

審査の結果の要旨

氏名 加藤 守利

本論文は「不確実性の下でリスクを考慮した電源開発計画手法に関する研究」と題し、8章よりなる。

第1章は「序論」で、本研究の背景と目的を述べている。電力自由化、低炭素社会の実現に向けた環境制約の強化など不確実性が増している電力システムにおいて、電力需要変動リスク、市場リスク、環境リスク、設備事故などのオペレーショナル・リスクを考慮した電源開発計画手法が必要であることを述べている。

第2章は「電源開発計画手法と経済リスクを管理する金融工学理論」と題し、まず、従来の電源開発計画手法の基礎事項を説明し、従来の電源計画手法におけるリスクへの対処方法と課題について論じている。次に、最適電源構成問題に応用されるポートフォリオ理論、不確実性下の電源経済性評価問題に応用されるリアルオプション理論、エネルギー価格モデルとして多く用いられている幾何ブラウン運動について説明している。

第3章は「電源開発計画のための電力需要モデル」と題し、計算効率が良く誤差の少ない、ヒル関数を利用した年負荷持続曲線(LDC)をモデル化する手法を提案している。本手法は、従来のモデル化手法に比べて、モデルのパラメータが少なく、それぞれが物理的意味を持つので応用が非常に容易であり、将来の年最大電力と年間電力量だけを与えれば、過去年のLDCモデルからヒル関数のパラメータを変更して将来年のLDCモデルを容易かつ正確に作成することができるという特長がある。IEEE-RTS, PJM および北京電力の負荷データを用いて検証し、本手法の有効性を確認している。

第4章は「需要変動リスクに対処する卸電力取引の電力価格モデル」と題し、我が国における電力取引の実態を考慮した修正ハイブリッド法による日本卸電力取引所(JEPX)スポット価格のモデル化について論じている。本提案モデルは、電力需要の大きさに関する限界費用の期待値を、ヒル関数を用いてモデル化し、不確定要素を表す部分は時系列モデルで表わしたハイブリッドモデルである。構築したモデルを検証するために、JEPXのスポット価格データを用いてモデルの予測能力を先行研究と比較し、遜色ない結果を得ている。

第5章は「リスクを考慮した最適電源構成」と題し、ポートフォリオ理論を応用して最適電源構成を求める新しい手法について論じている。従来のポートフォリオ理論の応用では、発電電力を負荷曲線に合わせるといった基本的供給条件を必ずしも満足していなかったのに対し、本研究ではこれを満足するために、ポートフォリオ最適化と各電源の利用率計算を融合する方法を提案している。各電源を一つの資産と見なし、建設工事費および運転中の燃料価格、電力価格、CO₂費、設備利用率の変動を収益に影響するリスク要因と考え、各電源資産の収益率変動リスクを定式化している。数値例を用いて、原子力利用率変動リ

スクや CO₂ 排出制約に応じた最適電源構成を示すとともに、将来のクリーン・コール・テクノロジーや再生可能エネルギーの導入可能性について分析を行っている。

第6章は「不確実な環境制約下における CCS 石炭火力の経済性評価」と題し、CO₂ 排出制約が不確実な条件の下で、リアルオプション理論を使って CCS (CO₂ 分離・回収機能付き石炭火力発電所) の経済性を評価する手法を提案している。すなわち、既設石炭火力の CCS へのリプレースという問題設定により、リプレース遅延による既設火力の CO₂ 排出増を機会費用として表現し、配当のあるアメリカン・コールオプションとして経済価値を計算する手法を示している。また、2 項モデルの評価格子を利用して、ある時期までに CCS 建設が実行される累積確率を求める手法も示している。数値例を用いて、CO₂ 排出量基準や既設石炭火力の修繕費増加率に応じたリアルオプション価値や CCS 建設時期を分析している。

第7章は「不確実性の下における経年火力発電設備更新の経済性評価」と題し、将来のエネルギー価格が不確実な状況の下で、経年石油火力を改良型複合発電 (ACC) に更新する際の経済性を、リアルオプション理論を使って評価する新しい手法を提案している。まず、石油火力から ACC へという不確実性の異なる二つの資産の更新問題を評価するために、取り扱いが容易な 2 重格子モデルを利用し、次に、石油火力の経年劣化状況を反映するために、キャッシュフローのトレンドを配当付きコール・オプションとして組み込んだ逐次進行オプションを利用して経済性分析を行っている。最後に、2 重格子モデルの評価格子を利用して更新時期を評価する方法を提案している。数値例を用いて、本手法の有効性を示している。

第8章は「結論」で、各章の結論をまとめ、実務への適用に向けて解決すべき課題について論じている。

以上を要するに、本論文は、不確実性が増している電力システムにおいて、様々なリスクを考慮することのできる、ポートフォリオ理論、リアルオプション理論等を応用した実用的な電源開発計画手法とそのための電力需要と電力市場価格の効率的なモデル化手法を提案し、数値シミュレーションによりその有効性を明らかにしたもので、電気工学、特に電力システム工学に貢献するところが少なくない。

よって本論文は博士 (工学) の学位請求論文として合格と認められる。