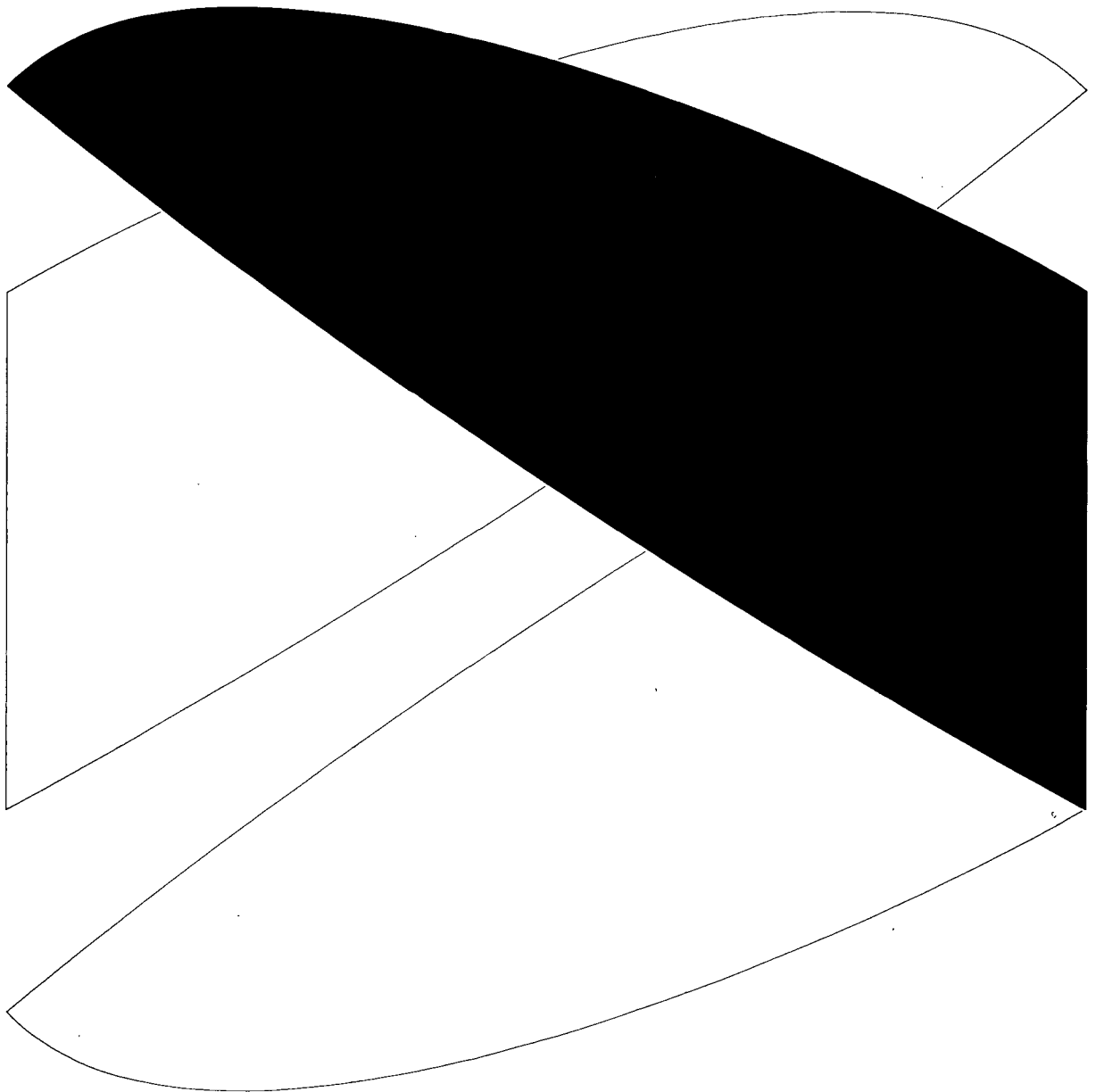


ISSN 0387-1782

電力經濟研究



No.43

2000.3

財団法人 電力中央研究所 経済社会研究所

「電力経済研究」

「電力経済研究」は、経済、経営、エネルギー・電力、環境等に関連した研究成果等を掲載し、学術の振興に寄与することを目的とした雑誌です。年2回の刊行を原則とし、広く一般からの投稿を受け入れております。

1. 原稿の種類と内容

電力経済研究の原稿には次のようなカテゴリーがあります。

(1) 論文

主題、内容、手法等に新規性を有し、当該分野の発展に貢献すると思われる研究成果を報告したもの。また、特定の主題に関する一連の事象を実態調査を通して、あるいは特定の主題に関する一連の研究及びその周辺領域の発展を著者の見解にしたがって総括的かつ系統的に報告したもの。

(2) 研究ノート

総合的な報告までには至らないが、その研究途上で得られた有用な分析手法に関して記録にとどめておく価値があると認められたもの。特に、テクニカルな分析手法を特徴とするもの。

(3) 研究紹介

既発表の論文または著作について著者自身がその概要を紹介するもの。

(4) 解説

内容等が時宜にかなっている、あるいは研究分野の新たな潮流を扱うなどによって、広く読者の理解を助けることを目的として書かれたもの。

(5) 内外動向

経済、経営、エネルギー・電力、環境等に関連する国内外の新たな動向を紹介するもの。

(6) 文献紹介

経済、経営、エネルギー・電力、環境等に関連する推奨文献を紹介するもの。

2. 著作権等について

原稿の採用、雑誌の編集等については、「電力経済研究」編集委員会がその責任を負います。しかしながら、各論文等の内容については、筆者にその責があります。

また、本誌に掲載されたすべての原稿の著作権は(財)電力中央研究所に帰属します。他の出版物等に転載を希望する場合には、「電力経済研究」編集委員会の承諾を得てください。

編集委員

内田 光穂	内山 洋司
大河原 透	岡田 健司
馬場 健司	北村 美香
西村 一彦	

<電力経済研究 No. 43>

目 次

<論 文>

自由化時代における公共サービス義務

—誰がラストリゾート供給者となるか—……………丸山 真弘… 1

電力供給地域にあわせた全国10地域間産業連関表の開発……………人見 和美… 7

中国における家計貯蓄行動の実証分析

—人口高齢化の影響を中心に—……………若林 雅代…21

<研究ノート>

競争的電力市場における供給信頼度評価の基礎的検討……………岡田 健司…33

有害化学物質の事故放出に対する法規制

—米国の例とわが国法への示唆—……………田辺 朋行…43

[解 説]

アンシラリーサービスの新しい費用配分ルール……………浅野 浩志…51

[研究紹介]

世界の電力自由化の動向……………北村 美香…55

自由化時代における公共サービス義務 - 誰がラストリゾート供給者となるか -

Public Service Obligation in Liberalized Electricity Markets - Who is the Provider of Last Resort? -

キーワード: 小売自由化、供給義務、ラストリゾート、アメリカ合衆国

丸山真弘

電力は、現代社会に不可欠の財であり、ユニバーサル・サービスの確保が求められている。従来既存の電気事業者に供給義務を課すことによりユニバーサル・サービスは確保されてきたが、電気事業の制度改革が小売部門の自由化にまで及ぶことにより、従来と同様の供給義務を電力供給サービスに対して課すことはできなくなっている。このような状況においても、引き続きユニバーサル・サービスを確保するため、他から電力供給を受けることのできない需要家に対する供給を特定の供給者(ラストリゾート供給者)に義務づけるという方法が考えられている。本報告では、誰がラストリゾート供給者となるべきかという点について、米国の事例を中心に検討を行う。

1. はじめに
2. 関連する論点の整理
 - 2.1 小売自由化の実施に伴う供給義務の内容の変化
 - 2.2 ラストリゾート供給の対象者
3. 誰がラストリゾート供給を行うか
 - 3.1 既存の事業者による提供
 - 3.2 割り当てによるラストリゾート供給の実施
 - 3.3 入札によるラストリゾート供給の実施
4. まとめと今後の課題

1. はじめに

電力は、現代社会にとって不可欠の財の一つとなっている。このため、いつでも、どこでも、誰でも電力を利用できるという状態が確保されることが求められている。これが、ユニバーサル・サービス(Universal Service)の考え方である。

従来、電気事業におけるユニバーサル・サービスの提供は電気事業者に対して供給義務を課すという形で確保されてきた。これは、電気事業者に対して一定の地域における独占的な電力供給権を認める代わりに、当該地域で電力の供給を求める全ての者に対して、継続的に電力を供給することを義務づけるというものである¹。

現在、電気事業の制度改革の動きは卸部門の自由化から小売部門の自由化へと進展している²。小売部門の自由化が実施された場合、供給義務の内容は、従来とは違ったものとなる。これは、既存の電気事業者に供給義務を課す前提となる、独占的な電力供給権の保障がなくなることによる³。

しかし、小売部門が自由化されたとしても、電力が社会生活に不可欠であるという性格が変わることはない。このため、小売自由化以降もユニバーサル・サービスの提供は引き続き求められる。すなわち、需要家は少なくとも一つの供給者を選択できることが保障される必要がある^[1]。その結果、ユニバー

¹ 日本の電気事業法(昭和39年法律第170号)では、第18条に供給義務に関する規定を置いている。

² 日本でも、2000年3月21日より、部分的ではあるが小売部門が自由化されることになった(平成11年法律第50号)。

³ 詳細については、以下で整理する。

サル・サービスの提供を確保するための新しい仕組みが必要となる。

この仕組みの一つとして、一定の方法で選ばれた電力の供給者に対し、他から電力供給を受けることができなかつた需要家への供給を義務づけるという方法が考えられる⁴。このような義務づけをされた供給者をラストリゾート供給者(Provider of Last Resort)⁵、ラストリゾート供給者に課せられた、ユニバーサル・サービスを提供する義務を公共サービス義務(Public Service Obligation)と呼ぶ。小売自由化の先進事例である米国では、多くの州でラストリゾート供給者によってユニバーサル・サービスの提供を確保するという考え方が取り入れられている[2][3]。

以下では、ラストリゾート供給者を巡る論点の中で、誰がこのサービスを提供する供給者となるべきかという点につき、米国の事例を中心としてとりまとめる。

2. 関連する論点の整理

誰がラストリゾート供給者になるべきかという論点の検討を行う前に、関係するいくつかの点について整理しておく。

2.1 小売自由化の実施に伴う供給義務の内容の変化

まず、小売部門の自由化に伴い、供給義務の内容がどのように変化するのかということについて検討する。

供給義務は、サービス提供の求めに応じて契約を締結する義務と、締結した契約に基づき継続してサービスを提供する義務の二つから構成される。

電気事業において、従来電気事業者が提供してきたサービスは、以下の二つに分解できる。一つは、需要家と発電所との間を送配電線によって接続するサービス(接続サービス)であり、もう一つは、接続されたネットワークを使って電力を供給するサービス(電力供給サービス)である。小売自由化以前においては、これら二つのサービスを別のものとして意識する必要はそれほどなかつた。これは、どちらのサービスも同じ主体(=既存の事業者)が提供していたことによる。

しかし、小売部門の自由化により、既存の電気事業者以外の新規参入者も電力供給サービスの提供主体となることができる。この結果、電力供給サービスについては、既存の電気事業者に対して従来と同じ意味での供給義務を課すことはできなくなる。先に述べたように、供給義務は、需要家が供給者を選択できないこと、すなわち、既存の電気事業者が独占的なサービス提供権を有していることの代償として課せられているからである。

一方、接続サービスについては、送配電線を保有している既存の電気事業者による独占状態が維持される。従って、このサービスについては、従来と同様の供給義務が既存の電気事業者に対して課せられることになる⁶。

2.2 ラストリゾート供給の対象者

次に、ラストリゾート供給の対象となる者について検討する。

まず、様々な理由で供給者から市場ベースでの電力供給サービスの提供を受けられない需要家が対象となる。提供を受けられない

⁴ これ以外に、低所得者など競争的市場からの供給を受けることが難しい者に対する供給に補助を行うことで、供給を保障するという方法も考えられる。

⁵ ラストリゾート供給者が担うことになる、他から電力供給を受けることができなかつた需要家への供給についてはラストリゾート供給(Last Resort Supply)と呼ぶ。

⁶ 小売自由化により、接続サービスと電力供給サービスは明確に分離されることになる。しかし、このことは既存の事業者が接続サービスを提供する組織と電力供給サービスを提供する組織を分離する必要性とは直接には結びつかない。

米国の事例では、既存の事業者に対して接続サービスと電力供給サービスとの間の会計を分離することを求めている。一方、それぞれのサービスを提供する組織そのものを分離することを強制する例は少数である。

理由としては、料金の不払いなどによる契約解除といった需要家に起因するものと、電力供給事業からの撤退、倒産といった供給者に起因するものがある。

これとは別に、何らかの理由で供給者の選択権を行使せず、市場ベースでの電力供給サービスに移行しない需要家も存在する。選択権を行使しない理由としては、選択のための情報が不足している、選択のための手続きが面倒である、手間を掛けて選択してもそれに見合った安い料金を得られるわけではない、といったことが考えられる。電力供給サービスについては、既存の電気事業者に従来と同様の供給義務を課すことができない以上、これらの選択権を行使しない需要家に対しても、ユニバーサル・サービスを確保するために、電力供給サービスを提供する供給者を割り当てる仕組みを設けることが必要となる[4]。

3. 誰がラストリゾート供給を行うか

3.1 既存の事業者による提供

誰にラストリゾート供給者を担当させるかという問に対しては、いくつかの解が考えられる。最も単純な解は、既存の電気事業者をラストリゾート供給者とするというものである。米国においては、カリフォルニア州やマサチューセッツ州など、比較的初期に小売自由化を決めた州がこの方法を採用している。

既存の電気事業者⁷から見れば、電力供給サービスは、小売自由化以前も供給義務の一部として課せられていたものであり、義務の性格が公共サービス義務という形に変わったに過ぎない。また、この方法では、料金の

請求や集金といった業務も既存の電気事業者が行うことになる。このため、需要家から見た場合には、自由化以前の状況との変化はほとんど感じられない。

また、この方法には、規制設計上での利点もある。すなわち、既存の電気事業者は接続サービスを提供しており、自由化以前と同様の事業規制の下に置かれているので、この規制の一部として公共サービス義務を課すことができる。

しかし、この方法を採用した場合、以下のような問題が生じる。すなわち、自由化実施以後も、既存の電気事業者が小売電力市場のシェアの大きな部分を占めるおそれがあるという点である。

既に小売自由化が実施された米国諸州のうち、カリフォルニア州では需要家の大部分が供給者選択権を行使せず、既存の需要家に止まっている。また、電気通信事業の自由化では、長距離電話サービスの既存事業者であった AT&T のシェアは、1984 年の自由化から 12 年経った 1996 年でもまだ 48% あったという例もある[5]。

既存の電気事業者は、需要家が選択を行わないのは、既存事業者からの供給に満足しているからであり、選択しないことで、結果的には既存事業者を選択していると主張をするかもしれない。しかし、需要家が選択を行わない原因としては、そもそもどのようにすれば選択できるのか分からない、選択をするための情報が多すぎてとまどってしまう、選択の手に見合った料金引き下げ効果が得られない、という理由も考えられる⁸。これらの需要家は、選択しないことで既存事業者

⁷ 既存の電気事業者が、何らかの理由で接続サービスを提供する送配電部門と電力供給サービスを提供する小売供給部門を分離し、後者を分社化している場合には、当該小売供給会社を含む。以下同じ。

⁸ カリフォルニア州と同時期に小売自由化を実施したペンシルベニア州では、カリフォルニア州よりも供給者選択権を行使した需要家が多い。これは、ペンシルベニア州の方が既存電気事業者と新規参入者との間の料金格差が大きく、選択による料金引き下げ効果が大きいためと考えられる。

を選択しているとは言い難い。小売自由化の実施目的が、小売電力市場における競争の導入にあるならば、既存の電気事業者が自由化以前の状況と事実上ほとんど変わらない形で市場に参加するという制度では、小売電力市場における既存事業者の市場支配力が形成されるおそれがある。このため、公正な競争を確保するという観点からは問題がある。

3.2 割り当てによるラストリゾート供給の実施

既存の事業者をラストリゾート供給者とすることによる弊害を是正するために、以下のような方法が考えられている。

この方法では、ある区域内で電力供給サービスを行っている供給者に対して、当該区域内のラストリゾート供給の対象となる需要家を無作為に割り当てる。それぞれの供給者に割り当てられる需要家の数は、その区域内での供給者の市場シェアなどにに基づき決められる。料金の請求や徴収は、供給者が直接行うか、接続サービスを提供することになる既存の電気事業者に委託することが考えられる。

この方法は、米国における電気通信事業の規制緩和に際して導入された。1984年の制度改革により、利用者は既存事業者であるAT&T以外の供給者をデフォルトの長距離電話サービス会社として選択することが可能になった⁹が、実際に選択を行った利用者は多くなかった。このため、規制当局である連邦通信委員会(Federal Communication

Commission)は、既に選択権を行使した需要家による長距離電話サービス会社のシェアに応じて、未選択の利用者を各会社に割り当てるという処置を行った。

米国での電気事業制度改革の事例では、ネバダ州やバーモント州などでこの方法の採用が検討されている。

選択権を行使していない需要家に対しては、割り当てが実施される際に、選択権を行使するか、割り当てを受けるかという選択をすることが求められる。需要家は、この時点で選択をすることもできるし、割り当てを受けた後でも自由に他の供給者を選択することができる¹⁰。これにより、既存の電気事業者に残る需要家はその供給に満足している者だけとなり、新規参入者にとっては、需要家を獲得する機会が生まれることになる。

しかし、この方法にも以下のような課題がある。

まず、需要家は割り当てにより未知の供給者との間で電力供給サービス契約を締結し、料金を支払わなければならないという点が挙げられる。しかし、需要家は、割り当ての時点でも、その後でも自由に供給者を変更できる。また、料金の支払いは既存事業者に委託することができる。従って、この問題の解決は比較的容易である。

もう一つの課題は、電力供給サービスの供給者のうち、誰に対して、どのような根拠で割り当てを行うかという点である。

電力供給サービスへの新規参入が自由化されたものの、各州では、特に小口供給への新規参入に対して、資金面、技術面、需要家保護規定の順守といった一定の要件を満たした上で、規制当局に対して登録を行うことが必要とされるのがほとんどである。登録要

⁹ いわゆる優先接続サービスの議論。長距離通信サービスを提供する者にはそれぞれの識別番号が付与されている。しかし、利用者は、あらかじめ特定の事業者を指定して、識別番号をダイヤルせずに当該事業者の提供する長距離通信サービスを利用することができる。一方、事業者は識別番号をダイヤルして、優先接続で指定した事業者以外の事業者からサービスの提供を受けることもできる。選択権を行使していない利用者に対する供給者の割り当てという点ではラストリゾート供給者の考え方の共通点がある。しかし、事業者識別番号をダイヤルすれば、優先接続の関係を維持しつつ、自由に他の供給者を利用できるという点では異なっている。

¹⁰ ただし、この場合には一定の退出料金の支払いが求められることもある。

件の一つにラストリゾート供給の割り当てに参加することを加えることで、割り当ての実施を根拠づけることは可能である。しかし、全ての新規参入者に対してラストリゾート供給の割り当てを行うことが妥当かという問題は残る。また、このような参入条件が付されることで、当該区域への新規参入者の数が減ることは、公正競争の面から別の問題を生じることになる。一方、特定の供給者だけにラストリゾート供給の割り当てを行うことは、割り当ての対象外となる供給者との間で競争上の格差を生むことも考えられる。

さらに、需要家が選択を実施しようとする際、割り当てを受けた供給者がマーケティング面で有利な立場に立つことができるという点も指摘されている。

3.3 入札によるラストリゾート供給の実施

ラストリゾート供給の担当者を割り当てるもう一つの方法として、競争入札によるものがある。

入札の対象としては、ある区域におけるラストリゾート供給者の地位と、ある区域でのラストリゾート供給を求める需要に対応した供給力の二つが考えられる。

前者の場合は、既存の電気事業者の供給区域ないしはその一部分に対するラストリゾート供給の実施をいくらかで請け負うかということについて入札が実施される。入札は、規制当局が直接実施する場合と、規制当局の監督のもと、既存の電気事業者が実施する場合がある。ラストリゾート供給の条件等は、予め設定され、公開される。最も安価な価格を入札した者が落札者となり、ラスト・リゾート供給を求める需要家は落札者から供給を受けることになる。料金の請求や徴収は、供給者が直接行うか、既存の電気事業者に委託される。

一方、後者の場合は、規制当局、または既

存の電気事業者がラストリゾート供給を求めると予想される需要家の合計需要を想定し、提示する。入札者は、この需要の全部ないしは一部に応じて電力を供給する旨入札を行う。落札者は、既存の電気事業者に対して電力を供給し、需要家に対する供給は既存の電気事業者が担当する。料金の請求や徴収も既存事業者が行う。

オハイオ州で1998年に提案された制度改革法案では前者の制度が採用されていた。この制度では、既存の電気事業者の供給区域をRMAと呼ばれる区域に分割する。規制当局である公益事業委員会が入札を実施し、最低価格を提示した者が、それぞれのRMAにおけるラストリゾート供給者となる^[6]。

一方、オハイオ州で1999年に成立した制度改革法では、後者の制度が採用された。これは、既存の電気事業者の供給区域におけるラストリゾート供給を求める需要を10分割した上で、それぞれの部分について入札を行う。入札の実施は規制当局が監督する第三者が行い、最低価格を提示した者がその部分についての供給を担当する。ラストリゾート供給を求める需要家は、各落札者の平均落札価格を既存の電気事業者を経由して支払い、供給を受ける。メイン州やモンタナ州の制度改革でも、同様の入札制度が採用されている。

入札による方法では、無作為割り当ての方法とは異なり、ラストリゾート供給を希望する供給者だけを参加させることができる。また、後者の方法では、落札した供給者と需要家との直接の関係がないので、需要家が選択を実施する際にも問題が生じないという利点もある。

しかし、安すぎる価格を提示して落札者となった場合には、その後の安定的な供給を維持することができないおそれが生じることになる。また、応札者がいなかった場合、誰がラストリゾート供給を割り当てるかとい

う点も問題となる。既存の事業者に割り当てるという方法がモンタナ州などではとられているが、この場合は、市場支配力の問題が再浮上することになる。

4. まとめと今後の課題

本報告では、小売自由化時代において、ユニバーサル・サービスの提供を確保するための方策として、ラストリゾート供給者に電力供給サービスの提供という公共サービス義務を課す方法に関して、誰に義務を課すかという点についての検討を行った。

制度改革の先進事例である米国においては、当初既存の電気事業者に公共サービス義務を課すという方法を採用していた。しかし、この方法には、既存事業者による市場支配力が維持されるという問題点が指摘されている。このため、最近の制度改革では、供給者の割り当てや入札の実施といった方法で、市場支配力の問題を回避しようという動きが見られる。

ユニバーサル・サービスの内容には、単に電気の供給が保証されるだけでなく、料金その他の供給条件が手頃 (affordable) なものであることも含まれる⁷⁾。このためには、単にラストリゾート供給者を確保するだけでなく、低所得者などに対する料金の割引や緊急時における供給停止の延期などの施策についても検討をしていく必要がある。

また、需要家が市場ベースでの電力サービスの供給を受けることができない理由が、料金不払いなどのリスクを供給者が負担したくないことに基づくならば、損害保険における再保険の制度と同様に、このようなリスクだけを引き受ける組織を設けることで、ユニバーサル・サービスの提供を確保できるという主張もある⁸⁾。

日本の電気事業制度改革においても、ユニバーサル・サービスの確保は効率性と両立させつつ達成することが求められている。今後予定されている制度の検証の際には、これらの点についても検討が実施されることが求められるだろう。

【参考引用文献】

- [1] Baxter, Lester W. (1998), "Electricity Policies for Low-income Households", *Energy Policy*, Vol.26 No.3, pp.247-256
- [2] 丸山真弘 (1999a)、『自由化時代における供給サービス義務のあり方—需要家に対する「ベーシック・サービス」の提供—』、電力中央研究所報告 Y98017
- [3] 丸山真弘 (1999b)、『電気事業における供給義務とユニバーサル・サービス』公益事業研究、51巻1号、pp.15-22
- [4] 井上寛 (1999)、『選択しないことも一つの選択? (米国)—供給事業者を変更しない需要家の取り扱いを巡る論議—』、海外電力、1999年9月号、pp.9-13
- [5] Zolnierek, James and Rangoe, Katie (1998), "Long Distance Market Shares, Third Quarter 1997", *Federal Communication Commission*
- [6] Rose, Kenneth (1999), "Using Auctions to Jump-Start Competition and Short-Circuit Incumbent Market Power", *Public Utilities Fortnightly*, Feb. 1 1999, pp.48-53
- [7] Brockway, Nancy and Sheman, Michael. (1996), "Stranded Benefits in Electric Utilities Restructuring", *The Electric Industry Restructuring Series, The National Council on Competition and the Electric Industry*, Oct. 1996
- [8] Colton, Roger D. (1998), "Provider of Last Resort: Lessons from the Insurance Industry", *The Electricity Journal*, Dec. 1998, pp.77-84

{ まるやま まさひろ
電力中央研究所 経済社会研究所 }

電力供給地域にあわせた全国 10 地域間産業連関表の開発

On the estimation of 10 power-supply region inter-regional input-output table: 1990

キーワード：地域経済, 地域間産業連関, 空間相互依存モデル, 電気事業

人見和美

地域経済分析の基礎的な道具である地域間産業連関表は、地域間・産業間の取引を詳細に記述したものである。したがって、地域間の相互依存を明示的に考慮した分析が可能であり、連関表の地域区分を分析対象としている地域に合致させることができれば、経済分析の道具として実用的かつ強力なツールとなる。本稿では、通産省が公表している全国 9 地域間産業連関表を基礎に、その地域区分を電力会社の電力供給地域に可能な限り整合するように再編成し、それらの地域間取引を部門別に推計することによって、新たに全国 10 地域間産業連関表を開発している。同表では、北陸など電力会社に対応した地域区分が設けられるとともに、地域間フィードバックによる生産誘発では、農林水産あるいは製造業各部門が主体となる他地域に比べて首都圏では対事業所サービスが重要な位置を占めることが明らかにされている。

- はじめに
- 推計の方法
 - 地域区分の差異
 - 推計に用いた資料
 - 推計の方法
- 10 地域間産業連関表の生産誘発構造
 - 生産誘発額
 - 生産誘発構造の分解
 - 地域間フィードバック効果
- むすび

1. はじめに

地域間産業連関表は、各地域・各産業の地域間取引を記述したものであり、地域間相互依存を詳細に把握することができるというメリットを持ち、地域経済分析の道具として不可欠のものである。わが国では、全国を 9 地域、産業部門を 46 部門に分割した地域間産業連関表が通商産業省（以下通産省という）により公表されている。その地域区分は、各地方通産局管内を基準として、北海道、東北、関東、中部、近畿、中国、四国、九州、沖縄の 9 地域に分割されている。

一方、(財)電力中央研究所では（以下電中研という）、地域経済分析を行う際には、各電力会社が立地し電力を供給する地域区分に

可能な限り整合するものとして、全国を北海道、東北、北関東、首都圏、中部、北陸、関西、中国、四国、九州・沖縄の 10 地域に分割した地域区分を用いている。両者の間には、例えば通産省区分では関東に含まれる新潟県が電中研の区分では東北に含まれるなど、たとえ東北という同一名称でも地域を構成する県の内容に差異がある。

地域は、たとえば農林水産や食料品製造等を主体とする北海道と重化学工業を主体とする中国では基盤となる産業が異なり、地域間生産誘発の状況が異なる。したがって、地域間産業連関分析において、分析対象の地域が全国 9 地域間産業連関表と合致しない場合には、新たに地域区分を再編した表を作成し用いる必要がある。

電中研では、地域間産業連関分析手法と従来から行っている計量経済分析手法の融合を図るため、Regional Economics Application Laboratory (University of Illinois, U.S.A) との共同研究を実施し、現在、電力供給地域区分にあわせた計量経済・産業連関モデルの開発に従事している。本稿で紹介する 10 地域間産業連関表は、同モデル構築のためのデータ開発を目的として作成されたものである。

通産省の地域区分と異なった区分で地域間産業連関表を作表し分析に用いた例として、井原[1996]等の例がある。そこでは、通産省 9 地域間表を基礎に、貨物地域流動調査（運輸省）を用い、いわゆるノン・サーベイメソッドによって表を再編成している。本稿で述べる方法も同様に貨物地域流動調査を利用しているが、同資料がカバーしないサービス等の部門について地域間相互作用モデルを用いて地域間交易を推計するなど、新たな工夫が施されている。

2. 推計の方法

2.1 地域区分の差異

電中研及び通産省が用いている地域は、県を適宜集計したものである。しかし、電中研と通産省では、その集計の方法あるいは定義が異なっている。電中研が用いている 10 地域区分と通産省が用いている 9 地域区分との間の関係をまとめたものが表 1 である。

表に見るように、電中研、通産省の両者で東北という同一の呼称を用いているものの、電中研区分では青森から福島までの 6 県に新潟が加わった地域を指しているのに対して、通産省区分では青森以下 6 県のみを東北としている。さらに、電中研区分では関東という地域区分を持たず、通産省・関東地域に属する茨城、栃木、群馬及び山梨が北関東として取り扱われ、同じく通産省区分中の関東に属する埼玉、千葉、東京、神奈川は首都圏と呼称される。また、通産省・関東に含まれる長野、静岡は、電中研区分では中部に含まれる。なお、電中研区分にあつて通産省区分にない地域として北陸があげられるが、これは通産省・中部に含まれる富山、石川と通産省・近

表 1 電中研地域区分と通産省地域区分との差異

		通 産 省 区 分			
		東北	関東	中部	近畿
電 中 研 区 分	東北	青森, 岩手, 宮城, 秋田, 山形, 福島	新潟		
	北関東		茨城, 栃木, 群馬 山梨		
	首都圏		埼玉, 千葉, 東京 神奈川		
	中部		静岡, 長野	岐阜, 愛知, 三重	
	北陸			富山, 石川	福井
	関西				滋賀, 京都, 奈良 和歌山, 大阪, 兵庫

*表は、差異のある地域のみ記載した。表にない北海道、中国、四国、九州、沖縄については両者とも同様の定義を用いている。

畿に含まれる福井の3県を合計したものと定義されている。したがって、中部という名称は同一でも、通産省と電中研では内容が異なっている。同様に、通産省・近畿も電中研・関西とは定義に違いがある。反対に、電中研、通産省の双方で同一の地域区分となっているのは、北海道、中国、四国、九州、沖縄¹である。

このような差異がある中で、通産省の全国9地域間産業連関表から電中研10地域区分にあわせた地域間産業連関表を作成しようとする場合、通産省地域のうち関東、中部、近畿の3地域について、その地域を構成する県を分割し、分割された各県の地域間取引の構造を推計した上で、電中研の地域区分にあわせて再集計する必要がある。

2.2 推計に用いた資料

(1) 1990年全国9地域間産業連関表

通産省による全国9地域間産業連関表（以下通産省9地域間表という）は、産業を46部門に分割し、個々の産業について9地域間の取引構造を記述している。同表は、西暦末尾0と5年の表が公表されており、現時点では、1990年の表が最新の表である。本推計は、この通産省9地域間表を基礎表とし、その地域区分を変更した全国10地域間産業連関表（以下10地域間表という）を推計する。

(2) 各県の産業連関表（すべて1990年）

地域の産業連関表として、各県が地域内産業連関表（以下県表という）を作成・公表している。県表は、通産省9地域間表と同様に西暦末尾0と5年に、概ね90~100部門程度の部門分類で作表されている。

1990年時点の各県表を参照することによって、県別に部門別中間投入額や部門別産出額などを把握することができ、それによって上述した通産省9地域間表の地域ごとに地域を構成する各県の構成比を計算することができる。この構成比は、通産省9地域間表における中間投入額計や産出額について、関東、中部、近畿に含まれる各県の値を推計するために用いられる。

(3) 1990年貨物地域流動調査（運輸省）

農作物から製造業製品までを32品目に分割し、個々の品目について、47都道府県間の貨物流動を重量(トン)ベースで把握しうる資料が運輸省によって推計され、毎年公表されている。産業連関表が金額ベースで地域間の財貨取引を記述しているのに対して、同資料では重量ベースで記述されているという違いがあるが、地域間産業連関表以外に地域間の財貨取引を把握しうる公表資料としては、唯一のものである。以下に述べる推計では、地域間取引を推計するために同資料が用いられる。

2.3 推計の方法

(1) 地域分割の方法

地域間産業連関表と地域内産業連関表との関係を把握するために、以下では3地域2部門（以下3地域表）の地域間産業連関表を用いて説明する。3地域間の部門別取引の構造を、地域間産業連関表の枠組みにしたがって示したものが(1)式である。

ここで、 x_{ij}^{kl} は l 地域 j 部門が k 地域 i 部門から購入した中間投入財の金額、 f_i^{kl} は l 地域が k 地域から購入した i 部門最終消費財の金額、 v_j^{kl} は l 地域 j 部門が生み出した付加価値のうち k 地域へ配分された額、 X_j^l は l 地域 j 部門の産出額である。

この地域間産業連関表を集計することによって、地域内表（競争移輸入型）を作成する

¹ 電中研の地域区分では、九州・沖縄の1地域として定義されているが、それは通産省の地域区分における九州と沖縄を単純に合計したものであるため、県集計の内容の差異ではない。

$$\begin{array}{c}
 \begin{array}{c} \text{中間投入} \\ \text{付加価値} \\ \text{産出} \end{array}
 \begin{array}{c}
 \begin{array}{c} \text{中間需要} \\ \text{最終需要} \end{array} \\
 \begin{array}{c}
 \begin{pmatrix}
 x_{11}^{11} & x_{12}^{11} & \vdots & x_{11}^{12} & x_{12}^{12} & \vdots & x_{11}^{13} & x_{12}^{13} \\
 x_{21}^{11} & x_{22}^{11} & \vdots & x_{21}^{12} & x_{22}^{12} & \vdots & x_{21}^{13} & x_{22}^{13} \\
 \dots & \dots & \vdots & \dots & \dots & \vdots & \dots & \dots \\
 x_{11}^{21} & x_{12}^{21} & \vdots & x_{11}^{22} & x_{12}^{22} & \vdots & x_{11}^{23} & x_{12}^{23} \\
 x_{21}^{21} & x_{22}^{21} & \vdots & x_{21}^{22} & x_{22}^{22} & \vdots & x_{21}^{23} & x_{22}^{23} \\
 \dots & \dots & \vdots & \dots & \dots & \vdots & \dots & \dots \\
 x_{11}^{31} & x_{12}^{31} & \vdots & x_{11}^{32} & x_{12}^{32} & \vdots & x_{11}^{33} & x_{12}^{33} \\
 x_{21}^{31} & x_{22}^{31} & \vdots & x_{21}^{32} & x_{22}^{32} & \vdots & x_{21}^{33} & x_{22}^{33}
 \end{pmatrix}
 \begin{pmatrix}
 f_1^{11} & f_1^{12} & \vdots & f_1^{13} \\
 f_2^{11} & f_2^{12} & \vdots & f_2^{13} \\
 \dots & \dots & \vdots & \dots \\
 f_1^{21} & f_1^{22} & \vdots & f_1^{23} \\
 f_2^{21} & f_2^{22} & \vdots & f_2^{23} \\
 \dots & \dots & \vdots & \dots \\
 f_1^{31} & f_1^{32} & \vdots & f_1^{33} \\
 f_2^{31} & f_2^{32} & \vdots & f_2^{33}
 \end{pmatrix}
 \begin{pmatrix}
 X_1^1 \\
 X_2^1 \\
 \dots \\
 X_1^2 \\
 X_2^2 \\
 \dots \\
 X_1^3 \\
 X_2^3
 \end{pmatrix}
 \end{array}
 \end{array}
 \end{array}
 \begin{array}{c}
 \begin{pmatrix}
 v_1^{11} & v_2^{11} & \vdots & v_1^{12} & v_2^{12} & \vdots & v_1^{13} & v_2^{13} \\
 \dots & \dots & \vdots & \dots & \dots & \vdots & \dots & \dots \\
 v_1^{21} & v_2^{21} & \vdots & v_1^{22} & v_2^{22} & \vdots & v_1^{23} & v_2^{23} \\
 \dots & \dots & \vdots & \dots & \dots & \vdots & \dots & \dots \\
 v_1^{31} & v_2^{31} & \vdots & v_1^{32} & v_2^{32} & \vdots & v_1^{33} & v_2^{33}
 \end{pmatrix} \\
 \begin{pmatrix}
 X_1^1 & X_2^1 & \vdots & X_1^2 & X_2^2 & \vdots & X_1^3 & X_2^3
 \end{pmatrix}
 \end{array}
 \end{array}
 \end{array}
 \tag{1}$$

$$\begin{array}{c}
 \begin{array}{c} \text{中間投入} \\ \text{付加価値} \\ \text{産出} \end{array}
 \begin{array}{c}
 \begin{array}{c} \text{中間需要} \\ \text{最終需要} \end{array} \\
 \begin{array}{c}
 \begin{pmatrix}
 \sum_k x_{11}^{km} & \sum_k x_{12}^{km} \\
 \sum_k x_{21}^{km} & \sum_k x_{22}^{km}
 \end{pmatrix}
 \begin{pmatrix}
 \sum_k f_1^{km} \\
 \sum_k f_2^{km}
 \end{pmatrix}
 \begin{array}{c} \text{移出} \\ \text{移入} \end{array}
 \begin{pmatrix}
 \sum_{l \neq m} \sum_j x_{1j}^{ml} + \sum_{l \neq m} f_1^{ml} \\
 \sum_{l \neq m} \sum_j x_{2j}^{ml} + \sum_{l \neq m} f_2^{ml}
 \end{pmatrix}
 \begin{array}{c} \text{産出} \\ \text{産出} \end{array}
 \begin{pmatrix}
 \sum_{k \neq m} \sum_i x_{i1}^{km} + \sum_{k \neq m} f_1^{km} \\
 \sum_{k \neq m} \sum_i x_{i2}^{km} + \sum_{k \neq m} f_2^{km}
 \end{pmatrix}
 \begin{pmatrix}
 X_1^m \\
 X_2^m
 \end{pmatrix}
 \end{array}
 \end{array}
 \end{array}
 \begin{array}{c}
 \begin{pmatrix}
 \sum_k v_1^{km} & \sum_k v_2^{km}
 \end{pmatrix} \\
 \begin{pmatrix}
 X_1^m & X_2^m
 \end{pmatrix}
 \end{array}
 \end{array}
 \tag{2}$$

ことができる。例えば、m地域の地域内表を求めるとすると、それは(2)式のように書くことができる。

(1)、(2)式をみればわかるように、m地域のj部門中間投入額計 $\sum_k \sum_i x_{ij}^{km}$ 、最終需要計 $\sum_k f_j^{km}$ 、付加価値計 $\sum_k v_j^{km}$ 、及び産出額 X_j^m は、地域間表と地域内表で等しい。

もちろん、通産省 9 地域間表と各県の県表は、独立に推計されており、上述したように地域間表を集計して地域内表が作表されているわけではない。また、金属屑の取り扱いなどにも両者で違いがある。したがって、県表を集計した数値が通産省 9 地域間表の数値と

一致することはない。しかし、上述した地域間表・地域内表の概念的関係を前提とし、県表を集計して得られる通産省地域内の各県の構成比は地域間表でも成立すると仮定して、通産省 9 地域間表の地域分割を行うことにした。

(2) 分割地域表作成の方法

表 1 にしたがって、分割・再集計の対象となる県をピックアップすると、関東地域内の 11 都県、中部地域内の 5 県、近畿地域内の 7 県となる。一方、組替えのために分割・再集計を必要としない通産地域は、北海道、東北、中国、四国、九州、沖縄の 6 地域であり、こ

れらを合計すると 29 地域となる。以下では、9 地域間表から 29 地域間表（暫定値）を求め一般的な方法を述べることにする。

いま、 m 地域・ n 部門の中間投入行列を m' 地域・ n 部門に組替えることを考える。元の mn 行 mn 列の中間投入行列を \mathbf{x} と表記し、それを組替えた $m'n$ 行 $m'n$ 列の正方行列を \mathbf{x}' とあらわすことにする。すると、 \mathbf{x}' と \mathbf{x} の関係は、次のように書くことができる。

$$\mathbf{x}' = \mathbf{convR} \cdot \mathbf{x} \cdot \mathbf{convC} \quad (3)$$

ここで、 \mathbf{convR} は行変換行列であり、 $m'n$ 行 mn 列の行列である。一方 \mathbf{convC} は列変換行列であり、 mn 行 $m'n$ 列の行列である。 \mathbf{convR} 、 \mathbf{convC} の各要素は組換え前地域から組換え後地域への分割比率をあらわしている。

(3) 分割比率の算定に用いた指標

中間取引行列の分解を例にとると、列方向変換行列に示される分割比率は、各県表から得られる通産地域内県別中間投入額構成比を用いることができる。一方、行方向変換行列に含まれる分割比率については、県表からは情報を入手することができない(1)式の中間取引行列を行方向に集計しても(2)式の中間取引行列の行方向集計値とは一致しないからである。行方向の分割比率が得られないという問題は、中間取引行列のみならず、地域内最終需要についても同様である。そこで、本推計では、行方向の分割比率は、雇用者所得行列、輸入ベクトルの分割を除いて、産出額の通産地域内県別構成比を用いることにした。

輸入ベクトルについては、輸入が地域内需要の規模に応じて定まると考えて、各県表の中間需要、家計外消費支出、民間消費支出、政府消費支出、域内資本形成、在庫純増の合計値を用いて、通産地域内県別構成比を計算し、それを分割比率として用いている。

また雇用者所得行列についても行方向の分割比率は県表からは得られない。しかし、県民経済計算年報では、県民の雇用者所得を記載している。これは当該県に居住する雇用者が就業地にかかわらず稼得した所得を示しており、概念的には雇用者所得行列の行方向の集計値に等しい。そこで、県民経済計算から得られる県民雇用者所得を用いて通産地域内県別構成比を産出し、それを雇用者所得行列の行方向分割比率として用いている。

このように、分割比率は分割対象となる行列によって適切と考えられる指標を用いて分割している。

(4) 貨物流動調査による地域間交易パターンの推計

(3)式を用いて行われる分割を単純化して図示したものが図1である。図では、3地域間連関表の中間投入について、ある地域から一部を分割して新たな地域を設定する場合を示している。

図に見るように、分割された地域の投入では、自地域からの投入が塗りつぶされた部分と推計される。しかし、一般に自地域内投入が他地域からの投入を上回るのが通常であるから、この分割の結果をそのまま地域間投入構造として考えることは適当でないと考えられる。そこで、運輸省の貨物流動調査から得られる地域間貨物流動パターンを用い、同資料がカバーする農作物から製造業製品までの部門について分割地域の投入構造を推計することにした。

中間需要に関する地域間投入パターンの推計を例にとり説明する。分割前地域、すなわち通産 k 地域 j 部門の中間投入計を XI_j^k とし、各県表から得られる通産地域内の各県の中間投入計を ${}^{pref} XI_j^{mek} = \sum_i {}^{pref} x_{ij}^{mek}$ とする。ここで、 ${}^{pref} x_{ij}^{mek}$ は、通産 k 地域内の m 県に存

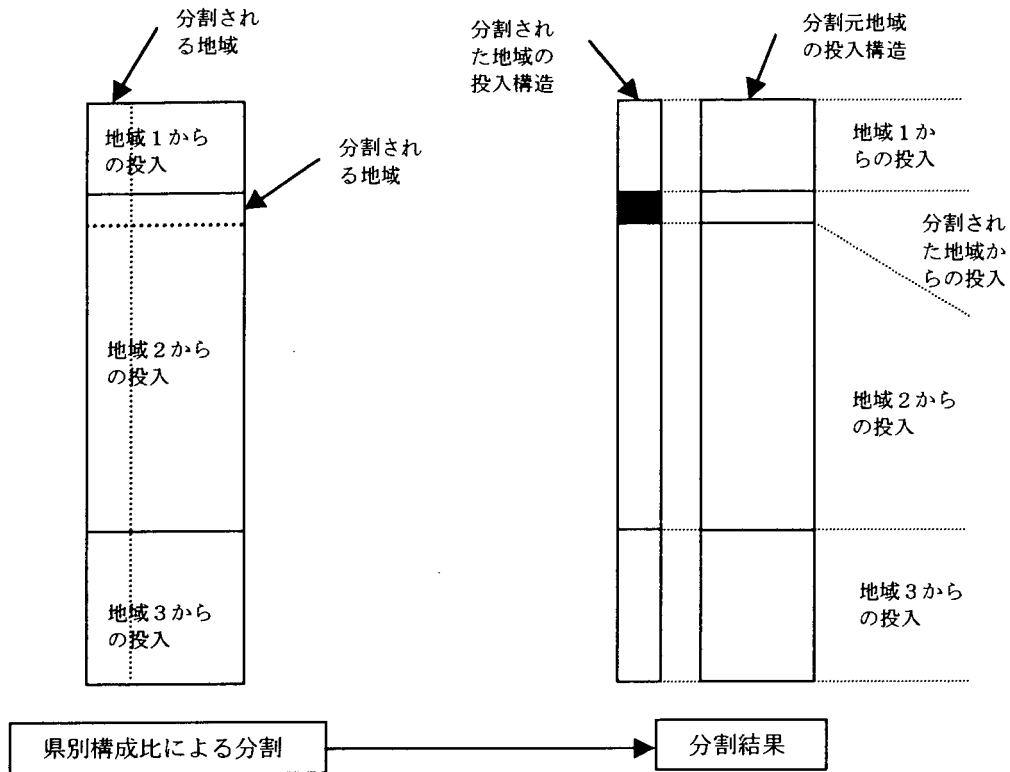


図1 県別構成比を用いた地域分割で生じる問題

在する j 部門の i 部門からの中間投入である。これらの指標から、分割される $l \in k$ 地域の中間投入額計 $\hat{X}I_j^l$ は、

$$\hat{X}I_j^l = \text{mini} XI_j^l \cdot \left(\frac{\text{pref} XI_j^l}{\sum_{m \in k} \text{pref} XI_j^m} \right)$$

と推計している。ここで $\text{mini} XI_j^l$ は通産省の表から得られる l 地域の中間投入額計である。この中間投入額計に対して、各県の表から得られる l 地域投入配分係数 $\text{pref} b_{ij}^l = \left(\frac{\text{pref} x_{ij}^l}{\text{pref} XI_j^l} \right)$ を乗じて、 l 地域 j 部門の i 部門からの投入量を次ぎのように求める。

$$\hat{x}_{ij}^l = \text{pref} b_{ij}^l \cdot \hat{X}I_j^l \quad (4)$$

一方、地域間交易パターンについては、貨物流動調査から得られる地域間輸送比率を次式のように計算する。

$$\tau_i^{kl} = \frac{T_i^{kl}}{\sum_k T_i^{kl}} \quad (5)$$

ここで、 T_i^{kl} は貨物流動調査から得られる k 地域から l 地域への i 部門貨物輸送量である。この輸送比率を用いて、分割地域の地域間取引額を次ぎのように推計する。

$$\hat{x}_{ij}^{kl} = \tau_i^{kl} \cdot \hat{x}_{ij}^l = \tau_i^{kl} \cdot \text{pref} b_{ij}^l \cdot \hat{X}I_j^l \quad (6)$$

貨物流動調査がカバーしている農作物から製造業製品については、最終需要も中間需要と同一の輸送比率が利用できるものと仮定し、中間需要と同様な方法で地域間取引額を推計した。ただし、部門数は貨物流動調査と地域間産業連関表の間で整合性を確保するため、28部門²に集約している。

² 農林水産業、鉱業、食料品・たばこ、繊維製品、木材・木製品、パルプ・紙・紙加工品、化学工業製品、石油・石炭製品、窯業・土石製品、鉄鋼製品、非鉄金属製品、金属製品、機械、その他製造業、建設、電機・ガス・水道業、卸売・小売業、金融・保険業、不動産業、運輸、通信、公務、教育・研究、医療・保健、その他公共サービス、対事業所サービス、対個人サービス、その他

表2 地域間交易係数の推計値と実際値との相関係数

	中間 需要	家計外 消費支出	民間消費 消費支出	政 府 消費支出	固 定 資本形成	在 庫 純 増
電気・ガス・水道	0.87	0.93	0.84		0.90	0.82
卸・小売	0.95	0.94	0.93			
金融・保険	0.81	0.89	0.83			
不動産	0.81					
運輸	0.81	0.87	0.90	0.52	0.81	0.84
通信	0.84	0.90	0.86			
教育・研究	0.92	0.93	0.85	0.83		
その他の公共サービス	0.81					
対事業所サービス	0.80	0.87	0.82			
対個人サービス	0.95	0.92	0.81			
その他	0.85					

(5) 重力モデルによる地域間投入の推計

貨物流動調査がカバーしない部門については、地域間交易パターンを推計するために利用しうる資料はない。そこで、それらの部門のうち、通産省 9 地域間表で地域間取引がある部門について、同表を基に重力モデルを推計し、29 地域間での地域間交易パターンの推計に用いた。

具体的な方法については、中間投入の地域間取引パターンの推計を例として説明する。まず、通産省 9 地域間表から地域間取引に関する次のような重力モデルを推定する。

$${}^{miti}x_i^{kl} = \frac{({}^{miti}X_i^k)^\alpha \left(\sum_k \sum_j {}^{miti}x_{ij}^{kl} \right)^\beta}{(d^{kl})^\gamma} \quad (7)$$

ここで、 ${}^{miti}x_i^{kl}$ は i 部門の地域 k から地域 l への移出額推計値であり、 ${}^{miti}X_i^k$ は地域 k の i 部門の産出額、 ${}^{miti}x_{ij}^{kl}$ は地域 l の i 部門の中間投入額、 d^{kl} は地域 k と地域 l の間の距離である。なお、距離としては県庁所在地間の距離を単純平均したものをを用いており、地域内距離についても地域内県庁所在地間の距離の平均を用いた。ただし、この方法では北海道の地域内距離について求めることができない

め、北海道の面積の平方根 * 0.5 を地域内距離として用いている³。

ここで推計された重力モデルに前節で述べた地域分割によって得られた 29 地域別の部門別産出額 \hat{X}_i^k 、部門別中間投入額合計値 $\sum_j ({}^{pref}b_{ij}^l \cdot \hat{X}_j^l)$ ⁴、および地域間距離⁵ d^{kl} を代入し、29 地域間の中間取引額 \hat{x}_i^{kl} を得ることができる。その取引額をもとに、次のような地域間交易パターンを求めた。

$$t_i^{kl} = \frac{\hat{x}_i^{kl}}{\sum_k \hat{x}_i^{kl}} \quad (8)$$

この地域間交易パターンを用いて、分割された地域の地域間取引額を次のように求めている。

$$\hat{x}_{ij}^{kl} = t_i^{kl} \cdot \hat{x}_i^l = t_i^{kl} \cdot {}^{pref}b_{ij}^l \cdot \hat{X}_j^l \quad (9)$$

中間需要と同様、家計外消費支出、民間消費支出、政府消費支出、固定資本形成、および在庫純増についても、通産省 9 地域間表で地域間取引のある部門に対して、上述同様なステップを経て推計を行った。

³ 地域内距離の算定については、井原 (1996) を参照のこと

⁴ ここで b_{ij}^l は各県の県表から得られる投入配分係数

⁵ 通産省・関東、中部、近畿に属する各県の地域内距離については、北海道と同様に面積の平方根 * 0.5 を用いた。

ここで用いられる重力モデルから得られる地域間取引パターン（係数）と通産省9地域間表から得られる取引パターンの適合度をみるため、両者の相関係数を求めたものが表2である。中間需要及び最終需要の各項目ではほぼ高い相関が得られており、重力モデルによっても通産省9地域間表に見られる地域内・地域間の取引のパターンを概ね表現できると考えられる。また、重力モデルを用いた推計によって設定される地域間取引額が最終的な推計値となるわけではなく、次項で述べる調整が施されることになる。そこで、地域内及び地域間の取引のパターンを概ね再現できれば重力モデル利用の目的は達せられると考え、ここでは上述した推計値を用いることにした。

(6) 表の調整と電中研10地域への再集計

通産地域の分割では、行分割と列分割で分割比率が異なること、また、分割地域について別途地域間投入パターンを設定していることから、分割後の29地域表の行集計と列集計で得られる地域の産出額が整合しない。

そこで、これら行部門（縦方向集計）の地域別産出額と列部門（横方向集計）の地域別産出額のどちらを用いるか、という問題が生じる。推計手順をみれば明らかなように、行の分割については、他に適切な資料がないために産出比で分割している。

一方、列の分割については、地域間表と地域内表との概念的整合性を基礎に、中間取引、付加価値、最終需要のそれぞれに適切と考えられる分割比が用いられている。さらに、地域間投入パターンの設定によって行方向の集計値は変化するが、列方向の集計値は、そもそもその集計値に地域間輸送パターンを乗じて地域間投入額を設定しているのであるから、地域間輸送パターンがどのように変化しても集計値は変わらない。

そこで、産出額の推計値としては、行部門（縦方向集計）の産出額を用いることとし、

行部門、列部門の産出額が等しくなるように調整を図ることとした。具体的な手順としては、①29地域分割表の調整、②10地域間表への集計とGeneralized RAS法による調整、の2段階で調整が行われている。

①29地域分割表の調整

29地域に分割推計した表を通産省9地域に集計し、表の各セルが通産省9地域間表と一致するように、集計された表のセルと通産省9地域間表の対応セルとの比率で、29地域間表の集計対象セルを調整した。これは、次段階のRAS法による調整の初期値を可能な限り通産省9地域間表と整合させるためである。

②Generalized RAS法による調整

次に修正された29地域間表を10地域に集計し、その段階で行集計値と列集計値との整合性を計るべく、いわゆるBi-proportional Methodによって表を調整した。ただし、電中研が用いる10地域区分と通産省の9地域区分との間で、北海道、中国、四国、九州・沖縄については定義に差異がない。したがって、それらの地域及び地域間の取引額については、通産省9地域間表の数値をそのまま利用することができる。そこで、中間需要及び最終需要行列のうち、それらの地域に対応する部分は調整対象から除いて調整を行う、Generalized RAS法(Allen[1975])を用いて表の調整を行った。

以上の調整を経て、全国10地域間産業連関表が推計されている。

3. 10地域間産業連関表の生産誘発構造

3.1 生産誘発額

推計された10地域産業連関表をもとに、地域間の生産誘発の状況をみることにする。まず、各地域ともに100億円、全国で1000億円の最終需要の増加があったものとする。この需要増加は、各地域の最終需要ベクトルの構成比で各地域・各産業に配分される。配

分された最終需要を地域毎に集計したものが表3である。

表頭の地域は需要の発生した地域を示し、表側の地域はその需要が向けられる地域を示している。北海道を例にとると、北海道地域で発生した100億円の需要のうち80.7億円が北海道域内に向けられ、19.3億円が他の地域に向けられている。各地域で発生した100億円の需要が地域間に配分される結果、北海道に対して総額86.6億円の需要が向けられることになる。この各地域の需要を基に、前節までの推計結果から得られる逆行列係数表を利用して生産誘発額を計算したものが表4であ

る。各地域で発生した需要が同地域でどの程度生産を誘発したかをみるには、表の対角部分に着目すれば良い。各地域ともに100億円の需要増加を想定しているから、生産誘発係数は、対角部分の数字を100で割ったものに等しい。この生産誘発係数の最大は首都圏の1.3、最小は北関東の0.9となる。ただし、各地域で生じた需要のうち一部は域外に向けられること、また域内部門の投入中には他地域からの移入に依存する部分があることから、各地域で生じた需要増加は他地域の生産も誘発する。計算結果で興味深いのは、各地域ともに自地域の誘発額が最大であるが、他地域

表3 最終需要の地域間配分

(億円)

		需 要 元										
		北海道	東北	北関東	首都圏	中部	北陸	関西	中国	四国	九州・沖縄	合計
需 要 先	北海道	80.7	1.3	0.9	0.6	0.5	1.0	0.6	0.4	0.3	0.3	86.6
	東北	2.1	77.8	5.4	1.9	1.6	2.4	1.2	1.0	1.0	1.0	95.4
	北関東	1.1	3.8	66.0	2.9	2.1	3.0	1.8	2.2	0.9	1.1	84.9
	首都圏	7.8	6.9	15.4	83.4	9.3	5.8	5.4	4.7	5.9	6.1	150.7
	中部	2.7	4.0	5.3	4.8	75.3	8.3	5.6	5.2	5.5	4.6	121.3
	北陸	0.6	0.9	0.9	0.6	1.4	71.9	0.6	0.4	0.3	0.3	78.0
	関西	3.1	2.8	3.4	3.0	5.6	4.8	79.2	6.3	6.3	4.6	119.1
	中国	0.9	1.1	0.8	1.2	1.7	1.3	2.6	75.2	4.0	2.5	91.3
	四国	0.2	0.4	0.4	0.4	0.8	0.6	1.1	1.4	73.8	0.7	79.7
	九州・沖縄	0.6	1.1	1.4	1.2	1.6	0.9	2.0	3.3	2.0	78.6	92.9
合計		100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	1,000.0

表4 10地域間産業連関表における生産誘発の状況

(億円)

		需 要 元										
		北海道	東北	北関東	首都圏	中部	北陸	関西	中国	四国	九州・沖縄	合計
誘 発 先	北海道	115.7	4.0	2.7	2.6	2.1	2.9	2.2	1.6	1.4	1.5	136.6
	東北	7.2	108.0	13.2	6.5	5.6	7.5	4.6	4.0	3.8	3.9	164.3
	北関東	4.4	10.0	90.3	8.2	6.4	7.3	5.4	6.2	4.2	4.5	147.1
	首都圏	26.4	24.6	44.2	132.5	28.8	20.5	18.6	20.0	22.2	21.7	359.4
	中部	10.8	13.2	15.6	14.9	115.1	21.5	17.9	16.8	17.4	15.7	259.0
	北陸	2.7	3.0	3.1	2.2	3.7	102.3	2.1	1.9	1.2	1.2	123.4
	関西	11.5	11.1	12.9	12.0	19.2	14.9	121.9	20.9	21.3	16.4	262.1
	中国	4.2	4.7	4.1	5.6	6.7	5.3	8.8	104.3	12.1	9.0	164.8
	四国	1.3	1.6	1.7	1.9	2.8	1.9	3.5	4.3	98.0	2.5	119.4
	九州・沖縄	3.3	4.1	4.6	5.1	5.8	3.7	6.8	10.2	7.3	112.6	163.5
合計		187.7	184.3	192.4	191.7	196.1	187.6	191.8	190.2	189.0	188.9	1,899.6

の生産誘発では首都圏、中部、関西という三大地域での誘発が相対的に大きくなっていることである。これは、表4にみるように各地域で生じた需要の中から他地域へ向かう部分のうち、三大地域に向けられる需要が相対的に大きいこと、また各地域の各部門の投入中、三大地域からの投入が相対的に大きいことを示している。

3.2 生産誘発構造の分解

つぎに、自地域で生じた最終需要が地域間産業連関を通じてどのように自地域の生産を誘発するのかをみることにする。いま、 r 地域で生じた最終需要 \mathbf{f} を、地域ブロック毎の部分ベクトルを用いて、次のように書くことができるものとする。

$$\mathbf{f}^r = \begin{pmatrix} \mathbf{f}^{1r} \\ \mathbf{f}^{2r} \\ \vdots \\ \mathbf{f}^{rr} \\ \vdots \\ \mathbf{f}^{mr} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \mathbf{0} \\ \mathbf{0} \\ \vdots \\ \mathbf{f}^{rr} \\ \vdots \\ \mathbf{0} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \mathbf{f}^{1r} \\ \mathbf{f}^{2r} \\ \vdots \\ \mathbf{0} \\ \vdots \\ \mathbf{f}^{mr} \end{pmatrix} = \Phi^r + \Phi^{*r} \quad (10)$$

ここで、 r 地域の最終需要ベクトルは自地域ブロックのみ需要額が入る地域内最終需要ベクトル Φ^r と自地域ブロック以外の場所のみ需要額が入る地域間最終需要ベクトル Φ^{*r} との和として定義されている。

一方、地域間投入係数を \mathbf{A} と書き、その各地域ブロックごとの部分行列を用いて、

$$\mathbf{A} = \begin{pmatrix} \mathbf{a}^{11} & \mathbf{a}^{12} & \cdots & \mathbf{a}^{1m} \\ \mathbf{a}^{21} & \mathbf{a}^{22} & \cdots & \mathbf{a}^{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \mathbf{a}^{m1} & \mathbf{a}^{m2} & \cdots & \mathbf{a}^{mm} \end{pmatrix} \quad (11)$$

と書くことにする。さらに、この投入係数行列を用いて求められる地域間逆行列も部分行列を用いて次のように書くことにする。

$$(\mathbf{I}-\mathbf{A})^{-1} = \mathbf{B} = \begin{pmatrix} \mathbf{b}^{11} & \mathbf{b}^{12} & \cdots & \mathbf{b}^{1m} \\ \mathbf{b}^{21} & \mathbf{b}^{22} & \cdots & \mathbf{b}^{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \mathbf{b}^{m1} & \mathbf{b}^{m2} & \cdots & \mathbf{b}^{mm} \end{pmatrix} \quad (12)$$

また、 r 地域の地域内投入係数 \mathbf{a}^{rr} を用いて計算される地域内逆行列を次のように定義する。

$$\mathbf{c}^{rr} = (\mathbf{I} - \mathbf{a}^{rr})^{-1} \quad (13)$$

\mathbf{c}^{rr} は、 r 地域以外からの投入をすべて漏出として計算した場合の逆行列であり、地域間逆行列との差は、生産誘発における地域間フィードバック効果を著わしている。すなわち地域間フィードバック効果を \mathbf{h}^{rr} と書くとき、 $\mathbf{h}^{rr} = \mathbf{b}^{rr} - \mathbf{c}^{rr}$ である。最終需要と同様に、 r 地域の地域内ブロックと地域間ブロックに分割し、地域間逆行列係数を次のように書くことにする。

$$\mathbf{B} = \begin{pmatrix} \mathbf{c}^{11} & \mathbf{0} & \cdots & \mathbf{0} & \cdots & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{c}^{22} & \cdots & \mathbf{0} & \cdots & \mathbf{0} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \cdots & \vdots \\ \mathbf{0} & \mathbf{0} & \cdots & \mathbf{c}^{rr} & \cdots & \mathbf{0} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & \ddots & \vdots \\ \mathbf{0} & \mathbf{0} & \cdots & \mathbf{0} & \cdots & \mathbf{c}^{mm} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \mathbf{h}^{11} & \mathbf{0} & \cdots & \mathbf{0} & \cdots & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{h}^{22} & \cdots & \mathbf{0} & \cdots & \mathbf{0} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \cdots & \vdots \\ \mathbf{0} & \mathbf{0} & \cdots & \mathbf{h}^{rr} & \cdots & \mathbf{0} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & \ddots & \vdots \\ \mathbf{0} & \mathbf{0} & \cdots & \mathbf{0} & \cdots & \mathbf{h}^{mm} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \mathbf{0} & \mathbf{b}^{12} & \cdots & \mathbf{b}^{1r} & \cdots & \mathbf{b}^{1m} \\ \mathbf{b}^{21} & \mathbf{0} & \cdots & \mathbf{b}^{2r} & \cdots & \mathbf{b}^{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \cdots & \vdots \\ \mathbf{b}^{r1} & \mathbf{b}^{r2} & \cdots & \mathbf{0} & \cdots & \mathbf{b}^{rm} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & \ddots & \vdots \\ \mathbf{b}^{m1} & \mathbf{b}^{m2} & \cdots & \mathbf{b}^{mr} & \cdots & \mathbf{0} \end{pmatrix} = \Gamma^r + \Pi^r + B^{*r} \quad (14)$$

このように定義すると、地域間逆行列係数は、地域内逆行列係数 Γ^r 、地域間フィードバック行列 Π^r 、および地域間逆行列係数の非対角部分行列 B^{*r} の合計として表現される。

いま特定の r 地域の産出 X^r に着目し、(10)と(14)を用いて産出額を求めると、

$$X^r = \Gamma^r \Phi^r + \Pi^r \Phi^r + B^{*r} \Phi^{*r} \quad (15)$$

となる。ここで、 $\Gamma^r \Phi^r$ は自地域に向けられた需要により自地域内の産業連関によって誘発される産出額⁶であり、以下では域内循環効果ということにする。同様に、 $\Pi^r \Phi^r$ は自地域に向けられた需要をもとに地域間フィー

⁶ r 地域の需要によって誘発される r 地域以外の産出 X^{*r} を考える場合、 $X^{*r} = B^{*r} \Phi^r + B^{*r} \Phi^{*r}$ となる。

ドバックによって誘発される産出額であり、ここでは自地域需要による地域間フィードバック効果と呼ぶことにする。さらに、 $B^*r\Phi^*$ は需要としてはいったん地域外へ漏出するものの、漏出先の地域間投入を通じて誘発される自地域の産出額であり、ここでは漏出需要による地域間フィードバック効果と呼ぶことにする。すると、単一地域の生産誘発に着目する場合、当該地域の産出は域内循環効果、自地域需要による地域間フィードバック効果、および漏出需要による地域間フィードバック効果の合計として求めることができる。

各地域の誘発額をみると、そのほとんどは域内循環効果によって生み出されており。自地域需要によるフィードバックおよび漏出需要によるフィードバック効果の誘発生産額に閉める割合は最大で首都圏の4.4%、最小で北海道の0.6%であり、生産誘発に対する貢献は比較的小さい。しかし、二つの地域間フィードバック効果のみに着目し、それを部門別にみれば、両者の効果が大きい部門ほどその生産物が他地域の生産活動にとって必要度が高い、すなわち当該地域に存在し、全国市場で活動する有力な産業部門と考えることができる。

3.3 地域間フィードバック効果

自地域需要および漏出需要による地域間フィードバック効果を部門別に計算したもののうち、特徴的な地域として、北海道、首都圏、中部、北陸、関西、中国の6地域を図4に示す。図は、両効果の合計が最大である首都圏のスケールに固定して描かれている。

地域間フィードバック効果の合計を部門別にみると、地域の特色がかなり鮮明に現れている。卸・小売や運輸など、財貨の流通の増大に伴って産出が増大すると考えられる部門

を除いた部門で両効果の上位部門をピックアップすると、まず、北海道では農林水産業、パルプ・紙・紙加工品、および食料品製造業の地域間フィードバック効果が大きく、同効果による誘発生産総額の49%はそれら3部門で生み出されている。

効果が最大となる首都圏では、対事業所サービスの地域間フィードバック効果が最大であり、次いで機械製造業となる。地域間フィードバック効果による誘発生産総額のうち32%は両部門によるものである。他地域が農林水産業や製造業の部門で地域間フィードバック効果が大きくなっているのに対して、首都圏では対事業所サービスが最大の効果を持つことは特徴的であり、情報処理など専門的なサービス業の集積の厚い首都圏の特性を良く表していると考えられる。

自動車製造業の集積で著名な中部では、やはり機械製造業の地域間フィードバック効果が最大となり、同部門の効果だけで地域間フィードバック効果による誘発生産総額の20%を占める。さらに、他の製造業部門の効果も相対的に大きく、自動車生産に関連した鉄鋼、化学工業製品、その他製造業製品等の効果が大きくなっている。

繊維の産地であり、医薬品製造業の集積地でもある北陸では繊維製品の地域間フィードバック効果が最大であり、同部門の効果でフィードバック効果による誘発生産額全体の13%を占める。同様の比率では化学工業製品の9%が次位となり、新たに推計によって作り出された地域ではあるが、推計値は良く地域特性を反映しているとみることができる。

首都圏と並んで地域間フィードバック効果の大きい関西では、機械製造業の効果が最大であり、次いで機械製造業、鉄鋼製品、繊維製品と続いている。地域間フィードバック効果による誘発生産額のうち39%はそれら4

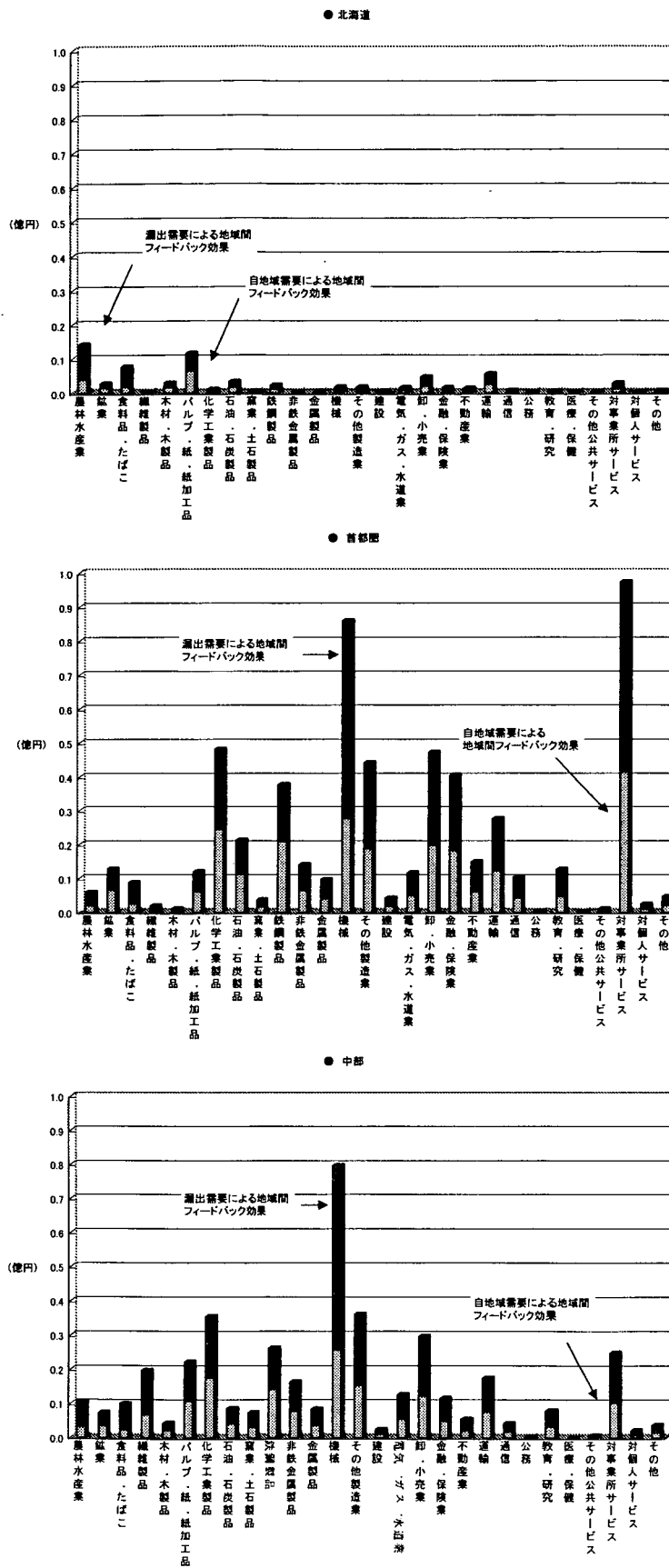


図2 部門別地域間フィードバック効果

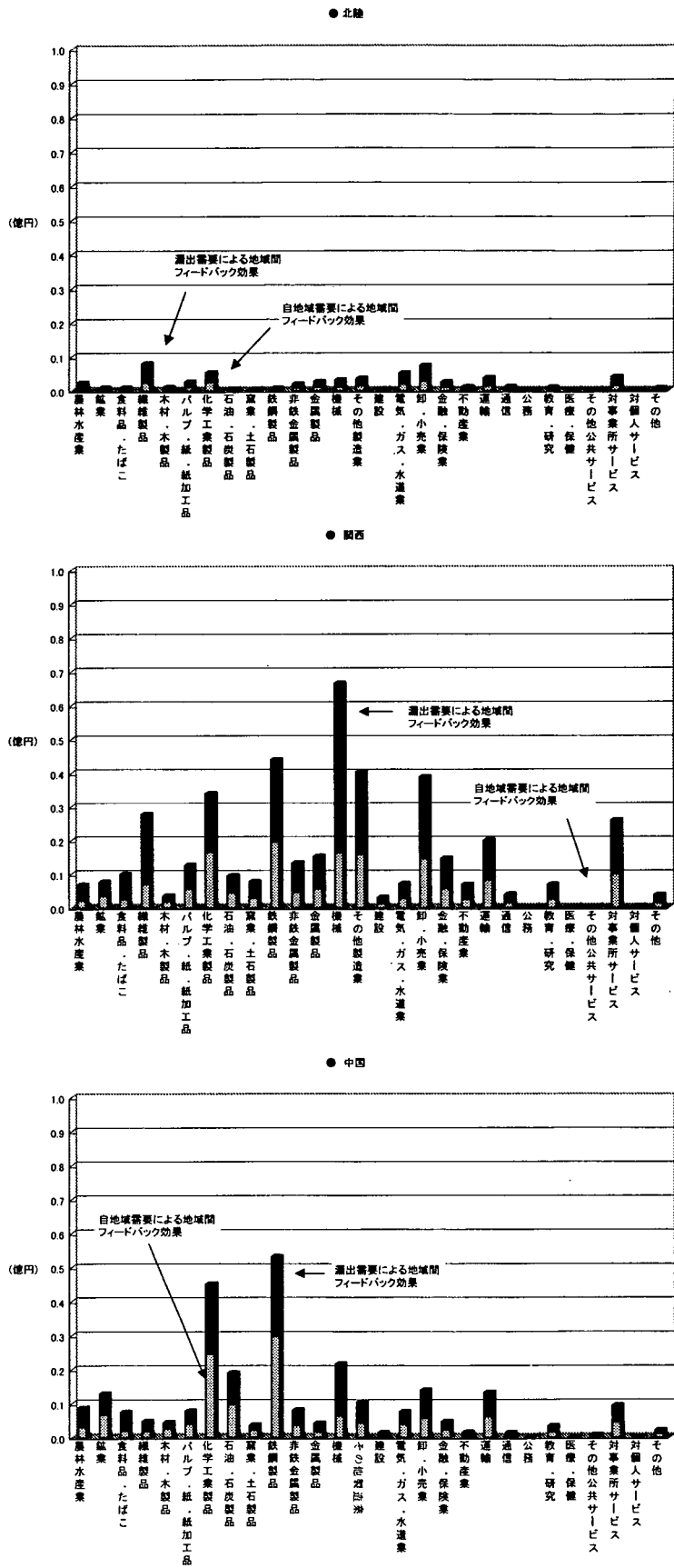


図2 部門別地域間フィードバック効果 —つづき—

部門で生み出されている。

重化学工業の集積の厚い中国では、効果が最大となる部門は鉄鋼製品であり、次いで化学工業製品と並ぶ。これら両部門の地域間フィードバック効果の合計は、同効果による誘発生産額全体の 39%を占めている。

地域間フィードバック効果の規模では、首都圏、中部、関西の三大地域が他地域と比べて顕著に高い。もちろん中国の鉄鋼製品や化学工業製品のように、三大地域の効果の規模を凌ぐあるいはそれに迫る地域もある。しかし、生産誘発における地域間フィードバック構造という側面からみて、わが国地域経済における首都圏、中部、関西の優位性が顕著に現れていると考えられる。

4. むすび

本稿では、1990 年の通産省 9 地域間産業連関表をもとに、各県が公表している地域内産業連関表や運輸省の「地域間貨物流動調査」、さらに通産省 9 地域間産業連関表を用いた重力モデルの推計によって地域区分を電中研が用いている地域区分に修正し、10 地域間産業連関表の推計を行った。また、推計された地域間産業連関表の特性をみるために、地域間フィードバック構造の簡単な分析を行った。

具体的には、地域毎に 100 億円の最終需要増加という前提のもとに各地域で起こる生産誘発経路を地域内循環効果、地域間フィードバック効果に分けて分析しているが、その結果、産地あるいは集積地として知られている産業構造上の地域特性と地域間フィードバック効果が示す状況がかなり良く適合しており、同表のもつ地域間生産誘発の構造がもっともらしいものであることを確認した。特に、通産省地域区分では関東として合計されている地域を北関東と首都圏に分割することによって、首都圏対事業所サービスの地域間フィードバック効果が顕著に高いという特徴を明らかにすることが可能となっている。

第 1 章に述べたとおり、今回推計した 10 地域間産業連関表は、今後開発される 10 地域間計量経済・産業連関モデルの基礎資料として用いられる。しかし、地域間産業連関表はそれ自身で独立した分析道具として利用することが可能である。頻繁に行われているインパクト分析や産業連関表を用いた地域経済成長の要因分解をはじめ、本稿で行った以上の詳細な生産誘発構造の分析、基盤産業分析など、応用の幅は広い。今後は、モデル開発の基礎資料としてばかりでなく、多方面に活用していきたいと考えている。また、応用を繰り返す中で、推計法の改善等を通じて、10 地域間産業連関表そのものの充実を図ってきたいと考えている。

謝 辞

本稿の原形を 1999 年度応用地域学会大会で発表した際には、討論者である井原健雄教授(香川大学)より有益なコメントをいただいた。また本誌匿名レフェリーからも数多くのご意見をいただいた。ここに記して感謝の意を表したい。もちろん、本稿に残る誤りについての一切の責任は筆者が負うものである。

【参考文献】

- [1] 井原健雄(1996)、「地域の経済分析」,中央経済社
- [2] Allen, R.I.G. et al (1975), 'Some Tests on a Generalized Version of RAS' in "Estimating and Projecting Input Output Coefficients" R.I.G.Allen et al eds, Input-Output Publishing Company.
- [3] Guilhoto, J.(1999), 'Decomposition & Synergy: a Study of the Interactions and Dependence among the 5 Brazilian Macro Regions', REAL - discussion paper
- [4] Hitomi, K., Okuyama, Y., Hewings, G.J.D., 'Changing Leontief Inverse and The Role of Interregional Trade Dispersion' REAL-discussion paper.
- [5] Israilevich, P.R.et al (1997), 'Forecasting Structural Change with a Regional Econometric Input-Output Model', Journal of Regional Science,2:79-93

(ひとみ かずみ
電力中央研究所 経済社会研究所)

中国における家計貯蓄行動の実証分析*

—人口高齢化の影響を中心に—

An empirical Analysis of Household Savings and Aging —A Case Study of China—

キーワード： 家計貯蓄、人口高齢化、ライフサイクル仮説、中国経済、パネル分析

若林 雅代

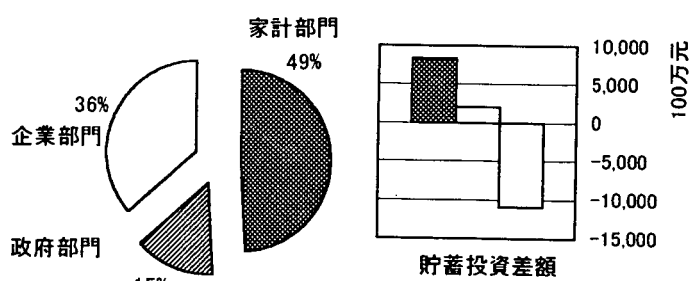
中国の家計貯蓄は国内貯蓄のおよそ半分を占め、企業の投資と経済の高成長を支えてきた。中国では政府が押し進めた「一人っ子政策」の影響で人口構造の高齢化が急速に進み、高齢人口の増加と若年人口の減少によって近い将来に未曾有の高齢社会が到来する。国連の人口予測によれば、中国の生産年齢人口は 2025 年頃をピークに減少するとみられている。この政策によって、家計の貯蓄率を低下させ、将来的な成長を損なうというツケ(機会コスト)が発生することが懸念される。本稿では、30 地域、3 ヶ年のパネルデータを用いて貯蓄関数を計測し、推定結果に基づいて中国における家計の貯蓄行動と人口構造変化の影響を分析する。

- 1. はじめに
- 2. 都市・農村世帯の貯蓄行動：理論と実態
- 3. 先行研究と実証モデル
- 4. 実証分析
 - 4.1. 推定モデル
 - 4.2. データ
 - 4.3. 推定結果
- 5. おわりに
- 参考文献

1. はじめに

中国の家計貯蓄率はおよそ 30%と極めて高く、中国経済の高成長に寄与してきた。図 1 が示すように、家計部門の貯蓄は経済全体の貯蓄の約半分を占め、それが企業部門の投資行動を資金面から支える構造になっている。しかしながら、急速な高齢化は人口構造に大きな変化をもたらし、近い将来に未曾有の高齢社会が到来するとみられている。国連の人口予測によれば、中国の生産年齢人口（15 歳以上 65 歳未満の人口）は 2025 年に 10 億 1300 万人を数えて以降は減少していくが、65

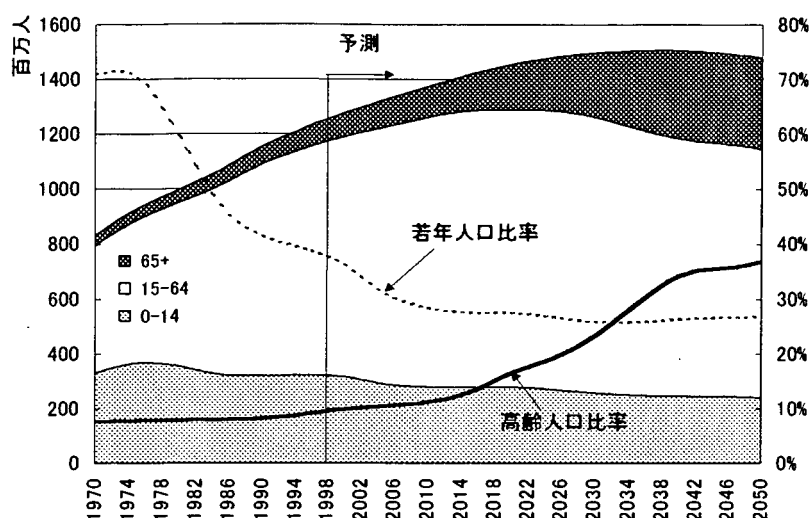
歳以上の高齢人口はその後も増え、2050 年には 98 年の推計値 8200 万人の 4 倍強となり、3 億 3000 人を超える。高齢人口が生産年齢人口に占める比率は 2020 年頃から急



貯蓄 = 総可処分所得 - 最終支出として定義
データ：中国統計年鑑 1998 資金循環表

図 1 国内貯蓄の部門別構成と IS バランス (1995)

* 本研究は International Institute for Applied Systems Analysis(Laxenburg, Austria)の '99 サマープログラムにおいて、社会保障改革 (Social Security Reform, SSR) のプロジェクトの一環として行われたものである。同プロジェクトは多地域経済・人口成長モデルを活用して社会保障制度の改革が地域間の資金フローの変化等を通して各地域・セクターの会計バランスにどのような影響を与えるか、などの問題を分析している。本研究を進めるにあたっては、SSR のプロジェクトリーダーである Landis MacKellar 氏の指導を受けた。研究の成果は IIASA Interim Report "Demographic Trends and Household Savig in China" Masayo Wakabayashi and Landis MacKellar にまとめられている。



データ：United Nations World Population Prospects, 1998

図2 中国の人口構造の変化

激に上昇し、2050年には37%に達する。一方で15歳未満の若年人口が生産年齢人口に占める比率は、変化のペースは緩やかになるものの、低下傾向が続くと予想される。

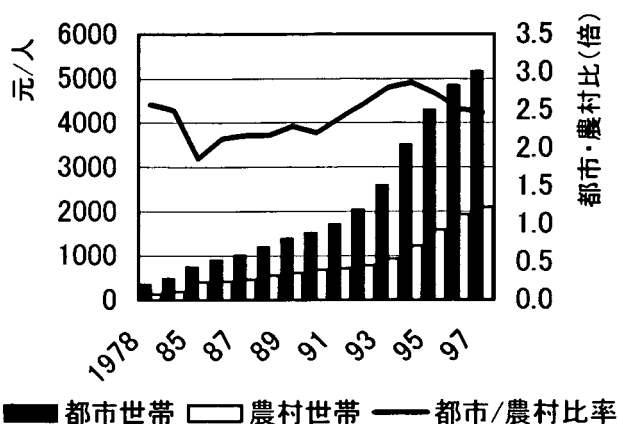
家計貯蓄のライフサイクル仮説(LCH)の重要な含意は、集計された貯蓄率が勤労世帯に占める高齢世帯の比率と逆相関する傾向をもつということである。また、子供を養育する若い世帯の貯蓄率は相対的に低い傾向があり、集計ベースの貯蓄率は同様に若年人口比率とも負の相関関係にある。

図2に示されるように、中国の生産年齢人口は2025年頃から減少傾向を示し、高齢人口比率が急速に上昇する一方、若年人口比率は引き続き低下する。高齢人口比率の上昇と若年人口比率の低下は相反する効果をもつため、このような人口構造の変化がマクロの貯蓄率に与えるネットの影響はわからない。本稿では、地域パネルデータを用いてベーシックなLCHに基づく貯蓄関数を推計し、人口構造の変化が貯蓄に及ぼす影響を解明する。

2. 都市・農村世帯の貯蓄行動：理論と実態

中国では都市と農村に行政上明確な区分があり、両者では制度機構が大きく異なる。現在、農村地域はおよそ70%の人口を抱え、生活水準の地域間格差が顕著にみられる。地域間の人口移動が中国政府によって厳しく制限されていることも、地域間格差が解消しない原因の一つとなっている。元来、都市の家計は農村に比べて生活水準が高い傾向があったが、昨今の経済開放政策の結果、都市の住民はさらに豊かになり、農村との格差が拡大した。公式データからも、都市の一人あたり年間収入が1997年には農村の約2.5倍にまで拡大していることが確認できる(図3)。

家計の貯蓄行動を説明する様々な理論の基本は、多くがLCHに依拠している。個々の家計は勤労期間中に資産を形成し、引退後はそれを取り崩す。家計の資産形成・取り崩しのパターンはよく知られるアーチ形



データ：中国統計年鑑 1998

図3 都市と農村における家計の年間収入の比較

の貯蓄プロファイルを描き、20-30代では低く、40-50代にかけて上昇してピークを作り、その後は低下してマイナスとなる。このような基本的な LCH の想定に加え、以下に挙げる諸要因も貯蓄行動に重要な影響を与える。

1. 遺産動機 (子に対する資産の移転)
 2. 流動性制約 (家計が流動性制約に直面していれば、住居取得などのために貯蓄が促進されると考えられる)
 3. 予備的貯蓄動機 (病気やその他の不意の支出に備えるための貯蓄)
- しかしながら、これらの諸要因を実証分

析で考慮するには詳細な個人情報を必要とする。このため、本稿のように集計データを用いた分析でこれらの貯蓄動機を取り込むことは、データの制約上困難である。

中国では、いくつかの理由によって都市の家計は農村に比べて貯蓄ニーズが小さいと考えられる。第一に、都市の労働者は就労期間と引退時の給与水準に基づく年金を受け取ることが約束されている。このため、引退後の生活に備える貯蓄動機が起こりにくい。また、給与所得は比較的安定し、健康保険や他の厚生制度も所属する企業(単位)によって保証されているため、予備的な貯蓄動機も小さい。さらに、かつては住居でさえ企業(所属単位)によって提供され、個人で保有する習慣がなかった。住宅の個人保有が奨励されるようになった今日でも、企業が労働者に提供する住宅は市価よりも相当安いというのが現実である。

一方、農村地域の所得も経済成長に伴って急速に増加してはいるが、都市に比べると依然として低水準であり、都市の労働者が享受している定年後の年金制度や安価な

表 1 家計の一人あたり所得と貯蓄, 1985-97

	(元)						
都市世帯	1985	1990	1993	1994	1995	1996	1997
一人あたり年間収入	749	1523	2583	3502	4288	4845	5189
うち可処分所得	739	1510	2577	3496	4283	4839	5160
一人あたり年間消費支出	673	1279	2111	2851	3538	3919	4186
貯蓄率 (%)	8.9%	15.3%	18.1%	18.4%	17.4%	19.0%	18.9%
年平均増加率 (%)		85-90	90-93	93-94	94-95	95-96	96-97
可処分所得		15.4%	19.5%	35.6%	22.5%	13.0%	6.6%
消費支出		13.7%	18.2%	35.1%	24.1%	10.8%	6.8%
農村世帯	1985	1990	1993	1994	1995	1996	1997
一人あたり年間収入	547	990	1334	1789	2338	2807	2999
うち純収入(可処分所得)	398	686	922	1221	1578	1926	2090
一人あたり年間支出	486	903	1211	1636	2138	2535	2537
うち消費支出	317	585	770	1017	1310	1572	1617
貯蓄率 (%)	20.2%	14.8%	16.5%	16.7%	16.9%	18.4%	22.6%
年平均増加率 (%)		80-85	85-90	90-93	93-94	94-95	95-96
可処分所得		15.8%	11.5%	10.3%	32.5%	29.2%	22.1%
消費支出		14.4%	13.0%	9.6%	32.1%	28.9%	20.0%

データ：中国統計年鑑 1998

表 2 先行研究における貯蓄率と人口構造変化の関係

著者	国・地域、期間	人口要因 (生産年齢人口比)	
		高齢人口	若年人口
Schimit-Hebbel ほか (1992)	10の発展途上国・地域 1970-85		-0.48* (-3.2)
Weil (1994)	14カ国のパネルデータ 1960-1985	-0.5* (-2.53)	-0.27* (-2.41)
Horioka (1991)	日本のマクロデータ 1956-87	-1.037 (-1.80)	-0.29* (-2.90)
Heller & Symansky (1997)	東アジア・東南アジア諸国 ¹⁾ 1990-96	-0.89 (-1.92)	-0.23 (-1.48)

1) () 内は t 統計値。*は推定値が有意水準 95%で統計的に有意であることを示す中国を含む

住宅マーケットなども農村にはない。農民の所得は天候や農作物の市場価格に左右され、不安定である。さらに、農家は農耕を行う生産単位でもあり、必要な農機具の修理・購入や家畜の購入を行う。本来、これらは企業という投資行動にあたり、家計の貯蓄とは切り離して考えるべきである。しかしながら、生産単位としての農家と生活単位としての家計とが同一であるために、統計上は家計貯蓄の中にこのような投資資金が含まれ、結果として農村世帯の貯蓄率を引き上げることに繋がっている。

表 1 が示すように、1985 年時点の都市の家計貯蓄率は、農村地域に比べてかなり低かった。これは上述したような事情によって説明できる。しかし、90 年代の都市と農村の家計貯蓄率には顕著な違いはみられず、この間に都市の家計貯蓄率が 80 年代に比べておよそ倍になる一方、農村の貯蓄率は僅かに低下した。都市では、1985-90 年平均 15%、90-97 年平均およそ 20%という極めて高い所得の伸びがみられ、これが都市における貯蓄率上昇の理由の一つに挙げられる。農村ではこれほど顕著な経済成長はみられなかった。また、都市では金融市場の整備・発達によって農村地域の家計よ

りも資産運用の機会に恵まれていたことも貯蓄率上昇の一因となったろう。一人っ子政策や起業家の出現などあるいは人々の貯蓄動機を強める働きがあったと考えられる。

3. 先行研究と実証モデル

集計データを用いた実証分析で人口構造の変化が貯蓄に与える影響に着目する場合、一般にモデルは次のように定式化される。

$$s = A + D \cdot \gamma + Z \cdot \theta + u$$

s は貯蓄率、 A は定数項、 D は人口要因を表す変数、 Z は所得その他の要因、 u は誤差項、 γ および θ はそれぞれの要因のパラメータである。

表 2 はこのモデルを適用して人口要因と貯蓄率との関係を分析した最近の実証研究を要約したものである。多くの研究で、数カ国のパネルデータが用いられ、人口要因の変数には高齢人口および若年人口、あるいは両者を併せた非生産年齢人口と生産年齢人口との比率が使われている。 Z の変数としてどのような要因を取り込むか、またモデルの定式化を線形とするか、対数線形とするか、などによっても γ の大きさは異なってくるため、係数の大きさを直接に比

較することは妥当ではないが、表が示すように、いずれの研究においても非生産年齢人口の割合が貯蓄率と負の相関関係にあることが確認されている。また、Weil 以下の計測結果をもとに高齢人口と若年人口の影響を比較すると、高齢人口比率の影響の方が大きくなっている。

この計測結果は、仮に高齢人口の増加と若年人口の減少が同程度の大きさで起こったならば、若年人口のプラス効果が高齢人口のマイナス効果に打ち消され、総合的な貯蓄率へのインパクトはマイナスとなることを意味する。しかしながら、これらの研究には複数国のデータをサンプルに用いているにもかかわらず、各国特有の要因に対して十分な配慮がなされていないという問題がある。とりわけ、中国の場合は特有の経済的・社会的要因が家計の貯蓄行動に少なからぬ影響を及ぼしていると考えられ、中国でも高齢化によって貯蓄率が低下するかどうかは疑問である。

1988年の Yingyi Qian の研究では、中国の家計貯蓄に焦点を当て、二つのモデルを用いて都市と農村それぞれの地域における家計の貯蓄関数を推計している。

絶対所得モデル(Absolute Income Model, 以下では AIM と呼ぶ)は、貯蓄が現在の可処分所得と線形関係にあると仮定した初期のケインジアンタイプの貯蓄決定モデルで、貯蓄関数は以下の式で表される。

$$S = \alpha + \beta \cdot Y + u$$

S は貯蓄、 Y は可処分所得、 u は誤差項を表す確率変数である。貯蓄率は

$$\text{平均貯蓄性向(APS)} = \frac{S}{Y} = \frac{\alpha}{Y} + \beta + u$$

として求められる。 $\alpha < 0$ かつ $0 < \beta < 1$ であるとき、APS は可処分所得の増加に伴って上昇する。 β 係数は限界貯蓄性向(MPS)と意味づけられる。 $\alpha < 0$ の場合には MPS が APS を上回ることが容易に確認できる。このモデルでは、貯蓄の決定は現在の可処分所得のみに依存し、かつ所得の変化に対する反応が長期と短期で等しいという仮定が暗黙に置かれている。

恒常所得モデル(Permanent Income Model, 以下では PIM と呼ぶ)では、家計が定期的な収入を期待する所得期待値(恒常所得)と、所得の期待値と実現値との差で定義される一時的な変動部分(一時所得)とに所得を分けた場合に、それぞれの変化

表 3 現在所得・恒常所得・一時所得の限界貯蓄性向(MPS)

Yingyi Qian(1988)による実証結果

地域	期間	所得類型別 MPS		
		(AIM) 現在所得	(PIM) 恒常所得	一時所得
都市	1955-78	0.04		
	1979-85	0.26	0.02	0.20
農村	1982-84	0.53	0.25	0.27
	1983-84		0.34	1.31
	1982	0.41		
	1983	0.53		
	1984	0.58	0.34	1.34
			0.36	1.23

- 1) 現在所得の MPS は AIM、恒常所得および一時所得の MPS は PIM の推計結果
- 2) 所得には現物も含まれる。また、耐久消費財の購入は支出に含まれない
- 3) 所得と支出は一人あたり、実質の値 (General retail price index を使用して実質化)
- 4) 恒常所得は過去 3 年間の所得平均値。一時所得は現在所得と恒常所得の差として定義

が貯蓄行動に異なるインパクトを与えると考える。モデルは次式で表される。

$$S = \alpha + \beta_p \cdot Y_p + \beta_t \cdot Y_t + u$$

p および t はそれぞれ恒常所得、一時所得を意味する添字であり、 $Y = Y_p + Y_t$ が成り立つ。恒常所得の変化は家計の期待所得の変化を意味し、新しい期待に基づいて資産形成計画を変更する。その結果、これを達成するための貯蓄率も変化する、というメカニズムが働く。一方、一時的な所得変動の一部は今期の消費に影響するが、残りは次期以降の消費変動によって吸収される。一定の消費水準を維持しようとする家計の行動によって、消費の変動は所得に比べて小さいものとなる。このような PIM の想定の下では、所得変動が貯蓄に対してもつ効果は長期と短期とで異なったものとなる。

家計がライフサイクルを通じた消費決定を行うことにより、消費行動パターンが平準化されると考える LCH の下では、消費は一時的な所得の変動よりも恒常的な変化に対してより敏感に反応する。例えば、農作物が不作の年、農家の所得は著しく減少するが、それが一時的な天候要因などによるものであれば、来期以降の所得には影響がないと判断し、LCH に基づいて消費の意志決定を行う家計は、将来の何期かにわたってその分の消費を抑制する行動をとるだろう。その結果、今期における消費の減少は所得の変化よりも緩やかになる。このため、一時所得の MPS は恒常所得の MPS よりも大きいことが予想される。

Yingyi は都市の推定には時系列データを用い、農村では十分な時系列データが得られなかったために地域のプールド・データを利用した。表 3 は Yingyi の分析結果を利用し、AIM の計測結果を現在所得の MPS

として、PIM の計測結果を恒常所得と一時所得の MPS としてまとめたものである。このうち、現在所得の MPS をみると、78 年以前には都市の MPS はほぼゼロに近かった。78 年以前の都市の貯蓄率は極めて低く、今日の経済構造とは全く異なった状況下にあったといえよう。79-85 年の計測期間では、都市の MPS は 0.26、農村では 0.41-0.58 の値が得られている。

所得効果を恒常所得と一時所得とに分離すると、都市では両者の MPS に大きな差がみられないが、農村では両者の間に大きな乖離が生じている。とりわけ、一時所得の MPS は 1 を上回り、推定結果の妥当性が疑わしいものになっている。彼は農村世帯の分析に地域のプールド・データを使っているが、推定段階では地域固有の要因(地域の個別効果)が配慮されていないように見受けられる。各地域の MPS が等しいという仮定の下で地域の個別効果を想定すると、仮に所得が相対的に高い地域の個別効果が低所得地域の個別効果よりも大きければ、通常最小二乗法の推定値は MPS を過大に評価してしまう。

今回我々が行った実証分析では、基本的には Yingyi のモデルを踏襲しながらも、パネル分析の手法を用いることで各地域の個別効果への配慮を加えた¹。さらに、都市と農村の世帯の貯蓄行動を比較するため、両地域それぞれについて同期間の地域データをプールし、同じモデルの定式化による推定結果から両者の比較を試みている。

¹ 通常の OLS 分析が誤差の均一分散を前提としているのに対し、パネル分析では地域特有の要因による誤差の分散不均一を想定できる。本稿の分析ではランダム効果モデルを採用し、各地域の誤差が異なる分散をもつ確率変数である、という想定の下で一般化最小二乗法(GLS)を使ってパラメータを推定した。

4. 実証分析

4.1. 推定モデル

基本モデルは Yingyi が用いた AIM、PIM の二つのモデルを踏襲した。ただし、人口構造の変化が貯蓄行動に与える影響をみるために、所得変数のパラメータ（限界貯蓄性向、*MPS*）の中に人口要因を明示的に追加した。人口要因は先行研究に倣って高齢人口および若年人口が生産年齢人口に占める比率（*DepRate_e*、*DepRate_y*）を用いた。推定モデルは以下の式で表される。

AIM

$$Saving = \alpha + (\beta_1 + \beta_2 DepRate_e + \beta_3 DepRate_y) \cdot Y + u$$

PIM

$$Saving = \alpha + (\beta_{p1} + \beta_{p2} DepRate_e + \beta_{p3} DepRate_y) \cdot Y_p + (\beta_{n1} + \beta_{n2} DepRate_e + \beta_{n3} DepRate_y) \cdot Y_n + u$$

Saving は実質貯蓄額、*Y* は実質可処分所得を意味し、PIM の *p, t* はそれぞれ恒常所得および一時所得を表す添字である。PIM の恒常所得は過去 3 年間の所得の平均値、一時所得は現在所得と恒常所得の差として定義した²。β₂ および β₃ はそれぞれ高齢人口・若年人口の比率が *MPS* に与える影響

² この定義に従う恒常所得は「後ろ向きの」恒常所得と解釈され、これが本来の意味での恒常所得に対応するかは疑問が残る。殊に、都市勤労者の所得に関しては、1978 年の改革以降、賃金配分の均等主義的な性格をなくすために奨励金制度と出来高給が復活し、それらの決定における企業の自主裁量権が認められるようになったことから、賃金総額に占める時間給・基本給などの固定部分の比率は年々低下し、奨励金および各種手当の比率が飛躍的に上昇している。このため、過去の平均賃金が給与の固定部分と言えるかどうかは疑問であるが、これらの手当てが既に固定化されつつあるという事実から、賃金の固定部分だけでなく奨励金や手当部分も含めた給与総額について期待形成が行われ、貯蓄・消費行動が決定されていると考えた。また、農村では所得の変動が大きく、そもそも恒常所得という概念を当てはめること自体に無理があるのではないか、という指摘も考えられるが、ここでは農村でも過去の平均的な所得をもってある程度の期待形成は行っている、と考えた。

度を表すパラメータとして読みとれる。

4.2. データ

全てのデータは中国の公式統計から得られる。「中国統計年鑑」は、31 の地域レベルで世帯のサンプル調査を行い、チベットを除く全ての地域で都市・農村別に集計した家計の一人あたりの年間収入と支出を報告している³。本稿の分析では、1995 年から 97 年の 3 時点のデータをプールし、地域別消費者物価指数によって実質化した変数を用いた。その際、96 年以前の数字が報告されていない重慶（Chongqing）はサンプルから除外した。サンプル数は都市が 29 の地域と全国平均を含めた 30 地域、全 90 サンプル、農村が全国平均を含めて 31 地域、全 93 サンプルである。

貯蓄は可処分所得から消費支出を引いて求めた。可処分所得は総収入から租税および移転支出を除いたもので、農村世帯の場合は純収入（農村に定住する住民の年間総収入から農家の経営費用、租税支払い等を引いたもの）がこれに相当する。前述したように、農村の場合の可処分所得（純収入）は農家の生活に必要な支出だけでなく、農耕に必要な生産設備の購入にもあてられる。すなわち農村世帯の貯蓄を

貯蓄 = 可処分所得（純収入） - 消費支出と定義した場合、この中に将来の生活資金（= 本来の意味での家計貯蓄）以外に生産活動のための投資資金も含まれてしまう。データの制約によって農村世帯の貯蓄から生産活動に対する投資部分を切り離すことができないため、以下の分析結果でも農村の家計貯蓄率には上方バイアスが含まれて

³ チベットには都市の家計がなく、農村家計のデータのみ報告されている。

いることを十分に考慮する必要がある。

4.3. 推定結果

推定結果を表 4 に示す。定数項は全ての推定でマイナスの値が得られ、*MPS* が *APS* を上回り、所得の増加によって貯蓄率 (*APS*) が上昇することを示唆している。また、人口要因は高齢人口・若年人口とも貯蓄にマイナスの影響を及ぼす効果が計測された。そして高齢人口の方が相対的にマイナスのインパクトが大きく、また貯蓄率との関係が有意に認められるなど、先行研究の実証分析とも整合的な推定結果を得ている。しかし、若年人口比率が貯蓄に及ぼす影響は、我々の分析では有意には認められなかった。以下ではこの表の詳細をみていこう。

都市の推定結果をみると、高齢人口比率のパラメータは有意にマイナスで、絶対値も若年人口比率のそれを上回っている。AIM では高齢人口比率のパラメータは 99%水準で有意にマイナスの値が得られたが、若年人口比率のパラメータはマイナスではあるものの非常に小さく、統計的にも有意ではない。一方、PIM では一時所得の効果に対しては高齢人口比率が有意にマイナスの影響を与えているが、恒常所得に対しては効果も小さく、有意な影響はない。若年人口比率は恒常所得、一時所得のどちらにも有意な影響を及ぼしていない。

続いて農村の推定結果をみると、高齢人口のパラメータは総じて都市よりも大きな値が得られたが、ここでも若年人口は有意な影響が認められなかった。AIM の計測では、高齢人口は 99%水準で有意にマイナスの値を得た。パラメータの絶対値は都市のほぼ 3 倍で、高齢化の影響が農村の家計貯

蓄率により大きな影響をもたらすことを示唆している。また、PIM の推定結果は、高齢人口比率の上昇が恒常所得の効果を通して貯蓄に対しマイナスに影響すること、そしてその効果が統計的にも有意であることを示している。一時所得の効果に関しては、高齢人口比率のパラメータは負ではあるが統計的にも有意ではない。若年人口の影響は恒常所得で期待される符号とは逆のプラスの値が得られているが、恒常所得・一時所得ともにパラメータはごく小さく、統計的にも有意ではない。

以上を要約すると、人口構造変化のうち高齢化の要因は有意に貯蓄にマイナスの影響を与え、その影響は農村地域でより強いことが明らかとなった。これは、先にみた都市と農村における社会保障制度の違い、すなわち、都市の労働者の多くは企業が支払う年金によって引退後の所得保障を受けられるが、農村では年金をはじめ多くの社会保障制度が未整備のままになっているという事実と整合的な結果である。概して、農村の家計は LCH が想定するように引退後の生活資金の貯蓄に対して強いインセンティブを持つが、都市の家計はこれが弱い、といえるだろう。

表 5 はパラメータの推定値とサンプルの平均値を用いて求めた都市・農村それぞれの地域における家計の限界貯蓄性向 (*MPS*) をまとめたものである。現在所得の *MPS* は AIM のパラメータを、恒常所得と一時所得の *MPS* は PIM のパラメータを利用して計算した。表にみられるように、平均値で評価すると現在所得、恒常所得、一時所得いずれにおいても農村の家計の *MPS* は都市の家計よりも高いという Yingyi の研究と同様の結果が得られた。

表 4 推定結果

AIM				
決定係数	都市		農村	
		within	= 0.5843	within
	between	= 0.8418	between	= 0.7673
説明変数	overall	= 0.8004	overall	= 0.7452
Y	0.3489 **	(0.0493)	0.6662 **	(0.0898)
DepRate _o ・Y	-0.0068 **	(0.0024)	-0.0190 **	(0.0050)
DepRate _y ・Y	-0.000739	(0.00046)	-0.00066	(0.0015)
Constant	-254.75 **	(86.411)	-367.32 **	(68.473)
(人口要因なし)	within	= 0.5671	within	= 0.6967
	between	= 0.8441	between	= 0.7341
	overall	= 0.7934	overall	= 0.7060
Y	0.2076 **	(0.016)	0.3674 **	(0.030)
Constant	-93.01	(61.187)	-250.33 **	(52.467)
PIM				
決定係数	都市		農村	
		within	= 0.6189	within
	between	= 0.8621	between	= 0.7696
説明変数	overall	= 0.8243	overall	= 0.7471
Y _p	0.2259 **	(0.0634)	0.6378 **	(0.1487)
DepRate _o ・Y _p	-0.0007	(0.0030)	-0.0178 *	(0.0083)
DepRate _y ・Y _p	0.00023	(0.00073)	0.00012	(0.0023)
Y _T	1.3911 **	(0.3873)	0.9006	(0.6419)
DepRate _o ・Y _T	-0.0641 **	(0.0214)	-0.0278	(0.0418)
DepRate _y ・Y _T	-0.0102	(0.0055)	-0.0050	(0.0096)
Constant	-208.77 *	(82.452)	-380.81 **	(78.385)
(人口要因なし)	within	= 0.5239	within	= 0.6641
	between	= 0.8631	between	= 0.7411
	overall	= 0.8102	overall	= 0.7136
Y _p	0.1919 **	(0.015)	0.3463 **	(0.036)
Y _T	0.2860 **	(0.047)	0.4550 **	(0.088)
Constant	-65.54	(55.589)	-242.17 **	(53.341)

()内は係数の標準誤差。**は有意水準 99%、*は 95%で統計的に有意であることを示す。

- 1) 所得・支出は一人あたり、実質の値（地域別消費者物価指数を用いて実質化）
- 2) 恒常所得は過去 3 年間の所得の平均値。一時所得は現在所得と恒常所得の差
- 3) 高齢人口比率 (DepRate_o) および若年人口比率 (DepRate_y) は各地域の人口構成を用いて計算した
- 4) 下段は Yingyi の分析と同じ人口要因を含まないモデル定式化による推定結果
- 5) 個別効果にはランダム効果モデルを採用し、一般化最小二乗法 (GLS) によって推定した
- 6) 推定に用いたデータは都市・地域とも 1995-97 年の 3 ヶ年、都市は 29 地域および全国の 30 地域 90 サンプル、農村は 30 地域および全国の 31 地域 93 サンプル (チベットのデータは農村のみ観測可)
- 7) データ：中国統計年鑑 1993-98

表 5 の上部、現在所得の MPS をみると、人口要因を無視した場合には都市が 0.21、農村が 0.37 である。Yingyi が計測した都市の MPS は 0.26 であったから、Yingyi は時系列データを用い、我々の分析では地域のパネルデータを用いているという相異はあるものの、双方の結果はほぼ一致して

いとみることができよう。また、農村の MPS は Yingyi の計測値 0.41-0.58 と比較するとやや小さい。これは、所得水準の高い地域の貯蓄率が相対的に高いために生じたクロスセクションの上方バイアスが、我々の計測では地域の個別効果を考慮することによって取り除かれた結果とみられる。

人口要因による *MPS* の変化を考慮した左側の値は、都市の場合は0.25、農村は0.45へとそれぞれ上昇する。人口要因を考慮した場合、所得と貯蓄の関係はより強まっている。表4の推計結果に立ち返ると、高齢人口比率が *MPS* に有意にマイナスに働いている。このことから、高齢人口比率の高い地域では *MPS* が低いという効果をモデルに追加した結果、所得係数の絶対値が大きくなったとみられる。

何故、高齢人口比率が高い地域では *MPS* が低いのか。これには二つの異なる解釈が可能である。一つは、LCH が想定するように、消費行動を平準化することにより、高齢者が貯蓄を取り崩している可能性があるためである。またもう一つは、中国では地方の高齢人口比率が高い地域には高齢者が子供と同居しているケースが多く、同居家族が高齢者の面倒をみるという期待を抱くことによって貯蓄のインセンティブを弱めている可能性が考えられる。

表5の下半分にまとめられている恒常所

得と一時所得の *MPS* を比較すると、人口要因を無視した都市の *MPS* は前者が0.19、後者が0.29で、農村ではそれぞれ0.35、0.45という値が得られた。Yingyi の計測とは異なり、我々の計測結果では農村地域における一時所得の *MPS* も経済理論と整合的な1以下の値が得られている。

人口要因を考慮した場合は、農村の恒常所得の *MPS* は0.35から0.47へと上昇する。一時所得の方は0.43へと僅かながら低下するが、その変化は恒常所得ほど大きくはない。一方、都市の一時所得の *MPS* は人口要因を考慮するとおよそ0.08ポイント上昇し、0.37となるが、恒常所得の方は0.23へと僅かな上昇にとどまる。

この結果は以下のように解釈できよう。農村の貯蓄は一時的な所得の変動に対して人口構造とは無関係に敏感に反応する一方、恒常所得の変化に対する反応は人口構造に大きく依存する。これは、農家の貯蓄行動では、恒常所得の貯蓄は人口要因による影響が大きく、ライフサイクルとの関係が強

表5 所得の源泉別限界貯蓄性向 (*MPS*)

地域	期間	<i>MPS</i>		貯蓄率 (<i>APS</i>)
		現在所得	人口要因なし	
都市	1995-97	0.25	0.21	0.18
農村	1995-97	0.45	0.37	0.19

地域	期間	<i>MPS</i>			
		恒常所得	一時所得		人口要因なし
			人口要因なし	人口要因なし	
都市	1995-97	0.23	0.19	0.37	0.29
農村	1995-97	0.47	0.35	0.43	0.45

- 1) *MPS* (左側) は表4で計測したパラメータと推定に用いた全サンプルの平均値から産出した(現在所得に対する *MPS* は AIM の推計結果、恒常所得および一時所得の *MPS* は PIM の推定結果を利用)
- 2) 人口要因を含まない *MPS* (右側) は Yingyi が分析に用いたモデルと同じ定式化によるモデルの推定結果(表4下段)

いことを示唆する。一方、一時所得の貯蓄と人口要因との関係は不確かで、それ以外の要因が影響しているとみられる。農家の所得は都市労働者に比べると非常に不安定であり、農作物の出来・不出来やそれに伴う価格変動などで不確実な部分が多い。このため、農村の家計は貯蓄の予備的動機が強く、一時的な所得変動に対して、現在の消費を増減させるよりも、貯蓄して将来にわたる消費水準を少しだけ変える傾向が強いと考えられる。このような予備的動機による貯蓄は LCH とは異なり、人口構造との関係が弱い。

興味深いことに、都市では農村とは全く逆の結果が出ている。すなわち、都市では一時所得の貯蓄は LCH の想定に従い、人口要因との関係が強いが、恒常所得の貯蓄は LCH に従わない。都市における恒常所得の *MPS* は農村の半分以下であり、一時所得の *MPS* は恒常所得より約 0.14 ポイントほど高い。

恒常所得の *MPS* が都市において低く、農村では高いという計測結果は、都市と農村の家計が置かれた環境の違いを顕著に反映していると考えられる。都市の家計は、一時的な所得の増加が生じた場合、次期以降の消費のためにそれを貯蓄しておく傾向があるが、恒常的な所得については多くの部分を現在の生活に費やし、将来に備える部分は相対的に小さい。これは、都市には所得保障や年金などの社会保障制度が整備され、人々がその恩恵に与っている現実を反映していると考えられる。一方、農村の家計は日常から貯蓄動機が強く、恒常的な所得の多くの部分を将来の支出（生活費のほか、家畜や農耕機具の購入にもあてられる）に備えて貯蓄する習慣を持っている。この

ように、中国の農村と都市とでは家計の貯蓄行動に大きな違いが認められる。

5. おわりに

本研究では、中国の家計貯蓄関数の推定を通して人口構造の変化が家計貯蓄率に与える影響を分析した。推定の結果、高齢化は中国の貯蓄にマイナスの影響を及ぼすことが明らかとなった。また、人口要因の影響は都市の労働者世帯よりも農村世帯でより大きく、今後、高齢化の進展によって、特に農村地域での貯蓄の低下が懸念される。

都市の家計貯蓄率に対してはこれまでのところ人口要因がそれほど大きく影響していなかった。しかしながら、都市の労働者に与えられてきた安定的な収入と年金などの引退後の生活保証とが都市の住民に将来を楽観視させていたとするなら、年金制度改革・経済改革のあり方が今後の都市住民の貯蓄率にも大きく影響すると考えられる。改革の方向如何によっては、都市の貯蓄行動が様変わりする可能性がある。

21 世紀半ばの中国は、急激な高齢化によって生産年齢人口の 40% 近い高齢者を抱えるようになり、現行の賦課方式のままでは現役世代の負担は目に見えて大きくなる。年金制度を維持するためには現在の年金水準の引き下げも必要であろう。その結果、都市でも定年後の生活資金の相当部分を個人で貯蓄する必要性が生じ、LCH が想定するような貯蓄形成と取り崩しが現在よりもより顕著となる可能性が高い。

謝辞

本研究の実施にあたっては、IIASA 滞在中に SSR プロジェクトのリーダーである Landis MacKellar 氏、プロジェクト関係者、スタッフ等関係諸氏から多大なご助力をいた

だいた。また、本稿執筆に際しては中国の諸事情に詳しい慶応義塾大学商学部の唐木岡和教授、家計経済研究所の溝口由己氏および本誌匿名査読者の方々より多くの有益なコメントをいただいた。ここに記して感謝申し上げます。もちろん、本論文の内容に関する誤り等については、一切筆者の責任である。

【参考文献】

- [1] Andrew Mason (1988) "Saving, Economic Growth and Demographic Change", *Population and Development Review* Vol. 14, No. 1
- [2] Angus Deaton and Christina Paxson (1997), "The Effects of Economic and Population Growth on National Saving and Inequality", *The Demography of Aging* Vol. 34, No. 1
- [3] Charles Yuji Horioka (1991) "The determinants of Japan's saving rate: the impact of the age structure of the population and other factors", *The Economic Studies Quarterly* Vol. 42, No. 3
- [4] David N. Weil (1994) "The Saving of the Elderly in Micro and Macro data", *Quarterly Journal of Economics* Vol. 109
- [5] Ehtisham Ahmad and Arthar Hussain (1991) "Social Security in China: A Historical Perspective", in *Research Studies in Development Economics*, Ehtisham Ahman et al. eds.
- [6] Franco Modigliani and Arlie Sterling (1983) "Determinants of Private Saving with Special Reference to Social Security --Cross-Country Tests", in *The Determinants of National Saving and Wealth*, F. Modigliani and R. Hemming eds.
- [7] Joseph C. H. Chai (1996) "Consumption and Living Standards in China" in *The Chinese Economy Under Deng Xiaoping*, Ash Rovert F and Kueh Y. Y. eds
- [8] Klaus Schmidt-Hebbel, Steven B. Webb, and Giancarlo Corsetti (1992) "Houshold Saving in Developing Countries: First Cross-Country Evidence", *The World Bank Economic Review* Vol. 6, No. 3
- [9] Masayo Wakabayashi and Landis MacKellar (1999) "Demographic Trends and Household Saving in China", IIASA Interim Report IR-99-057
- [10] Matthew Higgins and Jeffrey G. Williamson (1997) "Age Structure Dynamics in Asia and Dependence on Foreign Capital", *Population and Development Review* Vol. 23, No. 2
- [11] Peter Heller and Steve Symansky (1997) "Implications for Savings of Aging in the Asian Tigers", IMF working paper
- [12] Ronald D. Lee, Andrew Mason and Tim Miller (1999) "Saving, Wealth and Population", not published
- [13] World Bank (1995) *Averting the Old Age Crisis*
- [14] World Bank (1997) *China 2020*
- [15] Yingyi Qian (1988) "Urban and Rural Household Savings in China", IMF working paper

{ わかばやし まさよ
電力中央研究所 経済社会研究所 }

競争的電力市場における供給信頼度評価の基礎的検討

Basic Study for Evaluation of Supply Reliability in the Competitive Electricity Market

キーワード：競争的電力市場、供給信頼度、社会厚生最大化、停電コスト

岡田 健司 栗原 郁夫 渡辺 尚史

近年、電気事業への競争原理導入が世界的潮流となっている。我が国でも、卸電力市場の部分的自由化が実施され、小売送電制度の実用化が検討されている。小売レベルの競争が導入された電力市場においても、電力システム全体が効率的に運用・構築され、電力市場での公平な競争が維持されなければ、自由化導入の目的を達成することができない。さらに、自由化が進展したとしても、系統運用上、想定外の需要変動、電源脱落や送電線事故に対処できる十分な供給予備力を確保し、系統全体の供給信頼度を維持していく必要がある。本稿では、競争的な電力市場においてどの程度の供給信頼度を確保すべきかなどの点について検討する。

- はじめに
 - 供給信頼度確保の考え方
 - 確定論的評価
 - 確率論的評価
 - 競争的電力市場下での供給信頼度評価
 - 新たな視点
 - 競争的電力市場下での信頼度評価の枠組み
 - 信頼度評価の留意点
 - テストモデルによるシミュレーション結果と考察
 - 供給信頼度維持を考慮した需給均衡モデル
 - テストシステムによるシミュレーション結果
 - まとめと今後の課題
- 参考文献
付録1 停電時の平均社会厚生への補足
付録2 発電機ならびに需要家の諸特性

1. はじめに

近年、電気事業の規制緩和が世界的な潮流として進展し、競争的な電力市場が形成されつつある。さらに、多様な発電事業者が参入する競争的電力市場の下では、コストダウン圧力の高まりにより、系統運用の複雑化、既存設備の稼働率向上、設備投資の抑制などが進むものと考えられる。電力自由化が先行する諸外国では、これらが現実の問題となりつつある。これらのいずれも電力システムの供給信頼度と密接に関わっている。

競争的電力市場の下で供給信頼度をどのように確保していくかという問題は、電力自由化が抱える大きな課題であり、信頼度管理といった制度的側面と、競争的市場での適切な信頼度レベルの

維持といった技術・経済的側面を持つ。前者については米国のNERCの改編¹⁾に代表されるような動きであり、後者は英国において自由化直後に行われた供給信頼度基準の再検討²⁾があげられる。

本稿では、競争的電力市場のもとで供給信頼度を評価する際の基本的な枠組みについて、技術・経済的側面から基礎的な検討を加える。特に、従来の考え方との違いや予想される新たな課題に焦点をあてて議論する。

2. 供給信頼度確保の考え方

2.1 確定論的評価

従来、電力システムの供給信頼度は、電源と系統でと別個に議論されてきた。この内、系統については、想定した「外乱」に対して「系統が満た

すべき性能」の組み合わせをもって信頼度基準とする確定論的手法が採用されてきた。最も基本となるのは、単一設備の事故や停止に対しては供給支障が生じないように計画や運用を行うことであり、通常 (n-1) 基準と呼ばれている。

2.2 確率論的評価

これまで電源に関する供給信頼度評価は、確率論的手法がベースとなり、わが国では見込み不足日数0.3日/月が信頼度基準の目標とされてきた。一方、系統についても確率論的手法を適用しようとする動きが欧米を中心に以前からもあった。これは、供給信頼度を定量的に評価することでコストと信頼度との関係を明確にし、より効率的な計画を実現しようとするものである。すなわち、信頼度とコストの間には、図1に示すような関係があり、供給コストと停電コストを加えた社会コストを最小化する点が最も望ましい信頼度レベルであるという考え方である^[3]。そのうち、検討に必要な停電コストの評価は主に欧米を中心に行われ^[4]、またいくつかの国ではこうした考えを部分的にも実務に反映させている。

3. 競争的電力市場下での供給信頼度評価

3.1 新たな視点

競争的電力市場下での供給信頼度に関わる諸問題を評価するにあたって、新たに以下のような

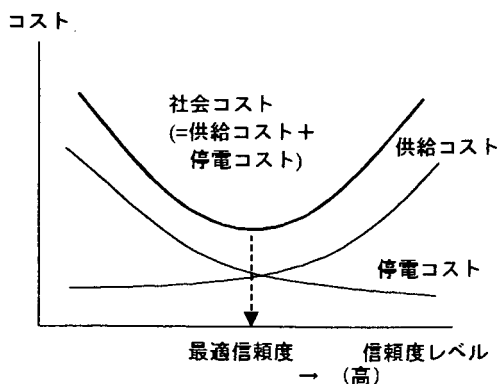


図1 信頼度レベルと社会コスト

点を考慮すべきであると考えられる。

- ・ 参加者の不確実性：電源の実現性（例えば、立地、容量、信頼度）。さらに、電力取引先、取引量、期間などの不確実性。
- ・ 系統異常の発生：混雑発生（場所、頻度、大きさ、解消法）。Ancillaryサービスとの関係など。
- ・ 需要家の多様性：信頼度に対する様々な要求。電力供給先の変更や自家発電設備の設置による代替手段の多様性など。
- ・ 透明性の確保：系統運用・制御の根拠、系統増強・費用配分の根拠の説明性。
- ・ コスト評価：総括原価から多数の参加者の費用。

この内、参加者の不確実性は、従来、信頼度評価における不確実性がもたら事故の発生を対象に議論されてきたのに対し、取引の不履行など社会的な不確実性が新たな問題となることが予想されることを意味する^[5]。また、送電系統内での混雑の発生には、従来、系統増強の主要因が信頼度の確保であったのに対して、「安価な電力」の購入が出来ないこと、つまり電力取引の制限も要因になり得ることも含まれる。

3.2 競争的電力市場下での信頼度評価の枠組み

従来の電力供給体制では、実現性はともかく、図1に示すような関係が、最適信頼度レベルを評価するためのひとつの規範であると考えられてきた。問題は、電力自由市場下で、供給信頼度レベルはより高くあるべきか、あるいは低くあるべきかを判断するとともに、その理論的根拠を示すことである。

一般的に、市場における生産者および消費者それぞれの行動規範は次のように考えることができる。

生産者：生産者余剰 (PS)

$$= \text{売上 (S)} - \text{費用 (C)} \rightarrow \text{最大化 (1)}$$

消費者：消費者余剰 (CS)

$$= \text{効用 (U)} - \text{支出 (E)} \rightarrow \text{最大化 (2)}$$

生産者余剰 (PS) は、供給曲線と水平な価格線

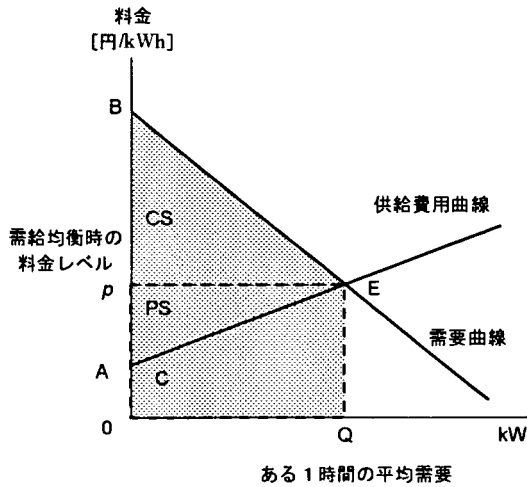


図2 消費者余剰と生産者余剰

とで囲まれた領域(図2の領域pEA)である。電力価格を p 、電力販売量を x^s とすると売上げ px^s と費用 C の差額である利潤 π に等しい¹。

一方、消費者余剰は、需要曲線と水平な価格線とで囲まれた領域(図2の領域BEp)で、電力需要を x^d とするとき、 $CS = \int_0^Q x^d(t, p) dt$ である。古典的なデュピュイ＝マーシャルの消費者余剰は次のように解釈できる。ここで、電力市場には n 人の消費者がいて、それぞれの電力消費量を x_i とし、各消費者の個別効用を $u_i(x_i)$ としよう。この個別効用を、ステップ関数とした次式のような消費者全体の効用関数を仮定する。

$$U(x_1, x_2, \dots, x_n) = \sum_i^n u_i(x_i) \quad (3)$$

このとき、消費者余剰(CS)は各消費者が支払って良いと思う額と市場価格(p)の差の消費者全体の合計であり、次のように表される。ただし、 u'_i は $\partial u_i / \partial x_i$ で各消費者の限界効用である。

$$\sum_i u'_i(x_i)x_i - p \sum_i x_i \quad (4)$$

全体の効用 U が一次同次であれば、次式のように表すことができる⁴。

$$U(x_1, x_2, \dots, x_n) = \sum_i \frac{\partial U(x_1, x_2, \dots, x_n)}{\partial x_i} x_i \quad (5)$$

$$\frac{\partial U(x_1, x_2, \dots, x_n)}{\partial x_i} = u'_i(x_i) \quad (6)$$

$$U = \sum_i u'_i(x_i)x_i \quad (7)$$

上記のように、(2)式の効用 U は個別限界効用と消費量の積の和 $\sum u'_i(x_i)x_i$ を用いて表わせる。

資源配分の効率性を重視する経済学の立場から、次式のような生産者余剰と消費者余剰の和である社会厚生 SW を最大化することが望ましいと考えられる。

$$SW = PS + CS \rightarrow \text{最大} \quad (8)$$

上式の解と先の(1)式と(2)式について個別に各経済主体ごとに解かれた解は、市場の失敗等の理由により一致しない可能性がある。したがって、本研究では、(8)式を市場全体の経済合理性を評価する基準とする。

競争的電力市場内の電力取引量の最適化にあたって、ある信頼度(r)レベルでの生産者(発電事業者)の費用曲線と消費者(需要家)の需要曲線が与えられたとすると、各主体の行動規範を決定する各変数の間には、図2に示すような関係にある。停電が発生した場合、消費者にとっては効用が失われることとなり、その期待値を ΔU とする。この場合、同時に ΔS 、 ΔC 、 ΔE も発生する。これは図3で示されるように、停電による電力供給の減少、つまり供給曲線の上方シフトにより、CSとPSの領域の面積が変化することである。

¹ ホテリングの補題より

$$PS = \int_0^p x^s(t, p) dt = \int_0^p \frac{\partial \pi(t, p)}{\partial p} dt = \pi(p) = px^s - C$$

² 詳しくは奥野・鈴村(1985)「ミクロ経済学I」(岩波書店、1985年)の第13章を参照。

³ デュピュイ＝マーシャルの消費者余剰の説明では、各消費者は x_i 単位で買うか全く買わないかという悉無択的な選択を行

い、限界効用 $u'_i(x_i)$ が p と等しくなるまで x_i を変化させることが出来ない状況を想定している。各消費者が x_i を変化させることが出来れば、 $u'_i(x_i) = p$ である。

⁴ $\lambda y = f(\lambda x_1, \lambda x_2, \dots, \lambda x_n)$ という関係を満たす一次同次関数は $\partial f(\lambda x) / \partial \lambda x_i = \partial f(x) / \partial x_i$ であるというオイラー定理を用いると $\partial \lambda y / \partial \lambda = \sum (\partial f(x) / \partial x_i) x_i$ であるから(5)式が成立。

このとき、停電を考慮した期待値としての社会厚生は、具体的には次のようになる。

停電を考慮した期待社会厚生 $e(SW)$ は、

$$\begin{aligned} e(SW) &= (1-\theta)SW^N + \sum_{i=1}^m \theta_i SW^{OUT(i)} \\ &= SW^N - \sum_i \theta_i (SW^N - SW^{OUT(i)}) \end{aligned} \quad (9-a)$$

である。なお $e(\bullet)$ は期待演算子である。

ここで、 SW^N は健全時の社会厚生、 $SW^{OUT(i)}$ は停電状況 i の社会厚生、 θ_i は停電状況 i の生じる確率、 m は停電状況の数、また健全である確率は、

$$\theta_0 = 1 - \theta = 1 - \sum_{i=1}^m \theta_i \quad (9-b)$$

で表すことができる。

ここで、次式のような停電事故時の平均社会厚生 SW^{OUT} を導入する。

$$SW^{OUT} = \sum_{i=1}^m \left(\frac{\theta_i}{\theta} \right) SW^{OUT(i)} \quad (10)$$

ただし、 $\sum_{i=1}^m (\theta_i / \theta) = 1$

これは、様々な事故をひとつの等価的事故として平均化した停電事故時の社会厚生である。したがって、上記の期待社会厚生は次式のようになる⁵。

$$\begin{aligned} e(SW) &= SW^N - \theta(SW^N - SW^{OUT}) \\ &= SW^N - \theta \Delta SW \\ &= SW^N - \theta(\Delta CS + \Delta PS) \\ &= SW^N - \theta(\Delta U - \Delta E + \Delta S - \Delta C) \end{aligned} \quad (11)$$

さらに、需給均衡 $E=S$ 、つまり $px^d = px^s$ が常に成立していれば、期待社会厚生は、

$$\begin{aligned} e(SW) &= U^N - C^N - \theta(\Delta U - \Delta C) \\ &= U^N - \{C^N + \theta(\Delta U - \Delta C)\} \\ &= U^N - (C^N + \theta \Delta CS + \theta \Delta PS) \end{aligned} \quad (12)$$

⁵ (θ_i / θ) は、事故が起きるかどうかもで考慮せずに、事故が起きたときに、それぞれの事故の影響を全体で平均化して評価する際のウェイトである。

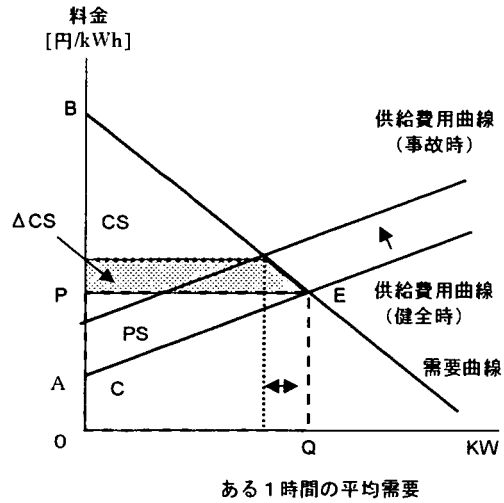


図3 停電コストと消費者余剰と生産者余剰

となる。停電を考慮した場合、上式の期待社会厚生を最大化することが望ましいことになる。なお、効用 (U) が信頼度 (r) に関して一定とすれば(12)式は以下の(13)式を最小化することと同値である。

$$C^N + \theta \Delta CS + \theta \Delta PS \quad (13)$$

原価主義に基づく供給体制のもとでは、原理的には、 $\Delta PS=0$ であり、 ΔCS と C^N の和を最小化する図1の形となる。ここで、前者は停電コストに相当する。なお、 U が r に対して一定となるのは信頼度レベルの変化により需要曲線がシフトしないことを意味する。

つまり、停電による電力供給の減少が ΔQ であったとすると単位費用でみた各停電時の停電コストは、消費者余剰の減少分を電力供給の変化分で割った $\Delta CS / \Delta Q$ である。これを図3で示すと ΔCS は灰色の領域で、供給曲線の上方シフトによる減少分 ΔQ は両側矢印の曲線の長さである。もし停電によって電力供給のすべてが断たれる事態となったら、消費者余剰のすべてが失われ、健全時の供給量を Q とすると、停電コストは CS/Q となる。期待停電コストはこれらの値にそれぞれの事故確率を乗じて集計した値である。

3.3 信頼度評価の留意点

前節では、需要が信頼度の影響を受けない、つまり U が r に非感応的であるとした。しかし、料金が高くても信頼度の高い電力を望む消費者や信頼度が低くても安価な電力を望む消費者の存在がアンケートなどからも明らかになっている⁶⁾。そのため、競争的電力市場のもとでは、電力の品質に対する要求が多様化し、顕在化するものと考えられる⁶⁾。従って、新たな環境下での信頼度レベルの議論は、 U を r の変数と見た、より基本的な社会厚生最大化の枠組み中でなされるべきであろう。

したがって、(12)式の適用にあたっては、 U の信頼度 r との関係（信頼度レベルによる需要曲線の変化、需要レベルの変化）を考慮する必要もある。また、競争的環境への移行に伴って、市場内の価格形成の在り方も原価主義から限界費用主義への変化するものと考えられる。

その際、社会厚生を最大化するという意味で最適な供給信頼度を達成できるかという問題もある。そこで、 U が信頼度 r に対して感応的である場合、最適性の問題を競争環境下で生じる信頼度の管理と消費者の評価、つまり需要の反応の関係で考えて見る。その際、財一般の品質に関するスペンス(1975)^[6]のモデルを需要と電力の信頼度の関係に 응용して考えてみる。ここで、信頼度を r とし、 $p(x, r)$ を電力の逆需要関数として、消費者余剰をこの逆需要関数で表すと、社会厚生 SW は次式のように定義できる。

$$\begin{aligned} SW &= \int_0^x p(s, r) ds - C(x, r) \\ &= \int_0^x p(s, r) ds - xp(x, r) + \pi(x, r) \end{aligned} \quad (14)$$

信頼度レベル r が社会厚生に与える影響は、次

式のようになる⁷⁾。

$$\frac{\partial SW}{\partial r} = \int_0^x \frac{\partial p(s, r)}{\partial r} ds - x \frac{\partial p(x, r)}{\partial r} + \frac{\partial \pi}{\partial r} \quad (15)$$

競争環境下で、電力会社が信頼度管理を独占的に行うとすると、信頼度レベル r は、前節の(1)式で示されたように生産者余剰、つまり利潤 π を最大にするための制御変数となる。そのため、信頼度に関する供給企業の最適条件のひとつである $\partial \pi / \partial r = 0$ が満足されている場合、 $(1/x) \int_0^x [\partial p(s, r) / \partial r] ds$ が $\partial p(s, r) / \partial r$ より大きければ $\partial SW / \partial r > 0$ 、その逆であれば $\partial SW / \partial r < 0$ となる。

つまり、 $(1/x) \int_0^x [\partial p(s, r) / \partial r] ds$ が $\partial p(s, r) / \partial r$ より大きければ、電力会社により社会的に見て低すぎる信頼度が供給され、逆に小さければ高すぎる信頼度が供給されることを意味する。もちろん等しければ、 $\partial SW / \partial r = 0$ で最適な供給信頼度が提供されていることとなる。

ここで、 $(1/x) \int_0^x [\partial p(s, r) / \partial r] ds$ は、信頼度に対する消費者の平均的評価で、 $\partial p(s, r) / \partial r$ は限界的消費者の評価である。つまり、供給信頼度に対する平均的評価と限界的評価の相違が、社会的に最適でない供給信頼度をもたらしている。この消費者の平均的評価と限界的評価の大小関係は $\partial^2 p / \partial r \partial x$ の正負に依存する。 $\partial p(s, r) / \partial r$ が負であれば平均的評価は限界的評価より高く、逆に正であれば平均的評価は限界的評価より低くなる。

平均的評価と限界的評価の乖離が、供給信頼度が社会的に最適とならない要因となる。この乖離の下では、私企業が管理主体であるため x についての最適条件の他に $\partial \pi / \partial r = 0$ も達成するように行動する限り、独占市場や完全競争であれ、市場構造に依存せず供給信頼度が社会的に最適でない可能性はある。むしろ、供給信頼度の管理主体が、 $\partial \pi / \partial r = 0$ を考慮する必要のない者である必

⁶⁾ 一方、競争の激化は、ネットワークの混雑を発生させるなど、品質に対する消費者の要求とは無関係に ΔCS の発生頻度とその発生要因を増加させる可能性もある。

⁷⁾ ここでは、信頼度に対する消費者の多様な選好に合わせて多様な信頼度を提供するというサービス、いわゆるプライオリティ・サービスを考慮していない。

要がある。あるいは、信頼度レベル r が企業自身の管理下にあっても、 $\partial SW / \partial r = 0$ となるように平均的評価と限界的评价の乖離をバランスさせるため、企業の最適条件のひとつである $\partial \pi / \partial r = 0$ を達成するような行動をさせないように、規制する必要がある。

4. テストモデルによるシミュレーション結果とその考察

4.1 供給信頼度維持を考慮した需給均衡モデル

(1) 短期電力市場の需給均衡のモデル化

完全競争電力市場の下、ある時間帯で系統全体の社会厚生を最大とする需給均衡量（市場内の電力取引量）を求めるために、次式のように、各発電事業者の発電費用 ($C_j(G_j)$) と需要家の便益 ($B_i(D_i)$) で構成される目的関数を仮定した^[7]。

$$OBJ = \sum_{j=1}^{NG} C_j(G_j) - \sum_{i=1}^{ND} B_i(D_i) \quad (16)$$

ここで、 $C_j(G_j)$ はある時間帯での発電事業者 i の供給量 G_j [MW] の発電費用（燃料費）、 $B_i(D_i)$ はある時間帯での需要家 i の需要量 D_i [MW] の便益、 NG は系統に連系する発電事業者の総数、 ND は需要家の総数である。

上記の目的関数の最小点を求めれば、社会厚生を最大化する需給均衡点を求めたことと等価である。さらに、上記の目的関数の最小化を図る際に、制約条件として系統内の需給均衡制約、各発電機の上制限制約、需要量の非負制約を仮定した^[7]。また、今回のシミュレーションでは、発電機事故を考慮した供給信頼度の評価に重点をおくため、各送電系線を通る電力潮流に関する制約条件（送電線容量制約など）は考慮しない。

(2) 供給信頼度評価指標

発電事業者の発電設備に関わる供給信頼度の評価指標として、LOLP (Loss of Load Probability) などが用いられるが、本稿では、電力市場での供

給信頼度の指標として、系統内の事故（発電機事故）に対する供給不足電力期待値 (Expected Unserved Power : EUP) を用いた。

さらに、発電機の運転状態を、健全であるか事故で運転停止しているかの2つ状態で表すとする。仮に、系統でNG台の発電機が運転している場合、事故を考慮した系統状態 (NST) は 2^{NG} となる。各状態の発生確率 (θ_{st}) は、発電機の運転状態と事故確率の組み合わせから求めることができる^[8]。さらに、各状態の供給量 (SP_{ST}) のうち、全発電機が健全である状態の供給量 (SP_N) と1台以上の発電機が事故で運転停止している状態での供給量の差分から各状態の供給不足電力 (UP_{ST}) が求められる。よって、次式のように、各事故状態の供給不足量 (UP_{ST}) とその発生確率 (θ_{st}) から、系統全体での期待値としての供給不足電力 (EUP) を算定することができる。

$$\begin{aligned} EUP &= \sum_{st=1}^{NST} EUP_{st} = \sum_{st=1}^{NST} (\theta_{st} \times UP_{st}) \\ &= \sum_{st=1}^{NST} \{\theta_{st} \times (SP_N - SP_{st})\} \end{aligned} \quad (17)$$

(3) 供給信頼度維持を考慮した需給均衡モデル

市場内である供給信頼度水準を維持し、社会厚生を最大化とする取引量（需給均衡量）を求めるために、各状態の社会厚生最大化を考慮し、次式のような目的関数と制約条件を仮定した。

$$OBJ = \sum_{ST=1}^{NST} [\theta_{ST} \{ \sum_{j=1}^{NG} C_j(G^{ST}_j) - \sum_{i=1}^{ND} B_i(D^{ST}_i) \}] \quad (18)$$

$$\sum_{j=1}^{NG} G^{ST}_j = \sum_{i=1}^{ND} D^{ST}_i \quad ST=1, 2, \dots, NST \quad (19)$$

$$G_{\min_j} \leq G^{ST}_j \leq G_{\max_j} \quad ST=1, 2, \dots, NST \quad (20)$$

$$D^{ST}_i > 0 \quad ST=1, 2, \dots, NST \quad (21)$$

$$EUP \leq EUP_R \quad ST=1, 2, \dots, NST \quad (22)$$

ここで、 G_{\min} 、 G_{\max} は各発電機出力の上下限出力制約、 EUP_R は市場内に課されるEUP規制水準（供給信頼度の規制水準）で、系統運用者 (ISO など) が、系統運用上の制約を考慮して設定するものと

する。

したがって、上記の需給運用モデルでは、健全時・発電機事故時の双方で、信頼度を維持するように市場内の需給調整が図られる。

4.2 テスト系統によるシミュレーション結果

(1) シミュレーションの設定

供給信頼度 (EUP) 調整による、市場内の社会厚生への影響を検討するために、付録2に示すような各種特性を持つ発電機ならびに需要家を想定したテストモデルを用いたシミュレーションを行った。

さらに、本シミュレーションでは、以下のような供給信頼度調整方法の違いを仮定し、社会厚生への影響について評価した。

- (a) 停電回避重視ケース：健全時には社会厚生が最大となるよう市場での電力取引量 (需給均衡量) を決める。ただし、発電機の事故時には、経済性を無視して負荷遮断を回避することを最優先とし、運転可能な発電機の出力を最大出力まで増加させる。この場合、供給信頼度調整 (EUP制約の考慮) は、健全状態のみで行う。
- (b) 社会厚生最大化ケース：健全時および事故時の両者とも、そのときの社会厚生が最大となる需給均衡点で電力取引を行う。ただし、供給信頼度調整は、健全時のみで対応する場合 (SW1ケース) と健全時と事故時の両者で対応する場合 (SW2ケース) を想定した。

(2) 供給信頼基準変更による社会厚生への影響

付録2に示すよう系統に3台の発電機 (G1,G2,G3) が接続される場合、発電機事故が発生しない場合 (健全時) の市場内の取引量 (=需給均衡量=総需要量) は688.2MWとなり、G1が201MW、G2が258.4MW、G3が228.8MWを市場に供給する。この時の市場取引価格 ($\lambda = p$) は、

13.12円/kWhで、系統全体の社会厚生は約3510千円となった。

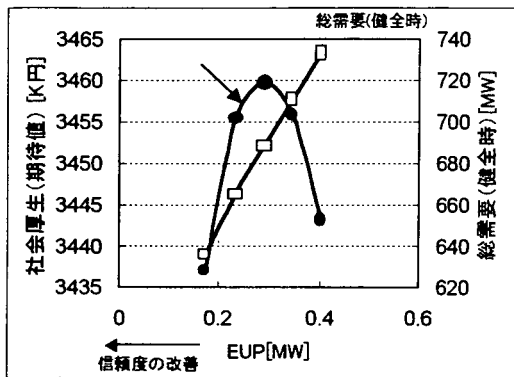
事故時には運転可能な発電機の最大出力運転を行う停電回避重視ケースでは、表1に示すように、各系統状態 (NST=2³=8) の内、事故発生時でも供給不足電力 (=停電=負荷遮断量) がゼロになる場合がある。よって、系統全体でのEUPは、0.289MWとなり、健全時を含む全系統状態を考慮した社会厚生の期待値は約3459千円となる。このケースで社会厚生が最大となる最経済状態は、EUP調整を行わない (EUP制約を考慮しない) 場合である。この時のEUP (0.289) の0.6~1.4倍にEUP制約値 (EUP_R) をパラメータとして設定し、感度分析としてこの各設定値を満たすように健全時の需給均衡を決定して各期待社会厚生を求めた。このときの期待社会厚生の変化を見たのが図4である。最経済状態 (EUP=0.289) からEUP制約値を小さくした場合 (信頼度を改善) でも大きくした場合 (信頼度基準の緩和) でも、社会厚生 (期待値) は、最経済状態よりも小さくなる。信頼性を改善した場合は、需要家に信頼度改善による費用負担の増加が市場価格を上昇させ、需要量を減少させる。つまり、信頼度制約維持にかかる付加的費用の発生により社会厚生も減少する。一方、信頼度基準を緩和した場合は、事故率が低く限界費用が低い発電機の出力配分の増加により市場価格が低下し、需要量は増加する。しかし、発電事業者の利潤低下により、信頼度改善と同様に社会厚生は最経済の水準よりも小さくなる。

同じ発電機構成の下で、社会厚生最大化ケースについて見てみると健全状態の総発電量 (=総需要量)、社会厚生や市場価格は停電回避重視ケースと同じである。しかし、このケースでは事故後も社会厚生が最大となるように需給調整を行う。そのため、表2に示すように、EUP調整を行わない時の社会厚生 (期待値) は3467.5千円、EUP値は8.81MWと、前述の停電回避重視ケースと比較するとEUPの値は大きいものの、社会厚生は増加

表1 各系統状態での供給量・社会厚生ならびにEUP
(停電回避重視ケース、発電機数3台)

状態**	発生確率 (%)	最大発電量 (MW)	供給量 (MW)	EUP* (MW)	社会厚生* (千円)
1	91.258	1780	688.2	0.000	3203.3
2 (G2,G3)	3.802	1110	688.2	0.000	119.7
3 (G1,G3)	2.822	1220	688.2	0.000	79.0
4 (G3)	0.118	550	550.0	0.163	2.1
5 (G1,G2)	1.862	1230	688.2	0.000	53.4
6 (G2)	0.078	560	560.0	0.100	1.7
7 (G1)	0.058	670	670.0	0.011	0.8
8 (-)	0.002	0	0.0	0.014	0.0

*: EUPと社会厚生は期待値、**:()内は各状態で運転可能な発電機で、状態1が健全状態である。

図4 信頼度基準の変化による社会厚生の影響
(停電回避重視ケース、発電機数3台)

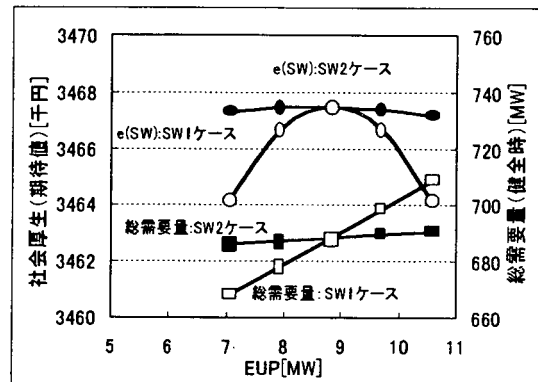
する。これは、事故後の需給均衡量が、その時に運転可能な発電機の下で社会厚生を最大とする量でもあるため、健全時との需要量との格差は前述の停電回避重視ケースよりも拡大するものの、停電時の各系統状態での社会厚生の格差が縮小するためである。

EUP制約の水準 (EUP_R) を変化させた場合には、図5に示すように、前述のケースと同様の傾向にある。ただし、健全時・事故時の両方で信頼度調整を行った場合 (SW2ケース) は、社会厚生ではEUP制約値の変化を大きく受けない。これは、本研究で想定したEUP制約は、事故前後の需要量の格差 (= 負荷遮断量、停電量) を減少させるために、健全時の市場内の取引量を抑制し、事故時の取引量を増加させる働きをする。各状態間で、停電コストの費用分担を行えば、信頼度基準の変更に対する社会厚生への影響は小さくなる。

表2 各系統状態での供給量・社会厚生ならびにEUP
(社会厚生最大化ケース、発電機数3台)

状態**	発生確率 (%)	最大発電量 (MW)	供給量 (MW)	EUP* (MW)	社会厚生* (千円)
1 (G1,G2,G3)	91.258	1780	688.2	0.00	3203.3
2 (G2,G3)	3.802	1110	599.7	3.37	122.3
3 (G1,G3)	2.822	1220	579.9	3.06	81.8
4 (G3)	0.118	550	392.9	0.35	2.5
5 (G1,G2)	1.862	1230	597.8	1.68	54.6
6 (G2)	0.078	560	437.5	0.20	1.8
7 (G1)	0.058	670	428.6	0.15	1.1
8 (-)	0.002	0	0.0	0.01	0.0

*: EUPと社会厚生は期待値、**:()内は各状態で運転可能な発電機で、状態1が健全状態である。

図5 信頼度基準の変化による社会厚生の影響
(社会厚生最大化ケース、発電機数3台、EUP制約値は最
経済状態のEUP (0.289) の0.8~1.2倍の水準)

一方、健全時のみでEUP制約を満足するように需給調整を図った場合 (SW1ケース)、信頼度基準の変更による影響が、SW2ケースよりも大きくなる。需要家にとって見れば、信頼度基準の緩和により市場価格が低下し需要量が増加するが、基準が厳しくなると価格が上昇するので需要量を抑制してしまう。両者の調整方法の比較から、発生する可能性のある発電機事故を想定して、予防制御的に需給調整を行うかどうかにより、市場への影響が異なることが分かる。

なお、EUPは、事故確率と停電量 (不足電力) の積で定義される。したがって、供給信頼度調整には、本章で述べたような需給調整による停電量の調整と、系統内に接続する発電機の台数などハード的に決まる事故確率の調整による2種類の方法が考えられる。図4、5に示す曲線の頂点の位置は、ハード的な対応により決まるも

のである。発電事業者の参入が自由な電力市場では、両者の調整項目（事故確率と停電量）を考慮し、要求される信頼度レベルの評価を行うことが必要である。

5. まとめと今後の課題

本稿では競争的電力市場のもとで適正な供給信頼度レベルを議論する枠組みを考察するとともに、検討課題を明らかにした。社会厚生を最大化は最も基本となる考え方であり、そのためには様々な要素的研究が重要である。電力市場のもとでの信頼度評価に関わる主な課題としては次のようなものあげられる。

- ・競争環境下での適正信頼度レベルの具体的評価手法：このためには信頼度レベルと効用の関係など、評価に必要な基礎的要素の検討から開始することが必要である。
- ・社会厚生最大化の観点からの信頼度別供給の評価と実現方策：電源の信頼度レベルに応じた初歩的な供給から系統制御や貯蔵等を含む高度な供給など様々な段階の想定⁹⁾。
- ・信頼度確保に関する短期、長期両視点の融合：今後、既存設備の稼働率向上に重点が置かれる傾向が強まり、長期的には、ある時点での急激な信頼度低下の危険性を孕む。短期・長期の信頼度を効率的に評価する手法の重要性が高まる。系統余力の概念¹⁰⁾はそのひとつの指標と考える。
- ・新しい系統対策と信頼度維持のためのメカニズム：柔軟性の高い新しい系統増強対策と増強実施のための経済的メカニズムの理論構築。

上記は基本的に確率論的な信頼度評価を前提としている。しかし、実際には確定論的手法の中に確率論的考え方を導入していくのが現実的であり、そのための手法の開発も重要な課題である。

競争環境の進展により、信頼度の制御手段が従来は原則的に供給側にしかなかったのに対して、

消費者側にもその手段を与える可能性がある。ただ、現状では無停電装置等への投資など限られたものであるため、消費者が自らリスク管理を行うために、金融市場におけるリスクヘッジのような手法をフォローする市場の創設が望まれるものと考えられる。そのために、Ancillaryサービス市場のような新たな市場設計、新しい取引形態や料金算定基準を検討する必要がある。

本稿では、短期電力市場（運用レベル）に重点をおいて、供給信頼度基準の変更にとまらぬ社会厚生や市場での取引量への影響について検討した。

今後、効率的で公平な電力市場の実現に向けて、長期的な経済合理性も考慮した競争環境における供給信頼度の評価手法、さらに、送電系統の運用・計画も含めた信頼度維持方策とその費用負担ルールについて検討していきたい。

【参考文献】

- [1] "RELIABLE POWER: Renewing the North American Electric Reliability Oversight System," Electric Reliability Panel, Dec. 1997.
- [2] "A Review of Transmission Security Standards," NGC, Aug. 1994.
- [3] 「電力流通設備の新時代の扉を開く」、資源エネルギー庁編、1998.3.
- [4] 例えば、M. J. Sullivan, et al., "Interruption costs, Customer Satisfaction and Expectation for Service Reliability" IEEE, Vol.11, No.2, pp989-995, 1996,
- [5] 豊田、斎藤：「多数のプレーヤが共存する電力システムの信頼度評価」PSE-99-76, 1999.
- [6] A. M. Spence, "Monopoly, quality, and regulation," Bell Journal of Economics, Vol.6, No.3, pp417-429, 1975.
- [7] 岡田、浅野「新規参入者による送電網混雑を考慮した送電料金設定方式」電気学会論文誌 B（電力・エネルギー部門誌）、Vol.119-B, No.12, 1999.
- [8] 岡田、浅野、新岡、横山「IPP 導入の系統運用および供給信頼性への影響分析」電気学会電力技術・電力系統技術合同研究会、1998.
- [9] 松川：「プライオリティサービス」電中研報告 Y90004, 1990.
- [10] 栗原、高橋「電力系統の輸送力評価」電中研報告 T91062, 1992.

付録1 停電時の平均社会厚生への補足

本文中では、式の展開の見通しをよくするために、停電時の平均社会厚生という概念を用いた。これは個々の停電時の社会厚生をそれぞれの事故確率で計算して集計化した場合と同じである。本文の第3.2節の(13)式の停電による消費者余剰CSの期待変分は以下のように展開できる。

$$\begin{aligned}\theta\Delta CS &= \theta\Delta U - \theta\Delta E \\ &= [\theta U^N - \sum_i \theta_i U^{OUT(i)} \\ &\quad - [\theta E^N - \sum_i \theta_i E^{OUT(i)}]] \quad (\text{付1-1}) \\ &= [\sum_i \theta_i U^N - \sum_i \theta_i U^{OUT(i)} \\ &\quad - [\sum_i \theta_i E^N - \sum_i \theta_i E^{OUT(i)}]]\end{aligned}$$

ここで以下のような各停電事故時の消費者余剰の変分 $\Delta CS^{(i)}$ を導入すると

$$\begin{aligned}\Delta CS^{(i)} &= CS^N - CS^{OUT(i)} \\ &= (U^N - E^N) - (U^{OUT(i)} - E^{OUT(i)}) \quad (\text{付1-2}) \\ &= (U^N - U^{OUT(i)}) - (E^N - E^{OUT(i)}) \\ &= \Delta U^{(i)} - \Delta E^{(i)}\end{aligned}$$

となる。さらに、(13)式第2項の消費者余剰の期待変分は、

$$\theta\Delta CS = \sum_i \theta_i \Delta CS^{(i)} \quad (\text{付1-3})$$

と書き換えられる。第3項の $\theta\Delta PS$ についても同様に定義できる。したがって、これを用いると第3.2節の(13)式は、次式のように展開することができる。

$$\begin{aligned}C^N + \theta\Delta CS + \theta\Delta PS \\ &= C^N + [\theta CS^N - \sum_i \theta_i CS^{OUT(i)} \\ &\quad + [\theta PS^N - \sum_i \theta_i PS^{OUT(i)}]] \quad (\text{付1-4}) \\ &= C^N + [\sum_i \theta_i CS^N - \sum_i \theta_i CS^{OUT(i)} \\ &\quad + [\sum_i \theta_i PS^N - \sum_i \theta_i PS^{OUT(i)}]]\end{aligned}$$

つまり、(13)式は健全時の費用と各停電事故時の消費者余剰と生産者余剰の変化を個々の事故確率で評価したものの和である。

$$C^N + \sum_i \theta_i (\Delta CS^{(i)} + \Delta PS^{(i)}) \quad (\text{付1-5})$$

付録2 発電機ならびに需要家の諸特性

付表1 発電機の諸特性

	発電費用関数(*)			Max	Mini	FOR
	Ag	Bg	Cg			
G1	0.0055	11.0	200	670	201	0.04
G2	0.007	9.5	240	560	168	0.03
G3	0.009	9.0	210	550	165	0.02

(*)：発電機費用関数は、次式の2次形式を想定した。

$$C_i(G_i) = A_{gi} \times G_i^2 + B_{gi} \times G_i + C_{gi}$$

Max：発電機出力上限制約[MW]、Min：下限制約[MW]、FOR：発電機の事故発生確率[%]

付表2 需要家の諸特性

	需要家便益関数(*)		
	Ad	Bd	Cd
D1	-0.015	20.0	200
D2	-0.015	20.0	200
D3	-0.015	20.0	200

(*)：需要家の便益関数は、次式の2次形式を想定した。

$$B_i(D_i) = A_{di} \times D_i^2 + B_{di} \times D_i + C_{di}$$

おかだ けんじ

電力中央研究所 経済社会研究所

くりはら いくお

電力中央研究所 狛江研究所

わたなべ なおふみ

電力中央研究所 経済社会研究所

有害化学物質の事故放出に対する法規制

— 米国の例とわが国法への示唆 —

“Accidental Hazardous Releases Program” of Clean Air Act in United States
and its Implication for Japan

キーワード: 事故、化学プラント、有害物質、リスク管理、米国大気浄化法

田 辺 朋 行

米国の1990年大気浄化法(Clean Air Act)は、通常作業時における有害大気汚染物質の排出のみならず、突発事故等による有害物質放出の防止にも詳細な規制プログラムを定めている。同規制プログラムは、(1)事故発生後の措置を定めるだけでなく、一定の規制物質を保有する者に対して「リスク管理計画」の準備・遂行を義務付ける等、事故発生に備えた予防的な措置を規定している、(2)規制当局である米国環境保護庁(以下、EPAとする)とは別に、独立性のある行政委員会を事故調査等の局面において活用している、(3)緊急時措置においてEPA長官に強力な命令権限を付与するとともに、それを行使する際の指針を明らかにすることを義務付けている等といった特色を有している。これらは、わが国における事故放出規制のあり方を議論する上で大きな示唆を与え得ると考えられる。

1. はじめに
2. プログラムの概要及び特色
3. プログラムの具体的内容
4. わが国法への示唆

1. はじめに

事故やテロ行為等によって、化学プラント等から有害物質が放出された場合に、被害を最小限に食い止めるために、どのような措置を講じるべきか。また、こうした“事故放出”に備えて、事前にどのような対策を備えておくべきか。これらの問題は、わが国においても極めて重要な課題であるといえる。

本稿においては、上の課題に対して整備された法規制を有する、米国1990年大気浄化法(Clean Air Act)における「リスク管理プログラム」(Risk Management Program)(「事故放出防止プログラム」(Prevention of Accidental Release Program)とも言う)(§ 112(r))¹をとりあげ、同規

定の内容とわが国法への示唆について論じることとしたい。

2. プログラムの概要及び特色

2.1 プログラムの背景及び概要

死者2000名以上を出した1984年のインドボパールでの化学工場事故や100名以上の入院患者を出した1985年のウェスト・バージニア州での化学物質漏洩事件等を契機として、米国では1980年代の半ばより、突発事故等による有害化学物質の大気環境への放出が国民の大きな関心と呼ぶこととなった²。そして、これらを背景として「リスク管理プログラム」(§ 112(r))が、1990年大気浄化法において新たに導入されることとなった。

¹ 42 U.S.C. §7412(r).

² <<http://www.state.sc.us/dhec/eqc/baq/>>

本プログラムは、法律で規定される有害物質を「生産、加工、取扱い又は貯蔵する固定発生源の所有者及び操業者」に適用されることとされている(§ 112(r)(1))。

大気浄化法 § 112(r)の法文構造は以下のとおりであるが、必ずしも体系的な規定の仕方ではない³。

- 目的及び(所有者及び操業者)の一般義務 (general duty)(§ 112(r)(1))
- 定義規定(§ 112(r)(2))
- (規制対象)物質一覧(§ 112(r)(3))
- (物質をリストする際に)考慮すべき要因 (§ 112(r)(4))
- (規制対象物質に対する)閾(しきい)値(§ 112(r)(5))
- 化学安全委員会 (Chemical Safety Board)(§ 112(r)(6))
- 事故防止(のための EPA 長官への権限及び義務の委譲)(§ 112(r)(7))
- (規制対象物質の)危険評価に関する調査・研究(§ 112(r)(8))
- (EPA 長官による緊急時)命令権限(§ 112(r)(9))
- (放出防止措置等に関する)大統領レビュー(§ 112(r)(10))
- 州の権限(§ 112(r)(11))

2.2 プログラムの特色

本プログラムは以下の特色を有している。

第一に、本プログラムにおいては、規制内容の詳細が法律本体(大気浄化法 § 112(r))ではなく、むしろ EPA(米国環境保護庁)規則(40 C.F.R § 68)の中で規定されている。同 EPA 規則は「リスク管理プログラム規則」(Risk Management Program Rule)と呼ばれ、1996年6月に公布された。このように規制の詳細が、

EPA 規則によって規定されている理由は、本プログラムにおける規制が、専門的・技術的な事項に関わるものであり、その即応性が強く要求されることに因るものと考えられる。

第二に、本プログラムは、一定の発生源所有者及び操業者に対して、事故時対応プログラム等を含んだ「リスク管理計画」(Risk Management Plan)の策定を義務付けている。すなわち、本プログラムは、事業者等に対して危機管理計画の準備・遂行を義務付けている。

第三に、本プログラムは、EPA 長官に対して緊急時における強力な命令権限を付与するとともに、それを行使する際の指針を明らかにすることを義務付けている。

第四に、本プログラムは、事故放出の調査や議会に対する定期報告の義務を負う、独立した組織、すなわち「化学安全及び危険調査委員会」(Chemical Safety and Hazard Investigation Board)を EPA とは別の組織として設置している。

これらの特色を中心に、次章でプログラムの具体的内容について述べることにする。

3. プログラムの具体的内容

3.1 適用範囲及び定義

本プログラムは、その適用範囲及び定義を以下のように定める。

(1) 「固定発生源」(stationary source)

リスク管理プログラムは、「固定発生源」からの事故放出についてのみ適用される(§ 112(r)(1))とされている。

「固定発生源」とは、「あらゆる営造物 (buildings)、建造物(structures)、設備(equipment)、施設(installations)又は常駐型物質排出活動 (substance emitting stationary activities)であって、それが(i)同一の産業群に属し、(ii)一つあるいは隣接する複数の土地に位置し、(iii)同一人物

³ Stensvaag et al. (1993) §12.1.

(又は共通の管理下にある者)の管理下にあり、(iv)そこから事故放出が生じる可能性があるもの」(§ 112(r)(2)(C))を言う。

(2) 「事故放出」(accidental release)

本プログラムは、「事故放出」についてのみ適用される(§ 112(r)(1))。

「事故放出」とは、「固定発生源から大気環境への「規制物質」(regulated substance)又は「その他の極めて有害な物質」(other extremely hazardous substance)の予期しない排出(unanticipated emission)」(§ 112(r)(2)(A))を言う。

(3) 「規制物質」(regulated substance)

上に述べたように、本プログラムは、「規制物質」及び「その他の極めて有害な物質」の放出についてのみ適用される(§ 112(r)(1))。このうち、「規制物質」とは、「§ 112(r)(3)においてリストされる物質」(§ 112(r)(2)(B))を言う。

§ 112(r)(3)により、EPA は、「1990年修正大気浄化法の立法から24ヵ月以内に、事故放出の際に、死、傷害、又は人間の健康若しくは環境に対する深刻な悪影響を及ぼすことが知られている、あるいは及ぼすものと合理的に予想される、100物質の初期リストの公布する」ものとされる。

リストを公布するにあたって、EPA は、1986年地域住民の知る権利法(the Emergency Planning and Community Right-to-Know Act)⁴の下で策定された「極めて有害な物質」のリストを利用するものとされるが、物質はそれに限定されない(§ 112(r)(3))。また、§ 112(r)(3)は、初期リストに含めるべき物質として、塩素、ホスゲン等を含む、16物質を列挙している。なお、EPA は少なくとも5年毎に同リストを見直すものとされる(§ 112(r)(3))⁵。

(4) 「その他の極めて有害な物質」(other extremely hazardous substance)

上の「規制物質」の場合とは異なり、§ 112(r)は、「その他の極めて有害な物質」に関する定義規定を持たない。この点に関して、立法の際の上院委員会報告は、次のような法解釈上の指針を与えている。

「「極めて有害な物質」という文言は、法律上定義されていないが、§ 112(r)の至るところで用いられている。極めて有害な物質は、§ 112(r)(3)の下で長官(EPA)によってリストされた物質(規制物質のこと—筆者注)を含み得るが、それに限定されない。また、同物質は、1986年地域住民の知る権利法§ 302⁶の下でリストされる物質を含み得る。同リストには、約360の物質がリストされている。

以上に加えて、極めて有害な物質は、現在、あらゆる政府機関によって、リストされ得る若しくはリストされ得ない、又は指定される、以下の物質を含み得る。すなわち、大気への放出に係る短期間の被爆が、物質の毒性、反応性、引火性、揮発性及び腐食性によって、死、傷害又は財産的損害を生じさせるもの、である。(つまり、)その物質の放出が、①同物質の急性毒性の効果又は爆発若しくは火災の結果、死又は重大な傷害を引き起こすような場合、又は②爆風、火災、腐食その他の反応によって、実質的な財産損害を引き起こすような場合には、その物質は「極めて有害」であると仮定されるであろう。」⁷

なお、EPA は「その他の極めて有害な物質」の解釈として、上で引用した上院委員会における解釈を採用している⁸。

3.2 「規制物質」に対する閾値の設定

§ 112(r)(5)により、EPA は、§ 112(r)(3)の「規制物質」をリストするにあたって、それぞれの物質について、閾値(threshold quantity)を設定するものとされる。なお、閾値の策定にあたって、EPA は、①当該物質の毒性、反応性、揮発性、分散性、可燃性及び燃焼特性、並び

⁴ 42 U.S.C. § 11001 et seq.

⁵ EPAが公布したリストの最新のものは、<http://www.epa.gov/ceppo/caalist.html>において知ることが

できる。

⁶ 42 U.S.C. § 11002(a)(2).

⁷ S. Rep. No. 228, 101st Cong., 1st Sess. 211 (1989).

⁸ <http://www.epa.gov/swercepp/pubs/caa-faqs.html>

に②事故時の放出により、死、傷害又は人間の健康に対して深刻な悪影響を生じさせる、あるいは生じさせると合理的に予想される当該物質の量、を考慮するものとされる(§ 112(r)(5))⁹。

この閾値に関する規定は、規制の適用関係において重要な意味を持つ。すなわち、§ 112(r)(7)(B)(i)の下でEPAによって策定される、事故放出の防止及び検出並びに操業者等の対応を規定するEPA規則(40 C.F.R. § 68、以下「リスク管理プログラム規則」)は、同条の規定により、閾値を超える量の規制物質を保有している発生源に対して適用するものとされている。そして、同規定を受ける形で、リスク管理プログラム規則は、その適用対象とされる者を「工程(40 C.F.R. § 68.115)において規制物質をその閾値の量を超えて保有している、固定発生源の所有者及び操業者」¹⁰としている。したがって、事故放出の防止を規定する§ 112(r)(7)は、実際問題として、これらの者に対してのみ適用されることとなる¹¹。

なお、リスク管理プログラム規則については、節をあらためて、詳しく述べることにする。

3.3 一般的義務規定

§ 112(r)(1)の下で、規制物質を生産、加工、取扱い又は貯蔵する、固定発生源の所有者及び操業者は、規制物質及びその他の極めて有害な物質の事故放出を防止し、その結果を最小限とするために、次の一般的義務(*general duty*)を負うものとされる。

- 適切な危険評価手法を利用して、事故放

出によって生じるであろう危険を特定すること。

- 放出を防止するのに必要とされる措置を取り込む形で、安全装置を設計及び維持すること。
- (万が一)事故放出が生じた場合には、その影響を最小限とすること。

なお、この一般的義務条項を、EPAによるエンフォースメント・アクションの根拠として用いることはできるが、市民訴訟又は個人的な傷害若しくは財産損害の回復を求める訴えの根拠としては用いることができない、と解されている¹²。

3.4 リスク管理プログラム規則

規制物質の事故放出を防止するために、EPA(長官)には、放出を防止、発見及び修復するための要件(規則)等を公布する権限が広範囲にわたって付与される(§ 112(r)(7)(A))。同要件には、モニタリング、記録保持、報告、訓練、吸入治療、二次汚染(対策)等に係る要件が含まれ得るとされる(§ 112(r)(7)(A))。

これを受ける形で、§ 112(r)(7)(B)(i)は、EPA(長官)は、1990年大気浄化法の立法から3年以内に「規制物質の事故放出を防止・検出し、当該発生源の所有者又は操業者による事故放出への対応を担保するために、最大限実行可能な範囲で合理的な規則及び適切な指針を公布するものとする」と規定している。同規定に基づいて策定されたEPA規則が、1996年6月に公布された¹³40 C.F.R. § 68、すなわち、リスク管理プログラム規則である。

リスク管理プログラム規則は、操業に対してのみならず、貯蔵に対しても適用するものとされる(§ 112(r)(7)(B)(i))。また、同規則は、

⁹ 同閾値もまた、<<http://www.epa.gov/ceppo/caalist.html>>において知ることができる。

¹⁰ 40 C.F.R. § 68.10

¹¹ EPAは、事故放出プログラムに関するFAQs

<<http://www.epa.gov/swercepp/pubs/caa-faqs.html>>において、40 C.F.R. § 68.10を引用しつつ、§ 112(r)(7)の適用対象とされる者をこれらの者に限定する、としている。

¹² Hunton et al.(1993) pp. 223-224.

¹³ § 112(r)(7)(B)(i)の規定する規則公布期限(1990年大気浄化法の立法から3年以内の公布)は遵守されなかった。

人間の健康及び環境を守るために、規制物質の事故放出が生じた後の、緊急対応に関する手続及び措置を含むものとされる(§ 112(r)(7)(B)(i))。

なお、先に述べたように、リスク管理プログラム規則は、閾値を超える量の規制物質を保有している発生源に対して適用するものとされている(§ 112(r)(7)(B)(i))¹⁴。また、同規則は、できるだけ迅速にそれを遵守させることを条件に、EPA(長官)が定めた日より効力を生ずるとされる(§ 112(r)(7)(A))。

リスク管理プログラム規則の下で、当該発生源には、①「最悪ケースの放出シナリオ」及びその他ケースのシナリオについてサイト外への影響等を分析すること(40 C.F.R. Subpart B)、②緊急時対応プログラムを策定・遂行すること(40 C.F.R. Subpart E)、③「リスク管理計画」(40 C.F.R. Subpart G)(後述)を準備・遂行すること、等が義務付けられる。

3.5 リスク管理計画

前節で述べたリスク管理プログラム規則(40 C.F.R. § 68)は、§ 112(r)(7)(B)(ii)により、発生源において閾値を超える量の規制物質を保有する、発生源所有者及び操業者に対して、「リスク管理計画」(Risk Management Plan)の準備・遂行を義務付けるものでなければならない、とされる。「リスク管理計画」は、①固定発生源からの規制物質の事故放出を検出・防止又は最小化し、②人間の健康及び環境を守るために、事故放出への迅速な緊急的対応を可能とすることを目的とする(§ 112(r)(7)(B)(ii))。

「リスク管理計画」は、§ 112(r)の規定するすべての要件を満たし、以下の事項を含むものとされる。

- 危険評価 (§ 112(r)(7)(B)(ii)(I))
- 規制物質の事故放出防止のためのプログラム (§ 112(r)(7)(B)(ii)(II))
- (事故放出時)対応プログラム (§ 112(r)(7)(B)(ii)(III))

上に加え、リスク管理プログラム規則 40 C.F.R. § 68.155 は、当該所有者及び操業者に対して、「リスク管理計画」の Executive Summary に、「最悪ケースの放出シナリオ」及びその他ケースのシナリオに関する簡潔な記述を行うこと等を義務付けている¹⁵。

以上のように、本プログラムは、一定の発生源所有者及び操業者に対して、危機管理計画の準備・遂行を義務付けるものであるが、これを支援するための取組みがEPA等によってなされている。すなわち、EPAは各産業部門毎にリスク管理プログラムの指針を策定・公開しており¹⁶、各事業者はこれらを参考に、「リスク管理計画」の準備・遂行をも含めた、リスク管理プログラム規則上の義務を遂行することができる。また、各業界団体も「リスク管理計画」のモデルプランを策定し、各事業者向けに販売している¹⁷。

なお、当該所有者及び操業者は、事故放出規則の効力が生じる日までに、同計画をEPAに対して、登録(register)しなければならないとされ(§ 112(r)(7)(B)(iii))、その期限は1999年6月21日であった。

¹⁴ なお、規則の適用対象を定める規定(40 C.F.R. § 68.10)もあわせて参照のこと。

¹⁵ 40 C.F.R. § 68.155(c). それぞれのシナリオに関する飛散防止のための放出管理抑制措置についてもあわせて記載しなければならない。

¹⁶ 各モデルプランは、<<http://www.epa.gov/ceppo/ap-ingu.html>>よりダウンロードすることができる。

¹⁷ 例えば、米国石油協会(API)は、石油精製業者向けに、「リスク管理計画」のモデルプラン等(API Publication 760)を、1ライセンスあたり\$375.00(MS-WORD6.0形式)で販売している。<http://www.api.org/programs_service/newpubs/html/oldPA's/760.html>

3.6 緊急時における EPA 長官の権限

リスク管理プログラムは、EPA 長官が、規制物質の事故放出により、「人間の健康若しくは福祉又は環境に対して緊急かつ実質的な危険(imminent and substantial endangerment)」があると判断する場合には、長官は、その危険又は脅威を排除するために、必要な措置を講ずることができる、と規定し(§ 112(r)(9)(A))、同長官に強力な権限を付与している。

立法から 180 日以内に、EPA 長官は、同措置に係る命令権限(order authorities)を行使する際の指針(guidance)を明らかにしなければならない(§ 112(r)(9)(C))。同指針は、ここで規定される命令権限と、①包括的環境対処補償責任法(Comprehensive Environmental Response, Compensation, and Liability Act; CERCLA) § 106、②連邦水質汚濁防止法(Federal Water Pollution Control Act) § 311(c)、§ 308、§ 309 及び § 504(a)、③固形廃棄物処分法(Solid Waste Disposal Act) § 3007、§ 3008、§ 3013 及び § 7003、④飲料水安全法(Safe Drinking Water Act) § 1445 及び § 1431、⑤有害物質規制法(Toxic Substance Control Act) § 5 及び § 7、並びに⑥大気浄化法 § 113、§ 114 及び § 303 の下で付与される、他の緊急時権限とを調整する旨を規定するものとされる(§ 112(r)(9)(C))。

3.7 化学安全及び危険調査委員会(化学安全委員会)¹⁸

「化学安全及び危険調査委員会」は独立の安全委員会(independent safety board)(独立委員会)であり(§ 112(r)(6)(A))、上院の助言及び承認を得て、大統領によって指名された 5 名の委員から成る¹⁹(§ 112(r)(6)(B))。

同委員会の任務は以下のとおりである。

- 「死亡、深刻な傷害又は実質的な財産損害を惹起せしめた、すべての事故放出」を調査し、公衆にその結果を文書の形で報告すること(§ 112(r)(6)(C)(i))。
- 事故放出が生じる可能性を減らすための措置を奨励し、修繕方法を提案する報告書を、議会並びに連邦及び州機関等に定期的に提出すること(§ 112(r)(6)(C)(ii))。
- 事業者に事故放出の報告を義務付ける規則を策定すること(§ 112(r)(6)(C)(iii))。

EPA という規制組織とは別に「化学安全及び危険調査委員会」を独立して設置した理由について、立法時の上院委員会報告は次の二点を指摘している。

第一は、規則制定と調査の二つの権能を有する EPA は、「既存の規制では事故防止に不十分である」ということをなかなか認めないであろう、という指摘である。実際問題として、規則制定権限を有する EPA によって実施された調査は、事故の原因を、現行規制への違反という点に求める傾向にあり、その他の要因を殆ど無視してしまっている²⁰。すなわち、事故の原因が現行規制の不備にあるかも知れないにもかかわらず、当の現行規制を策定した EPA は、その点を認めようとはしない、というのである。したがって、EPA から独立した第三者機関に、事故の調査等を行わせる必要性が生じる。

第二は、同委員会が、EPA による規制活動が十分に行われるようにするための外部(機関)からの「刺激」(organizational stimulus)になる、という指摘である。先に述べたように、§ 112(r)(7)(A)は、規制物質の事故放出を防止するために、EPA(長官)に対して、放出を防止、

¹⁸ §112(r)(6)(42 U.S.C. §7412(r)(6))のタイトルにおいては、「化学安全委員会」(Chemical Safety Board)という呼称が用いられている。

¹⁹ 委員は、学者等の専門家(リスク管理、公衆衛生)によって構成されている。

<<http://www.chemsafety.gov/news/1998/n981003.html>>
²⁰ S. Rep. O.228, 101st Cong., 1st Sess. 229-30 (1989).

発見及び修復するための要件(規則)等を公布する権限を広範囲にわたって付与している。しかしながら、ここで付与される権限は、完全に自由裁量の範疇にあるため、実際問題として、EPA がこれらの権限を十分活用し得るかどうか、については、若干の疑問がある。そこで、外部に独立した第三者機関を設けて、EPA に対して規則制定及び命令についての勧告を行わせることとしたのである²¹。

「化学安全及び危険調査委員会」は、他機関の専門的知見及び助言を利用することができる(§ 112(r)(6)(D))。また、同委員会は、自らの活動を、他の連邦機関の調査・研究活動と調整しなければならない(§ 112(r)(6)(E))。

委員会は、1990 年大気浄化法の立法から 18 ヶ月以内に、「極めて有害な物質」の事故放出の発生を防止しその影響を最小限とするための「危険評価」の利用に関する勧告を含む報告を、EPA に対して行うものとされる(§ 112(r)(6)(H))。そして、同勧告は、①「規制物質」としてリストされていない「極めて有害な物質」のリスト(それぞれの物質についての閾値の量も記載するものとする)、及び②「危険評価」が事故放出を防止しその影響を最小限とするのに適切な手段となり得る、固定発生源カテゴリーのリストを含むものとする(§ 112(r)(6)(H))。なお、委員会が EPA に対して同勧告を行った場合には、EPA は、それを受けてから 180 日以内に、その勧告に従うか否か、について正式に文章の形で回答しなければならない(§ 112(r)(6)(I))。

また、委員会は、1990 年大気浄化法立法から 2 年以内に、EPA 及び OSHA(Occupational Safety and Health Administration; 職業安全衛生管理局)に対して、「リスク管理計画」(先述)準備のための規則、並びに事故放出の防止及

び放出による人間の健康又は環境に対する有害な影響を最小化するための規制の策定を勧告する報告書を提出しなければならない(§ 112(r)(6)(K))。

4. わが国法への示唆

以上述べてきたように、1990 年大気浄化法における米国の有害大気汚染物質排出規制プログラムは、通常操業時における汚染物質排出規制に加えて、突発事故時における有害物質放出の防止及び同放出時に係る緊急措置等について、詳細にわたる法律の規定(§ 112(r))及び規則を整備している。

こうした突発事故による有害物質の放出に関しては、わが国においても一応の法整備をみる。すなわち、大気汚染防止法第 17 条により、政令の定める「特定物質」²²を扱う特定施設設置者は、事故等によって「特定物質」が大気中に大量に排出されたときは、直ちに応急措置を講じ、かつ事故を速やかに復旧するように努めなければならない、とされる(第 17 条第 1 項)。また、その事故により、当該工場又は周辺地域等の人の健康が損なわれる等の恐れがあるときには、特定施設設置者は、都道府県知事から、その事故の拡大又は再発防止のための必要な措置をとることを命ぜられる場合がある、とされる(第 17 条第 2 項)。

まず、わが国の事故時措置の規定(第 17 条)と米国の事故放出規定(§ 112(r))とを比較した場合に、米国の規定において特徴的な点は、

²² 「特定物質」とは、「物の合成、分解その他の化学的処理に伴い発生する物質の内、人の健康又は生活環境に係る被害を生ずる恐れがある物質で政令で定めるもの」を言い、現行規制では、(1)アンモニア、(2)フッ化水素、(3)シアン化水素、(4)一酸化炭素、(5)ホルムアルデヒド、(6)メタノール、(7)硫化水素、(8)リン化水素、(9)塩化水素、(10)二酸化炭素、(11)アクロレイン、(12)二酸化硫黄、(13)塩素、(14)二硫化炭素、(15)ベンゼン、(16)ピリジン、(17)フェノール、(18)硫酸(三酸化硫黄を含む)、(19)フッ化珪素、(20)ホスゲン、(21)二酸化セレン、(22)クロルスルホン酸、(23)黄リン、(24)三塩化リン、(25)臭素、(26)ニッケルカルボニル、(27)五塩化リン、(28)メルカプタンの 28 物質が規定されている。

²¹ S. Rep. O.228, 101st Cong., 1st Sess. 229-30 (1989).

それが、事故発生後の措置を定めるだけでなく、発生源において閾値を超える量の規制物質を保有する、施設所有者又は操業者に対して「リスク管理計画」の準備・遂行を義務付ける(§ 112(r)(7)(B)(ii))等、予防的な措置に関する詳細な規定をおいていることである。この点については、わが国における危機管理法制のあり方を考える上で、大いに参考になるものと思われる。

次に指摘すべき点は、EPA とは別組織の行政委員会「化学安全及び危険調査委員会」が、プログラムにおいて極めて重要な役割を果たしていることである。わが国と米国とは、行政システムにおける行政委員会制度の位置付けが大きく異なっており、米国の事例をわが国にそのまま適用することは厳に慎むべきであるが、

- 事故放出等の緊急時対応は、従来の所管省庁の枠組み(“縦割り行政”)を超えて取り組むべき課題であること、
- 事故調査等は、事故再発を防止する意味でも独立した専門家組織によって徹底的に遂行されるのが望ましいこと、

等を勘案すれば、わが国においても、独立した組織を活用した危機管理体制のあり方が前向きに検討されても良いと考える。

また、米国の緊急時措置(§ 112(r)(9))においては、EPA 長官は、同措置に係る命令権限(order authorities)を行使する際の指針(guidance)を明らかにしなければならない(§ 112(r)(9)(C))とされるが、わが国の都道府県知事の事故時措置命令(第17条第2項)においても、それを行使する際の指針を事前に明らかにしておくことが望ましいと言えよう。殊に、わが国の場合、河川、道路の使用等において、許認可体系が複雑であるため、緊急時の際に、これらの(住民の避難等による)利用がスムー

ズに行われるようにするために、指針等のかたちで、事前に規制当局間の調整を図っておくことの意義は大きいと考える。

謝辞

本稿が成るにあたっては、西南学院大学法学部岩間徹教授、学習院大学法学部大塚直教授、明海大学不動産学部柳憲一郎教授、明治大学法学部松村弓彦助教授をはじめとする、大気保全法制調査委員の諸先生方、京都大学大学院エネルギー科学研究科神田啓治教授、(財)電力中央研究所経済社会研究所鈴木達治郎上席研究員、同馬場健司主任研究員、同杉山大志主任研究員より、ご指導及び有益なご助言を賜った。また外部査読を引き受けて下さった専門家の方々からは貴重なご意見を賜った。これらの方々に対して心から感謝の意を表したい。

なお、当然のことであるが、本稿の内容に関する誤り等についての一切の責任は筆者が負うものである。

[主要参考引用文献]

- [1] 田辺朋行「米国における有害大気汚染物質規制」、『主要国の大気保全法制調査報告書』所収(1999)
- [2] EPA/CEPPO, *Risk Management Program Guidance for Ammonia Refrigeration (40 CFR Part 68)* (EPA 550-B-98-014, 1998).
- [3] Gaba, J.M., *Environmental Law* (WEST, 1994).
- [4] Hunton & Williams, *Clean Air Handbook* (2ed. Ed.) (Government Institutes, Inc., 1993).
- [5] Kubasek, N.K. and Silverman, G.S., *Environmental Law* (Prentice Hall, 1994).
- [6] Planter Z.J.B. et al., *Environmental Law and Policy: Nature, Law and Society* (WEST, 1992).
- [7] Hunton & Williams, *Clean Air Handbook* (2ed. Ed.) (Government Institutes, Inc., 1993).
- [8] Stensvaag, J.M. and Oren, C.N., *Clean Air Act Law and Practice* (John Wiley & Sons, Inc., 1993).

{ たなべ ともゆき
電力中央研究所 経済社会研究所 }

アンシラリーサービスの新しい費用配分ルール

浅野 浩志

1. アンシラリーサービスとは

電力システムの発送配電の各機能が分離され、電気エネルギー(有効電力)を発生し、配電会社あるいは需要家まで送るサービス(送電サービス)と予備力確保、電圧維持、周波数調整などシステムを安定的に運用するサービスが独立に供給される必要が生じた場合、従来電力供給サービスの中に含まれていたシステム運用維持に不可欠なサービスをエネルギーや送電サービスとは別に定義する必要がある。このようなシステム運用サービスをアンシラリーサービスと称する。わが国では補助的サービスと訳されることが多いが、正確にはシステム運用維持サービスとも呼ぶべきものである。北米電力信頼度協議会(NERC)では連系システム運用サービス(IOS)と呼ぶ。一般にアンシラリーサービスには、周波数制御、瞬動予備力、待機予備力、電圧調整(無効電力)、ブラックスタートなどが含まれる。

わが国の場合、一部特高需要家に部分的にダイレクトアクセスが認められても、相対取引のみで、実時間で運用するようなスポット市場は未だ存在しないが、新規参入者(PPS)がいわゆる同時同量を達成できない場合、システム運用者である既存電力会社が需給バランスをとるための運用を行わざるを得ない。この追加的なサービスコストはまさにアンシラリーサービスコストの一部であり、全系均一ではなく、特定の電力取引に起因する場合、適切に費用分担することが公平である。

このように現時点でもアンシラリーサービスの適切な提供と価格設定はある程度重要

であり、さらに将来を見通すとわが国においてもその重要性は高まる。また、アンシラリーサービスの効率的で公平な費用配分ルールの確立は、送電料金などと並んで、制度設計の不可欠な要素となっているにもかかわらず、先進的にアンシラリーサービスを導入している諸国においても理論的に十分に検討がなされているわけではない。そこで、小論では、既存の総括原価主義にかわる新しい配分ルールについて解説する。送電料金設定¹⁾と同様に限界費用や増分費用に基づく単価の設定がよく提案されるが、ここでは、これらの既存のルール以外にゲーム理論を共通費用配分問題に応用して、オーマン=シャープレイ値配分方式の優れた特質(収支条件、効率性、公平性)を紹介する。

2. 共用サービスの費用配分

アンシラリーサービスには、託送契約毎に分離でき、送電利用者の個別要求に基づいて対応可能な個別サービスと、システム運用者が安定供給・信頼度維持のため全量制御し、全系に配分する共用サービスとがある。

例えば、加州では、個々のサービスが分離・計量可能ならば、送電利用者はサービスを自主供給するか、独立システム運用機構(ISO)等が運営するアンシラリーサービス市場で調達する。一方、分離・計量できないならば、ISOが必要量を調達し、全ての利用者が電力取引の規模に応じてサービスコストを負担する。ここではこの負担ルールの望ましいあり方を論じる。

例えば、電圧維持のための無効電力供給機能の場合、託送市場において託送利用者の中に

はより多くの無効電力を要求する利用者とそうでない利用者の間に負担の不公平が生じる。しかし、NERCでは実際にはこの分離のための費用を正当化するほどのメリットはなく、均等負担としている^[3]。

3. 従来の価格設定方式

総括原価方式：電圧維持のために調相設備などから供給され、市場からの調達が困難なメニューについては、サービスコストを基に料金を設定する。規制当局の認可を要する。

市場価格決定方式：瞬動予備力など市場から調達可能なメニューについては競争市場に委ねる。上限を設けることもある。

現実に適用されるルールは総括原価方式が主流である^[2]。

4. 新しい費用配分ルール

4.1 費用配分ルール評価の視点

アンシラリーサービスの費用構造を考えると、その全てのサービスを競争市場で効率的に調達することができるわけではないことが分かる。したがって、市場に委ねられない部分（共通費的な部分、特に系統運用部門が主体となるサービス）について利害関係者間で費用を配分するための何らかのルールが必要となってくる。しかも、そのルールは次の条件を満たすことが望ましい。

- A) 経済効率性
- B) 参加者間の公平性
- C) 費用の回収（収支均衡）
- D) 協力ゲームにおける提携参加へのインセンティブの有無

特に採用されたルールのインセンティブ両立性が重要であり、理論的には協力ゲームの提携が形成され得るか、費用を長期的に削減できるかに関心が集まる。

以下の議論において、アンシラリーサービスの費用は費用関数 $T(\mathbf{b})$ [\mathbf{b} は参加者 i の取引量 $b_i(i=1, \dots, n)$ のベクトル]によって表されるものと仮定する。例えば、 \mathbf{b}_i を各エージェントの取引量とし、次式のようなサービス費用関数を想定する。

$$\mathbf{b} = \{b_1=1; b_2=2; b_3=1\}$$

$$T(\mathbf{b}) = b_1 + (b_2 + b_3)^3 \quad (1)$$

$$\text{総費用は、} T(1, 2, 1) = 1 + (1+2)^3 = 28$$

となる。

このような関数と数値例を用いて

- ・限界費用方式
- ・シャープレイ方式
- ・オーマン-シャープレイ方式

等の費用配分の方法について考察する^[4]。

4.2 限界費用配分方式

経済理論によれば、限界費用による価格設定（すなわち完全競争市場における価格）は、ある仮定の下で最も効率的な資源の配分をもたらすことが知られている。しかし、限界費用による共通費の配分は総費用を上回る（下回る）収入をもたらすことがある。例えば、(1)式を用いると、総収入は、82となり、総費用28を上回る。そこで、一律に一定の比率をかけて総収入が総費用に等しくなるように調整することはできるが、この時ある参加者の提携が他の参加者を補助する可能性が生じる。数値例では、エージェント1の費用は1であるが、調整済み限界費用方式での負担は、0.34で済むため、他の参加者から補助を受けることになる。

4.3 増分費用配分方式

各参加者が順番に加えられた時の費用の差分(増分費用)をもとに配分した場合、費用回収と相互補助の問題は解決できるが、加える順番によって配分の結果が異なるという欠陥が

ある。(1)式の例では、増分費用が逡増するため、できるだけ早く参入した方が有利になる。

4.4 シャープレイ値配分方式

シャープレイ方式⁶⁾は、増分費用方式の欠陥を補うため、加える順序に関する全ての順列について、増分費用による配分を計算し、その平均値によって最終的な配分を決めるものである。

(1) 全ての可能な参入順位の計算

・増分費用配分方式では、送電線サービスを受ける順番について不公平が生じる。

・エージェントがある(協力)ゲーム(アンシラリーサービスは一種の公共的な財で共通設備の利用に関して協調が必要)参加しようとするとき、各エージェントにとってどれだけの利得あるいは費用負担が生じるかを予想する。

各エージェント*i*にとってある提携(ある託送契約)*S*から抜けたときの利得*v*の差を限界貢献度という。

限界貢献度= $v(s)-v(S-\{i\})$ 、*v*は特性関数(提携の収入あるいは価値)

*n*人のエージェントがランダムな順序で全体提携*N*を形成するとき、シャープレイ値 $\phi_i(v)$ はエージェント*i*の提携に対する限界貢献度 $v(s)-v(S-\{i\})$ の期待値(その提携がどの程度の確率で形成されるかを考える)である。

$$\phi_i(v) = \sum r(S)[v(s)-v(S-\{i\})] \quad (2)$$

$$r(S) = (s-1)!(n-s)!/n!$$

エージェント全体を並べる順序は*n!*通りある。エージェント*i*を含む提携*S*を固定したとき、*S*のメンバーの数を*s*とすると、提携*S-\{i\}*のメンバーの数は(*s-1*)で、*S*以外のエージェントの数は(*n-s*)であるから、提携*S-\{i\}*の形成方法は、(*s-1*)!(*n-s*)!通りある。

エージェント*i*が最後に参加して提携*S*が成

立する確率は、(*s-1*)!(*n-s*)!/n!となる。

この確率が限界貢献度 $v(s)-v(S-\{i\})$ のウェイト $r(S)$ に相当する。

全ての参入順位毎のサービスコスト $T()$ を計算し、加重平均を計算している。この平均値がシャープレイ値 {1,17,10} に相当する。

(2) シャープレイ値配分方式の限界

参加者の数が増加すれば、計算回数は指数的に増加して計算コストがかかる、という難点に加え、取引量に対して中立的ではないという問題があり、同質的な参加者間で不公平が生じる場合がある。すなわち、取引量一単位あたりの費用負担額が異なる。

同質的なエージェント間でさえ、取引単位量に関して公平でない場合が生じる。

例：エージェント2と3で取引量(託送量)が異なる場合、下記のように託送単価に差が生じる。

エージェント2：8.5/単位

エージェント3：10/単位

4.5 修正シャープレイ値配分方式

シャープレイ方式による配分の限界は、各参加者を取引量の最も小さい参加者に合わせて分割し、分割された単位の全ての順列について増分費用を計算することで克服できる。

修正シャープレイ値配分方式ではシャープレイ値配分方式の比較可能要件の問題を解決するため、エージェントの取引サイズを均一にする。ここでは、エージェント2を他のエージェントと同じサイズに分割する。全てのエージェントでシャープレイ値(9/単位)が等しくなり、取引規模に関する公平性が保たれる。

4.6 オーマン-シャープレイ値配分方式

オーマン-シャープレイ方式は、修正シャープレイ方式における参加者の分割単位を極限まで小さくとした場合の配分である。オーマ

ン-シャープレイ方式によって、収支均衡条件を満たした上で、経済効率的かつ公正な配分が実現される。数値例では、修正シャープレイ値(9/単位)と同一である。

オーマン-シャープレイ値は、additive, weakly aggregation invariant, non-negativeといった属性を備えていることが証明されている^[5]。

オーマン=シャープレイ値の性質：

1) 加法性

特性関数 v, w に対して

オーマン=シャープレイ値

$$\phi_i(v+w) = \phi_i(v) + \phi_i(w), i=1, \dots, n$$

が成立。

2) 集計に関して弱不変

シャープレイ値のもつ対称性の性質を取引単位を均一にしたときに拡張したもの。

ある配分ルール f に関して、

$C(q_1, \dots, q_n) = C'(\sum \lambda_i q_i)$ for all $q \leq q^*$, q^* は目標とする生産水準。 C は総コスト, C' は固定費。

$$\text{implies } f_i(C, q^*) = \lambda_i f_i(C', \sum \lambda_i q^*)$$

を満たすとき、 f は集計に関して弱不変。 λ_i は取引 q_i を集計するときのウエイト。

3) 単調性

エージェント i がコスト低減に貢献するとき、 i の単価が増加しないこと。

これはインセンティブ両立性の必要条件である。

5. 結語

CEPEL(ブラジル電力研究所)では、上記のようなオーマン-シャープレイ方式の配分ルールを24母線系統における無効電力費用配分問題に適用し、その有用性を示している。26の相対取引が同時に生じる時でも、収支の差は1%以下に収まっている。このような考え方が現実に検討される背景には既に送電網利用者間で交渉による価格決定が行われていることがあげられる。

現実に適用するときは、各送電線利用者ごとの寄与が明示される費用関数を同定できるかが最大の課題である。電圧維持のための無効電力供給は、発電設備と送変電設備の双方から提供され得る。調相設備など送変電設備からの無効電力供給は送電料金に含まれる。発電設備(多くの場合、ISOから信頼性マストラン設備に指定される)からの無効電力供給は、運転費用を0とし設備のみ総括原価に含む。実際にはどの発電機からどれだけ無効電力を供給しているかを同定することは難しい。

わが国では、発電事業者からアンシラリーサービスを調達するスポット市場が存在せず、系統運用を既存の垂直統合型電力会社が一括して行うため、託送料金にそのコストが含まれ、平均費用に基づく費用分担が適用されている。将来、新規参入者や離脱需要家らと既存利用者間で公平な費用負担(収支均衡条件)を実現し、送電網の効率的な利用を促すインセンティブを付与されるルールとして、小論で取り上げた新しい費用配分ルールは一考に値する。

【参考文献】

- [1] 浅野浩志：競争的電力市場における送電料金設定の現状と課題、電力経済研究 No.38、1997年7月
- [2] ORNL(1996), Ancillary Service Costs for 12 U.S. Electric Utilities, ORNL/CON-427
- [3] NERC(1997), Defining Interconnected Operations Services under Open Access, NERC IOS WG Final Report.
- [4] F.L.Alvarado, et al.(1999): "Methods and Tools for Costing Ancillary Services", CIGRE SC-38, August, 1999
- [5] H.P.Young(1994): "Cost allocation", in Handbook of game theory, Vol. 1, Elsevier
- [6] 鈴木(1994)、新ゲーム理論、勁草書房

〔あさの ひろし
電力中央研究所 経済社会研究所〕

『世界の電力自由化の動向』

編著 (矢島 正之、1999 年 11 月)

北 村 美 香

「世界の電力ビッグバン」(東洋経済新報社)は、著者らが当経済社会研究所において行ってきた世界の電気事業に関する一連の規制緩和動向分析をベースに、最新の動向をおりまぜて取りまとめられたものである。電力市場の自由化は、欧米での航空、電気通信といった他産業の規制緩和に続き1990年ごろから世界的な広がりを見せ、現在までに予想を上回る速さで進行してきている。特に1997年以降、欧米のエネルギー企業は事業の統廃合、吸収・合併を含むダイナミックな変貌を遂げており、今後の動向が注目されるであろう。わが国もそのような潮流の例外ではなく、2000年3月から小売市場の一部大口需要家に対する自由化が実施される。このような状況の下、わが国の電力改革に関する今後の方向性を考えるうえで、先行諸国の自由化動向を調査分析し、諸制度の長短を含めて評価することは重要な課題であり、必要不可欠なものである。本書はできる限り多くの規制緩和先行諸国の動向を紹介し、現段階での評価と課題の検討を試みることを分析の主眼としている。

第1章では、現在実際に諸外国で起こっている電力市場の構造変化の特徴を分析する上でその理解を容易にするために、発電、送電といった電気事業固有の機能とそれらの相互関係をまず簡単に説明している。その上で、これらの機能のうちどの部分に規制が残されているのか、どの部分が競争にゆだねられているのか、競争にゆだねられ

る場合新たな制度としてどのようなものが導入されているのかを解説している。ここでは、市場支配力など新制度に関する問題点の考察も行っている。また、各国で採用される自由化モデルを主だった特徴の下で分類し、その諸類型を垂直的・水平的市場構造および市場開放の程度とタイミングについて検討している。これまでの先行諸国の動向から、自由化モデルとしてはプールでの取引を強制しない任意のプールと小売託送を組み合わせるケースを採用する国が多いことを指摘している。

第二章は、電力市場自由化の世界動向をまとめた本書の核となる部分である。まず、各国における電力市場への競争導入の程度を見るため、前章で説明された分類に基づき採用されている市場自由化モデルの世界動向を一覧している。具体的には、欧州(EU加盟15カ国およびノルウェー)、米国、南米(アルゼンチン、チリ)、豪州(オーストラリア、ニュージーランド)および日本について、市場自由化の動向を新制度の特徴などを明らかにしながら紹介している。モデルの分類には、垂直統合の分離についても焦点を当てており、ここでは発・送・配電からの送電の分離とともに、配電と小売供給の分離といった点がポイントとされる。

欧州では、EU域内の電力市場自由化を目指すEU指令が1997年2月19日に発効した。これにより、加盟各国は1999年2月から小売市場の26%、2000年2月に28%、2003年2月には33%を開放しなくてはならないこ

とが決められている。EU加盟国では、これによって原則的に1999年2月までに国内法の整備を行うこととなり、その結果種々の自由化モデルが採用されている。指令では加盟国により履行される最小限度の要求事項が定められているに過ぎず、シングルバイヤーシステムや第三者アクセスについて明示的に述べているが、プール・モデルの採用やフランチャイズ需要家のための競争入札の実施も認められるといったように、それぞれの国に最も適したモデルを選定できる多様性をもたせている。そのため、各国で採用される自由化モデルは、その国の経済・社会的な環境等に準じてバラエティのあるものとなっている。

いくつか例を挙げると、まず英国（イングランド・ウェールズ）では、1990年に電気事業の再編・民営化が行われ、旧国有電力会社民営化と発・送・配電の垂直統合の分離が行われ、電力プールに特徴づけられる電力供給体制が形成された。それとともに、発電部門と小売供給部門に競争が導入された経緯がある。しかしその後、発電市場における寡占の問題に関連し、プール価格の計算の複雑さ、キャパシティエレメントが本来の機能を発揮していないこと、入札価格はコストを反映していないことなど、多くの問題点が指摘され、規制当局は2000年4月を目処に現行のプール制度の改革を行う予定である。新しいシステムの下では、強制的な給電指令を伴う現行の強制プールは廃止され、すべての電力売買は任意の取引にゆだねられることとなる。

ノルウェーも、先進国のなかでは早期に革新的な市場自由化に踏み切った国である。1990年に新エネルギー法を可決、翌1991年に施行され、発電部門と小売供給部門には

競争を導入するとともに、送電部門と配電部門は自然独占であるとして規制下に置いた。新たに制度化された電力取引市場（プール）は、スポット市場、先物市場、調整電力市場ないし補助的サービス市場から構成され、電力は相対契約やこれら制度化された市場を通じて取引される。ネットワーク部門に関しては、さらなる効率化達成のために価格設定に収入キャップ方式を導入したこと、ベンチマーキング手法によって全社をグループ分けし、それぞれに対して生産性上昇のターゲットが与えられている、といった制度的な特徴も有する。

一方米国では、電力会社は現在3000を超える数の多さもさることながら、その所有形態も多様性に富んでおり、主流となる投資家所有の電力会社の他に地方公営、共同組合営、連邦営などが挙げられる。電力会社は、州レベルでは各州の公益事業委員会など州の委員会によって規制され、連邦レベルでは連邦エネルギー規制委員会（Federal Energy Regulatory Commission: FERC）の規制を受ける。米国では1978年の公益事業規制政策法（Public Utilities Regulatory Policies Act: PURPA）が電力市場自由化のきっかけとなった。これにより、電気事業者はQFと呼ばれる再生可能エネルギーを使用する小規模電源とコージェネレーターからの余剰電力の購入を義務付けられた。PURPAは、そもそも省エネルギーや代替エネルギーの開発を目的としたものであったが、結果的に卸売市場の拡大と電力取引の多様化をもたらすとともに電力市場自由化への門戸を開いたと言えよう。その後、1992年のエネルギー政策法（Energy Policy Act: EPAct）により米国における電力市場自由化政策が明らかな形で示され、さらに1996

年にはFERCの命令888、889により送電網への完全なオープン・アクセスが義務付けられるに至った。これによって、米国では卸売市場が完全に自由化された。同時に、多くの州で小売への競争導入に関する法律が成立し、小売の完全自由化が進展しつつあるというのが現在の状況である。さらに、競争導入に伴い伝統的な発・送・配電一貫運営体制から、独占分野と競争にゆだねられる分野とが何らかの形で分離されることになり、多くの州では機能別分離が求められる。中には発電設備の売却を強制して完全な分離を求める州（ニューハンプシャー州とメイン州）もあるが、米国では私有電気事業者の強制的な再編は財産権に抵触するとの見解が大勢であり、垂直統合の完全分離は難しい。そこで、第三者に対しネットワークへの公平なアクセスを保証するため、システムの所有権は既存の電気事業者に残すものの、系統運用のみは独立の機関にゆだねる方法が考案された。それがISO（Independent System Operator）と呼ばれる中立的な観点から系統運用を行う独立の組織であり、ISOはほとんどすべての州で設立の方向にあるか設立について検討中である。同様に、電力取引所であるPX（Power Exchange）の設立が多くの州で要求されている。しかし制度的な問題がないわけではなく、ISOの利害調整能力の限界といった問題点のみでなく、アンシラリー・サービスに対する技術的な問題点や、少数の市場参加者による市場支配力の問題もあるとされている。特に、アンシラリー・サービスの市場をどのように構築するかが市場自由化の成否の鍵を握るといっても過言ではない。南米においても革新的な電力改革が進展しており、チリやアルゼンチン

ではそれぞれ1980年代、1990年代に国有電力会社の分割・民営化が行われ、小売市場への競争が導入されている。豪州では、1970年代からの経済の停滞や危機を克服するための経済改革の一環として電力改革が行われたという特徴がある。オーストラリアでは1990年前半から垂直統合された国営電気事業が分割されるとともに競争が導入され、1997年に全国卸売市場がスタートした。ニュージーランドは、1994年に国有電気事業が分割され、分割と同時に小売の完全自由化が実現している。

第三章は、世界的に種々の自由化モデルが出現しているなかで、一次エネルギーの自給率が自由化モデルの選定にどのような影響を及ぼしているかについて分析している。ここでは、国内エネルギー資源の賦存状況や原子力発電の位置づけにより、いくつかのシナリオを設定し、これらの条件のもとでどのような政策がとられているかを分析している。そこから、一次エネルギーの輸入依存度と自由化政策との関連の定量的な把握を試み、その結果、自由化モデルの決定にその国の一次エネルギー自給率が影響を及ぼしていることを示している。自由化政策の決定に際してその国のエネルギー供給保障に及ぼす影響を検討することは自然なことであり、とりわけエネルギー資源に恵まれず、原子力発電の開発を今後とも積極的に行っていくわが国にとって、市場自由化の原子力発電開発に及ぼす影響については十分な検討を行っておく必要があることを指摘している。

第四章では、電力市場自由化の流れのなかで、グローバルな展開が求められるようになったわが国電気事業が、諸外国とりわけアジアに進出するにさいして考慮すべき

リスクおよびその回避方を検討したものである。ここでは、わが国電気事業者がアジアに進出するにあたり考慮すべきリスク及びその回避方を見出すために、米国IPPのアジア進出の経験を参考に先行事例を調査し、その結果を紹介している。海外、特に途上国への進出にはさまざまなリスクが伴うため、まずそれらリスクをプロジェクトリスクや政治的リスクなど6種類に分かりやすく分類し、事前調査はもとより、適切な企業ないし組織とのパートナーシップといった回避戦略を紹介している。

以上の分析を踏まえ、今後は、本書で紹介した規制緩和先行諸国の例を改めて評価し、さらにわが国に固有の環境的条件および社会的特質に関する問題点をも考慮しつつ、わが国に適した改革モデルを模索していく努力の継続が必要とされよう。

最後に、本書で紹介したような世界的な電力市場自由化の中でやはり本格的な競争が導入されつつあるわが国の電気事業に関して、将来展望に関するいくつかの示唆を与えている。コスト低減といった喫緊の課題のほか、需要家ニーズの多様化への対応、需要家サービスの向上、マーケティング

戦略の構築、海外進出、多角化、グループ経営戦略の構築など、今後電気事業者が直面することとなる課題の克服は、いずれも大競争時代を勝ち抜くための重要な問題であるが、中でも特にグループ経営に注目し、多様な経営資源を有効に活用しうるグループ経営の重要性を強調している。企業グループの見直しは電気事業のみならず最近の企業経営の一般的な動きであるが、特にグローバルなレベルでの企業間競争が展開されつつある中で、グループとしてのシナジー効果を高めることが重要であると指摘する。すなわち、グループ全体とその構成企業の真の強みと弱点を客観的に評価し、目標の達成のためにこれらの強みの相乗効果をどのように引き出していくか、同時にどのように弱点を補っていくかを慎重に検討する必要がある。それと同時に一方では、グループ内の企業の自立分権的な経営も必要とされ、意思決定のスピードやビジネスチャンスに対する素早い行動が求められることになる。

〔きたむら みか
電力中央研究所 経済社会研究所〕

「電力経済研究」投稿・執筆規定について

「電力経済研究」編集委員会

1. 投稿原稿は、当該分野の研究活動に貢献するものとし、未発表で他誌等へ二重投稿していないものに限り、
投稿された原稿は、編集委員会が選定・依頼した査読者の審査を経て、掲載の可否を決定いたします。
2. 投稿される原稿は、その種類に応じて次の枚数制限にしたがってください。
 - a. 論文:A4 刷り上がり8～16 ページ(400 字詰め原稿用紙 32 枚以上 64 枚以内)
 - b. 研究ノート:A4 刷り上がり8 ページ(400 字詰め原稿用紙 32 枚以内)
 - c. 研究紹介:A4 刷り上がり6 ページ(400 字詰め原稿用紙 24 枚以内)
 - d. 解説:A4 刷り上がり4ページ以内(400 字詰め原稿用紙 16 枚以内)
 - e. 内外動向、文献紹介:A4 刷り上がり2 ページ以内(400 字詰め原稿用紙 8 枚以内)
3. 投稿に際しては、完成された論文3部を下記宛に送付願います。
なお、上記の枚数制限は、図表を含めた本文、表題、英文表題、キーワード、著者名、要旨(600字以内)、参考文献の総計で適用されます。また、偶数ページになるよう調整をお願いする場合があります。

なお、本誌は、投稿者より提出された原稿をそのまま写真製版してオフセット印刷を行う「カメラレディー方式」を採用しております。したがって、採用された論文につきましては、後日、電子媒体による提出をお願いすることになります。
4. 掲載された論文等については後日、抜き刷り50部を著者に送付いたします。
5. 投稿希望者には「原稿作成の手引き」を送付いたします。下記にご連絡ください。

(財)電力中央研究所 経済社会研究所
「電力経済研究」編集委員会

〒100-8126
東京都千代田区大手町 1-6-1
TEL: 03-3201-6601
Fax: 03-3287-2864
E-mail: src-rr-ml@criepi.denken.or.jp

電力経済研究 No.43

2000年3月 印刷発行

発行所 財団 電力中央研究所
法人 経済社会研究所

〒100-8126 東京都千代田区大手町 1-6-1
大手町ビル
電話 東京 (03)3201-6601

印刷:株式会社 電友社

目 次

<論 文>

- 自由化時代における公共サービス義務
—誰がラストリゾート供給者となるか—……………丸山 真弘… 1
- 電力供給地域にあわせた全国10地域間産業連関表の開発……………人見 和美… 7
- 中国における家計貯蓄行動の実証分析
—人口高齢化の影響を中心に—……………若林 雅代…21

<研究ノート>

- 競争的電力市場における供給信頼度評価の基礎的検討……………岡田 健司…33
- 有害化学物質の事故放出に対する法規制
—米国の例とわが国法への示唆—……………田辺 朋行…43

〔解 説〕

- アンシラリーサービスの新しい費用配分ルール……………浅野 浩志…51

〔研究紹介〕

- 世界の電力自由化の動向……………北村 美香…55