

■ 研究論文 ■

エネルギー原単位の日米比較

Comparative Analysis of Energy Intensity between the U.S. and Japan

永 田 豊*

Yutaka Nagata

(1993年6月4日 原稿受理)

1. はじめに

省エネはどこまでできるのか。地球温暖化問題を契機にこのことが改めてクローズアップされている。米国を対象とした最近の研究^{1,2)}では来世紀初頭に数10%の省エネルギーが経済的に達するという結果が得られている。しかし、各国に技術水準のみならず気候条件や社会制度の違いがあることから、この結果が他国にもそのまま当てはまるというわけではない。例えば、米国は国土が広く、また北欧諸国は気候が寒冷であるため、同じ技術を用いても一人当たりあるいは経済活動当たりでみた場合に多くのエネルギーを費やす必然性がある。そこで本研究では、日米両国の今後の省エネの可能性の大小について議論するために、これら非技術的要因の影響を除いた「実質的な」エネルギー原単位を推定することを目的とした。

2. 手法と定式化

エネルギー原単位を示す指標としてはGDP当たりのエネルギー消費量(E/GDP)が最も一般的であり、米国のE/GDPは日本の約1.7倍である。本研究では、製造業・運輸・家庭・業務の各部門において非技術的要因の日米間の影響を補正したエネルギー消費量を推定し、補正後のE/GDPを求めることとした。

補正すべき非技術的要因には、Darmstadterら³⁾らの研究を参考に、産業構造、プロダクトミックス、国土面積、輸送機関構成、平均気温、一戸当たり住宅床面積、世帯当たり人員数(全世界平均)、業種別建物床面積構成、エネルギー価格を選んだ。

エネルギー原単位の分析手法はボトムアップとトップダウンの2つに大別できる。前者はエネルギー利用

機器の効率を直接比較するもので、素材1トン当たりのエネルギー消費量や家電製品1台当たりの消費電力が典型的な例である。この方法は個々の技術の比較には大変有効であるが、国家間の比較や、先述の非技術的要因の分析にはふさわしくない。逆に、後者はマクロのエネルギー消費データをベースにするため、いかに細分化しても個々の技術効率を直接比較しうるに至らないが、エネルギー消費に影響を及ぼす様々な要因を定量的に分析できる。例えば、Schipperら^{4,5)}は主に先進諸国のエネルギー消費構造を定量的に調査し、部門別エネルギー消費における時系列データの要因分解の手法を提案した。本研究では、非技術的要因をエネルギー価格とそれ以外に分け、エネルギー価格以外の要因を同様の手法で分析する。その際、エネルギー原単位の日米比較を行ったMcDonald⁶⁾の研究を参考に、エネルギー消費部門の細分化や為替レートなどの扱いを改善する。一方、エネルギー価格の分析は簡単な計量モデルを作成することで行う。そして両方の結果をまとめ、非技術的要因の影響を除いたE/GDP比を求める。最後に、GDPとエネルギー消費の関係を吟味し、GDPに直接寄与すると考えられるエネルギー消費だけを用いてエネルギー原単位の再修正を行う。これら全体の手続きを図-1に示す。

定式化では、エネルギー消費量を各部門に分解した後、部門毎に非技術的要因を取り除き、国家間で直接比較することのできるエネルギー原単位にまで分解する。部門毎の定式化は以下のように表される。

(製造業)

製造業では、「エネルギー多消費産業」と呼ばれる一部の業種で大量のエネルギーが消費されているため、日米両国の製造業のエネルギー原単位を比較する際、産業構造の違いを考慮する必要がある。本研究では、産業構造の違いを補正すると同時に、それに伴ったエネルギー源の構成の変化も考慮した。エネルギー源の構成の変化は各エネルギーの転換効率を通じて1次エ

* (脚) 電力中央研究所 経済社会研究所技術評価グループ
担当研究員
〒100 東京都千代田区大手町1-6-1 大手町ビル7F

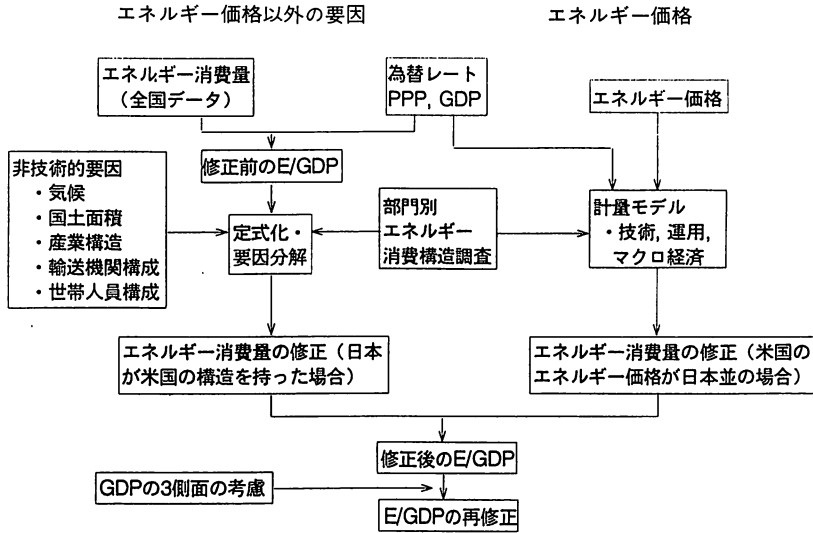


図-1 分析方法とその手順

エネルギー需要に影響を及ぼす。また、エネルギー原単位を付加価値当たりで測定する場合、各業種の製品構成（プロダクトミックス）の違いも無視できない。本研究では、プロダクトミックスを表す変数として生産額と付加価値の比率を用いた。

- i : 産業
- j : エネルギー源
- PE : 1次エネルギー需要
- SE : 2次エネルギー消費
- X : 生産額
- V : 付加価値
- η_{ij} : エネルギー源 j の転換効率
- ES_{ij} : エネルギー源 j のシェア
- I_i : 産業 i のエネルギー原単位
- XS_i : 産業 i の生産額シェア

$$PE = \sum PE_{ij} = \sum_i \left(\sum_j \left(\frac{PE_{ij}}{SE_{ij}} \cdot \frac{SE_{ij}}{\sum_j SE_{ij}} \cdot \frac{\sum_j SE_{ij}}{X_i} \cdot \frac{X_i}{X} \right) \right) \cdot \frac{X}{V} \cdot V = \sum (1 / \eta_{ij} \cdot ES_{ij} \cdot I_i \cdot XS_i) \cdot (X/V) \cdot V$$

ここで、ある一つの要因の影響を、その要因の値だけを変えて PE の変化量を計算するという方法で求めた。例えば、産業構造の影響は、日本の XS_i の代わりに米国の値を代入し、以下に示す値となる。

$$\Delta PE = \sum (1 / \eta_{ij}^{JAPAN} \cdot ES_{ij}^{JAPAN} \cdot I_i^{JAPAN} \cdot (XS_i^{USA} - XS_i^{JAPAN})) \cdot (X/V) \cdot V$$

(運輸部門)

運輸部門では、エネルギー原単位に大きく影響する

輸送機関の構成とそれに伴うエネルギー源の構成、ならびに国土面積の違いを考慮したエネルギー原単位が求められる。国土面積を表す代理変数として GDP 当たりの輸送需要を用いた。

- i : 輸送機関
- T : 旅客人キロあるいは貨物トンキロ需要
- S_i : 輸送機関 i の生産額シェア

$$PE = \sum PE_{ij} = \sum_i \left(\sum_j \left(\frac{PE_{ij}}{SE_{ij}} \cdot \frac{SE_{ij}}{\sum_j SE_{ij}} \cdot \frac{\sum_j SE_{ij}}{T_i} \cdot \frac{T_i}{T} \right) \right) \cdot \frac{T}{GDP} \cdot GDP = \sum (1 / \eta_{ij} \cdot ES_{ij} \cdot I_i \cdot S_i) \cdot (T/GDP) \cdot GDP$$

(家庭部門)

家庭部門では、冷暖房については気象条件と一戸当たり住宅床面積が、給湯については世帯当たり人員数が重要な役割を果たすことが知られている。そこで、これらの要因について補正したエネルギー原単位を求めた。このとき、冷暖房については冷暖房度日と床面積の積が含まれているため、補正結果には交差項が含まれる。

冷暖房

- i : 用途 (冷房あるいは暖房)
- F : 住宅当たり床面積
- DD : 冷房度日あるいは暖房度日
- H : 世帯数

$$PE = \sum PE_{ij} = \sum_i \left(\sum_j \left(\frac{PE_{ij}}{SE_{ij}} \cdot \frac{SE_{ij}}{\sum_j SE_{ij}} \cdot \frac{\sum_j SE_{ij}}{F \cdot DD} \cdot \frac{F \cdot DD}{H} \right) \right) \cdot H$$

給湯

表1 分析に用いたデータの出典

	日 本	米 国
GDP, デフレータ	国民経済計算年報(経企庁)	Survey of Current Business (DOC)
エネルギー消費量(全国)	総合エネルギー統計(通産省)	State Energy Data Report (DOE)
エネルギー消費量(産業)	石油など消費構造統計(通産省)	Manufacturing Energy Consumption Surver (DOE)
エネルギー消費量(運輸)	運輸関係エネルギー要覧(運輸省) 運輸経済統計要覧(運輸省)	Transportation Energy Data Book(ORNL) Highway Statistics (DOT)
エネルギー消費量(業務) 業種別床面積	民生部門エネルギー消費実態調査 (日本エネルギー経済研究所)	Commercial Buildings Energy Consumption Surver (DOE)
エネルギー消費量(家庭)	家庭用エネルギー統計年報 (住環境計画研究所)	Residential Energy Consumption Survey (DOE)
冷暖房度日	理科年表(東京天文台)	Monthly Energy Review (DOE)
人口, 世帯数, 国土面積	日本の統計(総務庁)	Statistical Abstract of the United States (DOC)
住宅床面積	住宅統計調査(総務庁)	American Housing Survey for the United States (DOC)
部門別生産額・付加価値	工業統計表(通産省)	Statistical Abstract of the United States (DOC)
素材生産量	日本の統計(総務庁)	Commodity Year Book (CRB)
エネルギー価格, 為替レ ート, 購買力平価(PPP)	Energy Balances of OECD Countries (OECD/IEA) Energy Prices and Taxes (OECD/IEA)	

表2 エネルギー消費構造の国際比較における問題点と対処

問題点	対 処
エネルギーデータ	
・発熱量 化石燃料: 総発熱量または真発熱量 電力: 1次ベースまたは2次ベース	総発熱量に統一 2次ベースに統一
・売上ベース/消費構造サーベイ	両者のズレを確認 除外
・原料用エネルギー消費	
・冷暖房度日の定義	米国の定義に統一
貨幣価格	
・円ドル交換ルート (為替レートまたはPPP)	製造業: 為替 製造業以外: PPP
・異時点間補正	GNPデフレータ
エネルギー価格と税率	一部分析
生活水準とライフスタイル	
・機器と乗用車の普及率と平均サイズ	分析せず
・機器の平均使用時間	分析せず

i : 世帯当たり人員数

Hi : 人員数 i の世帯数

Si : 人員数 i の世帯のシェア

$$PE = \sum PE_{ij} = \sum_i \left(\sum_j \left(\frac{PE_{ij}}{SE_{ij}} \cdot \frac{SE_{ij}}{\sum_j SE_{ij}} \cdot \frac{\sum_j SE_{ij}}{H_i} \cdot \frac{H_i}{H} \right) \right) \cdot H$$

(業務)

産業部門と同様, エネルギー原単位は業種により大きく異なることが実態調査から知られている。業種構成は床面積によって測られるため, 家庭部門と同様国土面積の違いも代理変数を用いて考慮した。

i : 業種

Fi : 業種 i の床面積

Si : 業種 i の床面積シェア

$$PE = \sum PE_{ij} = \sum_i \left(\sum_j \left(\frac{PE_{ij}}{SE_{ij}} \cdot \frac{SE_{ij}}{\sum_j SE_{ij}} \cdot \frac{\sum_j SE_{ij}}{F_i} \cdot \frac{F_i}{F} \right) \right) \cdot \frac{F}{GDP} \cdot GDP$$

分析に用いたデータの出典を表1に示す。米国の部門別サーベイは3年毎にしか行われていない, 全データを同一年で統一することはできないが, 2年程度の

違いによる消費構造の変化は、両国間の違いに比べて小さいと考えそのまま使用した。データの国家間比較には注意すべき点が多く、表2にそれらの問題点と、本研究での取扱いを要約した。この中で、円ドル交換レートを選択が特に難しい。為替レートは、製造業など貿易の多い部門の交換レートとしては適当である。しかし、他の部門では非貿易財の方が量的に多いため、代わりに購買力平価 (Purchasing Power Parities, PPP) を用いた。製造業の交換レートとして為替レートが妥当であることは、エネルギー多消費財の重量当たりエネルギー原単位と為替レート換算の原単位の日米比が接近していることで確認している。

エネルギー価格は、わが国のエネルギー効率が高い第一の理由と考えられる。しかし、エネルギー価格の影響は広範囲に及ぶため、単純な価格弾力性の計測だけでは不十分である。本研究では十分なデータが得られた米国の自動車輸送部門のみについて文献⁷⁾を参考に計量モデルを作成した。過去10年間米国のガソリン価格がわが国並の水準であり、かつCAFE規制が実施されなかった場合の影響 (自動車台数減少・走行距離減少・燃費向上) について計測している。CAFEとはCorporate Average Fuel Economyの略で、企業別の平均燃費の下限を定めている。紙面の都合で詳細な推定結果は省略するが、計量モデルの主な構造を以下に示す。所得やガソリン価格などの説明変数の符号条件はすべて満たされており、t値も有意であった。

$$\text{新車登録台数} = f (\text{世帯当たり平均所得, ガソリン価格})$$

$$\text{新車平均燃費} = f (\text{ガソリン価格, 技術進歩, 一期前の燃費, CAFEタミー})$$

表3 部門別最終エネルギー消費

(1989年, MTOE)

	米 国		日 本	
	自国データ	IEAデータ	自国データ	IEAデータ
産 業	564.0	488.7	164.4	150.2
運 輸	563.3	488.9	71.2	66.3
家 庭	244.4	250.6	42.5	34.0
業 務	167.7	161.0	33.1	25.6
その他 ^{*1}	—	4.1	—	10.7
合 計	1,539.3	1,393.4	331.3	286.9
1次供給	2,049.8	1,955.0	447.6	411.6

*1 他に分類されないもの。日本は「非エネルギー消費」を含む。

$$\text{自動車登録台数} = \text{新車登録台数} + \text{一期前の}$$

$$\text{登録台数} \cdot (1 - \text{スクラップ比率})$$

$$\text{走行距離} = f (\text{世帯当たり平均所得, ガソリン価格, 一期前の走行距離})$$

$$\text{自動車平均燃費} = f (\text{新車平均燃費} \cdot \text{新車登録台数, 1期前の燃費} \cdot \text{新車以外の登録台数})$$

最後に、エネルギー需要をGDPに直接寄与すると考えられるものとそうでないものに分けてエネルギー原単位を計算する。全エネルギー需要のうち、産業・業務・公共交通機関による旅客・貨物がGDPに直接寄与すると考えられ、家庭と自家用輸送部門で消費されたエネルギーを差し引いてGDP当たりのエネルギー消費量を求める。

3. エネルギー原単位の部門別分析

表3に両国の部門別エネルギー消費量を示す。自国データとIEAデータの差は各部門で5~10%であり、化石燃料の発熱量の違いからみて妥当といえる。米国は最終消費ベースでわが国の約5倍、1次換算ベースで4.6~4.7倍のエネルギーを消費している (わが国の方が電力化率が高いため最終消費に対する1次換算の

表4 部門別エネルギー原単位 (TOE/mil. 1998US\$)

	米国 (1988年)		日本 (1989年)		米国/日本	
	生産額当	付加価値額当	生産額当	付加価値額当	生産額当	付加価値額当
紙パルプ	375.8	801.6	198.1	571.6	1.9	1.4
紙	701.4	1,385.7	384.4	1,139.1	1.8	1.2
板紙	1,177.0	2,154.9	332.7	1,046.7	3.5	2.1
化学工業	268.9	520.3	119.7	239.0	2.2	2.2
窯業土石	409.0	740.2	271.7	535.8	1.5	1.4
セメント	1,998.4	3,797.6	1,404.0	2,838.7	1.4	1.3
一次金属	433.3	1,129.7	322.7	976.1	1.3	1.2
高炉	979.2	2,359.4	689.5	1,685.4	1.4	1.4
アルミ	776.2	1,645.6	273.3	648.5	2.8	2.5
その他	43.0	84.8	17.1	49.8	2.5	1.7
合 計	113.8	232.4	65.3	181.2	1.7	1.3
(補正後)			61.6	150.9	1.8	1.5

値が大きい)。1989年の名目GDPは、米国が5兆1,632億ドル、わが国が1兆9,443億ドルで、米国はわが国の2.7倍の規模を持つ。その結果米国のGDP当たりのエネルギー原単位はわが国の1.7倍となる。

3.1 製造業

製造業の規模は生産額と付加価値によって表される。それによると、米国は生産額でわが国の1.5倍、付加価値で2倍の規模を持つといえる。付加価値で測った規模が生産額より大きいのは、米国産業の方が一般的に生産額当たりの付加価値が大きいことに起因する。これは、米国の各産業の製品構成（プロダクトミックス）が付加価値の高い製品をより多く含んでいるためであると考えられる。一方、製造業全体のエネルギー原単位に大きく影響する産業構造では、素材産業の割合が殆ど等しく、両国間で差異は見られない。産業構造の違いを補正した後のエネルギー原単位では、米国は生産額でわが国の1.8倍、付加価値で1.5倍となる（表4）。産業別にみても、全ての産業でわが国の方がエネルギー効率が高い。この最大の理由は、ドル高であった80年代に米国における素材生産が輸入によって急速に代替され、生産設備の更新が進まなかったことであると考えられる。例えば、1988年の米国の粗鋼生産設備は1981年の73%にまで落ち込んでいる。

3.2 運輸部門

両国の旅客需要と貨物需要を表5に示す。米国は旅客で約4倍、貨物で約8倍の規模を持っている。輸送機関の構成では、エネルギー原単位の低下に大きく貢献していると考えられる鉄道の役割が大きく異なり、米国では鉄道は専ら貨物輸送に用いられているのに対し、わが国では旅客輸送が主である。

米国のエネルギー原単位は、旅客輸送でわが国の2倍、貨物輸送で0.3倍となる（表6）。この比は、わが国の輸送機関の構成を米国の割合に統一してもそれぞれ1.5倍、0.5倍と差は縮まるものの傾向は変わらない。輸送機関別では、米国ではバスが最も効率的な旅客輸送手段であるのに対し、わが国では鉄道の方が効率的である。これはわが国の乗車率が米国の約2倍であることに起因する。

米国の乗用車の人キロ当たりエネルギー原単位はわが国の1.5倍である。しかし、日本の統計には燃費の良い軽自動車が含まれており、軽自動車を除いて比較すると両国の差は1.3倍程度となる。自動車の平均サイズの違いがある程度寄与していると考えられるが、米国では1978年来の企業別平均燃費規制（CAFE）の導入、一方日本では1989年来の自動車税改正の影響で、新車については両国の平均サイズは急速に接近し

表5 旅客需要と貨物需要（1989年）

	米 国				日 本			
	旅客需要 (百万ニンキロ)		貨物需要 (百万トンキロ)		旅客需要 (百万ニンキロ)		貨物需要 (百万トンキロ)	
乗用車	4,216	84%	—	—	736	58%	—	—
バス	193	4%	—	—	109	9%	—	—
トラック	—	—	1,152	28%	—	—	263	51%
鉄道	41	1%	1,631	40%	369	29%	25	5%
航空	559	11%	16	0.4%	47	4%	0.8	0.1%
船舶	—	—	1,312	32%	6	0.5%	225	44%
合計	5,009	100%	4,112	100%	1,267	100%	513	100%

表6 輸送機関別エネルギー原単位と燃費（1989年）

	米 国			日 本			米国/日本		
	旅客	貨物	燃費	旅客	貨物	燃費	旅客	貨物	燃費
乗用車	70.4	—	8.0	47.4	—	9.8	1.5	—	0.8
バス	15.5	—	2.5	15.4	—	3.5	1.0	—	0.7
トラック	—	53.9	2.9	—	103.0	7.5	—	0.5	0.4
鉄道	49.5	6.7	—	10.1	13.6	—	4.9	0.5	—
航空	75.8	—	—	40.2	54.5	—	2.0	—	—
船舶	—	6.3	—	284.1	11.9	—	—	0.5	—
合計	69.0	19.8	7.1	34.6	59.4	8.5	2.0	0.3	0.8
(補正後)				45.1	40.2	—	1.5	0.5	—

注) 単位は旅客がTOE/百万ニンキロ、貨物がTOE/百万トンキロ、燃費がkm/l

表7 家庭部門の特性 (米国:1987年, 日本:1988年)

項目	米国	日本	米/日
世帯数 (百万世帯)	90.5	37.6	2.4
世帯当たり人員数 (人/世帯)	2.7	3.2	0.8
一人当たり床面積 (㎡/人)	57.7	27.9	2.1
持ち家比率	64.0%	61.3%	1.0
一戸建て比率	60.9%	62.3%	1.0
セントラルヒーティング普及率	86.0%	5.4%	15.9
断熱化率	58.5%	28.4%	2.1
エネルギー支出の所得に占める割合	4.3%	3.3%	1.3
住宅当たり室数	5.3	4.9	1.1
新築住宅の平均床面積 (㎡)	161.0	81.2	2.0
既設住宅の平均床面積 (㎡)	153.6	89.3	1.7
暖房度日 ^{*1}	2,606	2,061	1.3
冷房度日 ^{*1}	643	712	0.9

*1 人口による加重平均値。18-18°C基準

ている。

米国の貨物輸送の原単位が小さい理由として、輸送1回当たりの運搬距離が長く、効率の高い幹線輸送の割合が多いことが考えられるが、本研究では十分なデータが得られなかったため考慮していない。

3.3 家庭部門

家庭部門のエネルギー原単位に大きく影響すると考えられる要因を表7に示す。住宅床面積・断熱化率・セントラルヒーティングの普及率を除き、両国には大きな差異は見られない。一方、世帯当たりのエネルギー消費量は全体で約2.6倍の開きがある(表8)。このうち、暖房用は4.7倍、冷房用は3.5倍と著しく異なる。これらの比は、わが国の冷暖房度日・床面積・世帯当たり人員数を米国並として補正した後でもそれぞれ2.2倍、2.3倍と大きい。電気暖房の割合は米国が6%、日本が9%であり、1次ベースに換算すると若干差は縮まるが、依然日米差は大きい。米国は断熱化率が高いものの、セントラルヒーティングが普及しているため、実際に冷暖房されている床面積や利用時間数が両

表8 世帯当り用途別エネルギー消費(Mcal/世帯/年)

	米国 (1987年)	日本 (1988年)		米国/日本	
		補正前	補正後	補正前	補正後
暖房 (うち電気)	13,762 (780)	2,928 (251)	6,366 (546)	4.7 (3.1)	2.2 (1.4)
給湯	4,562	3,624	4,004	1.3	1.1
冷房	1,260	357	555	3.5	2.3
その他	5,848	2,927	2,927	2.0	2.0
合計	25,432	9,836	13,852	2.6	1.8

注) 平均世帯規模は米国2.7人、日本3.2人で米国の方が小さい。

国で大きく異なっているためと考えられる。

3.4 業務部門

米国の床面積はわが国の4.7倍の規模を持つ。この比は同部門の付加価値額の比(3.1倍)より大きく、国土面積の違いを反映していると考えられる。業種別では卸・小売業の差が6.9倍と最も大きい。米国のデータには教会の床面積が含まれているため、原単位の分析では除外した。なお、外気温からみて冷房が不必要と思われる国々でも冷房が行われていることから、冷暖房需要は家庭部門より気温依存性が小さいと考え、気候に関する補正は行わなかった。

業種別のエネルギー原単位を表9に示す。米国の原単位はわが国の約1.3倍であるが、業種構成を補正すると差は1.2倍にまで縮まる。業種によっては米国の方が原単位が小さいものもあり、他の部門と比べても差は小さい。学校・試験研究機関の差が大きい一つの

表9 業種別エネルギー原単位 (Mcal/㎡)

	米国	日本	米/日
集会所・協会	234.1	—	—
学校・試験研究機関	406.6	112.8	3.6
飲食店	801.6	573.3	1.4
病院・医療関連施設	801.9	418.2	1.9
ホテル・旅館	448.5	489.5	0.9
卸・小売業	268.8	360.9	0.7
事務所ビル	382.3	227.0	1.7
その他サービス業	208.5	188.7	1.1
業務用平均 (補正後)	348.5	260.2	1.3
	—	285.7	1.2

注) 比較のため米国の平均値の計算では集会所・教会を除外した。

表10 自動車輸送部門における価格効果 (1989年)

	新型乗用車	乗用車ストック	自家用トラック	貨物用トラック
登録台数	-12.1%	-9.7%	-15.0%	-9.0%
走行距離	—	-7.8%	-14.4%	-7.1%
平均燃費	+11.2%	+0.6%	+6.5%	+2.8%
(絶対値)	28.3→31.5	20.1→20.4	13.6→14.4	8.6→8.8
燃料消費量	—	-17.3%	-31.6%	-17.8%

注) 米国ガソリン価格が日本並に高かった場合の現状からの乖離率。

表11 米国のエネルギー消費への非技術的要因の寄与

単位: TOE/mil. 1989US\$

	合計	製造業	運輸 (旅客)	運輸 (貨物)	家庭	業務
部門合計	67.7	-26.3	31.6	23.2	12.0	27.1
価格効果 (米国)			11.8	4.2		
エネルギー構成		0.6	-3.0	-2.0	-3.2	-1.1
産業構造		-4.0				
プロダクトミックス		-23.0				
輸送機関構成			10.8	-15.9		
国土面積			12.1	2.9	8.9	23.1
気候					2.8	
交差項					2.0	
世帯当たり人員数					1.4	
業種構成						5.2

原因は、エネルギー原単位が大きい試験研究機関が米国に多く存在していることであると思われる。試験研究機関の原単位は学校の3倍前後である。

4. 国全体としてのエネルギー原単位の推定

2章で述べた方法に従って、わが国の非技術的要因が米国並であった場合のエネルギー原単位と、米国のガソリン価格がわが国と等しくかつ CAFE 規制がなかった場合の自動車輸送部門のエネルギー消費量を求めた。結果を表10に示す。新車平均燃費は11.2%改善

し31.5mpg (13.4km/l) となろう。この値は技術的に可能である。乗用車全体の燃費の改善幅は、新車登録台数減少の影響も受け0.6%に留まる。エネルギー消費量は17%~32%の減少が予想される。このモデルは他の輸送機関による代替やマクロ経済的影響を含んでいない。

表11に各要因の影響を定量的に求めた結果を示す。非技術的要因は全体で米国のエネルギー原単位を1989年価格百万米ドル当たり68石油換算トンを高くしており、これは両国の違いの約4割に相当する。補正後の米国

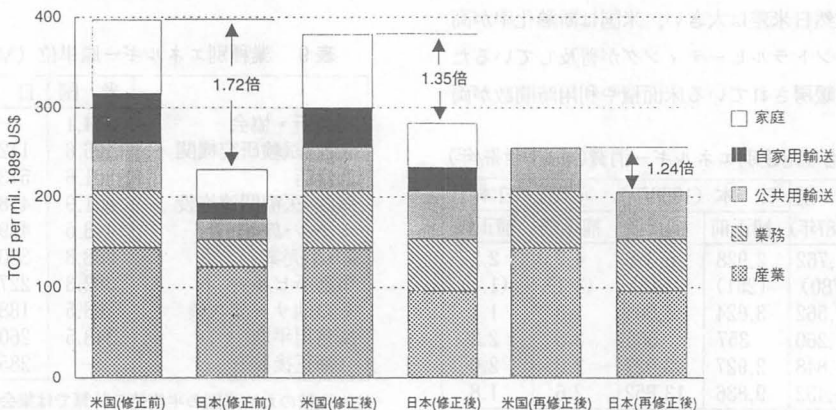


図-2 修正後のエネルギー原単位 (1989年)

のエネルギー原単位はわが国の1.4倍となる。

また、2章で述べたように、GDPに直接寄与したと考えられるエネルギー需要を用いて原単位を計算した。その結果、米国のエネルギー原単位はわが国の1.2倍となり両国の差は若干縮まるが、依然としてわが国の方がエネルギー効率が高い(図-2)。

5. 結論と今後の課題

米国はGDP当たりでわが国の1.7倍のエネルギーを消費している。しかし、米国がより多くのエネルギーを必要とする背景には、エネルギー利用機器効率には直接関係ない様々な非技術的要因の影響が無視できない。本研究では、各部門におけるエネルギー消費構造を分析し、これらの要因の影響を定量的に推定した。主な結論は以下の通りである。

- ・ 米国は製造業と家庭部門のエネルギー効率がわが国と比べ特に低いが、両部門の性質は大きく異なる。製造業は設備の老朽化といった技術水準そのものが低いのに対し、家庭部門は生活水準やライフスタイルなど機器本来のエネルギー効率に直接関係ない要因の影響が強い。
- ・ 非技術的要因は日米間のエネルギー消費量の違いの約4割、1989年価格百万米ドル当たり68石油換算トンの寄与を持つ。要因の中では広大な国土面積に関係した影響が最も大きい。
- ・ 非技術的要因を考慮しても、依然米国はわが国より多くのエネルギーを消費しており、貨物輸送を除き省エネ余地は大きい。
- ・ GDPに直接寄与したと考えられるエネルギー消費量のみを用いてエネルギー原単位を計算した。これに基づくと、非技術的要因を考慮した後の米国のエネルギー原単位はわが国の1.2倍となり、依然米国の方が大きい省エネ余地を持つ。

本研究では、不十分ながらも特に米国製造業のエネルギー効率はわが国より低いであろうことが明らかになった。反面、乗用車の燃費はかなり接近してきており、米国の膨大な輸送用エネルギー消費は人口密度が低く非効率な輸送手段に頼らざるを得ないという事情も大きく影響していることが改めて示された。この分析から、各国が一律の省エネ目標を設定することは現実的ではなく、むしろ生産設備や自動車燃費といった個別機器について共通の原単位の目標を設定することが望ましいと言える。もちろん、本研究に残された課題は多い。今回分析できなかった要因として、輸送部門の乗車率・1回当たりの運搬距離、家庭部門の機器普及率と平均サイズ・動作時間、家屋やビルの断熱化率などがあげられる。また、運輸以外の部門の価格効果の分析も必要である。一層の分析のためには、詳細なエネルギー利用技術とそれらの経済性(省エネルギー曲線など)を含むエネルギー需要モデルの開発が必要である。

参考文献

- 1) Lovins, A.B. and Lovins, L.H.; Least-Cost Climatic Stabilization, Annual Review of Energy, Vol. 16(1991), 433-531.
- 2) Carlsmith, R.S. et al.; Energy Efficiency: How Far Can We Go? (1990), Oak Ridge National Laboratory.
- 3) Darmstadter, J. et al.; How Industrial Society Use Energy (1977), The Johns Hopkins University Press.
- 4) Schipper, L. et al.; Explaining Residential Energy Use by International Bottom-up Comparisons, Annual Review of Energy, Vol. 10 (1985), 341-405.
- 5) Schipper, L. and Meyers, S.; Energy Efficiency and Human Activity: Past Trends, Future Prospects(1992), Cambridge University Press.
- 6) McDonald, S.C.; A Comparison of Energy Intensity in the United States and Japan(1990), Battelle Pacific Northwest Laboratories.
- 7) 伊藤浩吉; 米国における交通部門石油需要に関する計量分析 (1990), (財) 日本エネルギー経済研究所.