

# 転換期を迎える世界のエネルギー需給動向

## 世界のエネルギー市場 ～5つのキーワードで読み解く新たな視座～

みずほ総合研究所 市場調査部 主任エコノミスト 井上 淳



世界経済は、過去15年の間に実に多くの変化を経験した。その1つに、今回特集した世界のエネルギー事情がある。化石燃料の大半を海外に依存する日本にとって、エネルギーの需給動向は今も変わらず重要なテーマだが、エネルギー市場を見通すうえで重要なポイントは、この間に大きく変化した。今回は、エネルギー市場のこれまでの変化を振り返り、さらに今後を展望するうえで必要となる視座を提供できればと考えている。そのキーワードとなるのが、「新興国」、「シェール革命」、「ガスシフト」、「再生可能エネルギー（以下、再エネ）」、「EV（Electric Vehicle：電気自動車）」である。

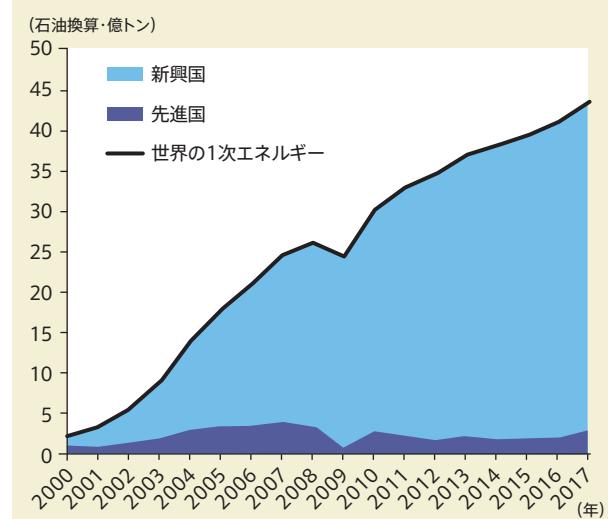
### 需要フロンティアとしての「新興国」

新興国が台頭し、世界経済のけん引役を担うようになった2000年代、エネルギー市場でも新興国は存在感を高めた。1次エネルギーの需要は2000年以降に観測された増加の実に9割以上が新興国で発生しており（図表1）、経済規模を示すGDPと同様にエネルギー消費においても新興国が成長のフロンティアとなった。そして、高成長を続けた新興国の旺盛なエネルギー需要はエネルギー資源の値上がりをもたらし、エネルギー以外の資源産品でも新興国は需要を拡大させた。

その結果、多くの投機マナーがコモディティー市場に流入するようになる。なかでも象徴的だったのが、原油相場である。新興国経済の成長を根拠に市場へ流入した投機マナーは、資源高を加速させ、2000年代初頭に1bbl\* = 20ドル程度であった原油相場（WTI）を2008年には147ドル（2008年7月）まで押し上げた。

原油をはじめとする資源価格はリーマン・ショックによっていったん値を下げたが、2010年代に入ると資源高ブームを引き起こした。その時も背景には新興国経済の存在があった。リーマン・ショック後、回復にもたつく先進国を尻目にいち早く成長軌道に戻った新興国経済を前にして、市場では今後、資源高が当たり前になるとの論調が広まっていた。2010年代前半はアラブ世界で発生した民主化運動（いわゆる「アラブの春」）をきっかけに中東情勢が不安定化したこと、原油高の一因となったが、上述した新興国需要の増加が原油をはじめとする資源高ブームのベースにあったのは間違いない。P5～「世界の石油・LNGの需給動向」では、投機マナーによる原油相場の嵩上げが以前に比べて縮小した現在でも、エネルギー市場における新興国のプレゼンス自体は変わっていないことを解説する。

図表1. 1次エネルギーの増加



（注）1999年の1次エネルギー消費との比較（増加幅）

（資料）BPより、みずほ総合研究所作成

## 「シェール革命」の余波 ～いまだみえぬ原油相場のニューノーマル～

2010年代前半に続いた原油高は世界経済の新たな常識になるかに思われたが、状況はその後一変する。原油相場は2014年夏に突如下落し始める、瞬く間に値を下げ、2015年初めには半値以下の水準にまで下落したのである。こうした原油市場の地殻変動は、米国で新たに産出されるようになったシェールオイルが原因であった（図表2）。技術革新によってシェール層から採掘される原油が商業ベースに乗るようになったことから、原油の需給バランスが大きく変化し、原油高は終焉を迎えた。

米国のシェールオイルは、その後も今日に至るまで、原油相場を左右する最重要ファクターの1つであり続けている。そして、こうしたシェールオイルの増産は、産油国の意識をも変えた。シェールオイルがもたらした需給バランスの緩みは、もはやOPECが自らの減産だけで調整できる規模ではなくなったからである。OPECは現在、ロシアなどOPECに加盟していない産油国とも協調体制（OPECプラスの枠組み）を築き、需給バランスのコントロールに取り組んでいる。これもまたシェール革命がもたらした変化である。この点については、シェールオイルを含め、次の記事（「世界の石油・LNGの需給動向」）で最近の動向を解説する。

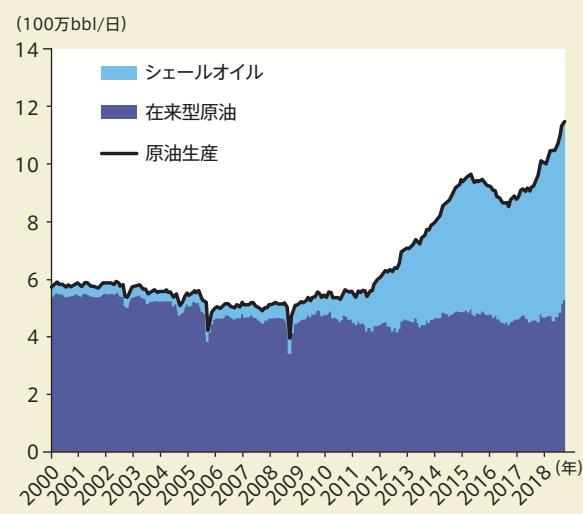
なお、OPECプラスの新たな枠組みは、需給のコントロールにいったんは成功したかにみえたが、2018年秋の原油安をみればいまだ道半ばといえるだろう。原油相場は、米国産WTI原油が同年10月初めからの1ヵ月半で3割以上下落するなど、新たな「通常価格」を見出すに至っていない。OPECプラスが影響力を維持できるのか、別の言い方をすればシェールオイルの増産がもたらす原油のディスカウント効果にOPECは対抗することができるのか、原油相場の先行きをみるうえではこうした供給サイドの要因も重要となる。

## 「ガスシフト」がもたらす地殻変動

シェール革命は原油だけでなく米国の天然ガス生産も増加させた。むしろ、最初に注目されたのはシェールオイルではなく、シェールガスと呼ばれる天然ガスであった。天然ガスは安価でCO<sub>2</sub>の排出量も少なく、先進国を中心に発電燃料として需要を拡大させてきた経緯がある。そのため、当初からシェールガスの生産によって発電コストを引き下げることができれば、米国の産業競争力が高まると期待されていた。ガス田からパイプラインで直接天然ガスを輸入することができない日本でも、価格が原油相場と連動したLNG（液化天然ガス）を輸入しており、原油相場の下落を介してシェール革命の恩恵を受けている。さらに今後は、米国から天然ガスの価格にリンクしたLNGの輸入が増えると予想されており、天然ガスの輸入価格が、全体として原油相場と連動しない、より競争市場的な価格体系へ移行する可能性もある。そうなればパイプラインがつながっていない日本でも、さらに多くの恩恵が受けられるようになるかもしれない。

しかし、現在はまだLNGの輸入価格が原油相場と関連づけられており、2018年10月以降に軟調になっている原油相場が持ち直せばLNGの輸入価格も上昇することになる。また、中長期的には世界的にLNGの需要が増加していることも、今後の潜在的な価格上昇要因となり得る。そこで重要なのが、ガス田開発である。石油メジャーと呼ばれる国際的な大手石油会社がすでにガスシフトを強めるなど、供給サイドでも今後のガス需要拡大を見越した動きがみられる。続くP5以降の記事で、こうした天然ガスを巡る最近の動向についてさらに解説する。

図表2. 米国の原油生産



（資料）米国エネルギー情報局（EIA）より、みずほ総合研究所作成

## 「再エネ」の可能性と「EV」の衝撃

将来の電源構成において、多くの人が期待を寄せるのが再エネであろう。その普及率が高まるほど、発電によるCO<sub>2</sub>の排出量を減らすことができる。しかし、再エネの将来については未知数な部分が多いのも事実だ。化石燃料の依存度引き下げにもつながる再エネの将来像をどのように捉えればよいのか、そのヒントになる現在の取り組みや先行きの予測について、P11～「再生可能エネルギーの現状と今後の展望」で解説する。

さらに再エネと同様に、化石燃料の需要抑制に効果を発揮する可能性があるのものとして、EVがある。GDP単位あたりの石油消費でみた省エネ度は以前から改善傾向にあることが観測されているが、特に先進国ではその効果によって石油需要が全体として伸びなくなってきた。その一部は発電のガスシフトの効果であると考えられるが、石油需要の6割を占める運輸セクターの省エネ化も大きな要因になっているとみられる（図表3）。

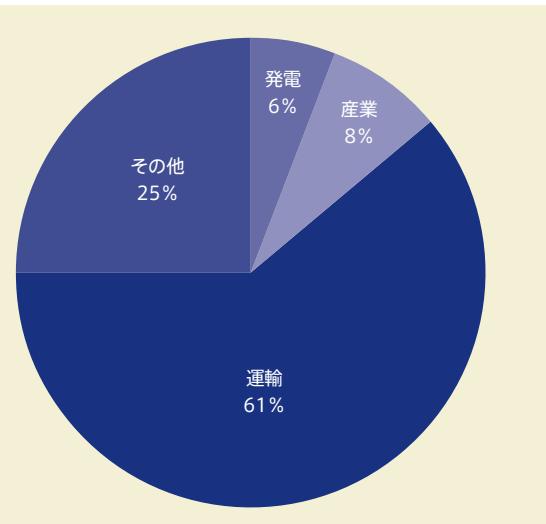
実際、日本を例に乗用車の燃費をみると、ハイブリッド車の新車販売台数が増加したのに合わせて、燃費の向上がペースアップしているのがわかる（図表4）。さらにEVが普及すれば、ガソリン需要自体がなくなり、EV向けの発電に必要なエネルギー資源を含めても、経済全体の省エネ化が一段と進むと期待される。

以上のように、本稿では、「新興国」、「シェール革命」、「ガスシフト」、「再エネ」、「EV」という5つのキーワードを軸に現在のエネルギー市場を取り巻く環境をみてきた。すでに述べたようにその一部については、次章以降でより詳細に解説しており、そちらも併せてご覧いただきたい。

今後のエネルギー市場を展望するにはいまだ不確実な要素も多いことから、必ずしも明確な将来像を描くことはできないかもしれない。しかし、今回提示した5つのキーワードを踏まえれば、少なくとも先行きを不確実にしているポイントを絞り込むことができ、将来のシナリオを予想するのに役立つものと考える。

\*石油の容量単位「バレル」の単位表記

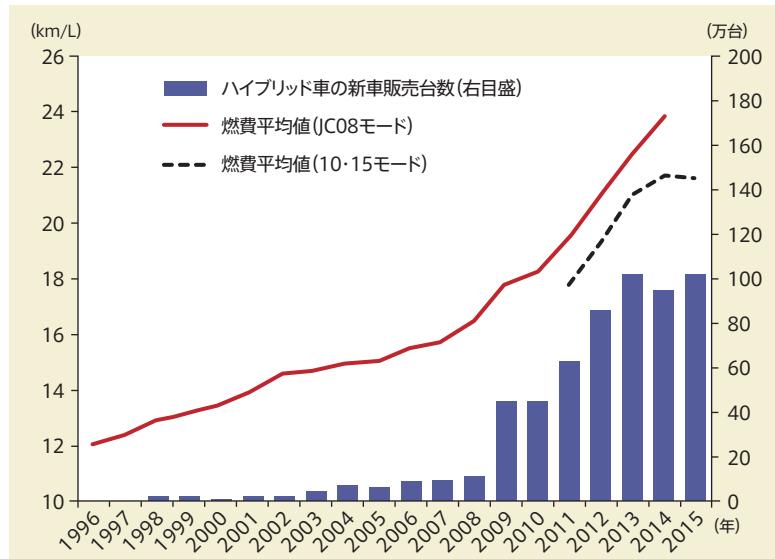
図表3. 石油需要の内訳



（注）産業需要は製造業・建設業向けの需要。その他は住居・店舗向けの需要等

（資料）国際エネルギー機関（IEA）より、みずほ総合研究所作成

図表4. 日本における乗用車の燃費



（資料）経済産業省「エネルギー白書2018（図【第131-2-8】）」より、みずほ総合研究所作成



# 世界の石油・LNGの需給動向

みずほ銀行 産業調査部 調査役 藤江 瑞彦

## 世界の石油需給動向：今後の中東情勢や産油国動向に注視

原油価格は、2014年夏場以降に下落した後、2016年1月に底を打ち、上昇に転じた。堅調な石油需要増加やOPEC加盟国等の減産等に起因する世界の石油需給は正が、原油価格上昇に影響したものと考えられる。さらに、米国による経済制裁にともなうイランの生産減少懸念が意識されると、2018年10月初旬には、北海ブレント価格が終値として2014年10月以来約4年ぶりに85ドル/bblに達した。原油価格は、その後急速に値を下げ、2018年10月初旬から同年11月下旬にかけて3割以上下落した（図表1）。米国政府が2018年11月初旬にイランの主要原油輸出先8カ国に対してイラン産原油の禁輸措置の適用除外を公表したことが、将来需給の緩和観測に繋がり、2018年秋の油価下落の一因となったものと思料される。

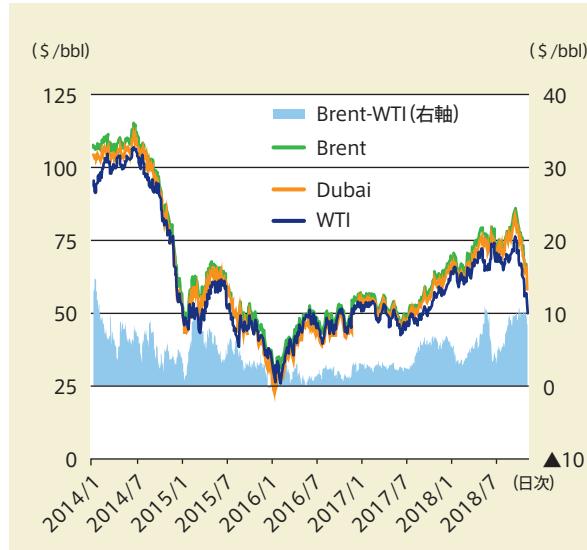
原油価格の方向性を規定する世界の石油需給動向について、以下に言及する。

世界の石油需給バランスは、2014年第1四半期から2017年第1四半期にかけて、米国のシェールオイルの開発進展等にともなって、生産が需要を上回り、供給超過で推移した。その後、油価下落に起因して米国の石油開発活動が鈍化したことに加え、2017年1月よりOPECおよびロシア等の主要産油国が協調減産を実施していることが影響し、世界の石油需給は、2017年第2四半期に需要超過に転じた。

石油は、日本および世界の最大のエネルギー源として、引き続き重要な役割を果たしている。世界の石油需要は、2012年以降、前年対比+100万b/d<sup>\*1</sup>を超える増加を継続している。中国、インド等の新興国が世界の石油需要増加を牽引しており、IEA（国際エネルギー機関）が2018年11月に公表した予測では、2018年の世界の石油需要の前年比増加量+131万b/dのうち、中国、インドを含めたNon-OECDアジアが+90万b/dと、約7割を占める見通しとなっている。

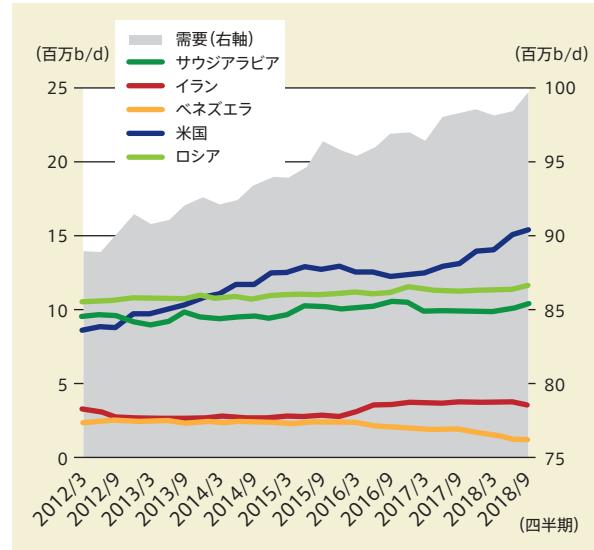
世界の石油生産では、シェールオイルの開発進展にともない、米国の存在感が拡大している。米国の石油生産量は、2014年にロシアを抜いて世界最大となった（図表2）。米国では、テキサス州内陸部のパームアン地域やイーグルフォード地域が、近時のシェールオイル開発の中心地となっている。一方で、内陸部のシェー

図表1. 原油価格の推移



（出所）EIA資料等より、みずほ銀行産業調査部作成

図表2. 世界の石油需要と主要国石油生産量の推移



（出所）IEA, Oil Market Report各月号より、みずほ銀行産業調査部作成

ルオイル生産地からメキシコ湾岸の製油所・輸出基地へのパイプラインの容量が不足している。米国内での石油輸送・輸出に関わるインフラ面での制約から、米国の石油需給は世界の需給バランス対比相対的に緩和しており、このことが米国WTI<sup>\*2</sup>価格が北海ブレント価格対比割安で推移している理由のひとつとなっている。今後の米国内のシェールオイルの開発状況に加えて、パイプラインの整備状況にも注視が必要である。

続いて、OPECの石油生産動向について言及する。OPEC加盟国およびロシア等の一部非加盟国は、2016年11月の合意に基づき、2017年1月より減産を実施している。しかし、足元の情勢は、合意時から大きく変化しており、OPEC加盟国等の今後の生産方針に関わる判断が注目される。2018年11月に、米国がイラン産原油の禁輸措置を含めたイランに対する経済制裁を再開した。米国は当初、諸外国に対しイラン産原油の全面輸入禁止を求めていたが、その後日本や中国、インドを含めた8ヵ国に対し、180日間の適用除外を認めた。ただし、適用除外の中にはイラン産原油を買い控える動きもあり、米国イランに対する姿勢やイランの主要原油輸出先である中国の輸入方針等を含め、イランを巡る動向に注視する必要がある。一方、サウジアラビアは、ベネズエラやイランの原油生産量減少に対応するため、2018年5月頃から原油生産量を増加させている。原油価格が下落する中、サウジアラビアをはじめとする主要産油国が今後の生産方針についてどのような判断を下すかが、今後の需給動向に関わるポイントとなろう。

米国によるイラン産原油の禁輸措置に関わる適用除外が公表されたことにより、石油の供給不足に関する懸念は、経済制裁公表時と比べて後退した。但し、インフラに関わる制約により米国のシェールオイル生産拡大余地が限られていることや、サウジアラビアの増産等に起因してOPECの増産余力が減少している点には、留意が必要である。今後、突発的な供給途絶等に対応するための余地が限られる可能性があり、不透明感を増す中東情勢や主要産油国の中の増産余力減少を踏まえた原油の安定調達が、わが国石油産業にとって改めて重要な課題となろう。

世界の石油市場は、不確実性が高い状態が継続しており、原油価格変動のボラティリティが高まっている。中東情勢や米国・OPEC等の主要産油国動向等には、引き続き注視が必要である。

## 世界のLNG需給動向： 需要拡大とともにトレードフローや取引形態が徐々に多様化

天然ガスは、化石燃料の中では熱量あたりのCO<sub>2</sub>排出量がもっとも少なく、低炭素化を遂行するうえで重要な役割を果たすことが期待されている。一方、天然ガスは常温で気体のため、石油や石炭と比較して輸送・貯蔵の難度が高い。産ガス国の中の国内消費が世界の天然ガス生産量の約7割を構成しており、液化天然ガス(LNG)、パイプラインを含めた国際貿易は、世界の生産量の約3割に留まる。

かかるなか、日本は少資源国であり、四方を海に囲まれていることから、国内天然ガス消費量のほぼ全量をLNGにより輸入している。日本は、これまで世界最大のLNG輸入国として、取引量の拡大、取引制度の確立において重要な役割を果たしてきた。世界のLNG取引は、これまで中東・東南アジア等の輸出国から、欧洲・東アジア等の輸入国へ向かうフローが中心であり、価格は原油価格に連動して決定してきたが、近年では従来型の取引に加えて、LNGのトレードフローや取引形態が徐々に多様化しつつある。以下では、LNG取引の変化に着目しつつ、近時のLNGの需給動向について言及する。

世界のLNG需要は1990年から2000年にかけて約2倍、2000年から2010年にかけてさらに約2倍のペースで拡大してきた。さらに、2017年には前年対比+10%と、足元では高い増加率で世界のLNG需要が増加している。アジア諸国におけるLNGの導入および需要増加が世界のLNG消費量の拡大を牽引している。世界のLNG需要国数は、2000年には11ヵ国だったが、2017年には39ヵ国に増加している。アジアでは、2011年にタイ、2012年にインドネシア、2016年にパキスタンがLNGを導入した。加えて、フィリピン、ベトナム、ミャンマー等がLNGの輸入開始を計画している。従来の陸上式受入基地に比して少額の投資額・短い工期で設置が可能な浮体式LNG受入基地(FSRU)が新規LNG需要国でのインフラ整備に貢献している。さらに、中国のLNG輸入量が2016年以降急速に拡大している。中国は、2017年には韓国を抜き、世界第2位の

LNG需要国となった。長期的にもアジアが世界のLNG消費量の拡大のドライバーとなる見込みである。日系ユーティリティ企業や商社の多くが、今後の海外LNG関連事業の対象エリアとしてアジアに注目している。

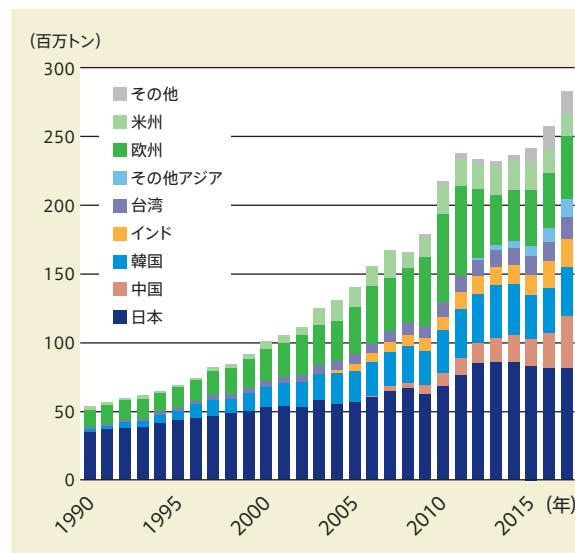
LNGの生産地として、中東や東南アジアがこれまで重要な役割を果たしてきた。加えて、近年は豪州でのLNG生産が増加しており、今後は米国からのLNG輸出拡大が見込まれる。米国では、シェールガスの開発進展にともない、国内需要を上回るペースで天然ガス生産量が増加し、LNG輸出量が拡大する見通しである。米国産LNGは、原油価格連動が中心となるその他の産ガス国のLNGと異なり、米国の天然ガス価格に連動して価格が決定されることから、地理的側面に加えて、参考指標の点からもLNG調達ポートフォリオ多角化に資する。

2014年夏場以降の原油価格下落を受けて、近年はLNG生産プロジェクトの新規開発が停滞していた。しかし、2018年10月には、三菱商事がShell等と推進するLNGカナダプロジェクトが、大型のLNG液化プロジェクトとしては2014年のロシア・ヤマルプロジェクト以来となる最終投資決定に至った。新規LNG生産プロジェクトに関わる今後の投資判断が注目される。

また、LNGの契約形態の多様化が徐々に進展している。従来のLNG取引は、原油価格リンクの長期契約を中心であったが、近年では短期・スポット取引が増加しているほか、長期契約でも上述の米国ガス価格や、原油価格と米国ガス価格とのハイブリッド方式等を価格指標として採用する契約も存在する。ただし、原油等と比較して、LNGの市場取引は現時点では発展途上であり、さらなる流動性・透明性の向上が待たれる。ShellやBP、マレーシア国営石油会社Petronas等、複数のプロジェクトに参画し、多様な形態の契約に対応し得る「ポートフォリオプレイヤー」が、LNG市場発展の過渡期において、重要な役割を果たすものと思われる。

来年2019年は、日本がLNGの輸入を開始して50周年の節目にあたる。これまで、日系ユーティリティ企業は、LNGの安定調達を通じて我が国にエネルギーセキュリティに貢献してきたが、近年では、トレーディング事業やアジア等の海外での受入基地・発電事業等、LNGを成長戦略のテーマのひとつとして位置づけている。また、2018年10月には、INPEX（国際石油開発帝石株式会社）がオペレーターを務め、複数の日系ユーティリティ企業がLNGを引き取る、豪州・イクシスプロジェクトが生産を開始した。こうした本邦企業の取り組みを後押しする形で、日本政府は、2018年10月のLNG産消会議2018では、LNGの市場拡大とセキュリティ強化のため、LNG関連の政策金融拡充等を公表した。本邦企業が、政策支援を活用しつつ、LNG市場の転換点を事業機会として成長戦略を具現化し、国際的なプレゼンスを維持・拡充する可能性に期待したい。

図表3. 世界の国別LNG需要の推移

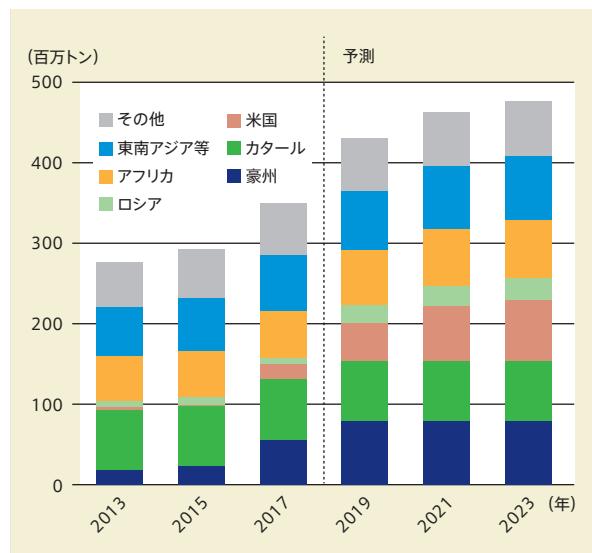


(出所) GIEGNL等より、みずほ銀行産業調査部作成

\*1 barrels per dayの略。1日あたりのバレル数

\*2 West Texas Intermediateの略。原油価格の国際指標の1つ

図表4. 世界の国別LNG生産能力の推移・見通し(IEA)



(出所) IEA, Market Report Series - Gas 2018より、みずほ銀行産業調査部作成

# 石油メジャーの事業戦略

## ～ガスシフトを進める石油メジャーのバリューチェーン戦略～

みずほ銀行 産業調査部 松村 諒



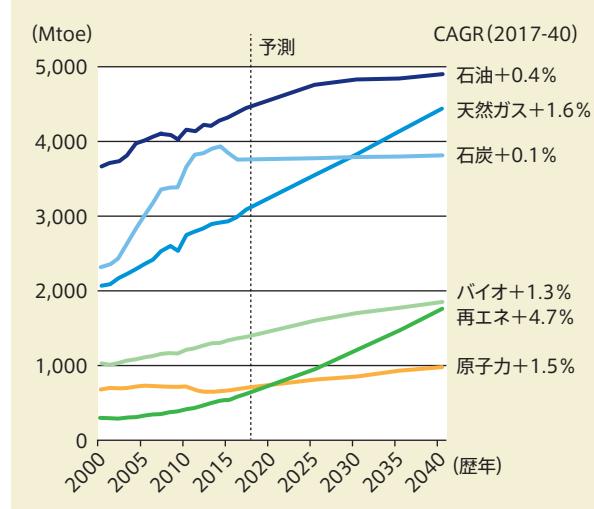
世界のエネルギー需要は、国際エネルギー機関（IEA）によれば、2040年にかけて年率+1.0%で継続的に増加する見通しである。石油、天然ガス、石炭を含めた化石燃料は、パリ協定における各国のCO<sub>2</sub>排出削減目標や省エネの推進、非化石電源の利用促進等を勘案しても、2040年の世界のエネルギー需要の74%を構成する見通しとなっている。化石燃料の中でも、石油需要の伸びが2040年にかけて年率+0.4%と緩やかな増加に留まる見通しの一方で、天然ガスは、2040年にかけて年率+1.6%と相対的に高い需要増加が見込まれている（図表1）。

### 石油メジャーのガスシフト戦略

石油メジャー各社（ExxonMobil、Royal Dutch Shell、BP、Total、Chevron）は、将来的な1次エネルギー需要に占める天然ガス比率の拡大を見据えて、上流事業の権益ポートフォリオの「ガスシフト」を進めている。石油メジャーが事業戦略上、初めて「ガスシフト」について言及したのは2000年代後半頃のことである。当時の石油メジャーが天然ガス資源に注目した背景としては、液化天然ガス（LNG）やパイプライン網の発達による輸送能力向上等により将来のガス需要増加の見通しが立ち始めたことに加えて、地質的・技術的・制度的に開発が相対的に容易な油田、いわゆる「イージーオイル」の枯渇の懸念により、代替燃料としての天然ガスに価値を見いだしたことが挙げられる。また、2015年のパリ協定合意以降、天然ガスが化石燃料の中で相対的に熱量あたりのCO<sub>2</sub>排出量が低いという環境面の利点に着目して、石油メジャー各社はガスシフトの方針をより明確に打ち出しつつある。

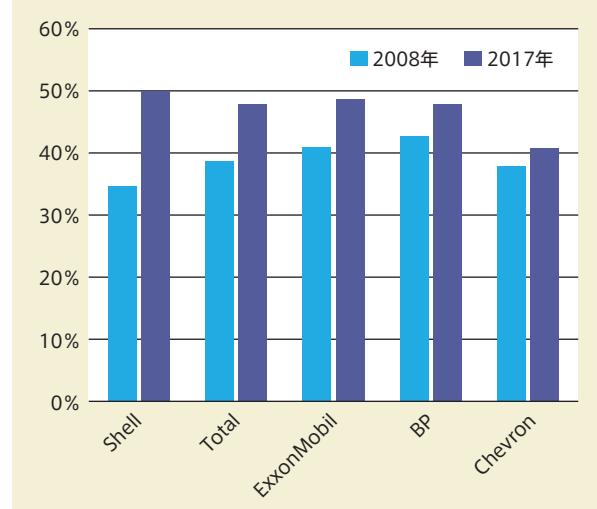
ガスシフトを掲げる石油メジャー各社の権益ポートフォリオに占める天然ガス比率を生産量ベースで評価すると、2008年には生産量に占める天然ガス比率がメジャー5社平均で39%であったのに対し、2017年には47%まで上昇している。また、企業別にみると、各社とも過去10年間で生産量に占めるガス比率を上昇させているが、もっともガスシフトを進めたのはShellであり、2008年時点では35%であったガス比率を足元では50%まで上昇させている（図表2）。また、Totalはガスバリューチェーンの拡充を石油開発の収益改

図表1. 世界の一次エネルギー需要見通し



（出所）IEA, World Energy Outlook 2018より、みずほ銀行産業調査部作成  
(注1)ベースケース(New Policies Scenario)における見通し  
(注2)Mtoe: Million tonne of oil equivalent

図表2. 石油メジャーの生産量に占めるガス比率



（出所）各社IR資料より、みずほ銀行産業調査部作成

善や低炭素関連事業成長への取り組みと並ぶ事業戦略上の注力領域と位置づけるなど、各社ガスシフトの姿勢を強めている。

以下では、ガスシフトを進める石油メジャーの代表例として、Shell、およびTotalの2社について、それぞれのガス・LNG事業戦略を概観する。

### ① Shell:天然ガスの中下流事業にバリューチェーンを拡充

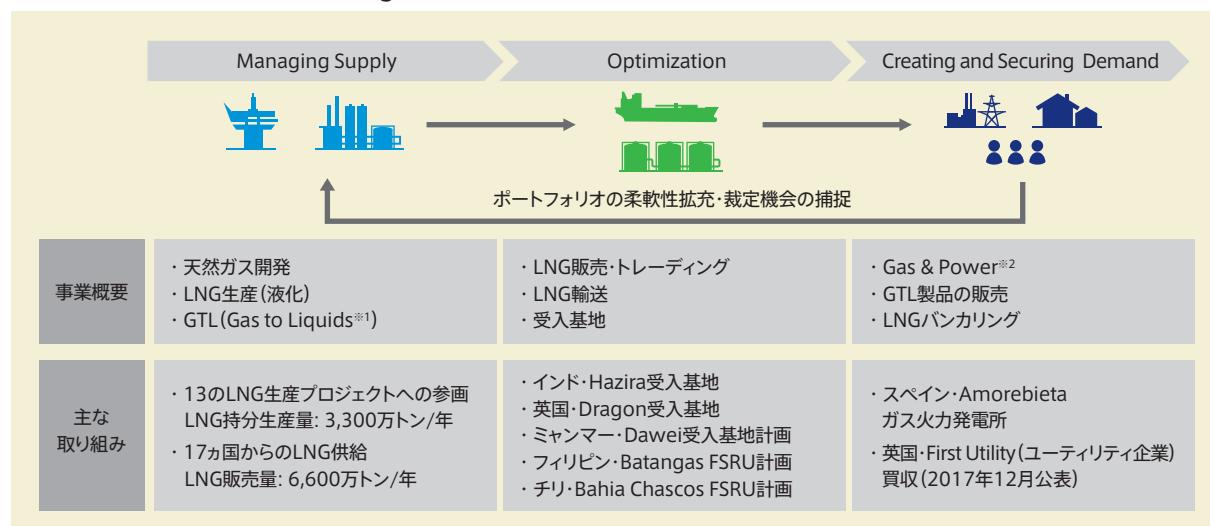
Shellは、在来型のイージーオイル開発が鈍化したことなどを背景として、天然ガスの液化・輸送や再生可能エネルギー・発電を含むGas & Power事業に2000年代後半から注力してきた。特に、2010年代以降、LNGを含むIntegrated Gas事業を将来的な成長戦略のための重点分野として明確に位置づけ、M&Aや中下流事業を含む投資を行っている。Integrated Gas事業は、事業ポートフォリオ上、将来的な事業拡大のために投資を行う“Growth Priorities”の位置づけであったが、2016年以降は、キャッシュを創出する“Cash Engines”の位置づけに成長している。

特に、2015年に公表されたShellによる英国・BG Groupの買収は、上流開発業界では1999年のExxonとMobil以来の大型再編である。LNGおよび深海油田開発に注力していたBG Groupの買収は、ガス・LNG事業の強化というShellの戦略に合致したものとして注目に値する。実際、BG Group買収後のShellのLNG持分生産量は3割弱増加し、2017年時点で世界のLNG需要の約11%を占める3,300万トンとなっている。これは民間事業者としては世界最大のLNG生産能力である。また、BG Groupはスポット調達を含む多様な供給源から調達したLNGをアジア市場中心に販売してきた実績を持ち、当時計画段階にあった米国のプロジェクトから流動性の高いLNGを引き取る立場にあったことから、ShellがBGを買収した目的の1つがLNGの販売・トレーディング能力強化にあった可能性がある。

Shellは、BG Group買収等による上流事業(天然ガス開発・LNG生産)およびLNG販売・トレーディング機能の強化に加えて、LNG受入基地への出資等により、天然ガスの中下流事業にバリューチェーンを拡充している。特に、今後のLNG需要拡大が見込まれるアジアにおいて、インド・Hazira LNG受入基地に出資、シンガポール・SLNG受入基地の使用権を保有しているほか、フィリピン等で計画中の複数のLNG受入基地に参画している。また、ガス・電力小売企業の買収や、今後は船舶向けにLNG燃料を供給するLNGバンカリング事業等を通じて、天然ガス・LNGの需要創出・確保を進める方針である(図表3)。

LNGの販売・トレーディング機能強化やLNG受入基地への出資等の中下流事業拡充によるLNG需要創出への取り組み等により、ShellのLNG販売量は自社生産量以上に高い伸びを示しており、外部からの調達を含めてLNGの拡販を進めている。今後も、Shellは、2018年10月に最終投資決定したLNGカナダプロ

図表3. Shellの“LNG-Global integrated value chain”戦略



(出所)Shell IR資料等より、みずほ銀行産業調査部作成

(※1)Gas to Liquids: 天然ガスを原料とする液体燃料製造

(※2)Gas & Power: 天然ガス燃料供給+ガス火力発電運営

ジェクトを始めとする建設・計画段階の自社液化プロジェクトの生産段階への移行によりLNG生産量を拡大しつつ、天然ガス中下流事業へのバリューチェーン拡充を推進していくことが予想される。

## ② Total: ガス中下流事業を低炭素関連事業の中核に位置づけ

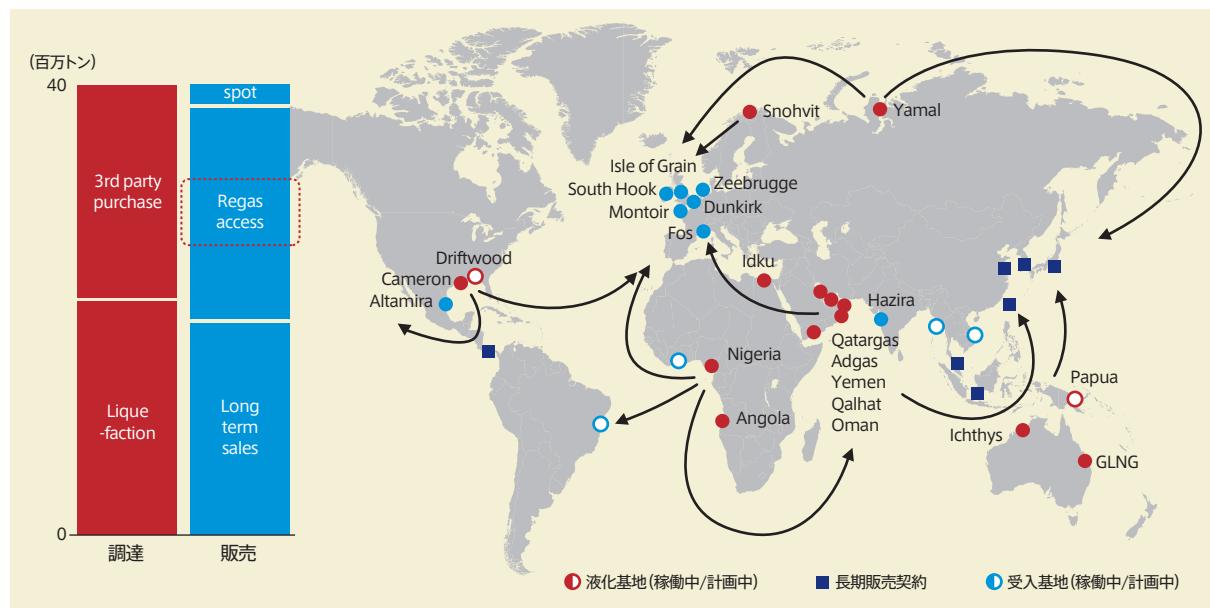
Totalはガスバリューチェーンの拡充を、石油開発の収益性改善や低炭素関連事業成長への取り組みと並ぶ、事業戦略上の注力領域と位置づけている。2018年7月には仏ユーティリティ・EngieのLNG事業買収が完了したこと、LNG販売量は2020年にかけて約4,000万トンとなり、民間企業ではShellに次ぐ世界第2位の規模となる。特に、ガス中下流事業については再生可能エネルギーと並ぶ低炭素関連事業の中核にも据えており、この低炭素関連事業が2035年には事業ポートフォリオの20%となることを目指して、2017年の事業再編にてGas, Renewable & Power部門を新設した。

TotalはLNGの液化からトレーディング、受入基地、発電・ガス小売等の販売まで、LNG事業のバリューチェーンの各領域について成長・最適化させることを事業戦略上の目標としている。特に、LNG受入基地については欧州中心に複数の基地の使用権を保有しており、今後、2020年にかけてLNG販売量全体に占める自社キャパシティ向け販売の割合が半分程度となる点が特徴となっている(図表4)。また、TotalはLNGトレーディング事業の規模を2022年にかけて2017年時点の2.5倍に拡大していく計画である。加えて、LNGのエンドユーザー拡大という観点から、ガス火力発電やLNGバンкиング、LNG自動車向けの燃料供給拠点整備等にも注力しており、LNG事業の上流から下流までのあらゆる領域で事業を拡大していく方針であるといえる。

## 石油メジャーの「ガスシフト」は今後も継続する見通し

天然ガスは、化石燃料の中ではCO<sub>2</sub>排出量が低く相対的にクリーンなエネルギー源であることから、その重要性を増している。加えて、世界の電源構成に占める再生可能エネルギー比率の増加が予想されるなか、今後は天然ガスが太陽光・風力等の出力変動に対する調整電源としての火力発電燃料の役割を果たすことが期待されている。かかる状況下、増加する天然ガス需要を捕捉することで中長期的な成長を維持すべく、石油メジャーの「ガスシフト」戦略は今後も継続するものと思料される。

図表4. TotalのLNGポートフォリオ(2020年時点)





# 再生可能エネルギーの現状と今後の展望

一般財団法人日本エネルギー経済研究所  
電力・新エネルギー・ユニット 研究主幹 二宮 康司氏

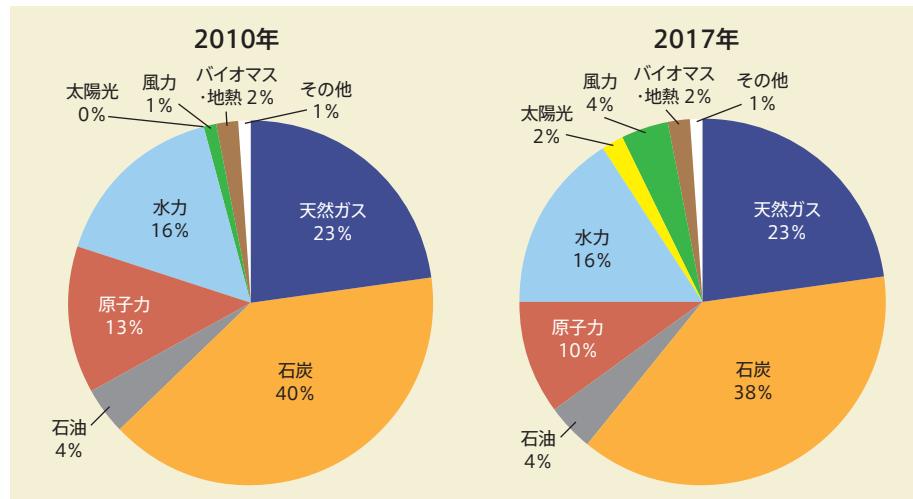
再生可能エネルギー(以下、再エネ)が急速に拡大している...エネルギー業界関係者でなくとも、こうした漠然としたイメージを抱く方々は多いだろう。毎日の新聞紙面でも再エネに関する記事が載らない日はないというくらい、再エネの話題には事欠かない今日この頃である。(大規模な水力発電を除いて)太陽光や風力といった再エネはいわば「付け足し」あるいはCSRに関心のある特定の企業が「持ち出し」であえて取り組むもので、決して主流なエネルギー源にはなりえないというのがこれまで長い間の「常識」であったと思う。しかし、この状況が大きく変化してきている。再エネの何が急に変わったのだろうか。一体何が再エネに起こっているのだろうか。

本稿では世界そして日本の再エネの動向を見つつ、この動向の示唆することを2030年そしてその先も踏まえて全体の流れを把握することとしたい。

## 世界的に拡大する再生可能エネルギー

再エネはどこまで拡大してきているのだろうか。それをもっとも象徴的に表しているのが発電量に占める再エネのシェアである。図表1は2010年と2017年の世界の発電量のエネルギー源別のシェアを示したものである。

図表1. 世界の発電量のエネルギー源別シェア: 2010年と2017年



(出所) BP Statistical Review of World Energy June 2018より作成

8%まで増大した。この5%ポイントのシェア変化を過少評価してはならない。発電のような巨大なインフラは世界レベルでみると急激な変化は起きず、10年程度でもわずかしか変化しないのが常であった。実際に天然ガス(23%)、石油(4%)、水力(16%)のシェアは7年間でまったく変動していない。世界の発電量全体の中で5%ポイントものシェアが7年間で動くのは重大事態なのである。

これが今起こっている世界的な「再エネシフト」である。再エネ、特に太陽光と風力発電のシェアは今後も増加を続けることは確実視されている。このペースで増加が進めば(実際そうなる可能性が高い)、世界の発電量に占める再エネの割合は2025年には3割を超えることが確実である。

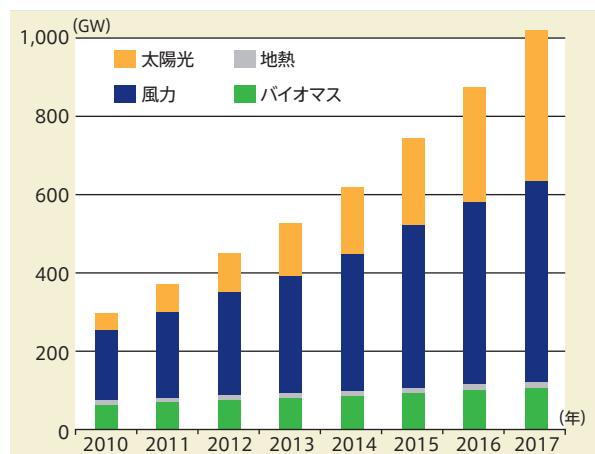
発電量の増加をもたらしているのは世界各国で導入されている再エネ発電設備の急増である。図表2は

2017年には水力と太陽光・風力等を合わせた再エネが全体の24%を占めた。石油はもちろん天然ガスよりも再エネのシェアは高く、38%を占めて首位の石炭に次いで2番目に高い。

2010年には3%に過ぎなかった水力以外の再エネ(太陽光、風力、バイオマス、地熱)のシェアは2017年には

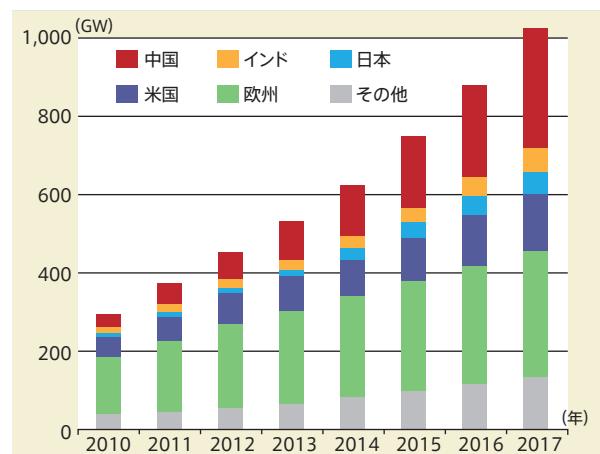
水力を除く<sup>\*1</sup>世界の再エネ発電設備容量の2010年から2017年の推移をエネルギー別に示したものである。この7年間で世界全体で3.4倍増加し、その増加率は年平均で約20%とまさに急増である。増加のほとんどは太陽光と風力発電であり、特に太陽光は7年間で10倍になった。この太陽光と風力の増加は今後もこのペースで増加を続け、2025年にはそれぞれ1,000GWを超える勢いを維持する見込みだ。結果として、水力を除く再エネ全体で2017年の2倍となる2,000GWを優に超える水準に達する。これに水力を加えると、上述したように世界の発電量の30%を超える電気が2025年には再エネから生み出されることになる。

図表2. 世界のエネルギー源別再エネ発電設備容量  
(水力を除く)の推移2010~2017年



(出所)IRENA Renewable Energy Statistics 2018より作成

図表3. 世界の国・地域別再エネ発電設備容量  
(水力を除く)の推移2010~2017年



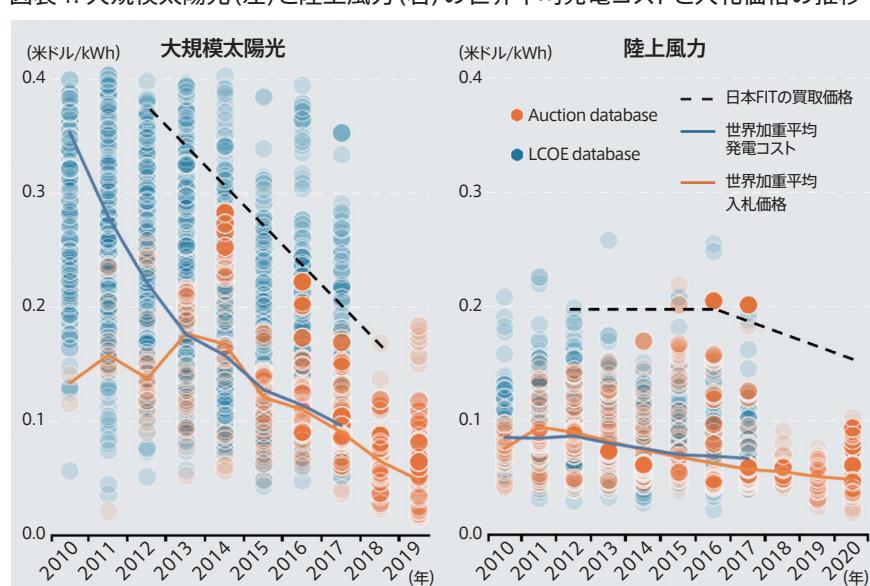
(出所)IRENA Renewable Energy Statistics 2018より作成

図表3は、図表2とまったく同じ再エネ発電容量を設置国別にみたものである。すべての国や地域で堅調に増加しているが、特に目覚ましいのは中国である。2010年から2017年の7年間で9倍以上に増加しており、今後もおおむねこの勢いを維持する見込みだ。すでに中国は一国で300GWを超えて、世界の再エネ発電容量の1/3を占める圧倒的な再エネ大国となっている。中国はもとより、世界中のすべての国や地域でほぼ例外なく再エネ発電容量が増加している事実は、「再エネシフト」が全世界レベルで進行していること、そしてこのシフトが不可逆なトレンドとなりつつあることを示唆している。

## 発電コストの低下が再エネシフトを加速した

なぜ再エネがこれほど増加しているのか、また今後も増加し続けると考えられるのか。それは再エネ、とりわけ太陽光と風力の発電コストが安くコスト競争力があるからだ。そして、今後も一層発電コストが低下し続けることが確実視されているからだ。この「再エネは安い」という世界的事実は「再エネは高い」とされる日本ではごく最近まで認知すらされていなかった。世界の多くの国々では、太陽光と風力の

図表4. 大規模太陽光(左)と陸上風力(右)の世界平均発電コストと入札価格の推移



(出所)IRENA Renewable Power Generation Costs in 2017に加筆

発電コストが他の電源、たとえば、石炭火力発電や原子力発電と比較して安いまたは同等レベルというのは常識となっている。低成本再エネの便益をほとんど享受できていない日本は世界の中でガラパゴス的存在となりつつある。

図表4は大規模太陽光発電と陸上風力発電の世界加重平均の発電コストの2010年から2017年の推移と2018年以降を入札価格の推移で近似したものである。発電コスト低下は、大量生産によるパネル生産コストが低下した太陽光発電で特に顕著で、2010年0.35米ドル/kWhから2017年0.10米ドル/kWhまで70%近く下がった。世界の石炭および天然ガス等火力発電の発電コストは、化石燃料コストを反映しておおむね0.05米ドル～0.15米ドル/kWhのレンジとされていることから、世界加重平均では太陽光発電も風力発電も火力発電と同等かそれ以下の発電コストを達成している。日本の固定価格買取制度(FIT制度)による買取価格はこれらの世界的トレンドと比較すると2～3倍高い水準にある。日本では「再エネは高い」といわれる所以である。

過去7年間で再エネの発電シェアが大きく増加したのはこの太陽光と風力のコスト低下なしではあり得なかった。この事実は非常に重要だ。なぜなら太陽光や風力発電がイデオロギーや精神論で導入されるのではなく、経済合理的なオプションの1つとして積極的に選択されるようになったからである。

## もはや後戻りできない低炭素社会構築への世界的流れ

再エネシフトが進むもう1つの理由は、あらためていうまでもなく世界的な低炭素社会構築への動きの加速化である。日本でも2050年にCO<sub>2</sub>等温室効果ガスを80%削減する長期的な目標が閣議決定されている。低炭素社会を実現するにはCO<sub>2</sub>を発生しないエネルギー源、すなわち①再エネ、②原子力、③化石燃料＋CCS(炭素隔離貯蔵)の3つのいずれしか活用できる選択肢はない。

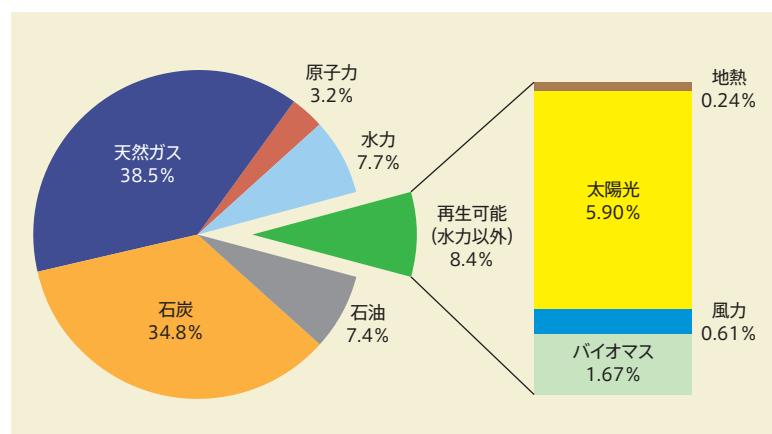
この3つの選択肢の優劣を論ずることは本稿の目的でない。しかし、重要な点は、主にコスト面での優位性から世界的には再エネが有力な第1選択肢として浮上し、それを前提とした長期的なインフラ整備や技術開発、政策立案が世界各国で着々と進められているという事実だ。この世界的な大きな流れ、すなわち「再エネシフト」は繰り返し述べているように、一過性ではなく不可逆なものだとみた方がよい。

もちろん米国のトランプ政権のようにこうした流れに明確に異を唱える国も少数ながら存在する。しかし、再エネ増加の速度を一時的に低減させるとといった短期的な影響はあるにせよコスト低下に裏打ちされた再エネ増加と低炭素社会構築への長期的な流れは恐らく変わらない。実際、トランプ政権下での2017年の米国でも太陽光と風力発電を中心とした発電の再エネシフトはオバマ前政権下と変わらず進行している。

## 日本の再エネ導入状況と2030年に向けた動向

ここで日本の再エネ動向をみておきたい。日本でも2012年に開始された固定価格買取制度、いわゆるFIT制度導入以来太陽光発電の導入が進んだ。その結果、日本の太陽光発電の導入量は中国に次いで世界で2番目に高い水準にある。

図表5. 日本の発電量のエネルギー源別シェア(2017年)



地熱1.0～1.1%)と想定している。一般に「2030年エネルギーミックス」と呼ばれているものである。太陽光はすでに5.9%まで増加しているので2030年エネルギーミックス想定値(以後、2030年想定値)の7.0%まで残り1.1%と迫っている。また、再エネ全体でも2030年想定値の22～24%の下限まで残り5.9%である。

図表6は2010年から2017年にかけての日本の再エネ発電設備容量の推移である。一瞥してわかるのは太陽光の急速な増加で、2010年から2017年の7年間で14倍となった。同時期の中国の300倍には及ばないものの先進国としては他に類例がないほどの急速な増加である。

図表2で示した世界的な動向と比較すると、風力がほとんど増加していないのも日本特有の現象である。この背景には、FIT制度(固定価格買取制度)の初期段階で太陽光に対して極めて優遇的な固定買取価格が付与されたこと、設置が容易でメンテナンスの負担も軽いこと、大規模な場合も法律に基づく環境アセスが必要なこと、日照さえ得られれば基本的にどこでも発電可能であること、日本は西日本を中心に日照条件に比較的恵まれていること等から民間の再エネ投資が太陽光だけに集中したことがある。

他方、風力には中規模以上の場合に数年間に及ぶ環境アセス実施が求められること、風況条件のよいエリアが北海道・東北エリアに偏っており送電線の混雑が制約となること等が参入障壁となってこれまでのところ増加は限定的である。バイオマス、地熱、水力に大きな増加がみられないのは世界的な傾向と同じである。

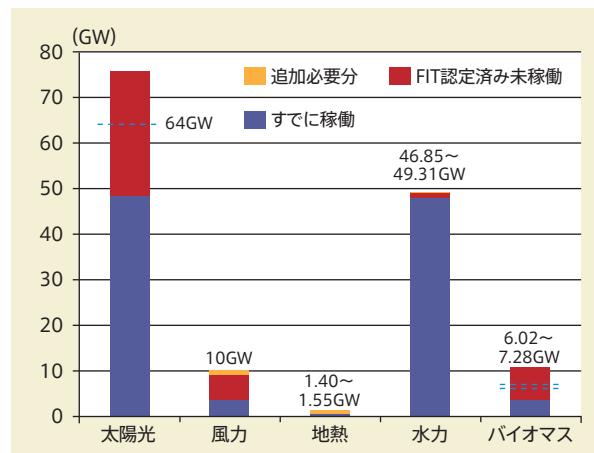
図表6. 日本の再エネ発電設備容量の推移

2010～2017年



(出所)IRENA Renewable Energy Statistics 2018より作成

図表7. 2030年エネルギーミックス想定量と現状の進捗



(出所)直近の資源エネルギー庁公表資料等より筆者作成

図表7は2030年想定量に対して、現状でどこまで再エネの導入が進んでいるか、あるいは見通しが立っているか示したものである。

稼働済み分は青色、FIT制度による認定をすでに取得して稼働待ちになっている分(いわゆるFIT認定済み未稼働)は赤色、2030年想定量に到達するために追加的な措置が必要な空白部分が黄色となっている。表示の数値は2030年エネルギーミックスを満たすための発電設備容量である。全体を俯瞰してわかることは、黄色部分が少なく、稼働済みとFIT認定済み未稼働を合計すると、ほとんどが2030年想定量におおむね到達していることだ。

太陽光は稼働済みとFIT認定済み未稼働を合計すると75GWに達し、2030年エネルギーミックス想定量の64GWを大きく超えている。今後、新規FIT認定案件とFIT認定済み未稼働案件が年3～5GW程度のペースで順次稼働していくと、2020年代の中頃には2030年想定値に達する、あるいはかなり超過している可能性すらある。同様にバイオマスも、すでに10GWを超えており、2030年想定量を十分に満たす水準に達している。こちらも今後年0.3GW程度の稼働が見込まれることから、2020年代中頃には2030年想定値に達する可能性が高い。

風力も稼働済みとFIT認定済み未稼働を合計すると2030年想定量におおむね到達している。風力資源の北海道・東北エリアへの偏在性から、今後の稼働状況は同エリアの送電線の増強次第で年0.3～1GW程度

と幅が出てくる。しかし、送電線の混雑は今後次第に改善される見込みであること、洋上風力の増加も想定されていることから、2025年には2030年想定量にかなり近づいている可能性がある。

水力はすでに2030年想定値の98%が稼働済みである。唯一進捗が大きく遅れているのが地熱であり、稼働済みとFIT認定済み未稼働を合計しても2030年想定量の4割にも満たない。大規模開発の場合に、地熱資源をめぐる地元関係者との利害調整が難航するケースが多いためである。地熱については2030年想定値への到達が極めて不確実である。

しかし、地熱を除く再エネ全体をみると、2030年想定量、つまり全発電量の22~24%の達成は2030年よりも前、恐らく2020年代中頃には達成される可能性があると想定される。さまざまな問題を抱えながらも、日本の再エネ導入は2030年エネルギー・ミックス想定量に向けて着実に進捗しているとみてよい<sup>\*2</sup>。

## 「再エネシフト」と今後の展望

再エネを含めて、完璧なエネルギー源は今のところ存在しない。特に今後も大きな増加が想定される太陽光と風力は、発電量が自然条件に合わせて刻々と変化するという決定的な問題を持つ。日本でも太陽光発電の出力制御が九州電力エリアで実施されたことが大きく報道された。

しかし、だから再エネはダメとはならない。世界の多くの国々はこうした再エネの欠点を十分了解したうえで、その欠点を克服するためにどうしたらいいのかを考え始めている。したがって、今後はこうした再エネの欠点を克服するためのソリューション技術へのニーズが世界中で高まっていく。しかも、こうしたニーズは先進国だけでなく、再エネが拡大する途上国でも確実に高まる。これはさまざまな分野で高度な技術を有する日本にとって大きな商機の到来である。

また、「再エネシフト」は再エネ発電が増加しているという单一の事象ではなく、エネルギー・システム全体を大きく変える可能性を秘めた動きとして捉えることができる。太陽光発電に代表される再エネの持つ分散型エネルギー源としての特性と、再エネの自然変動性に対する技術ソリューション群、すなわち、IoTやAI、ブロックチェーン技術等のデジタル化、スマートグリッド、蓄電池、EV、P2G（再エネ電力からの水素製造）等が相まって従来のエネルギー・システムを大きく変えていく可能性が出てきている。

日本では「再エネの主力電源化」に向けて、上述した出力制御をはじめ、FIT制度の下での国民負担の増加、再エネの自然変動性に対応するための電力系統の柔軟性確保、送電線増強コストの負担のあり方、再エネコストを低下させるための方策など課題は山積している。それらを踏まえて、2030年のエネルギー・ミックスの達成はもとより、その後の長期的なエネルギー戦略の中で再エネをどうしていくのか、特に再エネ増加にともなうコスト負担のあり方について今一度国民的な議論と合意形成が必要ではないかと考える。確実に進む世界的な再エネシフトと技術ニーズの高まり、新たな商機の到来、そして、エネルギー・システム全体を大きく変え得る可能性…こうした多面的な状況変化の中で、「再エネの主力電源化」の具体的な中身について政策の明確化が求められる。

\*1 発電量の絶対量では多くを占める水力のシェアは過去20年間の推移をみると減少傾向であり、今後も大きな増加は想定されていない

\*2もちろん、2030年エネルギー・ミックス想定量が妥当か否かという論点があるがここではこの問題には立ち入らない

### 二宮 康司氏 プロフィール

英国サリー大学大学院修士課程修了（エネルギー経済学修士）、同博士課程修了（経済学博士）。2004年～2010年環境省地球環境局地球温暖化対策課課長補佐・同市場メカニズム室室長補佐、地球温暖化対策に関連した政策立案に従事。2013年、日本エネルギー経済研究所入所。現在、内外の再エネ政策に関する研究・調査に従事