

アジアのエネルギー経済マクロモデル

CRC総合研究所(現 京都大学大学院 エネルギー科学研究科 助教授) 大西 輝明

1. 研究の目的

アジアのエネルギー経済の特徴は、先進国資本の途上国への投資による途上国の工業国化と先進国化、すなわち雁行型経済発展、局地的な成長圏と局地的な貧困地域の混在、すなわち地域差の拡大、アジア内での相互経済援助、人口移動、産業波及、技術移転などの存在と、これらに伴う環境問題の発生、アジア内での相互依存性の存在、資本・技術・労働力のボーダレス化、ネットワーク社会への移行、利用のエネルギーの偏ば性、が挙げられる。

これらを扱うモデルとしては、計量経済モデルで扱う方法とシミュレーションモデルで扱う2つの方法がある。ここでは非正常性や非線形性が取り扱えるシミュレーションモデルによるケーススタディを行うことが目的である。

2. モデルの概要

アジアを150の経済域に分割し、この中で経済活動や域内での活動状況を記述する。それぞれの経済域では活動はマクロに扱い、1次、2次のエネルギーミックス、発電様式ミックス、エネルギー資源、エネルギー廃棄物、経済活動、GDPを指標とする裕福度を構成要素として、これらを図-1のように関連づけ、さらにエネルギーフローは図-2に示すものを用いた。

図 - 1

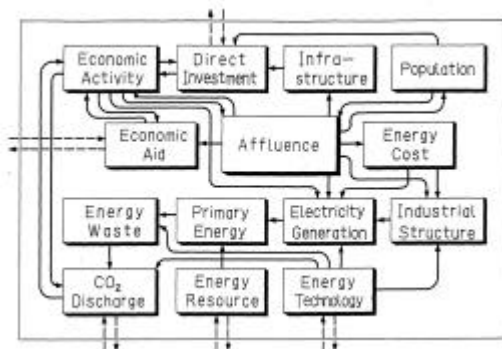
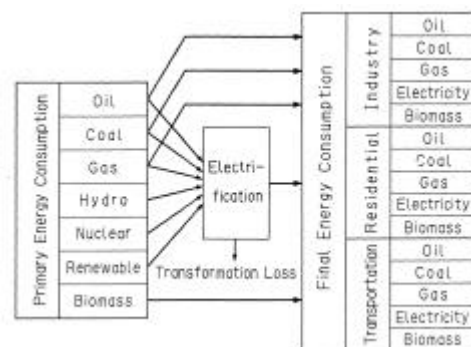


図 - 2



モデル化の前提として以下の6項目を設定した。

投資と経済援助は裕福度の高い方から低い方に行い、被投資域では、閾値を超えるインフラや労働力があるものとする。

労働力は裕福度の低い地域から高い地域に移動する。都市域の資本は安価な労働力を求めて周辺に移動する。

それぞれの燃料形態ごとに、国によって異なるコストを考慮し、消費量は裕福度とエネルギーコスト、エネルギー資源量の関数とする。

将来のエネルギー資源生産は現在の量からの外挿で求める。石油、ガスは変動コスト、石炭は一定コストとする。

廃棄物として、CO₂、SO_x、NO_x、を対象とする。域内での排出権の取り引きを行う。

ASEAN、成長の三角地帯、インドシナ経済圏など、8種類の経済協力機構が存在するモデルを作成する。

3. 定式化

定式化のために導入した方法論は、以下のとおりである。

今後 100 年間わたるモデルとする。統計量の将来値は簡単な経済変数（説明変数）の関数であるとする。

関数の導出は、雁行型成長を前提とする。

これらの前提で定式化した。裕福度を式 - 1、人口変動を式 - 2 に示す。また、CO₂ 排出権取り引きは、Matsuoka らのデータ（図 - 3）にしたがって排出制限量を外生的に与え、取り引きは売却可能量をこれに比例するとして産出する。このモデルの概念を参考資料 - 1 に示す。

式 - 1 裕福度

$$\frac{dI_N A_i}{dt} = d_i (A_i^{\max} - A_i) + (I_i - I_c) (I_i - I_c) a_{ji} g_{ji} (A_j - A_i) (A_j - A_i) - (I_j - I_c) (I_j - I_c) b_{ji} g_{ji} (A_i - A_j) (A_i - A_j) - (I_i - I_c) (I_j - I_c) g_{ji} (A_j - A_i) (A_i - A_j)$$

a_{ji} $a = \text{const}$ 、 b_{ji} $b = \text{const}$ のとき、全体の裕福度の変化のうち、 A_i だけの割合が浸透効果に基づくものであるとすれば

$$a = \frac{dI_N A_i / dt}{(I_i - I_c) (I_i - I_c) g_{ji} (A_j - A_i) (A_j - A_i)}$$

$$b = \frac{dI_N A_i / dt}{(I_j - I_c) (I_j - I_c) g_{ji} (A_i - A_j) (A_i - A_j)}$$

式 - 2 裕福度

$$\frac{dY_i}{dt} = Y_i + b_{ji} g_{ij} (Y_j - Y_i) (Y_j - Y_i) - a_{ji} g_{ij} (Y_j - Y_i) (Y_j - Y_i) - (Z)$$

b_{ji} : 裕福度 a_{ji} : 人口の自然増加率 g_{ij} : 相関関数

$$(Y_j - Y_i) = \begin{cases} 1 & \text{When } i < j \\ 0 & \text{When } i > j \end{cases}$$

a_{ji} $a = \text{const}$ 、 b_{ji} $b = \text{const}$ のとき、全体の人口変動のうち、 p_i の割合だけが流入に

よるとすれば

$$a = \frac{dY_i / dt}{(Y_j - Y_i) (Y_j - Y_i) g_{ij} (Y_j - Y_i) (Y_j - Y_i)}$$

$$b = \frac{dY_i / dt}{(Y_i - Y_j) (Y_i - Y_j) g_{ij} (Y_i - Y_j) (Y_i - Y_j)}$$

図 - 3 Energy Policy 23 (#415),357-371(95)

The Asian Pacific Integrated Model: Y Matsuoka et al

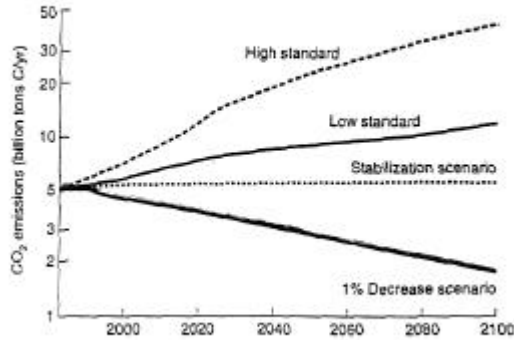


Figure 7 CO₂ emissions due to fossil fuel combustion.

4 . 数値計算法

ここでは、式 - 1、式 - 2 を使って数値計算を行った。これらの数値計算では、時間的な変化を初期の値に対してロジスティック型の関数として与え、これから人口やGDPを算出する。

5 . 計算例

参考資料 - 2 の条件で数値計算し、その結果の一例が図 - 4 のように得られている。

この結果は、各国の裕福度の時間的な変化を示している。この例では、人口の非線形な都市集中が強い場合で、モンゴルや北朝鮮などは一時期負の成長をすることが示されている。これにさらにCO₂の排出権の取り引きをした場合は、図 - 5 のように、さらに極端なケースも考えられる。

図 - 4

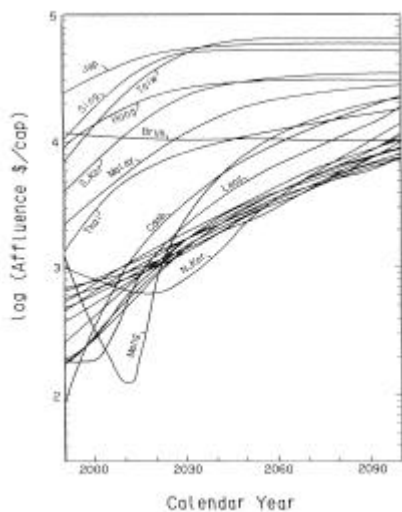
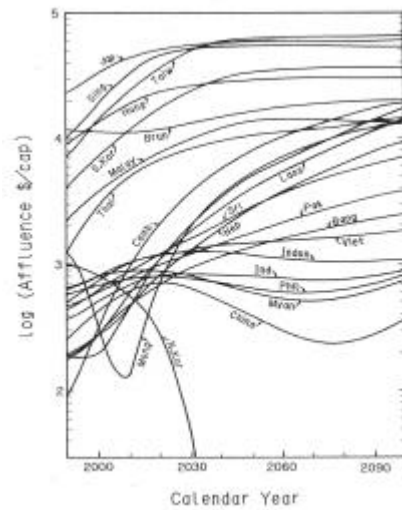


図 - 5



C O₂ 排出モデル

C O₂ 排出量制限条件

- ・ 制限のある場合
 - アジア全体で年当たり 1 %の率で排出制限する場合
 - 1990 年の排出量レベルを維持する場合
- ・ 制限のない場合
 - アジアが低い水準で成長する場合
 - アジアが高い水準で成長する場合

C O₂ 排出権分配方式

- ・ 各国家の人口に比例する分配
- ・ 各国家の予想 GDP に比例する分配
- ・ 1990 年の C O₂ 実績排出量に比例する分配

C O₂ 排出権取り引き

- ・ W \$ / t o n C
-

計算例

C O₂ 排出規制効果

各年毎に 1 %の割での排出規制:アジア全体にわたる C O₂ 排出取り引き : 10 ~ 20 \$ / t o n C
排出権分配方法に強く依存した経済発展

C O₂ 問題の解決とアジアの経済発展とを同時に満たす排出分配法の存在

地域経済圏協力効果

A F T A (ASEAN Free Trade Area) での (A = 10) 経済協力
経済圏の発展はあるが圏内では不均質な発展 : 貧富差の拡大
アジア全体にわたる効果の波及