

エネルギー消費技術構造と燃料選択の要因分析

キーワード：エネルギー消費技術，燃料選択，需要の
非対象性，ボイラー

藤 井 美 文

〔要 旨〕

我が国産業部門のエネルギー，電力需要は，第2次石油危機（1979年）以降停滞し，1980年代前半は，経済成長かつエネルギー相対価格低下局面において需要減になるなど価格に対し非対象な変動を示している。

このような需要変動の主要因は，エネルギー消費技術の変化（たとえば省エネルギー設備の導入）に求められるが，業種によっても大きな差異を示しており，今後の需要予測においては産業構造変化とともにエネルギー消費技術構造の変化を織り込むことが必要となってきた。

また燃料代替に関しても，需要の低迷に伴ってエネルギー・キャリア間の競争が激化してきており，将来動向の把握には燃料相対価格のみならず消費技術の特性をも考慮したより詳細なものが要求されてきている。

以上から本稿では，エネルギー消費技術を明示的にエネルギー需要に組み込んだデータベースを作成し（昭和55，58年の2時点），エネルギー消費技術の構造を示すとともに，最も消費量の大きなプロセス蒸気技術（ボイラー）を例にして，燃料選択の要因分析を試みている。この要因項目としては，燃料価格，技術進歩（物理的資本年齢），立地地域の環境規制，および施設規模が用いられている。

- | | |
|---------------------------|------------------|
| 1. はじめに | 3.1 データベースの作成 |
| 2. エネルギー需要の非対象性とエネルギー消費技術 | 3.2 エネルギー消費技術の構造 |
| 3. エネルギー消費技術の構造 | 4. エネルギー選択の要因分析 |
| | 5. まとめと今後の課題 |

1. はじめに

エネルギー経済分析は，生産関数とりわけ1970年代後半のトランスログ型生産関数を用いた一般均衡分析によって大きな前進を遂げ，この間になされてきた多くの実証分析結果は特に生産要素間代替の問題を中心に多くのインプリケーションを提示してきたといえる。しかし，最も主要な論点であるアグリゲートされたマクロなレベルでのエネルギーと資本の関係が

代替か補完かをめぐって依然議論が続いており，また1980年代に入ってエネルギー価格の低下局面において需要が停滞するなど需要の非対象性に対するモデルの説明力（トレーサビリティ）が問題となっている。

これら要素間代替やエネルギー需要の非対象性の問題では，主として資本の取り扱いが中心となる。中でも技術進歩や技術の可塑性，個別技術の集計などエネルギー消費技術の取り扱いは大きなテーマであり，従来データの制約など

もありエネルギー消費技術に関する報告例は極めて限られたものとなっている。

本研究は、エネルギー経済のマクロ分析におけるエネルギー消費技術の取り扱いを検討することを視座に据え、その中間報告としてわが国製造業を対象としたエネルギー消費技術構造とこれが燃料選択に与える要因を分析することを目的とする。

2. エネルギー需要の非対象性とエネルギー消費技術

まず我が国産業部門のエネルギー諸変量の時系列変動を見てみよう。図 2.1 は総エネルギー需要、エネルギー相対価格（石油製品/GNP デフレータ）、GNP の関係を 1980 年を 100 として描いたものである。図 2.1 に見るように第 2 次石油危機後のエネルギー価格の急激な上昇に

よって減少したエネルギー需要は、80 年代に入り価格の下降局面においてもほとんど回復せず、ようやく 84 年頃からゆるやかな増勢に転じていることがわかる。

次にこのような価格に対する需要の非対象性を簡単なモデルを用いて、産業各部門別に計測してみよう。

ここでは、CES 生産関数から導出されるシンプルな総エネルギー派生需要関数を設定（式 1）し、これに動学的な要素を導入する（式 2）。これにより 2 式の λ ($0 < \lambda < 1$) は生産や価格の変化に対応したエネルギー需要の均衡への調整スピードを表しており、一種の不均衡度を示しているといえる。また長期の均衡を考えた際に導出される（3）式から得られるパラメータ $\sigma\lambda/(1-\lambda)$ は長期の価格弾性値を表している〔1〕〔2〕。

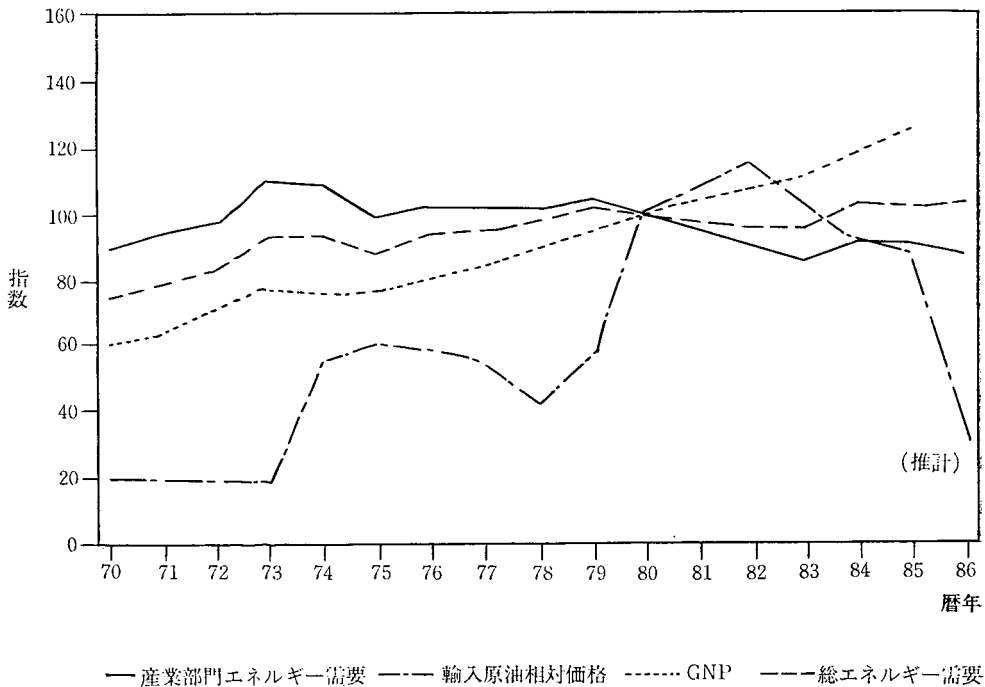


図 2.1 エネルギー諸指標の推移 (1980 年=100)

$$E_t^* = C_0 (P_v/P_e)_t^\sigma V_t^\beta \quad (1)$$

$$E_t/E_{t-1} = (E_t^*/E_{t-1}^*)^\lambda \quad (2)$$

$$\ln E_t = \{\lambda \ln C_0 + \sigma \lambda \ln (P_v/P_e)_t + \beta \lambda \ln V_t + \lambda \ln E_{t-1}\} / (1-\lambda) \quad (3)$$

- $E \dots$ 実際のエネルギー需要
- $E^* \dots$ エネルギー需要の均衡値
- $V \dots$ 付加価値
- $\sigma, \beta \dots$ 価格, 所得弾性
- $P_v, P_e \dots$ 付加価値, エネルギーの価格
- $\lambda \dots$ 調整スピード

図 2.2 は 1970~1984 年の製造業（8 部門）を対象にして、上記の調整速度と総エネルギー需要の対価格弾性（長期）の関係を示したものである。

図 2.2 からは、製造業各部門の不均衡な需要変化が、両者の関係において大きく 4 つに区分できる。まず素材産業は全般に長期価格弾性は大きく、調整スピードでは一次金属、窯業土石などの遅いグループと化学、紙パなどの速いグループとに分けられる。これに対して、加工組立産業では全般に長期価格弾性は小さく、調整スピードは機械などのように速いものと、その他のように遅いグループに分けられ、産業部門

間でのエネルギー価格変化への対応過程が相違をなしていることが分かる。

このことは、資本集約的な素材産業では生産・価格の短期の連続的な変化に対し技術構造を変化させることは困難であるものの、長期にわたってエネルギー価格が上昇するものと考えられる際には設備の変更などを通じて極めて大きい需要変化に結び付くことを示しているといえる。事実、1980 年代前半に見られるわが国産業部門のエネルギー需要の非対象性は、第 2 次石油危機（1979 年）前後に素材産業が旺盛な省エネルギー設備の導入をはかったことによってもたらされたといっても過言ではない [3]。

しかしエネルギー技術は単に生産要素やエネルギー・キャリア間の代替を制約する要因としてのみ作用する訳ではない。近年の燃焼装置はセメント焼成炉に代表されるように、燃料価格の変動に応じてバーナチップを石油、石炭双方に利用できる価格に対してより“柔軟かい”技術となってきていることも考えられる。このことは、トランスログコスト関数を用いたエネルギー（電力、石油・ガス、石炭の 3 燃料）間代替の計測結果から、エネルギー間の代替弾性値

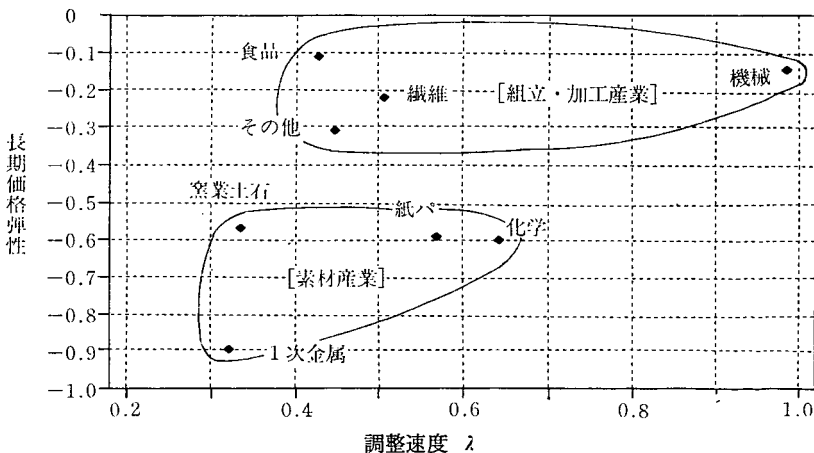


図 2.2 長期価格弾性と調整スピードの関係 (1970~1984)

表 2.1 エネルギー間代替弾力性の変化（製造業）

年	σ_{OO}	σ_{EE}	σ_{CC}	σ_{OE}	σ_{OC}	σ_{EC}
1966	-1.35074	-0.421023	-1.87389	0.335413	0.979266	0.371860
1967	-1.33701	-0.420062	-1.89958	0.353122	0.979162	0.363030
1968	-1.33030	-0.424532	-1.88875	0.352030	0.979401	0.362877
1969	-1.33269	-0.422505	-1.89467	0.352849	0.979291	0.362567
1970	-1.26405	-0.470584	-1.77240	0.335975	0.981697	0.359657
1971	-1.25474	-0.483181	-1.72645	0.325784	0.982304	0.362712
1972	-1.29297	-0.465344	-1.75363	0.327602	0.981506	0.372289
1973	-1.29574	-0.494170	-1.61545	0.290803	0.982896	0.390219
1974	-1.17458	-0.546427	-1.51031	0.267274	0.985275	0.352061
1975	-1.17702	-0.525457	-1.62968	0.306152	0.984194	0.343721
1976	-1.14652	-0.516951	-1.72292	0.334254	0.983681	0.320445
1977	-1.16713	-0.479773	-1.88237	0.371401	0.981804	0.305639
1978	-1.27131	-0.424559	-1.98233	0.379900	0.979132	0.325488
1979	-1.12815	-0.450265	-2.09931	0.418532	0.979743	0.243392
1980	-1.07027	-0.432745	-2.28561	0.457521	0.977740	0.156689
1981	-1.20590	-0.382340	-2.29079	0.444341	0.975335	0.213629

エネルギー需要動向と電力シフトに関する調査（昭和58年度 電力中央研究所）

が石油危機以降は時系列に“より柔らかい”方向にシフトしてきていることから読み取れる（表 2.1 参照）。

一般に需要の非対象性を出現させる要因には、①資本効率、②資本の可塑性、③産業構造変化、④政策・規制（省エネルギー税制や政策金融、環境規制）、⑤技術進歩、⑥期待（エネルギー価格や需要などに対する）、⑦不確実性、などが挙げられ（J. Sweeney. [4] 参照）、上記の結果もこれらの要因に影響を受けたものといえる。

このうち⑥⑦を除いては何れもエネルギー消費技術に関連した項目であり、集計されたレベルでの生産要素間やエネルギー間の代替が“エネルギー消費技術”にどのような経路で影響を受けてきたかを分析するとともに、またこれを従来の理論体系の中にどの様に組み込んでいくのが重要な課題であるといえる。

3. エネルギー消費技術の構造

3.1 データベースの作成

わが国のエネルギー消費をその消費プロセス（技術）との関連で示した指定統計は極めて限

定されており、わずかに通産省の「石油等消費構造統計表（年報）」（昭和55年以降）、及び「石油等消費動態統計（月報）」（ \cup ）があるだけである。このうち前者は工業統計にリンクしており、製造業に関しては4桁分類の業種毎に25種類別のエネルギー消費が、用途（非電力で4種類、電力で3種類）別に示されている。また、技術では製造業の非電力エネルギー消費の3割を占めるボイラーに関して、規模（蒸発量）と使用温度などが示されている。

本分析では、エネルギー需要と需要技術との対応関係を得るために、この「石油等消費構造統計表（年報）」および各産業別の諸統計を用いて、エネルギー消費技術データベースを作成した。ここでの技術とは、「財、サービスの生産に必要なエネルギー最終形態と2次エネルギー・キャリアとの変換アクティビティー」を意味し（用途別区分に近い）、エンジニアリング機能分類を基に12種類に統合した（経済分析との関連において個別技術の統合を試みる際には、Kopp, Smithの実施したような個別技術（資本）の集計に関するテスト[5][6]が必

表 3.1 製造業部門分類 (84 分類)

No.	部 門	分 類	No.	部 門	分 類
1	鉄 鋼 業	製 鉄	43	非 鉄 金 属	圧 延
2	"	鋼 材	44	"	鋳物製造業
3	"	表面処理鋼材	45	"	電 線
4	"	鍛 鋼	46	"	ケーブル製造
5	"	鋳 鋼	47	"	そ の 他
6	"	鋳鉄鋳物製造	48	非 鉄 金 属 計	
7	"	そ の 他	49	パ ル プ ・ 紙	パ ル プ
8	鉄鋼業(除製鉄) 計		50	"	紙
9	鉄 鋼 業 計		51	"	パ ル プ + 紙
10	窯 業 土 石	セ メ ン ト	52	"	加 工 紙
11	"	ガ ラ ス	53	"	段 ボ ー ル
12	"	か わ ら	54	"	セ ロ フ ァ ン
13	"	陶 磁 器	55	"	織 維 板
14	"	炭 素 黒 鉛	56	パ ル プ ・ 紙 (加 工 紙 ~ 織 維 板)	計
15	"	石 綿	57	パ ル プ ・ 紙	そ の 他
16	"	石 灰 製 造 業	58	パ ル プ ・ 紙 (加 工 紙 ~ そ の 他)	計
17	"	そ の 他	59	パ ル プ ・ 紙 (除 そ の 他)	計
18	窯業土石(除セメント・ガラス) 計		60	パ ル プ ・ 紙 (含 そ の 他)	計
19	窯 業 土 石 計		61	出 版	
20	化 学 工 業	石 油 化 学	62	印 刷	
21	"	無 機	63	製 本 業	
22	"	有 機	64	出版, 印刷, 製本 計	
23	"	化 学 肥 料	65	パ ル プ ・ 紙, 出版 ・ 印刷	計
24	"	化 学 繊 維	66	素 材 産 業 計	
25	"	薬 品	67	食 料 品 製 造 業	
26	"	洗 剤	68	織 維 ・ 衣 服	
27	"	塗 料	69	木 材 ・ 木 製 品	
28	"	化 粧 品	70	ゴ ム ・ 皮 革	
29	"	そ の 他	71	そ の 他 の 製 造 業	
30	化学工業(除石油化学) 計		72	軽 工 業 計	
31	化 学 工 業 計		73	金 属 製 品	
32	石油・石炭製造業	石 油 精 製	74	機 械 工 業	一 般 機 械
33	"	潤 滑 油	75	"	そ の 他 機 械
34	"	グ リ ー ス	76	機 械 工 業	一 般 + そ の 他 機 械
35	"	そ の 他	77	機 械 工 業	電 気 機 械
36	石油・石炭製造業, その他 計		78	"	輸 送 機 械
37	" 石油 計		79	"	精 密 機 械
38	石油・石炭製造業, コークス		80	武 器 製 造	
39	石油・石炭製造業(除石油精製) 計		81	機 械 ・ 武 器 計	
40	石油・石炭製造業 計		82	金 属 ・ 機 械 ・ 武 器 計	
41	非 鉄 金 属	非 鉄 製 錬	83	加 工 組 立 産 業 計	
42	"	精 製	84	製 造 業 計	

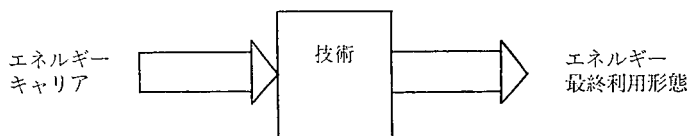


図 3.1 エネルギー消費技術の定義

表 3.2 エネルギー消費技術の分類

エネルギー消費技術分類			
1.	プロセス蒸気	8.	溶解2次
2.	加温	9.	電解(用電力)
3.	乾燥	10.	暖房(用燃料)
4.	焼成	11.	動力等(電力)
5.	乾留	12.	その他
6.	焼却	13.	(原料用)
7.	溶解1次		

表 3.3 エネルギー種類区分

エネルギー区分	エネルギーキャリアの具体例
1. 石炭ガス	BFG, COG, LDG, 電炉ガス
2. 石油ガス	LPG, 都市ガス, LNG, 天然ガス, 石油系炭化水素ガス
3. 軽質油	A, B重油, 灯油, 軽油, 改質生成油, ナフサ, 揮発油, 原油
4. 重質油	B, C重油, その他炭化水素油
5. 石炭(固体)	石炭, 石炭コークス, 石油コークス, 回収黒液
6. 電力	電力

要となるが、ここではテストを行っていない)。なおデータベースの作成に当たっては、エネルギー消費の需要要因(Product Mix の変化)を排除するため、業種をできる限り細分化(小計を含め全体で84部門)した(以上、表3.1、図3.1及び表3.2、3.3を参照)。

3.2 エネルギー消費技術構造

以上のデータベースから得られた昭和55, 58

年度におけるエネルギー消費技術の構造は、次のように示される。

図3.2は、両年における技術—エネルギーキャリアの関係を示したもので、プロセス蒸気(ボイラー)が全体の28%と最も大きなウェートを占め、次いで溶解1次(18%)、加温(17%)、動力・照明(13%)、焼成(11%)などの順となっている。

2時点間の変化では、焼却、溶解2次で消費量が増大している以外は、アルミ産業の衰退に伴って電解用電力が半分近くなったのをはじめいずれの技術においても消費量は減少を示し、1980年代前半の省エネルギーの実態を反映した結果となっている。

燃料別では、焼成炉(セメント)や溶解1次(高炉)で石油から石炭の転換が進んだのを始め、全般に石油系燃料の大幅な減少が見られる(20%減)。なかでも重質油の大幅な減少が顕著であり、シェアは低いもののガス(LNG)燃料への転換(プロセスヒート、加温)も進んだため、全性として燃料の軽質化が進行していることが特徴的である。

産業部門別では、素材産業で大幅な省エネ

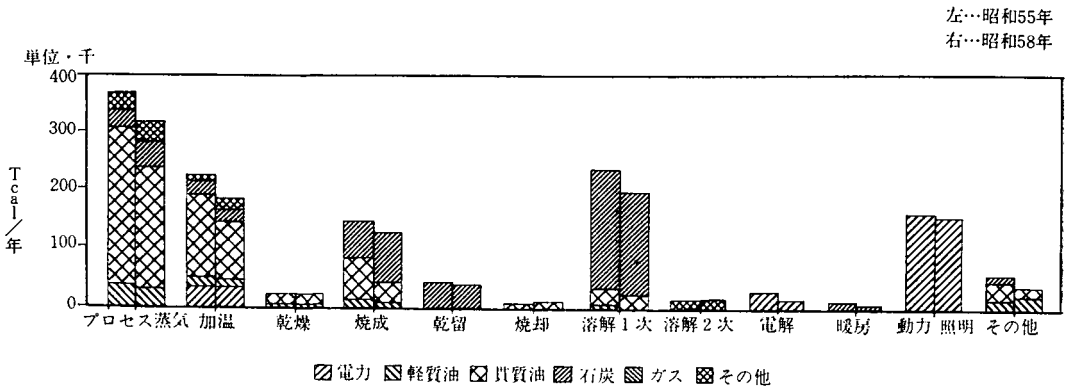


図 3.2 技術別燃料消費の変化(6燃料種別)

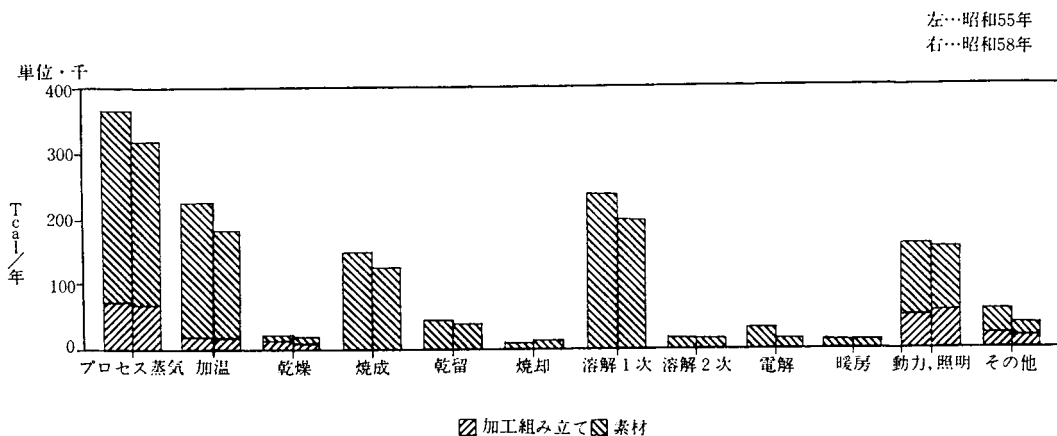


図 3.3 技術別燃料消費の変化 (産業別)

表 3.4 昭和 55~58 年の燃料代替の要因 (変化指数)

燃料代替の要因	変化に対する寄与度					
	石炭ガス	石油ガス	重質油	軽質油	石炭	電力
技術の変化	23	36	48	79	145	23
技術毎の燃料代替	100	100	100	100	100	100

(製造業計の6燃料毎の変化率への要因別寄与度)

ギーが行われたことが伺えるが、製造業全体の中でどの技術に関しても素材産業は依然大きな比重を占めている (図 3.3)。

さて、次に異時点間における燃料代替が技術アクティビティーとどのような関係にあるかを検討してみよう。表 3.4 は、昭和 55~58 年の燃料代替の要因を、技術の転換、技術内の燃料の転換、及び産業部門別の燃料需要の変化に分けてその寄与度を示したものである。この結果からは、異時点間における燃料代替の変化は、主として、技術アクティビティー内の燃料代替によって引き起こされたものであり、技術アクティビティーの変化は極めて小さいことが示される。この様に、燃料代替は技術アクティビティーの変化より、技術毎の特性によって決まる燃料の代替性に大きく依存していることがうかがえる。

4. エネルギー選択の要因 (技術の制約)

以上から、ここではわが国製造業のエネルギー消費技術として最も大きな比重を占めるプロセス蒸気 (ボイラー) を例にして、技術別燃料代替の要因分析を試みる。ここでの課題は、エネルギー代替の結果が、エネルギー相対価格変化以外の、環境規制や技術特性にどの程度影響を受けているかを観察することにある。

モデルは、下に示すような簡単な弾性値モデルであり (シェアモデルにはなっていない)、県別プールデータをサンプルにしたクロスセクション分析となっている。

$$\ln S_i = \alpha_i + \sum_j \beta_{ij} \ln X_{ij} \quad (4)$$

S_i … i 部門における燃料のシェア (熱量ベース)

表 4.1 ボイラーの燃料（軽質油、重質油）選択の要因
（昭和 55, 58 年におけるクロスセクション）

要因 業種	その他(定数項)		価 格		規 模		技術進歩		環境規制		決定係数 (R-SQ)	
	昭55	昭58	昭55	昭58	昭55	昭58	昭55	昭58	昭55	昭58	昭55	昭58
製 造 業												
石油ガス	10.885	4.462	0.069	0.110	-0.237	-0.245	-1.334	-0.023	-0.943	-0.671	0.219	0.357
軽質油	-12.005	-6.012	0.038	-0.024	-0.459	0.304	3.689	1.794	-0.107	-0.075	0.287	0.249
重質油	6.337	9.743	0.013	0.068	-0.202	-0.276	-0.480	-1.091	0.161	0.024	0.429	0.315
食 品												
石油ガス	-3.932	0.470	-0.132	0.094	0.827	0.320	0.945	0.325	-0.377	-0.487	0.674	0.464
軽質油	7.464	6.556	-0.024	-0.047	0.182	0.476	-0.461	-0.498	-0.609	-0.639	0.269	0.387
重質油	6.284	3.452	-0.010	0.009	-0.184	-0.221	-0.767	0.015	0.487	0.319	0.354	0.410
織 維												
軽質油	-4.407	8.248	0.080	-0.038	-0.005	-0.352	1.900	-0.114	-0.481	-0.885	0.355	0.223
重質油	2.449	3.922	-0.006	0.003	0.219	0.188	-0.166	-0.397	0.379	0.297	0.511	0.381
紙パルプ												
軽質油	-11.435	7.744	0.115	-0.183	0.431	-0.375	2.478	-0.534	0.144	-0.115	0.479	0.229
重質油	8.383	12.001	0.006	-0.031	-0.224	-0.328	-0.611	-0.789	-0.088	-0.532	0.354	0.586
化 学												
石油ガス	7.715	3.047	-0.253	0.085	0.034	0.126	-0.778	-0.305	-0.492	-0.296	0.455	0.152
軽質油	-4.138	-1.663	-0.108	-0.092	-0.766	-0.402	2.271	1.703	0.016	-0.232	0.260	0.232
重質油	6.035	3.111	0.003	0.029	0.186	0.101	-1.091	-0.451	0.510	0.513	0.486	0.544
窯業土石												
軽質油	6.463	6.763	-0.092	-0.115	0.183	0.617	0.070	-0.443	-0.877	-0.724	0.174	0.431
重質油	2.500	1.702	0.011	-0.031	0.022	0.019	0.177	0.280	0.193	0.292	0.120	0.082
一次金属												
石油ガス	-5.257	3.859	-0.030	-0.158	-0.460	-0.096	1.144	-0.770	0.983	0.774	0.233	0.222
軽質油	-1.312	-6.244	0.058	-0.002	-0.834	-0.508	0.546	0.722	0.777	1.513	0.354	0.401
重質油	2.277	18.117	0.200	0.241	-0.469	-0.779	0.089	-2.748	0.225	-0.148	0.259	0.448
機 械												
石油ガス	0.273	6.900	-0.024	-0.084	0.161	0.327	0.504	-0.594	-0.286	-0.667	0.125	0.291
軽質油	6.781	9.012	-0.004	-0.021	0.252	-0.071	-0.269	-0.578	-0.579	-0.433	0.323	0.169
重質油	-8.821	2.147	0.067	0.103	0.366	-0.058	0.742	-0.162	1.416	0.410	0.453	0.273
そ の 他												
石油ガス	1.513	-1.405	-0.145	0.099	0.662	0.662	-0.068	0.250	-0.635	-0.504	0.432	0.441
軽質油	-0.482	1.760	0.032	-0.041	0.733	0.872	0.443	0.071	-0.442	-0.611	0.425	0.567
重質油	3.183	3.789	-0.017	0.005	-0.133	-0.201	0.015	0.051	0.329	0.278	0.176	0.231

$X_{i1} = p_i / \bar{p}$ (エネルギー相対価格)

$X_{i2} = Env_i$ (立地地域の環境規制値=K値)

$X_{i3} = Scale_i$ (施設の平均規模=工場当りの平均熱消費量)

$X_{i4} = Vin_i$ (施設年齢=年)

このクロスセクション分析からは、2時点間でのボイラー用燃料の選択に関し次のような結果が得られる。

① まず各燃料ともに相対価格の影響が極めて低いことが挙げられる。とりわけ重質油では符号条件が合致しない部門が多く見られ、この間の脱重質化が燃料価格では説明されないことを示している。これに対し設備の年齢を指標とする技術進歩は最も大きな影響要因であり、重質油ではマイナス、軽質油ではプラスを示し、老旧罐で軽質油を焚き公害防止設備などを備え

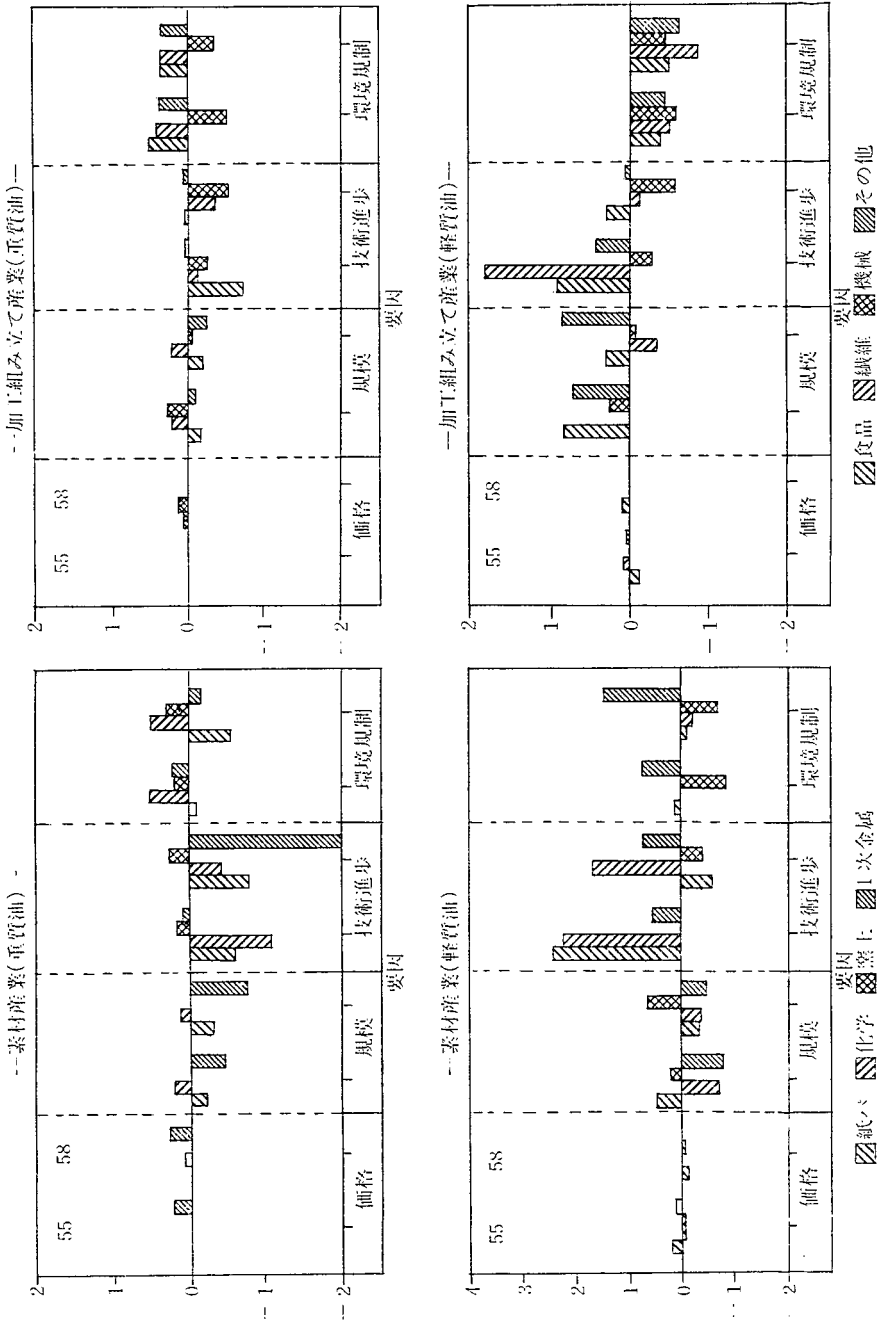


図 4.1 ポイラー燃料（軽質油，重質油）選択の要因

新設罐で価格の安い重質油を焚く傾向が明確に見られる。したがって技術的に見て燃料転換が比較的容易であると考えられるボイラにおいても、燃料間の価格変化に対する短期での調整はむずかしく、設備更新を通じた調整が進められていることがわかる。2.に示した部門別の調整速度—長期価格弾性の関係では化学、紙パルプは比較的速い調整速度を表すことを観察したが、この要因分析においても技術進歩のパラメータが大きな影響を示し、両部門の主要エネルギー消費技術であるボイラーで設備年齢に対応した燃料選択（石炭への転換など）が行われていることが伺える。

② 設備の規模に関しては、加工組立型産業で規模の大きな設備ほど軽質化を促進するという関係が見られる以外は燃料選択に決定的な影響を与えてはいない。また設備の立地地域の環境規制に関しては、K値規制の厳しい地域ほど重質油が消費されている傾向が見られ、①で述べたようにこれらの地域では新設罐に公害防止設備を設置して重質油を焚くことによって規制への対応を行う、と同時にコストへの対応を行っていることが示される。

③ 昭和 55, 58 年の 2 時点間での変化では特に素材産業で重質油のシェア低下への影響が大きく、石炭や自生（再生）ガスへの転換が加速されていることが観察されるが、要因間での影響度では大きい変化は見られない。

5. まとめと今後の課題

以上、エネルギー消費（需要、代替）変動に大きな影響をもたらす要因としての消費技術に着目し、技術アクティビティの固定性と、燃料代替における非価格要因の影響度を確認してきた。

しかし本報告は、まだデータベースを 2 時点間に関して作成した段階に留まっており、技術の固定性をエネルギー経済分析の中にどの様に取り込むかという本研究の目的からすれば、分析の途についたばかりである。

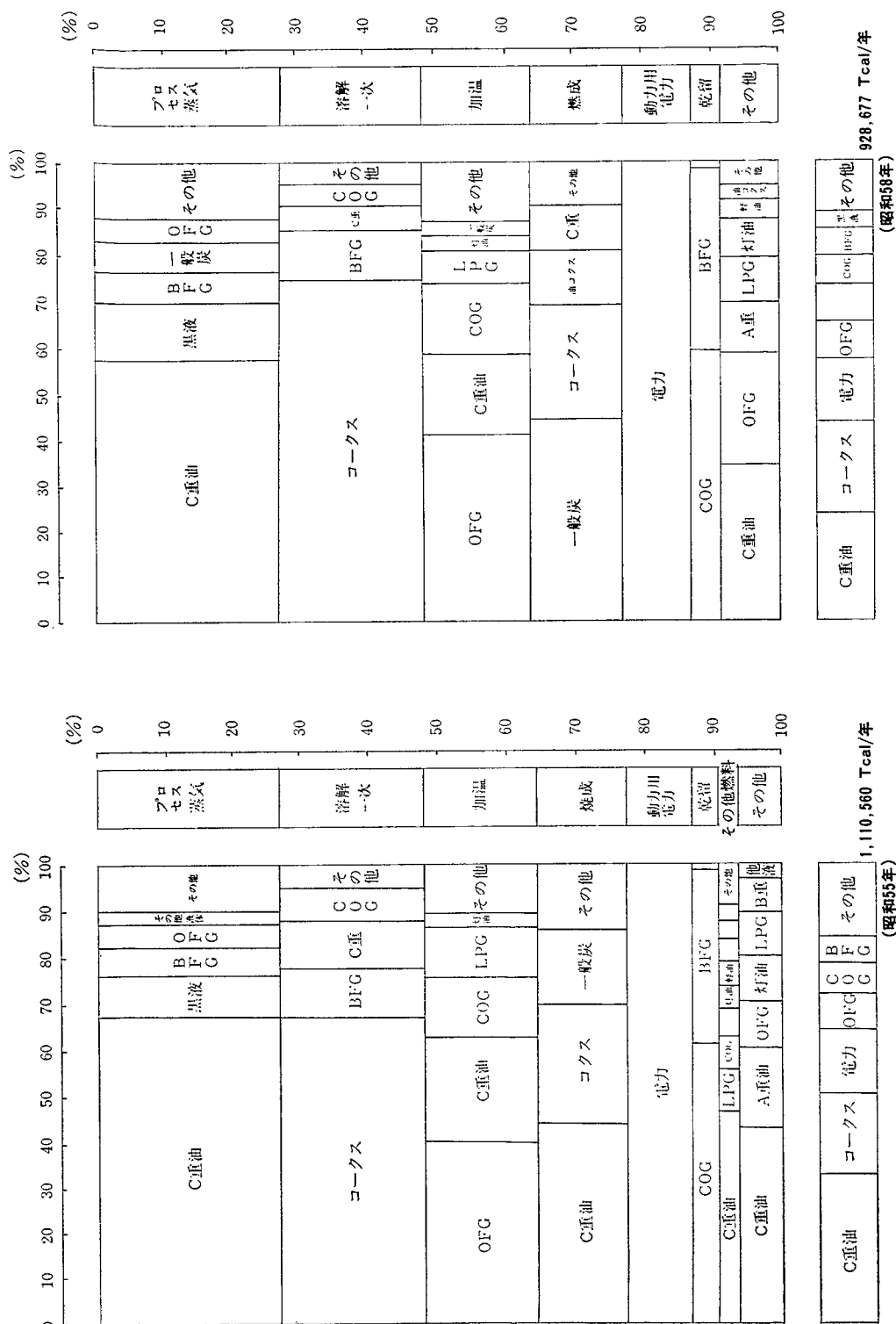
今後、集計されたレベルで上記の技術特性を反映したシェア関数を作成するなど、需要及び代替の問題にエネルギー消費技術を明示的に組み込んだモデルを検討して行きたい。

なお、本研究は所内に研究会を設け、ここでの討議を踏えて作業を進めてきた。研究会メンバーである、慶応大学清水雅彦、専修大学斎藤雄志、計量計画研究所外岡豊の 3 氏には極めて有用なコメントや御指導を頂いた。心より謝意を表したい。

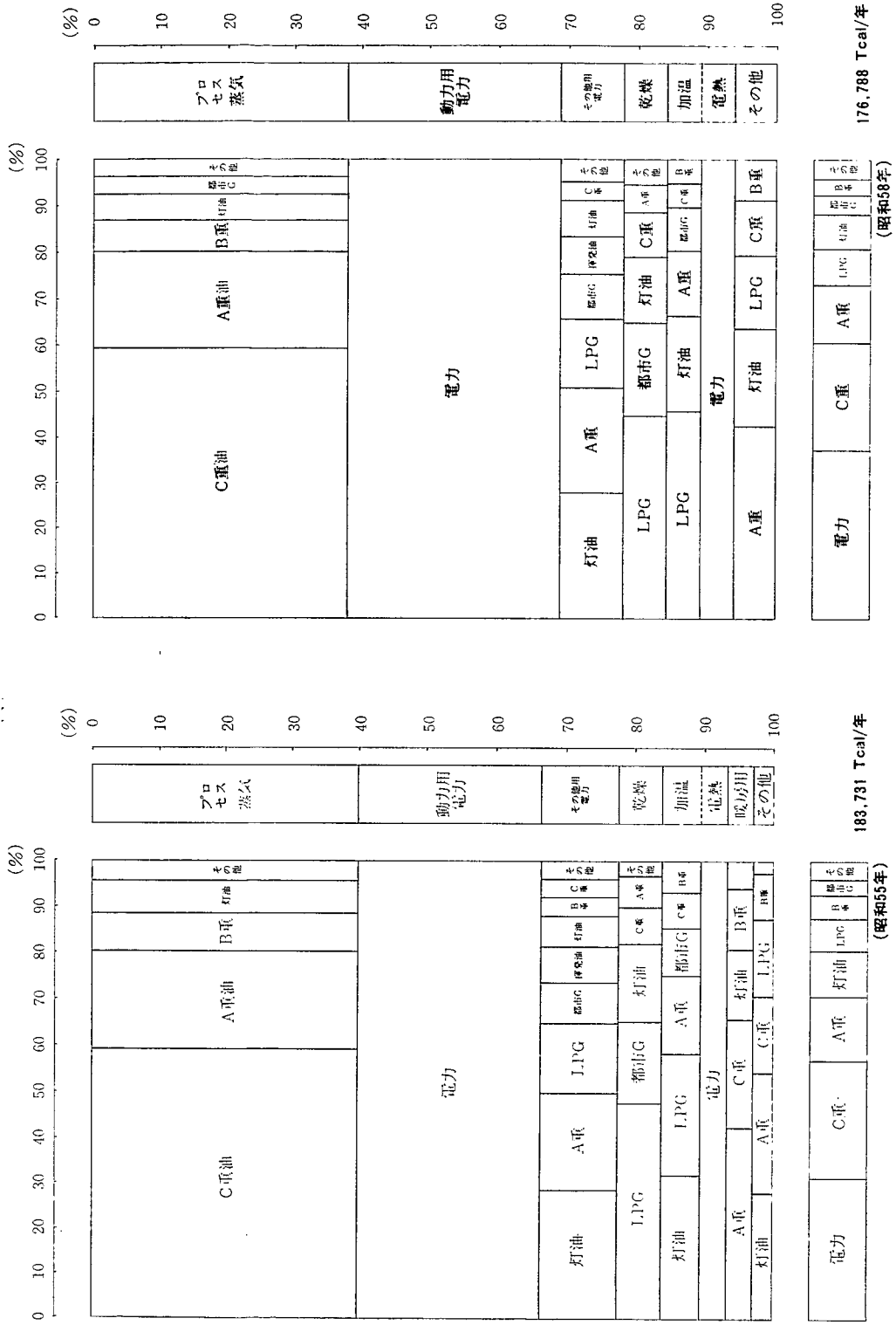
参考文献

- [1] L. D. Taylor, "The demand for electricity: A Survey," Bell Journal, April. 1975.
- [2] 阿波田 "電力需要の短期・長期の弾力性について", 電力経済研究 No. 10 Nov. 1976.
- [3] 内田, 藤井 "Historical Change in Energy Use in Japan" CRIEPI REPORT EY86005 Dec. 1986.
- [4] J. L. Sweeney, "Price Asymmetries in the Demand for Energy", IAEE 8th Annual North American Conference 1986.
- [5] 通産省「石油等消費構造統計表」(昭和 55 年～60 年度)
- [6] R. J. Kopp, V. K. Smith. Modeling and Measuring Natural Resource Substitution, MIT Press. 1981. pp. 145～173.

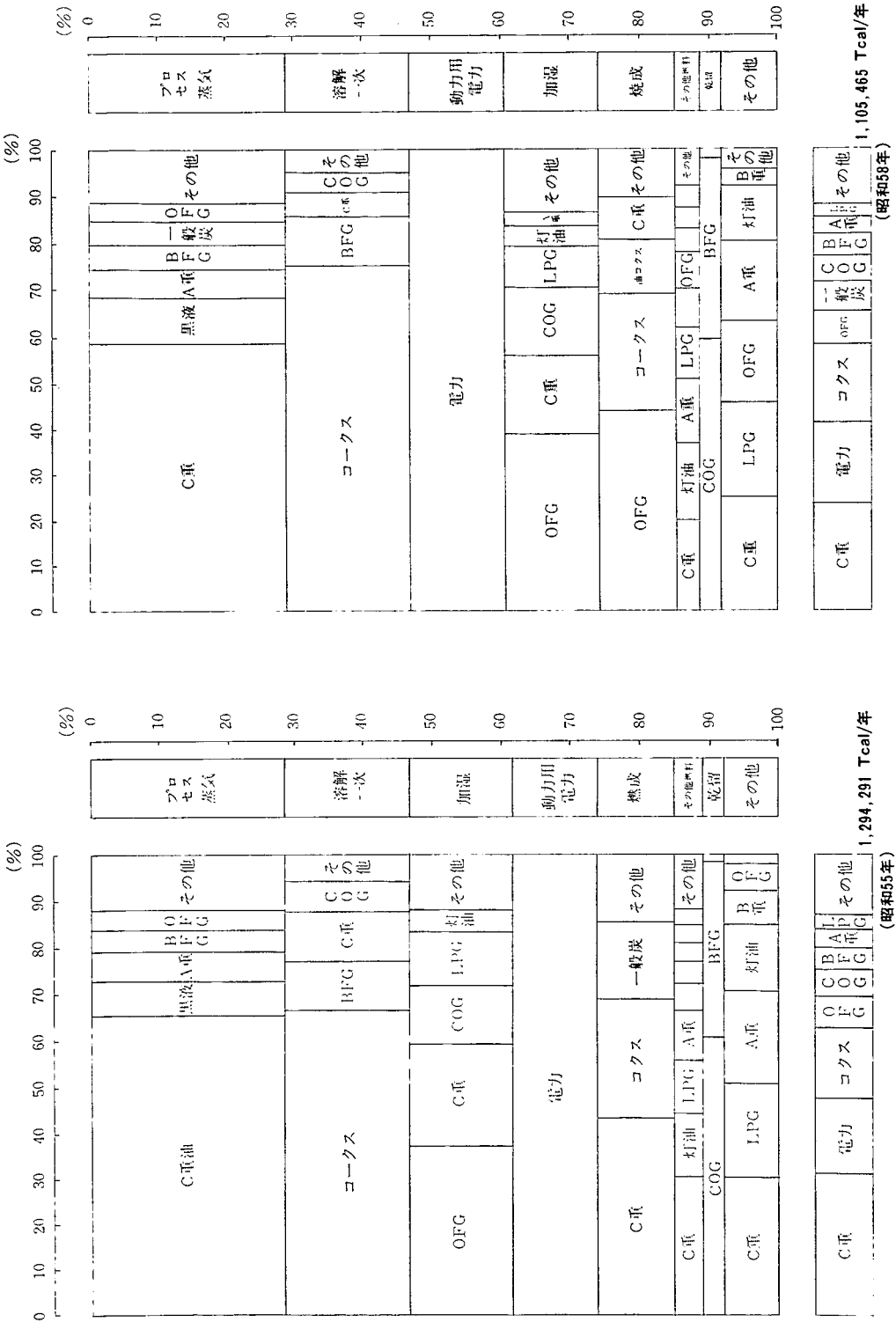
(ふじい よしふみ
経済部 エネルギー研究室)



付図 1 エネルギー消費技術と燃料の関係 (素材産業)



付図 2 エネルギー消費技術と燃料構成の関係 (加工組立産業)



付図3 エネルギー消費技術と燃料構成の関係(製造業)