

第1章 エネルギー需給の現状と見通し

武石 礼司

はじめに

本章では、中国をはじめとする新興国のエネルギー需要の拡大やエネルギー供給源の変化を含めた、エネルギー需給の現状と今後の見通しを考察する。中国のコールベッドメタン（CBM：炭層ガス）やシェールガス開発の動向についても、検討を加える。

注目されるのは米国におけるシェールガスの増産が、石炭、石油という、天然ガスと競合する化石燃料の消費に影響を与え、さらに、原子力への取り組みを以前よりは抑える働きをするというように、玉突き状に影響が様々に波及しているという点である。

他方、シェールガスばかりでなく在来型の天然ガスの利用拡大にも、現在、拍車がかかってきており、これら在来型天然ガスの発見とその開発も世界の各地で進んでいる。また、オーストラリアで見られるようなCBM開発によるLNGプロジェクトのように、非在来型のガス開発も活発化している。

エネルギーの生産者側の取り組みは盛んに行われており、さらにエネルギーの消費者の側においても、こうしたエネルギー需給状況の大きな変化を確実に理解し、対応策を準備していく必要が生じていると言える。

1. 世界のエネルギー埋蔵量と需給の推移

(1) 埋蔵量の推移

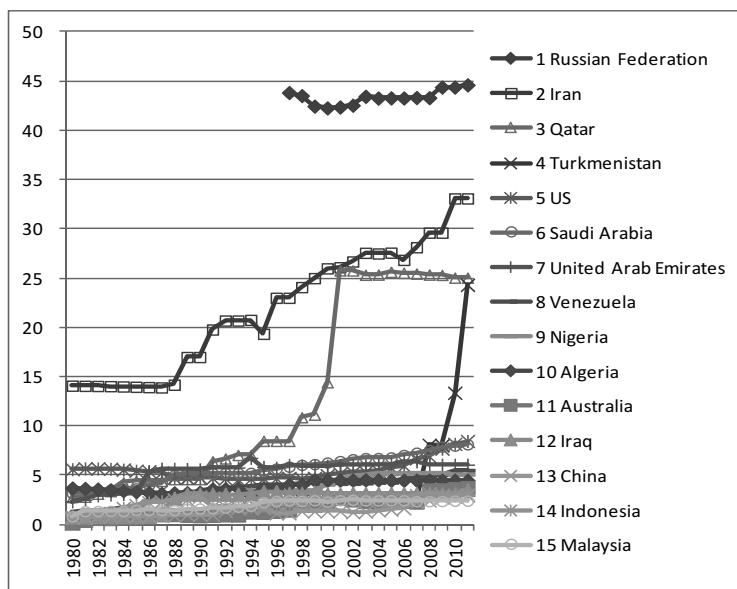
世界の国別の天然ガスの埋蔵量（確認可採）を見ると、2011年現在、ロシア、イラン、カタール、トルクメニスタンが4大埋蔵国となっている。図1で大きな変化がトルクメニスタンで生じている。同国は新規のガス田の発見により2000年代後半に埋蔵量を急増させており、ロシア、イラン、カタールという従来の3大ガス資源国に割って入り、ガスについては4強時代が出現している。トルクメニスタンのガス埋蔵量の急増は、世界第2位となる13兆から21兆立方メートル（460兆～740兆立方フィート）の埋蔵量を持つと推定されるSouth Yolotanガス田の2006年における発見による。

その他、天然ガスの埋蔵量を見たときに明らかな傾向として読み取れるのは、各国とも、図1の折れ線グラフが多く国で右肩上がりとなっており、ガスを生産することによる埋蔵量の減少分を補って、それ以上に埋蔵量が増大している国が殆どであるという点である。

その他に注目されるのは米国が2011年末の段階ですでに第5位の埋蔵量を持つとされて

いる点で、従来、ガス埋蔵量が減少し、生産量も減少に向かうと予測されていた米国が、サウジアラビア、UAE、ベネズエラ、ナイジェリア、アルジェリアといった OPEC 諸国を上回るまで埋蔵量を増やしてきている。この米国のガス埋蔵量の増大は、シェールガスの生産を可能とする技術革新があったことによりもたらされている。

図1 世界の天然ガス埋蔵量の推移（単位：兆立方メートル）



注：数値は確認可採埋蔵量

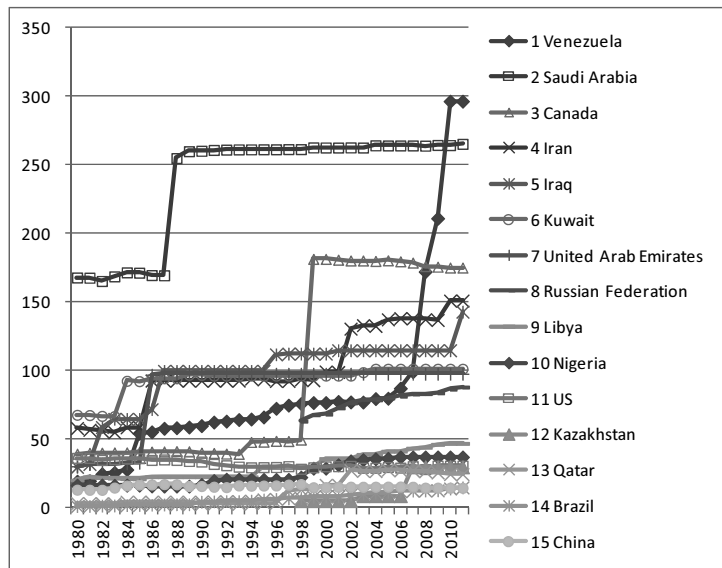
(資料) BP 統計 2012 年版データより筆者作成

次に石油の埋蔵量を見ると、超重質のオリノコータルを保有するベネズエラが世界第1位の埋蔵量となっている。次いで、サウジアラビア、カナダ、イラン、イラク、クウェート、UAE の順となっている (BP 統計 2012 年版)。

ベネズエラおよびカナダの両国は、カナダが 90 年代後半、ベネズエラが 2000 年代後半に埋蔵量を大きく増やしているが、両国とも重質油の生産が技術的にも経済的採算の上でも可能となったことで、埋蔵量にカウントされるようになった。

石油の場合においても、ガスの場合と同じく、多くの国が生産した分だけの埋蔵量のマイナスが生じていても、図2で示されるように右肩上がり埋蔵量を増やしてきており、技術進歩を背景とした埋蔵量の再評価、新規発見等で補ってきていることがわかる。

図2 世界の石油埋蔵量の推移（単位：10億バレル）



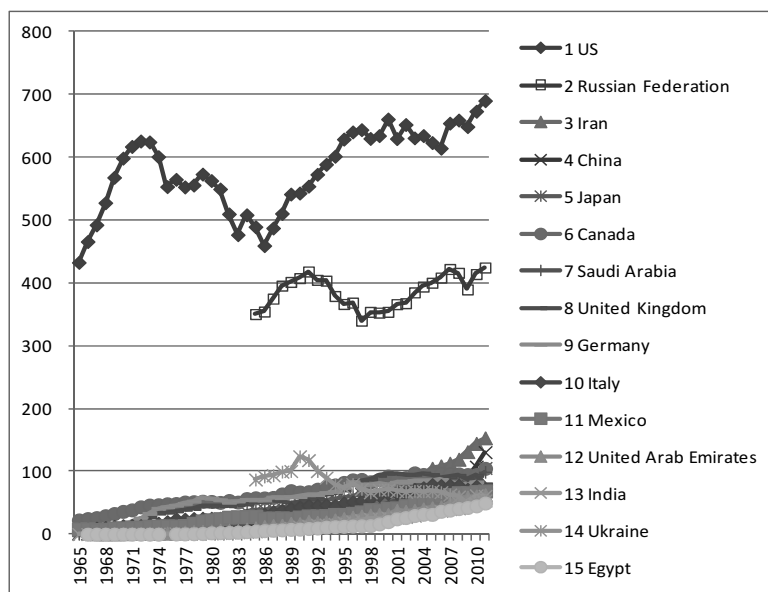
注：数値は確認可採埋蔵量

(資料) BP 統計 2012 年版データより筆者作成

(2) エネルギー消費量

次に各国別の天然ガス消費量の推移を図3で見ると、米国が圧倒的に多量のガスを消費してきたことがわかる。米国に次いでロシアの消費量が多くなっている。ロシアに次ぐ消費量を持つのは、2011年においては、イラン、中国、日本、カナダ、サウジアラビア、英国、ドイツ、イタリアとなっており、ガス化学産業を育成している中東諸国および、天然ガスの消費量が多い欧州諸国が上位にランクされている。

図3 世界の国別天然ガス消費量の推移（単位：10億立方メートル／年）

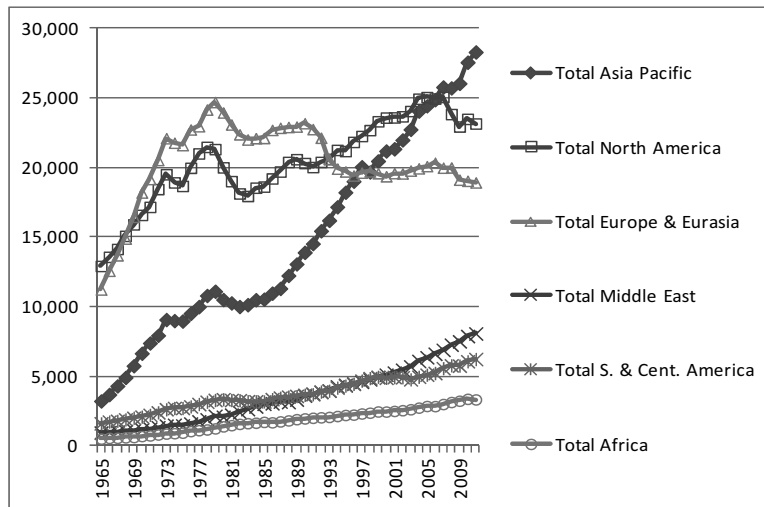


（資料）BP 統計 2012 年版データより筆者作成

次に、世界を6つの地域に分けて石油消費量の推移を見ると、図4で示すようにアジア太平洋地域の石油消費量が急増しており、北米および欧州・旧ソ連という従来の世界の2大石油消費地域を、2000年代半ばに上回るに至っている。その後もアジア太平洋地域は消費量を大きく増やし続けている。

一方、北米地域の石油消費量は伸びが停滞する段階に入り、安定化と言えるような状況に至ったと見ることができる。また、欧州地域の合計で見ると長期の減少トレンドを取り始めたと考えられる。その他の傾向としては、中東地域の石油消費量が大きく増えており、中南米、アフリカともに増大しているが、これら3地域の中では中東の消費量の伸び幅が最も大きい。中東の石油輸出国の石油輸出余力の減少という傾向が生じていることがわかる。

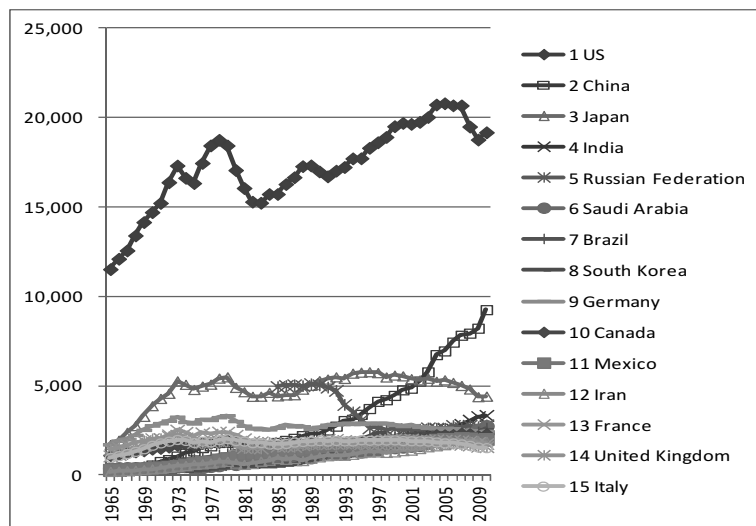
図4 世界の地域別の石油消費量の推移 (単位：千バレル/日)



(資料) BP 統計 2012 年版データより筆者作成

世界の国別石油消費量の推移を図5で見ると、依然として米国が圧倒的に多量の石油消費を続けている一方、第2位の消費国は中国で、消費量が90年代以降急増しており、近年では米国の半分の消費量にまで達している。日本の石油消費量は減少中であり、急増してきているインドにあと数年で抜かれるのは確実という状況がある。

図5 世界の国別石油消費量の推移 (単位：千バレル/日)

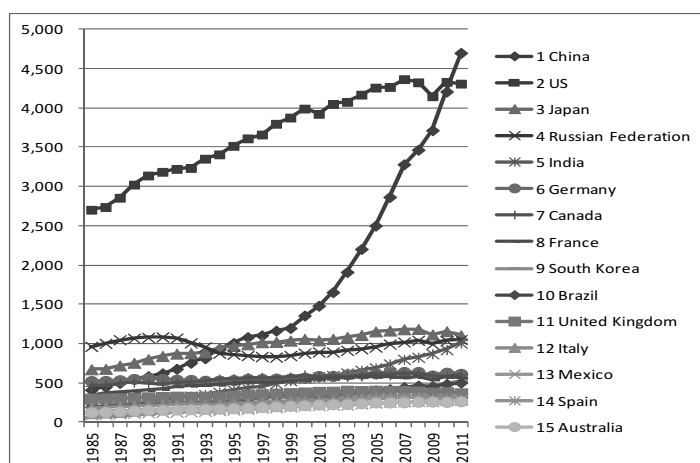


(資料) BP 統計 2012 年版データより筆者作成

世界の発電量の推移を図6で見ると、中国の発電量が2000年代に入って急増しており、

ついに2011年に米国を抜いて世界第1位となっている。米国は長期に続いてきた発電量の増大傾向が頭打ちとなってきたと見ることができる。第3位以降は、日本、ロシア、インド、ドイツ、カナダ、フランス、韓国、ブラジルと続いているが、これら諸国の中ではインドが顕著な増大傾向を見せており、ロシアと日本を2012年にも追い抜く勢いとなっており、第3位の発電量を保有するようになる見込みである。

図6 世界の発電量の推移（1985年から2011年）（単位：TWh：10の12乗ワット時）



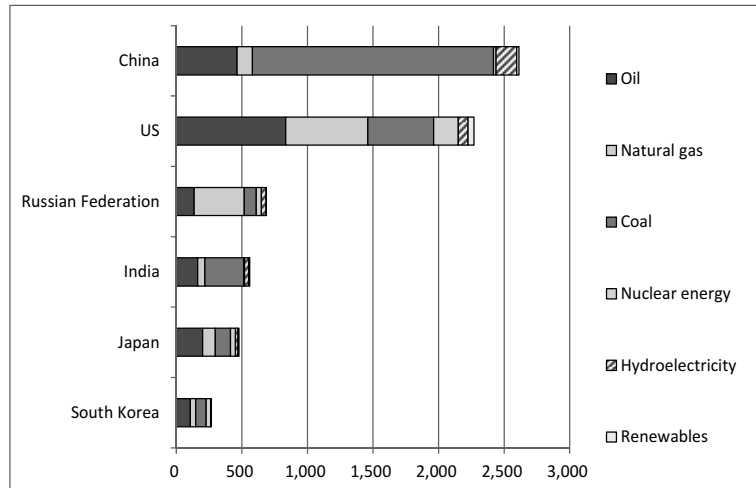
（資料）BP 統計 2012 年版データより筆者作成

世界各国の一次エネルギー消費量（2011年データ）を比べると、中国が第1位、米国が第2位となっており、この2カ国の消費量が他の諸国を圧倒して多くなっている。中国の石炭消費量が世界の中でも突出して多いことが図7からわかる。中国においては石炭を代替できるだけの他の燃料源を得ることは困難であり、石油、石炭、水力等、少しずつでもエネルギー源の多様化に取り組むことが、世界のエネルギー供給における安定化をもたらすためにも必要であると言える。一次エネルギー消費量が第2位である米国は、石油消費量が最も多く、石油依存型と呼ぶことができる特徴を持つ。日本および韓国もエネルギー消費のタイプとしては石油依存型となっている。次にロシアは、天然ガスの消費比率が高く、天然ガス依存型である。インドは中国と同じく石炭依存型となっている。

各国とも、自国で生産するエネルギー資源で自給できることがエネルギー安全保障上望ましい。ただし、自給することは難しくとも、自国の近隣地域からの供給で足りる場合には、安全保障上のポジションが強いといえることができる。自国産の石炭に大きく依存できる中国、天然ガスに依存できるロシアは、今までのところエネルギー供給の面で強い立場にあったと言えることができるが、石油の対外輸入量が急増する中国は、次第に、対外依存

度を高めてしまっている。一方、米国は、シェールガス革命の効果から、自国産のガスと石油の生産量を増大させており、石炭は世界一の埋蔵量を持つことから、エネルギー安全保障上のポジションは近年数年間で飛躍的に強化されてきている。

図7 世界各国の一次エネルギー消費量（2011年データ）（単位：石油換算百万トン）

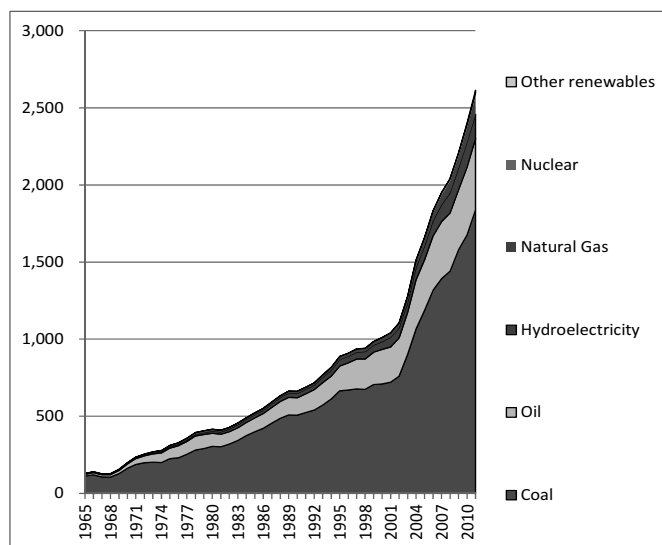


（資料）BP 統計 2012 年版データより筆者作成

2. 中国のエネルギー需給と将来展望

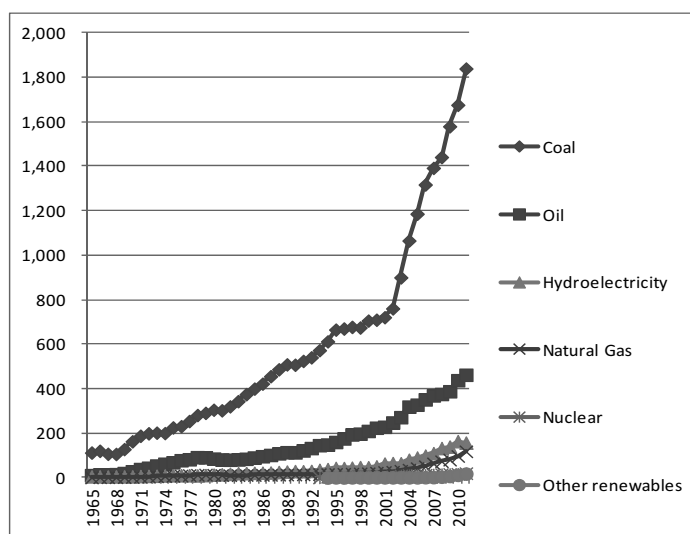
世界のエネルギー需給において、中国が安定的にエネルギーを確保できるかが決定的に大きな意味を持つ時代に入ってきたと言える。図8および図9で示すように、2003年以降の中国における石炭消費の急拡大は、人類の歴史の上でかつてなかった規模での急激なエネルギー消費量の増大であり、石炭の生産、選炭・洗炭の実施、低グレード炭の利用拡大、高効率な発電向けの利用、発電時の冷却水の確保、石炭の輸送、大気汚染の防止等、様々な面で、大きな課題が生じているに違いないと言える状況にある。

図8 中国のエネルギー消費量の推移（単位：石油換算百万トン／年）



（資料）BP 統計 2012 年版データより筆者作成

図9 中国のエネルギー消費量の推移（単位：石油換算百万トン／年）

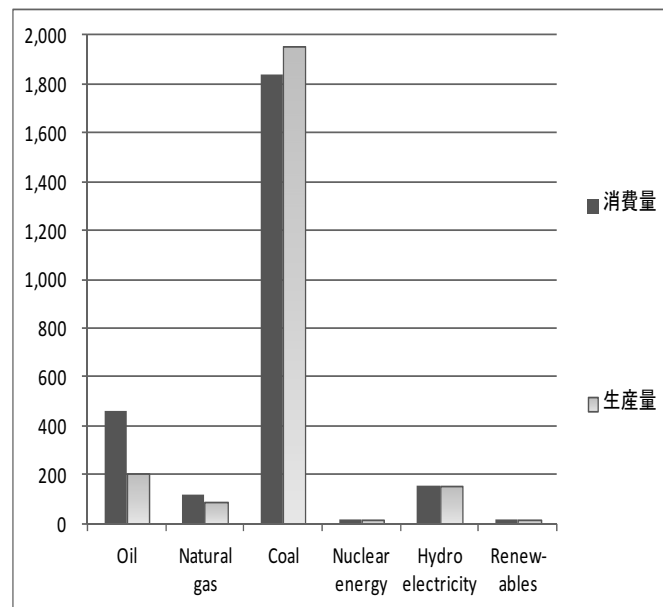


（資料）BP 統計 2012 年版データより筆者作成

図10で中国のエネルギー消費量と生産量を2011年のデータで比べると、石炭生産量と消費量が群を抜いて多いことがわかる。しかも中国においては、幸いなことに石炭の消費量を生産量が上回っており、今までのところ、石炭は順調に生産量を伸ばしてきたことがわかる。直近での課題は、石油生産量が消費量の半分しかないことで、国内の石油生産量の維持と、石油輸入の確保が中国では重要な課題となっている。また、天然ガス生産量と消費量は中国の総エネルギー消費に占める割合としては小さいが、天然ガスの生産を増大

させることができれば、中国の過度な石炭依存度を軽減することができ、環境負荷も軽減できるために、中国内での天然ガス生産増大への期待は大きい。そのほか、中国における水力・原子力・再生可能エネルギーの生産量と消費量を見ると、極めて少ないことがわかる。ただし、それでも僅かずつでも増大へ向けての努力を継続させ、エネルギー供給源を多様化しておくことは中国にとり、また世界のエネルギー供給においても重要な課題である。

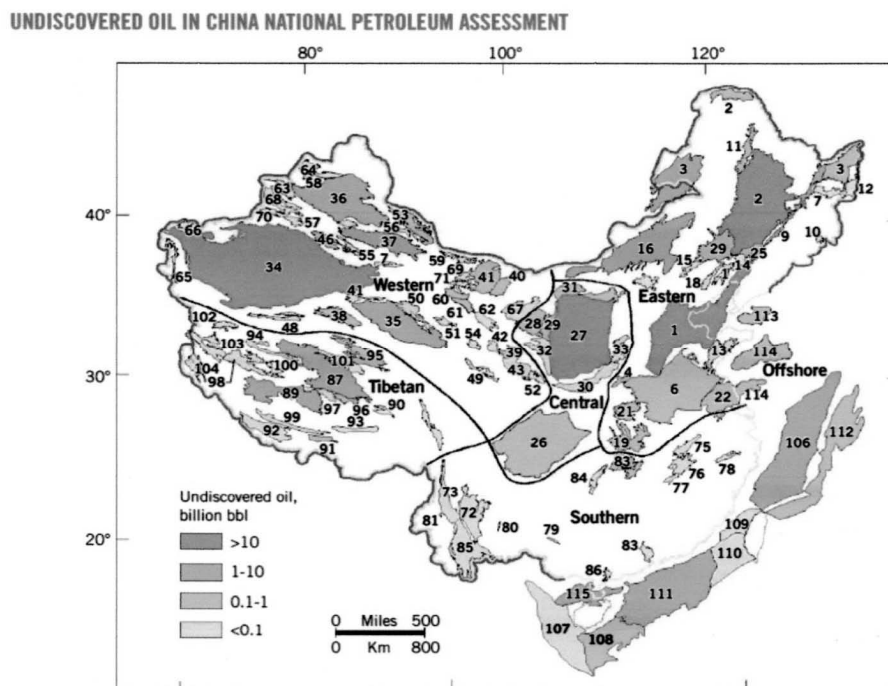
図10 中国のエネルギー消費量と生産量（2011年データ）（単位：石油換算百万トン）



（資料）BP 統計 2012 年版データより筆者作成

図11は、中国政府の Chinese Academy of Geological Science による未開発石油埋蔵量の予測である。この情報を掲載したオイルアンドガス・ジャーナル誌の記事によれば、渤海湾、オールドス、タリム、東北部（Songliao）の4つの地域に6割の石油が埋蔵されていると予測されている。未開発分の合計は1,087億バレルと見積もられている。BP 統計における確認可採埋蔵量（2011年末）が147億バレルであるのと比べると、7倍を超える埋蔵量がまだ別途存在すると予測されていることがわかる。

図11 中国の未開発石油埋蔵量の予測

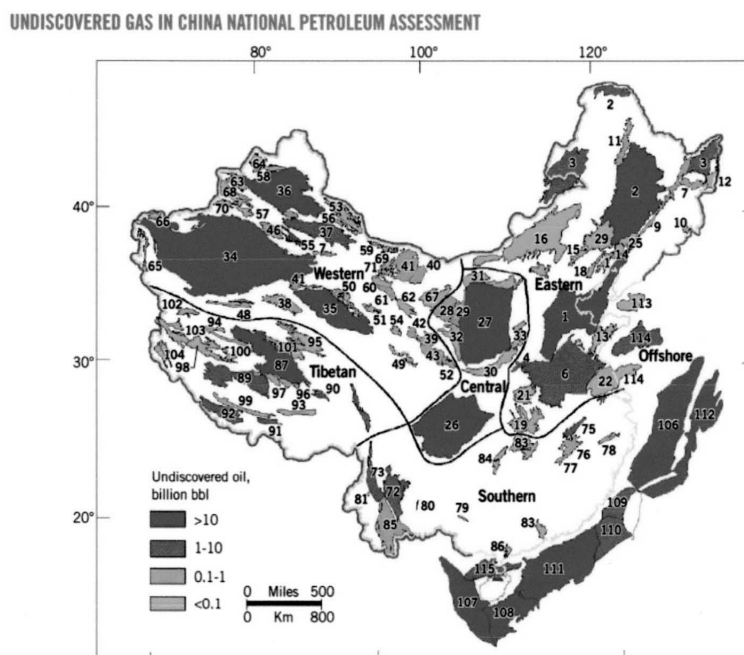


(資料) Chenglin Liu, et al., Oil and Gas Journal, June 4, 2012

次に、中国の未開発ガス埋蔵量の Chinese Academy of Geological Science による予測を図12で見ると、石油換算で100億バレル超の技術的に回収可能と見なされるガスの埋蔵地域が陸上海上の双方に存在していると中国の担当部署では考えていることがわかる。

特に、オールドス、タリム、四川がガスの3大埋蔵地域とみられており、3地域を合わせた未開発ガスの合計は28兆立方メートル(990.7兆立方フィート)あるとの見積りが出されている。BP統計2012年版によれば、2011年末の中国のガス確認可採埋蔵量は3.1兆立方メートルであり、世界最大の埋蔵量を保有するロシアが44兆立方メートルであることから、中国では今後、ガス生産量を大きく増やすことができるとみられている。

図12 中国の未開発ガス埋蔵量の予測



(資料) Chenglin Liu, et al., Oil and Gas Journal, June 4, 2012

石炭依存度が世界でも他に例がないほど高い中国においては、エネルギー不足から経済活動が停滞したり、あるいは電力不足が生じることが懸念材料であり、米国から始まったシェールガス革命が中国にも波及することが強く望まれており、米国のシェールガスプロジェクトに資本参加する等の取り組みが始まっている。石炭埋蔵量が豊富な中国において、まず取りかかっているのが石炭層に含まれるガス（CBM：コールベッドメタン）の採集と生産利用の拡大である。次いで、シェールガスの生産にも取り組み始めており、まず、既存の探鉱地域で研究が進みつつある。図13で示すように、四川、オールドス、それに東北部がまず取り組むべき対象であり、遠隔地であるタリム盆地での取り組みは今後の課題となっている。

技術ノウハウを得ようと、中国海洋石油総公司（CNOOC）は2012年6月に、カナダのエネルギー大手ネクセン（Nexen：同社はシェールガス事業を保有）を151億ドル（約1兆1,800億円）で買収すると発表した。また、中国最大規模の国有投資会社である中国国家開発投資会社は2012年6月に、重慶市との間でシェールガス開発向けに300億元（約3,750億円）を投資する協定を結んだ。

中国最大手の中国石油天然気集団公司（CNPC）は、カナダ最大手の石油企業のEnCana社のシェールガス事業へ22.3億ドルを投資し、シェールガス開発事業会社の資本金の49.9%の持ち分を取得し、共同でカナダでのシェールガス開発に取り組む計画を発表した。

ただしこの計画はその後 2011 年 6 月に交渉が中止されている。

中国国内でも四川盆地では探鉱が開始されており、2011 年に続く第 2 回の探鉱権の入札を 2012 年後半に実施した。

海外での CBM（炭層ガス）生産と LNG としての輸出事業にも中国企業は積極的に参加している。オーストラリアでは、3 つの CBM 事業への中国企業の参加が行われている。BG グループの 2014 年 LNG 販売開始予定の Queensland Curtis LNG 事業（最大 1,275 万トン／年）には、CBM 生産の上流部門に CNOOC が 5% 参加し、オーストラリアでの液化部門にも CNOOC が一部、東京ガスとともに参加し、さらに、LNG の買い手として CNOOC が年間 360 万トン（20 年）引き取る契約を締結している。

Australian Pacific LNG 事業（2015 年から最大 1,800 万トン／年）には CBM 生産の上流部門に中国石油化工集团公司（SINOPEC）が 25% 参加し、LNG の買い手としても SINOPEC が年間 760 万トン（20 年）の契約を行っている。

同じくオーストラリアの Shell Curtis LNG 事業（2017 年から最大 1,600 万トン／年）では、CBM 生産の上流部門に Petro China が参加し、LNG の買い手ともなる予定である。

以上のように海外で CBM 事業に中国各社が積極的に参加することで、中国での CBM 開発・生産事業を推進するためのノウハウの習得が同時に図られている。

図 13 中国の頁岩（シェール）層の存在状況

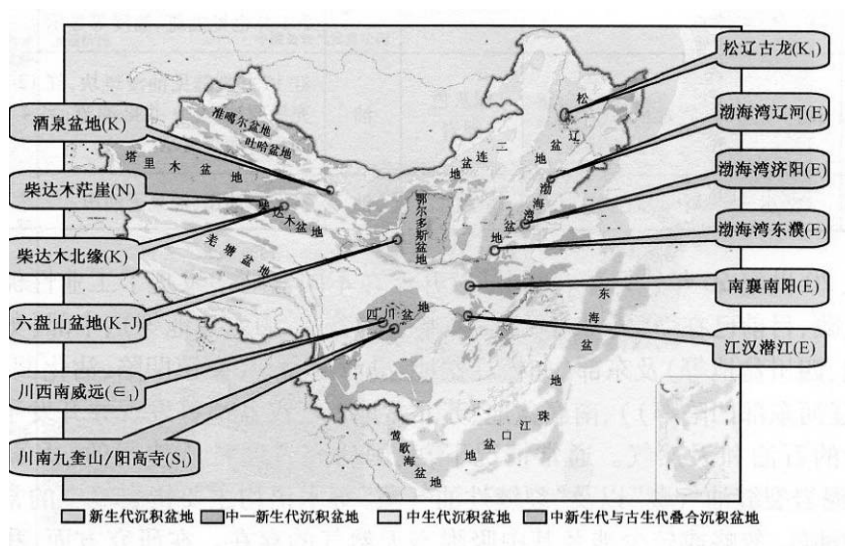


图 1-30 我国已发现的页岩油气分布图

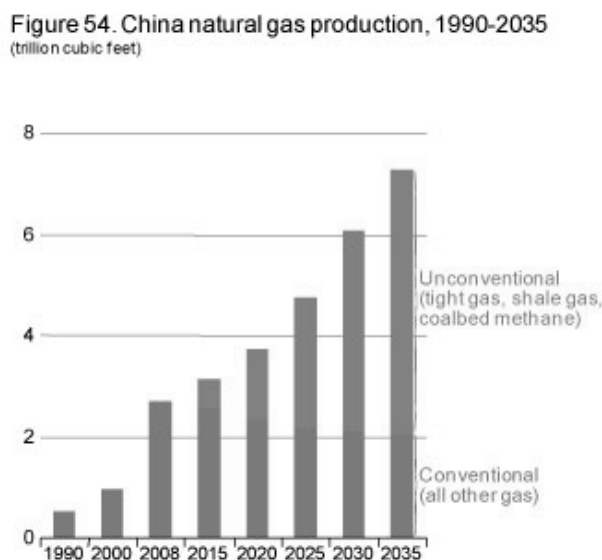
(資料)『中国頁岩地質研究進展』p.33

米国エネルギー省エネルギー情報局が作成したデータを見ると、中国の非在来型ガスの

生産は2025年には在来型ガスの生産量を上回るに至り、2035年にはガス生産量の7割を非在来型ガスが占めると予測されている。在来型ガスの生産量は今後減少へ向かい回復しないと予測されている。

中国政府の発表を見ると、中国国土資源省による2012年3月の発表では、商業的に採掘可能な中国のシェールガス埋蔵量は約25兆立方メートル(青海省とチベット自治区を除く)との推計が出されている。中国政府は、2015年に年65億立方メートル、2020年に年600億から800億立方メートルのシェールガスを生産したいとの目標を提示しているところである。

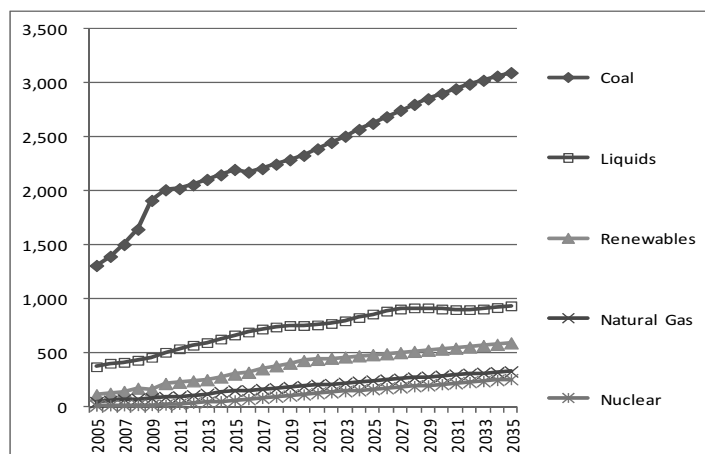
図14 中国の天然ガス生産量の予測(単位:兆立方フィート)



(資料) 米国エネルギー省エネルギー情報局、International Energy Outlook 2011 より

中国の2035年に向けたエネルギー消費量の内訳に関して、米国エネルギー省エネルギー情報局が作成した資料によれば、石炭消費量は2000年代ほどの伸びではないものの増大を続けると予測されている。一方、石油消費量は当面は着実に増大するが、2030年代には伸びが抑制できる段階に入ると予測されている。その他、再生可能エネルギーも多量に消費される状況が今後も続いていき、天然ガスと原子力も、石炭の増大量と比べると少ないが着実に増大を続けるとの予測となっている。こうして、石炭が2035年においても6割程度のエネルギー供給を担う状況となると予測されている。中国が今後も長期にわたり石炭利用に依存した体制を維持するとの認識は、アジアのエネルギー供給を考える際に極めて重要である。

図15 中国の一次エネルギー消費量の予測（単位：石油換算百万トン）



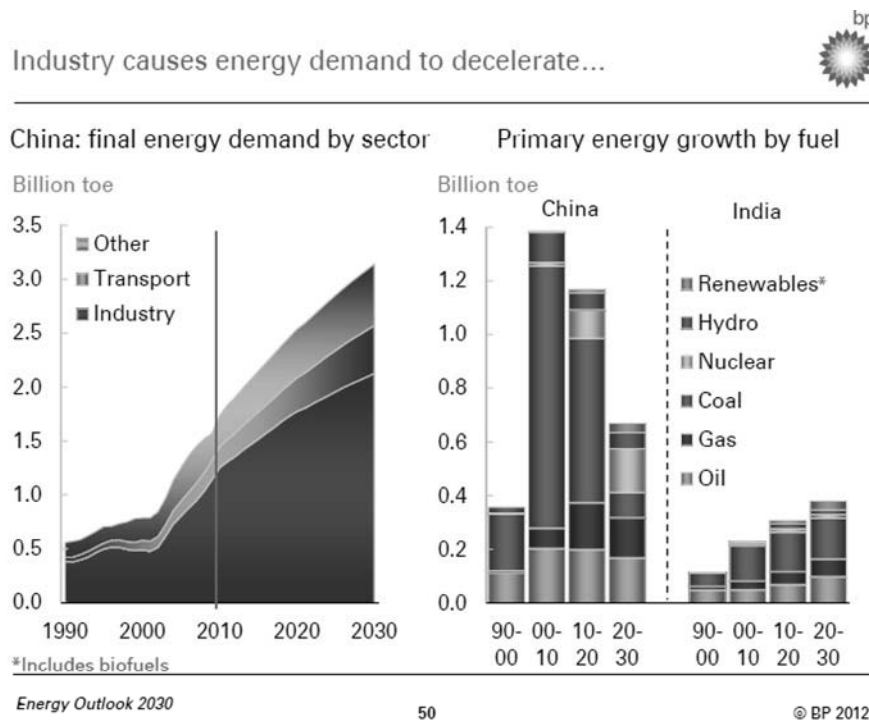
（資料）米国エネルギー省エネルギー情報局、International Energy Outlook 2011 より筆者作成

産業別に中国のエネルギー消費の2030年に向けた予測を行っている石油会社のBP社の数値を図16で見ると、工業分野でのエネルギー消費の比率が高いまま、今後も推移するとの予測となっている。

図16の右側では、中国とインドの10年ごとのエネルギー消費の増分の内訳の予測値を示している。石炭の伸びが特に大きかったのが2000年から2010年の10年間であり、2020年に向けての10年間でも石炭の伸びが大きいのが、BPの予測によれば、2030年に向けての10年間では、石炭消費の増え方は大幅に低下し、石油、ガス、原子力が伸びると予測されている。このように、2020年以降は中国が石炭依存度の面で、大幅に転換する可能性を示す予測値が存在する点は注目される。

なお、図16の右側に記されたインドにおいては2030年に向けて継続して石炭依存が続くとの予測となっている。

図16 中国のエネルギー消費とその増分予測（単位：石油換算10億トン）



（資料）BP Energy Outlook 2030（2012年発表）より

中国の主要な産炭地と石炭輸送ルートを図17は示している。中国の鉄道輸送量の半分は石炭を運んでいると言われるように、産炭地が中西部に位置することから、沿岸部に石炭を運ぼうとすると鉄道、あるいはトラック輸送に依存することとなり、貨物および旅客輸送に影響が出る。産炭地で山元発電を行い、都市に送電するためには送電線の新設と大幅な増強が必要であり、石炭輸送が現在も主要都市に向けて多量に行われている。

また、図17で示すように、中国南部の沿岸部には北部の渤海湾の港から南部の港に向けて石炭が船で運ばれていることがわかる。この場合、豪州炭の価格との競争となり、豪州炭のほうが中国産の石炭よりも安価で好まれる場合も出現している。

図17 中国の主要な産炭地と石炭輸送ルート (2009年データ)

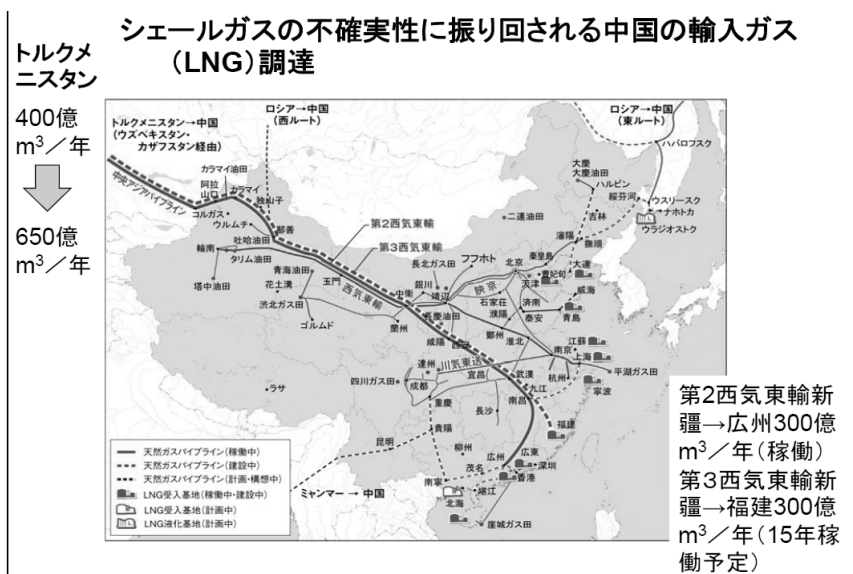


This map is for illustrative purposes and is without prejudice to the status of or sovereignty over any territory covered by this map.

(資料) OECD IEA, World Energy Outlook 2011

中国では国内ガスパイプラインの敷設も着々と進められている。特にタリム盆地から上海および、広州向けの西気東輸パイプラインは、カザフスタン、ウズベキスタン経由でトルクメニスタンと繋ぐことで、ガス輸入先の多様化に大きく貢献している。パイプラインをダブルにする第2西気東輸パイプラインに加えて、現在は第3西気東輸パイプラインの建設も計画されている。

図18 中国のガスパイプラインの敷設

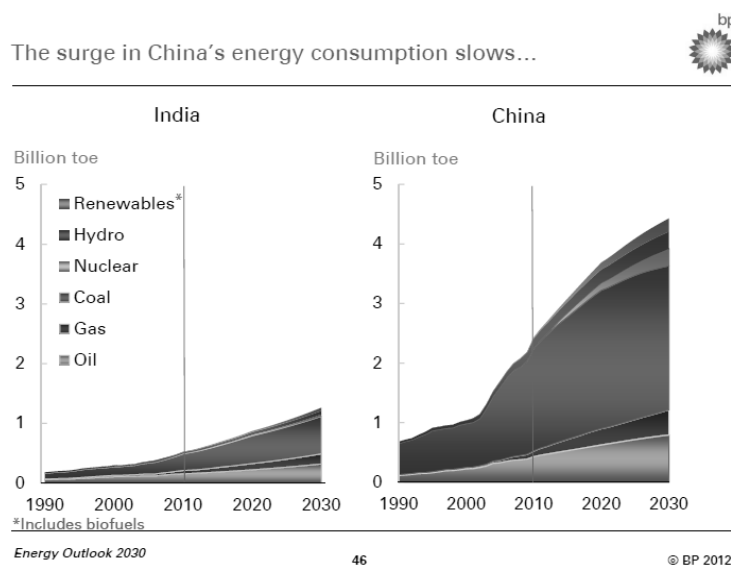


(資料) JOGMEC

3. インドほかアジア諸国のエネルギー需給と将来展望

インドは、中国と比べるとエネルギー消費の伸びが穏やかであるが、着実に消費量が増大に向かっている。図 19 で示すように、中国は 2020 年以降、エネルギー需要の伸びは抑制傾向となると見積もられているが、一方、インドのエネルギー需要は 2030 年に向けて着実に増大すると予測される。人口が多い割にはインドのエネルギー消費量は中国と比べると国全体の総消費量でも、また 1 人当たり消費量でも未だ少ない。従って、今後も着実にエネルギー消費量を増やしていくに違いないと予測されている。

図 19 インドと中国のエネルギー消費動向（単位：石油換算 10 億トン）



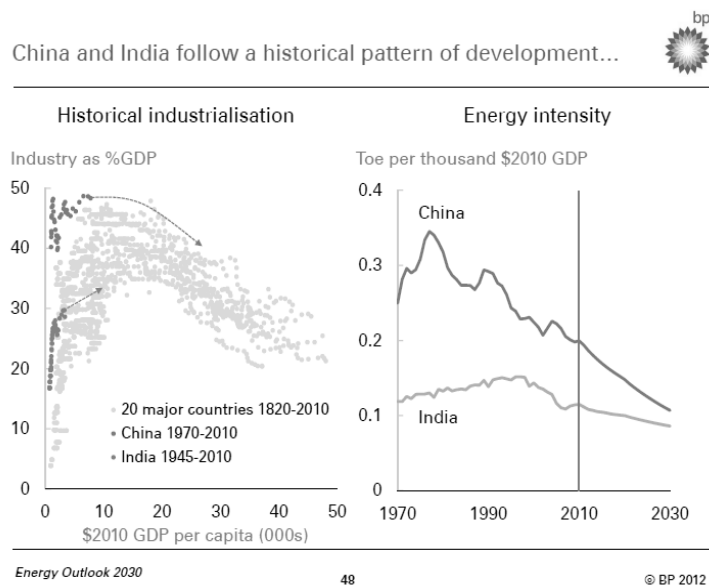
（資料）BP Energy Outlook 2030（2012 年発表）より

世界の 2 大人口大国であるインドと中国とを比較した場合に、図 20 で示すように、両国とも日本等の工業化した諸国がたどった歴史を後追いするように産業構造の変化を遂げながら経済発展を行っている。特に、中国の GDP に占める工業分野の比率が 50%程度と異例に高くなっている。この比率は、今後所得がさらに上がるとともに次第に低下していくと考えられている。世界 20 カ国の発展の動向が図 20 には点（ドット）で示されているが、中国の工業の GDP 比率 50%という比率は、最も高い部類に属することができる。

一方、インドの工業の GDP 比率が 30%程度という数値は、逆に、最も低い部類に属することが図 20 からわかる。インドは、IT 産業等のサービス産業に分類される部門が牽引して経済発展を遂げており、中国と比べるとエネルギー消費量の急増を抑制しながら経済発展が達成されている。

エネルギー利用効率は、発展途上国においては低いレベルに止まらざるを得ないが、図20の右側では中国とインドのエネルギー弾性値（Energy Intensity）の推移を示している。一単位のGDPを稼ぐのにどれほどのエネルギーを消費したかを見ると、中国は1970年代および80年代のエネルギー弾性値が極端に悪い数値で、エネルギー利用効率が低かった状態から、2010年に向けて大幅な改善が見られたことがわかる。インドも1990年代および2000年代に工業化の進展とともに一時、エネルギー弾性値が悪化するが、その後はエネルギー利用効率の改善が図られており、先進国並みとまでは行かないものの、高効率なエネルギー利用を図る「ポスト工業化」の産業構造を持つ国となる方向で、経済発展を続けていることがわかる。

図20 中国とインドの比較

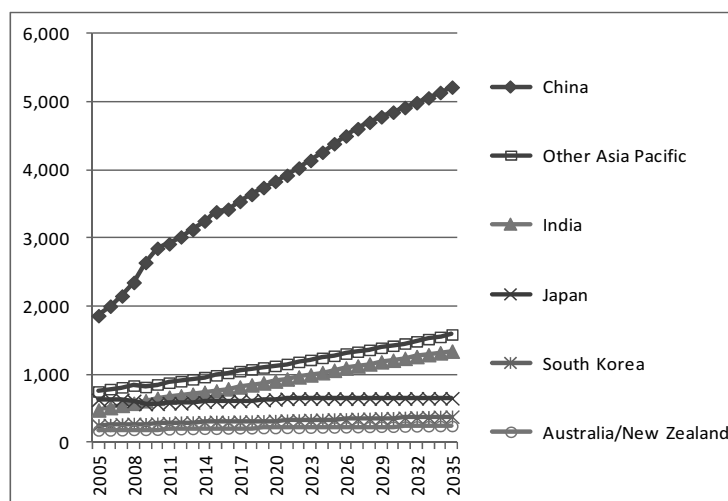


（資料）BP Energy Outlook 2030（2012年発表）より

アジア太平洋諸国の一次エネルギー消費量を見ると、図21で示すように、中国が圧倒的に多くのエネルギーを消費し続けると予測されている。インドのエネルギー消費量も着実に増加することが予測でき、また、日本、韓国、オーストラリア、ニュージーランドを除いた「その他のアジア太平洋諸国」の合計も、インドを上回る勢いで増大すると予測されている。

日本、オーストラリア、ニュージーランドは、エネルギー消費量の総量は増大しない状態を迎えている。韓国は依然として、ゆっくりとした需要の増大を続けると予測されている。

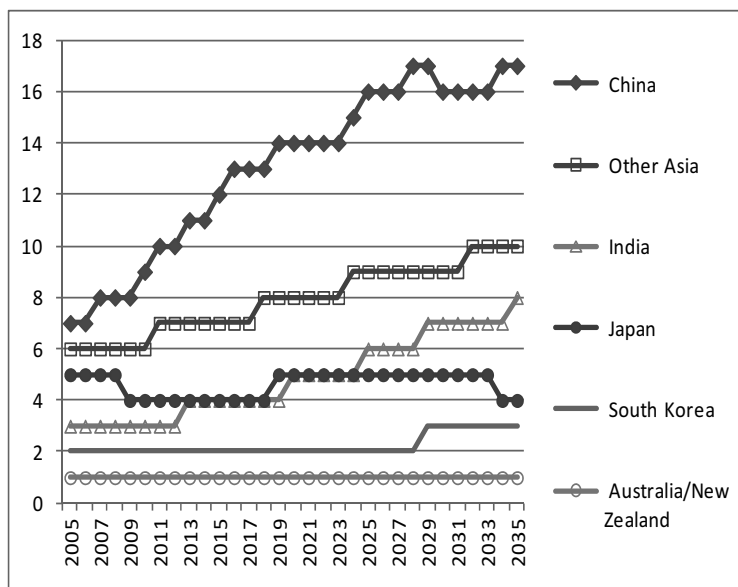
図 21 アジア太平洋諸国の一次エネルギー消費量の予測（単位：石油換算百万トン／年）



（資料）米国エネルギー省エネルギー情報局、International Energy Outlook 2011 より筆者作成

アジア太平洋諸国の石油消費量の 2035 年までの予測を見ると、中国が今後も石油消費量を増やし続け、2020 年に入る頃からようやく消費量増大のペースを少しずつ落とし始めるとの予測となっている。日本の石油消費量は増えず、需要は安定的に推移すると予測されている。韓国は将来的にはまだ石油消費量は増大し、日本の消費量に迫る可能性があると評価されている。インドは今後も着実に石油消費量を増大させると予測されている。注目されるのは、図 22 の中で国名が示されていない「その他アジア諸国」の合計の石油消費量が今後もインドを上回って増大すると考えられている点で、中国、インド、そしてその他の東南アジア諸国をはじめとした多数のアジア太平洋諸国の石油需要が、アジアの石油消費量の増大傾向を 2020 年、2030 年と、インドとともに牽引するという予測は重要である。製油所、貯蔵施設、石油化学をはじめとした産業の配置等、こうした需要の増大の傾向を踏まえた把握が必要となる。

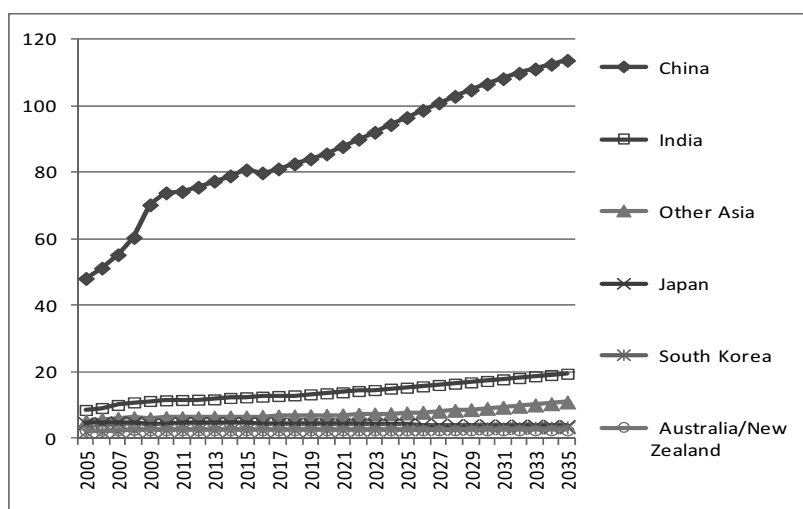
図22 アジア太平洋諸国の石油消費量の予測（単位：石油換算百万トン／年）



（資料）米国エネルギー省エネルギー情報局、International Energy Outlook 2011 より筆者作成

アジア太平洋諸国の石炭消費量の2035年までの予測値を図23で見ると、中国の消費量が圧倒しており、アジア太平洋諸国の中で、第2位の消費量を持つインドの5倍といった程度の多量の石炭を中国が消費している。日本、韓国、オーストラリアの石炭消費量は、現状でもインドの2分の1以下という量に止まり、今後も大幅な増大はないと予測される。

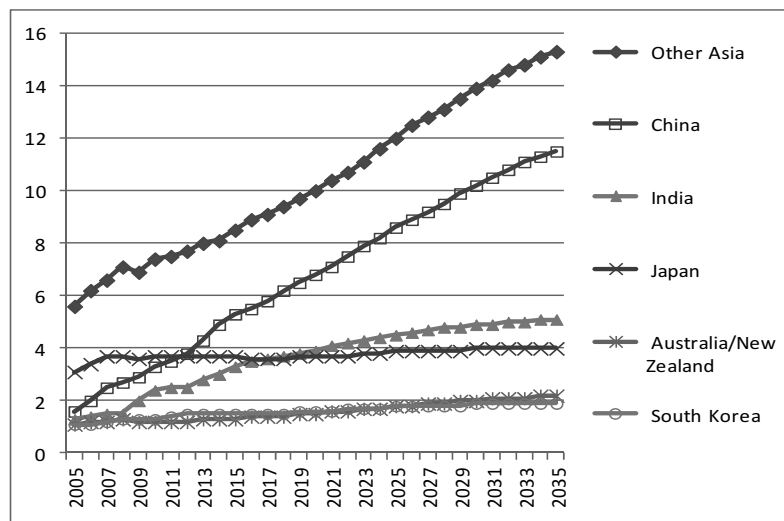
図23 アジア太平洋諸国の石炭消費量の予測（単位：10の15乗Btu（英国熱量単位））



（資料）米国エネルギー省エネルギー情報局、International Energy Outlook 2011 より筆者作成

アジア太平洋諸国の天然ガス消費量の 2035 年までの予測値の中で、2010 年の数値と 2035 年の数値を比較すると、中国で 4 倍、インドで 2 倍以上というように大幅な増加が予測されている。注目されるのは、中国・インド以外の諸国でも大幅に天然ガス消費量の増大が生じると考えられている点で、図 24 の中で、「その他アジア」の消費量が中国を上回って増大している。

図 24 アジア太平洋諸国の天然ガス消費量の予測（単位：兆立方フィート）

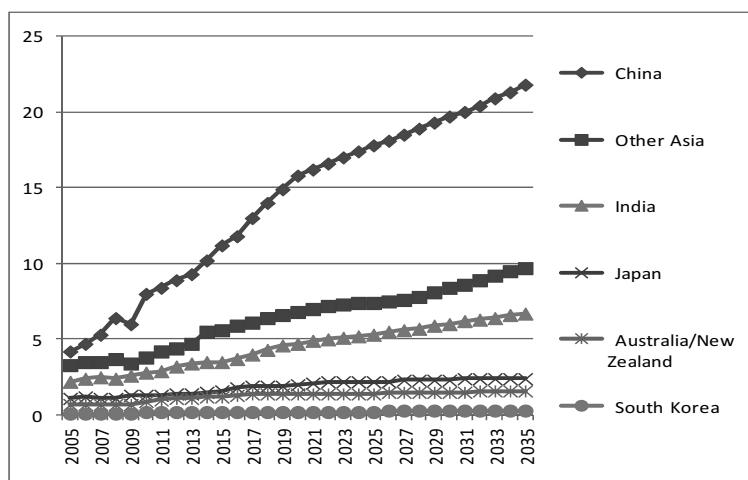


(資料) 米国エネルギー省エネルギー情報局、International Energy Outlook 2011 より筆者作成

アジア太平洋諸国の水力および再生可能エネルギーの 2035 年までの伸びの予測 (図 25) においては、大規模水力を保有する中国の導入量が大きく、特に 2010 年代に導入量が伸びるとみられている。「その他アジア」およびインドも水力発電が中心であるが、再生可能エネルギーの導入量を大きく伸ばし、2035 年に向け導入量を倍増させると予測されている。水力および再生可能エネルギーの伸びは年率 3~4%に達する。

一方、日本、オーストラリア、ニュージーランド、韓国の再生可能エネルギー導入量は、大幅な増大とはならないと予測されている。特に、韓国は、今まで再生可能エネルギーへの取り組みが遅れてきており、近年になって政府が中心となり導入促進を図り始めたところである。

図 25 アジア太平洋諸国の水力および再生可能エネルギーの予測（単位：10 の 15 乗 Btu
（英国熱量単位））



（資料）米国エネルギー省エネルギー情報局、International Energy Outlook 2011 より筆者作成

4. 世界のエネルギー需給の将来展望

本章では、世界全体のエネルギー需給の予測を検討する。シェールガス革命により、埋蔵量と産出量に大きな動きが生じている天然ガスについて、まず表 1 を見てその特徴を把握することにする。

在来型のガス（構造的ガス田および油田生産からの随伴ガス）の技術的回収可能量が、世界合計で 462 兆立方メートルと見積もられる一方、非在来型の合計は 328 兆立方メートルとされており、在来型ガスの埋蔵量に、7 割ほどの非在来型のガスの埋蔵量が加わったことを意味する。「ガスの時代」と言われるように、天然ガスの消費量は拡大傾向となると予測されるが、近年の非在来型ガスの埋蔵量の増大によりガスの可採年数も大きく伸びることとなった。

世界の非在来型ガスの合計値の内訳を見ると、タイトガスが 81 兆立方メートル、シェールガスが 200 兆立方メートル、コールベッドメタン（CBM：炭層ガス）が 47 兆立方メートルであり、シェールガスが最も多く、次いでタイトガス、それに CBM という順となっている。

生産のしやすさ、取り組みが容易であるという点では、CBM の増産は、米国、中国をはじめとしてすでに取り組みが行われており、実用化された技術となっている。ただし、CBM はメタン留分がほぼ 100% であり、ガス価格が低い米国では液体部分の生産による付加収入が期待できない状況にある。

タイトガスも、米国ではすでに政府統計上で「在来型ガスの生産」としてカウントする

動きもあり、シェールガスと比べても生産が容易な場合が多くなっている。

次に地域別にみると、非在来型ガスの技術的回収可能量が最も多いのはアジア太平洋で、次いで、北米、中南米、東欧・旧ソ連、アフリカ、OECD 欧州、中東の順となっている。シェールガス生産でブームに沸く北米を上回って、アジア太平洋地域（特に中国、その他オーストラリア、インド）に多量の非在来型ガスが埋蔵されているとの情報は極めて大きな意味を持つ。

なお、シェールガスの量が東欧・旧ソ連と中東で少なく記載されているが、超巨大な油田あるいはガス田を保有するロシアと中東において、シェールガスは石油根源岩が存在する以上必ず存在すると考えられており、既存の油田・ガス田が大きいために、シェールガスに関する探査が進んでおらず、そのために表1の中では数値が小さくなっているとみられる。従って、非在来型のガスの埋蔵量（確認可採）は今後も増大すると考えられる。

表1 天然ガスの技術的回収可能量（単位：兆立方メートル）

	在来型	非在来型			合計	総合計
		タイトガス	シェールガス	CBM		
東欧・旧ソ連	144	11	12	20	44	187
中東	125	9	4		12	137
アジア太平洋	43	21	57	16	94	137
北米	47	11	47	9	67	114
アフリカ	49	10	30	0	40	88
中南米	32	15	33		48	80
OECD欧州	24	4	16	2	22	46
世界合計	462	81	200	47	328	790

（注）現在未発見の資源量も加えた推定値。CBM はコールベッドメタンの略。合計数値には四捨五入による丸めの誤差あり

（資料）OECD IEA, World Energy Outlook 2012 より筆者作成

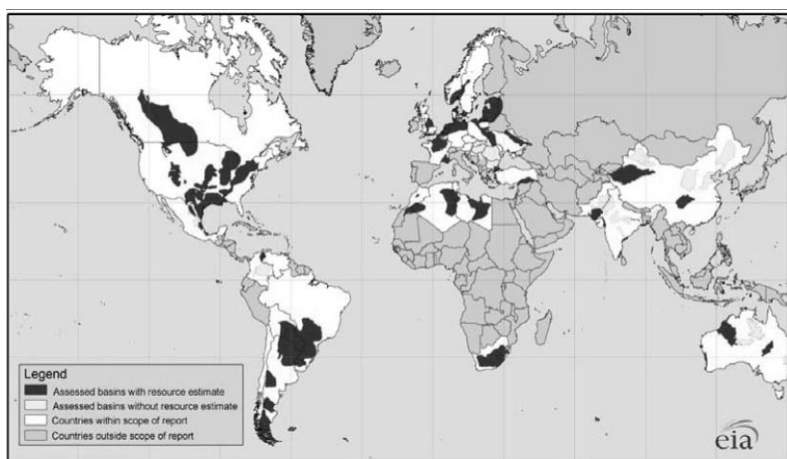
図26は、シェールガスの生産ポテンシャルを示す米国エネルギー省のエネルギー情報局が2011年に発表した資料である。この図中では、ロシアおよび中東の非在来型天然ガスの埋蔵量に関しては、今までのところ詳しい調査がされておらず推定値が存在しないとして、除外されている。世界の多くの国々の広大な地域にシェールガスが埋蔵されていることがわかる。

この米国エネルギー省エネルギー情報局の推計によれば、シェールガスの資源量は、中国36.1兆立方メートル(=1,275 Tcf: 兆立方フィート)、米国24.4兆立方メートル(862 Tcf)、アルゼンチン21.9兆立方メートル(772 Tcf)、メキシコ19.3兆立方メートル(681 Tcf)、南アフリカ13.7兆立方メートル(485 Tcf)、カナダ11.0兆立方メートル(388 Tcf)、その

他 61.1 兆立方メートル (2,159 Tcf) で、合計では 187.5 兆立方メートル (6,622 Tcf) に達すると見積もられている。

中国に関する推定値が最も多い点が注目される。米国に関しては、世界で最も探鉱が進んでおり、埋蔵量推定値の精度が高いと考えられ、推定の精度が低い中国のほうがシェールガスの埋蔵量の予測値が多いということは、中国においてさらに探鉱が進むと、埋蔵量の数値がさらに増大する可能性があることを意味する。

図 26 シェールガスの生産ポテンシャル



(資料) 米国エネルギー省エネルギー情報局資料 2011

表 2 は、OECD の国際エネルギー機関が 2012 年に発表した 2035 年までの世界の天然ガス生産量の予測値である。地域として見たときに、2035 年において最も生産量が多いのは、依然として東欧・旧ソ連であり 1 兆 2,040 億立方メートルであるが、北米の 2035 年の生産量の数値が 1 兆 670 億立方メートルと、東欧・旧ソ連に迫る値となる点が注目される。これは北米でのシェールガス革命によるガス増産の効果の現れである。

2035 年における主要ガス生産国の順位は、ロシア (8,560 億立方メートル)、米国 (8,000 億立方メートル)、中国 (3,180 億立方メートル)、カタール (2,230 億立方メートル)、イラン (2,190 億立方メートル)、カナダ (1,880 億立方メートル)、その他、オーストラリア、アルジェリア、インドネシア、トルクメニスタン、サウジアラビア、ノルウェーの順となると予測されている。

2010 年の生産実績では、ロシア (6,570 億立方メートル)、米国 (6,040 億立方メートル)、カナダ (1,600 億立方メートル)、イラン (1,430 億立方メートル)、カタール (1,210 億立方メートル)、ノルウェー (1,100 億立方メートル) の順である。2035 年までには、ロシア

と米国が着実に生産量を増大させ、また、中国が大幅な増産を達成することが予測されている。

2010年から2035年の平均伸び率で最も大きいのは、ブラジルの7.3%、中国の5.0%、オーストラリアの4.9%、トルクメニスタンとベネズエラの4.5%、アゼルバイジャンの4.4%、ナイジェリアの4.3%となっている。米国およびロシアの伸びは年率に直すと両国とも1.1%の伸びに止まるが、それぞれ1位と2位の地位を確保することが予測されている。

世界全体として見ると、2010年の3兆3,070億立方メートルが年率1.7%で増大して、2035年には4兆9,550億立方メートルに達すると予測されており、5割増しとなると見積もられている。

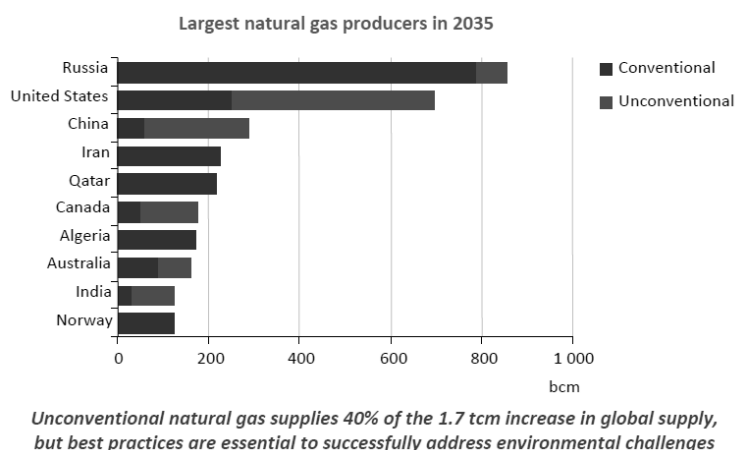
表2 天然ガス生産量の予測（単位：10億立方メートル）

	1990	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2010から2035	
								増大量	年平均伸び
OECD合計	881	1,178	1,239	1,328	1,360	1,395	1,446	268	0.8%
北米	643	816	893	970	993	1,026	1,067	251	1.1%
うちカナダ	109	160	165	171	169	174	188	28	0.7%
うちメキシコ	26	50	47	51	57	66	75	25	1.6%
うち米国	507	604	679	747	765	784	800	196	1.1%
欧州	211	304	267	250	238	226	215	-89	-1.4%
うちノルウェー	28	110	114	118	116	115	113	3	0.1%
アジア太平洋	28	58	80	107	214	225	236	178	4.3%
うちオーストラリア	20	49	73	102	125	139	161	112	4.9%
非OECD合計	1,178	2,106	2,377	2,616	2,908	3,215	3,509	1,403	2.1%
東欧・旧ソ連	831	842	893	968	1,057	1,136	1,204	362	1.4%
うちアゼルバイジャン	10	17	20	30	43	44	48	31	4.4%
うちロシア	629	657	675	704	737	808	856	199	1.1%
うちトルクメニスタン	85	46	66	84	110	120	138	92	4.5%
アジア	130	420	502	548	607	684	775	355	2.5%
うち中国	15	95	134	175	217	264	318	223	5.0%
うちインド	13	51	54	62	72	84	97	46	2.6%
うちインドネシア	48	86	109	109	115	128	143	57	2.1%
中東	92	472	565	609	660	722	809	337	2.2%
うちイラン	23	143	143	150	159	180	219	76	1.7%
うちイラク	4	7	13	41	73	82	89	82	10.7%
うちカタール	6	121	170	177	187	204	223	102	2.5%
うちサウジアラビア	26	81	104	107	108	117	128	47	1.8%
うちUAE	20	51	57	57	56	58	62	11	0.8%
アフリカ	64	209	221	277	346	402	428	219	2.9%
うちアルジェリア	43	80	83	105	123	140	147	67	2.5%
うちリビア	6	17	16	20	26	32	37	20	3.2%
うちナイジェリア	4	33	43	58	71	87	94	61	4.3%
中南米	60	163	195	213	238	271	292	129	2.4%
うちアルゼンチン	20	42	46	49	58	64	66	24	1.8%
うちブラジル	4	15	21	32	49	69	87	72	7.3%
うちベネズエラ	22	24	30	37	44	63	73	49	4.5%
世界合計	2,059	3,307	3,616	3,943	4,268	4,610	4,955	1,348	1.7%
EU合計	211	201	158	133	116	104	94	-107	-3.0%

(資料) OECD IEA, World Energy Outlook 2012 より筆者作成

2035年時点での国別の天然ガス生産量の上位10カ国の予測を、図27は示している。在来型の天然ガスと非在来型の天然ガスに分けて示しており、ロシアは在来型が主で世界第1位の生産国の座を維持するが、米国が非在来型の生産量を増やすことでロシアに迫る生産量となると予測されている。第3位は中国で、非在来型に大きく依存して天然ガスの生産量を伸ばすと予測されている。第4位以降は、イラン、カタール、カナダ、アルジェリア、オーストラリア、インド、ノルウェーの順となっている。これらの諸国のうち、カナダ、オーストラリア、インドで非在来型の生産が急増すると考えられている。一方、イラン、カタール、アルジェリア、ノルウェーでは、非在来型の生産は全く増えないと予測されている。非在来型に依存するか否か、天然ガスの生産方式において、世界の国は二分されるということが出来るほどの大きな差異が生じることが予測されている。

図27 天然ガス生産量の急拡大の予測（単位：10億立方メートル）



(資料) OECD IEA, World Energy Outlook 2011

非在来型ガスが多量に生産可能となっていくことで、米国では（石油に比べて）安くて豊富なガスを長期にわたり生産できることから、ガス化学産業が隆盛となっていくと予測できる。他方、日本等のナフサベースの石油化学産業が立地してきた諸国においては、米国のガス化学産業に比べると原料コストの点で劣勢に立たされることになる。石油化学基礎品およびその誘導品が提供されるコストを考えた場合に、米国に製造業を立地したほうが有利なケースが多くなり、したがって、米国製造業が復活する兆しが出てくると予測される。日本の企業でも、再度米国の工場を増強する、あるいは米国向け投資を強化するところがすでに出てきている。

次に、米国の対外政策にも変化が生じると考えられる。米国にとって、中東地域から無

理に石油、天然ガスを輸入しなくても、石油はカナダ、メキシコ、あるいはブラジル等の南北・米大陸内で自給が可能で、天然ガスは輸出可能なほど米国では見つかっており、さらに石炭は、米国は世界第1位の200年分を超える埋蔵量を保有している。このため、米国にとって中東地域は、死活の重要性を持つ地域と呼ぶよりは、エネルギー以外の問題からアプローチすべき場所という認識へと移っていくに違いないと考えられる。少なくとも米国は、日本を含めたアジア諸国が、中東からのエネルギー輸入を安定的に維持できるかどうかは死活問題であるのを横目で見ながら対応策を練る、という余裕を持ったポジションをすでに確保したと見る事ができる。

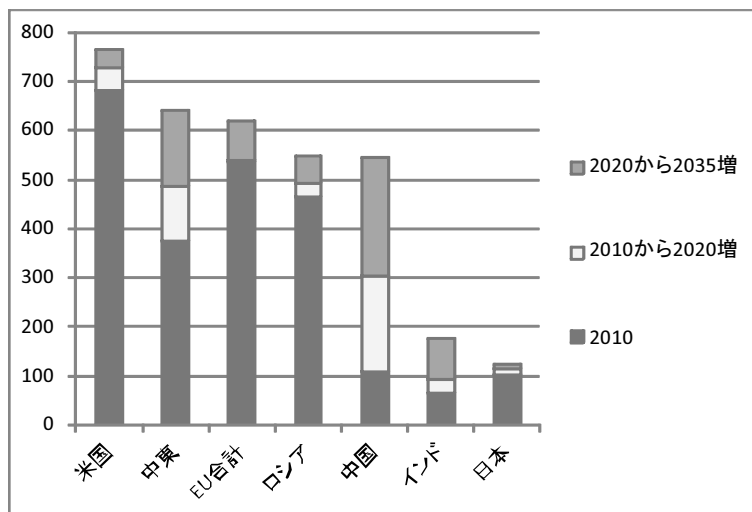
米国の東アジア地域への関与度合いにも変化が生じることが予測できる。まず大きいのは、中国にも非在来型ガスが多量に埋蔵されていることが判明した点である。中国は、地下資源の探査・探鉱がまだ不十分であり、非在来型ガスが大幅に増産され始めるまでには10年あるいは20年とまだ時間を要する見込みであるが、世界の工場としての産業立地を勝ち取った中国が、安い自国産天然ガスを多量に保有することは、製造業の競争力を維持していくにあたって中国の産業への強力なサポート要因となる。

中国は石炭を最も重視しながら、天然ガスの増産にも努め、アジアでの存在感を維持できる見通しが立ったことになる。中国は、世界のエネルギー資源貿易へも、価格が安ければ買うという立場を今後も維持でき、こうした面から日本を含めたエネルギー消費国に多大な影響を与え続けると予測される。米国も、中国の存在感を認めつつ、米国と安全保障上において密接な関係を持つ「貧資源国」や「無資源国」の経済が維持されるかを見守るというポジションを取っていくと考えられる。産業競争力と産業立地の点でも、今後数十年にわたり、エネルギー資源に関して、米国、中国、その他、非在来型資源の埋蔵量が豊富で余裕を持つに至った諸国が出現したことは、エネルギー獲得競争において、大きな変化が生じたことを意味しており、特に「貧資源国」や「無資源国」においては戦略の再構築が必要となるはずである。

天然ガスの消費量の伸びの予測を図28で見ると、現在世界最大の消費国である米国がさらに消費量を伸ばし第1位のポジションを維持し、次いで、中東地域で大幅にガス消費量が増えるとの見込みとなっている。EUのガス消費量の合計は中東に若干及ばない程度であり、かなり多いと言えるが、今後も増加基調をとると考えられている。注目されるのは中国で、急速にガス消費量を増やし、2035年の消費量ではロシアに匹敵するほどになると予測されている。中国と比べると少ないが、インドもガス消費量を増やし、その他日本も若干であるがガス消費量を増やす方向にある。

世界の天然ガス消費量の予測値の詳しい数値は表3で示す。

図28 天然ガス消費量の伸びの予測（単位：10億立方メートル）



(資料) OECD IEA, World Energy Outlook 2012 より筆者作成

表3 天然ガス消費量の予測（単位：10億立方メートル）

	1990	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2010から2035	
								増大量	年平均伸び
OECD合計	1,036	1,596	1,652	1,731	1,796	1,864	1,937	341	0.8%
北米	628	845	898	940	962	995	1,032	187	0.8%
うち米国	533	680	712	728	736	749	766	86	0.5%
欧州	325	569	550	585	619	643	669	100	0.7%
アジア太平洋	82	182	204	206	214	225	236	54	1.0%
うち日本	57	104	120	115	118	122	123	19	0.7%
非OECD合計	1,003	1,710	1,963	2,213	2,472	2,746	3,018	1,307	2.3%
東欧・旧ソ連	737	692	731	747	777	810	842	150	0.8%
うちカスピ周辺諸国	100	106	117	127	136	142	149	43	1.4%
うちロシア	447	466	488	492	508	530	549	83	0.7%
アジア	84	393	514	660	801	949	1,111	718	4.2%
うち中国	15	110	195	304	390	469	544	434	6.6%
うちインド	13	64	75	92	116	144	178	114	4.2%
中東	87	376	437	485	538	594	640	264	2.1%
アフリカ	35	103	118	139	153	166	176	73	2.2%
中南米	60	146	163	182	203	227	249	103	2.2%
うちブラジル	4	27	30	38	49	63	78	51	4.3%
世界合計	2,039	3,307	3,616	3,943	4,268	4,610	4,955	1,648	1.6%
EU合計	368	536	509	540	570	592	618	82	0.6%

(資料) OECD IEA, World Energy Outlook 2012 より筆者作成

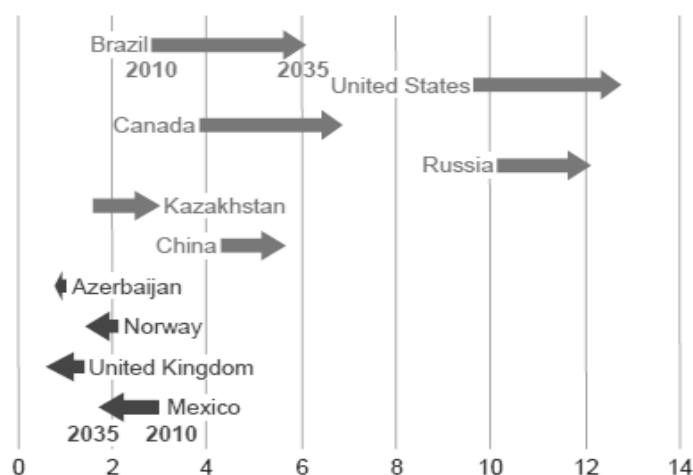
5. 供給サイドの課題

今後の石油類の供給動向の予測値を図 29 で見ると、2010 年から 2035 年の間で、主要生産国としては、ブラジル・米国・カナダ・ロシア・カザフスタン・中国で増大していくと見積もられており、一方、欧州（ノルウェーと英国）とメキシコでは減少に向かうと予測されている。

2035 年には米国がロシアを抜いて最大の石油類（非在来型石油を含む）の生産国となると予測されており、ブラジルとカナダも生産量を大きく増大させるとみられている。

メキシコ、北海のノルウェーと英国、それに中央アジアのアゼルバイジャンは、生産量を減らしていくと予測される。

図 29 液体燃料（石油等）の生産量の 2010 年から 2035 年に向けての増減の予測（非 OPEC 諸国上位 10 カ国）（単位：百万バレル／日）



（資料）米国エネルギー省エネルギー情報局、Annual Energy Outlook 2012 より

非在来型の石油類の生産量が増大してくると、各国における石油生産コスト（breakeven cost）と、それらの国を支える予算額を維持するための望ましい石油価格（budget breakeven prices）がいくら程度であるかが重要となる。また、大手の国際石油企業（オイルメジャーズ）の生産コスト（commercially attractive price）がどの程度であるかも重要となる。

石油生産コストは、カタールが 5 ドル／バレルと最も低い。10 ドル／バレルがクウェート、UAE、サウジアラビア、イラク、15 ドル／バレルがイラン、20 ドル／バレル台にあるのがリビア、アルジェリア、30 ドル／バレル程度なのが、ナイジェリア、ロシア、35 ドル／バレル程度なのがアンゴラ、エクアドル、ベネズエラとなっている。

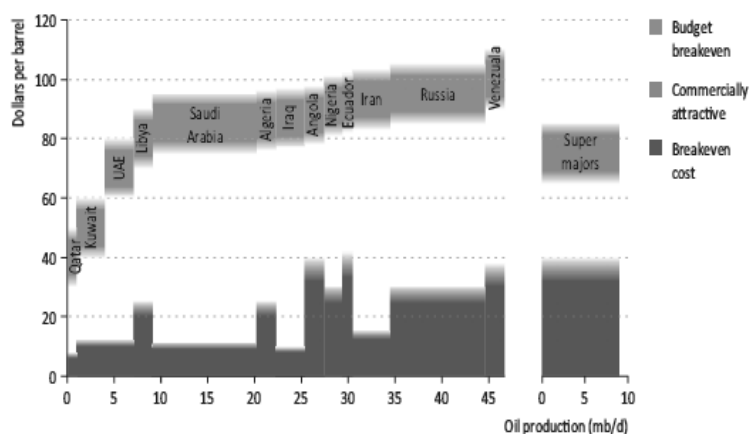
スーパーメジャーズと呼ばれるエクソンモービル、シェブロン、シェル、BP、トータル

等の国際石油企業の生産コストは、35 ドル/バレル程度に位置すると見積もられている。

国家予算上の望ましい価格を見ると、カタールが最も低くて 40 ドル/バレル程度、クウェートで 50 ドル/バレル前後、UAE が大きく上昇して 70 ドル/バレル前後となり、さらに、リビアで 80 ドル/バレル程度、さらに少なくとも 80 ドル/バレル以上の価格は維持したいと希望するのが、サウジアラビア、アルジェリア、イラク、アンゴラであり、90 ドル/バレル前後を希望するのは、ナイジェリア、エクアドル、イラン、ロシアである。さらに 100 ドル/バレル前後が少なくとも望ましいと考えるのがベネズエラである。

一方、国際石油企業（スーパーメジャーズ）が事業を継続させていくために必要と考える石油価格は 70 ドル/バレルを上回るレベルであり、石油価格が 80 ドル/バレルを上回るときには、大幅な利益が得られている。

図 30 石油生産コストと予算維持のための望ましい価格（2011 年半ばにおける推計）



(資料) World Energy Outlook 2011 - GLOBAL ENERGY TRENDS

石油とガスの両方において、在来型に加えて非在来型の生産が今後増大すると予測できる。ガスを生産すると随伴して液体分も生産されるため、石油の生産コスト、すなわち石油の採算性にも影響が出る。石油とガスの生産における生産コスト（石油換算の採算コスト）を縦軸にとり、生産量（石油換算）を横軸にとり、現状（2011 年）と 2035 年で比較すると、国・地域によって大きな差異が生じることを図 31 のように示すことができる。

まず中東・北アフリカにおける生産コストが 10 ドル/バレルを若干上回る現状から今後 15 ドル/バレル程度に上昇するものの、生産量も 2011 年の 4,000 万バレル/日から 2035 年には 6,000 万バレル/日まで上昇すると予測されている。

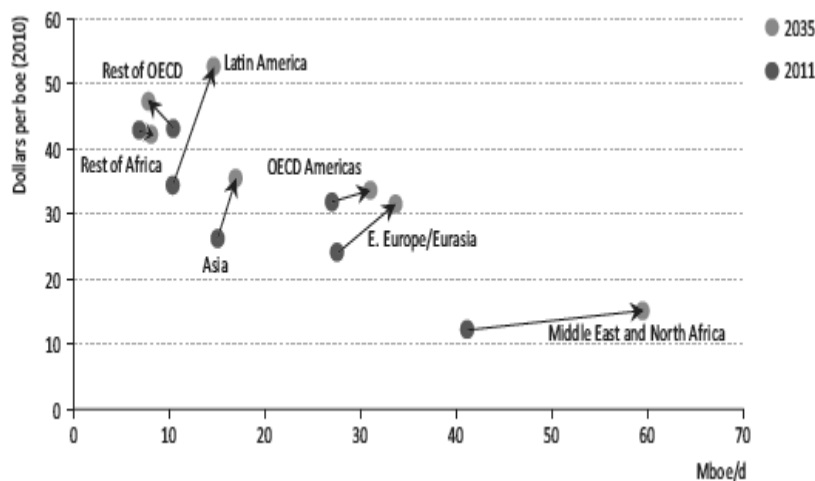
その他、次のような予測となる。ロシアと中央アジアを含む E.Europe/Eurasia では、20

ドル／バレル台から 30 ドルを超えるところまでコストを上昇させながら、生産量は増大する。北米を意味する OECD アメリカは、30 ドル／バレル台で若干採算コストを上げながら生産量を増大させる見込みである。アジアにおいても 20 ドル台から 30 ドル台に採算コストを上げながら生産量を増大させる見込みである。中南米では、30 ドル台から 50 ドル台に生産コストを上げながら生産量を増大させる見込みである。この大幅上昇は、深海からの石油生産が増大するためにコストが引き上げられることで生じている。その他 OECD (Rest of OECD) は、欧州とアジア・オセアニアの OECD 諸国の合計であるが、北海からの生産量が減少していくために、コストが上昇するとともに、生産量が減少している。

その他アフリカ (Rest of Africa) は、北アフリカ諸国を除いたアフリカ諸国であるが、生産量を若干増やすとともに、生産コストも若干下げると予測されている。

世界全体として見た場合に、生産量が大きく増大すると予測される一方、2035 年に向けてのコスト上昇幅は比較的小さいと予測されている。これは 2035 年に向けて、中東地域での大幅な増産が、コストの大幅な増大を伴わずに可能であることが大きく作用して達成されている。

図 31 石油とガスの生産コストの現状と予測 (単位: 縦軸: 石油換算ドル／バレル、横軸: 百万バレル (石油換算) / 日) (2011 年と 2035 年の比較)

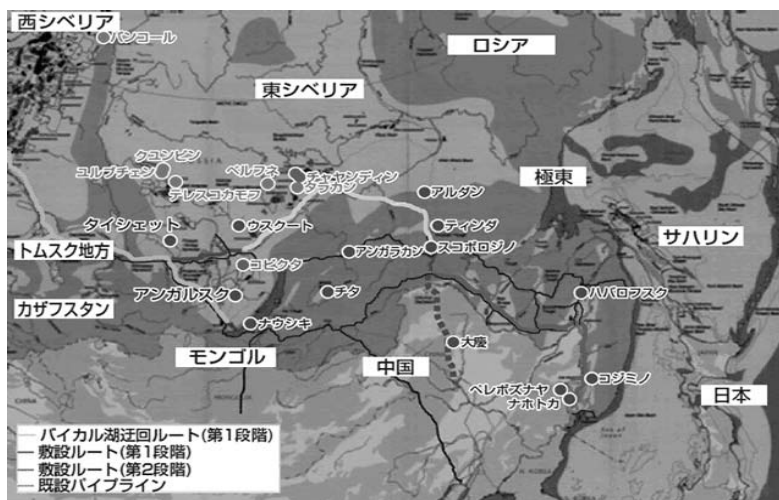


(資料) World Energy Outlook 2011 - GLOBAL ENERGY TRENDS

石油とガスの供給を考える際に、供給ルートとしてのパイプラインの敷設計画の進捗を確認しておく必要がある。ロシアは欧州向けのガスと石油の輸出に経済が過度に依存してしまっていた点を見直して、極東に向けたパイプラインの敷設プロジェクトの完成を急いできた。図 32 はロシアにおける石油パイプラインの敷設の延長計画の進捗状況を示してい

るが、ロシアが東アジアへの関心を拡大しながら、従来から行われてきた石炭と木材の輸出に加えて、石油もガスも極東から輸出できる体制の整備を急いできた成果が、今後どの程度得られるかが注目される。

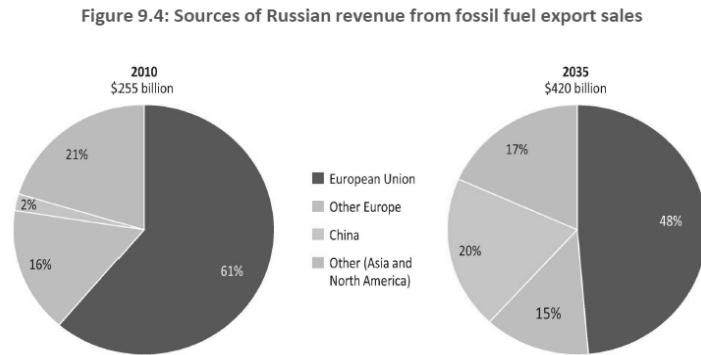
図 32 ロシアにおける石油パイプラインの敷設の延長



(資料) JOGMEC

図 33 は、ロシアの化石燃料輸出の地域別割合を、2010 年の実績（左図）、および 2035 年の予測（右図）で示している。輸出金額は、2010 年は 2,550 億ドルであったが、2035 年には 4,200 億ドルに 65%増大すると予測されている。しかも、地域的に見て、2010 年に 61%を占めた EU、および、16%を占めた「その他欧州」向けの輸出の比率が、2035 年には EU が 48%に減少し、「その他欧州」向けも 15%に止まる一方で、中国向けが占める比率が 2010 年の 2%から、2035 年には 20%に増大すると予測されている。中国は石油とガスの生産量を 2035 年に向けて増大させると予測されているが、さらに上回って消費量が増えたと見込まれるために、ロシアから中国に向けた輸出货量が増大すると予測されている。

図33 ロシアの化石燃料輸出の地域別割合(2010年の実績および2035年の予測)(単位:%)

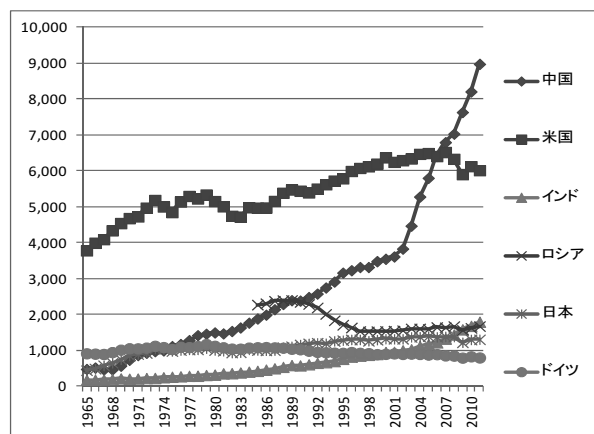


An increasing share of Russian exports go eastwards to Asia, providing Russia with diversity of markets and revenues

(資料) OECD IEA, World Energy Outlook 2011

世界のCO₂排出量の推移を1965年から2011年までたどると(図34)、当初、米国が世界の中で圧倒的に多くのCO₂排出をしていたが、中国が2006年に米国を一気に抜き去り、その後、差を急速に拡大している。次いで、3位がインド、4位がロシア、5位が日本、6位がドイツとなっている。中国の突出した排出量の増大傾向は、石炭依存の状況をすぐに変えることは難しいために今後も継続する見込みである。中国はCO₂の歴史的に見た場合の累積排出量で米国に2040年代に追いつくと予測することができる。

図34 CO₂排出量の推移(1965-2011)

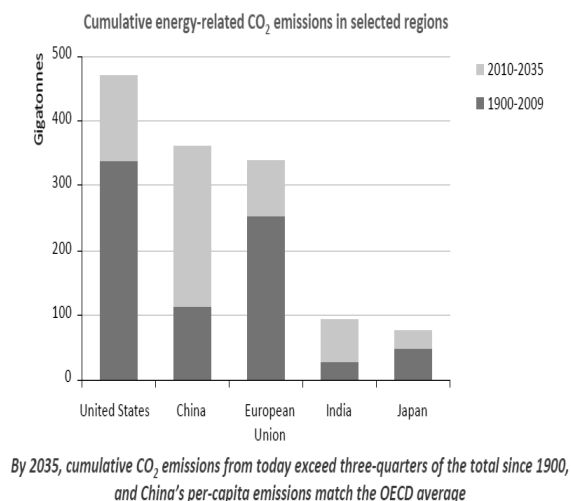


(資料) BP 統計 2012 年データより筆者作成

1900年から2009年の間に排出したCO₂量と、2010年から2035年の間に排出すると予測される量とを示すと、図35のように、米国の排出量が300ギガトン(=300×10の9乗トン)を超える水準から、2035年にさらに若干積み増しされて4,000億トン台となるが、

中国が大幅な排出増を今後も続けることで、3,000 千億トン台の後半に達すると予測できる。EU 合計も 2035 年に累積では、中国と同じく 3,000 億トン台の後半に達すると予測される。インドと日本について見ると、インドは今後大幅に排出し、一方、日本は若干積み増しし、累積排出量では、インドが日本を追い抜くことが予測されている。

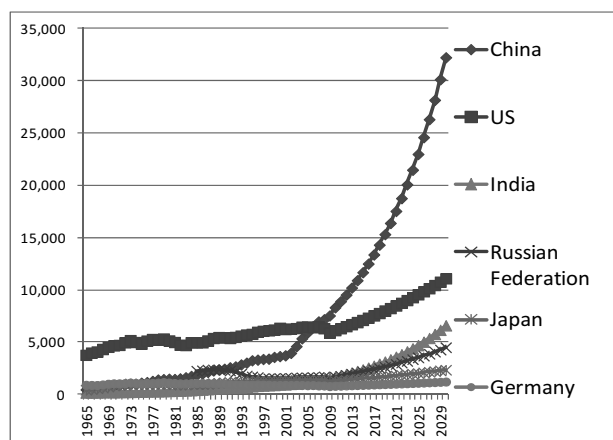
図 35 CO₂ 排出量の予測（1900—2035）（単位：10 の 9 乗トン CO₂）



（資料） OECD IEA World Energy Outlook 2011

図 36 は、国別 CO₂ 排出量の予測値で、米国も排出量を今後増大させると予測されるが、中国の排出量の増大は止まらず、2035 年には米国の 3 倍に達する見込みであることがわかる。

図 36 国別の CO₂ 排出量の予測（1900—2035）（単位：百万トン CO₂）



（資料）実績：BP 統計 2012 年データ、予測は筆者作成

6. 需給予測とシナリオ

本章では、シェル、BP、エクソンモービルの順に需給予測とシナリオ作成がどのように行われているかを検討する。

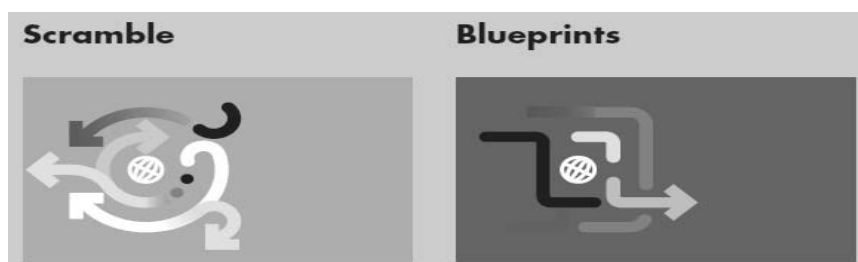
(1) シェル社の予測

シェル社は 1970 年代からシナリオ作成を開始しており、2013 年現在では、2050 年に向けたスクランブル・シナリオおよびブループリント・シナリオという 2 つのシナリオが提示されている。

スクランブル・シナリオでは、世界がより多くのエネルギーを必要としている以上、まずエネルギー供給量を確保することを目指し、供給の目途が立ち一段落したところで、次いで環境問題を含めた対応策を考えるというシナリオとなっている。

ブループリント・シナリオは、難しい決断を早期に実施することで経済と環境のよりよいバランスをとることができるようになるというシナリオである。

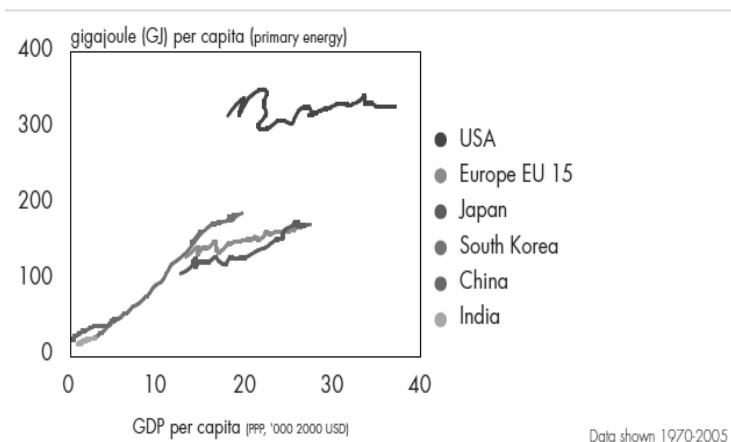
図 37 シェルシナリオ（スクランブル・シナリオおよびブループリント・シナリオ）



(資料) Shell

シェルは 2050 年に向けたエネルギー消費の高度化が大きな課題だとして、図 38 の 1 人当たりエネルギー消費量（縦軸）と 1 人当たり GDP（横軸）の推移を掲げる。米国、欧州 EU15 カ国、日本が 1 人当たりエネルギー消費量をそれほど増大させない成長軌道に入ってきているのに比べ、非 OECD の韓国、中国、インドは、現在まさにエネルギー消費量を拡大させており、所得を増大させつつ、エネルギー利用の高効率化をも同時に達成させることは大きな課題となる。

図 38 1人当たりエネルギー消費量（縦軸：10の9乗ジュール/人）と1人当たりGDP（横軸：GDPドル/人）の推移

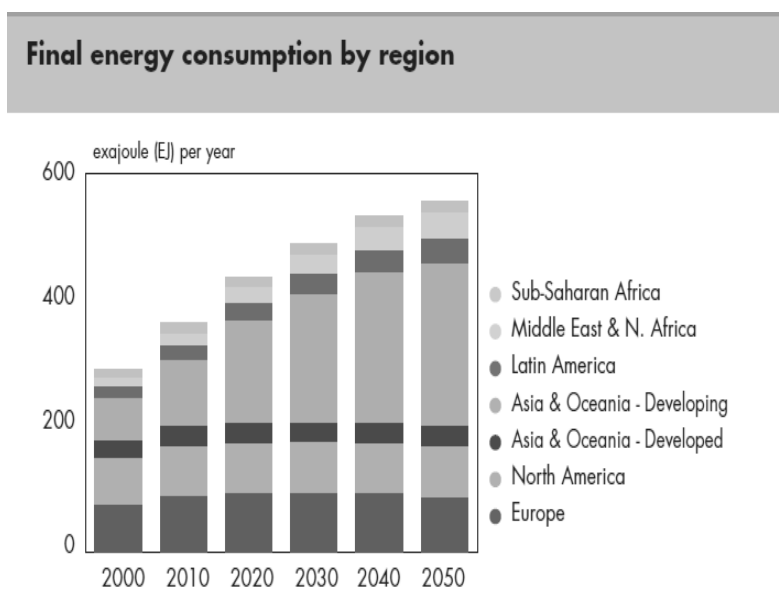


(注) データは1970年からの実績および2050年までの予測

(資料) Shell

図 39 は、世界の地域別の最終エネルギー消費の予測を示しており、アジア・オセアニアの途上国の消費量が急増を続け、この地域が占める消費量の比率が2050年にはおよそ半分となることが予測されている。一方、OECD諸国の最終エネルギー消費量は、横ばいで推移し、2040年代には減少に向かうことが予測されている。

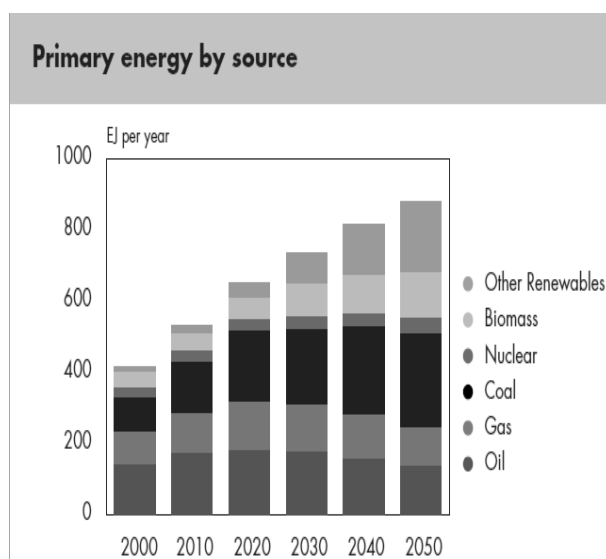
図 39 世界の地域別の最終エネルギー消費（単位：エクサジュール（=10の18乗ジュール）/年）



(資料) Shell

シェル・スクランブル・シナリオに示された 2050 年に向けたエネルギー源別の消費量の推移予測を見ると（図 40）、比較的石炭への依存度が高いシナリオとなっていることがわかる。石炭は埋蔵量も多くあり、単位熱量当たりの価格も安いために現在でも途上国では消費量の増大が続いており、石炭、バイオマス、その他再生可能エネルギーの消費量が拡大するとの予測となっている。

図 40 シェル・スクランブル・シナリオによる 2050 年に向けたエネルギー源別の消費量の推移予測（単位：エクサジュール（=10 の 18 乗ジュール）／年）



（資料）Shell

すでに図 40 で図示したが、エネルギーコストの高低に従い、低いコストの石炭を選択していくと、図 41 のように石炭消費量が急拡大し、石油、バイオマス、天然ガス、太陽光等のいずれをも大幅に上回るに至ることになる。そこでシェル・スクランブル・シナリオは、特に、バイオマスと太陽光発電を 2040 年代以降急速に導入することで、石炭の多量の利用による環境負荷の増大の軽減を図るシナリオとなっている。

図 41 シェル・スクランブル・シナリオによる 2050 年までの世界のエネルギー消費量予測（単位：エクサジュール（=10 の 18 乗ジュール）／年）

 Scramble	2000	2010	2020	2030	2040	2050
	EJ per year					
Oil	147	176	186	179	160	141
Gas	88	110	133	134	124	108
Coal	97	144	199	210	246	263
Nuclear	28	31	34	36	38	43
Biomass	44	48	59	92	106	131
Solar	0	0	2	26	62	94
Wind	0	2	9	18	27	36
Other Renewables	13	19	28	38	51	65
Total primary energy	417	531	650	734	815	880

（資料） Shell

現時点で環境配慮を強く働かせることを決断すると、シェル・ブループリント・シナリオとなり（図 42）、スクランブル・シナリオと比べると石炭消費量がある程度抑制され、その分、石油とガスの消費量が増えるとのシナリオとなっている。

図 42 シェル・ブループリント・シナリオによる 2050 年までの世界のエネルギー消費量予測（単位：エクサジュール（=10 の 18 乗ジュール）／年）

 Blueprints	2000	2010	2020	2030	2040	2050
	EJ per year					
Oil	147	177	191	192	187	157
Gas	88	109	139	143	135	122
Coal	97	137	172	186	202	208
Nuclear	28	30	30	34	41	50
Biomass	44	50	52	59	54	57
Solar	0	1	7	22	42	74
Wind	0	1	9	17	28	39
Other Renewables	13	18	29	40	50	62
Total primary energy	417	524	628	692	738	769

（資料） Shell

（2）BP 社の予測

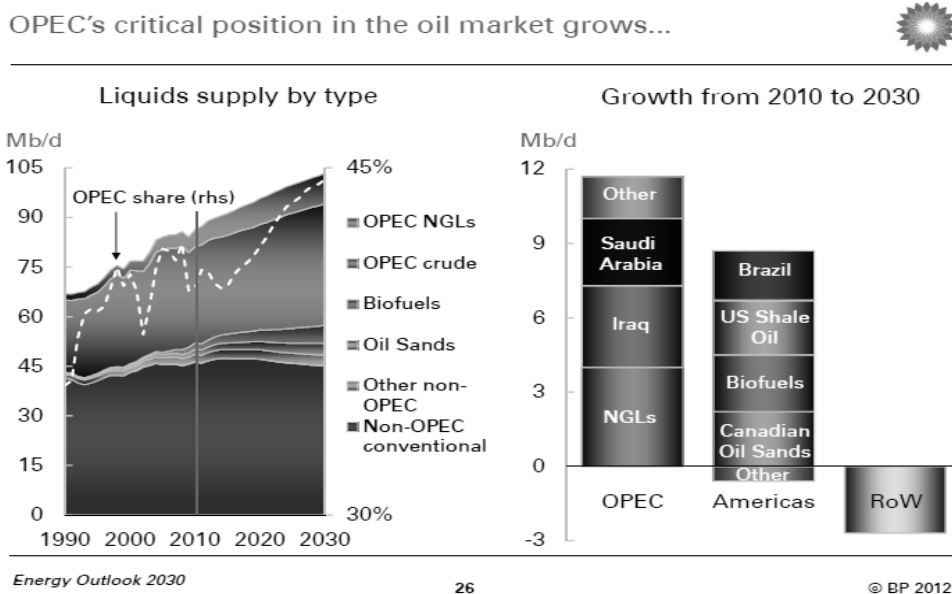
国際石油会社の BP 社は、2030 年までのエネルギー予測（Energy Outlook 2030）を発表している。

図 43 によれば、世界の石油需要は 2030 年には 1 億バレル／日に達する。非 OPEC が在

来型の生産量を減少させ、非在来型を増産し、オイルサンド、バイオ燃料等を増産しても、世界の石油需要量をカバーするために、OPEC の供給増に依存せざるを得ないため、OPEC が世界の供給量に占めるシェアは 2030 年には 45%まで上昇すると予測されている。

図 43 の右側の図で示すように、2010 年から 2030 年に向けての石油供給量の増減は、OPEC が NGL（天然ガス液：Natural Gas Liquid）を 400 万バレル／日程度を増産し、さらにイラクが 300 万バレル／日程度増産し、サウジアラビアも 300 万バレル／日近く増産し、その他の OPEC 諸国も 200 万バレル／日程度を増産することで 1,200 万バレル／日近くの増産が行われると予測されている。北米および中南米でも増産が行われ、カナダのオイルサンド、バイオ燃料、米国のシェールオイル、ブラジルの増産が行われ、在来型の生産量の減退があるものの全体としては、南北・米大陸の大増産が石油類の供給増に大きく貢献すると予測されている。OPEC と南北・米大陸以外の地域では、全体としては 300 万バレル／日近い生産量の減退が生じると予測されている。

図 43 世界の石油供給の 2030 年までの予測（単位：百万バレル／日）

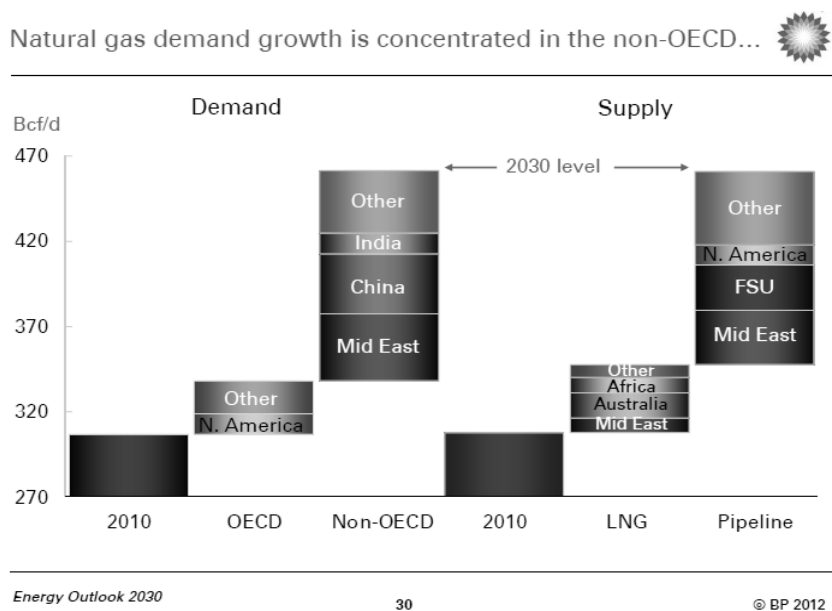


（資料）BP Energy Outlook 2030

天然ガスの需要量と供給量が 2010 年から 2030 年に向けて増大するが、その内訳がどのようなようになるかを示すのが図 44 である。需要増は、北米でも生じるが、主要な増加要因は、中東、中国、インド等の発展途上国において生じると予測されている。供給側としては、LNG がオーストラリア、中東、アフリカで増産されるとともに、その他、パイプラインで中東、旧ソ連、北米での供給増があり、2030 年に向けての需要の増大分がカバーされると

予測されている。

図 44 天然ガス需要量と供給量の 2010 年から 2030 年への変化 (単位: 10 億立方フィート / 日)



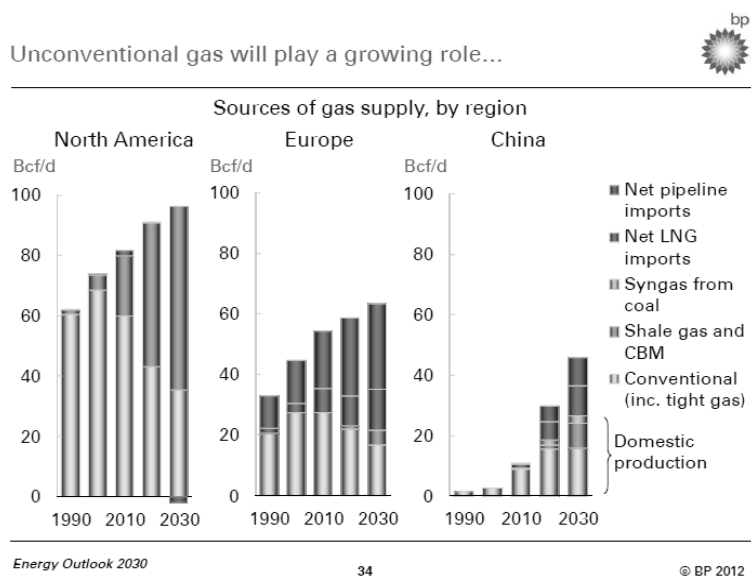
(資料) BP Energy Outlook 2030

北米、欧州、および中国を取り上げて、1990 年から 10 年刻みで 2030 年までの天然ガス生産量と供給量の推移予測を図 45 で見ると、北米では、在来型ガスにタイトガスを含めても、在来型ガスの生産量は 2000 年をピークとして減少に向かうと予測されている。一方、非在来型ガスはシェールガスが増産されることで急増し、北米としてはガス生産量の急増が生じると予測されている。

欧州では、在来型ガスの生産量の減少を、LNG での輸入と、パイプラインでの域外からの輸入でカバーし、需要増に対応するとの予測となっている。シェールガスの生産は欧州では、北米と比べると立ち上がり大幅に遅れて、2030 年に至ってようやく増大を始めるかと予測されている。

中国では、2010 年と比較して、2030 年にはガス需要量が 4 倍に増えるかと予測されている。在来型ガスの生産量は 2020 年をピークとして減少に向かい、ガス需要増をカバーするために、シェールガスを増産し、LNG 輸入量を増やし、パイプライン経由の輸入量も増大させると予測されている。石炭が豊富な中国では、炭層ガス (CBM) が利用されるとともに、合成ガス (Syngas) と呼ばれる石炭から製造されるガスも 2020 年以降、増産されいくと予測されている。

図 45 世界の地域別の 2030 年に向けての天然ガス生産と供給の予測（単位：10 億立方フィート／日）



(資料) BP Energy Outlook 2030

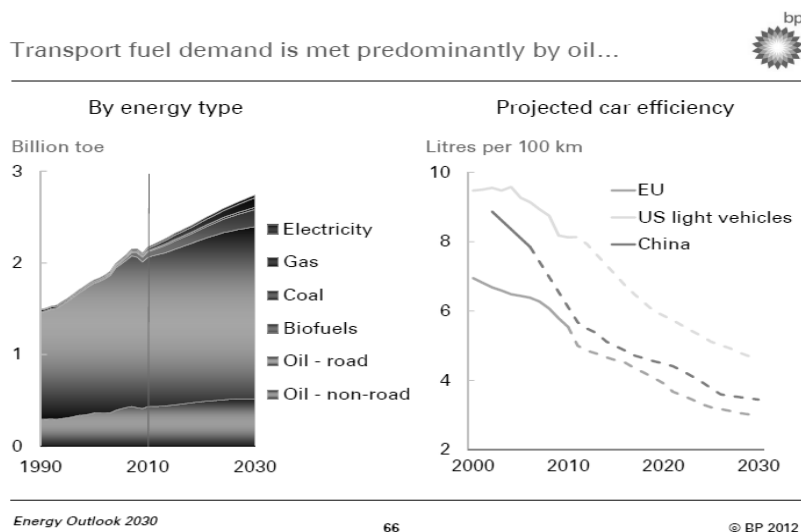
輸送用燃料の世界の消費量の推移を 2030 年まで予測した図 46 の左図を見ると、石油消費量が 2030 年に至っても最も多く、特に自動車用の石油消費量が圧倒的に多い。石油消費量の non-road とある鉄道用・船舶および航空機用等の消費量は、自動車用に比べると 3 分の 1 以下に止まる。

輸送用燃料としてのバイオ燃料、ガス、電気の消費量は、今後若干増えていくものの、2030 年に向けて比率としては小さいままに止まると考えられている。

次に、図 46 の右図の自動車の燃費の推移予測を見ると、2000 年時点と比べても 2010 年には大幅な燃費の改善が、米国、中国、欧州で達成されており、さらに 2030 年に向けて 20 年間でおよそ 2 倍の燃費が達成されるものと予測されている。

図 46 輸送用燃料の世界の消費量の推移予測（左図）（単位：石油換算 10 億トン）および

自動車の燃費の推移（右図）（単位：リットル／100km）



（資料）BP Energy Outlook 2030

図 47 はハイブリッド（HV）とプラグイン・ハイブリッド（PHV）自動車の 2030 年に向けた導入可能性を示している。

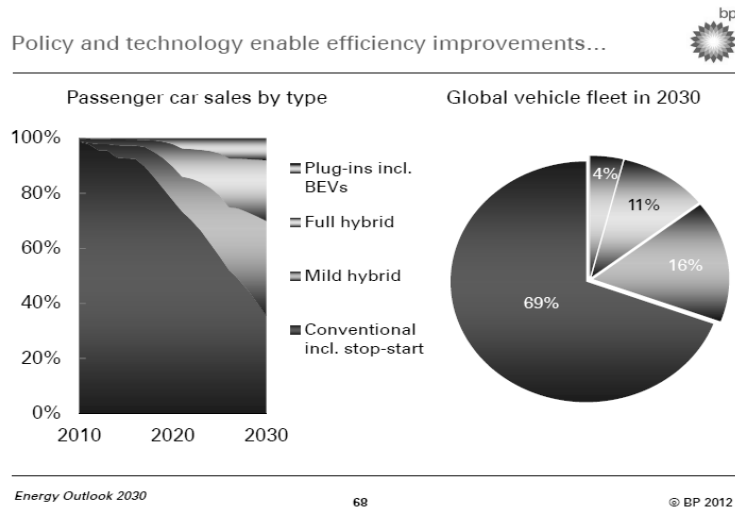
図 47 の左図が 2010 年から 2030 年にかけての毎年の乗用車の販売台数の動向（比率）を示している。2010 年では比率としては在来型（conventional）の乗用車がほぼすべてを占める状態があったが、今後、マイルド・ハイブリッドと呼ばれる乗用車、および、フル・ハイブリッドと呼ばれる形態の乗用車の両方が急速に増大し、2030 年には、乗用車の 6 割がハイブリッド（HV）となると予測されている。

ここでマイルド・ハイブリッドは、主動力源はエンジンで、停止時あるいは発進時のみ小型のモーターでアシストするシステムである。一方、フル・ハイブリッドは、プリウスのようにモーターのみでの走行が可能なシステムのことである。

さらにプラグイン・ハイブリッドの乗用車も一定程度導入されるとともに、バッテリー電気乗用車（BEV）も 2030 年に向けて次第に増えると予測されている。ただし、台数としてはまだ BEV は少ないままとなると予測されている。

図 47 の右図で示すトラック等も含めた世界の全自動車の数に占めるハイブリッド等の比率は、在来型が 69%、マイルド・ハイブリッド自動車が 16%、フル・ハイブリッド自動車が 11%、プラグイン・ハイブリッド自動車が 4%と見積もられている。2030 年にトラック・バス等を含めた全自動車の 31%が HV・PHV 等の新しいシステムの車に置き換わるとの予測は注目される数値である。

図 47 HV と PHV 自動車の 2030 年に向けた導入可能性

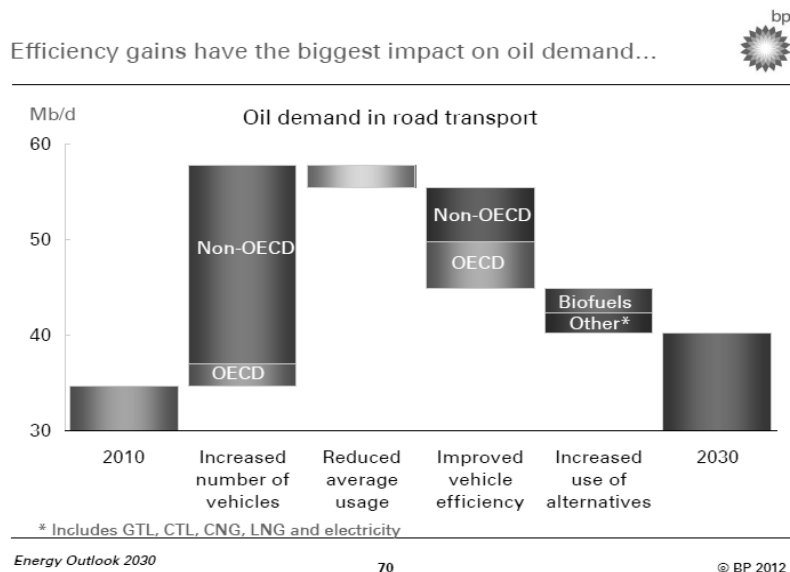


(資料) BP Energy Outlook 2030

世界では今後、輸送用の石油の需要が大幅に増えると予測されている。2010年から2030年の間に自動車の台数が急増すると予測されており、増加台数の殆どが非OECD諸国において生じると見積もられている。自動車台数の増加だけを見た場合には、2,500万バレル/日近くもの石油消費量が2010年から2030年の間で増大してしまうと予測される。しかし、走行距離を少なくし、燃費効率を向上させ、バイオ燃料を用い、また、ガスから製造する液体燃料(GTL)、石炭から製造する液体燃料(CTL)、天然ガス車(CNG)、液化ガス車(LNG)、電気自動車(EV)の導入も行われると予測され、こうした様々な手段が取られることで、石油消費量の増大を抑制する働きが、石油消費量全体から見ると僅かであるが、達成されると予測されている。

こうして、図48で示すように2010年から2030年の間の自動車向けの石油需要の増大は、2,500万バレル/日ではなく、500万バレル/日程度に止まると予測されている。

図 48 世界の輸送用石油の需要量の予測と効率向上の効果 (単位：百万バレル/日)



(資料) BP Energy Outlook 2030

化石燃料の輸入量を、インド、中国、EU27カ国、米国の順に、1990年、2010年、2030年と並べて比較したのが図49である。インドと中国では輸入量が増大し、しかも、依存度がインド、中国、EUにおいて高まると予測される。化石燃料の輸入量は、EUにおいては2010年以降は微増となるとみられている。米国では、2030年に向けては、輸入量は減少すると予測されており、他の国・地域とは大きく異なった傾向をたどることになる。

2030年における輸入依存度の数値を見ると、インドにおいては、石油の輸入依存度が91%となっており、天然ガスが47%、インドに豊富な石炭においても40%という高い数値が予測されている。

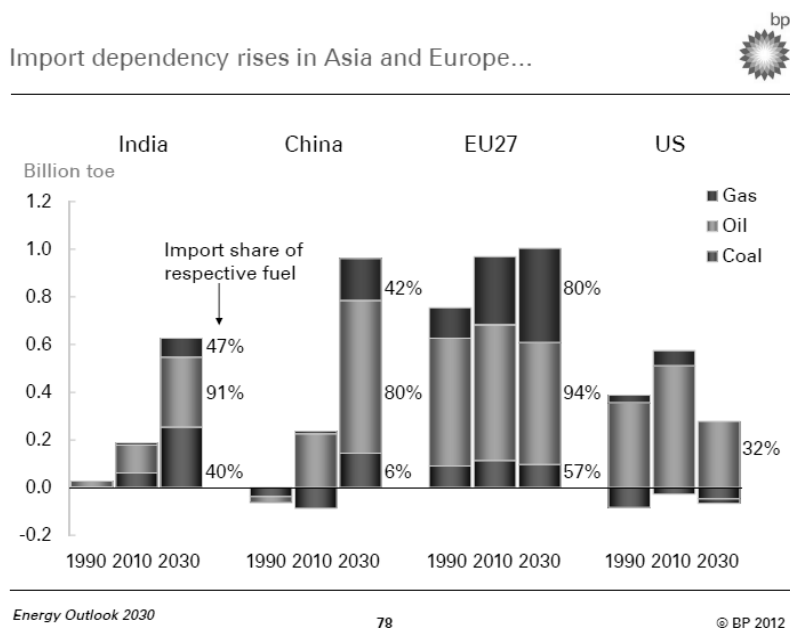
中国においては、2030年における輸入依存度は石油で80%と高く、天然ガスでも42%と依然として高い比率が予測されている。ただし石炭に関しては、輸入依存度は6%に止まるとの予測となっている。

EU27カ国においては、2030年における輸入依存度は石油が94%、天然ガスで80%と極めて高く、石炭では57%と若干低くなっている。

米国では、2030年において、石油のみを輸入しており、32%の輸入依存度となると予測されている。石炭もガスも若干量輸出するとの予測となっている。

輸出入のポジションが似た諸国間では連携する余地が存在するが、米国のように自国で自給できる体制が強化されてくると、例えば、資源がエネルギー豊富なカナダを考えた場合にわかるように、エネルギー獲得のための努力をどれほど費やすかという切実さの点において、政策上、大きな差異が自国以外との間で生じざるを得なくなると考えられる。

図 49 化石燃料の輸入量と輸入依存度（単位：石油換算 10 億トン）



(資料) BP Energy Outlook 2030

図 50 は、BP 社作成の 2030 年に向けた世界のエネルギー需給予測のサマリーである。世界全体として見た場合、エネルギー消費量は着実に増大を続け、輸送用燃料では石油への依存が続くが、燃費効率は確実に向上するとの予測となっている。

エネルギー消費の総量に関しては、OECD 諸国が主導する時代は終わり、非 OECD 諸国が 2030 年では 65% を占めるという途上国主導のエネルギー消費が進むことが予測される。特に注目されるのは中国とインドの動向であり、2030 年では中国とインドを合わせたエネルギー消費量は、世界全体の 34% を占めるとみられる。1990 年では両国を合わせた比率は 11% であったことから見て、飛躍的に両国の重要性（役割と責任も）が高まることを意味している。

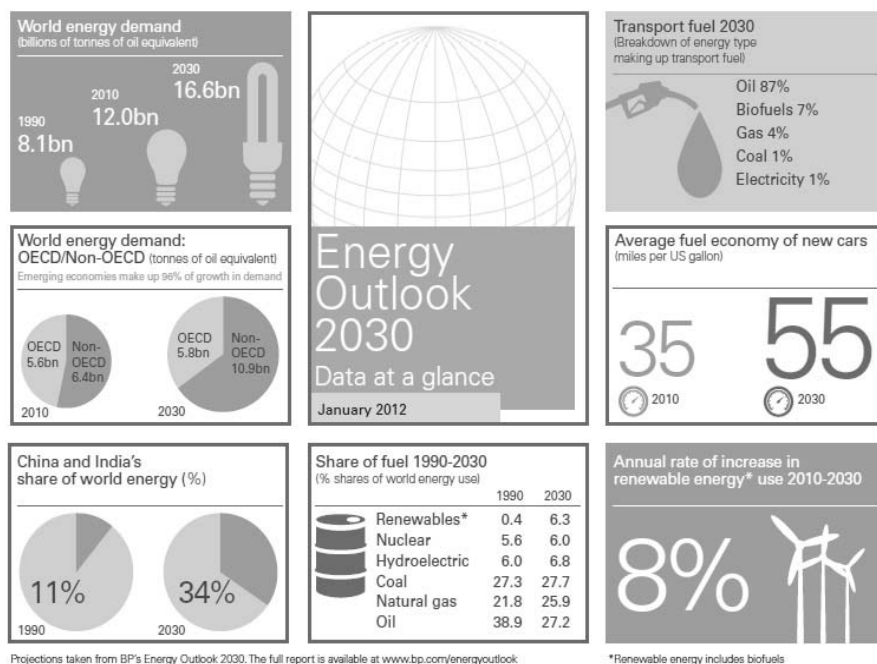
世界のエネルギー消費量のエネルギー源別の比率で 1990 年と 2030 年を比較して見ると、化石燃料依存は継続していくことが示されている。1990 年で 38.9% を占め最大の比率である石油は、2030 年に 27.2% となり、石炭（27.7%）に第 1 位の座を譲ると BP 社は予測している。ガスの比率は 1990 年の 21.8% が 2030 年には 25.9% へと増大すると予測されている。

水力の比率は 1990 年の 6.0% が 2030 年には 6.8% へ僅かに増大するのみに止まり、原子力も 1990 年の 5.6% が 2030 年には 6.0% へ僅かに増大すると予測されている。

再生可能エネルギーに関しては、1990 年の 0.4% が 2030 年には 6.3% と大幅な増大が予

測されている。ただし、化石燃料に依存する状況は2030年においても全く変更がないとの予測となっている。

図50 BP社作成の2030年に向けた世界のエネルギー需給予測のサマリー



(資料) BP Energy Outlook 2030

(3) エクソンモービル社の2040年予測

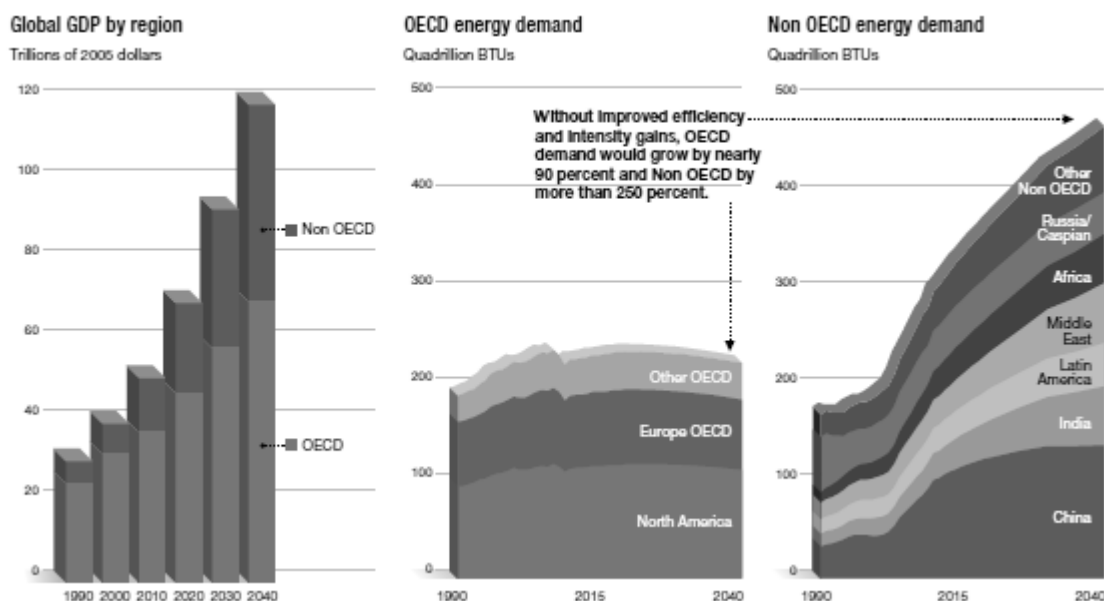
エクソンモービル社が作成した2040年に向けてのエネルギー予測を検討する。図51で、世界のGDPをOECD諸国の合計と、非OECD諸国の合計とに二分して比較すると、GDP総額では2040年に至ってもOECD諸国の合計のほうが多くなっている。ただし、非OECD諸国のGDP合計額は急速に増えていることがわかる。

エネルギー消費量をOECD諸国の合計と、非OECD諸国の合計とに分けて、1990年から2040年までの推移を並べると、OECD諸国では2000年代初頭にリーマンショックで一度減少したあと、いったん増大に向かうものの、その後は、2040年に向けてエネルギー消費量が減少に向かうと予測されている。

一方、非OECD諸国では、右肩上がりで急上昇を続けるとの予測となっている。その内訳を見ると、中国は、2030年程度までは上昇を続けるがその後は比較的安定した状態が維持されると予測されている。インド、中南米、中東、アフリカ、ロシア・カスピ海諸国、その他非OECDともにエネルギー消費量が増大すると予測されている。

エネルギー消費量が減少に向かう OECD と比べ、非 OECD のエネルギー消費量は今後も増大するために、2040 年では非 OECD 合計が OECD 合計の 2 倍以上のシェアを占めることになるかと予測されている。

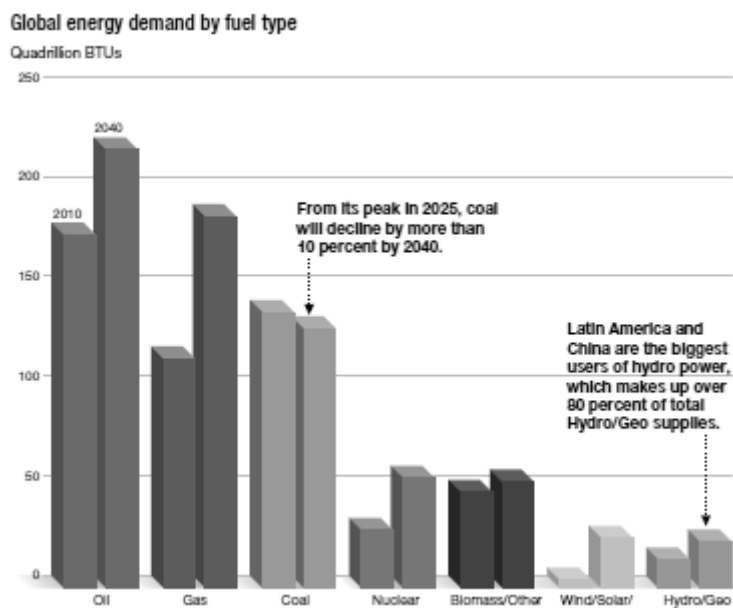
図 51 2040 年に向けた世界の GDP (左図) (単位:兆ドル (2005 年価格))、OECD 諸国および非 OECD 諸国のエネルギー需要動向の推移 (単位:10 の 15 乗 Btu (英国熱量単位))



(資料) exxonmobil.com/ The Outlook for Energy: A View to 2040

燃料別の世界のエネルギー需要の 2010 年の実績と 2040 年の予測を図 52 で見ると、石油が増大して最大のエネルギー源の地位を維持し、次いで、ガスが急増して第 2 位のエネルギー源となり、石炭は 2025 年をピークとして減少に向かい、2040 年ではピーク時より 1 割減少すると予測されている。

図 52 燃料別の世界のエネルギー需要の 2010 年の実績と 2040 年の予測（単位：10 の 15 乗 Btu（英国熱量単位））



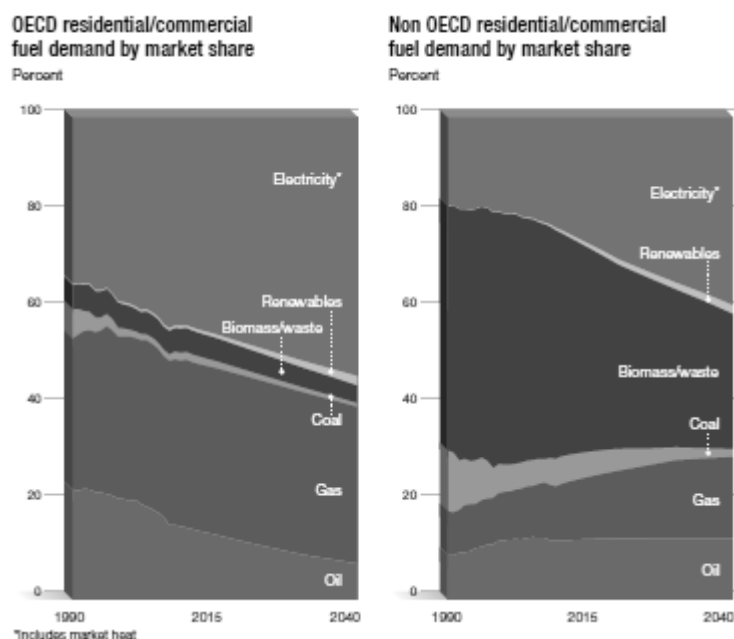
（資料） exxonmobil.com/ The Outlook for Energy: A View to 2040

OECD 諸国と非 OECD 諸国の家庭用／商業用の燃料消費のシェアの推移を、1990 年から 2040 年までたどると、OECD 諸国ではガスと電気が主力である状態から、2040 年に向けてさらに電気の占める割合が増大し、5 割を超えるに至ると予測されている。一方、石油消費の比率は 2040 年に向けて大きく減少すると予測されている。

次に、非 OECD 諸国においては、OECD 諸国とは大きく異なり、バイオマスの消費量が最も多い状態から、電力の消費量が急増し、また石油とガスの消費量が増大してきたのが現在の段階である。今後はさらにガス消費量が増えるが、石油消費量はそれほど増えず横ばいとなる予測となっている。

OECD 諸国と非 OECD 諸国の家庭用／商業用の燃料消費のシェアの内訳が大きく異なっており、今後の動向も異なるという点は重要な指摘である。

図 53 OECD 諸国（左図）と非 OECD 諸国（右図）の家庭用／商業用の燃料消費のシェアの推移（単位：％）



（資料） exxonmobil.com/ The Outlook for Energy: A View to 2040

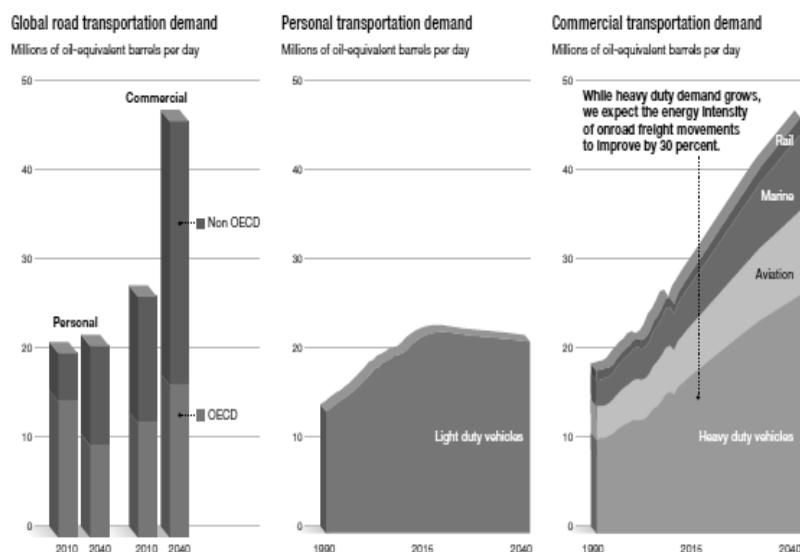
世界の自動車輸送用燃料の消費量（図 54 の左図）を見ると、2010 年から 2040 年の間、自家用車向けのエネルギー消費量は、OECD 諸国で大幅に減少し、非 OECD 諸国で大幅に増大するために、世界全体としては横ばいと予測されている。

商用車向けの燃料消費量は、OECD 諸国および非 OECD 諸国ともに増大すると予測されているが、特に非 OECD 諸国における需要の伸びが大きいとみられる。

自家用車用の燃料消費量の推移（中図）では、2015 年頃をピークとしてその後、エネルギー消費量は減少に向かうと予測されている。

トラック・バス、航空、船舶、鉄道を含んだ商用輸送燃料の消費量の推移の予測によれば（右図）、世界のエネルギー消費量はこの分野では急増を続けることが予測されている。自家用車の需要と、商用輸送のエネルギー消費とが全く異なった動向をたどると考えられる点が重要である。

図 54 世界の自動車輸送用燃料の消費量(左図)、自家用車用の燃料消費量の推移(中図)、商用輸送燃料の消費量の推移(右図)(単位:石油換算百万バレル/日)



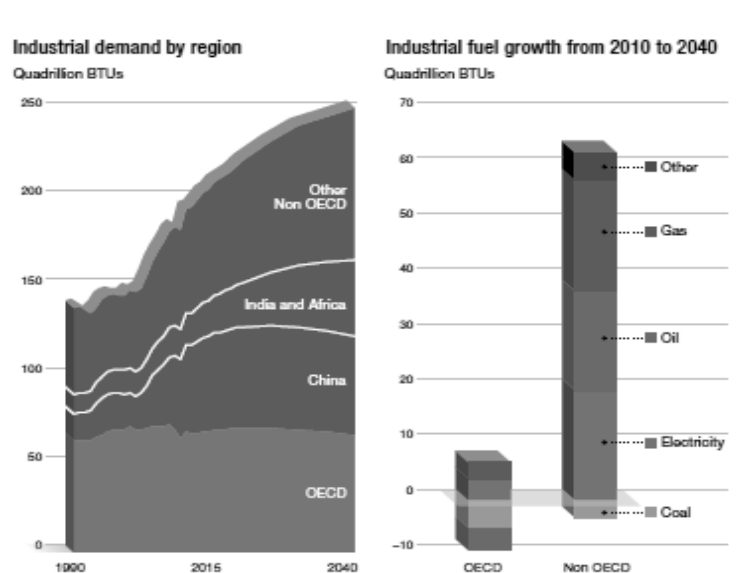
(資料) exxonmobil.com/ The Outlook for Energy: A View to 2040

国別の工業用エネルギー消費量の推移を 2010 年から 2040 年の間、図 55 の左図でたどると、世界のエネルギー需要は総量として増大を続けるが、OECD 諸国はピークを打って横ばいないし減少に向かい、中国も急増の時代を経て、伸びが抑制される時期に 2030 年以降は入り、若干減少する可能性も出て来ると予測されている。

一方、インドおよびアフリカ、その他の非 OECD 諸国の工業向けのエネルギー消費量は大幅な増大を 2040 年に向けて続けると予測されている。

2010 年から 2040 年の間の工業用エネルギー消費量の増大分の燃料別の内訳を図 55 の右図で見ると、OECD 諸国においては、電力とガス消費が増大するが、石炭と石油は減少し、総量としてはほとんど変化が生じないと見られる。非 OECD 諸国においては、電力、石油、ガスのいずれもが大幅な増加を遂げると予測されており、石炭のみが消費量を減少させると予測されている。

図 55 国別の工業用エネルギー消費量の推移（左図）および 2010 年から 2040 年間の工業用エネルギー消費量の増大分の燃料別内訳（右図）（単位：10 の 15 乗 Btu（英国熱量単位））



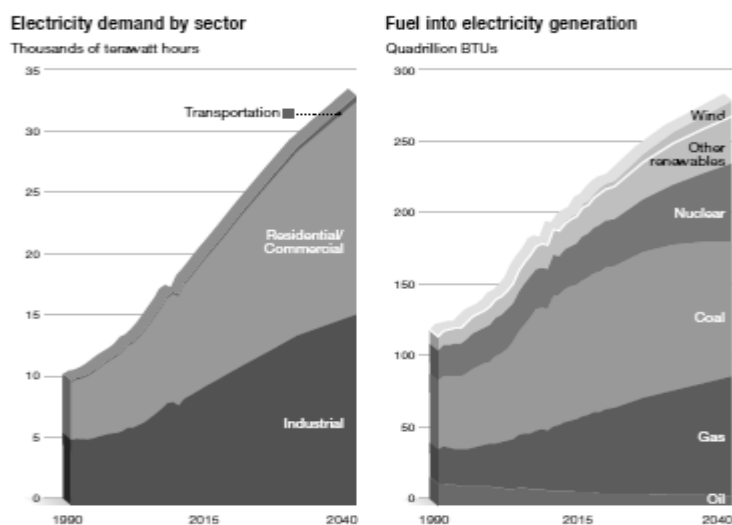
（資料） exxonmobil.com/ The Outlook for Energy: A View to 2040

世界の電力消費量の 2040 年に向けた分野別の予測では、工業用と、家庭用／商業用の両方がともに増大し、2040 年においてもほぼ同じ消費量を占めると予測される。

発電用燃料の推移予測（図 56 の右図）によると、発電においてはガスへの依存度が高まり、石炭への依存度は 2030 年頃に向けて依然として漸増すると見られるものの、2030 年以降は若干減少する傾向が生じると予測されている。

原子力、風力その他再生可能エネルギーも 2040 年に向けて着実に増大するとの予測となっている。

図 56 世界の電力消費量の分野別の予測（左図）（単位：10 の 15 乗ワット時）および発電用燃料の推移予測（右図）（単位：10 の 15 乗 Btu（英国熱量単位））

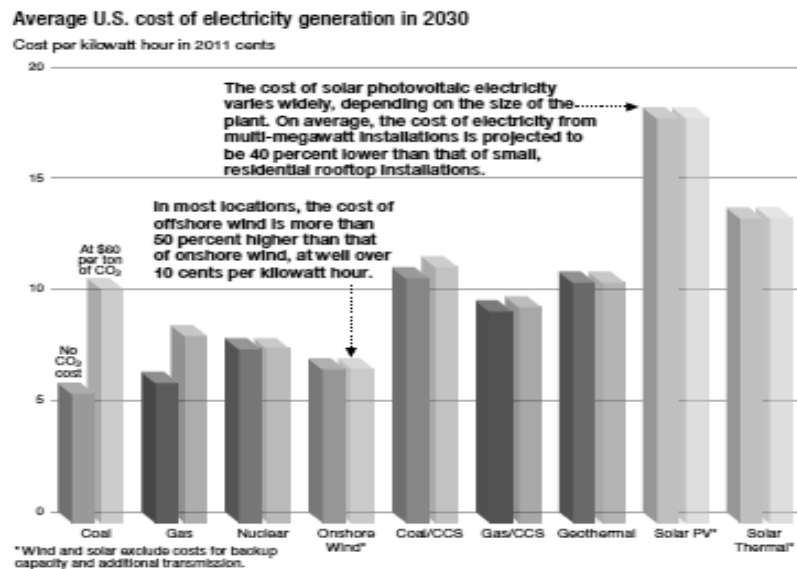


（資料） exxonmobil.com/ The Outlook for Energy: A View to 2040

米国の 2030 年における発電コストを図 57 では予測している。石炭は CO₂ コストを含まなければ最も安価であることがわかる。ガスも安価であるが、燃焼による CO₂ 排出があり、CO₂ 排出分の環境コストを考慮すると原子力のほうが安くなることを図 57 は示している。陸上風力も（十分な風速が得られるところであれば）競争力を持つことが示されている。

石炭を使用することで発生する CO₂ を地下貯蔵（CCS）する場合には、石炭価格は上昇してしまうことがわかる。ガスの CCS も高コストをもたらしてしまう。地熱もコストは高く、また、太陽光発電はさらに高く、太陽熱利用のコストは、太陽光発電よりは安価となっている。

図 57 米国の 2030 年における発電コスト（左棒：CO₂ コストを含まず。右棒：CO₂ コスト含む）（単位：ドル/kWh、2011 年コスト）



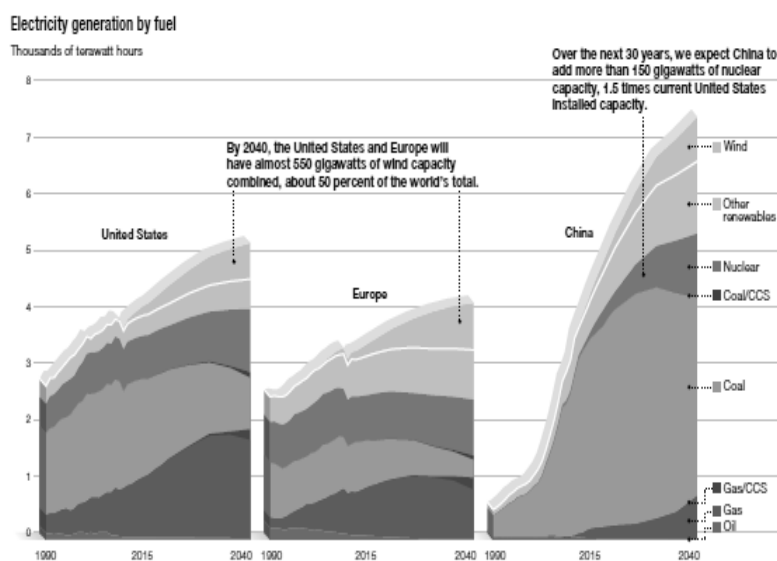
（資料） [exxonmobil.com/ The Outlook for Energy: A View to 2040](http://exxonmobil.com/The-Outlet-for-Energy-A-View-to-2040)

米国、欧州、中国の発電燃料の推移を図 58 で 1990 年から 2040 年まで見ると、米国ではガス発電が急増しており、石炭火力の利用が抑制されるに至っている。米国では原子力は中長期的に見ると増大傾向にあり、その他、風力等の再生可能エネルギーは増大傾向をたどっている。

欧州においてもガス火力の利用が急拡大しており、一方、石炭火力の利用は縮小する傾向にある。原子力は今後も増大する見込みである。欧州では風力の導入が極めて積極的に進められている。ただし、風力以外の再生可能エネルギーの導入はゆっくりとしか進まないとの予測となっている。

中国においては、石炭消費量が 2030 年頃に向けて増大するが、その後はむしろ減少すると予測されている。一方、天然ガスの利用量は増大を続けると予測されている。また、原子力、風力、および風力以外の再生可能エネルギーも増大を続けると予測されている。

図 58 米国、欧州、中国の発電燃料の推移（1990年から2040年まで）（単位：10の15乗ワット時）

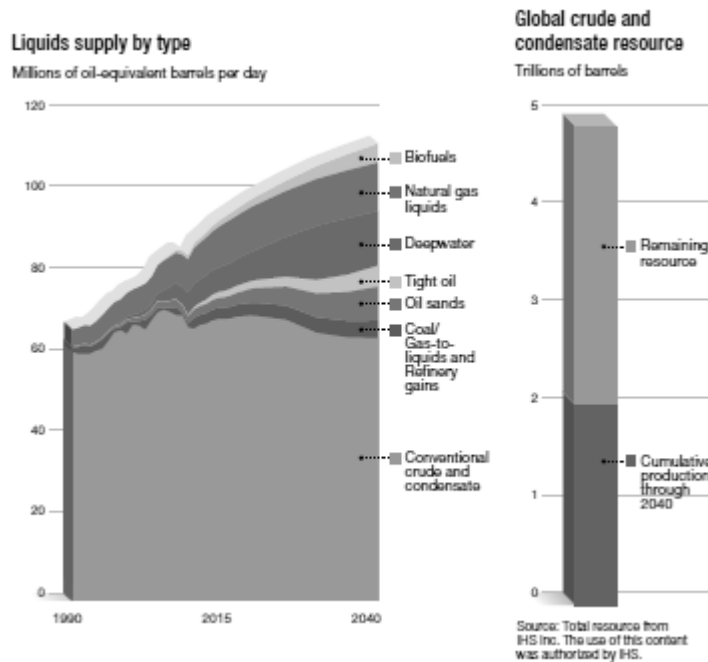


（資料） [exxonmobil.com/ The Outlook for Energy: A View to 2040](http://exxonmobil.com/The Outlook for Energy: A View to 2040)

世界の石油類の供給量の推移を図 59 の左図で見ると、在来型の石油の生産量（含む NGL：天然ガス液）は 2000 年代初めをピークとして減少に向かうと考えられている。石油の供給は、深海（Deepwater）、NGL、オイルサンド、タイトオイル、バイオ燃料等の増産に依存している。

次に、世界の原油およびコンデンセートの埋蔵量を右図で確認する。およそ 5 兆バレル近くの石油の確認可採埋蔵量が存在すると言われる中、2040 年時点で見ると、すでに生産済みとなる原油およびコンデンセートは約 2 兆バレルと見積もられており、約 3 兆バレルという多量の石油埋蔵量が 2040 年時点でも依然として存在することがわかる。

図 59 世界の石油類の供給量の推移（左図）（単位：石油換算百万バレル／日）および世界の原油およびコンデンセートの埋蔵量（右図）（単位：兆バレル）

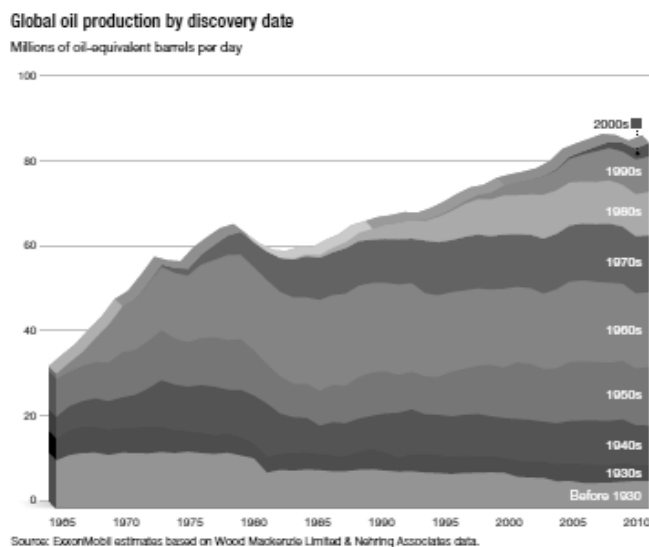


（資料） exxonmobil.com/ The Outlook for Energy: A View to 2040

世界全体で石油発見の可能性が低下してきている点を図 60 で確認する。1930 年以前、そして 1930 年以後を 10 年間隔の刻みとして、油田が発見された年で区分するとともに、その 10 年ごとの発見年で分けられた油田からの生産状況で生産量を分類して示すと、図 60 が作成できる。まず、1960 年代に発見された油が長期にわたり世界の石油生産を支えてきたことがわかる。その他、1970 年代の発見、1950 年代の発見等、この 1960 年代の発見の前後の年が中心となって、現在の世界の石油生産量を支えている。ただし、2000 年代以降の発見は、殆ど世界の石油生産量の増大に貢献できていないことがわかる。

世界的に見て、石油生産量は、過去の発見という「遺産」に依存して維持されている状態となっている。

図 60 世界の石油生産量の発見年代別の推移（単位：石油換算百万バレル／日）



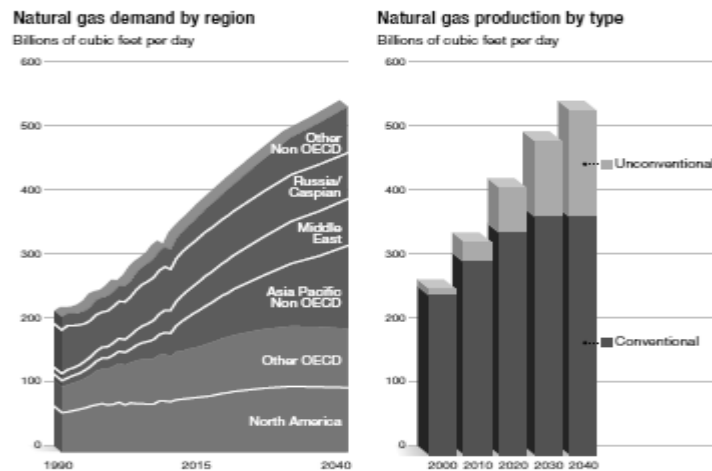
（資料） exxonmobil.com/ The Outlook for Energy: A View to 2040

世界の天然ガスの地域別の需要量の推移を図 61 の左図で見る。次いで、世界の天然ガス生産量の在来・非在来別の推移を図 61 の右図で確認する。

図 61 の左図を見ることで、世界のガス需要量は 1990 年から 2040 年の間で 2.5 倍増となると予測されていることがわかる。2010 年から 2040 年の間だけでも 2 倍増となっている。世界のガス需要が増大する予測の内訳は、OECD の需要は伸びず、2030 年代でガス需要の伸びは頭打ちとなり、他方、非 OECD のアジア太平洋、中東、ロシア・カスピ海、その他非 OECD 諸国がいずれも需要を増やすことで世界のガス需要増がもたらされることが示されている。

図 61 の右図は、世界の天然ガス生産量の在来・非在来別の推移を示しているが、2030 年頃までは在来型の生産量が着実に増大して世界のガス供給の増大を支える役割を果たすことが示されている。非在来型ガスの生産の増大が本当に世界のガス生産増をもたらす支え役を果たすようになるのは、2030 年以降であると考えられている点が興味深い。

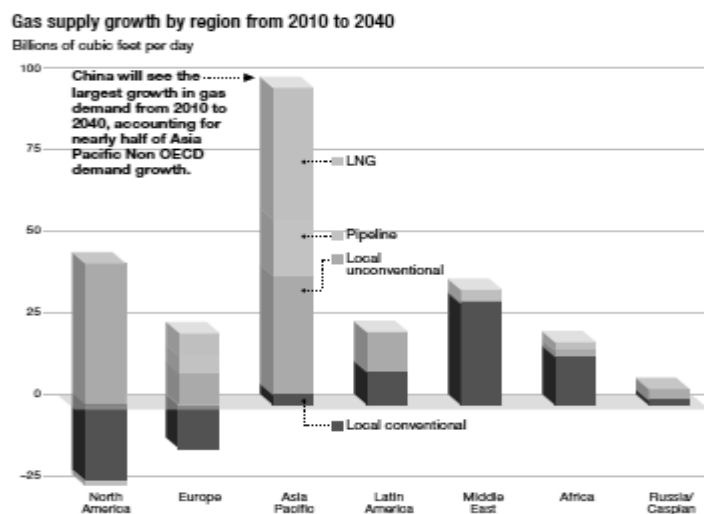
図 61 世界の天然ガスの地域別の需要量の推移（左図）および世界の天然ガス生産量の在来・非在来別の推移（右図）（単位：10 億立方フィート／日）



（資料） exxonmobil.com/ The Outlook for Energy: A View to 2040

世界のガス供給量の 2010 年から 2040 年の間の増大部分の内訳を図 62 で見ると、それぞれの地域ごとにガス需給の状況に大きな差が存在していることがわかる。北米では、在来型ガスの生産は減少し、非在来型のガスの増産が供給増大をもたらす。欧州でも、在来型ガスの生産は減少し、非在来型のガスの増産と LNG 輸入量の増大、パイプラインでの供給量の増大が、ガス供給の増大をもたらす。アジア太平洋地域では、LNG 輸入量の増大、地域内での非在来型ガスの供給増、パイプライン経由の輸入量の増大、そして部分的であるが地域内の在来型ガスの供給増が、全体としてガス供給増を支える構造となっている。中南米では、地域内の在来型と非在来型の両方での増産が供給増をもたらす。中東では、地域内の在来型ガスの生産増が供給増をもたらす。アフリカでは在来型ガスの生産増が供給増大をもたらす。ロシア・カスピ海地域では、供給増の量は少ない。以上のように、2040 年までのガス供給量の増大部分がどのようにしてもたらされるかは、地域差が大きい。特に注目されるのは、アジア地域のガス需要の大幅増、それに北米での非在来型のガスの増産である。

図 62 世界のガス供給量の 2010 年から 2040 年間の増大部分の内訳（単位：10 億立方フィート／日）

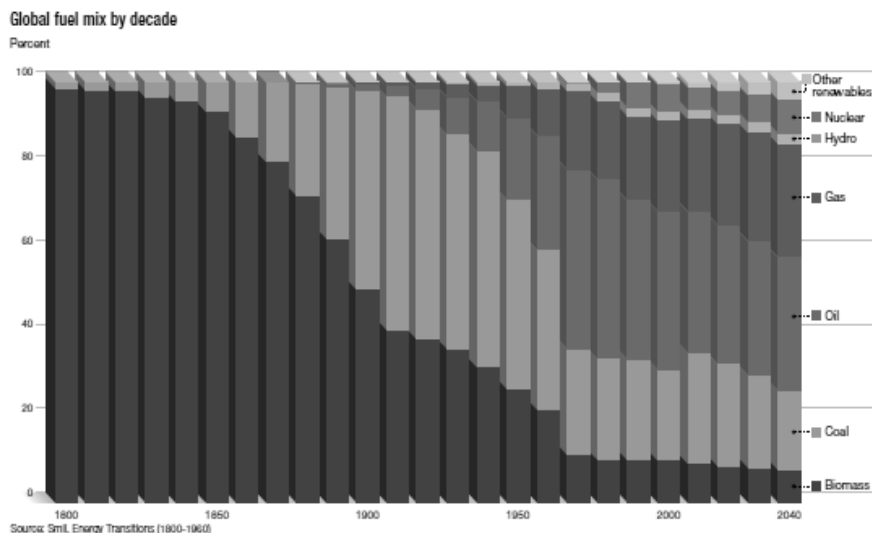


(資料) exxonmobil.com/ The Outlook for Energy: A View to 2040

1800 年から 2040 年までという超長期のエネルギー源別の比率の変化がどのように推移すると考えられるかを、図 63 を用いて検討する。エネルギー源別の比率は、当初のバイオマスがほぼ独占に近い使われ方をする状況から変化し、1900 年代前半で石炭が主体となり、さらに、1950 年以降に急速に石油が主体の状況に移行している。2040 年まで見た場合には、依然として石油が主体の状況が続くと見られるとともに、ガスの占める比率が拡大すると予測されている。エネルギー源別では、石油、ガス、石炭、原子力、バイオマスという比率の順となると図 63 では予測されている。

エネルギー源は、それらの多様なエネルギーを生産・利用するためのインフラの整備を進めつつ時間をかけて移り変わってきており、急速な変化は難しい。ただし、図 63 で示されるように、50 年程度の単位で大きく変わることが繰り返されてきている。したがって、エネルギー源が絞られてしまい、選択肢が少なくなるよりは、より幅広い選択肢が与えられた中で、より環境に良く、またコスト的にも安価な燃料源が選択できることが望ましいと考えられる。シェールガス革命により、ガス埋蔵量が増大するという時期を迎えることができた以上、与えられた猶予の時間を十分に活かして、より良い選択に向け舵を切っていく必要があると言える。

図 63 世界の燃料消費の歴史と予測（1800年から2040年）（単位：％）



（資料） [exxonmobil.com/ The Outlook for Energy: A View to 2040](http://exxonmobil.com/The_Outlook_for_Energy:_A_View_to_2040)

（４）まとめ 需給予測とシナリオ

以上、シェル、BP、エクソンモービルの需給予測を本節では検討し、また、前節までで、OECD の国際エネルギー機関（IEA）の 2011 年および 2012 年の予測、米国のエネルギー省エネルギー情報局（DOE EIA）資料等も比較しながら検討を進めてきた。

いずれの予測においても、2030 年、2040 年、2050 年と世界全体としてのエネルギー需要は右肩上がり、2010 年前後と比べ、3 割あるいは 4 割も増大することが予測されており、その需要増をどのようにして供給増でカバーしていくかが課題とされていた。しかも、世界のエネルギー需要の増大は、今後は非 OECD 諸国が中心で生じると予測されており、世界の 2 人口大国である中国とインドが需要増の主役となることも、予測を発表した IEA および各社の共通した認識となっていた。

エネルギー源別では、近年最も多くのシェアを占めてきた石油が、今後も当面、需要量を拡大させるとの予測がいずれの予測においても出されていた。ただし、エネルギー源別の供給量の伸び率を比較すると、ガス供給が最も高い比率で伸びると考えられていた。

その他、原子力と再生可能エネルギーの導入量も今後増大傾向をたどると、いずれの予測も見なしていた。

各予測の間の大きな差異としてあげることができるのは、石炭に関する見方である。シェルの予測（シナリオ）は石炭がより多く選択されると見ており、IEA は石炭消費は抑制されると考え、エクソンモービルは IEA よりもさらに強く、石炭消費は押さえられ、将来的には減少傾向を見せると予測していた。石炭の減少した部分は、ガスの供給増、その

他のエネルギー(石油を含む)の供給増に支えられる必要が生じるとの予測となっていた。

また、いずれの予測においても、自動車用燃料をはじめとして、エネルギーの高効率利用と消費量の抑制が図られることで需要量そのものの押し下げが達成され、そのことによって供給量の確保に余裕が生じ、供給量の決定的な不足が回避され、対応が可能となるとの予測となっていた。

環境負荷の軽減のためにも、エネルギー供給源とその供給方法が各種用意され、燃料の多様な選択肢が確保されている中での選択を各国・各地域で行うことで、より環境に配慮したエネルギーの選択と、エネルギー利用効率の向上、エネルギー弾性値の抑制、産業構造の高度化が可能となるという説明がなされていた。

今後の課題としては次のようにまとめることができる。非 OECD 諸国が中心となるエネルギー消費量の増大の本格化という事態に対しては、マーケットメカニズムに必ずしも全面的には従わない非 OECD の国・政府も存在し続けると考えられ、それらの国がイニシアティブを取る政策を採用する状況への対応が、OECD 諸国側では必要となるはずである。

世界全体から見たエネルギー供給必要量を確保・維持するとともに、需給の調整をいかに図るか、技術進歩を得るために要する費用をいかにして燃料価格に織り込んだ上でエネルギー供給の多角化・多様化を促進させるか等、取り組むべき課題は実に多くある。しかも、非 OECD 諸国には、従来どおりの OECD 諸国が営々と築いてきた制度と枠組みに従うことが自国の利益を阻害するのではとの不信感を抱いている面がある。したがって、新たな枠組み、コンセプトの創造をも促すような、新たな制度、大幅に改良された制度の創造といった挑戦的な取り組みも行いつつ、世界のエネルギー供給増、エネルギー源の多角化の維持、日本のようなエネルギー消費国においては供給源の多様化、さらに技術進歩を進め、しかも、その技術革新を受けた設備更新のために必要となる資金の確保策を練る必要がある。シェルのシナリオ分析で示されたような世界の動向に関する考察を重ね、かつ、一定の将来展望を持ち、そして戦略を持ちつつ臨機応変に、世界の中での役割を果たしていく必要が、日本を含めた世界を牽引すべき主要国にはあると言える。非 OECD 諸国が大きな役割を果たす複雑化した時代が始まろうとしているだけに、シェールガス革命を画期とした世界のパラダイムシフトの意義を踏まえた、政府の政策対応、企業の戦略対応が必要となっていると考えられる。

参考文献

頁岩気地質与勘探開発実践叢書編委会編（2010）『中国頁岩地質研究進展』石油工業出版社

エネルギー企業発表のデータ、および将来予測

BP 統計 2012 年版、同 2011 年版および BP Energy Outlook 2030

<http://www.bp.com/sectionbodycopy.do?categoryId=7500&contentId=7068481>

シェル社シナリオ関連資料 <http://www.shell.com/global/future-energy/scenarios.html>

エクソンモービル社資料 The Outlook for Energy, A view to 2040

http://exxonmobil.com/corporate/energy_outlook.aspx

米国エネルギー省エネルギー情報局資料

International Energy Outlook 2011 <http://www.eia.gov/forecasts/ieo/>

Annual Energy Outlook 2012 <http://www.eia.gov/forecasts/archive/aeo12/index.cfm>

OECD IEA 資料 World Energy Outlook 2012、World Energy Outlook 2011

<http://www.worldenergyoutlook.org/>

