

MARKAL モデルを用いた日本の将来エネルギーシステム解析

1. はじめに

二酸化炭素排出量の削減が世界的に急務と位置づけられている中、日本の省エネルギー・新エネルギー技術は世界でもトップクラスを堅持している。いっぽう、社会全体としての革新的な政策を進めるヨーロッパ諸国に比べ、日本における温暖化対策は遅々として進んでいない。この原因の一つに、さまざまな地域や時期におけるベストミックスによってはじめて効果を発揮する多くのCO₂削減技術に対して、その長期的な効果、理想的な利用形態の評価が不十分であることが挙げられる。そこで本稿では、日本全体のCO₂排出量削減に対して長期的な視点で効果的な政策、要素技術に関する指針を得ることが可能であるエネルギーシステムモデル MARKAL を紹介する。さらに、機械技術者を含めた多くの研究者・技術者のネットワークによりこのようなツールを共有することの意義について述べる。

2. 解析方法

エネルギーシステムモデル MARKAL は、国際エネルギー機関 (IEA) における国際協力プロジェクト (ETSAP) で開発された多段階線形計画法モデルであり、エネルギー政策、エネルギー技術研究・開発政策などの検討に適した機能を有している⁽¹⁾。このモデルでは、通常一国全体の45年間(1期を5年間とした9期間)にわたるエネルギーシステムを対象とし、エネルギーフローの収支、設備の特性、導入・運用・廃棄などの種々の制約条件を線型方程式群でモデル化し、各時点におけるシステムの構造(設備量と運用状態)とその推移を線形計画法の解として求める。

図1に MARKAL モデルの簡易エネルギーフローを示す。エネルギー源、エネルギー供給技術、エネルギー最終需要技術、エネルギーサービス需要がエネルギーキャリアでネットワーク化されたモデルとなっている。それぞれの要素の例と必要なパラメータについて表1にまとめる。MARKAL は多数のモデル化された要素と、それぞれに将来45年間にわたり設定されたパラ

メータに基づき最適解を求めるため、いかに適切なモデル化、パラメータ設定を行うかが解析の信頼性を得るうえでの鍵となると言える。

3. 解析例

日本のエネルギー技術の特性をデータベースとして内蔵する日本版 MARKAL モデルを用いて (特) 日本原子力研究所により行われた解析例⁽¹⁾を紹介する。図2に三つのシナリオ (ケース A: 原子力利用規模が標準, ケース B: フェーズアウト, ケース C: 拡大) に対するエネルギーシステムの年間総コストを示す。それぞれ、CO₂ 排出量を2050年に2010年値の60%に抑制するコスト最小のシステムを目的システムとしている。ケース B では、建設費の高い自然エネルギー発電を大規模に利用し、天然ガスの輸入量も増加するためにエネルギー供給コストが大きくなっている。また、CO₂ の排出量水準の目標を達成するために、2050年には発電・熱供給施設からの総排出量の約半分に対して CCS (Carbon Dioxide Capture and Storage: CO₂ 回収・隔離) が行われる結果となっている。

4. おわりに

著者らは、CO₂ の排出量削減を命題とし、エネルギー要素技術とエネルギーシステム評価の両面から研究を進めており、MARKAL を用いた日本全体の将来エネルギーシステムの評価を今年度から始めたところである。エネルギーシステムの評価に関しては、エネルギー技術のモデル化と適切なパラメータの設定が極めて重要であり、機械技術者の力を発揮できる分野であると確信している。また、解析結果はそれぞれの研究者の立場や目的を少なからず反映するため、多くの研究者によりこの種の解析が行われることにも意義があると言える。いっぽう、モデルや設定パラメータが非常に複雑であり、解析を開始し、結果を考察するまでに高いハードルがあるという欠点もある。したがって、データベースの特性を比較的簡単に理解できるシステムを構築し、機械技術者を含めた多くの研究者、開発担当者の容易な利用を可

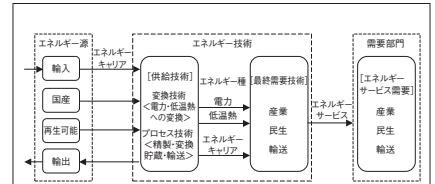


図1 MARKAL モデルの簡易エネルギーフロー

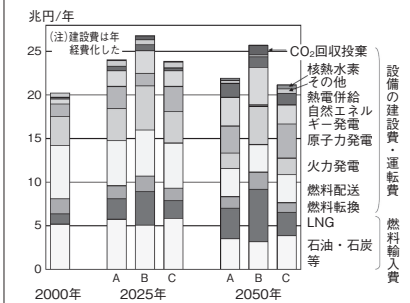


図2 エネルギー供給コスト⁽¹⁾

表1 システム要素とパラメータの例

エネルギー源	エネルギー技術	
	供給技術	最終需要技術
輸入原油	常圧蒸留	ガソリンハイブリッド乗用車
出力 原油 (J/J)	入力 原油 (J)	入力 ガソリン (J)
出力 CO ₂ (kg/J)	出力 軽質油、重油、潤滑油 (J)	
	CO ₂ (kg/J)	需要上限 (J)
輸入上限 (J/year)	建設費 (\$/J)	技術効率 (J/J)
輸入下限 (J/year)	維持費 (\$/J)	限界成長率 (-)
輸入コスト (\$/J)	耐用年数 (year)	新規投資コスト (\$/J)

能とするとともに、これらの研究者のネットワークによりモデル、パラメータを精練していくことが、今後の日本のCO₂排出量削減のための技術革新に極めて有効ではないかと考えている。本稿が、この技術者ネットワークに多くの方々が参加いただければ幸いである。

謝辞

(独) 日本原子力研究開発機構には、日本版 MARKAL モデルおよびその技術情報を、(独) 産業技術総合研究所の遠藤栄一氏には、MARKAL に関する種々の情報提供をいただいた。ここに記し謝意を表す。

(原稿受付 2008年9月29日)

[田部 豊 北海道大学]

●文 献

- (1) 佐藤 治, 我が国の長期エネルギー需給シナリオに関する検討, JAERI-Research 2005-012, (2005), 日本原子力研究所。