

## 再生可能エネルギーの市場統合をどう進めるか How to promote market integration of renewable energy



中山 琢夫  
Takuo Nakayama

エネルギーに関して持続可能な経済社会を展望するためには、再生可能エネルギーの大幅導入が不可欠である。本研究では、電力自由化が進展し、再生可能エネルギーをはじめとする電力が盛んに市場取引されているドイツやデンマークにおける市場設計を中心にサーベイすることで、今後日本においても再生可能エネルギーの本格導入がはじまり、既存電源と価格競争できるようになり、主力電源化する過程における電力市場制度を検討した。北欧の電力市場設計、ドイツとデンマークの電力市場制度比較、ドイツにおける VPP の台頭とその役割を中心に検討した結果、とりわけ前日・当日のスポット市場の価格シグナルが重要な役割を果たすことが示唆される。

In terms of energy, large scale introduction of Renewable Energy is indispensable for a sustainable economic society. In this study, we focused on the market design in Germany and Denmark, where electricity liberalization is progressing and electricity such as Renewable Energy is actively marketed. In the future, full-scale introduction of renewable energy will begin in Japan, price competition with existing power sources will become possible, and the power market system in the process of becoming the main power source will be examined. As a result of an examination focusing on the design of the electricity market in Northern Europe, the comparison of the electricity market system between Germany and Denmark, the rise of VPP in Germany and its role, it is suggested that price signals of Spot Market on the day ahead and Intraday Market play important roles.

### 研究の背景と目的

エネルギーに関して持続可能な経済社会を展望するためには、原子力にも傾斜せず、なおかつ二酸化炭素を排出しない、再生可能エネルギーの大幅導入が不可欠である。とりわけ気候変動分野においては、2015年12月に採択

---

京都大学大学院経済学研究科 特定講師  
Graduate School of Economics, Kyoto University, Senior Lecturer  
Email : nakayama@econ.kyoto-u.ac.jp

されたパリ協定によって、世界的な平均気温上昇を、産業革命以前に比べて2℃より十分低く保つとともに、1.5℃に抑える努力を追求すること等が合意された。

再生可能エネルギーの大量導入には、固定価格による価格買取段階を卒業して市場統合する道筋が必要になる。さらに、電力市場に再生可能エネルギーが流入することで、とりわけ短期のスポット市場における約定価格が従来とは異なったものになってくる。このスポット市場による価格シグナルは、再生可能エネルギーの電力市場統合に大きな意味を持つ。

本研究の目的は、日本における再生可能エネルギーの市場統合をどのように発展させていくか、という課題に対するロードマップを構築することである。

### 研究経過

本研究では、とりわけ電力自由化が進展し、再生可能エネルギーをはじめとする電力が盛んに市場取引されているヨーロッパにおける市場設計を中心にサーベイすることで、今後日本においても再生可能エネルギーの本格導入がはじまり、既存電源と価格競争できるようになり、主力電源化する過程について検討した。

再生可能エネルギーの導入コストの低減およびその技術進歩は、伸びしろとされる変動性の風力発電、太陽光発電において顕著であり、ヨーロッパにおける新規導入においても10年前の状況とは大きくことなっている。本研究では、まだ日本では起こっていないような今日的な状況を把握するため、現地でのヒアリング調査に加えて文献サーベイを中心におこなった。

### 研究成果及び考察

本研究で対象としたのは、主として北欧のNord Pool（ノルドプール）の電力市場設計、ドイツとデンマークの電力市場設計の比較分析、および新たな市場プレーヤーとしての仮想発電所（VPP：Virtual Power Plant）の台頭である。

#### 【Nord Pool の電力市場設計】

ヨーロッパにおける電力市場の先駆けとして、北欧のノルウェーに拠点を置くNord Poolがしばしば取り上げられる。その設立から発展経緯については、2016年4月になってようやく電力の小売全面自由化がなされ、2020年4月に発電部門と送配電部門の法的分離が完了したばかりの日本における電力市場にとっても多くの示唆に富んでいる。

ノルドプールが創設されるきっかけとなったのは、1960年代から1980年代にかけて、ノルウェー国内で水力発電への投資が過剰に行われたことにある。電力需要に対する設備投資額が過剰となり、電力産業そのものが非効率になることが懸念された。発電所への過剰投資により卸電力価格は下落したが、その下落が小売価格には反映されない状況が続いていた。

この問題は政治的な議論の対象となり、国会での激しい議論を経て1990年6月に「改正エネルギー法」が成立し、翌年1月に施行された。この法律とし、エネルギー資源を社会的・経済的に合理的な形で活用することを保証し、電力の安定供給と消費者への小売価格の低減に繋げることが目的とされている。つまり、電力部門を自由化し、市場メカニズムを通じて効率化を図ろうとするものであった。

この「改正エネルギー法」では、発送電分離を示唆していたものの、発電所や送電網を所有・運用していた既存の電力会社・国営電力等は発送電分離に反対した。一方で石油エネルギー省は電力市場のあり方を検討した結果、同省大臣によって発送電分離が必要だと判断した。電力会社がカルテル行為を行っていることに疑念が持ち上がり、発電事業者間の競争によって、安定供給と低廉な小売価格を実現するため、電力系統に平等にアクセスできることを担保した。

1992年1月に発電会社（Statkraft）から送電会社（Statnett）を切り離し、発送電分離が実現した。さらに1993年に、Statnettの子会社としてNord Poolの前身となるStatnett Markedが設立され、この会社が電力市場の運営を担うことになった。設立当初の電力市場の課題は、いかにして電力事業者を市場に取り込むかという点にあった。それ以前から続く発電・小売の相対取引が大多数を占めていたことが、送電線容量を占有していたことが、電力市場の自由化を阻害していた。その後、次第に送電線容量が市場取引へと開放されてきた。また、発電事業者のリスクヘッジの手段としての先渡市場の整備が進められた。

創設後、ノルウェーにおけるこの電力市場は徐々に取引量を増やしていき、その役割を拡大してきた。一方で、

ノルウェー国内の水力発電を中心とした過剰な電力を他国に販売したいという要求がノルウェー国内にあった。また隣国のスウェーデンでは、ノルウェーの安価な水力発電による電力を利用したいという要求があった。そこで両国の電力市場統合に向けた取り組みがスタートし、運営実績を積んできた Statnett Marked は 1996 年に Nord Pool に置き換えられ、世界初での国際電力市場として運営を始めた。

Nord Pool には、1998 年にフィンランド、2000 年にデンマークが参加したことで、北欧諸国全てをカバーするようになった。さらに 2002 年にはそれまで Nord Pool が一体的に運用してきた現物市場（一日前市場と当日市場）と金融市場（先渡市場）を切り離し、Nord Pool Spot が設立される。金融市場はその後、Nasdaq に売却されている。

Nord Pool は、創設後一貫してその取引量を増やしている。それは、市場に参加する国や地域の増加だけではなく、直接的にはグロス・ビディングの導入が契機となって北欧諸国の電力消費におけるシェアが一気に高まった。グロス・ビディングとは、余剰電力のみを取引所で取引する従来のネット・ビディングとは異なり、電力会社の自社供給（社内取引分）も取引所において取引する仕組みである。グロス・ビディングでは、取引の透明化・効率化・市場の流動性や価格指標性の向上などの意義が期待されている。

取引量を増やしているもう一つの理由は、相対取引に比べてリスクが低いという理由である。2009 年のリーマン・ショックでは世界経済が停滞し、電力需要量も減少しているが、Nord Pool における取引量や、その電力消費量に占めるシェアはほとんど減少していない。相対取引による取引先の倒産リスクを考慮すれば、市場取引の方が流動性が高く、必要な調達量を確保しやすい。また、先渡市場によって、事業リスクも低減することができる。

2018 年 4 月の段階で、Nord Pool がカバーしているのは、ノルウェー・スウェーデン・フィンランド・デンマーク・エストニア・ラトビア・リトアニアと、別ブランドでイギリスの 8 カ国における市場運営も行っている。2020 年 4 月現在では、フランス・ドイツ・ベルギー・オランダを加え、13 ヶ国において電力市場（前日市場と当日市場）を運営している。

Nord Pool で取り扱われる電源は、2018 年の時点で火力・原子力・水力・太陽光・風力・その他再エネ電源であるが、もっとも多いのは水力 (53.6%)、次いで火力 (33.4%)、風力 (13.5%)、原子力 (12.4%)、太陽光 (1.0%) となっており、原子力よりも多い発電容量の風力発電がこの卸電力市場で取引されていることが分かる。

図 1 は、2018 年時点での Nord Pool による電力市場の全体像を示している。この市場での取引は、前日市場（一日前市場）が起点となる。前日市場は実需給の前日に締め切られる。この前日市場が中心となる市場であり、市場参加者がそれぞれの実需給時点で、発電および需要する電力料のほとんどは、価格とともにこの市場で決定される。

前日市場の入札は、実需給の前日 8 時から行われ、この日の 10 時に送電事業者（TSO：Transmission System Operator）によりエリア間送電線容量が公表される。この日の正午に入札が締め切られるため、それまでに需給予測等を行って入札する。その後、正午から 13 時に書いて価格と潮流の計算が行われ、12:42 には価格の公表し、検証を経て 13 時には価格が確定する。

さらに送電線容量の計算と検証が行われ、14 時には実需給の当日市場で利用可能なエリア間送電線容量が公表され、これ以降、実需給の 1 時間迄まで、当日市場（時間前市場）での取引が可能である。前日市場と当日市場は、365 日年中無休で運営される。

前日市場では、締切時間が定められているため、市場参加者は、その時点までに各々の希望する取引価格と取引量を入札する。一方で、当日市場での取引は、ザラ場取引とよばれ、早い者勝ちが原則である。買入札・売入札は、いずれも入札者の情報を除いた入札エリア・価格・量に関する情報が、すべての市場参加者に対して公表される。入札した時点で条件に合う取引相手が見つければ、その札に対して約定することになる。

当日市場を活用すれば、事業者は、前日市場締切後に発覚した需給の計画値の不一致を修正し、インバランスの発生を低減させ、収支を改善できる。また、より安価な電源への差し替えによる収益増も見込まれる。ただし、Nord Pool では水力発電が多く、直前予想が功を奏する変動性電源比率が低いいため、当日市場を積極的に利用するインセンティブは低くなっている。

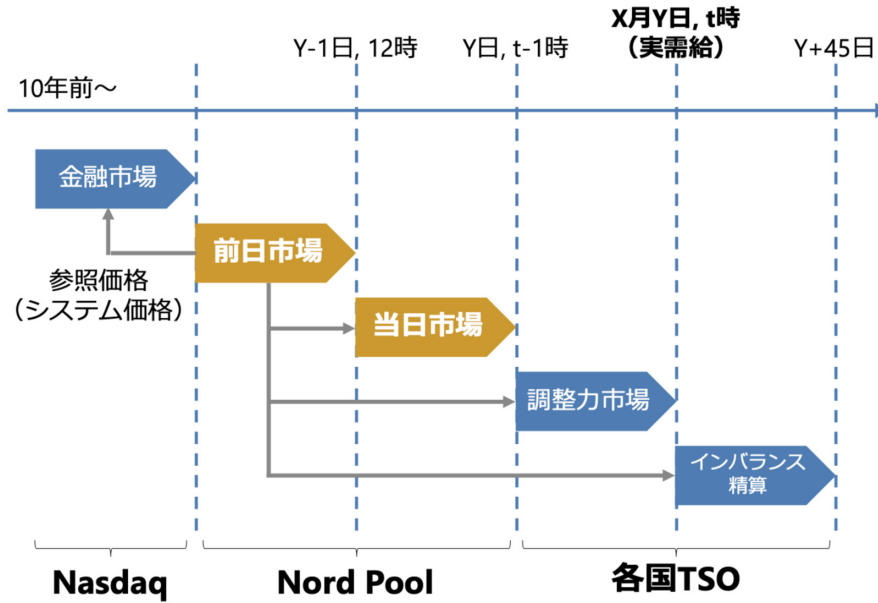


図1. Nord Poolエリアにおける電力市場の全体像

Fig.1. Overview of the electricity market in the Nord Pool area

## 【ドイツとデンマークの電力市場の比較】

風力発電や太陽光発電といった変動性の再生可能エネルギーの導入は、どうしても天候に左右されやすい。そのためには柔軟性（フレキシビリティ）の確保が重要になってくる。柔軟性とは、電力需給の変動に柔軟に対応することを意味している。再生可能エネルギーの導入先進国であるドイツでも、安定供給と柔軟性の担保は大きな焦点となっており、2014年から進む電力市場改革の中で、この課題に対処するために大きく分けて二つの策が検討された。

第一に、長期的な供給力を確保するために、容量市場をはじめとするキャパシティ・メカニズムを導入する案である。自由化の進む電力システムでは、新たな発電部門への投資が抑制され、将来必要な発電容量を十分に確保することができない可能性がある（Jaskow, 2007）。そこでキャパシティ・メカニズムを用いて発電所の固定日に対する支払いを行うことで投資コストの回収を保証することで長期的な安定性を担保する手法である。しかしながら、キャパシティ・メカニズムを通じて確保される電源は必ずしも柔軟性を持ったものではない。

第二に、電力市場を通じて安定性と柔軟性を引き出す方策である。つまり、電力市場の価格シグナルに応じて市場参加者が迅速に発電や需要の上げ下げを行うことで、安定供給を担保しようとするものである。短期の価格変動に対応できる電源が市場で活用されることで、柔軟性を持った電源への投資に対するインセンティブは高まると期待される。この方策は、EUの電力市場統合やドイツの電力市場改革において、エネルギー・オンリー・マーケットとして議論されており、容量市場とは対極的な考え方である。

図1に示すように、ヨーロッパにおける電力市場は、大きく分けて三つの市場で取引される。第一に、長期的なリスクをヘッジする金融市場としての先渡（先物）市場、電力の現物を短期的に取引するスポット市場としての前日市場・当日市場、当日市場がゲートクローズしたのち、実働時の需給を一致させるために調整を行う調整力市場（需給調整市場）である。

先渡市場は、デンマークではNasdaq、ドイツではEEX等が取り扱っている。前日市場・当日市場は、デンマークではNord Pool、EPEX-SPOT等が取り扱っている。先渡市場やスポット市場（前日・当日市場）は、同一国・地域内で、複数以上の取引所が運営する場合もしばしばある。一方調整力市場は、各国・地域の送電事業者（TSO：Transmission System Operator）が実施する。

発電事業者グループ、または発電事業者に大口需要家のDR（デマンドレスポンス）やDSM（デマンドサイドマネジメント）を加えたグループは、BG（バランシンググループ）やBRP（バランシングレスポンスグループ）を構成する。BGやBRPはグループごとに需給計画を立て、その計画値をTSOに報告する。

BG や BRP は、前日市場や当日市場において、計画に沿った運用ができるように調整する義務を負う。このような制度は「計画値届出制度」と呼ばれる。たとえば、計画値において 100 kWh すると届けていたにもかかわらず、気象状況によって 80 kWh しか実際には発電できず、電力系統に供給できないような太陽光発電事業者は、不足する 20 kWh 分をこうしたスポット市場から調達しなければならない。

当日市場のゲートクローズ後、予測できない気象条件や発電機の故障などによって、計画地と実働値に乖離が発生する場合もある。この乖離は、需給インバランスと呼ばれる。これらを調整するのが TSO の役割であり、そのために調整エネルギー市場 (Regulating Power Market) と調整サービス市場 (Balancing Power Market) が設けられている。TSO によって設けられるこの調整市場は、需給調整市場またはリアルタイム市場とも呼ばれている。

このような TSO による調整エネルギー市場は、市場参加者の収益増加のための選択肢を増やすと同時に、投機的な行動によるインバランス料金が高騰するリスクを抑制する保険のような役割も果たしている。したがって、法的・制度的な障害がなければ、多くの市場参加者が自ずから入札に参加し、結果として費用効率のかつ柔軟に電力システムのバランスを取ることが可能になる。

前日市場・当日市場といった短期のスポット市場では、ドイツとデンマークにおいて大きな違いは見当たらないが、各国 TSO による調整市場には若干の違いが見受けられる。まず BG/BRP のシステムインバランスに果たす役割が異なっている。ドイツでは、BG/BRP がインバランスの解消のために柔軟性を供給することを認めていないが、デンマークでは市場を通してシステムバランスの維持に寄与することが期待される。

デンマークでは、BRP は当日市場のゲートクローズ後に、調整エネルギー市場にも入札することができる。ゲートクローズ後に提出された BRP の計画値は、調整エネルギーを提出した場合に TSO がきちんと記録して変更するようなシステムになっている。このような制度は、再生可能エネルギーを含めた BRP が、市場価格に応じながら自主的に発電量の上げ下げを行うインセンティブが付与されており、システム全体の安定性が市場を通じて保たれていると考えられる。TSO は非常用のリザーブを除いて事前に調整力を確保する必要がなく、強制的に変動性電源をシャットダウンするような事態も起こっていない。

一方ドイツでは、TSO が事前に調整力をきちんと確保して、システムバランスを保とうとする考え方が強い。そのため、調整要領市場や調整エネルギー市場の入札は、前日市場より前に実施される。調整力を供給するためには TSO によって定められた資格要件を満たしている必要があり、そもそも変動性の再生可能エネルギー電源は、調整力として市場に参加する資格が与えられるまでに時間がかかった。このような方式は、事前に確保するリザーブの容量を決めてから入札が行われるため、必要以上の調整力を確保している可能性がある (Hirsh and Ziegenhagen, 2015)。

ただし、ドイツでも近年、TSO による需給調整を減らし、できるだけ当日市場を使って市場参加者が調整を行う仕組みづくりに重点を置きつつある。実際にドイツではシステムインバランスを解消するための TSO による調整市場の利用が減少し、当日市場の利用が増加している。このような変化は、当日市場制度改革に起因する。当日市場のゲートクローズ時間と実需給時間が短縮されてきていること、取引単位時間が短縮されていることや、インバランス料金が罰則的要素が加えられたことも、当日市場の利用を促進する結果となっている。

変動性の再生可能エネルギー導入先進国のドイツとデンマークの電力市場設計について比較評価を起こった結果、デンマークの方がより市場を活用しながら電力システムの安定性を柔軟に担保するような制度設計が行われているということが示唆的である。再生可能エネルギーの変動や需給調整は、TSO よりむしろスポット市場を通じて自主的に行われうると確信されていることが、変動性の再生可能エネルギーの拡大を後押ししていると言える。

#### 【新たな市場プレーヤーとしての仮想発電所 (VPP : Virtual Power Plant)】

VPP (Virtual Power Plant: バーチャル発電所) とは、自ら物理的な実際の発電所を所有することなく、比較的小規模分散型の発電所を契約し、これらが発電する電力をまとめて、電力卸売市場や需給調整市場で直接取引する主体のことを指す。VPP にはさまざまな事業形態があり、既存の屋根上の太陽光発電パネル用の蓄電池を販売して顧客コミュニティを形成するものもあれば、事業用の太陽光発電所・風力発電所・バイオガス発電所・水力発電・非常用電源などを顧客に持つものなどが見受けられる。

ドイツにおいて VPP と呼ばれる主体が顕著に表れるようになった背景には、再生可能エネルギーの固定価格買取

制度における調達価格が安くなり、グリッドパリティが指摘されるようになったとともに、2012年の再生可能エネルギー法改定により、再生可能エネルギー発電による電力も、直接市場取引することが推奨されたことがある。比較的小規模な再生可能エネルギー発電所は、単体では卸売電力市場や需給調整市場には参画できない。そこで、それらをまとめて直接市場取引する、直接市場家とも呼ばれるVPPが必要になった。

2017年末、ドイツ、デンマーク、カリフォルニア、テキサスや南オーストラリアでは、多くの時間・日において、全発電量の半分以上が再生可能エネルギーによって占められるようになってきた。こうした場所では時折、再生可能エネルギー発電量が、系統の全需要量を超えることもある。たとえばドイツでは、再生可能エネルギーの割合は継続的に上昇にシフトし、現在では電源構成を支配する日も多くなっている。

このように、再生可能エネルギーがエネルギー市場において支配的になってくると、もはやかつての発想に基づいた給電指令は適応できない。変動性の太陽光や風力といった再生可能エネルギー発電は、利用できる時に利用する必要がある。もしくは出力抑制することになるが、安価で二酸化炭素を排出しない電力を無駄にすることを意味している。もし、系統運用者がこのような資源を利用可能な時に利用しないならば、それは不経済である。

伝統的な給電指令パラダイムとのもう一つの大きな違いは、変動性の再生可能エネルギー資源が多いということである。流込式水力発電もこのカテゴリーに分類される。柔軟性を持った地熱、大規模貯水池式水力、バイオマス、バイオガス発電とは異なり、変動性の再生可能エネルギー資源は、給電指令が困難である。

変動性の再生可能エネルギーは、入手できる時には使えるが、入手できないときに、系統運用者が発電するように指令することはできない。このことは、将来の発電の大部分が、再生可能エネルギーに移行している国において需要と供給をバランスし、系統の安定性と信頼性を維持するための代替的なスキームが必要になってきていることを示唆している。

このチャレンジの考え方の一つの方法は、これまでと根本的に異なる運用と給電指令パラダイムを考えることである。所与の負荷によって時間毎に発電量を調整するという具合に、片方が片方を追うのを強制するのではなく、需要と供給の双方を柔軟的にすることで、双方がダンスを舞うように調整することができる。

これは、まさに電力市場とネットワークの将来を、柔軟な負荷と変動する発電の振り付けとして見る、革新的な多くの企業によって開発されたアプローチである。そのいくつかは、分散型や集中型の蓄電池である。これらは、系統の安全性と信頼性を保ちながら、変動性発電源の使用を最大限に高めるものである。

このアプローチでは、しばしば価格に応答した需要を行うデマンドレスポンス(DR)や、デマンドサイドマネジメント(DSM)が用いられる。ここではバーチャル発電所(VPP)が電力卸売市場価格に基づいて、知的に需要をシフトする。産業界では、系統から購入する電力料金を抑えるために、すでに長きにわたって電力需要を管理している。最近のVPPでは、変動性の需要と変動性の発電をバランスすることで、ほとんどの電力市場において有望視される、優れた代替案を提案している。蓄電池をそのアセットに取り入れることは、VPPにとってひとつの重要な選択肢になる。

変動性電源の割合が高いということは、必ずしも電力系統の信頼性を低くするという事はない。ドイツやデンマークは、ともに大きく成長した再生可能エネルギー供給国であるが、決してそのようなことはない。2013年、デンマークの年間平均停電時間は12分、ドイツは15分であった。2014年は12分を少し超えていた。対照的に、原子力が支配的なフランスでは、2013年の停電時間は68分である。アメリカやその他の多くの国における年間平均停電時間は、1時間を超えている(Steiniger, 2017)。

ネットワークにおいて、もっとも顕著に変動性再生可能エネルギーによってもたらされるインパクトは、以下2点である。第一に、卸売市場の全体価格を引き下げる。なぜならば、風力や太陽光、流込み式水力発電は、限界費用がほぼゼロなので、火力発電を置き換える。また、通常火力発電容量は、再生可能エネルギー発電容量の新設よりも遅い速度で停止されるため、市場における過剰容量をもたらす。第二に、変動性の再生可能エネルギー発電は、卸売市場価格の変動をもたらす。なぜならば、風力発電や太陽光発電の大きな出力変動は、全体の市場価格のスプレッド(価格差)にインパクトを与えるからである。

こうした状況に対応して、急速な成長と商業的な成功を成し遂げるための要因は、変動性の再生可能エネルギー大量導入による将来の市場で要求される、二つのサービスに遡ることである。第一に、発電された電力をアグリゲートして、EPEX-SPOTをはじめとする様々なスポット市場で販売することと、第二に、発電側と需要家側の両方の

柔軟な容量を、さまざまバランスング市場（需給調整市場）とスポット市場で最適化することである。発電事業者・需要家はいずれも、こうした市場価格に対応することで、ベネフィットを受けることができる。

#### 今後の展望

本研究では、ヨーロッパにおける電力市場の形成過程と、今日の再生可能エネルギーの増加がどのように影響しているかについて、ドイツとデンマークを中心に考察した。ヨーロッパにおける先進的な卸電力市場である Nord Pool が示すように、その導入のきっかけとなったのは過剰な発電所への投資である。市場メカニズムを用いて電力市場を自由化することで、効率化することが重要であり、そのために発電部門と送電部門を分離することが重要であったことは、北欧の経験が示唆的である。新規再生可能エネルギー発電所が増えるドイツでも今日的にはその後を追いつつあり、新たな VPP の台頭などにより、より積極的な市場メカニズムの活用が、変動性の再生可能エネルギー導入にとって重要であることが示された。

ドイツやデンマークと比較して、日本の再生可能エネルギー導入率はまだまだ低い。しかしながら、今年4月には送配電部門の法的分離が施行され、電力系統へのアクセスが社内で優先することにインセンティブが働かなくなった。一方で大手電力会社もまた自ら積極的な再生可能エネルギー導入の方向性を打ち出したことは、今後日本における再生可能エネルギー電源が大幅に増加することはもはや疑いのないことである。

量的に伸びしろとされる風力・太陽光の変動性電源は、火力発電や原子力発電とはことなった運用が必要になる。それは、送配電会社の系統運用だけでなく、最適価格設定といった社会・経済的側面からもあらたな試みが重要になる。そのために、前日・当日のスポット市場における価格シグナルが有用なってくることは、ドイツやデンマークの経験が示している。

日本では、先渡・先物市場、一日前・当日市場、需給調整市場、容量市場なさまざまな市場が乱立しているが、再生可能エネルギーの効率的な主力電源化のために、どのように整理してゆくべきかについては今後の重要な課題となる。とりわけ、一日前・当日市場の今日の大きな変化の動向には、注目してゆかなければならない。

#### 謝辞

再生可能エネルギー、とりわけ風力発電・太陽光発電といった変動性電源の導入を巡る世界の変化は著しい。また、日本でも現在、まさに大きな転換点にあると言える。本研究奨励によって、再生可能エネルギーとその市場取引分野における、世界の今日的トレンドを追従するきっかけを掴むことができた。また、発展的にあらたな科研費基盤研究の採択につなげる事ができた。本研究助成に対し、記して謝意を表します。

#### 引用文献

- [1]Hirsh, L., and Ziegenhagen, I., (2015) "Balancing power and variable renewables: Three links" , *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol.50, pp.1035-1051.
- [2]Joskow, P. L., (2007) "Competitive electricity markets and investment in new generating capacity" , ed. by Helm, D., *The new energy paradigm*, Oxford University Press.
- [3]Steiniger, H. (2017) "Virtual Power Plants: Bringing the Flexibility of Decentralized Load and Generation to Power Market" , ed. by Frereidooon P. S., *Innovation and Disruption at the Grid' s Edge -How distributed energy resources are disrupting the utility business model-*, Academic Press, pp.331-362

本助成研究にかかわる成果

〔論文発表〕

1. 東 愛子 (2019) 「柔軟化電力市場の構築：デンマークとドイツの電力市場制度の比較分析」 諸富徹編著『入門再生可能エネルギーと電力システム：再エネ大量導入時代の次世代ネットワーク』日本評論社, 57-83 頁.
2. 小川祐貴 (2019) 「電力市場の仕組み：北欧の電力市場 Nord Pool を例に」 諸富徹編著『入門再生可能エネルギーと電力システム：再エネ大量導入時代の次世代ネットワーク』日本評論社, 35-56 頁.
3. 中山琢夫 (2019) 「電力市場に分散型電力と柔軟性を供給する VPP (バーチャル発電所)」 諸富徹編著『入門再生可能エネルギーと電力システム：再エネ大量導入時代の次世代ネットワーク』日本評論社, 85-106 頁.

〔口頭／ポスター発表〕

1. 東 愛子「柔軟な電力市場の構築 - デンマークとドイツの電力市場制度の比較分析 -」 環境経済・政策学会 2018 年大会, 2018 年 9 月 9 日, 上智大学.
2. 小川祐貴「成熟した電力市場のメカニズムと発展経緯 - 北欧の電力市場 Nord Pool を例に -」 環境経済・政策学会 2018 年大会, 2018 年 9 月 9 日, 上智大学.
3. 中山琢夫「電力市場に分散型電力と柔軟性を供給する VPP (バーチャル発電所)」 環境経済・政策学会 2018 年大会, 2018 年 9 月 9 日, 上智大学.