

氏名	岡田 昌樹		
授与学位	博士(工学)		
学位記番号	博乙第37号		
学位授与年月日	令和2年9月7日		
学位授与の要件	学位規則第4条第2項		
学位論文題目	再生可能エネルギーの広域連系による平準化効果を考慮した北海道の電力・熱供給ネットワークの計画		
論文審査委員	主査	教授	小原 伸哉
		教授	山田 貴延
		教授	星野 洋平
		准教授	岡崎 文保
		准教授	高橋 理音

学位論文内容の要旨

太陽光発電と風力発電による再生可能エネルギーの出力変動は、気象条件の異なる複数地点の連系による平準化効果で緩和する。本研究では、この広域連系に着目し、再生可能エネルギーの分散配置を経済性から最適化するアルゴリズムを開発し、事例として、北海道の電力・熱供給ネットワークを計画する。つまり、本研究の目的は、広域に適切な容量の再生可能エネルギーを設置し連系することで、再生可能エネルギーの導入量を増やし、CO₂の排出量を低減できることを明らかにするものである。

この解析は、複数エリアにおける時々刻々と変化する電力と熱の需要に対して、気象条件に左右される再生可能エネルギーとそれを補償する電源、蓄電池、熱機器などのエネルギー供給を常に一致させなければならない。特に、熱需要を電力で賄うことによる冬季電力需要の増加への対応や、エリア間の融通電力が増えることによる送電線の容量調整などの算出が必要となる。このような多種多様で大量の変数を同時に扱う問題に対し、数学的な絶対解を導くことは難しいため、工学的なアプローチとして、遺伝的アルゴリズムに基づいた最適化プログラムの開発を行った。このプログラムでは、需要と供給を常に一致させる電力収支式と熱収支式に基づいて、導入される設備と託送コストの総コストが最も低いものを最適値として探索する。電力設備には、再生可能エネルギーとしての太陽光発電と風力発電、補償電源、蓄電池が導入され、熱設備には、ヒートポンプと蓄熱槽が導入される。解析条件となる入力データは、太陽光発電と風力発電の発電量を推定する気象データと各設備のコスト、各エリアの電力と熱の需要データ、遺伝的アルゴリズムのパラメータなどである。

北海道を研究事例として、送電線の制約（容量や損失）を適用しない場合と適用した場合の解析を行った。送電線の制約を適用しない解析では、総需要に対する再生可能エネルギーの発電割合は、現状の11%から39.5%に増加し、非常に高い割合で計画された。一方、送電線の制約を適用した解析では、熱需要の大きくなる冬季に一部の都市間で送電容量に不足を生じたため、これら送電線の容量を増加させ、解析し直した結果、再生可能エネルギーの発電割合が22.5%となり、CO₂排出量も全世帯の50%/年に相当する分を削減できた。ただし、補償電源の合計容量は最大電力需要の127%となった。また、本システムの送電網を利用した送電線利用率は41%であるが、最適化後は、電力の地産地消により、13.5%に低下した。

論文審査結果の要旨

本研究は、再生可能エネルギーの広域連系を伴う、電力の最適な流通方法を計画するものである。さらに、これまで化石燃料の利用が多かった熱供給について、再生可能エネルギー由来の電力をできるだけ多く使用する、蓄熱式ヒートポンプに置き換えた際の、経済性と環境負荷の低減について明らかにした研究である。また、再生可能エネルギーの賦存量の多い北海道を研究事例の対象として、研究で得られた解析方法を導入することで、再生可能エネルギーの種類と設置容量について最適化している。この結果、経済性、環境負荷、送電線利用率などを考慮した、再生可能エネルギーの広域連系による電力及び熱供給ネットワークの適用方法と、予想される効果及び課題について広く調査を行っている。

上で述べた申請者の研究業績に関わる論文内容を審査したところ、申請者は、再生可能エネルギーの広域連系による電力の平準化効果を考慮した、北海道の電力及び熱供給ネットワークの計画と運用方法について新しい知見を得ているものと判断された。本研究の成果は、電力システムにおける再生可能エネルギーの連系量の拡大と、化石燃料を使用した熱供給による地球温暖化と環境負荷を緩和する先駆的な技術の1つとして認められる。よって、申請者は、北見工業大学博士（工学）の学位を授与される資格があるものと認められる。