

審査の結果の要旨

氏名 山岸 良雄

再生可能エネルギーが電力系統に大量導入された場合には、需給面をはじめ電力システムに大きな影響を及ぼすことが予想される。なかでも太陽光発電（PV）はその潜在的な発電可能量が非常に大きく、電力システムへの影響評価にあたっては、その出力の変動特性等を適切に把握することが重要である。一方、将来の電力システムの計画にあたっては、さまざまな可能性を俯瞰的に評価し長期的な目標を明確化することが重要である。このような長期的な将来の問題を検討する際には、技術的・経済的な不確実性が非常に大きいため、数多くの将来シナリオを検討する必要がある。多数のシナリオを効率的に検討するためには、可能な限りシンプル・かつ現実と乖離しない評価モデルの構築が必要である。本論文では、PVを中心とする再生可能エネルギーが大量導入された状況を想定し、原子力発電所を含めた各種電源の運用上の技術的制約条件を明示的に考慮した線形計画問題として最適電源構成モデルを構築し、そのシミュレーションを通してわが国の北陸地方を対象とした定量的な評価検討を実施している。

第1章は序論であり、前述のような研究の背景および目的と研究課題の設定を行っている。

第2章では、実測された日射量等、現時点での最新データを用いて、大量のPVが広域的に導入された場合に予想される出力変動を推計している。ここではまず、PV設置容量の地域的偏在の影響を考慮できるように、地理的に離れた場所に設置されたPVの合成出力の周波数特性に着目して、遷移仮説法と呼ばれる出力変動推計手法に対しての拡張方法を提案している。そして提案手法を用いて、地域的偏在がある場合とそうでない場合の推計値の比較を行い、変動周期別の出力変動幅の推計誤差に関する考察を行っている。例えば、地域的偏在の影響を20分間の最大出力変動幅で評価した場合では、その影響はたかだか20～30%程度と限定的であることを示している。

第3章では、第2章の結果を踏まえて、長期の観測データが存在する気象庁のアメダス観測データ（10分値）を用いた日射量の近似的な推定値と、別途実

施した水平面全天日射量の正確な実測との比較を行い、アメダス観測データに基づく PV 出力推定の精度検証を行っている。具体的には、推定値と実測値の相関係数が 0.98 以上になることを確認し、アメダス観測データを利用して得られる地域内 PV 出力の推計値は、本研究で構築した最適電源構成モデルの入力データとして十分な精度と有効性を有することを示している。

第 4 章では、気象庁の数値気象予報データを用いた日射量予測手法を提案し、当日から 2 日先までの日射および PV 発電出力の様子を 1 年間にわたり繰り返して予測し、その予測精度を複数の指標で評価するとともに、他手法による予測結果との比較検討により、提案手法の長短所の考察を行っている。PV の定格出力を基準値とした提案手法による出力予測誤差は、当日 1 時間値の二乗平均平方根誤差で 12~15%、2 日先で 13~16%程度となり、複数地点の合計出力を予測する場合では予測精度がさらに改善されることなどを示している。

第 5 章では、長期的将来時点における望ましい電源構成を検討するための最適電源構成モデルを大規模な線形計画問題として構築し、各種文献調査により得られた前提条件や、第 3 章で提案された手法を元に作成された PV 出力推定データなどを用いて、CO₂ 排出量制約、各種燃料価格、PV 設備並びに蓄電設備の設置運用費用等をパラメータとした分析を実施している。PV を中心とする再生可能エネルギー主体で電源の低炭素化を極端に推進した場合、将来的な PV 設備価格の低廉化を織り込んでも、電力系統全体の発電単価の上昇や余剰電力の発生が避けられないと予測され、今後この方面でのかなり大幅な技術進歩の必要性を示唆する結果を得ている。また再生可能エネルギーの比率が高い状態で最適電源構成の計算を実施した場合、年による日照量や利用可能な水力資源の変動により計算結果にある程度のばらつきが発生すること、複数年の PV 出力平均値という集約データに基づく最適電源構成の計算を実施した場合には必要な蓄電池容量が少なめに推定される傾向があることなどを示し、再生可能エネルギーの変動特性の影響を定量的に明らかにしている。

第 6 章は結論であり、上述の研究成果の総括と課題がまとめられている。

以上を要するに、本論文は、広域的に大量導入された PV 出力の周波数特性の推計評価手法を提案し、気象観測データに基づく PV 出力推計手法の有効性や気象予測データを用いた PV 出力予測手法の精度を実証的に評価した上で、再生可能エネルギーが大量導入された状況下での電源構成の在り方をモデルシミュレーションにより明らかにしたもので、エネルギーシステム関連工学分野の進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）の請求論文として合格であると認められる。