

ライフサイクルを考慮した各交通機関のエネルギー効率の比較

九州大学工学部 ○学生員 上本勝平

九州大学工学部 学生員 廣松 新

九州大学工学部 正 員 角 知恵

1. はじめに

従来、交通機関のエネルギー効率を求める場合、走行時の燃料消費量のみを考慮するのが一般的であった。しかし、実際はその交通機関を製造するために必要なエネルギー、あるいは維持管理及び廃棄の際に使用されるエネルギーも考慮する必要がある。本研究の目的はこうしたライフサイクルにわたってのエネルギー消費量を考慮して各交通機関のエネルギー効率を比較することである。

2. エネルギー効率の定義

本研究では交通機関のエネルギー効率を以下のように定義した。

$$\text{エネルギー効率} = Q / E_T$$

$$= Q / (E_1 + E_2 + E_3 + E_4)$$

ここに、Q : 交通機関のライフサイクルにわたる輸送量 (人キロ)

E_T : 交通機関のライフサイクルにわたるエネルギー消費量 (Kcal)

E_1 : 製造時のエネルギー消費量 (Kcal)

E_2 : 走行時のエネルギー消費量 (Kcal)

E_3 : 維持管理に必要なエネルギー

(Kcal)

E_4 : 廃棄時のエネルギー消費量 (Kcal)

3. 計算

(1) 製造時のエネルギー消費量

製造時のエネルギー消費量は材料製造エネルギー消費量と加工・組立エネルギー消費量の2つに大きく分けられる。

材料製造エネルギーは、各交通機関への投入資源量に材料製造エネルギー原単位を乗じた値を合計して求められる。表-1及び表-2は一例として自家用車(1800ccクラス)への投入資源量と材料製造エネルギー原単位を示したものである。

表-1 自家用車への投入主要資源量¹⁾

	使用重量 (kg)	比率 (%)
鉄鋼	821	73.2
アルミニウム	59	5.3
銅	13	1.2
鉛	7	0.6
樹脂系	83	7.4
ゴム	31	2.8
ガラス	33	2.9
その他	74	6.6
合 計	1121	100.0

表-2 材料製造エネルギー原単位¹⁾ (Mcal/kg)

材料	原単位
鉄鋼	5.60
アルミニウム	50.44
銅	10.49
鉛	6.73
樹脂	14.01
ゴム	29.05
ガラス	3.90
その他	14.01

表-1及び表-2より自家用車1台の材料製造エネルギーは10990Mcalとなる。また、加工・組立エネルギーは参考文献1)より5080Mcalである。従って自家用車の製造エネルギーは、この2つを合計した16070Mcalとなる。

一方、バスについて考える時、材料構成比が自家用車とほぼ等しいと見なすと、車両重量が約8倍であれば128000Mcalとなり、約9倍であれば144000Mcalとなる。

(2) 走行時のエネルギー消費量

走行時のエネルギー効率を表す指標としてよく用いられるものにエネルギー消費量を輸送量で除したエネルギー消費原単位がある(表-3)。しかしこれはあくまでマクロ的な値であり、車種や速度、あるいは乗車率などによって実際の燃費は大きく変わってくる。

表-3 主要輸送機関別エネルギー消費原単位²⁾

自家用自動車	602
営業用バス	179
鉄道	101

エネルギー消費原単位 = (輸送機関別エネルギー消費量(kcal)) / (輸送機関別輸送量(人キロ))

自動車については都市部での走行を仮定した10モードや10・15モード走行時の燃費が公表されているが、本研究では自動車以外の交通機関との比較を行う意味で、図-1に示されたような停止→加速→定速走行→減速→停止のパターンでの走行を仮定し、交通機関が推進という仕事に要したエネルギーを物理的に計算した。

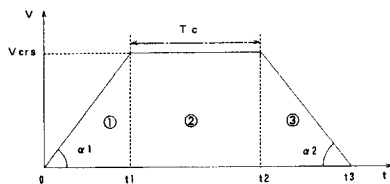


図-1 仮定した走行パターン

推進の際の単位時間当たりの有効仕事量 $P(j/s)$ は外部抵抗 $R(N)$ と速度 $V(m/s)$ の積で与えられる。

外部抵抗 R は、空気抵抗と転がり抵抗と加速抵抗の和で与えられる。ここで、自動車の場合、各抵抗の計算には以下の式を用いた。³⁾

○転がり抵抗 $R = \mu W (N)$

○空気抵抗 $F = Cd \rho V^2 A / 2 (N)$

○加速抵抗 $F = \phi M \alpha (N)$

ここに、 μ : 転がり抵抗係数(0.01)

W : 鉛直荷重(N)

Cd : 空気抵抗係数

ρ : 空気密度(kg/m^3)

V : 速度(m/s)

A : 正面投影面積(m^2)

ϕ : 回転部分による見かけの質量増加係数

M : 質量(kg)

α : 加速度(m/s^2)

また、速度 V は時間 t の関数であるから、全有効仕事量 W は P を時間 t で積分した値である。この W を伝達効率 η_P で除した値が原動機の仕事量である。さらにこの値を原動機の熱効率で除した値が走行に要するエネルギーである。なお、自動車の熱効率としては、次の表-4から代表値としてガソリン機関の場合は30%、ディーゼル機関の場合は35%として計算した。

表-4 熱効定の概略値⁴⁾ (%)

熱効定	ガソリン機関	ディーゼル機関
正味仕事	28~33	30~45
機械損失	10~9	11~4
冷却損失	30~23	25~11
排気損失	32~35	34~40

これらから、モデルケースとして各交通機関の代表的な運行オペレーション、年間走行距離、耐用年数を仮定することでモデルケースごとに、ライフサイクルにわたる走行時のエネルギー消費量を概算することが出来る。結果については現在検討中のため、講演時に報告する予定である。

4. 今後の課題

本研究では、現在、自家用車及びバスの製造エネルギーを考慮したに留まっているが、今後は鉄道や船舶、飛行機についても調査していくつもりである。

また、維持管理や廃棄の際に消費されるエネルギーについても考える必要があるが、現段階ではデータ不足のため求めることが出来ない。従って、早くそのデータを入手する必要がある。

【参考文献】

- 1) 社団法人 資源協会、資源テクノロジーNO. 260 PP. 50、1996
- 2) 運輸省運輸政策局情報管理部、運輸関係エネルギー要覧、PP. 8、1995
- 3) 日本機械学会、新版 機械工学便覧 C2-交通、PP. 6~9、1988
- 4) 赤木新介、新 交通機関論、コロナ社、PP. 118、1995