

産業連関分析による都市のエネルギーフロー分析と環境効率

広島大学大学院 学生員 ○吉延 広枝
 広島大学大学院 正会員 金子 慎治
 広島大学 非会員 市橋 勝

1 はじめに

地球温暖化の抑制には二酸化炭素排出量の抑制が重要であり、都市から排出される地球温暖化ガス、とりわけ二酸化炭素排出量の抑制を目指すこととなるが、都市の多様性を考えると、一律に目標の妥当性や達成度を評価できるものではない。そしてこれは、「産業構造」、「外部依存度」、「都市構造と交通システム」に関係している。そこで本研究はわが国の大都市の中で代表的な工業都市である北九州市と代表的なサービス都市である福岡市を対象に、①産業連関分析を用いて都市のエネルギー及び炭素代謝構造を明らかにした上で、②都市の産業構造、外部依存性と直接・間接の二酸化炭素排出量との関係を都市の環境効率によって検討する。

2 分析方法と結果

(1) 都市のエネルギーフローと二酸化炭素排出量

都市における直接・間接のエネルギー消費量とそれに付随して発生する二酸化炭素排出量の関係を整理する。図-1 は本研究で考えた都市のエネルギーの投入産出バランスの関係を示す。都市へは直接流入するエネルギーと財・サービスに内包されて入る。内包エネルギーは通常財である非エネルギー財とエネルギー財双方に内包されて流入する。エネルギー投入産出バランスを前提とした上で、付随して排出される二酸化炭素排出量の関係を整理する。

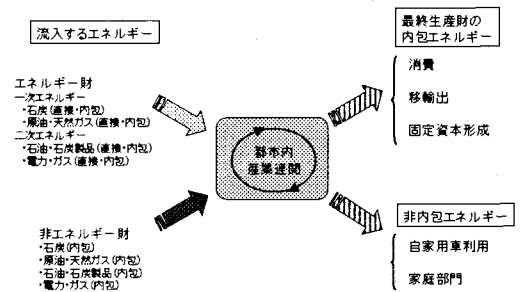


図-1 都市におけるエネルギー投入産出

(2) 分析の基礎モデル

内包エネルギーを考慮したエネルギー投入産出バランスを推計するためには、産業連関分析モデルによる内包エネルギー原単位が必要となる。一般にある経済単位の産業部門におけるエネルギー投入産出バランス式は、

$$E_j + \sum_{i=1}^n \varepsilon_i (1 - m_i) X_{ij} + \sum_{i=1}^n \lambda_i m_i X_{ij} = \varepsilon_j Q_j \quad (1)$$

である。ここで、 E_j は j 産業の直接エネルギー投入量、 X_{ij} は i 産業から j 産業への中間財投入金額、 Q_j は j 産業の総生産額、 ε_i 、 ε_j はそれぞれ域内の i 産業、 j 産業で生産される財の内包エネルギー原単位、 λ_i は域外の i 産業で生産された財の内包エネルギー原単位、 m_j は j 産業の移輸入率、 n は業種数である。また、

$$m_i = \frac{|M_i|}{Q_i + |M_i|} \quad (2)$$

ここで、 $|M_i|$ は外部から移輸入される i 産業で生産された財を表し、 $Q_i + |M_i|$ は域内総需要を示す。式(1)を行列形式で表して域内生産財の内包エネルギーについて解くと、

$$\varepsilon = (E + \lambda m X)(Q - (I - m)X)^{-1} \quad (3)$$

ここで、 ε は域内財の内包エネルギーベクトル、 E は直接エネルギー投入量ベクトル、 λ は移輸入される域外財の内包エネルギーベクトル、 m は移輸入率を対角要素とする対角行列、 X は中間投入行列、 Q は総生産額ベクトル、 I は単位行列である。

(3) 分析フレームとデータ

本研究では 1985 年、1990 年、1995 年の 3 時点での福岡市と北九州市における分析を行った。これらは年次により部門分類が異なるため、27 共通分類に整理統合した。各業種の直接エネルギー消費量は、日本、福岡市、北九州市について 3 時点ごとに推計する必要がある。日本については、総合エネルギーを福岡市及び北九州市につ

いては、複数の統計から推計した。次に二酸化炭素の推計は、エネルギー消費量にエネルギー種ごとの二酸化炭素排出原単位を乗じて二酸化炭素に変換する。図 2 には各都市へのエネルギー流入量を、図 3 には帰着量を示す。図 4、図 5 は各都市の二酸化炭素排出量を示す。

(4) 環境効率

ここでは、以下の 6 つの環境効率を都市レベルで推計し、比較検討する。結果を表 1 に示す。

環境効率 1 = 産出額 / 総エネルギー投入量

環境効率 2 = 付加価値額 / 直接エネルギー投入量

環境効率 3 = 産出額 / 総 CO2 排出量

環境効率 4 = 付加価値額 / 直接 CO2 排出量

ここで、都市内最終需要額とは、消費と投資をいい、最終需要額から移輸出額を引いたものである。都市内滞留エネルギーとは、直接・間接エネルギー消費量から移輸出財に内包されるエネルギー量を引いたものである。

3 結論

- (1) 北九州市の総エネルギー流入量（直接・間接の合計）は福岡市の約 1.4 倍程度から 1.2 倍程度へ減少している。
- (2) 北九州市の移輸出財に内包されるエネルギー量が大幅に減少している。
- (3) 福岡市の中間財として移輸入される財に内包される二酸化炭素排出量が増加している。それにともない福岡市での総二酸化炭素排出量は増加している。
- (4) 北九州での総二酸化炭素排出量は減少している。これは中間財として移輸入される財に内包される二酸化炭素が減少しているためである。
- (5) 福岡市は北九州市と比較して環境効率が大きいものの、北九州市の環境効率改善のスピードが速い。

以上から都市の産業構造とエネルギー消費構造の関係、二酸化炭素排出量は極めて決定的な関係を持っており、温暖化対策策定にあたっては、こうした産業構造の違いによる目標値の設定のあり方、達成度評価の方法をさらに詳しく検討する必要がある。

参考文献

- 1) Robert COSTANZA and Robert A.HERENDEEN: Embodied Energy And Economic Value In The United States Economy: 1963, 1967 and 1972, *Resource and Energy* Vol. 6, pp129-163, 1984.
- 2) Robert Costanza: Embodied Energy and Economic Valuation: *SCIENCE*, Vol. 210, pp1219-1224, 1980.
- 3) 金川琢・二渡了・井村秀文: 産業連関モデルによる都市のエネルギー・環境構造分析, pp. 70-75, 環境システム研究 Vol.19, 1991

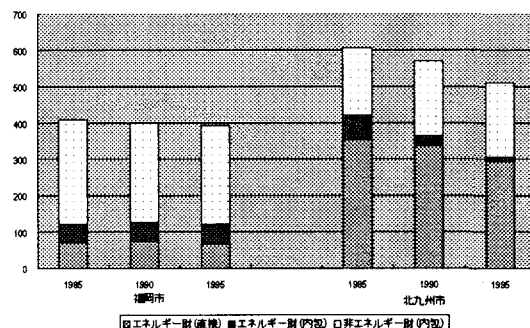


図-2 エネルギー流入量の比較

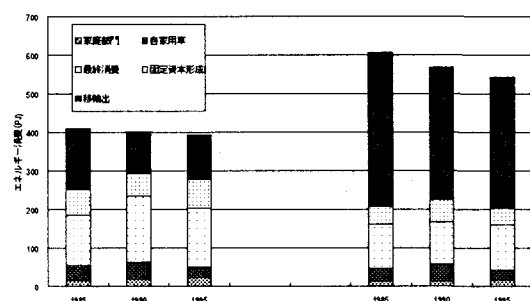


図-3 エネルギー帰着量の比較

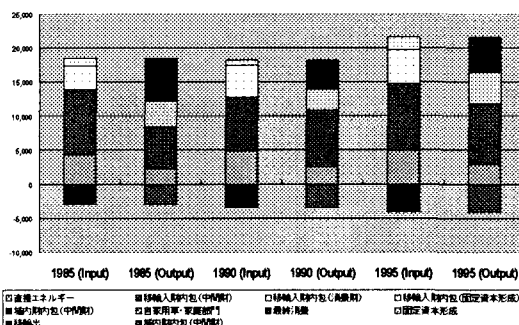


図-4 二酸化炭素排出量のフロー（福岡市）

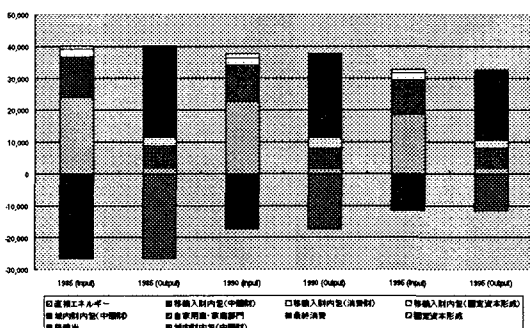


図-5 二酸化炭素排出量のフロー（北九州市）

表-1 環境効率指標の比較

		福岡			北九州		
		1985	1990	1995	1985	1990	1995
総需要／ 総エネルギー	(百万PJ)	31,825	40,352	43,549	16,085	17,990	20,069
総需要／ 総CO2	(千円/tCO2)	495	586	592	256	267	313
付加価値／ 直接エネルギー	(百万PJ)	61,140	71,815	77,460	8,269	10,730	13,449
付加価値／ 直接排出CO2	(千円/tCO2)	938	1,105	1,217	122	156	213