

第407回定例研究報告会(2011年10月26日)  
アジア／世界エネルギーアウトルック2011  
—不透明さを増す国際エネルギー情勢とアジアの将来—

ご質問内容と回答

Q1: 今回のアウトルックにおいて、最も可能性が高いと考えられる将来のシナリオはどれか。

A1:

・レファレンスケースと技術進展ケースの相違は、世界各国がどの程度協調して、省エネルギー・低炭素化対策をどの程度着実に進めるかに依存しています。ここで問題となるのは単に二酸化炭素排出量ばかりではなく、各国のエネルギー安全保障・安定供給もそれと同等以上の要因であることを考えると、レファレンスケース程度（従来の延長程度）にしか各国が対策を講じない可能性は少ない、と言えます。しかし最近の国際交渉の動向からもわかるように、今後各国がどの程度までCO<sub>2</sub>削減のためのコミットを行うかは不透明であり、最大限の対策導入を見込んだ技術進展ケース相当の削減が実現されるか否かは、今後の種々の動向に大きく依存する、と言えると思います。

Q2: 昨年のアウトルックと比較して、技術の見方にはどのような変化が加わったか。

A2:

・今回、特に運輸部門において足もとの実績を改めるとともに、モデルの推計方法をより精緻化し、従来と異なる推計を行っています。また、他部門（民生部門・産業部門・発電部門等）においても、下記技術評価モデルの想定（足もと実績値の変化や、GDP、人口等の伸び方を含む）を更新して推計を行っています。但し結果としてみると昨年度の技術導入量の推計結果に比べて際立って大きな違いはなく、原子力以外の技術導入に関しては概ね昨年度と同様の見通しとなっています。

Q3: 今回の試算に用いている「技術評価モデル」とはどのようなものか。

A3:

・当所のアウトルックでは、従来、発電設備や自動車、民生部門の機器等に関して、フロー・ストックの積み上げ方式により効率・省エネルギー量等を推計するモデルを用いています。また、今年度から線形計画法によりコスト最小化を行う技術モデルを用い、フロー・ストックの結果を検証するとともに、投資額の計算等も行っています。

Q4: 「技術進展」は「技術移転」と同義ではないか。であるとすれば、「持続的な発展のため、先進国は環境技術が無償もしくは格安で移転すべきだ」というメッセージになるのか。

A4:

・例えば日本のような技術をもつ国がその技術を生かして産業の海外展開を行うなど、先進国の利益にもなるような形で技術導入もあり得ると考えます。技術進展ケース相当の最大限の技術導入を世界規模で実現するためには、先進国・途上国のどちらかのみが得をし、どちらかが損をするというようなあり方ではなく、全ての国が持続的に発展することのできる仕組みが必要です。そのための制度設計をいかに行い、地球規模での省エネルギー・低炭素化をいかに進めて行くかが、今後益々重要な問題になると考えます。

**Q5: 原子力停滞ケースの前提は、レファレンスケースと比較してどのように相違しているか(特に地域別の設備容量の差、他のエネルギー源への影響)。**

**A5:**

・2035年の世界の原子力発電設備容量は、レファレンスケースでアジア220GW、北米132GW、OECD欧州111GW、旧ソ連・東欧79GW、中南米12GW、中東・アフリカ20GW、計574GW、原子力停滞ケースでアジア190GW、北米129GW、OECD欧州102GW、旧ソ連・東欧65GW、中南米6GW、中東・アフリカ8GW、計500GWとなっています(GW=百万kW)。即ち、日本を含むアジアやロシア等の原子力利用国で、次いで中東等の新設国で下振れする余地が大きいと見ています。北米では、米国で新設が難しくなる場合には寿命延長の動きが進むなど、比較的下振れ余地が少なく、また欧州ではレファレンスケースで既にドイツの原子力全廃を想定するなどかなりの脱原子力進展を想定しているため、レファレンスケースと原子力停滞ケースとの差は小さくなっています。

**Q6: 原子力のコストについて、今回どのように見積もっているか。**

**A6:**

・今回のスライド67で示した投資額の試算では、原子力については建設コストのみを加算しています。これは、原子力発電は燃料費の比率が低く、建設に係る費用負担がコストの大きな部分を占めるためです。但し現在政府で検討されている通り、事故が発生した場合の費用負担や、仮にバックエンド、特に再処理費用が嵩んだ場合の費用負担を考慮すると、原子力にとってより不利に働く可能性もあります。

・現在、多くの国で原子力発電は安価な電源として認識され、政府が推進する理由の一つとなっています。これに対し、日本からどのようなコスト試算結果を示し、どのように発信するかは重要な問題であり、可能な限り客観的かつ正確な評価を行うことが望まれます。

**Q7: 原子力の技術進展ケースでは、前提として建設加速化、設備利用率向上といった点が挙げられているが、これは「技術」というよりも、国の原子力促進「政策」や定期検査等の「制度」の側面が大きいということか。**

**A7:**

・「技術進展ケース」の想定には、新たな技術の「開発」のみではなく、既存の技術の「普及」も含まれます。原子力に関しては、2040年代以降高速増殖炉等の新技術の導入も想定している一方で、仰る通り、その大きな部分は原子力の「普及」のための政策的・制度的

な進展によっています。

**Q8: 高温ガス炉や熔融塩炉などの次世代原子炉は技術進展ケースでは想定されているか。**

**A8:**

・所謂第四世代原子炉については、技術進展ケースにおいて2040年代以降に高速増殖炉の導入を想定していますが、規模の面では2050年時点でもかなりの部分を軽水炉が占め、高速増殖炉の影響は大きくありません。高温ガス炉、熔融塩炉などその他の第四世代原子炉の商業的導入は今回は想定していません。

**Q9: 既存炉の延命政策についてはどのように予測されるか。**

**A9:**

・特に米国において、既設炉の寿命延長を想定しています。米国では、一時期「原子力リネサンス」と言われていた新規建設ラッシュの動きが停滞し、それに代って既設炉を最大限有効利用する方針が伺えます。その一環として40年の寿命を60年、もしくはそれ以上に延長する動きが既に進んでいます。

**Q10: 中東において万一事故もしくはテロが起きた場合には、消費国を含む全世界にとって福島以上の最悪のシナリオとなるのではないか。=日本としてそれをすすめるべきではない。**

**A10:**

・ご指摘の通り、今後中東・アジア等の新規導入国や新興開発国で仮に福島と同程度の事故が発生した場合には、その影響は世界全体にとってははるかに大きなものとなることが想像されます。但し中東の一部の国で原子力新設の動きがかなり進んでおり、当面それを停止する動きが見られないことも事実であり、日本がどのような姿勢を示すかは関係なく、新設が進む可能性が高いと思われます。このような状況にあって、日本は世界の原子力の安全確保のために積極的に貢献すべきであると考えます。

**Q11: 原発なくして環境問題に真に対応できるのか。**

**A11:**

・今回の報告で示した通り、現在見通される技術の最大限の導入を図ったとしても、「2050年に世界全体で半減」という温室効果ガス削減目標を達成することは難しい状況であり、より革新的な技術の導入が不可欠になります。これは、逆に言えば仮に現在考えられていない何らかの新技术が大幅に進む場合には、原子力なしでも目標を達成する可能性もないわけではない、とも言えます。但し、現在ある技術の中で原子力をオプションから外した場合には目標達成はより遠くなるということは事実であり、CO<sub>2</sub>削減そのものの観点からも、技術の選択肢を減らさないという観点からも、少なくとも当面、直ちにこのオプションを捨てるべきではない、とは言えると考えます。

**Q12: 技術進展ケースでは化石燃料消費が減少する見通しとなっているが、一次エネルギー価格への影響はどのようなものか。**

**A12:**

・モデル上、石油需要が減少すると原油価格が低下する、ということはその通りであり、今回のレファレンスケース相当から技術進展ケース相当まで石油需要が減退した場合、2035年の原油価格は120ドル/バレルから80ドル/バレル程度まで低下する、との試算結果となります。但し原油価格は需給のみでない、さまざまな要因を含んで変動するため、必ずしも単純な需給モデルの結果に従ってのみ考慮すべきではない、とも考えられます。また、技術の進展は需要の削減を通じて原油価格に下振れの効果をもたらす反面、例えば炭素価格のような形で消費者サイドでの価格を上昇させる、とも考えられ、逆にそのような効果を考慮するからこそ、「技術進展ケース」で示したような導入を見込むことができる、とも言うことができます。

**Q13: シェールガス等、非在来型天然ガス資源の生産はどの程度と見通されるか。**

**A13:**

・前年のアジア/世界エネルギーアウトルックと同様に、今回のアウトルックにおいても非在来型天然ガスの生産量見通しを明示的には作成しておらず、天然ガス全体の生産量を押し上げる要素として取り扱いました。その際には、IEAやEIAといった機関の見通しも参考にしています。

**Q14: アジア、特に中国・日本において、地域別、在来型／非在来型ガス等の見通しはどのようなものか。これはアジアのエネルギー・バランスにどのような影響を与え、日本としてはどのような対応策をとるべきか。**

**A14:**

・生産量見通しについてはA13で申し上げたとおりですが、日本については、非在来型天然ガスのポテンシャルは見込んでおりません。アジアのエネルギー・バランスに影響を与えるのは、中国もさることながら、豪州や北米の非在来型天然ガスをベースにしたLNG供給です。日本としては、経済合理性が担保できるのであれば、供給源多角化に貢献するこれらのソースを取り込むべきだと思います。

**Q15: 非在来型ガス開発により、石油・ガスの価格差の見通しはどのようなものになるか。LNG価格見通しが原油価格と比較して相対的に下がる見通しとなっている背景は。**

**A15:**

・日本向けLNG価格と原油価格が乖離するという見通しは、在来型・非在来型を問わず、供給力が順調に伸び、それが原油リンクの程度を下げるという想定に基づくものです。

**Q16: 石油・石炭等、今後消費が伸びた際に、供給面から制約がかかるのでは。**

**A16:**

・石炭、石油、天然ガスともに今後さらに需要が拡大を続けていきますが、地下の資源量についてはそれに見合うだけの十分な量が存在していると考えています。問題は、その資源が需要の増加に合わせてタイムリーに開発されていくかどうかであり、この点については、資源国と消費国との間の情報共有や協力関係の強化が必要になってきます。

**Q17: ロシアから東アジア(日中韓)への石油・天然ガス供給についてはどのように見通しているか。また、ロシアのカントリーリスク、特に日本がサハリンから天然ガスを大量に輸入することによるようなリスクがあるか。**

**A17:**

・ロシアからの東アジアに対する石油・天然ガス供給は、特に天然ガスにおいて今後さらに増加していくと考えられます。ロシアは、西欧諸国に対してはこれまで安定的な供給を続けてきており、北東アジアに対しても今後、安定的な供給国としての責任を果たし続けていくと考えます。しかしながら、これはロシアに限ったことではありませんが、特定の供給国に対し過度に依存することはエネルギー安全保障上、望ましいことではありませんので、出来るだけ供給源を分散化するということが同時に考えていく必要があります。

**Q18: 世界の石炭火力発電効率が2009年の34%から2035年の39%まで向上した場合、石炭消費量にどのような影響があるか。また、中国・インドが今後石炭の輸入を急増させた場合、マーケットへの影響はどうか。**

**A18:**

・2009年現在、世界の発電用石炭消費は2,044Mtoe、平均発電効率は34%程度です。これが5%上昇した場合には石炭消費は261Mtoe削減され、これは現在の日本の石炭消費量の約2.6倍に相当します。

・輸入が急増すれば、一時的に供給が不足しますので、言うまでもなく、価格は上昇します。この急増が一時的なものであれば、その後、価格はもとへ戻るでしょうし、そのまま持続するのであれば、供給が需要に追いつくまで、高騰は続くことになるでしょう。

・中国とインドの石炭輸入は、一般炭、原料炭共に、今後、増加することが見込まれます。もちろん、この輸入増に対して供給はなされるのですが、問題は、輸入が安定的に増加すればよいのですが、問題は輸入量が増減することです。特に、中国の輸入量は、国内炭価格とアジア市場価格により、輸入量が大きく増減しております。すなわち、国内価格の方が高ければ輸入が増加し、安ければ減少します。このため、近年、中国の動向がマーケットを左右する要因の一つとなっています。

**Q20: メタンハイドレートの開発をどう位置づけているか。**

**A20:**

・メタンハイドレートは日本近海にも豊富な資源が存在し、現在その開発に向けた取り組み

みが進められていますが、現時点ではまだ将来的に商業開発が可能かどうかは不確実であるため、本アウトLOOKにおいては供給源の一つとは位置付けておりません。

**Q21: LPGの取り扱いはどうか。**

**A21:**

・LPGはIEAのエネルギー・バランス表上、「石油製品」の一部とされており、今回のアウトLOOKでは「石油製品」は「原油等」と合せて「石油」としています。従って「石油」の最終需要の一部としてLPGが含まれています。世界のLPGの最終消費量は1980年の石油換算1.2億トンから2009年には2.4億トンと2倍に増加しており、今後2035年に向けてアジアを中心に、1.5倍程度まで拡大する見込みです（レファレンスケース）。

**Q22: 省エネ(特に途上国)の効果として、具体的にどの程度を見込んでいるのか(例えば中国のエネルギー効率が日本並になる、というような)。**

**A22:**

・技術進展ケースにおいては、産業部門・民生部門では、途上国を含め各国のエネルギー効率が2035年頃までに現在の最高水準に近づくと見込んでいます。また運輸部門では、新車販売による次世代車のシェアが拡大するとともに、技術開発により燃費が過去のトレンドを超えて改善すると見込んでいます。発電部門においては、高効率の石炭火力・天然ガス火力発電が今後急速に普及する（新設時の普及率が現状から徐々に上昇してゆく）想定としています。特に運輸・発電部門等では現在先進国でも大量に普及はしていない電気自動車やIGCC等が一定程度導入されると想定しており、従って部分的には、途上国のエネルギー効率は長期的には現在の日本や先進国の水準を超えて改善する想定となっています。

**Q23: 技術によるCO<sub>2</sub>削減のうち、「省エネルギー」の中の内訳はどうなっているか。(CCSのシェア、CCS以外の項目とシェア)。**

**A23:**

・CCSについては省エネとは別途推計しており、スライド56及び109に示す通り、2030年代以降導入が進み、2050年の低炭素化のためには欠かせないものとなる見通しています。  
・産業、民生、運輸、エネルギー転換等各部門の効率改善によるエネルギー消費量減少の内訳については、今回明示的に示してはいません。削減量のみでなく、そのコストを含め部門ごと、技術ごとに整合的に示すことは重要な検討課題と認識しており、次年度以降の課題とさせていただければ幸いです。

**Q24: 再生可能エネルギー導入の系統対策について、具体的にどのような内容を想定しているか。**

**A24:**

・系統対策としては、揚水・蓄電池等の蓄電能力向上の他に、送配電網の連系・強化、需

要・発電量予測、系統運用の改善、需要応答等が含まれます。特に電力需要の進展する途上国においては、新たに建設される電力網をより高性能のものとするのが重要になると考えられます。

**Q25: 石炭ガス化+CCSによる水素ガス発生や再生可能エネルギー発電による水素製造など、水素ガス利用については想定を行っているか。**

**A25:**

・今回の見通しでは、主にインフラ投資等のハードルの高さにより、水素エネルギーの利用は比較的遅く、従属的なものに止まると想定しています。代替的なシナリオとして先進国を中心に「水素社会」が実現するシナリオも考えることができ、そのためのコストとベネフィット、実現に向けた障害等を評価することは有益な分析であり得ると考えています。これについては、今後の課題の一つであると認識しています。

**Q26: 長期的(2050年まで)に、原子力の代替として天然ガスか、再生可能エネルギーか、どちらが重要となるか。**

**A26:**

・再生可能エネルギーの利用は今後世界規模で拡大する見通しですが、その導入速度を決めるものはコスト及び立地・系統等の制約条件であり、原子力の有無にかかわらずにその最大限まで導入が進むものと考えられます。その意味では、原子力の停滞によってまず直接に影響を受けるのは火力であり、途上国も含めればそこには天然ガス・石炭双方が含まれるものと考えられます。一方で、特に先進国で低炭素化（脱火力）が進み、原子力と再生可能とが「競合」するような状況になった場合には、原子力の減少分を再生可能が補うということも考えられます。

**Q27: 産油国に集まる資金は世界にきちんと還流されるのか。経済システムとして持続可能なのか。**

**A27:**

・中東諸国では資金は多くインフラ投資等に用いられており、必ずしも世界全体に全てが還流されているわけではない、そのために原油価格が極度に上昇した場合には世界の経済は悪影響を受ける、と考えられます。但し、原油価格が上昇を続ける場合には世界経済への悪影響も継続しますが、それは必ずしも持続的なものではなく、最終的にはどこかの時点で価格は適正な水準に向うと思われれます。

・むしろ、経済システムよりもエネルギー消費（資源埋蔵量）及び地球環境問題の観点から、今後化石燃料の消費の急速な拡大を長期にわたって継続させた場合には世界が持続的に成長を続けることが不可能となる可能性が高い、と考えます。

**Q28: 中国・インドのGDP当りの二酸化炭素排出量についてはどのような見通しとなるか。**

**A28:**

・中国及びインドのGDP当り二酸化炭素排出量の将来推計については、スライド85及び98に記載していますのでご参照ください。レファレンスケースでも過去のトレンドに沿って、それなりに原単位の改善が見られる見通しとなっています。

**Q29: 中国の粗鋼生産のピークは何年か。また、その後に急速に減少すると考えた理由は何か。**

**A29:**

・スライド74に示しました通り、中国の粗鋼生産量はごく近い将来にピークを迎え、その後減退すると想定しています。これは、中国では既にインフラの整備がある程度飽和に達しているとともに、過去の実績値の分析からも、2000年以降の急速な生産量増加は一種の「過熱」状態であると評価され、それが将来に向けて是正されると想定していることによります。これは中国・エネルギー研究所等の見解とも一致しています。

**Q30: 中国の自動車保有台数は2011年に1億台に達したが、これは見通しには織り込まれているか。**

**A30:**

・中国の自動車保有台数は急速な勢いで増加しており、今年（2011年）には1億台に達した、という統計が示されています。このうち約1,000万台は農業用輸送車であり、当所アウトLOOKの推計する「自動車保有台数」はこれを除いたものを計上しているため、2011年に9,000万台程度となっています。

・中国の自動車保有台数は今後も増加を続け、現在の9,000万台から2020年には1億8,000万台、2035年には3億2,000万台に達すると見込んでいます。

**Q31: 日本の状況について、より精細に研究すべきでは。**

**A31:**

・日本のエネルギー需給については、震災以来多くの研究報告を公表しておりますので、当所HPをご覧ください。また年末には定例の日本の短期エネルギー需給見通しを公表する予定としています。ご参考になれば幸いです。

**Q32: 特に日本において、節電に対する発電量変化をどの程度見込んでいるか。（付表からは、それほど見込んでいないが、一方でCO<sub>2</sub>削減の内訳では省エネにかなりの削減を期待しているように見える）。**

**A32:**

・今夏の電力ピーク対応のために行われた節電は、そのかなりの部分が企業等の例外的な努力によってなされたものであり、産業維持の観点からも、長期にわたって持続的になされるものではありません。一方で、トップランナー制度による機器の効率改善やLEDの普及等により、長期的に省エネルギーは進んでゆくと想定しています。但し高齢化やライフ



マイルの変化等に伴いエネルギー消費の電力化が従来に増して進むものと見通され、また自家発電やコージェネレーションの拡大もあり、差し引きでトータルの電力需要は緩やかに増加する結果となっています。

・今回、付表47に示した「原子力維持ケース」は、原子力・再生可能エネルギー双方を利用した上で、機器効率改善等も進んでCO<sub>2</sub>排出量を長期にわたり大きく削減してゆくケースです。それに対し、付表48「原子力後退ケース①」は省エネ等が過去の延長程度以上には進まず、原子力も減退してゆくケースで、ここでは電力需要は大幅に増加することとなっています。付表49「原子力後退ケース②」は脱原子力依存を進める一方で、省エネ・再生可能エネルギーの導入等が急速に進展するケースとなっています。

**Q33: 日本では原子力発電が減少する中で、どのエネルギーが代替供給すると見ているか。省エネルギーも進展するのか。**

**A33:**

・日本の将来のエネルギーミックスについては現在、政府の「基本問題委員会」等で審議中であり、その結果を待って再度評価すべきものと考えますが、基本的には可能な限り節電及び再生可能エネルギーの導入を進め、それで対処できない部分については火力で補うことになると考えられます。今回示した「原子力後退ケース②」では、省エネ・再生可能エネルギー導入が従来のエネルギー基本計画を更に超えて進展する一方で、火力発電も増加し、その分CO<sub>2</sub>排出量も若干増加する姿としています。

**Q34: 現在行われている日本のエネルギー政策について、今回のアウトルックを踏まえ、直接的な提言はあるか(CO<sub>2</sub>削減の中期目標、エネルギーミックスの比率など)。**

**A34:**

・報告資料のスライド114に示しました通り、まず原子力については、今後アジアを中心に世界の原子力発電設備が大量に建設される中、日本が福島事故の経験を踏まえ世界レベルでの安全確保に貢献することが重要である、と考えます。また、エネルギー安全保障、地球温暖化対策といった従来の問題のあり方自体が変化したわけでは決してなく、従ってアジア諸国との協調を含めセキュリティ確保に努めるべきこと、また日本が優位に立つ「技術」において今後も世界を主導すべく基盤強化を行うべきこと、などを提言としています。

・CO<sub>2</sub>排出量の中期目標（2020年までの削減目標）については直接的な提言はしていませんが、今回の試算に見られるような世界全体の動き（大排出国を含むさまざまな地域でどの程度CO<sub>2</sub>排出量増大が見込まれ、どの程度の削減が実際に可能か）を客観的に見た上で、日本にとって現実的な政策を考えるべきものと思います。また、「世界全体でCO<sub>2</sub>を半減」という目標が決して容易なものでない以上、「削減(Mitigation)」のみでなく、「適応(Adaptation)」についても大きな優先度をもって早期に検討を進めることが必要である、と考えられます。

・エネルギーのベストミックスについても、世界でエネルギー需要が高まる中、3E+Sの課題をどう解決するかを、広域・長期の視野に立って考える必要があります。本試算の結果がそのような評価を行うための一助となれば、と考えています。