

氏名 七原俊也
 学位(専攻分野) 博士(工学)
 学位記番号 論工博第3479号
 学位授与の日付 平成12年1月24日
 学位授与の要件 学位規則第4条第2項該当
 学位論文題目 数理計画法を用いた電力システムの需給計画に関する研究

論文調査委員 (主査)
 教授 上田暁亮 教授 宅間 董 教授 奥村浩士

論文内容の要旨

本研究では、電力システムの需給計画における諸問題に、数理計画法を選択・適用し、下記の手法の開発を行うとともに、モデルシステムを対象とした検討を通じ、需給計画問題の基本的な性質を明らかとした結果をまとめたもので、8章からなっている。

第1章では、電力システムの需給計画問題の特徴と最近の動向について概観し、大規模な混合整数計画問題で定式化される場合の多いこと、前提条件の不確実性が大きいこと、種々の新種の電源が現れていることなど本研究の背景と、それに対応した手法の開発と分析の実施という本研究の目的を述べている。

第2章では、電源構成上の揚水式水力(電力貯蔵設備)の役割の評価のために、電源開発計画、電源の補修計画、電源への負荷配分を同時に最適化する線形計画法モデルを開発した。同モデルを用いた検討の結果、コスト最小の観点から見た揚水式水力の最適電源構成比率は、全発電設備の概ね10～15%程度となった。またパラメトリック分析を行い、想定条件のもとでは、原子力の電源構成比率と負荷率に大きな影響を受けることを示した。

第3章では、揚水式水力の出力潜在化やLNGコンバインドサイクル発電を線形計画法による最適電源構成モデルに簡略的に織り込む手法を示し、それらの影響について検討した。その結果、出力潜在化を考慮した場合、揚水構成比率が15%程度以上となると潜在化の影響が大きくなること、LNGコンバインドサイクル発電が導入された場合、年間の需給バランスが影響を受け、その限界建設費は出力変化を考慮しない場合に比べ増加することを示した。

第4章では、線形計画法モデルを用い太陽光発電、電気自動車、スーパーヒートポンプ、氷蓄熱空調などの負荷平準化技術として導入された場合の影響について、検討を行った。その結果、負荷平準化方策の電源計画に及ぼす効果は、ピーク低減による固定費への効果と需要電力量の増減に伴う燃料費の増減とに分けて考えることができること、各種機器による負荷平準化レベルはその導入量がある限度を超えると、想定した負荷パターンが全系の負荷パターンから見て適切さを欠くようになり、その効果は飽和することなどを明らかとした。

第5章では、電力システムの信頼性の観点から揚水式水力の所要貯水池容量を検討する手法として、需要および供給能力め確率変動を考慮した揚水池の週間・日間運用のモンテカルロシミュレーション手法を提案し、所要貯水池容量について検討を行った。その結果、出力潜在化を生じないための所要貯水池容量は、夏季には小さく他の季節では大きいなど季節によって異なること、揚水式水力の電源構成比率が大きくなると急激に大きくなることを明らかとした。

第6章では、新貯蔵方式である圧縮空気エネルギー貯蔵発電(ACC-CAES)について、電力システムの観点から見た得失を検討するために、動的計画法による最適運用方式を開発し、その運転パターンの特徴について検討を行った。その結果、ACC-CAESはピーク電源およびミドル電源として利用される可能性があり、ピーク電源である揚水式水力とは性格が異なっていること、揚水式水力の揚水総合効率のアナロジーから求めたACC-CAESの実効的な効率は軽負荷時の増分燃料費のみならずLNG価格に依存すること、揚水式水力の総合効率を上回ることが多いことを明らかとした。

第7章では、大規模混合整数計画問題として定式化される需給計画問題へ数理計画法を適用した結果として、非線形最適化手法を用い火力ユニット・揚水式水力ユニットの運用の最適化を図る方法、ラグランジュ緩和を用い火力ユニットの並

解列決定手法、分枝限定法を用いた火力・原子力ユニットの定期補修計画手法を提案した。また火力並解列決定手法ではラグランジュ乗数の物理的意味、試算結果を従来の優先順位との比較、定期補修計画手法ではヒューリスティックルールを織り込む際の注意事項など、手法適用上の注意点を明らかとした。

最後に第8章では、本研究で得られた結果をまとめ、今後の課題について述べた。

論文審査の結果の要旨

本論文は、電力システムの需給計画における諸問題に、数理計画法を選択・適用し、種々の分析手法を開発するとともに、モデルシステムを対象とした検討を通じ、需給計画問題の基本的な性質を検討したもので、得られた主な成果は次の通りである。

1. 電力システムの需給計画手法の提案と体系化

電力システムの新しい需給計画手法として、電力貯蔵装置、LNG 複合サイクル発電、負荷平準化方策を考慮した線形計画法による電源計画手法、モンテカルロ法を用いた供給信頼度に着目した揚水池の計画手法、動的計画法による圧縮空気エネルギー貯蔵発電の最適運用計画手法、数理計画法を用いた火力機の並解列決定手法および補修計画手法を提案している。

2. 開発した手法による電力システムの需給計画問題の検討

開発した需給計画手法をモデルシステムに適用し、揚水式水力や圧縮空気エネルギー貯蔵発電などの電力貯蔵装置を中心に、次を明らかにした。

- ・コスト最小の観点から見た揚水式水力の最適電源構成比率は、全発電設備の概ね 10～15% 程度であるが、原子力設備容量と負荷率に影響されること。
- ・出力潜在化を生じないための所要貯水池容量は、夏季には小さく他の季節では大きいなど季節によって異なること、揚水式水力の電源構成比率が 15% 程度以上となると急激に大きくなること。
- ・LNG コンバインドサイクル発電は年間の需給バランスに影響を及ぼすこと、負荷平準化方策の電源計画に及ぼす効果は導入量が増えてくると飽和すること。
- ・圧縮空気エネルギー貯蔵発電はピーク電源およびミドル電源として利用される可能性があり、ピーク電源である揚水式水力とは性格が異なっていること。
- ・火力並解列決定手法、補修計画手法については、経験則の充足等の面から検討を行い、手法適用上の注意点を明らかとしたこと。

以上、本論文は、電力システムにおける需給計画手法の体系化を図るとともに、需給計画の基本的性質を明らかとしたもので、学術上、実際上寄与するところが少なくない。よって本論文は、博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成 11 年 11 月 4 日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。