

エネルギー産業の課題と OR への期待

前田 忠昭

1. はじめに

日本のエネルギー産業の歴史は、明治維新後の近代化に端を発する。近代化以前の日本のエネルギー源は8割以上が薪や炭であったが、明治初頭に政府は鉱山を国有化し、強力に石炭産業の近代化を推し進め石炭をエネルギーの主役とした。これとほぼ同時期に、電力・ガス・石油等のエネルギー産業についても、東京電灯（東京電力の前身）、東京瓦斯会社（東京ガスの前身）、有限会社日本石油（現在の新日本石油）が相次いで設立されている。

戦後には、使い勝手のよい石油が石炭にとってかわり、日本は急速に石油依存度を高めた。その後2度の石油危機を経て、近年ではエネルギーベストミックスという政策目標を受けて天然ガスや原子力の占める比率が増加している。各エネルギー産業はこれらの環境変化に適応しながら、さまざまな時代の波を乗り越え現在まで続いている。

これらのエネルギー産業の変遷の中で OR は60年代以降オペレーションの最適化に大きな成果を挙げた。しかし、現在では典型的な最適化分野への適用は完了し、何となく OR に対する閉塞感があるように感じる。そこで本稿では、昨今のエネルギー政策、エネルギー価格構造、環境政策における大きな変化を取りあげ、今後のエネルギー産業の発展のために OR に解決を期待する課題を共有したい。

2. エネルギー政策の変化〈規制緩和とエネルギーセキュリティ〉

まず、80年代サッチャー政権下の英国に始まり、米国、欧州、日本へと拡大していった電力およびガス産業の規制緩和と昨今の政策課題であるエネルギーセキュリティについて述べる。最初に英国で規制緩和が

進展した背景としては、非効率な国営企業の改革ニーズ、ガスコンバインド発電という今までの発電所に比べ高効率で安価な発電技術の登場、北海ガス田の開発が挙げられる。具体的には電力、ガス会社はそれまでエネルギーの上流（発電や燃料調達）から、中流（送電や輸送）、下流（配電や配管および小売販売）まで垂直統合し、地域独占していた。しかし、会計あるいは資産の垂直分離を強制され、一定割合の新規参入を義務付けられた。電力、ガス事業は長期投資を必要とするインフラ産業であり、効率的な都市部でも非効率な地方でも同一価格で同一サービスという公益性な性質をもつ。そこで、価格は総括原価主義という費用ベースで決定されていたが、規制緩和後は時々刻々変わる需給により決定される市場価格へ変化した。

その結果、米国のカリフォルニア州では、エンロンを代表とする電力トレーダーが電力取引所において不正な取引を行ったため、卸価格の高騰を招いた。それにより、規制緩和により発電所を売却し、卸市場から電力を調達しなければならなかった米国を代表する電力会社が倒産してしまった。英国においても、分割され寡占状況となった発電事業者間で価格維持戦略が採られ、さらに燃料価格の高騰も重なったため、当初の予想と異なり、電力、ガス価格は低減していない。欧州の多くの電力、ガス会社は規制緩和の流れの中で一度分割、民営化された。その後、フランスの発電会社が英国の配電会社を買収したり、ドイツの電力会社がスペインの電力会社を買収をしかけている。これは規

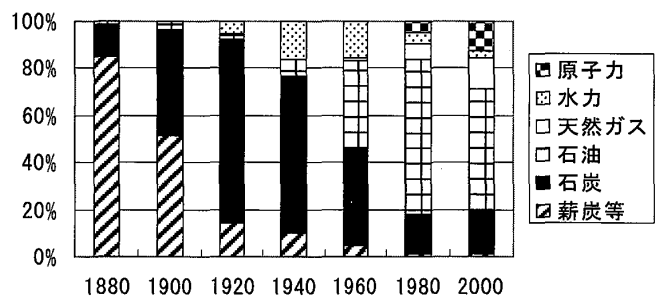


図1 日本の一次エネルギーの変遷

まえだ ただあき

東京ガス(株)

〒105-8527 港区海岸 1-5-20

模の経済性からは垂直統合、地域独占が効率的であるためである。将来的には欧州の電力、ガス会社は5社程度になるとの見方が大勢であり、20年くらいをかけて再び規制緩和前の形態に戻ろうとしている。

日本でも欧米の影響を受け、段階的に規制緩和が進められた。現在、電力、ガスとも全体の需要の6割程度が既に自由化されている。しかし日本では新規に発電所を建設する際に土地の買収、環境アセスメント等が容易でない。ガスについても、地域内にガス田があり広域パイプラインが整備されている欧米と異なり、天然ガスの供給をLNG長期契約に基づく輸入という形態に頼っていることから、参入が容易でない。このような要因から、新規参入者は既存の電力、ガス会社や商社等に限られている。また欧米のような分割は行われなかったため寡占競争にはならず、既存の大規模独占企業と新規参入企業との競争に留まっている。しかしながら、日本の電力、ガス会社はここ10年間でコスト削減を進め、15%程度の価格低減を実現している。すなわち、規制緩和の実質的な目的を達成した。

一方、規制緩和が一段落した一昨年くらいから、エネルギーセキュリティの議論が浮上してきている。エネルギーの安定供給は、国の果たすべき重要な役目の一つであり、そのため電力、ガス事業は規制産業として無用な競争を避け、安定供給を維持するために地域独占や費用の価格への転嫁を認められてきた。日本はエネルギー資源をほとんど海外からの輸入に頼らざるを得ないため、官民が一体となってエネルギー源の分散化、原子力利用の推進、省エネルギーの普及拡大、再生可能エネルギーの導入といった国内施策を進めてきた。ところが昨今は、原油価格の高騰を背景として供給国側のロシア、ベネズエラ、アフリカ、中東において資源ナショナリズムが高まりつつある。また、消費国側の中国、インドも国内のエネルギー需要の増大に対処するため積極的に資源獲得外交を実施している。このような状況下では、日本にとって今まで以上にエネルギーセキュリティが重要な時期といえる。

エネルギーセキュリティは一民間企業のみでは到底実現することは不可能であり、国としての外交方針、戦略が必要である。90年代から始まったエネルギー規制緩和の流れは、電力、ガス業界の業務改革の後押しという面では一定の役割を果たした。しかしながら、エネルギー選択を市場に委ねるため短期的な視点に陥りやすく、国として大切なエネルギーの長期的な安定供給という点からはマイナス面もある。幸い日本は、

先行した欧米の実例を研究しながら段階的に進めたこともあり、エネルギーセキュリティの確立に向けたさらなる取り組みを開始している。

3. エネルギー価格構造の変化〈エネルギー市場と金融市場の融合〉

次にエネルギー価格の最近の動きについて述べる。04年から原油価格は高騰し、2003年までは20~30ドル/バレル程度であったWTI原油(米国の代表的油種)は、現在でも80~90ドル/バレル前後で取引されている。この間、米国のイラク侵攻はあったものの、第1次、第2次石油ショックのような供給途絶といった事態が発生したわけでもなく、じわじわと上昇し続けた。

これまで原油価格は、主に需要と供給のバランスといったファンダメンタルにより決定されていた。OPECの余剰生産能力の縮小、中東情勢の不確実性の増大、中国の需要増大等があるものの、それほど需給は逼迫しておらず、精々60ドル/バレル程度が妥当との見解もある。ところが、従来は石油業者が主にヘッジ目的で利用していたWTI先物市場に、最近是一般の投資資金や機関投資家の年金資金が、大手投資銀行が主催する商品ファンドを通じて大量に流入し、価格を押し上げている要因となっている。彼らは株や債券中心のポートフォリオを分散化する目的で石油に投資している。さらにヘッジファンドが、相対的にリターンの高い原油市場に投機的に参入し、市場に厚みを加えるとともに、価格変動を大きくしている。

ある推計によれば、ここ2年間で約8兆円の資金が流入しており、市場規模は約4倍に急激に膨れ上がっている。投資家や投機家は、原油先物をあくまでも株や債権といった他の投資先と比べてリターンがよいかどうかという視点から、資金を増加させたり、減少させたりしている。つまり、従来の原油価格は実需に基づいた上昇や下落のサイクルを繰り返していたが、現在では投資家、投機家の予想、投資戦略の影響を大きく受けるようになった。

こういった状況に対応するため、欧米の多くのエネルギー企業は、規模の差はあるものの金融機関と同じようにトレーディング機能とリスク管理機能を備え、エネルギー価格の変動に対応している。日本の電力会社やガス会社も、基本的には輸入する原油価格を参照する価格体系で天然ガス価格(LNG)や原油等を購入している。そのため、金融市場におけるさまざまな

変化を受けた米国の WTI 先物価格の変動が、産業用、業務用ビル、一般の家庭のお客様の光熱費に間接的に反映される構造になっている。したがって、日本のガス会社や電力会社にとっても経営管理上、金融工学的な手法は重要である。

4. 環境政策の変化〈地球温暖化問題〉

エネルギー会社が直面している大きな課題である地球温暖化問題に話を移す。97年12月京都で開催されたCOP3(第3回締約国会議)において、京都議定書が採択されたときは、実際にCO₂削減の仕組みを確立できるかは疑問の声も多かった。しかし、途中議論をリードしていた米国の議定書離脱というショッキングな出来事があったにもかかわらず、EUのリーダーシップにより、世界は京都議定書の温暖化ガス削減目標(90年比EU▲8%、日本▲6%等)に向けて着実に動いている。

京都議定書で導入された京都メカニズムとは、先進国に比べコストの安い途上国等で温暖化ガス削減を実施し、その成果を国際排出権取引という仕組みを通じて先進国の削減目標達成に利用するという地球全体のコスト最小化を目指した壮大な社会経済実験である。今まで世界が経験した国連の各種施策や武器削減といった国際合意に比べ、より仮想的かつ実現困難な仕組みであるといえる。最初の先進国の温暖化ガス削減目標自体が政治的に決定され、その後の各国の温暖化ガス排出量を計測する仕組み、第三者検証の仕方、途上国における削減量の定義(何を基準ケースとして削減とみなすか)等の枠組みも一つひとつ各国の代表者による議論の下、構築しなければならなかった。

EUはこの分野で主導権を取るべく、京都議定書の第一約束期間(2008~2012年)に先駆け、05年からEU内の国別、企業別の排出量割当を実施し、さらに企業間の排出権取引制度を導入した。つまり排出権を原油先物やガス先物と同じように市場で売買できる仕組みを確立している。排出量上限を課せられたエネルギー企業は、目標を達成できない場合に備え、排出権をリスクヘッジのツールとして積極的に利用している。

日本政府も京都議定書目標達成計画を策定し、各種政策目標を具体化している。しかし日本の地球温暖化ガス排出量の現状は、05年度実績で90年比+8.1%の増加となっており、京都議定書目標▲6%を達成するためには、さらなる省エネの推進および京都メカニズムの活用が必須である。これに対応すべく日本全体

の3割程度の地球温暖化ガスを排出している電力会社は、自主目標を掲げ、原子力の推進、発電効率の向上、排出権の購入等を進めており、ガス会社も、高効率なコージェネレーションの推進等により、温暖化ガスの削減を進めている。また、各産業界はそれぞれ自主目標を掲げ、省エネや排出権の確保に動き出している。

しかし排出量の増加している家庭部門や運輸部門において目標を実現するためには、単に精神論だけでは難しく、インセンティブを与え省CO₂社会へうまく誘導する政策が必要である。産業部門でも、仮にEUのような排出権取引権制度を導入する場合、温暖化ガスの削減や排出権の購入は各企業にとってはコスト増となるため、国際および国内競合の厳しい中で、どのように各業界や各企業に排出量を割り当てるのかは非常に難しい問題である。

さらに京都議定書の定める期間は2008年から2012年までであり、2013年以降はまだ具体的には何も決まっていない。中国やインドを中心として途上国が今後も経済発展を続けることを想定すれば、地球温暖化問題は、先進国だけが削減しても解決する問題ではない。だが途上国側は、今まで温暖化ガスを排出してきたのは先進国であり、「なぜその付けを我々が負う必要があるのか」、「我々は先進国並みに温暖化ガスを排出する権利がある」と主張している。米国が京都議定書から離脱したように、温暖化ガスの削減は各国の内政や国際競争力にまで影響を与えるため、2013年以降の途上国も含めた新たな枠組みを確立することは、京都議定書の枠組みの実現以上に困難である。

5. ORへの期待

最後に、エネルギー産業が抱えている諸課題に対して、ORはどのような貢献が可能かを以下に述べる。

5.1 エネルギーセキュリティの分野

原油価格の高騰、各国による資源確保競争が激しくなるにつれて、わが国のエネルギー政策は規制緩和・自由化議論から、いかに長期・安定的に資源エネルギーを確保すべきかというエネルギーセキュリティ論に軸足を移した。

そこには単に経済性の追求ではなく、エネルギー源の分散、輸入地域の分散、再生可能エネルギーの価値、自主開発原油のプレミアム、エネルギー輸送、利用インフラのあり方、環境問題への対応能力等、考慮すべき政策課題が存在する。これらの効果は「持続的成長」に大いに貢献するものと思われるが、「安定性」

という従来は必ずしも定量化されていない価値を社会全体でどう評価し、社会システムとして取り入れるべきか、大きな政策課題である。こうした政策分析の新たな手法が望まれるところである。

5.2 エネルギー市場と金融市場の融合の分野

エネルギー需給や価格モデルについては、従来から数多くのORの研究がなされ、成果を挙げてきた。しかしながら、エネルギー市場が金融市場と融合してしまった現在においては、新たなチャレンジが必要と思われる。

原油価格そのものが商品先物市場を通じて金融商品の一つとなってしまっていると述べた。しかし、最終的には現物市場と結びついているため、いわゆる金利や為替、株とは異なる性質が内在している。例えば、Brent（北海の代表的油種）先物価格とWTI先物価格の間には、常に価格差が存在しており、実際に原油を輸送できるか、受け入れターミナルや受け入れタンクが用意でき、かつその価格差を利用して利益を上げることができる（裁定取引）。同様に6ヶ月先の先物価格が現物価格よりも高かった場合には、現物を購入し、6ヶ月間貯蔵する石油タンクを確保することで、裁定取引ができる。

したがって、エネルギーの価格を分析するためには、従来の金融工学の手法に加え、現物あるいはインフラの余裕状況を加味したモデルを構築する必要がある。

さらにこれは金融工学全体の問題かと思われるが、金融市場の発展、融合により、価格に大きな影響を与える投資家は、一つの商品だけをみて行動しているのではなく、ポートフォリオ全体から戦略構築をしている。その中には短期戦略のプレイヤーもいれば、長期戦略のプレイヤーもいる。したがって、ポートフォリオ最適化と各プレイヤーの戦略を統合する研究フレームワークが今後重要となってくる。

5.3 地球温暖化問題の分野

地球温暖化問題に対して、ORは省エネルギー（あ

るいは経済性向上）の実現という視点から、工場全体から一つの設備にいたるまで各種最適オペレーションという形で貢献してきたと思う。さらにこの分野の成果を国際的に、特に途上国に広めていくことは重要であろう。

今後ORに期待することとして、世界が経済的に環境的に密接に結びついている現在において、地球環境問題における各国の排出量の割り当てや国内での割り当てといった合意をとるための最適化フレームワークの提案を挙げたい。いわゆるゲーム理論の範疇に入るのかと思うが、それを現実の課題に対してどう活かすのかという視点での研究を特に期待する。

また、当然、世界にはいろいろな国、さまざまなプレイヤーがいるので、仕組みをうまく利用する、あるいは逸脱する国やプレイヤーが現れる。それらを上手に管理するにはどういった仕組みがよいのかといった分野も新たな研究課題かと思う。

さらに、上に述べた2013年以降の途上国も含めた地球環境問題の解決をどういった新たな枠組みで図ったらよいのかといったグランドデザイン、例えばCO₂排出量を制約として全世界の効用を最大化する巨大最適化問題等を、ORという視点で提言していくことも重要である。

6. まとめ

ここまで、エネルギー産業が現在直面している課題とOR手法の適用が効果的と思われる問題の一端について述べてきた。諸課題の合理的、効率的な解決のためにOR手法がますます大きく貢献できるものと確信する。とりわけ、規制緩和とエネルギーセキュリティのバランスといった問題や、エネルギー市場と金融市場の融合のサポートや、地球環境問題の解決の枠組みの提供にORの研究者が実務者とともに果敢にチャレンジしてくれることを期待する。