



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_review.pdf, 審査の要旨



学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称 博士 (工学) 氏名 真鍋 勇介

審査担当者 主 査 教 授 北 裕 幸
 副 査 教 授 五十嵐 一
 副 査 教 授 小笠原 悟司
 副 査 准教授 原 亮一

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)

近年, 電気事業において大きな二つの変化が現れてきている. 一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り, 他の一つは, 電力自由化の進展である. これらの変化は電力系統に様々なメリットをもたらすと期待される一方で, 不確実性の増大によって, 電源や送電線といった電力供給設備への投資が抑制される可能性も持っている. 本論文は, RE 電源や新規参入事業者を含む次世代の電力系統において, 電力を安定に供給するために必要な設備形成のあり方を議論しており, 世界的にも新しい独創的な研究と言える.

まず, 第 2 章では, 電力系統における長期的な電源開発計画の過程をシミュレーションするためのツールを, シナリオツリーを用いた確率的動的計画法をベースとして開発し, これを複数の意思決定主体が共存する競争環境下の電源開発計画に拡張する手法を開発している. 各意思決定主体は一般に多様な価値基準を持って行動するため, 実際の投資行動を正確に模擬した電源開発計画をシミュレーションすることは不可能である. 但し, そうした状況であったとしても, 電力系統の制度設計者は, 将来の電源投資が概ねどのように推移していくかを評価しなければならない. 本論文ではこの課題に対して, 最も発生確率の高いシナリオに基づいた各意思決定主体の投資行動を想定し評価を行う手法を開発している. モデル系統を用いた試算では, 電力自由化によって従来の一般電気事業者 (電力会社) の利益は減少し, その標準偏差も大きくなることが示されている. 電力需要の奪い合いや電力市場による価格競争により, 一般電気事業者の経営状況が悪化する可能性があることは定性的に言われていたが, 本論文は, このことを電源計画過程のシミュレーションの中で再現している.

ところで, 電力系統の設備計画においては, 系統信頼度を適切に評価することが必要である. 従来は供給予備率に基づく確定的な信頼度評価が一般的であったが, RE 電源が大量に導入された電力系統においては, その出力変動の統計的性質を考慮した信頼度評価が重要である. 本論文では, 系統信頼度を年間停電電力量期待値 (EENS) として確率的に評価するために, RE 電源の時系列データと状態列挙法を用いた高速計算手法を開発している. 第 3 章~5 章においては, 開発した EENS の計算手法をベースとして, RE 電源大量導入後の電力系統における設備形成について議論している. 第 3 章では, 開発した EENS の高速計算法を地域間連系線で接続された 2 地域系統の供給信頼度も評価可能となるように拡張を行っている. これにより, RE 電源の電源価値評価を行うと共に, 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ている. 第 4 章では開発した EENS 計算手法と第 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 電源大量導入下での, 一般電

気事業者の最適な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が示されている。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手法を提案し、電源開発計画シミュレーションによる評価を行っている。この評価結果より、提案する容量市場の設計手法は、従来の設計手法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ている。

第 6 章では、RE 電源の不確実性を緩和するための蓄電池の必要容量を評価している。すなわち、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計算する手法を開発している。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、大量の蓄電池容量が必要であることを明らかにしている。また、蓄電池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を明らかにしている。

これを要するに、著者は、再生可能エネルギーが大量に導入され、複数の意思決定主体が電力供給を担う競争環境下の電力系統において、その設備形成に与える影響を評価する手法を開発すると共に、実データに基づいた試算を通して、電源計画、広域運用、蓄電池制御等に関する新しい知見を得たものであり、電力系統工学の発展に寄与するところ大なるものがある。よって著者は北海道大学博士(工学)の学位を授与される資格あるものと認める。