

動き出す電力業界の新ビジネス

～再エネの拡大と共に注目を集めるエネルギー・リソース・アグリゲーション事業～

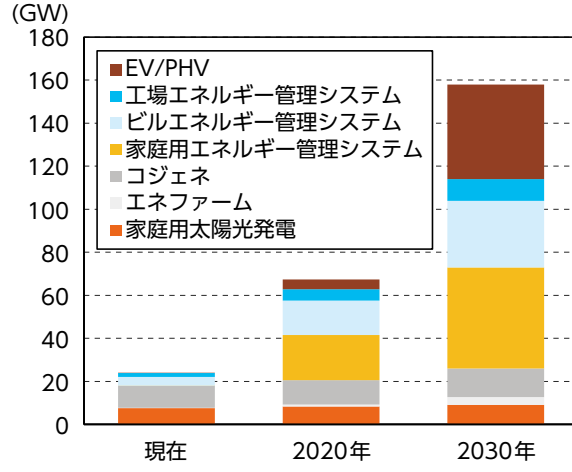
株式会社日本政策投資銀行 産業調査部 調査役 上田 絵理
株式会社日本政策投資銀行 産業調査部 副調査役 佐無田 啓

【要約】
家庭用太陽光発電やコジェネなどの電力需要家が保有するエネルギー・リソースを活用したエネルギー・リソース・アグリゲーション事業が注目を集めている。同事業には、再生可能エネルギーの拡大により課題となる電力需給調整への貢献が期待されている。本稿では、わが国における同事業の拡大可能性、ビジネスモデルを検討するため、国内事業者の取り組みや国内市場開設の動き、先行する海外動向について考察している。

1. エネルギー・リソース・アグリゲーション事業とは
エネルギー業界で今後の増加が期待されているエネルギー・リソースが、家庭用太陽光発電やエネファーム、コジェネ、蓄電池等の需要家が保有するエネルギー・リソース（以下、「需要家側エネルギー・リソース」）である。この需要家側エネルギー・リソースは、現在は、太陽光発電やコジェネ等の発電設備が中心であるが、今後は、蓄電池

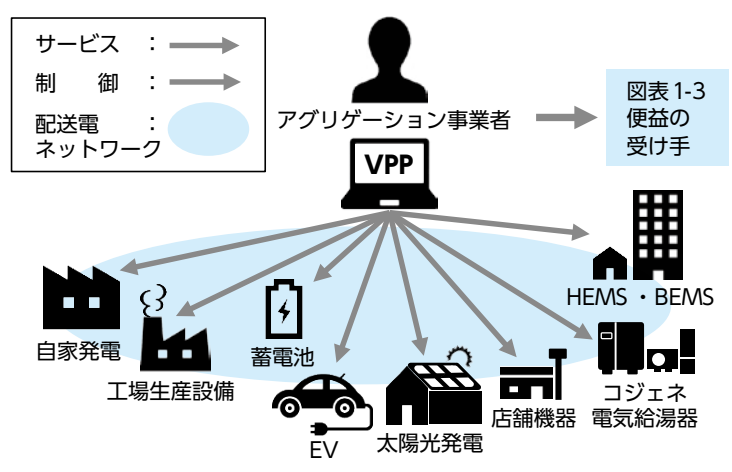
を含むエネルギー管理システムの増加が予想されており、発電用途に加え、蓄電用途のエネルギー・リソースも拡大が期待されている（図表1-1）。こうした需要家側エネルギー・リソースの拡大を背景に、これらの需要家側エネルギー・リソースを統合制御し、一般送配電事業者（以下、「送配電事業者」）や小売電気事業者、需要家向けサービスを提供するエネルギー・リソース・アグリゲーション事業（以

図表 1-1 需要家側エネルギー・リソースの規模



（備考）経済産業省資料により日本政策投資銀行作成

図表 1-2 バーチャルパワープラントのイメージ図



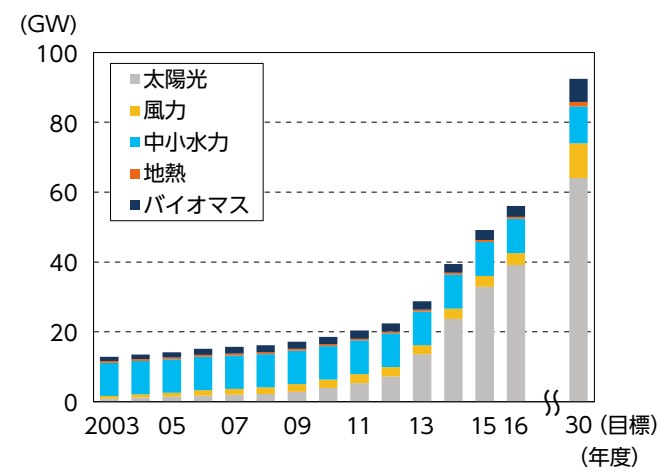
（備考）各種資料により日本政策投資銀行作成

図表 1-3 アグリゲーション事業者によるサービス例

便益の受け手	主なサービス概要
送配電事業者	・周波数調整や需給バランスのための調整力を取引市場（2021年取引開始）等を通じて供給し、系統安定化に寄与 ・国全体で必要となる供給力を取引市場（2020年取引開始）等を通じて供給
小売電気事業者	・電力量やネガワットを市場（スポット市場、1時間前市場（2017年4月～）経由や相対取引等）にて供給し、電力調達やインバランス回避に寄与 ・小売電気事業者が必要とする供給力等を供給
需要家	・省エネ、エネルギー管理による電力料金の削減 ・供給余力のある電源や蓄電池を活用した電力量やネガワットの販売等、保有設備の最適利用による収益の最大化
再エネ発電事業者	・出力抑制発動時に、蓄電池等により需要創出することで、再エネ出力抑制を回避

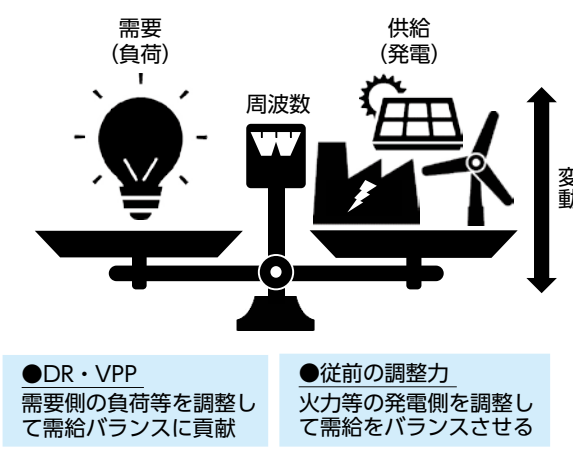
（備考）経済産業省資料等により日本政策投資銀行作成

図表 2-1 日本の再生可能エネルギー設備容量



（備考）経済産業省資料により日本政策投資銀行作成

図表 2-3 需給バランスのイメージ



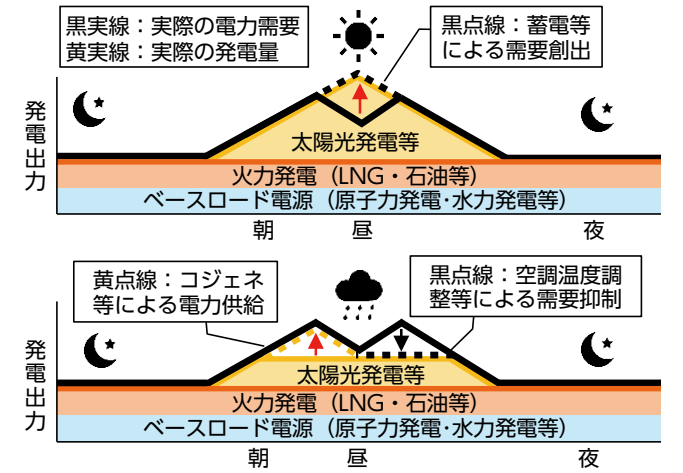
（備考）各種資料により日本政策投資銀行作成

下、「アグリゲーション事業」が、昨今注目を集めている。アグリゲーション事業では、1つ1つのエネルギー・リソースをIoTによる高度なエネルギー管理技術で束ね、あたかも1つの発電所のように機能させるバーチャルパワープラント（以下、「VPP」という仕組みが活用される（図表1-2）。VPPでは、電力需要パターンを変化させるデマンドレスポンス（空調の温度調整、工場の生産調整等による電力需要抑制や蓄電池やEVへの蓄電等による電力需要創出）等を通じて、従来供給側の火力発電所が担っていたアンシラリーサービス（瞬時の電力需給をバランスさせ、電力品質を適正な範囲に維持するサービス）の一部を、需要家側エネルギー・リソースの統合制御により提供する。アグリゲーション事業は、送配電事業者に対する周波数や電力需給バランス維持のために必要な電力（以下、「調整力」）の供給や小売電気事業者に対する設備故障時や予想外の需要変動のために必要な供給力（発電容量）の供給等、電力の需給バランス維持に資するサービスを提供できる点が特徴である（図表1-3）。

2. アグリゲーション事業が注目されている背景

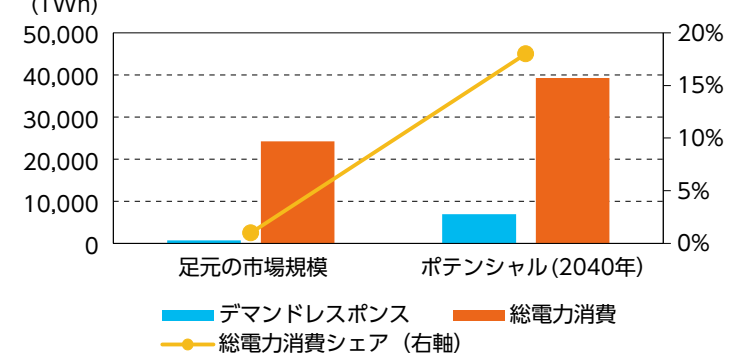
アグリゲーション事業が注目を集めている背景には、再

図表 2-2 調整力のイメージ図



（備考）1.各種資料により日本政策投資銀行作成
2.上図はイメージであり、実際の周波数等の調整はより短時間に行われる

図表 2-4 アグリゲーション事業（デマンドレスポンス）のポテンシャル



（備考）IEA資料により日本政策投資銀行作成

生可能エネルギー（以下、「再エネ」）の急増がある。国内の再エネの設備容量は、2012年の固定価格買取制度（以下、「FIT制度」）の導入により近年急速に増加しており、2016年度には56GWに達した。年間発電量は、約726億kWh（水力除く）と、総発電量の約7%を占めるに至っている。2018年7月に公表された新たなエネルギー基本計画（第5次）では、「再エネの主力電源化を目指す」という政策の方向性が示され、エネルギーミックスの2030年度導入目標92GW（再エネ比率22～24%）に向けて、今後も導入量は増加していくことが予想される（図表2-1）。

他方で、調整力の確保が、主力電源化に向けた課題の1つとなっている。電力は瞬時の需給を一致させる必要があるが、再エネは天候により出力が変動するため、発電量のコントロールが難しく、電力の需給バランスを維持するためには、周波数や需給の調整が必要となる。この需給バランスを維持するための調整力は、これまで火力発電所が供給してきたが、電力の自由化や再エネの増加に伴う発電所の投資回収リスクの高まり等を背景に（※）、次世代の調

※ 詳細は、日本政策投資銀行（平成27年6月）今月のトピックス「電力自由化後の火力発電投資～メリットオーダー分析にみるリスクと課題～」を参照
https://www.dbj.jp/pdf/investigate/mo_report/0000019912_file4.pdf

図表 3-1 VPP 構築実証事業（VPP アグリゲーター事業）の概要

事業名称（幹事会社）	参加事業者等	主な制御対象機器	リソース規模
関電 VPP プロジェクト (関西電力)	エネルギー事業者、 機器メーカー、システム事業者、 ゼネコン等	(家庭用・業務用・産業用) 蓄電池、エコキュート、空調、 EV/PHV、冷蔵庫等	14MW
バーチャルパワープラント 構築を通じたアグリゲーション ビジネス実証事業 (東京電力ホールディングス、 グローバルエンジニアリング、日本電気)	エネルギー事業者、 システム事業者、 機器メーカー、商社、 金融機関等	(家庭用・業務用・産業用) 蓄電池、自家発、照明、空調、EV 等	44MW
VPP 構築実証事業 (SB エナジー)	エネルギー事業者、 通信事業者、システム事業者、 機器メーカー等	(家庭用・業務用・産業用) 蓄電池、太陽光発電、エコキュート等	7.8MW
CVS における需要家側 VPP システム (ローソン)	小売事業者、大学・研究機関	(業務用) 空調、照明、蓄電池、太陽光発電、 発電機等	918kW
多彩なエネルギー・リソースを AutoDRTM システム により統合制御する VPP 構築実証事業 (アズビル)	システム事業者、ゼネコン、 金融機関等	(業務用) 蓄熱槽、空調、発電機、蓄電池等	1.6MW
エネルギーサービスの多様化に資する VPP 実証事業 (エナリス、KDDI)	エネルギー事業者、機器メーカー、 自動車会社、ゼネコン	(家庭用・業務用・産業用) 蓄電池、 発電機、空調等	4.8MW
スマートレジリエンス・バーチャルパワープラント構築 事業（東京電力エナジーパートナー）	自治体、金融機関	(業務用) 蓄電池	180kW

(備考) 各種資料により日本政策投資銀行作成

図表 3-2 V2G アグリゲーター実証事業の概要

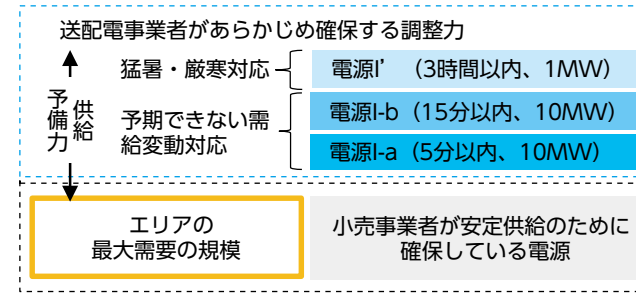
事業名称（幹事会社）	参加事業者等	制御対象機器
九州 V2G 実証事業 (九州電力)	自動車会社、 機器メーカー	EV、 充放電スタンド
EV アグリゲーションによる V2G ビジネス実証事業 (東京電力ホールディングス)	システム事業者、 自動車会社	
需要家特性に応じた V2G ア グリゲーター実証事業 (豊田通商)	エネルギー事業者	
東北電力 V2G 実証プロジェ クト (東北電力)	—	

(備考) 各種資料により日本政策投資銀行作成

整力として、アグリゲーション事業に期待が集まっている（図表2-2、2-3）。アグリゲーション事業は、再エネの普及拡大と共に重要性が増している送配電事業者向けサービスをいかに充実させることができるのかが、事業拡大に向けたポイントとなる。

世界のデマンドレスポンスの市場規模は、足元では電力消費量の約1%程度にとどまるが、IEA（International Energy Agency）の試算によれば、2040年のポテンシャルは電力消費量の18%に相当する規模に成長する見通しである（図表2-4）。ただし、このポテンシャルを実現可能なものにするためには、技術の確立や市場整備、ビジネスモデルの構築が欠かせない。次章以降では、わが国におけるアグリゲーション事業の拡大可能性やビジネスモデルのあり方を検討するために、国内事業者による取り組みや現在進められている市場開設の動きに加え、先行する海外の動向を俯瞰する。

図表 4-1 調整力公募概要



(備考) 1.経済産業省資料により日本政策投資銀行作成
2.()内は、発動時間、最低容量

図表 4-3 需給調整・容量市場概要

	需給調整市場	容量市場
取引開始	2021 年度	2020 年度
主な取引主体	一般送配電事業者	市場管理者
取引価値	・Δ kW（短期間の需給調整能力） ・kWh（実際に発電された電力）	・kW（将来の供給力）
役割	・周波数維持 ・30分未満の需給変動対応	・国全体で必要となる供給力の提供

(備考) 経済産業省資料により日本政策投資銀行作成

心が集まっている。

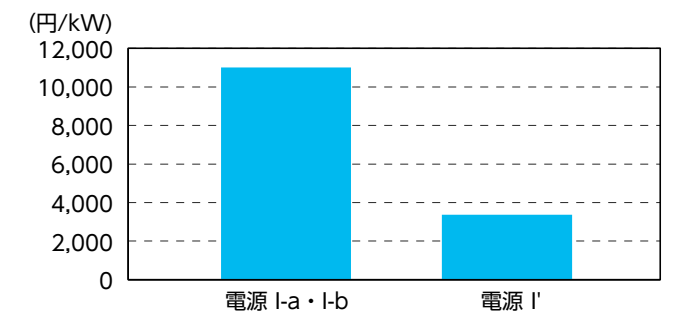
アグリゲーション事業への取り組みは、VPPアグリゲーター事業以外でもEVを活用した電力系統向け需給調整サービスの実現可能性を検証するV2G（Vehicle to Grid）アグリゲーター実証事業のほか（図表3-2）、実証事業以外の自主的な試みもあり（図表3-3）、さまざまな事業者による取り組みが広がりを見せている。

4. 今後の事業拡大の可能性（取引市場の開設）

アグリゲーション事業における送配電事業者向けのサービスは、実証段階のものが多いが、すでにビジネス化されている事例もある。送配電事業者は、2017年度より周波数制御および需給バランス調整等に活用するためにあらかじめ確保すべき調整力を公募により調達している。調整力は、電源I-a、電源I-b、電源I'の3段階に分かれており、それぞれ発動時間や最低容量等の要件が異なる（図表4-1）。予期できない需給変動に対応するための電源I-aや電源I-bの制御技術については、VPP構築実証事業で技術検証が進められているところだが、10年に1度程度の猛暑や厳寒時の調整力不足に対応するための電源I'には、2018年度の公募でアグリゲーション事業者48社が応札をしている（うち落札39社、契約総額35億円）。調整力公募の落札価格をみると、発動時間が短い電源I-a・I-bの方が、電源I'に比べて価格は高いことから（図表4-2）、アグリゲーション事業者は、より経済性の高い電源I-a、電源I-bに応募できるよう、発動時間の短縮化に向けた制御技術の確立に取り組んでいる。

アグリゲーション事業者が、事業を拡大していくために

図表4-2 2018年度調整力公募落札価格(全国平均価格)



(備考) 電力・ガス取引監視等委員会資料により日本政策投資銀行作成

図表 4-4 需給調整市場の商品区分イメージ

	一次調整力 (GF相当)	二次調整力① (LFC相当)	二次調整力② (EDC-H)	三次調整力① (EDC-L)	三次調整力②
発動時間	10秒以内	5分以内	15分以内	45分以内	
指令方法	オンライン	専用線オンライン	専用線オンライン	簡易指令システムも可	
最低容量	5MW	5MW	5MW	1MW	
継続時間	5分以上	30分以上	4時間	4時間	
想定される設備	発電機・蓄電池・DR等			発電機・DR・自家発余剰等	

(備考) 経済産業省資料により日本政策投資銀行作成

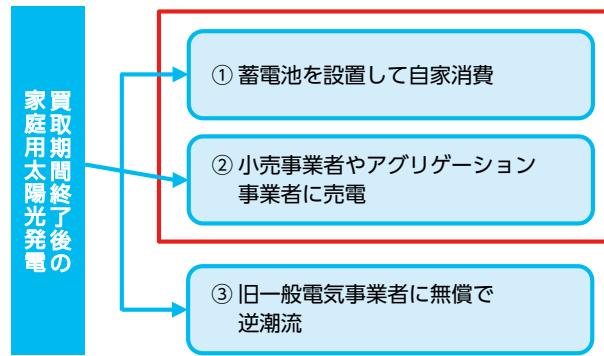
は、市場の整備も欠かせない。現在の調整力公募は、2021年より需給調整市場での取引に移行する（図表4-3）。これにより、アグリゲーション事業者は、送配電事業者向けサービスを本格的に開始することができる。商品区分としては、より短時間での発動が求められる商品を加える方向で検討が進められている（図表4-4）。これまで調整力は、火力発電所のアンシラリーサービスで対応していたことから、市場の商品要件も火力発電所のスペックに合わせたものが多くなっている。現在の調整力公募では、アグリゲーション事業者の市場参加は、厳気象時に限られているが、今後はもっと発動速度の速い商品区分にも参入できるよう、経済産業省を中心に市場設計が進められている。

また、容量市場も2020年度より市場取引が開始する（実際の容量契約発効は2024年度）。発電所投資は、電力自由化や再エネの増加に伴い投資回収の見込み性が低下している（※）。中長期的な供給力不足を顕在化させないため、容量市場では、国全体に必要な中長期的な供給力が取引される（図表4-3）。容量市場も市場設計中であり、詳細の決定はこれからだが、アグリゲーション事業者は、将来の供給力を約束することができれば、この市場にも参入することができる。

市場設計や市場価格等の不確定要素はあるものの、わが国のアグリゲーション事業は、数年後に迫る需給調整市場や容量市場の開設を通じて今後拡大していくことが予測される。

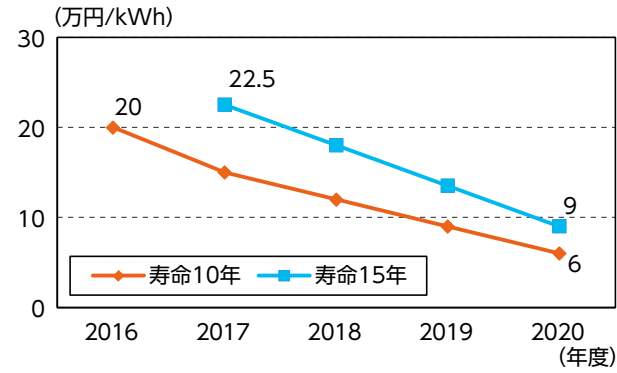
※ 詳細は、前出の日本政策投資銀行（平成27年6月）今月のトピックスを参照

図表5-1 買取期間が終了した家庭用太陽光発電の選択肢



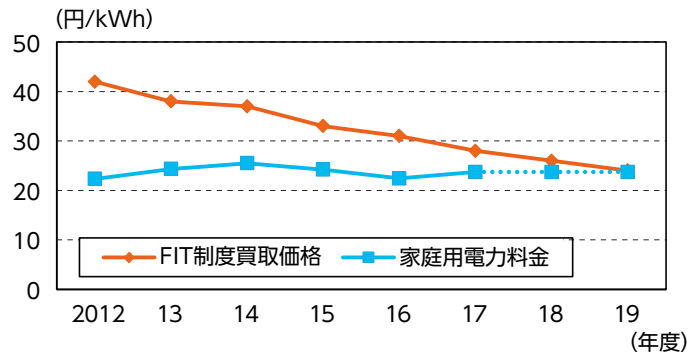
(備考) 経済産業省資料により日本政策投資銀行作成

図表5-2 家庭用蓄電池の目標価格の推移



(備考) 経済産業省資料により日本政策投資銀行作成

図表5-3 家庭用太陽光発電のFIT制度買取価格の推移



(備考) 1.経済産業省資料により日本政策投資銀行作成
2.家庭用電力料金は、旧一般電気事業者の平均単価
3.2018年度、2019年度の家庭用電力料金は、2017年度と同水準と想定

5. 今後の事業拡大の可能性(家庭用太陽光発電の自立)

調整力公募においても、工場の自家発電による発電や生産調整等による調整力供給が大宗を占めている。他方で、家庭用エネルギー・リソースの活用はまだ十分に進んでいない。家庭用エネルギー・リソースは、1件当たりの規模が小さいことから、経済性を確保し、ビジネス化するためには数量が必要となる。たとえば、25万kWの大規模発電所相当の規模を確保するには、家庭需要（約3kW/件）を単純計算でも約8,000件調達しなければならない。すべてのエネルギー・リソースが常時利用可能ではないことに鑑みれば、現実的にはさらに多くのエネルギー・リソースが必要であろう。

この家庭用エネルギー・リソースが大きな転換点を迎えるのは、2019年度である。2019年問題とも言われているが、2009年11月に始まった太陽光発電の余剰電力買取制度（2012年7月よりFIT制度に移行）は、2019年度中にその10年間の買取期間が終了する。買取期間が終了した家庭用太陽光発電の利用方法は、主に①蓄電池等を設置して自家消費、②小売電力事業者やアグリゲーション事業者へ売電となる。仮に、①、②での利用が困難な場合は、③旧一般電気事業者へ無償で逆潮流することになる（図表5-1）。

これらの太陽光発電に蓄電池を設置した場合、太陽光発電はすでに投資回収済みであることから、需要家が負担する発電費用は蓄電池の投資回収コストのみとなる。経済産業省は、2020年をターゲットに蓄電池の目標価格を設定しており（図表5-2）、買取期間が終了した家庭用太陽光

発電は、蓄電池を設置し、自家消費した場合、15年程度（蓄電池の耐用年数相当）で投資回収が可能になると試算している。この試算を前提とすると、蓄電池の投資回収コストを含む発電費用は、家庭用電気料金とほぼ同水準となる可能性が高い。

また、これまで家庭用太陽光発電のFIT制度買取価格は、電力小売事業者から購入する家庭用電力料金を上回っていたが、2019年度にはFIT制度買取価格と家庭用電力料金はほぼ同水準となる見込みである（図表5-3）。家庭用電力料金は燃料価格により変動する点には留意が必要だが、2019年度以降は、新設される太陽光発電もFIT制度の活用以外の選択肢として自家消費等を選択する可能性がある。

家庭用のエネルギー・リソースは、太陽光発電の出力変動が加わるため、統合制御は、産業用・商業用エネルギー・リソースに比べ複雑であり、技術的な課題も多い。しかし、以上を踏まえれば、家庭用太陽光発電のアグリゲーション事業者への売電は2019年度を基点に増えてくることが予想され、今後は、家庭用エネルギー・リソースを軸としたアグリゲーション事業も広がりをみせてくるものと考えられる。

6. 海外で先行する海外アグリゲーション事業者の動向とわが国への示唆

取引市場の開設や家庭用太陽光発電の自立等により、アグリゲーション事業、中でも送配電事業者向けサービスは、今後拡大が期待されているが、具体的なビジネスモデルと

して、どのようなものが想定されるだろうか。再エネの導入が進む北米、英国、ドイツ等では、すでに調整力等の取引市場も創設されており、アグリゲーション事業者による送配電事業者向けサービスへの取り組み事例も多い。

規模の確保や統合制御が容易である産業用や業務用エネルギー・リソースでの事業を展開しているEnerNocは（図表6-1）、主に産業用・業務用需要家のエネルギー・リソース（10カ国、7.0GW）を統合制御し、取引市場に調整力や供給力を供給している。同社の売上高の約7割は、送電事業者からの収入であり（2015年時点）、この一部が、同社からの需給調整要請に応じる対価として、同社から需要家に支払われる（図表6-2）。

家庭用エネルギー・リソースを活用したビジネスは海外でもまだ規模が小さいが、MoixaやSonnenが例に挙げられる（図表6-1）。彼らは、太陽光発電と蓄電池を需要家に販売・リースし、エネルギーマネジメントを行うと共に、その需要家の蓄電池容量を活用して、送電事業者向けサービスに取り組んでいる。Moixaは、独自に開発したAIによるGrid Shareシステムで、蓄電池の充放電を制御し、売電や調整力販売の対価を需要家に還元している（図表6-3）。Sonnenは、需要家の蓄電池容量を活用する代わりに、電力を固定料金で提供している。以上のいずれのビジネス

モデルにおいても、需要家は、保有設備の最適利用により、収益を最大化することができる。

近年は、今後の市場拡大を見込み、これらの事業者を大手エネルギー事業者が買収や出資をする事例が増えている（図表6-1）。需要家に送配電事業者向けサービス対価を還元するビジネスモデルでこれまでのサービスに付加価値を付け、他社との差別化や顧客の囲い込みを図ろうとしている。

日本も電力・ガスの自由化や需要家側エネルギー・リソースの拡大により、需要家のニーズは多様化しつつある。その中において、先行するこれら海外のビジネスモデルは、日本のエネルギー事業者も参考にすることができるだろう。そして、アグリゲーション事業には、エネルギー事業者のみならず、システム事業者、通信事業者、機器メーカー、ゼネコン、自動車メーカー、小売事業者等さまざまな業界の事業者にも参入の機会がある（図表6-4）。アグリゲーション事業は、今後のさまざまな事業者の参入により、これまでにない新たなビジネスモデルが生まれてくる可能性も高く、新たなビジネスモデルの創造によりわが国のエネルギー市場はより一層活性化していくことが期待される。

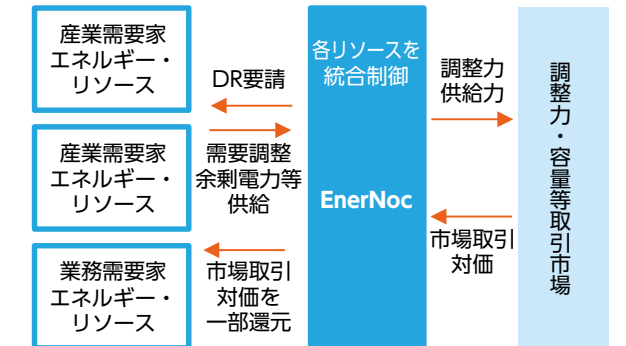
図表6-1 海外のアグリゲーション事業者例

事業者名	本社	設立年	リソース規模	大手エネルギー事業者の買収・出資等
EnerNoc	米国	2001年	7.0GW	Enel（イタリア）が買収丸紅と合併で日本法人を設立
Next Kraftwerke	ドイツ	2009年	4.6GW	Eneco（ベルギー）が出資
Restore	ベルギー	2010年	2.3GW	Centrica（英国）が買収

事業者名	本社	設立年	リソース規模	大手エネルギー事業者の買収・出資等
Moixa	英国	2004年	-	伊藤忠商事、東京電力が出資
Sonnen	ドイツ	2009年	-	Royal Dutch Shellが出資

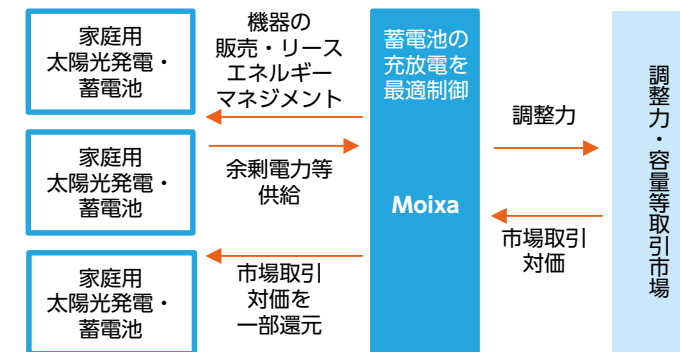
(備考) 各種公表情報により日本政策投資銀行作成

図表6-2 EnerNocビジネスモデル



(備考) 当社公表情報等により日本政策投資銀行作成

図表6-3 Moixaビジネスモデル



(備考) 東京電力HP等により日本政策投資銀行作成

図表6-4 アグリゲーション事業への事業参入機会

事業名称	参入ビジネス
通信事業者	顧客ネットワーク、通信技術を活用したアグリゲーション事業
システム事業者	監視制御システムの販売、自動化ソフトウェア等の利用サービス提供 自社製品を活用したアグリゲーション事業
機器メーカー	製造・販売した蓄電池や制御機器等の販売 自社製品を活用したアグリゲーション事業
不動産ゼネコン	所有・管理建物の分散電源・負荷設備等を活用したアグリゲーション事業
自動車メーカー	EV蓄電池を活用したアグリゲーション事業
小売事業者	店舗の分散電源・負荷設備等を活用したアグリゲーション事業

(備考) 日本政策投資銀行作成