

アジア／世界エネルギーアウトルック2009

—アジアのエネルギー・環境問題とその解決に向けた技術の役割—

(財)日本エネルギー経済研究所

【報告要旨】

本報告は、アジアを中心とする新興国の経済発展など世界経済の新たな潮流や、国際エネルギー情勢の変化と技術の動向を踏まえた上で、2035年という長期的視野でアジアと世界のエネルギー需給を分析したものである。現在、地球温暖化対策の強化、エネルギー安定供給を確保する上で、低炭素技術の果たす役割がより一層拡大することが期待されている。そこで、これまでの趨勢と現行のエネルギー・環境政策等を織り込んだ「レファレンスケース」に加え、「技術進展ケース」として、技術の国際移転の促進等を背景に、先進的な低炭素技術の普及が世界各国でより一層拡大した場合、世界のエネルギー需給とそれに伴う二酸化炭素排出量がどのように変化するかを詳細に分析し評価を行なった。

【主要な結論】

今後、中国やインド等のアジア途上国では旺盛な経済成長により、石油など化石燃料需要が急増し、石油輸入依存度が上昇すると共に、CO₂排出量が大幅に増加する。これを踏まえアジアでは、エネルギーのベストミックス(化石燃料の効率的利用、エネルギー源の分散化)、石油やガス資源の確保、技術移転による地球温暖化対策の強化が重要な課題となる。日本は国内対策強化による自国のCO₂排出量削減を徹底するとともに、優れた省エネ技術、環境技術のアジア諸国への移転、積極的活用により、地球規模での温暖化対策の強化やエネルギー安全保障問題の解決に貢献すると同時に、アジア諸国の持続可能な経済成長に一体的に協力することが重要となる。

- 世界の一次エネルギー消費(レファレンスケース)は2007年の石油換算111億トンから2035年には169億トンへと拡大する。その増加量の79%を化石燃料が占め、化石燃料は今後も主要エネルギー源としての重要性は変わらない。
- 世界のCO₂排出量(レファレンスケース)は2007年288億トンから2020年339億トン(1990年比60%増)、2035年415億トン(同96%増)に増加。ポスト京都議定書の議論の中心にある2020年には、先進国のCO₂排出量は2007年から3億トン増加(同19%増)、途上国では49億トン増加(同108%増、先進国増分の16倍)し、途上国での削減対策強化が急務となる。
- 世界各国で低炭素技術の普及がより一層拡大した場合、世界のCO₂排出量は2026年にピークアウトし、アジアのCO₂排出量も2030年にピークアウトする。
- 中国においても、技術移転促進等を背景に先端技術が導入された場合、一次エネルギー消費は2033年にピークアウトし、CO₂排出量も二酸化炭素回収貯留技術(CCS)を考慮しない場合は2030年に、CCSを考慮した場合は2025年にピークアウトする。
- 低炭素技術の普及拡大により、レファレンスケースに比較して2035年の世界のCO₂排出量は123億トン減少(30%減)する(同削減量は日本の約10倍の排出量に相当)。このCO₂削減量123億トンのうち、先進国で42億トン、途上国で81億トン削減され、途上国での削減量は先進国の約2倍に達する。アジアでの削減量は68億トンに達し、世界の総削減量の約6割を占め、アジアにおけるCO₂削減ポテンシャルは極めて大きく、同地域への技術移転、技術協力が重要となる。
- 省エネ、原子力、再生可能エネルギー、燃料転換、CCSがエネルギー需給の低炭素化に

に向けた中心的役割を担う。各技術のCO₂削減の寄与度をみると、2035年の世界のCO₂削減量123億トンのうち、省エネが57億トン(総削減量に占める割合:46%)、原子力が13億トン(同10%)、再生可能エネルギーが12億トン(同10%)、燃料転換が15億トン(同12%)、CCSが26億トン(同21%)の削減に貢献する。

【主な前提条件】

●経済成長

世界：米国のサブプライム問題を発端に、世界の経済成長は鈍化したが、徐々に各国の経済対策の効果が現れ、中長期的には巡航速度での成長を維持する。2007年から2035年まで世界経済は年率2.8%で成長する。

アジア：アジア(日本を除く)の経済成長率は4.9%となり、世界経済の牽引役となる。とりわけ中国は5.6%、インドは6.1%で成長し、両国は世界経済の中でのプレゼンスを拡大する。

●人口

世界人口は2007年の66億人から2035年には85億人に増加。アジアでは中国が14.6億人、インドが15.3億人に達し、アジア全体では45億人と世界人口の53%を占める。

●原油価格

原油価格(日本の輸入CIF価格、2008年実質価格)は2008年の103ドル/バレルから、2020年に95ドル、2030年109ドル、2035年117ドルへと推移する(原油価格は幅を持って想定しており、2020年には90～110ドル程度、2035年には110～130ドル程度で推移すると想定し、モデル分析の前提としてはそのおおよその中間値を採用している)。

●ケース設定

分析の基準となる「レファレンスケース」では、現時点で具体的な対応策が実際に盛り込まれるなど、確度の高い政策や技術展開を想定したケース設定とし、「技術進展ケース」では、エネルギー安全保障・地球温暖化対策の一層の強化に対応して技術開発の加速化、革新的技術の普及が世界で大きく進展するものと想定した。

【主な試算結果】(レファレンスケース)

●世界

一次エネルギー消費

世界の一次エネルギー消費は2035年まで年率1.5%の増加が見込まれ、2007年の111億トン(石油換算トン、以下同様)から2035年には169億トンへ増加する。同消費量に占める化石燃料のシェアは2007年の89%から2035年の86%へ推移し、2035年までの一次エネルギー消費増加量の79%を化石燃料が占め、化石燃料は今後も主要エネルギー源としての役割を担う。

石油需要は2007年の8,500万B/Dから2035年には1億1,300万B/Dへ2,800万B/D増加する(年率1.0%の増加)。ただし先進国では年率マイナス0.3%で減少し、途上国では年率2.4%で増加する。天然ガス需要は年率2.1%で2007年のLNG換算20億トンから2035年には36億トンへ拡大する。石炭需要は年率1.2%で増加し、2007年の46億トン(石炭換算トン、1石炭換算トン=0.7石油換算トン)から2035年には64億トンへと拡大する。

再生可能エネルギー(太陽光、風力発電等)

世界の太陽光発電の設備量は、2008年の1,500万kWから2035年には2億4,200万kWへ増加し、2008年比16倍まで急増する。世界の風力発電設備量は2008年の1億2,100万kWから2035年には6億200万kWまで増加し、2008年比5倍まで拡大する。ただし、世界の発電量に占める

太陽光、風力発電の比率は合計で、2007年0.9%、2035年でも3.6%である。また、世界の一次エネルギー消費に占める再生可能エネルギー(水力除く)の比率は、2007年の2.9%から2035年には5.4%に増加する。

原子力

世界の原子力発電設備量は2007年の3億9,200万kWから2035年に6億200万kWへ増加する。世界の発電量に占める原子力の比率は2007年14%から2035年12%へ推移する。

●アジア

一次エネルギー消費

アジアの一次エネルギー消費は年率2.5%の増加が見込まれ、2035年までの世界の一次エネルギー消費増加量の61%をアジアが占める。アジアにおいても増加量の82%を化石燃料が占め、そのうち33%が石炭、27%が石油、22%が天然ガスである。特に石炭消費量の増加が著しく、世界の石炭消費増加量のうち90%はアジアによる。

石油需給

アジアでは工業化、モータリゼーションの進展を背景に石油需要が増加する一方、域内の石油生産が伸びないため、アジアの石油純輸入量は2007年の7.3億トン(1,500万バレル/日)から2035年に17億トン(3,500万バレル/日)へ拡大し、輸入依存度も67%から84%へ上昇する。

電力化の進展と電力供給

アジアでは所得水準の向上、都市化の進展等に伴い電力化が進み、今後28年間で電力消費は2.5倍に急増する。これに対する電源は、資源が豊富で経済性に優れた石炭火力が中心となる(発電シェア57%)。発電効率がよく環境に適合した天然ガス火力も着実に拡大し、発電量ベースのシェアは2007年の13%から2035年に17%に増加する。アジアでは原子力も急速に拡大し、世界の原子力設備容量の増加量2億1,000万kWのうち1億3,700万kWがアジアで建設される。

モータリゼーションの進展

アジアの途上国では、所得水準の向上によりモータリゼーションが一層進展し、アジアの自動車保有台数は2007年の2.0億台から2035年には6.2億台へ増加する。クリーンエネルギー自動車普及や燃費効率向上が進展するが、他部門での消費増もあり、アジアの石油消費は2007年の2,260万B/Dから2035年には4,220万B/Dに倍増する。

●CO₂排出量

化石燃料消費の増大に伴い、世界のCO₂排出量は2007年の288億トン(二酸化炭素換算)から、2020年339億トン(1990年比60%増)、2035年には415億トン(同96%増)へ増加する。アジアのCO₂排出量は2007年の107億トンから2035年には191億トンへ1.8倍に増加する。アジアは世界全体の増加量の66%を占め、中国だけで世界の増分の約3割を占める。

ポスト京都議定書の議論の中心にある2020年にかけて、先進国のCO₂排出量は2007年から3億トン増加(1990年比19%増)する一方、途上国では49億トン増加(同108%増、先進国増分の16倍)し、途上国での排出削減対策強化が急務となる。

【主な試算結果】(技術進展ケース)

●世界における技術進展のインパクト

技術進展ケースでは、エネルギー安定供給確保、温暖化対策の強化や、技術の国際協力や国際移転の促進を背景に、革新的技術の普及が世界で一層拡大する。具体的には、産業

プロセス効率向上、家電の省エネ強化や、次世代自動車、バイオ燃料、クリーンコール技術、再生可能エネルギー、原子力、CO₂回収貯留技術(CCS)の導入拡大等を想定する。これらの技術進展・普及は、日本など省エネ先進国の技術・制度設計等の面における国際協力が機能すれば、実現可能な長期目標として位置づけられる。

世界：技術進展ケースでは、2035年の世界の一次エネルギー消費はレファレンスケースよりも石油換算23億トン減少(14%減)する(同省エネ量は日本の総エネルギー消費(5億トン)の約4倍に相当)。この省エネ量23億トンのうち、先進国が7億トン、途上国が16億トンを占め、途上国での省エネ量は先進国の2倍以上に達する。また2035年の非化石エネルギーのシェアは、レファレンスケースの15%から技術進展ケースでは21%へ増加する。

アジア：2035年のアジアの一次エネルギー消費はレファレンスケースよりも13億トン減少(19%減)する(同省エネ量は日本の総エネルギー消費の約2倍に相当)。アジアの省エネ量13億トンは、世界の省エネ量23億トンの約6割を占め、アジアの省エネポテンシャルは極めて大きい。2035年の非化石エネルギーのシェアは、レファレンスケースの12%から技術進展ケースでは19%へ増加する。

●CO₂排出量へのインパクト

世界：エネルギー・環境技術の一層の進展により、世界のCO₂排出量は2005年から2020年で34億トン(2005年比13%増)増えるが、2026年にはピークアウトする。2035年の世界のCO₂排出量は123億トン減少(30%減)する(同削減量は日本の約10倍の排出量に相当)。CO₂削減量123億トンのうち、先進国で42億トン、途上国で81億トン削減され、途上国での削減量は先進国の約2倍に達する。アジアでの削減量は68億トンに達し、世界の総削減量の55%を占め、アジアのCO₂削減ポテンシャルは極めて大きい。

アジア：アジアのCO₂排出量も、技術の進展により2030年にピークアウトする。そして、2035年のアジアのCO₂排出量は68億トン減少(36%減)する(同削減量は日本の約6倍の排出量に相当)。このCO₂削減量68億トンのうち、中国で41億トン、インドで15億トン、他アジアで14億トン削減される。

技術の役割：CO₂排出量削減をもたらすのは、様々な先進技術を総合した効果であり、全てのオプションが重要である。2035年の世界のCO₂削減量123億トンのうち、省エネが57億トン(総削減量に占める割合:46%)、原子力が13億トン(同10%)、再生可能エネルギーが12億トン(同10%)、燃料転換が15億トン(同12%)、CO₂回収貯留技術(CCS)が26億トン(同21%)の削減に貢献する。また2035年のアジアの削減量68億トンのうち、省エネが36億トン(同53%)、原子力が7億トン(同10%)、再生可能エネルギーが6億トン(同9%)、燃料転換が8億トン(同12%)、CCSが11億トン(同16%)の削減に寄与する。省エネ、原子力、再生可能エネルギー、燃料転換、CCSがエネルギー需給の低炭素化に向けた中核的役割を担う。

【主な試算結果】(中国、インド)

●中国

中国は投資・輸出中心から国内消費中心の経済成長へ移行し、経済成長率を年率5.6%と想定。一次エネルギー消費は年率2.4%で2007年の石油換算17.7億トンから2035年には34.5億トンに増加し、世界全体の21%を占める。2035年に中国のエネルギー消費は日本の7倍、CO₂の排出量は8倍になり、いずれも世界第1位となる。

石油：石油需要は急速なモータリゼーションの進展で2007年の740万B/Dから、2035年には1,880万B/Dに達する。国内石油生産の増大が見込めないことから、石油の輸入依存度は2007

年の48%から2035年には79%へと上昇する。

石炭：石炭需要は発電用を中心に増大し、2007年の石油換算12.9億トンから2035年には18.3億トンに拡大する。一次エネルギーに占めるシェアは現在の73%から53%へと低下するものの依然として最大のエネルギー源である。鉄鋼生産量は2007年の4.9億トンから近い将来ピークを迎え、その後2035年にかけて4億トン弱まで減少する。この結果、産業用の石炭消費量は徐々に減少する。

技術進展ケース：省エネ先進国からの技術移転等を通じた先端技術の導入により、中国の一次エネルギー消費量は2033年にピークアウトし、2035年でレファレンスケースに比較して石油換算8億トン(23%減)の省エネが実現する。中国のCO₂排出量は、省エネや原子力など非化石エネルギーの導入拡大により、CCSを考慮しない場合は2030年に、CCSを考慮した場合は2025年にピークアウトする。2035年でレファレンスケースに比較して、CCSを考慮しない場合34億トン(35%減)のCO₂削減が実現する(CCSを考慮した場合40億トン削減(41%減))。

●インド

インド経済は労働人口の増加等を背景に年率6.1%での持続的成長を遂げる。一次エネルギー消費は年率3.7%と中国を上回る伸び率で増加、2007年の石油換算4.3億トンから2035年には12.1億トンと約3倍に増加する。

石油：石油需要は2007年の290万B/Dから2035年には700万B/Dに増加するが、石油生産は大幅な増加が期待できないことから、石油の輸入依存度は2007年の69%から2035年には86%へ大きく上昇する。

天然ガス：天然ガス需要は年率5.7%と大きな伸び率を示し、2007年の石油換算0.3億トンから2035年には1.6億トンへと拡大する。

石炭：石炭需要は発電用を中心に年率3.4%の伸びを示し、2007年の石油換算2.4億トンから2035年には6.1億トンへと2倍以上に拡大し、依然として最大のエネルギー供給源(51%)である。今後は輸入炭への依存も増すことから、アジア各国で石炭需要が増大する中で輸入ソースの確保が課題となる。

技術進展ケース：先進的な省エネ技術等の導入拡大により、インドの一次エネルギー消費量は2035年でレファレンスケースに比較して石油換算3億トン(25%減)の省エネが実現する。またインドの技術進展ケースのCO₂排出量は、CCSを考慮した場合、2034年にピークアウトし、2035年に14億トン(42%減)の削減が実現する。

【インプリケーション】

■技術移転等を通じた地球環境問題への対応

中国やインド等のアジア途上国におけるCO₂排出量の急速な増加を見れば、これらアジア諸国への先進的な省エネ技術の国際移転による環境負荷の削減が、アジア全体での費用対効果の面からみても、アジアの環境問題改善に貢献することは明らかである。日本は、国内対策強化による自国のCO₂排出量削減を徹底するとともに、優れた省エネ技術のアジア諸国への移転、積極的活用により、地球規模での温暖化対策に貢献すると同時に、アジア諸国の持続的な経済成長に一体的に協力することが重要となる。

■エネルギー安定供給の確保

アジアでは石油需要が急増し、石油輸入依存度がさらに上昇する中で、エネルギー安定供給の確保が重要な課題となる。短期的供給途絶への対策としての緊急時対応体制の構築・強化、柔軟な需給対応を可能にする国際石油市場の整備・機能強化と透明性確保、石油供

給源として一層重要性を増す中東産油国との関係強化や、各国での自助的な国内対策が重要である。一方で、一国の過度な利益追求が域内のエネルギーセキュリティを損なう可能性もある。アジア各国は、エネルギー消費国としての利害を共有しており、地域全体の問題として取り組むことが重要となる。

■エネルギーベストミックス達成に向けての課題

化石燃料の安定供給確保、有効利用

化石資源は究極的に有限であり、その消費に伴い温室効果ガスを排出する。しかし経済合理性、現実性、革新的技術の商業化までのリードタイムを考慮すれば、化石燃料の有効活用を図ることが重要である。化石燃料の安定供給確保を図ると共に、クリーンで高効率な形態で利用することが、エネルギー安全保障、環境保全、経済性の観点から不可欠となる。

【石油】アジア域内では大幅な増産が見込めず、輸入依存度は2035年に84%に上昇する。石油消費の増加量の約5割が資源量とコスト競争力のある中東OPECにより供給される。需要増に見合う生産能力拡大への投資を着実に実行することが国際石油市場安定化の鍵を握る。また消費サイドでは、中長期的に本格的な実用化が見込まれるクリーンエネルギー自動車の導入により、石油の有効利用を図ることも重要な課題となる。

【天然ガス】発電、民生部門での燃料転換によりガス需要が増加する一方、アジア域内のガス生産が頭打ちになり、LNG需要やロシア・中央アジア等からのパイプライン需要が拡大する。石油と同様、生産能力、輸送能力拡大への円滑な投資が需給安定化の鍵となる。

【石炭】安価な石炭は、発電用を中心に需要が拡大するものと見られ、地球温暖化対策上、高効率石炭火力発電や、CCS等のクリーンコールテクノロジーの開発・導入が急務となる。

原子力：エネルギー需要の急増によってエネルギー安全保障確保がより重要となるアジアでは、原子力の役割は大きい。温暖化対策としても重要な原子力を安定的、中核的な供給源として、安全利用技術とともに導入拡大を図ることが重要である。

再生可能エネルギー等の技術開発：風力発電や太陽光発電は、地球温暖化対策の中でも重要なオプションとして位置付けられる。バイオ燃料の導入も、自動車の燃費効率の向上と並んで、輸送部門におけるCO₂排出削減対策として期待される。実効性が高く効率的な普及支援制度の強化や、技術革新を支援する政策の導入を通し、さらなる拡大を図る必要がある。またエネルギー安全保障確保と地球温暖化対策強化に資する技術開発に際して、時間軸を考慮することが重要となる。2020年頃を展望する場合、技術開発の進歩やエネルギー需給構造の大幅な変化は限定的となる。一方、現在の技術開発の成果や需給構造の変化は、2030年付近に実現すると考えられるため、2030年以降の長期展望を考慮に入れた技術戦略が求められる。

【結論】

アジアにおいて、3E (Energy : エネルギーの安定供給, Economy : 経済発展、Environment : 環境保全)を同時達成するためには、各国のエネルギー需給の構造、経済発展段階に基づき、アジア諸国がエネルギー供給源の多様化、省エネルギー、燃料転換によるエネルギーの低炭素化を促進し、エネルギーベストミックスの達成に向けた努力を強化する必要がある。

この中で、技術・経済力・制度設計面で優位に立つ日本が果たすべき役割は極めて大きい。特に日本にとっての強みであるとともに、3E同時達成において中心的役割を果たす省エネルギー技術や環境対策技術などをさらに発展させ、活用していくことが、日本の国際

エネルギー戦略の重要な柱となる。これらの優れた技術を活用して、3E同時達成に向けた努力を強化するとともに、技術立国として国内経済の基盤強化を図ることが将来に向けて重要となる。

【本予測の位置付け】

本予測は一定の仮定のもとで論理的・数量的整合性に基づき一つの試算として提供したものである。将来のさまざまな不確実性を考えると、数値の振れ幅は小さなものではないが、将来のエネルギー需給を考えると参考資料、議論のたたき台となれば幸いである。