

(エグゼクティブ・サマリー)

アジア・世界 エネルギー アウトルック 2014

—中国・インドの低成長シナリオ及び気候変動問題の分析—

2014年10月

IEE
JAPAN

一般財団法人

日本エネルギー経済研究所

The Institute of Energy Economics, JAPAN

エグゼクティブ・サマリー

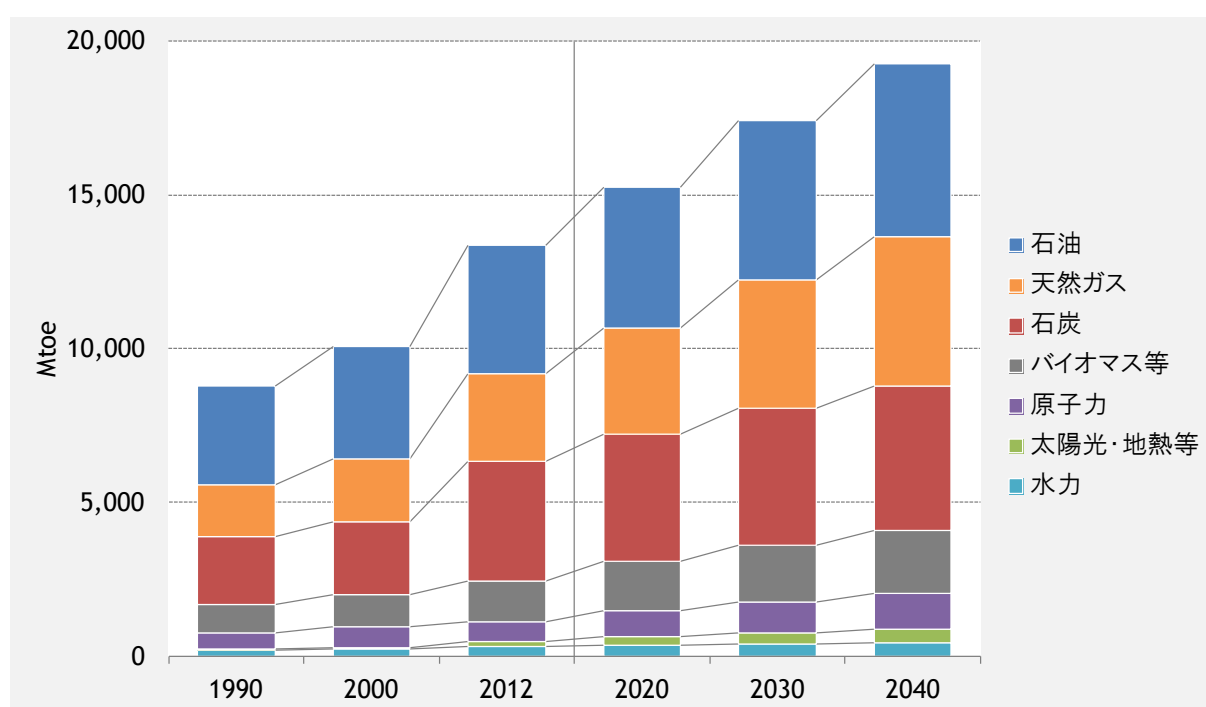
世界とアジアのエネルギー需給展望 –レファレンスケース–

エネルギー消費は28年間で1.4倍に。天然ガスが第2のエネルギーの座を石炭から奪う

人類は消費するエネルギー量を今後も増大させ続ける。

世界の一次エネルギー消費は、2012年の石油換算13,371百万t (Mtoe)から、「レファレンスケース」では2040年に19,276 Mtoeに達する。これは毎年新たに英国・アイルランド2国分を上回る需要が発生することに相当する。省エネルギーの進展により、エネルギー消費の増加ペースは経済の拡大ほどではないが、それでもこの先28年の見通し期間中に44%増加する。

図1 世界のエネルギー消費[レファレンスケース]



現在、一次エネルギー消費の82%は化石燃料(石油、石炭、天然ガス)であるが、今後の増分も7割以上が化石燃料によって賄われる。このため、化石燃料に大きく依存する世界の構図は変わらない。

2012年に日量88.6百万bbl (Mb/d)であった石油消費は、この先10年ほどで100 Mb/dの大台を突破し、2040年には116.5 Mb/dまで増加する。その増分27.9 Mb/dはOPECの現在の原油生産の9割超にも相当する。そのうち3分の2の18.9 Mb/dまでが自動車を中心とする運輸部門によるものである。2040年には、石油の57%が運輸部門で、15%が石油化学原料等として消費され、製品需要としてはガソリン、軽油、ナフサへのシフトが進む。

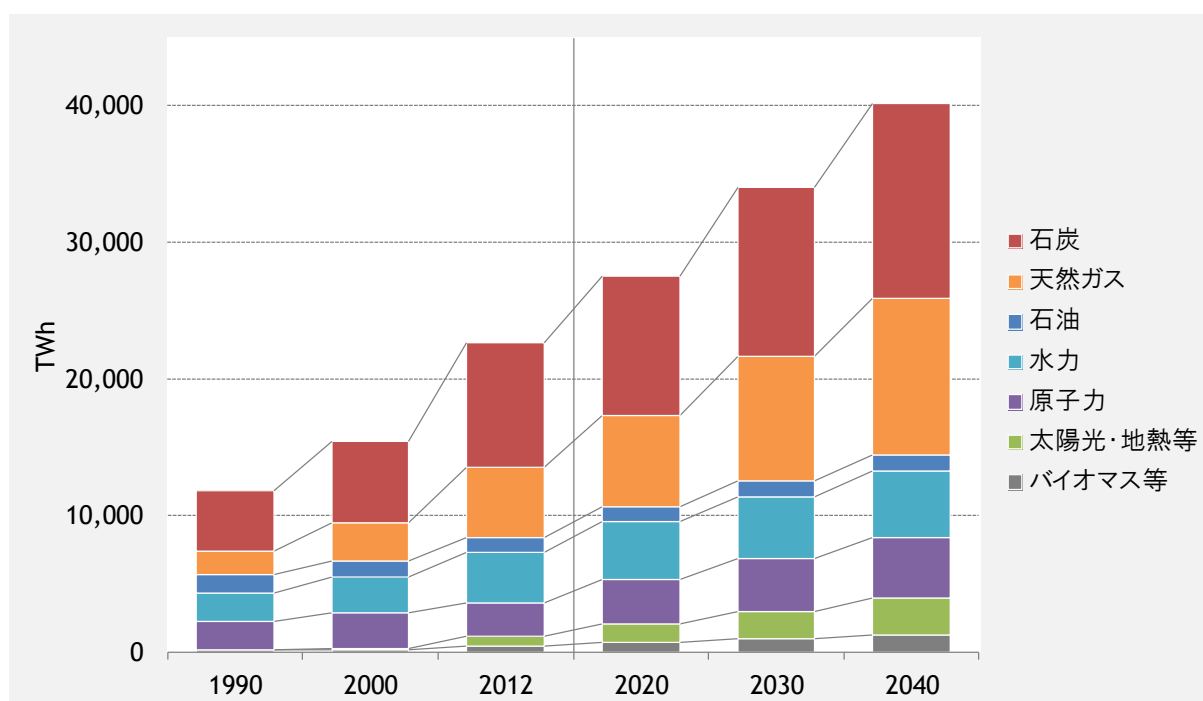
天然ガスは、2040年までに他のどのエネルギー源よりも消費が拡大し、石油に次ぐ第2のエネルギーに躍り出る。その量は2012年の3.44兆m³ (Tcm)から、2040年には1.7倍の5.88 Tcmになり、うち液化天然ガス(LNG)需要は237 Mtから548 Mtまで増大する。最大のけん引役は発電であるが、産業や民生の増加も顕著である。地域的な広まりも特徴的で、2012年にはOECDと非OECDヨーロッパだけで世界の天然ガスの3分の2以上を消費していたが、2040年にはそれ以外の地域が全体の半分超を消費するようになる。米国では、2030年までに天然ガス消費が石油を上回り、最大のエネルギーとなる。

同じ化石燃料でも、石炭は、石油・天然ガスとはやや異なる様相を呈する。中国での工業生産動向の変化、利用の効率化、エネルギー代替等により、21世紀初に見られたような消費の急速な増加は影をひそめる。2040年の消費量は石炭換算6,722百万t (Mtce, 1 Mtce = 0.7 Mtoe)と、見通し期間28年の増分1,181 Mtceは過去10年間のそれ2,054 Mtceを大きく下回る。増分の大半は発電用の一般炭であり、その一方でコークス製造用の原料炭は微減する。

着実に増加する再生可能エネルギーと原子力

水力からバイオマスまで再生可能エネルギーを全て合わせると、2040年までの増分は、天然ガス、石油に次ぐ1,120 Mtoeとなる。導入が進む太陽光・風力等は、2012年の3.4倍にまで拡大する。世界の発電量は2040年には40,000 TWhに達するが、再生可能エネルギー発電がその22%を賄うようになる。もっとも、再生可能エネルギーの全増分のうち4分の1以上は、発展途上国の薪・糞等に代表される低コストのバイオマス・廃棄物の直接消費である。

図2 世界の発電構成[レファレンスケース]

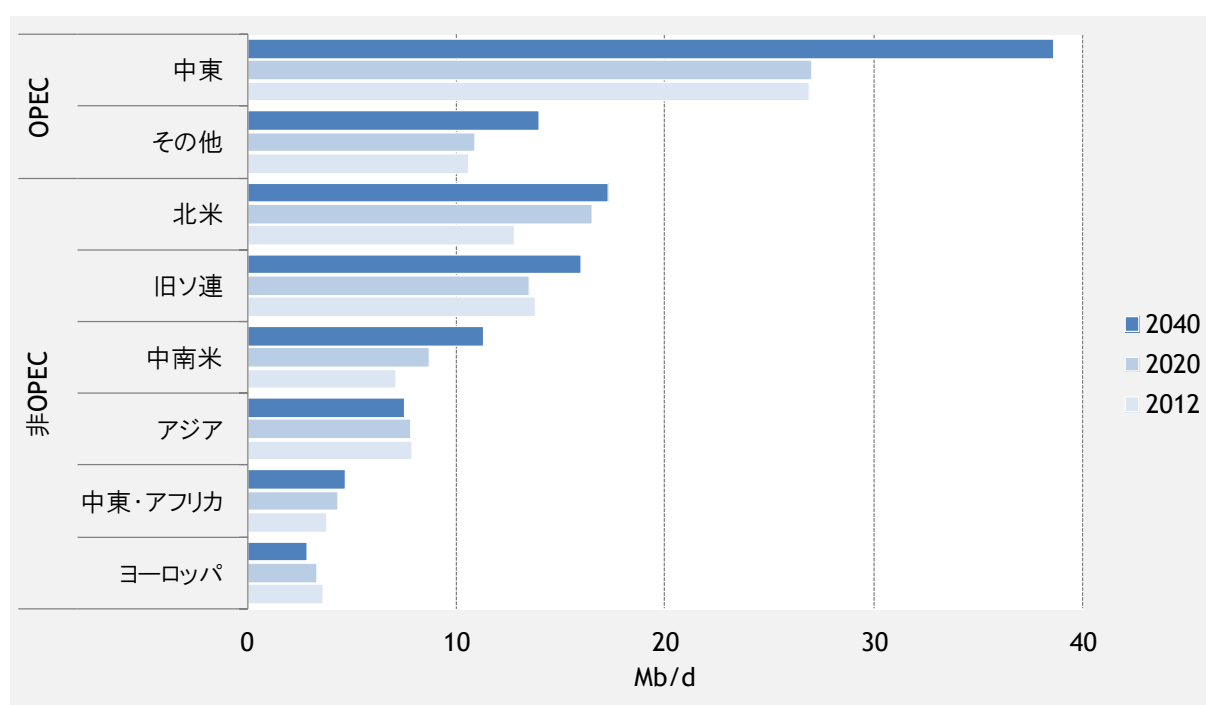


原子力も各地域で増加し、原子力発電所は、2013年の31か国・地域、389 GWから2040年には39か国・地域、618 GWまで拡大する。ロシア、韓国、中東等でも積極的な導入が図られるが、拡大がとりわけ著しいのは電力需要が大きく増加する中国やインド等の新興国である。

新たな石油・天然ガス供給者の勃興は、伝統的供給者の重要性を失墜させるものではない

シェール革命に象徴される非在来型資源や大水深等の極地での開発を背景に、複数の地域が、新たに、あるいは再び、石油・天然ガスの重要な供給者として名乗りを上げようとしている。南北アメリカ大陸の2020年までの原油増産は、OPEC加盟国のベネズエラとエクアドルを除いても5.3 Mb/dにのぼり、世界の純増産分の93%を占めるほど突出したものになる。しかしながら、そうした供給者への脚光は、中東・北アフリカを中心とするOPECや旧ソ連といった伝統的な供給者を世界のエネルギー市場の表舞台から追いやるものではない。既存油田の減退を補いつつ増大し続ける需要を満たすためには、伝統的な供給者が果たす役割はむしろ今日以上に重要になる。これは、特に見通し期間の後半において顕著であり、2020年以降の純増産分20.4 Mb/dのうち84%までがOPECと旧ソ連によるものとなる。

図3 主要地域の原油生産[レファレンスケース]



今後ますます重要性が高まるエネルギー貿易

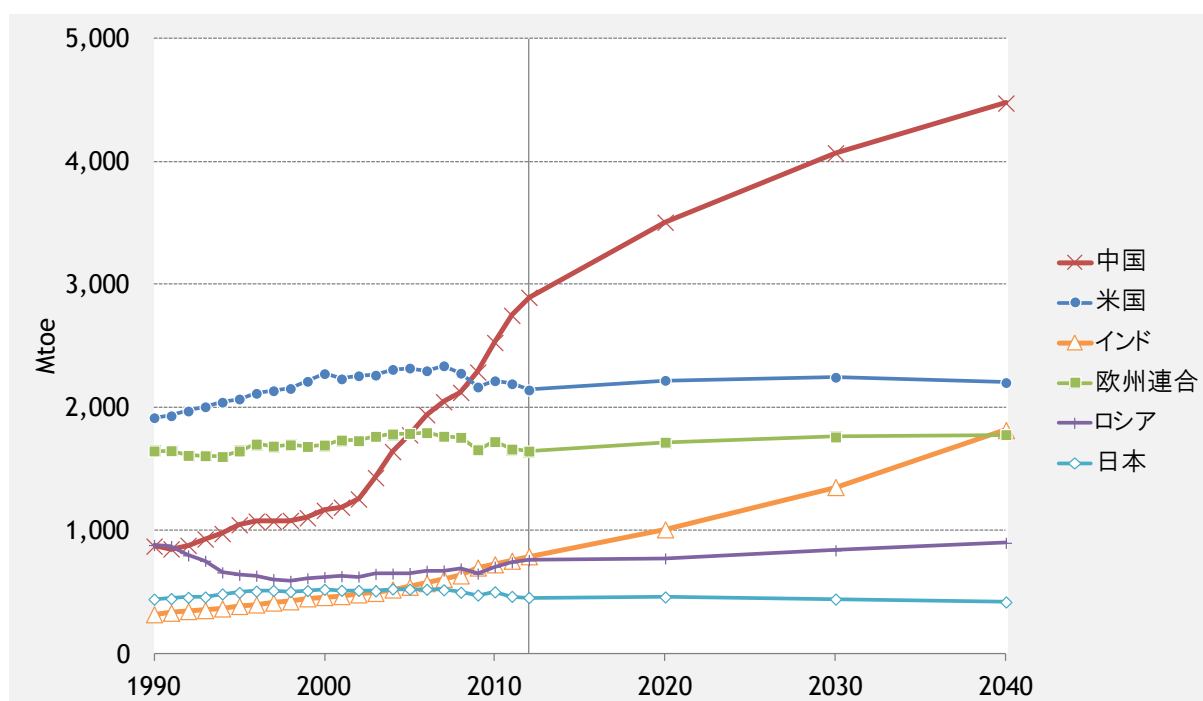
エネルギー消費を今後大きく拡大させてゆく地域と、化石燃料資源が潤沢に賦存する地域は、必ずしも一致しない。そのため、エネルギー貿易はますます盛んになる。しかし、原油貿易は地域化が進むため、2040年において主要地域間の貿易に回る原油の割合は4割と、現状と大差ない。一方、石油ほど国際取引が盛んではない天然ガスでは、主要地域間貿易の比率は14%から22%まで上昇する。エネルギーは現在でも最大の貿易財であるが、多くの国－消費国、生産国とも－にとって、今後も政治・経済双方で大きな意味を持ち続けることになる。例外は、燃費改善やシェールオイル増産等で国内の需給バランスがおおよそ均衡に向かう米国であり、2040年には中東からの原油輸入がなくなる。

中国・インドのエネルギー需給と世界への影響

世界のエネルギー需要をけん引する中国・インド

中国は他のどの国よりも多くエネルギーを消費しているが、その量は今後も増大し続ける。2040年には第2位・米国の2倍以上の4,474 Mtoeに達し、他の追従を許さない。1人あたり消費量も、すでに世界平均を超えているが、2040年には欧州連合(EU)に迫るまでになる。また、アジアのもう1つの大国・インドの伸張も著しい。その消費量は現在はEUの半分に満たないが、2030年代末にはそのEUを上回る。2040年代には米国をも凌ぎ、第2の消費国となる勢いである。中国・インドは急速に増大するエネルギー需要を賄うにあたり、輸入にますます依存するようになる。2040年には世界の主要地域間で取引される原油のうち45%、天然ガスの40%がこの2国で消費される。

図4 主要国・地域のエネルギー消費[レファレンスケース]



世界のエネルギー市場を揺さぶる中国・インドの低成長

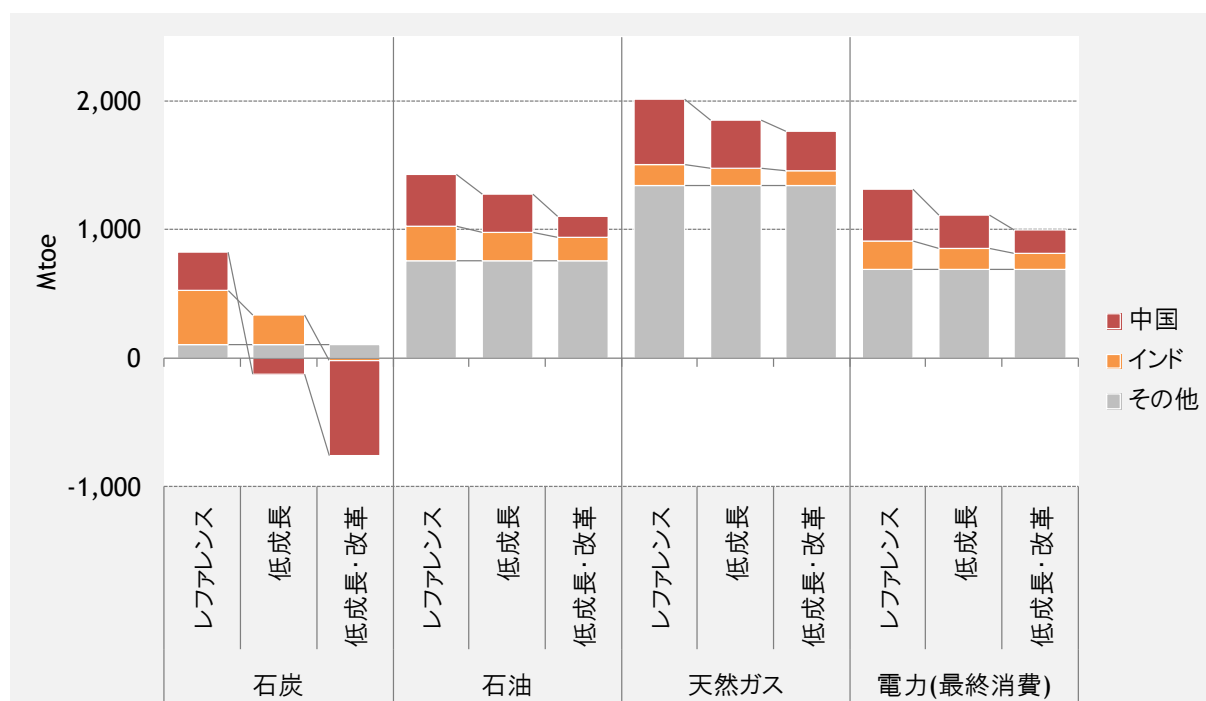
現在、中国は、諸般の課題を抱えている。仮に、それらが大きな問題として顕在化する場合、2020年までの経済成長率がレファレンスケースで見込む年率7.2%から6.0%まで落ち込み、見通し期間を通じてもレファレンスケース比1.6ポイント低い3.9%成長にとどまる状況も想定しうる。レファレンスケースでは2030年代後半に米国を上回ると想定している経済規模(実質GDP)は、この「低成長ケース」の場合、2040年においても米国の7割弱にとどまることになる。経済成長の減速に伴い、エネルギー消費の増分は圧縮され、国際エネルギー需給に対しては緩和要因となる。しかし、社会改革の停滞、投資・輸出偏重の経済構造を保持したままの成長鈍化は、格差の拡大、雇用機会の不足、エネルギー・環境問題解決の先延ばし等につながりかねない。構造改革の推進により、雇用吸収力が高くエネルギー寡消費なサービス業が伸張し、消費主導経済への転換も進み、エネルギーシステムにおいては

省エネルギー・低炭素技術の徹底的な導入がなされれば、同等の低めの成長率の下でも社会的厚生がより高い姿への展望が開かれよう。

ここ数年落ち込んだインド経済は、早々に底を打ち回復軌道に戻る可能性が高い。2040年までの経済成長率も、レファレンスケースにおいては主要国で最も高い年率6.2%を想定している。しかし、海外投資資金の流出、ヨーロッパ経済不振や中国経済減速の長期化、経済・行政改革の停滞等のリスク要因も存在し、これらが成長率を約1ポイント低い5.3%にとどめることも想定しうる。インドの経済規模は、レファレンスケースでは2030年代半ばに日本を上回ると想定しているが、この低成長ケースの場合、2040年においても日本より若干小さい水準となる。

中国・インドの2040年までのエネルギー消費増分は、レファレンスケースでは2,606 Mtoeと、現在の米国・日本2国の消費量を超える膨大な量となる。しかし、両国が低成長下においても社会・エネルギー消費構造の改革に精力的に取り組む「低成長・改革ケース」では、増分は768 Mtoeと71%圧縮される。消費量の変化では両国のエネルギー構成で主幹をなす石炭が最大となるが、国際エネルギー市場への影響という点では両国が輸入依存を高めてゆく石油や天然ガスの消費下振れが持つ意味も大きい。

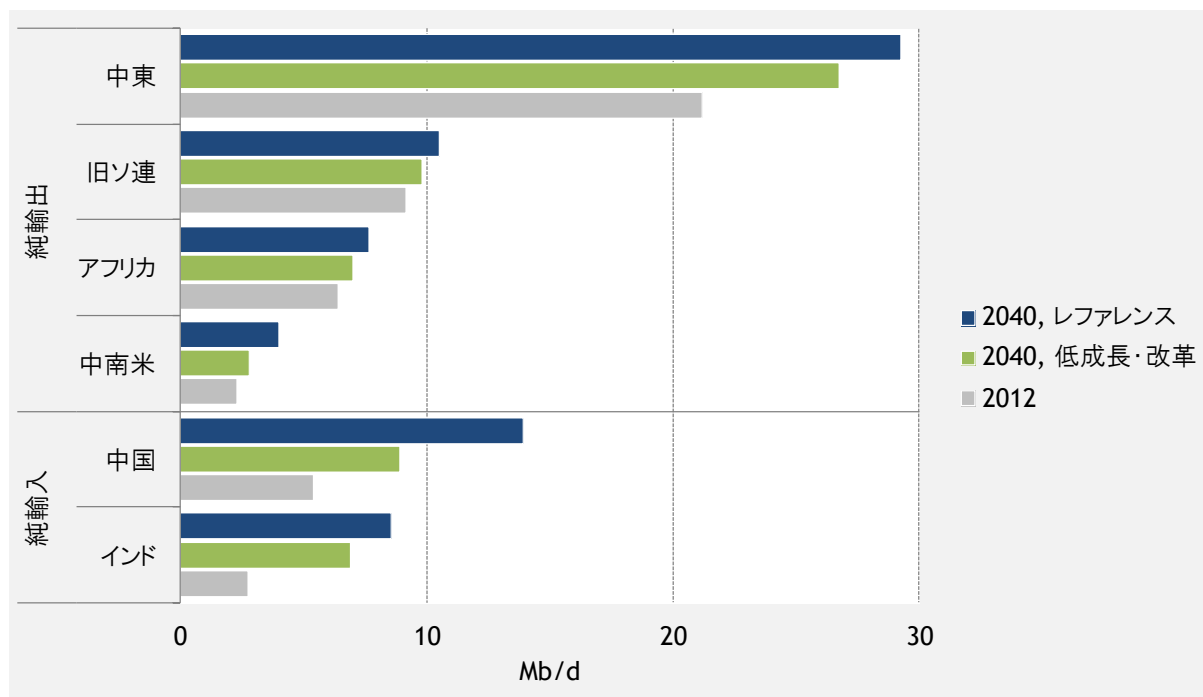
図5 中国・インドのエネルギー消費増分[2012-2040年]



中国・インドは、同じアジアの日本と比べ、石油調達先の多様化が進んでいる。それでも、両国の需要増の鈍化は、中東に顕著な変化をもたらす。2040年において、石油消費増分がレファレンスケース比であわせて6.9 Mb/d抑制される場合、そのうち2.5 Mb/dは中東の減産によって調整され、同地域の純輸出増分の31%が消失する。旧ソ連の純輸出増分は、半分に縮小する。同様に天然ガスにおいても、旧ソ連、中東の純輸出増分は、それぞれ3割圧縮される。結果、中東経済はレファレンスケースに比べ5%程度下押しされ、旧ソ連では同4%程度の下振れとなる。中国・インドを将来の有望な販路と

して期待しているエネルギー供給国・地域は、リスク低減策として輸出先のさらなる多様化と経済の多角化が欠かせない—とりわけ、主要輸出市場であったヨーロッパへの石油・天然ガス輸出拡大が見込めない世界第2の天然ガス資源国にとって。

図6 中国・インドの石油純輸入と主要地域の純輸出



「迂を以て直となし、患を以て利となす」(孫武)

中国・インドのみならず多くの新興国において、高い経済成長は、国民生活の向上、社会の安定、政権求心力の強化等のために強く希求されている。しかしながら、その一方で、高成長優先のあまり、人権尊重、環境保全、遵法精神等が時に軽んじられ、結果として好ましからざる事象が誘発されることもままある。また、急速な経済成長にインフラストラクチャーの整備が追いつかず、エネルギーを含む社会サービスが十分に提供されないことが常態化してしまうこともある。

中国が、政府の画しているような安定的な成長パスへ移行するためには、克服すべき課題が少なくない。しかし、社会を量重視から質重視へ転換できれば、低成長下においても、雇用機会を確保しつつ、エネルギー消費量を削減し、PM_{2.5}の一因でもある硫黄酸化物の発生量を半減させる等、社会発展・資源・環境等の面で持続可能性のより高いシステムへの一歩となる可能性がある。

インドにおいては、インフラストラクチャーの不備が恒常的な問題となっている。電力需要の1割に相当する供給力不足は、2012年には6億人—国民の半分—に影響する大停電を引き起こした。需要が毎年急速に増大していることから、発電所の増強を進めてもなお、問題解消の目途がなかなかつかない。仮に、足元のような経済成長の減速が中期におよんだとしても、インフラ拡充と行政体制効率化を堅持し将来に備えることは、経済発展段階を長期的に引き上げてゆく上で欠かせない。

低成長もこれを奇貨とできるかどうか、である。

低炭素化と気候変動対策 —技術進展ケース—

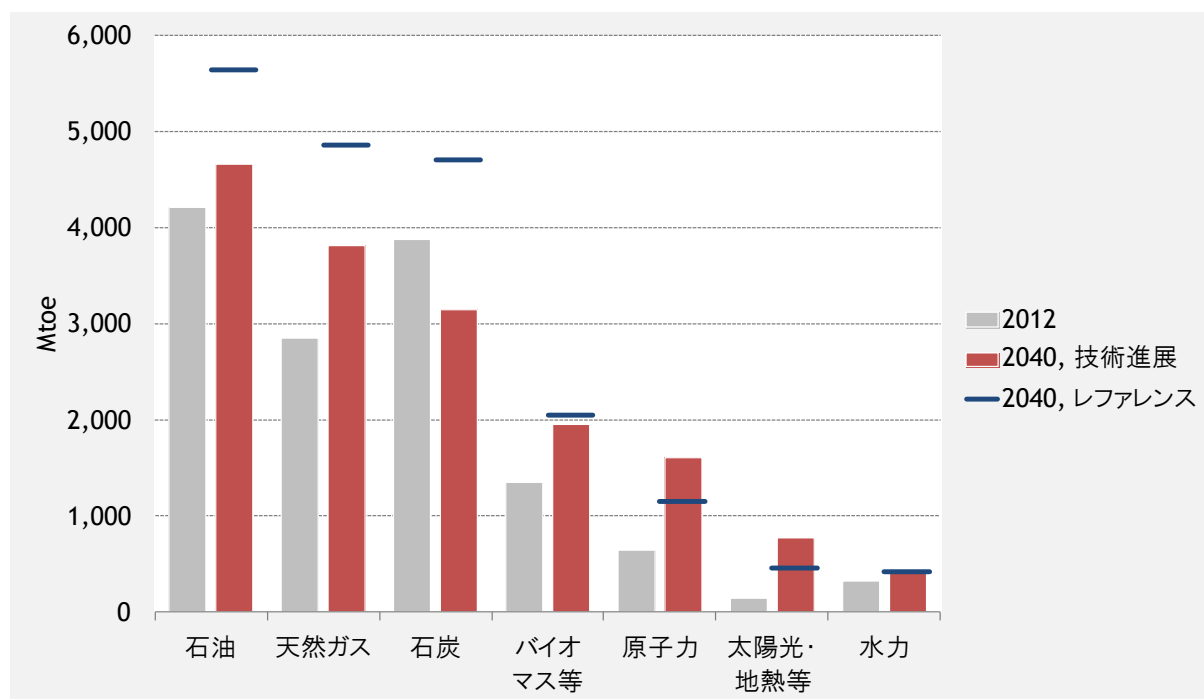
世界大のエネルギー使用効率化で中国1国分の節減

エネルギー安全保障・気候変動対策強化のため、需要・供給両サイドにおけるエネルギー技術の大幅な進展と広範な普及を織り込む「技術進展ケース」では、2040年の世界の一次エネルギー消費は、レファレンスケース比15%少ない16,374 Mtoeまで抑制される。その削減量2,902 Mtoeは、世界最大の消費国である中国の現消費量を上回る。

石炭消費は早々にピークを打つ。2040年には現在を19%も下回り、最も消費が削減されるエネルギー源となる。石油消費は2040年に96.2 Mb/dとなるものの、そのペースは116.5 Mb/dに達するレファレンスケースと比較するとかなり鈍い。その節減量20.3 Mb/dは現在のサウジアラビアとロシアの原油生産量に相当する。天然ガスの2040年の消費量は4.62 Tcmと、今後の増分は半分に圧縮され、レファレンスケース比の節減量1.26 Tcmは現在のロシアと中東の生産量を上回る。

化石燃料が減少、あるいは増加が抑制される一方で、非化石エネルギー、中でも原子力、太陽光・風力等の拡大は勢いをいっそう増す。2040年には発電量に占めるゼロエミッション電源の構成比は、世界平均でも半分、OECDでは3分の2になる。バイオ燃料の利用は運輸部門を中心に増加し、現在のアラブ首長国連邦とカタールの原油生産量を上回る243 Mtoeに達する。一方で、発展途上国の家庭部門で多く見られるバイオマスの素朴な使用は、レファレンスケース比で13%抑制される。

図7 世界のエネルギー消費[技術進展ケース]



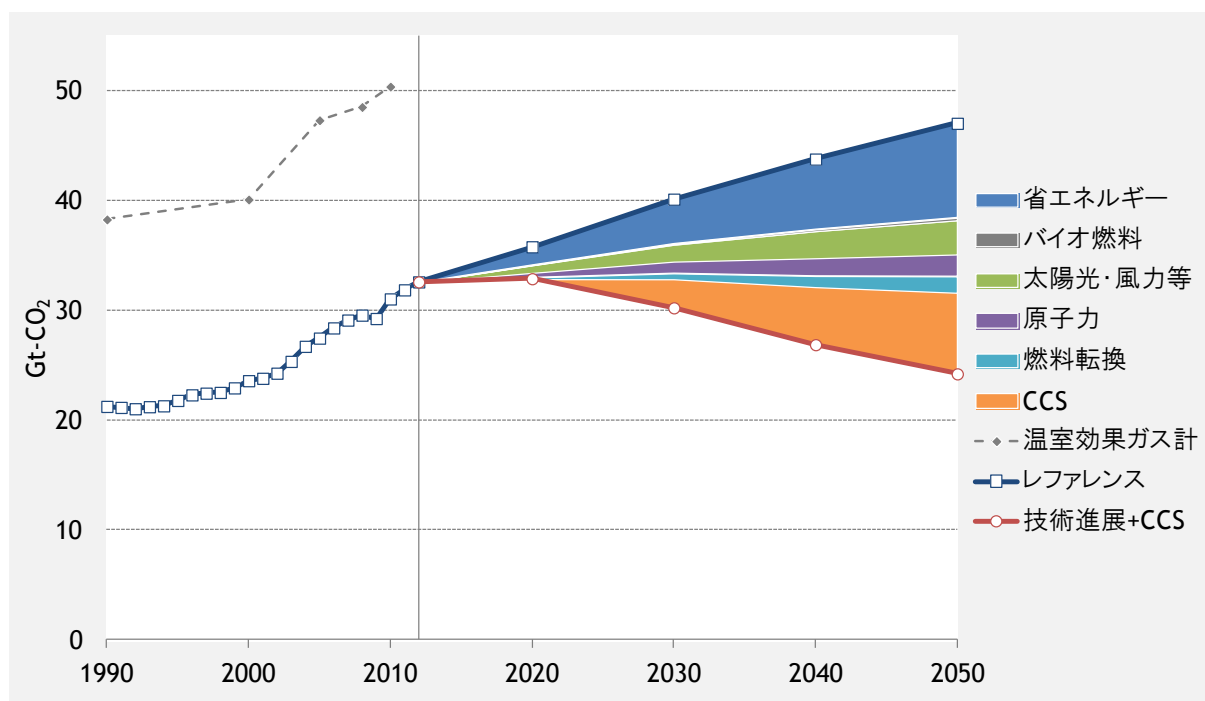
こうした巨大な省エネルギー・低炭素化ポテンシャルを顕在化させるためには、先進的な技術を開発するのみならず、低廉化による経済性の改善、各地域のニーズへのマッチングによる世界大の普及

拡大が必須である。エネルギーが非効率的に使用されている一方で、経済が今後大きく拡大する非OECDとアジアの省エネルギーポテンシャルは、それぞれ世界の3分の2、半分にのぼる。これらの地域が世界のエネルギーシステム変革の鍵を握っている。

温室効果ガス排出半減は、願えばかなうというような目標ではない

世界の温室効果ガス(GHG)排出のうち6割を占めるエネルギー起源二酸化炭素(CO₂)排出は、レファレンスケースではとどまることなく増え続ける。その量は、2050年には2012年より44%多い47.0 Gtに達する。一方、技術進展ケースでは今後は大幅な増加はなく、横ばいから微減で推移する。火力発電や産業部門での二酸化炭素回収・貯留(CCS)による効果を加味すると、排出量は2020年以降に明確な減少に転じ、2050年には24.2 Gt—1990年比14%増、2012年比26%減—まで抑制される。しかしながら、GHG排出量を2050年に現状比半減させるという目標にはほど遠い。

図8 世界のエネルギー起源CO₂排出と対策別削減寄与[技術進展ケース+CCS]



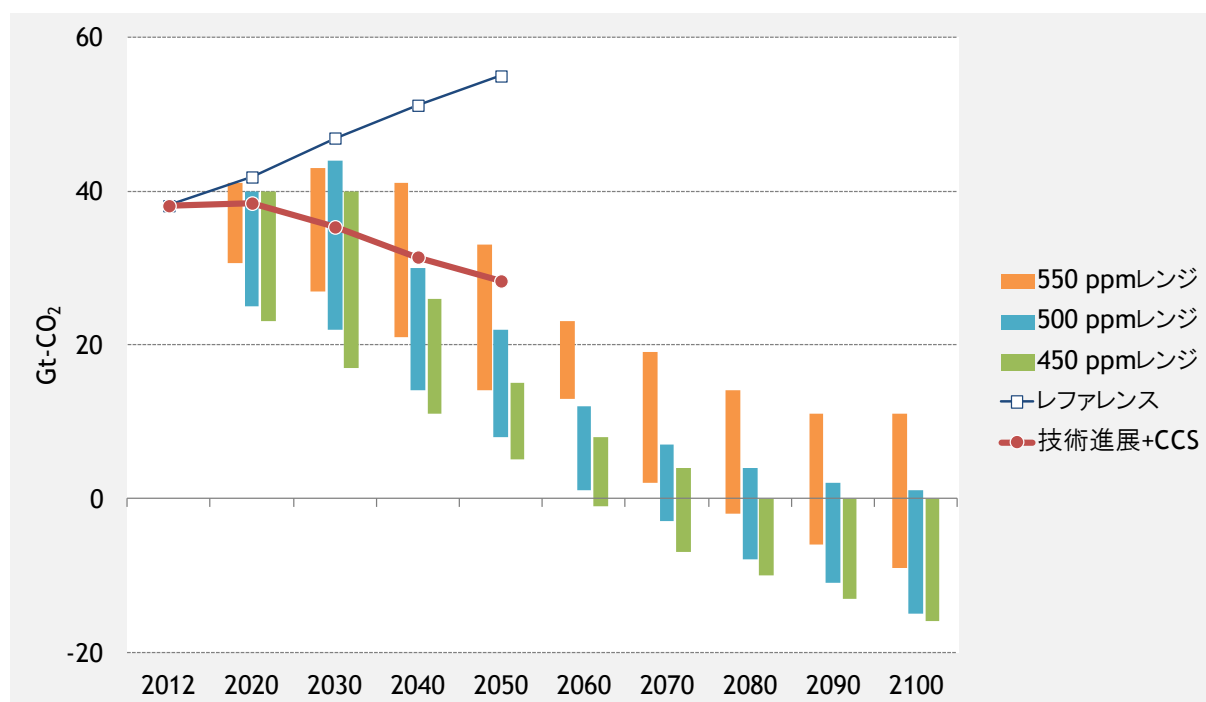
「目的が達成されるまで、人は努めなければならぬ。自分の立てた目的がそのとおりに実現されるのを見よ」(ゴータマ・シッダールタ)

人為起源のGHG排出による気温上昇を産業化前比2°C未満に抑えうる緩和シナリオとしては、2100年に大気中のGHG濃度をCO₂換算約450 ppmとするものがよく知られている。そうした450 ppmシナリオの典型は、今世紀後半におけるCCS付きバイオエネルギー(BECCS)、及び植林の利用と広範な普及に依拠している。しかし、BECCS、植林その他のCO₂除去技術・手段の利用可能性や規模は確かではなく、課題やリスクを多かれ少なかれ抱えている。

2014年4月に公表された気候変動に関する政府間パネル(IPCC)の第5次評価報告書 第3作業部会報告書では、気温上昇を2°C未満に抑えうるものを450 ppmシナリオに限ってはいない。その可能性

が5割前後のものとして、500 ppmシナリオが挙げられたことは、特筆に値する。すなわち、気温上昇が2°C未満であり続ける可能性は、500 ppmシナリオで「オーバーシュート」しない場合でも50%~100%の確率、オーバーシュートする場合でも33%~66%の確率がある。このほか、適切な適応措置を前提に2°Cではなく2.5°Cまでの上昇を許容すれば、550 ppmシナリオ(21世紀中に2.5°Cを下回り続ける確率: 65~80%)も選択肢に入る。技術進展ケース+CCSは、排出経路では550 ppmカテゴリーに、累積排出量では500 ppmカテゴリーに相当する。

図9 世界のCO₂排出と450 ppm、500 ppm及び550 ppmシナリオの排出レンジ



注: エネルギー起源以外のCO₂を含む

出所: IPCC第5次評価報告書(第3作業部会)、UNEP “The Emissions Gap Report 2013”等から作成

450 ppmシナリオに固執すると、国際交渉がいつまでもまとまり難く、主要国間での調整は困難である。結果として、気温上昇抑制の実現がかえって難しくなりかねない。このジレンマから脱するためには、むしろ、500 ppmシナリオ、または550 ppmシナリオで交渉を早期にまとめることが上策である。当面は防災施設の強化や高温に強い農作物への転換等の適応で対応し、並行的にBECCS、二酸化炭素回収・活用(CCU)、宇宙太陽光といった技術開発を進め、時間をかけて2°Cシナリオに戻すということも考えられる。現実的な対応としては、450 ppmシナリオ以外のさまざまなシナリオ・オプションを念頭に置きつつ、気候変動対策を考えてゆく必要がある。

緩和、影響及び適応は相互関連しており、同時に検討されるべきである。緩和費用、気候変動による費用、適応費用の最適バランスを図り、効率的・効果的に気候変動の被害を最小化してゆくことが望ましい。もっとも、緩和費用、気候変動による影響、適応費用は、それらの相関関係が明らかではなく、最適評価が行えるまでに至っていない。この3つの費用—特に適応費用—の研究を急ぎ進める必要があるが、あわせて各国が対応可能なことに最大限の努力をするべきであることは論を俟たない。