



# HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Study on effective measures of power fluctuation mitigation for wind and solar power and electricity prices toward a predetermined social optimum [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	Lukwesa, Biness
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第15364号
Issue Date	2023-03-23
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/89515">https://hdl.handle.net/2115/89515</a>
Rights(URL)	<a href="https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/">https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/</a>
Type	doctoral thesis
File Information	Biness_Lukwesa_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 Lukwesa Biness

審査担当者 主査教授 田部 豊  
副査教授 村井 祐一  
副査准教授 植村 豪  
副査准教授 原 亮一 (大学院情報科学院)

## 学位論文題名

Study on effective measures of power fluctuation mitigation for wind and solar power and electricity prices toward a predetermined social optimum

(風力・太陽光発電の効果的な出力変動抑制対策と社会最適誘導電力料金に関する研究)

風力、太陽光発電などの出力が変動する再生可能エネルギー (Variable Renewable Energy: VRE) の普及は、温室効果ガス排出量の大幅削減やエネルギー安全保障の確保のために必要不可欠である。固定価格買取制度 FIT などの支援策を含めたコスト低減は、VRE の急速な普及に寄与してきた。しかし、大規模導入には VRE 出力変動に起因するいくつかの課題があり、経済的および技術的な観点から効果的な出力変動対策を明らかにする必要がある。本研究の目的は、電力供給コストの増大を抑えながら VRE 電力の高い供給比率を達成するための出力変動対策、および VRE 電力が送配電会社により理想的な高い割合で利用されるための条件を明らかにすることである。そのために、VRE の地域的な分散配置、大容量蓄電池の導入、地域間の送電線増強を出力変動対策として取り上げ、社会的な電力供給コスト低減に向けた効果的な組み合わせに関する解析を行った。さらに、導入された VRE を部分的な送配電会社のコスト最適化でも達成できる電力価格条件について検討した。

解析のために、線形計画法を用いた二種類のエネルギーシステム最適化モデルを構築した。一つ目は、発電設備や送電設備の建設費、運転費などを含む電力供給コスト全体を目的関数とし、その最小化を行う全体最適化モデルである。VRE 電力供給割合に制限をかけて解析することで、供給割合に応じた社会コスト最小の発電設備構成、運用パターンなどを評価可能である。二つ目は、電力の購入費、大容量バッテリーと送配電線の建設費、維持管理費などの送配電会社のコストを目的関数とし、その最小化を行う部分最適化モデルである。全体最適化モデルで決定された VRE 発電設備に対し、実際に最適な運用が実現される発電会社からの購入電力価格の条件などを評価可能である。解析対象は再生可能エネルギーのポテンシャルの高い北海道とし、道央、道北、道東、道南の 4 地域に分け 1 年間、1 時間ごとの電力需要と既存の地域間送電容量を与えた。さらに、風力発電および太陽光発電の候補地として気象条件から高い設備利用率が期待できる 20 地点、10 地点をそれぞれ選定し、推定した 1 時間ごとの発電パターンを与えた。

まず、全体最適化モデルを用い、分散配置のみを行う場合、さらに送電線の増強が可能な場合または大容量蓄電池の導入が可能な場合、それら両方が可能な場合の結果を比較することで、各変動対策の効果を検討した。結果より、これらの変動対策は総社会コストの低減に効果があり、3 つの供給割合範囲に応じて有効性が異なることがわかった。VRE 供給割合が 40% までは、送電線増強や蓄電池導入を行わなくてもコスト上昇の抑制が可能であり、VRE 発電設備の地域全体の分散配置が効果的

となった。供給割合が 40% から 60% では、分散配置に加え送電線増強が効果的であった。供給割合が高い 60% から 80% となると、蓄電池の導入が効果的となった。ここで、その際の全体のコスト低減効果は、送電線増強と蓄電池導入を可能とした複合対策のときと同様となった。発電設備構成は一局集中型と地方分散型と大きく異なり、将来を見据えた政府の政策が重要であることを示した。なお、この違いは、蓄電池は大規模な太陽光発電の導入に、送電線増強は大規模な風力発電の導入に効果が高いためであることも示した。

次に、VRE 供給割合 80% の場合の風力、太陽光発電の設備容量を全体最適化モデルで得られた値に固定し、部分最適化モデルを用いることで送配電会社が発電会社から購入する様々な電力価格セットが VRE 電力の有効利用に及ぼす影響についての検討を行った。これは、実際のシステムでは運用はいくつかの部分最適化の集まりによって決まるため、全体最適を実現するための条件を明らかにし、有効な政策に対する知見とするためである。結果より、バックアップ火力と VRE の電力価格差が VRE 利用率を決定する重要な因子であることがわかった。利用率上昇のためにはバックアップ火力の価格を高くする必要があり、全体最適化された理想的な供給割合 80% を実現するためには、価格差は 54 JPY/kWh となった。また、価格差と供給割合の関係を考慮すると、供給割合 76% を実現できる価格差 30 JPY/kWh がより効果的であることもわかった。さらにこの価格差を決定するメカニズムを明らかにするとともに、VRE 供給割合上昇のために必要となる大容量蓄電池、送電線増強にかかる負担を社会全体に分配する政策が必要であることも示した。

これを要するに、本研究は、今後の主力電源化が必要不可欠である風力、太陽光発電の大規模導入に対する出力変動対策について、全体システムの最適化および構成要素の部分最適化の観点から解析する新しい手法を構築するとともに有効な対策に関する新知見を得たものであり、エネルギーシステム工学分野の発展に対して貢献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。