

エネルギー原単位の日米比較

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

キーワード：エネルギー消費，エネルギー原単位，日米比較

永田 豊

1. はじめに

省エネルギーは炭酸ガスの短期的な削減対策の最有力候補と考えられており，米国を対象とした最近の研究では来世紀初頭に数10%の省エネルギーが経済的に達成し得るという結果も得られている[1, 2]。エネルギー効率を示す指標としてはGDP当たりのエネルギー消費量(E/GDP)が最も一般的であるが，日本のE/GDPは米国の約6割で，この値を見る限りわが国では米国ほどの省エネは期待できそうにない。しかし，E/GDPはエネルギー消費に大きく影響を及ぼす非技術的要因（エネルギー価格，気候，人口密度等）を含んでおり，エネルギー効率の正しい指標とはいえない。本研究では，日米両国のエネルギー消費構造を詳細に比較し，これらの要因の影響を除いた実質的なエネルギー効率（原単位）を推定した。

2. 手法と定式化

エネルギー原単位の国際比較は古くから行われている[3-9]。それらは，上述した非技術的要因の影響を定性的に分析したものや，産業，業務といった部門内でのエネルギー原単位の定量的比較に留まっており，非技術的要因と

E/GDPとの定量的な関係にまで踏み込んだものはない。

エネルギー原単位の分析のためのアプローチは，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，先に述べた非技術的要因の分析にはふさわしくない。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割し，エネルギー価格以外の要因の分析を後者の方法，具体的にはエネルギー消費データを細かく要因別に分解・定式化することで行う。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。全体の手続きを図1に示す。

エネルギー消費量は製造業・運輸・家庭・業務の4部門に分解された後，各部門毎に非技術的要因が取り除かれ，国家間で直接比較するこ

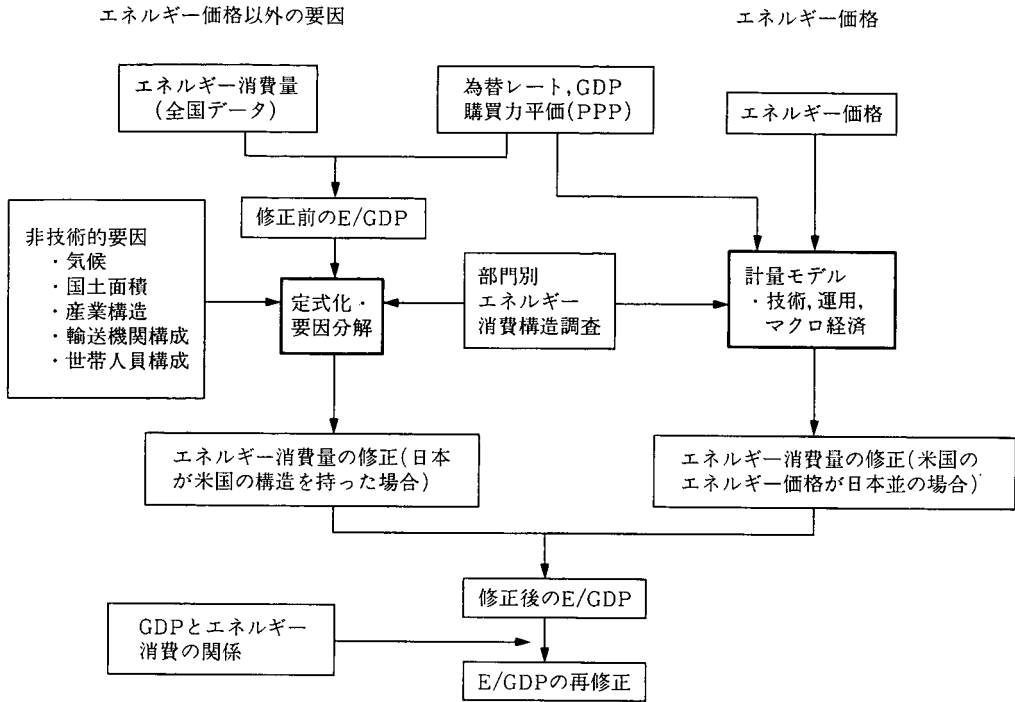


図 1 分析方法とその手順

とのできるエネルギー原単位にまで分解される。部門毎の定式化は以下のように表される。式中で、 $\Delta(X)$ は X の変化率を表している。

(製造業)

i : 産業

j : エネルギー源

PE : 1次エネルギー消費量

SE : 2次エネルギー消費量

X : 生産額

V : 付加価値額

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 の全生産額に占める割合

$$PE = \sum PE_{ij} = \sum_i \left(\sum_j \left(\frac{PE_{ij}}{SE_{ij}} \cdot \frac{SE_{ij}}{SE_{ij}} \cdot \frac{\sum SE_{ij}}{X_i} \cdot \frac{X_i}{X} \right) \right) \cdot \frac{X}{V} \cdot V$$

$$= \sum (1/\eta_{ij} \cdot ES_{ij} \cdot I_i \cdot XS_i) \cdot (X/V) \cdot V$$

$$\Delta(PE/V) = \sum (\Delta(1/\eta_{ij}))$$

$$+ \Delta ES_{ij} + \Delta I_i + \Delta XS_i + \Delta(X/V)$$

(運輸)

i : 輸送機関

T : 旅客ニシキロ需要または貨物トンキロ需要

S_i : 輸送機関 j のシェア

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

$$= \sum (1/\eta_{ij} \cdot ES_{ij} \cdot I_i \cdot S_i) \cdot$$

$$(T/GDP) \cdot GDP$$

$$\Delta(PE/GDP) = \sum (\Delta(1/\eta_{ij}))$$

$$+ \Delta ES_{ij} + \Delta I_i + \Delta S_i + \Delta(T/GDP)$$

(家庭 : 冷暖房)

i : 用途 (冷房または暖房)

F : 住宅当たり床面積

DD : 冷暖房度日

H : 世帯数

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

$$\Delta(PE/H) = \Sigma(\Delta(1/\eta_{ij}) + \Delta ES_{ij} + \Delta I_i) + \Delta(F \cdot DD/H)$$

(家庭 : 給湯)

i : 世帯当たり人員数

H_i : 世帯当たり人員数 i の世帯数

S_i : 世帯当たり人員数 i のシェア

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

$$\Delta(PE/H) = \Sigma(\Delta(1/\eta_{ij}) + \Delta ES_{ij} + \Delta I_i + \Delta S_i)$$

(業務)

i : 業種

F : 床面積

S_i : 業種 i の全床面積に占める割合

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

$$\Delta(PE/GDP) = \Sigma(\Delta(1/\eta_{ij}) + \Delta ES_{ij} + \Delta I_i + \Delta S_i) + \Delta(F/GDP)$$

非技術的要因は文献[8,9]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, 冷暖房度日, 住宅床面積, 世帯当たり人数, 業務床面積構成とした。わが国におけるこれらの要因が米国並になった場合のエネルギー需要の変化が求められ, 最終的にGDP当たりのエネルギー消費量が補正される。補正後の1次エネルギー需要は, 各部門の構造変化による2次エネルギー源の構成変化を反映している。

分析に用いたデータを表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。

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)	石油等消費構造統計(通産省)	Manufacturing Energy Consumption Survey (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 Survey (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：発熱量の定義	総発熱量に統一
電力：転換ロスの扱い	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
・原料用エネルギー消費	除外
・冷暖房度日の定義	米国の定義に統一
貨幣価値	
・円ドル交換レート (為替レートまたは PPP)	製造業：為替レート 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

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、特に円ドル交換レートの選択が最も難しい。表2にそれらの問題点と、本研究での取扱いを要約した。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[10]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。

$$\text{新車登録台数} = f(\text{所得}, \text{ガソリン価格})$$

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

$$\text{自動車登録台数} = \text{新車登録台数} + \text{一期前の登録台数} \cdot (1 - \text{スクラップ比率})$$

$$\text{走行距離} = f(\text{所得}, \text{ガソリン価格}, \text{一期前の走行距離})$$

$$\text{自動車平均燃費} = f(\text{新車平均燃費} \cdot \text{新車登録台数}, \text{一期前の燃費} \cdot \text{新車以外の登録台数})$$

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

表 3 部門別最終エネルギー消費（1989年，石油換算百万トン）

	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	—	4.1	—	10.7
1次供給	2,049.8	1,955.0	447.6	411.6

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（VA）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（表4）。付加価値で測った規模が

表 4 製造業の生産額と付加価値（1988年価格10億ドル）

	米国（1988年）		日本（1989年）		米国/日本	
	生産額	VA	生産額	VA	生産額	VA
紙パルプ	122.6	57.4	49.0	17.0	2.5	3.4
紙	33.1	16.8	18.0	6.1	1.8	2.8
板紙	16.7	9.1	5.3	1.7	3.1	5.4
化 学	259.7	137.9	144.6	72.4	1.8	1.9
窯業・土石	63.1	34.2	44.8	22.7	1.4	1.5
セメント	4.3	2.2	4.8	2.4	0.9	1.0
1次金属	149.1	56.5	152.2	50.3	1.0	1.1
高炉	44.6	19.3	63.5	26.0	0.7	0.7
アルミ	8.0	3.8	0.9	0.4	9.3	10.4
そ の 他	1,956.7	951.1	1,304.6	448.3	1.5	2.1
合 計	2,551.1	1,237.1	1,695.3	610.8	1.5	2.0

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同じで，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5）。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，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。

表 5 部門別エネルギー原単位（TOE/mil. 1988 US\$）*

	米国（1988年）		日本（1989年）		米国/日本	
	生産額	VA	生産額	VA	生産額	VA
紙パルプ	357.8	801.6	198.1	571.6	1.9	1.4
紙	701.4	1,385.4	1,139.1	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	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
1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

* 1988年価格百万ドル当たり石油換算トン

3.2 運輸部門

両国の旅客需要と貨物需要を表6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

表 6 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 7 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	—	18.7	47.4	—	23.0	1.5	—	0.8
バ ス	15.5	—	6.0	15.4	—	8.2	1.0	—	0.7
トラック	—	53.9	6.9	—	103.0	17.6	—	0.5	0.4
鉄 道	49.5	6.7	—	10.1	13.6	—	4.9	0.5	—
航 空	75.8	—	—	40.2	544.5	—	2.0	—	—
船 舶	—	6.3	—	284.1	11.9	—	—	0.5	—
合 計	69.0	19.8	16.6	34.6	59.4	20.0	2.0	0.3	—
(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 mpg (mile per gallon)

道の役割が大きく異なる。米国で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7)。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。

米国の乗用車のエネルギー原単位はわが国の1.5倍である。これにも乗車率の違い(米国:

1.5人/台、日本:2.2人/台)が非常に大きく影響する。文献[11]によると、乗用車の重量が100kg増加することは燃費を2.4mpg(1km/l)悪化すると報告されている。この結果を用いると、わが国の乗車率が米国並になると、1台当たりのエネルギー原単位は約5%改善する反面、走行距離は45%増加する。従って、人キロ当たりのエネルギー原単位は約40%も増加することになる。本研究は自動車のサイズを明示的に考慮していないが、両国の新車の平均サイズは急速に接近しており、平均サイズの影響は小さいと思われる。

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8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9)。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・

表 8 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(m ² /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(m ²)	161.0	81.2	2.0
既設住宅の平均床面積(m ²)	153.6	89.3	1.7
暖房度日(18°C基準)	2,606	2,061	1.3
冷房度日(18°C基準)	643	712	0.9

表 9 世帯当た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	13,782	2,928	6,366	4.7	2.2
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

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。高い断熱化率にもかかわらず、セントラルヒーティングの普及の差が大きく影響していると考えられる。

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(表10)。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。

表 10 業務部門床面積 (1989年, 百万 m²)

	米 国		日 本		米/日
	面積	割合	面積	割合	
集会所・教会	642	10.9%	(その他に計上)		—
学校・試験研究機関	836	14.2%	307	24.5%	2.7
飲食店	108	1.8%	49	3.9%	2.2
病院・医療関連施設	191	3.3%	63	5.0%	3.0
ホテル・旅館	323	5.5%	74	5.9%	4.3
卸・小売業	2,008	34.2%	291	23.2%	6.9
事務所ビル	1,096	18.7%	300	24.0%	3.7
その他サービス業	665	11.3%	144	11.5%	4.6
合 計	5,870	100%	1,251	100%	4.7

表 11 業種別エネルギー原単位 (Mcal/m²)

	米 国	日 本	米/日
集会所・教会	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	348.5	260.2	1.3
(補正後)	—	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。

エネルギー原単位を表11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12に示す。新車平均燃費は11.2%改善し31.5 mpg (13.4 km/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

表 12 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	—	-17.3%	-31.6%	-17.8%

代替やマクロ経済的影響を含んでいない。

表 13 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。補正後の米国のエネルギー

表 13 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		家庭	業務
			旅客	貨物		
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	32.9	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

* 1989年価格百万ドル当たり石油換算トン

表 14 補正後のエネルギー消費と原単位 (1989年)

	米国	日本	米/日
1次エネルギー供給 (MTOE)	1,967.2	584.0	3.6
家庭部門	419.1	95.8	4.4
自家用輸送部門	235.9	51.8	4.6
GDP 直接寄与の1次エネルギー	1,312.2	400.5	3.3
1次エネルギー/GDP (TOE/mil. 1989\$)	381.0	281.9	1.4
(GDP 直接寄与のエネルギー)/GDP	254.1	206.0	1.2

原単位はわが国の 1.4 倍となる (表 14)。

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低い。

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がある。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。

1. 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。
2. 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。
3. 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。
4. 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、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。

今後の課題として、今回分析できなかった要因による影響を検討することが重要である。それらは輸送部門の乗車率・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である。例えば、米国の人キロ当たりのエネルギー原単位は、低い乗車率のため走行距離で測られる燃費の違い以上に大きい。同様に、米国の方が家屋の断熱化は進んでいるにもかかわらず2.2倍もの暖房用エネルギーを必要とするのは、セントラルヒーティングの普及など生活水準の違いが深く関与していると思われる。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ろう。

【参考文献】

- [1] A. B. Lovins and L. H. Lovins (1991), "Least - Cost Climatic Stabilization", *Annual Review of Energy*, 16, 433-531.
- [2] R. S. Carlsmith, W. U. Chandler, J. E. McMahon and D. J. Santini (1990), *Energy Efficiency: How Far Can We Go?*, Oak Ridge National Laboratory.
- [3] R. B. Howarth and L. Schipper (1991), "Manufacturing Energy Use in Eight OECD Countries: Trends through 1988", *Energy Journal*, 12(4), 15-40.
- [4] E. Vine and D. Crawley (1991), *State of the Art of Energy Efficiency: Future Directions*, American Council for an Energy-Efficient Economy.
- [5] L. Schipper, A. Ketoff and A. Kahane (1985), "Explaining Residential Energy Use by International Bottom-up Comparisons", *Annual Review of Energy*, 10, 341-405.
- [6] S. Meyers and L. Schipper (1992), "World Energy Use in the 1970s and 1980s: Exploring the Changes", *Annual Review of Energy*, 17, 463-505.
- [7] L. Schipper and S. Meyers (1992), *Energy Efficiency and Human Activity: Past Trends, Future Prospects*, Cambridge University Press.
- [8] J. Darmstadter, et al. (1977), *How Industrial Society Use Energy*, The Johns Hopkins University Press.
- [9] S. C. McDonald (1990), *A Comparison of Energy Intensity in the United States and Japan*, Battelle Pacific Northwest Laboratories.
- [10] 伊藤浩吉 (1990), 「米国における交通部門石油需要に関する計量分析」, (財)日本エネルギー経済研究所。
- [11] 永田豊, 藤井美文 (1991), 「省エネルギーの限界に関する評価」, 『電力経済研究』, 29, 17-28.

(ながた ゆたか
経済部 エネルギー研究室)