

都市におけるエネルギー代謝構造に関する研究

九州大学工学部 学生員 ○金川琢 正員 井村秀文

1. はじめに

近年、世界的に都市への人口集中が進み、その結果、財、資本、情報等あらゆるものが都市に集中している。エネルギーも例外ではない。現在の都市活動は膨大かつ高密度なエネルギー消費によって支えられている。その結果として、生産される製品や廃棄物には多量のエネルギーが内包されている。都市は、大量の財やエネルギーのインプット、高密度な生産と消費、そして大量の生産アウトプットという一連の流れを繰り返すシステムと見ることができる。近年、都市の活動によって発生する環境への負荷が大きな問題となっているが、この負荷を軽減するためには、都市でくりひろげられる財とエネルギーの代謝システムの改善が不可欠である。このためには、都市のエネルギー代謝構造の現状を分析し、総合的に評価するための手法の確立が求められる。このような観点から、本研究では、都市のエネルギー代謝構造を総合的に把握することを目的として、地域産業連関表の利用による都市エネルギー収支モデルについて検討する。

2. 解析手法

2-1. モデルの概要

都市のエネルギー消費分析に関する従来のモデルでは、当該都市の内部で消費される1次エネルギーしか扱っていない例が多い。しかし、これだけでは都市のエネルギー代謝構造を正確にとらえているとはいえない。都市に流入する財やサービスには、その生産に用いられるエネルギーが内包されている。これら全てのエネルギーによって都市の活動が支えられていると考えると、その都市の内部で消費される1次エネルギーだけを考えるのでは不十分である。このため、“Embodied Energy”の概念を導入する。この概念は、ある産業が生産する財やサービスの中に含まれるエネルギーを求めることにより、その財やサービスを消費することによって間接的に消費するエネルギーをも評価しようというものである。この概念を導入することにより都市におけるエネルギー消費を石油やガスなどの直接的なエネルギー消費と、財やサービスの消費を通じての間接的なエネルギー消費の両者を統合して扱うことができる。

2-2. モデルの構造

図1に示すように、産業jについてエネルギーの収支を考えると次のようになる。

$$E_j = \epsilon_j X_j - \epsilon_j X_{j,j}$$

行列で表わせば、

$$E = \epsilon \{X - X\}$$

となり、産業jによる財、サービスの単位生産当たりの内包エネルギーが求められる。

$$\epsilon = E \{X - X\}^{-1}$$

ここで、 X_{ij} は、産業iから産業jへの財またはサービスの流れ、即ちXは、産業連関表における中間投入行列である。また、 X_j は産業jの総需要である。ここでは、産業連関モデルを拡張した家計政府内生化モデルを用いる。これは、都市のエネルギー代謝構造を総合的にとらえるため、家計が労働力を産み出すために消費するエネルギーや、政府が政府サービスを産み出すために消費するエネルギーをも考慮するためである。

2-3. エネルギー行列Eの作成

エネルギー行列Eは、各産業に外生的に投入されるエネルギーを表わす行列である。ここでの“外生的に投入される”という意味は、産業連関表で表現される範囲外からの投入という意味である。産業連関表の対象域内での金の流れを伴うエネルギーフローは、全て産業連関表

モデルの概念図

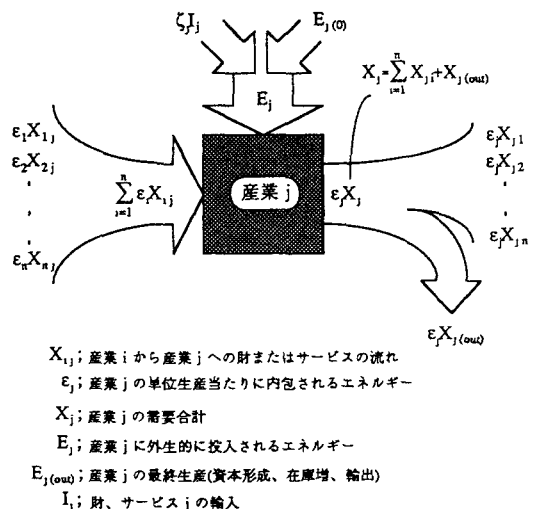


図1

の中に表現されている。しかし、これ以外のエネルギーフローは産業連関表には計上されない。例えば、農業製品の生産には太陽エネルギーが投入されているが、それに対する金の流れはない。また、輸入製品に含まれるエネルギーは産業連関表の対象域外からの投入である。これらのエネルギー投入は上記のエネルギー行列Eに反映される。すなわち、エネルギー行列Eで表わされるエネルギーは1次エネルギーのみである。今回は、1次エネルギーの分類を、(1) 太陽エネルギー、(2) 石炭、(3) 石油、天然ガス、(4) 電気の種類とした。太陽エネルギーの算定は、耕地面積、森林面積、漁場面積に単位面積当たりの太陽エネルギー照射量をかけることによって求めた。また、電気エネルギーは、水力、地熱、原子力、その他の発電効率に基づいて石油換算した値を用いた。

輸入財については、同一の産業でも日本と外国では、当然単位生産当たりの内包エネルギーは異なる。しかし、これを厳密に分析することは困難なので、本分析では、産業jの輸入財に内包されるエネルギー ξ_j と、産業jの(国内)生産当たりの内包エネルギー ϵ_j は等しいものと仮定した。具体的には、最初 $\xi_j=0$ とし、 $\xi_j=\epsilon_j$ となるまで逐次計算を行なって値を決定する方法をとった。(図2)

次に、都市に着目して同様の計算を行なうが、ここでは、財、サービスの移輸入によるエネルギーの投入と、石油、石炭などの形で入ってくる1次エネルギー投入とをそれぞれ別に扱っている。これによって都市外で消費されているエネルギーと都市内で消費されているエネルギーを区別することができ、都市の外部依存度などの評価を行なった。(図3)

3. 解析結果

福岡市を対象に同市の昭和60年度産業連関表を使用して計算を行なった。(図4)

参考文献

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

全国産業連関表

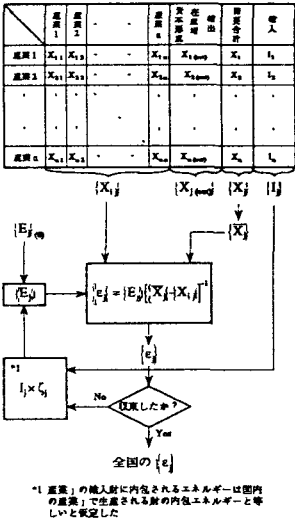


図2

都市の産業連関表

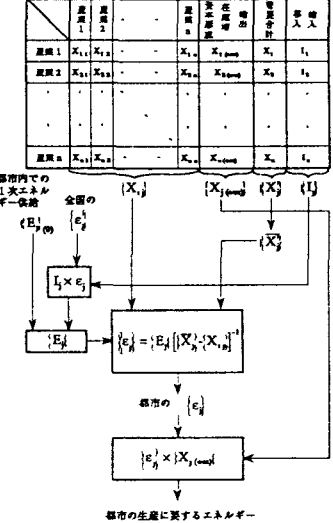


図3

福岡市の生産に要するエネルギーの構成

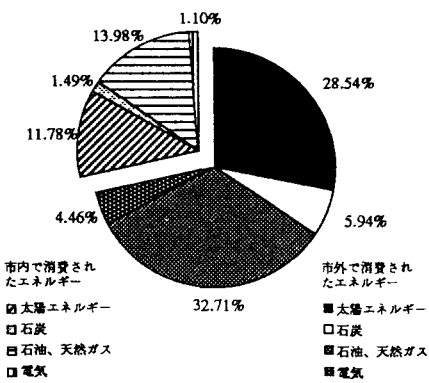


図4