

2015

第1部
エネルギーを巡る状況と主な対策

第1章

「シェール革命」と世界のエネルギー事情の変化

はじめに

2014年11月、石油輸出国機構（OPEC）は年次レポート「World Oil Outlook」を公表し、米国で生産されるシェール由来の原油の増加を主な理由として、2013年の北米（米国・カナダ）の原油生産量（天然ガス液〈NGL：Natural Gas Liquid〉含む）を、前年のレポートに比べ30万バレル/日上方修正しました。2020年の北米の原油生産量見通しについても、前年のレポートに比べ250万バレル/日も上方修正し、そのうち220万バレル/日をシェール由来の原油によるものとししました。

また、従来は北米に限定されていたシェール由来の原油生産国に、ロシアとアルゼンチンを加えました。両国の2040年のシェール由来の原油生産量見通しの合計は、約70万バレル/日とされています。

同月に開催されたOPEC総会では、既に原油価格（ブレント）が6月の110ドル/バレル台から一時80ドル/バレルを割り込むまで落ち込んでいたにも関わらず、原油生産量の維持が決定され、その後の原油価格が40ドル/バレル台（2015年1月）まで急落する原因となりました。

原油価格が下落する中でOPECが減産を見送った背景には、サウジアラビアをはじめとする加盟国が、米国のシェールオイル・シェールガスという新たな供給力に対し、既存の石油供給国の国際市場における役割を低下させないようにする意図もあったと考えられています。

こうした動きは、10年ほど前から米国で始まったシェールオイル・シェールガスの開発・増産—いわゆる「シェール革命」—が、従来の産油国にとって無視できない存在となったことを示しています。

また、この「シェール革命」は、日本のエネルギー安全保障にも大きな影響を与え、東日本大震災及び東京電力福島第一原子力発電所事故後の電力供給体制の確保に貢献するものでした。

これまでもエネルギー白書において、「シェール革命」に関して記載してきましたが、世界のエネルギー供給構造への影響がいよいよ大きくなる中、本

年はこれを第1部の中心テーマに据え、「シェール革命」のこれまでの動きをまとめていきます。また、「シェール革命」の時代を迎え、世界のエネルギー事情にはどのような変化が起きているかについて、詳しく分析していきます。

また、一次エネルギーの供給を維持するため、その9割以上を海外からのエネルギーに依存し、その中心となっている原油の大半を中東からの輸入に頼っている我が国も、この動きに無関係ではられません。「シェール革命」の前後で、日本を含めた主要国のエネルギー事情がどのように変化したかを、「エネルギー安全保障」の観点から確認し、今後の動向と課題についても浮き彫りにしていきます。

第1節

米国の「シェール革命」による変化

1. 「シェール革命」とはなにか

シェールオイル・シェールガスのシェール(Shale)とは、頁岩(けつがん)という、泥が固まった岩石のうち、薄片状に剥がれ易い性質を持つ岩石のことです。

太古の海や大河の河口では、水中のプランクトンや藻類などの有機物が、死後に沈降、堆積し、バクテリアによる分解作用を受け変質して腐食物質（ケロジェン）に変化します。ケロジェンを含んだ堆積物がさらに地下深くに埋没すると、地熱や圧力により化学変化して石油分やガス分ができます。

頁岩からなるシェール層の石油分やガス分は、外部に移動する一方で、シェール層の岩石の隙間に残っていることがあります。地下の比較的浅い部分のシェール層の中には石油混じりの資源が、さらに深くなれば熱分解が進んでガスがあると考えられています。これらが、シェールオイルやシェールガスであり、これらの生成反応は数千万年から数億年という長い時間をかけて行われてきました。

米国において、従来は経済的に掘削が困難と考えられていた地下2,000メートルより深くに位置するシェール層の開発が2006年以降進められ、シェールガスの生産が本格化していくことに伴い、米国の

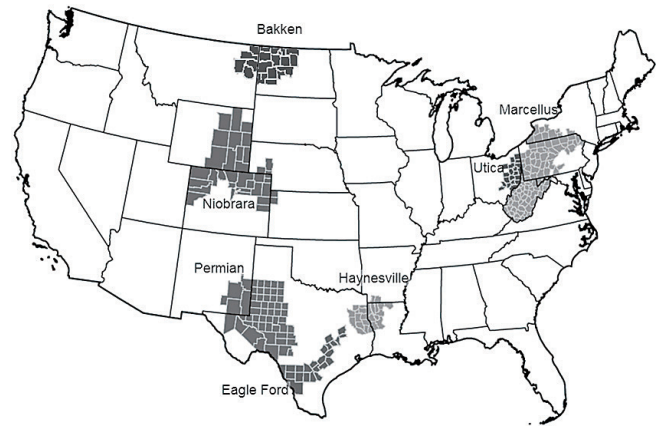
【第111-1-1】シェールガスとシェールオイル

名称	概要説明	主な埋蔵地
シェールガス	頁岩（シェール）層に残留している天然ガス。通常、浸透率の非常に低い（0.001md<ミリダルシー>未満の）頁岩に含まれており、浸透率を人工的に高める水圧破碎を行って採取する。2000年代にこのような採取技術の向上と天然ガスの価格上昇により生産量が急激に増加した。	米国、カナダ、オーストラリア、中国など
シェールオイル（タイトオイル）	頁岩（シェール）層に残留している原油。主に軽・中質油。シェールガス開発の成功を受け、同様の掘削技術で、ガスではなく原油や天然ガス液を採取できることがわかり、その膨大な資源量から期待が寄せられている。	米国、ロシア、中国、アルゼンチン、リビア、メキシコなど

(注) 「シェールオイル」は「オイルシェール」（地中に埋もれた有機物が石油や天然ガスに化学変化する前のケロジェン<油母>と呼ばれる高分子有機物を多く含む頁岩）との混同を避けるため、「タイトオイル」と表記されることもありますが、「シェール革命」によって増産されている原油であることを明確にするため、本白書では「シェールオイル」と表記します。なお、厳密に言えば「タイトオイル」は「シェールオイル」と「タイトサンドオイル（浸透率の低い砂岩に含まれる原油）」をあわせた呼び名のため、本白書内の統計などでは、「シェールオイル」に「タイトサンドオイル」が含まれることがあります。

天然ガス輸入量は減少し、国内価格も低下していきましました。これが、いわゆる「シェール革命」であり、エネルギー分野における21世紀最大の変革であるとともに、世界のエネルギー事情や関連する政治状況にまで大きなインパクトを及ぼしています。

【第111-1-2】米国における主なシェールガス・シェールオイル生産地域



出典：米国エネルギー省情報局(EIA)「Drilling Productivity Report」2015年

2. 「シェール革命」を可能にしたもの

(1) 技術的要因

「シェール革命」とまでいわれた、2006年以降のシェールガス・シェールオイルの開発ブームは、以下の3つの技術の確立が無ければ実現しませんでした。

1つ目は、石油やガスが閉じ込められた岩石の層に沿った掘削を可能とする「水平坑井」(水平掘技術)です。従来は垂直あるいは斜めに掘削する坑井が主流でしたが、水平坑井を採用することで、岩石との接触面積がより広くなり、一坑井当りの生産量は数倍に増加しました。

【第111-2-1】水圧破碎技術の概要

貯留層内に人工的に割れ目(フラクチャー)を形成・伸展させ、流体の流路を確保



- 1) 高粘性流体であるジェルを穿孔部から圧入して、貯留層である岩石を破碎しフラクチャーを形成する。
- 2) ジェルの圧入を続け、フラクチャーの長さや幅を大きくする。
- 3) 形成されたフラクチャーを半永久的に支持するため、プロパントと呼ばれる砂粒状の物質を徐々にジェルに混ぜ圧入する。
- 4) プロパントの濃度を徐々に上げる。
- 5) 規定量のプロパントを送り終わったら、圧入ポンプを停止する。
- 6) 圧入されたジェルは熱により分解され貯留層に浸み込むため、形成されたフラクチャーは徐々に閉じようとする。
- 7) しかしながら、プロパントがフラクチャーを支持し完全に閉じるのを防ぐので、ガスの流路は確保される。貯留層の小さな隙間に溜まっているガスは、フラクチャーを介して坑井内に流れ込み、経済的な生産性を確保することができる。

出典：石油技術協会 創立70周年記念出版物「石油天然ガス資源の未来を拓くー最前線からのメッセージ(創立70周年記念出版物委員会著)」

2つ目は、「水圧破碎」です。これは、石油やガスが存在する地層に圧縮した液体を流し込んで圧力をかけ(フラクチャリング)、それによって生じた人工的な割れ目(フラクチャー)により、石油やガスの流れにくさを改善する技術であり、浸透率の低い岩石から生産を行うためには不可欠なものです。

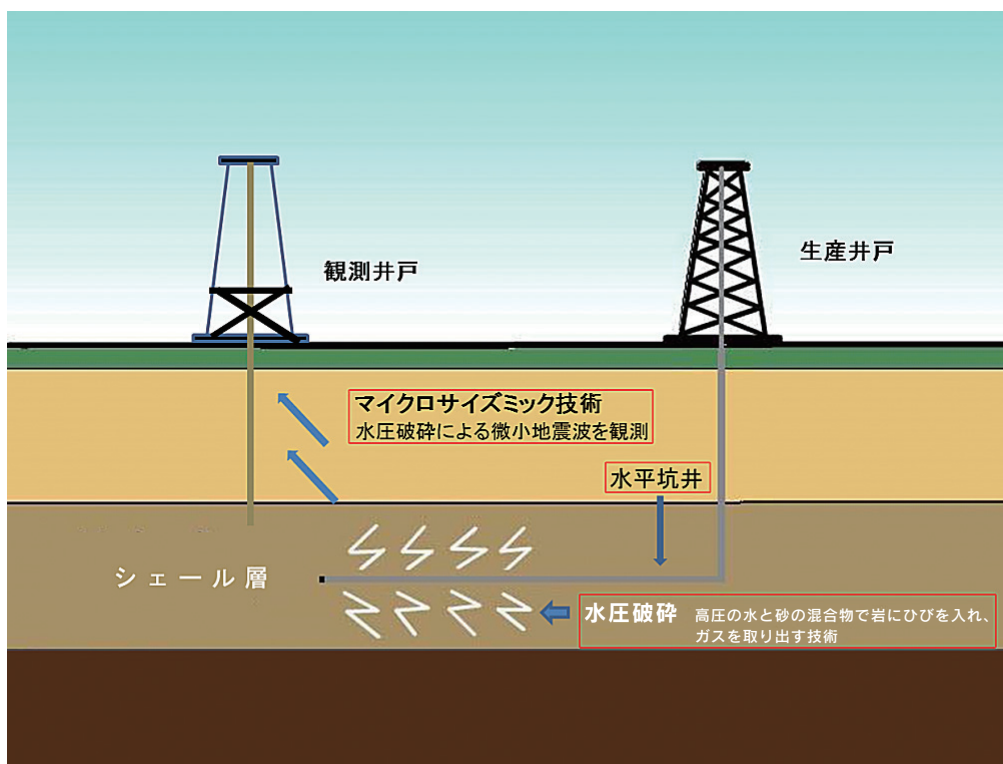
シェールガスの水平坑井は1,000メートル以上の長さがあります。例えば、水圧破碎作業では、まず水平坑井の最も先端の部分で毎分70バレルの流体と砂を圧入してフラクチャリングを行い、その後約120メートル間隔で順々に手前側に戻りながら同じ作業を繰り返して多段階のフラクチャリングを進めていきます。この間隔は、圧入量や浸透率等によって異なります。

流体は、化学添加剤を1%程度混ぜた水を使用します。また、1坑井あたりの水圧入量は、地質、間隔、水平長等によって異なりますが、7,000～18,000キロリットルと大量であり、この水の確保も重要となります。

そして3つ目は、「マイクロサイズミック」です。フラクチャー形成の際に発生する地震波を観測・解析し、フラクチャーの進展を検知する手法で、石油やガスの回収率向上に貢献しています。

これら3つの技術は、地下資源の開発などで、それぞれ昔から使用されていたものですが、それらを改良・高度化しながら技術を組み合わせることで、「シェール革命」は可能となりました。

【第111-2-2】「シェール革命」を可能にした3つの技術革新



出典：JOGMEC資料等を基に作成

(2)コスト要因

「シェール革命」以前は、シェールガスは生産コストが高く、市場性がないと判断されていました。正確な生産コストを算出することは、掘削技術が開発あるいは発展途上であること、生産地域ごとに生産量や坑井の深度などが異なること、関連する会社が情報を非公開にしていることなどから難しいものの、通常の天然ガスの生産コストが約1ドル/百万BTUであるのに対し、シェールガスの生産コスト

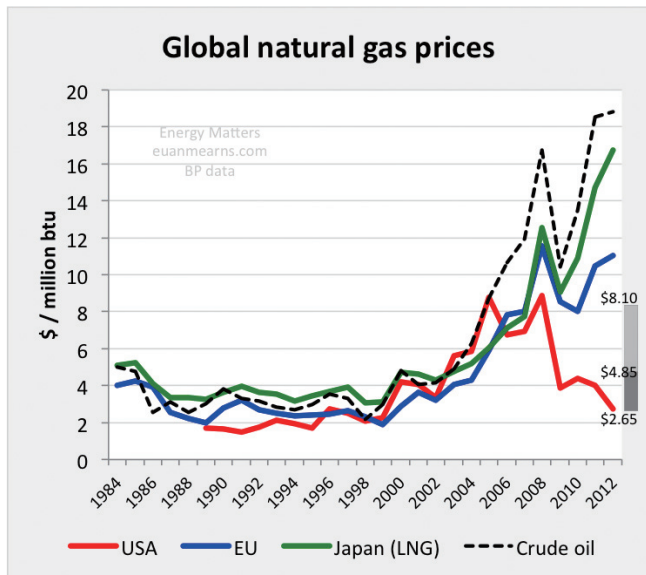
はその数倍であると考えられていました。

それが、2004年に原油価格が高騰を始めると、状況が大きく変化しました。原油価格に連動していた天然ガス価格も大きく上昇し、2005年の米国内の天然ガス価格は前年を3ドル近く上回る8.86ドル/百万BTUに達しました。これにより、シェールガスの生産は採算に見合うものとなり、開発が進められていきました。

シェールガスの増産に伴い、米国内の天然ガス価格は、徐々に原油価格の動向と乖離していきます。その動きが決定的になったのは、石油大手各社が開発に乗り出して増産が本格化する2008年以降です。国際的な天然ガス価格は、世界的な景気後退の影響もあって急落しましたが、その後値上がりに転じた国際的な天然ガスの価格に対して、米国内の天然ガス価格は、現在も低い水準で推移しています。

BPのデータでは、米国のシェールガスの最大、最小及び平均損益分岐点となる価格は、それぞれ、8.1ドル/百万BTU、2.65ドル/百万BTU、4.85ドル/百万BTUとなっており、米国内の天然ガスの市場価格は、平均損益分岐点をほぼ下回る状況にあります。

【第111-2-3】国際的な天然ガス価格とシェールガスの損益分岐点



出典：BP資料

そのため、米国のガス生産者は、原油に近い価格で販売できるコンデンセート油（天然ガス採取の際に地表で凝縮分離した軽質液状炭化水素）などのNGLが併産されるシェールガスの開発を進め、利益を確保しています。

米国内で天然ガスとNGLの両方を産出する井戸の割合は2007年の37%から2012年には56%に増加し、天然ガスと併産されるNGLの量は2008年には天然ガス全体の4.5%だったのに対し、2013年には5.2%となりました。

米国エネルギー省（DOE）によれば、2008年から2013年までの間に、天然ガスと併産されるNGLの量は年間7%のペースで増加しています。

マサチューセッツ工科大学（MIT）では、主要なシェールガス生産地域である米国北東部のマーセラスにおいて、2009年における生産条件で80ドル/バレル

のコンデンセート油が並行して得られるとした場合のシェールガスの損益分岐点を試算しています。

それによると、下図のとおり、併産されるコンデンセート油の量が0の場合、ガスの損益分岐点は4ドル/百万BTUとなりますが、ガス100万立方フィートあたり50バレルのコンデンセート油が併産される場合には、ガスを0ドルで販売しても採算がとれることとなります。

【第111-2-4】NGLが併産される場合の損益分岐点試算例



(注) 横軸は100万立方フィートのガスに併産されるコンデンセート油の量(バレル)であり、この量によって縦軸であるガスの損益分岐点(ドル/百万BTU)が変化します。

出典：MIT資料

(3) その他要因

米国では世界に先駆けて「シェール革命」といわれる状況が生じましたが、30年以上前から、シェールガスの掘削技術開発に関する資金投入や規制緩和を行うなど、米国政府による支援もそれを可能にした要因の一つです。

また、米国では過去150年にわたる石油生産国としての地質構造に関わるデータが充実していたことや、シェール開発のための周辺技術が確立し、それを提供する掘削サービス関連企業及び熟練技術者が国内に多数存在し、厚みのある産業構造をいち早く形成することが可能であったことも、シェールガスの短期間での商業化とその後の増産に大きく寄与しています。

さらに、米国には伝統的にハイリスク・ハイリターン新しいベンチャー企業に資本を提供する資本市場が整備されていることや、地下資源の所有権が土地を所有する個人に帰属しているため、土地所有者が採掘権を売却することで大きな利益を得られることなども、シェール開発を容易にしています。

3. 米国内のエネルギー動向の変化

(1) 生産量

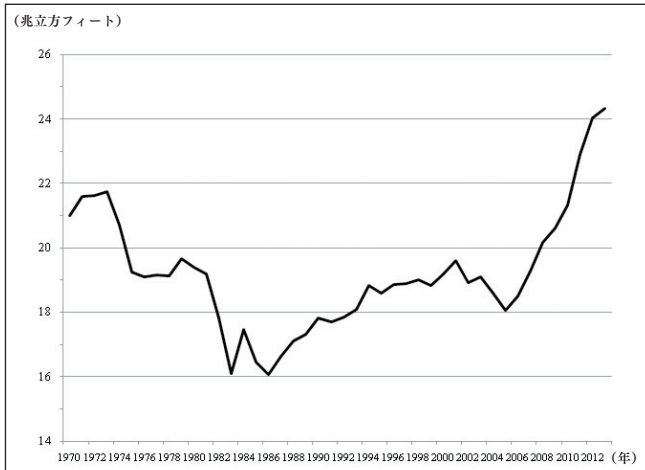
① 天然ガス増産

シェールガスの生産増により、2006年から米国

の天然ガス生産量は増加を始め、2011年には1973年を上回り過去最大となりました。

2013年の生産量は24.3兆立方フィートに達し、米国は今や世界最大の天然ガス生産国となっています。

【第111-3-1】米国の天然ガス生産量



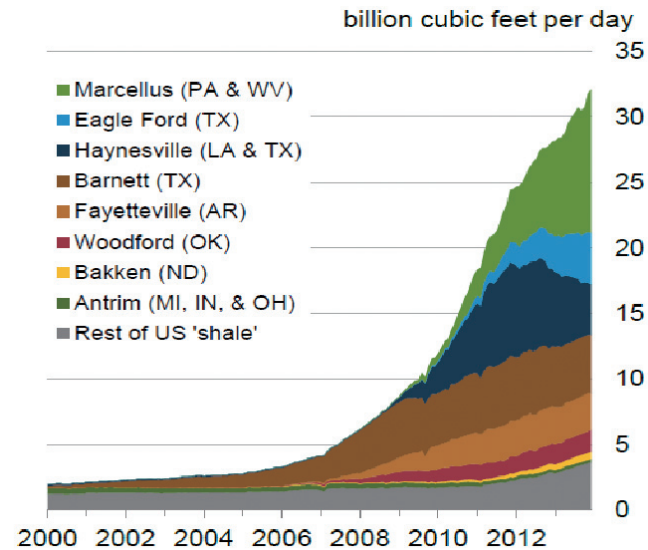
出典：EIA統計

【第111-3-3】米国の原油生産量



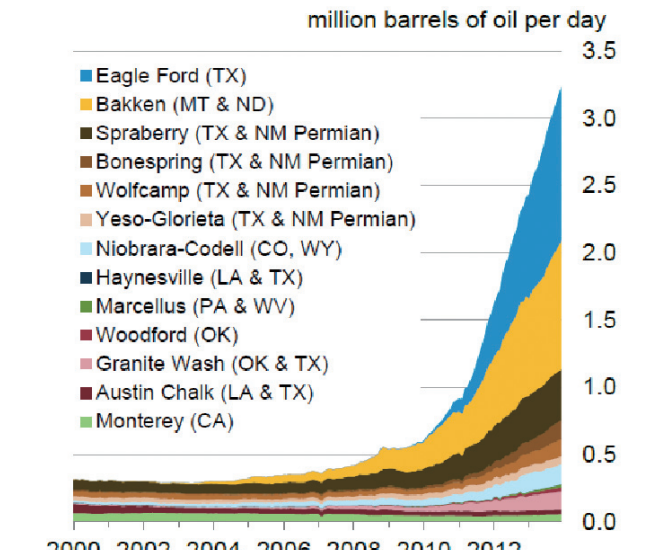
出典：EIA統計

【第111-3-2】米国の地域別のシェールガス生産量



出典：EIA統計

【第111-3-4】米国の地域別のシェールオイル生産量



出典：EIA統計

② 原油増産

「シェール革命」の結果、現在、米国は世界最速のペースで原油生産の拡大を進める生産国となっています。

米国の原油生産量は1970年に約960万バレル/日でピークに達した後に減少を続け、2008年には1947年以降最低となる500万バレル/日を記録しました。当時、米国の原油生産量はさらに減少し、輸入原油への依存度がさらに増大すると予想されていました。

しかし、シェールオイルの生産増により、原油生産量は2009年から毎年大幅に増加し、2013年には約750万バレル/日、2014年には約870万バレル/日となりました。米国エネルギー省情報局 (EIA) は、2015年の原油生産量は約940万バレル/日に達すると予想しています。

米国の原油生産量に占めるシェールオイルの割合は、2008年の12%から2012年には35%へと上昇しています。

(2) 輸出入

① LNG輸出拡大

米国は、現在でも天然ガスの輸入国であり、主にカナダからパイプライン経由で天然ガスを、トリニダード・トバゴやイエメンなどから液化天然ガス(LNG)を輸入しています。

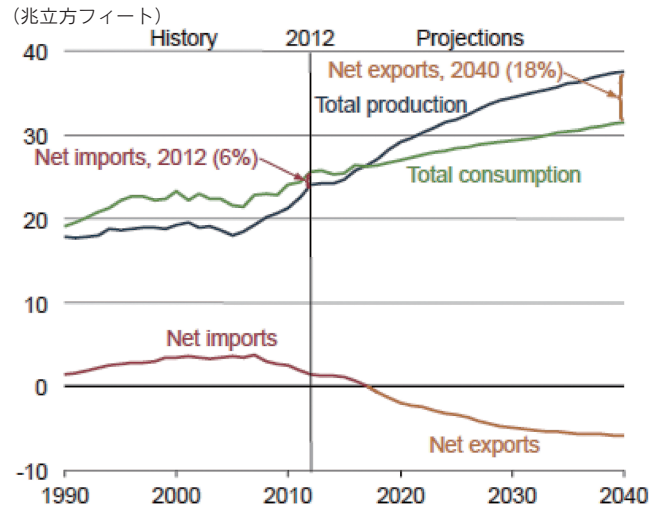
しかし今後、シェールガスの増産により、輸入量が減少するとともに、輸出量が増加し、2020年までには天然ガスの純輸出国になると予想されています。

米国の天然ガス輸出にはエネルギー省(DOE)の認可が、実際の輸出施設の建設には連邦エネルギー規制委員会(FERC)の認可が必要であり、従来は、メキシコなどのFTA締結国に対してのみ、長期契約によるパイプライン経由の天然ガス輸出が行われてきました。

シェールガスの増産が進んだ2011年5月、本土48州で生産されたLNGの非FTA締結国向け長期輸出に関する申請が初めて認可され、メキシコ湾沿岸に位置するサビンパスLNGプロジェクト(Sabine Pass LNG)が天然ガス輸出を行う権限を得ました。

その後2015年5月までに、7件の非FTA締結国向けLNG輸出プロジェクトが認可されました。このうち、フリーポート、コーヴポイント、キャメロンの各プロジェクトには日本企業も関与しており、非FTA締結国の一つである日本向けの長期的なLNG

【第111-3-5】米国の天然ガスの生産量、消費量と輸入・輸出量の推移と見通し



出典：EIA統計

輸出が開始されることとなります。

非FTA締結国へのLNG輸出に関しては、連邦議会内で認可プロセスを短縮化する議論も行われており、今後の動向も注目されます。

②原油輸出入動向

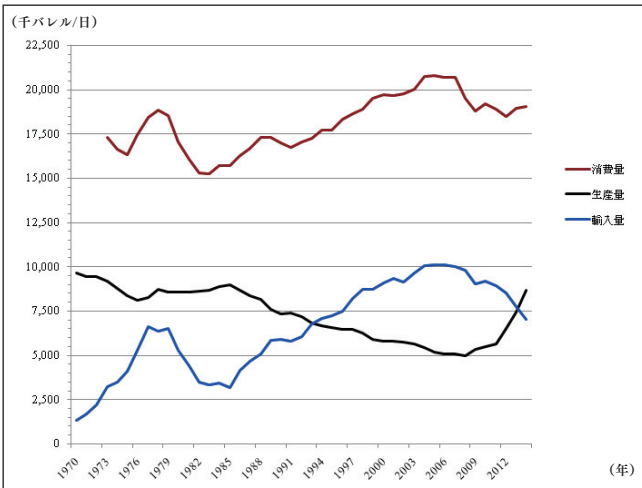
シェールオイル生産量の堅調な増加により、米国の輸入原油への依存度は減少しています。2013年10月には、1993年以降で初めて米国の原油生産量が原油の輸入量を上回りました。

【第111-3-6】米国が認可した主な非FTA締結国向けLNG輸出プロジェクト(2015年5月時点)

ターミナル	企業名	スケジュール	認可輸出量 (立方フィート/日)
サビンパス(Sabine Pass) LNG ルイジアナ州 キャメロン郡	サビンパス液化(Sabine Pass Liquefaction) LLC(シェニエール・エナジー <Cheniere Energy>子会社)	2011年5月 DOE輸出承認 2012年4月 FERC最終承認	22億
フリーポート(Freeport) LNG テキサス州 キンタナ・アイランド	フリーポートLNG拡大 (Freeport LNG Expansion LP)	2013年5月 DOE輸出承認 2014年11月 FERC最終承認	14億
コーヴポイント (Dominion Cove Point) LNG メリーランド州 ラスビー	ドミニオン・コーヴポイント (Dominion Cove Point) LP	2013年9月 DOE輸出承認 2014年9月 FERC最終承認	7.7億
フリーポート(拡張) テキサス州 ヒューストン	フリーポートLNG拡大 (Freeport LNG Expansion LP)	2013年11月 DOE輸出承認 2014年9月 FERC最終承認	4億
キャメロン(Cameron) LNG ルイジアナ州ハックベリー (カルカシュー・チャネル)	キャメロン(Cameron) LNG, LLC (センプラ・エナジー <Sempra Energy>子会社)	2014年2月 DOE輸出承認 2014年6月 FERC最終承認	17億
コーバスクリスティ(Corpus Christi) LNG テキサス州コーバスクリスティ	シェニエール・エナジー (Cheniere Energy)	2014年12月 FERC最終承認 2015年5月 DOE輸出承認	19億

出典：DOE and FERC

【第111-3-7】米国の原油生産量、消費量、輸入量



出典：EIA統計

増産されているシェールオイルは軽・中質油に分類される原油であるため、主に軽質油が中心であったアフリカからの原油輸入量が減少しています。米国メキシコ湾沿岸の精製所市場ではアフリカ原油は姿を消しており、大西洋岸の精製所でも少量の輸入にとどまっています。

一方、中東のサウジアラビアやクウェートは、米国における原油輸入シェアを拡大させています。

【第111-3-8】米国の原油輸入先上位10か国の変化

2005年	千バレル/日	シェア	2013年	千バレル/日	シェア
カナダ	1,633	16%	カナダ	2,579	33%
メキシコ	1,556	15%	サウジアラビア	1,325	17%
サウジアラビア	1,445	14%	メキシコ	850	11%
ベネズエラ	1,241	12%	ベネズエラ	755	10%
ナイジェリア	1,077	11%	コロンビア	367	5%
イラク	527	5%	イラク	341	4%
アンゴラ	456	5%	クウェート	326	4%
エクアドル	276	3%	ナイジェリア	239	3%
アルジェリア	228	2%	エクアドル	232	3%
クウェート	227	2%	アンゴラ	201	3%
輸入量計	10,126		輸入量計	7,730	

出典：EIA統計を基に作成

1973～74年に実施された中東産油国による原油禁輸措置に対応するために、1975年に制定されたエネルギー政策及び保全法（Energy Policy and Conservation Act）（EPCA）の各条項を受け、米国の原油の輸出は厳重に規制されています。商務省産業安全保障局（BIS）の認可があれば輸出は可能ですが、カナダ国内での消費や使用を目的とする輸出や、パイプラインで輸送されないアラスカ原油の海上からの輸出など、認可が与えられるのは特定のケースに限られています。

シェールオイルの増産を受け、米国の石油会社、特に精製施設を持たない小規模の独立系石油会社

は、国際市場価格が国内販売価格より高値であることから、原油輸出禁止の解除を強く求め、コンデンセート油の輸出に関する広範な例外を認めさせようとする動きが激しくなりました。

米国では、製油所で作られるコンデンセート油（プラントコンデンセート）の輸出は許されている一方、シェールガスとの併産などのように井戸元で生産されるコンデンセート油（リースコンデンセート）の輸出は禁止されていました。

2014年後半、商務省産業安全保障局（BIS）はコンデンセート油に関する新たな輸出指針を発表し、蒸留装置で加工されたリースコンデンセートについては自由に輸出可能な石油製品であると決めました。

米国エネルギー省情報局（EIA）は同時期より、コンデンセート油（プラントコンデンセート・リースコンデンセートの双方含む）の輸出に関するデータの報告を開始し、2014年8月には70万バレル、10月には40万バレルの輸出が行われたと推定しています。同年には、日本企業や韓国企業が米国よりコンデンセートを輸入しています。

原油自体の禁輸解除については、連邦議会内で議論する動きが出てきているものの、具体的な見通しは立っていません。現在のオバマ政権は、既存の法的権限内で禁輸解除を支持するか否かを公的に表明していない状態です。

米国の精製会社は、輸入石油製品との競争の観点から、国内の原油価格が国際価格並みに上昇することを好まないため、概して禁輸解除に反対しています。また、一般的な米国民は、ガソリンやディーゼル価格の上昇に対する懸念から禁輸解除に反対しているとされており、原油禁輸解除をめぐる議論の動向は不透明です。

③石炭輸出拡大

次項で述べるとおり、シェールガスの増産で、天然ガス価格が低位安定化していることで、米国の発電用燃料における石炭から天然ガスへの転換が進んでいます。国内での石炭消費は減少傾向にあることから、新たな販売先を求めて、石炭の輸出が拡大しています。

「シェール革命」直前と直近の石炭の輸出状況を比較すると、欧州への輸出量が3倍以上となっています。また、その他アジアの増加分の半数近くは中国への輸出拡大（0→7,989千トン）によるものです。

【第111-3-9】米国の石炭消費量の変化

単位:石油換算千トン	2005年	2013年	増減
生産量	565,282	479,200	-86,082
輸入量	19,598	5,060	-14,538
輸出量	29,460	68,220	38,760
在庫変動	2,902	19,370	16,468
一次エネルギー消費量	558,321	435,410	-122,911

出典：IEA「Energy Balance of OECD Countries 2014」を基に作成

【第111-3-10】米国の石炭輸出量の変化

単位:千トン	2005年	2013年	増減
カナダ	17,659	6,447	-11,212
中南米	5,031	16,648	11,617
欧州	17,036	55,046	38,010
アフリカ・中東	720	3,587	2,867
日本	1,888	4,863	2,975
その他アジア	2,603	19,918	17,315
合計	44,937	106,509	61,572

出典：IEA「Coal Information」を基に作成

(3) 需要

① 電力部門

シェールガスの増産によって天然ガス価格が下落したことで、米国の電力部門は火力発電において、石炭の消費量を減らし、天然ガスの消費量を増加させました。

加えて、旧式化した石炭火力発電所の閉鎖や、政府による再生可能エネルギーの導入推進策などにより、2000年代初頭には米国における発電全体の半分以上を占めていた石炭火力発電は、大きくシェアを落としました。

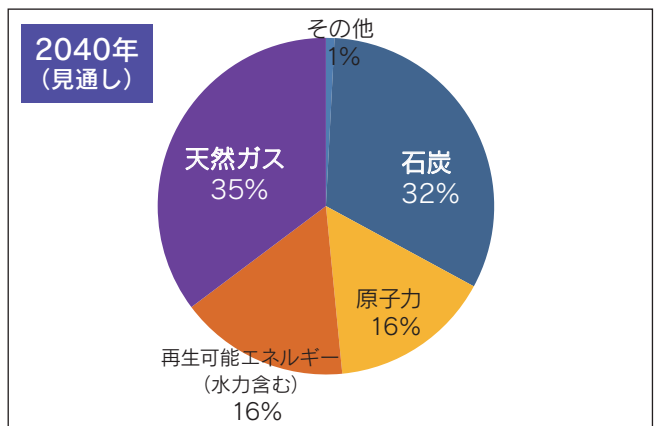
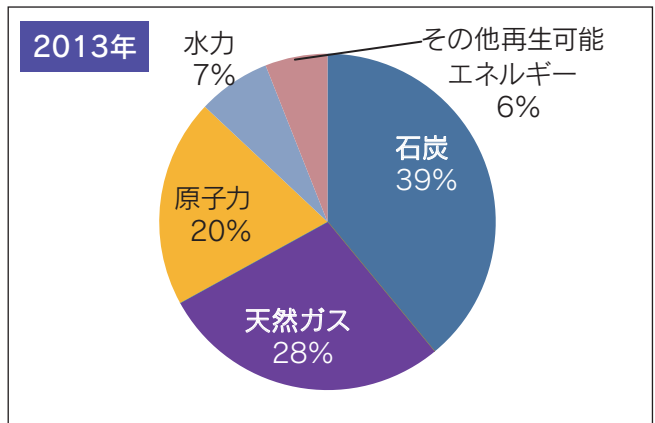
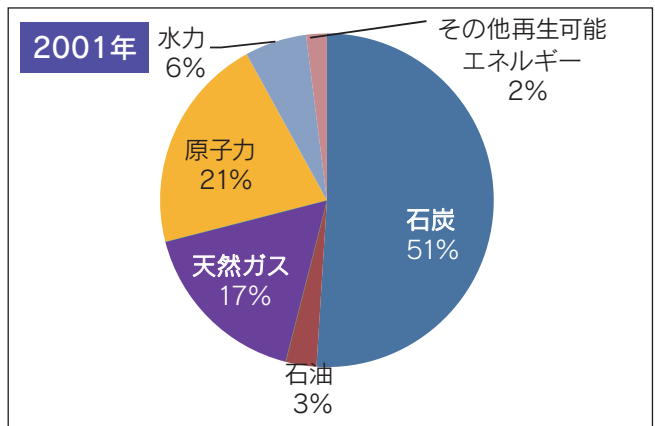
石炭と天然ガスの割合は、2035年までには逆転すると予測されています。

原子力発電も、大きなシェアの変動はありませんが、シェールガス増産による影響を受けている分野です。

2000年代初頭には、価格が上下して不安定な原料価格や環境面での火力発電への懸念から、改めて原子力発電の利点が注目され、1996年以来となる原子力発電所の新設に向けて、2005年のエネルギー政策法（Energy Policy Act of 2005）には原子力発電所新設に関して融資保証や発電量に応じた一定の税額控除の付与などの政策支援策が盛り込まれました。そのようなインセンティブ措置の導入を受け、その後ほぼ2007～2008年のみで計18件の建設・運転一体認可（COL）申請が米原子力規制委員会（NRC）に対して行われ、28基の原子炉新設が計画されました。

しかし、2008年の金融危機による景気後退に加え、安価な国内エネルギーと考えられるシェール

【第111-3-11】米国の電源構成の変化と見通し



出典：EIA統計

天然ガスの増産が、新たな原子力発電所の建設に関する投資回収の見通しに影響を及ぼしました。現在、7件のCOL申請に関するNRCのレビューはライセンス申請者の要請により保留されています。

② その他

シェールガスの増産は、大量のエネルギーを消費する米国重工業の見通しを回復させる方向に作用し、多大な競争優位をもたらしています。

最も恩恵を享受するのが石油化学産業です。米国でのエチレンの製造では、従来、原油の精製過程で得られるナフサが使用されてきましたが、シェール

ガスに含まれるエタンを活用することで、原料の大幅なコストダウンが可能となりました。こうして製造される国際競争力の高い石油精製製品は、サウジアラビアなどの中東諸国と競合できるレベルに達しています。

2012年時点で、シェールガス開発を受けた石油化学工業全体の設備投資額は150億ドルにのぼり、生産能力の3割増につながっています。

鉄鋼業界においても、鉄鉱石から酸素を取り除く方法として、石炭を原料としたコークスを利用する方法に代わり、天然ガスを利用する方法(直接還元)を活用する動きが拡大しています。直接還元の製鉄プラントは、コークスを利用するプラントと異なり高炉の建設が不要なため設備投資が少額で済むことから、天然ガスを産出する発展途上国を中心に、自国において鉄鋼の供給力を確保する手段として建設されてきました。

直接還元による製鉄技術を有するMIDREX社は、鉄鋼に対する需要と安いガスを背景に、米国では2020年までに、更に5～6百万トンの生産力に相当する2～3の製鉄所が建設されるだろうと予測しています。

4. 「シェール革命」の懸念材料

米国エネルギー省情報局(EIA)の2014年の報告によれば、米国の天然ガスの生産量は2012年から2040年にかけて平均1.6%の割合で増加する見通しです(図【第111-3-5】参照)。また、OPECの年次レポートでは、2013年に約320万バレル/日であった米国のシェールオイルの生産量が、2020年には400万バレル/日を超えると予測しています。

このように、米国の「シェール革命」は当面継続していくものとみられています。それを妨げる可能性のある以下のような動きも出てきています。

(1) 環境への影響

前項(3)のとおり、「シェール革命」によって発電分野での石炭から天然ガスへの転換が進むことで、発電由来の温室効果ガスの削減が見込まれます。しかしその一方で、シェールガス・シェールオイルの開発現場においては、地球環境に対し、以下のような懸念が指摘されています。

- ① フラクチャリングに大量の水を使用することへの懸念
- ② フローバックされた水の再処理が、時間的、量的

な限界に陥る可能性等

これらの懸念はシェールガス・シェールオイルの生産量が増加するに従い、問題化する恐れが高まるといえるものであり、米国では、これらの懸念事項に対する取り組みを行っています。

2015年3月には、米国内務省が連邦政府所有地及び先住民居住区におけるフラクチャリングの規制を発表し、フラクチャリングに用いられた化学物質を報告・公開すること等を義務づけました。

また、2015年6月には、米国環境保護庁がフラクチャリングの地下飲料水に及ぼす影響についての報告書を発表しました。この報告書によると、フラクチャリングの使用が地下飲料水に影響を及ぼしているという証拠は発見されなかったと結論づけられています。

(2) 足元の原油価格下落

前項でみたように、「シェール革命」と呼ばれるまでの変化を生んだ、増産、国内消費拡大、輸出拡大の背景には、シェールガスやシェールオイルの価格優位性があります。すなわち、天然ガスや原油の市場価格より低い値段で開発できるようになったことから増産が進み、他のエネルギー価格よりも安いことから国内の発電や重工業部門での消費が増え、国際市場においても、他の地域からのLNGやコンデンセート油よりも安く販売できることから輸出が拡大してきたということです。

裏を返せば、価格優位性が失われれば、生産、輸出、消費のいずれの分野でもシェールガスやシェールオイルが選択されなくなる恐れがあるということになります。

2014年6月以降の世界的な原油価格下落は、今後シェールガス・シェールオイルの優位性を低減させ、生産を停滞させていく可能性があります。既に米国の石油及びガス会社では、2014年10月以降、掘削活動の減少が続いています。

第2節

「シェール革命」時代の国際的なエネルギー動向の変化

本節では、「シェール革命」が米国以外のエネルギー動向にどのような変化をもたらしているか、また米国の「シェール革命」と同時期に他国のエネルギー動向には、どのような変化があったかについて概観していきます。

1. 開発と生産

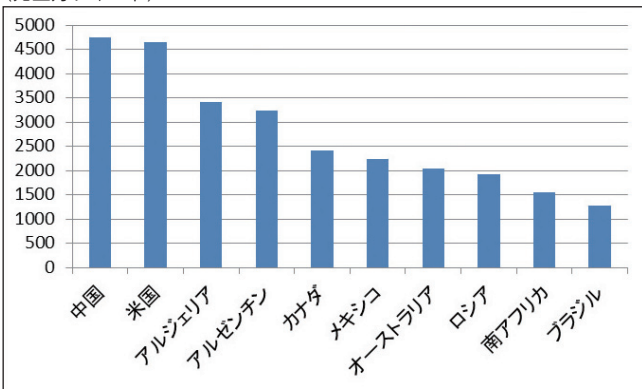
(1) シェール関連

① シェールガス

現時点では、米国エネルギー省情報局(EIA)によれば、世界のシェールガスの技術的に回収可能な資源量は約35,782兆立方フィートであり、国別で見ると、中国が米国をわずかに上回り第1位となっています。

【第112-1-1】シェールガスの技術的に回収可能な資源量

(兆立方フィート)



(注)EIA資料では中東については調査されていない。

出典：EIA資料を基に作成

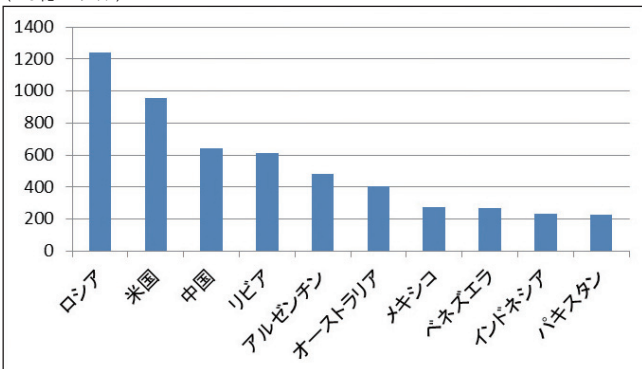
既に中国やカナダでは少量のシェールガス生産が行われており、アルジェリアなどでもシェールガス開発に向けた探査が実施されていますが、現在のところ米国以外で商業規模の生産は行われていない状況です。

② シェールオイル

米国エネルギー省情報局(EIA)によれば、世界のシェールオイルの技術的に回収可能な資源量は約6.8兆バレルであり、国別で見ると、ロシアが米国を上回り第1位となっています。

【第112-1-2】シェールオイルの技術的に回収可能な資源量

(10億バレル)



(注)EIA資料では中東については調査されていない。

出典：EIA資料を基に作成

ロシアとアルゼンチンでは少量ながら、シェールオイルの生産が開始されていますが、商業規模での生産が現在行われているのは米国以外ではカナダだけです。

カナダでは、2005年から少量のシェールオイルの生産が開始され、2010年以降飛躍的に生産量を拡大しています。中心となるシェールオイル層は、米国とカナダの国境を挟んでノースダコタ州からサスカチュワン州に広がるバッケンと、アルバータ州に位置するカーディアムの2か所です。

しかし、米国側においてシェールオイルの大規模な生産量で知られる(100万バレル/日以上で現在も増加中)バッケンも、カナダ側では生産量の拡大は期待できないと見られており、既に2014年初めの生産量(約7.5万バレル/日)でピークを迎えたと考えられています。また、カーディアムも、2014年の初めの生産量(約10万バレル/日)がピークとされています。

そのためカナダにおいては、石油開発会社は、シェールオイルに対する多額の資本投資をやめ、後述するオイルサンドの開発に力を入れるという動きが出ています。

(2) その他化石燃料

米国の「シェール革命」と時期を同じくして、技術の発達や原油価格高騰により採算に見合うようになったことによる、シェール以外の非在来型の原油・ガスの開発・生産が各国で進められています。

カナダの2013年の原油生産量は約400万バレル/日であり、そのうち約半分がオイルサンドからの生産となっています。オイルサンドは、開発に大型の初期資本投資を必要とするものの、数十年間にわたり安定的に一定の生産量が見込めることから、国内外から資本が集まっています。

一方、オイルサンドの生産は、原油の抽出及びその後の精製段階で排出される汚染物質が原因で、米国とカナダ両国の環境保護団体からの強い反対にあっています。

ベネズエラの超重質油は、2010年頃から各種の石油関連統計で確認埋蔵量に加算されることとなり、これにより、同国はサウジアラビアに代わって世界最大の原油埋蔵国となりました。

ベネズエラ政府は2014年3月に、超重質油の生産量を6年間で200万バレル/日増加させる計画を発表しましたが、その後の国際的な原油価格下落等により、プロジェクトは難航しています。

このように、各国で開発が進められるようになった原油・ガスは、環境問題や原油価格下落の影響を受ける恐れがあるという点について、米国のシェールガス・シェールオイルと同様であるといえるでしょう。

【第112-1-3】各国で開発されている主な非在来型原油・ガス

名称	概要説明	主な埋蔵地
重質油	API比重が大きく（米国石油協会のAPI比重：10～22度）、粘性が高い原油を指す。自噴やポンピングといった従来の方法では地下からくみ上げることが出来ないため、回収方法は露天掘りや水蒸気圧力などを使用することとなる。	ベネズエラ、カナダなど
超重質油及びビチューメン	API比重が10度以下のもので、粘度が10,000cP<センチポアズ>以下のものを超重質油、10,000cPより高いものをビチューメンと呼ぶ。ベネズエラのオリノコ原油は油層の温度が高く、流動性がある超重質油、カナダのオイルサンドは油層温度が低く、流動性がないビチューメンが分布する。	ベネズエラ、カナダなど
炭層メタンガス (CBM: Coal Bed Methane)	石炭層のすきまに含まれている炭層メタンガスで、地表から坑井利用して採取される。	アメリカ、カナダ、中国、豪州など

(注) API：米国石油協会 (American Petroleum Institute) が定めた原油および石油製品の比重を示す単位。「API比重」、「ポーム度」とも云う。水と同じ比重を10度とし、数値が高いほうを軽質と定めている。通常の比重とは以下の式で換算できる。
 $API比重 = (141.5 / 華氏60度の比重) - 131.5$

2. 輸出入

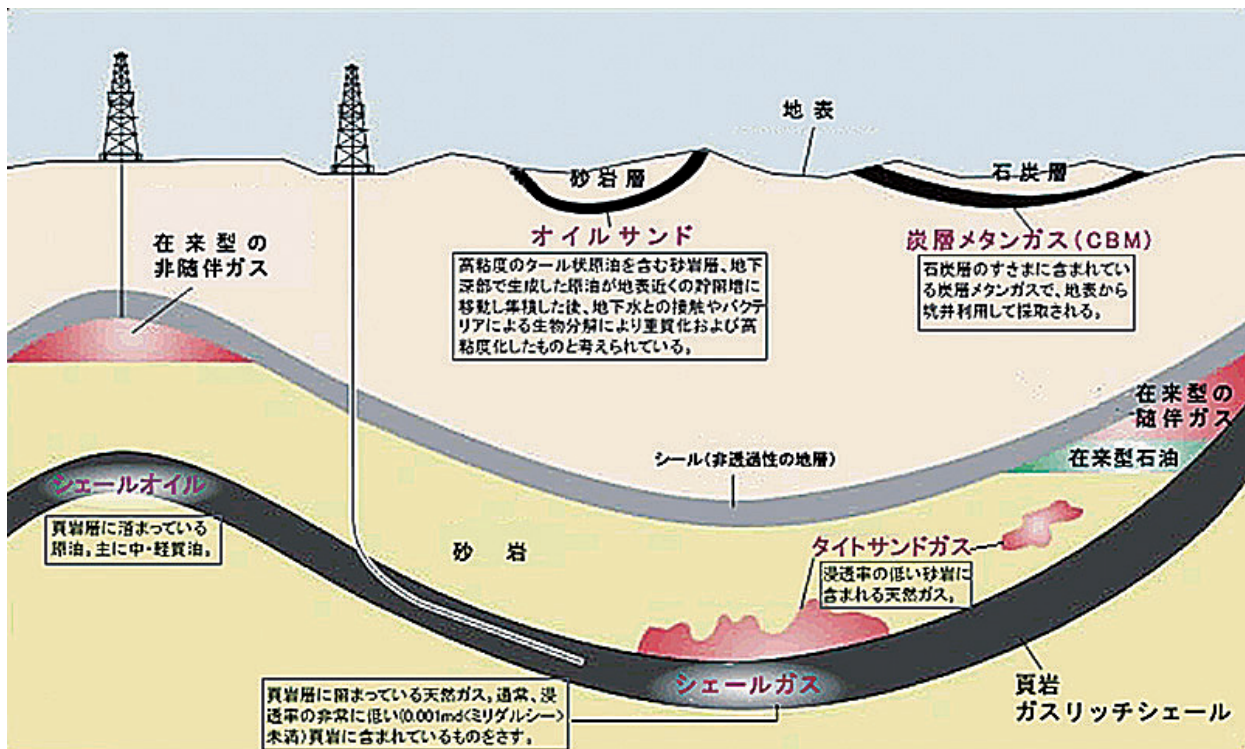
(1)天然ガス輸出入動向の変化

「シェール革命」が現実のものとなる以前は、国際市場では米国のLNG輸入量は増加していくと考えられていました。ロシアに次ぐ天然ガスの輸出国であるカタールは、こうした見方を背景に、米国への輸出拡大を見込んで天然ガス開発を進めていましたが、「シェール革命」によって米国へのLNGの輸出機会を失うこととなり、欧州やアジア市場の開拓に動きまわりました。

日本は、東日本大震災後に火力発電需要が大幅に増加したことに対し、カタールからのLNG輸入を迅速に拡大して対応することができました。また、欧州は、従来ガス市場に強い影響力を有していたロシアへの依存からの脱却を目指すようになっていきました。一方、ロシアは、こうした構造変化に対応すべく、アジア市場の開拓に乗り出しています。

このように、米国で始まった「シェール革命」は、国際的な資源の需給構造に大きな影響を与えていくこととなります。

【第112-1-4】主な非在来型原油・ガスのイメージ図



出典：EIA資料等を基に作成

【第112-2-1】カタールの天然ガス輸出先の変化

(単位：百万立方メートル)

	2008年			2010年			2013年	
	輸出量	シェア		輸出量	シェア		輸出量	シェア
中東	17,252	30.0		19,480	20.7		23,616	19.4
日本	11,333	19.7	アジア計	10,809	11.5	アジア計	22,642	18.6
韓国	11,579	20.1	56.0	9,933	10.5	38.8	17,767	14.6
インド	8,336	14.5		10,670	11.3		14,156	11.6
その他アジア	996	1.7		5,206	5.5		18,500	15.2
欧州	7,900	13.7		34,636	36.8		21,128	17.4
米国	88	0.2		1,291	1.4		207	0.2
その他	69	0.1		2,164	2.3		3,506	2.9
合計	57,553	100		94,189	100		121,522	100

出典：IEA「Natural Gas Information」を基に作成

【第112-2-2】ロシアの天然ガス輸出先の変化

(単位：百万立方メートル)

	2008年			2010年			2013年	
	輸出量	シェア		輸出量	シェア		輸出量	シェア
日本	0	0.0	アジア計	8,369	4.0	アジア計	12,018	5.3
その他アジア	0	0.0	0.0	4,967	2.4	6.4	2,657	1.2
欧州	157,594	82.1		127,574	60.8		154,713	68.5
旧ソ連	34,256	17.9		68,722	32.8		56,544	25.0
その他	0	0.0		90	0.0		0	0.0
合計	191,850	100		209,722	100		225,932	100

出典：IEA「Natural Gas Information」を基に作成

(2)カナダのLNG輸出計画

カナダのシェールガス開発は、まだ商業規模には至っていませんが、従来からの米国向けのパイプラインによる天然ガス輸出が、米国のシェールガス増

産によって先細りしていく可能性が高いことを睨み、LNG輸出のためのターミナル建設計画に着手しています。今後、供給が開始されることが期待されます。

【第112-2-3】カナダの主なLNGプロジェクト

プロジェクト	主な企業
パシフィック・ノースウエストLNG	ペトロナス、SINOPEC、JAPEX・三菱ガス化学、インディアンオイル、ペトロリウムブルネイ
LNGカナダ	シェル、三菱商事、CNPC、KOGAS
オーロラLNG	ネクセン、INPEX
トリトンLNG	アルタガス、出光
ダグラスチャネルLNG	EXMAR、アルタガス、出光

出典：NEB資料

3. 需要

LNGの輸出拡大の動きを受けて、既に世界的に新たな展開が見えてきているのが、船舶に対する需要の拡大です。

(1) LNG運搬船の需要拡大

全世界で運行されるLNG運搬船の数は、現状では約400隻ですが、今後、新たに年約50隻の需要が生じると見込まれています。16万立方メートルクラスのLNG運搬船の価格は、現在1隻約240億円であり、相当数のLNG運搬船の新設は、非常に大きな規模のビジネスをもたらすことになります。

この結果、競争力のある日本の造船業に大きなチャンスが到来することが期待されます。LNGを液化した状態で貯蔵するためにマイナス約160°Cの状態を維持する超低温技術など、LNG運搬船に関する日本の技術は世界トップレベルにあります。また、貯槽タンクや液化装置などの設備についても、日本メーカーのレベルは高く、多くの仕事を受注することが期待されます。

(2) LNG燃料船の需要拡大

重油を主燃料とする海上輸送は、温室効果ガス(GHG)排出の主要な原因の一つであり、世界のCO₂排出量の約3%を占めています。この問題を解決するために、国際海事機関(IMO)は海洋汚染防止条約(マルポール条約)において、船舶からのCO₂排出に関する規制を定めています。また、現在、バルト海や北海、北米周辺などでは、「大気汚染物質放出規制海域(ECA)」として、船舶用燃料油中の硫黄分濃度を規制しており、2015年からはその規制が強化されることになっています。

こうした排出ガス対策の一つとして、クリーンな燃料であるLNGが注目されています。すでにLNG運搬船等では、LNGは船舶用燃料として約40年の歴史を持っていますが、それ以外の船舶でも、現在約60隻のLNG燃料船が就航しています。特にノルウェーでは、政府による予算措置、補助金制度による経済的なインセンティブの付与により、急速にLNG燃料船の導入が進められています。

「シェール革命」による安価なLNGの出現により、重油より燃料費が3割近く抑えられることから、自動車運搬船などへのLNG燃料の適用も検討されています。

港湾におけるLNG供給のためのインフラ整備や船

舶の建造コストの増加といった課題はありますが、ECA規制のさらなる強化などに伴い、LNG燃料船の需要は今後も増加していくと予測されています。

船舶用燃料としてのLNGの需要について、ノルウェー船舶協会は2020年に全世界で400～700万トン/年に達すると予測しています。一方、ケンブリッジ・エネルギー研究所(CERA)は、船舶用燃料としてのLNG需要は、2030年には全世界で6,500万トン/年まで拡大すると予測しています。

第3節 主要国の「エネルギー安全保障」の変化 ～「エネルギー白書2010」の定量評価による比較～

ここまでみてきたとおり、「シェール革命」は米国だけでなく、世界のエネルギー事情に影響を与えています。米国を含めた主要国のエネルギー事情がどのように変化したかを確認するために、「エネルギー白書2010(以下「エネ白2010」という。)」で使用した「エネルギー安全保障の定量評価指標」を用いて、当時と現在のエネルギー事情の比較を行います。

2010(平成22)年に公表した「エネ白2010」では、主要7か国(フランス、ドイツ、英国、米国、中国、日本、韓国)のエネルギー安全保障が70年代以降の各年代でどのように強化されてきたかを概観するために、7項目の指標(詳細は後述)を用いました。当時の最新情報であった2000年代(データの関係上、最長で2000～2008年の平均)の数値は、「シェール革命」が本格化する直前の各国の様子を示すものとなっています。

本章では7項目の指標について、直近の数値を算出し、2000年代(「エネ白2010」における)の数値との比較を行うことで、「シェール革命」の時代を経て、各国のエネルギー安全保障がどのように変化したかを見ていきます。また、その「変化」の背景として、「シェール革命」がどのように関わっているのか、あるいは他の要因によるものかについて分析を行います。

(注)「変化」を確認することが最大の目的のため、本節では「エネ白2010」で用いた評価指標自体の検証は行わず、後述する「要素の選定」「評価手法」については「エネ白2010」の内容を踏襲しました。また、「変化」を把握することを最優先と考え、項目によっては、直近のデータを使用して「エネ白2010」における2000年代の数値を修正したものもあります。

1. エネルギー安全保障を構成する要素の選定

「エネ白2010」では、現代における「エネルギー安全保障」を、「国民生活、経済・社会活動、国防等に必要量のエネルギーを、受容可能な価格で確保できること」と定義しています。

そして、エネルギー安全保障を構成する要素を「資源調達」、「国内供給」、「国内消費」という一連のサプライチェーンに基づいて選定し、各国が講じてきたエネルギー安全保障政策の定量評価を試みています。

「資源調達」は、国内外で資源を発見・確保し、消費地まで安定的に輸送することを指しますが、その段階でエネルギー安全保障を強化する要素として「国産・準国産エネルギー資源の開発利用」、「海外エネルギー資源の確保」、「資源の輸送リスク管理」が挙げられます。

次に「国内供給」の段階で、安定的な供給を持続してエネルギー安全保障を確保するために「国内リスク管理」が必要となります。

また、「国内消費」の面から、エネルギー安全保障を強化するには「需要抑制」が有効と考えられます。さらに、サプライチェーン全体を支えるものとして「供給途絶への対策」が備わっているかもエネルギー安全保障の重要な要素となります。

【第113-1-1】エネルギーサプライチェーンにおけるエネルギー安全保障を構成する要素



こうした観点から、「エネ白2010」では、エネルギー安全保障を定量評価するための指標として【第113-1-2】の7項目を選定し、下線部分につき評価比較を行いました。

2. エネルギー安全保障の評価手法

「エネ白2010」では、前述の7項目について、フランス、ドイツ、英国、米国、中国、日本、韓国の7か国（最初に欧米諸国をアルファベット順、次にアジア諸国をアルファベット順に並べています）を調査対象国として定量評価比較を行いました。なお、項目によってはデータの入手できない国を除外したものがああります。

評価は10点満点で行い、項目毎に評価の対象となる数値(評価数値)を算出した上で、最も評価数値の良い調査対象国を10点とします。項目によって評価数値が最も大きい国が10点になる場合と、最も小さい国が10点になる場合があります。

【第113-1-2】「エネルギー白書2010」におけるエネルギー安全保障の定量評価指標

- (1) 国産・準国産エネルギー資源の開発・利用
…一次エネルギー自給率
- (2) エネルギー輸入先多様化
…各資源(原油・天然ガス・石炭)の輸入相手国の分散度
- (3) 資源の輸送リスク管理
…チョークポイントリスクの低減
- (4) エネルギー源多様化
…一次エネルギー供給源の分散度
…発電電力量構成の分散度
- (5) 国内リスク管理
…電力供給信頼度(停電時間)
- (6) 需要抑制
…エネルギー消費のGDP原単位
- (7) 供給途絶への対応
…石油備蓄日数

他の国の点数は、その国の評価数値を、最も評価数値の良い国と比較して算出します。評価数値が大きい方が良い評価となる場合と、小さい方が良い評価となる場合とで算出の仕方が異なりますので、例を挙げながら説明します。

【第113-2-1】点数化の方法 (評価数値が大きいほど良い評価となる項目)

	評価数値	点数	
A	100	10.0	最も評価数値が大きいので10点
B	10	1.0	式を適用… $(10 \div 100) \times 10 = 1$
C	20	2.0	式を適用… $(20 \div 100) \times 10 = 2$
D	50	5.0	式を適用… $(50 \div 100) \times 10 = 5$

式=(自身の評価数値÷最も良い評価数値)×10

評価数値が大きい方が良い評価となる場合、上の表の中で評価数値が最も大きいAが10点となります。Bの評価数値は10で、最も大きいAの評価数値100と比べると、10分の1となります。これにより、Bの評価はAの10分の1となります。Aの点数は10点なので、Bの点数はその10分の1の1点となります。

これを数式にすると、「(自身の評価数値÷最も良い評価数値)×10」となります。C、Dについても、この式を用いると、それぞれ2点、5点が点数となります。

【第113-2-2】点数化の方法
(評価数値が小さいほど良い評価となる項目)

	評価数値	点数	
A	100	1.0	式を適用… $(10 \div 100) \times 10 = 1$
B	10	10.0	最も評価数値が小さいので10点
C	20	5.0	式を適用… $(10 \div 20) \times 10 = 5$
D	50	2.0	式を適用… $(10 \div 50) \times 10 = 2$

式=(最も良い評価数値÷自身の評価数値)×10

上の表のA～Dの評価数値は【第113-2-1】と全く同じですが、評価数値が小さい方が良い評価となる場合には、Bが10点となります。Aの評価数値は100で、最も小さいBの評価数値10と比べると、10倍となります。これはAがBの10倍評価が低いということになるので、Aの評価はBの10分の1と考えます。Bの点数は10点なので、Aの点数はその10分の1の1点となります。

これを数式にすると、「(最も良い評価数値÷自身の評価数値)×10」となります。C、Dについても、この式を用いると、それぞれ5点、2点が点数となります。

この手法に基づき、各項目につき調査対象国の直近での定量評価・点数化を行い、2000年代(「エネ自2010」における)の点数との比較により、その変化の要因を分析します。

3. 各要素における評価と分析

(1) 一次エネルギー自給率

本項では、国際エネルギー機関(IEA)が公表する各国の一次エネルギー自給率を評価数値として点数化しています。自給率が高いほどエネルギーを安全に確保しやすいことから、自給率が高いほど良い評価となります(なお、IEAは原子力を「準国産エネルギー」と位置付け、一次エネルギー自給率に含めています)。

調査対象国の2000年代(「エネ自2010」公表時)と直近の一次エネルギー自給率及び点数は以下のとおりです。

【第113-3-1】各国の一次エネルギー自給率と点数

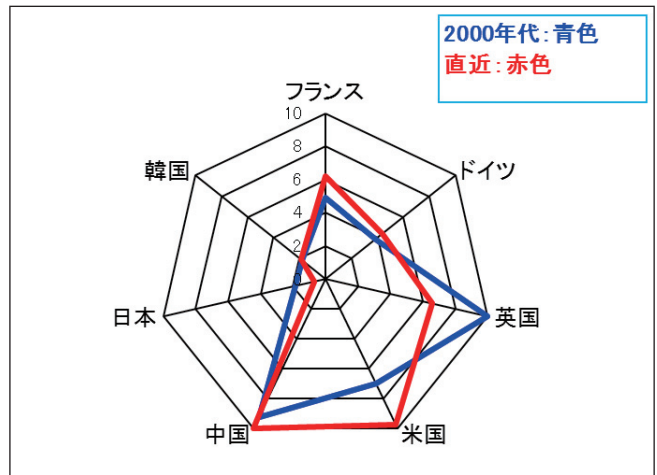
	2000年代		直近	
	自給率(%)	点数	自給率(%)	点数
フランス	51	4.9	54	6.2
ドイツ	40	3.9	38	4.4
英国	104	10.0	57	6.6
米国	72	7.0	85	9.7
中国	96	9.2	87	10.0
日本	19	1.8	6	0.7
韓国	19	1.8	17	1.9
	2000-2007年平均		2013 (中国は2012)年	

出典：IEA「Energy Balance of OECD Countries, Non-OECD Countries 2009、2014」を基に作成

直近では、中国が調査対象国の中では最も一次エネルギー自給率の高い国となりましたが、国内のエネルギー需要の急増により、自給率自体は2000年代に比べて低下しています。

2000年代と直近の点数を以下のグラフで比較すると、米国の大幅な上昇、英国の大幅な低下といった変化が見て取れます。

【第113-3-2】一次エネルギー自給率(点数)の変化



第1節で述べたとおり、米国では、天然ガスは2006年以降、原油は2009年以降増産を続けており、「シェール革命」が一次エネルギー自給率の上昇に大きく寄与したことがわかります。

英国では、2000年代初頭から北海油田に生産量の減衰傾向がみられ、2005年には一次エネルギー自給率が100%を割り込み、その後も下落傾向にあります。

2000年代には韓国とほぼ同じ点数だった日本は、2011年以降の原子力発電所の停止により一次エネルギー自給率が大幅に低下したため、直近では韓国と比べて1点以上低い評価となり、最下位になりました。

(2) エネルギー輸入先多様化

特定の国・地域へのエネルギー依存を低減させることは、エネルギー安全保障の強化に資すると考えられます。ただし、カントリーリスクの高い国・地域へ輸入先を分散していくことは、かえってリスクを高める可能性があります。

本項では、原油・天然ガス・石炭の3種のエネルギー源それぞれにつき、評価対象国における輸入先の寡占度を、経済協力開発機構(OECD)の輸出与信データによるカントリーリスクを加味した上で算出しています(通常は寡占度は各国の輸入シェア(%)の2乗を合計しますが、本項の寡占度はカントリー

リスクの高い国の輸入シェアが実際より高くなるように調整しています。

なお、2000年代と直近ではカントリーリスクが異なるので、その変化も反映されることになります。

**【第113-3-3】主要産資源国のカントリーリスクと
その変化**

直近のカントリーリスク(7=リスク高、0=リスク低)
※「エネ白2010」の寡占度算出時のカントリーリスクから変化のあった国は<>内に当時のカントリーリスクを記載

7	イラク、ベネズエラ、イラン<6>、リビア<6>等
6	トルクメニスタン、エジプト<4>、エクアドル<7>等
5	カザフスタン、ベトナム、アンゴラ<6>、ナイジェリア<6>等
4	ロシア、チュニジア<3>等
3	ブラジル、メキシコ、南アフリカ、インドネシア<5>、カタール<2>等
2	中国、マレーシア、クウェート、オマーン、UAE、サウジアラビア等
0	オーストラリア、カナダ、オランダ、ノルウェー、英国、米国等

出典：OECD「Country Risk Classifications of the Participants to the Arrangement on Officially Supported Export Credits (2009年9月23日現在、2015年1月30日現在)」を基に作成

ただし、寡占度が高いとしても、そのエネルギー源の消費量自体が少なければ、エネルギー安全保障への影響は少ないと考えられます。そこで、各エネルギー源の寡占度に、各国におけるそのエネルギー源の供給比率を乗じたものを評価数値としており、評価数値が低いほど良い評価となります。

なお、本項での「供給比率」とは、原油・天然ガス・石炭を合計した一次エネルギー供給量に占めるそれぞれのエネルギー源の供給量の割合のことであり、2000年代と直近では以下のように変化しています。

【第113-3-4】各国の供給比率の変化

単位：%	2000年代			直近		
	原油	天然ガス	石炭	原油	天然ガス	石炭
フランス	61.8	28.2	10.1	52.0	36.2	11.8
ドイツ	41.1	28.1	30.8	38.7	29.6	31.6
英国	42.3	39.8	17.8	40.2	38.2	21.7
米国	45.9	26.5	27.7	46.2	31.3	22.5
中国	22.3	2.9	74.9	18.3	4.7	77.0
日本	54.5	18.3	27.1	45.0	25.8	29.3
韓国	62.1	12.5	25.4	50.0	19.1	30.9
	2000-2007年平均			2013 (中国は2012)年		

出典：IEA「Energy Balance of OECD Countries, Non-OECD Countries 2009、2014」を基に作成

本項では、原油・天然ガス・石炭のそれぞれの輸入先多様化に関して、評価数値を10点満点で点数化し、その3つの点数を単純平均したものを最終的な点数としています。

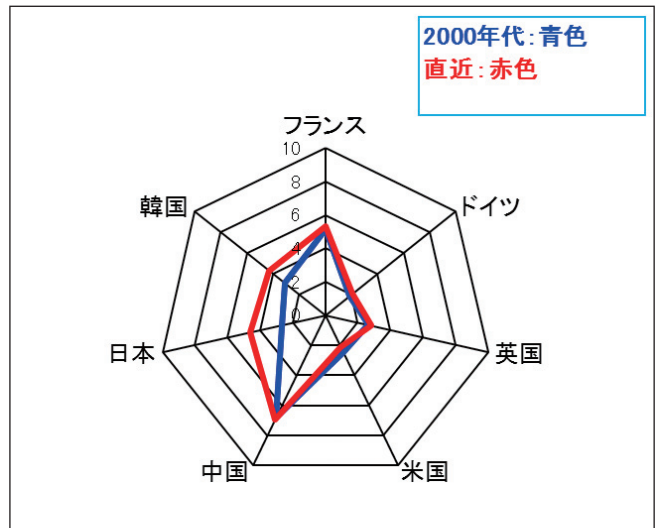
2000年代(「エネ白2010」公表時)と直近のエネルギー輸入先多様化に関する点数の表・グラフは以下のとおりです。

【第113-3-5】各国のエネルギー輸入先多様化の点数

	2000年代				直近			
	原油	天然ガス	石炭	平均	原油	天然ガス	石炭	平均
フランス	4.1	1.3	10.0	5.1	3.1	2.7	10.0	5.3
ドイツ	2.4	0.5	2.8	1.9	2.3	1.2	2.9	2.1
英国	3.8	0.6	3.6	2.6	3.6	1.9	3.0	2.8
米国	5.4	0.7	1.3	2.5	3.7	1.0	1.9	2.2
中国	10.0	10.0	0.5	6.8	10.0	10.0	1.0	7.0
日本	3.5	1.9	2.5	2.7	2.9	7.6	3.2	4.5
韓国	3.8	3.1	2.4	3.1	2.6	7.5	2.9	4.3
	2000-2008年平均 (一次エネルギー供給比率は 2000-2007年平均)				2013年 (中国の一次エネルギー 供給比率は2012年)			

出典：IEA「Oil Information 2009、2014」「Natural Gas Information 2009、2014」「Coal Information 2009、2014」、中国輸入統計等を基に作成

【第113-3-6】エネルギー輸入先多様化(点数)の変化



2000年代も直近も、最も点数が高いのは中国で、日本と韓国の点数が大きく上がっています。詳細については、エネルギー源ごとに分析していきます。

①原油

【第113-3-7】エネルギー輸入先多様化(原油評価詳細)

●2000年代	寡占度	供給比率	評価数値	点数
フランス	1,306	61.8	807	4.1
ドイツ	3,401	41.1	1,398	2.4
英国	2,085	42.3	882	3.8
米国	1,347	45.9	618	5.4
中国	1,487	22.3	332	10.0
日本	1,733	54.5	944	3.5
韓国	1,411	62.1	876	3.8

第1章 「シェール革命」と世界のエネルギー事情の変化

●直近	寡占度	供給比率	評価数値	点数
フランス	1,268	52.0	659	3.1
ドイツ	2,332	38.7	903	2.3
英国	1,415	40.2	569	3.6
米国	1,211	46.2	560	3.7
中国	1,127	18.3	206	10.0
日本	1,596	45.0	717	2.9
韓国	1,598	50.0	799	2.6

出典：IEA「Energy Balance of OECD Countries, Non-OECD Countries 2009、2014」「Oil Information 2009、2014」、中国輸入統計等を基に作成

原油輸入に関する寡占度が、2000年代よりも直近の方が高くなったのは韓国だけでした。これは、カントリーリスクが最大レベルの「7」であるイラクからの輸入シェアの増加（2.0%→9.9%：「2000年代→直近」のカントリーリスクを加味しない実際のシェア。以下同様）が主な要因です。しかし、原油の供給比率の減少により、評価数値は減少しています。

2000年代も直近も、中国の評価数値が最良（最小値）となりました。直近では、カントリーリスクが最大レベルの「7」となったイランからの輸入シェアの減少（12.4%→7.6%）により、中東域内における輸入相手国の分散化が図られて寡占度が低下したことに加え、供給比率の減少により評価数値が大幅に減少しています。そのため、他国の直近の点数が総じて2000年代に比べて悪化するという結果になりました。

②天然ガス

【第113-3-8】エネルギー輸入先多様化（天然ガス評価詳細）

●2000年代	寡占度	供給比率	評価数値	点数
フランス	2,518	28.2	709	1.3
ドイツ	6,654	28.1	1,871	0.5
英国	3,896	39.8	1,553	0.6
米国	4,972	26.5	1,316	0.7
中国	3,272	2.9	93	10.0
日本	2,613	18.3	479	1.9
韓国	2,418	12.5	303	3.1

●直近	寡占度	供給比率	評価数値	点数
フランス	2,568	36.2	931	2.7
ドイツ	6,698	29.6	1,986	1.2
英国	3,486	38.2	1,330	1.9
米国	7,936	31.3	2,486	1.0
中国	5,248	4.7	247	10.0
日本	1,264	25.8	326	7.6
韓国	1,734	19.1	331	7.5

出典：IEA「Energy Balance of OECD Countries, Non-OECD Countries 2009、2014」「Natural Gas Information 2009、2014」を基に作成

米国の寡占度、評価数値が大幅に増加していますが、これは「シェール革命」の影響で、天然ガスの輸入相手がほぼカナダに限られるようになった（88.3%→96.6%）ためです。したがって、形式的な評価と実質的な影響は、必ずしも一致するものとは言い難いと考えられます。

日本及び韓国は、インドネシアからの輸入減（日本：25.8%→7.5%、韓国：22.6%→14.2%）により分散化が進んだことなどから、寡占度が大きく低下しました。

原油同様、2000年代も直近も中国の評価数値が最良（最小値）となりましたが、カントリーリスクの高めなトルクメニスタンからの輸入開始（0%→52.5%）や、供給比率の増加により、直近の評価数値は大幅に増加しました。そのため、原油の場合とは逆に、米国も含めた他の全ての国の点数が相対的に良化し、評価数値を大きく減少させた日本と韓国の点数は7点台に達しました。

③石炭

【第113-3-9】エネルギー輸入先多様化（石炭評価詳細）

●2000年代	寡占度	供給比率	評価数値	点数
フランス	1,776	10.1	178	10.0
ドイツ	2,079	30.8	640	2.8
英国	2,816	17.8	503	3.6
米国	4,807	27.7	1,330	1.3
中国	4,938	74.9	3,697	0.5
日本	2,601	27.1	705	2.5
韓国	2,921	25.4	741	2.4

●直近	寡占度	供給比率	評価数値	点数
フランス	2,386	11.8	281	10.0
ドイツ	3,076	31.6	974	2.9
英国	4,393	21.7	952	3.0
米国	6,716	22.5	1,508	1.9
中国	3,719	77.0	2,864	1.0
日本	3,028	29.3	886	3.2
韓国	3,082	30.9	953	2.9

出典：IEA「Energy Balance of OECD Countries, Non-OECD Countries 2009、2014」「Coal Information 2009、2014」を基に作成

中国を除く全ての国で、2000年代に比べ直近の寡占度が上昇しています。欧州はロシアからの輸入シェアが増加したこと（フランス：4.1%→17.9%、ドイツ：13.9%→23.5%、英国：14.4%→41.0%）、米国は「シェール革命」の影響による石炭輸入の減少でコロンビアからの輸入シェアが増加したこと（66.4%→74.9%）、日本は石炭火力の需要増に伴い

オーストラリアからの輸入シェアが増加したこと(59.1%→66.5%)、韓国は中国からの輸入減に伴いカントリーリスクのより高いインドネシアからの輸入シェアが増加(18.2%→47.4%)したことが主な要因です。

いずれの国でも寡占度だけでなく評価数値も上昇(悪化)する結果となりました。

中国はベトナムからの輸入減に伴い、カントリーリスクがより低いインドネシアからの輸入シェアが増加したことなどにより、2000年代は対象国中で最も高かった寡占度が直近では低下し、英国・米国よりも低くなりました。ただし、供給比率が依然として非常に高いため、評価数値は対象国の中で最悪(最大値)となっています。

2000年代も直近も評価数値が最良なのはフランスでしたが、直近の評価数値が悪化(上昇)しているため、評価数値が倍近くになった英国を除く他の5か国の点数は良化しています。

(3) チョークポイントリスクの低減

チョークポイントとは、物資輸送ルートとして広く使われている狭い海峡を指しますが、原油やLNGなど大量のエネルギー輸送に際しても利用されることから、その安全確保、あるいはそこに依存しない輸送ルートの確保はエネルギー安全保障にとって非常に重要な要素となります。

本項では、各国が輸入する原油が、ホルムズ海峡、マラッカ海峡、バル・エル・マンデブ海峡(イエメンとアフリカ大陸の間にあり、紅海とアデン湾を隔てる海峡)及びスエズ運河の4つのチョークポイントを通過することをリスクととらえ、評価を試みます。

チョークポイントを通過する各国の輸入原油の数量を合計し、その総輸入量に対する割合をチョークポイント比率と定め、これを評価数値として点数化します。チョークポイントを複数回通過する場合は数量を都度計上するため、チョークポイント比率は100%を超えることもあります。

チョークポイント比率が低いほど、チョークポイントを通過せずに輸入できる原油が多いということになるため、良い評価となります。

2000年代(「エネ白2010」公表時)と直近の、各国のチョークポイント比率と点数に関する表・グラフはそれぞれ【第113-3-10】・【第113-3-12】のとおりです。

【第113-3-10】各国のチョークポイント比率と点数

	2000年代		直近	
	チョークポイント比率(%)	点数	チョークポイント比率(%)	点数
フランス	51.8	0.6	26.7	1.4
ドイツ	5.0	6.4	7.3	5.2
英国	3.2	10.0	3.8	10.0
米国	23.4	1.4	25.9	1.5
中国	104.6	0.3	121.7	0.3
日本	171.4	0.2	160.2	0.2
韓国	156.4	0.2	180.5	0.2
	2000-2008年平均		2013年	

出典：IEA「Oil Information 2009、2014」、中国輸入統計を基に作成

欧米の場合、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ます。また、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、リスクが増加します。

ここで、各国のチョークポイントリスクに大きな影響を与える、原油輸入における中東依存度の変化をみてみます。下の【第113-3-11】の太字は、直近の依存度が2000年代より高くなっていることを示しています。

【第113-3-11】各国の原油輸入における中東依存度とその変化

単位：%	2000年代	直近
フランス	27.6	21.1
ドイツ	8.6	4.2
英国	3.9	3.8
米国	23.2	25.7
中国	47.6	51.9
日本	88.0	81.6
韓国	79.6	85.7

出典：IEA「Oil Information 2009、2014」、中国輸入統計を基に作成

フランスの中東依存度の大幅な低下は、2012年に決定された、EUによるイラン原油禁輸が最大の要因です。2000年代には6.6%を記録していたイランからの原油輸入シェアが直近ではゼロになり、アフリカ原油への依存度が高まった(21.6%→34.4%)ことなどから、チョークポイント比率も大きく低下しています(イラン原油がホルムズ海峡、バル・エル・マンデブ海峡、スエズ運河の3つのチョークポイントを通過するものとして計算される一方、アフリカ原油はチョークポイントを通過しないため)。

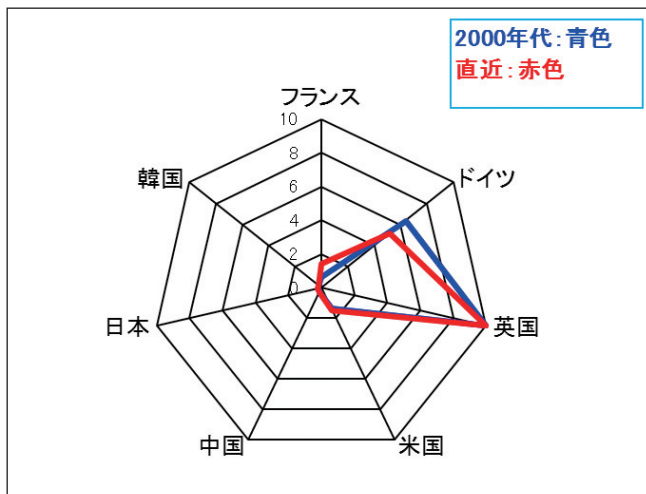
第1章 「シェール革命」と世界のエネルギー事情の変化

米国の中東依存度がわずかに上昇している理由は、「シェール革命」と深い関連があります。第1節でも触れたとおり、米国内で増産されているシェールオイルは軽・中質油であり、従来ナイジェリアなどの西アフリカから輸入されていた原油に近い性状です。そのため、アフリカ原油への依存度は急落(18.7%→8.2%)しましたが、重質油が中心の中東原油はその影響を受けず、相対的に依存度が上昇する結果となったのです。

日本は依然として中東依存度が高いままですが、2009年にESPO(東シベリア・太平洋パイプライン)を経由した太平洋側からの原油出荷が可能になったことから、直近ではロシア産原油への依存度が高まり(1.3%→7.6%)、中東依存度及びチョークポイント比率は減少しています。この結果、調査対象国で最もチョークポイントリスクの高い国は、2000年代の日本に代わり、直近では韓国になりました。

しかしこうした変化は、評価数値が最良(最小値)となる英国のチョークポイント比率との差が大きいいため、点数上に現れるには至っていません。

【第113-3-12】チョークポイントリスク低減(点数)の変化



(4) エネルギー源多様化

特定のエネルギーへの依存を減らしてエネルギーのベストミックスを追求することは、エネルギー供給途絶リスクを低減し、エネルギー安全保障の強化に寄与することになります。各国は電源構成の多様化を推進することを中心に、エネルギー源多様化を図ってきました。

本項では、各国の「一次エネルギー供給量」及び「発電電力量」の2つのデータについて、エネルギー源を7種類(石炭、石油、天然ガス、原子力、水力、地熱・太陽光等新エネルギー、可燃性再生可能エネルギー)

に区分し、データごとに各エネルギー源のシェア(%)の2乗を合計した値を寡占度として算出し、それを評価数値として点数化しています。寡占度が低いほど良い評価となります。

①一次エネルギー供給量

各国の2000年代(「エネ白2010」公表時)と直近の寡占度及び点数は以下のとおりです。

【第113-3-13】エネルギー源多様化(一次エネルギー供給量評価詳細)

	2000年代		直近	
	寡占度	点数	寡占度	点数
フランス	3,048	8.2	2,952	7.8
ドイツ	2,495	10.0	2,310	10.0
英国	3,048	8.2	2,698	8.6
米国	2,743	9.1	2,697	8.6
中国	4,447	5.6	4,952	4.7
日本	2,886	8.6	3,179	7.3
韓国	3,514	7.1	2,959	7.8
	2000-2007年平均		2013(中国は2012)年	

出典：IEA「Energy Balance of OECD Countries, Non-OECD Countries 2009、2014」を基に作成

寡占度は、上位のシェアが高いほど、数値が大きくなる傾向にあります。各国の一次エネルギー供給量に占める割合が1～3位のエネルギー源とそのシェアの変化は以下のようになっています。

【第113-3-14】各国の一次エネルギー供給量の上位3エネルギー源とシェアの変化

	順位	2000年代		直近	
		エネルギー源	シェア(%)	エネルギー源	シェア(%)
フランス	1位	原子力	42.4	原子力	45.7
	2位	石油	31.5	石油	23.0
	3位	天然ガス	14.4	天然ガス	16.0
	計		88.3		84.7
ドイツ	1位	石油	33.8	石油	30.9
	2位	石炭	25.3	石炭	25.3
	3位	天然ガス	23.1	天然ガス	23.7
	計		82.2		79.9
英国	1位	石油	37.9	石油	34.4
	2位	天然ガス	35.7	天然ガス	32.7
	3位	石炭	16.0	石炭	18.6
	計		89.6		85.7
米国	1位	石油	39.5	石油	39.1
	2位	石炭	23.8	天然ガス	26.5
	3位	天然ガス	22.8	石炭	19.0
	計		86.1		84.6
中国	1位	石炭	62.5	石炭	67.9
	2位	石油	18.6	石油	16.1
	3位	再生可能エネ	13.6	再生可能エネ	7.5
	計		94.7		91.5
日本	1位	石油	44.0	石油	42.5
	2位	石炭	21.9	石炭	27.7
	3位	原子力	15.7	天然ガス	24.4
	計		81.6		94.6
韓国	1位	石油	52.2	石油	42.8
	2位	石炭	21.3	石炭	26.5
	3位	原子力	14.9	天然ガス	16.4
	計		88.4		85.7

出典：IEA「Energy Balance of OECD Countries, Non-OECD Countries 2009、2014」を基に作成

直近において、上位3エネルギー源のシェアの合計値が2000年代を上回ったのは日本だけでした。これは、2000年代に第3位であった原子力のシェアが、2011年以降の原子力発電所の停止により直近では0.6%まで低下したことで寡占化が進んだものです。韓国の原子力も、直近では上位3エネルギー源からは姿を消していますが、第4位で12.4%のシェアを維持しており、分散化傾向は維持されています。

中国の上位3エネルギー源のシェアの合計値は、2000年代に比べ直近の方が低下していますが、第1位の石炭のシェアが5%以上増加しているため、寡占度は高まりました。

「シェール革命」が進む米国では、天然ガスが石炭に代わり第2位のシェアとなる一方、第1位である石油のシェアに大きな変動はありませんでした。

2000年代と直近のいずれでも、ドイツの評価数値が最良(最小値)となりました。直近では上位3エネルギー源のシェアの合計値も、第1位である石油のシェアも、2000年代に比べて低下しており、再生可能エネルギーのシェア拡大(3.8%→8.9%)によって、2000年代に比べさらに分散化が進んでいることがわかります。

そのためフランスや米国は、2000年代に比べ直近の寡占度を低下させたものの、点数は悪化することになりました。

②電源構成

各国の2000年代(「エネ白2010」公表時)と直近の寡占度及び点数は以下のとおりです。

【第113-3-15】エネルギー源多様化(電源構成評価詳細)

	2000年代		直近	
	寡占度	点数	寡占度	点数
フランス	6,304	3.5	5,722	4.5
ドイツ	3,488	6.4	2,881	9.0
英国	3,160	7.1	2,593	10.0
米国	3,333	6.7	2,775	9.3
中国	6,519	3.4	6,064	4.3
日本	2,228	10.0	2,836	9.1
韓国	3,152	7.1	3,252	8.0
	2000-2007年平均		2013 (中国は2012)年	

出典：IEA「Energy Balance of OECD Countries, Non-OECD Countries 2009、2014」を基に作成

こちらも、各国の電源構成に占める割合が1～3位のエネルギー源とそのシェアの変化をみることにします。

【第113-3-16】各国の電源構成の上位3エネルギー源とシェアの変化

	2000年代		直近		
	エネルギー源	シェア(%)	エネルギー源	シェア(%)	
フランス	1位	原子力	78.4	原子力	74.3
	2位	水力	10.9	水力	12.5
	3位	石炭	5.0	石炭	4.3
	計		94.3		91.1
ドイツ	1位	石炭	51.0	石炭	47.5
	2位	原子力	27.2	原子力	15.5
	3位	天然ガス	10.5	地熱・新エネ	13.6
	計		88.7		76.6
英国	1位	天然ガス	38.8	石炭	36.8
	2位	石炭	34.7	天然ガス	27.1
	3位	原子力	21.0	原子力	20.0
	計		94.5		83.9
米国	1位	石炭	50.7	石炭	40.2
	2位	原子力	19.6	天然ガス	26.9
	3位	天然ガス	18.1	原子力	19.2
	計		88.4		86.3
中国	1位	石炭	79.1	石炭	75.8
	2位	水力	15.9	水力	17.5
	3位	石油	2.4	地熱・新エネ	2.1
	計		97.4		95.4
日本	1位	原子力	27.3	天然ガス	38.7
	2位	石炭	26.1	石炭	32.1
	3位	天然ガス	24.2	石油	15.3
	計		77.6		86.1
韓国	1位	石炭	39.2	石炭	45.1
	2位	原子力	36.4	原子力	25.9
	3位	天然ガス	14.9	天然ガス	23.0
	計		90.5		94.0

出典：IEA「Energy Balance of OECD Countries, Non-OECD Countries 2009、2014」を基に作成

直近において、上位3エネルギー源のシェアの合計値が2000年代を上回ったのは日本と韓国だけでした。その結果、両国のみが寡占度を高め、2000年代には最良だった日本の評価数値は、直近では英国・米国に次ぐ第3位となりました。

米国では、第1節で述べたとおり火力発電用の燃料が石炭から「シェール革命」によって増産されたシェールガスに置き換わっていることが、数字からも見て取れます。第1位である石炭のシェアを10.5%も低下させたことが、寡占度の大幅な低下と点数の大幅な上昇をもたらしました。

英国は国内の天然ガス生産量が減少し、2004年には輸入超過に転じたことから、直近の天然ガスのシェアが2000年代に比べて10.7%も低下しています。それに伴い、地熱・新エネルギーのシェアが上昇(0.6%→8.3%)するなど電源の分散化が進んだことから、直近の評価数値が最良(最小値)となりました。

ドイツは第1位である石炭のシェアが依然高いものの、直近で地熱・新エネルギーのシェアが第3位に上昇し、電源の分散化が進んだことが点数の上昇につながっています。

【第113-3-17】各国のエネルギー源多様化の点数

	2000年代			直近			差分		
	一次エネ	電力	平均	一次エネ	電力	平均	一次エネ	電力	平均
フランス	8.2	3.5	5.9	7.8	4.5	6.2	▲0.4	+1.0	+0.3
ドイツ	10.0	6.4	8.2	10.0	9.0	9.5	0.0	+2.6	+1.3
英国	8.2	7.1	7.6	8.6	10.0	9.3	+0.4	+2.9	+1.7
米国	9.1	6.7	7.9	8.6	9.3	9.0	▲0.5	+2.6	+1.1
中国	5.6	3.4	4.5	4.7	4.3	4.5	▲0.9	+0.9	0.0
日本	8.6	10.0	9.3	7.3	9.1	8.2	▲1.3	▲0.9	▲1.1
韓国	7.1	7.1	7.1	7.8	8.0	7.9	+0.7	+0.9	+0.8
	2000-2007年平均			2013 (中国は2012)年					

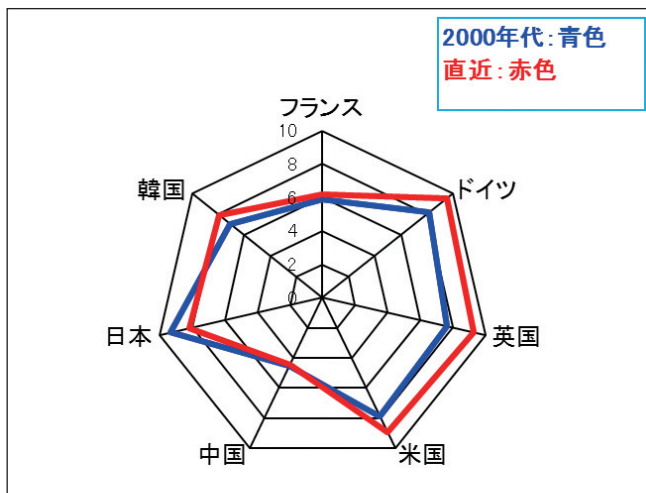
出典：IEA「Energy Balance of OECD Countries, Non-OECD Countries 2009、2014」を基に作成

③平均(全体評価)

本項では、上記2つの点数を単純平均したものを最終的な点数としています。エネルギー源多様化に関する、各国の2000年代(「エネ白2010」公表時)と直近の最終的な点数の表・グラフはそれぞれ【第113-3-17】・【第113-3-18】のとおりとなりました。

2000年代には、「一次エネルギー供給量」及び「発電電力量」の多様化の点数を平均すると日本が第1位となっていました。原子力発電所の停止により一次エネルギー供給量も発電電力量も寡占化が進んだことから、直近の最終的な点数は第4位にまで後退することになりました。

【第113-3-18】エネルギー源多様化(点数)の変化



日本と中国を除く他の5か国は全て点数を上げており、様々な取組によってエネルギー源多様化を推進していることがわかります。

(5) 停電時間

国内のエネルギー供給の安定度を測るには、電力、ガス、石油、石炭、再生可能エネルギー等の各エネ

ルギーについて、国内における供給ネットワークが安定的に構築されているかを検証する必要がありますが、本項では、そのうちの電力を取り上げ、その供給信頼度を測る指標の一つとして、1世帯あたりの年間停電時間(停電が発生してから復旧するまでの時間)を評価数値として点数化します。評価数値が低いほど良い評価となります。

データの存在しない中国を除く評価対象6か国の、2000年代(「エネ白2010」公表時。ただし数値は一部修正あり)と直近の停電時間と点数の表・グラフは以下のとおりです。

「エネ白2010」でも言及しているとおり、停電は落雷や風雪害といった気象条件等を原因として発生することも多く、停電時間はそれらの自然条件に大きく左右されることとなります。そのため、本項目に限り、直近のデータを1年間ではなく3年間の平均としています。

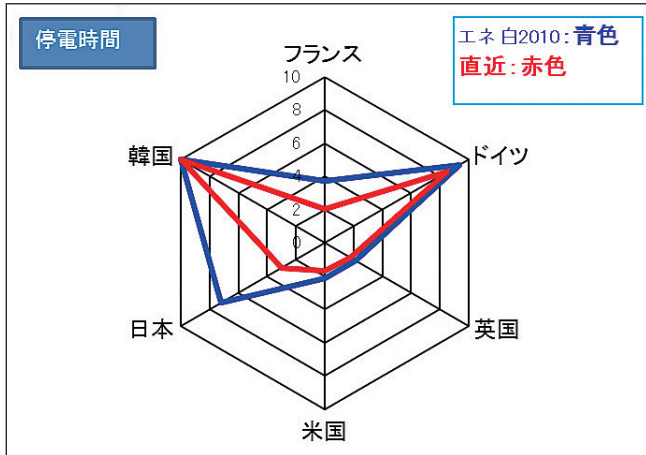
【第113-3-19】各国の停電時間と点数

	2000年代		直近		備考(対象年度)	
	停電時間(分)	点数	停電時間(分)	点数	2000年代	直近
フランス	51.01	3.7	64.23	2.1	2000-2007年	2008-2010年
ドイツ	20.39	9.4	15.51	8.5	2006-2007年	2011-2013年
英国	88.67	2.2	75.71	1.7	2002-2007年度	2008-2010年度
米国	89.83	2.1	79.19	1.7	2000-2007年	2011-2013年
日本	26.50	7.2	44.00	3.0	2002-2007年度	2011-2013年度
韓国	19.10	10.0	13.23	10.0	2000-2007年	2010-2012年

(注)「エネ白2010」では「海外電気事業統計2009」を出典として使用していたが、フランス・ドイツ・米国の統計については「海外電気事業統計2014」と原典資料が異なっている。2000年代と直近を同じデータを用いて比較することを最優先として、これら3か国の2000年代の値は「海外電気事業統計2014」をベースとしたものに修正している。

出典：海外電力調査会「海外電気事業統計2009、2014」、電気事業連合会統計を基に作成

【第113-3-20】停電時間(点数)の変化



データの関係上、対象年度が国によって異なるため、各国の数値を単純に比較することはできません。また、気象条件等に大きく左右されるため、変化について分析するのは難しい項目です。

日本に関しては、東日本大震災直後の計画停電は上記のデータの対象外ですが(実際されたのが2011年3月であり、2010年度に含まれるため)、2000年代に比べ直近の停電時間が7割近く増加しており、点数を大きく下げることとなりました。

(6) エネルギー消費のGDP原単位

エネルギーの消費を抑制することも、確保する必要のあるエネルギー供給量を削減することにつながるため、エネルギー安全保障を強化するために必要な施策ということが出来ます。しかし、現在の経済水準や生活水準を維持・向上させることとの両立を図ることが不可欠であり、単純にエネルギー消費量を減らすことを目指すのではなく、エネルギー消費機器の効率改善、あるいは経済活動や生活におけるエネルギーの使い方の改善を図ることが重要です。

産業構造や気候等が異なる各国とのエネルギー効率の単純な比較は難しいですが、相対的な比較を示す1つの指標として、本項では、各国のGDPあたりの一次エネルギー消費量を評価数値として点数化します。GDPあたりの一次エネルギー消費量が低いほど良い評価となります。

出典となるIEAの統計では2012年より、実質GDPの基準が「2000年の米ドル」から「2005年の米ドル」に変更されています。同一条件のデータにより「変化」を確認することを最優先するため2000年代の数値については、「2000年の米ドル」をベースにした「エネ白2010」のものから、「2005年の米ドル」を基準にしたものに変更しています。この結果、為替影響から

2000年代の数値は日本のみ低下し、評価数値が最小値の国が日本に代わり英国となりました。

【第113-3-21】2000年代のエネルギー消費のGDP原単位と点数(変更前後の比較)

	2000年米ドルベース		2005年米ドルベース	
	GDP原単位	点数	GDP原単位	点数
フランス	0.188	5.6	0.127	7.9
ドイツ	0.174	6.1	0.123	8.1
英国	0.137	7.7	0.100	10.0
米国	0.218	4.8	0.183	5.4
中国	0.865	1.2	0.725	1.4
日本	0.106	10.0	0.115	8.7
韓国	0.341	3.1	0.257	3.9

出典：IEA「Energy Balance of OECD Countries, Non-OECD Countries 2009、2014」を基に作成

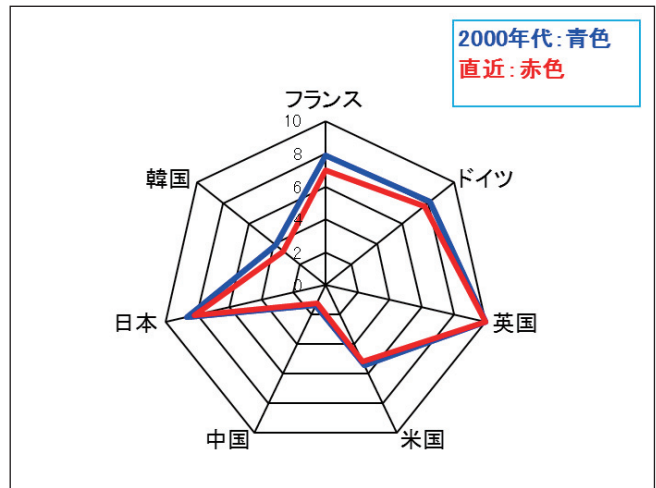
2000年代(変更後)と直近のエネルギー消費のGDP原単位と点数の表・グラフは以下のとおりです。

【第113-3-22】各国のエネルギー消費のGDP原単位と点数

	2000年代		直近	
	GDP原単位	点数	GDP原単位	点数
フランス	0.127	7.9	0.112	7.0
ドイツ	0.123	8.1	0.101	7.7
英国	0.100	10.0	0.078	10.0
米国	0.183	5.4	0.151	5.2
中国	0.725	1.4	0.640	1.2
日本	0.115	8.7	0.095	8.2
韓国	0.257	3.9	0.236	3.3
	2000-2007年平均		2013(中国は2012)年	

出典：IEA「Energy Balance of OECD Countries, Non-OECD Countries 2014」を基に作成

【第113-3-23】エネルギー消費のGDP原単位(点数)の変化



第1章 「シェール革命」と世界のエネルギー事情の変化

全ての国で2000年代より直近の評価数値が小さくなっており、評価数値が最小値の英国が最も数値の低下が進んだため、相対的に他国の点数が低くなる結果となりました。

ここでは、評価数値の順位よりも低下率の大きな2か国の、2000年代と直近の間に開始された取組について紹介します

【第113-3-24】各国の直近のエネルギー消費と低下率の順位(GDP原単位あたり：2000年代比)

	直近		2000年代比	
	GDP原単位	順位	GDP原単位低下率	順位
フランス	0.112	4	88.4%	6
ドイツ	0.101	3	82.6%	3
英国	0.078	1	78.5%	1
米国	0.151	5	82.4%	2
中国	0.640	7	88.3%	5
日本	0.095	2	82.9%	4
韓国	0.236	6	91.8%	7

米国では2009年に、エネルギー・気候変動法案(「2009年米国クリーンエネルギー・安全保障法案」)が成立し、新築ビルのエネルギー消費を既存ビルの30%減とするといったビルに関する省エネ化をはじめ、照明・電化製品・運輸・産業部門での様々なエネルギー効率化プログラムが定められました。また、電力小売供給業者に対し義務づけた再生可能エネルギーの利用率の一部を、省エネルギーで補うことができるとしています。

近年の経済発展によりGDPが急拡大している中国は、2011年に策定した「第12次5か年計画」の中で、2015年度までにGDPあたりのエネルギー消費量を2010年対比で16%減少させるという目標を定め、「省エネルギー改造」「省エネルギー製品」「省エネルギー

技術産業化モデル」「契約エネルギー管理普及」の4つの重点分野を掲げて、プロジェクトを推進することを定めています。

日本は従来から世界最高水準のエネルギー消費効率を維持し、さらなる改善を進めており、今後も各国とともにエネルギーの効率改善を継続していくことが期待されます。

(7)供給途絶への対応

エネルギー資源の供給が一時的に途絶した場合を想定した備蓄の存在は、エネルギー安全保障の強化において大きな対応力となります。

本項では、国際比較が可能な石油の陸上備蓄量をベースとして、仮に各国の最多輸入先(地域)からの原油供給が途絶した場合、その備蓄によって対応可能な日数を評価数値として点数化します。対応可能日数が多いほど良い評価となります。

2000年代と直近の供給途絶対応可能日数と点数の表・グラフは以下のとおりです。なお、「エネ白2010」では2000年代の備蓄量(中国を除く)について2000～2008年の各年末在庫の平均値を用いていますが、本白書では2000年代と直近の間の「変化」を最重要視していること、中国は2008年末の備蓄量の推定となっていることを踏まえ、各国とも2008年末の備蓄量を用いることとし、その他の数値についても適宜修正をしています。

中国はOECD加盟国ではないためIEAの備蓄統計には記載がありませんが、2000年代に入り国家備蓄の整備を進めています。2008年に完成した第1期の国家備蓄基地(合計備蓄能力103百万バレル)について、同国の国家統計局は2014年11月、91百万バレルの原油が備蓄されていることを発表しました。また、第2期(合計備蓄能力191百万バレル)に

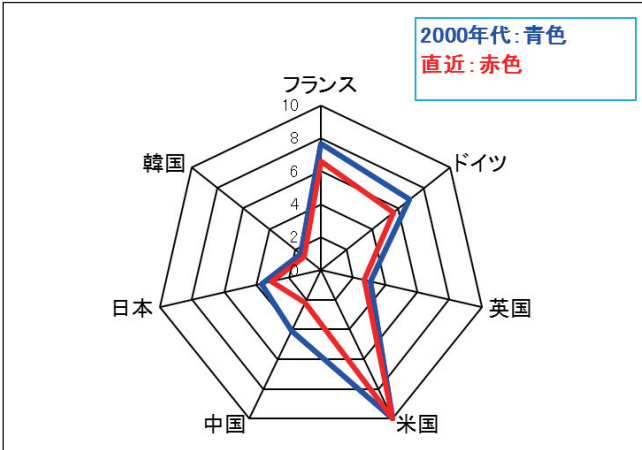
【第113-3-25】各国の供給途絶対応可能日数と点数

	2000年代					直近				
	石油陸上備蓄量	最多輸入地域	輸入量(比率)	対応日数	点数	石油陸上備蓄量	最多輸入地域	輸入量(比率)	対応日数	点数
フランス	179	欧州	0.50 (29%)	361	7.7	168	アフリカ	0.38 (34%)	437	6.6
ドイツ	277	旧ソ連	0.85 (39%)	325	6.9	290	旧ソ連	0.78 (43%)	372	5.6
英国	99	欧州	0.69 (66%)	143	3.1	78	欧州	0.44 (43%)	179	2.7
米国	1,739	中南米	3.72 (36%)	468	10.0	1,762	カナダ	2.64 (33%)	667	10.0
中国	211	中東	1.10 (48%)	191	4.1	420	中東	2.97 (52%)	141	2.1
日本	630	中東	3.60 (87%)	175	3.7	575	中東	2.81 (82%)	204	3.1
韓国	135	中東	1.85 (80%)	73	1.6	178	中東	2.11 (86%)	84	1.3

(注)中国の備蓄日数は業界誌等の情報に基づき推定、原油輸入地域については中国輸入統計を使用。

出典：IEA「Oil Market Report」「Oil Information 2014」

【第113-3-26】供給途絶対応可能日数(点数)の変化



についても、2013年までに約38百万バレル分について完成済であり、他に国営石油会社 (PetroChina、Sinopec) 等の商業在庫約291百万バレルと合わせて、2013年末の段階で約420百万バレルの備蓄を確保しているとみられます。

「エネ白2010」時点での2008年末の推定備蓄量から倍増していますが、その間に最大の原油輸入先である中東からの輸入量が3倍近くに上昇しているため、供給途絶対応可能日数は、対象国で唯一減少する結果となりました。

2000年代に続き、直近でも米国の評価が最良 (供給途絶対応日数が最多) となりました。直近では、2000年代に比べ199日も対応日数を増加させました。これは対象国中最多の増加日数であり、日数を増加させた他の5か国も、米国に対して相対的に評価されることになる点数については悪化するという結果を招いています。

米国の備蓄量自体はほぼ横ばいであり、「シェール革命」による原油輸入量の減少が結果に大きく貢献したことがわかります。なお、2000年代と比較して直近の原油輸入先にも大きな変化が起き、アフリカからの輸入が大幅に減少する一方、カナダからの輸入が倍増し、中南米を上回りました。

最多輸入地域が同一域内にあり、かつ陸上から原油が輸入されているという点は、他の対象国にはみられない特徴です。米国とカナダの長期にわたる友好関係も考慮すれば、供給途絶の可能性は極めて

【第113-3-27】米国の原油輸入地域の変化

(単位:%)	2000年代	直近
中南米	35.5	31.0
中東	23.2	25.7
アフリカ	18.7	8.2
カナダ	15.9	33.2

出典：IEA 「Oil Information 2009、2014」を基に作成

低く、数字以上の安定性を確保していると言えます。

英国は直近の備蓄量が2000年代より減少したものの、「シェール革命」の間接的な影響であるアフリカ原油の輸入量拡大が、欧州からの原油輸入量の低下をもたらし、供給途絶対応可能日数は増加する結果となりました。

フランスは、本節の「(3)チョークポイントリスクの低減」で述べたとおり、イラン原油禁輸による直近の中東依存度低下に伴い、直近ではアフリカからの原油輸入比率が34%に達し、2000年代の欧州に代わり最多輸入地域となりましたが、原油需要の減少に伴い輸入量自体が減少していることから、供給途絶対応可能日数は増加しました。ドイツも、最多輸入地域である旧ソ連からの直近の原油輸入比率は上昇していますが、輸入量は減少しており、直近の供給途絶対応可能日数は2000年代に比べ増加しています。

日本の備蓄量は、対象国の中では米国に次いで高い水準にあります。中東依存度が直近でも8割を超えているため、供給途絶対応日数では低位に留まるのが現状です。

韓国は備蓄量を増加させていますが、日本以上に中東依存度が高く、輸入量自体も増加しているため、直近の供給途絶対応日数は対象国中最小の84日しかありませんでした。

(8)全項目平均(参考)

「エネ白2010」には存在しない切り口ですが、参考として、2000年代と直近の本節(1)～(7)の全項目の点数を国別に単純平均して比較した表・グラフを以下に示します。

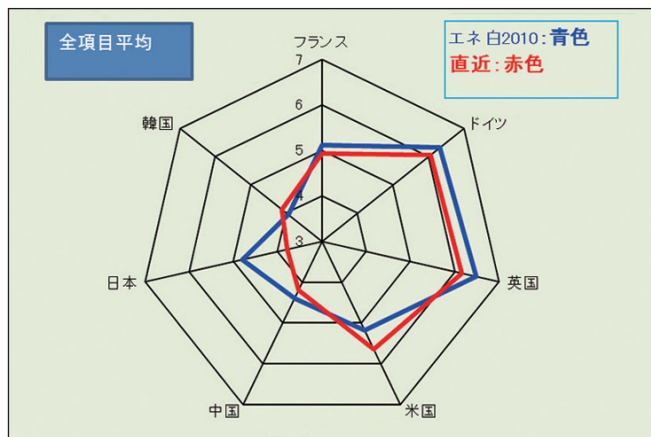
【第113-3-28】各国の全項目平均点数

	2000年代	直近	増減
フランス	5.1	4.9	-0.2
ドイツ	6.4	6.2	-0.2
英国	6.5	6.2	-0.3
米国	5.2	5.6	0.4
中国	4.4	4.2	-0.2
日本	4.8	4.0	-0.8
韓国	3.9	4.1	0.2

最高点は共に英国ですが、2000年代と直近を比較すると、「シェール革命」による一次エネルギー自給率の増加等により、米国が最も点数を上昇させました。一方、原子力発電所の停止などにより、日本の点数が最も減少し、対象国の中で最も低くなりました。

各国による、エネルギー安全保障の強化に向けた取組については、次節で国別に概観していきます。

【第113-3-29】全項目平均点数の変化



第4節 今後のエネルギー事情の変化
～見通しと課題

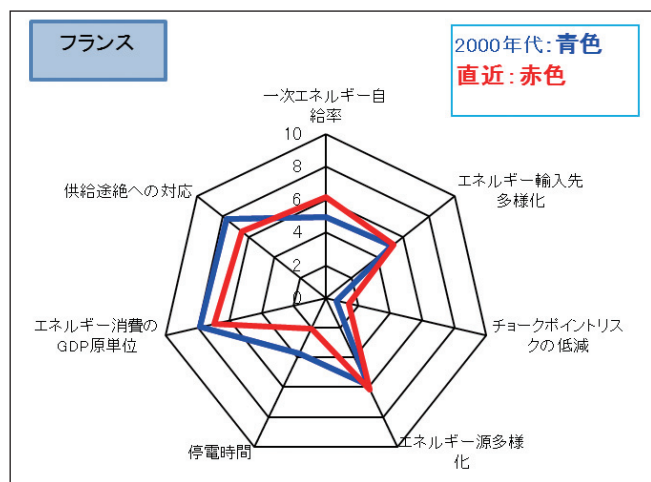
各国は、その置かれたエネルギー需給や地理的、地政学的な状況等に応じて独自のエネルギー安全保障のかたちを目指し、そのための施策を講じています。

本節では、まず、前節の結果を国別でまとめ、「シェール革命」が世界に広がりつつある時期の、各国のエネルギー安全保障の変化とその背景について改めて確認します。その上で、各国が今後のエネルギー安全保障の強化のため、どのような施策を進めていこうとしているか、そこにはどのような課題があるかについて、シェール関連の施策とそれ以外に分けてみていきます。

1. フランス

【第114-1-1】各項目の点数・評価数値の変化(フランス)

項目名	点数			評価数値		
	00年代	直近	変化 (○:増/×:減)	00年代	直近	変化 (○:良化/×:悪化)
一次エネルギー自給率	4.9	6.2	○	51	54	○
エネルギー輸入先多様化	5.1	5.3	○	807/709/178	659/931/281	原油:○/ガス:×/石炭:×
チョークポイントリスクの低減	0.6	1.4	○	51.8	26.7	○
エネルギー源多様化	5.9	6.2	○	3,048/6,304	2,952/5,722	一次エネ: ○/ 電源: ○
停電時間	3.7	2.1	×	51.01	64.23	×
エネルギー消費のGDP原単位	7.9	7.0	×	0.127	0.112	○
供給途絶への対応	7.7	6.6	×	361	437	○
平均	5.1	4.9	×			



直近の全項目平均点は、2000年代に比べて下がっていますが、各項目の評価数値は概ね良化しています。2012年に決定されたイラン原油禁輸は、エネルギー輸入先の多様化やチョークポイントリスクの低減につながり、エネルギー安全保障の面で良い影響が出ています。

(1) シェール関連

北部に大量のシェールガスの存在が期待されており、その開発が進めば、一次エネルギー自給率の上昇、ロシアからのガス輸入依存の軽減による輸入先多様化、中東からの原油輸入減によるチョークポイントリスクのさらなる低減につながります。

しかし、現在のところ水圧破砕が禁止されており、まずはその変更が必要となります。そのため、早期にシェールガスの生産を開始することは難しい状況です。

(2) その他

2030年までに、再生可能エネルギー（水力含む）の割合を一次エネルギー供給量の32%、発電電力量の40%に引き上げることを目標とした「エネルギー移行法案」を、今夏にも制定する見込みです。これにより、現在、一次エネルギー供給量の約半分、発電電力量の7割以上を占めている原子力の寡占度が下がり、エネルギー源の多様化が進むこととなります。

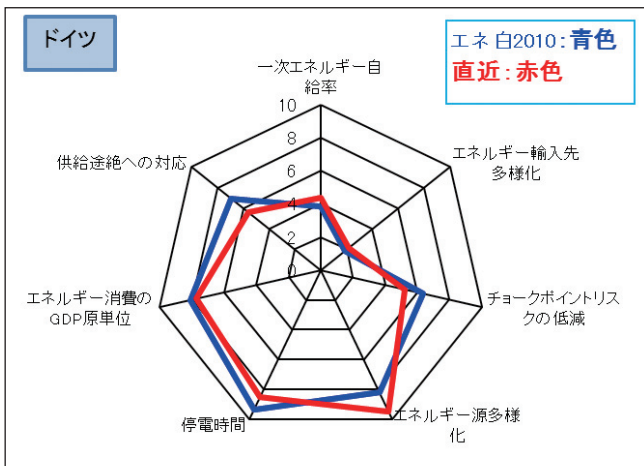
しかし、再生可能エネルギーの導入がどこまで進むかは、巨額の投資を必要とするものもあることから未知数です。場合によっては他のエネルギーへの

転換を余儀なくされる可能性があり、前述した国内でのシェール開発の動向にも影響が出てくるものと考えられます。

2. ドイツ

【第114-2-1】各項目の点数・評価数値の変化(ドイツ)

項目名	点数			評価数値		
	00年代	直近	点数の変化 (○:増/×:減)	00年代	直近	評価数値の変化 (○:良化/×:悪化)
一次エネルギー自給率	3.9	4.4	○	40	38	×
エネルギー輸入先多様化	1.9	2.1	○	1,398/1,871/640	903/1,986/974	原油: ○/ガス: ×/石炭: ×
チョークポイントリスクの低減	6.4	5.2	×	5.0	7.3	×
エネルギー源多様化	8.2	9.5	○	2,495/3,488	2,310/2,881	一次エネ: ○/電源: ○
停電時間	9.4	8.5	×	20.39	15.51	○
エネルギー消費のGDP原単位	8.1	7.7	×	0.123	0.101	○
供給途絶への対応	6.9	5.6	×	325	372	○
平均	6.4	6.2	×			



直近の全項目平均点は、2000年代に比べて下がっていますが、6点台の高い水準を維持しています。再生可能エネルギーのシェア拡大により、直近のエネルギー源多様化の項目では対象国中第1位となりました。

再生可能エネルギーのシェア拡大により、一次エネルギーにおける石油のシェアは縮小しており、輸入原油量は減少傾向にあります。このことは、供給途絶への対応に関する評価数値の良化につながりました。

一方、一次エネルギー自給率の点数は上がっているものの、2011年に一部の原子力発電所を停止したこともあり、評価数値である自給率自体は2000年代に比べ直近の方が悪化しています。

(1) シェール関連

化石エネルギーに関しては、ロシアからの輸入依存度の高さが問題となっており、今後、「シェール革命」による増産が進む北米からの原油・天然ガス

の輸入が可能になれば、最も点数の低い項目であるエネルギー輸入先多様化について改善が図られることとなります。

そのために必要となるLNGターミナルについては、2005年に建設計画が発表されましたが、隣国のオランダに大規模なターミナルが存在することなどから、輸出入業者の関心が低かったため、2011年に計画は無期限延期とされました。2014年のロシアによるクリミア侵攻を受け、政府は同計画の再考を行う旨を明らかにしましたが、その後の具体的な動きは現在までのところありません。

この背景には、米国による原油輸出解禁に関する議論や、従来パイプラインでの米国への天然ガス輸出が中心であったカナダによる輸出用LNGターミナルの建設（東海岸側のターミナル着工予定は最速で2019年）等、輸出国側が直ちに輸出を開始できない事情が存在しています。

(2) その他

2014年現在でも、一次エネルギーにおける石炭と天然ガスのシェアを合わせると約49%、発電電力における石炭と天然ガスのシェアを合わせると約54%に達しており、政府は、再生可能エネルギーのシェアをさらに拡大しようとしています。

2014年に改正された「再生可能エネルギー法」では、電力総消費量に占める再生可能エネルギー（水力含む）の割合を2025年までに40～45%、2035年までに55～60%、2050年までに80%以上とすることが目標として定められました。一方で、電気料金

第1章 「シェール革命」と世界のエネルギー事情の変化

の引き上げにつながるとして問題視されていた再生可能エネルギーの賦課金の一部が削減されるなど、制度の見直しが行われました。

当面は、再生可能エネルギーのシェア拡大により、エネルギー源の多様化がさらに進んでいくことにな

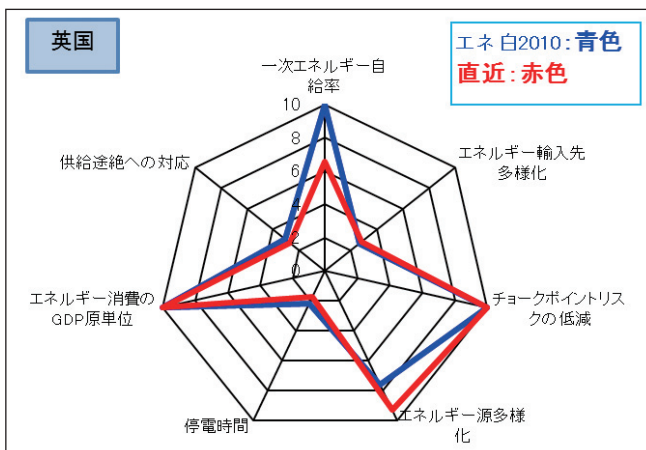
るでしょう。

エネルギー消費効率の改善については、2010年に設定された「エネルギーコンセプト」において、2020年に20%減、2050年に50%減（いずれも2008年対比）の目標が定められています。

3. 英国

【第114-3-1】各項目の点数・評価数値の変化(英国)

項目名	点数			評価数値		
	00年代	直近	点数の変化 (○:増/×:減)	00年代	直近	評価数値の変化 (○:良化/×:悪化)
一次エネルギー自給率	10.0	6.6	×	104	57	×
エネルギー輸入先多様化	2.6	2.8	○	882/1,553/503	569/1,330/952	原油: ○/ガス: ○/石炭: ×
チョークポイントリスクの低減	10.0	10.0	—	3.2	3.8	×
エネルギー源多様化	7.6	9.3	○	3,048/3,160	2,698/2,593	一次エネ: ○/電源: ○
停電時間	2.2	1.7	×	88.67	75.71	○
エネルギー消費のGDP原単位	10.0	10.0	—	0.100	0.078	○
供給途絶への対応	3.1	2.7	×	143	179	○
平均	6.5	6.2	×			



2000年代に比べ、直近の点数と評価数値の双方が悪化したのは、一次エネルギー自給率の項目のみでした。

チョークポイントリスクの低減、エネルギー消費のGDP原単位、全項目平均点については、2000年代に続き、直近でも対象国中第1位となりました。

「シェール革命」の間接的な影響である、アフリカ原油の輸入量拡大は、原油輸入先多様化、供給途絶への対応に関する評価数値の良化につながりました。

(1) シェール関連

2005年に一次エネルギー自給率が100%を割り込み、その後も減少を続ける中、政府は2008年に陸上のシェールオイル・シェールガス開発ライセンスを民間企業に付与しました。しかし、2011年に水圧破碎による地震が発生したことが問題となり、開

発は一時中断されました。

その後、2014年には、新たな開発ライセンス付与区域が公開されましたが、開発地域付近の住民などから強い抵抗が示されています。また、これまでは海上油田の開発が中心であったため、陸上の原油・ガスを運ぶためのインフラが不足し、コストが高くなることなど、大量の生産を行うために解決すべき課題が多くみられます。

天然ガスの輸入については、直近ではノルウェーからのパイプラインでの輸入(57.1%)に次いで、カタールからのLNG輸入のシェアが多くなっています(17.6%)。2013年に国内最大のガス供給会社が米国からのLNG輸入に関する20年契約を結ぶ(2015年より輸入開始予定)など、「シェール革命」に関連した輸入先多様化につながる動きが出てきています。

(2) その他

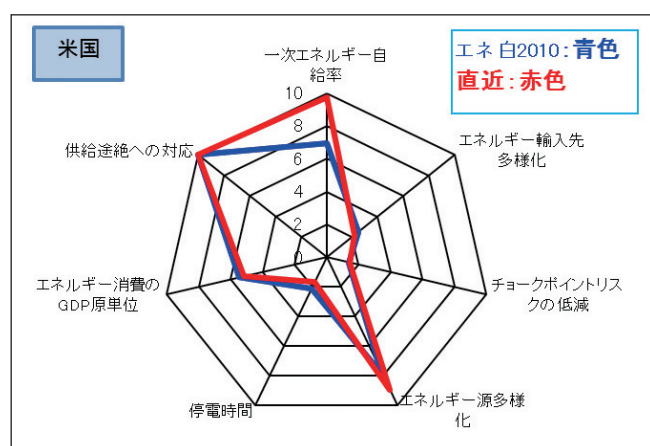
直近の一次エネルギー自給率向上策として政府が進めているのは、北海油田の再開発(非在来型原油・ガスは対象外)であり、本年中に開発促進のための関連機関(Oil and Gas Authority)を正式に立ち上げる予定です。

エネルギー源多様化につながる再生可能エネルギーの推進については、2020年までに最終エネルギー消費の15%に到達することを目標としており、達成のためのロードマップに沿って順調に取組が進められています。

4. 米国

【第114-4-1】各項目の点数・評価数値の変化(米国)

項目名	点数			評価数値		
	00年代	直近	点数の変化 (○:増/×:減)	00年代	直近	評価数値の変化 (○:良化/×:悪化)
一次エネルギー自給率	7.0	9.7	○	72	85	○
エネルギー輸入先多様化	2.5	2.2	×	618/1,316/1,330	560/2,486/1,508	原油: ○/ガス: ×/石炭: ×
チョークポイントリスクの低減	1.4	1.5	○	23.4	25.9	×
エネルギー源多様化	7.9	9.0	○	2,743/3,333	2,697/2,775	一次エネ: ○/電源: ○
停電時間	2.1	1.7	×	89.83	79.19	○
エネルギー消費のGDP原単位	5.4	5.2	×	0.183	0.151	○
供給途絶への対応	10.0	10.0	—	468	667	○
平均	5.2	5.6	○			



直近の全項目平均の2000年代比での上昇幅は対象国中第1位であり、「シェール革命」は、あらゆる面でエネルギー安全保障を強化させたと考えられます。

なお、エネルギー輸入先多様化の項目の悪化については、「シェール革命」の影響で、天然ガスの輸入量が減少し、相手国がほぼカナダに限られるようになったことで寡占度が大幅に上昇したことが要因となっています。

(1) シェール関連

シェールオイル・シェールガスの開発に関しては、第1節で述べたとおりです。開発が順調に進めば、一次エネルギー自給率はさらに上昇し、石炭の発電比率が下落することでエネルギー源の多様化が進むことになります。

国内需要の大きさから、一次エネルギーの完全自給は難しいと考えられていますが、原油輸入量は今後も減少する見通しです。仮に中東からの原油輸入量が減少すれば、チョークポイントリスクの低減につながります。しかし、こうした動きが中東の安定についての政治的な関心を低下させることにもつな

がるのではないかと危惧する声が出てきています。

また、原油輸入量の減少は、供給途絶対応日数の増加にもつながります。これと関連の深い戦略石油備蓄 (SPR) については、2005年に増量計画 (100百万バレル) が発表されましたが、「シェール革命」によって国内での原油増産が進んだことから、2011年に撤回されました。これを機に、SPRの目的の転換 (同盟国に有事の際に輸出するなど) や削減を求める動きも出ており、こうした議論の結果、供給途絶対応日数が減少する可能性もあります。

最大の論点は、原油価格が急落する中でのOPECの減産見送りや、開発による環境破壊といった問題が指摘される中、このままシェールオイル・シェールガスの開発が進むかどうかです。米国のシェールガス・シェールオイルの動向は、世界のエネルギー情勢を左右していく要因ともなるでしょう。

(2) その他

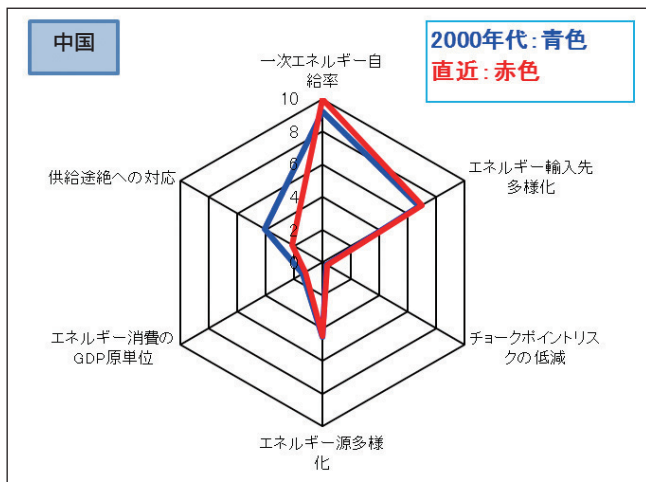
エネルギー源多様化に関しては、石炭から天然ガスだけでなく、石炭から再生可能エネルギーへのシフトを促す政策が推進されています。

2013年にオバマ大統領が発表した「気候行動計画」では、火力発電所からの排出量規制を促すとともに、2020年までに発電に占める再生可能エネルギー (太陽光・風力・地熱) の比率を倍増させています (対象年度が不明ですが、仮に2012年比で倍増させるのであれば、目標の発電比率は約12%となります)。

5. 中国

【第114-5-1】各項目の点数・評価数値の変化(中国)

項目名	点数			評価数値		
	00年代	直近	点数の変化 ○:増/×:減)	00年代	直近	評価数値の変化 ○:良化/×:悪化)
一次エネルギー自給率	9.2	10.0	○	96	87	×
エネルギー輸入先多様化	6.8	7.0	○	332/93/3,697	206/247/2,864	原油:○/ガス:×/石炭:○
チョークポイントリスクの低減	0.3	0.3	—	104.6	121.7	×
エネルギー源多様化	4.5	4.5	—	4,447/6,519	4,952/6,064	一次エネ:×/電源:○
エネルギー消費のGDP原単位	1.4	1.2	×	0.725	0.640	○
供給途絶への対応	4.1	2.1	×	191	141	×
平均	4.4	4.2	×			



直近では、一次エネルギー自給率の項目で対象国中第1位となりましたが、評価数値である自給率自体は悪化しています。1999年に一次エネルギー自給率が100%を下回って以降、国内のエネルギー消費量の拡大が国内生産量の増加を上回る傾向が続き、エネルギーの輸入量が増加しています。

原油輸入の増加に対応できる供給先は主に中東産油国であることから、2000年代に比べ、直近の中東依存度は上昇し、チョークポイントリスクが増すことになりました。また、直近の中東原油の輸入量が2000年代の3倍近くとなったことが、供給途絶への対応についての評価数値と点数を大幅に悪化させ、全項目平均点を押し下げる要因になりました。

一方、パイプラインによるロシアからの原油輸入も拡大しています。これにより、中国は原油輸入先の多様化を進めることができ、一方のロシア側も、欧州以外の輸出先を確保できるという利点があります。

(1) シェール関連

中国のシェールオイルは、地理的・地質的条件から開発が容易ではなく、短中期的に国内原油生産量の拡大に寄与することは難しいと考えられています。

一方、シェールガスの生産は既に開始されており、政府は補助金制度などを通じて開発を促進しています。国土資源部によると、2014年の生産量は13億立方メートルで前年の6.5倍となりました。これは、国内の天然ガス生産量全体の約1%にあたります。

しかしながら、技術不足や水圧破碎のための水不足などから、当初の見通しほど生産量は増えていません。2012年の段階で、政府はシェールガス生産量の目標を2015年に65億立方メートル、2020年に600～1,000億立方メートルとしていましたが、2014年に後者の目標を300億立方メートルに下方修正しました。シェールガスの生産が一次エネルギー自給率の上昇につながるかは未知数であり、まずは2015年の生産量が目標に到達するかどうかが目玉されます。

直近の天然ガス輸入量の半分はLNG（その約4割はカタールからの輸入）ですが、これまで北米からのLNG輸入は行われておらず、今後の輸入のための長期契約も結ばれていません。輸入先多様化との関連で、これからどのような動きがあるかに関心が集まっています。

(2) その他

国務院が2014年11月に公表した「エネルギー発展戦略構造計画（2014-2020年）」では、エネルギー源多様化と大気汚染問題の解決を目指し、一次エネルギー供給量に占める石炭の割合を2020年までに62%以下、天然ガスを10%以上、非化石エネルギーの比率を15%以上にするという目標が掲げられています。また、2020年の一次エネルギー消費量を2013年比で28%増までに抑えるとしています（2013年は2005年対比で約82%増）。

同計画では、一次エネルギー自給率について、直近の水準である85%前後の維持を目標に定めてお

り、前述したシェールガスの開発に加え、外資系石油企業とのJVによる深海における原油・ガス開発が始まっています。また、非在来型ガスである炭層メタンガス(CBM)の生産も進められています。

天然ガスについては、既に輸入が行われている中央アジアからのパイプラインについて、新ルートを建設する予定があります。また、ロシアとの間でもパイプライン建設の計画が進められています。「シェール革命」の間接的な影響として、中東の天然ガスが欧州に流れて競争が増す中、ロシアは新たな天然ガスの販路を東アジアに求めています。

こうした計画と、上述の米国からのLNG輸入の動きにより、天然ガスの輸入先多様化が大きく進む

可能性もあります。

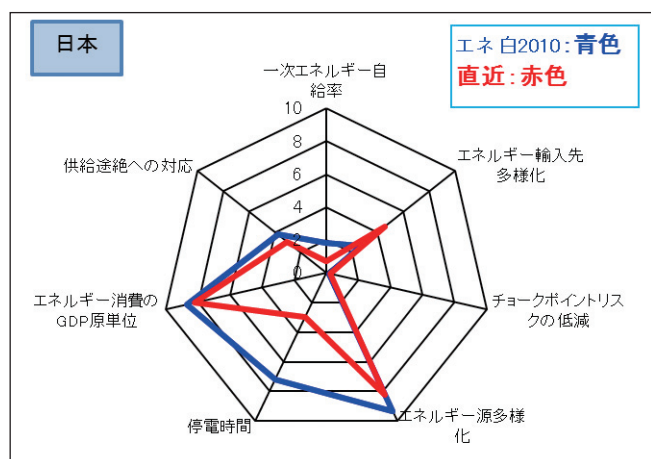
また、2015年より、ミャンマーからパイプライン経由での原油輸入が開始されました。この原油は中東産ですが、マラッカ海峡を経由せずに中東原油を輸入できるという点で、チョークポイントリスクの低減につながります。

その他、原油の国家備蓄基地については、既に第3期計画（合計備蓄能力141百万バレル、2020年着工開始予定）が発表されています。これに国営石油企業による備蓄等を含めると、将来的には、直近の石油備蓄量の2倍近くとなる約800百万バレルの備蓄能力を保有する見通しであり、供給途絶対応可能日数が伸びることが期待されます。

6. 日本

【第114-6-1】各項目の点数・評価数値の変化(日本)

項目名	点数			評価数値		
	00年代	直近	点数の変化 (○:増/×:減)	00年代	直近	評価数値の変化 (○:良化/×:悪化)
一次エネルギー自給率	1.8	0.7	×	19	6	×
エネルギー輸入先多様化	2.7	4.5	○	944/479/705	717/326/886	原油: ○/ガス: ○/石炭: ×
チョークポイントリスクの低減	0.2	0.2	—	171.4	160.2	○
エネルギー源多様化	9.3	8.2	×	2,886/2,228	3,179/2,836	一次エネ: ×/電源: ×
停電時間	7.2	3.0	×	26.50	44.00	×
エネルギー消費のGDP原単位	8.7	8.2	×	0.115	0.095	○
供給途絶への対応	3.7	3.1	×	175	204	○
平均	4.8	4.0	×			



東日本大震災とその後の東京電力福島第一原子力発電所の事故によって、直近の一次エネルギー自給率、エネルギー源多様化の点数及び評価指数が2000年代に比べ悪化しました。

エネルギー輸入先多様化を除く項目で点数を下げたため、全項目平均点も大きく下がり、直近の点数

は対象国中最も低くなりました。

全般的に、エネルギー安全保障の弱体化が見て取れますが、ロシア産原油の輸入増による原油の輸入先多様化、チョークポイントリスクの低減といった改善点も表れています。

(1) シェール関連

原油輸入の中東依存度が依然高く、天然ガスの中東依存度は上昇していますが、今後、北米からの原油・天然ガスの輸入が増えれば、輸入先多様化、チョークポイントリスクの低減、供給途絶対応日数の増加が進むこととなり、エネルギー安全保障が強化されることとなります。

特に、シェールガス革命により国内の天然ガスの生産が拡大している米国からのシェールガス・LNGの供給の実現は重要であり、日本企業は、日本のLNG輸入量の約2割に相当するLNGについて引取の契約を締結済みです。これらは、石油価格に連

動した契約ではなく、天然ガス価格指標に連動した価格であり、2016年以降、順次、日本への供給が開始される予定です。

(2) その他

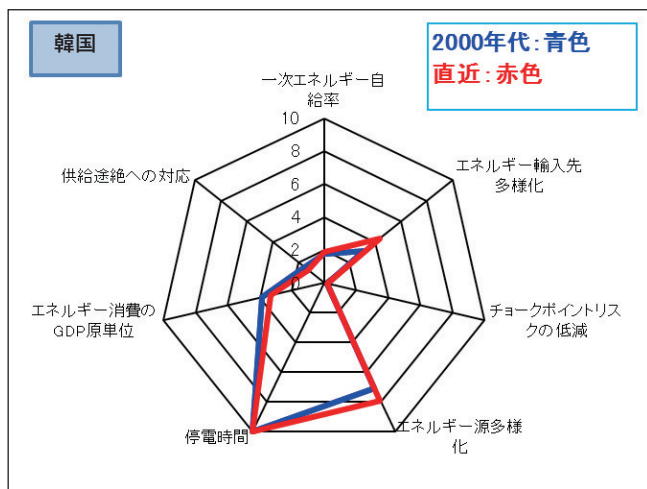
2014年4月、第4次となる「エネルギー基本計画」が閣議決定されました。従来の「3E (Energy Security:

安定供給、Economic Efficiency:経済性、Environment:環境)+S (Safety:安全性)」という基本的視点に、国際的な視点の重要性、経済成長の視点の重要性を加味した内容となっており、この方向性に沿って、エネルギー安全保障の強化のための改善策も進められていくことになります。

7. 韓国

【第114-7-1】各項目の点数・評価数値の変化(韓国)

項目名	点数			評価数値		
	00年代	直近	点数の変化 (○:増/×:減)	00年代	直近	評価数値の変化 (○:良化/×:悪化)
一次エネルギー自給率	1.8	1.9	○	19	17	×
エネルギー輸入先多様化	3.1	4.3	○	876/303/741	799/331/953	原油: ○ /ガス: × /石炭: ×
チョークポイントリスクの低減	0.2	0.2	-	156.4	180.5	×
エネルギー源多様化	7.1	7.9	○	3,514/3,152	2,959/3,252	一次エネ: ○ /電源: ×
停電時間	10.0	10.0	-	19.10	13.23	○
エネルギー消費のGDP原単位	3.9	3.3	×	0.257	0.236	○
供給途絶への対応	1.6	1.3	×	73	84	○
平均	3.9	4.1	○			



2000年代には一次エネルギー源の半分以上を石油が占めていましたが、これを天然ガスに転換する政策を進めてきたことが、エネルギー源多様化の点数の上昇につながりました。また、天然ガスの輸入先として、インドネシアのシェアが減少する一方、カタール、ナイジェリア、ロシアのシェアが増加することにより、寡占度が低くなり、エネルギー輸入先多様化の点数が上昇しました（ただし、評価指数は供給比率が上昇したことから、やや悪化しています。【第113-3-8】参照。）。

この2項目の点数の上昇により、直近の全項目平均点は2000年代に比べ上昇しましたが、点数自体

は対象国で日本に次いで低いものとなっています。

(1) シェール関連

原油・天然ガスの輸入に関して、直近では日本よりも中東依存度が高くなっており、「シェール革命」による北米からの輸入が実施されれば、輸入先多様化やチョークポイントリスクの低減といった恩恵を大きく受けることになります。

(2) その他

2011年から進められていたロシアとの間での天然ガスパイプライン建設計画は、経由地となる北朝鮮の核問題で頓挫しましたが、ロシアとはサハリンからのLNG輸入で合意しており、輸入先多様化が進む見通しです。

エネルギー源多様化については、2013年に産業通商資源部が発表した「第2次国家エネルギー基本計画 (2014 ~ 2035)」で、原子力の発電比率の目標を29%と決めました。これは、日本の原子力発電所事故後であり、第1次計画 (41%) よりは引き下げられましたが、直近の実績 (26%) よりは高いものになっています。

セキュリティインデックスの策定

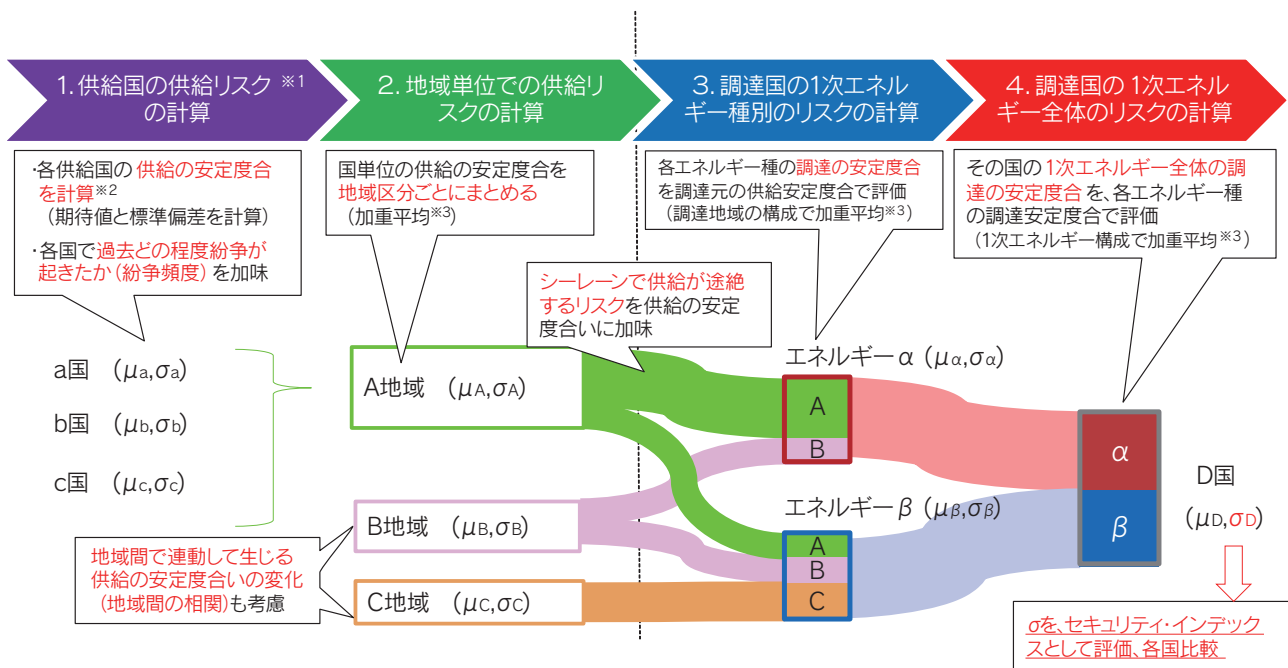
【セキュリティインデックス策定の目的】

3Eにおけるエネルギーの経済性(Economy)や環境性(Environment)については、エネルギーコストや温室効果ガス排出と言った数値によって定量的な評価が可能です。

一方で、エネルギー安全保障(Energy Security)については、複数の観点から定性的な情報等を数値化し、ランク付けするといった取組はなされてきましたが、これまで自給率以外に定量的な評価が試みられることはなされていませんでした。このため今回セキュリティインデックスを計算するフォーミュラを策定し、その評価を試みました。

【エネルギーセキュリティインデックスの評価手法】

エネルギーセキュリティインデックスの計算は以下のようなプロセスで行います。



1. 資源供給国の供給リスクの計算

資源供給国の月別石油生産量が、その前後6ヶ月の最大生産量に対してどれだけの割合を占めるかの比率を取り、その時系列データの標準偏差で供給安定性を評価します。これに加え、各供給国で過去の程度紛争が起きたか(紛争リスク)を加味します。

2. 地域単位での供給リスクの計算

1. で求めた供給国単位の供給リスクを、地域単位のリスクにまとめるため、その地域における供給構成比で国単位の供給リスクを加重平均します。

3. 調達国のエネルギー種別の調達リスクの計算

石油、天然ガス、石炭等、燃料種毎に地域単位の調達構成比で供給リスクを加重平均します。この際、調達地域から消費国に至る経路の中で何回チョークポイントを通過するか(シーレーンリスク)を加味します。

4. 調達国の1次エネルギー全体の調達リスクの計算

エネルギー調達国におけるエネルギー種別の調達リスクを、1次エネルギー構成比で加重平均し、その国の1次エネルギー全体の調達リスクを評価します。

※自国で生産されるエネルギーについてはリスクフリーの資源として評価した(再生可能エネルギーはすべてリスクフリー)ほか、ウランについては、複数年での消費が前提とされる準国産燃料としてリスクフリーとしました。

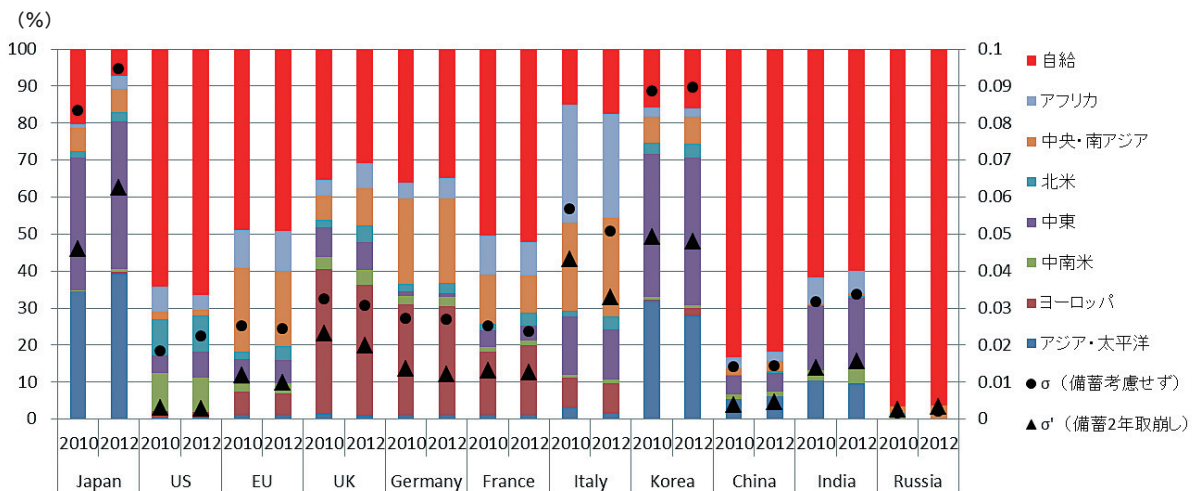
(参考) A国における資源xのセキュリティインデックス:

$$\sigma_x = \left(\sum_{i=1}^m \sigma_i^2 r_i^2 + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1, i \neq j}^m \sigma_{ij} r_i r_j \right)^{1/2}$$

(σ_i は地域iの調達リスク、 r_i は資源xの調達全体に占めるi国の割合、 σ_{ij} は地域iとjの相関リスク)

【2010年、2012年におけるエネルギーセキュリティインデックスの評価結果】

以下のとおり各国における1次エネルギー供給ベースでのセキュリティインデックスを比較しました。数値が大きい方が高リスク、小さい方が低リスクと評価されます。評価から得られる傾向としては以下のとおりです。



<考察>

- 米国、中国、ロシアといったエネルギー自給率が高い国は、セキュリティインデックスでは低リスクになっています。
- 日本や韓国は、自給率の低さ、調達先のカントリーリスクの高さ、主要な化石燃料産出国から距離のある極東の国であることによるシーレーンリスクの高さから、世界の主要国と比較しても高い水準にあります。
- 2010年と2012年を比較した場合、日本は震災後の原子力発電の稼働停止により、化石燃料の利用割合が増加し、エネルギーセキュリティのレベルはさらに悪化しています。
- また、石油備蓄を自給燃料として評価し、リスクフリーだと想定すれば、備蓄量に応じてセキュリティが改善することが観察できます。特に日本、韓国は備蓄の効果が大きいことが分かります。(備蓄を考慮しない場合と2年で取り崩す場合についてセキュリティインデックスをグラフに表示。)

【我が国の電源構成・最終エネルギー消費におけるセキュリティインデックスの評価】

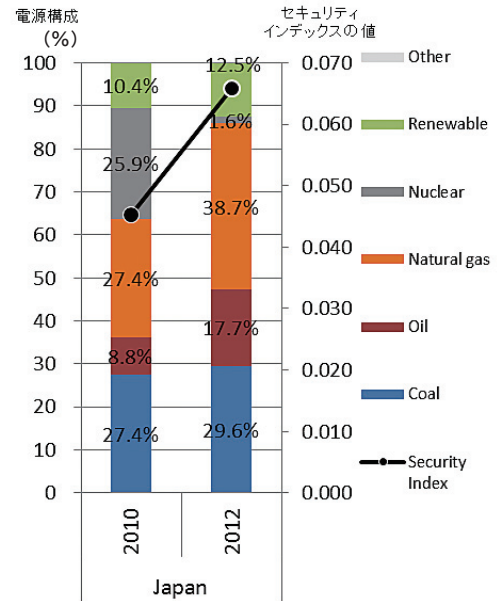
セキュリティインデックスは電源構成や最終エネルギー消費を評価する際にも利用が可能です。

2010年、2012年のIEAの我が国に関するデータを利用してこれを評価しました。

<考察>

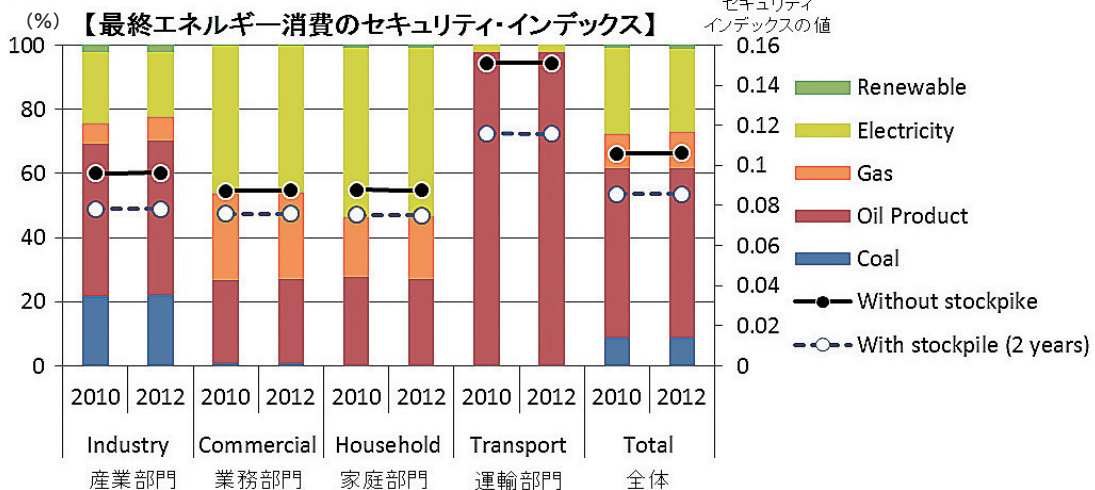
- 2010年と2012年の電源構成を比較すると、東日本大震災以降、火力発電の割合が増加したことからインデックスの値は悪化しています。
- また、最終エネルギー消費において各部門を比較すると、石油消費の割合が高い運輸部門については他の部門に比較してリスクが高いことがわかります。

電源構成に関するセキュリティインデックスの評価



出典：IEAデータより資源エネルギー庁調査で作成（暦年データ）

最終エネルギー消費の構成

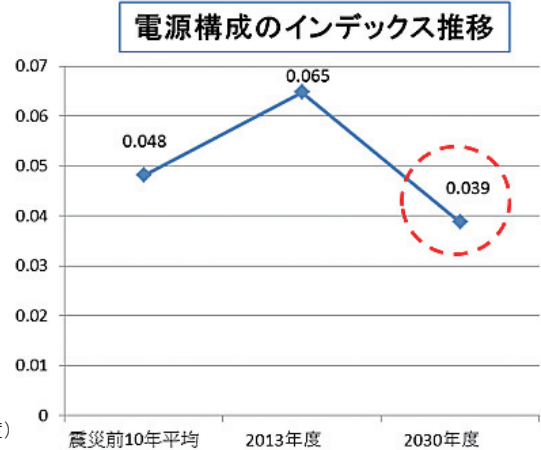
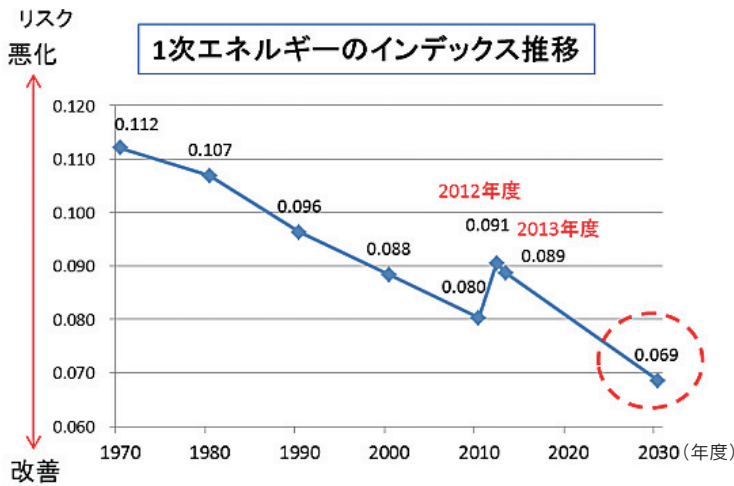


【過去の推移と長期エネルギー需給見通しにおける我が国の1次エネルギー構成、電源構成のセキュリティインデックスの比較】

これまでの1次エネルギー構成や、電源構成のセキュリティインデックスを時系列で示すとともに、今般発表された長期エネルギー需給見通しと比較してそこから得られる示唆を以下に整理しました。

<考察>

- 過去のセキュリティインデックスの推移を見ると2010年度まではセキュリティが改善してきたものの、2012年度、2013年度は東日本大震災による化石燃料の利用増加により、これまでの推移と比較してインデックスは悪化しています。
- 一方、2015年に発表された長期エネルギー需給見通しにおける2030年度のセキュリティインデックスは、再生可能エネルギーの利用増や原子力発電の再稼働等によりインデックスが震災前の水準より改善することがわかります。



【1次エネルギー構成、調達国構成を変更した場合の効果に関する感度分析】

セキュリティインデックスの計算の際に1次エネルギー構成や調達国構成を変更すれば、これをもたらすような政策を取った場合にエネルギーセキュリティにどのような効果をもたらすか予測できます。

<考察>

- 2012年の1次エネルギー構成において石油から天然ガスに5%振替えた場合インデックスは改善しますが、石炭を天然ガスに5%振り替えた場合にはインデックスが悪化します。
- 原油の調達先を中東から北米に5%振替えた場合には1次エネルギー供給のセキュリティインデックス、原油のみのセキュリティインデックス共に改善します。
- また、長期エネルギー需給見通しにおける2030年の電源構成において、各電源を1%振替えた場合の効果は以下のとおりとなりました。

1次エネルギー供給における燃料の転換によるセキュリティインデックスの変化率(2012年)	
石油→天然ガスに振替(5%)	▲3.2%
石炭→天然ガスに振替(5%)	+2.2%
原油調達先を中東から北米に5%転換した場合のセキュリティインデックスの変化率(2012年)	
1次エネルギー供給全体	▲4.3%
原油のみ	▲6.5%

※原子力について準国産エネルギーであるが、ウラン調達リスクを考慮している
 ※2030年での電源構成に基づくセキュリティインデックスの変化割合を記載(減少する方がセキュリティが向上)
 ※数値は1%変化した場合の数値であり、振替える割合により変化率は異なる。
 ※燃料調達先等は2012年の割合に変化が無いと仮定

2030年の電源構成における感度分析

	石炭▲1%	LNG▲1%	原子力▲1%	再エネ▲1%
石炭+1%		▲0.3%	+1.4%	+1.5%
LNG+1%	+0.3%		+1.7%	+1.8%
原子力+1%	▲1.4%	▲1.7%		+0.2%
再エネ+1%	▲1.5%	▲1.8%	▲0.2%	

ここまでの考察からも分かるように、ある政策がエネルギーセキュリティにどのような影響を与えるのかを評価する指標として、セキュリティインデックスを利用することは有用であると考えられます。

メタンハイドレート

メタンハイドレートはメタンと水が低温・高圧の状態で作結合した氷状の物質で、「燃える氷」とも呼ばれ、次世代のエネルギー資源として注目されています。石油や石炭に比べ燃焼時の二酸化炭素排出量が少なく、将来のクリーンエネルギーとしても期待されています。しかし、固体で存在するため、高い圧力がかかる状況に閉じ込められた在来型の石油や天然ガスとは異なり井戸を掘っても自噴せず、新たな生産技術を開発することが必要です。

メタンハイドレートは、その特徴によって主に太平洋側の海底面下数百メートルの地層中に存在している「砂層型メタンハイドレート」と、主に日本海側の海底の表面やその近傍に存在している「表層型メタンハイドレート」に分けられます。

砂層型メタンハイドレートについては、2013年3月に海域では世界初となるガス生産試験を実施しました。現在、より長期的に安定した生産が可能となるよう技術開発を行っています。

また、表層型メタンハイドレートについては、資源量の把握のため、2013年度から調査を開始しており、昨年度は世界に先駆けて本格的なサンプル取得に成功しました。十分な資源量が確認できれば、資源量回収技術の本格的な調査・研究開発に取り組んでいきます。



ガス生産試験の様子



表層型メタンハイドレートを含む地質サンプル

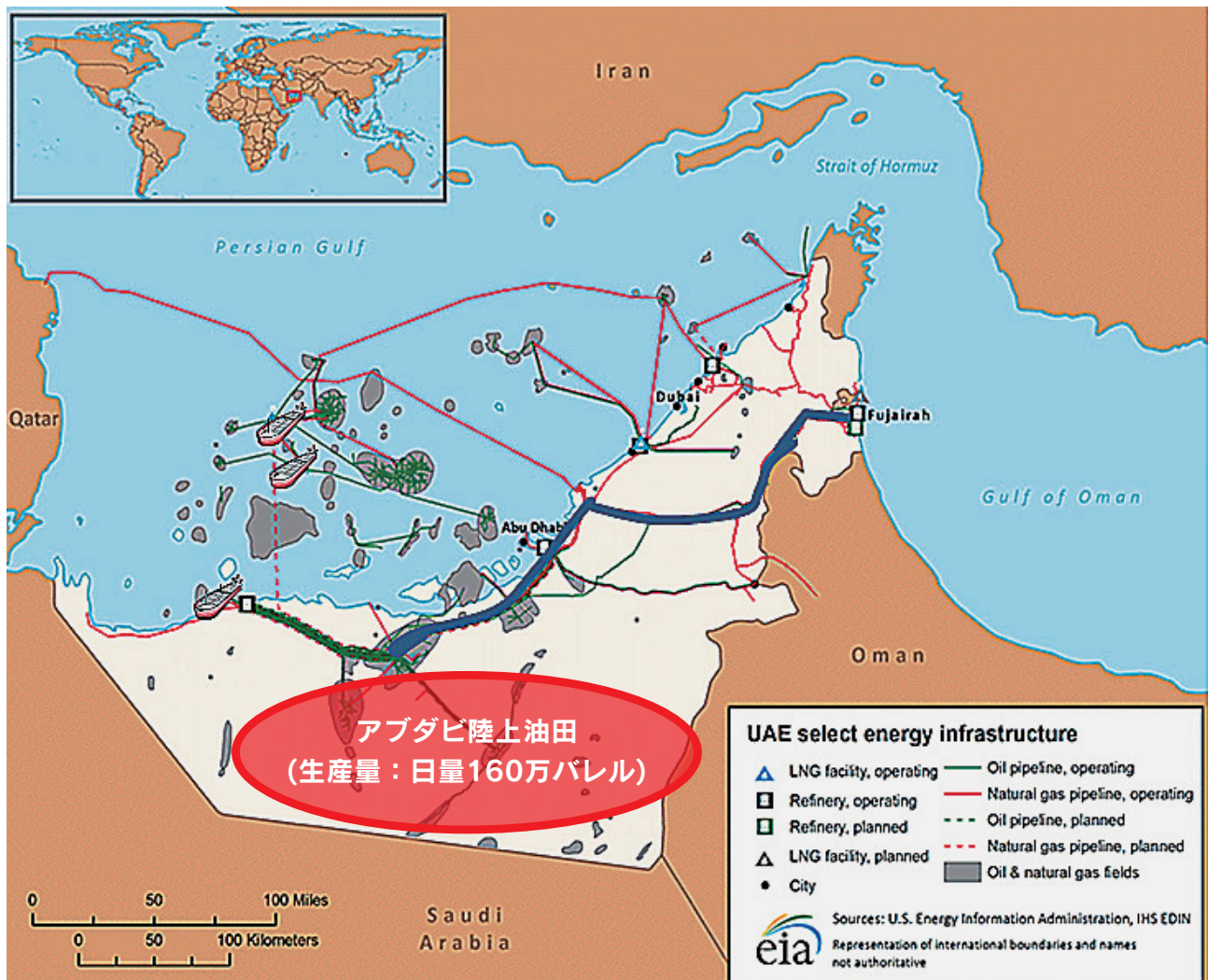
アブダビ陸上油田の権益獲得

2015年4月27日、国際石油開発帝石が、アラブ首長国連邦（UAE）のアブダビ首長国政府及びアブダビ国営石油会社（ADNOC）との間で、アブダビ陸上油田の40年間の権益（5%）の獲得に関する契約文書に署名しました。

同油田は、現在の生産量が日量160万バレル、2017年には同180万バレルの生産量を見込む世界屈指の巨大油田であり、これまで、外国資本では、いわゆる欧米のオイルメジャーのみが権益を保有してきましたが、今般、アジア企業として初めて権益獲得に成功しました。

今般の権益獲得は、我が国の自主開発原油量を約15%引き上げるとともに、同油田からの原油はホルムズ海峡を回避した輸出が可能であることから、我が国の石油の安定供給確保に大きく貢献するものです。

アブダビ首長国との関係では、2013年5月の安倍総理大臣、2015年1月の宮沢経済産業大臣の同国訪問など、陸上油田の権益獲得に向けた働きかけを行ってきたほか、教育・医療等、広範な分野での協力を実施してきました。今般の権益獲得は、国際石油開発帝石のこれまでの実績とともに、日アブダビ間の緊密な関係が高く評価されたものであり、資源外交の大きな成果と言えます。



アブダビ陸上油田地図
出典：EIAホームページを基に作成