

脱炭素時代の分散型電源ビジネス

佐野則子



CONTENTS

- I 分散型電源にかかわる外部環境変化
- II 分散型電源の導入：生活者の導入意識に見られる課題と解決の仕組み
- III 分散型電源の活用：活用メリットを提供する仕組み
- IV 分散型電源の使用後：再利用の効率を上げる仕組み
- V 分散型電源をビジネスにするために

要 約

- 1 脱炭素の実現に向け、小規模の発電・蓄電設備（分散型電源）の重要性が高まっている。分散型電源は、電力系統を補完しながら電力の安定供給に貢献し、再生可能エネルギーの拡大を後押しする。分散型電源の活用にかかわる外部環境が整いつつあり、その導入・活用・使用後の各段階で事業機会の可能性がある。
- 2 野村総合研究所（NRI）が2023年10月に実施したエネルギー利用に関する生活者の意識調査では、分散型電源に対する関心は高く、発電した電力の自家消費に応じて報酬を提供することで、導入に前向きになる可能性があることが分かった。
- 3 海外では、分散型電源の導入者から集めた余剰電力を販売した収益を還元したり、蓄電池の劣化防止と充電性能の向上を同時に実現したりする事例がある。企業が分散型電源を活用することで、導入者にメリットを提供するビジネスが立ち上がり始めている。
- 4 希少資源を使う分散型電源は、リユース（再利用）することでその価格上昇と環境負荷の双方を抑制し、分散型電源の利用継続につながる。海外ではデジタル技術を活用して、バッテリー再利用を効率よく実現する事例がある。
- 5 企業は、分散型電源の導入・活用・使用後のどの段階においても事業創出に挑戦できる。住宅の分散型電源も取りこぼさず、分散型電源にかかわる事業機会を得て、再生可能エネルギーの拡大につなげることが期待される。

I 分散型電源にかかわる 外部環境変化

1 日本の再生可能エネルギー 導入状況

日本政府は、第6次エネルギー基本計画で2030年度までに火力発電割合の縮小などとともに、再生可能エネルギーによる発電割合を最大38%まで引き上げることを目標にしている。2022年度の実績である21.7%から大幅な増加を目指すものである。

再生可能エネルギーによる発電割合を拡大する理由は、脱炭素のためだけではない。燃料を輸入する必要がないのでエネルギー自給率の拡大につながり、資源が枯渇せずコストがかからないエネルギー源を利用することでエネルギー供給の安定性を保つため、などである。

再生可能エネルギーの拡大に向けて、大規模な発電設備でつくられた電力を遠い地域まで送電して利用する従来の電力供給システムのみを前提にすると、コスト面などに課題が生じる。そのため、分散型電源の活用が望まれている。

2 再生可能エネルギー拡大を 後押しする分散型電源

分散型電源とは、熱と電力の消費地の近くに分散して配置される小規模な発電・蓄電設備を指す。近年のAIやIoTなどデジタル技術の進展は、分散型電源でつくられた電力を効率的に利用することを可能にしている。具体的な例としては、太陽光発電など再生可能エネルギーを利用する発電設備、蓄電池、電気自動車（EV）、熱と電力を同時に供給する熱

電併給システム（コジェネレーション）などがある。

分散型電源を持つ企業や住宅は、発電した電力を自家消費するだけでなく、余剰電力を平常時や災害時に他者へ供給することができる。そのため、分散型電源の活用は、既存の電力系統を補完しながら電力の安定供給に貢献し、再生可能エネルギーの拡大を後押しする。さらに、エネルギー安全保障の強化、エネルギー価格の高騰に備えたコスト削減、災害時のレジリエンス（回復力）向上などの便益をもたらす。

3 「調整力」を提供する アグリゲーター

太陽光発電や風力発電などの、気象条件で発電量が変動する再生可能エネルギー（変動電源）による発電割合が増えると、電力の需要と供給のバランスが崩れ、周波数に乱れが生じて電力系統が不安定になる。第6次エネルギー基本計画によると、変動電源による発電割合は、2022年度実績の約10%から2030年度は最大21%とする目標である。変動電源の比率が高まると電力の需給バランスを取ることが難しくなり、電力の安定供給を維持するために「調整力」の重要性が増す。調整力とは、電力の需給バランスを短時間で調整し、周波数を維持するために使われる電力のことである。

この調整力を提供する役割を担うのが、アグリゲーター（特定卸供給事業者）である。アグリゲーターは、電力会社と電力消費者（企業・住宅など）の間に立ち、遠隔制御などによって、電力消費者の需要を増減させたり、分散型電源の余剰電力を集約したりす

る。そして集約した余剰電力などを電力会社や電力市場に販売し、収益を得る。

こうした活動は電力の安定供給に貢献し、再生可能エネルギーを最大限に活用することを可能にする。そのため、分散型電源の電力を集約するアグリゲーション事業は、新たな事業領域として期待されている。2022年4月、アグリゲーター・ライセンス制度が創設された。ライセンス制度によって、アグリゲーターにはサイバーセキュリティ対策の実施や十分な電力供給能力が求められるようになった。

4 調整力を取引できる 需給調整市場

欧州などでは、電力市場で取引される調整力が再生可能エネルギーの主力電源化を支えている。日本では従来、再生可能エネルギーによる発電量の過不足に応じて、火力発電の燃料投入量を変化させて出力を制御することで調整力を提供してきた。

しかし、状況は近年変化している。2021年に需給調整市場が開設され、電力市場で調整力を取引できるようになった。調整力には5種類ある^{注1}。需給調整市場で取引できる調整力の種類は拡大しつつあり、2024年度にはすべての種類が取引可能になる。調整力を提供する電源も拡大しており、2026年度からは低圧の電力網に接続される分散型電源（低圧リソース）も需給調整市場に参加できる予定である。それによって企業だけでなく、住宅にある家庭用蓄電池やEVのバッテリーなどの分散型電源が持つ小さな余剰電力も束ねることによって調整力として市場に提供できるようになる。

低圧リソースの余剰電力も調整力として市場で取引されるようになれば、アグリゲーターの収益が増えると予想される。

5 政府のGX投資支援

日本政府は、地球温暖化防止と環境配慮型の社会・産業への再構築を目的とするGX（グリーントランスフォーメーション）に向けた投資支援を開始する。政府は、2023年度から10年間に20兆円のGX経済移行債を発行し、150兆円のGX投資を促進する計画である。投資対象は、産業競争力強化、経済成長、排出削減に貢献する16分野であり、分散型電源となる蓄電池（バッテリーを含む）の生産設備、定置用蓄電池の導入支援、EV導入支援なども含まれる。

このように、分散型電源の活用に関する制度など再生可能エネルギー拡大のための外部環境が整備されつつあり、余剰電力などの活用機会が増えることで、企業にとって分散型電源にかかわる事業機会も生じると考えられる。

6 分散型電源にかかわる 事業機会と課題

分散型電源にかかわる事業機会は、導入・活用・使用後の各段階で可能性があると思定される。一方、各段階で以下の三点が課題となる。

①分散型電源の導入

企業はコスト削減や脱炭素の要請などから分散型電源の導入が進む可能性があるが、分散型電源の導入を増やすために住宅への導入をいかに進めていくのか。

②分散型電源の活用

分散型電源の普及はスケールメリットが重要である。企業は導入規模を拡大するために、事業所や住宅に導入された分散型電源を活用し、収益還元など何らかのメリットを導入者に提供できるのか。

③分散型電源の使用後

希少資源を使う分散型電源の価格上昇と環境負荷の双方を抑制するため、分散型電源の使用後に資源循環の仕組みを導入できるのか。

本稿では、課題①について第Ⅱ章で生活者の意識調査を確認し、課題②について第Ⅲ章の海外事例、課題③について第Ⅳ章の海外事例を概観する。それらを踏まえて、分散型電源の導入・活用・使用後の各段階において事業機会を得るための手がかりを得ることとする。

Ⅱ 分散型電源の導入：生活者の導入意識に見られる課題と解決の仕組み

住宅への分散型電源の導入意識を明らかにするため、野村総合研究所（NRI）は、2023年10月に「エネルギー利用の意識調査^{※2}」を行った。対象は、戸建て住宅と車の両方を世帯で所有する全国の20～60代の男女個人で、3131人から回答を得た。

調査では、分散型電源として、太陽光発電設備、家庭用蓄電池、バッテリーの電気を自宅に給電できる電気自動車（給電できるEV）を対象としている。

1 再生可能エネルギー電気プランの利用意向

現在、多くの電力会社が再生可能エネルギーを活用した「再生可能エネルギー電気プラン」を提供しているが、その利用意向を確認した。

調査では、「仮に安定的な電力の供給が保証される場合、再生可能エネルギーだけでつくる電気を購入できる電気プラン（再エネ電気プラン）があれば利用したいか」を尋ねた。調査の結果、電気代が変わらない場合、利用意向は38%にとどまり、再エネ電気プランの利用意向は低いことが明らかになった。一方で、生活者は分散型電源に関心を持っていることが分かった。

2 分散型電源の導入関心率と関心理由

調査では、分散型電源である、自宅での「太陽光発電」、電気代が安い時間帯の電気や太陽光発電などでつくった電気を貯められて必要なときに使える「家庭用蓄電池」、車に貯めた電気を家で使えるタイプの「給電できるEV」について、それらの導入状況と関心有無を確認した（図1）。

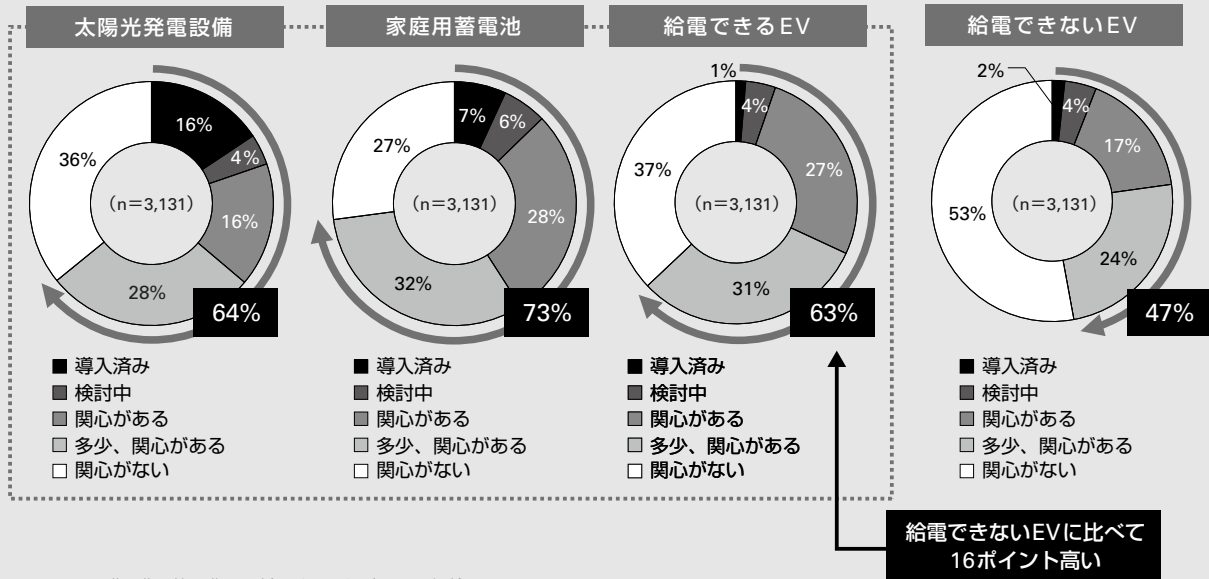
調査の結果、分散型電源を「導入済み」と回答した人（導入層）の割合は、太陽光発電設備で16%、家庭用蓄電池で7%、給電できるEVは1%にとどまった。

しかし、導入層に「検討中」「関心がある」「多少、関心がある」と回答した人（関心層）を合わせた割合は、太陽光発電設備で64%、家庭用蓄電池で73%、給電できるEVで63%に上り、関心が高いことが分かった。

特に、自宅での太陽光発電を「検討中」

図1 分散型電源の導入・関心率

- Q) 自宅に太陽光パネルを設置して、電気をつくることに関心がありますか？
- Q) 電気代が安い時間帯の電気や、太陽光発電などでつくった電気を貯められて、必要な時に電気を使える「家庭用蓄電池」の導入に、関心がありますか？
- Q) ①車に貯めた電気を家で使えるEV ②車に貯めた電気を家で使えないEVの導入に、関心がありますか？
- ※車に貯めた電気を家で使えるEVは、停電時にバッテリー（家庭用蓄電池より容量が大きい蓄電池）の電気を家に供給できます



※いずれも、購入費・管理費に関係なく、関心があるかを質問している

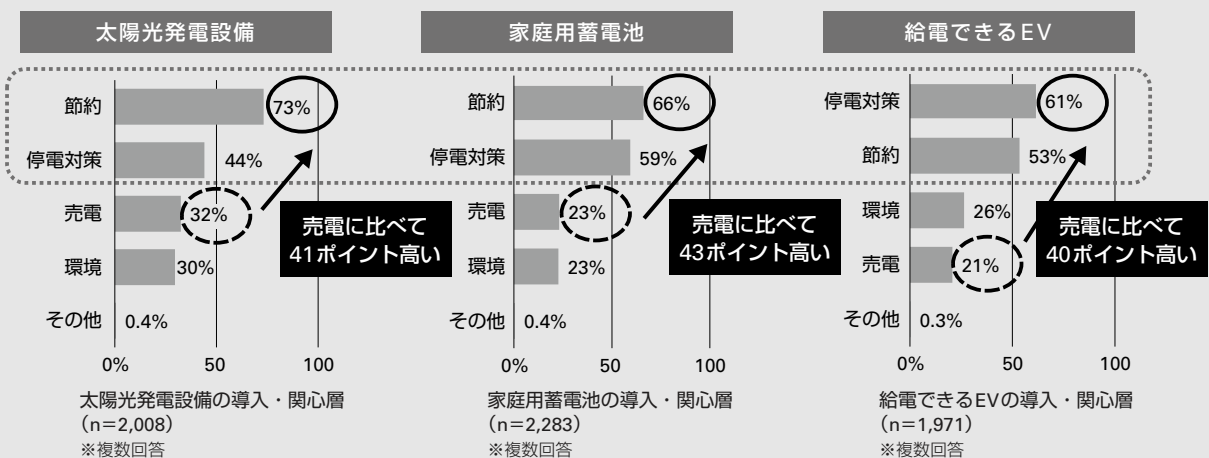
※給電できるEV：車に貯めた電気を家で使える電気自動車のこと

※給電できないEV：車に貯めた電気を家で使えない電気自動車のこと

出所）野村総合研究所「地球温暖化防止に貢献する発電・蓄電設備、電気自動車の導入意識」（2024年1月11日）より作成

図2 分散型電源の関心理由

- Q) 「自宅に太陽光パネルを設置すること」「家庭用蓄電池」「車に貯めた電気を家で使えるタイプのEV」に関心がある理由を教えてください



※アンケートでは以下のように補足説明している

- ・節約：電気代を節約できそうだから
- ・停電対策：停電時でも、発電した電気が使えそうだから
- ・環境：環境・地球温暖化防止によさそうだから
- ・売電：発電した電気、または、蓄電池やバッテリーに貯めた電気を売ることに関心があるから

出所）野村総合研究所「地球温暖化防止に貢献する発電・蓄電設備、電気自動車の導入意識」（2024年1月11日）より作成

「関心がある」「多少、関心がある」と回答した人では、家庭用蓄電池や給電できるEVへの関心がより高くなる傾向が見られた。分散型電源への主な関心理由は、「節約」と「停電対策」である（図2）。

関心の度合いはさまざまであるものの、分散型電源に関心がある人を実際の導入へと導くには、それを後押しする仕組みが必要となる。以下では、分散型電源の導入を促進するための三つの仕組みについて、その効果の可能性を調査した結果を確認する。

3 分散型電源導入の後押し

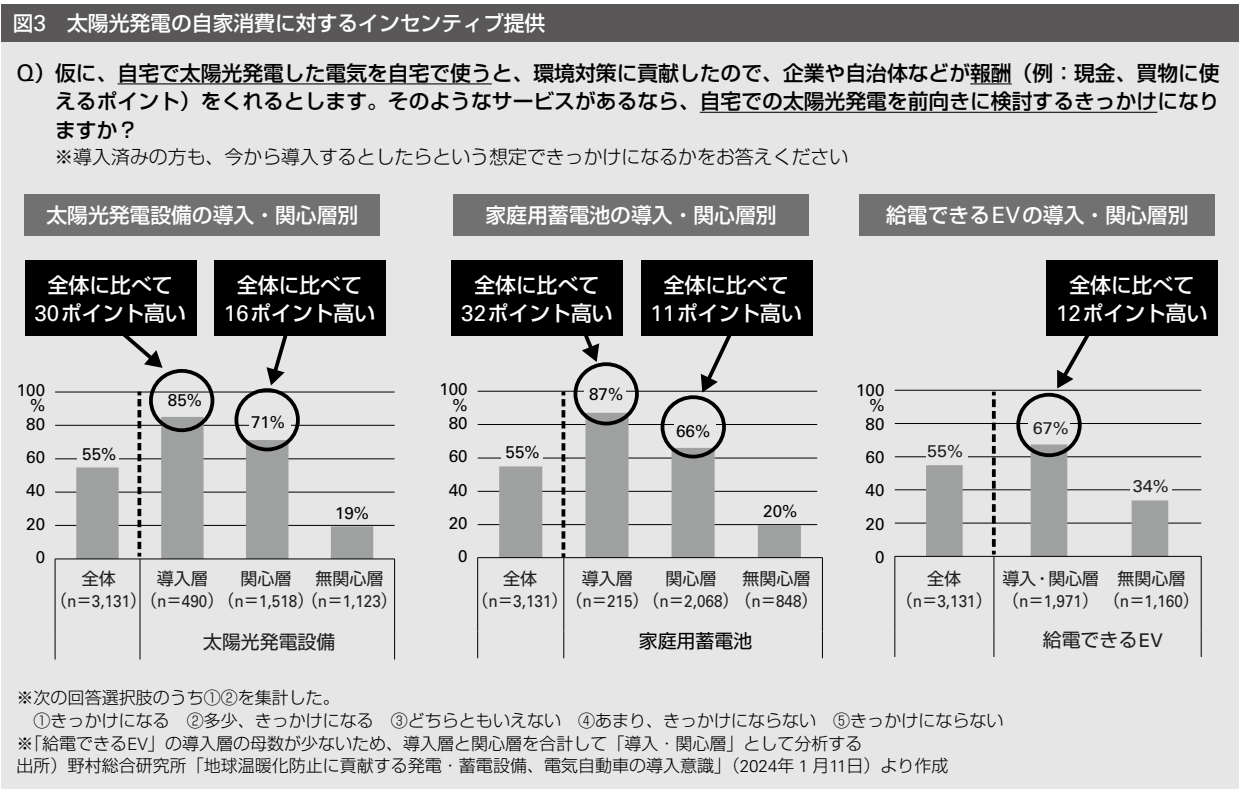
(1) 太陽光発電の自家消費に対する
インセンティブ提供

分散型電源の導入を後押しする仕組みの一つ目として、太陽光発電の自家消費に対するインセンティブ（動機づけ）提供が考えられる。

調査では、自宅で太陽光発電した電気を自宅で使用すると、企業や自治体などから報酬（現金、買物に使えるポイントなど）が提供されるとしたら、それが自宅での太陽光発電を前向きに検討するきっかけになるかどうかを尋ねた。なお、すでに導入済みの人には、今から導入するとしたらという想定できっかけになるかを回答してもらった。

調査の結果、2人に1人（55%）が「きっかけになる」「多少、きっかけになる」と回答した（図3）。前向きに検討するきっかけとなる人の割合は、太陽光発電や家庭用蓄電池をすでに導入している導入層では、全体より30ポイント以上、太陽光発電、家庭用蓄電池、給電できるEVの関心層では10ポイント以上増加した。

太陽光発電の自家消費に対する報酬は、関心層にとって導入の後押しになる可能性があり、導入層にとってはすでに自家消費を行っ



ている経験から、報酬によってさらにメリットを感じられるのだと推測される。

(2) コストを抑える太陽光発電の 屋根貸し方式

分散型電源の導入を後押しする仕組みの二つ目は、長期にわたって費用負担がない導入方式である。

自宅に太陽光発電を導入する障壁として、導入費用や維持費用の高さが挙げられる。これらの負担を軽減する方法の一つが、「屋根貸し方式」による太陽光発電の導入である。屋根貸し方式とは、自宅の屋根などを企業に貸して太陽光パネルを無償設置させる代わり

に、発電された電気の一部を安い価格で購入できる方式を指す。

調査では、自宅に太陽光パネルを設置する場合の三つの導入方法（購入、リース、屋根貸し方式）について、それぞれの望ましさを尋ねた。その結果、太陽光発電の関心層では、屋根貸し方式を「望ましい」「多少、望ましい」とする割合が46%で最も多く、購入が44%、リースが35%であった（図4）。

価格を負担と感じる生活者にとっては、長期にわたって固定額が発生せず、自宅で使用した電気代以外に費用負担がない屋根貸し方式が導入の後押しになる可能性がある。

図4 太陽光発電設備の提供方法

Q) 仮に、自宅に太陽光パネルを設置するとしたら、次の方法は望ましいと思いますか？（①～③の各々に一つだけ回答）

※導入済みの方も、今から導入するとしたらという想定でお答えください

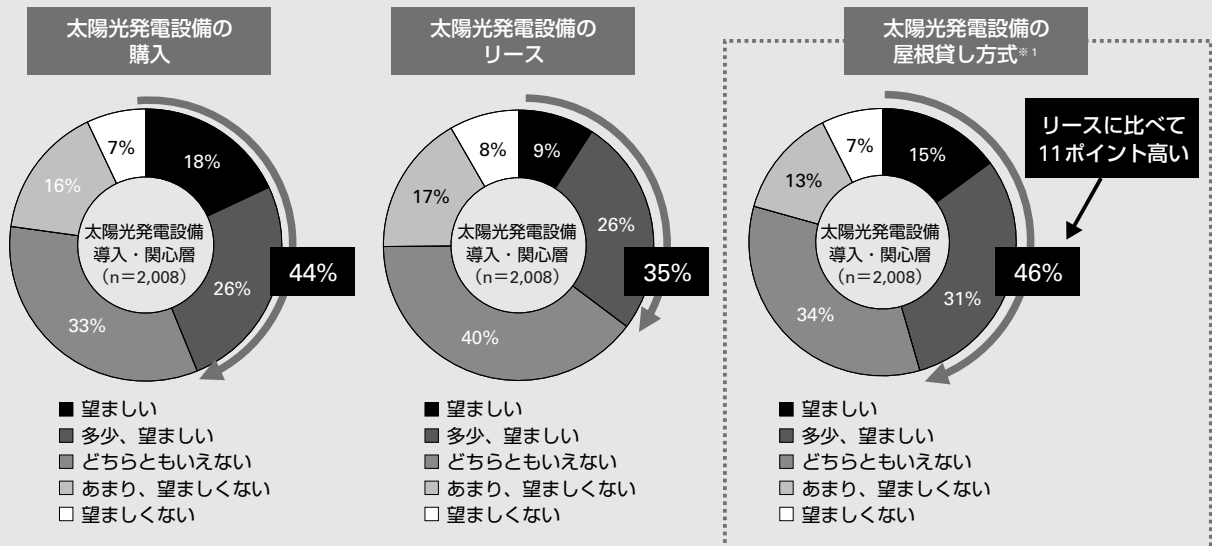
※購入費用は工事費・その他機器込みで約100万～150万円（税込）、リース固定額は月に約10,000～15,000円（税込）とします

①太陽光パネルの購入

②太陽光パネルのリース（初期費用0円、毎月固定額を支払う、10年以上の長期契約）

③自宅の敷地・屋根を貸す（初期費用0円、毎月の固定額は不要、10年以上の長期契約）

※企業があなたの敷地や屋根に太陽光パネルを無償設置し、あなたは敷地や屋根を貸す代わりに、それで発電された電気の一部を安い価格で購入できる。余った電気は企業が売って収益にする



※1 自宅の敷地・屋根を貸して設備を無償設置してもらい、発電した電気の一部を安価で使用

出所) 野村総合研究所「地球温暖化防止に貢献する発電・蓄電設備、電気自動車の導入意識」(2024年1月11日)より作成

(3) EVと太陽光発電設備のセット提供

分散型電源の導入を後押しする仕組みの三つ目は、EVと太陽光発電設備（屋根貸し方式）のセット提供である。

調査の結果、企業が屋根貸し方式で太陽光パネルを無償設置し、EV充電に利用できる場合、EV購入を前向きに検討する「きっかけになる」「多少、きっかけになる」とする割合は38%にとどまった。しかし、「給電できるEV」の導入・関心層ではその割合が53%に増加した。

給電できるEVに関心がある人にとって、このセット提供が一定の効果をもたらす可能性がある。EVを購入する際に、充電する電気代を節約したいという意識に働きかけると同時に、太陽光発電の導入に関して自分で調べて導入する煩わしさを軽減できる可能性がある。

以上、分散型電源の導入を後押しする三つの仕組みに関する意識調査の結果を概観した。導入の後押しで分散型電源の導入が進むとすれば、分散型電源の電力を集約（アグリゲーション）して発電所のように機能させる仮想発電所（VPP：Virtual Power Plant）の事業が可能となる。VPP事業は、アグリゲーターの活動の一つである。

4 仮想発電所への参加意向と欲しい機能

調査では、家庭用蓄電池、給電できるEVそれぞれの導入・関心層に、二種類のサービスを試してみたいかを尋ねることで、VPPへの参加意向を確認した。第一のサービスは、充電時間が重ならないように調整する充電サ

ービス、第二のサービスは、蓄電池に貯まった電気を企業などに売る仲介サービスである。いずれも、地域の電力不足を回避するためのサービスであることと、充電時間の調整や電力の提供に対して企業から報酬（現金、買物に使えるポイントなど）が得られるサービスであることを提示している。調査の結果、家庭用蓄電池、給電できるEVそれぞれの導入・関心層のうち、サービスを「試してみたい」「多少、試してみたい」と回答した人の割合は、充電サービス、仲介サービスともに50%台であった。

次に、家庭用蓄電池、給電できるEVそれぞれの導入・関心層のうち、充電サービスや仲介サービスへの参加意向がある人に対して、参加するに当たって欲しい仕組みを尋ねた。調査結果では、参加意向がある人の約半数は「貢献に応じた報酬」などを求めているが、「蓄電池の劣化防止の仕組み」を求める人も40%弱存在した。蓄電池には、何度も充電・売電すると劣化しやすくなる懸念があるため、報酬の提供以外にも、蓄電池の劣化防止を事業に組み込むことが求められる。

5 分散型電源導入の推進方法

以上の調査結果から、分散型電源の導入は、訴求方法や提供方法を工夫することで進む可能性があることが分かった。

生活者の間では、分散型電源の導入はまだ進んでいないものの、導入に関心がある人も多く、主な関心理由は「節約」「停電防止」である。分散型電源の導入によって、これらの関心理由を満たせることを伝える必要がある。さらに、分散型電源の導入を後押しするには、太陽光発電の自家消費へのインセンテ

イブ提供、太陽光発電設備の屋根貸し方式による提供、EVと太陽光発電設備（屋根貸し方式）のセット提供などが一定の効果をもたらす可能性があると考えられる。

一方で、VPPを試してみたいと考える人は一定数存在する。分散型電源をVPPに参加させるためには、貢献に応じた報酬や蓄電池の劣化防止がカギとなることが分かった。

Ⅲ 分散型電源の活用： 活用メリットを提供する仕組み

分散型電源の普及は、それを活用する企業が収益を得られる仕組みを整備することによって実現する。その仕組みは、分散型電源を活用する企業が、収益還元など分散型電源を活用することで得られる何らかのメリット（活用メリット）を導入者に対して提供するものである。そのような仕組みがあれば、導入者にとっては節約や停電対策以外にも分散型電源を有効活用することができ、結果として導入が促進され、企業が活用できる分散型電源の規模拡大につながる。

本章では、活用メリットを提供する仕組みとして、第一に自家消費と収益還元の両立に有用な仕組み、第二に蓄電池の劣化防止に有用な仕組みを考察し、企業が収益を得るための手掛かりを得ることとする。

なお、分散型電源の活用を考えるに当たり、EVバッテリーを題材として考察する。その理由は、第一に、アグリゲーションを行ううえで家庭用蓄電池より蓄電容量が大きく、余剰電力を活用したメリットを提供する余地が大きいこと、第二に、日本で2030年のEV導入目標や、2050年にEVを「動く蓄電

池」として社会実装する目標が設定されており、今後、EVが増加する可能性があるためである。ただしバッテリーについては、多くのEVに使用されているリチウムイオン電池を対象とする^{※3}。

1 自家消費と収益還元の両立に 有用な仕組み

(1) 自家消費と収益還元の有用性

分散型電源の導入者にとって、自分で発電した電力を消費する自家消費を行いつつ、何らかの収益を得られることは、分散型電源の活用メリットを増やすことにつながる。導入者に収益を還元する方法には、第一に自家消費による収益還元、第二に、自家消費できなかった余剰電力を活用した収益還元が考えられる。

まず自家消費による収益還元について触れたい。太陽光発電の自家消費は、日本の認証制度であるJ-クレジット制度の対象となる。太陽光発電の自家消費は、化石燃料の使用を減らし、温室効果ガスの排出量を削減するため、J-クレジットというカーボンクレジットを創出することができ、収益化につながる。仮に、企業が複数の事業所や住宅に太陽発電設備や蓄電池などを導入し、自家消費分を取りまとめてJ-クレジットにした収益の一部を導入者に還元すれば、導入者に分散型電源の活用メリットを提供できる。

一方、余剰電力を活用した収益は、自家消費できなかった余剰電力を集約して電力会社や電力市場へ提供することで、その収益の一部を導入者に還元することができる。その際、自家消費のための電力の確保や遠隔充電などで自家消費の支援を行いながら、併せて

余剰電力の収益還元を行うことで、導入者にとっては活用メリットを大きくすることができる。この仕組みを導入するためには、アグリゲーターの活躍やそれを支える諸制度が必要である。海外では、低圧の電力網に接続される事業所や住宅の分散型電源も含めた余剰電力の集約とその取引が実用化されている。以下では、自家消費の支援と余剰電力の収益還元、さらに企業連携によってアグリゲーション事業を行っている企業の取り組みを紹介する。

(2) Nuvve社（米国）のAIによる

自家消費の支援と余剰電力の収益還元

Nuvve（ヌービー）社は、再生可能エネルギーでつくられた電力でEVのバッテリーを遠隔充電し、余剰電力を電力系統や電力市場へ提供するアグリゲーターである。同社は、EVを「蓄電池」として活用し、電力系統に接続して相互に利用するV2G（Vehicle-to-Grid）技術で知られている。EVが双方向充電器（10kW）に接続されると、プラットフォーム（GIVe）がバッテリーと電力系統間の電力を動的に管理し、AIを活用して自動的にEVの充放電を制御する。

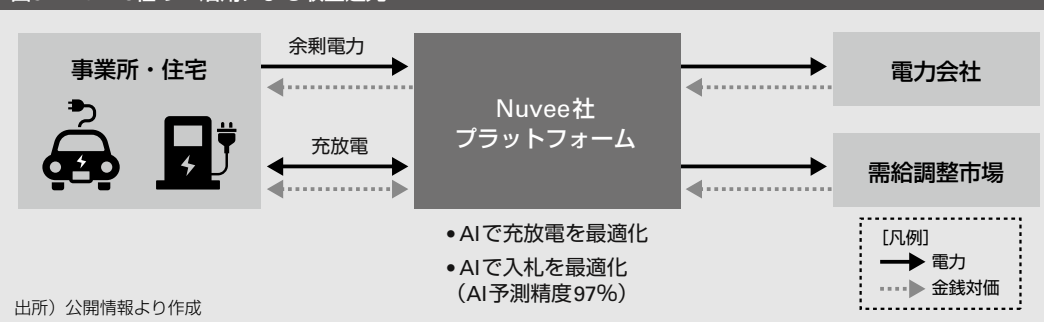
同社は、太陽光発電の自家消費を支援して

いる。充電の際は、走行ルートなどドライバーの行動予測から日常の運転に必要な充電レベルを予測し、秒単位で制御してEVを遠隔充電する。再生可能エネルギーでつくられた電力を優先し、不足する場合は電力系統の電力で充電することで、自家消費を支援する。

一方、自家消費できなかった余剰電力を電力系統や電力市場へ提供することで、EV保有者にその収益を還元する。電力系統に放電する場合は、EVが次の走行に十分な充電があることを確認したうえで放電できる容量を計算し、自家消費を損なわずにEV保有者に余剰電力による収益を還元する（図5）。

余剰電力を調整力として需給調整市場へ提供する場合は、AIを活用して入札を最適化する。バッテリー容量や運転履歴などの車両データ、市場で予想される電力価格と過去の電力価格、ボラティリティ（価格変動の激しさ）の計算などの各種データを使い、入札のタイミングと入札価格を決定する。入札は1日または2日前の予測に基づき、AIによる予測の精度は97%と実証されている。市場取引においても、次の走行に十分な電気が充電されていることを確認したうえで提供できる調整力を計算するため、自家消費を損なわずに余剰電力による収益還元を行う。デンマー

図5 Nuvve社のAI活用による収益還元



クの国営送電事業者エナジーネット（Energinet）は、再生可能エネルギーでつくられた電力を大規模に電力系統に連携しており、Nuvve社から調整力を継続的に調達している。

このようにNuvve社は、自家消費を支援しながら自家消費を損なわずに余剰電力による収益還元を行うことで、分散型電源の活用メリットを提供している。

さらに同社は、その事業を企業連携（合併・協業）によって強化しようとしている（図6）。技術強化のために、V2G充電サービスの開発企業や、ガソリン車をEVに置き換え、V2Gを可能にするフリート・アズ・ア・サービス（FaaS）を行う企業、AIを強化するための企業などの合併会社を設立している。

協業・提携も活発に行い、事業エリアの拡大に努めている。企業や住宅に太陽光発電設備や蓄電池を設置し、VPP参加プログラムを提供するスウェルエナジー、ノルウェーとデ

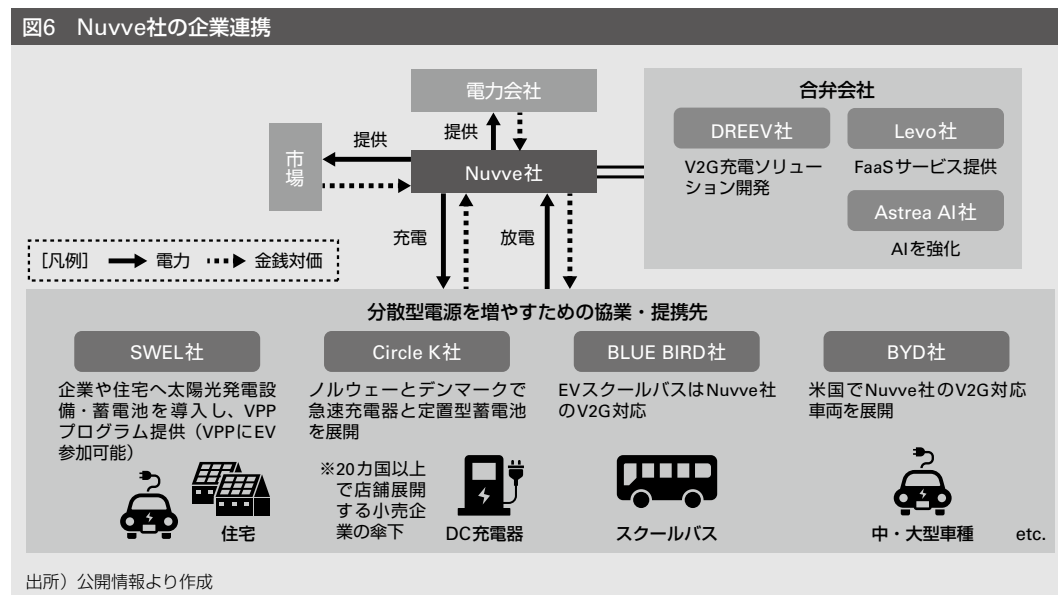
ンマークで急速充電器などを設置しているコンビニのサークルK、バッテリー容量が大きく、ほとんどの時間使用されないスクールバスの保有企業に加え、ブルーバードのEVバスや中国BYDの車両をV2G対応することで協業している。デンマークの水道・ガス事業者のEVを活用して市場に参加した事例では、各EVは平均して年間約2000米ドルの収入を得た。

このように、同社は企業連携によって技術と事業エリアを拡大させている。

2 蓄電池の劣化防止に 有用な仕組み

（1）蓄電池の劣化防止の有用性

分散型電源を活用するために充放電を行う際、可能な限り蓄電池（バッテリー）の劣化を防止できれば、分散型電源を長期間使用することが可能となる。第Ⅱ章で取り上げた生活者への意識調査の結果からも、VPPへの参加意向がある人の約4割弱が蓄電池の劣化防



止を求めていることが分かった。

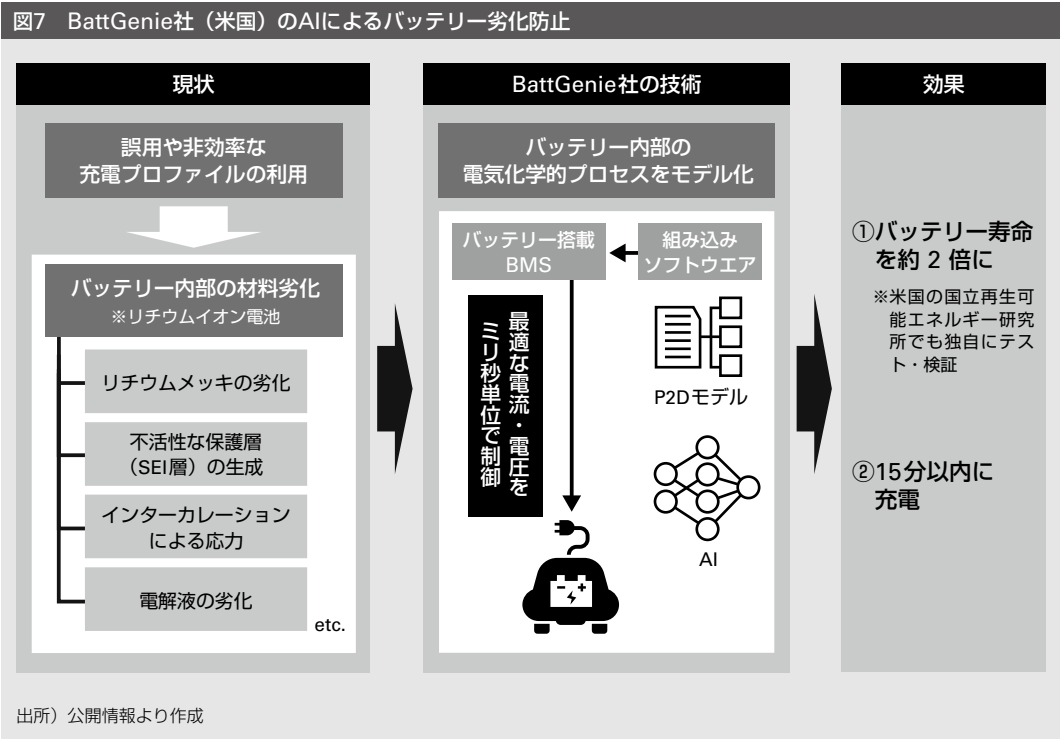
リチウムイオン電池は、リチウムやニッケル、コバルトなどの希少な鉱物資源を使用しており、その調達先も限られているため、企業は地政学リスクを負っている。今後、EVの普及、スマートフォンなどの電子機器での使用、再生可能エネルギーでつくられた電力を分散型電源である蓄電設備に貯めるためなど、さまざまな用途でリチウムイオン電池の需要が高まると予測されるため、リチウムイオン電池の長寿命化が望まれている。

(2) BattGenie社（米国）の
AIによるバッテリー劣化防止

BattGenie（バットジーニー）社は、バッテリー管理システム（BMS）用の組み込みソフトウェアを提供するスタートアップ企業である。バッテリー管理システムとは、バッ

テリーの安全で信頼性の高い動作を保証するシステムのことである。同社の組み込みソフトウェアは任意のバッテリー管理システムと連携でき、蓄電池の劣化防止をしながらバッテリーを15分以内に充電することができる。

同社は、バッテリーの寿命は多くの場合、誤用や非効率な充放電の制御によって、バッテリー内部の材料が劣化するため短くなってしまうと考えている。そのため、同社のシステムはバッテリー内部で起こっている電気化学的プロセスをリアルタイムで分析する。AIと特許取得済みのモデルを活用して、充放電中のバッテリー内部状況を監視し、内部材料を劣化から保護しながら最速で充電するためにどのくらいの電流／電圧が最適なのかをミリ（1/1000）秒単位で判断する。たとえば、充電レベルが劣化を防止するための電圧の閾値を超えて過電圧と判定される場合、即



座に電圧を下げて内部材料を劣化から守りながら最速で充電する。

同社の実験結果によれば、同社の充電制御は、標準的な制御と比較して、バッテリー寿命を約2倍向上させることができたという。米国の国立再生可能エネルギー研究所でも独自にテストされ、検証されている（図7）。同社の主要顧客は自動車や携帯電話、家電などのメーカーだが、将来的には、大規模な貯蔵システムやバッテリーの再利用など、その他の市場展開も視野に入れている。

以上、分散型電源の活用メリットを提供するために、自家消費と収益還元の両立、蓄電池の劣化防止の二つの仕組みを概観した。企業がこれらを同時に行えば、導入者は分散型電源の活用メリットを受ける期間が長くなる。企業にとってはこれらの仕組みの構築が事業機会となる。

次章では、希少資源を使う分散型電源の導入・活用を継続させる好循環をもたらし、分散型電源を資源循環させることができるのかどうかについて、第Ⅲ章と同様にEVバッテリーを取り上げて考察する。

Ⅳ 分散型電源の使用後： 再利用の効率を上げる仕組み

1 増える使用済みバッテリー

リチウムイオン電池のバッテリー平均耐用年数は8～10年程度である。耐用年数を経過したバッテリーは順次、寿命を迎えることになる^{注4}。

2023年に公開された国際クリーン輸送協議会（ICCT）の推定によると、世界中でプラ

グインハイブリッド車（PHEV）と、小型・大型の100%電気で動くバッテリー式電気自動車（BEV）の使用済みバッテリー数は、2030年に120万個、2040年に1400万個、2050年に5000万個に達する^{注5}。

2 バッテリーの 資源循環に有用な仕組み

（1）資源循環における再利用の有用性

使用済みバッテリーは希少な鉱物資源を使っている。EV原価の上昇を抑制するためや、バッテリー廃棄量を削減し、鉱物資源の採掘に伴う環境負荷を軽減するためにも、使用済みバッテリーの適切な処理と資源循環の仕組みづくりが急務となる。

使用済みバッテリー資源の処理方法には、再利用、リサイクル、廃棄して埋め立ての三つがある。環境と製造において最も負荷が少ないのは再利用である。リサイクルは、バッテリーを分解してリチウムなどの資源を回収・利用する作業が必要になるが、再利用はそれが不要である。

ICCTの試算によると、使用済みバッテリーの半分以上を蓄電設備に再利用すれば、再利用資源で2030年には96GWh、2040年には3000GWh、2050年には1万2000GWhの蓄電容量を確保できるという。そのインパクトは揚水発電の蓄電容量と比較すると分かりやすい。揚水発電の蓄電容量は、2020年で約8500GWhである。揚水発電は、世界の蓄電容量の9割を超え、再生可能エネルギーの導入拡大に伴い、調整力としての役割が期待されている。もし、使用済みバッテリーの半分以上を再利用すれば、再利用で確保できる2050年の蓄電容量は、2020年の揚水発電の蓄電容量を超える。

EVバッテリーの再利用用途は、家庭用蓄電池、充電ステーションの蓄電システム、街灯、電気ボートへの搭載など小規模なものから、工業用地の蓄電池や再生可能エネルギーによる電力供給のバランスを取るための蓄電池のように中・大規模なものまである。

(2) バッテリー再利用の課題

使用済みバッテリーを資源循環する事業は、分散型電源の下流ビジネスとなる。しかし、バッテリー再利用の工程にはいくつかの課題が指摘されている（図8）。

一般的な再利用の工程は、バッテリーの回収、輸送、検査、選別と再組立、再利用の順

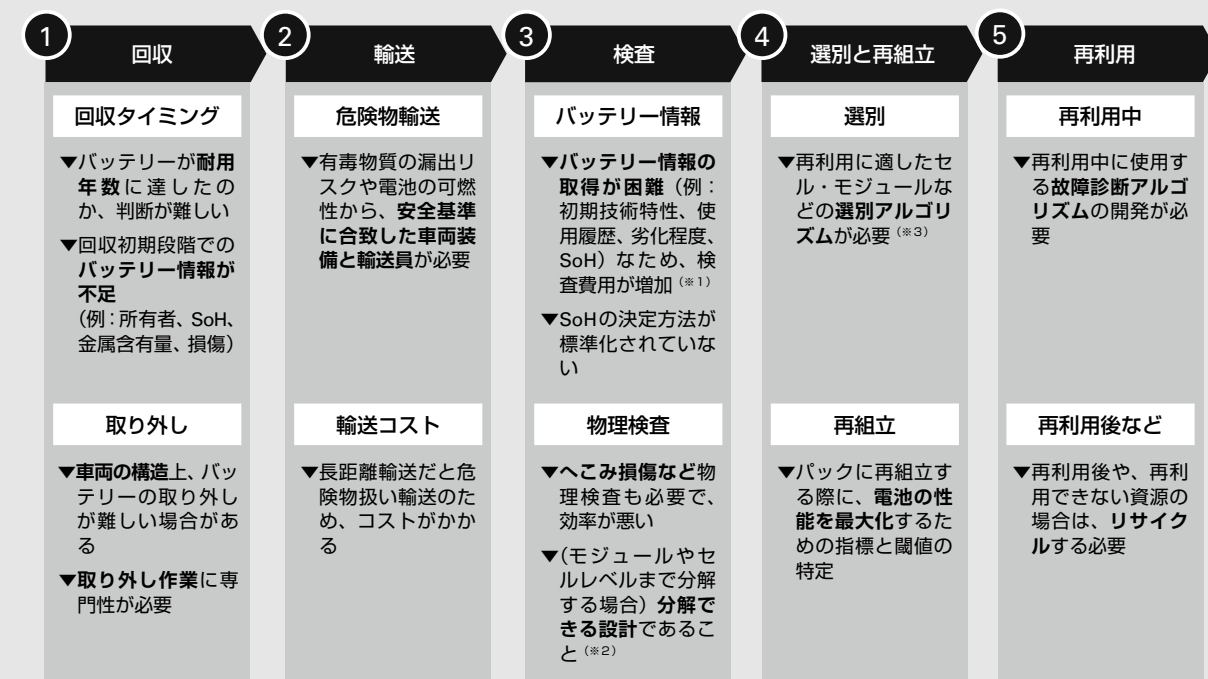
に進む。この工程を効率よく回し、再利用にかかるコストを下げる必要がある。特に、回収や検査の段階でバッテリー情報が取得しにくいことや、バッテリーの中から使える部分を抽出して効果的なバッテリーに再組立をする必要性が指摘されている。

デジタル技術を活用して企業間連携を行い、再利用の工程で効率性と品質を上げることが必要となる。

(3) Circunomics社（独）のAIとデジタルツインによるバッテリー再利用の効率化

Circunomics（サークノミクス）社は、EU

図8 バッテリー再利用プロセス上の課題



※1 バッテリー情報は、初期技術特性（公称電圧、容量、化学組成）、劣化程度、残存容量、SoH、電池の設計、使用履歴など。SoHはBMS経由でバッテリー使用履歴データ（充電履歴、平均温度、リタイア理由、平均充電状態など）を参照して判断できるが、専用ソフトウェアと権限が必要。バッテリー情報はEVメーカーから再利用センターへの情報提供が義務づけられていないことが多い

※2 電池の分解は、車載電池の設計が多様多様なため複雑

※3 電池パックのセルやモジュール間のばらつきは、電池パックの性能に悪影響を与える。効果的な選別（類似した電気化学的特性を持つ電池の選別）と再グループが必要

出所）“Scaling up reuse and recycling of electric vehicle batteries: assessing challenges and policy approaches”（ICCT）を基に作成

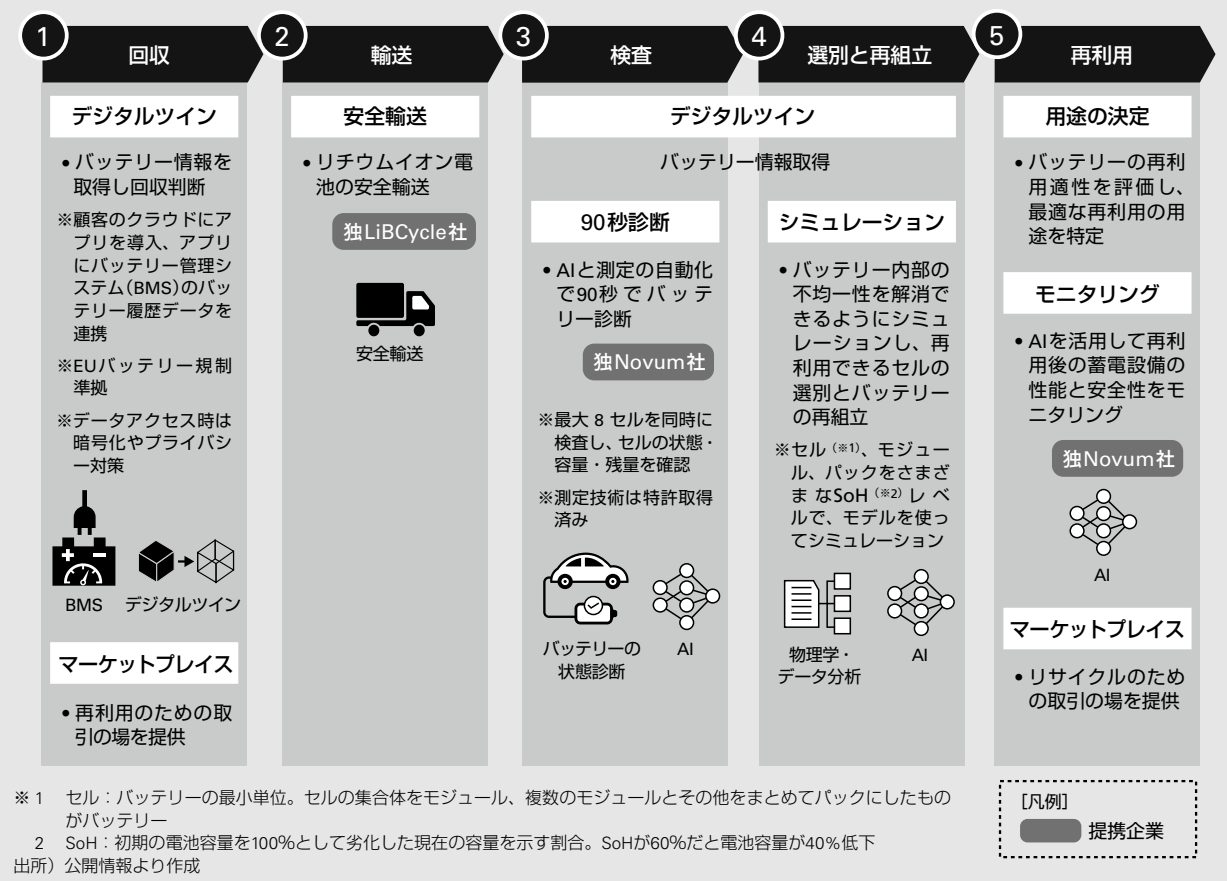
とドイツ政府から資金提供を受けた、使用済みバッテリーの再利用を行うスタートアップ企業である。同社は、使用済みバッテリーの状態を分析する機能と、使用済みバッテリーのマーケットプレイスの二つの機能を提供している。

同社は、使用済みバッテリーは残容量が高く、再利用で何年も使用できる点に着目している。最初の用途がEVバッテリーの場合は、さまざまな温度や走行条件で使用され、ときには急速充電されるなど過酷な環境下で使用されることになる。一方、太陽光発電の蓄電池として再利用する場合、バッテリーは急速で極端な充電条件に耐える必要はない。

顧客企業が自社のクラウドに導入した同社のアプリケーションにバッテリー履歴データを連携すると、同社がそのデータを基にデジタルツインを構築してバッテリーの状態を分析し、第一寿命が来て回収に適した状態かどうかを分析する（図9）。

同社は、輸送や検査などの工程で企業と協業している。輸送では、安全規制を遵守するため、ドイツのリチウムイオン電池輸送の専門企業LiBCycle社と協業している。検査では、完全に自動化された検査手順を持つドイツのNovum社と提携することで、検査の生産性を飛躍的に向上させている。Novum社は、AIと特許取得済みの測定技術を活用し

図9 Circunomics社のAI・デジタルツインを活用したバッテリー再利用



て、90秒でバッテリーの状態・容量・耐用年数の情報を取得することができる。

検査完了後、同社はAIとモデルを活用して電池性能のシミュレーションを行い、バッテリー内部の不均一性を解消できるようにセル（バッテリーの最小単位）を選別し、バッテリーの再組立を行う。このシミュレーションによって、EV業界ではリチウムイオン電池の劣化が車両性能に与える影響を評価し、バッテリー管理システムを微調整できるとする。

再利用できる期間（第二寿命）を予測して再利用用途を決定し、再利用後は、その蓄電設備の性能と安全性をAIモニタリングすることもできる。資源が再利用に適していないと判断した場合や、再利用後の資源については、マーケットプレイスで専門のリサイクル会社に提供している。

同社は、2023年には279MWhの蓄電容量を取引した。同社は、世界のEVが2030年に累計2～3億台に達し、毎年約600万個の使用済みバッテリーが増加すると予測し、資源循環の方法として再利用が有用と判断している。そのため、EV以外にもトラックやバス、船舶や航空機、マイクロモビリティのバッテリーなどを再利用の対象とし、2026年には蓄電容量を3GWh以上に増やすことを目標としている。

V 分散型電源を ビジネスにするために

分散型電源の導入・活用・使用後の各段階で事業機会を得るために、第Ⅰ章で述べた課題を解決する必要がある。

①分散型電源の導入

住宅で分散型電源の導入が進むのかが懸念された。生活者には分散型電源の導入に関心があり、導入に向けた後押しの仕組みを構築することが必要である。

②分散型電源の活用

企業は、分散型電源の導入者に対し、活用メリットを提供することが重要であることを示した。この点については、自家消費を推進しながら、自家消費自体と余剰電力の活用で得た収益を還元する仕組みや、余剰電力を活用する際に蓄電池の劣化防止を同時に行う仕組みを検討することが重要である。

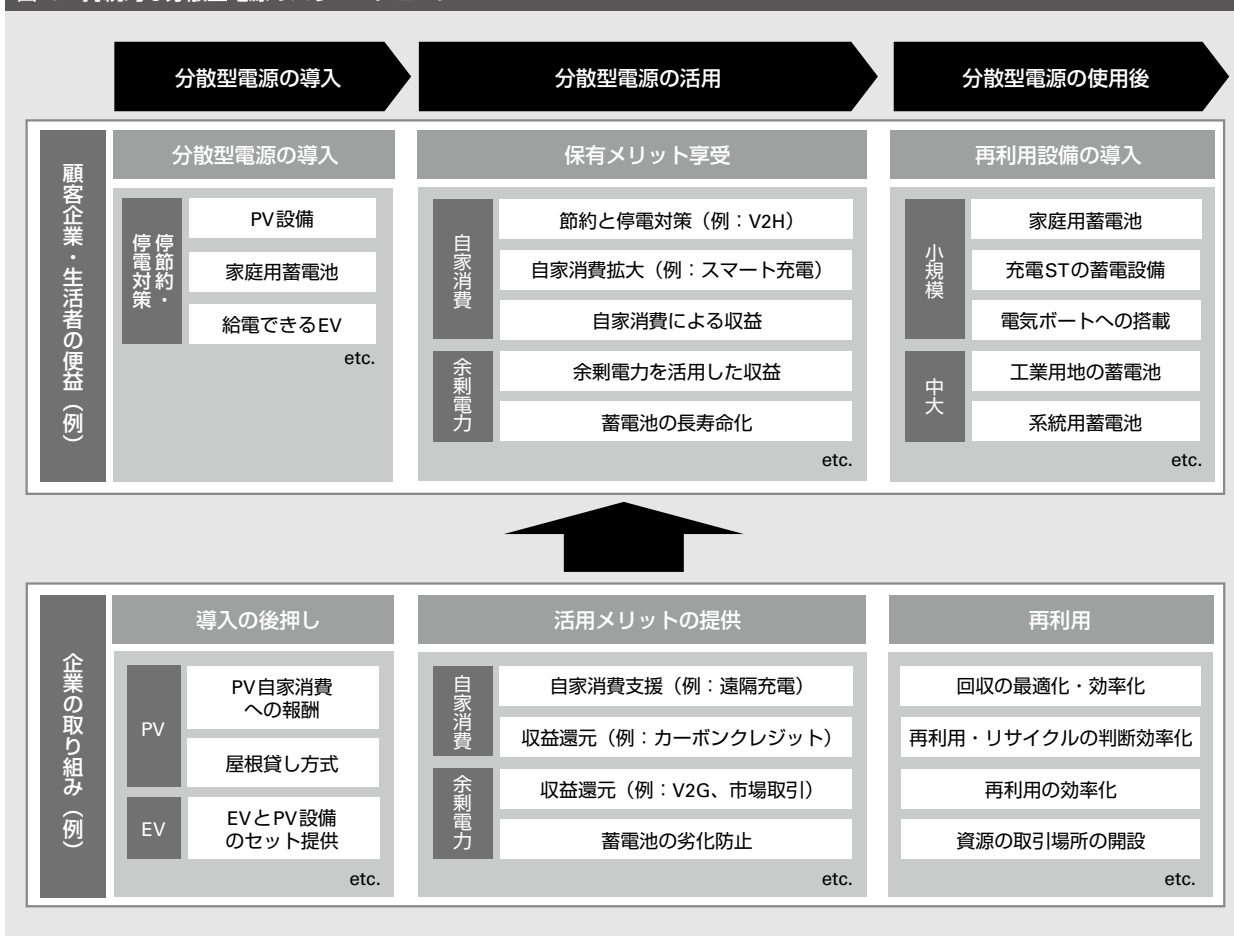
③分散型電源の使用後

分散型電源の価格上昇と環境負荷の双方を抑制するため、増加する使用済みの分散型電源を資源循環させる仕組みを構築することが課題であると指摘した。この点については再利用の工程を効率化することで、使用済みの分散型電源を再利用できる可能性があることが分かった。

これらの課題を解決することで、分散型電源の導入・活用・使用後のすべての段階が事業機会となる（図10）。特に、活用と使用後における課題については、AIなどデジタル技術の活用と企業間連携が重要な成功要因となっている。

第Ⅰ章で見たように、日本でも再生可能エネルギーを拡大するために、分散型電源を活用できる制度や市場が整ってきており、分散型電源に関する政府のGX支援を活用することも可能である。

図10 持続的な分散型電源のバリューチェーン



東京都や川崎市といった地方自治体では、2025年から新築住宅に太陽光発電を義務づける方針である。電力会社が一定価格で余剰電力を買い取る固定価格買取制度（FIT）では、一般家庭に設置されることが多い容量（10kW未満）の太陽光発電の場合、買取期間の10年を過ぎた卒FIT電源については、その余剰電力の買取先は各自で探さなければならない。さらに、発電設備の導入年度により買取価格は下落傾向にある。そのような中、分散型電源による自家消費を支援しながら収益還元を行う仕組みは、導入者に活用メリットを提供できる。

企業が再生可能エネルギーの拡大にかかわる事業戦略を立てるならば、日本の再生可能エネルギーを拡大する手段の一つが、分散型電源の活用である。再生可能エネルギーで発電したり、その電力を蓄電したりできる分散型電源を事業所や住宅などに導入することは、自然環境や生活環境を損なわずに再生可能エネルギーを拡大することにつながる。

企業は、分散型電源の導入・活用・使用後のどの段階でも事業創出に挑戦ができる。日本企業が事業において住宅の分散型電源も取りこぼすことなく活用することで、日本の再生可能エネルギー拡大につなげることが期待

される。

注

- 1 5種類の調整力は、調整力の提供依頼に対しての「応動時間」(10秒以内から45秒以内など5段階)や提供する「継続時間」などが異なる
- 2 「地球温暖化防止に貢献する発電・蓄電設備、電気自動車の導入意識」
 - ・調査方法：インターネットアンケート
 - ・対象：全国の戸建て住宅と車の双方を世帯で所有する20～60代の男女個人
 - ・有効回答数：3,131人
 - ・実施時期：2023年10月6日～11日
 - ・割付方法：2020年国勢調査（調査時点の最新）の結果を補正した2022年10月1日版の人口推計（総務省）を基に地域・年代・性別の組合せで人口動態割付（年代は10歳刻みで区分）
- 3 将来的に可能性のある固体電池やナトリウムイオン電池などは不確実性が高いため、本稿では扱わない

- 4 IEAは、“Global EV Outlook 2024” (April 23, 2024) で、2023年の世界におけるBEVと、PHEVの新車販売台数の合計の実績は約1,400万台、2030年には約4,500万台に増加すると予測している。毎年販売されるこれらのEVが使用済みバッテリーを生み出していく
- 5 Alexander Tankou, Georg Bieker, and Dale Hall “Scaling up reuse and recycling of electric vehicle batteries : assessing challenges and policy approaches” ICCT (February 16, 2023) <https://theicct.org/publication/recycling-electric-vehicle-batteries-feb-23/>

著者

佐野則子（さののりこ）

野村総合研究所（NRI）システムコンサルティング
事業開発室エキスパートコンサルタント

専門はGXを中心とするデジタルを活用した社会課題解決の提言・実行支援、新事業創出支援・業務改革支援など