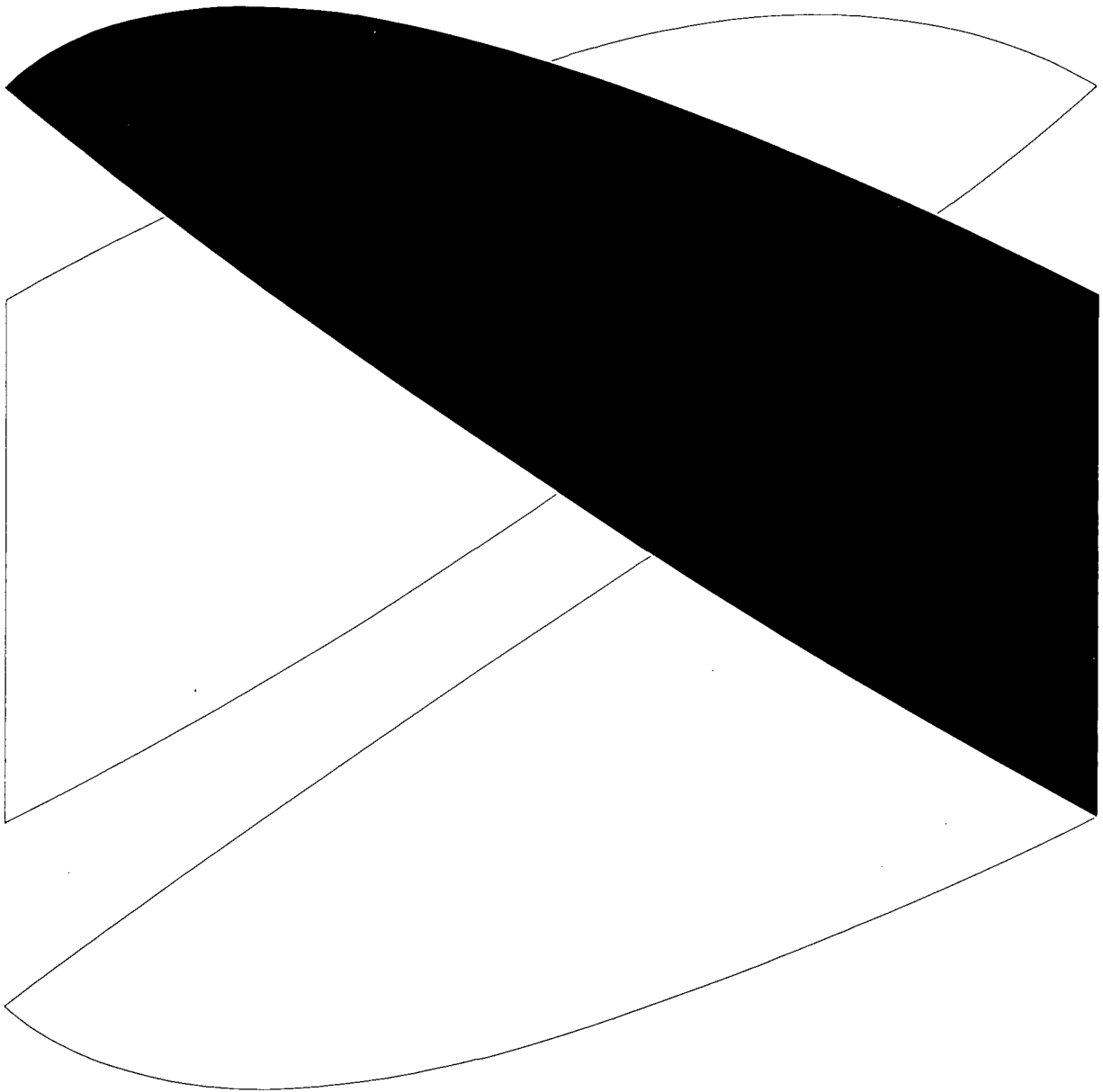


ISSN 0387-0782

電力經濟研究



No.46

2001.10

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	浅野 浩志
桜井 紀久	馬場 健司
田頭 直人	北村 美香
西村 一彦	

<電力経済研究 NO.46>

目 次

<論 文>

- 生態系保全のためのビオトープ計画策定手法……………山本 公夫…………… 1
井内 正直
- 日本の半導体貿易の構造変化と輸出競争力……………星野 優子……………19
- 戦前期日本の経済発展と社会資本の役割……………森脇 祥太……………43

<研究ノート>

- 結合生産財市場の自律的調整と加速的調整の可能性……………西村 一彦……………59

[研究紹介]

- 米国における電力小売市場自由化の実証分析……………服部 徹……………67

[内外動向]

- カリフォルニア州での電気事業の動向
-PG&E と SCE の再建策- ……………丸山 真弘……………75

[解 説]

- 競争市場における需要側反応プログラムの役割
-米国におけるピークロードマネジメントの現状-……………浅野 浩志……………81
- 北東アジアのエネルギー安全保障協力
-ERINA 国際ワークショップにおける議論の要旨- ……………鈴木達治郎……………87

生態系保全のためのビオトープ計画策定手法

The Planning Method of Biotope for the Ecosystem Preservation

キーワード：発電所、ビオトープ、事例調査、計画策定手法

山本 公夫 井内 正直

本論文は、全国の公共施設や工場などで実施されたビオトープ事例を調査し、その目的や整備タイプによってビオトープを分類する。また、分類結果にもとづいてそれぞれのビオトープに適した整備手法を明らかにするとともに、実態調査結果をもとにビオトープ事例データベースを構築する。さらに、全国の火力・原子力発電所における生態系保全の現状をアンケート調査と実態調査により明らかにしたうえで、発電所のビオトープ計画策定手法を提案する。

1. はじめに
2. ビオトープ事例の調査・分析
 - 2.1 ビオトープ事例の収集・整理
 - 2.2 実態調査
 - 2.3 ビオトープの社会的効果
 - 2.4 ビオトープ事例の分類
 - 2.5 ビオトープ整備手法の整理
 - 2.6 ビオトープ事例データベースの構築
3. 発電所の現状とビオトープ策定計画手法
 - 3.1 アンケート調査の実施と分析
 - 3.2 発電所の生態系保全事例の類型化
 - 3.3 発電所の実態調査
 - 3.4 発電所ビオトープ計画策定手法
4. おわりに

1. はじめに

環境への負荷が少ない循環を基調とする経済社会システムの実現と、自然と人間との共生を図るための自然環境の保全や創造など目標に、1992年に種の保存法、1993年に生物多様性条約、1994年に環境基本計画などが制定あるいは批准された。また、1997年には環境影響評価法（アセス法）が制定され、1999年6月に施行された。

ビオトープという言葉は、工業化や都市開発に伴う環境破壊が深刻になった1970年代半ばにドイツで生まれた。Bio（生物）とTop（場所）の合成語で、特定の生物群集の生息地となる地理的空間を指している。わが国でも、このビオトープを整備することによって失われた自

然を再生し、残された貴重な自然を保護しているという試みが全国各地で行われている。

電気事業においても、ビオトープの維持や創生に関わる多くの分野がある。大規模開発が行われる発電所周辺の山地、河川、海浜、農林地などのビオトープとそれらのネットワーク、送変電施設の周辺、ダムや河川の水辺環境の維持や創造などである。

しかしながら、現状では全国各地でビオトープ造成が進められているものの、既存の文献²⁾⁴⁾⁵⁾に見られるようにビオトープ計画を策定する手法は確立していないのが現状である。

以上のような社会情勢のもとで、本調査は、発電所構内やその周辺において既存の生態系を保全する、あるいは、造林、緑化、水系の工夫などで生物の生息空間を確保するビオトープを

創造するために、合理的な発電所ビオトープ計画策定手法を明らかにすることを目的とした。

そのために、まず全国の公共施設や工場などで実施されたビオトープ事例を調査し、その目的や整備タイプによってビオトープを分類した。また、分類結果にもとづいてそれぞれのビオトープに適した整備手法を明らかにするとともに、実態調査結果をもとにビオトープ事例データベースを構築した。さらに、全国の火力・原子力発電所における生態系保全の現状をアンケート調査と実態調査により明らかにしたうえで、発電所のビオトープ計画策定手法を提案した。

なお、本調査は経済産業省資源エネルギー庁の委託を受け、「発電所ビオトープ（環境創造）支援技術調査」を平成9～11年度に実施した結果の一部を公表するものである。

2. ビオトープ事例の調査・分析

この章では、まず全国で進められているビオトープ事例を収集し、代表的事例を対象に実態（現地・ヒアリング）調査を実施する。これらの実態調査結果にもとづいて、ビオトープ事例をその目的と整備タイプによって分類するとともに、具体的なビオトープの整備手法を整理する。さらに、実態調査結果をもとにビオトープ事例データベースを構築し、ビオトープの設計や造成に関する情報を共有化する。

2.1 ビオトープ事例の収集・整理

「グリーン・エージ」や「公園緑地」、「造園雑誌」などの文献・資料調査により、全国の公共施設や工場などにおけるビオトープ事例を収集し、ビオトープ整備の目的や内容、効果などを把握した。さらに、最新の事例を収集するため、新聞記事やインターネットからの検索調査により事例を加えた。

収集した事例は240事例となり、それらのビオトープ整備内容から判断して収集事例を空間

パターン別に整理した。その結果、「自然地（河川、池沼、山林等）」、「農地（田、畑等）」、「公園（都市公園等）」、「公園（自然観察園等）」、「学校」、「街中（市街地等）」、「工場・下水処理場等」、「道路」、「ダム」の9つの空間パターンごとに整理することができた。

①「自然地（河川、池沼、山林等）」が最も多く収集され合計90事例となった。内訳では河川が最も多く、90事例中75事例を占める。続いて池沼が7事例、山林等が3事例、湿地が3事例、干潟が2事例となっている。

②「農地（田、畑等）」では、稲作の休耕田を利用してビオトープとして整備しているものが3事例、農地を含む地域一帯をビオトープとして保全しているものが1事例となっている。

③「公園（都市公園等）」では、海浜臨海部の公園が11事例あり、その他の28事例は内陸の都市公園となっている。

④「公園（自然観察園等）」は、公園のなかでも特に自然観察を第一の目的として整備している事例であり、7事例が抽出された。

⑤「学校」は14事例あり、小学校が7事例、中・高等学校が4事例、専門学校・大学が3事例となっている。

⑥「街中（市街地等）」では、民間企業等が主体となって街中（市街地、住宅地等）に整備している事例が多い。住宅地内の公園等に整備しているのが17事例、ビル周辺に整備しているのが4事例となっている。

⑦「工場・下水処理場等」では、民間の工場内にビオトープを整備しているものが16事例、公共の下水処理場が3事例、海水揚水が1事例となっている。

⑧「道路」では、エコロード事業に関するものが24事例、高速道路等のパーキングエリア、インターチェンジのループ内、高架下等をビオトープ空間として整備しているものが7事例となっている。

⑨「ダム」では、ダム湖周辺を整備しているものとして4事例を抽出した。

2.2 実態調査

空間パターン別に整理した事例から、それぞれの空間パターンを代表すると考えられる事例を抽出し、事業主体が明確でヒアリング調査が可能かどうか等の点から絞り込んだ結果、実態調査の対象事例として51事例を選定した。

51のビオトープ事例に関する実態調査結果の概要を、空間パターン別に以下に示す。

①「自然地（河川、池沼、山林等）」では、多自然型川づくりの事例が最も多く、河川だけではなく河川敷等を利用して地域住民の環境教育の場として活用する事例や、サンショウウオやカワバタモロコ等の貴重種の保護・保全のために河川を改修している事例もある。池や沼では、貯水池や遊水池をビオトープとして整備し、自然の池沼を野鳥やトンボ等の生息空間として保全している。

②「農地（田、畑等）」では、稲作の休耕田を利用してタガメやゲンゴウロウ等の水生生物やトンボ等の生息空間を保全・創出するために整備しているものや、地域住民の余暇活動（自然観察等）を支援することを目的に農地を含む地域一帯をビオトープとして保全しているものがある。

③「公園（都市公園等）」では、植物をはじめとしてそこで生息する動物類（昆虫、野鳥等）全般を保全している公園や、トンボやホタル等の昆虫類の保護・保全のための公園、貝類等の海生生物が生息する潮間帯等を保全することを目的としている海浜臨海部の公園などがある。

④「公園（自然観察園等）」は、野生動植物の自然観察を目的として整備されているため、観察対象によって公園全体をいくつかのビオトープ空間（エリア）に区分し、それぞれにビオトープ整備の目的、対象生物、内容を設定してい

る。

⑤「学校」では、ビオトープづくりを通じて、昆虫類との接触、雑草の除去等を体験するといった教育の一環（環境教育）として実施している事例がほとんどである。整備している場所は、運動場の片隅、中庭、建物の屋上などが多く、比較的規模は小さいことが特徴である。

⑥「街中（市街地等）」では、失われつつある身近な自然環境の回復・復元、これまでにない新たな緑地整備手法の試行、地域住民の憩いの場等を主要な目的としている。

⑦「工場・下水処理場等」では、民間の工場内にビオトープを整備し、新たな緑化整備手法の一つとしてビオトープを採用しているケースが多い。

⑧「道路」では、自然に優しいみちづくりとしてホタル水路やバードオアシスを設置しているエコロードを始め、高速道路等のパーキングエリア、インターチェンジのループ内、高架下等の開発エリア内では自然を再生するためのビオトープを整備している。

⑨「ダム」では、水没する植生や貴重種の保全を目的として、新たに作られるダム湖周辺の整備地域をビオトープとして設定している。

2.3 ビオトープの社会的効果

ビオトープ事例の実態調査結果から、ビオトープの効果について考察した。ビオトープの効果には、大きく分けて「生物多様性の保全効果」と「社会的効果」があると考えられる。前者は、開発地域に元々存在する多様な生物をビオトープによって保全する効果であり、生物自身にとっての生息環境の改善が期待される。後者は、ビオトープを計画・設計・造成・維持管理していく過程や、ビオトープを見学・体験していくなかで、人々が自然環境や生物多様性の重要性を実感し、共感していく社会的効果である。

ここでは、特にビオトープの社会的効果に着

目し、実態調査結果にもとづいてその効果を以下のように整理した。

① 環境教育効果

学校や公共施設の事例に見られるように、ビオトープを教育の場として活用し、自然環境や生物多様性の重要性を身近な生物環境から学び、ビオトープの維持管理に直接携わることによって自然を育て触れ合う楽しさを体験する。

② 市民参加効果

事例のなかには市民や NGO が主体となって、ビオトープを計画・設計し、造成・維持管理しているケースも多く見られる。行政や企業ではなく市民がビオトープを継続していくには様々な困難さが伴うが、成功例を見ると実際に参加することによって自然に対する共通の価値観や連帯感が醸成され、地域コミュニティの形成に結びついている。

③ 地域づくり効果

「自然との共生」を地域づくりのコンセプトとして設定し、ビオトープに取り組んでいる自治体も多い。欧州、特にドイツでは、都市計画にビオトープ・ネットワークを取り入れ、身近な自然環境の再生を進めている。日本ではここまでには至っていないが、地域住民にとってのアイデンティティの形成には十分に効果があると考えられる。

④ 企業のイメージアップ効果

企業がビオトープに取り組んでいる事例も多い。工場の敷地の一部をビオトープとして造成し、観察舎やベンチ等を整備して公園として地域住民に開放している例や、オフィス街にビオトープを造成して潤いの場を提供している例などもある。これらの事例は、地域との共生を目的としているが、このような活動を通じて企業のイメージアップを図ることを期待している。

2.4 ビオトープ事例の分類

代表事例の実態調査結果にもとづいて、ビオ

トープ事例をビオトープの目的によって大別したうえで、具体的な整備内容によりビオトープ整備タイプに分類した。

ビオトープの目的については、開発エリア内に残された生態系を保護する「保護」と失われた生態系を再生する「再生」、新たに地域の生態系環境を創り出す「創出」の3つとし、それぞれの目的にビオトープ整備タイプを設定した。

「保護」を目的としたビオトープ事例については、「聖域設定型」、「自然群集期待型」、「特定生物設定型」、「ネットワーク配慮型」、「小生息場所提供型」の5つをビオトープ整備タイプとした。「再生」については、既存の自然環境をビオトープ空間として修復した「自然群集期待型」、「特定生物期待型」、「ネットワーク配慮型」、「小生息場所提供型」、「自然学習園または箱庭型」の5つの整備タイプとした。「創出」については、新たにビオトープ空間として整備した「自然群集期待型」、「特定生物期待型」、「ネットワーク配慮型」、「小生息場所提供型」、「自然学習園または箱庭型」の5つの整備タイプとした。なお、整備タイプの分類の考え方やネーミングについては、文献1)にならって分類した。

ビオトープ事例の分類結果は、表2-1に示すとおりである。

2.5 ビオトープ整備手法の整理

さらに、実態調査により明らかにしたビオトープ整備内容をもとに、ビオトープの目的および整備タイプごとに具体的なビオトープの造成方法や維持管理方法などを整理した結果が表2-2である。

「特定生物期待型」は、ホタル水路やカワセミブロックなどを設置して、ある特定の生物を期待する整備タイプである。「小生息場所提供型」は、空石積み護岸や浮島などを設置して、

表 2-1 ビオトープ整備タイプによる事例分類

目的	整備タイプ	事例名称
保護	特定生物期待型	寄居トンボ公園、ポロト橋
	小生息場所提供型	白幡公園
	自然群集期待型	安松小学校（雑木林）、県立座間谷戸山公園、見沼田圃、豊能町の棚田、八竜緑地、女子商の森、北野たかくら緑地
	聖域設定型	谷津干潟、桶ヶ谷沼、横浜自然観察の森（特別観察ゾーン）、泉の森（水源地保護区）、島田緑地、大沼公園
	ネットワーク配慮型	荒川ビオトープ（サシバ）
再生	特定生物期待型	鴨池公園（トンボ池）、阿武山団地（上の池公園）、渚処理場（トンボ池）、本牧市民公園、横浜自然観察の森（観察ゾーン）、宮田、万尾川、真狩川、野村町蝶の楽園、笠松町トンボ天国
	小生息場所提供型	横浜自然観察の森（自然観察センターゾーン）、小金井美術の森、引地川ふれあい森
	自然学習園または箱庭型	蔵王町ビオトープガーデン
	自然群集期待型	荒川ビオトープ（鳥類・魚類）、海水揚水建設所
	ネットワーク配慮型	秋田自動車道路
創出	特定生物期待型	ツイン21・ホテルの里、釜利谷ジャンクション・ホテル水路、花見川終末処理場、宮ヶ瀬ダム（蝶）、うみかぜ公園、昭和記念公園、泉の森（ホテル）
	小生息場所提供型	ルミナス武蔵小金井、水広公園、志井うるおい池
	自然学習園または箱庭型	安松小学校（植物、昆虫等）、大道小学校・学校ビオトープ、星美学園・自然誘致園、慶応大学藤沢キャンパス、栃山川自然生態観察公園、北本自然学習センタービオトープ見本園、テクノ中部屋上ビオトープ
	自然群集期待型	平岡公園造成区域、富山新港臨海野鳥園、ビオスの丘らんの里、千葉県立中央博物館生態園
	ネットワーク配慮型	釜利谷ジャンクション・第2高架下、宮ヶ瀬ダム・東沢ビオトープ、宮ヶ瀬ダム・鷺ヶ沢ビオトープ

そこにおける生物の安定的な生息場所を確保する整備タイプである。「自然学習園及び箱庭型」は、小面積にいろいろなすみ場を集積し、多様な生物を一度に観察することができるようにする整備タイプである。「自然群集期待型」は、かなり広い面積に基盤を造成し、放置して自然群集の成立をまつという整備タイプである。「聖域設定型」は、ビオトープの一部に人の立ち入りを禁止するサンクチュアリーを設ける整備タイプである。「ネットワーク配慮型」は、広域的なビオトープ・ネットワーク形成の計画をもつ整備タイプである。

2.6 ビオトープ事例データベースの構築

実態（ヒアリング・現地）調査の結果をもとに、ビオトープ事例データベースを構築した。このデータベースは、ビオトープ事例のキーワード検索や画像データの一覧等を可能にし、調査結果の情報公開に対応できるようにすることを目的としている。

(1) データベースの仕様

データベースの対象とした事例は、実態調査を行ったビオトープ 51 事例である。

主な項目としては、以下のとおりである。

① データベースのフレーム構築

実態調査の調査項目にもとに最終的な検索シ

表 2-2 ビオトープ整備手法の整理

タイプ	目的	保護	再生	創出
特定生物期待型		・ミスバショウやトンボなど特定の生物の生息地を保護するため、その場所を残地する。	・トンボやチョウ、魚類など特定の生物の生息空間を取り戻すため、既存の池や川の修復や既存の土地を修復する。 ・特定の生物に強い関心を持ち、既存の地形や植生をできる限り生かし、昔あった自然環境に修復する。 ・特定の生物に配慮した維持管理が必要になる場合もある。	・ホタル、トンボ、チョウなど特定の生物の生息空間を新たに創出する。 ・チョウでは食草や食樹を植栽する。 ・ホタルでは流水を造成するため、ポンプアップなど施設が必要となる。 ・トンボでは池が造成される。水草を植栽する事例が多い。 ・特定の生物に配慮した維持管理が必要となる。 ・ホタルなど特定の生物を移入する場合がある。
小生息場所提供型		・既存の自然環境を保全しつつ、草刈りなど維持管理のときに小鳥の巣など小生息場所の保護を実施する。	・浮島の造成やヨシ群落や樹林など、自然にみられる構造の小生息場所を既存の池、樹林や草地などに付加する。 ・開発などにより失われた樹林地などを復旧するため、多様な小生息場所を含むビオトープを造成する。あるいは埋立地造成などでは周辺の樹林を参考に樹林をつくり、多様な小生息場所を含むビオトープを埋立地に付加する。 ・小生息場所を適正に保全するため、適切な維持管理が必要となる場合もある。	・新たに池や草地、樹林、空石積をつくるなど自然にみられる小生息場所の構造や配置を復元する。例えば周辺の自然環境の小生息場所の構造などを模倣して造成する。 ・小生息場所を創出・復元するが、自然の環境、構造を参考とすることは、狭い範囲に集積することはない。 ・創出した小生息場所を保全するため、適切な維持管理が必要となる。 ・移動力の少ない魚類などは移入されることもある。
学習園型 または 箱庭型		—	・既存の樹林内などに空石積、落葉落枝の集積場所、野草園などを狭い範囲に微～小生息場所を並べる。 ・微～小生息場所を保全するため、ある程度の維持管理が必要となる。	・新たに池や草地、樹林、空石積、落葉落枝の集積場所などをつくり、微～小生息場所を狭い範囲に集積して創出する。水域を造成した場合、ポンプアップなどの施設が必要になることが多い。 ・創出した微～小生息場所を保全するため、ある程度の維持管理が必要となる。 ・小鳥の給餌、カブトムシの給蜜などが行われる場合もある。 ・ホタルなど特定の生物や移動力の少ない魚類などを移入する場合もある。
自然群集期待型		・既存の池、樹林地などの自然環境を保全し、自然に委せた管理を行う。	・既存の樹林地や草地に池を造成したり、起伏をつくって水を引き入れる。その土地の樹木や植物を植栽するか、あるいは全くしないで、その場所にふさわしい昔の生息環境の状態に修復したあとは自然のなりゆきに委せる。 ・まわりの生息地からの移動によって、自然に住み着いて形成される動物の群集を期待する。広い面積が必要となる。	・新たに造成した土地に樹林地、草地、池などをつくり、起伏をつくって水を引き入れる。その土地の樹木や植物を植栽するか、あるいは全くしないで、その場所にふさわしい昔の生息環境の状態に復元したあとは自然のなりゆきに委せる。 ・まわりの生息地からの移動によって、自然に住み着いて形成される動物の群集を期待する。広い面積が必要となる。
聖域設定型		・干潟や湿地、池沼、樹林など自然環境を保全するため、立ち入り禁止区域を設け保全する。 ・自然公園、自然環境保全地域など保護区がこれにあたる。	—	—
ネットワーク配慮型		・生物の行動圏の大きさに応じ、広域的なネットワークづくりに配慮し、該当地域を保全する。ある程度の面積が保全対象となる。	・猛禽類や哺乳類など行動圏の広い動物の行動を把握し、移動が妨げられないように道路の構造を工夫するなど、広域的なネットワークに配慮した修復を行う。	・生物の行動圏の大きさに応じ、広域的なネットワークづくりに配慮し、新たにコリドーや踏み石ビオトープを創出し、付加する。自然環境を創出・復元することにより、生物の移動が容易になるような配置、構造、規模とするため、広い地域が検討範囲となる。

システムを想定したうえで、項目間の関連性や画像情報の添付方法などを検討し、データベースのフレームを構築した。

② 調査データの入力・修正

データベースのフレームにもとづいて実態調査データを入力し、写真等の画像データのデジタル化については操作性等を考慮の上、最適なデータ形式に変換した。

③ 入力項目

データの入力項目は表 2-3 に示すとおりであり、ビオトープ実施の背景や目的、具体的な内容、実施上の制約条件（コスト、技術、法制度等）、効果、画像情報（写真、図面等）などである。

(2) データベースの諸機能

1) データベースソフト選定

リレーショナルデータベースソフトの中から、

比較的利用しやすい、画像情報の表示が容易等の理由から、Microsoft Access 97 を採用した。

2) 事例データ

事例データについては、画像（写真、デジタルカメラデータ、図面等）および事例説明ファイル（文字情報）を、それぞれデータベース用にコンバートした。

3) データベースの設計

本データベースアプリケーションの基本性能を図 2-1 に示す。主要機能としては、表示、追加・修正、検索の 3 項目からなる。表示、検索機能にはそれぞれ事例一覧（リスト表示）と個別事例表示を選択できるようにした。また、追加・修正は同一画面上で行い、個別事例表示の画面上で修正や、事例データの追加処理ができるように設計した。

参考としてデータベースの個別事例表示の例

表 2-3 ビオトープ事例 DB の入力項目名と内容

シート名	項目名	内容
1. 全体	①名称	ビオトープ事例の名称
	②運用年	ビオトープを運用（公開）した年月
	③所在地	地名、住所
	④事業者	事業主体の名称
	⑤敷地面積	m ²
	⑥設計者	ビオトープの設計者氏名、団体名
2. 諸元	①対象空間	ビオトープの空間タイプ名
	②対象生物	保護・再生・創出する生物種名
	③自然環境	ビオトープ周辺の自然環境（地形、植生等）の特徴
	④社会環境	ビオトープ周辺の社会環境（土地利用、交通等）の特徴
3. 目的	①経緯	ビオトープ実施に至った背景や経緯
	②目的	ビオトープ整備の目的
4. 内容	①具体的内容	ビオトープの具体的な整備内容
	②造成方法	地形の改変方法や基盤整備の方法など
	③維持管理方法	ビオトープ維持管理のための技術、コスト等
5. 効果	①状況	対象生物の生息状況
	②評判	周辺住民や来訪者の評判、マスコミでの掲載記事
	③見学者	年間見学者数
6. 課題	①計画	今後予定しているビオトープ整備の計画
	②課題	ビオトープ運営上の課題
	③収集資料等	収集した資料名等

注) その他：各種画像情報（写真・図面・デジタルカメラ画像等）

を図 2-2 に示す。

なお、このビオトープ事例データベースはインターネット上で稼動するよう改良を加え、当所のホームページを通じて一般に公開する予定である。

3. 発電所の現状とビオトープ計画策定手法

この章では、全国の火力・原子力発電所を対象にアンケート調査を実施し、発電所における生態系保全の現状を明らかにする。また、アンケート結果をもとに生態系保全の観点から発電所を類型化し、各類型の代表的な発電所を対象に実態調査を実施してその特徴を明らかにする。さらに、これまでの調査結果にもとづいて、火力・原子力発電所におけるビオトープ計画策定手法を構築した。

3.1 アンケート調査の実施と分析

(1) アンケート調査の実施

発電所における生態系保全の現状を明らかにするために、全国の 64 火力・原子力発電所を対象にアンケート調査を実施した。その目的は、発電所における生態系保全事例の収集と、生態系保全の背景や目的、内容、制約条件、効果などを、アンケート結果の集計により定量的に明らかにすることである。なお、対象とした 64 発電所の内訳は、火力発電所が 50 ヶ所 (78%)、原子力発電所が 14 ヶ所 (22%) であった。

(2) 分析結果

主な分析結果の概要は、以下の通りである。生態系保全の実施に至る背景については、「従来から取り組んできた」と回答した発電所が 52 ヶ所 (88%) と最も多く、次が「会社の理念」39 ヶ所 (66%)、「トップの考え」が 28 ヶ所 (48%) あり、「自治体の指導」18 ヶ所 (30%) や「国の指導」11 ヶ所 (19%) を上回っており、発電所は自主的に自然環境の保全・

創造に積極的に取り組んでいる。

生態系保全を実施した理由については、「企業イメージの向上」と回答した発電所が 49 ヶ所 (80%) と最も多く、次が「地域環境の保全」42 ヶ所 (69%)、「美観の向上」が 42 ヶ所 (69%) である。

生態系保全の目的については、「自然環境の創造」が 29 ヶ所 (45%) と最も多く、次が「自然環境の保全」20 ヶ所 (31%)、「既存緑地の改善」15 ヶ所 (23%) である。ただし、火力発電所では「自然環境の創造」を目的としている発電所が 27 ヶ所と多いが、原子力発電所では「自然環境の保全」を目的としている発電所が 7 ヶ所と半数を占めた (図 3-1)。

生態系保全のための具体的な対策としては、「エコロジー緑化 (多様な郷土樹種をポット苗から育てる緑化手法)」が 25 ヶ所 (63%)、「食餌木の植栽」が 20 ヶ所 (50%) と従来型の対応が多い。ただし、生態系保全策として、「ホタル水路やトンボ池」をつくった発電所が 10 ヶ所、「水鳥のための池」をつくった発電所が 8 ヶ所、周辺の二次林などを参考として「落葉広葉樹林」をつくった発電所が 8 ヶ所ある (図 3-2)。

維持管理方法では、「草刈り」が 37 ヶ所 (90%)、「病虫害防除」が 36 ヶ所 (88%)、「剪定」が 35 ヶ所 (85%) と一般的な管理は当然、殆どの発電所が実施している。

今後の課題や展開では、「既にあるビオトープを今後も管理していく」と回答した発電所が 19 ヶ所 (40%) が最も多く、「現在の自然環境を保全していく」とした 15 ヶ所 (31%)、「自然環境の豊かな所に立地しているため、地域ニーズがない」とした 14 ヶ所 (29%)、「計画したいがコスト面の課題がある」とした 10 ヶ所 (21%) の順であった (図 3-3)。また、原子力では、「自然環境を保全していく」とした発電所が 8 ヶ所と過半数を超えた。

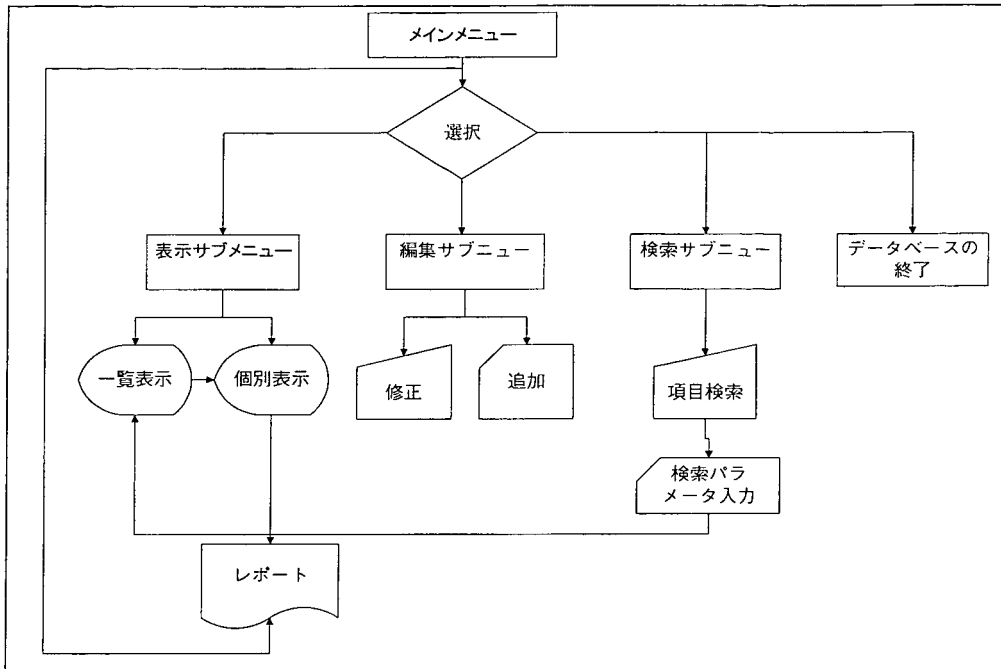


図 2-1 データベースの基本機能

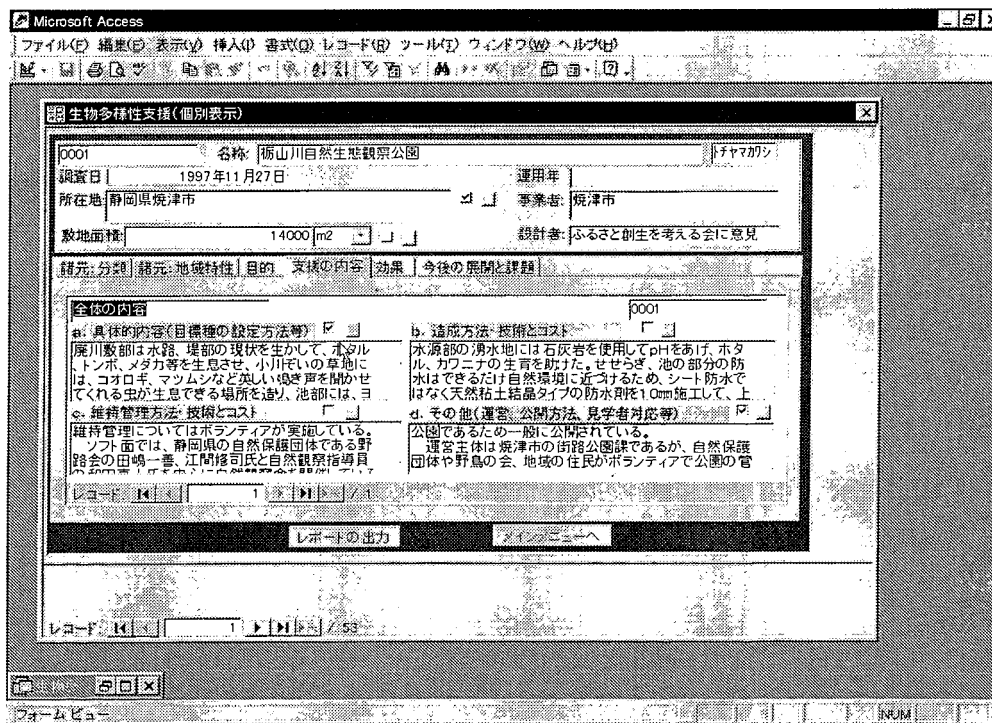


図 2-2 データベースの画面例

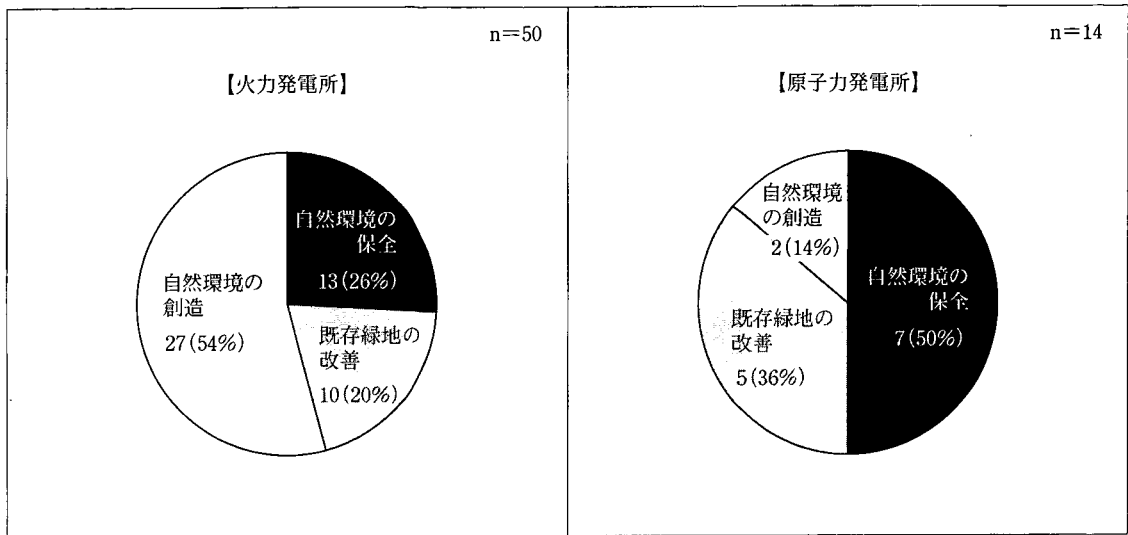


図3-1 生態系保全の目的

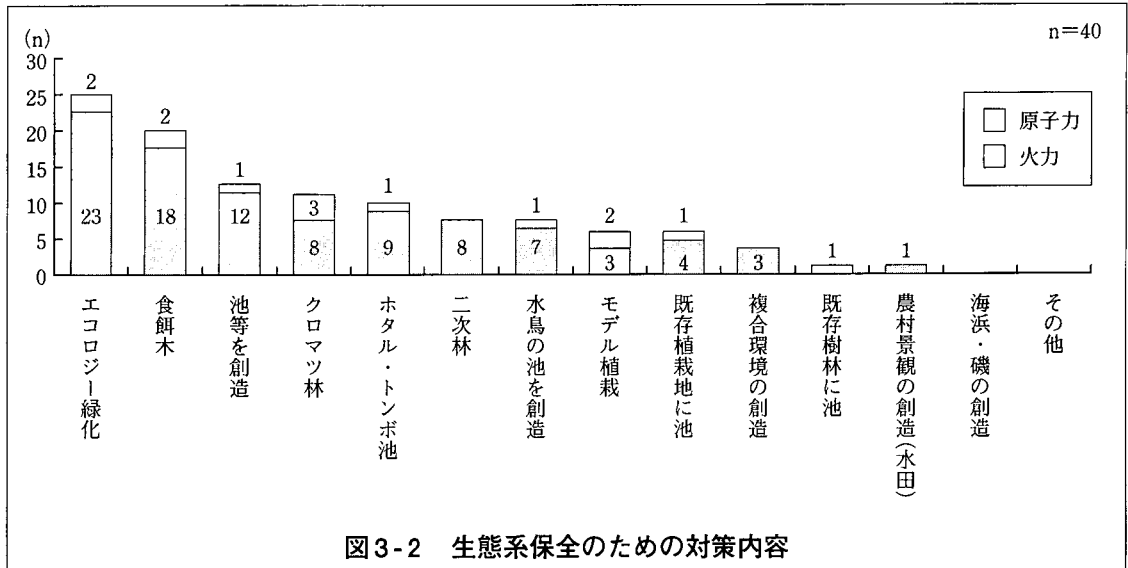


図3-2 生態系保全のための対策内容

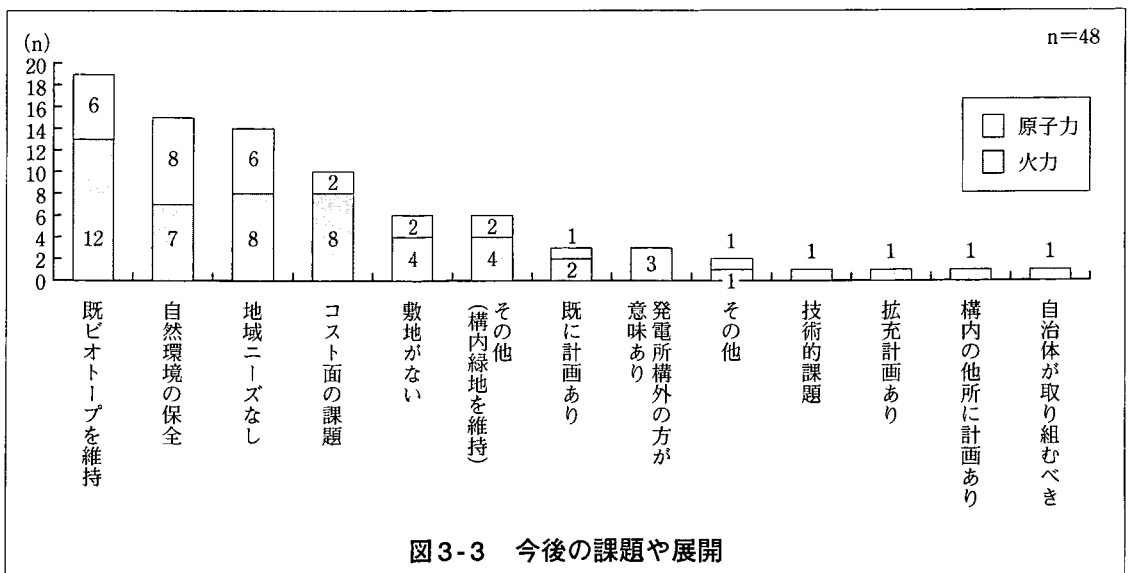


図3-3 今後の課題や展開

表 3-1 数量化Ⅲ類による軸の抽出結果

1 軸		2 軸		3 軸	
カテゴリー名	スコア	カテゴリー名	スコア	カテゴリー名	スコア
敷地(0-20)	-0.064039	その他	-0.119888	敷地(150-)	-0.109808
工場	-0.060985	残存(40-)	-0.093164	農村	-0.097088
住宅地	-0.053821	敷地(150-)	-0.091053	残存(40-)	-0.076023
残存(0)	-0.051134	既存緑地の改善	-0.088715	その他	-0.054191
自然環境の創造	-0.049278	敷地(0-20)	-0.087371	残存(0-20)	-0.043573
敷地(20-50)	-0.036888	残存(0)	-0.034981	自然環境の保全	-0.033335
敷地(50-100)	-0.027575	住宅地	-0.029542	敷地(50-100)	-0.032103
その他	-0.020765	工場	-0.015605	住宅地	-0.028060
残存(0-20)	-0.005230	自然環境の創造	-0.008505	敷地(20-50)	-0.018072
自然環境の保全	0.035101	自然	-0.000039	自然環境の創造	-0.013928
既存緑地の改善	0.048470	敷地(100-150)	0.011819	残存(0)	0.004056
敷地(100-150)	0.050035	敷地(20-50)	0.017432	敷地(0-20)	0.004587
農村	0.061206	自然環境の保全	0.078868	工場	0.015971
残存(20-40)	0.063596	残存(0-20)	0.087270	自然	0.062234
自然	0.088274	農村	0.089855	既存緑地の改善	0.071373
敷地(150-)	0.124602	敷地(50-100)	0.091936	残存(20-40)	0.133141
残存(40-)	0.149297	残存(20-40)	0.126946	敷地(100-150)	0.187173

3.2 発電所の生態系保全事例の類型化

アンケート調査結果を用いて、発電所の生態系保全の現状を類型化した。

まず、代表的な質問項目(カテゴリー)を用いて数量化Ⅲ類により、生物多様性評価のための軸の抽出を行った。ここで分析に用いた質問項目は、次の4つである。

- ① 敷地総面積 (5 カテゴリー)
- ② 残存緑地面積 (4 カテゴリー)
- ③ 周辺の土地利用 (5 カテゴリー)
- ④ 生態系保全の目的 (3 カテゴリー)

これ以外にも生態系保全の類型化に適する背景や目的、効果などの質問項目が存在したが、分析過程で不明データが多いこと、MA 質問のためカテゴリー反応数が極端に少ないことなどの理由からこの分析では敢えて外した。そのため、今回の類型化は生物多様性の基盤となる敷地面積や残存緑地面積、周辺の状況に加えて、生物多様性の目標と解釈できる環境重視の項目からの類型化となった。

数量化Ⅲ類による分析結果は、表 3-1 に示すとおりである。

抽出した第1軸は、敷地面積や残存緑地面積による「規模」の軸と考えられ、プラス方向に規模が大きくなっている。第2軸は、保全の目的の項目によって形成され、プラス側に自然環境の保全、マイナス側に既存緑地の改善がプロットされている。そこで、第2軸は「保全の考え方」の軸とする。第3軸は解釈が最も難しいが、ここでは第1、2軸との対比を重視して「周辺の状況」の軸とした。すなわち、プラス側に自然地が、マイナス側に農村がプロットされている。なお、各軸の説明力であるが、第1軸が19.6%、第2軸が13.8%、第3軸が11.8%であり、累積が45.1%となっている。全体としては、3つの軸で変数全体(17 カテゴリー)の約半分の説明力を示していることになる。

次に、生態系保全の観点から発電所を類型化するために、発電所の各軸に対するサンプルスコアを用いてクラスター分析を行った。その

表 3-2 発電所の類型化

類型Ⅰ	類型Ⅱ	類型Ⅲ	類型Ⅳ	類型Ⅴ
阿南 横浜火力 海南 高砂 坂出 堺港 四日市LNGセンター 四日市火力 春日出 新小野田 新清水火力 新名古屋火力 西条 西名古屋火力 赤穂 仙台火力 知多火力 知多第二火力 南港 尼崎第三 尼崎東 尾鷲三田火力 姫路第二 武豊火力 柳井	多奈川第二 宮津エネルギー研究所 <u>玄海原子力</u> 相浦 川内原子力 東新潟火力 東海・東海第二 <u>伊方</u> 伊達 苫東厚真 <u>知内</u> 相生 美浜 渥美火力	関空エネルギーセンター 御坊 新仙台 <u>石川石炭火力</u> 川越火力 多奈川 大阪 <u>姫路第一</u> 碧南火力	高浜 <u>志賀原子力</u> 大飯 島根原子力 <u>敦賀</u> 柏崎刈羽原子力 浜岡原子力 福島第一原子力	鹿島火力 松浦 松浦火力 松島火力 川内原子力 <u>袖ヶ浦火力</u> <u>能代火力</u> 泊

注) _____ : 調査対象発電所

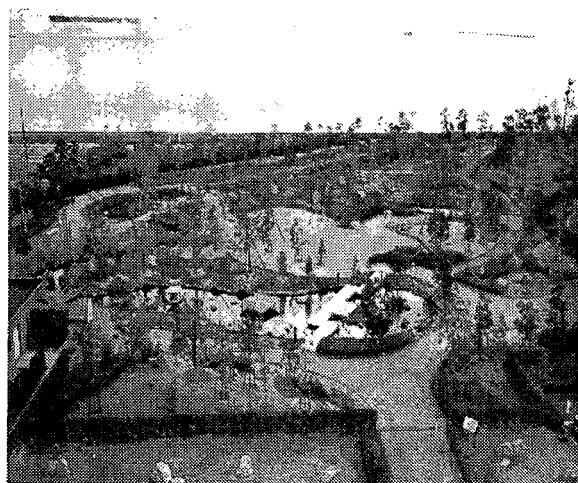


写真 3-1 姫路第 1 発電所

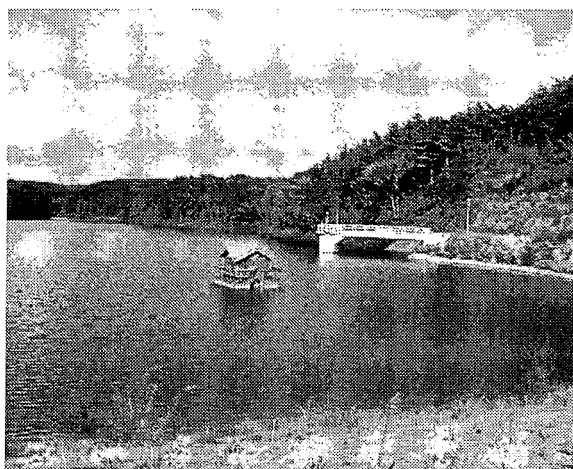


写真 3-2 志賀原子力発電所

結果、クラスター樹形図の形と集積具合、解釈の容易さなどから判断して類型数を5つとした。

以上により、64発電所の生態系保全事例を、表3-2に示すように5つの類型に分類した。

各類型の特徴は、次に示す通りである。

- ① 類型Ⅰ(25)：敷地面積が小さく、残存緑地もほとんどない。周辺は工場や住宅地であり、自然環境の創造を目指した都市型火力発電所である。
- ② 類型Ⅱ(14)：敷地は中規模であり、残存緑地が残されている。周辺は自然地であり、自然環境の保全を目標としている火力・原子力発電所である。
- ③ 類型Ⅲ(9)：敷地は中・小規模であり、残存緑地も残されている。周辺は埋め立て地などであり、残存緑地の改善を目指した火力発電所である。
- ④ 類型Ⅳ(8)：敷地面積が非常に大きく、残存緑地も多く残されている。周囲は自然地であり、自然環境の保全を最優先している原子力発電所である。
- ⑤ 類型Ⅴ(8)：敷地面積は大きく、残存緑地も残されている。周辺は自然地であり、残存緑地の改善を目指した火力・原子力発電所である。

3.3 発電所の実態調査

地域性に配慮して電力各社ごとに代表的な発電所を5つの類型から選定した12の発電所を対象に、実態調査を実施した。実態調査では、発電所の生態系保全の目的や方法、維持管理、効果、今後の課題についてヒアリング調査を行うとともに、その実態について詳細に現地調査を行った。

調査結果は概ねアンケート結果を裏付けるものであったが、特に類型Ⅰ、Ⅲ、Ⅴに含まれる都市型火力発電所では、地域からの要請にもとづき実際にビオトープを造成している事例がいくつか見られた(写真3-1 姫路第1発電所)。

また、類型Ⅱ、Ⅳに含まれる原子力発電所では、広大な敷地のなかに残された動植物の生息域を保全する形でビオトープを形成している事例が見られた(写真3-2 志賀原子力発電所)。

3.4 発電所ビオトープ計画策定手法

これまでのビオトープ事例および発電所を対象とした実態調査結果をもとに、ビオトープ整備の計画策定過程で実施された自然・社会環境の調査方法、調査結果の整理・図化方法、解析・分析方法、基本方針及び目標環境・生物種の設定方法などを抽出・整理した。特に、計画策定関連の詳細な資料が得られた①富山新港野鳥園、②千葉県立中央博物館、③真狩川、④埼玉県自然学習センター・ビオトープ、⑤荒川ビオトープ、⑥昭和記念公園、⑦見沼田圃、⑧新清水火力発電所については詳細に分析した。

以上の調査・分析結果にもとづいて、火力・原子力発電所におけるビオトープ計画策定手法を図3-4に示すとおり作成した。

以下に手法の概要を示す。

(1) 調査項目

基本的な調査項目は、①気象、②地形、③土壌、④植物、⑤動物、⑥生態系、⑦土地利用、⑧社会的要請である。なお、地域特性に応じてこれら以外の調査項目が付け加えられる。

(2) 調査方法

① 気象

「環境影響調査書(環境の現況;気象)」や「日本の気候(昭和33年)」、「日本気候表(気象庁、平成3年)」、「理科年表」などの文献や、最寄りの気象台及び測候所のデータを収集し、対象地域の平均気温、最高気温、最低気温、風向、風速、雨量・蒸発量等を把握する。特に、冬季季節風など生物への影響がある場合は必ず明記する。

② 地形

「環境調査報告書(環境の現況;地形及び表

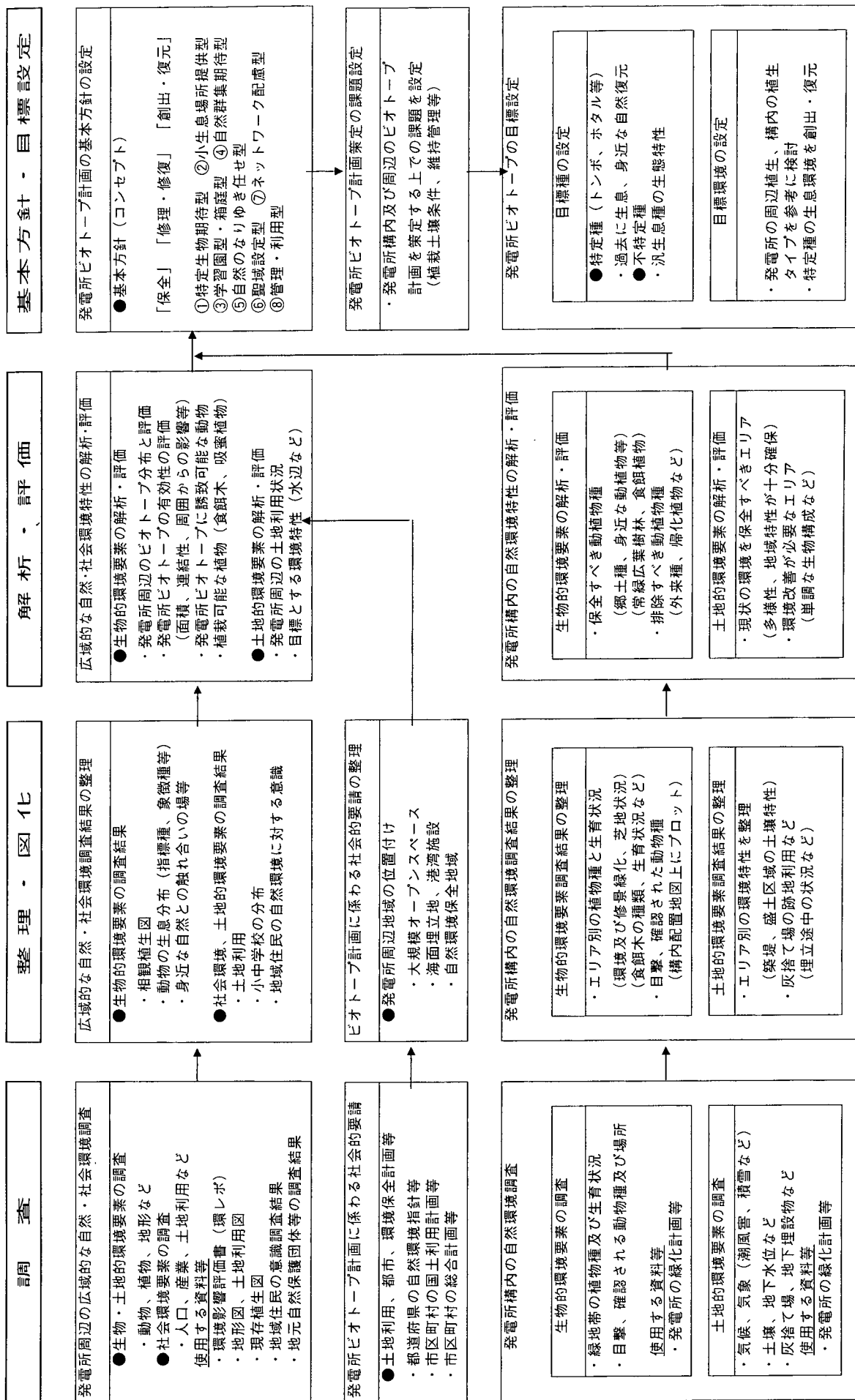


図 3-4 発電所ビオトープ計画策定手法

層の土壌)」や「地形図」等から、発電所構内及び周辺の地形概況を把握する。

③ 土壌

「環境調査報告書（環境の現況；地形及び表層の土壌）」から、発電所構内及び周辺の土壌概況を把握する。

④ 植物

「発電所の緑化計画書」等から発電所構内の緑地配置状況や内容を把握する。

発電所周辺の現存植生に関しては、「現存植生図（環境省）」や「環境影響調査書（環境の現況、陸生生物）」、「地域の生物調査報告書」等から情報を収集する。さらに、「環境影響調査書（環境の現況、陸生生物）」や「河川水辺の国勢調査（国土交通省）」、「地域の生物調査報告書」等から発電所周辺に出現する植物を把握する。

発電所周辺地域における重要な植物に関しては、「環境影響調査書（環境の現況；陸生生物）」や「天然記念物緊急調査、植生図・主要動植物地図（文化庁）」、「自然環境保全調査（基礎調査、すぐれた自然図（環境省）」、「日本の重要な植物群落（環境省）」、「レッドリスト（環境省）」、「自治体等のレッドリスト」、「地域の生物調査報告書」等から情報を収集し、現状を把握する。

⑤ 動物

「発電所の緑化計画書」等から、発電所構内における動物の分布状況を把握する。

発電所周辺に出現する哺乳類、鳥類、は虫類、両生類、昆虫類に関しては、上記の植物と同様の文献から現状を把握する。

⑥ 生態系

環境省において検討が進められている「国土区分」及び「生物群集タイプ」等を参照し、発電所立地地域がどの区分に属し、どのような生物群集タイプを含むかを把握する。

⑦ 土地利用

「環境影響調査書（環境の現況；土地利用）」

や「現存植生図（環境省）」、「地域の生物調査報告書」等から土地利用に関する情報や、土地利用の変遷が把握できる資料を収集する。さらに、「環境影響調査書（環境の現況；土地利用）」から都市計画法、農地地区、農業振興地域の整備に関する法律、河川法、風致地区、自然公園等地域規制に関する情報を収集し、土地利用の現況を把握する。

⑧ 社会的要請

立地地域の自治体の「環境計画」や「自然環境保全等に係わるマニュアル」、さらに大学、県庁自然保護課、日本鳥類保護連盟等各種自然保護団体が発行する地域環境に関するニュースレター等を収集し、発電所の自然環境に対する社会的ニーズを把握する。また、地域住民を対象としたアンケート調査結果等があれば収集する。

(3) 整理・図化

上記の調査結果から得られた諸データを整理し、視覚的に解りやすくグラフや図面などを作成する（図 3-5 S 原子力発電所の相観植生図）。

(4) 解析・評価

① 気象

発電所および周辺地域の特徴（冬季季節風による、曇天、強風、気温の低下等）を把握し、発電所ビオトープ計画に与える影響等を解析する。

② 地形

発電所構内の地形を把握し、ビオトープ計画の予定区域を検討するとともに、地形改変の必要性の有無等を検討する。

③ 土壌

発電所構内の土壌を把握し、ビオトープ計画の予定区域を検討するとともに、土壌改良の必要性の有無や湿性ビオトープ造成可能性等を検討する。

④ 植物

発電所構内における緑地の植生タイプや配置

状況、植物種等を把握し、ビオトープ計画の予定区域を検討するとともに、予定区域に適した植物種を検討する。また、発電所の周辺5 km圏（発電所の環境アセスメントでは近傍を5 km圏としている）の植生分布状況や特徴等を把握し、ビオトープ計画予定区域と類似する地形や土壌などを有する地域及び予定区域に植栽可能な植物種の有無を検討する。

⑤ 動物

発電所構内における動物類の生息状況を把握し、ビオトープ計画の予定区域を検討するとともに、予定区域に適した動物種を検討する。また、発電所周辺の動物相の特徴を把握し、ビオトープ計画地域と類似する地形・土壌・植生等を有する地域及び予定区域に誘致可能な動物種の有無を検討する。

⑥ 生態系

発電所立地地域の「国土区分」及び「生物群集タイプ」及び植物、動物の調査結果をもとに、当該地域の生態系の特性・生物相を概略的に把握する。

⑦ 土地利用

周辺5 km圏内の土地利用の特徴（市街地、農地、山林等）から、市街地からの距離、小中学校の分布等を検討する。また、過去の土地利用に関する情報を収集することができた場合には、ビオトープ計画予定区域の過去の土地利用及びその変化を解析する。

⑧ 社会的要請

発電所立地地域の自治体の自然環境指針等から、ビオトープ計画予定区域の自然環境保全・創出の基本的考え方を把握する。また、地域の自然環境に関するアンケート調査結果の資料等があれば、地域住民の自然環境に対する考え方を分析する。

(5) 基本方針・目標設定

① 基本方針の設定

自然環境及び社会環境の解析・評価結果を踏

まえ、基本方針を設定する。

まず、「保護」、「再生」、「創出」といった基本的な考え方を決定する。

次に、a. 特定生物期待型、b. 小生息場所提供型、c. 学習園型・箱庭型、d. 自然群集期待型、e. 聖域設定型、f. ネットワーク配慮型というビオトープ整備タイプを参考に、具体的なビオトープの姿について検討したうえで、基本方針を設定する。

② 課題の抽出

発電所のビオトープ計画を策定するうえでの、空間的な制約条件や運営・管理のコストなどに係わる課題を抽出・整理する。

③ 目標設定

a. 目標種の設定

目標種の設定には、最初から特定種（注目種、指標種等）を対象とする場合と不特定種を対象とする場合がある。特定種を設定する場合には、現在もしくは過去に発電所で確認された動植物種、ビオトープ計画予定区域と類似した環境特性を有する周辺地域の植生、生息する動物種を参考にする。不特定種を対象とする場合にも、ビオトープ計画予定区域及び周辺の動植物相等の解析・評価結果から目標種を検討・設定する。

b. 目標環境の設定

発電所構内に設定したビオトープ計画予定区域の地形、土壌条件等を踏まえ、周辺地域の植生タイプからモデルとなる目標環境を選定し、その植生等を参考にして計画予定区域の目標環境を設定する。

以上が発電所のビオトープ計画策定手法の概要であるが、この手法の適用によって周辺の自然・社会環境を考慮した目標とするビオトープの生物種と生息環境を設定することができる。この後は、基本方針に従って2章で整理したビオトープ整備手法を参考に、具体的なビオトープの姿を描いていくことになる（図3-6 T火

力発電所のビオトープ予測図)。

4. おわりに

本調査は、今後の火力・原子力発電所におけるビオトープ計画策定手法を提案するために、一般的なビオトープ事例について調査・分析し、発電所の生態系保全の現状を明らかにしたうえで計画策定手法を検討した。

まず、文献・資料調査やインターネット検索により全国の公共施設や工場などにおけるビオトープ 240 事例を収集し、9つの空間パターン別に整理した。各空間パターンの代表的な 51 事例を対象に実態調査を実施し、空間パターンごとのビオトープの特徴と効果を明らかにした。また、実態調査結果にもとづいてビオトープの 3つの目的(「保全」、「修理・修復」、「創出・復元」)と6つの整備タイプ(「特定生物期待型」、「聖域設定型」など)を設定し、ビオトープ事例を分類するとともに、各目的・整備タイプ別にビオトープの具体的な整備手法を整理した。さらに、ビオトープ事例の背景や目的、内容、制約条件、効果、写真・図面などを検索・表示することができるビオトープ事例データベースを構築した。

全国の 64 火力・原子力発電所を対象にアンケート調査を実施し、発電所における生態系保全の現状を明らかにした。また、アンケート結果を用いた多変量解析手法により生態系保全の観点から発電所を5つに類型化し、各類型の代表的な 11 発電所を対象に実態調査を実施してその特徴を明らかにした。

以上の調査結果にもとづいて、既存の事例からビオトープの計画策定に係わる手順や個別手法を抽出・整理したうえで、火力・原子力発電所におけるビオトープ計画策定手法を構築した。

今後は、提案した発電所ビオトープ計画策定手法を実際の発電所に適用し、より望ましいビオトープの実現に資することが期待される。

最後に、信州大学桜井善雄名誉教授には適切なご指導と貴重なご助言を頂いたことに、感謝の意を表します。

【参考文献】

- [1] 水域の生息環境保全における応用生態工学：桜井善雄：応用生態工学序論（広瀬利雄監修）：信山社：1997
- [2] エコパークー生き物のいる公園づくりー：亀山章、倉本宣編：ソフトサイエンス社：1998
- [3] ランドスケープエコロジー（ランドスケープ体系）：社団法人日本造園学会編：技報堂出版：1998
- [4] ヨコハマ エコアップマニュアル：横浜市環境保全局調整部環境政策課編：横浜市発行：1993
- [5] 都市につくる自然一生態園の自然復元と管理運営：中村俊彦、長谷川雅美編：沼田眞監修：信山社：1996
- [6] 目標種・指標種と鳥類の保全：前田琢：平成8年度造園学会全国大会シンポジウム・分科会講演集：1996

（やまもと きみお
電力中央研究所 経済社会研究所
いうち まさなお
電力中央研究所 経済社会研究所）

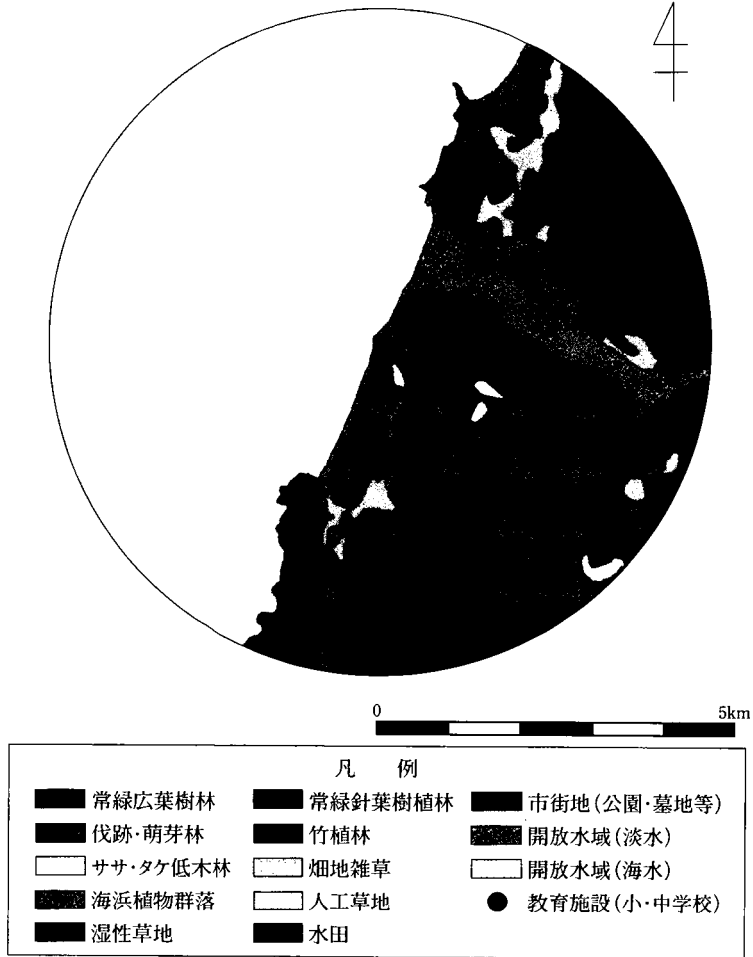


図3-5 S原子力発電所周辺の相観植生図

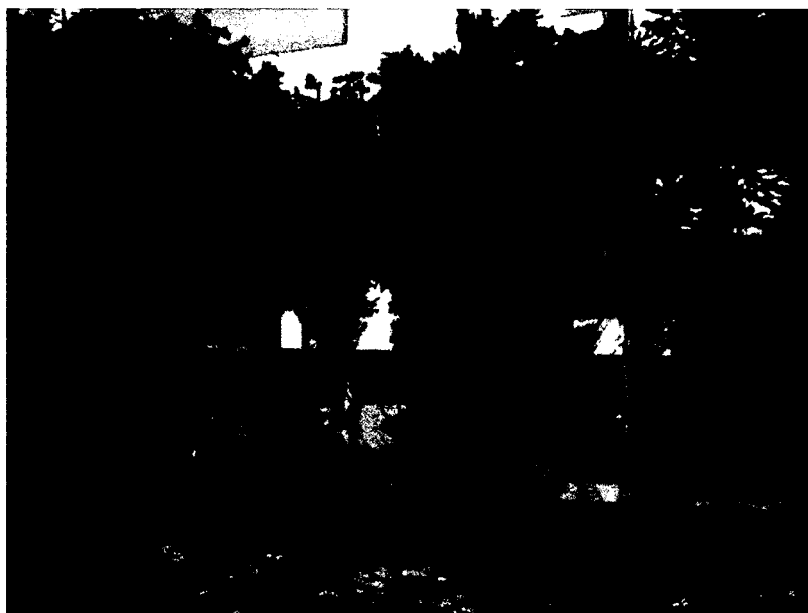


図3-6 T火力発電所のビオトープ予測図(CG)

日本の半導体貿易の構造変化と輸出競争力

Structural Changes of Japanese semi-conductor trade and Export Competitiveness

キーワード：産業内貿易、輸出競争力、半導体、集積回路、Armington 型関数

星野優子

半導体産業の特徴のひとつは、国際間分業による産業内貿易が広く見られる点である。半導体貿易における輸出競争力には、産業内貿易を前提とした国際間の技術格差にもとづく製品差別化の深化が大きく関わっていると考えられる。そこで本稿では、製品差別化の程度を代替の弾力性によって推計することで、日本の半導体貿易における産業内貿易の構造および日本の輸出競争力について考察する。分析対象は、世界的な IT 革命が本格化した 1990 年代後半以降の、対米国、EU、アジア NIES、ASEAN、中国での半導体素子および集積回路（HS9 桁分類で半導体等電子部品 38 品目）の輸出入である。

1. はじめに
2. 半導体産業の概要
3. 日本の半導体貿易の特徴
 - 3.1 品目別にみた半導体関連貿易
 - 3.2 地域別にみた半導体関連貿易
 - 3.3 産業内貿易指数、貿易特化指数
4. 日本の国産財、輸入財の代替弾力性の推定
5. 日本の輸入先地域間の代替弾力性の推定
6. まとめ

1. はじめに

1990 年代に米国で本格化したインターネットの普及から、やがて世界的な規模での IT 革命が始まった。この影響をうけ、半導体関連製品の応用分野は近年急速に拡大しており、コンピュータ関連以外でも、ホームエレクトロニク

ス、カーエレクトロニクスなど家電製品や自動車といった様々な分野に及び、半導体はまさに現代の「産業の米」である。日本の貿易に占める半導体素子、集積回路のシェアも拡大している。1999 年の両製品の輸出総額に占める割合は 16% で、シェア 15% の自動車（除く自動車部品）を凌ぐ規模になっている。自動車貿易と異なる点は、輸入においても高いシェアを持っていることである。1999 年の同製品の輸入額のシェアは 9% で石油・同製品輸入のシェア 11% にも匹敵する。このように今後の日本の貿易構造を見るうえで、半導体関連貿易¹の動向を分析することは極めて重要になっている。

集積回路について 2000 年の国内生産規模と

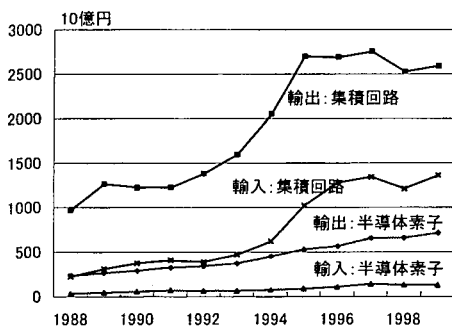


図1 日本の半導体関連貿易(通関統計より)

¹ ここでは、半導体素子および集積回路の貿易を半導体関連貿易とよぶことにする。

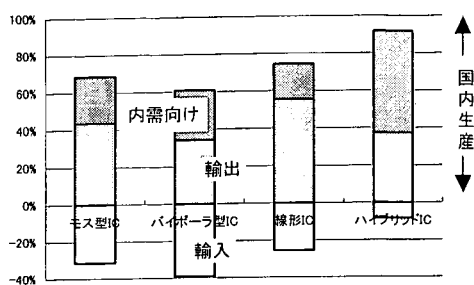


図2 集積回路の国内生産と輸出入規模

2000年

貿易規模を比較したのが図2である。モス型IC²、バイポーラ型IC、その他モノリシックIC（線形IC）、ハイブリッドICのいずれの品目においても、輸出の国内生産規模に対する比率は4割を超え、線形ICでは国内生産の75%を輸出している。また、輸入の国内需要に対する比率も、ハイブリッドICを除く他の3品目では国内需要規模の約6割を輸入している。このように、日本の半導体貿易は国内生産に占めるシェアも大きい。

本稿では、世界的なIT革命が本格化した1990年代後半以降を分析期間として、日本の半導体産業について、そのアジアや欧米などの各市場における品目別の輸出入構造を分析し、日本はどのような品目で輸出競争力を持つのかを明らかにする。

半導体貿易のひとつの特徴は、次節以降に詳述するように国際間分業による産業内貿易が広く見られる点である。このため半導体貿易における輸出競争力には、産業内貿易を前提とした国際間の技術格差による製品差別化の深化が大きく関わっていると考えられる。そこで本稿では、製品差別化の程度を代替の弾力性によって推計することで、NIES、ASEAN、中国、欧米、日本の産業内貿易の構造および日本の輸出競争力について考察する。

まず、以下の第2節では、技術特性などから見た半導体産業の特徴、および半導体産業についての先行研究をサーベイする。続く第3節で

は、日本の半導体貿易の特徴を品目別、地域別の輸出競争力や産業内貿易などの指標によって明らかにする。第4節では、同一品目内での日本の国産財と輸入財との代替関係を分析する。第5節では、地域・品目別の輸入関数を推定し、日本の輸入先地域間の代替関係を分析する。最後に第6節で分析結果をまとめる。

2. 半導体産業の概要

1947年に米国のベル研究所でそれまでの真空管に代わるトランジスタが発明され、さらに1959年のICの原型となる固体回路の発明をうけて1960年代の初めにICが登場し、ここに本格的な半導体産業²が誕生した。当初は米国の圧倒的な技術力の前に太刀打ちできなかった日本は、1980年代以降のパーソナルコンピュータ（PC）の普及にともなうメモリ需要に照準を合わせ急速な成長を遂げ、1986年には米国を抜いて半導体の世界市場でシェア1位の座を獲得した。これは米国にとって大きな衝撃となり、やがて日米間で、半導体貿易摩擦が激化することとなった。Baldwin and Krugman (1989) は、日本の半導体産業が急速に輸出競争力をつけ、16KRAMの市場で、米国を脅かす存在となったこと背景に、日本国内市場の閉鎖性の要因があるのか否かについて分析を行っている。その結果、日本の半導体産業の躍進には、政府による保護政策は全く無縁ではなかったという結論を得ている。さらに、仮に日本国内市場が完全に開放された場合には、規模の経済性で勝る米国半導体産業が日本国内市場を独占するが、これによって日本国内全体の厚生水準はむしろ向上するというシミュレーション

² 以下では、半導体産業として半導体素子および集積回路（IC: Integrated Circuits）関連をとりあげる。ICはシリコンなどの基板上に、トランジスタやコンデンサや抵抗などのいろいろな機能を持った電子素子を集積し、電気的に接続したものである。ICの構成要素である半導体素子には、ダイオード、トランジスタのほかに光電性デバイス、圧電結晶素子などがある。

結果を提示している。

一方、1980年代の米国で、日本の半導体産業が不当に安い価格で市場を独占しているダンピングの疑いがあるとされていたことに対し、Siebert (2000) は、半導体産業における Learning by Doing 効果の重要性を指摘している。すなわち、累積的な生産増大に伴う生産性向上によって、限界費用が逡減することを見込めば、初期の価格設定が初期の限界費用よりも低いことも説明できる。ここで重要なのは、この Learning by Doing 効果が時間を通じて一定ではなく、ライフサイクルの終盤に最も大きくなるとした点である。従って、日本が米国より Learning by Doing による生産性向上幅が大きいのであれば、初期の価格設定が低くても製品のライフサイクル全体の間で十分に利益を確保できるので、ダンピングとは言えないということである。

確かに、後発国である日本が、急速に半導体市場での競争力を持った背景には、先の政府の産業育成政策だけではなく、半導体産業が労働集約型の産業であるため、製造過程において前

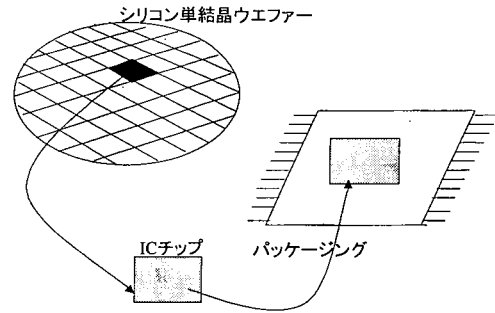


図3 ウエファー→ICチップ→パッケージング

述のような Learning by Doing による生産性向上が欠かせないことがあげられる。菊地 (1998) によれば、半導体製品は、その加工の微細さや電気的な特性から他の製造製品に比べて欠陥品の出る確率が高いのが特徴である。特に製造初期においては、不良品の出る確率が高いため、良品確率で示される歩留まりをいかに向上させるかが生産性向上の大きな鍵になる。歩留まりの向上には、半導体製造の原理とは別に、実際の生産現場での熟練やアイデア、工夫の積み重ねが重要で、累積生産量と歩留まりの向上には正の相関がある。メモリ市場、特に DRAM (ダイナミックランダムアクセスメモ

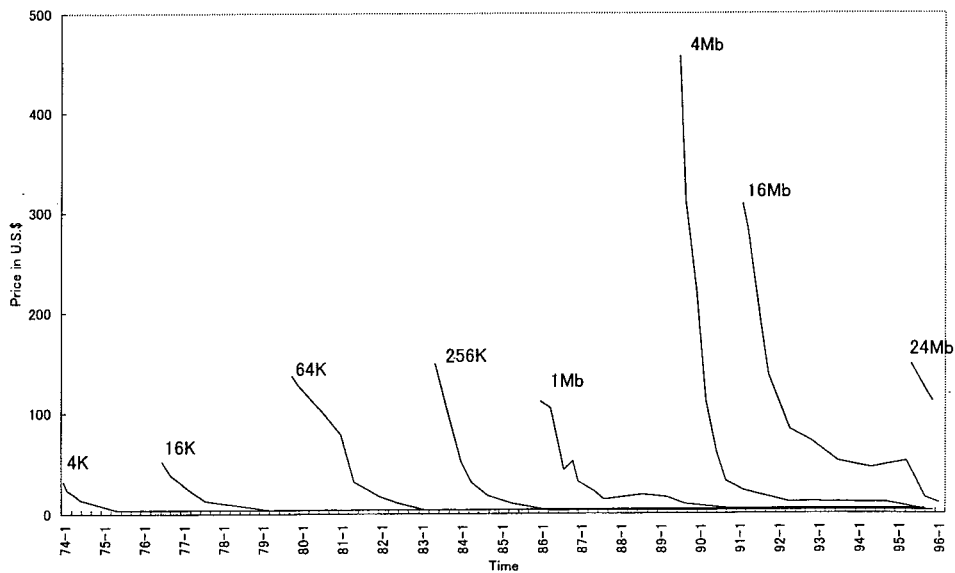


図4 世代別 DRAM 価格の推移 (シリコンサイクル) Siebert (2000) より

表1 半導体関連貿易 金額上位10品目 (1999年)

品目コード(HS9桁)	品目名	金額(10億円)対半導体貿易シェア	
輸出額上位10品目(1999年)			
854213900	その他モス型IC(実装) Ex. ASIC,LSI,DSP,CCDなど	507	15.3%
854230900	その他モノリシックIC(実装) Ex.アナログICなど	325	9.8%
854213210	DRAM	273	8.3%
854290000	部分品(集積回路又は超小型組立のもの)	249	7.5%
854213320	MCU	233	7.1%
854213110	記憶素子(未実装)	168	5.1%
854213230	ROM	128	3.9%
854160900	圧電結晶素子(水晶のものを除く)	122	3.7%
854213310	MPU	114	3.5%
854213190	その他のモス型IC(未実装)	112	3.4%
輸入額上位10品目(1999年)			
854213021	DRAM	251	16.8%
854230090	その他モノリシックIC(実装) Ex.アナログICなど	211	14.1%
854213031	MPU	200	13.3%
854213011	記憶素子(未実装)	183	12.2%
854213090	その他モス型IC(実装) Ex. ASIC,LSI,DSP,CCDなど	162	10.9%
854213023	ROM	73	4.9%
854213019	その他モス型IC(未実装)	72	4.8%
854213022	SRAM	41	2.7%
854214090	バイポーラ型IC(実装)	35	2.3%
854213012	マイコン(未実装)	27	1.8%

出所：通関統計より作成

り)において、日本はここに強みを発揮して短期間のうちに急速にシェアを伸ばしたと考えられる。

さらに、歩留まりの向上が限界に達すると、これに続いて、1枚のウエハ上により多くのICを作りこむためにチップ面積を抑えつつ、集積度の向上が求められる。DRAMを例にとると、縦横それぞれ2倍の集積度向上があれば1枚のICで4倍の集積度の向上が図られる。しかしチップ面積は1.5倍に抑える。こうして、4K、16K、64K、256k、1Mb、4Mb、16Mb、64Mbとほぼ3年のサイクルで集積度は上昇している。旧世代のDRAMの価格が急速に低下した局面と重なるように新しいDRAMが登場する。この製品の世代交代と価格の動きがシリコンサイクルと呼ばれるもので、図4に示したとおりである。

この日本の半導体産業の攻勢に対して、危機感を高めた米国では日本の「VLSIプロジェクト」にも範を得た「SEMATECH」と呼ばれる、官民一体となったR&Dコンソーシアム

を1987年に発足させた。これが再び日米の半導体の競争力を逆転させるきっかけとなった。Irwin and Klenow (1994)では、この「SEMATECH」が企業間のR&Dの重複を避け、効率的な技術開発を行う上で重要な役割を果たしたとしている。

DRAMは発売開始当初の高値が続くうちに投資費用を回収するという意味では、先行企業が有利であると考えられてきた。しかし、技術が高度化する中で、次第にその次世代メモリの開発費用を企業内部だけでは負担しきれなくなってきた。米国では「SEMATECH」がそれを肩代わりしたと考えられるが、韓国、台湾などのNIES諸国では、自社技術にこだわらず最新の製造装置を購入していち早く量産体制を整えたことが近年の躍進の背景にあると考えられる。

一方の日本について藤村(2000)は、重要技術の漏洩を恐れる各メーカーによる独自開発への固執が重複投資を招き、その後のDRAMなどでの競争力低下の一因となったと指摘している。

3. 日本の半導体貿易の特徴

3.1 品目別にみた半導体関連貿易

半導体貿易の統計分類³では、半導体関連の技術革新のスピードがあまりに速いため、組替えが追いつかない状況にあり、結果的に「その他」に分類される品目が多くなる。表1は、HS9桁分類（輸出38品目、輸入34品目）での1999年の半導体関連貿易額の上位10品目とそのシェアを示したものであるが、この中でも上位を占める品目に「その他」という分類が散見される。

輸出で最も貿易額の大きいのが、「その他モス型IC（実装）」で、半導体関連輸出の15.3%である。この中には、電話、オーディオ、DVDなどに使われる「DSP（デジタル信号処理装置）」、デジカメや胃カメラに用いられ電子の目とも呼ばれる「CCD（電荷結合素子）」、携帯電話、電子手帳、ICカードに用いられる「フラッシュメモリ」などがある。まさに現在のIT機器には欠かせないICばかりである。そのほかには、ASIC、システムLSIなども含まれる。

ASIC（Application Specified IC）とは、メモリやMPUのような汎用ICに対して、より用途が特定化されたICをさす。システムLSIもやはりユーザーの特定の用途に合わせて開発されるもので、複数のICを1個のチップ上に集めて特定のシステム機能を実現したもので、SOC（System on a Chip）とも呼ばれる。

³ 半導体の製造工程でみると、シリコン基板上にICを作りこむ前工程、それをパッケージングする後工程に分けられる。付表中で、「実装していないもの」が前者に相当し、「実装したもの」が後者に相当する。また、「モノリシックIC」とは、単一のシリコン基板上に作成したICをさし、それに対し「ハイブリッドIC」とは、必要な個々の電子素子を集めて固めたものをさす。現在、ほとんどのICが「モノリシック」である。「モス型（単極型）」、「バイポーラ型（双極型）」とは、半導体の構造上の分類で、「バイポーラ型」は、高速性、高周波性、低雑音性などに優れているが、高集積が難しくコストが高つくため現在では一部の限られた用途で用いられている。

SOCの開発にあたっては、その専用性が高まるほどユーザーとの緊密な連携が重要になる一方で、競争力向上のためには、製品間でのパーツの共有化によるコストダウンを進める必要が指摘されている。近年、日本の半導体産業が、DRAM依存から脱却し、よりシリコンサイクルの影響の少ない分野への進出を模索する中で、これらの製品はいずれも、より高付加価値のICとして注目されつつあるものである。

輸出入額ともに第2位の「その他モノリシックIC（実装）」は、主にデジタルICに対するアナログICに相当し、ミニディスクや計測機器に広く利用されている。デジタルICが、「1」、「0」のような離散的信号を扱うのに対し、アナログICは、連続的な信号を扱う信号波形に対する変調、増幅、フィルタリングなどを行う。音楽や映像のデジタル化が急速に進む中で需要増が見込まれる分野である。

輸出額第3位、輸入額で第1位のものが、「DRAM」で、半導体関連輸出の8.3%、輸入の16.8%を占める。「DRAM」は、コンピュータなどのメインメモリとして多用されている。これは、SRAMにくらべ、少ない素子数で実現可能なため、大容量のICが作りやすく、ビット単位のコスト削減が可能であることによる。このため、前節で触れたように各企業間で激しい「DRAM」の高集積化の競争が行われている。輸入額第3位の「MPU（マイクロプロセッサユニット）」とは、コンピュータの心臓部にあたる「CPU（中央演算処理装置）」だけを取り出した機能を持つ⁴。日本は対米、対ASEANで大きく輸入超過となっている。

3.2 地域別にみた半導体関連貿易

半導体関連貿易の1999年の対外地域別（米国、EU、アジアNIES、ASEAN、中国、その

⁴ 米国インテル社は、1980年代後半にDRAM市場から撤退し、「MPU」に特化することで現在の地位を築いた。

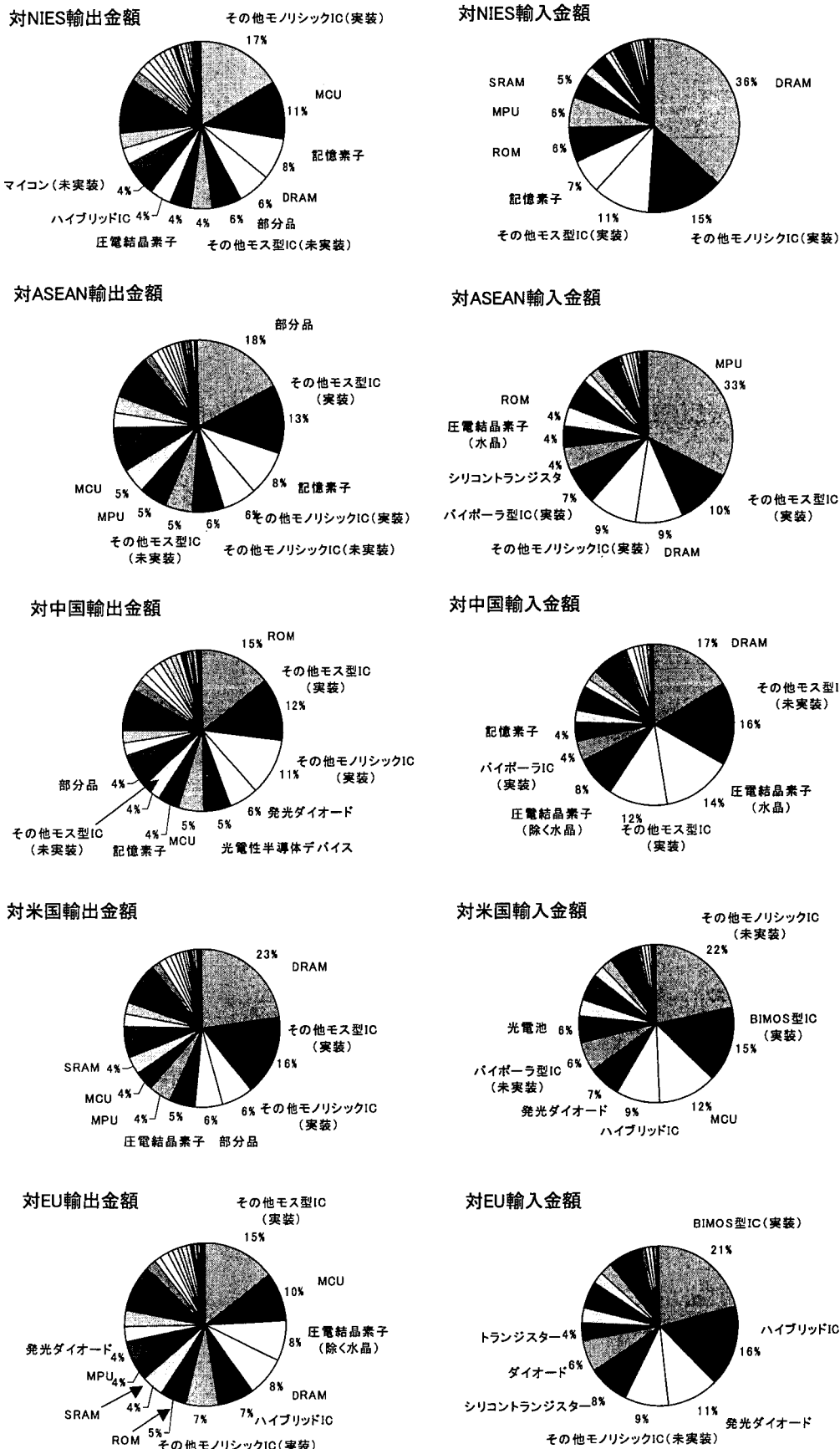


図5 地域別にみた品目別貿易額シェア (1999年)

他世界) シェアをみたのが表 2 である。

これによると、輸出入ともに NIES が約 4 割で最大の貿易相手国であることがわかる。次いで ASEAN が輸出入ともに約 2 割のシェアを占めている。これに対して対米国、EU ではそれぞれ輸出が 2 割、1 割のシェアを占めるのに対し、両地域からの輸入は合わせても 1 割にも満たない。また、近年の対中国での半導体貿易の伸びは急激であるが、1990 年代後半になってからようやく本格的化したこともあり、輸出入シェアは 5% 未満となっている。

次に、各地域別に HS9 桁分類による半導体関連品目(輸出 38 品目、輸入 34 品目)ごとの 1999 年の貿易額シェアをグラフにしたものが図 5 で、地域によって主要な貿易品目に違いがあることがわかる。輸出品目でシェアが最も大きいのは対米輸出における「DRAM」で 23% である。これに対して輸入では対 NIES 輸入の「DRAM」が 36%、対 ASEAN 輸入の「MPU」が 33% のシェアを持つなど特定の品目に偏る傾向がみられる。以下では地域別の特徴点を整理する。

まず、対 NIES で輸出額の最も大きいのは対世界輸出第 2 位の「その他モノリシック IC (実装)」で、次いで「MCU」⁵、「記憶素子」と続いている。一方、輸入では「DRAM」輸入が 36% と大きなウエイトを占め、次いで対世界輸出額第 1 位の「その他モノリシック IC (実装)」、第 2 位の「その他モス型 IC (実装)」となっている。日本の DRAM 輸入のうち 1999 年時点では、対 NIES 輸入が全体の 8 割を占めている。

対 ASEAN 輸出で特徴的なのは、輸出額第 1 位に「部分品(集積回路又は超小型組立のもの)」

表 2 半導体貿易の地域別シェア (1999 年)

	輸出	輸入
NIES	40.2%	37.0%
ASEAN	22.6%	17.9%
中国	4.6%	2.6%
米国	19.3%	5.2%
EU	10.9%	0.9%
その他世界	2.3%	36.5%

注) 通関ベース

があがっている点である。次いで、「その他モス型 IC (実装)」、「記憶素子」となっている。

「部分品」は後でふれるように、日本が圧倒的な輸出競争力を持つ品目でもある。ASEAN では、こうした先端部品を日本から輸入しながら、安価な生産コストを利用した半導体生産を行っていると考えられる。一方、対 ASEAN 輸入では「MPU」が 1/3 を占め、次いで「その他モス型 IC (実装)」、「DRAM」となっている。かつて「MPU」は米国の独壇場であったが、先端技術の導入や部分品の輸入などで ASEAN でも急速に生産力の向上が図られていると考えられる。

対中国の半導体貿易はまだシェアは小さいものの、輸出入品目は多岐にわたっている。対中国輸出の第 1 位は、「ROM」で、「その他モス型 IC (実装)」、「その他モノリシック IC (実装)」と続く。一方、対中国輸入の 1 位は、「DRAM」で、次いで「その他モス型 IC (実装)」、「圧電結晶素子⁶(水晶)」である。日本は「圧電結晶素子(水晶)」の 24% を、「圧電結晶素子(除く水晶)」の 42% を中国から輸入している。圧電結晶素子は、IT 関連機器を中心に需要が拡大している素子である。半導体産業が誕生して間もない中国において、このように一部で高いシェアを持つようになった品目が存在す

⁵ 「MCU (Micro Control Unit)」は、「CPU」のほかに「ROM」や「RAM」や各種入出力の機能を 1 つの IC 上に併せ持つマイコンで、家電製品や産業用機械を制御するために広く用いられている。

⁶ 圧電結晶素子とは電圧を加えることにより超音波を発生させることができる素子で、移動体通信やテレビジョンなどの電子・通信・情報機器をはじめ、音響イメージング・計測装置やメカトロニクスなど、あらゆる分野において数多く使われている。

ることの背景には、直接投資を含む海外技術の導入などが考えられる。

対米国輸出の第1位は「DRAM」で23%を占めている。同時に、日本の「DRAM」輸出の54%が米国向けである。背景には、NIESやASEANの「DRAM」産業の急成長によって、日本のアジア市場でのシェア低下がある。後述するように、日本はより高付加価値の「DRAM」にシフトすることで米国市場でのシェア回復を図っていると考えられる。対米国輸出の第2位以下は、「その他モス型IC（実装）」、「その他モノリシックIC（実装）」で、それぞれ日本の半導体関連輸出の1, 2位を占める代表的な品目である。一方、対米国輸入では、アナログICなどを中心とした「その他モノリシックIC（未実装）」が22%を占めて第1位である。同時に日本の同品目輸入の78%が対米国輸入である。「その他モノリシックIC」では、未実装のものを米国から輸入し、実装したものを米国はじめ世界へ輸出していることがわかる。さらに、輸入額第2位の「BIMOS型IC（実装）」も、日本の同製品輸入の64%が対米国輸入である。「BIMOS型IC」は、モス型とバイポーラ型の両方の特性を持つ高性能のICで、アナログ信号処理など特定の用途に用いられることが多い。このように対米国輸入では、差別化の進んだ一部の品目において、日本の輸入超過傾向が著しいことが特徴としてあげられる。

対EU輸出の第1位は、「マイコン（その他）」で、次いで「MCU」、「圧電結晶素子（除く水晶）」となっている。一方の輸入の第1位は、「バイポーラ&モス型混合IC」、第2位は「ハイブリッドIC」となっている。ともに差別化の進んだICが輸入額の上位を占めており、前述の対米国の場合と同様に半導体の対先進国輸入に共通した傾向ということができよう。

3.3 産業内貿易指数、貿易特化指数

半導体貿易の特徴の一つとして、輸出、輸入ともに貿易額が拡大しているという点をあげることができる。半導体は、非常に高度化、複雑化された製品群であるため、製品差別化の度合いが高いこと、製品が軽量で輸送コストが小さいこと、またそれによって技術集約的な前工程と、相対的に労働集約的な後工程とで国際間の工程間分業が可能なことなどがその理由に考えられる。以下ではまず、この国際間の分業度合いを測る指標として、産業内貿易指数を計測する。産業内貿易指数（以下、IIT: Intra Industry Tradeと略す。）は、次のように求められる。

日本における財*i*の産業内貿易指数 IIT_i は

$$IIT_i = 1 - |E_i - M_i| / (E_i + M_i)$$

$$0 < IIT_i < 1 \quad (1)$$

で示される。ただし、 E_i は財*i*の輸出、 M_i は財*i*の輸入である。IITが1に近いほど、産業内貿易シェアが高いことを示す。IITはその定義上、品目分類が粗くなればなるほど大きな値になる性質を持つ。例えば、輸出入のうち、「電気機械」という非常に粗いくくりでIITを計算した場合には、半導体を輸出し、カラーテレビを輸入している場合でも、実際は全く異なる商品であるにもかかわらず、IITとして計算されることになってしまう。逆に、極限まで分類を細かくすれば、輸送コストや関税を捨象した理論上は全てのIITはゼロになると考えられる。しかし現実には、各商品は国際間で不完全な代替（分業）関係を持つため産業内貿易が存在している。

IITと裏表の関係にある指標として貿易特化指数がある。これは、各商品の輸出入総額に占める純輸出額の割合で、この指標が1に近いほど輸出特化であり、-1に近いほど輸入特化であると考えられる。貿易特化指数は以下のように求められる。

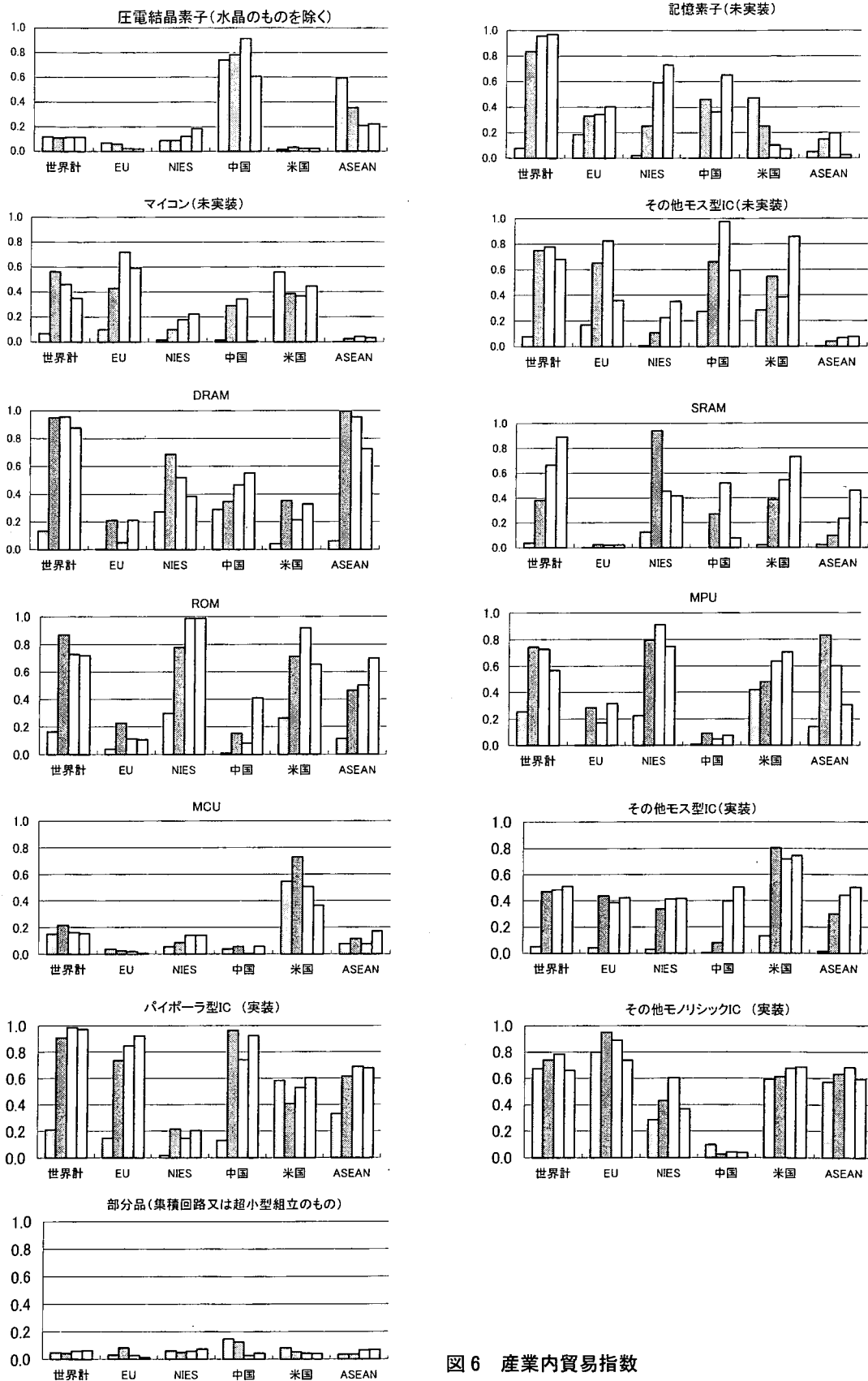


図6 産業内貿易指数

注) 1. 棒グラフは、1997, 1998, 1999, 2000年(ただし、2000年は1-8月計)のそれぞれを示す。
 2. 産業内貿易指数 = $1 - |E_i - M_i| / (E_i + M_i)$ ただし、 $0 < \text{産業内貿易指数} < 1$ 、本文参照。

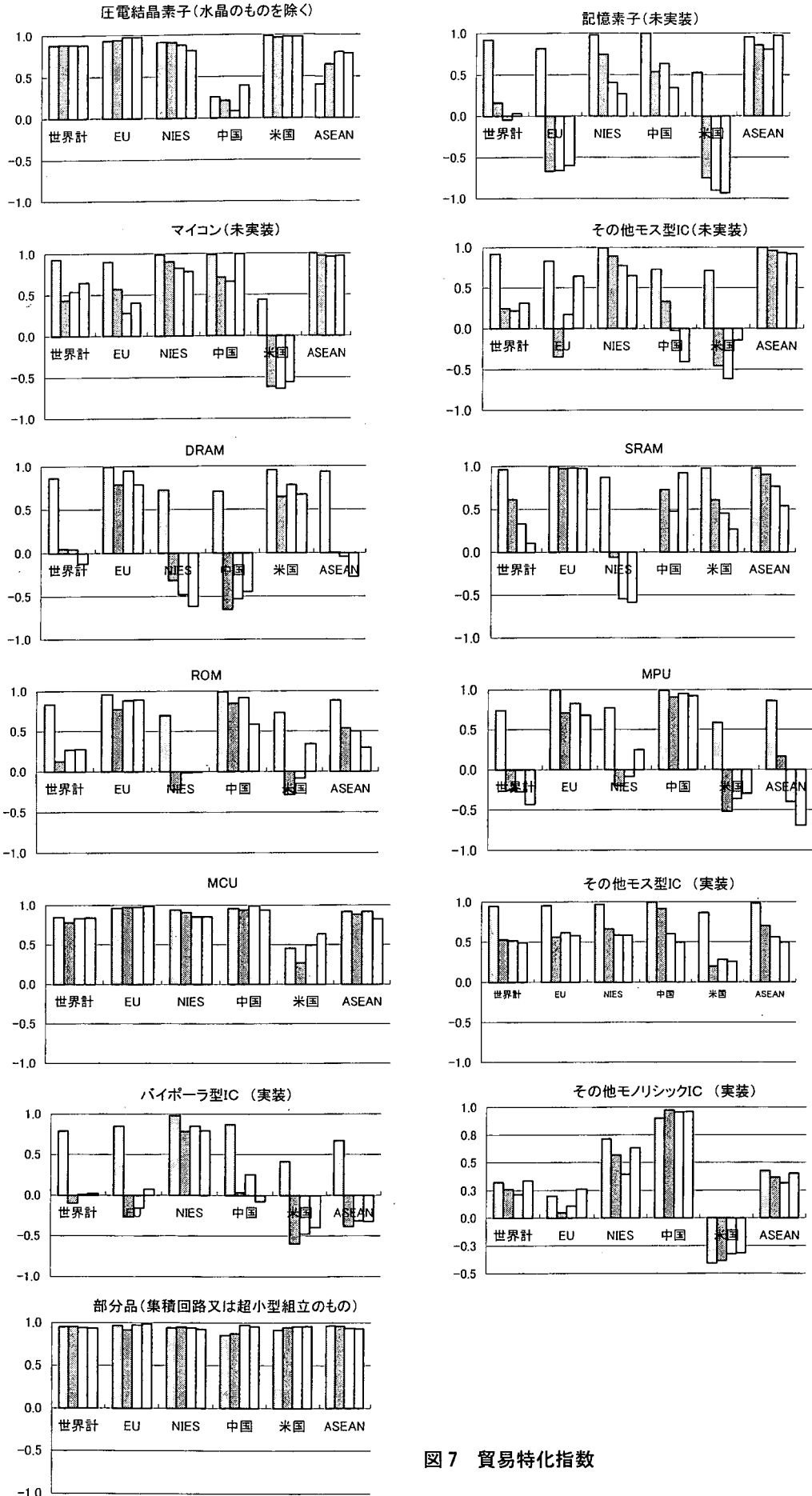


図7 貿易特化指数

注) 1. 棒グラフは、1997, 1998, 1999, 2000年(ただし、2000年は1-8月計)のそれぞれを示す。
 2. 貿易特化指数 = $(E_i - M_i) / (E_i + M_i)$ ただし、 $-1 < \text{貿易特化指数} < 1$ 、本文参照。
 3. 1に近いほど、輸出特化、-1に近いほど輸入特化。

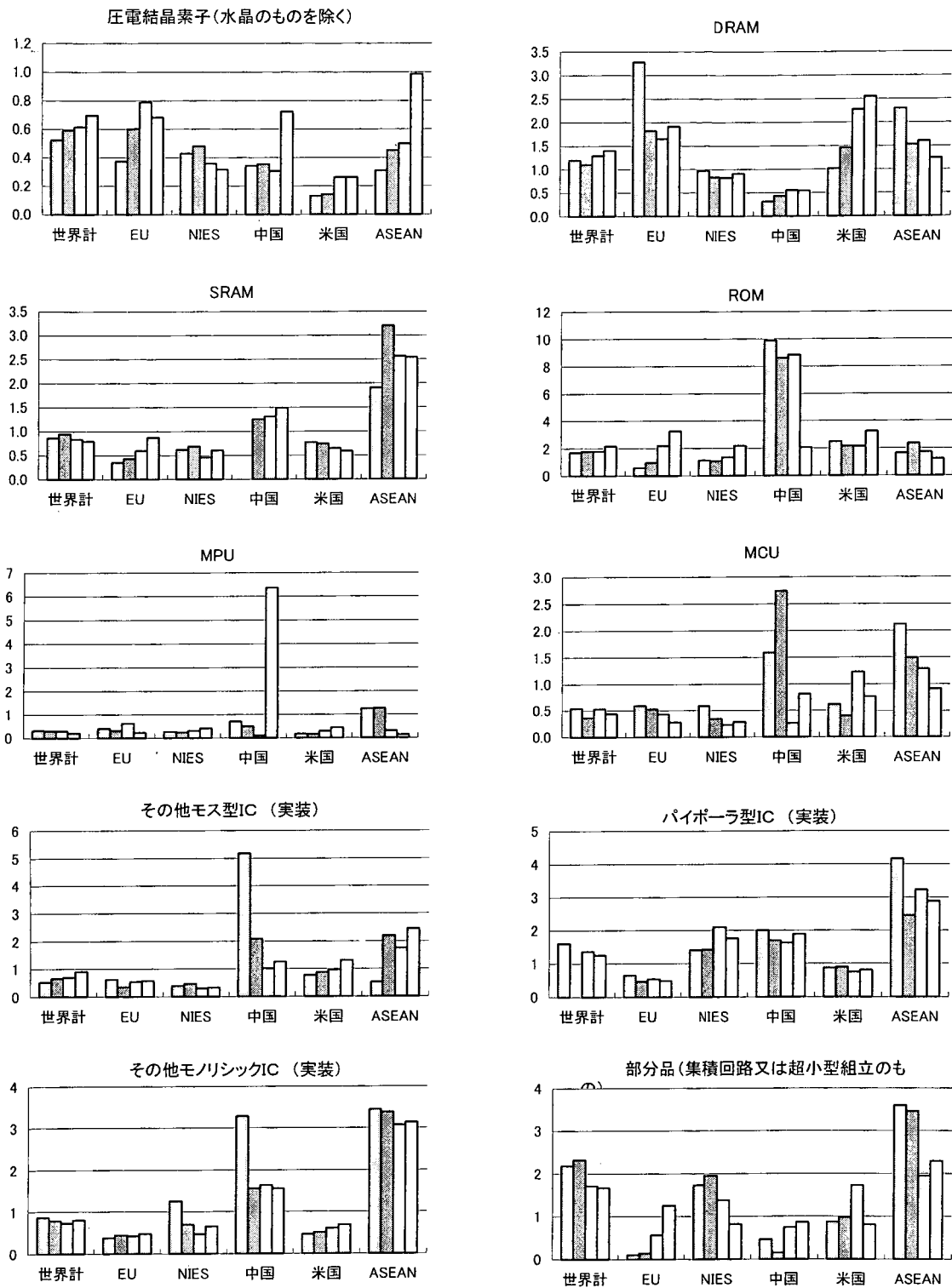


図8 輸出入単価比率

注) 1. 棒グラフは、1997、1998、1999、2000年（ただし、2000年は1-8月計）のそれぞれを示す。

$$Xi = (Ei - Mi) / (Ei + Mi)$$

$$-1 < Xi < 1 \quad (2)$$

ただし、 Xi は第 i 品目の貿易特化指数である。

図 6、図 7 は、表 1 にとりあげた貿易額上位 10 品目の IIT および貿易特化指数を、1997 年～2000 年⁷の金額ベースで計測したものである。(1)、(2)の定義からも明らかのように、輸出あるいは輸入特化度の高い品目ほど IIT は小さく、貿易特化指数がゼロに近いほど IIT は大きくなる。

まず、半導体素子についてみると、「圧電結晶素子（除く水晶）」は、対中国で産業内貿易が進んでいる以外は、全て日本の輸出特化となっている。次に「記憶素子（未実装）」についてみると、対 ASEAN では強い輸出特化傾向を持つが、対 NIES、対中国では、年々輸出特化傾向が弱くなりつつある。また、対欧米では輸入特化である。対 ASEAN では、現地に進出した日系企業などを中心に、日本との工程間分業が行われていると考えられる。「実装していないもの」とは、特に高度な技術を必要とする前工程の製品をさし、ASEAN では依然として対日輸入超過が続いているが、対 NIES、中国では、現地での技術力の向上から対日輸入超過の傾向は薄れつつあることがわかる。

半導体素子が輸出に占めるシェアはそれほど高くないが、一方の IC（集積回路）は、輸出入ともにシェアが大きい。しかし、1997～2000 年の間に日本の輸出競争力に大きな変化がみられる。「MCU」、「部分品」などでは、輸出特化傾向が続くものの、「DRAM」、「SRAM」、「ROM」、「MPU」などでは輸出競争力の低下が著しい。まず「DRAM」をみると、対欧米で一定の輸出特化傾向を維持している一方で、対 NIES、対中国、対 ASEAN では輸出特化傾向が一変して輸入特化あるいは水平貿易へと転じ

ている。これは近年の DRAM 市場における日本の輸出競争力の低下および NIES 諸国の躍進を如実に物語っている。「SRAM」は「DRAM」に比べやや用途が特化され、高度な生産技術を要求されるため、「DRAM」ほどのダイナミックな変化はないものの、対 EU を除く全ての地域で輸出特化傾向が弱まっている。「ROM」もほぼこれと同じ傾向にある。「MPU」については、対中国で強い輸出特化傾向を維持しているものの、その他地域、特に対 ASEAN では輸入特化に転じている。

図 8 は、表 1 の貿易額上位 10 品目のうち計算可能なものについて、1997 年～2000 年の輸出入単価比率を計測したものである。これは、輸出価格／輸入価格で求めたもので、同一品目内での製品差別化の度合いを知る一つの指標としても有用である。すなわち、輸出入単価比率が高い（輸出単価が輸入単価に比べて高い）ほど、相対的に付加価値の高い商品を輸出し、相対的に付加価値の低い商品を輸入していると考えられる。逆に輸出入単価比率が低いということは、相対的に付加価値の低い商品を輸出して、相対的に付加価値の高い商品を輸入していることになる。この輸出入単価比率と貿易特化指数を 2 次元でまとめると、貿易特化指数を価格要因と数量要因とに分けて考察することができる。この関係を簡単にまとめたのが、図 9 である。

図 9 は縦軸に貿易特化指数、横軸に輸出入単価比率をとっており、第 1 象限の右上（A 領域）は、相対的に高付加価値品の輸出が大きく、輸出特化傾向にあることを示す。第 2 象限の左上（C 領域）は、相対的に低付加価値品の輸出が大きく、輸出特化傾向にあることを示す。第 3 象限の左下（F 領域）は、相対的に高付加価値品の輸入が大きく、輸入特化傾向にあることを示す。第 4 象限の右下（D 領域）は、相対的に低付加価値品の輸入が大きく、輸入特化傾向にあることを示す。また、領域 B, H, E は輸出

⁷ 2000 年については、1-8 月の累計である。

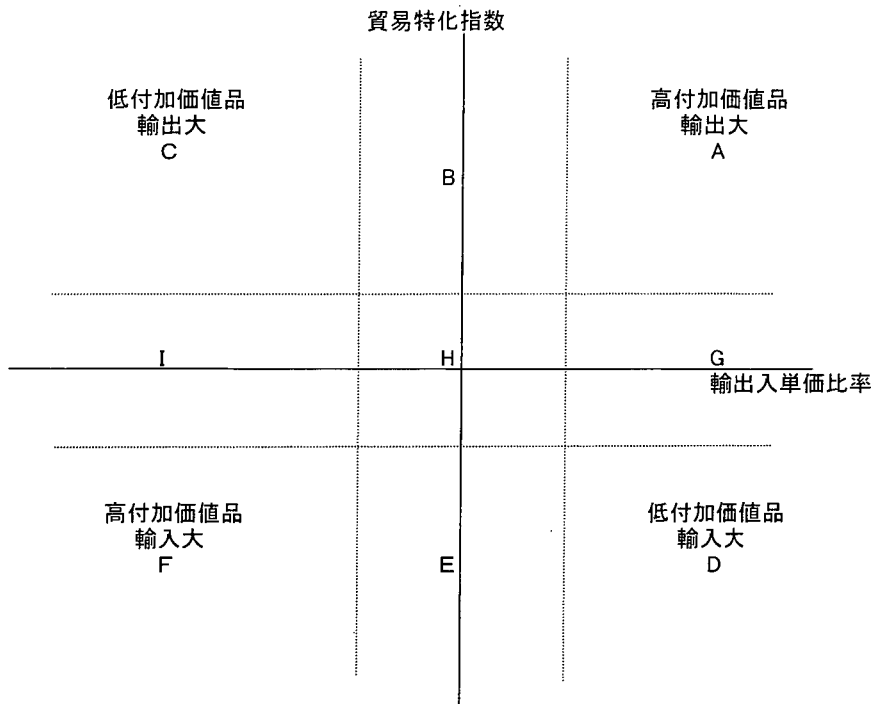


図9 貿易特化指数と輸出入単価比率

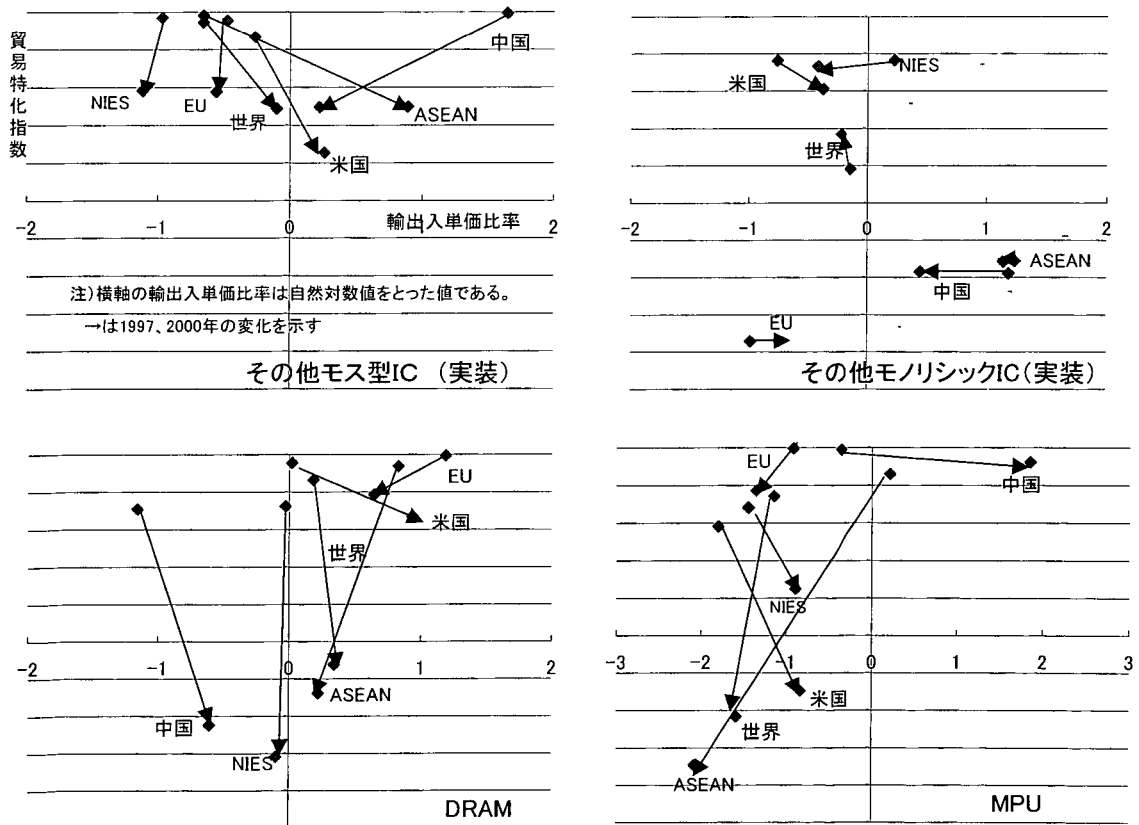


図10 半導体輸出入額上位3品目の貿易特化指数と輸出入単価比率

入単価比率からは、製品差別化の度合いが測れない商品であることを示し、領域 G, H, I は IIT が大きく水平貿易の度合いが強いことを示す。

そこで、1999年の輸出入額でシェア上位3品目について、各地域別の貿易取引がどの領域にあるかをみたのが図10である。横軸の輸出入単価比率は、定義より必ず正の値をとるので、輸出価格と輸入価格が等しくなる輸出入単価比率1を基準にするため自然対数をとっている。図中で→で示しているのは、期間中（1997年から2000年にかけて）に領域間を移動したことを示す。輸出額第1位の「その他モス型IC（実装）」では、矢印が総じて上から下へ移動しており、輸出特化傾向が弱まっていることがわかる。その中で、高付加価値品の輸出超過であった対中貿易は、水平貿易へと変化している。一方、対ASEANでは矢印が大きく右下方向へと移動しており、輸出単価が相対的に上昇していることがわかる。次に、輸出入額ともに2位の「その他のモノリシックIC（実装）」では、期間中の競争力の変動はほとんど見られず、対中国、ASEANでは低付加価値品の輸入超過、対EUでは高付加価値品の輸入超過、対NIES、米国では製品差別化された品目での輸出超過の傾向が続いている。次に、輸出額第3位、輸入額第1位の「DRAM」では、米国、EUの対先進国では、高付加価値品の輸出特化傾向がかるうじて維持されているのに対し、対NIES、ASEAN、中国および対世界では輸出競争力の急激な低下傾向がみられる。中でも対ASEANでは、輸出単価が相対的に低下している。このことから、対先進国向けの高付加価値品では競争力を維持しているものの、対アジアではこれら諸国の技術のキャッチアップが急激に進んでいることがうかがわれる。最後に輸入の第3位である「MPU」は、唯一、対中国において高付加価値品の輸出特化傾向が強まるものの、対

ASEAN、米国、NIESでは低価格品を中心とする輸入の増加がみられる。対EUについては、大きな競争力の変動はないが、輸出入単価比率の変化も小さく低付加価値品の輸出超過傾向が続く。

以上の最近のデータから、半導体関連貿易では商品別、地域別に様々な競争力の変化が認められることがわかった。まず、急速に輸出競争力を低下させているものとして、「ROM」、「DRAM」、「MPU」、「記憶素子」、「バイポーラ型IC」があげられ、一様に産業内貿易指数も高い。そのうち「DRAM」は対アジアで、「記憶素子」は対欧米で輸出競争力の低下が著しい。一方、安定的に輸出特化であるものとして、「圧電結晶素子」、「MCU」、「部分品」があげられる。このほかに、「その他モス型IC」、「その他モノリシックIC」では急激な輸出競争力の変化はみられないが、産業内貿易指数が徐々に高まる傾向にある。これらの背景には、産業内貿易を前提とした、国際間の技術格差による製品差別化の深化があると考えられる。そこで続く4節では、国産財と輸入財の代替関係と、製品差別化の程度について分析し、さらに5節では、輸入財のなかでの、輸入先間の代替関係と、製品差別化の程度について分析する。

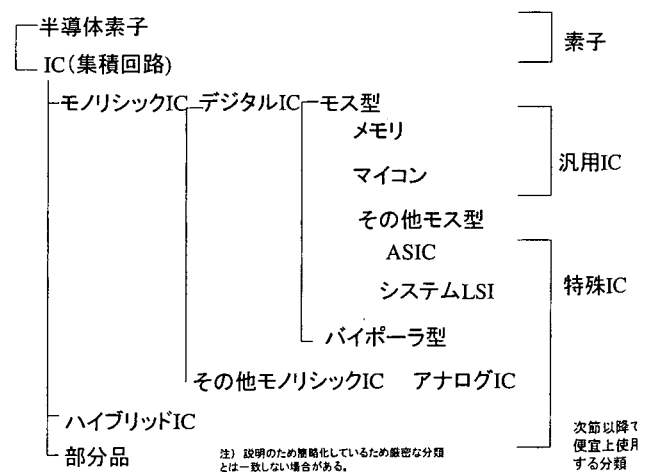


図11 第4節以降の分析で扱う半導体素子、ICの分類

なお、次節以降の分析に入る前に、本節の分析結果から便宜的に各品目をおおまかに図 11 のように分類する。この他にも用途、製法、製造段階による分類などさまざまな分類方法が考えられるため、図 11 は必ずしも厳密な分類ではないことに注意が必要である。

図 11 にそって見ると、まず IC (集積回路) のパーツである半導体素子と、IC (集積回路) に分けている。さらに IC については、上述のように日本が急速に輸出競争力を落としつつある「ROM」、「DRAM」、「MPU」、「記憶素子」などを含む、メモリやマイコンを汎用 IC とし、それ以外の「その他モス型 IC (ASIC やシステム LSI を含む)」、「バイポーラ型 IC」、「その他モノリシック IC (アナログ IC を含む)」、「部分品」を特殊 IC とよぶこととする。

4. 日本の国産財、輸入財の代替弾力性の推定

本節では、各商品別に日本と相手国の2カ国しかない市場を考え、両国の市場規模に応じた需要量が、自国の生産と相手国からの輸入のいずれかで賄われるとした場合の国産財と輸入財との代替弾性値を計測する。仮にこの代替弾性値が低い場合には、内外の競争条件が変化しても輸出入量の変動は小幅にとどまると考えられる。従ってこの場合には、価格以外の要因が強く、両国間で製品差別化の度合いの高い品目であると考えられる。一方、代替弾性値が高い場合には、内外の競争条件(価格差)の変化に対して輸出入量が弾力的に変動すると考えられる。従って、輸出特化傾向の強い財であっても、この代替弾性値が高ければ、ひとたび円高などの競争条件の悪化があれば競争力を失いやすい品目であるということもできよう。

Par Hansson and Lars Lundberg (1993) は、代替弾力性 σ と産業内貿易シェアとの関係について、次のように整理している。

まず、財*i*の産業内貿易シェア Z_i は

$$Z_i = 1 - |E_i - M_i| / (E_i + M_i) \quad (3)$$

で示される。以下では簡単のため添え字*i*は省略する。今、A、Bの2国しかないと考え、各財は生産地によって差別化されている場合、

$$A \text{ 国財の総需要 } XA = XA^A + XA^B \quad (4)$$

$$B \text{ 国財の総需要 } XB = XB^A + XB^B \quad (5)$$

ここで、 XA^A はA国財に対するA国の需要、 XA^B はA国財に対するB国の需要である。同様に XB^A はB国財に対するA国の需要、 XB^B はB国財に対するB国の需要である。今、A、B両国での各財に対する需要の選好は等しく、市場規模の違いによって各財の両国間の需要量には以下の関係が成り立っていると考える。すなわちA国財に対するB国の需要は同財に対するA国の需要の β 倍として、

$$XA^B = \beta XA^A \quad \text{ただし } \beta > 0 \quad (6)$$

と表すことができるものとする。同じくB国財に対するB国の需要は同財に対するA国の需要の β 倍として、

$$XB^B = \beta XB^A \quad \text{ただし } \beta > 0 \quad (7)$$

と表すことができるものとする。さらに、A国の輸出はB国の輸入であり、A国の輸入はB国の輸出であることから、A、B両国の輸出 EA 、 EB 、輸入 MA 、 MB の関係は次のように表すことができるものとする。

B国の輸入はA国でのXA財需要の β 倍として

$$EA = MB = XA^B = \beta XA^A \quad (8)$$

のように表すことができる。同じくA国の輸入は、A国でのXB財の需要として

$$MA = EB = XB^A \quad (9)$$

と表すことができる。従って(3)式をA国についてまとめると次のように表すことができる。

$$Z_i = 1 - |\beta XA^A - XB^A| / (\beta XA^A + XB^A) \quad (10)$$

A、B両国で生産された財の選択は、A、B両国の相対価格によって決まると考えると、

Armington (1969) より、

$$XA^A = (PB/PA)^\alpha XB^A \quad (11)$$

ただし、 PA 、 PB は A、B 両国での財価格を示す。これを(10)式に代入すると、

$$Z = 2/\beta (PB/PA)^\alpha XB^A \quad \left| \begin{array}{l} \text{ただし、} \alpha = \sigma \quad \text{if } XA^A > XB^A \\ \alpha = -\sigma \quad \text{if } XA^A < XB^A \end{array} \right. \quad (12)$$

を得る。 α は A 国財、B 国財間の代替弾性値に相当し、A、B 国の相対価格が不変のとき、 α が小さいほど産業内貿易シェアは大きく、A、B 両国間の製品差別化の程度が大きいことがわかる。

この Par Hansson and Lars Lundberg (1993) のモデルを用い、1 国の貿易統計データのみで、代替弾性値を推計するために、(11)式を(8)、(9)式の関係から、(13)式のように書き改める。

$$1/\beta \cdot EA/MA = (PB/PA)^s \quad (13)$$

ここで、A 国を自国、B 国を貿易相手国（自国以外の世界）とすると、 PA として輸出価格 PE を、 PB として輸入価格 PM を用い、(13)式を整理し、以下の推定式を得ることができる。

$$\ln(E/M) = -\ln(1/\beta) + s \ln(PM/PE)$$

(14)

第 1 項は定数項、 s は推定パラメータで、国産財と輸入財の代替弾性値に相当する。

$$\beta = 1 \quad (XA^B = XA^A) \quad \text{のとき定数項} = 0$$

$$\beta > 1 \quad (XA^B > XA^A) \quad \text{のとき定数項} > 0$$

$$\beta < 1 \quad (XA^B < XA^A) \quad \text{のとき定数項} < 0$$

になる。このように、(14)式を用いて、国産財と輸入財との代替弾性値を、1 国のみでの輸出入量および輸出入価格のデータから推定することが可能となった。

価格データの作成にあたっては、個数、枚数などの数量データを得ることができる細分類での分析が必要となる。このため以下では HS9 桁分類のレベルで(14)式を推定した。その結果が表 3 である。ここでは、日本の貿易統計データを用い、A 国を日本、B 国を日本以外の世界と考え、HS9 桁分類での日本の対世界輸出入総額の時系列データを用いた。輸出入単価は、品目ごとの輸出入総額を輸出入数量で除して作成した。

まず、輸出額第 1 位の「その他モス型 IC（実装）」では、代替弾性値 s は 0.9 と高めである。これは、国産財と輸入財の相対価格が 1% 変化

表 3 品目別の国産財と輸入財の代替弾性値の推定
(輸出額上位 10 品目について、推定期間 1997 年 1 月～2000 年 8 月)

素子	定数項	代替弾性	タイムトレンド ³	R ² adj
圧電結晶素子(水晶のものをのぞく)	3.318**	0.574**		0.120
汎用IC				
DRAM (ダイナミックランダムアクセスメモリー)	0.100	0.818**	-0.016**	0.663
MCU (マイクロコントローラー)	3.348**	0.804**	0.015**	0.547
記憶素子 (未実装)	-5.039**	0.294**	-0.031**	0.798
ROM (読み出し専用メモリー)	-0.244*	-0.485**		0.092
MPU (マイクロプロセッサ)	0.587**	0.428**	-0.006*	0.257
特殊IC				
その他モス型IC (実装)	1.599**	0.867**	-0.006*	0.764
その他モス型IC (未実装)	-5.850**	0.977**		0.656
その他モノリシックIC (実装)	0.678**	0.043	0.007**	0.178
部分品(集積回路または小型組立のもの)	2.952**	0.051		-0.029

注) 1. $\log(E/M) = c + s \cdot \log(PM/PE) + g \cdot \text{TIME}$

2. 右肩の ** は片側 5% 水準で有意、* は 10% 水準で有意であることを示す。

3. タイムトレンドの欄が空欄であるのは、パラメーター g が有意でないことを示す。

したときに、輸出入比率が0.9%変化していることを意味しており、内外の価格競争条件の変化に対して、比較的敏感に輸出（国内生産）と輸入の切り替えが行われることを意味している。図10の貿易特化指数と輸出入単価比率との関係からは、同製品における日本の輸出競争力の低下がみられた。改めて図8の輸出入単価比率を見ると、中国、ASEANに対しては依然として輸出単価が輸入単価を大きく上回っているが、米国、NIES、EUでは、ほぼ同じかむしろ輸入単価の方が高くなっている。また、タイムトレンドの項がマイナスで有意になっており、趨勢的に輸出の輸入に対する比率が低下していることを示している。これは、日本企業のアジアを始めとする海外での生産能力および技術力の向上の影響を表しているとも解釈できる。「その他モス型IC」としては、ASICやシステムLSIなどの専用性の高いICのほか、CCDやDSPなどデジタルカメラなどで需要が見込まれるICが含まれる。今後DRAMに代わる主力製品としても期待されるだけに、この分野での競争力低下には注意が必要であろう。

次に輸出額第2位の「その他モノリシックIC（実装）」では、有意なパラメータを得ることはできなかったが、国産財と輸入財との代替弾性値は0.04と非常に小さく、製品差別化の度合いの大きい製品であると考えられる。タイ

ムトレンド項のパラメータの推定値はプラスに有意であることから、同製品では輸出比率が趨勢的に高まる傾向にあることがわかる。

輸出額第3位の「DRAM」では、代替弾性値が0.8と高くなっている。第1位の「その他モス型IC（実装）」と同じく、価格条件の変化に対して比較的敏感に輸出（国内生産）と輸入の切り替えが行われていると考えられる。特に韓国、台湾を始めとするNIES諸国は、DRAM市場で圧倒的なシェアを誇っており、価格競争力を背景として日本との間で激しい競争を展開している。またタイムトレンド項のパラメータはマイナスに有意であり趨勢的に国内生産が輸入へと置き換わっている可能性を示唆している。一方、先の図10の貿易特化指数と輸出入単価比率との関係から見直すと、対米国では唯一、輸出単価が相対的に上昇しており、貿易特化指数も対米、EUでは大きな低下はみられない。このことから先進国間では高度な水平分業を通して、一定の競争力を維持していると考えられる。

その他の品目について見ると、「記憶素子」、「MPU」、「部分品」などは、国産品と輸入品がどちらかという非代替的で製品差別化が進んでいると考えられる。一方、「MCU」、ASICやシステムLSIなどの「その他モス型IC（未実装）」では、代替弾性値が高く、価格条件の

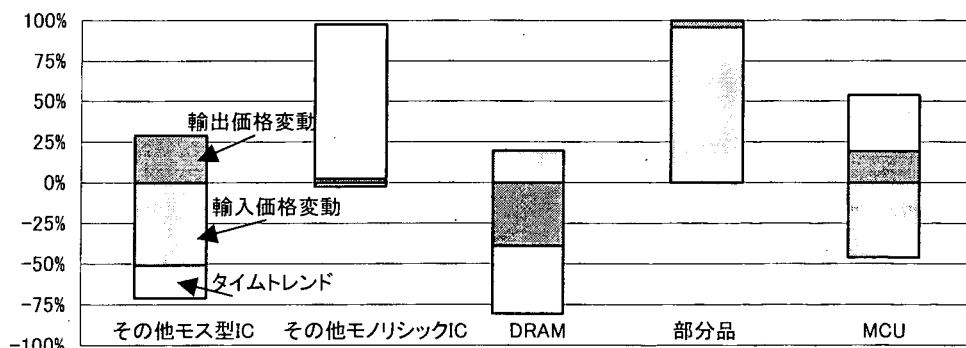


図12 半導体輸出上位5品目での輸出入比率の変動要因分解（1998年1月～2000年8月）

変動に対して国産品と輸入品が比較的代替しやすいと考えられる。

図 12 は、表 3 の推定パラメータを用い、輸出額上位 5 品目について輸出入比率の 1998 年 1 月から 2000 年 8 月の 2 時点間の変動要因を、輸出価格の変動、輸入価格の変動、およびタイムトレンドの 3 つの要因に分解した結果である。

「その他モス型 IC (実装)」、「DRAM」は、輸出入弾性値が高く輸出競争力が価格変動の影響を受けやすいことに加え、タイムトレンドがマイナスであり、趨勢的に輸出から海外生産に置き換わっていると考えられる。このため 1997 年から 2000 年にかけていずれも貿易特化指数の輸出特化傾向が低下しており、輸出競争力の低下が著しい。

一方、「その他モノリシック IC」では、輸出入弾性値が小さく、価格要因はほとんど変化していない反面、タイムトレンド要因によって輸出入比率が趨勢的に上昇していることが分かる。これは、生産の国内外での棲み分けが進み、「その他モノリシック IC」といった、より製品差別化の度合いの強い製品では、国内生産へとシフトしている結果と考えられる。

「部分品」は、図 7 でみたように、半導体貿易において日本が安定的に輸出特化傾向を保っている代表的な製品のひとつである。ここでは、タイムトレンド要因の寄与はなく、もっぱら輸入価格の上昇から輸出競争力を維持していると考えられる。

「MCU」では、国産財と輸入財との代替弾力性がそれほど小さくなく、内外の価格変動によって輸出競争力も比較的影響を受けやすいと考えられる。しかし、図 12 でみるようにタイムトレンド要因がプラスに寄与していることから、価格以外の要因でむしろ国内生産の比重が高まる傾向にあることを示している。「MCU」は、デジタル家電の需要急増によって今後かなりの成長が見込まれる分野であり、企業が国内で

の生産を強化している結果と考えられる。

こうして従来、日本の半導体産業の主力製品であった「DRAM」、「その他モス型 IC (実装)」は、徐々にその優位性を失いつつある一方で、今後期待できる分野としては、「部分品」、「MCU」以外では、比較的新しい、「その他モノリシック IC」といった、国産財と輸入財との代替弾力性が低く、より製品差別化の進んだ製品群であることがわかった。

5. 日本の輸入先地域間の代替弾力性の推定

本節では、前節の国産財、輸入財の代替関係の分析に続き、輸入財について、さらに地域間での代替関係を分析する。

既に第 3 節でみたように、同一商品内でも地域によって製品の差別化の度合いが異なっており、各地域からの輸入は完全に代替的ではないことが容易に予想される。以下では、この地域間の不完全な代替関係を記述した輸入関数を推定し、日本の輸入先地域間の代替関係を分析する。

まず、前節で分析したように国産財と輸入財との選択があり、次に輸入財が生産地域によって差別化されていると考えた場合、輸入先地域間の代替関係を記述するモデルとして、以下の CES 型効用関数から導かれる Armington 型輸入関数を用いる。これは国別の輸入関数としてよく用いられるもので、対世界輸入関数の結果を国別に分解する際などに有効である。 p_1 を財 1 の価格、 p_2 を財 2 の価格、 q_1 を財 1 の需要量、 q_2 を財 2 の需要量とする。Armington (1969) によれば、

所得制約 $M = p_1 \cdot q_1 + p_2 \cdot q_2$ のもとで CES 型効用関数 $u = [a_1 q_1^\rho + a_2 q_2^\rho]^{1/\rho}$ を想定すると、以下のように第 1 地域製品の需要量 q_1 と第 2 地域製品の需要量 q_2 の比を両地域製品の価格比 p_1/p_2 のみで表すことができる。

$$q_1/q_2 = A (p_1/p_2)^{1/(1-\rho)}$$

ただし、 $A=(a_1/a_2)^{1/(1-\rho)}$ (15)
両辺の対数をとると、

$$\ln(q_1/q_2)=\ln A+\sigma\ln(p_1/p_2)$$

ただし、 $\sigma=1/(\rho-1)$ (16)

従って推定されたパラメータ σ は、輸入の2地域間の代替弾性値を表わす。推定値 σ は、理論上マイナスの値が期待される。

半導体素子および集積回路の1999年の輸入額上位10品目をとりあげ、まず対世界輸入を、アジアとアジア以外に分け、その間の代替弾性 σ を推定する。

$$\ln(M_{ij}/M_{ik})=\alpha+\sigma\ln(PM_{ij}/PM_{ik})$$
 (17)

ただし、 i は品目、 j はアジア、 k はアジア以外のその他世界を示す。以下では、簡略化のため、「アジア以外のその他世界」を「欧米」と記す。 σ は、2地域間での相対価格が1%変化した場合に、日本のその2カ国からの輸入量の比が σ %変化することを示している。

次に、対アジア輸入を、中国と中国以外のアジアに分け、その間の代替弾性 σ を推定する。

この場合には、同じく(17)式で、 j は中国、 k は中国以外のアジアとなる。以下では、簡略化のため、「中国以外のアジア」を「NIES、ASEAN」と記す。

表4にその推定結果を示す。

まず、1999年の輸入額第1位の「DRAM」では、アジアと欧米の代替弾性値は有意でなく、アジアからのDRAM輸入と欧米先進国からのDRAM輸入は、非代替的で製品差別化が進んでいると考えられる。一方、アジアのなかで中国からの輸入とNIES、ASEANからの輸入の代替弾性は0.78と、ある程度の代替性が認められる。この傾向は輸出第3位の「MPU」でもみることができる。

また、輸入第4位の「記憶素子」、第8位の「SRAM」、第10位の「マイコン」では、アジアと欧米の間にはある程度の代替性が計測されているに過ぎないが、中国とNIES、ASEANの間には強い代替性が計測されている。これらの品目では、アジアと欧米との間に

表4 品目別輸入の2地域(国)間の代替弾性 σ の推定
(1999年の輸出額上位10品目について、推定期間1997年1月~2000年8月)

		定数項	代替弾性 σ	R ²	Adj. D.W.	
汎用IC	DRAM(ダイナミックランダムアクセスメモリー)	アジアと欧米	2.073**	0.052	0.266	2.0
	中国とNIES、ASEAN	-3.693**	-0.775**	0.090	1.3	
MPU(マイクロプロセッサ)	アジアと欧米	0.488**	-0.151**	0.329	1.8	
	中国とNIES、ASEAN	-7.765**	-0.635**	0.205	2.3	
記憶素子(実装)	アジアと欧米	-0.580**	-0.372**	0.404	2.7	
	中国とNIES、ASEAN	-6.513**	-1.932**	0.386	2.0	
ROM(読み出し専用メモリー)	アジアと欧米	1.671	-0.040	0.778	2.1	
	中国とNIES、ASEAN	-2.930**	-0.048	0.321	2.1	
SRAM(スタティックランダムアクセスメモリー)	アジアと欧米	1.048**	-0.733**	0.543	2.2	
	中国とNIES、ASEAN	-8.599**	-4.113**	0.597	1.1	
マイコン(未実装)	アジアと欧米	-1.459**	-0.438**	0.386	2.0	
	中国とNIES、ASEAN	-7.712**	-3.847**	0.747	1.6	
特殊IC	バイポーラ型IC(実装)	アジアと欧米	0.682**	-0.730**	0.635	2.4
	中国とNIES、ASEAN	-2.117**	0.003	0.467	2.1	
その他モス型IC(実装)	アジアと欧米	0.255	-0.528**	0.683	2.7	
	中国とNIES、ASEAN	-2.294**	0.513*	0.329	2.0	
その他モス型IC(未実装)	アジアと欧米	-1.386**	-0.922**	0.715	2.3	
	中国とNIES、ASEAN	-1.107**	0.106	0.060	2.2	
その他のモノリシックIC(実装)	アジアと欧米	0.093	-0.446**	0.659	2.2	
	中国とNIES、ASEAN	-5.332**	-0.134	0.308	2.5	

注) 1. $\log(M_{ij}/M_{ik}) = c + \sigma \log(PM_{ij}/PM_{ik})$ 、記号は本文参考。
 2. 3)の上段及び、1)、3)、6)、8)の下段のモデル以外は、誤差項に1階の自己相関を仮定したモデルにより推定した。
 3. パラメーターの右肩の**は片側5%水準で、*は10%水準で有意であることを示す。

は依然として技術格差などを背景とした製品の差別化が行われているものの、中国とNIES、ASEANとは激しい競合関係にあることがわかる。従って、今後中国がその強い価格競争力を発揮して日本市場のシェアを拡大していくことはおおいに予想される。

以上の品目とは逆に、アジアと欧米との間ではある程度の代替性が認められる一方で、中国とNIES、ASEANとの間では非代替的な品目として、「その他モノリシック IC（実装）」、「その他モス型 IC（実装）」、「その他モス型 IC（未実装）」、「バイポーラ型 IC」などがあげられる。これらの品目は、「アナログ IC」など付加価値の高い製品や、「ASIC」など専門性が高く、カスタマイズされたラインでの少量多品種生産を行う IC などを含む。このため、半導体産業の歴史の浅い中国では、これらの分野では、いまだ NIES 諸国をはじめとする中国以外のアジアにキャッチアップしていないことが考えられる。

また、「ROM」では、アジアと欧米の間でも、中国とNIES、ASEANとの間でも非代替的であるという結果になった。

以上から、アジアと欧米が競合関係にある財として、「その他モノリシック IC（実装）」、「その他モス型 IC（実装）」、「その他モス型 IC（未実装）」、「バイポーラ型 IC」などといった、図 11 で「特殊 IC」として分類した比較的付加価値の高い製品群があげられることがわかった。一方、中国とNIES、ASEANが競合関係にある財としては、「記憶素子」、「SRAM」、「マイコン」、「DRAM」や「MPU」などといった、図 11 で「汎用 IC」として分類した製品群があることがわかった。特に、「記憶素子」、「SRAM」、「マイコン」の中国とNIES、ASEANとの代替弾力性は非常に高く、これらの品目では今後中国からの輸入のシェアが急速に高まることも予想される。

6. まとめ

本稿では、日本の半導体関連貿易について、入手可能な最も細かい商品分類で対外地域別の競争力を分析した。半導体関連貿易の特徴として、輸出入ともに日本の貿易全体に占めるシェアが拡大しているということがあげられる。その理由としては、半導体が非常に高度化、複雑化された製品群であるため、製品差別化の度合いが高いこと、製品が軽量で輸送コストが小さいこと、またそれによって技術集約的な前工程と、相対的に労働集約的な後工程とで国際間の工程間分業が可能などことがあげられる。

第 3 節の分析の結果、特に IC において、水平貿易の度合いが高まる傾向がみられた。特にこの傾向は、1999 年の輸出額第 1 位の「その他モス型 IC（実装）」および第 3 位の「DRAM」で顕著に見られた。これは、日本の半導体の競争力低下を意味するのか、それとも先進国間を中心とする高度な水平分業の発展の結果なのかは十分に見極める必要がある。

第 4 節の日本における国産財と輸入財との代替関数の推定結果からは、「部分品」、「その他モノリシック IC（実装）」、「記憶素子」、「MPU」では代替弾性値が比較的小さく、製品差別化が進んでいることがわかった。一方、「その他モス型 IC（実装）」、「DRAM」、「その他モス型 IC（未実装）」では、代替弾性値も高く、海外品との激しい競争にさらされていることがわかった。また、国産財と輸入財との代替関係の決定では、製品差別化の程度や相対価格の変動以外に、趨勢的に変化するトレンド要因も重要であることがわかった。製品差別化の進んだ「その他モノリシック IC（実装）」などで、国内生産を強化する傾向が見られたのに対し、「その他モス型 IC（実装）」、「DRAM」では、国内生産が輸入へと徐々に置き換わる傾向がみられた。

第5節の日本の地域別輸入関数推定結果からは、第3節の最後で「特殊IC」として分類した高付加価値のICではアジアと欧米が競合関係にある一方で、「汎用IC」として分類した「マイコン（未実装）」や「MPU」などではNI ES、ASEANと中国が競合関係にあることがわかった。対中国の半導体貿易の歴史は浅く、これまでのところそのシェアは他地域と比較しても低い、「汎用IC」を中心に今後急速に対中国輸入が増加することは容易に予想される結果となった。

これらの結果を先の貿易特化指数とあわせて考察した結果以下のことが明らかとなった。まず、日本が安定的に輸出特化を維持しているものとしては、比較的製品差別化された「特殊IC」であるアナログICなどの「その他モノリシックIC（実装）」、「部分品」などがあげられる。加えてやや価格競争の厳しい品目ではあるものの「圧電結晶素子」や「MCU」も輸出特化傾向を保っている。

一方、輸出競争力の低下が著しいのが「汎用IC」のなかでも「記憶素子」、「DRAM」、「MPU」などである。特に「DRAM」は国産財と輸入財との代替弾力性が高く、常に激しい価格競争にさらされていることが明らかとなった。また、輸出額第1位の「その他モス型IC（実装）」も対アジア輸入の増加から輸出特化傾向を弱めつつある。

これらの背景には、データの制約から今回は明示的に扱うことができなかった、日本企業の海外生産拡大など国内外での生産再編の影響があると考えられる。多国籍企業による企業内貿易の果たす役割も含め、この点は今後の分析の課題としたい。さらに、世界経済のグローバル化のなかで、先端技術の国際間波及のスピードも高まっている。国内製造業の生産性向上は、もはや多国籍企業の行動や国際分業の動静を無視して考えることはできなくなりつつある。今

後の研究課題としては、Laursen（2000）のように、技術進歩と貿易の関係から半導体貿易を見直すことも重要なテーマである。

謝辞

本稿をまとめるにあたっては、経済社会研究所の服部恒明氏をはじめ経済分析チームの諸氏および今村栄一氏から助言をいただきました。また、日本国際経済学会関東支部会の諸先生方からは貴重なご批判、アドバイスを頂戴いたしました。本誌匿名レフェリーからも有益なコメントをいただきましたことも深く感謝申し上げます。なお、本稿中の全ての誤りは筆者の責任です。

【参考文献】

- [1] Armington (1969), "A Theory of Demand for Products Distinguished by Place of Production, IMF Staff Papers, vol16
- [2] Baldwin, Richard E. and Paul R. Krugman (1989), "Market Access and International Competition: A Simulation Study of 16K Random Access Memory" in "Empirical Methods for International Trade", edited by Robert C. Feenstra, The MIT Press
- [3] 藤村修三 (2000), 『半導体立国ふたたび』, 日刊工業
- [4] Hansson, P. and Lars Lund berg (1993), "産業間貿易と産業内貿易の決定要因としての比較生産費と代替の弾力性"、佐々波楊子監訳 (1993), 『産業内貿易』, 文眞堂
- [5] Irwin, Douglas A. and Peter J. Klenow (1994), "High Tech R&D Subsidies: Estimating the Effect of SEMATECH", NBER Working Paper No. 4974.
- [6] 菊地正則 (1998), 『半導体のすべて』 日本実業出版社
- [7] Laursen, Keld (2000), "Trade Specialisation, technology and Economic Growth", Edger Elger
- [8] Siebert, Ralph (2000), "Multiproduct Firms, Learning by Doing and Price - Cost Margins over the Product Life Cycle: Evidence from the DRAM Industry",

Wissenschaftszentrum Berlin and Hum -
boldt University Berlin

（ほしの ゆうこ
電力中央研究所 経済社会研究所）

付表1

輸出	
半導体素子	8541
8541.1	ダイオード(光電性ダイオード及び発光ダイオードを除く。)
	854110100 ダイオード(実装していないもの)(光電性ダイオード及び発光ダイオードを除く)
	854110910 ダイオード(平均順電流が100MA未満のもの)(実装したもの) "
	854110920 ダイオード(平均順電流が101MA以上のもの) " "
	トランジスター(光電性トランジスタを除く。)
8541.21	定格消費電力が1ワット未満のもの
	854121100 トランジスター(実装していないもの)
	854121910 シリコントランジスター(実装したもの)
	854121990 トランジスター(実装したもの)
8541.29	定格消費電力が1ワット以上のもの
	854129100 トランジスター(実装していないもの)
	854129910 シリコントランジスター(実装したもの)
	854129990
8541.3	サイリスター、ダイアテック及びトライアック(光電性デバイスを除く。)
	854130100 サイリスター、ダイアテック及びトライアック(実装していないもの)
	854130900 サイリスター、ダイアテック及びトライアック(実装したもの)(光電性デバイスを除く)
8541.4	
	854140100 光電性半導体デバイスおよび発光ダイオード(実装していないもの)
	854140910 発光ダイオード (実装したもの)
	854140990 光電性半導体デバイス "
8541.5	その他の半導体デバイス
	854150000 半導体デバイス(第8541.10号から第8541.40号までのもの)
8541.6	圧電結晶素子
	854160100 圧電結晶素子(水晶のもの)
	854160900 圧電結晶素子(水晶のものを除く)
8541.9	部分品
	854190000
集積回路	8542
	集積回路及び超小型組立
	モノリシックデジタル集積回路
	854212000 集積回路を自蔵するカード(スマートカード)(モノリシックデジタル)
8542.13	モス型のもの
	実装していないもの
	854213110
	854213120 マイクロコンピューター(MPO, MCV及びMPR)
	854213190
	その他のもの(実装したもの)
	記憶素子
	854213210 DRAM (ダイナミックランダムアクセスメモリー)
	854213220 SRAM (スタティックランダムアクセスメモリー)
	854213230
	マイクロコンピューター
	854213310
	854213320
	854213330
	その他のもの
	854213900 マイクロコンピューター(その他のもの)
8542.14	バイポーラ型のもの
	854214100
	854214900
8542.19	バイポーラ及びモスの技術を組み合わせた製造したもの(BIMOS技術)
	854219100
	854219900
8542.3	その他のモノリシック集積回路
	854230100
	854230900
8542.4	ハイブリッド集積回路
	854240000
8542.5	超小型組立
	854250000 超小型組立
8542.9	部分品
	854290000 部分品(集積回路又は超小型組立のもの)

本文中の表記方法

=> 記憶素子(未実装)

=> マイコン(未実装)

=> その他モス型IC(未実装)

=> DRAM

=> SRAM

=> ROM

=> MPU

=> MCU

=> MPR

=> その他モス型IC(実装)

=> バイポーラ型IC(未実装)

=> バイポーラ型IC(実装)

=> BIMOS型IC(未実装)

=> BIMOS型IC(実装)

=> その他モノリシックIC(未実装)

=> その他モノリシックIC(実装)

=> ハイブリッドIC

日本関税協会 輸出品目統計表より作成

注) 輸出品目コードは上記とは異なるが、分類項目は同一であるため省略する。

戦前期日本の経済発展と社会資本の役割

Prewar Japanese Economic Development and Social Capital

キーワード：社会資本、コブ＝ダグラス型生産関数、民間資本需要関数、社会資本需要関数、経済発展局面

森脇祥太

社会資本が経済発展に対して与えた直接、あるいは間接の効果を戦前期の日本の全部門、非一次産業部門を対象として実証的に検証する。また、戦前期の社会資本が民間資本と比較して適正な水準にあったか否かについても検討する。コブ＝ダグラス型生産関数の推定結果によると、直接的生産力効果は戦後と同様、正の値をとり、労働生産性の成長率の約50%を説明する結果が示された。また、直接的生産力効果と同時に間接効果も存在することが連立方程式モデルによって確認された。民間資本と社会資本の限界生産力の比較によると、第1局面の初期に社会資本は不足状態にあるが、その状態は急速に解消し、その後は戦前期を通じて最適水準を持続するという結果が示された。

1. 研究の目的
 - 1.1 経済発展と社会資本
 - 1.2 社会資本の直接的生産力効果
 - 1.3 社会資本の間接効果
 - 1.4 社会資本の限界生産力
 - 1.5 研究の課題
 2. 実証研究の方法
 - 2.1 コブ＝ダグラス型生産関数
 - 2.2 要素需要関数
 - 2.3 民間資本と社会資本の限界生産力
 - 2.4 使用されるデータ
 3. 実証研究
 - 3.1 コブ＝ダグラス型生産関数の計測結果
 - 3.2 成長要因の分析
 - 3.3 連立方程式モデルの計測結果
 - 3.3.1 民間資本が内生変数
 - 3.3.2 民間資本と社会資本が内生変数
 - 3.4 社会資本の最適水準
 4. 結論
- 補論 民間部門データを使用した推定

1. 研究の目的

1.1 経済発展と社会資本

本研究の第一の目的は、社会資本が戦前期の日本の経済発展において、生産面に及ぼした直接・間接の影響を時系列データを使用した生産関数を推定することによって、実証的に明らかにすることである¹。また、第二の目的は、生産関数の推定されたパラメータの値を使用して社会資本と民間資本の限界生産力を推定し、戦

前期の社会資本が適正水準にあったか否かについて検討することである。

戦前期の日本経済は、経済発展の初期的段階からより進んだ段階への移行過程にあり、同様の状況にある発展途上国にとっては、発展段階や経済構造が類似的である点で、戦後よりも戦前期の日本の経験と自国の状態を比較することによって、局面移行を可能とするための意義深い教訓を引き出すことが可能であると考えられる。もちろん、戦前期の日本と発展途上国の経

¹ 社会資本には広範な定義が存在し、ソフト面からハード面まで様々なものを含むが、本研究で対象とするのは、ハ

ード面の社会資本であり、道路・橋梁・港湾・鉄道等の物的社会資本の中で政府によって形成されたものである。

経済発展の比較を行うことは、歴史的、地理的、文化的諸条件の相違の大きさを考慮すると安易になしうることではない。しかし、大川・小浜(1993)、Ohkawa, Otsuka and Key (1993)、Ohkawa and Otsuka (1994)等は、経済学のフレーム・ワークを使用して日本と発展途上国の経済発展の比較研究を実証的に行っており、そのような研究の進展を示している。また、大塚(1990)、大塚(1995)は、日本の経済発展を伝統部門と近代部門の二重的発展と捉え、現在の発展途上国の経済発展との共通性を示してその比較研究の重要性を強調する。

発展途上国を対象とした経済発展と社会資本についての実証研究を行い、戦前期の日本の経験と比較することは非常に重要なテーマである。しかし、社会資本の数量データを使用した実証分析を発展途上国を対象に行うことは、データの制約から現時点では不可能である。そのため、現時点で利用可能な日本の戦前期のデータによって経済発展と社会資本の関係についての実証分析を行うことは、データが整った将来時点での発展途上国との比較を可能とする点でも、経済構造が類似した発展途上国の経済開発に対して有益な教訓を引き出すことができる点でも、非常に意義深いと考えられる。

戦後の日本を対象に社会資本が主に生産面に対して与える効果に着目して実証的に分析した先行研究は数多く存在する。戦後期を対象に行われた先行研究の方法は基本的に戦前期についても適用可能であり、問題意識についても共有できる点が多いと考えられる。そのため、次節においては、戦後の日本及び発展途上国を対象に行われた研究について簡単にサーベイし、戦前期について分析する際のベンチマークとした。

1.2 社会資本の直接的生産力効果

政府部門の保有する資本(社会資本:インフ

ラストラクチャー)が一国全体もしくは民間部門の総生産や労働生産性を上昇させる効果(直接的生産力効果)については、近年、実証研究の対象として特に注目されている²。先行研究においては、高度経済成長期以降の日本を対象に、時系列のマクロ・データか地域クロスセクション・データを使用して生産関数を推定し、推計された生産の社会資本弾力性から社会資本が総生産及び生産性に与えた効果の計測を行う方法が共通に採用されている。それら多くの先行研究では、社会資本が全部門もしくは民間部門の総生産を増加させ、効率性を上昇させるような効果を与えたことが示されている。(三井・井上(1995)、井田・吉田(1999)、吉野・中島・中東(1999)等)。

1.3 社会資本の間接的効果

先行研究において、社会資本の直接的生産力効果とともに注目されているのはその間接的効果である。間接的効果とは、社会資本が整備されることによって経済が活性化し、民間部門の資本や労働力の雇用が誘発的に増加するような効果のことをいう。高度経済成長期以降の日本を対象に、直接的生産力効果とあわせて間接的効果の計測を行った先行研究も数多く存在する。直接的生産力効果の場合と同じく、時系列データもしくは、都道府県別クロスセクション・データを使用して、トランスログ型の費用関数や生産関数を推定し、労働及び民間資本の社会資本弾力性を推計する方法が採用されている(北坂(1999)、三井・井上(1995)、吉野・中島・中東(1999)等)。ただし、多くの先行研究において、その効果が計測された直接的生産力効果とは異なり、社会資本が労働や民間資本と代替的であるとして、間接的効果の存在を否定す

² Aschauer (1988) は、社会資本の蓄積の低下が1970年以後のアメリカのマクロセクターのTFP(全要素生産性)の低下を説明する大きな要因であるとしている。

る結果（北坂（1999））、あったとしても非常に低い効果しかないとする結果（畑農（1998））も出されており、間接的効果が存在するという一致した結論は出されていないようである。

Jimenez（1995）は、経済発展にとってより重要なのは、社会資本の直接的生産力効果よりも学校の整備によって人的資本の効率性が上昇したり、エネルギー供給施設や道路網、鉄道網等の交通網が整備されることによって、資本投資や雇用が誘発的に増大するような間接的生産力効果である点を強調する³。政府による道路整備や鉄道の開通、電力供給網の普及等の結果、国内の生産部門が活性化して一国の雇用や資本蓄積が促進され、間接的に総生産を高める効果は、乏しい資源を用いて社会資本整備を行う発展途上国においては、先進諸国より強く期待されると考えられる。

1.4 社会資本の限界生産力

社会資本に関しては、生産面に対して、直接・間接に大きなプラスの効果を与えるか否かを問うこととあわせて、その総量が資源配分の面から見て適正な水準にあるのか否かについての評価を行う必要がある。社会資本の効率性についての実証分析を行った先行研究は、高度経済成長期には社会資本は不足していたとする（根本・河村・釜田（1994））が、それ以後は、不足状態が解消され、過剰な状態になりつつあるとしている（三井・井上（1995）、吉野・中島・中東（1999）等）。

Dessus and Herrera（2000）は、アジア、アフリカ、南米の発展途上国のクロス・カンントリーデータを使用して、生産関数と民間資本、社会資本需要関数から構築された連立方程式モ

デルを推定し、社会資本と一国の生産水準の間に正の相関関係が存在していることを確認した。しかし、同時に、1980年代には、これら発展途上国では、民間資本と比較して社会資本が過剰に蓄積されており、その原因として、公的部門の債務負担の増加によって民間部門の経済活動が圧迫されていることを挙げている。

1.5 研究の課題

以上のような先行研究における課題と結論を念頭におきながら、戦前期の日本の経済発展において、社会資本が果たした役割を実証的に研究する際の課題について検討してみよう。まず第1の課題として考えられるのは、生産関数を推定して生産の社会資本弾力性を推計し、直接的生産力効果の存在を確認することである。戦後、特に、高度経済成長期においては、社会資本の正の生産力効果の存在を確認した先行研究が数多く存在している。同様の結論が戦前期においてもあてはまるか否かをコブ＝ダグラス型生産関数を推定することによって検証する。また、推定されたパラメータの値を使用して、社会資本の成長率の、労働生産性の成長率に対する寄与率を計測して、戦前期の経済成長の要因を計測する。その際、大川・小浜（1993）による経済発展の局面区分の方法を採用して、経済発展の各局面において社会資本が成長に対して及ぼした影響の特徴を実証的に把握する。

第2の課題は、社会資本が整備されることによって、民間資本の蓄積や労働力の雇用が誘発的に増加し、生産を促進するような間接的効果の存在を確認することである⁴。本研究では、特に、社会資本の整備が進められることによって、民間資本の需要が誘発的に増大する効果に注目して推定を行う。民間資本投資が増加する

³ Hirshman（1958）は、社会資本を社会的間接資本（Social Overhead Capital: SOC）としており、SOCであるための条件は、「その経済活動の提供する用役が多岐多様にわたる多くの経済活動の実行を促進するものであること」としている。

⁴ ここでいう間接効果とは、社会資本の増加によって誘発的に民間資本や労働力の需要が増加するような効果のことをいう。民間資本や労働力の質を向上させるという意味の間接効果は、生産性やTFPの上昇に対する貢献に含まれる。

ことは、発展途上国の経済発展にとって、最も重要な役割を果たすと考えられる。社会資本の直接的生産力効果とあわせて、民間資本需要を誘発する間接的効果が存在することを確認することができれば、戦前期の日本経済の発展にとって、社会資本整備が果たした役割をより強固に評価することができよう。

第3の課題は、社会資本が最適水準にあるか否かを検証することである。戦後の日本を対象とした多くの先行研究においては、生産関数の推定によって求められたパラメータの値から民間資本と社会資本の限界生産力を計測し、両部門の相対的稀少性の比較を行っている。発展途上国においては、民間資本と社会資本は双方ともに、希少資源であると考えられ、その効率的配分を検証することは、特に重要な問題である。

戦後の日本経済を対象として上記のような課題を検証した研究は数多く存在しているが、戦前期の日本経済を対象とした研究は殆ど存在しない⁵。戦前期を対象とした歴史的事実分析を行うことは、この分野の研究に残された大きな課題であると言えよう。

2. 実証研究の方法

2.1 コブ=ダグラス型生産関数

時系列データを使用して、社会資本の直接的生産力効果を計測する際には、コブ=ダグラス型生産関数を使用するのが一般的である。対数変換後のコブ=ダグラス型生産関数は以下のよう示される。

$$\ln Y_t = \ln a + a_L \ln L_t + a_K \ln(\rho KP)_t + a_G \ln KG_t + U_t \quad \dots (2-1)$$

Y ：総生産、 L ：労働力、 K ：民間部門粗資本ストック、 ρ ：資本稼働率、 G ：政府部門粗資本ストック、 $\ln a$ ：技術水準、 a_L 、 a_K 、 a_G ：

推定すべきパラメータ、 U ：確率誤差項、添え字の t ： t 年

(2-1) 式のプロダクション関数は、生産技術が収穫不変であることを仮定すれば、パラメータに1次同次の制約を課した形式で表すことができる。また、社会資本を生産要素として含むケースでは、一次同次の制約は、通常、① $a_L + a_K + a_G = 1$ 、② $a_L + a_K = 1$ 、のように二通りの形式でパラメータに課されており、それぞれについて生産関数は以下のように示される⁶。

$$[1] \ln\left(\frac{Y}{\rho KP}\right)_t = \ln a + a_L \ln\left(\frac{L}{\rho KP}\right)_t + a_G \ln\left(\frac{KG}{\rho KP}\right)_t + U_t$$

$$[2] \ln\left(\frac{Y}{\rho KP}\right)_t = \ln a + a_L \ln\left(\frac{L}{\rho KP}\right)_t + a_G \ln KG_t + U_t$$

また、時間が経過するにつれて、技術水準 $\ln a$ が変化すると仮定すれば、技術進歩率は時間 t のパラメータ λ によって表されることになり、生産関数は以下のように示される。

$$\text{技術水準：} \ln a_t = a_0 + \lambda t$$

$$[3] \ln\left(\frac{Y}{\rho KP}\right)_t = \ln a_t + a_L \ln\left(\frac{L}{\rho KP}\right)_t + a_G \ln\left(\frac{KG}{\rho KP}\right)_t + U_t$$

$$[4] \ln\left(\frac{Y}{\rho KP}\right)_t = \ln a_t + a_L \ln\left(\frac{L}{\rho KP}\right)_t + a_G \ln KG_t + U_t$$

a_0 、 λ ：推定すべきパラメータ、 t ：タイムトレンド

推定式[3]、[4]は資本生産性関数であるが、それらは、以下のように労働生産性関数として示すこともできる。

$$[5] \ln\left(\frac{Y}{L}\right)_t = \ln a + a_K \ln\left(\frac{\rho KP}{L}\right)_t + a_G \ln\left(\frac{KG}{L}\right)_t + U_t$$

⁵ 先駆的研究として Yoshida (1993) を、また、経済発展と社会資本の関係を特に戦後期に注目して分析した実証研究として吉野・中東 (2000) を挙げることができよう。

⁶ 社会資本は、(1)の場合、対価不払い生産要素型、(2)の場合、環境創出型とされる。

$$[6] \ln\left(\frac{Y}{L}\right)_t = \ln a + a_K \ln\left(\frac{\rho KP}{L}\right)_t + a_G \ln KG_t + U_t$$

$$[7] \ln\left(\frac{Y}{L}\right)_t = \ln a_t + a_K \ln\left(\frac{\rho KP}{L}\right)_t + a_G \ln\left(\frac{KG}{L}\right)_t + U_t$$

$$[8] \ln\left(\frac{Y}{L}\right)_t = \ln a_t + a_K \ln\left(\frac{\rho KP}{L}\right)_t + a_G \ln KG_t + U_t$$

本研究においては、推定式[1]～[8]によって、コブ＝ダグラス型生産関数を推定し、それぞれのケースで生産の社会資本弾力性が正の値となるか否かを検証する。時系列データを使用して回帰分析を行う際には、誤差項間に相関関係が生じる系列相関の問題が発生する可能性が高く、本研究においては、系列相関に対処するために、最尤法 (ML) による推定を行う。

また、本研究で使用されるようなマクロ時系列データは、上昇トレンドをもつ場合が多く、非定常となる可能性があることが知られている。非定常な性質をもつデータを使用して回帰分析を行った場合、「見せかけの回帰」(spurious regression) が生じる可能性がある。そのため、使用するデータの定常性を単位根検定によって検証する。そして、データの非定常性が確認された場合、長期的に変数間の安定的関係が存在することを確認するために、共和分検定を行う。

2.2 要素需要関数

理論的には、総生産が増加するにつれて、各生産要素の需要が増加するようなケースを考える事も可能である⁷。その場合、生産関数のみを最小自乗法によって推定すれば、説明変数と誤差項との間に相関が生じる同時方程式バイアスの問題が起り、推定されたパラメータの性

質が不偏性と一致性を失うことになる。また、社会資本の間接的効果の大きさを求めるためには、単一のコブ＝ダグラス型生産関数の推定だけでは不十分である。そのため、本研究においては、生産関数と要素需要関数 (民間資本、社会資本) を3段階最小自乗法 (3SLS) によって同時推定し、社会資本の直接・間接の効果を計測する⁸。労働の要素需要関数を省略したのは、戦前期を対象とした信頼度の高い賃金、労働時間等のデータを得ることが、現時点ではできないためである。

民間資本、社会資本の需要関数は、Dessus and Herrera (2000) を参考にして、以下のようにならそれぞれ定式化した。それら要素需要関数の定式化に際しては、加速度モデルの投資関数を想定した。

$$[9] \ln(\rho KP)_t = b_0 + b_Y \ln Y_t + b_{K-1} \ln(\rho KP)_{t-1} + U_t$$

$$[10] \ln KG_t = c_0 + c_Y \ln Y_t + c_{G-1} \ln KG_{t-1} + U_t$$

2.3 民間資本と社会資本の限界生産力

推定された生産関数のパラメータの値を使用して、民間資本と社会資本の限界生産力を推計することができる。そして、それらの限界生産力の推計値を比較することによって、社会資本が最適水準にあるか否かを確認することが可能となる。民間資本の限界生産力 MPK_t と社会資本の限界生産力 MPG_t は、推定された生産関数のパラメータの値を使用して、以下の式によって推計される。

$$MPK_t = a_K \left(\frac{Y}{KP}\right)_t \dots (2-2)$$

$$MPG_t = a_G \left(\frac{Y}{KG}\right)_t \dots (2-3)$$

社会資本の最適基準は、三井・井上 (1995) が導出した最適条件から、以下の基準を適用す

⁷ 経済発展の進行につれて必要となる社会資本の種類とその動向については、Yoshida (1993)、吉田 (2000) が詳しい。

⁸ 畑農 (1998) は、同様の視点で生産関数と労働需要・供給関数の同時推定を行った。

る⁹。

$$MPK_t \geq MPG_t \cdot \dots (2-4)$$

一般的に、資本の調達コストは、一国の信用力を背景とするために、民間資本よりも社会資本の方が低いと考えられる。また、資本の償却期間も社会資本の方が民間資本よりも長く、償却率も低いと考えられることから、(2-4) 式のような限界生産力の格差は資本コストの格差を反映した結果であると考えられ、この場合、資源配分からみて社会資本の水準は効率的であると解釈できる。

2.4 使用されるデータ

以下で、実証研究に使用されるデータの出所及び推計方法について説明しておく。

総生産 Y は、『長期経済統計 1 国民所得』に記載されている全部門 GDP 、非 1 次産業 GDP の値を使用した。労働力 L は、『長期経済統計 2 労働力』に記載されている全産業、非 1 次産業の有業者数の値を使用した。非 1 次産業の有業者数データは、1906 年以降しか利用することができないために、非 1 次産業の推定期間は 1906 年以降となる。以上の総生産、労働力については、政府部門を含む数値となっており、これらのデータを使用した推定を行うと、社会資本が純粋に民間部門の生産を促進する効果を推計することはできない。総生産と労働力について、政府部門、民間部門に分離したデータとして公表されているのは、純付加価値額と従業者数の値であり、推計データの整合性を保つことができないため、それらを使用した推計については、本論文の補論で試みることにした。

民間資本ストック KP と社会資本 KG は、『長期経済統計 3 資本ストック』に記載されたデータの、石渡 (1975) による修正値を使用した¹⁰。

ここでいう社会資本は中央、または地方政府部門が保有する資本ストックのことである。尚、生産に殆ど影響しないと考えられる軍事部門の資本は、推計の段階で控除されている。

本研究に使用される社会資本は、道路建設や治山治水等の公共土木によって形成された資本ストック、政府部門の生産者耐久施設、国鉄、地方政府の電気、ガス事業等の公的部門が保有する資本ストックであり、社会資本として使用する正当性は高いと考えられる。また、信頼できるデフレーターが作成が不可能であり、人件費と固定資本形成の区別をつけることが困難であることから、1 次産業部門の社会資本は石渡 (1975) の推計値には含まれていない点に注意が必要である。

また、非一次産業の民間資本に関しては、全部門の民間部門資本の値から『長期経済統計 3 資本ストック』に記載された 1 次産業資本の値を控除して推計した。稼働率 ρ は、尾高 (1975) が推計した値を使用した。稼働率のデータを得られるのが、1904 年以降に限られるため、全期間を対象とした分析には、稼働率を使用していない。以上の実証研究に使用される全てのデータは、1934~1936 年を基準とする不変価格で表されている。

3. 実証研究

3.1 コブ=ダグラス型生産関数の計測結果

前節で [1]~[8] のように定式化したコブ=ダグラス型生産関数のパラメータを最尤法によって推定した結果が表 1 である。表 1 の推定結果については、以下のようにまとめることができる。

(1) 資本生産性関数の推定式 [1]、[2] では、全部門、非 1 次産業部門の両部門において $\ln K$ 、 $\ln(KG/KP)$ のパラメータは 1% 水準で

⁹ 以下の解釈は匿名査読者の御指摘による。

¹⁰ 修正についての詳細は、石渡 (1975) を参照のこと。

表1 ML法による生産関数の推定

回帰式番号	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]
対象部門	全部門	全部門	全部門	全部門	全部門	全部門	全部門	全部門
期間	1885~1940	1885~1940	1885~1940	1885~1940	1885~1940	1885~1940	1885~1940	1885~1940
ln(L/KP)	-0.0008 [-0.0056]	0.3748 [1.6470]	0.8283 [3.3340]	0.4105 [2.5309]				
ln(KP/L)					0.6945 [3.1308]	0.6252 [2.7471]	0.5383 [3.2253]	0.5895 [3.6342]
ln(KG)		0.2868 [4.0410]		-0.4217 [-2.1868]		0.2868 [4.0410]		-0.4217 [-2.1868]
ln(KG/KP)	0.3064 [3.8336]		-0.3666 [-1.9596]					
ln(KG/L)					0.3064 [3.8336]		-0.3666 [-1.9596]	
タイムトレンド			0.0321 [3.7282]	0.0366 [3.7552]			0.0328 [3.7282]	0.0366 [3.7552]
定数項	-0.0010 [-0.0389]	-1.3149 [-4.0343]	-0.0363 [-1.7933]	1.8900 [2.1665]	-0.0010 [-0.0389]	-1.3149 [-4.0343]	-0.0363 [-1.7933]	1.8900 [2.1665]
決定係数	0.6592	0.6701	0.8276	0.8421	0.9363	0.9386	0.9721	0.9748
D.W.	1.9931	1.9926	1.9151	1.8979	1.9933	1.9926	1.9151	1.8983
サンプル数	56	56	56	56	56	56	56	56
回帰式番号	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]
対象部門	非1次産業	非1次産業	非1次産業	非1次産業	非1次産業	非1次産業	非1次産業	非1次産業
期間	1906~1940	1906~1940	1906~1940	1906~1940	1906~1940	1906~1940	1885~1940	1906~1940
ln(L/KP)	-0.0953 [-0.8616]	0.3469 [2.4170]	0.6788 [1.9975]	0.5437 [3.8166]				
ln(KP/L)					0.6989 [4.8233]	0.6531 [4.5511]	0.5693 [3.9050]	0.4563 [3.2035]
ln(KG)		0.2560 [5.6149]		-0.8407 [-2.3447]		0.2560 [5.6149]		-0.8407 [-2.3447]
ln(KG/KP)	0.3963 [5.1993]		-0.2481 [-0.9190]					
ln(KG/L)					0.3963 [5.1993]		-0.2481 [-0.9190]	
タイムトレンド			0.0216 [2.4270]	0.0580 [3.0457]			0.0216 [2.4270]	0.0580 [3.0457]
定数項	0.0241 [0.5767]	-1.1510 [-4.7334]	0.0194 [0.5680]	3.8584 [2.3543]	0.0241 [0.5767]	-1.1510 [-4.7334]	0.1935 [0.5680]	3.8584 [2.3543]
決定係数	0.3979	0.4437	0.5497	0.6851	0.7856	0.8046	0.8575	0.9106
D.W.	2.1280	2.1177	2.0688	2.0041	2.1280	2.1177	2.0688	2.0041
サンプル数	35	35	35	35	35	35	35	35

注) [] 内はt値、D.W. はダービー・ワトソン統計量 (以下同じ)

有意であり正の値となっている¹¹⁾。
 (2)タイムトレンド項を加えた資本生産性関数の推定式[3]については、(1)の結果とは逆に、全部門の場合には $\ln(KG/KP)$ のパラメー

タは10%水準で有意であるが、負の値となり、非1次産業部門の場合は有意にはならない。また推定式[4]については、全部門、非1次産業部門ともに $\ln KG$ のパラメータは5%水準で有意であるが、負の値となっている。

¹¹⁾ 以下のt検定はすべて両側検定の結果である。

(3)労働生産性関数の推定式[5]、[6]では、全

部門、非1次産業部門の両部門において、 $\ln KG$ 、 $\ln(KG/L)$ のパラメータは1%水準で有意であり正の値となっている。

- (4) タイムトレンド項が付加された労働生産性関数の推定式[7]、[8]では、(3)の結果とは逆に、全部門、非1次産業部門の両部門において $\ln KG$ 、 $\ln(KG/L)$ のパラメータは負の値となっている。これらのパラメータの中で非1次産業部門を対象とした推定式[7]の $\ln(KG/L)$ のパラメータは有意ではないが、その他の推定式の $\ln KG$ 、 $\ln(KG/L)$ のパラメータは5%水準で有意である。
- (5) 推定された全ての変数のパラメータが1次同次の理論的条件を満たし、かつ1%水準で有意である回帰式は、全部門を対象とした推定式[6]、非1次産業を対象とした推定式[6]である。
- (6) $D.W.$ は、1.90~2.13の範囲にあり、系列相関の影響は殆どないと考えてよい。

以上の観察結果から、戦前期の日本の経済発展において社会資本の生産力効果が確認されるか否かを検討してみよう。タイムトレンド項が付加された場合、生産の社会資本弾力性はマイナスの値となる。しかし、タイムトレンド項が付加されていないケースでは、生産の社会資本弾力性は、推定式のタイプに関わらず、有意に正の値をとっている。また、タイムトレンド項が付加された場合は、それが付加されない場合と比較して、生産の社会資本弾力性を示すパラメータの信頼度は低下する傾向があることが観察できる。

生産関数の推定に使用された総生産、労働、民間資本、社会資本についてそれぞれ単位根検定(Augmented Dickey-Fuller検定: ADF検定)を行うと、1%水準で単位根があるという帰無仮説を棄却することができない¹²。その

12 ADF検定の際のラグは1期とした。

ため、推定に使用されたデータは非定常であり、「みせかけの回帰」が生じる可能性がある。非定常である変数間の長期的関係を確認するためには、共和分検定(Engle-Granger検定)を行う必要がある。すべての推定式について共和分検定を行うと、1%水準で共和分関係にないという帰無仮説を棄却することができた¹³。また、ダービン・ワトソン統計量の値がゼロに近くなり、 t 値が極端に高くなるという「みせかけの回帰」の特徴が推定結果からは観察できないことから、「みせかけの回帰」は生じていないと結論づけてよい。

以上の結果から、社会資本の正の生産力効果が存在した可能性は高く、社会資本が戦前期の全部門、非一次産業部門の総生産の増大に寄与したことは、部門別、期間別の結果に変化が見られないことからからも、ほぼ確認されたとしてもよいであろう¹⁴。

3.2 成長要因の分析

以下では、生産関数の推定によって求められたパラメータの値を使用して、戦前期の日本の非1次産業の成長要因を分析する。戦前期の資本の稼働率統計が入手できるのは、1904年以後であり、また、社会資本の中に農業部門の社会資本が含まれていないことから、計測対象を非1次産業に限定し、対象時期も1906年以後として分析を行う。また、成長要因を計測する際には、説明変数のパラメータの信頼度が高く、タイムトレンド項を含まない[6]の推定結果を使用する。同じ労働生産性関数である[5]の推定結果も良好であるが、 $a_L < 0$ となっており、生産関数の理論条件を満たさないために、使用

13 共和分検定には通常の単位根検定の臨界値を使用することはできないために、Davidson and Mackinnon (1993)のtable 20.2に示された数値によって検定を行う。

14 ただし、タイムトレンド項が付加された際に、社会資本のパラメータが負の値をとることについては、他の要因も含めたもう少し詳しい解釈が必要であり、今後の課題としたい。

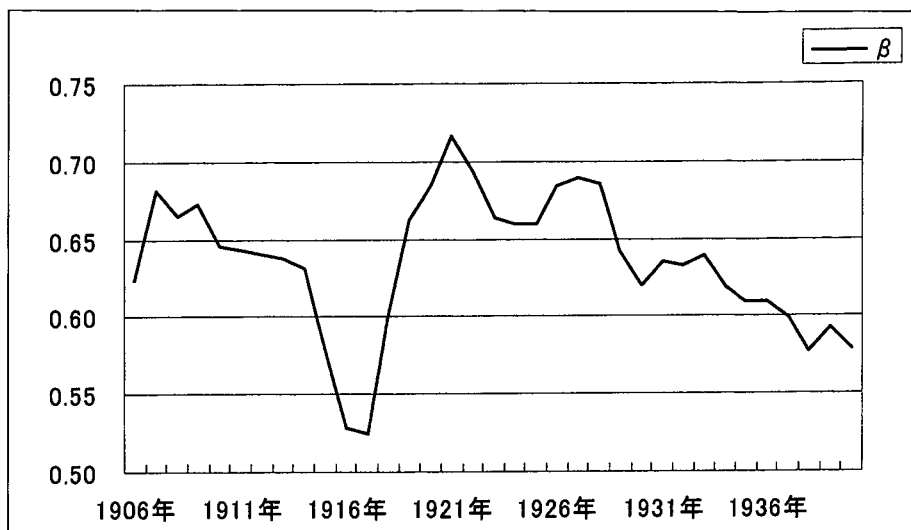


図1 労働分配率βの動向 (1906~1940)

することができない。

大川・小浜 (1993) は、戦前の日本の経済発展を 1919 年を境界としてそれ以前を第 1 局面、それ以後を第 2 局面に区分した分析を行っている。その局面区分は、産業構造と貿易構造の変化を考慮した基準によってなされており、その妥当性は高いと思われることから、本研究においても同様な局面区分を採用する。また、本研究においては、構造変化の検証を行うことが課題ではないために、構造変化の統計学的検証は行わない。これは、生産関数のパラメータが推定期間中一定であると仮定した分析を行うことを意味する。

以下では、[6]の推定結果を使用した分析を行うことの是非を、現実の労働分配率の動向と先行研究の結果から確認してみよう。南・小野 (1975) が計測した 1906~40 年の非 1 次産業の労働分配率の動向は、図 1 のように示される。図 1 によると、1906~40 年の期間に、日本の労働分配率は、異常値と呼べる期間 (1916 年前後) を除いて、約 0.6~0.7 の範囲にある。労働分配率と生産の労働弾力性が等しいならば、非 1 次産業を対象とした [6] の生産の労働弾力性の推定結果は、約 0.6~0.7 の範囲にあると

考えられる。[6]の推定結果によると、1 次同次の制約条件から、生産の労働弾力性は約 0.35 となり、労働分配率の値よりも低い値となっている。これは、非 1 次産業部門に近代的工業部門のみならず、伝統的中小企業や零細サービス業等の非資本主義的行動様式をとる部門が含まれる結果であると考えられる。戦前期の日本経済に伝統部門と近代部門が並存している二重構造が存在したことはよく知られており、そのことを示唆する結果となっている¹⁵。

また、先行研究における生産関数の推定値と比較することも可能である。石渡・尾高 (1975) は、1906~1938 年の期間で全部門を対象としたコブ=ダグラス型生産関数を推定し、以下のような結果となっている。

$$\ln Y = 4.444 + 0.539 \ln KP_{-1} - 0.184 \ln L + 0.061 t_1$$

(0.839) (2.846) (-0.138) (1.196)

$$+ 0.010 t_2 + 0.017 t_3$$

(0.737) (1.183)

$$\bar{R}^2 = 0.987, D.W. = 1.773$$

・・・ (3-1)

パラメータに 1 次同次の制約条件は課せられていないが、 $\ln KP_{-1}$ のパラメータは、1%水

¹⁵ 二重構造に関する理論的、実証的考察に関しては安場 (1980) 第 5 章を参照のこと。

表2 成長要因分析

	GY	GKP	GKG	GL	ak	ag
1906～1919	0.0446	0.0356	0.0486	0.0186	0.6531	0.2560
1920～1940	0.0479	0.0293	0.0509	0.0210	0.6531	0.2560
	Gy	akGk	agGKG	GR	akGk/Gy	agGKG/Gy
1906～1919	0.0261	0.0112	0.0124	0.0024	0.4284	0.4777
1920～1940	0.0269	0.0054	0.0130	0.0084	0.2020	0.4843
	GR/Gy					
1906～1919	0.0939					
1920～1940	0.3137					

注) G: 成長率、y: (Y/L)、k: (K/L)、ak: 生産の民間資本弾力性、ag: 生産の社会資本弾力性、GR=Gy-akGk-agGKG

準で有意であり、その値は0.539となっている。本研究の推定結果と比較して著しい格差はなく、[6]の推定結果を使用する事の正当性を確認することができる¹⁶。

本研究においては、大川・小浜(1993)による局面区分を採用し、第1局面(1906～1919年)と第2局面(1920～1940年)の労働生産性(Y/L)の成長要因をそれぞれ、推定されたパラメータの値を使用して、実証的に計測する。日本の非1次産業の成長要因を示したのが表2である。表2の結果から、非1次産業の労働生産性の成長要因について、以下のようにまとめられる。

- (1) 第1局面においては、労働生産性の成長率に対する社会資本の成長率の寄与率は約47.8%、第2局面においては、約48.4%となっている。
- (2) 第1局面においては、労働生産性の成長率に対する資本労働比率(K/L)の成長率の寄与率は約42.8%、第2局面においては、約20.2%となっている。

以上の観察結果から、社会資本の成長率が戦前期の非1次産業の労働生産性の成長率の約50%を説明していることが確認された。資本

¹⁶ 石渡・尾高(1975)は、あわせて、労働を省略した生産関数を推定しており、生産の民間資本弾力性は0.553となっている。

労働比率の成長率の寄与率が第1局面から第2局面へかけて約半分の値に低下したことを考えると、計測期間を通じて労働生産性の上昇に最も大きく寄与したと判断できる。また、残余GRの労働生産性の成長率への寄与率は、第1局面から第2局面へかけて大きく上昇しており、民間資本及び社会資本の成長率以外の要因も、第2局面において、労働生産性の成長に大きく貢献するようになったことが示されている。

3.3 連立方程式モデルの計測結果

本節では、連立方程式モデルの推定を行うが、まず、内生変数を民間資本のみと仮定して推定を行う。そして、内生変数に社会資本が付加されたケースの推定を行い、推計結果が安定的であるか否かを確認する。

3.3.1 民間資本が内生変数

1906～1940年の時系列データを使用して、非1次産業部門の労働生産性関数[6]と民間資本の需要関数[9]を3SLSで同時推定した結果が表3で示される。推定に際しては、外生変数である労働力L、社会資本KGと先決内生変数である前期の民間資本 KP_{-1} を操作変数として使用した。

全ての変数のパラメータは有意であり、決定係数も高く、[6]のD.W.がやや好ましくない

表 3 3SLS による推定結果(1)

回帰式番号	[6]	[9]
対象部門	非1次産業	非1次産業
期間	1906~1940	1906~1940
ln(KP/L)	0.7697 [4.2943]	
ln(KG)	0.2255 [5.2540]	
lnY		0.3572 [2.4860]
lnKP(-1)		0.5481 [3.0230]
定数項	-0.9982 [-4.4670]	0.4113 [2.1323]
決定係数	0.928	0.977
D.W.	0.834	1.530
サンプル数	35	35

のを除くと、良好な結果となっている。推定結果をみると、lnKG のパラメータの推定値は 0.2255 となっているが、この値は、連立方程式モデルの社会資本の総生産力効果を意味する値ではない。連立方程式モデルにおいては、社会資本の総生産力効果 A_G は、社会資本の直接的生産力効果と、社会資本の増加に誘発された民間資本の増加による間接的生産力効果の双方を含むものであり、連立方程式モデルを解く事によって、以下のように示すことができる。

$$A_G = \frac{a_G}{1 - a_K b_Y} \dots \dots (3-2)$$

また、社会資本の民間資本誘発効果 A_{GKP} は以下のように示される。

$$A_{GKP} = \frac{a_G b_Y}{1 - a_K b_Y} \dots \dots (3-3)$$

(3-2)、(3-3) 式にパラメータの値を代入して、社会資本の総生産力効果、民間資本誘発効果を計測した結果が表 4 で示される。

社会資本の総生産力効果は、0.3110 と正の値を示しており、連立方程式モデルにおいても社会資本に正の生産力効果が存在していることが確認された。また、社会資本の民間資本誘発効果は 0.1111 となっており、正の値を示している。この場合、社会資本が 10%増加すると、

表 4 直接・間接的生産力効果

回帰式番号	1906~1940	AG	AGKP
[6][9]	非1次産業	0.3110	0.1111

民間資本は 1%増加することになる。これは、政府により、社会資本の整備が進められることによって、民間資本の需要が誘発的に増加するような現象が戦前期の日本において生じていたことを意味する。

3.3.2 民間資本と社会資本が内生変数

発展途上国の経済発展が進行するにつれて、生産水準の上昇とともに必要とされる社会資本も質、量ともに高まると考えられ、特に、経済発展の進行が迅速な場合、社会資本不足が経済発展のボトルネックとなるような事態を想定することも可能である。本研究においては、ここまで、社会資本を外生変数として生産関数の推定を行ってきた。しかし、上記のようなケースでは、総生産から社会資本への逆の因果関係を考慮する必要がある。そしてこの場合、総生産から社会資本への影響を考慮した関数（社会資本需要関数）を、民間資本需要関数とあわせて、生産関数と同時推定する必要がある。1906~1940 年の非 1 次産業部門の労働生産性関数[6]と民間資本、社会資本の需要関数[9]、[10]を 3SLS で同時推定した結果は、表 5 のように示される。推定に際しては、外生変数である労働力 L と先決内生変数である前期の民間資本 KP_{-1} と社会資本 KG_{-1} を操作変数として使用する。また、パラメータに制約を課さずに推定した場合、社会資本需要関数のパラメータの t 値が低い値となり、信頼度の低い結果となった。そのため、[10]については、

$$c_Y + c_{G-1} = 1 \dots \dots (3-4)$$

のような 1 次同次制約をパラメータに課した推定を行った。尚、制約条件についての F 検定を行うと、 $F=1.750$ となり、 F 分布の有意水準 1%の臨界値を下回る結果となった。その結

表5 3SLSによる推定結果(2)

回帰式番号	[6]	[9]	[10]
対象部門	非1次産業	非1次産業	非1次産業
期間	1906~1940	1906~1940	1906~1940
ln(KP/L)	0.7207 [4.3165]		
ln(KG)	0.2359 [5.6264]		
lnY		0.3543 [2.5245]	
lnKP(-1)		0.5516 [3.1101]	
ln(KG(-1)/Y)			0.9536 [44.3327]
定数項	-1.0516 [-4.8024]	0.4090 [2.1376]	0.0611 [10.7635]
決定係数	0.929	0.977	0.987
D.W.	0.828	1.540	0.745
サンプル数	35	35	35

果、パラメータに制約条件を課すことが正しいとする帰無仮説を棄却することができないために、(3-4)式のような制約を課した推定が許容されることになる。

表5の結果は、表3の結果と同様に、全ての変数のパラメータは有意であり、決定係数も高く、D.W. がやや好ましくないのを除くと、良好な結果となっている。

推定式[10]のlnYのパラメータは、(3-4)式の関係から、 $1 - 0.9536 = \text{約} 0.05$ となり、正の値となる。このことから、非1次産業の生産が増加するにつれて、社会資本の需要が増加するような状態、すなわち、逆の因果関係の存在を想定することが可能であると確認できる。ただし、パラメータの値は約0.05と小さい値となっており、その影響力は限定的であると考えてよい。

社会資本の総生産力効果は、以下のように示される。

$$A_G = \frac{a_G c_{G-1}}{1 - a_K b_Y + a_G c_{G-1} - a_G} \dots (3-5)$$

また、社会資本の民間資本需要誘発効果は、以下のように示される。

$$A_{GKP} = \frac{a_G b_Y c_{G-1}}{1 - a_K b_Y + a_G c_{G-1} - a_G} \dots (3-6)$$

(3-5)、(3-6)式にパラメータの値を代入して、社会資本の総生産力効果、民間資本誘発効果を計測した結果が表6で示される。

表6 直接・間接的生産力効果

回帰式番号	1906~1940	AG(-1)	AG(-1)KP
[6][9][10]	非1次産業	0.3067	0.1087

注意を要するのは、表6では、KPに加えてKGが内生変数となるため、先決内生変数である1期前の社会資本 KG_{-1} が総生産、民間資本に与える影響が計測されていることであり、表4の結果とは多少意味が異なることである。しかし、その違いにも関わらず、基本的に、表4のケースとほとんど変わらない計測結果が出されていることが、表6でも確認することができる。

社会資本の総生産力効果は民間資本と社会資本を内生変数とした連立方程式モデルでは、間接的効果が加わるために、非1次産業を対象とした推定式[6]の推計結果よりは若干、高い値となっている。また、社会資本の民間資本誘発効果は、社会資本が内生変数である場合でも正の値となっている。

以上の結果から、戦前期の日本において、社会資本が整備されることによって、非1次産業の総生産が拡大したことが、生産要素の内生性を考慮した連立方程式モデルの推定によっても検証されたことになる。また、社会資本の整備によって、誘発的に民間資本の需要が増加する効果は正の値となっている。それは、社会資本が、それ自体が生産要素として、直接的に生産力の増加に貢献する効果が存在するのみならず、間接的に民間資本の需要を誘発的に増加させることによって、総生産を高めるような効果が存在していることが、戦前期の日本において確認されたことを意味する。

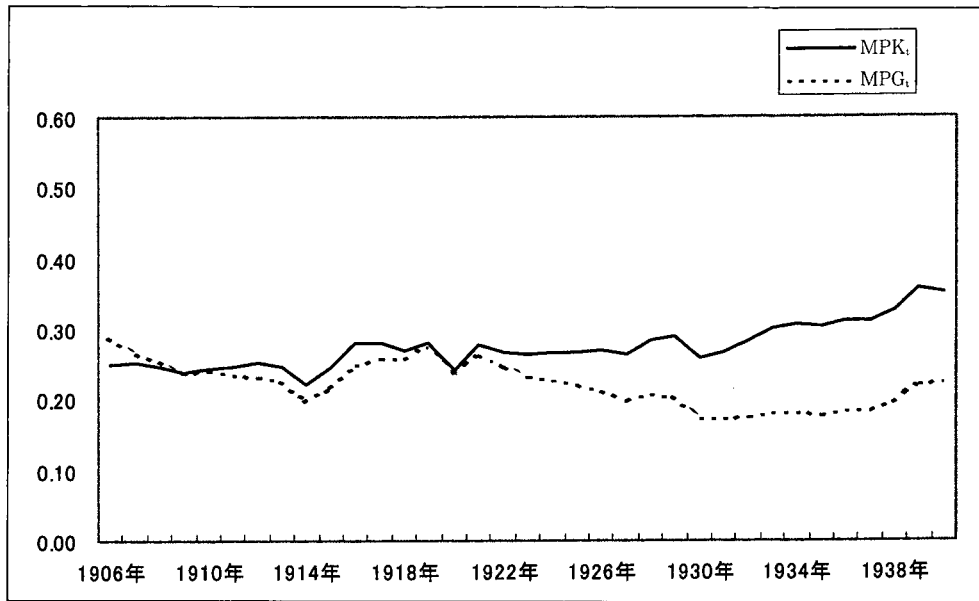


図2 民間資本と社会資本の限界生産力

3.4 社会資本の最適水準

前項までの分析で、社会資本に正の生産力効果が存在することが確認され、戦前期の非1次産業の効率性の上昇に大きな影響を与えていたことが明らかになった。最後に残された課題は、日本の社会資本の水準が適正水準にあったのか否かである。資源配分の効率性を無視して、大量の社会資本の整備を行えば、当然、総生産は増加する。しかし、そのような社会資本の非効率的増大は、民間資本の蓄積をクラウド・アウトして、適正な資源配分を阻害することにより、経済発展に悪影響を与える。

社会資本が資源配分からみて適正水準にあるのか否かについては、推定された生産関数のパラメータから推計された民間資本と社会資本の限界生産力の大きさを比較することによって確認することができる。民間資本と社会資本の限界生産力の推計結果は、図2のように示される。図2によると、第1局面である1910年以前はMPG_t（社会資本の限界生産力）はMPK_t（民間資本の限界生産力）を上回っており、相対的に社会資本が不足する状態になっていると考えられる。しかし、そのような状態は1910年前

後から急速に解消して、1920年頃までMPG_tとMPK_tは、ほぼ均等な値で推移する。日本の経済発展の第1局面においては、工業部門の発展の中心が伝統的な製糸業や綿工業のような繊維産業であり、それらと農業部門が、同時並行的に発展するような現象が、その特徴として観察される¹⁷。経済発展の初期局面において、社会資本が不足するような状態は、より一層の工業化の進展にとって、大きなボトルネックになると考えられるが、日本においては、社会資本の整備が急速に進み、そのような状態が解消したと考えられる。また、第1局面から第2局面への移行にともない、1920~1930年頃までMPG_tが急速に低下した結果、それ以後、

$$MPK_t > MPG_t \dots (3-7)$$

のような関係が、安定的に成立することになる。(3-7)式のような状態は、(2-4)式の条件を満足しており、社会資本が資源配分の点からみて効率的な水準にあると考えてよい。第2局面においては、軽工業が工業部門の主要産業である第1局面と異なり、重化学工業化が進行して

¹⁷ 大川・小浜（1993）第1章を参照のこと。

経済構造がより近代化していく。戦前期の日本の経済発展は、初期工業化局面から本格的工業化局面への移行過程であると考えられる。経済発展の成否を決める非常に重要な時期に、社会資本が資源配分の点からみて効率的な水準にあったことは、当時の日本政府による社会資本整備政策が、経済発展の進行にとって、生産力効果の点のみならず、資源配分の効率性の点からも評価に値するものであったことを示唆している。

4. 結論

社会資本が戦前期の日本の経済発展に果たした役割について、実証研究の結果から、以下のようによまとめることができる。

- (1) コブ=ダグラス型生産関数の推定の結果、戦前期の生産の社会資本弾力性は、有意に正の値をとるとする結果が多く観察されることから、社会資本に正の直接的生産力効果が存在することが示された。
- (2) 非1次産業の労働生産性の成長率に対する社会資本成長率の寄与率は、第1局面、第2局面ともに約50%となっており、戦前期を通じて、社会資本は効率性の上昇に非常に大きな役割を果たしたことが確認できる。
- (3) 連立方程式モデルの推定結果によると、社会資本には、直接的生産力効果が存在するのみならず、社会資本整備によって、民間資本需要を誘発的に増加させる間接的效果が存在すると考えられる。
- (4) 生産関数の推定によって求められたパラメータの値から民間資本と社会資本の限界生産力の大きさを比較した結果、第1局面の初期においては、社会資本が不足するような状態となっている。しかし、その後、そのような状態は急速に解消し、戦前期を通じて社会資本が最適な状態にあることが示される。戦後の日本経済を対象として、三井・井上

(1995) が推定した生産の社会資本弾力性は約0.25となっており、本研究の推定値とほぼ同じ値になっている。それは、戦前期に推定された生産の社会資本弾力性が、戦後期よりも特に高かったとは言えないことを意味する。ただし、この結果は、推計の対象とされる部門が、戦前期は非一次産業部門全体、戦後期は全民間部門となっており、双方の研究で異なっていることから、厳密な比較ではないことを確認しておきたい。実証研究の対象となる部門の範囲を一致させ、より厳密に、戦前と戦後の社会資本の生産力効果を比較することは、今後の課題としたい。

戦前期の日本の社会資本が生産力を増加させ、労働生産性の上昇に大きく寄与したことは、発展途上国の生産力と生産性を高めるために、社会資本整備が大きな役割を果たす可能性があることを示唆する。また、戦前期の日本に、社会資本の間接效果が存在したことは、同様の発展局面にある現在の発展途上国にとって、社会資本整備は、生産力効果のみならず、間接的效果をもあわせて期待できる点で大きな意味をもつ。ただし、本研究の推定結果によると、社会資本の民間資本誘発効果 A_{GKP} は、約0.1であり、その影響は限定的であると考えられることから、あくまで「間接的」なものであることを付け加えておく。

本格的工業化を遂げて経済発展を進行させるためには、社会資本整備を進める必要があるが、社会資本は、その整備に必要とされる技術水準が高く、より資本集約的であるために、発展途上国の要素賦存状態に適合しない場合が多いと考えられる。そのため、発展途上国が常に非効率性の罠に陥ってしまう可能性があることは、Dessus and Herrera (2000) 等、先行研究の結果が示唆している。特に東アジア・東南アジア諸国のように経済成長のテンポが著しく速い国においては、必要とされる社会資本の整備の

速度も迅速であることが求められるために、常に効率性の観点からのチェックが必要となるであろう。

しかし、戦前期の日本においては、第1局面から第2局面への移行を遂げ、経済発展を進めながらも、社会資本は最適水準を維持することが可能であった。このことは、局面移行を可能とした要因の一つとして大きく評価することができるが、社会資本を最適水準に維持することを可能ならしめた要因、及びその背景については、より詳細な分析が必要であり、今後の課題としたい。

近年においては、必要とされる社会資本も、質・量ともに戦前期の日本とは比較にならないような規模の社会資本整備が必要となっており、効率性を問うことの重要性は高まっていると考えられよう。しかし、社会資本の整備には生産面における直接・間接の貢献のみならず、国民生活の快適性、家計の満足度等を改善する効果も存在する。そのため、一概にその非効率性を批判し、その蓄積のテンポを遅らせることは、逆にその国の国民の生活水準を低下させてしまう可能性があり、特に発展途上国においては、その点に配慮した政策の実現が望ましいことを最後に付け加えておきたい。

補論 民間部門データを使用した推定

本研究で使用された非1次産業部門の総生産と労働力は、政府部門を含んだデータである。社会資本の整備が民間部門の生産活動に与える影響をより直接的に検証するためには、政府部門を含まない民間部門の総生産と労働力の数値を使用した推定を行う必要がある。ここでは、本研究で使用された民間・社会資本と大川・ロソフスキー[1973]と南・小野[1978]でそれぞれ推計されている非1次産業民間部門の純付加価値額、従業者数の時系列データを使用して[6]

を推定し、その結果を本研究の推定結果と比較してみる。もちろん、総生産額には民間部門の粗付加価値額のデータを使用することが望ましいが、本研究で使用される民間資本ストックと整合的な減価償却額のデータを得ることが、現時点では困難であるため、ここでは純付加価値額をそのまま使用した分析を行う。

推定式[6]の推計結果は、以下のように示される。

計測期間：1906～1940年 $n=35$

$$\ln \frac{Y}{L} = -1.1328 + 0.7788 \ln \frac{KP}{L} + 0.2621 \ln KG$$

(-3.5544) (6.5059) (4.5026)

$$\bar{R}^2 = 0.7269, D.W. = 2.0214$$

・・・(補-1)

各変数のパラメータはすべて有意に正の値となっており、良好な推計結果となっている。本研究の推計結果と(補-1)式を比較すると、生産の民間資本弾力性は、約0.1ポイント高い値となっているが、生産の社会資本弾力性は、ほぼ等しい値となっている。この結果は、総生産と労働力に民間部門のデータを使用しても、政府部門を含む場合と結論は、ほぼ変わらないことを意味している。また、(補-1)式の結果から、社会資本が民間部門の労働生産性の上昇に大きく貢献していることが、より直接的に確認されたと言えよう。

謝辞

本論文の作成にあたり早稲田大学教授鶴飼信一先生と東京女子大学教授白砂堤津耶先生からは丁寧な御指導を賜りました。二名の匿名査読者の先生方からも本論文を改善する上で非常に有益なコメントを頂戴致しました。また、拓殖大学教授吉田恒昭先生は御自身の学位論文を提供して下さいました。ここに心より御礼申し上げます。もちろん、ありうべきすべての誤りは筆者の責任です。

【参考文献】

- [1] Aschauer, David, Alan (1989), "Is Public Expenditure Productive," *Journal of Monetary Economics*, 23
- [2] Davidson, Russell. and Mackinnon, James, G (1993), *Estimation and Inference in Econometrics*, Oxford:Oxford University Press
- [3] Dessus, Sébastien and Herrera, Rémy (2000), "Public Capital and Growth Revisited: A Panel Data Assessment", "*Economic Development and Cultural Change*, 48
- [4] Hirshman, Albert, O (1958), *The Strategy of Economic Development*, New Haven: Yale University Press (麻田四郎訳『経済発展の戦略』巖松堂)
- [5] Jimenez, Emmanuel (1995), "Human and Physical Infrastructure: Public Investment and Pricing Policies in Developing Countries," in Behrman, J and Srinivasan, T, N ed., *Handbook of Development Economics Vol III*, Amsterdam: North-Holland
- [6] Ohkawa, Kazushi and Otsuka, Katsuo (1994), *Technology Diffusion, Productivity Employment and Phase Shifts in Developing Economies*, Tokyo: University of Tokyo Press
- [7] Ohkawa, Kazushi, Otsuka, Katsuo and Key, Bernard (1993) *Growth Mechanism of Developing Economies: Investment, Productivity and Employment*, Tokyo: International Development Center of Japan/International Center for Economic Growth
- [8] Yoshida, Tsuneaki (1993), *Japan's Experience in Infrastructure Development and Economic Growth: It's Relevance to Japan's Official Development Assistance*, A Paper Prepared on the Basis of the Doctoral Thesis Submitted to the University of Tokyo
- [9] 石渡茂 (1975)「民間設備投資と民間・政府部門別資本ストック」大川一司・南亮進編『近代日本の経済発展』東洋経済新報社
- [10] 石渡茂・尾高煌之助 (1975)「需要変動と趨勢加速」大川一司・南亮進編『近代日本の経済発展』東洋経済新報社
- [11] 井田知也・吉田あつし [1999]「社会資本の部門別生産力効果」『日本経済研究』38号
- [12] 大川一司・小浜祐久 (1993)『経済発展論』東洋経済新報社
- [13] 大川一司・ロソフスキー, H (1973)『日本の経済成長』東洋経済新報社
- [14] 大塚勝夫 (1990)『経済発展と技術選択』文真堂
- [15] 大塚勝夫 (1995)『比較経済発展論』早稲田大学出版部
- [16] 尾高煌之助 (1975)「資本稼働率」大川一司・南亮進編『近代日本の経済発展』東洋経済新報社
- [17] 北坂真一 (1999)「社会資本と民間資本の代替・補完性」『国民経済雑誌』179巻5号
- [18] 中村隆英 (1971)『戦前期日本経済成長の分析』岩波書店
- [19] 根本二郎・河村真・釜田公良 (1994)「社会資本の最適水準」奥野信宏・焼田党・八木匡編『社会資本と経済発展』名古屋大学出版会
- [20] 畑農鋭矢 (1998)「社会資本とマクロ経済の生産能力」『一橋論叢』119巻6号
- [21] 三井清・井上純 (1995)「社会資本の生産力効果」三井清・太田清編『社会資本の生産性と公的金融』日本評論社
- [22] 南亮進・小野旭 (1975)「非1次産業の要素所得と分配率」大川一司・南亮進編『近代日本の経済発展』東洋経済新報社
- [23] 南亮進・小野旭 (1978)「要素所得と分配率の推計」『経済研究』29巻2号
- [24] 南亮進 (1992)『日本の経済発展』東洋経済新報社
- [25] 安場保吉 (1980)『経済成長論』筑摩書房
- [26] 吉田恒昭 (2000)「日本のインフラ整備の経験と開発協力」『開発金融研究所報』11月増刊号
- [27] 吉野直行・中島隆信・中東雅樹 (1999)「社会資本のマクロ生産効果の推計」吉野直行・中島隆信編『公共投資の経済効果』日本評論社
- [28] 吉野直行・中東雅樹 (1999)「社会資本の経済効果」『開発金融研究所報』11月増刊号

(もりわき しょうた
早稲田大学産業経営研究所 特別研究員)

結合生産財市場の自律的調整と加速的調整の可能性

Autonomous vs accelerated market adjustments in the presence of joint production

キーワード：結合生産、競争均衡、繰り返しオークション、ニュートン法

西村 一彦

複数の財を結合生産する主体においては、ある財の限界費用は、他の財の市場価格に依存する。結合生産主体が複数存在する場合、各財の競争均衡価格は、各々の財市場において、実際の財の取り引きに先立ちオークションを繰り返すことによって決定することが可能である。しかし、各主体における複数の財の生産性に関する相互依存性が強い場合、市場価格が均衡に収束するまでに膨大なオークションの繰り返しが必要となり、実際の取り引きを限られた時間内に競争均衡価格で行うことが困難となる。本論では、このような場合に対して、各々の財に関するオークションの動向から競争均衡価格の推定を行い、結果を各生産主体にフィードバックさせることで、競争均衡価格を効率的に実現する手法を述べる。

- 1. はじめに
- 2. 複数財生産者間の繰り返しオークション
- 3. 二財二主体のモデルとシミュレーション
- 4. おわりに

1. はじめに

本論では、複数財生産（結合生産）の技術的特徴に注目することで、複数の財に関して各々独立に存在する市場の動向から有益な情報を抽出し、それを各々の市場にフィードバックすることで、市場に元来備わっている調整機能を強化する方法を検討する。結合生産は一般的には、「同時に複数の財が生産される生産プロセス」と定義される。本論ではさらに、一定の投入に対して結合生産される複数の財の生産量を調節することが可能である場合¹を想定する。

生産主体において結合生産が採用される理由は、別々に生産を行うよりも有利であるからに他ならない。この性質を換言すれば、生産主体の費用が生産量の組に対し劣加法的（subad-

ditive [3, 5]) であるということになる。後述するが、費用が生産規模に対して逓増的でありかつ、あらゆる生産量の組に対して劣加法的であれば、費用関数は、生産量の凸関数であることができる²。このとき、結合生産を行う主体の（一定の費用の下での）生産可能性フ

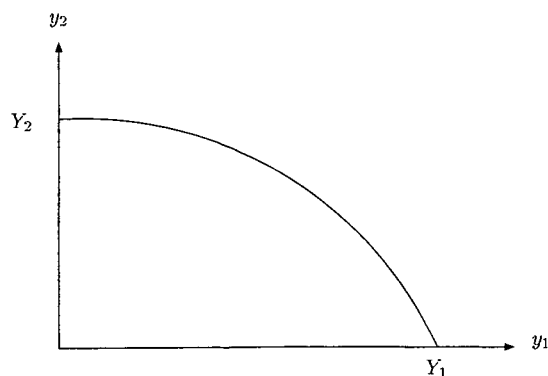


図1 結合生産主体の生産可能性フロンティア

¹ 調整が可能でない場合は、可能である場合の一種として扱うことが可能である。

² 換言すれば、範囲の経済性はあるが、規模に関する経済性はない場合が相当する。

ロンティアは、図1に示すような形状をしていることになる。

本論であつかう結合生産の一例として発電が挙げられる。発電設備は、ピーク電力やオフピーク電力といった複数の財を、同一の発電機または発電システムで供給することが可能であり、ピークとオフピークで別々に発電するよりも、両方を同時に（連続的に）発電する方が起動のたびに点火する手間が省け、両方の財に関して生産性が高い。図の財1、2がそれぞれピーク電力、オフピーク電力に対応するとすれば、 Y_1 はオフピーク時に発電を全く行わないときに生産可能なピーク電力量であり、 Y_2 はピーク時に発電を全く行わないときに生産可能なオフピーク電力量ということになる。当然、（直線 Y_1 Y_2 に沿って）別々に発電するよりも、（生産可能性フロンティアに沿って）同時に生産した方が有利である³。

また、二酸化炭素などの排出権が市場で取引されるようになれば、発電は、電力と排出権という二つの財を結合的に生産することになる。図の財1、2がそれぞれ排出権と電力に対応するとすれば、 Y_1 は発電を全く行わないときに生産（供給）可能な排出権の量であり、 Y_2 は排出権の供給を完全に諦めねばならない電力の生産量ということになる。電力の生産量が小さい段階ではクリーンな発電機を用いるため、対価として諦めねばならない排出権の量はそれほどでもないが、電力の生産量が大きくなるにつれて諦めねばならない排出権の量は多くなるという特徴は、結合生産主体の生産可能性フロンティアの形状と整合的である。

結合生産の特徴は、各々の財の生産性がそれを除く他の財の生産量に依存して決まるという

生産財間の「相互依存性」にあるということができる。生産主体が自身の生産する財を市場に供給する際、売値を提示する必要があるが、結合生産主体の場合には、ある財の売値を決めるために、それを除く他の財の売値（市場価格）が予め必要となる。さらには、本来売値を決定すべきは、他の財がいくらであるという条件付きの「この財」ということになるが、組み合わせが膨大に存在する条件付財すべてに対する正しい入札が実行可能であるとは考えにくい⁴。したがって、売値を決定する最も現実的な方法は、当該財以外の財の市場価格を暫定的に所与として、売値を決定することである。

市場が競争均衡にあるならば、一つの競争均衡価格が各々の財に関して定まっていることになる。したがって、競争均衡では、結合生産主体がある財の売値を提示する際、いみじくも暫定的に所与とした他の財の市場価格が競争均衡価格であり、自身が提示する当該財の売値もまた競争均衡価格となっていなくてはならない。競争均衡価格による取り引きは、社会厚生の面（パレート基準）から見て望ましいため、競争均衡価格を各財について決定する必要がある。そこで、実際の取り引きに先立って、各生産主体が提示する売値によって入札を行い、そこで決定した暫定的市場価格を次回の入札のための暫定的市場価格に用いてさらなる入札を繰り返すという繰り返しオークション [7] により、競争均衡価格を決定するという方法が考えられる⁵。このプロセスが収束した状態が、競争均衡状態に他ならないからである。

複数財間の相互依存性が強い場合、繰り返しオークションが収束するまでに多くの繰り返し

³ 結合生産の例は他にも石油精製プロセスなどがある。これは、蒸留塔に原油を投入することで、ナフサ、ガソリン、軽油、重油などが同時に生産されるうえ、条件を変えることにより、蒸留される各成分の生産量をある程度調節することが可能である。

⁴ 詳細は、例えば [6] を参照のこと。

⁵ 繰り返しオークションは、相互依存関係にある複数財の取引において一般的に用いられる方法である。携帯電話などの周波数帯域 [4] を例に取れば、ある町のある帯域のライセンスは、他の町で同じ帯域を持っているものにとっては、より価値が高いという相互依存性がある。

を必要とする可能性が大きい。さらに、結合生産主体が（電力のように）複雑な生産システムを保有している場合、一回の入札価格を決定するには相当の時間がかかることになる。これは、（電力のように）一定時間内に価格を決定して取引を執行しなければならない場合には、社会厚生 の側面からは大きな問題となる。このような場合、繰り返しオークションにおいて各主体が所与とする暫定的市場価格を、オークションの主催者（auctioneer）が適切に誘導することによって、競争均衡価格をより少ないオークションの繰り返しで実現できる可能性がある。本論では、オークション主催者による価格の適切な誘導方法の一つを提案する⁶。

議論のエッセンスを明確にするため、本論で扱うオークションでは、複数財に関する価格に対して非弾力的な需要に対して結合的に生産を行い供給を行おうとする売り手（結合生産主体）と、売り手間の調整を無償で行う公的なオークション主催者がいて、各財の供給価格が、財ごとに独立した市場における繰り返しオークションによって決定される場合を考える⁷。その際、オークションに参加する結合生産主体は何れも市場支配力がないものとし、秘密入札によって限界費用に近い供給価格を繰り返し入札するものとする⁸。各財に関する各オークションでは、板合せ仕法などによって暫定的市場価格が一意に決定されるものとするが、主催者は独立に行われる各財のオークション結果を直接公表せず、公的観点から何らかの操作を加えることができ

⁶ 条件付財市場の創設による市場機能の強化という考え方に基けば、組み合わせ入札（combinational bids [6, 9]）の導入によるオークションの効率化が考えられるが、本論では組み合わせ入札の実行が困難である場合に対して、主催者側による価格の誘導という方法を検討する。

⁷ すなわち、組み合わせ入札はないものとする。

⁸ 市場支配力がある場合でも、第二価格秘密入札 [11] などのプロトコルの設計によって限界費用に近い価格の入札を促すことは可能である。（ただし、数量の選択が可能である場合には、問題は複雑化する [8]。）何れにせよ本論では、オークションの参加者同士の相互依存関係、なにかんづく戦略的行動のインセンティブがない場合を想定している。

るものとする。

各主体が限界費用を繰り返し入札することを通じて、各財に関する需要と供給が一致するまで価格および数量が調整されるプロセスは、ワルラス型オークション（tâtonnement [10]）であるということもできる。したがって本論で扱う問題は、ワルラス型オークションの特殊ケースであるということになるが、なかでも結合生産主体間の取引の動学を扱った先行研究は見あたらない。

そこで本論ではまず、結合生産主体の生産技術が、競争的枠組みに矛盾しない特徴を持っている場合、費用関数が狭義凸関数となり、各財の繰り返しオークションにおいて常に限界費用を入札する場合、主催者の介入なしに自律的に競争均衡を実現できることを示す。次いで、各オークションのラウンドにおいて決定する各財の暫定価格から、費用関数の線形近似を導き、ニュートン/ラフソン法と同様の方法で競争均衡価格を推定する方法を述べる。最後に、二財二主体モデルを導入し、計算機シミュレーションによって、実際にこのような線形近似法が自律的な収束に任せる場合に比べて競争均衡を早期に実現できることを示す。

2. 複数財生産者間の 繰り返しオークション

まず、結合生産主体による繰り返しオークションをモデル化しよう。全部で n 種類の財を結合生産する主体の生産量（ベクトル）を $y \in R^n$ 、費用関数を $c(y) : R^n \rightarrow R^1$ とかくことにする。

補題 1. 生産規模に関して費用逦増的でありかつあらゆる生産の組に対して劣加法的である費用関数 $c(y)$ は、狭義凸関数である。

証明. あらゆる生産の組 y, y' に対して劣加法

的であることから、 $c(y+y') \leq c(y) + c(y')$ である。これより、任意の $\lambda \in [0, 1]$ に対して、 $c(\lambda y + \{1-\lambda\}y') \leq c(\lambda y) + c(\{1-\lambda\}y')$ である。一方、 $c(y)$ が生産規模に関して費用逓増的であるとは、 $\lambda \in [0, 1]$ に対して、 $c(\lambda y) < \lambda c(y)$ あるいは、 $c(\{1-\lambda\}y') < \{1-\lambda\}c(y')$ となることだから、結局狭義凸性の条件 $c(\lambda y + \{1-\lambda\}y') < \lambda c(y) + \{1-\lambda\}c(y')$ を得る。(QED)

本節では n 個の財を結合生産する主体が m 個 (人) 存在し、各主体 k は、その生産量 $y_k \in R^n$ に対して費用関数 $c_k(y_k)$ を持つときの繰り返しオークションを考察する。このとき、各財のオークションで主体 k が限界費用での入札を行うものとすれば、主体 k の入札価格 $p^k \in R^n$ は、 $p^k = \nabla c_k(y_k)$ と表される⁹。ところが、繰り返しオークションの一つのラウンドで決定される価格は一意であり、これを $p \in R^n$ とすると、次項の成立が必要である。

$$p = \nabla c_k(y_k) \quad k = 1, \dots, m \quad (1)$$

ここで、(1) の逆写像 $h_k: p_k \rightarrow y_k$ を導入しよう。

$$y_k = h_k(p) \quad k = 1, \dots, m \quad (2)$$

これは、あるラウンドで決定した p のもとで、各主体 k が行う生産 y_k を表すものである。したがって、全体での生産 (供給) 量は $y = \sum_{k=1}^m y_k$ ということになる。

一方、 n 個の財に関して価格に対して非弾力的な需要を $X \in R^n$ としよう。もしある財に関して供給よりも需要の方が超過している場合、次のラウンドではその財の価格は上がり、逆に供給が超過している財の価格は下がることになる。このような変化が連続的に起こるとすれば、繰り返しオークションのダイナミクスは次のような自律系の微分方程式に換言される。

$$\dot{p} = z(p) = X - \sum_{k=1}^m h_k(p) \quad (3)$$

一方、(1) および (2) を全微分することに

より、次項を得る。

$$dp = \nabla^2 c_k(y_k) dy_k$$

$$dy_k = \nabla h_k(p) dp$$

したがって、

$$\begin{aligned} dy_k dp &= dy_k \nabla^2 c_k(y_k) dy_k \\ &= dp \nabla h_k(p) dp \end{aligned}$$

を得るが、補題 1 より、 $\nabla^2 c_k(y_k)$ は正値定符号でなくてはならないので、結局如何なる dp に対しても $dp \nabla h_k(p) dp > 0$ であることになり、したがって、 $\nabla h_k(p)$ もまた正値定符号であることになる。さらに、 $\nabla^2 c_k(y_k)^{-1} = \nabla h_k(p)$ であることから、 $\nabla h_k(p)$ は対称行列であることがわかる。

さて、本節の目的の一つは、(3) の安定性の吟味である。そこで、行列 $\nabla z(p)$ の安定性を検討しよう。(3) より、次項を得る。

$$\nabla z(p) = - \sum_{k=1}^m \nabla h_k(p)$$

正値定符号行列の和もまた正値定符号であることから、 $\nabla z(p)$ は負定ということになる。したがって、 $\nabla z(p)$ の固有根 (の実部) はすべて負であることになり、行列 $\nabla z(p)$ は安定であることになる。したがって、リアプノフの直接法 [2] によれば、結局 (3) は漸近安定であると結論づけられる。

さらに、(3) の均衡解を自律的ではなく、最も単純な線形近似の繰り返しによって求める方法を検討しよう。均衡解は $\dot{p} = 0$ の状態であるから、求めるべきものは、 n 次元の非線形方程式系

$$z(p) = X - \sum_{k=1}^m h_k(p) = 0$$

の解であり、これは次のようなニュートン/ラフソン法のアルゴリズム [1] によって求めることができる。

アルゴリズム

1. 初期点 $p^0 \in R^n$ を決め、 $r=0$ として 2 へ。
2. $p^{r+1} = p^r - \nabla z(p^r)^{-1} z(p^r)$ として 3 へ。
3. $r=r+1$ として 2 へ戻る。

⁹ ここで、 ∇ は一階偏微分を表す記号とする。

オークションの主催者は各ラウンド r における $z(p^r)$ をモニターすることができるから、異なるラウンドにおける $z(p)$ の違いからステップ2の $\nabla z(p^r)$ の近似値を求めることが可能である。したがって、上記のアルゴリズムの手順にしたがって生成される p^r を繰り返しオークションにおける暫定的市場価格としてアナウンスすることによっても、競争均衡を実現することができる。もし、自律系(3)よりも、このような外的調整によるの方が少ないラウンド数で均衡に到達するのであれば、オークションの主催者による積極的な価格の誘導によって、社会厚生観点から効率的な取引を効率的に実行できることになる¹⁰。

3. 二財二主体のモデルとシミュレーション

本節では、 $n=2, m=2$ として繰り返しオークションをより詳細にモデル化し、計算機シミュレーションを行う。そこでまず、各ラウンドにおける数量と価格の組み合わせによる入札を検討する。財1のオークションにおいて数量と価格が同時に入札される場合、財2の価格 p^2 を所与として需要 X^1 をちょうど満たすような価格 p^1 が、各ラウンドにおいて決定することになる。当然財2に関しても同様である。

いま、財 j の価格 p^j を所与とする主体 k が、財 i に関する入札価格 p^j に対して組み合わせる財 i の数量を $h_k^i(p^i; p^j)$ と表すものとすれば、繰り返しオークションにおけるあるラウンドで決定される財の価格 p^1, p^2 は、次の連立方程式において $y^1=y^2=0$ となる解である。

$$y^1 = h_1^1(p^1; p^2) + h_2^1(p^1; p^2) - X^1$$

¹⁰ 自律系(3)は連続プロセスであって、微小な価格調整の繰り返しを前提としているため、現実の離散的な繰り返しオークションの世界においては非常に多くのラウンドの繰り返しを意味する。(3)は、離散プロセスでも表現できるが、その場合調整速度を適切に選ばないかぎり収束するとは限らない。

$y^2 = h_1^2(p^2; p^1) + h_2^2(p^2; p^1) - X^2$
これをまとめて次のようにかくことにする。

$$y^1 = h^1(p^1; p^2) - X^1$$

$$y^2 = h^2(p^2; p^1) - X^2$$

全微分により、次項を得る。

$$\begin{bmatrix} dy^1 \\ dy^2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h^{11} & h^{12} \\ h^{21} & h^{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} dp^1 \\ dp^2 \end{bmatrix} \quad (4)$$

但し、 $h^{ij} = \frac{\partial h^i}{\partial p^j}$ 、($i, j=1, 2$)である。当然、繰り返しオークションの均衡は、 $dy^1=dy^2=0$ となる点である。

一方、限界費用での入札が行われることから、(1)同様、次項を得る。

$$p^1 = \frac{\partial c_k(y_k^1, y_k^2)}{\partial y_k^1} \quad k=1, 2 \quad (5)$$

$$p^2 = \frac{\partial c_k(y_k^1, y_k^2)}{\partial y_k^2}$$

全微分により、次項を得る。

$$\begin{bmatrix} dp^1 \\ dp^2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} c_k^{11} & c_k^{12} \\ c_k^{21} & c_k^{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} dy_k^1 \\ dy_k^2 \end{bmatrix} \quad (6)$$

但し、 $c_k^{ij} = \frac{\partial^2 c_k}{\partial y_k^i \partial y_k^j}$ 、($i, k, j=1, 2$)である。

さらに、(5)の逆写像として h_k^i が定義されるから、

$$y_k^1 = h_k^1(p^1, p^2)$$

$$y_k^2 = h_k^2(p^1, p^2) \quad k=1, 2$$

全微分により、次項を得る。

$$\begin{bmatrix} dy_k^1 \\ dy_k^2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_k^{11} & h_k^{12} \\ h_k^{21} & h_k^{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} dp^1 \\ dp^2 \end{bmatrix} \quad (7)$$

但し、 $h_k^{ij} = \frac{\partial h_k^i}{\partial p^j}$ 、($i, k, j=1, 2$)である。

ここで、(6)の左から $[dy_k^1, dy_k^2]$ をかけたものと、(7)の左から $[dp^1, dp^2]$ をかけたものは等しいことと、(6)の行列が(c_k の狭義凸性により)正値定符号であることから、(7)の行列もまた正値定符号となることがわかる。さらに、(6)の行列がヘッセ行列でありしたがって対称行列であることと、(6-7)より、

$$\begin{bmatrix} h_k^{11} & h_k^{12} \\ h_k^{21} & h_k^{22} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} c_k^{11} & c_k^{12} \\ c_k^{21} & c_k^{22} \end{bmatrix}^{-1} \quad k = 1, 2$$

であることから、(7) の行列は対称行列であることがわかる。

ここで、 $y^1 = y_1^1 + y_2^1$ 、 $y^2 = y_1^2 + y_2^2$ および (4) より、次項を得る。

$$\begin{bmatrix} h^{11} & h^{12} \\ h^{21} & h^{22} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_1^{11} & h_1^{12} \\ h_1^{21} & h_1^{22} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} h_2^{11} & h_2^{12} \\ h_2^{21} & h_2^{22} \end{bmatrix}$$

したがって、(4) の行列も、正値定符号かつ対称行列である。

さて、財 i に関する繰り返しオークションのあるラウンドの結果は、 $dy^i = 0$ となる状態に他ならない。したがって、 (p^1, p^2) 上の相空間は、(4) より、次の等変位線から求められる。

$$\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h^{11} & h^{12} \\ h^{21} & h^{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} dp^1 \\ dp^2 \end{bmatrix} \quad (8)$$

すなわち、任意の (p^1, p^2) に対して、財 i に関する価格と数量の組み合わせを入札し決定する財 i 価格は、 $dy^i = 0$ となる等変位線上にある。(8) より、各等変位線は次のように表される。

$$\frac{dp^2}{dp^1} = -\frac{h^{11}}{h^{12}} = a \quad (dy^1 = 0)$$

$$\frac{dp^2}{dp^1} = -\frac{h^{21}}{h^{22}} = b \quad (dy^2 = 0)$$

行列 h^{ij} 、 $(i, j=1, 2)$ の正値定符号性から、

$$h^{11} > 0, \quad h^{22} > 0,$$

$$h^{11}h^{22} - h^{12}h^{21} > 0$$

これより、次の二つの場合に限られる。

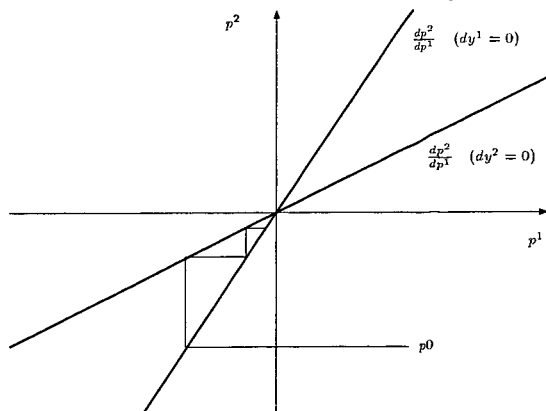


図2 相空間 (場合1)

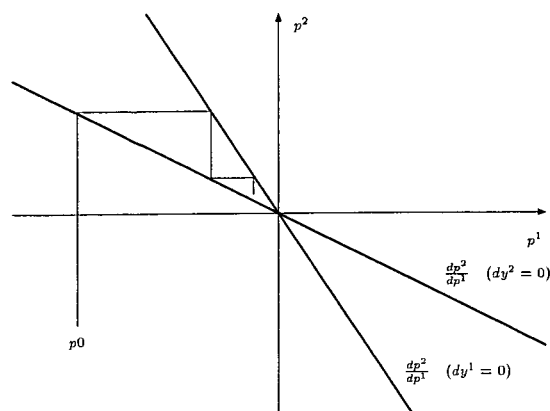


図3 相空間 (場合2)

1. $h^{12} = h^{21} > 0$ のとき、 $a > b > 0$

2. $h^{12} = h^{21} < 0$ のとき、 $0 > b > a$

したがって、 (p^1, p^2) 上の相空間は図2、3のような場合に限られる。また、このような場合、均衡解の周りの何処が初期点でも、財別に順次的 (sequential) な繰り返しオークションが均衡解 (原点) に収束することがわかる。

次に、このような繰り返しオークションの計算機シミュレーションを行う。本論で用いた費用関数は、次のようなものである。パラメータは、表1にまとめてある。尚、これらは狭義凸性の条件をみたしている。

表1 パラメータ値

	α^1	α^2	β	γ	δ
主体1	1.2	1.0	1.0	1.3	2.7
主体2	1.5	1.0	1.3	1.0	2.5

$$c(y^1, y^2) = \left\{ \left(\frac{y^1}{\alpha^1} \right)^\beta + \left(\frac{y^2}{\alpha^2} \right)^\gamma \right\}^\delta$$

まず、初期値 $(p^1(0), p^2(0))$ を与え、この価格の下での入札数量 $(y_k^1(0), y_k^2(0))$ を (5) を通じて求める。次に (5) において、 $p^2 = p^2(0)$ 、 $X^1 = y_1^1 + y_2^1$ が成り立つような p^1 を求め¹¹、 $p^1(1) = p^1$ とおく。これは、各主体とも財1に

¹¹ 方程式は全部で5つで、未知数は $p^1, y_1^1, y_2^1, y_1^2, y_2^2$ の5つである。

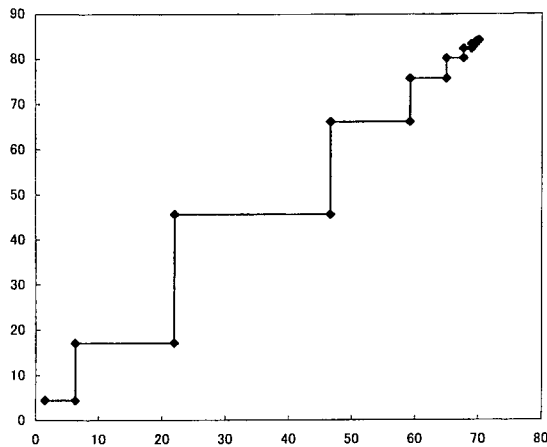


図4 繰り返しオークションの自立的収束

関して価格と数量とを入札し、全体の需要をちょうど賄う価格が決定することに相当する。 p^2 についても同様の操作を行い、 $p^2(1)$ を求める。さらに、次のラウンド ($r=2$) に進み同様に ($p^1(2), p^2(2)$) を求めるということを繰り返す。本論で用いたパラメータに基づくモデルのシミュレーション結果を図4に示す。尚、需要量として $(X^1, X^2) = (10, 10)$ を用いた。初期点は、 $(p^1(0), p^2(0)) = (1, 1)$ を用いた。

最後に、線形近似による均衡推定による価格誘導を伴う繰り返しオークションを考察する。まず、上記の自律的な繰り返しオークションによる価格変化を、次のような動的システムで表すことにする。

$$p(r+1) = A(p(r)) \quad (9)$$

均衡解は $0 = p - A(p)$ の解である。一方、各ラウンドのオークションで得られた結果からニュートン/ラフソン法によって均衡推定を行い、その結果を次のオークションのラウンドの価格に用いるというプロセスは、次のように表される。

$$\pi(r+1) = \pi(r) - [I - \nabla A(\pi(r))]^{-1} \{ \pi(r) - A(\pi(r)) \} \quad (10)$$

ただし、 $\pi(r)$ は均衡推定 (によって価格誘導) を行うプロセスにおけるラウンド r での価格を

表す。このプロセス (10) を実行する際、 $\nabla A(\pi(r))$ の推定が必要となるが、本論では、これを $(\pi^1(r), \pi^2(r))$ と、 $(\pi^1(r+1), \pi^2(r+1))$ から、次のように作成した。

$$\nabla A(\pi(r)) = \begin{bmatrix} a^{11}(r) & a^{12}(r) \\ a^{21}(r) & a^{22}(r) \end{bmatrix}$$

ただし、 ∇h の対称性を考慮し、次のように決定した。

$$a^{11}(r) = \frac{\Delta \pi^1}{\Delta \pi^1} = 1$$

$$a^{12}(r) = a^{21}(r) = \left\{ \frac{\Delta \pi^1}{\Delta \pi^2} + \frac{\Delta \pi^2}{\Delta \pi^1} \right\} \frac{1}{2}$$

$$a^{22}(r) = \frac{\Delta \pi^2}{\Delta \pi^2} = 1$$

$$\Delta \pi^1 = \pi^1(r+1) - \pi^1(r)$$

$$\Delta \pi^2 = \pi^2(r+1) - \pi^2(r)$$

自律的な繰り返しオークションのモデル (9) に対して、上記の方法で均衡推定によって価格誘導を行う繰り返しオークションのモデル (10) の、均衡への収束の様子を図5に示す。ただし、横軸に $p^1(r)$ または $\pi^1(r)$ 、縦軸に $p^2(r)$ または $\pi^2(r)$ をとっている。ここでは (9) による収束 (図4と同じだがここではオークションのラウンド毎の軌跡を示す) を四角で、(10) による収束を丸で表している。図5の収束性を比較するために、縦軸に均衡点からのユークリッドノルムをとり、横軸には繰り返しオークションのラウンド数をとったものを図6に

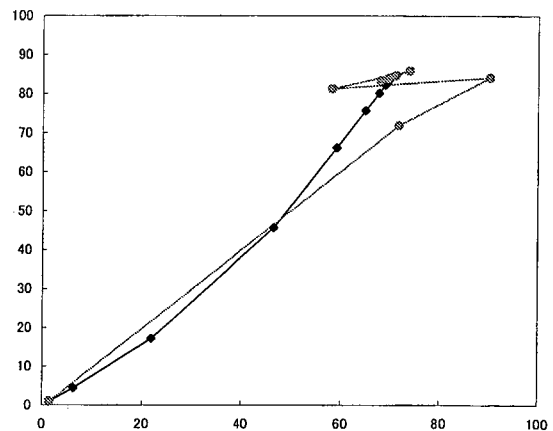


図5 均衡推定を伴う繰り返しオークション

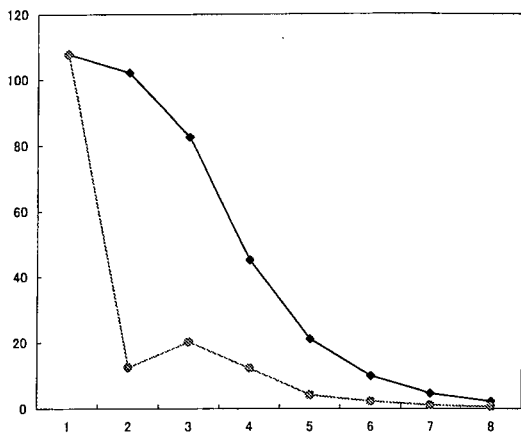


図6 収束性の比較

示す。この例によれば、明らかに均衡推定を行う繰り返しオークションの方が、効率的に少ないラウンドで均衡に接近しており、その有効性を示すことができた。

4. おわりに

複数の財を結合生産する主体において、複数の財の生産性に関する相互依存性が強い場合、市場価格が均衡に収束するまでに、膨大なオークションの繰り返しが必要となり、実際の取り引きを限られた時間内に競争均衡価格で行うことが困難となる。本論では、このような場合に対して、各々の財に関するオークションの動向から競争均衡価格の推定を行い、結果を各生産主体にフィードバックさせることで、繰り返しオークションがより少ないラウンドで競争均衡価格を実現する方法を述べ、計算機シミュレーションを用いてその有効性を示した。

謝辞

本稿作成にあたり、ある匿名査読者からいくつかの記述上の誤りの指摘を受けた。ここに記して感謝の意を表す。

【参考文献】

[1] 小島政和 (1981) 「相補性と不動点」産業図

書

- [2] 小山昭雄 (1995) 「経済数学教室7」岩波書店
- [3] 衣笠達夫 (1995) 「公益事業の費用構造」多賀出版
- [4] Ausubel, L. M., P. Cramton, R. P. McAfee, J. McMillan (1997) "Synergies in wireless telephony: evidence from the broadband PCS auctions," *Journal of Economics and Management Strategy* 6, pp. 497-527
- [5] Baumol, W. J., J. C. Panzar, R. D. Willig (1988) *Contestable market and the theory of industry structure*, Harcourt Brace Javanovich
- [6] Dasgupta, P., E. Maskin (2000) "Efficient auctions," *Quarterly Journal of Economics* 115 (2), pp. 342-388
- [7] Demange, G., D. Gale, M. Sotomayor (1986) "Multi-item auctions," *Journal of Political Economy* 94 (4), pp. 863-872
- [8] Engelbrecht-Wiggans, R., C. M. Kahn (1998) "Multi-unit auctions with uniform prices," *Economic Theory* 12, pp. 227-258
- [9] Rothkopf, M. H., A. Pekec, R. M. Harstad (1998) "Computationally manageable combinatorial auctions," *Management Science* 44 (8), pp. 1131-1147
- [10] Takayama, A (1985) *Mathematical economics*, Cambridge University Press
- [11] Vickrey, W. (1961) "Counterspeculation, auctions and competitive sealed tenders," *Journal of Finance* 16, pp. 8-37

(にしむら かずひこ
電力中央研究所 経済社会研究所)

米国における電力小売市場自由化の実証分析

An Empirical Analysis of the Transition to Retail Competition in the U.S. Electricity Industry

キーワード：電気事業、小売自由化、経済的成果、私営電気事業者、パネルデータ

服 部 徹

1. はじめに

米国では、ここ数年の間に州レベルで電力小売市場の自由化が始まっており、2000年末の時点で、カリフォルニアをはじめとする約半数の州で小売自由化法案が可決している。その一方で残りの約半数の州では小売自由化の決定に慎重になっており、その傾向はカリフォルニアの一連の電力危機以降ますます強くなっている。このことから明らかなように、米国全体では、小売自由化が電気事業にもたらす効率の改善について懐疑的な状況が見られる。

わが国と米国の電気事業の経営環境には様々な違いも存在するが、本格的に自由化が始まる以前の米国の電気事業は、わが国同様、私営の垂直統合型電力会社が中心的な地位を占めていた。このような基本的な共通点を考えれば、米国の経験はわが国の電気事業にとって大いに参考になるといえる。

本研究では、時期尚早という面もあるが、わが国における将来の電力自由化政策の検討に有益な情報を提供することを目的とし、1992年から1999年までの電気事業者のデータを用いて米国における電力小売自由化の成果を計量経済学的に評価する実証分析を行った。具体的には、州レベルでの小売自由化の決定が既存電気事業者の電気料金、運転保守費用、設備投資行動に及ぼした影響を推計し、自由化初期段階に

おける潜在的な競争の効果を分析評価した。

2. 米国における電力の小売自由化の現状とその評価における課題

分析手法や結果について述べる前に、米国における電力の小売自由化の成果を現時点で評価する上での課題について触れておきたい。

これまでに自由化された多くの規制産業同様、電力の場合も、自由化の本来の目的は市場での競争を通じて電気事業の効率性を改善することにある。特に、自由化以前、すなわち公正報酬率規制の下での電気事業にはアヴァーチ・ジョンソン効果（過剰な資本の投入）や X 非効率による経済的非効率があると考えられていたことが背景にある。このような目的からすれば、電力の小売自由化によって、電力供給の効率性が向上して費用が低減し、結果的に平均的な料金水準が下がると予想できる。そしてアヴァーチ・ジョンソン効果が実際に働いていたとすれば、効率化の過程で、規制の下では過剰だった設備投資は減少するといえる。これが自由化への移行によって生じる結果の一般的な予想であり、本研究も、自由化初期段階で既にこのような効果が現れたのかどうか、という観点で行なう。

ただし、米国において現在まで、約半数の州で実施ないしは計画されている電力の小売自由化というのは、詳細にその実態を観察すると、

決して完全な形で自由化されているわけではなく、様々な理由で「移行段階」にあるのが現状である。すなわち、本来自由化というのは価格の設定および参入・退出が自由に行われるようになることを意味するが、実際には、既存の電気事業者がスタンダード・オファーとして供給する電気の料金は規制されており、従来に比べて引き下げられた上で数年間凍結されていたり、既存の電気事業者自身がラストリゾートやデフォルトサービスの供給者であることを義務づけられたりすることが多いのである。したがって現段階で米国の電力小売自由化の成果を評価するといっても、それは完全な市場競争の成果とは言えない点に注意が必要である。また、移行期間中は規制当局による様々な移行措置の影響があることを考慮する必要がある。例えば、家庭用の料金などが下がっていたとしても、それは規制当局が決定した移行期間限定の引き下げによる部分が大きいといえる。そこで、電気事業者が経営環境の変化に自ら対応した結果と規制によって義務付けられて対応した結果とをできるだけ区別する必要があるが、これらを初めから完全に区別することは難しい。本研究では、自由化の成果を評価するにあたり、料金の水準だけではなく費用や設備投資の変化もあわせて分析する他、料金自体も家庭用と産業用需要家で区別するなど、様々な視点を取り入れて、短絡的な評価を避けるようにした。それでも、多くの点で結論が暫定的にならざるを得ないこともあり、現時点の評価には限界があることにも留意すべきである。

3. 分析手法とデータ

3.1 基本モデル

本研究では、小売自由化の決定によって既存の電気事業者のパフォーマンスに生じた変化をどう推計するかが重要なポイントとなる。そのための基本的なアプローチは、小売自由化の決

定がなされていない州の電気事業者のパフォーマンスをベンチマークとした場合、小売自由化の決定のなされた州の電気事業者のパフォーマンスが統計的に有意に異なるかどうかを検定する、というもので、回帰分析の手法を応用する。

評価の項目としては、小売の料金と運転保守費用、および設備投資を考え、それぞれの項目毎にいくつかのパフォーマンス変数 Y を定義する。回帰分析は、各パフォーマンス変数 Y を被説明変数とする単一方程式の回帰モデルを考え、それぞれ独立に推定することによって行なう。これは電気事業者がいわば複雑な同時方程式を解くかのような意思決定をしているのではなく、それぞれの分野について個別に決定しているとの仮定に基づくものである。基本的な回帰モデルは

$$Y = F(X) + R(Z) + e$$

となる。 F は外生変数 X の関数で、自由化のインパクトとは独立に被説明変数に及ぼす影響を説明する部分である。 R は規制政策の決定を示す変数 Z の関数で、自由化の決定が及ぼす影響を説明する部分である。さらに、 e は誤差項である。 F は被説明変数の種類にしたがって選ばれた適切な外生変数をもとに定式化される。 R は自由化のインパクトを捉える重要な部分であるが、以下で詳しく述べるように、複数の形に定式化されて、各評価項目の推計式に用いられる。

3.2 小売自由化のインパクトの推計方法

(1) 自由化決定後の変化

小売自由化のインパクトを捉えるために、まず、実際に自由化が決定してからの変化を直接捉えるような複数の R の定式化を考えた。第一に、電気事業者が電力を供給している州で自由化法案が可決された年以降 1 の値をとるダミ

一変数 (LEGISLAT) のみによる定式化を考えた (R.1)。

$$(R.1) R = \gamma_1 \times \text{LEGISLAT}$$

自由化の決定がその後の電気事業者のパフォーマンスに一定の変化をもたらしたとすれば、パラメータ γ_1 は統計的に有意な値をとると考えられる。次に、自由化法案可決後の経過月数 (MONTHS) を用いた定式化を考えた (R.2)。これは、自由化のインパクトは時間が経過するにつれ大きくなることを仮定している。

$$(R.2) R = \gamma_2 \times \text{MONTHS}$$

さらに、上の二つを組み合わせた定式化を考えた (R.3)。

$$(R.3) R = \eta_1 \times \text{LEGISLAT} + \eta_2 \times \text{MONTHS}$$

これらの定式化では、小売の自由化法案が可決された年以降というのが、何らかの変化が生じる移行期を表すのにふさわしいかどうか、という点を吟味しなければならない。厳密には前後する場合もあるかもしれないが、実際に競争の導入に伴う制度の変更などは、自由化法案が可決した後になるため、本研究では上のような定式化で大きな問題はないものと思われる。

推定方法としては、今回利用するデータがパネルデータであるため、各電気事業者に固有の違いを考慮した固定効果モデルや変量効果モデルによる推定方法を採用する¹。

(2) 1992年以降のトレンドの変化

¹ R.1を利用した時の推定上の問題として、もし過去の料金水準が自由化の決定に影響を与えていたとするならば、同時決定バイアスが生じるという問題が考えられる。本研究では、この点について、あらかじめ仮説検定を行なったが、自由化の決定が料金の設定に対して外生的であるという帰無仮説は棄却できなかったため、そのまま単一方程式による推定を行なっている。

本研究ではさらに、小売自由化のインパクトをサンプル期間 (1992年から99年) におけるパフォーマンスのトレンドの差で捉える複数のRの定式化を考えた。まず、1999年末までに自由化を決定した州の電気事業者とそうでない電気事業者の8年間におけるパフォーマンスのトレンドを比べるための定式化を考えた (R.4)。今、前者の電気事業者のダミー変数をLEGISLAT99とすれば、R.4は次のように書くことができる。

$$(R.4) R = \varphi_0 \times \text{LEGISLAT99} \\ + \varphi_1 \times \text{LEGISLAT99} \times \text{TIMETREND}$$

パラメータ φ_0 は、小売の自由化を決定していない事業者との比較において、当初から存在していた差を表している。パラメータ φ_1 は、その格差が時間とともにどのように変化していったのかを示す。すなわち、自由化の可能性が高まっていくことが電気事業者に何らかの変化をもたらしたのだとすれば、その変化はこのパラメータに反映されると考えられる。

さらに、自由化の決定の早さを3段階に分け、その差が8年間のパフォーマンスのトレンドに及ぼす影響をみる定式化を考えた (R.5)。本研究では第1のグループを1996年に自由化を決定した州、第2のグループを1997年または1998年に自由化を決定した州、第3のグループを1999年に決定した州とした。それぞれのグループのダミー変数をLEGIS96, LEGIS9897, LEGIS99とすれば、R.5は次のように書くことができる。

$$(R.5) R = \lambda_1 \times \text{LEGIS96} \\ + \lambda_2 \times \text{LEGIS9897} \\ + \lambda_3 \times \text{LEGIS99} \\ + \lambda_4 \times \text{LEGIS96} \times \text{TIMETREND} \\ + \lambda_5 \times \text{LEGIS9897} \times \text{TIMETREND}$$

$$+\lambda_6 \times \text{LEGIS99} \times \text{TIMETREND}$$

R.4 と R.5 では推定期間中一定のダミー変数を用いているため、固定効果モデルの推定はできない。したがって、変量効果モデルのみでの推定を行なった。

3.3 データ

分析に用いたデータセットは 1992 年から 1999 年までの米国私営電気事業者約 150 社のパネルデータである²。主要なデータは連邦エネルギー規制委員会およびエネルギー情報局の公開データから収集した。

4. 分析結果

主要な推定結果のサマリーとして、表 1 に小売自由化法案可決後のパフォーマンスの変化に関する推計結果、表 2 に 1992 年から 1999 年におけるパフォーマンスのトレンドの変化に関する推計結果を示した。自由化の決定とは独立の外生変数のパラメータ推定値については紙幅の都合で省略する。以下では、評価項目毎に小売自由化に関する推計結果を述べる。

4.1 料金の水準と構造

料金については、総合料金単価と家庭用需要家料金単価および産業用需要家料金単価についてそれぞれ個別に回帰式を推定した。外生変数として、投入要素価格（燃料価格、購入電力価格、賃金率）、需要条件（需要家一件あたり電力消費量、需要家密度、負荷率）、設備特性（設備年齢、原子力発電比率、水力発電比率）、企業特性（自社設備による発電比率、購入電力量における非電気事業者からの購入比率、ガス事業の収入比率、登録持ち株会社ダミー）およ

びタイムトレンドを含めている。推定結果は概ね良好であった。

小売自由化決定後に生じた変化については、表 1 の A に示されているように、総合単価、家庭用、産業用すべての回帰式で、自由化決定ダミー（LEGISLAT）および自由化決定後経過月数（MONTHS）のパラメータ推定値がいずれも有意に負の値をとっており、統計的に意味のある引き下げ効果が認められた³。R.3 の結果から、実際には経過月数によるインパクトの方が説明力は高いといえる。大口の産業用需要家だけではなく、家庭用需要家も自由化の決定で一段と引き下げられた電気料金の恩恵を享受していることがわかる。

家庭用と産業用の料金へのインパクトの違いを統計的に確かめるために、それらの料金の比率（産業用料金／家庭用料金）を被説明変数とした回帰分析を行った⁴。その結果、表 1 の A（右側 2 列）に示すとおり、R.1 のダミー変数のみによる結果では統計的に有意な差は見られず、料金格差に一定の変化があったようには見えない。しかし、経過月数と合わせた R.3 を用いた場合の結果から、料金格差は、移行期間中一定の縮小が見られたものの、そこから再び拡大傾向にあることが示された。

小売自由化と 1992 年以降の料金のトレンドとの関係については、表 2 に示したように、R.4 を用いた推計式の交差項 LEGISLAT * TIMETREND のパラメータから、自由化を決定した州の電気事業者は、8 年間の間に、そうでない電気事業者よりも速いペースで料金を引き下げていることが明らかになった。しかし、自由化の決定時期によってそのインパクトはやや異なっている。R.5 を用いた推計式では 3 つの定数ダミー LEGIS96, LEGIS9897, LEGIS99

² アラスカおよびハワイの電気事業者はサンプルから外した。また、テネシー、ウェストヴァージニア、ワイオミングの各州の電気事業者については十分なデータが揃わなかったため、サンプルに含まれていない。

³ この結果は、各被説明変数に名目料金を用いた場合であるが、実質料金を用いた場合でもほぼ同じ結果を得ている。

⁴ 説明変数には外生変数として、家庭用電力販売量シェア、産業用電力販売量シェア、タイムトレンドを含めている。

表1 小売自由化の決定がその後のパフォーマンスに及ぼした変化

A. 小売電気料金								
変数	総合単価		家庭用料金		産業用料金		産業用/家庭用 料金比率	
	固定効果	変量効果	固定効果	変量効果	固定効果	変量効果	固定効果	変量効果
[R.1]								
LEGISLAT	-0.0095 ** (-1.925)	-0.0110 * (-2.272)	-0.0120 * (-2.154)	-0.0140 * (-2.560)	-0.0167 * (-2.147)	-0.0181 * (-2.621)	-0.0039 (-1.054)	-0.0030 (-0.866)
[R.2]								
MONTHS	-0.0009 * (-3.356)	-0.0009 * (-3.680)	-0.0008 * (-2.957)	-0.0010 * (-3.562)	-0.0019 * (-4.632)	-0.0018 * (-5.409)	-0.0006 * (-2.798)	-0.0005 * (-3.299)
[R.3]								
LEGISLAT	0.0011 (0.177)	0.0005 (0.075)	-0.0030 (-0.423)	-0.0028 (-0.392)	0.0104 (1.066)	0.0092 (1.038)	0.0085 ** (1.690)	0.0078 ** (1.717)
MONTHS	-0.0009 * (-2.747)	-0.0009 * (-2.890)	-0.0008 * (-2.062)	-0.0009 * (-2.504)	-0.0023 * (-4.326)	-0.0021 * (-4.828)	-0.0009 * (-2.978)	-0.0007 * (-3.618)
B. 運転保守費用								
変数	総費用		発電+購入電力		送配電+需要家費			
	固定効果	変量効果	固定効果	変量効果	固定効果	変量効果		
[R.1]								
LEGISLAT	-0.0214 (-1.433)	-0.0093 (-0.956)	-0.0098 (-0.988)	0.0075 (0.816)	0.0133 (0.847)	0.0319 * (2.291)		
[R.2]								
MONTHS	-0.0010 (-1.545)	-0.0005 (-1.207)	-0.0002 (-0.497)	0.0005 (1.074)	0.0011 (1.501)	0.0020 * (3.204)		
C. 設備投資								
変数	電気事業設備全体		発電設備		送配電設備			
	固定効果	変量効果	固定効果	変量効果	固定効果	変量効果		
[R.1]								
LEGISLAT	-0.0662 (-1.342)	-0.0659 (-1.414)	-0.2675 * (-2.218)	-0.2132 ** (-1.881)	-0.0394 (-1.024)	-0.0491 (-1.331)		
DIVESTR	0.0052 (0.058)	0.0669 (0.801)	-0.1368 (-0.616)	-0.1675 (-0.832)	0.0560 (0.811)	0.0666 (1.014)		

カッコ内は分散不均一調整済み標準誤差を用いて計算されたt値
 *有意水準5%で統計的有意 **有意水準10%で統計的有意
 被説明変数は料金比率を除き、全て対数変換している。

のパラメータ推定値が、早い時期に自由化を決定した州の電気事業者ほど、もともと電気料金が高い傾向にあることを示しているが、それぞれのタイムトレンドとの交差項のパラメータ推定値を見ると、1997年から98年の間に自由化を決定した州の電気事業者については有意な差が見られず、自由化の決定が早ければ早いほど8年間の引き下げ率が大きいとは限らないという結果が示された。ただし、需要家間の料金格差については早い時期に自由化を決定した州の電気事業者ほど速いペースで拡大している。

このように、比較的短期間にもかかわらず、各州が実際に小売自由化を決定したことによる既存電気事業者の料金の引き下げは統計的にもかなりはっきりしている。料金の引き下げ率は産業用需要家にとって大きくなる傾向にあるが、これは自由化を実施した諸外国においても一般的に見られる傾向である。

4.2 運転保守費用

本研究における費用の分析は、短期的な効率性の変化を見るため、運転保守費用

表2 小売自由化の決定が1992年以降のパフォーマンスのトレンドに及ぼした変化

	小売電気料金			運転保守費用		設備投資	
	総合単価	産業用料金	産業用/ 家庭用 料金比率	総費用	発電+ 購入電力 費用	発電設備 投資	送配電設 備投資
	変量効果	変量効果	変量効果	変量効果	変量効果	変量効果	変量効果
[R.4]							
<i>TIMETREND</i>	0.0126 *	-0.0025	-0.0071 *	0.0014	-0.0078 *	-0.0788 *	-0.0371 *
	(4.855)	(-0.716)	(-11.809)	(0.420)	(-2.157)	(-3.937)	(-5.815)
<i>LEGISLAT99</i>	0.1779 *	0.1628 *	0.0194	0.0658 *	0.1067 *	0.2652	-0.0494
	(6.613)	(5.075)	(1.356)	(2.674)	(3.833)	(1.546)	(-0.752)
<i>LEGISLAT99</i>	-0.0028 *	-0.0062 *	-0.0018 *	-0.0068 *	-0.0042 **	-0.0709 *	-0.0087
<i>*TIMETREND</i>	(-2.497)	(-3.787)	(-2.216)	(-2.898)	(-1.920)	(-2.708)	(-1.050)
[R.5]							
<i>TIMETREND</i>	0.0135 *	-0.0009	-0.0067 *	0.0018	-0.0074 *		
	(5.143)	(-0.246)	(-10.955)	(0.534)	(-2.016)		
<i>LEGIS96</i>	0.3034 *	0.2837 *	0.0221	0.0881 *	0.1118 *		
	(7.392)	(5.789)	(1.044)	(2.330)	(2.637)		
<i>LEGIS9897</i>	0.1616 *	0.1777 *	0.0672 *	0.0579 **	0.1059 *		
	(4.655)	(4.303)	(3.709)	(1.877)	(3.020)		
<i>LEGIS99</i>	0.1150 *	0.0722 **	-0.0264	0.0661 *	0.1030 *		
	(3.488)	(1.847)	(-1.439)	(2.217)	(3.024)		
<i>LEGIS96</i>	-0.0031 **	-0.0116 *	-0.0054 *	-0.0081 *	-0.0038		
<i>*TIMETREND</i>	(-1.685)	(-4.426)	(-4.301)	(-2.221)	(-1.100)		
<i>LEGIS9897</i>	0.0001	-0.0036 **	-0.0025 *	-0.0047	-0.0001		
<i>*TIMETREND</i>	(0.090)	(-1.687)	(-2.396)	(-1.536)	(-0.023)		
<i>LEGIS99</i>	-0.0031 *	-0.0058 *	-0.0004	-0.0080 *	-0.0079 *		
<i>*TIMETREND</i>	(-2.189)	(-2.826)	(-0.395)	(-2.645)	(-2.815)		

カッコ内は分散不均一調整済み標準誤差を用いて計算されたt値

*有意水準5%で統計的有意 **有意水準10%で統計的有意

被説明変数は料金比率を除き、全て対数変換している。

(Operation and Maintenance Cost) を用いて行った。回帰式は、総費用とともに、発電費用（購入電力費含む）と送配電費用（需要家費含む）とに分けて推定した。外生変数として、販売電力量、需要家数の他、料金の回帰式で用いた投入要素価格、需要条件（需要家一件あたり使用量除く）、設備特性、企業特性を含めている。Rの定式化については料金の分析に用いたものと同じである⁵。

自由化決定後に生じた変化については、表1のBで示すように、R.1とR.2を用いた回帰式で、費用が統計的に有意に削減されたという

結果はどの部門においても見られなかった。特に送配電部門については、有意な増加も見られる⁶。

1992年以降のトレンドに及ぼした変化については、表2に示すR.4を用いた推計式の交差項 *LEGISLAT99*TIMETREND* のパラメータ推定値からわかるように、1999年末までに自由化を決定した州の電気事業者は、それ以外の州の電気事業者と比べてより速いペースで費用を削減してきているといえる。しかし、自由化の決定時期によるインパクトの違いは費用に関しても認められる。R.5を用いた推計式における3つの定数ダミー *LEGIS96*, *LEGIS9897*,

⁵ 推計結果自体は良好であったが、固定効果モデルと変量効果モデルの間では一部の外生変数のパラメータ推定値が大きく異なる結果となった。

⁶ ただし、米国では送配電費用が総費用に占める割合は一般に小さく、総費用に与える影響も大きくないと考えられる。

LEGIS99のそれぞれとタイムトレンドの交差項のパラメータ推定値によれば、費用の削減率は自由化の決定時期と特に関係があるわけではなく、とりわけ早期に自由化を決定した州の電気事業者ほど費用の削減が進んでいるとは限らないということがわかる。

このように、小売自由化による運転保守費用の削減はまだ実現しているとはいえない。効率化を促す一方で、自由化への移行に伴うシステムの変更などで一時的な経費の増加があるのかもしれない。

4.3 設備投資行動

設備投資の分析は、実質粗投資（資産増加）額を用いて行った。したがって、新規の設備投資だけではなく、改良工事なども含まれる。回帰式は、電気事業設備全般に対する投資に加え、発電設備投資と送配電設備投資を別々に分けて推定した。外生変数として、販売電力量、需要家数、自社設備発電比率、既存設備容量、利子率などを含めた。Rの定式化はR.1とR.4を用いたが、発電資産の売却が義務付けられた場合の効果を別に考慮している。

自由化決定後の変化については、表1のCに示したR.1を用いた回帰式の推定結果からわかるように、自由化への移行によって、電気事業者による発電設備への投資が有意に削減されていることが明らかになった。発電資産の売却が義務づけられたことによる効果は別に考慮しているため、この結果はそのような義務がなくても発電設備への投資を削減していることを示している⁷。一方、送配電設備への投資には小売自由化への移行による特別な影響は認められない。

小売自由化と1992年以降のトレンドとの関係については、表2に示したように、発電設備

への投資で、R.4を用いた推計式の交差項LEGISLAT99*TIMETRENDのパラメータ推定値が有意に負の値をとっており、1999年までに自由化を決定した州の電気事業者はその他の事業者に比べて、8年の間に、より大幅に発電設備への投資を削減していることが明らかになった⁸。同じパラメータの推定値を送配電設備についてみると、両者の間に統計的に有意な差が見られない。小売の自由化は推計期間中の送配電投資に影響を与えていないように見える。ただし、回帰式のタイムトレンド項のパラメータ推定値が有意に負の値をとっていることからわかるように、設備投資については、送配電ともに米国の電気事業全体が削減傾向にあるといえる。こうした傾向の中、小売の自由化で小売託送が増えれば、送電混雑の問題が増加する可能性があり、現状のままでそうした問題に十分な対応ができるのかどうかは議論の余地がある。

5. まとめと今後の課題

今回の分析結果を総合すると、米国の自由化のインパクトは、現段階では料金の引き下げと発電設備への投資の削減という形で最も明確に現れている。しかし、家庭用需要家の料金については規制当局による政策的な引き下げの効果が考えられる他、発電設備への投資の削減も発電資産の分離を促す政策的な措置による影響が強いと思われる。ただし、産業用料金と家庭用料金の格差が徐々に開きつつあるといった典型的な自由化の影響も見られた。一方で、運転保守費用は自由化への移行による削減が見られないなど、まだ競争の効果が十分に現れているとはいえない面もある。設備投資については、評価が難しいが、米国全体で削減傾向にあり、今後の研究で、その要因などを分析する必要があ

⁷ その義務によって一層の削減があるとは言えないことも明らかになった。

⁸ 電気事業設備全体についても同様の結果が得られた。

る。

当然のことながら、自由化の評価には長期的な観点が必要であり、こうした分析を今後も継続していく必要がある。今回の分析は、かなり単純な回帰モデルに基づいて行っており、将来の分析に向けて改良すべき点もある。また、本研究では、詳細な分析ができなかったが、電力における自由化のインパクトを考える際に重要な評価項目である環境保全への影響、信頼度への影響についても分析していく必要がある。

【関連報告書】

- [1] Hattori, Toru and Robert J. Graniere (2001) “An Empirical Analysis of the Transition to Retail Competition in the U. S. Electricity Industry,” CRIEPI Report Y01003

（はっとり とおる
電力中央研究所 経済社会研究所）

カリフォルニア州での電気事業の動向

—PG&E と SCE の再建策—

丸 山 真 弘

1. はじめに

カリフォルニア州では、2000年夏から2001年春にかけて、卸売電力価格の高騰から、Pacific Gas & Electric (PG&E) と、Southern California Edison (SCE) が経営危機に陥り、州がこれら二社の電力調達を肩代わりするという「電力危機」が発生した。しかし、2001年夏には、省エネの動きや、気温がそれほど上がらなかったこともあり、卸売電力価格の水準は落ち着いてきた。

このような状況の中、電力危機からの脱出に向けた動きが、2001年9月末から10月はじめにかけて相次いだ。具体的には、PG&E による再建策の発表（9月20日）、カリフォルニア州公益事業委員会（CPUC）による新規のダイレクトアクセス（新規参入者からの電力購入）契約締結の一時停止と、州水資源局（Dept. of Water Resources: DWR）による債券発行計画の不承認（9月20日）、そして、SCE の再建策に関する SCE と CPUC の合意（10月2日）の四つである。

本稿では、この中から、PG&E と SCE の再建策について概観する。

2. PG&E の再建策

PG&E は、2001年4月6日に連邦破産裁判所に対して破産法第11章の適用を申請した。この手続は、日本では民事再生法や会社更生法の手続に相当するものであり、申請者は、再建策を策定し、提出することが認められている。PG&E は、2001年9月20日に破産裁判所に対

して再建策を提出した¹⁾。

2.1 PG&E 再建策の内容

【PG&E の再編】PG&E は、水力と原子力の発電、送電、ガスの輸送・貯蔵の三事業を分社化し、親会社である PG&E Corp. の傘下に移す。これにより PG&E は、電力とガスの配給と小売供給のみを行う会社となる。

【PG&E のスピンオフ】PG&E Corp. は、PG&E の再編実施後直ちに、自社の持つ PG&E の全普通株式を自社の株主に対して割り当てる（スピンオフ）。この結果、PG&E と PG&E Corp. の間の資本関係はなくなる。

【債務の支払い】PG&E の債務は全額支払われる。原則として10万ドル未満の債務は全額が現金で支払われるが、それ以上の債務については、60% を現金で支払い、残りは再編後の PG&E と分社化した三事業会社の発行する長期社債に振り替えられる。およそ130億ドルの PG&E の債務のうち、現金で返済されるのは約90億ドルとなるが、手持ち資金で不足する現金は、PG&E と三事業会社が社債を発行して調達する。

発電、送電、ガスの輸送・貯蔵の各事業を PG&E から切り離すという再編が実施される目的の一つは、債務の返済に必要な資金を調達することにある。PG&E は州の公益事業法の規制を受けているので、借り入れ可能な債務の総額が原則として純資産額の一定割合に制限されている（816条以下、特に823条）。一方、切り離された三事業はこの規制を受けないので、より多額の借り入れ（社債の発行）が可能とな

る。また、PG&E は、分離後の発電会社から、今後 12 年間電力を購入する契約を締結する。これも、PG&E が電力を安定的に確保するという目的の他に、発電会社が発行した社債の返済原資を確保するという目的がある。

【規制当局との関係】発電、送電、ガスの輸送・貯蔵の三事業が PG&E から切り離されたことで、発電とガスの輸送・貯蔵の事業の規制主体はそれまでの CPUC から連邦エネルギー委員会（FERC）に変わる。これは、料金規制が従来 of 原価主義（コストベース）から市場価格ベースに変わることを意味する。

CPUC や消費者団体は、再建策の真の目的はこれらの事業を CPUC の規制から外すことにあると批判している。これに対し PG&E は、発電事業については、小売自由化の移行期間が終了する 2002 年 4 月には規制主体が FERC に移ることは元々決まっていたことであるし、ガスの輸送・貯蔵について CPUC の規制を受けていたのは任意に過ぎず、他の州では既に FERC の規制下に入っていると主張している。

【今後の手続き】今後、再建策が実施されるまでには、以下のような手続が必要となる。

まず、破産裁判所によって開示説明書の発行が承認される必要がある。開示説明書は、債権者に再建策の賛否を問う投票を依頼する際、説明用の資料として交付される。次に、各債権区分毎に、債権者の投票が実施される。

これと並行して、規制当局からの承認を得るための申請も行われる。具体的には、FERC、証券取引委員会（SEC）、原子力規制委員会（NRC）などの承認が求められている。一方 PG&E は、連邦法である破産法は州法の規定よりも優先するとして、CPUC の承認を受ける必要はないとしている。

最後に、再建策自体について、破産裁判所の承認を得なければならない。PG&E は、この承認を 2002 年末までに受け、2003 年 1 月から

新体制を発足させたいとしている。

2.2 PG&E 再建策への意見

債権者委員会は、既に再建策について同意の意向を示している。これは PG&E の債務が全額返済される方針が示されていることによるものである。

一方、CPUC や消費者団体は、再建策に反対している。反対意見としては、以下のようなものがある。

【規制の回避】一つ目は、再建策が実施され、発電事業が CPUC の規制からはずれると、市場ベースの料金が適用されるようになり、最終的には小売価格の上昇につながるという主張である。再建策では、卸電力価格のコスト上昇を適切に小売価格に転嫁できる制度を求めていることも、この主張の背景にある。

また CPUC は、発電事業などの売却が正当であるかは、それが公共の利益に合致するかという観点から判断されるべきであり、そのような判断は、債権者の利害のみを考慮する破産裁判所ではなく、CPUC に与えられるべきであるとしている。

【州法との抵触】二つ目は、再建策は州法の規定を無視しているというものである。具体的には、PG&E から発電事業を切り離すことが、電力会社が所有している発電所の売却を 2006 年まで禁止する法律（AB6X）に抵触するという主張である。PG&E は、再建策で行われているのは一企業グループ内での資産の移動に過ぎず、AB6X で禁止されている売却には含まれないとした上で、再建策を作る上で、現在の州法と全く抵触しない案を作ること自体できないし、安定的な電力の供給を確保するという AB6X の立法趣旨を達成するためには、12 年間の長期契約による電力の購入という、再建策が採用した方法で十分であると主張している²²⁾。

【再編に伴う利益の配分】三つ目は、PG&E

による発電、送電、ガスの輸送・貯蔵の三事業の切り離しの対価であるそれぞれの債務負担額が、各事業の資産と比べるとそれほど大きくない上に、切り離しによる利益が需要家には全く与えられていないという点である。これに対してPG&Eは、この主張の背景には、需要家が事業用資産の所有者である、ないしは需要家は株主と事業用資産を共有しているという考えがあるが、その考え自体間違っているとした上で、再建策では安定かつ安価な電力を供給するという点で需要家にとっては得になりこそすれ、損にはならないと主張している。

しかし、この点については、これまで規制当局は事業用資産に対する需要家の法的な所有権を認めてきたわけではないものの、原価主義の下にあった事実を考慮して、資産の売却の際には、その利益を需要家に対して厚く分配してきたという事例が指摘されている^[3]。

破産裁判所で10月9日に開示説明書の承認に関する予備審理が行われた。この時、担当のDennis Montali判事は、これらの点、特に州の手続きへの関与に関する明確な方針を示さなかった^[4]。しかし、Montali判事は、会計制度の変更に関するCPUCの決定を覆すことを求めたPG&Eの主張を退ける決定を2001年6月に下している。このことから消費者団体は、Montali判事は、破産法上CPUCの関与を認める必要はなくても、CPUCの判断を無視することはないと考えている。

3. SCEの再建策

SCEとCPUCは、2001年10月2日にSCEの再建策について合意に達したと発表した^[5]。これは、SCEが2000年11月にCPUCを相手取って連邦裁判所に提訴した訴訟の和解条件という形をとっており、10月5日には連邦裁判所で和解が承認された^[6]。

3.1 SCE再建策の内容

【配当の停止】株主への配当は2003年まで停止される。これによって得られる12億ドル（年4億ドルの3年分）が債務の返済にあてられる。

【発電事業者からの返金】SCEは、発電事業者に対して行われている、正当かつ合理的な範囲を超えた卸電力価格の払い戻しに関する訴訟や行政手続に協力する。また、返金された分については、全額を債務の返済にあてる。債務の返済が終了した後の返金は、90%を需要家に還元する。

【電気料金の凍結】CPUCは、2001年5月に行った電気料金の一時的な値上げ（約42%）を2003年末まで継続する。SCEは、これと卸電力価格の差額分を債務返済にあてる。但し、債務が証券化されたり、DWRに対する支払額が減額された場合は、それに対応して料金の値下げが実施される。また、2003年末までに債務が完済していなくても、SCEは2004年ないし2005年には、それを理由に料金引き上げを申請できない。

SCEの負っているおよそ63億ドルの債務のうち、この合意により需要家が負担するのはおよそ33億ドルと試算されている。

【SCEに認められた支出】SCEは、余剰の資金を全て債務の返済にあてなければならない。ただし、省エネその他の目的のために年1億5千万ドルを、設備の充実のために年9億ドルまでを使うことは認められる。

【再建策合意の背景】この合意は、CPUCの規制を残しつつSCEの再建を図ろうとするものであり、PG&Eの再建策に強い影響を受けている。

CPUCとしては、PG&Eの再建策によって発電事業に対する規制権限を失うだけではなく、このままでは、再建策の承認に関する手続にも関与できないおそれがあった。このため、規制

を維持しながらでも再建はできることを破産裁判所に示すことで、手続への関与を認めさせることを考えていた^[7]。

一方 SCE も、送電線を簿価のおよそ 2 倍で州に売却するという、一種の公的資金を導入する形での再建策が州政府との間でまとまっていたものの、議会の反対で実施に必要な法律が成立されず、棚上げの状態になっており、一部の大口債権者からは SCE も破産法第 11 章の手続で処理をされるべきだという意見が示されるようになってきた。SCE は、第三者の申請により倒産に追い込まれることは回避したいと考えていたが、PG&E が債務を 100% 返済する再建策を提出したことで、債権者の圧力が一層高まることが予想された。

3.2 SCE 再建策への意見

州知事は、対応策がまとまったことを歓迎している。一方、需要家団体は、この再建策にも反対している^[8]。

【密室での決定】第一の主張は、今回の合意には透明性が全くないという点である。特に、料金に関する CPUC の決定は、本来は公聴会を開催した上で決定しなければならないのに、今回はそのような手続が全くとられていないことを問題としている。また、SCE の再建策については、選挙によって選ばれた議員たちが議会の場で否決したのにもかかわらず、選挙によって選ばれたわけではない CPUC の委員が再建策を認めてしまうのはおかしいとの主張もされている。

これに対して CPUC は、合意が事前に漏れると、破産法第 11 章の申請をされるおそれがあったため、秘密にしていたと主張している。

【需要家の負担増】次に問題となっているのは、議会で否決された再建策では需要家の負担はたかだか 29 億ドルであったのに対し、今回の再建策では、需要家はおおよそ 33 億ドルも負担す

ることになっているという点である。これに関しては、発電事業者からの返金は、本来需要家に還元されるべきであることを考慮すれば、需要家の負担はさらにふくらむことになるとの指摘もある。

【裁判所への違法な権限移譲】最後の点は、再建策が、裁判の和解条件という形をとっているため、CPUC は事実上 2005 年まで、連邦裁判所に SCE に対する規制権限を譲り渡してしまっていることになるというものである。これは、CPUC に公益事業者の規制権限を付与した州憲法に違反することになると主張されている。

これとは別に、大口債権者である発電事業者も再建策に対して不満を持っている。SCE は、これらの事業者の持つ債権の一部は、正当かつ合理的な範囲を超えた卸電力価格により生じた債権であるとして、その減額を求めてくるのではないかと警戒している。一部の発電事業者は、場合によっては破産法第 11 章の適用申請も辞さないとの構えをみせている。

4. まとめ

本稿では、カリフォルニア州の二大電力会社である PG&E と SCE が発表した、経営危機脱却のための再建策について概観した。どちらも、早期に会社の財務を健全化し、州が電力の購入を肩代わりしているという状況から早期に脱却することをねらいとしているが、規制当局との関わり方については、大きな差が見られる。この違いは、両者の持つ企業文化の違いによるという説明もある^[9]。再建の進行については、今後も注視していく必要がある。

また、今回触れることのできなかつた CPUC による決定にも、様々な論点が含まれている。新規のダイレクトアクセス契約の締結を一時停止する決定は、危機によって生じた債務の支払いを需要家間で公平に行うという課題と、需要家の選択権を確保するという課題のどちらを優

先するののかという論点を含んでおり、CPUCの決定も3対2と割れている。一方、DWRによる債券発行計画が承認されなかったことは、債券発行に関する法律案の承認問題なども含め、知事と議会、さらにCPUCとの関係をさらに複雑なものにするだけでなく、PG&EやSCEの再建策にも影響を与えることが予想される。これらの点についても、機会があれば報告したい。

なお、本稿は、2001年10月12日時点で得られた資料をもとに、2001年10月15日に執筆したものである。

【参考引用文献】

- [1] Pacific Gas & Electric: "Plan of Reorganizing under Chapter 11 of the Bankruptcy Code for Pacific Gas and Electric Company", Sep. 20, 2001
- [2] Pacific Gas & Electric: "PG&E's Plan of Reorganization - Myths vs. Facts", News Release, Oct. 9, 2001
- [3] Peyton, Carrie: "PG&E may need to share assets' worth", Sacramento Bee, Sep. 29, 2001
- [4] Gaudette, Karen: "Creditors, PG&E meet to set hearings on reorganization plan", Associated Press, Oct. 9, 2001
- [5] CPUC: "PUC and Edison Settle Federal Litigation to Maintain Utility Service Without Raising Rates", News Advisory, Oct. 2, 2001
- [6] Kasler, Dale: "Judge Oks rescue plan for Edison", Sacramento Bee, Oct. 6, 2001
- [7] Peyton, Carrie: "Edison pact could point way for PG&E", Sacramento Bee, Oct. 12, 2001
- [8] FTCR: "Federal Court Rubber Stamps Secret Bailout Deal", News Release, Oct. 5, 2001
- [9] (Editorial): "A workable proposal", Sacramento Bee, Oct. 4, 2001

(まるやま まさひろ)
電力中央研究所 経済社会研究所

競争市場における需要側反応プログラムの役割

—米国におけるピークロードマネジメントの現状—

浅野 浩志

1. 需要側反応プログラム

米国カリフォルニア州(加州)電力危機の根本的な原因の一つとして需要側の価格反応を取り入れた制度設計がなされていなかったことが挙げられる。いうまでもなく、卸市場と小売市場の価格を通したリンクが市場を競争的にするための基礎的条件である。その意味で同州では小売価格が凍結されており、小売市場が競争的ではなかった。加州のみならず、米国東部でも卸価格の大幅な上昇が起きており、需要反応を高める工夫が求められている。加州規制当局は価格高騰の再来を避けるため、実時間料金制(RTP)など需要側反応を積極的に取り入れた市場再設計の方針を明らかにしている。実時間メーター設置や節電キャンペーンなどの費用を織り込んだ法案が州議会で成立し、2001年夏季に206万kW、最終的に340万kWの最大電力抑制を目標としている。

RTPなど需要反応プログラムを導入する目的は、卸市場の価格高騰を抑え、負荷遮断を避けること、すなわち高信頼性供給を維持することである。RTPは1980年代初めMITの故Schweppe教授らによって理論が確立され、米国の複数の電力会社で主に少数の大口需要家を対象に試験的に適用された。したがって、RTPそのものは小売自由化を必要条件とはせず、ジョージア電力など規制下でも導入され、効果を挙げている事例もある。RTPの先駆者であるPG&Eは1980年代に試験料金を適用し、その後本格的な料金メニューとして採用した。

しかし、価格変動リスクを嫌う需要家へのプログラム浸透が難しく、実質的な割引料金であった遮断可能契約の方がポピュラーになった。加州電力危機の中、加州の電力会社は年間発動回数を使い切ってしまう、もはや需要調整に効力のない、需要家に不人気の遮断可能料金に代わって、需要家自身が需要調整を自主的に判断できるRTPが再注目されるようになった。

このRTPのみならず、従来の遮断可能料金のように電力会社主導から需要家が市場価格で需給調整を判断するピークロードマネジメント(需要側反応プログラムとも呼ばれる)が米国で注目され、導入されつつある。このニーズの一つは、安価な供給力を確保できない加州政府が公的な需要削減方策を州法を背景に実施するためである。また、米国では、仮に発電所が建設されても、送電制約によって供給力が増えない可能性が高い。需要側で需要調整する方が経済的な場合がある。

需要側反応プログラムは次の3種類に分けられる。

- 1) 需要側入札：卸市場で需要家が負荷削減を入札する。需要家各自の停電コストの違いに応じて、負荷削減量と行使価格は分布する。系統運用者は経済負荷配分の考え方に準じて供給側技術と比較して負荷遮断の応札量を決める。
- 2) 買取契約あるいは遮断実績支払い契約：基準負荷に比べて削減した実績に対して市場価格に連動して供給事業者が削減負荷を買い取る(相対契約)。

- 3) 実時間料金制：需給逼迫時のみではなく常時適用される。

このうち、1)、2) は事後に削減された電力および電力量が確定する。ここで肝心の負荷削減は実測できないため、何等かの方法で推定する必要がある。削減負荷のベースラインとなる基準負荷の決め方には以下の考え方がある。

- 1) 同一タイプの日（高温夏季平日など）の実績負荷
- 2) 遮断不要な直近何日（10日、2週間）の平均負荷
- 3) 直近数時間の平均負荷
- 4) 計量経済学的な需要モデルに基づく予測契約に際して供給者と需要家の間でゲーミングを避けるような設定方法が望ましい。

ピークロードマネジメントは、エネルギーリスクマネジメントの一つのツールと解釈できる。伝統的な遮断可能料金は、電力会社が負の発電所を建設する権利を得るという意味で（必ず遮断しなければならない義務ではない）、オプションの売り手であり、大口需要家が買い手である。一方、このとき需要家は、電力会社から行使されれば、負荷遮断する義務を負う。遮断できなければペナルティを支払う。一方、ピークロードマネジメントは、需要家が必ずしも遮断する義務を負わず、遮断する権利をオプションとして電力会社から買う。

ピークロードマネジメントが成功するには、需要家にとっての適切な料金インセンティブ、需要家特性毎に選択可能な負荷遮断形態、ペナルティを避ける自由度などの需要家にとっての柔軟性、通告時間の長さ、供給側にとっての長期的なコスト節減、通信制御技術の整備が不可欠である。

ここでは、2001年6月にスタンフォード大学で開催された同大エネルギーモデリングフォーラム主催のワークショップ「競争的電力市場における需要側反応プログラム」における議論

を中心に、米国におけるピークロードマネジメントプログラムの現状を紹介する。

2. 米国におけるピークロードマネジメントプログラム

2.1 ジョージア電力の実時間料金制 (RTP)

RTPの成功例とされるジョージア電力のRTPプログラムは年間10億ドルの料金収入に達する米国最大規模のプログラムで、約1600件の大口需要家（85%が産業用）が参加しており、合計約500万kWのピーク抑制効果を挙げている。前年負荷をベースライン（基準負荷曲線）とする。差分負荷のみにRTP適用するため、料金支払いの変動が小さく、需要家に受け入れやすい。

RTPによる需要調整効果は、統合資源計画に基づく供給計画を州規制委員会に申請する際の資源と見なされる。すなわち、ピーク電源に代替する持続的なピーク抑制効果が認められている。

プログラムメニューとして、前日通告（DA）と1時間前通告（HA）の2種類があり、価格弾力的な大口需要家35口（エネルギー多消費産業）はHAを選択している。以下のように、高価格になるほど、価格弾力性は上昇する。

価格(\$/kWh)	価格弾力性
0.25	-0.15
0.5	-0.17
1	-0.19

契約需要家の対応は、産業用需要家では操業の停止および移行、予備電源の活用、事務所ビルではエネルギー管理システム、ハイテク企業では蓄熱式空調が代表的である。したがって、通常は-0.05程度である価格弾力性が-0.15を越える。

料金設計は基本的に発電および送電の限界費用にリスク項を上乗せする形をとる。1992年から導入しているため、卸のスポット価格に依存する形ではない。需要家が負担するリスクが大きくなるほど、すなわち通告時間が短いほど、期待電力価格は安くなるようにメニューを設計している。したがって、需要家はリスク管理のツールとして RTP を選択できる上に、差額契約 (CFD) やキャップ (上限価格付き)、カラー (上下限価格付き) などの追加的なリスク管理のデリバティブも提供され、需要家は実効的な平均価格の低下を図ることができる。

2.2 オレゴン州のエネルギー取引プログラム

オレゴン州内の3電力会社、ポートランド・ジェネラル・エレクトリック (PGE)、パシフィックコープ (PacifiCorp)、アイダホ・パワー (Idaho Power) はエネルギー取引プログラム (Energy Exchange Program) と呼ばれる自主的な負荷削減プログラムを実施している。3社とも1時間負荷を削減する毎時プログラムと、パシフィックコープとアイダホ・パワーの2社が年間の灌漑用負荷を調整する長期プログラムをもつ。毎時プログラムは前日に負荷削減が通告され、卸価格の約半額で削減負荷を買い取る。負荷削減に対する買取単価が卸価格に連動している点が従来の固定的な負荷遮断料金と異なる。基準負荷は直近2週間の平均とする。参加要件は電力会社により若干異なるが、250kW~1MWの電力削減可能な産業・業務用需要家である。PGEの需要買い戻しプログラムには、23口が参加し、最大178MW削減可能である (同社の最大負荷は約3000万kW)。これまで122日発動され、1.2億kWh削減された。PGEは2000万ドル以上のコストを削減し、1700万ドルが需要家に支払われた。したがって、買取単価は約14セント/kWhとピーク価格帯のレンジに近い。

長期プログラムの買取単価は需要のピーク時と灌漑負荷が重なる夏季で固定され、12.5~15セント/kWhである。基準負荷は過去5年間の負荷に基づく。3社の1時間プログラムで37万kW以上、農業用長期プログラムで2.4万kWのピーク削減効果をもつ。

規制当局は負荷削減策として費用効果的なプログラムと評価し、今後プログラムをより小規模の需要家に拡大する予定である。この種の自主的負荷削減プログラムは RTP 導入への準備段階とみなされる。

2.3 シナジー社のパワシェア

中西部の電力会社であるシナジー社のパワシェアと呼ばれるピークロードマネジメントプログラムは、RTPと遮断可能契約をハイブリッドにした考え方に基づき、市場価格連動 (市場価格の半額で払戻す) で負荷遮断し、通告時間や遮断契約の行使価格の違いなど需要家のリスク選択に応じて多様なプログラム構造を用意している点が特徴である。前日あるいは当日朝の通告で500kW以上の負荷削減可能であることが加入要件であるため、大口需要家に限られ、312件 (1999年) が契約している。合計20万kWのピーク削減効果を挙げている。コールオプションと呼ばれるプログラムメニューでは、毎月一定額の割引の上に遮断実績に応じたクレジットを受け取る代わりに、価格高騰時に需要家は負荷削減するか、市場価格で基準負荷を越えた部分の電力量を購入する義務がある。一方、市場気配値 (quote) オプションでは、定額割引がない代わりに、遮断できない場合のペナルティを負担しないため、パワシェア加入の82%の需要家を選択している。一般の遮断契約は電力会社を買っているコールオプション、一方、パワシェアは需要家が行使価格を選択できるオプションと解釈できる。

3. 加州における RTP 導入の潜在的効果

EPRI では、同所が保有する負荷形状および RTP の価格弾力性に関するデータベースを用いて、RTP による負荷移行効果を推定している。卸市場価格、需要家の負荷曲線変化、参加率、価格弾力性等の前提条件を変えて、最大需要やピーク価格の変化、コスト削減効果などを試算している。ジョージア電力、デューク電力、GPU エナジー等の RTP 反応データから価格弾力性を推定している。典型的な価格弾力性は 0.05～0.3 で、通告時間が早いほど、あるいは電力多消費型産業、自家発、ポンプ負荷、エネルギー管理システムをもつ需要家は弾力的である。ただし、価格弾力性は同一業種内での企業間での分散が大きい。

需要の反応は 1 日の間で、1 時間毎の価格変化率に対する負荷移行率で表す（柔軟性パラメータ：ピーク時需要とオフピーク時需要の代替弾力性に類似）。大口産業・業務用需要が加州全負荷の 50% を、さらに中規模需要家まで含めると、75% をカバーすると仮定している。これら有資格需要家の参加率を 25%、50%、100%（強制参加）と設定している。なお、ジョージア電力の RTP 参加率は 20～25% 程度である。CES 型需要関数を用い、柔軟性パラメータは 0.053、0.135、0.25 の 3 段階を仮定している。柔軟性パラメータが 0.053 のときは半数の需要家が価格反動的、0.25 のときは全需要家が蓄熱、リスケジューリング（操業の移行）、自家発等の技術により柔軟に反応できることを想定している。大口需要家のみ RTP が適用され、RTP 価格が \$0.75/kWh のときの効果を以下に示す。

低弾力性ケース(柔軟性パラメータ 0.053)

参加率	低	中	高
-----	---	---	---

需要削減率(%)	0.5	0.9	1.8
価格削減率(%)	3.2	6.4	12.6
コスト削減(100万\$)	1.0	2.0	4.0

中弾力性ケース(柔軟性パラメータを0.135)

参加率	低	中	高
需要削減率(%)	1.2	2.3	4.6
価格削減率(%)	8.0	15.7	29.9
コスト削減(100万\$)	2.5	4.9	9.4

高弾力性ケース(柔軟性パラメータを0.25)

参加率	低	中	高
需要削減率(%)	2.1	4.1	8.2
価格削減率(%)	14.0	26.9	49.6
コスト削減(100万\$)	4.4	8.5	15.6

高価格帯で需要曲線が少しでも傾斜をもてば（これまでの需要曲線は垂直に近い）、価格は大幅に低下することがわかる。RTP 価格として 2000 年 5～8 月の PX 価格変動を模擬したとき、最も控え目な参加率（25%）と弾力性で最大電力を 1.3%、コストを 1.1% 削減し、強制参加で極めて弾力的なケースでは最大電力を 18.5%、コストを 15.3% 削減する可能性があるとしている。このように需要の価格弾力性と参加率が RTP の効果を大きく左右する。

4. RTP 導入の課題

RTP が経済理論的に望ましいことはわかっているが、未だ本格的に普及していないのはメータリングコストの負担、価格変動リスクの受容性、選択可能な需要家とそうでない需要家との公平性についての議論が背景にある。例えば、RTP の参加形態については、季時別料金同様ある一定規模以上の大口需要家には強制的とするか選択制にするかとい議論がある。これに対して、RTP を望まない需要家は固定価格で変動

リスクをヘッジできるように配慮し、強制でなく、デフォルトサービスとするアイデアがある。一方、選択制ではピーク負荷の大きい低負荷率需要家が参加しないため、ピーク価格抑制効果が減少する。スタンフォード大学 Wolak 教授（加州監視委員会委員長）のように加州の危機的状况を解決するために、大口需要家への速やかな RTP メーター設置を主張している学者もいる。米国の経験は今後の市場設計あるいは新しい顧客サービスとして参考になる点が多い。

【参考文献】

- [1] 山口雅弘：加州における負荷遮断プログラムと輪番停電の現状と課題（米国）、海外電力、2001年6月号
- [2] Peak Load Management Programs for Large Commercial Customers, E Source, LC-9, April 2001

（あさの ひろし
電力中央研究所 経済社会研究所）

北東アジアのエネルギー安全保障協力

—ERINA 国際ワークショップにおける議論の要旨—

鈴木 達治郎

1. はじめに

2001年6月26-28日の3日間にわたり、「北東アジアのエネルギー安全保障と持続可能な発展：協調政策に向けての展望」と題するワークショップ（北東アジア経済研究所[ERINA]主催、モンレー国際問題研究所、北東アジア経済フォーラム共催）が新潟県黒川村で開催された。筆者も含め、日本、韓国、中国、ロシア、米国の5カ国から21人の専門家が友好的な雰囲気の中、熱のこもった議論をたかかわした。今回はその概要を紹介する。

2. エネルギー安全保障とは？

まず、ライス大学ベーカー研究所のA. ジャッフェ氏が「豊富な（石油の）世界」¹と題して、世界の石油市場で「資源枯渇や物理的不足が起きる可能性は当分なく、それを前提としたエネルギー安全保障政策は意味がない。むしろ、市場の円滑な運用と危機管理対策に絞るべき」という基調講演を行った。北東アジアでは石油輸入依存度（特に中東）が高まることへの不安が増大しているが、ジャッフェ氏は「深刻な危機がおきる可能性は少ない」と「不必要な不安をあおることは、かえって緊張関係を生みかねない」と警告した。これに対し、国際エネルギー機関（IEA）、アジア太平洋エネルギー研究センター（APERC）、中国などの参加者からは、市場原理ではカバーできないリスクについ

て質問が相次いだ。これに対し、ジャッフェ氏は「安全保障問題や危機管理は重要な課題であり、技術開発や備蓄問題でアジア諸国が協力することが重要である」と述べた。

筆者は、「新たなエネルギー安全保障政策：包括・地域安全保障に向けて」と題する講演を行った。主張のポイントは一国ベースではなく、また石油危機のみならず多様なリスクに対応できる「包括・地域エネルギー安全保障」という概念を提唱した点である²。その後、自由化とエネルギー安全保障のジレンマについて議論が移り、政府の役割について明確な哲学と枠組みが必要である、という見解で一応の合意を見ることができた。特に注目されたのは、既にOECD国際エネルギー機関（IEA）が、非加盟国を対象とした国際協力プログラムとして、エネルギー安全保障や新エネルギー技術開発などを扱ってかなりの実績をあげている報告や、東京に拠点を置くAPERCなどでも、地域の共通課題について研究が進んでいるという報告があった点である。このような地道な国際協力が、地域のエネルギー安全保障向上に大きく貢献するものと期待される。

3. 天然ガスパイプラインの重要性

今回のワークショップの中心的課題は、「北東アジア天然ガスパイプライン構想」の具体化に向けての議論であった。2日目には中山太郎

¹ Amy Myers Jaffe, "World of Plenty: Energy as a Binding Factor."

² Tatsujiro Suzuki, "New Energy Security Policy for Japan and Northeast Asia: Toward Comprehensive and Regional Energy Security."

元外相が東京より駆けつけ、「アジアエネルギー共同体構想」について、そして特にパイプライン構想について、熱の入った講演を行った³。中山元外相の具体的提案としては、新潟をはじめ、日本海側の地方自治体や政府が中心となって、各関連国と共催で「国際フォーラム」を提唱した。ワークショップ主催者である ERINA 自体が、新潟県を中心とする 12 地方自治体の共同出資シンクタンクであることも考えれば、この提案は現実化する可能性が十分にある。

ただ、議論の焦点となったのは、やはりパイプラインの経済性、潜在市場の大きさ、投資リスク、安全保障上の懸念とメリット、などであった。とくに、2010 年ごろまでの天然ガスの需要・供給のギャップが示されていたが⁴、LNG の潜在供給量余力やコスト競争力などの分析がまだ不十分な感じは否めなかった。

さらに、パイプライン建設を政府援助なしで行うのか、エネルギー安全保障への貢献を理由に政府が支援すべきなのか、も議論が分かれるところであった。中山元外相によると、北東アジア地域の天然ガス開発およびパイプラインプロジェクトの総額は約 800 億ドルにのぼると推定され、国境を越える地域プロジェクトへの融資は単独国家では行いにくいとして国際協力が不可欠、と訴えた。その対策として、北東アジアに新たな国際金融機関の創設を考慮すべきである、との考えを示したのは注目される。

これ以外に、特に注目される天然ガス関連の論文を紹介しよう。

(1) 「北東アジアとロシアの天然ガス」(V. Ivanov)⁵

北東アジア地域における天然ガスの需要・供

給を一様にレビューしたあと、ロシアの天然ガス埋蔵量は地域の需要を十分に満たしうることを指摘している。しかし、パイプラインの建設可能性はあくまでも需要家側のコミットメントがなければ難しく、その点が不確実性として明確に指摘されている。また、パイプラインと LNG 間の得失（競争）についても、特に長距離になる西アジアー中国・朝鮮半島間などは、LNG の方が競争力があると判断している。

次に、エネルギー安全保障や環境改善といった「公共利益」を考えると、政府がそれなりの支援をする可能性もありうると指摘して、日本、中国、ロシア、あるいは APEC といった政府関連機関における議論の促進を提案している。

最後に、ロシア自体の問題点も指摘し、この問題がロシアにとって経済的にも政治的にも重要な課題であると結論を導いている。日本に在住するロシア人らしい分析で大変興味深い。

(2) 「朝鮮半島におけるエネルギー安全保障と天然ガス需要」(C. W. Lee⁶)

まず韓国のエネルギー政策、需給関係を分析して、天然ガスの重要性を指摘した後、北朝鮮のエネルギー情勢分析を行っているのが興味深い。それによると 1989 年をピークに、エネルギー需要（消費）は減少を続けており、1997 年までにほぼ半減し、75 年当時をさえ下回ったと推定されている。燃料別には石炭依存度が高く（81.3%）、多様化がもとめられている。ロシアとの距離を考えると、当然のことながらパイプラインによる天然ガス導入が可能性として上げられている。

このような情勢から、朝鮮半島全体にとって、ロシアからの天然ガスパイプラインがエネルギー安全保障、および環境の両面で望ましい、と結論が導かれている。ただし、経済性の分析は

³ Taro Nakayama, Special Address, "Energy Security and Sustainable Development in Northeast Asia."

⁴ Younghun Jung, "Sustainable Energy Development for the Northeast Asian Countries."

⁵ V. Ivanov, "Northeast Asia and Russian Natural Gas."

⁶ C.W.Lee "Energy Security and Natural Gas Demand for the Korean Peninsular."

十分にはされていない。

(3)「北東アジア・ガスパイプラインフォーラムの活動：国際パイプライン実現に向けて」(S. Abe⁷)

北東アジアの天然ガスパイプラインの推進母体として、活動を続けているフォーラムから、その現状報告があった。2000年までに6回の国際フォーラムを開催しており、昨年のフォーラムはイルクーツクで開催された。

また、プレ・フィージビリティ共同研究も実施されており、今回もその成果が発表された。この概要は日本では三菱総研から発表されている⁸。この研究では、各地域ごとに2010年の天然ガスの需給バランス（供給は資源量または確保済み供給契約）を調査し、パイプラインによりその需給ギャップが埋まることを具体的に示している。さらに、実現可能な案としての地域パイプライン構想も明らかにしており、あとは各国のコミットメントだけ、というところまで来ているようだ（図参照）。

これらの分析や提言を見ていると、北東アジアにおける天然ガスの拡大は、エネルギー安全保障および環境保全にとって、望ましい選択であることは間違いないと思われる。後は、どの程度まで政策支援を行うか、という点に尽きてきている。市場原理のままでは、なかなか前に進みそうにないのもまた事実のようだ。

4. 環境問題解決への貢献

持続可能な発展という点から、やはり議論的となったのは、温暖化対策と中国を中心とする発展途上国の大気汚染問題であった。

特に中国の石炭燃焼に伴う大気汚染の深刻さ

が紹介された。Fengqi 教授の発表によると⁹、有害微量物質、SO₂、NO_x、すべての面で、環境規制基準値を満たしていないところが過半数であり、規制そのものが機能していないと見られている。たとえば、WHO 基準値との比較では、有害微量物質で95%、SO₂で33%が基準値を満たしていない。ただ、最近になって環境政策の徹底により、改善の兆しは見えている。規制値遵守の徹底だけでは効果が薄いので、エネルギー効率改善、環境保全技術への投資支援などを推進しているという。最後に、この環境汚染の改善に向けて、天然ガスの役割がきわめて重要であるとの分析が示されている。

また、天然ガス資源開発だけでなく、利用技術についても推進すべきである、との意見が多かった。すでに市場で競争力を持つ CCGT、マイクロガス・タービンのほか、天然ガス自動車、GTL (Gas to Liquid)、燃料電池など、需要開拓に貢献する技術開発についても、国際協力が必要であるとの指摘が多くの参加者から指摘された。ただ、この点でも、コストの分析までは十分になされていないので、政府の公的支援がどの程度必要なのか、またどの程度効果的なのかが、依然明らかにはされていない。

5. 地域の信頼醸成への貢献

最後に、このような地域協力が国際政治にもたらす好影響について、モンレー国際問題研究所東アジア研究センター長の赤羽恒雄教授が発表を行った¹⁰。「北東アジアという言葉は、欧米では軍事安全保障の専門家しか知らない。それほどこの地域は潜在的に不安定な地域を見られているということである。」と述べ、一方で「エネルギー安全保障や環境保全などをテーマ

⁷ S.Abe "Activities of the Northeast Asian Gas & Pipeline Forum: Toward the Realization of the International Pipeline."

⁸ 三菱総合研究所天然ガスパイプライン事業部編著、「国土幹線パイプライン」、2000年11月。

⁹ Z. Fengqi, "Environmental Protection and Natural Gas in China."

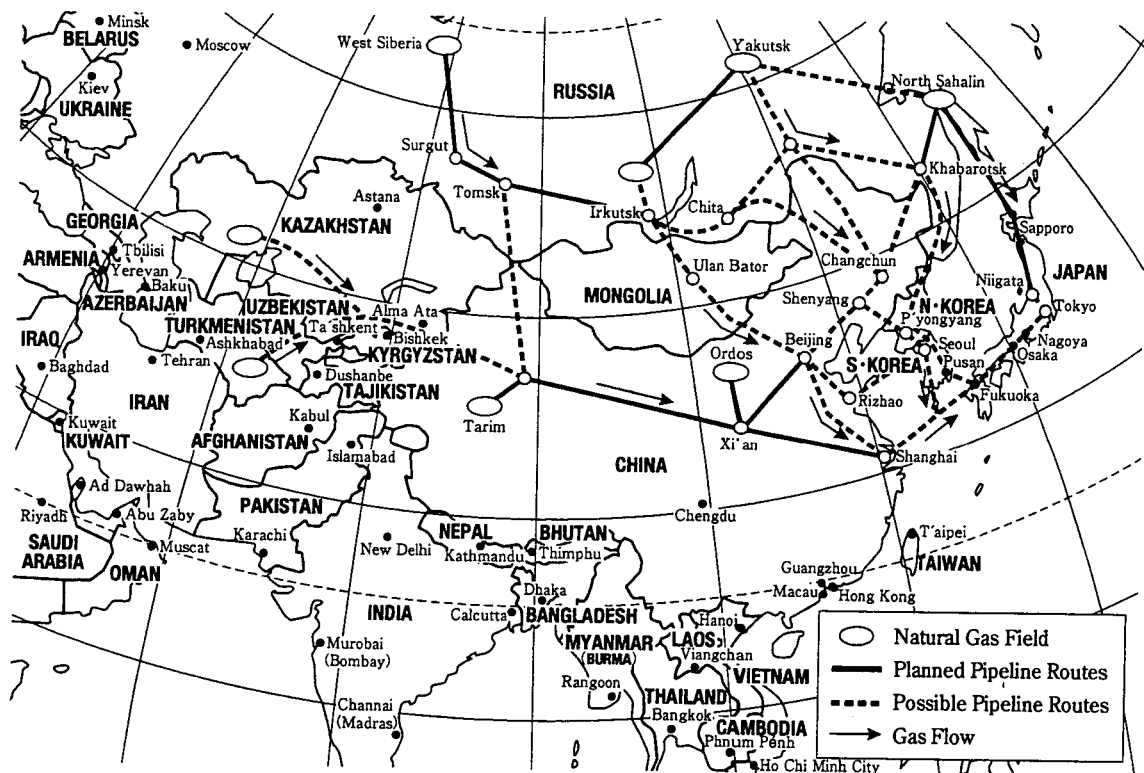
¹⁰ T. Akaha, "Cooperative Policies for Energy Security: Institutional Frameworks."

として、このような地道な対話が継続することが、地域の信頼醸成に大きく貢献する。」と、ERINA をはじめ諸機関の「北東アジア対話協力」を強く支持した。エネルギー安全保障といっても、基本は国際関係の安定化が最も重要な課題であり、特にこの地域は朝鮮半島、中国と台湾、日本とアジア諸国の歴史的対立などがいまだに残り、冷戦構造も完全に消え去ってはい

ない。ASEAN を中心とする東南アジアに比べても、北東アジアの地域対話の実績はまだ浅い。このような観点からも地域エネルギー環境協力構想は重要な意味を持つ点が改めて強調された有意義なワークショップであった。

(すずき たつじろう
電力中央研究所 経済社会研究所)

北東アジアの国際パイプライン構想



出典：国土幹線ガスパイプライン

「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. 46

2001年10月31日 印刷発行

発行 財団法人 電力中央研究所
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)新製版

目 次

〈論 文〉

- 生態系保全のためのビオトープ計画策定手法山本 公夫… 1
井内 正直
- 日本の半導体貿易の構造変化と輸出競争力星野 優子…19
- 戦前期日本の経済発展と社会資本の役割森脇 祥太…43

〈研究ノート〉

- 結合生産財市場の自律的調整と加速的調整の可能性西村 一彦…59

〔研究紹介〕

- 米国における電力小売市場自由化の実証分析服部 徹…67

〔内外動向〕

- カリフォルニア州での電気事業の動向
-PG&EとSCEの再建策-丸山 真弘…75

〔解 説〕

- 競争市場における需要側反応プログラムの役割
-米国におけるピークロードマネジメントの現状-浅野 浩志…81
- 北東アジアのエネルギー安全保障協力
-ERINA国際ワークショップにおける議論の要旨-鈴木達治郎…87