

不確実性下における再生可能エネルギーの定量リスク評価と投資戦略
Quantitative Risk Valuations and Investment Strategies of Renewable Energy under Uncertainty

大学院総合生存学館 総合生存学専攻 榊原 敬治

学位論文内容要旨

本博士論文は、不確実性を考慮した再生可能エネルギープロジェクトのリスクと投資戦略の評価を行ったものである。これに加え、プロジェクトベースの研究として為替取引のリスクの評価と投資戦略の実践報告を記した。本博士論文は全五章から構成され、主な内容は以下の通りである。

第一章は序論であり、再生可能エネルギー事業普及の障壁となっているボトルネックと課題を特定し、リスクの認識とその評価手法、選定理由について述べている。特に本章では、我が国において潜在的な資源ポテンシャルが多いにも関わらず、それらを効果的に活用しきれていないとされる再生可能エネルギー電源 2 種（第二章で地熱発電、第三章で波力発電）を取り上げた。

第二章では、地熱発電における地熱井の温度差のリスクと地熱発電戦略を議論し、温度差リスクを適切に含めることが不可欠であることを明らかにした。本研究の目的は、生産井と還元井の温度差の不確実性が地熱発電戦略に与える影響について、リアルオプションを用いて評価することである。これまでの研究では、地熱発電所の実現可能性は DCF 法を用いた正味現在価値により議論がなされてきた。しかし、本来の発電過程には不確実性が存在し、これまでの評価法による発電計画と現実とでは一定の乖離が生じているとされる。従来の研究と異なり本研究の新規性は、発電収入とその規模に左右されるメンテナンスコストの両方に対する地熱井の温度差によるリスクに焦点を当てた点である。本研究では、地熱発電所における温度差の新しいモデルを提案し、温度差の不確実性がある地熱発電所について、温度差境界を持つ 2 つの発電戦略を組み込んで、新たに 2 つのアメリカンタイプのリアルオプションを評価した。第 1 の戦略では、温度差が上限の閾値を超えた場合、スケール形成によるメンテナンスコストの増加により発電を停止し、第 2 の戦略では、温度差が上限の閾値を上回るか下限の閾値より下回る場合に、スケール形成によるメンテナンスコストの増加または熱量不足により発電を停止する戦略をとった。その結果、地熱発電プロジェクトの正味現在価値は、地熱資源である温度差が発電量に与えるマイナスの影響とプラスの影響により、メンテナンスコストの不確実性と発電量の不確実性の両方を考慮した場合のリアルオプション価値よりも大きくなる一方、メンテナンスコストの不確実性のみを反映した場合のリアルオプション価値よりも小さくなるのが本研究により明らかになった。これは、地熱発電のプロジェクト価値を評価するためには、温度差リスクを適切に考慮することが不可欠であることが示唆される。

(次頁続く)

第三章では、日本とアイルランドの海域における波力発電のリスク評価と投資戦略を議論し、波リスクのモデリングには波の特性を考慮する重要性を明らかにした。本研究の目的は、波周期変化の不確実性をモデル化し、リアルオプション評価に基づく複数の発電戦略を評価することで、波リスクが波力発電のプロジェクト価値に与える影響を検証することである。本研究の貢献は3つある。第1に、日本海域とアイルランド海域の波データを用いた波浪挙動解析により、発電に伴う波リスクは、平均回帰性と季節性を伴う波周期変化にのみ依存し、大洋型では波周期に連動して増加し、縁海型では波周期に連動して減少することを示した。第2に、波の特性に基づいた海域ごとの波リスクの違いを考慮し、局所的な海域のみに限定されず、世界の離れた大洋型と縁海型海域でも適用可能な新しい波力発電モデルを提案した。第3に、実証分析によると、DCF法に基づく正味現在価値では大洋側と縁海側双方においても波力発電プロジェクトは実現不可能であるが、事業の中止と拡大の2つのリアルオプション戦略を評価すると、日本海側では運転開始後10年以内、アイルランド海側では運転開始後11年以内に波力発電プロジェクトが実現可能であることがわかった。本研究の適用により、波力発電プロジェクトの評価には波の不確実性と戦略的オプションを効果的に組み合わせることが可能であり、波リスクモデリングには海域の特性を考慮する必要があることが示唆される。

第四章では、上述のリスクに対する研究の実践報告として、為替取引における定量的リスク分析と収益化を目指した資産倍増計画(戦略)の結果を報告している。本章は、リスクをバリューに繋げる実践として、為替トレーディングプロジェクトを実施しその成果を述べている。本プロジェクトは、定量的リスク分析を用いて為替平衡操作のタイミングを推測し、三ヶ月で資産を倍増させる実践研究である。このプロジェクトでは、単に為替変動リスクを回避するのではなく、許容された適切なリスクと投資タイミングを推定し戦略を取ることにより、リスクのバリュー化を目指した。具体的には、テクニカルおよびファンダメンタルアプローチに加え、MSGARCHモデルを用いてリスク量を推定し、これに応じた2つのレジームに分類し投資判断に活用した。その結果、プロジェクト開始時の資産ポジションと比較して、期限内に原資産を倍増させるという目標を達成した。さらに、利益確定後のバックテストとして、ボラティリティの増減、価格変動の特徴、最適な取引タイミングおよびストラテジーをモデル結果から検証した。

第五章は結語であり、各章で示された主要な研究結果と成果をまとめた上で考察を加え、本博士論文の学術的意義と貢献を述べている。以上から総括すると、再生可能エネルギーにおけるプロジェクトを効果的に評価するには、不確実性を考慮した適切なリスク認識とリスク定量化、リスク収益化、リスクマネジメントを含めた評価を行うことが極めて重要であるとした。この結論から本博士論文がもたらす学術的意義と社会的な貢献は、不確実性を適切に捉え投資戦略を評価することにより、投資障壁が下がり再生可能エネルギー事業に投資を促すことで、持続可能な社会醸成に向けたさらなる再生可能エネルギー普及へと繋げることが可能な点である。