

# 米国エネルギー省Caruso局長講演録

## 米国および世界の長期エネルギー市場展望について

本稿は、奇しくも原油価格が世界史上初めて市場価格1バレル=80ドルを突破するという歴史的な日の翌日、2007年9月13日に(独)石油天然ガス・金属鉱物資源機構(JOGMEC。以下「機構」)が招聘した米国エネルギー省エネルギー情報局(EIA\*1)のCaruso局長\*2による講演会(写1、写2)の概略である。

講演会は、局長の講演に続き、(財)日本エネルギー経済研究所の小山理事、機構の野神上席エコノミストによるパネルディスカッション、質疑応答という形式で行われた。

局長の講演は前後半に分かれ、前半は米国エネルギー市場の展望、後半は世界エネルギー市場の展望が、それぞれ同省のAnnual Energy Outlook 2007(2007年2月作成)、International Energy Outlook 2007(2007年5月作成)をベースに作成された資料に沿って行われた。以下、講演中の発言で注目すべき点を挙げる。

### 【原油価格高騰について】

『世界には将来の石油需要を満足させる石油埋蔵量が存在する』と、明確に石油資源の枯渇説を否定したうえで、原油価格高騰の要因として上下流を問わず石油産業全体で①投資不足：例えば、上流投資では石油の埋蔵量が偏在するOPECをはじめとする産油国において、新たな石油供給源となる新規油田開発に対する投資が不足がちで十分な増産が期待できないこと、②事業費の高騰：世界経済の好況継続により、原料価格・人件費等が高騰し、事業費が増大していることを挙げた。このため、さらなる高油価の継続は今後も予想されるとした。また、直近の原油価格について、上記の二つのEnergy Outlook作成時の予測をはるかに超える価格であるため、次回のOutlook(以下「展望」)作成時にはさらに高価格の展望を作成する可能性があることを示唆した。

### 【今後のエネルギー需要について】

石炭・原子力による発電需要の拡大を予測している。石炭需要拡大は他のエネルギーに比し低価格であるため、今後、各国で二酸化炭素(以下「CO<sub>2</sub>」)をはじめとする地球温暖化(温室効果)ガスの法規制が実施される場合には、需要は大きく変動する可能性があることを説明した。

バイオエネルギーについては、米国では飛躍的な増大を予測しているが、石油の代替燃料としての役割は最大で8%程度にとどまるとし、ブッシュ政権の掲げる30%目標について達成は困難とした。

### 【高油価の対策について】

また、高油価への対策としては、需給動向の分かる適切な情報整備等による市場の透明性確保と、エネルギー消費効率のより一層の向上が必要であるとされた。



出所：JOGMEC

写1 講演中のCaruso局長



出所：JOGMEC

写2 講演風景

## 1. はじめに

本日は、私たちEIAが今年度作成した米国および世界の2030年までの長期エネルギー市場展望を説明する。

初めに、私が皆様に理解して頂きたいことは、講演中に出てくる個々の数値ではなく、それらの数値が示す傾向の方がより重要なことである。

この市場展望は、現状の政治・経済を前提にして作成した予測である。既にEIAのAnnual Energy Outlook 2007、International Energy Outlook 2007をご覧になった方のなかには、EIAの予測は間違っているのではないかと考えた方もいるはずだ。私も、ときにはそう思うことがある。このような予測は、世界における政策・技術が改正・廃止されれば、簡単に覆るものだからだ。例えば、5年、10年後には、この展望作成時に前提となった政策は廃止・改正され、存在しないかもしれない。だからといって、私は、このような予測を作成することは無意味なものではないと考えている。

このような予測の作成は、米国をはじめとする個別の国々、世界全体の政策決定にとって重要視され、ときには政策変更を決断する原動力となってきたからである。また、現在も予測の重要性は認められており、例えば、International Energy Agency（国際エネルギー機関、以下「IEA」）は加盟諸国のためにEIAと類似した予測を作成しているし、日本でも日本またはアジア諸国のために、（財）日本エネルギー経済研究所等が同様の予測を作成している事実がある。

では、今回の市場展望の説明に移りたい。初めに、今回の市場展望で注目される点についてお話ししたい。

第1点は、世界のエネルギー需要を展望するうえで、非OECD諸国の存在が大きくなっていることである。世界の経済成長率・人口増加率を見ても、非OECD諸国、特にアジア諸国の中国・インド等により牽引<sup>けんいん</sup>されている状況にあることが分かる。

第2点は、世界のエネルギー需要を展望するうえでの変動要因についてである。第1には、個々の国々の政策等による規制状況である。例えば、今回の展望における

エネルギーの種別需要動向を見ると、従来のEIA展望に比べ、世界の石炭需要が飛躍的に拡大している。これは、石炭が他のエネルギーに比べ安価であり、エネルギー需要が拡大する米国、中国、インド等の現状のCO<sub>2</sub>規制の状況からも消費拡大が大幅に見込まれるためである。このような需要見通しは、その前提となる規制状況の改正により変わることもある。

第2には、技術革新の状況である。例えば、石油はその主たる需要部門である運輸部門において、自動車の燃費の著しい向上、バイオ燃料使用の本格化等があれば、需要規模が大きく変わることになる。また、CO<sub>2</sub>の処理技術が飛躍的に進めば、エネルギーの種別の需要動向は大きく変動することになる。

第3点は、原油価格の状況である。これについては、今回の2007年の展望作成時に、従来の長期展望における原油の標準価格ケースとして使用していた20ドル/bbl～30ドル/bblの範囲から、50ドル/bbl～60ドル/bblの範囲への大きな変更を行った。なお、高価格ケースは100ドルに、低価格ケースは30ドルに設定した（図1；2005年実質価格ベース）。

私は、原油価格は高止まりすると予想している。この高止まりの要因として、資源としての原油の枯渇を私は想定していない。

私は、高止まりの原因の一つは、OPEC等の産油国・企業の上流への投資不足だと考えている。つまり、これから先の原油価格を低下させるような新たな原油供給源となる新規油田等への投資が十分に行われておらず、今後もその実施が期待されるような情報がないことである。二つ目は、石油産業の上下流すべての周辺コストの上昇である。この7～8年、継続して国際的に経済が好調な状態にあるが、これがエネルギーコストのみならず、鉄鋼、貴金属等の原料コスト、エネルギーインフラにかかわるすべての関連資機材等の周辺コストを大幅に上昇させ、石油の探鉱開発から生産・輸送そして精製・販売にいたるすべての局面でのコストを上昇させ、産業の経

\* 1 : EIA (Energy Information Administration) は米国エネルギー省の統計担当セクションであり、2007年の職員数は約370名である。EIAは、米国の政策動向に左右されない独立したエネルギー統計の作成、エネルギー市場分析、エネルギー市場予測を提供する機関であり、これらの成果物はウェブサイト等により誰でも閲覧可能になっている。

参考：米国エネルギー省 (Department of Energy : DOE)

主要な連邦の諸エネルギー機関を統合し、その関係の調整・監督を通し、全体として均衡のとれた国家エネルギー計画を提供するとともに、エネルギー技術の研究開発、連邦レベルでの市場調査、情報収集並びにその分析、省エネルギーの促進などを使命とし、1977年カーター大統領により設立された。レーガン大統領はエネルギー産業についても自由な競争を重視し、規制や助成はできるだけ廃止すべきであるとして、エネルギー省は廃止するとの政策を掲げたが、その後縮小して存続することになった。この方針に沿って近年は同省の機能は石油の戦略備蓄と緊急時の石油配給態勢の確立や、エネルギー関係技術の基礎研究などに比重が移りつつある。

\* 2 : Guy Caruso局長は、2002年2月より現職。エネルギー分野で30年を超える経験を有し、特にエネルギー市場、政策、安全保障に強みを持つ。CIA、IEAでも市場分析等に携わった。コネチカット大学を卒業後、ハーバード大学院にてPublic Administrationを修めている。

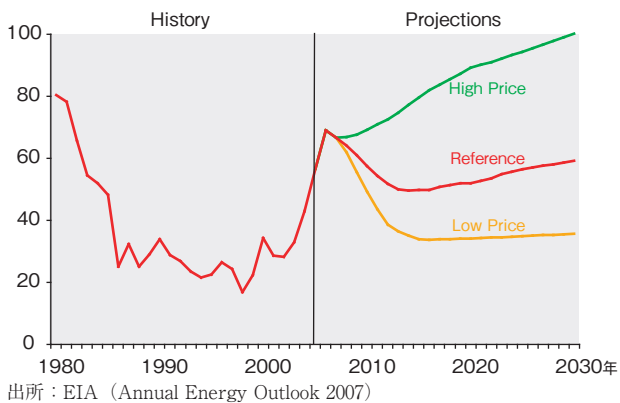


図1 World Oil Price, 1980-2030 (2005 dollars per barrel)

済性を厳しく阻害している。このため、エネルギービジネスのコストが上昇しており、長期にわたる過去の平均実績値である25ドル/bbl台の原油価格には戻りそうにない。ただし、予測としては、このような低価格ケースも織り込んでいる。

## 2. 米国エネルギー市場の展望

米国エネルギー市場を展望するうえで、注目してほしいのは、過去長期間にわたり、エネルギー利用効率の改善が継続していることである(図2)。これまで米国は、年率1.8%で改善を継続してきたが、今後もこの状況は続く予測している。これは、中東からの石油輸出停止による1973年の石油危機以来、一貫して継続している努力によるもので、日本でも行われているものである。この結果として、自動車の燃費向上、家電製品の電力使用効率の著しい改善がもたらされた。また、このことが経済構造の変化も促し、米国経済はエネルギー多消費型の重工業からサービス経済型へと転換してきた。

国際的状況を見ると、エネルギー多消費型の重工業は中国・インド・メキシコ等に徐々に生産拠点を移している状態にある。そのような国々では、エネルギー消費量は飛躍的に拡大する傾向がある。

### (1) 米国のエネルギー需要：米国のエネルギー需要に

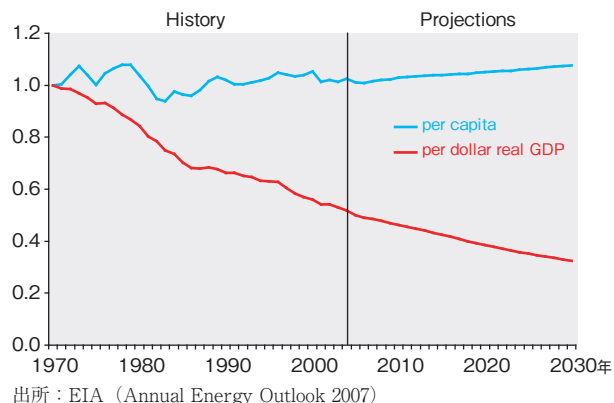


図2 U.S. Energy Use per Capita and per Dollar of Real Gross Domestic Product, 1970-2030 (index, 1970=1)

については、標準ケースで2005年の100 quadrillion btu (10万兆btu；天然ガス約100兆立方フィート相当) から、2030年までに130 quadrillion btuへと30%の増大を予測している。これは、米国のGDPの成長を年率約3%の上昇、エネルギー消費を年率1%の上昇と予測した結果である。ここで、GDPに比べエネルギー消費の伸びが低くなっている要因は、前述のエネルギー利用効率改善によるものである。

### (2) 米国の1次エネルギー構成比

①石炭需要：もう一つ強調したい点は、米国における1次エネルギー構成比(コンポーネント)である。今回の展望で最も重要な点は、エネルギー全体の需要の推移に比べ、石炭の需要が発電向けに大幅に拡大する点である(図3)。現在、米国の発電に占めるエネルギー構成比は上から石炭、天然ガス、原子力の順となっている。石炭発電の比率が高いのは、天然ガスや原子力より

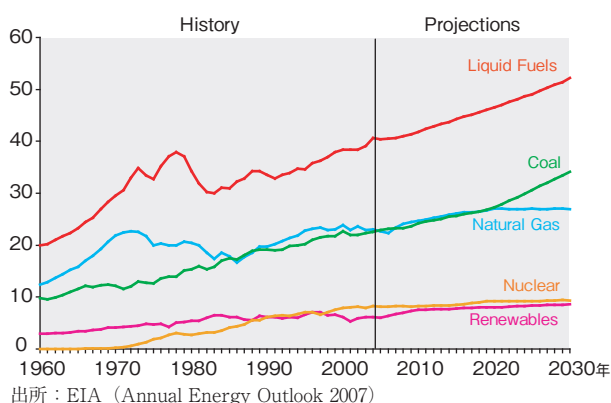


図3 U.S. Primary Energy Consumption by Fuel, 1960-2030 (quadrillion btu)

も安価だからである。ただし、CO<sub>2</sub>規制に係る政策変更があれば需要は変動することになる。

②**天然ガス需要**：この条件下で天然ガス需要を予測すると、2020年にピークを迎え、2030年までの10年間は需要量が横ばいとなる。

③**液体燃料需要**：(a) 図3で示されている液体燃料の大宗は石油が占めている。石油の他には、バイオ燃料が含まれている。米国で石油需要の拡大が著しいのは、この液体燃料を使用する運輸、輸送部門であり、他部門の需要拡大はこれほど見込めない(図4)。これは、GDP成長に伴い米国の自動車所有台数が増大していくことが予測されるためである。

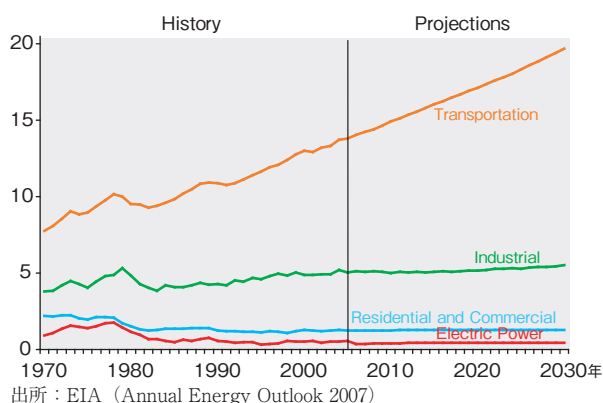


図4 U.S. Liquid Fuels and Other Petroleum Consumption by Sector, 1970-2030 (million barrels per day)

そのほかの需要を見ると、米国では石油による火力発電はほとんどなく、住宅・商業分野、製造業分野での需要もピークアウトして、横ばい状態が続いている状況にある。つまり、米国の石油需要が減少するとすれば、運輸部門での革新によることになる。これは、自動車の燃費向上あるいはバイオ燃料等、他の燃料への転換という形式によるものと予測される。

例えば、技術革新によりプラグイン型のハイブリッド車<sup>\*3</sup>が完成し、経済的にも魅力が生じるような状況になれば、運輸部門の需要の一部が、液体燃料ではなく電力により充足されることになる。米国の現状をお話すると、連邦議会・政府高官によりエネルギー政策が議論される場合、必ずと言っていいほど、バイオ燃料とエネルギー効率の改善ということに重点が置かれている。

液体燃料の需要は、前述の三つの価格ケースに従い、それぞれ予測されている(図5)。液体燃料の需要は、そのほとんどを占める運輸部門の需要について価格ケースをどれにするかで異なることになるが、すべてのケー

スで考慮すべき大きな差異は生じないと予測している。100ドル/bblの高価格ケースでは、消費量は約2,400万b/d程度にとどまり、30ドルの低価格ケースでもわずか400万b/d増加するだけである。この内数である運輸部門での増加分は、約300万b/dとなっている。

近年、乗用車、トラック等の燃費は向上してきている。これは、ガソリン価格の高騰につれて、消費者が燃費の優れた自動車を選好してきており、これが自動車企業の経営者側に受け止められているからだと考えられる。この傾向は特に、急激にガソリンが高騰した最近の傾向として顕著に表れている。このため、米国の自動車の燃費は今後も年率2%くらいの割合で向上すると予測している。乗用車部門では、1ガロンあたり1980年の25マイル(≒10.6km/L)から2005年には29マイル(≒12.3km/L)まで上昇してきている。これは政策上の変更が一切なくとも、消費者は経済的な理由からエネルギー効率のよい方法を選択する可能性があるということを示している。

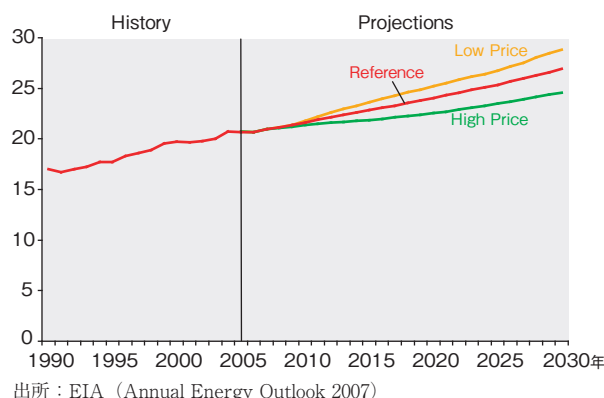


図5 Liquid Fuels and Other Petroleum Consumption in Three Price Cases, 1990-2030 (million barrels per day)

(b) 次にバイオ燃料であるが、トウモロコシ由来のエタノール生産について、米国では劇的な量の増加が見られると予測している(図6)。2000年の約10億ガロン(約2,400万bbl)から、2007年は65億、2010年に110億、そして2030年には約140億ガロン(約3.3億bbl)に達すると推定している。これは劇的な増加予測であるが、エタノール推進派の人々はこの3倍増の予測を行っている。私は、エタノールがさらなる競争力を得るためには、新たな補助金が必要と考えている。ただ、このエタノール生産が達成されても、米国の石油需要が大幅に代替されることにはならない。エタノールの生産量が最大となる2030年でも、米国の石油需要がバイオエタノールによって代替される量はガソリン需要全体の4%から8%

\*3：プラグイン型のハイブリッド車とは、ガソリン消費量を減少させるために、外部電源からの電気をハイブリッド車の車両側のバッテリーに充電(プラグイン)することで、電気による走行割合を増加させた車のことで、大気汚染、地球温暖化の防止に効果がある。平成19年7月25日、トヨタ自動車はプラグインハイブリッド車として初めて、公道走行を可能とする国土交通大臣認定を取得した。

にとどまることになるだろう。

既述のように、現在の石油需要の変化は米国の消費者の選好の変化による側面もある。これによる予測で最も伸長するのはハイブリッド車の台数で、2015年の100万台から2030年には新たに100万台が増加すると予測している。バイオエタノール、バイオディーゼルによるフレックス燃料車の増加も予測している。また、ディーゼル車の増加も予測している。2006年まで米国では、新車に占めるディーゼル車の比率は1%程度に過ぎなかったが、2030年頃までは、増加傾向が継続すると予測している。一方、現在もディーゼル車が主流を占めているヨーロッパ、または日本でもディーゼル車の新車に占める比率が、米国よりは大きくなると予測している。

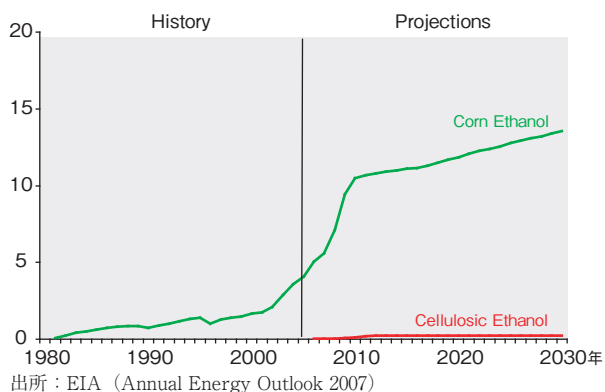


図6 U.S. Ethanol Production, 1981-2030 (billion gallons)

### (3) 米国のエネルギー供給

①米国の原油生産量：一方、供給サイドを見ると、1970年以降、米国の原油生産量はほぼ一貫して減少してきており、アラスカの原油生産だけが唯一の例外となっている状況にある。今後も下降傾向は続くが、2008年から2012年の間は若干生産が増加すると予測している。米国メキシコ湾の6,000フィート（1,800m）以上の深度からの原油生産が見込めるためである。2012年以降は、再び減少傾向に戻っていくと予測している。特にアラスカの生産量は大幅に減少すると予測しているが、非在来型石油の生産量は、後述する世界エネルギー市場の展望と同様に増大すると予測している。この増大分は、主として液化石炭（Coal to Liquid；CTL<sup>\*4</sup>）によるもので、価格が50ドル/bblの標準ケースなら50万b/d程度にとどまり、100ドル/bblの高価格ケースなら生産量は劇的に増え、200万b/dを上回ることになると予測している(図7)。

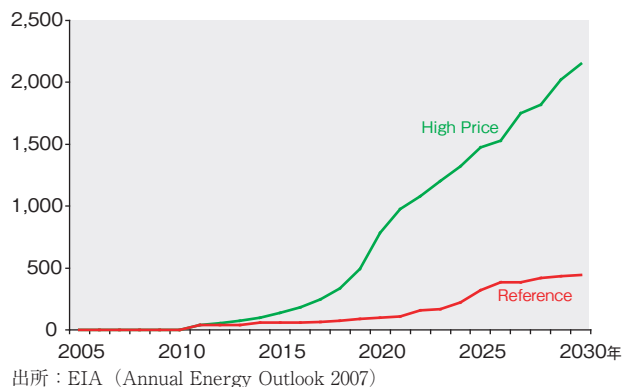


図7 Total U.S. Unconventional Oil Production in Two Cases, 2005-2030 (thousand barrels per day)

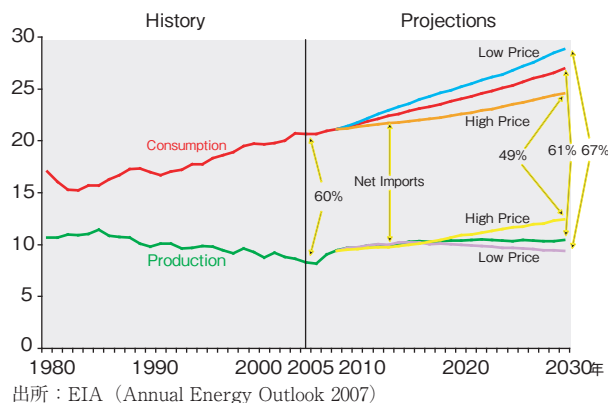


図8 Liquid Fuels Supply, Consumption, and Imports (million barrels per day)

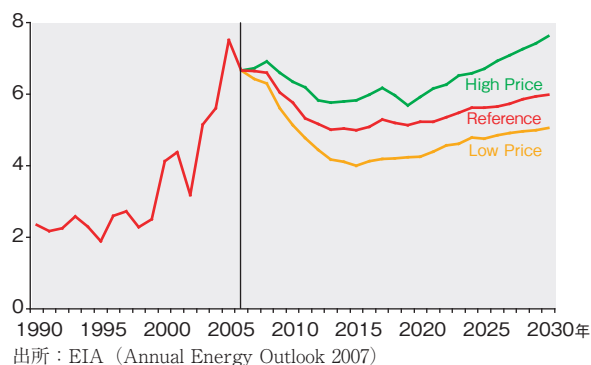
米国の石油需要に占める原油輸入への依存率を見ると、50ドル/bblの標準価格ケースでは約60%、100ドル/bblの高価格ケースでは国内生産が拡大し需要が減少するため、輸入依存度は約50%と予測している(図8)。

米国の政治家がしばしば、「米国は石油を海外からの輸入に高い比率で依存せざるを得ない」と言っているが、それはほとんどあり得ないことと予測している。輸入コストが予測を超えるほど大幅に低下しない限り、輸入に高い比率で依存するという状態はあり得ない。このように、米国の石油需要が海外からの輸入に高い比率で依存せざるを得ないといった事態は予測できないが、一方で、日本の海外への輸入依存度は、今後とも高い状況が続くと予測される。

②米国の天然ガス：米国の天然ガス価格は、長期にわたり1,000立方フィート（cf）あたり約2ドルで推移してきた。ところが2004年、カトリーナ、リタのハリケーン到来により歴史的な高値である8ドル近くまで高騰した。その後は徐々に下落し、ここしばらくは約6ドルで推移し

\* 4：CTL：(Coal to Liquid) とは、石炭から採取する合成燃料のことで、ガソリンやディーゼルの代替に使用する。第2次世界大戦でのナチス・ドイツをはじめとして今日まで種々の採取方法が生み出されてきた。現在は石炭のCO<sub>2</sub>含有率が高いことから、その排出問題が大きな障害となり、有用なガソリン代替手段となる可能性は低いと考えられている。

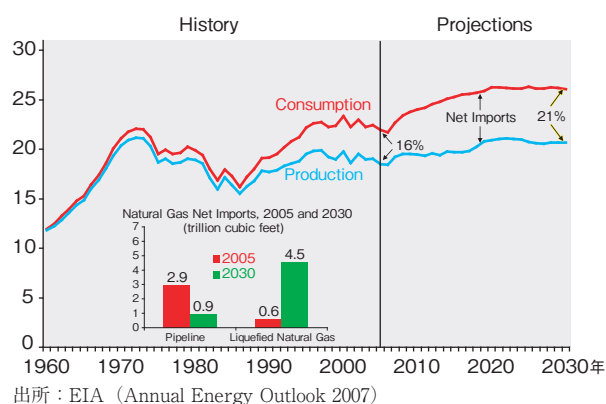
ている。しかし、過去の約2ドル前後の価格に回帰することはほとんど予測できない。この展望でも、標準ケースとして現在の約6ドルでの価格継続を前提としている。また、この水準からの下落はほとんどないと予測し、低価格ケースについては4.5ドル、高価格ケースについては歴史的な高値ケースの8ドルとした(図9)。



**図9 Lower 48 Wellhead Natural Gas Prices, 1990-2030 (2005 dollars per thousand cubic feet)**

天然ガスの需要は発電部門に占める割合が大きいため、低価格であれば需要の拡大が見込まれ、高騰時は横ばいを予測している。2020年以降は価格の高騰と発電部門での競争力の低下を予測し、それまでの長期横ばい状況から減少傾向に入ることになる。この減少分については、石炭・再生エネルギーによる代替を予測している。他部門の天然ガス需要予測を見ると、住宅部門の成長は低迷し、商業も同様である。製造部門では微々たる成長が継続すると予測している。

天然ガスの高値継続によるもう一つの予測として、総需要は26兆立方フィート程度で横ばいを継続した後、2030年に輸入依存度は2005年の16%から21%に増大すると予測している(図10)。



**図10 U.S. Natural Gas Production, Consumption, and Net Imports, 1960-2030 (trillion cubic feet)**

この輸入増大分は、従来の主要な輸入源であったカナダのパイプラインによる輸入量の大幅な低下予測から、LNG輸入が、2005年には天然ガス総需要の3%に過ぎない6,000億立方フィートから、2030年には4兆5,000億立方フィートへと拡大することにより、充足すると予測している。LNGについては、日本等他国の輸入量増大も予測され、米国の輸入量増大が世界のLNG市場価格をさらに大幅に上昇させると予測している。一方、天然ガスの米国内での生産量は、非在来型を除き、すべて減少すると予測している。在来型の資源量は大幅に減少するため、非在来型の生産比率が相対的に増大していくと予測している。

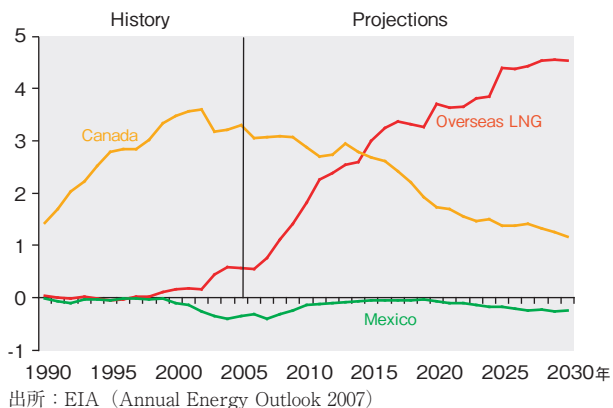
2018年頃に稼働する予定であったアラスカとLower48(米国本土48州)の間で交渉中のパイプラインプロジェクトは遅延している。このプロジェクトには250億ドルの投資が必要となるが、現在のところ価格競争力はあると判断されているため、この予測に加えている。

米国には、3種類の非在来型の天然ガス田がある。2005年までの貢献度が高かったのはタイトサンドのガス田<sup>\*5</sup>で、ロッキー山脈を中心に分布している。タイトサンドガス田は、1990年から現在まで大幅に生産量を増やしてきたが、今後も緩やかではあるが、生産は引き続き増加すると予測している。次に、石炭層の深層から産出するコールベッドメタン<sup>\*6</sup>のガス田であるが、90年代の緩やかな上昇が、今後はほぼ横ばいとなると予測している。最後に、ガスシェール<sup>\*7</sup>のガス田の生産量は、90年代に横ばいであったものが、2000年から上昇傾向に入り、2030年までは継続していくものと予測している。

この3種類の非在来型天然ガス田からの生産量は、2030年頃には米国の天然ガスの全生産量の50%を占めると予測している。1990年には、この非在来型天然ガス田からの生産の割合は米国の天然ガス全体の生産量のわずか15%に過ぎなかったが、2005年現在では欠くことのできない主要な供給源の一つに成長している。

天然ガスの輸入形態としては、日本が世界をリードしてきたLNGによる輸入が、米国においても主体になっていくと予測している(図11)。一方、米国の天然ガス輸入の主体となっていたカナダからのパイプライン天然ガスの輸入は、2000年にピークアウトして減少傾向に入り、2030年まで減少傾向が継続すると予測している。これは、カナダ国内の需要が増大する一方、生産量が減少傾向にあることから、米国への輸出余力は低下すること

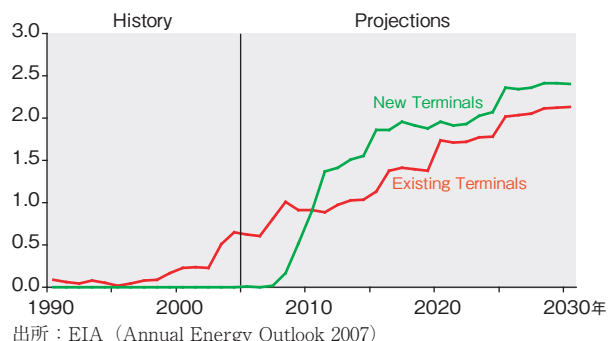
\* 5 : タイトサンドガスとは、浸透率の低い砂岩中に内包されているガスのこと。地層中におけるガスや原油・水などの流体の通過しやすさを浸透率と呼ぶ。  
 \* 6 : コールベッドメタンとは、石炭が生成するときに発生したメタンのうち、石炭の表面や割れ目に吸着したもののこと。炭層ガスとも呼ぶ。  
 \* 7 : ガスシェールとは、シェール(頁岩)と呼ばれる泥岩のなかで、硬く薄片状にはがれやすい性質の岩の中に内包されているガスのこと。



**図11 U.S. Net Imports of Natural Gas, 1990-2030 (trillion cubic feet)**

が予測されるためである。

現在、米国には2010年を目途に建設中のLNGターミナルが4カ所ある。現在稼働中の三つのターミナルにこの新設のターミナルが加われば、LNGの輸入量は、2030年には4.5兆立方フィートに達すると予測している(図12)。米国におけるLNG輸入量は、2008年以降、急激に増大し、その傾向は2030年まで継続すると予測している。このLNGの輸入源は、主としてカタール、ナイジェリア、ノルウェーである。オーストラリアからの少量の輸入についても予測に加えている。

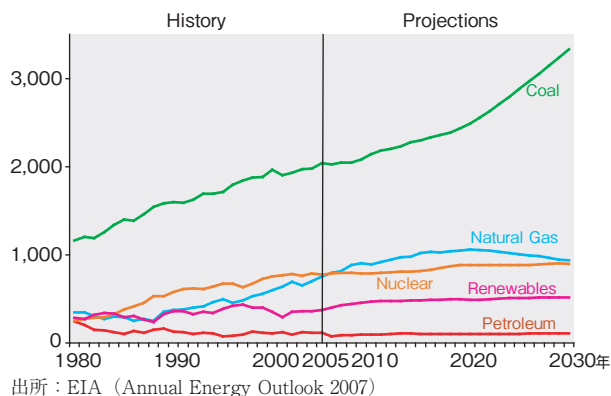


**図12 U.S. LNG Imports, 1990-2030 (trillion cubic feet)**

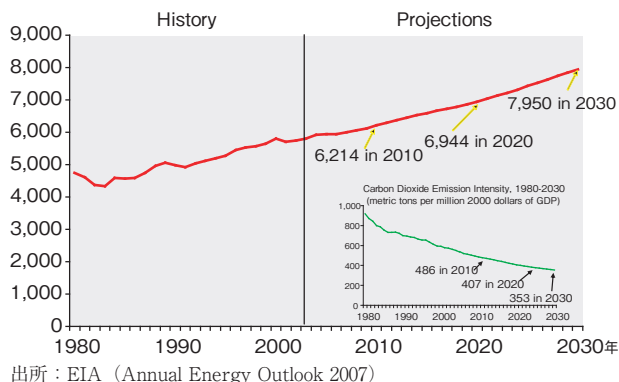
③米国の石炭、原子力、再生可能エネルギー：(a) 石炭の需要については、2010年から2030年まで大幅に増大すると予測している。石炭需要の大部分は電力需要であるが、CTLについても若干の増加を予測している。2005年現在、米国における全発電量の50%は石炭の火力発電により賄われている。2005年から2030年まで、米国経済はより成熟し、飽和状態になるため、GDP成長率は1.5%から3%の範囲にとどまると予測されるが、石炭による発電量は、2030年にはさらに57%まで増大すると予測している。石炭に次ぐ発電源である天然ガスに対し、石炭の価格が安価に推移すると予測しているためである。

図13には、燃料別の発電部門における市場占有率の

推移が示されており、天然ガスから石炭へ継続的に移行していく状況が見て取れる。特に、2010年から2030年にかけては他の燃料資源から石炭への急激な移行が生じると予測している。これにより、米国のエネルギー消費にかかわるCO<sub>2</sub>排出量は、2006年の60億トンから2030年には80億トンに増えると予測している(図14)。



**図13 U.S. Electricity Generation by Fuel, 1980-2030 (billion kilowatt-hours)**



**図14 U.S. Energy-Related Carbon Dioxide Emissions, 1980-2030 (million metric tons)**

しかし、この予測は米国でCO<sub>2</sub>削減を強力に推進する法案が成立すれば、石炭による発電量が大幅に減少し、原子力・再生可能エネルギーの発電量が大幅に増大することになるため、修正を余儀なくされる。

実際に、米国では現在、CO<sub>2</sub>を削減するために再生可能エネルギーの利用を現在の2倍に拡大させる法案をはじめとする5法案が審議中であるため、大幅な燃料別の需要変動が起こる可能性がある。

ところで、米国のGDP1単位あたりのCO<sub>2</sub>排出量は2005年まで一貫して減少している。したがって、米国はCO<sub>2</sub>削減に関しすべてに後ろ向きというわけではないが、総量では大幅に拡大傾向にあることは事実である。エネルギー需要が継続的に増え、化石燃料がその増加分の大部分を補ってきたからである。

(b) 原子力発電については、2005年に米国議会で成

立した法律に従って、若干ではあるが増加すると予測している。

(c) 再生可能エネルギーについても若干の増加を予測している。米国の再生可能エネルギーは、一にバイオマス（ゴミ発電を含む）、二に風力発電である。再生可能エネルギーの代表であるバイオマス発電は、2005年まで増加傾向にあるが、2030年までは成長すると予測している。風力発電は、バイオマスほどではないが増加すると予測している。

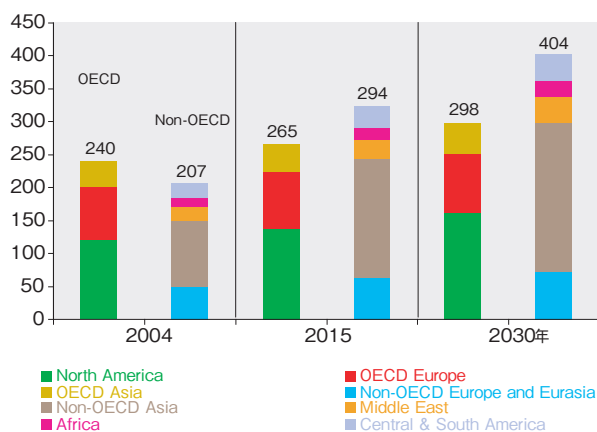
この予測は、既存の規制・補助金を基に算出しているため前述の、再生可能エネルギーの利用を現在の2倍に拡大させるための法案が可決、成立すれば、2010年、2020年、2030年の再生可能エネルギーの使用量は倍増することになる。こうした法案により、再生可能エネルギーの発電単価は、2005年現在の1kW/hあたり8セントから、1kW/hあたり1セントから3セントの幅で変動すると考えられる。

### 3. 世界エネルギー市場の展望

#### (1) 世界のエネルギー需要

世界のエネルギー需要は、非OECD諸国の成長により2030年までに約60%増大すると予測している（図15）。ここでは、非OECD諸国における需要は約95%増大すると予測している。2004年時点ではOECD諸国のエネルギー需要が勝っていたが、2015年時点では非OECD諸国がOECD諸国を凌駕すると予測している。世界のエネルギー需要増の原動力は非OECD諸国のアジア諸国、とりわけ中国・インドが担うことになる。中東諸国・中南米も伸び率は高いが、その規模は中国・インドに比べはるかに小さい。なかでも、中国がGDPの伸び率6.5%を背景に、エネルギー需要拡大の大きな担い手になると予測している。現在、経済発展の加速を計画している国で、実際に力強い経済成長が予測されるということは、エネルギー需要が大きく拡大することになる。また、中東・アフリカでも1.5%から2.5%の年率での人口増が見込まれているため、強い需要の伸びを予測している。

一方、OECD諸国の人口増は、GDPが年率約3%増の米国でも、年率0.7%程度にとどまると予測している。

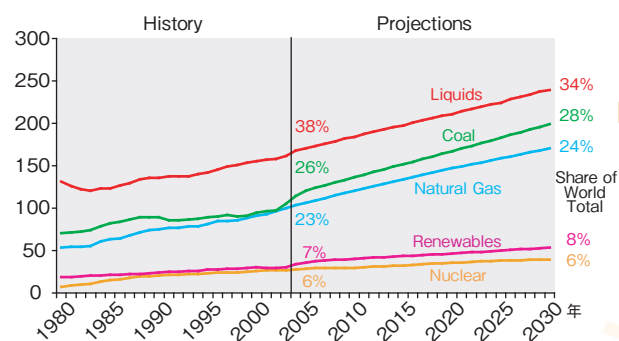


出所：EIA (Annual Energy Outlook 2007)

図15 World Energy Consumption, 2004, 2015, and 2030 (quadrillion btu)

OECD諸国の人口成長率はほとんどゼロに近づいており、日本に至ってはマイナスとなることを予測している。

①石油：エネルギー需要のうち液体燃料については、エネルギー需要全体に占める割合が38%から34%まで減少すると見込んでいる（図16）。燃料別に見ると、石油・天然ガスは価格高騰により伸び率が鈍化する。ただし、

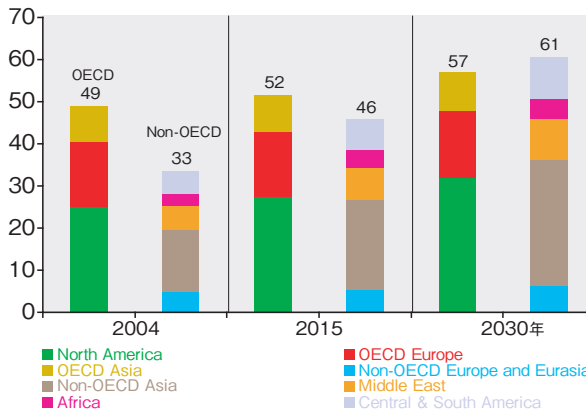


出所：EIA (Annual Energy Outlook 2007)

図16 World Marketed Energy Use, 1980-2030 (quadrillion btu)

液体燃料としての石油については、他のエネルギー需要の伸びには及ばないとはいえ、安定した伸びを予測している。代替燃料である天然ガス、バイオの伸びは小幅にとどまると予測しているためである。石油を主とする液体燃料の生産量（石油換算）は、現在の8,000万b/dから1億1,800万b/dまで増加すると予測している（図18）。非OECD諸国の石油消費量は、2004年にはOECD諸国より少ない消費量であったが、2015年にはその差を大幅に縮め、そして2020年または2030年にはOECD諸国を消費量で追い越すと予測している。非OECD諸国のなかでも中国・インド・中東地域が牽引役となることを予測している（図17）。

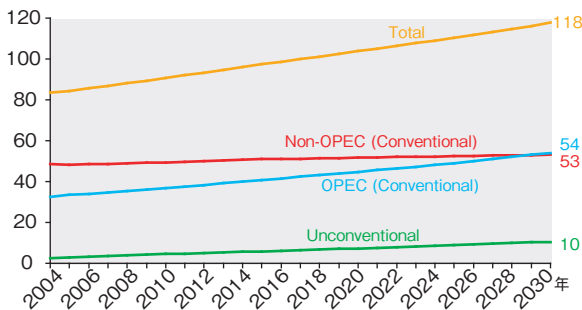
一方、新規の石油の供給であるが、埋蔵量の多い中東・北アフリカ、それに次ぐロシアが供給源になると予測している。



出所：EIA (Annual Energy Outlook 2007)

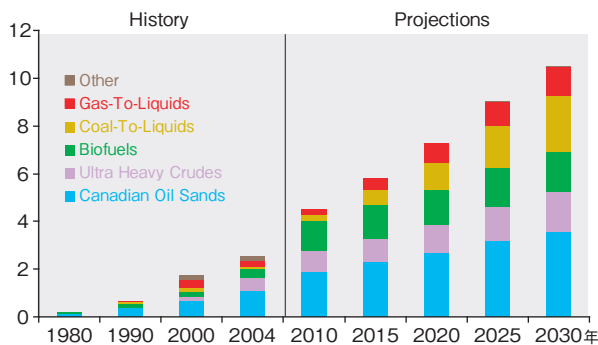
図17 World Liquids Consumption, 2004, 2015, and 2030 (million barrels per day)

OPEC諸国においては、在来型油田の石油生産量は2030年に5,400万b/dまで増加、非OPEC諸国の在来型油田の石油生産量については横ばいと予測している（図18）。非OPEC地域では、ロシア、カスピ海からの生産量の増加が期待され、伸び率では劣るがカナダの非在来型石油（オイルサンド）の生産量も増加すると見込んでいる（図19）。また、中国、西アフリカ、ブラジルの大水深からの生産量についても増加を見込んでいる。非在来型石油では、カナダのオイルサンドによる生産量が、2006年の100万b/dから350万b/dに増大すると予測して



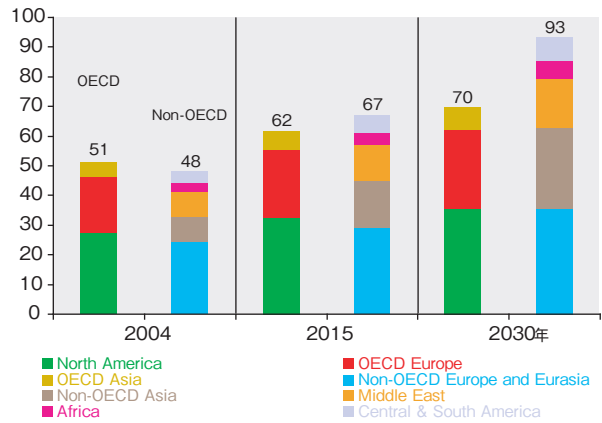
出所：EIA (Annual Energy Outlook 2007)

図18 World Liquids Production, 2004-2030 (million barrels per day oil equivalent)



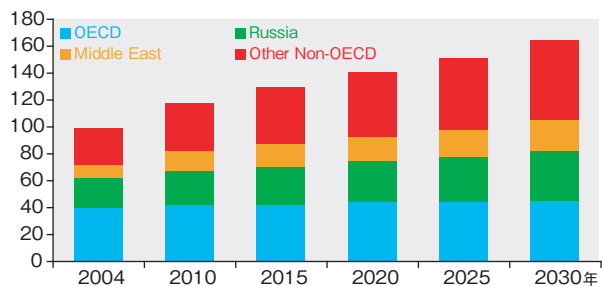
出所：EIA (Annual Energy Outlook 2007)

図19 World Unconventional Liquids Production, 1980-2030 (million barrels per day oil equivalent)



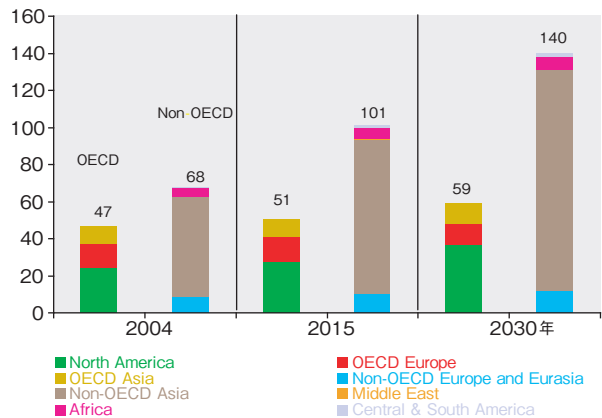
出所：EIA (Annual Energy Outlook 2007)

図20 World Natural Gas Consumption, 2004, 2015, and 2030 (trillion cubic feet)



出所：EIA (Annual Energy Outlook 2007)

図21 World Natural Gas Production, 2004-2030 (trillion cubic feet)



出所：EIA (Annual Energy Outlook 2007)

図22 World Coal Consumption, 2004, 2015, and 2030 (quadrillion btu)

いる。米国のバイオ燃料や、カタールを主とするGTL (Gas to Liquid) についても増加が見込まれている。非在来型の液体燃料の生産量は、現在の300万b/dから2030年には1,000万b/d強に上昇すると予測している。  
②天然ガス：天然ガスの消費量も、非OECD諸国の成長により増大すると予測している（図20）。特に中南米、アジア、中東地域での大幅な伸長を見込んでいる。埋蔵量は、中東のイラン、カタールのほかロシアに集中しており、今後の生産量もこれらの地域から大幅に増えると予想している（図21）。

③石炭：石炭需要は、中国・インドの発電需要により大きく増大することを予測している（図22）。

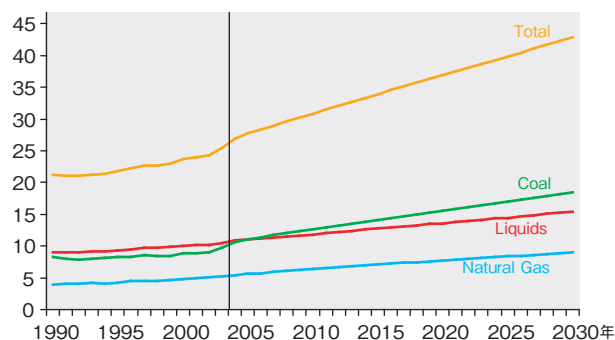
④原子力：原子力については、政府の政策により、原子力発電の拡大があまり望めない欧州を除く地域では、北米、日本、韓国、および中国、インドをはじめとする非OECD諸国で、原子力発電所の建設ラッシュを予測している。

ところで、2008年に改訂する次回の展望には、今回の展望より原子力発電所の増設をさらに予測に加える予定である。現在、原子力産業はブームの最中にあり、過去の原子力隆盛期が再び到来する途上にあると言える。

## (2) CO<sub>2</sub>排出量

CO<sub>2</sub>排出量については、2004年まではOECD諸国による排出実績が突出していたが、今後数年でOECD諸国の排出量と非OECD諸国の排出量は肩を並べ、2015年頃からは非OECD諸国がOECD諸国を上回ることになる。中国・インドの旺盛なエネルギー需要により、発電単位あ

たりCO<sub>2</sub>排出量が最も大きいエネルギーである石炭による発電量の増大を予測しているためである。全世界のエネルギー需要は、2030年には2005年より57%拡大すると予測している。これに伴う膨大なCO<sub>2</sub>排出量の世界的な増加を予測している（図23）。



出所：EIA (Annual Energy Outlook 2007)

図23 World Energy-Related Carbon Dioxide Emissions, 1990-2030 (billion metric tons)

## 4. パネリストの総括と質疑応答

### (1) (財) 日本エネルギー経済研究所

#### 小山理事の総括と質問

EIAの米国および世界における長期のエネルギー需給分析は、IEAの見通しとともに世界に向けて公表されているため、エネルギー関係者にとって貴重な参考資料である。なお、今回のCaruso局長の報告と私のコメントに関連するものであるが、私が今年の7月に日本の総合エネルギー調査会需給部会で世界のエネルギー需給・価格（石油・ガスを中心）について報告したものがあ。本日は詳細には触れないが、この後の私のコメントに関連するため、経済産業省資源エネルギー庁または（財）日本エネルギー経済研究所のホームページに掲載されているので、参照されたい。その資料の中でも述べているが、私は、現在の世界ではEIAやIEAのような「主流派」の長期見通しの実現に関して需給両面で影響する不確実な要因が多く存在すると考えている。需要については世界経済の動向などの「所得効果」、エネルギー価格の影響などの「価格効果」(原油価格の変動だけでなく、税や国際価格になっていない途上国の補助金の動向)にも注目している。また、特に、消費国のエネルギー政策（省エネ代エネ政策）の効果がいかにエネルギー需要に影響するかに注目している。

供給については、資源制約というより投資制約の側面

の影響を注視している。特に、投資促進の制約要因である資源ナショナリズムの動向と、資機材や人材の確保難やそれに伴う投資コストの増加の影響に注目したい。このような需給両面にわたる不確実性の組み合わせによって、長期見通しが「基準の見通し」とかなり変わる可能性がある。例えば、供給制約の発生から潜在需要の実現が抑え込まれ、高価格の下で「縮小均衡」となる可能性もある。逆に消費国の政策で需要が圧縮される場合には価格低下圧力が利く場合も考えられる。その意味では、最大のエネルギー消費国である米国のエネルギー政策動向とその石油需要への影響、ひいては世界への影響について関心を持っている。

また、個人的には石油価格のサイクル性にも注目している。石油価格・需給・投資は過去30年（1970年代から1990年代）の間に大きなサイクルを経験した。こうした大きなサイクルが再び価格・需給・投資に表れるかどうか注目される。この点で、最近産油国およびメジャー等の国際石油企業と意見交換をすると、原油価格が高騰しても需要や非OPEC供給など競合燃料の生産に対していまのところ影響が予想外に少ないため価格の維持が可能となっているとの見方があった。このため、産油国が、高価格志向を強めるのは無理もないとの考えである。

さて、今回のEIAの見通しでは、石炭需要の伸びを大

大きく見ているが、IEAやEIAの2～3年前の予測から劇的に変わったのはこの部分だろう。2～3年前の見通しでは天然ガスの需要の伸びを高く見ていたが、これはガス価格の高騰で見方が変わったのではないかと思われる。ただし、価格を原因とするなら、天然ガスの価格が低下すれば、再び発電燃料需要の見通しにおいて石炭から天然ガスへの移行が起こるのではないか。

最後に、EIAのエネルギー展望においては基本スタンスが「Policy Neutral」であることは理解しているが、温暖化の観点で注目を集めているCarbon capture and storage\*<sup>8</sup>（以下「CCS」）の将来性と、米国内のCO<sub>2</sub>抑制政策、特にCap&Trade\*<sup>9</sup>を主とする米国議会や産業界の議論の先行き、その連邦レベルでの議論への影響についてどう考えるべきか、意見をお聞かせいただければ幸いである。

### 【Caruso局長の応答】

米議会では現在、CO<sub>2</sub>排出規制に関する5法案が審議中で、これにより、15ドル/トンから40ドル/トンの発電コストの増加が見込まれている。米国の規制案では、ほとんどCap&Tradeがベースで、炭素税課税に関するものは見あたらない。一方、このような法案は、2008年11月の大統領選挙後でないと正式な法律等にはならないと考える。

この種の法案が通過した場合の敗者は石炭になると思われる。今回の展望で予測しているエネルギー全需要に占める石炭火力の需要の比率が、2005年時点の50%から、40ドル/トンの最大ケースで30%前半まで、15ドル/トンのケースでも40%～45%の範囲への減少が見込まれる。この減少分の代替発電源として、まず原子力発電が考えられる。しかし、原子力発電は発電所の立地場所と原子力廃棄物の処理という問題のクリアが必要となる。それが不可能なら、バイオ、それもだめなら天然ガスとなる。天然ガスについては、CCSとCO<sub>2</sub>固定化・有効利用技術\*<sup>10</sup>が注目されるが、その技術革新の進行が過去20年と同様ゆっくりしたものでは大きな期待はできない。原油の価格サイクルについては、一部は小山さんのおっしゃるとおりだ。1950年代、1960年代の膨大な投資が後に過剰生産を生み出し、原油価格の大幅低下につな

がったことは忘れてはならない事実だ。天然ガスの価格低下については、現在のCO<sub>2</sub>規制等の条件下では石炭価格に対抗できるほど低下することは想定できないと考えている。

### (2) 機構・野神上席エコノミストの総括と質問

EIAの統計は石油等のエネルギーに関して網羅的であり、速報性もある。毎週の発表は、米国市場の状況を理解する手がかりになる。

世界のエネルギー価格安定には透明かつ正確なデータの確保が必要と幅広く考えられている。現在のところ、IEAが世界石油需給データを取りまとめて毎月発表しているが、彼らもOECD加盟諸国からは直接各国のデータを取得しているものの、非OECD諸国のデータ取得には限界がある。その結果、中国需要が推定値となってしまうなど、透明性確保における問題が存在することから、これが市場を不安定にしている要因の一つとも考えられる。その点では、各国間の協力が必要になっていると考えられる。

こうした観点から、最近、Joint oil data initiativeが実施された。これは、世界中の石油データの透明性の向上を目指すもので、事務局をサウジアラビアのリヤドにおき、APEC、EUROSTAT（欧州委員会統計局）、IEA、IEFS（国際エネルギーフォーラム事務局）、OLADE（ラテンアメリカエネルギー機構）、OPEC、UNSD（国連統計局）により、世界エネルギーデータベース構築のプロジェクトとして2005年11月19日に発足し、作業中であると聞いている。これが全世界のエネルギー市場を網羅し、例えばEIAの統計データ並みの迅速さと詳細さで世界中の人々が利用できるのであれば、世界のエネルギー市場・産業の安定性に寄与すると思われる。データの透明性の向上には、長い期間を要するであろうが、エネルギー市場安定化に向け、着実に進められることを期待しており、そのうえでEIAの統計作成手法が世界のエネルギーデータの透明性向上の先導役を果たすことを望んでいる。

ところで質問であるが、米国では国家石油評議会（NPC：National Petroleum Council）の報告書（ボドマンDOE長官が2005年10月5日に調査依頼したことに基

\* 8：Carbon capture and storage (CCS) とは、二酸化炭素回収・貯留技術のことである。世界的には、発電所や工場などから回収した二酸化炭素を海底下の地層に貯留した実績があるが、日本ではまだない。

\* 9：CAP & Tradeとは、政府が自国の最大排出量を規定したうえで、それを達成するために、各排出源（企業等）に対し削減すべき数値（アブソリュートCAPによる数値）を割り振り、その実行を強制的に求める方式のこと。このため、現在のCO<sub>2</sub>排出量の検証が必要となり、第三者認証機関の認定により現在の数値を確定する。各排出源は、この目標達成のため排出権を売買（Trade）する。つまり、強制的なCAP達成のためにTradeすることから、CAP & Tradeと呼ばれる。排出権購入者が汚染の対価を支払い、排出権売却者は大気汚染軽減の褒美を得る方式である。この性格から、社会にとって最も容易で、しかも可能な限り安価に大気汚染の縮減を達成できると考えられている。

\* 10：CO<sub>2</sub>固定化・有効利用技術には、大別して二つの固定化技術がある。一つは生物学を活用した技術で、植林・海洋・施肥等においてバイオマスをを用いた固定化であり、もう一つは化学技術で電気・光化学、触媒水素化によりメタノールプロセスの活発化による固定化である。

づき、2030年までの世界石油・天然ガスを展望したもの。2007年7月18日発表、Raymond前ExxonMobil会長、O'Reilly Chevron会長、Yergin CERA会長他により作成)が出されたと聞いている。米国政府としてはこれをどのように考え、政策に取り込んでいくのか？

また、米国の天然ガス需要を支える非在来型のガス田開発は政府の研究補助金によって成長を遂げてきたと言われているが、最近ではこのような補助金は減少してきていると聞いている。今後このような補助金等技術開発面での支援についてどのように考えているか？

さらに米国の天然ガス需給見通しに関連して、域内の天然ガス需給見通しについてうかがいたい。米国内の天然ガス市場はヘンリーハブ他いくつかの異なる価格が形成され、地域によって異なるといった状況になっているが、これは将来改善されるのか？

とりわけロッキー山脈横断パイプラインが貧弱であることや、今後、天然ガス供給に余裕がなくなってくることから、将来、孤立状態が予想されるカリフォルニア州をはじめとする西海岸で、LNG需要が増えるのではないかと考えている。これは太平洋岸のLNG取引に大きな影響を及ぼす可能性があるため、このLNG輸入の見通しについてご教示願いたい。

### 【Caruso局長の応答】

NPCからは1カ月前(2007年8月)にDOE長官に報告が行われた。EIA、IEAが参加してデータを提供している。米国エネルギー情勢についての提言が目的だが、それが政策に実際に反映するかどうか、それが重要である。私自身もDOE長官から回答を求められた。注目される重要な点は、これが米国石油産業界による報告であることだ。地球温暖化問題に反対の急先鋒<sup>せんぽう</sup>だったExxonMobilの前会長Raymond氏が座長を務めており、大きな変化と言えるだろう。これは石油産業のためのエネルギー審議会<sup>エネルギー審議会</sup>で、業界を主要なオブザーバーとしており、需給すべての過程で地球温暖化ガスについて検討の要ありとしている。業界諮問委員会であり、数百社ものオブザーバーがいるなかで合意された。このため実質的なコンセンサスとなるわけで、その影響は当然あると考えられる。EIAも提言を行った。NPCの結論として、米国のエネルギー効率をさらに一層高めることが対策として必要とされ、また合理的な石油価格形成のために、透明性の高い市場データが必要とされた。

石油・天然ガスの研究開発にかかわる補助金等は、今の石油価格高騰下で政府の補助は必要ないと判断されるため、実現は難しいだろう。しかし、補助金を付加する

ことは難しいが、研究開発が広範に必要なことには変わりはない。

天然ガス価格については、一部で不思議な価格設定となっているのは事実である。ロッキー山脈周辺の天然ガス価格は不当に安い。今後のカリフォルニアへの天然ガス輸送について、現在、代替策は存在しない。当然LNGは選択肢となるが、米国エネルギー政策のもう一つの課題として、州・地方の個別規制がある。この州間での規制の違いが、ときには巨額な資金を必要とする電力・LNG事業への投資障壁となっている場合があり、このため量的な価格機能が合理的に働かないという一面もある。

### (3) 聴講者からの質問

①油価・天然ガス価について：日本の石油会社はこの展望に比べて、2006年、2007年の油価の状況から強気の見通しをしている。特に短期では、この展望の高価格ケースに近いものを日本の石油会社は見通しとして用いている。このような見通しは妥当か？

また、米国天然ガス価格が4ドル/千cf~5ドル/千cfなので、LNGの現在価格から考えると米国のLNG輸入が拡大するとは思えないがどうか？

### 【Caruso局長の応答】

短期原油価格は確かにこの展望より高値傾向にある。ただ、展望のような長期予測は短期予測と異なるもので、EIAとしてはこの展望でも強気だと考えていた。しかし、2008年度作成の展望は直近9カ月の価格を勘案し、この展望より高めになることが考えられる。天然ガス価格については、LNG輸入拡大を前提にすれば国際価格に接近すると考えている。

②油価上昇要因について：原油在庫等の減少が最近問題になっているが、どのような油価上昇要因が考えられるか？

### 【Caruso局長の応答】

原油在庫の動向は短期的な価格上昇要因であるが、EIAは長期の価格動向を予測するのが責務である。この責務から、長期要因については、石油・天然ガスの投資動向が石油供給に影響すると考えており、今の状況は将来の価格低下を見込むのに十分な投資が行われていないと判断している。また、同時に原油の探鉱・開発・生産・輸送に関するすべての工程にかかわるコストが上昇傾向にあり、このコスト上昇傾向が継続すると予測している。

これが、さらなる油価の高騰を招く要因となると考えて いる。

## 5. 編者から一言

Caruso局長、小山理事には、ご多忙のなか、機構の趣旨にご賛同頂き、講演者、パネリストとしてご参加頂いた。ここに謝意を申し上げたい。

ところで、近年のEIAの予測についてだが、編者は、その政策的中立性に疑問を抱いていた。原子力発電所・バイオエタノール燃料については、実現可能性や問題点の検証が十分でないなか、極端な将来見通しを示し、エネルギー資源・食品等の高価格を誘導しているようにも見えたからである。しかし、Caruso局長の本講演において、現状の政策・規制によって展望が作成されるわけで、EIAとしてはやむを得ない面があるということを改

めて理解できた。この講演で、Caruso局長は米政権のガソリン需要の30%をバイオエタノールで代替するとの目標について、約8%にとどまるという独立性のある機関としての予測を示されたからである。

近年、EIAの油価予測は市場価格より高額に設定されることが多く、それを投機筋がボトム価格として用いる傾向にあることから、専門家のなかにはEIAが油価高騰を助長しているとの見方もある。EIAは有用な情報発信源とし世界的に貴重な存在であることから、政策的中立性を保つよう、さらに求められることになると思料される。

# JOGMECは、 金属・エネルギー資源の未来を支えます。



### 石油・天然ガスおよび金属鉱物資源開発を実施する企業の良いビジネス基盤づくりを応援。

日本においては、資源の長期的かつ安定的な確保に向け、国内外を問わず油田・ガス田・金属鉱床を発見し、開発する必要があります。JOGMECは、政府や諸外国と協力して探鉱(油田・ガス田・金属鉱床を発見するための活動)、開発に取り組み、生産活動を行なっている日本の民間企業をサポートし、我が国への資源・エネルギーの安定供給を担っています。



海上掘削リグ



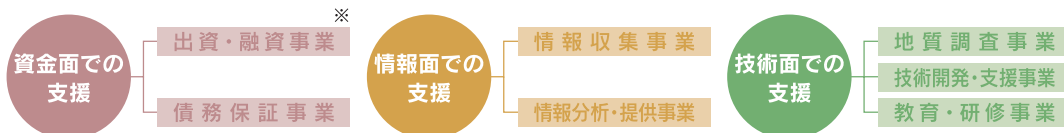
海上掘削リグ



地質調査



衛星画像解析(イラン北東部)



※石油・天然ガス開発の資金支援は出資および債務保証のみ

# JOGMEC は、自主開発プロジェクトへの リスクマネー調達を支援しています。



日本においては、エネルギー消費量の約半分を石油が占め、さらに、その9割近くを中東地域からの輸入に依存しています。エネルギー供給を特定の資源や特定の地域に依存することはリスクを伴います。このようなリスクを軽減するため、JOGMEC は、戦略的に有望な自主開発プロジェクトへのリスクマネー調達支援を行い、日本の石油・天然ガス安定供給に向け積極的に取り組んでいます。

## JOGMECが支援する、世界の石油・天然ガス開発プロジェクト

