

## II-12. 電力 –ブロックチェーン技術を活用した電力シェアリングエコノミーの展望

### 【要約】

- ◆ わが国では、2019 年以降、余剰電力買取制度における買取期間が終了する太陽光発電の増加とともに、段階的にストレージパリティ<sup>1</sup>が達成され、再生可能エネルギーの普及は「政策依存型」から「自律的拡大型」フェーズへ移行していく見込みである。
- ◆ ブロックチェーンやスマートコントラクト<sup>2</sup>は、今後量産される限界コストゼロの分散型エネルギー<sup>3</sup>を Prosumer<sup>4</sup>・需要家間で、第三者の介在なく直接売買することを可能にする技術であり、現在、欧米ベンチャーや大手電力会社を中心に、その事業可能性について研究が進められている。
- ◆ 電力 Peer-to-Peer<sup>5</sup>（以下、P2P）取引は、需要家と事業者の双方に便益をもたらすとともに、少資源国かつ島国であるわが国にとってアキレス腱ともいえるエネルギー制約を大きく緩和させる可能性がある。
- ◆ こうした技術革新は従来の電力供給事業を代替しうるイノベーションである。事業者においては、例えば社内ベンチャーのような、既存の枠組みから独立した意思決定プロセスの下で、新たな事業の創出を促進する組織体制の構築が必要となろう。

### 1. はじめに

#### 分散型エネルギーの普及拡大と Prosumer の台頭

地球環境問題を背景に、再生可能エネルギーをはじめとする分散型エネルギーは、近年、増加の一途をたどっている。再生可能エネルギーは、現時点では導入コストが高く、政府や自治体による政策的なサポートが普及拡大のドライバーとなっている。一方で、技術革新や量産効果により再生可能エネルギーの導入コストは低下を続けている。今後、消費地の近くで再生可能エネルギーを利用することが経済合理性に適えば、これまで送配電網から一方向的に電気を購入していた需要家が、自家発電・自家消費を進め、余った電力を融通しようとする動機が生まれる。再生可能エネルギーの導入コストが小売電気料金よりも安価になれば、Prosumer へ変貌する需要家数は急速に増加することが予想される。

#### 分散型エネルギーを活用した新たな事業領域

最近では、Virtual Power Plant<sup>6</sup>（以下、VPP）に代表されるように、Prosumer が所有する分散型エネルギーリソースを活用した事業モデルが欧米を中心に台頭していることに加え、ブロックチェーン技術を活用し、Prosumer を需要家と直接結びつける電力 P2P 取引についても研究が進んでいる。ブロックチェーンは、ビットコイン等の仮想通貨を支える基盤技術であるが、スマートコントラクトの誕生により、貨幣以外にも資産や権利等、様々な価値の移転に活用されるようになり、現在、広範な分野でユースケースが研究されている。エネルギーの分野においては、ブロックチェーン技術を活用することで、例えば、太陽光発電により生じる余剰電力を近隣住民に直接販売するといった取引が可能

<sup>1</sup> 太陽光発電と蓄電池を合わせた電力一単位あたりのコストが小売電気料金と等価になること

<sup>2</sup> あらかじめ合意・定義された条件・プログラムに従って自動的に資産や権利を移転させる仕組み

<sup>3</sup> 消費地の近くに分散配置された小規模な発電設備（太陽光発電、風力、コジェネレーション等）やこれらの機器から生み出される電気等のエネルギー

<sup>4</sup> 太陽光発電等の余剰分を売電する生産消費者

<sup>5</sup> ネットワーク上で対等な関係にある端末間を相互に接続し、データを送受信する通信方式

<sup>6</sup> 需要家側のエネルギーリソースを、IoT 等を活用して統合制御し、あたかも一つの発電所のように機能させるシステム

となり、これによりエネルギーの分散化が加速する可能性がある。ブロックチェーン技術は、大規模な発電所で電力を大量生産し、送配電網を經由して、需要家に電気を届けるという「中央集権型」の電力供給システムを、下位システムの需要家間で電力を融通しあう「自律分散型」システムへと変貌させる可能性を秘めている。

本章では、電力分野におけるブロックチェーン技術やスマートコントラクトが活用されるメカニズム、国内外における電力 P2P 取引に関する実証事業の最新動向を踏まえ、今後 10 年程度の時間軸において、ブロックチェーン技術を活用した電力 P2P 取引の普及可能性、意義と課題、及び事業者に求められる視点について考察したい。

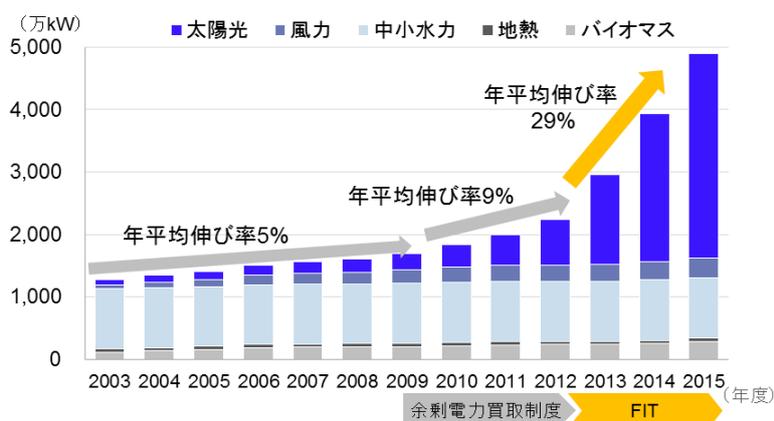
## 2. 自律的拡大が見込まれる分散型エネルギー

### (1) 再生可能エネルギー・分散型電源の普及見通し

FIT 制度開始後わが国において再生可能エネルギーの導入は急速に拡大

わが国では、2012 年 7 月の「電気事業者による再生可能エネルギー電気の調達に関する特別措置法」に基づく固定価格買取制度 (Feed-in-Tariff、以下 FIT 制度) の施行以降、太陽光発電を中心に再生可能エネルギーの導入が加速している(【図表 1】)。

【図表 1】再生可能エネルギー設備容量の推移



(出所) 経済産業省資料よりみずほ銀行産業調査部作成

FIT 制度による再生可能エネルギーの導入促進施策に加え、2015 年 7 月に経済産業省が策定した「長期エネルギー需給見通し」では、2030 年度の電源構成において、2013 年度 10.7%であった再生可能エネルギー比率を、ほぼ倍増の 22~24%とする目標を掲げており、わが国のエネルギー政策における再生可能エネルギーの重要性は増している。

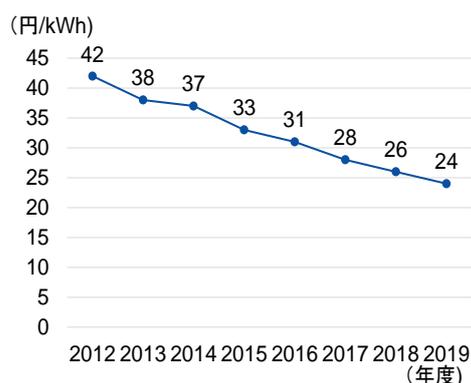
### (2) 「政策依存」から「自律的拡大」フェーズへ

太陽光発電は、中期的にストレージパリティを達成しFIT制度から自立していく見通し

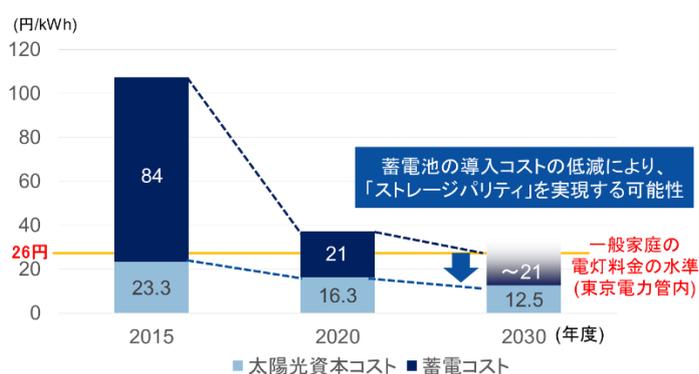
再生可能エネルギーの導入は進展しているものの、現状は原子力発電や火力発電等の在来型発電と比べ高コストな電源であり、その導入拡大は FIT 制度に支えられたものとなっている。引き続き、再生可能エネルギーの一層の導入推進を、国民負担を最小化しつつ行うためには、発電コストを大きく低減させ、他の電源に対して価格競争力を持たせることで、FIT 制度等の政策支援から自立していくことが求められる。FIT 制度導入以降、太陽光の発電コストは

着実に低減しており、これをうけ FIT 制度における買取価格も低下傾向にある（【図表 2】）。今後も技術革新や量産効果等を通じて、太陽光発電の導入コストは低減していく見込みであることに加え、蓄電池の導入コストも同様に低減していけば、中期的には太陽光発電コストと蓄電池導入コストの電力一単位当たりのコストが、小売電気料金と等価になるストレージパリティを達成する可能性がある（【図表 3】）。ストレージパリティを実現した再生可能エネルギーは、もはや FIT 制度に依存せずとも自律的な拡大を続けていくと考えられる。

【図表 2】 FIT 制度における 10kW 未満  
太陽光発電買取価格の推移



【図表 3】 蓄電池付太陽光発電の将来の価格低減イメージ



（出所）【図表 2、3】とも、経済産業省資料等よりみずほ銀行産業調査部作成

（注 1）太陽光資本コストは、経済産業省「発電コスト検証ワーキンググループ」算出のコストを採用。2015 年度の太陽光資本コストは、2014 年度数値を横置きの前提

（注 2）蓄電池コストは、経済産業省「エネルギー・リソース・アグリゲーション・ビジネス検討会」における家庭向け定置用蓄電池の目標価格 9 万円/kWh を使用

（注 3）東京電力の料金体系における従量電灯 B の一般家庭（30A、300kWh/月）における第二段階電力料金を想定

低炭素化の進展  
とともに需要家側  
のエネルギーリ  
ソースを統合制御  
する事業モデル  
も台頭

FIT 制度の導入以降、低炭素化の進展とあわせて、近年では IoT や AI 等のテクノロジーを活用し、Prosumer が有するエネルギーリソースを統合的に運用し、その価値の実現をサポートする VPP のような事業形態も登場している。経済産業省は、電力の供給力・調整力を確保する観点から、分散型エネルギーリソースを最大限活用する方針であり、2016 年 4 月から VPP 実証事業を開始している。

今後整備される  
新市場を通じて  
分散型エネルギ  
ーは様々な価値  
を実現する可能  
性

VPP で統合制御されるエネルギーリソースは、IoT・AI 等を活用することで、人の手を介さず、電力の需給変動をリアルタイムに追従し、系統運用の安定化にも寄与する。現在、経済産業省が行っている電力市場整備の中で、VPP のような分散型エネルギーの市場参加が可能になれば、その存在感は更に増してくるだろう。具体的には、ネガワット<sup>7</sup>取引市場、非化石価値取引市場、容量市場、需給調整市場等の創設によって、電力が内包する様々な価値<sup>8</sup>が実現できるようになれば、分散型エネルギーの普及は更に拡大すると思われる（【図表 4】）。

<sup>7</sup> 電力需要の削減量

<sup>8</sup> 経済産業省は「電力システム改革貫徹のための政策小委員会」の中で、電力が有する価値を、電力量(kWh)価値、容量(kW)価値、調整力(ΔkW)価値、非化石価値の 4 つに分解している

【図表 4】 電力市場の開始(予定)時期とVPPの市場参加について

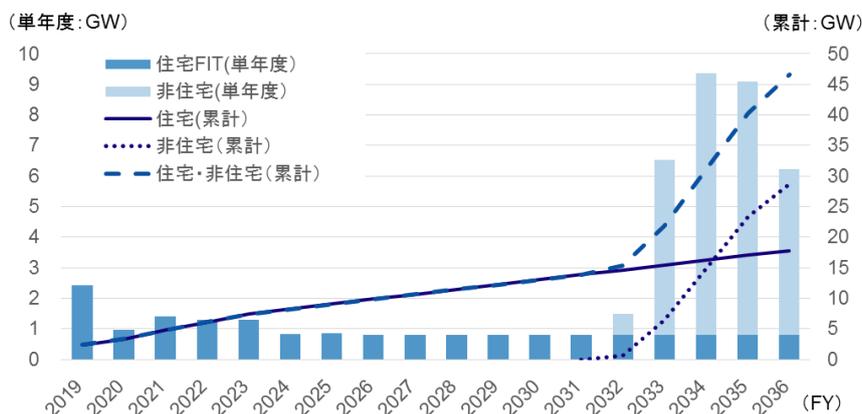
<市場の名称>	<開始(予定)時期>	<VPPの市場参加>
スポット市場	開始済	○
ネガワット取引市場	2017年4月より開始済	○
非化石価値取引市場	2017年度: FIT電源 2019年度: 全非化石電源	○
容量市場	2020年度	○
需給調整市場	2020年度	○
ベースロード電源市場	2019年度	×

(出所) 経済産業省資料よりみずほ銀行産業調査部作成

2019年以降は、減価償却を終えたコスト競争力の高いエネルギーが拡大する見込み

2019年以降には、2009年11月に開始した太陽光余剰電力買取制度における買取期間が終了する住宅用太陽光発電が徐々に電力市場で取引されることが見込まれる。2030年までに累計15GW程度の規模であるが、2032年以降はFIT制度の買取期間が終了する非住宅用太陽光も電力市場で取引されるようになり、2035年頃にその規模は累計40GWに達する見込みである(【図表5】)。こうした電源は減価償却を終え価格競争力を備えたエネルギーであり、今後、蓄電池やIoT等との組み合わせにより、経済的かつ制御可能なエネルギーとして最大限活用されていくことが予想される。

【図表 5】 固定価格買取期間が終了する太陽光発電設備容量の見通し



(出所) 経済産業省資料よりみずほ銀行産業調査部作成

### 3. ブロックチェーン技術の電力分野への活用可能性

ブロックチェーン技術の活用によりエネルギーの分散化は加速する可能性

分散型エネルギーの拡大とともに、火力発電や原子力発電等の大規模な発電設備に依存しない新たな事業形態が台頭する中、近年特に注目を集めているのがブロックチェーン技術を活用した電力 P2P 取引である。地域に分散する自然エネルギーを最大限活用することが、再生可能エネルギー導入の基本理念となっている一方、こうした分散型エネルギーの発電量は総じて小さく、規模の経済が働きにくいことから、中央集権的な事業モデルのもとでは、経済

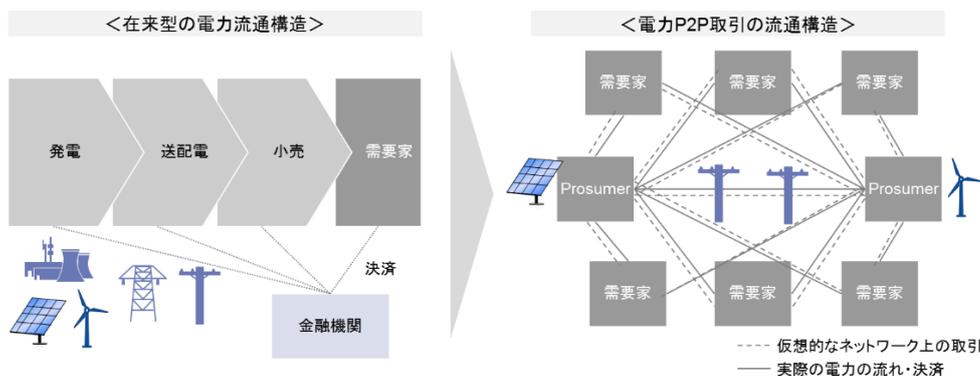
性の確保が困難であった。ここにブロックチェーン技術を活用した分散型システムを導入することで、安価で安全な取引の実行が可能になると期待されている。限界コストゼロの再生可能エネルギーの普及拡大により、資産(固定費)の負担割合は上昇するため、資産をシェアして固定費の負担を軽減しようとする動機が生まれる。このように、ブロックチェーンは、電源のシェアリングを促し、エネルギーの分散化を更に加速させる要因になると考えられる。

### (1) 電力 P2P 取引の仕組みと社会的意義

ブロックチェーン技術の活用による Prosumer と需要家の直接取引

ブロックチェーン技術を活用した自律分散型のシステムの誕生により、電力会社やアグリゲータ<sup>9</sup>のような取引を介する第三者がいなくとも、需要家間で電力の価値を安全かつ簡便に移転することが可能になる。例えば、太陽光パネルを保有する需要家 A が発電した電力を自宅で消費し、余った電力を近隣の需要家 B に売電したいという場合において、たとえ需要家 A・B が近隣であったとしても、現状は電力会社やアグリゲータが一旦その電力を買い取り、需要家 B に売電するという形を取らざるを得ず、そこに中間マージンが発生する。ブロックチェーン上であれば、仲介者がいなくても、需要家 A から需要家 B に対して直接電力の価値の移転を行うことができる。さらに、IoT と組み合わせることにより、ピークタイム等で電力会社から購入する電気料金が高くなると予想される場合、スマートメーターがそれを判断し、より安価な電力を提供する Prosumer を見つけ出し、その Prosumer と直接売買をスマートコントラクトにより実行し、資金決済もブロックチェーン上で完結させる、といった取引が可能になる(【図表 6】)。このように電力の需要家間の直接売買が可能となれば、分散型エネルギーの普及を後押しするとともに、社会全体としても、より効率的なエネルギーの生産と分配を実現できる可能性がある。

【図表 6】 在来型電力事業と電力 P2P 取引のバリューチェーン



(出所) みずほ銀行産業調査部作成

分散型エネルギー事業の最終形としての電力 P2P 取引

電力 P2P 取引は、分散型エネルギーを第三者の仲介が存在しない分散型ネットワークの中で売買するという意味において、中央集権的な管理システムの下で、分散型エネルギーを取り扱う VPP の更に先を行く事業形態と考えられる。その意味では、電力供給システムは、最終的に、統合管理システムすら存在しない、系統から自立した全く新しい分散型プラットフォームへと変貌していく可能性がある(【図表 7】)。

<sup>9</sup> 需要家が有するエネルギーリソースを束ねて供給事業者との取引を仲介する事業者

【図表 7】 電力事業の管理体制・リソース毎の類型と発展の方向性

		取引の実行・管理・決済	
		集中型	分散型
エネルギーリソース	集中型	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 大規模な発電事業                             <ul style="list-style-type: none"> <li>— 在来型: 火力・原子力・水力等</li> <li>— 非在来型: メガソーラー・風力・バイオマス等</li> </ul> </li> <li>■ 送電事業</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 小売電気事業</li> <li>■ 配電事業</li> </ul>
	分散型	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Virtual Power Plant                             <ul style="list-style-type: none"> <li>— 需要家が保有するエネルギーリソースを活用</li> <li>— アグリゲータによる統合管理</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 電力P2P取引                             <ul style="list-style-type: none"> <li>— ブロックチェーン、スマートコントラクトを活用した需要家間の直接売買</li> </ul> </li> </ul>

(出所) みずほ銀行産業調査部作成

電力 P2P 取引がもたらす社会的効用

少資源かつ島国であるわが国にとって、電力 P2P 取引はエネルギー制約を大きく改善する重要な役割を果たすことも期待される。わが国のエネルギー政策の要諦である 3E<sup>10</sup>の向上が見込まれることに加え（【図表 8】）、エネルギーのシェアリングの進展により、コミュニティレベルでの地産地消が促進されれば、災害レジリエンスの向上、再生可能エネルギーに関連する地元企業の育成や雇用の創出を通じた経済の活性化等、地域が抱える社会的課題の解決にもつながるだろう。

【図表 8】 3E の視点から見た電力 P2P 取引の意義

<3Eの視点>	<想定される影響>	<影響の方向性>
Energy Security	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prosumerを通じた電源のシェアリングが進展することで、全体として必要なエネルギー量を削減</li> <li>• 地方に賦存する再生可能エネルギーを最大限活用することで、エネルギー自給率を大きく改善できる可能性</li> </ul>	
Economic Efficiency	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 現時点において、分散型エネルギーの発電コストは高く、電力P2P取引に必要なシステムの構築コスト、取引認証に必要なエネルギーコストも高い</li> <li>• 一方、中期的に上記コストの低減が見込まれることに加え、仲介者を必要としないことから取引コストは大幅に削減</li> <li>• また電力の融通が進展することで、ピーク電源の削減や送電系統に係る設備投資を抑制できる</li> </ul>	
Environment	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 電力P2P取引は、太陽光発電や風力発電等の低炭素電源の利用を促進する</li> </ul>	

(出所) みずほ銀行産業調査部作成

## (2) 国内外における電力分野へのブロックチェーン活用に向けた取り組み

以下では電力分野におけるブロックチェーン技術やスマートコントラクトの活用事例として、国内外における先進的な取り組みを紹介する。

Prosumer と需要家間における電力の直接売買を可能とする技術・仕組み

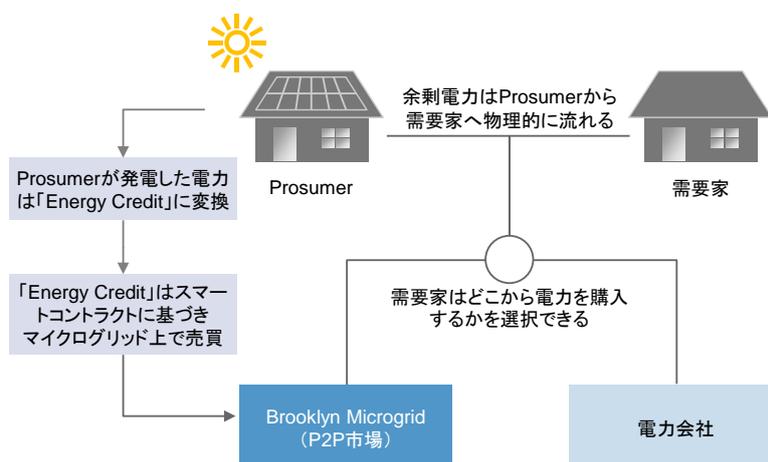
米ニューヨーク市ブルックリン地区において、ブロックチェーン技術を活用して、近隣住民の間で太陽光発電による電力の直接売買を行う実証プロジェクトが行われている。このプロジェクトは、米国ベンチャーの LO3 Energy 社と ConsenSys 社の合弁会社 Transactive Grid 社が主体となり、「Ethereum」<sup>11</sup>というブロックチェーン・プラットフォームに基づいて設計されている。具体的には、太陽光発電設備を有する家庭 (Prosumer) が電力を生産すると、スマートメー

<sup>10</sup> Energy Security、Economic Efficiency、Environment の 3 つの頭文字を表す

<sup>11</sup> 分散型アプリケーションやスマートコントラクトを構築するためのプラットフォームの名称

ターがそれを検知し、「エナジークレジット」と呼ばれるトークンが発行される。近隣の需要家が、P2P 市場を通じてその家庭から電力を購入し消費すると、Prosumer はその売電収入を得るとともにトークンは消滅する。スマートコントラクトを活用して、例えば、「電力価格が一定の電気料金(\$/kWh)以下になれば近隣住民から電力を購入する」というように、あらかじめ条件を設定し、その条件を満たすと自動的に取引を執行し、記録するようなプログラムとなっている(【図表 9】)。この実証事業の最終目標は、地域原産の再生可能エネルギーを売買するローカル市場を地元住民のために創出することである。地元住民間でエネルギーを売買できるオプションを用意することによって、より安価な電力にアクセスできる機会が増えるとともに、Prosumer にとっては余剰電力を固定料金で電力会社に売電する以外に、ローカル市場を通じて近隣の需要家に直接販売するオプションが生まれ、収益機会の拡大につながる。将来的には、地元住民が株主としてプロジェクトに参加することで、再生可能エネルギーの利用拡大とエネルギーの地産地消に貢献しつつ、その利益が地域に還流するビジネスモデルを目指している。

【図表 9】 Brooklyn Microgrid プロジェクトの仕組み



(出所) Transactive 社 Website 等よりみずほ銀行産業調査部作成

大手電力会社もブロックチェーン技術の活用に向けた取り組みを開始

需要家間の直接取引については、大手電力会社も研究を積極化している。独電力大手の innogy 社は、2015 年からドイツ・エッセンにおいて、ブロックチェーン技術を活用した取引の有効性などを検証する P2P プラットフォームの実証事業を、一般家庭や地元企業と共に実施している。2017 年 7 月には、東京電力 HD と共同で、ドイツの需要家と Prosumer に対して、電力 P2P 取引のプラットフォームを構築・提供することを目的とした研究を開始している。

ブロックチェーン技術の EV チャージへの応用事例

ブロックチェーン技術を EV チャージに応用する研究も進んでいる。ブロックチェーン・プラットフォームである Ethereum をベースとする独スタートアップ企業 Slock.it は、独大手電力会社 RWE と共同で、EV チャージにブロックチェーン技術やスマートコントラクトを活用する実証事業を始めた。EV にマイクロチップを埋め込み、これをデジタルウォレットとリンクさせ、チャージ取引に関する一連の取引と資金決済を EV 自身が行うことで、全てのプロセスを自動化しようとする試みである。これにより、これまで 30 分や 1 時間といった下限が設定された「時間」に対して課金されていたものが、実際に補給した「電力量」に応じて課金できるようになる。例えば、信号待ちの数十秒といった細切れの時間に、

道路に埋め込まれた非接触型充電器から充電し、取引の認証から、売買、決済までをブロックチェーン上で完結させるといったことも現実に可能となる。

東京大学の浦和美園のプロジェクトにおけるブロックチェーン技術の活用

国内では環境省の実証事業として、浦和美園地区において、東京大学が中心となり、ブロックチェーン技術を活用した電力 P2P プラットフォームの取り組みが進められている。ここでは、デジタルグリッドと呼ばれる技術を活用し、既存の電力系統と非同期連系<sup>12</sup>する中小規模のセルを構築し、仮想のネットワーク上で、市場原理に基づく電力売買を行うプラットフォームを実現している。スマートコントラクトに基づき売買が成立した電力取引は、確実にセル内のグリッドを流れるため、システム設計上、電力のインバランス<sup>13</sup>が発生しない構造となっている。このように、市場メカニズムを活用しつつ、電力制御まで行う実証としては、おそらく世界でも例を見ないと思われる。同プロジェクトは、今後、分散型電源の拡大とともに運用が困難になる周波数調整・電圧上昇等の問題を、非同期連系技術の活用により解決しようとする試みであり、今後の再生可能エネルギー大量導入時代に鍵となる技術を備えたモデルケースとして注目されている。

ブロックチェーンとIoTの連携

これらの事例に共通するのは、スマートメーター、EV、充電器等の機器自体が、センサーや機器同士の通信によって得られる情報に基づき取引の妥当性を判断し、スマートコントラクトの活用により、契約の実行から決済までのプロセスを全て自動化しているという点である。従来、IoT を通じて得られるデータは中央集権的なクラウドコンピューティングによって処理・コントロールされてきたが、ブロックチェーン技術を活用することで、機器とそのユーザー間でデータのやり取りや取引を完結させることができる。

#### 4. 電力 P2P 取引の展望と課題

電力事業へのブロックチェーン技術活用の可能性

エネルギー分野におけるブロックチェーン技術の活用は、現時点では、いずれもコンセプトあるいは実証段階にあり、商業化まで至っている事例は見られない。しかしながら、今後、低炭素化の進展とテクノロジーの革新を背景に、再生可能エネルギーをはじめとする分散型エネルギーが不可逆的な拡大を続けるとすれば、ブロックチェーンのように Prosumer と需要家を直接結び付ける技術は大いに活用される可能性がある。ここで、需要家・事業者の双方にとってのブロックチェーン活用の意義と課題について整理したい。

##### (1) 電力 P2P 取引の意義と課題

需要家から見た電力 P2P 取引の意義と課題

まず、需要家にとって最大のメリットは電力コストの削減である。ブロックチェーンシステムの構築コストや取引認証にかかるエネルギーコストが、今後大幅に下がる前提ではあるが、例えば、太陽光発電のような減価償却を終えた低コストのエネルギーが市場で取引されるようになれば、より競争的な環境が築かれ、電力価格は低減することが予想される。また、既述の事例で見てきたように、ブロックチェーン技術を活用した電力 P2P 取引は、需要家に電力の調達先の選択肢を広げるとともに、自らが発電資産を有する Prosumer にとっては、需要家と直接売買することにより、余剰電力の販売収益を拡大することができるだろう。一方、電力 P2P 取引はブロックチェーンというテクノロジーを前提として生まれた発想であり、そもそも電力の売買に関心のない Prosumer も含めて、

<sup>12</sup> 送信側と受信側における周波数の一致(同期)を前提とせずに接続すること

<sup>13</sup> 電力需給の計画値と実績値の差

参加者が利便性の高さを感ずるようになるには、ユーザーフレンドリーなアプリケーションの開発が不可欠となる。

事業者から見た電力 P2P 取引の意義と課題

他方、事業者にとっては、ブロックチェーン技術の活用により、従来型の電力事業を営む上で必要であった様々な流通コストを削減できることに加え、分散型エネルギーの売買取引をスマートコントラクトによって自動化することで、インバランスの発生確率を下げるができる。これにより系統運用における需給調整の負担は軽減されることになる。一方で、ブロックチェーン技術の歴史は浅く、システム全体の信頼性の低さや、取引認証に必要な膨大なエネルギーに係るコスト、配電系統の電圧上昇、法規制・ルール整備など、解決すべき課題が多いのも事実である（【図表 10】）。

【図表 10】 電力事業へのブロックチェーン活用の意義と課題

	意義・効果	課題
需要家の目線	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 電力コストの削減                             <ul style="list-style-type: none"> <li>— 中長期的には第三者の存在を必要としない、より競争的な市場環境が創出</li> </ul> </li> <li>■ 取引機会の拡大                             <ul style="list-style-type: none"> <li>— 電力会社との売買だけでなく、ブロックチェーン上の全ての参加者との売買が可能</li> </ul> </li> <li>■ 取引の透明性・トレーサビリティ向上                             <ul style="list-style-type: none"> <li>— 電気の出産地証書等、「いつでもどこのように作られた電気」に関する情報をトラッキングすることが可能</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 認知度の低さ                             <ul style="list-style-type: none"> <li>— ブロックチェーンに対する需要家の認知度の低さや、電力 P2P 取引に関心がない Prosumer の存在</li> </ul> </li> </ul>
事業者の目線	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 流通コストの劇的に削減                             <ul style="list-style-type: none"> <li>— 運転維持費、人件費、設備投資、経理事務等、従来の電力事業の運営に必要なコストを大幅に削減可能</li> </ul> </li> <li>■ 取引プロセスの合理化                             <ul style="list-style-type: none"> <li>— 取引の実行、認証、決済処理を自動化</li> </ul> </li> <li>■ 取引データの堅牢性・安全性確保                             <ul style="list-style-type: none"> <li>— 全ての取引は多数の分散化されたシステム上に記録され、一度ブロックが形成されるとデータの改ざんが極めて困難</li> </ul> </li> <li>■ 需給調整の自動化                             <ul style="list-style-type: none"> <li>— 予め設計されたプロトコルにより、分散型電源を最適制御</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ P2P 取引システムの構築・運営コスト                             <ul style="list-style-type: none"> <li>— 分散型システム費用や認証にかかるエネルギーコスト</li> <li>— 配電系統における設備投資</li> </ul> </li> <li>■ システムの安定性                             <ul style="list-style-type: none"> <li>— トラッキングレコード浅く、システムの不安定性は高い。また監督当局の不在により、需要家保護が不十分となる可能性</li> </ul> </li> <li>■ システム運用上の制約                             <ul style="list-style-type: none"> <li>— 特に、下位系統における電圧上昇や周波数調整の困難化</li> </ul> </li> <li>■ 法規制の整備                             <ul style="list-style-type: none"> <li>— Prosumer の法的な位置づけ（ライセンス制度の見直し）</li> </ul> </li> </ul>

(出所) みずほ銀行産業調査部作成

わが国固有の課題と解決の方向性

わが国の電力事業は、地域独占を前提とした系統ネットワークの下、中央集権型の電力供給システムとなっている。今後、自律分散型システムに変容していくには、ハード面・ソフト面で相応の設備投資が必要となる。以下では、ブロックチェーン技術を活用した電力 P2P 取引の普及に向けた、わが国固有の課題とその解決の方向性について考察する。

系統運用における物理的制約

まず、わが国の電力系統は、地域内で電力の需要と供給がバランスすることを前提に串型のネットワークを形成しており、現状、供給区域間の連系線は必ずしも大量あるいは頻繁な電力の行き来を想定していない。域内の送配電網についても、原子力発電や火力発電のような大規模な発電所から需要地へ、電圧の高い所から低い所へ電力を流す設計がなされている。電力 P2P 取引は、Prosumer と需要家の間を電力が頻繁に行き来するため、それによって生じる不規則な潮流パターンに対して、配電網や変電・変圧設備の増強等、ハード面において相応の設備投資が必要となる。

FIT 制度の存在	2 点目に、わが国においては、再生可能エネルギーの普及拡大を目的として、FIT 制度が導入されており、その買取価格は再生可能エネルギーの発電コストよりも高い状況にある。このような事業環境においては、Prosumer が発電する電力を高価で買い取ってくれる電力会社以外の第三者に売却しようとするインセンティブは殆ど存在しない。ただし、この問題は、既述のように、買取価格の低減と、固定買取期間が終了する電源が徐々に取引されるようになる 2019 年以降に解消されていくであろう。
法制度・ルール の抜本的改定の 必要性	3 点目に、法制度・ルールの抜本的な改定も不可欠である。公共性の高い電力事業について、わが国では不適切な事業者を排除する目的から、電力小売事業を行うためには、経済産業省へのライセンス登録が必要となっている。電力 P2P 取引では、Prosumer が需要家に直接電力を販売することになるが、現在の法規制上、Prosumer の位置づけは明確でなく、需要家に電力を直接販売することを想定していない。
託送料金制度の 見直しも必要	託送料金制度の見直しも必要となろう。現在の送配電事業は固定費が約 9 割を占めるコスト構造に対して、収入の 6 割超が電力の「通行料」に応じた従量制となっている。今後、分散型エネルギーの普及とともに、送電網の利用率が低下すると、固定費を賄うために託送単価を引き上げざるを得なくなり、このことがエネルギーの更なる分散化を促し、送配電事業の収支を悪化させる。この問題に対処するには、収入と費用のミスマッチ構造を解消する必要がある。今後、配電網の自立化が進むとしても、再生可能エネルギーだけで常にエリア内の需要を完全に賄っていくのは困難であり、基幹系統との連系は引き続き必要である。系統運用に求められるサービスは電力の「道路」としての価値から、自立的な配電系統に対してバックアップ機能を提供する「最終保障サービス」へと変容していくだろう。これに伴い、サービスの対価は、電力の「通行料」の多寡に関係なく、基本料金として需要家から回収していくような仕組みが必要である。
経済性の課題	4 点目として経済性の問題が挙げられる。電力 P2P 取引は、初期段階においては、分散型ネットワーク構築コスト、IoT の実装、電圧上昇対策など配電インフラの設備投資が必要となる。既存の系統電力と比べて遜色ない電気の質を維持するためには、分散型エネルギーに蓄電池を併設する等の対応も必要になろう。わが国は再生可能エネルギーの適地が先進諸国に比べて少なく、発電コストも高いのが現状である。今後、更なる技術革新により、再生可能エネルギーと蓄電池の導入コストが一層低下し、ストレージパリティを早期に実現することが求められる。
中長期的には解 決可能な課題が 多い	他方、これらの課題には、中長期的に解決可能なものが多く含まれている。例えば、系統運用上の課題については、非同期連系技術を活用することによって、下位系統において基幹系統の周波数調整制約から解放することができれば解決できる可能性がある。

## (2) 事業者に求められる視点

電力 P2P 取引は「電力事業のあり方」について事業者 に再考を促す	電力 P2P 取引は、大規模な発電設備を必要としないという点で在来型の発電事業とは大きく異なり、中央制御システムや取引を仲介する第三者を持たないという意味において、同じ分散型エネルギーを活用する VPP と性質を異にする。電力 P2P 取引は、Prosumer と需要家間で取引が完結する世界であり、そもそも「電力事業とは何か」という根本的な問いを投げかける。
---------------------------------------	--

エネルギー事業者は電力供給から最終保障サービスを提供するプラットフォームへ

電力 P2P 取引が進展する世界において、既存のエネルギー事業者は、在来型の発電事業の競争力に立脚した優位性は薄れ、代わりに分散型エネルギーのバックアップとしての「最終保障サービス」や電力 P2P 取引の「場」を提供するプラットフォームとしての事業展開が予想される。一方、このような事業領域は、既存事業の代替・競合関係となることが想定され、旧来の組織体制でこれに取り組むのは社内に様々な軋轢を生み、利害調整が極めて困難となることが予想される。そこで、例えば社長直下に社内ベンチャーのような組織を作り、取り組んでいくことも必要であろう。その際、既存事業とのシナジーを過度に追求することは、イノベーションの促進を阻害する要因になる。次世代の事業は必ずしも既存事業の延長線上にはない、むしろ全く新しい事業であり、既存事業を代替するビジネスであることを念頭に、従来の枠組みとは切り離し、ある程度独立した意思決定プロセスのもとで推進していく必要があるだろう。

「変化への対応力」がこれからの時代における競争優位性に繋がる

再生可能エネルギーをはじめとする分散型エネルギーのコスト低減が進み、地球規模で低炭素社会の実現に向け、産業構造が変わろうとしている。このようなパラダイムシフトに、如何に向き合い乗り越えるか、ブロックチェーンのようなイノベーションを活用しつつ、「変化への対応力」を磨くことが、これからのエネルギー転換時代における事業者の競争優位性につながる。

みずほ銀行産業調査部

資源・エネルギーチーム 篠田 篤

岡本 伊織

atsushi.shinoda@mizuho-bk.co.jp

©2017 株式会社みずほ銀行

本資料は情報提供のみを目的として作成されたものであり、取引の勧誘を目的としたものではありません。本資料は、弊行が信頼に足り且つ正確であると判断した情報に基づき作成されておりますが、弊行はその正確性・確実性を保証するものではありません。本資料のご利用に際しては、貴社ご自身の判断にてなされますよう、また必要な場合は、弁護士、会計士、税理士等にご相談のうえお取扱い下さいますようお願い申し上げます。

本資料の一部または全部を、①複写、写真複写、あるいはその他如何なる手段において複製すること、②弊行の書面による許可なくして再配布することを禁じます。