

令和元年6月24日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K03622

研究課題名(和文) 欧州における再生可能エネルギーの競争市場統合のための政策評価と我が国への教訓

研究課題名(英文) Policy evaluation for integration of renewable energy in competitive markets of Europe and lessons for Japan

研究代表者

長山 浩章 (Nagayama, Hiroaki)

京都大学・国際高等教育院・教授

研究者番号：90446617

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：再エネ政策について以下3点につき、日欧の比較研究を行った。(A)リアルタイム市場、地内市場分割、再給電、金融的送電権、Demand Response：(B)送配電網の強化、託送料金の見直し、送電系統増強方式(C)コネクト&マネージ 系統増強と優先給電の考え方、優先接続、需給バランスによる出力制御、系統混雑による出力制御
その他、ポルトガルにおいて実施されている再エネに対する高い買い取り価格に対する賦課金をどう効率的、公正に徴収するか、その際、証券化スキームをどう活用するかについての考え方の研究を行った。さらに、我が国揚水発電のありかたにつき、欧州調査を行い5点の提言をとりまとめた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

我が国及び欧州において再生可能エネルギーの導入のための支援の対象が、FIT(固定価格買取)を含む再エネの発電量増加そのものから、再エネを受け入れるための需給調整市場の整備、送配電網の整備とその費用分担の方法、新たな送電設備投資をせずに現状の設備を有効利用するコネクト&マネージの手法等など、主力電源として競争市場に統合する政策へと、水準が大きく転換されてきた。
本研究は、こうした背景を受け、再エネの市場への統合施策についての包括的な研究を行った。再エネの市場への統合政策で、先行する欧州ベンチマーク調査を行い、我が国における今後の政策導入にあたっての課題を取りまとめた。

研究成果の概要(英文)：A comparative study of Japan and Europe was conducted on the following three points.(A) Real-time market, market splits, re-dispatch, financial transmission right, and demand responses.(B) Reinforcement of transmission and distribution networks, review of transportation charges, transmission system enhancement method(C) Connect & manage, and curtailments, constraints and their compensations: 1)System reinforcement and priority dispatch 2)Priority connection 3) Curtailments by supply and demand balance, Constraints by network congestion. In addition, research on how to effectively and fairly collect the levy on the high purchase price for renewable energy and how to use the securitization scheme in Portugal was implemented. Five recommendations were also put together as to how Japan's pumped-storage power generation should be, based on survey in Europe and in Japan.

研究分野：エネルギー政策

キーワード：再生可能エネルギー 欧州

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

欧州では風力、太陽光を中心に急速な再生可能エネルギーの導入が進んでいる。ドイツでは2024年までに再生可能エネルギーの全発電容量に対する割合が62%まで増加する見通しであり、英国においても2035年には発電容量の44%まで増加する見通しである。他方、電力市場はEUにおいて1997年に発効した第1次電力自由化指令以降自由化が進んでおり、自由化した電力市場の中で再生可能エネルギーをどのように、財政的に抑えつつ、物理的にコントロール可能なものにして取り込んでいくか、またこれにより生ずるデメリットをどのように克服していくかが課題となっている。このため諸外国では様々な政策をその国独自の重点をつけて試考している。しかしながらそれら施策の実行に伴って、特有の課題も生じている。例えばドイツでは風力発電の大量導入により、卸市場の価格が投資へのシグナルとしての機能を失いつつある。英国においても容量市場(KW市場)導入により、卸市場価格が低下し、同様の状態になることが懸念されている。

2. 研究の目的

本研究は、再エネの市場への統合施策についての包括的な研究を行った。再エネの市場への統合政策で、先行する欧州ベンチマーク調査を行い、我が国における今後の政策導入にあたっての課題を取りまとめた。

3. 研究の方法

現在、各国の政策概要について文献資料、現地インタビューにおいて、考え方などの聴取、情報収集、それをもとにした分析を行った。

4. 研究成果

主に3つの分析を行った。

1) 欧州再エネルギー政策の評価

本研究では、再生可能エネルギー(以下、再エネ)を大量導入するためのハード及びソフトのインフラ支援について、先行する欧州のベストプラクティスとされる政策の検証、政策の評価指標の構築を行った。この背景には、我が国及び欧州において再生可能エネルギーの導入のための支援の対象が、FIT(固定価格買取)を含む再エネの発電量増加そのものから、再エネを受け入れるための需給調整市場の整備、送配電網の整備とその費用分担の方法、新たな送電設備投資をせずに現状の設備を有効利用するコネクタ&マネージの手法等など、主力電源として競争市場に統合する政策へと、照準が大きく転換されてきた。

表1の政策大項目ごとに、小項目の各政策のメリットとデメリットを、現地インタビュー等で明らかにし、これら政策の有効性を検証した。

表1 再生可能エネルギーを大量導入するためのハード・ソフトの支援

	対応する政策	日本	英国	ドイツ	アイルランド	北欧
需給調整	リアルタイム市場（需給調整市場）	2020年以降導入予定	NG（送電会社）が運営、上げ代のみ	4大TSOがそれぞれ運営上げ代、下げ代も市場商品としてある。4大TSOが連携し、1次、2次、3次予備力市場を形成、調達、周辺国へも拡大	DS3市場を設計中	4か国の共同運営の需給調整市場あり
	地内市場分割	N/A	N/A	ドイツ、オーストリア+ で一つの入札ゾーン（Bidding Zone）であったが2018年10月1日よりドイツ-オーストリア間に市場分割を実施	N/A	デンマークは東西で市場分割し、スウェーデンも4つのBidding Zone、ノルウェーも6つのBidding Zoneにあらじめ市場分割
	再給電	実需給直前にあるが多くない	あまりなし	2日前、1日前、実需給と大きく3つのフェーズで実施	N/A	あまりなし
	金融的送電権	検討中	N/A	N/A	N/A	あり
	先物商品	2018年度内の導入は断念	あり	あり	あり	あり
	Demand Response	エナジープール社など導入したが、まだ本格的ではない	容量市場において実施するため、2016年より大規模なデマンド入札を行っている。	予備力市場に既参入	多くない	多くない
託送料金の見直しと送電線の強化	送配電費用の発電事業者側課金	政府審議会により導入決定	高い	なし	高い	非常に高い
	託送料金の見直し	需要地近接割引はあるが十分には機能していない。	需要地近接割引あり	なし	N/A	地点的送電料金制
	送電系統増強方式(注2)	Deep	Super-Shallow	Shallow	Shallow	Deep(スウェーデン)/Shallow(ノルウェー)
コネクとマネジ、及び再エネの出力制御と補償	系統増強と優先給電の考え方	あり 日本型C&M(系統増強後、接続・先着優先)	なし Connect & Manage(注1)	あり 優先接続	あり C&M	なし C&M
	優先接続	なし	なし	あり	なし	あり
	出力制御への補償	(1)既設再エネは30日まで出力制御 (2)ノンファーム電源(注3)は無制限無補償で出力制御 (3)ファーム電源である従来電源と既設再エネを含めて出力制御を行い、ノンファーム電源からファーム電源に費用を精算(2018年4月に業が提示)	英国は事前に定められた電源別の契約電力を超えない範囲での接続しか認めない。ノンファームの概念がない ランシングメカニズムの中で、各電源は出力制御時の発電機会損失の単価を入力し、港線解除に応じた電源に補償が支払われる。	(系統安全保障のため補償されない) Adjustment Measure	全量プール市場を通じて出力制御 (2018年まではファームのみ補償あり)ノンファームは無補償 従来電源で入札価格が高い順に出力制御、次に再エネで、炭素発電、コージェネ、バイオマス、水力の順に比例配分(プロラタ)で、出力制御、最後に風力ノンファーム、風力ファームの順に止める。	(2017年まではファームのみ補償あり)
	系統選線による出力制御(Constraint)	(選線なし)		(選線処理のため補償される) Feed-in management	(ファーム)あり (ノンファーム)なし	(ファーム)あり (ノンファーム)なし

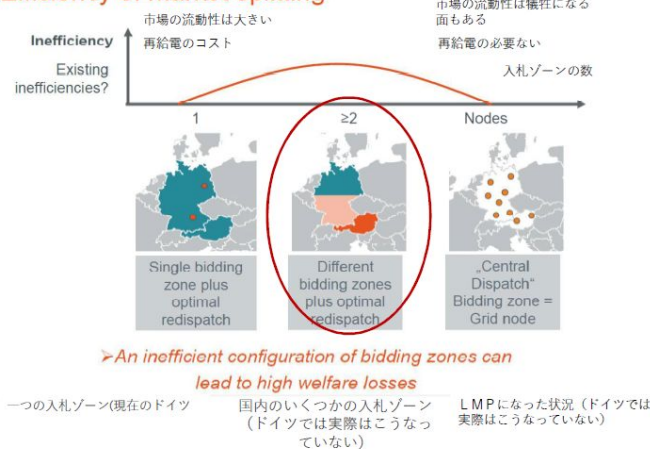
注1：英国の Connect & Manage は TSO (Transmission System Operator) のみ。DSO (Distribution System Operator) レベルは日本同様、増強後接続・先着優先を採用

注2：Madrigal and Stoff(2012)により送電線の増強に関する費用分担方式を類型化したもの。Deep：系統接続に伴い必要な送電線等の費用負担に加えて既存系統の増強費用の一部も負担する方式、Shallow：系統接続に必要な送電線等の費用を発電事業者が負担する方式。Super-Shallow：すべて一般負担で回収され(電力系統拡張費用+増強費用は送配電会社が負担)、発電事業者の特定負担は求めない(再エネ発電業者は発電設備と電源線のみ負担)方式。

注3：日本のノンファーム-アクセスの考え方は既存系統利用者を優先し、後着(これから接続する)の系統利用者はノンファーム接続を基本的な考え方として、接続をしてもよいが、TSO から抑制指示があった場合は、すぐに抑制するがそれでよいなら接続を許可するというもの。出所：京都大学 長山作成

(A) 需給調整：リアルタイム市場（需給調整市場）、地内市場分割、再給電、金融的送電権、先物商品、Demand Response：表1の大項目(1)の「地内市場分割」では、市場原理を活用した送電混雑解消としての地内(電力会社の管轄エリアの中での)での市場分割制度を現行の卸電力取引市場の中に、新たに導入する是非を検証したい。先行研究としてACER(エネルギー規制者協力機関)とENTSO-E(欧州系統運用者協力機関)のFirst Edition of the Bidding zone review(2018)において卸電力市場のゾーン分割の効率性を評価した報告書を作成している。同研究ではNetwork security(送配電網のセキュリティ)、Market Efficiency(市場の効率性)、Stability and Robustness of Bidding zone(入札ゾーンの安定性と堅牢性)の3項目について、市場分割を評価している。これを我が国に当てはめると日本は沖縄電力を除き9つの電力会社間の連系が細いという物理的事情から、板(ビッドゾーン)が最低9つになっている。

Efficiency of market splitting



出所：50HERTZ資料に筆者加筆

図1 ドイツでかつて検討されたことのある送電混雑管理モデル

送電混雑の蓋然性が高い場合は、事前に地内で複数エリアに分割するのが望ましい。例えば東京電力は群馬、茨城、千葉のあたり(これらでは電源接続案件募集プロセスが行われている)、東北電力も同様に北部と南部のように系統接続時や計画段階で混雑箇所が分かるため、そこで市場分割を行えば「系統制約」と「需給バランス制約」を一緒に考慮できる。本案を導入すると、系統の有効活用が図られるので、混雑箇所がさらに限定されるメリットがある。また、TS0地内における混雑レントを地内送電線の強化への投資に使うこともできる。ドイツは図1のように地内分割を検討したことはあったが東西に国が分かれた歴史的な経緯から市場分割できていないため、経済性(市場原理)による電源抑制ができず、再給電で対応している。

北欧ではTS0 4社が共同運営する需給調整(リアルタイム)市場があり、実需給の30分前まで入札できる。風力発電も下げ代調整力を提供する形で入札できる。こうしたリアルタイム市場の整備やノンファーム電源事業者にも送電権の売買または先物取引などリスクヘッジ手段を与えることで新規の投資を促進している。

(B) 送配電網の強化：送配電費用の発電事業者側課金、託送料金の見直し、送電系統増強方式：今後、自家消費の太陽光発電が市場に統合される動きが加速されることから、送配電網の強化とそれを支える託送料金の制度設計(どう託送料金を割り振るか)を大きく変更する試みが行われている。この項目では送電系統増強方式、送配電費用の発電側課金、託送料金の見直し(需要地近接割引、送電の地点料金制)などを明らかにした。

(C) コネクト&マネージ、及び再エネの出力制御と補償：系統増強と優先給電の考え方、優先接続、出力制御への補償、需給バランスによる出力制御(Curtailment)、系統混雑による出力制御(Constraint)：現在、我が国が取り組んでいるのは、再エネを大量に導入・接続するためのコネクト&マネージと呼ばれる手法である。これには想定潮流の合理化、N-1電制、ノンファームアクセスの3つの方法があり、2019年3月現在、前2者は実施に移されており、ノンファームアクセスがすすめたやシステム構築を含め検討されている。コネクト&マネージ、及び再エネの出力制御と補償の考えかたは、各国の背景・事情が異なる。例えば我が国ではあくまで系統増強後、接続・先着優先が残る(先着がファーム、それ以外がノンファーム)。アイルランドではアイルランドのファーム、ノンファームの定義は、MEC(各電源の出力可能な最大電力)FAQ(ファーム接続容量)が定められ、FAQは系統増強工事進展で増加し、工事完了でMECと等しくなる。FAQの部分がファーム、MEC-FAQがノンファームとなる。国全体の送電設備計画を再検討し、各電源にFAQが今後どの程度増えるかを事前に提示するなど、計画的で実証的な再エネ導入の進め方である。

2) ポルトガルの電気料金赤字の証券化

本研究では、ポルトガルにおいて実施されている再エネに対する高い買い取り価格に対する賦課金をどう効率的、公正に徴収するか、その際、証券化スキームをどう活用するかについての考え方が我が国電力セクター改革、及び、発展途上国や新興国に適用する可能性を考察した。

我が国では、2012年7月に再生可能エネルギーの固定価格買取制度(以下「FIT=Feed in tariff 制度」という。)が導入されて以降、太陽光発電を中心に再生可能エネルギーの導入が急速に進んだが、一方でその発電コストは国際水準と比較して依然高い状況にあり、国民負担の増大をもたらしている。我が国では賦課金が消費者の電気料金使用量に応じて、すべて課金され、消費者に転嫁されるため、この賦課金が国民負担の増大と電気料金への

影響が課題となっているが、ポルトガルでは、賦課金は、消費者に、そのまま全額を転嫁することができないため、証券化のプロセスの中で、電力会社の事業・経営効率を上げながら、必要最低限を課金しているところに特徴があり、効率的、公正に賦課金を徴収する形をとっている。

我が国とは電力セクターの構造や再生可能エネルギー買い取り費用の回収の方法、電気料金の設定方法が異なることから、再生可能エネルギーの高コスト買い取りによる電力セクターの赤字に対応するためにポルトガルが取り組んでいる方策や電気料金赤字の証券化スキームをそのまま我が国に導入することはできない。しかしながら電力当局がFIT制度を維持しつつ、証券化の活用をテコにして電力セクターの健全化のためのガバナンス適正化の諸政策を導入したことは評価できる。今後、気候変動などへの対策から大規模に再生可能エネルギーの導入が望まれることから、再エネの大量導入は、どこの国においても共通の課題であり、本研究の成果は、日本だけでなく、特に小売電気料金を上げることが政治的に難しい発展途上国や新興国における今度のFIT制度のありかたにおいても参考となりうる。

3) 我が国揚水発電のありかた

揚水発電のありかたについては、欧州調査を行い以下の5点の提言をとりまとめた。

- (1) 揚水発電のポンプロスへの課金は再考すべき。
- (2) 調整力公募やその後の容量市場 and/or 需給調整市場で固定費回収ができる制度設計にすべき、特に kW 絶対値への対応力をマネタイズする需給調整市場における制度設計
- (3) ドイツのように揚水発電の稼働率を上げるための投資へのインセンティブを与えるべき
- (4) 揚水発電所への評価軸と定量的評価の必要
- (5) 可変速揚水への特別な配慮

5 . 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 16 件)

「再エネ拡大に対応するドイツの予備力」エネルギーフォーラム, 1月、pp72-73、2016年

「発展途上国電力セクターにおける電力補助金の削減に関する考察」福島大学商学論集, pp85, 2, 63-80、2016年10月(査読有)

「英国の容量市場設計の経験から日本は何を学ぶか」エネルギーフォーラム、3月号、pp80-81、2016年

「ドイツの経験から日本は何を学ぶか」エネルギーフォーラム, 4月号、pp68-69、2016年

「競争的市場における供給力確保と需給調整安定化のための方策」電気評論、4月、pp25-34、2016年

「英独のインバランス設計から日本は何を学ぶか」エネルギーフォーラム、4月号、pp68-69、2016年

「英エンハースト市場の誕生と新ビジネスモデルの台頭」エネルギーフォーラム, pp106-107、2016年11月

「英国における信託を使った原子力発電廃炉スキームと我が国への教訓」信託研究奨励金論集, pp37, 54-87、2016年11月(査読有)

「英国における送電線への民間投資促進策」エネルギーフォーラム, pp88-89、2016年12月

「ポルトガルの風力発電大量導入の背景」エネルギーフォーラム, pp90-91、2017年1月

「電力システム改革以降の水力発電の評価されるべき価値」海外電力, 4月, pp74-89、2017年4月

「わが国における「調整力公募」は容量市場とどう並存するか？」エネルギーレビュー, 4月, pp44-47、2017年4月

「アイルランドの風力発電の大量導入の背景」エネルギーフォーラム、2017年、3、

pp106-107

「新技術を駆使し市場創出 - ドイツのベンチャー最前線」週刊東洋経済、pp3、2018 年 3 月 31 日

「我が国と欧州における揚水発電所の運用上の課題と市場構造の変化をにらんだ今後のあるべき戦略」開発技術学会、pp24、2018 年 8 月（査読有）

「長期的持続的観点からのスマートシティ評価指標の開発と我が国への適用」第一生命財団研究報告書、2018 年 12 月（査読有）

〔学会発表〕(計 2 件)

「欧州の電力システム改革と再生可能エネルギー 英国の再生可能エネルギー政策」京都大学大学院経済学研究科 再生可能エネルギー経済学講座 シンポジウム、2017 年 2 月 8 日

「基調講演「電力システム改革以降の水力発電の評価されるべき価値」」新エネルギー財団 海外電力調査会 平成 28 年度 IEA 水力実施協定 国内報告会、2017 年 1 月 16 日

〔図書〕(計 1 件)

長山 浩章、「再生可能エネルギー政策の国際比較」京都大学学術出版会、植田和弘・山家公雄編 第 3 章 イギリスの再生可能エネルギー政策、pp99-137、2017 年 2 月

〔産業財産権〕

出願状況(計 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年：
国内外の別：

取得状況(計 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年：
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究分担者

なし

(2) 研究協力者

なし

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。