

氏名	ボンスック PONGSAK KRUKANONT
学位(専攻分野)	博士 (エネルギー科学)
学位記番号	エネ博第 119 号
学位授与の日付	平成 17 年 9 月 26 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当
研究科・専攻	エネルギー科学研究科エネルギー社会・環境科学専攻
学位論文題目	System Modeling for Energy Planning and Policy Making under Uncertainty (不確実性下でのエネルギー計画・政策立案のためのシステムモデル分析)
論文調査委員	(主査) 教授 手塚 哲 央    教授 吉川 榮 和    教授 中込 良 廣

### 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、エネルギー政策決定支援のためのエネルギー技術評価モデルの担うべき役割および将来の不確実性下での意思決定支援の方法について、システム工学の視点からモデル分析を行い研究した成果をまとめたもので、5章からなっている。

第1章は序論で、本論文の問題意識と目的について述べている。エネルギー・環境問題に対する技術的、社会経済的対応策の導入効果を定量的に検証するために、従来から数多くのモデルが構築されてきた。しかし、モデル本来の目的であるエネルギー・環境政策に関わる意思決定支援、そして、特に将来の不確実性を考慮した意思決定支援については、未だに十分な検討が行われているとは言いがたい。そこで、本研究では、将来の不確実性下でのエネルギー技術評価の支援技術に焦点を当て、モデル分析手法について検討を行うことを目的としている。

第2章では、エネルギー・経済モデル、気候変動に対する統合評価世界モデル、技術開発評価モデル、および再生可能エネルギー技術評価モデルの4種類のエネルギーモデル分析手法の各々について、申請者が開発したモデルも含めて主要なモデルを選定し調査することにより、モデル分析の問題点とその将来の発展の方向を明らかにした。すなわち、今後のエネルギーモデルの発展を考える際には、データベースの整備、方法論の開発、意思決定支援の方法に至るまで、解決すべき課題を具体的に示すと共に、学際的研究によって政策立案者とモデル分析者との間の意思疎通を図ることの重要性を併せて指摘した。また、これまで開発されてきたエネルギーモデルの利用形態を検討することにより、特にエネルギー需給システムが十分には確立されていない発展途上国にとっては、一国のエネルギーモデルを開発しそのモデル分析を行うことにより有用な知見を得ることができることを示した。また、その際に、将来における種々の不確実性が、重要な問題であるにもかかわらず、その取り扱いが不十分のまま残されていることを指摘した。

第3章および第4章では、不確実性下でのエネルギー計画・政策の分析に焦点を当て、その分析を行った結果について述べている。エネルギー価格は、技術選択に影響を及ぼす重要な要因であり、その将来における不確実性は計画に際しても重要であるとの観点から、第3章では、燃料価格の不確実性が最適エネルギー計画・政策の策定に及ぼす影響について定量的な検討を行った。将来エネルギー価格の不確実性下における日本のエネルギー需給システムの将来像を分析するために、モンテカルロシミュレーション法に基づいて、多様なエネルギー利用・変換技術を考慮することが可能な線形計画モデルを開発した。そして、そのモンテカルロシミュレーションの結果、日本は将来での天然ガス技術への依存度が大きくなると見込まれるため、予測できない化石燃料価格の変動はCO<sub>2</sub>排出量の効率的削減を目的とするエネルギー計画・政策にとって高いリスクをもたらすことが示された。しかしながら、もしエネルギー計画・政策立案において適切に制度設計がなされるのであれば、再生可能エネルギーやその他のクリーンエネルギーの利用技術によるエネルギー源の多様化は、このリスクを低下させることができると考えられる。特に炭素税に関しては、本研究での条件設定の下では、およそ200ドル/炭素換算トンの炭素税率で期待システム費用へのリスクが最も低くなるとの結果が得られた。また、風力発電技術が、最小費用・低リスクの再生可能エネルギーポートフォリオにおいて重要な役割を果たすことも示された。

第4章では、不確実性下のエネルギー変換設備の設備投資に関わる意思決定問題を取り上げている。本章では、さまざまな不確実性を考慮した意思決定プロセスにおける、各種不確実性に関わる「情報の価値」を定式化し、具体的なモデルシミュレーションを通して、その不確実性のもたらす効果を「情報の価値」として定量的に分析した結果について述べている。この「情報の価値」は、不確実な各種パラメータの値がある確率分布に従うと仮定した場合の最適計画結果と、その値が既知であるとした場合の最適計画結果とのシステムの総費用の差として定義される。本論文では、この前者の確率計画問題の求解のために2段階確率線形計画モデルを開発し、日本のエネルギー計画・政策についてのケーススタディを行った。多様な状況下での不確実性の効果を検討するために、最終エネルギー需要におけるエネルギー転換の可能性、炭素税などのエネルギー政策をモデル構造に含め、数多くのエネルギー変換技術を含む積み上げ方式により分析を行った。そして、種々のエネルギー政策の想定の下でシミュレーションを行った結果、この情報価値は、将来の種々の不確実性について、完全な情報を得るための費用と便益の計量的分析結果を意思決定者に提供するだけでなく、将来の不確実性を低減する政策の効果分析にも適用可能であることが示された。本章では、その「情報の価値」の推定、利用に関わる具体的な活用方法についても詳しく述べている。

第5章では、主要な結論と今後の課題を述べている。

本論文により得られた成果に基づき、エネルギー計画・政策分析における将来の種々の不確実性に対して、従来用いられてきた感度分析手法やワーストケースシナリオ分析手法などの簡易的分析手法に代わる手法を利用することにより、より効果的なエネルギー計画・政策決定支援が可能となることが期待される。

#### 論文審査の結果の要旨

本論文は、国や地域を対象とした将来エネルギー需給システムの設備投資計画について、将来における種々の不確実性の影響に着目したモデル分析を行い、不確実性の程度が設備投資計画に及ぼす影響について定量的に検討した成果をまとめたものであり、得られた主な成果は次の通りである。

- (1) エネルギー需給システム分析のために開発された多様なモデル化手法について、申請者自身が開発したものも含めて主要なモデルの選定・調査を行い、その目的、範囲、手法、分析内容を分類・整理した。そして、その各モデル化手法について、データベースの整備、モデル化手法の開発、意思決定支援の方法に関する課題と今後の発展の方向を明示すると共に、将来の種々の不確実性を考慮した意思決定支援方策についての検討の重要性を指摘した。
- (2) 燃料価格の不確実性については、将来価格変動をランダムウォーク過程で表現したモンテカルロシミュレーション法を用いて、エネルギー関連技術導入評価のための最適化モデルを開発した。そして、そのシミュレーション分析の結果、(ア)化石燃料価格変動の不確実性が、二酸化炭素排出量削減を目的とするエネルギー計画・政策にとって高いリスクをもたらすこと、(イ)再生可能エネルギーやその他のクリーンなエネルギー利用技術によるエネルギー源の多様化により、この不確実性に伴うリスクを大幅に低減できること、(ウ)環境税などの経済的手法が将来リスクの低減への有効な手法となりうることを示した。
- (3) エネルギー変換技術の利用可能性、エネルギー価格、エネルギー需要などに関する将来の種々の不確実性を考慮した設備投資計画問題に対して、2段階確率線形計画モデルを構築し、そのモデル分析から得られる各種不確実性の「情報価値」について具体的活用手法を提案した。この「情報価値」は、将来の不確実性の有無が設備投資計画に及ぼす影響を経済価値として評価したものであり、従来の設備投資計画やエネルギー政策評価では十分には考慮されてこなかった特性値である。そして、モデルシミュレーションにより、将来の不確実性低減を目的とした政策の有効性が、この「情報価値」を用いて定量的に評価できることを示した。

以上の一連の研究は、将来の不確実性が設備投資計画やエネルギー政策の策定に及ぼす影響を、定量的に評価するための新たな手法を提示したものであり、今後のエネルギー政策策定に資する多くの有用な知見を提供するものである。

よって、本論文は博士（エネルギー科学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成17年8月23日実施した論文内容とそれに関連した試問の結果合格と認めた。