

アジア太平洋研究科 博士学位論文要旨

再生可能型エネルギーミックスに向けた電力ネットワーク柔軟性の役割と効果： デンマークから日本とアジア諸国への示唆

4015S009-8

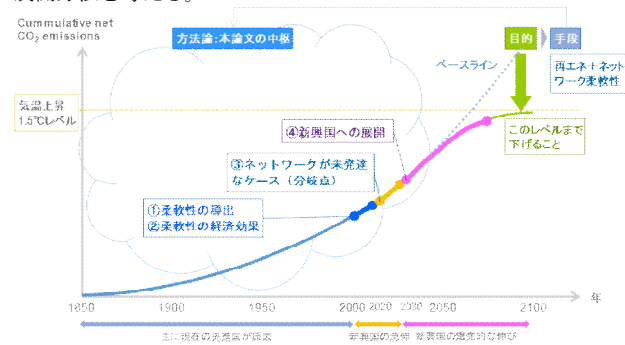
谷口 晋一

主指導教員 三友 仁志 教授

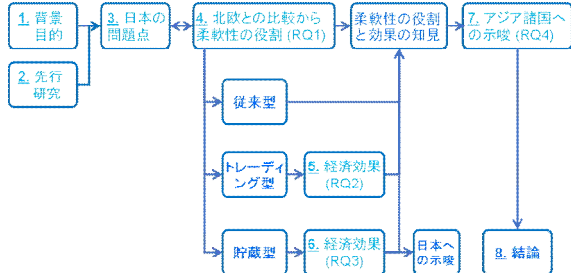
Keywords: エネルギーミックス, 変動再生可能エネルギー, 電力ネットワーク, 柔軟性, トレーディング

風力発電や太陽光発電などの変動再生可能エネルギーは、限界費用がゼロで地域の制約もなく、化石燃料の代替として国のエネルギーセキュリティに資する優れた電源である。しかし、日本など先進国でも、余り導入が進んでいない国が殆どである。本研究の目的は、変動再生可能エネルギーを広く普及させる手段として、電力ネットワーク柔軟性の役割と効果を明らかにする。

具体的には、①電力ネットワークの柔軟性とは何かを明らかにする。先進国の中で遅れている日本のエネルギーミックスと先進例デンマークを比較することから、柔軟性の内容を明らかにする。次に、②変動再生可能エネルギーと電力ネットワーク柔軟性の組み合わせは、経済効果と両立することを明らかにし、日本のエネルギーミックスが再生可能型に対応する示唆を得る。更に、③電力ネットワークが未発達な場合に柔軟性を与える方策について、分岐点にある国や地域のための示唆を得る。最後に、④得られた示唆を活用し、具体的に新興国への展開方法を考える。



第1章で背景と目的を述べる。第2章では本論文にかかる主要な先行研究について述べる。第3章で日本の再生可能エネルギーに関する問題点について述べ、リサーチクエスションを設定する。第4章で、日本とデンマークにおける再生可能エネルギーの導入状況の比較から、電力システム柔軟性の構造と役割について明らかにする。続いて、第5章で、電力ネットワークの電力取引と経済性が両立するか調べる。第6章では、エネルギー貯蔵による電力ネットワークの柔軟性と経済効果について述べると共に、日本への示唆を得る。第5章・第6章を応用して、第7章では、アジア諸国の持続可能なエネルギー供給に向けた分析と示唆を得る。最後に、第8章で結論を述べる。



本論文の大きなリサーチクエスションは次の通りである。

RQ. 日本のエネルギーミックスを変動再生可能エネルギー主導型とするために、北欧から得られる示唆は何か。特に、北欧で注目される電力ネットワークの柔軟性とは何か。柔軟性と経済性は両立するのか。これをアジア諸国の持続可能なエネルギー供給のためにどう活用できるか。

再生可能型エネルギーミックスに向けて、デンマークから得られた示唆は次の通りである。第1に柔軟性の大分類として中央発電、電力取引、柔軟な需要がある。第2に変動再生可能エネルギーの浸透率が高くなるほど化石燃料依存度が低い。第3に連系線を電力取引に活用している電力システムほど変動再生可能エネルギー浸透度が高い。第4に柔軟な需要は、電力取引と同様に変動再生可能エネルギー浸透度と関連性が見られた。電力ネットワークの柔軟性とは、変動再生可能エネルギーの変動に対応する従来型の中央発電、電力トレーディング、柔軟な需要に大分類できる。変動再生可能エネルギー浸透率が高い程、従来型の中央発電シェアが低く、電力トレーディングと柔軟な需要のシェアが高くなる。電力トレーディングと柔軟な需要は、現時点ではどちらが有効か判断できない。よって、未来型の柔軟性と表現できる。

変動再生可能エネルギーに対して、しばしば2つの負の経済効果が指摘される。FIT 賦課金による国民負担の増加や、メリットオーダー効果のために、再生可能エネルギーと経済性は、トレードオフの関係にあるという意見がある。これを検証するため、日本のエリア3組と、デンマークドイツの異なる2時期について、経済効果を分析した。結果は、電力取引の活発さが、変動再生可能エネルギーの経済効果と強い関係があることを示唆している。

続いて、電力ネットワークが未完全な場合に有効なエネルギー貯蔵の経済効果を分析した。連系線拡充かエネルギー貯蔵かの選択は、連系線制約による電力取引制限の程度に依存する。しかし、エネルギー貯蔵で電力取引と同じ効果が得られれば、連系線よりも優れている。

また、日本への重要な示唆も得られた。東京ー東北連系線は、比較的バランスのとれた状態である。今後、連系線拡張計画の経済効果を上げるには、変動再生可能エネルギー拡大を同時に行う必要がある。北海道ー本州連系線増強計画は合理的であるが、必要な拡張の規模は現行計画の300MW規模より数十〜数百倍大きい。よって、今後は、柔軟な需要の活用が鍵を握る。九州と中国は分断された状態であり、解決策として連系線拡張か柔軟な需要の両方が挙げられる。

日本とデンマークを比較した手法をアジア諸国にも応用し、フィリピンを例に持続可能なエネルギー供給の実現方法を検討した。結果は、連系線増強が現実的でない場合は、柔軟性を補うために、エネルギー貯蔵が優れていることが示された。地域間で変動再生可能エネルギーに偏りがある場合は、連系線よりも、柔軟な需要の経済効果が高い。

この様な分散型電力ネットワークは、従来型に代わる有力な選択肢である。後者は、脱化石燃料と地域格差の改善に寄与する。変動再生可能エネルギー中心の分散型ネットワークは、経済効果も優れている。

電力ネットワーク柔軟性は、ヨーロッパや日本等成熟した電力システムで、化石燃料に頼らない再生可能型エネルギーミックスへの変革に貢献する。また、アジアの未成熟な電力システムでも、再生可能型エネルギーミックスを実現するモデルケースを提示した。本研究の成果を広く応用することで、世界の温暖化ガス排出を削減し、気温上昇の抑制に貢献できると考えられる。 [以下主要参考文献]

IEA (2017a) Status of Power System Transformation 2017. IEA.
 IEA (2017b) Energy Policies of IEA countries Denmark 2017.
 IEA (2014) The Power of Transformation. IEA.
 IEA (2018) World Energy Outlook 2018. IEA.
 Ea. (2015). The Danish Experience with Integrating Variable Renewable Energy: Lessons learned and options for improvement.