

# 第2章 国際エネルギー動向

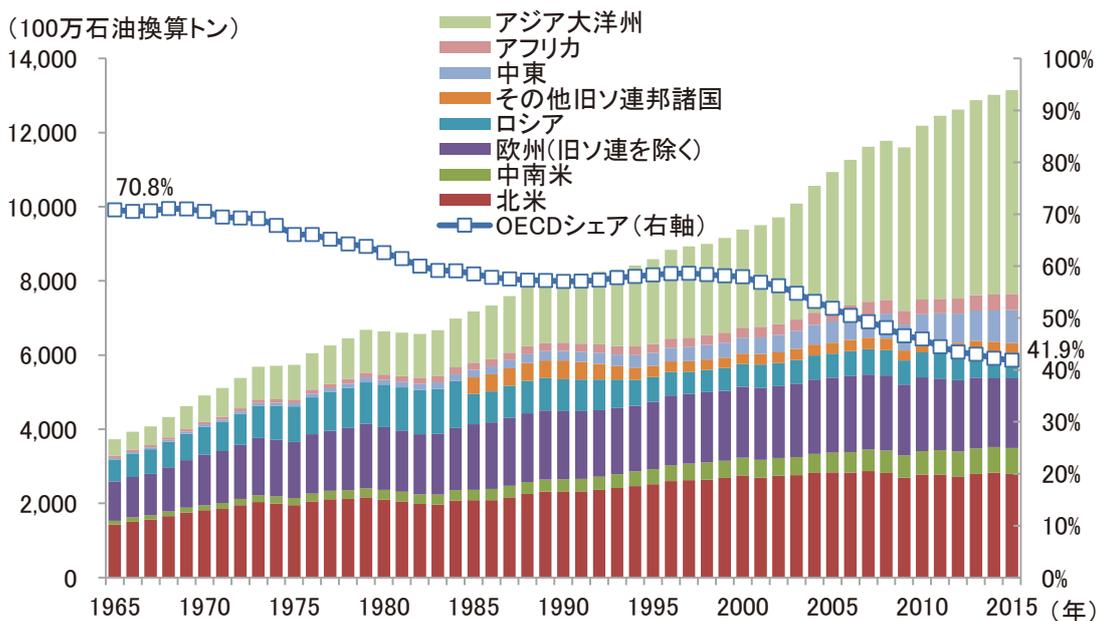
## 第1節 エネルギー需給の概要等

### エネルギー需給の概要

世界のエネルギー消費量（一次エネルギー）は経済成長とともに増加を続けており、石油換算で1965年の37億トンから年平均2.6%で増加し続け、2015年には131億トンに達しました。特に2000年代以降アジア大洋州地域は新興国が牽引して消費伸び率が高くなっています。一方、先進国（OECD諸国）では伸び率は鈍化しました。経済成長率、人口増加率ともに開発途上国と比較し低く止まっていることや、産業構造が変化し省エネルギー化が進んだことが影響しています。世界のエネルギー消費量に占めるOECD諸国の割合は、1965年の70.8%から2015年には41.9%へと約29ポイント低下しました(第221-1-1)。

ここで1人当たりのGDPとエネルギー消費量の関係を見てみましょう。一般的に経済成長とともにエネルギー消費が増加するため、今後途上国の経済が成長することでエネルギー消費も増えていきます。一方、ドイツ、カナダは1人当たりのGDPはほぼ同じですが、1人当たりのエネルギー消費量は大きく異なることも分かります。国によって気候や産業の構造が違うので一概には言えませんが、エネルギー効率の違いがこの差を生み出す原因の一つになっています。現在主流の化石エネルギーは無尽蔵ではなく、また化石エネルギーを大量に消費すると二酸化炭素の排出量も増えてしまいます。そのため、特に今後エネルギー消費量が大きく増えることが予測されている途上国では、エネルギー効率を高めていくことがとても重要であり、また日本を含む先進国がそれを手助けしていくことが求められています(第221-1-2)。

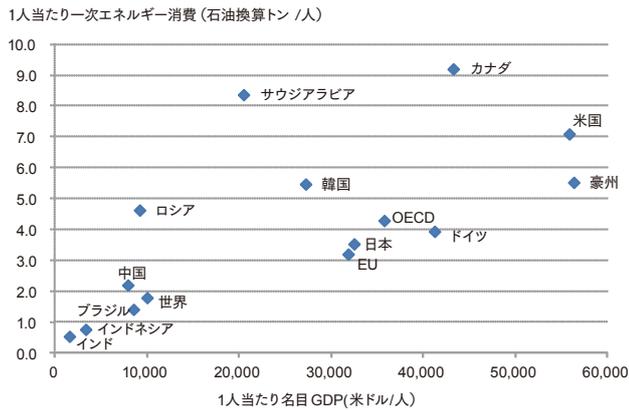
【第221-1-1】世界のエネルギー消費量の推移（地域別、一次エネルギー）



(注) 1984年までのロシアには、その他旧ソ連邦諸国を含む。

出典:BP「Statistical Review of World Energy 2016」を基に作成

【第221-1-2】1人当たりの名目GDPと一次エネルギー消費(2015年)

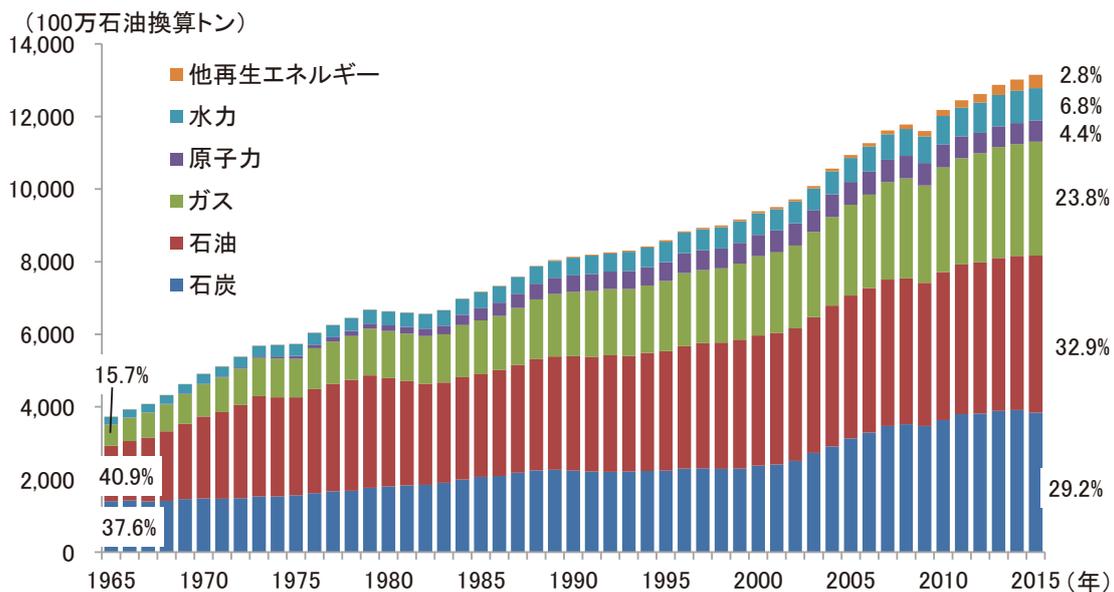


出典：BP「Statistical Review of World Energy 2016」、世界銀行「World Development Indicators」を基に作成

次に、世界のエネルギー消費量(一次エネルギー)の動向をエネルギー源別に見てみます。石油は今日までエネルギー消費の中心となってきました。発電用等では他のエネルギー源への転換も進みましたが、堅調な輸送用燃料消費に支えられ、1965年から2015年にかけて年平均2.1%で増加し、依然としてエネルギー消費全体で最も大きなシェア(2015年時点で32.9%)を占めています。この同じ期間に、石炭は年平均2.0%で増加し、特に2000年代において、経済成長が著しい中国等、安価な発電用燃料を求めるアジア地域を中心に消費量が拡大しました。しかし、近年では、中国の需要鈍化、米国における天然ガス代替による需要減少などが原因で、石炭消

費量は伸び悩み、2015年は6年ぶり前年より減少しました。一方、石油と石炭以上に消費量が伸びたのが天然ガスです。天然ガスは、特に気候変動への対応が強く求められる先進国を中心に、発電用はもちろん、都市ガス用の消費が伸びました(年平均増加率3.4%)。同じ期間で伸び率が最も大きかったのは原子力(同9.6%)と風力、太陽光などの他再生可能エネルギー(同12.2%)でしたが、2015年時点のシェアはそれぞれ4.4%及び2.8%と、エネルギー消費全体に占める比率はいまだに大きくありません。近年は太陽光発電を中心に発電コストが低下しており、今後再生可能エネルギーの比率は拡大すると予想されます。また、2015年12月に開催されたCOP21(気候変動枠組条約第21回締約国会議)において、2020年以降、全ての国が参加する公平で実効的な国際枠組みであるパリ協定が採択され、産業革命前と比べた気温上昇を2度より下方に抑えること、さらに1.5度までに抑えるよう努力することが盛り込まれました。その後、各国においてパリ協定の批准が進み、2016年11月には予想以上に早く発効しました。パリ協定の発効は、世界の多くの国が温暖化対策に積極的に取り組んでいることを示す象徴的な出来事と言えます。一方、2017年には米国で政権が交代するほか、気候変動政策をリードしてきた欧州で複数の選挙が予定されており、大きな政策変更が起こる可能性もあり、温暖化対策の動向を注視していく必要があります(第221-1-3)。

【第221-1-3】世界のエネルギー消費量の推移(エネルギー源別、一次エネルギー)



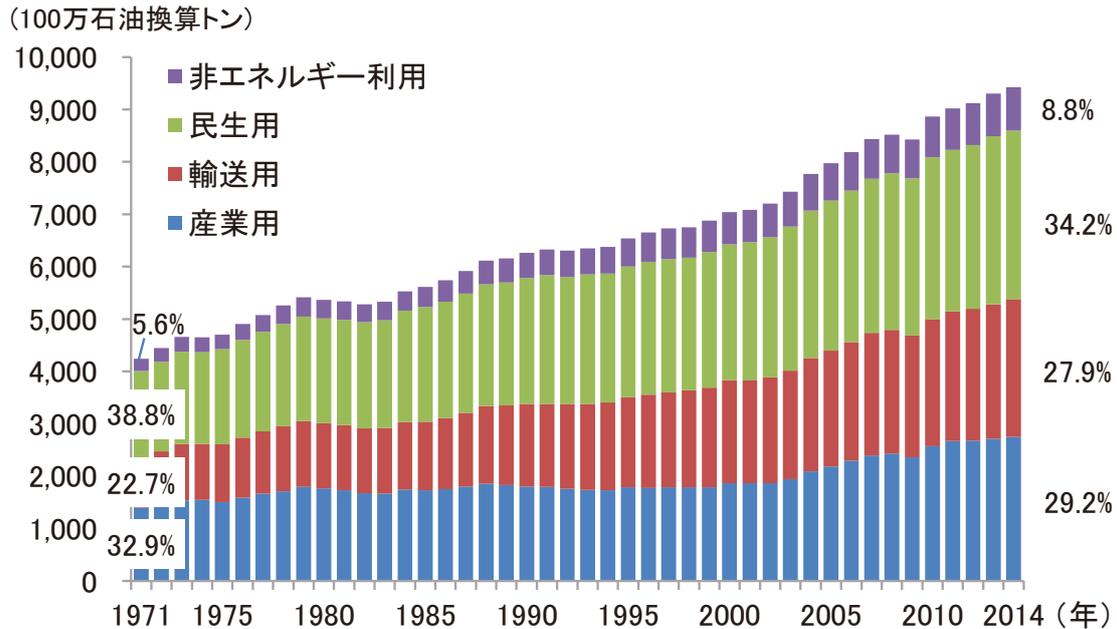
(注) 端数処理の関係で合計が100%にならない場合がある。

出典：BP「Statistical Review of World Energy 2016」を基に作成

世界の最終エネルギー消費は、1971年から2014年までの43年間で約2.2倍に増加しました。部門別では、鉄鋼・機械・化学等の産業用エネルギー消費、家庭や業務等の民生用エネルギー消費がともに2.0倍であるのに対して、輸送用エネルギー消費は2.7倍に増加しました。輸送用が大きく増えた理由

は、この間に世界中でモータリゼーションが進展し、自動車用燃料の需要が急増したことによると考えられます。この結果、最終エネルギー消費に占める輸送用のエネルギー需要の割合は1971年の22.7%から2014年には27.9%へと約5ポイント増加しました(第221-1-4)。

【第221-1-4】世界のエネルギー需要の推移(部門別、最終エネルギー)



(注1) 前表の消費量合計より少ないのは、主に本表には発電用及びエネルギー産業の自家使用等が含まれていないためである。

(注2) 端数処理の関係で合計が100%にならない場合がある。

出典：IEA「World Energy Balances 2016 Edition」を基に作成

C O L U M N

## エネルギー需給の展望

ここでは、今後世界のエネルギー需要について、国際エネルギー機関 (IEA)、BP、米国エネルギー省情報局(EIA)、日本エネルギー経済研究所(IEEJ)の予測を見てみます。

世界の一次エネルギー消費量は、2015年から2030年にかけて年平均1.2%~1.8%で拡大する見込みで、各機関は2015年に対し2030年は約1.2倍~1.3倍に拡大し、石油換算で約160~170億トンになると予測しています。

エネルギー別で見ると、最も増加するのは再生可能エネルギーであり、全てのエネルギー機関は風力、太陽光を中心に再生可能エネルギーの消費量が大きく伸びると予測しています。2015年から2030年にかけて、水力を除いた風力、太陽光、地熱などの再生可能エネルギーの発電は2.1~3.4倍に増加すると予測されています。水力を含めると、一次エネルギー消費に占める再生可能エネルギーのシェアは2015年現在の9.6%から、11%~15%前後へと拡大します。続いて、原子力は中国、インドなど途上国を中心に導入が拡大し、2015年から2030年まで5割前後増えると予測されています。

一方、石炭の増加が最も緩やかで、2030年には2015年より1割前後の増加に止まると多くの機関は予測しています。一次エネルギー消費における石炭の割合は2015年の29%から25~27%前後に減少します。今後の石炭需要の増加はほとんどアジア、アフリカなどの非OECD国によるもので、北米と欧州などのOECD国では石炭の消費は大きく減少します。

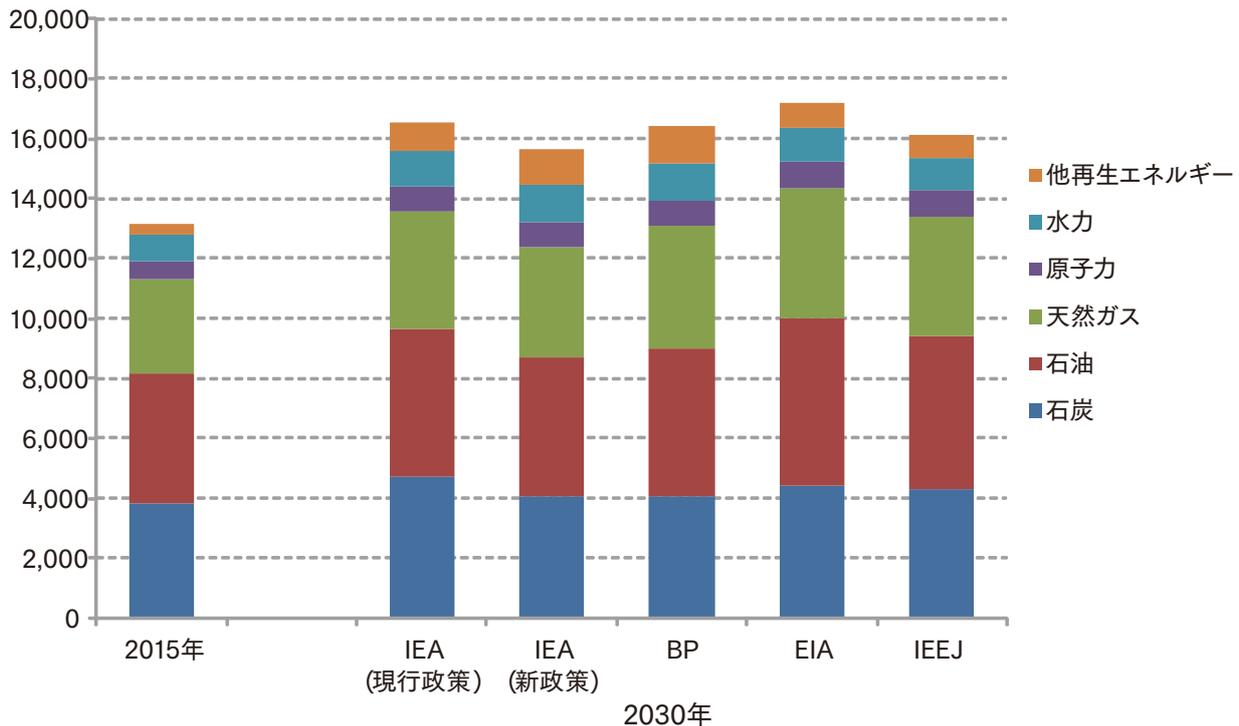
石油は引き続き最大のエネルギー源であり続け、一次エネルギー消費の3割前後を維持すると予測されています。ただし、各機関の予測にはバラつきがあり、IEAの新政策シナリオでは、2015年比で2030年までの増加を7%に過ぎないと予測する一方、米国EIAのレファレンスケースは同29%増と予測しています。先進国では、エネルギー利用の転換や利用効率の向上によって既に石油需要の縮小が始まっています。一方の新興国では、今後自動車保有台数が増えることによって特に輸送部門で石油の消費量が増加し、加えて石油化学産業の需要拡大が予測されています。

天然ガスは化石燃料の中では最も堅調な需要の増加が見込まれ、2015年から2030年にかけて2~4割増加します。地域別には、特に中国と中東諸国で天然ガス需要が拡大すると予測されています。部門別には、電力・民生部門に加えて、トラックや船舶向け燃料としての天然ガス利用が増えていきます(第221-1-5)。

地域別で見る場合、特にアジアのエネルギー需要が大幅に増加すると予測され、世界シェアが2015年の42%から2030年に5割弱に上昇する見込みです。また、アフリカ、中東、中南米の増加も大きく、増加率はアジアと同等あるいはそれ以上になると予測されています。一方で、欧州はほぼ横ばい、北米、旧ソ連諸国は緩やかな増加になると予測されています。

【第221-1-5】世界のエネルギー需要展望 (エネルギー源別、一次エネルギー)

(100万石油換算トン)



(注1) EIA、IEEJはレファレンスケース。

(注2) 他再生エネルギーは風力、太陽光、地熱、バイオマス等の再生可能エネルギー発電である。

(注3) 原子力、水力、他再生可能エネルギー発電はBPに従って、一次エネルギーから電力への転換率を38%とする。

出典：BP「Statistical review of world energy 2016」、Energy Outlook 2035：January 2017」、IEA「World Energy Outlook 2016」、EIA「International Energy Outlook 2016」、日本エネルギー経済研究所(IEEJ)「アジア/世界エネルギーアウトLOOK2016」を基に作成

## 第2節 一次エネルギーの動向

### 1. 化石エネルギーの動向

#### (1) 石油

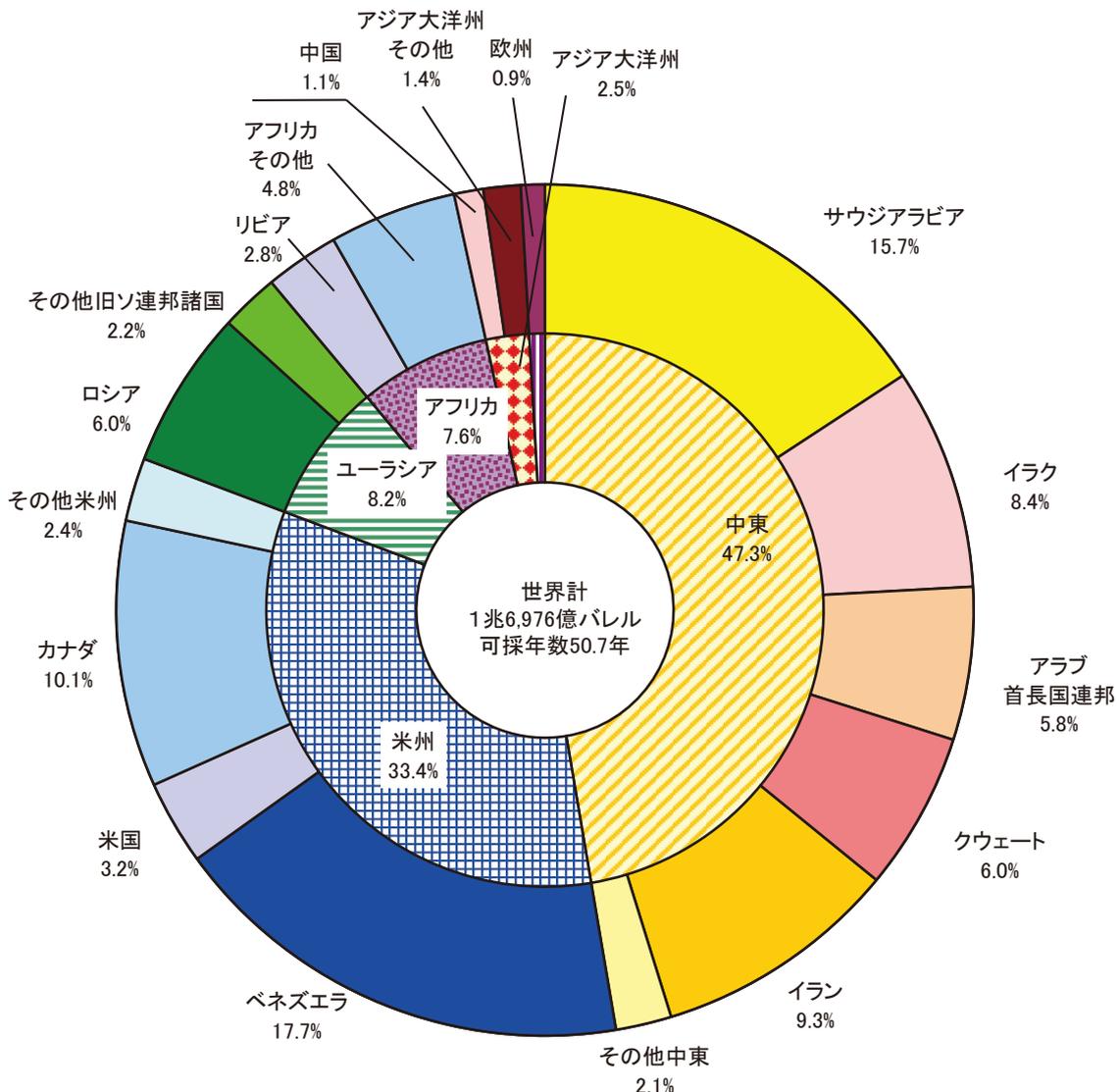
##### ①資源の分布

世界の石油確認埋蔵量は2015年末時点で1兆6,976億バレルであり、これを2015年の石油生産量で除した可採年数は50.7年となりました。1970年代の石油ショック時には石油資源の枯渇も深刻に懸念されましたが、回収率の向上や追加的な石油資源の発見・確認によって、1980年代以降、可採年数はほぼ40年程度の水準を維持し続けてきました。最近では、ベネズエラやカナダにおける超重質油の埋蔵量が含まれるようになっ

たこともあり、可採年数は増加傾向となっています。

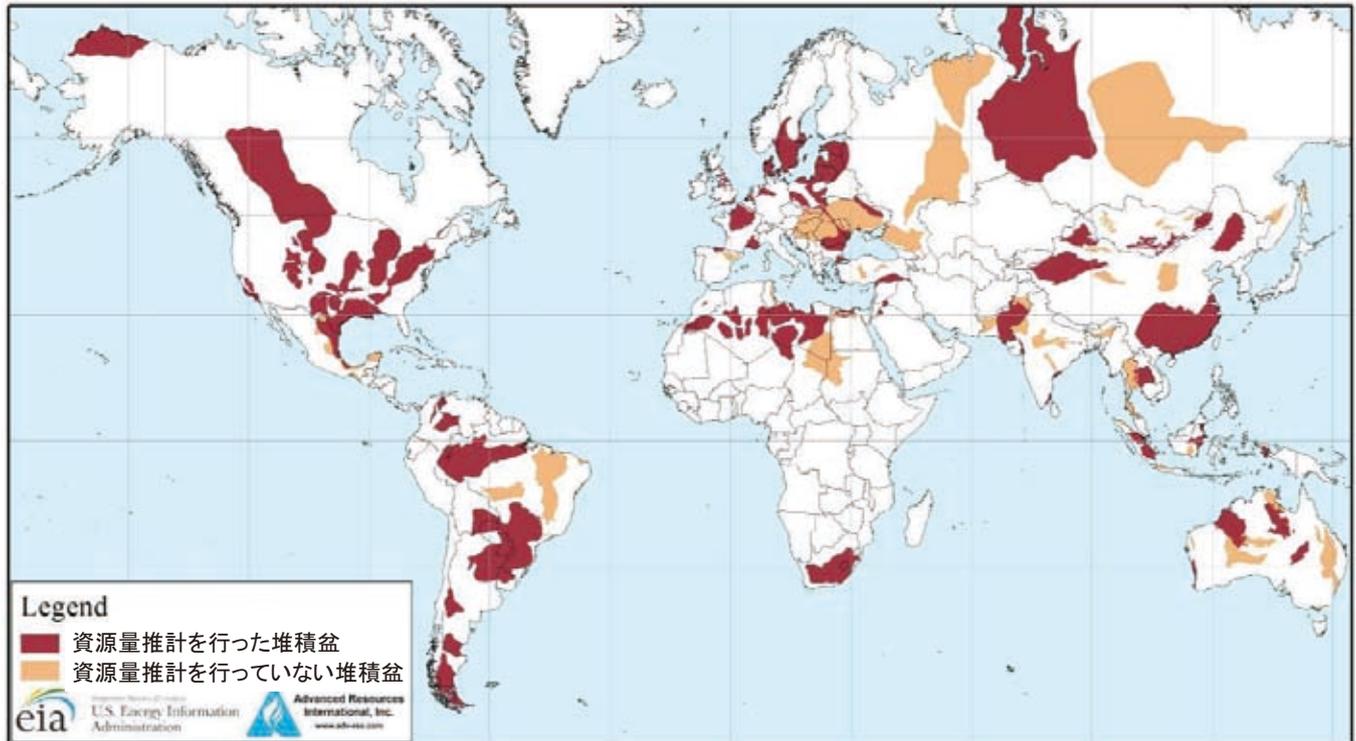
2015年末時点では、世界最大の確認埋蔵量を保有しているのはベネズエラであり、長期にわたり1位を保っていたサウジアラビアは、2010年以降2位となっています。ベネズエラの確認埋蔵量は3,009億バレルで世界全体の17.7%のシェアを占めています。サウジアラビアの確認埋蔵量は2,666億バレルで世界シェア15.7%、以下、カナダ(1,722億バレル、シェア10.1%)、イラン(1,578億バレル、シェア9.3%)、イラク(1,431億バレル、シェア8.4%)、ロシア(1,024億バレル、シェア6.0%)、クウェート(1,015億バレル、シェア6.0%)、アラブ首長国連邦(978億バレル、シェア5.8%)と主に中東産油国が続きます。中東諸国だけで、世界全体の原油確認埋蔵量の約半分を占めています(第222-1-1)。

【第222-1-1】世界の原油確認埋蔵量(2015年末)



出典:BP「Statistical Review of World Energy 2016」を基に作成

## 【第222-1-2】EIAによるシェールオイル・シェールガス資源量評価マップ(2013年)



(注) 「可採資源量」とは、技術的に生産することができる石油資源量を表したもので、経済性やその存在の確からしさなどを厳密に考慮していないという点で、「確認埋蔵量」よりは広い範囲の資源量を表す。

出典：EIA「Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources」(2013年6月)を基に作成

近年では、在来型石油とは異なった生産手法を用いて生産されるシェールオイル(タイトオイル)が注目されています。2013年6月における米国エネルギー情報局(EIA)の発表では、世界のシェールオイル可採資源量は3,450億バレルと推定されており、主なシェールオイル資源保有国は、米国、ロシア、中国、アルゼンチン等となっています(第222-1-2)。

## ②原油生産の動向

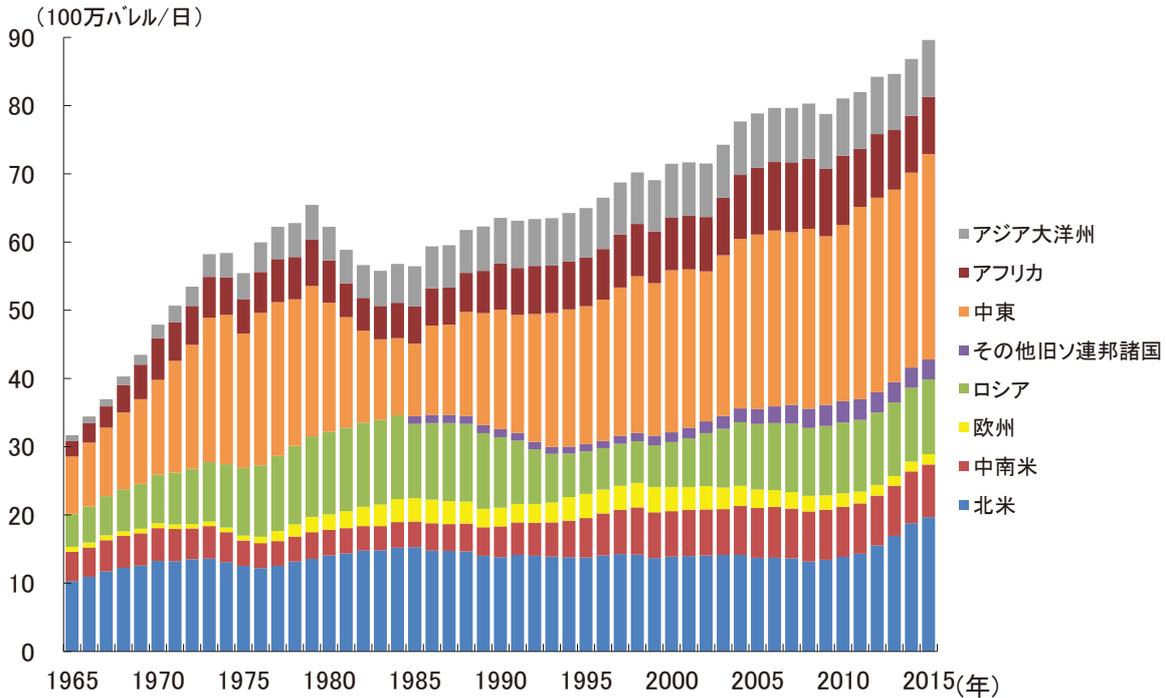
世界の原油生産量は、石油消費の増加とともに拡大し、1973年の5,846万バレル/日から2015年には9,167万バレル/日と、この40年余りで約1.6倍に拡大しました。地域別に見ると、2000年以降では欧州での減産が進む一方で、アジア大洋州とアフリカ、中南米の石油生産量はほぼ横ばい、ロシア、中東、北米の生産量は堅調に増加しています(第222-1-3)。

OPEC産油国の生産量は、1970年代までの大幅増産後、高油価を背景に非OPEC産油国の生産量が増加してきたことや、1980年代前半に世界の石油消

費が低迷したことを受け、1980年代前半を通じて減少しましたが、1980年代後半からは緩やかに回復してきています。この結果、世界の原油生産量に占めるOPEC産油国のシェアは、1970年代前半の5割強から1980年代半ばには3割を割り込んだものの、再び上昇し、2000年代以降は4割程度で推移しています。

非OPEC産油国(旧ソ連邦諸国、米国、メキシコ、カナダ、英国、ノルウェー、中国、マレーシア等)の生産量は1965年以降、堅調に増加しており、1965年の1,788万バレル/日から、2015年には5,345万バレル/日に達しています。その増加の内訳は、年代によって異なり、1970年代から1980年代にかけては、北米や中南米、旧ソ連邦が牽引し、1990年代はアフリカ、また2000年代に入ってから再び旧ソ連邦地域が牽引しています。近年では、シェールオイル生産技術革新により急速に生産量を増加しつつある米国の動向が注目されました(第222-1-4)。

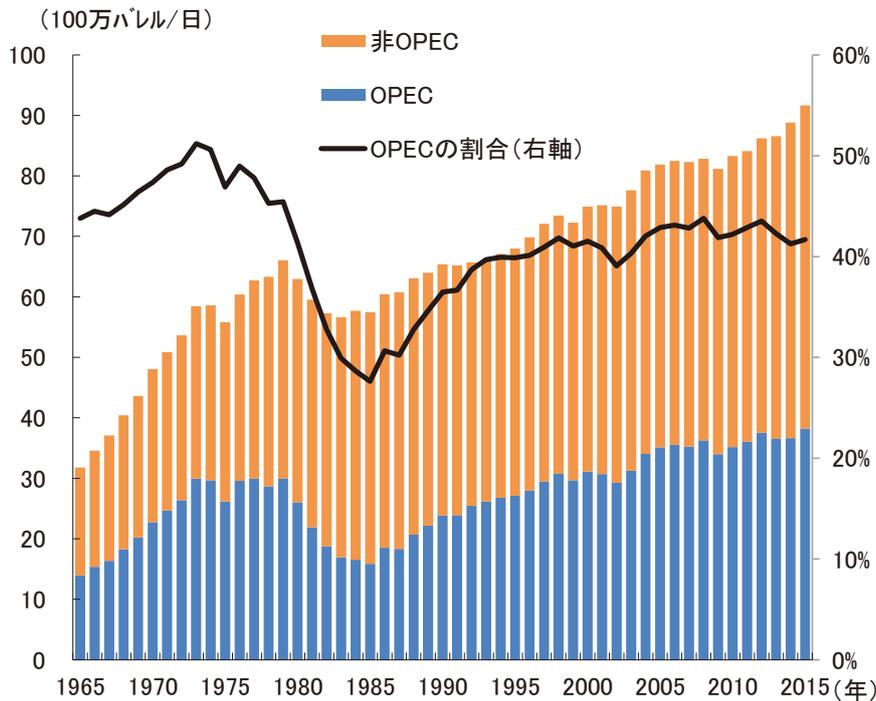
【第222-1-3】世界の原油生産動向(地域別)



(注) 1984年までのロシアには、その他旧ソ連邦諸国を含む。

出典:BP「Statistical Review of World Energy 2016」を基に作成

【第222-1-4】世界の原油生産動向(OPEC、非OPEC別)



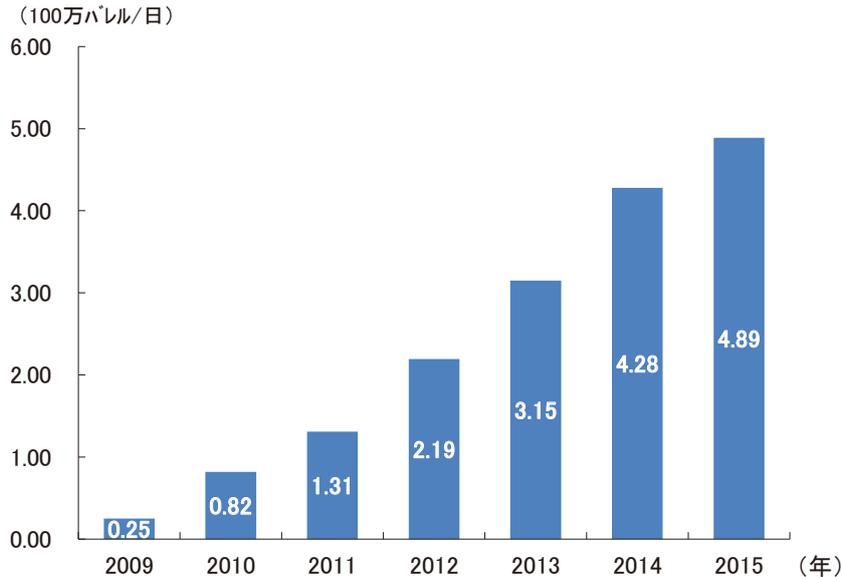
(注) 上図の非OPECにはロシア等の旧ソ連邦諸国を含む。

出典:BP「Statistical Review of World Energy 2016」を基に作成

米国の生産量は、シェールオイル増産に伴って近年急速に増加しました。特に原油価格が高止まりを続けた2011年から2014年にかけては、毎年100万バレル/日前後の生産量の増加が見られました(第222-1-5)。

シェールオイルの生産量増加に対して、OPEC産油国は市場シェア確保を重視し、供給過剰が続きましたが、2016年11月から12月にかけてOPEC産油国、及び非OPEC産油国が協調減産に合意し、価格重視の戦略に転換しました。

【第222-1-5】米国のシェールオイルの生産量



出典: EIA「Annual Energy Outlook」2011年～2016年版を基に作成

③石油消費の動向

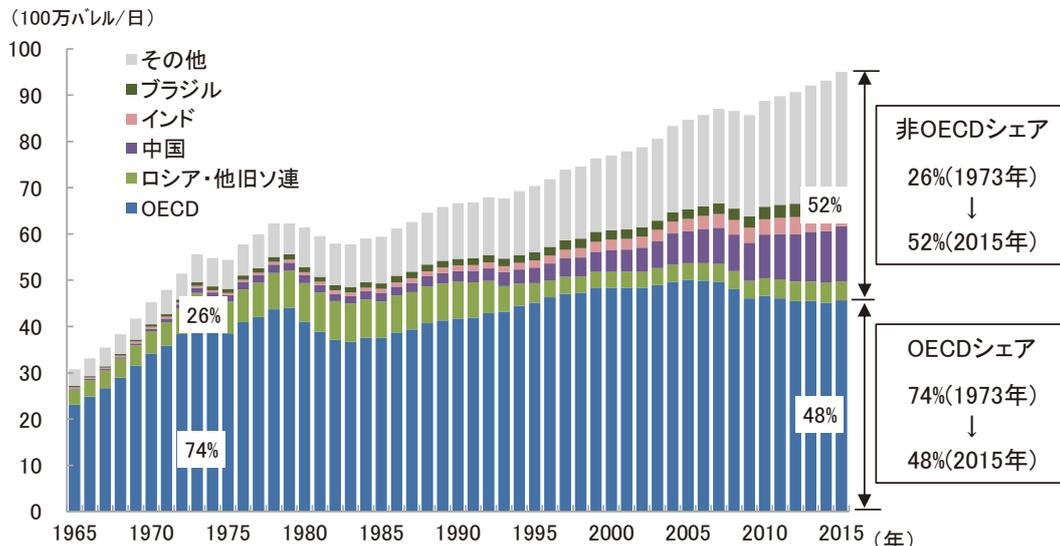
世界の石油消費量は、経済成長とともに増加傾向をたどってきました。1973年には5,560万バレル/日であった世界の石油消費量は2015年には9,501万バレル/日まで増加しました(平均年率1.2%増)。

OECD諸国の石油消費量は、1973年の4,125万バレル/日から1970年代後半にかけて増加傾向を示したものの、二度にわたる石油ショック後の世界経済低迷に加え、原子力、天然ガス等の代替エネルギーへの転換を受けて1980年代には減少しました。その後、1980年代後半以降、経済成長とともに緩やかに増加しましたが、自動車燃費改善や石油価格高

騰を背景に、2005年以降は減少する傾向にあります。ただし、2015年は、低油価の影響から前年比1.1%増の4,564万バレル/日となりました。

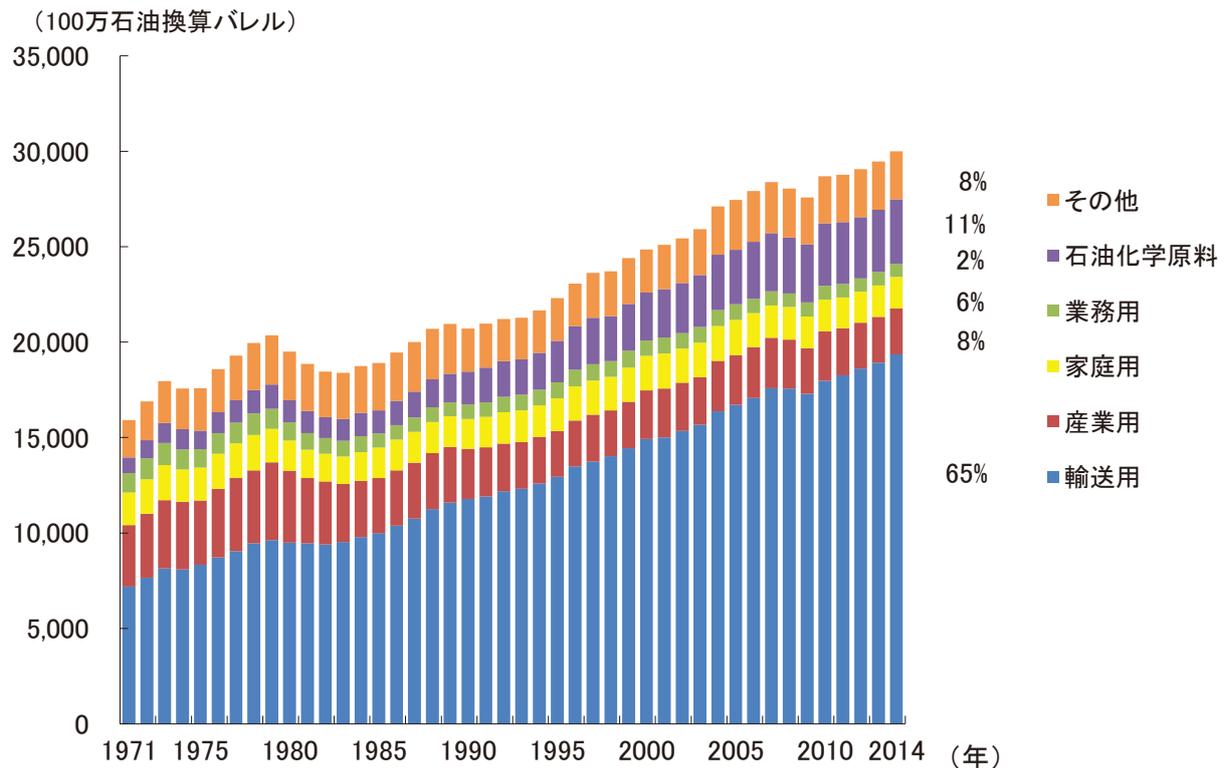
一方、著しい消費増加を示しているのが非OECD諸国です。非OECD諸国の石油消費量は、堅調な経済成長に伴い、1973年の1,435万バレル/日から、2015年には4,937万バレル/日に増加しました(年率平均3.0%)。その結果、世界の石油消費量に占める非OECD諸国のシェアは1973年の26%から2015年には52%となり、逆に同期間内のOECD諸国のシェアは74%から48%にまで低下しました(第222-1-6)。

【第222-1-6】世界の石油消費の推移(地域別)



出典: BP「Statistical Review of World Energy 2016」を基に作成

## 【第222-1-7】世界の石油消費の推移(部門別)



出典:IEA[World Energy Balances 2016 Edition]を基に作成

2016年の石油消費は、アジアを中心に堅調に増加しています。中国の消費拡大ペースには鈍化が見られるものの、引き続き、アジアを中心とした非OECD諸国が消費拡大を牽引しています。

石油は様々な用途で消費されていますが、輸送用としての消費が大きな割合を占めており、2014年における世界の石油消費量の内、65%が輸送用となっています。輸送用の消費量は自動車保有台数の増加に伴い、1971年の7,188百万石油換算バレルから2014年には19,362百万石油換算バレルに拡大しており、世界の石油消費量増加の主要因となっています。また、石油化学原料用としての消費も堅調に増加しています(第222-1-7)。

## ④石油貿易の動向

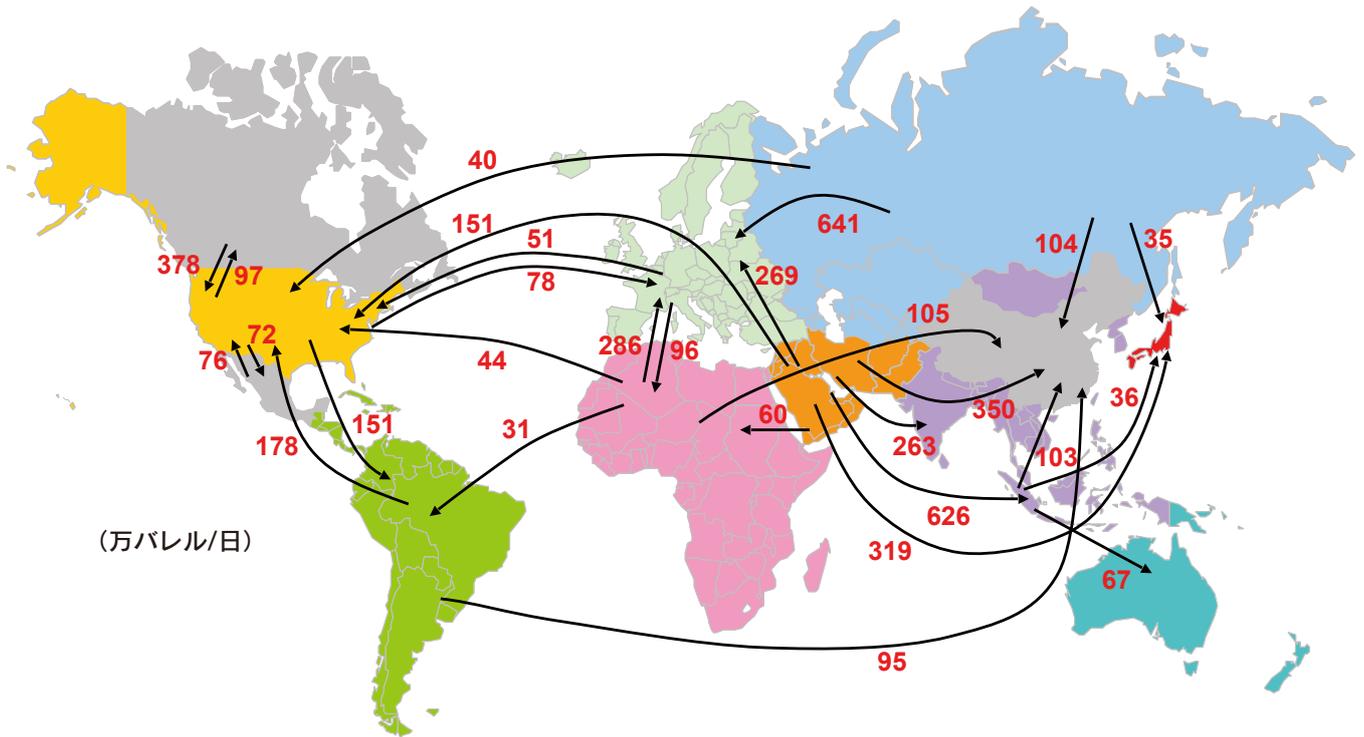
世界の石油貿易は、石油消費の増加とともに着実に拡大してきました。2015年の世界全体の石油貿易量は6,221万バレル/日であり、そのうち日米欧3大市場による輸入量が合計で2,770万バレル/日と全体の45%を占めました。一方の輸出は、中東からの

輸出量が2,075万バレル/日と最大で、全体の34%を占めました。以下、ロシア及びその他旧ソ連邦諸国(1,029万バレル/日)、中南米(548万バレル/日)、西アフリカ(446万バレル/日)等が主要な石油輸出地域となっています。

仕向地別では中東地域からの石油輸出量のうち、13%(269万バレル/日)が欧州向け、7%(151万バレル/日)が米国向け、75%(1,558万バレル/日)がアジア大洋州地域向けであり、中東地域にとって、アジア大洋州地域が最大の市場となっています(第222-1-8)。

なお、アジア地域の中東依存度は、その域内需要の増加に伴い、1990年代以降、常に欧米より高い水準で推移しています。

【第222-1-8】世界の石油の主な移動(2015年)



(注) 上図の数値には石油製品の移動も含む。

出典: BPI Statistical Review of World Energy 2016]を基に作成

また、石油が輸送される際の安全確保は、エネルギー安全保障の上でも非常に重要な要素です。世界的に海上輸送のルートとして広く使われている狭い海峡をチョークポイントと呼びますが、本項では、石油の輸送が非常に多い海峡やタンカーの通過に支障をきたした実績のあるホルムズ海峡、マラッカ海峡、バル・エル・マンデブ海峡、スエズ運河の4つの海峡をチョークポイントとし、各国の輸入する原油がこれらのチョークポイントを通過することをリスクととらえ、チョークポイント比率を算出しました。

フランスやドイツ、英国などの欧米諸国の場合、チョークポイントを通過するのは中東から輸入する原油にほぼ限られるため、比較的チョークポイント比率が低く、チョークポイントを通過せずに輸入出来る原油が多いことを示しています。他方、日本を始め、中国、韓国などの東アジア諸国の場合、輸入原油の大半はマラッカ海峡を通過しますが、中東から輸入する原油の大半は、それに加えホルムズ海峡

を通過することになるため、複数のチョークポイントを通過することでリスクが増加し、数値も上昇する傾向にあります。

## 【第222-1-9】チョークポイントリスクの推移(推計)

チョークポイント比率 (%)	2000年代	2013年	2015年
フランス	51.8	26.7	38.3
ドイツ	5.0	7.3	9.8
英国	3.2	3.8	5.5
米国	23.4	25.9	20.7
中国	104.6	121.7	119.5
日本	171.4	160.2	167.4
韓国	156.4	180.5	167.1



(注)「2000年代」及び「2013年」の数値はエネルギー白書2015より引用。なお、2000年代は2000～2008年の平均値

(注) 2015年の数値については、IEA「oil information 2016」のデータを基に、「平成21年度エネルギー環境総合戦略調査等(各国のエネルギー安全保障政策と実態の調査分析)」における算出方法に当てはめ算出。算出に当たっては、チョークポイントを通過する各国の輸入原油の総量が総輸入量に占める割合をチョークポイント比率として算出。チョークポイントを複数回通過する場合は、100%を越えることがある。

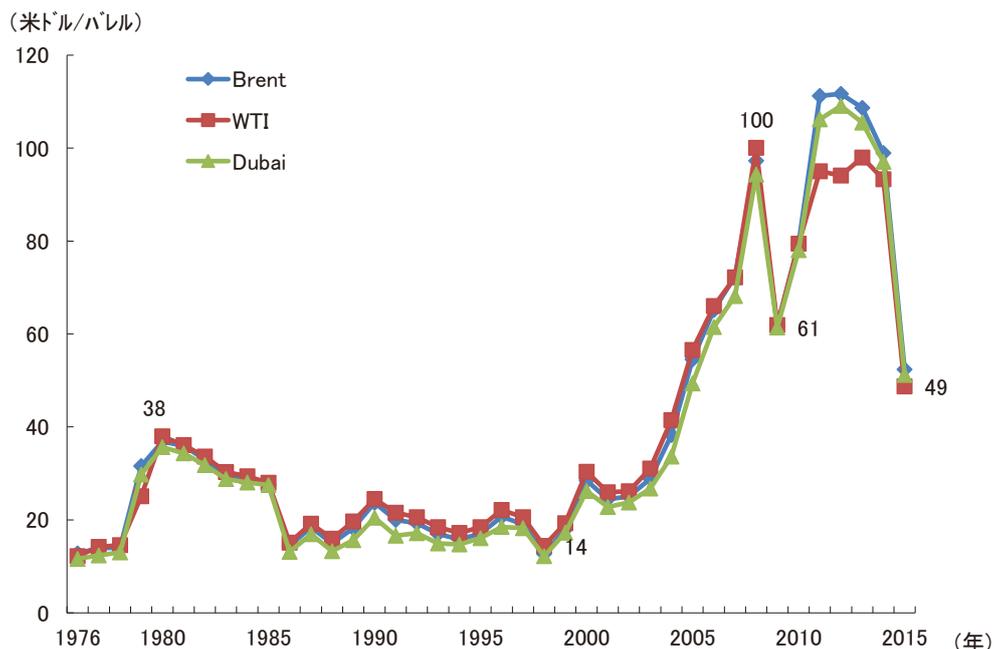
出典：「平成21年度エネルギー環境総合戦略調査等(各国のエネルギー安全保障政策と実態の調査分析)」IEA「oil information 2016」、中国輸入統計を基に作成

## ⑤原油価格の動向

国際原油価格は、これまでも大きな変動を繰り返してきました。2000年代の半ば以降、中国を始めとする非OECD諸国における石油需要が急速に増加したことを受け、上昇を続けましたが、2008年に米国大手証券会社の経営破たんを契機に発生した経済危機(リーマンショック)によって急速に下落しま

した。その後は、非OECD諸国を始めとする世界経済が回復を見せたこと、またサウジアラビアを始めとするOPEC産油国が減産を行ったことで、価格は上昇に転じ、2011年1月から2014年6月までの月間平均価格は、ブレント原油で1バレル96ドルから125ドル、WTI原油で86ドルから110ドルの範囲で推移しました(第222-1-10)。

## 【第222-1-10】国際原油価格の推移



(注) 図中価格の数字はWTIの数字

出典：BP「Statistical Review of World Energy 2016」を基に作成

2014年の夏以降は、米国シェールオイルを始めとする非OPEC産油国の供給増加や、OPEC産油国が市場におけるシェア確保を重視したこと、非OECD諸国の経済成長とその石油需要の伸びが鈍化し始めたこと等を受け、原油価格は急速に下落しましたが、2016年11月から12月にかけてOPEC産油国、及び非OPEC産油国が協調減産に合意し、原油価格の低迷に歯止めをかけようとしています。

## (2) ガス体エネルギー

### ①天然ガス

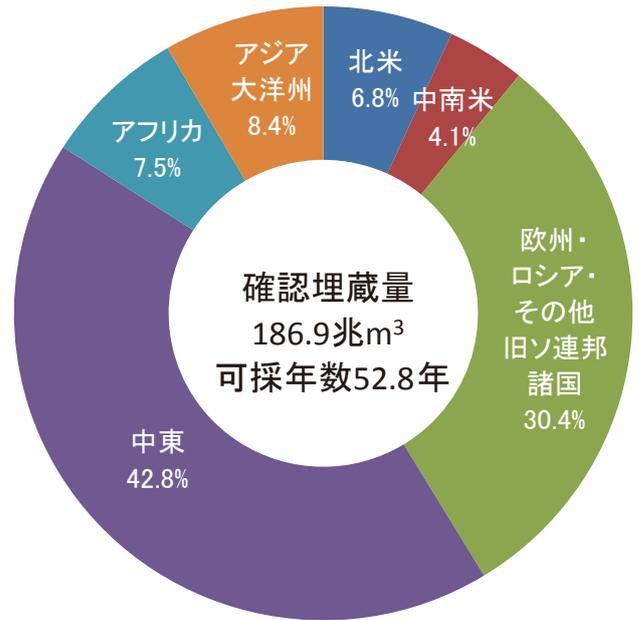
#### (ア) 資源の分布

世界の天然ガスの確認埋蔵量は、2015年末で約186.9兆m<sup>3</sup>でした。中東のシェアが約42.8%と高く、欧州・ロシア及びその他旧ソ連邦諸国が約30.4%で続きました(第222-1-11)。

石油埋蔵量の約半分が中東に存在していることと比べますと、天然ガス埋蔵量の地域的な偏りは小さいと言えます。また、天然ガスの可採年数は2015年末時点で52.8年でした。

近年は、シェールガスや炭層メタンガス(CBM)といった非在来型天然ガスの開発が進展しており、特にシェールガスは大きな資源量が見込まれています。2013年7月に公表された米国エネルギー情報局(EIA)の評価レポートによると、シェールガスの技

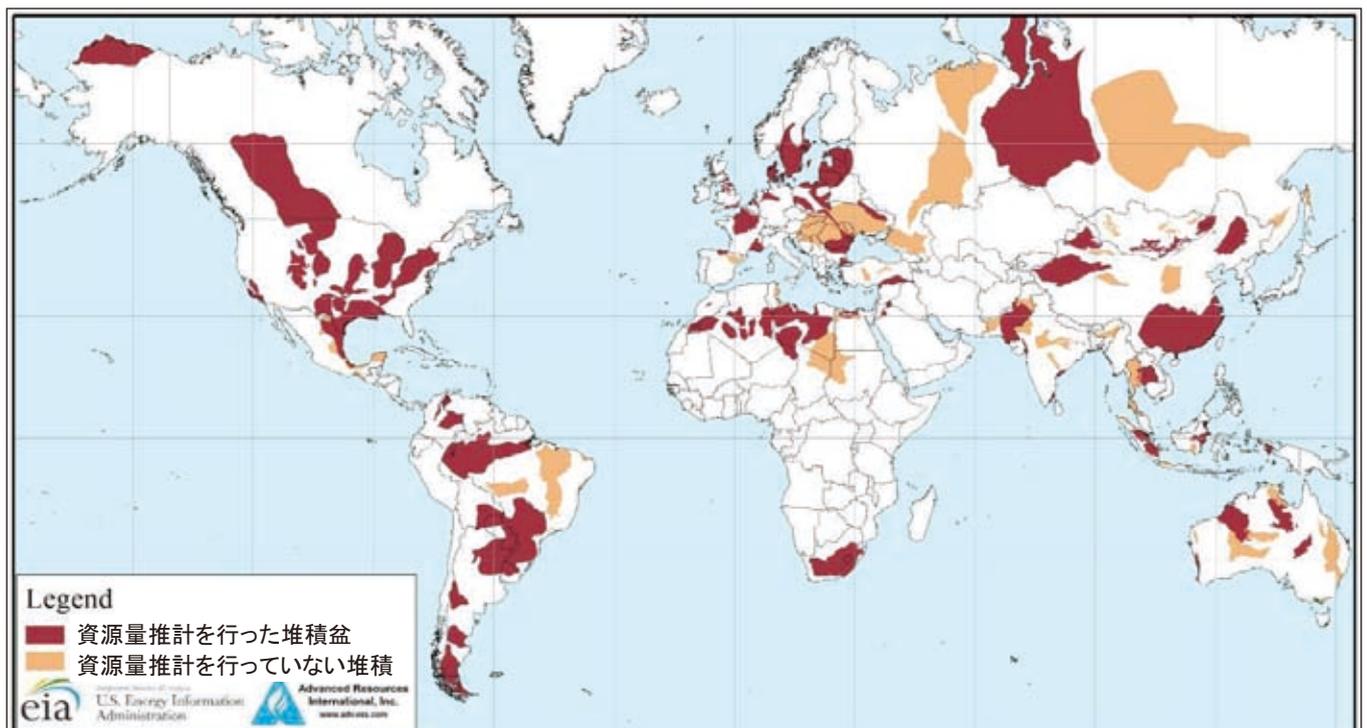
【第222-1-11】地域別天然ガス埋蔵量(2015年末)



出典:BP「Statistical Review of World Energy 2016」を基に作成

術的回収可能資源量は、評価対象国合計で206.6兆m<sup>3</sup>とされており、在来型天然ガスの確認埋蔵量よりも多いと推計されています。また、地域的な賦存では、北米以外にも、中国、アルゼンチン、アルジェリア等に多くのシェールガス資源が存在すると報告されています(第222-1-12)。

【第222-1-12】EIAによるシェールオイル・シェールガス資源量評価マップ(2013年)【再掲】



出典:EIA「Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources」(2013年6月)を基に作成

(イ) 天然ガス生産の動向

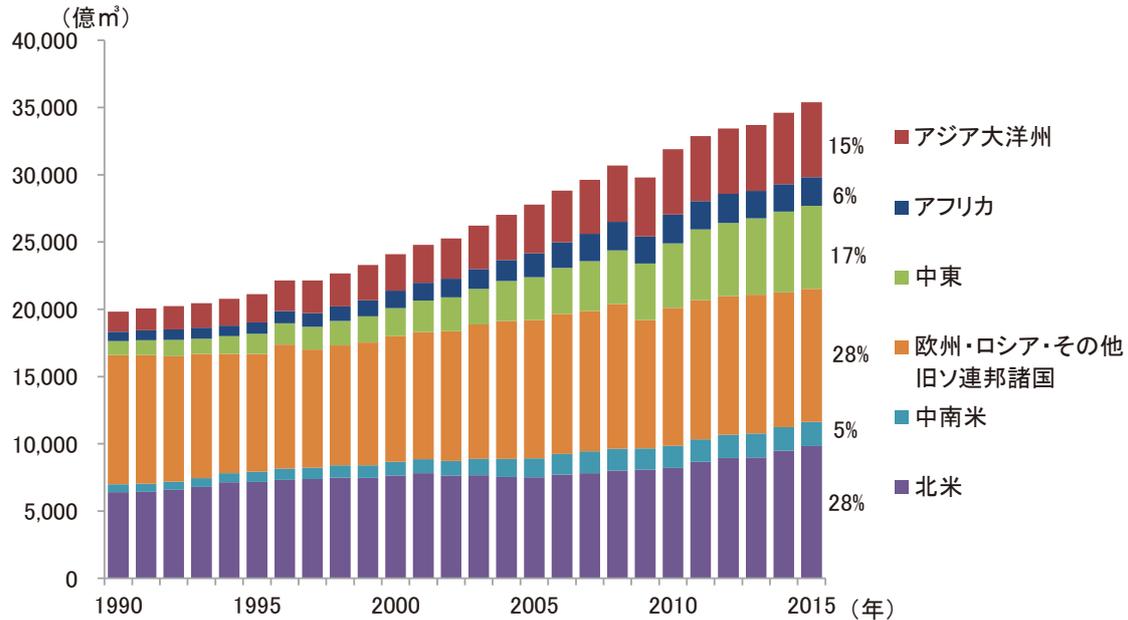
2015年の天然ガス生産量は約3.5兆m<sup>3</sup>でした。2005年から2015年までの間で、天然ガスの生産量の年平均伸び率は2.5%の伸びを記録しました。

地域別には、2015年時点では北米と欧州・ロシア及び旧ソ連邦諸国がともに世界の生産量の約28%を占めました(第222-1-13)。

世界的な天然ガス消費の伸びに対応するため、大

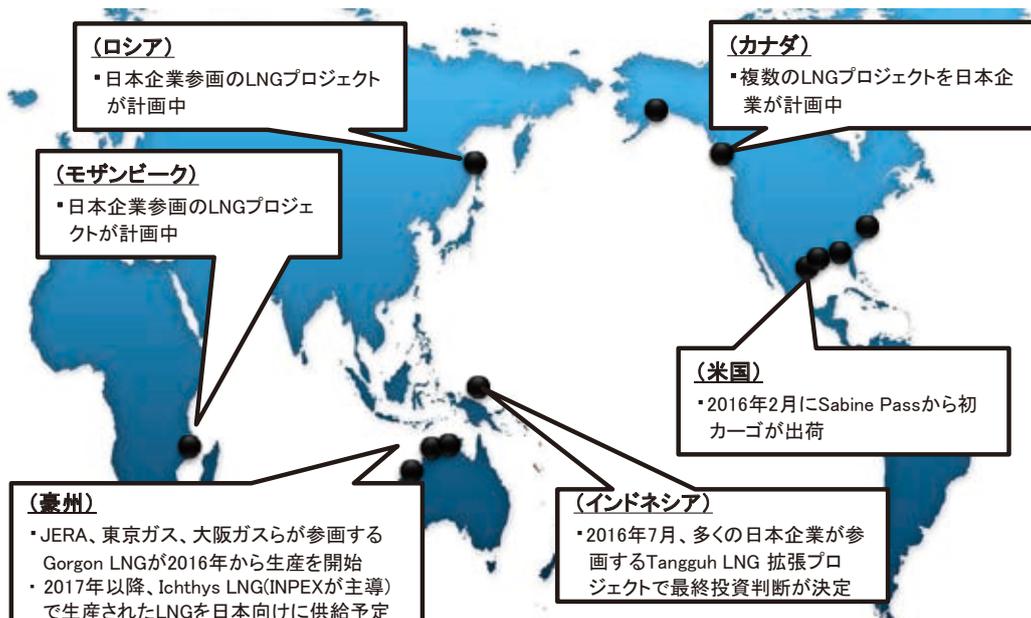
規模な天然ガス資源開発が進められています。豪州や米国での相次ぐ新規プロジェクト稼働開始及び需要伸び悩みにより、LNGは供給過剰になっています(第222-1-14)。一方、国際原油価格が2014年後半から大きく下落した影響を受け、最終投資決定の遅れにより、稼働開始スケジュールが遅延しているLNGプロジェクトが存在し、生産設備の不具合から運転停止が発生しているLNGプロジェクトも存在しています。

【第222-1-13】地域別天然ガス生産量の推移



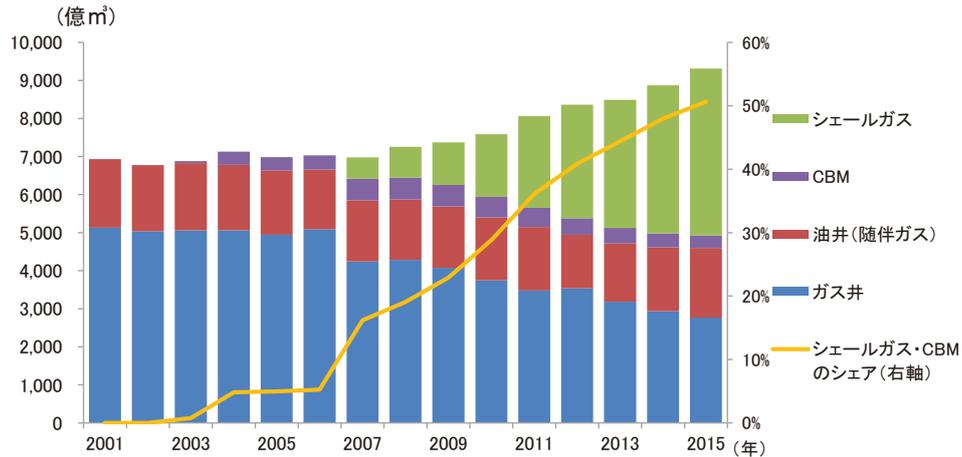
(注) 端数処理の関係で合計が100%にならない場合がある。 出典:BP「Statistical Review of World Energy 2016」を基に作成

【第222-1-14】日本企業が参画する世界の主要なLNGプロジェクト



出典:企業からのヒアリング等を基に作成

【第222-1-15】米国の在来型ガス、シェールガス及びCBM生産量



出典：EIA「Natural Gas Data」を基に作成

また、GTL (Gas to Liquids)<sup>1</sup>やDME (Di-Methyl Ether)<sup>2</sup>等、天然ガスの新たな利用可能性を広げる技術について研究開発が進展しており、一部では既に商業生産が行われています。

世界各国でシェールガスやCBM等の非在来型天然ガスの開発計画が立てられており、特に米国におけるシェールガス増産が顕著です。EIAによると、米国のCBM生産量は2003年の53億m<sup>3</sup>から2008年には572億m<sup>3</sup>へと10倍に増加しましたが、それ以降減産し、2015年は334億m<sup>3</sup>となっています。それに対して、シェールガスの生産量は2007年から右肩上がりに急増し、2015年には4,380億m<sup>3</sup>に達しています(第222-1-15)。

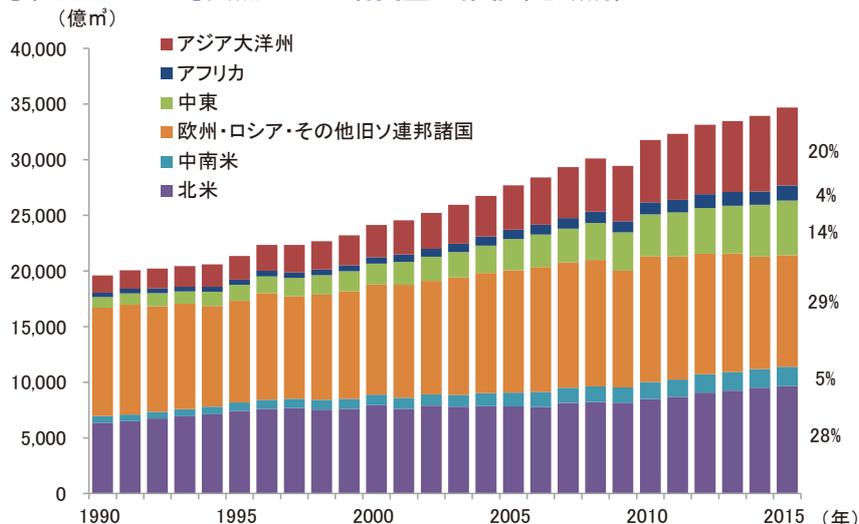
(ウ) 天然ガス消費の動向

天然ガス消費は北米、欧州・ロシア及びその他旧ソ連邦諸国で世界の約57%を占めました(第222-1-16)。

この理由としては、これらの地域内で豊富に天然ガスが生産されており、天然ガスの利用が進んでいること、既にパイプライン・インフラが整備されており、天然ガスを気体のまま大量に輸送して利用することが可能であることが挙げられます。アジアでも天然ガスの消費が急激に増加しています。

2005年から2015年の間、世界の天然ガス消費は年率2.3%で増加してきました。天然ガスは他の化

【第222-1-16】天然ガスの消費量の推移(地域別)



出典：BP「Statistical Review of World Energy 2016」を基に作成

1 GTL (Gas to Liquid) とは、天然ガスを化学反応によって常温で液体の炭化水素製品に転換したものを指します。主に輸送用の燃料として用いられます。  
 2 DME (Di-Methyl Ether) とは、GTL同様、天然ガスを原料として生産される炭化水素製品ですが、常温では気体です。ただし、比較的低い圧力で液化するので液化石油ガス(LPガス)などと同様に扱われます。現在はスプレー用のガスとして用いられることが多いですが、今後輸送用の燃料としても用いられることが期待されています。

石燃料に比べて環境負荷が低いこと、コンバインドサイクル発電<sup>3</sup>等の技術進歩、競合燃料に対する価格競争力の向上によって近年までは天然ガス利用が拡大してきました。

2014年の一次エネルギー総供給量に占める天然ガスの割合は、米国28%、OECD欧州22%に対して、日本もほぼ近い24%となっています。以前は、日本の一次エネルギー供給に占める天然ガスの比率は米国や欧州と比較して低いものでした。これは、欧米では自国若しくは周辺国で天然ガスが豊富に生産されるため天然ガスの利用が進んできた一方、我が国は、天然ガスのほかのエネルギーに対する競争力が十分でないためでした。しかし、東日本大震災後に停止した原子力発電の多くを天然ガス火力発電で代替したことが影響し、2010年の17%から7ポイント上昇しました(第222-1-17)。

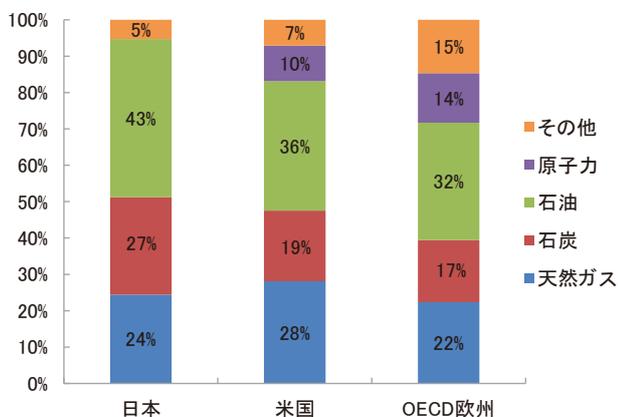
天然ガスの用途を見ても我が国と欧米とでは大きな差異があります。我が国では発電用としての利用の割合が全体の72%を占めており、産業用は13%、民生・その他用は15%に過ぎません。これに対して、米国、OECD欧州では発電用としての利用の割合が

それぞれ33%、29%と日本よりも低く、その分、民生・その他用や産業用としての利用の割合が高くなっています(第222-1-17)。

このように利用形態が異なっている主な理由としては、割高であった我が国の天然ガス輸入価格に加え、①LNG輸入という形態でしか天然ガスが導入できなかったこと、②このため、需要が集積しやすい発電用や一定規模以上の大手都市ガス会社による利用を中心に導入されたという経緯があります。この結果、天然ガスの需要がある地域にLNG基地が順次立地し、LNG基地から、需要に応じてパイプラインが徐々に延伸するという我が国特有のインフラ発展形態となりました。発電用と比べて需要が地理的に分散している民生用や産業用では、天然ガス利用は相対的に遅れています。

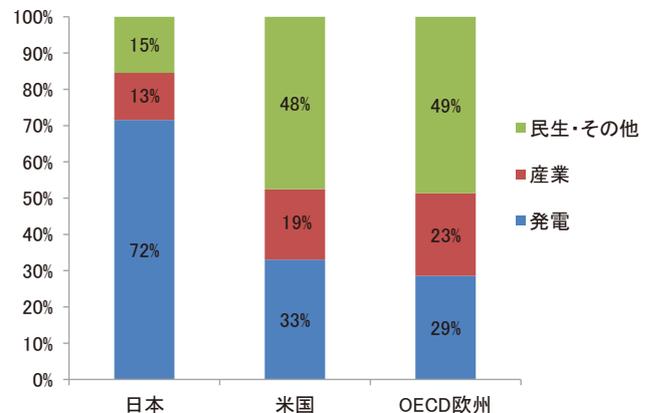
一方、欧米では、民生用と産業用への天然ガス利用が先に進みました。近年、米国においても、発電用としての利用が増加しています。しかし、欧州では石炭火力や政策的な支援を受けた再生可能エネルギーの増加によって、発電用の天然ガス需要は低迷しています(第222-1-18)。

【第 222-1-17】日本・米国・OECD 欧州の一次エネルギー構成 (2014年)



(注) 端数処理の関係で合計が100%にならない場合がある。  
出典:IEA「World Energy Balances 2016 Edition」を基に作成

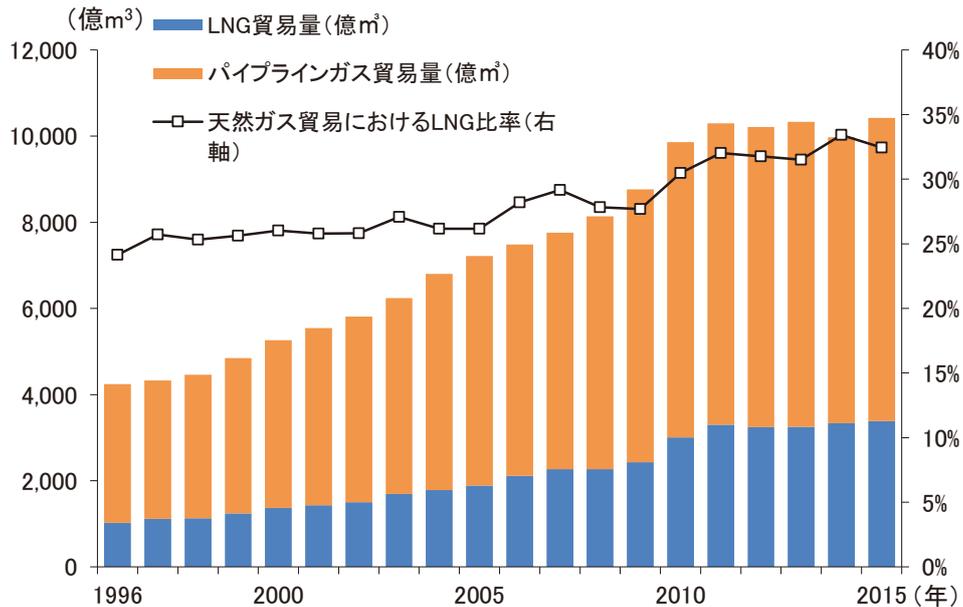
【第 222-1-18】日本・米国・OECD 欧州における用途別天然ガス利用状況 (2014年)



(注) 端数処理の関係で合計が100%にならない場合がある。  
出典:IEA「World Energy Balances 2016 Edition」を基に作成

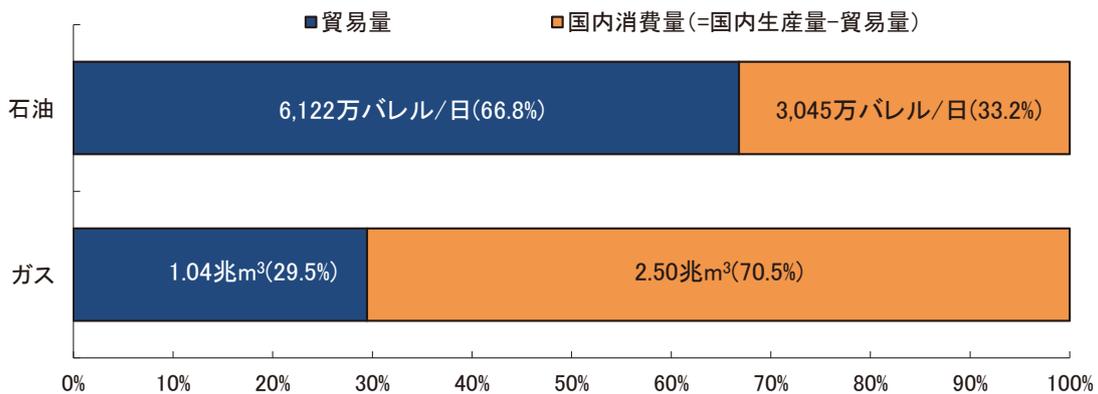
<sup>3</sup> コンバインドサイクル発電とは、ガスタービンと蒸気タービンを組み合わせた発電方式です。

【第222-1-19】世界の輸送方式別天然ガス貿易量の推移



(注) 2008年以前の数値には旧ソ連域内における貿易量を含んでいない。  
出典:BP「Statistical Review of World Energy」(各年版)を基に作成

【第222-1-20】石油、天然ガスの貿易比率(2015年)



出典:BP「Statistical Review of World Energy 2016」を基に作成

(エ) 天然ガス貿易の動向

2015年の1年間で取引された天然ガスの貿易量1兆424億m³のうち、パイプラインにより取引された量は7,041億m³(貿易量全体の68%)、LNGによる取引は3,383億m³(同32%)でした(第222-1-19)。

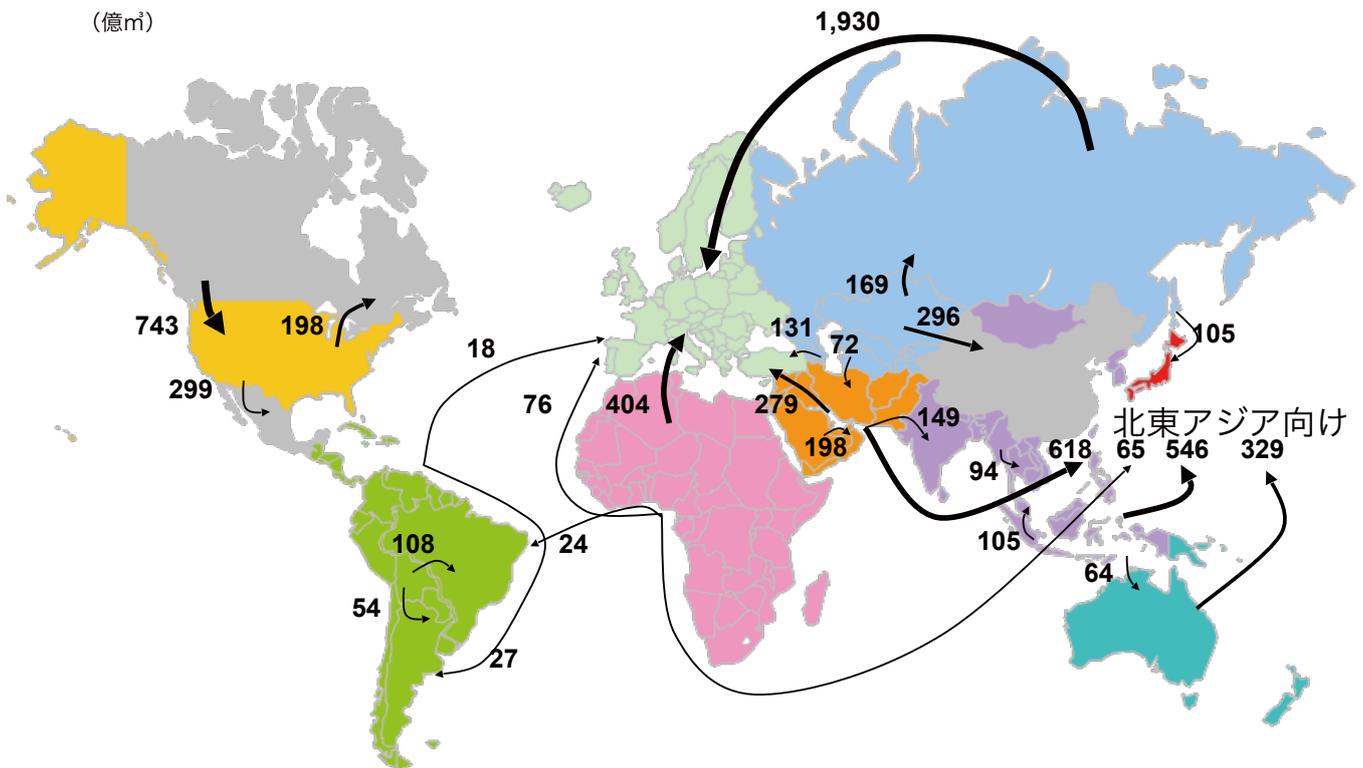
2015年の世界全体の天然ガス生産量の29.5%が生産国では消費されずに、他国へ輸出されました(第222-1-20)。天然ガスの貿易量は増加しているものの、その割合は、生産量の66.8%が輸出される石油ほどではありませんでした。

主な輸入国は米国、欧州、北東アジアの3地域で

した。輸送手段別には、パイプラインによる主な輸出国はロシア、ノルウェー等、輸入国は米国、ドイツ等でした。LNG貿易はアジア向け輸出を中心として拡大し、2015年のLNG貿易量の34.9%は日本向け(アジア全体で70.5%)でした。輸出国はアジア大洋州地域、中東が中心です(第222-1-21、第222-1-22)。

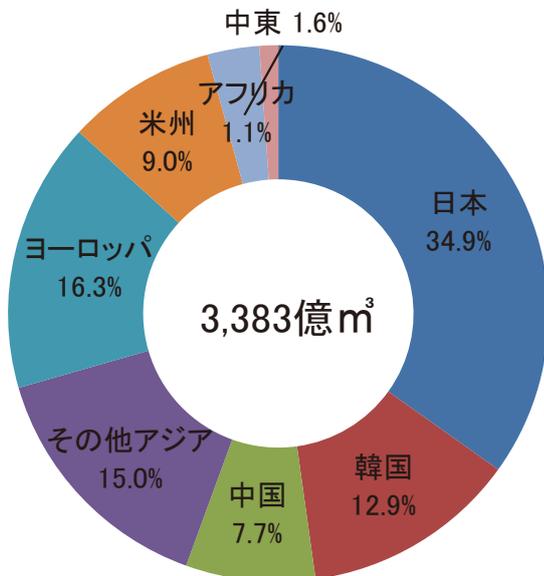
また、シェールガス等、非在来型天然ガスの生産が米国国内で急激に拡大した結果、多くのLNG輸出プロジェクトが計画されており、2016年2月には同国から初のLNGカーゴが出荷されました。

【第222-1-21】世界の主な天然ガス貿易(2015年)



出典:BP[Statistical Review of World Energy 2016]を基に作成

【第222-1-22】世界のLNG輸入(2015年)



出典:BP[Statistical Review of World Energy 2016]を基に作成

(オ) 価格の動向

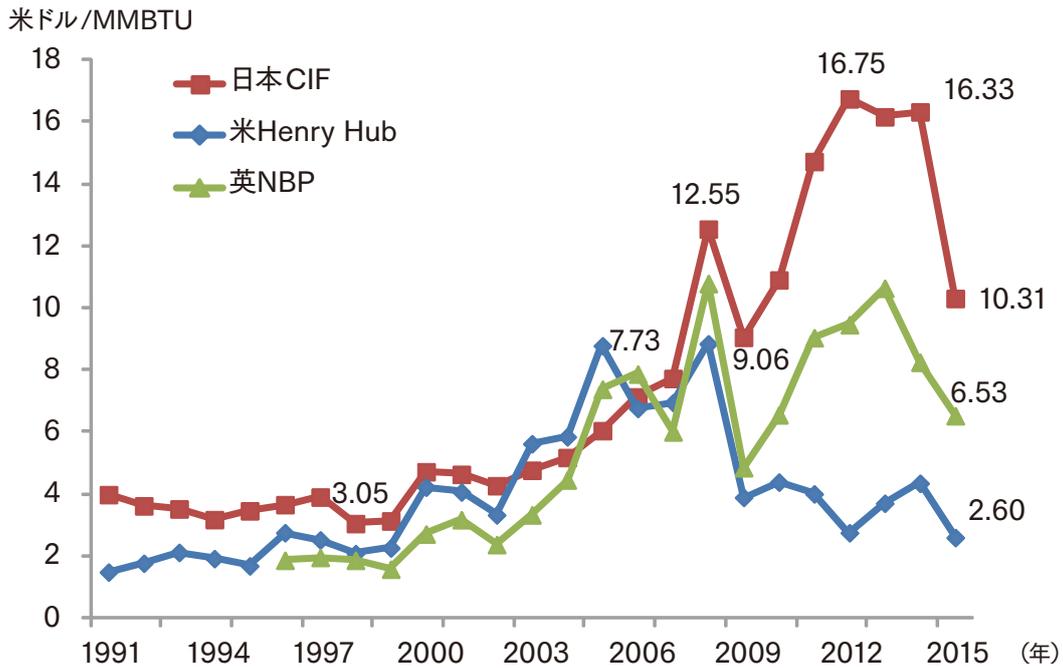
日本向けの天然ガス (LNG) 価格 (CIF)<sup>4</sup>は、1990年代に、3~4ドル/MMBTU (百万BTU)で推移していましたが、2000~2005年は4~6ドル/MMBTUで推移しましたが、その後は原油価格に連動して上昇し、2014年の半ばまで高値が続いた。2014年時点では、日本向けのLNG平均価格 (CIF) は16.33ドル/MMBTUとなっており、米国国内の天然ガス価格4.35ドル/MMBTU (Henry Hub<sup>5</sup>スポット価格)や英国内の天然ガス価格8.22ドル/MMBTUと比べて割高でした(第222-1-23)。これは、アジア市場の需給がひっ迫していたこと、流動性が低かったこと、日本向けのLNG価格が原油価格の水準を参照して決められるものが多く、原油価格の影響を大きく受けたためです。しかし、原油価格低下及びLNG需給緩和によって、2015年に入ってから日本と欧米の価格差は縮小し続けています。

なお、2015年のLNGのスポット及び短期取引の世界のLNG取引全体に占める割合は28%との報告があります(第222-1-24)。

<sup>4</sup> CIF価格 : CIFは、Cost, Insurance and Freightの略。積出し地での価格に、運賃や船荷保険料を加えた価格

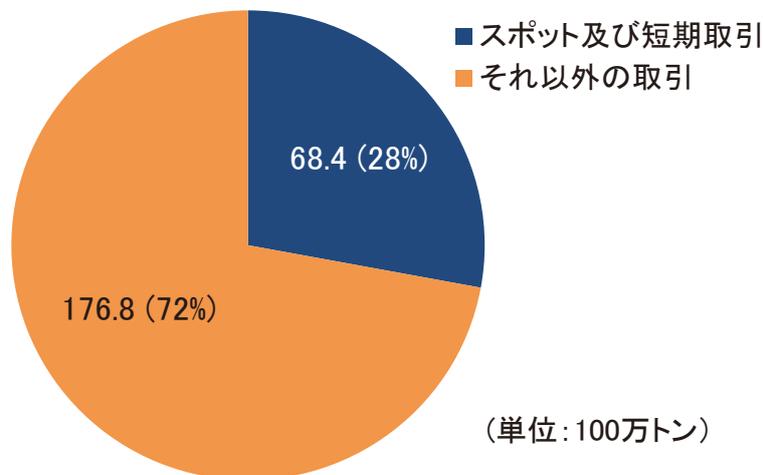
<sup>5</sup> 米国国内のガス取引価格の指標となっている、ルイジアナ州にある天然ガスのパイプラインの接続地点 (ハブ) の呼び名。ヘンリーハブ価格を元に日本のLNG輸入価格との比較を行う場合には、天然ガスの液化・再ガス化コストやLNG船舶輸送コスト等を考慮する必要がある。

【第222-1-23】主要価格指標の推移(1991年～2015年)



出典:BP「Statistical Review of World Energy」を基に作成

【第222-1-24】世界のLNG取引全体に占めるスポット及び短期取引の割合(2015年)



(注)スポット取引は1年未満の取引、短期取引は契約期間が4年未満の取引を指す。  
出典: GIIGNL 「The LNG Industry」を基に作成

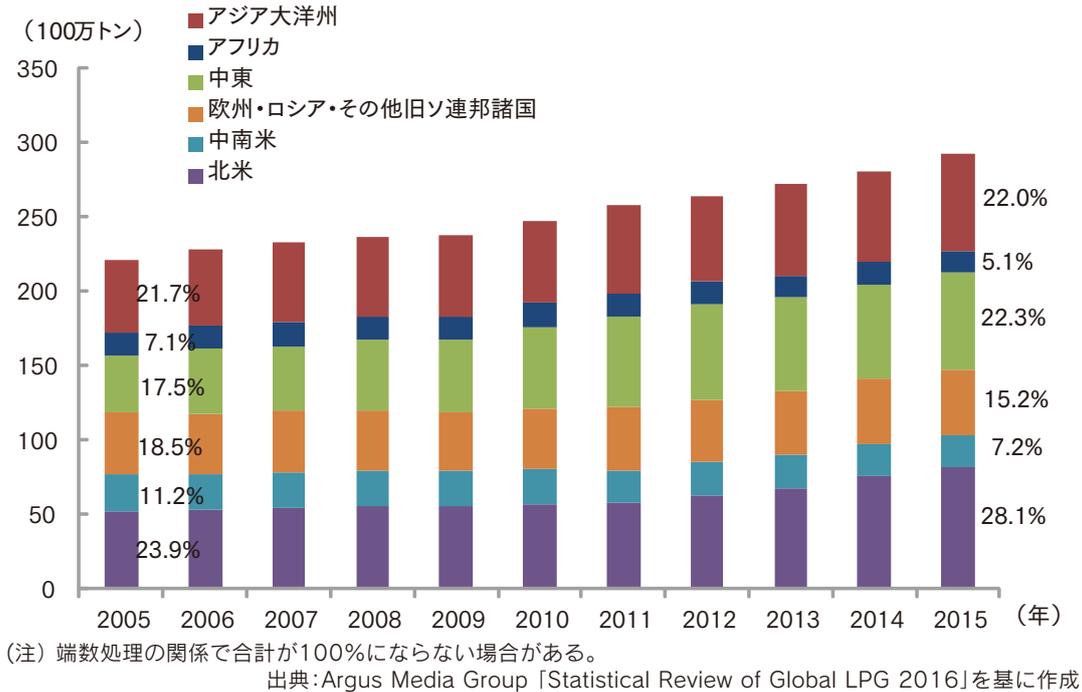
## ②LPガス

### (ア) 生産の動向

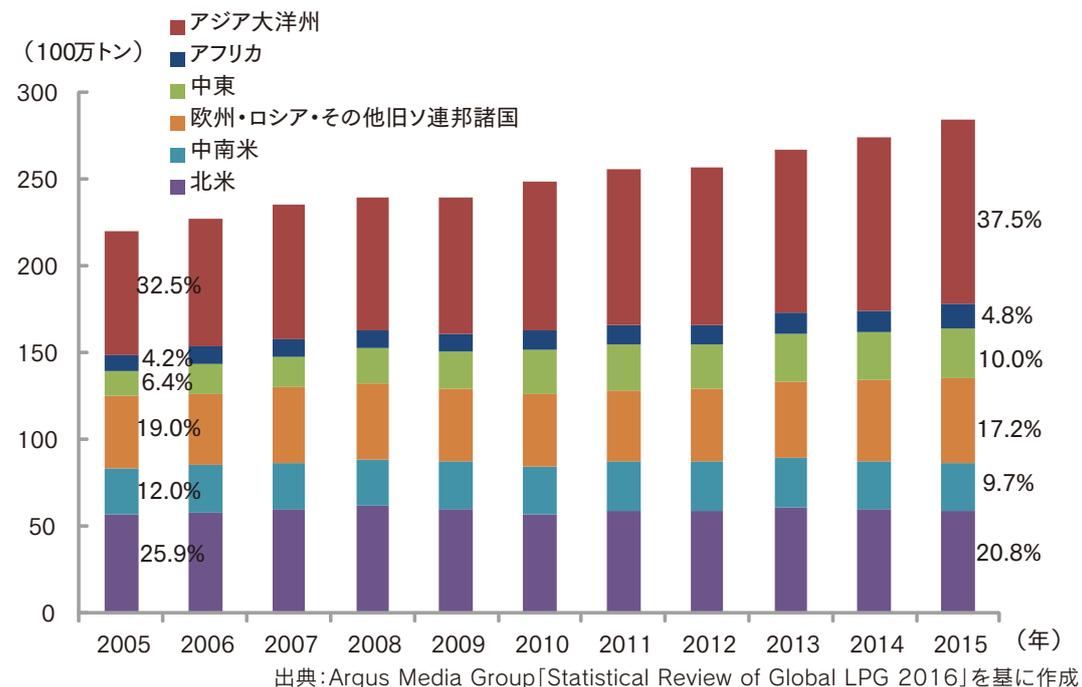
2015年の世界のLPガス生産量は約2.92億トンで、2005年以降、年率2.8%のペースで増加しました。このうち、ガス田及び油田の随伴ガスから約62%、製油所から約38%が生産されました。

地域別に見ると、2015年は引き続き北米が28.1%と最大のシェアを占めており、シェールオイル・シェールガス由来のLPガス生産量が増えています(第222-1-25)。

【第222-1-25】世界のLPガス地域別生産量



【第222-1-26】世界のLPガス地域別消費量



(イ) 消費の動向

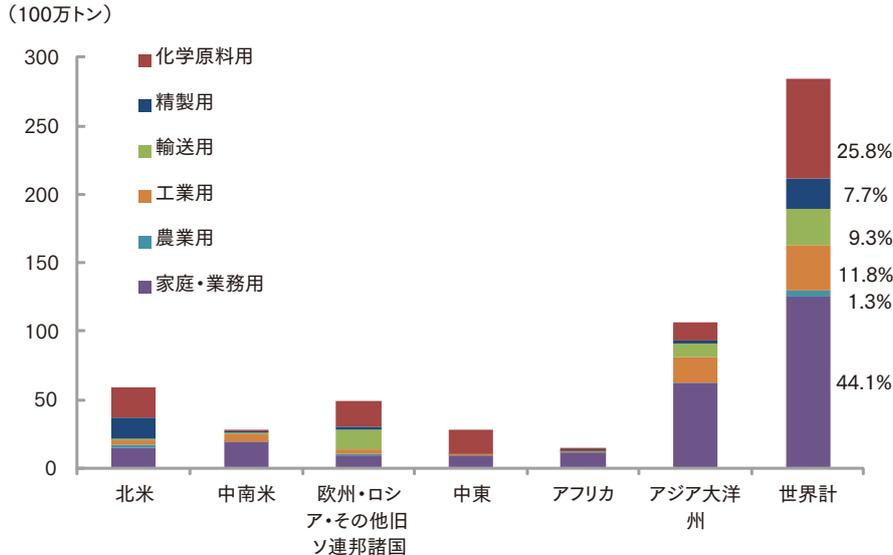
2015年の世界のLPガス消費は約2.9億トンで、2005年以降年率2.6%のペースで増加してきました。

地域別に見ると、最大消費地域であるアジア大洋州地域が2005年の32.5%から、2015年には37.5%とシェアが上昇しました(第222-1-26)。

2015年の消費を用途別に見ると、家庭・業務用

が44.1%、化学原料用が25.8%、工業用が11.8%、輸送用が9.3%となりました。さらに、これを地域別に見ると、中東地域と北米地域は化学原料用のシェアが一番高く(それぞれ64.7%と37.2%)、アジア大洋州地域では家庭・業務用のシェア(58.7%)が高くなりました(第222-1-27)。

【第222-1-27】世界のLPガス用途別消費量(2015年)



出典: Argus Media Group「Statistical Review of Global LPG 2016」を基に作成

(ウ) 価格の動向

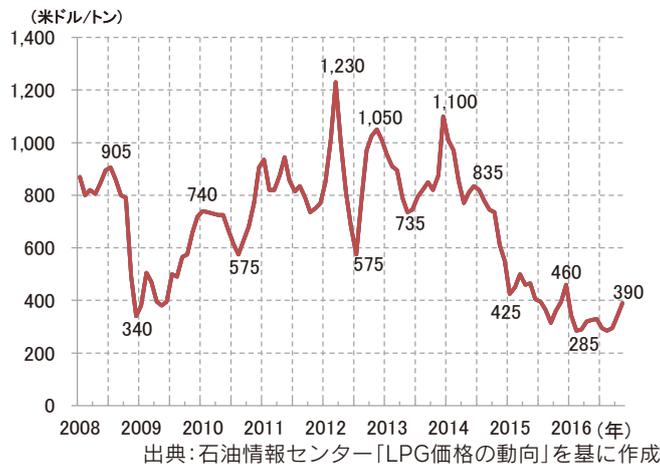
世界のLPガスの価格は、原油価格の動向に大きく影響を受けて形成されています。主要な価格を形成する市場地域としては、①米州(米国テキサス州のモント・ベルビュー市場を中核にした地域)、②欧州(北海のBP公定価格、及びアルジェリア・ソナトラック公定価格をベースにした北西欧・地中海等を中核にした地域)、③スエズ以東(サウジアラビア・アラムコの公定契約価格(CP)をベースにした中東・アジア大洋州地域を中核にした地域)の3つのゾーンに大別されています。それぞれの価格形成市場地域の価格差を埋めるように裁定取引が発生することにより、需給調整がなされています。

我が国のLPガス輸入指標となるサウジアラビアの公定契約価格は、ある程度スポット市場の値動き

が反映されていますが、基本的にはサウジ側から一方的に通告される価格であり、我が国を含む消費国においては、価格決定プロセスの不透明性が指摘されてきました。ただし、原油価格が低下していること、米国でのLPガス輸出等によりLPガス需給が緩和したこと、CP価格も低下しています。

原油価格の高騰とともに、3つのゾーンとも2000年から2008年7月までLPガス価格は上昇基調を続けてきました。その後、2008年12月には、プロパン価格(FOB<sup>6</sup>価格)が、サウジアラビア産(サウジアラムコCP)で340ドル/トン、北海産(ANSI)で296ドル/トンまで低下しました。原油価格が回復するにつれてLPガス価格も上昇しましたが、2014年1月以降再び価格低下に転じ2016年11月にはサウジアラムコCPは、390ドル/トンとなっています(第222-1-28)。

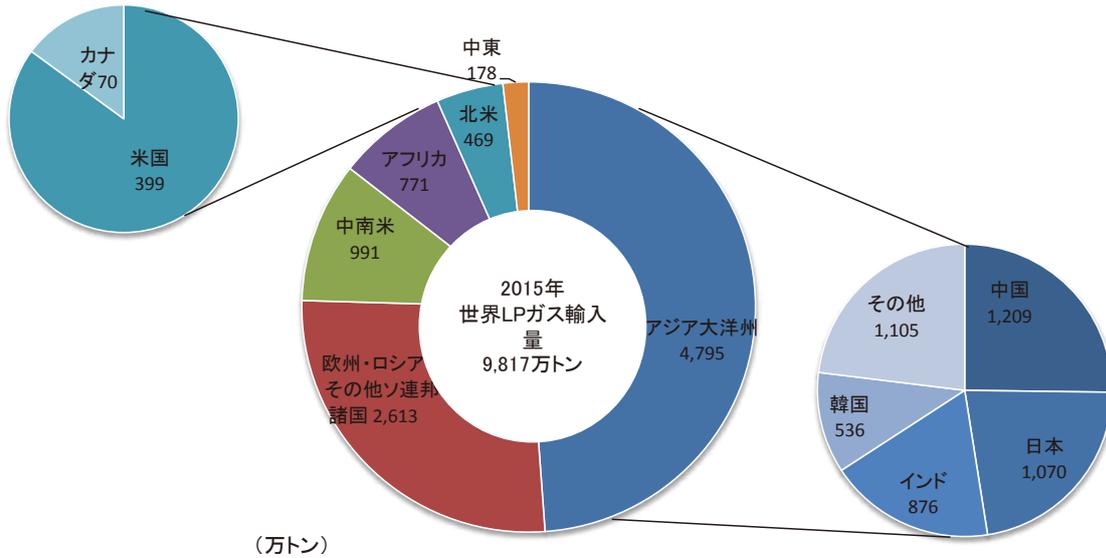
【第222-1-28】サウジアラビア産(サウジアラムコCP)プロパン価格推移



出典: 石油情報センター「LPG価格の動向」を基に作成

6 Free On Board価格の略称で積地引渡し価格を指します。

【第222-1-29】世界のLPガス地域別輸入量(2015年)



出典: Argus Media Group「Statistical Review of Global LPG 2016」を基に作成

(エ) 貿易の動向

最大の輸出地域は中東地域で、2015年には3,887万トンの輸出実績がありました。また、最大の輸出国はUAEで1,130万トンでした。中東地域に続く輸出地域は、北米地域(2,572万トン)、欧州・ロシア及びその他旧ソ連邦諸国(2,090万トン)、となりました。

一方、輸入面ではアジア地域が最大の輸入地域で、同年の輸入量は4,795万トンでした。アジア地域に続く輸入地域は、欧州・ロシア及びその他旧ソ連邦諸国で2,613万トンとなりました。最大の輸入国は中国で輸入量は1,209万トン、続いて我が国(1,070万トン)、インド(876万トン)、韓国(536万トン)、米国(399万トン)となりました。(第222-1-29)。

世界のLPガス貿易市場は、(ウ) 価格の動向において既述のとおり、大きく3地域(米州地域、欧州地域、アジア地域)に分割されており、従来は、基本的にこの各域内で貿易取引が行われていました。しかし、1999年を境にそれまで供給余剰であったアジア市場が一転して不足状態となり、スエズ以西からLPガスが流入するようになりました。

(3) 石炭

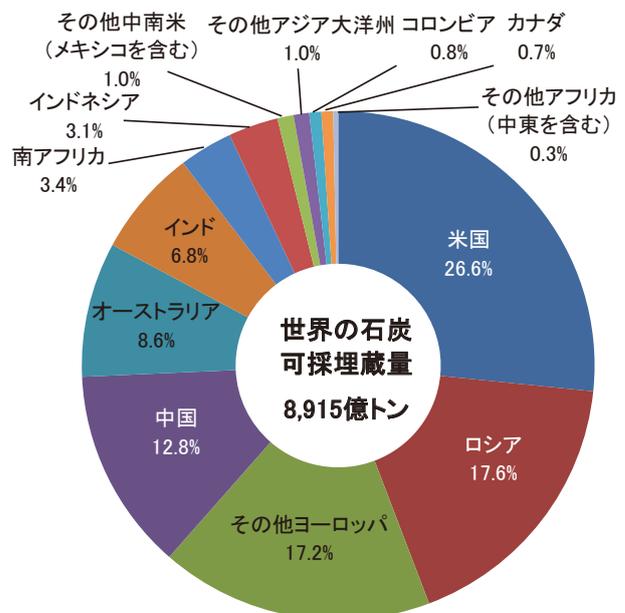
①資源の分布

石炭の可採埋蔵量は8,915億トンで、国別には、米国(26.6%)、ロシア(17.6%)、次いで中国(12.8%)

に多く埋蔵されています(第222-1-30)。石炭の炭種別には、瀝青炭と無煙炭が4,032億トン、亜瀝青炭と褐炭が4,883億トンです。

石炭の持つメリットとしては、石油、天然ガスに比べ地域的な偏りが少なく、世界に広く賦存していることが挙げられます。また、可採年数(可採埋蔵量/年産量)が114年(BP統計2016年版)と石油等のエネルギーよりも長いのも特徴です<sup>7</sup>。

【第222-1-30】世界の石炭可採埋蔵量(2015年末時点)



出典: BP「Statistical Review of World Energy 2016」を基に作成

<sup>7</sup> 石炭の根源植物が石炭に変質する過程を一般に石炭化作用と呼び、この進行度合を石炭化度と言います。石炭は、石炭化度により無煙炭、瀝青炭、亜瀝青炭、褐炭、亜炭、泥炭に分類されますが、日本では一般に無煙炭から褐炭までを石炭と呼んでいます。

②石炭生産の動向

世界の石炭生産は2000年代に入り、急速な拡大を遂げました。2000年時点の生産量は46億3,841万トンでしたが、2015年（見込み値、以下同じ）には77億866万トンと30億7,025万トン拡大しました。しかし、中国、欧州、北米等での石炭需要の減少に伴い、石炭生産は2013年をピークに減少し、2015年の石炭生産量は対前年比2.8%減となりました。

2015年の石炭生産量を国別シェアで見ると、中国（46%）と米国（11%）の2か国で世界の生産量の半数以上となる57%を占めました。さらに、インド、豪州、インドネシアまでの上位5か国の生産量を合計するとそのシェアは78%でした。また、2015年において石炭生産量が1億トンを超える上位10か国(上述の5か国に、ロシア、南アフリカ、ドイツ、ポーランド、カザフスタンを加える)のうち、2000年時点と2015年を比較して石炭生産量が減少しているのは米国、ドイツ、ポーランドの3か国で、他の7か国では増加しました(第222-1-31)。米国の生産量の減少はシェールガスの生産増加により天然ガス価格が低下し、その結果、電力分野での石炭消費が減少したことが一番の要因と考えられ、ドイツ、ポーランドの減少は国内消費が減少傾向にあるのに加え、国内炭より価格の安い輸入炭が増加傾向にあるためです。

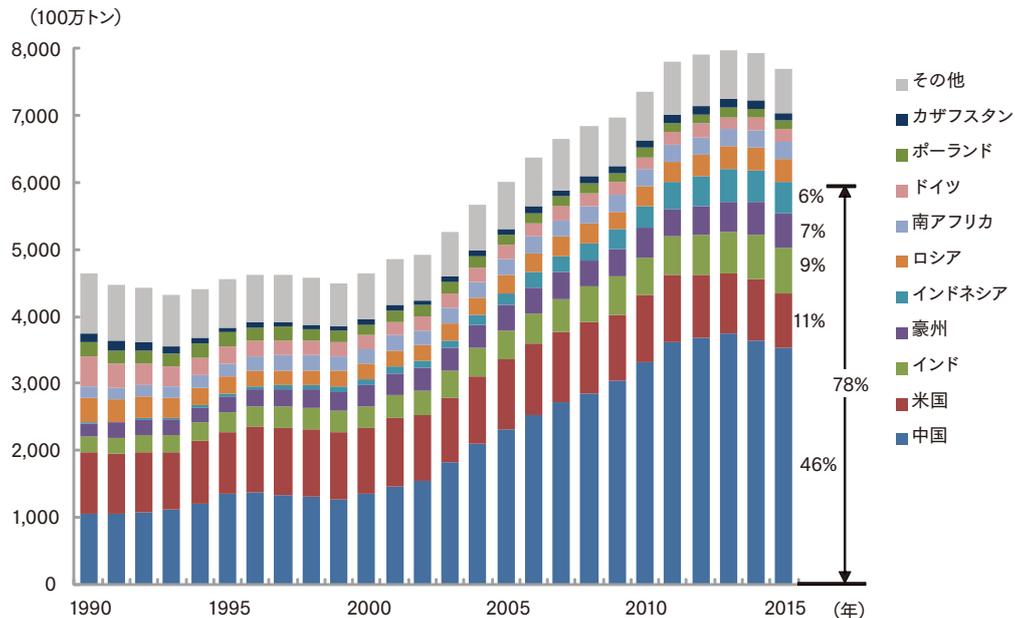
石炭生産量が世界第1位の中国は2000年代以降、電力分野を中心に急拡大する国内消費に 대응するため、生産量を大幅に伸ばしてきましたが、2013年

から経済の減速と産業構造の調整などにより減少に転じています。第2位の米国は石炭を石油に次ぐ重要なエネルギーと位置付け、2000年代前半までは石炭火力発電が発電電力量の50%以上を担ってきました。しかし、環境問題、天然ガス火力発電所の増加等により発電電力量に占める石炭火力発電の比率は次第に下がり、さらには上述のとおり競合する天然ガス価格の下落によって、現在（2015年時点）は33.2%となっており、発電分野での石炭消費量が減少、その結果、石炭生産量も減少しています。第3位のインドの生産量は、国内需要の拡大に伴い増加しています。

石炭輸出国である豪州では、アジアを中心とした輸出の拡大に伴い生産量は増加しています。インドネシアでは、1980年代初めに生産分与方式が導入されたことにより炭鉱開発に外国資本が参入し、1990年代以降アジア向けを中心とした輸出と国内需要の拡大により生産量は増加してきました。しかし、国内需要は増加しているものの、中国、インド向けの輸出量が大きく減少したため、生産量は2013年をピークにここ数年間減少しています。

2015年の世界の石炭生産量（褐炭を含む）は77億866万トンと推計されていますが、このうち75.4%に相当する58億1,143万トンは発電用燃料や一般産業で利用される一般炭でした。一般炭の生産量は2000年代に入り急速に増加しました。コークス製造に用いられる原料炭も2000年代に入り生産量が倍増していますが、2015年における原料炭の生産

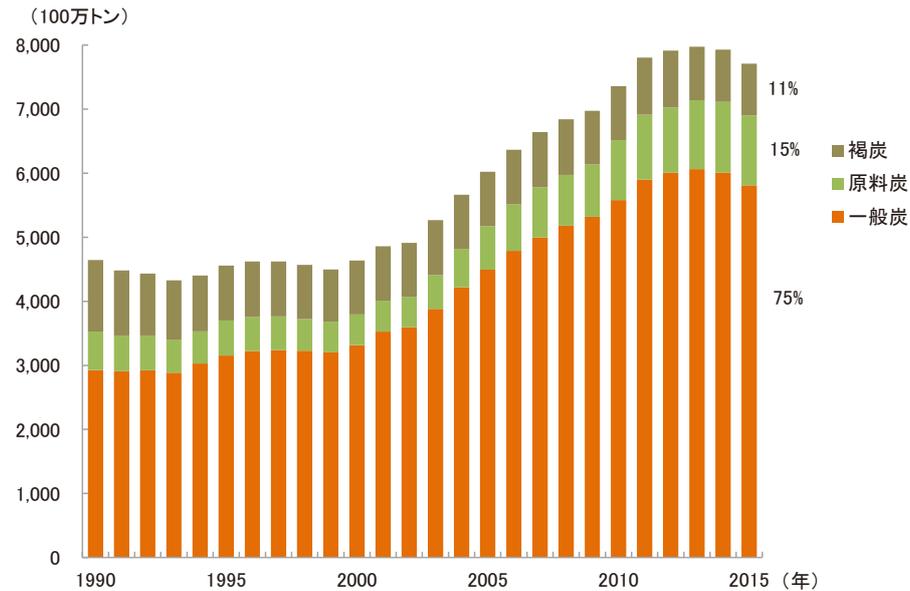
【第222-1-31】世界の石炭生産量の推移(国別)



(注) 2015年データは見込み値。

出典:IEA「Coal Information 2016」を基に作成

【第222-1-32】世界の石炭生産量の推移(炭種別)



(注) 2015年データは見込み値。 出典:IEA[Coal Information 2016]を基に作成

量は総生産量の約14.1%に相当する10億8,987万トンでした。熱量が低く、生産地での発電燃料など用途の限られる褐炭は2000年代を通して生産量は8億トン台で推移しています(第222-1-32)。

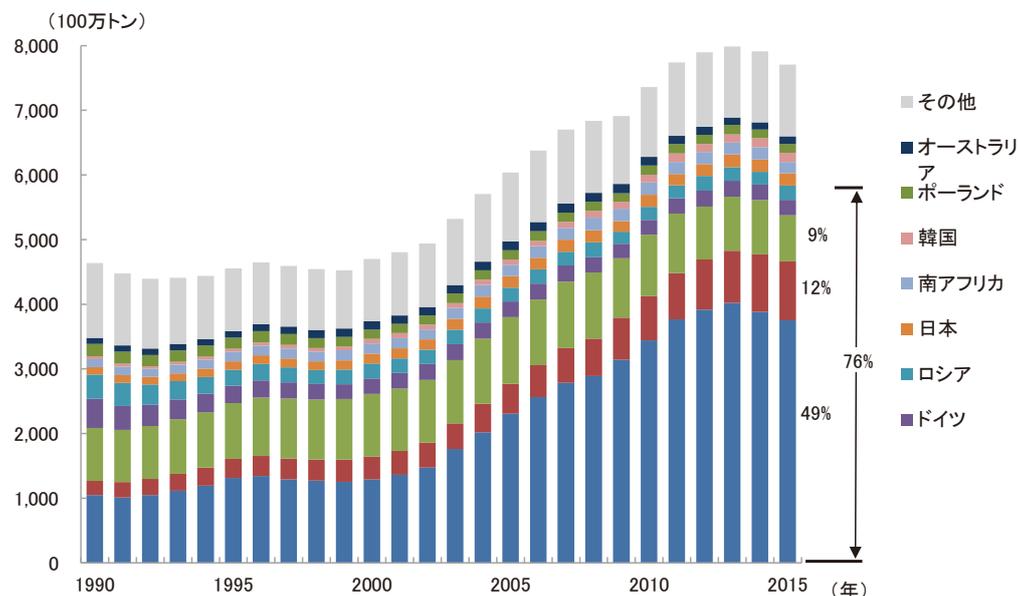
③石炭消費の動向

2015年の世界の石炭消費量(褐炭を含む)は77億595万トンと推計されており、対前年比2.6%減となりました。2015年の石炭消費の国別シェアを見ると、中国の消費量は総消費量の48.7%に相当する37億5,251万トンでした。つまり中国だけで世界のほ

ぼ半分を消費していることとなります。また、中国(49%)、インド(12%)の2か国で世界の石炭消費量の60%以上を占め、これらに米国、ドイツ、ロシアを加えた上位5か国で世界の76%を消費しています。

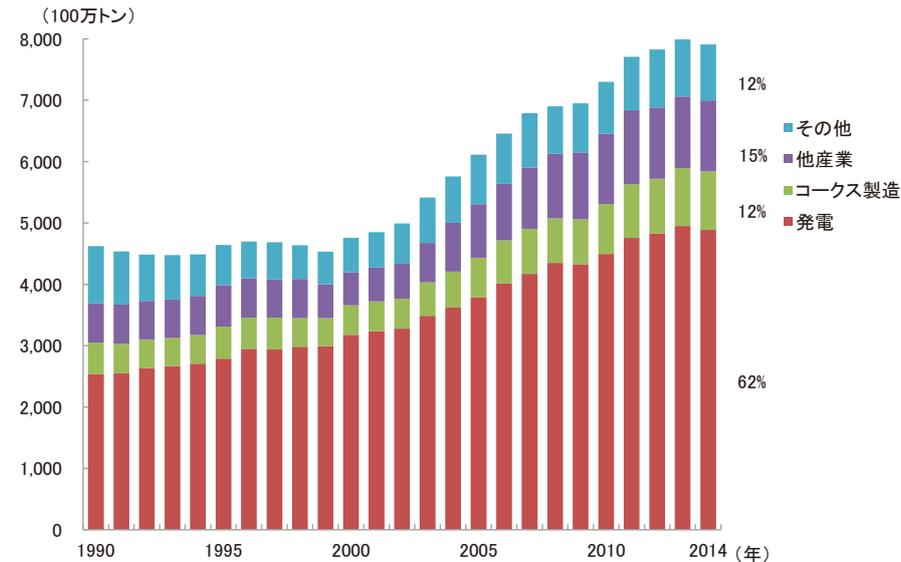
中国は2000年代に入り石炭消費量を急激に増加させ、2013年の消費量は40億トン台まで増加しましたが、2015年の石炭消費量は前年比約1.3億トン減少しました。我が国の2015年の石炭消費量は1億9,155万トンで、中国、インド、米国、ドイツ、ロシアに続き世界第6位(褐炭を除くと中国、インド、米国に続き世界第4位)でした(第222-1-33)。

【第222-1-33】世界の石炭消費量の推移(国別)



(注) 2015年データは見込み値。 出典:IEA[Coal Information 2016]を基に作成

【第222-1-34】世界の石炭消費量の推移(用途別)



(注1) その他には誤差値が含まれる。(注2) 用途別の内訳は2014年が最新の値。  
出典:IEA「Coal Information 2016」を基に作成

2014年の世界の石炭消費量を用途別に見ると、発電用に61.8%、鉄鋼生産に用いるコークス製造用に12.0%、製紙・パルプや窯業を始めとする産業用に14.6%が消費されました(第222-1-34)。

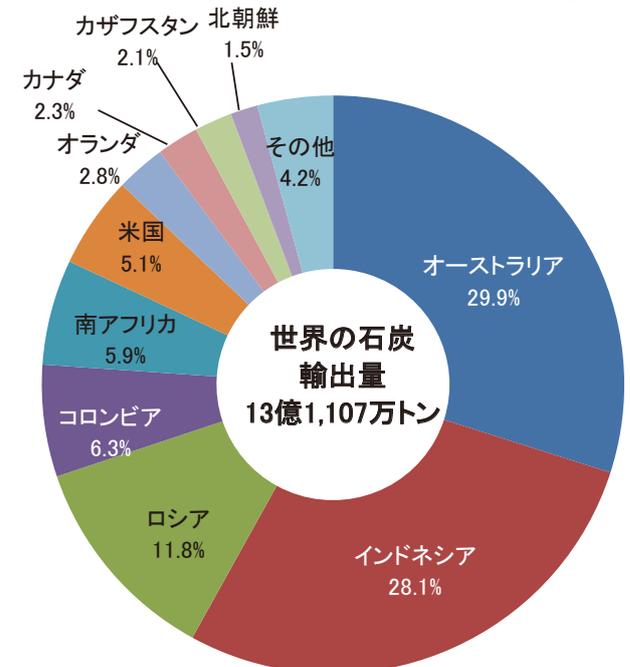
石炭を利用する場合においては、地球温暖化対策の観点から、高効率化の技術開発、また、この技術を電力需要が急増する国々を中心に広く普及させるといった対策が併せて求められています。

④石炭貿易の動向

2015年の世界の石炭輸出量(褐炭を含む)は13億1,107万トンと推計されています。インドネシアは2011年に豪州を抜き世界最大の輸出国になりましたが、2015年にはオーストラリアが再び世界第1位となり、世界の輸出量の29.9%を占めました。第2位のインドネシアは世界の輸出量の28.1%を占め、次いでロシアが11.8%と続き、以下、コロンビア、南アフリカ、米国の順となりました。これら上位6か国で世界の石炭輸出量の87.1%を占めました(第222-1-35)。中国は2003年に世界第2位の輸出国になりましたが、国内消費の急拡大により需給がひっ迫したことから2004年以降は輸出量が急減し、2015年の輸出量は496万トン(世界第14位)まで減少しました。

一般炭と原料炭の輸出量(褐炭を除く)の別で見ると、2015年の一般炭輸出量は10億280万トン、原料炭輸出量は2億9,920万トンと推計されています。輸出国別では、インドネシアが一般炭の最大の輸出国で、世界の一般炭輸出量の36.5%を占め、次いで豪州が20.4%、ロシアが13.3%、コロンビアが8.0%、南

【第222-1-35】世界の石炭輸出量(2015年見込み)



(注) 各国・地域の輸出量を積み上げたもので、第222-1-35の輸入量合計と一致しない。  
出典:IEA「Coal Information 2016」を基に作成

アフリカが7.7%と続きました。一方、原料炭の最大の輸出国は豪州で、世界の原料炭輸出量の62.7%を占め、次いで米国13.9%、カナダ9.4%、ロシア6.1%と続き、これら4か国で全体の92.2%を占めました。

インドネシアからの輸出が急拡大した理由としては、石炭需要が拡大しているインドや東南アジア諸国、また中国や韓国など東アジアに地理的に近いこと、発熱量の低い石炭を安く購入できること等が挙げられます。一方、豪州が多くの石炭を輸出してい

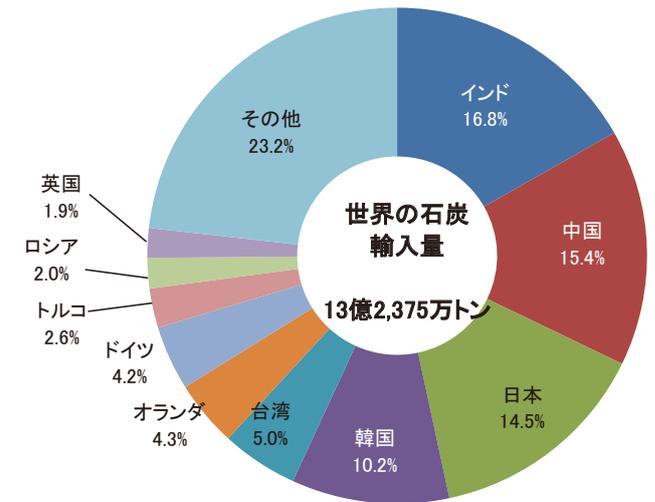
る理由としては、高品質の石炭が豊富に賦存すること、石炭の生産地が積出港の近くにあること、鉄道や石炭ターミナルのインフラが他の輸出国と比較して整備されていることが挙げられます。

一方、2015年の世界の石炭輸入量（褐炭を含む）は13億2,375万トンと推計されています。輸入国としては2011年には中国が日本を抜いて最大の輸入国になりましたが、2015年にはインドの輸入量が2億2,180万トンと世界の総石炭輸入量の16.8%を占め、最大となりました。中国の輸入量は2億413万トン（シェアは15.4%）と推計されています。我が国の輸入量は1億9,155万トン（14.5%）で、2013年までは世界第2位の輸入国でしたが、2014年以降は世界第3位となっています。以下、韓国1億3,509万トン（10.2%）、台湾6,581万トン（5.0%）と続き、これら5か国で全体の61.8%を占めました（第222-1-36）。

中国、インド等アジア諸国では電力需要の増加に伴い石炭火力発電所での石炭消費が増加し、石炭輸入量が増加しています。なお、中国は、2009年に輸入量が1億トンを超え、輸入量が輸出量を上回る純輸入国に転じました。

一般炭と原料炭の別に2015年の輸入国を見ると、一般炭はインドが最大の輸入国で、以下、中国、日本、韓国と続きました。原料炭も、インドが最大の

【第222-1-36】 主要輸入国・地域における石炭輸入量(2015年見込み)



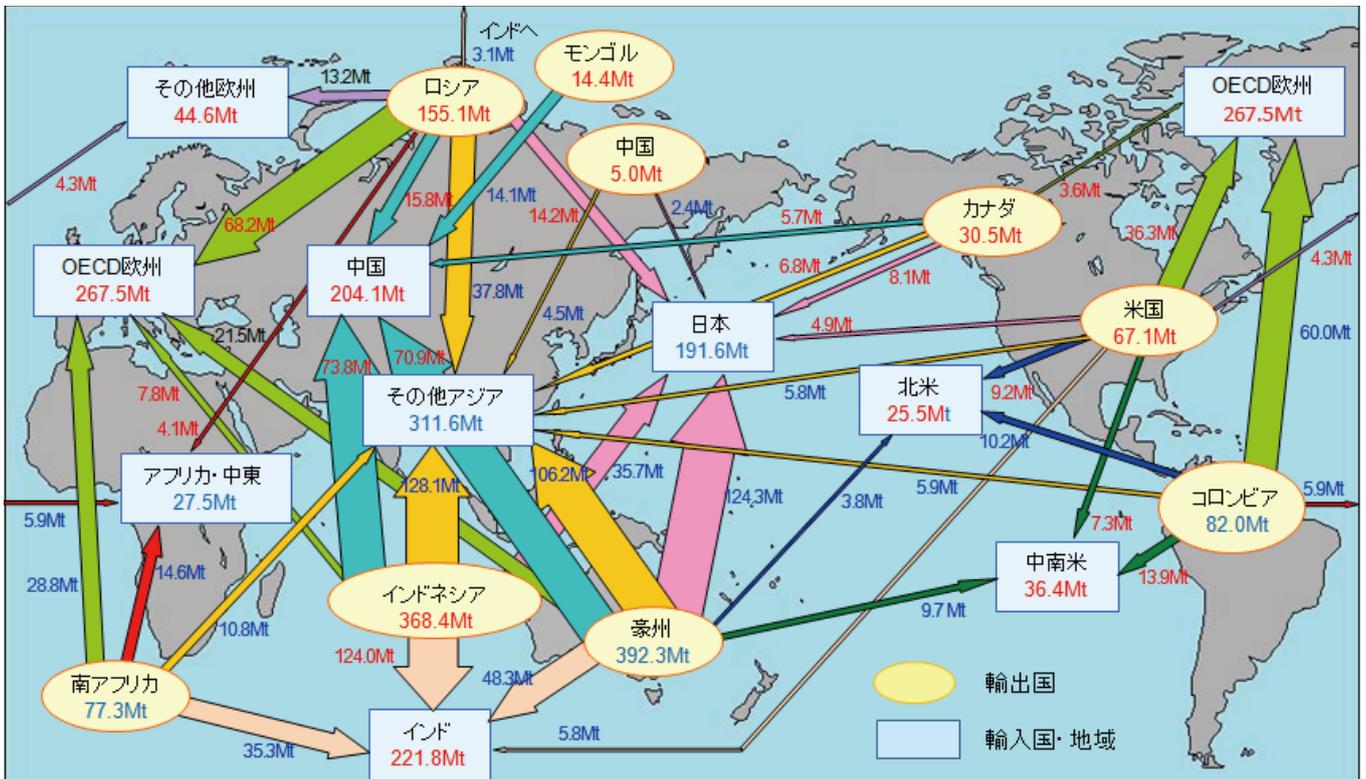
(注) 各国・地域の輸入量を積み上げたもので、第222-1-34の輸出货量合計と一致しない。

出典：IEA「Coal Information 2016」を基に作成

輸入国で、以下、日本、中国、韓国、ドイツの順となりました。

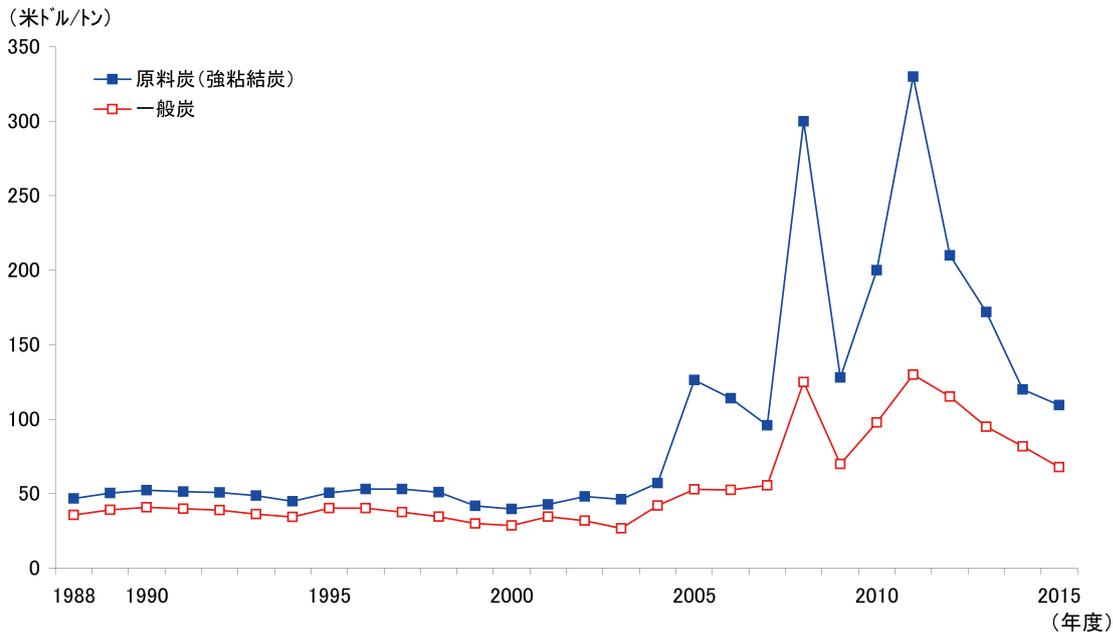
2015年の世界の主な石炭貿易フロー（褐炭を除く）を見ると、石炭が中国、インド及び日本を中心とするアジア地域と欧州地域へ流れており、石炭市場はアジア市場と欧州市場の二つに大きく分かれています（第222-1-37）。

【第222-1-37】世界の主な石炭貿易(2015年見込み)



(注) 褐炭を除く。400万トン未満のフローは記載しておらず、青字は対前年比増、赤字は対前年比減、黒字は増減なしを示している。輸入側の「北米」には、メキシコを含む。中国の輸入量は「その他アジア」に含む。出典：IEA「Coal Information 2016」を基に作成

## 【第222-1-38】我が国の輸入炭FOB価格の推移



(注) 豪州産日本向け長期契約ベースの石炭価格(年度始(各年4月)における改定価格)。

原料炭(強粘結炭)：グニエラ炭などのトップクラスの強粘結炭の契約価格。

一般炭：1997年度までがベンチマーク価格、1998～2002年度が参考価格、2003年度が東北電力(株)の長契更新価格、2004年度以降は電力各社の契約更新価格。

出典：2005年度まではBarlow Jonker(現IHS Energy)「Coal 2005」、2006年度以降は各種情報を基に作成

## ⑤石炭価格の推移

2003年度以降の日本の電力向けの豪州産一般炭(長期契約ベース) FOB価格(年度初め改定価格。以下、石炭価格については米ドル/トンとドルと表示する)は、2003年夏以降の世界的な石炭需給ひっ迫を受け2003年末から一般炭スポット価格が急騰し、その後も高止まりしたことから、2004年度、2005年度と上昇しました。さらに2007年夏に世界最大の石炭輸出国である豪州、ニューサウスウェールズ州の石炭積出港を嵐が襲い、供給が滞ったことを発端に、スポット価格が上昇を続け、2008年度の価格は前年度を大幅に上回りました。2009年度の価格は一転して世界同時不況の影響を受け、前年度を大幅に下回りましたが、2010年度は経済情勢の回復を反映して、一般炭の価格は上昇に転じ、中国やインドが輸入を増やす中、2011年度には130ドルに迫る高値を記録しました。2012年度の価格は輸出国の供給力が増加しているのに対して、欧州の経済不安等から世界的に需要の伸びが鈍化し、値を戻しました。その後も石炭供給力が需要を上回る状況が続き、2013年度から2015年度にかけて価格は引き続き下落しました(第222-1-38)。

従来、長期契約ベースの一般炭価格の改定は、日本の会計年度に合わせて4月を契約開始日として1年間の固定価格で契約(複数年契約では2年目以降4月に価格の改定を実施)されていました。しかし、2000年頃からサプライヤー、ユーザー双方にスポット価格の変動によるリスクを回避する意識が働き、契約開始日を4月ではなく、7月、10月、1月といったようにずらす契約を行うようになりました。さらに近年では、ターム固定価格のみならず市場連動価格を盛り込むようになってきました。また取引ごとに価格を決めるスポット契約の数量も増えてきています。

一方、豪州産原料炭(長期契約ベース) FOB価格も世界的な石炭需給のひっ迫、豪州を襲った豪雨による影響を受け、2005年度、2008年度、2010年度、2011年度に急上昇しました。2008年度においては、2008年1月から2月にかけて原料炭の輸出地である豪州のクィーンズランド州を襲った記録的な集中豪雨による炭鉱の冠水等のために生産や出荷が滞り、前年度比で3倍以上となる300ドルまで急上昇しました。一般炭と同様に、2009年度は世界同時不況の影響を受けて大幅に下落しましたが、2010年度は経済情勢の回復を反映し、原料炭価格も上昇に転じました。

2011年度はクィーンズランド州を再度記録的な集中豪雨が襲い生産や出荷が滞ったことと輸入需要の高まりを背景に330ドルと最高値を更新しました。しかし、欧州の経済不安、さらに中国、インドでの経済成長の減速等から世界的に原料炭需要が停滞したため、2012年度以降4年連続して価格の下落が続いており、2016年度は2007年度のレベルまで低下しました。なお、2010年度からは豪州の原料炭生産者の要望を受けて、長期契約ベースの原料炭価格を年度固定価格から四半期ごとに見直すようになりました。

一般炭スポット価格は、市場原理に基づき決定され、ベンチマーク価格、その後の電力向け年度契約FOB価格を先行する形で推移してきました(第222-1-39)。なお、電力用以外の一般炭の取引では、年度契約あるいは取引ごとに価格を取り決めるスポット契約が一般的です。

2016年の石炭スポット価格は大きく変動しました。一般炭スポット価格(豪州のニューキャッスル港出し一般炭価格)は2016年1月初めに50ドルを割り込み、それを底値に6月まで50ドル台前半で推移していましたが、その後上昇し、11月10日前後には一時的に110ドルまで高騰しました。この高騰の主な要因は2014年、2015年と減少した中国での消費量の減少が止まったこと、中国が国内炭の生産を政策的に調整(操業日数を減じた)したこと等により国内需給がタイトになり、輸入量が対前年比で増加したためです。一方供給側では、長引いた価格低迷による不採算炭鉱の閉山や

休山が進み供給力の調整が進んでいたことがあります。しかし、その後一般炭スポット価格は、中国が国内の需給ひっ迫に対応して操業日数を元に戻したことで、価格の高騰を受けて増産計画や休山中炭鉱の再操業計画により供給量の増加が見込めるようになったこと等から、80ドル前半まで下落しています。

原料炭(豪州出し高品位強粘結炭)スポット価格は、2015年11月から2016年2月にかけて70ドル台後半まで価格を下げていました。その後、一般炭と同様の要因により、原料炭スポット価格は、上昇傾向を示し11月中旬には310ドルまで急騰しましたが、12月に250ドルまで下落し、2017年に入り160ドル前後で推移しています。

石炭(一般炭)の価格と他の化石エネルギーの価格を同一の発熱量(1,000kcal)当たりのCIF価格で比較すると、石炭の価格が原油やLNGの価格よりも低廉かつ安定的に推移していることが分かります(第222-1-40)。1980年代前半では石炭の価格優位性は非常に高いものでしたが、1986年度以降はその価格差が縮小しました。しかし、1999年度以降再び価格差は増大し、石炭の優位性が増してきました。2004年度以降、原油価格の上昇に合わせて他の化石エネルギーの価格も上昇していますが、発熱量当たりのCIF価格で比較すると、石炭の上昇幅は他の化石エネルギーよりも小さいものでした。2012年度以降は上述したように石炭価格が下落していることから発熱量当たりのCIF価格は下落傾向にあります。

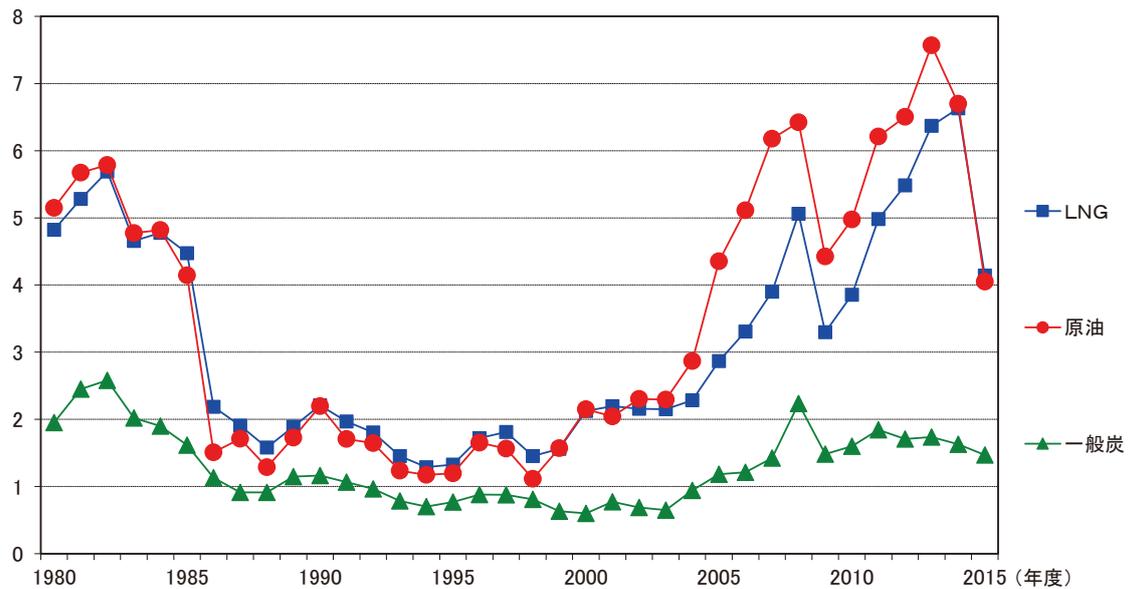
【第222-1-39】 スポット価格と長期契約価格の関係



(注) 長期契約改定価格：年度ごとに更新される豪州産日本向け一般炭の長期契約をベースとしたFOB価格(4月改定価格)。豪州産一般炭スポット価格：Energy Publishing Incが集計・発表する豪州・ニューキャッスル港出し一般炭スポットFOB価格(NEX Spot Index)の月平均。  
出典：Barlow Jonker(現IHS Energy)「Coal 2005」、 「Australian Coal Report」等を基に作成

【第222-1-40】化石エネルギーの単位熱量当たりCIF価格

(円/千kcal)



出典：日本エネルギー経済研究所「エネルギー・経済統計要覧」を基に作成

## 2. 非化石エネルギーの動向

### (1) 原子力

#### ①世界の原子力発電の推移

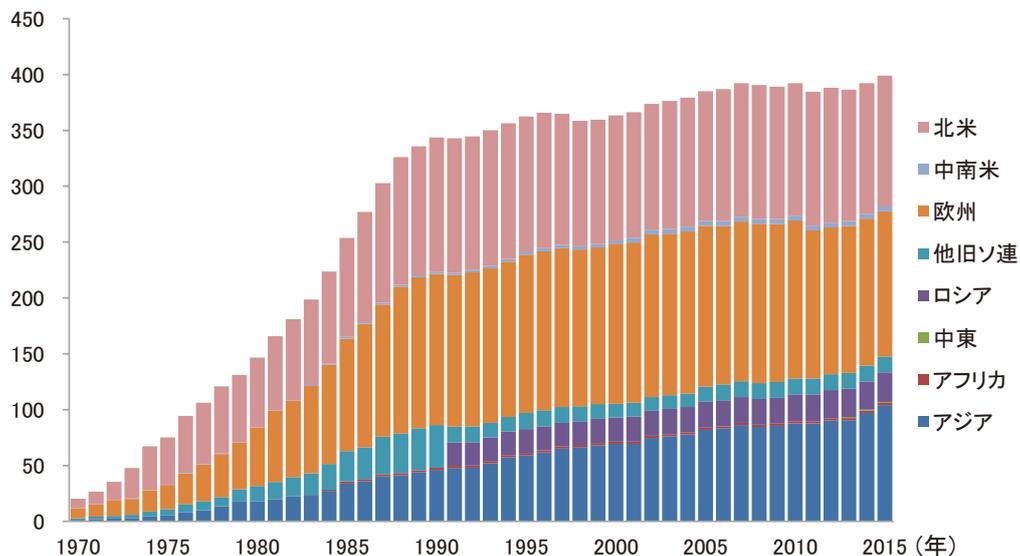
1951年、世界初の原子力発電が米国で開始されて以来、二度の石油ショックを契機として世界各国で原子力発電の開発が積極的に進められてきましたが、1980年代後半からは世界的に原子力発電設備

容量の伸びが低くなりました(第222-2-1)。

しかし、化石燃料資源の獲得を巡る国際競争の緩和や地球温暖化対策のため、特にアジア地域では、原子力発電設備容量が着実に増加してきました。2011年3月に発生した東京電力福島第一原子力発電所事故を受けて日本の原子力発電電力量が減ったため、アジア地域の原子力発電電力量は減少しましたが、2014年に再び増加に転じました(第222-2-2)。

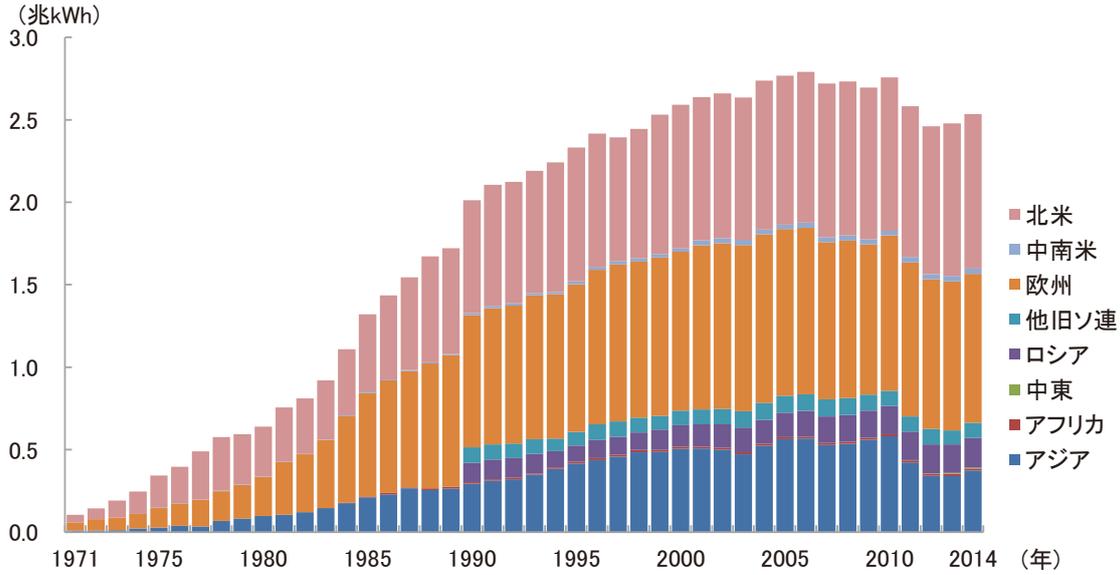
【第222-2-1】原子力発電設備容量(運転中)の推移

(100万kW)



出典：日本原子力産業協会「世界の原子力発電開発の動向2016年版」を基に作成

【第222-2-2】世界の原子力発電電力量の推移(地域別)

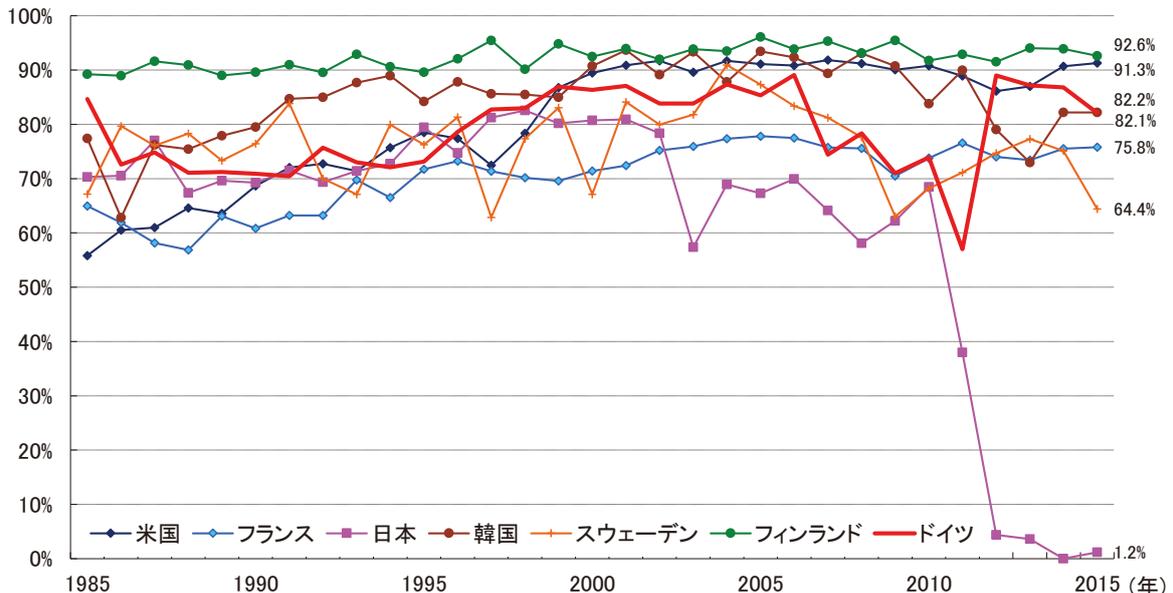


出典：IEA「World Energy Balances 2016 Edition」を基に作成

一方、欧米地域においては、原子力発電所の新規建設が少ないものの、出力増強や設備利用率の向上によって、発電電力量は増加傾向となってきました。設備利用率で見ると、例えば、米国ではスリーマイル島事故後の自主的な安全性向上の取組によって官民による設備利用率向上を進めた結果、近年では設備利用率9割前後で推移しています。一方、日

本では東日本大震災後、原子力発電所は長期稼働停止しており、2015年8月に新規規制基準施行後初めて再稼働した九州電力川内原子力発電所1号機を始め、2017年1月までに3基が再稼働したものの、設備利用率は低迷したままです(第222-2-3)。また、エネルギー需要が急増する新興国を中心に、原子力発電所の新規導入若しくは増設の検討が進められています。

【第 222-2-3】世界主要原子力発電国における設備利用率の推移



出典：IAEA「Power Reactor Information System(PRIS)」を基に作成

## ②各国の現状

ここでは、各国・地域の現状について説明します(第222-2-4)。

## (ア) 米国

米国では運転中の原子力発電所の基数が99基(合計出力1億272万kW)あり、その規模は世界一で、原子力発電により発電電力量の約19%を賄っています(2015年)。また、平均設備利用率が91%(2015年)と順調な運転を続けてきました。2017年1月時点で8割程度の原子力発電所について、運転期間(認可)を60年とする延長が認められており、さらに1割程度の原子力発電所について延長の申請が提出されています。さらに、エンタジー社、エクセロン社等が、小規模な原子力発電所所有会社のプラントを買収する等、原子力発電所所有会社の再編が急速に進んできました。

2005年8月に成立した、原子力発電所の新規建設を支援するプログラムを含む「2005年エネルギー政策法」に基づいて、建設遅延に対する政府保険、発電量に応じた一定の税額控除、政府による債務保証制度が整備されました。そのようなインセンティブ措置の導入を受け、原子力発電所の新規建設に向けて、2007年から2016年現在に至るまで18件の建設・運転一体認可(COL)申請が米国原子力規制委員会(NRC)に提出されました(認可5件、審査中3件、審査一時停止2件、申請取下げ8件)。

東京電力福島第一原子力発電所事故直後の2011年3月14日、エネルギー省は、前月に発表した2012会計年度のエネルギー省予算のうち、原子力発電所新設支援のための融資保証枠360億ドルは変更しない、と発表し、原子力政策の維持を表明しました。さらに同年3月30日にオバマ大統領はエネルギー政策に関する演説を行い、そこで原子力の重要性に言及しました。

この方針に沿って2012年2月9日にNRCはサザン社等によるジョージア州ボーグル発電所における新規原子炉建設計画の承認を決定し、同月13日にはエネルギー省が同計画への83億ドルの融資保証実施を決定しました。また、同年3月30日には、サウスカロライナ電力・ガス社等によるサウスカロライナ州V.C.サマー発電所に2基の原子炉を建設する計画がNRCにより承認されました。

他方で、米国内でシェールガス開発が進み天然ガス価格が下落している等の要因を含む経済性の観点から、原子力発電所の閉鎖も発表されています。2012年から2016年までの5年間に、ドミニオン社のキウオーニー原子力発電所、エンタジー社のバーモ

## 【第222-2-4】各国・地域の現状一覧

国名 (発電能力順)	基数	発電能力 [万kW]	発電量 [TWh]	設備利用率 [%]
米国	99	10,272	798	91
フランス	58	6,588	419	76
日本	43	4,205	4	1
中国	30	2,849	161	69
ロシア	30	2,629	183	82
韓国	24	2,172	157	82
カナダ	19	1,427	96	81
ウクライナ	15	1,382	82	72
ドイツ	8	1,136	87	82
英国	15	1,036	64	78
スウェーデン	10	968	54	64
スペイン	7	740	55	83
ベルギー	7	619	21	40
インド	21	578	35	74
台湾	6	523	35	79

(注)基数・発電能力は2016年1月1日時点。発電量・設備利用率は2015年時点(年ベース)。

出典：基数・発電能力は日本原子力産業協会「世界の原子力発電開発の動向2016年版」を基に作成、発電量・設備利用率はIAEA「Power Reactor Information System(PRIS)」を基に作成

ントヤンキー原子力発電所、ピルグリム1号機、パリセード原子力発電所、オマハ電力公社のフォートカルフォーン1号機、パシフィックガスアンドエレクトリック社のディアプロキャニオン1号機、2号機が、経済性の観点から閉鎖が決定されています。なお、デュークエナジー社のクリスタルリバー3号機、サザンカリフォルニアエジソン社のサンオノフレ2号機、3号機についても、停止中の原子炉の再稼働が見込めないことから、閉鎖が決定されました。

## (イ) 欧州

## (i) 英国

英国では、15基の原子力発電所が運転中で、発電電力量の約21%を賄っています(2015年)。2007年7月、英国政府は、新しいエネルギー白書「Energy White Paper: meeting the energy challenge」を発表し、この中で、原子力発電所の新規建設に向けた政策面での支援方針を表明しました。さらに2008年1月には、原子力発電所新規建設に向けた体制整備やスケジュール等を盛り込んだ原子力白書を発表しました。2011年7月には、英国下院において8か所の原子炉新設候補サイトが示された原子力に関する国家政策声明書が承認されました。2013年12月に成立したエネルギー法では、原子力発電への適用を含んだ差額決済方式を用いた低炭素発電電力の固定価格買取制度(FIT-CfD: Feed-in Tariff with Contracts for Difference)を実施することが規定されています。このFIT-CfDについては、EDFエナジー社のヒンクリー・ポイントCにおける原子力発電所新設案件への適用について、欧州委員会よりEUの国家補助(State Aid)

規則に違反する可能性につき調査が行われましたが、2014年10月に同規則に違反しないと判断が下されました。2017年1月現在、英国内ではEDFエナジー社のヒンクリー・ポイントC発電所計画及びサイズウェルC発電所計画、日立製作所が100%出資するホライズン・ニュークリア・パワー社のウィルファ・ニューウィッド発電所計画及びオールドベリーB発電所計画、東芝が60%出資することで合意したニュージェネレーション社のムーアサイド発電所計画等の新設計画が進められています。このうち、ヒンクリー・ポイントC発電所計画では、2013年10月に英国政府と事業者の間で、具体的な固定買取価格(ストライク・プライス)が発表されており、2015年10月には、EDFと中国広核集团有限公司(CGN)の間で、同計画に対してEDFが66.5%、CGNが33.5%を出資することで合意に至ったと発表されました。2016年7月にはEDFの取締役会が最終投資決定を票決し、同年9月には英国政府、EDF及びCGNが、同計画を実行するための最終的な契約・合意文書に調印したと発表されました。

### (ii) フランス

フランスは、原子力発電所の基数が58基と米国に次ぐ世界第2位の原子力発電規模を有しており、発電電力量の約78%を賄っています(2015年)。発電設備が国内需要を上回っているという状況から、新規原子力発電所の建設は行われてきませんでした。しかし、2005年7月に制定された「エネルギー政策指針法」において、2015年頃までに既存原子力発電所の代替となる新規原子力発電所を利用可能とするため、原子力発電オプションの維持が明記されたこともあり、フランス電力公社(EDF)は2006年5月、新規原子力発電所としてフラマンビル3号機(EPR)を建設することを決定しました。EDFはこのフラマンビル3号機について、2007年12月に着工しました。東京電力福島第一原子力発電所事故後の2011年3月以降、原子力政策堅持の姿勢を崩しませんでした。2012年5月の大統領選挙で新たに就任したオランド大統領は、2025年には原子力比率を現状の75%から50%まで低減するといった公約を掲げました。2014年6月にはオランド大統領率いる社会党政権が、原子力発電の発電量について、2025年までに50%まで割合を引き下げ、現行の発電容量(63.2GW)を上限とする内容の「エネルギー転換法案」を発表しました。本法案は、2014年10月に下院で可決されましたが、上院において大幅な修正が加えられました。その後、本法案は上下両院での協議を経て、さらに修正が加えられましたが、最終的に2015年7月、原子力

比率50%、原子力発電容量63.2GWという目標が復活する形で、正式に法律として成立しました。2015年7月、フランス電力は、経営難に陥っていた同国の原子力複合企業アレバ社の再建策として、同社の原子力サービス部門であるアレバNP社の株式の少なくとも51%を取得することでアレバ社と合意したと発表しました。さらに同年11月、アレバ社と中国核工業集团公司(CNNC)は、CNNCによるアレバ社の少数株式取得の可能性を含めた協力を行うことで合意したと発表し、同月には、三菱重工がアレバNP社への出資に向けた具体的提案の検討を開始したことを発表しました。2016年11月、アレバ社は、アレバNP社の原子力サービス部門から、建設が遅延しているオルキルト3号機関連を除く事業を継承する新会社 New NP社の株式の少なくとも51%をフランス電力が取得することで、正式にフランス電力と合意しました。現在、アレバ社の再建に向けた協議が行われているところです。

### (iii) ドイツ

ドイツでは、2002年2月に成立した改正原子力法に基づき、当時運転中であった国内19基の原子炉を、2020年頃までに全廃する予定としていましたが、2009年9月の連邦議会総選挙において、「脱原子力政策」が見直され、2010年9月、原子力発電所の運転延長を認める法案が閣議決定され、電力会社は経営判断に基づき既設炉の運転延長を判断することができるようになりました。しかし、東京電力福島第一原子力発電所事故直後の2011年3月27日に行われた州議会選挙で、脱原子力発電を公約とした緑の党が躍進したことや、大都市で原子力発電所の運転停止を求めるデモが相次いだこと等により、連立政権も同年4月には脱原子力を推進する立場へと転換しました。その後、国内17基の原子炉を段階的に廃止し、再生可能エネルギーとエネルギー効率改善により代替していくための法案が、同年6月30日に下院で、7月8日に上院で可決し、7月31日の大統領署名を経て、8月1日から施行となりました。この政策変更により、8基の原子炉が即時閉鎖となりました(2011年においては、原子力発電所の基数が9基で発電電力量の約18%を賄っていました)。また、残り9基の原子炉については、2022年までに順次閉鎖されることになり、それに基づき2015年6月にグラフェンラインフェルト発電所が永久停止し、ドイツの運転中原子力発電所は8基となりました。

### (iv) その他の欧州

スウェーデン10基(発電電力量の約35%)、スペイン

7基(同21%)、ベルギー7基(同38%)、チェコ6基(同32%)、スイス5基(同35%)、フィンランド4基(同34%)、オランダ1基(同4%)の原子力発電所が運転中です(基数:2016年1月時点。発電電力量シェア:2015年時点)。

このうちスウェーデンでは、1980年の国民投票の結果を踏まえて、原子力発電所を段階的に廃止することとされ、1997年には新設禁止を定めた原子力法が制定されました。それに基づき1999年12月にパーセバック1号機を、2005年5月に同2号機を閉鎖しました。しかしその後、原子力発電所廃止見直しの機運が高まり、2010年6月、新設禁止を定めた原子力法を改正し、国内10基の既設原子炉のリプレースを可能とする法案が議会で可決されました。これにより新規建設は法律上可能となりました。これまでは、電気事業者は既設発電所の出力向上に優先的に注力しており、正式な建設計画は提出されていませんでしたが、2012年7月、電気事業者よりリプレースのための調査を行うとの発表があり、規制当局に対してリプレース計画が申請されました。2014年10月に発足したロヴェーン新首相率いる新政権は、2040年までに電力の全てを再生可能エネルギーで賄うことを目標としていましたが、2016年6月の社会民主党を始めとする5党の枠組み合意では、2040年は原子力発電所の全廃の期限ではないことが確認されるとともに、原子力発電所の熱出力に課されている税が2017年から2年間で段階的に廃止されることとなりました。

ベルギーでは、2003年1月、脱原子力発電法が成立し、これに基づき、国内7基の原子炉は、建設から40年を経たものから順次閉鎖する予定となりました。一方2008年3月に発足した前・連立政権時には、専門家による検討を踏まえ、2009年10月に原子炉3基の運転期間を10年延長することを決定する等の動きも見られましたが、2011年10月末、新政権設立を目指す政党間で、2003年の脱原子力発電法の基本方針を踏襲すること、運転期間の10年延長は撤回されることで合意されました。2012年7月4日、ベルギー政府は建設から40年を経たものから順次閉鎖との基本方針を踏襲し、ドール1号機、2号機を2015年に廃炉にすることを決定する一方で、国内最古の原子力発電所の一つであるチアンジュ1号機については10年延長(2025年まで運転)することを決定しました。2014年10月に発足した新政権は、ドール1号機、2号機についても運転延長を認める方針を表明しました。2015年12月、ベルギー政府とエンジー社は、ドール1号機、2号機の運転期間の10年延長と、運転に伴う新たな課税システムに関する協定に調印したと発表しました。

チェコでは、2011年10月、CEZ社がテメリン原子力発電所の増設のための入札を開始し、東芝・ウエスチングハウス、ロスアトム、アレバの3社から入札を受けました。2014年4月、CEZ社は現状の制度の下では投資回収が見込めないことを理由に入札を中断しました。2015年5月、チェコ政府は、2040年時点における原子力比率を約49%にまで高めることを含む新たなエネルギー政策を承認しました。政府は原子力発電所の増設のための投資・事業モデルに関する調査を、2016年末までに完了する予定でしたが、2017年1月現在、完了したとの発表はされていません。

フィンランドでは、2003年12月、TVO社が同国5基目の原子炉としてアレバ社のEPR(160万kW級PWR)を選定し、オルキオト3号機として2005年12月に着工しました(計画遅延により2018年以降運転開始の見込み)。2010年7月には、議会在TV社とフェンノボイマ社の新規建設(各1基)を承認しました。それを受け、TVO社は、2012年3月にオルキオト4号機建設の入札手続を開始し、2013年1月末にTVO社は5社(アレバ、GE日立、韓国水力原子力、三菱重工、東芝)から入札を受けました。また、フェンノボイマ社は2012年1月にピュハヨキ1号機建設の入札を行い、2013年12月、ロスアトム社が選ばれました。

リトアニアでは、2011年7月、ビサギナス原子力発電所の建設のために、日立が戦略的投資家(発電所建設の出資者)として優先交渉企業に選定されました。2012年10月には、国政選挙と併せて実施された国民投票で6割強が原子力発電建設に反対し、政権も交代したためプロジェクトは停滞しましたが、2014年3月にはウクライナ情勢を受けてエネルギー安全保障への関心が高まり与野党間で再度プロジェクト推進の合意がなされました。2014年7月には、リトアニア・エネルギー省と日立の間で、事業会社の設立に向けたMOUが署名されました。

## (ウ) アジア地域

### (i) 中国

中国では、30基の原子力発電所が運転中であり、発電電力量の約2%を原子力発電で賄っています(基数:2016年1月時点。発電電力量シェア:2014年時点)。2007年の原子力発電中長期発展規則では、2020年までに40GWまで拡大する計画とされています。また、2011年3月に安全確保を前提条件としてより効率的な原子力開発を行う方針を示した「国民経済と社会発展第12次5か年計画」を採択しました。この全体計画に基づき、2013年1月には「エネルギー発展第12次

5か年計画」が公表され、2020年の原子力発電所設備容量を58GW(2013年時点では15GW)とするとの目標が示されました。この目標は、2014年11月に公表された「エネルギー発展戦略行動計画2014-2020」及び2016年11月に公表された「電力発展第13次5か年計画」にも引き継がれています。

### (ii)台湾

台湾では、6基の原子力発電所が運転中であり、発電電力量の約16%を原子力発電で賄っています(基数：2016年1月時点。発電電力量シェア：2014年時点)。2005年の「全国エネルギー会議」では、既存の3か所のサイトでの原子力発電の運転と現在の建設プロジェクトの継続が確認されましたが、それ以降は原子力発電所の新規建設は行わず、既存炉が40年間運転した後、2018～2024年に廃炉するとの方針が示されました。東京電力福島第一原子力発電所事故後の2011年11月に明らかにされた原子力政策の方向性でも、その方針に変更はありません。2014年4月、野党や住民による原子力発電反対の声が高まったことを受け、政府は立法院国民大会において、現在の建設プロジェクトを凍結し、当該原子力発電所の稼働の可否については、必ず国民投票を通じて決定することを決議しました。2016年10月、行政院(内閣)は、2025年までに原子力発電所を全て廃止することを含んだ電気事業法の改正案を閣議決定しました。改正案は今後立法院(国会)で審議される予定です。

### (iii)韓国

韓国では、24基の原子力発電所が運転中であり、発電電力量の約30%を原子力発電で賄っています(基数：2016年1月時点。発電電力量シェア：2015年時点)。また4基が建設中です。2014年1月、韓国政府は官民を交えた議論を経て、第2次国家エネルギー基本計画を閣議決定し、2035年の原子力発電比率を29%とすることが決定されました。同計画では、電力需要が年平均2.5%拡大すると想定されており、現在の原子力発電比率を維持するだけでも2,000万kW以上の新規建設が必要とされています。また、2014年1月には、新設2基の建設計画が承認されました。

### (iv)インド

インドでは、21基の原子力発電所が運転中であり、発電電力量の約3%を原子力発電で賄っています(基数：2016年1月時点。発電電力量シェア：2014年時点)。電力需要が増大する中、原子力に対する期待が高まっ

ています。2005年7月、米印両国政府は民生用原子力協力に関する合意に至り、2007年7月には両国間の民生用原子力協力に関する二国間協定交渉が実質合意に至りました。同協定は、原子力供給国グループ(Nuclear Suppliers Group：NSG)におけるインドへの原子力協力の例外化(インドによる核実験モラトリアム等の「約束と行動」を前提に、核不拡散条約未加盟のインドと例外的に原子力協力を行うこと)の決定や国際原子力機関(IAEA)による保障措置協定の承認、米印両国議会による承認等を経て、2008年12月に発効しました。この原子力供給国グループによる例外化の決定以来、インドは、米国のほか、ロシア、フランス、カザフスタン、オーストラリア、アルゼンチン、カナダ、英国、韓国といった国々と民生分野で原子力協力協定を締結しています。2016年11月には、日印原子力協定が署名されました。また、東京電力福島第一原子力発電所事故以降も、電力需給のひっ迫が続くインドでは、原子力発電の利用を拡大するとの方針に変化は見られません。

### (エ)ロシア

ロシアでは1986年のチェルノブイリ原子力発電所(現在のウクライナに所在)事故以降、新規建設が途絶えていましたが、その後積極的に推進するようになり、2001年に新たな原子力発電所が運転を開始し、2016年1月時点で30基を運転中であるとともに、10基を建設中です。

2011年3月、ロスアトム社キリエンコ総裁及びシユマトコエネルギー大臣は、東京電力福島第一原子力発電所事故の如何にかかわらず、原子力発電開発をスローダウンする意向はないと表明しています。

ロシア政府は、2007年に連邦原子力庁「ロスアトム」を国営公社ロスアトム社へ再編し、同社がロシアの原子力の平和利用と軍事利用及び安全保障を一体的に運営することになりました。この結果、ウラン探鉱・採掘、燃料加工、発電、国内外での原子炉建設等民生原子力利用に関して国が経営権を完全に握っていたアトムエネゴプロムも、ロスアトム社の傘下に入ることとなりました。2009年11月に政府により承認された「2030年までを対象期間とする長期エネルギー戦略(2030年戦略)」では、原子力が総発電量に占めるシェアが2008年の16%弱から2030年には20%近くまで引き上げられ、発電量は2.2～2.7倍に増大することを想定しています。2014年1月、エネルギー省は「2035年までを対象期間とする長期エネルギー戦略(2035年戦略)」の草案を発表し、2017年1月現在も検討が続けられています。

③核燃料サイクルの現状

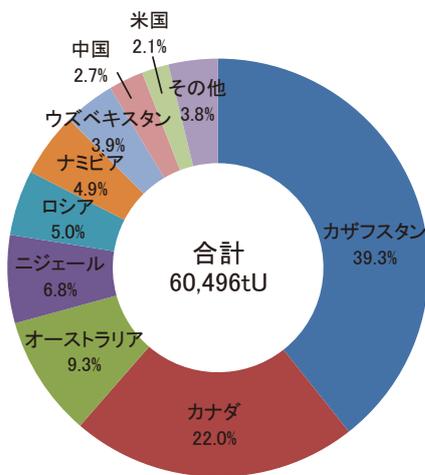
(ア) ウラン資源

ウラン資源は世界に広く分布しており、カナダ、豪州、カザフスタン等が生産量、資源量ともに上位を占めています(第222-2-5、第222-2-6)。

ウラン価格(スポット価格)は、1970年代、特に第一次石油ショック後の原子力発電計画の拡大を受けて上昇しましたが、スリーマイル島事故、チェルノブイリ事故を受けて新規原子力発電建設が低迷したことから下落し、低価格で推移してきました。近年、

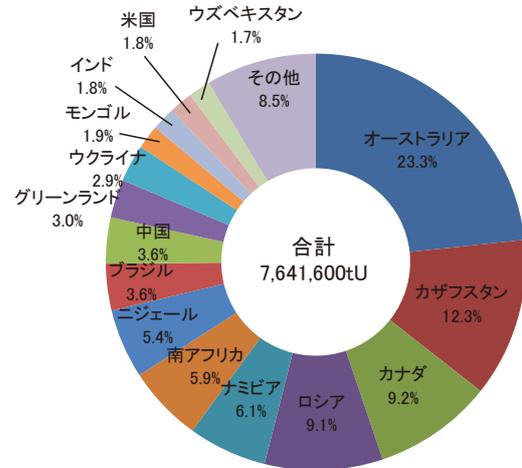
ウラン価格は再び上昇を見せており、一時2007年には136ドル/ポンドU<sub>3</sub>O<sub>8</sub>まで上昇し、2011年3月時点でも60ドル/ポンドU<sub>3</sub>O<sub>8</sub>を超える高値となりました。これは解体核高濃縮ウランや民間在庫取崩し等の二次供給の減少や、中国等によるウラン精鉱の大量購入等から需給ひっ迫が懸念され、世界的なウラン獲得競争が激化したことと、投機的資金の一部がウランスポット取引市場に流入したことに起因したと考えられています。東京電力福島第一原子力発電所事故後は下落傾向が見られます(第222-2-7)。

【第222-2-5】世界のウラン生産量(2015年)



出典：世界原子力協会(WNA)ホームページを基に作成

【第222-2-6】世界のウラン既知資源量(2015年)



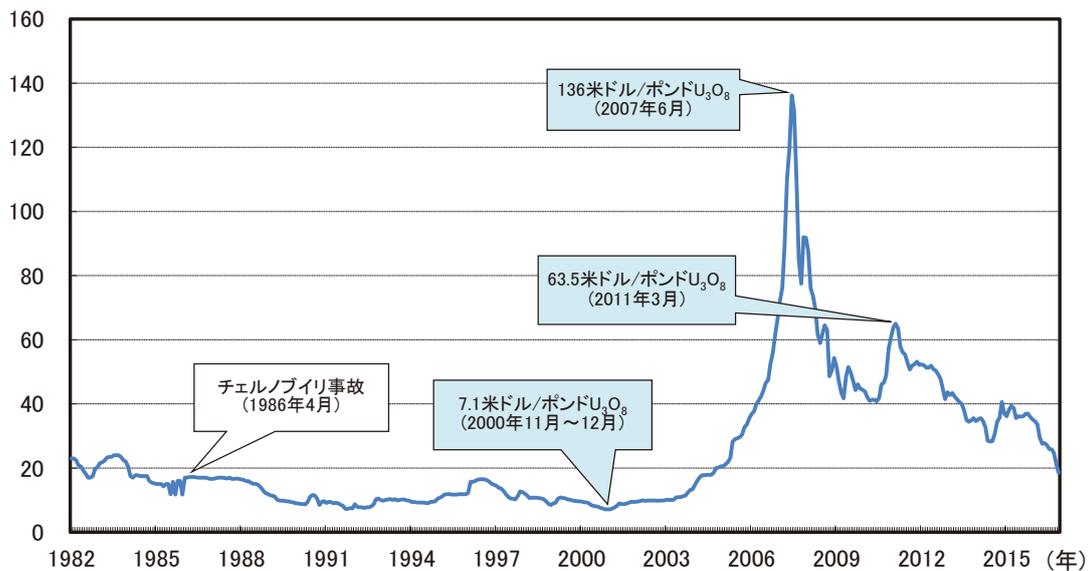
(注1)ウラン既知資源量とは260米ドル/kgU以下のコストで回収可能な埋蔵量。

(注2)世界のウラン需要量は約5.66万トンU(2015年)。

出典：OECD/NEA-IAEA「Uranium 2016: Resources, Production and Demand」を基に作成

【第222-2-7】ウラン価格(U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>)<sup>8</sup>の推移

ウラン価格(米ドル/ポンドU<sub>3</sub>O<sub>8</sub>)



出典：International Monetary Fund「IMF Primary Commodity Prices」を基に作成

8 U<sub>3</sub>O<sub>8</sub> (三酸化ウラン)：ウラン鉱石を精錬したもので、ウラン精鉱。イエローケーキとも呼ばれる。

**(イ) ウラン濃縮**

世界のウラン濃縮事業は、2015年時点で、ロシアのTENEX、フランスのアレバ、米国・英国・オランダ・ドイツの共同事業体URENCOの3社で約90%のシェアを占めています。

我が国のウラン濃縮事業は遠心分離法を採用しており、その許可上の設備規模は、2016年時点で、年間1,050トンSWUでした。

**(ウ) 再処理**

フランス及び英国では、自国内で発生する使用済燃料の再処理を実施するとともに、海外からの委託再処理も実施してきました。フランスのアレバNC社(アレバ社の再建計画の一環として、アレバ社のほかの核燃料サイクル関連子会社とともに新会社NewCo社に統合される予定)は、海外からの委託再処理を行うためのUP3(処理能力：1,000トン・ウラン/年、操業開始：1989年)及びフランス国内の使用済燃料の再処理を受け持つUP2-800(処理能力：1,000トン・ウラン/年、操業開始：1994年)の再処理工場をラ・アークに有しています(ただし、UP3及びUP2-800における処理能力の合計は、1,700トンHM/年に制限されています)。

英国原子力廃止措置機関(NDA)はセラフィールド施

設及び海外からの委託再処理を行うためTHORP(処理能力：900トン・ウラン/年、操業開始：1994年)の再処理工場をセラフィールドに有しています。

**(エ) プルサーマル**

海外では既に相当数の実績があり、1970年代からフランス、ドイツ、米国、スイスなどの9か国で、58基の発電プラントにおいて、MOX燃料の装荷体数で7,112体が使用されました。例えばフランスでは、3,738体、ドイツでは2,494体のMOX燃料が軽水炉で利用されました(2011年末現在)。また、MOX燃料加工施設は、フランス、英国で稼働しています。

**(オ) 高レベル放射性廃棄物の処分**

海外の高レベル放射性廃棄物の処分については、各国の政策により、使用済燃料を直接処分する国と、使用済燃料の再処理を実施し、ガラス固化体として処分する国があります。高レベル放射性廃棄物の処分方法を決定している国としては、全ての国で深地層に処分する方針が採られており、処分の実施主体の設立、処分のための資金確保等の法制度が整備されるとともに、処分地の選定、必要な研究開発が積極的に進められてきました(第222-2-8)。

**【第 222-2-8】 高レベル放射性廃棄物処分に関する状況**

国名	廃棄物形態	処分実施主体	処分予定地	操業予定
米国	使用済燃料 ガラス固化体	連邦エネルギー省(DOE)	未定(注1)	2048年頃
フィンランド	使用済燃料	ポシヴァ社 (POSIVA)1995年設立	オルキオト(注2)	2022年頃
スウェーデン	使用済燃料	スウェーデン核燃料・廃棄物管理会社 (SKB)1984年設立	フォルスマルク(注3)	2029年頃
フランス	ガラス固化体	放射性廃棄物管理機関 (ANDRA)1979年設立	未定(注4)	2025年頃
スイス	ガラス固化体 使用済燃料	放射性廃棄物管理共同組合 (NAGRA)1972年設立	未定(注5)	2060年頃
英国	ガラス固化体 使用済燃料	原子力廃止措置機関(NDA)/ 放射性廃棄物管理会社(RWM) 2014年子会社	未定(注6)	2050年代

(注1) 2002年7月に処分地として決定したが、現政権は計画を中止する方針。2013年1月、DOEは「使用済燃料及び高レベル放射性廃棄物の管理・処分戦略」を公表し、2048年までに地層処分場を操業開始する等の新たな処分戦略を策定している。

(注2) 2001年5月に処分地として決定。

(注3) SKB社が2011年3月に提出した使用済燃料処分場の立地・建設許可申請書に記載した建設予定地。今後の許可発給によって正式決定となる。

(注4) ビュール地下研究所近傍より選定される予定。

(注5) 処分場のサイト選定は、原子力令に従って策定された特別計画「地層処分場」に基づいて3段階で進められている(期間は2008年から2027年頃までを予定)。その第1段階として、2011年11月末に高レベル放射性廃棄物の処分場の「地質学的候補エリア」3か所が正式に選定された(低中レベル放射性廃棄物を合わせると計6か所)。引き続き、第2段階として「地質学的候補エリア」の絞り込みが行われており、NAGRAは2015年1月に「チューリッヒ北東部」と「ジュラ東部」を提案した。NAGRAはこれら2か所が低中レベル放射性廃棄物、高レベル放射性廃棄物の地層処分場のいずれにも適しているとしている。

(注6) カンプリア州と同州内の2市がサイト選定プロセスへの関心表明を行っていたが、2013年1月にカンプリア州議会がサイト選定プロセスからの撤退を議決。2市の議会はプロセスへの継続参加に賛成していたが、州と市の両方のレベルでの合意を必要としていたため、1州2市はプロセスから撤退することとなった。2014年7月に、英国政府は地層処分施設の新たなサイト選定プロセス等を示した白書を公表。

出典：資源エネルギー庁「諸外国における高レベル放射性廃棄物の処分について(2015年版)」(2015年2月)を基に作成

**(i) 米国**

1987年の放射性廃棄物政策修正法により、ネバダ州ユッカマウンテンが唯一の処分候補地として選定されました。米国エネルギー省(DOE)によって、処分場に適しているかどうかを判断するための調査が1988年から実施され、2001年に報告書がまとめられました。2002年には、エネルギー長官が大統領にユッカマウンテンを処分サイトとして推薦。大統領はこれを承認し、連邦議会に推薦しました。ネバダ州知事が連邦議会に不承認通知を提出しましたが、ユッカマウンテンを処分場に指定する立地承認決議案が連邦議会上院・下院で可決され、大統領がこれに署名して法律として成立することにより、ユッカマウンテンが処分地として選定されました。2008年6月にDOEは、2020年の処分場操業開始を目標とし、処分場の建設認可のための許認可申請書を原子力規制委員会(NRC)へ提出しました。

その後、2009年2月にオバマ政権が示した予算方針において、ユッカマウンテン関連予算は許認可手続のみに必要な程度に削減し、高レベル放射性廃棄物処分の新たな戦略を検討する方針が示されました。2010年3月、DOEは許認可申請の取下げ申請書をNRCに提出しましたが、NRCの原子力安全・許認可委員会(ASLB)は取下げを認めない決定を行いました。その後、NRCはASLBの決定が有効であるとした上で、2011年9月に、ユッカマウンテン処分場の建設認可に係る許認可申請書の審査手続について、一時停止することを指示しました。しかし、2013年8月、連邦控訴裁判所がNRCに対して許認可申請書の審査を再開するよう命じました。この連邦控訴裁判所の判決を受け、2013年11月にNRCは、安全性評価報告(SER)の完成等を優先して行うことを決定し、2015年1月までにSERの全5分冊を公表しています。高レベル放射性廃棄物処分を巡っては、2013年11月に連邦控訴裁判所からDOEに対して、放射性廃棄物基金への拠出金を実質的に徴収しないように命じる判決を下しており、エネルギー長官はこの判決を受けて、2014年1月に、放射性廃棄物基金への拠出金額をゼロに変更する提案を連邦議会に提出し、2014年5月に本提案が有効となりました。

また、DOEは、代替方策を検討するため、ブルーリボン委員会(米国の原子力の将来に関するブルーリボン委員会)を開催(2010年1月)して検討を行いました。本委員会においては、2012年1月に最終報告書が公表され、8つの勧告が示されました。2013年1月には、DOEが「使用済燃料及び高レベル放射性

廃棄物の管理・処分戦略」を公表しており、ブルーリボン委員会の最終報告書で示された基本的な考え方に沿った実施可能な枠組みが示されています。具体的には、2021年までにパイロット規模の使用済燃料の中間貯蔵施設の操業を開始し、2025年までにより大規模な中間貯蔵施設を建設、2048年までに処分場を操業開始できるように処分場のサイト選定とサイト特性調査を進めるというものです。

**(ii) フィンランド**

フィンランドでは、1983年よりサイト選定が開始され、1999年に処分実施主体であるポシヴァ社がオルキルオトを処分予定地として選定し、法律に基づく「原則決定」の申請書を政府に提出しました。2000年に地元が最終処分地の受け入れを承認し、その結果を受け、政府がオルキルオトを処分地とする原則決定を行い、翌2001年に国会が承認しました。2012年12月、ポシヴァ社は政府へ最終処分場の建設許可申請書を提出しました。放射線・原子力安全センター(STUK)は、建設許可申請書に係る安全審査を完了し、2015年2月に、キャニスタ封入施設及び地層処分を安全に建設することができるとする審査意見書を雇用経済省に提出しました。2015年11月、雇用経済省はポシヴァ社に建設許可を発給しました。2016年12月、ポシヴァ社は処分場の建設を開始しました。なお、実際にポシヴァ社が使用済燃料の処分を開始するには、別途、政府から処分場の操業許可の発給を受けることが必要となります。

**(iii) スウェーデン**

スウェーデン核燃料・廃棄物管理会社(SKB社)が、1993年から公募及び申し入れにより8自治体を対象にフィービリティ調査を行い、2000年11月にサイト調査の対象として3自治体(エストハンマル、オスカーシャム、ティーエルブ)を選定しました。このうち、サイト調査の実施について、自治体議会の承認が得られたエストハンマル自治体とオスカーシャム自治体でボーリング調査を含むサイト調査が行われました。その結果から、SKB社は、2009年6月に地質条件を主たる理由(①処分場深度の岩盤が乾燥しており亀裂がほとんどないこと、②処分場に必要となる地下空間が小さいことなど)としてエストハンマル自治体のフォルスマルクを最終処分場予定地として選定し、2011年3月に使用済燃料処分場の立地・建設の許可申請を行いました。この許可申請の際に提出された安全評価書「SR-Site」につい

て、スウェーデン政府の要請に基づいて経済協力開発機構/原子力機関(OECD/NEA)が行った国際ピアレビューの報告書が2012年6月に公表されており、SKB社による処分場閉鎖後の安全評価は十分かつ信頼ができるとの見解が示されました。処分場の立地・建設の許可申請については、安全規制当局である放射線安全機関(SSM)が安全審査を行っているところであり、2017年に許可発給権を持つ政府に審査意見書を提出する予定です。

使用済燃料の集中貯蔵施設「CLAB」がオスカーシャム自治体にあり、SKB社が1985年から操業しています。SKB社は、使用済燃料の処分に向けて新たに建設するキャニスタ封入施設をCLABに併設してCLINKと呼ぶ一体の施設にする計画であり、CLINKと使用済燃料処分場の申請書の安全審査が並行して進められています。SKB社は2015年3月に、CLABにおける使用済燃料の貯蔵容量を、現行の8,000トンから11,000トンへ引き上げる追加の許可申請を行っています。

#### (iv) フランス

フランスでは、1991年に「放射性廃棄物管理研究法」が制定され、地層処分、核種分離・変換、長期地上貯蔵の3つの高レベル放射性廃棄物に関する管理方法の研究が15年間を期限として実施されました。地層処分については、放射性廃棄物管理機関(ANDRA)が、カロボ・オックスフォードイアン粘土層のあるビュールにおいて、2000年8月から立坑の掘削を開始して地下研究所を建設し、研究を行いました。法律に基づいて設置された国家評価委員会(CNE)は、2006年に3つの管理方法に関する研究成果を総合的に評価しました。これらを基に2006年6月には可逆性のある地層処分の実施に向けて「放射性廃棄物等管理計画法」が制定され、2015年に処分場の設置許可申請、2025年に処分場の操業を開始すること、設置許可申請は地下研究所による研究対象となった地層に限定することが定められました。ANDRAは、ビュール地下研究所周辺の250km<sup>2</sup>の区域から30km<sup>2</sup>の候補サイト区域を政府に提案し、2010年3月の政府の了承を経て、同区域の詳細調査を実施しました。2013年7月から翌年1月にかけて地層処分の設置に関する公開討論会及び市民会議が実施され、これらの総括報告書及び市民会議の見解書が、2014年2月に公開されました。この報告書等を受けて、ANDRAは地層処分場プロジェクトの継続に

関する方針を決定し、2014年5月に今後のプロジェクト継続計画を公表しました。ANDRAはこの計画の中で2017年までに処分場の設置許可申請を提出し、当初の目標である2025年の操業開始を維持することとしています。2016年7月に、「高レベル及び長寿命中レベル放射性廃棄物の可逆性のある地層処分場の設置について規定する法律」が成立しました。本法律の制定に伴って、処分場の設置許可申請時期が2015年から2018年に改定されました。また、2006年「放射性廃棄物等管理計画法」での多くの規定が取り込まれている「環境法典」が改正され、ANDRAによる地層処分場の操業は、可逆性と安全性の立証を目的とする「パイロット操業フェーズ」から始まることとなりました。

#### (2) 再生可能エネルギー

再生可能エネルギーの利用拡大には、近年多くの国・地域が取り組んでいます。再生可能エネルギーの導入促進策としては、研究開発・実証、設備導入補助のほか、日本でも実施されている固定価格買取制度(FIT: Feed-in Tariff)や、再生可能エネルギー導入量割当制度(RPS: Renewables Portfolio Standards)が多くの国で導入されています。一般的に、FITは優遇的な買取価格を設定する施策であり、RPSは政府が義務的な導入量を事業者に割り当てる施策で、大規模発電はRPS、小規模発電はFITといった形で両制度を併せて実施するケースもあります(第222-2-9)。

こうした施策によって、再生可能エネルギーへの投資は2000年代半ば以降飛躍的に増大し、2011年には年間で約2,790億米ドルにのぼる投資が行われました(大型水力発電を除く)。エネルギー源別に見ると、太陽エネルギー及び風力に投資が集中しています。その後、再生可能エネルギー導入にかかる費用が低下し、必要な投資額が減ったことや、FITなどの優遇的な促進策の抜本的な見直しに着手する国も出てきたこと等から、年間投資総額が減少する傾向も見られました。しかし、投資額は再び増加しており、2015年には約2,860億米ドルに達しています(第222-2-10)。その背景としては、前述のとおり設備のコストダウンが進み、採算性が向上していることに加え、中国、インド、ブラジルを始めとする新興国での需要が増加していることが考えられます。特に2015年には新興国及び開発途上国での投資額が、先進国での投資額を初めて上回る結果となりました<sup>9</sup>。

<sup>9</sup> 21世紀のための再生可能エネルギー政策ネットワーク(REN21)「Renewables 2016 Global Status Report」より。

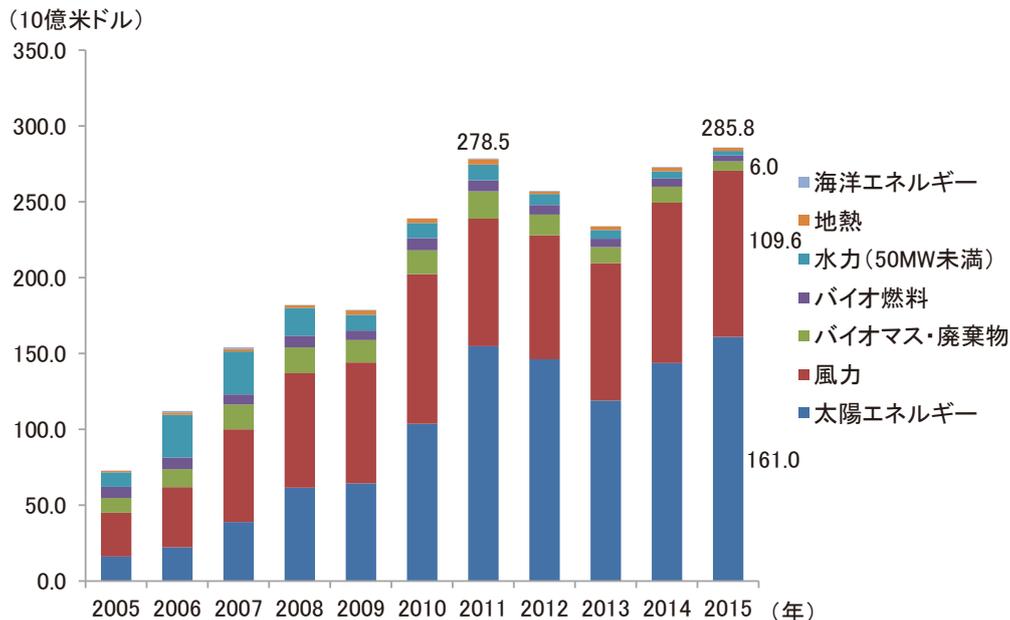
【第222-2-9】 主要国・地域の再生可能エネルギー促進施策の導入状況

年	FIT	年	RPS
1978	米国	1983	アイオワ州(米国)
1990	ドイツ	1990	
1991	スイス	1991	
1992	イタリア	1992	
1993	デンマーク	1993	
1994	ルクセンブルク、スペイン、ギリシャ	1994	ミネソタ州(米国)
1995		1995	
1996		1996	アリゾナ州(米国)
1997	スリランカ	1997	メイン州、マサチューセッツ州、ネバダ州(米国)
1998	スウェーデン	1998	コネティカット州、ペンシルバニア州(米国)
1999	ポルトガル、ノルウェー、スロベニア	1999	イタリア、ニュージャージー州、テキサス州(米国)
2000		2000	ニューメキシコ州(米国)
2001	アルメニア、フランス、ラトビア	2001	豪州、フランデレン地域(ベルギー)
2002	オーストリア、ブラジル、インドネシア、リトアニア	2002	英国、ワロン地域(ベルギー)、カリフォルニア州(米国)
2003	エストニア、韓国、マハラシュトラ州(インド)	2003	日本、スウェーデン、マハラシュトラ州(インド)
2004	イスラエル、アンドラプラデシュ州(インド)	2004	ポーランド、アンドラプラデシュ州(インド)、 オンタリオ州(カナダ)、コロラド州、ハワイ州(米国)
2005	中国、エクアドル、アイルランド、トルコ		
2006	パキスタン、タイ、オンタリオ州(カナダ)	2005	グジャラート州(インド)、デラウェア州(米国)
2007	フィンランド、南オーストラリア州(豪州)	2006	ワシントン州(米国)
2008	ケニア、フィリピン、クイーンズランド州(豪州)、 グジャラート州(インド)、カリフォルニア州(米国)	2007	中国、イリノイ州、ニューハンプシャー州、 ノースカロライナ州、オレゴン州(米国)
		2008	チリ、インド、フィリピン、ルーマニア
2009	日本、南アフリカ、台湾、ハワイ州、オレゴン州、 バーモント州(米国)	2009	カンザス州(米国)
		2010	韓国、ブリティッシュコロンビア州(カナダ)
2010	ベラルーシ、マレーシア、英国	2010	韓国、ブリティッシュコロンビア州(カナダ)
2011	ガーナ、オランダ、ベトナム	2011	アルバニア、イスラエル
2012	ヨルダン、ナイジェリア、ルワンダ、ウガンダ	2012	ノルウェー
2013	カザフスタン、パキスタン	2013	
2014	エジプト、バヌアツ	2014	
2015		2015	バーモント州(米国)
現在の実施 国・地域数	104	現在の実施 国・地域数	100

(注) 廃止例を含む。

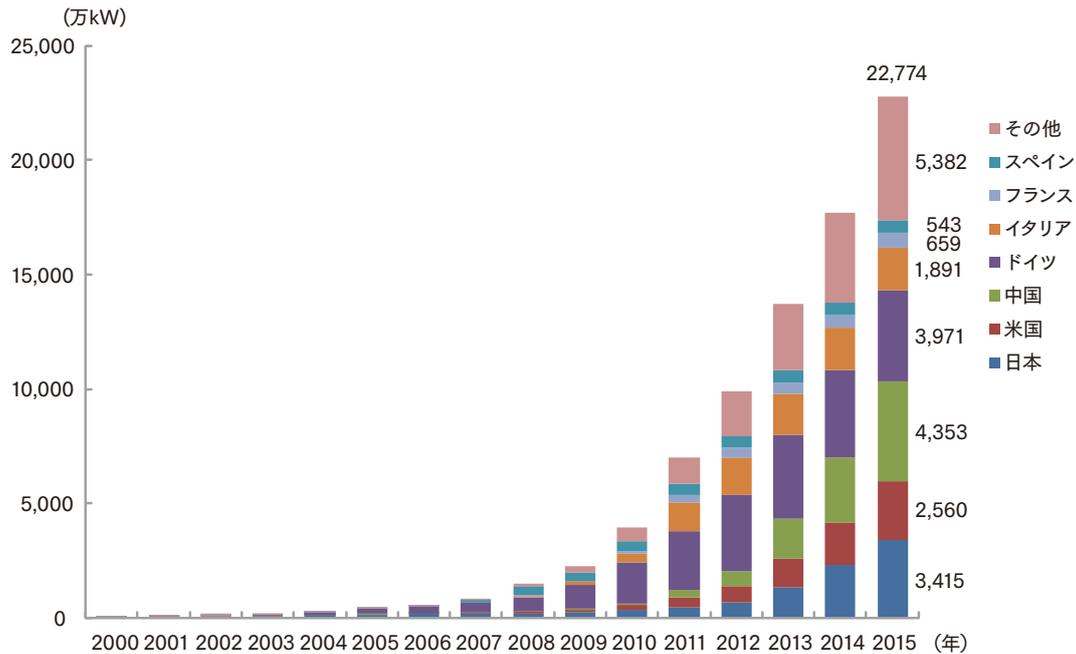
出典：REN21 「Renewables 2016 Global Status Report」を基に作成

【第222-2-10】 再生可能エネルギーへの投資動向



出典：REN21 「Renewables 2016 Global Status Report」を基に作成

【第222-2-11】世界の太陽光発電の導入状況(累積導入量の推移)



出典：IEA「PVPS TRENDS 2016」を基に作成

### ①太陽光発電

世界における太陽光発電の導入は2000年代後半から加速し、2015年の累積導入量は約2.3億kWに達しました。導入の拡大には、2000年前後に欧州諸国で導入されたFITによる効果が大きく、太陽光発電の買取価格が高額に設定されたこと等によりドイツ、イタリア、スペイン等で顕著な伸びを示しました。日本でもFITが2012年7月に導入されたことにより、導入が大幅に拡大しました。2015年の累積導入量で見ると、日本(3,415万kW)は中国(4,353万kW)、ドイツ(3,971万kW)に次いで世界第3位となっています。また、太陽光発電市場が大きく拡大したことで、発電設備の導入コストは低下し、近年では新興諸国にも導入が広がっています。特に、中国は2015年にドイツを抜き、導入設備容量が世界第1位となりました(第222-2-11)。

こうした太陽光発電の導入拡大の経済的な波及効果として雇用創出等が期待されますが、他方でFITによる買取費用は最終的に消費者に転嫁される仕組みとなっていることから、費用負担の増大も懸念されています。例えば、ドイツでは電気料金に加算されるFITの費用は、2016年にはkWh当たり6.354ユーロセント<sup>10</sup>となっており、標準家庭における月額負担は約16.3ユー

ロ<sup>11</sup>(約2,150円)と推計されます。一方、日本では2015年のFITによる加算額は1.58円/kWhであり、標準家庭が負担する月額額は474円<sup>12</sup>と推計されています。

### ②風力発電

世界の風力発電設備容量は近年急速に増加し、2015年には約4.3億kWに達しました。導入量が最も多いのは世界のおよそ3分の1を占める中国(14,536万kW)で、これに米国(7,447万kW)、ドイツ(4,495万kW)が続きます。したがって、これら3か国で世界の風力発電設備容量の約6割を占めていることとなります(第222-2-12)。

また、近年では洋上風力発電の市場も急速に拡大しており、2015年末の時点で、世界で合計1,211万kWが導入されています。ただし、現時点では世界の洋上風力発電の91%(1,103万kW)が欧州諸国の沖合に集中しています。とりわけ洋上風力に注力しているのは英国で、世界の累積導入量の42%(507万kW)を占めています。ドイツは2015年を通じて新たに228万kWもの設備が追加されたことで、英国に次ぐ導入量(329万kW)となりました。ヨーロッパ以外の国では中国が導入に積極的で、2015年には世界第4位の導入量(101万kW)となっています<sup>13</sup>。

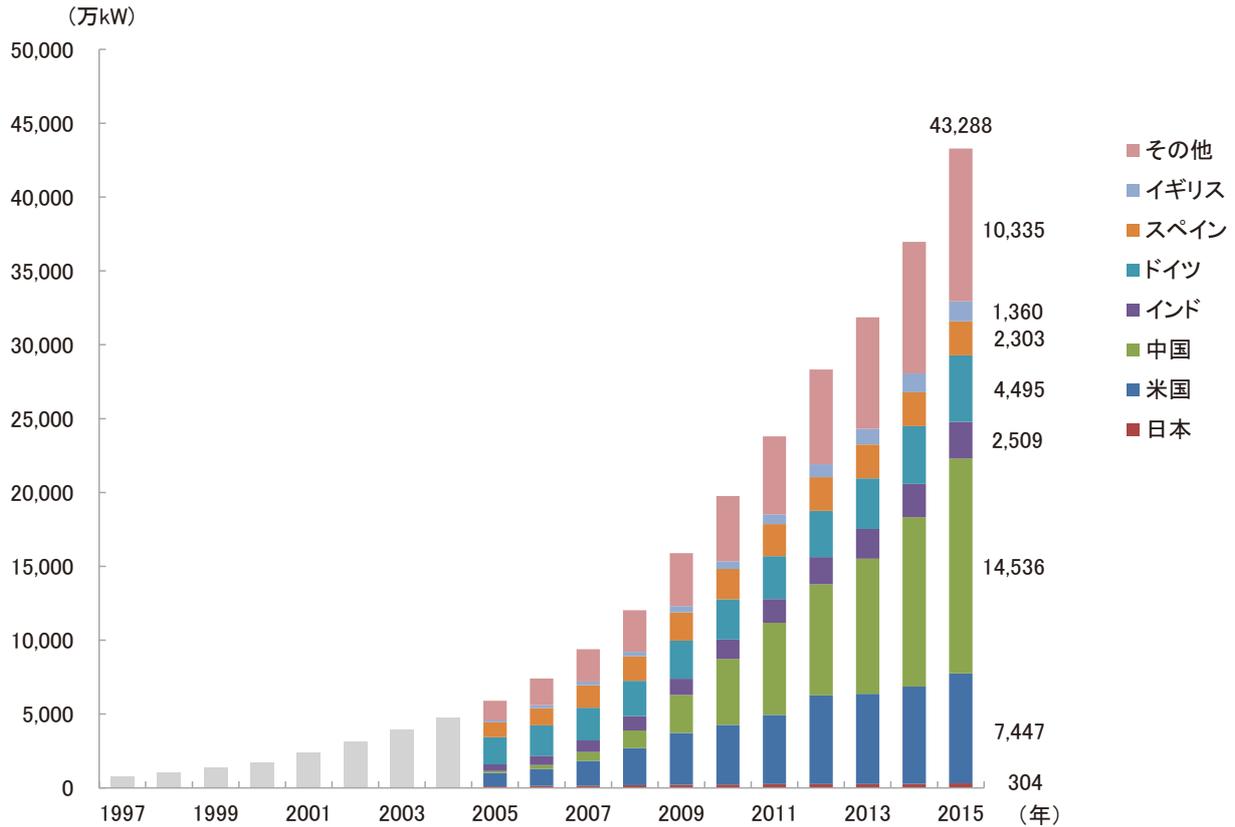
<sup>10</sup>ドイツの四送電事業者の発表より。

<sup>11</sup>世界エネルギー会議(WEC)が公表した2014年の統計値を用い、一世帯の年間消費電力量を3,079kWhとして推計。

<sup>12</sup>資源エネルギー庁の発表より。

<sup>13</sup>世界風力会議(GWEC)「Global Wind Report 2015」より。

【第222-2-12】世界の風力発電の導入状況



出典：GWEC「Global Wind Report (各年)」を基に作成

【第222-2-13】世界各地域のバイオマス利用状況(2014年)

	バイオマス (Mtoe)	一次エネルギー 総供給	シェア
<b>OECD</b>	<b>276.5</b>	<b>5,273.3</b>	<b>5.2%</b>
欧州	126.5	1,674.5	7.6%
米州	131.6	2,720.1	4.8%
アジア・オセアニア	18.4	878.7	2.1%
<b>非OECD</b>	<b>1,102.2</b>	<b>8,062.7</b>	<b>13.7%</b>
アフリカ	368.3	772.1	47.7%
中南米	120.1	638.7	18.8%
アジア(中国除く)	381.7	1,741.1	21.9%
中国	212.0	3,065.7	6.9%
非OECD欧州及びユーラシア	19.2	1,124.1	1.7%
中東	0.8	720.9	0.1%
<b>世界計</b>	<b>1,378.7</b>	<b>13,699.1</b>	<b>10.1%</b>
日本	9.1	441.7	2.1%

(注) 中国の値は香港を含む。 出典：IEA「World Energy Balances 2016 Edition」を基に作成

③バイオマス

バイオマスは、発電用燃料としての利用のほか、輸送用燃料としても用いられています。また、開発途上国を中心に、薪や炭といった形でのバイオマス利用も行われています。これらの国では、経済の成長に伴って灯油、電気、都市ガスといった商業的に供給されるエネルギーの利用が増え、バイオマスの比率は低

下することが考えられます。世界全体では、2014年時点で一次エネルギー総供給の10.1%と比較的大きな割合を占め、先進国(OECD諸国)平均では5.2%、開発途上国(非OECD諸国)平均では13.7%となっています(第222-2-13)。米国や欧州等の先進国では、気候変動問題への対応といった観点からバイオマス導入を政策的に推進する国が多くなってきました。

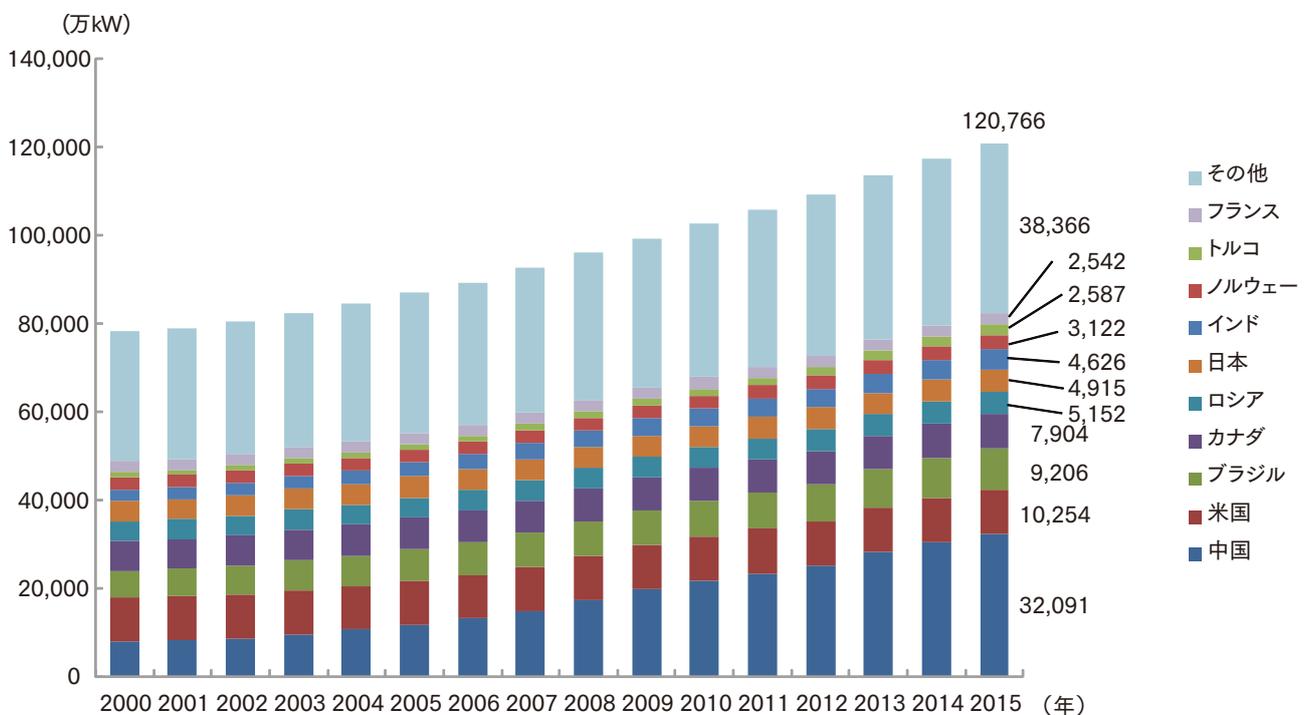
バイオマス利用に関しては、特に運輸部門における石油依存の軽減や、温室効果ガス排出の抑制を目指した政策が打ち出されています。例えばEUでは、2020年までに輸送用燃料のうち少なくとも10%をバイオ燃料(及び再生可能エネルギー利用電気等)とする目標を掲げました。しかしながら、バイオ燃料の主たる原料は、サトウキビやトウモロコシといった食料であるため、バイオ燃料利用量の急激な増大は食料価格の高騰等、深刻な影響を与える可能性が指摘されています。さらに、バイオ燃料生産のために森林や熱帯雨林を伐採し、耕地とする動きが拡大しかねないとの見方もあります。このため、バイオ燃料の生産・消費による自然環境や食料市場への影響を抑えるための持続可能性基準について、国際会議での検討が進められてきました。また、食料以外の原料(稲わらや木材等のセルロース系原料、藻類等)を用いた次世代型バイオ燃料開発の取組が進められています。近年では、世界の石油メジャーも次世代型バイオ燃料の開発に力を入れており、米国のシェブロン等が藻類由来のバイオ燃料開発に係るベンチャー企業に投資する等の活動を行っています。

#### ④水力

大規模なものまで含めると、世界の水力発電設備は2015年の時点で約12.1億kWであり、最も導入が進んでいる再生可能エネルギー発電であると言えます。水力による発電設備が最も多い国は中国で、世界の設備容量の約27%を占めています(第222-2-14)。設備容量10MW以下の中・小規模水力発電については、世界の導入量が約1.5億kWであるのに対して、中国の導入量が約1.1億kW(約75%)となっており、同国の優位が一層顕著に見られます。国内の総発電設備に対する割合は、中国は約22%、日本は約16%、米国は約10%等となっていますが、ノルウェーのように、約92%(いずれも2013年)と極めて高いシェアを持つ国もあります<sup>14</sup>。

先進国においては、大規模ダム開発は頭打ちとなっている一方、中国では水力発電の設備容量は過去10年間で約3倍程度に増大しました。中国の揚子江中流(湖北省)に建設された三峡ダム発電所は2012年に全32基のうち最後の発電ユニットを完成させ、世界最大規模の水力発電所(2,270万kW)となっています。

【第222-2-14】世界の水力発電の導入状況



出典：IRENA「Renewable Energy Statistics 2016」を基に作成

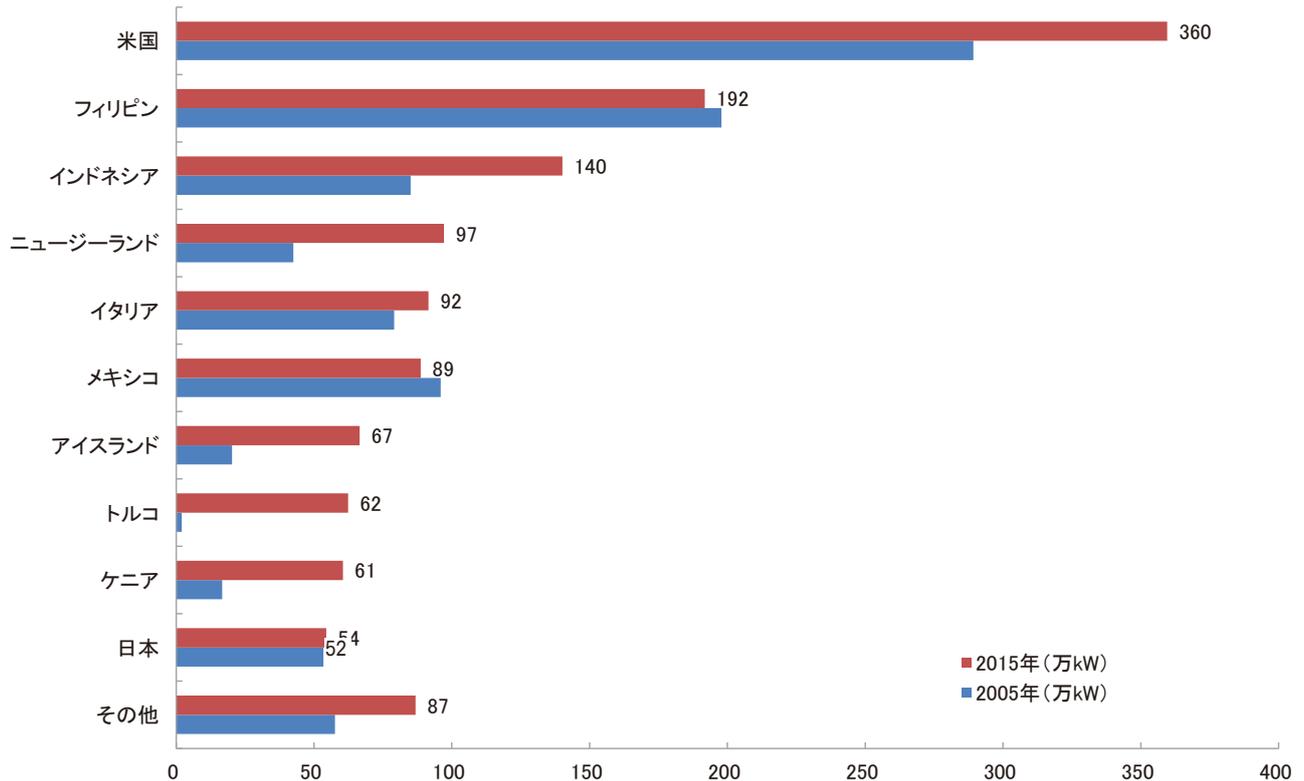
<sup>14</sup>米国エネルギー情報局(EIA)統計より。

## ⑤地熱

地熱による発電は、これまでに世界で1,191.7万kWが導入されてきました(2013年)。設備容量が最も大きいのは米国で、合計352.4万kWが設置されました。次に高い設備容量を有するのがフィリピンで、その設備容量は186.8万kWになります。インドネシア、ニュージーランド及びアイスランドでは、2005年以降、設備容量が大幅に増大しました(第

222-2-15)。また、アイスランドでは、国内の発電設備に占める地熱発電の割合(2012年)が2割以上となりました<sup>15</sup>。日本ではおよそ50万kWが設置されましたが、過去5年間の設備容量はほとんど変化していません。一方、欧州では地熱発電を利用できる地域が少なく、イタリアやポルトガルの一部等に限られています。

## 【第222-2-15】世界の地熱発電設備



出典：BP「Statistical Review of World Energy 2016」等を基に作成

## 第3節 二次エネルギーの動向

### 1. 電力

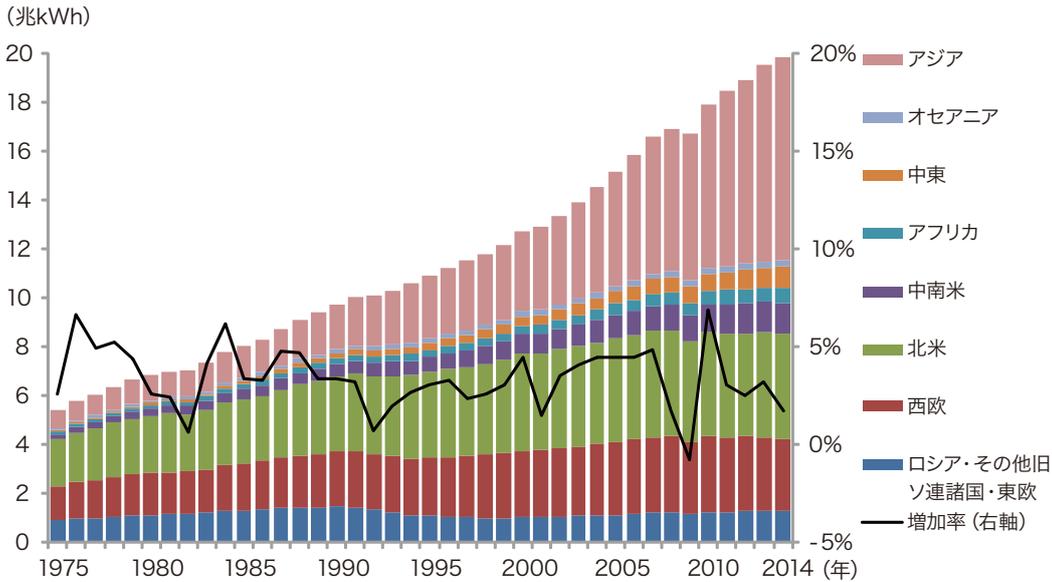
#### (1) 消費の動向

世界の電力消費量はほぼ一貫して増加してきました。これを年代別に見ると、1970年代は石油ショック後に一時的な消費の低迷がありましたが、年平均5.3%と高い伸びを維持しました。その後、1980年代は3.6%、1990年代は2.5%と、徐々に伸び率が低下しましたが、2000年代は年平均3.1%と堅調な伸びを維持しました。

これを地域別に見ると、先進国の多い北米・西欧地域は世界全体の伸びを下回りました。また、ロシア及びその他旧ソ連邦諸国・東欧地域は、ソ連崩壊後の経済の低迷も影響し、1990年代は年平均マイナス4.3%と消費量が低下し、2000年代も年平均1.3%と低い伸びに止まりました。一方、1975年から2014年までの世界の電力消費量を増加させる大きな原因となったのは、開発途上国を多く抱えているアジア、中東、中南米等の地域でした。特にアジア地域は、1994年以降、電力消費量で西欧地域を上回るようになり、2004年以降、北米を上回るようになりました(第223-1-1)。

<sup>15</sup>米国エネルギー情報局(EIA)統計より。

【第223-1-1】世界の電力消費量の推移(地域別)



出典：IEA [World Energy Balances 2016 Edition] を基に作成

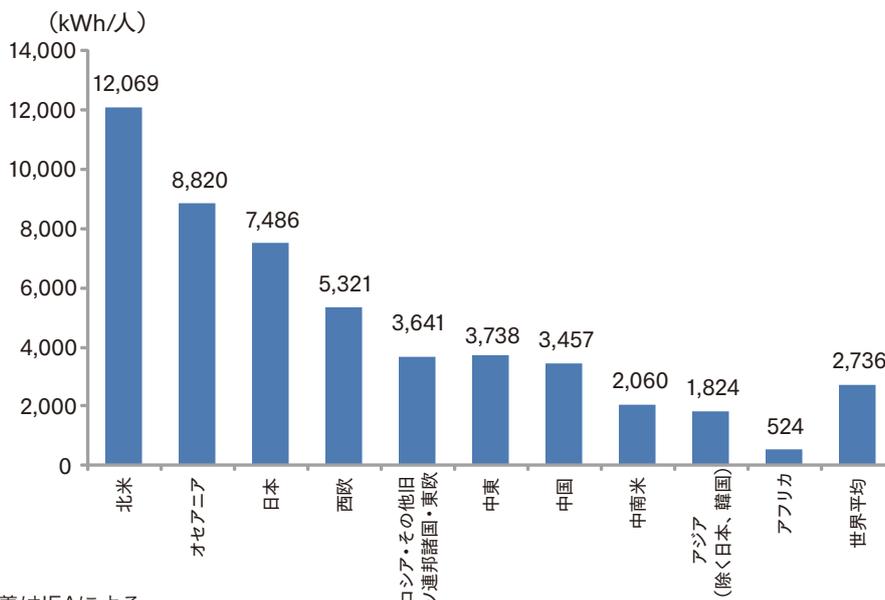
その一方で、アジア(除く日本、韓国)、アフリカ、中東、中南米は、北米や西欧に比べ、1人当たりの電力消費量は、依然として低い水準でした。例えば、2014年時点でアジア(除く日本、韓国)の1人当たり電力消費量は、OECD北米地域の15.1%程度に過ぎませんでした(第223-1-2)。

また、電力化率(最終エネルギー消費量全体に占める電力消費量の比率)は、世界全体で見ると1980年の10.9%から2014年の18.1%と約7.2ポイント上昇しました(第223-1-3)。これは、世界全体で電化製品等の普

及が目覚ましかったことも大きな理由です。

その一方で、2014年時点で、日本の人口の10倍にもなる12億もの人々が電力供給を受けていません。その多くは、南アジアやサブサハラアフリカに存在しています(第223-1-4)。途上国にとって、未電化率の改善は大きな政策課題の一つとなっています。その実現のためには、電力供給インフラ(発電、送配電、再エネによる分散型電源)に対する大規模な投資が必要とされています。

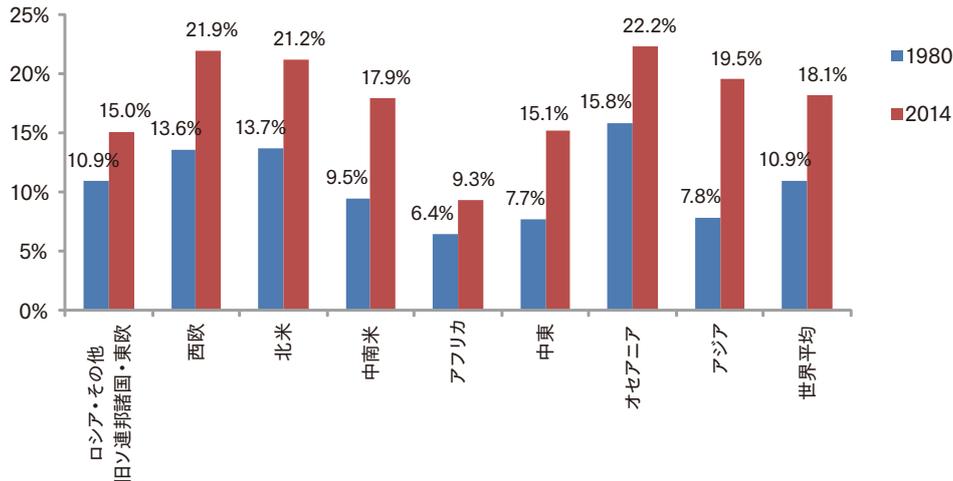
【第223-1-2】1人当たりの電力消費量(地域別) (2014年)



(注) 地域の定義はIEAによる。

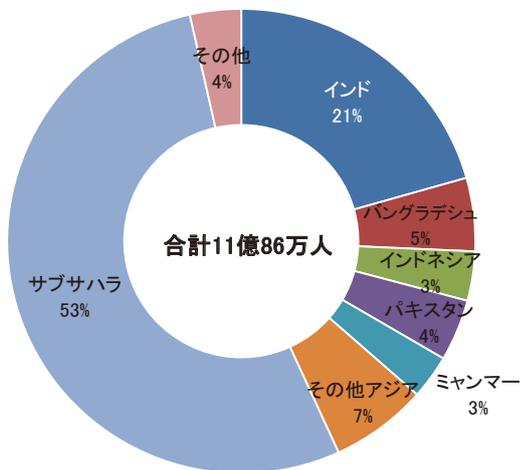
出典：IEA [World Energy Balances 2016 Edition] 及びWorld Bank [World Development Indicators] を基に作成

【第223-1-3】電力化率(地域別)



(注) 電力化率とは最終エネルギー消費に占める電力消費量の割合を指す。 出典：IEA [World Energy Balances 2016 Edition]を基に作成

【第223-1-4】世界の未電化人口(地域別)(2014年)



出典：IEA [World Energy Outlook 2016, Energy Access Database]を基に作成

(2) 供給の動向

世界の電源設備容量は一貫して増加しており、2014年時点で61.1億kWとなりました(第223-1-5)。年代別に見ると、電源設備全体で1980年代は年平均3.5%、1990年代は年平均2.1%、2000年代は年平均3.8%の拡大となりました。将来に目を向けると、特に中国の拡大見通しが著しく、2013年1月に国務院が公表しました「エネルギー発展第12次5か年計画」の中で、発電設備容量を9.7億kWから14.9億kWまで増加させる(平均伸び率9%相当) 目標を掲げています。

2014年の世界の電源設備容量を電源別に見ると、火力発電の比率が63.5%を占めており、主電源の役割を果たしたことがわかります。一方、1970年代の石油ショックを契機として、石油代替エネルギーとして原子力発電の開発が促進され、1980年代には原子力発電は年平均9.6%と高い伸び率を示していまし

た。しかし、先進国での原子力開発が鈍化した結果、1990年代は伸び率が年平均0.5%、2000年代は伸び率が年平均0.8%に止まりました。また、水力発電は新規の立地が難しくなっており、伸び率は低い水準にあり、したがって、1990年代の電源設備容量の伸びは火力発電が中心となる構造でした。国別に見ても、全般的には世界の傾向と類似していました。ただし、フランスのように、第一次石油ショックを契機に原子力発電の開発を加速し、全電源設備に占める原子力発電の構成比が1974年の6%から2014年の49%に増えているような例もありました。

世界の発電電力量もほぼ一貫して増加し、2014年時点で23.8兆kWhでした(第223-1-5)。これを世界の電源設備容量と比較すると、電源設備容量が1980年代は年平均3.5%、1990年代は年平均2.1%の伸びになっているのに対して、発電電力量が1980年代は年平均3.8%、1990年代は年平均2.5%と電源設備容量を上回る伸びとなっており、電源設備の稼働率が向上している状況がわかります。2000年代は、2008年秋に発生したリーマン・ショック等による世界的な景気後退の影響を受け、発電電力量が年平均3.0%の伸びとなり電源設備容量の年平均3.8%の伸びを下回りました。

火力発電電力量を電源別に見ると、石炭火力の伸び率は、1980年代から電源全体の伸び率を上回るようになり、全発電電力量に占める石炭火力の割合は1975年の36.5%から2014年の40.8%と増加しました。

石油火力は、1970年代には年平均5.7%と堅調な伸びを示していましたが、石油ショックを契機に代替エネルギーへの転換が図られた結果、1980年代は年平均マイナス2.3%、1990年代は年平均マイナス0.7%、

2000年代は年平均マイナス2.6%と減少傾向が続いています。一方、天然ガス火力発電は、1970年代は伸び率の年平均は4.1%でしたが、1980年代年平均5.4%、1990年代年平均4.4%、2000年代は年平均5.4%と電源全体の伸び率を上回るようになり、石油火力の代替エネルギーの一つとして重要な役割を果たしてきました。2010年代に入り、政策的な支援を受けた再生可能エネルギーの導入拡大が進んでいます。また、燃料価格の高騰により、ガス火力の伸びが年平均1.7%に鈍化する一方で、安価な石炭火力の伸びは年平均2.9%で相対的に堅調に推移しています。

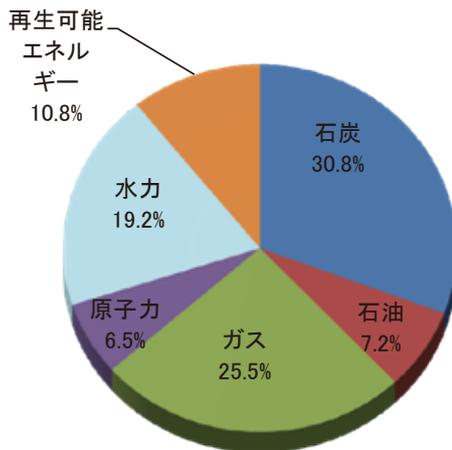
2014年の各国の電源別発電電力量を見ると、米国はシェールガス生産の増加により2010年以降石炭の割合が減少したのに対して、ガスが27%を占めるまで増加しました。英国はもともと国内に石炭が豊富であり、石炭火力が主力電源の役割を担ってい

ましたが、北海ガス田の開発や電力自由化に伴って、天然ガス発電の比率が増加した後、CO<sub>2</sub>価格の低迷もあり石炭火力の割合が30%にまで戻りました。フランスでは原子力の比率が78%と非常に高くなっていました。再生可能エネルギーの導入が進んでいる国でも、ドイツでは原子力のシェアの低下に伴って石炭の比率が46%と一定の水準にあるものの、イタリアではガスの比率が34%まで低減しました。中国は経済発展とともに発電電力量も非常に高い伸びを示していますが、石炭の割合が73%と高く、環境問題が課題となっていました。また韓国は、石炭の比率が42%、原子力の比率が29%と高くなっていました(第223-1-6)。

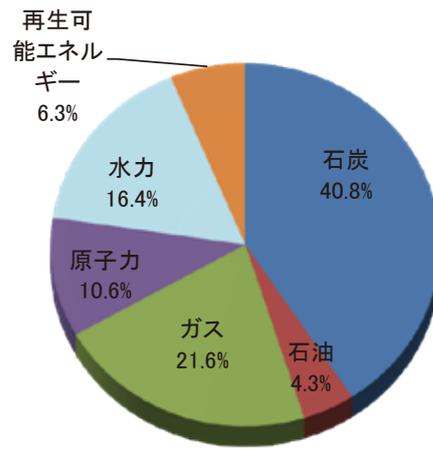
なお、欧州や北米では国境を越えて送電線網が整備されており、電力の輸出入が活発に行われました(第223-1-7)。

【第 223-1-5】世界の電源設備構成と発電電力量

発電設備構成61.2億kW(2014年)

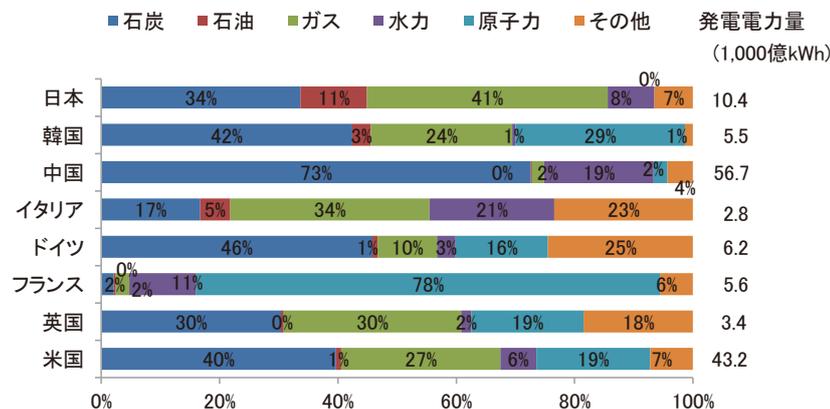


発電電力量23.8兆kWh(2014年)



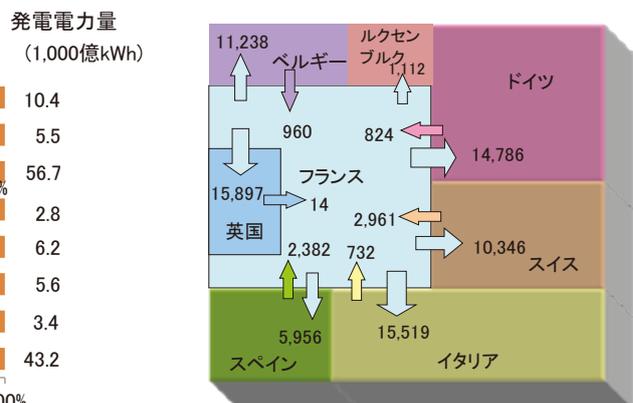
出典：IEA「World Energy Outlook 2016」を基に作成

【第 223-1-6】主要国の発電電力量と発電電力量に占める各電源の割合 (2014年)



出典：IEA「World Energy Balances 2016 Edition」を基に作成

【第 223-1-7】欧州の電力輸出入の状況 (フランスの例) (2014年)



出典：IEA「Electricity Information 2016」を基に作成

## 2. ガス事業

先進国のガス事業状況を見ると、従来欧州では、国営企業が上流のガス生産・輸入から、国内ガス輸送・配給、販売まで一元的に行うケースが主流でしたが、1980年代から英国等で国営ガス事業者の民営化やガス市場自由化が進められました。その後、1998年の第一次EUガス指令、2003年の第二次EUガス指令、2009年7月には第三次エネルギーパッケージによって、EU全体でガス市場自由化が進められ、現在では、小売市場の全面自由化や輸送部門の所有権分離若しくは機能分離が実施されています。

米国では、特に1985年以降、連邦規制により州際(州をまたぐ)パイプラインの第三者利用、ガスの輸送機能/販売機能の分離が進められました。同時に、各州でも家庭用まで含めた自由化の拡大及びガス配給会社(LDC)による託送サービスの提供を制度化する州が出現しました。しかし、自由化の程度は州によって異なり、小売市場の全面自由化は8州で実施されているに過ぎません。

都市ガスの消費量を先進国で比較すると、2014年では米国における消費量が多く、26,283PJ(ペタジュール)の消費量となりました。EU諸国は、英国の2,783PJ、ドイツの2,969PJ、フランスの1,517PJで、日本は1,557PJでした。

パイプラインについては、2014年の米国の輸送パイプライン総延長は486千km、配給用パイプラインの総延長は2,035千kmとなりました。欧州諸国では、輸送パイプラインと配給パイプラインの総延長合計が、英国は286千km、ドイツは505千km、フランスは232千kmとなりました。

一方、我が国は、2014年では、電気事業者や国産天然ガス事業者等によって整備されている輸送パイプラインの総延長が約3千km、一般ガス事業者の配給パイプライン総延長は約255千kmとなりました。

## 3. 熱供給

熱供給(一般的には地域冷暖房)の始まりは19世紀に遡りますが、石油ショック後、特に欧州において飛躍的に発展しました。熱源として化石燃料だけでなく、再生可能エネルギー、廃棄物、工場排熱等が利用できるほか、熱電併給<sup>16</sup>も適用できることから、

石油依存度の低減、エネルギー自給率向上、環境保護といった観点からの有効性が注目されてきました。

熱供給の主たる燃料は様々であり、例えば米国やオランダでは天然ガスが主に用いられています(熱供給に占める天然ガスの割合は、米国が約74%、オランダが約70%)。一方、北欧諸国では、再生可能エネルギーや廃棄物の利用比率が他国と比べ高いという特徴があり、例えばノルウェーでは熱供給に占めるこれらの熱源の利用割合は約65%<sup>17</sup>となっています。

地域単位で空調用の熱をまとめて製造・供給する地域熱供給設備は、ロシアや中国で大規模に普及しています。これらの国々は特に広大な寒冷地を抱えており、暖房需要が大きいため、長期的かつ計画的に熱の供給網が整備されてきました。また、地域熱供給設備は欧米諸国(北欧、中東欧を含む)においても導入されてきたほか、韓国においても欧州諸国と同水準の熱供給が行われてきました。熱を伝えるための導管ネットワークの長さで比較すると、これらの国々はいずれも日本の672kmに対してはるかに大きな数値となっており、大規模な供給網整備が行われてきたことが分かります(第223-3-1)。

### 【第223-3-1】世界の地域熱供給の状況(2013年)

国名	設備容量 (MWth)	年間熱供給量 (TJ)	導管ネットワーク (km)
ロシア	541,028 *	6,891,293 *	173,100 *
中国	462,595	3,197,032	178,136
米国	89,600 ***	354,871 ***	3,320 ***
ドイツ	49,691	254,839	20,219
ポーランド	56,521	248,693	20,139
スウェーデン	17,500 ***	175,972	23,667
韓国	29,961	172,160	2,037 **
フィンランド	23,270	114,160	13,850
デンマーク	n.a.	105,563	29,000
チェコ共和国	22,958	89,417	7,738
フランス	21,230	86,112	3,725
スロバキア	15,793	82,726	4,984
オーストリア	10,300	80,747	4,918
ルーマニア	10,480	49,095 ***	6,055 ***
イタリア	8,056	33,119	3,807
アイスランド	2,290	28,181	6,970 ***
リトアニア	9,920	27,100	2,565
オランダ	5,850	26,100	4,000
エストニア	5,406	23,025	1,450
日本	4,241	22,902	672
ラトビア	3,639	21,464	1,700
スイス	2,466	17,890	1,432
ノルウェー	3,330	16,920	1,686
クロアチア	1,800	9,678	410
スロベニア	2,276	7,744	753

(注) \*は2007年の値、\*\*は2009年の値、\*\*\*は2011年の値。  
出典: Euroheat & Power [District Heating and Cooling: Country by Country] 2013年版及び2015年版を基に作成

<sup>16</sup> コージェネレーション、CHP (Combined Heat and Power) とも言われます。

<sup>17</sup> IEA [Energy Balances 2015]より。

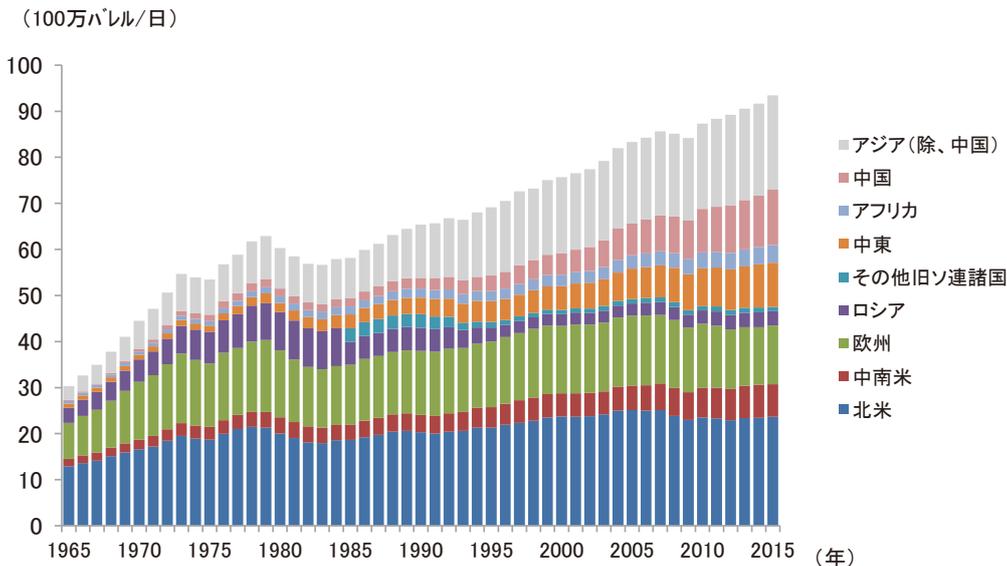
## 4. 石油製品

世界の石油消費量は2015年に9,501万バレル/日となり、北米が25%、欧州が13%、中国を含むアジアが34%となりました。1960年代に比べ、世界の石油消費量は約3倍に拡大し、近年では中国や中東地域

の消費が拡大したのが特徴です(第223-4-1)。

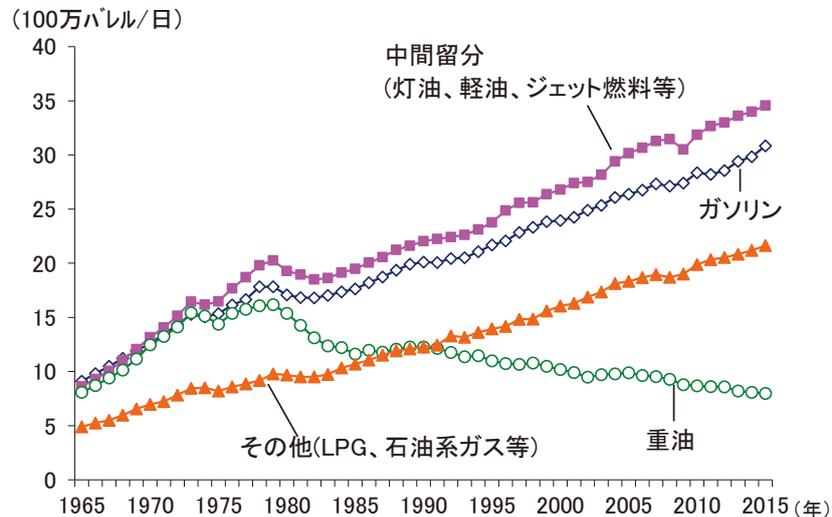
世界の石油消費量の推移を製品別に見ると、ガソリンや灯油、軽油等の軽質油製品の消費が堅調に増加してきたことに対して、重油の消費量が低下しており、製品消費の軽質化が見られます(第223-4-2)。

【第223-4-1】地域別石油製品消費の推移



(注) 1984年までのロシアには、その他旧ソ連諸国を含む。 出典：BP「Statistical Review of World Energy 2016」を基に作成

【第223-4-2】世界の石油製品別消費の推移



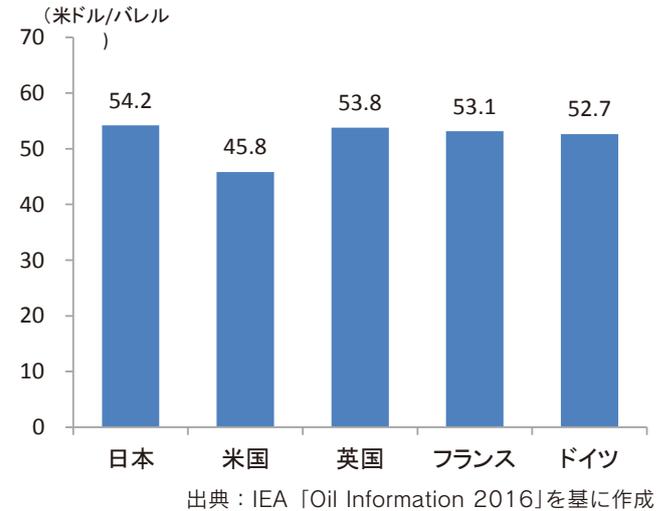
出典：BP「Statistical Review of World Energy 2016」を基に作成

## 第4節 国際的なエネルギーコストの比較

### 1. 原油輸入価格の国際比較

国際石油市場は、大きく北米、欧州、アジアの三大市場に分類されます。そして、それぞれの市場において、基準価格となる指標原油が確立されています。北米市場における代表的な指標原油は、ニューヨーク商業取引所(New York Mercantile Exchange)等で取引されるWTI(West Texas Intermediate、及びそれとほぼ等質の軽質低硫黄原油)であり、欧州市場での指標原油はインターコンチネンタル取引所(ICE Futures Europe)等で取引されるブレント原油となっています。また、アジア市場においては、ドバイ原油が指標原油となっています。世界では数百種類にわたる原油が生産されていますが、各国が産油国から原油を購入する際の価格は、例えばサウジアラビア等においては指標原油価格に一定の値を加減する方式(市場連動方式)で決まるのが通例となっています。その際に加減値については、指標原油との性状格差で決定されます。各国における輸入原油価格は、輸入する原油の種類やその構成、運賃、保険料等で異なります。日本の輸入原油価格は欧米と比較して高い水準となっていますが、これは日本が輸入する原油の多くが地理的に離れた中東地域から輸入されているためです(第224-1-1)。

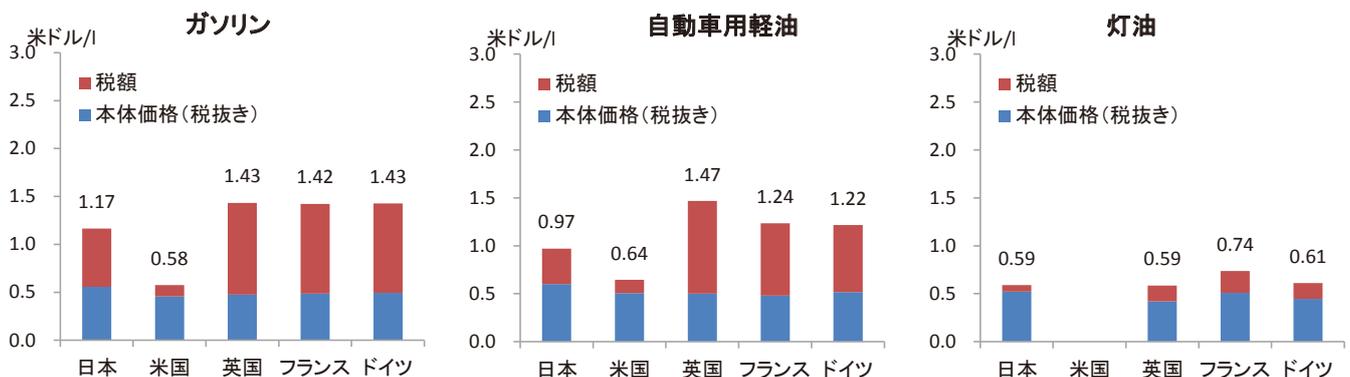
【第224-1-1】原油輸入価格の国際比較(2015年)



### 2. 石油製品価格の国際比較

日本、米国、英国、フランス、ドイツの5か国でのガソリン、自動車用軽油の製品小売価格(税込み、ドル建て価格、2016年11月時点)を比較すると、ガソリン及び軽油の価格は高い順番で英国、フランス、ドイツ、日本、米国となっています。ガソリンの小売価格(税込み)を見ると、最高値の英国(1.43ドル/l)と最安値の米国(0.58ドル/l)との間で0.85ドル/lもの差がありましたが、本体価格(税抜き)では大きな違いがありません。また、自動車用軽油についても、小売価格(税込み)では最高値の英国(1.47ドル/l)と最安値の米国(0.64ドル/l)の間で0.83ドル/lの差がありますが、本体価格(税抜き)ではガソリンと同様に大きな違いはありません。灯油については、小売価格、本体価格(税抜き)ともに国別に大きな違いはありません(第224-2-1)。

【第224-2-1】石油製品価格の国際比較(固有単位)(2016年11月時点)



(注)米国の灯油価格はデータなし。 出典：IEA「Oil Market Report(2016年12月号)」を基に作成

### 3. 石炭価格の国際比較

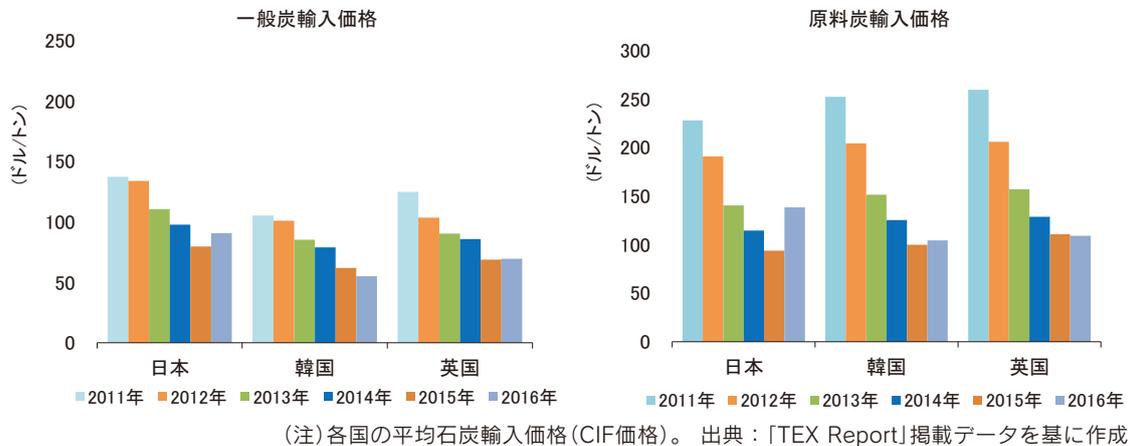
石炭の価格は市場における需給状況を反映するものですが、石炭の性質の違いより価格に差が生じます。賦存量の少ない原料炭の方が一般炭より高値で取引されます(第224-3-1)。

なお、通常、一般炭であれば発熱量が高いほど価格が高く、原料炭であれば粘結性が高いほどまた揮発分が少ないほど価格が高くなります。また、石炭の輸入価格(CIF価格)は、石炭の輸出国におけるFOB価格と輸出国から輸入国までの輸送費(保険を含む)で構成され、FOB価格が同じであれば、輸送距離の短い方がCIF価格は安価なものとなります。

一般炭については日本、韓国は主に豪州、インドネシアといった環太平洋の石炭輸出国から輸入しており、英国は主にコロンビア、ロシア、米国から輸入しています。韓国の一般炭輸入価格は輸送距離が同等な日本よりも低くなっていますが、これは韓国が輸入する一般炭の平均発熱量が日本よりも低く、安価なためと考えられます。

一方、原料炭については日本、韓国は主に豪州、ロシアから輸入し、英国は主にロシア、米国、豪州から輸入しています。原料炭については各国が輸入する原料炭の品質の違いが、輸入価格の相違の最大の要因と考えられます。

【第224-3-1】石炭輸入価格の国際比較

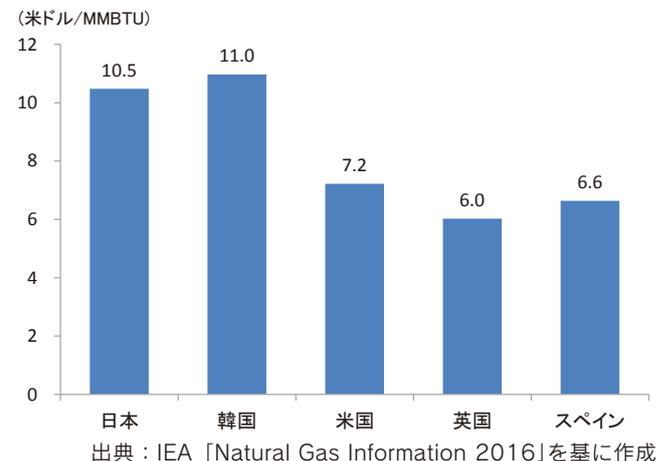


### 4. LNG価格の国際比較

天然ガスの主要市場は石油と同じく北米、欧州、アジアですが、価格決定方式は地域ごとに異なっており、石油のように指標となるガスが存在しているわけではありません。アジアにおけるLNG輸入価格は、一般的にJCC(Japan Crude Cocktail)と呼称される日本向け原油の平均CIF価格にリンクしています。大陸欧州でのパイプラインガスやLNG輸入価格は主として石油製品やブレント原油価格にリンクしていましたが、近年では各国の天然ガス需給によって決定されることも多くなっています。ガス市場の自由化が進んでいる米国や英国では、Henry HubやNBP(National Balancing Point)といった国内の天然ガス取引地点での需給によって価格が決定されています。そのため、各国における輸入LNG価格は、原油や石油製品価格の動向、それぞれの市場でのガスの需給ひっ迫状況等によって異なったものとなります(第224-4-1)。国際原油価格が2014年後半から大きく下落したことを受

け、原油価格に連動する価格フォーミュラを採用しているアジア諸国のLNG輸入価格も下がり、LNG価格の地域間価格差(アジアプレミアム)は縮小しています。しかし、いずれ原油価格が上がれば地域間価格差が再び拡大する可能性もあり、原油価格リンクの非合理性が指摘されています。

【第224-4-1】LNG輸入平均価格の国際比較(2015年平均)



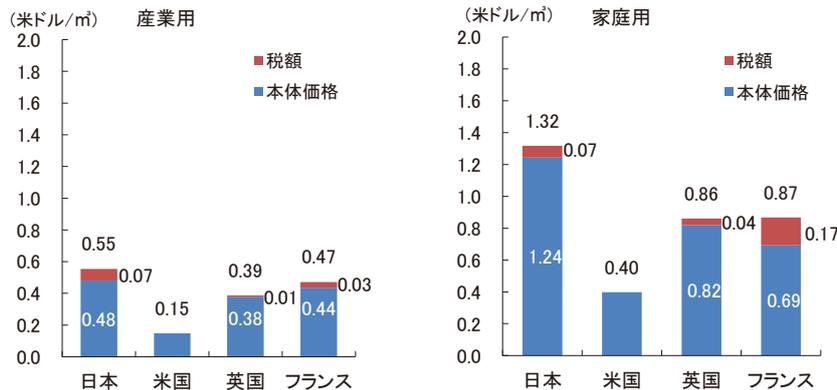
## 5. ガス料金の国際比較

我が国のガス事業については、事業の効率化によるガス料金の低減を目的の一つとした規制改革が推進されてきました。1995年、1999年、2004年、2007年にそれぞれ段階的な小売自由化範囲を拡大し、ネットワーク部門の公平性や透明性向上等の制度整備が図られてきました。2000年代初頭までは、LNG価格が安定していたこともあり、これらガス事業の制度改革と事業者の努力とがあいまって、これまで

都市ガス料金は下降する傾向にありました。2000年半ば以降にLNG価格が上昇し、都市ガス価格も値上げされましたが、2014年後半以降の国際原油価格下落を受け、再び都市ガス料金が下降する傾向にあります。また、米国では、非在来型天然ガスの生産拡大等によって天然ガス価格が低下しています。

ガス料金の原価は様々な要素で構成されており、またその比較には多様な方法があるため単純な対比は困難ですが、日本のガス料金は他国と比べて高位にあります(第224-5-1)。

【第224-5-1】ガス料金の国際比較(2015年)



(注) 米国は本体価格と税額の内訳不明。 出典：IEA 「Energy Prices and Taxes 3rd Quarter 2016」を基に作成

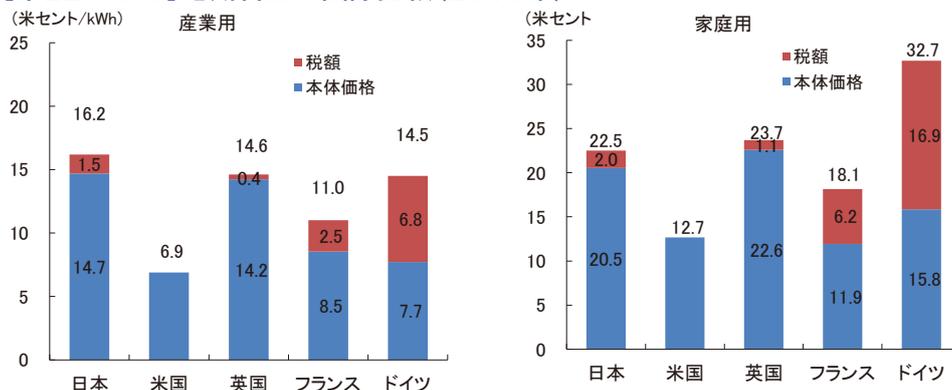
## 6. 電気料金の国際比較

様々な方法があるため単純な比較は困難ですが、OECD/IEAの資料を基に各国の産業用と家庭用の電気料金を比較した結果は、次の図のとおりです(第224-6-1)。日本の電気料金は、家庭用、産業用ともに高い水準となっていました。為替や各国での課税・再生可能エネルギー導入促進政策の負担増で格差は縮小してきています。

多寡、国内の輸送インフラの普及状況、人口密度、あるいは為替レート等といった様々な要因によって生じるため、内外価格差のみを取り上げて論じるのは現実的ではありません。電気事業の効率的な運営と、電気料金の低下に向けた努力を怠ってはなりません。その際には我が国固有の事情、すなわち、燃料・原料の大部分を輸入に依存しておりその安定供給が不可欠なこと等、供給面での課題に配慮しておく必要があります。

内外価格差は燃料・原料の調達方法や、消費量の

【第224-6-1】電気料金の国際比較(2015年)



(注) 米国は本体価格と税額の内訳不明。 出典：IEA 「Energy Prices and Taxes 4th Quarter 2016」を基に作成