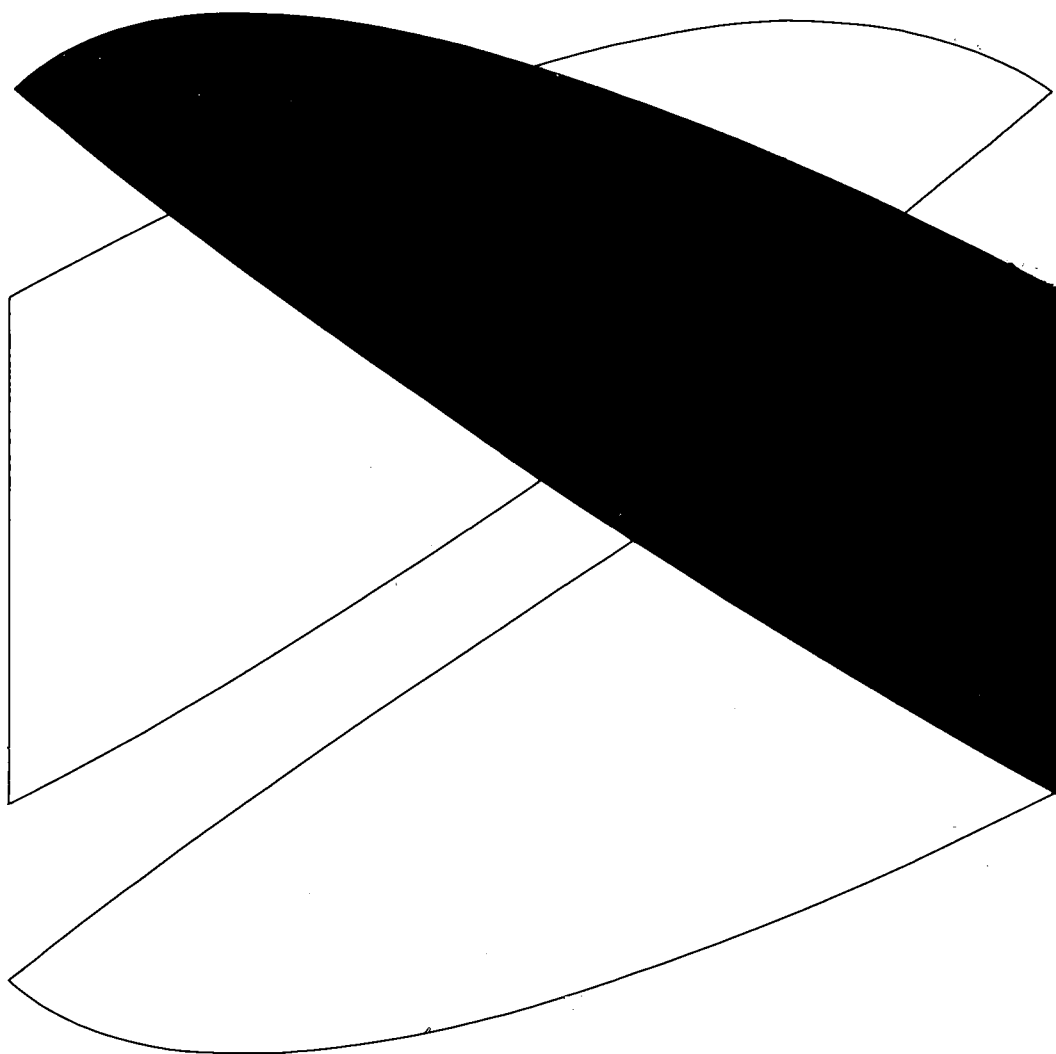


ISSN 0387-0782

電力經濟研究



No. 20

1986. 1

財団法人 電力中央研究所

經濟研究所

編集委員

熊倉 修 内田 光穂
若谷 佳史 矢島 昭

目 次

情報化と産業構造の変化.....阿波田禾積..... 1

経済性, セキュリティ, リスクからみた我が国の最適電源構成の検討.....内山 洋司.....27
高橋 圭子
斎藤 雄志

水資源のエネルギー利用と河川環境管理.....若谷 佳史.....59
山本 公夫
山中 芳朗

地域計量経済モデルの開発.....中馬 正博.....75

< 海外事情紹介 >

経営面からみたアメリカ原子力発電不振の原因.....廿日出芳郎... 103
関口 博正

		誤	正
P. 31	表4. 3	アクヤプリンス	アクセプタンス
P. 33	(4. 2. 2)式	$(1-r_{ij})$	$(1-r_{ij}')$
P. 34	左1行目	総合指標 R_{ij} は	各確率 r_{ij}' , r_{ij}'' は
P. 35	左9行目	関係を示す。図4. 2	関係を示す図4. 2
P. 43	右下から5行目	30%	10%
	表5.1 電力供給停止	3.96 3.04 1.83	1.59 1.22 0.73
P. 49	(4. 2. 1)式	$\times R_{ij}''$)	$\times r_{ij}''$)
	(4. 2. 2)式	K	k (総て小文字にする)
	(4. 2. 2)式	R_{ij}	r_{ij} (総て小文字にする)
	(付3.3)式	EXP	exp
	(付3.3)式	右辺の左カッコが一つたりない	
P. 50	左2行目	何採年数	可採年数
	左4行目	何採年数	可採年数
	(付3.7)式	$R_{ij}'=R_{ij}''=0$	$r_{ij}'=r_{ij}''=0$
	(付3.7)式の下	(付3.6)式	(付3.8)式
	(付3.7)式の下	R_{ij}'	r_{ij}'
	(付3.7)式の下	R_{ij}''	r_{ij}''
	左下から2行目	$R_{ij}'=R_{ij}''=0$	$r_{ij}'=r_{ij}''=0$
P. 53	左10行目	何採年数	可採年数
	左12行目	何採年数	可採年数
	左4行目	比較発	比較的
	付表3.6	A/B	B/A
	付表3.6註	(11kW LWR : 万設備	(110万kW LWR : 設備

情報化と産業構造の変化

キーワード：経済の情報化，情報革命，
産業構造，雇用構造

阿波田 禾 積

〔要 旨〕

本稿は、経済の情報化が、生産面、雇用面を通して産業構造に与える効果を、産業連関分析等によって検討している。

経済の情報化は、情報産業の拡大と非情報産業内での情報部門の拡大を引き起す。前者は「情報の産業化」、後者は「産業の情報化」と呼ばれる。

この経済の情報化は、わが国でも着実に進行している。生産面でも情報関連機器製造業の拡大を中心に緩やかであるが産業構造の情報化が進展している。この点で、類似の概念である「経済のサービス化」がサービス業の停滞によって、生産面ではあまり進展していないのと違って特徴的である。

他方、経済の情報化は、各産業内での情報化によって、情報の生産、処理、加工、管理等に従事する「情報労働」の比率の増大という形で最も顕著に現われている。すなわち、経済の情報化は、職業ベースの就業構造の変化を通して産業構造に大きな変化を与えていることが明らかにされている。

- はじめに
- 情報化と産業分類
- 情報化と産業構造の変化（１）—生産
 - 情報産業の規模と成長の推移
 - 情報産業の影響力と感応度
 - 情報産業の技術構造の変化と成長力
- 情報化と産業構造の変化（２）—雇用
 - 情報労働の定義と推移
 - 情報化と労働生産性
 - 情報化と情報労働投入係数の変化
- 結 び

1. はじめに

本稿では、経済の情報化が、生産面、雇用面から産業構造に与える効果を検討する。

「経済の情報化」、あるいは「情報化社会」という言葉は、別に目新しい言葉ではなく、既に早くから使われている言葉である。その意味するところは明確ではないが、サイバネティックスなどの情報科学の発達と、マイクロプロセッサを中核技術とする情報技術（Information

Technology：IT）の革新によって、大量の情報が生産、加工、処理、操作、消費される社会を一般に指していると思われる。

情報技術の革新と情報需要の拡大は、製造業内の特定の産業、たとえばコンピューター、エレクトロニクス、各種の情報通信機器等の情報関連機器製造業の拡大と、情報関連の各種のサービス業の拡大を引き起すことが予想される。この現象は、一般に「情報の産業化」の進展として考えられている。

また、同様に情報量の増大とその重要性の増加は、雇用面でも情報の生産、処理、加工、操作、管理といった情報に関連する職業の労働量を増大させるであろう。この現象は、各産業内で、単純な生産にたずさわる職種から専門的・技術的あるいは管理にたずさわる職種への労働の再配置を呼び起すから、「産業の情報化」の進展として把握されるであろう。

ここでは、こうした生産面あるいは雇用面からの情報化が産業構造に及ぼす効果を、産業関連表や国勢調査のデータをベースに分析し、それによって経済の情報化の特徴を明らかにする。

2. 情報化と産業分類

産業部門では、前述のように情報技術の革新によって情報関連の製造業と、情報関連のサービス業のいわば情報のハードとソフトの両面を含む情報産業の拡大が予想される。したがって、情報の拡大が経済成長、産業構造あるいは雇用等の経済変数に与える効果を把握するには、従来の分析では、あまり取り扱われなかった情報産業を産業の部門分割に組込む必要がある。

情報産業の定義づけおよびその規模の推計については、代表的なものとして、F. Machlup, M. Porat [1] の分析がある¹⁾。

Machlup は、知識と情報を区別せず、知識産業＝情報産業という定義づけで、(1) 教育、(2) 研究・開発、(3) コミュニケーション媒体(書籍、新聞、放送、通信等)、(4) 情報機械、(5) 情報サービス、の5部門に分類している。

他方、M. Porat は、Machlup の分析を基に、情報部門を第1次情報部門と第2次情報部門に

分割している。情報の生産、処理、加工、伝送等の情報活動を行う産業、一般的な意味での情報産業を第1次情報部門とし、それ以外の非情報産業の中で情報活動を行う職種(研究開発、事務管理等)部門を第2次情報部門としている点に特徴がある。すなわち、経済の情報化のうち情報産業以外の産業内での情報化の重要性の認識と職業ベースの就業構造からの産業構造の変化を強調している点に特徴がある。なお、M. Porat 以降は、このような情報産業と非情報産業の情報部門の合計を全体の情報部門として、その他の生産部門と対比させるという経済の2分法が一般的となっている。

わが国の情報経済の分析としては、ほぼ M. Porat 流の分析を忠実におこなったものとして、電気通信総合研究所 [6] がある。

ここでの分析は、この電気通信総合研究所の産業分類及び公表データに依拠しつつも、産業部門のアグリゲーションや分析視点をかえている。

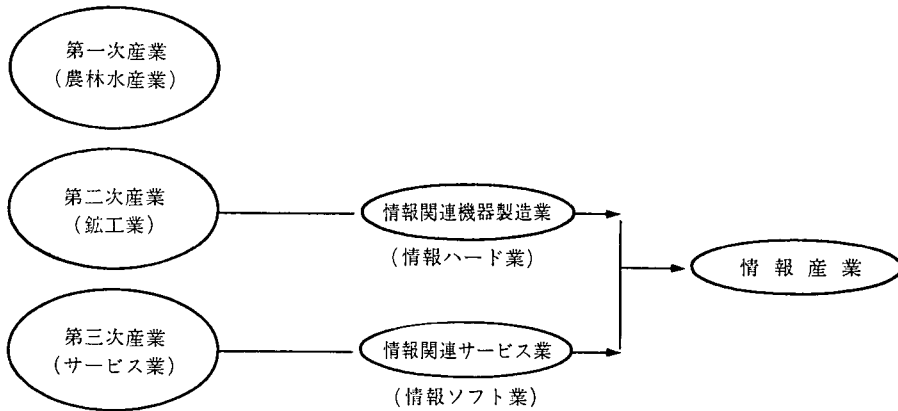
まず、産業の分類とその部門の統合化は表 2.1 に示す通りとした。

ここでは、一応、情報部門/生産部門という2分法はとらないで分析をおこなう。したがって、生産面からの分析は、各産業内での情報部門が生み出す付加価値額は、全く考慮されないことになる。しかし、後述するように就業構造を通して現われる各産業内の情報化については捕捉する。ここでは、情報産業は、情報関連製造業と情報関連サービス業に分割され、ちょうど従来のオーソドックスな第一次産業、第二次産業、第三次産業という分類法と次のような関係となっている。

1) この両者の情報産業に関する紹介は、電気通信総合研究所 [6] に詳しい。

表 2.1 情報モデルのための産業分類

産業分類	産業連関表による分類
1. 農林水産	耕種農業, 畜産, 林業, 漁業
2. 鉱工業	石炭, 鉄鉱石, 非鉄金属鉱石, 原油天然ガス, その他鉱業, 屠殺・肉・酪農品・水産食品, 精穀・製粉, その他食料品, 飲料, 煙草, 天然繊維紡績, 化学繊維紡績, 織物・その他繊維製品, 身廻り品, 製材・木製品, 家具, パルプ・紙*, 皮革・皮革製品, ゴム製品, 基礎化学製品, 化学繊維原料, その他の化学薬品, 石油製品, 石炭製品, 窯業土石製品, 銑鉄・粗鋼, 鉄鋼一次製品, 金属製品, 一般機械
3. サービス業	建設, 電力, ガス, 水道, 卸売・小売業, 不動産, 運輸・倉庫, 公務, 対事業所サービス, 物品賃貸, 対個人サービス
4. 情報関連サービス業	新聞, 出版, 印刷, 郵便, 電気通信, 教育, 研究, 医療, 公共サービス, 広告, 計算サービス, 情報提供, 法務・会計サービス, 金融保険, 電算機賃貸, 娯楽
5. 情報関連機器製造業	電気通信機器, 電子計算機, 事務用機械, 電子応用装置, 電子計測器, 精密機械, テレビ・ラジオ, 電気音響機器, 印刷・製本機械, 洋紙・和紙, インキ・フィルム, 半導体・集積回路, 電線ケーブル, 事務用品



3. 情報化と産業構造の変化 (1)

—生産

3.1 情報産業の規模と成長の推移

さて、前述の産業分類に従って、5部門にアグリゲートした各産業の1970、75、80年の実質付加価値額を示したのが表3.1である。なお、この5部門を構成する各業種について、1970~80年の10年間の付加価値額の成長率をその高低でグループ化して示したのが表3.2である。

この表から、過去10年間の情報機器関連製

表 3.1 産業別付加価値額の推移 単位10億円

	付加価値額		
	1970年	1975年	1980年
1. 第一次産業	8542.9 (7.0)	7986.8 (5.2)	8072.0 (4.3)
2. 鉱工業	30940.3 (25.2)	33463.8 (24.8)	51006.9 (27.2)
3. サービス業	65467.3 (53.2)	83956.6 (54.2)	97236.1 (51.8)
4. 情報関連サービス業	15197.7 (12.4)	20124.5 (13.0)	21712.3 (11.6)
5. 情報関連機器製造業	2576.9 (2.1)	4324.4 (2.3)	9832.4 (5.2)
合計	122725.1 (100)	154866.4 (100)	187849.9 (100)

* () 内の数字は構成比 (%) を示す。

表 3.2 1970～80 年の部門別成長率

1970～80年平均成長率	業 種
1. 全部門平均成長率 (4.35%) 以下の グループ	農業、林業、漁業、鉱業、繊維・織物、パルプ・紙製品、製材・家具、革ゴム製品、石油・石炭製品、その他製造業、建設、電力・ガス・水道、小売業、運輸、対個人サービス、新聞*、印刷*、出版*、郵便*、教育*、公共サービス*、娯楽*、放送*、金属工作機械、金属加工機械、印刷・製本機械*、電気通信機*、電気計測機*
2. 4.35～7% 未満グループ	食料品、窯業土石、金属製品、一般機械、卸売業、金融・保険、不動産業、公労、対事業所サービス、研究*、法務・会計サービス*、精密機械*、洋紙・和紙
3. 7～10% 未満	化学製品、電気機器、医療*、輸送機械
4. 10% 以上	鉄鋼、物品賃貸、電気通信*、広告*、計算サービス*、情報提供業*、電算機賃貸*、事務用機器*、電気音響・テレビ・ラジオ*、電子計算機*、電子応用装置*、カメラ・時計*、インキ・フィルム*、半導体・集積回路*、電線・ケーブル*

* 情報サービス業

—* 情報機器製造業

造業及び情報関連サービス業のいわゆる情報産業の推移をみてみよう。

この期間の情報産業の付加価値額の全体に占める構成比は、1970年の14.5%から1980年には16.8%へと拡大している。これを付加価値額の成長率でみると、年平均約6%と産業平均の成長率4.3%強を大きく上回っている。

さらに、情報産業を情報関連サービス業と情報関連機器製造工業とに分割してその傾向をみてみよう。まず、情報関連サービス業は、計算サービス業、情報提供業、電算機賃貸業などの業種は、年率10%を超える高成長を示しているが、新聞、出版、教育、研究等を含む全体の成長率は年平均3.6%と産業平均の成長率を下回っている。その結果、情報関連サービス業の付加価値額の全体に占める構成比は、1970年の12.4%から1980年には11.6%へと減少している。

他方、情報関連機器製造業は、この期間で年平均14.3%の高成長を示し、付加価値額の全体に占める構成比は1970年の2.1%から、1980年の5.2%へと着実に拡大している。情報関連機器製造業のさらに詳細な業種別成長をみてみると、電子音響・TV・ラジオが最も高

い成長を示し、さらに半導体・集積回路、電子計算機およびその他の電子応用装置などが年率20%を超える高成長を示している。

以上の点から、わが国の過去の「情報化」の一面である「情報の産業化」の進展は、計算サービス、情報提供などの一部の情報関連サービス業の飛躍的な拡大があるものの、基本的には、情報関連機器製造業の成長を中心としたものである。これは、わが国の現在の情報化が、Machlup, Poratの定義による情報部門あるいは第一次情報部門のうちでも「情報物財」を生産する部分の拡大、すなわち情報のインフラストラクチャの形成過程にあることを示している。その意味では、伝統的な産業分類でいえば、わが国の現在の情報化の産業構造へのインパクトは、「情報技術」の革新によって、特定の(情報関連)製造業の拡大として現われているといえよう。一般に「高度情報化社会」では、情報技術の革新による各種の情報サービス業の拡大が予想され、その点では「情報化」は「サービス化」とかなり似かよったイメージでとらえられる。ここで5の部門の産業分類のうちサービスと情報関連サービスの両者を合計したものが、伝統的な産業分類での「サービス業

(第三次産業)」にはほぼ合致する。この「サービス業」はむしろこの 10 年間で停滞ぎみである。その意味では、現在のわが国の情報化は、生産面のみを限り、サービス経済化を進展させたとはいいがたいし、情報化そのものも全体としてみれば規模が小さいといえよう。しかしながら、過去 10 年間の成長率でみると、情報関連機器製造業を中心とする情報産業が、高成長グループに属し、今後の日本経済の成長の源泉として期待される理由となっている。このような観点から、以下では情報産業に焦点をあてた部門分類による産業連関表を用いて若干の分析をおこない、生産面からみた情報化および産業構造の変化の特徴を検討しよう。

3.2 情報産業の影響力と感応度

ここでは、1970 年および 1980 年の産業連関表を用いて、前述の情報産業のもつ諸性格を明らかにしてみよう。産業の諸性格を検討する手法としてはレオンチェフ逆行列係数を用いたいくつかの分析方法がある。もっとも一般的なものとして、影響力係数、感応度係数による分析がある。この 2 つの係数は、逆行列係数の列和、行和の平均をそれぞれ 1 として、これに対する各産業の列和、行和の比率を求めたものである。すなわち、一般に、逆行列の要素を c_{ij} 、内生部門数を n としたとき、影響力係数、感応度係数は、次のように定義される。

$$\text{影響力係数} = \sum_i c_{ij} / \frac{1}{n} \sum_i \sum_j c_{ij}$$

$$\text{感応度係数} = \sum_j c_{ij} / \frac{1}{n} \sum_i \sum_j c_{ij}$$

逆行列係数の列の数値は、列部門に対する最終需要 1 単位の衝撃に対し行の各部門が直接かつ間接的に生産しなければならない額を示している。したがって、影響度係数は、当該列部門

が各産業に与える影響の度合を示すものと考えることができる。同様に、行の数値は、列部門の最終需要 1 単位の衝撃に対する当該部門の生産必要額を示している。したがって、感応度係数は行の各産業が受ける感応の度合を示すものと考えられる。

この 2 つの係数を 1980 年の産業連関表をベースに、前述の情報産業を詳細にディスアグリゲートとした 62 部門表を用いて計測し、その結果を図示したのが図 3.1 である。

この結果から、情報産業の概念的な性格づけを、情報産業と他部門との産業連関的な観点から検討してみよう。

この図にみられるように、影響力係数の高いのは、一次金属製品、化学製品、石油・石炭製品、パルプ・紙パなどであり、一般に、自部門を含む他部門からの原材料投入率の高い最終需要的製造業型、中間需要的製造業型の産業である。情報産業について影響力係数をみると、事務用機械、電線・ケーブル、電子計算機、半導体・集積回路等の情報関連機器製造業で高い。他方、情報提供、計算サービス、および郵便、電気通信、新聞等の情報関連サービス業では低い。一般に、卸売、小売、金融・保険等のサービス関連は、中間投入率が低く、したがって影響力係数は低く、他の産業に対する影響力は弱い。同様に、現在のところ情報関連サービスの他産業に対する影響力は弱いといえるであろう。

これに対して、感応度係数は、全体的な傾向として、一次金属製品、石油・石炭製品、化学製品等の需要部門が多岐にわたり、中間需要比率の高い部門で大きくなっている。また、情報産業について感応度係数をみると、情報関連機器製造業、情報関連サービス業とも低い値

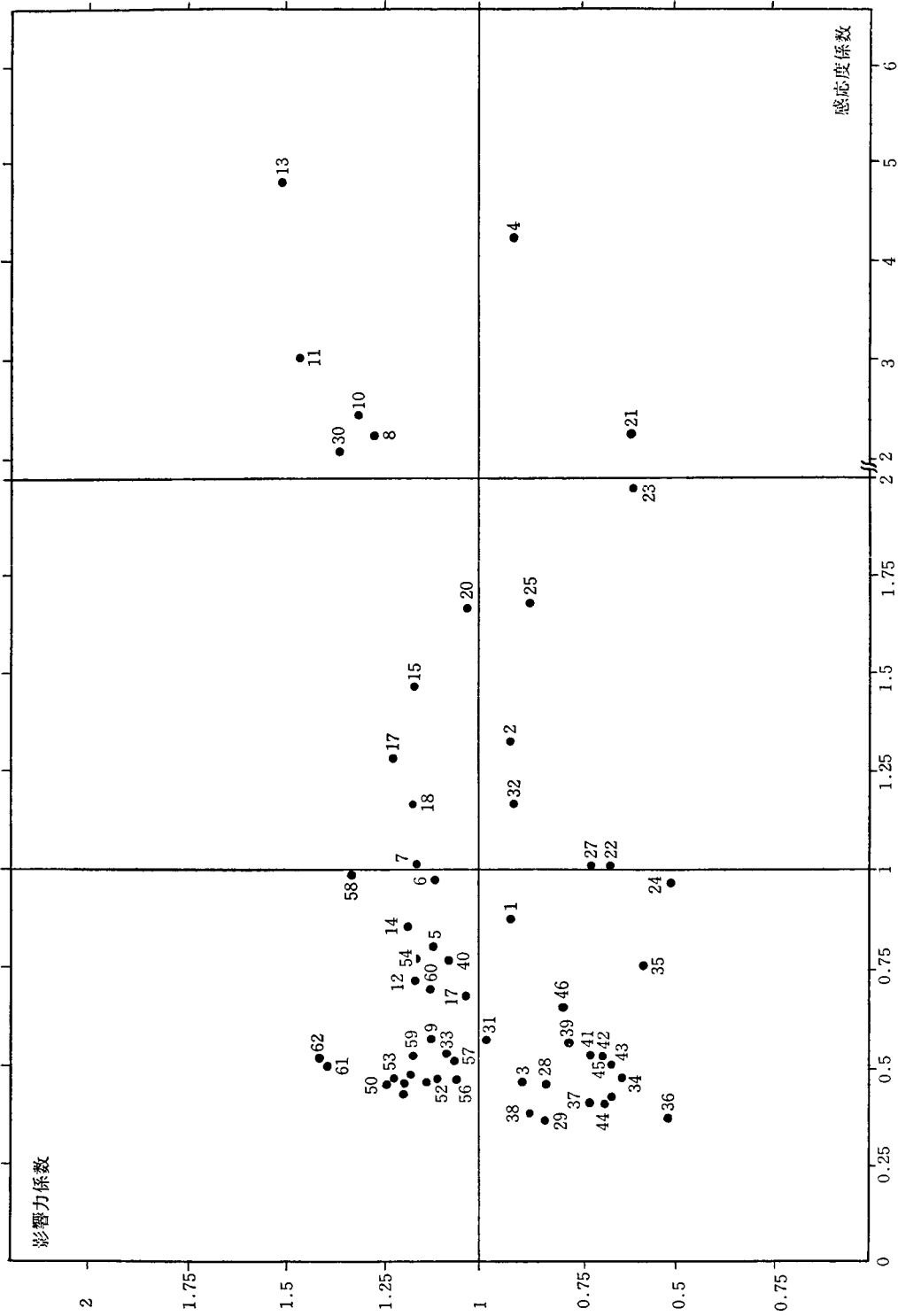


図 3.1 感応度係数・影響力係数 (1980 年)

注) 産業番号は図 3.2 を参照のこと。

(感応度係数・低, 影響力係数・高)		(感応度係数・高, 影響力係数・高)	
5 食料品	(.805, 1.117)	7 製材・家具	(1.003, 1.155)
6 繊維製品	(.984, 1.169)	8 パルプ・紙	(2.232, 1.270)
9 皮・ゴム製品	(.587, 1.103)	10 化学製品	(2.465, 1.311)
12 窯業・土石製品	(.737, 1.151)	11 石油・石炭製品	(3.090, 1.465)
14 金属製品	(.855, 1.177)	13 一次金属製品	(4.315, 1.506)
16 電気機械	(.899, 1.192)	15 一般機械	(1.468, 1.176)
19 建設	(.696, 1.027)	17 輸送機械	(1.297, 1.213)
33 出版	(.546, 1.075)	18 その他製造品	(1.171, 1.160)
40 広告	(.782, 1.083)	20 電気・ガス・水道	(1.675, 1.042)
47 工作機械	(.473, 1.197)	30 分類不明	(2.017, 1.354)
48 金属加工機械	(.487, 1.163)		
49 印刷・製本機械	(.476, 1.182)		
50 事務用機械	(.455, 1.214)		
51 電気音響・TV等	(.462, 1.143)		
52 電子計算機	(.450, 1.089)		
53 VTR等電子装置	(.484, 1.220)		
54 電気通信機械	(.769, 1.152)		
55 電気計測器	(.468, 1.101)		
56 精密機械	(.480, 1.056)		
57 カメラ・時計	(.516, 1.061)		
58 洋紙・和紙	(.998, 1.329)		
59 インキ・写真材料	(.528, 1.158)		
60 半導体・集積回路	(.700, 1.124)		
61 電線・ケーブル	(.503, 1.377)		
62 事務用品	(.351, 1.450)		

(感応度係数・低, 影響力係数・低)		(感応度係数・高, 影響力係数・低)	
1 農業	(.885, .901)	2 林業	(1.325, .925)
3 漁業	(.457, .890)	4 鉱業	(4.397, .921)
24 不動産	(.972, .504)	21 卸売	(2.256, .622)
26 公務	(.425, .666)	22 小売	(1.008, .677)
28 物品賃貸	(.453, .832)	23 金融・保険	(1.983, .613)
29 対個人サービス	(.388, .839)	25 運輸・倉庫	(1.695, .875)
31 新聞	(.574, .987)	27 対事業所サービス	(1.016, .724)
34 郵便	(.473, .644)	32 印刷	(1.182, .929)
35 電気通信	(.754, .576)		
36 教育	(.685, .526)		
37 研究	(.418, .711)		
38 医療・保険	(.396, .873)		
39 公共サービス	(.575, .778)		
41 計算サービス	(.531, .707)		
42 情報提供	(.526, .696)		
43 法務会計サービス	(.509, .663)		
44 電算機賃貸	(.417, .683)		
45 娯楽	(.454, .682)		
46 放送	(.664, .794)		

図 3.2 感応度係数・影響力係数 (1980 年)

となっている。

さらに、図 3.1 をもとに、影響力係数と感応度係数との高低の組合せによって、各産業をグループ化して概略的な性格づけをおこなったのが図 3.2 である。

この図 3.2 は、産業の性格を中間財の直接投入比率や、中間財の直接需要比率の双方から性格づけして、その高低の組合せから、全産業を 4 つのグループに分類している。

これによると、情報産業のうち、事務用機械、電子計算機、半導体・集積回路等の情報インフラストラクチャを製造する情報関連機器製造業、すなわち、「情報物財」を生産する部門は、総じて食料品、繊維製品、電気機械等の最終需要的製造業グループ型の性格をもつ。したがって、中間投入比率はある程度高く他産業への影響力は高いが、他産業から受ける影響は弱いという産業関連の性格をもっている。他方、情報関連サービス業は、中間投入比率は低く他産業への影響力は弱く、また他産業から受ける感応度も低いといえる。

したがって、今後の情報化が経済成長あるいは産業構造に与える 1 つのキーポイントは、事務用機器、電子計算機、電気通信機械等の情報関連機器製造業の拡大と、その設備投資の動向であろう。とくに、わが国は、現在情報のインフラストラクチャの形成期にあたると思われ、中期的には経済の情報化のインパクトは、情報関連機器製造業の市場の発展性に依存することが大きいといえるであろう。この意味で、経済の情報化は「物財生産」を含まない類似の概念でとり扱われる「経済のサービス化」とは、違った展開をみせることを示唆している。

以下では、もう少し詳細に情報関連製造業あるいは情報関連サービス業といった情報産業の

技術構造の特色とその成長力について検討してみよう。

3.3 情報産業の技術構造の変化と成長力

ここでは、前節と同様に産業連関表を用いた分析で情報産業の技術的な性格づけを検討してみよう。各産業の生産に関する技術構造の変化、すなわち、投入係数の変化を予測する際に用いられる手法として RAS 方式がある²⁾。この RAS 方式を 1970 年及び 1980 年の 2 時点の産業連関表に適用し、この期間の各産業の投入係数の変化、とりわけ情報産業の技術構造の変化を特徴づけてみよう。

投入係数の変化は、2 つの方向から説明することが可能である。

1 つの方向は、加工度変化修正係数 (s_j) で表わされる変化である。加工度の変化は、たとえば、労働と資本の組合せ、すなわち資本集約度の変化、付加価値率の変化という経路を通じて、投入係数の縦列に影響を与える。この変化の要因の中には、資本集約度の変化だけでなく、生産性の変化、プロダクト・ミックスの変化の効果も含まれることになる。

もう 1 つの変化の方向は、代替変化修正係数 (r_i) で表わされる。この変化は、投入される原材料間の代替によるもので、投入係数の横行を

2) RAS 方式による代替変化修正係数、加工度修正係数は、次のようにして求められる。

まず、基準時点 (近年) における投入係数行列を $A'(i, j)$ 、生産ベクトルを $X'(i)$ 、中間需要和ベクトルを $W'(i)$ 、中間投入和ベクトルを $Z'(i)$ 、また過去の投入係数行列を $A_0(i, j)$ 、行方向の修正ベクトル (原材料の代替変化を示す) を $R(i)$ 、列方向の修正ベクトル (原材料の投入率の変化、すなわち加工度変化を示す) を $S(j)$ とする。

$$W' \doteq \sum_{j=1}^n \{(R \cdot A_0 \cdot S) \cdot X'\}$$

$$Z' \doteq \sum_{i=1}^n \{(R \cdot A_0 \cdot S) \cdot X'\}$$

上式において、 R と S を交互に修正していく収束計算により R と S の値を求める。ここでの R が代替変化修正係数であり、 S が加工度修正係数である。

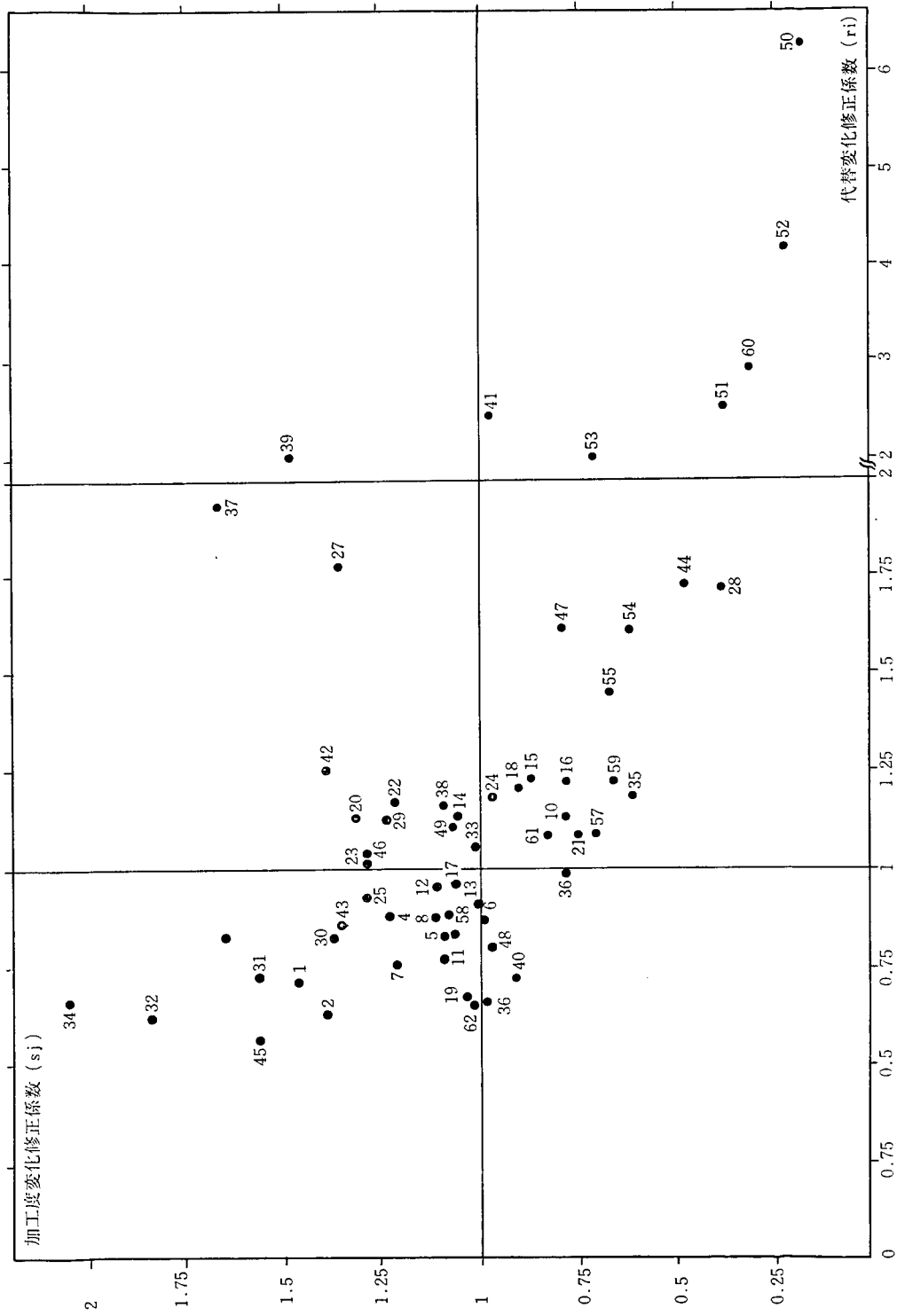


図 3.3 代替変化修正係数・加工度変化修正係数 (1970~80年)

代替変化修正係数・低, 加工度変化修正係数・高		代替変化修正係数・高, 加工度変化修正係数・高	
1 農業	(.734, 1.463)	14 金属製品	(1.139, 1.056)
2 林業	(.646, 1.396)	20 電気・ガス・水道	(1.136, 1.305)
3 漁業	(.840, 1.650)	22 小売	(1.174, 1.214)
4 鉱業	(.896, 1.240)	23 金融・保険	(1.032, 1.295)
5 食料品	(.841, 1.098)	27 対事業所サービス	(1.784, 1.360)
7 製材・家具	(.761, 1.215)	29 対個人サービス	(1.126, 1.247)
8 パルプ・紙	(.893, 1.119)	33 出版	(1.061, 1.013)
9 皮・ゴム製品	(.848, 1.082)	37 研究	(1.940, 1.675)
11 石油・石炭製品	(.778, 1.089)	38 医療・保険	(1.163, 1.097)
12 窯業・土石製品	(.956, 1.114)	39 公共サービス	(2.038, 1.492)
13 一次金属製品	(.905, 1.010)	42 情報提供	(1.251, 1.388)
17 輸送機械	(.965, 1.063)	46 放送	(1.029, 1.299)
19 建設	(.767, 1.044)	49 印刷・製本機械	(1.112, 1.067)
25 運輸・倉庫	(.937, 1.289)		
30 分類不明	(.846, 1.375)		
31 新聞	(.743, 1.566)		
32 印刷	(.627, 1.844)		
34 郵便	(.654, 2.331)		
43 法務会計サービス	(.854, 1.353)		
45 娯楽	(.579, 1.553)		
58 洋紙・和紙	(.884, 1.075)		
62 事務用品	(.659, 1.024)		
代替変化修正係数・低, 加工度変化修正係数・低		代替変化修正係数・高, 加工度変化修正係数・低	
6 繊維製品	(.871, .999)	10 化学製品	(1.143, .778)
26 公務	(—, —)	15 一般機械	(1.228, .868)
36 教育	(.679, .995)	16 電気機械	(1.231, .192)
40 広告	(.717, .912)	18 その他製造品	(1.227, .906)
48 金属加工機械	(.800, .970)	21 卸売	(1.094, .754)
56 精密機械	(.994, .791)	24 不動産	(1.191, .975)
		28 物品賃貸	(1.725, .399)
		35 電気通信	(1.191, .603)
		41 計算サービス	(2.444, .995)
		44 電算機賃貸	(1.725, .448)
		47 工作機械	(1.618, .800)
		50 事務用機械	(6.368, .172)
		51 電気音響・TV等	(2.590, .374)
		52 電子計算機	(4.197, .231)
		53 VTR等電子装置	(2.079, .705)
		54 電気通信機械	(1.618, .629)
		55 電気計測器	(1.459, .683)
		57 カメラ・時計	(1.095, .704)
		59 インキ・写真材料	(1.226, .679)
		60 半導体・集積回路	(2.946, .308)
		61 電線・ケーブル	(1.095, .846)

図 3.4 代替変化修正係数・加工度変化修正係数 (1970~80 年)

変化させる。この効果には、狭義の技術変化が含まれる。

上記の RAS 方式によって計測された 1970～80 年の産業別代替変化乗数 (r_i) と、加工度変化乗数 (s_j) を示したものが図 3.3 である。さらに、この図をもとに、両修正係数の高低によって、各産業をグループ化して示したものが図 3.4 である。

両修正係数の性格から、技術変化に基づく原材料代替によって発展が期待される産業は、代替修正係数が高い ($r_i > 1$) 産業である。他方、加工度の変化によって付加価値率の増大が見込まれる産業は、加工度修正係数が低い ($s_j < 1$) 産業である。したがって、今後最も発展が期待され、かつ付加価値の増加が見込まれる有望な産業は、代替変化修正係数 (r_i) が高く、加工度変化修正係数 (s_j) が低い産業ということになる。

上記の過去 10 年間の両修正係数の計測値から、とくに情報産業に焦点をあて、この期間の情報産業の技術変化の方向とその発展性について大雑把な検討をしておこう。

図 3.3 および図 3.4 にみられるように、電子計算機、半導体・集積回路、電気通信機械等を中心とする情報関連機器製造業、および計算サービス、電気通信等の情報関連サービスの一部は、代替変化修正係数が高く、かつ加工度変化修正係数が低い。このことは、これらの情報産業が過去技術変化による原料代替によって発展し、さらに加工度の変化によって付加価値率の増大を達成してきたことを示している。その意味では、化学製品を除いたその他の素材型を中心とする製造工業の大部分が、衰退型かつ付加価値率低下型の変化を示している中で、情報産業は今後最も発展が期待され、かつ付加価値

率の上昇が望める有望産業ということができるであろう。

しかしながら、投入構造の変化を通して有望産業とみられる情報産業も、その変化を詳細な業種についてみると多少複雑である。すなわち、両修正係数の値からみて有望産業に属するのは、情報関連機器製造業のほとんどの業種と、情報関連サービスの一部の業種であり、とくに情報関連サービスの各業種は技術構造の変化も多様である。

まず、研究、情報提供、放送、公共サービス、出版の情報関連サービス業は、代替変化修正係数が高く成長型の変化を示しているが、反面加工度変化修正係数も高く付加価値率低下型の変化を示している。また、教育、広告の情報関連サービス業は、代替変化修正係数、加工度変化修正係数ともに低く、衰退型の変化を示しているが、付加価値率の上昇可能性も示している。さらに、新聞、印刷、郵便、法務会計サービス、娯楽の情報関連サービスは、代替変化修正係数が低く、加工度変化修正係数が高いという、すなわち衰退型で、かつ付加価値率の上昇も望めないというグループに属している。このように情報関連サービスの各業種の技術構造の変化は、多様で、これらをアグリゲートした情報関連サービスの今後の動向を把握することの困難さを示唆している。

4. 情報化と産業構造の変化 (2)

一雇用

4.1 情報労働の定義と推移

雇用あるいは、労働投入面から日本経済の情報化の進展度を検討する場合、ある程度職種ないし職業ベースでの労働投入の動向を明らかにする必要がある。とくに、前節では全く無視さ

れた情報産業以外の各産業内での情報化という現象を捕捉する場合には、単なる産業別就業者数の把握のみでは意味がないであろう。この各産業内での情報化という現象は、「産業の情報化」と呼ばれ、経済の情報化の1つの重要な側面である³⁾。この「産業の情報化」はまさに Porat がその重要性を指摘した「第2次情報部門 (secondary information section)」に他ならない。各産業内の情報化は、その産業で情報処理および加工等に関する情報活動の増大と考えられる。このような産業部門の情報化の最大の要因は、経済の発達とともに経済の複雑さが増し、高度化が進んだためである。経済の複雑さが増大するにつれて、生産のメカニズムも複雑となり、それにかかわる諸要素を管理・調整する機能が重要性を増す。各産業内での情報部門の拡大は、企業が生産、販売プロセス等の分野での不確実性を除去し、経済効率を高めるため、企業の経済システムの組織化、管理・調整機能を高めたことに帰因する。このような「産業の情報化」は、各産業内での情報の生産、処理、加工、あるいは管理にたずさわる「情報労働」の増加を伴う。

情報労働を、現実のデータを用いて本格的に定義づけたのは F. Machulp である。Machulp は、知識労働 (産業) と情報労働 (産業) とを特に区別せず、情報=知識という考え方で定義づけをおこない、データの作成をおこなっている。さらに、Machulp の分析をベースとして、労働統計、国勢調査統計をもとに、より厳密な情報労働の定義づけと、その推計をおこなったのが M. Porat [1] である⁴⁾。

M. Porat は、情報労働を次のように定義する。

(1) 情報の生産、処理、伝達、販売に従事

する職業。

(2) 情報インフラストラクチャーの操作に従事する職業。

さらに、表 4.1 は上記の定義に従った情報職業の詳細な分類である。

なお、わが国の情報労働については前述の電気通信総合研究所 [6] が、ほぼこの M. Porat 流の分類に従って、前述のような 62 部門について分析をおこなっている。

ここでは、電気通信総合研究所 [6] の公表データをベースに、わが国の情報労働の推移と特徴をみてみよう。表 4.2 は、前述の 5 部門分類に対応した各部門の情報労働と生産労働の 1970、1975、1980 年の推移とその構成比を示したものである。また、表 4.3 は各部門内での情報労働比率の推移を示したものである。これによると、第一次産業を除いて各部門で情報労働者数は、緩慢ではあるが増加している。部門別でみると情報労働者数はサービス、情報関連サービス業で多く、この両部門で全情報労働者数の 80% を占めている。表 4.3 から、部門別にみた情報労働の比率は、第一次産業、情報関連機器製造業で 1975~1980 年で横ばい傾向なのを除けば、他の部門では経年的に増加している。また、総労働に対する情報労働のウェイトの高い部門は、情報関連サービス業で 1980 年で 78%、次いでサービス業の 38% となって

3) C. Jonscher [4] は、経済を生産部門、情報部門の 2 部門に分割する方法で経済の情報化の分析をおこなっているが、アメリカ経済の情報化の実証分析の中で、情報部門 (各産業の情報部門を含む) からのサービスの流れは、各家庭 (たとえば、新聞、テレビ等) への流れに比べて、生産部門 (たとえば、マネージメント・サービス) への流れが圧倒的に大きいことを示している。すなわち、現代の経済の情報化は、生産部門の管理、組織化に主として帰因しており、「産業の情報化」の重要性を示唆している。

4) Machulp, Porat の情報労働力の詳細な分類、考え方については、電気通信総合研究所 [6] に詳しいので参照にされたい。

表 4.1 M. U. Porat 情報職業分類

	グループ	大・中分類	小分類
1.	科学・技術者	A. 専門的・技術的職業従事者 (1) 科学研究者, (2) 技術者	自然科学的研究者, 人文・社会科学研究者, 鉱山技術研究者, 金属製, 技術者, 機械技術者, 電気技術者, 化学技術者, 建築・土木技術者, 農林技術者, 報処理技術者情その他の技術者
2.	保健医療従事者	A. 専門的・技術的職業従事者 (3) 保健医療従事者	医師, 歯科医師, 獣医師, 薬剤師, 保健婦, 栄養士, 看護婦, 看護師, その他保健医療従事者
3.	専門職従事者	A. 専門的・技術的職業従事者 (4)法務従事者, (5)公認会計士・税理士, (6)教員, (7)宗教家, (8)文芸家・記者・編集者 (9)美術家・写真家・デザイナー, (10)音楽家・舞台芸術家, (11)その他の専門的技術的職業従事者	(4)裁判官・検察官・弁護士, (5)公認会計士・税理士, (6)幼稚園, 小学校, 中学校, 高校, 大学, 盲・ろう・養護学校教員, その他の教員, (7)宗教家, (8)文芸家・著述家, 記者, 編集者, (9)彫刻家・画家・工芸美術家, デザイナー, 写真家・カメラマン, (10)音楽家・俳優・舞踊家・演出家, (11)保母・保父・社会福祉事業専門職員, 個人教師, 他に分類されない専門的・技術的職業従事者
4.	管理的職業従事者	B. 管理的職業従事者 (12) 管理的公務員 (13) 会社・団体等役員 (14) その他の管理的職業従事者	(12)管理的公務員, (13)会社役員, その他の法人・団体の役員, (14)会社・団体等の管理的職業従事者, 駅長・区長, 郵便局長・電報電話局長, 他に分類されない管理的職業従事者 (船長・航海士 (漁ろう船を除く) 船舶機関長航空機操縦士・航空士を含む)
5.	一般事務従事者	C. 事務従事者 (15) 一般事務従事者 (16) 運輸・通信事務従事者 (18) その他の事務従事者	(15)一般事務員, 会計事務員, (16)運輸事務員・郵便・通信事務員
6.	非電子的情報インフラストラクチャー部門従事者	C. 事務従事者 (18) その他の事務従事者 I. 技能工, 生産工程作業者及び単純作業者, (17)出版・製本作業者	C—(18)速記者, タイピスト, セン孔機等操作員, 電子計算機等操作員 I—(17)製版工, 文選工・植字工・印刷工・製本工, その他の印刷・製本作業者
7.	電子的情報インフラストラクチャー部門従事者 (含郵便)	H. 運輸通信従事者 (26) 通信従事者 I. 技能工, 生産工程作業者及び単純作業者, (45)電気作業者	H—(26)無線通信士・無線技術士, 有線通信士, 電話交換手, 郵便・電報外務員, その他の通信従事者 I—(45)電話架設工, 電信電話機器据付工・保守工

資料: M. U. Porat [1].

表出所: 電気通信総合研究所 [6]

表 4.2 産業別情報労働, 非情報労働者数

(単位: 千人)

	1970年		1975年		1980年	
	情報	非情報	情報	非情報	情報	非情報
1. 第一次産業	109.5 (0.9)	670.5 (2.9)	104.2 (0.7)	551.6 (2.3)	80.2 (0.5)	418.5 (1.7)
2. 鉱工業	2383.9 (18.5)	8703.1 (38.1)	2406.0 (16.2)	8282.3 (34.6)	2512.8 (15.3)	7675.0 (32.1)
3. サービス業	6494.8 (50.7)	11429.6 (50.0)	7863.2 (53.0)	12909.5 (54.0)	8517.5 (51.9)	13466.3 (56.4)
4. 情報関連サービス業	3478.2 (27.1)	1038.5 (4.5)	4118.2 (27.7)	1197.9 (5.0)	4918.6 (30.0)	1265.6 (5.3)
5. 情報関連機器製造業	356.5 (2.8)	1028.4 (4.5)	352.4 (2.4)	978.0 (4.1)	386.8 (2.4)	1052.4 (4.4)
合計	12823.0 (100)	22870.1 (100)	14844.0 (100)	23919.3 (100)	16416.0 (100)	23873.0 (100)

* () 内の数字は構成比を示す。

表 4.3 部門別情報労働比率の推移 (%)

	1970	1975	1980
1. 第一産業	14.0	15.9	15.8
2. 鉱工業	21.5	22.5	24.4
3. サービス業	36.2	37.9	38.3
4. 情報関連サービス業	77.0	77.5	78.6
5. 情報関連機器製造業	25.7	26.5	26.5
計	35.9	38.3	40.7

いる。このように、労働投入面からみた経済の情報化は、各産業で着実に進展していると考えられる。結果として、わが国全体の情報労働比率（全労働に占める比率）は、1970年の36%から1980年の40%へと緩やかに上昇しており、雇用あるいは就業構造からみた産業構造の変化は、情報化の方向に進行しているといえよう。さらに、情報産業の分割と産業毎に情報、生産労働を分割してみた就業構造の変化の最大の特色は、次のことである。1つは鉱工業部門では、1970～80年の期間で生産労働は年率1.2%で減少している。この部門での総就業者増は年率0.5%程度であるが、それは情報労働であること。さらに、もう1つは、「経済のサービス化」にかかわる点である。われわれの部門分類のサービスと情報関連サービスの両者の合計が従来の第3次産業にあたり、第3次産業の就業者比率の増大をもって「経済のサービス化」の指標とすれば、それは確実に進展している。しかしながら、情報関連サービス業の分類と産業内の情報労働の分離をおこなってみると、サービス業でも伸びが大きいのは情報労働であり、情報関連サービス業の労働の伸びは全体でも最も高いことから、「経済のサービス化」の大部分が情報関連の就業者の増加に帰因しているといえよう。以上のことから、雇用面あるいは職業構成といった面からの今日の産業構造の変化は、情報化によって極めて大きな影響を

受けており、これを無視することはできないといえよう。

さらに、情報化は各産業内での職業のプロフィールを大幅に変化させることが予想される。J. Gershuny [2] は、サービス経済化が進展する先進諸国で、すでにマニュアル・カテゴリー (manual category) の職種の減少と、管理・専門的・技術的グループ (APT: administrative, professional and technical group) の職種の増大が確実に進行していることを示している。情報化は、このような職業の変化を一層加速するものと思われる。このような職業の大幅な変化は、全体の雇用構造や、産業内での労働の再配置調整などの問題に大きな影響を与えるであろう。

ここでは、紙面の関係上詳細な産業別の情報労働の動向および職種の動向についてふれることができないが、参考までに、産業連関表とそれに対応する国勢調査から作成した詳細な産業別の情報労働と生産労働を表4.4に、またそれに対応する職種別就業者を表4.5に、1980年だけについて示しておく。

以下、情報労働に関する若干の分析を加えて、労働投入面からみた情報化ないし産業構造の特徴を明らかにしておこう。

4.2 情報化と労働生産性

さて、前述のように労働投入面からみた情報化は、情報産業にかかわらず各産業内で確実に進展していることがわかった。このような各産業内での情報労働投入量の増加傾向は労働生産性とのような関係をもっているのであろうか。この点で興味深い分析として、C. Jonscher [3], [4] の分析がある。C. Jonscher は、経済の生産性の伸びと経済の情報投入の増大の関係を次式によって表わしている。

表 4.4 産業別情報/生産就業者 (1980年) (単位・人)

	情報労働	非情報労働	合計
1 農業	31,977	5,465,354	5,497,831
2 林業	32,211	137,389	169,600
3 漁業	20,073	442,353	482,426
4 鉱業	28,131	85,071	113,202
5 食料品	220,514	926,605	1,147,119
6 繊維製品	226,168	1,644,346	1,870,514
7 製材・家具	121,488	648,497	769,985
8 パルプ・紙	64,853	197,182	261,835
9 皮・ゴム製品	50,031	291,201	341,232
10 化学製品	196,508	337,285	533,773
11 石油・石炭製品	21,045	34,673	55,721
12 窯業・土石製品	121,502	489,418	610,920
13 一次金属製品	162,062	467,871	629,933
14 金属製品	261,496	1,044,412	1,305,908
15 一般機械	254,881	691,330	946,261
16 電気機械	145,129	450,524	595,653
17 輸送機械	289,682	1,060,148	1,349,830
18 その他製造業	153,172	625,202	778,374
19 建設	1,462,898	3,950,341	5,413,239
20 電気・ガス・水道	270,111	246,321	516,432
21 卸売	1,607,820	2,234,856	3,842,676
22 小売	1,001,427	5,614,476	6,615,903
23 金融・保険	1,035,402	542,549	1,577,951
24 不動産	183,638	252,329	435,967
25 運輸・倉庫	844,356	2,051,942	2,896,298
26 公務	1,286,282	727,140	2,013,422
27 対事業所サービス	1,007,556	585,292	1,592,848
28 物品賃貸	10,378	12,341	22,719
29 对个人サービス	382,537	3,846,451	4,228,988
30 分類不明	872	99,106	99,978
31 新聞	77,656	12,496	90,152
32 印刷	444,246	71,484	515,730
33 出版	76,983	12,387	89,370
34 郵便	266,012	26,316	292,328
35 電気通信	307,219	22,524	329,743
36 教育	1,599,545	252,092	1,851,637
37 研究	114,173	33,146	147,319
38 医療・保険	1,941,366	277,439	2,218,805
39 公共サービス	627,003	160,939	787,942
40 広告	56,580	37,195	93,775
41 計算サービス	139,116	8,274	147,390
42 情報提供	25,781	2,304	28,085
43 法務会計サービス	176,172	19,081	195,253
44 電算機賃貸	2,559	3,044	5,603
45 娯楽	146,312	342,573	488,885
46 放送	51,500	9,523	61,023
47 工作機械	17,304	45,146	62,450
48 金属加工機械	12,673	33,064	45,737
49 印刷・製本機械	4,664	12,169	16,833
50 事務用機械	17,221	44,929	62,150
51 電気音響・TV等	74,940	229,488	304,428
52 電子計算機	20,887	63,963	84,850
53 VTR等電子装置	15,949	48,840	64,789
54 電気通信機械	94,298	288,768	383,066
55 電気計測器	8,736	26,753	35,489
56 精密機械	34,288	114,078	148,366
57 カメラ・時計	45,377	150,969	196,346
58 洋紙・和紙	19,028	58,034	77,062
59 インキ・写真材料	7,621	13,081	20,702
60 半導体・集積回路	29,043	88,938	117,981
61 電線・ケーブル	11,916	34,400	46,316
62 事務用品	0	0	0
63 合計	17,960,169	37,745,974	55,706,143

表 4.5 産業別職業別就業者 (1980 年)

(単位・人)

	専門技術	管 理	事 務	販 売	農林漁業	運輸通信	生産労務	サービス	合 計
1 農 業	11,187	6,457	14,312	5,603	5,437,188	3,012	18,864	1,208	5,497,831
2 林 業	2,344	4,363	25,430	344	123,177	5,676	6,985	1,281	169,600
3 漁 業	527	6,334	8,724	2,135	428,310	5,388	6,984	3,024	462,426
4 食 料	3,564	7,456	15,072	1,116	48,033	14,572	21,392	1,497	113,202
5 飲料品	10,050	71,973	135,426	101,982	2,157		790,066	14,232	1,147,119
6 繊維製品	17,904	78,301	128,123	53,744	156	10,789	1,583,075	8,442	1,870,514
7 製材・家具	2,597	47,749	70,473	26,537	5,335	19,111	593,933	3,700	769,985
8 パルプ・紙	2,692	18,526	32,691	11,130	141	6,465	137,647	2,493	261,836
9 皮・ゴム製品	3,556	15,489	30,043	12,088	19	2,517	275,577	1,933	341,232
10 化学製品	38,872	39,145	111,450	34,097	540	5,434	294,541	9,693	533,772
11 石油・石炭製品	2,263	3,914	13,281	1,551	35	1,237	30,931	2,429	55,721
12 窯業・土石製品	7,048	39,305	72,110	16,165	1,643	51,524	417,701	5,423	610,920
13 一次金属製品	20,008	34,796	94,256	11,806	220	9,665	451,502	7,680	629,933
14 金属製品	9,706	98,015	149,687	34,394	46	14,045	992,303	7,212	1,305,908
15 一般機械	37,633	68,025	153,546	32,812	123	6,167	631,117	6,833	946,261
16 電気機械	29,051	28,471	84,237	14,863	21	3,604	431,254	4,147	595,653
17 輸送機械	35,990	53,783	186,871	17,443	34	13,579	1,001,334	35,545	1,349,829
18 その他製造業	9,784	50,383	88,497	36,145	74	8,226	531,087	4,218	778,374
19 建設	151,524	343,372	608,831	96,951	31,400	162,911	3,979,975	38,278	5,413,239
20 電気・ガス・水道	28,359	25,732	172,259	3,688	195	34,245	157,477	94,477	516,432
21 卸 売	44,531	436,571	1,119,295	1,641,036	2,469	116,709	443,380	38,685	3,842,676
22 小 売	68,529	209,870	725,201	4,394,307	2,302	32,706	1,029,645	153,343	6,615,903
23 金融・保険	25,114	123,411	902,555	493,505	37	11,857	7,475	13,997	1,577,951
24 不動産	7,064	60,075	114,837	191,947	296	2,970	13,915	44,863	435,967
25 運輸・倉庫	31,343	143,967	639,692	45,656	856	1,489,328	489,244	56,213	2,896,299
26 公 務	128,739	102,731	1,039,155	0	3,405	40,720	91,754	606,918	2,013,422
27 対事業所サービス	545,826	70,285	380,012	22,002	6,149	23,644	311,858	233,071	1,542,847
28 物品賃貸	659	2,657	7,033	3,005	133	1,707	6,830	694	22,718
29 对个人サービス	51,430	75,366	252,885	437,736	843	14,924	378,553	3,017,250	4,228,987
30 分類不明	8	101	753	37	0	18	77	98,984	99,978
31 新 聞	9,106	7,593	17,245	7,701	0	662	47,426	417	90,150
32 印 刷	52,094	43,440	98,654	44,058	2	3,788	271,308	2,386	515,738
33 出 版	9,027	7,528	17,096	7,635	0	656	47,015	413	89,370
34 郵 便	6,843	20,771	150,638	13,439	0	90,103	8,401	2,133	292,328
35 電気通信	5,857	17,778	128,934	11,502	0	64,339	99,507	1,826	329,743
36 教 育	1,340,198	22,953	233,597	1,808	6,702	52,149	81,688	112,542	1,851,637
37 研 究	74,936	6,039	31,812	295	7,738	2,463	21,968	2,068	147,319
38 医療・保険	1,515,467	31,789	389,779	3,366	483	20,093	55,690	202,138	2,218,805
39 公共サービス	161,372	86,446	378,445	44,257	27,564	12,267	55,521	22,070	787,942
40 広 告	33,519	3,985	18,536	32,907	0	324	2,113	2,342	93,776
41 計算サービス	51,608	15,123	70,526	399	0	1,228	8,017	489	147,390
42 情報提供	1,419	4,210	19,635	111	0	342	2,232	136	28,085
43 法務会計サービス	137,145	4,604	33,972	848	625	1,473	15,531	1,056	105,254
44 電算機賃貸	162	655	1,734	741	33	421	1,684	171	5,601
45 娯 楽	58,774	19,557	64,013	12,484	9,097	7,085	53,396	264,479	488,885
46 放 送	20,586	5,299	19,590	2,976	0	7,476	3,172	1,924	61,023
47 工作機械	2,634	4,670	9,681	2,312	8	420	42,256	469	62,450
48 金属加工機械	1,929	3,420	7,090	1,693	6	307	30,947	343	45,735
49 印刷・製本機械	710	1,259	2,609	623	2	113	11,390	126	16,832
50 事務用機械	2,621	4,647	9,634	2,301	8	418	42,053	467	62,149
51 電気音響・TV等	15,415	14,557	43,396	7,794	10	1,867	219,228	2,161	304,428
52 電子計算機	4,296	4,057	12,095	2,172	3	520	61,103	602	84,848
53 VTR等電子装置	3,281	3,098	9,236	1,659	2	397	46,657	460	64,790
54 電気通信機械	19,396	18,318	54,606	9,808	12	2,349	275,858	2,720	383,067
55 電気計測器	1,797	1,697	5,059	909	1	218	25,557	252	35,490
56 精密機械	4,634	8,921	20,094	4,599	11	726	108,459	922	148,366
57 カメラ・時計	6,133	11,806	26,592	6,086	15	960	143,533	1,221	196,346
58 洋紙・和紙	792	5,452	9,621	3,290	41	1,903	55,228	734	77,061
59 インキ・写真材料	1,508	1,518	4,323	1,322	21	211	11,424	376	20,703
60 半導体・集積回路	5,974	5,642	16,818	3,021	4	723	84,962	838	117,982
61 電源・ケーブル	1,471	2,558	6,930	868	16	711	33,197	565	46,316
62 事務用品	0	0	0	0	0	0	0	0	0
63 合 計	4,878,610	2,661,493	9,278,762	7,981,914	6,148,241	2,411,205	17,199,277	5,146,634	55,706,136

$$\frac{NI}{NP} = k \cdot \frac{IT}{IP} \cdot \left(\frac{r_P}{r_I}\right)^{\frac{1}{2}}$$

N…労働投入量

I…投資

r…労働生産性

(添字は、I…情報、P…生産、T…合計を示す)

この式は、情報部門の労働と生産部門の労働の比率を、両部門の生産性の比率で説明している。また、情報部門と生産部門の労働力の比率は、情報部門と生産部門の生産性の比率に逆比例することを示している。したがって、例えば生産部門の生産性 (r_P) が増大し、それに情報部門の生産性 (r_I) の増大が伴わない場合は、情報労働力の比率は増大することになる。逆の場合には、情報労働力の比率は減少することになる。

C. Jonscher は、この定式化をアメリカ経済

に適用し、実証分析をおこない図 4.1 に示すような結果を得ている。図 4.1 は、アメリカでは、1980 年を境に情報部門と生産部門の生産性に逆転現象が生じ、情報労働比率（対生産労働）は 1980 年の約 50% をピークに今後、減少が予想されることを示唆している⁵⁾。また、今後、情報部門の生産性の向上が経済全体のパフォーマンスを向上させることを示唆している。

さらに、C. Jonscher [3] は企業の生産活動における情報の投入水準の決定の問題に関する分析をおこなっている。そこでは、企業の情報投入量に関して、情報コストを考慮した産出量の最大化を目的関数として設定し、情報投入の効率に関連づけて、次のような定式化をおこな

5) このような情報部門の比率が減少する傾向を生産面についておこなった分析として、情報のエントロピー概念を用いた J. Vorge [7] がある。

いま、経済をモノの生産と情報の生産部門との2部門分割し両部門の就業者1人当りの付加価値額に関して次式のような関係を想定しよう。

$$V_{INF} = \alpha(V)^2$$

V_{INF} …情報部門の就業者1人当りの付加価値額

V_{PHY} …生産部門の " "

また、

$$V_{PHY} = V - V_{INF} = V - \alpha V^2$$

ここで、モノ生産部門の1人当り付加価値額の最適化条件は、

$$\frac{dV_{PHY}}{dV} = 1 - 2\alpha V = 0$$

すなわち

$$\alpha V = (V_{INF}/V) = 0.5$$

のとき、最大となる。

これは、情報部門の就業者1人当り付加価値額が経済全体のその2乗に比例して増大するという関係があると、比例乗数には関係なく、情報部門の比率が50% となるところで、モノの生産の付加価値も最大となることを意味している。

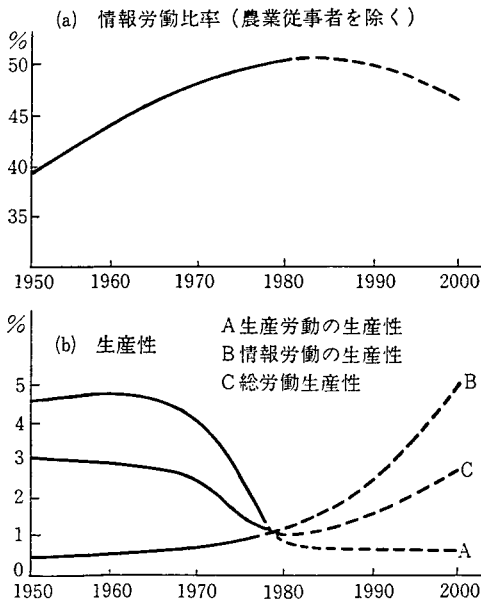
これは、経済全体に占める情報部門の比率に50% という壁が存在することを示唆している。

ここで、この考え方にとって、情報部門の就業者1人当り付加価値額が全体のその2乗に比例して増大するという関係が経験的に成り立っているか否かが問題である。

J. Vorge は、アメリカについて1900~1980年の期間について、

$$V_{INF} = 0.0315(V)^2$$

という推計結果を得ており、上記の関係式が経験的に成立していることを実証している。



資料 C. Jonscher [4] .

図 4.1 情報労働比率と生産性

っている⁶⁾。

$$z/L_p = (A/c_z)^{1/\rho} \cdot (Y/L_p)^{1/\rho}$$

ここでは、企業の情報処理・加工およびサービス、生産プロセスの監視と制御に関する均衡情報投入量は、生産労働1人当りの生産額と関連づけられている。

さて、これらの C. Jonscher 分析を基に、わが国のデータを使って、各産業の情報労働の投入に関して分析をおこない、「産業の情報化」および産業の雇用構造について簡単な検討を加えておこう。

わが国においても、各産業で情報労働の比率は、緩やかではあるが確実に増大している。とくに、生産部門の鉱工業部門においても、生産労働の減少傾向と対症的に情報労働は増加傾向にあり、情報労働比率は増大化していることはすでに述べた。

そこで、上記の C. Jonscher の分析にならって、1980年のクロスセクション・データを使ってわが国の鉱工業部門の情報労働比率と生産

6) ここでは、企業の生活活動における情報の投入水準の決定の問題に関する C. Jonscher のモデルを要約的に書けば、次の通りである。

情報の投入量は、一般に情報コストを差し引いた産出量を最大化するように決定されるものとする。すなわち、次のような目的関数を設定しよう。

$$\max_{z_k} [C_p Y - C_z \cdot z_k] \quad (1)$$

- z …情報投入量
- C_p …生産物の単位価格
- Y …産出量
- C_z …情報サービス投入の単位コスト

ここで、まずパラメータ k という情報投入についてのみ検討しよう。情報に関するパラメータは全部で s 個存在し、 k 以外の情報投入は、便宜上 $Z_i (i=1, \dots, s; i \neq k)$ に固定されたものと仮定する。

いま、 k 以外の情報投入による効率に関して、次式のように定義しよう。

$$\gamma_0 = \prod_{\substack{i=1 \\ i \neq k}}^s \exp(-\beta_i z_i^\rho) \quad (2)$$

β : 定数

また、 k という情報の投入による効率を考慮すると、生産は、

$$Y = \gamma_k \gamma_0 \frac{1}{\alpha x}$$

$$= \frac{1}{\alpha x} \exp(-\beta k z k^\rho) \quad (3)$$

で、さらに労働投入は、

$$L_p = \frac{\alpha p}{\alpha x} \quad (4)$$

に固定されているとする。

(3)式から目的関数は次のように書ける。

$$\max_{z_k} \left[C_p \frac{1}{\alpha x} \gamma_0 \exp(-\beta k z k^\rho) - C_z Z \right] \quad (5)$$

この最適化条件を求めると、次式が得られる。

$$C_p \frac{1}{\alpha x} \gamma_0 \exp(-\beta k z^{(\rho+1)}) - C_z = 0 \quad (6)$$

したがって、情報投入均衡水準は、

$$z k = \left(\frac{C_p}{C_z} \cdot \beta k \rho Y \right)^{1/(\rho+1)} \quad (7)$$

となる。

これらの結果は、情報投入量 $z k$ の効率 (γ_k) に依存している。また、生産プロセスあるいは取引先においてこのような情報の投入の数、すなわち s の大きさは相当に大きいと仮定するのがより現実的であろう。このような全情報の投入量、 $z = \sum_{k=1}^s z k$ は、次式によって与えられる。

$$\begin{aligned} z &= \sum_{k=1}^s \left[\frac{C_p}{C_z} \beta k \rho Y \right]^{1/(\rho+1)} \\ &= \left[\frac{C_p}{C_z} \rho Y \right]^{1/(\rho+1)} \sum_{k=1}^s \beta k^{1/(\rho+1)} \\ &= \left[\frac{C_p}{C_z} Y \rho \beta \right]^{1/(\rho+1)} \end{aligned} \quad (8)$$

ただし、ここで

$$\beta = \left(\sum_{k=1}^s \beta k^{1/(\rho+1)} \right)^{(\rho+1)} \quad (9)$$

(8)式の情報均衡投入水準は、情報と効率の関係を次のように仮定したときの企業の費用最小化行動の解である。すなわち、情報-効率の関係は、

$$\eta = \exp(-\beta z^\rho) \quad (10)$$

また、あらゆる情報投入に関して均一的に、 $\gamma_k = \exp(-\beta k/z k^\rho)$ 、($k=1, \dots, s$) が成り立っていると仮定されている。

このモデルにおいて、生産労働の投入係数 (αp) と生産財の投入係数 (αx) は技術進歩によって、時間とともに変化し、生産労働 (L_p) の産出量 (X^p) に対する比率に影響を与える。そこで、ここでは金額ベースで測られた労働投入-産出比率はコンスタントという特別なケースを仮定する。なお、生産労働賃金をニューメレールとすれば、次式が得られる。

$$C_p X^p = \lambda L_p \quad (11)$$

λ : 定数

さらに、 $X^p=1$ を用いて、情報投入を書きかえると、

$$Z = \left(\frac{\lambda L_p Y \rho \beta}{C_z} \right)^{1/(\rho+1)} \quad (12)$$

さらに、 $\rho=1$ という制約を適用すれば、

$$z = \left(\frac{\lambda L_p Y \rho \beta}{C_z} \right)^{1/2} \quad (13)$$

ここで、生産労働に対する情報の投入量は、

$$z/L_p = \lambda \rho \beta / C_z \quad (14)$$

となる。

(14)式は、生産労働に対する情報投入比率 (z/L_p) と生産労働1人当りの生産額 (Y/L_p) との関係式を示しており、この関係式の実証分析がおこなわれている。C. Jonscher [3]。

表 4.6 鉱工業における（情報/生産）労働の比率

（予測）

	1970年	1975年	1980年	1990年
1. 情報労働者数 (LI) : (千人)	2383.9	2406.0	2512.8	4115.1
2. 生産労働者数 (LP) : (千人)	8703.1	8282.3	7675.3	6382.7
3. 生産性指数 (γ)	1.000	1.306	1.869	3.495
4. (情報/生産) 労働比率% : 実績	27.4	29.1	32.7	—
5. (情報/生産) 労働比率% : 計算値	28.0	29.9	32.5	39.2
6. (誤差率)	(2.2%)	(2.7%)	(0.6%)	

- 1) (情報/生産) 労働比率の計算は、次式による。

$$(LI/LP) = A + \alpha \cdot (\gamma)^{1/2}$$
- 2) 1990 年の予測は、製造工業の 1980~90 年の労働計の年平均成長率を 0.3% として計算した。
- 3) 1990 年の生産性指数は、過去 1970~80 年の 6% 強程度の伸びとして計算した。

労働の生産性の関係式を推定したのが次式である。

$$\left(\frac{LI}{LP}\right) = 0.15190 + 0.06812 \gamma_P^{1/2}$$

(2.88) (4.15)

$$\bar{R}^2 = 0.537 \quad S = 0.08$$

LI…情報労働

LP…生産労働

γ_P …生産労働の生産性

この推定結果によると、鉱工業部門（生産部門）の情報投入量と生産性の間には有意な関係がみられる。さらに、このクロスセクションの推定結果を利用して、鉱工業部門の情報/生産の労働比率の推移を示したのが表 4.6 である。

4.3 情報化と情報労働投入係数の変化

前節までは、経済あるいは各産業内で情報労働比率の増大化傾向をみてきた。ここでは視点をかえて生産額当りの情報労働投入、すなわち、情報労働投入係数（雇用係数）の産業別の変化を検討し、情報化が雇用構造に与える影響をみてみよう。

図 4.2 は、各産業の 1970~80 年の情報労働投入係数の変化を示したものである。これによると情報労働投入係数の増加が認められるのは、サービスおよび情報関連サービス業の一部の業種であり、製造業および情報関連機器製造

業の業種では、不変か低下傾向が顕著である。以下、情報労働投入係数の変化要因について検討してみよう。

いま、情報労働投入係数を便宜上情報化係数とし、次式のように分解しよう。

$$INF_i = LI_i / Vi = (LI_i / Li_i) \times (Li_i / Vi)$$

(情報化係数 = 知識集約度 × 労働集約度)

LI_i…情報就業者数

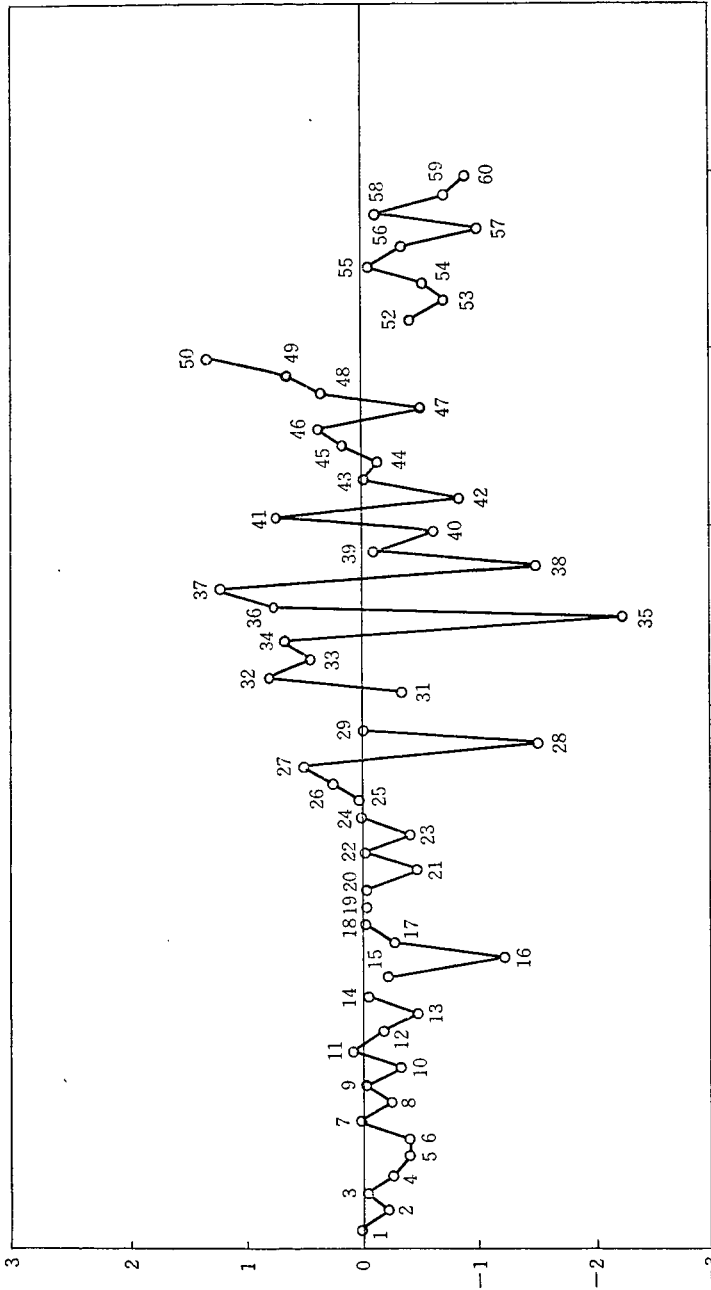
Li…総就業者数

Vi…付加価値額

INF_i…情報化係数(情報労働役人係数)

すなわち、情報労働投入係数は、知識集約度 (LI_i/Li_i) と労働集約度 (Li_i/Vi) とに分割できる。ここで、情報労働比率 (LI_i/Li_i) は前節までの説明であきらかな通り、産業別職種のいくつかをアグリゲートして作成されたものである。したがって職業は、体化知識量の粗い指標と考えることができ、情報労働比率をもって知識集約度と考えることが可能であろう。

ここで、上記の情報化係数の変化要因をみるために、次式について検討し、その結果を示したのが、表 4.7 である。



- 1 農業
- 2 林業
- 3 漁業
- 4 鉱業
- 5 食料品
- 6 繊維製品
- 7 製材・家具
- 8 パルプ・紙
- 9 皮・ゴム製品
- 10 化学製品
- 11 石油・石炭製品
- 12 窯業・土石製品
- 13 一次金属製品
- 14 金属製品
- 15 一般機械
- 16 電気機械
- 17 輸送機械
- 18 その他製造品
- 19 建設
- 20 電気・ガス・水道
- 21 卸売
- 22 小売
- 23 金融・保険
- 24 不動産
- 25 運輸・倉庫
- 26 公務
- 27 対事業所サービス
- 28 物品賃貸
- 29 対個人サービス
- 30 分類不明
- 31 新聞
- 32 印刷
- 33 出版
- 34 郵便
- 35 電気通信
- 36 教育
- 37 研究
- 38 医療・保険
- 39 公共サービス
- 40 広告
- 41 計算サービス
- 42 情報提供
- 43 法務会計サービス
- 44 電算機賃貸
- 45 娯楽
- 46 放送
- 47 工作機械
- 48 金属加工機械
- 49 印刷・製本機械
- 50 事務用機械
- 51 電気音響・TV等
- 52 電子計算機
- 53 VTR等電子装置
- 54 電気通信機械
- 55 電気計測器
- 56 精密機械
- 57 カメラ・時計
- 58 洋紙・和紙
- 59 インキ・写真材料
- 60 半導体・集積回路

図 4.2 情報労働力投入係数の変化 (1970~80) $\left(\frac{L_{it}}{V_{it}} \right)_{70} - \left(\frac{L_{it}}{V_{it}} \right)_{80}$

表 4.7 情報化係数の変化要因分析 ($\frac{LI}{V}$; 1970~80)

	知識集約度 $\Delta(\frac{LI}{L})$	労働集約度 $\Delta(\frac{L}{V})$	交絡効果	合計
1 農業	0.00216	-0.00191	-0.00067	-0.00043
2 林業	0.00440	-0.02439	-0.00227	-0.02237
3 漁業	0.00413	-0.00781	-0.00178	-0.00546
4 鉱業	0.01515	-0.03079	-0.01144	-0.02707
5 食料品	0.00003	-0.04165	-0.00001	-0.04164
6 繊維製品	0.03127	-0.05396	-0.01453	-0.04222
7 製林・家具	0.02336	-0.02273	-0.00558	0.00054
8 パルプ・紙	0.00941	-0.03111	-0.00381	-0.02551
9 皮・ゴム製品	0.00190	-0.00737	-0.00021	-0.00618
10 化学製品	0.00533	-0.00370	-0.00254	-0.03401
11 石油・石炭製品	0.00041	0.00635	0.00037	0.00712
12 窯業・土石製品	0.01131	-0.02558	-0.00444	-0.01882
13 一次金属製品	0.01465	-0.05191	-0.01018	-0.04743
14 金属製品	0.01482	-0.01781	-0.00348	-0.00646
15 一般機械	0.01277	-0.03115	-0.00441	-0.02279
16 電気機械	0.00230	-0.12273	-0.00170	-0.12319
17 輸送機械	0.00239	-0.00094	-0.00103	-0.02958
18 その他製造品	0.00325	-0.01199	-0.00134	-0.00507
19 建設	0.01053	-0.01561	-0.00223	-0.00725
20 電気・ガス・水道	0.00354	-0.00890	-0.00061	-0.00598
21 卸売	-0.00197	-0.04622	0.00066	-0.04735
22 小売	0.00607	-0.00694	-0.00048	-0.00135
23 金融・保険	-0.00316	-0.03867	0.00093	-0.04090
24 不動産	-0.00069	-0.00021	0.00001	-0.00089
25 運輸・倉庫	0.00564	-0.00327	-0.00018	0.00219
26 公務	0.02031	0.00423	0.00044	0.02503
27 対事業所サービス	0.01046	0.03784	0.00176	0.05007
28 物品賃貸	0.02933	-0.15188	-0.02579	-0.14934
29 对个人サービス	0.02061	-0.02072	-0.00370	-0.00381
30 分類不明	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
31 新聞	-0.00337	-0.02830	0.00040	-0.03176
32 印刷	-0.00366	0.08637	-0.00116	0.08154
33 出版	-0.00205	0.04962	-0.00072	0.04685
34 郵便	-0.01674	0.08810	-0.00446	0.06890
35 電気通信	-0.00593	-0.22080	0.00357	-0.22306
36 教育	0.01378	0.05953	0.00316	0.07647
37 研究	0.04155	0.07084	0.01123	0.12382
38 医療・保険	0.00011	-0.14740	-0.00004	-0.14733
39 公共サービス	0.00577	-0.01571	-0.00042	-0.01035
40 広告	0.00737	-0.06612	-0.00295	-0.06170
41 計算サービス	0.00415	0.06845	0.00271	0.07531
42 情報提供	0.00762	-0.08799	-0.00374	-0.08411
43 法務会計サービス	0.00608	-0.00742	-0.00034	-0.00168
44 電算機賃貸	0.00648	-0.01506	-0.00344	-0.01201
45 娯楽	0.00536	0.01013	0.00180	0.01779
46 放送	-0.00759	0.04657	-0.00244	0.03654
47 工作機械	0.01349	-0.05566	-0.00730	-0.04947
48 金属加工機械	0.00784	0.02216	0.00346	0.03446
49 印刷・製本機械	0.00893	0.04935	0.00844	0.06673
50 事務用機械	-0.01476	0.13298	0.01818	0.13641
51 電気音響・TV等	0.08578	-7.13128	-0.08531	-7.13081
52 電子計算機	0.00140	-0.04239	-0.00102	-0.04201
53 VTR等電子装置	0.00185	-0.07170	-0.00131	-0.07116
54 電気通信機械	0.00193	-0.05403	-0.00059	-0.05269
55 電気計測器	0.00039	-0.00508	-0.00004	-0.00573
56 精密機械	0.00699	-0.03766	-0.00257	-0.03323
57 カメラ・時計	0.00893	-0.10180	-0.00569	-0.09955
58 洋紙・和紙	0.00526	-0.01608	-0.00199	-0.01231
59 インキ・写真材料	0.00684	-0.07221	-0.00488	-0.07025
60 半導体・集積回路	0.00159	-0.08984	-0.00129	-0.08955
61 電線・ケーブル	-0.00105	0.30079	0.00121	0.30095

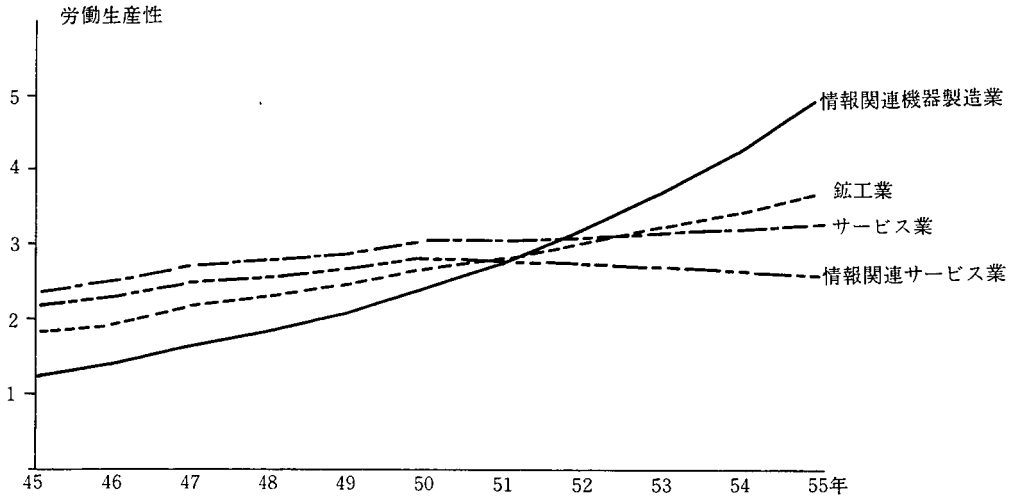


図 4.3 産業別労働生産性の推移 (1970~80年)

情報化係数の変化要因分析

$$\begin{aligned} \Delta INFi = & \Delta(Li/Li) \times (Li/Vi) + (Li/Li) \\ & \times \Delta(Li/Vi) + \Delta(Li/Li) \\ & \times \Delta(Li/Vi) \end{aligned}$$

この計算結果によれば、情報労働比率すなわち知識集約度はほとんどの産業で増加要因として作用している。しかしながら、逆に労働集約度はほとんどの産業で減少要因として作用している。その結果は、全般的に労働集約度の減少効果が大きく、トータルの効果としては情報労働投入係数が低下している産業が多いことがわかる。このことは、情報化による知識集約型労働すなわち情報労働の必要の増大が各産業で見られるが、その反面資本集約的な技術進歩によって生産額当りの必要労働量の低下効果が各産業で大きいことを示している。とくに特徴的な点は図 4.3 に示すように情報関連機器製造業は、労働生産性の上昇（資本集約度の上昇）が顕著であり、雇用問題に影響を与える可能性が大である。現在および近い将来は、少なくとも日本経済にとって、情報関連機器製造業は成長の源泉として期待される産業であるが、その成

長の性格は jobless growth の可能性が高い。その反面、少なくとも現在のところ、サービスおよび情報関連サービスは労働集約度が横ばいないし増加傾向で雇用の吸収力が高いといえる。こうした点を考慮すれば、今後の情報化が雇用に及ぼす影響は、そう単純ではないといえる。

5. 結 び

本稿では、経済の情報化が産業構造に与える影響を便宜上、生産面と雇用構造あるいは就業構造面という2つの側面に分けて検討した。情報化の生産面からの産業構造に与える影響は、情報産業ないし情報部門が定義上情報関連製造業という物財生産部門を含んでいるため、類似の表現である「経済のサービス化」現象とは違った効果を産業構造に与える。すなわち、具体的な例をあげれば、現時点では、「経済のサービス化」は、石油危機の影響から停滞ぎみで、少なくとも生産面からはあまり進展していない。しかしながら「経済の情報化」は、わが国が現時点で情報化のためのインストラクチャの形成期にあたることから、情報関連機器製造業

の拡大の効果によって、生産面でも緩やかながら進展していることが明らかとなった。

他方、職業ベースの労働投入面からみた情報化が産業構造に与える影響は、生産面からの効果よりも明確である。各産業で、情報の生産、処理、加工、伝送等にたずさわる情報労働の比率は着実に増加しており、経済の情報化が情報産業の拡大だけでなく各産業内で起こっていることが職業ベースのアプローチによって明らかとなった。雇用面でも、「経済のサービス化」という概念と対比させていえば、従来の分類の第3次産業の就業者の構成比の増大をサービス化の指標とすれば、サービス化の進展は確認される。しかしながら、その構成比の増大がサービス業内での情報労働の増加と情報関連サービス業の労働増加によって主として引き起されていることから、現時点の「経済のサービス化」も情報化に帰因しているといえるであろう。

生産あるいは雇用のいずれの面からみても今後の産業構造の変化を検討する上で、経済の情報化は重要な側面である。

最後に、以上の基本的な分析結果を踏えて、極めてラフな今後の高度情報化社会へ向けての問題点をスケッチしておこう。なお、以下述べる高度情報化社会の問題点について概念図を示したのが図5.1である。

まず、経済の情報化は、前述のように「経済のサービス化」とは違って、情報化が「情報関連の物財」の生産を含むという点で、高度情報化社会に到る特徴的なプロセスを生み出すであろう。すなわち、少なくとも今後10年程度はわが国の情報化はインフラストラクチャの形成期にあたるため、情報関連機器製造業の飛躍的な拡大が期待される。また、その背景には次の事実がある。各産業内とりわけ製造工業内で顕

著に進行している情報化は、もともと生産コストの削減、労働生産性の向上、あるいは原材料の効率的利用や市場情報の効率的利用等、企業の経済効率を増大させることが目的である。その意味で、マイクロプロセッサを中核技術とする情報技術の革新は、製造工業内での生産革命ともいべき現象を引き起している。これらのことは、経済の情報化が、本格的な高度情報化社会に至る準備期間（わかりやすく2000年まで）で、既存の産業分類でいえば製造工業に高い成長をもたらす可能性があることを示唆している。

他方、情報インフラストラクチャの形成と情報化による産業の生産革命は、従来の情報関連サービスに加えて新しい各種の情報関連サービスを生み出していくであろう。こちらの変化は現在、極めて一部の計算サービス、情報提供業の成長が認められる程度で、その進行は緩慢である。しかしながら、本格的な高度情報化社会では、少なくとも生産額のウェイトで主要な部分を占める程度に拡大し、「情報物財」を生産する部門にとって代る地位を占めていなくてはならない。この意味で、本格的な高度情報化社会では、情報化は限りなくサービス化と同義なものとなろう。むしろ、J. Gershuny [2] が指摘したように、高度情報化社会では、情報技術の革新によりサービス業自体の変質が起り、情報化の影響を組み込む形で、従来のような画一的なサービスの定義でない「新サービス経済 (new service economy)」の検討が必要となろう。

すなわち、高度情報化社会の準備段階で出現する先の情報関連機器製造業を中心とする製造業内の生産革命は、長期的観点から、“モノの価格/サービス価格”の相対価格の変化を引き

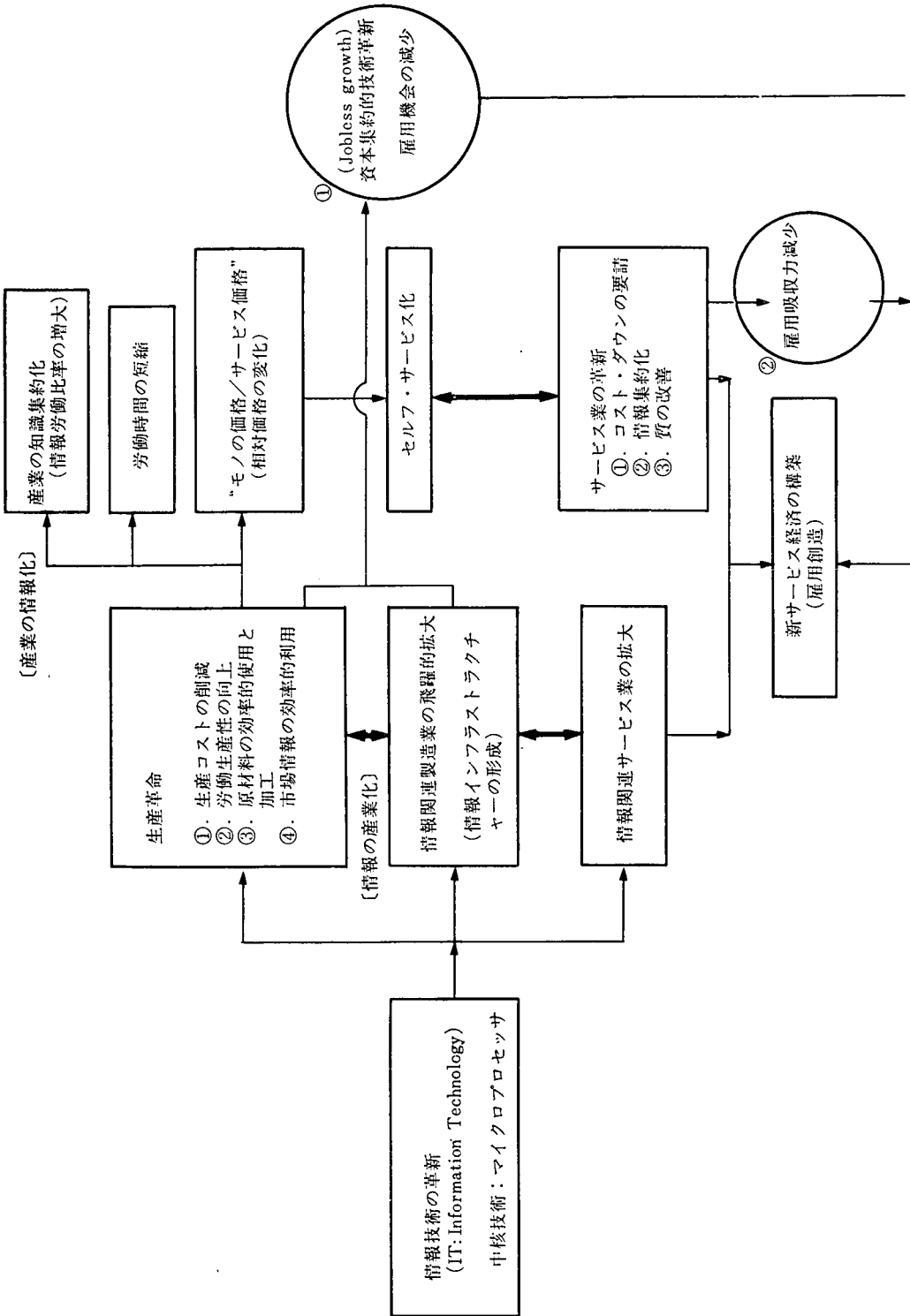


図 5.1 高度情報化社会の概念図

起すであろう。この相対価格の変化は、企業あるいは家計に「セルフ・サービス化」の傾向を生じさせ、その対応として、究極的にサービス産業も伝統的な効率の悪いサービス業は淘汰され、全体的に労働生産性向上の要請が強まるであろう。とくに、今後の情報化は、既にみたように各産業内で情報関連サービスにかかわる職種労働の増大という形で、かなりのサービスを内部化させる方向に発展していくものと考えられる。

また、高度情報化社会と雇用問題についてもラフな概略を示しておこう。高度情報化社会の準備段階では、先述のように情報インフラストラクチャの生産に関連する産業が、成長をリードする可能性が強い。これらの産業は、極めて資本集約的な、技術革新に基礎を置いているため、今後の経済成長は、jobless growthの性格が強い。したがって雇用機会をあまり創出しなないことが予想される。しかしながら、現在及び近い将来に関しては、前述のように、情報関連サービス業および伝統的なサービス業の労働生産性は低いし、それ程急激な向上が見込まれないため、これらの産業で生産部門の流出労働を吸収することになろう。ただし、本格的な高度情報化社会では、しだいにセルフ・サービス化に対応して、サービス産業も質的な変換を迫られ、雇用吸収力も失なわれていくであろう。そ

の意味でも、高度情報化社会では、雇用創出に向けて新しい情報関連サービスを軸とした「新サービス経済」を如何に構築するかが重要な課題となる。

参考文献

- [1] Porat, M. U., "The Information Economy: Definition and Measurement", 1977. (小松崎清介監訳, 「情報経済入門」, コンピュータ・エージ社, 1982)
- [2] Gershuny, J., and Miles, I., "The New Service Economy—The Transformation of Employment in Industrial Societies", 1983.
- [3] Jonscher, C., "Productivity Change and The Growth of Information Processing Requirments in The Economy: Theory and Empirical Analysis", Draft Paper, 1982.
- [4] Jonscher, C., "Information Resources and Economic Productivity", Information Economics and Policy, 1983.
- [5] 野口悠紀雄, 「情報の経済理論」, 東洋経済新報社, 1974.
- [6] 電気通信総合研究所, 「わが国情報産業の現状と発展動向に関する研究」, 1984.
- [7] J. Voge, "The Political Economy of Complexity—From The Information Economy to Complexity Economy" Information Economics & Policy, 1983.

(あわた ほづみ
経済部
エネルギー研究室)

経済性，セキュリティ，リスクから みた我が国の最適電源構成の検討

キーワード：電源構成，経済性，セキュリティ，リスク
(総合評価)，多属性効用関数，階層分析法

内 山 洋 司 高 橋 圭 子
斎 藤 雄 志

〔要 旨〕

本研究では西暦 2000 年における我が国の電源構成を原子力導入規模に着目しながら4つのシナリオを作成し，経済性，セキュリティ，リスクの3点から分析した。経済性は総発電費用で評価し，セキュリティは電力の安定供給の指標として，発電用燃料の供給途絶および発電所事故による電力供給停止を扱い，さらにリスクは安全性あるいは環境影響にかかわる物理的，心理的リスクを表わす指標としている。これらを階層分析法などを用いた専門家の意見により定量化し，総合評価を行なった結果は要約すると以下のようである。

1. 原子力重視型シナリオが，経済性評価と同様に総合評価においても第1位である。
2. セキュリティは，原子力のシェアが増えると大きくなる。これは，燃料の供給途絶不安（原子力発電は最も小さい）が原子力による電力供給停止に対する不安よりも小さいことによる。
3. 同様に，原子力シェアが高まるとリスクも小さくなり良い傾向になる。これは原子力の安全性問題よりも化石燃料による環境汚染や CO₂ 問題への不安の方が大きいことによる。

1. はじめに
2. 評価方法について
 - 2.1 評価構造
 - 2.2 評価方法
3. 電源構成シナリオ
4. 評価のための属性値の算出
 - 4.1 経済性
 - 4.2 セキュリティ
 - 4.2.1 燃料途絶
 - 4.2.2 電力供給停止
 - 4.3 リスク
 - 4.3.1 物理的リスク
 - 4.3.2 心理的リスク

5. 検討結果
 6. あとがき
- 参考文献

付 録

1. 多属性効用理論
2. 階層分析法
3. 燃料途絶不安の計算
4. 拡散モデル

当所セキュリティ・ワーキング・グループ委員
名簿

1. はじめに

我が国の西暦 2000 年における電源構成を経済性のみから評価すると、原子力が kW ベースで全発電設備の約 42% を占めるときが最適になる^[1]。しかし、これは燃料供給や発電所事故にかかわるセキュリティ、あるいは環境問題や安全性に関する肉体的、心理的リスクを考慮しないときの評価であって、総合的な評価としては不十分である。

そこで本研究では、経済性以外の定量化し難い要因も含めて、我が国の最適電源構成の総合評価を試みた。これは、電気事業者一般の立場から、評価に必要な属性の選定と階層化を行ない、更に階層分析方法を用いた属性のウエイト付けを行なった評価である。

2. 評価方法について

経済性、セキュリティ、リスクといった全く質の異なる問題を総合的にかつ定量的に評価するには、評価者の主観に基づく効用感や各属性に対する選好度が、定量的に示される必要がある。このように、主観に基づく効用感や選好度を用いて総合評価するのに適した方法として多属性効用関数法を挙げることができる。多属性効用関数法については付録 1 に詳しく述べるとおりであるが、本研究ではこの方法を参考に、総合評価を試みたものである。

2.1 評価構造

将来の電源構成を総合評価をするにあたって、まず、どのような属性が評価に影響を及ぼすかを考える必要がある。そして同時に、評価の階層構造を決定する必要がある。

本研究の評価構造は当所の専門家により構成されたワーキンググループの検討により決定さ

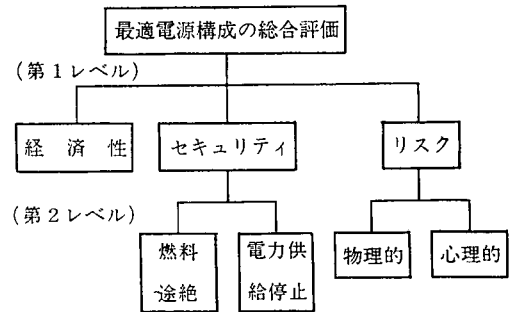


図 2.1 評価の階層構造

れたものであり、図 2.1 に示すとおりになる。

図 2.1 の階層の第 1 レベルには、経済性、セキュリティ、リスク、の 3 つの属性を考える。更に、第 2 レベルは、セキュリティの属性として燃料供給途絶、電力供給停止の 2 つの属性を、リスクの属性として物理的リスク、心理的リスクの 2 つの属性を考える。

ここで、各属性の定義を簡単に述べると次のようになる。

経済性：我が国の電源構成全体で、発電に要する年間総発電費用（1980 年価格）。

セキュリティ：“電力の安定供給を継続させる”指標で、次の 2 つの属性値から成る。

① 燃料途絶：燃料の供給途絶による電力供給への影響

② 電力供給停止：事故などの理由によりある特定技術の電源が長期間停止したことで、電力供給停止が生じたときの経済損失
リスク：“職業人、公衆への精神的、肉体的被害”の指標で、これも次の 2 属性値から成る。

① 物理的：職業人、公衆が発電所設備（関連施設も含む）で発生する環境汚染、事故によってうける死亡、負傷、疾病等の肉体的被害

② 心理的：発電所設備（関連施設も含む）

で起こる、破壊行為や環境破壊に対する心理的不安

2.2 評価方法

経済性、セキュリティ、リスクからみて電源構成を総合評価するために、本研究では次のような方法をとった。まず、最下層の属性、すなわち経済性、燃料途絶、電力供給停止、物理的リスク、心理的リスクの属性値を、4章で詳細に述べるような方法で算出する。次に、各々の属性値を最良値と最悪値で規格化する。そして、各属性間のウェイトを、一種の対比較法を基礎とする階層分析法^[2]を用いて、意志決定者へのインタビューによって求める。階層分析法を用いると、評価者の選好順序の整合性を検討できる。階層分析法についてはその概要を付録2に示してある。

以上のことを定式化すると次式のようになる。

まず、セキュリティとリスクの評価値は、

$$\left. \begin{aligned} S &= Kf \times Uf(F) + Kd \times Ud(D) \\ Kf + Kd &= 1, 0 \leq Kf, Kd \leq 1 \\ R &= Kp \times Up(P) + Kc \times Uc(C) \\ Kp + Kc &= 1, 0 \leq Kp, Kc \leq 1 \end{aligned} \right\} (2.1)$$

によって求める。総合評価は次式によって行う。

$$U(E, S, R) = Ke \times Ue(E) + Ks \times Us(S) + Kr \times Ur(R)$$

但し、 E, S, R は各々経済性、セキュリティ、リスクの属性値、 $Ue(E), Ue(S), Ur(R)$ は各々の属性を規格化した座標上に換算した値を、 Ke, Ks, Kr は各々の換算値のウェイトとする。

また、 F, D, P, C は各々燃料途絶、電力供給停止、物理的リスク、心理的リスクの属性値を示す。 $Uf(F), Ud(D), Ud(D), Ud(P),$

$Uc(C)$ は各々の属性を規格化した座標上に換算した値を示す。 Kf, Kd, Kp, Kc は各々の換算値のウェイトとする。

これらの定式化は、多属性効用理論の適用を試みたものだが、多属性効用関数法を厳密な意味で適用するに際しては、付録1で述べるように、いくつかの検討をしていく必要がある。

3. 電源構成シナリオ

評価対象とする電源構成は、西暦2000年時点とし、表3.1に示すような4つの電源構成シナリオA、シナリオAB、シナリオBA、シナリオBについて、評価を行なった。

これらのシナリオは、電研の長期需給展望の電力需要(標準ケース)をベースとし、本研究では各種電源のうち、石油火力、石炭火力、LNG火力、原子力の4電源についてのみの評価を行なっている^[3]。

電源構成シナリオを設定にあたって着目したのは、原子力と既設石油火力の位置づけと、そのことによる発電コストへの影響である。

(シナリオA)：原子力導入極大型

コスト的にみて安い原子力を極力最大にし、火力は最小限に抑えたシナリオ。

(シナリオB)：原子力開発ストップ型

原子力開発をストップし、今後も火力を中心に開発していく。既存石油火力も温存し活用する。

(シナリオAB)：原子力重視型

両極端シナリオA、Bは現実的には無理であるとし、その中間を考えながらも原子力を優先したタイプ。

(シナリオBA)：多様化型

シナリオABに対して、原子力を減速し、火力のウェイトを上げたタイプで、ABの中間に

表 3.1 電源構成シナリオ

() 内がシェア, %

	発電設備 (万kW)				発電電力量 (億kWh)			
	原子力導入 極大型 (シナリオA)	原子力重視型 (シナリオ AB)	多様化型 シナリオ (BA)	原子力開発 ストップ型 (シナリオB)	原子力導入 極大型 (シナリオA)	原子力重視型 (シナリオ AB)	多様化型 シナリオ (BA)	原子力開発 ストップ型 (シナリオB)
一般水力	1,800 (9)	1,800 (9)	1,800 (9)	1,800 (9)	710 (9)	710 (9)	710 (9)	710 (9)
揚水	2,300 (12)	1,900 (10)	1,900 (10)	1,500 (8)	161 (2)	133 (2)	133 (2)	105 (1)
石油	1,500 (8)	4,000 (21)	4,000 (21)	4,800 (24)	158 (2)	511 (7)	861 (11)	1,387 (18)
L N G	3,300 (17)	3,600 (19)	3,800 (20)	4,500 (23)	1,156 (15)	1,577 (21)	1,664 (22)	1,971 (26)
石炭	600 (3)	1,400 (7)	2,700 (14)	3,600 (20)	210 (3)	701 (9)	1,183 (16)	1,577 (21)
原子力	9,700 (51)	6,500 (34)	5,000 (26)	3,000 (16)	5,268 (69)	3,986 (52)	3,066 (40)	1,840 (24)
合計 ²⁾	19,200 (100)	19,200 (100)	19,200 (100)	19,200 (100)	7,663 (100)	7,618 (100)	7,618 (100)	7,590 (100)

注 1) 9社分みの設備。
2) 揚水用動力は差し引かれていない。

位置する。

原子力導入規模でこの4つのシナリオを比較すると、シナリオA, AB, BA, Bの順になり、A, Bは、やや極端なシナリオである^[3]。

4. 属性値の算出について

4.1 経済性

発電コスト算出に際して用いた原油価格シナリオは表 4.1 の標準ケース (ケース2) であり、発電コスト算定諸元は表 4.2 の通りである。

結果は、図 4.1 に示すように原子力重視型

表 4.1 原油価格シナリオ (実質) (CIF 価格)

	価格 (円/kL)			年上昇率 (%)	
	1980年 実績	1985	2000	85/80	2000/85
ケース1		39,000 (23ドル/ バレル)	39,000	-3.9	0.0
ケース2	47,000	42,000 (30ドル/ バレル)	48,000	-2.5	1.0
ケース3		44,000 (32ドル/ バレル)	60,000	-1.3	2.0

注: 1985年以降の為替レートは230円/ドルとした。

表 4.2 発電コスト算定諸元 (建設費, 名目)

(万円/kWh)

	1980	1985	2000	備考
一般水力	54~35	67	90	85年から上昇率2%/年
揚水	9	11	15	"
石油	13	13	13	85年以降新設なし
石炭	16	19	22	85年から上昇率1%/年
L N G	14	16	19	"
原子力	-	23	33	"

注: 1955年までの値は建設計画の建設単価を使用。

(シナリオAB) が西暦2000年で、最も良い経済性を示している^[4]。

4.2 セキュリティ

現在のように高度に発達した産業社会では、エネルギーは国の経済・社会の存立と発展の基盤となっている。エネルギー資源の安定確保は、国家安全保障の立場からも重要な政策の一つである。「エネルギー・セキュリティ」の正確な定義は未だ明確ではないが、もしそれを国家的な総合安全保障の一環として考えたなら、エネルギーセキュリティを確保するということは「エネルギー供給の中断等によって、自国に

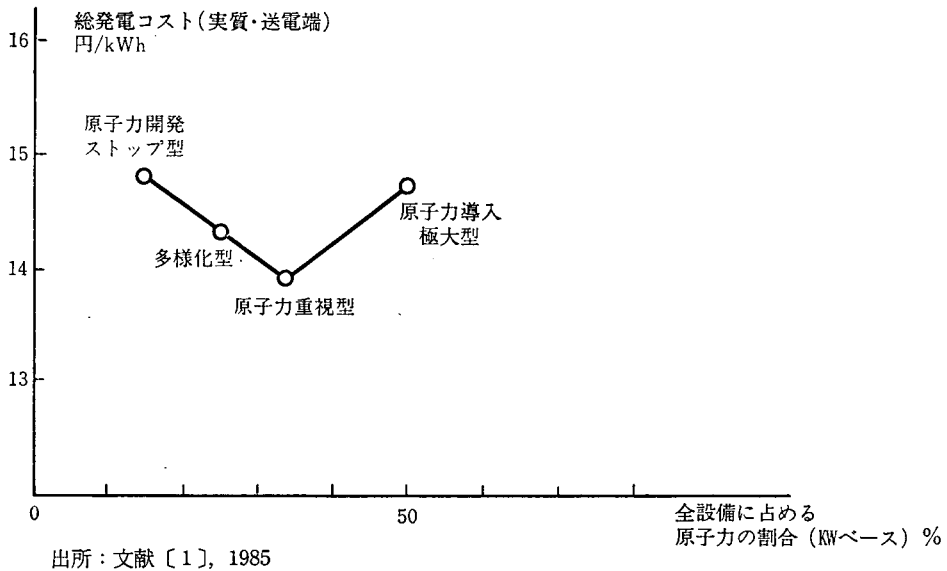


図 4.1 原子力のシェアと発電コスト (2000年・エネルギー価格ケース2)

対してマイナス影響をもたらすような事態を生ぜしめない状態を可及的に持続させるための保障〔4〕となる。ある国にマイナス影響をもたらす事態とは結局は、将来の不確実な要因から発生するものであり、それは政治・経済・社会の諸問題と密接な関係をもっている。エネルギー問題に係わる不確実な要因には、資源の物理的な枯渇や発電所等の重大事故による社会影響のみならず、国内あるいは国際間の政治的経済的不安も含まれており、その構造は極めて複

雑である。

これらの不確実な要因の分類には、いくつかの方法が考えられるが、表 4.3 は、政治・経済・技術の面から発生地点別に不確実性要因を整理したものである。セキュリティの確保とは、表に掲げられているような不確実性要因のマイナス影響を解決あるいは回避するため色々な措置を講じることを意味している。その対策には、いろいろな方法が考えられるが、次に示す 3つの項目に分けて整理することができる〔4〕。

表 4.3 エネルギー問題における不確実性要因

	国 外		国 内
	輸 出 国	輸 送 経 路	
政 社 治 会	東西問題、南北問題戦争、内乱、政変、テロ、資源の国有化（生産制限、保全政策）	主要航路などの関係当事国にかか る国際紛争	テロ、ストライキ、政策変更、制 度改変、パブリック・アクセプ タンス
経 済	経済恐慌、インフレーション、国 際金利、為替、燃料価格	輸送コスト	インフレーション、金利、税金、 エネルギー需要
技 術	供給施設の自然災害と事故	船舶の自然災害と事故	発電所・貯蔵施設および送電ルー トなどの自然災害と事故

- (A) 情勢変化に対応した柔軟な政策
 - (イ) 供給国対策 (資源供給国の分散, 多元的手段による相互依存関係の強化, コスト抑制政策等)
 - (ロ) 急時対策 (備蓄, 発電設備予備力を高める, 国内電力融通システム, 割当配分システム)
- (B) 供給構造の強靱化
 - (イ) エネルギー資源の自主開発 (内外における石油の自主開発, 海外におけるウラン鉱の自主開発)
 - (ロ) 代替エネルギー開発 (高速増殖炉開発, 再生可能エネルギー開発, 新エネルギー開発)
 - (ハ) 高効率技術の開発 (高燃焼度軽水炉, LNG 複合, ガス化複合等の新発電技術開発)
- (C) 電力調整
 - (イ) 省エネルギー政策
 - (ロ) 料金制度
 - (ハ) エネルギー転換

上に掲げた対策は, 国家的な見地によるエネルギー全体の安全保障であるが, 公益事業である電気事業がその一部を担うとすると, どういった問題について, どのような対策を考えていく必要があるだろうか。電気事業が考えるべきセキュリティとは, 基本的には電力の社会への安定供給を可及的に持続させることである。電力の安定供給を脅かす不確実性要因は, 国家的なエネルギー安全保障の立場のものに比べると数少なくなり, また電気事業という公益事業としての立場で考えればその責任範囲も相対的に限定される。また, 前提として, 需要調整やエネルギー資源の自主開発といった不確実性要因を積極的に回避してセキュリティを向上させる

ための政策は考慮していない。すなわち, 電源構成から見て供給構造を強靱にするにはどういった発電技術が将来好ましいかを検討しており, 技術選択の立場からセキュリティを次のように限定して定義している。

(定義)

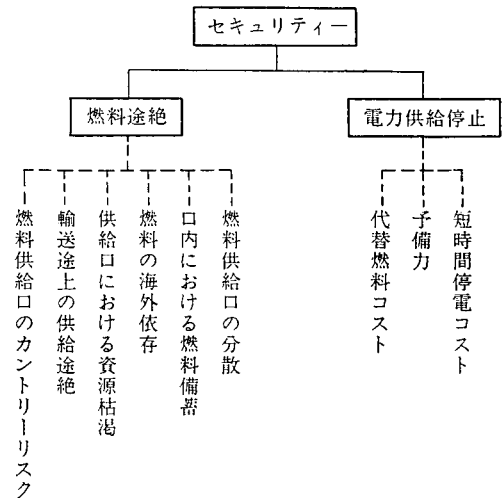
我が国の経済活動および国民生活に支障がないように, 電力の安定供給を可及的に持続させること。燃料の供給途絶に対する不安と電力の供給停止による経済損失とで評価する。

上の定義で, 燃料, 供給途絶とは発電用燃料に係わる国外におけるセキュリティ問題を意味している。

これに対し, 電力の供給停止は国内でのセキュリティ問題を意味しており, 事故, あるいは電源構成が特定のタイプの電源技術に偏ることによって生じる問題などを表わしている。燃料途絶と電力供給停止を定量的に評価するために用いた評価要因を表 4.4 に示す。

表 4.4 に示された各々の問題は非常に複雑で, 抽象的であり, 厳密に定式化することは困

表 4.4 セキュリティの評価要因



--- は定量化の分析で考慮した評価項目

難である。また、たとえ理論的に定式化できたとしても、データ入手の困難さがあることから定量化には自ずと制約がある。そこで、本研究ではあくまでも定量化が可能となるような前提のもとでセキュリティの定量化を試みることにする。

4.2.1 燃料途絶

燃料途絶の定式化の概要を説明する。

エネルギーの安定供給を確保するには、一次エネルギーおよび供給システムに於いて、次の下記の①～⑥の項目について考慮する必要がある。

- ① 輸送途上の供給途絶
- ② 燃料供給国のカントリーリスク
- ③ 供給国に於ける資源の枯渇
- ④ 海外依存度（あるいは自給率）
- ⑤ 国内での燃料備蓄
- ⑥ 供給国の分散

まず、①、②、③について考える。供給国 j から燃料 i の供給が途絶して我が国に供給されない場合として、次の2つを考える必要がある。

- A. 1年間に供給国 j から船積みされないこと（これには上の②、③を考慮すべきである）。
- B. 1年間に供給国 j から船積みされたが輸送中の途絶が生じること（これには上の①を考慮すべきである）。

ここで、Aの確率を rij' とし、Bの確率を rij'' とする。これらを燃料ごと (i ごと) の「不安の指標」に直すと、次のようになる（これらの式の導出の前提と方法は付録3参照）。

i 燃料についてのAによる不安の指標

$$Ri' : Ri' = \sum_{j=1}^{Ni'} (Aij \times rij') \quad (4.2.1)$$

i 燃料についてのBによる不安の指標

$$Ri'' : Ri'' = \sum_{j=1}^{Ni'} \sum_{k=1}^{Mij} \frac{Aij}{Mij} \times k \times Mij C_k \times rij''^k \times (1 - rij'')^{(Mij-k)} \quad (4.2.2)$$

i 燃料についてのAとBの不安の総合指標

$$Ri = Ri' + Ri'' \quad (4.2.3)$$

但し、

Aij : i 燃料の j 国への依存割合

Mij : i 燃料の j 国からの年間輸送回数

Ni' : i 燃料の考慮すべき供給国の数 (i 燃料の全供給国数 Ni とは異なり、付録に述べるように我が国内の備蓄を考慮しても我が国への影響を免れ得ない量の燃料量を依存している国の数)

そこで、 Ri を求めるためには rij , Aij , Mij , Ni' を求めることが必要になる。(4.2.1) ~ (4.2.3) 式の導出については、付録3に述べる。

さて、次に④の海外依存率 di は、

$$bi = \sum_{j=1}^{Ni} Aij$$

よって国内自給率 $ci = 1 - bi$

Ni : i 燃料を我が国に供給する全輸出国数で、計算には Ni が必要になる。もし、国内自給率が大きい値のときには、自給量を備蓄量に含めて考えるべきであるが、 ci の値は、付録3の付表3.6に示されるように、石炭を除き、無視できうる値である。また、ここで、石炭の国内自給率も西暦2000年までには無視できうる値になると仮定する。したがって、本研究では海外依存度の問題は無視する。

また⑤の国内での燃料備蓄が Ri に及ぼす効果は、次のように定量化される。但し、 di は i 燃料の年間備蓄率である。

$di > Aij$ ならば、 i 燃料についてのAとBの

総合指標 R_i はゼロ。

$d_i \leq A_{ij}$ ならば, i 燃料についての A と B の総合指標 R_i は, (4.2.1), (4.2.2) 式から求められるとおり。

したがって, ⑤の計算には, d_i を求めることが必要になる。

⑥の供給国の分散効果は, 付録3で述べる理由より, ⑤の計算の中に含まれていると考えられる。

このように計算した結果, i 燃料の途絶不安の指標 R_i' , R_i'' , R_i の値は, i ごとに表 4.5 のようになり, この結果をシナリオ別に計算すると表 4.6 のようになった。

表 4.5 燃料途絶不安の指標の値

[燃料種(i)]	[供給途絶不安]		
	R_i'	R_i''	R_i
石 油	0.241	0.0021	0.243
石 炭	0.233	0.0028	0.236
L N C	0.335	0.0032	0.338
ウ ラ ン	0.078	0.0032	0.081

R_i' : 1年間に供給国 j から船積みされない不安の指標。
 R_i'' : 1年間に供給国 j から船積みされたが輸送中の途絶が生じる不安の指標。

$$R_i = R_i' + R_i''$$

表 4.6 燃料途絶不安の指標のシナリオ別まとめ

[シナリオ]	[供給途絶不安]
原子力極大型 (A)	0.133
原子力重視型 (AB)	0.169
多様化型 (BA)	0.192
原子力開発ストップ型 (B)	0.225

このように, LNG の供給途絶不安が最も高く, ウランが桁ちがいに小さいという結果となった。この結果をうけて, シナリオ別のまとめは原子力極大型シナリオが最も供給途絶不安が小さいことを示している。

4.2.2 電力供給停止

我が国の電源構成において 2000 年以降原子力発電所の設備容量が全体の 3 割から 4 割を占

めることが予想される。仮に相当量の電源設備が何らかの理由で総点検が必要となり数ヶ月以上の期間にわたり使用不能な状態に陥ったとしたときに社会全体に与える経済的損失を定量的に評価する。

ここでは, ベース供給力の主力であり, 最も影響が大きいと考えられる原子力のみを対象としている。

原子力発電設備の相当量が使用不能となるような事態が発生した例は, 過去においては極めて少なく, したがって発生確率そのものを統計的に求める事は, 非常に難しい。このような定量化の際の困難さを克服するためには, 表 4.7 に示すような項目をあらかじめ検討し, 前提をおくことが必要になると思われる。

表 4.7 電源設備のセキュリティにかかる要因

a. 炉型の偏り: (PWR, BWR+FBR, ATR 等多様化) 問題なし
b. メーカーの偏り: (国産メーカー3社以上) 問題なし
c. 未定着の技術: (技術開発の予測, 導入のテンポ)
d. 原子力電源の地域的な偏在: (自然災害, 事故波及, 電源線事故) できるだけ過度な偏在はさけるべきである。適正な系統計画, 信頼性の維持が重要

もちろん, これらを更に詳細にかつ厳密に検討することが今後の課題であり, 重要であることはいうまでもない。

経済損失の計算

原子力発電所が何らかの理由により, その設備の何割かを総点検しなければならないという事態が発生したときの経済損失を計算する。この場合の経済損失としては, 次のようなものをあげることができる。

- ① 代替燃料によるコスト増
- ② 短時間停電 (供給予備力の不足から生じ

る二次的な停電被害)による停電コスト

このほか、系統運用の困難さから生じる電気の質の低下と事故波及の影響もあるが、定量化が難しいので、ここでは①と②だけを取り上げて、経済損失とする。計算の方法前提条件を以下に示す。

(1) 原子力・火力の単機容量、事故(短期間停止のみ)確率は等しいとした。したがって供給予備力と短時間停電電力量の関係を示す。図4.2の曲線はシナリオによらず一定とした。

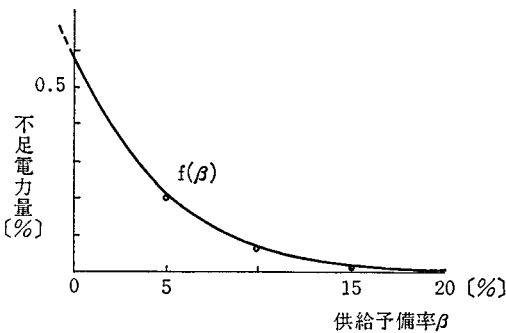


図 4.2 供給予備率対不足電力量

(2) 長期間停止は原子力のみを対象とし、各シナリオについてそれぞれ原子力の 10% および 25% が一年間停止した場合について計算を行なった。

(3) 原子力の停止による火力焼き増しの代替燃料費は一律に 10 円/kWh とした。したがって原子力の α% が長期停止となったときの代替燃料コスト Cf は次式で計算される。

$$C_f = (\text{原子力設備容量}) \times \frac{\alpha}{100} \times 8760 \times (\text{原子力稼働率}) \times 10 \text{ [円/年]}$$

(4) 供給予備力は 1,500 万 kW とした。これは 2000 年の全設備容量の約 8% に相当する。

(5) 停電コストは 700 円/kWh と仮定し

た。(これは現在の 9 電力電灯電力総合単価の約 30 倍程度となっている。)

(6) 長期停止設備容量が大きくなり予備力が負になると、長時間停電が発生するとともに需要そのものの抑制が行なわれると考えられる。この場合も停電電力量は実質予備率 β% に対する短時間停電電力量の特性 f(β) (図 4.2) を β < 0 の領域まで延長して考えることとした。したがって停電による経済損失 C2 は次式で計算される。

$$C_2 = \frac{f(\beta)}{100} \times \text{総電力量} \times 700 \text{ [円/年]}$$

但し

$$\beta = \frac{1,500 \text{ 万 kW} - \text{長期停止設備容量}}{\text{最大電力需要}} \times 100 \text{ [%]}$$

計算結果

図 4.3 に長期間停止設備容量と経済損失の関係を示す。この曲線はシナリオによらず一定である。

表 4.8 には各シナリオに対し、それぞれ原子力の 10% 及び 25% が長期間停止となった場合の経済損失を示した。

表 4.8 長期間電源停止による経済損失の期待値 損失額 [兆円]

シナリオ 停止設備%	A	AB	BA	B
10%	1.77	1.19	0.91	0.55
25%	4.42	2.96	2.28	1.37

(詳細は表 4.9 参照)

4.3 リスク

リスクを定量化するにあたって、次のような前提条件おいた。

(1) 技術向上によりリスクが現状以上に回避される可能性については考慮しない。

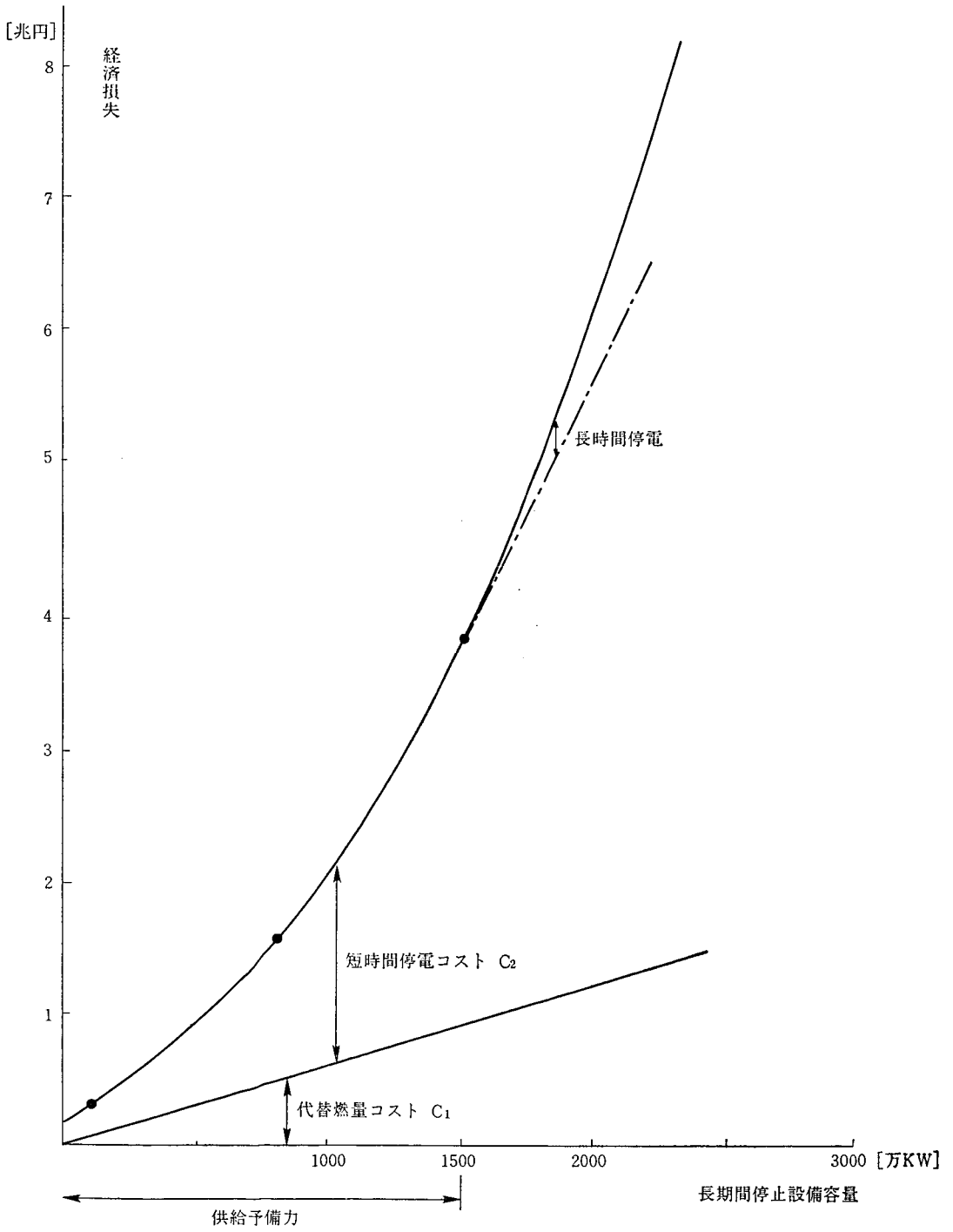


図 4.3 長期間電源停止による経済損失
(当所セキュリティー・ワーキング・グループ資料)

表 4.9 長期間電源停止による経済損失の期待値の詳細表

シナリオ	原子力設備容量 [万kW]	原子力停止容量 [万kW]		停止電力量 [10 ¹¹ kWh]		代替燃料コスト [兆円]		不足電力量 [10 ⁹ kWh]		短時間停電コスト [兆円]		経済損失 [兆円]	
		10%	25%	10%	25%	10%	25%	10%	25%	10%	25%	10%	25%
原子力極大(A)	9,700	970	24.25	0.595	1.487	0.595	1.487	2.53	6.32	1.771	4.424	2.37	5.91
原子力重視(AB)	6,500	650	16.25	0.399	0.996	0.399	0.996	1.70	4.23	1.188	2.961	1.59	3.93
多様化型(BA)	5,000	500	12.50	0.307	0.767	0.307	0.767	1.31	3.25	0.914	2.275	1.22	3.07
原子力開発ストップ(B)	3,000	300	7.50	0.184	0.460	0.184	0.460	0.78	1.95	0.548	1.365	0.73	1.81

[C. F.=70%] [10円/kWh] [700円/kWh]

%は停止設備の割合を示す(10%の各値を採用)。

(2) 日本国民が受ける肉体的被害に限定する。

(3) 各電源ごとに、発電電力量と物理的リスクは比例すると仮定する。

リスクの評価は、2章に述べたとおり、物理的リスクと心理的リスクの評価から求められる。上の前提の下で、各々を以下のように定義する。

物理的リスク：人間が受ける死亡、負傷、疾病等の肉体的被害を示す。

心理的リスク：現時点で定式化が困難である問題によって人間が受ける心理的不安感を指す。

以下、4.3.1節と4.3.2節で物理的リスクと心理的リスクの定量化を行なった後、物理的リスク対心理的リスクのウェイトを階層分析法により求め、2章に述べたようにしてリスクの値をもとめた。

4.3.1 物理的リスク

定量化した項目は、①事故時に職業人が受ける被害と、②定常時に大気汚染や被曝によって公衆人や職業人が受ける被害とした。そして、電力供給システムのプロセスとしては次の5つを考える。

- ① 燃料採掘
- ② 燃料加工・廃棄物管理

- ③ 燃料輸送
- ④ 発電所での運転・保守
- ⑤ 建設・機器製造

そして、このリスク算出のための意味あるデータは、それぞれ表 4.10 の丸印のついた事項に関して入手可能であり、本研究の計算に用いたものである。

表 4.10

プロセス		①	②	③	④	⑤
事故	事	○	○	○	○	○
定常時	大気汚染 被曝		○	○		○

(プロセス①燃料採掘 ②燃料加工・廃棄物管理 ③燃料輸送 ④発電所での運転・保守 ⑤建設・機器製造)。

さて、肉体的被害には、その重度によって死亡、負傷、疾病といった様々なものが含まれる。これらの被害を「延べ労働損失日数(MDL=MAN-DAY LOST)」という共通の指標を用いて表わせば、被害の重度に応じた定量化が可能になる。

延べ損失日数は、例えば次のように算出する^[6]。

各電源の年間発電電力量 1,000 MWyr あたり、

$$(\text{延べ労働損失日数}) = (\text{強度率}) \times (\text{従事人員数}) \times (\text{一人当たりの年平均労働時間})$$

表 4.11 産業安全年鑑のデータに関して用いられている MDL の換算率

労働損失日数

(イ) 死亡 7,500 日

(ロ) 身体障害を伴うもの

身体障害等級	1～3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
労働損失日数	7,500	5,500	4,000	3,000	2,200	1,500	1,000	600	400	200	100	50

(ハ) 身体障害を伴わないもの

$$\text{労働損失日数} = \text{休業日数} \times \frac{300}{365}$$

$$\begin{aligned} & \times (\text{エネルギー生産 1 MWyr 当たりの} \\ & \text{年間所要物量}) / (\text{年間の総該当物量}) \\ (\text{強度率}) &= (\text{該当労働の MDL}) / \\ & (\text{該当労働の延べ労働時間}) \times 1,000 \end{aligned}$$

但し、文献〔6〕の算出の場合、データの出典は次のようであり、すべて 1975 年のデータである。

強度率：産業安全年鑑（労働大臣官房統計情報）

従事人員数：産業連関表－雇用表

年平均労働時間：産業連関表－年間労働時間表

年間所要物量：日本統計年鑑（総理府統計局編）

運輸経済統計要覧（運輸省運輸政策局）

尚、産業安全年鑑のデータに関しては、表 4.11 のような延べ労働損失日数の換算が行なわれている。

次に個々の事項の算出を行なう。

まず、プロセス①、③、④、⑤での事故時の延べ労働損失日数は、未来工学研究所の分析結果〔6〕を用いる。この分析は、石炭火力と原子力に関してのみ行なわれたものであり、表 4.17 に示されている。ここで、石油、LNG に対してもこのデータを利用して延べ労働損失日数を算出するために、次のような仮定をおいた。また、石炭火力と原子力に関しては、先に

述べたような限定をしている。以下、プロセス①、③、④、⑤の順に述べる。

① 燃料採掘については、国内のみの燃料採掘を考える。西暦 2000 年の電力用の国産炭生産量が現状（9.8 Mt/yr）以上になることは考え難いので、生産量が現状（9.8 Mt/yr）（＝約 4,000 MWeyr 相当）維持の場合をリスク最大（＝0）とする。石油、原子力、LNG については、ほぼ 100% 海外に依存しているので省略し、ゼロとする。

③ 燃料輸送は、石炭については①と同様に輸入 100% の場合と国内生産% の場合の 2 通りに分けて考える。石油、LNG は、設備容量 1 kW 当たりの所要燃料量で石炭火力との比例配分により推定する。

④ 運転・保守（国内）については、ヒアリングにより発電所での従業員数がほぼ同数であるとし、石炭、石油、LNG の延べ労働損失日数は全て同じとする。

尚、大気汚染については、後述する。

⑤ 建設・機器製造についてもヒアリングにより石炭、石油、LNG 発電所の工数は同出力で同程度であるとし、延べ労働損失日数は全て同じとする。

次に事故時、定常時の被曝については原子力のみ考え、②燃料加工・廃棄物管理についての

データは国内では入手可能でないので〔9〕を引用することにする。このデータを表 4.12 に示す。

表 4.12 加工・廃棄物管理（死亡のみ対象とする）
単位〔MDL/MW_(e)・year〕

	職業人	公衆
	0.42	0.098
廃棄物管理	3.5×10^{-3} (放射線によるガン)	6.0×10^{-5}
除染	0.044 (放射線によるガン)	
合計	0.42	0.098

次に、大気汚染による公衆の被害は、発電所の煙突から排出される SO_x, NO_x によるものを考えた。

まず、火力発電所排煙の SO_x, NO_x 濃度が、90 ppm としてその場合の着地濃度増分値を計算する。汚染物質の拡散計算には、当所提案による拡散モデル〔7〕を用いた（計算条件の詳細は、付録 4 に示す）。計算結果を煙の発生源から 10 キロメートル毎に示すと表 4.13 のようになる。

表 4.13 典型的な条件の下での着地濃度増加分
×10⁻⁴〔ppm〕

発電所から	10 km	20 km	30 km	40 km	50 km
石炭火力	9.8	8.8	5.3	3.4	2.4
石油火力	9.8	7.9	4.6	3.0	2.0

次に、この汚染物質の着地濃度増加が人体被害に及ぼす影響について検討する。ここで、汚染物質濃度のバックグラウンド（発電所以外の発

表 4.14 SO_x, NO_x 濃度のバックグラウンド〔8〕

（昭和57年データ）	SO _x	NO _x
一般環境大気測定局平均〔ppm〕	0.013 (15局)	0.025 (15局)
環境基準達成局数	99.4% (全1,605局)	98.0% (全1,245局)

生源をも含めた汚染物質濃度)は、表 4.14 に示す一般環境大気測定局の平均を代表としてとることにする〔8〕。

表 4.14 より、ほとんどの局で環境基準 (SO_x; 0.04 ppm, NO_x; 0.04~0.06 ppm) を達成していることが分かる。

次に規制値について考える。図 4.4 の上段に、SO_x の着地濃度の評価の目安を示し、下段に SO_x の着地濃度と人体被害との関係についての疫学的もしくは実験的データを示す。表 4.15 下段に示されたように基準値 (0.04 ppm) 以下ならば、SO_x の人体への影響は無視し得る。

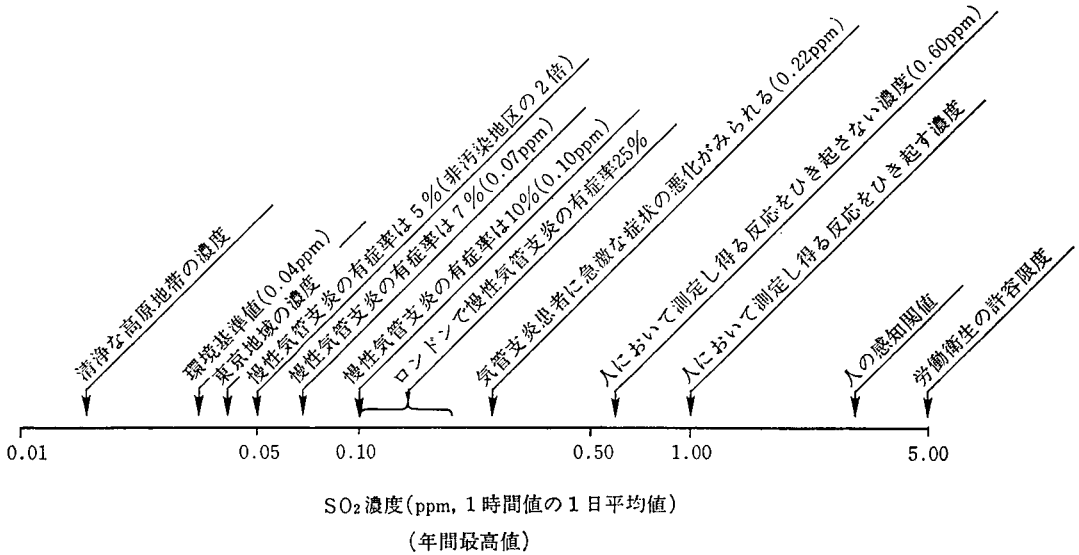
同様に、図 4.5 の上段に、NO_x の着地濃度の評価の目安を示し、下段に、NO_x の着地濃度と人体被害との関係についてのデータを示す。表 4.16 下段に示されたように基準値(0.02~0.06 ppm) 以下ならば、NO_x の人体への影響は無視し得る。

したがって、表 4.14, 4.15 および 4.16 より、付表 3.1 のような典型的な条件下では、SO_x, NO_x による人体への被害はないといえる。

しかし、濃度増分による人体被害の定量化にはこのような考え方とは別に、汚染物質の濃度増分と人体被害の関係を表わす「量-反応 (DOSE-RESPONSE) 関数」を用いることが考えられる。この量-反応関数は、未来工学研究所のレポートによれば次のようなものがある〔6〕。

1. 米国ブルックヘブン国立研究所 (HAM-ILTON, MORRIS (1980 年) による)
年間死亡者数〔人〕= 3.3 * ΔSO₄(ppm)
* 周辺人口〔人〕 * 10⁻⁵
2. 米国 EPA (FINKLEA (1975 年) によ

図 4.4



(参考資料)

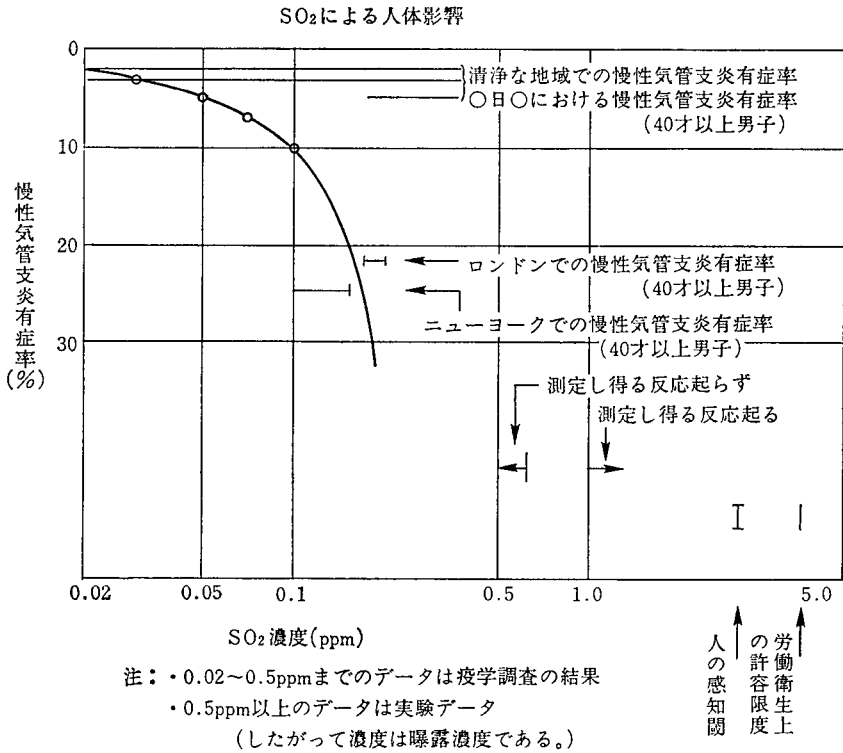
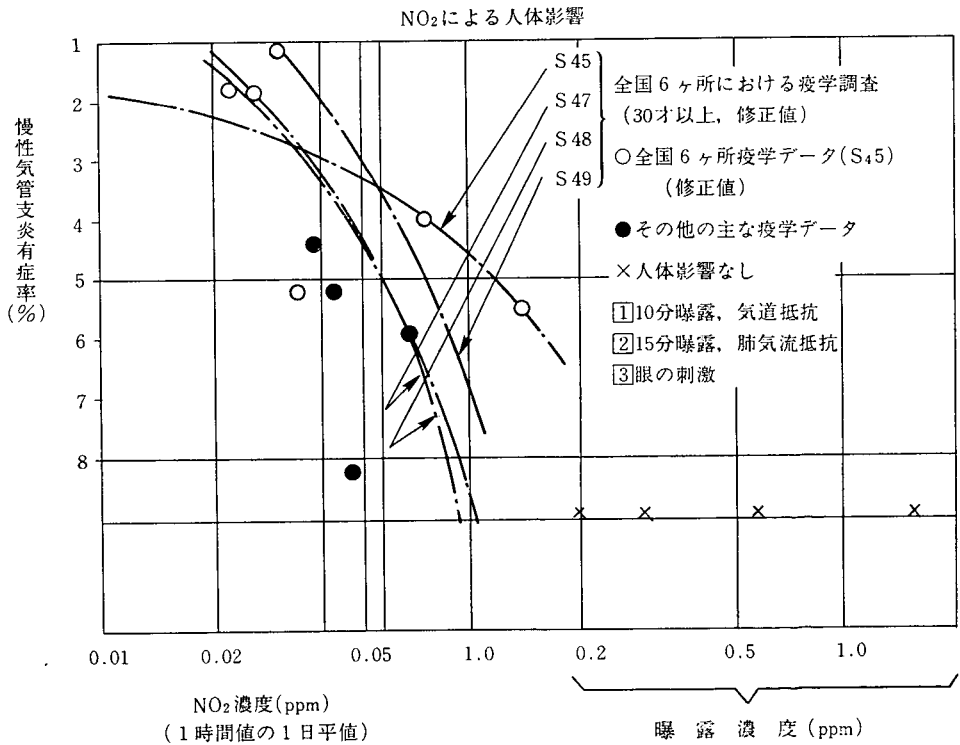
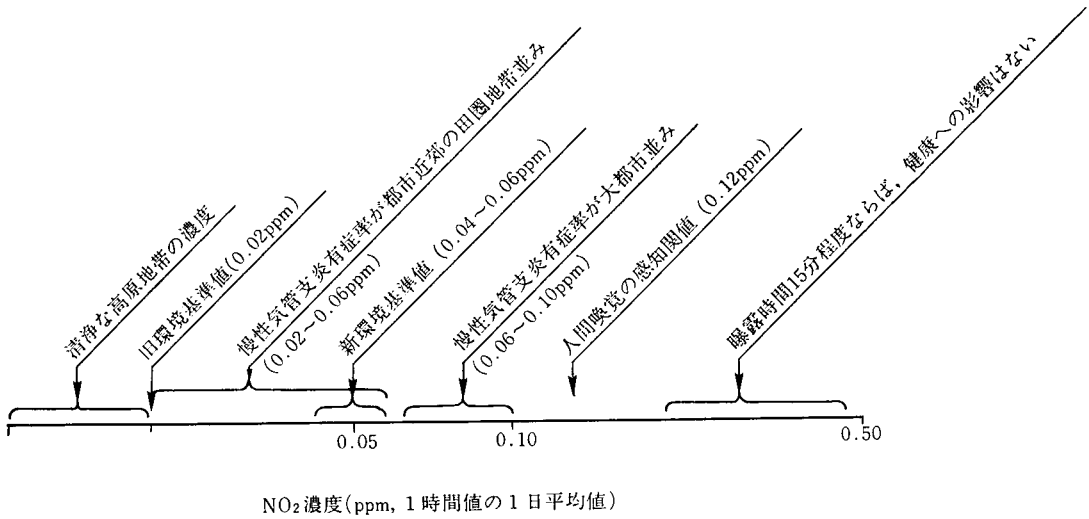


図 4.5



資料：環境庁，中央公害対策審議会，環境基準専門委員会報告書(1972)等参照
 (出所：当所社会環境研究室作成資料)

表 4.15 物理的リスクの各技術別のまとめ

単位〔損失人・日/MW：YEAR〕

	① 採掘	② 燃料加工 廃棄物管理	③ 輸送	④ 運転・保守	⑤ 建設・ 機器製造	合計
石炭	0 (94.5)	—	1.7 (0.38)	2.6×10^{-2}	3.0	4.7 (99.2)
石油	—	—	0.81	2.6×10^{-2}	3.0	3.8
原子力	—	0.52	5.9×10^{-4}	0.26	3.0	3.6
LNG	—	—	0.97	2.6×10^{-2}	3.0	4.0

() 内は、国内採掘、国内輸送を表わす。

表 4.16 シナリオ別 まとめ

単位〔損失人・日〕

	① 採掘	② 燃料加工 廃棄物管理	③ 輸送	④ 運転・保守	⑤ 建設・ 機器製造	合計
シナリオ A	0 (3.4E5)	8.2E3	2.5E4 (2.0E4)	3.0E5	3.4E5	6.7E5 (1.0E6)
シナリオ AB	0 (1.1E6)	6.2E3	5.1E4 (3.5E4)	3.8E5	3.4E5	7.8E5 (1.9E6)
シナリオ BA	0 (1.9E6)	4.8E3	7.3E4 (4.6E4)	4.5E5	3.4E5	8.7E5 (2.8E6)
シナリオ B	0 (2.6E6)	2.9E3	9.7E4 (6.1E4)	5.3E5	3.5E5	9.8E5 (3.5E6)

Eのつぎの数字は、10 べき乗を示す。

() 内は、国内採掘、国内輸送を表わす。

る)

しきい値を症状別（死亡、ぜんそくの悪化、慢性気管支炎の増加等）に設定し、

死亡率の期待値(1日) = -0.0631

+ $0.00252 * (\text{SO}_2 \text{ 濃度 (24 時間値)})$

症状悪化の日数期待値(1日) = $-A + B$

* $(\text{SO}_2 \text{ 濃度 (24 時間値)})$

(A, Bの値は文献〔6〕参照)

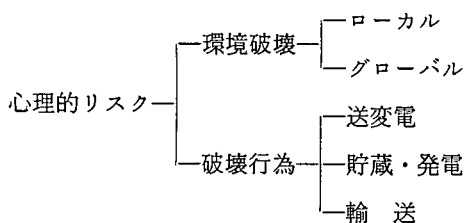
などとしている。

本研究では、これらの量-反応関数を用いず、疫学的もしくは実験的データを用いて前述のように判断した。

ここで、物理的リスクの各技術別のまとめを表 4.17 に、シナリオ別のまとめを表 4.18 に示す。

4.3.2 心理的リスク

心理的リスク評価のためのフレームワークを示す。



環境破壊とは環境破壊による心理的被害の期待値で、次の二項目から評価される。

① ローカルな問題：ばいじん、騒音、振動、地盤沈下、地下水枯渇問題などを指す。

② グローバルな問題：CO₂問題（発電所から発生する二酸化炭素が原因となる長期的な気

候の変化、生態系の破壊等の地球的な規模での問題)を指す。

破壊行為とは、故意による人的破壊(燃料盗難、発電所占拠等を含む)に対する心理的不安感を示す。そして、次の3つのプロセスについて評価した。

- ① 送変電(送電線や変電所)
- ② 貯蔵、発電所
- ③ 輸送

(2) 定量化

階層分析法(AHP)を用いて定量化する。

尚、一対比較アンケートに解答する際の回答者の指標は、

$$\text{期待値} = (\text{発生確率}) \times (\text{1回発生当たりの響影度})$$

とする。

(該当技術の単位発電量の発電が増加させるリスクの期待値、特に、環境破壊の発生源には、発電以外のものが在ることに注意して、回答者は発電によるリスクの増加分のみを考慮しようとしなければいけない。)

(3) 結果(回答者9名の平均)

回答者9名の各技術の得点の平均は、以下のようになった。

$$\begin{aligned} & \text{石油} : \text{石炭} : \text{原子力} : \text{LNG} \\ & = 0.236 : 0.274 : 0.257 : 0.233 \end{aligned}$$

5. 検討結果

4章で検討して求めた燃料途絶、電供給停止、物理的リスク、心理的リスクの属性の値は、表5.1のようになる。これらの属性値から、2.2節で示した計算方法によって、対象とする4つの電源構成シナリオを評価すると表5.1の総合評価値欄に示すようになる。表5.2には、階層分析法によって決定した各属性間のウェイトも並記してある。

得られた結果を要約すると次のことがいえる。

1. 4つのシナリオのなかでは原子力重視型が経済性で最も優れているが、セキュリティ、リスクを考慮した総合評価においても同シナリオが第1位である。
2. セキュリティとリスクを経済性に換算した値は総発電費用の30%程度である。この両者の値は原子力のシェアが増える程小さくなる。
3. セキュリティは、原子力のシェアが増えると高まる傾向にある。これは、燃料の供給途

表 5.1

評価項目	シナリオ				規格化範囲 最良-最悪	
	原子力極大 A	原子力重視 AB	多様化 BA	原子力 STOP B		
経済性〔兆円〕	10.0	9.45	9.69	10.0	9.45~12.87	
セキュリティ	燃料供給途絶	0.133	0.169	0.192	0.225	0.081~0.338
	電力供給停止 〔兆円〕	2.37	3.96	3.04	1.83	0~3.68
リスク	物理的 〔損失人・日〕×10 ⁵	6.7	7.8	8.7	9.8	6.1~136
	心理的	0.235	0.251	0.252	0.250	0.234~0.274
総合評価値 経済性換算〔兆円〕	10.66③	10.15①	10.44②	10.86④		

電力停止 10% と仮定し物理的リスクは全面燃料輸入の場合

表 5.2 シナリオごとの総合評価

	最良値	最悪値
経済性	シナリオAB	全原子力
燃料供給途絶	全原子力	全LNG
電力供給停止	原子力ゼロ	全原子力
物理的リスク	全原子力	全石炭
心理的リスク	全LNG	全石炭

絶への不安（原子力発電は最も小さい）が原子力による電力供給停止に対する不安よりも大きいことによる。

4. 同様に、原子力シェアが高まるとリスクも小さくなり良い傾向になる。これは原子力の安全性問題よりも化石燃料による環境汚染やCO₂問題への不安の方が大きいことによる。

ここで、属性間のウエイトは以下のようである。これは付録2に述べるように階層分析法を用いて求めた。

$$\text{経済性：セキュリティ：リスク} \\ = 0.591 : 0.225 : 0.184$$

階層の第二レベルでは、

$$\text{燃料供給途絶：電力供給停止} \\ = 0.68 : 0.32$$

$$\text{物理的リスク：心理的リスク} \\ = 0.54 : 0.46$$

尚、電力供給停止設備容量 25% と仮定した場合は以下のようになる。

表 5.3

	原子力極大A	原子力重視AB	多様化BA	原子力ストップB
電力供給停止 [兆円]	5.91	3.95	3.04	1.81
総合評価値 経済性換算[兆円]	11.06	10.42	10.65	10.92

次に、電力停止設備容量 10% とし、物理的リスクに国内燃料採掘輸送の場合の値を仮定し

た場合以下のようになる。

表 5.4

	原子力極大A	原子力重視AB	多様化BA	原子力ストップB
物理的リスク [損失人・日]×10 ⁵	6.7	7.8	8.7	9.8
総合評価値 経済性換算[兆円]	10.67	10.20	10.53	10.86

6. あとがき

本研究では、評価のための属性値算出の見直しが次のような点について必要であると思われる。まず、一点は、各属性の算出に際して、定量化する際に採用した事項に偏りがあって、特定の電源に不利にあるいは、有利になる可能性がある点である。たとえば、電力供給停止や放射線被曝を特定電源のみについて検討している点などは注意を要する。また、一点は、算出手法の不整合さについてである。リスクの値を算出する際に、火力による大気汚染には量一反応関数による近似を用いず、放射線被曝には量一反応関数を用いており、この不整合性は検討する必要がある。しかし、元来セキュリティやリスクといった問題が極めて抽象的で、定量化を難しく、かつデータが不足していることを考慮すると、本研究において示したようなセキュリティ・リスクの評価方法は様々な問題を提示した点で有用であろう。

ところで本研究は、はじめ、多属性効用関数法の適用の試みとして出発した。しかし、この理論によれば、本研究の属性階層構造をもとに算出した評価値の正確さは、保証されていないのである。このことは、付録1に詳しく説明したとおりであり、本研究の経験を踏まえ、更に検討していく必要がある。

また、本研究は電力中央研究所長期エネルギー

一電力政策研究会セキュリティワーキング・グループの研究成果であり、内山、高橋、斎藤の責任のもとにまとめた。ここで協力頂いた未来工学研究所の神前氏、藤井氏、およびセキュリティワーキング・グループのメンバーに深く感謝する。

尚、セキュリティワーキング・グループの委員リストは 57 ページに示すとおりである。

参考文献

[1] 電力中央研究所「エネルギー・電力需給の長期展望」1984 年
 [2] L. Saaty [A Scaling Method for Priorities in Hierarchical Structures] J. of Math. Psychology, 15, p. 234~281, 1977
 [3] 斎藤雄志「将来の電源構成に関しての一考察」エネルギー, 6, p. 71, 1983
 [4] 矢野、天谷監修「エネルギーの安全保証と経済性」第一法規, 1984

[5] 七原俊也、高橋一弘「電源計画手法の開発」電力中央研究所報告書 180044
 [6] 未来工学研究所「トータルエネルギーの観点からみた原子力の長期的役割に関する研究」1982
 [7] 朝倉一雄、四方浩、電力中央研究所、総合報告書 211
 [8] 環境庁大気保全局大気規制課「日本の大気汚染状況」1974, 1984
 [9] L. D. Hamilton [Health and Environmental risk of Energy svstem] IAEA-SM-273/51nal Laboratory, 1984
 [10] 市川惇信編「多目的決定の理論と方法」計測自動制御学会
 [11] R. N. キュー, H. ライファー「多目標問題解法の理論と実例」企画センター
 [12] 1980 年 6 月 23 日付 日経産業新聞
 [13] Rating Country Risk [International Investor] 3, 1980
 [14] Survey of Energy Resouces [World Energy Conference] 1983

付 録

付 録 1

多属性効用関数法

1 章で述べように、多属性効用関数法は、単に評価対象となる代替案の優先順位を決めるだけでなく、いくつかの属性を持つ代替案を評価する際に、互いに異なる単位を持つ個々の属性間の相互関係を検討することが可能になるという特徴をもっている。ここで、多属性効用関数法を簡単に説明する。そして、多属性効用関数法を本研究に適用するにあたっての限界、すなわち厳密な意味で適用出来なかった理由も述べたい。

次式のように、多属性効用関数 U が、 N 個の

単一属性効用関数の関数 F で表わされるとする。

$$U(X_1, X_2, \dots, X_n) = F(U_1(X_1), U_2(X_2), \dots, U_n(X_n)) \quad \text{一般形}$$

X_i ; 属性 i の属性値 ($i=1, 2, \dots, n$)

U_i ; 単一属性効用関数 ($i=1, 2, \dots, n$)

U ; 多属性スカラー効用関数

$K^i; U^i$ を規格化するためのスケール化定数

更に、幾つかの属性間の条件を満足することによって、実際問題に適用し易い多属性効用関数 F の形として、下式の加法形を用いることができる。

$$U(X_1, X_2, \dots, X_n) = \sum_{i=1}^n [k_i \times u_i(x_i)]$$

加法形本研究では, この加法形を用いて,

$$U(E, S, R) = K_e * U_e(E) + K_s * U_s(S) + K_r * U_r(R)$$

但し, E を経済性の, S をセキュリティの, R をリスクの属性値とする。

更に第2レベルの階層でも, F を燃料途絶の, D を電力供給停止の, P を物理的リスク, C を心理的リスクの属性値とすると,

$$S = K_f \times U_f(F) + K_d \times U_d(D) \\ \text{ : セキュリティの評価値} \\ R = K_p \times U_p(P) + K_c \times U_c(C) \\ \text{ : リスクの評価値}$$

のようである。

このように, U の値を求めるためには, 主に, 次の2つの作業が必要である。

- 1) 単一属性効用関数 U_i ($i=1, 2, \dots, n$) を決定する。
 - 2) スケール化定数 K_i ($i=1, 2, \dots, n$) を求める。 K_i は, 各属性間の, トレードオフ等の相互関係を表す。 U が加法型の場合, 直感的には, スケール化定数は規格化された各 U_i を統合するための重み付け乗数であるともいえる。
- ここで, 更に詳細に多属性効用関数法による決定の手順を本研究に適用する場合を想定してまとめると, その手順は次のようになる。

I 準備

1. 問題の明確化 (決定主体の明確化, 評価対象の明確化)

本研究の場合を例にとると, 決定主体は電気事業者一般であり, 評価対象は我が国の電源構成である。

2. 同定の準備 (属性の決定, 階層化)

例えば, 本研究の本文2.1に述べたように属

性の決定と階層化を行う。

3. 属性の条件の検証

多属性効用関数 $U(X_1, X_2, \dots, X_n)$ が前述したように加法形であるためには, 個々の全ての属性に, 或は, 全ての属性の対に次の3つの仮定が適用できることが必要である。

(仮定1) 選好独立性: 全て i, j のについて属性の対 $\{X_i, X_j\}$ の選好に対する無差別曲線形が, その他の属性のレベルに依存していないこと。例えば, セキュリティと経済性のあいだのトレードオフ関係が, リスクの属性値の大小に関係しないということである。

(仮定2) 効用独立性: 属性 i_0 を属性 i 以外のすべての属性の組とする。属性 i が属性 i_0 に効用独立であることは, 属性 i の任意の属性値 X_i , 属性 i_0 の任意の属性値 X_{i_0} に対し, ある関数 $C1(X_{i_0}')$, 及び $C2(X_{i_0}') \geq 0$ が存在して

$$U(X_i, X_{i_0}) = C1(X_{i_0}') + C2(X_{i_0}') \times U(X_i, X_{i_0}^*) \quad (2.2.1)$$

が成立することである。但し, $X_{i_0}^*$ は, X_{i_0} と異なる X_{i_0} の値。 X_{i_0}' は, (2.2.1) 式の関係を満たす X_{i_0} の値。

即ち, 属性 i 上の条件付 (= X_{i_0} が一定に固定されている) 効用関数同士がすべて ($U(X_i, X_{i_0})$ と $U(X_i, X_{i_0}^*)$ FOR ALL i_0, i_0^*) 戦略的に等価であることであることである。例えば, 経済性の効用は, セキュリティの値とリスクの値の対のあらゆる組み合わせについて, その効用関数形は, (2.2.1) 式のように, 一意に線形変換されるだけである。

以上の(仮定1)と(仮定2)が満たされれば, U が, 加法形か乗法形の分解表現式で表現されることが証明されている^[1]。更に,

(仮定3) 加法独立性: 結果の値 $C_1, C_2, \dots,$

C_k が、各々確率 $P_1(C_1), P_2(C_2), \dots, P_k(C_k)$ で生じるくじ $L[C_1, C_2, \dots, C_k/P_1(C_1), P_2(C_2), \dots, P_k(C_k)]$ を考える。加法独立性とは、くじ $L1[(E_i, S_j, \cdot), (E'_i, S'_j, \cdot)/0.5, 0.5]$ と、くじ $L1[(E'_i, S'_j, \cdot), (E_i, S_j, \cdot)/0.5, 0.5]$ が無差別であることである。この条件は、 U の加法形分解が可能になるために、数学的に必要な条件である。

適用しようとする問題が上に述べたような属性の条件を明らかに満足しないならば、手順2に戻って属性の階層化、さらに属性の選定のしなおしからやり直す必要がある。本研究について考えてみると、まず第一に、経済性とセキュリティとリスクの間に選好独立性が成り立っているということは自明であるとはいえない。すなわち、経済性のレベルが変われば、セキュリティとリスクの無差別関係は変わるかもしれない。しかし本研究では、その検証をしていない。また同様に、これらの属性間に効用独立性が成り立っていることも自明であるとはいえないのである。したがって、本文2.1のままの階層構造では、本研究に多属性効用論を厳密に適用できるとは言い難い。

II 多属性効用関数の決定

4. 単一属性効用関数 $U_i(X_i)$ の決定 (単調性, 関数形のチェック, 属効値の範囲の決定, など)

単一属性効用関数 $U_i(X_i)$ の決定

まず、 $U_i(X_i)$ は、代替案 (今は、属性値) の集合 $\{X_i\}$ 上での選好順序を実数値の大小に

よって表現するための実数値関数であるから、単調関数である必要がある。

本研究では、便宜的にすべての U_i に直線を用いていることになる。多属性効用理論を適用する場合、関数の凹凸形については更に次のように検討すべきである。即ち、関数形の凹凸は、リスクに対する態度を決定者にインタビューして下のように決めるのである。

また、属性値の範囲の決定をする。

5. 分解表現式におけるスケール化定数の決定

まず、最も好ましい多属性ベクトルを $X'' = (X_1'', X_2'', \dots, X_n'')$ 、最も好ましくない多属性ベクトルを $X' = (X_1', X_2', \dots, X_n')$ とする。この時、意志決定者に、くじ $[X'', X'/P, 1-P]$ の期待効用値と、確実に得られる $X_{xi} = (X_1', X_2', \dots, X_i'', \dots, X_n')$ の効用が同じになる確率 P の値を質問する。この P の値が K_i である。なぜなら、

$$P \times U(X'') + (1-P) \times U(X') = U(X_{xi})$$

で、

$$U(X'') = 1, U(X') = 0,$$

$$U(X_{xi}) = K_i \times U_i(X_i'') = K_i$$

だから、

$$P = K_i$$

次に、ある属性、例えば、 X_1 についての上のようにして K_1 を求め、 $U(X_1', X_j'') = U(X_{1j}, X_j'')$ となる X_{1j} を質問により決定し、

$$K_j = K_1 \times U_i(X_{1j})$$

により K_j を決定する。

リスクに対する態度	関数形の凹凸	意味
リスク回避型	: 凸形………	$\sum P_i(X_i) * U_i(X_i) \leq \sum U_i(P_i(X_i) * X_i)$
リスク受容型	: 凹形………	$\sum P_i(X_i) * U_i(X_i) \geq \sum U_i(P_i(X_i) * X_i)$
リスク中立形	: 直線形……	$\sum P_i(X_i) * U_i(X_i) = \sum U_i(P_i(X_i) * X_i)$

但し、 $\sum P_i(X_i) * U_i(X_i)$: 期待効用
 $\sum U_i(P_i(X_i) * X_i)$: 属性値の期待値の効用

次に,

6. 意志決定の整合性のチェック

これまでの手順について意志決定者の意向が正しく反映されているかどうかその整合性の見直しをもう一度する。

7. 多属性効用関数 U の決定 (F が, 加法形か, 乗法形かなど)

手順 3 の属性の条件の検証の際に, 加法形か乗法形かの選択をしておくことになる。

III 代替案間の総合評価

各代替案の評価値は, 各代替案の多属性効用関数 U の値である。 U の値をみて, 代替案間の総合評価を行う。

付 録 2

階層分析法の適用

本研究では AHP を二様に適用している。一つは, 本文 2.2 で述べたように 重み変数 $Kf, Kd, Kp, Kc, Ke, Ks, Kr$ の算出への適用である。

さらに一つは, 心理的リスクの発電技術別の評価への適用である。

前者においては, アンケートの際には, 重みづけの指標として, 当所の研究 3 目標である。

1. 供給力の質的強化,
2. 供給コストの抑制,
3. 社会の理解と信頼感の向上, について, 経済性, セキュリティ, リスクが各々どの程度寄

与しているかを考慮した。すなわち, 階層構造が付図 2.1 のようであり, 代替案が, 同一レベルの属性ということになる。

階層分析法の主な手順は次のようである (詳細は文献 [2] を参照)。

1) 決定者は, 各要素間の一対比較をし得点する。

2) 各レベルで, 同レベル間の比較ベアマトリクス A をつくる。

A の固有ベクトル w (ウエイティングベクトル) を求める ($Aw = \lambda w$ の解)

3) 整合性のチェック ($C. I. = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1)$) が小さいほど整合性がある。 λ_{\max} ; 最大の固有値, n ; A の次元) をして, 問題のある場合は 1) の見直しをする。

4) 最上レベルから, w をすぐ下のレベルの w に乗じていって最低レベルのウエイトをもとめる。

5) 代替案ごとにこの操作を行ない, 各代替案で最低レベルのウエイトを合計したものが代替案の得点である。

このように, 階層分析法は, 一種の一対比較アンケートによる分析法であり, 回答者の選好関係の論理的一貫性をチェックできるという特徴を持っている。

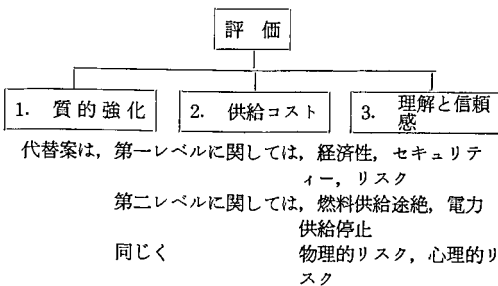
付 録 3

燃料途絶不安の計算

[1] 定式化の詳細

まず, rij', rij'' について考える。

j 国の i 燃料に対する, 船積みされない年間の確率をカントリーリスクと呼び (CR) ij とし, i 燃料の j 国からの輸送中の事故の年間の確率を輸送リスクと呼び (TR) ij とする。すると, これらを用いて ril', rij'' は各々次のよ



付図 2.1 ウエイト評価のための階層構造

うに表わされる。

$$rij' = (CR)ij \quad 0 \leq (CR)ij \leq 1 \quad (\text{付 3.1})$$

$$rij'' = \{1 - (CR)ij\} \times (TR)ij \quad 0 \leq (TR)ij \leq 1 \quad (\text{付 3.2})$$

カントリーリスク $(CR)ij$ と、輸送リスク $(TR)ij$ は次節〔2〕で求める。これから、 Ri' 、 Ri'' を導くには次のように考える。我が国にとって、 i 燃料の依存割合の大きい国の供給停止ほど大きな影響がある。そこで、 i 燃料全体に対しての供給国から船積みされないことに対する不安を、下式のような Ri' という指標によって示す。

$$Ri' = \sum_{j=1}^{Ni'} (Aij \times Rij') \quad (4.2.1)$$

Ni' : i 燃料の考慮すべき供給国の数 (i 燃料の全供給国数 Ni とは異なり、後に述べるように我が国内の備蓄を考慮しても我が国への影響を免れ得ない量の燃料量を依存している国)

Aij : i 燃料の j 国への依存割合

また、 j 国からの i 燃料輸送が年間を通して Mij 回であり、各回での輸送事故確率が毎回同じで rij'' だとすると、 k 回輸送事故が起きる確率は二項分布に従うと仮定できるとする。 k 回輸送事故が起きたときの損失燃料量は $(Aij \times K / Mij)$ であるから、 i 燃料全体の供給途絶不安の期待値 Ri'' は下式のように表わせる。

$$Ri'' = \sum_{j=1}^{Ni'} \sum_{k=1}^{Mij} [(Aij \times K / Mij)_{Mij} C_K \times Ri''^k] \times (1 - Ri''')^{(Mij - K)} \quad (4.2.2)$$

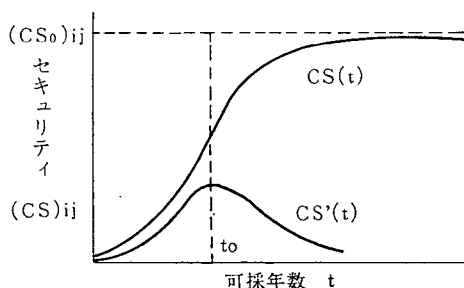
よって、 i 燃料全体に対しての、供給国から船積みされたが輸送事故によって供給途絶が生じることに対する不安の指標を Ri'' によって示すことにする。

Mij : j 燃料の j 国からの年間輸送回数
次に、③の供給国における資源の枯渇性の

問題を扱うことにする。供給国のカントリーリスク $(CR)ij$ は、その国の政治、経済、社会あるいは、国際情勢の変化につれて時間的に変化する。しかし、その時間変化を定量的に扱うことは不可能に近い問題であろう。そこで、ここでは、時間的影響としては資源の枯渇性だけを考慮した。具体的には、 $(CR)ij$ は、その資源の可採年数によってのみ時間的に変化すると仮定する。これを定式化するための条件として、供給国におけるセキュリティリスクの大きさ $(CS)ij = 1 - (CR)ij$ は、ロジスティック関数で表わされると仮定する。

$$CS(t) = CS_0 / (1 + EXP(-\alpha \times (t - t_0))) \quad (\text{付 3.3})$$

α, t_0 : 定数
 $0 \leq CS_0 \leq 1$



付図 3.1 セキュリティのロジスティック関数

付 3.3 式を供給国のカントリーリスク $(CR)ij$ で表わすと、 $(CS_0)ij = 1 - (CR_0)ij$ として、次のようになる。

$$(CR)ij = 1 - (1 - (CR_0)ij) / (1 + EXP(-\alpha \times (t - t_0))) \quad (\text{付 3.4})$$

付 3.4 式で、 $(CR_0)ij$ は供給国 j で i 燃料にたいし、資源の枯渇不安を考えなかったときの (現時点での) カントリーリスクを表わしている。 $(CR_0)ij$ の値は、本研究の評価対象である 2000 年時点では現時点での評価値と異なると考えられる。しかし、計算の都合上、現時

点での評価値と同じという仮定をおいている。また、同様に、何採年数 i に対しても 2000 年時点での評価値と現時点での評価値とは同じという仮定をおいている。(CR0) ij の値や何採年数は、次節〔2〕で示す。

次に項目④の海外依存度の問題は、本文に述べたとおりであるから省略する。

最後に、⑤の国内での燃料備蓄、⑥項目の燃料供給国の分散国内についての問題を考える。

i 燃料の国内備蓄日数を D_i としよう。この場合、一年間の燃料消費量に対する備蓄率は、 $D_i/365$ となる。

i 燃料の供給停止年数 S_i をとすると緊急時対策としての i 燃料の年間備蓄率 d_i は

$$d_i = D_i / (365 * S_i) \quad (\text{付 3.5})$$

となる。ここで、 A_{ij} (i 燃料の j 国への依存割合 (との比較により、次ぎの区分をして考える。

$$1) \quad d_i > A_{ij} \quad (\text{付 3.6})$$

$$\text{ならば, } R_{ij}' = R_{ij}'' = 0 \quad (\text{付 3.7})$$

$$2) \quad d_i \leq A_{ij}$$

$$\text{ならば, } R_{ij}' = (CR)_{ij}$$

$$R_{ij}'' = \{1 - (CR)_{ij}\} * (TR)_{ij} \quad (\text{付 3.6})$$

即ち、たとえ、 j 国から i 燃料が供給停止されても、備蓄で国内の燃料供給は十分賄えれば、 j 国からの供給停止不安は考える必要がない。しかしそうでなければ供給国のカントリーリスクを考慮すべきである。

次に、⑥の燃料の供給国の分散効果を考える。 i 燃料の供給国が分散すればとは、 A_{ij} が小さくなる。もし、全ての j について A_{ij} の値が d_i より小さければ (4.2.12) 式のように $R_{ij}' = R_{ij}'' = 0$ となり、途絶不安の大きさは、零となる。よって、前節でも述べたように、⑤

を検討することで燃料の供給国の分散効果の検討を兼ねていることになる。

勿論、燃料の備蓄をふやしたり供給を分散することは、経済的な負担を大きくする。こういった費用は全て、本研究で扱っている経済性計算に本来含まれていなければならないものである。しかし、本研究では省略する。

〔2〕 燃料供給途絶の計算とデータ

〔1〕の燃料途絶の定式化において、途絶不安の大きさを定量的に求めるには (付表 3.1) 式もしくは (付表 3.2) 式に示すように供給国のカントリーリスクと輸送途上の途絶不安の大きさを定量化することが基本的に必要である。ここでは、これらをどのように求め、それを基にして途絶不安の大きさがどのように計算されたかを説明することにする。

カントリーリスクとは、一般に燃料を輸入する場合の相手国自体の危険度のことであり、逆にいうと信用度になる。すなわち、相手国の主張に基づく政策の変更や状態の変化によって生ずるリスクであって、それには政治面と国際収支面におけるリスクがある。

ここでは、次に掲げる項目に関し、実際の取引に従事する銀行、企業の専門家へのアンケート結果を集約して得られた得点^{[12][13]}の値からカントリーリスクを求めることにする (付表 3.1)。

- (イ) 経済規模
- (ロ) 成長性
- (ハ) インフレ
- (ニ) 対外債務支払い能力
- (ホ) 通貨安定度
- (ヘ) 経済発展の段階
- (ト) 政権安定度
- (チ) 民 度

付表 3.1 各国信用度の評価とカントリーリスク^{[12][13]}

順位	対象国・地域	回答社数	得点*	カントリー リスク**	順位	対象国・地域	回答社数	得点*	カントリー リスク**
1	アメリカ	93	8.91	0.109	44	アルゼンチン	76	4.96	0.504
2	西独	75	8.87	0.113	45	チュニジア	—	4.92	0.508
3	スイス	65	8.45	0.155	46	南アフリカ	65	4.91	0.509
4	カナダ	86	8.31	0.169	47	チェコスロバキア	54	4.78	0.522
5	オランダ	66	8.03	0.197	48	パナマ	56	4.78	0.522
6	オーストラリア	83	7.81	0.219	49	エクアドル	55	4.71	0.529
7	ベルギー	64	7.81	0.219	50	ハンガリー	49	4.67	0.533
8	フランス	74	7.77	0.223	51	イラク	62	4.66	0.534
9	イギリス	78	7.71	0.229	52	チリ	62	4.64	0.536
10	シンガポール	80	7.40	0.260	53	インド	66	4.45	0.555
11	スウェーデン	60	7.38	0.262	54	アルジェリア	59	4.30	0.570
12	オーストリア	55	7.36	0.264	55	ルーマニア	51	4.24	0.576
13	ノルウェー	57	7.32	0.268	56	エジプト	68	4.16	0.584
14	ニュージーランド	70	7.26	0.274	57	ポーランド	—	4.16	0.534
15	ブルネイ	—	7.00	0.300	58	イスラエル	51	4.14	0.586
16	アラブ首長国連邦	65	6.97	0.303	59	ペルー	60	3.92	0.608
17	香港	76	6.96	0.304	60	象牙海岸	49	3.90	0.610
18	デンマーク	58	6.86	0.314	61	リビア	54	3.81	0.619
19	メキシコ	80	6.55	0.345	62	ケニア	52	3.73	0.627
20	マレーシア	81	6.47	0.353	63	ボリビア	54	3.68	0.632
21	アイルランド	58	6.36	0.364	64	ビルマ	51	3.61	0.639
22	クタール	—	6.20	0.380	65	パキスタン	61	3.57	0.643
23	サウジアラビア	74	6.11	0.389	66	シリア	51	3.55	0.645
24	台湾	86	6.08	0.392	67	モロッコ	50	3.38	0.667
25	スペイン	73	6.08	0.392	68	リベリア	47	3.34	0.666
26	フィリピン	75	6.05	0.395	69	バングラデシュ	61	3.00	0.700
27	パレオン	—	5.87	0.413	70	ガーナ	48	2.94	0.706
28	トリニダードトバコ	—	5.85	0.415	71	レバノン	52	2.90	0.710
29	クウェート	63	5.84	0.416	72	モザンビーク	43	2.84	0.716
30	ベネズエラ	63	5.76	0.424	73	スーダン	45	2.75	0.725
31	ソ連	64	5.55	0.445	74	北朝鮮	58	2.72	0.728
32	ギリシャ	64	5.55	0.445	75	ベトナム	47	2.57	0.745
33	イタリア	75	5.44	0.456	76	トルコ	59	2.56	0.744
34	ブラジル	88	5.40	0.460	77	コンゴ	43	2.53	0.747
35	インドネシア	87	5.39	0.461	78	エチオピア	49	2.53	0.747
36	ユーゴスラビア	—	5.34	0.466	79	ザイール	48	2.48	0.752
37	中国	80	5.31	0.469	80	ジンバブエ	—	2.35	0.765
38	韓国	90	5.31	0.469	81	カンボジア	46	2.20	0.780
39	東独	54	5.24	0.476	82	イラン	70	2.20	0.780
40	タイ	80	5.22	0.478	83	タンザニア	—	2.17	0.782
41	ナイジェリア	64	5.20	0.480	84	アンゴラ	—	1.90	0.810
42	ポルトガル	61	5.07	0.493	85	ザンビア	—	1.84	0.816
43	コロンビア	61	4.98	0.502	86	アフガニスタン	47	1.72	0.828

* 得点が高いほど取引の安全度も高いことを示す (10 点満点)。

** (カントリーリスク)=1-(得点)/10

(リ) 信頼度

(ヌ) 資源エネルギー事情

付表 3.1 は、世界各国のカントリーリスクを示したものである。わが国はこのうちの数カ国

からエネルギー資源を供給されており、考慮すべきカントリーリスクはそれら輸入国を対象とすれば良い。

付表 3.2 は、わが国のエネルギー資源の主要

付表 3.2 わが国への主要輸入先

ウランのみ：1981 その他：1983

順位	石 油		天 然 ガ ス (LNG) [10 ⁸ t]	石 炭 (一般炭) [10 ⁸ t]	ウ ラ ン	
	原 油 [10 ⁶ t]	重 油 [10 ⁶ t]			天然ウラン[tU]	濃縮ウラン[tU]
1	サウジアラビア 68,876(33.3)	インドネシア 3,385	インドネシア 9,846(30.3)	オーストラリア 7,647(45.5)	アメリカ 293(71.6)	イギリス 601(65.6)
2	U A E 31,594(15.3)	アメリカ 1,968	ブルネイ 5,251(16.2)	南アフリカ 2,618(15.6)	フランス 67(16.4)	アメリカ 306(33.4)
3	インドネシア 29,414(14.2)	シンガポール 1,634	サウジアラビア 5,236(16.1)	中 国 1,712(10.2)	イギリス 49(12.0)	フランス 9 (1.0)
4	イ ラ ン 22,722(11.0)	韓 国 1,040	U A E 3,993(12.3)	アメリカ 930 (5.5)		
5	中 国 10,818 (5.1)	ソ 連 622	アメリカ 1,362 (4.2)	カナダ 555 (3.3)		
合 計	163,424(78.9)	8,649	25,688(79.1)	13,462(80.2)	409(100)	916(100)
輸入総量	207,005(99.8)	9,720	29,680(91.4)	13,919(82.9)	409(100)	916(100)

() 内は各国への燃料供給依存度 [%] を表わす。

《 》 内はエネルギー資源の海外依存度 [%] を表わす。

$$(\text{海外依存度})[\%] = \frac{(\text{輸入量}) - (\text{輸出量})}{(\text{国内生産}) + (\text{量輸入量}) - (\text{輸出量})} \times 100$$

付表 3.3 主要輸入国のカントリーリスク

順位	石 油		L N G	石 炭 (一般炭)	ウ ラ ン	
	原 油	重 油			天 然	濃 縮
1	サウジアラビア 0.389	インドネシア 0.461	インドネシア 0.461	オーストラリア 0.219	アメリカ 0.109	イギリス 0.229
2	U A E 0.303	アメリカ 0.109	ブルネイ 0.300	南アフリカ 0.509	フランス 0.223	アメリカ 0.109
3	インドネシア 0.461	シンガポール 0.260	サウジアラビア 0.389	中 国 0.469	イギリス 0.229	フランス 0.223
4	イ ラ ン 0.780	韓 国 0.469	U A E 0.303	アメリカ 0.109		
5	中 国 0.469	ソ 連 0.445	アメリカ 0.109	カナダ 0.169		

付表 3.4 供給国の確定埋蔵量、年間生産量と可採年数

順位	石 油	L N G	石炭(一般炭)	ウラン(天然)
1	サウジアラビア 22,455.7×10 ⁸ t 480×10 ⁸ t 47 y	インドネシア 900 km ³ 32 km ³ 28 y	オーストラリア 29,502×10 ⁸ t 92×10 ⁸ t 321 y	アメリカ 458,000 t 14,800 t 31 y
2	U A E 4,389.6×10 ⁸ t 754×10 ⁸ t 58 y	ブルネイ 220 km ³ 13 km ³ 17 y	南アフリカ 51,850×10 ⁸ t 130×10 ⁸ t 399 y	フランス 64,400 t 2,553 t 29 y
3	インドネシア 6,738×10 ⁸ t 80×10 ⁸ t 84 y	サウジアラビア 2,700 km ³ 54 km ³ 50 y	中 国 99,000×10 ⁸ t 618×10 ⁸ t 160 y	イギリス ?
4	イ ラ ン 7,776×10 ⁸ t 66×10 ⁸ t 118 y	U A E 750 km ³ 3.5 km ³ 214 y	アメリカ 225,123×10 ⁸ t 700×10 ⁸ t 322 y	
5	中 国 2,714×10 ⁸ t 100×10 ⁸ t 27 y	アメリカ 5,712 km ³ 530 km ³ 11 y	カナダ 3,789×10 ⁸ t 25.4×10 ⁸ t 149 y	

数値は上から、国名、確定埋蔵量、年間生産量、および可採年数(現時点)を示す。

輸入先とその輸入量を示したものである。

付表 3.2 に示した供給国のカントリーリスクを表から選び出すと表 3.3 のようになる。

表から、石油、LNG は比較発カントリーリスクの高い国々から供給されていることがわかる。

次に付表 3.3 に示された国々の資源枯渇問題を扱うことにする。付表 3.4 は、各国において上の表に示されたエネルギー資源の確定埋蔵量、年間生産量および何採年数 (= 確定埋蔵量 / 年間生産量) を示したものである。

付表 3.5 で得られた可採年数と表 3.1 の供給国カントリーリスクの値 (CR_0) を使って (付 3.4) 式から、資源の枯渇性だけを考慮したカントリーリスク (CR) を求めると付表 3.5 のようになる ($\alpha=0.5, t_0=15$)。

付表 3.5 資源枯渇を考慮した供給国カントリーリスク

	石油	天然ガス	石炭	ウラン
1	0.389	0.462	0.219	0.109
2	0.303	0.353	0.509	0.223
3	0.461	0.389	0.469	—
4	0.780	0.303	0.109	—
5	0.473	0.894	0.169	—

わが国はエネルギー資源のほとんどを海外に依存している。付表 3.2 に示されたどのエネルギー資源の輸入割合を見ても、その海外依存度の極端な高さは、現在そして将来ともその資源需要を国内資源供給によって賄うことができないことを明示している。付表 3.2 からエネルギー資源別に海外依存度の割合 b_i と国内自給率 a_i の値を示すと付表 3.6 のようになる。

燃料供給が途絶されるという短期的な危機に対する緊急対策の 1 つとして燃料備蓄がある。発電所における燃料備蓄量は、発電所規模と燃料輸送船の容量の他に季節変動の調整や緊急時

付表 3.6 エネルギー資源の海外依存度

エネルギー資源	海外依存度 [%] (1983年)	国内自給率 [%] (1983年)	可採埋蔵量*		
			世界(A)	日本(B)	比率 A/B
石油	99.8	0.2	84,000×10 ⁶ [トン]	5.7×10 ⁶ [トン]	0.007%
石炭	82.9	17.1	515,000×10 ⁶ [トン]	997×10 ⁶ [トン]	0.19%
天然ガス	91.4	8.6	78,820 [km ³]	14.5 [km ³]	0.01%
ウラン	100	0	2,392×10 ³ [トンU]	7.7×10 ³ [トンU]	0.44%**

* ウランの比率の算定には Pu 生産量分を加味してある。

$$\frac{\text{Pu 生産量}}{\text{U 消費量}} = \frac{0.173}{146.0} = 0.12\%$$

(11 kW LWR : 万設備利用率 70%)

の必要量を考慮して決定される。火力発電所の場合、通常、下記に示す日数分の燃料備蓄がなされている。

(発電所)	(備蓄日数)	(備蓄割合)
石油火力	45日分	12.3%
石炭火力	45日分	12.3%
LNG 火力	10日分	2.7%

上の値は民間備蓄量であるが、石油に関しては別に政府備蓄があり、その値は約 3 ヶ月である。原子力発電所の場合は、燃料が常時原子炉内に挿入されているため、それが備蓄の役割を果たしていることになる。燃料の挿入期間は、PWR と BWR とで少し異なっている。PWR の挿入期間は 3 年で年度交換量は 1/3 であるのに対し、BWR は 4 年で年度交換量は 1/4 である。また、交換用の新年料は通常、成型・加工工場に準備されており、天然ウランあるいは濃縮ウランの輸入が停止するという緊急事態が起きたとしても、発電所への燃料がすぐに供給不能となるということはない。これから、原子力発電所の場合、少なくとも 2 年間は、全出力で発電が保証され、その期間はウラン燃料の途絶事態に充分対応できるであろう。燃料の供給途絶期間は、発生した緊急事態がどの程度のもの

かで大きく異なる。輸送船の事故であれば比較的短期間で再び供給が何能になるが、供給国でテロや戦争が発生し、燃料の出荷基地が破壊されたとすると供給停止はかなり長期になるであろう。

ここでは、供給国の政情不安や国際関料の悪化などにより、燃料の供給停止が3年間続いたと仮定する。つまり、この3年間で当時国から燃料が再び供給何能になるか、あるいは他の資源国からその分の燃料を供給することができたとする。このとき、付表 3.7 式から各燃料の備蓄率 d_i の値は次のようになる。

(発電所)	(備蓄日数)	(備蓄率)
石油火力	135日*	12.3%
石炭火力	45日	4.1%
LNG火力	10日	0.9%
原子力発電	2年	66.7%

* 民間備蓄(45日)+政府備蓄(90日)

上の備蓄率の値と付表 3.2 の各供給国の燃料依存度の値とから、カントリーリスクを考慮す

付表 3.7 備蓄量で決まった供給国のカントリーリスク

順位	石油	天然ガス	石炭	ウラン
1	サウジアラビア 33.3% 0.389	インドネシア 30.3% 0.462	オーストラリア 45.5% 0.219	アメリカ 71.6% 0.109
2	UAE 15.3% 0.303	ブルネイ 16.2% 0.353	南アフリカ 15.6% 0.509	
3	インドネシア 14.2% 0.461	サウジアラビア 16.1% 0.389	中国 10.2% 0.469	
4		UAE 12.3% 0.303	アメリカ 5.5% 0.109	
5		アメリカ 4.2% 0.894		
備考 A17)	>12.3%	>0.9%	>4.1%	>66.6%

べき供給国を燃料別に選び出すと付表 3.7 のようになる。

最後に、輸送リスクの定量化問題を考えることにする。発電に使われる海外からの燃料は、現在すべてが海上からの輸送である。輸送途中では、座礁、機関故障による漂流、衝突、転覆、浸水、沈没、爆発火災などの海難の恐れがある。付録 3.8 は、ロイド海難週報に掲載された貨物船の火災・爆発事故件数を示したもので、その統計結果によると全損や重損に至った全貨物船の事故は年間 46 隻にものぼっていることがわかる。

付表 3.8 貨物船の貨物倉火災の総トン数ランク別発件数

ランク	海難隻数					在籍数 (1979)	発生率 ×10 ⁻⁴
	77	73	79	80	平均		
~100 t	1			1	0.5	—	—
100 t ~	3	1	1	1	1.5	39,955	0.4
500 t ~	1	3	3	1	2.0	6,572	3.0
1,000 t ~	2	5	5	6	4.5	4,823	9.3
2,000 t ~	6	3	3	6	4.5	5,390	8.3
4,000 t ~	9	5	5	5	6.0	2,591	23.2
6,000 t ~	12	6	9	6	8.3	1,980	41.7
8,000 t ~	15	19	7	4	11.3	2,943	38.2
10,000 t ~	9	7	2	6	6.0	3,128	19.2
15,000 t ~	1	1	1	2	1.3	1,625	7.7
20,000 t ~	1			1	0.5	935	5.3
30,000 t ~					0	1,232	0
全体	76	66	37	42	56.0	—	—

(82 年度海難防止の調査研究報告書：調一2、日本海難防止協会)

また、米国政府代表が IMCO 防火小委員会で示した資料によると、タンカーの火災・爆発事故は、1954 年から 1972 年までの 18 年間に 235 隻にものぼっており、発生率からみると貨物船の倍以上になっていることがわかる(付表 3.9)。

発電所用の燃料輸送は、比較的大型の輸送船によって行われている。表から、大型船のタン

付表 3.9 タンカーのタンク内火災爆発の総トン数ランク別件数

ランク	延海難隻数	延在籍隻数	発生率×10 ⁻⁴
100 t ~	16	30,574	5.2
1,000 t ~	6	7,091	8.5
2,000 t ~	4	5,440	7.4
4,000 t ~	22	6,005	36.6
8,000 t ~	40	8,614	46.4
10,000 t ~	59	32,619	18.1
20,000 t ~	42	12,107	34.7
40,000 t ~	36	5,417	66.5
60,000 t ~	3	433	69.3
90,000 t ~	7	716	97.8
全 体	235	109,016	21.6

(82年度海難防止の調査研究報告書：調一2，日本海難防止協会)

(原資料：1974年 IMCO (政府間海事協済機関防火小委員会資料 Tanknr Fire/Explosion Data 1955~1972)

カーの事故発生率は貨物船の値より大きいがいずれにしても発生率の値は1%以下である。

輸送リスクは、保険会社における保険料で具体的に評価することができる。すなわち、保険価額に対する保険料の値は、リスク不安を定量的に表わす1つの方法となるであろう。付表3.10は各燃料輸送船について、その保険価額と保険料を示したものである。表に示されてい

る数値は、保険会社へのヒアリングによって得られたものである。数値は大手海運会社が最近(1~2年)に竣工した船を管理・運航した場合の水準値である。実際は、管理、運航会社、及びその保険成績により、また各船舶の船齢、総トン数等により保険料の値は違っており、表の値は1つの目安である。

表から、保険料の保険価額に対する割合はすべてが1%以下であり、それは付表3.8と付表3.9で示されている事故発生率の値に近いことがわかる。そこで、本研究では(保険料)/(保険価額)の値を輸送リスクとして採用することにする。

付表 3.11 燃料輸送船の輸送リスク

	(保険料)/(保険価額)	輸送リスク
石油タンカー	0.50~0.60%	0.0055
LNGタンカー	0.70%	0.0070
石炭輸送船	0.57%	0.0057
ウラン輸送船	0.45~0.55%	0.0050

発電所への燃料輸送船の年間航行回数は、発電所ユニット規模輸送船容量によって異なる。

付表 3.10 燃料輸送船の保険価額と保険料

(1985年評価)

船舶種類	150,000 D/W (25,000総トン)	200,000 D/W (120,000総トン)	250,000 D/W (140,000総トン)	備 考
石油タンカー	保険価額 65総円 保険料 39,000千円 保険料/保険価額 0.60%	80億円 53,000。 0.59%	120億円 60,000千円 0.50%	
LNGカー	船舶明細 保険価額 保険料 保険料/保険価額	125,000 m ³ (102,511 G/T) 343億円 240,000千円 0.70%		最近のLNG船を参考
石炭輸送船	船舶明細 保険価額 保険料 保険料/保険価額	100,100 D/W(60,000総トン) 60億円 34,000千円 0.57%	150,000 D/W(80,000総トン) 65億円 37,000千円 0.57%	最近の新造船の水準
ウラン輸送船	船舶種類 保険価額 保険料 保険料/保険価額	撤積船 37,000総トン 60億円 33,000。 0.55%	コンテナ船 36,000総トン 75億円 34,000千円 0.45%	バラ積み船及びコンテナ船とした場合核反応により生じた損害はてん補する。

付表 3.12 発電所への年間航行回数

燃料	ユニット	年間消費量	船型	年間航行回数	年間航行回数 (100万kW当り)
石油	35万kW×2基	100万kℓ	0.5万DWt×2隻	180回	257回
	60×2	170	2×1	77	64
	100×2	280	5×1	50	25
LNG	60万kW×2基	130万t	125,000kℓ×1隻	23回	19回
	100×2	220	125,000×1	39	20回
石炭	35万kW×2基	156万t	6万DWt×1隻	26回	37回
	60×2	265	6×1	44	37回
	100×2	441	10×1	44	22回
ウラン	100万kW×2基	292t	10t×1隻 (36,000DWt)	29回	15回

付表 3.12 は、わが国における代表的な発電所についてユニット容量の異なったときの年間航行日数を表わしたものである。

本研究では、火力発電所に関しては 60 万 kW 級、原子力発電所は 100 万 kW の発電設備を対象としていることから、100 万 kW 当りの年間航行回数は次のようになる。

(燃料)	(年間航行回数)
石油	64
LNG	19
石炭	37
ウラン	15

これから、石油は発電所への燃料輸送回数が多く輸送リスクの大きい燃料種であることがわかり石炭は石油について輸送回数の多い燃料である。

上で得られた輸送回数、付表 3.11 の輸送リスクおよび付表 3.7 供給国カントリーリスクと供給割合から、(4.2.1)、(4.2.2) 式および(付 3.1)、(付 3.2) 式を用いて各種燃料の供給途絶不安を計算すると表 4.5、表 4.6 に示した結果のようになる。

付 録 4

拡散モデル

発電所の煙突から発生する SO_x 、 NO_x の着地濃度の増加分が周辺地域にどのように分布するかを計算するために、電力中央研究所提案による拡散モデル〔7〕を用いる。

SO_x 、 NO_x の排出地点からの距離 X での着地濃度の増加分 $C(X)$ ppb は、1 風向内（全方向の 16 分の 1）で積分平均し、次のような形に簡略化される。

$$C(X) = \sqrt{\frac{1}{2\pi}} \times \frac{Q \times C_{sox}}{\pi/8 \times X \times \sigma_z \times U} \times \exp\left(\frac{-H_e^2}{2 \times \sigma_z^2}\right) \times 10^6$$

$$H_e = H_s + \Delta H$$

$$\Delta H = 3.5 \times \{\rho_{gas} \times Q \times C_p \times (T_{gas} - 15)\}^{1/2} \times U^{-3/4}$$

計算する際の設定条件は、最も現実的な条件を当所の専門家にヒアリングして設備容量 100 万 kW の石炭火力と石油火力について決めた。(付表 4.1) に記号の説明と設定条件を示す。

付表 4.1

記号		単位	石炭火力	石油火力
Q	排ガス量	Nm ³ /h	35.8×10^5	30.6×10^5
C_{SOx}	SO _x 濃度	ppm	90	90
X	排出地点からの距離	m/s	—	—
σ_z	鉛直方向分散	m	$0.085 \cdot X^{0.875}$	$0.085 \cdot X^{0.875}$
U	風速	m	4	4
H_s	煙突高さ	m	200	200
ρ_{gas}	15°C での空気密度	g/m ³	1,225	1,225
C_p	15°C での比熱	kWh/deg·g	$0.24/860 \times 10^3$	$0.24/860 \times 10^3$
T_{gas}	排ガス 排出温度	°C	100	100
H_e	有効煙突高さ	m	—	—

電力中央研究所 長期エネルギー電力政策研究会
 セキュリティ・ワーキング・グループ委員

- 主 査 齋 藤 雄 志 (現 専修大)
 特別委員 梅 津 照 裕 (常務理事)
 " 矢 島 昭 (経済研所長)
 委 員 高 橋 一 弘 (電力研)
 " 内 田 直 之 (電力研)
 " 大 庭 靖 男 (企画部)
 " 四 方 浩 (エネルギー研)
 " 内 山 洋 司 (経済研)
 " 浅 野 浩 志 (経済研)
 " 高 橋 圭 子 (経済研)

(うちやま ようじ
 たかはし けいこ
 経済部
 エネルギー研究室
 さいとう たけし
 専修大学
 経営学部)

水資源のエネルギー利用と河川環境管理

キーワード：河川環境，環境管理計画，水力発電，発電コスト

若谷佳史 山本公夫
山中芳朗

〔要旨〕

人々の快適な環境への欲求を背景に，河川環境の管理が重要視されつつある。水資源のエネルギー利用によって，河川に係わっている発電主体も，河川環境管理の一端を担う必要がある。本研究では，①発電主体が取水した場合における，流況，水質，水温，水生生物，景観についての影響予測手法と，②水質，水生生物，景観についての評価方法および各影響に対する対策とそのコスト算定方法を確立するとともに，③いくつかの対策案（河川環境管理案）の中から，発電コストをもとに，合理的な案を選択する方法を検討した。

また，ケーススタディを通して，本手法の適用性を検討した。

- はじめに
- 河川環境管理の考え方
 - 基本方針
 - 河川環境への影響と対策
 - 合理的な河川環境管理
- 河川環境管理のための手法
 - 流況予測
 - 水質予測・評価
 - 水生生物の予測と対策
 - 景観予測・評価と対策
 - 河川環境管理手法
- ケーススタディ
- 成果と今後の課題

1. はじめに

人々が環境に対して求めるものは，かつての「安全で健康な環境」はもちろんのことであるが，これからは「快適な環境」に対する欲求が強まってくるのではなからうか。ところが，着々と進む住空間の都市化とともに，我々の周りにあった緑や水辺といった，身近な自然環境が失われてきているのも事実である。この結果，快適な自然と接するために，我々は否応なく遠くに出かけて行かざるをえなくなってきた。これまで，あまり目を向けることもなかった，極

くありふれた自然が一躍その価値を高め，我々の貴重な財産として浮かび上がってきつつあるといえよう。

一方，その様な自然は，地域の生活と生産を支える基盤であるとともに，広域的に見れば，様々な資源を産み出す場ともなっている。

山は，登山，ハイキング，散策の場であり，また優れた眺望の対象ともなれば，一方，林業を通して地域の生産の場でもある。川は，釣り，キャンプ，川下り等を楽しみ，渓谷や滝の風景で人々を引きつけるところであるが，また，内水面漁業の場であり，生活用水，農業用

水としての資源としても重要な関係を持っている。

本研究は、このような自然環境の存在から生じる価値と、自然環境を利用して産み出される価値との両者をどう調整し、地域にとってより望ましい環境の在り方と環境の導き方を検討するため、一つの方法論を提示したものである。

2. 河川環境管理の考え方

2.1 基本方針

利水と環境は河川の基本的機能である。ところが、利水による便益は地域に還元されずとはかぎらない。逆に、流域の環境を損なう可能性もある。近年、国民の快適環境への希求を背景に、利水と調和のとれた河川環境管理が望まれている。

発電主体も、その水資源の利用計画の中に、河川環境の維持・改善を図る計画を織り込み、河川環境管理の一端を担う必要がある。一方、発電主体は、水資源のエネルギー利用によって、低廉な電気を供給し公益に資する義務がある。従って、費用／効果の面で有効な河川環境管理方法を採択しなくてはならない。

ところが従来、発電主体は、総合的かつ合理的な河川環境管理を実施するというよりも、ケースごとに地元との話し合いなどをよりどころとした環境対策を行なって来た。

そうすることの理由は、以下に述べる問題点が存在するためである。

- ① 水資源のエネルギー利用による環境変化全体のメカニズムが判明していない
- ② 環境変化に対する評価方法が確立していないため、環境の維持水準が明確になっていない
- ③ したがってどのような環境対策が必要・

有効であるかわかっていない

- ④ 複数の対策代替案の中から有利な対策群を採択する方法がない

上記の問題点を解明し、発電主体による河川環境の総合管理の方法を確立するため、次のような基本方針にもとづいて、検討を行った。

- ① 発電用取水による河川環境の影響（原因となる諸条件が絡み合い影響を作り出すメカニズム）を把握し、影響予測手法を確立する。ただし、現在の科学レベルで解明できないメカニズムについては、影響の原因となる条件・状況のみを明らかにする。

なお、ここでいう環境は、自然環境のみならず、地域産業・生活なども含めて考える。

- ② 各影響の評価手法を確立し、環境の維持水準を定める。評価基準の考え方は、次に示すような3つのレベルに区分して扱うことにした。

i) 水質に対する環境規制のように制度的に定められているものは、その環境基準をクリアするか否かで評価する。ii) 貴重種、景観のように金銭で代替出来ないものは、それらの価値自体の維持水準によって評価する（貴重種への影響メカニズムは解明されていないため水質・水深等の棲息条件をもって維持水準の指標とする）。iii) 漁業等のように影響を金額で表現できるものは、損失所得（補償水準）によって評価する。

- ③ 環境影響への対策を探る。解明されていない影響メカニズムに関しては、原因となる諸条件の維持・改善をはかる。
- ④ 候補に挙げられた複数の環境対策（河川環境管理案）の中から、合理的な対策を選択する手法を開発する。

2.2 河川環境への影響と対策

1) 影響全体のフロー

発電用取水による環境影響は、まず河川流量の変化から、水質変化を介して、最終的に漁業、観光資源などへ影響を与える。これらの影響のフローを表したものが図2.1である。図中では、影響は○で表し、各影響に対する対策は□で記している。

2) 水質（水温を含む）

河川の流量変化は、希釈の変化、流速等の変化による曝気作用の変化などのメカニズムを介して、水質（濃度）の変化をもたらす。また、流量変化は、熱媒体である水の量変化、水面面積の変化による水面熱収支の変化などを通して、水温の変化を起こす。これらの影響メカニズムを表す予測手法については3.2に述べてあ

る。

水質変化は、農業用水・水道などの利水、水生生物の棲息条件、におい、美観などに影響をおよぼす。また、水温変化は、水生生物の棲息条件（棲息可能な水温）に影響をおよぼす。

なお、これらの影響のメカニズムは、現段階では十分には解明できないため、これらの影響の予測と評価は行わず、水質・水温自体を、環境基準（他の利水、漁業、におい、美観の指標と考える）や水生生物（貴重種）の棲息条件と照合して評価することとした。

影響への対策としては、汚染源対策（污水処理施設の整備）と流量確保の2つが考えられる。

3) 他の利水

流量変化によって、農業・水道等の利用量が

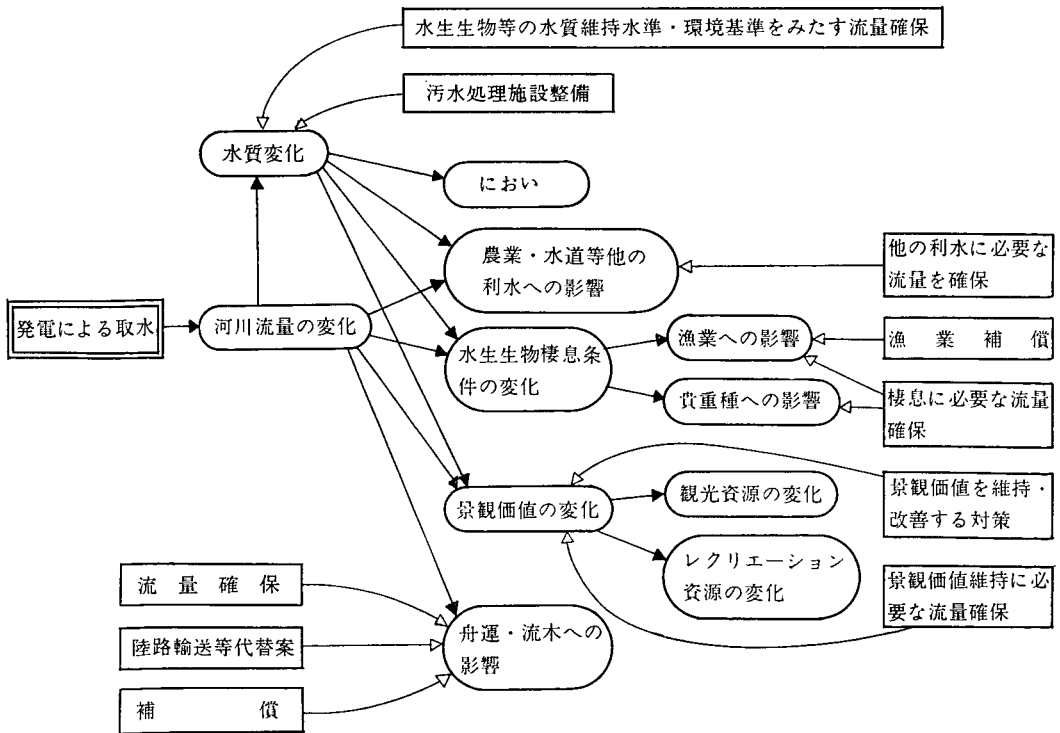


図 2.1 発電用取水による河川環境影響

変化し、これらの産業主体の生産量や費用に影響を与える可能性がある。本来、発電用利水とその他の利水は、相互の費用／便益を勘案して、水の配分を決定することが合理的な考え方であろう。しかし、利水については、費用負担者の特定、便益の帰属等多くの検討課題を含んでおり、単純な費用／便益分析は困難であるといわざるをえない。さらに、利水には、水利権など制度的な問題が絡むため、本研究では、他の利水に必要な流量は必ず確保するという方針で対処している。

4) 漁業

水生生物は、水深、水質、水温、餌の量などの棲息条件の変化によって、すみつく量や密度が変化する。したがって、流量変化にともない上の棲息条件が変化し、河川にすむ水生生物の量が変化する。水生生物の量変化にともなう漁業への影響は、漁獲対象魚種の量変化を金額換算したものをもって評価する。

しかし、棲息条件と河川にすむ水生生物の量との因果関係については、現在多くの知見が存在しない。そこで、漁獲量は、棲息可能な場所の面積（または体積）を予測し、原単位（場所 1 m^2 または 1 m^3 あたりの棲息可能尾数）を掛けあわせて予測する。

棲息可能な場所は、各場所の水深・水質・水温予測結果と、各水生生物の棲息可能条件を照らし合せて決定する。餌の量に関しては、複雑な生態系によって規定されているものと考えられるが、その予測手法については、直接予測するのではなく、3.1 で述べる流況形態別原単位という考え方で餌の条件を表現する。

なお、サケなどの遡河性魚類は、河川の面積・体積よりも、河川全区間について魚の通路が存在することが一番の問題である。通路確保を

評価の基準とする。

対策としては、漁業主体の所得損失に対する補償と流量確保が考えられる。

5) 貴重種

貴重種は、その保護を第一義とする。したがって、漁業のように棲息する量によって評価せず、棲息条件の維持水準によって評価する。棲息条件としては、水質・水温・水深・流速などが考えられる。

対策は、第一に流量の確保が考えられる。

6) 景観

流量変化・水質変化は、水面面積、水の動き、水音、よごれなどの条件変化を通して、景観価値へ影響を及ぼす。当然、景観価値は、上記のような流れに関するもの以外に、人工物（堤防、橋、建物など）、構図などによっても規定される。景観価値の構成要因を明らかにし、景観価値の維持によって評価を行う。

対策は、まさに景観価値の構成要因を操作することであり、3.4 で述べる。

7) 舟運・流木など

流量変化にともなう水深・水面幅変化で、舟運の運行・流木の疏通に影響を与える。

水力発電所が立地する河川中上流域においては、舟運流木の問題は近年減少していることなどを考慮し、予測・評価手法および対策の検討は行わない。

2.3 合理的な河川環境管理

図 2.2 に示したように、河川環境管理の案は複数の対策で構成しているので、幾つかの案が作成できる。河川環境の保全・改善と他の利水主体の所得水準維持をはかるという制約のもとで、発電主体がこれらの河川環境管理案の中から、合理的なものを選択する方法について述べる。

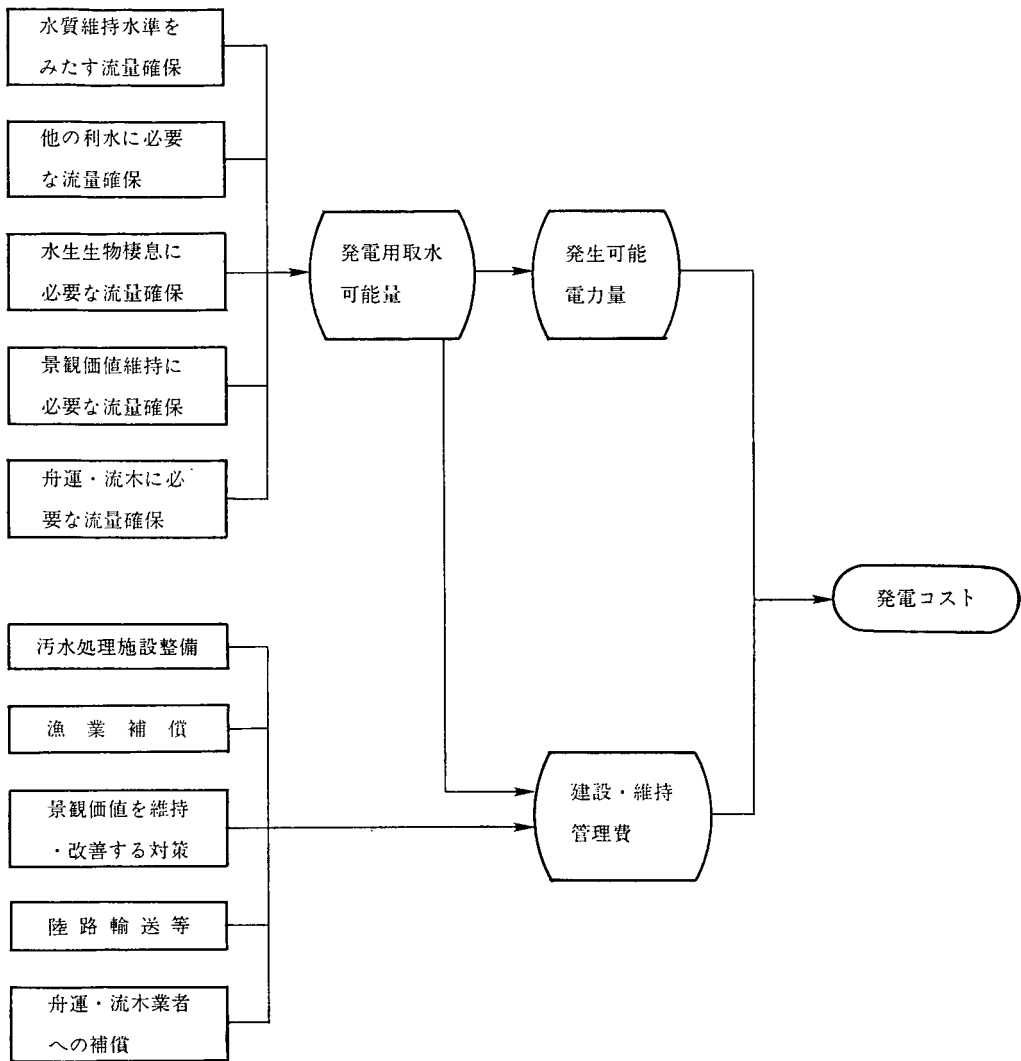


図 2.2 河川環境管理案と発電コストの関係

対策は、流量を操作するものとそれ以外のものに大別できる。発電主体にとって、前者は発電用取水可能量を変化させ、後者は建設費・維持管理費を変化させる。そして発電用取水可能量の変化は発生可能電力量に影響をおよぼすとともに、発電所の計画変更をもたらすため建設費に影響をあたえる。発生可能電力量と建設費・維持管理費は、発電コスト(単位は円/kWh)で統合して表現できるので、発電主体にとって

は、発電コストを小さくすることを目的に河川環境管理案を選択することが合理的行動といえる。以上の関係を図 2.2 に示した。

3. 河川環境管理のための手法

河川環境管理を実施するためには、影響メカニズムの予測手法、影響評価手法、環境対策などの諸手法の確立が必要である。本章では、それらの概要についてふれる。

3.1 流況予測

流況とは、流量、流速、水深、水面幅など流れの状況をいう。

1) 流量予測

一般の水力発電所は、図 3.1 のように、ダムから取水して、導水管を経て落差（水頭差）を

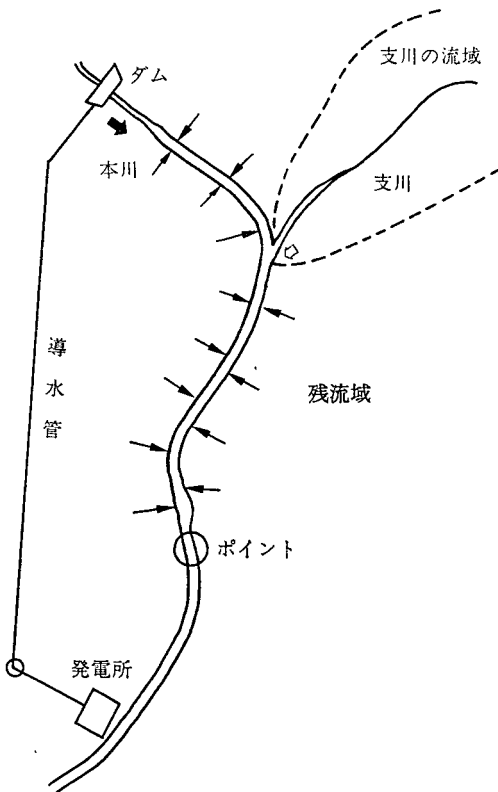


図 3.1 河川と水力発電所

かせぎ、発電を行う。当然、ダムから発電所の区間の河川流量は、発電取水の分だけ、自然流量より少ない。河川区間のあるポイント（地点）の流量は、ダムからの放流量と支川・残流域の流入量（図 3.1 の↓印と↑印）の総和である。ダムからの放流量は取水調整で操作できるので予測可能であるが、支川・残流域の流入量は測定する場合を除いて、正確な予測が困難で

ある。本研究では、簡便なやり方として、流出解析法のラショナル式の考え方を採用し、支川・残流域の流域面積によってその流入量を推定し、各ポイントの流量を予測することにした。

2) 流況予測

各ポイントの流量と断面形状から、各ポイントの流況（流速・水深・水面幅等）を予測する手法の設定としては、人工水路の設計等に用いるマンニングの公式^[1]を河川上流にもほぼ適用できることを確認して、応用した。

また、アユの棲息状態と深い関係がある流況形態（早瀬・平瀬・淵）は、従来、専門家の判断にもとづいて分類していたが、本研究では、フルード数^[1]という水理指標にもとづいて分類する手法を開発した。この手法によって、流量変化にともなう流況形態変化を予測できるようになった。

表 3.1 に流況の予測例を示す。

表 3.1 流況の予測結果例
河川上端流量=0.05 m³/s

ポイント No.	流量 m ³ /s	平均流速 m/s	水深 m	水面幅 m	水断面面積 m ²	フルード数	流況形態
1	0.060	0.236	0.21	1.75	0.25	0.198	平瀬
2	0.063	0.192	0.41	1.48	0.33	0.131	淵
3	0.085	0.086	0.39	4.23	0.99	0.056	淵
4	0.086	0.153	0.32	3.51	0.56	0.122	淵
5	0.102	0.202	0.34	2.60	0.51	0.146	淵
6	0.122	0.320	0.34	1.58	0.38	0.208	平瀬
7	0.146	0.276	0.31	4.47	0.53	0.256	平瀬
8	0.213	0.300	0.34	2.89	0.71	0.194	平瀬
9	0.291	0.315	0.27	6.04	0.92	0.258	平瀬

3.2 水質予測・評価

水質の指標としては、BOD、SS、DO、窒素成分、大腸菌などがあるが、河川上流部の特性を勘案し、BOD を水質の代表指標として扱うことにする。また、水温は、水生生物の棲息に多大な影響を与えるので、予測手法を明らかにすることにする。

1) BOD 予測・評価

BOD 濃度の予測には、一般に Streeter-Phelps 型モデル^[2]が利用されており、実河川への適用実績もあるため、本研究でもこのモデルを採用した。ただし、モデルのパラメータである自浄係数を実河川で算定したところ、従来、河川下流部等に用いられていた係数より大きな値であることが判明した。自浄係数が大きいということは、その河川自身の浄化作用が高いことを意味する。この結果は、河川上流部では流れが激しく、生物化学的自浄作用以外に、物理的自浄作用が高いためと考えられる。

BOD の評価は、生活の環境保全に関する環境基準^[3]に、照合して評価する。たとえば、アユを漁獲している河川（水産2級）では、BOD濃度は 3 ppm 以下にする必要がある。

2) 水温予測・評価

水温変化は、平衡水温をもとにした熱収支モ

デル^[4]（水面の熱収支と支川・残流域の流入影響もふくむ）によって予測する。このモデルを実際の河川上流部に適用したところ、十分に適合することが確認できた（図 3.2）。水温の評価は、水生生物の棲息条件と照らし合せて行う。

3) 水質対策コスト

流量確保以外の対策として、污水処理施設の整備がある。施設の建設費・維持管理費をすべて発電主体が負担すべきか否かは、非常に難しい問題であるが、今回は、発電主体が建設費・維持管理費ともに負担すると仮定した。

污水処理施設は、河川に流量を確保するほど、規模・性能を縮小してよいので、その建設費は確保する河川流量の関数となる。この建設費を、 $CW(Q)$ 円と表すことにする。施設の維持管理費は、発電所全体の経費におりこんで算定する。

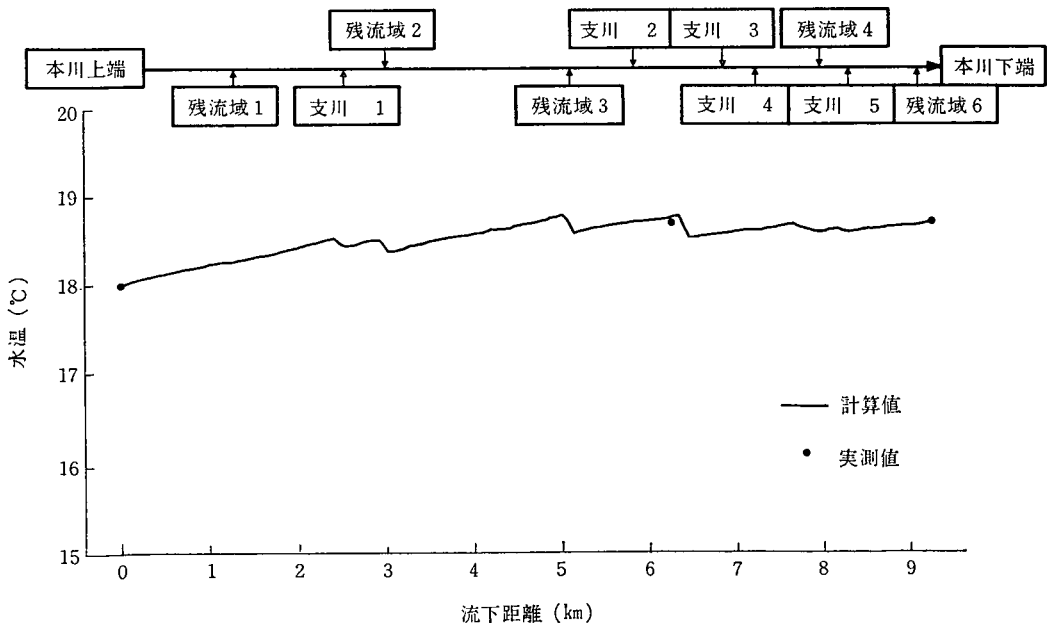


図 3.2 熱収支モデルによる水温算定例

3.3 水生生物の予測と対策

河川上流部の代表魚種であるアユとヤマメについて、棲息可能尾数の予測手法を開発する。貴重種については、その保護の考え方を示す。また、併せて漁業対策について考察する。

1) アユ棲息可能尾数の予測

アユは、初夏から夏にかけてのすみつき成長期に、なわばりを形成し、河底の藻類を摂餌する。このことから、アユの棲息分布は、平面的であることが推察される。したがって、なわばりとして1尾が占有する水面面積（棲息原単位）と、河川区間における総水面面積を算定することによって、その河川区間内の棲息可能尾数を推定できる。

2) ヤマメ棲息可能尾数の予測

ヤマメは河川の一定の空間を利用して棲息しているため、ヤマメは1尾あたりの利用水体積と、河川区間の総水体積から、その河川区間内の棲息可能尾数が推定できる。

3) 貴重種の保護

貴重種については、棲息場所の環境を保護することが、第一である。貴重種が選好する水深・流速・水質・水温等の条件を調査し、その条件にみあう流量を確保する。

4) 漁業の対策（補償）

上記の方法によって、発電取水量によって減少する尾数を推定することができる。これを確保する河川流量の関数 $X(Q)$ 尾と表し、1尾あたりの利益を Y 円/尾とすれば、漁業主体の年間減益分は、 $X(Q) \times Y$ 円である。これは、利率率を r として、 $X(Q) \cdot Y/r$ 円の資産を失ったことと同等である。したがって、漁業補償の水準は、 $X(Q) \cdot Y/r$ 円と見積ることができる。この値を、 $CF(Q)$ と表すことにする。

3.4 景観予測評価と対策

1) 景観影響予測・評価

河川景観の評価を規定する主な要因を、ビデオをもちいた心理実験によって抽出した。

要因は、河川の規模に応じた流量（比流量）、豊富な流量のときの水面面積に対する水面の状況（冠水率）、周辺の人工化の状態（人工物率）、水が持つ独特な表情（水の泡立ち具合）の4つである。景観評価モデルとしては、これらの要因と景観評価との関係を、重回帰分析で求めた^[5]。

また、河川区間に多数ある視点の中から、どの視点を代表とし、その視点においてどの程度の景観価値を維持すべきかを、決定する方法を考案した。この方法は、視点の重要度を景観を、①眺めることへ関心度（例えば展望台やハイキング道では関心度が高い）、②誘因力（知名範囲・誘致範囲）、③視点近傍の環境の良さ（法指定を指標とする、例えば自然公園特別地区は環境良好とする）、④景観資源性（評判・いわれ・由緒などの要素をガイドブック等での紹介を参考に決める）の4つの視点特性から決定し、代表視点と景観価値維持水準を求めるものである。

景観評価モデルと視点重要度を組合わせて、各代表視点に必要な流量と景観対策を示すことができる。

2) 景観対策

流量確保以外の景観対策として、①水量を豊かに見せる、②減水した状況を目につきにくくする、③視点環境を整備する、の3種類が考えられる（図 3.3）。また、景観対策のコストは、汚水処理施設のコスト（(3.2.1) 参照）と同様に考える。

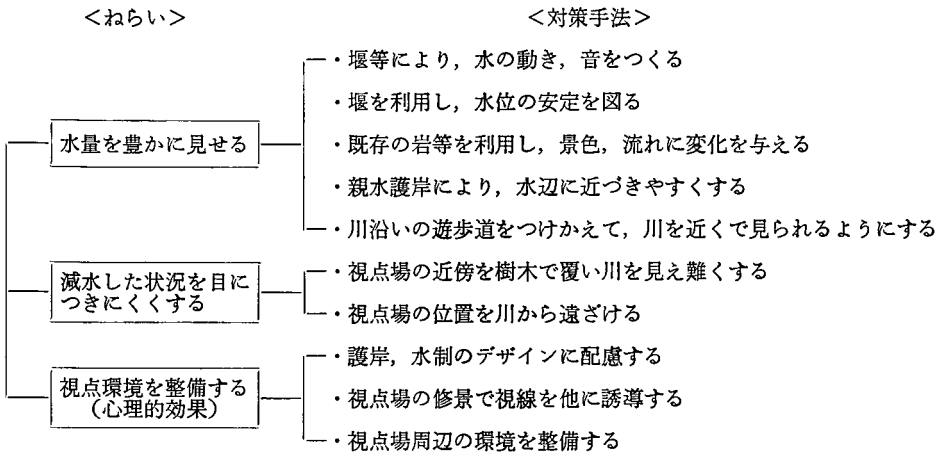


図 3.3 景観対策手法

3.5 河川環境管理法

1) 概念図

ある河川環境水準を維持する場合、流量確保による対策とそれ以外の対策との間には代替性がある。しかし、水生生物の貴重種などのように流量確保しか対策がない場合や、法規制等によって流量確保以外の対策を実施できない場合は、最低限の流量確保が要請される。以上のことをグラフ化すると、実行可能な河川環境管理案の集合は、図 3.4 の斜線部のように表されよう。

また、別に取水量変化にともなう発生可能電

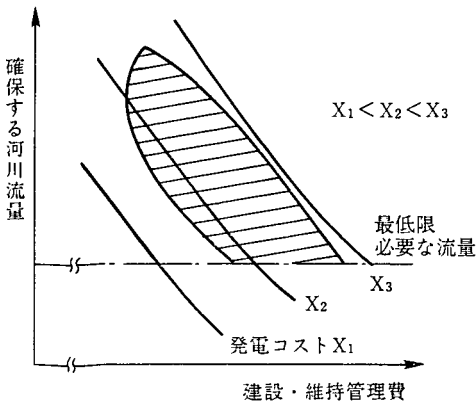


図 3.4 河川環境管理案と発電コストとの関係

力量と建設費・維持管理費との関係によって発電コストが決定され、図 3.4 の太線のように表される。左下にある太線ほど、発電コストが低い。従って、左下にある河川環境管理法が、発電主体にとって合理的な案になるといえる。

2) 確保すべき流量と対策コスト

水質、水生生物、景観それぞれから、次のような対策が必要になったとする。

[水質]

汚水処理対策費： $CW(Q)$

環境基準のクリアに最低限必要な流量： QW

[水生生物漁業]

補償費： $CF(Q)$

重種保護に必要な流量： QF

[景観]

視点 1 について景観対策費： $CL_1(Q)$

視点 n について景観対策費： $CL_n(Q)$

[対策コスト]

確保すべき流量を q とする。当然、 q は QW , QF より大きい。総対策コスト CE は、

$$CE(q) = CW(q) + CF(q) + \sum CL_i(q)$$

と表すことが出来る。

3) 年間発生可能電力量の推定

発生可能電力量を推定するために用意するデータは次の4つである。

- 発電所の最大取水量 $QMAX$
- 発電所の有効落差 h
- 発電所の発電効率 μ
- 取水河川の自然流況図 $Q(D)$

発電所の発電タイプを大きく自流水・調整池式と貯水池式の2つにわけて考えた。

[仮定1]

- ・自流水・調整池式の発電所は、貯水能力がないものとみなし、日々の流量によって発電量が規定される。すなわち無効放流もあり、自然流況がそのまま発電量に結びつく。
- ・貯水池式の発電所は十分な貯水能力があるものとみなし、年間の総流量で、年間発電量が規定される。言い換えれば、流況曲線を平準化できる能力をもつ。

①自流水・調整池式発電所の年間発生可能電力量

流況曲線は、図3.5のように、流量とその流量が出現する日数の累積分布を示すものである。もし、確保すべき河川流量（本川上端から放流する水量） q が設定されたときは、図3.5の▣部の縦の長さが発電用に取水できる水量である。流況曲線を日の関数 $Q(D)$ で表すとすれば、発電用に取水できる水量 $QP(D)$ は(1)式で表せる。

もし $Q(D) - q > QMAX$ のときは

$$QP(D) = QMAX$$

もし $Q(D) - q \leq QMAX$ のときは

$$QP(D) = Q(D) - q \quad (1)$$

ここで、発電効率を考慮した仮定を設ける。

[仮定2]

取水量 $QP(D)$ が最大取水量 $QMAX$ の30%より下回ったから、発電効率 μ は0にな

る。

すると、年間発生可能電力量 E は(2)式で表すことができる。

$$E = 24 \cdot \mu \cdot g \cdot h \cdot \int QP(D) dD \quad (2)$$

ただし $QP(D) \leq 0.3 \cdot QMAX$ のとき $\mu = 0$

②貯水池式発電所の年間発生可能電力量

1年単位の取水可能量で考えると、年間発生可能電力量は、(3)式となる。

$$E = 24 \cdot \mu \cdot g \cdot h \cdot \int (Q(D) - q) dD \quad (3)$$

ただし、 $\int (Q(D) - q) dD > 365 \cdot QMAX$ のときは、

$$E = 24 \cdot 365 \cdot \mu \cdot g \cdot h \cdot QMAX$$

4) 発電コストの算定

取水量によって、導水管・発電機器等の規格が異なるため、当然建設費も異なる。したがって、河川環境対策費を含まない建設費は、確保すべき河川流量の関数 $CO(q)$ と表せる。総建設費 $C(q)$ は $CE(q) + CO(q)$ である。

金利・償却費、諸税、水使用料、保守修繕費などの経費すべてを、資本費関連経費率 k に置き換えれば、発電コスト CP は次式で表される。

$$CP(q) = k \cdot C(q) / E(q)$$

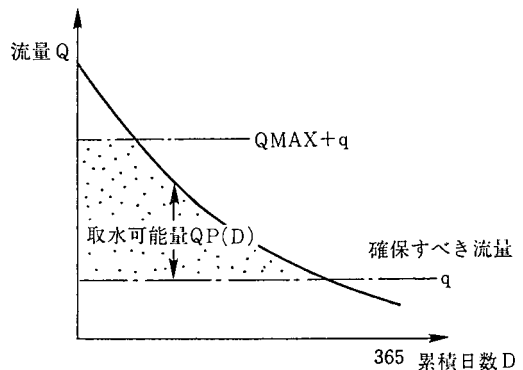


図 3.5 流況曲線と取水可能量

4. ケーススタディ

1) 地域の概要

ケーススタディは次のような地域を想定した。河川の中流部で、人家や田畑が点在しているものの、水道・農業用水などの取水はない。水質基準としてはA (BOD で 2ppm) が設定されている。貴重種は棲息していないが、漁業としてアユを漁獲している。また、渓谷美をほこる景勝地が、区間の下流部にある。舟下りや流木による河川利用はない。

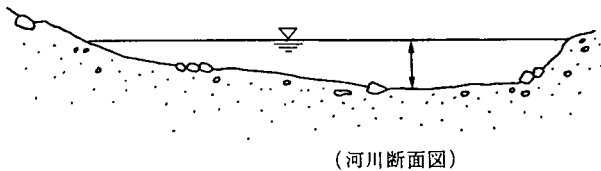
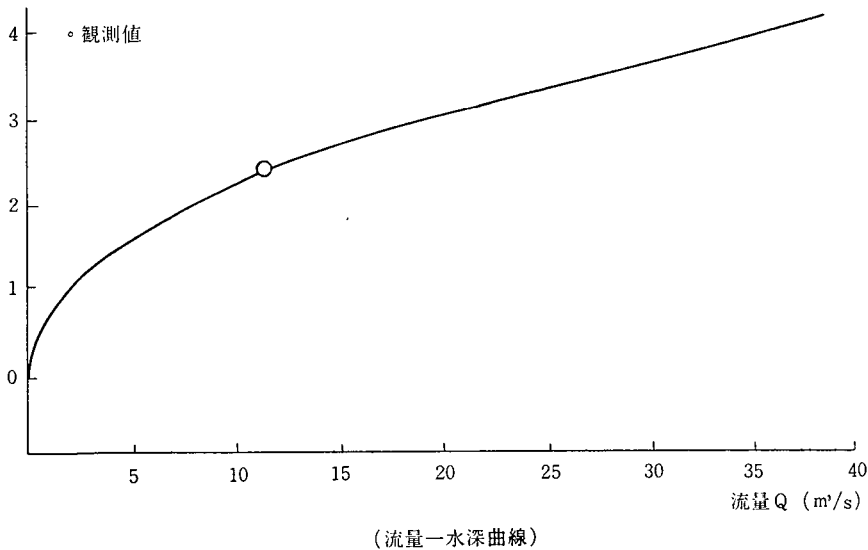
なお、発電所は自流式で、建設費は 144 億円とした。

2) 流況予測

対象河川区間に適当な数のポイントを設定し、それぞれについて、図 4.1 のような流量-水深、水面幅、流速などの関係を求めた。これらを参考に、早瀬・平瀬・淵の面積を算出した。

3) 水質予測

本川に河川の支川・残流域から流入する流量と BOD 濃度を設定した。この設定は、渇水期にあたる条件で、かなり厳しいものである。また、本川上端からの流量を 0、すなわち本川上端の流量をすべて発電用取水すると仮定した。この条件のもとで、BOD 濃度の予測を行ったところ、河川区間全体で、環境基準の 2ppm をクリアしており、問題がないことが確認でき



上図より流量から水深をもとめ
下図で、その水深に対応する水
面幅、流水断面積等を求める。

図 4.1 あるポイントの流量と水深の関係

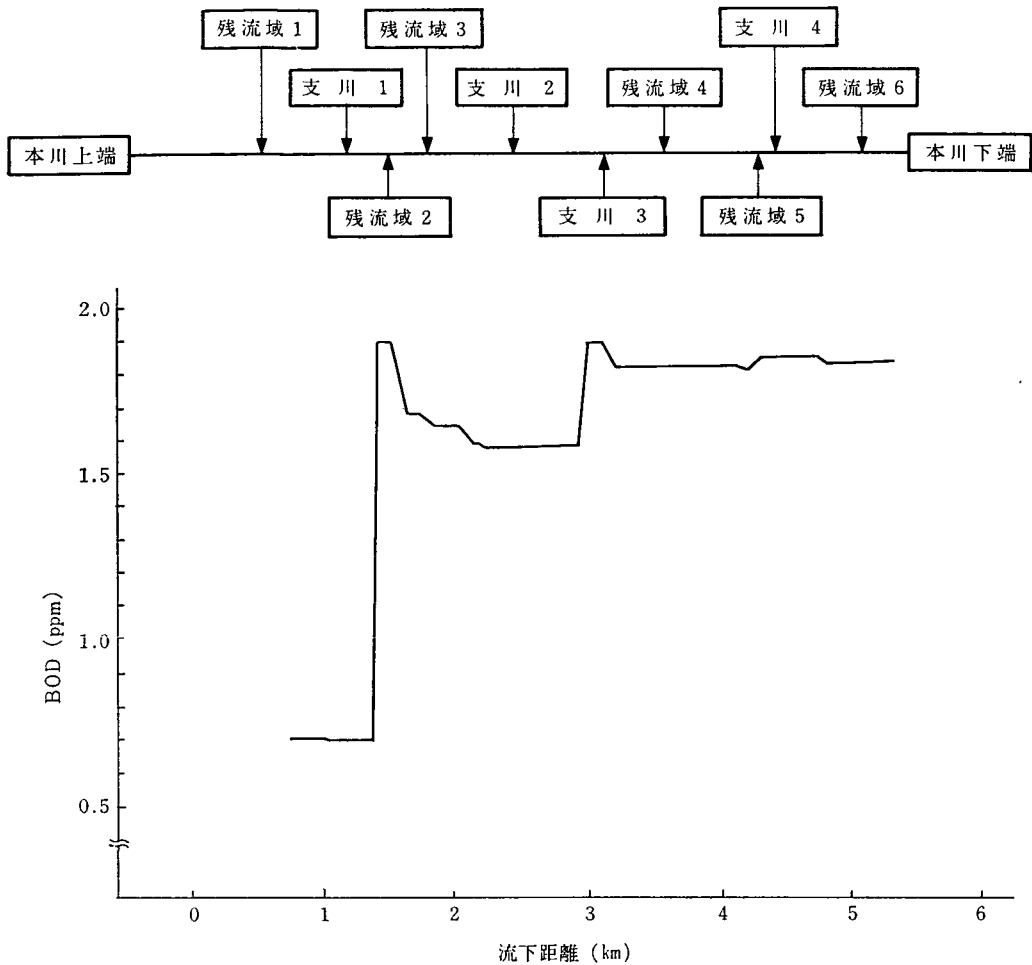


図 4.2 BOD 濃度の予測の設定条件と結果

た (図 4.2 上図)。

また、対象河川では、アユを漁獲しているため、アユのすみつき期である7～9月における水温の予測を行った。本川上端からの流量を0として予測した結果、河川全区間で、アユの棲息可能な温度である15℃から25℃の間におさまっていた (図 4.3)。

結局、本ケーススタディにおいては、水質面から流量を確保する必要も、污水处理施設を建設する必要もない。

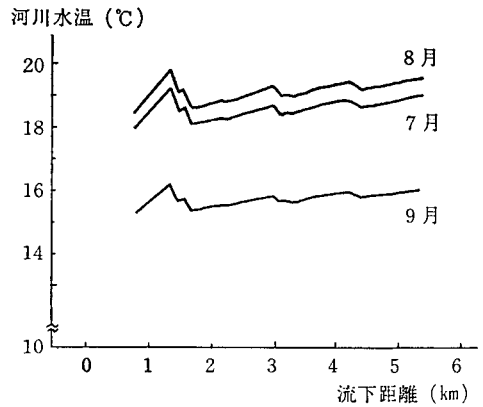


図 4.3 水温の予測結果

4) 景観コスト

河川区間内に存在する視点の中には、似たような特性をもつ視点が重複しているため、表 4.1 のような表を作成し、代表視点を8つに絞りこんだ。似た特性を持つ視点の中から、最も視点重要度が高いものを選出している。

表 4.1 代表視点的選定

視点場の属性 景観パターン	橋	道 路	展望施設	遊歩道
河 原 型	F	A	G	C
岩 壁 型	B	H	E	D

各代表視点の視点重要度を基に、①視点重要度から景観維持水準を求める、②各視点のシーンにおける人工物率を計測する、③そして景観維持水準と人工物率から景観評価モデルおよび流況予測モデルを逆算し、各視点に必要な流量を算定する、④各視点に必要な流量を流すために、本川上端から確保すべき流量を、支川・残

流域からの流入を考慮して算定する、という手順を踏んで、⑤各視点の景観維持水準をクリアする本川上端から確保すべき流量を決定する(表 4.2)。この結果、視点Gの景観維持をはかるために、約 5 m³/s の流量を、本川上端から確保する必要がある(これをケース1とよぶ)。

表 4.2 景観に必要な流量

視点	視点重要度 (1,000点) (満点)	必要な 流量	支川・流 残流域流 入量	本川上端 から確保 すべき量	全視点を クリアす る流量
A	310	0.13	0.0	0.13	
B	230	0.04	0.42	-0.38*	
C	480	0.85	1.53	-0.68*	
D	480	0.90	1.53	-0.63*	5.12
E	590	2.50	1.54	0.96	
F	200	0.06	1.92	-1.86*	
G	540	7.19	2.07	5.12	
H	200	0.02	2.12	-2.10*	

* 印は支川・残流域の流入量で景観価値の維持可能

ここで、もしクリティカルな視点である視点Gに図 4.4に示す景観対策を行った場合、視点

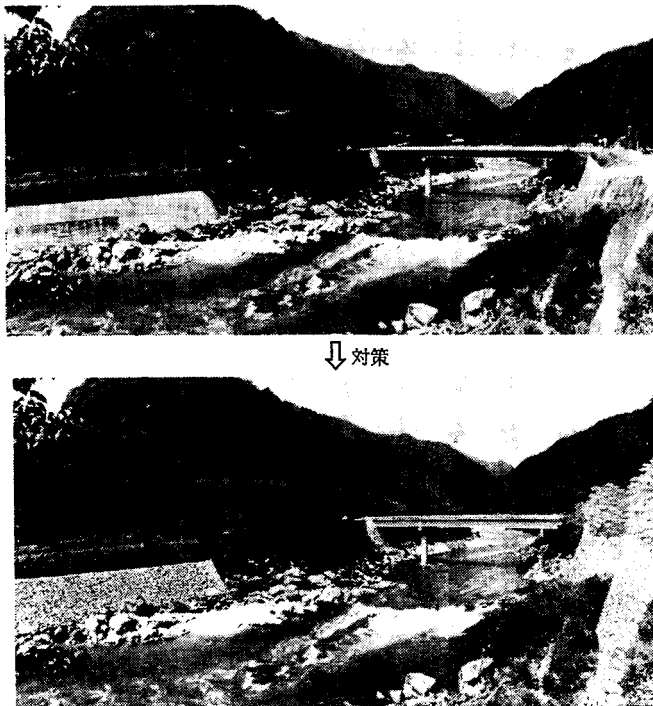


図 4.4 視点Gにおける景観対策

Gの人工物率は減少し、景観維持に必要な流量も減る。この時は、視点Eがクリティカルな視点となり、本川上端から確保すべき流量は約 $1 \text{ m}^3/\text{s}$ となる。ただし、護岸工事費、橋梁塗装費、植栽費などに、約3,000万円が必要となる(ケース2)。

5) 水生生物のコスト

流況予測で算出した早瀬・平瀬・淵の面積と、アユの棲息原単位(3.3)をもとに、本川上端からの流量とアユ減少尾数の関係を求めた。図4.5に結果を示す。例えば、ケース1である本川上端から $5 \text{ m}^3/\text{s}$ の水を流す場合は、現状の棲息可能尾数に比べ約3万尾のアユが棲息出来なくなる。また、ケース2である本川上端から $1 \text{ m}^3/\text{s}$ の水を流す場合は、約5万5千尾減少する。ここで、アユ1尾あたりの利益を180円/尾、利率を0.08とおけば、ケース1での漁業補償費は6,800万円、ケース2での漁業補償費は12,400万円となる。

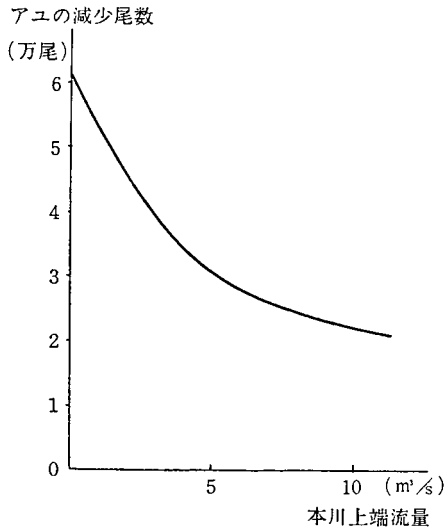


図 4.5 本川上端での流量とアユ減少尾数の関係

6) 発生可能電力量

この河川の自然流況図をもとに、本川上端か

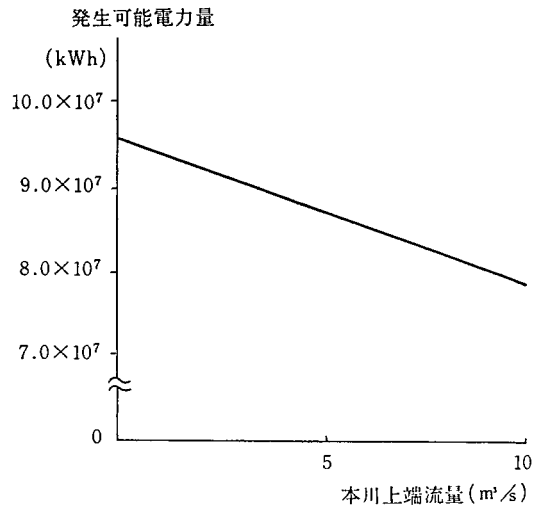


図 4.6 発生可能電力量

らの流量と年間発生可能電力量との関係を算定した結果が図4.6である。図によれば、本川上端から $5 \text{ m}^3/\text{s}$ の水を流す場合(ケース1)は、年間8千7百万kWhの発生可能電力量となり、本川上端から $1 \text{ m}^3/\text{s}$ の水を流す場合(ケース2)では、年間9千4百万kWhの発生可能電力量となる。

7) 発電コストによる代替案比較

以上、河川環境管理案を、2種類策定した。

表 4.3 2種類の河川環境管理案と発電コスト

仮定したパラメータ

発電所建設費	144 億円
資本費関連経費率	12%
償却期間	35 年
アユ一尾あたりの利益	180円/尾
景観対策費(工事費)	3,000 万円

項目	ケース	ケース1 本川上端流量 $5.0 \text{ m}^3/\text{s}$	ケース2 本川上端流量 $1.0 \text{ m}^3/\text{s}$
	水質対策		必要なし
漁業補償		6,800 万円	12,400 万円
景観対策		必要なし	3,000 万円
発生可能電力量		$8.7 \times 10^7 \text{ kWh/year}$	$9.4 \times 10^7 \text{ kWh/year}$
総建設費		144.68億円	145.54億円
発電コスト		20.0円/kWh	18.6円/kWh

各種パラメータを設定し、発電コストを算定したものが表4.2である。漁業と景観のコストはケース2の方が高いのだが、年間発生可能電力量はケース1の方が大きいいため、発電コストはケース1の方が安く、より合理的な河川環境管理案といえる。

5. 成果と今後の課題

主な成果は次のとおりである。

① 発電主体が取水した場合における、流水、水質（BOD、水温）、水生生物（アユ、ヤマメ）、景観についての影響予測手法を開発・提案した。

② 水質、水生生物、景観についての評価手法と、各影響に対する対策とそのコスト算定方法を確立した。

③ いくつかの河川環境管理案の中から、発電コストをもとに、合理的な案を選択する方法を開発した。

本研究の手法は、河川環境の保全と、発電主

体の経済性を前提に構築されている。しかし、対策の良否を、環境保全と、発電主体の経済合理性だけで決めるべきではないケースもある。地元が地域振興や快適な環境づくりの上で何を要望しているのか、それに対して発電主体のとりえる対策が合致したものであるか、といった面での検討も大きな課題である。

参考文献

- [1] 例えば土木学会編；土木工学ハンドブック（上巻），技報堂出版
- [2] 例えば建設省河川局監修；建設省河川砂防技術基準（案）調査編，山海堂
- [3] 環境庁総務課編集；環境六法（水質汚濁に係わる環境基準について），中央法規
- [4] 西沢・新井；水温論，共立出版，1973
- [5] 若谷・山本；河川景観の評価，電力中央研究所報告 583006，1984

（わかたに よしふみ
やまもと きみお
やまなか よしろう
経済部
社会環境研究室）

地域計量経済モデルの開発

キーワード：地域経済，産業構造，計量経済モデル，
中国地域，中期経済予測，地域間跛行性

中 馬 正 博

〔要 旨〕

第一次石油危機以降の地域経済は、業種構成の特徴に応じて顕著な跛行性を生じており、地域における将来展望を困難にしている。本研究では計量経済モデルによる中期予測を通じて、地域の将来展望を明らかとすることを旨とし、その最初の試みとして中国地域計量経済モデルを構築した。同モデルによる公共工事拡大のシミュレーションから得られた主要内生変数の平均弾力性は、下表のとおりである。

産 業	総 生 産	就 業 者	民間設備投資
製 造 業	0.118	0.046	0.8
建 設 業	0.156	0.047	—
第三次産業	0.087	0.039	—

序

1. 産業間跛行性と地域間跛行性について

- 1.1 全国経済動向における跛行性
- 1.2 地域経済動向における跛行性
- 1.3 中国地域経済の動向

2. 中国地域計量経済モデル（バージョンI）の概要

- 2.1 分析対象
- 2.2 地域分割
- 2.3 業種分割
- 2.4 モデルの規模
- 2.5 観察期間
- 2.6 構造方程式の説明力（部分テスト）
- 2.7 モデルの精度（最終テストの結果）

2.8 モデルの因果フロー

3. 構造方程式の定式化

- 3.1 人口ブロック
 - 3.1.1 自然動態
 - 3.1.2 社会動態
- 3.2 製造業設備投資関数
- 3.3 生産ブロック
 - 3.3.1 製造業総生産の定式化
 - 3.3.2 建設業総生産の定式化
 - 3.3.3 第三次産業総生産の定式化
- 3.4 就業者関数

4. 内挿シミュレーション

5. 結 語

参考文献

1 産業間跛行性と地域間跛行性について

本章では2度にわたる石油危機によって、全国経済および地域経済にどのような跛行性が生じたかについて簡単にまとめたうえで、中国地域について計量経済モデルによる経済予測を行う意義について考えてみたい。

1.1 全国経済動向における跛行性

全国経済はそれまで各産業とも、ほぼ均等かつ順調な成長を示してきたが、昭和48年の第一次石油危機を契機として成長率が低下し、素材型産業と加工組立型産業の間で大きな成長率格差を生じた。その後もこの傾向は依然として

存続しており、加工組立型産業は昭和53年度を底として昭和54年度以降回復に転じ、着実な成長を遂げているにもかかわらず、素材型産業は低迷の一途をたどるという現象が生じてい

表 1.1 全国総生産の名目成長率 (単位 %)

業種	時期		
	昭和45~48年	昭和48~53年	昭和53~57年
農林水産業	14.317	6.969	4.643
鉱業	9.741	6.592	2.070
建設業	20.189	12.948	5.945
素材産業	14.761	8.365	4.642
機械工業	13.763	9.560	10.014
電気機械工業	13.726	9.166	12.468
その他製造業	14.764	9.211	6.723
製造業	14.421	9.023	7.561
第三次産業	16.497	14.335	7.687
国内総生産	15.892	12.106	7.140

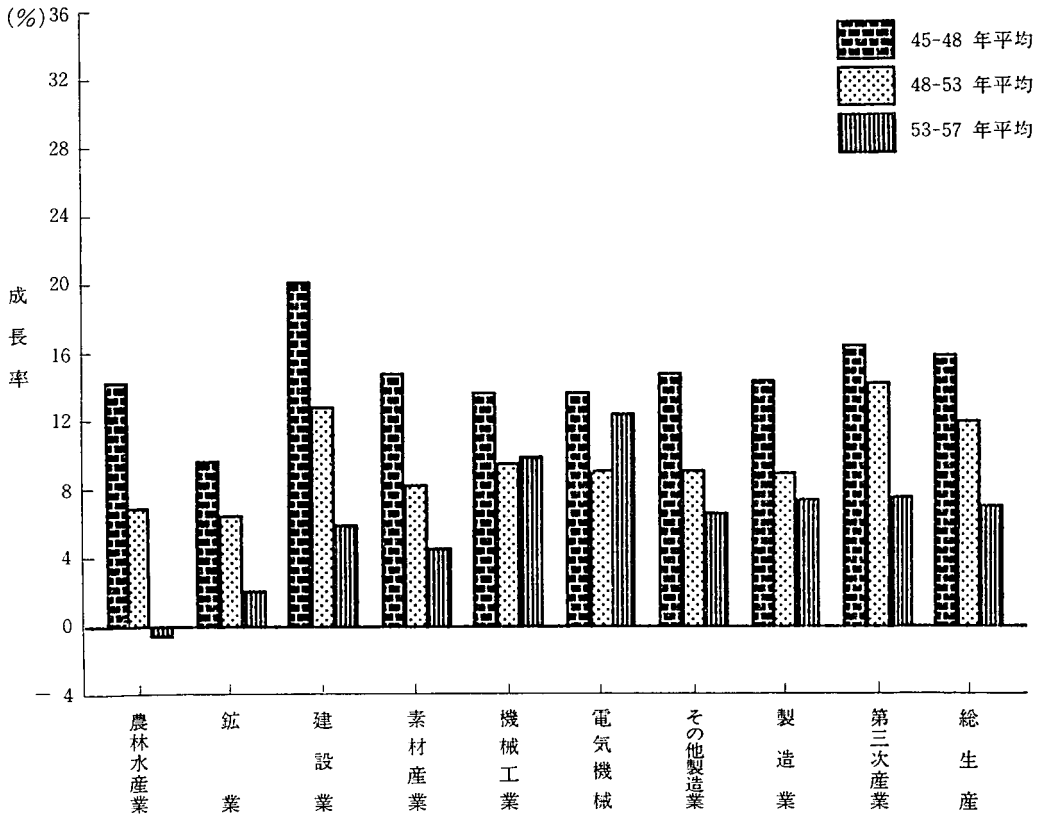


図 1.1 全国業種別総生産の年平均名目成長率

る。

鉱工業生産指数などの経済指標を参照することによって、この様子を知ることができるが、本節では、国民経済計算・経済活動別総生産の名目成長率を参照することによって検討を加えることにする。表 1.1 は昭和 45~48 年、昭和 48~53 年、昭和 53~57 年の 3 期における全国総生産の年平均名目成長率を示したものであるが、これによれば以上のことがわかる。

① 全国名目総生産は、第一次石油危機を経て 16% の成長から 12% の成長に、第二次石油危機後はさらに 7% の成長となっており、石油危機を経て 9% もの成長率低下が生じた。

② 石油危機前の昭和 45~48 年の成長率には、成長率が若干低い鉱業、逆に高い建設業を除けば、各業種とも 14~16% とほぼ足並をそろえた成長率となっている。

③ 第一次石油危機が発生すると、全業種について成長率低下が生じた。落ち込みの大きさは、高いものでは素材産業や農林水産業のように 7%、低いものでも第三次産業のように 2% に達した。

④ 第二次石油危機以後は業種間の成長率に足並の乱れが認められる。既に回復軌道に乗った業種（機械工業、電気機械工業）、成長率低下が比較的緩やかになった業種（素材産業、その他製造業）、第一次石油危機と同等あるいはそれ以上の成長率低下が生じている業種（農林水産業、鉱業、建設業、第三次産業）の 3 種類に大別することができる（図 1.1 参照）。

1.2 地域経済動向における跛行性

地域経済においても顕著な跛行性が生じているが、これは主に 1 節において議論したような業種間成長率格差と、各地域間の業種構成の違いを反映して生じているものと解釈されてい

る。本節では地域経済において石油危機後どのような跛行性が生じているかを、全国 9 地域総生産の名目成長率を比較することによって分析してみたい。

表 1.2 によれば、第一次石油危機以前は四国

表 1.2 9 地域総生産の名目平均成長率（単位 %）

地域	時期		
	昭和 45~48年度	昭和 48~53年度	昭和 53~57年度
北海道	16.090	12.956	6.112
東北	15.779	14.291	5.662
関東	15.723	12.219	7.352
北陸	15.693	12.436	6.094
中部	15.696	11.822	6.686
関西	14.881	10.246	6.692
中国	15.932	10.771	5.776
四国	13.971	12.339	5.508
九州	18.075	14.160	6.085
全国	15.747	12.105	6.645

地域総生産の成長率 14% と九州地域総生産の成長率 18% を除いて、各地域とも全国総生産名目成長率 16% にほぼ等しい成長率を達成している。しかし第一次石油危機後の昭和 48~53 年には、9 地域全てについて大きな成長率低下が生じた。この際成長率低下の程度に、地域間でかなりの乖離があったため、ばらつきを生じ、総生産の地域間格差が増大した。但し成長率そのものは、10~14% の水準を維持した。第二次石油危機後には、さらに大きな成長率低下が生じて 6~7% の成長となったが、地域間の成長率格差は縮小した。図 1.2 の名目総生産の推移からは、一貫して地域間格差の拡大傾向が生じているように見えるが、表 1.2 の成長率の推移を見る限り、その最大の要因は昭和 48~53 年の時期に生じた成長率格差であると言えよう。ちなみに分散の 3 期にわたる推移は 1.053, 1.633, 0.3274 となっている。この期には東北地域がわずかな減速（2%弱）を示しただけで 14% 成長を達成しているのに対し、

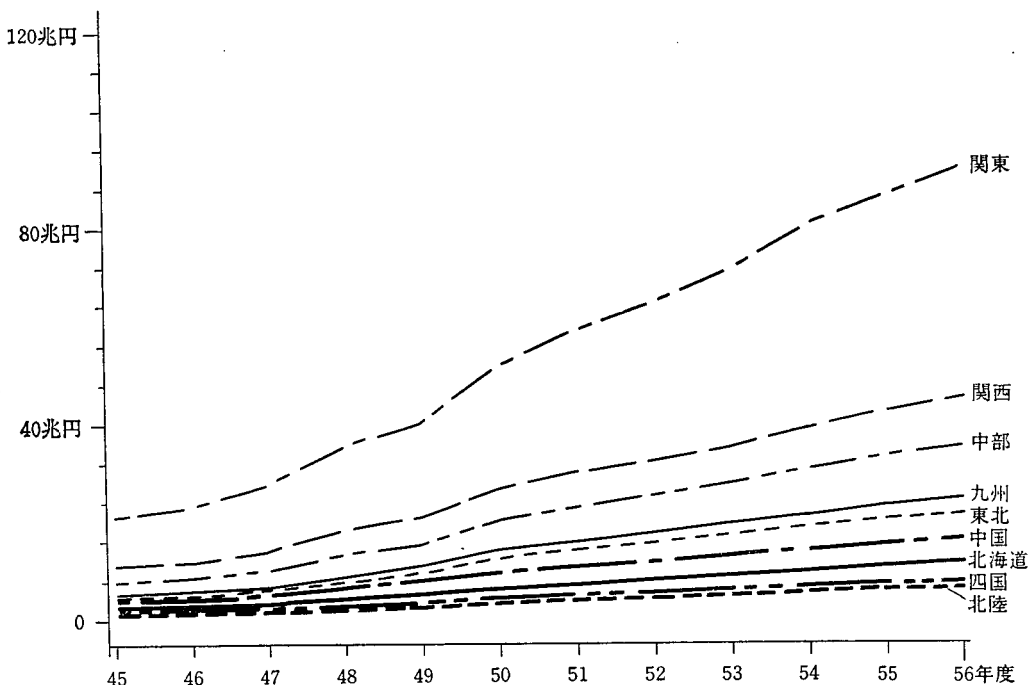


図 1.2 全国9地域・地域内名目総生産の動向

中国地域は5%も減速することになり、その成長率は10.8%にまで低下している。こうして中国地域の成長率は東北地域のそれと比べて、4%近い乖離を生じた。

1.3 中国地域経済の動向

中国地域経済は従来全国の7%を占める経済と言われてきた。しかし同地域経済の全国経済に占める割合には石油危機後の低迷を反映して若干の低下が認められる。就業者数(386.7万人)の対全国比についてはまだ7%を維持しているものの、地域内総生産(16.68兆円)、人口(765.9万人)の対全国比は、昭和57年度現在すでに約6%となっている。このように同地域経済が石油危機によって大きな影響を被った理由として、昭和30年代後半から瀬戸内海の臨海部に集積を進めてきた素材型産業の発展に大きく依存してきたことが指摘されている。中国地域は山陰地方と山陽地方の2地域から成って

いるが、以上の経緯を反映して山陽地方の中国地域経済に占める割合は非常に高い。例えば名目総生産については約87%、就業者数についても80%となっている。また山陽地方の総生産(昭和56年度、名目)が中国地域全体のそれに占める割合を業種別に見てみると、農林水産業63%、鉱業84%、建設業81%、素材産業71%、機械工業96%、電気機械76%、その他製造業85%、製造業90%、第三次産業84%となっている。

表1.3によれば全期間にわたり山陰地方が山陽地方よりも高い成長率を示していることがわかる。しかし約2%あった名目成長率の差は、第一次石油危機直後に4%に拡大、第二次石油危機以降はわずか0.25%にまで減少している。これは第二次石油危機以前に見られた山陰地方と山陽地方との格差縮小傾向が、ほぼ消失したことを示しているものと思われる。もっとも格

表 1.3 山陰・山陽の総生産の名目成長率（単位 %）

時 期 業 種	山 陽 地 方			山 陰 地 方		
	昭和45～48	昭和48～53	昭和53～56	昭和45～48	昭和48～53	昭和53～56
農 林 水 産 業	8.519	5.645	△2.757	15.854	7.901	△1.484
鉱 業	10.564	△1.442	9.054	7.642	9.212	11.744
建 設 業	25.274	7.708	6.036	20.033	15.068	9.587
素 材 産 業	15.215	2.141	5.741	17.531	10.162	9.205
機 械 工 業	16.081	4.663	10.159	32.200	5.362	15.161
電 気 機 械 工 業	33.338	14.302	24.940	34.574	9.710	16.589
その他製造業	5.242	6.216	5.043	31.295	7.636	4.838
製 造 業	17.241	4.357	7.467	28.091	8.208	8.446
第 三 次 産 業	20.495	12.688	7.895	19.325	14.786	8.613
域 内 総 生 産	18.454	9.136	7.237	20.476	12.818	7.483

差縮小と言っても乖離率の意味であって、乖離幅の意味ではない。仮に山陽地方が0%成長、山陰地方が2%成長したところで両者が同一規模になるには70年を要し、2%高い成長というだけではそれ以上の期間が必要となるからである。このように山陽地方だけでなく山陰地方に対しても、石油危機の影響はかなり大きいものであったことがわかる。また表1.3をもとに

作成した図1.3によれば、山陽地方においてはその他製造業を除いて、第一次石油危機後の成長率低下が第二次石油危機後のそれより大きいことがわかる。昭和48～53年、昭和53～56年の両期について成長率に減少が認められるのは、農林水産業、建設業、第三次産業で、製造業はその他製造業を除いて昭和53～56年以降、回復を示している。山陰地方も山陽地方とほぼ

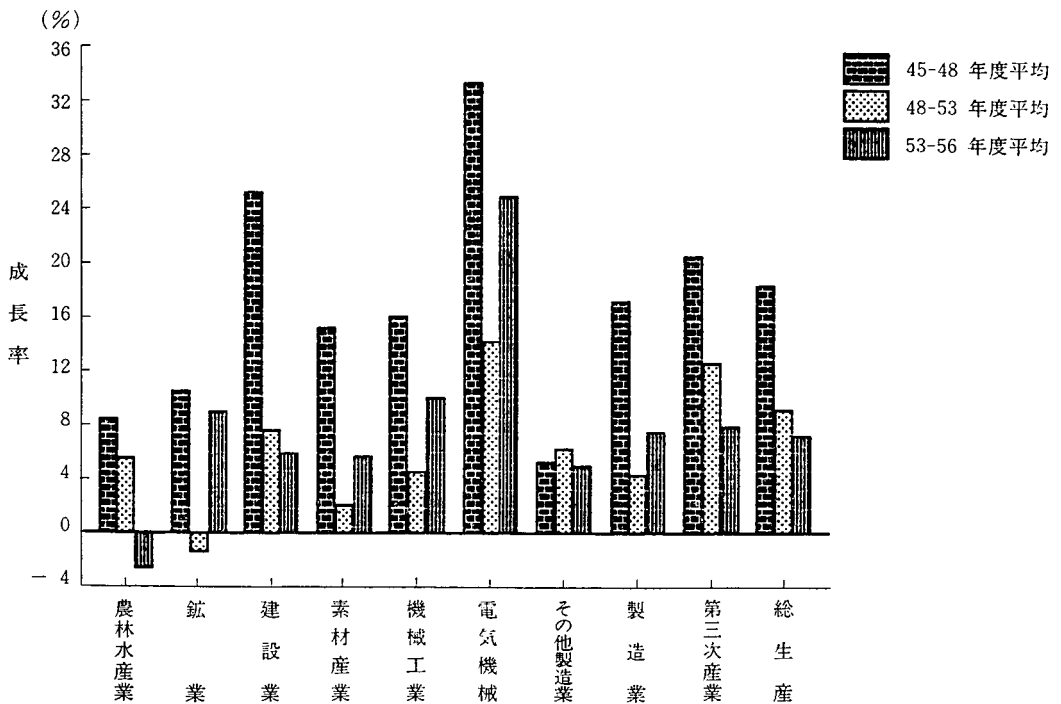


図 1.3 山陽地方業種別総生産名目成長率

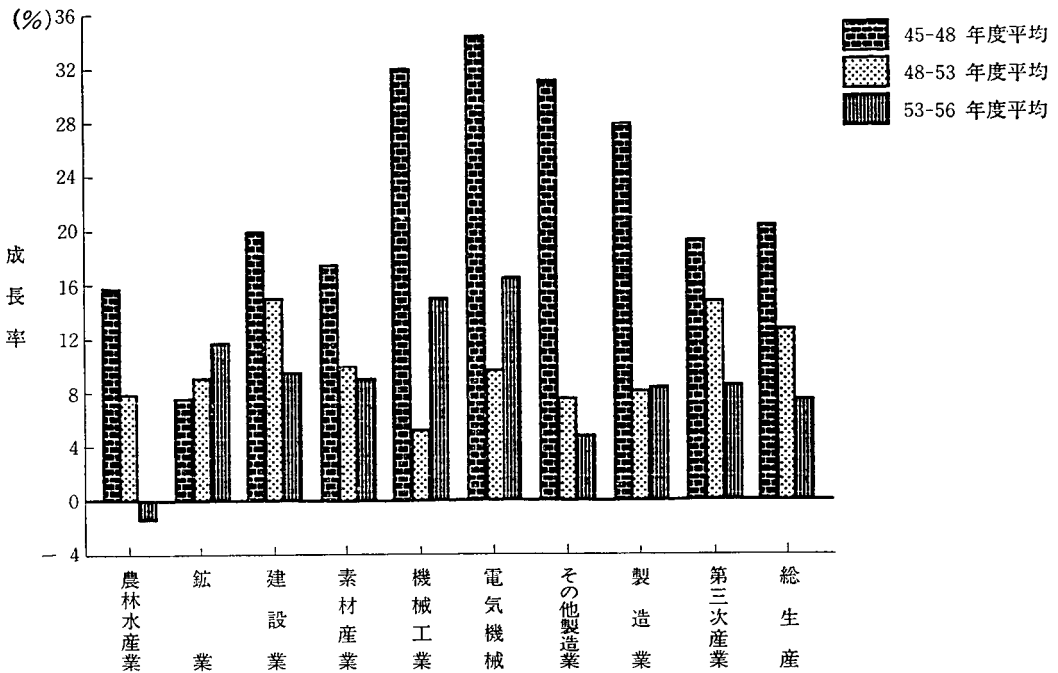


図 1.4 山陰地方業種別総生産名目成長率

同様な成長率低下を示している。しかし建設業、素材産業、その他製造業については、第二次石油危機後の低下が山陽地方の成長率低下より大きく、山陽地方の成長率変化と違いが認められる（図 1.4 参照）。

次に中国地域各県の総生産の動向が、全国動向とどの程度異なるか調べてみよう。一般に地域経済は、その業種構成の特徴に応じて跛行性が生じていると説明されている。たとえば中国地域の場合、成長率低下の続く素材型産業の比重が大きかったために低迷が続いていると説明されている。これは、各地域の各業種が全国動向と全く同一の動きを示したとしても業種構成に応じて、集計した地域総生産の動向には大きな違いが生じることになるという考えに従っているものと思われる。これはまた、業種の細分化を続けていけば、必ず地域の動向にも全国動向との共通性が生じてくるはずであるという考

え方に従っていると考えることもできよう。ただし業種構成といっても、どの程度細かい水準で違いを考えていくかによって説明可能性の有無に差がでてくるはずである。

では国民経済計算の製造業 13 産業分類の水準で地域製造業の動向は説明がつくのであろうか。もしもこれで石油危機以降の地域経済の動向の大部分が説明可能であるならば、中国地域製造業に関して単に経済予測を行うだけのために、計量経済モデルを用いて分析を進める必要性はあまりないと言えるかもしれない。本節では製造業 13 業種について昭和 45 年以降全国と同一の成長を仮定した場合、中国地域の製造業 4 業種総生産の実績をどの程度説明し得るかを調べてみた。その結果は表 1.4 および図 1.5 に示されているとおりである。これによると平均乖離率が 1% 以下のものとして岡山県その他製造業、山口県製造業があり、10% 以内のも

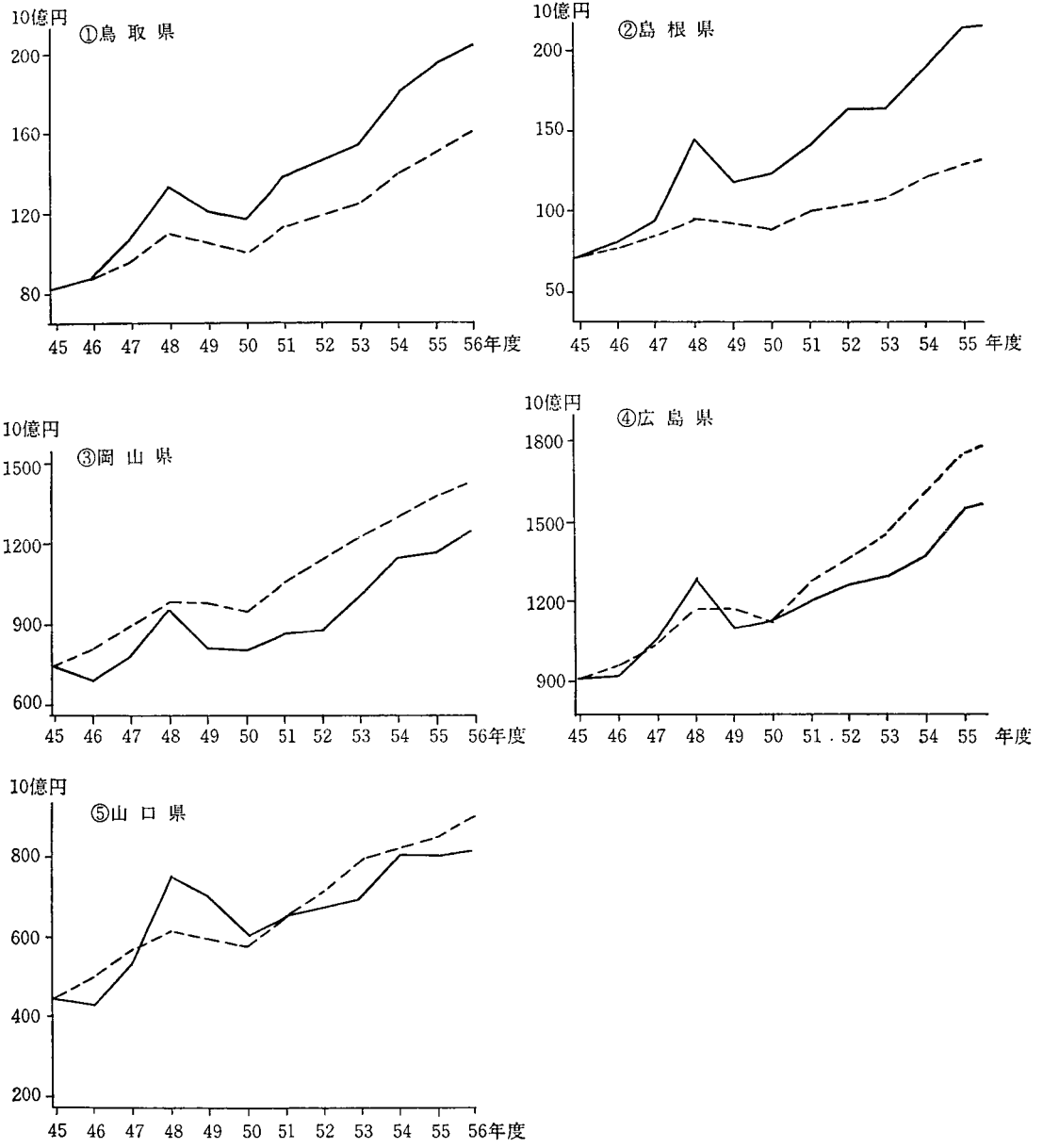


図 1.5 中国地域製造業実質総生産の推移 (昭和 50 暦年価格)
 ———: 実績
 - - - - -: 昭和 45 年から製造業 13 業種が全国並の成長を遂げた場合

表 1.4 製造業 13 業種の実質成長率を全国値に等しいとした場合の説明力(実績との乖離率%)

業 種	県	昭和45~56 平均	昭和56年度
素 材 産 業	鳥 取	△10.24	△ 6.26
	島 根	19.67	47.64
	岡 山	△23.45	△29.16
	広 島	△11.49	△29.05
	山 口	△ 5.29	△15.44
機 械 工 業	鳥 取	7.51	15.37
	島 根	64.02	81.62
	岡 山	△19.77	△34.64
	広 島	△ 8.32	△16.93
	山 口	2.88	△0.994
電 気 機 械	鳥 取	60.68	77.16
	島 根	46.42	98.99
	岡 山	153.49	415.98
	広 島	27.96	68.94
	山 口	59.88	101.48
そ の 他 製 造 業	鳥 取	20.14	15.86
	島 根	44.86	57.67
	岡 山	0.35	0.06
	広 島	2.39	△ 5.52
	山 口	12.50	1.82
製 造 業	鳥 取	17.97	26.39
	島 根	39.47	63.60
	岡 山	△13.12	△12.70
	広 島	△ 5.14	△13.39
	山 口	△ 0.33	△ 8.81

のとしてはこれに山口県素材産業、鳥取県機械工業、広島県機械工業、山口県機械工業、広島県その他製造業、広島県製造業が加わることになる。このように 13 業種分類に従っただけでも、かなり多くの地域業種について全国との共通性を見出すことができる。特に製造業まで集計すると広島県、山口県は極めて高い全国との共通性を有していることがわかる。しかしその一方、実績の乖離が大きく全国との共通性を見出せないものもある。例えば地域としては鳥取県、島根県の山陰地方、業種としては素材産業、機械工業、電気機械工業については、実績との乖離が大きく全国との共通性が見出せない。特に電気機械工業については 13 産業を構

成する 1 業種で、地域産業構成の特徴が考慮されていないため実績との乖離が非常に大きくなっている(表 1.4 参照)。また図 1.5 によれば製造業 13 業種が全国同様の成長を達成するとして製造業全体の生産動向を予想しても、その誤差は山口県を除く全県で、急速に拡大することがわかる。この結果から製造業を素材型、加工組立型間の業種構成変化を予測するという目的を持っている限り、製造業 13 産業分類の全国動向だけをたよりに分析を進めることは危険であり、さらに細分化された業種の情報が必要となるものと考えられる。また製造業 13 産業分類を基準に製造業の業種構成に関する中期的予測を行おうとするならば、やはり計量経済モデルを構築し分析を行う必要があると判断される。

2 中国地域計量経済モデル(バージョン I)の概要

第 2 章では、中国地域計量経済モデル(バージョン I)のおおまかな構成を明らかにするために、①分析対象、②地域分割、③業種分割、④モデルの規模、⑤推定作業に用いたデータの観察期間、⑥構造方程式の説明力、⑦最終テストの結果、⑧主要内生変数間の因果関係について説明する。

2.1 分析対象

本モデルの主たる分析対象が製造業の業種別総生産の動向であることは、序章において述べたとおりであるが、経済活動の相互依存関係を考慮するとき、単に製造業総生産の動向のみを追跡しても、地域経済活動の分析を行うことは難しい。そこで生産活動の説明のために最低限必要と考えられる分析対象に限定して、総生産以外の変数の選択を行った。選ばれた変数は人

口、転入、転出、就業者、製造業設備投資、総生産、製造業業種別粗投資、製造業業種別民間設備資本ストック、民間最終消費支出、製造業大口電力需要である。これらの変数は、当然のことながら、モデルの内生変数となっている。

人口は重要な地域指標の一つであるが、本モデルでは労働供給要因として取り上げており、国勢調査に基づく10月1日人口を用いている。国勢調査は周知のとおり5年おきに行われているため、国勢調査報告から直接に時系列データを得ることはできない。しかし総理府から時系列データが推計され人口推計資料として公表されているので、これより人口データの収集を行った。

転入、転出は10月1日人口に対応させて、10月1日から9月30日の間で集計されたものを収集しなければならない。総数については人口推計資料に該当する転入、転出者数が示されているので、これを用いれば良いが、転入元、転出先については記載がない。総数を転入元、転出先別に分離するためには、住民基本台帳人口移動報告年報（総理府統計局）の利用が考えられるが、同資料の該当データは暦年集計値としてしか記載されていない。県間の集計のためには10月1日人口と整合的な転入元、転出先別データが必要であり、その際、暦年集計の県間移動者数を基準に補正が必要となる。但し、今回のように県別モデルの場合は、それほどの正確さを必要としないと判断されるため、暦年集計と10月～9月集計の差を無視し、住民基本台帳移動報告から得られる暦年集計比率をそのまま用いて、中国域内、大都市地域（東京、大阪、兵庫、福岡の4都府県）、その他全国の3地域分割を行った。

就業者数は生産要素の一つとして、生産の説

明に欠くことのできない変数であるが、本研究では、国勢調査報告より収集できる従業地ベースの10月1日就業者数を、説明変数として用いることにした。しかし、これは5年おきに得られるデータであるため、時系列データに変更する作業が必要である。そこで、補完統計として工業統計表・従業者数のデータを採用し、その成長率を基に補間を行った。なお利用に際しては、従業者数の成長率を国勢調査（5年後）の補完値が国勢調査値に一致するように定率で修正した。

製造業業種別民間設備投資は製造業の活動を表す重要な指標であるが、これは経済企画庁資本ストック統計の実質企業設備投資額を工業統計表新規設備投資額の名目値比率で地域に分ける（各年ごとに地域デフレーターが全県共通と仮定）ことによって求めた。

製造業業種別民間設備資本ストックは生産要素の一つで、計量経済モデル構築のために欠くことのできない変数となっている。本モデルでは、まず昭和45年の国富調査に基づいて製造業業種別に昭和45年の資本ストック評価額を求め、これに業種別企業設備投資額を積み上げる方法に従った。なお、その際必要となる除却の差し引きに関しては、適切な補完統計を見出すことができなかったため、経済企画庁の民間資本ストックの全国除却率（除却額と資本ストックの割合）を地域にそのまま当てはめることによって求めた（詳細については、大河原他「地域経済データの開発 その1—研究報告：585003」昭和60年8月を参照されたい）。

総生産のデータは県民経済計算年報から収集したが、実質化に際しては、各県ごとに発表されている総支出デフレーターを全業種一律に適用することを避け、できるだけ産業ごとの特徴

を反映させるために、国民経済計算年報・26業種経済活動別総生産デフレーターによって各業種ごとに実質化し、最後にこれをモデルの8業種（うち製造業は4業種）に統合するという方法に従った（表 2.1 参照）。このため全国デフレーターをそのまま地域に適用しているというものの、地域の特性を無視したことにはならない。地域モデルの各業種ごとに求められる総生産デフレーターは、地域の産業構成に応じて加重平均されており、事後的には各県の産業構成を反映した時系列となるからである。但し第三次産業デフレーターについては、県民経済計

算の分類に合わせるために、予め国民経済計算の10業種を6業種に統合した上で算出した。

民間最終消費支出は、第三次産業総生産の需要要因からの説明を試みるために導入した変数である。その実質化は、各県の民間最終消費デフレーターによって行った。

本モデル構築に際し利用している電力需要量の統計は、製造業大口電力に関する中国地域集計値のみであるが、これは電力統計調査月報（実績集計号）から収集したものである。

表 2.1 地域計量経済モデル産業分類と国民経済計算の産業分類の対応

地域計量モデル産業分類		国民経済計算産業分類		
業 種	業種コード	業 種	業種コード	
①農林水産業	AF	(1) 農林水産業	AF	
②鉱 業	MI	(2) 鉱 業	MI	
③素 材 産 業	MTR	MA 製 造 業	(3) 紙, パルプ	PP
			(4) 化 学	CH
			(5) 石油, 石炭製品	PC
			(6) 窯業, 土石製品	CR
			(7) 一 次 金 属	IS
			(8) 一 般 機 械	MC
			(9) 輸 送 機 械	TE
④機 械 工 業	MCH	(10) 精 密 機 械	PI	
⑤電気機械工業	EM	(11) 電 気 機 械	EM	
⑥その他製造業	MAO	(12) 食 料 品	FD	
		(13) 織 維	TX	
		(14) 金 属 製 品	MT	
		(15) そ の 他 製 造 業	MM	
⑦建 設 業	CN	(16) 建 設 業	CN	
⑧第三次産業	TER	(17) 電気, ガス, 水道(民間)	EGP	EG
		(18) 電気, ガス, 水道(政府)	EGG	
		(19) 卸 売, 小 売	WR	
		(20) 金 融, 保 険 業	FI	FR
		(21) 不 動 産 業	RE	
		(22) 運 輸, 通 信 業	TC	
		(23) サービス業(民間)	SVP	SV
		(24) サービス業(政府)	SVG	
		(25) 対民間非営利団体サービス	SVNP	
(26) 公 務	GV			

2.2 地域分割

中国地域計量経済モデル構築に際し、地域分割には次の3種類が考えられる。即ち中国地域全体をひとまとめにした分析、山陽地方、山陰地方両地域に関する分析、或いは中国地域5県（鳥取、島根、岡山、広島、山口）別の分析がそれである。このうちのいずれを採用するかについては、分析目的に応じてそれぞれ異なる選択が可能である。中国地域計量経済モデル（バージョンⅠ）においては、各県ごとに構造方程式を確定していく方法を採用し、中国5県別の計量経済モデル構築を行った。その理由は、中国地域の各県は、農林水産業を中心とする鳥取県（鳥取、米子地区からなる）、島根県（松江、出雲、浜田益子地区からなる）の山陰2県、岡山県（津山、岡山地区からなる）、中国地域最大の生産設備を擁する広島県（三次、福山、広島地区からなる）、福岡経済圏に属する山口県（岩国、徳山、萩、山口、宇部、下関地区からなる）の山陽3県それぞれの地域特性を考慮したいということと、電力需要想定という

目的から、各評価項目の地域的分布についても、できる限り詳細な情報を得たいという要請があったためである。ちなみに構造方程式の推定にプーリング・データの利用を行わなかったのは、この方法では県ごとにみた場合の説明力が、十分保証されないと判断したためである。この点に関しては、第2章5節においても言及した。

2.3 業種分割

中国地域計量経済モデル（バージョンⅠ）の産業分割は8業種分割となっている。それらは農林水産業、鉱業、製造業4業種、建設業、第三次産業の8業種である。但し本モデルにおいては、農林水産業、鉱業は外生扱いになっている。本モデルは製造業の分析に重点をおいているため、製造業の分割は他産業と比べて細かく、素材産業、機械工業、電気機械工業、その他製造業の4業種に分割した。電気機械工業を機械工業のなかに含めず別掲しているのは、①同業種の成長が近年著しく、今後の動向に注目したかったことと、②同業種デフレーター（全

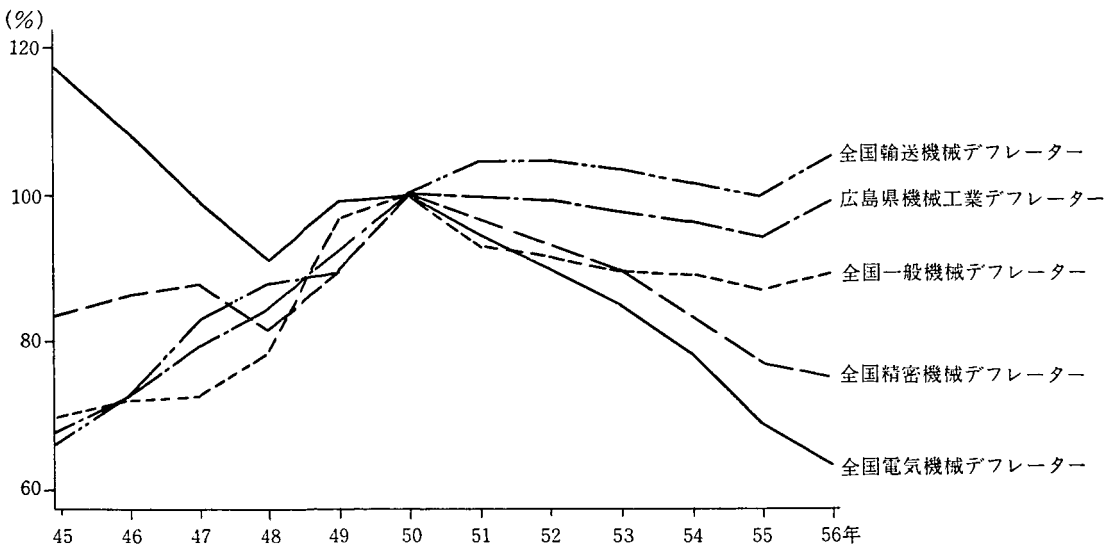


図 2.1 機械工業デフレーター (昭和 50 年暦年価格)

国経済活動別総生産デフレーター)の動きが他機械工業と比べても特異なものであると判断されたためである。同デフレーター(昭和50暦年基準)は図2.1に示したとおり、一般機械、輸送機械、精密機械の3業種デフレーターが上昇している昭和45~48年において、118%から91%に逡減している。昭和50年以降については、輸送機械デフレーターは若干の上昇を示す(昭和57年106%)が、機械工業の他3業種とも減少している。しかしその中で電気機械のデフレーターは、他2業種(昭和57年それぞれ88%, 74%)に比べてもかなり大きな減少を示し、昭和57年には58%に低下している。中国地域の名目総生産額の加重平均によって求めた機械工業デフレーターは、昭和50年以降ほぼ横這いとなっており、電気機械工業のデフレーターとは明らかに異なった性格を有しているものと考えられる(図2.1参照)。なお地域計量経済モデルの産業分類と国民経済計算産業分類との対応は表2.1に示されておりである。国民経済計算において経済活動は26業種に分類されており、このうち13業種が製造業に10業種が第三次産業に分類されている。

2.4 モデルの規模

中国地域計量経済モデルの地域分割は中国地域5県別となっている。また産業の業種分割も8業種となっており、農林水産業、鉱業(外生)を除いても6業種の構造方程式を求めなければならない。このためバージョンIの構造方程式数は、115本にも達している。従って各県ごとに約23本の構造方程式を有していることになる。ここで約と述べたのは、各県多少の数の不揃いがあるからである。数の不揃いが生じたのは、例えば転入・転出関数の推定に際し、中国

5県全てについて、転入元、転出先別に大都市地域、中国地域内、その他全国の3本に分離した形で、妥当な構造方程式を得ることができなかったためである。

中国地域計量経済モデル(バージョンI)は115本の構造方程式に加え、35本の定義式、125個の外生変数を持ち、比較的規模の大きい体系(計150本の体系、従って、内生変数の数は150系列)となっている。ここで外生変数をおおまかに分類してみると、全国生産動向、その他全国動向、主要都市(東京、大阪、兵庫、福岡)の動向、中国地域の動向の4種類に分類することができるが、それぞれを構成する要素は以下に示すとおりである。

i) 全国生産動向

国内総生産、製造業業種別総生産、製造業業種別設備稼働率、製造業業種別民間設備投資、製造業業種別民間設備資本ストック、公的固定資本形成

ii) その他全国動向

産業基盤社会資本ストック、産業基盤社会資本ストックの資本年齢、製造業業種別就業者数、全国人口、石油石炭国内卸売物価指数

iii) 主要都市の動向

総生産、第三次産業総生産、人口、鉄道営業距離

iv) 中国地域県別社会指標

公的固定資本形成、農林水産業総生産、鉱業総生産、製造業業種別就業時間指数、生産年齢人口比率(15~64歳人口の総人口に対する割合)、製造業大口電力総合単価指数、出生率、死亡率、鉄道営業距離

2.5 観察期間

中国地域計量経済モデルの構造方程式確定の

表 2.3 中国地域計量経済モデル（バージョン I）の最終テスト結果

ブロック	人口	就 業 者			支 出		総 生 産			電力需要
		製 造	建 設	三 次	製造業投資	民間最終消費	製 造	建 設	三 次	
内生変数総数	39	20	5	5	20	5	20	5	5	1
誤 差 率	1%以内	7	10	3					1	1(2.1%)
	1~5%	23	5	2	2	4	10	3	3	
	5~10%	8	4		4	1	5	1	1	
	10~20%	1			4		2			
	15~20%		1		2		2	1		
20%以上				8		1				

(注) 平均絶対誤差率：最終テスト期間内で、予測誤差（内挿値と実績値の差）の絶対値を実績水準で割った比率を平均したものの。

$$\frac{1}{7} \sum_{t=50}^{56} \frac{|\text{t年の最終テスト内挿値} - \text{t年の実績値}|}{\text{t年の実績値}}$$

総生産ブロック 30 本中 24 本，支出ブロック 25 本中 11 本，電力需要 1 本（2.1%）がそれに該当しており，大部分の変数がこの基準以内の誤差に納まっていることがわかる。しかしその一方で，設備投資の 8 変数，製造業総生産の 1 変数（33.3%）など 20% を超えているものもある。例えば設備投資の 8 変数中誤差率が最大のものは，山口県の電気機械工業設備投資で，その平均絶対誤差率は 93% にも達している。これは同設備投資が，昭和 54, 55 年度において 3~20 億円の水準から 20~30 倍に拡大するという異常な動きを示しているからであると考えられる。例えば，昭和 50 年度の誤差 10 億円も，誤差率に直すと 300% であり，平均値を引き上げる原因となっている。従って大きな誤差率を示していても，必ずしもこれらの変数について莫大な誤差が発生していることを表しているわけではない。この結果から，短期間のうちに急激な誤差の累積，拡大は，発生せず，多少の改善を加えれば外挿シミュレーションにも耐えうるものと判断した。なお製造業総生産については，図 2.2 に推定値（最終テスト結果）と実績値のグラフを示したので，参照されたい。

2.8 モデルの因果フロー

中国地域計量経済モデル（バージョン I）は，115 本の構造方程式を有しているが，大きく人口，就業者，支出，生産の 4 ブロックに分類することができる。各ブロックを構成している方程式の本数は表 2.3 に示されているので参照されたい。各ブロック間の大まかな因果フローは，図 2.1 に示されている。但しこの図では，簡略化のために外生変数のほとんどの記載を省略している。以下，図 2.3 に従い因果フローを追跡してみよう。他地域に変化がないとして，当該地域の県内総生産水準が増加すると，転入に増加，転出に減少が生じ，人口が増加する。人口の増加は，翌年の人口の自然増を促すと同時に，労働供給の増加を通じて，製造業と建設業の総生産水準を引き上げる。製造業，建設業の総生産水準の上昇は逆に労働需要を喚起し，先の労働供給要因と合わせて就業者数の増加を引き起こす。製造業および建設業の総生産の増加は，派生的に第三次産業総生産の増加を引き起こし，これによって県内総生産水準が上昇し，新たな人口増が発生する。また，県内総生産の増加は，民間最終消費支出の増加を引き起こし，派生的に第三次産業の総生産水準も引き

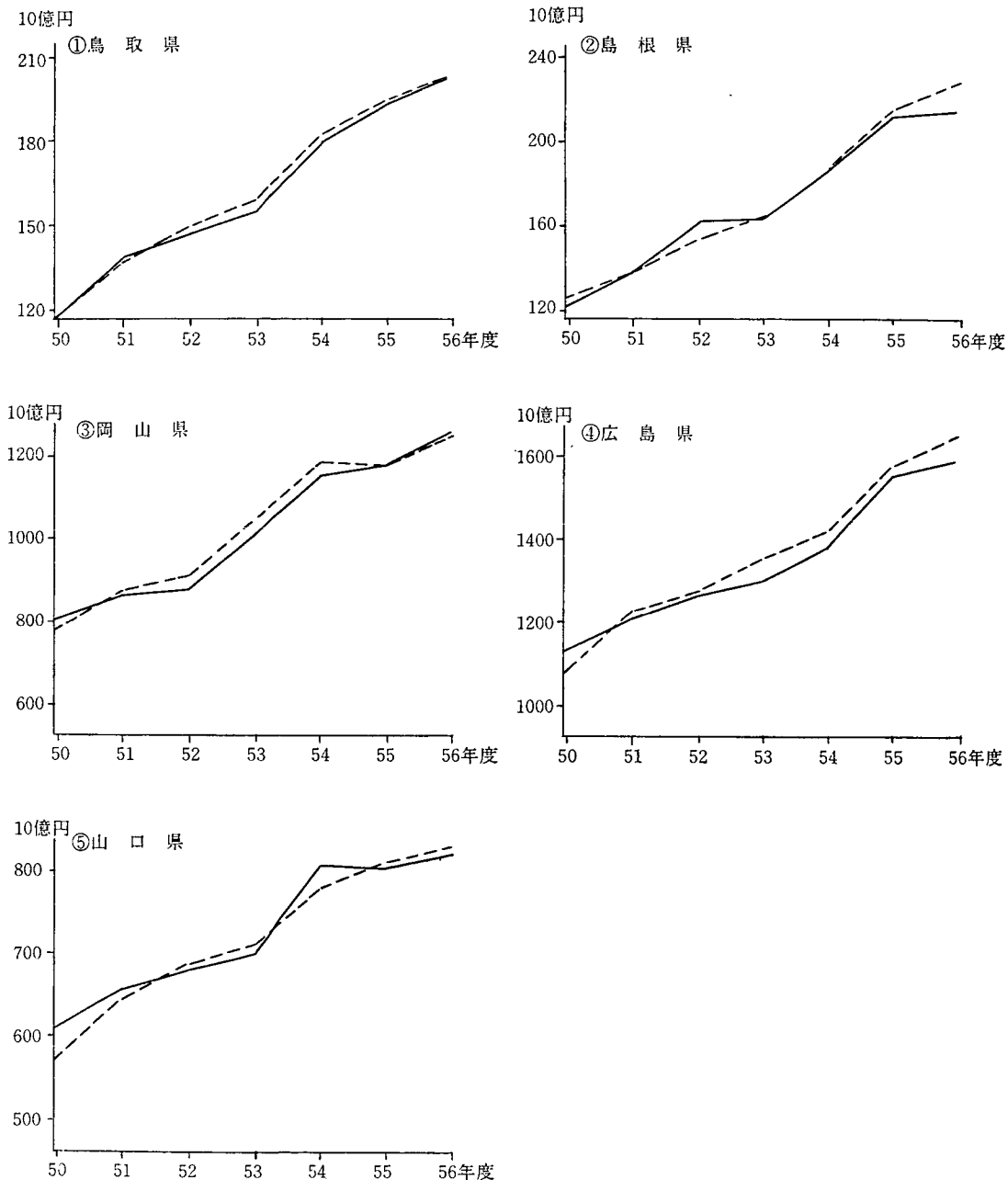


図 2.2 最終テストの結果 (昭和 50 年暦年価格)
 (推定値:-----, 実績:————)

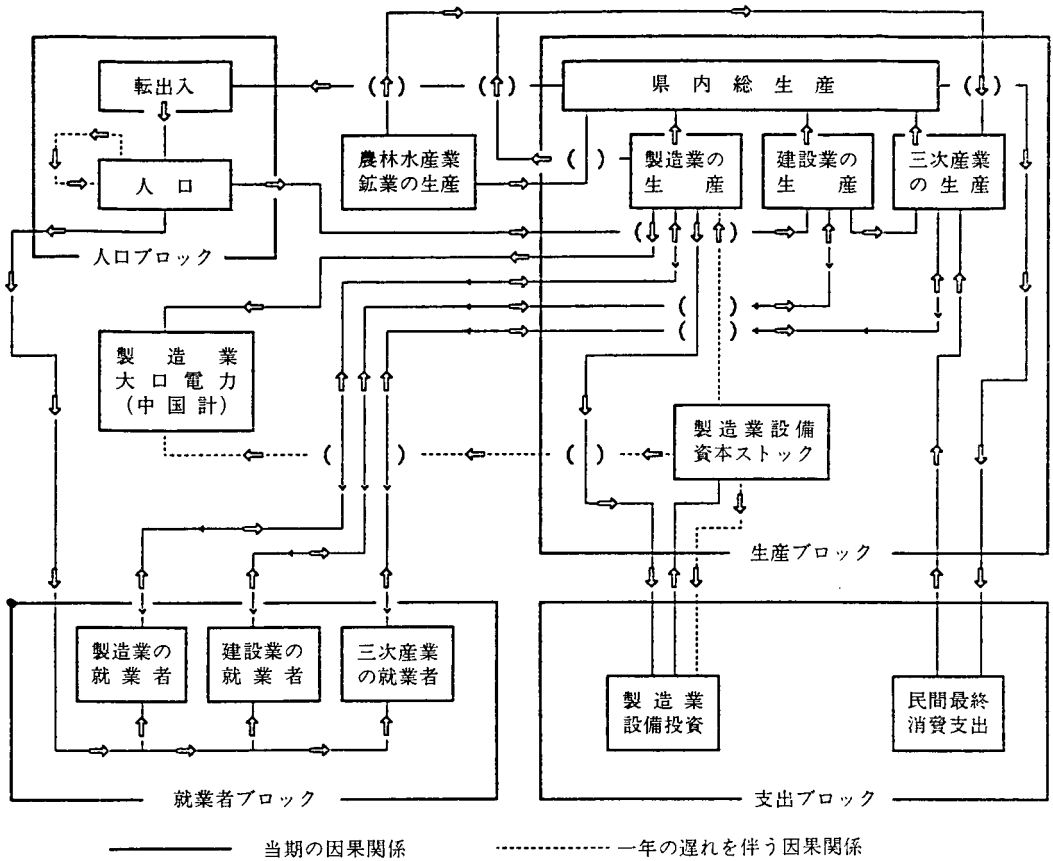


図 2.3 中国地域計量経済モデル (バージョン I) の因果フロー

上げ、その増加分がまた県内総生産に追加される。また一方で、製造業総生産の増加は、投資の増加を通じ翌年の企業設備資本のストックを増加させ、生産能力の拡大および電力需要水準の増大を引き起こす。このように各 4 ブロックの間には、密接な相互依存関係が存在しており、一か所にインパクトをあたえても様々な影響波及が生じることがわかる。

3 構造方程式の定式化

中国地域計量経済モデル (バージョン I) の構築に際しては、①約 10 年の中期予測を目指していること、②地域動向だけでなく全国動向の影響が、モデルの運行に対し明示的に現れる

ように定式化することの 2 点に留意した。

このため、バージョン I の定式化には次のような特徴がある。

- i) 中期予測という目的のために、公共投資によるインパクトが産業基盤社会資本ストックを通じて総生産に直接影響を与えるという定式化を避け、投資関数を通じて生産に間接的に影響を与えるという定式化を採用した。ちなみに社会資本ストックを説明変数として用いるモデルのほとんどが、生産関数の説明変数の一つに社会資本ストックを取り上げ、公共投資の効果分析を行おうとしている。
- ii) 全国動向の採り込みのために、設備投資

関数、就業者関数の定式化の際、対全国指標（例えば、地域指標と全国指標の比率など）を基準に行動する全国型企業を想定している。また製造業生産動向の説明に際しては、構造方程式を純粋な意味での生産関数としてではなく、生産物市場における誘導型と考え、全国生産動向を需要関数のシフト要因として取り扱っている。

以上の点が、中国地域計量経済モデル（バージョン I）の主要な特徴となっているが、以下では人口ブロック、設備投資関数、生産ブロック、就業者関数のそれぞれについて、より詳細な説明を行うことにする。

3.1 人口ブロック

人口ブロックは自然動態を表す自然動態統計式と社会動態を表す転入、転出関数から構成されている（図 3.3 参照）。

3.1.1 自然動態

マクロ計量経済モデルにおいて人口は外生変数として取り扱われることが多い。これは海外から或いは海外への移住という社会的要因による変動の大きさが微々たるもので、人口の変化のほとんどが出生、死亡という自然動態的要因によって決定されるためと考えられる。しかし地域においては人口の移動性が高く、社会動態（転入、転出）と経済活動との相互依存関係を無視することができない。このため地域計量経済モデルのほとんどは人口の変動を説明する構造方程式を有している。中国地域計量経済モデルもこの点を考慮して人口ブロックを設けている。

地域人口は前期人口、自然動態（出生、死亡）、社会動態の 3 要素に分類することができ、それらの総和として定義される。

自然動態を取り扱うためには、人口から転入

を差し引き転出を加えた変数（静態人口：前年の社会動態がなかったとした場合の人口）を被説明変数とし、これを前期人口によって説明する構造方程式が用いられることが多い。この定式化には定数項なしの場合①とありの場合②の 2 種類が考えられ、それぞれ下記のように記述することができる。

$$\textcircled{1} \quad N - SI + SO = (1 + \beta)N_{-1}$$

$$\textcircled{2} \quad N - SI + SO = \alpha + (1 + \beta)N_{-1}$$

N : 人口 N_{-1} : 前期人口 SI : 転入

SO : 転出

先の人口の定義によれば、人口増加数から社会増加数を差し引いたものは自然増加数であり、①の定式化において βN_{-1} は、自然増加（出生マイナス死亡）を表していることになる。したがって①の定式化は、自然増加を前期人口で説明したものとなっており、 β は自然増加率（自然増加数を前期人口で除したもの）と解釈することができる。一方②の定式化は、次のように書き改めることができる。

$$\textcircled{3} \quad \frac{(N - N_{-1}) - (SI - SO)}{N_{-1}} = \beta + \frac{\alpha}{N_{-1}}$$

①が自然増加率一定を想定した定式化であるのに対し、③によれば②の定式化は、自然増加率が人口増加に伴い低下し、 β に収束することを想定していることがわかる。これらの想定が中国地域において、実際に妥当なものであるかについては検討の余地があると思われる。

中国地域において自然増加率（③の左辺）の昭和 46～57 年の動きは図 3.1 に示したとおりである。これによると、中国地域 5 県の全てについて減少傾向が認められ、この期間の変化の幅（最高値と最低値の差）は鳥取、島根、岡山、広島、山口の各県それぞれ約 0.4%、0.3%、0.6%、0.7%、0.7% に達していることがわか

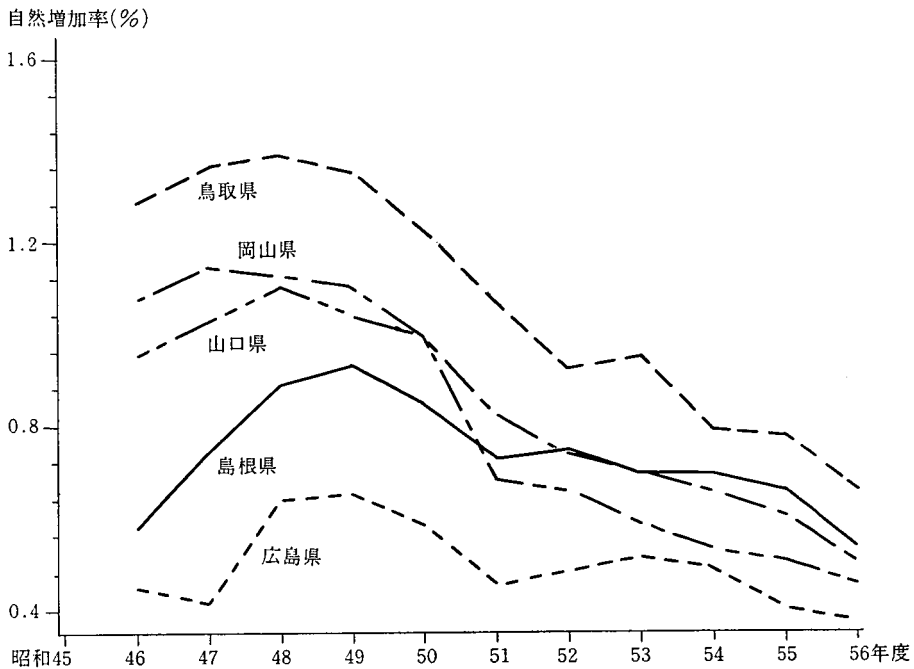


図 3.1 中国地域自然増加率の推移

る。この変化幅に平均人口をかけて、自然増加率一定としたときの過大推計の可能性がどの程度かをみると、それぞれ 2.3 千人、2.1 千人、11.6 千人、19.2 千人、10.1 千人となる。これは累積することによりかなり大きな誤差となることが考えられ、自然増加率減少という傾向を無視することは、予測という観点からは不適切であるように思われる。したがって①の定式化のように自然増加率が安定的なものと想定する定式化は、自然増加数についてはモデルの全内生変数の過大予測をおこなう危険性の高いものと考えられる。少なくとも中国地域経済の中期予測という観点からは望ましいものではない。

図 3.2 によれば、岡山、広島、山口の山陽3県については、前期人口と自然増加率の間に明瞭な負の相関が認められるが、鳥取、島根の山陰2県については、このような傾向は認められないことがわかる。②の定式化による推定結果

によれば、以上のような状況を反映して山陽3県の定数項 α の t 値は、極めて有意な値を示している。山陰2県についても t 値は有意な値を示しているが、その大きさは山陽3県と比べればかなり小さいものとなっている(表 3.1 参照)。従って山陰地域の構造推定に際し、予め人口と自然動態の間に負の相関を仮定することは妥当ではないし、山陽地域についても負の相

表 3.1 静態人口関数の推定結果 (観測期間: 昭和 46~56 年度)

	α	$\hat{\beta}$	決定係数 [自由度 修正済]	標準誤差 (最大誤差)
鳥 取	18.21 (2.055)	0.9761 (64.26)	0.9978 [0.9976]	620人 (1,310人)
島 根	57.44 (3.036)	0.9306 (38.00)	0.9938 [0.9931]	535 (1,040)
岡 山	130.23 (7.918)	0.9363 (102.6)	0.9991 [0.9991]	1,583 (3,090)
広 島	159.77 (5.601)	0.9496 (87.34)	0.9988 [0.9986]	3,472 (5,690)
山 口	119.51 (8.270)	0.8791 (56.54)	0.9972 [0.9969]	1,380 (2,390)

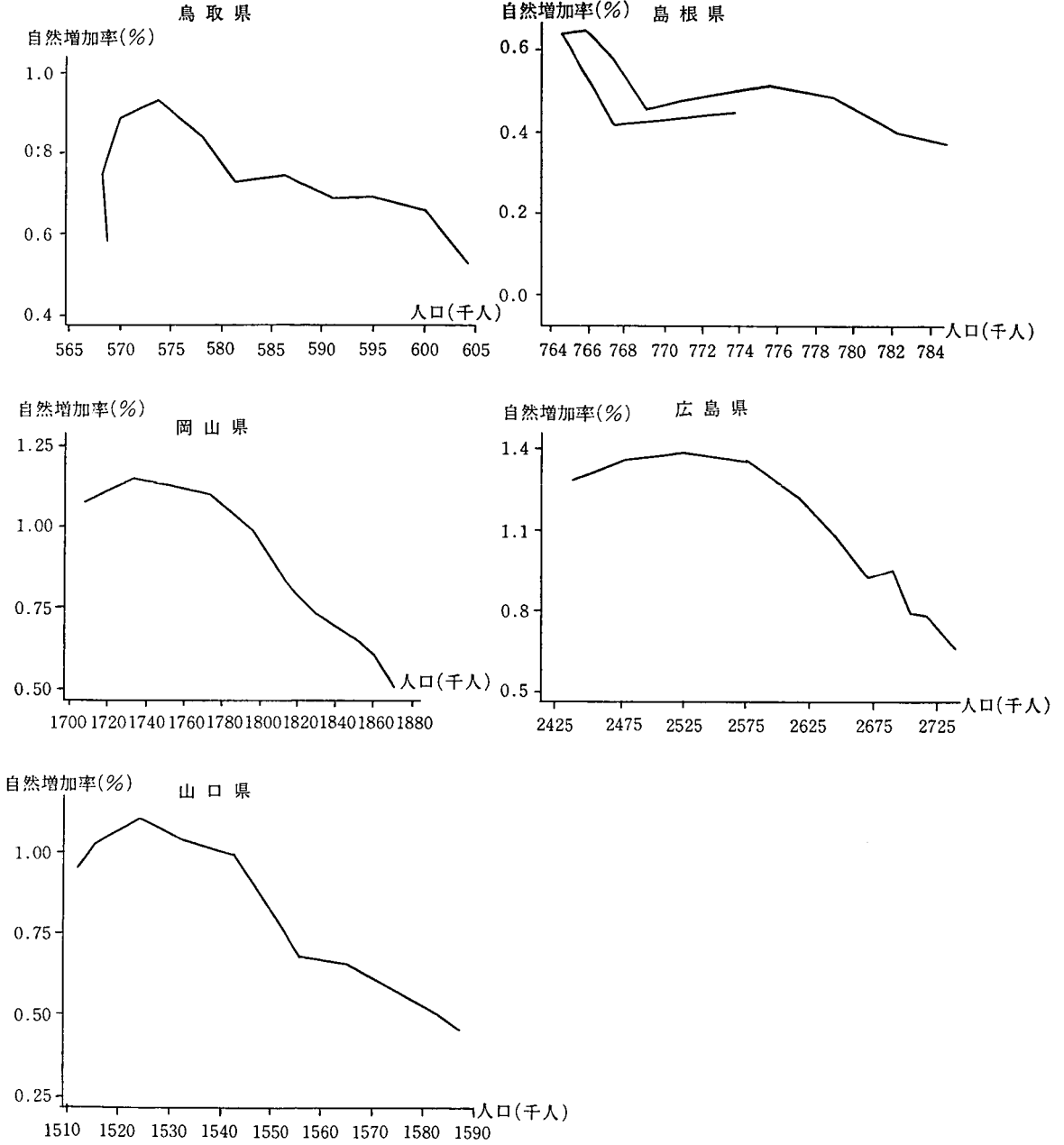


図 3.2 中国地域における前期人口と自然増加率

関が存在する理由が明らかとなっていない現段階で、このような定式化を用いることは望ましくないように思われる。

そこで今回のモデル構築においては、①の定式化の下で前期人口の係数の最小自乗推定値を求めると、観察期間内の平均的自然増加率（自然増加数の観察期間集計値を前期人口の集計値で割った上で1をひく）となっている、即ち平均的な自然増加率を外生的に与える場合とほぼ同様の定式化となっている点に着目し、この係数を人口動態統計を基に外生的に与えてみることにした。即ちこれは静態人口関数に換えて、人口推計資料の自然増加率と人口動態統計の自

然増加率との統計式を設けることに相当する。その利点は、(1) 自然増加を表す方程式の意味が人口動態統計と人口推計資料の統計式として、より明確化すること、(2) 将来の自然動態に関する諸外部情報を利用し得るようになることの2点である。

3.1.2 社会動態

中国各県について転入、転出の移動前住所地をみると、都市部（東京都、大阪府、兵庫県、福岡県）が大きな割合を占めていることがわかるが、この点を考慮して地域格差による説明を試みた。そのために格差の比較対象となる地域を、中国地域他県、都市部（上記4地域）、そ

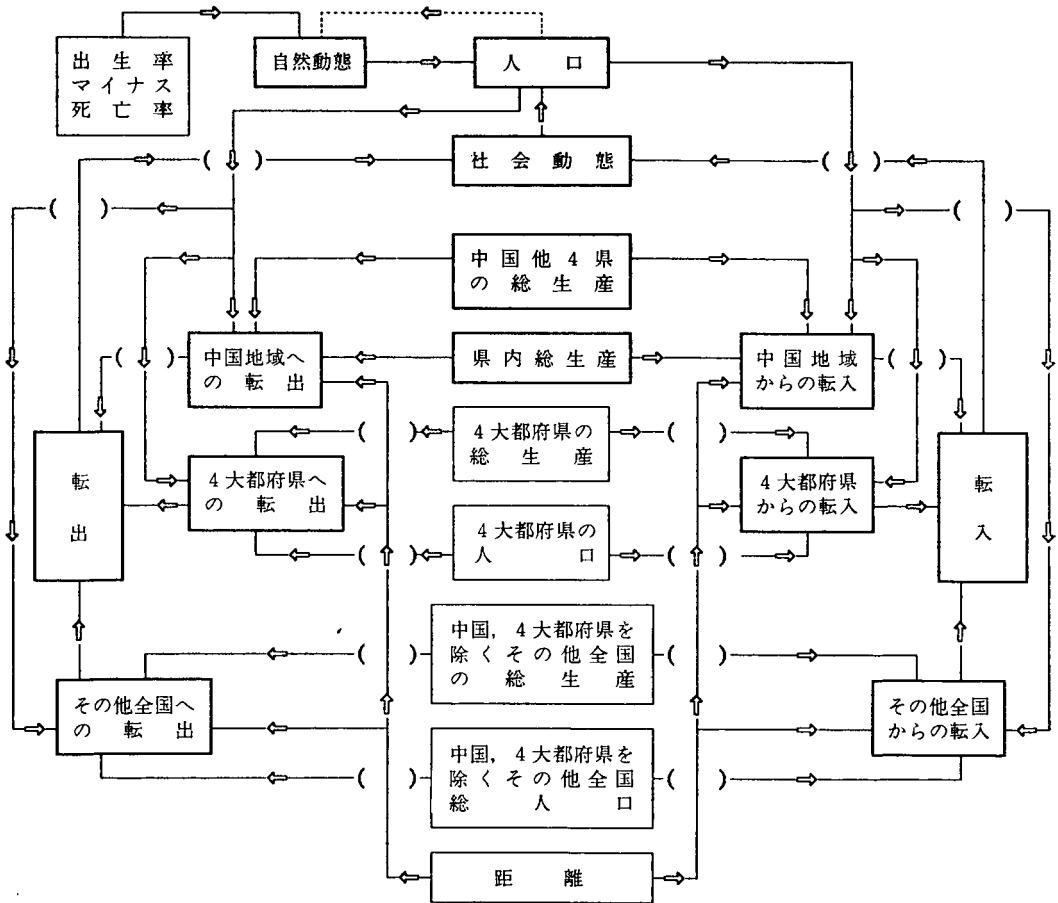


図 3.3 人口ブロックの因果フロー

の他全国の3地域に分割し、それぞれについて転入、転出関数を求めようとした。人口のUターン現象などの説明が容易となることを期待したのであるが、必ずしも分離は成功していない。3地域全てについて分離できたのは山陽3県の転入関数のみである。都市部との比較に際しては全県の転入について、鳥取、島根、山口県の転出について求まっているにすぎない。今回のモデル構築に際し、採用した定式化は次の通りである。

$$SI = F \left[\underset{(+)}{X}, \underset{(-)}{\sum_i (\omega_i X_i)}, \underset{(+)}{(X - \sum_i (\omega_i X_i))}, \right. \\ \left. \underset{(+)}{(X / \sum_i (\omega_i X_i))}, \underset{(+)}{SI_{-1}} \right]$$

$$SO = G \left[\underset{(-)}{X}, \underset{(+)}{\sum_i (\omega_i X_i)}, \underset{(-)}{(X - \sum_i (\omega_i X_i))}, \right. \\ \left. \underset{(-)}{(X / \sum_i (\omega_i X_i))}, \underset{(+)}{SO_{-1}} \right]$$

SI: 転入 SO: 転出 ω : 距離の逆数に基づく重み X: 生産額或いは人口一人当たりの生産額 X_i : 比較対象となっている地域の生産額、或いは人口一人当たりの生産額

3.2 製造業設備投資関数

地域における企業の投資行動を表すために全国型企业と地域型企业の2種類を想定している。さらに全国型企业の行動としては、次のような2段階の行動を想定している。2段階とは、まず第1段階でマクロ的な観点から全国投

資の規模を決定し（この段階は地域モデルにとっては外生）、第2段階で各県への設備投資配分比率（各県投資の対全国比）を、地域の相対的有利さに応じて調整するというものである。

中国地域計量経済モデル（バージョンI）において、製造業設備投資関数の定式化のために取り上げた要因は、①民間企業設備資本ストック1単位当たりの産業基盤社会資本ストック、②産業基盤社会資本ストックの資本年齢、③生産額の増分あるいは成長率、④資本ストックの平均生産性、⑤前期の投資配分比率の5要因であり、その改善は投資配分の増加につながるものと想定している。

一方、地域型企业の行動の説明のためには、地域指標（例えば当該地域、業種の生産水準）をもとに決定される適正な資本ストックの水準への部分調整が行われるという定式化を試みた。中国地域計量経済モデル（バージョンI）の構築にあたり、当初は全国型企业の投資行動による説明で統一を図ることを企図したが、今回の推定作業では成功しなかった。このためバージョンIの構造方程式の大部分は両行動の折衷を図ったものとなり、構造方程式の中には両企業行動を表す説明変数が混在している。但しここに言う全国型企业とは、言うまでもなく概念的にそう呼んでいるだけであって、実際に統計上で企業分類できるものではない。

$$IPMA^i = (\text{全国型企业の設備投資}) + (\text{地域企業の設備投資}) \\ = \underset{(+)}{\beta \cdot \theta^i} \times IPMA^{i0} + \underset{(+)}{\gamma} \cdot (KPMA^{*i} - KPMA^{i-1})$$

$$\theta^i = F \left[\underset{(+)}{(KGI / KPMA)}, \underset{(+)}{(KGI^0 / KPMA^0)}, \underset{(+)}{(KGI / KPMA^i)}, \underset{(+)}{(KGI^0 / KPMA^{i0})}, \right.$$

$$\left. \underset{(+)}{VGI / VGI^0}, \underset{(+)}{\Delta YMA^i / \Delta YMA^{i0}}, \underset{(+)}{(YMA^i / YMA^{i-1}) / (YMA^{i0} / YMAO^{i0-1})}, \right]$$

$$\frac{(YMA^i/KPMA^i)/(YMA^{i0}/KPMA^{i0})}{(+)}$$

$$KPMA^{*i} = G(YMA^i)$$

(+)

$IPMA^i$: 製造業 i 業種設備投資

KGI : 産業基盤社会資本ストック

$KPMA$: 製造業設備資本ストック

$KPMA^i$: 製造業 i 業種設備資本ストック

VGI : 産業基盤社会資本年齢

YMA : 製造業総生産

$KPMA^{*i}$: 製造業 i 業種設備資本ストックの適正水準

KGI^0 : 全国産業基盤社会資本ストック

$KPMA^0$: 全国製造業設備資本ストック

$KPMA^{i0}$: 全国製造業 i 業種設備資本ストック

VGI^0 : 全国産業基盤社会資本年齢

YMA^i : 製造業 i 業種総生産

3.3 生産ブロック

中国地域計量経済モデル（バージョン I）においては、生産水準の決定に際し、製造業の生産と建設業、第三次産業の生産の取扱いを変えることによって、それぞれの特徴を持たせている。即ち前者は生産要素を供給要因、全国指標

を需要要因とする誘導型として定式化しているのに対し、後者は県内他産業（例えば第三次産業の場合、農林水産業、鉱業、製造業、建設業）の総生産あるいは県内支出項目を需要要因とする定式化を試みている（図 3.4 参照）。

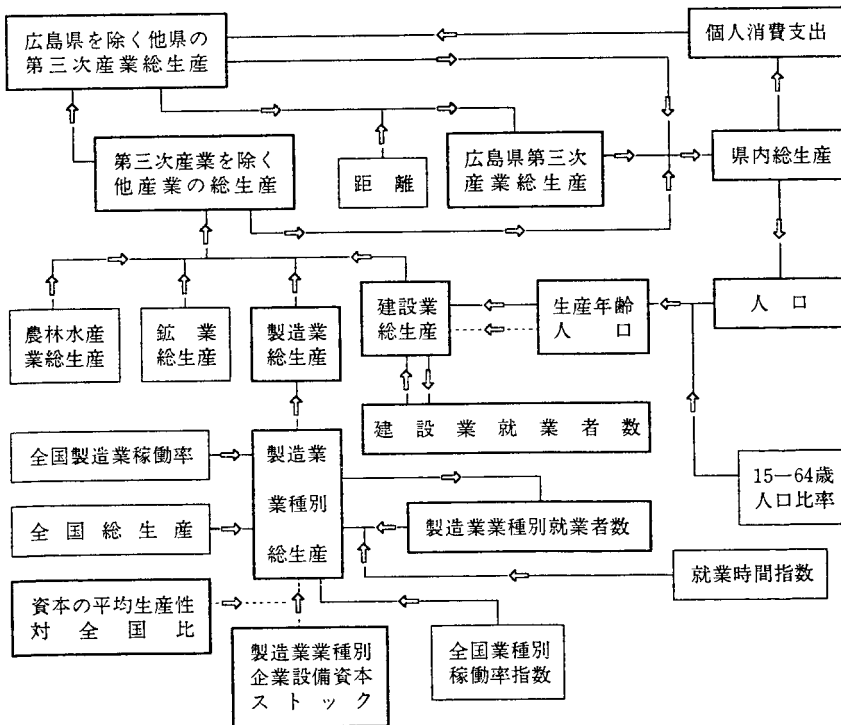


図 3.4 生産ブロックの因果フロー

3.3.1 製造業総生産の定式化

製造業の総生産に関しては、生産の技術的關係を表すいわゆる生産関数として定式化せず生産要素すなわち生産能力をソフト要因とする供給関数と、国内総生産あるいは全国製造業稼働率をソフト要因とする需要関数を想定し、これらの誘導型として定式化した。ここで利用している全国変数は、他地域指標を表す代理変数と考えられている。このような定式化に際し、生産要素を最も単純な形で括っているのは推定を容易にするためにすぎない。例えばコブ・ダグラス型生産関数として括ったとしても、関数は母数について非線型となり非線型推定法によらねばならない。なお各説明変数の符号条件は全てプラスである。

$$YMA = F[\rho \cdot KPMA_{-1}, \eta \cdot LMA, Y^0, \rho^{MA}]$$

(+) (+) (+) (+)

ρ : (資本の平均生産性の対全国比率)⁻¹
×(全国製造業業種別稼働率)
地域における製造業業種別稼働率の
代理変数

ρ^{MA} : 全国製造業稼働率

η : 製造業業種別就業時間指数(昭和50
年度を100とする指数)

YMA : 製造業業種別総生産

$KPMA$: 製造業業種別企業設備資本ストック

Y^0 : 国内総生産

3.3.2 建設業総生産の定式化

建設業総生産水準の決定に際しては、建設需要の約6割以上を賄っている公的固定資本形成の影響が大きいものと当初想定して、需要要因のみによる説明を試みたが、符号条件、有意水準の条件を満足せず採用することができなかった。そこで需要要因として生産年齢人口を、供給要因として就業者数を、説明変数に用いて定

式化した。今後も直接、公共投資を説明に用いる試みは継続すべきであるが、現段階で適切な関数が得られない場合は、建設業に対する民生需要とも公共投資の増加要因とも解釈できる変数(例えば人口)で代用することにした。なお本定式化においても、符号条件はすべてプラスである。

$$YCN = F[A(\lambda \times N), LCN]$$

(+) (+)

λ : 生産年齢人口比率(50~64歳人口
の全人口に占める割合)

YCN : 建設業総生産

N : 人口

LCN : 建設業就業者関数

$A(\lambda \times N)$: 生産年齢人口の増分

3.3.3 第三次産業総生産の定式化

第三次産業総生産の定式化においては、需要要因のみによる説明を行った。需要要因として取り上げた変数は、民生需要を表すための民間最終消費支出と産業用需要を表すための他産業総生産(農林水産業、鉱業、製造業、建設業の総生産)である。但し広島県の第三次産業は、中国地域全体の小売業に対して卸売的機能も果たしており、この点を考慮して、先の説明変数に加えて中国地域他4県の第三次産業総生産を説明変数として採用している。なお他県の第三次産業総生産は、距離の逆数を重みとする加重平均を行い一括りにした上で、説明変数として用いている。これら説明変数に関する符号条件も全てプラスとなっている。但し、距離としてあてはめたものは、昭和60年における鉄道営業距離であって定数である。距離については鉄道以外の交通体系の存在も考慮した上で、時系列データの整備を図ることが望ましい。

$$YTER = F[CP, (YAF + YMI + YMA) + YCN], \Sigma_i(\omega_i YTER_i)]$$

YTER : 第三次産業総生産

CP : 民間最終消費支出

YAF : 農林水産業総生産

YMI : 鉱業総生産

YMA : 製造業総生産

YCN : 建設業総生産

ω : 距離の逆数に基づく重み

3.4 就業者関数

就業者関数も労働市場における誘導型として定式化した。需要関数のシフト要因としては全国型企業の行動を想定し、変数の加工を行った。但しここに言う全国型企業の行動とは、生産物一単位当たりの労働投入量あるいは資本労働比率を、全国平均水準の動きに合わせて調整するというものである。これに対し地域型企業による需要要因としては、当該地域の生産水準を当てはめている。全国型、地域型混合している就業者関数は島根県素材産業、地域型になっている就業者関数は島根、岡山県を除く電気機械、全県の建設業、全県の第三次産業であり、その他の就業者関数は、全国型企業の行動による説明変数を採用したものとなっている。その一方、供給関数のシフト要因としては、生産年齢人口を用いているが、これは就業者関数 30本の全てに対し、有意な説明変数となっている。なお本関数の説明変数の符号条件も全てプラスである。

$$L = F[L^0/Y^0] \times Y, Y, \eta \times N, L_{-1}]$$

L : 当該業種就業者数

L⁰ : 当該業種全国就業者数

Y⁰ : 当該業種全国総生産

Y : 当該業種総生産

$\eta \times N$: 生産年齢人口

4 内挿シミュレーション

中国地域計量経済モデル（バージョン I）を用いて、昭和 50~56 年度の公共投資水準を実績の 1%増加させるという内挿シミュレーションを実施した。バージョン I において用いている目的別社会資本ストックは、産業基盤社会資本ストックのみであるので、公共投資の増加は専ら産業基盤社会資本の整備を通じて、モデルに影響を与えることになる。ここで産業基盤の整備というインパクトに対して、モデルがどのような反応を示すかを追跡してみよう。公共投資の増加によって産業基盤社会資本ストックが増加すると、その地域に対する企業設備投資が誘発され、製造業の生産能力拡大が起こる。生産能力の拡大によって生産水準の増大、就業機会の拡大、就業者数の増加が引き起こされ、人口一人当たりの所得増大につながる。さらに人口一人当たりの所得増大によって転入が増加し転出が減少し、人口の増加が起こる。製造業総生産の拡大、人口の増加は労働供給の増加と建設業、第三次産業の生産拡大を引き起こし、人口一人当たりの所得拡大に貢献する。これは新たな社会増を引き起こし人口増につながる（図 4.1 参照）。

公共投資実績の 1%増大が、金額的にどの程度になるかは表 4.1 に示すとおりである。これによると、このシミュレーションにおいては、中国地域全体で約 22 億円ずつ 5 年間にわたる公共投資拡大が起こることを、想定していることになる。このインパクトについて行った中国地域計量経済モデル（バージョン I）のシミュレーション結果は、最終テスト値との平均乖離

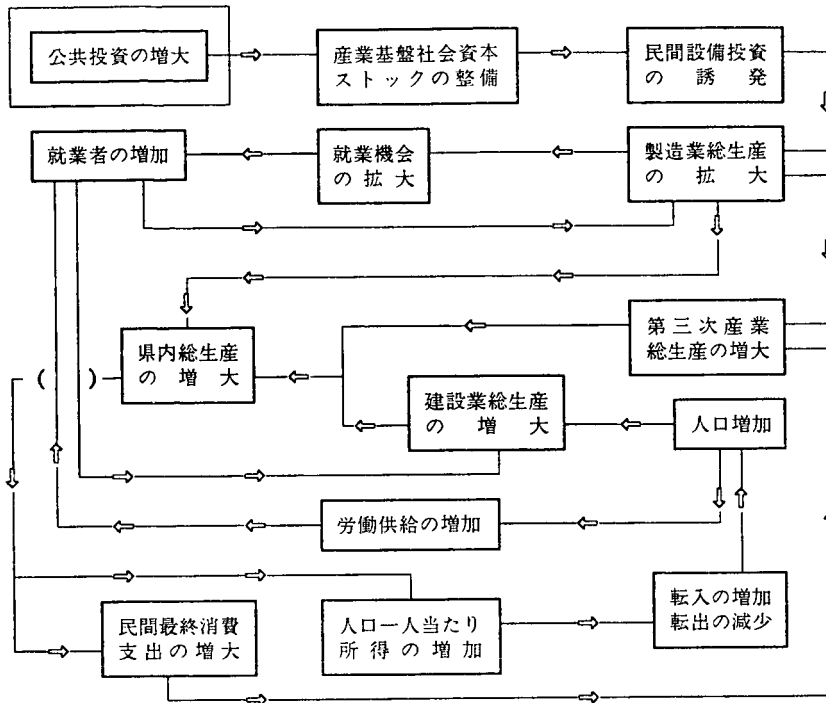


図 4.1 公共投資増加の影響波及

表 4.1 産業基盤公共投資増加額の推移 (億円)

年 度	昭和50	51	52	53	54	55	56
鳥 取	1.758	1.758	2.415	3.479	2.960	2.458	2.397
鳥 根	2.463	2.167	3.113	3.157	4.755	3.862	4.177
岡 山	4.999	3.514	4.506	4.451	5.148	5.196	4.549
広 島	6.967	5.798	5.846	7.157	8.722	7.401	10.369
山 口	4.145	3.766	4.189	6.121	6.733	4.860	5.641

幅、平均乖離率として、表 4.2 に示されている、乖離率の数値は、公共投資 1% に対してそれぞれの項目が何%変化するかを示しているので、弾力性として読むこともできる。

本表によれば、中国地域全体で人口が約 1,500 人、製造業就業者が約 400 人、就業者全体では約 1,300 人、製造業総生産が約 40 億円、全業種で約 120 億円、製造業設備投資が約 70 億円、民間最終消費支出が約 50 億円の増加を示している。乖離幅によって山陰、山陽の比較を行うと、山陽側への影響が大きいことがわか

るが、乖離率でみた場合むしろ逆で、建設業就業者数を除く全ての項目について、山陰側の反応が強いことがわかる。山陰地方の乖離率が山陽地方のそれに比べ顕著に大きいものを列举してみると、人口約 3 倍、転出約 6 倍、製造業就業者約 3 倍、第三次産業就業者約 2 倍、第三次産業総生産約 2 倍となっている。社会増と就業者増のバランスは、山陰地方において 316 人の社会増に対し、393 人の就業者数増加、山陽地方において 314 人の社会増に対して 951 人の就業者増加が発生しており、山陽地方の労働供給

表 4.2 産業基盤公共投資に関する内挿シミュレーションの結果

地域 項目	中国計		山陰地方		山陽地方	
	乖離幅	乖離率	乖離幅	乖離率	乖離幅	乖離率
人口	1.483	0.020	624	0.045	859	0.014
転入	395	0.193	182	0.182	213	0.127
転出	△ 235	△0.113	△ 134	△0.369	△ 101	△0.059
製造業就業者総数	407	0.046	130	0.098	277	0.037
建設業就業者	179	0.047	38	0.046	141	0.047
第三次産業就業者	758	0.039	225	0.061	533	0.034
製造業総生産	44.240	0.118	7.535	0.192	36.705	0.110
建設業総生産	13.894	0.156	3.711	0.209	10.183	0.143
第三次産業総生産	60.045	0.087	16.342	0.150	43.203	0.075
製造業設備投資	67.712	0.800	5.638	0.967	62.074	0.788
民間最終消費支出	50.956	0.084	12.551	0.124	38.405	0.076
大口電力需要	49.917	0.169	—	—	—	—

(注1) 乖離幅の単位は1億円, 人, 100万kWh, 乖離率の単位は%, △はマイナスを表す。

(注2) 平均乖離率: シミュレーション期間内において, 各期のシミュレーション結果と最終テスト結果の乖離幅を最終テスト結果で割った比率を平均したものの。

$$\frac{1}{7} \sum_{t=50}^{56} \frac{[t \text{期シミュレーション結果} - t \text{期最終テスト結果}]}{t \text{期最終テスト結果}}$$

にかなり余裕があることを前提としない限り反応に問題が有ると言えそうである。就業者増に関しては, 山陰地方の建設業就業者の伸びが少ない点, 第三次産業の就業者が製造業就業者の約2倍増加している点が興味深い。一方総生産の増加については, 山陰地方の第三次産業に製造業の約2倍の伸び(これは就業者の伸びに対応)が起こっているが, 山陰地方においては約1.2倍の伸びが発生しているに過ぎない(就業者の伸びに対応していない)。中国地域全体について, 公共投資の総生産に対する乗数を求めてみると約5(公共投資の伸び22億円に対し, 総生産の伸びは118億円)となっており, かなり高めの数値となっている(参考文献9の156ページ参照)。また電力需要については, 製造業総生産の乖離率0.118と大口電力需要の0.169から総生産に対する弾力性が1より大きくなっていることがわかる。この点についても今後検討する必要がある。

5 結 語

中国地域計量経済モデル(バージョンI)は, 全国経済動向と関連させながら, いかに関域の中期経済予測を行うかという観点から, 構築を行ったものである。このために, 外生変数としてマクロ経済の動向を表す変数を, 積極的に導入した。その成果は, 民間企業設備投資関数, 就業者関数, 生産関数の定式化に現れている。全国指標は, 設備投資関数, 就業者関数においては全国型企業の行動指標として, また生産の決定においては需要関数のシフト項として導入されている。

中国地域計量経済モデル(バージョンI)によるシミュレーション分析からは, 産業基盤社会資本ストックを生産関数の説明変数として取り扱わなくても, 公共投資が地域経済に及ぼす影響の評価が可能であることがわかった。

社会資本ストックを生産関数の説明変数として取り扱い, 社会資本整備の生産活動に対する貢献度を分析することは, 生産関数の範囲で議

序

本研究は全国9地域計量経済モデルに関する研究の一貫をなすものであり、地域計量経済モデルの構築を通じて、地域経済の産業構造とその中期的将来展望を明らかにすることを目的としている。

地域経済は従来、全国経済動向にほぼ比例して順調な発展を続けてきたが、2度にわたる石油危機以降、業種構成等の地域特性に応じて、様々な跛行性が生じており、その解消は国や地方自治体において、産業政策上重要な課題となっている。なかでも製造業に関しては、業種間および地域間において、跛行性が顕著であり、電力需要の地域的跛行性を引き起こす原因となっている。このため地域密着型産業である一般電気事業者は、電力の需要想定に際し、従来のように全国の将来展望を参考とするだけでなく、地域経済の特殊性も加味した新たな分析基盤の確立を迫られている。

従って、このような状況下で地域経済の産業構造に関して定量的な分析を進めることは、地域及びその代表的企業である電気事業者のニーズにも合致しており、その意義は極めて大きいと言えよう。

今回の報告では、本研究の最初の試みとして中国地域を取り上げ、計量経済モデルの構築を行った（以後、中国地域計量経済モデル（バージョンⅠ）と呼ぶ）。対象地域として中国地域を取り上げたのは、以下に述べるように同地域が業種間格差と地域間格差の顕著な地域であり、業種間および地域間の跛行性に関する分析を進める上で、適切な地域であると判断したためである。

①基礎素材産業を中心とする製造業の比重が

高い山陽地方と、軽工業、農林水産業の比重が高い山陰地方の対象的な2地域を擁している。

②山陽地方の既存工場設備は、昭和30年代の高度成長期に建設されたものが多く、最近では老朽化も目立っている。その一方で、近年全国的に生産の伸びが著しい電気機械工業については、新規設備投資にかなりの立ち遅れが認められる。

従って中国地域の分析にあたっては、産業構造のなかで特に製造業の業種構成に注目し、業種間格差と地域経済の跛行性との関係を分析することが重要である。中国地域計量経済モデル（バージョンⅠ）はこの目的のために、製造業を素材、機械、電気機械、その他の4業種に分割するなど生産面の取扱いに重点をおき、支出面の取扱いは最小限に止めた。また分配は分析の対象外とした。

本報告においては、第1章で全国経済の業種間跛行性、地域間跛行性および中国地域経済の最近の動向についてまとめる。第2章以降で今回開発した計量経済モデルが、中国地域経済の特徴を反映するためにどのような構成をもっているかについて整理する。まず第2章では中国地域計量経済モデル（バージョンⅠ）の概要について整理し、第3章で本モデルにおける人口、総生産、設備投資、就業者の取扱いがどのようなものであるかについて説明を行う。第4章においては、以上のような定式化の下で公共投資の影響がどのように現れるかを検討する。第5章では今回の地域計量経済モデル開発の試みについて整理したうえで、今後の課題についてまとめる。

論する限り意義あるものであることは言うまでもない。しかし、計量経済モデルによる分析のようにモデルの体系を解くことによって効果の把握を試みる立場に立つ時には、評価が分かれるように思う。このような定式化の方程式を、計量経済モデルの構造方程式として採用するならば、社会資本の総生産に対する影響の大きさは、体系を解かなくても生産に対する限界係数として現れているからである。また生産関数の推定に際しても、2つの資本ストックの係数の大小関係の妥当性について、簡明な説明を行うことは、必ずしも容易ではないからである。たとえ民間資本ストックの係数が、社会資本ストックの係数より大きいという条件を設けたとしても、どの程度大きければ妥当なのかに関する判断を行うために、かなりの経験を必要とすることになる。

内挿シミュレーションをおこなった結果、モデルの反応にはまだいくつか検討を要する点の存在することがわかった。従って、中国地域に関する他の分析との比較検討や経済事情に関する研究も合わせて行うことにより、モデルの構造をより信頼性の高いものに調整していく必要がある。また電力需要は、中国地域全体の製造業大口電力として付録的にしか取り扱われていないが、その反応についてさえ、総生産に対す

る弾力性が1より大きく、まだ検討の余地があるようである。主要経済指標間の構造の調整が終わりしだい、その充実も図るべきであろう。

参考文献

1. 江沢譲爾，金子敬生編「地域経済の計量分析」勁草書房，昭和48年12月
2. 川下晴久「昭和50年代の中国地方設備投資動向」『産業立地』日本立地センター，昭和57年7月
3. 日本経済研究センター編「経済分析のためのデータ解説」日本経済新聞社，昭和58年6月
4. 河邊 宏「西暦2000年までの都道府県別人口推計結果について」『産業立地』日本立地センター，昭和59年12月
5. 小手川義光「最近の地域動向とその課題」『産業立地』日本立地センター，昭和59年12月
6. 中馬正博，松浦良紀「地域計量経済モデルの構築〔中国地域計量経済モデル（バージョンI）の構成〕」『電力中央研究所報告』研究報告：585004，昭和60年9月
7. 松浦良紀「地域計量経済モデルの構築〔中国地域計量経済モデル（バージョンI）による予測シミュレーション〕」『電力中央研究所報告』研究報告：585005，昭和60年7月
8. 大河原透，松浦良紀，中馬正博「地域経済データの開発 その1」『電力中央研究所報告』研究報告：585003，昭和60年8月
9. 森 一夫「日本の経済予測」東洋経済，昭和51年10月

（ちゅうま まさひろ）
経済部
社会環境研究室

<海外事情紹介>

経営面からみたアメリカ原子力発電不振の原因

キーワード：米国，電気事業会計，建設中
子（AFUDC），原子力発電

廿日出 芳 郎 関 口 博 正

〔要 旨〕

1970年代以降のアメリカにおける原子力発電プラント建設が不振であるのは、その建設コストの著しい高騰によることはいうまでもない。ここでは、電力会社の経営や会計制度面からこのコスト上昇の原因を解明している。

アメリカの電気事業に独特の会計制度上、建設コスト上昇にもかかわらず、建設期間中は、低料金を維持しつつ、会社利益を計上できるという仕組みがある。

この仕組みの中心は、AFUDC（自己資本利子分）の計上とその取り扱いであり、この仕組みによって、当初はプラント建設が順調に進み、最近に至るまで問題が表面化しなかった。

本稿では、この仕組みを明らかにするとともに、現実にはそれが電力会社の安易な経営をもたらし、建設コストの急上昇につながったという事情とアメリカ原子力再生への問題点を解明している。

1. はじめに
2. 建設コスト高騰の背景と仕組み
3. 建設コスト高騰の実態とその影響
4. アメリカ原子力再生への問題点

1. はじめに

1970年代初め以来、アメリカ原子力産業は行きづまってきているが、最近でも原子力発電所の建設コストはますます高額なものとなり、建設途中でキャンセルされるプラントも跡を絶たない。

こうした現状について、「アメリカの原子力発電計画の失敗は経営史上最悪のもの」とか、「この失敗は、計画を実行した電力産業とそれを許したアメリカの自由企業体制にとっての敗北である」といった厳しい批判が米国内において行なわれている。

アメリカの原子力発電にとっての最大の問題

は、いうまでもなくプラント建設コストの高騰であり、それに伴う発電コストの上昇である。

たとえば、新規に完成する原子力発電プラントの中には建設コストがkW当り4,000～5,000ドルのものがあり、その結果、発電コストが1kWh当り20セントに迫るものも出ているといわれる。このため、諸外国においては低コスト・エネルギー源である原子力が、アメリカでは高コストのために、他の競合エネルギーに対して競争力を失いつつある。

アメリカにおける原子力プラント建設コストの高騰の原因について様々議論されている。たとえば連邦原子力規制委員会（NRC）の規制の

あり方もその一因とされ、とくに TMI 事故以後、同委員会が行なった規制強化・変更が建設コスト上昇に与える影響は大きいといわれる。また、メーカーやエンジニアリング会社の側に建設コスト高騰の原因を求めることもできよう。

しかし、技術そのものは、アメリカの原子力の成否をきめた主な要因とは言い難い。ちなみに、米国企業が海外で原子力プラントを建設する場合のコストは、米国でのコストの 1/3 から 1/4 であるといわれるからである。

そこで、本稿においては、電力会社の経営とそれを規制する会計制度の問題を中心にして、このようなコスト高騰の原因を検討する。そして、この検討を通して、アメリカの電力会社経営をめぐる問題が、原子力プラント建設コストの高騰に大きく関わっていることを明らかにしたい。

2. 建設コストの高騰の背景と仕組

アメリカの原子力発電の行きづまりに関連して、電力会社の責任が問われるのは次の点である。すなわち、電力会社はコストがいくら上昇しても料金引き上げによってコストをつぐなう収入が確保できると考え、安易に原子力開発計画に着手したという点である。

たしかに、当初は、原子力発電プラントの価格も一基当たり 2 億から 3 億ドルであり、高額ではあるが会社にとって過大な負担にはならなかった。しかしその後、プラント価格が大幅に高騰したので、会社は料金の大幅な値上げや資金不足などの大きな問題を抱えることになった。

アメリカの場合、この建設コスト高騰の料金への影響は大きく、たとえばある試算によると現在建設中の原子力発電プロジェクトに参加し

ている電力会社の半数は、その完成後に 20% 以上の料金アップを必要としているといわれ、またなかには 50% 以上のアップの必要な会社もある程である。

もちろん、このような大幅な値上げは地域経済に大きな影響を与えるものであり、その実施は容易でない。

こうした料金引上げをめぐる生じている様々な問題や会社が直面している苦境などについては、後に述べるとおりであるが、いずれにしても、こうした事態をひきおこしたのは原子力発電計画におけるコスト高騰に他ならない。

その限りでは、これを推進したアメリカの電力会社の経営姿勢に責任があることは否めないが、その背景にアメリカ電力産業に独特な会計制度があることも見落せない。この制度の下では、建設コストの上昇にも拘らず、建設期間中は、低料金の維持と会社利益の計上とを両立できる仕組があり、そのために問題が容易に表面化せず、会社の対応を遅らせる結果となったのである。

その仕組の中心は「自己資本利子」である。建設に投下した自己資本に対し、一定利率をかけた「自己資本利子」を想定し、これを建設仮勘定の中に資産として計上する。同時に、この計算上の利息は、あたかも当期収入のように扱われる。

そしてこの単なる計算上の利息がしばしば会社の利益のかなりの部分を占めることになる。

他方、建設仮勘定は原則として、レート・ベースに含まれず、当面、料金への影響はない。

すなわち、会社は建設中に、現金収入の裏付けがない利益を計上しておき、現金収入の方はプラント完成後に料金引上げによって入ってくるという仕組である。

この会計の仕組にも、一定の合理的な根拠があるのではあるが、現実には、インフレーション、高金利、工事遅延など重なる悪条件の下での建設コスト高騰によって大きな誤算をもたらしてしまった。

電力会社は、プラント完成後の料金引上げを当てにして現金収入の裏付けのないいわゆるペーパー・プロフィットを計上しつづけ、配当支払いをつづけた。

この過程で、一部の会社は、現金不足になり、黒字倒産に近い状況に陥ったが、その場合、会社はしばしばプロジェクトの中止を余儀なくされる。もちろん、建設中止によってそれ迄に投下したコストの回収が不可能になるばかりでなく、それ迄計上してきた利益の一部の実現すら見込みが立たなくなる。

他方、プラント完成にこぎつけた会社も、別の難問に直面することになる。完成後、この制度の下で認められる筈の料金値上げが、意外な困難に出合うのである。まず値上げ幅が余りにも大きいため、各州の規制委員会がさまざまな制約を加えて値上げ抑制を行ない、また、この問題をめぐり、いくつかの訴訟がすでに生じている。

事態の悪化をここまで放置したアメリカの電力会社にも問題があるが、こうした放置を可能にしたのは、アメリカの各州規制委員会とその下で行なわれた会計実践に他ならない。

通常、ある企業（営利事業）が工場を建てた場合、借入債務から生じる利息費用は期間費用として処理され、損益計算書上、支払利息として表示される。

電気事業会計ではこのような処理はされない。規制委員会によれば、今日の需要家は明日の電力に係る利息費用を支払うことを要求され

るべきではないというのである。

規制委員会の議論に従えば、電気事業では利息を費用処理することはせず、次のような処理を行う。すなわち、平均資本コストを基礎としてプロジェクト投資額から利息費用を計算し、当該額を資産化（すなわち投資額に加算）する。プロジェクト投資額は借入資本のみならず、自己資本も含む。従って利息費用には自己資本利子が含まれることに注意すべきである。利息費用資産化の相手勘定は、現金収入を伴わない貸方科目（non-cash credit）として損益計算書上 AFUDC (Allowance for funds used during construction；建設中利子)の科目で表示する。上記会計処理を行う結果、利息費用相当額だけプロジェクトの原価を増加させると共に、建設中利子により報告利益を同額、増加させることとなる。

以上のことを、数値例で示そう。いま、借入金 10 億ドルのうち 8 億ドルをプラント建設に投じ、これに自己資金 8 億ドルを加え、計 16 億ドルが建設に投じられたとする。借入利率、平均資本とも 10% とすると、次のような手続きで、期末の建設仮勘定は、17 億 6,000 万ドルとなる。このうち特徴的なことは、自己資本利子を含む AFUDC (Allowance for funds used during construction) の存在である。自己資本部分に対応する金額は、プラント建設に投じた自己資本 8 億ドルに資本コスト 10% を乗じたもので、それが建設のための借入資金の支払利息とならんで、建設仮勘定に含まれている。

借 入 金		(単位：百万ドル)	
次 期 繰 越	1,000	現 金	1,000
支 払 利 息			
現 金	100	A F U D C	80
		損 益	20
	100		100
AFUDC (建設中利子)			
支 払 利 息	80	建 設 仮 勘 定	80
損 益	80	"	80
	160		160
建 設 仮 勘 定			
現 金	1,600	次 期 繰 越	1,760
AFUDC (支払利息)	80		
AFUDC (自己資本利子)	80		
	1,760		1,760
損 益			
支 払 利 息	20	AFUDC (自己資本利子)	80

損益計算書では、支払利息1億ドルのうち8,000万ドルが建設仮勘定に計上され、残り2,000万ドルのみが費用となる。この点はわが国の電気事業の方式とはほぼ同じであるが、ここでもAFUDC 8,000万ドルが、損益計算書に(営業外収入として)現われているのが特徴的である。この8,000万ドルは、収入とはいえ単に建設仮勘定の増加分に対応するにすぎず、現金の裏付けのある収入ではない。それは原則と

して、プラント完成後にレートベースに含まれることによって、将来現金収入として回収される予定のものにすぎない。

以上は第1年度に関するものであるが、第2年度以降について、その変化をみると次のとおりである。ここで、説明の便宜のため、第1年度に投じられた資金に関わる部分だけをフォローすることにする。

(第2年度)

建 設 仮 勘 定			
前期繰越 (初年度残高)	1,760	次 期 繰 越	1,936
第2年度 AFUDC (支払利息)	80		
" AFUDC (自己資本利子)	96		
	1,936		1,936

損		益	
支払利息	20	AFUDC (自己資本利子)	96

(第3年度)

建設仮勘定

前期繰越(第2年度末残高)1,936	次期繰越	2,129.6
第3年度 AFUDC (支払利息) 80		
" AFUDC (自己資本利子) 113.7		
2,129.6		2,129.6

損益計算書

支払利息	20	AFUDC(自己資本利子)	113.6
------	----	---------------	-------

このようにして、一度投資された16億ドルに関わる建設仮勘定は、毎年10%の複利で増えつづけるので、これ以上何も付け加えなくても、10年経てば41億5,000万ドルにふくれ上ってしまう。また、この仮勘定残高の増加にともなって、AFUDCの自己資本利子の部分も増加するが、この金額が毎年の損益計算書に収入として計上されつづける。そして会社によってはAFUDCがその純利益の大半を占めたり、あるいは純利益を上回ることがあるといわれる。後者のような極端なケースでは、実質は赤字であり、AFUDCという将来に見込まれるにすぎないものを当期収入に含めて、形の上で黒字になっているのである。

このような会計実践の下では、建設中における会社の収支を実態以上に良い状態に見せ、場合によっては、実質上の赤字決算を見掛け上の黒字にすることにもなる。しかも、この間、原則として料金への影響はなく、こうして、問題はプラント完成後まで先送りにされるのである。

利息を損益勘定に振替えず、資産化する処理を採用すれば、建設費は非常に高額なものとなる。従って、新たな原子力発電設備が完成し、レート・ベースにこれが算入された場合、電気料金の急激な上昇をもたらす。もっとも、電気料金に与える影響の度合は発電設備額の大きさだけでなく、電力会社の規模によっても左右される。規模の大きな電力会社にとっては巨額の原子力発電設備も大した負担とはならないが、小さな電力会社にとっては負担が大きい。

3. 建設原価高騰の実態とその影響

以上のような仕組みの下で、アメリカの原子力発電所建設コスト高騰の実態とその影響はどのようなものであろうか。85年2月にForbes誌は、この問題を本格的に扱った記事を掲載しており、そのくわしい実態を紹介している⁽¹⁾。以下では、その記事によりつつ、その後の動きも含めて、実態の概況を述べることにする。

各プロジェクトについての調査結果をまとめ

(1) "Nuclear Follies", *Forbes*, February 1985

た一覧表を示しておこう。

この原子力発電プロジェクトのリストは、kW 当り建設コストの高い順に配列されている。目安として 2,400 ドル/kW よりもコストの高いプラントは、石炭火力発電との競争力がないものとみると、36 のプロジェクトのうち 24 がこれに含まれる。

原子力発電プロジェクトは1社のみで行われることよりも2社以上の共同事業で行われる方がふつうであり、4～5社以上が参加するケースも珍しくない。

これらのプロジェクトに参加するもののうち民間の電力会社 60 社について、建設コストの電力料金への影響を試算しているが、それによると、プラント完成後、20% 以上の料金アップを必要とする会社は 30 社、50% 以上の会社が7社もあるという結果になっており、一つの原子力プラントの建設費が、会社全体の発電コストを大きく左右していることを示している。

プラント建設費の高騰の原因となる建設中利子 (AFUDC) の実態をみることにする。

工期が長びくにつれ、建設中利子は電力会社利益の主要項目となり、たとえば、Long Island Lighting Co. (Lilco) では利益の 100% を建設中利子が占めている。同様に Kansas Gas & Electric 社では利益の 113% の建設中利子が計上され、Public Service of New Hampshire (PSNH) 社では 126% が計上されている。このように建設中利子の計上が多額となる企業は、外見上は健全な企業経営を行っているようであるが、これら企業の計上する利益は単なる計算上の利益 (paper profit) であり、支払資産の裏付けを有しないのである。このような企業では建設資金の調達に苦心せざるを得なくなり、健全な資金繰りをゆがめることとなる。

ウォールストリート証券会社 Donaldson, Lufkin & Jenrette (DLJ) 社では各社の発電設備額に占める建設中の原子力発電プラントの割合を算出している。それによれば、PSNH 社では 78%、El Paso Electric 社で 75%、Louisiana Power & Light 社及び New Orleans Public Service 社で 64%、Kansas City Power & Light 社及び Union Electric 社で 50%、Toledo Edison 社で 49% となっている。建設仮勘定 (CWIP) は原則としてレート・ベースには算入されないから、料金収入を産む資産は、ほぼこれを除いたものということになる。“料金収入 (cash) を生み出す資産が半分しかないような電力会社は支払能力があるとは言えない”と DLJ の Christopher Young は言う。現在多くの州で建設仮勘定の一部がレート・ベースに算入されている。従って建設仮勘定も多少は収益を生み出しており、多くの電気事業がキャッシュ・フロー問題の解決に役立ててはいる。しかし、建設仮勘定のレート・ベース算入割合は高々 20% であり、たとえこれが 25% に引き上げられたとしても、事態の解決にはさして役立たないだろう。それでも電力会社は建設仮勘定をレート・ベースに算入する割合を高めたいとするが、規制委員会はそれを認めたがらず、ワシントン州では最近レート・ベースに建設仮勘定を算入することを禁じてしまっている。

こうした建設費の高騰は、プラント完成後の料金引上げをもたらず。例えば Niagara Mohawk 社にとっては 51 億ドルの Nine Mile Point 発電所が稼働しても 19% の料金値上げをすれば良い。しかし、Union Electric 社では 30 億ドルの Collaway 発電所のために 41% の電気料金値上げをしなくてはならないのであ

る。

料金に与える影響を緩和するために、段階的料金値上げを考えるとところもある。例えば、Kansas Gas & Electric 社、Lilco 社がそれを考慮中であり、Connecticut 社でも Millstone 3号機及び Seabrook 1号機のために同様の措置を講じようとしている。

さらに、建設原価のレート・ベース算入そのものが、規制委員会によって制限されるケースも現われ始めている。それによれば、原子力発電所が運転可能 (usable) なもの、すなわち実際の需要に見合った発電所でない限り、レート・ベース算入は認められないのである。

例えば 84 年 8 月にはペンシルバニア州公益事業委員会は Susquehanna 1号機 (Pennsylvania Power & Light 社) の原価 2億8,700 万ドルについて容量過多であるとしてレート・ベース算入を許可しなかった。2号機が近く運開の予定であるが、これについてもレート・ベースに算入出来る見込みはないだろう。

一方、テキサス州公益事業委員会では Allen Greek 計画 (Houston Lighting 社) のキャンセルはあと 2年早めるべきであったとしてレート・ベース算入を不許可とした。しかも、まずい経営に対する罰として同社の認可済報酬率を切り下げてしまった。

ニューヨーク州公益事業委員会では Shoreham 発電所 (Lilco 社) の原価 15 億ドルは皆さんの経営によるものだとして、レート・ベース算入を許可しない方針であるといわれたが、結局、会社破産の危険回避のため値上げを認めざるをえなかった。

しかし、こうしたレート・ベース算入には、さらに別の関門がある。

Grand Gulf 1号プラント建設コストに関わ

る Mississippi Power and Light Co. の持ち分に関して州公益委員会が 14% の料金値上げを認めたが、これに対して 85 年 10 月に司法省が州最高裁に訴えをおこしている。その理由は、主に州公益委員会の手続上の問題といわれているが、このための値上げ遅延によって会社の建設費調達にも支障をきたすおそれが生じている。

レート・ベース算入を認められないことも経営者には痛手であるが、建設計画完成前における資金不足からは、さらに困難な事態が生じている。Consumers Power (CP) 社、Lilco 社、Public Service of Indiana (PSI) 社、PSNH などはその例である。

計画を 1/3 から 1/2 遂行してしまったり、電力会社は未完成のプラントを帳簿からはずす余裕がなくなる。ところが、これらの会社は、建設資金が足りないという認識を欠き、或いはそれに気づくのが遅すぎたため、建設計画中止のタイミングを失ってしまったのである。

建設途中で資金不足に陥った場合、残された唯一の方法は、株式の配当をやめることしかない。この場合について、あるアナリストはつぎのように述べている。

“一度配当をやめたら、会社は資本市場から締め出され、普通株式も優先株式も発行出来ず、わずかに社債を発行するのみとなるだろう。そうなれば建設資金の調達が十分出来ず、計画は断念しなければならない。しかも、州公益事業委員会が投資価値を評価しない場合には既投資額を廃棄処理しなければならず、それは巨額な廃棄となるから、電力会社を破産の危機に追い込むことになるだろう”

現実にもこのような問題は生じている。たとえば、Washington Public Service Supply で

は建設中の原子力発電所 2 基の作業を中止し、他の 2 基をキャンセルした。そのため、キャンセル分に係る社債 22 億ドルが債務不履行となったことは記憶に新しい。しかし、キャンセルそのものの例は少ないが、地方公共団体などの共同事業としてのこの WPSS のケースは別として、電力会社の破産は現実には生じていない。

たとえ破産しても、電力会社が操業を中止することはできず、また、その周囲に与える影響も大きい。すなわち州は税収を失ない、失業者をかかえることになる。また、年金基金を電力会社社債に投資している州では年金基金が危険にさらされることにもなる。たしかに、破産により債務を帳消にすれば企業は身軽になる。実際、Lilco 社や PSNH 社も債務の重圧がはずされれば生存し得るのである。しかし、破産は現実的でなく、その回避が必要である。

そこでニューヨーク州公益事業委員会では、前述のように、Lilco 社の破産回避のために同社に料金値上を命じた。また、CP 社の破産回避のために大口需要者が値上げ案に賛意を示している。このように大口需要者は料金支払時期を早め、建設業者は支払猶子に依るなど、周囲の協力によって経営上問題ある電力会社もなんとかやり繰りして、破産をまぬがれているというのが現状である。

電力会社が破産することで債務を帳消にする途の他、企業再生の途としては訴訟を起こす手も残されている。料金を通して投資が回収されなくなった場合、法廷を通じて投資を回収する方法である。

Dow Chemical 社は CP 社を相手どり、6 千万ドルの訴訟を起こしている。Midland 1 号機がキャンセルされたことに伴うコージェネ設

備への投資損失を回収しようとしている訳である。これに対し CP 社はコージェネ設備の Dow Chemical 社請負部分について、設備設置義務を怠っているとして反訴を提起している。

Houston Lighting & Power (HL & P 社) では、Brown Root (BR) 社が South Texas 発電所計画において手落があったとして BR 社を訴えている。オースチン市は HL & P 社が BR 社の経営能力について虚偽陳述を行ったとして HL & P 社を訴えている。更に BR 社も HL & P に対して訴訟を起こしているのである。

Wabash Valley 社でも Marble Hill 発電所への投資額 4 億 6,600 万ドルについて PSI 社に対する訴訟を起こしている。

あるコンサルタントはこのような事態を次のように説明している。電力会社は建設業者を訴えることは本心では望んでおらず、ただ、キャンセルされた発電所の支払期限を延長し、なんとか危機を乗り越えたいのである。

いずれにしても、現在の原子力発電所建設計画にけりをつけてしまえば、電力会社は、かつての収益力を再び回復するであろう。また、長期的にみれば、キャッシュ・フロー問題も解決するかもしれない。だが、アメリカの原子力発電所建設計画は高くつき、結局需要者が高い料金を支払わねばならない。原子力発電が全て完成すると、アメリカの電力料金は平均 5% 上昇すると試算されている。これが他に波及し、経済活力を喪失させることになるだろう。

4. アメリカ原子力再生への問題

原子力発電計画は、アメリカの電力産業にとって大きな重荷となっており、これに参加した

会社の多くは、その負担から逃れることに精一杯である。またそれは、アメリカの経済社会全体にも大きな負担となっているようである。これに関連して Forbes 誌の記事は次のように述べている。

“米国の原子力発電計画の失敗は、経営史上最悪のもので、その規模の大きさも、記録的である。

電力産業はすでに 1,250 億ドルをこれに投下し、そのうえ、80 年代末迄に 1,400 億ドルの追加資金が必要とされているが、その大半が成功とはいえないことは誰の目にも明らかである。

この失敗は、計画を実行した電力産業と、それを許したアメリカの自由企業体制にとっての敗北であるのみならず、アメリカの消費者と、アメリカ産業の国際競争力にとっての大きな敗北でもあった。

アメリカの電力産業は、宇宙計画 (1,000 億ドル) やベトナム戦争 (1,110 億ドル) よりも巨額の支出を、リスクを十分考えずに、行ってきたのである。しかも原子力は、諸外国では低コストのエネルギーだが、アメリカではますます経済性を失ないつつある”。

Forbes 2 月 11 日号の記事の書き出しにあるこの文章は、いく分誇張された表現ではあるが、アメリカの原子力発電の問題の深刻さを示している。たしかに当面、原子力発電は電力会社にも社会にも負担でしかないのであるが、今後、アメリカにおける電力需要の伸びに見合った供給力を維持する上で、原子力を全く無視することは、現実的ではない。その意味でアメリカ政府が原子力開発推進の政策を掲げているのは現実的、かつ適切なことである。しかしその具体策は許認可の迅速化、手続き簡素化といっ

た規制緩和の政策に沿ったものが中心である。もちろんこれらの規制緩和は原子力開発に必要不可欠であるが、それだけで十分とはいえない。

制度面でも指摘されたようにコスト高騰の原因となった AFUDC の存在も、依然残された問題の一つである。

AFUDC、とくにその自己資本利子に係る部分の存在自体には、一定の合理性が認められよう。それはアメリカ経済制度のなかで根強い株主の利益を尊重する思想からみて、根拠のあるものであろう。それは、資本を提供する株主の収益を保証するものに他ならない。建設仮勘定に含められた自己資本利子は、完成後レート・ベースに算入され、料金として回収されるからである。

しかし、同時にそれは、投資家のみでなく会社の経営者にも誤まった判断を与えてきた。仮勘定に含まれる AFUDC と同じ額が、損益計算書の収入として扱われ、ペーパー・プロフィットを生み出してきたからである。

こうした混乱は、会計制度上の AFUDC の扱いに起因するものであり、その改善が必要である。たとえば建設仮勘定に含まれる AFUDC に対応する金額が、損益計算書の収入としてではなく、バランスシートの引当金に現われるように改めることによって、こうした錯誤の大きな原因は取除かれることになり、大きく改善されることになる。

こうした改善により、正しい判断の下で経営者が効率的な投資に努めるようになれば、今後は、建設コストの際限ない上昇は避けられよう。それでもなお問題は残る。AFUDC の存在によって建設コストはそれだけ引上げられるが、その発電コストへの影響は、高額な設備費

を要する原子力発電に対してより大きい。その結果、原子力発電コストは、火力発電にくらべて、過大なものとなりがちであり、その経済性は十分に評価されないおそれがある。

アメリカの原子力開発にとって、もう一つの経営的問題は、電力会社の規模が原子力開発を行なうには小さすぎることであろう。最近では小規模会社のメリットも見直される他、原子力発電所の小型化が期待されてはいる。しかし、これ迄のところ、小規模会社のデメリットも目立っており、たとえば、一基の原子力発電プラント完成により、料金の数十パーセント値上げが必要となるケースも生じている。また群立する小規模電力会社では十分な能力を持った経営

陣が得がたく、今後複雑化していくエネルギー供給への責任ある対処も困難に直面するであろう。

以上のように、アメリカの原子力発電の不振は、わが国とは全くことなつた制度的経営的環境の下で生じてきたものである。その推進の障害要因は、単なる規制緩和のみでは容易に除去されず、アメリカ原子力発電の再生のためには、なお根本的な問題解決が必要とされるのである。

(はつかで よしろう
せきぐち ひろまさ)
経済部
経営研究室

「建設中の原子力発電プラントのリスト」

1984年1月現在

プラント名	電力会社	出資比率	工事会社	主幹事	メーカー	コスト (10億ドル)	設備容量 (1000MW)	kW当り コスト	コスト の増大 率	発注 年次	完成 予定	料金への 影響
Shoreham	Long Island Lighting Co	100%	Stone & Webster	Utility	General Electric	4.2	809	\$5,192	35%	1967	1985	53%
Midland 2	Convincers Power Co	100	Bechtel	Bechtel	Babcock & Wilcox	4.0	808	4,889	30	1968	Cancelled	47
Nine Mile Point 2	Niagara Mohawk Power Co NY State Electric & Gas Corp Long Island Lighting Co Rochester Gas & Electric Co Central Hudson Gas & Electric	41 18 18 14 9	Stone & Webster	Stone & Webster	General Electric	5.1	1,084	4,705	34	1971	1986	19
Beaver Valley 2	Duquesne Light Co Ohio Edison Cleveland Electric Illuminating Toledo Edison	42 24 20	Stone & Webster	Utility	Westinghouse	3.5	833	4,166	33	1971	1986	11
Seabrook 1	Public Service of New Hampshire United Illuminating Massachusetts Municipal Wholesale Power Co New England Central Maine Co Connecticut Light & Power Others	36 18 12 10 6 4 14	United Engineers & Constructors	New Hampshire Yankee	Westinghouse	4.5	1,150	3,913	36	1972	1986	25
Zimmer 1	Cincinnati Gas & Electric Columbus & Southern Ohio Electric Co Dayton Power & Light	40 29 31	Sargent & Lundy	Henry J Kaiser Co	General Electric	3.1	810	3,827	35	1969	Cancelled	27
River Bend 1	Gulf States Utilities Co Caplan Electric Power Coop	70 30	Stone & Webster	Stone & Webster	General Electric	3.6	940	3,805	24*	1972	1985	26
Limerick 1	Philadelphia Electric Co	100	Bechtel	Bechtel	General Electric	3.8	1,055	3,402	31	1969	1985	33
Hope Creek 1	Public Service Electric & Gas Atlantic City Electric Co	95 5	Bechtel	Bechtel	General Electric	3.8	1,067	3,561	24	1969	1986	25
Harris 1	Carolina Power & Light North Carolina Eastern Municipal Power Agency	84 16	Ebasco	Daniel Intl	Westinghouse	3.0	900	3,333	26	1971	1986	28
Millstone 3	Northeast Utilities New England Power Co Montaup Electric Co United Illuminating Co Public Service of New Hampshire Central Maine Power Others	65 12 4 4 3 2 10	Stone & Webster	Stone & Webster	Westinghouse	3.8	1,150	3,326	31	1973	1986	27
Clinton 1	Illinois Power Co Soyland Power Coop Western Illinois Power Coop	82 10 8	Sargent & Lundy	Baldwin Associates	General Electric	3.1	950	3,305	25*	1973	1986	58
Vogtle 1, 2	Georgia Power Co Oglethorpe Power Corp Municipal Electric Authority of Georgia City of Dalton	46 30 23 1	Southern Services/Bechtel	Utility	Westinghouse	7.2	2,200	3,273	34*	1971	1987-'88	11
Perry 1	Cleveland Electric Illuminating Co Ohio Edison Co Toledo Edison Duquesne Light Co Pennsylvania Power	31 30 20 14 5	Gilbert	Utility	General Electric	3.9	1,205	3,270	30	1972	1985	18
Marble Hill 1, 2	Public Service of Indiana Wabash Valley Power Assn	83 17	Sargent & Lundy	Utility	Westinghouse	7.0	2,260	3,097	50	1974	Cancelled	120
Fermi 2	Detroit Edison Co Wolverine Power Supply Coop	83 17	Utility	Daniel Intl	General Electric	3.4	1,100	3,068	31*	1968	1985	22
Washington Nuclear 2	Washington Public Power Supply System	100	Burns & Roe	Bechtel	General Electric	3.4	1,100	3,045	—	1971	1984	—
South Texas 1, 2	Houston Lighting & Power Co City Public Service of San Antonio Central Power & Light Co City of Austin	31 28 25 16	Bechtel	Ebasco	Westinghouse	7.5	2,500	3,000	27	1973	1987-'89	12
Grand Gulf 1	Middle South Utilities South Mississippi Electric Power	90 10	Bechtel	Bechtel	General Electric	3.4	1,250	2,724	46*	1972	1985	20
Callaway 1	Union Electric Kansas Gas & Electric Co	100 47	Bechtel	Bechtel	Westinghouse	3.0	1,150	2,609	37	1973	1985	42
Wolf Creek	Kansas City Power & Light Co Kansas Electric Power Coop	47 6	Bechtel/Sargent & Lundy	Daniel Intl	Westinghouse	2.9	1,150	2,522	32	1973	1985	62
Waterford 3	Louisiana Power & Light Co	100	Ebasco	Ebasco	Combustion Engineering	2.7	1,104	2,473	21	1970	1985	18
Diablo Canyon 1, 2	Pacific Gas & Electric	100	Utility	Utility	Westinghouse	5.4	2,190	2,466	34	1966-'68	1985-'85	25
Palo Verde 1, 2, 3	Arizona Public Service El Paso Electric Co Southern California Edison Public Service of New Mexico Salt River Project SCA Public Power Authority	29 16 16 10 23 6	Bechtel	Bechtel	Combustion Engineering	9.3	3,810	2,441	37	1973	1985-'86, '87	56
Bellefonte 1, 2	Tennessee Valley Authority	100	Utility	Utility	Babcock & Wilcox	5.7	2,664	2,134	40	1970	1989-'91	—
Susquehanna 2	Pennsylvania Power & Light Co Allegheny Electric Coop	90 10	Bechtel	Bechtel	General Electric	2.2	1,050	2,095	31	1968	1985	29
San Onofre 3	Southern California Edison San Diego Gas & Electric Co City of Anaheim City of Riverside	75 20 3 2	Bechtel	Utility	Combustion Engineering	2.3	1,100	2,045	40*	1970	1984	7
Byron 1, 2	Commonwealth Edison	100	Sargent & Lundy	Utility	Westinghouse	4.2	2,240	1,866	39	1971	1985-'86	16
Braidwood 1, 2	Commonwealth Edison	100	Sargent & Lundy	Utility	Westinghouse	4.1	2,240	1,835	43	1972	1986	16
Catawba 1	Duke Power North Carolina Electric Membership Corp Sahada River Electric Coop	25 56 19	Utility	Utility	Westinghouse	3.9	2,290	1,703	35	1972	1985	7
Catawba 2	No Carolina Municipal Power Agency #1 Piedmont Municipal Power Agency	75 25	Utility	Utility	Westinghouse	—	—	—	—	—	—	—
Comanche Peak 1, 2	Texas Utilities Electric Co Texas Municipal Power Authority Brazos Electric Power Coop Tex-La Electric Coop of Texas	88 6 4 2	Gibbs & Hill	Brown & Root	Westinghouse	3.9	2,300	1,696	24	1972	1985-'86	18
Watts Bar 1, 2	Tennessee Valley Authority	100	Utility	Utility	Westinghouse	3.9	2,354	1,672	33	1970	1985-'87	—
Summer 1	South Carolina Electric & Gas South Carolina Public Service	67 33	Gilbert	Daniel Intl	Westinghouse	1.3	900	1,446	24	1971	1984	25
LaSalle 2	Commonwealth Edison	100	Sargent & Lundy	Utility	General Electric	1.1	1,078	1,020	22	1970	1984	4
McGuire 2	Duke Power	100	Utility	Utility	Westinghouse	1.1	1,180	932	33	1969	1984	8

* The gross rate impact for investor owned utilities was calculated according to the following formula developed by Salomon Brothers in Nuclear Power in the United States by Scott Sartorius and Neal Kuzner (July 1984).
Gross rate impact = utilities share of plant cost x 18%/1983 operating electric revenues of utility. The 18% represents cost of capital for the utility.
Source: Forbes, Feb. 11, 1985.

経済研究所既刊 論文・資料

電力経済研究

No. 1	<p>電研マクロ・モデル：1958. I～1968. II</p> <p>電力需要予測モデル</p> <p>電気事業の企業モデル</p> <p>大規模広域利水計画</p> <p>(文献紹介) ラルフ・ターベイ：「電力供給の最適価格形成と最適投資」</p> <p>(資料紹介) 池島晃：「世界エネルギー需給予測図表および日本エネルギー需給予測図表」</p>	<p>内田・建元</p> <p>大澤・内田・斎藤(観)</p> <p>大澤・内田・富田</p> <p>本間・高橋(和)・瀬尾</p> <p>川崎和男</p> <p>星野正三</p>	47. 8.
No. 2	<p>エネルギーと原子力 その1</p> <p>人間環境システムの一般理論をめざして</p> <p>数理計画法最近の話題</p> <p>過疎化過程の分析</p> <p>(研究ノート) アメリカ国際収支動向(1950～69)に関する研究ノート</p> <p>(文献紹介) セルジュ＝クリストフ・コルム：最適公共料金</p> <p>米国「環境の質に関する委員会」第3回年次報告</p>	<p>高橋 實</p> <p>天野博正</p> <p>今野 浩</p> <p>根本・荒井・直井</p> <p>斎藤隆義</p> <p>斎藤雄志</p> <p>資料室</p>	47. 12.
No. 3	<p>エネルギーと原子力 その2</p> <p>電研マクロ・モデル 1972</p> <p>全国四地域計量モデル</p> <p>あいまいな量の計測と処理をめぐる</p> <p>混合型整数計画法による発電所の最適建設計画の作成</p> <p>(研究ノート) 電気事業の企業モデルによるシミュレーション</p> <p>公益事業における価格形成と所得分配の公正</p> <p>(文献資料紹介) 発電所温排水の都市利用</p> <p>ベトナム共和国電力事情調査団報告書</p>	<p>高橋 實</p> <p>矢島 昭</p> <p>斎藤(観)・熊倉・阿波田</p> <p>斎藤雄志</p> <p>小川・大山</p> <p>富田輝博</p> <p>富田輝博</p> <p>根本和泰</p> <p>川崎・三浦</p>	48. 7.
No. 4	<p>エネルギーと原子力 その3</p> <p>電力労働者の意識構造—判別分析による</p> <p>最適経済成長と環境問題</p> <p>過疎集落住民の「残留」と「移動」の意識構造</p> <p>(研究ノート) 企業の社会監査と外部報告</p> <p>公共経済学に関する若干の論文の検討</p> <p>(文献資料紹介) ロナルド・エル・ミック：新しい電気の卸供給料金</p>	<p>高橋 實</p> <p>大澤・小田島</p> <p>西野義彦</p> <p>根本和泰</p> <p>廿日出芳郎</p> <p>荒井泰男</p> <p>矢島正之</p>	48. 12.

No. 5	<p>特集 電源立地問題</p> <p>電源立地システムの設計方法—モデルビルディングの試み</p> <p>電源立地反対運動とその論理構造—内容分析と一対比較法による分析—</p> <p>(研究ノート) 電源立地のための新しい地点選定の方法</p> <p>広域環境調査についてのリモートセンシングの適用</p> <p>米国電気事業と電源立地問題—アンケート調査に関連して</p> <p>(文献資料紹介) D. H. マークス, G. H. ジルカ: 発電立地のためのスクリーニング・モデル—環境基準と立地点選定モデル</p> <p>S. シュナイダー: [i] 航空機と宇宙衛星からの環境のコントロール</p> <p>A. H. アルドレッド: [ii] 宇宙からの遠隔探査の世界参画</p> <p>W. A. フィッシャー: [iii] 遠隔探査の現状</p>	<p>天 野 博 正</p> <p>三辺・根本・斎藤(雄)</p> <p>根 本 和 泰</p> <p>水 無 瀬 綱 一</p> <p>高 橋 眞 砂 子</p> <p>根 本 和 泰</p> <p>水 無 瀬 綱 一</p>	49. 3.
No. 6	<p>エネルギーと原子力 その4</p> <p>大規模企業の経営理念—日独両国の電気事業経営者の経営理念</p> <p>投資の最適地域配分—関西地域におけるケース・スタディ—</p> <p>Determinants of Wage Inflation—A Disaggregated Model for UK: 1964-1971</p> <p>(研究ノート) 企業合併の評価モデル</p> <p>電源立地のパブリック・アクセプタンス—発電所イメージ調査結果</p> <p>(文献資料紹介) 米国「環境問題諮問委員会」第4回年次報告</p> <p>米国「環境問題諮問委員会」: エネルギーと環境—電力を中心として</p>	<p>高 橋 實</p> <p>斎藤(統)・大森・廿日出</p> <p>大澤・斎藤(観)・阿波田</p> <p>内 田 光 穂</p> <p>廿 日 出 芳 郎</p> <p>根 本 和 泰</p> <p>資 料 室</p> <p>大 島 英 雄</p>	49. 9.
No. 7	<p>特集 エネルギー問題</p> <p>エネルギーと原子力 その5</p> <p>原油資源支配構造の変動と International Majors の新動向</p> <p>発電所熱利用システムの調査</p> <p>(文献資料紹介) N地域大型エネルギー基地計画調査—昭和47年度調査報告—</p> <p>N地域大型エネルギー基地計画調査—昭和48年度調査報告—</p>	<p>高 橋 實</p> <p>山田・廿日出・松井・古閑</p> <p>水無瀬・平 野</p> <p>水 無 瀬 綱 一</p> <p>平 野 睦 弘</p>	50. 3.
No. 8	<p>特集 電気料金問題</p> <p>「電気料金問題特集号」に寄せて</p> <p>電気料金理論の新展開</p> <p>負荷曲線と電気料金</p> <p>新しい電気料金制度をめぐる諸問題</p>	<p>外 山 茂</p> <p>西 野 義 彦</p> <p>大澤悦治・佐久間孝</p> <p>大 澤 悦 治</p>	50. 7.

No. 9	<p>電気料金改定の波及効果 (研究ノート) 従量電灯におけるブロック料金算定モデルとシミュレーション (研究ノート) 電力需要の価格分析 (研究ノート) 電気事業個別原価計算の推移 (会議報告) ユニペデ電気料金会議 (1975年4月) (文献資料紹介) 電力需要の価格分析: サーベイ (文献資料紹介) 最近のフランスの電気料金制度について</p> <p>エネルギーと原子力 その6 2 水槽式波力発電とその経済性 企業の価格政策と管理価格インフレーション (研究ノート) 電研マクロ・モデル改訂についての作業メモ (研究ノート) 環境権に関する覚書——環境権論の社会的背景の一側面—— (文献資料紹介) N地域大型エネルギー基地計画調査 (文献資料紹介) 電気事業関連年表</p>	<p>富田輝博 森清堯 斎藤観之助 植木滋之 矢島昭 斎藤観之助 荒井泰男 高橋 實 本間尚雄 富田輝博 矢島昭 三辺夏雄 水無瀬綱一・天野博正 高橋和助</p>	50. 9.
No. 10	<p>特集 電力需要問題 「電力需要問題特集号」に寄せて 第1章 作業全般についての予備的考察 第2章 中期モデルとシミュレーション分析 第3章 産業モデルによる電力需要の分析 第4章 大口電力需要の産業別分析 第5章 電力需要の短期・長期の弾力性について 第6章 電灯需要の分析 第7章 従量電灯使用量分布に関する二、三の考察 第8章 アンケート調査および使用電力量調査の設計と実施 第9章 電灯需要のアンケート調査と使用量調査 第10章 小口電力アンケート調査: 需要変動要因の分析 第11章 大口電力需要アンケート調査</p>	<p>大澤悦治 矢島昭 内田光穂 熊倉修・浜田宗雄 富田輝博 西野義彦 阿波田禾積 服部常晃 森清堯 荒井泰男 荒井泰男 植木滋之・横内靖博 阿波田禾積 植木滋之・横内靖博</p>	51. 10.
No. 11	<p>社会的紛争の基本的性質について 家庭用エネルギー需要の所得階層別分析 戦前の国際石油産業の構造と運営 送電線ルート選定モデル 電気料金変化の動学的波及分析 (海外出張報告) 主要先進国における原子力開発の最近の動向とパブリック・アクセプタンス</p>	<p>斎藤雄志 服部常晃 廿日出芳郎 天野博正・水無瀬綱一 西野義彦・富田輝博 根本和泰</p>	52. 3.

No. 12	<p>(文献資料紹介) 電気・ガス料金と低所得者層——英国の「電気・ガス料金作業部会」報告要旨——</p> <p>日本の電気事業における原子力発電の発電原価と火力発電の発電原価の考察</p> <p>新聞記事および雑誌論文における原子力発電の安全性論争の内容分析</p> <p>(研究ノート) 投資の乗数効果</p> <p>(研究抄録) Carter 大統領の「新エネルギー政策」の国際的側面</p> <p>組み合わせ理論における一問題一部分ラテン方格の拡張可能性について—</p>	<p>小倉 静雄</p> <p>高橋 實</p> <p>根本 和泰</p> <p>矢島 昭</p> <p>山田恒彦・廿日出芳郎・白石エリ子</p>	52. 9.
No. 13	<p>原子炉システムにおける核燃料資源利用効率の分析</p> <p>紙・パルプ産業におけるエネルギー消費</p> <p>化学工業と電力——需要価格効果をめぐって——</p> <p>(研究ノート) 電研マクロ・モデルによるシミュレーション分析</p> <p>スペース・ミラー (仮称) による大量エネルギー取得の可能性——リチウム・ロケットの技術について——</p> <p>(海外出張報告) 最近における電気料金制度の動向</p> <p>長期エネルギー需給の展望</p> <p>(研究抄録) 電源立地計画案作成手法の開発——必要性和妥当性に基づく優先順位決定手法——</p>	<p>山地 憲治</p> <p>熊倉 修</p> <p>浜田 宗雄</p> <p>矢島 正之</p> <p>高橋 實</p> <p>大澤 悦治</p> <p>小川 洋</p> <p>天野 博正</p>	53. 10.
No. 14	<p>電力会社の従業員の仕事意識——日独両国の比較——</p> <p>沿岸漁業の構造変化—愛知県南知多町師崎の調査報告—</p> <p>長期限界費用の計測と電気料金問題</p> <p>電力施設のための景観アセスメント手法</p> <p>(研究ノート) ドイツ・オーストリアにおける公企業研究の展開</p> <p>(研究抄録) 琵琶湖疏水ならびに蹴上発電所の技術について</p>	<p>齋藤 統・大森賢二 野原 誠</p> <p>熊倉修・朝倉タツ子 西野義彦・富田輝博 大山達雄</p> <p>若谷 佳史</p> <p>矢島 正之</p> <p>本間 尚雄</p>	54. 11.
No. 15	<p>核燃料サイクルからみた原子力長期戦略の分析</p> <p>西ドイツの原子力発電訴訟</p> <p>日本経済の長期成長モデル</p> <p>環境アセスメントの評価項目の特定方法について</p> <p>評価関数の開発と評価システムの設計</p> <p>評価手法の信頼性に関する研究</p> <p>核燃料サイクルの動特性について</p> <p>石油価格モデル —その1—</p> <p>沖合漁業における漁業労働関係の実態</p> <p>賦課金・補助金制度による水質保全——フランスの流域金融公社について——</p> <p>地域経済の長期分析——手法としての投資の最適地域配分論——</p>	<p>山地 憲治</p> <p>齋藤 統</p> <p>阿波田 禾積</p> <p>天野 博正</p> <p>天野博正・若谷佳史</p> <p>若谷 佳史</p> <p>山地 憲治</p> <p>佐和隆光・荒井泰男</p> <p>三 辺 夏雄</p> <p>熊倉 修</p> <p>齋藤 観之助</p>	55. 5.

No. 16	<p>発電所の景観評価</p> <p>発電所立地と地元への対応策 —地元漁協との立地交渉に関するモデル分析—</p> <p>発電所立地に伴う地域社会経済の変化</p> <p>電力需要変動の要因分析</p> <p>(文献紹介) 新発電システムの比較研究と評価(要約)</p> <p>(文献紹介) 現代経済の病理を考える —L. C. サロー『ゼロ・サム社会』(岸本重陳訳)を 読んで—</p>	<p>若谷佳史・山本公夫 若谷佳史・山中芳朗 荒井泰男・斎藤観之助 植木滋之・牧野文夫 内山洋司 伊藤成康</p>	57. 5.
No. 17	<p>特集 エネルギー問題</p> <p>長期エネルギー需給展望の方法</p> <p>新エネルギー技術評価手法の体系化 —経済性評価手法の開発と石炭新発電方式への試算例—</p> <p>国際石油市場のモデル分析</p> <p>原油値下がりとの日本経済に及ぼす影響</p> <p>(海外情勢) 国際石油市場におけるOPEC</p> <p>(新モデル紹介) 原子力発電コストモデル</p> <p>(研究ノート) 停電コスト評価—最適供給信頼度レベルの決定—</p> <p>(研究ノート) 自然独占の理論と電気事業—火力発電の費用関数—</p>	<p>斎藤雄志 内山洋司・斎藤雄志 熊倉修 服部常晃・伊藤成康 廿日出芳郎 矢島正之・牧野文夫 西野義彦・植木滋之 牧野文夫</p>	58. 7.
No. 18	<p>所得階層別電灯需要の分析</p> <p>夏季電力需要の気象要因分析</p> <p>発電所立地の社会経済影響予測</p> <p>米国電気事業における公衆参加</p> <p>新発電技術の総合評価 —微粉炭火力と石炭ガス化複合発電の比較評価—</p> <p>軽水炉燃料高燃焼度化の経済性評価</p> <p>電力需要動向と電源構成</p> <p><新モデル紹介></p> <p>電研中期多部門計量経済モデルの構想</p>	<p>服部常晃・桜井紀久 小野賢治・森清堯 大河原透・中馬正博 高橋真砂子 内山洋司 山地憲治・松村哲夫 斎藤雄志・大庭靖男 七原俊也・伊藤浩吉</p>	60. 1.
No. 19	<p>フランスの電気料金 —最近の料金制度改訂を中心として—</p> <p>ロードマネジメントとその費用便益分析</p> <p>主成分分析による財務指標総合化の試み —アメリカ電気事業への適用—</p> <p>発電所の景観設計手法</p> <p>電力需要分析のための新しいデータ解析手法</p> <p>河川景観の評価</p>	<p>井澤裕司 熊倉修 浅野浩志 関口博正 山本公夫・若谷佳史 小野賢治・大屋隆生 若谷佳史・山本公夫 山中芳朗</p>	60. 7.

No. 20	電気事業の設備投資と資金調達 <新モデル紹介> 中期電力需要予測モデル 本 号	富田輝博・牧野文夫 阿波田禾積・服部常晃 桜井紀久	61. 1.
--------	--	-------------------------------------	--------

電力需要指標

四半期毎に発行 最新号 60' 10月31日 発行 No. 96

情報処理研究 (昭和56年3月～昭和61年1月)

No. 10	講演：環境問題と数学モデル 生態系の数理モデル プラクトン拡散とパッチネス形成 (16 mm 映画) 動弾性波伝播の数値解法 流れの場の拡散現象の数値解析 文献紹介：Kuhn-Tucker 点の感度分析	近 藤 次 郎 三 村 昌 泰 池 田 勉 他 田 口 友 康 池 田 勉 茂 原 一 洋	56. 3.
No. 11	特集 メンテナンス・サポート・システム 電気事業情報処理システムのメンテナンス—中国電力に おけるメンテナンス・サポート・システムの開発— (研究報告) 意思決定支援システムの計算機技術 テスト分析・選択システムの提案 原子力発電所におけるオンライン放射線被曝管理システ ムの性能予測評価 (調査報告) システム監査に関する調査報告	鈴木道夫・坂内広蔵 寺野隆雄 鈴 木 道 夫 坂内広蔵・正木和子 寺 野 隆 雄 伊藤祐次郎・若林剛	57. 5.
No. 12	特集 オフィスオートメーション オフィスオートメーションとその問題点 電気事業のオフィスオートメーション 1. はじめに 2. OAの果たす役割 3. わが国のOA事例の現状 4. わが国OA技術の動向 5. 電気事業OAの現状と見通し 6. OA推進上の課題 付 電力各社のOA化機器類導入概況 研究報告 技術計算サポートシステム ソフトウェア仕様書体系の調査・評価	寺 野 寿 郎 若林 剛・森清 堯 鈴木道夫・原田 実 高橋 誠・松井正一 原 田 実	59. 2.

No. 13	コンピュータ・システムの性能評価とチューニング方法について	松井正一・高橋 誠 森清 堯	60. 3.
	研究報告		
	経営経済データベース・分析システムの開発	高橋 誠・森清 堯 松井正一・小野賢治 大屋隆生	
	知識処理に基づくプラントの予防保全支援システムの開発	寺 野 隆 雄	
	大規模技術計算プログラムの品質管理 プログラム自動生成システム ARIES/I の開発	松井正一・高橋 誠 原田 実・篠原靖志 鈴木道夫	

電力中央研究所報告

576001	送電線ルート選定手法の開発 ——リモート・センシング技術の応用——	天 野 博 正 水 無 瀬 綱 一 他	51. 11.
576002	電気料金変化の動学的波及分析	西 野 義 彦 他 富 田 輝 博 他	51. 11.
577001	Carter 大統領の「新エネルギー政策」の国際的側面	山田恒彦・廿日出芳 郎・白石エリ子	52. 6.
577002	組み合わせ理論における一問題 ——部分ラテン方格の拡張可能性について——	大 山 達 雄	52. 5.
577003	原子炉システムにおける核燃料資源利用効率の分析	山 地 憲 治	52. 7.
577004	電源立地計画案作成手法の開発 ——必要性と妥当性に基づく優先順位決定手法——	天 野 博 正	52. 10.
577005	電力会社の従業員の仕事意識——日独両国の比較——	斎 藤 統	53. 3.
577006	沿岸漁業の構造変化 ——愛知県南知多町師崎の調査報告——	熊 倉 修 朝 倉 タ ヅ 子	53. 3.
578001	琵琶湖流水ならびに蹴上発電所の技術について	本 間 尚 雄	53. 9.
578002	核燃料サイクルからみた原子力長期戦略の分析	山 地 憲 治	54. 3.
578003	環境アセスメントの評価項目の特定方法について	天 野 博 正	54. 3.
578004	評価関数の開発と評価システムの設計——環境総合評価システム開発の試み——	天野博正・若谷佳史	54. 3.
578005	電力施設のための景観アセスメント手法	若 谷 佳 史	54. 3.
578006	評価関数の信頼性に関する研究——環境評価への適用を 目ざして——	若 谷 佳 史	54. 3.
578007	日本経済の長期成長モデル——2部門成長モデル——	阿 波 田 禾 積	54. 6.
579001	電気事業における長期限界費用の計測	西野義彦・富田輝博 大山達雄	54. 7.
579002	西ドイツの原子力発電訴訟	斎 藤 統	54. 6.
579003	フランスの原子力発電行政	斎 藤 統	55. 3.
579004	Majors の米国における石炭支配の現状と展開	山田恒彦・廿日出芳 郎・白石エリ子	55. 3.
579005	電研マクロモデル 1980 の構成	内田光穂・阿波田禾積 服部常晃	55. 3.

580001	エネルギー問題のモデル分析	大山達雄	55. 6.
580002	トリウムサイクルの核燃料サイクル解析	山地憲治	55. 7.
580003	電研マクロモデル 1980 の動学的特性	内田光穂・阿波田禾積 服部常晃・武藤博道	55. 12.
580004	Translog 型生産関数理論の電気事業への適用	熊倉修・大山達雄	56. 3.
580005	核融合エネルギー技術の社会的評価——米国社会におけるエネルギー・システムとしての有用性の検討——	根本和泰	56. 3.
580006	一変量時系列モデルによる電力需要分析	浜田宗雄・山田泰江	56. 3.
580007	国際石油市場のモデル分析 第Ⅰ編：石油市場モデルの理論とモデルの構成	佐和隆光・荒井泰男 斎藤観之助	56. 3.
580008	供給ショックの経済学：展望	伊藤成康	56. 3.
580010	国際石油市場のモデル分析 第Ⅱ編：原油輸入国のエネルギー需要構造と原油価格——原油需要モデルと原油価格シミュレーション——	佐和隆光・荒井泰男 斎藤観之助	56. 3.
580011	電気事業資金問題の長期展望 中間報告(1)	富田輝博	56. 3.
581001	原子力施設のデコミッションに関する法規制と資金調達 —西ドイツ—	矢島正之	56. 4.
581002	原子力施設のデコミッションに関する法規制と資金調達 —フランス—	熊倉修	56. 4.
581003	為替レート決定に関する実証分析：展望	服部常晃	56. 4.
依頼581504	高速増殖炉の役割と実用化への課題	山地憲治	56. 4.
依頼581505	原子力発電所放射線管理システムの動作解析 ——TLD/ID ステーションのシミュレーション——	寺野隆雄	56. 7.
581006	地域経済の長期分析 第Ⅱ編：地域配分モデルの体系とパラメータの推定	斎藤観之助	56. 9.
依頼581507	MSF プロジェクト報告書 第1分冊 大規模事務処理ソフトウェアのための保守管理支援システム—MSF	坂内広蔵・寺野隆雄 鈴木道夫	56. 11.
依頼581508	MSF プロジェクト報告書 第2分冊 データネーム統一化システム DNUS	寺野隆雄・坂内広蔵 鈴木道夫	56. 11.
581009	デンジョン・サポート・システム概念と先駆的研究のかずかず	鈴木道夫	56. 11.
581010	昭和55年度電力需要停滞の分析	植木滋之・牧野文夫	56. 12.
581011	エネルギー収支分析の有効性	斎藤雄志	57. 3.
581012	ソフトウェア仕様書体系の調査・評価——設計管理システムの要件分析——	原田実	57. 3.
581013	長期エネルギー経済モデル ETA-MACRO の構成	斎藤雄志・阿波田禾積 内山洋司・長田紘一 伊藤浩吉	57. 3.
581014	国際石油市場とメジャーズの収益性の動向——1960年代を中心に——	廿日出芳郎	57. 3.
581015	原子力分野における多国間事業の組織	矢島正之	57. 3.
581016	国際石油市場のモデル分析 第Ⅲ編：OPEC 諸国の原油供給構造分析	斎藤観之助・佐和隆光 荒井泰男	57. 3.
581017	コンピュータ・システムの性能評価とチューニング方法について	松井正一・原田実 高橋誠・森清堯 若林剛	57. 3.

調査581018	ヨーロッパ電気事業における情報処理の動向	森清 堯・原田 孜	57. 3.
581019	水生微生物エコシステムにおける非線形拡散現象の数理と映像化—共同研究報告書—	赤崎俊夫・池田 勉 石井仁司・宇敷重広 川崎広吉・黒住祥祐 佐久間紘一・高橋誠 田口友康・西浦廉政 藤井 宏・細野雄三 三村昌泰・山口昌哉 米川和彦	57. 3.
依頼581520	河川維持流量の算定手法に関する研究 —景観評価手法(その1)—	若谷佳史・山本公夫 山中芳朗	57. 3.
581021	日本経済の短期予測モデルの構成	内田光穂・服部常晃 伊藤成康	57. 3.
582001	政策効果と原油価格上昇効果の分析 —マクロ・モデルによるシミュレーション実験—	内田光穂・服部常晃 伊藤成康	57. 8.
582002	日本の火力発電の規模の経済性について	井 澤 裕 司	57. 7.
582003	欧米主要国及び国際原子力機関 (IAEA) における原子力施設の廃炉に関する調査研究 —法規制と資金調達を中心に—	平 島 鹿 蔵	58. 1.
582004	アメリカ合衆国における減価償却制度の研究	"	58. 7.
582005	新エネルギー技術評価手法の体系化 I 新エネルギー技術の発電効率と建設費の推定方法 —石炭新発電プラントへの試算例—	内山洋司・斉藤雄志	57. 10.
調査582006	原子力における国際協力と共同開発事業	内 山 洋 司	57. 11.
582007	わが国における停電コストの評価	西野義彦・植木滋之 牧野文夫	57. 12.
582008	業務別カナ漢字変換辞書の簡便な作成法 —効率的な日本語データ処理のために—	寺 野 隆 雄	58. 5.
582009	移流拡散方程式のための有限要素法パッケージの開発	寺野隆雄・池田 勉 松井正一	58. 6.
582010	自然風景地における送電線の景観的影響の評価	若 谷 佳 史	58. 7.
582011	発電所の景観評価手法—定量的評価について—	若谷佳史・山本公夫 樋口忠彦	58. 7.
582012	発電所の景観デザイン手法—境界とアプローチのデザイン—	樋口忠彦・若谷佳史 山本公夫	58. 7.
582013	発電所立地と地元への対応策—地元漁協との立地交渉に関するモデル分析— 第 I 編 立地交渉の事例分析	若谷佳史・山中芳朗	58. 8.
582014	分散型電源と電気事業—燃料電池導入の電気事業への影響—	西野義彦・阿波田禾積 三辺夏雄・牧野文夫	58. 7.
582015	計量経済モデルによる発電所立地の地域経済への影響分析	大 河 原 透	58. 5.
582016	技術計算サポートシステムの設計	高橋 誠・松井正一	58. 7.
582017	大型計算機網を利用したオフィスコンピュータの連系	坂内広蔵・森清 堯 高橋 誠・鈴木道夫	58. 7.
582018	データ管理を基礎とした業務処理システムの構築 —ある管理システムの構築・活用を例に—	坂内広蔵・鈴木道夫	58. 7.
582019	発電所立地と地元への対応策 —地元漁協との立地交渉に関するモデル分析— 第 II 編 ゲーミングシミュレーションモデルの構築と適用例	若谷佳史・山中芳朗	58. 7.

582020	環境総合評価手法の開発(その1) —環境パラメータの測定方法とその地域代表性について—	若谷佳史・天野博正	58. 7.
582021	環境総合評価手法の開発(その2) —地域特性による個別評価の修正—	山中芳朗・天野博正	58. 7.
582022	環境総合評価手法の開発(その3) —評価項目評価視点の重要度算定—	若谷佳史・天野博正 山中芳朗	58. 7.
582023	環境総合評価手法の開発(その4) —総合評価基準の設定についての考察—	山本公夫・天野博正	58. 7.
582024	電気料金の国際比較	内田光穂・伊藤成康	58. 5.
582025	発電所のレイアウト景観の評価	若谷佳史・山本公夫	58. 7.
582026	新エネルギー技術評価手法の体系化Ⅱ 新エネルギー技術の発電コストと経済的開発価値 —石炭新発電方式への試算例—	内山洋司・斎藤雄志	58. 7.
582027	原油値下がりの日本経済に及ぼす影響	内田光穂・服部常見 伊藤成康	58. 5.
582028	欠 番		
582029	電力需要の分析と予測 —変量時系列モデルによる接近—	浜田宗雄・山田泰江 近藤裕之	58. 7.
583001	国際石油市場のモデル分析 第Ⅳ編：モデルの改良と原油需給構造分析	佐和隆光・久保雄志 斎藤観之助・荒井泰男 熊倉 修・谷口公一郎	58. 10.
調査583002	知識処理技術の動向	寺野隆雄・松井正一 原田 実・大屋隆生 鈴木道夫	59. 2.
583003	夏季電力需要と気象要因	小野賢治・森清 堯	59. 4.
583004	技術計算プログラムの動特性改善手法	松 井 正 一	59. 4.
583005	OAのための業務分析—ある電力所の分析を例に—	鈴木道夫・森清 堯 松村健治・田中庸平 岩井詔二・水野秀昭 中野敏生・村山 始	59. 4.
583006	河川景観の評価	若谷佳史・山本公夫	59. 8.
調査583007	諸外国における原子力発電所の許認可手続き合理化に関する調査	矢 島 正 之	59. 4.
583008	KEO-電研モデルの構成 —経済・エネルギーの相互依存分析—	尾崎 巖・黒田昌裕 吉岡完治・桜本 光 赤林由雄・大澤悦治 斎藤雄志・阿波田禾積 中村二郎・井澤裕司 伊藤浩吉・木村 繁	59. 4.
調査583009	世界のエネルギー需給バランス—第12回世界エネルギー —会議コンサベーション委員会報告—	内 山 洋 司	59. 4.
583010	核燃料サイクルコスト評価のための資金計画モデル	高橋 誠・矢島正之	59. 4.
583011	大規模技術計算プログラムの品質管理	高橋 誠・松井正一 寺野隆雄・森清 堯	59. 4.
583012	経営経済データベース・分析システムの開発	高橋 誠・森清 堯 松井正一・小野賢治 大屋隆生	59. 4.
調査583013	高度情報化社会の進展と電気事業の課題	古 川 裕 康	59. 3.

583014	国際石油産業の変貌とその影響	廿日出芳郎・奥村皓一 松井和夫	59. 4.
583015	原子力発電所の予防保全支援システムに対する知識処理技術の適用	寺野隆雄・西山琢也 横尾 健	59. 5.
583016	発電所立地と地元への対応策—地元漁協との立地交渉に関するモデル分析— 第IV編 ゲーミング・シミュレーション・システムの改良	若谷佳史・山中芳朗	59. 8.
583017	発電所の景観設計手法 —景観対策の効果と海岸イメージ—	若谷佳史・山本公夫	59. 9.
583018	部品合成によるプログラム自動生成へのアプローチ	原 田 実	59. 5.
583019	電源立地の経済社会環境影響評価モデルの開発	信国真載・福地崇生 竹中 治・小口登良 斎藤観之助・山岸忠雄 山口 誠・大河原透 中馬正博・山中芳朗	59. 7.
583020	国際石油市場の構造分析	佐和隆光・久保雄志 熊倉 修	59. 5.
583021	フランスにおける原子力開発体制の形成	熊 倉 修	59. 6.
584001	生産性の計測と国際比較の方法	内田光穂・伊藤成康 関口博正	59. 5.
584002	エネルギー需要構造の変化要因分析—石油危機後の停滞要因の解明—	服 部 常 晃	59. 8.
584003	カラーイメージデータ圧縮法の開発	松 井 正 一	60. 4.
調査854004	ロードマネジメントとその費用便益分析 —米国における実施状況と研究の現状—	山地憲治・浅野浩志	60. 7.
584005	電力需要分析のための新しいデータ解析手法とその適用例	小野賢治・大屋隆生	60. 4.
584006	パターン指向型プログラム開発技法	原 田 実	60. 5.
調査584007	超高速計算システムの現状と利用方法	大屋隆生・高橋 誠 松井正一	60. 4.
584008	機械翻訳システムの評価とその利用方式	寺 野 隆 雄	60. 6.
584009	モジュール型原子炉の経済性	山 地 憲 治	60. 5.
調査584010	ロードマネジメントのための負荷研究 —米国における研究動向の現状—	小 野 賢 治	60. 5.
584011	高度経営情報システム DEMANDS の開発 (I) —設計の基本方針とシステム構成—	鈴木道夫・森清 堯 高橋 誠・松井正一 大屋隆生・篠原靖志	60. 5.
584012	高度経営情報システム DEMANDS の開発 (II) —経営経済情報提供システム—	森清 堯・鈴木道夫 高橋 誠・松井正一 大屋隆生・篠原靖志	60. 5.
584013	夏季における電力負荷と気象	小 野 賢 治	60. 4.
調査585001	フランスの電気料金 —最近の料金制度改訂を中心として—	熊 倉 修	60. 6.
調査585002	韓国電力公社の現状と将来について	西 浦 幸 次	60. 6.
585003	地域経済データの開発 その1 製造業資本ストック・社会資本ストックの推計	大河原透・松浦良紀 中馬正博	60. 8.
585004	地域計量経済モデルの構築 〔中国地域計量経済モデル (バージョン I) の構成〕	中馬正博・松浦良紀	60. 9.

585005	地域計量経済モデルの構築 〔中国地域計量経済モデル (バージョン I) による予 測シミュレーション〕	松浦良紀	60. 7.
585006	世界エネルギー需給モデル I モデルの構成	熊倉修	60. 8.
585007	地域経済データの開発 その2 産業別就業者数の推計	大河原透・上田 廣	61. 1.
585008	電力施設の環境設計	若谷佳史・山本公夫	61. 1.

Z 83002	地域経済の長期展望	超長期エネルギー戦 略研究会経済専門部 会	59. 5.
Z 83005	電力需要構造と電力シフト	超長期エネルギー戦 略研究会エネルギー 専門部会	59. 8.

CRIEPI REPORT

E 576001	Dynamic Effects of the Change in Electricity Rates on Price System	Yoshihiko Nishino Teruhiro Tomita	52. 1.
E 577001	Residential Demand Modeling for Electricity	Tsuneaki Hattori	52. 9.
E 578001	An Analysis of the Fuel Utilization Efficiencies in Nuclear Reactor Systems	Kenji Yamaji	53. 9.
E 581001	Toward Realization of a Decision Support System —A Survey Note on the Concepts and Relating Researches—	Michio Suzuki	56. 9.
E 582001	Organization of Multinational Undertakings in the Field of Nuclear Fuel Cycle	Masayuki Yajima	58. 3.
E 583001	A Total Approach to a Solution for the Maintenance Problems through System Configuration Manage- ment —Maintenance Support Facility MSF—	Kozo Bannai Michio Suzuki Takao Terano	59. 2.
E 584001	KEO-DENKEN Model: An Analysis of Energy- Economy Interactions in Japan	Hiroshi Izawa	59.12.
E 584002	Electric Power Demand and Electrification in Japan	Takeshi Saitoh Nariyasu Itoh	59.12.
E 584003	A Multilateral Comparison of Total Factor Produc- tivity among Japanese Utilities for 1964-1982	Nariyasu Itoh	59.12.
E 584004	Load Leveling Efforts in Japanese Electric Utilities	Kenji Yamaji	59.12.
E 584005	Applications of the Over/Under Model to a Japanese Electric Utility	Kenji Yamaji	59.12.
E 585001	Potential Attractiveness of Modular Reactors	Kenji Yamaji	60.12.

電力経済研究 No.20

1986年1月30日 印刷発行

発行所 財団 電力中央研究所
法人 経済研究所

東京都千代田区大手町1-6-1
大手町ビル

電話 東京(03)201-6601

1400 印刷：藤本総合印刷株式会社

情報化と産業構造の変化

阿波田 禾 積……………(1)

経済性、セキュリティ、リスクからみた我が国
の最適電源構成の検討

内 山 洋 司……………(27)
高 橋 圭 子
齋 藤 雄 志

水資源のエネルギー利用と河川環境管理

若 谷 佳 史……………(59)
山 本 公 夫
山 中 芳 朗

地域計量経済モデルの開発

中 馬 正 博……………(75)

〈海外事情紹介〉

経営面からみたアメリカ原子力発電不振の原因

廿 日 出 芳 郎……………(103)
関 口 博 正