

# 産業連関モデルによる環境資源分析

九州大学工学部 学生員○加藤英輔 学生員 金川 琢  
正 員 井村秀文 正 員 二渡 了

## 1. はじめに

近年、先進国における資源・エネルギーの大量消費や都市への人口集中、工業化などを背景として、地球温暖化など地球規模の環境問題が、顕在化しつつある。このような地球環境問題を経済成長と調和させつつ解決してゆくためには、資源・エネルギーの有効な利用が強く求められ、このためには、各産業における環境負荷の発生の実態を明らかにし、その対応策を提示することが、課題となってきている。

建設業におけるエネルギー消費を例にとると、直接消費するのは建設機械の運転に要するもの等に限られ、その量は全産業の数%にしか過ぎない。しかし、鉄鋼、セメントといった建設資材の形で間接的なエネルギー消費を考慮すれば、その消費量は大きなものになると考えられる。つまり、財やサービスの中にはその生産に要した資源・エネルギーが内包されていると考えるべきであり、各産業の資源・エネルギー消費とは、直接的な資源・エネルギー消費とこれらの間接的な資源・エネルギー消費の両者を総合したものである(図-1)。

本研究では、産業連関モデルによって直接、間接的な資源・エネルギー消費による環境負荷を総合的に把握するための資源・エネルギー収支モデルについて検討し、特に建設業の実情について分析する。

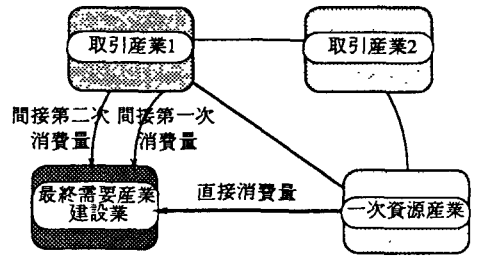


図-1 建設業が消費する資源やエネルギー  
(第二次まで考慮した場合)

## 2. 解析方法

ある産業  $j$  における資源・エネルギーの収支は、次のように示される(図-2)。

$$\text{資源・エネルギー収支式は、} E_j + \sum_{i=1}^n \varepsilon_i X_{ij} = \varepsilon_j X_j \quad (1)$$

$$E_j = \varepsilon_j X_j - \sum_{i=1}^n \varepsilon_i X_{ij} \quad (2)$$

$$\text{行列表示すると、} E = \varepsilon(\bar{X} - X) \quad (3)$$

$$\text{よって} \quad \varepsilon = E(\bar{X} - X)^{-1} \quad (4)$$

(4) 式は、次のように近似できる。

$$\begin{aligned} \varepsilon &= E\bar{X}^{-1} \\ &+ E(\bar{X}^{-1}X)\bar{X}^{-1} \\ &+ E(\bar{X}^{-1}X)^2\bar{X}^{-1} \\ &\vdots \\ &+ E(\bar{X}^{-1}X)^n\bar{X}^{-1} \end{aligned} \quad (5)$$

$X_{ij}$  は、産業  $i$  から産業  $j$  への財やサービスの流れであり、行列  $X$  は、産業連関表における中間投入行列にあたる。また、 $X_j$  は、産業  $j$  の需要合計であり、行列  $X$  は、需要合計の対角行列にあたる。

(4) 式より、産業  $j$  の単位生産あたりに内包される資源・エネルギーが求められる。また、(5) 式の第1項は単位生産あたりに内包される資源・エネルギーの直接消費分、第2項は間接一次消費分、第  $n+1$  項は間接  $n$  次消費分を表し、これにより直接、間接的な資源やエネルギー消費量を算定することができる。

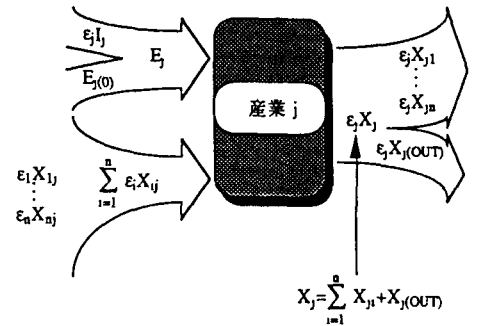


図-2 モデルの概念図

### 記号表

|                 |                               |
|-----------------|-------------------------------|
| $X_{ij}$        | 産業 $i$ から産業 $j$ への財またはサービスの流れ |
| $\varepsilon_j$ | 産業 $j$ の単位生産あたりに内包される資源・エネルギー |
| $X_j$           | 産業 $j$ の需要合計                  |
| $E_j$           | 産業 $j$ に外生的に投入される資源・エネルギー     |
| $E_{j(OUT)}$    | 産業 $j$ の最終生産                  |
| $I_j$           | 財、サービス $j$ の輸入                |

### 3. 資源・エネルギー消費量の算定

資源・エネルギー行列は、その産業に外生的に投入される資源・エネルギーを表す行列であり、産業連関表の対象地域外から投入されたものを意味する。つまり、農林水産物や鉱物資源などの一次産品や、対象地域外からの輸入品に含まれる資源・エネルギーを表現する。これに対し、たとえば都市ガスや火力による電力はガス供給業者や電力業者の生産物とみなされるので中間投入行列に含まれる。

本研究ではエネルギー源別の消費量や環境負荷を算定するために、石炭、石油・天然ガス、電力といった大まかな分類よりもさらに詳しくエネルギーを分類した。投入されるエネルギーは、国内エネルギー生産と輸入の合計とし、エネルギー行列に計上される一次エネルギーを、石炭（原料炭、一般炭、無煙炭）、原油（原油、NGL）、石油製品（ガソリン、ナフサ、ジェット燃料油、灯油、軽油、A重油、B.C重油、オイルコックス、LPG）、天然ガス（天然ガス、LNG）、電力（水力発電、原子力発電）に分類した。厳密に言えば、石油製品は一次エネルギーではないがそのままの形で計上し、電力も火力発電は、原油、天然ガスに計上されるので除き、水力発電、原子力発電のみとした。輸入財については、同一産業生産物に内包される資源・エネルギーは国内も外国も同じであると仮定して輸入財の形で外生的に投入される資源・エネルギーを算定し資源・エネルギー行列に計上した。実際の計算では、石炭を例にすれば、その産業の単位生産あたりに内包されるエネルギーを細かく分類されたそれぞれ（原料炭、一般炭、無煙炭）について算定し（kcal換算）、それらを合計して内包される石炭エネルギーとした。また、資源についても計上される資源を鉄鉱石と同様に内包される鉄鉱石を算定した。そしてこの各産業の単位生産あたりに内包される資源・エネルギーとその産業の総生産額の積を生産に要した資源・エネルギー量として各産業について計算を行なった。

### 4. 環境負荷の算定

各産業の生産活動による資源・エネルギー消費が環境に与える負荷を評価する指標として、CO<sub>2</sub>の排出量を求めた。ここでは、先に求めた各産業が消費するエネルギーと、各エネルギー源別単位発熱量あたりのCO<sub>2</sub>発生原単位を乗じてCO<sub>2</sub>の排出量を算定し、各産業の環境負荷の寄与度の評価を行なった。

### 5. 解析結果

今回は各産業の総生産をその産業の家計、政府支出と資本形成、在庫増と輸出の合計と定義した外生化モデルにより、昭和60年度全国産業連関表を用いて計算を行なった（図-3、4、5、6）。

### 6. 考察

間接的な資源・エネルギー消費量を考慮すると、建設業の占める割合が大きいことがわかる。建設による資源・エネルギー消費や環境負荷を軽減させるには、資材の選定や建設技術の向上といった方法による間接的な消費量の削減が必要である。

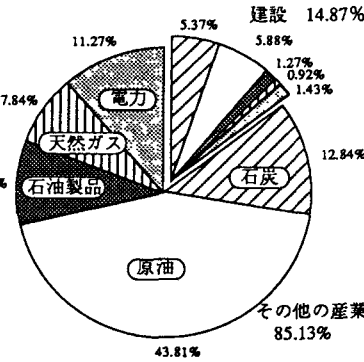


図-3 業種別のエネルギー消費

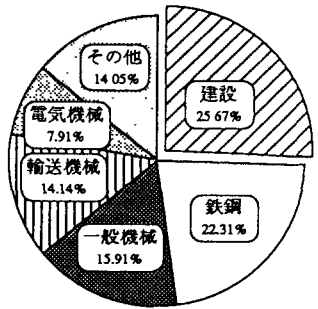


図-4 業種別の鉄鉱石消費

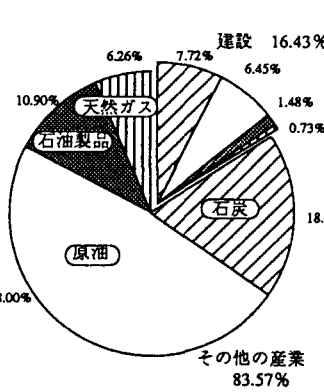


図-5 業種別のCO<sub>2</sub>排出量

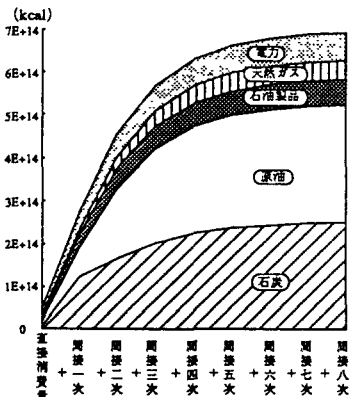


図-6 建設のエネルギー消費量

### 参考文献

総務庁：昭和60年度全国産業連関表

金川，井村，二渡：産業連関モデルによる都市のエネルギー環境構造分析，環境システム研究，Vol.19，1991

Robert Costanza：Embodied Energy and Economic Valuation，SCIENCE，Vol.210，1980