

交通における省エネルギー対策の試算例

中村 英夫*・柿栖 康孝**

1. わが国において交通に消費されるエネルギーはどのくらいか

わが国のエネルギー消費量は、石油換算で昭和35年度8400万klから昭和46年度3億klへと約3.5倍に急増した。

そのうち交通部門についてみると、1250万klから3800万klへとやはり急増しており、その全体に占める割合はほぼ13%、その間の平均成長率は11%である。ところで、この値は車両を動かすために消費されるエネルギーであるが、車両の製造や維持管理等に消費されるエネルギーも交通部門に含めるとするとこの割合はさらに上昇するはずである。エネルギーの供給源をみてみると、一次エネルギーの74%を石油に依存している。交通エネルギーはその性格上さらに石油依存が強く、ほとんどすべてを石油に依存しているといつてさしつかえない。今後とも国民総生産はたとえ従来ほどの急成長ではないにしても増加が見込まれるので、図-1に示すように、他の欧米先進国なみのエネルギー消費の増大が予想される。社会が発展すれば社会活動も活発になり、交通に消費されるエネルギーも増大する。今後もエネルギーの石油依存が是正されないとすると、石油消費、すなわち石油輸入量は莫大な量となり、石油資源の枯渇が叫ばれているおりから、わが国としても安易なエネルギー資源多消費形の経済成長主義は捨てなければならず、交通部門においてもその省エネルギー化を推進しなければならない。

ところで、交通はわれわれの生活をもそのシステムの一部に組み入れた複雑な現象であり、両者の相互作用は繁くなされている。したがって、交通のみを効率的に運用しようとするのは片手落ちであり、交通現象を従来の交通の範囲を越えたシステムとして把握し、そのシステムの中で無駄を省くという方向で省エネルギー対策を考える必要がある。また、単発の対策によって満足な効果を得ることは疑わしく、多くの対策を効率的に組み合わせた、きめ細かい対策を長期的視点に立って講ずる必要

* 正会員 工博 東京工業大学助教授 工学部社会工学科
** 学生会員 東京工業大学工学部土木工学科 (大学院)

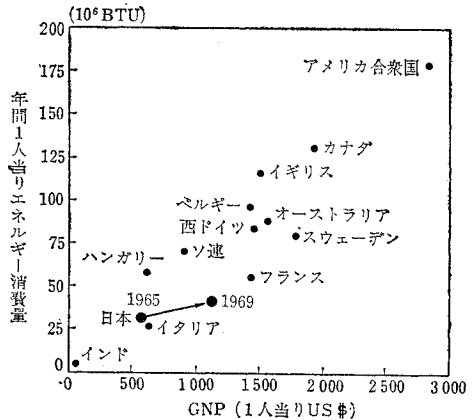
表-1 国民1人あたり部門別エネルギー消費

国名	年	計	工業部門	運輸部門	民生部門
アメリカ合州国	1969	7235 (100.0)	2256 (31.2)	1646 (22.8)	2525 (34.9)
イギリス	1969	3403 (100.0)	1287 (37.8)	465 (13.7)	1305 (38.4)
西ドイツ	1969	3627 (100.0)	1523 (42.0)	455 (12.5)	1308 (36.1)
フランス	1969	2583 (100.0)	1185 (45.9)	408 (15.8)	814 (31.5)
日本	1965	1483 (100.0)	864 (58.3)	212 (14.3)	316 (21.3)
	1969	2437 (100.0)	1458 (59.8)	316 (13.0)	492 (20.2)
	1970	2739 (100.0)	1644 (60.0)	353 (12.9)	554 (20.2)

注：① OECD：エネルギー統計，より算出。日本は、通産省：総合エネルギー統計，より算出。

② 下欄()内は部門別構成比。

③ 単位：10⁶ kcal.



(資料) 日本エネルギー経済研究所「国際石油情勢とエネルギー問題」

図-1 エネルギー消費量と国民総生産の相関関係

があろう。しかし、その間にも状況は確実に進行している。長期対策を慎重に検討するとともに、短期対策をも積極的に打ち出さねばならない。

そして、わが国独自の合理的な対策を講ずるのは当然であるが、石油エネルギー多消費形の交通問題の先進国としてのアメリカ合州国の例をみておくのも参考になると考えるので、次に合州国の交通の現状と省エネルギー対策に関する A.C. Malliaris の試算例を以下に示すことにする。

2. アメリカ合州国における省エネルギー交通 対策の計算例

まず、アメリカ合州国の交通部門のエネルギー消費の現状をみよう。公共輸送が直接消費するエネルギーは、全米で消費される総エネルギーの 23% を占める。車両の製造や維持に使用される間接的消費は、直接消費の 50% にのぼり、軍事用および農耕用車両の消費するエネルギーは公共輸送の 10~15% になる。さらに交通部門全体の消費する石油は全米消費の 50~55% にあたり、こ

表-2 人・マイルの年伸び率

機 関 名		年伸び率		
		1965-70 (実績値)	1970-80 (予測値)	1970-90 (予測値)
自動車	個人	4.2	3.8	3.3
	業務	3.9	5.1	4.4
バス	都市間	1.3	0.6	0.5
	地方部	-2.2	2.1	2.0
	通学	1.6	-0.7	0.2
タクシー		0.1	0.9	0.7
航空	国内	13.7	8.9	8.1
	国際	15.1	12.1	10.3
	業務	19.6	11.9	9.4
鉄道		-9.3	-2.5	0.0
合計		4.3	4.8	4.3

表-3 トン・マイルの年伸び率

機 関 名		年伸び率		
		1965-70	1970-80	1970-90
トラック	業務	3.9	5.4	4.4
	個人	3.2	4.7	4.1
	人府	5.8	4.7	4.3
鉄道		0.3	2.8	2.5
パイプライン		3.3	4.2	3.7
航空	国内	13.7	14.0	11.6
	国際	12.1	15.5	10.4
船舶	国内	3.7	3.6	3.3
	国際	0.7	5.4	3.9
合計		3.0	4.9	4.2

表-4 1970 年における機関別のエネルギー消費、エネルギー効率およびコスト

機 関 名	旅 客				貨 物				合 計	
	人・マイル (%)	消費エネルギー E_i (%)	エネルギー効率 (人・マイル/ガロン)	コスト (%)	トン・マイル (%)	消費エネルギー E_j (%)	エネルギー効率 (トン・マイル/ガロン)	コスト (%)	$E_i + E_j$ (%)	コスト (%)
道路	90.0	54.0	31	42.2	21.6	22.0	20	40.6	76.0	82.8
航空	7.6	9.0	16	5.6	0.3	1.0	5	0.7	10.0	6.3
船舶	0.2	0.7	5	1.5	26.0	4.2	175	1.4	4.9	2.9
鉄道	0.3	0.1	52	0.2	33.3	3.4	200	6.1	3.5	6.3
パイプライン	—	—	—	—	18.8	5.1	75	0.7	5.1	0.7
都市内交通機関	1.9	0.5	57	1.0	—	—	—	—	0.5	1.0
合計	100.0	64.3	29	50.5	50.5	35.7	60	49.5	100.0	100.0

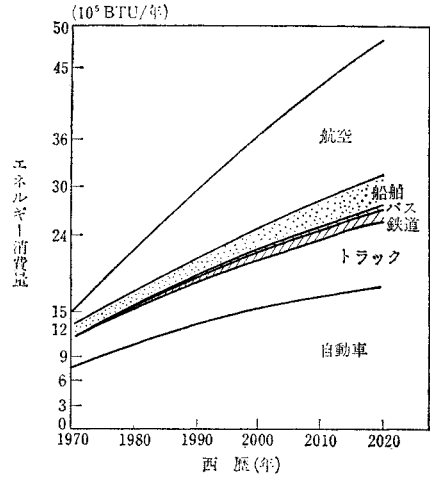


図-2 エネルギー消費の将来予測

れは 95% 以上を石油に依存していることを意味する。ちなみに、電力消費は 0.3% である。

では、この状況は今後どのように推移するだろうか。その傾向を把握するために、人・マイル、トン・マイルとエネルギー効率を求めてみよう。公共政策、技術水準に極端な変化がないとして求めた人・マイル、およびトン・マイルの伸び率が表-2, 3 である。また、1970 年度の旅客および貨物の機関別人・マイルおよびトン・マイル (PM, TM), エネルギー消費量 (E), エネルギー効率 (PM/E, TM/E) を表-4 に示す。

ここで、道路交通とは、都市バスを除くすべての自動車、トラック、バスのことであり、都市内交通機関とは都市内バス、通勤鉄道、高速バスをいう。また、鉄道は都市間のみを対象とする。予想される旅客、貨物量に少々の修正を施し、現在のエネルギー効率を用いて交通エネルギー消費を予測したのが図-2 である。これより道路交通のエネルギー消費の伸びは 1990 年以前に飽和し、航空は 2000 年以降に飽和することになる。機関別のエネルギー消費の割合をみると、自動車と航空で支配的になることがわかる (表-5)。

ところで、自動車は利便性、柔軟性等の利点を持ち、鉄道の伸びに優っているが、エネルギー効率は鉄道より

表-5 アメリカ合州国における交通部門のエネルギー消費比率 (単位: %)

機 関 名	1970 年	1990 年	2020 年
道 路 交 通	76	60	55
航 空	10	30	33
そ の 他	14	10	12

劣り、航空は人・マイルの伸びが最も高いが、大量輸送手段としては、最もエネルギー効率の低いことが問題である。

次に、省エネルギーのための方策を考える。エネルギー消費量は旅客 (E_P)、貨物 (E_C) とそれぞれ各機関 i の和として求めうる。

$$E_P = \sum_i \{(PM)_i / u_i e_i\}$$

$$E_C = \sum_j \{(TM)_j / u_j e_j\}$$

ここで、 u_i : i 旅客交通機関 1 台の占有率 (人/台)

u_j : j 貨物交通機関 1 台の荷重係数 (トン/台)

e_i, e_j : 上記の交通機関の効率 (トン・マイル/ガロン)

である。上式より省エネルギーの可能な方策は次の 4 種に大別できる。

- ① 自動車の効率をあげる
- ② 自動車の占有率あるいは荷重係数を高める
- ③ エネルギー効率の高いモードへ需要を転換させる
- ④ 全体の需要を減らす

① は自動車の改造や運転条件の改善、④ は燃料配給制、旅行制限、週 4 日制、テレビ電話網の設置、移動を最小にするような施設配置計画、徒歩および自転車の奨励などによって実現されるだろう。

以下では、これらの省エネルギー対策の具体的方策として 10 項目を取り上げ、その場合の節減額の試算値を示し、その可能性の検討評価を行う。試算値は 1970 年度の総合交通エネルギーに対する節減割合 (%) で示されている。すなわち

- ① 乗用自動車人口の 50% を小型車に転換させる 9.0%
- ② ハイウェイの自動車の 50% について、燃料消費の削減を導入する 11.5%
- ③ 都市混雑の 50% を解消する 1.1%
- ④ ハイウェイの制限速度 50 mile/h を 50% 達成する 2.9%
- ⑤ 都市通勤者の 50% にカープール制をとらせる 3.1%
- ⑥ 都心の通勤者の 50% を専用バスサービスに移す 1.9%
- ⑦ 都市間自動車旅客の 50% を都市間バスおよび鉄道に均等に移す 3.0%

- ⑧ 都市間トラックの 50% を鉄道貨物に移す 3.4%
- ⑨ 短距離航空旅客の 50% を都市間バスに移す 0.29%
- ⑩ 50% の人に 5 マイルまでは自動車の代わりに徒歩あるいは自動車を利用するようにさせる 1.6%

それぞれについて次に簡単に説明する。

① 現在の乗用車の利用状況については、ファミリータイプ (13.1 マイル/ガロン=5.3 km/l) 90%、小型車 (22 マイル/ガロン=9.3 km/l) 10% である。これを 50/50% にすると 9% の燃料節約になる。この対策は利用者の費用が減少する利点があるが、より大きな車を必要とする者への不都合、自動車関連産業への影響、交通事故による危険性の増大などを生ずる欠点がある。また、小型車のシェアを大幅に拡大するには長期間を要するであろう。

② 種々の構造改良に対する燃料節約の可能性について次にあげる。

- ④ 気化器、点火装置および空気吸入装置の改良 5~15%
- ⑤ 補助装置付きの小型エンジンにする 10~15%
- ⑥ 連続可変トランスミッションを採用する 10~20%
- ⑦ 現行のエンジンを希薄気化ガス使用のエンジンに代える 15~20%
- ⑧ 定速走行のための装置を採用する 3~8%
- ⑨ ラジアルタイヤを採用する 5~10%
- ⑩ 車体を流線形にする 3~5%
- ⑪ 車体重量を 5~10% 軽減する 3~8%

これらの技術を組み合わせて 30% の燃料節約を達成することを目ざした場合存在する問題点は次のような点であろう。

- ④ 数年間にこれらを実施するための技術的準備の可能性。
- ⑤ 改良車の費用増分とそれによる燃費節約とのバランス。
- ⑥ 混雑は主にピーク時の都市地域と、非合理的な道路網の一部で発生する。後者は全道路上の台・マイルの 2.8% になる。混雑時は燃料を 2 倍消費するものとも推定される。

⑦ 台・マイルが速度の関数であるとして計算されているが、その節減額は最大 2.9% であり、60 mile/h 制限にすると 1.3% の節減にしかならない。

⑧ カープール制は自動車の占有率の改善を目ざす。そのための余分な走行距離を考慮して 10% 割引くと、3.1% の節減になる。ここでは、全ハイウェイの台・マ

イルのうち 52% が都市内、そのうち 84% が旅客、そのうち 34% が通勤であるとしている。

① 都心通勤者によるトリップは全体の 6% であり、目的地が集中しているため専用バスサービスが効率的である。ここで、旅客の全台・マイルを約 8900 億、通勤車 1 台あたり 1.5 人、10 マイル/ガロン、バス 1 往復あたり 25 人、4 マイル/ガロンとした。

② 50 マイル以上のトリップを都市間であるとするそれは全体の 24.7% である。自動車 1 台あたり 2.4 人、約 15 マイル/ガロン、都市間バス約 100 人・マイル/ガロン、都市間鉄道約 50 人マイル/ガロンとするとき、バス、鉄道による節減はそれぞれ 2.2%、1% となる。ただし、この場合、バス、鉄道のサービスを現状のそれぞれ 6.5 倍、25 倍にしなければならない。

③ 1 万マイル/年以上を都市間トラックとする。1970 年度の都市間貨物輸送量 4100 億トン・マイル、トラック輸送 41 トン・マイル/ガロン、鉄道輸送 200 トン・マイル/ガロンとした。

④ 片道 250 マイル以下を短距離航空とすると、全体の 3.8% にあたる。これを完全に排除すると 0.35% の節減になるが、代替機関のバス、鉄道による消費を 15% 割引くと 0.29% になる。

⑤ よほどの長距離徒歩を仮定しないと、エネルギー節約の効果がでない。

このような計算には、その仮定のとり方、推定の考え方などに関して多くの議論が成り立つであろうし、またこれらの方策の実現可能性や二次的影響についても、なお多くの検討すべき点が残されよう。

また、わが国においてはアメリカ合州国と大きく事情の異なるところが少なくない。したがって、上記の数値をもって、われわれのとるべき対策を論じることができないことはいうまでもない。

しかし、わが国の近い将来におけるエネルギー事情を考えると、対策は急がねばならず、いかなる対策をとるのが最も効果的であるのかを、わが国においても真剣に研究すべきである。

橋 1972-73

A 4 判 120 ページ・一部カラー／2200 円 (〒170 円)

土木学会田中賞を記念して出版された橋梁年報の 7 冊目。通巻あり

都市交通計画

谷藤正三著 B5・432頁/定価 6,000円

永年技術行政に携わり、またコンサルタントとして実務設計の体験をもつ著者が、実務的な予測の解説をはじめ交通計画に関する基礎理論を貴重な実例を取り入れて平易に解いた実務書。【主な内容】都市交通の現状/交通計画のための基本調査/総合交通計画/都市構造計画と交通計画/大量輸送機関/道路計画/新交通システム問題/バイパス/公害対策および災害対策

水質汚濁 ●現象と防止対策

杉木昭典著 B5・650/定価 8,500円

広範な諸分野の観点に立ち、水質汚濁の現象とその対策を組織的に解明した総合的工学書。【主な内容】わが国の公害と資源利用/水利用の歴史と水質汚濁防止行政/諸外国の水質汚濁対策/わが国の水の賦存と水利用/廃水の性質と汚濁負荷量の推定/廃水処理概論/拡散現象/流水中の酸素収支/魚類への汚濁による影響/富栄養化現象/汚水生物体系/食物連鎖と生物濃縮/水中における病原微生物の挙動/水質の観測と監視

図解 コンクリートの知識

土木講座 小谷昇/井田敏行/小平恵一/細田力著 ¥1,300

都市計画・地域計画

渡部与四郎著 ¥2,300

交通工学総論

谷藤正三著 ¥1,500

鉄道軌道

八十島義之助著 ¥1,500

交通工学ハンドブック

交通工学研究会編 ¥4,800

都市計画用語集

日本都市計画学会編 ¥250

技報堂 

東京・港・赤坂1-3-6
TEL. 03-585-0166