

# アジア地域の最適化モデルを用いた環境評価

片岡 克成 (東京農工大) 黒川 浩助 (東京農工大) 村田 晃伸 (電総研)

Using Model Optimized Energy\_System in Asia, Environmental Assessment  
Katsunari Kataoka (Tokyo Agr&Tech University)  
Kousuke Kurokawa (Tokyo Agr&Tech University)  
Akinobu Murata (Electrotechnical Laboratory)

## 1. はじめに

増大するエネルギー需要を評価・予測していくためには各国ごとでの評価だけではなく、グローバルな視点から評価していかななくてはならない。本論文では、本研究で構築したグローバルモデルの特徴とそれを用いた評価結果について報告する。

## 2. モデルの概要

エネルギーシステム解析に使用するモデルは、長期多地域型エネルギーモデル GOAL (Global Optimal Assessment Links) である。このモデルは以下のような特徴を備えている。

- ・モデル対象地域はアジア - 日本、中国、インドネシア、マレーシア、シンガポール、タイ、フィリピンの7ヶ国である。地域性を表すために広大な面積を持つ中国に対しては東北・北部、東部・中南部、西北・西南部の3地域に、島国であるインドネシアを内島部、外島部に分割している。

- ・10年を1期として、1990年(基準年)を中心とする期(1986年~1995年)から2050年を中心とする期(2046年~2055年)までの7期70年間を分析期間とする。

- ・対象とするエネルギーシステムは採掘部門、輸送部門、転換部門と分類する。システムの構造は各国(地域)の特徴を表現できるようになっている。基本的な地域エネルギーシステムのモデル図を図1に示す。

- ・採掘資源に対する埋蔵量と採掘量を考慮している。各期における生産量は、その期までに採掘された量が可採資源量の半分に達すると生産量は減少するとモデル化した。

- ・モデル中で技術ごとに導入コスト、運転保守コスト、輸送コストなどのコストを計算することができる。それらの総和を総システムコストとして表現している。このコストは国別のエネルギーシステムコストと対象国どうし間のエネルギー輸送費用の総和として計算する。国別

のエネルギーシステムコストは採掘・転換・サブ地域間輸送の各段階における設備建設費用・運転保守費用・エネルギー費用・その他の世界(ROW)とのエネルギー輸出入費用の総和である。

- ・環境負荷として二酸化炭素、メタン、 $SO_x$ 、 $NO_x$ 、ばいじんの排出量を採掘・輸送・転換の各段階で計算する。メタン排出量温暖化ポテンシャルを用いて二酸化炭素排出量に換算している。 $SO_x$ 、 $NO_x$ 、ばいじんの排出量はモデルに導入されている技術に入力されるエネルギー(TJ)と排出係数(ton/TJ)との積とする。

- ・モデルに組み込んだ技術は40種類の発電技術、約10種類の燃料転換技術、約8種類のエネルギー長距離輸送技術、約40種類の省エネルギー技術である。今回使用するモデルでは考慮していない。

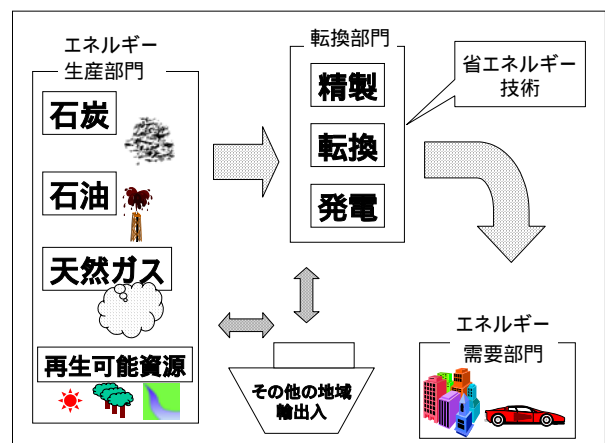


図1 地域エネルギーシステムのモデル図

## 3. 目的関数と環境負荷物質

最適化の目的関数として、総システムコストの最小化に加え、環境負荷排出量に重み係数と積をとり、その総和が最小とするとした。

$$\text{目的関数} = \text{総システムコスト} + K \times \text{総環境負荷排出量}$$

最小化  $K$ : 重み係数

ここで、環境負荷物質である二酸化炭素と $SO_x$ に対して重み係数を次のように想定した。

- ケース1： 0 (USドル/トン炭素)
- ケース2： 10 (USドル/トン炭素)
- ケース3： 1000 (USドル/トン $SO_x$ )
- ケース4： 10 (USドル/トン $SO_x$ )

これらの値を目的関数に用いて、最適化を行った。ここでの重み係数はモデル中で炭素税などと同様な意味を持つ。従って、ケース2の値は炭素税を参考に値を考慮した。ケース3, 4では炭素税の代わりに硫黄排出税のようなものを想定した。ケース2~3ではこのような税金をかけることで、モデルの最適化時にはそれらの物質排出量を抑制する効果となる。この最適化の結果を図2と図3に示す。

図2は二酸化炭素排出量の年推移である。各ケースでの排出量について、前半期での大きな差はみられないが、後半期から排出量に差がみられるようになる。最も二酸化炭素の排出量が少ないのはケース2である。次に少ないのはケース4となる。ケース4で二酸化炭素排出量が抑制される理由としては、 $SO_x$ の排出量が大きい石炭火力などがあまり導入されなくなるからである。

図2のケース1とケース4がほぼ同じ排出量を示している。この2つのケースの違いは目的関数に $SO_x$ 排出に重みをかけている点である。これの何を意味するかというと両ケースの技術選択の最適化にほとんど変わりがない。ただし、浄化技術、特に脱硫技術が大きく導入されている。これにより、図3のケース4のように $SO_x$ 排出量を抑制することができる。

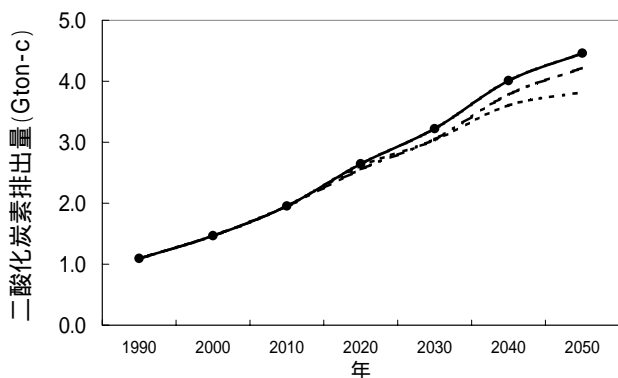


図2 環境排出物抑制効果と二酸化炭素排出量

- ケース1: 0ドル/トン-C
- ⋯ ケース2: 10ドル/トン-C
- - ケース3: 1000ドル/トン(SOX)
- ケース4: 10ドル/トン(SOX)

石炭技術の脱硫技術として石灰石法排煙脱硫方式(浄化率: 50~90%)を想定しているが、最適化によって決定される導入量は重み係数の大きさにより変化する。図3のケース3をみると重み係数を1000 USドル/tonとすることによって脱硫技術が多く導入される。その結果として、その他のケースにより大きく抑制することができる。

#### 4. むすび

本論文の結果よりアジア地域の二酸化炭素、 $SO_x$ の排出量がどのように推移するかがわかる。図3に示されるように排出抑制の有無によって、大きく排出量に差がでてくる。地球温暖化などの問題は重要であることには違いないが、 $SO_x$ などその他の環境負荷排出物質の排出抑制も同様に考えていく必要があると思われる。さらに加えると $SO_x$ の抑制効果の容量は高く評価可能である。

今後も、本論文で用いたモデルの構築と評価法の検討をする予定である。

#### 文 献

- (1) 村田 晃伸、遠藤 栄一、加藤 和彦:「東アジア/東南アジアを対象とする長期多地域エネルギーシステムモデルの構築」、第15回 エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス(東京)
- (2) 片岡 克成、黒川 浩助、村田 晃伸:「アジア地域の発電部門の最適化モデルを用いた環境問題の評価」、第15回 エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス(東京)
- (3) アジア地域のエネルギー利用と地球環境: 科学エネルギー庁科学技術政策研究所編
- (4) Environmental Manual by World Bank

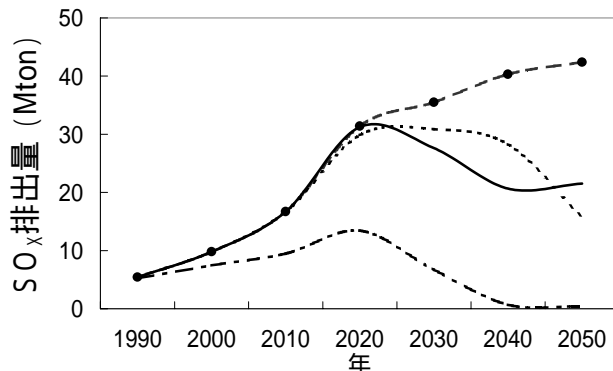


図3 環境排出物抑制効果と $SO_x$ 排出量