 (18.2)	506 (16.2)	537 (13.7)	549 (12.6)	551 (11.5)	0.9	0.4	0.2	0.0	0.2
中南米	101 (4.2)	120 (4.6)	160 (5.1)	212 (5.4)	246 (5.6)	272 (5.7)	1.9	1.9	1.5	1.0	1.5
OECDヨーロッパ	438 (18.2)	475 (18.3)	485 (15.5)	509 (13.0)	508 (11.6)	501 (10.5)	0.4	0.3	0.0	-0.1	0.1
欧州連合	430 (17.9)	454 (17.5)	450 (14.4)	515 (13.2)	511 (11.7)	501 (10.5)	0.2	0.9	-0.1	-0.2	0.3
非OECDヨーロッパ	436 (18.1)	287 (11.1)	274 (8.7)	291 (7.4)	298 (6.8)	307 (6.4)	-1.8	0.4	0.2	0.3	0.3
アフリカ	188 (7.8)	242 (9.3)	362 (11.6)	499 (12.8)	595 (13.6)	695 (14.5)	2.7	2.2	1.8	1.6	1.9
中東	40 (1.7)	75 (2.9)	129 (4.1)	170 (4.4)	197 (4.5)	222 (4.6)	4.8	1.9	1.4	1.2	1.6
オセアニア	15 (0.6)	19 (0.7)	24 (0.8)	29 (0.7)	31 (0.7)	33 (0.7)	2.0	1.2	0.7	0.5	0.9
OECD	1,036 (43.0)	1,201 (46.4)	1,260 (40.2)	1,344 (34.4)	1,359 (31.1)	1,353 (28.3)	0.8	0.4	0.1	0.0	0.2
非OECD	1,373 (57.0)	1,390 (53.6)	1,872 (59.8)	2,567 (65.6)	3,008 (68.9)	3,425 (71.7)	1.2	2.1	1.6	1.3	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(%)

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)

	1990	2000	2015	2030	2040	2050	年平均変化率(%)				
							1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2040	2040/ 2050	2015/ 2050
世界	9,714 (100)	12,698 (100)	20,200 (100)	27,596 (100)	33,166 (100)	38,647 (100)	3.0	2.1	1.9	1.5	1.9
アジア	1,834 (18.9)	3,254 (25.6)	8,605 (42.6)	13,392 (48.5)	16,753 (50.5)	19,824 (51.3)	6.4	3.0	2.3	1.7	2.4
中国	454 (4.7)	1,037 (8.2)	4,877 (24.1)	7,111 (25.8)	8,505 (25.6)	9,312 (24.1)	10.0	2.5	1.8	0.9	1.9
インド	215 (2.2)	376 (3.0)	1,027 (5.1)	2,387 (8.7)	3,454 (10.4)	4,733 (12.2)	6.5	5.8	3.8	3.2	4.5
日本	771 (7.9)	969 (7.6)	949 (4.7)	1,043 (3.8)	1,059 (3.2)	1,059 (2.7)	0.8	0.6	0.2	0.0	0.3
韓国	94 (1.0)	263 (2.1)	495 (2.5)	591 (2.1)	628 (1.9)	641 (1.7)	6.9	1.2	0.6	0.2	0.7
台湾	77 (0.8)	160 (1.3)	231 (1.1)	261 (0.9)	275 (0.8)	284 (0.7)	4.5	0.8	0.5	0.3	0.6
ASEAN	130 (1.3)	320 (2.5)	786 (3.9)	1,500 (5.4)	2,132 (6.4)	2,899 (7.5)	7.5	4.4	3.6	3.1	3.8
インドネシア	28 (0.3)	79 (0.6)	203 (1.0)	453 (1.6)	668 (2.0)	913 (2.4)	8.2	5.5	4.0	3.2	4.4
マレーシア	20 (0.2)	61 (0.5)	133 (0.7)	222 (0.8)	286 (0.9)	347 (0.9)	7.9	3.5	2.5	2.0	2.8
ミャンマー	2 (0.0)	3 (0.0)	13 (0.1)	38 (0.1)	62 (0.2)	95 (0.2)	8.5	7.2	5.0	4.3	5.7
フィリピン	21 (0.2)	37 (0.3)	68 (0.3)	155 (0.6)	242 (0.7)	373 (1.0)	4.8	5.7	4.6	4.4	5.0
シンガポール	13 (0.1)	27 (0.2)	48 (0.2)	59 (0.2)	63 (0.2)	65 (0.2)	5.3	1.4	0.8	0.3	0.9
タイ	38 (0.4)	88 (0.7)	175 (0.9)	272 (1.0)	358 (1.1)	445 (1.2)	6.3	3.0	2.8	2.2	2.7
ベトナム	6 (0.1)	22 (0.2)	143 (0.7)	297 (1.1)	448 (1.3)	656 (1.7)	13.4	5.0	4.2	3.9	4.4
アジア(除日本)	1,063 (10.9)	2,285 (18.0)	7,656 (37.9)	12,349 (44.7)	15,694 (47.3)	18,765 (48.6)	8.2	3.2	2.4	1.8	2.6
北米	3,052 (31.4)	3,981 (31.4)	4,284 (21.2)	4,804 (17.4)	5,183 (15.6)	5,482 (14.2)	1.4	0.8	0.8	0.6	0.7
米国	2,634 (27.1)	3,499 (27.6)	3,781 (18.7)	4,249 (15.4)	4,575 (13.8)	4,826 (12.5)	1.5	0.8	0.7	0.5	0.7
中南米	517 (5.3)	798 (6.3)	1,289 (6.4)	1,898 (6.9)	2,428 (7.3)	2,922 (7.6)	3.7	2.6	2.5	1.9	2.4
OECDヨーロッパ	2,236 (23.0)	2,711 (21.4)	3,040 (15.0)	3,362 (12.2)	3,554 (10.7)	3,706 (9.6)	1.2	0.7	0.6	0.4	0.6
欧州連合	2,161 (22.2)	2,528 (19.9)	2,741 (13.6)	3,055 (11.1)	3,242 (9.8)	3,394 (8.8)	1.0	0.7	0.6	0.5	0.6
非OECDヨーロッパ	1,463 (15.1)	1,006 (7.9)	1,222 (6.1)	1,524 (5.5)	1,820 (5.5)	2,168 (5.6)	-0.7	1.5	1.8	1.8	1.7
アフリカ	257 (2.6)	361 (2.8)	620 (3.1)	1,018 (3.7)	1,508 (4.5)	2,296 (5.9)	3.6	3.4	4.0	4.3	3.8
中東	199 (2.0)	379 (3.0)	890 (4.4)	1,283 (4.6)	1,569 (4.7)	1,863 (4.8)	6.2	2.5	2.0	1.7	2.1
オセアニア	157 (1.6)	207 (1.6)	250 (1.2)	315 (1.1)	352 (1.1)	386 (1.0)	1.9	1.5	1.1	0.9	1.2
OECD	6,426 (66.2)	8,313 (65.5)	9,343 (46.3)	10,603 (38.4)	11,416 (34.4)	12,073 (31.2)	1.5	0.8	0.7	0.6	0.7
非OECD	3,288 (33.8)	4,384 (34.5)	10,857 (53.7)	16,992 (61.6)	21,750 (65.6)	26,574 (68.8)	4.9	3.0	2.5	2.0	2.6

(出所) IEA "World Energy Balances"

見通しは日本エネルギー経済研究所

(注)カッコ内は対世界比(%)

付表16 | 発電電力量[レファレンスシナリオ]

(TWh)

	1990	2000	2015	2030	2040	2050	年平均変化率(%)				
							1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2040	2040/ 2050	2015/ 2050
世界	11,864 (100)	15,471 (100)	24,255 (100)	32,965 (100)	39,101 (100)	44,838 (100)	2.9	2.1	1.7	1.4	1.8
アジア	2,252 (19.0)	4,013 (25.9)	10,204 (42.1)	15,895 (48.2)	19,641 (50.2)	22,874 (51.0)	6.2	3.0	2.1	1.5	2.3
中国	621 (5.2)	1,356 (8.8)	5,844 (24.1)	8,441 (25.6)	9,970 (25.5)	10,763 (24.0)	9.4	2.5	1.7	0.8	1.8
インド	293 (2.5)	570 (3.7)	1,383 (5.7)	3,106 (9.4)	4,311 (11.0)	5,663 (12.6)	6.4	5.5	3.3	2.8	4.1
日本	873 (7.4)	1,088 (7.0)	1,035 (4.3)	1,136 (3.4)	1,152 (2.9)	1,150 (2.6)	0.7	0.6	0.1	0.0	0.3
韓国	105 (0.9)	289 (1.9)	549 (2.3)	655 (2.0)	694 (1.8)	707 (1.6)	6.8	1.2	0.6	0.2	0.7
台湾	88 (0.7)	181 (1.2)	255 (1.1)	288 (0.9)	303 (0.8)	312 (0.7)	4.3	0.8	0.5	0.3	0.6
ASEAN	154 (1.3)	370 (2.4)	868 (3.6)	1,670 (5.1)	2,374 (6.1)	3,220 (7.2)	7.2	4.5	3.6	3.1	3.8
インドネシア	33 (0.3)	93 (0.6)	234 (1.0)	520 (1.6)	762 (1.9)	1,035 (2.3)	8.2	5.5	3.9	3.1	4.3
マレーシア	23 (0.2)	69 (0.4)	150 (0.6)	250 (0.8)	321 (0.8)	388 (0.9)	7.8	3.5	2.5	1.9	2.8
ミャンマー	2 (0.0)	5 (0.0)	16 (0.1)	66 (0.2)	103 (0.3)	149 (0.3)	7.7	9.9	4.6	3.7	6.6
フィリピン	26 (0.2)	45 (0.3)	82 (0.3)	186 (0.6)	287 (0.7)	434 (1.0)	4.7	5.6	4.4	4.2	4.9
シンガポール	16 (0.1)	32 (0.2)	50 (0.2)	62 (0.2)	67 (0.2)	69 (0.2)	4.8	1.4	0.8	0.3	0.9
タイ	44 (0.4)	96 (0.6)	178 (0.7)	260 (0.8)	341 (0.9)	422 (0.9)	5.7	2.6	2.8	2.2	2.5
ベトナム	9 (0.1)	27 (0.2)	153 (0.6)	320 (1.0)	487 (1.2)	716 (1.6)	12.2	5.0	4.3	3.9	4.5
アジア(除日本)	1,380 (11.6)	2,925 (18.9)	9,169 (37.8)	14,760 (44.8)	18,490 (47.3)	21,724 (48.5)	7.9	3.2	2.3	1.6	2.5
北米	3,685 (31.1)	4,631 (29.9)	4,968 (20.5)	5,538 (16.8)	5,929 (15.2)	6,218 (13.9)	1.2	0.7	0.7	0.5	0.6
米国	3,203 (27.0)	4,026 (26.0)	4,297 (17.7)	4,829 (14.6)	5,169 (13.2)	5,414 (12.1)	1.2	0.8	0.7	0.5	0.7
中南米	623 (5.3)	1,009 (6.5)	1,598 (6.6)	2,314 (7.0)	2,906 (7.4)	3,426 (7.6)	3.8	2.5	2.3	1.7	2.2
OECDヨーロッパ	2,668 (22.5)	3,227 (20.9)	3,559 (14.7)	3,913 (11.9)	4,099 (10.5)	4,231 (9.4)	1.2	0.6	0.5	0.3	0.5
欧州連合	2,577 (21.7)	3,006 (19.4)	3,204 (13.2)	3,571 (10.8)	3,774 (9.7)	3,935 (8.8)	0.9	0.7	0.6	0.4	0.6
非OECDヨーロッパ	1,888 (15.9)	1,428 (9.2)	1,738 (7.2)	2,083 (6.3)	2,383 (6.1)	2,713 (6.1)	-0.3	1.2	1.4	1.3	1.3
アフリカ	316 (2.7)	442 (2.9)	781 (3.2)	1,266 (3.8)	1,832 (4.7)	2,717 (6.1)	3.7	3.3	3.8	4.0	3.6
中東	244 (2.1)	472 (3.1)	1,111 (4.6)	1,585 (4.8)	1,902 (4.9)	2,215 (4.9)	6.2	2.4	1.8	1.5	2.0
オセアニア	187 (1.6)	249 (1.6)	296 (1.2)	370 (1.1)	409 (1.0)	444 (1.0)	1.9	1.5	1.0	0.8	1.2
OECD	7,652 (64.5)	9,730 (62.9)	10,794 (44.5)	12,189 (37.0)	13,031 (33.3)	13,670 (30.5)	1.4	0.8	0.7	0.5	0.7
非OECD	4,212 (35.5)	5,741 (37.1)	13,461 (55.5)	20,776 (63.0)	26,070 (66.7)	31,168 (69.5)	4.8	2.9	2.3	1.8	2.4

(出所) IEA "World Energy Balances"

見通しは日本エネルギー経済研究所

(注)カッコ内は対世界比(%)

付表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	2000	2015	2030	2040	2050	年平均変化率(%)				
							1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2040	2040/ 2050	2015/ 2050
世界	1.66	1.64	1.86	1.95	2.01	2.04	0.5	0.3	0.3	0.2	0.3
アジア	0.72	0.85	1.37	1.68	1.86	2.01	2.6	1.4	1.0	0.8	1.1
中国	0.77	0.89	2.17	2.61	2.88	3.00	4.2	1.2	1.0	0.4	0.9
インド	0.35	0.42	0.65	1.05	1.28	1.53	2.5	3.2	2.1	1.8	2.5
日本	3.55	4.08	3.39	3.59	3.62	3.62	-0.2	0.4	0.1	0.0	0.2
韓国	2.17	4.00	5.39	5.54	5.39	5.21	3.7	0.2	-0.3	-0.3	-0.1
台湾	2.34	3.81	4.63	4.57	4.56	4.54	2.8	-0.1	0.0	0.0	-0.1
ASEAN	0.54	0.75	1.02	1.41	1.71	2.03	2.6	2.2	1.9	1.7	2.0
インドネシア	0.54	0.74	0.87	1.33	1.64	1.92	1.9	2.8	2.1	1.6	2.3
マレーシア	1.20	2.09	2.83	3.31	3.62	3.84	3.5	1.0	0.9	0.6	0.9
ミャンマー	0.25	0.27	0.37	0.58	0.79	1.07	1.5	3.1	3.1	3.1	3.1
フィリピン	0.46	0.51	0.52	0.78	0.95	1.17	0.4	2.8	2.0	2.1	2.4
シンガポール	3.78	4.63	4.63	4.80	5.00	5.19	0.8	0.2	0.4	0.4	0.3
タイ	0.74	1.15	1.99	2.53	3.10	3.79	4.0	1.6	2.1	2.0	1.9
ベトナム	0.27	0.37	0.80	1.23	1.63	2.13	4.5	2.9	2.9	2.7	2.8
アジア(除日本)	0.59	0.72	1.30	1.62	1.82	1.97	3.2	1.5	1.1	0.8	1.2
北米	7.66	8.08	6.88	6.10	5.69	5.30	-0.4	-0.8	-0.7	-0.7	-0.7
米国	7.67	8.06	6.81	6.04	5.63	5.24	-0.5	-0.8	-0.7	-0.7	-0.7
中南米	1.05	1.15	1.35	1.53	1.68	1.77	1.0	0.8	0.9	0.6	0.8
OECDヨーロッパ	3.25	3.35	3.01	2.83	2.72	2.65	-0.3	-0.4	-0.4	-0.3	-0.4
欧州連合	3.44	3.47	3.11	2.95	2.85	2.79	-0.4	-0.4	-0.4	-0.2	-0.3
非OECDヨーロッパ	4.48	2.95	3.24	3.53	3.88	4.30	-1.3	0.6	1.0	1.0	0.8
アフリカ	0.62	0.61	0.66	0.64	0.65	0.65	0.3	-0.2	0.1	0.1	-0.1
中東	1.69	2.22	3.19	3.35	3.47	3.54	2.6	0.3	0.4	0.2	0.3
オセアニア	4.86	5.22	5.14	4.58	4.19	3.85	0.2	-0.8	-0.9	-0.8	-0.8
OECD	4.25	4.59	4.11	3.86	3.71	3.57	-0.1	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4
非OECD	0.96	0.90	1.32	1.51	1.63	1.70	1.3	0.9	0.7	0.4	0.7

(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	2000	2015	2030	2040	2050	年平均変化率(%)				
							1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2040	2040/ 2050	2015/ 2050
世界	232	201	182	144	121	103	-1.0	-1.6	-1.7	-1.5	-1.6
アジア	278	261	244	174	139	114	-0.5	-2.2	-2.3	-1.9	-2.2
中国	1,050	505	334	182	130	100	-4.5	-4.0	-3.3	-2.6	-3.4
インド	651	545	372	258	201	160	-2.2	-2.4	-2.5	-2.2	-2.4
日本	94	97	72	62	54	47	-1.1	-0.9	-1.5	-1.3	-1.2
韓国	246	265	215	156	124	100	-0.5	-2.1	-2.3	-2.1	-2.2
台湾	295	274	207	154	128	106	-1.4	-1.9	-1.9	-1.8	-1.9
ASEAN	314	322	249	198	171	149	-0.9	-1.5	-1.5	-1.4	-1.5
インドネシア	318	343	228	185	154	128	-1.3	-1.4	-1.9	-1.8	-1.6
マレーシア	267	301	260	191	159	131	-0.1	-2.0	-1.8	-1.9	-1.9
ミャンマー	1,593	960	336	230	198	179	-6.0	-2.5	-1.5	-1.0	-1.8
フィリピン	304	319	196	160	146	136	-1.7	-1.4	-0.9	-0.7	-1.0
シンガポール	171	139	89	75	67	62	-2.6	-1.2	-1.0	-0.8	-1.0
タイ	296	332	345	271	238	212	0.6	-1.6	-1.3	-1.1	-1.4
ベトナム	606	470	478	349	293	250	-1.0	-2.1	-1.7	-1.6	-1.8
アジア(除日本)	575	416	307	196	151	122	-2.5	-3.0	-2.6	-2.1	-2.6
北米	211	180	134	97	78	64	-1.8	-2.1	-2.1	-2.0	-2.1
米国	211	179	132	95	76	62	-1.9	-2.1	-2.2	-2.0	-2.1
中南米	167	159	147	128	108	92	-0.5	-0.9	-1.7	-1.5	-1.3
OECDヨーロッパ	129	110	87	67	57	49	-1.5	-1.8	-1.6	-1.4	-1.6
欧州連合	139	115	89	68	58	50	-1.8	-1.8	-1.6	-1.4	-1.6
非OECDヨーロッパ	714	668	416	315	259	217	-2.1	-1.8	-1.9	-1.7	-1.8
アフリカ	449	433	348	257	197	160	-1.0	-2.0	-2.6	-2.0	-2.2
中東	235	260	291	248	217	189	0.9	-1.1	-1.3	-1.4	-1.2
オセアニア	138	121	96	70	58	49	-1.4	-2.1	-1.9	-1.6	-1.9
OECD	155	139	109	83	69	59	-1.4	-1.8	-1.8	-1.7	-1.8
非OECD	472	379	298	207	163	134	-1.8	-2.4	-2.4	-2.0	-2.3

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

見通しは日本エネルギー経済研究所

(注)世界は国際バンカーを含む

付表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	2000	2015	2030	2040	2050	年平均変化率(%)				
							1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2040	2040/ 2050	2015/ 2050
世界	21,205 (100)	23,416 (100)	32,910 (100)	38,142 (100)	41,613 (100)	44,107 (100)	1.8	1.0	0.9	0.6	0.8
アジア	4,918 (23.2)	6,891 (29.4)	15,076 (45.8)	19,461 (51.0)	22,011 (52.9)	23,706 (53.7)	4.6	1.7	1.2	0.7	1.3
中国	2,339 (11.0)	3,164 (13.5)	9,333 (28.4)	10,721 (28.1)	11,088 (26.6)	10,517 (23.8)	5.7	0.9	0.3	-0.5	0.3
インド	542 (2.6)	899 (3.8)	2,107 (6.4)	4,040 (10.6)	5,400 (13.0)	6,850 (15.5)	5.6	4.4	2.9	2.4	3.4
日本	1,071 (5.1)	1,195 (5.1)	1,147 (3.5)	1,023 (2.7)	966 (2.3)	884 (2.0)	0.3	-0.8	-0.6	-0.9	-0.7
韓国	239 (1.1)	433 (1.9)	582 (1.8)	656 (1.7)	652 (1.6)	603 (1.4)	3.6	0.8	-0.1	-0.8	0.1
台湾	115 (0.5)	225 (1.0)	255 (0.8)	277 (0.7)	263 (0.6)	239 (0.5)	3.2	0.6	-0.5	-1.0	-0.2
ASEAN	362 (1.7)	711 (3.0)	1,288 (3.9)	2,111 (5.5)	2,812 (6.8)	3,602 (8.2)	5.2	3.4	2.9	2.5	3.0
インドネシア	134 (0.6)	262 (1.1)	451 (1.4)	811 (2.1)	1,120 (2.7)	1,440 (3.3)	5.0	4.0	3.3	2.5	3.4
マレーシア	54 (0.3)	121 (0.5)	227 (0.7)	323 (0.8)	372 (0.9)	421 (1.0)	5.9	2.4	1.4	1.3	1.8
ミャンマー	4 (0.0)	10 (0.0)	25 (0.1)	68 (0.2)	111 (0.3)	169 (0.4)	7.5	6.9	5.0	4.4	5.6
フィリピン	39 (0.2)	69 (0.3)	108 (0.3)	218 (0.6)	314 (0.8)	440 (1.0)	4.2	4.8	3.7	3.4	4.1
シンガポール	29 (0.1)	48 (0.2)	50 (0.2)	56 (0.1)	59 (0.1)	59 (0.1)	2.2	0.7	0.5	0.1	0.5
タイ	81 (0.4)	152 (0.6)	252 (0.8)	319 (0.8)	381 (0.9)	428 (1.0)	4.7	1.6	1.8	1.2	1.5
ベトナム	17 (0.1)	44 (0.2)	168 (0.5)	308 (0.8)	449 (1.1)	635 (1.4)	9.6	4.1	3.8	3.5	3.9
アジア(除日本)	3,847 (18.1)	5,696 (24.3)	13,928 (42.3)	18,438 (48.3)	21,046 (50.6)	22,821 (51.7)	5.3	1.9	1.3	0.8	1.4
北米	5,236 (24.7)	6,126 (26.2)	5,574 (16.9)	5,066 (13.3)	4,786 (11.5)	4,438 (10.1)	0.3	-0.6	-0.6	-0.8	-0.6
米国	4,820 (22.7)	5,617 (24.0)	5,071 (15.4)	4,598 (12.1)	4,328 (10.4)	4,004 (9.1)	0.2	-0.7	-0.6	-0.8	-0.7
中南米	909 (4.3)	1,206 (5.2)	1,724 (5.2)	2,137 (5.6)	2,469 (5.9)	2,651 (6.0)	2.6	1.4	1.5	0.7	1.2
OECDヨーロッパ	3,971 (18.7)	3,897 (16.6)	3,436 (10.4)	3,057 (8.0)	2,752 (6.6)	2,471 (5.6)	-0.6	-0.8	-1.0	-1.1	-0.9
欧州連合	4,068 (19.2)	3,783 (16.2)	3,176 (9.6)	2,835 (7.4)	2,552 (6.1)	2,292 (5.2)	-1.0	-0.8	-1.0	-1.1	-0.9
非OECDヨーロッパ	4,104 (19.4)	2,455 (10.5)	2,543 (7.7)	2,577 (6.8)	2,749 (6.6)	2,928 (6.6)	-1.9	0.1	0.6	0.6	0.4
アフリカ	593 (2.8)	718 (3.1)	1,168 (3.5)	1,605 (4.2)	2,064 (5.0)	2,705 (6.1)	2.7	2.1	2.5	2.7	2.4
中東	573 (2.7)	945 (4.0)	1,822 (5.5)	2,310 (6.1)	2,630 (6.3)	2,910 (6.6)	4.7	1.6	1.3	1.0	1.3
オセアニア	281 (1.3)	337 (1.4)	395 (1.2)	385 (1.0)	366 (0.9)	347 (0.8)	1.4	-0.2	-0.5	-0.5	-0.4
OECD	11,120 (52.4)	12,402 (53.0)	11,687 (35.5)	10,860 (28.5)	10,277 (24.7)	9,551 (21.7)	0.2	-0.5	-0.6	-0.7	-0.6
非OECD	9,464 (44.6)	10,174 (43.4)	20,051 (60.9)	25,738 (67.5)	29,551 (71.0)	32,605 (73.9)	3.0	1.7	1.4	1.0	1.4

(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(%)			
	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990	2015	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
合計 ^{*1}	7,205	8,774	10,028	13,647	16,562	18,374	19,789	100	100	100	1.8	1.3	0.9	1.1
石炭	1,783	2,220	2,311	3,836	4,254	4,486	4,531	25	28	23	2.2	0.7	0.3	0.5
石油	3,102	3,235	3,660	4,334	5,024	5,471	5,849	37	32	30	1.2	1.0	0.8	0.9
天然ガス	1,232	1,663	2,071	2,944	3,845	4,550	5,194	19	22	26	2.3	1.8	1.5	1.6
原子力	186	526	676	671	907	980	1,055	6.0	4.9	5.3	1.0	2.0	0.8	1.3
水力	148	184	225	334	425	466	500	2.1	2.5	2.5	2.4	1.6	0.8	1.2
地熱	12	34	52	74	177	224	257	0.4	0.5	1.3	3.1	6.0	1.9	3.6
太陽光・風力等	0.1	2.7	8.0	126	306	446	608	0.0	0.9	3.1	16.7	6.1	3.5	4.6
バイオマス・廃棄物	741	909	1,023	1,323	1,620	1,746	1,790	10	9.7	9.0	1.5	1.4	0.5	0.9

最終エネルギー消費

	(Mtoe)							構成比(%)			1990/	2015/	2030/	2015/
	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990	2015	2050	2015	2030	2050	2050
合計	5,368	6,268	7,036	9,384	11,346	12,617	13,675	100	100	100	1.6	1.3	0.9	1.1
産業	1,766	1,809	1,868	2,712	3,146	3,499	3,779	29	29	28	1.6	1.0	0.9	1.0
運輸	1,248	1,573	1,961	2,703	3,230	3,528	3,765	25	29	28	2.2	1.2	0.8	1.0
民生・農業他	2,000	2,409	2,591	3,132	3,911	4,367	4,779	38	33	35	1.1	1.5	1.0	1.2
非エネルギー消費	354	478	617	836	1,060	1,223	1,352	7.6	8.9	9.9	2.3	1.6	1.2	1.4
石炭	703	754	548	1,044	1,096	1,122	1,108	12	11	8.1	1.3	0.3	0.1	0.2
石油	2,446	2,599	3,115	3,840	4,511	4,942	5,322	41	41	39	1.6	1.1	0.8	0.9
天然ガス	814	945	1,117	1,401	1,772	2,017	2,231	15	15	16	1.6	1.6	1.2	1.3
電力	586	835	1,092	1,737	2,373	2,852	3,324	13	19	24	3.0	2.1	1.7	1.9
熱	121	336	248	271	288	297	299	5.4	2.9	2.2	-0.9	0.4	0.2	0.3
水素	-	-	-	-	0.4	0.7	0.8	-	-	0.0	n.a.	n.a.	3.1	n.a.
再生可能	698	799	917	1,090	1,306	1,386	1,391	13	12	10	1.3	1.2	0.3	0.7

発電量

	(TWh)							構成比(%)			1990/	2015/	2030/	2015/
	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990	2015	2050	2015	2030	2050	2050
合計	8,283	11,864	15,471	24,255	32,965	39,101	44,838	100	100	100	2.9	2.1	1.5	1.8
石炭	3,137	4,425	6,005	9,538	11,758	13,157	13,997	37	39	31	3.1	1.4	0.9	1.1
石油	1,659	1,358	1,252	990	1,002	979	892	11	4.1	2.0	-1.3	0.1	-0.6	-0.3
天然ガス	999	1,752	2,753	5,543	7,939	10,337	12,868	15	23	29	4.7	2.4	2.4	2.4
原子力	713	2,013	2,591	2,571	3,480	3,759	4,047	17	11	9.0	1.0	2.0	0.8	1.3
水力	1,717	2,142	2,619	3,888	4,943	5,419	5,818	18	16	13	2.4	1.6	0.8	1.2
地熱	14	36	52	80	191	245	288	0.3	0.3	0.6	3.2	5.9	2.1	3.7
太陽光	-	0.0	1.0	247	751	1,154	1,667	0.0	1.0	3.7	45.5	7.7	4.1	5.6
風力	0.0	3.9	31	838	1,891	2,710	3,585	0.0	3.5	8.0	24.0	5.6	3.3	4.2
太陽熱・海洋	0.5	1.5	2.2	27	136	237	385	0.0	0.1	0.9	12.2	11.5	5.3	7.9
バイオマス・廃棄物	44	131	164	528	872	1,099	1,287	1.1	2.2	2.9	5.7	3.4	2.0	2.6
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

エネルギー・経済指標他

	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
GDP (2010年価格10億ドル)	27,958	37,797	49,825	75,059	115,303	152,089	191,400	2.8	2.9	2.6	2.7
人口(100万人)	4,436	5,277	6,108	7,336	8,497	9,152	9,710	1.3	1.0	0.7	0.8
エネルギー起源CO ₂ 排出(100万t)	18,411	21,205	23,416	32,910	38,142	41,613	44,107	1.8	1.0	0.7	0.8
一人あたりGDP (2010年価格1,000ドル/人)	6.3	7.2	8.2	10	14	17	20	1.4	1.9	1.9	1.9
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	1.6	1.7	1.6	1.9	1.9	2.0	2.0	0.5	0.3	0.2	0.3
GDPあたり一次エネルギー消費 ^{*2}	258	232	201	182	144	121	103	-1.0	-1.6	-1.6	-1.6
GDPあたりCO ₂ 排出量 ^{*3}	659	561	470	438	331	274	230	-1.0	-1.9	-1.8	-1.8
一次エネルギー消費あたりCO ₂ 排出(t/toe)	2.6	2.4	2.3	2.4	2.3	2.3	2.2	0.0	-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(%)			
	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990	2015	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
合計 ^{*1}	1,439	2,108	2,887	5,459	7,434	8,548	9,351	100	100	100	3.9	2.1	1.2	1.5
石炭	466	785	1,037	2,739	3,320	3,632	3,754	37	50	40	5.1	1.3	0.6	0.9
石油	477	618	916	1,330	1,820	2,089	2,323	29	24	25	3.1	2.1	1.2	1.6
天然ガス	51	116	232	547	965	1,285	1,567	5.5	10	17	6.4	3.9	2.5	3.1
原子力	25	77	132	111	298	369	441	3.6	2.0	4.7	1.5	6.8	2.0	4.0
水力	20	32	41	131	182	205	221	1.5	2.4	2.4	5.8	2.2	1.0	1.5
地熱	2.6	8.2	23	34	92	115	127	0.4	0.6	1.4	5.9	6.8	1.6	3.8
太陽光・風力等	-	1.5	2.2	51	129	194	265	0.1	0.9	2.8	15.3	6.3	3.7	4.8
バイオマス・廃棄物	397	471	503	515	625	657	652	22	9.4	7.0	0.4	1.3	0.2	0.7

最終エネルギー消費

	(Mtoe)							構成比(%)			年平均変化率(%)			
	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990	2015	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
合計	1,129	1,551	1,990	3,617	4,838	5,560	6,140	100	100	100	3.4	2.0	1.2	1.5
産業	383	517	646	1,481	1,759	1,956	2,097	33	41	34	4.3	1.2	0.9	1.0
運輸	126	186	320	648	989	1,149	1,274	12	18	21	5.1	2.9	1.3	2.0
民生・農業他	567	733	836	1,124	1,593	1,872	2,126	47	31	35	1.7	2.4	1.5	1.8
非エネルギー消費	54	115	188	365	496	583	642	7.4	10	10	4.7	2.1	1.3	1.6
石炭	301	424	378	901	951	974	960	27	25	16	3.1	0.4	0.0	0.2
石油	327	453	727	1,164	1,633	1,896	2,135	29	32	35	3.9	2.3	1.3	1.7
天然ガス	21	47	88	252	446	576	688	3.0	7.0	11	6.9	3.9	2.2	2.9
電力	88	158	280	740	1,152	1,441	1,705	10	20	28	6.4	3.0	2.0	2.4
熱	7.5	14	30	89	105	114	115	0.9	2.5	1.9	7.6	1.1	0.5	0.7
水素	-	-	-	-	0.2	0.3	0.3	-	-	0.0	n.a.	n.a.	3.5	n.a.
再生可能	386	456	488	471	551	558	536	29	13	8.7	0.1	1.0	-0.1	0.4

発電量

	(TWh)							構成比(%)			年平均変化率(%)			
	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990	2015	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
合計	1,196	2,252	4,013	10,204	15,895	19,641	22,874	100	100	100	6.2	3.0	1.8	2.3
石炭	298	863	1,994	6,203	8,742	10,331	11,449	38	61	50	8.2	2.3	1.4	1.8
石油	476	469	430	250	226	194	139	21	2.5	0.6	-2.5	-0.7	-2.4	-1.7
天然ガス	90	240	565	1,296	2,246	3,148	4,046	11	13	18	7.0	3.7	3.0	3.3
原子力	97	294	505	425	1,143	1,417	1,692	13	4.2	7.4	1.5	6.8	2.0	4.0
水力	232	367	479	1,521	2,121	2,385	2,569	16	15	11	5.8	2.2	1.0	1.5
地熱	3.0	8.4	20	24	63	78	86	0.4	0.2	0.4	4.3	6.7	1.6	3.7
太陽光	-	0.0	0.6	95	374	617	925	0.0	0.9	4.0	49.6	9.6	4.6	6.7
風力	-	0.0	2.4	239	696	1,071	1,465	0.0	2.3	6.4	42.5	7.4	3.8	5.3
太陽熱・海洋	-	0.0	0.0	2.0	8.2	17	37	0.0	0.0	0.2	25.5	9.7	7.8	8.6
バイオマス・廃棄物	0.0	10	17	150	277	383	466	0.5	1.5	2.0	11.4	4.1	2.6	3.3
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

エネルギー・経済指標他

	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
GDP (2010年価格10億ドル)	4,455	7,586	11,047	22,344	42,637	61,674	81,910	4.4	4.4	3.3	3.8
人口(100万人)	2,440	2,932	3,407	3,993	4,433	4,595	4,658	1.2	0.7	0.2	0.4
エネルギー起源CO ₂ 排出(100万t)	3,268	4,918	6,891	15,076	19,461	22,011	23,706	4.6	1.7	1.0	1.3
一人あたりGDP (2010年価格1,000ドル/人)	1.8	2.6	3.2	5.6	9.6	13	18	3.1	3.7	3.1	3.3
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	0.6	0.7	0.8	1.4	1.7	1.9	2.0	2.6	1.4	0.9	1.1
GDPあたり一次エネルギー消費 ^{*2}	323	278	261	244	174	139	114	-0.5	-2.2	-2.1	-2.2
GDPあたりCO ₂ 排出量 ^{*3}	733	648	624	675	456	357	289	0.2	-2.6	-2.3	-2.4
一次エネルギー消費あたりCO ₂ 排出(t/toe)	2.3	2.3	2.4	2.8	2.6	2.6	2.5	0.7	-0.4	-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(%)			
	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990	2015	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
合計 ^{*1}	598	871	1,130	2,973	3,695	4,005	4,021	100	100	100	5.0	1.5	0.4	0.9
石炭	313	528	665	1,982	2,096	2,109	1,935	61	67	48	5.4	0.4	-0.4	-0.1
石油	89	119	221	534	763	809	795	14	18	20	6.2	2.4	0.2	1.1
天然ガス	12	13	21	159	343	468	561	1.5	5.3	14	10.6	5.3	2.5	3.7
原子力	-	-	4.4	45	165	223	282	-	1.5	7.0	n.a.	9.1	2.7	5.4
水力	5.0	11	19	96	122	132	135	1.3	3.2	3.4	9.1	1.6	0.5	1.0
地熱	-	-	1.7	5.1	7.4	8.7	9.2	-	0.2	0.2	n.a.	2.5	1.1	1.7
太陽光・風力等	-	0.0	1.0	41	95	136	176	0.0	1.4	4.4	33.0	5.7	3.1	4.2
バイオマス・廃棄物	180	200	198	114	106	120	129	23	3.8	3.2	-2.2	-0.5	1.0	0.4

最終エネルギー消費

	(Mtoe)							構成比(%)			年平均変化率(%)			
	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990	2015	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
合計	487	654	781	1,906	2,346	2,532	2,555	100	100	100	4.4	1.4	0.4	0.8
産業	181	234	299	966	965	973	937	36	51	37	5.8	0.0	-0.1	-0.1
運輸	24	33	87	299	504	541	537	5.1	16	21	9.2	3.6	0.3	1.7
民生・農業他	272	344	335	483	661	767	814	53	25	32	1.4	2.1	1.0	1.5
非エネルギー消費	10	43	60	158	215	250	266	6.6	8.3	10	5.3	2.1	1.1	1.5
石炭	214	308	274	701	628	574	486	47	37	19	3.3	-0.7	-1.3	-1.0
石油	59	85	180	480	700	747	739	13	25	29	7.2	2.5	0.3	1.2
天然ガス	6.4	8.9	12	105	206	269	315	1.4	5.5	12	10.4	4.6	2.1	3.2
電力	21	39	89	419	612	731	801	6.0	22	31	10.0	2.5	1.4	1.9
熱	7.4	13	25	83	98	107	109	2.0	4.4	4.3	7.6	1.1	0.5	0.8
水素	-	-	-	-	0.1	0.2	0.2	-	-	0.0	n.a.	n.a.	2.8	n.a.
再生可能	180	200	199	116	102	103	105	31	6.1	4.1	-2.2	-0.9	0.2	-0.3

発電量

	(TWh)							構成比(%)			年平均変化率(%)			
	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990	2015	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
合計	301	621	1,356	5,844	8,441	9,970	10,763	100	100	100	9.4	2.5	1.2	1.8
石炭	159	441	1,060	4,109	5,112	5,616	5,509	71	70	51	9.3	1.5	0.4	0.8
石油	82	50	47	9.7	9.0	7.6	4.9	8.1	0.2	0.0	-6.4	-0.5	-3.0	-1.9
天然ガス	0.7	2.8	5.8	145	427	663	853	0.4	2.5	7.9	17.2	7.4	3.5	5.2
原子力	-	-	17	171	632	856	1,081	-	2.9	10	n.a.	9.1	2.7	5.4
水力	58	127	222	1,114	1,414	1,531	1,574	20	19	15	9.1	1.6	0.5	1.0
地熱	-	0.1	0.1	0.1	0.4	0.4	0.5	0.0	0.0	0.0	3.2	7.6	1.3	4.0
太陽光	-	0.0	0.0	45	212	302	395	0.0	0.8	3.7	49.3	10.8	3.2	6.4
風力	-	0.0	0.6	186	507	791	1,088	0.0	3.2	10	58.0	6.9	3.9	5.2
太陽熱・海洋	-	0.0	0.0	0.0	2.5	6.0	12	0.0	0.0	0.1	6.6	33.0	8.3	18.2
バイオマス・廃棄物	-	-	2.4	64	126	195	244	-	1.1	2.3	n.a.	4.6	3.4	3.9
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

エネルギー・経済指標他

	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
GDP (2010年価格10億ドル)	341	830	2,237	8,910	20,311	30,759	40,328	10.0	5.6	3.5	4.4
人口(100万人)	981	1,135	1,263	1,371	1,415	1,391	1,340	0.8	0.2	-0.3	-0.1
エネルギー起源CO ₂ 排出(100万t)	1,505	2,339	3,164	9,333	10,721	11,088	10,517	5.7	0.9	-0.1	0.3
一人あたりGDP (2010年価格1,000ドル/人)	0.3	0.7	1.8	6.5	14	22	30	9.1	5.4	3.8	4.5
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	0.6	0.8	0.9	2.2	2.6	2.9	3.0	4.2	1.2	0.7	0.9
GDPあたり一次エネルギー消費 ^{*2}	1,752	1,050	505	334	182	130	100	-4.5	-4.0	-3.0	-3.4
GDPあたりCO ₂ 排出量 ^{*3}	4,410	2,819	1,414	1,048	528	360	261	-3.9	-4.5	-3.5	-3.9
一次エネルギー消費あたりCO ₂ 排出(t/toe)	2.5	2.7	2.8	3.1	2.9	2.8	2.6	0.6	-0.5	-0.5	-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(%)			
	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990	2015	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
合計 ^{*1}	200	306	441	851	1,585	2,061	2,545	100	100	100	4.2	4.2	2.4	3.2
石炭	44	93	146	379	720	932	1,143	30	45	45	5.8	4.4	2.3	3.2
石油	33	61	112	206	377	521	683	20	24	27	5.0	4.1	3.0	3.5
天然ガス	1.3	11	23	43	124	195	274	3.5	5.1	11	5.8	7.3	4.0	5.4
原子力	0.8	1.6	4.4	9.8	48	67	79	0.5	1.1	3.1	7.5	11.2	2.5	6.2
水力	4.0	6.2	6.4	12	24	31	38	2.0	1.4	1.5	2.7	4.8	2.4	3.4
地熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
太陽光・風力等	-	0.0	0.2	4.8	21	38	59	0.0	0.6	2.3	27.8	10.4	5.3	7.4
バイオマス・廃棄物	116	133	149	196	269	277	268	44	23	11	1.6	2.1	0.0	0.9

最終エネルギー消費

	(Mtoe)							構成比(%)			1990/2015/2030/2050			
	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990	2015	2050	2015	2030	2050	2050
合計	174	243	315	578	1,056	1,383	1,729	100	100	100	3.5	4.1	2.5	3.2
産業	41	67	83	195	376	492	597	27	34	35	4.4	4.5	2.3	3.2
運輸	17	21	32	86	163	236	304	8.6	15	18	5.8	4.3	3.2	3.7
民生・農業他	110	142	173	250	420	525	671	59	43	39	2.3	3.5	2.4	2.9
非エネルギー消費	5.7	13	27	46	97	130	158	5.5	8.0	9.1	5.1	5.0	2.5	3.6
石炭	25	39	35	108	211	277	341	16	19	20	4.2	4.5	2.4	3.3
石油	27	50	94	174	332	467	622	21	30	36	5.1	4.4	3.2	3.7
天然ガス	0.7	5.6	9.7	29	72	105	137	2.3	5.0	8.0	6.8	6.2	3.3	4.6
電力	7.8	18	32	88	205	297	407	7.6	15	24	6.5	5.8	3.5	4.5
熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
水素	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	-	-	0.0	n.a.	n.a.	7.5	n.a.
再生可能	114	130	144	178	237	237	221	54	31	13	1.3	1.9	-0.3	0.6

発電量

	(TWh)							構成比(%)			1990/2015/2030/2050			
	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990	2015	2050	2015	2030	2050	2050
合計	120	293	570	1,383	3,106	4,311	5,663	100	100	100	6.4	5.5	3.0	4.1
石炭	61	192	390	1,042	2,085	2,753	3,485	65	75	62	7.0	4.7	2.6	3.5
石油	8.8	13	29	23	30	27	17	4.5	1.7	0.3	2.2	1.8	-2.7	-0.8
天然ガス	0.6	10.0	56	68	254	448	719	3.4	4.9	13	8.0	9.2	5.3	7.0
原子力	3.0	6.1	17	37	185	257	303	2.1	2.7	5.3	7.5	11.2	2.5	6.2
水力	47	72	74	138	280	364	447	24	10.0	7.9	2.7	4.8	2.4	3.4
地熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
太陽光	-	-	0.0	5.6	56	151	281	-	0.4	5.0	n.a.	16.5	8.4	11.8
風力	-	0.0	1.7	43	154	226	300	0.0	3.1	5.3	33.4	8.9	3.4	5.7
太陽熱・海洋	-	-	-	-	3.1	5.9	13	-	-	0.2	n.a.	n.a.	7.4	n.a.
バイオマス・廃棄物	-	-	1.3	27	59	78	99	-	1.9	1.7	n.a.	5.4	2.6	3.8
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

エネルギー・経済指標他

	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
GDP (2010年価格10億ドル)	274	470	809	2,288	6,133	10,236	15,857	6.5	6.8	4.9	5.7
人口(100万人)	697	871	1,053	1,311	1,515	1,608	1,662	1.7	1.0	0.5	0.7
エネルギー起源CO ₂ 排出(100万t)	263	542	899	2,107	4,040	5,400	6,850	5.6	4.4	2.7	3.4
一人あたりGDP (2010年価格1,000ドル/人)	0.4	0.5	0.8	1.7	4.0	6.4	9.5	4.8	5.8	4.4	5.0
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	0.3	0.4	0.4	0.6	1.0	1.3	1.5	2.5	3.2	1.9	2.5
GDPあたり一次エネルギー消費 ^{*2}	731	651	545	372	258	201	160	-2.2	-2.4	-2.4	-2.4
GDPあたりCO ₂ 排出量 ^{*3}	962	1,154	1,112	921	659	528	432	-0.9	-2.2	-2.1	-2.1
一次エネルギー消費あたりCO ₂ 排出(t/toe)	1.3	1.8	2.0	2.5	2.5	2.6	2.7	1.3	0.2	0.3	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(%)			
	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990	2015	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
合計 ^{*1}	345	439	518	430	433	414	391	100	100	100	-0.1	0.0	-0.5	-0.3
石炭	60	76	97	117	112	110	104	17	27	27	1.7	-0.3	-0.4	-0.3
石油	234	250	255	185	151	133	115	57	43	29	-1.2	-1.3	-1.4	-1.4
天然ガス	21	44	66	100	98	100	98	10	23	25	3.3	-0.1	0.0	-0.1
原子力	22	53	84	2.5	38	33	33	12	0.6	8.4	-11.5	20.0	-0.7	7.7
水力	7.6	7.5	7.3	7.3	7.9	8.1	8.1	1.7	1.7	2.1	-0.1	0.5	0.2	0.3
地熱	0.8	1.6	3.1	2.4	5.4	7.4	8.7	0.4	0.6	2.2	1.7	5.6	2.4	3.8
太陽光・風力等	-	1.4	0.9	3.9	6.9	9.0	11	0.3	0.9	2.8	4.2	4.0	2.3	3.0
バイオマス・廃棄物	-	4.5	4.7	11	13	14	14	1.0	2.7	3.6	3.8	0.9	0.4	0.6

最終エネルギー消費

	(Mtoe)							構成比(%)			年平均変化率(%)			
	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990	2015	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
合計	232	287	328	291	279	266	251	100	100	100	0.1	-0.3	-0.5	-0.4
産業	91	110	100	82	81	81	78	38	28	31	-1.1	-0.1	-0.2	-0.1
運輸	54	68	84	71	57	52	47	24	24	19	0.2	-1.4	-1.0	-1.2
民生・農業他	58	76	103	99	103	97	90	26	34	36	1.1	0.3	-0.6	-0.3
非エネルギー消費	28	34	41	39	38	37	36	12	13	14	0.6	-0.2	-0.3	-0.3
石炭	25	30	24	24	22	21	20	11	8.1	7.8	-1.0	-0.4	-0.7	-0.5
石油	157	171	194	152	128	115	102	59	52	41	-0.5	-1.1	-1.1	-1.1
天然ガス	5.8	15	22	29	34	34	34	5.3	10	14	2.7	0.9	0.1	0.4
電力	44	66	83	82	90	91	91	23	28	36	0.8	0.6	0.1	0.3
熱	0.1	0.2	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	0.1	0.2	0.2	3.8	-0.1	-1.2	-0.7
水素	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	-	-	0.0	n.a.	n.a.	-0.8	n.a.
再生可能	-	4.1	3.8	3.8	4.3	4.3	4.1	1.4	1.3	1.6	-0.2	0.8	-0.3	0.2

発電量

	(TWh)							構成比(%)			年平均変化率(%)			
	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990	2015	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
合計	573	873	1,088	1,035	1,136	1,152	1,150	100	100	100	0.7	0.6	0.1	0.3
石炭	55	118	234	343	326	337	336	13	33	29	4.4	-0.4	0.2	-0.1
石油	265	284	179	103	59	37	14	33	9.9	1.2	-4.0	-3.7	-6.9	-5.5
天然ガス	81	171	254	410	381	390	384	20	40	33	3.6	-0.5	0.0	-0.2
原子力	83	202	322	9.4	145	125	125	23	0.9	11	-11.5	20.0	-0.7	7.7
水力	88	87	85	85	92	94	94	10.0	8.2	8.2	-0.1	0.5	0.2	0.3
地熱	0.9	1.7	3.3	2.6	6.1	8.5	9.9	0.2	0.2	0.9	1.6	5.9	2.4	3.9
太陽光	-	0.0	0.3	36	63	81	95	0.0	3.5	8.3	52.1	3.8	2.1	2.8
風力	-	-	0.1	5.2	14	21	29	-	0.5	2.5	n.a.	7.0	3.7	5.1
太陽熱・海洋	-	-	-	-	0.1	0.1	0.4	-	-	0.0	n.a.	n.a.	11.0	n.a.
バイオマス・廃棄物	-	9.6	10	41	50	57	61	1.1	4.0	5.3	6.0	1.3	1.0	1.1
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

エネルギー・経済指標他

	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
GDP (2010年価格10億ドル)	2,977	4,683	5,349	5,986	6,948	7,705	8,329	1.0	1.0	0.9	0.9
人口(100万人)	117	124	127	127	121	114	108	0.1	-0.3	-0.6	-0.5
エネルギー起源CO ₂ 排出(100万t)	916	1,071	1,195	1,147	1,023	966	884	0.3	-0.8	-0.7	-0.7
一人あたりGDP (2010年価格1,000ドル/人)	25	38	42	47	58	67	77	0.9	1.3	1.5	1.4
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	3.0	3.6	4.1	3.4	3.6	3.6	3.6	-0.2	0.4	0.0	0.2
GDPあたり一次エネルギー消費 ^{*2}	116	94	97	72	62	54	47	-1.1	-0.9	-1.4	-1.2
GDPあたりCO ₂ 排出量 ^{*3}	308	229	223	192	147	125	106	-0.7	-1.7	-1.6	-1.7
一次エネルギー消費あたりCO ₂ 排出(t/toe)	2.7	2.4	2.3	2.7	2.4	2.3	2.3	0.4	-0.8	-0.2	-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(%)			
	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990	2015	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
合計 ^{*1}	41	93	188	273	292	283	263	100	100	100	4.4	0.5	-0.5	-0.1
石炭	14	25	42	81	92	91	82	27	30	31	4.7	0.9	-0.6	0.0
石油	27	50	99	103	105	99	91	54	38	35	2.9	0.1	-0.7	-0.3
天然ガス	-	2.7	17	39	56	64	68	2.9	14	26	11.3	2.3	1.0	1.6
原子力	0.9	14	28	43	31	19	11	15	16	4.1	4.7	-2.2	-5.1	-3.9
水力	0.2	0.5	0.3	0.2	0.3	0.3	0.3	0.6	0.1	0.1	-4.3	3.8	0.0	1.6
地熱	-	-	-	0.1	0.2	0.2	0.2	-	0.0	0.1	n.a.	1.8	0.6	1.1
太陽光・風力等	-	0.0	0.0	0.6	1.8	2.8	4.4	0.0	0.2	1.7	18.1	7.1	4.6	5.7
バイオマス・廃棄物	-	0.7	1.4	5.9	6.9	6.9	6.7	0.8	2.2	2.5	8.7	1.1	-0.2	0.4

最終エネルギー消費

	(Mtoe)							構成比(%)			年平均変化率(%)			
	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990	2015	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
合計	31	65	127	174	191	189	180	100	100	100	4.0	0.6	-0.3	0.1
産業	10	19	38	49	53	53	50	30	28	28	3.8	0.5	-0.3	0.1
運輸	4.8	15	26	33	36	34	30	22	19	17	3.4	0.4	-0.8	-0.3
民生・農業他	13	24	37	44	50	50	48	38	25	27	2.4	0.8	-0.2	0.2
非エネルギー消費	3.1	6.7	25	47	52	52	52	10	27	29	8.1	0.6	0.0	0.2
石炭	9.7	12	9.1	12	11	9.8	8.1	18	6.8	4.5	0.0	-0.3	-1.6	-1.1
石油	19	44	80	90	93	89	82	67	52	45	2.9	0.2	-0.7	-0.3
天然ガス	-	0.7	11	20	26	27	27	1.0	12	15	14.6	1.5	0.2	0.7
電力	2.8	8.1	23	43	51	54	55	13	24	31	6.9	1.2	0.4	0.7
熱	-	-	3.3	4.4	4.7	4.3	3.8	-	2.5	2.1	n.a.	0.6	-1.1	-0.4
水素	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	-	-	0.0	n.a.	n.a.	2.8	n.a.
再生可能	-	0.7	1.3	4.7	5.2	5.2	5.1	1.1	2.7	2.8	7.6	0.8	-0.1	0.3

発電量

	(TWh)							構成比(%)			年平均変化率(%)			
	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990	2015	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
合計	37	105	289	549	655	694	707	100	100	100	6.8	1.2	0.4	0.7
石炭	2.5	18	111	237	293	314	305	17	43	43	10.9	1.4	0.2	0.7
石油	29	19	35	13	9.6	5.3	-	18	2.3	-	-1.6	-1.8	-100	-100
天然ガス	-	9.6	29	123	203	261	300	9.1	22	42	10.7	3.4	2.0	2.6
原子力	3.5	53	109	165	119	72	41	50	30	5.9	4.7	-2.2	-5.1	-3.9
水力	2.0	6.4	4.0	2.1	3.7	3.7	3.7	6.0	0.4	0.5	-4.3	3.8	0.0	1.6
地熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
太陽光	-	0.0	0.0	3.9	14	20	29	0.0	0.7	4.1	39.2	8.9	3.7	5.9
風力	-	-	0.0	1.2	4.1	6.9	11	-	0.2	1.6	n.a.	8.6	5.1	6.6
太陽熱・海洋	-	-	-	2.0	2.4	5.2	11	-	0.4	1.5	n.a.	1.3	7.7	4.9
バイオマス・廃棄物	-	-	0.1	3.2	5.0	5.4	5.6	-	0.6	0.8	n.a.	3.2	0.6	1.7
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

エネルギー・経済指標他

	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
GDP (2010年価格10億ドル)	149	377	710	1,267	1,877	2,284	2,633	5.0	2.7	1.7	2.1
人口(100万人)	38	43	47	51	53	52	50	0.7	0.3	-0.2	0.0
エネルギー起源CO ₂ 排出(100万t)	126	239	433	582	656	652	603	3.6	0.8	-0.4	0.1
一人あたりGDP (2010年価格1,000ドル/人)	3.9	8.8	15	25	36	44	52	4.3	2.4	1.9	2.1
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	1.1	2.2	4.0	5.4	5.5	5.4	5.2	3.7	0.2	-0.3	-0.1
GDPあたり一次エネルギー消費 ^{*2}	277	246	265	215	156	124	100	-0.5	-2.1	-2.2	-2.2
GDPあたりCO ₂ 排出量 ^{*3}	845	634	610	460	349	285	229	-1.3	-1.8	-2.1	-2.0
一次エネルギー消費あたりCO ₂ 排出(t/toe)	3.1	2.6	2.3	2.1	2.2	2.3	2.3	-0.7	0.3	0.1	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(%)			
	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990	2015	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
合計 ^{*1}	28	48	85	109	110	109	103	100	100	100	3.3	0.1	-0.3	-0.1
石炭	3.9	11	30	40	42	39	33	24	36	32	5.1	0.4	-1.2	-0.5
石油	20	26	38	42	42	40	37	54	39	36	2.0	-0.1	-0.5	-0.4
天然ガス	1.6	1.4	5.6	15	22	25	27	2.9	14	26	9.9	2.7	1.1	1.7
原子力	2.1	8.6	10	9.5	-	-	-	18	8.7	-	0.4	-100	n.a.	-100
水力	0.3	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	1.1	0.4	0.4	-1.4	0.5	0.0	0.2
地熱	-	0.0	-	-	-	-	-	0.0	-	-	-100	n.a.	n.a.	n.a.
太陽光・風力等	-	0.0	0.1	0.3	0.8	1.2	1.6	0.0	0.3	1.6	12.1	6.4	3.7	4.9
バイオマス・廃棄物	-	-	0.6	1.8	3.3	3.6	3.5	-	1.7	3.3	n.a.	3.9	0.3	1.8

最終エネルギー消費

	(Mtoe)							構成比(%)			年平均変化率(%)			
	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990	2015	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
合計	19	29	49	69	71	71	70	100	100	100	3.4	0.2	-0.1	0.0
産業	10	12	19	23	23	23	23	42	33	33	2.4	0.1	0.0	0.0
運輸	2.9	6.6	12	12	12	11	9.3	22	18	13	2.6	-0.4	-1.2	-0.8
民生・農業他	3.6	6.5	10	12	14	14	14	22	17	20	2.5	1.0	0.1	0.5
非エネルギー消費	2.0	4.0	7.8	22	23	23	23	14	31	33	7.0	0.3	0.2	0.2
石炭	2.2	3.6	5.0	7.6	7.7	7.2	6.7	12	11	9.7	3.1	0.0	-0.6	-0.4
石油	12	18	28	38	37	36	34	62	55	49	3.0	-0.2	-0.4	-0.3
天然ガス	1.4	0.9	1.6	2.8	3.6	3.9	4.2	3.0	4.1	6.0	4.8	1.6	0.8	1.1
電力	3.2	6.6	14	20	22	24	24	22	29	35	4.5	0.8	0.4	0.6
熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
水素	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	-	-	0.0	n.a.	n.a.	1.1	n.a.
再生可能	-	0.0	0.1	0.3	0.4	0.4	0.4	0.1	0.4	0.6	11.9	2.0	0.5	1.1

発電量

	(TWh)							構成比(%)			年平均変化率(%)			
	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990	2015	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
合計	43	88	181	255	288	303	312	100	100	100	4.3	0.8	0.4	0.6
石炭	6.0	24	88	119	135	127	116	28	47	37	6.5	0.9	-0.8	-0.1
石油	26	23	30	13	13	11	8.2	26	5.0	2.6	-2.4	0.0	-2.2	-1.3
天然ガス	-	1.2	17	76	121	140	157	1.4	30	50	17.9	3.1	1.3	2.1
原子力	8.2	33	39	36	-	-	-	37	14	-	0.4	-100	n.a.	-100
水力	2.9	6.4	4.6	4.5	4.8	4.8	4.8	7.2	1.8	1.5	-1.4	0.5	0.0	0.2
地熱	-	0.0	-	-	-	-	-	0.0	-	-	-100	n.a.	n.a.	n.a.
太陽光	-	-	-	0.9	2.8	4.5	6.4	-	0.3	2.1	n.a.	8.0	4.2	5.9
風力	-	-	0.0	1.5	4.8	7.4	11	-	0.6	3.5	n.a.	8.0	4.2	5.8
太陽熱・海洋	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
バイオマス・廃棄物	-	-	1.7	3.8	7.2	8.2	8.6	-	1.5	2.8	n.a.	4.3	0.9	2.4
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

エネルギー・経済指標他

	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
GDP (2010年価格10億ドル)	73	162	309	527	715	851	975	4.8	2.1	1.6	1.8
人口(100万人)	18	20	22	23	24	24	23	0.6	0.2	-0.3	-0.1
エネルギー起源CO ₂ 排出(100万t)	75	115	225	255	277	263	239	3.2	0.6	-0.7	-0.2
一人あたりGDP (2010年価格1,000ドル/人)	4.1	7.9	14	22	30	36	43	4.2	1.9	1.9	1.9
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	1.6	2.3	3.8	4.6	4.6	4.6	4.5	2.8	-0.1	0.0	-0.1
GDPあたり一次エネルギー消費 ^{*2}	380	295	274	207	154	128	106	-1.4	-1.9	-1.9	-1.9
GDPあたりCO ₂ 排出量 ^{*3}	1,015	714	727	485	388	309	245	-1.5	-1.5	-2.3	-1.9
一次エネルギー消費あたりCO ₂ 排出(t/toe)	2.7	2.4	2.7	2.3	2.5	2.4	2.3	-0.1	0.5	-0.4	0.0

*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(%)			
	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990	2015	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
合計 ^{*1}	142	233	379	621	982	1,259	1,544	100	100	100	4.0	3.1	2.3	2.6
石炭	3.6	13	32	114	217	300	398	5.4	18	26	9.2	4.4	3.1	3.6
石油	58	89	153	210	305	394	493	38	34	32	3.5	2.5	2.4	2.5
天然ガス	8.6	30	74	140	216	280	344	13	23	22	6.3	2.9	2.4	2.6
原子力	-	-	-	-	2.2	14	23	-	-	1.5	n.a.	n.a.	12.5	n.a.
水力	0.8	2.3	4.1	9.2	18	20	22	1.0	1.5	1.4	5.6	4.6	1.1	2.6
地熱	1.8	6.6	18	27	79	99	109	2.8	4.3	7.0	5.7	7.5	1.6	4.1
太陽光・風力等	-	-	-	0.3	2.3	4.9	9.4	-	0.1	0.6	n.a.	13.5	7.2	9.9
バイオマス・廃棄物	70	93	98	119	141	145	143	40	19	9.2	1.0	1.1	0.1	0.5

最終エネルギー消費

	(Mtoe)							構成比(%)			年平均変化率(%)			
	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990	2015	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
合計	112	173	270	436	645	817	1,006	100	100	100	3.8	2.6	2.2	2.4
産業	22	43	75	125	198	257	318	25	29	32	4.4	3.1	2.4	2.7
運輸	17	32	61	117	170	215	270	19	27	27	5.2	2.5	2.3	2.4
民生・農業他	71	87	113	147	211	262	317	50	34	32	2.1	2.5	2.1	2.2
非エネルギー消費	2.4	11	21	47	66	83	101	6.3	11	10	6.0	2.3	2.1	2.2
石炭	2.1	6.0	13	34	50	61	70	3.5	7.8	7.0	7.2	2.6	1.7	2.1
石油	41	67	123	193	285	370	468	38	44	47	4.4	2.6	2.5	2.6
天然ガス	2.5	7.5	17	37	62	83	104	4.4	8.6	10	6.6	3.5	2.6	3.0
電力	4.7	11	28	68	129	183	249	6.4	16	25	7.5	4.4	3.3	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.	5.8	n.a.
再生可能	61	82	89	104	118	119	115	47	24	11	1.0	0.9	-0.2	0.3

発電量

	(TWh)							構成比(%)			年平均変化率(%)			
	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990	2015	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
合計	62	154	370	868	1,670	2,374	3,220	100	100	100	7.2	4.5	3.3	3.8
石炭	3.0	28	79	311	720	1,088	1,582	18	36	49	10.2	5.7	4.0	4.8
石油	47	66	72	29	23	22	13	43	3.4	0.4	-3.2	-1.7	-2.7	-2.2
天然ガス	0.7	26	154	384	599	811	1,046	17	44	32	11.3	3.0	2.8	2.9
原子力	-	-	-	-	8.4	53	88	-	-	2.7	n.a.	n.a.	12.5	n.a.
水力	9.8	27	47	107	208	238	259	18	12	8.1	5.6	4.6	1.1	2.6
地熱	2.1	6.6	16	21	56	68	75	4.3	2.4	2.3	4.8	6.7	1.5	3.7
太陽光	-	-	-	2.9	21	46	92	-	0.3	2.9	n.a.	14.1	7.8	10.4
風力	-	-	-	1.2	6.3	11	16	-	0.1	0.5	n.a.	11.7	4.7	7.7
太陽熱・海洋	-	-	-	-	0.1	0.3	0.5	-	-	0.0	n.a.	n.a.	8.3	n.a.
バイオマス・廃棄物	-	0.6	1.0	12	29	38	48	0.4	1.3	1.5	12.5	6.4	2.5	4.1
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

エネルギー・経済指標他

	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
GDP (2010年価格10億ドル)	440	741	1,180	2,490	4,955	7,383	10,390	5.0	4.7	3.8	4.2
人口(100万人)	347	430	505	608	696	736	761	1.4	0.9	0.4	0.6
エネルギー起源CO ₂ 排出(100万t)	205	362	711	1,288	2,111	2,812	3,602	5.2	3.4	2.7	3.0
一人あたりGDP (2010年価格1,000ドル/人)	1.3	1.7	2.3	4.1	7.1	10	14	3.5	3.8	3.3	3.5
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	0.4	0.5	0.8	1.0	1.4	1.7	2.0	2.6	2.2	1.8	2.0
GDPあたり一次エネルギー消費 ^{*2}	323	314	322	249	198	171	149	-0.9	-1.5	-1.4	-1.5
GDPあたりCO ₂ 排出量 ^{*3}	466	489	602	517	426	381	347	0.2	-1.3	-1.0	-1.1
一次エネルギー消費あたりCO ₂ 排出(t/toe)	1.4	1.6	1.9	2.1	2.1	2.2	2.3	1.2	0.2	0.4	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(%)			
	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990	2015	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
合計 ^{*1}	56	99	156	225	394	511	619	100	100	100	3.4	3.8	2.3	2.9
石炭	0.2	3.5	12	41	87	123	161	3.6	18	26	10.3	5.1	3.2	4.0
石油	20	33	58	71	107	142	176	34	32	29	3.1	2.8	2.5	2.6
天然ガス	4.9	16	27	38	72	101	131	16	17	21	3.6	4.4	3.0	3.6
原子力	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
水力	0.1	0.5	0.9	1.2	1.7	1.8	2.0	0.5	0.5	0.3	3.6	2.3	1.0	1.6
地熱	-	1.9	8.4	17	62	80	88	2.0	7.7	14	9.2	8.9	1.7	4.8
太陽光・風力等	-	-	-	0.0	0.0	0.1	0.2	-	0.0	0.0	n.a.	29.9	8.4	17.2
バイオマス・廃棄物	30	44	50	57	63	64	60	44	25	9.7	1.1	0.7	-0.2	0.2

最終エネルギー消費

	(Mtoe)							構成比(%)			年平均変化率(%)			
	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990	2015	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
合計	50	80	120	163	245	314	382	100	100	100	2.9	2.8	2.2	2.5
産業	6.7	18	30	42	69	92	115	23	26	30	3.4	3.4	2.6	3.0
運輸	6.0	11	21	44	68	88	110	13	27	29	5.8	2.9	2.4	2.6
民生・農業他	36	44	59	70	97	119	140	55	43	37	1.9	2.2	1.8	2.0
非エネルギー消費	1.2	7.4	9.8	7.2	11	14	17	9.2	4.4	4.4	-0.1	3.0	2.0	2.4
石炭	0.1	2.2	4.7	9.6	15	20	25	2.7	5.9	6.4	6.1	3.0	2.5	2.7
石油	17	27	48	63	99	132	166	34	39	43	3.4	3.0	2.6	2.8
天然ガス	2.4	6.0	12	17	31	43	55	7.5	10	14	4.2	4.1	2.9	3.4
電力	0.6	2.4	6.8	17	39	57	79	3.0	11	21	8.2	5.5	3.6	4.4
熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
水素	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	-	-	0.0	n.a.	n.a.	5.6	n.a.
再生可能	29	42	49	56	62	62	58	53	34	15	1.1	0.7	-0.3	0.1

発電量

	(TWh)							構成比(%)			年平均変化率(%)			
	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990	2015	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
合計	7.5	33	93	234	520	762	1,035	100	100	100	8.2	5.5	3.5	4.3
石炭	-	9.8	34	131	314	472	657	30	56	63	10.9	6.0	3.8	4.7
石油	6.2	15	18	20	14	14	9.5	47	8.4	0.9	1.0	-2.3	-1.9	-2.0
天然ガス	-	0.7	26	59	134	204	287	2.2	25	28	19.2	5.6	3.9	4.6
原子力	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
水力	1.3	5.7	10	14	19	21	24	17	5.9	2.3	3.6	2.3	1.0	1.6
地熱	-	1.1	4.9	10	36	46	51	3.4	4.3	4.9	9.2	8.9	1.7	4.8
太陽光	-	-	-	0.0	0.4	1.4	2.2	-	0.0	0.2	n.a.	34.5	8.6	19.0
風力	-	-	-	0.0	0.0	0.1	0.1	-	0.0	0.0	n.a.	13.4	6.1	9.2
太陽熱・海洋	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
バイオマス・廃棄物	-	-	0.0	1.1	2.6	3.5	4.4	-	0.5	0.4	n.a.	5.8	2.6	4.0
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

エネルギー・経済指標他

	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
GDP (2010年価格10億ドル)	182	310	453	988	2,124	3,329	4,819	4.7	5.2	4.2	4.6
人口(100万人)	147	181	212	258	295	312	322	1.4	0.9	0.4	0.6
エネルギー起源CO ₂ 排出(100万t)	72	134	262	451	811	1,120	1,440	5.0	4.0	2.9	3.4
一人あたりGDP (2010年価格1,000ドル/人)	1.2	1.7	2.1	3.8	7.2	11	15	3.3	4.3	3.7	4.0
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	0.4	0.5	0.7	0.9	1.3	1.6	1.9	1.9	2.8	1.9	2.3
GDPあたり一次エネルギー消費 ^{*2}	307	318	343	228	185	154	128	-1.3	-1.4	-1.8	-1.6
GDPあたりCO ₂ 排出量 ^{*3}	394	432	578	457	382	336	299	0.2	-1.2	-1.2	-1.2
一次エネルギー消費あたりCO ₂ 排出(t/toe)	1.3	1.4	1.7	2.0	2.1	2.2	2.3	1.6	0.2	0.6	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(%)			
	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990	2015	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
合計 ^{*1}	12	22	49	86	120	142	158	100	100	100	5.6	2.3	1.4	1.8
石炭	0.1	1.4	2.3	18	31	38	47	6.2	20	30	10.8	4.0	2.1	2.9
石油	7.9	11	19	28	34	37	40	53	32	25	3.6	1.4	0.8	1.1
天然ガス	2.2	6.8	25	38	50	57	61	31	44	38	7.1	1.9	1.0	1.4
原子力	-	-	-	-	-	3.7	3.7	-	-	2.3	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
水力	0.1	0.3	0.6	1.2	2.4	2.8	3.1	1.6	1.4	2.0	5.1	4.7	1.3	2.8
地熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
太陽光・風力等	-	-	-	0.0	0.1	0.3	0.5	-	0.0	0.3	n.a.	11.9	6.8	9.0
バイオマス・廃棄物	1.6	1.9	1.9	1.9	2.6	2.8	3.0	8.5	2.3	1.9	0.2	2.0	0.6	1.2

最終エネルギー消費

	(Mtoe)							構成比(%)			年平均変化率(%)			
	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990	2015	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
合計	7.2	14	30	52	71	82	92	100	100	100	5.4	2.1	1.3	1.7
産業	3.1	5.6	12	15	24	30	36	40	29	39	4.1	3.1	2.0	2.5
運輸	2.1	4.9	11	21	24	25	25	35	41	27	6.0	0.8	0.3	0.5
民生・農業他	1.7	2.6	5.0	9.4	14	17	20	19	18	21	5.2	2.8	1.6	2.1
非エネルギー消費	0.3	0.8	2.2	5.9	8.5	10	12	6.0	11	13	8.1	2.5	1.6	2.0
石炭	0.1	0.5	1.0	1.8	2.8	3.4	4.0	3.7	3.4	4.3	5.1	3.0	1.8	2.3
石油	5.3	9.3	18	28	34	37	40	67	54	43	4.4	1.3	0.8	1.0
天然ガス	0.0	1.1	3.9	9.6	14	16	17	7.9	19	19	9.1	2.3	1.2	1.7
電力	0.7	1.7	5.3	11	19	25	30	12	22	32	7.9	3.5	2.2	2.8
熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
水素	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	-	-	0.0	n.a.	n.a.	3.3	n.a.
再生可能	1.0	1.3	1.3	1.2	1.6	1.6	1.7	9.1	2.4	1.8	-0.1	1.7	0.2	0.9

発電量

	(TWh)							構成比(%)			年平均変化率(%)			
	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990	2015	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
合計	10	23	69	150	250	321	388	100	100	100	7.8	3.5	2.2	2.8
石炭	-	2.9	7.7	63	131	164	221	13	42	57	13.1	4.9	2.7	3.6
石油	8.5	11	3.6	1.7	2.0	1.7	1.2	46	1.2	0.3	-7.0	0.8	-2.4	-1.1
天然ガス	0.1	5.5	51	70	87	103	108	24	47	28	10.7	1.4	1.1	1.2
原子力	-	-	-	-	-	14	14	-	-	3.6	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
水力	1.4	4.0	7.0	14	28	32	36	17	9.3	9.3	5.1	4.7	1.3	2.8
地熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
太陽光	-	-	-	0.3	1.5	3.5	5.6	-	0.2	1.4	n.a.	11.9	6.8	9.0
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	-	-	-	0.8	1.8	2.5	3.1	-	0.5	0.8	n.a.	6.2	2.6	4.1
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

エネルギー・経済指標他

	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
GDP (2010年価格10億ドル)	46	82	163	330	629	895	1,205	5.7	4.4	3.3	3.8
人口(100万人)	14	18	23	30	36	39	41	2.1	1.2	0.6	0.9
エネルギー起源CO ₂ 排出(100万t)	29	54	121	227	323	372	421	5.9	2.4	1.3	1.8
一人あたりGDP (2010年価格1,000ドル/人)	3.3	4.5	6.9	11	17	23	29	3.6	3.1	2.7	2.9
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	0.9	1.2	2.1	2.8	3.3	3.6	3.8	3.5	1.0	0.8	0.9
GDPあたり一次エネルギー消費 ^{*2}	260	267	301	260	191	159	131	-0.1	-2.0	-1.9	-1.9
GDPあたりCO ₂ 排出量 ^{*3}	630	666	744	689	514	416	349	0.1	-1.9	-1.9	-1.9
一次エネルギー消費あたりCO ₂ 排出(t/toe)	2.4	2.5	2.5	2.6	2.7	2.6	2.7	0.2	0.1	-0.1	0.0

*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(%)			
	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990	2015	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
合計 ^{*1}	9.4	11	13	20	35	50	69	100	100	100	2.5	3.9	3.4	3.6
石炭	0.2	0.1	0.3	0.4	2.9	5.4	8.9	0.6	2.2	13	7.9	13.4	5.7	9.0
石油	1.3	0.7	2.0	5.4	15	24	36	6.8	27	53	8.4	7.1	4.5	5.6
天然ガス	0.3	0.8	1.2	3.0	4.7	7.3	10	7.1	15	15	5.7	3.0	3.9	3.5
原子力	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
水力	0.1	0.1	0.2	0.8	3.2	4.2	5.1	1.0	4.1	7.3	8.6	9.5	2.4	5.4
地熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
太陽光・風力等	-	-	-	-	0.1	0.1	0.2	-	-	0.3	n.a.	n.a.	6.8	n.a.
バイオマス・廃棄物	7.6	9.0	9.2	10	11	11	11	84	51	16	0.5	0.3	0.2	0.3

最終エネルギー消費

	(Mtoe)							構成比(%)			年平均変化率(%)			
	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990	2015	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
合計	8.4	9.4	11	18	31	43	59	100	100	100	2.6	3.7	3.3	3.5
産業	0.6	0.4	1.1	2.2	5.1	7.5	9.9	4.2	12	17	7.1	5.8	3.4	4.4
運輸	0.6	0.4	1.2	3.5	10.0	16	25	4.7	20	43	8.6	7.2	4.8	5.8
民生・農業他	7.0	8.5	9.1	12	15	19	23	90	66	39	1.3	1.7	2.0	1.9
非エネルギー消費	0.1	0.1	0.1	0.3	0.4	0.6	0.7	1.0	1.5	1.1	4.2	3.3	2.1	2.6
石炭	0.1	0.1	0.3	0.4	0.5	0.6	0.6	0.5	2.1	1.0	8.3	2.0	0.8	1.3
石油	1.2	0.6	1.5	5.4	15	24	36	6.2	31	62	9.3	7.0	4.5	5.6
天然ガス	0.1	0.2	0.3	0.7	1.3	1.9	2.6	2.4	4.0	4.4	4.7	3.9	3.7	3.8
電力	0.1	0.1	0.3	1.2	3.3	5.4	8.1	1.6	6.5	14	8.5	7.2	4.6	5.7
熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
水素	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	-	-	0.0	n.a.	n.a.	6.6	n.a.
再生可能	6.9	8.4	9.0	10	11	11	11	89	57	19	0.7	0.3	0.2	0.3

発電量

	(TWh)							構成比(%)			年平均変化率(%)			
	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990	2015	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
合計	1.5	2.5	5.1	16	66	103	149	100	100	100	7.7	9.9	4.2	6.6
石炭	0.0	0.0	-	0.3	12	25	46	1.6	1.8	31	8.2	28.3	7.0	15.7
石油	0.5	0.3	0.7	0.1	0.2	0.2	0.2	11	0.3	0.1	-6.2	7.5	1.1	3.8
天然ガス	0.2	1.0	2.5	6.2	16	28	42	39	39	28	7.7	6.5	4.9	5.6
原子力	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
水力	0.8	1.2	1.9	9.4	37	49	59	48	59	39	8.6	9.5	2.4	5.4
地熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
太陽光	-	-	-	-	0.3	0.8	1.8	-	-	1.2	n.a.	n.a.	10.1	n.a.
風力	-	-	-	-	0.4	0.6	0.8	-	-	0.5	n.a.	n.a.	3.0	n.a.
太陽熱・海洋	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
バイオマス・廃棄物	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

エネルギー・経済指標他

	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
GDP (2010年価格10億ドル)	5.9	6.7	13	59	153	252	384	9.1	6.5	4.7	5.5
人口(100万人)	34	42	48	54	61	63	64	1.0	0.8	0.3	0.5
エネルギー起源CO ₂ 排出(100万t)	5.2	4.1	9.9	25	68	111	169	7.5	6.9	4.7	5.6
一人あたりGDP (2010年価格1,000ドル/人)	0.2	0.2	0.3	1.1	2.5	4.0	6.0	8.0	5.7	4.4	5.0
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	0.3	0.3	0.3	0.4	0.6	0.8	1.1	1.5	3.1	3.1	3.1
GDPあたり一次エネルギー消費 ^{*2}	1,597	1,593	960	336	230	198	179	-6.0	-2.5	-1.2	-1.8
GDPあたりCO ₂ 排出量 ^{*3}	888	606	741	421	445	439	441	-1.4	0.4	0.0	0.1
一次エネルギー消費あたりCO ₂ 排出(t/toe)	0.6	0.4	0.8	1.3	1.9	2.2	2.5	4.9	2.9	1.2	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(%)			
	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990	2015	2050	1990/2015	2015/2030	2030/2050	2015/2050	
合計 ^{*1}	22	29	40	52	97	132	175	100	100	100	2.4	4.3	3.0	3.5	
石炭	0.5	1.5	5.2	13	25	36	49	5.3	24	28	8.8	4.7	3.3	3.9	
石油	10	11	16	18	34	49	68	38	34	39	2.0	4.4	3.5	3.9	
天然ガス	-	-	0.0	2.9	8.7	15	24	-	5.5	13	n.a.	7.6	5.1	6.2	
原子力	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	
水力	0.3	0.5	0.7	0.7	0.9	0.9	1.0	1.8	1.4	0.5	1.4	1.5	0.1	0.7	
地熱	1.8	4.7	10.0	9.5	17	19	21	16	18	12	2.9	3.8	1.1	2.2	
太陽光・風力等	-	-	-	0.1	0.5	1.1	1.8	-	0.1	1.0	n.a.	13.8	6.2	9.4	
バイオマス・廃棄物	9.4	11	8.1	8.6	12	12	12	39	17	6.6	-1.0	2.0	0.0	0.8	

最終エネルギー消費

	(Mtoe)							構成比(%)			年平均変化率(%)			
	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990	2015	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
合計	17	20	24	30	58	82	114	100	100	100	1.7	4.6	3.4	3.9
産業	3.4	4.7	5.3	7.4	13	18	24	24	25	21	1.9	4.0	3.0	3.4
運輸	3.5	4.5	8.1	11	24	35	50	23	36	44	3.5	5.5	3.8	4.5
民生・農業他	9.4	10	10	11	19	25	34	52	36	30	0.1	4.0	3.0	3.4
非エネルギー消費	0.3	0.2	0.3	1.0	2.2	3.5	5.6	1.2	3.5	4.9	6.3	4.9	4.9	4.9
石炭	0.2	0.6	0.8	2.3	4.1	5.3	6.4	3.1	7.7	5.6	5.4	4.0	2.2	3.0
石油	7.0	8.1	13	15	31	45	65	41	51	57	2.5	5.0	3.7	4.3
天然ガス	-	-	-	0.1	0.4	0.7	1.1	-	0.2	1.0	n.a.	15.2	5.0	9.3
電力	1.5	1.8	3.1	5.8	13	21	32	9.3	20	28	4.8	5.7	4.5	5.0
熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
水素	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	-	-	0.0	n.a.	n.a.	6.0	n.a.
再生可能	7.8	9.1	6.9	6.4	9.2	9.6	9.1	46	21	8.0	-1.4	2.5	0.0	1.0

発電量

	(TWh)							構成比(%)			年平均変化率(%)			
	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990	2015	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
合計	18	26	45	82	186	287	434	100	100	100	4.7	5.6	4.3	4.9
石炭	0.2	1.9	17	37	92	144	219	7.3	45	51	12.5	6.3	4.5	5.2
石油	12	12	9.2	5.9	4.8	4.1	0.9	47	7.1	0.2	-2.9	-1.4	-8.2	-5.3
天然ガス	-	-	0.0	19	53	92	157	-	23	36	n.a.	7.1	5.6	6.2
原子力	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
水力	3.5	6.1	7.8	8.7	11	11	11	23	11	2.6	1.4	1.5	0.1	0.7
地熱	2.1	5.5	12	11	19	22	24	21	13	5.5	2.9	3.8	1.1	2.2
太陽光	-	-	-	0.1	3.4	8.1	14	-	0.2	3.2	n.a.	23.7	7.4	14.1
風力	-	-	-	0.7	2.8	4.4	6.7	-	0.9	1.6	n.a.	9.2	4.5	6.5
太陽熱・海洋	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
バイオマス・廃棄物	-	0.4	-	0.4	0.7	0.9	1.1	1.6	0.4	0.3	-0.6	4.0	2.6	3.2
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

エネルギー・経済指標他

	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
GDP (2010年価格10億ドル)	80	95	125	266	609	901	1,286	4.2	5.7	3.8	4.6
人口(100万人)	47	62	78	101	124	138	150	2.0	1.4	0.9	1.1
エネルギー起源CO ₂ 排出(100万t)	33	39	69	108	218	314	440	4.2	4.8	3.6	4.1
一人あたりGDP (2010年価格1,000ドル/人)	1.7	1.5	1.6	2.6	4.9	6.5	8.6	2.2	4.2	2.8	3.4
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.8	1.0	1.2	0.4	2.8	2.0	2.4
GDPあたり一次エネルギー消費 ^{*2}	280	304	319	196	160	146	136	-1.7	-1.4	-0.8	-1.0
GDPあたりCO ₂ 排出量 ^{*3}	414	409	550	406	358	348	342	0.0	-0.8	-0.2	-0.5
一次エネルギー消費あたりCO ₂ 排出(t/toe)	1.5	1.3	1.7	2.1	2.2	2.4	2.5	1.7	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(%)			
	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990	2015	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
合計 ^{*1}	22	42	72	135	174	210	245	100	100	100	4.8	1.7	1.7	1.7
石炭	0.5	3.8	7.7	17	24	30	34	9.1	12	14	6.1	2.4	1.8	2.0
石油	11	18	32	54	64	75	87	43	40	35	4.5	1.1	1.6	1.4
天然ガス	-	5.0	17	38	49	59	67	12	28	27	8.4	1.7	1.6	1.6
原子力	-	-	-	-	-	3.7	8.8	-	-	3.6	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
水力	0.1	0.4	0.5	0.4	0.6	0.7	0.7	1.0	0.3	0.3	-0.2	3.1	0.1	1.4
地熱	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.3	1.1	4.9
太陽光・風力等	-	-	-	0.2	1.4	2.9	6.0	-	0.2	2.4	n.a.	12.9	7.4	9.7
バイオマス・廃棄物	11	15	15	25	33	35	37	35	19	15	2.2	1.7	0.6	1.1

最終エネルギー消費

	(Mtoe)							構成比(%)			年平均変化率(%)			
	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990	2015	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
合計	15	29	51	98	122	144	168	100	100	100	5.0	1.4	1.6	1.5
産業	4.0	8.7	17	31	38	46	53	30	31	31	5.2	1.5	1.6	1.6
運輸	3.2	9.0	15	24	26	28	30	31	24	18	3.9	0.6	0.7	0.7
民生・農業他	7.8	11	14	21	29	35	41	37	22	24	2.7	2.1	1.8	1.9
非エネルギー消費	0.2	0.4	5.6	23	29	36	44	1.5	23	26	17.2	1.6	2.2	1.9
石炭	0.1	1.3	3.5	8.2	8.9	9.5	10	4.5	8.3	6.0	7.6	0.6	0.6	0.6
石油	7.3	15	29	52	61	72	83	52	53	50	5.1	1.1	1.5	1.4
天然ガス	-	0.1	1.1	7.2	11	14	19	0.5	7.3	11	17.1	2.6	2.9	2.8
電力	1.1	3.3	7.6	15	23	31	38	11	15	23	6.3	3.0	2.5	2.7
熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
水素	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	-	-	0.0	n.a.	n.a.	4.2	n.a.
再生可能	6.7	9.2	9.4	16	18	18	17	32	16	10	2.2	0.6	-0.1	0.2

発電量

	(TWh)							構成比(%)			年平均変化率(%)			
	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990	2015	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
合計	14	44	96	178	260	341	422	100	100	100	5.7	2.6	2.5	2.5
石炭	1.4	11	18	35	65	93	116	25	19	28	4.7	4.3	3.0	3.5
石油	12	10	10	1.0	0.6	0.1	-	23	0.6	-	-8.9	-3.5	-100	-100
天然ガス	-	18	62	127	150	165	161	40	71	38	8.2	1.1	0.4	0.7
原子力	-	-	-	-	-	14	34	-	-	8.0	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
水力	1.3	5.0	6.0	4.7	7.5	7.6	7.7	11	2.7	1.8	-0.2	3.1	0.1	1.4
地熱	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.3	1.1	4.9
太陽光	-	-	-	2.4	14	29	62	-	1.3	15	n.a.	12.5	7.8	9.8
風力	-	-	-	0.3	2.3	4.0	5.7	-	0.2	1.3	n.a.	14.0	4.5	8.5
太陽熱・海洋	-	-	-	-	0.1	0.3	0.5	-	-	0.1	n.a.	n.a.	8.3	n.a.
バイオマス・廃棄物	-	-	0.5	7.7	21	27	35	-	4.3	8.2	n.a.	6.8	2.6	4.4
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

エネルギー・経済指標他

	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
GDP (2010年価格10億ドル)	67	142	218	392	642	884	1,157	4.2	3.3	3.0	3.1
人口(100万人)	47	57	63	68	69	68	65	0.7	0.1	-0.3	-0.1
エネルギー起源CO ₂ 排出(100万t)	34	81	152	252	319	381	428	4.7	1.6	1.5	1.5
一人あたりGDP (2010年価格1,000ドル/人)	1.4	2.5	3.5	5.8	9.3	13	18	3.4	3.2	3.3	3.3
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	0.5	0.7	1.2	2.0	2.5	3.1	3.8	4.0	1.6	2.0	1.9
GDPあたり一次エネルギー消費 ^{*2}	331	296	332	345	271	238	212	0.6	-1.6	-1.2	-1.4
GDPあたりCO ₂ 排出量 ^{*3}	512	570	697	642	497	431	370	0.5	-1.7	-1.5	-1.6
一次エネルギー消費あたりCO ₂ 排出(t/toe)	1.5	1.9	2.1	1.9	1.8	1.8	1.7	-0.1	-0.1	-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(%)			
	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990	2015	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050	
合計 ^{*1}	14	18	29	74	128	178	240	100	100	100	5.8	3.7	3.2	3.4	
石炭	2.3	2.2	4.4	25	47	68	97	12	34	41	10.2	4.3	3.7	4.0	
石油	1.8	2.7	7.8	19	32	46	64	15	25	27	8.1	3.6	3.5	3.5	
天然ガス	-	0.0	1.1	9.5	18	27	38	0.0	13	16	38.6	4.4	3.7	4.0	
原子力	-	-	-	-	2.2	6.4	11	-	-	4.4	n.a.	n.a.	8.2	n.a.	
水力	0.1	0.5	1.3	4.8	9.2	10	11	2.6	6.5	4.4	9.8	4.4	0.7	2.2	
地熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	
太陽光・風力等	-	-	-	0.0	0.1	0.3	0.5	-	0.0	0.2	n.a.	17.8	7.7	11.9	
バイオマス・廃棄物	10	12	14	16	19	19	18	70	21	7.6	0.9	1.2	-0.1	0.5	

最終エネルギー消費

	(Mtoe)							構成比(%)			年平均変化率(%)			
	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990	2015	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
合計	13	16	25	58	96	128	167	100	100	100	5.3	3.4	2.8	3.1
産業	3.8	4.5	7.9	23	42	57	73	28	39	44	6.7	4.1	2.9	3.4
運輸	0.6	1.4	3.5	11	15	20	27	8.6	18	16	8.5	2.4	2.9	2.7
民生・農業他	8.6	10	14	21	33	43	55	63	36	33	3.0	3.0	2.6	2.8
非エネルギー消費	0.0	0.0	0.1	3.6	6.3	8.5	11	0.2	6.1	6.5	21.5	3.8	2.8	3.2
石炭	1.5	1.3	3.2	12	19	22	25	8.3	20	15	9.1	3.1	1.4	2.1
石油	1.7	2.3	6.5	18	31	44	62	15	31	37	8.5	3.7	3.5	3.6
天然ガス	-	-	0.0	1.5	3.6	5.2	7.0	-	2.6	4.2	n.a.	6.1	3.4	4.5
電力	0.2	0.5	1.9	12	26	38	56	3.3	21	34	13.4	5.0	4.0	4.4
熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
水素	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	-	-	0.0	n.a.	n.a.	9.1	n.a.
再生可能	9.7	12	13	15	18	18	17	74	25	10	0.8	1.2	-0.1	0.5

発電量

	(TWh)							構成比(%)			年平均変化率(%)			
	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990	2015	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
合計	3.6	8.7	27	153	320	487	716	100	100	100	12.2	5.0	4.1	4.5
石炭	1.4	2.0	3.1	45	106	190	322	23	30	45	13.3	5.8	5.7	5.8
石油	0.7	1.3	4.5	0.7	1.1	1.2	1.0	15	0.5	0.1	-2.2	2.4	-0.1	1.0
天然ガス	-	0.0	4.4	51	97	151	224	0.1	33	31	43.6	4.4	4.3	4.3
原子力	-	-	-	-	8.4	25	41	-	-	5.7	n.a.	n.a.	8.2	n.a.
水力	1.5	5.4	15	56	106	117	122	62	37	17	9.8	4.4	0.7	2.2
地熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
太陽光	-	-	-	-	0.7	2.2	3.5	-	-	0.5	n.a.	n.a.	8.6	n.a.
風力	-	-	-	0.1	0.7	1.5	2.7	-	0.1	0.4	n.a.	12.7	6.7	9.2
太陽熱・海洋	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
バイオマス・廃棄物	-	-	-	0.1	0.2	0.2	0.3	-	0.0	0.0	n.a.	6.5	2.6	4.3
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

エネルギー・経済指標他

	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
GDP (2010年価格10億ドル)	17	29	61	155	367	607	957	6.9	5.9	4.9	5.3
人口(100万人)	54	66	78	92	104	109	112	1.3	0.9	0.4	0.6
エネルギー起源CO ₂ 排出(100万t)	15	17	44	168	308	449	635	9.6	4.1	3.7	3.9
一人あたりGDP (2010年価格1,000ドル/人)	0.3	0.4	0.8	1.7	3.5	5.6	8.5	5.5	5.0	4.5	4.7
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	0.3	0.3	0.4	0.8	1.2	1.6	2.1	4.5	2.9	2.8	2.8
GDPあたり一次エネルギー消費 ^{*2}	851	606	470	478	349	293	250	-1.0	-2.1	-1.6	-1.8
GDPあたりCO ₂ 排出量 ^{*3}	860	579	711	1,088	839	739	663	2.6	-1.7	-1.2	-1.4
一次エネルギー消費あたりCO ₂ 排出(t/toe)	1.0	1.0	1.5	2.3	2.4	2.5	2.7	3.5	0.4	0.5	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(%)			
	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990	2015	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
合計 ^{*1}	1,997	2,126	2,527	2,458	2,420	2,382	2,312	100	100	100	0.6	-0.1	-0.2	-0.2
石炭	397	485	565	393	289	230	168	23	16	7.3	-0.8	-2.0	-2.7	-2.4
石油	885	833	958	888	805	751	695	39	36	30	0.3	-0.7	-0.7	-0.7
天然ガス	522	493	622	733	819	877	905	23	30	39	1.6	0.7	0.5	0.6
原子力	80	179	227	243	229	208	183	8.4	9.9	7.9	1.2	-0.4	-1.1	-0.8
水力	46	49	53	54	61	62	62	2.3	2.2	2.7	0.4	0.8	0.1	0.4
地熱	4.6	14	13	9.0	21	26	31	0.7	0.4	1.3	-1.8	5.8	1.9	3.6
太陽光・風力等	-	0.3	2.1	25	63	89	124	0.0	1.0	5.4	19.0	6.4	3.4	4.7
バイオマス・廃棄物	62	73	87	113	132	138	144	3.4	4.6	6.2	1.7	1.1	0.4	0.7

最終エネルギー消費

	(Mtoe)							構成比(%)			年平均変化率(%)			
	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990	2015	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
合計	1,466	1,455	1,738	1,714	1,711	1,701	1,669	100	100	100	0.7	0.0	-0.1	-0.1
産業	437	331	388	304	305	305	299	23	18	18	-0.3	0.0	-0.1	-0.1
運輸	470	531	640	690	640	609	584	36	40	35	1.1	-0.5	-0.5	-0.5
民生・農業他	446	460	537	574	607	621	623	32	34	37	0.9	0.4	0.1	0.2
非エネルギー消費	114	134	173	145	160	166	164	9.2	8.4	9.8	0.3	0.7	0.1	0.4
石炭	60	59	36	22	19	17	15	4.0	1.3	0.9	-3.9	-1.0	-1.3	-1.2
石油	769	752	874	847	776	727	676	52	49	41	0.5	-0.6	-0.7	-0.6
天然ガス	374	346	413	380	403	410	406	24	22	24	0.4	0.4	0.0	0.2
電力	200	262	342	368	413	446	471	18	21	28	1.4	0.8	0.7	0.7
熱	1.0	2.8	6.1	6.1	6.7	7.0	7.1	0.2	0.4	0.4	3.2	0.6	0.3	0.4
水素	-	-	-	-	0.1	0.1	0.1	-	-	0.0	n.a.	n.a.	1.4	n.a.
再生可能	62	33	66	90	94	94	94	2.3	5.2	5.6	4.1	0.3	0.0	0.1

発電量

	(TWh)							構成比(%)			年平均変化率(%)			
	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990	2015	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
合計	2,801	3,685	4,631	4,968	5,538	5,929	6,218	100	100	100	1.2	0.7	0.6	0.6
石炭	1,303	1,782	2,247	1,537	1,189	982	708	48	31	11	-0.6	-1.7	-2.6	-2.2
石油	277	147	133	47	32	25	14	4.0	0.9	0.2	-4.5	-2.4	-4.1	-3.4
天然ガス	380	391	668	1,440	1,888	2,296	2,615	11	29	42	5.3	1.8	1.6	1.7
原子力	304	685	871	932	879	799	701	19	19	11	1.2	-0.4	-1.1	-0.8
水力	530	570	612	632	712	721	725	15	13	12	0.4	0.8	0.1	0.4
地熱	5.4	16	15	19	44	56	65	0.4	0.4	1.1	0.6	5.9	2.0	3.6
太陽光	-	0.0	0.2	35	119	163	226	0.0	0.7	3.6	45.4	8.5	3.3	5.5
風力	-	3.1	5.9	219	443	574	739	0.1	4.4	12	18.6	4.8	2.6	3.5
太陽熱・海洋	-	0.7	0.6	14	67	116	192	0.0	0.3	3.1	12.9	10.8	5.4	7.7
バイオマス・廃棄物	1.8	90	80	93	164	199	231	2.5	1.9	3.7	0.1	3.9	1.7	2.6
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

エネルギー・経済指標他

	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
GDP (2010年価格10億ドル)	7,310	10,078	14,056	18,394	25,027	30,559	36,274	2.4	2.1	1.9	2.0
人口(100万人)	252	277	313	357	397	419	436	1.0	0.7	0.5	0.6
エネルギー起源CO ₂ 排出(100万t)	5,170	5,236	6,126	5,574	5,066	4,786	4,438	0.3	-0.6	-0.7	-0.6
一人あたりGDP (2010年価格1,000ドル/人)	29	36	45	51	63	73	83	1.4	1.4	1.4	1.4
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	7.9	7.7	8.1	6.9	6.1	5.7	5.3	-0.4	-0.8	-0.7	-0.7
GDPあたり一次エネルギー消費 ^{*2}	273	211	180	134	97	78	64	-1.8	-2.1	-2.1	-2.1
GDPあたりCO ₂ 排出量 ^{*3}	707	520	436	303	202	157	122	-2.1	-2.7	-2.5	-2.6
一次エネルギー消費あたりCO ₂ 排出(t/toe)	2.6	2.5	2.4	2.3	2.1	2.0	1.9	-0.3	-0.5	-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(%)			
	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990	2015	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
合計 ^{*1}	1,805	1,915	2,273	2,188	2,154	2,116	2,049	100	100	100	0.5	-0.1	-0.2	-0.2
石炭	376	460	534	374	278	221	162	24	17	7.9	-0.8	-2.0	-2.7	-2.4
石油	797	757	871	794	717	670	622	40	36	30	0.2	-0.7	-0.7	-0.7
天然ガス	477	438	548	646	724	772	794	23	30	39	1.6	0.8	0.5	0.6
原子力	69	159	208	216	209	191	165	8.3	9.9	8.1	1.2	-0.2	-1.2	-0.8
水力	24	23	22	22	25	26	26	1.2	1.0	1.3	-0.3	1.1	0.1	0.5
地熱	4.6	14	13	9.0	21	26	31	0.7	0.4	1.5	-1.8	5.8	1.9	3.6
太陽光・風力等	-	0.3	2.1	22	57	81	115	0.0	1.0	5.6	18.5	6.5	3.6	4.8
バイオマス・廃棄物	54	62	73	99	118	124	130	3.3	4.5	6.3	1.9	1.2	0.5	0.8

最終エネルギー消費

	(Mtoe)							構成比(%)			年平均変化率(%)			
	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990	2015	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
合計	1,311	1,294	1,546	1,520	1,516	1,506	1,477	100	100	100	0.6	0.0	-0.1	-0.1
産業	387	284	332	262	264	265	259	22	17	18	-0.3	0.1	-0.1	0.0
運輸	425	488	588	629	578	550	528	38	41	36	1.0	-0.6	-0.5	-0.5
民生・農業他	397	403	473	506	537	549	551	31	33	37	0.9	0.4	0.1	0.2
非エネルギー消費	102	119	153	123	137	142	139	9.2	8.1	9.4	0.1	0.7	0.1	0.3
石炭	56	56	33	20	17	15	13	4.3	1.3	0.9	-4.1	-1.0	-1.2	-1.1
石油	689	683	793	758	689	646	601	53	50	41	0.4	-0.6	-0.7	-0.7
天然ガス	337	303	360	333	354	360	355	23	22	24	0.4	0.4	0.0	0.2
電力	174	226	301	325	365	393	415	18	21	28	1.5	0.8	0.6	0.7
熱	-	2.2	5.3	5.5	6.1	6.5	6.6	0.2	0.4	0.4	3.8	0.8	0.4	0.5
水素	-	-	-	-	0.1	0.1	0.1	-	-	0.0	n.a.	n.a.	1.3	n.a.
再生可能	54	23	54	79	84	85	86	1.8	5.2	5.8	5.1	0.4	0.1	0.2

発電量

	(TWh)							構成比(%)			年平均変化率(%)			
	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990	2015	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
合計	2,427	3,203	4,026	4,297	4,829	5,169	5,414	100	100	100	1.2	0.8	0.6	0.7
石炭	1,243	1,700	2,129	1,471	1,150	949	690	53	34	13	-0.6	-1.6	-2.5	-2.1
石油	263	131	118	39	28	20	11	4.1	0.9	0.2	-4.7	-2.3	-4.4	-3.5
天然ガス	370	382	634	1,373	1,807	2,171	2,451	12	32	45	5.3	1.8	1.5	1.7
原子力	266	612	798	830	801	732	635	19	19	12	1.2	-0.2	-1.2	-0.8
水力	279	273	253	251	295	298	300	8.5	5.8	5.5	-0.3	1.1	0.1	0.5
地熱	5.4	16	15	19	44	56	65	0.5	0.4	1.2	0.6	5.9	2.0	3.6
太陽光	-	0.0	0.2	32	112	155	216	0.0	0.7	4.0	44.9	8.7	3.3	5.6
風力	-	3.1	5.7	193	391	508	662	0.1	4.5	12	18.0	4.8	2.7	3.6
太陽熱・海洋	-	0.7	0.5	9.1	59	108	183	0.0	0.2	3.4	11.0	13.3	5.8	9.0
バイオマス・廃棄物	0.5	86	72	80	143	173	200	2.7	1.9	3.7	-0.3	3.9	1.7	2.6
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

エネルギー・経済指標他

	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
GDP (2010年価格10億ドル)	6,529	9,064	12,713	16,597	22,629	27,677	32,902	2.4	2.1	1.9	2.0
人口(100万人)	227	250	282	321	356	376	391	1.0	0.7	0.5	0.6
エネルギー起源CO ₂ 排出(100万t)	4,744	4,820	5,617	5,071	4,598	4,328	4,004	0.2	-0.7	-0.7	-0.7
一人あたりGDP (2010年価格1,000ドル/人)	29	36	45	52	64	74	84	1.4	1.4	1.4	1.4
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	7.9	7.7	8.1	6.8	6.0	5.6	5.2	-0.5	-0.8	-0.7	-0.7
GDPあたり一次エネルギー消費 ^{*2}	276	211	179	132	95	76	62	-1.9	-2.1	-2.1	-2.1
GDPあたりCO ₂ 排出量 ^{*3}	727	532	442	305	203	156	122	-2.2	-2.7	-2.5	-2.6
一次エネルギー消費あたりCO ₂ 排出(t/toe)	2.6	2.5	2.5	2.3	2.1	2.0	2.0	-0.3	-0.5	-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(%)			
	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990	2015	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
合計 ^{*1}	382	465	600	851	1,092	1,264	1,378	100	100	100	2.5	1.7	1.2	1.4
石炭	13	21	27	47	59	68	72	4.5	5.6	5.3	3.3	1.4	1.1	1.2
石油	223	238	303	377	449	487	491	51	44	36	1.9	1.2	0.4	0.8
天然ガス	48	72	119	207	281	364	437	16	24	32	4.3	2.1	2.2	2.2
原子力	0.6	3.2	5.3	8.7	26	28	28	0.7	1.0	2.1	4.0	7.6	0.4	3.4
水力	19	33	50	60	77	82	88	7.2	7.1	6.4	2.4	1.7	0.7	1.1
地熱	1.2	5.1	6.3	6.5	19	27	35	1.1	0.8	2.6	1.0	7.3	3.2	4.9
太陽光・風力等	-	0.0	0.2	4.6	13	22	32	0.0	0.5	2.3	25.0	7.2	4.5	5.7
バイオマス・廃棄物	78	92	89	139	167	184	193	20	16	14	1.7	1.2	0.7	0.9

最終エネルギー消費

	(Mtoe)							構成比(%)			年平均変化率(%)			
	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990	2015	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
合計	288	343	447	610	773	891	975	100	100	100	2.3	1.6	1.2	1.3
産業	98	114	148	191	229	274	310	33	31	32	2.1	1.2	1.5	1.4
運輸	85	103	140	222	284	316	332	30	36	34	3.1	1.7	0.8	1.2
民生・農業他	89	101	120	160	212	246	272	29	26	28	1.9	1.9	1.3	1.5
非エネルギー消費	16	26	38	38	48	55	61	7.5	6.3	6.3	1.6	1.5	1.2	1.3
石炭	6.1	7.8	11	15	18	21	21	2.3	2.5	2.2	2.7	1.2	0.8	0.9
石油	159	179	240	304	374	414	432	52	50	44	2.1	1.4	0.7	1.0
天然ガス	27	38	53	78	100	120	137	11	13	14	3.0	1.7	1.6	1.6
電力	27	44	69	111	163	209	251	13	18	26	3.7	2.6	2.2	2.4
熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
水素	-	-	-	-	0.1	0.1	0.1	-	-	0.0	n.a.	n.a.	3.5	n.a.
再生可能	69	74	74	102	118	128	133	22	17	14	1.3	0.9	0.6	0.7

発電量

	(TWh)							構成比(%)			年平均変化率(%)			
	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990	2015	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
合計	380	623	1,009	1,598	2,314	2,906	3,426	100	100	100	3.8	2.5	2.0	2.2
石炭	7.8	23	43	106	148	190	215	3.8	6.7	6.3	6.2	2.2	1.9	2.0
石油	111	128	198	198	183	168	102	21	12	3.0	1.8	-0.5	-2.9	-1.9
天然ガス	35	60	141	436	702	1,063	1,406	9.6	27	41	8.3	3.2	3.5	3.4
原子力	2.3	12	20	33	101	109	109	2.0	2.1	3.2	4.0	7.6	0.4	3.4
水力	218	386	584	701	899	959	1,027	62	44	30	2.4	1.7	0.7	1.1
地熱	1.4	5.9	7.8	10	29	44	58	1.0	0.6	1.7	2.2	7.3	3.5	5.1
太陽光	-	0.0	0.0	2.5	14	27	49	0.0	0.2	1.4	36.8	12.3	6.3	8.8
風力	-	0.0	0.2	40	120	200	292	0.0	2.5	8.5	52.8	7.6	4.6	5.8
太陽熱・海洋	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
バイオマス・廃棄物	3.9	7.6	14	69	118	146	167	1.2	4.3	4.9	9.3	3.6	1.7	2.5
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

エネルギー・経済指標他

	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
GDP (2010年価格10億ドル)	2,404	2,779	3,767	5,779	8,545	11,704	14,903	3.0	2.6	2.8	2.7
人口(100万人)	361	442	522	629	715	754	777	1.4	0.9	0.4	0.6
エネルギー起源CO ₂ 排出(100万t)	801	909	1,206	1,724	2,137	2,469	2,651	2.6	1.4	1.1	1.2
一人あたりGDP (2010年価格1,000ドル/人)	6.7	6.3	7.2	9.2	12	16	19	1.5	1.8	2.4	2.1
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	1.1	1.1	1.2	1.4	1.5	1.7	1.8	1.0	0.8	0.8	0.8
GDPあたり一次エネルギー消費 ^{*2}	159	167	159	147	128	108	92	-0.5	-0.9	-1.6	-1.3
GDPあたりCO ₂ 排出量 ^{*3}	333	327	320	298	250	211	178	-0.4	-1.2	-1.7	-1.5
一次エネルギー消費あたりCO ₂ 排出(t/toe)	2.1	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.9	0.1	-0.2	-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37 | OECDヨーロッパ[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(%)			
	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990	2015	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
合計 ^{*1}	1,494	1,629	1,752	1,706	1,658	1,606	1,561	100	100	100	0.2	-0.2	-0.3	-0.3
石炭	464	449	331	285	226	186	154	28	17	9.9	-1.8	-1.5	-1.9	-1.7
石油	688	611	653	554	484	433	387	38	32	25	-0.4	-0.9	-1.1	-1.0
天然ガス	206	262	394	389	425	431	426	16	23	27	1.6	0.6	0.0	0.3
原子力	60	205	245	222	203	206	216	13	13	14	0.3	-0.6	0.3	-0.1
水力	36	39	47	49	51	52	54	2.4	2.9	3.4	0.9	0.3	0.2	0.3
地熱	3.0	4.9	7.2	15	21	24	26	0.3	0.9	1.7	4.6	2.2	1.1	1.6
太陽光・風力等	0.1	0.3	2.7	40	77	100	121	0.0	2.4	7.7	21.1	4.4	2.3	3.2
バイオマス・廃棄物	36	55	72	149	168	173	176	3.4	8.7	11	4.0	0.8	0.2	0.5

最終エネルギー消費

	(Mtoe)							構成比(%)			年平均変化率(%)			
	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990	2015	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
合計	1,081	1,134	1,233	1,202	1,188	1,157	1,123	100	100	100	0.2	-0.1	-0.3	-0.2
産業	356	328	326	280	279	276	271	29	23	24	-0.6	0.0	-0.1	-0.1
運輸	209	267	317	335	293	264	241	24	28	21	0.9	-0.9	-1.0	-0.9
民生・農業他	425	438	475	485	509	508	501	39	40	45	0.4	0.3	-0.1	0.1
非エネルギー消費	90	101	115	103	108	109	109	8.9	8.6	9.8	0.1	0.3	0.1	0.2
石炭	156	125	63	46	43	41	38	11	3.9	3.4	-3.9	-0.4	-0.7	-0.6
石油	551	524	572	501	437	390	347	46	42	31	-0.2	-0.9	-1.1	-1.0
天然ガス	161	203	268	255	267	267	265	18	21	24	0.9	0.3	0.0	0.1
電力	147	192	233	261	289	306	319	17	22	28	1.2	0.7	0.5	0.6
熱	35	43	41	47	48	47	47	3.8	3.9	4.2	0.3	0.2	-0.1	0.0
水素	-	-	-	-	0.0	0.1	0.1	-	-	0.0	n.a.	n.a.	2.7	n.a.
再生可能	31	47	55	92	103	106	107	4.2	7.6	9.6	2.7	0.8	0.2	0.5

発電量

	(TWh)							構成比(%)			年平均変化率(%)			
	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990	2015	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
合計	2,049	2,668	3,227	3,559	3,913	4,099	4,231	100	100	100	1.2	0.6	0.4	0.5
石炭	887	1,030	968	859	731	603	482	39	24	11	-0.7	-1.1	-2.1	-1.6
石油	364	206	179	57	40	28	17	7.7	1.6	0.4	-5.0	-2.3	-4.3	-3.4
天然ガス	138	169	513	585	731	780	785	6.3	16	19	5.1	1.5	0.4	0.8
原子力	230	787	939	853	781	791	829	29	24	20	0.3	-0.6	0.3	-0.1
水力	416	451	549	569	596	610	623	17	16	15	0.9	0.3	0.2	0.3
地熱	2.7	3.6	6.2	15	22	26	29	0.1	0.4	0.7	5.9	2.7	1.3	1.9
太陽光	-	0.0	0.1	100	176	220	267	0.0	2.8	6.3	43.0	3.8	2.1	2.9
風力	0.0	0.8	22	306	527	684	802	0.0	8.6	19	27.0	3.7	2.1	2.8
太陽熱・海洋	0.5	0.7	1.6	9.9	36	51	70	0.0	0.3	1.6	10.9	9.0	3.4	5.7
バイオマス・廃棄物	11	21	48	204	273	305	325	0.8	5.7	7.7	9.6	2.0	0.9	1.3
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

エネルギー・経済指標他

	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
GDP (2010年価格10億ドル)	9,940	12,666	15,889	19,517	24,815	28,286	31,565	1.7	1.6	1.2	1.4
人口(100万人)	479	502	524	566	586	591	589	0.5	0.2	0.0	0.1
エネルギー起源CO ₂ 排出(100万t)	4,165	3,971	3,897	3,436	3,057	2,752	2,471	-0.6	-0.8	-1.1	-0.9
一人あたりGDP (2010年価格1,000ドル/人)	21	25	30	34	42	48	54	1.3	1.4	1.2	1.3
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	3.1	3.2	3.3	3.0	2.8	2.7	2.6	-0.3	-0.4	-0.3	-0.4
GDPあたり一次エネルギー消費 ^{*2}	150	129	110	87	67	57	49	-1.5	-1.8	-1.5	-1.6
GDPあたりCO ₂ 排出量 ^{*3}	419	313	245	176	123	97	78	-2.3	-2.4	-2.2	-2.3
一次エネルギー消費あたりCO ₂ 排出(t/toe)	2.8	2.4	2.2	2.0	1.8	1.7	1.6	-0.8	-0.6	-0.8	-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38 | 非OECDヨーロッパ[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(%)			
	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990	2015	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
合計 ^{*1}	1,241	1,530	1,000	1,106	1,216	1,322	1,451	100	100	100	-1.3	0.6	0.9	0.8
石炭	362	367	209	211	185	183	183	24	19	13	-2.2	-0.9	-0.1	-0.4
石油	464	465	201	238	247	271	301	30	21	21	-2.6	0.3	1.0	0.7
天然ガス	355	600	487	526	598	676	751	39	48	52	-0.5	0.9	1.1	1.0
原子力	21	59	64	82	118	112	121	3.9	7.4	8.3	1.3	2.5	0.1	1.1
水力	20	23	23	25	28	29	30	1.5	2.2	2.1	0.4	0.9	0.3	0.5
地熱	-	0.0	0.1	0.2	0.6	0.6	0.7	0.0	0.0	0.0	9.3	6.4	1.0	3.3
太陽光・風力等	-	-	0.0	1.5	4.8	8.7	14	-	0.1	0.9	n.a.	7.9	5.3	6.4
バイオマス・廃棄物	21	17	16	23	35	42	52	1.1	2.1	3.6	1.3	2.7	2.0	2.3

最終エネルギー消費

	(Mtoe)							構成比(%)			年平均変化率(%)			
	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990	2015	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
合計	869	1,067	651	701	768	836	918	100	100	100	-1.7	0.6	0.9	0.8
産業	394	394	205	191	214	243	275	37	27	30	-2.9	0.8	1.3	1.0
運輸	107	171	110	143	147	153	162	16	20	18	-0.7	0.2	0.5	0.3
民生・農業他	301	436	287	274	291	298	307	41	39	33	-1.8	0.4	0.3	0.3
非エネルギー消費	67	66	49	93	115	142	174	6.2	13	19	1.4	1.5	2.1	1.8
石炭	152	113	36	34	33	34	34	11	4.9	3.7	-4.7	-0.1	0.1	0.0
石油	310	278	145	203	217	238	264	26	29	29	-1.2	0.4	1.0	0.7
天然ガス	215	260	200	213	241	264	289	24	30	32	-0.8	0.8	0.9	0.9
電力	95	126	87	105	131	157	186	12	15	20	-0.7	1.5	1.8	1.7
熱	78	276	171	129	128	128	130	26	18	14	-3.0	-0.1	0.1	0.0
水素	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	-	-	0.0	n.a.	n.a.	3.3	n.a.
再生可能	21	13	11	16	17	16	16	1.2	2.3	1.7	0.9	0.3	-0.5	-0.1

発電量

	(TWh)							構成比(%)			年平均変化率(%)			
	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990	2015	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
合計	1,461	1,888	1,428	1,738	2,083	2,383	2,713	100	100	100	-0.3	1.2	1.3	1.3
石炭	471	429	338	386	412	461	483	23	22	18	-0.4	0.4	0.8	0.6
石油	357	256	70	21	18	18	15	14	1.2	0.6	-9.5	-0.9	-1.0	-1.0
天然ガス	295	714	503	706	787	984	1,170	38	41	43	0.0	0.7	2.0	1.5
原子力	79	226	242	313	453	431	464	12	18	17	1.3	2.5	0.1	1.1
水力	232	262	272	289	329	340	347	14	17	13	0.4	0.9	0.3	0.5
地熱	-	0.0	0.1	0.5	1.8	2.1	2.2	0.0	0.0	0.1	11.8	9.5	1.1	4.6
太陽光	-	-	-	4.6	16	28	43	-	0.3	1.6	n.a.	8.8	5.0	6.6
風力	-	-	0.0	12	38	70	113	-	0.7	4.2	n.a.	8.1	5.6	6.6
太陽熱・海洋	-	-	-	-	0.0	0.0	0.1	-	-	0.0	n.a.	n.a.	12.7	n.a.
バイオマス・廃棄物	27	0.0	2.6	5.0	26	47	75	0.0	0.3	2.8	20.4	11.5	5.5	8.0
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

エネルギー・経済指標他

	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
GDP (2010年価格10億ドル)	1,748	2,142	1,496	2,658	3,862	5,106	6,671	0.9	2.5	2.8	2.7
人口(100万人)	317	341	339	341	344	341	337	0.0	0.1	-0.1	0.0
エネルギー起源CO ₂ 排出(100万t)	3,497	4,104	2,455	2,543	2,577	2,749	2,928	-1.9	0.1	0.6	0.4
一人あたりGDP (2010年価格1,000ドル/人)	5.5	6.3	4.4	7.8	11	15	20	0.9	2.5	2.9	2.7
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	3.9	4.5	3.0	3.2	3.5	3.9	4.3	-1.3	0.6	1.0	0.8
GDPあたり一次エネルギー消費 ^{*2}	710	714	668	416	315	259	217	-2.1	-1.8	-1.8	-1.8
GDPあたりCO ₂ 排出量 ^{*3}	2,000	1,916	1,641	957	667	538	439	-2.7	-2.4	-2.1	-2.2
一次エネルギー消費あたりCO ₂ 排出(t/toe)	2.8	2.7	2.5	2.3	2.1	2.1	2.0	-0.6	-0.5	-0.2	-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(%)			
	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990	2015	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
合計 ^{*1}	n.a.	1,647	1,695	1,586	1,545	1,499	1,458	100	100	100	-0.1	-0.2	-0.3	-0.2
石炭	n.a.	455	321	263	210	173	144	28	17	9.9	-2.2	-1.5	-1.9	-1.7
石油	n.a.	608	625	516	450	401	357	37	33	24	-0.7	-0.9	-1.2	-1.0
天然ガス	n.a.	297	396	358	393	400	397	18	23	27	0.7	0.6	0.0	0.3
原子力	n.a.	207	246	223	204	206	216	13	14	15	0.3	-0.6	0.3	-0.1
水力	n.a.	25	31	29	31	31	32	1.5	1.8	2.2	0.6	0.3	0.2	0.2
地熱	n.a.	3.2	4.6	6.5	8.3	9.1	9.9	0.2	0.4	0.7	2.9	1.7	0.9	1.2
太陽光・風力等	n.a.	0.3	2.4	39	76	99	120	0.0	2.5	8.2	21.5	4.5	2.3	3.3
バイオマス・廃棄物	n.a.	48	67	149	171	176	180	2.9	9.4	12	4.7	0.9	0.2	0.5

最終エネルギー消費

	(Mtoe)							構成比(%)			年平均変化率(%)			
	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990	2015	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
合計	n.a.	1,136	1,180	1,114	1,168	1,138	1,106	100	100	100	-0.1	0.3	-0.3	0.0
産業	n.a.	347	309	254	279	279	278	31	23	25	-1.2	0.6	0.0	0.3
運輸	n.a.	259	303	312	273	245	223	23	28	20	0.8	-0.9	-1.0	-1.0
民生・農業他	n.a.	430	454	450	515	511	501	38	40	45	0.2	0.9	-0.1	0.3
非エネルギー消費	n.a.	100	113	97	101	103	103	8.8	8.7	9.3	-0.1	0.3	0.1	0.2
石炭	n.a.	122	52	36	33	31	29	11	3.2	2.6	-4.8	-0.5	-0.7	-0.6
石油	n.a.	506	543	465	405	360	320	45	42	29	-0.3	-0.9	-1.2	-1.1
天然ガス	n.a.	227	272	241	253	253	251	20	22	23	0.2	0.3	0.0	0.1
電力	n.a.	186	217	236	263	279	292	16	21	26	1.0	0.7	0.5	0.6
熱	n.a.	55	45	46	111	110	109	4.9	4.1	9.9	-0.7	6.1	-0.1	2.5
水素	n.a.	-	-	-	0.0	0.1	0.1	-	-	0.0	n.a.	n.a.	2.7	n.a.
再生可能	n.a.	40	50	90	103	104	105	3.5	8.1	9.5	3.3	0.8	0.1	0.4

発電量

	(TWh)							構成比(%)			年平均変化率(%)			
	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990	2015	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
合計	n.a.	2,577	3,006	3,204	3,571	3,774	3,935	100	100	100	0.9	0.7	0.5	0.6
石炭	n.a.	1,050	968	826	716	597	483	41	26	12	-1.0	-0.9	-2.0	-1.5
石油	n.a.	224	181	61	45	32	20	8.7	1.9	0.5	-5.1	-2.1	-4.0	-3.2
天然ガス	n.a.	193	480	497	633	684	697	7.5	15	18	3.9	1.6	0.5	1.0
原子力	n.a.	795	945	857	782	792	829	31	27	21	0.3	-0.6	0.3	-0.1
水力	n.a.	290	357	341	358	365	372	11	11	9.5	0.6	0.3	0.2	0.2
地熱	n.a.	3.2	4.8	6.5	8.5	9.5	10	0.1	0.2	0.3	2.9	1.8	0.9	1.3
太陽光	n.a.	0.0	0.1	102	185	236	290	0.0	3.2	7.4	43.6	4.0	2.3	3.0
風力	n.a.	0.8	22	302	529	689	809	0.0	9.4	21	26.9	3.8	2.1	2.9
太陽熱・海洋	n.a.	0.7	1.6	9.5	35	53	79	0.0	0.3	2.0	11.1	9.0	4.2	6.3
バイオマス・廃棄物	n.a.	20	46	201	275	313	343	0.8	6.3	8.7	9.8	2.1	1.1	1.5
水素	n.a.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

エネルギー・経済指標他

	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
GDP (2010年価格10億ドル)	n.a.	11,888	14,768	17,885	22,762	26,005	29,079	1.6	1.6	1.2	1.4
人口(100万人)	n.a.	478	488	510	524	526	523	0.3	0.2	0.0	0.1
エネルギー起源CO ₂ 排出(100万t)	n.a.	4,068	3,783	3,176	2,835	2,552	2,292	-1.0	-0.8	-1.1	-0.9
一人あたりGDP (2010年価格1,000ドル/人)	n.a.	25	30	35	43	49	56	1.4	1.4	1.2	1.3
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	n.a.	3.4	3.5	3.1	3.0	2.8	2.8	-0.4	-0.4	-0.3	-0.3
GDPあたり一次エネルギー消費 ^{*2}	n.a.	139	115	89	68	58	50	-1.8	-1.8	-1.5	-1.6
GDPあたりCO ₂ 排出量 ^{*3}	n.a.	342	256	178	125	98	79	-2.6	-2.3	-2.3	-2.3
一次エネルギー消費あたりCO ₂ 排出(t/toe)	n.a.	2.5	2.2	2.0	1.8	1.7	1.6	-0.8	-0.6	-0.8	-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(%)			
	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990	2015	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
合計 ^{*1}	273	393	496	788	1,086	1,349	1,635	100	100	100	2.8	2.2	2.1	2.1
石炭	52	74	90	107	122	134	150	19	14	9.2	1.5	0.8	1.1	1.0
石油	61	86	97	176	252	340	458	22	22	28	2.9	2.4	3.0	2.8
天然ガス	12	30	47	108	183	253	359	7.5	14	22	5.3	3.6	3.4	3.5
原子力	-	2.2	3.4	3.2	8.6	19	24	0.6	0.4	1.5	1.5	6.9	5.2	5.9
水力	4.1	4.8	6.4	10	19	29	39	1.2	1.3	2.4	3.1	4.1	3.7	3.9
地熱	-	0.3	0.4	3.9	16	23	29	0.1	0.5	1.7	11.0	9.7	3.1	5.9
太陽光・風力等	-	0.0	0.0	1.0	8.6	18	29	0.0	0.1	1.8	35.7	15.2	6.3	10.0
バイオマス・廃棄物	143	196	250	377	478	532	547	50	48	33	2.7	1.6	0.7	1.1

最終エネルギー消費

	(Mtoe)							構成比(%)			1990/	2015/	2030/	2015/
	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990	2015	2050	2015	2030	2050	2050
合計	218	292	369	573	804	1,005	1,216	100	100	100	2.7	2.3	2.1	2.2
産業	46	55	58	87	126	173	222	19	15	18	1.9	2.5	2.9	2.7
運輸	27	38	54	105	149	196	247	13	18	20	4.2	2.4	2.6	2.5
民生・農業他	139	188	242	362	499	595	695	64	63	57	2.7	2.2	1.7	1.9
非エネルギー消費	5.4	11	15	18	29	40	53	3.8	3.2	4.4	2.0	3.1	3.0	3.1
石炭	22	20	19	20	24	29	32	6.7	3.5	2.6	0.1	1.3	1.4	1.3
石油	54	71	89	154	226	305	409	24	27	34	3.2	2.6	3.0	2.8
天然ガス	2.8	8.6	14	34	56	78	101	2.9	5.9	8.3	5.6	3.5	3.0	3.2
電力	14	22	31	53	88	130	197	7.6	9.3	16	3.6	3.4	4.2	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.	5.5	n.a.
再生可能	126	171	216	312	410	463	477	59	54	39	2.4	1.8	0.8	1.2

発電量

	(TWh)							構成比(%)			1990/	2015/	2030/	2015/
	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990	2015	2050	2015	2030	2050	2050
合計	184	316	442	781	1,266	1,832	2,717	100	100	100	3.7	3.3	3.9	3.6
石炭	100	165	209	257	321	373	446	52	33	16	1.8	1.5	1.7	1.6
石油	22	41	51	88	116	152	206	13	11	7.6	3.1	1.9	2.9	2.5
天然ガス	14	45	92	285	489	741	1,268	14	37	47	7.7	3.7	4.9	4.4
原子力	-	8.4	13	12	33	73	91	2.7	1.6	3.4	1.5	6.9	5.2	5.9
水力	47	56	75	121	220	336	455	18	15	17	3.1	4.1	3.7	3.9
地熱	-	0.3	0.4	4.5	18	26	33	0.1	0.6	1.2	11.0	9.7	3.1	5.9
太陽光	-	-	0.0	2.6	18	36	64	-	0.3	2.3	n.a.	13.6	6.6	9.6
風力	-	-	0.2	7.5	22	39	72	-	1.0	2.6	n.a.	7.3	6.2	6.7
太陽熱・海洋	-	-	-	0.0	19	42	66	-	0.0	2.4	n.a.	71.2	6.4	30.5
バイオマス・廃棄物	0.2	0.5	1.1	1.9	7.7	11	14	0.1	0.2	0.5	5.9	9.7	3.1	5.9
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

エネルギー・経済指標他

	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
GDP (2010年価格10億ドル)	717	876	1,145	2,261	4,224	6,841	10,197	3.9	4.3	4.5	4.4
人口(100万人)	477	631	813	1,185	1,691	2,085	2,509	2.6	2.4	2.0	2.2
エネルギー起源CO ₂ 排出(100万t)	403	593	718	1,168	1,605	2,064	2,705	2.7	2.1	2.6	2.4
一人あたりGDP (2010年価格1,000ドル/人)	1.5	1.4	1.4	1.9	2.5	3.3	4.1	1.3	1.8	2.5	2.2
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	0.6	0.6	0.6	0.7	0.6	0.6	0.7	0.3	-0.2	0.1	-0.1
GDPあたり一次エネルギー消費 ^{*2}	381	449	433	348	257	197	160	-1.0	-2.0	-2.3	-2.2
GDPあたりCO ₂ 排出量 ^{*3}	563	677	627	516	380	302	265	-1.1	-2.0	-1.8	-1.9
一次エネルギー消費あたりCO ₂ 排出(t/toe)	1.5	1.5	1.4	1.5	1.5	1.5	1.7	-0.1	0.0	0.6	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(%)				
	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990	2015	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050	
合計 ^{*1}	121	223	372	752	993	1,153	1,291	100	100	100	5.0	1.9	1.3	1.6	
石炭	1.2	3.0	8.1	9.8	16	18	19	1.3	1.3	1.5	4.9	3.3	1.0	2.0	
石油	90	146	217	341	422	485	536	66	45	41	3.4	1.4	1.2	1.3	
天然ガス	29	72	145	397	523	602	677	32	53	52	7.1	1.9	1.3	1.5	
原子力	-	-	-	0.8	24	36	42	-	0.1	3.2	n.a.	25.7	2.9	12.1	
水力	0.8	1.0	0.7	1.5	2.1	2.3	2.5	0.5	0.2	0.2	1.6	2.1	1.0	1.5	
地熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	
太陽光・風力等	-	0.4	0.7	0.7	4.2	7.6	13	0.2	0.1	1.0	2.3	12.3	5.8	8.5	
バイオマス・廃棄物	0.3	0.4	0.4	0.9	0.9	0.8	0.8	0.2	0.1	0.1	2.8	0.0	-0.7	-0.4	

最終エネルギー消費

	(Mtoe)							構成比(%)			年平均変化率(%)				
	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990	2015	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050	
合計	84	157	253	489	652	766	868	100	100	100	4.6	1.9	1.4	1.7	
産業	30	47	71	150	203	241	274	30	31	32	4.8	2.0	1.5	1.7	
運輸	26	51	75	141	180	206	229	32	29	26	4.2	1.6	1.2	1.4	
民生・農業他	22	40	75	129	170	197	222	25	26	26	4.8	1.9	1.3	1.6	
非エネルギー消費	5.6	20	32	69	99	122	143	12	14	16	5.2	2.4	1.9	2.1	
石炭	0.3	0.2	0.5	2.6	3.9	4.9	5.7	0.1	0.5	0.7	11.1	2.8	1.9	2.3	
石油	67	108	153	236	304	357	400	69	48	46	3.2	1.7	1.4	1.5	
天然ガス	9.8	31	65	173	232	267	300	20	35	35	7.1	2.0	1.3	1.6	
電力	6.5	17	33	77	110	135	160	11	16	18	6.2	2.5	1.9	2.1	
熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	
水素	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	-	-	0.0	n.a.	n.a.	4.4	n.a.	
再生可能	0.2	0.7	1.0	1.3	1.5	1.6	1.8	0.5	0.3	0.2	2.3	0.7	1.1	0.9	

発電量

	(TWh)							構成比(%)			年平均変化率(%)				
	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990	2015	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050	
合計	95	244	472	1,111	1,585	1,902	2,215	100	100	100	6.2	2.4	1.7	2.0	
石炭	0.1	11	30	30	51	57	63	4.3	2.7	2.8	4.3	3.6	1.1	2.2	
石油	47	108	188	322	378	390	393	44	29	18	4.5	1.1	0.2	0.6	
天然ガス	39	114	246	737	1,013	1,233	1,474	47	66	67	7.7	2.1	1.9	2.0	
原子力	-	-	-	2.9	91	140	161	-	0.3	7.2	n.a.	25.7	2.9	12.1	
水力	9.7	12	8.0	18	24	27	30	4.9	1.6	1.3	1.6	2.1	1.0	1.5	
地熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	
太陽光	-	-	-	1.2	16	29	47	-	0.1	2.1	n.a.	19.1	5.5	11.1	
風力	-	0.0	0.0	0.4	5.7	16	28	0.0	0.0	1.2	26.4	20.4	8.2	13.3	
太陽熱・海洋	-	-	-	0.2	6.0	10	20	-	0.0	0.9	n.a.	23.9	6.2	13.4	
バイオマス・廃棄物	-	-	-	0.1	0.3	0.4	0.5	-	0.0	0.0	n.a.	8.3	2.2	4.8	
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	

エネルギー・経済指標他

	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
GDP (2010年価格10億ドル)	858	949	1,430	2,582	4,001	5,302	6,834	4.1	3.0	2.7	2.8
人口(100万人)	92	132	168	235	297	332	364	2.3	1.6	1.0	1.3
エネルギー起源CO ₂ 排出(100万t)	332	573	945	1,822	2,310	2,630	2,910	4.7	1.6	1.2	1.3
一人あたりGDP (2010年価格1,000ドル/人)	9.3	7.2	8.5	11	13	16	19	1.7	1.4	1.7	1.5
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	1.3	1.7	2.2	3.2	3.3	3.5	3.5	2.6	0.3	0.3	0.3
GDPあたり一次エネルギー消費 ^{*2}	142	235	260	291	248	217	189	0.9	-1.1	-1.4	-1.2
GDPあたりCO ₂ 排出量 ^{*3}	387	603	661	706	577	496	426	0.6	-1.3	-1.5	-1.4
一次エネルギー消費あたりCO ₂ 排出(t/toe)	2.7	2.6	2.5	2.4	2.3	2.3	2.3	-0.2	-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(%)			
	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990	2015	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
合計 ^{*1}	79	99	120	146	153	152	150	100	100	100	1.6	0.3	-0.1	0.1
石炭	28	36	44	44	39	34	31	37	30	21	0.8	-0.9	-1.1	-1.0
石油	34	35	40	49	48	46	44	35	33	29	1.4	0.0	-0.5	-0.3
天然ガス	8.3	19	24	36	42	44	45	19	25	30	2.7	1.0	0.3	0.6
原子力	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
水力	2.7	3.2	3.5	3.3	3.5	3.6	3.6	3.2	2.2	2.4	0.1	0.6	0.0	0.3
地熱	1.0	1.5	1.9	4.9	7.7	8.1	8.5	1.5	3.3	5.7	4.9	3.1	0.5	1.6
太陽光・風力等	0.0	0.1	0.1	2.1	5.5	8.2	11	0.1	1.4	7.4	11.9	6.6	3.6	4.9
バイオマス・廃棄物	4.1	4.7	6.2	6.5	7.1	7.1	7.0	4.8	4.4	4.7	1.3	0.6	-0.1	0.2

最終エネルギー消費

	(Mtoe)							構成比(%)			年平均変化率(%)			
	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990	2015	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
合計	54	66	83	95	102	104	104	100	100	100	1.5	0.5	0.1	0.3
産業	20	23	28	28	30	30	30	35	30	29	0.9	0.5	0.0	0.2
運輸	19	24	30	37	37	37	36	36	39	34	1.8	0.0	-0.2	-0.1
民生・農業他	11	15	19	24	29	31	33	22	25	31	2.0	1.2	0.6	0.9
非エネルギー消費	3.1	4.6	6.1	5.5	5.7	5.7	5.6	6.9	5.8	5.4	0.7	0.2	-0.1	0.1
石炭	5.3	5.2	4.7	2.9	2.6	2.3	2.0	7.9	3.1	1.9	-2.3	-0.7	-1.5	-1.1
石油	31	33	40	49	49	47	45	50	51	43	1.6	0.0	-0.4	-0.2
天然ガス	5.4	10	14	16	18	18	18	16	17	17	1.8	0.6	0.1	0.3
電力	8.5	14	18	22	27	30	33	20	23	32	1.9	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.	3.4	n.a.
再生可能	4.0	4.1	5.6	5.9	6.4	6.3	6.1	6.2	6.2	5.9	1.5	0.5	-0.2	0.1

発電量

	(TWh)							構成比(%)			年平均変化率(%)			
	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990	2015	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
合計	118	187	249	296	370	409	444	100	100	100	1.9	1.5	0.9	1.2
石炭	70	122	176	160	164	159	151	65	54	34	1.1	0.1	-0.4	-0.2
石油	5.2	3.6	1.8	6.8	6.6	6.1	5.4	1.9	2.3	1.2	2.6	-0.2	-1.0	-0.7
天然ガス	8.7	20	26	59	82	94	103	11	20	23	4.4	2.2	1.1	1.6
原子力	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
水力	32	37	41	38	41	41	41	20	13	9.3	0.1	0.6	0.0	0.3
地熱	1.2	2.1	2.9	7.9	13	13	14	1.1	2.6	3.1	5.4	3.2	0.5	1.6
太陽光	-	-	0.0	6.0	18	33	46	-	2.0	10	n.a.	7.8	4.7	6.0
風力	-	-	0.2	14	39	55	74	-	4.7	17	n.a.	7.1	3.3	4.9
太陽熱・海洋	-	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.0	0.0	0.0	-0.3	-0.9	6.7	3.4
バイオマス・廃棄物	0.7	1.3	1.7	4.2	6.1	7.6	8.6	0.7	1.4	1.9	5.0	2.5	1.7	2.1
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

エネルギー・経済指標他

	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
GDP (2010年価格10億ドル)	526	721	995	1,524	2,192	2,619	3,045	3.0	2.5	1.7	2.0
人口(100万人)	18	20	23	28	33	36	39	1.3	1.1	0.8	0.9
エネルギー起源CO ₂ 排出(100万t)	227	281	337	395	385	366	347	1.4	-0.2	-0.5	-0.4
一人あたりGDP (2010年価格1,000ドル/人)	30	35	43	54	66	72	78	1.7	1.3	0.9	1.1
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	4.4	4.9	5.2	5.1	4.6	4.2	3.9	0.2	-0.8	-0.9	-0.8
GDPあたり一次エネルギー消費 ^{*2}	149	138	121	96	70	58	49	-1.4	-2.1	-1.7	-1.9
GDPあたりCO ₂ 排出量 ^{*3}	432	389	339	259	176	140	114	-1.6	-2.5	-2.1	-2.3
一次エネルギー消費あたりCO ₂ 排出(t/toe)	2.9	2.8	2.8	2.7	2.5	2.4	2.3	-0.2	-0.5	-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43 | OECD [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(%)			
	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990	2015	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
合計 ^{*1}	4,060	4,524	5,281	5,236	5,240	5,162	5,032	100	100	100	0.6	0.0	-0.2	-0.1
石炭	966	1,079	1,089	941	786	685	575	24	18	11	-0.5	-1.2	-1.6	-1.4
石油	1,938	1,867	2,105	1,885	1,714	1,588	1,455	41	36	29	0.0	-0.6	-0.8	-0.7
天然ガス	778	845	1,164	1,367	1,531	1,628	1,674	19	26	33	1.9	0.8	0.4	0.6
原子力	162	451	586	514	506	473	449	10.0	9.8	8.9	0.5	-0.1	-0.6	-0.4
水力	94	102	115	119	130	132	134	2.3	2.3	2.7	0.6	0.6	0.2	0.3
地熱	10	27	30	35	64	81	96	0.6	0.7	1.9	1.1	4.2	2.0	2.9
太陽光・風力等	0.1	2.2	5.9	73	158	214	278	0.0	1.4	5.5	15.1	5.3	2.8	3.9
バイオマス・廃棄物	111	150	185	301	348	360	370	3.3	5.8	7.3	2.8	1.0	0.3	0.6

最終エネルギー消費

	(Mtoe)							構成比(%)			年平均変化率(%)			
	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990	2015	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
合計	2,937	3,102	3,624	3,622	3,652	3,619	3,549	100	100	100	0.6	0.1	-0.1	-0.1
産業	940	840	914	789	806	815	808	27	22	23	-0.2	0.1	0.0	0.1
運輸	781	936	1,139	1,227	1,131	1,067	1,012	30	34	29	1.1	-0.5	-0.6	-0.5
民生・農業他	972	1,036	1,201	1,260	1,344	1,359	1,353	33	35	38	0.8	0.4	0.0	0.2
非エネルギー消費	243	290	370	345	370	378	375	9.4	9.5	11	0.7	0.5	0.1	0.2
石炭	259	233	139	111	103	96	87	7.5	3.1	2.5	-2.9	-0.5	-0.8	-0.7
石油	1,570	1,580	1,831	1,726	1,584	1,474	1,360	51	48	38	0.4	-0.6	-0.8	-0.7
天然ガス	559	590	744	718	768	781	776	19	20	22	0.8	0.5	0.1	0.2
電力	408	553	715	803	912	982	1,038	18	22	29	1.5	0.8	0.7	0.7
熱	36	46	51	58	60	59	58	1.5	1.6	1.6	0.9	0.3	-0.2	0.0
水素	-	-	-	-	0.2	0.3	0.3	-	-	0.0	n.a.	n.a.	1.9	n.a.
再生可能	105	101	144	207	225	227	228	3.2	5.7	6.4	2.9	0.6	0.1	0.3

発電量

	(TWh)							構成比(%)			年平均変化率(%)			
	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990	2015	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
合計	5,656	7,652	9,730	10,794	12,189	13,031	13,670	100	100	100	1.4	0.8	0.6	0.7
石炭	2,319	3,083	3,764	3,198	2,802	2,520	2,127	40	30	16	0.1	-0.9	-1.4	-1.2
石油	980	723	623	260	177	127	68	9.4	2.4	0.5	-4.0	-2.5	-4.7	-3.8
天然ガス	618	775	1,544	2,814	3,582	4,228	4,720	10	26	35	5.3	1.6	1.4	1.5
原子力	621	1,729	2,249	1,971	1,942	1,813	1,724	23	18	13	0.5	-0.1	-0.6	-0.4
水力	1,093	1,184	1,342	1,381	1,510	1,538	1,558	15	13	11	0.6	0.6	0.2	0.3
地熱	11	29	33	50	103	133	160	0.4	0.5	1.2	2.3	4.9	2.2	3.4
太陽光	-	0.0	0.7	182	397	528	681	0.0	1.7	5.0	44.3	5.3	2.7	3.8
風力	0.0	3.8	29	556	1,058	1,381	1,706	0.1	5.2	12	22.0	4.4	2.4	3.3
太陽熱・海洋	0.5	1.5	2.2	26	105	172	273	0.0	0.2	2.0	12.1	9.7	4.9	6.9
バイオマス・廃棄物	13	123	143	353	512	590	651	1.6	3.3	4.8	4.3	2.5	1.2	1.8
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

エネルギー・経済指標他

	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
GDP (2010年価格10億ドル)	21,475	29,226	38,029	48,159	63,177	74,658	85,986	2.0	1.8	1.6	1.7
人口(100万人)	984	1,065	1,151	1,275	1,358	1,392	1,409	0.7	0.4	0.2	0.3
エネルギー起源CO ₂ 排出(100万t)	10,864	11,120	12,402	11,687	10,860	10,277	9,551	0.2	-0.5	-0.6	-0.6
一人あたりGDP (2010年価格1,000ドル/人)	22	27	33	38	47	54	61	1.3	1.4	1.4	1.4
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	4.1	4.2	4.6	4.1	3.9	3.7	3.6	-0.1	-0.4	-0.4	-0.4
GDPあたり一次エネルギー消費 ^{*2}	189	155	139	109	83	69	59	-1.4	-1.8	-1.7	-1.8
GDPあたりCO ₂ 排出量 ^{*3}	506	380	326	243	172	138	111	-1.8	-2.3	-2.2	-2.2
一次エネルギー消費あたりCO ₂ 排出(t/toe)	2.7	2.5	2.3	2.2	2.1	2.0	1.9	-0.4	-0.5	-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44 | 非OECD [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(%)			
	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990	2015	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
合計 ^{*1}	2,967	4,048	4,472	8,029	10,812	12,613	14,096	100	100	100	2.8	2.0	1.3	1.6
石炭	817	1,141	1,222	2,895	3,468	3,801	3,956	28	36	28	3.8	1.2	0.7	0.9
石油	986	1,166	1,281	2,068	2,815	3,315	3,780	29	26	27	2.3	2.1	1.5	1.7
天然ガス	454	818	908	1,577	2,305	2,905	3,493	20	20	25	2.7	2.6	2.1	2.3
原子力	24	74	89	157	401	507	605	1.8	2.0	4.3	3.0	6.4	2.1	3.9
水力	54	82	110	216	295	334	366	2.0	2.7	2.6	3.9	2.1	1.1	1.5
地熱	2.2	7.6	22	39	113	143	161	0.2	0.5	1.1	6.8	7.3	1.8	4.1
太陽光・風力等	-	0.5	2.1	53	147	233	330	0.0	0.7	2.3	20.8	7.0	4.1	5.3
バイオマス・廃棄物	631	759	838	1,022	1,265	1,374	1,401	19	13	9.9	1.2	1.4	0.5	0.9

最終エネルギー消費

	(Mtoe)							構成比(%)			年平均変化率(%)			
	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990	2015	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
合計	2,252	2,964	3,138	5,380	7,184	8,399	9,465	100	100	100	2.4	1.9	1.4	1.6
産業	825	968	954	1,923	2,340	2,684	2,970	33	36	31	2.8	1.3	1.2	1.3
運輸	289	435	547	1,095	1,588	1,862	2,092	15	20	22	3.8	2.5	1.4	1.9
民生・農業他	1,027	1,373	1,390	1,872	2,567	3,008	3,425	46	35	36	1.2	2.1	1.5	1.7
非エネルギー消費	111	187	247	491	690	845	977	6.3	9.1	10	3.9	2.3	1.8	2.0
石炭	444	521	409	933	993	1,026	1,020	18	17	11	2.4	0.4	0.1	0.3
石油	697	817	1,010	1,732	2,431	2,899	3,347	28	32	35	3.1	2.3	1.6	1.9
天然ガス	256	354	372	684	995	1,219	1,428	12	13	15	2.7	2.5	1.8	2.1
電力	178	283	377	934	1,461	1,871	2,285	9.5	17	24	4.9	3.0	2.3	2.6
熱	85	290	197	214	228	238	241	9.8	4.0	2.5	-1.2	0.4	0.3	0.3
水素	-	-	-	-	0.2	0.4	0.5	-	-	0.0	n.a.	n.a.	3.9	n.a.
再生可能	592	698	773	884	1,075	1,147	1,143	24	16	12	0.9	1.3	0.3	0.7

発電量

	(TWh)							構成比(%)			年平均変化率(%)			
	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990	2015	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
合計	2,628	4,212	5,741	13,461	20,776	26,070	31,168	100	100	100	4.8	2.9	2.0	2.4
石炭	817	1,342	2,242	6,340	8,956	10,637	11,869	32	47	38	6.4	2.3	1.4	1.8
石油	678	635	628	729	825	852	824	15	5.4	2.6	0.6	0.8	0.0	0.3
天然ガス	381	977	1,209	2,729	4,357	6,110	8,147	23	20	26	4.2	3.2	3.2	3.2
原子力	93	283	341	601	1,538	1,946	2,323	6.7	4.5	7.5	3.0	6.5	2.1	3.9
水力	624	959	1,277	2,508	3,433	3,882	4,260	23	19	14	3.9	2.1	1.1	1.5
地熱	2.6	7.8	19	30	88	112	128	0.2	0.2	0.4	5.5	7.4	1.9	4.2
太陽光	-	0.0	0.3	64	354	626	986	0.0	0.5	3.2	51.5	12.0	5.3	8.1
風力	-	0.0	2.8	282	833	1,329	1,879	0.0	2.1	6.0	43.3	7.5	4.2	5.6
太陽熱・海洋	-	0.0	0.0	0.3	31	65	112	0.0	0.0	0.4	16.0	36.7	6.7	18.6
バイオマス・廃棄物	31	7.7	21	175	360	510	637	0.2	1.3	2.0	13.3	4.9	2.9	3.8
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

エネルギー・経済指標他

	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
GDP (2010年価格10億ドル)	6,482	8,572	11,796	26,900	52,126	77,431	105,413	4.7	4.5	3.6	4.0
人口(100万人)	3,452	4,213	4,957	6,062	7,139	7,760	8,301	1.5	1.1	0.8	0.9
エネルギー起源CO ₂ 排出(100万t)	6,999	9,464	10,174	20,051	25,738	29,551	32,605	3.0	1.7	1.2	1.4
一人あたりGDP (2010年価格1,000ドル/人)	1.9	2.0	2.4	4.4	7.3	10.0	13	3.2	3.4	2.8	3.0
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	0.9	1.0	0.9	1.3	1.5	1.6	1.7	1.3	0.9	0.6	0.7
GDPあたり一次エネルギー消費 ^{*2}	458	472	379	298	207	163	134	-1.8	-2.4	-2.2	-2.3
GDPあたりCO ₂ 排出量 ^{*3}	1,080	1,104	862	745	494	382	309	-1.6	-2.7	-2.3	-2.5
一次エネルギー消費あたりCO ₂ 排出(t/toe)	2.4	2.3	2.3	2.5	2.4	2.3	2.3	0.3	-0.3	-0.1	-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(%)			
	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990	2015	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
合計 ^{*1}	7,205	8,774	10,028	13,647	15,717	16,693	17,219	100	100	100	1.8	0.9	0.5	0.7
石炭	1,783	2,220	2,311	3,836	3,606	3,372	2,937	25	28	17	2.2	-0.4	-1.0	-0.8
石油	3,102	3,235	3,660	4,334	4,625	4,655	4,656	37	32	27	1.2	0.4	0.0	0.2
天然ガス	1,232	1,663	2,071	2,944	3,584	3,976	4,157	19	22	24	2.3	1.3	0.7	1.0
原子力	186	526	676	671	1,180	1,441	1,754	6.0	4.9	10	1.0	3.8	2.0	2.8
水力	148	184	225	334	425	466	500	2.1	2.5	2.9	2.4	1.6	0.8	1.2
地熱	12	34	52	74	240	340	420	0.4	0.5	2.4	3.1	8.1	2.8	5.1
太陽光・風力等	0.1	2.7	8.0	126	415	677	996	0.0	0.9	5.8	16.7	8.2	4.5	6.1
バイオマス・廃棄物	741	909	1,023	1,323	1,639	1,761	1,794	10	9.7	10	1.5	1.4	0.5	0.9

最終エネルギー消費

	(Mtoe)							構成比(%)			年平均変化率(%)			
	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990	2015	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
合計	5,368	6,268	7,036	9,384	10,787	11,439	11,831	100	100	100	1.6	0.9	0.5	0.7
産業	1,766	1,809	1,868	2,712	3,044	3,233	3,273	29	29	28	1.6	0.8	0.4	0.5
運輸	1,248	1,573	1,961	2,703	2,990	3,055	3,100	25	29	26	2.2	0.7	0.2	0.4
民生・農業他	2,000	2,409	2,591	3,132	3,692	3,929	4,106	38	33	35	1.1	1.1	0.5	0.8
非エネルギー消費	354	478	617	836	1,060	1,223	1,352	7.6	8.9	11	2.3	1.6	1.2	1.4
石炭	703	754	548	1,044	1,064	1,046	979	12	11	8.3	1.3	0.1	-0.4	-0.2
石油	2,446	2,599	3,115	3,840	4,191	4,265	4,320	41	41	37	1.6	0.6	0.2	0.3
天然ガス	814	945	1,117	1,401	1,708	1,876	1,987	15	15	17	1.6	1.3	0.8	1.0
電力	586	835	1,092	1,737	2,288	2,670	3,012	13	19	25	3.0	1.9	1.4	1.6
熱	121	336	248	271	276	273	259	5.4	2.9	2.2	-0.9	0.1	-0.3	-0.1
水素	-	-	-	-	0.4	1.1	2.6	-	-	0.0	n.a.	n.a.	10.5	n.a.
再生可能	698	799	917	1,090	1,261	1,308	1,272	13	12	11	1.3	1.0	0.0	0.4

発電量

	(TWh)							構成比(%)			年平均変化率(%)			
	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990	2015	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
合計	8,283	11,864	15,471	24,255	31,482	35,926	39,733	100	100	100	2.9	1.8	1.2	1.4
石炭	3,137	4,425	6,005	9,538	8,920	8,069	6,672	37	39	17	3.1	-0.4	-1.4	-1.0
石油	1,659	1,358	1,252	990	790	638	440	11	4.1	1.1	-1.3	-1.5	-2.9	-2.3
天然ガス	999	1,752	2,753	5,543	7,039	8,100	8,591	15	23	22	4.7	1.6	1.0	1.3
原子力	713	2,013	2,591	2,571	4,527	5,530	6,729	17	11	17	1.0	3.8	2.0	2.8
水力	1,717	2,142	2,619	3,888	4,943	5,419	5,818	18	16	15	2.4	1.6	0.8	1.2
地熱	14	36	52	80	269	376	467	0.3	0.3	1.2	3.2	8.4	2.8	5.2
太陽光	-	0.0	1.0	247	1,068	1,874	2,794	0.0	1.0	7.0	45.5	10.3	4.9	7.2
風力	0.0	3.9	31	838	2,686	4,145	5,761	0.0	3.5	15	24.0	8.1	3.9	5.7
太陽熱・海洋	0.5	1.5	2.2	27	212	458	870	0.0	0.1	2.2	12.2	14.9	7.3	10.5
バイオマス・廃棄物	44	131	164	528	1,024	1,313	1,586	1.1	2.2	4.0	5.7	4.5	2.2	3.2
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

エネルギー・経済指標他

	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
GDP (2010年価格10億ドル)	27,958	37,797	49,825	75,059	115,303	152,089	191,400	2.8	2.9	2.6	2.7
人口(100万人)	4,436	5,277	6,108	7,336	8,497	9,152	9,710	1.3	1.0	0.7	0.8
エネルギー起源CO ₂ 排出(100万t)	18,411	21,205	23,416	32,910	33,377	32,055	29,699	1.8	0.1	-0.6	-0.3
一人あたりGDP (2010年価格1,000ドル/人)	6.3	7.2	8.2	10	14	17	20	1.4	1.9	1.9	1.9
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	1.6	1.7	1.6	1.9	1.8	1.8	1.8	0.5	0.0	-0.2	-0.1
GDPあたり一次エネルギー消費 ^{*2}	258	232	201	182	136	110	90	-1.0	-1.9	-2.1	-2.0
GDPあたりCO ₂ 排出量 ^{*3}	659	561	470	438	289	211	155	-1.0	-2.7	-3.1	-2.9
一次エネルギー消費あたりCO ₂ 排出(t/toe)	2.6	2.4	2.3	2.4	2.1	1.9	1.7	0.0	-0.8	-1.0	-1.0

*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(%)			
	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990	2015	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
合計 ^{*1}	1,439	2,108	2,887	5,459	7,078	7,794	8,156	100	100	100	3.9	1.7	0.7	1.2
石炭	466	785	1,037	2,739	2,848	2,769	2,499	37	50	31	5.1	0.3	-0.7	-0.3
石油	477	618	916	1,330	1,720	1,860	1,974	29	24	24	3.1	1.7	0.7	1.1
天然ガス	51	116	232	547	906	1,141	1,294	5.5	10	16	6.4	3.4	1.8	2.5
原子力	25	77	132	111	516	722	918	3.6	2.0	11	1.5	10.8	2.9	6.2
水力	20	32	41	131	182	205	221	1.5	2.4	2.7	5.8	2.2	1.0	1.5
地熱	2.6	8.2	23	34	122	180	222	0.4	0.6	2.7	5.9	8.8	3.0	5.5
太陽光・風力等	-	1.5	2.2	51	171	279	406	0.1	0.9	5.0	15.3	8.3	4.4	6.1
バイオマス・廃棄物	397	471	503	515	611	635	622	22	9.4	7.6	0.4	1.2	0.1	0.5

最終エネルギー消費

	(Mtoe)							構成比(%)			年平均変化率(%)			
	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990	2015	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
合計	1,129	1,551	1,990	3,617	4,619	5,068	5,337	100	100	100	3.4	1.6	0.7	1.1
産業	383	517	646	1,481	1,700	1,798	1,797	33	41	34	4.3	0.9	0.3	0.6
運輸	126	186	320	648	918	1,002	1,058	12	18	20	5.1	2.4	0.7	1.4
民生・農業他	567	733	836	1,124	1,505	1,686	1,839	47	31	34	1.7	2.0	1.0	1.4
非エネルギー消費	54	115	188	365	496	583	642	7.4	10	12	4.7	2.1	1.3	1.6
石炭	301	424	378	901	924	909	850	27	25	16	3.1	0.2	-0.4	-0.2
石油	327	453	727	1,164	1,550	1,699	1,827	29	32	34	3.9	1.9	0.8	1.3
天然ガス	21	47	88	252	426	525	593	3.0	7.0	11	6.9	3.6	1.7	2.5
電力	88	158	280	740	1,108	1,338	1,527	10	20	29	6.4	2.7	1.6	2.1
熱	7.5	14	30	89	101	104	98	0.9	2.5	1.8	7.6	0.8	-0.1	0.3
水素	-	-	-	-	0.2	0.7	1.6	-	-	0.0	n.a.	n.a.	11.3	n.a.
再生可能	386	456	488	471	510	494	441	29	13	8.3	0.1	0.5	-0.7	-0.2

発電量

	(TWh)							構成比(%)			年平均変化率(%)			
	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990	2015	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
合計	1,196	2,252	4,013	10,204	15,136	17,884	20,032	100	100	100	6.2	2.7	1.4	1.9
石炭	298	863	1,994	6,203	6,760	6,519	5,776	38	61	29	8.2	0.6	-0.8	-0.2
石油	476	469	430	250	184	136	79	21	2.5	0.4	-2.5	-2.0	-4.1	-3.2
天然ガス	90	240	565	1,296	2,097	2,757	3,248	11	13	16	7.0	3.3	2.2	2.7
原子力	97	294	505	425	1,981	2,769	3,523	13	4.2	18	1.5	10.8	2.9	6.2
水力	232	367	479	1,521	2,121	2,385	2,569	16	15	13	5.8	2.2	1.0	1.5
地熱	3.0	8.4	20	24	82	119	147	0.4	0.2	0.7	4.3	8.6	3.0	5.3
太陽光	-	0.0	0.6	95	524	979	1,504	0.0	0.9	7.5	49.6	12.1	5.4	8.2
風力	-	0.0	2.4	239	1,041	1,718	2,504	0.0	2.3	13	42.5	10.3	4.5	6.9
太陽熱・海洋	-	0.0	0.0	2.0	15	37	85	0.0	0.0	0.4	25.5	14.2	9.1	11.2
バイオマス・廃棄物	0.0	10	17	150	332	466	598	0.5	1.5	3.0	11.4	5.4	3.0	4.0
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

エネルギー・経済指標他

	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
GDP (2010年価格10億ドル)	4,455	7,586	11,047	22,344	42,637	61,674	81,910	4.4	4.4	3.3	3.8
人口(100万人)	2,440	2,932	3,407	3,993	4,433	4,595	4,658	1.2	0.7	0.2	0.4
エネルギー起源CO ₂ 排出(100万t)	3,268	4,918	6,891	15,076	17,007	16,968	15,977	4.6	0.8	-0.3	0.2
一人あたりGDP (2010年価格1,000ドル/人)	1.8	2.6	3.2	5.6	9.6	13	18	3.1	3.7	3.1	3.3
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	0.6	0.7	0.8	1.4	1.6	1.7	1.8	2.6	1.0	0.5	0.7
GDPあたり一次エネルギー消費 ^{*2}	323	278	261	244	166	126	100	-0.5	-2.5	-2.5	-2.5
GDPあたりCO ₂ 排出量 ^{*3}	733	648	624	675	399	275	195	0.2	-3.4	-3.5	-3.5
一次エネルギー消費あたりCO ₂ 排出(t/toe)	2.3	2.3	2.4	2.8	2.4	2.2	2.0	0.7	-0.9	-1.0	-1.0

*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(%)			
	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990	2015	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
合計 ^{*1}	598	871	1,130	2,973	3,485	3,591	3,416	100	100	100	5.0	1.1	-0.1	0.4
石炭	313	528	665	1,982	1,806	1,599	1,219	61	67	36	5.4	-0.6	-1.9	-1.4
石油	89	119	221	534	722	717	673	14	18	20	6.2	2.0	-0.4	0.7
天然ガス	12	13	21	159	333	422	448	1.5	5.3	13	10.6	5.1	1.5	3.0
原子力	-	-	4.4	45	274	411	548	-	1.5	16	n.a.	12.9	3.5	7.4
水力	5.0	11	19	96	122	132	135	1.3	3.2	4.0	9.1	1.6	0.5	1.0
地熱	-	-	1.7	5.1	7.1	7.9	8.1	-	0.2	0.2	n.a.	2.2	0.7	1.4
太陽光・風力等	-	0.0	1.0	41	118	180	251	0.0	1.4	7.3	33.0	7.3	3.9	5.3
バイオマス・廃棄物	180	200	198	114	104	122	135	23	3.8	4.0	-2.2	-0.6	1.3	0.5

最終エネルギー消費

	(Mtoe)							構成比(%)			年平均変化率(%)			
	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990	2015	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
合計	487	654	781	1,906	2,240	2,304	2,215	100	100	100	4.4	1.1	-0.1	0.4
産業	181	234	299	966	934	897	804	36	51	36	5.8	-0.2	-0.7	-0.5
運輸	24	33	87	299	470	476	456	5.1	16	21	9.2	3.1	-0.2	1.2
民生・農業他	272	344	335	483	621	682	689	53	25	31	1.4	1.7	0.5	1.0
非エネルギー消費	10	43	60	158	215	250	266	6.6	8.3	12	5.3	2.1	1.1	1.5
石炭	214	308	274	701	613	543	446	47	37	20	3.3	-0.9	-1.6	-1.3
石油	59	85	180	480	664	665	630	13	25	28	7.2	2.2	-0.3	0.8
天然ガス	6.4	8.9	12	105	194	237	260	1.4	5.5	12	10.4	4.1	1.5	2.6
電力	21	39	89	419	587	673	704	6.0	22	32	10.0	2.3	0.9	1.5
熱	7.4	13	25	83	94	97	92	2.0	4.4	4.2	7.6	0.8	-0.1	0.3
水素	-	-	-	-	0.1	0.6	1.4	-	-	0.1	n.a.	n.a.	12.0	n.a.
再生可能	180	200	199	116	88	88	82	31	6.1	3.7	-2.2	-1.9	-0.4	-1.0

発電量

	(TWh)							構成比(%)			年平均変化率(%)			
	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990	2015	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
合計	301	621	1,356	5,844	8,036	9,041	9,298	100	100	100	9.4	2.1	0.7	1.3
石炭	159	441	1,060	4,109	3,933	3,417	2,316	71	70	25	9.3	-0.3	-2.6	-1.6
石油	82	50	47	9.7	7.2	4.9	2.3	8.1	0.2	0.0	-6.4	-2.0	-5.6	-4.1
天然ガス	0.7	2.8	5.8	145	472	630	594	0.4	2.5	6.4	17.2	8.2	1.2	4.1
原子力	-	-	17	171	1,052	1,577	2,103	-	2.9	23	n.a.	12.9	3.5	7.4
水力	58	127	222	1,114	1,414	1,531	1,574	20	19	17	9.1	1.6	0.5	1.0
地熱	-	0.1	0.1	0.1	0.5	0.6	0.7	0.0	0.0	0.0	3.2	9.4	2.1	5.2
太陽光	-	0.0	0.0	45	272	429	596	0.0	0.8	6.4	49.3	12.7	4.0	7.6
風力	-	0.0	0.6	186	729	1,210	1,783	0.0	3.2	19	58.0	9.5	4.6	6.7
太陽熱・海洋	-	0.0	0.0	0.0	6.1	16	39	0.0	0.0	0.4	6.6	41.1	9.8	22.2
バイオマス・廃棄物	-	-	2.4	64	152	225	290	-	1.1	3.1	n.a.	6.0	3.3	4.4
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

エネルギー・経済指標他

	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
GDP (2010年価格10億ドル)	341	830	2,237	8,910	20,311	30,759	40,328	10.0	5.6	3.5	4.4
人口(100万人)	981	1,135	1,263	1,371	1,415	1,391	1,340	0.8	0.2	-0.3	-0.1
エネルギー起源CO ₂ 排出(100万t)	1,505	2,339	3,164	9,333	9,399	8,579	6,939	5.7	0.0	-1.5	-0.8
一人あたりGDP (2010年価格1,000ドル/人)	0.3	0.7	1.8	6.5	14	22	30	9.1	5.4	3.8	4.5
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	0.6	0.8	0.9	2.2	2.5	2.6	2.6	4.2	0.9	0.2	0.5
GDPあたり一次エネルギー消費 ^{*2}	1,752	1,050	505	334	172	117	85	-4.5	-4.3	-3.5	-3.8
GDPあたりCO ₂ 排出量 ^{*3}	4,410	2,819	1,414	1,048	463	279	172	-3.9	-5.3	-4.8	-5.0
一次エネルギー消費あたりCO ₂ 排出(t/toe)	2.5	2.7	2.8	3.1	2.7	2.4	2.0	0.6	-1.0	-1.4	-1.2

*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(%)			
	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990	2015	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
合計 ^{*1}	200	306	441	851	1,492	1,837	2,158	100	100	100	4.2	3.8	1.9	2.7
石炭	44	93	146	379	606	697	775	30	45	36	5.8	3.2	1.2	2.1
石油	33	61	112	206	358	465	582	20	24	27	5.0	3.8	2.5	3.0
天然ガス	1.3	11	23	43	122	178	235	3.5	5.1	11	5.8	7.2	3.3	5.0
原子力	0.8	1.6	4.4	9.8	78	122	156	0.5	1.1	7.2	7.5	14.9	3.5	8.2
水力	4.0	6.2	6.4	12	24	31	38	2.0	1.4	1.8	2.7	4.8	2.4	3.4
地熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
太陽光・風力等	-	0.0	0.2	4.8	36	68	107	0.0	0.6	5.0	27.8	14.3	5.6	9.3
バイオマス・廃棄物	116	133	149	196	267	276	264	44	23	12	1.6	2.1	-0.1	0.8

最終エネルギー消費

	(Mtoe)							構成比(%)			年平均変化率(%)			
	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990	2015	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
合計	174	243	315	578	1,009	1,258	1,494	100	100	100	3.5	3.8	2.0	2.8
産業	41	67	83	195	359	440	491	27	34	33	4.4	4.1	1.6	2.7
運輸	17	21	32	86	151	204	246	8.6	15	16	5.8	3.8	2.5	3.0
民生・農業他	110	142	173	250	402	483	599	59	43	40	2.3	3.2	2.0	2.5
非エネルギー消費	5.7	13	27	46	97	130	158	5.5	8.0	11	5.1	5.0	2.5	3.6
石炭	25	39	35	108	201	249	286	16	19	19	4.2	4.2	1.8	2.8
石油	27	50	94	174	317	418	530	21	30	35	5.1	4.1	2.6	3.2
天然ガス	0.7	5.6	9.7	29	70	100	126	2.3	5.0	8.4	6.8	6.1	3.0	4.3
電力	7.8	18	32	88	197	275	364	7.6	15	24	6.5	5.5	3.1	4.1
熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
水素	-	-	-	-	0.0	0.0	0.1	-	-	0.0	n.a.	n.a.	12.9	n.a.
再生可能	114	130	144	178	225	216	188	54	31	13	1.3	1.6	-0.9	0.2

発電量

	(TWh)							構成比(%)			年平均変化率(%)			
	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990	2015	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
合計	120	293	570	1,383	2,904	3,815	4,845	100	100	100	6.4	5.1	2.6	3.6
石炭	61	192	390	1,042	1,586	1,722	1,900	65	75	39	7.0	2.8	0.9	1.7
石油	8.8	13	29	23	24	18	10	4.5	1.7	0.2	2.2	0.2	-4.1	-2.2
天然ガス	0.6	10.0	56	68	256	405	604	3.4	4.9	12	8.0	9.2	4.4	6.4
原子力	3.0	6.1	17	37	300	467	599	2.1	2.7	12	7.5	14.9	3.5	8.2
水力	47	72	74	138	280	364	447	24	10.0	9.2	2.7	4.8	2.4	3.4
地熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
太陽光	-	-	0.0	5.6	115	296	513	-	0.4	11	n.a.	22.2	7.8	13.8
風力	-	0.0	1.7	43	262	417	586	0.0	3.1	12	33.4	12.8	4.1	7.8
太陽熱・海洋	-	-	-	-	5.4	13	29	-	-	0.6	n.a.	n.a.	8.8	n.a.
バイオマス・廃棄物	-	-	1.3	27	76	113	156	-	1.9	3.2	n.a.	7.2	3.7	5.2
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

エネルギー・経済指標他

	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
GDP (2010年価格10億ドル)	274	470	809	2,288	6,133	10,236	15,857	6.5	6.8	4.9	5.7
人口(100万人)	697	871	1,053	1,311	1,515	1,608	1,662	1.7	1.0	0.5	0.7
エネルギー起源CO ₂ 排出(100万t)	263	542	899	2,107	3,491	4,107	4,699	5.6	3.4	1.5	2.3
一人あたりGDP (2010年価格1,000ドル/人)	0.4	0.5	0.8	1.7	4.0	6.4	9.5	4.8	5.8	4.4	5.0
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	0.3	0.4	0.4	0.6	1.0	1.1	1.3	2.5	2.8	1.4	2.0
GDPあたり一次エネルギー消費 ^{*2}	731	651	545	372	243	179	136	-2.2	-2.8	-2.9	-2.8
GDPあたりCO ₂ 排出量 ^{*3}	962	1,154	1,112	921	569	401	296	-0.9	-3.2	-3.2	-3.2
一次エネルギー消費あたりCO ₂ 排出(t/toe)	1.3	1.8	2.0	2.5	2.3	2.2	2.2	1.3	-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(%)			
	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990	2015	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
合計 ^{*1}	345	439	518	430	425	397	369	100	100	100	-0.1	-0.1	-0.7	-0.4
石炭	60	76	97	117	103	91	76	17	27	21	1.7	-0.9	-1.5	-1.2
石油	234	250	255	185	141	118	100	57	43	27	-1.2	-1.8	-1.7	-1.7
天然ガス	21	44	66	100	86	86	82	10	23	22	3.3	-1.0	-0.2	-0.6
原子力	22	53	84	2.5	58	56	56	12	0.6	15	-11.5	23.5	-0.2	9.3
水力	7.6	7.5	7.3	7.3	7.9	8.1	8.1	1.7	1.7	2.2	-0.1	0.5	0.2	0.3
地熱	0.8	1.6	3.1	2.4	6.7	9.9	14	0.4	0.6	3.7	1.7	7.1	3.6	5.1
太陽光・風力等	-	1.4	0.9	3.9	8.0	12	15	0.3	0.9	4.1	4.2	5.0	3.3	4.0
バイオマス・廃棄物	-	4.5	4.7	11	14	16	18	1.0	2.7	4.8	3.8	1.4	1.1	1.3

最終エネルギー消費

	(Mtoe)							構成比(%)			年平均変化率(%)			
	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990	2015	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
合計	232	287	328	291	267	249	231	100	100	100	0.1	-0.6	-0.7	-0.7
産業	91	110	100	82	81	80	77	38	28	33	-1.1	-0.1	-0.2	-0.2
運輸	54	68	84	71	51	42	37	24	24	16	0.2	-2.2	-1.6	-1.8
民生・農業他	58	76	103	99	98	90	81	26	34	35	1.1	-0.1	-0.9	-0.6
非エネルギー消費	28	34	41	39	38	37	36	12	13	15	0.6	-0.2	-0.3	-0.3
石炭	25	30	24	24	22	21	19	11	8.1	8.3	-1.0	-0.4	-0.8	-0.6
石油	157	171	194	152	120	102	89	59	52	38	-0.5	-1.6	-1.5	-1.5
天然ガス	5.8	15	22	29	33	33	32	5.3	10	14	2.7	0.7	-0.1	0.2
電力	44	66	83	82	88	88	86	23	28	37	0.8	0.5	-0.1	0.2
熱	0.1	0.2	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.1	0.2	0.2	3.8	-0.4	-1.3	-1.0
水素	-	-	-	-	0.0	0.1	0.1	-	-	0.0	n.a.	n.a.	6.3	n.a.
再生可能	-	4.1	3.8	3.8	4.3	4.2	4.0	1.4	1.3	1.7	-0.2	0.7	-0.4	0.1

発電量

	(TWh)							構成比(%)			年平均変化率(%)			
	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990	2015	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
合計	573	873	1,088	1,035	1,109	1,108	1,091	100	100	100	0.7	0.5	-0.1	0.1
石炭	55	118	234	343	279	239	197	13	33	18	4.4	-1.4	-1.7	-1.6
石油	265	284	179	103	49	28	9.7	33	9.9	0.9	-4.0	-4.8	-7.8	-6.5
天然ガス	81	171	254	410	313	315	302	20	40	28	3.6	-1.8	-0.2	-0.9
原子力	83	202	322	9.4	224	215	215	23	0.9	20	-11.5	23.5	-0.2	9.3
水力	88	87	85	85	92	94	94	10.0	8.2	8.7	-0.1	0.5	0.2	0.3
地熱	0.9	1.7	3.3	2.6	7.6	11	16	0.2	0.2	1.4	1.6	7.5	3.7	5.3
太陽光	-	0.0	0.3	36	72	107	131	0.0	3.5	12	52.1	4.8	3.0	3.8
風力	-	-	0.1	5.2	18	31	43	-	0.5	4.0	n.a.	8.5	4.6	6.3
太陽熱・海洋	-	-	-	-	0.1	0.3	0.8	-	-	0.1	n.a.	n.a.	11.9	n.a.
バイオマス・廃棄物	-	9.6	10	41	55	67	82	1.1	4.0	7.5	6.0	1.9	2.0	2.0
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

エネルギー・経済指標他

	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
GDP (2010年価格10億ドル)	2,977	4,683	5,349	5,986	6,948	7,705	8,329	1.0	1.0	0.9	0.9
人口(100万人)	117	124	127	127	121	114	108	0.1	-0.3	-0.6	-0.5
エネルギー起源CO ₂ 排出(100万t)	916	1,071	1,195	1,147	925	811	691	0.3	-1.4	-1.4	-1.4
一人あたりGDP (2010年価格1,000ドル/人)	25	38	42	47	58	67	77	0.9	1.3	1.5	1.4
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	3.0	3.6	4.1	3.4	3.5	3.5	3.4	-0.2	0.3	-0.1	0.0
GDPあたり一次エネルギー消費 ^{*2}	116	94	97	72	61	52	44	-1.1	-1.1	-1.6	-1.4
GDPあたりCO ₂ 排出量 ^{*3}	308	229	223	192	133	105	83	-0.7	-2.4	-2.3	-2.4
一次エネルギー消費あたりCO ₂ 排出(t/toe)	2.7	2.4	2.3	2.7	2.2	2.0	1.9	0.4	-1.3	-0.7	-1.0

*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(%)			
	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990	2015	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
合計 ^{*1}	142	233	379	621	966	1,228	1,472	100	100	100	4.0	3.0	2.1	2.5
石炭	3.6	13	32	114	185	239	300	5.4	18	20	9.2	3.3	2.5	2.8
石油	58	89	153	210	288	354	422	38	34	29	3.5	2.1	1.9	2.0
天然ガス	8.6	30	74	140	200	249	295	13	23	20	6.3	2.4	2.0	2.2
原子力	-	-	-	-	26	60	87	-	-	5.9	n.a.	n.a.	6.3	n.a.
水力	0.8	2.3	4.1	9.2	18	20	22	1.0	1.5	1.5	5.6	4.6	1.1	2.6
地熱	1.8	6.6	18	27	108	161	199	2.8	4.3	13	5.7	9.7	3.1	5.9
太陽光・風力等	-	-	-	0.3	3.9	9.2	17	-	0.1	1.2	n.a.	17.5	7.6	11.7
バイオマス・廃棄物	70	93	98	119	135	132	126	40	19	8.5	1.0	0.8	-0.4	0.2

最終エネルギー消費

	(Mtoe)							構成比(%)			年平均変化率(%)			
	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990	2015	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
合計	112	173	270	436	613	742	873	100	100	100	3.8	2.3	1.8	2.0
産業	22	43	75	125	192	238	277	25	29	32	4.4	2.9	1.9	2.3
運輸	17	32	61	117	158	189	227	19	27	26	5.2	2.1	1.8	1.9
民生・農業他	71	87	113	147	197	231	268	50	34	31	2.1	2.0	1.6	1.7
非エネルギー消費	2.4	11	21	47	66	83	101	6.3	11	12	6.0	2.3	2.1	2.2
石炭	2.1	6.0	13	34	49	56	61	3.5	7.8	6.9	7.2	2.4	1.1	1.7
石油	41	67	123	193	271	335	402	38	44	46	4.4	2.3	2.0	2.1
天然ガス	2.5	7.5	17	37	60	76	89	4.4	8.6	10	6.6	3.2	2.0	2.5
電力	4.7	11	28	68	124	170	225	6.4	16	26	7.5	4.1	3.0	3.5
熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
水素	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	-	-	0.0	n.a.	n.a.	7.7	n.a.
再生可能	61	82	89	104	110	105	96	47	24	11	1.0	0.4	-0.7	-0.2

発電量

	(TWh)							構成比(%)			年平均変化率(%)			
	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990	2015	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
合計	62	154	370	868	1,594	2,188	2,882	100	100	100	7.2	4.1	3.0	3.5
石炭	3.0	28	79	311	575	760	1,022	18	36	35	10.2	4.2	2.9	3.5
石油	47	66	72	29	20	17	10	43	3.4	0.4	-3.2	-2.6	-3.1	-2.9
天然ガス	0.7	26	154	384	538	687	879	17	44	31	11.3	2.3	2.5	2.4
原子力	-	-	-	-	99	230	335	-	-	12	n.a.	n.a.	6.3	n.a.
水力	9.8	27	47	107	208	238	259	18	12	9.0	5.6	4.6	1.1	2.6
地熱	2.1	6.6	16	21	73	106	129	4.3	2.4	4.5	4.8	8.6	2.9	5.3
太陽光	-	-	-	2.9	34	84	161	-	0.3	5.6	n.a.	17.9	8.1	12.2
風力	-	-	-	1.2	12	22	34	-	0.1	1.2	n.a.	16.3	5.5	10.0
太陽熱・海洋	-	-	-	-	0.1	0.3	0.6	-	-	0.0	n.a.	n.a.	9.9	n.a.
バイオマス・廃棄物	-	0.6	1.0	12	35	44	52	0.4	1.3	1.8	12.5	7.7	2.0	4.4
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

エネルギー・経済指標他

	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
GDP (2010年価格10億ドル)	440	741	1,180	2,490	4,955	7,383	10,390	5.0	4.7	3.8	4.2
人口(100万人)	347	430	505	608	696	736	761	1.4	0.9	0.4	0.6
エネルギー起源CO ₂ 排出(100万t)	205	362	711	1,288	1,824	2,062	2,270	5.2	2.3	1.1	1.6
一人あたりGDP (2010年価格1,000ドル/人)	1.3	1.7	2.3	4.1	7.1	10	14	3.5	3.8	3.3	3.5
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	0.4	0.5	0.8	1.0	1.4	1.7	1.9	2.6	2.1	1.7	1.8
GDPあたり一次エネルギー消費 ^{*2}	323	314	322	249	195	166	142	-0.9	-1.6	-1.6	-1.6
GDPあたりCO ₂ 排出量 ^{*3}	466	489	602	517	368	279	219	0.2	-2.2	-2.6	-2.4
一次エネルギー消費あたりCO ₂ 排出(t/toe)	1.4	1.6	1.9	2.1	1.9	1.7	1.5	1.2	-0.6	-1.0	-0.8

*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(%)			
	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990	2015	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
合計 ^{*1}	1,805	1,915	2,273	2,188	2,037	1,917	1,800	100	100	100	0.5	-0.5	-0.6	-0.6
石炭	376	460	534	374	225	144	73	24	17	4.1	-0.8	-3.3	-5.5	-4.6
石油	797	757	871	794	644	543	460	40	36	26	0.2	-1.4	-1.7	-1.5
天然ガス	477	438	548	646	664	643	558	23	30	31	1.6	0.2	-0.9	-0.4
原子力	69	159	208	216	209	207	236	8.3	9.9	13	1.2	-0.2	0.6	0.3
水力	24	23	22	22	25	26	26	1.2	1.0	1.4	-0.3	1.1	0.1	0.5
地熱	4.6	14	13	9.0	33	43	51	0.7	0.4	2.8	-1.8	9.1	2.1	5.1
太陽光・風力等	-	0.3	2.1	22	91	151	223	0.0	1.0	12	18.5	9.8	4.6	6.8
バイオマス・廃棄物	54	62	73	99	140	155	168	3.3	4.5	9.3	1.9	2.3	0.9	1.5

最終エネルギー消費

	(Mtoe)							構成比(%)			年平均変化率(%)			
	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990	2015	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
合計	1,311	1,294	1,546	1,520	1,432	1,352	1,269	100	100	100	0.6	-0.4	-0.6	-0.5
産業	387	284	332	262	255	243	221	22	17	17	-0.3	-0.2	-0.7	-0.5
運輸	425	488	588	629	535	475	437	38	41	34	1.0	-1.1	-1.0	-1.0
民生・農業他	397	403	473	506	505	493	473	31	33	37	0.9	0.0	-0.3	-0.2
非エネルギー消費	102	119	153	123	137	142	139	9.2	8.1	11	0.1	0.7	0.1	0.3
石炭	56	56	33	20	16	14	11	4.3	1.3	0.9	-4.1	-1.2	-1.8	-1.5
石油	689	683	793	758	622	527	451	53	50	36	0.4	-1.3	-1.6	-1.5
天然ガス	337	303	360	333	332	321	300	23	22	24	0.4	0.0	-0.5	-0.3
電力	174	226	301	325	354	373	383	18	21	30	1.5	0.6	0.4	0.5
熱	-	2.2	5.3	5.5	5.9	6.0	5.7	0.2	0.4	0.5	3.8	0.5	-0.1	0.1
水素	-	-	-	-	0.1	0.2	0.6	-	-	0.0	n.a.	n.a.	11.5	n.a.
再生可能	54	23	54	79	102	111	118	1.8	5.2	9.3	5.1	1.7	0.7	1.1

発電量

	(TWh)							構成比(%)			年平均変化率(%)			
	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990	2015	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
合計	2,427	3,203	4,026	4,297	4,655	4,860	4,946	100	100	100	1.2	0.5	0.3	0.4
石炭	1,243	1,700	2,129	1,471	867	516	204	53	34	4.1	-0.6	-3.5	-7.0	-5.5
石油	263	131	118	39	22	13	4.8	4.1	0.9	0.1	-4.7	-3.6	-7.4	-5.8
天然ガス	370	382	634	1,373	1,551	1,518	1,159	12	32	23	5.3	0.8	-1.4	-0.5
原子力	266	612	798	830	801	792	907	19	19	18	1.2	-0.2	0.6	0.3
水力	279	273	253	251	295	298	300	8.5	5.8	6.1	-0.3	1.1	0.1	0.5
地熱	5.4	16	15	19	71	91	108	0.5	0.4	2.2	0.6	9.3	2.2	5.1
太陽光	-	0.0	0.2	32	171	316	448	0.0	0.7	9.1	44.9	11.8	4.9	7.8
風力	-	3.1	5.7	193	611	906	1,205	0.1	4.5	24	18.0	8.0	3.5	5.4
太陽熱・海洋	-	0.7	0.5	9.1	109	218	388	0.0	0.2	7.8	11.0	18.0	6.6	11.3
バイオマス・廃棄物	0.5	86	72	80	156	190	221	2.7	1.9	4.5	-0.3	4.5	1.8	2.9
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

エネルギー・経済指標他

	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
GDP (2010年価格10億ドル)	6,529	9,064	12,713	16,597	22,629	27,677	32,902	2.4	2.1	1.9	2.0
人口(100万人)	227	250	282	321	356	376	391	1.0	0.7	0.5	0.6
エネルギー起源CO ₂ 排出(100万t)	4,744	4,820	5,617	5,071	3,931	3,141	2,422	0.2	-1.7	-2.4	-2.1
一人あたりGDP (2010年価格1,000ドル/人)	29	36	45	52	64	74	84	1.4	1.4	1.4	1.4
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	7.9	7.7	8.1	6.8	5.7	5.1	4.6	-0.5	-1.2	-1.1	-1.1
GDPあたり一次エネルギー消費 ^{*2}	276	211	179	132	90	69	55	-1.9	-2.5	-2.5	-2.5
GDPあたりCO ₂ 排出量 ^{*3}	727	532	442	305	174	114	74	-2.2	-3.7	-4.2	-4.0
一次エネルギー消費あたりCO ₂ 排出(t/toe)	2.6	2.5	2.5	2.3	1.9	1.6	1.3	-0.3	-1.2	-1.8	-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(%)			
	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990	2015	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
合計 ^{*1}	n.a.	1,647	1,695	1,586	1,465	1,363	1,276	100	100	100	-0.1	-0.5	-0.7	-0.6
石炭	n.a.	455	321	263	151	101	63	28	17	4.9	-2.2	-3.6	-4.3	-4.0
石油	n.a.	608	625	516	417	339	277	37	33	22	-0.7	-1.4	-2.0	-1.8
天然ガス	n.a.	297	396	358	352	319	269	18	23	21	0.7	-0.1	-1.4	-0.8
原子力	n.a.	207	246	223	229	242	265	13	14	21	0.3	0.2	0.7	0.5
水力	n.a.	25	31	29	31	31	32	1.5	1.8	2.5	0.6	0.3	0.2	0.2
地熱	n.a.	3.2	4.6	6.5	10	12	12	0.2	0.4	1.0	2.9	3.2	0.9	1.9
太陽光・風力等	n.a.	0.3	2.4	39	94	132	167	0.0	2.5	13	21.5	6.0	2.9	4.2
バイオマス・廃棄物	n.a.	48	67	149	179	185	188	2.9	9.4	15	4.7	1.2	0.3	0.7

最終エネルギー消費

	(Mtoe)							構成比(%)			年平均変化率(%)			
	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990	2015	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
合計	n.a.	1,136	1,180	1,114	1,107	1,027	954	100	100	100	-0.1	0.0	-0.7	-0.4
産業	n.a.	347	309	254	270	261	245	31	23	26	-1.2	0.4	-0.5	-0.1
運輸	n.a.	259	303	312	248	202	171	23	28	18	0.8	-1.5	-1.8	-1.7
民生・農業他	n.a.	430	454	450	487	462	434	38	40	45	0.2	0.5	-0.6	-0.1
非エネルギー消費	n.a.	100	113	97	101	103	103	8.8	8.7	11	-0.1	0.3	0.1	0.2
石炭	n.a.	122	52	36	32	29	26	11	3.2	2.7	-4.8	-0.7	-1.1	-0.9
石油	n.a.	506	543	465	378	307	250	45	42	26	-0.3	-1.4	-2.0	-1.8
天然ガス	n.a.	227	272	241	239	229	217	20	22	23	0.2	-0.1	-0.5	-0.3
電力	n.a.	186	217	236	254	264	270	16	21	28	1.0	0.5	0.3	0.4
熱	n.a.	55	45	46	106	101	95	4.9	4.1	10.0	-0.7	5.8	-0.6	2.1
水素	n.a.	-	-	-	0.0	0.1	0.1	-	-	0.0	n.a.	n.a.	7.9	n.a.
再生可能	n.a.	40	50	90	98	97	95	3.5	8.1	9.9	3.3	0.5	-0.2	0.1

発電量

	(TWh)							構成比(%)			年平均変化率(%)			
	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990	2015	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
合計	n.a.	2,577	3,006	3,204	3,474	3,604	3,711	100	100	100	0.9	0.5	0.3	0.4
石炭	n.a.	1,050	968	826	431	240	80	41	26	2.2	-1.0	-4.2	-8.1	-6.4
石油	n.a.	224	181	61	31	16	5.4	8.7	1.9	0.1	-5.1	-4.4	-8.3	-6.7
天然ガス	n.a.	193	480	497	494	372	177	7.5	15	4.8	3.9	0.0	-5.0	-2.9
原子力	n.a.	795	945	857	879	929	1,017	31	27	27	0.3	0.2	0.7	0.5
水力	n.a.	290	357	341	358	365	372	11	11	10	0.6	0.3	0.2	0.2
地熱	n.a.	3.2	4.8	6.5	11	12	13	0.1	0.2	0.4	2.9	3.5	0.9	2.0
太陽光	n.a.	0.0	0.1	102	246	328	410	0.0	3.2	11	43.6	6.0	2.6	4.0
風力	n.a.	0.8	22	302	671	902	1,115	0.0	9.4	30	26.9	5.5	2.6	3.8
太陽熱・海洋	n.a.	0.7	1.6	9.5	39	77	117	0.0	0.3	3.1	11.1	10.0	5.6	7.4
バイオマス・廃棄物	n.a.	20	46	201	310	362	402	0.8	6.3	11	9.8	2.9	1.3	2.0
水素	n.a.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

エネルギー・経済指標他

	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
GDP (2010年価格10億ドル)	n.a.	11,888	14,768	17,885	22,762	26,005	29,079	1.6	1.6	1.2	1.4
人口(100万人)	n.a.	478	488	510	524	526	523	0.3	0.2	0.0	0.1
エネルギー起源CO ₂ 排出(100万t)	n.a.	4,068	3,783	3,176	2,402	1,882	1,424	-1.0	-1.8	-2.6	-2.3
一人あたりGDP (2010年価格1,000ドル/人)	n.a.	25	30	35	43	49	56	1.4	1.4	1.2	1.3
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	n.a.	3.4	3.5	3.1	2.8	2.6	2.4	-0.4	-0.7	-0.7	-0.7
GDPあたり一次エネルギー消費 ^{*2}	n.a.	139	115	89	64	52	44	-1.8	-2.1	-1.9	-2.0
GDPあたりCO ₂ 排出量 ^{*3}	n.a.	342	256	178	106	72	49	-2.6	-3.4	-3.8	-3.6
一次エネルギー消費あたりCO ₂ 排出(t/toe)	n.a.	2.5	2.2	2.0	1.6	1.4	1.1	-0.8	-1.3	-1.9	-1.7

*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53 | 世界[石油需要ピークケース]

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(%)			
	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990	2015	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
合計 ^{*1}	7,205	8,774	10,028	13,647	16,333	17,888	19,115	100	100	100	1.8	1.2	0.8	1.0
石炭	1,783	2,220	2,311	3,836	4,317	4,701	4,963	25	28	26	2.2	0.8	0.7	0.7
石油	3,102	3,235	3,660	4,334	4,702	4,585	4,254	37	32	22	1.2	0.5	-0.5	-0.1
天然ガス	1,232	1,663	2,071	2,944	3,892	4,779	5,765	19	22	30	2.3	1.9	2.0	1.9
原子力	186	526	676	671	907	980	1,055	6.0	4.9	5.5	1.0	2.0	0.8	1.3
水力	148	184	225	334	425	466	500	2.1	2.5	2.6	2.4	1.6	0.8	1.2
地熱	12	34	52	74	177	224	257	0.4	0.5	1.3	3.1	6.0	1.9	3.6
太陽光・風力等	0.1	2.7	8.0	126	306	446	608	0.0	0.9	3.2	16.7	6.1	3.5	4.6
バイオマス・廃棄物	741	909	1,023	1,323	1,604	1,702	1,708	10	9.7	8.9	1.5	1.3	0.3	0.7

最終エネルギー消費

	(Mtoe)							構成比(%)			年平均変化率(%)			
	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990	2015	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
合計	5,368	6,268	7,036	9,384	11,057	11,878	12,446	100	100	100	1.6	1.1	0.6	0.8
産業	1,766	1,809	1,868	2,712	3,146	3,499	3,779	29	29	30	1.6	1.0	0.9	1.0
運輸	1,248	1,573	1,961	2,703	2,940	2,787	2,530	25	29	20	2.2	0.6	-0.7	-0.2
民生・農業他	2,000	2,409	2,591	3,132	3,911	4,369	4,785	38	33	38	1.1	1.5	1.0	1.2
非エネルギー消費	354	478	617	836	1,060	1,223	1,352	7.6	8.9	11	2.3	1.6	1.2	1.4
石炭	703	754	548	1,044	1,096	1,122	1,108	12	11	8.9	1.3	0.3	0.1	0.2
石油	2,446	2,599	3,115	3,840	4,200	4,074	3,757	41	41	30	1.6	0.6	-0.6	-0.1
天然ガス	814	945	1,117	1,401	1,761	1,994	2,190	15	15	18	1.6	1.5	1.1	1.3
電力	586	835	1,092	1,737	2,418	3,035	3,736	13	19	30	3.0	2.2	2.2	2.2
熱	121	336	248	271	288	297	299	5.4	2.9	2.4	-0.9	0.4	0.2	0.3
水素	-	-	-	-	2.9	13	47	-	-	0.4	n.a.	n.a.	15.0	n.a.
再生可能	698	799	917	1,090	1,291	1,343	1,309	13	12	11	1.3	1.1	0.1	0.5

発電量

	(TWh)							構成比(%)			年平均変化率(%)			
	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990	2015	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
合計	8,283	11,864	15,471	24,255	33,589	41,618	50,430	100	100	100	2.9	2.2	2.1	2.1
石炭	3,137	4,425	6,005	9,538	12,031	14,145	16,055	37	39	32	3.1	1.6	1.5	1.5
石油	1,659	1,358	1,252	990	1,047	1,147	1,187	11	4.1	2.4	-1.3	0.4	0.6	0.5
天然ガス	999	1,752	2,753	5,543	8,244	11,698	16,106	15	23	32	4.7	2.7	3.4	3.1
原子力	713	2,013	2,591	2,571	3,480	3,759	4,047	17	11	8.0	1.0	2.0	0.8	1.3
水力	1,717	2,142	2,619	3,888	4,943	5,419	5,818	18	16	12	2.4	1.6	0.8	1.2
地熱	14	36	52	80	191	245	288	0.3	0.3	0.6	3.2	5.9	2.1	3.7
太陽光	-	0.0	1.0	247	751	1,154	1,667	0.0	1.0	3.3	45.5	7.7	4.1	5.6
風力	0.0	3.9	31	838	1,891	2,710	3,585	0.0	3.5	7.1	24.0	5.6	3.3	4.2
太陽熱・海洋	0.5	1.5	2.2	27	136	237	385	0.0	0.1	0.8	12.2	11.5	5.3	7.9
バイオマス・廃棄物	44	131	164	528	872	1,099	1,287	1.1	2.2	2.6	5.7	3.4	2.0	2.6
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

エネルギー・経済指標他

	1980	1990	2000	2015	2030	2040	2050	1990/ 2015	2015/ 2030	2030/ 2050	2015/ 2050
GDP (2010年価格10億ドル)	27,958	37,797	49,825	75,059	115,303	152,089	191,400	2.8	2.9	2.6	2.7
人口(100万人)	4,436	5,277	6,108	7,336	8,497	9,152	9,710	1.3	1.0	0.7	0.8
エネルギー起源CO ₂ 排出(100万t)	18,411	21,205	23,416	32,910	37,506	40,282	42,261	1.8	0.9	0.6	0.7
一人あたりGDP (2010年価格1,000ドル/人)	6.3	7.2	8.2	10	14	17	20	1.4	1.9	1.9	1.9
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	1.6	1.7	1.6	1.9	1.9	2.0	2.0	0.5	0.2	0.1	0.2
GDPあたり一次エネルギー消費 ^{*2}	258	232	201	182	142	118	100	-1.0	-1.7	-1.7	-1.7
GDPあたりCO ₂ 排出量 ^{*3}	659	561	470	438	325	265	221	-1.0	-2.0	-1.9	-1.9
一次エネルギー消費あたりCO ₂ 排出(t/toe)	2.6	2.4	2.3	2.4	2.3	2.3	2.2	0.0	-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