

(25) 製品の多品種化の実態とエネルギー消費への影響に関する研究

Impact Analysis of Energy Consumption in the Trend of Increasing Variety of Products

小木曾正隆* 盛岡 通** 城戸由能**
Masataka Kogiso*, Tohru Morioka**, Yoshinobu Kido**

ABSTRACT ; Industry has been supplying more variety of goods to consumers in order to cope with multi-purpose in citizens' lives. This small lots size production cost and energy consumption has been increasing. In this paper, external cost by extreme variety of goods is estimated in some sections of the production process. Questionnaire was sent to 27 corporations in 4 kinds of household goods industries and their catalogue were investigated. In the most of the goods, the rapid increase of goods' variety started in 1984, the highest value was between 1989 and 1990 and the trend of decrease was observed in 1991. The degree of rising demand is estimated for an additional type of goods by the statistic analysis. The energy consumption was calculated for production of goods equivalent to 1.0 million yen (total production cost) using the input-output analysis. In motorcar industry, 1.8 % of production energy was increased by an additional type of car.

KEYWORD ; Energy consumption, Variety of goods, Input-output analysis, Statistic analysis

1. 研究の背景と目的

高度成長期から現在まで消費者の豊かさ観が変化し、生産や販売等の部門は消費者の望むモノやサービスを提供するためにその供給のしくみを変化させてきた。本研究では「多品種サービス」を取り上げ、消費の変化に伴う生産のしくみの変化がどれだけの外部費用を発生させたのかを推計することを目的とする。品種を増やし、1品種当たりの生産量が減少すると製造業の各部門では様々なロスやコストが生じるが、これまでは各部門で対応策を講じ、生産のしくみを変化させながら、消費者へのサービスとして品種を増やしてきた。素材や大きさの違いという形で付加価値が存在しないため、このような「多品種サービス」のコストや便益は見えにくい。そのため、生産効率の悪化や価格への未転嫁による過剰消費によって環境に負荷を与えていると推測される。最近の経営悪化を契機とした製造業の生産品目の削減は、行き過ぎた「多品種サービス」を見直すことで効率的な企業活動を実現することを目指す一方で、売上高への影響が懸念されている。

そこで、2章では日常消費する商品について「生産品種数実態調査」と「カタログ調査」を行い品種数の経年変化を明らかにする。3章ではその結果と商品購入量、4章では企業内部部門のコストとの単相関分析を行い、品種増加の需要への影響と製品生産に投入される一次エネルギーへの影響を明らかにする。最後に、5章ではこれらの結果を用いて品種増加の自動車生産業に直接投入されるエネルギーへの影響を試算する。

2. 「生産品種数実態調査」および「カタログ調査」の概要と結果

最終需要向け工業製品の品種数の動向を把握するために「生産品種数実態調査」および「カタログ調査」を行った。商品についての種類の多さは、同時に販売されているモデルの数である現存数と、モデルチェンジの頻繁さを表す新製品数の2つの指標によって表すのが適当であろう(図2-1)。しかし、これらを実

* 東京都 Tokyo Metropolitan Government

**大阪大学工学部環境工学科 Department of Environmental Eng., Osaka Univ.

際の商品に当てはめて数字を求めるのは困難が多い。その主な理由は、当該商品の範囲やどの段階で商品分類をストップすべきかについて共通の基準がないことである。そこで、「生産品数実態調査」では、メーカーへのアンケート調査の形式をとった。調査票は郵送とファクシミリにより送付し、ファクシミリで回収した。調査時期は1993年の1月である。質問の内容は次の5つである。

設問1. 生産品種の分類方法について

- ・商品コードの有無
- ・商品コードの桁数、各桁の表す意味

設問2. 品種数の経年変化について

- ・商品名数、商品コード数の昭和45年から現在までの経年変化

設問3. 代表的な商品のモデルチェンジと派生商品の種類数の経年変化

設問4. 今後の品種増減について

設問5. 品種増減の目的など自由記入

企業間で異なる品種数の共通の尺度として出荷時の商品名、商品コード番号の種類数を用いた。アンケートの送付先は、家庭で消費する代表的な工業製品である乗用車、家庭電化製品、家庭化学品、加工食品の4業種を設定し、各業種の代表的な品目について市場占有率の上位企業から抽出した。ただし家庭電化製品の品種数については「カタログ調査」でカバーしているためアンケートは実施していない。最終的に、表2-1に示す27社の35部門に対して調査を依頼し、14社、16部門からの回答を得た。設問2、3への回答の一部を、品種数を1990年を100とした指数に換算し以下に示す。

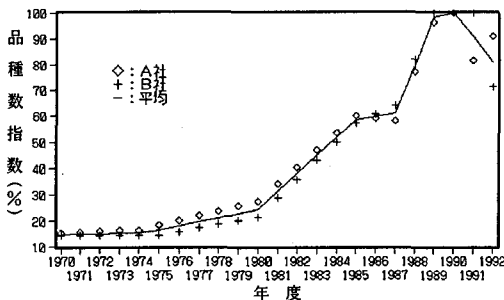


図2-2 ビールの多品種化

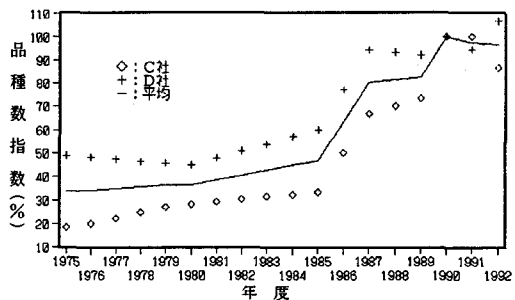


図2-3 チョコレートの多品種化

ビールは商品名（銘柄名）、商品コード、容器の種類数を回答してもらった。商品コードの回答を得た2社を比較すると増減の時期や率はだいたい一致している（図2-2）。また、チョコレートは商品名数はあまり変わらず、派生商品の増加が商品コードの増加につながっている（図2-3）。他の商品でも、1984年頃から多様化が加速し1989年～1990年にピークを迎え、その後は品種の削減に転じる傾向が共通に見られた。

設問4、5に対する回答からは、企業が多品種化を進めてきた理由と多品種化がもたらした影響として、多品種化が売上拡大を目的としていること、加工販売などのコストが高くなることが読み取れる（表2-2）。

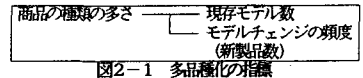


図2-1 多品種化の指標

表2-1 アンケートの送付先と回収結果

家庭で消費する工業製品	代表商品	対象企業部門(九重様)	回収数
乗用車	乗用車	1	1
家庭電化製品	化粧品	3	1
	シャンプー	4 (1)	2
	歯磨き	3	1
	衣利用合成洗剤	2	1
加工食品	ビール	4	3
	アイスクリーム	4	0
	チョコレート	3	2
	即席めん	3	1
	冷凍食品	4 (3)	1
	調味料	3	3
	レトルト食品	2	0

表2-2 品種削減の予定と目的

生産品目	削減予定	削減の目的、方法など
自動車	有り	部品の共通化、グレードの削減
化粧品	有り	売上下位商品の削減と、同程度の新製品投入による品目の刷新（生産・販売・物流の効率化、効率的な売上拡大）
加工食品 冷凍食品	有り	業務用商品の統合（生産・販売・物流・在庫・情報管理コストを吸収できない市場規模の移行）のスケールアップ及び新製品への入れ替え
即席めん	なし	
ビール	特にな	新製品の定期的な発売と売上が下降してコストを削減できなかった商品の廃止をこれまで通りする。
チョコレート	なし	コスト削減のために削減したいがいろいろな商品が少しずつ売れる傾向があるため出来ない。また、売れなくなった商品の新製品への入れ替えを急がなければスーパーの棚から外され、他社の商品に入れ替わってしまう。売上が減るを守るためには品種も減らせない。

家電製品と同様に自動車についてもカタログ調査を実施した。対象は乗用車に限り、製品種類数は車名によることにした(図2-7)。

品目	品番	品番が生活用品中からとれないもの	品番細分類(のい)
食器レンジ	NF	電子レンジ専用台、キッチンボード	種番まで
洗濯乾燥機	FE	衣類乾燥機、衣類、靴乾燥機	種番まで
電気ガス	SR	電気圧力鍋、酸化銀電池	種番まで
冷蔵庫	NR	水電化機	種番まで
洗濯機	NA	ミニ洗濯機	種番まで
アイロン	NI	電子圧力スチーマー、ファブリスター トラベルアイロン	種番まで
	2A		
カメラ	TH	ビデオカメラ、モニターディスプレイ	種番まで
VTR	RV	テープ録り機、ビデオ対応ビデオテー プ放電式専用機、ビデオリカ	種番まで
オーディオ	NQ	パワースピーカーボックス、カラオケ	種番まで
電気スンプ	DS	家庭用スニッチボックス	種番まで
	FE	加湿機、タイマー・サーキュラ ー型機、加温換気用ヒーター	種番まで
掃除機	MC	BH、HC型のコードレス	種番まで
電線	—	照明用の電源配線をカウント	商品名まで

図 2-4 家電製品の種類(品番)数

図2-5 VTRの品種数の経年変化

図 2-6 冷蔵庫の品種数の経年変化

図2-7 乗用車の品種数の経年変化

アンケート結果(表2-2)から多品種化の影響として、製品需要を誘発すること、企業活動の効率を悪化させることが推測された(図3-1)。これらはそれぞれ資源消費を増大させると思われる。ここでは、需要の誘発効果を取り上げ多品種化と需要量の経年変化を単回帰分析することで、需要の品種増加弾力性を求めた。ここでは自動車を中心に分析の手法と結果について述べる。

自動車の販売数は、該当メーカーの中古車を除いた新車の国内登録、届出台数を
用いることとする。新規、買い換え、買い増しの購入数は、「家計消費の動向」に
よる。登録台数、車名数とも対前年比の増加率をとったうえで、相関の有無は、次
の3点から判断した。

- 1) 係数の符号、大きさの妥当性
- 2) t 値は有意であるか
- 3) 決定係数 (R² 乗) は1に近い (ただし R は相関係数)

相関の見られる組み合わせについて図3-2に示すフレーム
に従って需要誘発率を算出した (表3-1)。もしその年に、
もう一件のモデルチェンジが行われていたら何%の自動車が追
加的に生産販売されていたのかを表す需要割増率は、需要規模
として1989年の値を用いた結果を表3-2に示す。

自動車と同じように家電製品についても品種の増加に対する
需要増加の感度を分析した。国内需要量は、当該メーカーの、
当該品目の国内出荷量に占めるシェアから求めている。分析の
フレームは基本的に自動車と同じだがモデルチェンジ数ではなく新製品数の増減を用いた。対象商品は電子
レンジ、冷蔵庫、カラーテレビの3品目である。はじめに総需要について相関を検討し、相関が見られる場
合はこの値を採用して需要割増率を求めた。結果を表3-3にまとめる。

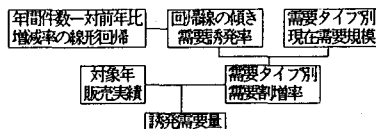
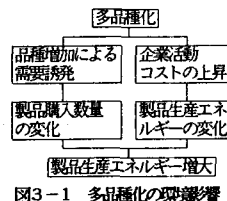


表3-1 品種増加による需要の誘発率

	総需要	新規	買い換え	買い増し
変化件数	1.27×10^{-2}	2.23×10^{-2}	—	-2.39×10^{-3}
カラーテレビ	5.60×10^{-3}	—	1.39×10^{-2}	—
マイクレンジ	4.11×10^{-3}	3.22×10^{-2}	—	-2.83×10^{-2}
新製品数	—	—	—	—
車名増率	—	—	—	2.62×10^{-6}

表3-2 乗用車の需要割増率

	誘発需要タイプ	需要の誘発率	需要規模	需要割増率
フルマイ	需要全体	5.60×10^{-3}	100.0	0.560%
マイ	買い換え需要	1.39×10^{-2}	70.4	0.976%
イ	需要全体	4.11×10^{-3}	100.0	0.411%
ナ	新規需要	3.22×10^{-2}	21.7	0.700%
名	買い増し需要	-2.83×10^{-2}	8.55	-0.242%
	買い増し需要	2.65×10^{-6}	8.55	0.227%

表3-3 家電製品の需要割増率

品目	必要タイプ	需要の誘発率	需要規模	需要割増率
電子レンジ	総需要	0.252	100.0	0.252%
冷蔵庫	買い換え	0.439	68.0	0.299%
カラーテレビ	買い換え	0.439	52.0	0.228%
	買い増し	0.164	33.5	0.055%
電子レンジ	総需要	0.269	100.0	0.269%
冷蔵庫	買い換え	0.250	68.0	0.170%
カラーテレビ	総需要	0.248	100.0	0.248%

4. 企業活動のコスト変化に伴う製品生産エネルギーの変化

企業の活動や経営内容は、毎決算期に企業が作製する決算書である
財務諸表によって知ることができる。財務諸表は貸借対照表、損益計
算書、営業報告書、などからなりこのうち、本論文では部門別の支出
が記載されている損益計算書を用いた。

損益計算書では営業に関わるコストを図4-1のように分類してい
る。エネルギー関連費目を含むのは、販売費・一般管理費に属する費
用のうち1) 広告宣伝費、2) 荷造運搬費、3) 試験研究費、売上原価のう
ち4) 材料費・経費の4つである。材料費は原材料費と燃料費からなり、

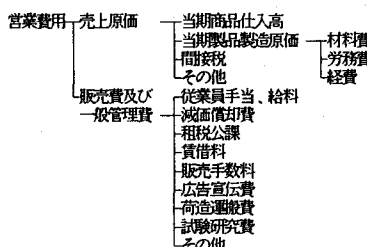


図4-1 コストの内訳

表4-1 コストと産業調査表の対応

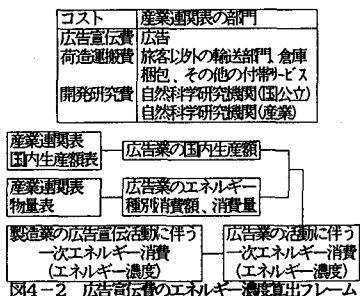


表4-2 広告活動のエネルギー消費算出

総計	数量	金額 (十億円)	熱量換算係数	熱量 (Tcal)	
揮発油 (kl)	$3.66 \times 10^{+7}$	4,365	8600 kcal/l	$3.15 \times 10^{+5}$	金額合計
ジェット燃料 (kl)	$4.33 \times 10^{+6}$	283	8700 kcal/l	$3.76 \times 10^{+4}$	11.8 十億円
灯油 (kl)	$2.44 \times 10^{+7}$	1,343	8900 kcal/l	$2.17 \times 10^{+5}$	熱量合計
軽油 (kl)	$2.57 \times 10^{+7}$	2,012	9200 kcal/l	$2.36 \times 10^{+5}$	$1.52 \times 10^{+6}$ Tcal
A重油 (kl)	$1.90 \times 10^{+7}$	1,026	9200 kcal/l	$1.74 \times 10^{+5}$	一次エネルギー消費
B・C重油 (kl)	$4.63 \times 10^{+7}$	2,265	9750 kcal/l	$4.52 \times 10^{+5}$	129 kcal/円
ナフサ (kl)	$1.03 \times 10^{+7}$	460	8600 kcal/l	$8.90 \times 10^{+4}$	
ゴークス (t)	$5.19 \times 10^{+7}$	1,244			
事業用電力百万kWh	$5.36 \times 10^{+5}$	13,059		4.11×10^{-2} kWh/円	
都市ガス m ³ *1000	$1.25 \times 10^{+7}$	1,811		6.91 m ³ /千円	
熱供給業 百万kcal	$1.36 \times 10^{+6}$	37		3.63×10^{-1} kcal/円	
合計		11,755			

図4-2 広告宣伝費のエネルギー消費算出フレーム

経費は電力量を含む。1)～3)については、百万円当たりの直接エネルギー消費量、即ち一次エネルギー濃度（原油換算1／百万円）を産業連関表を用いて算出した。費用部門と産業連関表の部門の対応を表4-1に示す。算出のフレームは広告についてのものを表4-2と図4-2に示す。4)は、工業統計表（産業編）、石油等消費構造統計表の該当部門を抽出し、図4-3に従って年度別の原材料費、燃料費、電力費を求めた。

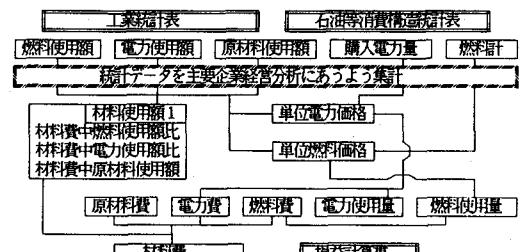


図4-3 業種別の燃料費、電力費の算出フレーム

表4-3 コスト率と品種数の相関結果

対売上高比率	R2乗	コジ誘発率	コスト率
営業利益率	0.011	0.543	—
売上原価率	0.072	-0.100	—
製造原価率	0.314	-0.282	—
材料費率	0.476	-0.475	—
原材料費率	0.519	-0.485	—
燃料費率	0.603	3.119	100.0%
電力費率	0.707	0.866	100.0%
経費率	0.309	0.926	—
労務費率	0.062	0.130	—
販売管理費率	0.129	0.454	—
従業員給料費率	0.016	-0.146	—
減価償却費率	0.244	1.326	—
広告費率	0.450	1.578	1.1%
荷造運搬費率	0.125	0.543	17.9%
開発研究費率	0.347	0.903	3.4%

表4-4 業種別の傾向

業種	多品種化の効率性への影響
食品工業	加工コスト率の減少、従業員給料費率の上昇
ビール製造業	広告宣伝費率等販売管理費率の上昇
自動車メーカー	燃料費、電力費のエネルギー費率の上昇
家電メーカー	電力費率、原材料費率の上昇

一方、多品種化の企業活動の効率性への影響を見るため、売上高全体に占める各コストの比率（売上高コスト率）の増減率と2章で調査した品種の増減率の相関分析を行い、売上高コスト率の品種数弾力性を求めた。

対象業種は、1)ビール製造業、2)菓子・乳製品製造業、3)民生用電気機器製造業、4)自動車製造業の4業種とした。評価する売上高コスト率は①売上高荷造運搬費率②売上高広告費率③売上高開発研究費率④売上高電力費率⑤売上高燃料費率である。ここでは自動車製造業を中心に分析方法、結果を示す（表4-3）。

燃料費率、電力費率が車名数の増加との間に、比較的強い相関があり工場部門で効率性が失われていることがわかる。特に燃料費率は車名の増加に対する感度は高い。業種別の傾向を表4-4にまとめる。

5. 多品種化のエネルギー消費への影響評価の枠組みと試算

これまで述べてきた多品種化の企業活動効率と購買需要量への影響から、製品製造業の直接エネルギー消費量がどれだけ増加するのかを図5-1に従って推定した。生産エネルギーは部門別のエネルギー消費量の和として求め、部門別の消費エネルギーは、次の式で表現される。

$$\text{部門エネルギー} = \text{売上高} \times (1+(A)) \times \frac{\text{部門コスト}}{\text{売上高}} \times (1+(B)) \times \frac{\text{部門エネルギー}}{\text{部門コスト}} \quad (1)$$

ここで、(A)：売上高の増加率 (B)：売上高コスト率の増加率

（部門コスト／売上高）は売上高コスト率であり、その増加率(B)は、品種の増加率と弾力値によって比例する。また、売上高も3章で述べたように多品種化によって増加することがあり、その増加率(A)は品種数の増加率と比例関係にあると仮定する。（部門エネルギー／部門コスト）は単年度で見た場合多品種化とは関わりなく、業種別、部門別に一定と考えている。

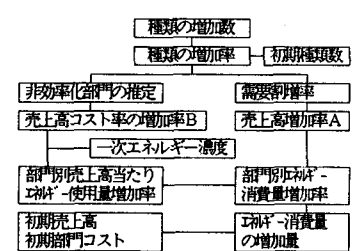


図5-1 エネルギー消費量算出フレーム

エネルギー消費量の評価は、当該商品製造業の年間一次エネルギー投入量の断面で行う。ここでは自動車の車名数増加に伴う影響をケーススタディーとして算出した結果を示す。

$$E = \sum ((1+Y/100) \cdot \{V\} \cdot U_0 \cdot C_{0i} \cdot (1+X_i/100) \cdot \{V\} \cdot D_i) \times 10^{-5} \quad (2)$$

$$\{V\} = (V_0 + v) / V_0 \quad (3)$$

ここで、v：品種の増加数、E：エネルギー消費量(kl)、Y：需要割増率(%)、
 U：売上高(百万円)、C：売上高コスト率(%)、X：売上高コスト率の弾性値(%)、
 D：エネルギー濃度(1/百万円)、i：部門、添え字0は初期値

初期設定値はここでは1989年の値を使用している(表5-1)。ここから現状のエネルギー消費量を計算すると、自動車製造業の一次エネルギー投入量は原油換算で年間約350万klとなり、一台生産当たりでは0.875klである。車名1種類の増加によって車名数が91種類になる場合について、初期部門コストと売上高コスト率増加率、売上高の増加率から一車名増加時の各部門コストを求める。

表5-1 初期設定

項目	初期設定値
車名数	90種類
販売数	400万台
売上高	24.8兆円
売上高燃料費率	0.19%
売上高電力費率	0.43%
売上高広告費率	0.99%
売上高荷造運搬費率	2.44%
売上高開発研究費率	2.93%

これに一次エネルギー濃度(kl/百万円)をかけてエネルギー消費量を求めた。車名数の1%の増加は買い増し需要を2.65%増加させ、需要全体に対する割増し率は0.227%となる。1種類の増加により売上高は0.229%の増加率を示し24.8兆円に上昇する。生産量は需要と共に0.229%増加するため、9,168台の増加になる。各部門エネルギーは表5-2のように上昇し、全体として1.80%増加する。一台生産当たりの一次エネルギー投入量は0.889kl(原油換算)となる。

表5-2 推定結果

	初期値 (十億円)	増加後値 (十億円)	初期消費エネルギー (原油換算kl)	増加後消費エネルギー (原油換算kl)	増加率 (%)
燃料	4.65	4.81	1.25×10^{16}	1.29×10^{16}	3.40
電力	10.5	10.7	6.70×10^{15}	6.77×10^{15}	1.11
広告	24.5	25.0	2.30×10^{14}	2.34×10^{14}	1.60
荷造運搬	60.4	60.9	1.43×10^{16}	1.44×10^{16}	0.78
開発研究	72.6	73.4	1.26×10^{15}	1.28×10^{15}	1.14
計			3.50×10^{16}	3.56×10^{16}	1.80

6. 本研究のまとめと課題

本研究では、財の多品種化という社会現象に着目し、その実態を経年的に調べると共に、現象を支える多品種生産-消費システムの環境負荷としてエネルギー消費量の増加率を推定した。分析の結果、品種の増加は多くの場合生産供給の非効率化と消費量の増大をもたらし、結果として生産の断面でみたエネルギー消費量の増大につながることが分かった。

分析の段階で財務データを用いているが、データの信頼性や業種の換算方法の妥当性については評価する必要がある。また、単相関分析であるため他品種化以外の要因の影響は除かれていない。品種に関するデータが少ないため限界はあるが、重相関分析をすることが望ましい。特定の乗用車メーカーなどに特化すれば可能と思われる。全体としては、多品種化は消費者の満足を高めるとともに、新技術の開発と淘汰などの面で役だっていると考えられ、コストだけでなくこれらの便益を明らかにした上で評価するべきである。

参考文献および資料

- 1) 環境庁企画調整局地球環境部編；地球温暖化防止対策ハンドブック4・交通編、第一法規、1992
- 2) (財)通称産業調査会；産業連関表磁気テープ(昭和60年産業連関表、昭和60年各種付帯表、1986年以降の延長表)、1989.4
- 3) 通商産業大臣官房調査統計部編；石油等消費構造統計表(商鉱工業)、昭和55年～平成2年
- 4) 通商産業大臣官房調査統計部編；工業統計表(産業編)、昭和55年～平成3年
- 5) 日本銀行調査統計局；主要企業経営分析、昭和50年～平成2年
- 6) 総務庁統計局；科学技術研究調査報告(平成2年)、日本統計協会、1990