



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	次世代の電力系統に対応した設備計画に関する研究 [論文内容及び審査の要旨]
Author(s)	真鍋, 勇介
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第11318号
Issue Date	2014-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/55775
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	doctoral thesis
File Information	Yusuke_Manabe_abstract.pdf, 論文内容の要旨



学 位 論 文 内 容 の 要 旨

博士の専攻分野の名称 博士（工学） 氏名 真鍋 勇介

学 位 論 文 題 名

次世代の電力系統に対応した設備計画に関する研究

(A Study of Facilities Expansion Planning in Next Generation Electric Power System)

電力は現代社会を支える重要なエネルギー形態の一つであり、我々の生活において電力システムはなくてはならないものとなっている。しかし、近年、電気事業に二つの大きな変革が訪れようとしている。1 つは太陽光や風力などの再生可能エネルギー (Renewable Energy:RE) 電源の大量導入である。化石燃料電源の代替として RE 電源を用いることで、温暖化ガス排出量の削減、エネルギーセキュリティの確保などが期待できる。しかし、これらの電源は出力が天候によって大きく変化してしまう、つまり出力の不確実性が高く、他にも、導入ポテンシャルの地域偏在性が大きいなど、多くの欠点を有する。また、RE 電源導入の多くが新規の発電事業者や需要家によるものであり、将来の導入量を正確に予測するのが困難という特徴を持つ。そのため、RE 電源の大量導入を前提とした電力系統の設備計画を如何に決定していくかが大きな問題となっている。もう 1 つの変革は規制緩和の促進、電力市場の開放である。従来の 1 地域 1 社による垂直統合管理から競争環境へと変化することで、事業全体の効率化、需要家による事業者選択の自由、マイクログリッド、RE 電源導入の容易化などが期待できる。しかし、電力市場による電気料金の上昇、利益優先の投資による電力品質、供給信頼度の低下が起こる危険性があり、規制緩和が進んでいる欧米では、電力価格高騰や設備不全による大停電などがすでに発生している。さらに、我が国では 2011 年の東日本大震災で起きた福島第一原子力発電所の事故、関東地域での計画停電の実施を契機に、これらの流れが大きく加速している。これらの状況から、次世代の電力系統のあるべき姿を新たに模索する必要性が今高まっている。

本研究では、RE 電源の大量導入や電気事業の規制緩和が、従来電源や地域間連系線、蓄電池という電力系統設備の拡充計画へ与える影響や問題点を明らかにし、数年単位の長期的視点が必要となる設備形成の新たな策定方法を提案することを目的とする。電力系統を経済性、環境性、供給信頼性という様々な観点から検証することで、今後の電気事業にとって必須である新たな知見を得ることができる。

本研究では大きく 3 つの解析手法を用いて設備形成について論じている。1 つ目は電源開発計画、2 つ目は供給信頼度評価、3 つ目は必要蓄電池容量の評価である。各解析手法に関してそれぞれ第 2 章、第 3 章、第 6 章で述べる。また、本研究で新たに開発した電源開発計画と供給信頼度評価を組み合わせることで、RE 電源の大量導入に対応した電源開発計画についても解析が可能となる。この解析は 2 つの章に分けて行われており、第 4 章では我が国の現状の枠組みを想定して、第 5 章ではさらに規制緩和が進んだ将来の枠組みを想定して論じている。

第 2 章では一般電気事業者だけではなく新規参入の発電事業者との競争環境に対応した電源開発計画について述べている。電源開発計画とは新しい電源を何時、どの種類の電源を、どれだけの容量建設するのかを決定する計画である。この計画を論じるにあたり、需要成長や燃料価格、RE 電源の導入量などの将来の正確な予測が困難な長期的不確実性を如何に考慮するかが重要となる。本研究では、確率的動的計画法 (Stochastic Dynamic Programming:SDP) を用いて、複数の不確実性の変動

シナリオの同時考慮や複数の投資行動選択肢を考慮した上での最適な投資行動の策定を行った。この評価結果より、投資行動選択肢の拡大が一般電気事業者の総利益増加に繋がることが定量的に示された。さらに競争環境では他社の将来の投資行動を考慮した上で自社の投資行動を決定しなくてはならないが、計算時間や煩雑性の観点から厳密な解析を行うのは現実的ではない。そこで本研究では不確実性を考慮しない確定的な動的計画法 (Deterministic Dynamic Programming:DDP) を用いた競争均衡点の近似的解法などの対策を施すことによって、計算時間の短縮化や煩雑性の軽減化を図った。この手法を用いて一般電気事業者と新規参入者による電力市場を介した電源開発競争の模擬を行い、独占環境下では考慮しても結果に大きな変化のなかった長期的不確実性が、競争環境下では発電事業者の利益に少なからず影響を与えていることがわかり、その影響は、考察期間の後半に導入される新規参入者ほど大きいことも解った。

第3章ではRE電源の大量導入に対応した供給信頼度評価について述べている。従来の信頼度評価では、電力需要のピーク値に対して、火力や水力などの従来電源容量の猶予がどれだけ存在するかという、確定的な評価方法が主流であった。しかし、RE電源の大量導入によって、今後はRE電源による供給力も無視できない状況となる。そのため、既存電源の故障発生確率やRE電源出力の発生確率を考慮し、停電発生確率や停電電力量の期待値で評価を行う確率的信頼度評価を高速かつ正確に行う必要がある。本研究では状態列挙法を元に新たな評価手法を開発し、さらには地域間連系性で接続された2地域システムの供給信頼度も評価可能となるように手法の拡張を行った。これらの研究によって、RE電源の電源価値評価を行い、地域の特性や地域間連系線の接続による電源価値の変化を定量的に示した。

第4章では第3章で開発された供給信頼度評価と、第2章で用いた電源開発計画手法を組み合わせることで、RE電源が一般電気事業者以外の発電事業者や需要家によって大量に導入される状況における、一般電気事業者の最適な従来電源開発計画の評価を行っている。この評価によって、RE電源の導入が従来電源建設量の削減、または建設時期の延期につながる可能性を示した。

第5章では今後、さらに規制緩和が進み、一般電気事業者が解体され完全な競争環境下となった状況における電源開発計画について述べている。この状況では発電電力量を扱う電力市場だけではなく、既存電源の設備容量に容量単価を支払う容量市場が必要になると考えられている。本研究ではRE電源の大量導入に対応した、新たな容量市場設計を提案、電源開発計画シミュレーションによる評価を行った。この評価結果より、提案市場設計は従来市場設計よりも信頼度の推移が安定し、RE電源導入量の不確実性に対してよりロバストな市場設計であることが示された。

第6章ではRE蓄電池容量蓄電池の必要容量評価について述べている。著者は環境省からの委託事業である「風力発電等分散型エネルギーの広域運用システムに関する実証研究」に従事しており、RE電源と複数の蓄電池、可制御電源との協調制御手法と評価手法の開発を担当している。本研究ではRE電源の出力安定化を目的とした、蓄電池群とバイオガス発電の協調制御システムの設計を行い、さらに制御システム内の設定パラメーターと蓄電池容量を決定変数とした最適化問題を設定した。この問題を解くことによって、RE電源の出力平滑化に必要な蓄電池容量の評価を行うことができる。この評価結果より、RE電源の出力計画値と実出力値の同時同量を達成するためには、大量の蓄電容量が必要であることが解った。また、この蓄電容量を削減するためには、バイオガス電源による代替運転、蓄電量の調節を目的とした出力計画値の修正、広域運用によるならし効果がそれぞれ有効であることが明らかとなった。