

## アジア/世界エネルギーアウトルック 2011

### — 不透明さを増す国際エネルギー情勢とアジアの将来 —

## 目次

はじめに .....	1
1 経済・社会の見通し .....	4
1.1 人口の見通し .....	4
1.2 経済成長の見通し .....	4
1.3 エネルギー価格の見通し .....	6
2 試算におけるケース設定 .....	9
3 世界・アジアのエネルギー需給展望 .....	15
3.1 地域別の一次エネルギー消費の見通し .....	15
3.2 エネルギー源別の一次エネルギー需給の見通し .....	17
3.2.1 石油の需給見通し .....	19
3.2.2 天然ガスの需給見通し .....	23
3.2.3 石炭の需給見通し .....	26
3.2.4 原子力の見通し .....	27
3.2.5 再生可能エネルギーの見通し .....	29
3.2.6 バイオ燃料の導入見通し .....	32
3.2.7 世界、アジアの一次エネルギー消費の比較 .....	35
3.3 最終エネルギー消費・発電構成の見通し .....	36
3.3.1 最終エネルギー消費の見通し .....	36
3.3.2 モータリゼーション .....	37
3.3.3 電力化の進展 .....	39
3.3.4 発電構成の見通し .....	40
3.4 CO <sub>2</sub> 排出量の見通し .....	43
4 各国のエネルギー需給見通し .....	49
4.1 中国 .....	49
4.2 インド .....	54
5 2050年までの世界の長期エネルギー需給見通し .....	59
5.1 諸前提 .....	59
5.2 2050年までの推計結果 .....	61
6 課題とインプリケーション .....	67

## アジア/世界エネルギーアウトルック 2011

### — 不透明さを増す国際エネルギー情勢とアジアの将来 —

(財) 日本エネルギー経済研究所

#### はじめに

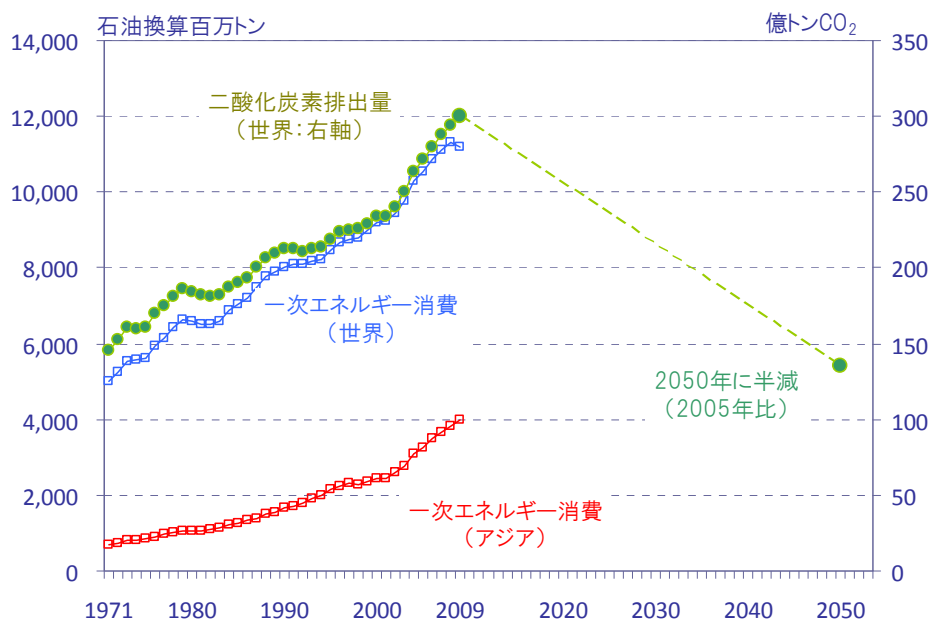
世界のエネルギー消費は過去数十年の間増加を続けている。図 I に示すように、世界の一次エネルギー消費量は 1971 年の石油換算 50 億トンから 2009 年には 112 億トンと、38 年の間に倍以上に拡大した。特に、多くの人口を擁する中国、インドや ASEAN 諸国の急速な工業化と経済成長に伴い、アジアが世界のエネルギー消費の中心地域となっている。アジアの世界におけるシェアは 1971 年の 14% から、現在では 1/3 以上を占めるまで拡大しており、特に 2000 年代に入ってから、世界の一次エネルギー消費増加量の 7 割以上をアジア地域が占める状況が続いている。

世界経済は、2008 年以降、深刻な経済危機を経験したが、大規模な経済対策などが奏効し、最悪期を脱している。しかし、大規模な財政政策の余波として、欧米等ではソブリンリスク問題がくすぶっている。一方、中国をはじめとするアジア新興国は、力強い成長を実現し、世界経済の回復を先導してきた。アジア経済は、その成長率、経済規模ともに世界経済の中で存在感を益々増している。今後も長期に渡り、アジア新興国が世界経済の発展拠点として牽引的な役割を担い、エネルギー需要をさらに拡大していくものと見込まれる。急拡大するエネルギー需要が、世界の需給バランスを大きく変化させ、国際エネルギー市場の不安定化を招きかねない。

一方で、地球環境問題に関する国際政治的な動向も複雑さを増しつつある。既に京都議定書の第 1 約束期間（2008 年～2012 年）に入り、2013 年以降の温室効果ガス排出削減に関する国際的な制度設計の構築についての検討がなされているが、先進国・途上国を含めた全世界が一致した見解を持つことは難しく、その議論は遅々として進んでいない。温室効果ガスの削減を実効性あるものとするためには、非批准国である米国や、中国インドを含む新興国が、次期枠組みに積極的に関与し、温暖化対策を強力に促進することが重要である。2050 年に世界の温室効果ガス排出量を現状の半分とするという目標が広く共有されつつあるが、その達成は決して容易ではない。今後もエネルギー消費が拡大し、それに伴う CO<sub>2</sub> 排出量が増大すると見込まれる中国、インドなどアジア諸国の重要性が益々大きなものになると考えられる。

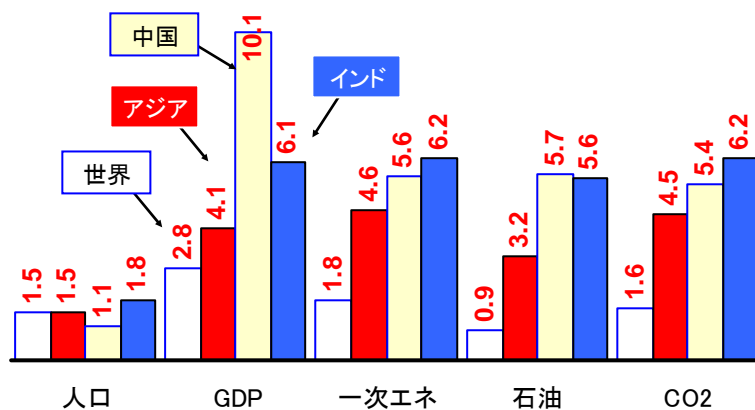
また、2011 年 3 月の東日本大震災に伴う福島第一原子力発電所の重大な事故は、日本のみならず、世界の原子力・エネルギー政策に多大な影響を与えている。例えば、ドイツでは、1980 年以前に運転開始した 7 基の原子炉を廃止とし、更に 2021 年にかけて残りの原子炉を順次段階的に廃炉する方針を閣議決定した。原子力は、電力需要の拡大が見込まれる途上国などで大規模な導入計画がある一方で、先進国でもエネルギー安全保障、地球温暖化対策の切り札として期待されている。各国の政策動向が注目されるところである。

図Ⅰ 世界の一次エネルギー消費とエネルギー起源二酸化炭素排出量の推移



(出所) IEA”Energy Balances of non-OECD Countries”より作成

図Ⅱ アジアと世界の主要指標の比較 (1980～2009年の年平均伸び率)



(出所) (財)日本エネルギー経済研究所作成

本研究では、上記のような状況を踏まえ、アジアを中心とする新興国の経済発展等の世界経済の潮流や、国際エネルギー情勢の変化、原子力政策の見直し、地球温暖化対策の強化に伴う低炭素化技術の動向などを評価し、長期の視野に基づいてアジア及び世界のエネルギー需給を分析した。研究に当たっては、これまでアジア地域に焦点を当てて実施した種々の研究成果を活用するとともに、長年にわたる世界の関係諸機関とのネットワークを活用し、各国別に詳細な分析を加えている。

エネルギー需給分析に際しては、各国のエネルギー需給や政策の動向、経済社会構造の動向等を考慮し、2035年までの長期を対象としてアジアを中心とした世界各国のエネルギー需給を統合的、定

量的に詳細に分析した。更に、現在温室効果ガスの削減に関して2050年という超長期の目標に向けた関心が世界的に高まりつつあることを踏まえ、2050年までの革新的技術の導入及び普及拡大をも展望し、それらが世界のエネルギー需給や温室効果ガス削減に対して与えるインパクトを分析した。

表I 主要エネルギー・経済指標

指標	地域	数量			シェア(対世界%)			伸び率	
		1980	2009	2035	1980	2009	2035	1980-2009	2009-2035
人口 (億人)	世界	44.4	67.6	86.0	100	100	100	1.5	0.9
	アジア	24.4	37.2	44.9	55	55	52	1.5	0.7
	中国	9.8	13.3	13.8	22	20	16	1.1	0.1
	インド	6.9	11.6	15.8	15	17	18	1.8	1.2
GDP (兆ドル2000年実質)	世界	17.7	39.7	87.2	100	100	100	2.8	3.1
	アジア	3.5	11.2	31.2	20	28	36	4.1	4.0
	中国	0.2	2.9	12.4	1.0	7.4	14.2	10.1	5.7
	インド	0.2	0.9	4.6	0.9	2.2	5.3	6.1	6.7
エネルギー消費 (億トシ石油換算)	世界	65.9	112.1	173.4	100	100	100	1.8	1.7
	アジア	10.5	38.9	75.7	16	35	44	4.6	2.6
	中国	4.2	20.6	39.0	6.4	18.4	22.5	5.6	2.5
	インド	0.9	5.1	14.3	1.3	4.6	8.2	6.2	4.0
石油消費 (億トシ石油換算)	世界	30.2	39.1	54.0	100	100	100	0.9	1.3
	アジア	4.7	11.7	21.3	16	30	39	3.2	2.3
	中国	0.7	3.7	8.4	2.5	9.5	15.6	5.7	3.2
	インド	0.3	1.6	3.8	1.1	4.0	7.1	5.6	3.5
CO2排出量 (億トシ)	世界	184.4	290.6	426.6	100	100	100	1.6	1.5
	アジア	32.9	117.3	207.0	18	40	49	4.5	2.2
	中国	15.1	69.4	109.5	8	24	26	5.4	1.8
	インド	2.8	16.2	43.7	2	6	10	6.2	3.9
GDPあたり エネルギー消費 (石油換算トシ/万ドル)	世界	3.7	2.8	2.0	—	—	—	-0.9	-1.3
	アジア	3.0	3.5	2.4	—	—	—	0.6	-1.4
	中国	22.9	7.0	3.1	—	—	—	-4.0	-3.0
	インド	5.6	5.9	3.1	—	—	—	0.2	-2.5
一人あたり エネルギー消費 (石油換算トシ/人)	世界	1.5	1.7	2.0	—	—	—	0.4	0.8
	アジア	0.4	1.0	1.7	—	—	—	3.1	1.9
	中国	0.4	1.5	2.8	—	—	—	4.5	2.3
	インド	0.1	0.4	0.9	—	—	—	4.3	2.8
自動車 保有台数 (百万台)	世界	418.2	1,008.3	1,900.8	100	100	100	3.1	2.5
	アジア	47.5	218.0	678.8	11	22	36	5.4	4.5
	中国	1.8	62.8	315.1	0.4	6.2	16.6	13.1	6.4
	インド	1.7	19.2	145.2	0.4	1.9	7.6	8.8	8.1

(出所) (財)日本エネルギー経済研究所が予測

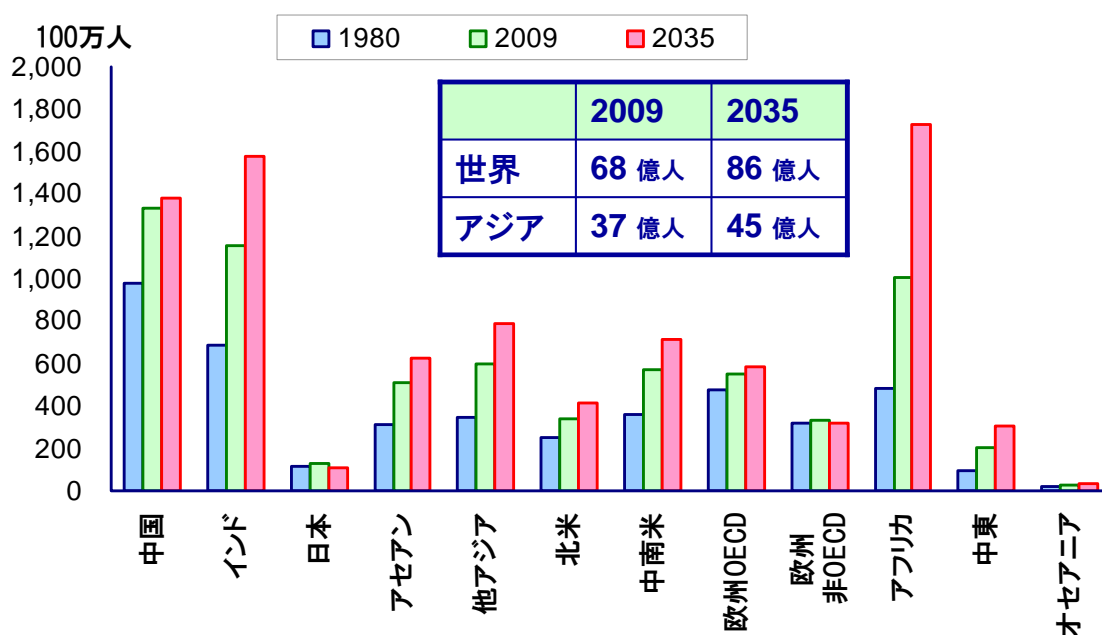
## 1 経済・社会の見通し

### 1.1 人口の見通し

人口及び経済成長はエネルギー需要を決定する極めて重要な要素である。まず、世界の人口の将来想定については、最新の国連予測等を参照した。経済発展に伴い発展途上国においても出生率が低下する傾向にあるが、世界人口は今後も年平均約 1%程度の増加基調で推移し、2009 年の 68 億人から 2035 年には 86 億人に達する見通しである。先進国では、米国で人口の持続的な増加が見込まれているが、そのテンポは緩やかなものにとどまり、世界人口に占める相対的な割合は上昇しない。日本の人口は、すでにピークを迎えているが、世界で最も早いスピードで減少していくことが予測される。日本同様にすでに人口減となっているロシアも、引き続き減少基調で推移し、西欧諸国でも 2020 年にかけて域内人口がピークに達すると見られる。

一方、途上国では堅調に人口が増加していく見通しである。2035 年までに世界で増加する 18 億人のうち、17 億人が途上国を中心とする非 OECD 諸国での人口増である。中東、アフリカ地域では引き続き人口増が続き、それぞれ年率 1.6%、2.1%増が見込まれる。一方、アジア地域でも増加が続くが、伸び率は鈍化し年率 0.8%増の見込みである。現在、最大人口国の中国は年率 0.1%で増加し、2035 年には 13.8 億人となるが、年率 1.2%で増加するインドは 2020 年ごろには中国を抜き、2035 年には 15.8 億人に達する見込みである。

図 1-1-1 人口の見通し



(出所)国連人口予測をもとに(財)日本エネルギー経済研究所作成

### 1.2 経済成長の見通し

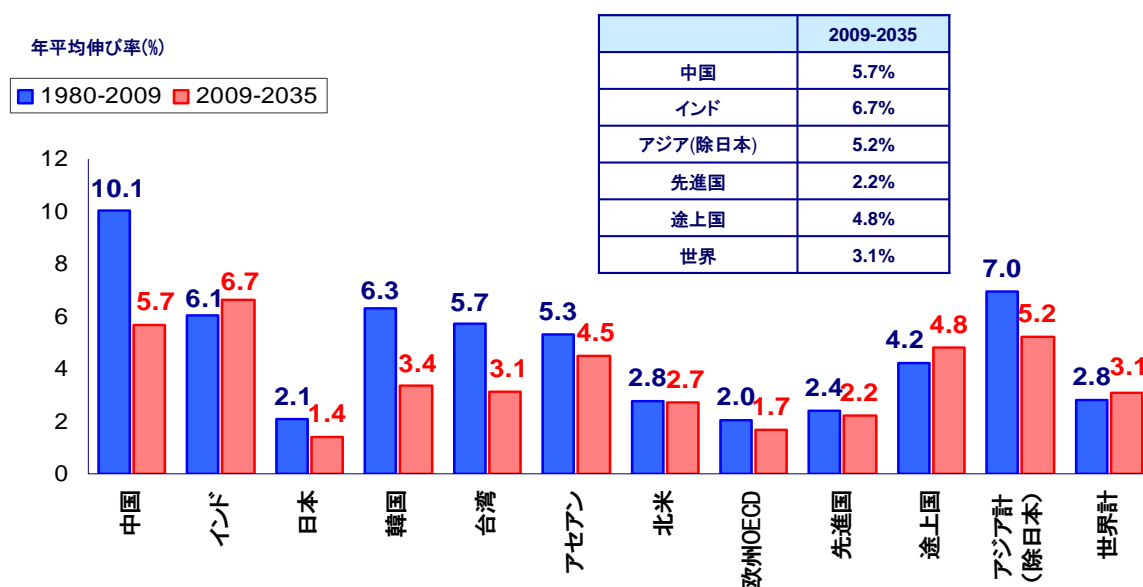
本予測における GDP 成長率については、アジア開発銀行や IMF をはじめとする国際機関による予測、各国政府発表の経済開発計画値等を参考に想定している。

世界経済は、2008 年秋のいわゆるリーマン・ショックに端を発する経済危機を経験した。しかし、

各国が大規模な経済対策、異例の金融対策を実施したことで、現在の世界経済は最悪期を脱したところである。この過程で、中国をはじめとするアジア新興国が力強い成長を実現し、世界経済の回復を先導している。新興国経済が、その成長率、経済規模ともに世界経済の中で存在感を増しており、欧米諸国を中心とした一極集中から新興国に多極化しつつある。とりわけ人口の多いアジアは潜在的な成長性が高く、消費市場としての期待も大きい。一方で、ギリシャ債務問題等をはじめとする財政赤字問題、高止まりする失業率、また新興国におけるバブル懸念など、本格的な景気回復にはリスクも多いことも事実である。

しかし、中長期的に見れば、世界経済は堅調に推移すると考えられる。将来の世界経済を展望すると、引き続きアジア経済が牽引役となり、今後 2035 年にかけて、世界全体で年率 3.1%程度の緩やかな成長が見込まれる。先進国を中心とする OECD 諸国の GDP は 2009 年から 2035 年にかけて年率 2.2%で成長する一方、発展途上国を中心とする非 OECD 諸国では、人口の増加および所得水準の向上を背景に、OECD を上回る年率 5.4%で成長する。2009 年の世界の GDP に占める非 OECD 諸国の割合は 26%であったのに対して、2035 年には 40%に達する見込みである。

図 1-2-1 経済成長の見通し



(出所) (財)日本エネルギー経済研究所が予測

地域別に展望すると、北米経済は、予測期間中年率 2.7%の成長が見込まれる。北米地域は途上国等からの人口流入が多く、また出生率も高いことから、先進諸国の中では比較的堅調に人口が増加し、そのため経済成長余力も幾分大きいと見込まれる。一方、人口の減少、高齢化に直面している日本経済は、長期的にみれば世界経済の中に占める相対的な地位が低下する見通しである。生産年齢人口の減少によって潜在成長率は緩やかなものとなるが、新興国の経済成長などへの輸出を背景に日本経済は同 1.4%で成長する。欧州 OECD では、中東欧諸国の EU 加盟などにより域内経済の活性化などを見込み、同 1.7%の成長を想定している。

非 OECD 諸国では、アジア経済（日本を除く）の成長率が群を抜いている。アジア（同）の経済

成長率は年率 5.2%を維持する見通しであり、2035 年の GDP は 2009 年比で約 4 倍に拡大する。一方、1 次産業依存からの脱却が課題である中東地域、アフリカ諸国はそれぞれ同 3.7%、4.3%の平均成長率を見込んでいる。アジア経済(同)は、北米、欧州等の域外先進国の経済成長に依存する割合が高いものの、中国、インド等の巨大経済市場の存在、域内での相互依存関係の強化、高い技術進歩などにより、今後も「世界の工場」、「世界の市場」としての成長が期待される。

中国経済は、経済危機以後も輸出や建設投資を中心に高成長を維持している。2010 年の経済規模(名目 GDP) は日本を上回り、世界第 2 位の経済大国となった。中長期的には経済構造が投資主導型から消費主導型へ徐々に変化すること、高齢化のテンポが加速して労働力人口が徐々に減少していくことなどから、2035 年にかけて成長率は緩やかに鈍化する見通しである。中国経済は予測期間中年率 5.7%で成長する見通しであり、2035 年の 1 人当たり GDP は 9,000 米ドル程度に達するが、都市部と農村部の所得格差問題が大きな課題となろう。

インドは、現在約 11.6 億人の総人口が、2020 年頃には中国を抜いて世界第 1 位となると見られ、消費市場としての期待が非常に大きい。また、高齢化の進む中国と比べて若年層の割合が高く、長期に渡って市場潜在力が高いのも大きな魅力となっている。現在の 1 人当り GDP は中国の 3 分の 1 程度で、国民の所得水準が低く、社会経済インフラが未発達ではあるが、潜在的な成長余力は十分に大きいと考えられる。農業中心の経済構造から、情報通信、サービス関連産業を中心とする着実な経済発展へと移行し、電力不足等の国内問題を解消できれば、長期的な高度成長を持続する可能性が高く、インド経済は 2009 年から 2035 年にかけて年率 6.7%で成長する見込みである。

また、インドネシア、マレーシア、タイ、ベトナムなどの東南アジア諸国も、その人口規模を背景に巨大な消費市場としての成長が見込まれる。また、勤勉、安価かつ豊富な労働力を背景に、自国の市場だけでなく、中国、インドといった隣接する巨大市場を中心に世界へ工業製品を供給する生産拠点としての役割も大きい。アジア域内における経済活性化を背景に、世界経済を牽引していくものと期待される。

### 1.3 エネルギー価格の見通し

2008 年の国際石油市場では、WTI 原油は 7 月に過去最高の 147 ドル/バレルを記録したが、その後年末にかけて価格は 30 ドル/バレル台まで急落した。この背景には米国のリーマンショックに端を発する金融危機とその世界経済への影響があり、これにより石油需要は短期的に減退することとなった。しかしその後再び原油価格は上昇に向い、再び 100 ドルを超える水準にまで高騰した。今原油価格の高騰により新たな探鉱開発が進められる一方で、景気の先行き懸念もあり、足元の原油価格は 80 ドル前後の水準となっている。今後は、既存油田の減退率上昇、投資停滞による供給制約が徐々に顕在化する中で、相対的に生産コストの高い中小規模油田、あるいは安全対策の強化により更にコストの増加が予想される深海油田等へのシフトなどが見込まれ、これに連動して原油価格は徐々に上昇する。オイルサンドやシェールオイルなどの非在来型石油の生産量も増加するが、旺盛な需要を賄うには十分ではなく、今後も在来型の石油に殆どを依存する状況は変わらない。在来型石油の資源量は中東地域に偏在するため、予測対象期間を通じて必要とされる需要増を担うのは、中東を中心とする OPEC 諸国やロシアである。石油輸入国が少数の生産国に対する依存を強めることから、長期的には中東 OPEC を中心とする OPEC 加盟国による市場の支配力が拡大する。これらの国

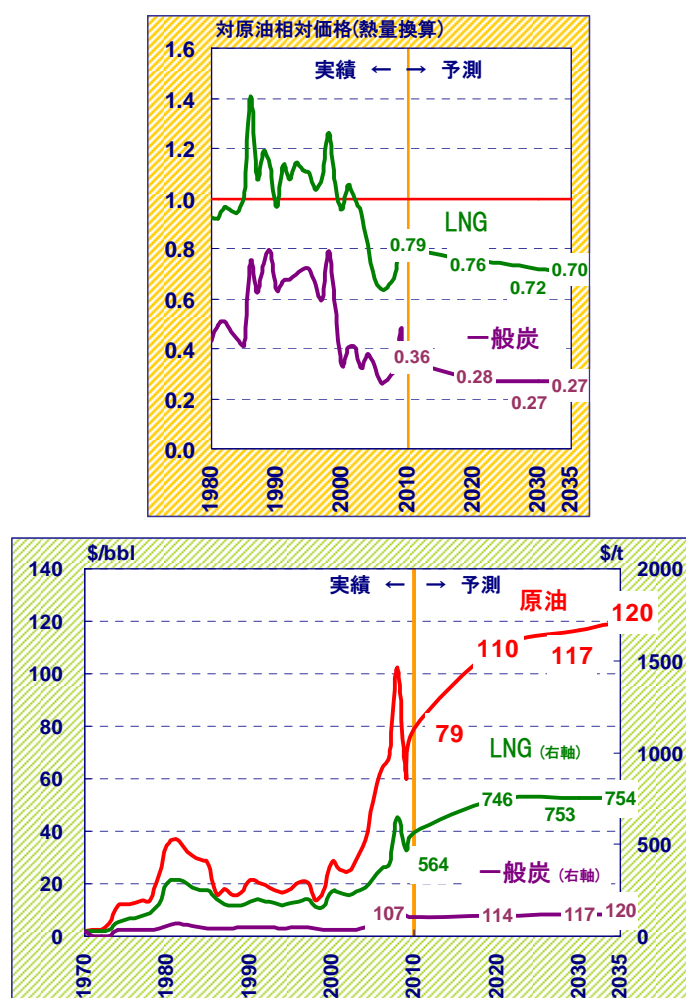
による高価格維持政策、石油を国際交渉上の武器として使うといった政治的な動きなどが、長期的に原油価格への上昇圧力として作用するものと見られる。

表 1-3-1 エネルギー価格の見通し（日本の輸入 CIF）

		2000	2010	2020	2030	2035
原油 \$/bbl	実質価格	35	79	110	117	120
	名目価格	28	79	134	173	197
LNG \$/t	実質価格	297	564	746	753	754
	名目価格	244	564	910	1,118	1,237
一般炭 \$/t	実質価格	43	107	114	117	120
	名目価格	35	107	139	173	197

（注）日本の CIF 価格。実質価格は 2010 年価格。インフレ率を年率 2%として算出。

図 1-3-1 エネルギー価格の見通し（日本の輸入 CIF）



日本の原油輸入 CIF 価格（実質、2010 年価格）は、長期的には石油生産コストの上昇に伴い緩やかに上昇し、2020 年に 110 ドル/バレル、2030 年に 117 ドル/バレル、2035 年に 120 ドル/バレルで推移する（名目価格では 2020 年 134 ドル/バレル、2030 年 173 ドル/バレル、2035 年 197 ドル/バレル）。



ル)。ただし、原油価格は幅を持って想定しており、2020 年には 100～120 ドル程度、2035 年には 110～130 ドル程度で推移すると想定し、モデル分析の前提としてはそのおおよその中間値を採用している。

日本向けの LNG 価格決定方式は、基本的に石油リンクが継続されるものの、世界的な非在来型天然ガスの増産やアジア向けパイプラインガスプロジェクト増加に伴い、原油との相対価格は中長期的に低下する。

石炭は、原油、LNG と比較するとこれまでは価格変動が極めて緩やかであった。石炭は、原油、天然ガスに比べ資源制約が小さいが、発電用、鉄鋼用を中心とした需要の世界的な増加があり、石炭価格は緩やかに上昇する。原油価格の上昇は、石炭の生産・輸送コストを上昇させ、また多くの国では、環境面での規制により、石炭利用コストが上昇すると考えられるが、オーストラリアなど主要産炭国での合理化による生産コスト低下により、これらは相殺される。

## 2 試算におけるケース設定

本研究では、「レファレンスケース」と「技術進展ケース」の2つのケース設定に基づき試算を行った。「レファレンスケース」は過去の趨勢と現在までのエネルギー・環境政策等を織り込んだものであり、ここでは各国は省エネルギー・低炭素化のための特段の対策をこれまで以上には実施せず、また現在各国の表明している持つ野心的な省エネ・低炭素化技術の導入目標も、資金的状況等により十分には奏効しない、と想定している。このケースでは世界のエネルギー消費量は過去の趨勢に従って増大し、一方で化石燃料を代替する再生可能エネルギー、原子力等の導入も限定的なものにとどまる、という結果となる。

一方で「技術進展ケース」では、世界各国がより一層のエネルギー安定供給の確保や地球温暖化対策の強化に資する一連のエネルギー・環境政策を実施し、また、革新的技術の開発、導入が加速した場合における世界のエネルギー需給を分析した。基本的には世界各地のエネルギー政策を反映して諸前提を設定し、政策議論が進んでいないアジア諸国については、OECD加盟国など先進国からの技術移転促進による効果等によって、エネルギー効率がレファレンスケースよりも早いペースで改善され、さらに原子力、太陽光発電など非化石エネルギーの導入が拡大すると想定している。

表 2-1 技術進展ケースにおける技術の想定

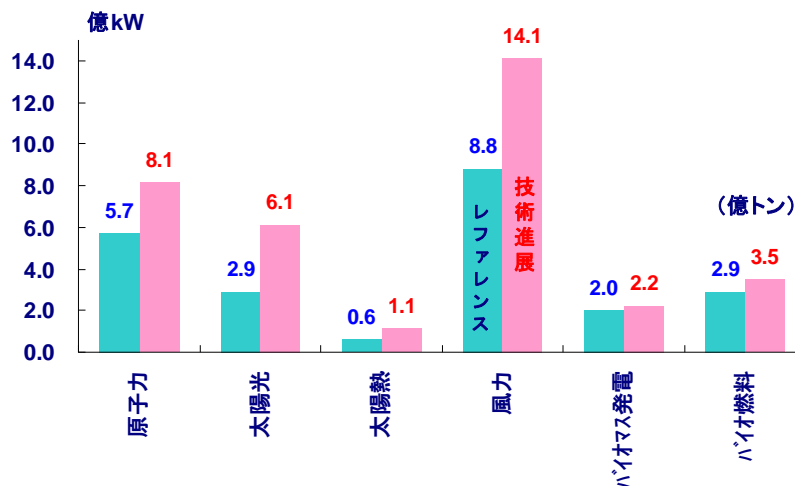
<p style="text-align: center;"><b>環境規制や国家目標の導入、強化</b></p> <p>環境税、排出量取引、再生可能エネルギー導入基準、補助金・助成制度、固定価格買取制度、省エネ基準、燃費基準、低炭素燃料基準、省エネ・環境ラベリング制度、国家的戦略・目標設定等</p>	<p style="text-align: center;"><b>技術開発強化や国際的な技術協力の推進</b></p> <p>研究開発投資の拡大、国際的な省エネ技術協力(鉄鋼、セメント分野等)や省エネ基準制度の構築支援等</p>
<p style="text-align: center;"><b>【需要サイドの技術】</b></p> <p>■ <b>産業部門</b> セクトラルアプローチ等により最高効率水準(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、石油精製)が世界的に普及</p> <p>■ <b>運輸部門</b> クリーンエネルギー自動車(低燃費自動車、ハイブリッド自動車、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)の普及拡大</p> <p>■ <b>民生部門</b> 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</p>	<p style="text-align: center;"><b>【供給サイドの技術】</b></p> <p>■ <b>再生可能エネルギー</b> 風力発電、太陽光発電、太陽熱発電、バイオマス発電、バイオ燃料の普及拡大</p> <p>■ <b>原子力導入促進</b> 原子力発電建設加速化、設備利用率向上</p> <p>■ <b>高効率火力発電技術</b> 超々臨界圧石炭火力、石炭IGCC、石炭IGFC、天然ガスMACCの普及拡大</p> <p>■ <b>二酸化炭素回収・貯留(CCS)</b> 発電部門(石炭火力、ガス火力の新設、既設設備)、産業部門(鉄鋼、セメント等大規模排出源)での導入拡大</p>

レファレンスケース及び技術進展ケースにおける各種技術等の想定について、以下概要を記す。

### 【非化石エネルギー】

技術進展ケースでは、国際的に電力需要が堅調に増加すること、地球温暖化対策の強化を背景に、原子力や再生可能エネルギー発電は大幅に促進される。バイオ燃料は、食料、土地利用等との競合の無い次世代バイオ燃料(セルロース系)が順調に開発され、導入が加速化すると想定している。技術進展ケースでは、非化石エネルギーの導入量が国際的に増加し、2035年の世界における導入量は石油換算34億トンにまで増加し、一次エネルギー消費の23%を占める。詳しくは3章で述べる。

図 2-1 非化石エネルギーの想定(世界)

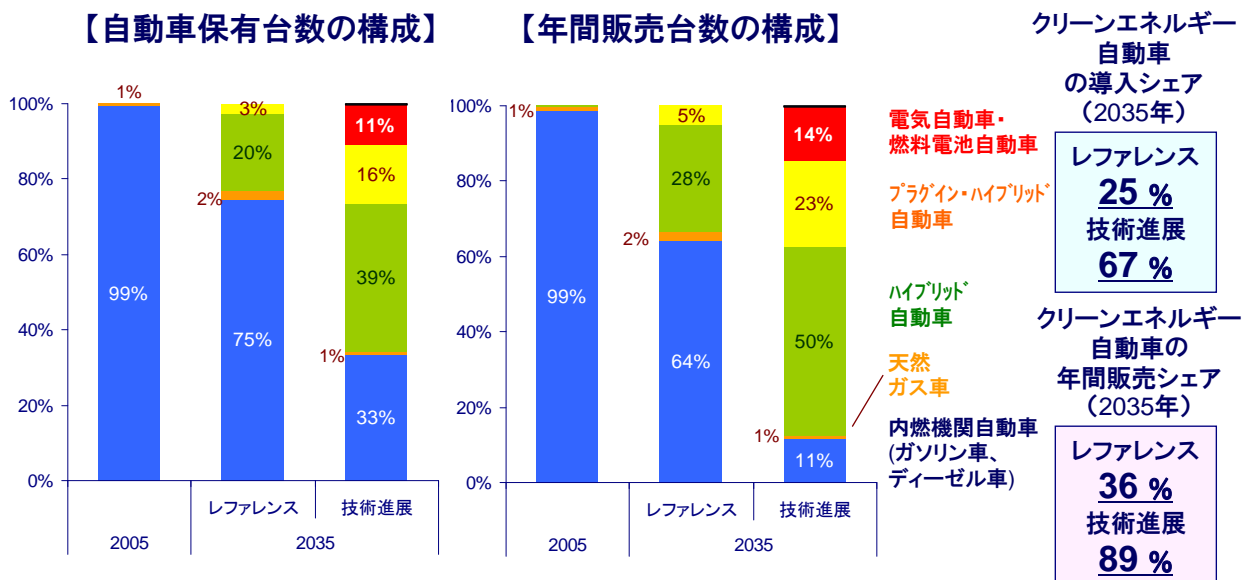


(出所) (財)日本エネルギー経済研究所が予測

【自動車の見通し】

レファレンスケースでは、保有台数の約 2 割がハイブリッド車となり、プラグインハイブリッド自動車も 3%を占める。一方、技術進展ケースでは、保有台数の 55%がハイブリッド車、プラグインハイブリッド自動車となり、電気自動車、燃料電池自動車が約 1 割を占める。この結果、技術進展ケースでは、クリーンエネルギー自動車が、保有台数の約 7 割を占める。技術進展ケースにおける 2035 年の乗用車保有燃費は、プラグインハイブリッド自動車、電気自動車等の次世代自動車の普及拡大により、レファレンスに比較して 24%改善する。

図 2-2 自動車の展望(世界)



(出所) (財)日本エネルギー経済研究所が予測

## 【クリーンコール技術(CCT)】

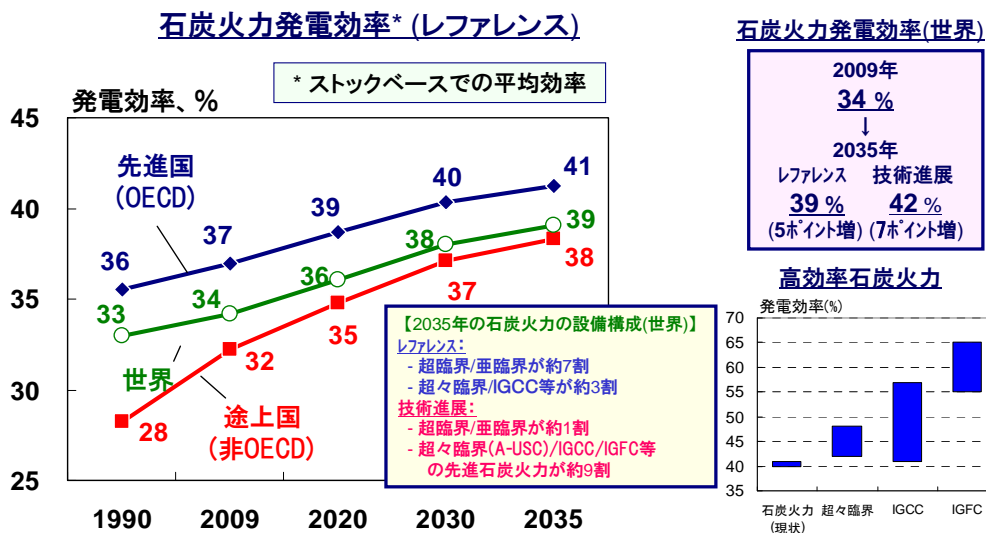
石炭は、埋蔵量が豊富で、世界に幅広く賦存するなど、他の化石資源と比較して供給安定性が高く、経済的にも優れていることから、今後もエネルギー安定供給上、不可欠なエネルギーと位置づけられている。しかし一方では、地球温暖化問題に関する意識の高まりから、単位発熱量あたりの二酸化炭素発生量が多い石炭は、環境に配慮した使い方が求められている状況にある。そのため、クリーンで高効率な石炭利用の実現が喫緊の課題となっており、高効率石炭火力発電や二酸化炭素回収貯留技術(CCS)の技術開発が日本や世界各国において実施されている。日本では、「Cool Earth-エネルギー技術革新計画」において、「高効率石炭火力発電」と「二酸化炭素回収・貯留 (CCS)」の技術開発ロードマップが明確に定められており、その着実な実行が期待されている。高効率石炭火力発電は、技術革新により、大幅な効率向上が期待されている。

レファレンスケースでは、超臨界圧火力や亜臨界圧火力が太宗を占めるが、超々臨界圧火力が徐々に導入され、世界の石炭火力発電効率は 34%から 39%へ上昇すると想定する一方、技術進展ケースでは、先進的超々臨界圧発電、IGCC が大幅に増加し、IGFC も部分的に導入され、世界の石炭火力発電効率は 2035 年にかけて 42%まで上昇すると想定している。

表 2-2 高効率石炭火力発電

先進的超々臨界圧発電 (A-USC)	新規の高温耐熱材料や耐熱鋼の革新的溶接技術の開発を進め、現在の 600℃級から、2015 年頃に 700℃級で発電効率 46%、2020 年頃に発電効率 48%の実用化をめざし、技術開発を推進する。
石炭ガス化複合発電 (IGCC)	実証プラント (25 万 kW、発電効率 41%) の運転を通じた信頼性、安全性、経済性、保守性の確立を図り、2010 年頃には、湿式ガス精製方式により、発電効率 46%、2015 年頃には、乾式ガス精製方式により、発電効率 48%、2025 年頃には、1,700℃級ガスタービンの採用により、発電効率を 50%にまで向上させることを目指す。
石炭ガス化燃料電池複合発電 (IGFC)	現在はパイロットプラントによる基盤技術開発が行われている段階である。既に石炭から精製されたガスで燃料電池が作動することが確認されているが、大容量燃料電池を開発しこれを組み合わせたシステムを確立し、信頼性の向上とコスト低減を図ることにより、2025 年頃には発電効率 55%の実現を目指す。さらに長期的には、燃料電池における排熱を回収し、水蒸気改質によるガス化に活用する次世代型 IGFC (A-IGFC) の実用化が期待され、発電効率 65%の実現を目指す。

図 2-3 石炭火力発電効率に関する想定



(出所) (財)日本エネルギー経済研究所が予測

技術進展ケースでは2020年代からCO<sub>2</sub>回収貯留技術が導入、展開されると想定している。石油増進回収(EOR)の一つの方法として、CO<sub>2</sub>を油田に注入することが既に商業規模で行われている。米国は70年代より、二酸化炭素によるEORを商業化しており、帯水層への貯留、炭層メタン増進回収(ECBM)、さらにFutureGenと呼ばれる発電技術も含めたCCSに関連する多様な研究開発を戦略的に進めている。カナダでは、アルバータ州などでEOR、ECBMなどの研究開発が実施されている。ノルウェーではStatoil社がガスから分離回収したCO<sub>2</sub>を北海ノルウェー沖の海底帯水層に年間約100万t規模で隔離を実施している。オーストラリアも、CCS技術を推進するために、大規模な経済的支援を行うことを表明している。CCS技術の実用化に向けて、CO<sub>2</sub>分離回収の為の設備コストや処理コストを低減し経済性を確保すること、また、環境影響評価等の社会的な受容性の確保が重要である。

技術進展ケースでは、2020年代以降CCSの導入が開始され、新設石炭火力と既設石炭火力の一部、新設ガス火力の一部、鉄鋼部門等の産業部門にCCS導入が導入されると想定した。2030年に約7億トン、2035年には年間約33億トンのCO<sub>2</sub>が回収され、2020年から2035年までの累積回収貯留量は約120億トンになる。世界の理論上の地層学的貯留ポテンシャルは約10兆トン、試掘データのある枯渇ガス田、油田、炭層の貯留ポテンシャルは約1兆トンと推定されていることから、ポテンシャル上は、回収量は十分貯留可能であると考えられる。

図 2-4 CCS 導入量の想定(世界)



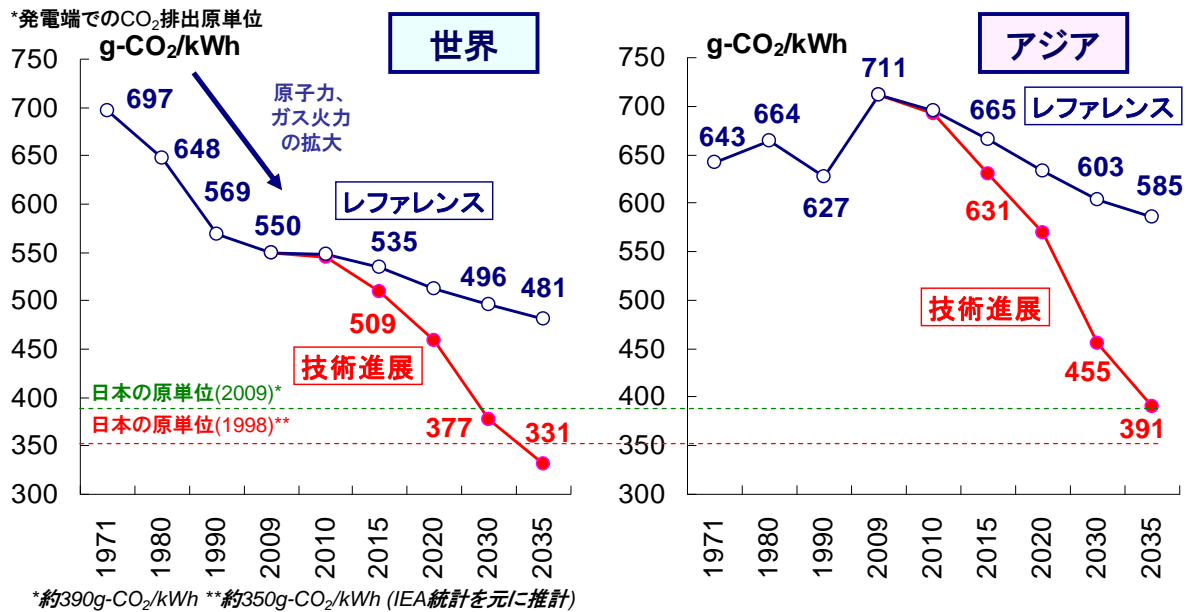
(出所) (財)日本エネルギー経済研究所が予測

#### 【その他省エネ等】

産業部門、民生部門、運輸部門での省エネルギー技術導入により、技術進展ケースにおける世界の最終エネルギー消費量は、レファレンスケースに比較して、2035年に石油換算14.7億トンの省エネとなる。先進国では、5.5億トンの省エネ、途上国では9.2億トンの省エネとなり、途上国における省エネ量は先進国の2倍に達する。鉄鋼部門、セメント部門での先進技術の導入により、世界の産業部門では、4.1億トンの省エネが達成される。その内、先進国で9,000万トン、途上国で3.2億トンの省エネとなり、途上国での産業プロセスにおける省エネポテンシャルは大きい。また、クリーンエネルギー自動車の普及を通じて、世界の運輸部門では4.2億トンの省エネが達成され、先進国では1.9億トン、途上国では2.3億トンの省エネが達成される。そして省エネ基準の強化や家電機器の省エネを通じて、世界の民生部門では、5.9億トンの省エネが実現し、先進国で2.7億トン、途上国で3.2億トンの省エネとなる。最終消費における世界の電力消費は、レファレンスケースに比較して6,020TWh省エネとなり、先進国で1,670TWh、途上国で4,350TWhの省エネが実現する。

また、電力のCO<sub>2</sub>排出原単位を見ると、原子力、再生可能エネルギー、火力発電高効率化(クリーンコール技術、MACC)の進展により、CO<sub>2</sub>排出原単位が低下する。レファレンスケースでは、2035年の電力CO<sub>2</sub>排出原単位は、2009年比世界で13%改善、アジアで18%改善する。技術進展ケースでは、低炭素電源の導入拡大により、2009年比世界で40%改善、アジアで45%改善する。

図 2-5 電力の CO<sub>2</sub> 排出原単位の見通し



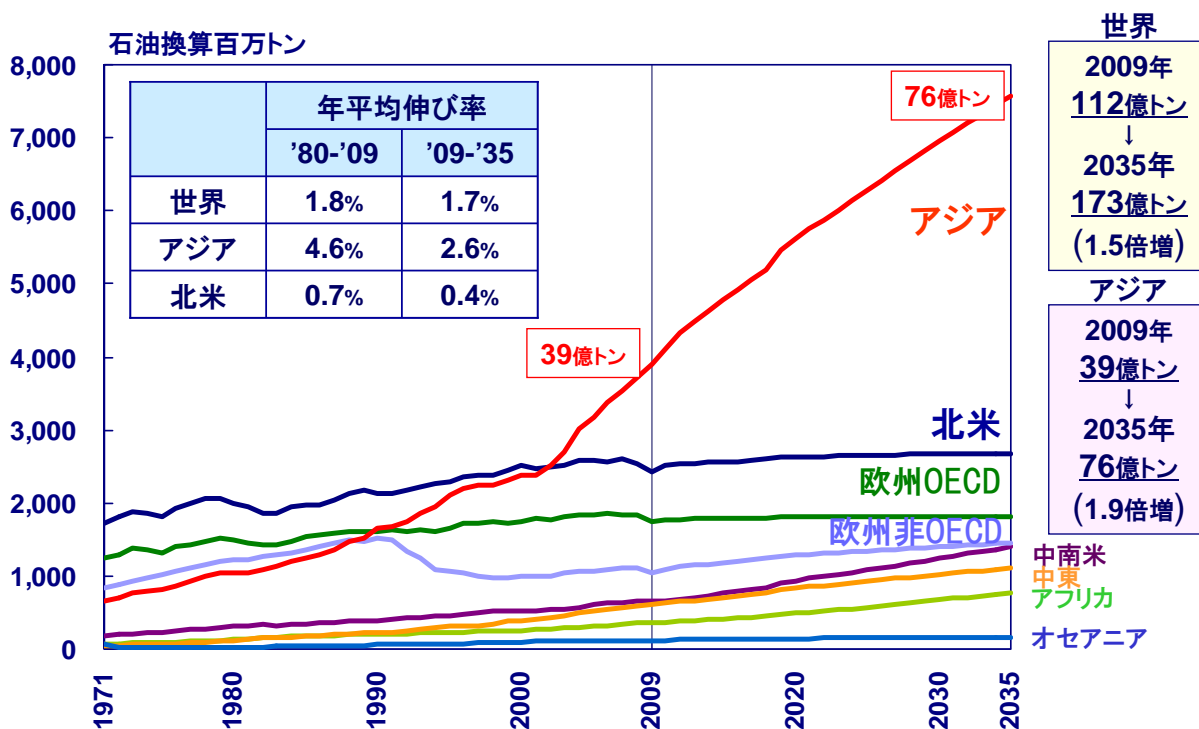
(出所) (財)日本エネルギー経済研究所が予測

### 3 世界・アジアのエネルギー需給展望

#### 3.1 地域別の一次エネルギー消費の見通し

世界の一次エネルギー消費は、2009年から2035年まで年率1.6%で増加し、2009年の石油換算112億トンから2035年には173億トンまで約1.5倍の規模に拡大する。2009年から2035年までの世界のエネルギー消費増加量の約9割が、主に発展途上国を中心とする非OECD諸国によるものである。また、特にアジア地域は世界のエネルギー消費増加量の約6割を占め、増加量の約3割は中国に由来する。世界の一次エネルギー消費に占める非OECD諸国のシェアは、人口増加、経済成長に伴い2009年の52%から2035年には66%へ上昇する。アジアのシェアは2009年の36%から2035年には45%へ、中国のシェアは19%から23%へとそれぞれ上昇する。中国は現在のところアメリカに次ぐ世界第2位のエネルギー消費国であるが、2035年には現在のアメリカを超え、世界のエネルギー市場におけるプレゼンスは更に大きくなる。また、着実な経済成長を背景として2035年までに中国、インドは世界の一次エネルギー消費の約3割を占める見通しである。

図 3-1-1 世界の一次エネルギー消費(地域別)



(出所) (財)日本エネルギー経済研究所が予測

アジアの一次エネルギー消費は、2009年から2035年まで年平均2.6%で増加し、2009年の石油換算39億トンから2035年には同76億トンへ1.9倍の規模にまで拡大する。特に中国、インド、ベトナム、タイ、マレーシア、インドネシア等における好調な経済成長を背景に急速な伸びが予測される。2009年から2035年までのエネルギー消費増加分の約半分は、中国におけるエネルギー消費の増大に起因し、インドは増分の約1/4を占める。日本の一次エネルギー消費は増加せず、減少基調で推移する。アジアの一次エネルギー消費に占める中国のシェアは、2009年から2035年まで53%か



ら51%とほぼ横ばいとなるが、インドは13%から19%へ増加する。一方、経済の成熟化、人口減少に伴い、日本のアジアにおける一次エネルギー消費シェアは、2009年の12%から2035年には6%へ低下し、中国、インドに次ぐ水準へ縮小する。ただし、2035年においても中国、インドなど発展途上国の一人当たりエネルギー消費は先進国を下回る。従って、2035年以降も経済発展に伴い、一人当たりエネルギー消費、ひいては国全体の一次エネルギー消費の増加ポテンシャルは大きい。

図 3-1-2 一次エネルギー消費シェア (OECD/非 OECD)

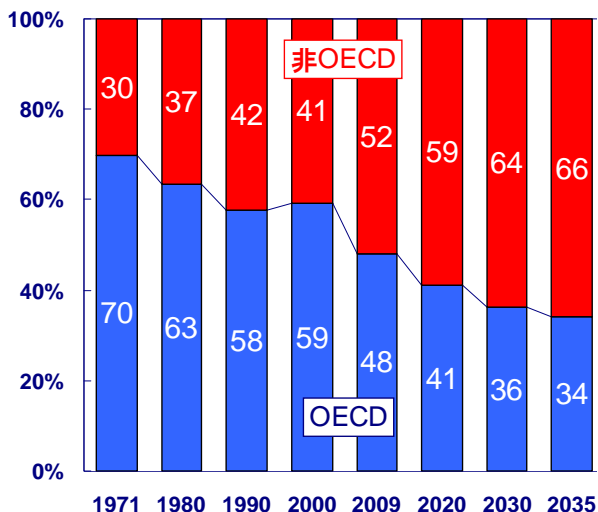
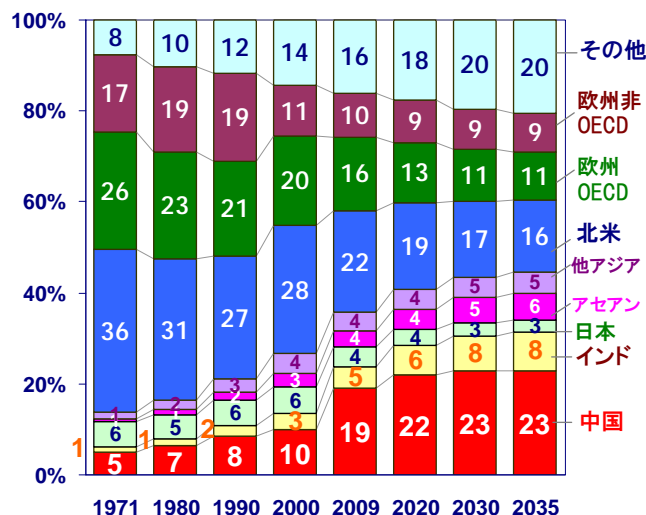
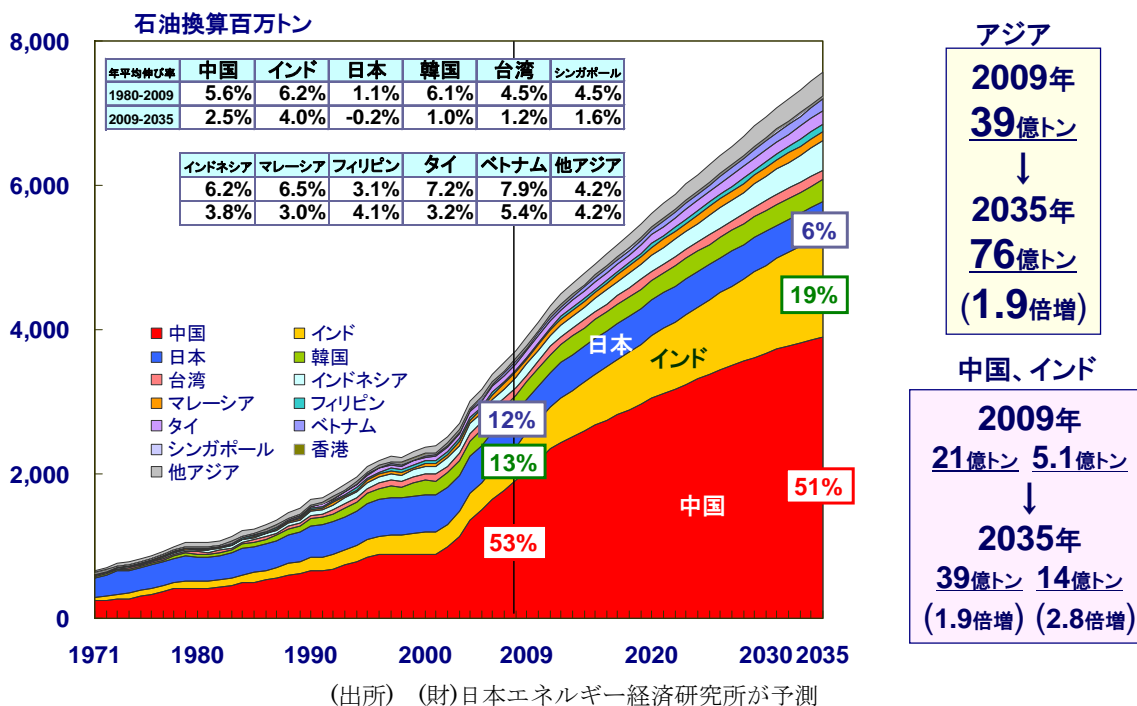


図 3-1-3 一次エネルギー消費シェア (地域別)



(出所) (財)日本エネルギー経済研究所が予測

図 3-1-4 アジアの一次エネルギー消費(地域別)



(出所) (財)日本エネルギー経済研究所が予測

図 3-1-5 世界の一次エネルギー消費(レファレンスケースと技術進展ケースの比較)

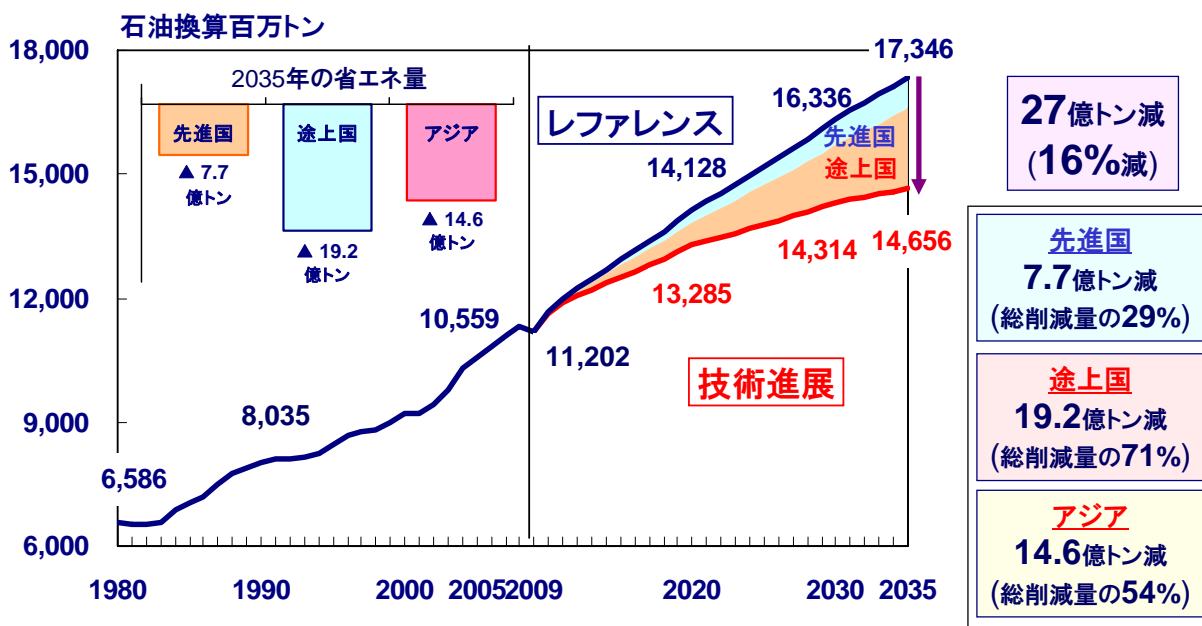
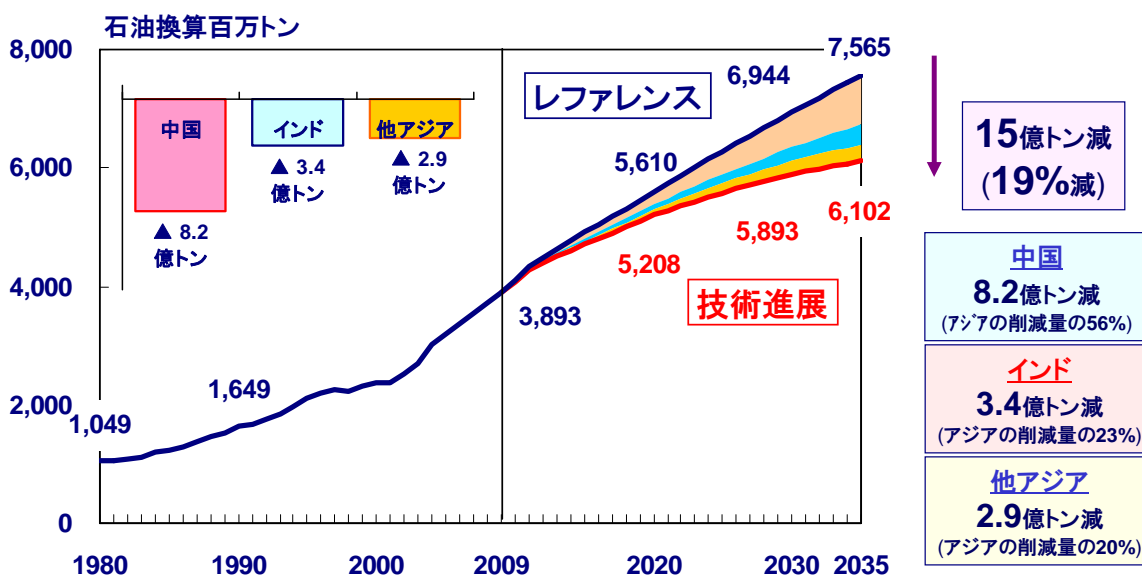


図 3-1-6 アジアの一次エネルギー消費(レファレンスケースと技術進展ケースの比較)



一方、技術進展ケースでは、2035年における世界全体の一次エネルギー消費はレファレンスケースと比べて16%削減の石油換算147億トンとなる。削減量27億トンのうち、途上国が71%、アジアが54%と大きな割合を占める。また、アジアの削減量15億トンのうち中国が56%、インドが23%を占める。

### 3.2 エネルギー源別の一次エネルギー需給の見通し

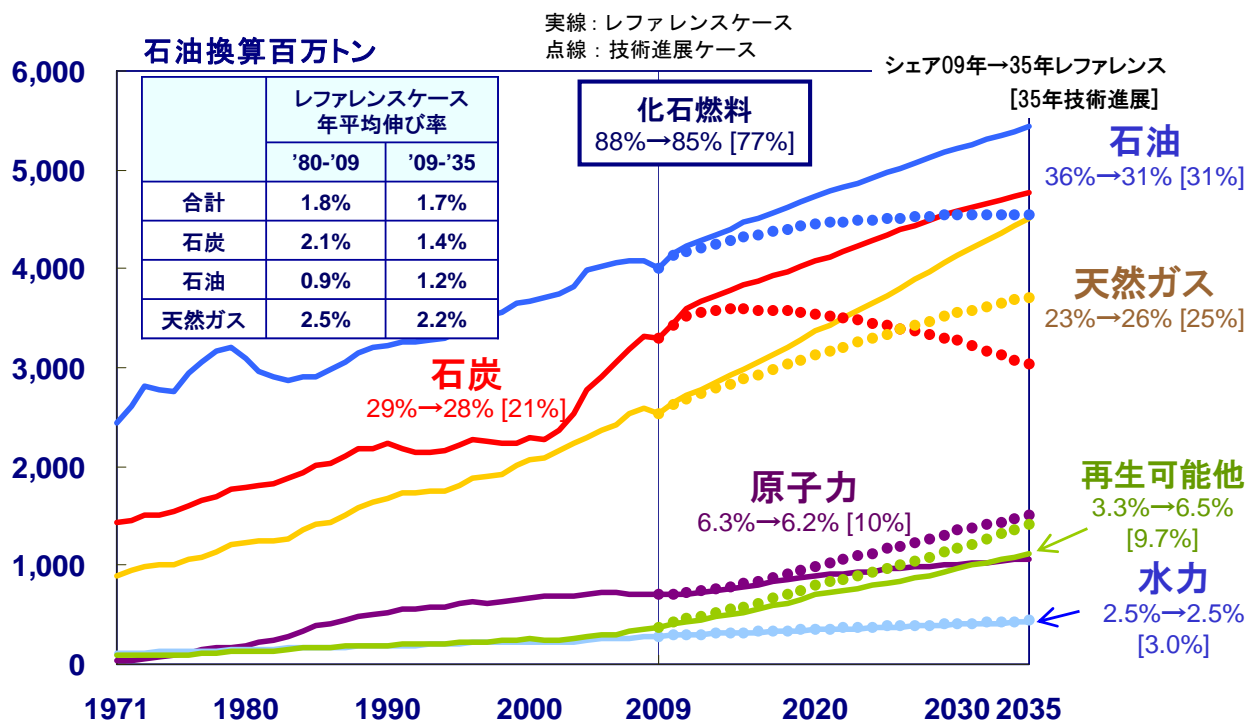
一次エネルギー消費をエネルギー源別に見ると、レファレンスケース・技術進展ケースともに2035

年まで依然として石油が一次エネルギー消費の中で最大のシェアを占め、主要なエネルギー源であり続ける。レファレンスケースでは、石炭、天然ガスも消費が拡大し、2035年前後には石油、石炭、天然ガスのシェアはほぼ同水準になる見通しである。化石燃料(石炭、石油、天然ガス)は、2009年から2035年の一次エネルギー消費増加量の約8割を占め、今後も主要なエネルギー源としての役割を担い続ける。化石燃料の中でも天然ガスの増加が最も大きく、一次エネルギー消費増加分の32%を占め、ついで石炭が24%、石油が23%のシェアを占め、原子力は6%、水力は2%、再生可能エネルギーは12%を占める。

技術進展ケースでは、2030年に石油消費はピークアウトする。化石燃料のシェアは2035年にレファレンスケースで85%、技術進展ケースで77%へ低下するものの、依然として主要なエネルギー源である。化石燃料のシフトに伴い天然ガスはシェアを拡大し、技術進展ケースにあってもピークアウトせず、増加を続ける。

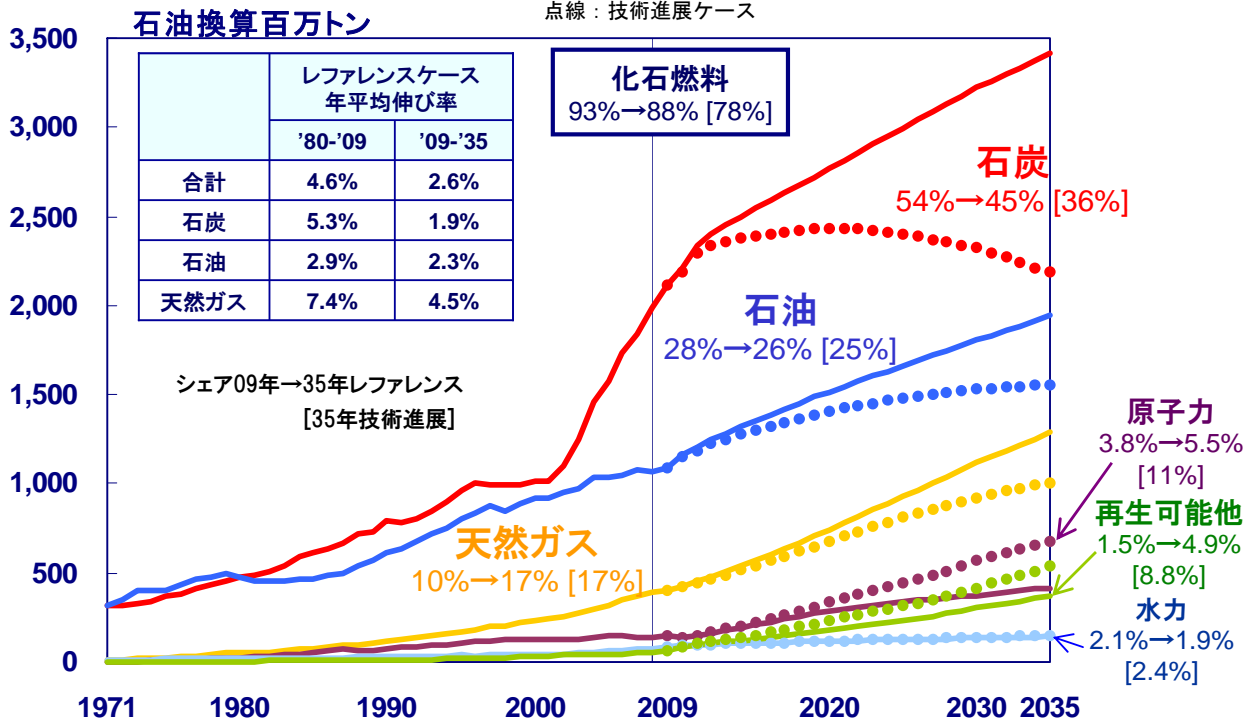
2035年における技術進展ケースのエネルギー源別のシェアをレファレンスケースと比較すると、世界全体で、石油および天然ガスには大きな差は見られないが、原子力、再生可能エネルギーはそれぞれ4%、3%シェアを拡大する一方、石炭は7%減少する。アジアでも同様の傾向が見られ、石炭のシェアは9%縮小する。

図 3-2-1 世界の一次エネルギー消費(エネルギー源別)



(出所) (財)日本エネルギー経済研究所が予測

図 3-2-2 アジアの一次エネルギー消費(エネルギー源別)  
 実線: レファレンスケース  
 点線: 技術進展ケース



(出所) (財)日本エネルギー経済研究所が予測

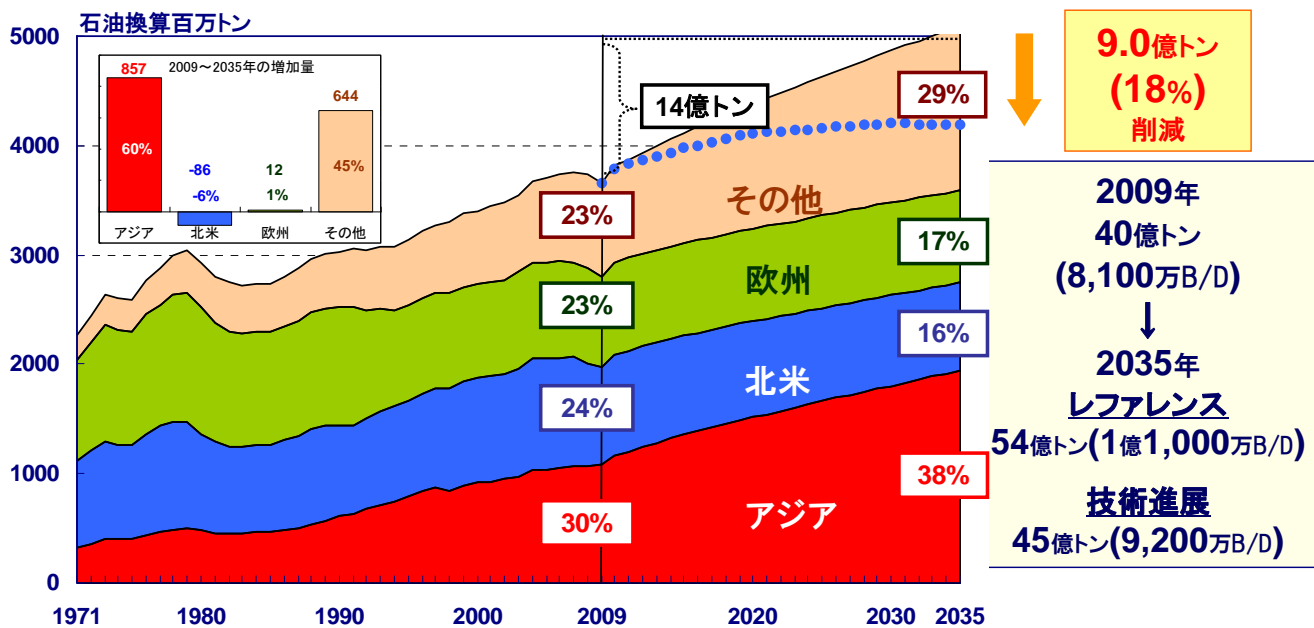
### 3.2.1 石油の需給見通し

世界の石油消費量は、2009年の8,100万バレル/日から2035年には1億1,000万バレル/日へと年率1.2%で増加する。地域別では、この増加分の約6割はアジアに起因し、部門別で見ると増加分の約6割が運輸部門より生じる。先進国の石油消費は2005年以降減少を続けており、2009年から2035年にかけて引き続き、年率マイナス0.3%で減少する一方、途上国では年率2.2%で増加する。先進国が世界の石油消費に占めるシェアは2009年の49%から2035年には33%へ減少し、途上国のシェアは2035年には67%へ増加する。アジアのシェアは30%から38%へ拡大する。

世界の一次エネルギー消費合計に占める石油のシェアは2009年の36%から2035年の31%へ減少基調で推移するが、2035年においても依然として石油は最大の一次エネルギー供給源である。

技術進展ケースでは、自動車燃費の向上等に伴い世界の石油需要は2030年にピークアウトする。2035年での削減量は9.0億トン（レファレンスケース比18%）に及ぶ。

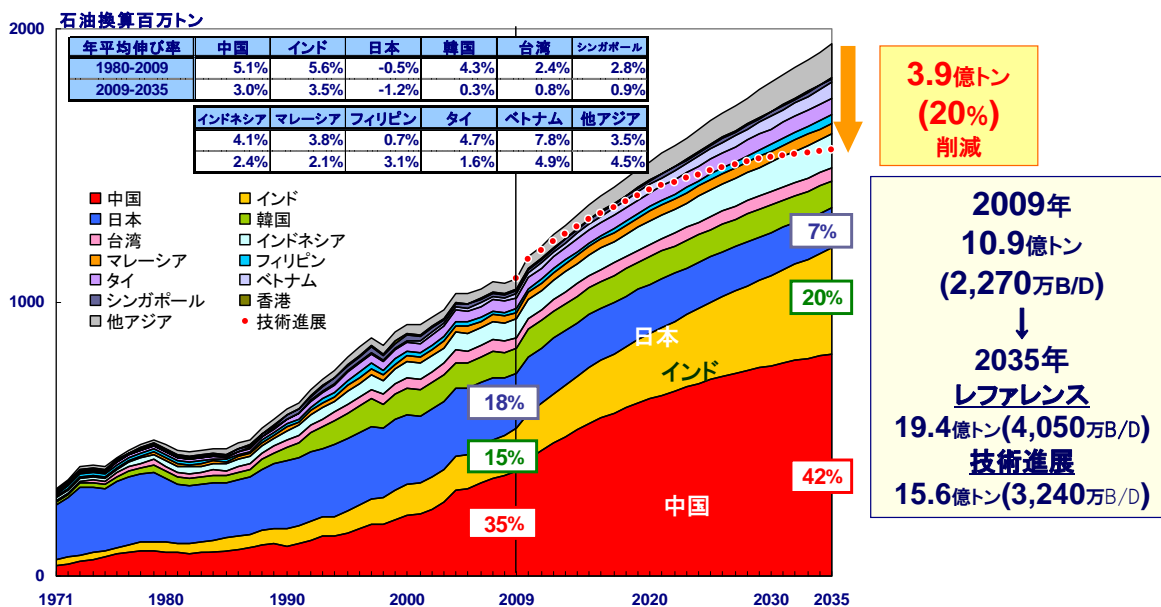
図 3-2-3 世界の石油消費



(出所) (財)日本エネルギー経済研究所が予測

アジアの石油消費は、2009年の2,270万バレル/日から2035年には4,050万バレル/日へ年率2.3%で増加する。地域別では、この増加分に対して中国が約5割、インドが約3割を占め、部門別で見ると増加分の約8割が運輸部門に起因し、次いで民生（農業含む）が約2割を占める。一次エネルギー消費に占める石油シェアは2009年の28%から2035の26%へ若干減少する。

図 3-2-4 アジアの石油消費(地域別)



(出所) (財)日本エネルギー経済研究所が予測

2035年における石油消費量はレファレンスケースで1億1,000万バレル/日であるが、技術進展ケースでは18%削減し、9,200万バレル/日となる。アジアでは20%減少の3,240万バレル/日となるが、ピークアウトせず、増大を続ける。石油の省エネ量の大半は運輸部門によりもたらされる。この部門では、燃料効率の向上と代替燃料利用車両の急速な普及、バイオ燃料導入増加によって需要が抑制され、途上国における省エネポテンシャルが大きい。

今後の世界の石油生産を展望すると、世界の石油消費の増加量に対して、中南米、ロシアなど非OPEC諸国における生産量は、資源面での制約要因が働き、増産テンポが緩やかになる。その結果、資源量が多く、生産コストも低いOPECの生産量は2035年には5,000万バレル/日へ増大し、そのシェアは2035年には45%へ拡大する。今後増加する世界の石油需要の約7割がOPECの増産によって賄われる。一方で、特に中東OPEC諸国などでは国内需要の増加が顕著になっているため、国内需要と輸出需要の双方の増加に見合う生産能力の増強投資が円滑に実行されなければ、国際石油需給がタイト化する可能性がある。イージーオイルへのアクセスに制約が生じつつある中、今後シェールオイルやオイルサンドなどの非在来型石油に対する関心がさらに高まっていくものと見通される。

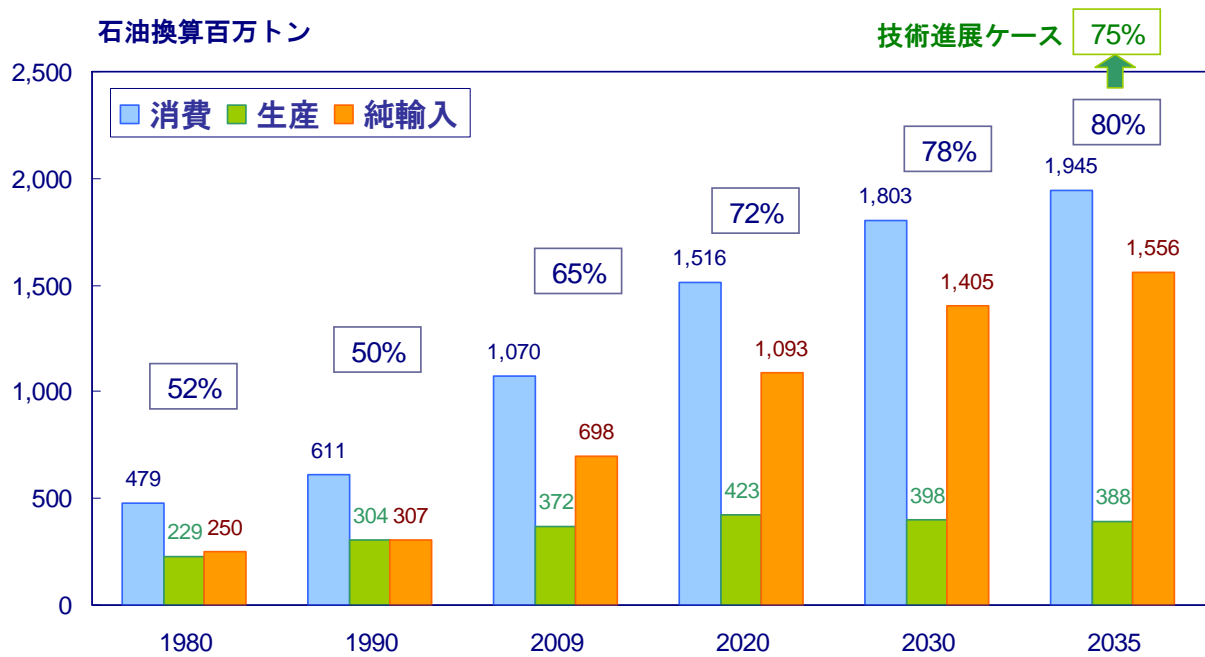
表 3-2-3 世界の石油生産の展望

百万B/D	2009	2020	2030	2035	2009-2035
<b>OPEC</b>	<b>34</b>	<b>44</b>	<b>47</b>	<b>49</b>	<b>15</b>
中東OPEC	23	33	34	35	12
非中東OPEC	11	11	13	14	3.5
<b>non-OPEC</b>	<b>52</b>	<b>51</b>	<b>58</b>	<b>60</b>	<b>8.5</b>
北米	14	16	20	20	6.4
中南米	3.9	6.0	8.0	9.0	5.1
欧州・旧ソ連	18	17	18	19	1.1
中東	1.7	1.3	1.2	1.2	▲ 0.5
アフリカ	2.6	2.8	3.0	3.2	0.6
アジア	8.1	8.5	8.0	7.8	▲ 0.3
中国	3.9	4.2	4.1	4.0	0.1
インド	0.8	1.0	1.0	1.0	0.2
インドネシア	1.0	1.0	0.8	0.8	▲ 0.2
マレーシア	0.7	0.7	0.6	0.6	▲ 0.1
ベトナム	0.3	0.3	0.3	0.3	0.0
<b>世界計</b>	<b>85</b>	<b>95</b>	<b>105</b>	<b>109</b>	<b>24</b>
<b>世界計(技術進展)</b>				<b>91</b>	

(出所) (財)日本エネルギー経済研究所が予測

アジアではモータリゼーションの進展などにより石油消費が増大する一方、域内原油生産の頭打ちにより、石油輸入量が増加し、石油の対外依存度が上昇する見通しである。純輸入量は2009年の7億トン(約1,400万バレル/日)から2035年には15億トン(約3,100万バレル/日)に増加し、輸入依存度は2035年には約80%に拡大する。

図 3-2-5 アジアの石油需給



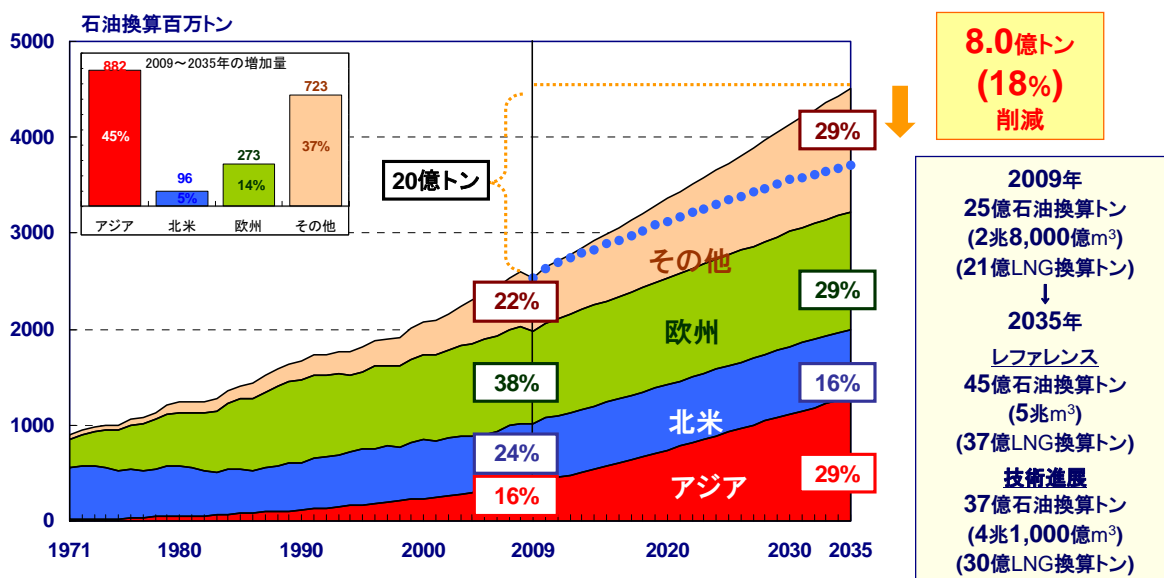
(出所) (財)日本エネルギー経済研究所が予測

### 3.2.2 天然ガスの需給見通し

世界の天然ガス消費量は2009年には2兆8,000億立方メートルであったが、CEDIGAZ統計によると2010年には3兆2,000億立方メートルまで急増した。今後2035年までに5兆立方メートルへと増加し、2009年からの平均伸び率は化石燃料の中で最も高い年率2.2%が見込まれる。2009年から2035年までの増加量の45%をアジア、14%を欧州が占め、アジアにおいて最も高い伸びを見せる。2009年～2035年までの天然ガス消費増加量の内、先進国が16%、途上国が84%を占め、ガス消費は途上国を中心に増加する。世界の天然ガス消費に占める途上国のシェアは51%から65%へ増加する。

技術進展ケースでは、ガス消費量は、2035年において世界全体でレファレンスケースと比較して電力部門を中心に18%削減され4兆1,000億立方メートルとなる。アジアでは22%減少の1兆1,200億立方メートルとなるものの急拡大を続けるため、今後も適切な資源開発の継続が必須となる。

図 3-2-6 世界の天然ガス消費

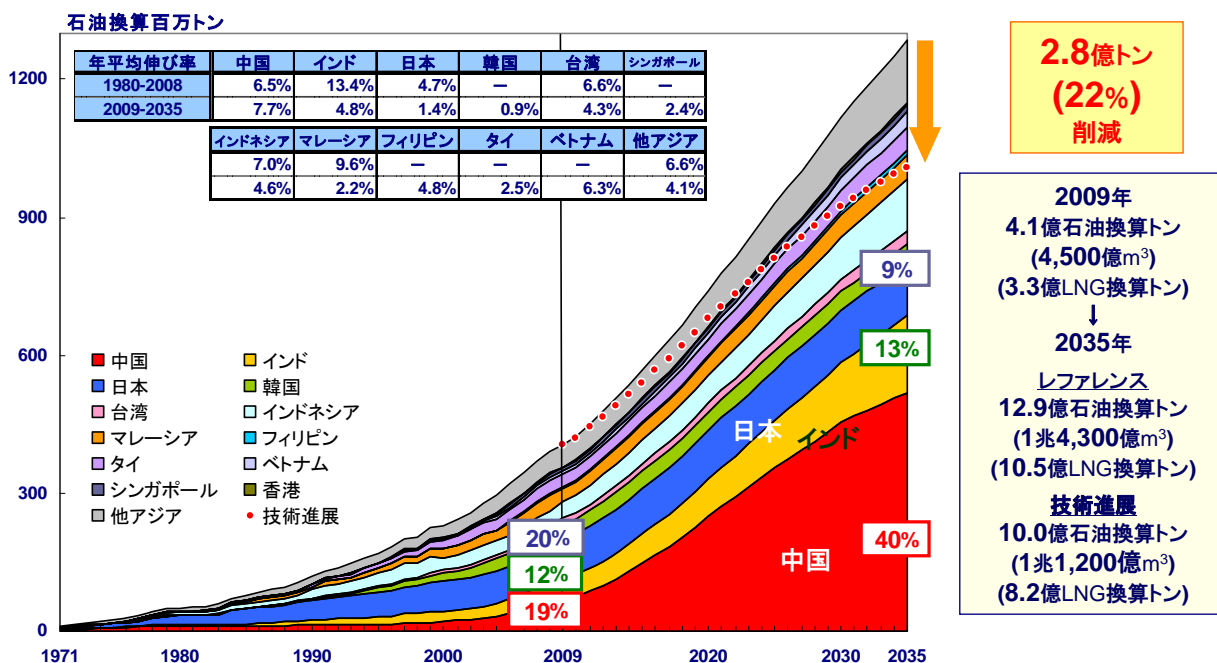


(出所) (財)日本エネルギー経済研究所が予測



世界のガス消費に占める先進国のシェアは2009年の49%から2035年には35%へ減少し、途上国のシェアは51%から65%へ増加する。利用技術の進歩および環境面への適合性から、天然ガス複合発電等の着実な増加が見られ、天然ガス消費量増加分の約5割は発電部門への燃料投入による。主にこの発電部門における利用拡大により、天然ガスのシェアは、2009年の23%から2035年には26%に拡大する。アジアの天然ガス消費は、2009年の4,500億立方メートルから2035年には1兆4,300億立方メートルへと約3倍の規模に増大し、化石燃料の中で最も高い伸び率4.5%を示す。天然ガスの増加分の約5割は発電部門での燃料投入、約3割は経済発展に伴う都市化の進展等による民生（農業含む）部門の需要増による。アジアの一次エネルギー消費に占める天然ガスのシェアは、2009年の10%から2035年には17%へ増加する。

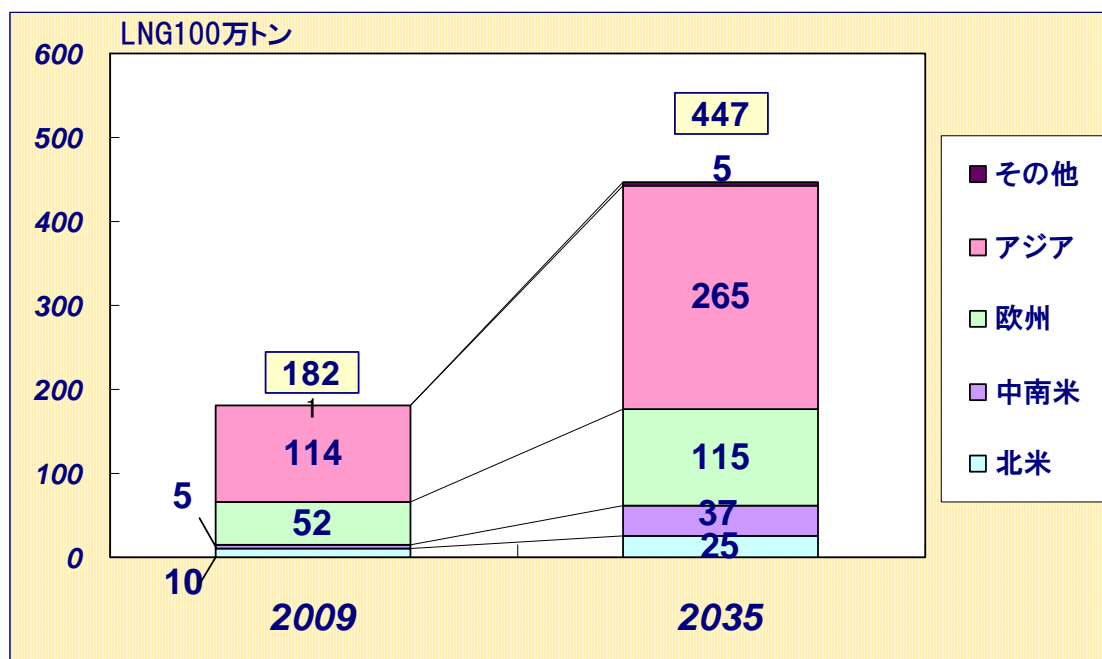
図 3-2-7 アジアのガス消費(地域別)



(出所) (財)日本エネルギー経済研究所が予測

世界の LNG 需要は 2009 年の 1 億 8,200 万トン（2010 年は 2 億 2,021 万トンに急増）から 2035 年には 4 億 5,400 万トンへ 2.5 倍まで拡大する。アジアの LNG 需要は 1 億 6,700 万トン増加し、世界の LNG 需要増加量の 61%を占め、アジアを中心に世界の LNG 需要が拡大する。発電部門での需要増加、供給源多角化政策等により、欧州では 6,200 万トン増加する。一方、シェールガスを中心とする域内生産量の増加によって、北米の LNG 需要はほとんど変化がない。現在世界各地において、新規 LNG プロジェクトが計画されており、これらのプロジェクトが今後順調に立ち上がれば、世界の LNG 供給能力は需要に見合うものとなると思われる。

図 3-2-8 世界の LNG 需要見通し

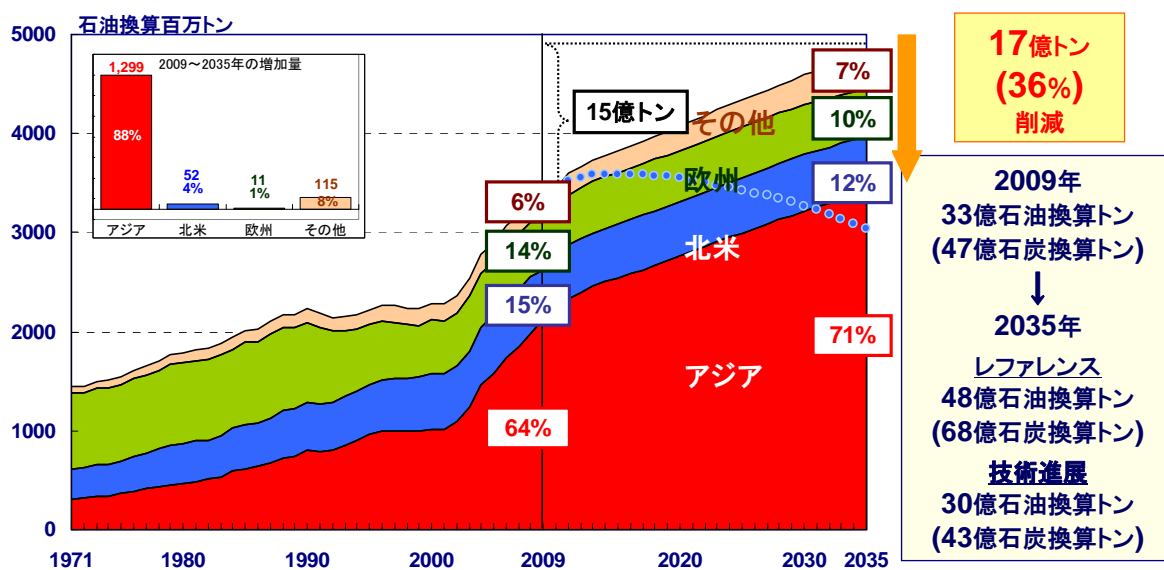


(出所) (財)日本エネルギー経済研究所が予測

### 3.2.3 石炭の需給見通し

世界の石炭消費量は、2009年の47億石炭換算トンから2035年には同68億石炭換算トンへと年率1.4%で増加する。地域別では、アジアが世界における石炭消費の増加分の約9割を占め、中でも増加分の約4割が中国によりもたらされる。2035年までの石炭消費増加量の内、先進国が3%、途上国が97%を占め、石炭消費は途上国を中心に増加する。世界の石炭消費に占める先進国のシェアは2009年の31%から2035年には23%へ減少し、途上国のシェアは69%から77%へ増加する。

図 3-2-9 世界の石炭消費

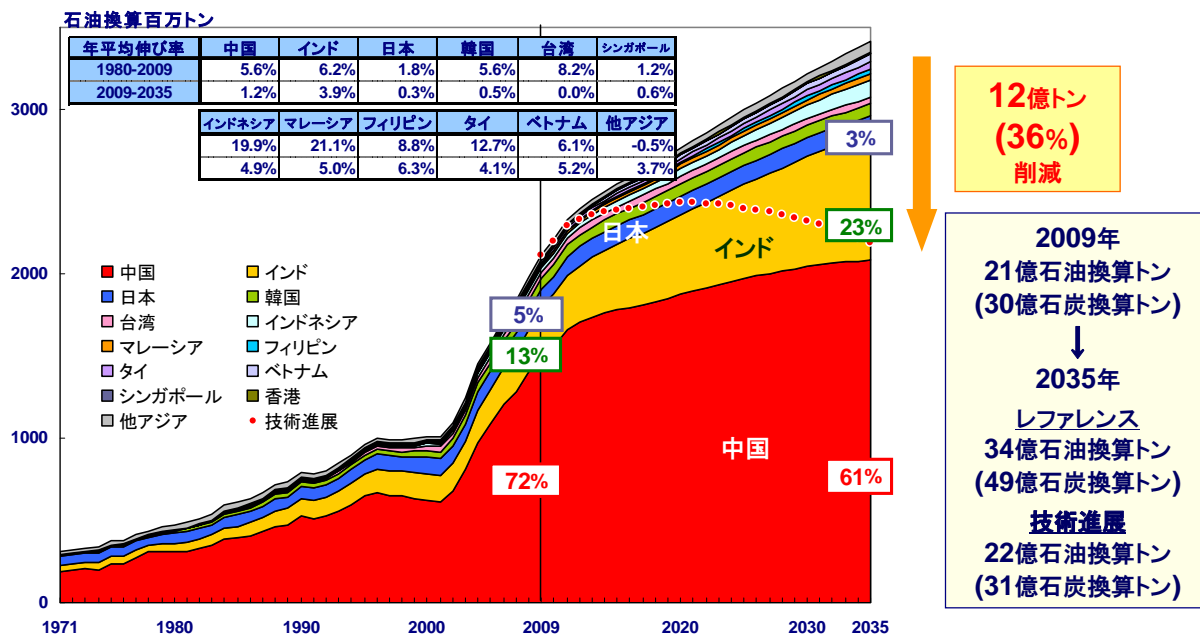


(出所) (財)日本エネルギー経済研究所が予測

部門別に見ると、増加分のほぼ全量が発電部門である。世界の一次エネルギー消費に占める石炭のシェアは2009年の29%から2035年には29%とほぼ横ばいで推移し、2035年においても石油に次ぐ重要な燃料源であり続ける。アジアの石炭消費は、2009年の30億石炭換算トンから2035年と同49億石炭換算トンへ推移し、年率1.9%で増加する。中国がアジアにおける石炭消費の増加分の約4割、インドも約4割を占める。部門別に見ると、同じく増加分の約9割が発電部門に投入される。一次エネルギー消費に占める石炭のシェアは2009年の54%から2035年には45%まで減少するが、一次エネルギー供給源の中では最大のシェアを維持する。

技術進展ケースにおいては、2035年の世界の石炭需要は、レファレンスに比較して36%減少、すなわち、2035年の石炭消費量はレファレンスで68億石炭換算トンであるが、技術進展ケースでは43億石炭換算トンまで減少する。アジアでも発電用途を中心に大幅に(36%)減少し、31億石炭換算トンとなる。石炭需要の年平均増加率は、基準シナリオより1.8ポイント下がって0.1%となる。石炭需要減少分は、発電部門において行われる。この部門での石炭利用の減少は、石炭火力発電所の熱効率向上や他燃料への転換が背景となる。

図 3-2-10 アジアの石炭消費(地域別)



(出所) (財)日本エネルギー経済研究所が予測

### 3.2.4 原子力の見通し

福島第一原子力発電所の事故の直後、ドイツは 1980 年以前に運転開始した国内 7 基の原子炉の稼働を停止した。当初はこの停止は安全性確認のためとされていたが、その後 6 月 6 日、これらの停止中の原子炉をそのまま廃止し、更に 2013 年から 2021 年にかけて残りの原子炉を順次段階的に廃炉する方針を閣議決定した。ドイツは既に 2002 年に脱原子力政策（32 年の運転期間後順次閉鎖を行う）を決定し、原子力に代って再生可能エネルギー開発を推進する方針を打ち出していたが、その後化石燃料価格が上昇に向ったこと、風力発電等の大幅拡大に伴い発電コスト上昇を含む種々の問題が次第に顕在化してきたことなどから脱原子力政策を見直す動きが高まっていた。今回の閣議決定はこの動きを再度覆し、かつての脱原子力政策に回帰する動きであると言って良い。また一度原子力発電所を全て停止し、最近になって新規発電所の建設の検討を進めていたイタリアでも、6 月に入って原子力発電再開の是非を問う国民投票が実施され、9 割以上の反対により当面の原子力再開は不可能となった。このように、日本はもとより諸外国、特に欧州の一部の国において福島事故は原子力政策に直接の影響を与え、原子力依存からの退却へと大きく舵を切らせることとなった。

しかしこのような大きな政策の転換が見られる国がある一方で、従来の原子力推進政策を全く変えていない国も多くあることを忘れてはならない。原子力政策は隣国同士で状況も似たドイツ・フランスでも方向性が正反対に異なるなど、国により大きな違いが生じやすいものであるが、その政策や置かれた状況に応じ、例えば以下の 4 つのグループに分けることができる。

第一は以前より原子力発電を積極的に推進してきたグループであり、米国・フランス・ロシア・韓国等がこれに含まれる。特にロシアや韓国は福島事故後の現在でも、原子力発電所を新規に大量建設する方針を変えておらず、既に原子力発電が飽和状態に達しているフランスでも原子力の利用は今後

も続けられる見通しである。これには自国内のエネルギー安定供給・温室効果ガス削減という目的の他にも、今後世界で大量建設が進むと想定される原子力発電プラント市場でより存在感を高めるための国際競争力の維持・強化という側面も含まれるであろう。一方で米国では一時期の「原子力リネサンス」と呼ばれる機運が非在来型天然ガス資源の利用拡大、原子力発電所の建設単価の上昇等に伴い次第に失速し、福島事故の前から既に新設への機運は停滞を迎えていた。しかし寿命延長を含む既存原子炉の最大限の利用方針は常に変ることなく堅持されており、その意味で原子力利用の方針自体は変わらないものと言って良い。

第二のグループは、中国・インド等の新興国である。中国では福島事故前の2011年初頭の時点で13基1,085万kWが運転中であったが、同時にその3倍に相当する30基3,300万kWの発電所を新規に建設している最中であった。事故直後に温家宝首相は国務院常務会議を招集し、働中の全ての原子力発電所に対し緊急の安全検査を実施するとともに、新たな原子力の安全計画が策定されるまでは新規建設計画の承認を凍結することを決定した。これにより、2020年までに7000万～8000万kWという新設計画は若干の遅延を免れない見通しとなったが、その後も既に認可を受けている発電所の建設は着実に進められており、8月9日には嶺南原子力発電所第2期2号機(108万kW)が営業運転を開始した。現在凍結している新規建設の許認可も安全性の確認とともに近く解除される見通しであり、今後上記の新設計画に向けて急速な進展を続けるものと考えられる。同様にインドでも従来より国内資源を利用したトリウムサイクル開発とともに、海外からの軽水炉の大規模移入を目指しており、7月には新たにラジャスタン7・8号機の建設工事に着手するなど、原子力新設方針は福島事故後も変わっていない。

第三のグループはこれまで原子力発電を行ってこなかったが、新たに発電所建設を目指し計画を進めている国であり、ベトナム・インドネシア等のASEAN諸国や、UAE・サウジアラビア等の中東諸国が含まれる。このうち、既にプラント建設に向けて具体的に動き出しているUAEやベトナムは計画を従来通り推進する姿勢を表明しており、またサウジアラビアでは6月に入って新たに16基の新設を行う方針を表明しているなど、福島事故を踏まえた安全性向上には関心を示しながらも、新設の計画自体は変えていない国も多い。一方で日本と同様の地震国であるインドネシア、フィリピン等のASEAN諸国では原子力発電の安全性に関する懸念が高まっており、今後新設計画が見直され、大幅に遅延する可能性も考えられる。このグループに属する国の将来見通しは、国によって大きく異なるものと言って良い。

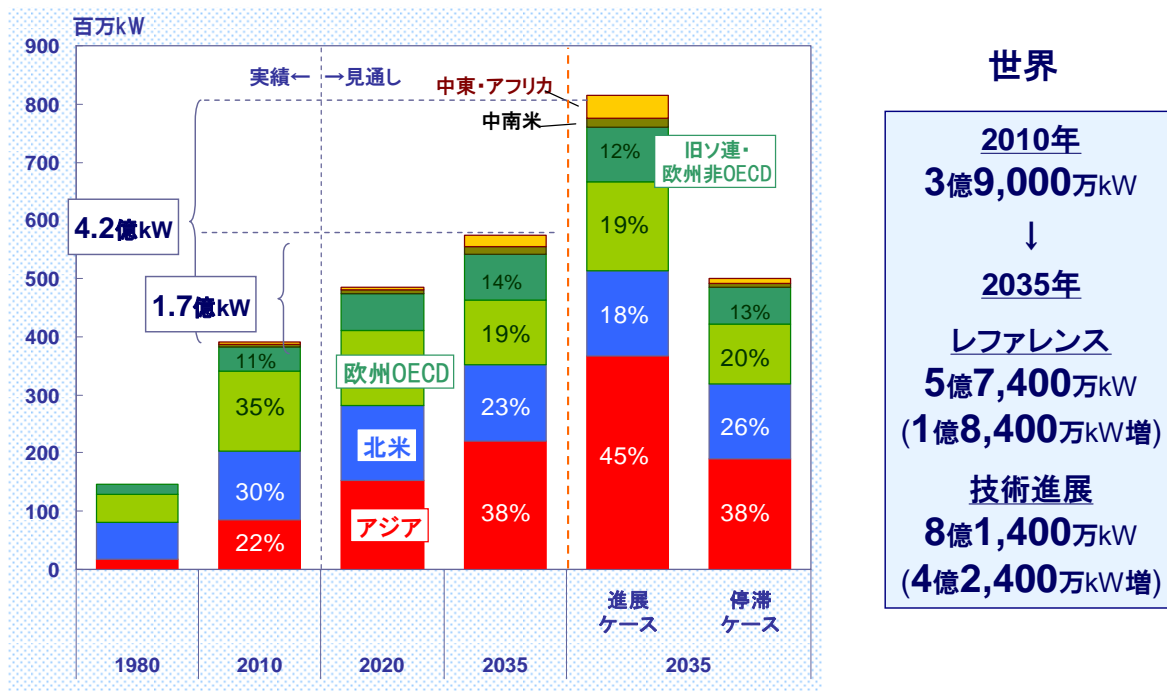
第四のグループは上記のドイツ等の脱原子力政策国であり、他にもベルギー、スイス等の国が含まれる。

このように原子力に対する政策は国によって大きく異なるが、現在世界に存在する原子力発電所の大半は上記の第一及び第二のグループに属することは注意に値する。即ち、これらの国で原子力利用が従来通り進む結果として、福島事故にもかかわらず世界の原子力発電設備容量は増加を続けるものと見通される。

2010年現在、世界の原子力設備容量は3億9,000万kWである。今後、世界の原子力設備容量は、2035年に5億7,400万kWと、2010年と比較して1億8,400万kWの増加が見込まれる。世界の設備容量増加量のうち、中国、インド、韓国などアジアにおいて1億3,400万kW増加することから、アジアが将来に向けて原子力の投資、開発拠点となる見通しとなる。中でも中国は2010年の900

万kWから2035年の1億400万kWへと世界でも最大の増加を示し、7,900万kW増加し、発電量に占めるシェアは2009年の約2%から2035年には約9%まで拡大する。インドにおいても400万kWから3,500万kWへ中国に次ぐ規模で増加する見込みであり、発電量に占めるシェアは2009年の約2%から2035年には約5%まで増加する。

図 3-2-11 世界の原子力(設備容量)

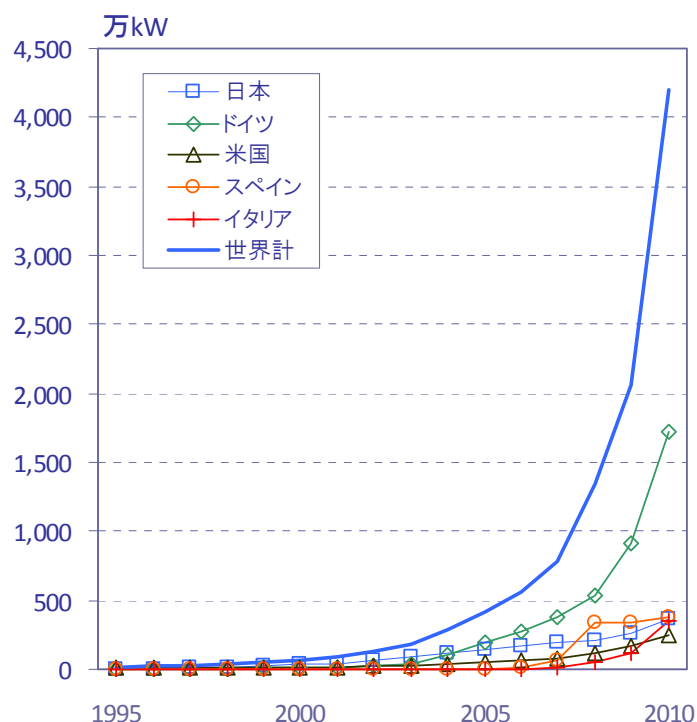


(出所) (財)日本エネルギー経済研究所が予測

### 3.2.5 再生可能エネルギーの見通し

太陽光発電、風力発電等の再生可能エネルギーに関しては、環境負荷が小さいことから大きな期待が寄せられており、一次エネルギー消費に占めるシェア(水力、地熱含む)は2009年の約4%から2035年には7%程度にまで増加する。一部の地域では資源量と導入支援政策の恩恵を受けて普及が加速するが、世界全体で見た場合、供給コストが高く、供給が自然条件に左右され不安定であることから、化石資源と肩を並べる基幹エネルギーとして供給シェアを大幅に拡大するには至らない。しかし、環境負荷の小さい再生可能エネルギーの導入は、電源の低炭素化に大きく貢献すると同時に、エネルギー価格高騰を潜在的に沈静化する重要な役割を担うため、今後も研究開発を継続し、低コスト化、高効率化、エネルギーシステムとの調和を実現することが重要な課題となる。

図 3-2-12 世界における太陽光発電システム累積導入量の推移



(出所) IEA PVPS「Trends in Photovoltaic Applications - Survey report of selected IEA countries between 1992 and 2007」および EPIA (欧州太陽光発電協会)「Global Market Outlook for Photovoltaics until 2015」をもとに作成エネ研が作成

### 【太陽光発電】

太陽光発電の2009年における世界の累積導入量は2,300万kWである。そのうち、ドイツ、スペイン、日本、米国の4国だけで約8割を占めている。2004年まで累積容量は日本が世界一であったが、ドイツで急速に導入量が増えた結果、2005年以降は累積設置容量も日本を抜いて世界一となっている。スペインでは2008年に約270万kWの設備が導入され、累積設置容量で日本を抜き、ドイツに次いで世界2位となっている。また、韓国や中国などのアジア地域での急速な導入も始まっている。ドイツをはじめとするヨーロッパ諸国では、固定価格買取制度(フィードインタリフ)が大きな導入促進策となっている。米国は太陽光発電を新規産業と位置付け、その市場拡大という観点から国内外における導入促進を国家予算によって進めている。

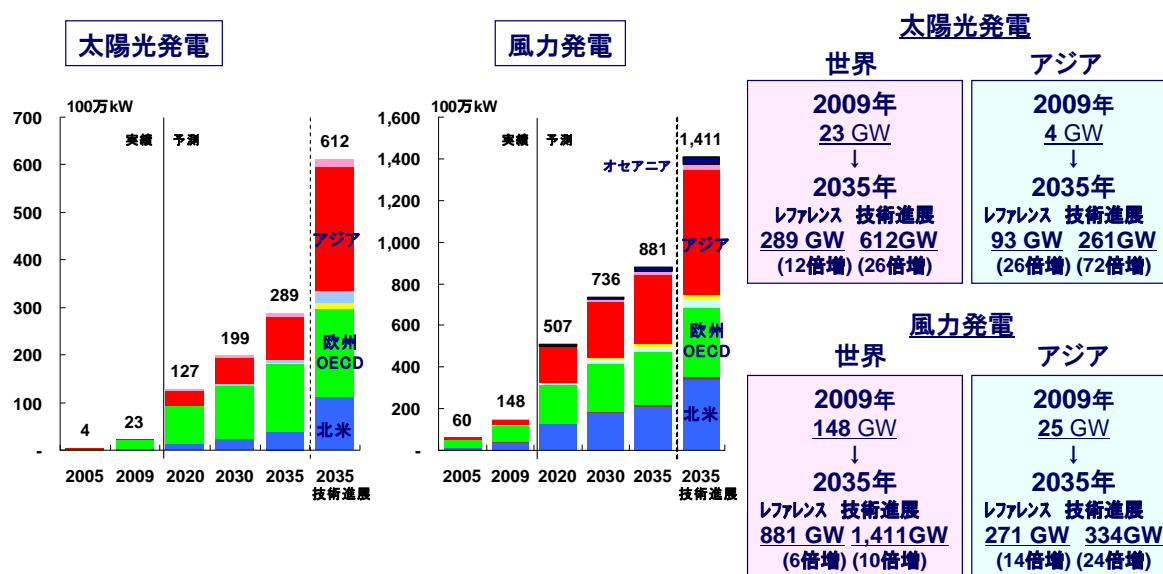
2035年までの太陽光発電の導入量を展望すると、現在欧米を中心に導入が非常に急速に進み始めており、この勢いで世界市場は引き続き拡大していく見通しである。その背景には各国政府の優遇支援策があるが、市場拡大や技術開発に伴って発電コストも低下し、本格的な導入が進むと考えられる。現在は経済性の問題が大きいですが、OECD諸国の中でも過疎地域や発展途上国では有用なエネルギーとなり得ると見ている。我が国では、2009年8月に提示された長期エネルギー需給見通し(再計算)では2020年までに2005年の約20倍と再設定されていたが、東日本大震災後の影響を受けて、見通



しが見直される予定である。

レファレンスケースにおける世界の太陽光発電の設備量は、2009年の2,300万kWから2035年には2億8,900万kWへ増加し、2009年比12倍まで拡大する見通しである。特に欧州、アジアにおける導入量の伸びが大きい。一方、技術進展ケースでは、2035年には2009年の26倍の6億1,200万kWまで導入が急速に加速される。

図 3-2-13 太陽光発電、風力発電の導入量の展望(世界)



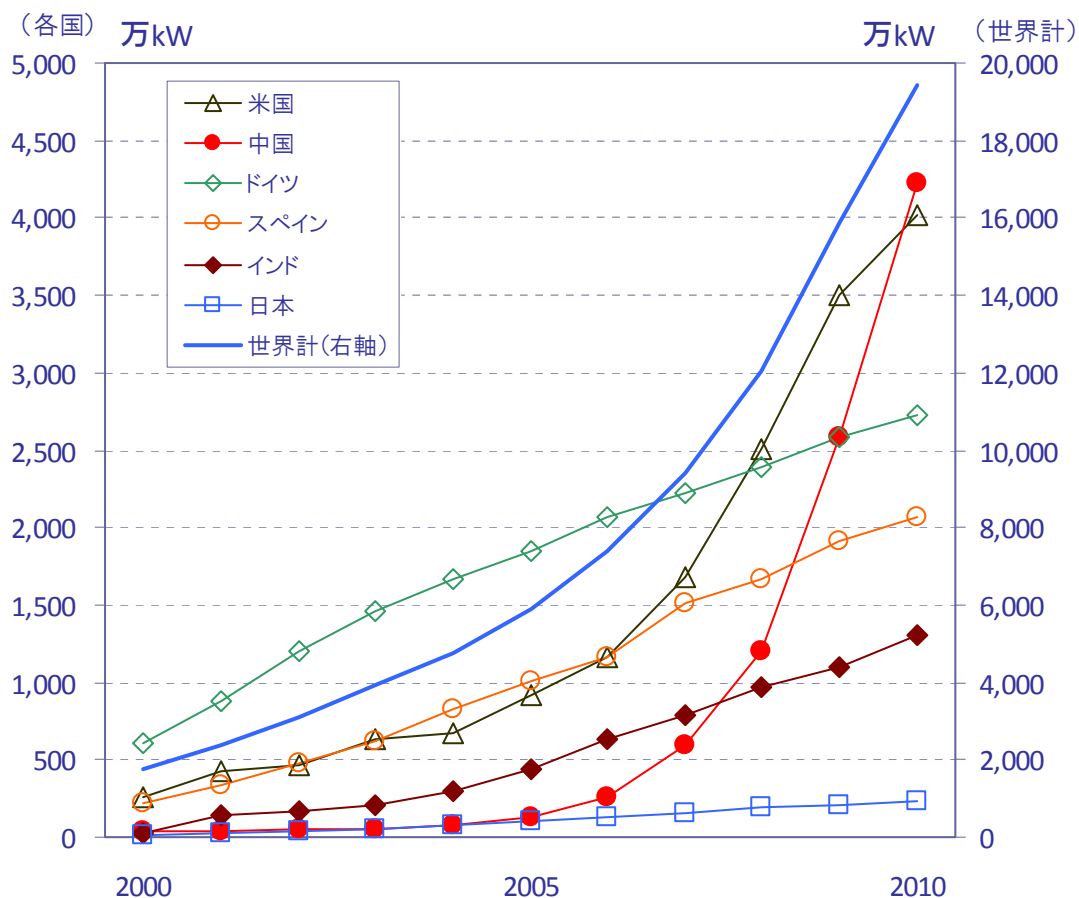
(出所) (財)日本エネルギー経済研究所が予測

【風力発電】

2009年の世界の風力発電導入量は約1億5,000万kWとなっている。再生可能エネルギーによる発電事業が成立しやすい政策（固定価格買取制度、割当義務など）と、風車の大型化や機器の開発・普及に伴う風力発電単価の低下により、商業用風力発電事業が盛んになってきたため、世界での導入量が増加している。特に、アメリカ、ドイツ、スペインの累積導入容量が多いが、最近ではインドや中国での導入も急速に伸びている。日本においても、風力発電設備容量は近年急速な伸びを見せている。1995年に開始した政府の「風力開発フィールドテスト事業」補助制度、1998年に長期固定価格での売電制度が整備されて以降は、初期投資の負担が軽減されたため、売電事業を目的とする大型の風力発電施設が急増している。導入量は2009年度末で219万kWに達しているが、その多くは北海道、東北、九州など風況の良い場所に集中している。



図 3-2-14 世界の風力発電累積設備容量の推移



(出所) Global Wind Energy Council (GWEC) 資料 (2010 年) をもとにエネ研が作成

現在、風力発電はヨーロッパを中心に導入が進んでいるが、今後の導入量を展望すると、将来もドイツ、スペイン、デンマークなどのヨーロッパを中心に導入が進み、特に洋上風力発電の導入が進むものと見込まれる。また、中国やインドでの導入も進展し、アジア地域での導入も急速に増加すると考えられる。レファレンスケースにおける世界の風力発電設備量は、2009年の1億4,800万kWから2035年には8億8100万kWまで増加し、2009年比6倍まで拡大する見通しである。特に欧州、アジアにおいて導入量が急速に増加する見通しである。一方、技術進展ケースでは、2035年に2008年の10倍の14億1,100万kWまで導入が加速される。

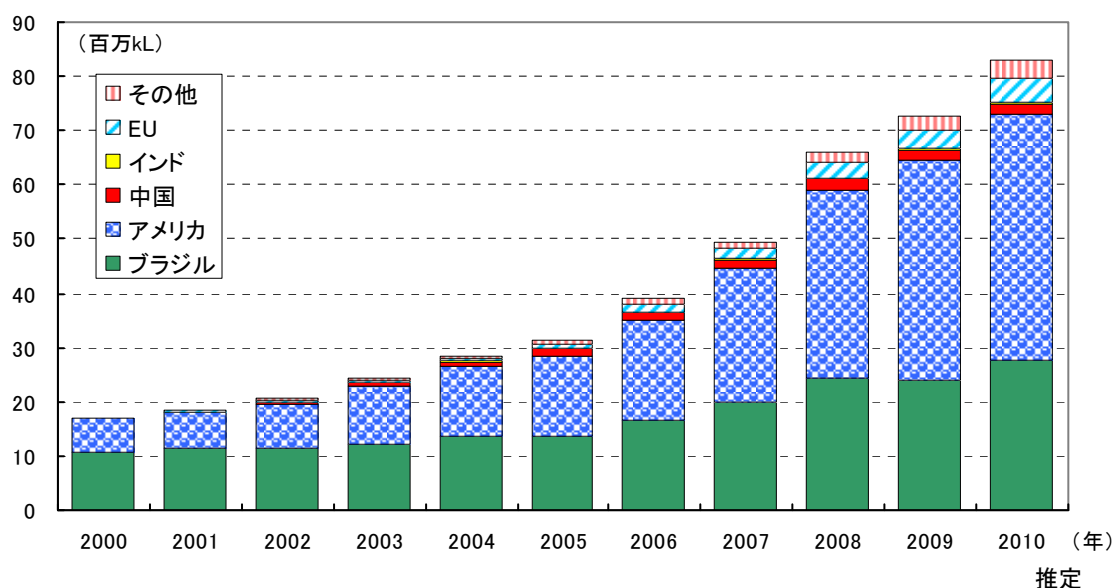
### 3.2.6 バイオ燃料の導入見通し

環境対策の一環として、米国、ブラジルを中心にガソリンに植物(バイオ)由来のエタノール(バイオエタノール)を混合利用する動きが強まっている。世界の燃料用エタノール生産量は1997年を

ピークに 2000 年まで減少したが、再び急増しており、2009 年時点で年間約 7,300 万 kL となっている。ブラジルでは 1975 年よりサトウキビからバイオエタノールを生産しており、世界をリードしてきた。しかし、2002 年以降は米国の生産量が急増し、2005 年以降は米国が世界の生産国となっている。ブラジルでは、エタノールのガソリンへの 20～25%の混合が義務付けられているうえに、100% エタノール燃料の自動車、最近では任意のエタノール混合比率での走行が可能なフレキシブル燃料自動車の普及も進んでいる。米国では、大気汚染対策のガソリン添加剤として混合ガソリンの普及を進めてきたが、2005 年エネルギー政策法により再生可能燃料の使用が義務付けられ、エタノールの導入が急速に進んでいる。2 国のほかに欧州や、インド、中国、タイ、フィリピンなどのアジア諸国や、カナダ、オーストラリアなど世界各地でバイオエタノール混合ガソリンの導入が進められている。

我が国では、「揮発油等の品質の確保に関する法律」でガソリンにエタノールを 3%（含酸素分は 1.3 重量%）まで混合することが認められている。石油連盟は、水分混入に伴う相分離など品質問題の観点から、エタノールを直接ガソリンに混合するのではなく、イソブチレンと合成した ETBE（エチル・ターシャリー・ブチル・エーテル）を使用する方針を採っている。ただ、バイオエタノールはクリーンな燃料として、アジア各国でも環境対策を進める上で注目を集めており、今後も導入量は拡大する。

図 3-2-15 世界の燃料用バイオエタノール生産量の推移



（出所） 米国 Renewable Fuels Association 資料等をもとにエネ研が作成

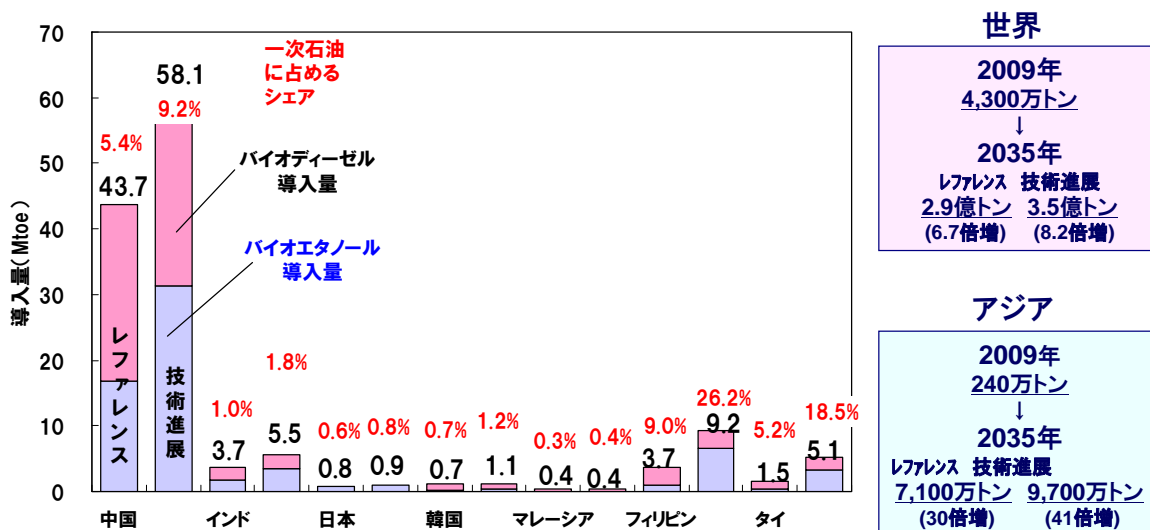
バイオディーゼルは、ディーゼル車が普及している欧州を中心に広く使用されている。2003 年には EU の「自動車用バイオ燃料導入促進にかかわる指令」により輸送用燃料の 5.75%<sup>1</sup>を 2010 年までにバイオ燃料とする目標、さらには 2007 年に提案された 2020 年に 10%の導入を掲げており、さらなる普及が見込まれている。米国ではバイオエタノールの導入が中心であるが、大豆油から製造したバイオディーゼルの 20%混合した軽油（B20）も使用されており、導入量は増加している。また、マレーシア、インドネシア、タイ、フィリピンなどアジア地域でも、パーム油やココナッツ油等の国

<sup>1</sup> 欧州における導入目標の比率は、容量比ではなく各燃料の持つエネルギーに占める比率である。

産の植物油を中心にバイオディーゼルの導入を進めている。

現在生産されているバイオ燃料は食糧と競合しているため、穀物や食用油の高騰が世界的な問題となっている。したがって、今後は非食糧系の廃棄物・未利用バイオマス資源を対象とする技術を中心に開発が進められることになる。バイオエタノール用には食糧と競合しないセルロース系バイオマスを利用する次世代技術の低コスト化が必要となる。米国では 2020 年時点で燃料生産者が 360 億ガロンのバイオ燃料を使用し、その内 210 億ガロンはセルロース系エタノールを生産することを目標としている。また、自動車燃料としての品質向上などの利便性に着目したバイオブタノールについても開発が進められている。バイオディーゼル用には既存技術でバイオディーゼルとして利用可能な非食糧作物のジャトロファ（ナンヨウアブラギリ）がアジアやアフリカを中心に注目されている。また、欧州を中心に BTL の開発や、更にその先のバイオ燃料の取組みとして、米国や豪州、タイなどのアジア太平洋地域では油分を多く含む微細藻類（micro algae）の利用が検討されている。

図 3-2-16 アジアにおけるバイオ燃料の導入見通し



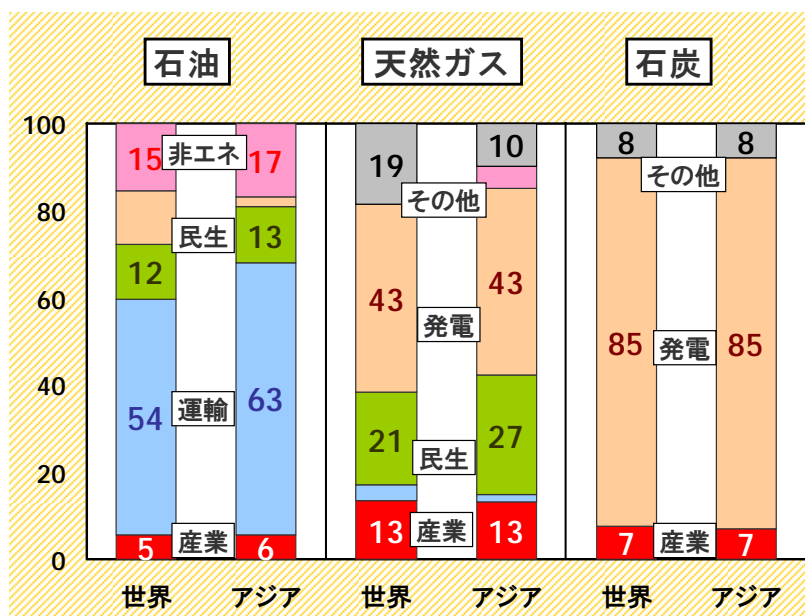
(出所) (財)日本エネルギー経済研究所が予測

レファレンスケースにおける世界のバイオ燃料は、2009年の石油換算 4,300 万トンから 2035 年には 2 億 9,000 万トンまで増加する見通しである。バイオ燃料の導入拡大は、食料との競合、生態系の破壊、経済性・供給安定性など様々な課題を克服しつつ、利用を進めることが必要となる。予測では、2035 年に向けて中国、インド、日本では主にバイオエタノールが、韓国、インドネシア、マレーシアではバイオディーゼルが導入され、2035 年における導入量はアジア全体で石油換算 7,100 万トン(142 万バレル/日)に達する。これは、2035 年におけるアジアの石油消費量 19 億トンの 3.7%に相当する。特に中国の導入量は 4,370 万トンと大きな値となっており、中国の石油消費量 8.1 億トンの 5.4%を占めるに至る。一方、技術進展ケースでは、2035 年において世界全体で 3 億 5,000 万トン、アジアで 9,700 万トンまでとレファレンスケースの 1.2 倍の速度で導入が加速する。

### 3.2.7 世界、アジアの一次エネルギー消費の比較

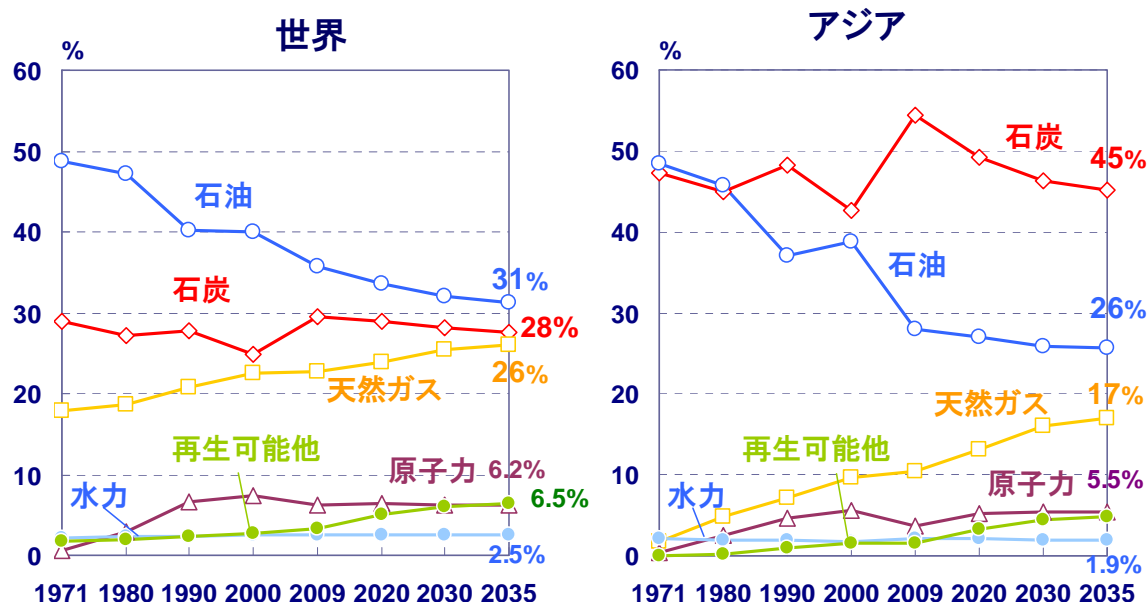
部門別にアジアのエネルギー消費増加分を見ると、石油消費増加分は主に運輸部門に由来し、天然ガス、石炭消費増加分は発電部門に起因する。アジアの天然ガス消費を世界的な傾向と比較すると、アジアでは民生分野でのガス消費増大が見込まれる。特に、都市ガス消費が途上段階にあることから、天然ガス消費は発電部門ばかりではなく、産業部門、民生部門において着実に浸透する見通しとなる。そしてアジアと世界のエネルギー源別一次エネルギー消費の増分を比較すると、今後もアジアでは石炭、石油の消費量が着実に増加すると見込まれるが、天然ガス消費については世界的な趨勢ほど大幅な拡大とはならないと見込まれる。アジアにおける一次エネルギー消費のエネルギー源別シェアを世界と比較すると、天然ガスシェアが発電、民生部門を中心に拡大するものの、依然としてアジアでは2035年まで電力転換部門を中心として石炭、急速なモータリゼーションを反映して石油を中心としたエネルギー需給が展開されると予想される。

図 3-2-17 エネルギー源別部門別一次エネルギー消費増加分シェア(2009年～2035年)



(出所) (財)日本エネルギー経済研究所が予測

図 3-2-18 エネルギー源別一次エネルギー消費構成シェア



(出所) (財)日本エネルギー経済研究所が予測

### 3.3 最終エネルギー消費・発電構成の見通し

#### 3.3.1 最終エネルギー消費の見通し

世界の最終エネルギー消費は、2009年の石油換算70億トンから年率1.7%で増加し、2035年には111億トンに達する。部門別増加率は、産業部門が1.5%、運輸部門が1.7%、民生他部門が2.0%となるが、いずれの部門においても途上国での大幅な消費増の影響が大きい。世界全体では2035年に向けて、途上国における社会の成熟化に伴い、徐々に運輸部門、民生他部門のシェアが増加し、これまで先進国が辿った消費パスへ緩やかに移行してゆく。

最終エネルギー消費においては電力化、ガス化の潮流があるが、依然として石油消費量は年率1.3%で増加し、2035年には石油換算44億トンとなる。石油は2035年においても運輸部門で約9割、産業部門で8分の1、民生他部門で約2割を占め、最終消費計に占めるシェアは40%と最大のシェアを占める。ただし、需要パターンの変化により、軽質石油製品へのシフトが進む。天然ガスはアジア、欧州、中東などが牽引し、最終消費計は年率2.1%で増加、2035年には石油換算22億トンとなる。部門別では産業部門で1.8%増、民生他部門で1.4%増となる。石炭は鉄鋼用など一定の需要はあるものの、先進国では今後も微減で推移することや、途上国でも産業用、民生用燃料転換などにより増加率は0.6%にとどまり、今後も最終消費計に占めるシェアは縮小傾向を辿る。経済発展と密接に関連する電力の消費は先進国、途上国いずれにおいても主要エネルギーとして最大の伸びを示し、世界では年率2.6%で増加し、最終需要中のシェア25%を占めるに至る。

アジアの最終エネルギー消費は、飛躍的な経済発展に伴う産業構造の高度化、都市化の進展、生活水準の向上を背景に、2009年の石油換算24億トンから年率2.6%で増加し、2035年には47億トンに達する。世界の2035年までの増加分40億トンのうち、大半の23億トンがアジアによるものである。アジアの部門別増加率は、産業部門が最小の1.8%、運輸部門が3.5%、民生他部門が3.3%となる。アジアでは、モータリゼーションの進展による運輸部門での消費増と並行し、生活水準向上に伴い民生部門での消費も大きく増加する。

アジアでも最終エネルギー消費において電力化、ガス化が進展しているが、その傾向は世界に比べると一層顕著である。すなわち、最終消費全体の伸び率が2.6%であるのに対し、電力は産業の高度化、所得水準の向上による家電機器保有の増加などにより3.6%、天然ガスは所得水準の向上、インフラ整備などにより4.9%という伸び率で増加し、電力が最終消費に占めるシェア2009年の22%から2035年には28%へ、ガスは7.7%から13%へ拡大する。石油はシェア39%とほぼ横ばいで推移、石炭のシェアは中国、インドなどにおける産業部門、民生他部門でのシェア逡減を反映し、29%から17%にまで縮小する。

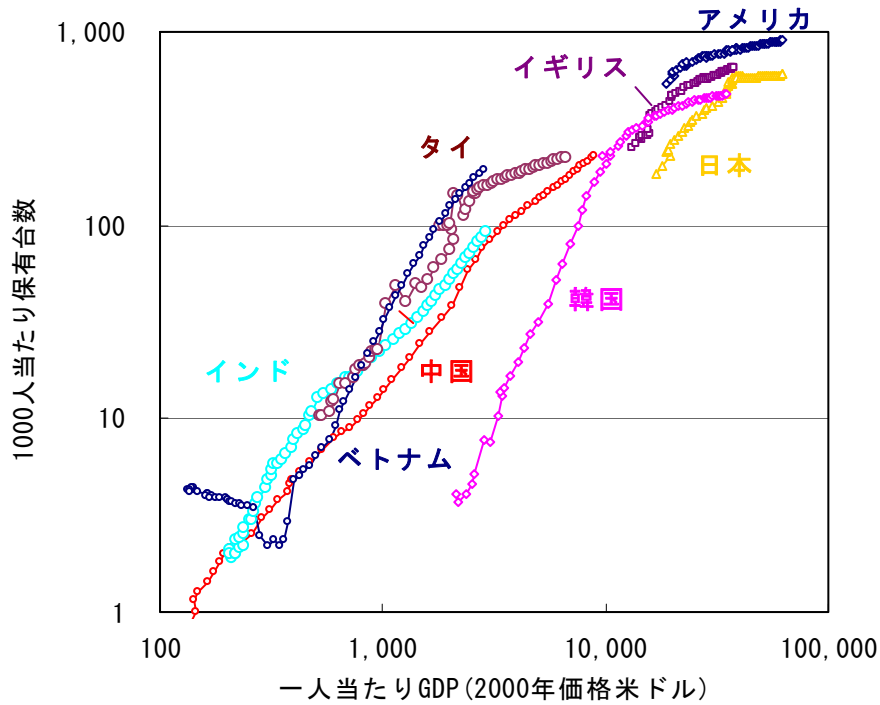
### 3.3.2 モータリゼーション

世界の自動車保有台数は2009年の10億台から2035年には19億台まで増加する。アジア途上国では、所得水準向上によりモータリゼーションが一層進展し、アジアの自動車保有台数は2009年の2.2億台から2035年には6.8億台へ増加する。世界の自動車保有台数増加量の約4割がアジアに集中する。世界の自動車保有台数に占める先進国のシェアは、2009年の69%から2035年には47%へ減少し、途上国のシェアは31%から53%へ増加し、2035年までに途上国の保有台数が先進国を上回る見通しである。

先進諸国では既にモータリゼーションの進展が一服し、今後は概ね飽和傾向を示すものと考えられるが、アジアの発展途上国は、現段階では自動車社会の入り口に立ったところであり、ガソリンや軽油など輸送用燃料の消費が飛躍的に増大している。自動車の保有は、家電製品の普及と同様に生活水準の向上を具現する最もシンボリックな指標の一つであり、アジアの発展途上国におけるモータリゼーションの進展は、経済発展を背景とした必然的な流れである。2035年にはアジアの自動車市場は北米市場、欧州市場の規模を凌いで、世界最大の自動車市場へ拡大する。その他の国では、主としてブラジルの自動車保有台数が増加する見通しである。ブラジルは2016年の五輪オリンピック開催など明るい材料が多く国内向けの生産能力が足りなくなるとの見方も出ている。

このように途上国のモータリゼーションは、現在の段階では低い水準にあるものの、今後も引き続き拡大する可能性がある。国際石油市場に与えるインパクトも極めて大きいことが予測される。ただし、その一方で、今後の途上国の人口増加と経済成長により、運輸部門のCO<sub>2</sub>排出量が急激に増加することも懸念されている。途上国ではCNG車やバイオ燃料などの普及を拡大するなど自動車燃料の低炭素化に向けた取り組みも広がるものとみられる。先進国でも、環境対応車の国内普及の拡大を促すとともに、途上国への投資も加速していくものと見られる。

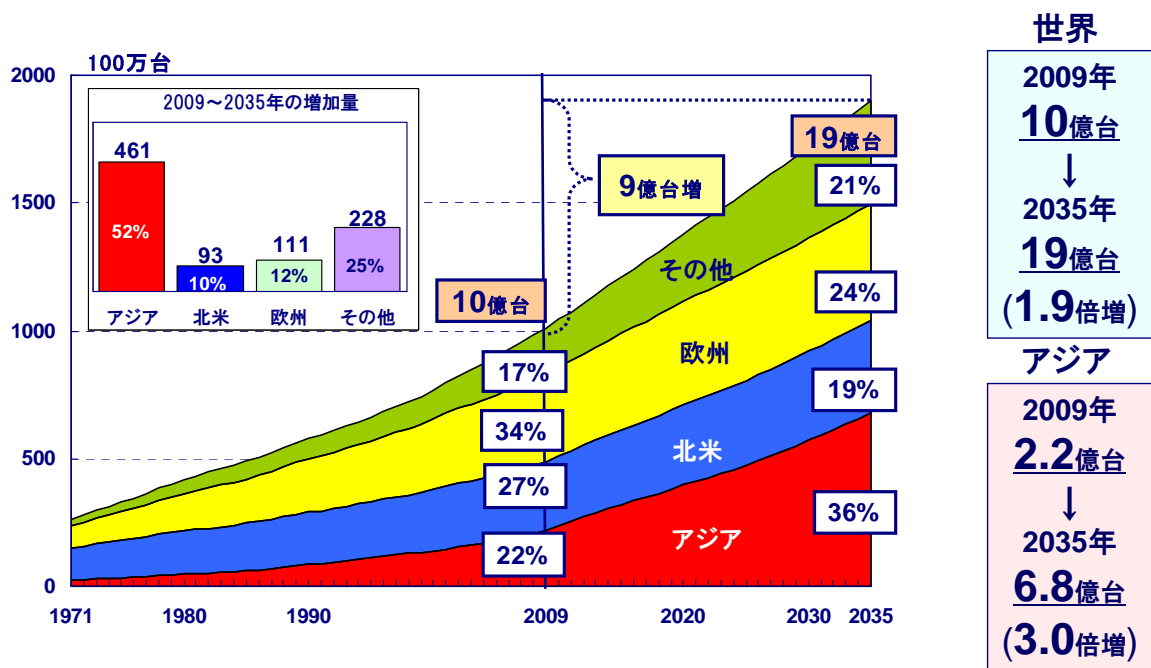
図 3-3-1 一人当たり GDP と自動車保有率の関係



(注) 1971～2035 年までの実績値および予測値をプロットした図である。

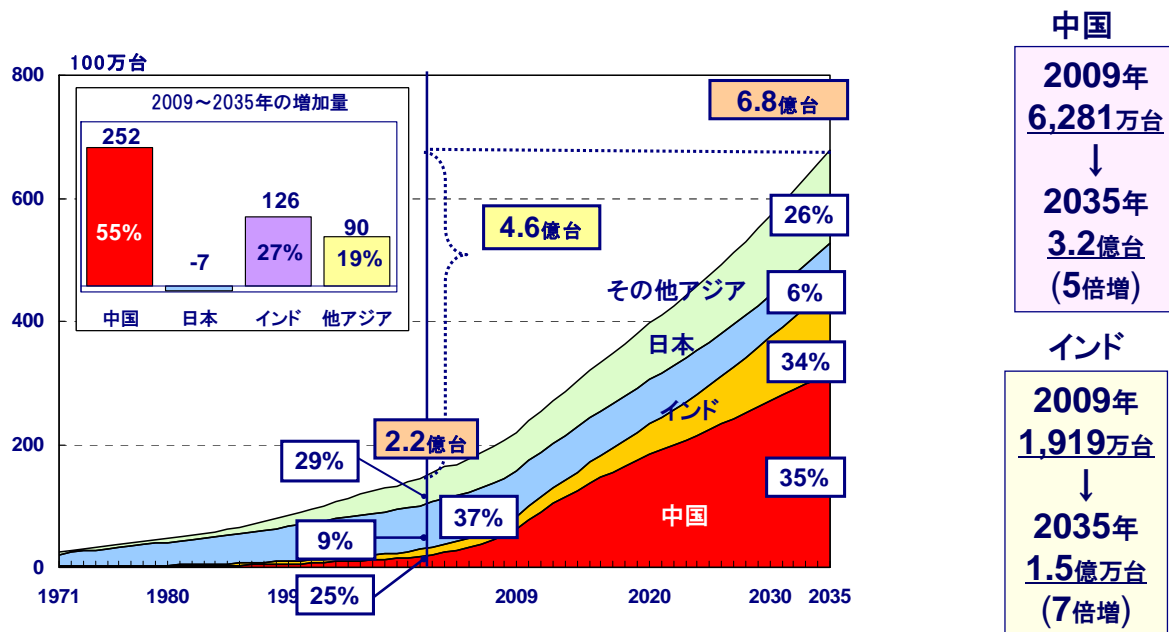
(出所) (財)日本エネルギー経済研究所が予測

図 3-3-2 世界の自動車保有台数



(出所) (財)日本エネルギー経済研究所が予測

図 3-3-3 アジアの自動車保有台数



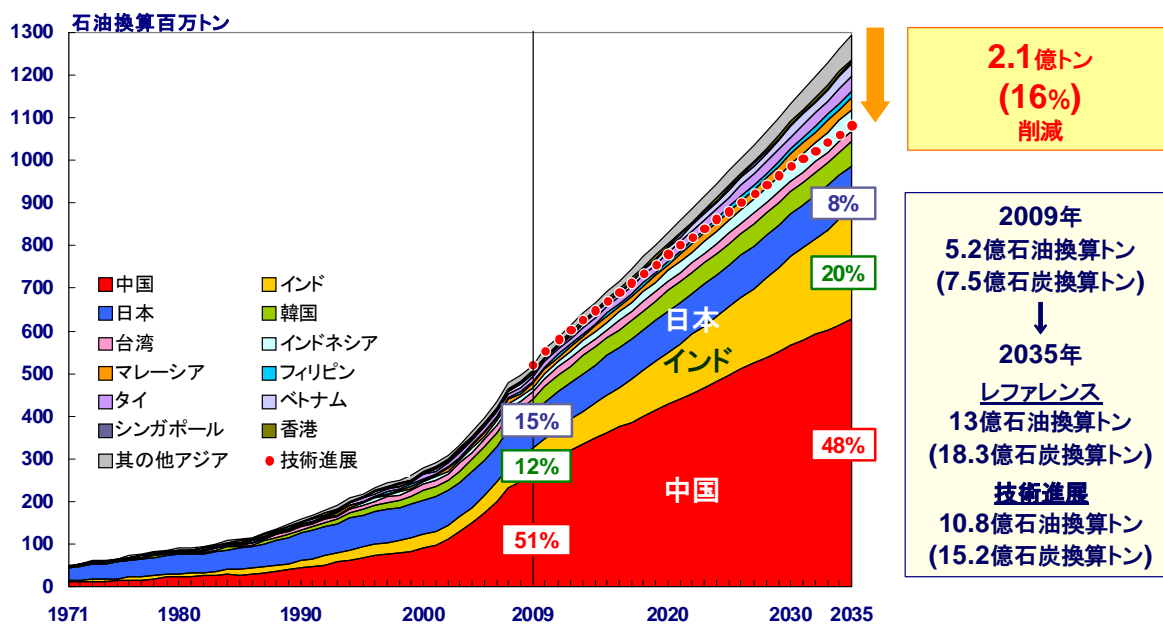
(出所) (財)日本エネルギー経済研究所が予測

### 3.3.3 電力化の進展

経済発展、所得水準の向上に伴うエネルギー消費の高度化に伴い、アジアでは電力需要が着実に増加する。電力消費量を国別で見ると、中国においては2009年から2035年まで年平均3.4%のペースで増加し、2035年には現在の約2.4倍の7.3兆 kWhに達する(現状の日本の約8倍)見通しである。インドにおいても同5.8%で増加し、2035年には現在の約4.3倍の3.0兆 kWhまで増加する見通しだ。また、2035年までの世界の電力消費の伸びの約2割を先進国、約8割を途上国が占める。



表 3-3-3 アジアの電力需要



(出所) (財)日本エネルギー経済研究所が予測

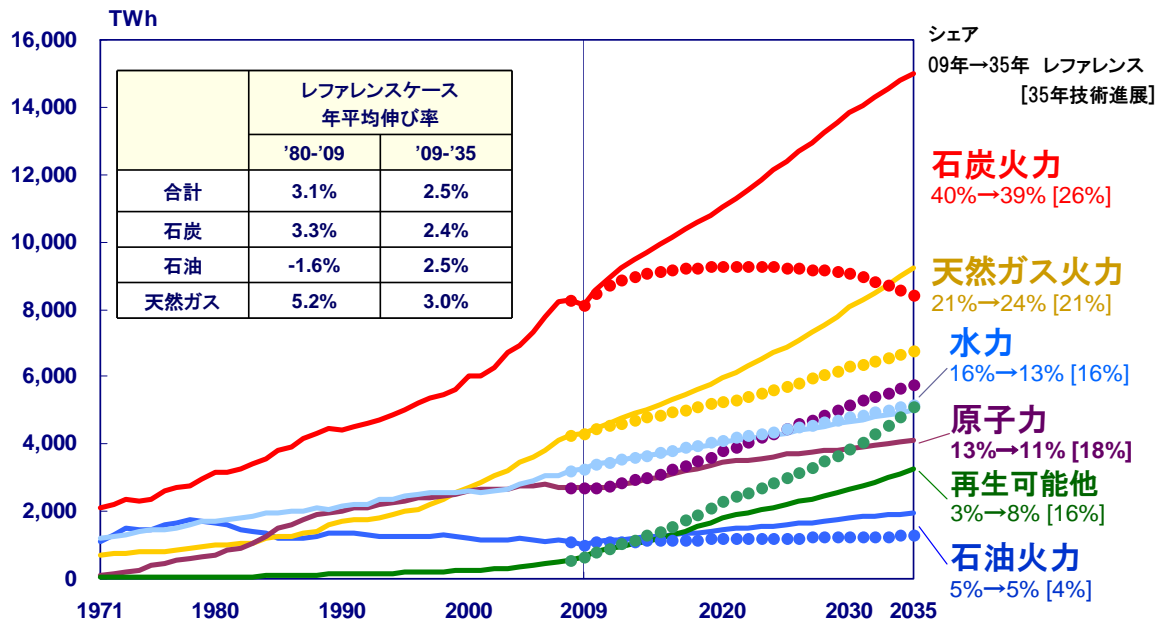
### 3.3.4 発電構成の見通し

電力需要の着実な増加を反映し、世界の発電量は2009年の20.1兆kWhから平均年率2.5%で増加し、2035年には約39兆kWhにまで達する。2035年までの発電量増加のうち7割強が途上国によるものである。アジアの発電量は2009年の6.9兆kWhから年率3.6%で増加し、2035年には約18兆kWhにまで達する。

2009年における世界の発電量のうち石炭火力が占めるシェアは41%と最大であり、残りが天然ガス火力、水力、原子力、石油火力の順となっている。2035年にかけての発電構成は、環境負荷低減等の観点から、天然ガス複合発電等の導入など、天然ガス火力へのシフトが進展する。天然ガス火力の発電量が全発電量に占めるシェアは、2009年の22%から2035年には24%まで拡大する。石炭火力のシェアは2009年の41%から2035年までほぼ横ばいで推移し、今後も最大の電力供給源としての役割を担う。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なる。石油火力のシェアは、特に先進諸国を中心に引き続き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、地球温暖化対策の観点から、アジア地域を中心に新規着工が見込まれるが、2035年までの世界的な電力需要の増加をカバーできるほどの拡大は見込めず、シェアは2009年の13%から2035年には11%へ若干減少する。再生可能エネルギー(水力除く)は、国際的なエネルギー安定供給確保や地球温暖化対策の強化を背景に、風力や太陽光を中心に導入が進み、そのシェアは、3.3%から8.5%へ増加する見通しである。今後アジアでは生活水準の向上に伴い、利便性の高い電力の消費が急増すると予測される。この電力需要に対する発電構成を試算した結果、外貨獲得を目的として、自国の石油資源、天然ガス資源温存のため、アジア域内において豊富な埋蔵量を誇る石炭による発電量が着実に増加する見通しである。アジアの石炭火力のシェアは中国、インド、インドネシア等における利用拡大を背景として、2009年の61%から2035年には56%と若干シェアは

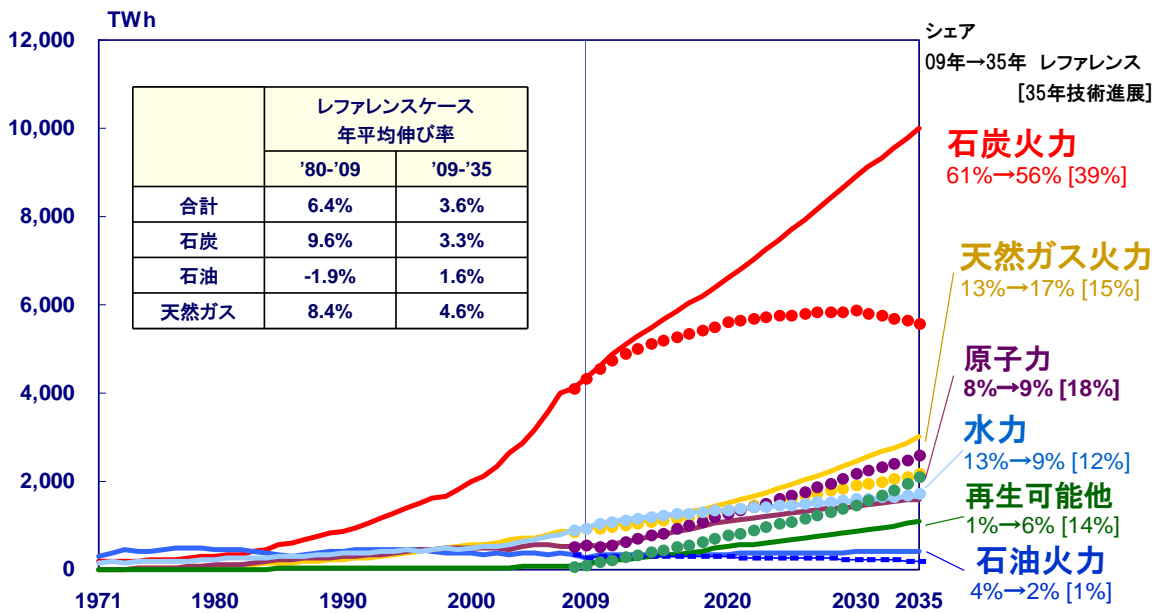
縮小するものの、依然として最大の電力供給源の役割を担う。

図 3-3-4 世界の発電量



(出所) (財)日本エネルギー経済研究所が予測

図 3-3-5 アジアの発電量



(出所) (財)日本エネルギー経済研究所が予測

また、アジアにおける天然ガス火力は、天然ガス複合発電の導入拡大に伴い、今後着実に発電量が増加し、発電構成におけるガス火力へのシフトが進展する。しかし、国内資源の有効活用をはじめと

した政策目標などにより、石炭火力が引き続き増加することから、石炭火力、ガス火力間の競合を考慮すると、ガス火力の増加は世界に比較すると緩やかであり、ガス火力のシェアは、13%から 17%へ増加するにとどまる。原子力は、東京電力福島第一原子力発電所の事故を受け、日本での増加は見込めないものの、中国、インド、韓国などでは引き続き一定の増加が見込まれ、アジアにおける発電シェアは 2009 年の 8%から 2035 年にかけて 9%となり電力供給の一定割合を担う。

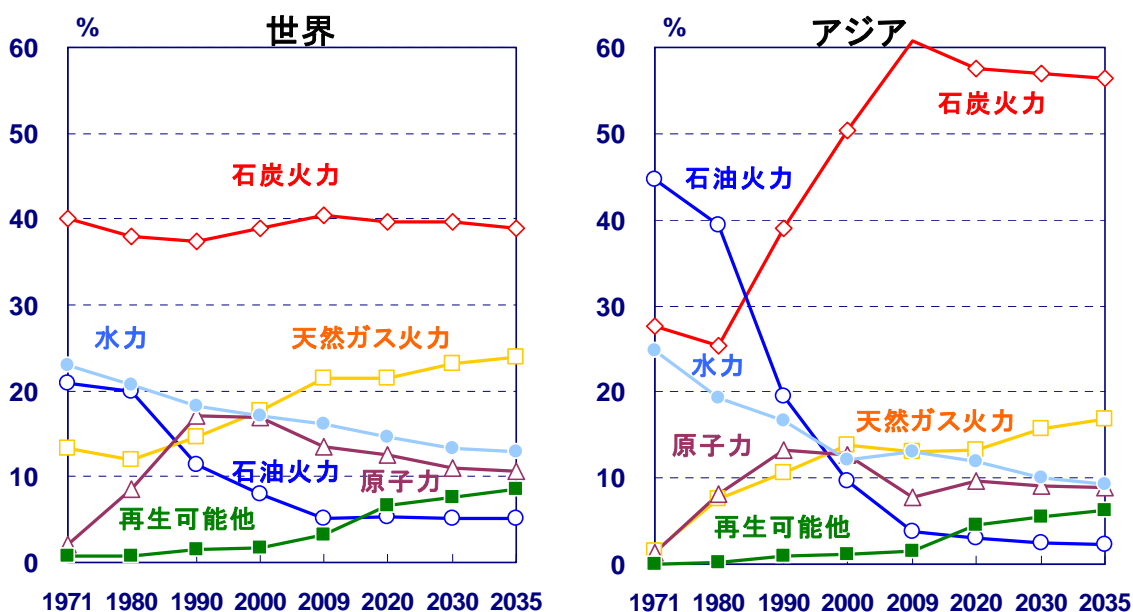
世界とアジアの発電量構成の展望を比較すると、世界では石炭火力が一定シェアを維持するとともに、水力や原子力を代替し天然ガス火力が増加し、再生可能エネルギーも徐々に拡大する。アジアでは、増大する電力需要に対して、石炭火力、原子力が一定のシェアで推移するとともに、天然ガス火力がシェアを拡大する。

また、世界の石炭火力からの CO<sub>2</sub>排出量は 2009 年の 81 億トンから 2035 年には 131 億トンへ 50 億トン増加し、世界の排出増加量の約 38%を占めるため、クリーンコール技術導入による石炭の高効率利用が重要な課題となる。特に、アジアの石炭火力からの CO<sub>2</sub>排出量は 2009 年の 45 億トンから 2035 年には 88 億トンへ 43 億トン増加する。世界の 2035 年までの排出増加量の約 33%を占めるため、アジア途上国でのクリーンコール技術活用が重要な課題となる。

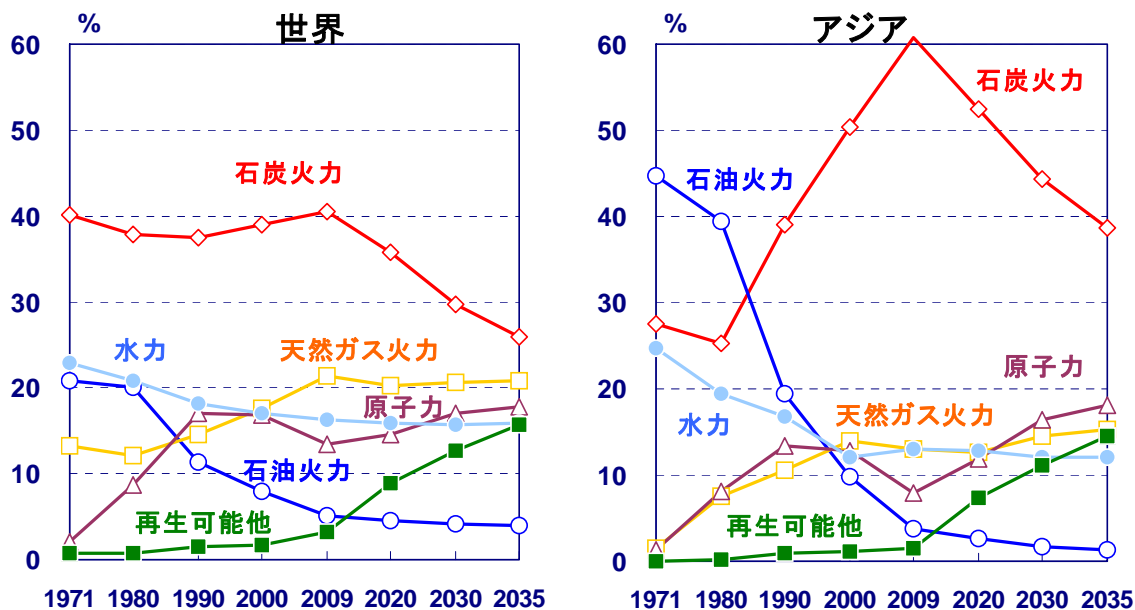
技術進展ケースでは、2035 年における世界の電源構成は石炭 26%、天然ガス 21%、原子力 18%、水力 16%、再生可能エネルギー16%、石油 4%と、原子力、再生可能エネルギーのシェアが拡大し、石炭のシェアが大幅に削減される。アジアにおいても同様な傾向が見られ、石炭は 61%から 39%まで減少し、原子力は 8%から 18%へ、再生可能エネルギーは 2%から 15%へシェアを拡大する。

図 3-3-6 世界、アジアの発電量構成

レファレンスケース



技術進展ケース

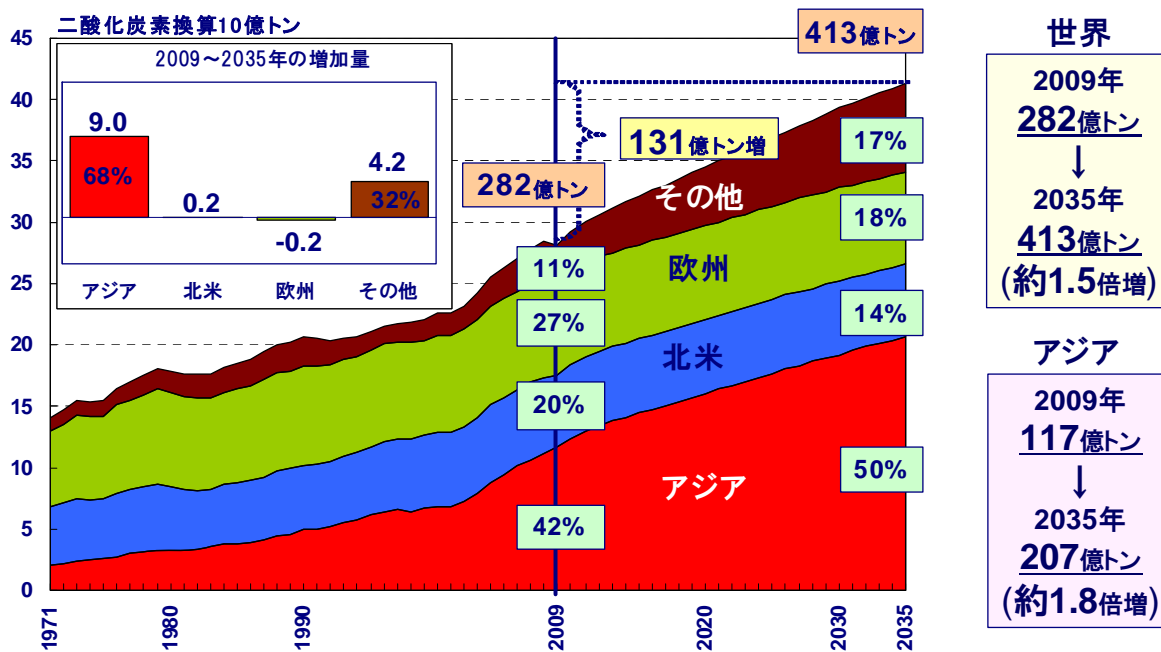


(出所) (財)日本エネルギー経済研究所が予測

3.4 CO<sub>2</sub>排出量の見通し

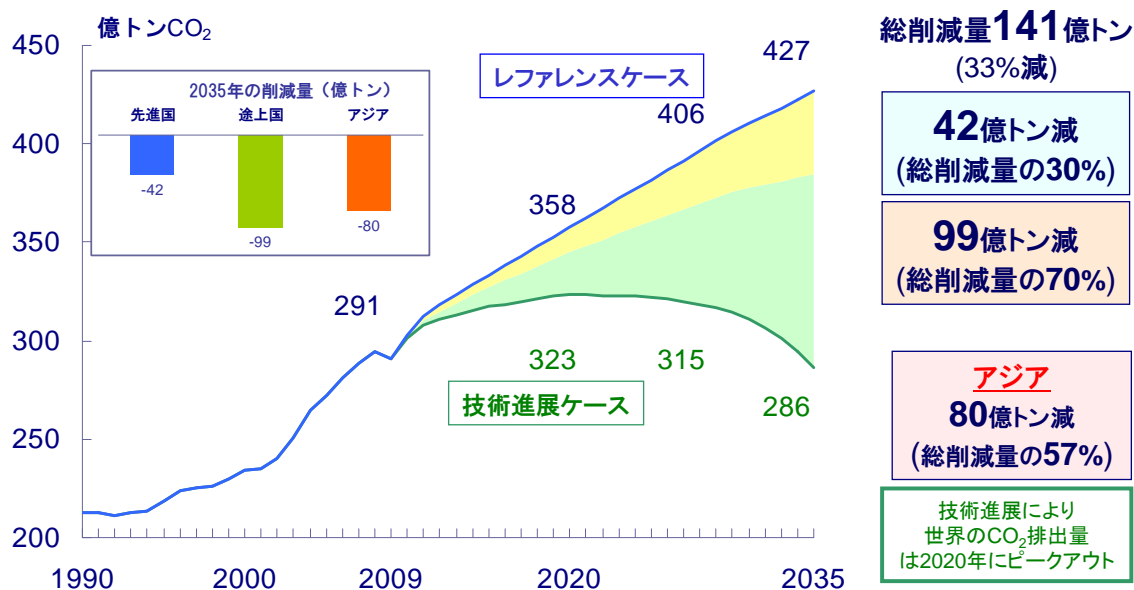
世界の全体の2035年まで一次エネルギー消費のおよそ8割が化石燃料消費により満たされる結果、CO<sub>2</sub>排出量は2009年の291億トンから2035年には427億トンにまで増加し、一次エネルギー消費とほぼ同じ年率1.5%で推移し、2035年には約1.5倍にまで増大する。この増加分の約7割がアジアに由来する。また、中国は今後もCO<sub>2</sub>排出原単位の大きい石炭を主軸としたエネルギー需給を継続する見通しであることから、中国一国だけで世界のCO<sub>2</sub>排出量増加分の約3割を占める。また、2035年までの世界のCO<sub>2</sub>排出増加量の内、途上国が約9割を占め、CO<sub>2</sub>排出量は途上国を中心に増加する。世界の排出量に占める先進国のシェアは2009年の41%から2035年には29%へ減少し、途上国のシェアは2035年には7割近くとなる。

図 3-4-1 世界の CO<sub>2</sub> 排出量



(出所) (財)日本エネルギー経済研究所が予測

図 3-4-2 CO<sub>2</sub> 排出量の変化(世界)

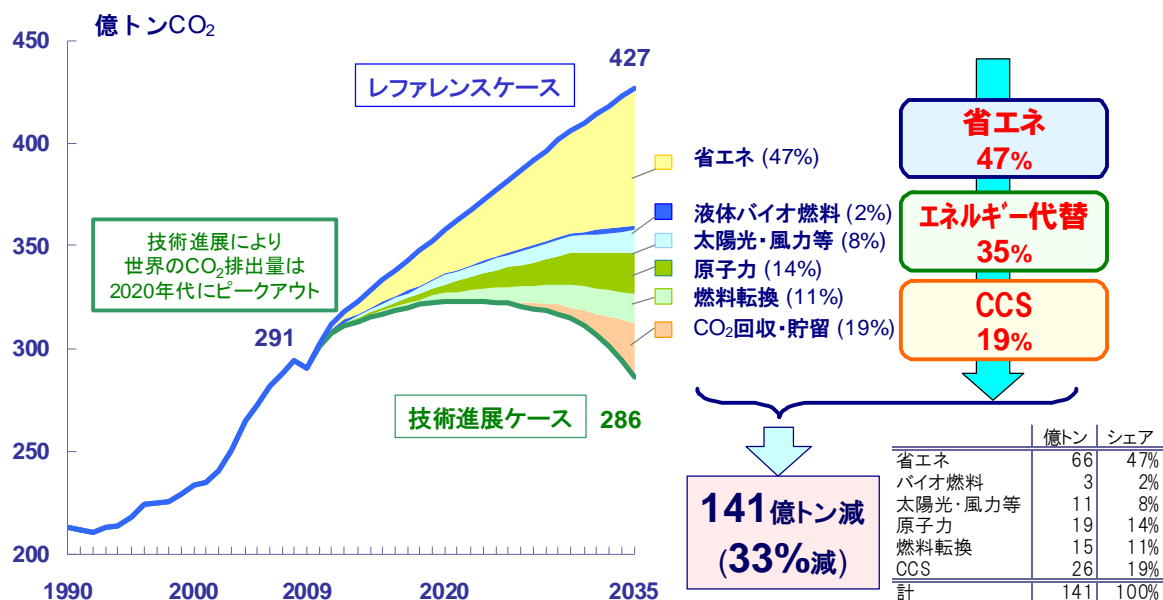


(出所) (財)日本エネルギー経済研究所が予測

技術進展ケースでは、エネルギー・環境技術の一層の進展により世界の CO<sub>2</sub> 排出量は 2005 年から 2020 年で 51 億トン(2005 年比 19%増)まで増えるが 2020 年にはピークアウトする。2035 年における CO<sub>2</sub> 排出量はレファレンスケースと比較して 141 億トン(33%)減少し 2 億 8,600 万トンとなる。

CO<sub>2</sub>排出削減に効果的な単一的な施策は存在しない。省エネルギーを中心に、発電高効率化、非化石エネルギー導入、燃料転換、CO<sub>2</sub>回収貯留技術などのエネルギー施策が複合的にCO<sub>2</sub>排出削減に大きく貢献することが期待される。

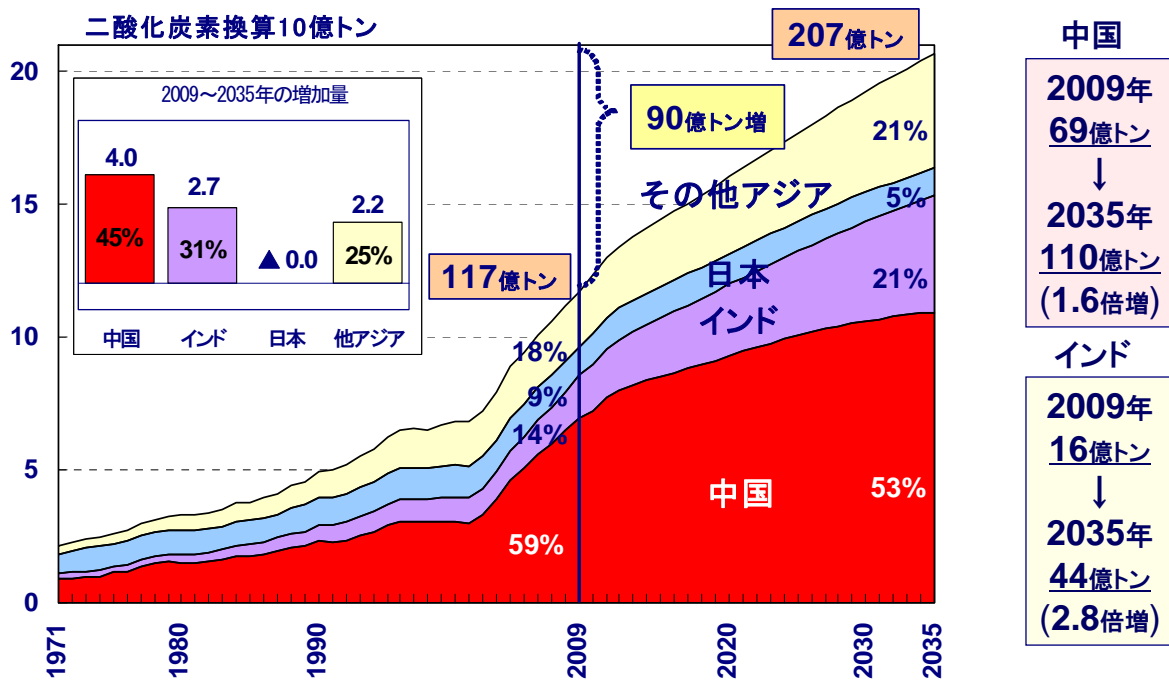
図 3-4-3 世界のCO<sub>2</sub>排出量の変化(各技術によるCO<sub>2</sub>排出削減への貢献度)



(出所) (財)日本エネルギー経済研究所が予測

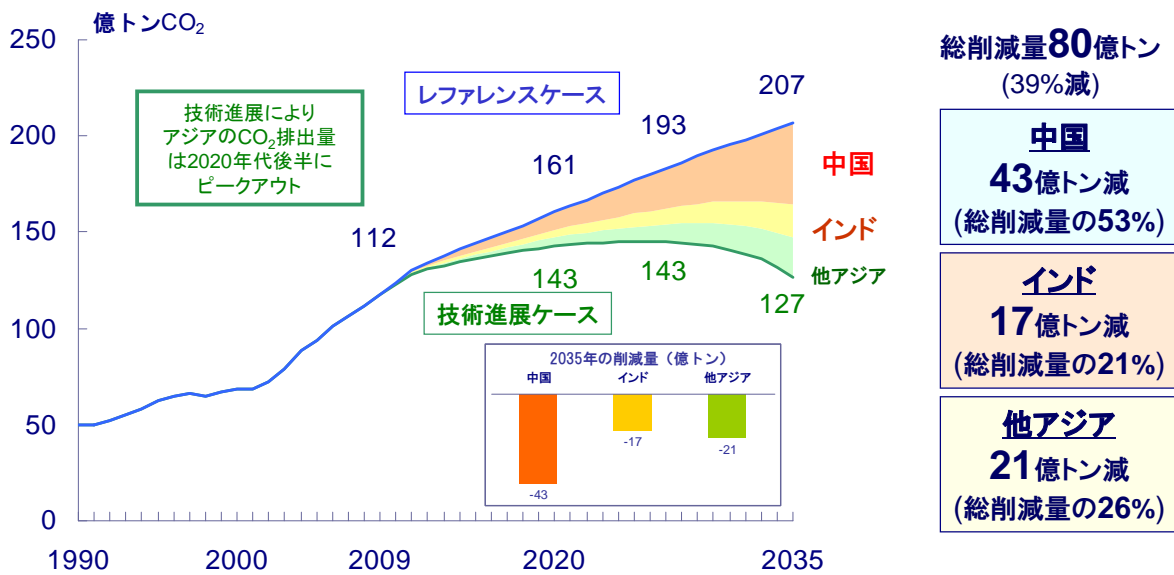
またアジアを見ると、人口減少、経済成長の飽和を迎える日本のCO<sub>2</sub>排出量が、アジアにおいて占めるシェアは徐々に低下し、2035年には1割を下回る。そして、石炭を中心としたエネルギー消費を今後も続けると推計された中国、インドのCO<sub>2</sub>排出量は急速に増加すると見込まれ、中国はアジアの2009年から2035年までのCO<sub>2</sub>排出量増加分の約5割近くを占め、インドは約3割を占める。また化石燃料起源の排出量を見ると、2009年～2035年までの世界のCO<sub>2</sub>排出増加量の内、途上国の石油消費起源の排出増加量が30%、同じくアジアは17%を占めるため、これら地域における効率的な石油消費が重要な課題となる。ガス消費においても、途上国のガス消費起源の排出増加量が26%を占めるため、途上国における効率的なガス利用も重要な課題となる。そして、アジアの石炭消費起源の排出増加量が37%を占めるため、アジアにおける環境適合的な石炭利用が極めて重要な課題となる。化石燃料消費で見ると、2009年から2035年までの世界のCO<sub>2</sub>排出増加量の内、途上国の化石燃料消費起源の排出増加量が97%を占め、アジアの化石燃料消費起源の排出増加量が66%を占めるため、途上国やアジアでの化石燃料のクリーン利用が重要となる。

図 3-4-4 アジアの CO<sub>2</sub> 排出量



(出所) (財)日本エネルギー経済研究所が予測

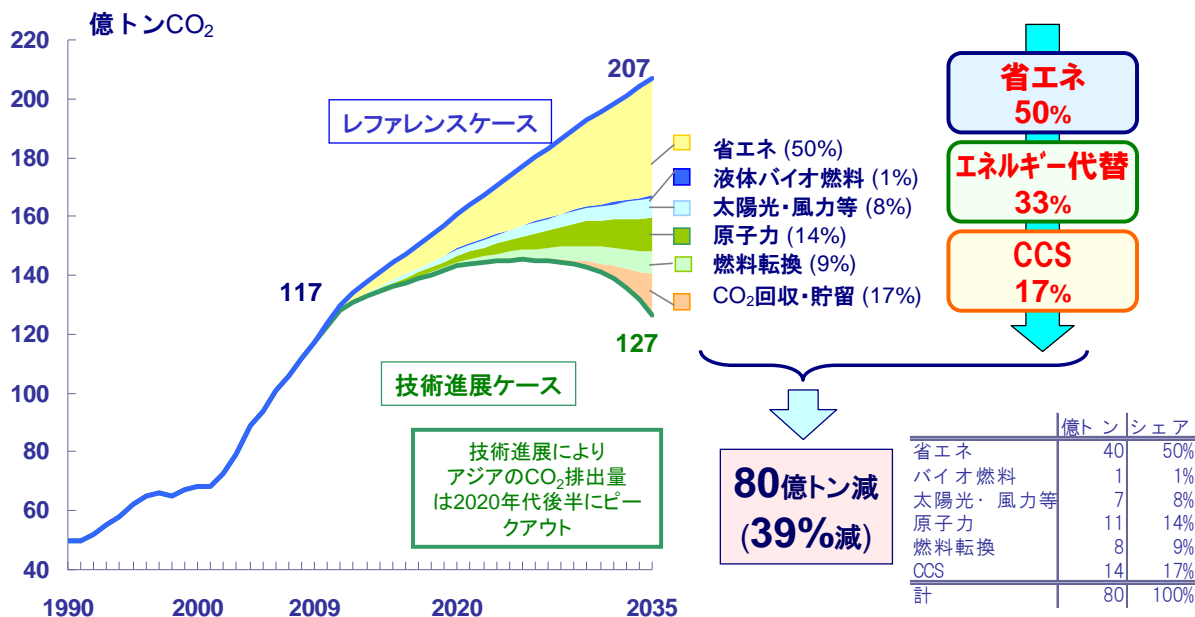
図 3-4-5 CO<sub>2</sub> 排出量の変化(アジア)



(出所) (財)日本エネルギー経済研究所が予測



図 3-4-6 アジアの CO<sub>2</sub> 排出量の変化(各技術による CO<sub>2</sub> 排出削減への貢献度)

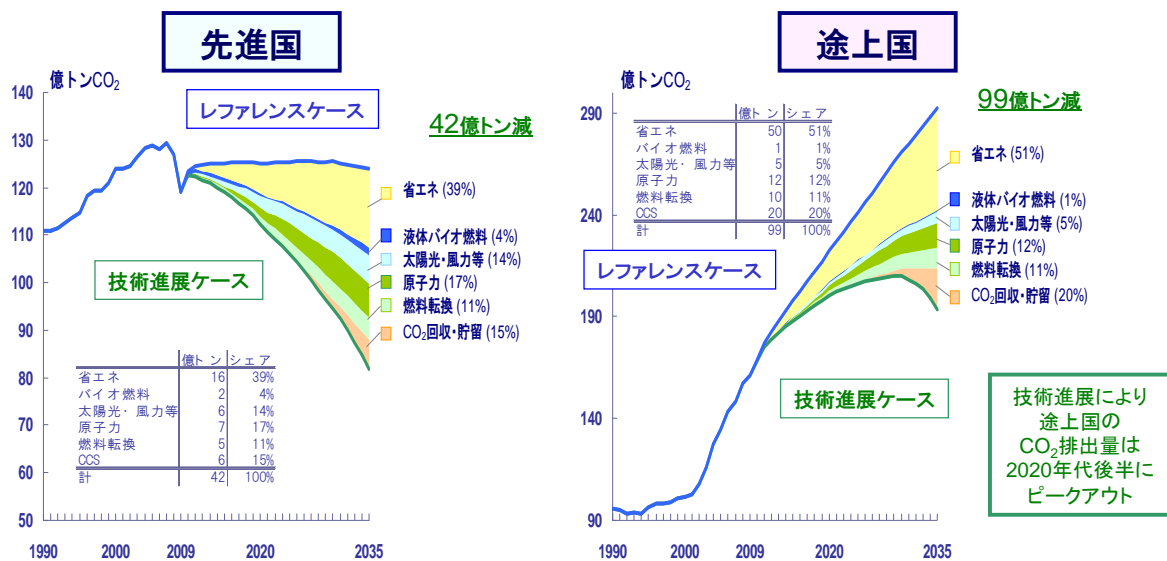


(出所) (財)日本エネルギー経済研究所が予測

EU では、2008 年に欧州委員会が気候とエネルギーに関するパッケージを提案し、同年欧州議会がこれを採択した。この中で、法的拘束力を持つ目標として、2020 年までに、1990 年比で温室効果ガスの排出量を 20%削減する、再生可能エネルギーのシェアを 20%に拡大する、エネルギー効率を 20%改善するとした。温室効果ガス排出量の削減については、他の先進諸国が同様の削減を約束するならば 30%の削減を表明する見込みである。また、EU 域内排出量取引制度 (EU-ETS) の見直しを行い、2013 年に EU 全体で排出枠を設定した上で、2020 年までに、2005 年比で 21%削減するなどして制度の強化を図るとしている。世界最大の排出国である米国では、2009 年 1 月に誕生したオバマ政権は、温暖化防止や輸入石油への依存度低下に関する長期計画を打ち出した。その内容は、今後 10 年間にクリーン・エネルギーの開発に 1500 億ドルを投資し、500 万人の雇用を創出する、再生可能エネルギーの供給量を 3 年間で倍増し、発電に占める割合を 2012 年までに 10%に、2025 年には 25%に高めることを目標にする、国産プラグイン・ハイブリッド自動車を 2015 年までに 100 万台導入すること等を提言している。温室効果ガスの排出削減については、2020 年までに 2005 年比 14%削減するとしている。この基本方針では、連邦レベルの排出量取引制度を導入し、政府が企業に排出枠を販売することで、2012 年から 8 年間で 6,457 億ドルの国庫収入を見込み、また、温室効果ガスの長期の削減目標として 2050 年までに 2005 年比で 83%減らす方針を示した。また、2009 年 2 月に成立した「米国再生・再投資法」では、総額 7,872 億ドルの景気対策のうち約 580 億ドル (歳出 380 億ドル、減税措置 200 億ドル) が環境・エネルギー分野に割り当てられている。



図 3-4-7 先進国、途上国の CO<sub>2</sub> 排出量の変化(各技術による CO<sub>2</sub> 排出削減への貢献度)



(出所) (財)日本エネルギー経済研究所が予測

技術進展ケースでは、低炭素技術の普及拡大によりアジアの CO<sub>2</sub> 排出量は、2020 年代後半にピークアウトする。2035 年の CO<sub>2</sub> 排出削減量の技術進展ケースとレファレンスケースとの差分を地域別にみると、中国における削減量は 43 億トンに達し、アジア域内の削減量の約 5 割を占める。インド他アジア諸国で残り 5 割の削減ポテンシャルが存在する。

2035 年の先進国の CO<sub>2</sub> 削減量 42 億トンのうち、省エネが 16 億トン(総削減量に占める割合:39%)、原子力 7 億トン(同 17%)、再生可能エネルギー 8 億トン(同 18%)、燃料転換 5 億トン(同 11%)、CO<sub>2</sub> 回収貯留技術(CCS)6 億トン(同 15%)の削減に貢献する。

技術進展ケースでは、途上国の CO<sub>2</sub> 排出量は 2020 年代後半にピークアウトする。2035 年の途上国の削減量 99 億トンのうち、省エネ 50 億トン(同 51%)、原子力 12 億トン(同 12%)、再生可能エネルギー 6 億トン(同 6%)、燃料転換 10 億トン(同 11%)、CCS が 20 億トン(同 20%)の削減に貢献する。

特に途上国での省エネによる CO<sub>2</sub> 排出削減量が大きく(50 億トン、世界の総削減量 141 億トンの約 4 割)、技術移転や制度構築支援等による途上国への省エネ支援の意義は極めて大きい。

## 4 各国のエネルギー需給見通し

中国、インド等のアジア諸国では、高い経済成長を背景にエネルギー消費が急速に増加している。アジア諸国のエネルギー需給構造は石炭に大きく依存しており、大量のCO<sub>2</sub>排出により、地球温暖化問題悪化への懸念が高まりつつある。本章では、特に重要となる中国及びインドについて、エネルギー需給の見通しを示す。

### 4.1 中国

#### (1)中国の社会経済の見通し

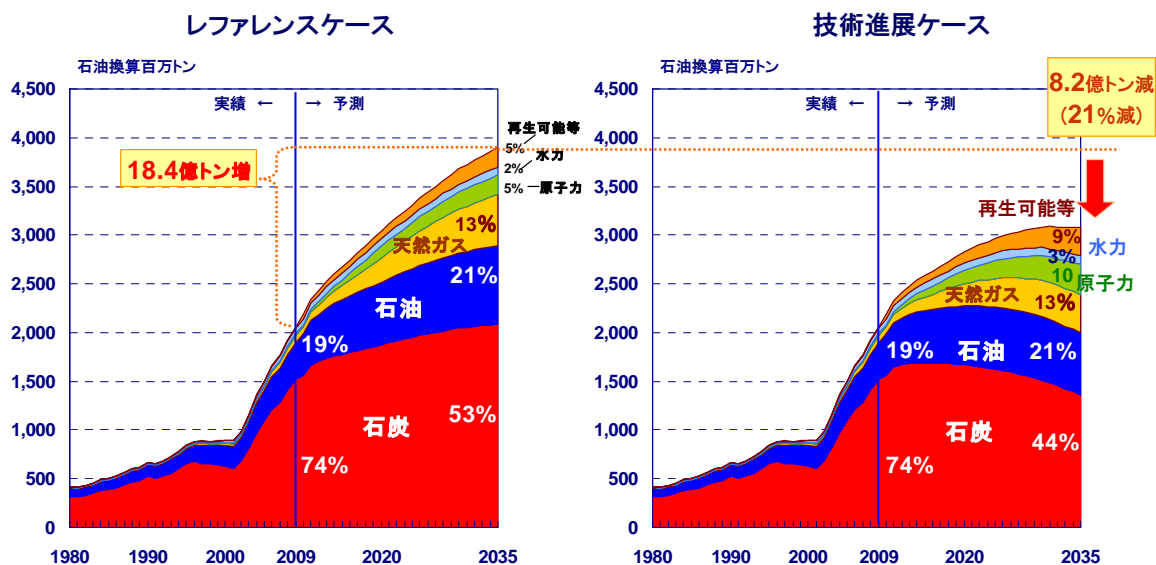
中国の人口見通しは国連の人口見通しを参考にしており、2035年に総人口は13.8億人になる見通しである。人口増加の伸びが鈍化し、2030年前後にピークを迎える。中国は1970年代後半から「一人っ子政策」を実施した結果、高齢化が進んでおり、2035年には高齢者人口（65歳以上）が20%を占める。また、都市開発と都市部への人口移動により中国の都市化率が上昇している。2035年には都市化率が現在の44%から65%に上昇すると予想されている。

経済成長の見通しは、2009～2035年の年平均伸び率で5.7%である。ただし、伸び率は徐々に鈍化する。特に労働力人口の減少が経済成長の鈍化に影響している。産業構造の見通しとしては第一次産業の比率が低下し、サービス業が増加する。また、今後の粗鋼生産量は、特需の減少などの原因で徐々に実質的な需要に収斂する見通しであり、GDPに占める重工業の比率は徐々に低下する。またモータリゼーションの進展は発展途上国の石油消費を増加させる主要な原因である。所得の増加に伴い、中国のモータリゼーションは今後も進むと考えられ、2035年における中国の自動車保有台数は3.2億台、保有率は23%に達する。その内、自家用乗用車は全体の61%を占める。

#### (2)中国の一次エネルギー需給の見通し

中国の一次エネルギー消費は2009年に石油換算21億トンであったが、2035年には同39トンに達する。26年間で約18トンの増加、年平均伸び率は2.5%である。GDPあたりのエネルギー消費原単位は55%低下し、年率では3.0%の改善である。中国の一次エネルギー消費構造の特徴は石炭への依存である。現在、一次エネルギーの石炭依存度は74%に達する。2035年においても石炭が、発電部門における消費増大を背景に依然として主要なエネルギー源となっており、シェア54%を維持する。ただし、石炭消費の伸びは年率1.2%にとどまり、消費の伸びは他の化石燃料に比較して小さい。特に粗鋼生産など産業用の石炭消費が鈍化するのが原因である。そのため、石炭への依存度は20%ポイント低下する。石油については、経済発展、生活水準に伴う自動車保有台数の増加などにより着実に増加し、シェアは19%から21%に上昇する。天然ガスの需要は民生用と発電用の増加で、2035年にシェア13%に達する。

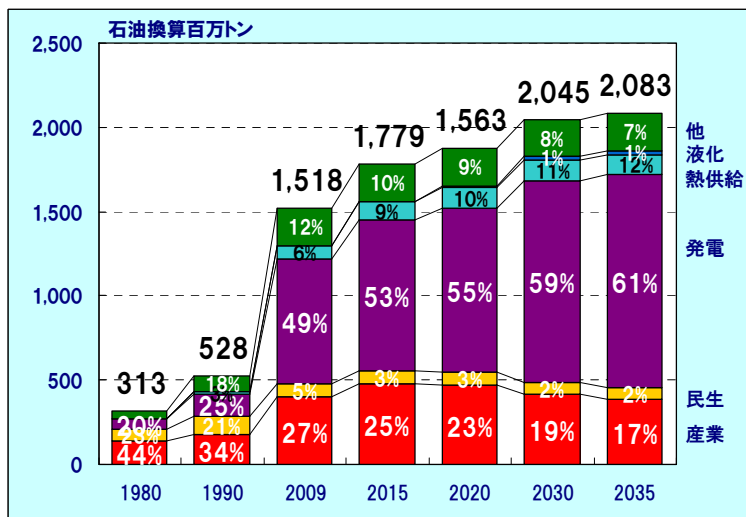
図 4-1-1 中国の一次エネルギー消費見通し



(出所) (財)日本エネルギー経済研究所が予測

エネルギー源別にみると、石炭消費は2009年に石油換算15.2億トンであったが、2035年に同20.8億トンに増加する。26年間で5.6億トン増加するが、これは発電用で5.3億トンの増加が主な要因である。現在、石炭の49%が発電用に消費されているが、2035年には比率がさらに61%に上昇する。一方、産業の石炭消費シェアは低下する。粗鋼などの生産量が大きく伸びないことが原因である。

図 4-1-2 中国の部門別の石炭消費の推移

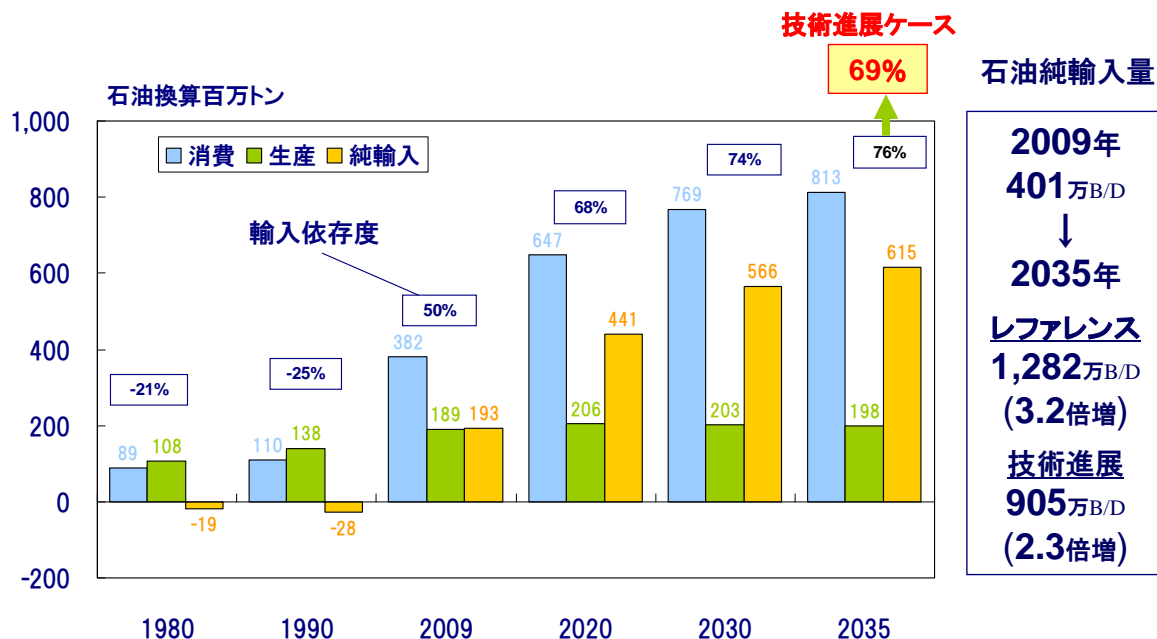


(出所) (財)日本エネルギー経済研究所が予測

石油消費は2009年の3.8億トンから2035年の8.1億トンに増加する見通しである。中国の石油需給のバランスは今後さらに悪化する見通しである。既存油田の回収率の向上と新規油田開発の促進で石油の生産を維持していくものの、2020年ごろには約2億トンの生産ピークを迎え、その後次第

に減退する。2035 年の石油の輸入依存度は 76%に達する見通しである。

図 4-1-3 中国の石油需給バランス



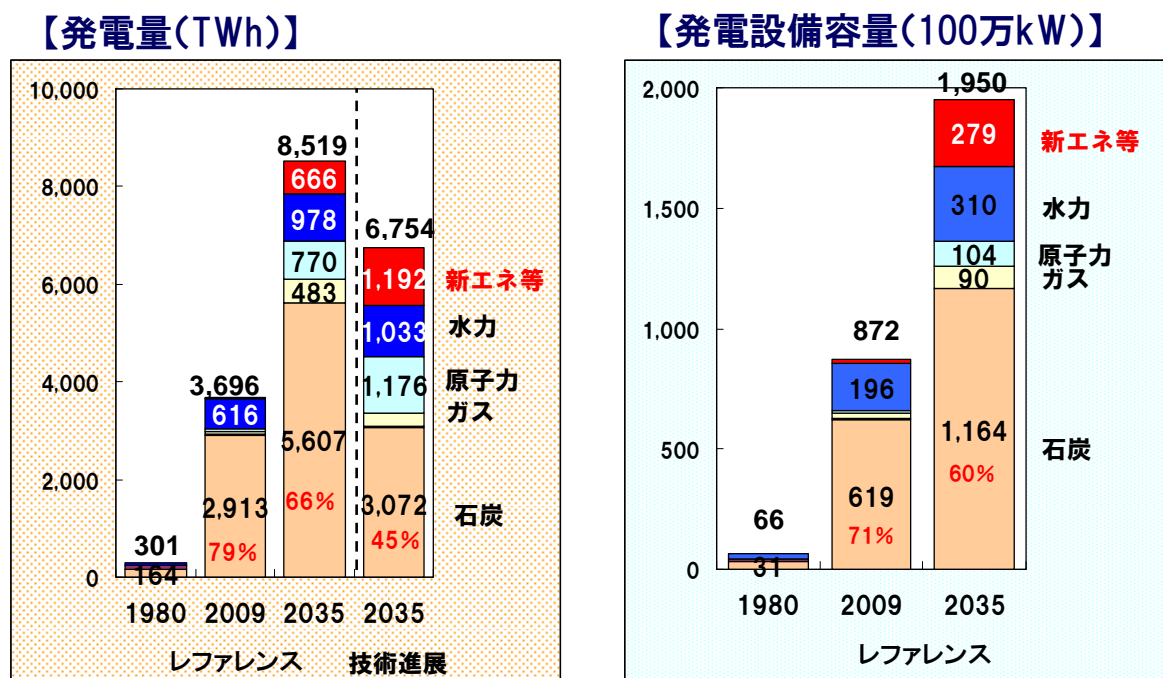
(出所) (財)日本エネルギー経済研究所が予測

天然ガスの消費量は 2009 年に石油換算 7,500 万トンであったが、2035 年に 5.2 億トンに増加する。26 年間で 4.4 億トン増加するが、主に発電用、民生用で増加する。中国の天然ガス生産の見通しとして、2020 年に 1,800 億m<sup>3</sup>前後が可能とされている。生産量の振れ幅があるものの、2020 年のガスの輸入依存度は約 3 割、2035 年には約 5 割の見通しである。ロシアや中央アジアからガスパイプラインによるガス輸入のほか、長期的には日本並みの LNG の輸入量が予想される。

### (3)中国の最終エネルギー消費の見通し

2009 年の最終エネルギー需要は 12.3 億トンであったが、2035 年に 24.4 億トンに増加する。26 年間で 12.1 億トン、年率 2.7%の増加となる。内訳では産業部門は 2.2 億トン増、年率 1.1%の増加である。運輸部門は 3.7 億トン増で年率 4.7%であり、伸びとして最大である。民生部門が 4.7 億トン増で年率 3.9%の増加であり、増加量として最大である。民生部門が最終消費に占めるシェアは 2035 年に 3 割になり、世界平均に近づくが、一人当たりの消費量は依然として少ない。エネルギー源別に最終消費をみると、ガス需要の伸びが最も高いが、増加量でみた場合は石油と電力のほうが多い。

図 4-1-4 中国の電源構成

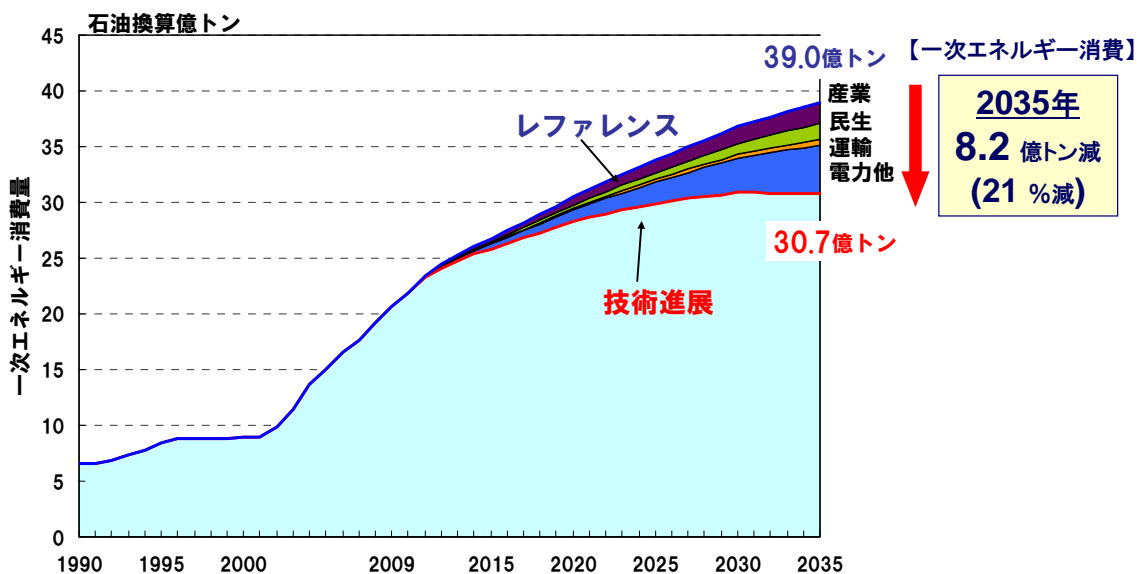


(出所) (財)日本エネルギー経済研究所が予測

電力需要は堅調に推移する。発電量は 2009 年に 3,700TWh であったが、2035 年には 2.3 倍の 8,500TWh に達する見通しである。発電設備容量は 8.7 億 kW から 19.5 億 kW に増加する。電源構成で見ると、現在 79%を占めている石炭火力が 66%に低下し、ガス火力のシェアが大きく伸びる。原子力、新エネ発電も大きく伸びる。水力は資源と環境面から伸びが鈍化する。再生可能エネルギー発電として、2035 年には風力 2.3 億 kW、太陽光発電 3,000 万 kW、バイオマス発電 1,600 万 kW が導入される見通しである。一方、原子力は 2020 年に 6,000 万 kW、2035 年には 1 億 400 万 kW が導入される。

CO<sub>2</sub>排出量は 2009 年 69 億トンであったが、2035 年には 110 億トンに増加する見通しである。26 年間で約 40 億トンの増加で、世界の増加分の約 3 割を占める。

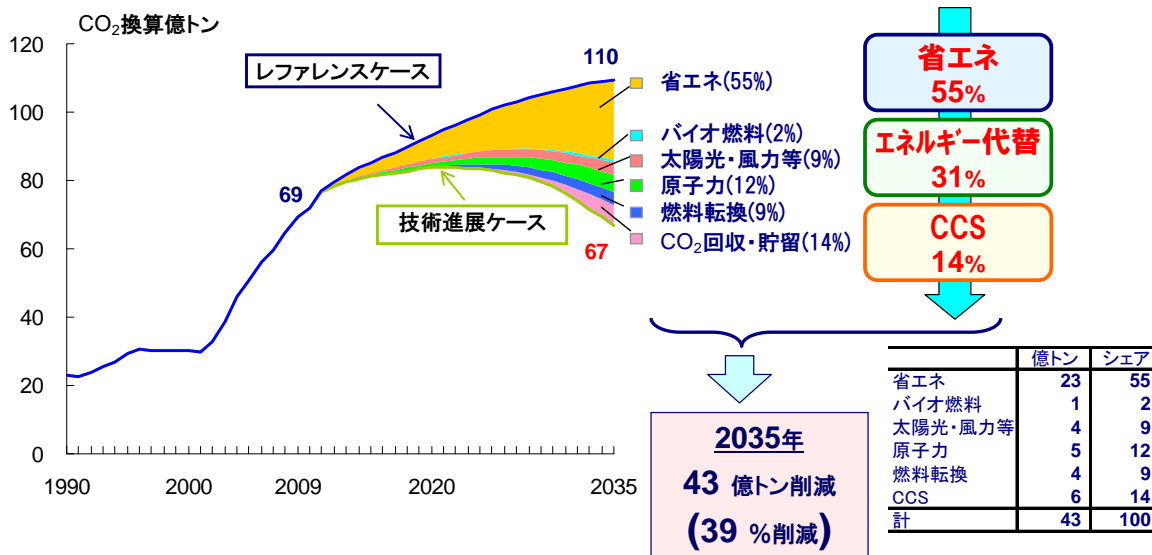
図 4-1-5 中国における省エネルギー量の展望



(出所) (財)日本エネルギー経済研究所が予測

技術進展ケースでは、先端技術の導入により、中国の一次エネルギー消費量は 2035 年でレファレンスケースに比較して 8.2 億トン(21%減)の省エネが実現する。部門別でみる省エネ量では、電力など転換部門が最も大きい。最終消費部門に関しては、産業の省エネ量が最も多く 1.6 億トンとなる。

図 4-1-6 中国の CO<sub>2</sub> 排出量の削減の展望



(出所) (財)日本エネルギー経済研究所が予測

また、技術進展ケースでは発電部門等における非化石エネルギーの利用が一層進展すると見込まれる。2035 年には風力 4.0 億 kW、原子力 1.3 億 kW が導入される。省エネや非化石エネルギーの導入拡大により、中国の CO<sub>2</sub> 排出量は、2020 年付近でピークアウトする。2035 年でレファレンスケースに比較して、43 億トン削減(39%減)となる。

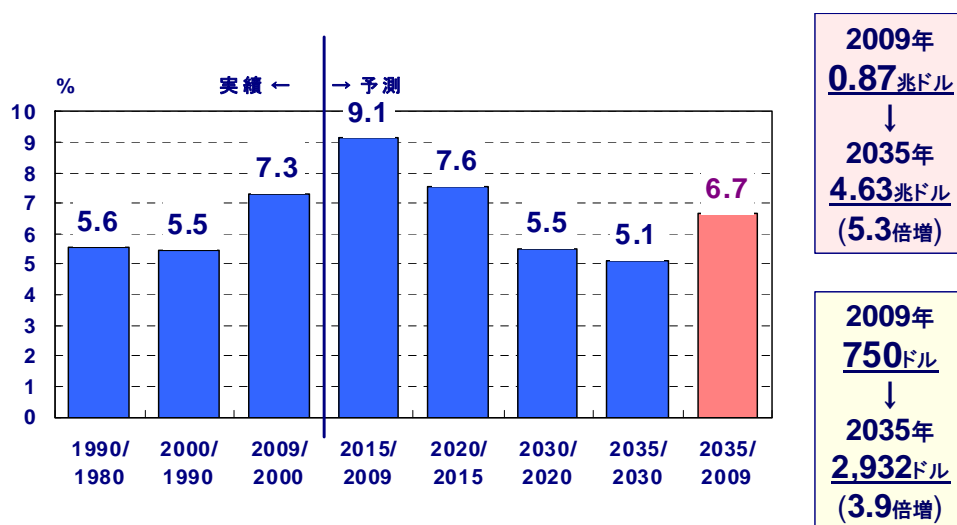
## 4.2 インド

### (1)インドの社会経済発展の展望

2009年の総人口は11.6億人で、中国に次ぐ世界第2位の人口を有し、2035年には中国を抜き世界最大の15.8億人となる。年齢別人口構成としては、先進国はもちろん中国と比較しても若年層が多いのが特徴的で、生産年齢人口(15~64歳)比率は引き続き増加し、現在の64%が2035年には70%に達する。生産年齢人口の大幅な増加は、労働力の増加を通じて経済成長のドライバーとなりうる。都市・農村別人口構成としては、都市への人口集中が進むものの、今後も農村人口が過半を占める。農村部は経済発展が相対的に遅れていることから、所得やインフラにおける格差への対応が今後必要となる。

経済成長に関しては、今後はサービス部門、および製造業での生産拡大が経済成長を牽引するものと考えられる。予測期間内では年率6.7%という高成長率で、2035年にはGDPは現在の5.3倍の4兆6,300億ドル(2000年価格)にまで拡大する。ただ一人当たりGDPで見ると現在の750ドル(2000年価格)が2,932ドルにまで上昇するものの、依然として中国の約4割程度に過ぎない。着実な経済成長のためには、労働力の質の充実、対外開放の進展、直接投資の増加に加え、特に製造業の発展の基礎となる道路、港湾、鉄道、電力などインフラの充実が不可欠である。

図 4-2-1 インドの経済成長見通し



(出所) (財)日本エネルギー経済研究所が予測

また近年は、所得水準の上昇により自動車保有台数が2000年の942万台から2009年には1919万台にまで拡大しており、既に韓国を越えている。今後も自動車の普及は進展し、2035年における保有台数は1億4,520万台とアメリカ、中国に次ぐ世界第3位の保有大国となる。

しかし、1,000人あたりの自動車保有率で見ると現在は17台と、非OECD平均の56台や中国の47台と比べても低い保有状況である。2035年においても依然として92台前後であることから、その後もさらに増大する余地が大きい。

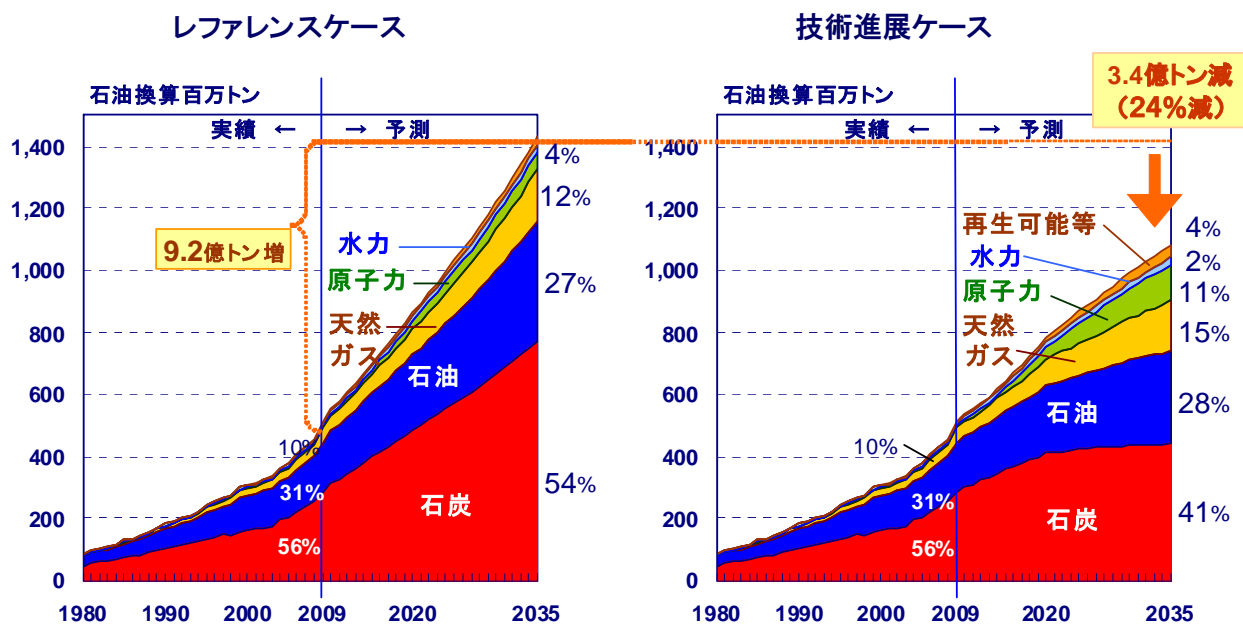


(2)インドの一次エネルギー消費の見通し

急速な経済成長を背景にエネルギー消費が急増している。1990 年からの 19 年間で一次エネルギー消費は石油換算 1.8 億トンから 5.1 億トンへと約 3 倍拡大した。今後 2035 年まで年率 6.7%という経済の高成長が膨大なエネルギー需要を生み出す。2035 年には一次エネルギー消費は現在の 2.8 倍の 14.3 億トンにまで増加し、中国、アメリカに次ぐ世界第 3 位のエネルギー消費国となる。世界のエネルギー消費に占めるシェアは、現在の 4.7%から 8.4%にまで拡大する。エネルギー源別に見ると現在主力の石炭は今後も重要なエネルギーであり続けるものの、シェアとしては徐々に縮小していく。代わって天然ガス、石油のシェアが拡大していく。原子力などの増加もあるものの、今後のエネルギー消費の増加分の 9 割が化石燃料によって賄われる。

自動車、化学、家庭などでの需要増により、石油消費量は 1990 年からの 19 年間で 6,100 万トンから 1.6 億トンまで約 3 倍増加している。さらに 2035 年には 3.0 億トンにまで増加する。石油依存度は 31%から 27%へ 4 ポイント減少する。部門別増分では、モータリゼーションにより運輸部門での 1.2 億トン増を筆頭に、産業部門で 1,300 万トン増、民生・農業部門で 4,600 万トン増、インフラ整備などを背景に非エネルギーでも 4,300 万トン増となり、全ての最終消費部門で大幅に増加する。石油消費が急増する一方で、生産は徐々に減退していくことから、輸入量はますます増大し、2035 年における純輸入量は 3.4 億トンに達し、輸入依存度は 87%に達する。

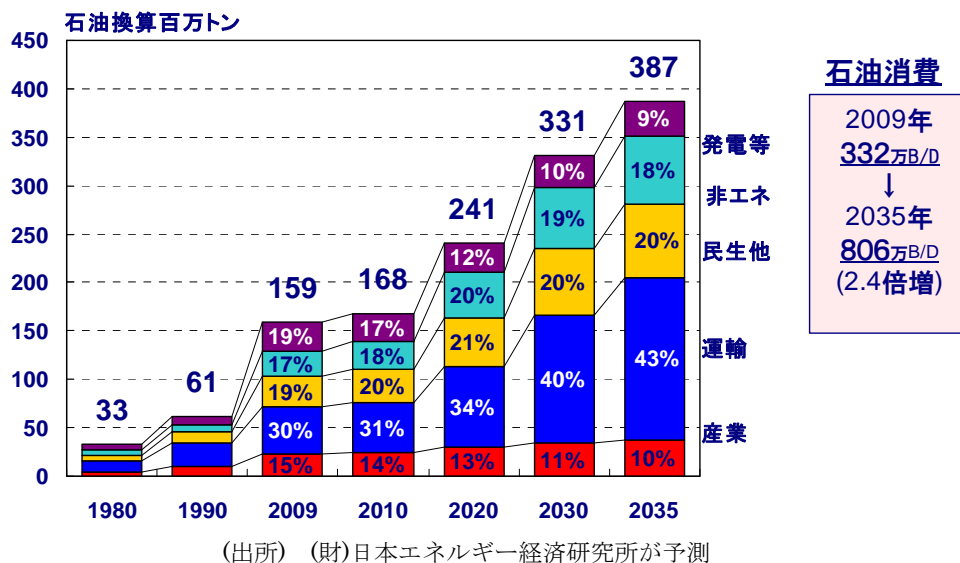
図 4-2-2 インドの一次エネルギー消費の見通し



(出所) (財)日本エネルギー経済研究所が予測



図 4-2-3 インドの石油消費の見通し



また、インドでは石炭は基幹エネルギーであり、現在一次エネルギー消費において 56%のシェアを持つ。部門別には発電、および産業で主に消費されている。石炭消費量は、現在の 2.9 億トンが 2035 年には 7.7 億トンとなり、増加量 4.9 億トンはエネルギー源の中で最大となる。しかしながらシェアは 54%にまで低下する。国内生産はインド石炭公社が中心的役割を果たしているが、高度な生産技術を持たないこと、国営のため生産性が低いこと、民間への開放が限定されていることなどから、消費量の急速な増大に対応するだけの増産は難しい。そのため、今後も徐々に輸入炭のシェアが増してゆくと考えられる。天然ガスは、国内で産出した分だけを消費するという状態が続いていたが、2004 年には LNG の輸入を開始し、また、近年東海岸沖合で大規模ガス田が発見されたことなどで、供給能力が増大することから消費量が拡大してゆくものと見られている。天然ガス消費量は、現在の 4,900 万トンが 2035 年には 1.7 億トンとなり、約 3 倍増と増加率では石油、石炭を上回る。一次エネルギー消費に占めるシェアも現在の 10%から 12%にまで拡大する。部門別増分では、石炭同様に発電での消費が大半を占める。生産量は増加が見込まれるものの、急激な拡大を見せる消費量に対しては、長期的には、LNG あるいはパイプラインによる輸入により対応すると考えられる。

(3)インドの最終エネルギー消費の見通し

1990 年からの 19 年間で最終エネルギー消費は 1.2 億トンから 2.9 億トンへ年率 4.7%で増加してきた。今後 2035 年までは、生産活動の急速な拡大に伴う産業での消費増に加え、所得水準の上昇による運輸、民生他での消費増により、年率 3.9%で増加する。2035 年には最終エネルギー消費は現在の 2.7 倍の 7.7 億トンにまで増加する。

産業部門のエネルギー消費は、1990 年からの 19 年間で 5,900 万トンから 1.5 億トンへと 2.5 倍増加した。今後も生産活動の拡大を背景に増加を続け、2035 年における消費量は 3.6 億トンに達する。増加量は部門間で最大の 2.1 億トンとなり、最終消費に占めるシェアの約半分を維持し続ける。運輸部門のエネルギー消費は、1990 年からの 19 年間で 2,700 万トンから 5,100 万トンへと 1.9 倍に増加

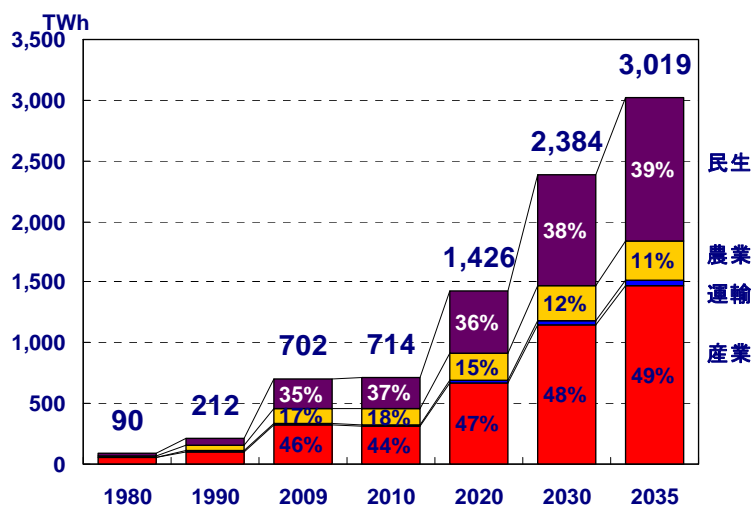
したが、そのほとんどが自動車によるものである。今後も輸送量の増加とモータリゼーションの進展に伴い消費量は急増し、2035 年における消費量は 1.8 億トンに達する。増加量は 1.3 億トンである。

インドにおいて民生、とりわけ家庭におけるエネルギー消費は、重要な意味を持っている。政府は薪、牛糞などの伝統的バイオマスからのエネルギー転換を推進している。民生・農業部門のエネルギー消費は、1990 年からの 19 年間で 3,200 万トンから 8,700 万トンへと 2.8 倍に増加した。その過半が家庭におけるものである。所得水準の上昇によるエネルギー需要の増大に加え、上記の政策などによる非商業エネルギーから商業エネルギーへの転換が寄与している<sup>2</sup>。今後も所得水準の上昇、経済活動の拡大に伴い民生(家庭、業務)部門を中心にエネルギー消費量は増加し、2035 年における消費量は 2.7 倍の 2.4 億トンに達する。

#### (4)インドの発電構成の見通し

電力は産業、民生での消費が急増しており、2009 年における消費量は産業で 326TWh、民生で 243TWh にまで拡大している。1990 年代半ばには電力最終消費量の 3 割弱を占めていた農業は増加が鈍化している。2035 年までの電力最終消費量は年率 5.8%と最終消費全体の 3.9%を大きく上回る率で増加し、電力シェアは 2009 年の 21%から 2035 年には 33%にまで拡大する。部門別には、近年の傾向は変わらず、民生、産業で増加分の 9 割以上を占める。

図 4-2-4 インドの電力最終消費の見通し



(出所) (財)日本エネルギー経済研究所が予測

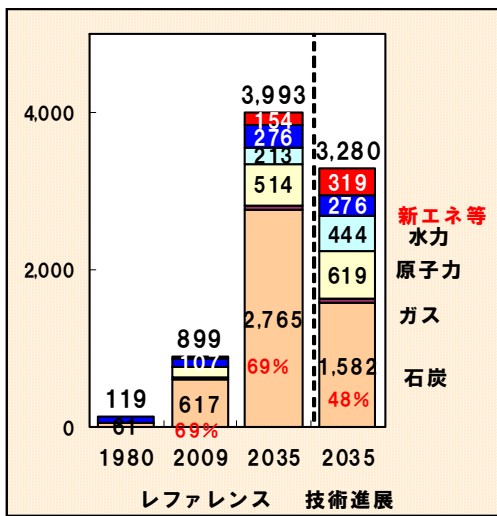
インドの電力需給バランスを見ると、急増する需要に供給が追いつかず、恒常的に供給不足となっている。そのため、停電、電圧・周波数の変動により、安定的な電力供給の維持が重要な課題として位置づけられている。今後も供給不足が短期間のうちに解消することはないが、設備容量の拡充や技術的・経済的(盗電、不正使用)送配電損失の低減により徐々に需給バランスは改善してゆく。発電電力量は 2009 年の 899TWh から 2035 年には 4.4 倍増の 4,000TWh にまで増大する。増加分 2,900TWh は、現在の日本の発電量の 2 倍以上に相当する。

<sup>2</sup> IEA 統計では、家庭での商用エネルギー消費は 33Mtoe、非商用エネルギー消費は 124Mtoe である(2005 年)。

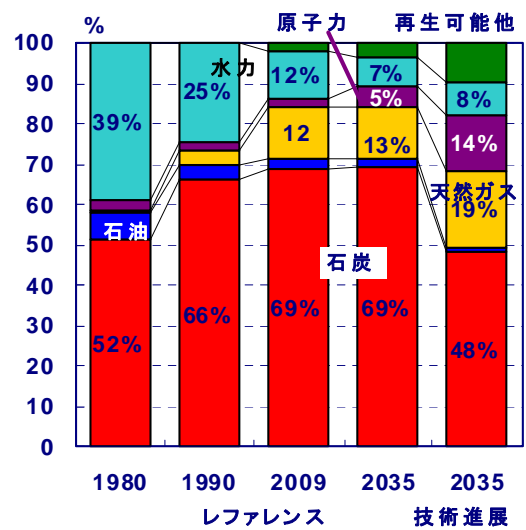
現在、発電量の69%を賅っている石炭火力は、400万kW級の超臨界圧石炭火力発電所を7～9ヶ所建設する「ウルトラメガパワープロジェクト」などにより、今後も基幹電源の役割を担う。2035年に向け、急速な増加を見せるのが天然ガスと原子力である。計画委員会は2031年度に発電量の20%をガスで賅うという目標を持っており、近年の相次ぐ洋上大規模ガス田の発見はその追い風となる。原子力は、今後は米印原子力協力合意を受け、大型軽水炉を積極的に導入すると見られ、2035年の設備容量は3,000万kWにまで拡大する。設備利用率の向上効果もあわせ、2035年における発電シェアは約5%にまで拡大する。

図 4-2-5 インドの発電量、電源(発電量)構成の見通し

【発電量(TWh)】



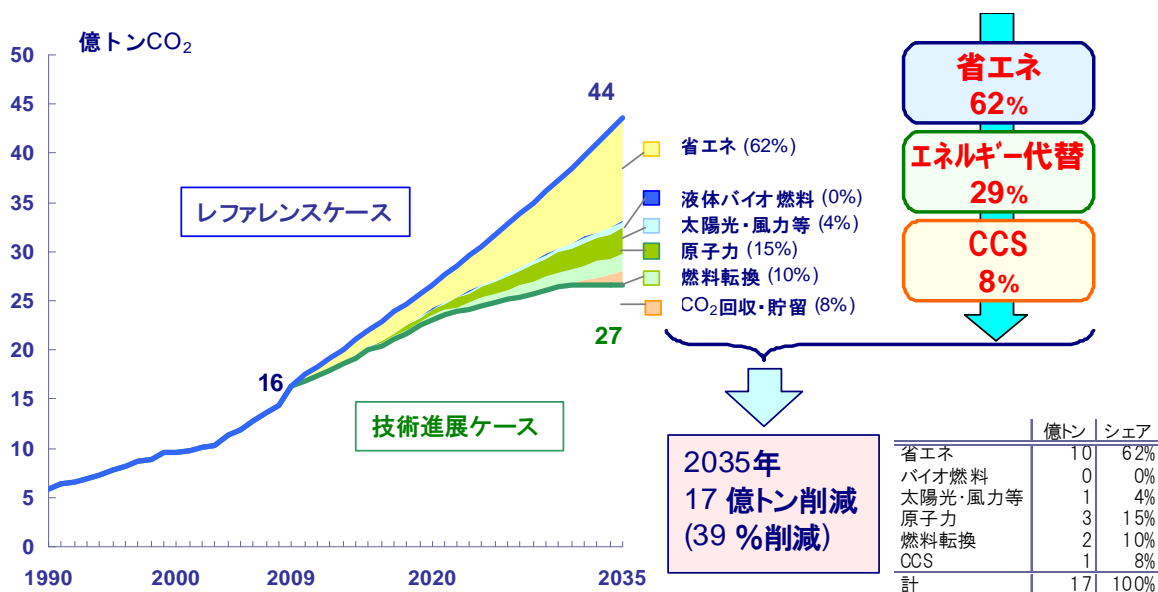
【発電量構成】



(出所) (財)日本エネルギー経済研究所が予測

2035 年におけるインドの CO<sub>2</sub> 削減量 17 億トンのうち、省エネが 10.5 億トン(総削減量に占める割合:62%)、原子力が 2.6 億トン(同 15%)、再生可能エネルギーが 0.7 億トン(同 4%)、燃料転換が 1.8 億トン(同 10%)、CO<sub>2</sub>回収貯留技術(CCS)が 1.4 億トン(同 8%)の削減に貢献する。

図 4-2-6 インドの CO<sub>2</sub> 排出量の見通し



(出所) (財)日本エネルギー経済研究所が予測

## 5 2050年までの世界の長期エネルギー需給見通し

地球温暖化対策の強化や、革新的技術導入によるエネルギー市場への影響を分析するためには、2035 年以降を見据えた超長期的な視点での評価が必要になる。そこで前節までの 2035 年までの予測の延長線上として、2050 年まで、更なる革新技術の普及、拡大が世界のエネルギー需給や温室効果ガス削減に与えるインパクトを分析する。本節での 2050 年までの見通しは、前節までの 2035 年までの世界のエネルギー需給予測と同一であり、2035 年以降、2050 年までの予測を、エネルギー環境技術動向を踏まえ、新たに推計する。

### 5.1 諸前提

世界の GDP は、2035 年以降、途上国における経済成長も徐々に緩やかになると想定し、2035 年から 2050 年まで年平均 1.9%で増加し、2009 年から 2050 年に向けて年率 2.7%で世界経済が成長すると想定する。世界の人口は 2009 年から 2035 年にかけて約 18 億人増加し、2035 年には 86 億人に達する。2035 年から 2050 年にかけての世界人口の増加は、国連の推計に基づき 7 億人と想定し、2050 年の世界人口は 93 億人に拡大する。原油価格は、2035 年以降、世界の石油需要の増加テンポが緩やかになる一方、引き続き石油生産コストの上昇を背景に、2035 年の 120 ドル/バレルから、2050 年には 125 ドル/バレルへ緩やかに上昇すると想定した。

表 5-1-1 2050年までの社会経済見通し

	2009年	2035年	2050年
<b>GDP</b> (2000年実質価格)	<b>40 兆ドル</b> (1990-2009年成長率:2.6%)	<b>87 兆ドル</b> (2009-2035年成長率:3.1%)	<b>116 兆ドル</b> (2035-2050年成長率:1.9%) (2009-2050年成長率:2.7%)
<b>人口</b>	<b>68 億人</b>	<b>86 億人</b> (2009年比 18億人増)	<b>93 億人</b> (2009年比 25億人増)
<b>一人当たり 実質GDP</b>	<b>0.6万ドル</b>	<b>1.0万ドル</b>	<b>1.3万ドル</b>
<b>原油価格</b> (日本の輸入CIF価格、 2010年実質価格)	(2010年) <b>79 ドル/バレル</b>	<b>120 ドル/バレル</b> (名目価格:197ドル/バレル)	<b>125 ドル/バレル</b> (名目価格:276ドル/バレル)

(出所) (財)日本エネルギー経済研究所が推計

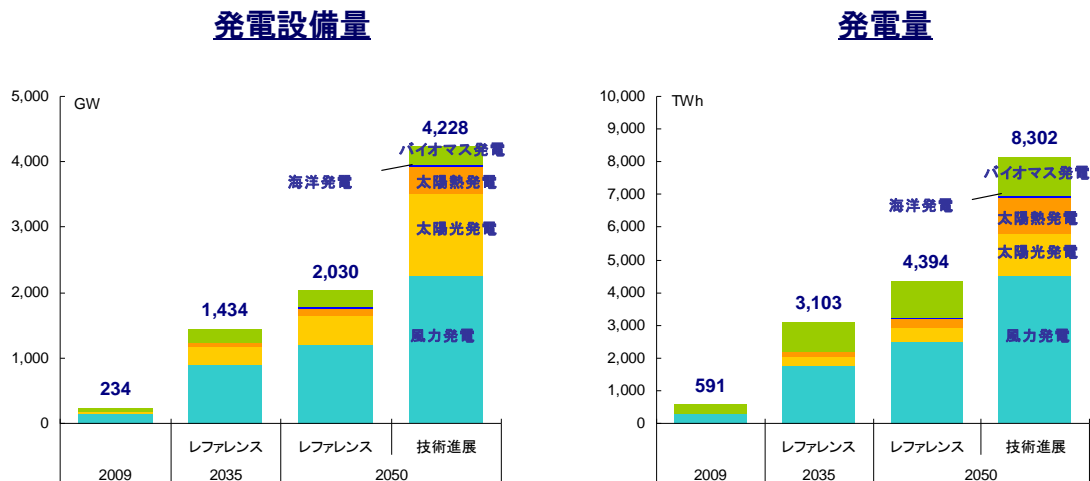
エネルギー環境技術の導入見通しについても、2035年以降、2050年までの諸前提を想定する。世界の原子力発電設備量は、2009年の3.9億kWから2050年にはレファレンスケースで7.3億kW、技術進展ケースで11.4億kWまで拡大すると想定した。再生可能エネルギーでは、世界の太陽光発電の設備量は2009年の2300万kWから2050年にはレファレンスケースで4.5億kW、技術進展ケースで12.4億kWまで増大する。太陽熱発電は、60万kWから2050年には1億300万kW、技術進展ケースでは4.3億kWまで拡大する。風力発電の設備量は2009年の1.5億kWから2050年にはレファレンスケースで12.1億kW、技術進展ケースで22.7億kWまで増大する。2050年の技術進展ケースにおいて、水力を除く再生可能エネルギーの発電量は、2009年比で約14倍まで拡大する。2050年の技術進展ケースでの風力の発電設備量は2009年比15倍、太陽光54倍、太陽熱710倍、海洋発電100倍、バイオマス発電は4倍へ拡大する。世界のCO<sub>2</sub>回収、貯留量は2050年に年間101億トンに到達すると想定する。電気自動車、プラグインハイブリッド自動車などの次世代自動車が、2050年の新車販売台数に占める比率は、レファレンスケースで13%、技術進展ケースにおいて61%へ拡大する。

表 5-1-2 2050年までの技術の諸想定

	2009年 実績	2035年		2050年	
		レファレンス	技術進展	レファレンス	技術進展
原子力	389 GW	574 GW	814 GW	725 GW	1,140 GW
発電効率	石炭火力:34% ガス火力:40%	石炭火力:39% ガス火力:45%	石炭火力:42% ガス火力:47%	石炭火力:41% ガス火力:46%	石炭火力:45% ガス火力:50%
太陽光発電	23 GW	289 GW	612 GW	448 GW	1,239 GW
太陽熱発電	0.6 GW	58 GW	113 GW	103 GW	426 GW
風力発電	148 GW	881 GW	1,411 GW	1,211 GW	2,266 GW
バイオマス発電	62 GW	200 GW	223 GW	255 GW	274 GW
バイオ燃料	43 Mtoe	287 Mtoe	350 Mtoe	473 Mtoe	540 Mtoe
CCS	-	0	26 億トン	0	101 億トン
次世代車販売比率 上:プラグインハイブリッド自動車 下:電気自動車/燃料電池車	-	5% 0%	22% 16%	11% 2%	30% 31%
乗用車新車平均燃費	(2010年) 14 km/L	18 km/L	25 km/L	20 km/L	30 km/L

(出所) (財)日本エネルギー経済研究所が推計

図 5-1-1 2050 年までの再生可能エネルギー(水力除く)の見通し

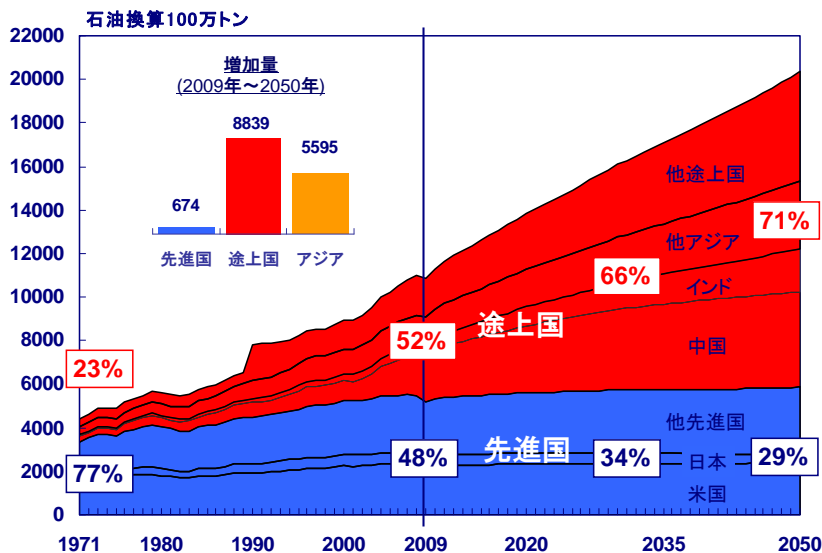


(出所) (財)日本エネルギー経済研究所が推計

## 5.2 2050年までの推計結果

世界の一次エネルギー消費は、2009 年の石油換算 109 億トンから 2050 年には同 204 億トン(2009 年比 1.9 倍増)へ 95 億トン拡大する。増加量 95 億トンの内、途上国が 88 億トン、先進国が 7 億トンを占めることから、世界のエネルギー消費の大部分が途上国で増加する。

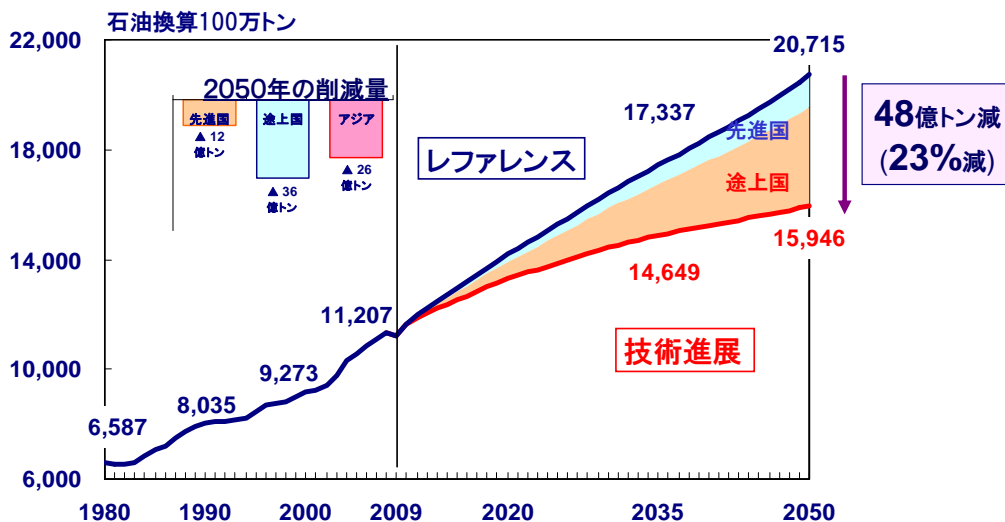
図 5-2-1 2050 年までの世界の一次エネルギー消費



(出所) (財)日本エネルギー経済研究所が推計

世界の一次エネルギー消費に占める途上国の比率は 2009 年の 52%から 2050 年には 71%へ拡大する。中国の比率は 19%から 21%、インドの比率は 5%から 10%へ上昇する一方、日本の比率は 4%から 2%へ低下する。

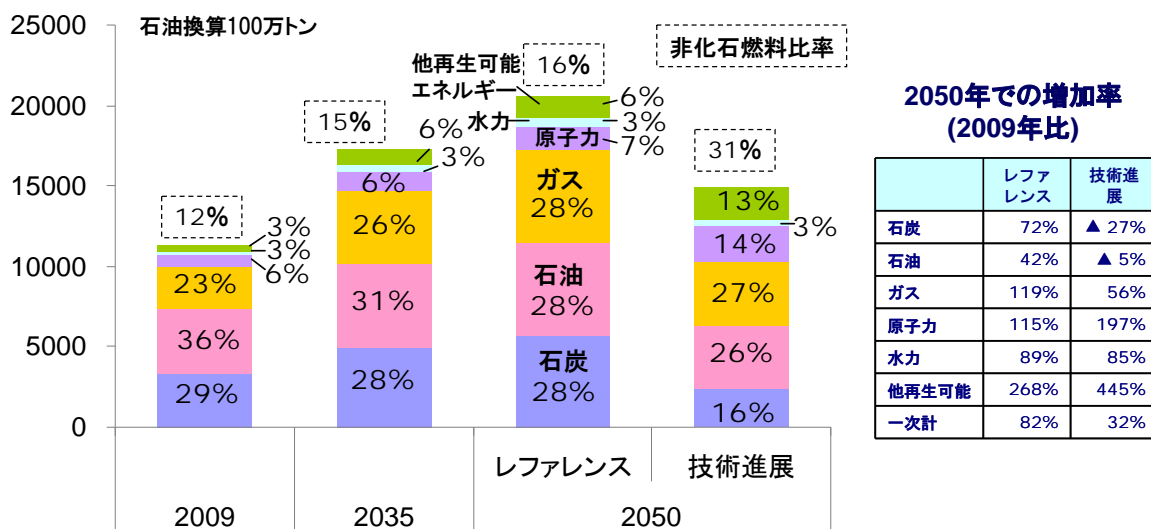
図 5-2-2 2050年までの世界の一次エネルギー消費(レファレンス、技術進展)



(出所) (財)日本エネルギー経済研究所が推計

技術進展ケースでは、世界の一次エネルギー消費は 2050 年付近ではほぼピークアウトする。2050 年に着目すると、レファレンスケースと比較して技術進展ケースでは、世界で 48 億トン(23%削減)の一次エネルギー消費が削減される。そのうち、先進国で 12 億トン、途上国で 36 億トンの一次エネルギー消費が削減されることから、革新技術の普及拡大により、途上国で大幅にエネルギー消費が削減される。

図 5-2-3 2050年までの世界の一次エネルギー消費(レファレンス、技術進展)



(出所) (財)日本エネルギー経済研究所が推計

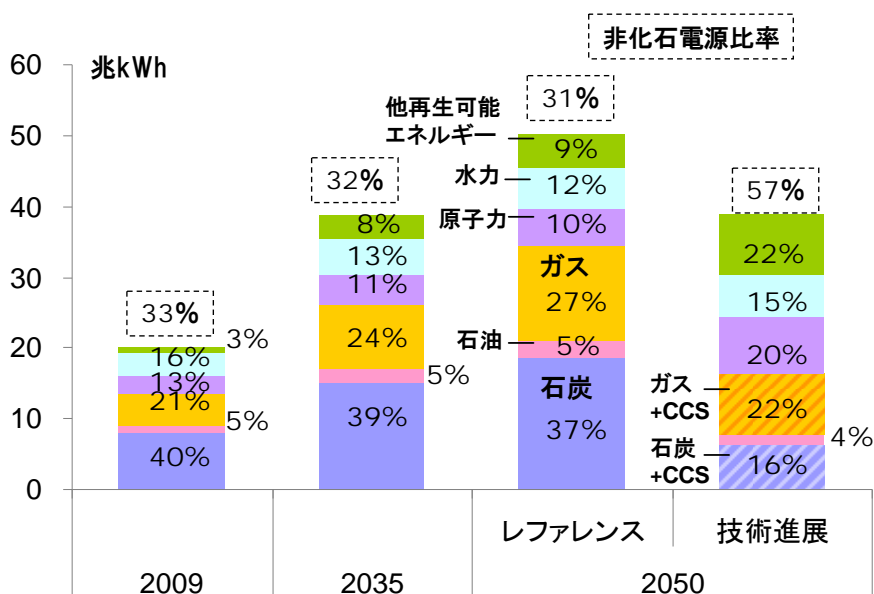


エネルギー源別一次エネルギー消費では、2050年のレファレンスケースにおける石炭、石油、ガス、原子力、再生可能エネルギーの消費量は、全て2009年に比較して増加する。一方、2050年の技術進展ケースにおいても、化石燃料が世界の一次エネルギー消費の大部分(69%)を占めるため、依然として重要な役割を担うことが想定される。そのため、化石資源生産への適切な投資の継続による安定供給確保が不可欠となる。また、2050年の技術進展ケースでは、世界の石炭消費が2009年比27%減少、世界の石油消費が同5%減少する。世界の石油消費は、2009年の8300万b/dから2050年には7900万b/dへ緩やかに減少し、世界の石炭消費は、石炭換算47億トンから34億トンへ減少する。一方、2050年の技術進展ケースにおける天然ガス消費は、2009年比で56%増加するとともに、世界の一次エネルギー供給に占める比率も2009年の23%から2050年比には27%へ拡大することから、世界のエネルギー市場の中で主要な役割を担うことが期待される。2050年の非化石燃料比率は、レファレンスケースで16%、技術進展ケースで31%となり、技術進展ケースでは、原子力や再生可能エネルギーの重要性が高まると予測される。

技術進展ケースにおける世界の化石燃料消費量のパスを見ると、2030年に同消費量はピークを迎え、以後減少する。レファレンスケースにおける世界の石油消費は途上国を中心に増加するが、技術進展ケースでは、途上国の石炭消費は2021年にピークを向かえ、以降減少基調に入る。

また、2050年の世界の化石燃料の削減ポテンシャル(レファレンスケースと技術進展ケースの差)を見ると、アジアにおける削減ポテンシャルが他の地域に比較して相対的に大きい。2050年における世界の石油消費の削減量の46%、石炭消費削減量の67%、ガス消費削減量の29%がアジア途上国に存在する。化石燃料を大幅に削減するには、アジア途上国における化石燃料高効率利用技術(クリーンコール技術等)の普及が重要な課題となる。

図 5-2-4 2050年までの世界の発電量構成(レファレンス、技術進展)



(出所) (財)日本エネルギー経済研究所が推計

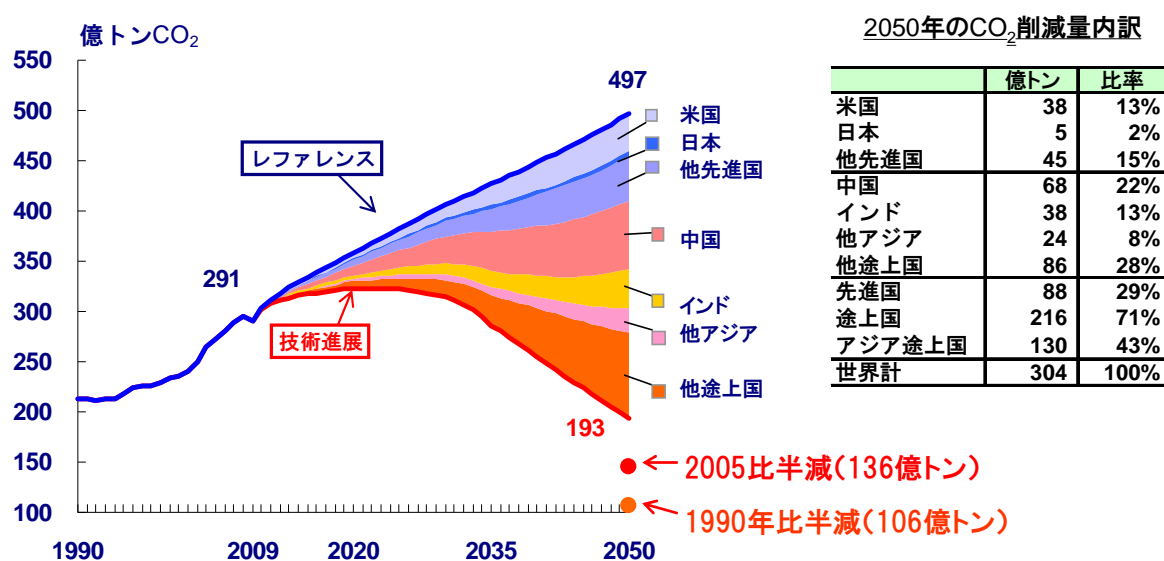


長期的に経済発展を遂げる途上国を中心に電力需要が増加することから、世界の発電量は2009年の20兆 kWh から、2050年のレファレンスケースの発電量は、2009年比30兆 kWh 増加し、約50兆 kWh へ拡大する。技術進展ケースでは、省エネ技術の進展によりレファレンスケースに比較して需要増加が抑制されるが、2009年に比較して19兆 kWh 増加し、2050年の発電量は39兆 kWh へ増加する。また、技術進展ケースでは、原子力、再生可能エネルギーの導入が大きく拡大し、2050年の原子力、再生可能エネルギーから構成される非化石電源の比率は、レファレンスケースで31%、技術進展ケースで58%となる。

世界のCO<sub>2</sub>排出量は2009年の291億トンから2050年には497億トンへ約1.7倍増加する。途上国では160億トンから367億トンへ増加する。中でも、アジアのCO<sub>2</sub>排出量は、2009年から2050年にかけて138億トン増加し、世界のCO<sub>2</sub>排出増加量の約7割を占める。先進国のCO<sub>2</sub>排出量が世界の排出量に占める比率は、2009年の42%から2050年には24%まで低下する。日本の比率は2009年の4%から2%に低下し、インドの比率は6%から13%へ上昇する。中国の比率はほぼ横ばいである。

技術進展ケースでは、2050年の世界のCO<sub>2</sub>排出量は193億トンと、レファレンスケースと比較して304億トン減少する。このうち、先進国は88億トン、途上国は216億トンである。

図 5-2-5 世界のCO<sub>2</sub>排出量の地域別削減量の内訳



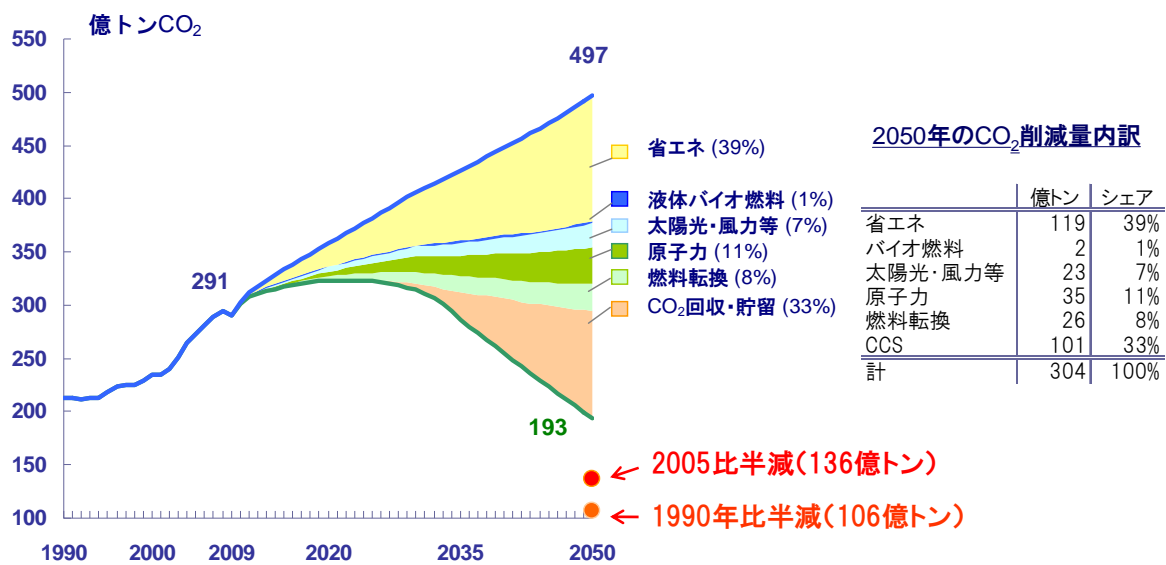
(出所) (財)日本エネルギー経済研究所が推計

2050年のCO<sub>2</sub>削減ポテンシャル(レファレンスと技術進展ケースの差分)を推計した結果、途上国の削減ポテンシャルは先進国に比較して大きいことから(途上国の削減量は、世界の削減ポテンシャルの71%)、途上国における気候変動対策の強化が重要となる。なかでも、アジア途上国(アジアの削減量130億トン、同43%)や中国における削減ポテンシャルが大きい(中国の削減量68億トン、同

22%)。

2050年における技術別のCO<sub>2</sub>削減ポテンシャルを推計した結果、省エネルギーの促進が、CO<sub>2</sub>排出量の削減に最も大きく貢献する(119億トン削減、2050年の総削減量の4割)。再生可能エネルギー導入拡大や、石炭や石油からの天然ガスへ消費をシフトさせる燃料転換(2050年の総削減量の3割)、CCS(2050年の総削減量の3割)も重要な役割を担う。世界のCO<sub>2</sub>排出量を現状水準比で半減するには、更に追加対策が必要であり、革新的技術開発、環境配慮型の都市開発など、更なる長期的対策が重要となる。

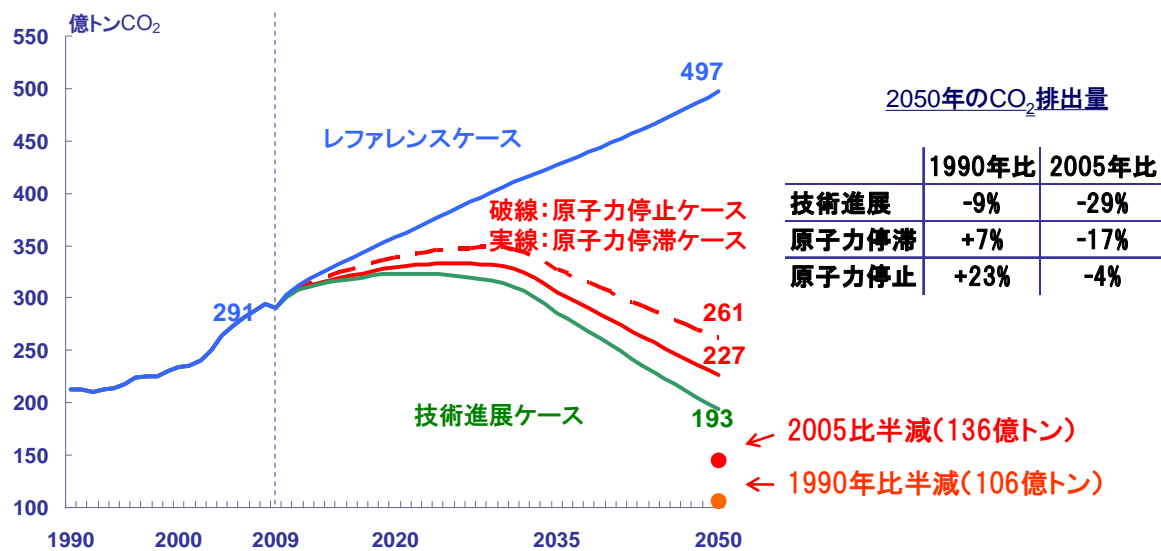
図 5-2-6 世界のCO<sub>2</sub>排出量の技術別削減量の内訳



(出所) (財)日本エネルギー経済研究所が推計

原子力発電停滞ケースと停止ケースでは、2050年のCO<sub>2</sub>排出量は、それぞれ225億トン、256億トンとなり、2009年比では、各々23%、12%の減少にとどまる。また、1990年比で見ると6%、21%の増加となる。

図 5-2-7 世界のCO<sub>2</sub>排出量（原子力停滞ケース）



(出所) (財)日本エネルギー経済研究所が推計。

## 6 課題とインプリケーション

### ■ 福島第一原子力発電所事故の影響と今後の見通し

東日本大震災及び福島第一原子力発電所の事故によって、世界的に原子力発電の安全性に対する懸念が高まることとなった。その状況下、各国のエネルギー政策には多様で大きな影響が現れている。

安全性への懸念増大によって、原子力発電は、一部の国では廃止・縮小、あるいは建設計画が大きく後退する状況となっている。しかし、世界全体で見れば、3E（Energy security：エネルギー安全保障、Environment：地球環境問題、Economy：経済の持続的成長）の観点から、中長期にわたり原子力発電は維持・拡大を続けるものとみられる。中でも増加の中心となるのはアジアなどの新興国である。

そのため、原子力発電のより一層の安全確保（Security）が不可欠であり、国際協力によるグローバルな安全管理体制構築に向け、日本の積極的貢献が重要である。

一方で、原子力の発電計画の遅延・後退に伴う代替電源の確保も重要な課題となる。当面は、コスト等の面から主に天然ガスを中心として火力による代替が行われるだろうが、中長期的にはゼロエミッションである再生可能エネルギーのコストを低減し、その普及拡大を図っていくことが重要となる。

### ■ 急増するエネルギー需要と安定供給の確保、地球環境問題への対応

エネルギー需要、とりわけ化石燃料需要は、経済の拡大とともにアジア地域を中心に増大を続ける。化石燃料の供給制約懸念が高まる中で、エネルギー安定供給確保は主要国全てにとって益々重要な課題となる。また、同時に地球温暖化問題も世界の持続可能な発展という世界大の重要問題であり、3E+Sの課題を解決していくには中長期的かつ総合的視点を持って取り組み強化が重要である。

これらの課題を解決するための万能な方策は存在せず、需要面では「より一層の省エネルギー」、供給面では「より安全な原子力」、「よりクリーンな化石燃料利用」、「より安価な再生可能エネルギー」、など、あらゆる対策を動員してこれに対処することが求められる。とりわけ、以下の3点が重要である。

#### ① 省エネルギー

省エネルギーは最も有効な手段であり、需要が拡大する途上国における省エネ進展の動向が世界のエネルギー・セキュリティ及び温暖化問題に大きな影響を与えることになる。また、エネルギー需要増大は消費国・輸入国だけの問題ではない。中東等のエネルギー供給地域でも、経済成長と国内低エネルギー価格等によって、国内エネルギー需要が大幅に拡大している。問題は、この大幅需要拡大によって、エネルギー輸出余力が低下する可能性があることである。

省エネルギーは万国共通の重要方策であり、導入余地のアジア・中東等の諸国では特に有効である。

#### ② 化石燃料の有効利用

技術進展ケースにあっても、化石燃料が2035年、2050年までエネルギー消費の太宗を占める状況は変わらない。このため、化石燃料のクリーン利用、高効率利用及び安定供給確保は長期的にも重要な課題であり続ける。また、長期の地球温暖化対策のためにはCCS+U（二酸化炭素回収・貯留、CO<sub>2</sub>有効利用）の加速的な開発も重要である。

### ③ 再生可能エネルギー利用の拡大

同様に、エネルギー・セキュリティ及び温暖化問題を考えれば、再生可能エネルギーはその重要度を益々増していくことは必至である。このため、再生可能エネルギーのコスト低減・供給不安定性対策(系統対策)など、普及拡大に向けた政策・研究開発・インフラ整備の強化が喫緊の課題となる。

#### ■ 2050 年までの展望に関して

技術進展ケースで想定した、原子力の導入拡大も含め、現段階で実用化が期待できる技術を最大限導入していくという延長線では、「2050 年までに世界の CO2 排出量を半減」という目標を達成することは難しい。原子力が停滞した場合はより厳しい状況になる。目標達成のためには、本ケースの想定した以上の新たな革新的な技術の開発・普及が必要となる。

#### ■ 日本が今後目指すべき方向性

東日本大震災及び福島事故の影響により、日本のエネルギー政策は大きく見直されることが想定される。

原子力発電の安全確保が益々重要な課題となる中で、日本は事故の教訓を踏まえ、安全規制の国際標準の策定、安全技術の移転、人材育成等を通じ、世界レベルでの安全確保に積極的に貢献することが求められる。

極端なエネルギー資源小国である日本にとって、エネルギー・セキュリティの確保は特に重要な課題である。再生可能エネルギーの導入を進める一方で、激化する資源獲得競争の中での化石燃料調達の見点も必要となる。国際協力、とりわけアジア諸国との連携によりセキュリティ確保に努めることが望ましい。

この中で、技術・制度設計面で優位に立つ日本が果たすべき役割は極めて大きい。特に日本にとって強みであるとともに、「3E+S」の達成において中心的役割を果たす省エネルギー技術や環境対策技術などをさらに発展させ、活用していくことが、日本の国際エネルギー戦略の重要な柱となる。これらの優れた技術を活用して、「3E+S」達成に向けた努力を強化するとともに、技術立国として国内経済の基盤強化を図ることが将来に向けて重要となる。

お問合せ : report@tky. ieej. or. jp