

審査の結果の要旨

氏名 荻本 和彦

論文題目 再生可能エネルギー発電の大量導入時の蓄電池の負荷周波数制御への適用の効果評価に関する研究

「第一章 序論」では、太陽光発電や風力発電など、変動する再生可能エネルギー発電の導入の実現に向けては、柔軟性の課題解決に向けて、供給側の発電機全体の調整力を最大活用に加え、変動する再生可能エネルギー発電の抑制などの調整、需要反応、蓄電池など新しい貯蔵技術の導入、電力システム間連系線の活用、電力システムの運用の高度化など、様々な需給調整力を向上する対策を組み合わせることが有効と考えられていること既往の検討、研究の調査で明らかにした。この結果から、本研究においては、再生可能エネルギーの大量導入のもとで需給調整力を増加し、柔軟性を向上する対策として蓄電池の短時間領域の需給変動の緩和に特化した使用による電力システムの需給運用の経済性、安定性の向上に資する「再生可能エネルギー発電の大量導入時の蓄電池の活用による柔軟性向上に関する研究」を行うこととした。

「第二章 再生可能エネルギー発電出力と残余需要の特性」では、電力システム別の毎時の需要と風力・太陽光発電のモデルを作成し、電力システムの元負荷から風力、太陽光の出力を控除した残余需要を算出し、年間の負荷持続曲線により風力発電と太陽光発電の kW 価値を試算し、残余需要の変動の大きさを分析した。また、風力発電の短時間変動特性として、東北電力システムの風力発電について 2005 年の域内合計の発電出力の 10 秒データにより 20 分窓による最大変動幅解析を行い、太陽光発電については既往検討による短時間変動特性を整理した。さらに、2005 年の風力発電データと同年度の需要の試算値に基づき、風力発電出力 (図 2.2-3)、および残余需要について、ランプ変動分析 (図 2.5-5) を行った。

これらの毎時の電力需要モデル、太陽光発電出力モデル、風力発電出力モデル

等は、本検討の電力需給解析において需要、太陽光発電、風力発電の毎時データ、短時間変動特性として使用された。

「第三章 電力システムの需給調整力の向上対策と検討方法」では、柔軟性向上の対策として、本章では、火力発電を始めとする系統発電機、変動する再生可能エネルギー発電の出力抑制を含む各種制御、集中分散のエネルギーマネジメントの協調による需要の能動化、分散型の電力貯蔵装置である蓄電池の活用、それらの個別技術を活かすための太陽光発電、風力発電の出力予測を含めた電力システム運用の高度化による需給調整力向上の可能性を検討し、本研究では、電力システムの柔軟性向上による再生可能エネルギー発電の大量導入時の課題解決として、電力システムを構成する電源の個別の特性を反映した実規模のモデルを作成・解析し、経済負荷配分より速い需給調整のうち負荷周波数制御（LFC : Load Frequency Control）領域の需給調整力確保のための蓄電池の適用についての検討を行う方針を決定した。

「第四章 再生可能エネルギー大量導入時の電力需給の解析方法」では、電力需給解析ツールである ESPRIT に、太陽光発電と風力発電の毎時出力変動から残余需要を算出し、需要の能動化としてヒートポンプ給湯機と電気自動車充電需要、定置用バッテリーによる需要曲線への影響と、パラメータ設定により短時間需給調整力のうち LFC 領域の需給調整力の評価を含めた、電力需給解析を行う機能開発について述べた。

「第五章 電力システムの実規模モデルによる解析・評価」では、2030 年の 9 電力システムのモデルとして、原子力発電の利用を中心とした複数の需給シナリオについて設備容量、発電電力量を算出し、安定供給として発電の一次エネルギー自給率、経済性として燃料費と燃料費と設備費の合計、環境性として CO₂ 排出量によりそれぞれの特徴を分析した。その上で、LFC 調整力と制御用蓄電池の適用効果を詳細評価するためのシナリオを選択し、蓄電池の条件、LFC 領域の需要、太陽光発電、風力発電の変動性と、発電機などの柔軟性としての LFC 調整力などの検討条件を設定し、9 つの電力システムにおいて電力システムの運用費と、需給調整力向上対策として導入する蓄電池の年経費の合計を最小化する蓄電池の最適設備量を探索し、多様な需給条件における蓄電池の導入効果を評価した。

この結果、最適容量である全国 3.09GW の蓄電池の設置により火力発電のメリットオーダーに即した運用を確保し、それぞれの部分負荷運転による効率低下を緩和し、再生可能エネルギー発電の抑制をほぼ解消することにより、燃料費と蓄電池の設備費 310 億円/年を含めても燃料費との合計費用を 2,350 億円/年削

減でき、CO₂ 排出量に大きな影響を与えないことが分かった。また、風力発電の導入量が減少した場合は蓄電池の必要量が減少すること、電力システムの需給条件の違いにより蓄電池の必要性、効果が異なることも分析した。

「第 6 章 結論」では、第 5 章までの結果に基づき、以下の結論が得られた：

- LFC 調整用蓄電池の導入により、変動する再生可能エネルギー発電大量導入時の電力システム運用の経済性を大きく改善できる
- 風力発電、太陽光発電の電力システム別の導入量とそれらの地域分布を含めならし効果を反映したより精度の高い変動量の推定が重要である
- 今後の電力システムの需給解析においては、様々な柔軟性を最適に組み合わせた電力システム運用の高度化の総合的な評価が必要である。

以上を要するに、本論文は、再生可能エネルギー電源の大量導入時に課題となる需給調整力の確保に着目した電源計画モデルを開発し、日本全国の火力発電所の部分負荷運転に伴う効率の悪化や再生可能エネルギー電源の出力抑制に伴う損失も考慮に入れた電力システム全体の最適化の中で、定置式蓄電池を負荷周波数制御に用いることの費用対効果を明らかにし、需給調整課題の一つの解決策を提示したものであり、電気工学、特に電力システム工学の発展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。