

第I部

エネルギー需給展望

1. 見通しの枠組み

1.1 モデルの概要およびシナリオ設定

世界のエネルギー需給を2050年まで定量的に評価するため、計量経済的手法を中核とした定量分析モデルを用いてエネルギー需給見通しを作成した。モデルのベースとなるのは国際エネルギー機関(IEA)のエネルギーバランス表であるが、その他にも各種経済指標や人口、自動車保有台数、素材生産量等、エネルギーに関連するデータを収集し、モデル化を行った。本年はカンボジアとラオスをその他アジアから分離して世界全体を図1-1に示す44地域²と国際バンカーに分割し、それぞれを対象として詳細な需給モデルを構築した上で分析した。

図1-1 | 地域区分



出所: [地図] www.craftmap.box-i.net

試算にあたっては、以下の2つの中核的なシナリオを想定した。

レファレンスシナリオ

本研究における中核的なシナリオである。このシナリオでは過去のすう勢および現在までのエネルギー・環境に係る政策・技術等に従って将来の見通しが作成される。ここでは今後、過去の延長上に見込まれる政策等の効果を織り込む——すなわち、政策・技術等の現状固定を意味するものではない。一方で、すう勢を逸脱した急進的な省エネルギー・低炭素化政策は打ち出されないものと想定している。

² 詳細な定義は付表1を参照

先進的技術の1つである二酸化炭素回収・貯留(CCS)は、先進国を中心に商業化に向けた支援制度の整備が行われている。そこで、IEEJ Outlook 2026においては、すでに操業中のもので建設が始まっている事業を中心に、2030年など比較的近い将来におけるCCSの導入を想定することとした。また、クリーンエネルギーとして期待される水素については、水素・アンモニア混焼火力発電が行われ始めていることを踏まえて、発電において利用が徐々に進むことを想定することとした。ただし、産業、運輸での利用は限定的としている。

技術進展シナリオ

このシナリオでは、世界のすべての国において、エネルギー安定供給の確保、気候変動対策、大気汚染対策などの強化に資するエネルギー・環境政策等が強力に実施され、それが最大限奏功することを想定している。具体的には、図1-2に示すエネルギー需要側・供給側の先進的技術が世界各国で現実社会での適用機会・受容性を踏まえて最大限に導入されると想定している。

図1-2 | 導入技術の想定例[技術進展シナリオ]

環境規制や国家目標の導入・強化

国家戦略・目標設定、省エネルギー基準、燃費基準、低炭素燃料基準、省エネルギー・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)や省エネルギー基準制度の構築支援等

【需要サイドの技術】

■産業部門

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

■運輸部門

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

■民生部門

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

【供給サイドの技術】

■再生可能エネルギー

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

■原子力導入促進

原子力発電建設加速、設備利用率向上

■高効率火力発電技術

SC、USC、A-USC、石炭IGCC、天然ガスMACC IIの普及拡大

■次世代送配電技術

低損失型の変電設備、電圧調整装置

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

1.2 主要前提

エネルギー需給構造は、上記のエネルギー利用技術、エネルギー・環境政策のみならず、人口や経済成長等の社会・経済要因、エネルギー価格等にも大きく左右されうる。このうち、経済成長、人口については、レファレンスシナリオ、技術進展シナリオ共通の想定を置いている。

経済情勢

最近の情勢

2024年の世界経済は、世界的なインフレーションの沈静化と金融政策の転換を背景に、緩やかな回復傾向を示した。2025年に入ると、米国の通商政策や地政学的リスクの高まりなどにより、企業投資や家計消費における不確実性影響が増したことで、成長の勢いはやや鈍化している。景気回復のペースは依然として地域によってばらつきが見られる。

米国では、2024年にかけてインフレ率が2%目標に近づいたことを受け、連邦準備制度理事会(FRB)は、2024年9月に政策金利を0.5ポイント引き下げると発表し、年末にかけて追加利下げを実施した。2025年に入り、経済はトランプ新政権の方針に振り回されている。景気減速心配と不法移民の取り締まり強化による「奇妙なバランス」「雇用も解雇も低水準」(パルエルFRB議長)という状況に対応すべく、2025年9月には6か月ぶりに利下げを行った。これまでのところ、関税の大幅な引き上げの影響は、事前に予想されたほどは顕在化していない。しかし、この状態が永続するとは見込まれず、経済の先行きには不透明感が残る。

ヨーロッパでは、高止まりしていたインフレ率が目標水準に低下した。欧州中央銀行(ECB)は2024年6月に政策金利を引き下げ2025年6月までに計8回の利下げを実施し、スイス国立銀行は同月に0金利政策に回帰した。最大のドイツ経済は不振にあえいでいる一方、消費者マインドが徐々に改善し、遅れていた経済活動の回復が緩やかに進んでいる国もある。ただ、ロシアのウクライナ侵攻の長期化やエネルギー供給の不確実性などのリスクは依然として大きく、先行きには注意が必要である。

中国では、2024年に政府が掲げた「質の高い発展」戦略のもと、電気自動車(EV)や半導体などのハイテク製品の輸出が増加し、一方で他の財も含め輸出先との摩擦を引き起こしている。それでも内需の低迷や不動産市場の停滞で成長は鈍化している。政府は預金準備率の引き下げやローンプライムレートの利下げなどの金融緩和策を継続しているが、消費者マインドの改善には至っていない。人口減少やデフレーション傾向などの構造的課題も重なり、今後も成長の減速が続くと見込まれる。

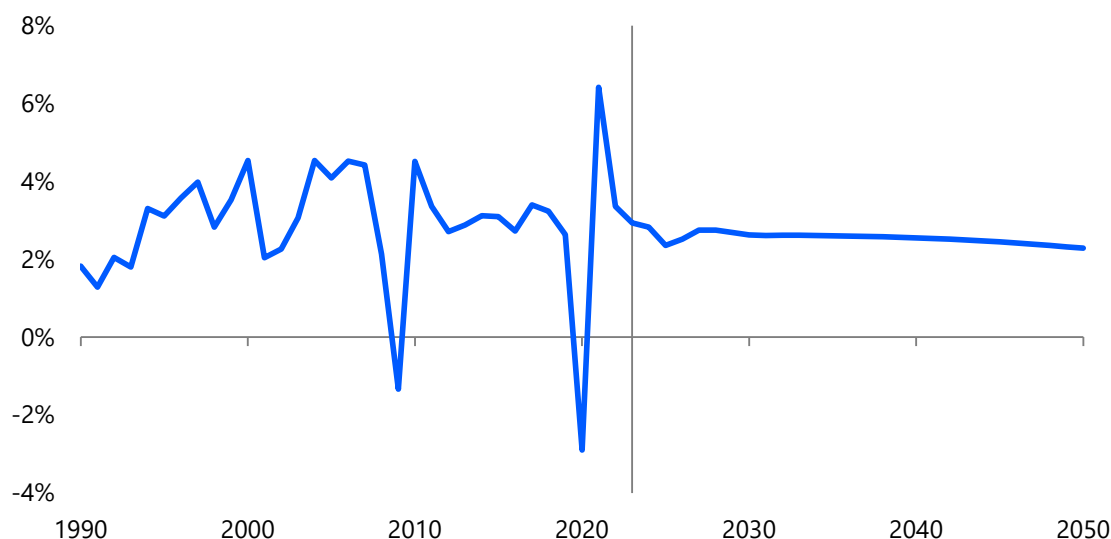
インドは、好調な個人消費や輸出回復、サービス業の高付加価値化、インフラストラクチャー投資の拡大を背景に、相対的に高い経済成長率を維持している。米国から高関税率を課されたこともあり、付加価値税の簡素化(実質的な税率引き下げ)などで成長を後押ししようとしている。この先も人口増加とデジタル化の進展により、世界経済の成長エンジンとしての地位をいっそう強めてゆくと期待される。

将来の想定

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

世界経済は2025年、米国の関税政策のあおりなどで新型コロナウイルス禍以降では最低の2.4%成長へ減速する。経済成長率は来る数年かけ持ち直すが、以降は年率2%台後半から2%台前半へと、2050年に向けて徐々に低下してゆく(図1-3)。ロシアによるウクライナ侵攻の長期化は、局地的・短期的な影響はあるものの、世界経済全体への甚大なダメージには至らない。一方で、米国の政策の影響で、サプライチェーン再編に伴う費用上昇や市場縮小に対する懸念が広がっている。中長期的に多くの国で経済が成長を続けるためには生産性向上、技術イノベーション、適切な財政・金融・分配政策、国際協調、安全保障の確保が不可欠である。

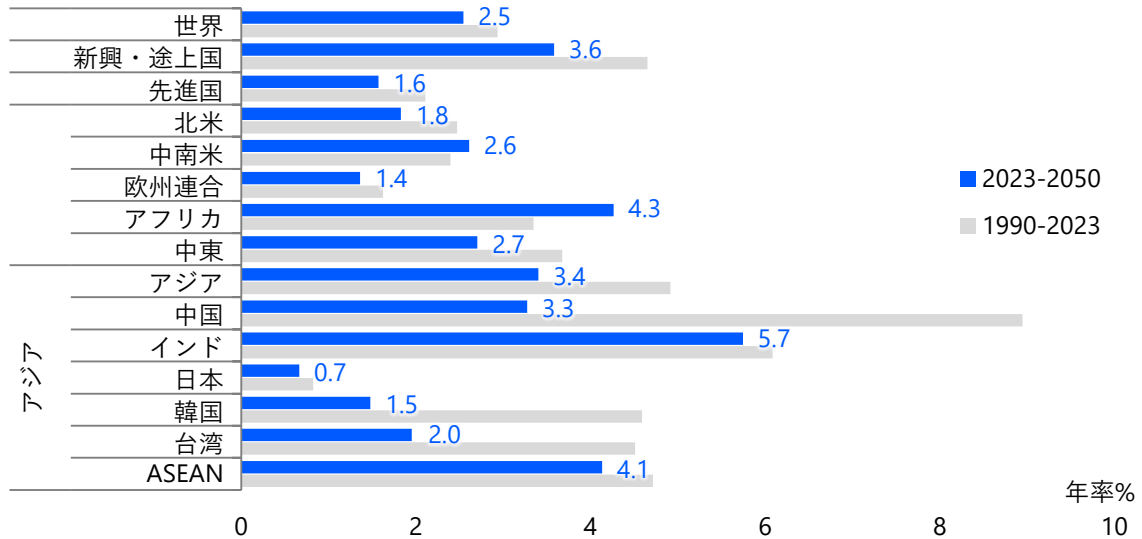
図1-3 | 世界の経済成長率



先進国経済の成長は過去よりやや減速し、年率1.6%で成長する(図1-4)。新興・途上国も同様に減速するが、成長率は先進国の倍以上、3.6%を見込む。特にインドは、1990年以降の実績(6.1%)からは鈍化するものの5.7%と、世界で最も高い成長率を達成する国の1つとなる。

中国は減速基調が続き3.3%と、新興・途上国平均を下回る。アフリカと東南アジア諸国連合(ASEAN)経済は、いずれも4%台前半の成長を遂げる。

図1-4 | 主要国・地域の経済成長率

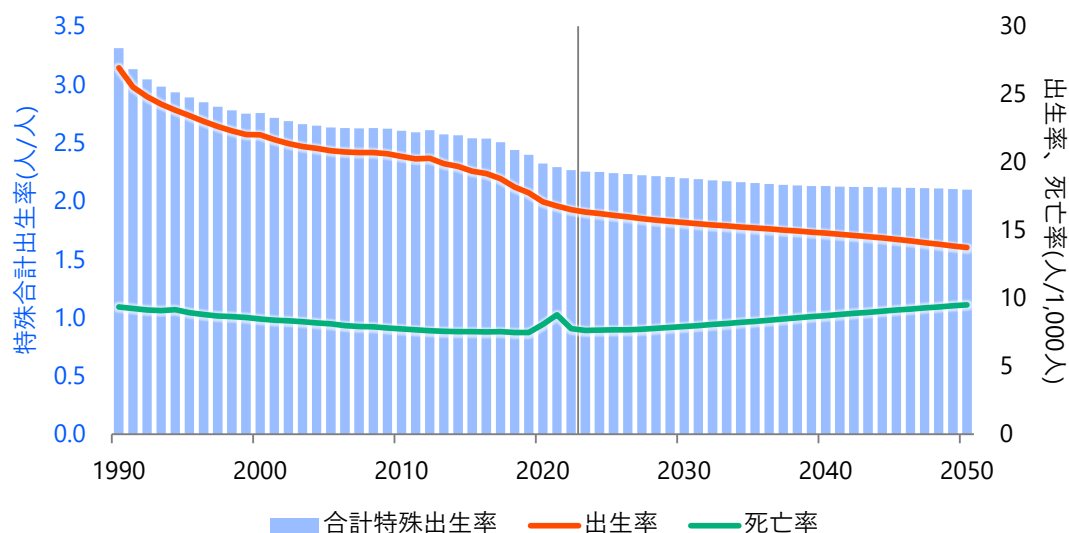


人口

人口想定においては、国際連合「World Population Prospects」などを参照した。先進国では合計特殊出生率が依然として低い水準で推移し、多くが1.7を下回る状況が続く。新興・途上国においても、所得水準や女性の教育・労働参加の向上を背景に出生率の低下傾向がいつそう進む。一方、医療技術の進展や公衆衛生環境の改善により、新型コロナウイルス感染症(COVID-19)拡大期の急激な死亡率上昇は2023年までに収束したものの、中長期的には高齢化の進展を背景に死亡率は緩やかに上昇してゆく。

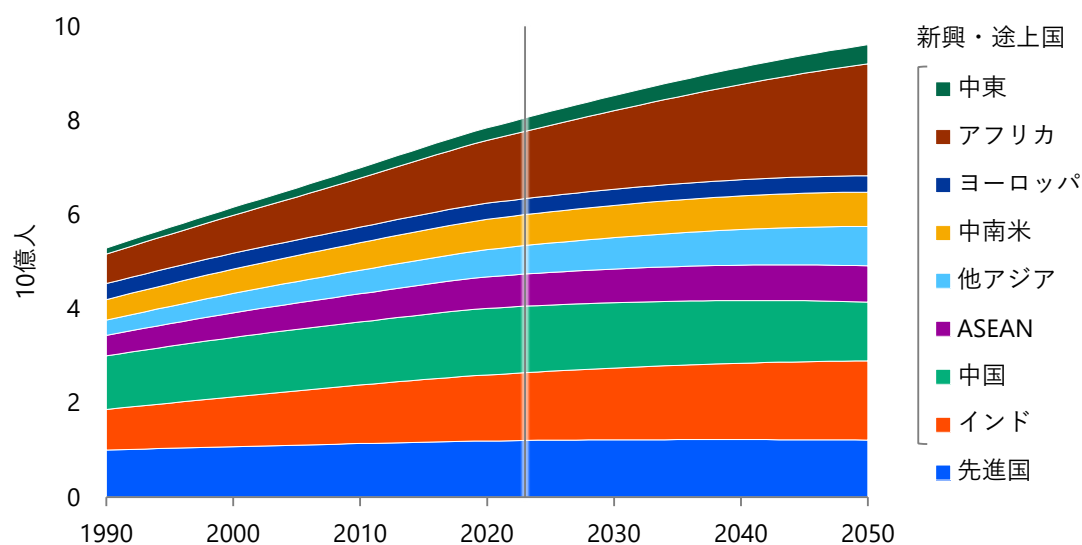
このように世界的な少子高齢化が進むことで、人口増は続くもののそのペースは徐々に鈍化し、年平均0.7%の増加基調で推移することを見込む。その結果、1990年に53億人、2023年に81億人であった世界の人口は、2050年には95億人に達する(図1-6)。

図1-5 | 世界の合計特殊出生率、出生率、死亡率



出所: 国際連合「World Population Prospects 2024」

図1-6 | 人口



先進国のうち北米は、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相対的に高いことから、人口は比較的堅調に増加し、2050年には4億1,700万人となる³。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となる。欧州連合(EU)の人口は、ウクライナ侵攻による移民影響もあって2020年代前半にピークを迎え、その後減少に転じて2050年には4億2,600万人となる。アジアでは、日本は2011年より減少に転じており、

³ 国際連合「World Population Prospects 2024」は、2025年に発足したトランプ政権の排外的な政策を反映していない。

2050年には2024年から15%減少して1億500万人となる。韓国も2021年から徐々に減少傾向を呈しており、2050年には4,500万人となる。

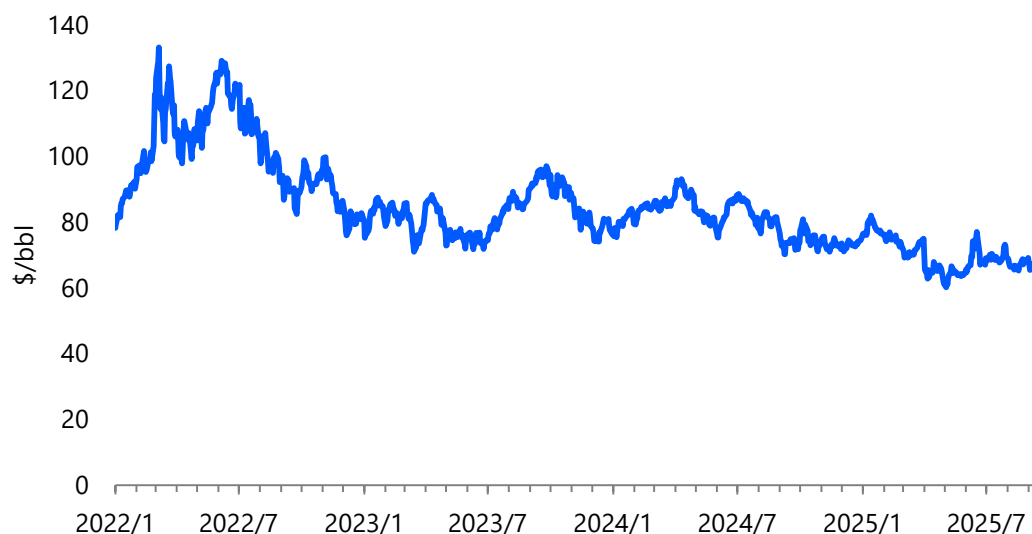
他方、新興・途上国では、アフリカやインドなどが牽引することで人口が引き続き大きく増加する。アフリカは、出生率は徐々に低下するものの死亡率も減少するため、2050年には現在の6割増となる23億7800万人となる。中でもナイジェリアは、急速な人口増加が見込まれており2050年には世界第3位の人口規模となる。中東は、政府が人口を増やすために資金面で優遇策を採っていること、域外からの流入が増加することなどから5割増加し、2050年には4億400万人となる。アジアでは、2023年に中国を抜いて世界最多の人口を擁するようになったインドが高い増加率を維持して、2050年には16億8,000万人に達する。中国は、2021年にピークを打ってすでに減少が始まっており、2050年に向けて12億5,000万人まで減少する。ASEANは、2050年までに1割増加して、7億6,800万人に達する。

国際エネルギー価格

最近の情勢

原油価格は、ウクライナ侵攻勃発後の2022年3月にBrent価格で1バレル当たり130ドル近くにまで高騰したものの、以降、供給途絶懸念が低下し、需要減少懸念が高まったことで年末には\$80/bbl前後にまで低下した。2023年は、9月末に一時、\$100/bblに迫る水準となった。米国やヨーロッパを中心にインフレが進行し、物価高の抑制を目的とした中央銀行等による金融引き締めがあった中、サウジアラビアやロシアをはじめとした石油輸出国機構（OPEC）プラス産油国による追加減産や中国等による堅調な需要回復などが影響した。以降は低下トレンドで推移し、12月末の原油価格は\$80/bblを割り込むまで下落した。2024年は、4月にOPECプラスによる減産継続や紅海での商船攻撃などが供給懸念を高めたことで、\$90/bbl超まで上昇した。その後、6月までに徐々に\$75/bblまで下落し、7月にはレバノン武装組織ヒズボラーイスラエル間の緊張の高まりから\$85/bblまで上昇したものの、8月以降は米国やブラジルなど非OPEC諸国の増産や中国の需要鈍化が影響し、価格は下落傾向に転じた。9月には\$70/bbl前後まで低下し、その後、12月まで同水準で推移した。2025年は、OPECプラスが3月から段階的に減産解除を開始し、価格も徐々に低下して5月には\$60/bblまで下落した。6月には、ホルムズ海峡付近での電波妨害が原因とみられるタンカー衝突事故が発生したことを契機に一時\$75/bblまで上昇したが、その後は緩やかに下落した。9月にはOPECプラスの有志8か国による自主減産の解除が完了した。中国・米国など主要な需要地域での景気動向影響を受けて価格は上下しているものの、Brent価格はおおむね\$60/bbl～\$80/bblというレンジで推移している（図1-7）。

図1-7 | Brent原油価格



出所: インターコンチネンタル取引所

天然ガス価格に関しては、スポット液化天然ガス(LNG)・スポットガス価格が、2022年12月後半より下降傾向となり、アジアLNG市場の中で原油連動長期契約LNG価格の優位性が相対的に薄れているが、こうした状況も短期間で変動する可能性がある。2022年平均のアジアのスポットLNG価格\$35/MBtu⁴、ヨーロッパのスポット天然ガス価格(Title Transfer Facility [TTF]、翌月渡し) \$43/MBtuから、2023年平均はいずれも\$13/MBtu～\$14/MBtu前後、2024年平均は同じく\$11/MBtu～\$12/MBtu前後、2025年上半期平均は\$12/MBtu～\$13/MBtu前後となった。

これらスポットLNG、スポット天然ガス価格(ヨーロッパ)は、2020年の低迷後、2021年後半以降、高騰し、変動激化が加速した。この中で、2021年8月から2023年4月は継続的にスポットLNG・天然ガス価格が熱量ベースで原油価格を上回った。その後、2024年後半以降はおおむね天然ガス価格は原油価格に比して低い水準、以降は原油価格とほぼ同等の水準を推移しているものの、2021年前半以前の低水準を上回っている。

2023年4月以降は、ヨーロッパ天然ガス危機感の緩和、今後2030年に向けてのLNG供給堅調見通しにより、先行き見通しにも緩和傾向(価格低下の見通し)が観察される。しかし、ヨーロッパ向けロシア産パイプラインガス供給の一段の減少およびその先行き、中国のLNG引き取り回復状況、予想外のLNG生産トラブルがあれば、需給バランスが急速に反転する可能性はある。例として、2024年7月、米国でのハリケーン影響による一部LNG生産の停止に

⁴ 英国熱量単位(British Thermal Unit)

より、アジアのスポットLNG、ヨーロッパのスポット天然ガス価格ともに北半球夏季としては相対的に高水準を維持した。

日本平均LNG輸入価格は、2022年6月までの日本平均原油価格の上昇に伴って、2022年9月に過去最高の\$22.71/MBtuを記録した。その後、原油価格の2022年7月以降の下降傾向も一因として、2024年初以降は、\$13/MBtuを下回り、2025年6月には\$11.45/MBtuとなった。

一般炭価格は、新型コロナウイルス禍からの経済回復による需要の急増に加え、ウクライナ侵攻によりEUや日本等がロシア炭から他ソースへ切り替える動きが強まった影響や産炭国における悪天候等の生産制約が生じたことで、2022年には一時\$400/tを超える水準まで価格が急騰し、過去最高値を大幅に更新した。その後、中国やインド等、非制裁国へのロシア炭の供給、主要産炭国の天候回復、エネルギー・鉄鋼需要の低迷等から値下がりに転じた。2024年以降は\$100/t台一時的に下回る水準となる場面もあるが、2025年8月では\$110/t台で推移している。2022年の高騰時と比較すると大幅に低下したものの、COVID-19前と比較すると依然として高水準のままとなっている。ただし、市況の下落による石炭事業からの収益低下に加えて、脱石炭の潮流下で石炭投資が行われにくいことから供給力の低下が懸念されている。特に将来の石炭供給は不透明さが顕在化しつつある。

レファレンスシナリオ

レファレンスシナリオでの石油需要は、引き続きアジアが牽引するが、需要増加の中心は中国からインドやASEANに移行する。供給側では、2030年ごろまでは非OPECの増産が続くものの、それ以降はOPECへの依存度が高まる。2050年まで需要は増加し続け、需給を均衡させる原油価格は中長期的に上昇する。実質価格(2024年価格)は、2030年に\$80/bbl、2050年には\$85/bblと想定する(表1-1)。想定インフレ率3%/年程度の下での名目価格は、2030年に\$95/bbl、2050年には\$188/bblとなる。

天然ガス価格のうち日本の価格に関して、本価格想定においては、日本の輸入価格のうち、原油価格影響を受ける部分の原油に対する係数は、日本での石油消費量の減少傾向を織り込んで下げる。今後、米国本土のLNG輸出が増加、定常化することにより、調達先の多様化や仕向地制限条項の撤廃・緩和に向かうことが期待され、原油価格とは次第に乖離してゆくことを織り込んでいる。さらに日本の価格水準が新興市場も含めたアジア市場の価格水準とも相互に影響を及ぼすことを考慮している。これにより原油価格影響を受ける比率を2030年で60%、その後2050年で50%に漸減するものと設定する。また日本の輸入価格のうち、原油価格以外、主として米国産天然ガス価格の影響を受ける部分は、比率を2030年で40%から2050年で50%に漸増するものとした上、米国ヘンリーハブ価格に一定の割り増し係数を乗じた上、一定のマージンを加える。

表1-1 | 国際エネルギー価格想定

実質価格			レファレンス			技術進展		
		2024	2030	2040	2050	2030	2040	2050
原油	\$2024/bbl	79	80	85	85	75	70	65
天然ガス								
日本	\$2024/MBtu	12.1	8.7	8.6	8.4	8.5	8.4	8.2
ヨーロッパ(オランダ)	\$2024/MBtu	11.0	9.0	9.6	9.7	8.6	9.0	8.9
米国	\$2024/MBtu	2.4	3.0	4.2	4.7	3.0	3.9	4.1
一般炭	\$2024/t	157	105	110	110	100	90	80

名目価格			レファレンス			技術進展		
		2024	2030	2040	2050	2030	2040	2050
原油	\$/bbl	79	95	136	188	89	112	144
天然ガス								
日本	\$/MBtu	12.1	10.3	13.7	18.6	10.0	13.5	18.0
ヨーロッパ(オランダ)	\$/MBtu	11.0	10.7	15.4	21.5	10.3	14.4	19.7
米国	\$/MBtu	2.4	3.6	6.7	10.4	3.6	6.3	9.1
一般炭	\$/t	157	125	177	243	119	145	177

注: インフレ率を年率3%程度として算出。

米国ヘンリーハブは、米国エネルギー情報局(EIA)による長期見通し「Annual Energy Outlook」2025年版のレファレンスシナリオを参考にしつつ設定している。米国は、豊富な供給力を背景に今後も他地域と比較して廉価で推移する。足元の開発状況も踏まえつつ、2030年に向けて緩やかに上昇する。その後は、開発・生産コストの相対的上昇と域外輸出も含めた需要の増加により、2040年に向けて水準が上昇、以降は緩やかな上昇となる。ヨーロッパの価格のうち、原油価格影響を受ける部分の係数は、原油消費量の減少傾向に一致して下げる。従来ヨーロッパの天然ガス市場で安定価格を支えていたロシア産パイプラインガスからのフェーズアウトを反映して、高めとなる。

今後の新規LNGプロジェクト、既存LNGプロジェクトに順次、二酸化炭素回収・貯留(CCS)、電化が組み込まれてゆく想定だが、これによる投資コスト増加、これによる価格上乘せ・プレミアムは、本価格想定には織り込まない。すでに、クリーン性で差別化したLNGへのプレミアムのポテンシャル議論も浮上する一方で、温室効果ガス(GHG)対策追加コストを価格に織り込まないことを明言している生産者、プレミアム化を懸念する消費者も存在する。

石炭価格(オーストラリアニューカッスル港出し一般炭本船渡し[FOB]価格)は、2022年には主要国によるロシア産石炭の禁輸措置などにより記録的な高値を付けたものの、世界的な供給不安はすでに足元で緩みつつあり、価格も落ち着きを見せている。以降は、世界的なカーボンニュートラルの動きもあって需要が減少する中でも、新規投資が行われなくなるこ

とで需給が段々とタイト化し、実質価格は2040年には\$110/tとなる。インドやASEAN等のアジア諸国において発電用需要が増加する一方で、供給サイドでは環境規制の強化、脱炭素潮流により石炭の生産能力拡大は、特に先進国において今後ほとんど行われなくなると見込まれる。これにより、季節要因や需給バランスの崩れによる短期的な変動のリスクが高まることが懸念される。

技術進展シナリオ

技術進展シナリオにおいては、省エネルギーや原子力、再生可能エネルギー、水素などへのエネルギー転換がより急速に進められることから、化石燃料需要は2030年ごろから減少する。需要が低迷する結果、化石燃料の価格は全般としてレファレンスシナリオと比較して廉価となる。エネルギー需要構造の円滑な転換とそれに対応した供給体制が構築されない場合は、価格の乱高下リスクが顕在化することもありうる。

世界の天然ガス需要は、2030年代にピークを迎え、その後漸減することとなる。日本向け価格のうち、原油価格影響を受ける部分の係数は、日本の石油消費量の減少傾向に一致して下げる。また石油消費量の技術進展シナリオでのいっそうの減少傾向に一致してこの原油価格影響を受ける比率をレファレンスシナリオよりも低く、2030年50%、2050年40%に設定する。日本のうち、これ以外の主として米国産天然ガス価格の影響を受ける部分は2030年50%、2050年60%とし、米国ヘンリーハブ価格に一定の割り増し係数を乗じた上、一定のマージンを加える。米国ヘンリーハブは、引き続き豊富な供給力を前提としつつ、EIA「Annual Energy Outlook」2025年版も参照している。ヨーロッパのうち、原油価格影響を受ける部分の係数は、原油消費量の減少傾向に一致して下げる。また原油消費量の技術進展シナリオでのいっそうの減少傾向に一致してこの原油価格影響を受ける比率を引き下げる。

2. エネルギー需要

2.1 一次エネルギー消費

気候変動対策やエネルギー安全保障の観点からエネルギー消費のGDP原単位改善が進むものの、その量は増え続ける

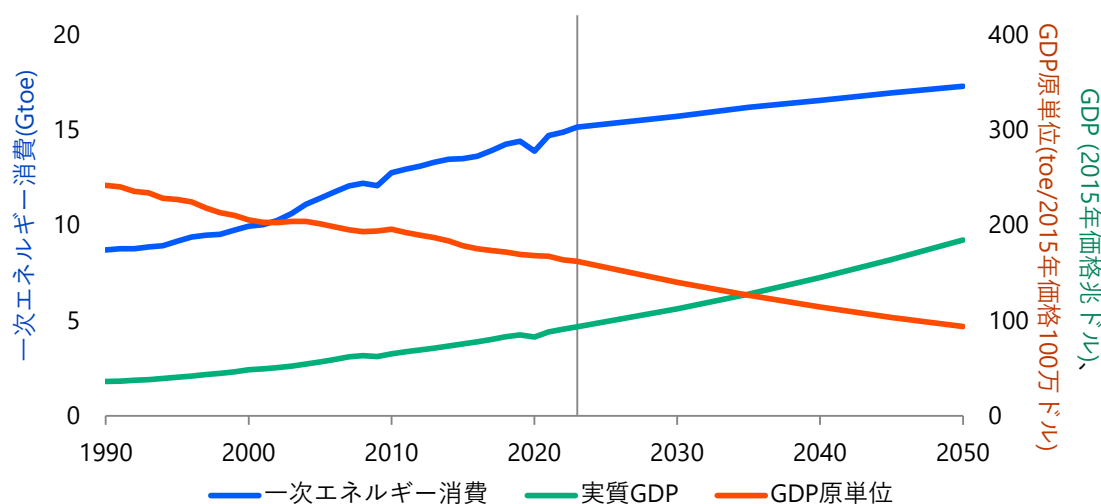
2025年になってからも1月にはカリフォルニアの異常な山火事、4月以降はインド、パキスタンにおける異常な熱波、夏にはヨーロッパ全土で観測史上最悪の100万haを超える地域が山火事に見舞われている等、気候変動の影響が出ている。このような気候変動を緩和するために、各国は温室効果ガス(GHG)排出削減目標を設定してきており、2024年11月にアゼルバイジャンのバクーで開催された国連気候変動枠組条約第29回締約国会議(COP29)ではCOP28で終了した世界全体のGHG削減の進捗状況を評価する「グローバル・ストックテイク」の成果について、2025年からCOP33までフォローアップする計画であった。しかし、一部途上国は「進捗把握やフォローアップは不要」と主張し、主要先進国や小島しょ国などは「合意内容の実施状況を確認すべき」と求めたため、両者が激しく対立し、COP29での議論は先送りされた。2025年に入ると米国のトランプ大統領がパリ協定および関連する国際気候コミットメントからの脱退を指示し、通知の1年後の2026年1月に脱退が発効することになった。一部の米共和党議員らから圧力を受けて、脱炭素を目指す国際的な銀行連合「ネットゼロ・バンキング・アライアンス」(NZBA)から大手銀行が離脱する等、2050年ネットゼロの枠組みが揺らいでいる。欧州連合(EU)でも2040年までに1990年比90%削減という野心的な提案を前に進めていたが、国別目標達成のためにEU域外での植林や再生可能エネルギー導入などによるクレジットの使用容認や加盟国の反対による決定の先送りする動きが出ている。

さらに、中東情勢の緊張から2025年6月にはイランによるホルムズ海峡封鎖の示唆、8月にはウクライナ情勢の緊張からウクライナによるロシア・ドゥループバ原油パイプライン施設への攻撃、また5月にはスペイン、ポルトガルで大規模な停電が起こるなど、エネルギー安定供給や価格の安定化でも課題が膨らんでいる。エネルギーの需要側では、生成人工知能(AI)などによるデジタルトランスフォーメーション(DX)の進展に伴う電力需要増加の可能性など不確実性は高まっている。このため、各国がエネルギー転換の多様な道筋を確認しながら、クリーン技術を活用してさらなる省エネルギーや脱化石燃料への方向性を示しながらも、それが自国の経済成長や安定供給につながる政策を強化している。

経済、気候変動、エネルギー安全保障対策の観点から世界各国では効率化および省エネルギーが進むことにより、2023年から2050年の世界の国内総生産(GDP)当たり一次エネ

ギー消費原単位は1990年から2022年よりも速く低下する(図2-1)。しかし、COP28では2030年までにエネルギー効率の改善率を2030年までに年率2%から4%に倍増することを約束したが、2023年から2030年まで2.1%、2035年まで2.0%と減速し、2050年までも2.0%にとどまる。世界のGDPはそれを上回るスピードで成長するため、世界の一次エネルギー消費は増え続ける。1990年から2023年まで年率1.7%であったエネルギー消費の伸びは、省エネルギーの進展により2023年から2035年にかけて年率0.5%、その後2050年にかけて0.5%と同ペースで進む。その結果、世界のエネルギー消費は、2035年に2023年比9%増加、石油換算16,164百万t(Mtoe)、2050年に14%増加、17,298 Mtoeとなる。原子力や再生可能エネルギーなどの非化石燃料の供給増で新たな需要をすべて賄うことは困難である。世界全体での化石燃料の消費削減のためにはCOP28で掲げた目標を見据えて各国がエネルギー効率をさらに高める必要がある。

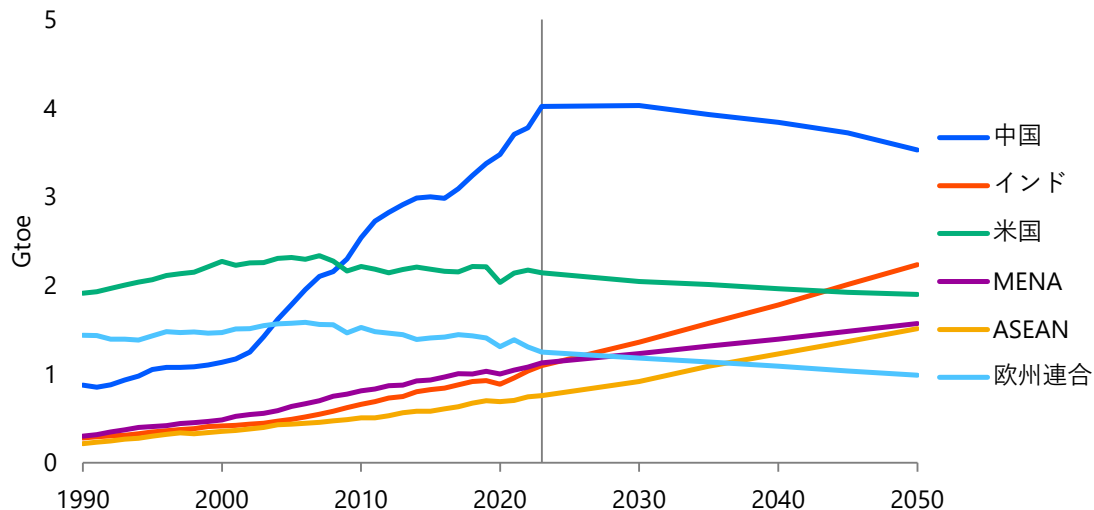
図2-1 | 世界の一次エネルギー消費、実質GDP、対GDPエネルギー消費原単位[レファレンスシナリオ]



地域別では2000年以降、世界のエネルギー消費増加を牽引していた中国が、経済成長の鈍化に加え、産業のサービス化や電気自動車(EV)の拡大等の省エネルギーが進むことによって、2030年代前半をピークに減少に転じる。一方、インド、東南アジア諸国連合(ASEAN)、中東・北アフリカ(MENA)は、省エネルギーが一定程度進むものの、経済拡大が著しいことから増加の一途をたどる。この3か国・地域の2023年から2035年までの消費増分は世界の97%、2050年までは110%を占め、世界のエネルギー消費増大を牽引し、シェアは2023年の20%から2035年には25%、2050年には31%まで拡大する(図2-2)。したがって、先進国や中国のエネルギー消費の減少を加速させることに加え、インド、ASEAN、MENAのエネルギー消費

を抑制してゆけるか否かが世界全体のエネルギー消費の動向、ひいては気候変動対策やエネルギー安全保障対策の成否を左右する。

図2-2 | 主要国・地域の一次エネルギー消費[レファレンスシナリオ]



インド、ASEAN、MENAのエネルギー消費は、2023年から2050年にかけてそれぞれ年率2.7%、1.2%、2.6%で増加し、世界シェアは13%、9%、9%となる。これはGDPが2050年まで年率5.7%、4.1%、3.0%の高成長を続けるためである。世界全体のエネルギー消費抑制の観点からは、インド、ASEAN、MENAの経済成長とエネルギー消費の固い結び付きをほどいてゆくことが、今後の世界的課題となる。

もっとも、エネルギー多消費国・地域である米国、EU、日本などの先進国や中国においても気候変動対策やエネルギー安全保障対策の観点からエネルギー消費削減を継続することも不可欠である。しかし、米国ではトランプ大統領がインフレ削減法による資金配分を停止したり、2030年までのEVの年間新車販売シェア50%目標などのバイデン前政権下における環境対策の大統領令を撤回している。EUでも自動車メーカー向けの2025年二酸化炭素(CO₂)排出基準が2025年～2027年の3年平均適用など、目標達成の厳しさから目標延期と柔軟化等で規制の緩和が続いている。中国では2021年に発表した第14次五か年計画では2021年～2025年の間にGDP当たりのCO₂排出量を2020年比18%削減するという目標を掲げていたが、2023年では前年から増加しており、2020年比では2%削減にとどまっている。日米欧、中国の世界シェアは、GDPで2035年は40%、21%、2050年は35%、23%を占めることもあり、エネルギー消費で2035年は22%、24%、2050年は18%、20%と引き続き大きなシェアを占める。つまり、世界の気候変動やエネルギー安全保障対策を進めるために世界全体のエネルギー消費抑制するのであれば、日米欧や中国がその消費や投資を通じて世界経済を安定的

に成長させる役割を果たしつつ、自らのエネルギー消費低減を率先し、いっそう加速することが重要である。

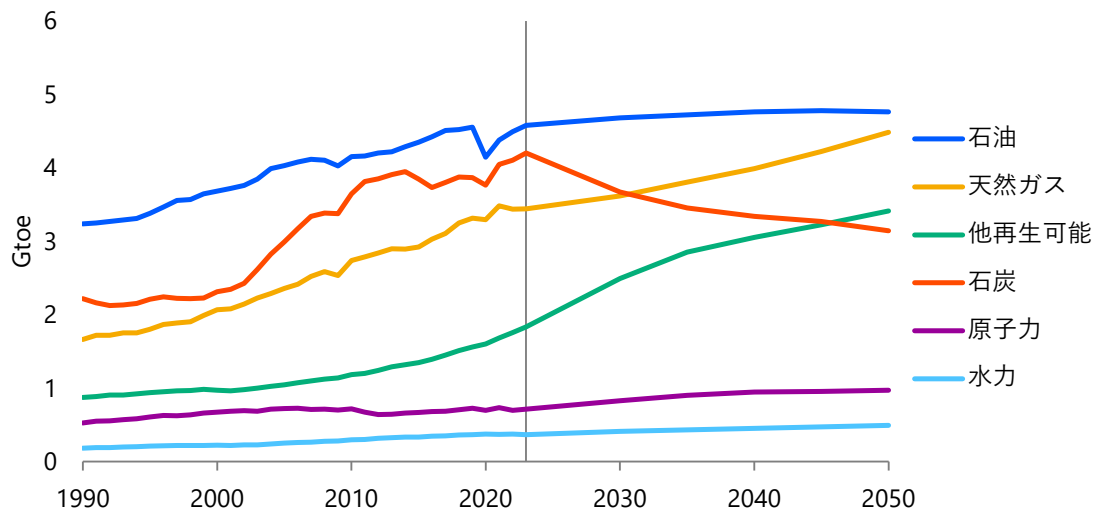
世界のエネルギー消費のさらなる抑制を図るためには、各国の政策に委ねるのみならず、先進国と新興・途上国の間および新興・途上国同士の間における国際協力の強化も期待される。日米欧等の先進国はこれらの新興・途上国に対し、パリ協定6条の活用やCOP29で合意した気候資金に関する新規合同数値目標の順守、化石燃料供給の不安定さを中心としたエネルギー安全保障の懸念の共有等により、エネルギー消費を抑えつつ経済成長を実現できるような高効率技術の移転や支援などを行う必要があるだろう。

気候変動やエネルギー安全保障の高まりの中でも、天然ガスを中心に化石燃料消費は伸び続ける

世界的にカーボンニュートラルを目指す動きが出てきたことに加えてロシアのウクライナ侵攻を契機に、ヨーロッパを中心に化石燃料の安定供給への懸念が高まった。さらに、気候変動対策ではCOP28で世界全体での再生可能エネルギー設備容量を2030年までに2022年比3倍、世界全体の原子力発電容量を2050年までに2020年比で3倍にすると野心的な目標が掲げられた。

しかし、原子力は現状の計画では一次エネルギーベースで2050年に2020年比1.4倍にとどまる。再生可能エネルギーは2020年代も拡大を維持するものの、2022年から2030年では1.4倍にとどまる。2030年以降は土地・系統制約から伸びが鈍化し、2035年には1.5倍、2050年には1.8倍となる(図2-3)。また、水素やアンモニアはコストに見合う需要が生まれず、導入はほぼ拡大しない。

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]



化石燃料消費は、2020年には新型コロナウイルス感染症(COVID-19)の影響で景気悪化や外出自粛等もあり大きく減少した。しかし、新型コロナウイルス禍からの回復以降は増加傾向に戻り、2023年には石炭、石油は過去最大となった。2030年までは石炭の減少が石油、天然ガスの増加を上回り化石燃料全体では減少するものの、以降は天然ガスの増加が大きくなることから増加に転じて2050年は2023年比1.4%増となる。天然ガスはロシアのウクライナ侵攻で供給不安は高まったが、化石燃料の中で最も低炭素であることから、気候変動対策の観点から導入が進むことで最も増加する。2050年の消費量は発電部門での消費を中心に年率1.0%で増加して2023年の1.3倍になる。石油は人やモノの移動が増えることや石油化学用原料が増えることで2040年代半ばまで増加する。ただ、その後は、道路部門で電動車の普及や燃費改善が進むことで、微減に転じる。石油消費(熱量ベース)は見通し期間中は増加を続けるとしていたIEEJ Outlook 2025からの転換となる。ただ、2050年においても足元と同規模、体積ベースでは足元を上回る(p.29)消費が存在することは、正しく認識する必要がある。石炭は廉価であることから電力需要が拡大するインドやASEANでは増加するものの、先進国を中心とした気候変動問題対策や中国を中心とした大気汚染等を背景とした利用抑制で減少する。2050年まで年率1.1%で減少し、2040年代後半には水力を除く再生可能エネルギーを下回ることになる。

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

図2-4 | 一次エネルギー消費増減[レファレンスシナリオ、2023年～2050年]

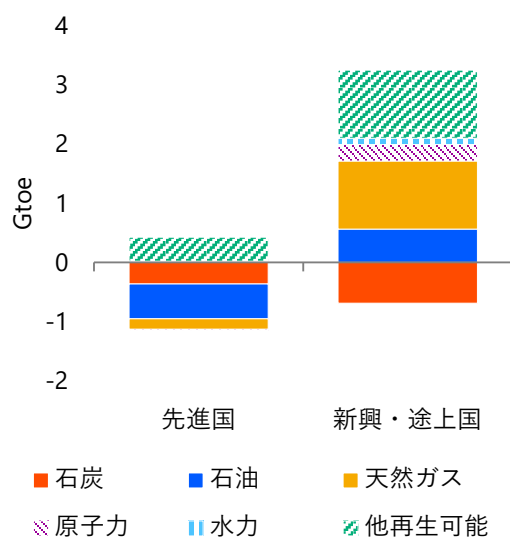
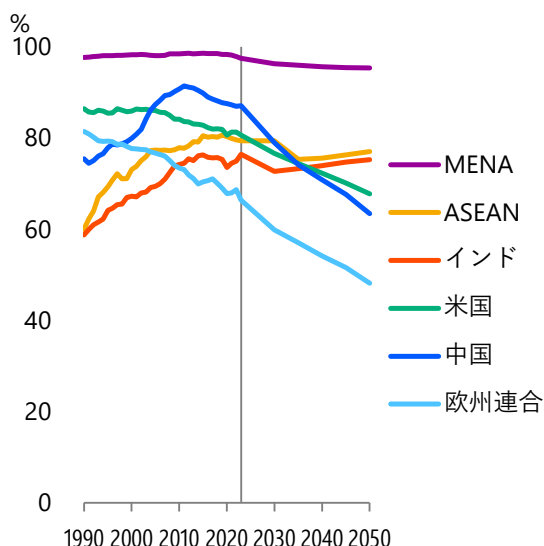


図2-5 | 主要国・地域の化石燃料依存度[レファレンスシナリオ]

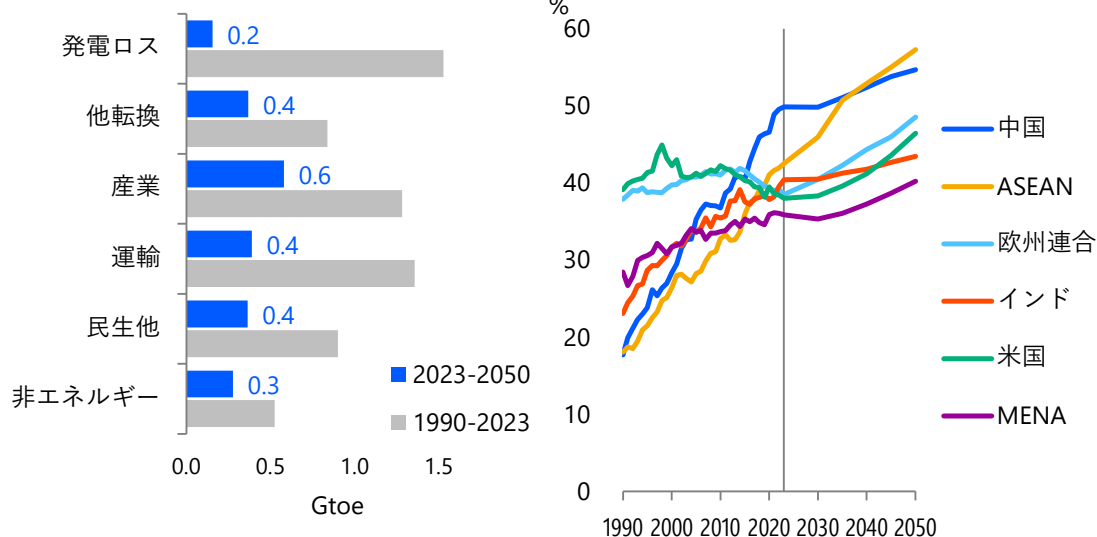


2050年の世界の化石燃料依存度は72%と2023年の81%に比べて低下する。米国、EU、日本は、エネルギー消費総量が減少する中で非化石エネルギーの導入が進むことから2023年の81%、66%、85%から、2050年に68%、48%、64%へと低下する(図2-5)。一方、中国を除く新興・途上国は高止まりする。インド、ASEAN、MENAは、エネルギー消費総量が増加し、増加分の多くを化石燃料で賄うことから、それぞれ75%、77%、95%となり、依然として化石燃料に大きく依存する。

どの部門においても、消費削減・脱炭素化は容易ではない

用途別では、新興・途上国を中心に産業部門において最も増加し、続いて運輸部門、民生他部門、他転換が同程度増加する(図2-6)。産業部門は新興・途上国での機械工業などの第2次産業の生産拡大が大きい。運輸部門は、新興・途上国での所得向上に伴う自動車利用の増加や人の移動や貿易の増加から航空、船舶による消費量も大きく伸長する。民生部門のエネルギー消費量増分も無視できない。特にインド、ASEAN、MENAでは、世界のコールセンター機能を含む第3次産業のさらなる発展や家庭でのエネルギーアクセス向上が影響する。したがって、これらの国・地域では、人々の生活水準が向上することで民生部門の需要も伸びる。このため、経済を成長させつつ、エネルギー消費を減少に転じさせることが非常に難しい。さらには先進国を含めた世界全体でデータセンターによる電力需要押し上げを指摘する声もある。

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

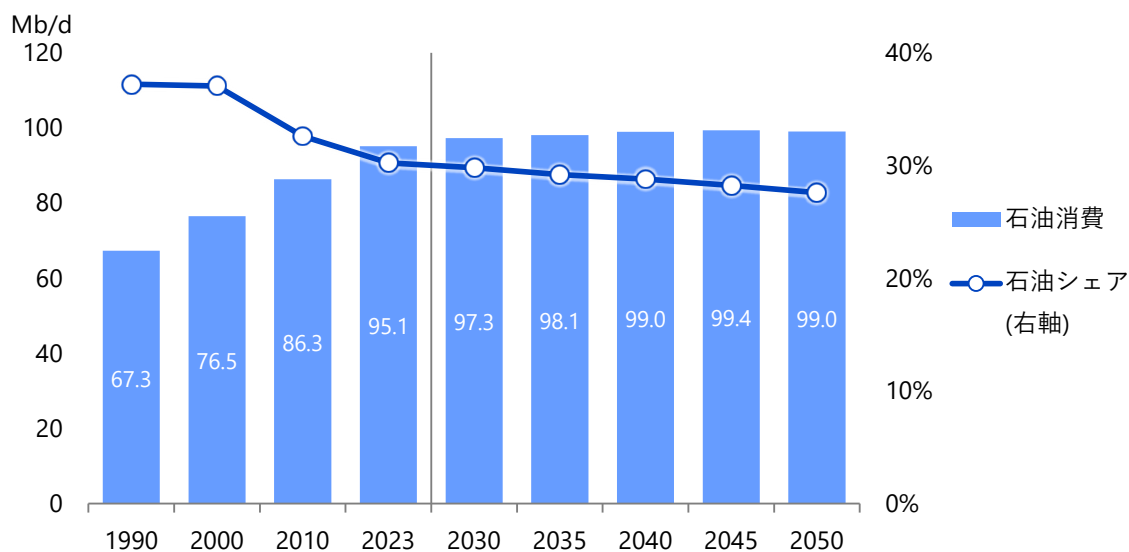


発電部門のエネルギー消費(ロス)は、化石電源の発電効率改善や発電効率が100% (ロスがない)と仮定されている非化石電源への転換が減少に寄与するが、電化率の上昇による発電量の増分で増加する(図2-7)。新興・途上国では所得水準の向上や未電化地域における電力インフラストラクチャーの整備などを背景に、利便性の高い電力がより多く使われるためである。さらに、新興・途上国だけではなく、先進国においても経済のデジタル化を背景に電力需要は増加する。非化石エネルギーの拡大が期待されるが、増加する電力を非化石エネルギーですべて賄うことも容易ではない。

石油消費は2040年代後半にピークとなるも、一次エネルギーシェアの減少は緩やか

石油消費は2023年に日量95.1百万バレル(Mb/d)であった消費量は緩やかに増加を続け、2040代半ばにピークを打ち、2050年は99.0 Mb/dになる(図2-8)。石油が一次エネルギー消費に占めるシェアは、2023年の30%から微減が続き2050年には28%となるものの、2010年から2023年までと同程度の減少にとどまる。2050年の世界にかけて、石油は最も多く利用されるエネルギー源であり続ける。

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



ただし、先進国の石油消費はすでにピークを過ぎている(図2-9)。2005年のピークから2023年までは年率1.2%で減少してきたが、2023年から2050年までは年率1.5%と減少が加速する。この先進国の石油消費減少の主な要因は自動車燃料の減少であり、従来型自動車の燃費改善とハイブリッド車を含めた電動化の寄与が大きい。一方、インド、ASEAN、MENAの石油消費は2023年から2050年にかけて年率1.5%と堅調に増加する。これらの国々における石油消費増加の主な要因は運輸部門、非エネルギー消費部門、民生部門によるものである。

図2-9 | 主要国・地域の石油消費[レファレンスシナリオ]

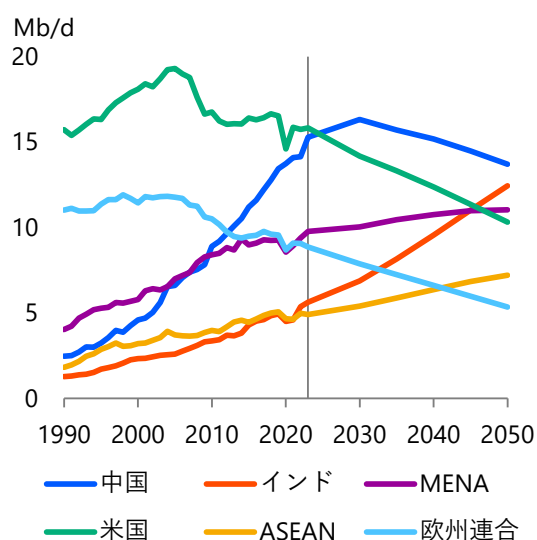
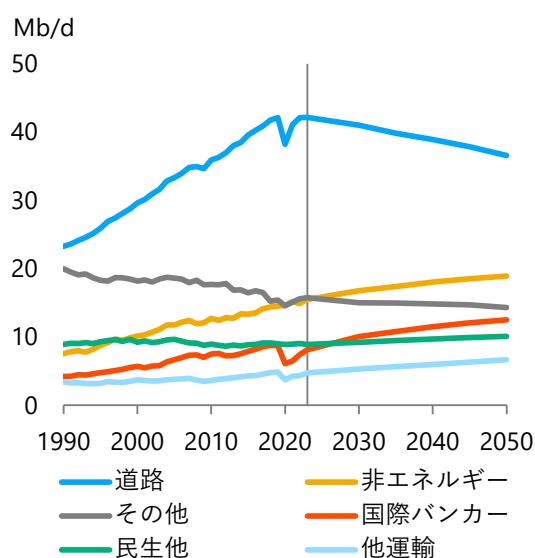


図2-10 | 世界の石油消費[レファレンスシナリオ]



用途別に見ると、シェア最大の道路部門では燃費改善や電動車比率拡大による減少寄与が自動車保有台数増大による増加寄与を上回ることから、2020年代にピークを打ち減少傾向となる(図2-10)。一方、国際バンカー、航空、船舶などから成る他運輸は、電動化など他のエネルギーへの転換が難しく、物流や人の移動が活発化することが増加を後押しする。

インド、ASEAN、MENAの運輸部門では、2023年から2050年にかけて、自動車用が8.8 Mb/dから13.7 Mb/dへと増加する。これらの国・地域では、所得水準の向上と道路・橋りょう等の運輸インフラストラクチャー改善により、自動車保有台数が現在の3.4倍に増加する影響が大きい。自動車用石油消費を抑制するには、EVなどへのシフトが考えられるが、特に新興・途上国にとって、EVのイニシャルコストは2050年においても従来車に比べ高額であり、強力な気候変動対策などがない限り一部の高所得者層にしか購買されない。

インド、ASEAN、MENAの非エネルギー消費部門では、石油化学を中心に2023年から2050年に2.3 Mb/d増加し、世界の非エネルギー消費部門消費増分の68%を占める。需要サイドではプラスチックなどの石油化学製品への需要は世界的に根強く、供給サイドでは産業多様化の必要性から石油供給国の石油化学産業育成への期待は大きい。したがって、需給両面がマッチして非エネルギー消費部門による石油消費を牽引する。この消費抑制にはプラスチック利用に対する世界的な規制強化などが必要になる。しかし、プラスチックのごみ問題対策の視座であっても、国連環境総会が2022年に求めた国際防止条約制定に2025年の政府間交渉会合でも至らず、気候変動対策同様に難しいのが現実である。

インド、ASEAN、MENAの民生部門では、給湯・ちゅう房用途を中心に2023年から2050年に1.5 Mb/d増加し、世界の民生部門消費増分の119%を占める。この3か国・地域では、所得上昇に伴い、石炭や固形バイオマスから、健康への影響という意味において比較的クリーンな石油製品へとエネルギー転換が進む。また、南アフリカを除くサブサハラの間も同じ期間に0.5 Mb/d増となり無視できない。これらの国々では、一足飛びに電力や都市ガスによって給湯・ちゅう房エネルギーサービスを充足することは、イニシャルコスト・オペレーションコストの双方ともに高くつくため、液化石油ガス(LPG)が利用される。

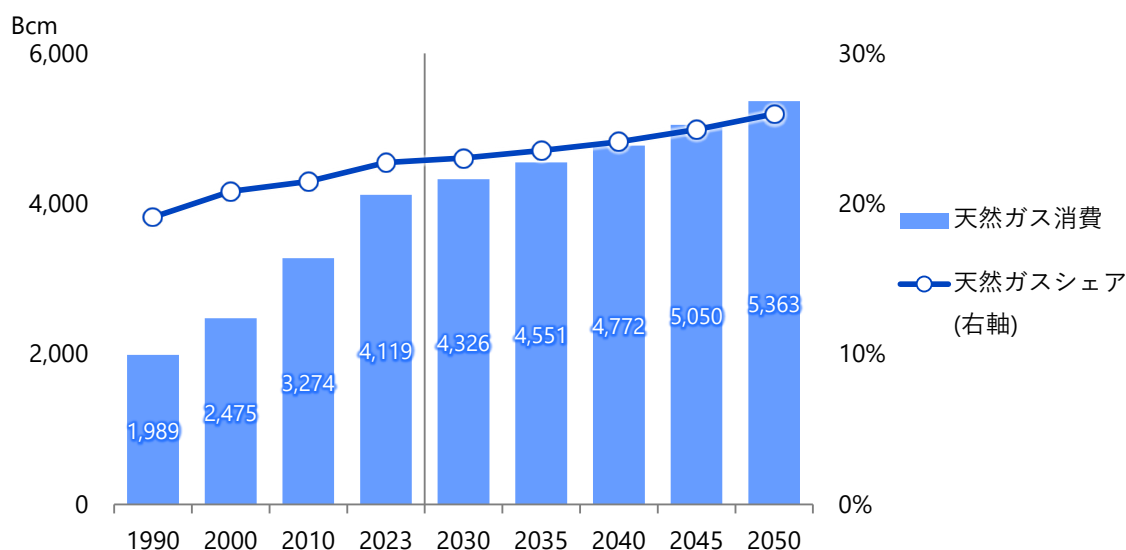
なお、中国の石油消費は非エネルギー部門を中心に増加して2030年ごろに16.3 Mb/dでピークを迎え、EVの増加により道路部門で減少することで2050年には13.7 Mb/dに減少する。世界の石油消費をドラスティックに削減するためには、中国の石油消費削減ペースの加速も必要となる。

インド、ASEAN、MENAで伸び続ける発電用天然ガス需要

天然ガス消費量は2050年にかけてはすべてのエネルギー源の中で最大の増加を示す。2023年に4,119十億 m^3 (Bcm)であった消費量は、年率1.0%で増加し2050年には5,363 Bcmに到

達する(図2-11)。天然ガスが一次エネルギー消費に占めるシェアは、2023年の23%から2050年には26%まで上昇し、石油に次ぐ第二の主要なエネルギー源となる。EUがロシア依存度を下げて液化天然ガス(LNG)を中心に他地域からの輸入を増やす中で、この伸び続ける天然ガス需要をどのように抑制するののかということも世界の抱える課題の1つである。

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



世界の天然ガス消費は2023年から2050年の間に1,245 Bcm増加し、この増分の77%がインド、ASEAN、MENAに由来する(図2-12)。インド、ASEAN、MENAの消費量は、2050年にそれぞれ215 Bcm、1,134 Bcm、590 Bcmに到達する。中東では、コスト競争力が高い石油を輸出して外貨をより多く獲得すべく国内では天然ガス活用が進められる。インド、ASEANでは増加する電力需要を満たすため発電部門を中心に増加する。中国では発電部門を主として2050年までに42 Bcm増加するものの、2040年代にはASEANを下回る。一方で、EUでは、エネルギー安全保障上に加え気候変動対策の観点から天然ガス離れが進み、2050年までに131 Bcm減少し、インドを下回る。

用途別に見ると、民生他部門は省エネルギーや電化が進むことで天然ガス消費は減少傾向となる(図2-13)。中国を含む新興・途上国における天然ガス消費の増加は、主に発電部門と産業部門に起因する。発電部門において、2030年までは再生可能エネルギー等の増加が大きくほぼ横ばい推移するが、2030年以降は他電源の導入が電力需要の伸びに追いつかず、天然ガス需要が再び増加する。新興・途上国においては、2023年から2050年までに年率2.7%で増加し、世界の発電部門消費量増分の109%を占める。天然ガスは化石燃料の中でCO₂排出量が少ないこと、需要変動に対応して供給を増減できる柔軟性が相対的に高いことに加え、再生可能エネルギーより大規模発電が容易で統合コストが低いためである。

図2-12 | 主要国・地域の天然ガス消費[レファレンスシナリオ]

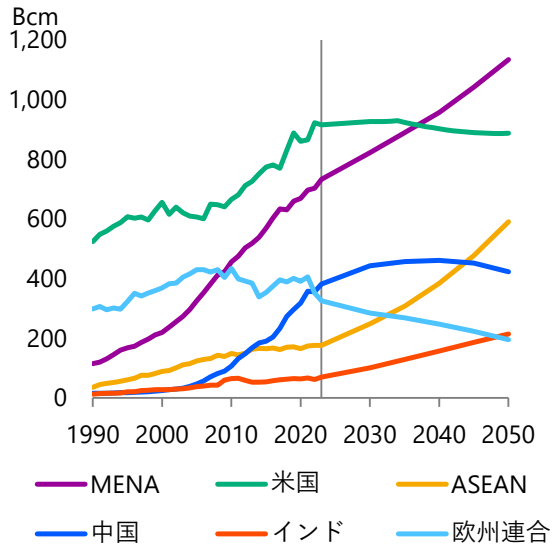
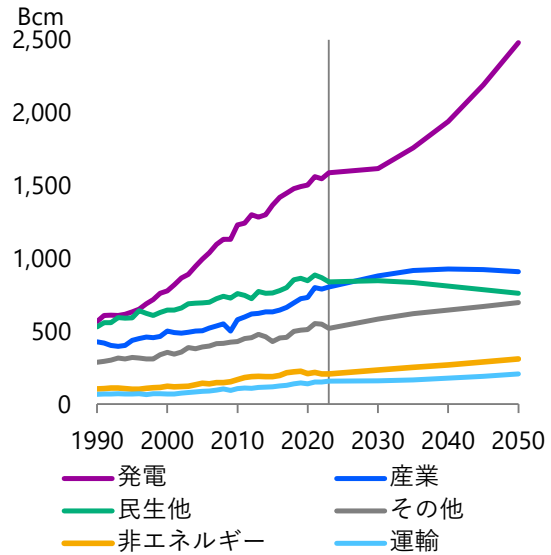


図2-13 | 世界の天然ガス消費[レファレンスシナリオ]



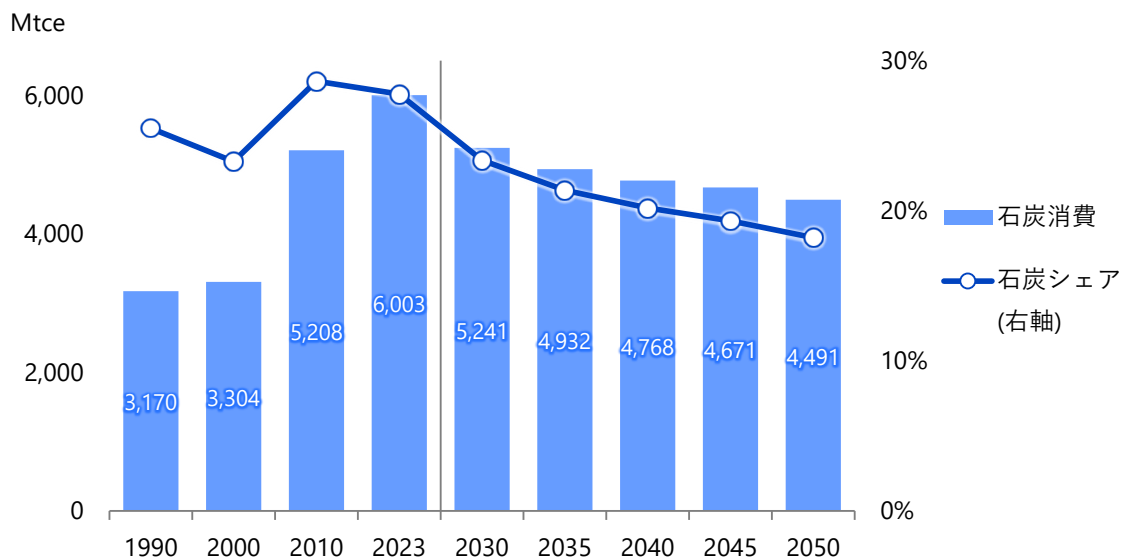
産業部門では、先進国の消費量が減少する中、新興・途上国の消費が年率1.0%、世界の消費増分の149%に相当する増加を示す。利便性や環境面への配慮から、石油、石炭から天然ガスへのエネルギー代替が進む。民生他部門では電化や省エネルギーの影響で減少傾向となる。消費増分のほとんどは中国におけるもので、健康被害や大気汚染の原因となっている石炭や薪などの固形燃料から都市ガスへの燃料転換が急速に進む。

このように、天然ガス消費はインド、ASEAN、MENA、中国が牽引するため、その抑制には、天然ガス火力発電システムのコンバインドサイクル化の徹底など、新興・途上国における高効率設備・機器の導入・普及が不可欠である。

石炭消費は環境対策の影響で2020年代がピーク

石炭は2023年に石炭換算6,003百万t (Mtce)であった消費量は、環境対策の影響により年率1.1%で減少する(図2-14)。石炭が一次エネルギー消費に占めるシェアは、2023年の28%から2050年には18%まで下落する。2030年代前半には石油に次ぐ第二のエネルギーの座を天然ガスに譲り、2040年代後半には水力以外の再生可能エネルギーをも下回る。

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



2023年には世界の石炭消費の58%を中国、17%をインド・ASEAN、10%を日米欧が占めているが、2050年には中国は39%、日米欧は5%にシェアを落とし、インド・ASEANが中国に並ぶ39%までシェアを伸ばす(図2-15)。

図2-15 | 主要国・地域の石炭消費[レファレンスシナリオ]

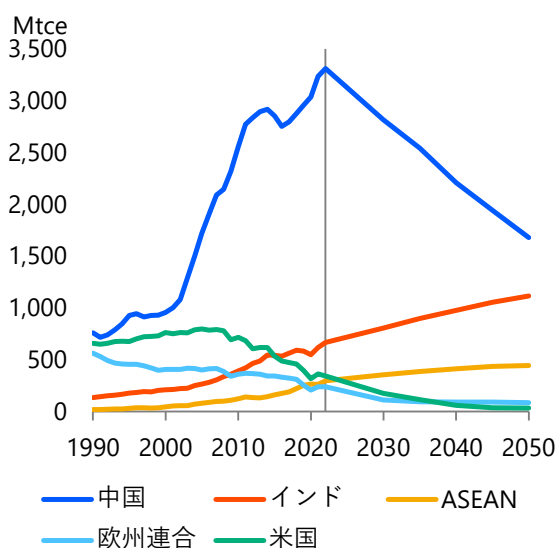
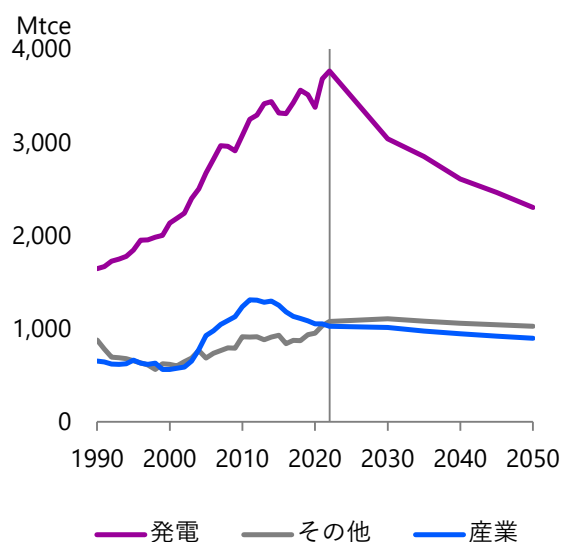


図2-16 | 世界の石炭消費[レファレンスシナリオ]



中国では、産業用の石炭消費は2012年をピークに減少しており、発電用の石炭消費も2020年代前半をピークに気候変動や大気汚染対策によって減少することから、2050年に50%減と激減する。また、日米欧は発電用・産業用ともに右肩下がり2050年に65%減となる。他方、インドとASEANでは2050年に発電用がそれぞれ1.6倍、1.4倍、産業用が2.0倍、1.5倍になる。

なお、MENAは産油国、産ガス国が多いことから石炭消費は限定的である。気候変動問題への対処から、世界的に石炭消費に対する風当たりがいつそう強まっている。2024年の主要7か国(G7)環境相会合で排出削減対策のない石炭火力発電を2035年までに段階的に廃止することが合意された。ヨーロッパでは、石炭火力発電所への経済的負担やCO₂・水銀等排出規制の強化など、発電部門と産業部門の両方で石炭利用への規制が強化されている。一方、米国ではトランプ政権が「エネルギー・ドミナンス」の観点から国内石炭産業を活発化させるために、石炭を使用することを推進している。先進国では金融機関を巻き込んで石炭に対するダイベストメントが進められていたが、トランプ政権成立後に方針変更する金融機関が増加している。さらに、インド、ASEANなどのアジア新興・途上国では、エネルギー自給の観点から石炭を廉価な国内エネルギー資源と捉えており、エネルギー安全保障や経済性の観点から必ずしも厳しい利用制限が進められているばかりではない。石炭消費抑制の観点からは、先進国が消費抑制をさらに推し進めるとともに、中国、インド、ASEANの発電・産業両部門において、石炭から天然ガス、さらには水素、アンモニアへのシフトを推進することが重要となる。

太陽光・風力は大きく増加も一次エネルギー消費シェアは限定的

多くの国がカーボンニュートラルを目指し、非化石エネルギー利用拡大への期待が高まっている。COP28に合わせ、有志国が世界の再生可能エネルギー発電容量を2030年までに3倍にすることが掲げられ、また別に世界の原子力発電容量を2050年までに2020年比で3倍にする宣言が打ち出された。

非化石エネルギーのうち、原子力、水力を中心とする発電用は、2023年の1,753 Mtoeから2050年に3,864 Mtoeへと2.2倍に増加する(図2-17)。太陽光・風力他の伸びが最も大きく、2050年には2023年比4.9倍に拡大する。原子力および水力は、原子力政策の見直しや環境社会配慮により伸びは小さく、発電用非化石エネルギーに占める割合は2023年の62%から2050年には38%に低下する。

他方、熱利用では、今後も新興・途上国の農村部で利用される薪・畜ふんなどの伝統的な固形バイオマスが中心である。2023年の957 Mtoeから減少し、2050年には696 Mtoeとなる(図2-18)。熱利用が減少に転じるのは、大半を占める農村部の伝統的バイオマス利用が、所得・生活水準の向上に伴って近代的エネルギーに転換してゆくためである。自動車・民生用の液体バイオ燃料やバイオガスは2050年にかけて1.7倍になるものの、熱用非化石エネルギー消費の23%を占めるに過ぎない。

図2-17 | 世界の発電用非化石エネルギー消費[レファレンスシナリオ]

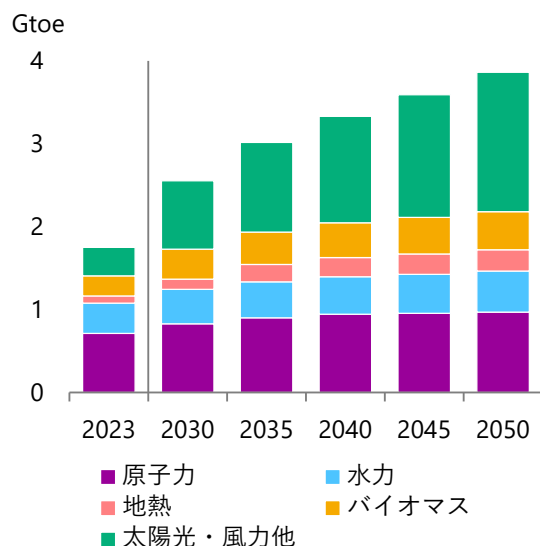
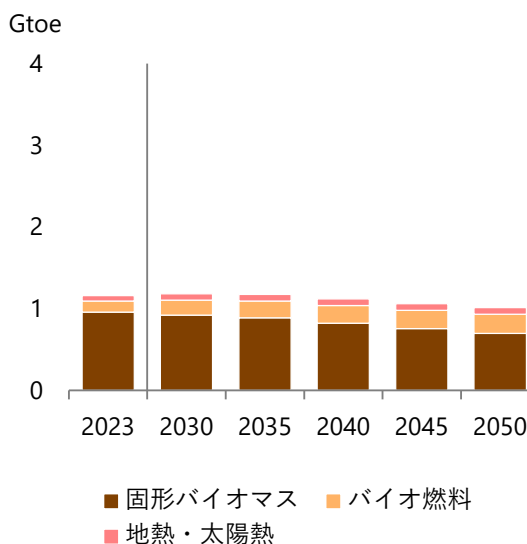


図2-18 | 世界の熱用非化石エネルギー消費[レファレンスシナリオ]



非化石エネルギー消費は2050年にかけての増加率は飛躍的である。しかし、一次エネルギー消費全体も大きく伸びているため、一次エネルギー消費に占める割合の伸びは大きくはなく、2023年の19%から2050年に28%へと増加するにとどまる。

アジアのエネルギー消費増の中心は中国からインド、ASEANへ

アジアの世界経済シェアは実質ベースで2023年に35%であったが2050年には44%に拡大し、アジアが世界のエネルギー消費増加分のうち54%を占める(図2-19)。特に、中国、インド、ASEANが世界経済を牽引するが、これらの国・地域の間にはエネルギー消費量については共通点と相違点がある。中国では2020年代後半にエネルギー消費がピークアウトする一方、インド、ASEANは増大が続く(図2-20)。この背景には経済成長および人口成長のスピードの変化がある。

図2-19 | アジアの一次エネルギー消費[レファレンスシナリオ]

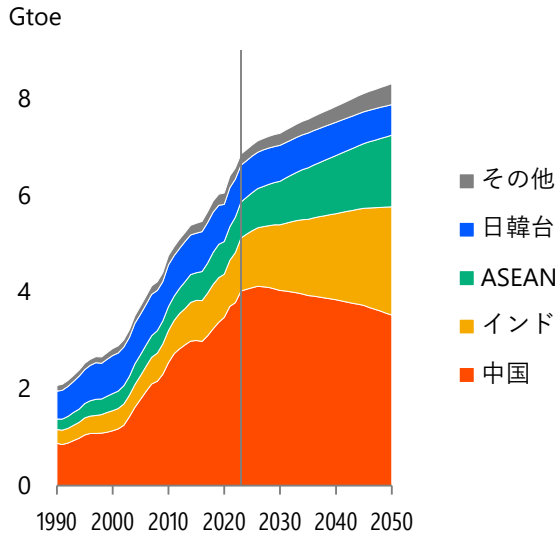
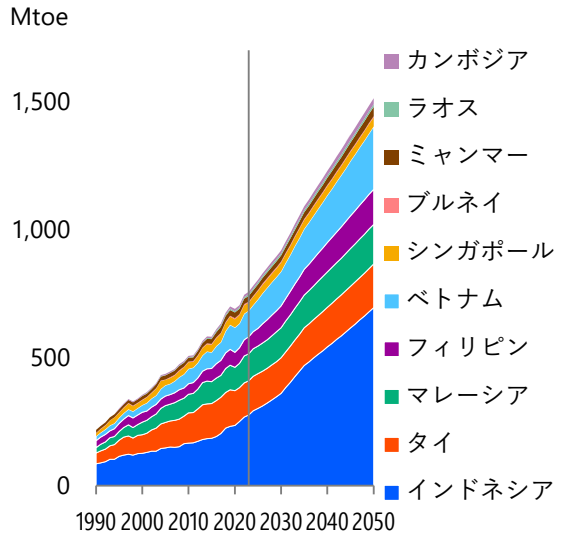


図2-20 | ASEANの一次エネルギー消費[レファレンスシナリオ]



中国経済の規模は1990年に1兆ドルに過ぎなかったが、2023年には16.9倍の17兆6,000億ドルに拡大し、2050年には2023年比2.4倍の42兆ドルに至る。一方で、人口は1990年の11億4,000万人から2021年にはピークとなる14億1,000万人まで増えたが、その後減少し、2050年には12億5,000万人と1999年を下回る。中国は2021年～2025年の第14次五か年計画でグリーン経済への転換を成長の手段と位置づけており、産業を中心に省エネルギーが進むことで2020年代前半には先進国と同様に経済を成長させつつ、エネルギー消費を減少させるとしている。エネルギー消費は1990年から2023年まで年率4.7%の急激な伸びを示したが、2023年から2050年は転じて年率0.5%で減少する。2050年には1人当たり実質GDPが3万3,000ドルを超える中でエネルギー消費は2023年を下回り、カーボンニュートラルを意識した成熟社会への移行を開始する。1990年に42%であったアジアでのエネルギー消費シェアは2023年には59%に上昇したが、2050年には42%に低下する。

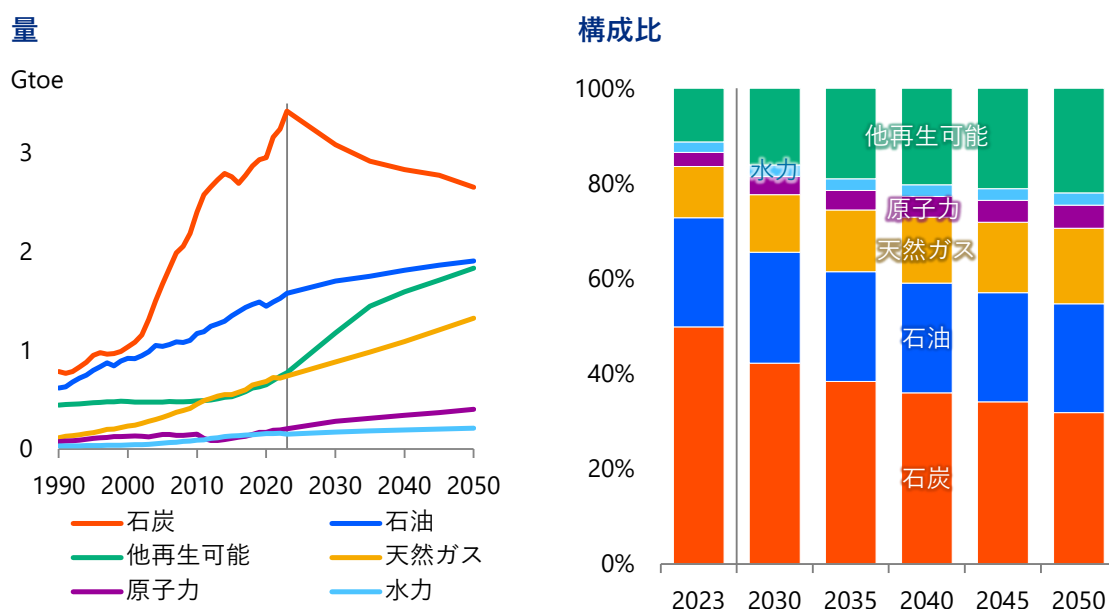
インド経済は1990年の5,000億ドルから2023年には7.0倍の3兆3,000億ドル、2050年には2023年比4.5倍の15兆ドルに拡大する。人口は1990年の8億6,000万人から2023年に14億4,000万人に至り、中国を追い抜いた。2050年まで増加を続け、16億8,000万人に達する。人口増に加え、1990年には500ドル足らずに過ぎなかった1人当たり実質GDPが2050年には9,000ドルに迫り、所得・生活水準が向上する。インドは2070年カーボンニュートラルの実現を目指しているが、エネルギー消費は2023年から2050年は年率2.7%増と増加し続けることから、インドにおいて気候変動対策やエネルギー安全保障対策がより重要となる。インド

のアジアにおけるエネルギー消費シェアは1990年の14%、2023年の16%から、2050年には27%まで急拡大する。

ASEANの経済規模は1990年の7,400億ドル、2023年の3兆4,000億ドルから、2050年には10兆1,000億ドルに拡大する。人口は1990年の4億4,000万人から2050年には7億7,000万人に増加する。この結果、1990年に1,700ドルであった1人当たり実質GDPは、2023年には4,900ドル、2050年には1万3,000ドルに到達、1人当たり所得・生活水準が向上する。エネルギー消費は2023年から2050年は年率2.6%増と右肩上がりが続く、アジアにおけるシェアは2023年の11%から2050年には18%にまで拡大する。その消費増分の6割は2060年カーボンニュートラルを達成することを表明しているインドネシアが占める。ASEANでは、従前、化石燃料の輸出国であった国も消費増、資源枯渇の中で供給余力が低下してゆくことから、気候変動対策同様、エネルギー安全保障対策がより重要となる。

インド、ASEANのエネルギー消費が拡大し続ける2050年においても、アジアのエネルギー消費は主に化石燃料で賄われ、2023年には84%、2050年には70%を化石燃料に依存する(図2-21)。特に運輸部門を中心に石油、発電用を中心に天然ガスが増加し続ける。アジアの化石燃料消費をどのように低減してゆくかということが、世界のエネルギー安定供給や気候変動対策の観点からも非常に重要となる。

図2-21 | アジアの一次エネルギー消費[レファレンスシナリオ]

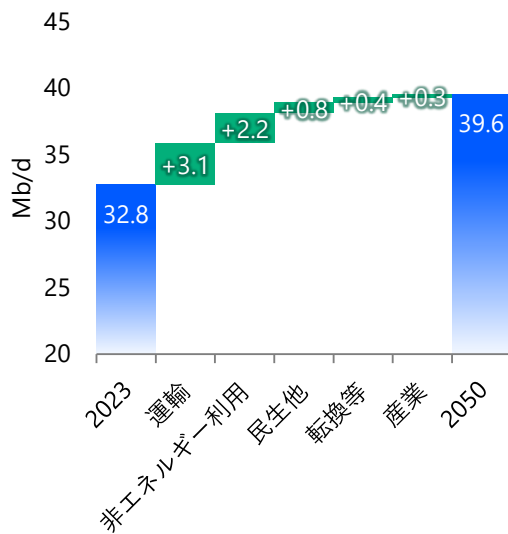


1990年から2023年に年率2.9%増加したアジアの石油消費は、2050年にかけて同0.7%増となり、増加が減速する。2050年までの増加分のうち、部門別では運輸部門が46%、非エネルギー消費部門が33%、民生他部門が11%を、地域別ではインドが100%、ASEANが34%を占める

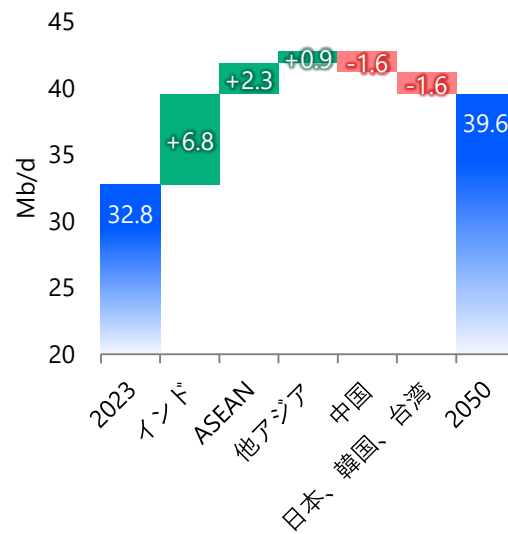
(図2-22)。インド、ASEANの合計が100%を超えるのは、日本や韓国、中国で消費が減少するためである。消費抑制のためには、特にインド、ASEANの自動車部門において電動化を含む燃費改善が重要となる。アジアの石油消費増分は世界の増分の175%を占めるため、これらの国々の石油消費動向が世界全体に影響を与える。

図2-22 | アジアの石油消費[レファレンスシナリオ]

部門別寄与



国・地域別寄与

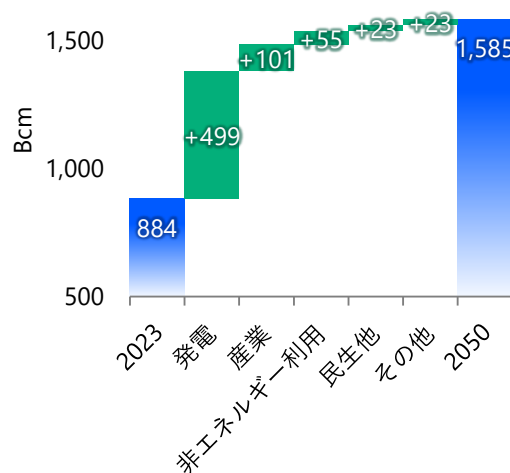


安定供給確保と環境問題への対応の両面から、石油を他エネルギーで代替してゆくことおよび石油を徹底して効率的に消費してゆくことが、アジア各国の政策上不可欠となる。

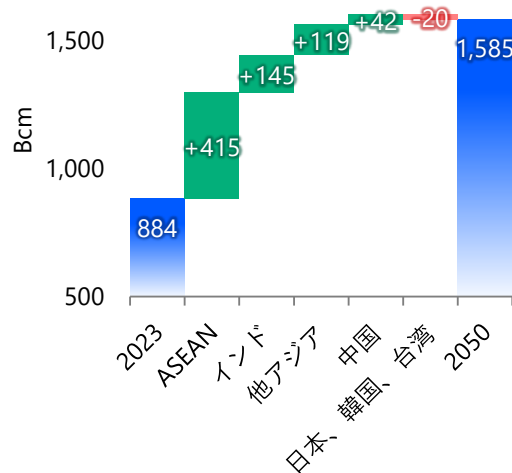
1990年から2023年に年率5.8%で増大したアジアの天然ガス消費は、2023年から2050年にかけて同2.2%と増加は減速する。2050年までの増加分のうち、部門別では発電部門が71%、産業部門が14%、非エネルギー消費部門が8%を、地域別ではASEANが59%、インドが21%、中国が6%を占める(図2-23)。消費抑制の観点からは、特に中国、インド、ASEANにおいて、発電部門の高効率化や送配電ロス率低下、水素混焼、民生部門で断熱性向上などの省エネルギーを推し進めることが不可欠である。また、アジアの天然ガス消費増分は世界の増分の56%を占めるため、この3か国・地域の消費抑制が世界全体の天然ガス消費抑制に直結する。

図2-23 | アジアの天然ガス消費[レファレンスシナリオ]

部門別寄与



国・地域別寄与



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

このアジアの天然ガス供給不足分を埋めるのはLNG輸入である。アジアのLNG消費量は2024年の279 Mtから2035年には1.4倍の379 Mt、2050年には2.1倍の591 Mtに拡大する。LNGを早くから利用、大量に輸入していたのは日本や韓国であったが、2021年、2023年に中国が日本を抜き世界最大の輸入国となった。2024年における日本、韓国、台湾のシェアが49%、中国、インド、ASEAN、南アジアのシェアは51%とほぼ同じであったが、2050年には前者は21%、後者は79%と大きな差がつく。LNGの安定供給の確保という意味においても、インド、ASEAN、中国の果たす役割がいっそう大きくなる。

石油、天然ガスとは異なり、アジアの石炭消費は中国での石炭火力発電の減少に伴い、2020年代をピークに減少に転じる。1990年から2023年は年率4.6%で急増したが、2023年から2050年は年率1.0%で減少する。気候変動や大気汚染への配慮から、世界的に石炭火力発電所への批判が高まっていることもあり、アジアでも再生可能エネルギーの導入が進み発電所で減少する。しかし、インドやインドネシア等で電力需要増を石炭火力発電の拡大によって賄うこともあり、アジアでは石炭は2050年においても32%のシェアを占め、アジア最大のエネルギー源であり続ける。アジア各国は、非効率な石炭火力発電所の新規建設・増設を回避し、先進国を巻き込んだ二酸化炭素回収・有効利用・貯留(CCUS)導入やアンモニア混焼も

含めて環境負荷の低減に努めつつ、アジアに豊富に賦存する石炭資源の有効活用を進めてゆく必要がある。

アジアの非化石エネルギー消費は、石油・天然ガスほどの規模ではないが、2023年から2050年まで年率2.9%で急速に伸びてゆく。2023年から2050年までの消費増分の96%が伝統的バイオマスを除く再生可能エネルギーで、次いで原子力が15%、これに対し伝統的バイオマスは-11%となる。伝統的バイオマスを除く再生可能エネルギーの増分では、中国が54%、ASEANが15%、インドが25%を占める。原子力の増分では、中国が62%、ASEANが9%、インドが24%を占める。2050年の世界の非化石エネルギー消費に占めるアジアの世界シェアは50%と、2023年より11ポイント上昇する。

2060年カーボンニュートラル実現を目指すことを2020年に宣言した中国は、2050年に向けて、CO₂排出原単位が大きな石油・石炭消費を抑制し、環境負荷がより小さな天然ガス・非化石エネルギー消費に舵を切った。さらに、再生可能エネルギー、蓄電池、EVを中核とする産業政策を展開し、生産ベースでは脱炭素技術の世界シェアを拡大している。しかし、中国の化石燃料消費の規模を考慮すれば、省エネルギーおよび脱炭素化をさらに強化すべきであろう。また、2050年に向けて、アジアのエネルギー消費増分の大半を占めるインドは2070年まで、ASEANにおいてもインドネシアを中心として多くの加盟国がカーボンニュートラルを表明した。インドではメイク・イン・インディアのスローガンのもと、太陽光発電の国産化やEVの導入を促進している。ASEANでもインドネシアは中期国家開発計画を掲げ、省エネルギーの促進やグリーン産業の開発に取り組んでいる。日本、韓国、中国等による技術的・金融的な支援の継続・改善も含め、アジア全体で省エネルギー・脱炭素化の加速に向けて取り組む必要があるだろう。中国、インド、ASEANにおけるこれらの取り組みは、アジアのみならず世界全体の気候変動対策ひいてはLNG安定確保などエネルギー安定供給にも貢献する。

2.2 最終エネルギー消費

2050年の世界の最終エネルギー消費は2023年の1.2倍に増加

レファレンスシナリオにおいて、2050年の世界の最終エネルギー消費は、2023年の石油換算10,249百万t (Mtoe)の1.2倍となる11,857 Mtoeに達する。この増加を年率に均すと0.5%に相当する。2023年から2050年までの世界の最終エネルギー消費の変化を概括すると、2つの特徴が挙げられる。

1つ目は、2050年までの世界の最終エネルギー消費は特にインドや東南アジア諸国連合(ASEAN)、中東・北アフリカ(MENA)が中心となって増加してゆく点である。そのため、

これらの地域で最終エネルギー消費に大きな影響を与えるような事態が起きますと、世界全体の最終エネルギー消費のすう勢にも影響が及ぶ可能性がある。したがって、これらの地域の最終エネルギー消費変動要因には特に注意が必要である。なお、変動要因の例としては、経済成長、エネルギー関連政策の内容と強度、エネルギー利用機器に関する技術開発とその普及度合いなどがある。

2つ目は、2050年でもすべての主要なエネルギー源に対する最終エネルギー消費が一定程度存在する点である。石炭の最終エネルギー消費は2020年代後半から、再生可能エネルギーの最終エネルギー消費は2030年代から減少トレンドをたどるが、2050年に至っても0にはならない。気候変動問題は世界の重要な課題であるが、その対策として政策誘導や投資の対象が特定のエネルギー源に極端に偏ると、中長期的にエネルギー需給のバランスを欠くおそれがある。そのため、需要変化のトレンドや気候変動への影響を踏まえつつも、各エネルギー源が需要に応じて安定的に供給されるような市場を構築することが肝要である。

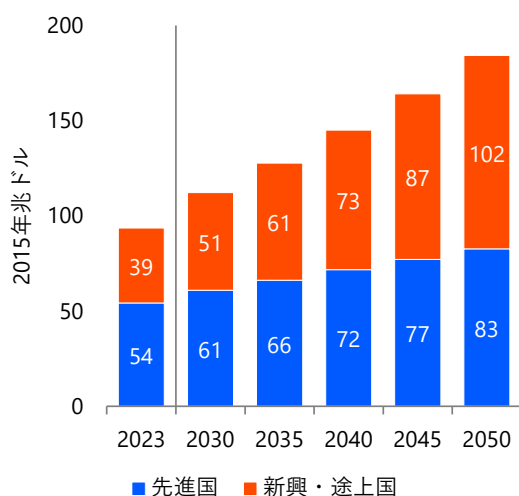
以下では、経済別、地域別、部門別、エネルギー源別という4つの切り口から、2023年からレファレンスシナリオにおける2050年までの最終エネルギー消費の変化を見る。

経済別: 新興・途上国が世界の消費増を牽引

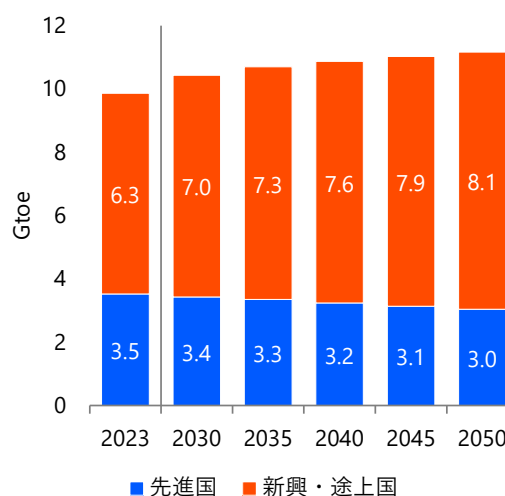
2023年から2050年までの最終エネルギー消費の変化を経済別に見た場合、新興・途上国における消費増が世界の消費増を牽引する(図2-24)。先進国では同期間に最終エネルギー消費が減少するものの、新興・途上国の消費の増加が先進国の減少を相殺、上回る。このため、世界の最終エネルギー消費は2050年にかけて増加傾向をたどる。

図2-24 | 実質国内総生産と最終エネルギー消費[レファレンスシナリオ]

実質国内総生産



最終エネルギー消費



新興・途上国では、経済成長と人口増加を背景として、2050年の最終エネルギー消費が2023年の1.3倍となる8,123 Mtoeまで年率0.9%で増加する。新興・途上国経済は、中長期的に成長軌道をたどる。ただし、エネルギー利用効率の改善や経済のサービス化が徐々に進むことなどが影響して、最終エネルギー消費の増加は実質国内総生産(GDP)の伸び(年率3.6%)よりも緩やかなものにとどまる。

一方、先進国では、2050年の最終エネルギー消費が2023年より1割少ない3,039 Mtoeとなる。先進国でも、2023年から2050年にかけて実質GDPは成長する(年率1.6%)。しかし、実質GDPの増加トレンドとは対照的に、同期間の先進国の最終エネルギー消費は年率-0.5%のペースで減少する。先進国では、省エネルギーや経済のサービス化の進展により、2000年代後半以降は経済が成長する中でも最終エネルギー消費は減少傾向をたどるようになっている。結果として、先進国における最終エネルギー消費のGDP弾性値⁵は、1990年～2023年に0.20あったのに対して、2023年～2050年は-0.35となる⁶。

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

地域別: インドや東南アジア諸国連合、中東・北アフリカが今後の成長ドライバーに

2023年から2050年までの最終エネルギー消費の変化を地域別に見た場合、インドや東南アジア諸国連合(ASEAN)、中東・北アフリカ(MENA)が世界の最終エネルギー消費の伸びを強力に牽引する(図2-25、図2-26)。同期間における世界全体の最終エネルギー消費増分のうち、インドとASEAN、MENAの増分合計が7割超と圧倒的なシェアを占める。

なお、インドやASEANの力強い成長の結果として、アジアが世界の最終エネルギー消費に占める比率は2023年の42%から2050年には46%まで伸長する。今後の世界にとって、アジアはいっそう枢要なエネルギー消費センターとなる。

⁵ 最終エネルギー消費のGDP弾性値=最終エネルギー消費変化率÷実質GDP変化率

⁶ とはいえ、高成長がより少ないエネルギー消費に帰結するというわけではない。

図2-25 | 世界の最終エネルギー消費と主要国・地域の増加寄与[レファレンスシナリオ、2023年～2050年]

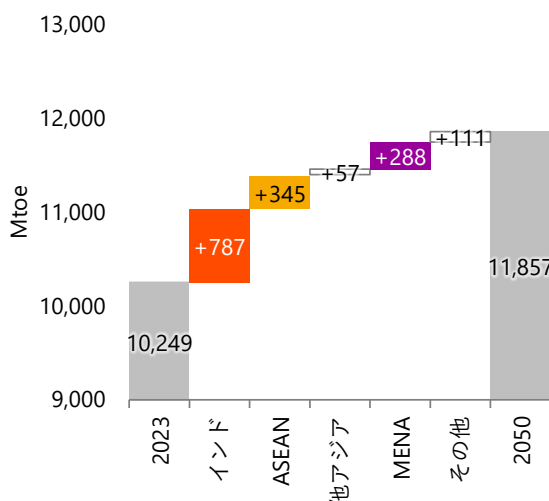
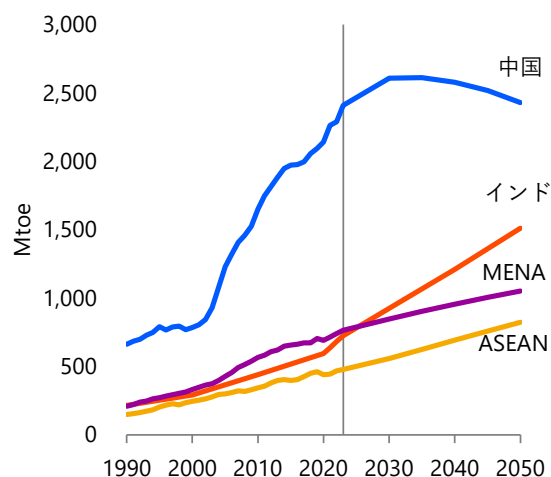


図2-26 | 中国、インド、MENA、ASEANの最終エネルギー消費[レファレンスシナリオ]



2022年に中国を追い抜き世界一となったインドの人口は、2050年には16億人を超えて17億人に迫る規模になる。また、GDPは、都市化の進展などを背景として、2023年から2050年までの間に年率5.7%で成長するとともに、1人当たりGDPも3.9倍になる。こうした人口増加と経済成長を背景として、2050年の最終エネルギー消費は、2023年(724 Mtoe)の2.1倍となる1,511 Mtoeまで増加する(年率2.8%)。インド1国の最終エネルギー消費の増分は、アジア全体の増分の6割を占めるほどのインパクトがある。その存在感の大きさはアジア内に限ったことではなく、インドの最終エネルギー消費が世界の最終エネルギー消費に占めるシェアは、2023年の7.1%から2050年には12.7%まで拡大する。今後の世界のエネルギー需給を考える上で、インドはますます重要な存在になってゆく。

ASEANの最終エネルギー消費は、インドネシアやベトナムの消費増を中心に、2023年の477 Mtoeから2050年には822 Mtoeまで年率2.0%で増加する。ASEANの最終エネルギー消費の増分345 Mtoeのうち、インドネシアの増分は142 Mtoe、ベトナムの増分は80 Mtoeとそれぞれ大きな部分を占める。これら2国でも、人口増加と経済成長が最終エネルギー消費の増加を支える。両国の人口は、2023年でインドネシアが2億8,100万人(ASEAN内1位)、ベトナムが1億人(同3位)の規模があり、将来的にも増加してゆく。また、1人当たりGDPは、2023年から2050年までの間にインドネシアで2.9倍、ベトナムで3.6倍の成長を遂げる。このような背景から、インドネシアの最終エネルギー消費は2030年代後半には日本を上回る。

中国の最終エネルギー消費は、2023年では2,410 Mtoeだったものが2050年には2,430 Mtoeとなり、同期間にわたって世界最大の最終エネルギー消費国の座を占め続けるものの、2030

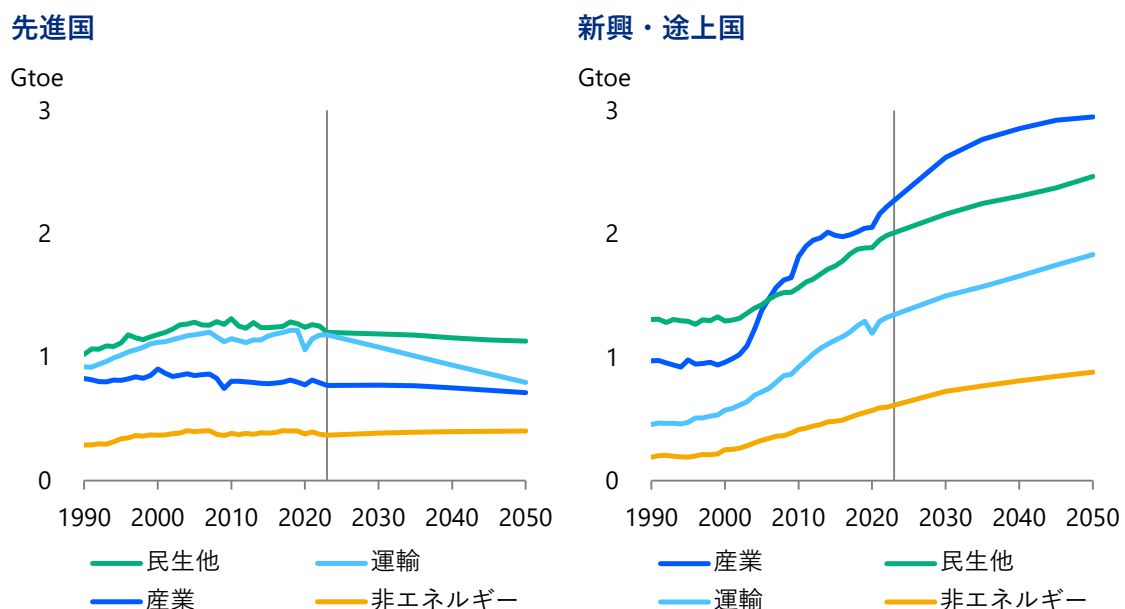
年代以降は減少トレンドに転じる。この変化は、インドやASEANに見られる右肩上がりの増加トレンドとは明らかに異なる。最終エネルギー消費のピークアウトの主な原因となる部門は産業部門で、中でもエネルギー多消費産業の代表である製鉄業とセメント製造業における消費減が大きい。過剰生産能力の解消に向け始まった取り組みの影響が徐々に顕在化し、セメント生産量は2010年代中ごろを境にピークアウトした。これに続く格好で、粗鋼生産量も2020年をピークに、減少トレンドで推移してゆく。

MENAの最終エネルギー消費は、イラン、北アフリカ地域、サウジアラビアを中心に、2023年の764 Mtoeから2050年には1,052 Mtoeまで年率1.4%で増加する。増分は、北アフリカが86 Mtoe、イランが62 Mtoe、サウジアラビアが58 Mtoeとなり、これら3つの国・地域の合計がMENA全体の増分288 Mtoeの大宗を占める。これら3つの国・地域ではインドやASEANを超える、年率0.9%の人口増加と同時に、2023年から2050年にかけて1人当たりGDPが北アフリカ地域で2.0倍、イランで1.6倍、サウジアラビアで1.4倍にそれぞれ増大するためである。

部門別: 新興・途上国が各部門の消費増を牽引

2023年から2050年までの世界の最終エネルギー消費の変化を部門別に見た場合、新興・途上国に牽引されて、すべての部門で増加する。先進国では、非エネルギー消費部門以外の各部門で減少トレンドとなる(図2-27)。

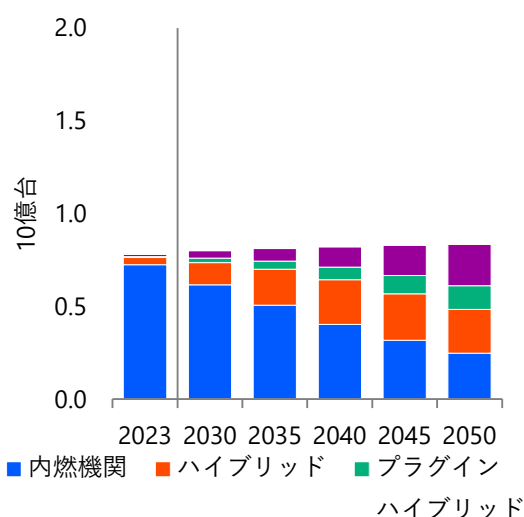
図2-27 | 先進国、新興・途上国の最終エネルギー消費[レファレンスシナリオ]



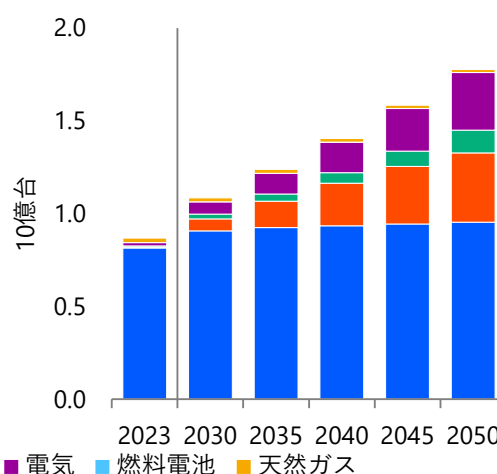
運輸部門では、主に新興・途上国の道路部門における消費増に牽引され、最終エネルギー消費が2023年の2,936 Mtoeから2050年には3,324 Mtoeまで年率0.5%で増加する。運輸部門の消費増分は388 Mtoeで、最終エネルギー消費全体の増分の24%を占める。新興・途上国では、経済成長を背景として、同期間にわたって自動車保有台数が大きく伸びる(図2-28)。このため、新興・途上国の運輸部門の最終エネルギー消費は年率1.1%のペースで成長する。先進国では、政策誘導などの影響で電動自動車が普及して電力消費が増える一方、燃費の改善や内燃自動車台数の減少などにより道路部門の石油消費が大幅に減少する。結果として、先進国の運輸部門の最終エネルギー消費は年率1.5%で減少する。

図2-28 | 自動車保有台数[レファレンスシナリオ]

先進国



新興・途上国



産業部門では、新興・途上国の製造業の隆盛に伴う電力や天然ガスなどの消費増を主な要因として、最終エネルギー消費が2023年の3,080 Mtoeから2050年には3,659 Mtoeまで年率0.6%で増加する。産業部門の消費増分は580 Mtoeで、最終エネルギー消費全体の増分の36%を占める。ただし一般に、製造業をはじめとする産業部門では、事業のエネルギー消費を削減して製品のコスト競争力を高めようとするインセンティブが強く働く。そのため、2023年から2050年までの世界の第2次産業の付加価値(年率2.3%増)に比べて、世界の産業部門の最終エネルギー消費は緩やかなペースで増加する。

民生他部門では、新興・途上国の業務部門と家庭部門における電力や都市ガス、石油製品などの消費増を主な要因として、最終エネルギー消費が2023年の3,232 Mtoeから2050年には3,595 Mtoeまで年率0.4%で増加する。ただし先進国では電力を消費する機器への代替が進むため、業務部門と家庭部門の都市ガスや石油製品の消費は世界全体で減少傾向となる。民

生他部門の消費増分は363 Mtoeで、最終エネルギー消費全体の増分の23%を占める。新興・途上国では、生活水準の向上とともに、近代エネルギーやその利用機器へのアクセスが徐々に広がる。特に、薪炭材や畜ふんといった伝統的バイオマスが利用されてきたアフリカやアジアでは、民生他部門消費に占める伝統的バイオマス消費の比率が、アフリカでは2023年の73%から2050年には32%まで、アジアではすでに18%まで減っているがさらに5%まで、それぞれ低下する。

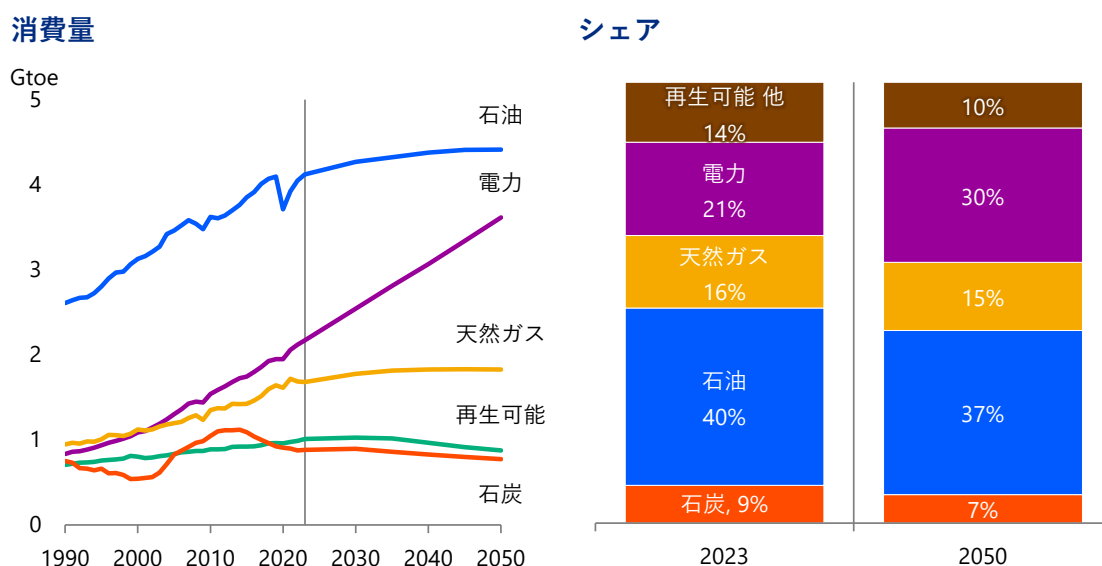
非エネルギー消費部門では、新興・途上国における石油と天然ガスの消費増を主な要因として、最終エネルギー消費が2023年の1,002 Mtoeから2050年には1,279 Mtoeまで年率0.9%で増加する。非エネルギー消費部門の消費増分は277 Mtoeで、最終エネルギー消費全体の増分の17%を占める。新興・途上国では、生活水準の向上とともに、プラスチックなど石油化学製品の利用量が増大してゆく。先進国では、2023年から2050年にかけて消費量がわずかながら増加する。特に北米では、シェールガスの域内生産量が増えて原料が安価で手に入るようになったことを背景として、石油化学産業における非エネルギー消費が増える。なお、プラスチックは利便性が高い一方で、昨今ではその大量消費に伴う資源・廃棄物制約や海洋プラスチックごみ、気候変動への影響などが国際的な課題になっている。これらの課題への対策の一環として、化石燃料ではなくバイオマスを原料としたバイオマスプラスチックの導入が徐々に進む。

エネルギー源別: すべてのエネルギー源の需要が残る

2023年から2050年までの世界の最終エネルギー消費の変化を主要なエネルギー源別に見た場合、シェアが増加トレンドをたどるものと減少トレンドをたどるものに大別される(図2-29)。すなわち、電力シェアのみ増加となる一方、石油と石炭、天然ガス、バイオマスの直接利用が大宗を占める再生可能エネルギーは減少する。ただし、2050年でも天然ガスはもちろんのこと、石炭と再生可能エネルギーへの需要も存在する。化石燃料(石炭、石油、天然ガス)は、世界の最終エネルギー消費に占める比率が2023年の65%から2050年には59%に低下するものの、引き続き過半を占める有力なエネルギー源である。

石油の最終消費は、部門別の切り口でも触れた新興・途上国の道路部門など運輸部門における増加を中心に、2023年の4,122 Mtoeから2050年には4,413 Mtoeまで年率0.3%で増加する。先進国の減少幅が525 Mtoeである一方で、新興・途上国の増加幅は595 Mtoeである。モータリゼーションが進むインドやASEANを含むアジア全体の道路部門における消費増は151 Mtoeとなる。運輸部門に次ぐ増加を見せるのは、非エネルギー消費部門である。同部門では、アジアに加えて、中東が域内の豊富な資源を活かして増加する。

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



電力の最終消費は、主に民生他部門と産業部門により、2023年の2,171 Mtoeから2050年には3,615 Mtoeまで年率1.9%で増加する。電力は、先進国でも消費が増える唯一の主要なエネルギー源である。中国やインド、ASEANを筆頭としたアジアが世界の増加を牽引するとともに、北米やヨーロッパでも電力消費が増える。一般に、所得が増大するにつれて、利便性の高いエネルギー源である電力が好んで使われるようになる。また、デジタル化などが進展することにより、電力を利用するマシンやデバイスの数も増えてゆく。世界の最終エネルギー消費に占める電力の比率は、2023年の21%から2050年には30%まで上昇する。経済社会のさまざまなシステムの電力依存度が高まるにつれて、供給障害が生じたときの損害がより大きくなりうる。電源の脱炭素化は重要な論点であるが、それに加えてエネルギーセキュリティの観点から安定的な電力供給体制を確保することも重要である。

天然ガスの最終消費は、新興・途上国の産業部門と非エネルギー消費部門を中心として、2023年の1,680 Mtoeから2050年には1,827 Mtoeまで年率0.3%で増加する。産業部門では、製造業が隆盛するインドやASEAN、MENAにおいて、非素材系産業を中心に増加する。非エネルギー消費部門では、化学製品の内需が高まるインド、ASEANや天然ガスを活用した石油化学産業の拡大を目指す中東が中心となり、世界の増加を牽引する。

石炭の最終消費は、中国の産業部門と民生他部門における減少を主な要因として、2023年の882 Mtoeから2050年には772 Mtoeまで年率0.5%で減少する。地域別の切り口でも触れたとおり、中国では石炭消費量が多い製鉄業とセメント製造業の生産量が中長期的に減少する。これに伴い、2050年には中国の産業部門の石炭消費は、2023年の半分以上となる。また、中国は2030年にCO₂排出量のピークアウト、2060年にカーボンニュートラルを目指す「3060

目標」を宣言し、これに基づいて2025年から石炭消費を減少させる計画である。同国の産業部門では電力、民生他部門では天然ガスや電力への利用エネルギー転換が進む。

再生可能エネルギーの最終消費は、アジアやアフリカの新興・途上国におけるエネルギー転換の進展などにより、2023年の1,009 Mtoeから2050年には875 Mtoeまで年率0.5%で減少する。最終消費部門における再生可能エネルギーとしては、自動車・航空機用のバイオ燃料が注目を集めている。しかし、2023年の再生可能エネルギー最終消費の構成比率では、新興・途上国における薪炭材や畜ふんといった伝統的バイオマスが68%と最も大きく、次いで欧米諸国の暖房用などの薪炭材が14%、バイオ燃料が13%、その他が4%である。部門別の切り口でも触れたとおり、アジアやアフリカの新興・途上国などで近代エネルギーが伝統的バイオマスを徐々に代替してゆく。その影響で、2030年代から世界の再生可能エネルギー最終消費は徐々に減少する。

3. エネルギー供給

3.1 原油

近年の原油供給

新型コロナウイルス感染症(COVID-19)パンデミック以降の原油供給トレンドは、地政学リスクの高まり、石油輸出国機構(OPEC)プラスの協調減産、非OPECプラスの増産、といった要因で形作られてきた。

地政学リスクは、ウクライナ戦争、中東での石油タンカー攻撃、イスラエルや米国によるイラン攻撃等、石油供給にとって深刻な状況が続いてきたが、大規模な供給途絶は回避されている。西側諸国はロシアやイランの石油輸出収入を減少させるべく、禁輸、上限価格設定、タンカーや輸出入企業に対する金融・保険阻止といった制裁を実行している。しかし、これらの制裁にもかかわらず、ロシアやイランの石油輸出は底堅い。

2017年に協調減産を開始したOPECプラスは、OPECプラス全体として2022年10月に日量2百万バレル(2.0 Mb/d)の減産、さらに有志国8か国が2023年4月に1.66 Mb/dおよび2023年11月に2.2 Mb/dの自主減産にそれぞれ合意し、減産強化を続けてきた。しかし、2025年4月から自主減産を緩和し始め、市場シェア拡大戦略に転換した。一方、非OPECプラスの供給量は米州を中心に増加している。

このようにさまざまなリスクをはらみつつ、2025年に入って石油供給量は需要を上回るペースで増加している。国際エネルギー機関(IEA)によると2025年第2四半期の液体燃料(バイオ燃料含む)供給量は105.0 Mb/dであり、同期の需要を1.8 Mb/d上回る。

2030年以降に非OPECの生産量が減少、OPECのシェアが拡大

レファレンスシナリオでの世界の石油需要は、インドや東南アジア諸国連合(ASEAN)、アフリカ等の新興・途上国を中心に増加する。しかし、先進国の需要が減少し続けること、中国の需要が2030年頃にピークアウトすることが影響し、世界の需要も2040年頃からほぼ横ばいで推移する。その結果、2023年から2050年にかけての需要増加率は0.1%に過ぎない。

2030年頃までは米州の増産を背景に非OPEC諸国の生産量が維持される。しかし、米国を中心とする北米の生産量は2030年頃にピークアウトする。西側諸国の制裁にもかかわらず底堅かったロシアの生産量も緩やかながら減少に転じること、ヨーロッパの生産量減少が続くことから欧州・ユーラシアの生産量も伸びない。中南米の増産は維持されるものの、アフリカの生産量は横ばいで推移し、アジア・オセアニアでは生産量減少が続く。これらを踏まえて、非OPEC諸国の生産量は2030年以降減少に転じる。

一方、非OPEC諸国の生産量が維持される2030年頃までは、OPEC諸国の生産量はほぼ横ばいで推移する。しかし、2030年以降は非OPEC諸国の生産量減少とともに、コスト競争力の高いOPEC諸国の生産量が増加する。その結果、世界の石油供給に占めるOPEC原油のシェアは2023年の34%から2050年には40%に高まる。

表3-1 | 原油生産[レファレンスシナリオ]

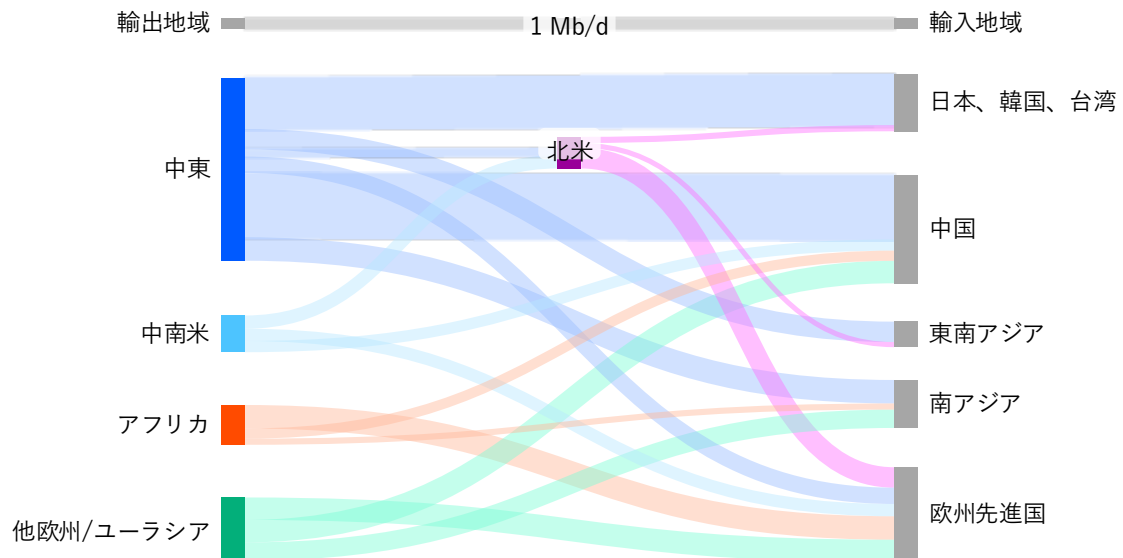
	2023	2030	2040	2050	(Mb/d)	
					2023-2050 変化量	変化率/年
原油生産計	96.3	96.8	99.1	98.6	2.3	0.1%
OPEC	33.9	33.9	38.5	40.0	6.1	0.6%
中東	26.7	27.3	31.8	33.4	6.7	0.8%
その他	7.1	6.6	6.8	6.6	-0.6	-0.3%
非OPEC	62.4	62.9	60.6	58.6	-3.8	-0.2%
北米	24.0	26.1	25.2	23.7	-0.3	0.0%
中南米	9.0	9.3	10.0	10.0	1.0	0.4%
欧州・ユーラシア	17.6	16.6	15.2	14.6	-3.0	-0.7%
中東	2.9	3.3	3.7	4.4	1.5	1.6%
アフリカ	1.5	1.4	1.4	1.4	0.0	-0.1%
アジア・オセアニア	7.5	6.3	5.2	4.4	-3.1	-1.9%
プロセスゲイン	2.4	2.4	2.4	2.4	0.1	0.1%
石油供給計	98.6	99.2	101.6	101.0	2.3	0.1%

注: 原油には天然ガス液(NGL)を含む

アジアで高まる中東への原油依存

2024年の世界の原油貿易量は43 Mb/dであった。最大の輸出地域である中東の輸出量は18 Mb/dで輸出量の43%を占め、北米が8 Mb/d、ロシアを中心とする他欧州・ユーラシアが7 Mb/dで続いている。中東の輸出量の8割はアジア向けである。他欧州・ユーラシアは、西側諸国の禁輸を避けロシアが中国やインド向け輸出を増やしたことが影響し、6割がアジア向けとなった。北米は、域内(米国・カナダ間)での貿易が5割を占め、欧州先進国とアジア向けが2割ずつである。輸入地域ではアジアの輸入量が25 Mb/dと圧倒的に大きく、中でも世界最大の輸入国である中国の輸入量は10 Mb/dに達する。欧州先進国の輸入量も10 Mb/dと大きい。アジア向け最大の供給地域は中東で、アジア全体での中東依存度は6割である。ウクライナ戦争以降、ロシア産原油からの脱却を進めている欧州先進国向けではアフリカが最大の輸出地域である。北米や中東も欧州先進国向け増やしており、欧州先進国での他欧州/ユーラシア依存度はウクライナ侵攻前の4割(欧州連合[EU]のロシア依存度は3割)から、2024年には24% (同4%)まで低下した。

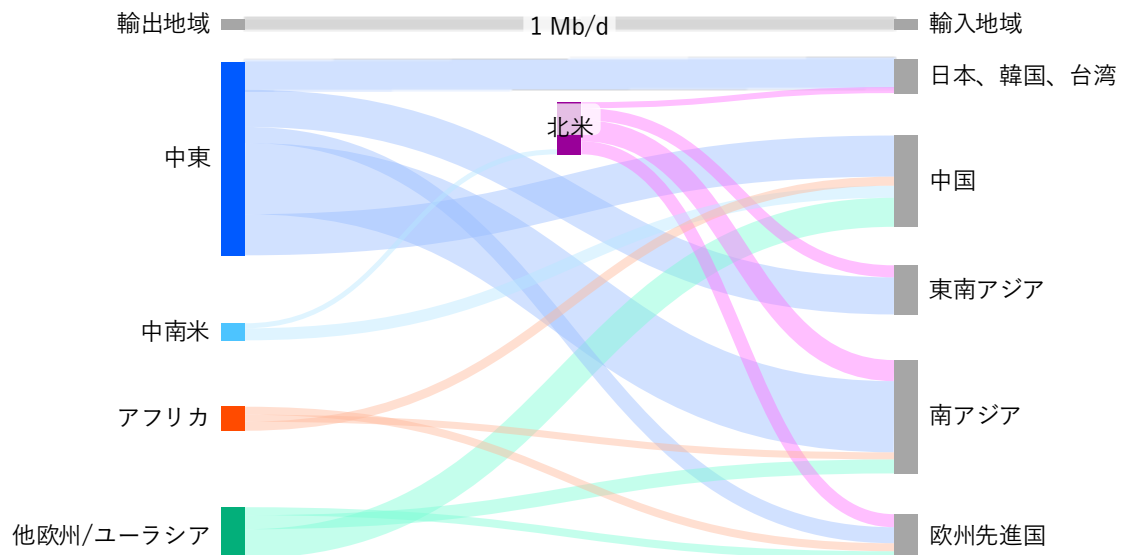
図3-1 | 主要地域間の原油貿易[2024年]



注: 0.5 Mb/d以上のフローを記載

出所: Energy Institute 「Statistical Review of World Energy」(2025年版)、各国貿易統計を基に作成

図3-2 | 主要地域間の原油貿易[レファレンスシナリオ、2050年]



注: 0.5 Mb/d以上のフローを記載

2050年の地域間原油貿易量は、欧州先進国や北東アジアでの輸入量減少はあるものの、東南アジアや南アジアでの需要増加や域内生産減少を背景に増加する。ロシアを中心とする他欧州/ユーラシアおよびアフリカから欧州先進国向け、また、中東から北東アジア向けの輸出量減少が顕著である。一方、中東や北米から南アジアおよび東南アジア向けの輸出量が増加する。全体としてアジアの輸入依存度は上昇し続け、中東がアジア向けの最大供給地域であり続ける。

3.2 天然ガス

液化天然ガス市場はいよいよ大拡張期へ、物流は東西間で変動続く

2025年は、建設中の液化天然ガス(LNG)プロジェクトの完成および立ち上がり時期のLNG出荷量の増加とともに、投資決定やエンジニアリング作業、長期販売契約確保に向けたマーケティング活動、資金調達の加速で特徴付けられる。

過去8年間ほど世界のLNG生産の中核となってきた米国で、新規・拡張のLNG生産設備の稼働開始・輸出数量の増加とともに、後述する輸出許可一時停止の終焉を受け、投資決定・開発活動が加速している。特に過去数年間で世界LNG市場での確固たる位置づけを確保したLNG設備開発企業の追加設備・拡張プロジェクトの推進が際立っている。2025年9月までに世界全体で発表されたLNG輸出プロジェクトへの最終投資決定(FID)済容量年間46 Mt分中、米国の案件が40 Mtを占めた。

また同じ北米で、カナダ西海岸の輸出プロジェクトが2025年央に稼働開始した。コスト競争力あるカナダ産天然ガスに基づくLNG生産と、太平洋市場への直接アクセスにより、アジアLNG市場のゲームチェンジャーとなるポテンシャルを有している。メキシコ西海岸で建設中のプロジェクトを含め、北米西海岸のLNG供給拡大が期待される。

2025年上半期、世界のLNG市場では、LNG海上輸送貿易量が2023年・2024年同期に続き200 Mtを超えた。前年同期比で微増にとどまったが、半年間として三度、過去最高となった。しかしながら、2024年の大西洋から太平洋地域へのシフトとは逆に中国を中心としてアジア地域のLNG輸入が減少し、欧州連合(EU)・英国合計のLNG輸入が20%程度増加した。この結果、スエズ東西のLNG輸入量比は、2024年通年の70:30から2025年上半期は64:36と、大西洋市場の比重が増した。

日本は32 Mtを輸入し、2年連続で前年同期比微減となった。中国のLNG輸入量は20%以上減の30 Mtにとどまった。2025年上半期は、日本が世界最大のLNG輸入国だった。中国のパイプラインガス・LNG合計輸入量では60 Mtと、前年同期比8%減ではあるが、世界最大の天然ガス輸入国を維持した。なお、中国は2025年上半期に130.8十億m³、前年同期比5.8%増

の天然ガスを生産した。他方で消費量では、前年同期比0.9%減の211.97 Bcmとなった。東南アジアのLNG輸入量は、前年同期比10%減の11 Mtにとどまった。

LNG輸出サイドでは、2022年～2024年同期同様、米国、カタール、オーストラリアが上位を占めた。このうち米国が前年同期比8%増加し、初めて半年間で50 Mtを超えた。前年同様4番手のロシアは、前年同期比8%減少となった。

2022年は、EU側のロシア産化石燃料忌避、ロシア側からのエネルギー供給削減揺さぶりの両方の要因で、ロシア産パイプラインガスのEU向け供給は、2021年12月のLNG換算8 Mt強から、2022年12月以降は月間同2 Mt未満に減少した。さらに2025年以降、ウクライナ経由の供給が停止し、月間1 Mt未満が続いている。他方でロシア産LNGのEU向け供給は、2022年以降、小幅ながら増加、2024年に過去最高の17 Mtとなった。しかし、2025年以降には、残されたロシア産パイプラインガス供給に加え、ロシア産LNG供給動向にも不透明要因があることに留意すべきである。

また、今後のアジア、ヨーロッパのスポットガス価格動向次第で、米国産LNGのアジア向け、ヨーロッパ向け比率は変動する。米LNG輸出中のEU+英国比率が2021年の3割程度から、2022年～2023年は6割強に大幅増加、2024年は5割弱に低下、2025年上半期は7割弱に再急増した。一方、アジア向け比率は2021年の半分弱から2022年～2023年は4分の1程度に低下、2024年は3割強に回復したが、2025年上半期は2割を切った。

2022年は、LNG市場では、米国でのLNG設備1件での火災事故後の停止・再稼働見通しの延期が、供給量減少・見通し不透明の大きな要因となった。2023年後半には、オーストラリアの大型LNG生産設備における労働争議が、実際の供給中断にはつながらなかったものの、不安感をもたらした。2024年から2025年前半は、主要LNG海上輸送経路における制限が、迂回・輸送の長距離化をもたらしている。今後も大型LNG生産設備のトラブルや輸送水路の障害があれば、市場バランスが大きく変動する可能性がある。2025年後半から2027年にかけては、カナダ、メキシコ、米国、オーストラリア、カタールでの新規プロジェクトの安定的な稼働開始・タイミングも大きな要因となる。

2023年に世界最大のLNG輸出国となった米国では、2024年1月末、政権がLNG輸出許可手続きを一時停止し、同年はエネルギー省が経済・環境影響スタディを実施した。このLNG輸出許可手続き一時停止は、一部のLNGプロジェクトに遅延と不確実性をもたらすとともに、米国の長期的、安定的なLNG供給者としての信頼性に疑問符を付けることとなった。近年の最大成長の天然ガス・LNG市場である中国は、2022年は天然ガス消費量が統計史上初めて減少(前年比-1.7%)、LNG輸入量は前年比2割近い減少となった。ただ、2023年には天然ガス消費は増加に転じ、2024年はLNG輸入量、パイプラインガス輸入量、自国天然ガ

ス消費量・生産量とも顕著に増加した。2025年上半期は再び天然ガス消費量が微減となった。一方でパイプラインガス輸入量、自国天然ガス生産量とも増加したことで、LNG輸入量が顕著に減少した。

もう1つの大型急成長天然ガス市場としてのインドでは、天然ガス消費が2022年の前年比5%減少から、2023年には15.5%増に回復した。2024年は10.1%増となったが、2025年上半期は6.9%減となった。国有企業による天然ガス生産減少の一方で、民間企業による生産が2022年は16%、2023年も20%、2024年も9%増加した。2025年上半期は民間企業生産量が前年同期比6.4%減となり、国内天然ガス生産量全体としても3.8%減となった。

東南アジア、南アジア(インド除く)では、近年のグローバル市場における価格・需給変動の影響はさまざまとなっている。東南アジアでは、LNG輸入量は2022年に前年比32%、2023年に27%、2024年に16%増加したことにより、2024年は23.83 Mtとなった。2025年上半期は一転して前年同期比10.3%減の11.30 Mtの輸入にとどまった。東南アジアにはLNG輸出国とLNG輸入国が存在し、影響にはばらつきが見られる。2023年以降、フィリピン、ベトナムがLNG輸入国に加わり、今後も輸入の増加が見込まれる。一方、バングラデシュ、パキスタンは、2022年には天然ガス火力発電用のLNG輸入が大幅減少、両国合計で前年比15%減となった。しかし2023年は8.8%増、2024年は9.2%増加し13.51 Mtとなった。2025年上半期は前年同期比2.4%増の6.83 Mtを輸入した。

LNG市場拡大経緯と開発の現況

石油危機以降の50年間で、天然ガス・LNGは化石燃料の中で最もクリーンかつ基幹エネルギー源として成長した。世界、日本とも、天然ガスが一次エネルギーの4分の1のシェア占める。これにより、天然ガス・LNGのエネルギーセキュリティ全体への影響度は大きくなり、特にLNGが天然ガス供給の大きな部分を占めるアジアにおいて、LNG自体の安定供給確保の重要性が、格段に高まった。海上貿易されるLNGは、2011年以降の13年間で60%以上拡大した。輸入国・地域には、2022年～2024年だけでも、ドイツ、フィリピン、香港、ベトナム、モリタニアが新たに加わった。

天然ガスが世界で基幹エネルギー化したことにより、LNGは世界のエネルギー供給安定の鍵を握っている。供給面では、長期的には米国、オーストラリア、カナダ、アフリカ等、非ロシア供給源からの安定供給実現が重要課題である。さらに紛争解決後のロシア産天然ガスの扱いが世界の天然ガス需給にも大きな影響を及ぼす。

表3-2 | LNGの役割変遷

主な時代と事象	LNGの役割発揮振り
20世紀後半 石油危機 大気汚染	代替エネルギー源、クリーンエネルギー源(日本、韓国) パイプラインガスに対する代替ガス供給源(ヨーロッパ) 一次エネルギー中でシェア拡大し、石油危機影響緩和にも貢献
2010年代 原子力発電危機対応 エネルギー需要増	ベース電源不足時に迅速対応可能な柔軟性を実証 バリューチェーン各要素での参加企業のすそ野が広がり、世界各地で液化・海上輸送・気化の事業としての難易度が軽減、普及拡大 緊急時に柔軟性際立つ
2021年～2022年 パンデミック後エネルギー需要反騰 戦争・天然ガス不足	ヨーロッパでウクライナ侵攻以前よりロシア産パイプラインガス供給減少分をLNG輸入増加が相殺 危機・パイプライン爆破によるロシア産パイプラインガス輸入減少分を、米国産を中心とするLNG輸入増加で充足
将来に向けて トランジションを巡る 不確実性対応に現実解	エネルギーセキュリティの中核としての供給源 新興市場の経済成長・成熟市場の安定供給を支える 新・クリーンエネルギー源との組み合わせ・トランジション LNG自身のクリーン化次第で永続的利用

引き続き、今後の投資決定から実現への可能性が高いプロジェクトに関しては、当面、米国が多数を占める。米国でのLNGプロジェクトは、原料ガスとなる上流側のガス田が他地域の伝統的なLNGプロジェクトと異なり、必ずしも垂直統合型に特定されていない。さらに、LNGの引き取りに関しても、必ずしも最終消費先が固定されない緩やかなコミットメントでのプロジェクト構築・投資決定がなされてきた。一方で、2021年以降、最終消費先特定度が高い長期契約も盛り返しており、ボリュームの拡大とともにプロジェクト構造の多様化も進みつつある。

こうした米国産LNGのグローバル市場への登場が、LNG市場全体の構造変化をもたらしている。2019年は、米国産LNGの日本向け供給が本格化したことにより、従来のアジア向けLNG供給主体からの取引契約で主流であった原油連動価格が高水準であるときに優位性を実証した。一方で、2020年は、世界的天然ガス価格低迷・短期需要低迷時に、供給量の変動分を吸収する柔軟性を発揮した。さらに2021年には再び世界的な天然ガス価格上昇局面で、柔軟性・価格優位性を発揮し、各地への有力供給源として確立した。2022年には、ヨーロッパ向けの最大の追加天然ガス供給源となった。2023年、2024年には、世界最大のLNG輸出国となった。2025年以降はさらに一段の拡大局面が加速しつつある。

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

LNG生産プロジェクト開発モデルの変化

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

今後のLNGを中心として、世界の天然ガス供給が増加する地域として、東西アフリカのフロンティア地域がある。これらの地域では、洋上、また時には中小規模の天然ガス資源も存在することから、浮体式LNG生産方式も開発の現実的な選択肢となった。2018年に西アフリカのカメルーン沖、2022年に東アフリカのモザンビーク沖2024年にコンゴ共和国沖、2025年初に西アフリカのセネガル・モーリタニア沖の天然ガス資源を活用する浮体式LNG生産プロジェクトがそれぞれ稼働開始した。これらのプロジェクトではいずれも、国際市場でのLNGマーケティング力を持つ大手LNGプレイヤーが生産されるLNG全量の引き取りをコミットすることにより、プロジェクト推進の裏付けとしている。

モザンビークではこの浮体式LNG生産プロジェクトに加え、陸上サイトでのLNG生産プロジェクトも複数件計画されている。このうち1件は2019年6月に投資決定済みである。2021年以降、現地の治安情勢の悪化により、建設作業が中断した。2025年半ば時点で工事再開に向けた関係者間の調整が行われている。しかしながら、長期的には資源規模の大きさおよびインドをはじめとした南アジアに近く、海運上のチョークポイントもなく、アジア市場はもとより、スエズ運河経由あるいは喜望峰回りでヨーロッパ市場ともにアクセスできる戦略的な立地から、長期的に大きなLNG供給源として成長することが期待される。タンザニアにも豊富な天然ガス資源が存在しており、LNG輸出につながる可能性が高い。

なお、短期的には、引き続きロシア産パイプラインガス供給の減少への対処、LNG生産諸国での安定生産確保、新規LNG生産プロジェクトの円滑な立ち上がりが必要である。これらによるLNG生産の短期的安定化が、LNGに対する信頼度を高め、長期的な投資にもつながってゆく。

将来のLNG役割明確化が必要

エネルギートランジションに向けて、不確実性を解消する現実的なソリューションとして、LNG・天然ガスは重要な役割を果たすことが期待される。LNGは各時代の要請に応じ、役割を拡大、発揮してきた。今後も基幹エネルギー源として、トランジションにおいても、エネルギーセキュリティに貢献する。新興市場の経済成長・成熟市場の安定供給を支え、新エネルギー源との組み合わせにおいても世界のエネルギートランジションに貢献する。LNG・天然ガス自身のクリーン化が前提条件となる。

レファレンスシナリオおよび技術進展シナリオいずれにおいても、東南アジア新興市場を中心に、堅調なLNG・天然ガス需要が見通される。これらのシナリオで想定している省エネルギー改善が実現しない場合には天然ガス・LNG需要がさらに上触れする可能性もある。

東南アジアでは、1970年代以降、LNG輸出プロジェクト開発と並行して、域内天然ガス消費も増加してきた。伝統的ガス生産国(インドネシア、マレーシア、タイ)で今後も天然ガス利用が継続・拡大する。

2011年以降、7か国でLNG輸入を実現、域内での各国間の相互LNG物流に加え、域外からのLNG輸入も増加しつつある。今後、東南アジアの天然ガス消費量中のLNG比重は、現状の全体の6分の1から、2050年までには3分の1程度へと高まる見通しとなる。特に沿岸地域・島しょ地域にLNG利用インフラストラクチャー拡大のポテンシャルが大きい。

特に東南アジア市場において、天然ガスは産業部門の排出削減、電力の需給調整で役割を果たす。転換期の排出削減に経済合理的な燃料となりうる。天然ガス市場安定とそのための供給能力拡大はエネルギー転換コスト低減に貢献する。

近年のLNG市場の動向が、長期的なLNGの役割および市場安定・セキュリティ確保の重要性を示唆している。エネルギー危機に対応する柔軟性をLNGが提供するとともに、需給関係・価格の不安定化が長期的視点での市場安定化対策の重要性を示している。

需要面では、長期的に脱炭素の取り組み内容の影響による需要見通しの変動、需要センターの新興・途上国へのシフト、需要側の契約柔軟化指向への対応などが重要度を増している。短期的には、原子力・再生可能エネルギー等の影響による天然ガス需要の不確実性、ヨーロッパにおける天然ガス需要削減・減少の変動幅、中国、インドやアジアの新興市場における天然ガス需要回復動向が市場のバランスを左右する。

価格面では、長期的には契約価格方式の多様化と最適化、市場の安定成長と投資を支えるバランスの中での価格設定が必要となる。短期的には、ボラティリティ増大への対応が引き続き業界を悩ましている。

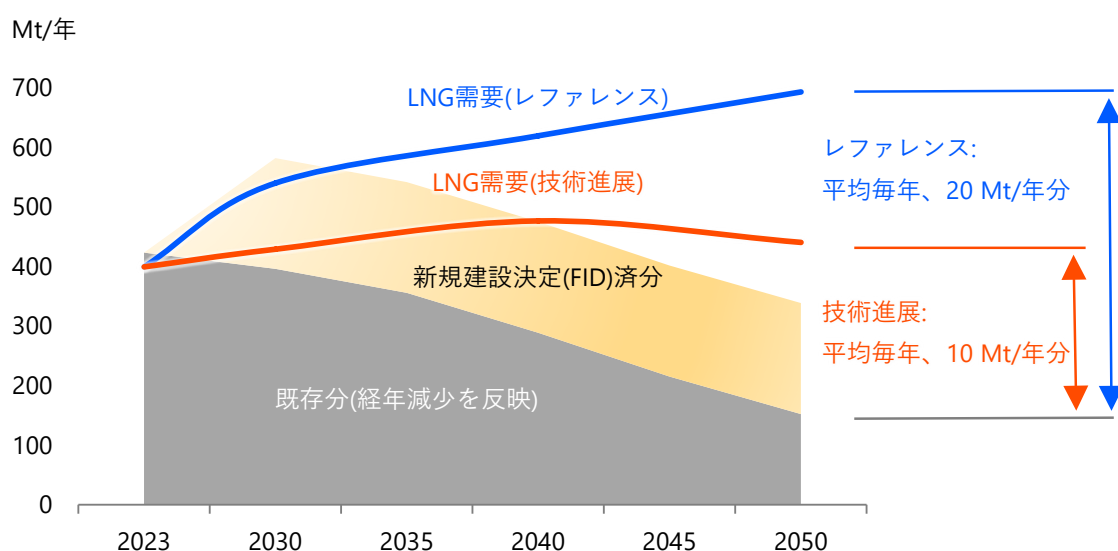
この点で、LNG市場安定化につながる政策面、投資確保面の課題への対処が重要である。具体的には、政府・国際レベルでの、トランジションに適合するLNGの基準の明確化、温室効果ガス(GHG)排出量測定・報告・認証(MRV)基準の明確化やクリーン対策装備基準の明確化により、投資対象・融資先としてのLNGプロジェクト優位性を確立することが、LNG市場の安定的な成長と、特に急速に成長する新興市場に向けた供給源安定確保につながる。

特にこの点では、2025年のLNG産消会議でLNG市場安定、LNG生産のクリーン化に向けた各国政府・関係機関の協力強化が議論されたことが前進である。

LNG・天然ガス安定供給に継続的な投資が必要

LNG生産部門には、2050年までの期間に、11 Mt/年～22 Mt/年分の継続的追加が必要となる。見通し上のLNG需要量と、経年により減少する既存生産容量の差により試算した数字である。これには、①新規プロジェクト投資、②代替供給(バックフィル)ガス田投資、③原料ガス田生産減少分補完、④既存LNG液化等の設備若返り改修 が含まれる。

図3-3 | 世界のLNG需要と生産容量



過去4年間の新規建設決定(最終投資決定[FID])状況はこれを上回る。しかし既建設決定分の実現にも不確実性があり、実現しない・遅延などの可能性にも留意すべきである。すなわち、ロシア新規プロジェクトの不確実化、アフリカで政情不安による建設停止状態の継続、米国で設計・調達・建設(EPC)コストアップによるプロジェクトオーナー・コントラクター間の交渉不調による遅延、米国で環境訴訟を契機とする建設許可差し止め判決などが顕在化している遅延要因である。

コスト上昇と技術革新・開発モデル進化が並行

LNG生産プロジェクト開発の課題への対応が長期的利用の鍵となる。

2010年代以降のLNG供給の急拡大は、その焦点地域をカタール、オーストラリア、米国と推移してきた。その中でLNG生産プロジェクト開発コストは上昇傾向にある。一方で浮体LNG生産、小・中規模液化設備、モジュラー方式によるコスト削減努力もなされてきた。

カナダ、メキシコの北米西海岸LNG輸出開始および東アフリカのLNG開発進展は、供給源多様化の観点、またLNG海上輸送面では、アジア市場への輸送距離・経路のボトルネック解消の観点でもゲームチェンジャーとなることが期待される。この中でカナダ西海岸からは2025年にLNG輸出が開始された。

過去数年間の堅調なFIDには、買主の長期コミットメントが鍵となってきた。特に2025年米国のプロジェクトでのFIDには、日本企業を含む買主の長期契約によるLNG引き取り合意が支えとなっている。

中期的には堅調な生産キャパシティ増加が期待されるものの、建設遅延傾向が常態化している。2030年前後にLNG供給力に余剰が生じるとの見方もあるが、余剰予想に刺激され追加需要が喚起される。この供給側・需要側双方の要因により、「供給過剰」はイリュージョンとなる。

主要LNG輸出地域では、資源ポテンシャルとともに、課題も抱えている。オーストラリアのLNG輸出開発は成熟し、今後ブラウンフィールド開発による安定生産維持が課題となる。カタールでは超大型拡張計画がクリーン対策織り込み進行中で、計画どおりに完成するかが注目点となる。東アフリカは資源ポテンシャル大きいが、本格的拡張は足踏み状態にある。ロシアは既存供給が堅調だが、不安要因を抱え、新規開発はいっそう不確実化している。

LNG輸送ボトルネック、生産設備トラブルの顕在化

LNG市場拡大により、円滑な海上輸送・安定生産確保が長期的課題として、いっそう重要性を増している。重要航路にボトルネックが発生し、需給ひっ迫時には大きな障害要因となる可能性が高い。長期的なLNG輸送戦略構築が必要となる。

LNG供給源多様化に伴い、輸送経路・距離も供給源・消費地によりさまざまとなっている。2016年パナマ運河拡張完成以降、LNG輸送船舶の通航が可能となり、米国産LNGのアジア向け輸送の利便性が向上した。シェール革命に伴い、天然ガスだけでなく増産された液化石油ガス(LPG)のアジア向け輸送の増加にもつながっている。輸送量の増加の一方で、待機長時間・あるいは迂回が発生している。これに対応して通航・予約の合理化は進んでいるが、渇水による水位低下、これによる大型船舶通航可能隻数制限も発生している。2024年、2025

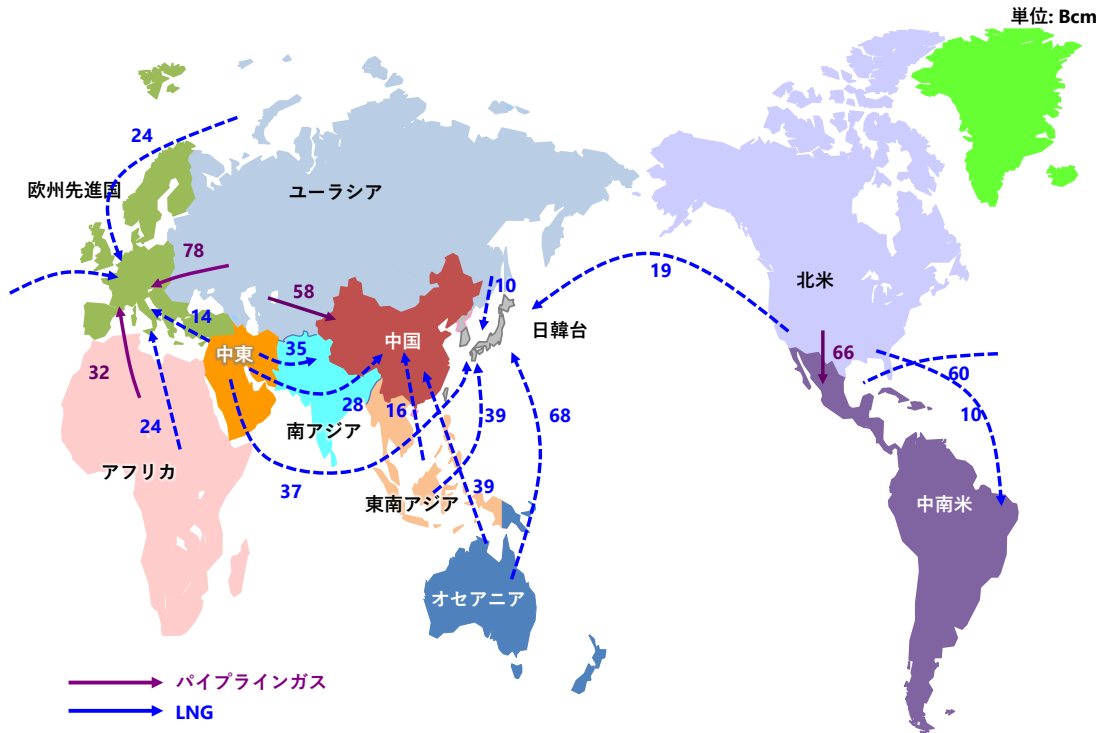
年は米国産LNGの北東アジア向け輸送では、喜望峰周りが常態化している。同様に中東産LNGのヨーロッパ向け輸送も喜望峰周りが常態化している。LNG輸送に対する制約が高まっている。他方で、北米西海岸・東アフリカLNG輸出の本格化は、LNG輸送合理化・最適化にとってもゲームチェンジャーとなる。

LNG生産設備の計画外停止が増加し、需給バランスひっ迫時には状況を深刻化する可能性が高い。例として、2022年、米国で大型LNG輸出設備1件につき、火災事故で長期間の停止、他生産諸国でも比較的長期間の計画外停止があった。特に市場バランスが厳しい時期に当たったことから、スポットLNG、ガス価格をさらに押し上げる要因となった。

表3-3 | 天然ガス生産[レファレンスシナリオ]

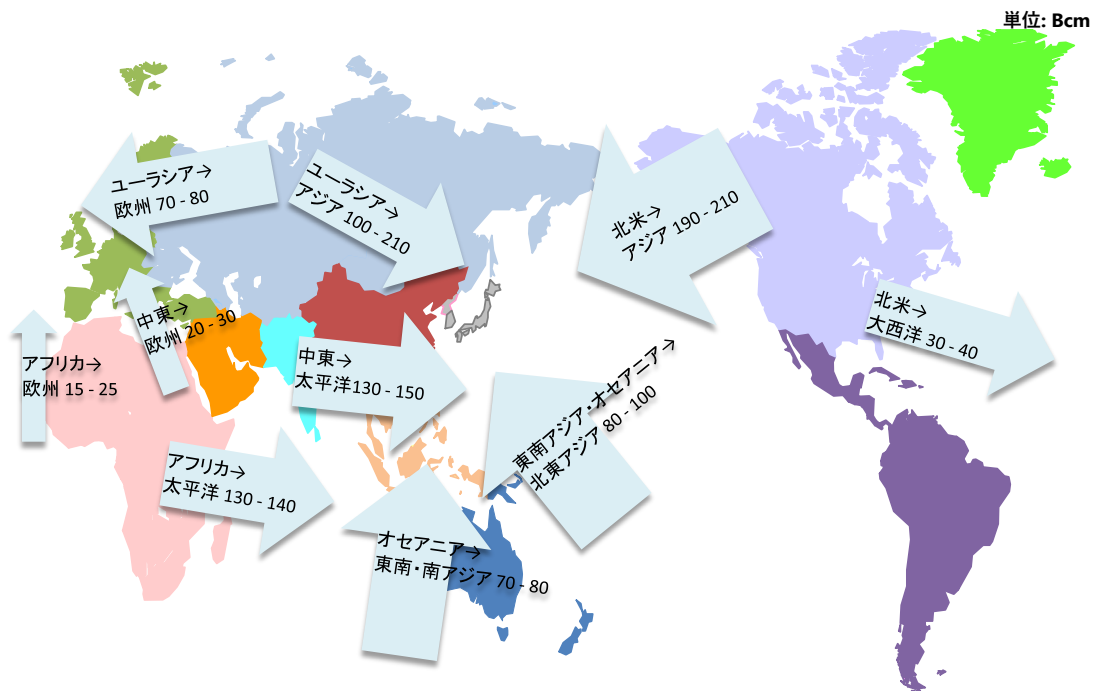
	2023	2030	2040	2050	(Bcm)	
					2023-2050 変化量	変化率
世界	4,222	4,322	4,775	5,386	1,165	0.9%
北米、メキシコ	1,280	1,292	1,385	1,365	85	0.2%
中南米(メキシコを除く)	199	234	289	356	156	2.2%
ヨーロッパ	196	136	132	106	-90	-2.2%
ユーラシア	856	820	839	909	52	0.2%
ロシア	638	600	600	609	-29	-0.2%
中東	732	770	827	1,049	318	1.3%
アフリカ	253	256	380	614	361	3.3%
アジア	538	650	738	784	246	1.4%
中国	232	260	276	242	10	0.1%
インド	36	55	87	90	54	3.5%
ASEAN	204	229	241	252	48	0.8%
オセアニア	167	165	185	204	37	0.7%

図3-4 | 主要地域間の天然ガス貿易[2024年]



注: 主な地域間貿易を記載

図3-5 | 主要地域間の天然ガス貿易[レファレンスシナリオ、2050年]



注: 主な地域間貿易を記載しており、全貿易量を包含するものではない。ユーラシア、アフリカ、中東からの供給にはLNGに加えパイプラインによるものも含む。

3.3 石炭

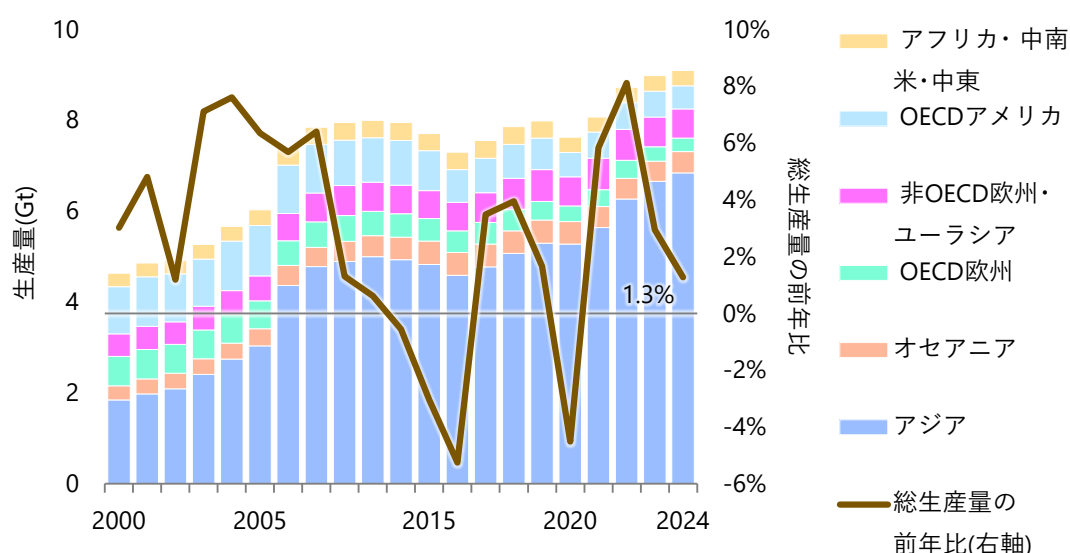
世界の供給と需要の概況

2024年、世界の石炭生産量は過去最高の91億tに達した(図3-6)。これは中国、インド、インドネシアの石炭三大生産国の拡大したことが主な要因である。それぞれの国内事情や安全対策、輸出動向が記録更新を後押しした。

中国では、46億t台を維持した。山西省は安全管理強化に伴い減産となったものの、内モンゴルと新疆地区での増産がそれを補完し、国全体での生産維持に寄与した。政府が進める国内炭によるエネルギー安全保障の柱として石炭増産が継続している。インドでは生産量が前年比5%増となり10億9,000万tとなった。Coal India Limited (CIL)をはじめキャプティブ(自家消費)や民間鉱山も増産となった。インドネシアは内需拡大と対中輸出増加を受け、前年比8%増の8億3,000万tを記録した。オーストラリアは年初の豪雨にもかかわらずその後順調な操業から前年比7%増の4億7,000万tを生産した。両国とも主要輸出国としての地位を維持しつつ、天候リスクへの適応も進めている。またモンゴルは中国向け輸出増を背景に生産を大きく伸ばしている。南アフリカは停電の影響もあるが、何とか生産量を維持した。

2024年の石炭生産最高記録は、各国が石炭を現時点のエネルギー供給と経済活動の要と位置づけている実態を示している証拠となる。一方で、大気汚染や温室効果ガス排出といった環境面の課題も引き続き検討事項である。今後は、安定供給と環境負荷低減の両立に向けた技術開発や政策調整の動向が引き続き注目される。

図3-6 | 世界の石炭生産世界の石炭生産



注: 2024年は暫定値

出所: International Energy Agency "World Energy Statistics and Balances 2025"

2025年の世界石炭生産は92億tに達し、過去最高を更新する見込みである。国別には、中国では上半期に前年同期比6%増を記録した。2024年に山西省で実施された大規模な生産調整の反動影響が伸び率を押し上げていることに注意が必要である。しかし、国内在庫は高水準にあり、北部地域を中心に価格は下落傾向にある。夏場に市況が持ち直したが年後半の需要鈍化も想定され、生産量への影響も懸念される。

インドでは、政府が進める国内炭増産による石炭発電所向け供給力の強化が進むと見られる。すなわち政府による鉱山投資促進策や配分制度改革が奏功し、民間参入が拡大し、前年比3%増の11億t台が予測されている。国内需要は電力・セメント産業を中心に底堅さがあるものの、石炭価格の高止まりが発電コストを押し上げる懸念も残る。

インドネシアでは、上半期は対前年同期比8%減であった。中国向け輸出が低価格にあえぎ、さらに洪水や猛烈な降雨による操業停止が影響している。通年では10%減の7億6,000万tと前年を下回ると予測されている。主要港湾の積み出し能力不足や採算ラインを割り込む鉱山の再編にも注意が必要である。価格回復とインフラストラクチャー整備の進捗が、下期以降の生産回復の鍵と考える。

オーストラリアでは、炭鉱事故や洪水被害による操業停止影響で4億3,000万t程度と前年比減を予測する。主要輸出国としての地位は維持するものの、供給減影響による滞船日数の増加やクイーンズランド州のロイヤルティ負担が世界的にも高額なことなど輸出競争力への懸念が出ている。これまでの環境政策優先から石炭事業への圧力が高まる中、事業の予見性低下と供給力の先行きに不透明感が漂っている。

米国では、トランプ政権による石炭産業後押しもあり、増産が進んでいる。電力会社は、天然ガス火力との価格優位性が石炭火力にあったことから需要も増えていた。年後半は天然ガス市場の価格影響も緩和し、全体で4億8,000万t程度にとどまると予測されている。

ロシアでは制裁継続の影響でわずかに減産を見込むが、不透明性が高く、予測は流動的で大きく減少する可能性もある。2024年には生産者の半数超が赤字を計上し、2025年5月から政府が鉄道輸送補助金を導入。輸出の維持が生産量への鍵を握る。今後はヨーロッパ以外、特にアジア市場へのシフト戦略が成否を左右するだろう。

モンゴルは中国向け鉄道能力不足や中国国内の需要減で微減、南アフリカは電力向けを中心に内需の安定成長から微増を見込む。コロンビアは労使トラブルや税政策変更で大幅な落ち込みの懸念がある。

中国・インドの国内炭増産政策による需給バランス

世界全体の石炭需要は2023年比で1.5%増加し、87億9,000万tと過去最高を記録した。増加率は2022年(4.4%)や2023年(2.3%)よりも鈍化しているが、依然として増加傾向が続いている。アジアの新興国がこの伸びを牽引しており、前年からの増加量としては、中国8,200万t、インド4,500万tが大きく、インドネシアやベトナムでも需要増となっている。一方、先進国では、欧州連合(EU) 4,000万t、米国1,400万tと石炭火力発電の減少による需要減少が続いている。このように中国・インド・東南アジア諸国連合(ASEAN)諸国で世界の石炭需要の77%を占めている。これは21世紀初頭の2倍以上で、世界の石炭市場におけるアジアの影響力が顕著になっている。特にアジアでの石炭火力発電量の増加は著しく、2024年に1万766 TWhで過去最高を記録した。また製鉄用の原料炭需要は、近年ほぼ横ばいか微減を繰り返している。繰り返しとなるが中国は世界の石炭需要の50%を占めており、中でも中国の電力部門だけで世界の石炭消費量の3分の1を占めている。このように世界の石炭需要の動向は、中国の政策と電力需要に大きく左右される状況となっている。

2025年前半、世界の石炭需要はわずかに減少している。燃料多様化や再生可能エネルギーの採用が徐々に進む一方、事情は地域ごとに複雑化している。短期的な景気変動や季節的要因が交錯し、石炭市場は絶えず変化している。

中国では冬の冷え込みは強くなかったが、夏は高温が続き火力発電の需要が高まった。通年の火力発電需要は前年より減少すると見られる。今後も低調な電力消費と再生可能エネルギーの拡大が、石炭利用の重しとなつてゆく。

インドも上半期は需要が停滞している。雨期が平年よりも前倒しとなったことや2024年の猛暑もあり、火力発電向け消費は2.1%減となった。一方で鉄鋼業界の旺盛な需要が原料炭消費を押し上げ、通年では前年比プラスと予測される。

東アジアでは、日本は経済の不透明感から石炭需要がじわじわと後退、韓国は上半期に大きな減少を記録したものの後半は持ち直し、最終的に前年並みと予測される。台湾では原子力フェーズアウトの穴を天然ガスが埋め、石炭消費は発電部門で減少、非発電部門で微減し合計でも前年比減少と見られる。一方、インドネシアは好調そのもので、電力向けを中心に、精錬や製鉄用や自家発電用途も含めて拡大が見込まれる。

米国とEUは、いずれも上半期に石炭消費を伸ばしている。米国は天然ガス高騰と電力需要増が追い風となり前年比12%増、年間では7%増と4億t台に回復する勢いとなっている。EUでは水力・風力が低調なことから電力部門が石炭火力を頼り、第1四半期で5%増加したが、構造的な脱炭素の潮流は揺るがず、年間では前年比減少となる見込みである。製鉄向けの原料炭市場も試練に直面している。世界的な経済減速とインフラストラクチャー投資の鈍化が

需要を押し下げ、さらに米国の関税措置導入による鉄鋼製品・部品のフローの先行き不透明感も停滞の要因となっている。このような明暗が入り乱れ、世界全体の石炭需要は最終的に前年比ほぼ横ばいで推移すると予想される。

石炭貿易

2024年、石炭貿易量は史上最高を更新し、初めて15億tを突破した。中でも一般炭貿易量は11億8,000万tを記録した。アジアの輸入需要がこの増加を牽引している。特に中国では輸入量が前年比14%増の5億5,000万tとなり、年間5億t超えは初めての記録である。中国の輸入量は、世界第2位のインドの約2倍に相当する。輸出については、インドネシアの輸出は6%増の5億5,000万tで中国向けがこれを牽引した。オーストラリアは3%増の2億900万tと緩やかな成長であった。ロシアは西側制裁、物流混乱、採算悪化で輸出量が大幅に減少している。

一方、原料炭貿易量も、2024年は3億7,000万tでやはり過去最高を更新した。オーストラリアは前年並みで安定、モンゴルは5%増の5,600万tを全量中国に輸出、米国は微増、カナダは輸出量減であった。

2025年の世界の一般炭貿易量は前年比減少と予測される。中国は需要鈍化、国内生産の充実、高在庫により輸入減となる見込みである。インドは国内生産の拡大で輸入依存が低下する。日本、韓国は原子力発電の回復と経済不透明感で、輸入量の減少が予測される。ベトナムは国内の電力需要増加により輸入量の増加が予想される。主な輸出国の動向であるが、一般炭ではインドネシアが中国、インド向けをはじめアジア市場の調整役として少なくとも10%程度の輸出量を削減させると予想する。コロンビアは、市況悪化と労使問題から輸出減となる。南アフリカは、ヨーロッパの需給ひっ迫(低風力発電のバックアップ)を背景に微増する。一方、原料炭貿易も世界の製鉄需要減の影響で数量を減らす。中国の鋼材需要鈍化が最大要因となる。特に中国向け依存度が高いモンゴルの輸出は大きく減少する。オーストラリアも悪天候により微減、ロシアも企業経営悪化などから減少と予測する。

需要に見合った供給体制の維持

欧米をはじめ先進国では脱炭素が一段と加速し、新興・途上国においてもカーボンニュートラルの表明がなされ、化石燃料の中でもとりわけ石炭の消費・生産を厳しく抑制する方向性は多くの国で共通認識となっていた。これにより欧米での石炭消費は減少の一途をたどっていた。このような環境であった米国で2025年に政権に返り咲いたトランプ大統領は、前政権までの方針を一変させ「エネルギードミナンス」として化石燃料重視と規制緩和政策を打ち出した。これにより米国石炭産業についても Beautiful Clean Coal と称する大統領令により大規模な支援策を打ち出し、今後の動向が注目される状況になっている。一方、中国、インドおよびアジア新興国においては、経済発展に伴うエネルギー需要の増加が続いており、

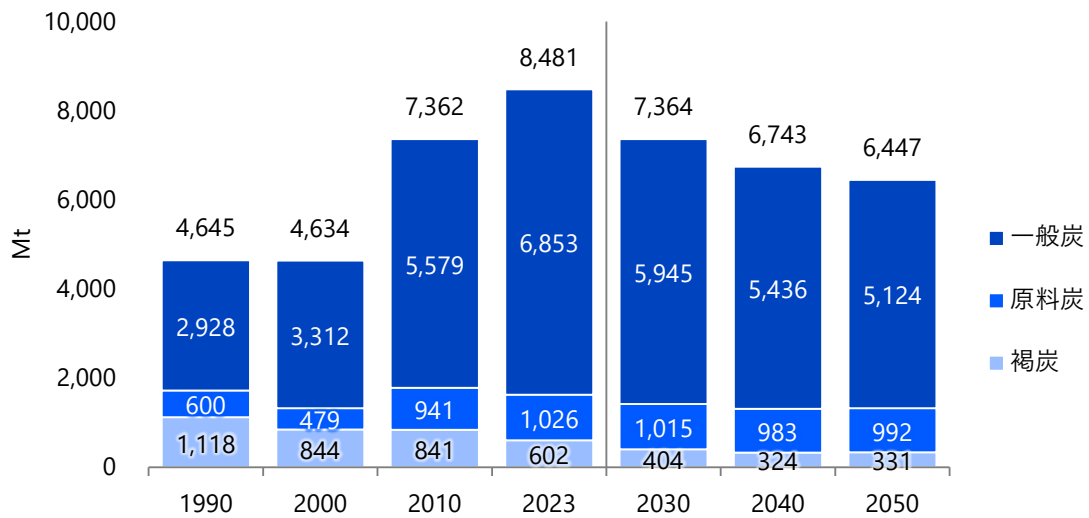
石炭がこれを支える状況が続いている。ただ、これまでの脱炭素の流れから資源メジャーの石炭上流部門から撤退や縮小あるいは再編の動きは継続している。この動きの中で需要が堅調に伸びているアジアの財閥やコングロマリットの資金援助を受けた企業が、売却される石炭資産の買手に名乗りを上げていることには注目したい。

各国のエネルギー事情および足元の石炭需要の現状を踏まえると、世界レベルでの脱石炭の実現は、現実的には長期的な取り組みと捉えざるをえない。先に示したように2024年の石炭消費量は前年比で増加し史上最大を更新し87億9,000万tとなった。この世界的な需要増を牽引したのは中国、インドをはじめとしたアジア新興国である。世界の石炭需要を再確認すると、短中期では経済成長に伴い中国、インド、ASEANをはじめとするアジアやアフリカ等で、長期的には中国を除くインド、ASEAN等のアジアとアフリカ等で需要は拡大する。特に新規鉱山開発や既存操業の維持・更新に対する従来型の石炭上流投融資は、脱炭素の動きの中で大幅に縮小や制限されているため、今後の供給力について影響が懸念されている。前述のアジア企業の石炭事業への参画は、この点からも注目に値すると見ている。これに加え、トランプ政権の化石燃料支援政策が米国外にどのような影響を及ぼすのかにも注目が集まる。

世界の石炭生産は、需要に対応して2020年代後半まで増加し、その後減少に転じ、以降は減少傾向が続く。生産量は、2023年の84億8,100万tから2030年には73億6,400万t、2050年には64億4,700万tにまで減少する(図3-7)。炭種別に見ると、一般炭生産は発電用需要の減少に伴い2020年代後半にはピークを迎え、その後減少に転じる。生産量もこれに合わせ2023年の68億5,300万tから2030年には59億4,500万t、2050年には51億2,400万tまで減少する。この中で、足元から2030年ごろまでに中国での石炭から再生可能エネルギーへの電源シフトが進む。この結果、石炭需要は2030年ごろまで急速に減少し、それ以降は2050年に向けては緩やかな減少となる。また、主に鉄鋼生産の原料として用いられる原料炭の生産量は、2023年の10億2,600万tから、2050年には9億9,200万tと緩やかに減少する。地産地消型のエネルギー資源である褐炭は、現存する褐炭火力発電の廃止に伴い、生産量は2023年の6億200万tから漸減し、2050年には3億3,100万tに減少する。

将来に向けて石炭供給国は、自国の需要を満たした上で国際石炭市場すなわち輸出需要に対応して生産を行う。一方、中国やインドなどの石炭多消費かつ生産国は、国内需要を満たすべく国内生産を拡大し、不足分を他供給国から輸入する。日本のような石炭資源が少なく、生産が経済的でない諸国は、輸入に依存する。

図3-7 | 世界の石炭生産[レファレンスシナリオ]



主要石炭生産国・地域の状況を見ると、欧米先進国やポーランドをはじめEU加盟国である東欧の産炭国では、新規炭鉱開発だけでなく、既存炭鉱の維持・拡張や輸送インフラストラクチャーの整備等もさらに実施が困難となる。オーストラリアでは、国内の石炭消費および輸出の是非は、世論を二分する重要な関心事となっている。連邦政府は従来の温室効果ガス対策の厳格化を2022年の政権交代後に打ち出し、石炭鉱山を含む化石燃料の将来的な生産に大きな影響を与えつつある。また産炭州政府も、気候変動対応政策をにらみ、石炭輸出以外の外貨獲得手段を模索する動きを強めている。さらに石炭の主要な輸出先であるインド、ASEANにおいて石炭需要が今後も増加する中で、現在、競合関係にあるインドネシアからの石炭輸出量が同国の国内優先政策から先細りする可能性も考えられる。オーストラリアからの供給量(特に一般炭)拡大が期待されるところであるが、足元の政策や投資環境からは難しいことが想定される。オーストラリアにおける炭鉱の合併・買収(M&A)状況には引き続き注視が必要と考える。

表3-4 | 一般炭生産[レファレンスシナリオ]

(Mt)

	2023	2030	2040	2050	2023-2050	
					変化量	変化率/年
世界	6,962	5,945	5,436	5,124	-1,838	-1.1%
北米	454	214	138	100	-354	-5.4%
米国	391	206	131	95	-296	-5.1%
中南米	64	55	46	44	-20	-1.4%
コロンビア	56	47	39	37	-19	-1.5%
OECDヨーロッパ	45	23	16	9	-35	-5.6%
非OECDヨーロッパ・中央アジア	368	330	298	304	-64	-0.7%
ロシア	247	220	191	190	-57	-1.0%
中東	0	0	0	0	0	-0.5%
アフリカ	249	225	238	269	19	0.3%
南アフリカ	245	201	202	219	-26	-0.4%
アジア	5,529	4,886	4,519	4,233	-1,296	-1.0%
中国	3,903	3,092	2,435	1,862	-2,041	-2.7%
インド	839	1,002	1,296	1,564	725	2.3%
インドネシア	681	659	642	648	-33	-0.2%
オセアニア	252	210	181	165	-87	-1.6%
オーストラリア	251	210	180	164	-87	-1.6%

表3-5 | 原料炭生産[レファレンスシナリオ]

(Mt)

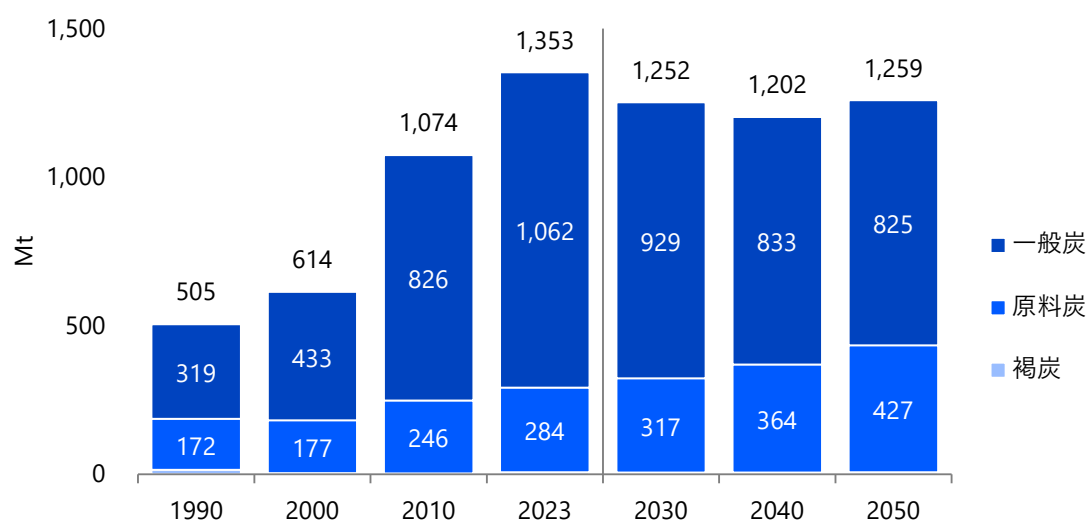
	2023	2030	2040	2050	2023-2050	
					変化量	変化率/年
世界	1,021	1,015	983	992	-29	-0.1%
北米	77	63	66	71	-6	-0.3%
米国	52	45	47	50	-2	-0.2%
中南米	10	10	13	18	8	2.1%
コロンビア	9	9	12	17	8	2.5%
OECDヨーロッパ	14	13	14	15	1	0.2%
非OECDヨーロッパ・中央アジア	110	103	108	115	5	0.2%
ロシア	105	97	101	109	4	0.1%
中東	2	2	3	3	1	1.6%
アフリカ	8	19	28	38	30	5.8%
モザンビーク	4	15	22	32	27	7.6%
アジア	641	621	541	482	-159	-1.1%
中国	554	521	408	309	-245	-2.1%
インド	57	68	99	136	80	3.3%
モンゴル	24	25	25	25	1	0.1%
オセアニア	158	184	212	250	91	1.7%
オーストラリア	157	183	211	249	91	1.7%

これまでに主にヨーロッパへの供給源となっていたコロンビアでは、先進国企業が撤退し、さらに政情不安定となっており、中長期的な生産量の大幅な増加は見込みにくい。国内供給、インドを主市場とする南アフリカでも、同様に先進国企業の撤退など石炭産業の変革が進んでいる。同国では生産の中心である既存炭田の埋蔵量が枯渇に近づき、新規炭田への移行が必要となる。一般炭の主要輸出国であるインドネシアは、これまで主として需要伸長が著しい輸出マーケットに歩調を合わせて生産を拡大させている。一方で政府は、石炭資源保護の観点から生産量を抑制し、供給先を国内優先とする方針を大前提としている。しかしながら前述のとおり、毎年発表される政府の石炭生産枠は大幅な増産を可能とした数量となっており、足元では国内向けにも輸出向けにも大きな支障は出ていない。国内の自家発電需要の急拡大と中国・インドの国内炭生産強化影響から輸入炭需要が減退傾向と今年は顕著になっていることから、今後の政府の動向にはよりいっそうの注意が必要である。

中国およびインドは、石炭火力発電の建設を進めることに合わせ、国内炭増産を図ってきている。今後、中国の需要は2020年代後半ばをピークに減少、一方、インドの需要は2050年に向けて増加が続くと予測する。両国は、国内炭増産による供給力確保を進めてきたが、国内需給調整弁として輸入炭も活用してきた。増産効果が足元で現れ始めており、今後輸入炭需要の減少が顕在化することによる、国際市場への影響には注意が必要である。

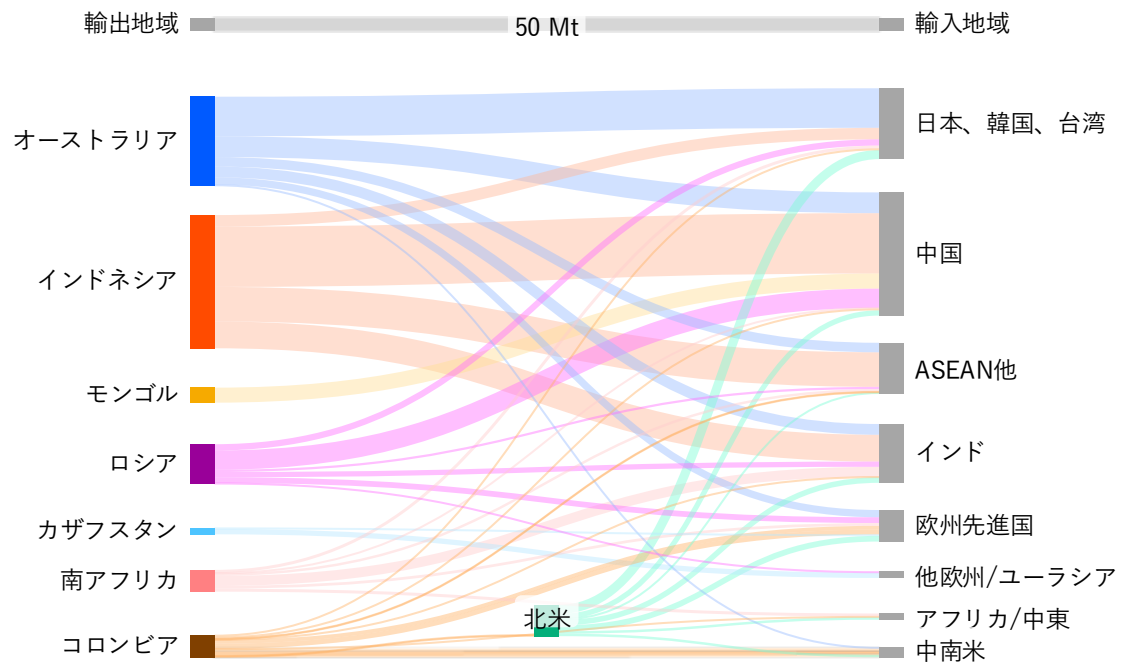
石炭貿易量は、2023年の13億5,300万tから2040年には12億200万tへと減少するが、その後は微増し、2050年の貿易量は12億5,900万tとなる。炭種別で見ると、一般炭の貿易量は脱炭素化の動きの中で中国の輸入量が2020年代後半をピークに減少に転じるため、2023年の10億6,200万tから、2050年には8億2,500万tに大きく減少する。一方、原料炭は、EU、日本に加え中国での鉄鋼需要の減退もあり需要が漸減してゆくが、インドを中心とした新興・途上国での鉄鋼需要増がこれらの減少量を上回ることから、貿易量は2023年の2億8,400万tから2050年には4億2,700万tに増加する。

図3-8 | 世界の石炭貿易(輸入量) [レファレンスシナリオ]



また主要輸出国別で見ると、オーストラリアは、引き続き現状レベルの供給量を維持するが、一般炭が減少し原料炭が増加といった数量バランスが需要の変化に合わせて進む。インドネシアは、自国の需要増加から生産量は維持しながら輸出量を絞ってゆく傾向を今後示す。中国の需要減少もあり当面市場への影響は大きくないが、2030年代以降、国内と輸出の供給バランスによってはアジア市場へ影響することもありうる。ロシアは、EUや日本のロシア炭禁輸政策から短中期では減少し、その後は横ばい推移する。

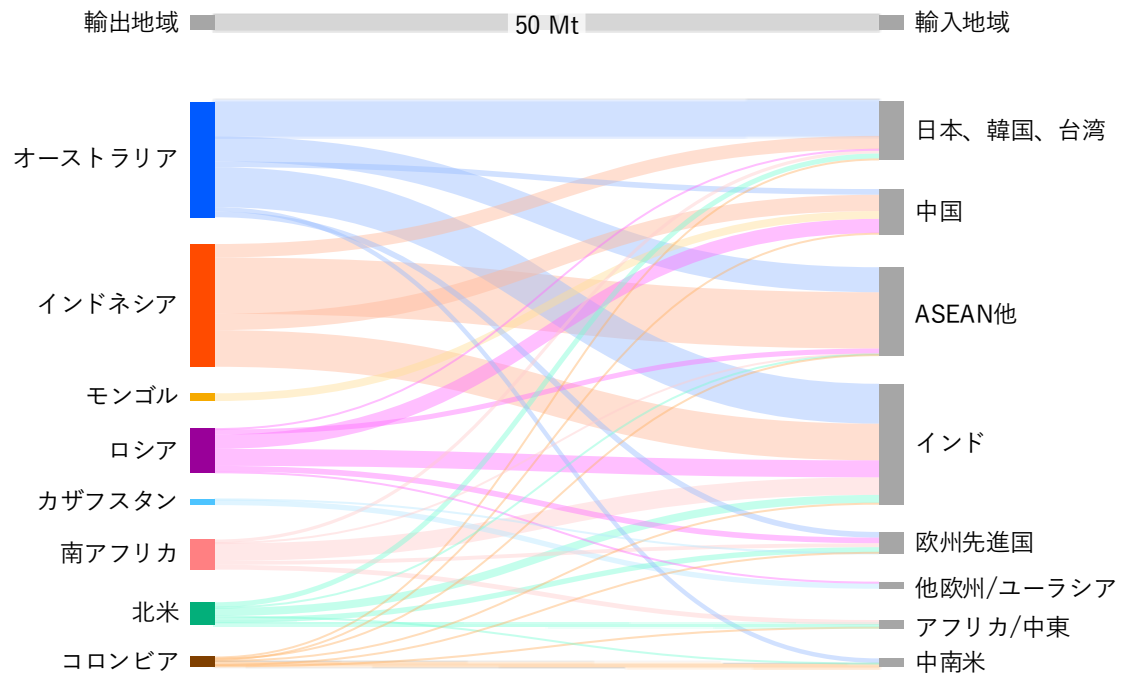
図3-9 | 主要国・地域間の石炭貿易[2024年]



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

出所: IEA "Coal Information 2025"、TEXレポート等を基に推定

図3-10 | 主要国・地域間の石炭貿易[レファレンスシナリオ、2050年]



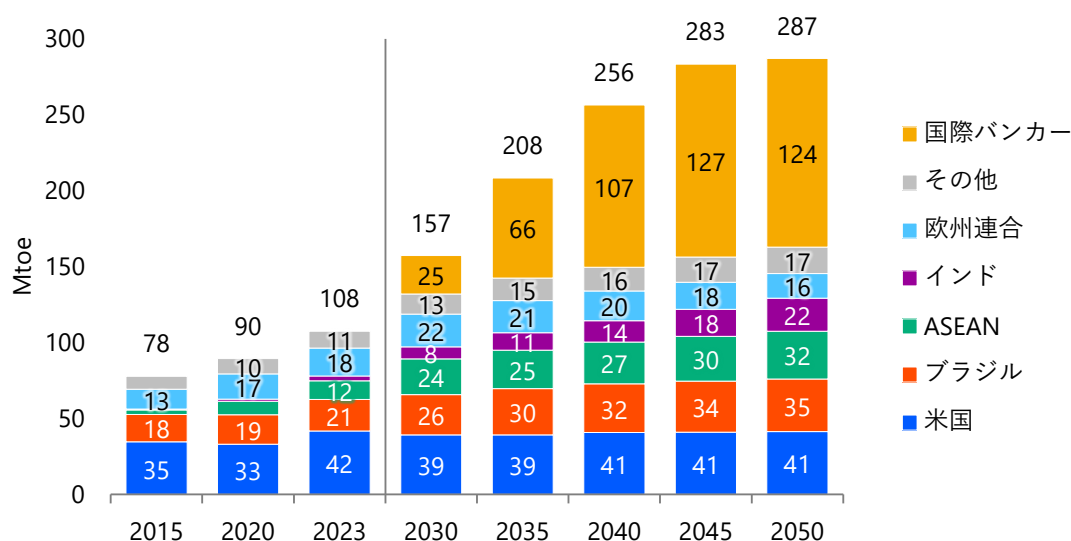
注: 一般炭と原料炭の合計値。2 Mt以上を記載。南アフリカはモザンビークを含む。

3.4 輸送用バイオ燃料

気候変動対策、エネルギー安全保障、農業振興の一環として、バイオエタノールとバイオディーゼルに代表される液体バイオ燃料の普及が進んでいる。足元では、自動車用バイオ燃料の利用は米国、ブラジル、東南アジア、欧州連合(EU)に偏っている。

1990年代から液体バイオ燃料の消費量は大幅に増加した一方で、2010年以降、バイオ燃料に対する投資の低迷が続いている。中国製をはじめとする低コスト化された電気自動車(EV)などの導入増は、自動車用液体バイオ燃料利用の向かい風となる。しかし、バイオ燃料を使う内燃機関自動車(ICE)とハイブリッド車(HV)の台数もまた増加するため(図2-28)、需要は緩やかではあるが伸びる⁷(図3-11)。

図3-11 | 輸送用バイオ燃料消費[レファレンスシナリオ]



注: 国際バンカーは持続可能な航空燃料(SAF)と船舶用バイオ燃料

需要を地域別に見ると、途上国は液体燃料もバイオ燃料ともに需要は伸びる。さとうきびなどのバイオ燃料原料を生産する国、例えばブラジルでは、依然として自動車用液体燃料需要が堅調であり、増加する液体燃料需要にエタノール混合比率を上げて対応してゆく。インドや東南アジア諸国連合(ASEAN)のバイオ燃料も大きく伸びるが、米国やブラジルほどの規模には至らない。先進国では、脱炭素化に向けた規制の導入により液体燃料の需要は減少するが、各国事情に応じた段階的な目標設定や導入目標等の政策誘導により今後もバイオ燃料の一定需要を見込む。再生可能エネルギー指令(RED III)をはじめとする気候変動対策

⁷ ガソリンや軽油といった液体燃料に対する混合比率(体積ベース)をもとに推計しているため、熱量換算での見通しは体積ベースと異なる点には留意が必要である。

に意欲的なEUにおいても、現在稼働している自動車などが一定数残るため、ストック対応等により2030年以降も現在とそう変わらない規模のバイオ燃料需要がある。

また、自動車用以外では、現在は利用実績が少ないが、国際航空や海運における液体バイオ燃料利用が拡大する。EUは2023年に航空燃料のクリーン化法案「ReFuelEU Aviation」を採択し、域内の空港にジェット燃料を供給する事業者を対象に、供給燃料全体のうち持続可能な航空燃料(SAF)の割合を一定以上とする規制を実施している。将来は再生可能エネルギー水素由来のSAFも期待されるものの、現段階ではバイオ燃料由来のSAFが価格競争力を持つ。しかしながら、運航効率やクレジットの活用等他の脱炭素化手段の比較合理性が現時点で見通しづらく、またSAFによる価格上昇に対する需要側の理解、広い社会受容性の進展度合いなどにSAF導入量は依存적である点に留意が必要であろう。

船舶で利用されるバイオ燃料に関しては、当面、液体バイオ燃料需要が見込まれるものの、長期的には国際規制動向、技術開発や港湾設備も含む社会実装整備などの進展に合わせてアンモニアやメタノール等の水素系液体燃料、さらにはLNGからのeメタンを含む水素系、気体バイオ系燃料などの導入が目されており、2040年頃の転換期において液体バイオ燃料はピークを迎える。そのため遠い将来には、船舶における液体バイオ燃料の比率は低下する。

供給面では第1世代のバイオ燃料の環境影響や食料との競合に対する懸念も一部強まっている。第2世代のセルロース系バイオ燃料や第3世代とされる藻類由来のバイオ燃料等、次世代バイオ燃料の開発とコスト削減に対する取り組みが強化されよう。

3.5 発電

近年の動向

2024年はデータセンター需要増を受けて、発電電力量の増加が加速

2024年の世界全体における総発電電力量は、前年を4.0%上回る31.3 PWhであった⁸。この増加率は、過去10年間の平均値である2.6%/年を大きく上回った。この主な要因は、継続する経済成長に加え、電力を多く消費するデータセンターにおける需要の急増が挙げられる。とりわけ、人工知能(AI)開発で主導的な立場にある米国の発電量増加率は2.2%で、過去10年間の平均値0.6%と比較して著しく増大した。

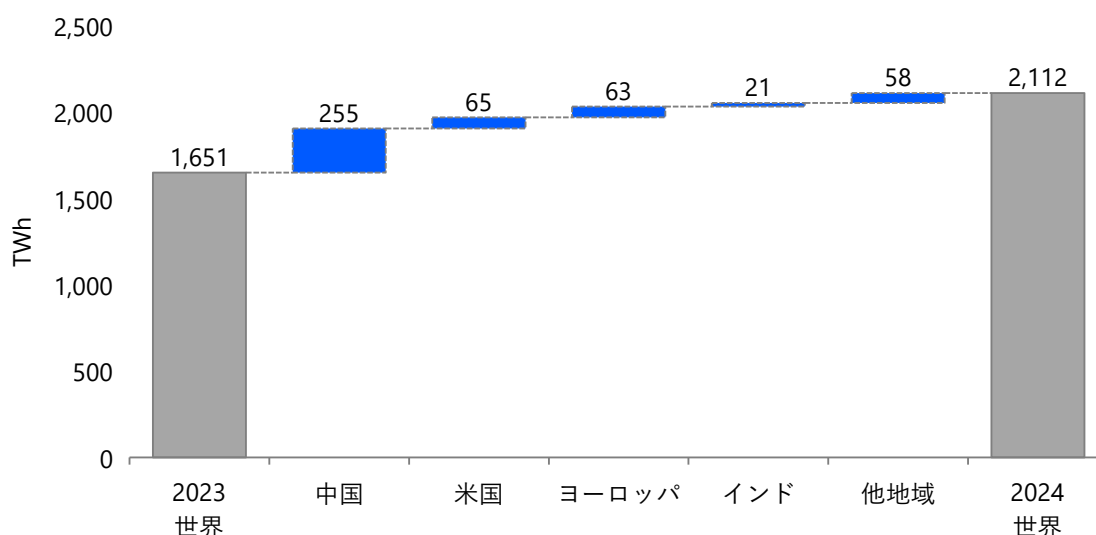
⁸ Energy Institute “Statistical Review of World Energy” (2025)

太陽光は中国を中心に大幅な拡大が続く

このような大幅な需要増加を賄うべく、2024年は天然ガス、石炭、原子力、水力、他再生可能エネルギーのすべての電源種による発電量が前年を上回った。中でも太陽光の増加は著しく、その発電量は2,112 TWh（前年比27.6%増）で、過去最大であった2023年の増分をさらに上回るペースで増加した。

これまでも中国は太陽光の増加を強く牽引しており、2024年もその傾向が続いた。中国1国の太陽光発電量の増分は、世界全体の増分の55%と過半を占めた。残る45%のうち米国、ヨーロッパ、他地域がおおよそ3分の1ずつを占めた。

図3-12 | 太陽光発電量の前年比増減[2024年]

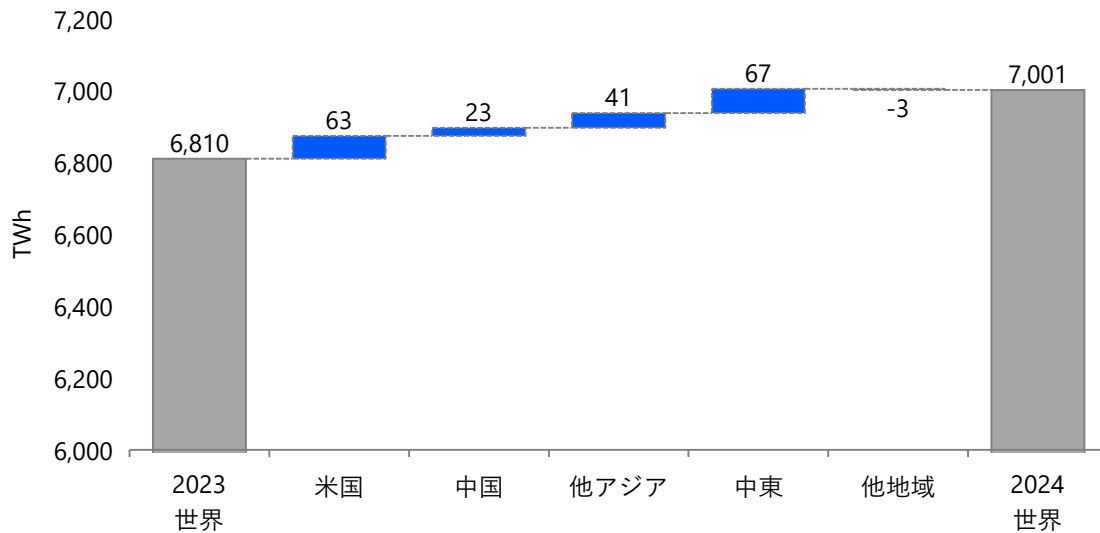


出所: Energy Institute "Statistical Review of World Energy" (2025)

天然ガス火力は米国、アジア、中東で増加

2024年に太陽光に次いで大きく伸びたのが水力と天然ガス火力であった。天然ガス火力は同2.8%増の7,001 TWhであり、発電量の22.4%を占める。地域別に注目すると、ヨーロッパでは減少する一方、米国に加えてアジア、中東での増加が目立った。米国では急増するデータセンター向け電力需要を再生可能エネルギーとともに賄い、今後もトランプ大統領による化石燃料促進政策の下で主要な電源としての地位を維持するとみられる。また、アジアにおいては日本で減少する一方、中国、インド、インドネシアなどの新興途上国で着々と新規建設が進んでおり、排出削減と負荷追従性を兼ね備えた電源としての重要度が増している。

図3-13 | 天然ガス火力発電量の前年比増減[2024年]



出所: Energy Institute "Statistical Review of World Energy" (2025)

見通し

発電電力量: アジア、アフリカで急速に拡大、先進国でも増え続ける

世界の電力消費は継続する経済成長、新興途上国を中心とした生活水準の改善に伴う消費機器の保有といった従来の要因に加え、近年の気候変動対策による電化の加速、デジタル技術による消費の増加といった要因を受け、2050年まで年率1.8%で拡大を続ける。これにより、世界の発電量は2050年に2023年の1.7倍となる49,701 TWhに増大する(図3-14)。その増分19,723 TWhのうち82%が新興・途上国に由来し、特にインド、東南アジア諸国連合(ASEAN)における需要増加は著しいものになる。また、エネルギー需要全体が低減する先進国でも発電量は年率1.0%で増加を続けることから、発電、送電設備に対する新規投資は世界全域で重要な課題となる。

急速な経済成長を続けるアジアの発電量は、2023年の15,098 TWhから年率2.1%で増加し、2050年には世界のおよそ半分となる26,633 TWhに達する。これまで著しいペースで発電量を拡大させてきた中国の需要は減速しつつも増加が継続し、2050年で世界最大の発電量を有し、世界の28%を占める(図3-15)。また、過去に中国が経済成長に伴って発電量を増加させてきたように、現在、経済成長が進むインド、ASEANにおいて2050年までに発電量がそれぞれ3.0倍、2.6倍となり、インドは欧州連合を大きく追い抜く、ASEANも欧州連合に匹敵する規模まで発電量が増加する。同様にアフリカにおける電化が大きく進展し、2050年の発電量は2023年の3倍以上となる。

図3-14 | 世界の発電電力量と電力最終消費[レファレンスシナリオ]

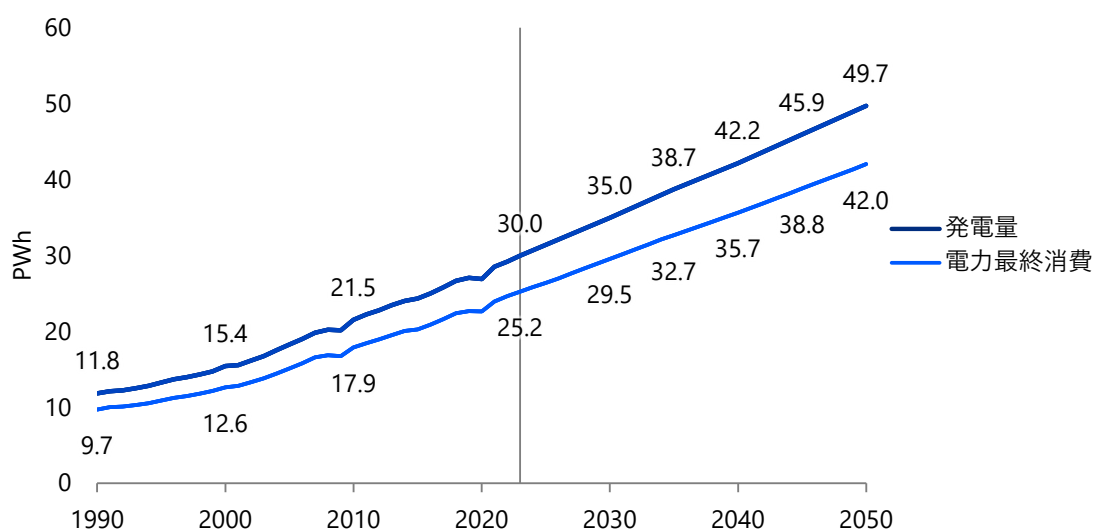
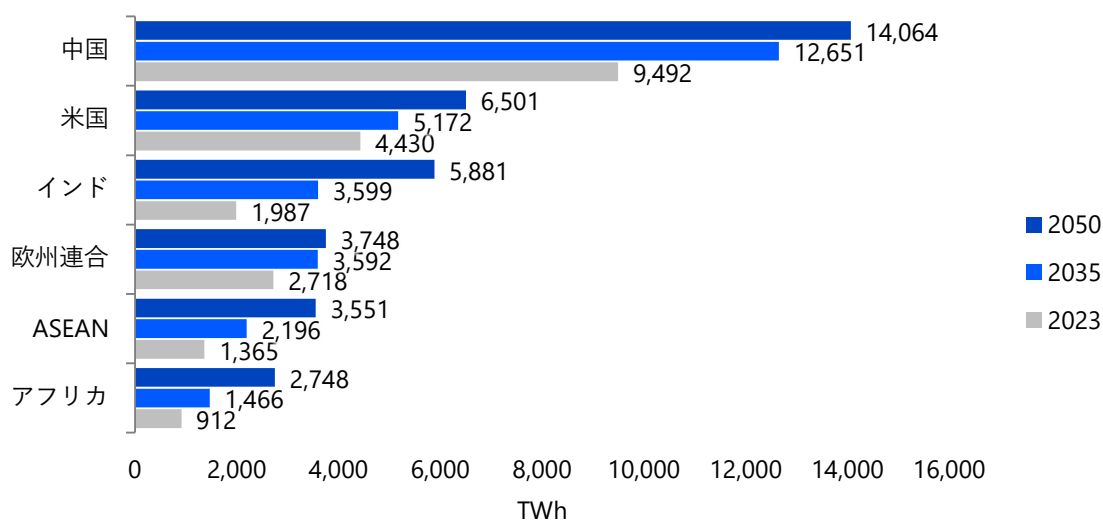


図3-15 | 主要国・地域の発電電力量[レファレンスシナリオ]

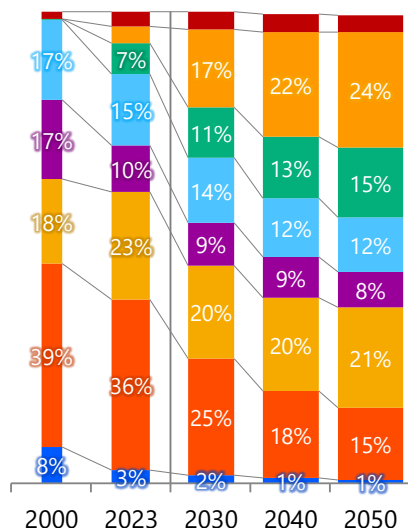


発電構成: 天然ガス火力が最大の電源に

世界の発電構成において、2023年で最も多くを占めるのは石炭であり、発電量の36%を賄う。2050年にかけては、石炭はシェアとしては低下が進み、代わって太陽光発電が最大の電源となる(図3-16)。太陽光発電は昨今、中国を中心に年率20%以上の圧倒的なペースで導入が進み、2030年には総発電量の17%、2050年には24%を占める。また、風力も大幅に導入が進み、2050年には発電量の15%を占める。

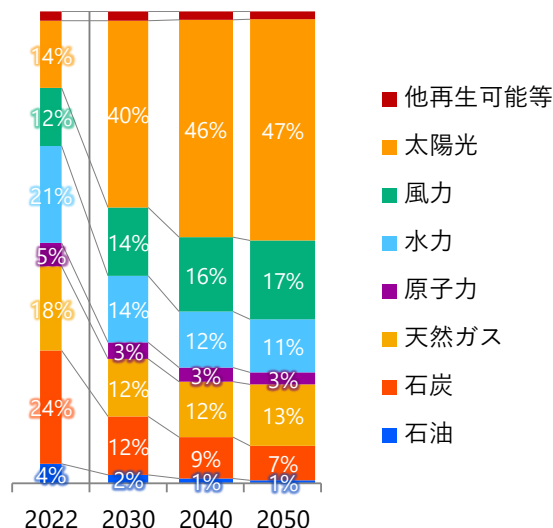
図3-16 | 世界の発電構成[レファレンスシナリオ]

発電電力量



注: 棒の幅は総発電量に比例

発電設備容量



注: 棒の幅は総発電設備容量に比例

2050年において、太陽光に次いでシェアが大きな天然ガスは、2022年の著しい価格高騰から市場が安定しつつあり、また高い負荷追従性によって、太陽光・風力のバックアップ電源としての役割も担いいうることから2050年にかけてシェアを再び高める。東南アジア地域では石炭に変わる過渡的な安定電源として、米国や中東では圧倒的に安価なコストを背景に、それぞれ発電の中心となる。先進国、新興・途上国を問わず、低廉かつ安定的な天然ガスの供給が中長期的に重要な課題であり続ける。

石炭は、英国が2024年に石炭火力発電を廃止したほか、イタリア、カナダ、フランス、ドイツなどの先進国が石炭火力発電の段階的な廃止方針を、それ以外の先進国でも低効率石炭火力発電の廃止などを表明しており、概して目標に近い時期の達成が見込まれる。加えて、近年は新興・途上国においても気候変動緩和策や大気汚染対策として、石炭火力発電の新規増設に年限を設ける、天然ガスや太陽光・風力等の他電源への転換を志向する動きが見られる。こうした世界的な潮流を受けそのシェアは足元より低下するが、新興・途上国を中心に低廉かつ安定的な電源としての利用が継続し、2050年で足元の70%程度の発電量が残存する。現在脱炭素に向かう米国、ヨーロッパでは急激に石炭火力による発電量が減少したが、他方で中国、インドにおける石炭火力の新設ペースは目を見張るものがあり、2024年の中印における発電量増加は欧米における減少より大きなものであった。

原子力は、エネルギーセキュリティの確保、気候変動対策の観点から、アジアを中心に新規着工が進んで発電量は足元から25%程度増加する。しかし、2050年までの電力需要の増加率を上回るほどは拡大せず、発電構成に占めるシェアは7%に縮小する。

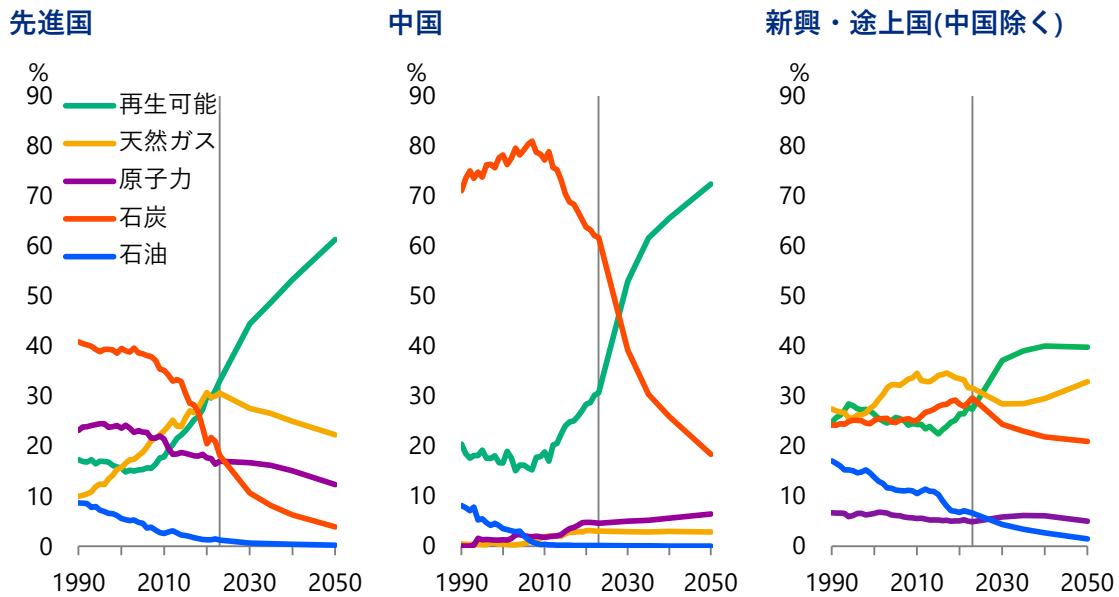
発電構成(地域別概観)

先進国においては既存の火力発電から、太陽光・風力を中心とした再生可能エネルギーへの転換がすでに進んでおり、今後もその趨勢が継続すると見込まれる。ただし、その適地に限りのあること、また出力変動への対策は変動性再生可能エネルギーが電源に占めるシェアが高まるほどに多くの統合コストを要することを鑑みると、足元の導入ペースは2030年以降、若干減速する可能性が高い。それでも、出力変動性の太陽光・風力は2050年には発電量の44%を占め、将来の主力電源になりうる。昨今顕在化している課題である出力変動への対策、発電適地と電力需要地を結ぶ系統拡充は、再生可能エネルギーが存在感を増す中で乗り越えることが必要になる課題である。その一環として、特に天然ガス火力は数量が減りつつも一定の割合を維持する。

新興・途上国は、中国とその他地域で大きく様相が異なる。再生可能エネルギーの導入を近年強力に推進している中国においては、近年のコスト下落に伴う急速な導入が継続することで、2030年までに石炭を追い抜き最大の電源となる。その後もペースを落としつつも2050年まで増加が続き、電源の70%程度を占める見通しである。うち変動性の太陽光・風力は58%の割合を占め、先進国同様に出力変動への対策は重要さを増す課題となる。

中国を除く新興・途上国においても再生可能エネルギーは風力を中心に増加傾向が続き、2030年ごろには石炭、天然ガスと入れ替わり最大の電源になる。ただし先進国との大きな違いとして、そのシェアは30%台後半にとどまり、火力も一定の割合を維持し続けることが挙げられる。急速に増加する電力需要を賄うため、石炭は2050年段階で発電量の22%程度を、天然ガスは33%を担う。電力の安定供給と二酸化炭素(CO₂)排出削減を両立するために、短期的には効率的な系統運用や高効率設備への投資、長期的には水素・アンモニアとの混焼や二酸化炭素回収・貯留(CCS)オプションの模索が重要である。変動性再生可能エネルギーの導入拡大は新興・途上国の旺盛な電力需要増加への対応とCO₂排出削減とを同時に満たす有望な電源である一方で、急速な経済成長を背景に電力需要が伸び続ける環境下において不可欠なディスパッチ可能な火力、水力等電源は一定量の確保が求められ、設備容量の維持、拡張が欠かせない。

図3-17 | 先進国、新興・途上国の電源構成[レファレンスシナリオ]

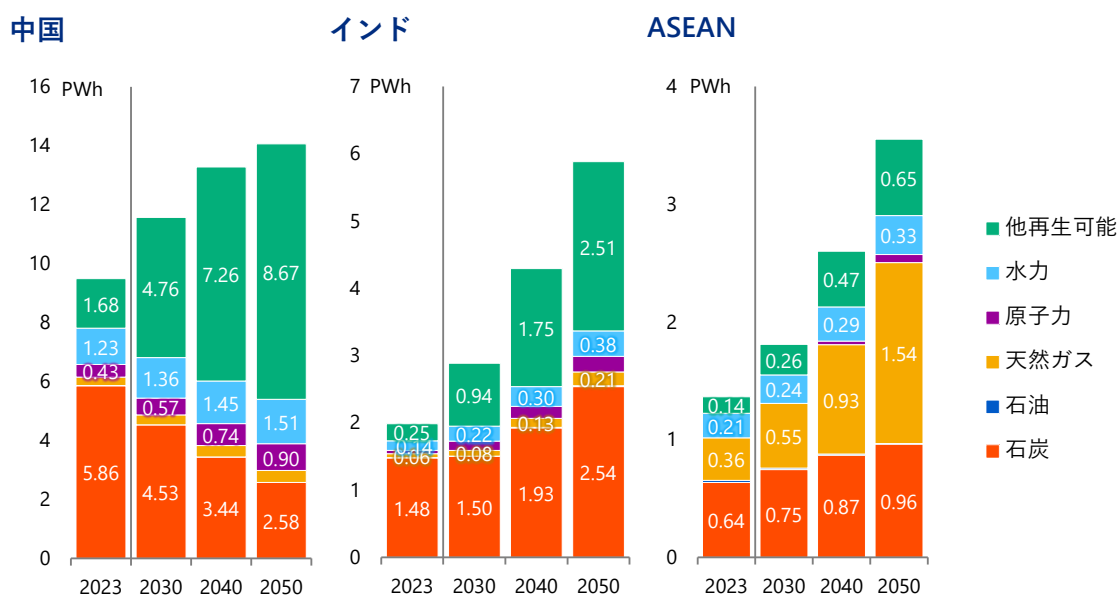


アジア新興地域における石炭と再生可能エネルギーの見通しは三者三様

アジアでは中国、インド、ASEANのいずれにおいても、石炭火力発電は2023年で最大の発電量を占める。今後は天然ガス、再生可能エネルギーへのシフトが進み、2023年の電源の57%を占めていた石炭は、2050年にはシェアを25%に縮小させる。ただし、このような電源トランジションの様相は国、地域によって大きく異なる(図3-18)。中国では先述のとおり著しい再生可能エネルギーの設備拡張が進み、2050年までに太陽光・風力等による発電量が2023年の5倍以上になり、発電の主軸となる。ただし中国では2024年でも石炭火力発電の新設が行われており、そのシェアは減りつつも2050年においてインドに匹敵する規模の発電量となる。

インドでも再生可能エネルギーの拡張が太陽光、風力ともに進み、2050年においては石炭を追い抜き最大の電源となる。ただし、中国と異なるのは今後も石炭による発電量が増加を続ける点であり、発電量は2023年の1.7倍に増加する見通しである。旺盛な電力需要増加を賄うために原子力、水力、天然ガスを含めた多様なオプションを総動員して2023年の3倍近い需要拡大に応えることが重要課題となる。

図3-18 | 中国、インド、ASEANの電源構成[レファレンスシナリオ]



ASEANでは前述の2か国と異なり、再生可能エネルギーの伸長の傍ら、かつて第一の電源であった天然ガスの利用が大きく拡大して再び最大の電源となる。ただし、その情勢は国によって大きく異なり、タイのような官民ともに脱石炭火力発電の動きが根強い国では石炭から天然ガスや再生可能エネルギーへのシフトが進む一方、インドネシア、フィリピンでは急速な電力需要の増加を背景に石炭が電源の主軸となり続けることが予想される。また、ラオスは豊富な水力の開発により、ベトナムは洋上風力を含む変動性再生可能エネルギーポテンシャルを活用して電源の低炭素化を推し進めているなど、多種多様な供給形態が存在するのがこの地域における特徴である。いずれにせよ、電力需要が著しく増え続けるこの地域で低廉かつ安定的な電力供給を維持することは容易ではなく、地域ごとの需給特性に即した多様な道筋の探索が求められている。

再生可能エネルギー発電

近年、再生可能エネルギーは安定供給や経済性の観点から世界的に導入が進んできた。特にヨーロッパでは、2022年初頭に勃発したウクライナ危機を契機にロシア産天然ガスから脱却が強力に推し進められており、再生可能エネルギーの導入は喫緊の課題と位置づけられ、積極的導入が図られている。

一方、米国では2025年1月発足の第2次トランプ政権のもと、前政権からの政策転換が続いている。こうした転換を受けた市場の不安定化もあり、計画中案件の見直しや延期が生じている。影響は米国にとどまらず、ヨーロッパの一部事業者・製造業者に一時的な影響が及ぶ可能性は否めないものの、現在の世界的な設備容量の急拡大を牽引しているのは中国であ

る。中国においては2022年以降、太陽光と風力の加速度的な導入が続いており、今後も中国を先導として再生可能エネルギーの導入は進められる見込みである。

2015年から2019年は世界の再生可能エネルギー発電容量の増加は200 GW/年弱程度であったが、2020年には250 GW、2022年には300 GWをそれぞれ超えて、2024年には570 GWを超える水準まで急拡大した。この増加量は2030年にかけてピークを迎える(単純平均で年約700 GW)。

中でも、発電コストが大きく低下している太陽光発電の増加が著しく、再生可能エネルギー発電容量増加の7割を太陽光発電が占める傾向は今後も継続する。さらに太陽光発電と風力発電を合わせた自然変動電源は再生可能エネルギー発電容量増加の9割以上とほとんどを占めるため、電力系統への影響は確実に高まる。

2021年以降の資源価格高騰に伴って、太陽光パネルや風力タービンなどの設置コストは一時的に上振れしたものの、国際再生可能エネルギー機関(IRENA)の推計では2024年の世界加重平均均等化発電原価(LCOE)は\$43/MWh、陸上風力\$34/MWhに低下している。これは最も安い化石燃料の新設電源に対して、太陽光で41%、陸上風力で53%低い水準であり、新設電源としての相対的な経済性は維持されている。また、火力は燃料費の変動に加え、排出規制や炭素コスト、環境対策投資が上乘せされやすく、総合コストは下がりにくいことから、新設という観点では、太陽光・陸上風力の相対的な経済的優位性は今後も維持されと考えられる。

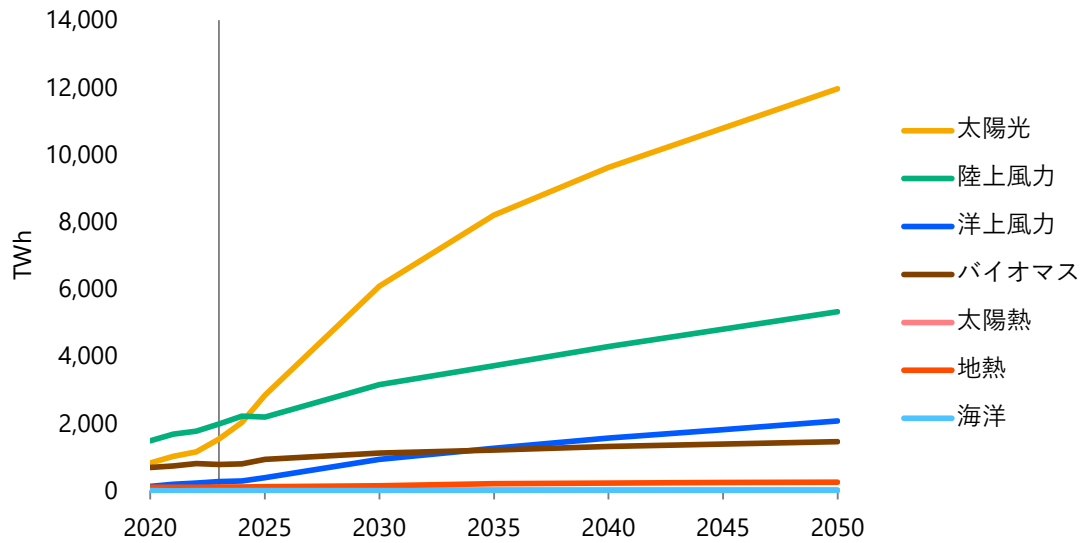
こうした経済的優位性に加え、多くの主要国・地域は再生可能エネルギー導入目標へのコミットメントを継続している(表3-6)。第2次トランプ政権などの情勢変化を受け、導入姿勢に地域差は生じる可能性はあるものの、中国の牽引も大きいことから、世界全体としての増加ペースはおおむね維持される。

表3-6 | 主要国・地域における再生可能エネルギー政策・目標

国・地域	主な政策・目標
米国	バイデン政権からのエネルギー政策の撤回を表明。脱炭素目標は掲げず、太陽光・風力発電向けの規制強化を通じ、安価で信頼できるエネルギーを最優先に Declaring a National Energy Emergency 2025年1月(The White House) One Big Beautiful Bill Act 2025年7月(Public Law No:119-21)
EU	2030年までにエネルギー最終消費に占める再生可能エネルギーの割合を42.5%に(努力目標として45%) Renewable Energy Directive III (2023年11月発効) (European Parliament, Council of the European Union)
日本	2040年までに全発電量における再生可能エネルギーの割合を40%～50%に 第7次エネルギー基本計画, 2025年2月(閣議決定)
中国	2030年まで一次エネルギー消費に占める非化石燃料の割合を25%に(うち風力と太陽光発電の設備容量を1,200 GWに) 2030年までにカーボンピークアウトを達成するためのアクションプラン, 2021年10月公表(国務院)
インド	2030年までに電力消費の50%を再生可能エネルギーで供給(非化石発電設備を500 GWに) モディ首相が国連気候変動枠組条約第26回締約国会議(COP26)で宣言, 2021年11月(Ministry of External Affairs)
ASEAN	2025年までに一次エネルギー供給の23%、発電設備容量の35%を再生可能エネルギーに ASEAN Plan of Action and Energy Cooperation Phase II, 2020年11月発表(38th ASEAN Senior Officials of Meeting on Energyで採択)

図3-19は、2050年までの再生可能エネルギー発電量の推移である。太陽光発電は、2024年に2,030 TWhであったものが、2050年には11,960 TWhと約6倍増加する。風力発電(陸上と洋上)も2024年の2,500 TWhが2050年には7,390 TWhへと約3倍増加する。太陽光発電と風力発電が増加した結果、世界の総発電量における自然変動電源のシェアは2023年で13.1%であったものが、2050年には39.0%へ上昇し、電力システムにおける存在感を一段と増す。

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



現在、陸上と洋上を合計した風力発電設備容量の累積値の8割を占める中国、ヨーロッパ、米国、インドであり、今後もこの傾向は続く(図3-20)。中でも中国のシェアは今後も拡大を続ける。2040年には50%を超える水準まで拡大し、中国への一極集中が後述する太陽光発電以上に顕著になる。ヨーロッパ、北米等における立地制約と系統制約が厳しくなり増加が鈍化傾向なのに対して、中国での拡大余地が比較的多く残っていることを示唆している。

図3-20 | 風力発電設備容量[レファレンスシナリオ]

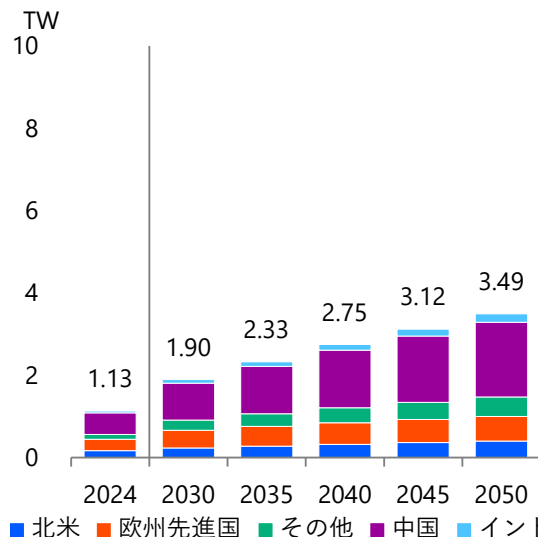
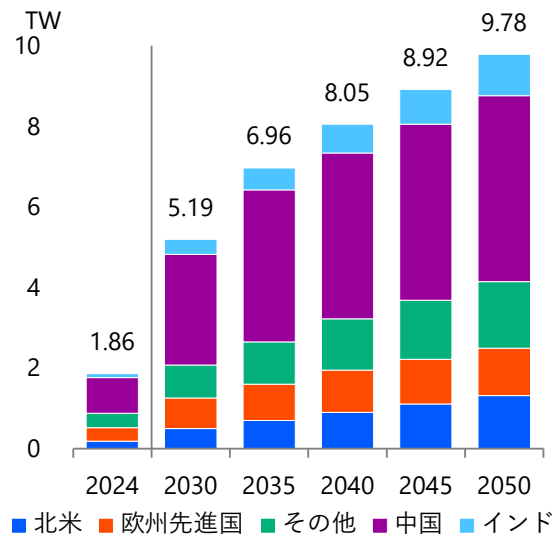


図3-21 | 太陽光発電設備容量[レファレンスシナリオ]



陸上風力発電については、開発適地の減少等の立地制約や系統制約が比較的早期に生じるため、太陽光発電や洋上風力発電と比較するとその増加率は2050年に向けて比較的緩慢と

なる。2050年の陸上風力発電の設備容量は2,850 GWと、2024年の1,050 GWから2.7倍程度の拡大にとどまる。しかし、2050年の発電設備容量の累積値では洋上風力の4.4倍の規模であり、その存在感の大きさは維持される。

対照的に、洋上風力は規模では陸上風力には劣るものの、きわめて高い増加率が想定される。過去を振り返ると、2010年から2024年にかけて、世界における洋上風力発電の設備導入量は3 GWから79 GWに大きく拡大した。ヨーロッパは洋上風力発電の最も成熟した市場として、発電設備のサプライチェーンが整備されている。しかし、中国が2020年以降、大規模なプロジェクト開発を加速させており、2023年末にはヨーロッパの累積発電容量が34 GWだったのに対して中国が37 GWと逆転した。これによって中国は名実ともに洋上風力の世界2大市場の一角をヨーロッパとともに形成するに至った。2050年に向けては中国でのいっそうの拡大が想定されている。

米国は現時点ではほぼ0の実績であるが、バイデン前政権は洋上風力発電容量を2030年までに30 GWに拡大する方針を表明するなど洋上風力発電の積極的な事業誘致が進められてきた。しかし、2025年1月の第2次トランプ政権発足を受け、開発延期あるいは中止など計画変更の動きが広がっており、洋上風力の導入についてはきわめて不透明となっている。2025年7月にはOne Big Beautiful Bill Act (OBBBA)において、インフレ抑制法(IRA)で導入された風力発電を含む再生可能エネルギー向けの税額控除が一部縮小となる等、今後も政策転換を受けさらなる導入鈍化が想定される。

中国以外のアジアでは、台湾、韓国、ベトナムにおいて洋上風力市場が形成される見込みである。日本では2019年に再生可能エネルギー海域利用法を施行し、さらに2025年には排他的経済水域(EEZ)を含めたプロジェクト開発が可能となるよう同法を改正するなど、いっそうの洋上風力導入促進が図られている。政府もプロジェクト開発だけでなく、国内サプライチェーンの拡充や国内産業の育成に積極的に支援する姿勢を明確にしている。こうした政策的なバックアップも相まって、世界の洋上風力発電設備容量は2024年の79 GWから2050年には640 GWへと8倍程度拡大する。ただし、立地制約や系統制約の影響を受けて、2030年以降は次第に導入速度が鈍化する傾向が出てくる。

太陽光発電は、大幅な発電コスト低減に伴って、これまで拡大が続いてきた中国、ヨーロッパ、米国、日本だけでなく、世界中に普及が広がっている(図3-21)。2024年に1国で世界の発電設備容量累積値の48%を占める中国の高いシェアは今後も維持され、2050年にも同程度のシェアを占める。しかしながら、風力発電と比較して、米国、ヨーロッパ、インド等のシェアも相対的に高く、中国への集中度はやや低い。風力発電の適地が風況によって地理的

に限定されるのに対して、一定程度の日照さえあればどこでも発電できる太陽光発電の普遍性が示唆されている。

世界の太陽光発電設備容量は、2024年の1,859 GWから2050年には9,785 GWへと約5倍に拡大する。ただし、2030年以降においては系統制約や自然変動電源シェア拡大による電力系統安定性への影響が次第に顕在化してくる。このため、2020年～2030年の10年間で4,490 GWに達すると推定される世界の太陽光発電設備容量の正味増分は、2030年～2040年の10年間は2,860 GW、2040年～2050年は1,730 GWと次第に鈍化してゆく。この鈍化傾向を乗り越えて2050年に向けた再生可能エネルギー発電容量の高い増加率を維持するためには、自然変動電源の統合、系統制約への適切な対応、技術革新による立地制約の克服が決定的に重要となる。後述する技術進展シナリオでは、立地制約に対する諸政策、自然変動電源の統合技術、系統整備等が進展することで、これらの課題が完全ではないものの、一定程度緩和された状況を想定している。

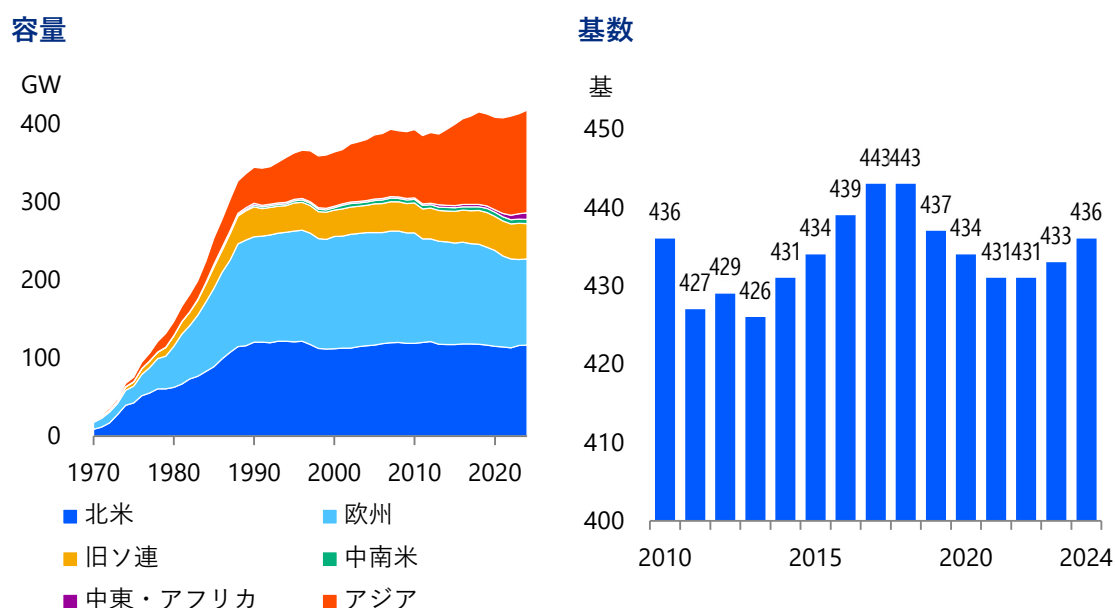
原子力

近年の動向: 各国で進む原子力利用拡大に向けた動き

世界の原子力発電の設備容量は、長期的に見ると増加傾向にある。2019年から2021年にかけては3年連続で減少が続いたが、その後は2024年まで増加が続いている(図3-22)。1970年代から1980年代にかけては、日本や欧米諸国が多く原子力発電所を建設してきたため累計設備容量が急増したのに対し、その後は新設の勢いが減速している。しかし、近年では多くの国が野心的な温室効果ガス排出削減目標を掲げる中、低炭素ベースロード電源である原子力の役割が指摘される場面が増えつつある。さらに、2021年以降の世界的なエネルギー価格高騰や2022年に始まったロシアによるウクライナ侵攻の後、エネルギー安全保障の側面からも廉価な脱化石燃料の重要性が高まっており、その手段の1つとして原子力の役割が指摘される機会もいっそう増加した。さらに直近では、データセンターなどの普及拡大により電力需要が従来の想定より増加してゆく可能性があるという見通しがさまざまな機関から示されるようになり、これを受けてさらなる電源確保に乗り出す国や企業も見られる。こうした背景もあり、近年では原子炉を新規に建設する動きと、既設原子炉を長期にわたって有効活用する動きの双方が見られる。

経年化対策と安全性の確保が大前提となるものの、既設原子炉の長期運転は経済効率性が高い低炭素電源オプションと位置づけられ、特に建設から長期間が経過した原子炉を多数保有する欧米諸国で取り組みが盛んに進められている。

図3-22 | 世界の原子力発電設備容量と基数



米国ではすでに多くの炉が当初の運転期間である40年を超えて、20年間(合計60年間)の運転認可を原子力規制委員会(NRC)から得ている。さらに、一部の炉は2回目の運転期間延長を承認され、合計80年間の運転を認められている。加えて、近年では一度閉鎖を決定した炉の再稼働を目指す動きも見られる。ミシガン州のパリセード原子力発電所やペンシルベニア州のスリーマイルアイランド1号機などがそれにあたり、特に後者は大手情報技術(IT)企業であるマイクロソフト社との間で電力購入契約を締結したことが再稼働を目指す要因となったことから、データセンターによる電力需要と原子力の関係を象徴する事例の1つといえよう。

ベルギーは2025年までに脱原子力を完了する予定であったが、ドール4号機とティアンジュ3号機の2基について、政府は2022年に運転期間を10年間延長することを発表し、2023年12月には両機の所有者であるエンジー社との最終合意に至った。そして、2025年5月には脱原子力政策の撤回が議会により可決された。スウェーデンでも、2024年6月にフォスマルクおよびリングハルス原子力発電所の所有者が、両発電所の運転期間を60年から80年に延長することを決定した旨が発表された。これにより、同国では2060年代まで低炭素電力の供給が可能になったとしている。

日本においても2023年5月成立、2025年6月施行の、いわゆる「GX脱炭素電源法」によって、福島第一原子力発電所事故以降の長期停止期間を所定の運転期間から差し引き、運転期間を延長することが可能となった。ただし、この仕組みからは独立して、運転開始から30年目以降は10年以内ごとに原子力規制委員会による経年化対策の審査を受け、運転継続の承認

を得ることも必要となる。今後は運転開始からの年数と実際の稼働年数について、プラントごとにさまざまなケースが出てくることが想定されるため、安全性を今まで以上にきめ細かく確認することが重要になる。

このように各国で既設炉の有効活用に向けた動きが進められているほか、一部の国では新設を巡る動きも見られる。特に盛んなのは中国で、2025年1月には漳州1号機が営業運転を開始した。さらなる拡大に向けた動きも進んでおり、2024年2月から8月にかけて、4基程度が着工している。さらに、2025年4月には国務院が5か所で計10基の建設計画を承認していることもあり、中国における原子力利用拡大は今後も継続してゆくであろう。米国でも2025年5月、トランプ大統領が原子力に関する複数の大統領令に署名した。これらの中には、原子力の発電設備容量を2024年の約100 GWから、2050年までに400 GWへと増加させるというきわめて野心的な目標も記載されている。この目標が実現可能なものであるかは別として、米国の原子力利用拡大に向けた方針はいっそう明確化されたといえる。フランスでも既設サイト3か所で計6基の新設に向けた動きが進んでいるほか、英国では2025年7月、政府がサイズウェルC建設計画の最終投資決定を下した。これら両国では電力会社の国有化や許認可手続きの迅速化に向けた法改正(フランス)、規制資産ベース(RAB)モデルと呼ばれる投資回収スキームの導入(英国)など、新設の実現性を高めるための施策も進めている。法改正により立地制限を撤廃したスウェーデンにおいても、2025年5月に低金利融資や差額決済契約(CfD)などを組み合わせた新設支援制度が成立した。欧米諸国では長らく新設が停滞していたこともあり、近年の新設計画では当初予定から大幅に遅延する事例が複数見られる。今後は同様の遅延を繰り返さないよう、これらの建設計画から得られた教訓を十分に活かすことが必要となる。

世界の原子力市場を見ると、ロシアが依然として優勢を維持していることも認識しておくべきであろう。ロシアは中国、トルコ、イラン、インド、バングラデシュ、エジプトといった国々では原子炉建設を進めており、輸出市場で高いシェアを占めている。加えて、2025年6月にはウラン生産国であるカザフスタンが、同国初となる原子力発電所建設の主契約者としてロシアの国営原子力企業のロスアトムを選定した。ロシアは発電所建設のみならず、燃料供給や使用済み燃料の引き取りまで含めた総合的なサービスを提供しており、これが新興・途上国のニーズに合致していることが、その一因として考えられる。これに対し、西側諸国でも原子力輸出に向けた動きがあり、2025年6月には韓国水力原子力(KHNP)がチェコのドコバニ原子力発電所における増設計画(2基)を受注した。また、米国もブルガリアやインドへの輸出に向けた動きを進めている。2025年2月にはインドのモディ首相が訪米し、トランプ大統領と共同声明を発表したが、この中で両首脳は米国製原子炉をインド国内に建

設する方針を明らかにしている。また、インド側では原子力損害民事責任法(CLNDA)の見直しを進めており、米国の民間事業者参入に向けて不確実性の低減に努めている。

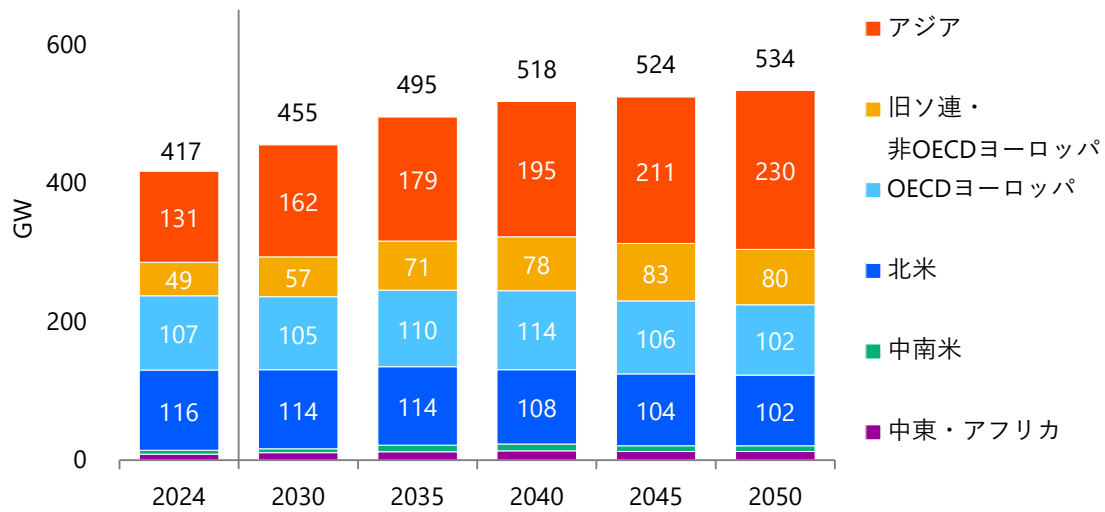
従来型の大型軽水炉のみならず、小型モジュール炉(SMR)や第4世代炉といった新型炉を巡る状況についても、引き続き注視が必要である。米国では共和党、民主党のいずれの政権も積極的な支援策を打ち出しており、多数の民間企業が新型炉開発に乗り出している。特にカナダでは、GEベルノバ日立製の軽水炉型SMRの導入計画を進めるオンタリオ・パワーに対し、規制当局が2025年4月に建設許可を発給した。これ以外にも韓国、ブルガリア、ルーマニア、エストニアなど複数の国がSMR導入に向けた動きを進めている。また、軽水炉とは異なる第4世代炉を巡る米国での動きとして、高温ガス炉の「Xe-100」を手掛けるX-エナジーは2025年3月、大手化学メーカーのダウとともに、テキサス州での建設許可を規制当局に申請したほか、同年5月にはカイロス・パワーがテネシー州にてフッ化塩冷却高温実証炉「ヘルメス」を本格着工した。なお、Xe-100についてはAmazonが導入や普及を支援し、カイロス・パワーのフッ化塩冷却高温炉(ヘルメス後継の発電用炉)は将来的にGoogleが自社データセンターへの供給用に電力を購入する計画である。

以上のように、原子力を巡っては、その役割に焦点が当てられるとともに、少なからぬ国で利用拡大に向けた取り組みが進められている。ただし、多くの場合において、最終的な導入の成否は国の動きのみならず、費用などの面で顧客が許容可能な条件をクリアできるか否かにかかっている。世界中で進行しつつあるさまざまな計画に対し、顧客側がどのような反応を示すのかが今後いっそう注目される。

将来見通し: 特にアジアで増加、欧米でも改めて役割を強調

福島第一原子力発電所事故を契機とした世論の変化や長期間新設が行われてこなかったことによるノウハウの消失などにより、日本や欧米諸国では従来想定されていた計画どおりに原子力発電所を新設することが困難となっている。1970年代から1980年代ごろにかけて建設された既設炉の閉鎖も進むため、将来的には利用規模が縮小する国も少なくない。ただし、そういった国々においても、市場競争力を有する炉は重要な低炭素ベースロード電源であり、かつエネルギー安全保障にも寄与することから、一定程度の原子力利用が維持される。また、中国をはじめとして、今後さらに原子力利用を推進してゆく国が複数存在するほか、現在原子力を利用していないが今後新たに導入する国も現れる。そのため、世界の発電設備容量は2050年にかけて少しずつ増加してゆき、534 GWに達する(図3-23)。

図3-23 | 原子力発電設備容量[レファレンスシナリオ]



米国は94基(2024年)の発電用原子炉を有する世界最大の原子力大国であるが、電力市場が自由化された州では天然ガス火力発電や再生可能エネルギー発電との競争にさらされ、経済的な観点から早期閉鎖を決定する既設炉も出てきている。そのため、設備容量は2050年にかけて低減してゆく。ただし、米国として原子力を重要なエネルギー源と位置づける基本方針自体に変更はない。民主党、共和党の両党が原子力の重要性を認めていることから、原子力事業に対する政策変更リスクは比較的低いといえる。また、低炭素安定電源への需要の高まりから電力購入契約が成立し、経済的理由による閉鎖を免れるケースや閉鎖後に再稼働を目指すケースがありうる。こうした情勢を背景に、市場状況と投資環境次第ではあるが既設炉の維持や一定程度の新設計画が今後も続いてゆく。

ヨーロッパ最大の原子力推進国であるフランスでは、2025年までに原子力比率を50% (2015年では75%程度) とすることを目標としたエネルギー転換法が2015年7月に成立した。しかし、温室効果ガス排出削減目標との兼ね合いなどから、この目標の達成は困難とされたため、後に年限が2035年に修正された。さらに、2023年6月に公布された法によって、この目標自体が取り下げられることとなった。また、フランスは2022年2月に最低6基(最大でさらに8基)の新設を宣言しており、その建設サイトとして既設炉が立地するパンリー、グラブリーヌ、ビュジェの3か所を選定している。こうした経緯を踏まえると、フランスでは当面の間、現在の設備容量水準を維持ないしは微減の範囲で推移する。2035年以降は経年化による既設炉の廃炉ペースが加速し、全体としては減少傾向が続くが、既設炉の長期運転に向けた環境整備も行われているため、事業者としては再生可能エネルギーとのバランスを考慮した上で、採算上可能な限り設備容量を確保してゆくことになる。

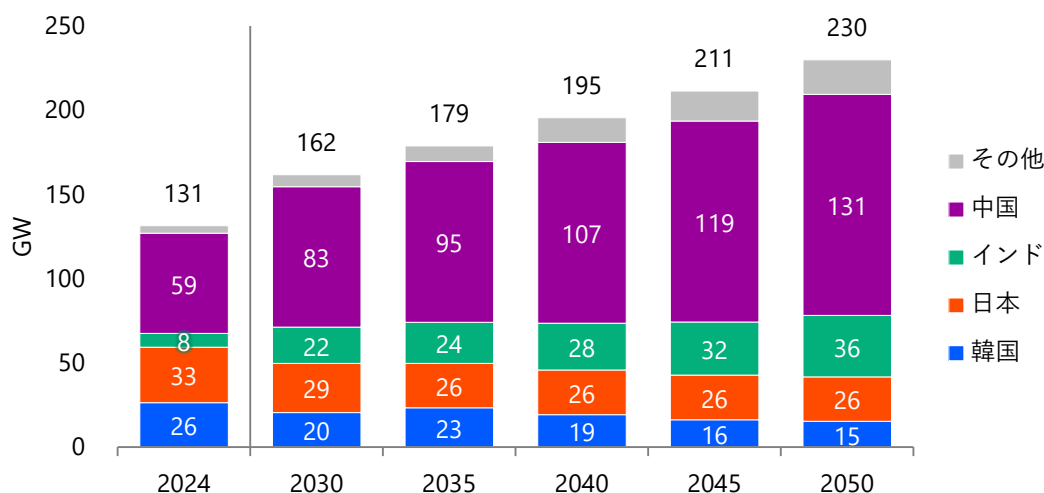
英国では、政府として原子力を維持する方針を示しているものの、経年化した既設炉の廃炉が相次ぐことから、2030年ごろまでは合計発電設備容量が低減してゆく。他方で、エネルギー安全保障戦略に基づく新設計画が予定されているほか、政府は投資回収の確実性が高いとされる規制資産ベース(RAB)モデルの導入など、事業環境の改善に向けた施策を進めている。こうした姿勢が継続することで、一時的に落ち込んだ設備容量は2030年代後半に現在の水準近くまで回復し、その後も増加する。

福島第一原子力発電所事故を受けて脱原子力政策の方向性を明確にしているスイスでは、政府の原子炉閉鎖計画に従い、原子力発電は2035年までに0となる。ベルギーも2025年までにすべての原子炉を閉鎖する予定であったが、脱原子力政策が撤回されたことを踏まえ、2050年まで一定程度の原子炉基数を維持する。ドイツは2023年4月に最後の3基を閉鎖し、脱原子力を完了した。今後再び原子力を利用することは、少なくとも現状において想定されない。他の経済協力開発機構(OECD)ヨーロッパ諸国では、新規建設に向けて動いている国も見られるものの、経年化した炉の廃止も進むため、全体として設備容量は2050年にかけて微減してゆく。

ロシアは国内外における原子力の積極的な利用を掲げており、国内の設備容量は2035年にかけて40 GW程度まで拡大する。その過程では2030年ごろに、現在世界第4位の日本の設備容量を抜くこととなる。また、前述のとおりロシアは他国への原子力輸出にも積極的であるため、世界の原子力市場における存在感は、これらの数値以上となりえる。ロシアは既存の大型軽水炉の利活用を進めているのみならず、世界初となる浮体式原子力発電所を導入したほか、ナトリウム冷却高速実証炉も保有している。このように幅広い技術を保有しておくことは、原子力産業の基盤強化として重要である。

中国、インドを中心とするアジアの存在感は原子力分野でもいっそう高まってゆく。経済成長の著しいアジアの新興・途上国にとって、原子力は低炭素であるのみならず、大規模な安定電源であることが導入の重要な動機となる。中国は、2040年には設備容量が107 GWとなり、このころには米国を抜いて世界第1位の原子力大国となる。また、アジアの合計設備容量は2040年代にOECDヨーロッパと北米の設備容量の合計を上回り、2050年には230 GWに達する。その7割以上を中国とインドが占めることとなる(図3-24)。

図3-24 | アジアの原子力発電設備容量[レファレンスシナリオ]



3.6 水素等

水素および水素を原料とした低炭素燃料(アンモニア、合成メタン、合成燃料[e-fuel]等)は、電化他の代替技術が少なく脱炭素化が困難な鉄鋼・化学等の産業部門や運輸部門等のHard-to-abateセクターや主に調整電源としての火力発電の燃料代替において、脱炭素化の有力な手段になりうる。このため、近年、世界中で水素利用拡大に向けた目標設定や政策支援、プロジェクトの形成が進められてきた。

最近はコスト削減・資金調達・市場(off-taker)の確保が困難であること等を主な理由として、一部プロジェクトに中止や延期の動きが見られる。こうした状況から水素利用の動きが失速しているという見方もあるが、一方でヨーロッパを中心に支援や法整備は進行しつつあり、また最終投資決定(FID)を通過したプロジェクトも着実に増加している。水素利用が拡大する傾向は続いていると見ることができる。現状では支援を含めて経済性や合理的なoff-takerを確保できた案件が進行している。さらなる拡大に向けては、今後、前述の課題を、政策や環境価値を踏まえた市場設計、コスト削減を含む技術開発等により克服してゆくことができるかが問われている。

以下、各国の水素支援を中心とした動向を概観する。欧州連合(EU)は、ウクライナ危機以降、脱ロシアの一環として、再生可能エネルギー由来水素(グリーン水素)の利活用を促進する取り組みを加速している。2022年3月に発表したREPowerEUでは、2030年までに再生可能エネルギー由来水素を域内製造で10 Mt/年、輸入で10 Mt/年供給するとの目標が設定された。また、再生可能エネルギー由来水素のEU域内市場流通の確立とEUへの輸入再生可能

エネルギー水素に対する支援を目的としたメカニズム「欧州水素銀行」(European Hydrogen Bank, EHB)を創設した。第1回入札を経て、2024年10月に6件のプロジェクトが助成金契約を締結し、総額7億2,000万ユーロの支援を見込む。第2回入札は2025年2月に締め切られ、2025年11月までに助成金契約の締結が見込まれる。英国では水素と既存燃料との価格差支援(CfD支援)が進められており、15年間のCfD総額は23億ポンドを見込む。ラウンド1が実施され、2024年10月に5件の契約が締結された。2025年にはラウンド2審査完了とラウンド3の開始が予定されている。ドイツは2024年7月に、国際水素・水素由来燃料調達メカニズム「H2Global」の初の入札結果⁹を公表した。2025年2月には第2回入札を開始している。

米国では、2022年8月に成立したインフレ抑制法(IRA法)によって、クリーン水素製造に10年間の税控除が打ち出された。また、超党派インフラストラクチャー法に基づく総額70億ドルの支援スキームにおいて、7か所の地域クリーン水素ハブ(Regional Clean Hydrogen Hubs, H2Hubs)が選定され、水素利用も含めたクリーン水素ネットワークの構築が目指されていた。しかしながら、トランプ大統領の就任以降、水素に対する支援は不透明な状況となっている。IRA改正法においては、水素の生産税額控除の対象が2032年着工以前から2027年着工以前の案件に限られるように変更されるなど支援後退の動きも見られる。今後の動向が注目される。

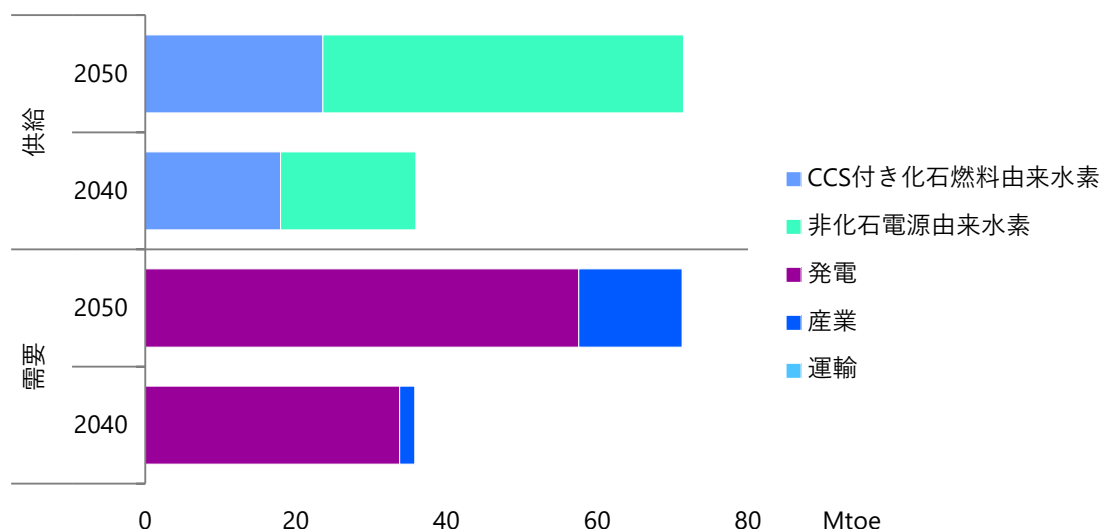
中国は世界最大の水素消費国となっている。2024年の水素の生産消費量は3,650万tと報告された。2022年3月に「水素エネルギー産業中長期発展計画」を発表し、2025年までに再生可能エネルギー由来水素の製造量を10万t/年～20万t/年、燃料電池自動車の保有台数を5万台にする目標を掲げている。2025年現在、2万t/年規模のグリーン水素製造プロジェクトですでに稼働開始するものがあり、また商用車を中心とした燃料電池車の販売台数が急増する(2年間で1万台を超える増加ペース)等、水素の社会実装が急速に進んでいる。また、韓国は、世界初の水素発電入札制度を開設し、水素・アンモニア発電の利用拡大を図っている。

日本では、2024年5月に成立した水素社会推進法に基づき、クリーン水素・アンモニアを対象とした価格差支援と拠点整備支援の準備が進められている。価格差に着目した支援については、2025年3月の申請締め切りまでに27件の計画申請があり、2025年度に審査が進められる見込みである。また、長期脱炭素電源オークションにおいては、第1回、第2回合計で、アンモニア混焼、水素混焼による920 MWが落札されている。こうした支援を通して水素・アンモニアの利用拡大が期待される。

⁹ 落札案件はエジプトで製造したグリーンアンモニアのオランダへの輸出で、契約価格は€1,000/tである。

レファレンスシナリオにおいては、現在発電においてアンモニア燃料の混焼が始まりつつある動きが、同様のペースで拡大することを想定した。本シナリオにおける水素利用は、発電、産業それに運輸の一部で限定的な水準にとどまることを見込む。一方で、今後、さまざまな分野で水素が多く利用されるには、前述のように政策支援、適切な市場設計、コスト低減を含む技術開発がこれまで以上に進展する必要がある、その想定は技術進展シナリオに反映される。

図3-25 | クリーン水素の需給[レファレンスシナリオ]



3.7 二酸化炭素回収・貯留

二酸化炭素回収・貯留(CCS)は、多様な排出源から二酸化炭素(CO₂)を回収して地下の地層に安定的に貯留する技術を指す。すでに米国やカナダ、ノルウェー、オーストラリアなどでは広く商業化されている技術であり、今後の脱炭素化に大きく寄与する技術として近年、高い関心を集めつつある。CCSは単に化石燃料を利用した際に発生するCO₂を回収するだけでなく、大気中からCO₂を直接回収して地下に貯留する直接大気回収・貯留技術(DACCS)やバイオマス利用によって生じたCO₂を回収して地下に貯留するバイオエネルギー炭素回収貯留(BECCS)といったいわゆる炭素除去技術にとっても不可欠な要素技術であり、その意味では、今後人類が、長期的に大気中のCO₂の濃度を安定的に維持してゆくためには、なくてはならない技術である。

今世紀半ばでのネットゼロの実現に向けて、特に先進国を中心に、CCSの導入に向けた支援制度の整備が進んでいる。例えば米国では、これまでCCSを実施した企業に対しては、回収・貯留したCO₂ 1 t当たり20ドルの税額控除が与えられてきたが、2022年に成立したインフレ

抑制法では、この税額控除額を一気に\$85/tにまで引き上げられた。その後、2025年に誕生したトランプ政権下で、前のバイデン政権下において導入された脱炭素化政策が軒並み廃止や縮小される中で、このCCSに対する税制優遇は引き続き堅持されている。また、カナダやオーストラリアなどにおいては、CCSを実施する事業者に対しては、初期投資に対する補助金の供与とあわせて、CCSによって回収・貯留されたCO₂に対しては、それぞれの国における排出権取引のクレジットを供与するなどの制度が整えられている。英国では、まだ商業化されたCCS案件はないものの、すでに国内4か所にCCSを集中的に実施するハブの候補地が特定されており、その実現に向けて、実際のCCS実施コストとCCSを実施しないことによって発生する排出権価格との差額を政府が補填する制度が設けられている。

こうした中で、日本でも2025年6月、CCSの商業化に向けた支援制度の枠組み案が政府によって示された。これは英国の制度と同様にCCSの実施コストと排出権価格との差額を政府が補填するものであり、後者の排出権価格は2026年度以降に導入予定の排出量取引制度(GX-ETS)価格の年平均価格を参照したものになる。具体的な予算措置は今後の対応となり、どの程度の案件がこの支援制度の対象となりうるかはまだ不明であるが、国内におけるCCSの商業化に向けた大きな推進材料となる。政府は2030年度内での国内のCCS事業の商業化を目標としており、早ければ2026年度内にはこの制度の下での支援が決定されるとみられている。なお現在日本国内で政府支援による実用化調査が進められているCCS事業には、回収したCO₂をパイプラインで貯留地まで輸送する案件と船舶で輸送する案件の2種類の案件があるが(表3-7)、今回、支援制度が整備されたのはパイプラインを用いる案件を想定したもののみであり、今後、船舶を利用した案件に対する制度の整備も期待される。

表3-7 | 先進的CCS事業選択案件

貯留先	貯留量 (万t/年、概数)	回収源	主な輸送手段
苫小牧地域 (帯水層)	150～200	苫小牧地域製油所、 火力発電所	パイプライン
日本海側東北地方 (海域帯水層)	150～190	製鉄所、セメント工 場、地場排出事業者	船舶
東新潟地域 (既存油ガス田)	140	化学工場、製紙工 場、発電所	パイプライン
首都圏 (海域帯水層)	140	製鉄所他	パイプライン
九州西部 (海域帯水層)	170	製油所、火力発電所	船舶
マレーシア マレー半島沖北部 (減退油ガス田)	300	鉄鋼、化学、石油精 製他	船舶
マレーシアサラワク沖 (海域枯渇油ガス田)	190～290	製鉄、発電所、化学 工場他	船舶
マレーシア マレー半島沖南部 (海域減退油ガス田、帯水層)	500	発電・化学・セメン ト・石油精製他	船舶
大洋州 (海域減退油ガス田、帯水層)	200	製鉄所他	船舶

出所: 経済産業省

日本国内では現在9件の実現性評価が行われている段階であるが、ヨーロッパや米国ではすでにCCSの商用化設備に対する最終投資決定がなされた案件への投資や建設が進んでいる(表3-8)。貯留規模についても、大きいものでは年間で1,000万t以上の貯留量が想定されている案件もあり、実現すればそれぞれの国において非常に有力な排出削減策となることが確実である。ノルウェーやオランダの案件においては、産業排出源からのCO₂の回収貯留が想定されている一方で、米国の案件ではアンモニア製造、英国の案件ではガス火力発電所からのCO₂の回収貯留が想定されており、多様な回収源が想定されている。

表3-8 | 現在進行中の欧米におけるCCS事業投資案件

プロジェクト	国名	年間貯留量 (万t-CO ₂)	操業開始年
Longship	ノルウェー	75	2025 (建設中)
Aramis	オランダ	2,200まで拡張	2029 (2026年最終投資決定[FID]予定)
Greensand	デンマーク	40～800まで拡張	2026 (FID済)
Teesside	英国	400～2,300まで拡張	2028 (FID済)
Eastern Louisiana	米国	500	2028 (建設中)
Yazoo	米国	50	2028 (建設中)

出所: 各社のプレスリリースをもとに作成

レファレンスシナリオにおけるCCSについて、2030年など比較的近い将来の実施量は、すでに操業中の案件や投資決定がなされて建設が始まっているものを中心に導入を想定する。CCSは、事業者にとっては純粋に追加コストとなるため、十分な政府による支援制度がなければ導入が進まないため、2030年以降においても、すでにCCSへの支援制度が整備されている先進国を中心に導入が進むと想定した。

CCSは一般に高温度の熱が必要で電化による排出削減が難しい産業部門など、いわゆる「Hard-to-abate sectors」で普及が進むと見込まれる。ただし、CCS実施による追加コストの回収可能性を踏まえると、産業部門に比べて比較的その回収が容易な発電部門でも一定の導入が進むと考えられる。このため、産業部門だけでなく発電部門にもCCSが導入されると想定した。産業部門のうち、製鉄部門では高炉からの集中的なCO₂回収が可能であるため、導入が進むと想定。一方、セメント部門では工場が地理的に分散しており回収したCO₂の輸送が困難であること、化学部門では排出源が多数存在することから、それぞれ導入は限定的な水準にとどまると見込んでいる。

4. 技術進展シナリオ

4.1 主要対策

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

表4-1 | 技術の想定例[技術進展シナリオ]

2023年 → 2050年 (レファレンス2050年)

	先進国	新興・途上国
火力発電	初期投資ファイナンススキーム整備 2030年以降新設CCS導入(帯水層を除く貯留ポテンシャルがある国)	
[天然ガストック効率]	50.0% → 66.1% (54.5%)	37.8% → 51.8% (40.5%)
[石炭ストック効率]	36.8% → 43.9% ¹⁰ (41.2%)	33.3% → 38.5% (37.5%)
[IGCC新設導入比率]		0% → 60% (20%)
原子力発電	適切な卸電力市場価格の維持	初期投資の融資枠組み整備
[設備容量]	281 GW → 359 (245) GW	125 GW → 492 (289) GW
再生可能発電	システムコスト低減 系統安定化技術のコスト低減 系統システム効率的運用	システムコスト低減 低コスト融資 電力システムの高度化
[風力設備容量]	421 GW → 1,807 (1,134) GW	541 GW → 3,277 (2,356) GW
[太陽光設備容量]	490 GW → 3,534 (2,996) GW	618 GW → 7,668 (6,789) GW

¹⁰ 先進国の技術進展シナリオでは、今後導入される大部分の石炭火力発電がCCSを伴うことにより、CCS用のエネルギー消費の増加が影響して、効率がレファレンスシナリオよりも低下する

2023年 → 2050年 (レファレンス2050年)

	先進国	新興・途上国
自動車用バイオ燃料	次世代バイオ燃料の開発 フレックス燃料車(FFV)の普及拡大 [消費量] 69 Mtoe → 88 (65) Mtoe	バイオ燃料のコスト低減 農業政策としての位置づけ 43 Mtoe → 114 (92) Mtoe
産業	2050年に利用可能な最良の技術(BAT)が100%普及	
運輸	低燃費自動車のコスト低下 ゼロエミッション車(ZEV)の航続距離が2倍に [乗用車新車燃費] 19.0 km/L → 53.5 (37.7) km/L [乗用ZEV販売比率] 9.0% → 94.0% (58.8%)	
民生	ストックベースでの家電・機器効率および断熱効率の改善スピードが約1.6倍に(2050年でレファレンス比22%改善) 暖房・給湯・厨房用途における電化、クリーンクッキング化	

注: IGCCは石炭ガス化複合発電

省エネルギー

技術進展シナリオでの最終エネルギー消費は、レファレンスシナリオと比較して、2030年には石油換算355百万t (Mtoe)、3%、2050年には2,575 Mtoe、22%節減される。2050年の最終エネルギー消費の節減量は、2023年の最終エネルギー消費の25%に相当する。節減量の内訳は、産業部門が1,075 Mtoe、運輸部門が895 Mtoe、民生部門が604 Mtoeである(図4-1)。

運輸部門では道路部門が673 Mtoe、民生部門では家庭部門が358 Mtoeと過半を占める。自動車や家庭の消費機器等において、省エネルギーの余地が大きいためである。また、すべての部門において新興・途上国による節減量が過半を占めており、特に産業部門ではその占有率が8割を超えている。新興・途上国での省エネルギーの実現の可否が、世界の省エネルギー進展の鍵を握っている。

現状で利用可能な高効率技術の適用を鉄鋼やセメント、化学、紙・パルプ等のエネルギー多消費型産業を中心にいっそう拡大することにより、各産業の原単位は2030年でレファレンスシナリオより数%程度改善を示す(表4-2)。さらに高効率技術の拡大が加速することで2050年では20%以上改善する。これにより、新興・途上国の産業部門の消費はレファレンスシナリオから872 Mtoe節減され、素材系産業の生産量の割合が高いアジアでの節減は世界の8割を占める。高効率技術の導入が新興・途上国の効率を改善する効果は非常に大きい。省エネルギー技術の開発と新興・途上国を含めた積極的な展開が期待される。

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

最終消費 2,575 Mtoe

産業計: 1,075		運輸計: 895			民生計: 604
その他産業 716	化学 167	道路 673			家庭 358
	鉄鋼 142				業務他 246
	窯業土…	航空 107	水運 82	他 34	

表4-2 | 世界のエネルギー指標

		レファレンス		技術進展		
		2030	2050	2030	2050	
2023						
産業	原単位(2023=100)					
	鉄鋼原単位	100	100.4	97.9	96.7	74.3
	窯業土石原単位	100	93.8	77.5	92.0	67.5
	化学原単位	100	98.2	66.9	91.0	42.3
	紙パルプ原単位	100	95.9	88.0	92.5	69.6
	その他産業原単位	100	98.4	75.5	94.1	50.5
運輸	乗用車の新車燃費(km/L)	19.7	22.4	37.7	30.4	53.5
	ZEV新車販売シェア	8.4%	15%	56%	44%	92%
	外航海運の天然ガスシェア	0.4%	3.7%	22%	5.9%	40%
	国際航空のバイオ燃料シェア	0.1%	1.5%	5.2%	4.5%	42%
民生	総合効率(2023=100)					
	家庭	100	90.7	66.9	88.1	55.2
	業務	100	99.0	64.3	97.8	52.3
	電化率					
	家庭	29%	32%	47%	34%	55%
	業務	55%	58%	70%	59%	77%

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

運輸部門では、燃費改善や車種構成の変化がいっそう進展する。車種構成においては、ハイブリッド自動車に加え、電気自動車(EV)、プラグインハイブリッド自動車(PHEV)や燃料電池自動車などの導入・普及が拡大する。これらゼロエミッション自動車(ZEV)の新車販売シェアは、レファレンスシナリオと比較して、2030年で29ポイント、2050年には36ポイン

ト上昇する。世界平均の新車燃費は、車種構成変化や燃費改善により、2050年ではレファレンスシナリオから15.7 km/L改善して53. km/L (1.9 L/100 km)になる。先進国ではZEVが車種構成に占める割合がより早期に上昇することから、運輸部門が省エネルギー量の最も多い部門となる。国際バンカーにおいては、技術革新、運用改善などによる省エネルギーが進展する。同時に、燃料転換の余地が大きく、外航海運では天然ガスが2030年にシェア5.9%、2050年には40%を占める。また、国際航空ではバイオ燃料が2030年にシェア4.5%、2050年には42%を占める。

民生部門は、経済的な観点等から省エネルギー意識の高い産業部門とは異なり、エネルギー消費節減のインセンティブが働きにくい。そのため、エネルギー消費の削減余地が大きく、世界の家庭の総合エネルギー効率は、レファレンスシナリオと比較して、2030年で3%、2050年で17%改善する。また、業務の総合効率は、2030年では1%、2050年では19%改善する。寒冷地域における暖房・給湯機器の効率改善に加え、新興・途上国における断熱性能の向上等がエネルギー節減に大きく貢献する。国による違いはあるものの、給湯や暖房には都市ガス、液化石油ガス(LPG)、灯油などが用いられることも多いため、両用途に関しては燃料が大きく削減されうる。農村部における電化地域の拡大や近代的調理器具の普及により、エネルギー効率が悪い薪や畜ふんなどの伝統的バイオマスが最も削減される。電力も、冷房・動力・照明等、広い範囲における省エネルギー効果が使用機器の電化による増加寄与を上回り、消費が大きく減少する。

再生可能エネルギー

技術進展シナリオでは、自然変動電源である風力発電や太陽光発電の市場導入がさらに加速する。世界の総発電量に占める自然変動電源のシェアは2023年の13.1%から2050年には51.9%まで上昇する。

自然変動電源のシェアがこの水準まで高まると、一部の国やエリアでは電力システム運用上の課題が顕在化する可能性が高い。例えば、風力・太陽光電力の時間変動性に起因する課題として、急激な発電出力変動(周波数変動)や余剰電力、年に1回～2回程度発生するとされる「曇天無風期間」などがある。また、空間偏在性に起因する課題として送電容量不足がある。さらには、その他の課題として非同期電源¹¹の増加に伴う系統慣性低下や立地周辺の自

¹¹ 同期電源とは、自らが回転エネルギーを持つことで、タービンが回転し続ける力である慣性力や発電機同士が同速度で回ろうとする力である同期化力を有し、電力系統の安定化に資する機能がある電源。火力発電、水力発電、原子力発電など。これに対し、非同期電源(インバータ電源)とは、そうした機能がない電源。太陽光発電、風力発電など。

然環境・生態系・経済活動への影響(大規模太陽光発電設置のための森林開発や陸上風力発電機による鳥類への影響、洋上風力発電が漁業に及ぼす影響の深刻化等)もある。

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

風力発電(陸上風力と洋上風力の両者を含む)の導入は、すべての地域においてレファレンスシナリオ比で加速し、世界の設備容量は2030年に2,230 GW、2050年には5,080 GWに達する(図4-2)。陸上風力発電は、送電インフラストラクチャーの増強やエネルギー貯蔵技術のコスト低減によって空間的・時間的な偏在性が緩和され、中国やインドにて顕著に拡大する。洋上風力発電は、これまでの主役であったヨーロッパに加え、中国、台湾、日本でも導入が進むが、中でも中国での増加が顕著となる。継続的な技術開発とコスト削減努力に加え、政策的支援——経済的支援の充実化や海洋利用に係る各国内の制度構築、漁業関係者をはじめとする既存の海域利用者の理解促進に基づく開発調整の円滑化等——がこれらの地域での洋上風力利用を促進させる。陸上・洋上風力発電設備導入量の合計値では中国が世界トップの座を維持し、主要な風力発電市場であり続ける。中国は、2030年に世界の設備容量の45%を、2050年には50%を占める。技術進展による立地制約や系統制約の克服は、ヨーロッパ、米国、インド等での風力発電のいっそうの拡大に寄与するが、同時に、中国においても同様の拡大をもたらす。結果として、2050年における中国の存在感の大きさはレファレンスシナリオと比して大きな差はない。

図4-2 | 風力発電設備容量[技術進展シナリオ]

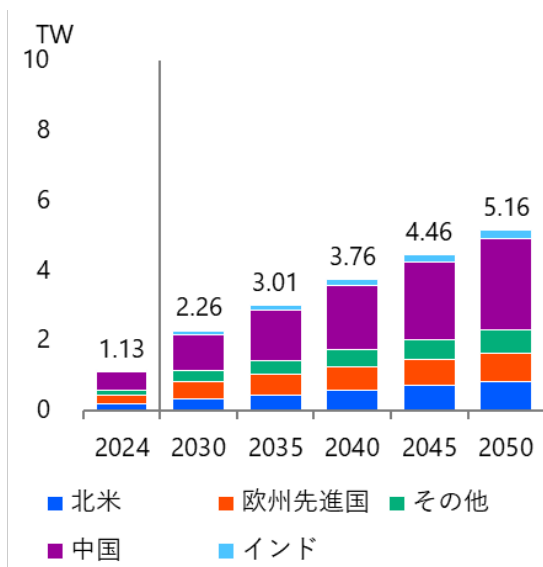
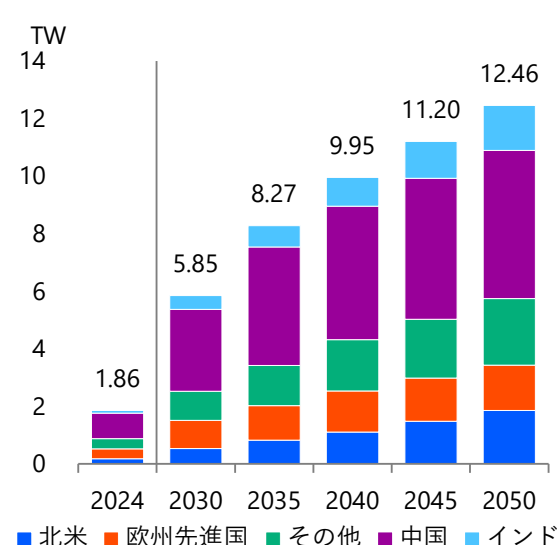


図4-3 | 太陽光発電設備容量[技術進展シナリオ]



太陽光発電も世界的に導入が加速し、世界の設備容量は2030年には5,850 GW、2050年には12,460 GWに達する(図4-3)。技術進展によって系統制約、自然変動電源の系統安定性への影響、立地制約が一定程度克服された結果として、2050年において、風力がレファレンスシナリオ比1.5倍、太陽光が1.3倍の増加規模となる。現在の太陽光発電の主要市場は中国、ヨーロッパ、米国等であるが、太陽光パネルや蓄電池のコスト低下に牽引され、インドの存在感がいっそう増す。さらに中東やアフリカ、中南米といった日射量に恵まれたサンベルト地域の伸びも大きくなる。技術進展シナリオでは、ヨーロッパがレファレンスシナリオ比1.3倍に拡大するのに対して、インドでは1.5倍、中国・北米・ヨーロッパ以外のその他(≈中東、アフリカ、中南米等)も1.4倍と大差はなく、現在は主要市場ではない国・地域も技術進展によっていっそう有望な太陽光発電市場となる可能性が示唆される。なお、米国においてはレファレンスシナリオで言及したように、2025年1月発足の第2次トランプ政権における政策転換の影響を受け、風力・太陽光といった再生可能エネルギーの導入鈍化が想定される。

一方、世界的にはカーボンニュートラル社会への取り組みが引き続き推進され、今般は人工知能(AI)産業における電力需要の急騰により、電力需給の様相が様変わりする可能性がある。今世紀半ばに向けては、引き続き技術進展シナリオに見られるような自然変動電源の大量導入に沿った技術選択が重要となる。

例えば、エネルギー貯蔵の観点ではリチウムイオン電池やナトリウム・硫黄(NAS)電池のような数時間の貯蔵容量を持つ技術の活用に加え、自然変動電源の発電出力の週・月・季節変動に対応するため長期間の貯蔵に適した技術が必要となる可能性がある。直近の市場動向

として、リチウムイオン電池よりも安全性が高く長期間の利用が可能なリン酸鉄リチウム（LFP）を用いた電池が主流となりつつある。ニッケルやコバルトを使用しないことから、調達コストの削減も期待されている。また、長期間の貯蔵技術として、レドックスフロー電池や水素がある。レドックスフロー電池は出力と貯蔵容量を独立して設計できる特長があり、電解液を増やすことで大規模かつ長期間の貯蔵にも対応できる。水素についても水電気分解と水素貯蔵、水素発電の設備容量を独立して選択できる。エネルギー貯蔵技術は電力系統の周波数調整等のアンシラリーサービス提供機能としても期待されており、欧米では蓄電池はすでにアンシラリーサービス市場に参入している。また、水電解もアンシラリーサービスへ活用するための制度設計を目指した実証がヨーロッパを中心に行われている。なお、エネルギー貯蔵はそれぞれの技術の特性——技術的特徴や経済性、安全性、さらには素材となる鉱物資源（リチウム、ニッケル、コバルト、バナジウム、プラチナ等）の調達先といった経済安全保障の観点等——を総合的に踏まえ、最適な組み合わせを追求してゆく必要がある。

原子力

原子力は気候変動対策や大気汚染対策、エネルギー安全保障といった多くの政策目標に対して有用性を発揮できる。そのため、技術進展シナリオではレファレンスシナリオ以上に導入が進むこととなる。従来の大型軽水炉については、ノウハウの蓄積や建設技術の効率化などによって導入に係る障壁が低減される。他方で、近年開発が進められている小型モジュール炉（SMR）や第4世代炉といった新型炉もまた、実用化に向けて強力な政策措置が実施される。これらの新型炉は数十年の開発期間を重ねても商用規模では実用化していないが、近年では欧米諸国を中心に具体的なユーザー候補が現れ導入に向けた動きを進めているほか、世界中で多数の国が関心を表明している。そのため、現在計画中あるいは進行中の実証炉建設が世界中の潜在ユーザーからの関心に十分応える結果を残せるか否かが、将来的な新型炉導入のポイントとなる。

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

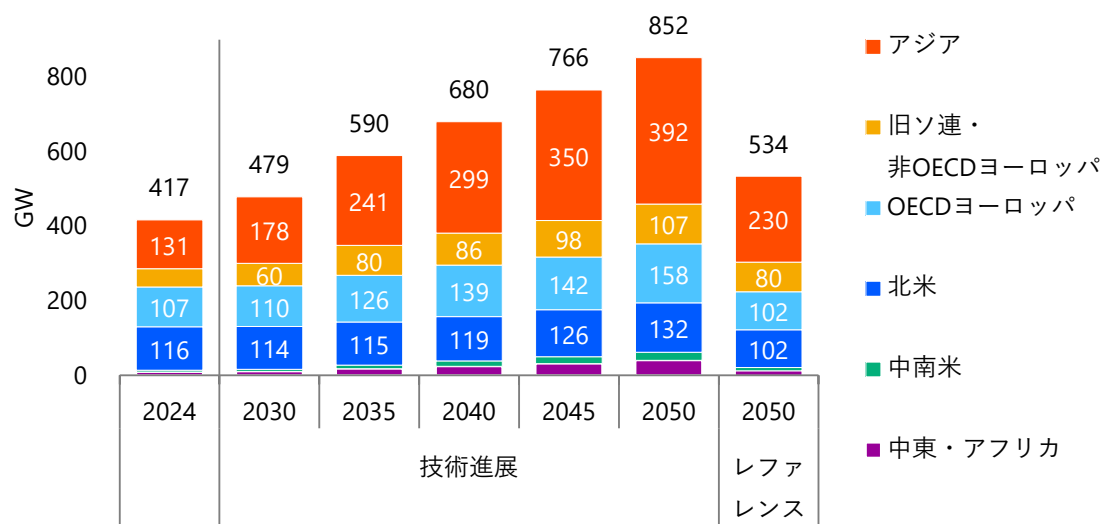
早期から原子力を積極的に推進してきた米国やフランスは、既設炉の大部分が一度に経年化を迎えることもあり、レファレンスシナリオでは設備容量が現在の水準から2050年にかけて

て低下する。これに対して、気候変動対策やエネルギー安全保障の観点から原子力利用促進策が一段と強力に発揮される技術進展シナリオでは、レファレンスシナリオより多くの新設計画が実現し、フランスでは下げ幅が縮まるほか、米国ではむしろ増加に転じる。英国についてはレファレンスシナリオでも2050年までの間に足元の量以上の発電設備容量が導入されるが、技術進展シナリオではそれをさらに上回る規模の新規建設が行われる。福島第一原子力発電所事故を受けて脱原子力政策の方向性を明確にした国においても、低炭素化や自国の産業競争力の維持という観点から、原子炉の閉鎖計画の先送りや廃炉した設備をリプレイスで補うという方針が採用される。

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

こうした想定の下、技術進展シナリオでは、世界の原子力発電設備容量は2024年の417 GWから2050年には852 GWに拡大する(図4-4)。これは、レファレンスシナリオでの設備容量534 GWのおよそ1.6倍に相当する。

図4-4 | 原子力発電設備容量[技術進展シナリオ]



北米では2025年から2030年にかけて設備容量が微減する時期があるものの、必要な既設炉の維持や新設が行われることで、2050年で132 GW程度の水準まで増加する。米国では民主党、共和党いずれの政権でも原子力を重視する姿勢を示しており、連邦政府や一部の州政府で新設や既設炉の維持を支援する政策が実施されている。技術進展シナリオでは、そういった政策動向が最大限奏功することを想定するため、レファレンスシナリオ以上の設備容量

が維持される。また、データセンターを有する情報技術(IT)企業などが原子力由来の電力を確保する動きや新型炉開発に資金を投じる動きもレファレンスシナリオ以上に活発化すると見込まれる。ただし、SMRは1基当たり設備容量が小さいため、国の合計設備容量の中におけるインパクトは限定的となる。

野心的な温室効果ガス排出削減目標を掲げる欧州先進国では、経年化した既設炉が廃炉される一方で、新設やリプレイスも政策的に推進される。そのため、設備容量は2024年の107 GWから2050年には158 GWまで拡大する。ヨーロッパ最大の原子力利用国であるフランスでは、2050年にかけて設備容量が徐々に減少してゆくが、新設計画も増えるため、レファレンスシナリオと比して緩やかな減少となる。英国では最先端技術の大型軽水炉の建設がいっそう促進され、2050年にはエネルギー安全保障戦略によって定められた最大目標値である累計24 GW（既設を含む）が実現される。欧米諸国では新設計画のノウハウ消失や建設開始後の設計変更などにより、現在建設中の大型軽水炉(第三世代+)の工期に大幅な遅延が生じている。今後の新設計画において、こうした問題点が修正されることにより新設のリスクが軽減され、事業者にとっての投資環境が改善されることが、この拡大の主要なドライバーとなる。

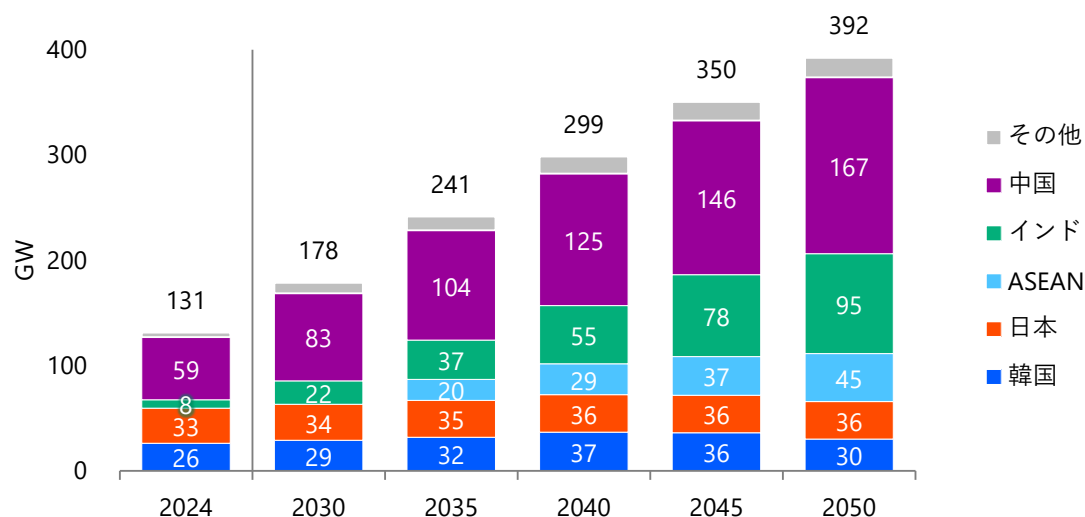
ロシアでは新規建設計画が加速し、設備容量は2024年の29 GWから増加を続けて、2050年には54 GWへと拡大する。加えて、ロシアについては新興・途上国の経済成長およびエネルギー需要の増大を背景に、国外への輸出が積極的に進められる。すでに多くの新興・途上国との間で、原子力を含む多くの産業分野での基盤整備や人材育成などを含めた包括的な協力関係の構築を進めているため、これが将来の原子力輸出の盤石な布石となる可能性は高い。

新興市場とされる中東、アフリカ、中南米では、2030年ごろより新設炉が順次運転開始を迎え、以降設備容量は着実に拡大する。2024年時点でこれらの地域における導入量は合計で14 GW程度だが、2050年には62 GWに達する。

アジアはレファレンスシナリオでも2050年で最大の導入地域となっているが、これは技術進展シナリオでも同様である。アジア全体での設備容量は2035年ごろに欧州先進国と北米の合計を上回り、2050年には392 GWに達する(図4-5)。その内訳もレファレンスシナリオ同様、中国とインドが牽引役となるが、それらに加えて東南アジア諸国でも、増加する電力需要に対して安定的で経済合理性のある低炭素電源への需要が高まり、現在は計画段階にとどまっている国々での原子力導入が進展する。これらの国々には島しょ地域を抱える国も多く、そういった地域の電力安定供給も課題としているため、SMRや洋上浮体式原子炉の導入も進む。こうした動機があることから、ASEAN合計の導入量は2024年でこそ0であるが、

2030年以降に営業運転が順次開始され、2050年には発電設備容量が45 GWに達する。これは、同時点の日本の設備容量(36 GW)を上回る値である。

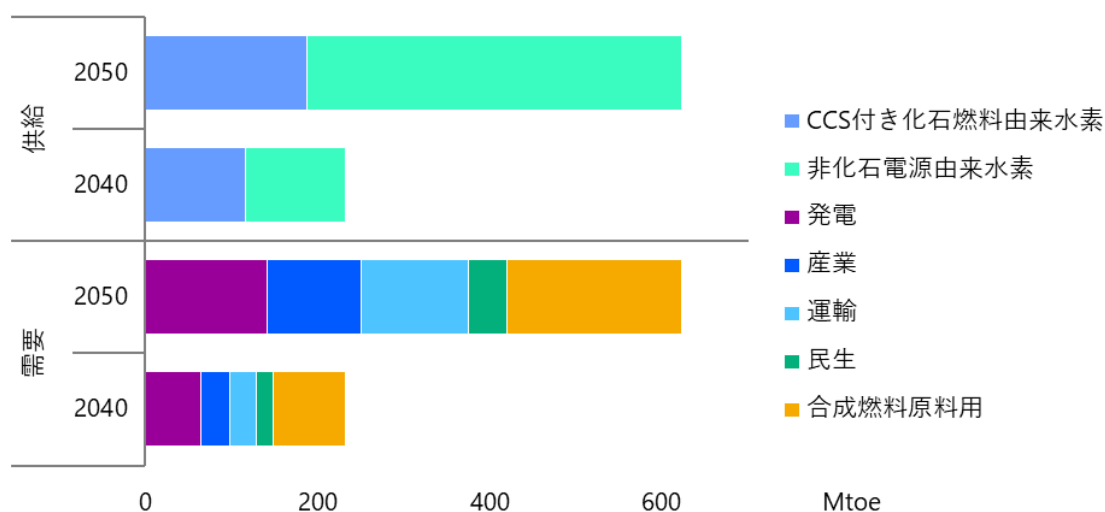
図4-5 | アジアの原子力発電設備容量[技術進展シナリオ]



水素等

技術進展シナリオでは、政策支援、適切な市場設計、技術開発が進展し、水素等が脱炭素の手段として効果的に使われることを想定する。水素の具体的な利用先は、発電部門、産業部門、運輸部門、民生部門であり、合成メタン(e-メタン)や合成燃料(e-fuel)といった形での利用も含まれる(図4-6)。以下、それぞれの分野における水素等の利用について述べる。

図4-6 | クリーン水素の需給[技術進展シナリオ]



発電部門においては、再生可能エネルギーの拡大で火力発電の総量が低下するものの、残った火力発電については、CCSの追設、または水素等燃料の利用により脱炭素化が図られる。これらの電源が、調整力の提供や再生可能エネルギーポテンシャルが相対的に小さい国や地域のCO₂削減において貢献する。運輸部門では、現状は乗用車としての燃料電池車で水素が用いられているが、将来はバスやトラックなど年間走行距離が長く、かつ電化が難しい商用車が主な用途となってゆく。加えて、船舶や飛行機の脱炭素化において、水素や水素由来のアムونيا、合成メタノール(e-methanol)、合成灯油(e-kerosene)等が重要なオプションとして利用されるようになる。産業部門では、特に電化が難しい高温熱需要に対して水素や水素由来の低炭素燃料の利用が見込まれる。また、一部地域では現在の天然ガス需要の一部は合成メタンへの代替が進む。CO₂排出量が相対的に大きい製鉄については、現状、高炉水素還元や水素直接還元など水素を活用した製鉄技術はまだ実証段階であるものの、2050年には重要な脱炭素化策として導入が進む。民生部門では現状の化石燃料の代替として、水素は限定的に利用される。水素導管・配管など配送インフラストラクチャーの整備が比較的容易な地域に対して導入される。また、産業部門と同様、天然ガス需要の一部は合成メタンに置き換わる。

水素製造については、短期的には価格競争力の観点からCCS付の化石燃料由来水素(ブルー水素)が進むが、将来は再生可能エネルギー発電と水電解装置のコスト低減が予想され、再生可能エネルギー等の非化石電源由来の水素(グリーン水素)が増えてゆく。2050年では、クリーン水素供給の7割程度がグリーン水素となる。中東、北米など従来のエネルギー生産地域に加え、中南米、オーストラリア、アフリカなど再生可能エネルギー資源が豊富な国・地域も有望なクリーン水素の製造・供給源となる。ヨーロッパ、北米、東アジア、インドなどがクリーン水素や低炭素燃料の主要な需要地となる。

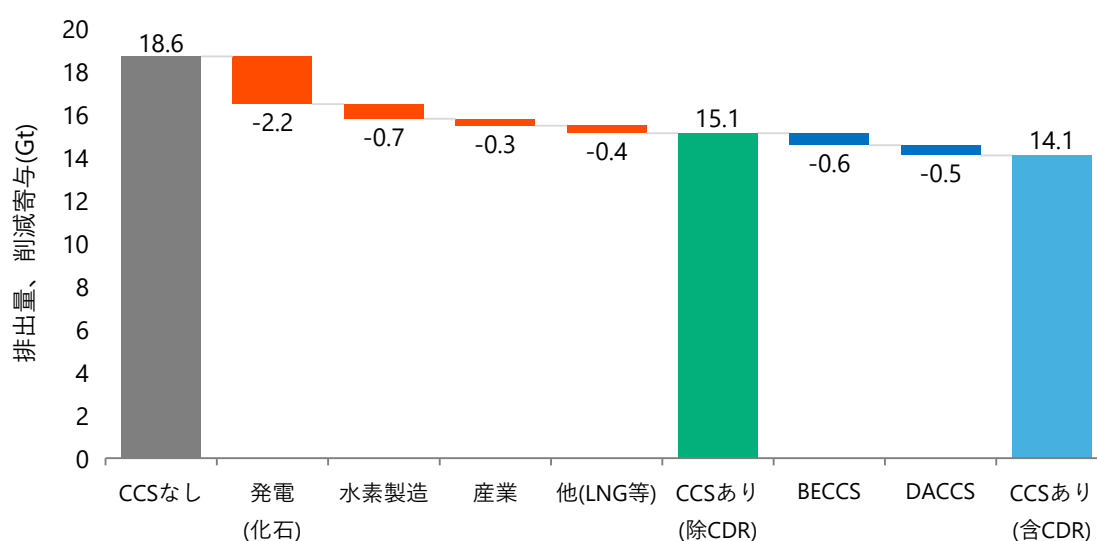
技術進展シナリオでは水素の輸出入が可能なサプライチェーンが構築されることを想定している。船舶による長距離の水素輸送においては、水素を水素キャリアに転換する必要がある。大規模な設備投資と追加的なエネルギー投入が必要となるため、水素の製造と需要は地理的に近いことが望ましいが、ヨーロッパ、日本、韓国など見込まれる水素需要が大きいものの安価なクリーン水素の供給ポテンシャルが限定的と思われる地域・国にとっては、海外からの水素の長距離輸送が必要となる。経済的な国際サプライチェーンの構築に向けて、水素キャリアである、液化水素、メチルシクロヘキサン(MCH)、アンモニア、あるいは合成メタン、合成燃料等に係るコストの大幅な削減が求められる。

二酸化炭素回収・貯留

3.7 において述べたように、二酸化炭素回収・貯留技術(CCS)は、今後世界が脱炭素化に向かう中で、電化によって脱炭素化しにくい分野において非常に大きな役割を果たすことが期待されている。レファレンスシナリオにおいては、すでにCCSへの支援制度が整備されている先進国を中心に導入が進むと想定したが、技術進展シナリオにおいては、それだけではなく、比較的安価でCCSが実施可能な新興国も含めて最大限CCSが導入される絵姿を想定した。

まず発電部門に関しては、先進国においては新設の石炭・液化天然ガス(LNG)火力に対し、アンモニアや水素混焼を見込んでいない火力発電所にはすべてCCSの適用を想定しており、新興国・途上国においても、中国やインド、東南アジア、中東などCCSを実施できる貯留場所や実施できる企業が存在している地域においても火力発電所へのCCSの適用が進むと想定した。また、産業部門においては、同じく先進国や一部の新興・途上国においては、製鉄部門、セメント部門、化学部門にCCSの適用が進むと想定した。さらに、化石燃料の生産部門においても、LNG生産部門では新設のLNGプロジェクトには原則すべてのプラントにLNG製造時に発生するCO₂の回収・貯留設備が敷設されると想定した。

図4-7 | CCS実施量[技術進展シナリオ、2050年]



4.2 エネルギー需給

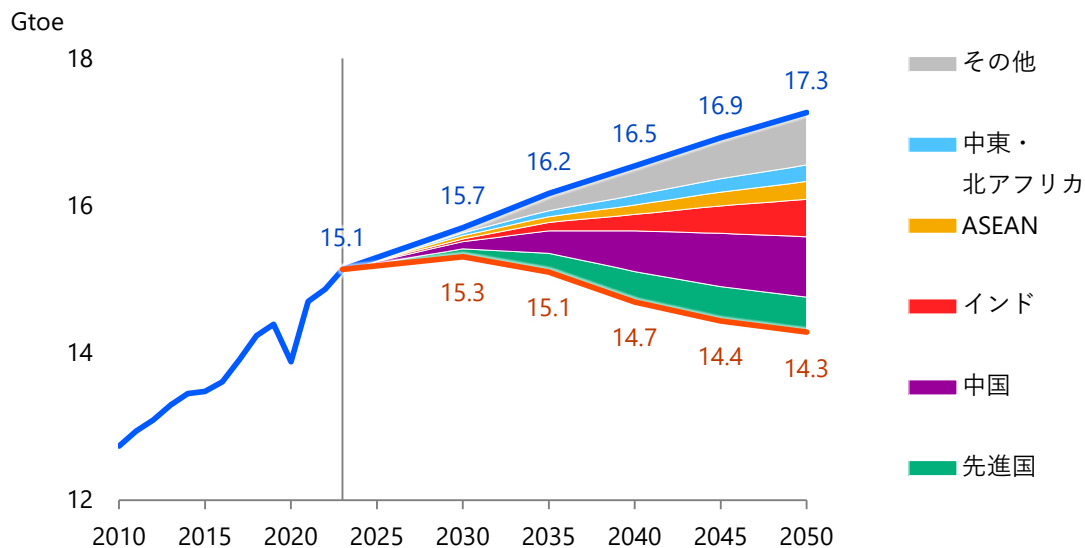
技術進展シナリオでも2050年世界カーボンニュートラル実現には程遠く、省エネルギー・気候変動対策のさらなる推進にはあらゆる手段の総動員が必要

技術進展シナリオでは省エネルギー・気候変動対策の強力な展開を想定する。一次エネルギー消費は、データセンターにおける電力需要の増加や省エネルギー機器や技術の置き換

えに時間がかかること等もあり2030年までは増加する(図4-8)。ただ、2030年以降は省エネルギーが機器の普及が進むことで減少に転じる。2035年における一次エネルギー消費はレファレンスシナリオ比石油換算1,065百万t (Mtoe)減(-6.6%)となるが、2023年比では-36 Mtoe (-0.2%)とほぼ横ばいとなる。2040年以降は二酸化炭素回収・貯留(CCS)等の増加に伴い徐々に減少ペースは鈍化するものの、2050年まで減少が続いてレファレンスシナリオ比の一次エネルギー消費削減量は2,984 Mtoe (20.1%)となる。2050年までの累積節減量は省エネルギー等が進み、38.3 Gtoeとなる。技術進展シナリオを実現するためには、エネルギー消費節減および非化石エネルギー導入のポテンシャルが大きい新興・途上国、特にインド、東南アジア諸国連合(ASEAN)、中東・北アフリカ(MENA)の役割が大きい。

技術進展シナリオで世界が到達可能な省エネルギー量のうち、新興・途上国は2050年において80%を占める。特にインド、ASEAN、MENAは合わせて33%を占める。これらの国々の省エネルギーと脱炭素化をいち早く進めることが、世界のエネルギー安定供給、気候変動対策の鍵となる。

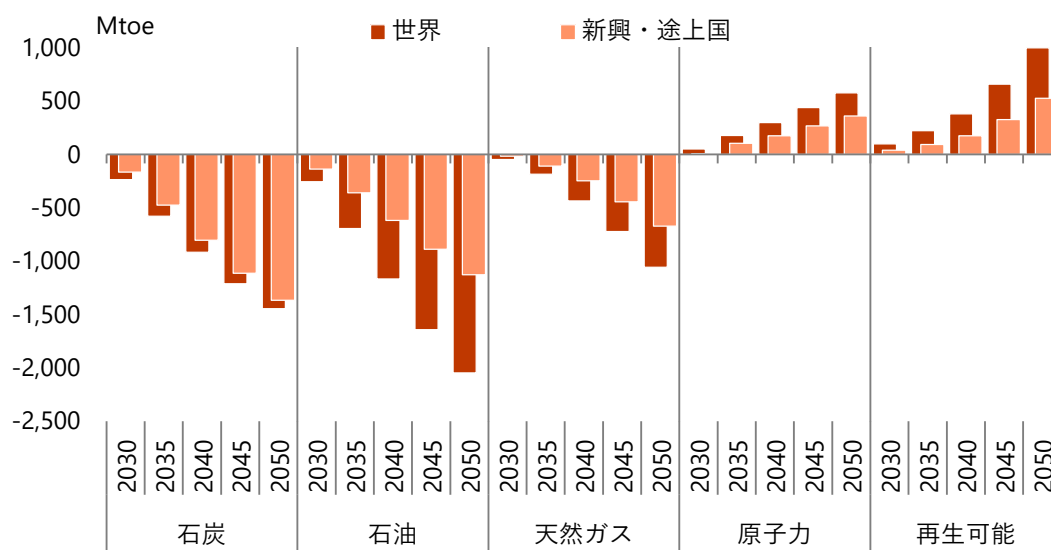
図4-8 | 世界の一次エネルギー消費と省エネルギー(レファレンスシナリオ比) [技術進展シナリオ]



エネルギー源別では、化石燃料は燃料転換も進むこともあり、2050年はレファレンスシナリオ比4.6 Gtoe (37%)の節減、累積節減量は54.2 Gtoeとなる(図4-9)。石炭は新興・途上国で発電用の燃料転換が進み、新興・途上国が2035年において節減量の8割、2050年において9割を占める。石油は自動車の電動化が進むことで、2035年には0.7 Gtoe、2050年には2.0 Gtoeと最も節減量が大きいエネルギーとなる。天然ガスは2035年には0.2 Gtoe、2050年には1.1 Gtoeの節減にとどまる。もっとも、2050年の天然ガスの節減が少ないのは水素製造

原料用が増えている影響もある。非化石エネルギーは2035年で0.4 Gtoe、2050年で1.6 Gtoe増加し、原子力と再生可能エネルギーは2050年でそれぞれレファレンスシナリオ比59%、26%の大幅増となる。言い換えれば、非化石エネルギーが大きく伸長する技術進展シナリオにおいても、世界は化石燃料なしには、経済、社会、生活を維持し改善し続けることはできない。

図4-9 | 一次エネルギー消費の変化(レファレンスシナリオ比) [技術進展シナリオ]



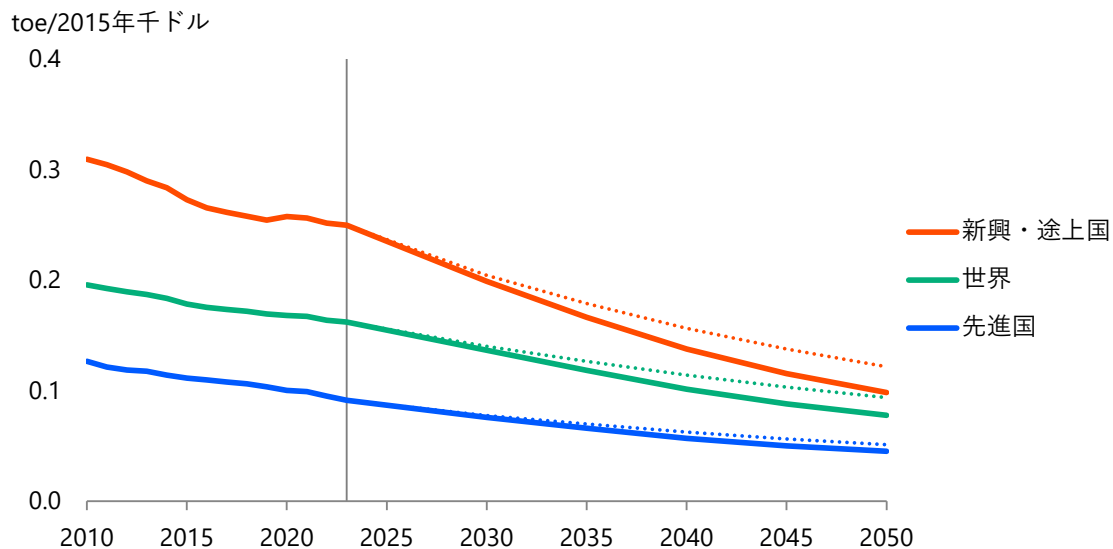
技術進展シナリオの実現自体も容易ではない。2050年における石炭節減量では、新興・途上国が95%、インド、ASEAN、MENAが合わせて41%の寄与率となる。また、原子力、再生可能エネルギーの増加量に対しても、新興・途上国の寄与率はそれぞれ62%、53%、インド、ASEAN、MENAの寄与率は31%、25%を占める。つまり、技術進展シナリオは30年弱という短期間でこれらの実現を経済発展中の新興・途上国に要求している。技術進展シナリオの実現プロセスにおいては、従来の先進国の歩みとは異なる加速度的なエネルギー政策の実行が新興・途上国には求められている。

世界が1.5°C目標を達成するには、2030年までに年平均で4%を上回るエネルギー効率の改善率が必要であるとされている。しかし、技術進展シナリオにおける2023年から2030年にかけての世界の国内総生産(GDP)原単位の減少は、先進国は年平均で2.6%、新興・途上国は3.2%であり、十分ではない(図4-10)。その後、2050年には先進国の原単位は2023年比55%減、新興・途上国の原単位は足元における効率改善余地が大きいため62%減と大きく減少する。もし、技術進展シナリオにおける2050年の世界のエネルギー消費を原子力、再生可能エネルギーおよびブルー水素¹²製造用の化石燃料の計6.7 Gtoeのみで賄うことでカーボン

¹² 化石燃料を分解しその際に排出するCO₂を回収して製造される水素

ニュートラルを達成しようとした場合、世界のGDP原単位を2023年比で78%減少させる必要がある。これは、技術進展シナリオにおける新興・途上国や中国の原単位減少ペースをはるかに上回るペースであり、2050年に世界全体でカーボンニュートラルを実現することは、やはり相当チャレンジングであると言わざるをえない。

図4-10 | 一次エネルギー消費のGDP原単位[技術進展シナリオ]



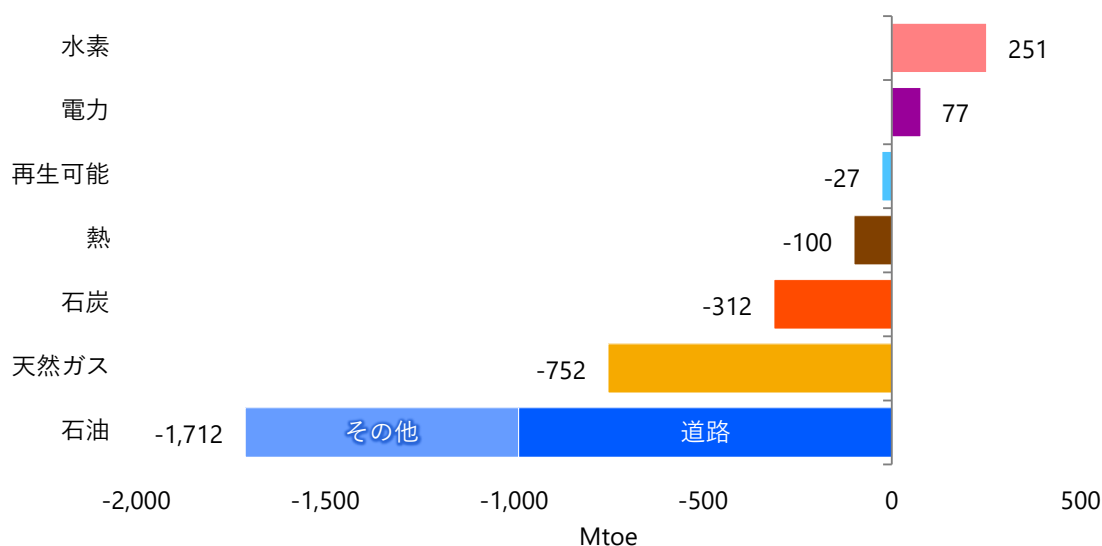
技術進展シナリオを実現し、さらに二酸化炭素(CO₂)排出量の削減を推し進めるためには、先進国も新興・途上国もハイペースで省エネルギーを進め、またエネルギー源の脱炭素化も進めなければならない。このため、先進国における省エネルギー技術の開発と新興・途上国への技術移転、国際的な資金調達力や意識不足などの省エネルギーバリア解消などは必須条件となる。また、日々の生活に追われている低所得者層が省エネルギー機器を導入するためのインセンティブの設定や都市部と農村部に対してそれぞれふさわしい省エネルギーや脱炭素化のアプローチも必要となる。さらに、長期的な視点から、国・地域の省エネルギー意識を高める教育を強化してゆくことも重要である。

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

自動車の燃費改善と電動化の進展が最終エネルギー消費節減の鍵

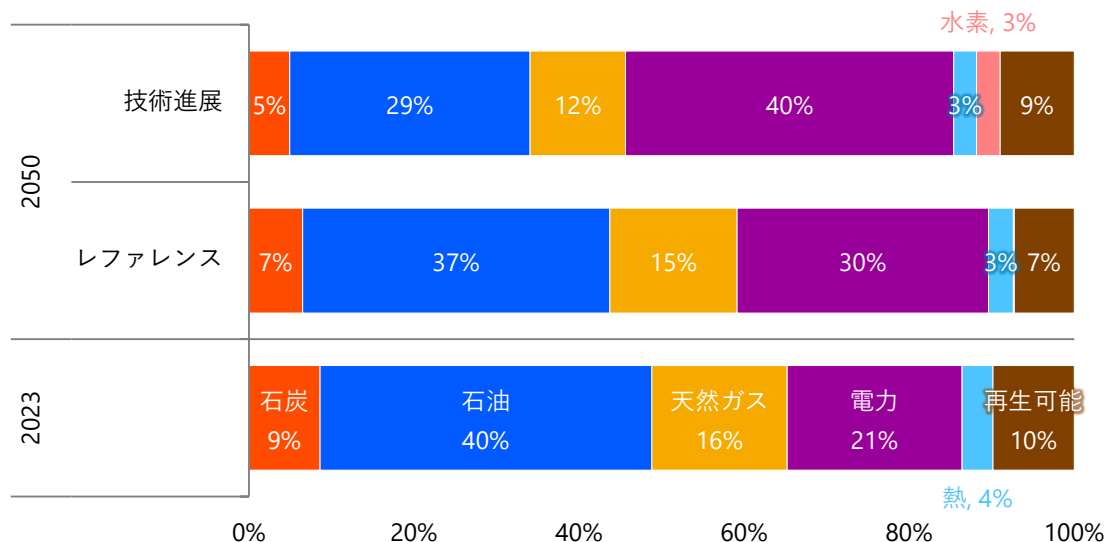
技術進展シナリオにおける最終エネルギー消費節減量(2050年)のエネルギー源別内訳では、石油が7割程度を占める(図4-11)。この主な要因は、先にも触れたとおり、自動車の燃費改善や車種構成の変化の進展に伴う道路部門の石油消費の減少である。これを着実に実現することは、最終エネルギー消費を技術進展シナリオのパスに近づけるための重要な要素の1つと言える。なお、電動自動車のさらなる普及拡大のためには、各種の政策誘導に加えて、充電設備の拡充やバッテリー生産能力の拡大、製造コストの低減などをいっそう加速させる必要がある。

図4-11 | 世界の最終消費の変化(レファレンスシナリオ比) [技術進展シナリオ、2050年]



技術進展シナリオにおける最終エネルギー消費は、省エネルギーの進展により、石油、天然ガス、石炭といういずれの化石燃料もレファレンスシナリオ比で節減される。一方、高効率かつ低炭素な電力による省エネルギーとCO₂排出抑制を狙った電化が促進されることで、電力は増加する。2050年における電力シェアは、レファレンスシナリオ比9ポイント増となる(図4-12)。電化が難しい用途での低炭素化手段として期待される水素は、レファレンスシナリオではほとんど導入されないが、技術進展シナリオへの移行で最も増加するエネルギー源となる。再生可能エネルギーは、薪炭材や畜ふんといった伝統的バイオマスがクリーンエネルギーに代替されることで、量としては減少するが、減少率は化石燃料ほどではないことからシェアはレファレンスシナリオ比で2ポイント増となる。レファレンスシナリオからのこうした増減はありこそすれ、技術進展シナリオでもすべての主要なエネルギー源に対する需要が存在する。そのため、技術進展シナリオにおいてもレファレンスシナリオと同様に、各種エネルギー源を安定的に供給することが重要である。

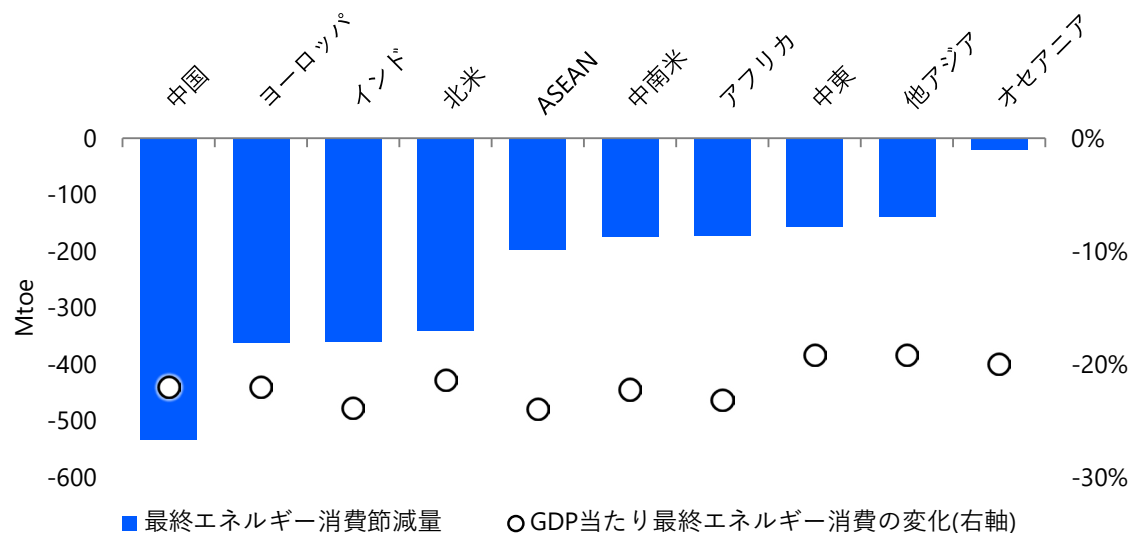
図4-12 | 世界の最終エネルギー消費構成



中国やインド、米国、ヨーロッパなどにおける省エネルギーの着実な進展が重要

主要国・地域の2050年の最終エネルギー消費節減量では、中国とインドを中心としたアジアが最も大きく、北米、ヨーロッパ、アフリカがそれに続く(図4-13)。技術進展シナリオの最終エネルギー消費パスを実現するには、特に中国やインド、米国やヨーロッパといった節減量が大きい国・地域で省エネルギーを着実に進展させることが重要になる。

図4-13 | 最終エネルギー消費節減量とGDP当たり最終エネルギー消費の変化(レファレンスシナリオ比) [技術進展シナリオ、2050年]



2050年におけるアジアの最終エネルギー消費節減量は1,229 Mtoeであり、世界全体の節減量の48%という大きなシェアを占める。中でも中国とインドの存在感は大きく、中国の節減

量は533 Mtoe、インドは360 Mtoeと、合わせて世界全体の節減量の3割にも相当する。両国における省エネルギーの進展度合いは、当事国のみならず、世界の気候変動や他地域のエネルギー安全保障にも影響を及ぼしうる。これら2国では、道路部門の石油消費や産業部門の石炭消費、天然ガス消費などが大きく節減され、技術進展シナリオで想定する各種技術の効果が広範に現れている。先進国からの高効率技術移転も含めたさまざまな方策を通じて、両国の省エネルギーを着実に進展させることが重要になる。

ヨーロッパの最終エネルギー消費節減は361 Mtoeとなり、世界全体の節減量の14%を占める。民生部門が節減量の33%を占めていることが特徴であり、経済協力開発機構(OECD)諸国を中心に、より効率化された家庭用あるいは業務用機器の導入が進められ、天然ガス消費が大きく削減される。北米の最終エネルギー消費節減量は340 Mtoeと、世界全体の節減量の13%を占める。このうち、6割程度が主に道路部門における石油消費の節減である。北米では移動・輸送手段として自動車が多用されることから、米国・カナダ2か国による道路部門石油需要はアジアに次ぐ規模である。それゆえ、自動車の燃費改善や車種構成の変化の影響を強く受けて、道路部門の石油消費が大幅に節減される。

部門別の節減量が特徴的な地域としては、アフリカがある。アフリカの最終エネルギー消費節減量173 Mtoeのうち、2割程度が家庭部門における再生可能エネルギー消費の節減によってもたらされており、GDP当たり最終エネルギー消費が23%低下と、他の国・地域を上回るエネルギー消費減を示すことにつながっている。背景として、利用エネルギーの近代化と高効率消費機器の利用がいっそう進むことが挙げられる。家庭部門における節減を着実に実現する上では、より広範な利用者が入手できる価格帯の高効率消費機器の普及や近代的エネルギーの供給体制整備が大切な要素となる。

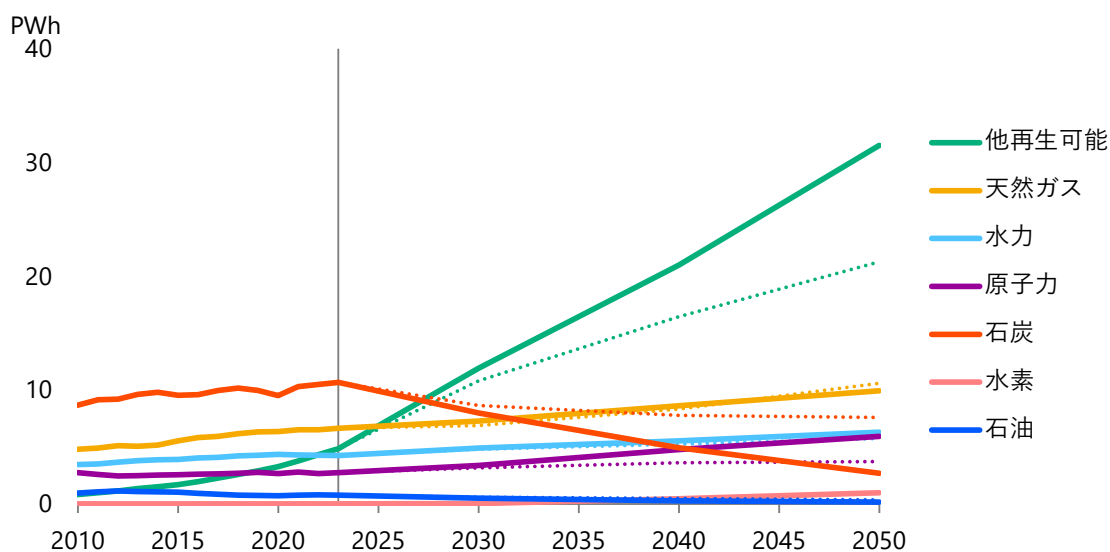
電源構成

技術進展シナリオでは、最大限のエネルギー効率改善という電力需要の減少要因と、気候変動対策としての電化加速、さらには水素製造やCCSに伴う追加的な電力消費の発生という増加要因が共存する。この結果、2050年の発電量は57,579 TWhと、レファレンスシナリオ比で14%大きなものとなる。世界の気候変動対策がどの程度進展するかには不確実性が伴うが、いずれのシナリオにおいても2050年の発電電力量は足元の1.7倍～2倍程度多くなり、この膨大な需要増加を支える発電設備、送配電設備への継続的な投資確保は今後のエネルギー供給において避けて通れない課題である。

また、電源別のシェアは現在のものから大きく様変わりする。石炭については先進国を中心に、脱石炭の取り組みが急速に進むことで石炭火力発電量は現在から大幅に減少、2050年には足元のおよそ4分の1となる(図4-14)。これとは対照的に、太陽光・風力等、バイオマス

に代表される再生可能エネルギーが最大の電源となる。再生可能エネルギーの増加ペースは、レファレンスシナリオでは2030年以降土地制約や出力変動対策の難しさから減速するが、技術進展シナリオでは足元と同等の急速な導入が実現する。ただし、この実現はひとりでに成し遂げられることなく、技術進展シナリオで見込まれるような世界各国におけるポテンシャル活用に向けた制度設計と継続的なコスト低下、さらに火力発電や蓄電池、需要側の負荷調整(デマンドレスポンス)のような出力変動対策の支援があって初めて成り立つものと考えられる。

図4-14 | 世界の発電量[技術進展シナリオ]



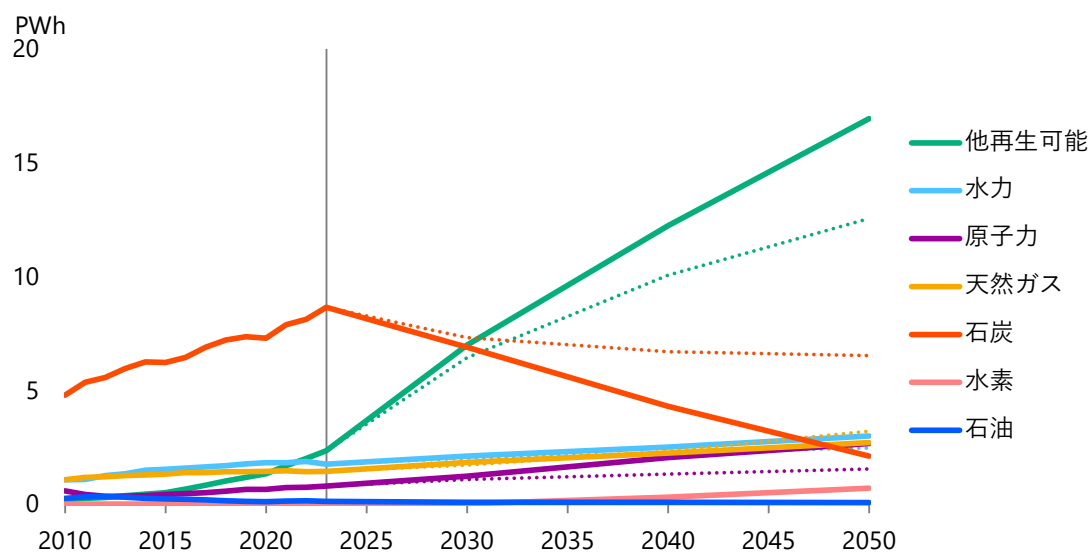
注: 点線はレファレンスシナリオ

その一環として、現在の石炭、天然ガス火力を代替する形でCCS付き火力発電や水素・アンモニア火力が2040年ごろから本格的に導入される。政策形成においては「火力か再生可能エネルギーか」の二項対立ではなく、両者を地域ごとの情勢に合わせた適切な規模で併用し、安定供給と環境対策の両立を図ることが望ましい。また、蓄電池は系統用、需要家用ともに急速に普及し、電気自動車を活用したデマンドレスポンスとあわせて需給バランスの調整に寄与する。

アジアにおいても、現在最大の電源である石炭の発電量が減少に向かい、2030年ごろに最大の電源の座を再生可能エネルギー(水力除く)に譲る(図4-15)。ただし、この減少は日本、韓国に代表される先進国や足元、すでに再生可能エネルギーの増加著しい中国におけるものであり、他の新興・途上国では一定数の新規建設が進む。その高効率化、大気汚染への対策が重要な事項であり、将来的にはCCS導入や水素、アンモニア、バイオマスの混焼によるCO₂排出の抑制を図ることが望ましい。昨今導入ペースが加速している再生可能エネルギー

は、2030年以降さらに増加が加速し、特に中国、インドで集中的に導入される。他方、これらの地域では強い経済成長が持続することから、再生可能エネルギー大量導入と両立した電力の安価、安定した供給が重要な課題となる。変動性再生可能エネルギーのみならず、水力、地熱のようなディスパッチ可能な再生可能エネルギー、原子力、排出対策を行った火力などあらゆる選択肢を模索することが求められる。

図4-15 | アジアの発電量[技術進展シナリオ]



注: 点線はレファレンスシナリオ

アジアでは両シナリオいずれにおいても天然ガス火力の発電量は2050年まで堅調に増加し、再生可能エネルギーの出力変動に対して有望な調整手段となる。水素発電も2040年以降、先進国から新興国という段階を踏みつつ本格的に導入され、天然ガス同様に需給バランスの調整を支える。

原油生産

技術進展シナリオでは、自動車の電動化の急速な進展をはじめとする最終エネルギー消費部門での燃料代替や省エネルギーのいっそうの進展等により、石油需要の伸びは抑制される。石油需要は2030年までにピークアウトし、2050年には日量57.8百万バレル(Mb/d)とレファレンスシナリオと比べて43%少ない。このような需要減少により、非石油輸出国機構(OPEC)の生産量は2030年までに、OPECの生産量も2040年までに減少に転じる。ただし、コスト競争力が高い中東OPEC諸国の生産量は2050年でも24.2 Mb/dを維持する。その結果、OPECの市場シェアはレファレンスシナリオよりも若干上昇し、2050年で42%となる。

表4-3 | 原油生産[技術進展シナリオ]

	2023	2030	2040	2050	(Mb/d)	
					2023-2050 変化量	変化率/年
原油生産計	96.3	91.6	74.4	56.2	-40.1	-2.0%
OPEC	33.9	33.9	29.4	24.2	-9.6	-1.2%
中東	26.7	27.5	24.7	20.9	-5.8	-0.9%
その他	7.1	6.4	4.7	3.3	-3.8	-2.8%
非OPEC	62.4	57.7	45.0	31.9	-30.5	-2.5%
北米	24.0	24.2	19.2	14.6	-9.4	-1.8%
中南米	9.0	8.3	7.4	5.4	-3.6	-1.9%
欧州・ユーラシア	17.6	14.6	10.5	6.4	-11.2	-3.7%
中東	2.9	3.1	3.0	2.7	-0.2	-0.2%
アフリカ	1.5	1.3	1.1	0.8	-0.7	-2.2%
アジア・オセアニア	7.5	6.2	3.8	2.1	-5.4	-4.7%
プロセスゲイン	2.4	2.3	1.8	1.4	-1.0	-2.0%
石油供給計	98.6	93.8	76.2	57.6	-41.1	-2.0%

注: 原油には天然ガス液(NGL)を含む

天然ガス供給

省エネルギー技術をはじめとするエネルギー利用技術の進展により天然ガスの消費量が抑制されるため、天然ガス生産量はレファレンスシナリオと比べて2040年で12%、2050年には25%低い水準となる。しかしながら、技術進展により温室効果ガス(GHG)排出に関してよりよく管理することによって、よりグリーンな天然ガス生産容量のシェア拡大へとつながる可能性もある。

レファレンス・技術進展の両シナリオ間で大きく異なるのは、生産規模の大きな北米の生産量であり、2050年の生産量はレファレンスシナリオを3割近く下回る低い水準となる。ロシアを含むユーラシアの生産量もレファレンスシナリオを2割下回る水準となる。中東では、カタール、イランが、技術進展シナリオにおいても生産量の増加は大きいものの、2050年の同地域の生産量は、レファレンスシナリオを1割～2割下回る水準となる。

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

表4-4 | 天然ガス生産[技術進展シナリオ]

	2023	2030	2040	2050	(Bcm)	
					2023-2050 変化量	変化率
世界	4,222	4,259	4,223	4,067	-154	-0.1%
北米、メキシコ	1,280	1,221	1,153	1,006	-274	-0.9%
中南米(メキシコを除く)	199	214	243	222	23	0.4%
ヨーロッパ	196	94	71	63	-133	-4.1%
ユーラシア	856	840	776	724	-132	-0.6%
ロシア	638	590	525	465	-173	-1.2%
中東	732	777	810	938	207	0.9%
アフリカ	253	330	425	412	159	1.8%
アジア	538	593	559	517	-21	-0.1%
中国	232	230	160	87	-145	-3.6%
インド	36	54	42	23	-13	-1.6%
ASEAN	204	203	243	253	49	0.8%
オセアニア	167	190	185	185	18	0.4%

純輸入地域とみなされる地域では、2050年の輸入量がレファレンスシナリオ比で4割～7割減少する。純輸出地域では、ロシアを含むユーラシアは微減、中東では2050年の域内貿易分を除く純輸出量がレファレンスシナリオ比でおおむね5割減少する。北米においては、生産量がレファレンスシナリオ比で減少するものの、需要量の減少も大きい。国際価格の低下を受けつつも、2050年の純輸出量は、レファレンスシナリオ2割下回るにとどまる。

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

LNG市場安定化につながる政策面・投資確保面の課題とクリーン化対策

エネルギートランジションの不確実性に対応する現実的なソリューションとして、LNGの役割明確化と同時に、その目的に適合するLNGの基準の明確化が必要である。企業レベルでは、メタン・GHG排出対策強化・目標設定および的確・タイムリーな情報公開が鍵となる。主要7か国(G7)など国際舞台で天然ガス・LNGの重要性が認知されたが、エネルギー転換において認められるLNGの基準確立が重要となる。メタン・GHGの排出測定・実測強化と国際基準化の重要性、排出削減対策における国際協力の重要性が認知されつつある。この

点で、2025年6月のLNG産消会議で、メタン排出削減・管理における政府間・関係国際機関間のいっそうの協力取り組みが合意されたことは重要である。

表4-5 | LNG生産におけるクリーン化の課題

	クリーン電力による電化	CCS
概要	LNG生産プロセスの電化	原料ガス中およびプロセス中のCO ₂ 回収
優位性	操業信頼性向上と維持費低下 GHG管理向上およびプロセスにおける天然ガス消費量削減	周辺工業設備と共同することで経済性向上
課題	好適なクリーン電力確保 バックアップ電力確保 近隣工業設備との負荷変動調整	CCS適地の確保 既存LNG設備の場合、統合にコスト・時間を要する プロセス中のCO ₂ 回収は、原料ガスよりも難度が高い

現在計画中のLNGプロジェクトにおいては、GHG排出削減のためCCS、また再生可能エネルギーを活用した電動ドライバーの採用織り込みが増加している。技術進展シナリオにおいては、こうした対策織り込みが、新規LNGプロジェクト、既存LNG生産設備とも増加することが見込まれる。このような対策織り込みにより、LNGプロジェクトの経済的優位性、環境面での優越性がアピールされることにより、LNGプロジェクト開発の資金ニーズに対応する多様な金融手段が発展することが期待される。

技術進展シナリオにおいても、途上国市場も含めた買主側の柔軟性・契約期間短期化要求、信用度が相対的に低い買主のすそ野拡大を踏まえて、これら市場のトランジションにも対応するためのクリーンなLNGを確保すべく、共同調達を含む国内外買主間の連携の構築が有効となる。このことは、長期契約を含めた日本のLNG必要量安定確保にも貢献する。

表4-6 | LNG市場安定化への長期的課題

米国、カナダ、オーストラリア、東アフリカ等での新規LNGプロジェクトの実現 既存LNG生産設備の維持・拡張(適切な気候変動対策織り込み)
トランジションおよびそれ以降についてのLNG役割の明確化 LNG買主は柔軟性要求(長・短期取引組み合わせ)ある中で、 安定需要を確保して長期コミットメントを確保する策が必要
長期的契約価格方式変化: 原油連動主流から、天然ガスハブ価格方式連動拡大、複合要素拡大など、価格決定方式多様化
契約短期化傾向も踏まえた資金調達方法の開発(短期化要求と長期コミットメントニーズのギャップ対応)
信用度が低い買主すそ野拡大への対応(買主間提携)

石炭供給

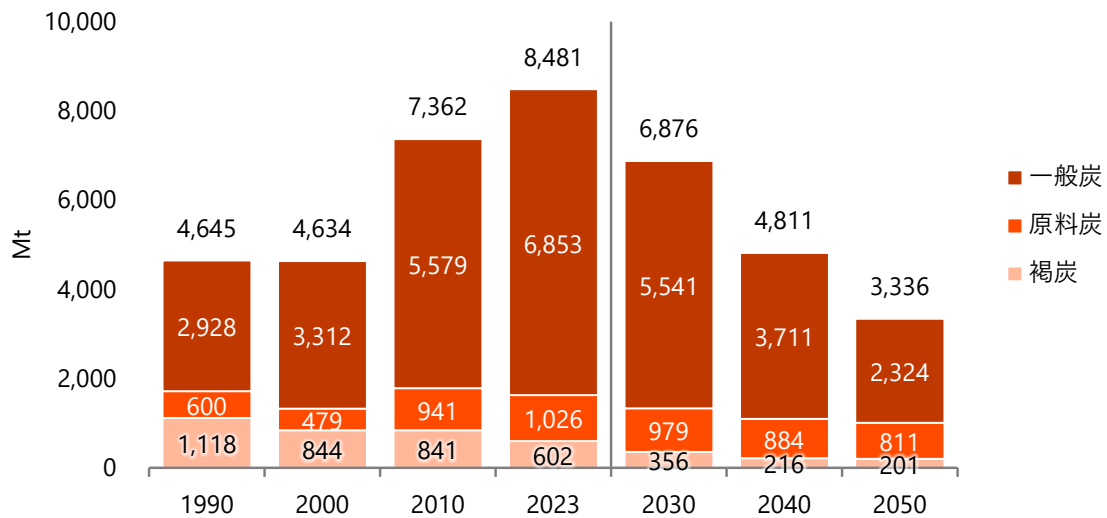
カーボンニュートラルの実現に向け、代替燃料への転換、石炭利用効率の向上が強化され、発電、製鉄、その他産業部門等、さまざまな分野で石炭利用を最小化する取り組みが進展する。再生可能エネルギーや原子力の拡大により、電源構成における石炭の割合が多く多くの国で低下する。ただし予備力の確保や慣性力の維持等、電力システムの安定確保の観点や再生可能エネルギーの導入が困難な国・地域では経済性の観点からも、一定程度の石炭火力発電が維持される。

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

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

こうした動きに伴い石炭生産量は、2023年の84億8,100万tから2050年の33億3,600万tまで減少する(図4-16)。炭種別に見ると、一般炭生産量は2023年の68億5,300万tから2050年には23億2,400万tに、原料炭生産量は2023年の10億2,600万tから2050年には8億1,100万tに、褐炭生産量は2023年の6億200万tから2050年には2億100万tに減少する。レファレンスシナリオと比較すると、2050年において石炭全体で31億1,100万t減少する。炭種別内訳では一般炭は28億t、原料炭は1億8,100万t、褐炭は1億3,000万tの減少となる。

図4-16 | 世界の石炭生産[技術進展シナリオ]



需要減少もありほとんどの国が石炭生産量を減らす。特に一般炭では国内需要減からの影響から、2050年の生産量は2023年対比で各国とも減少するが、中でも中国、米国、オーストラリアの減少が大きい。これに加え、インドも一般炭は減少する。一方、原料炭は各国の鉄鋼需要増減が大きく異なるため、中国、米国では生産減となるが、インドでは増加する。さらに、輸出国であるオーストラリアとモザンビークでは新興・途上国での鉄鋼生産増による輸出量増加に伴い生産も増える。

表4-7 | 一般炭生産[技術進展シナリオ]

	2023	2030	2040	2050	(Mt)	
					2023-2050	
					変化量	変化率/年
世界	6,962	5,541	3,711	2,324	-4,638	-4.0%
北米	454	156	48	42	-412	-8.5%
米国	391	149	43	38	-353	-8.3%
中南米	64	47	24	17	-47	-4.8%
コロンビア	56	40	20	12	-44	-5.5%
OECDヨーロッパ	45	21	9	5	-40	-7.6%
非OECDヨーロッパ・中央アジア	368	302	217	177	-191	-2.7%
ロシア	247	199	133	102	-145	-3.2%
中東	0	0	0	0	0	-2.2%
アフリカ	249	206	163	132	-117	-2.3%
南アフリカ	245	185	141	110	-136	-2.9%
アジア	5,529	4,612	3,114	1,846	-3,683	-4.0%
中国	3,903	2,961	1,662	735	-3,168	-6.0%
インド	839	932	917	689	-151	-0.7%
インドネシア	681	594	421	304	-377	-2.9%
オセアニア	252	197	137	105	-147	-3.2%
オーストラリア	251	196	136	104	-146	-3.2%

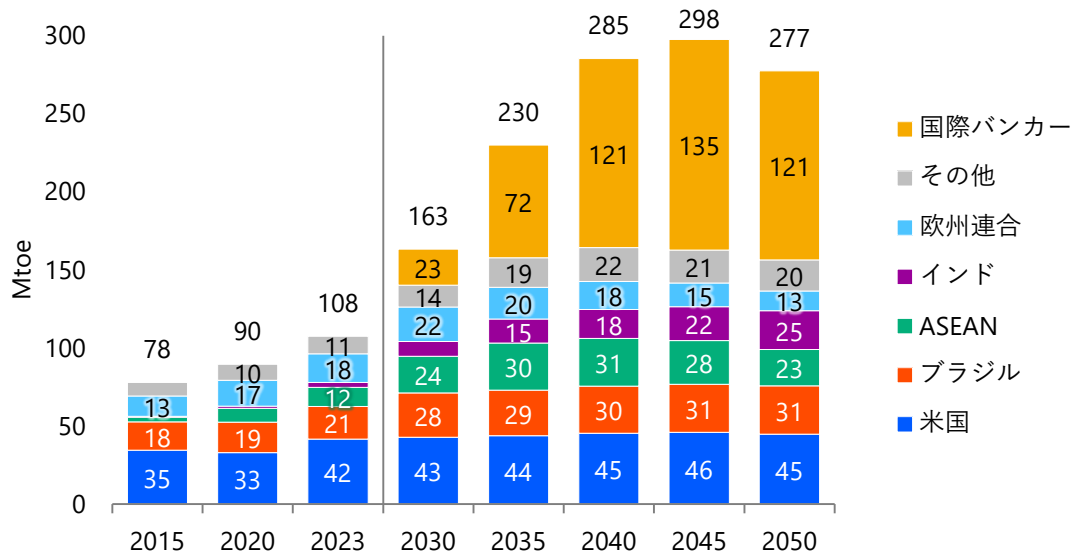
表4-8 | 原料炭生産[技術進展シナリオ]

	2023	2030	2040	2050	(Mt)	
					2023-2050	
					変化量	変化率/年
世界	1,021	979	884	811	-210	-0.8%
北米	77	61	61	61	-16	-0.8%
米国	52	43	43	43	-9	-0.7%
中南米	10	10	12	16	5	1.6%
コロンビア	9	9	12	15	6	2.0%
OECDヨーロッパ	14	13	14	15	0	0.0%
非OECDヨーロッパ・中央アジア	110	96	86	80	-30	-1.2%
ロシア	105	90	81	74	-31	-1.3%
中東	2	2	2	3	1	1.4%
アフリカ	8	17	21	24	15	4.0%
モザンビーク	4	12	16	18	14	5.4%
アジア	641	601	490	395	-246	-1.8%
中国	554	505	376	268	-286	-2.7%
インド	57	64	83	98	41	2.0%
モンゴル	24	24	23	21	-3	-0.5%
オセアニア	158	180	198	218	60	1.2%
オーストラリア	157	179	197	217	60	1.2%

輸送用バイオ燃料

技術進展シナリオにおいて、道路部門の電化が進むものの、バイオ燃料高混合率でも対応可能なフレックス燃料車(FFV)の普及によって、バイオ燃料の需要はレファレンスシナリオより拡大する(図4-17)。加えて、藻類などの第3世代を含む先進的バイオ燃料をはじめとする原料供給の大規模化と低コスト化が実現するとなれば、米国やブラジルだけでなくインドやASEANもバイオ燃料の需要増が見込まれる。対照的にヨーロッパは、電化の方向性は大きく変化せず、また土地利用変化(LUC)や間接的土地利用変化(ILUC)といった持続可能性や環境保護の観点から現在以上に利用可能な従来型バイオ燃料に対する規制が維持、強化されると想定し、レファレンスシナリオほどには増加することはない。これらを踏まえると、2050年の道路部門エネルギー総需要に占めるバイオ燃料のシェアは15%前後になる。

図4-17 | 輸送用バイオ燃料消費[技術進展シナリオ]



航空部門では、バイオ由来の持続可能な航空燃料(SAF)の利用が大幅に増加し、2050年に世界航空燃料に占める割合は25%~30%に達する。2050年におけるSAF導入量は、レファレンスシナリオ、技術進展シナリオで大きな差はないが、そこに至る移行期においてはコスト改善や供給拡大などにより技術進展シナリオのほうが多くなる。一方、船舶のバンカーオイルは、技術進展シナリオでは水素系液体・気体燃料の導入が技術革新などを通じて飛躍的に進むため、レファレンスシナリオを下回る。

4.3 インド、東南アジア諸国連合

本節では、世界の最終エネルギー消費の伸びを牽引する地域の代表であるインド、東南アジア諸国連合(ASEAN)の中でも2025年にその議長国を務めるマレーシアに焦点を当てて、脱炭素化と経済開発の両立に向けた取り組み、将来見通しを概観する。

経済開発と脱炭素化の二兎を追う

インド

インドは、「Viksit Bharat 2047」(Developed India 2047)を国家ビジョンとして掲げ、2047年(独立100周年)までの先進国入りを目標としている。Viksit Bharat 2047では、複数の戦略的柱(経済成長と発展、インフラストラクチャー開発、社会的進歩、ガバナンスと安全保障、イノベーション・科学・技術、環境持続可能性、世界におけるインド)を掲げる。特に、経済成長と発展について、2047年までに国内総生産(GDP)を30兆ドル以上に引き上げるという野心的な目標を掲げ、同目標達成のために今後数十年にわたって7%~10%の平均成長率を維持する必要があるとしている¹³。

一方の脱炭素化では、2021年11月に開催された国連気候変動枠組条約第26回締約国会議(COP26)において、2070年までにカーボンニュートラル達成を目指すと宣言した。2022年8月に発表した「国が決定する貢献」(NDC)では、2030年までにGDP原単位の温室効果ガス(GHG)排出量を2005年比で45%削減することを約束している。また、条件付き目標として、非化石燃料ベースのエネルギー源による累積発電設備容量を2030年までに約50%に引き上げることを示した¹⁴。なお、COP26でモディ首相が発表した、非化石燃料による発電設備容量を2030年までに500 GWへ引き上げるという目標は、NDC本文には盛り込まれなかったがインドの政府文書において引き続き言及されている。インドは、2025年6月までに計242.8 GW(再生可能エネルギーが233.99 GW、原子力が8.8 GW)の非化石燃料による発電設備を導入した。これは総設備容量(484.82 GW)の50.07%を占め、COP26で発表された目標を5年前倒して達成した¹⁵。2022年11月のCOP27で発表された長期戦略では、7つの分野

¹³ Viksit India, “Viksit India: Bold Vision. Brighter Future.”, <https://viksitindia.com/>

¹⁴ Government of India, “India’s Updated First Nationally Determined Contribution Under Paris Agreement (2021-2030)”, August 2022. <https://unfccc.int/sites/default/files/NDC/2022-08/India%20Updated%20First%20Nationally%20Determined%20Contrib.pdf>

¹⁵ Press Information Bureau, Government of India, “The Solar Surge: India’s Bold Leap Toward a Net Zero Future”, August 19, 2025. <https://www.pib.gov.in/PressNoteDetails.aspx?id=155063&NoteId=155063&ModuleId=3>

(電力、運輸、都市設計における適応、産業、炭素除去、森林・植生、金融)に焦点を当て、分野別に低炭素開発に向けて取り組むべき要素を概説している。

経済開発と脱炭素化の同時達成という観点では、2008年から包括的な枠組みである「気候変動に関する国家行動計画」(NAPCC)を実施してきた。NAPCCは8つの分野(太陽光、エネルギー効率、居住環境、水資源、ヒマラヤ生態系、森林・他生態系、農業、気候変動の戦略的知識普及)における国家ミッションから構成され、NDCと整合するよう見直しが行われている¹⁶。政府はNAPCCの戦略に沿って各分野の政策を実施するとともに、各州と連邦直轄地域(UT)による州気候変動行動計画(SAPCC)の策定を支援している。

マレーシア

マレーシアは、経済開発では、第13次五か年計画(13MP)は、2026年から2030年までの期間における年平均GDP成長率を4.5%から5.5%とすることを目標として掲げており、約1,300億ドルの開発支出を行う¹⁷。この経済成長は、2030年までにマレーシアを高所得国へと押し上げ、世界トップ30の経済圏にランクインさせることを目指している。

脱炭素化では、マレーシアのNDCは2021年に提出され、COP29で再確認された。2030年までにGHG排出原単位を2005年比で45%削減することを約束し、2050年までにネットゼロ排出を達成するという目標を掲げている¹⁸。

マレーシアのエネルギー転換は「国家エネルギー転換ロードマップ」(NETR)と「マレーシア再生可能エネルギーロードマップ」(MyRER)によって推進されており、エネルギー効率向上、再生可能エネルギー、グリーンモビリティ、水素、バイオエネルギー、炭素回収を促進している。クリーンエネルギー転換はまだ初期段階にあるが、マレーシアは設備容量に占める再生可能エネルギー比率を2035年までに40%、2050年までに70%という目標に向けて進んでいる¹⁹。2022年現在、再生可能エネルギーは発電設備容量の24%(9 GW)を占める。これは主に水力と太陽光(例として大規模太陽光発電(LSS)や屋根設置型太陽光発電)による。

¹⁶ Press Information Bureau, Government of India, “National Action Plan on Climate Change (NAPCC)”, December 1, 2021.

<https://static.pib.gov.in/WriteReadData/specificdocs/documents/2021/dec/doc202112101.pdf>

¹⁷ Ministry of Economy, “Thirteenth Malaysia Plan 2026-2030”, <https://rmk13.ekonomi.gov.my/wp-content/uploads/2025/09/120925-Main-Documents-e-Book.pdf>

¹⁸ UNFCCC, “Malaysia’s Update of its First Nationally Determined Contribution”, July 30, 2021. <https://unfccc.int/sites/default/files/NDC/2022-06/Malaysia%20NDC%20Updated%20Submission%20to%20UNFCCC%20July%202021%20final.pdf>

¹⁹ Ministry of Economy, “National Energy Transition Roadmap”, <https://www.investmalaysia.gov.my/media/w11a4c2k/national-energy-transition-roadmap.pdf>

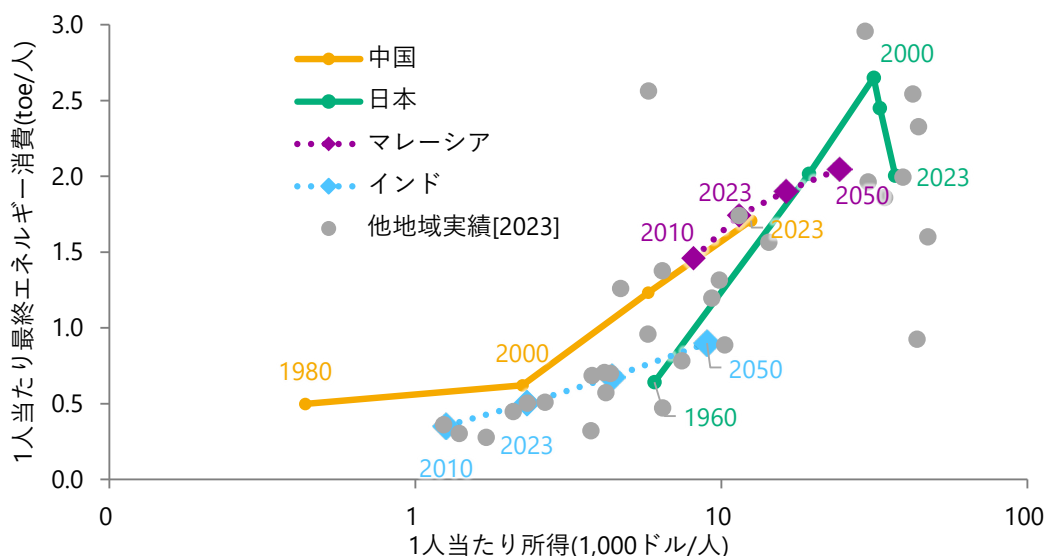
マレーシアの「MADANI」経済枠組みは、気候変動対策と包括的開発、イノベーション、インフラストラクチャー整備を統合したものである。グリーンファイナンスや炭素市場メカニズムを活用し、国家脱炭素化委員会が実施を監督する。同戦略はエネルギー安全保障、経済競争力、持続可能性へのバランスのとれた現実的なアプローチを反映し、公正な低炭素社会の基盤を築くものである。

将来見通し

レファレンスシナリオおよび技術進展シナリオにおいて、新興・途上国のエネルギー消費は堅調に増加を続けるが、特にインドとASEANは旺盛な経済成長を背景としたエネルギー消費の増加が大きい。図4-18に示すように、インドは2050年にかけて平均所得が1万ドルに迫り、1人当たりエネルギー消費は現在の倍近くに増加する。マレーシアの1人当たりGDPは中国と同水準であり、今後も堅調な成長と需要増加が継続すると見込まれる。

なお、中国では1990年代から2000年代にかけて、急激な第2次産業の拡大を要因の1つとする爆発的なエネルギー需要増加が発生した。このような急速な工業化がインドやマレーシアで起きる可能性は低いと考えられるものの、産業部門における需要の着実な増加が見込まれる。これは、インドにおいて政策方針として着実な工業化が進められているため、また、マレーシアでは工業分野を高度化し産業基盤を強化することで、半導体設計やクラウドサービスのようなより先進的な活動を取り込み、高い工業比率を維持すると見込まれるためである。加えて、両国における民生部門や運輸部門といった産業部門以外での需要増加も無視することはできない。

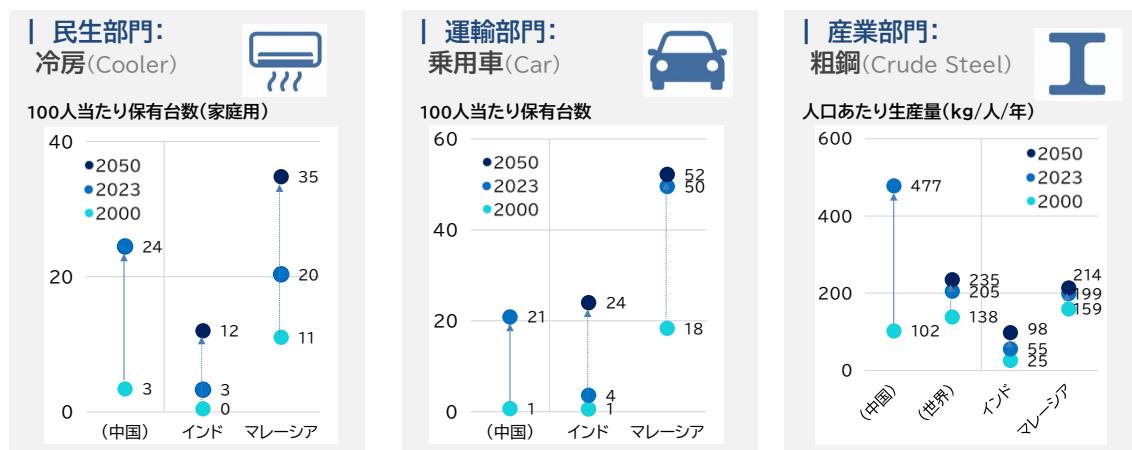
図4-18 | 1人当たり年間所得と最終エネルギー消費



注: 1人当たり所得は実質、2015年価格

各部門のエネルギー消費を喚起する代表例として、冷房(Cooler)、乗用車(Car)、粗鋼生産(Crude Steel)の言うなれば「3C」が挙げられる。国民の所得水準の向上は、冷房や乗用車の保有台数増加に直結するとともに、粗鋼などの素材需要の拡大ももたらす。このような変化は、1960年代の日本や2000年代の中国における「3C」の浸透として観察することができ、現在マレーシアでも同様の変化が起きている。今後はインドでも「3C」による産業、運輸、民生部門のエネルギー消費の喚起が進展すると見込まれる。

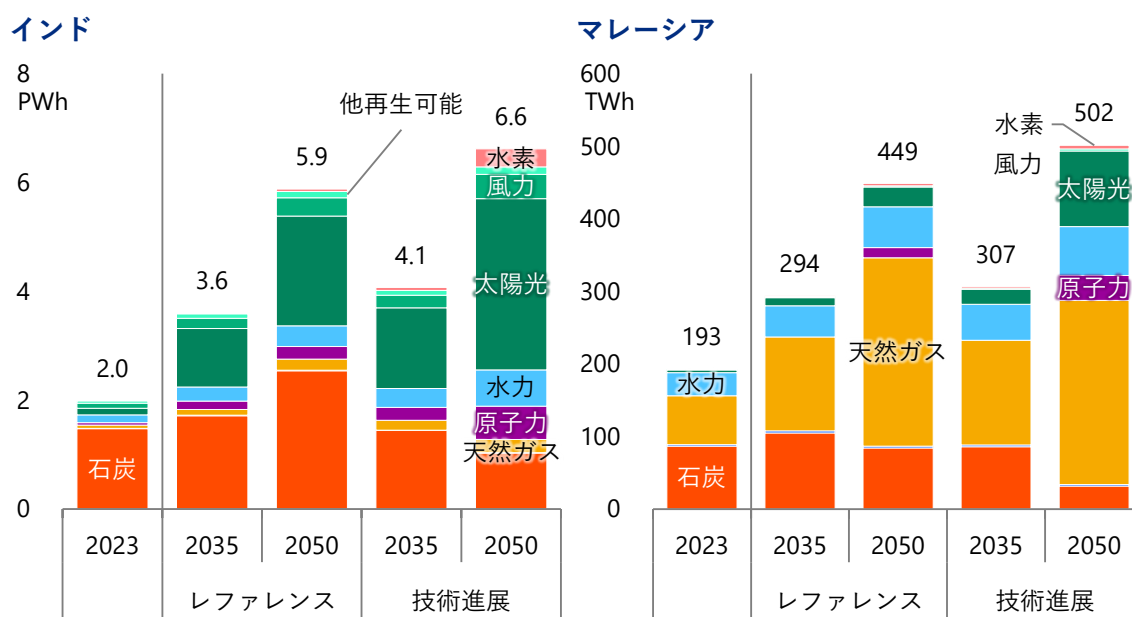
図4-19 | 1人当たり製品保有台数、粗鋼生産量



エネルギー消費の著しい拡大に伴って、2050年に必要となる発電量はインドでは現在の3倍以上、マレーシアでは約2～2.5倍と大きく増加する。

インドでは、特に太陽光の大幅な増加が見込まれ、2050年にレファレンスシナリオでは現在の17倍(2,020 TWh)、技術進展シナリオでは27倍(3,146 TWh)に達する。インドは太陽光発電のポテンシャルが豊富であるが、開発にあたっては農地との競合が大きな課題であることに留意する必要がある。現在のインドでは石炭が発電部門において重要な役割を果たしており、レファレンスシナリオでは石炭火力による発電量は継続的に増加し、2050年の発電量の43%を占める。技術進展シナリオでは石炭火力による発電量は減少するものの、2050年でも発電量の16%を占める。図4-20に示すように、石炭と再生可能エネルギーだけでなく、さまざまな電源を活用した電力供給体制の拡充が必要となる。

図4-20 | インド、マレーシアの発電量構成



マレーシアでは、今後も天然ガスが電力供給の中心的な役割を果たす。2050年の発電量に占める天然ガス火力の割合は、レファレンスシナリオで58%、技術進展シナリオで51%と高い水準を維持する。技術進展シナリオでは、太陽光発電による発電量が現在の30倍(104 TWh)と大きく増加する。マレーシアは脱炭素化目標を達成するため、大規模太陽光発電(LSS)プログラムと屋根設置型太陽光発電を通じて、太陽光発電設備の大幅な拡大を目指している。しかし、マレー半島の再生可能エネルギー(太陽光、水力)のポテンシャルは乏しく、大量導入のためにはボルネオ島との送電線接続が課題となる。

インプリケーション

インドにおいて、豊富な再生可能エネルギー(特に太陽光)のポテンシャルをいっそう活用するには、送配電インフラストラクチャーの整備や農地との競合や土地収用の複雑さといった土地制約の解消が課題となる。前者については、十分な投資を確保することに加えて、世界第7位の広大な国土をカバーする送電網整備が容易でないことを踏まえ、再生可能エネルギーの地産地消と地域間の融通をバランスよく組み合わせるインフラストラクチャー開発計画の整備が求められる。一方、後者については、経済成長に伴う農業人口の変化(他産業への移行)の動向を踏まえつつ、土地収用に関する規制の簡素化や州ごとの制度のハーモナイゼーション、民間企業にとってハードルの高い地権者との交渉への行政の関与などに長期的に取り組む必要がある。また、インドの石炭火力発電は2050年においても重要な役割を果たすと考えられる中、アンモニアやバイオマスの混焼による既存石炭火力などの段階的な低炭素化や二酸化炭素回収・有効利用・貯留(CCUS)による石炭の脱炭素利用は重要な選

択肢となろう。現在、インドはCCUSに関する包括的な政策を策定中であるが、早期の策定と具体的な実施が期待される。なお、国内には鉱業従事者が多く、公正な移行をどのように実現するのかは大きな課題である。国が経済成長とインフラストラクチャー開発を進める中で、従来の産業の雇用を新たな産業に十分吸収できるか、長期的かつ広い視点で影響を見極める必要がある。

マレーシアでは、天然ガス火力が引き続き電力供給の中心的な役割を果たす。その上で、脱炭素化と経済開発の両立という観点から、CCSが果たす役割は大きいと期待される。また、マレー半島とサラワク州を結ぶ連系線の開発は、ASEAN Power Gridの重要な構成要素であると同時に、サラワク州の水力や太陽光といった豊富な再生可能エネルギーポテンシャルを活用し、マレーシア全体のエネルギーシステムの脱炭素化と安定供給に貢献すると考えられる。このことは、地域の経済開発という点でも重要になる。同時に、土地利用の観点から、サラワク州のポテンシャルを実際にどれだけ活用できるのか、十分な精査が必要だろう。13MPが提出された後、エネルギー移行・水資源変革省は、原子力発電に関する実現可能性調査を同省傘下のMyPower主導で開始した。再生可能エネルギーや天然ガス火力を補完するため、小型モジュール炉を含めた原子力発電の開発を検討することは、急増する電力需要を満たし、エネルギー源を多様化し、排出量を削減する、CO₂フリーの電源として重要な選択肢となる。

5. 二酸化炭素排出

5.1 足元の動向: 気候変動対策の軌道修正と欧米の競争力強化策

近年、世界の気候変動対策や二酸化炭素排出削減への取り組みは転機を迎えている。とりわけ、2025年1月に発足した第2次トランプ政権によるパリ協定からの離脱発表を震源に、米国の気候変動対策の揺り戻しが起きている。このような急激な方針転換は米国内の政策基盤を揺るがしたのみならず、国際的な協調体制にも深刻な影響を与え、各国の政策決定と市場の先行きを不透明にした。そのため、ここでは第2次トランプ政権発足以降の米国の現状を中心に、米国やヨーロッパの政策動向、気候変動対策の動向について取り上げる。

1月20日、トランプ氏が大統領に就任し、パリ協定からの離脱などを盛り込んだ大統領令に署名した²⁰。同署名には、①米国のエネルギーを解き放つ、②国家エネルギー非常事態宣言、③国際環境協定でも米国を第1に位置づけるなど5本が含まれる。この大統領令への署名による影響の1つが、米国は国連気候変動枠組条約(UNFCCC)に対して2024年度に約110億ドル²¹を拠出していたが、その見込みがなくなったことである。また、米国の離脱により、国連気候変動枠組条約第29回締約国会議(COP29)にて合意された発展途上国に対する地球温暖化対策資金(気候資金)として2035年までに官民合わせて少なくとも年3,000億ドル支援すること自体が、よりいっそう難しくなったと言える。

米国内でも、第2次トランプ政権発足以降、3月12日、環境保護庁は、トランプ大統領の第1日の大統領命令を進めるため、31の規制緩和を行うと発表した。この規制緩和には、発電所に関する規制の再検討、自動車規制の再検討、2009年危険性認定とそれに基づく規制・行為の再検討が含まれる。また、4月8日に大統領命令“Protecting American Energy From State Overreach”に署名した。内容としては、「州が越権的にエネルギーを規制すれば合衆国の経済・安全保障が損なわれる」と宣言し、米国内の排出権取引や炭素課金(いわゆるスーパーファンド法)に対する執行停止を掲げるものであった。今回の署名により、米国司法省はこれらのイニシアティブに参加する州に対する訴訟を7月7日を期限として準備していたが、訴訟は提起されていない。

²⁰ The White House, “Putting America First In International Environmental Agreements”, January 20, 2025. <https://www.whitehouse.gov/presidential-actions/2025/01/putting-america-first-in-international-environmental-agreements/>

²¹ U.S. Department of State, “COP 29 Update: U.S. International Public Climate Finance”, November 18, 2024. <https://2021-2025.state.gov/cop-29-update-u-s-international-public-climate-finance/>

7月には、米国インフレ抑制法(IRA)/インフラストラクチャー投資・雇用法(IIJA)による税額控除の資金停止(風力・太陽光発電の税控除の停止等)が成立した。加えて、2009年に発表された温室効果ガス(GHG)が健康や福祉に悪影響を及ぼすとしたEndangerment Findingを撤回し、自動車GHG排出基準の撤廃を提案した。また、火力発電所のGHGが大気汚染に寄与しないとしてGHG排出基準の全面撤廃等を提案する予定である。

表5-1 | 米国、欧州連合のエネルギー・環境関連の主な政策

米国		欧州連合
2024年9月		ドラギレポート公表(投資不足、高エネルギーコスト、戦略的依存を核心課題として提示)
2025年1月	トランプ氏、第47代米国大統領就任 エネルギー規制の見直しと許認可の迅速化を指示 全米のエネルギー緊急事態を宣言 国際環境協定(パリ協定等)からの離脱・見直し指示	ヨーロッパの競争力向上の道筋を提示
2025年2月		クリーン製造と競争力を同時に高める投資 企業サステナビリティ報告指令(CSRD)、企業サステナビリティ・デューディリジェンス指令(CSDDD)、炭素国境調整措置(CBAM)の簡素化提案(オムニバス簡素化)
2025年3月	GHG規制の法的根拠の見直しに着手	
2025年4月	州の炭素価格・排出量取引制度(ETS)等の司法判断を支持	
2025年5月		自動車のGHG排出基準の遵守を2027年に先送りする修正案を採択
2025年7月	再生可能エネルギー税額控除縮小や化石燃料支援(One Big Beautiful Bill Act成立) Endangerment Finding撤廃提案+自動車GHG排出規制撤廃提案	

このような米国の気候変動に対する懐疑的な動きが、米国外における市場・政策・外交のあらゆる領域に影響を与えている。とりわけ顕著だったのが、各国の選挙での右派・中道右派の躍進、自国産業の国際競争力を優先とした政策の増加である。

一方、欧州連合(EU)は2025年1月29日に、競争力コンパス(Competitiveness compass)²²を発表、EU経済の脱炭素化など3つの重点分野と規制緩和など5つの横断的支援の方針を示し、域内のイノベーションの停滞や製造業の空洞化を是正すべく規制の簡素化やクリーン産業の支援を掲げた。さらに、2月26日に企業サステナビリティ報告指令(CSRD)、企業サステナビリティ・デュー・ディリジェンス指令(CSDDD)および炭素国境調整(CBAM)を簡素化する「オムニバス法案」を提案²³した。内容としては、対象事業者の削減により欧州サステナビリティ報告基準(ESRS)開示やサプライチェーン監査などの事業者における実質負担を軽減するものであり、EUの国際競争力の強化を目的としており、米中との投資競争への対応とされている。また、5月27日に自動車の排ガス規制の緩和(目標値の達成を2025年の単年ではなく2025年から2027年の平均に変更)に当たる発表がなされた²⁴

また、EUにおける競争力強化を求める具体的な政策や文章の例として、クリーン産業ディール(Clean Industrial Deal)²⁵やドラギレポート(Draghi report)²⁶が挙げられる。クリーン産業ディールは、欧州委員会が2月26日に示した、脱炭素を“産業競争力”のエンジンにするための包括パッケージであり、高コストのエネルギーと世界競争への対処を掲げ、産業の電化・再生可能エネルギー移行とコスト低減を同時に進める計画を発表したものである。主たる柱は、①手頃な価格のエネルギー行動計画(電力網整備や電化促進)、②クリーン製品需要の創出(調達ルールに持続可能性・欧州レジリエンスの基準を導入)、③資金動員(産業脱炭素バンクやイノベーション基金を活用し1,000億ユーロ超を動員)、④資源循環・重要鉱物の共同調達、⑤スキル育成、⑥規制の簡素化が含まれる。これらの背景には2024年9月に発表

²² European Commission, “Competitiveness compass”, https://commission.europa.eu/topics/eu-competitiveness/competitiveness-compass_en. Retrieved August 20, 2025

²³ European Commission, “Commission simplifies rules on sustainability and EU investments, delivering over €6 billion in administrative relief”, February 6, 2025, https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_25_614

²⁴ EU, “CO₂ emissions in cars: Council gives final approval to additional flexibility for carmakers”, <https://www.consilium.europa.eu/en/press/press-releases/2025/05/27/co2-emissions-in-cars-council-gives-final-approval-to-additional-flexibility-for-carmakers/pdf/>, May 27, 2025

²⁵ European Commission, “Clean Industrial Deal”, https://commission.europa.eu/topics/eu-competitiveness/clean-industrial-deal_en, Retrieved August 8, 2025

²⁶ European Commission, “The Draghi report on EU competitiveness”, https://commission.europa.eu/topics/eu-competitiveness/draghi-report_en, Retrieved August 8, 2025

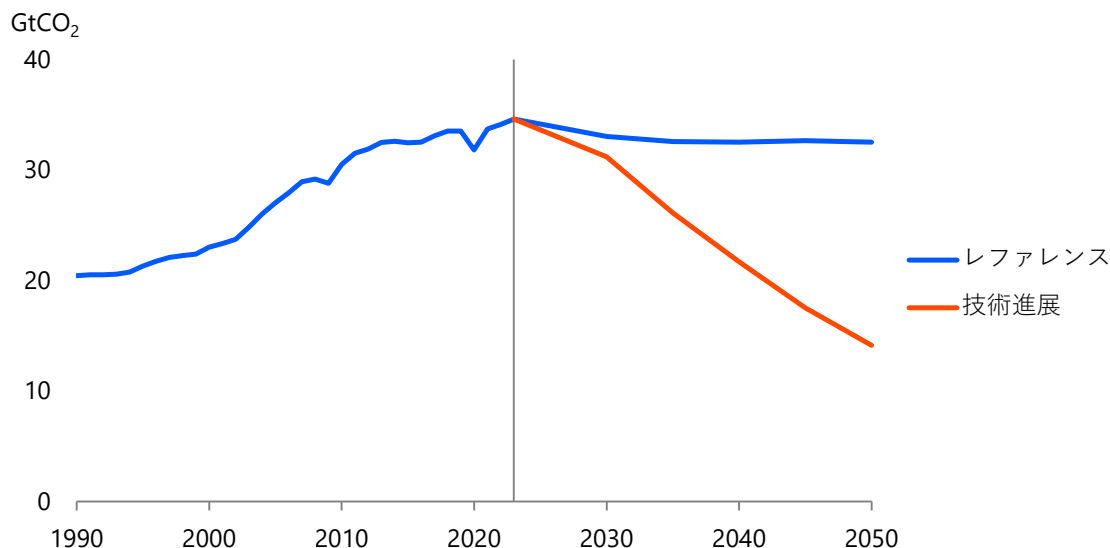
されたドラギレポートがあり、欧州中央銀行(ECB)前総裁マリオ・ドラギ氏が欧州委員会の要請で「ヨーロッパの競争力の将来」についてまとめている。その内容は、将来のエネルギー多消費産業の移行コストを踏まえ、成長における投資不足、恒常的なエネルギー価格の高さ、競争力不足などを分析したものである。このように、EUにおいても多方面で競争力強化の必要性が主張され、主張に基づいた行動とも言えるこれらの現象は、従来の気候変動対策偏重からの緩やかな方向転換であると言える。

このように、過去と比較すると明らかに第2次トランプ政権発足ごろから気候変動対策が軟化傾向にあると言える。一方で、再生可能エネルギー、特に太陽光や風力発電は、発電コストの低下により、市場原理に従って導入が拡大するだろう。

5.2 排出量の見通し

図5-1に世界の二酸化炭素(CO₂)排出量²⁷を示す。レファレンスシナリオにおいては、2020年代中頃にピークアウトし、その後も2035年に向けて減少する。しかし、2035年以降においては減少速度が鈍化し、2050年まではほぼ横ばいで推移する。一方、技術進展シナリオにおいては2050年に向けて順調に排出削減が進む。CO₂排出量を2つのシナリオ間で比較すると、技術進展シナリオでは、2035年にレファレンスシナリオ比22%減、2040年に35%減、2050年に57%減と、大幅に減少する。他方、気候変動に関する政府間パネル(IPCC)第6次評価報告書(AR6)によれば、1.5°C目標を達成するためには、温室効果ガス排出量を2030年までに2019年比で43%、2035年までに60%、2040年までに69%削減する必要がある。一方、技術進展シナリオに基づく削減量は、2030年に同7%、2035年に22%、2040年に35%、2050年に58%にとどまる。両者を比較すると、1.5°C目標との間には大きな乖離があり、1.5°C目標の実現は、現行の取り組みだけではとうてい十分とは言えず、さらなる追加対策が必要不可欠であるという課題を突き付けている。加えて、最新の評価では、カーボンバジェットはIPCC AR6時点から大幅に縮小しており、もはや1.5°C目標は現実性に乏しく、2°C目標を現実的な目標として位置づけるべき時に来ている。この点に関しては9.2 で考察を行った。

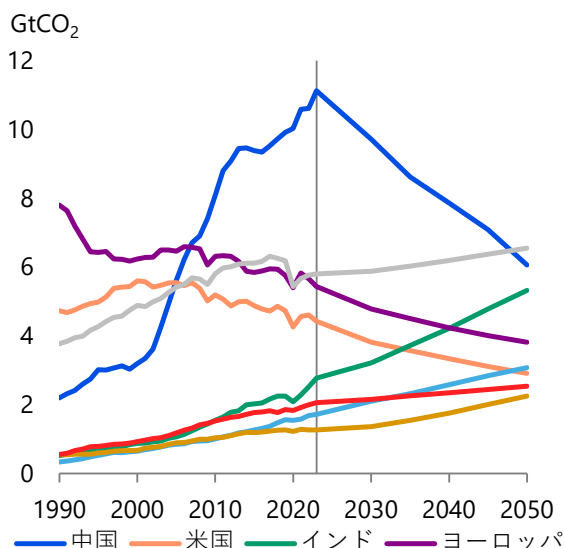
²⁷ エネルギー起源CO₂排出量から二酸化炭素除去(CDR)による削減後の値であり、以下本章を通し同様とする。

図5-1 | 世界のCO₂排出量

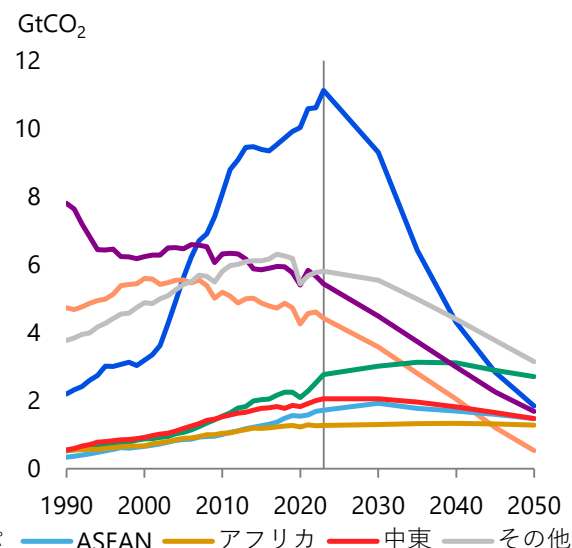
2023年のCO₂排出の地域別シェアは、中国が32%、米国が13%と2国で半分程度を占める。将来を地域別に見ると、レファレンスシナリオにおける排出量は、中国、米国、ヨーロッパは減少が続く(図5-2)。また、インド、東南アジア諸国連合(ASEAN)、アフリカ、中東は増加が続く一方、技術進展シナリオではこれら8地域すべてにおいて、排出量が減少する。

図5-2 | CO₂排出量

レファレンスシナリオ



技術進展シナリオ



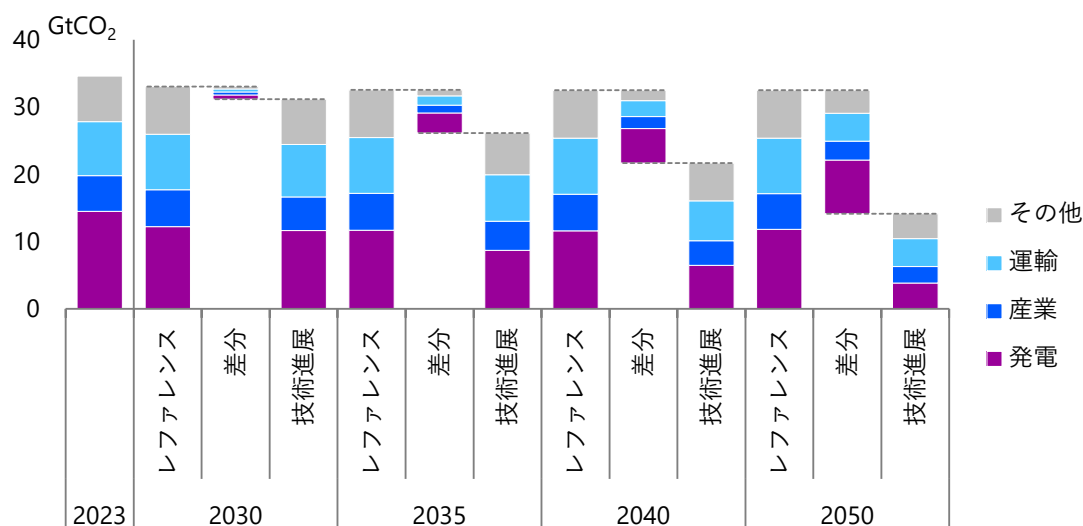
技術進展シナリオの2050年において、レファレンスシナリオからの削減幅が最も大きいのは米国(82%減)で、次いで中国(70%減)であり、こうした米国や中国の突出した削減は、図3-12のとおり、太陽光・風力発電の導入拡大に伴う電力部門の炭素排出原単位の顕著な低下

による影響が挙げられる。また、ASEANやインドの排出量削減はレファレンスシナリオ比50%前後、アフリカおよび中東の削減幅は同40%前半程度にとどまっている。前述のとおり、中国や米国の炭素排出原単位は相対的に低い水準であったのに対し、ASEAN、インド、中東、アフリカでは電力部門の炭素排出原単位は高い水準を示している。特に、ASEAN地域やインドでの大幅な国内総生産(GDP)増大やGDP当たりのエネルギー消費が高止まりしている(経済成長と環境負荷のデカップリングがなされていない)ことが寄与している。

また、技術進展シナリオにおいてもインドの排出量減少は、2040年から2050年にかけて非常に穏やかであり、このような削減ペースでは、インド政府の目標である2070年のネットゼロの達成が難しい。そのため、排出削減に資する政策や投資、クリーンな電源の開発等の促進が求められる。

世界のCO₂排出の部門別シェアは、2023年において発電部門が42%、産業が15%、運輸が23%程度を占める(図5-3)。レファレンスシナリオでは発電、産業、運輸部門のCO₂排出量は2023年から2030年にかけて、各部門とも微小な削減にとどまる。2030年以降においても同様に各部門とも微小な減少もしくは停滞しており、2050年においても排出シェアに大きな変化はない。他方、技術進展シナリオにおいては、発電部門の排出量は年々減少し、2050年には2023年比26%と大幅に減少する。また、産業、運輸部門においても同様に、排出量が継続的に減少し、産業部門は2050年で2023年比46%、運輸部門が52%となる。

図5-3 | 世界のCO₂排出量



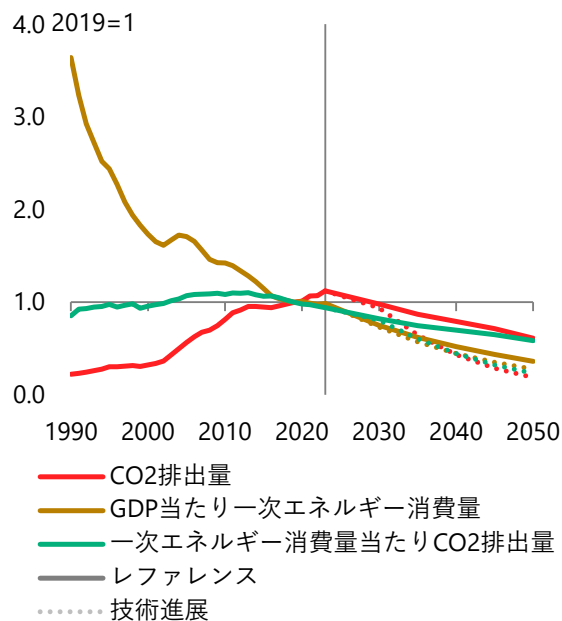
注: 直接大気回収・貯留技術(DACCS)およびバイオエネルギー炭素回収貯留(BECCS)による除去量はそれぞれその他および発電から控除

CO₂排出の変化の要因分解においては、一次エネルギー消費量当たりCO₂排出量(CO₂排出量/一次エネルギー消費量)の低減と、国内総生産(GDP)当たり一次エネルギー消費量(一次エネルギー消費量/GDP)の低減が重要な指標の1つとされる。これらを踏まえ、今後のCO₂排出量の増減が大きい中国、ASEAN、インド、米国に着目する。図5-4～図5-7にCO₂排出量、GDP当たり一次エネルギー消費量、一次エネルギー消費量当たりCO₂排出量と部門別CO₂排出削減量の内訳を示す。

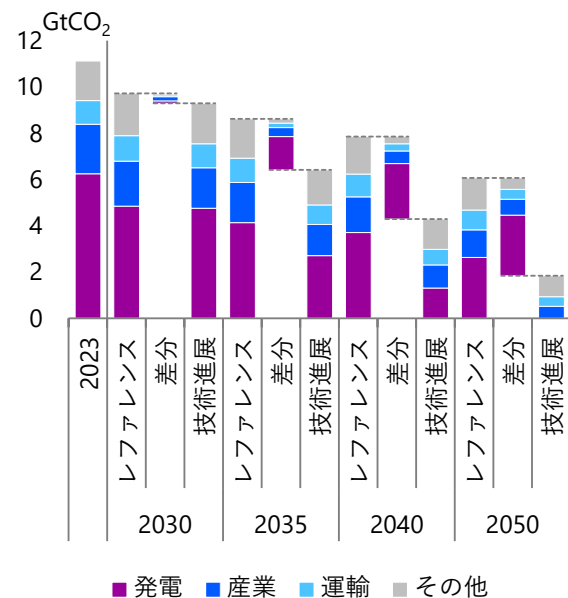
中国のCO₂排出量はレファレンスシナリオ、技術進展シナリオともに2020年代半ば頃でピークを迎え、以降は減少が継続する。一次エネルギー消費量当たりCO₂排出量は2013年に最大となり、これを境に低下基調となった。この原因の1つが、再生可能エネルギーの導入である。中国では、付表25のとおり、2013年時点では電源構成における再生可能エネルギーは少量であり、石炭火力発電が大半を占めていた。その後、再生可能エネルギーの導入拡大が続き、2023年までに再生可能エネルギーのシェアが上昇した。また、2023年以降においても太陽光・風力発電の導入は進む。特に、技術進展シナリオにおいては、2050年に太陽光・風力発電が全発電電力量の70%程度を占め、国際的に見てもきわめて高い割合となる。部門別CO₂排出削減量を見ると、発電部門におけるCO₂排出量はレファレンスシナリオ、技術進展シナリオ双方で年々減少する。また、GDP当たり一次エネルギー消費量は1990年以降、一時期を除き年々減少傾向にある。2023年以降においても減少傾向は続き、2050年にはレファレンスシナリオで2019年比64%減、技術進展シナリオで72%減となる。

図5-4 | 中国のGDP当たり一次エネルギー消費量等と排出削減量

CO₂排出量



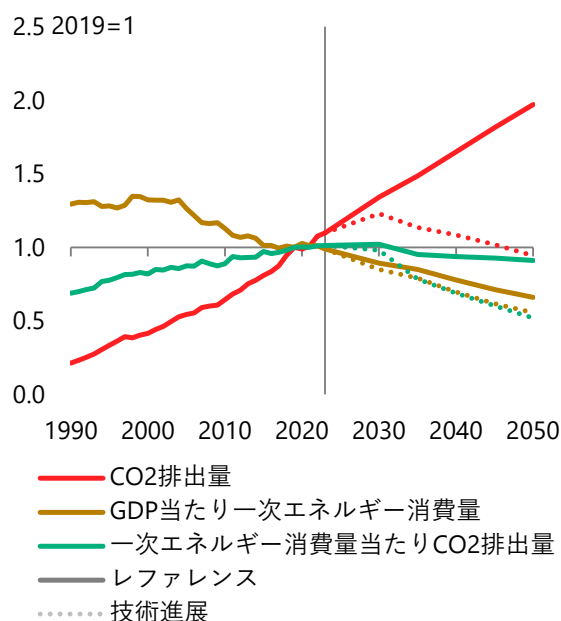
部門別CO₂排出削減量



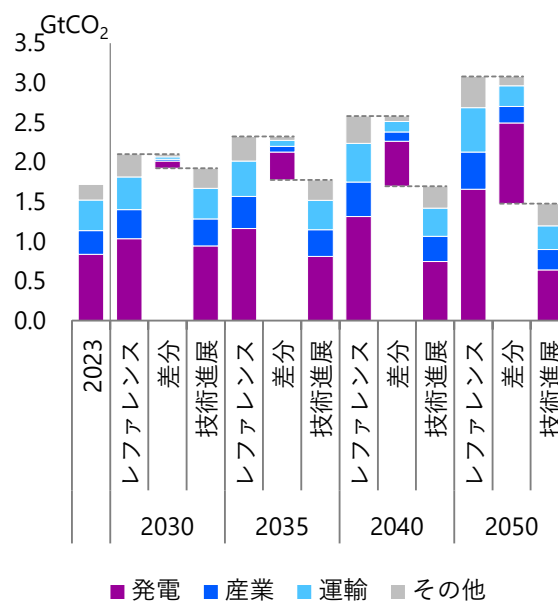
ASEANでは、経済成長とともにCO₂排出量が増加しており、将来にわたって強い経済成長により、CO₂排出量は増加する。レファレンスシナリオでは、CO₂排出量は2050年に向け、年々増加する一方、技術進展シナリオでは、2030年前後でピークアウトする。同時期(2030年)に、一次エネルギー消費量当たりCO₂排出量が以前の停滞傾向から一転、減少傾向へ転じる。さらに、GDP当たり一次エネルギー消費量は2004年までほぼ停滞していたのが減少傾向となり、2023年以降においても年々減少する。他方、2050年における部門別のCO₂排出量は、レファレンスシナリオでは発電部門が2023年比2倍、産業部門が1.5倍、運輸部門が1.5倍程度増加する。また、技術進展シナリオでは、発電部門が20%減、産業部門が14%減、運輸部門が20%減となる。このように、経済成長下においてCO₂排出量を削減するには、GDP当たり一次エネルギー消費量および一次エネルギー消費量当たりCO₂排出量の両方を下げなければならない、低炭素化・カーボンニュートラルに向けたハードルは高い。

図5-5 | ASEANのGDP当たり一次エネルギー消費量等と排出削減量

CO₂排出量

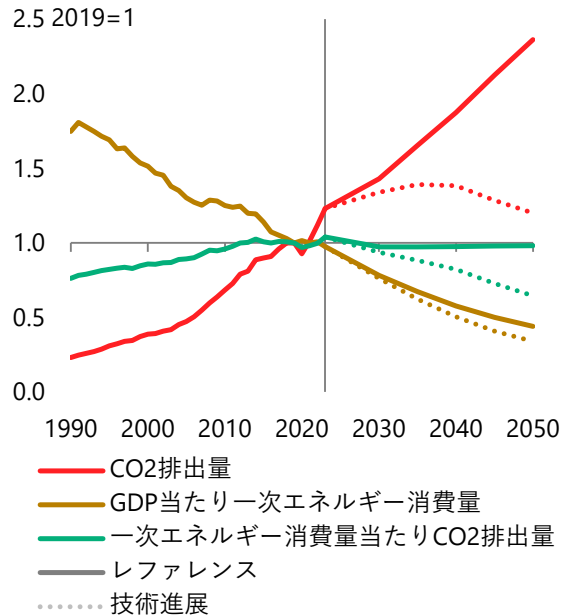
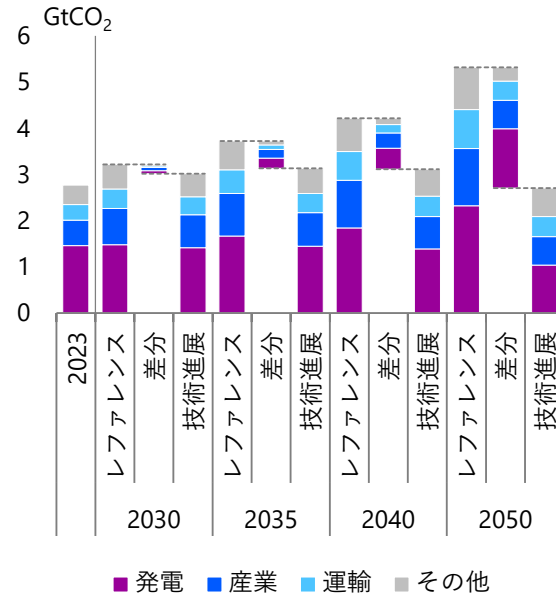


部門別CO₂排出削減量



また、インドは、排出量等の規模は異なるが、ASEANと酷似したパスをたどる。だが、技術進展シナリオにおいても、CO₂排出量のピークアウトは2040年であり、2050年のCO₂排出量が2023年のその値とおおむね同じである点を踏まえると、脱炭素社会の実現は、さらに困難さを増している。

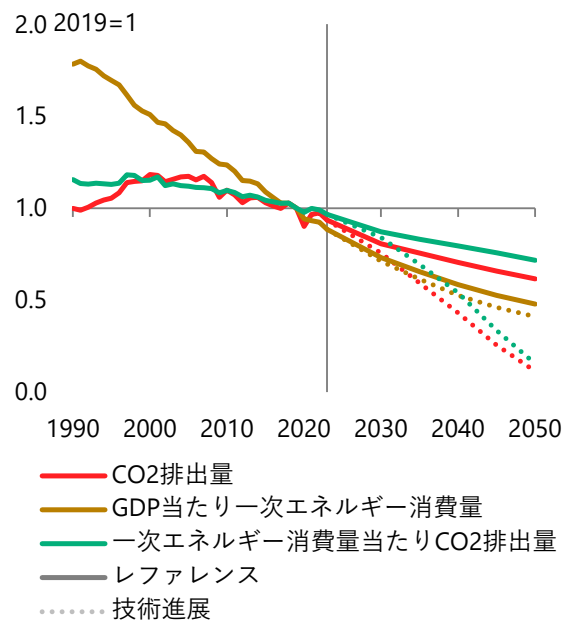
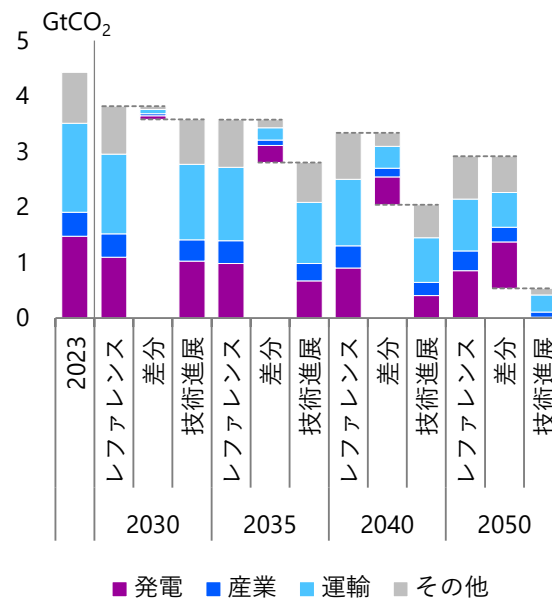
図5-6 | インドのGDP当たり一次エネルギー消費量等と排出削減量

CO₂排出量部門別CO₂排出削減量

一方、米国は、すでに2000年代にCO₂排出のピークを迎えており、今後の長期的な傾向としてはレファレンス・技術進展いずれのシナリオにおいても排出量は減少する。ただし、今後の政策動向によっては減少のペースが鈍化する可能性もあるため注視が必要である。一方で、一次エネルギー消費量当たりCO₂排出量やGDP当たり一次エネルギー消費量については、いずれのシナリオでもおおむね減少傾向を示す。2050年における運輸部門と発電部門のCO₂排出量は、レファレンスシナリオにおいてともに2023年比42%減、技術進展シナリオでは運輸部門が81%減、発電部門が99%減となる。米国は、上記の中国やインド、ASEANとは異なり運輸部門がCO₂排出量の大きなシェアを占めるが、前述のとおり技術進展シナリオでは運輸部門においても大幅な脱炭素が実現しており、他国への技術移転が望まれる。

上記のとおり、技術進展シナリオでは、2050年に中国、米国は足元から大幅な排出削減している一方、ASEANやインドの排出削減率は中国、米国には及ばない。これら2グループを比較すると、中国、米国は発電部門の排出量がほぼ0となるのが目立つ。また、それとともに一次エネルギー消費量当たりCO₂排出量が明らかに減少する。付表25、付表26、付表30、付表38のとおり、中国、米国は明らかに再生可能エネルギーの導入拡大や二酸化炭素回収・貯留(CCS)付き電源(BECCSを含む)の拡大がなされる。つまり、ASEANやインドのような今後発展する国々にこのような技術の移転を進めることは、世界全体の脱炭素に向けて不可欠である。

図5-7 | 米国のGDP当たり一次エネルギー消費量等と排出削減量

CO₂排出量部門別CO₂排出削減量

6. エネルギー関連投資

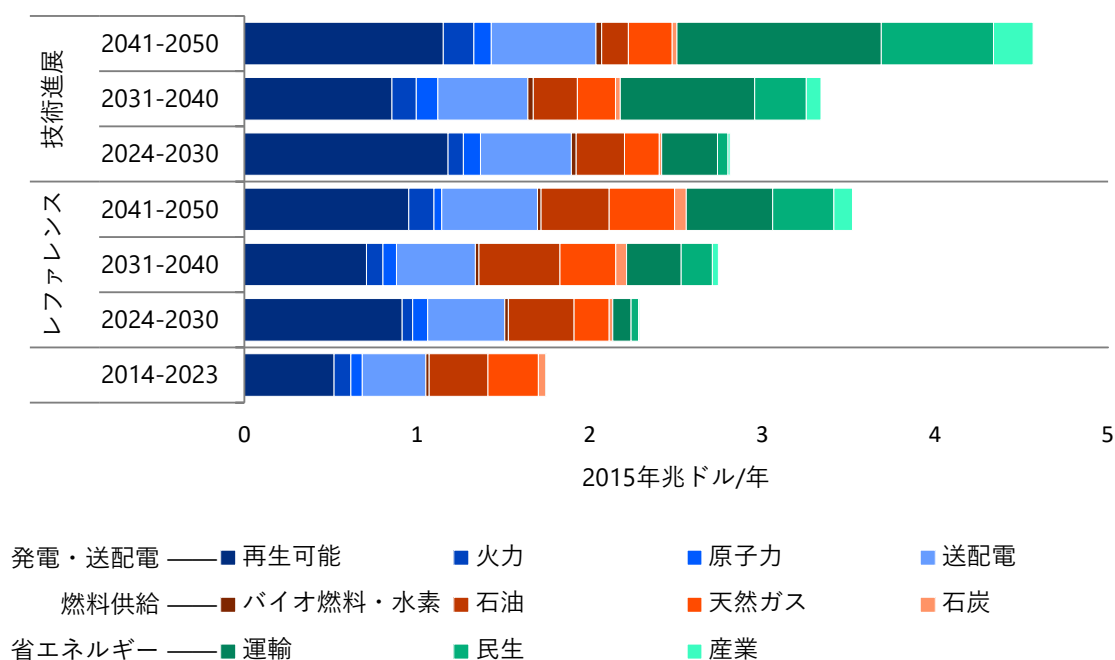
6.1 近年のトレンドと今後の見通し

エネルギー関連の投資額においては、石油生産、天然ガス生産や再生可能エネルギーに関わるものが多くを占めている。直近10年間(2014年～2023年、以下同じ)は、再生可能エネルギーや送配電設備などの電力インフラストラクチャー、石油や天然ガスの生産に関わる設備に対する投資が主に行われてきた。2020年代(2024年～2030年、以下同じ)以降は、カーボンニュートラルに向けた動きが加速することで、再生可能エネルギー設備の資本費(単価)が大幅に低下し、それがまた再生可能エネルギーへの投資を促進する。特に、国連気候変動枠組条約第29回締約国会議(COP29)においては、2030年までに世界全体で再生可能エネルギー設備容量を3倍にするという国際的な目標の実現に向け、送電網や蓄電設備の拡充に関する誓約が提案され、60か国以上が賛同した。こうした国際的な合意は、再生可能エネルギー関連投資のさらなる拡大を後押しすると見込まれる。また、化石燃料依存からの脱却に向けて、省エネルギー設備への投資も進んでゆく。化石燃料に対してもまた、新興・途上国で需要が増加するレファレンスシナリオのみならず、技術進展シナリオにおいても安定供給のために投資を続ける必要がある。

レファレンスシナリオでの投資額²⁸は、直近10年間の年平均で1兆8,000億ドル(2015年実質価格、以下同じ)から、2040年代の年平均では3兆5,000億ドルへと約2.0倍に増加する(図6-1)。技術進展シナリオでは、化石燃料に対する投資はレファレンスシナリオと比較して減少する。一方で、再生可能エネルギーや省エネルギー設備などへのさらなる投資が求められ、2040年代に必要な年平均投資額は、直近10年平均より2兆8,000億ドル多い4兆6,000億ドルとなる。こうしたことにより、2050年までに世界全体で必要となるエネルギー投資の累積額は、98兆7,000億ドルに達する。

²⁸ ここでの投資額は各年におけるエネルギー技術の新規導入量と資本費によって推計したものであり、過去の投資額は計算による推定値である。

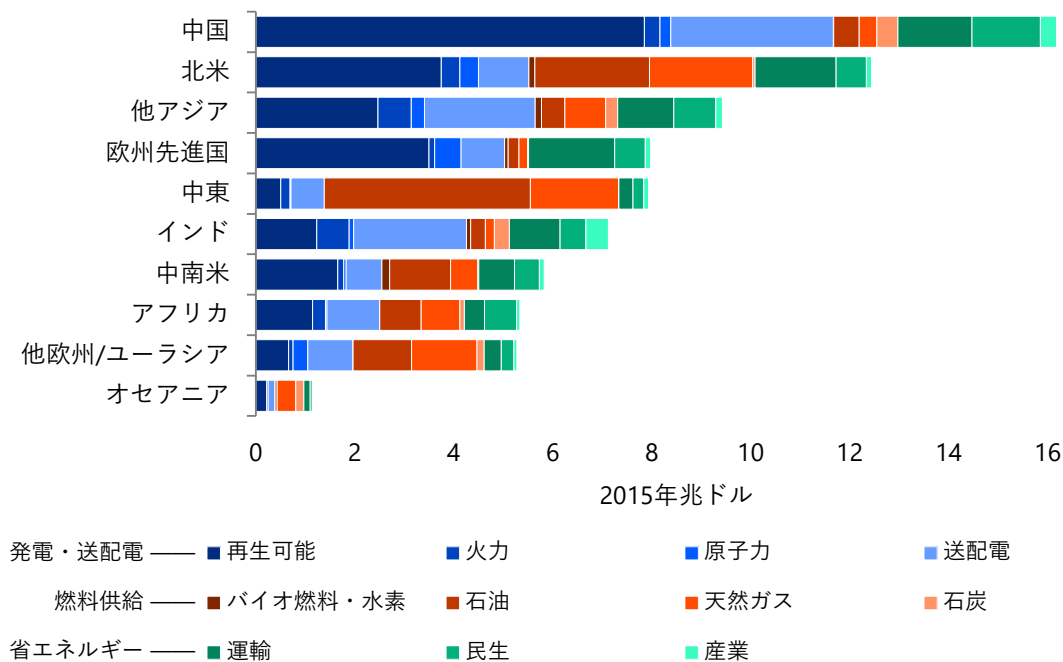
図6-1 | 世界のエネルギー関連投資



注: 2014年～2023年は実績推計値

エネルギー関連の投資額は地域による特色がある(図6-2)。例えば、化石燃料依存からの脱却に向けた動きが進んでいる欧州先進国においては、再生可能エネルギーや省エネルギーに対する投資額が7割以上を占めている。他方で、同じ先進国でも化石燃料の供給地域であるオセアニアでは、石油や天然ガス生産への投資が占める割合が全体の半分程度あり、再生可能エネルギーに対する投資は2割弱にとどまる。同じく化石燃料供給地域である中東では、石油や天然ガス生産への投資が7割強と突出しており、再生可能エネルギーや省エネルギー投資は1割程度である。また北米では、再生可能エネルギーの投資が3割ある一方、シェールオイル・ガスの開発など化石燃料の生産に対する投資は3割以上を占める。中国では、2030年までの二酸化炭素(CO₂)排出のピークアウト、2060年までのカーボンニュートラルを目指す国家戦略「3060目標」のために、再生可能エネルギー設備への投資が加速し、全体の半分程度を占める。加えて送配電に対する投資額も大きく、これらにより中国の累積投資額は、国・地域別で最大となる。成長著しいインドは、省エネルギーへの投資が3割弱、再生可能エネルギーへの投資が2割弱となる中、電力需要増大に対応する送配電網の新設のため、送配電への投資が最大シェアを占める。

図6-2 | エネルギー関連投資[レファレンスシナリオ、2024年～2050年累積]



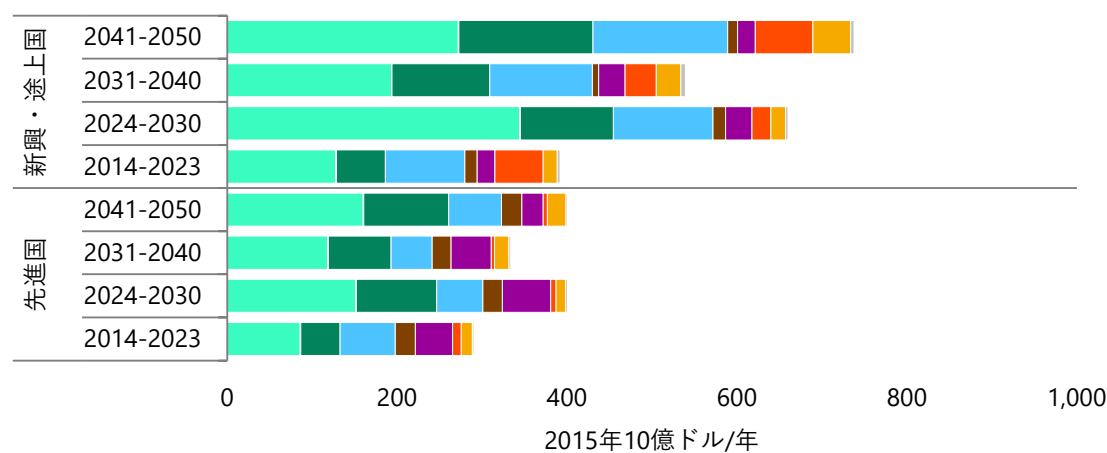
6.2 電力投資

新興・途上国を中心に再生可能エネルギーへの投資は増大

発電分野に関わる投資のうち、投資額が最も大きい分野は再生可能エネルギーである(図6-3、図6-4)。直近10年間は、固定価格買取制度やネットメータリングなどによって多くの地域で再生可能エネルギーへの投資が盛んに行われた。2020年代以降は、レファレンスシナリオ、技術進展シナリオともに、新興・途上国における投資額の増大が顕著となる。

レファレンスシナリオでは、先進国、新興・途上国ともに2020年代以降の年平均投資額は、直近10年間よりも増加する。2020年代は、各国が「国が決定する貢献」(NDC)達成に向け、太陽光や風力など再生可能エネルギーを中心に投資拡大が続く。結果、年平均投資額は直近10年間に比べて、先進国では約1.4倍、新興・途上国では約1.7倍と大きく増加する。2030年代は、太陽光パネルの低価格化や風車の大型化など、資本費の低下により先進国、新興・途上国ともに年平均の投資額は低下するが、2040年代に入ると設備能力の増強が進み、再び増加に転じる。先進国は、太陽光や風力、原子力への投資が主となる。また化石燃料電源のうち、天然ガス火力への年平均投資は2040年代まで拡大が続く。新興・途上国では、太陽光や風力に加え水力への投資が続く。加えて、化石燃料電源のうち石炭火力への投資が特徴的であり、2040年代の年平均投資額では天然ガス火力への投資を上回って推移する。

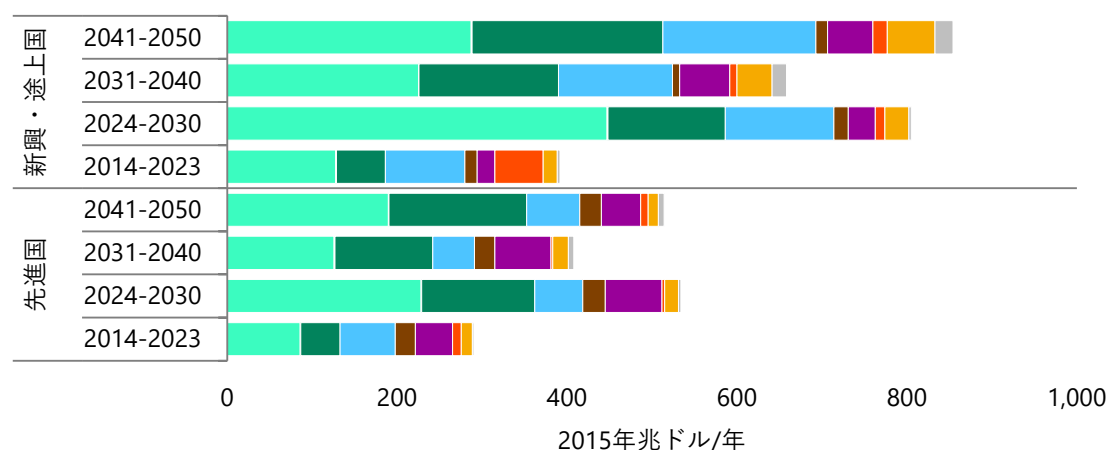
図6-3 | 発電分野の投資[レファレンスシナリオ]



■ 太陽光 ■ 太陽熱 ■ 風力 ■ 水力 ■ バイオマス ■ 原子力 ■ 石炭 ■ 天然ガス ■ その他

注: 2014年～2023年は実績推計値

図6-4 | 発電分野の投資[技術進展シナリオ]



■ 太陽光 ■ 太陽熱 ■ 風力 ■ 水力 ■ バイオマス ■ 原子力 ■ 石炭 ■ 天然ガス ■ その他

注: 2014年～2023年は実績推計値

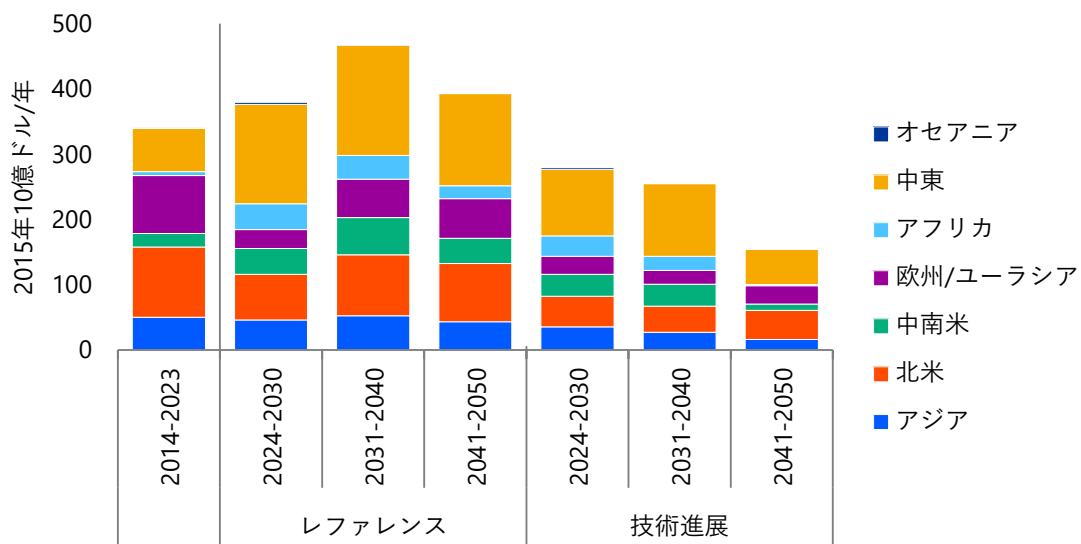
技術進展シナリオでは、レファレンスシナリオと比較し、太陽光や風力などの導入が特に増加する。加えて、先進国では原子力、新興・途上国では原子力と天然ガスの増加が特徴的である。これらへの投資額増加が、技術進展シナリオの年平均投資額全体の増加を牽引する。

6.3 石油投資、天然ガス投資

カーボンニュートラルや化石燃料供給におけるロシアなどの特定地域への依存脱却の動きがあるものの、特に新興・途上国において需要が増加する石油、天然ガスに対する投資は、必ずしも減少しない。

石油への年平均投資は、レファレンスシナリオでは、需要拡大を受けて中東や北米を中心に増加し、2030年代には直近10年間の1.4倍程度となる。2040年代には減少に転ずるものの、新興・途上国を中心とした根強い需要により、その年平均投資額は、直近10年間よりも多くなる(図6-5)。一方、技術進展シナリオでは、輸送用燃料の省エネルギーの進展やバイオ燃料などへのエネルギー代替が加速することで、2020年代以降の年平均投資額は直近10年間を下回り、減少傾向で推移してゆく。結果、2040年代は、直近10年間の半分程度まで減少する。

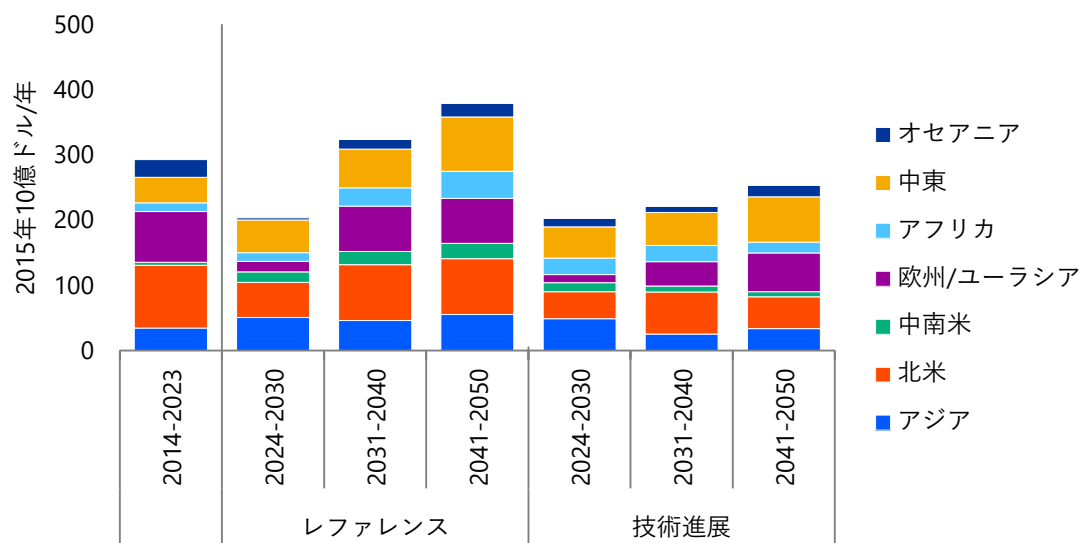
図6-5 | 石油分野の投資



注: 2014年～2023年は実績推計値

天然ガスへの年平均投資は、レファレンスシナリオでは、需要増加を踏まえて北米や中東、ロシアなど欧州/ユーラシアを中心に拡大傾向が継続し、2040年代には直近10年間の約1.3倍に増大する(図6-6)。一方、再生可能エネルギーや原子力がさらに増大する技術進展シナリオでは、2020年代以降は直近10年間の年平均投資額を下回って推移する。しかし、いったん減少した後も、新興・途上国での需要増を背景に2040年代まで緩やかな増加傾向が続き、北米や中東、欧州/ユーラシアへの投資がその増加を牽引する。

図6-6 | 天然ガス分野の投資

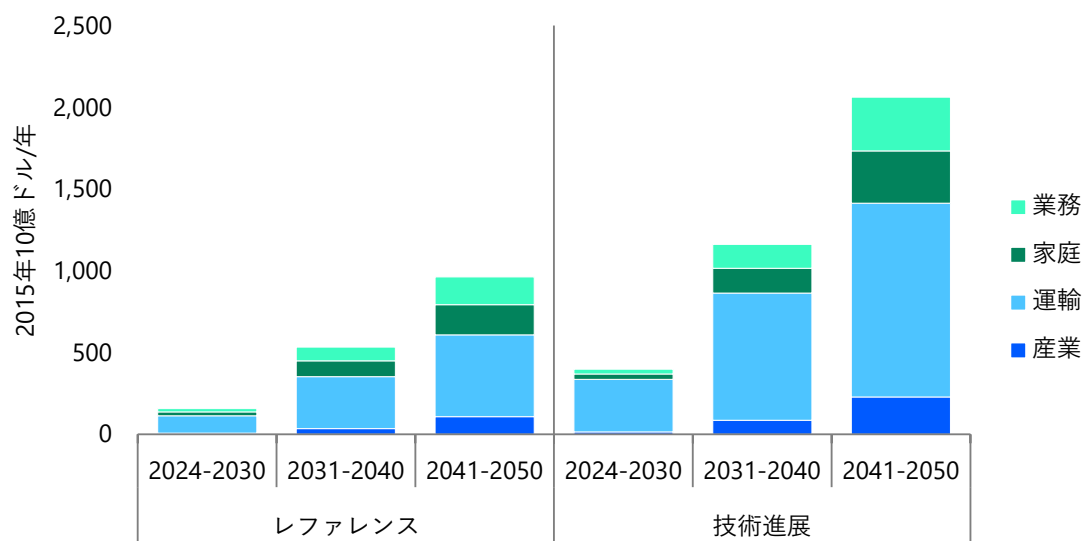


注: 2014年～2023年は実績推計値

6.4 省エネルギー投資

需要側でエネルギー効率が低い²⁹設備を導入するための省エネルギーへの年平均投資では、運輸部門が半分超、次いで民生部門が3割程度と大きな割合を占める(図6-7)。

図6-7 | 世界の省エネルギーの投資



運輸部門では、レファレンスシナリオにおいては、ガソリン車やディーゼル車などの従来型内燃機関車から電気自動車などのゼロエミッション自動車への転換に伴い、年平均投資額

²⁹ 2023年のエネルギー効率をベースラインとする。

が増大する。技術進展シナリオでは、電気自動車のさらなる普及拡大や水素を利用する燃料電池自動車の導入など電動化が加速するため、年平均投資額も増加する。

民生部門では、業務部門への投資額が家庭部門を上回る。また、特に技術進展シナリオにおいて、新規・新設の家電・機器効率および断熱効率の改善スピードが加速することや暖房、給湯、ちゅう房用途における電化、クリーンクッキング化が進展することで、年平均投資額が増大する。