

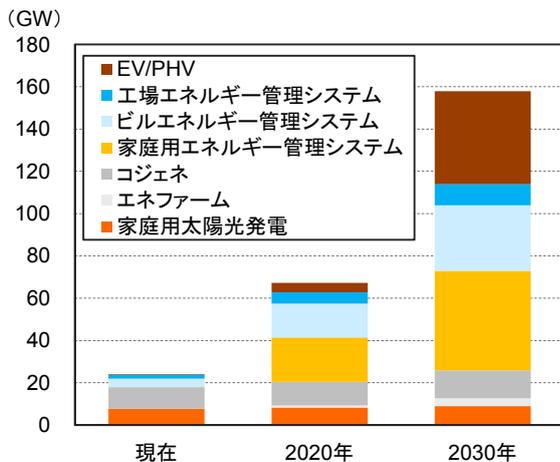
動き出す電力業界の新ビジネス

～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～

1. エネルギー・リソース・アグリゲーション事業とは

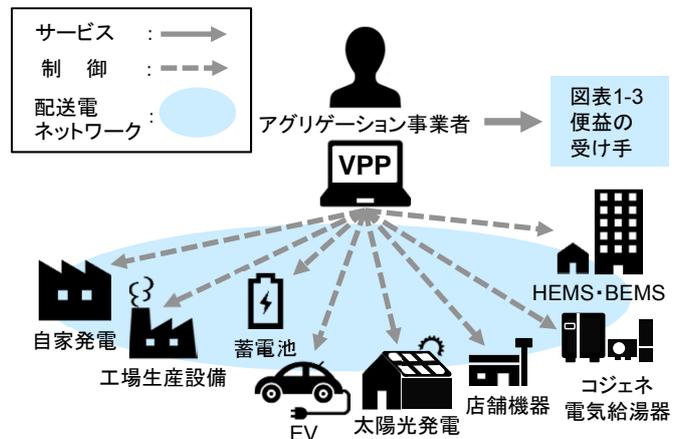
- エネルギー業界で今後の増加が期待されているエネルギー・リソースが、家庭用太陽光発電やエネファーム、コジェネ、蓄電池等の需要家が保有するエネルギー・リソース（以下、「需要家側エネルギー・リソース」）である。この需要家側エネルギー・リソースは、現在は、太陽光発電やコジェネ等の発電設備が中心であるが、今後は、蓄電池を含むエネルギー管理システムの増加が予想されており、発電用途に加え、蓄電用途のエネルギー・リソースも拡大が期待されている（図表1-1）。こうした需要家側エネルギー・リソースの拡大を背景に、これらの需要家側エネルギー・リソースを統合制御し、一般送配電事業者（以下、「送配電事業者」）や小売電気事業者、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マネジメント技術で束ね、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）。

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、エネルギーマネジメント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

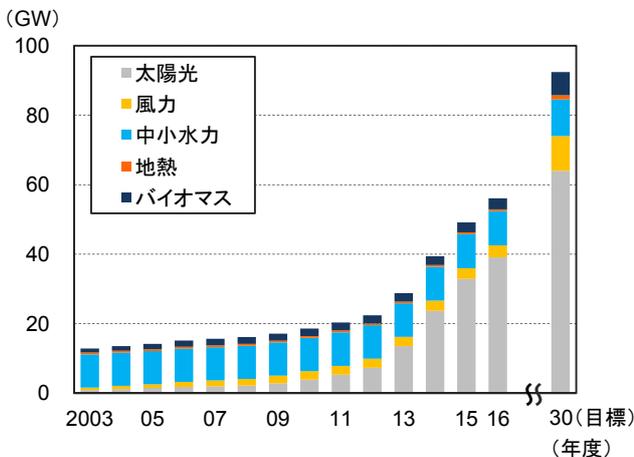
(備考) 経済産業省資料等により日本政策投資銀行作成

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、我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。

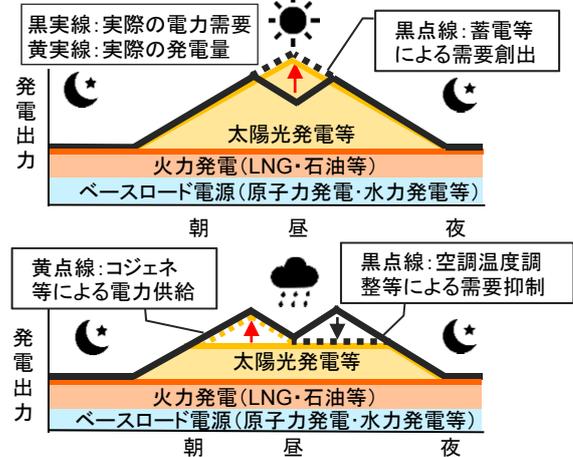
※ 詳細は、日本政策投資銀行（平成27年6月）今月のトピックス「電力自由化後の火力発電投資～メリットオーダー分析にみるリスクと課題～」を参照 https://www.dbj.jp/pdf/investigate/mo_report/0000019912_file4.pdf

図表2-1 日本の再生可能エネルギー設備容量



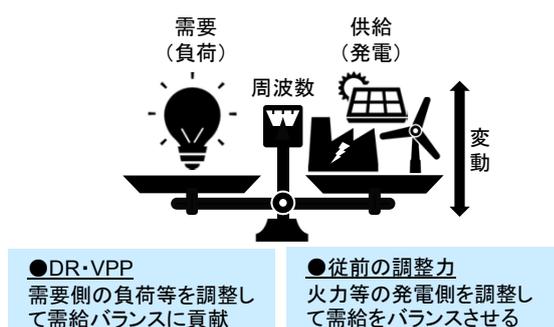
(備考) 経済産業省資料により日本政策投資銀行作成

図表2-2 調整力のイメージ図



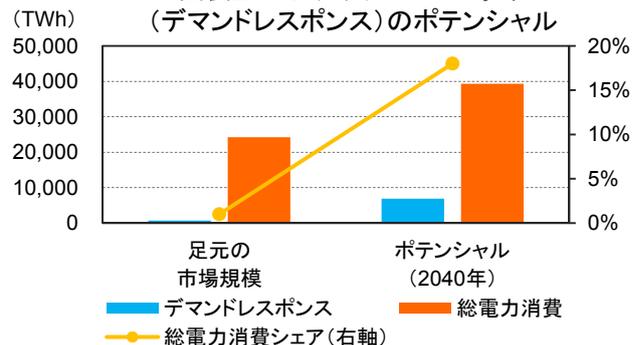
(備考) 1. 各種資料により日本政策投資銀行作成
2. 上図はイメージであり、実際の周波数等の調整はより短時間に行われる

図表2-3 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

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

3. 国内事業者の取り組み状況

- 経済産業省では、2016年度から5年間で50MW以上のVPPの制御技術確立を目指し、VPP構築実証事業を行っている。足元では、送配電事業者の中央給電司令所からの指示通りに、一定の時間内に電力をコントロールし、調整力を供給するための制御技術の検証と確立が進められている。
- これまでに7グループが実証事業を実施しており、2017年度は合計約70MWのリソース容量で実証が行われた。エネルギー・リソースとなる制御対象機器は、家庭用から産業用まで各社様々で、蓄電池、太陽光発電、エコキュート、空調、自家発電、EV等が統合制御の対象となっている(図表3-1)。また、実証事業の参加事業者は、幹事会社となっているエネルギー事業者や通信事業者のほか、システム事業者や機器メーカー、商社、ゼネコン、自動車会社、小売事業者等多岐に及んでおり、幅広い業界から関心が集まっている。
- 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)、様々な事業者による取り組みが広がりをみせている。

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
CVSI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

図表3-3 実証事業以外の各事業者の取り組み

事業名称(事業主体)	参加事業者等	制御対象機器
バーチャルパワープラントプロジェクト (中部電力)	機器メーカー	PHV、蓄電池、空調、ヒートポンプ給湯器、家電、コージェネレーション
需要応答 (東京ガス)	—	コージェネレーション、空調
蓄電池の最適運用に関する実証 (大阪ガス)	システム事業者	蓄電池、燃料電池、コージェネレーション
蓄電池最適オペレーションサービス (伊藤忠商事)	システム事業者	蓄電池

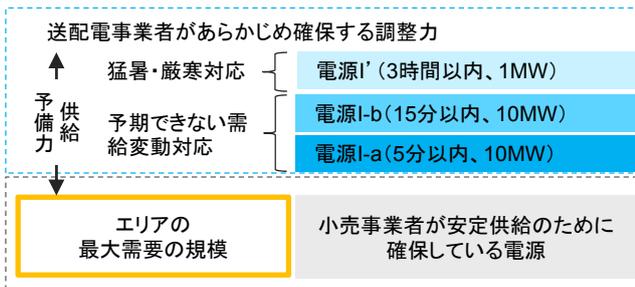
(備考)各種資料により日本政策投資銀行作成

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予見性が低下している(※)。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、国全体で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、我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。

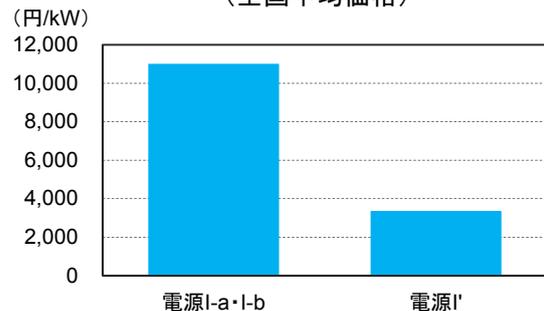
※ 詳細は、前出の日本政策投資銀行(平成27年6月)今月のトピックスを参照

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4-2 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4-3 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	・ΔkW(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

図表4-4 需給調整市場の商品区分イメージ

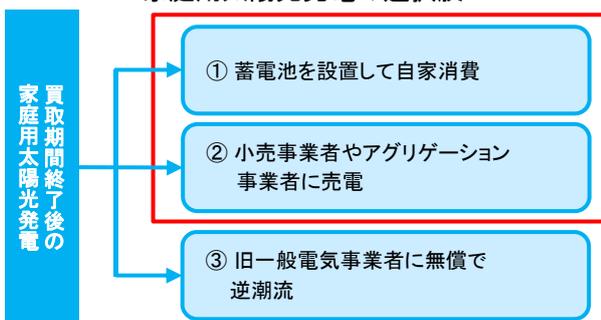
	一次調整力(GF相当)	二次調整力①(LFC相当)	二次調整力②(EDC-H)	三次調整力①(EDC-L)	三次調整力②
発動時間	10秒以内	5分以内		15分以内	45分以内
指令方法	オンライン	専用線 オンライン		専用線 オンライン	簡易指令 システムも可
最低容量	5MW	5MW		5MW	1MW
継続時間	5分以上	30分以上		4時間	4時間
想定される設備	発電機・蓄電池・DR等			発電機・DR・自家発余剰等	

(備考)経済産業省資料により日本政策投資銀行作成

5. 今後の事業拡大の可能性(家庭用太陽光発電の自立)

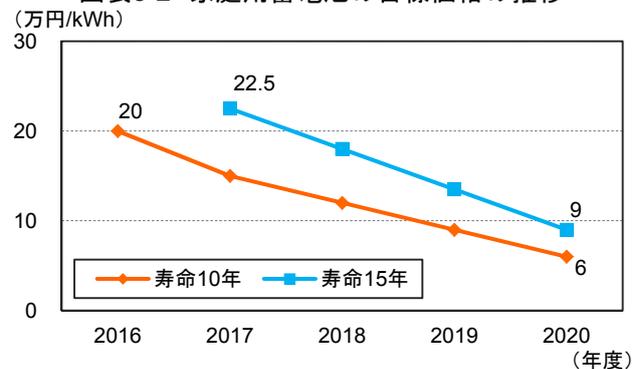
- 調整力公募においても、工場の自家発電による発電や生産調整等による調整力供給が大半を占めている。他方で、家庭用エネルギー・リソースの活用はまだ十分に進んでいない。家庭用エネルギー・リソースは、1件当たりの規模が小さいことから、経済性を確保し、ビジネス化するためには数量が必要となる。たとえば、25万kWの大規模発電所相当の規模を確保するには、家庭需要(約3kW/件)を単純計算でも約8,000件調達しなければならない。全てのエネルギー・リソースが常時利用可能ではないことに鑑みれば、現実的には更に多くのエネルギー・リソースが必要であろう。
- この家庭用エネルギー・リソースが大きな転換点を迎えるのは、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に売電となる。仮に、①、②での利用が困難な場合は、③旧一般電気事業者に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見せると考えられる。

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



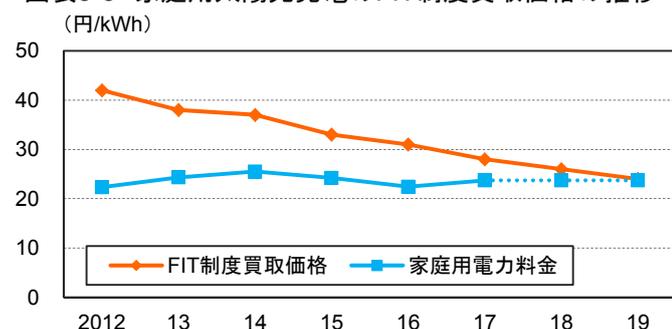
(備考)経済産業省資料により日本政策投資銀行作成

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

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我が国への示唆

- 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、小売事業者等様々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、今後の様々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我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

●産業用・業務用エネルギー・リソースの活用

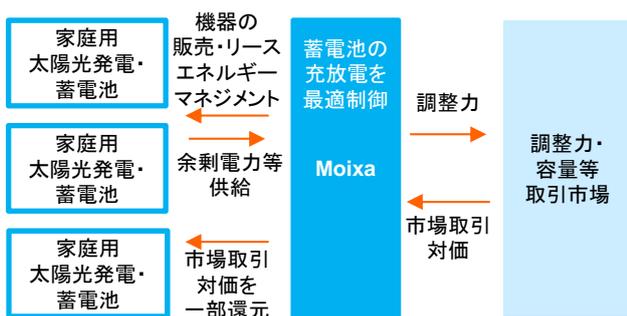
事業者名	本社	設立年	リソース規模	大手エネルギー事業者の買収・出資等
EnerNoc	米国	2001年	7.0GW	Enel(イタリア)が買収丸紅と合併で日本法人を設立
Next Kraftwerke	ドイツ	2009年	4.6GW	Eneco(ベルギー)が出資
Restore	ベルギー	2010年	2.3GW	Centrica(英国)が買収

●家庭用エネルギー・リソースの活用

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

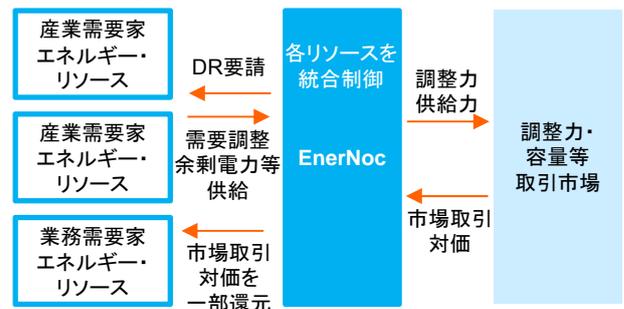
(備考)各種公表情報により日本政策投資銀行作成

図表6-3 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6-2 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6-4 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

[産業調査部 上田 絵理、佐無田 啓]

©Development Bank of Japan Inc. 2018

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、取引等を勧誘するものではありません。本資料は当行が信頼に足ると判断した情報に基づいて作成されていますが、当行はその正確性・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ましては、ご自身のご判断でなされますようお願い致します。本資料は著作物であり、著作権法に基づき保護されています。本資料の全文または一部を転載・複製する際は、著作権者の許諾が必要ですので、当行までご連絡下さい。著作権法の定めに従い引用・転載・複製する際には、必ず、『出所：日本政策投資銀行』と明記して下さい。

お問い合わせ先 株式会社日本政策投資銀行 産業調査部
Tel: 03-3244-1840