



蓄電池によるグリーン

トランスフォーメーション(GX)

アジェンダ2ー系統用蓄電池の市場動向

アジェンダ2ー系統用蓄電池の市場動向

1. 系統用蓄電池が求められる背景	3
1-1 再エネ大量導入に不可欠な蓄電池	3
1-2 系統用蓄電池への期待	3
1-3 系統用蓄電池の特徴	3
2. 系統用蓄電池ビジネスへの参入動機	5
2-1 長期間で安定した収益源の獲得	5
2-2 分散エネルギービジネスに不可欠なケイパビリティの獲得	7
2-3 デジタル技術による事業創出	7
3. 系統用蓄電池ビジネスの参入課題	8
3-1 蓄電池ビジネスの障壁	8
3-2 投資計画・運用計画の策定	9
3-3 運用体制の構築	9
3-4 パートナーの選定	9
4. PwCが提供するサービス	10
4-1 PwCの系統用蓄電池向けサービス	10
4-2 PwCの強み	10



1. 系統用蓄電池が求められる背景

現在、脱炭素社会の実現に向けて、世界各国でエネルギー転換が求められている。エネルギー転換とは、従来型の化石燃料をもとにした中央集権型の電源から再生可能エネルギー（以降、再エネと表記）を主力とした分散型電源にシフトしていくことを指しており、このエネルギー転換において必要不可欠なキーデバイスとして蓄電池が注目されている。

1-1 再エネ大量導入に不可欠な蓄電池

2021年に閣議決定された第6次エネルギー基本計画では、再エネの割合を野心的な目標で約36～38%まで成長させることが明記されており、さらに再エネの導入を推し進めていく計画となっている。これまで、天候に左右されて出力が変動する再エネに対して、既存電源（火力発電等）をコントロールすることで電力需給をバランスさせてきたが、第6次エネルギー基本計画を受けた再エネのさらなる導入に向けては、既存電源によるコントロールだけでは対処し切れなくなることが想定される。この対策として、送配電設備の新設・増強の他に、電力の需要と供給を補完する調整機能を確保していくことが不可欠となる。この調整機能を担う技術として、再エネの拡大に合わせて段階的に設置・拡大が可能な蓄電池が有望なデバイスとして期待されている。

1-2 系統用蓄電池への期待

蓄電池は、需要家側に設置される蓄電池と系統側に直付けされる蓄電池に大別される。需要家側に設置された蓄電池を集約して調整力として活用する期待はあるが、需要家側リソースに関しては制度上の課題、運用性や運用コストの課題があるため、この活用には未だ一定の時間を要する見込みである。一方で、系統側リソースとなる系統用蓄電池は、10MW以上の大型蓄電池を発電事業として取り扱うといった法整備が進められ、制度上の位置づけが明確となった点や、需要家に左右されずにコントロールできる点で、優位な運用性を有している。また、蓄電池が有する出力応答は秒単位と高速であり、この能力をマネタイズできる需給調整市場の開設が後押しする形で、系統用蓄電池の普及拡大に拍車がかかっている。

1-3 系統用蓄電池の特徴

現在、日本の電力システムでは、主に揚水発電と火力発電が調整力を担っている。今後、系統用蓄電池で既存の調整力を無秩序に置き換えるのではなく、既存の調整力を補完する形で一定の割合が徐々に置き換えられることにより、多様な調整力を確保できるようになることが重要である。

揚水発電¹

揚水発電は余剰電力を使って貯水池に水をくみ上げ、電力が不足する場合には発電を行うことで調整力として電力の余剰・不足に対応する調整力である。また可変速揚水では、系統不安定に対応する高速な応動も可能となる。しかしながら、山間部にダムをつくる揚水発電所は設置場所が限られ、今後、新設できるエリアが多くない点、建設期間を要する点、土木工事を伴う建設費が高いという点で、新規での開発が困難な電源となっている。

系統用蓄電池にも設置場所の制約はあるものの、揚水発電よりも多くの地点で蓄電池を設置できる可能性があり、新規で投資・設置される蓄電池は調整力の普及拡大を担える分散型リソースである。

火力発電

火力発電は、瞬間的な周波数の変化に耐えることができる調整力を持っている重要な電源である。近年、世界的な脱炭素の潮流から水素等を活用したクリーンな発電に移行する必要がある一方、2030年における火力発電の水素混焼の目標は30%程度であり、火力のゼロエミ化には時間がかかるという課題を抱えている。また、火力発電は燃料調達先の地政学リスク等から調達量の減少・価格の高騰など、燃料調達の不安定さという課題も抱えている。

¹ 科学技術振興機構低炭素社会戦略センター「日本における蓄電池システムとしての揚水発電のポテンシャルとコスト」(技術開発編、Vol.4等を参照)(2022年10月)
<https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/change-in-electricity-generation-in-the-stated-policies-scenario-between-2021-and-2030>

系統用蓄電池

系統用蓄電池は、既存電源には、その技術実績・規模の大き
さで優位性が残るものの、系統用蓄電池には、新設で増加さ
せることができる調整力としての魅力がある。また、蓄電池に
は充放電の指令を受けてミリ秒単位で充放電を行う技術があ
ること、遠隔にある大規模な既存の調整力よりも系統の潮流
改善効果があることなど、技術面での優位性もあり、系統安
定化に蓄電池が大いに貢献できる可能性があることも、大き
な特徴である。なお、放電・充電に係るコスト面では充電時に
間接的に購入する電力価格が燃料価格の影響を受けるもの
の、再エネの拡大に伴い、充電量に占める再エネ割合が高ま
るにつれて、燃料価格の変動の影響は抑えられ安定的な供
給に貢献する。



2. 系統用蓄電池ビジネスへの参入動機

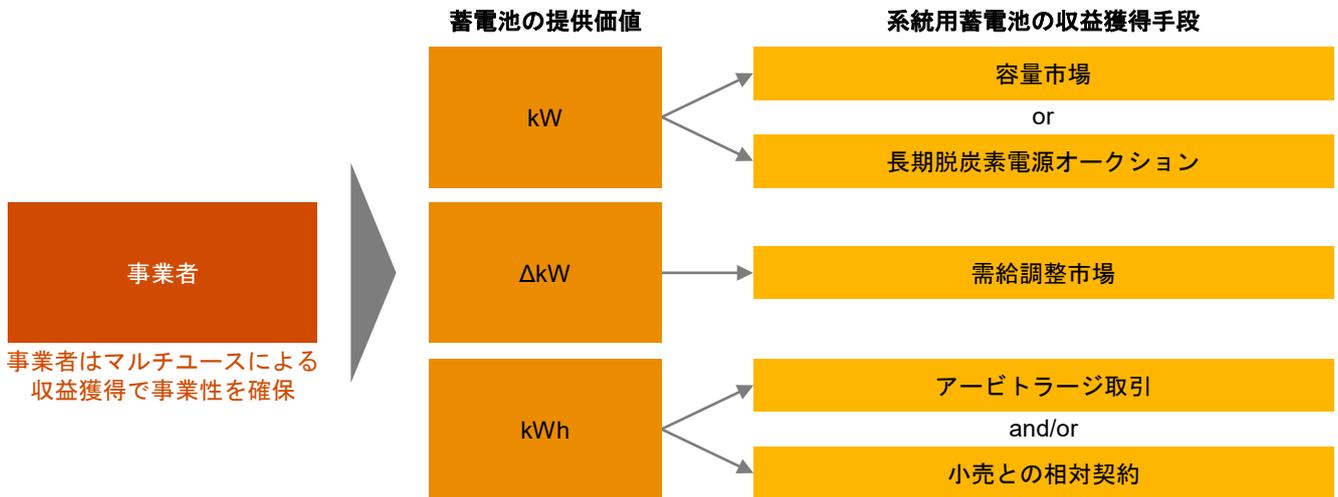
事業者の系統用蓄電池ビジネスへの参入動機として想定されるのは、以下3点のメリットの享受である。これらについて以下、詳細を確認する。

- 長期間で安定した収益源の獲得
- 分散エネルギービジネスに不可欠なケイパビリティの獲得
- デジタル技術による事業創出

2-1 長期間で安定した収益源の獲得

日本においても系統用蓄電池の普及に向けて、さまざまな制度や収益源となる市場取引を確立すべく、官庁の委員会などで具体的な議論が進められている。これらの制度・市場取引を最大限に活用することにより、系統用蓄電池が長期的に安定した収益源を得られるビジネスとして成立しつつある。

図表1: 系統用蓄電池の収益獲得イメージ



容量市場(kW)²

容量市場とは、将来の供給力(kW)を確保するための市場であり、日本でも2024年からkWとkWh、ΔkWの価値が分離されることとなる。実際には容量市場の落札電源と約定価格は実需給年度の4年前に実施されるオークションにて決定されている。蓄電池は、制度内で「発動指令電源」として位置づけられ、指令発動時に契約DR(Demand Response)量の供出を約束することで収益を得ることができる。今後、蓄電池は「発動指令電源」から「安定電源」に位置づけが変わることも検討されており、「安定電源」としての役割を担うことが期待される。

長期脱炭素電源オークション(kW)³

脱炭素電源への投資の促進を目的として、脱炭素電源への新規投資を対象とした入札制度(名称「長期脱炭素電源オークション」)の2023年度導入に向けた制度設計が進められている。本制度は、容量市場の「特別オークション」枠として位置づけられるものであり、電源区分も現行の容量市場と同様に「安定電源」・「変動電源」の登録区分に分けられている点や、リクワイアメント・ペナルティの内容も原則として容量市場を適用しつつ制度趣旨を踏まえた追加点を加えている点など、容量市場をベースとした制度設計となっていることが特徴である。

具体的な制度内容としては、脱炭素電源を対象に電源種混合の入札を実施し、落札電源には、固定費水準の容量収入を原則20年間得られることとすることで、巨額の初期投資の回収に対し、長期的な収入の予見可能性を付与するというものである。ただし、卸電力市場や需給調整市場などの他市場で得た収益(収入－可変費)については、原則として9割を還付することとなる。事業者にとって、長期的な収支や事業リスクの評価を可能とする長期脱炭素電源オークションへの参加は、蓄電池投資に対する選択肢の1つとなる。

なお、長期脱炭素電源オークションにおける蓄電池の最低落札容量は10MW、発電可能時間3時間以上が求められることとなっている。また、落札年度から4年後の年度末までの供給力提供開始期限が設定されることとなっている。

需給調整市場(ΔkW)⁴

需給調整市場とは、2016年以降、各送配電事業者が「調整力公募」として調達してきた調整力(ΔkW価値)を「需給調整市場」という全国一体的な市場で取引するという制度である。現在、5つの商品のうち、三次調整力の2商品が需給調整市場を通じて取引されており、2024年に一次調整力の1商品、二次調整力の2商品を含めた全ての商品の取引が開始する。従来型の調整電源(揚水発電、火力発電)だけでなく、系統用蓄電池が、これら一次調整力から三次調整力までの各商品の参加要件(応動時間、最低容量等)を満たすことで、需給調整市場での取引に参加することが可能である。

アービトラージ取引(kWh)

アービトラージ取引(裁定取引)とは、電力価格が安い時点で電力購入して蓄電池へ充電、その後、電力価格が高い時点で放電し売電することで収益を得る方法である。蓄電池は他電源と比較して、電気を充電できるという特性を備えていることから、その特性を利用した収益の獲得方法となる。日本では日本卸電力取引所(JEPX)を通じて卸電力の取引が実施されており、JEPXを通じてアービトラージ取引を実施していくことによって、蓄電池を利用した収益獲得が可能となる。

小売電気事業者との相対契約(kWh)

小売電気事業者との相対契約による電力販売も、系統用蓄電池の収益源となる可能性がある。系統用蓄電池の事業者から相対契約で一定価格での電力供給を受けることで、小売電気事業者は、電力の卸売価格の上昇リスクの低減やインバランス料金の削減メリットを享受できる可能性がある。

² 経済産業省「容量市場について」2022年4月25日

³ 経済産業省「長期脱炭素電源オークションについて」各種資料

⁴ 配電網協議会「需給調整市場の概要・商品要件」2022年4月1日

経済産業省「蓄電池産業の競争力強化に向けて 制度・ルール・標準／需要拡大・国際展開」2022年3月28日

2-2 分散エネルギービジネスに不可欠なケイパビリティの獲得

今後の電力事業参入企業に求められるケイパビリティ

2012年以降、固定価格買取制度(FIT)の開始によって、商社やその他専門業者をはじめとした多数の企業が電力事業へ参入した。FITやその後開始されたFIP制度では、発電された電力は基本的に全量買い取りを前提としており、特に供給オペレーション面で必要とされるケイパビリティは必要なかったと言える。

しかし今後、PPA(電力販売契約: Power Purchase Agreement)やVPP(仮想電力発電所: Virtual Power Plant)といった脱炭素に向けて拡大していく電力ビジネスにおいては、参入プレイヤーには運用の知見・ノウハウや運用するための技術(システム)が要求されることとなる。これは本来的に、電力の供給事業に参入する事業者求められるケイパビリティであると言える。具体的には、系統用蓄電池事業においては、前述のとおり収益性を確保するにあたってマルチユースによる収益確保が必要となる。そのためには、需給調整市場の商品要件に対応し、それぞれで発動指令がきた際には応答できるようなシステムの構築、マルチユースを前提とした運用方法に関する知見が事業者へ要求される。

系統用蓄電池で得たケイパビリティの横展開

需給調整市場への対応等、従来型電源以外のリソースで系統用蓄電池が初めてマルチユースでの運用(市場取引)を開始することとなる。この知見・ノウハウ(運用実績)は、次に需要家設備や蓄電池といったさまざまなリソースを同時に制御して市場取引等に打って出るVPPのようなビジネスに応用されていくものと考えられる。例えば、現在、小規模の蓄電池においてデジタルを活用することで同時制御するバッテリーマネジメントシステムの開発が進められている。

系統用蓄電池とは異なり、需要家側リソースを需給調整市場などへ供出するには、供出できるタイミング・供出量でも制限があり、確実にマネタイズしていくには市場への深い洞察・運用経験が求められる。つまり、エネルギー業界でビジネスを拡大するには、系統用蓄電池でマルチユースを前提とした運用経験、市場取引等の知見・ノウハウを獲得することが不可避となる。

2-3 デジタル技術による事業創出

海外の電力市場では、デジタルディスラプターと呼ばれるデジタル技術を活用した先進的なサービスを開発するベンチャー企業が多数台頭し、規模を拡大しているプレイヤーがいる。今後、日本のエネルギー転換に向けても、分散型リソースでマネタイズを狙うデジタルディスラプターが台頭してくる可能性がある。

既存電源(揚水、火力)が存在する中、系統用蓄電池のような分散型リソースで市場参加できるかどうかは、本質的には、レガシーシステム(制御系)に対して、AIや大量データ処理を扱う「デジタル技術の優位性」を示せるかの勝負となる。例えば、系統用蓄電池の運用ケースでは、蓄電池の劣化等の蓄電池の特性を考慮して、複数の市場から収益最大化を図る運用計画の策定が必要になる。この運用計画策定を精緻化するには、さまざまなデータを収集し、データから運用法則・知識を獲得して運用計画に反映していくことが必須となり、デジタル技術を試行錯誤で活用しながら運用実績を高めていくことになる。

結果的に、系統用蓄電池ビジネスに取り組む事業者がデジタルディスラプターとして、エネルギー業界に不可欠なプレイヤーとして急成長していくものと考えられる。

3. 系統用蓄電池ビジネスの参入課題

系統用蓄電池ビジネスに新規参入していくには、いくつか留意すべき問題・課題が存在する。

3-1 蓄電池ビジネスの障壁

事業の前提となる適地の確保

系統用蓄電池を設置するにあたっては、用地によって造成費などのコストが大きく異なること、蓄電池を輸送する車両が通れるルートに制限があることなどから、蓄電池を設置できる用地が限定される。また、日本では系統上の制限があることから、系統に接続するにあたって送配電事業者との連系協議が必要となる(後述)。なお、2024年より開始予定の「発電側課金制度」では、発電側、つまり系統用蓄電池事業者にも系統費用負担が求められることとなる。本制度では、需要地近郊などの送配電設備の追加増強コストが小さい地域へ接続する電源について、発電側の基本料金の割引が適用されることが検討されている。今後、参入を検討する事業者は、これらの課題を踏まえて、用地を確保することが求められる。

系統連系協議に係るコスト・期間の考慮

系統用蓄電池を含む発電設備を接続するにあたっては、送配電事業者と連系協議を実施する必要がある。系統の空き容量による追加増強工事等の有無などによるものの、一般的には系統接続まで数カ月以上を要することに加え、系統の増強に必要な費用を工事費負担金として事業者が負担することとなる。つまり、事業者は、系統連系に要する協議期間や工事費負担金の不確実性を見込んで事業参入することが必要となる。

最適な蓄電池調達

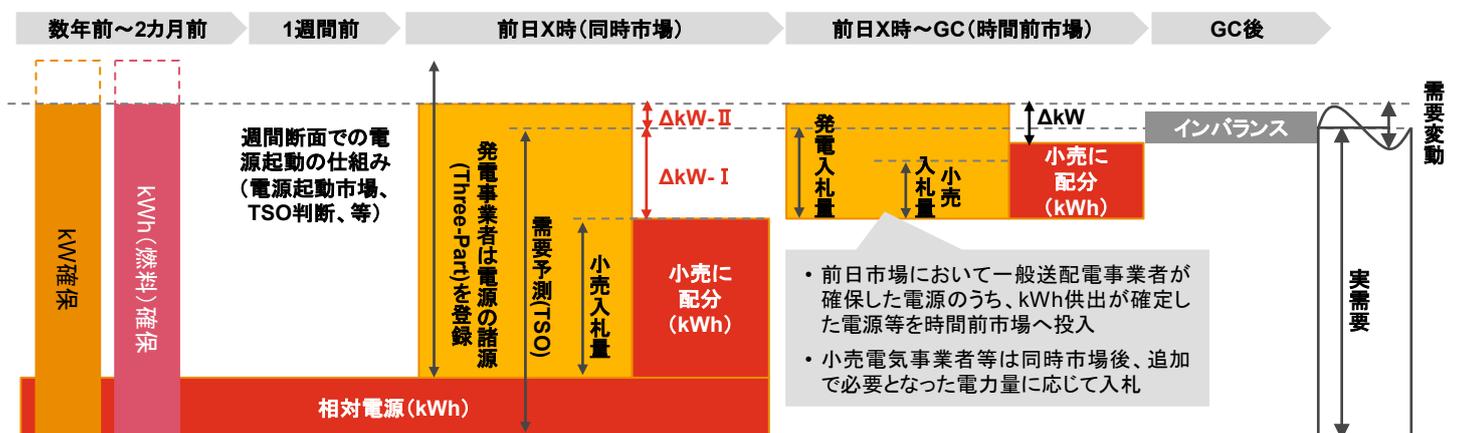
昨今、EVをはじめとする蓄電池活用への需要が高まっている

ことに伴い、世界中で蓄電池の需要が大幅に増加している。このため、現状は売り手有利で、小規模での調達では納期や価格交渉面で不利に働くこともあり、蓄電池ビジネスを行う事業者にとって大きな課題となっている。この課題に対して、能動的に蓄電池調達の upstream に働きかけていくこと、また、EVのリユース・リサイクルへ関与していくことで、安定的な蓄電池の確保が求められているところである。

制度・市場取引ルールの変更への対応

今後も市場・制度の変更が予定されており、市場・制度の変更により系統用蓄電池ビジネスの収益性は変化し、運用面の変更を余儀なくさせられる。例えば、現在、検討がなされているJEPXと需給調整市場とを統合する「前日同時市場」の創設は影響が大きいと考えられる。前日同時市場は、前日段階でのTSO予測需要と小売調達需要の差を含めて確保することを狙って、「Three-part offer (①ユニット起動費、②最低出カコスト、③限界費用カーブ)」を導入し、「 $\Delta kW - I$ 」(インバランス想定分)、「 $\Delta kW - II$ 」(ゲートクローズ後の最終的な需給変動対応)、「 $\Delta kW - III$ 」(ゲートクローズ前の再エネの変動対応)に、調整力区分を分けて電源確保を最適化するものである。この前日同時市場の創設で、市場取引のルールが変わるだけでなく、蓄電池ビジネスで想定されるJEPXと需給調整市場の価格が高い方に応札する運用最適化は、JEPXと需給調整市場の統廃合により不要となるなど、前日同時市場に合致した運用方法に変えることが求められる。⁵

図表2: 現在検討中の前日同時市場イメージ⁵



$\Delta kW - III$: 上記の図では、記載していないが、GC前の再エネの再エネ(FIT特例①及び③)の変動対応に必要な調整電源のこと

⁵ 第2回 あるべき卸電力市場、需給調整市場及び需給運用の実現に向けた実務検討作業部会資料4「あるべき市場のしくみについて」2022年10月4日

3-2 投資計画・運用計画の策定

第2章で述べたとおり、日本でも系統用蓄電池の収益源となる市場が開設されようとしている。一方で、事業者はこれらの収益源を組み合わせることで最適な運用計画を策定する必要があるが、市場が形成段階であることから市場価格の見通しが難しいこと、収益源の多様化に伴いシミュレーションが複雑化することが課題となると想定される。

具体的には、発動指令電源として需給調整市場に参入していくか、参入するにあたってどの商品を選択していくかといった計画に沿って充放電計画を定める必要があり、新規参入する事業者にとって、この充放電計画の策定は事業上大きなハードルになると考えられる。他にも、事業者は投資計画を策定する際に、劣化率や市場から得られる収益などのパラメータを定め、いくつかのシナリオでシミュレーションを行う必要があるが、これから立ち上がる市場であることから市場価格についてはバックログがなく見通しが難しく、制度動向や参入するリソース数によっても変化することから、シミュレーションが困難であると考えられる。

PwCコンサルティング合同会社（以下、PwCコンサルティング）では、卸・需給調整・容量市場などの市場価格の見通し提供や、マルチユースを前提としたいくつかのシナリオを想定した投資・運用計画のシミュレーション策定や事業性評価に対する支援を提供することができる。

3-3 運用体制の構築

第2章でも触れたとおり、今後脱炭素に向けて拡大していく電力ビジネス（PPA、VPP等）では、全量買い取りであったFITでの取引から市場取引のみへと変わるため、参入プレイヤーは運用の知見やノウハウ、運用のための体制構築が要求される。蓄電池の運用では、市場価格を予測するAIやデジタル技術の活用によって、複数の市場（卸・需給調整・容量市場など）の価格を考慮した最適な運用を行うことが差別化要素になると考えられる。事業者は、外部の運用代行サービスに運用を委ねるか、差別化を図るために自社での運用体制を構築しシステムを用意するか、どちらが自社にとって適切かを検討していくことが必要となる。

3-4 パートナーの選定

蓄電池事業は投資、EPC、システムなどさまざまな機能が求められることから、一社での実現は困難であると言える。そこで、事業者は製造からリデュース・リサイクル・リユースまでのバリューチェーンの中で最適なパートナーを見つける必要がある。さらにパートナー選定の際には、グローバル全体でパートナー候補企業を発見し、その企業が持つケイパビリティを考慮した上で、自社の持つケイパビリティとの親和性や、パートナー関係構築の定性・定量的なメリットを評価した後も、実際の交渉まで、あらゆる手腕が求められることとなる。

PwCは、これまで事業パートナー選定支援やM&A支援を行ってきた実績から、幅広い企業とのリレーションを活用したパートナー選定支援を行っており、事業者が自社ケイパビリティを拡大していく過程をサポートすることが可能である。

4. PwCが提供するサービス

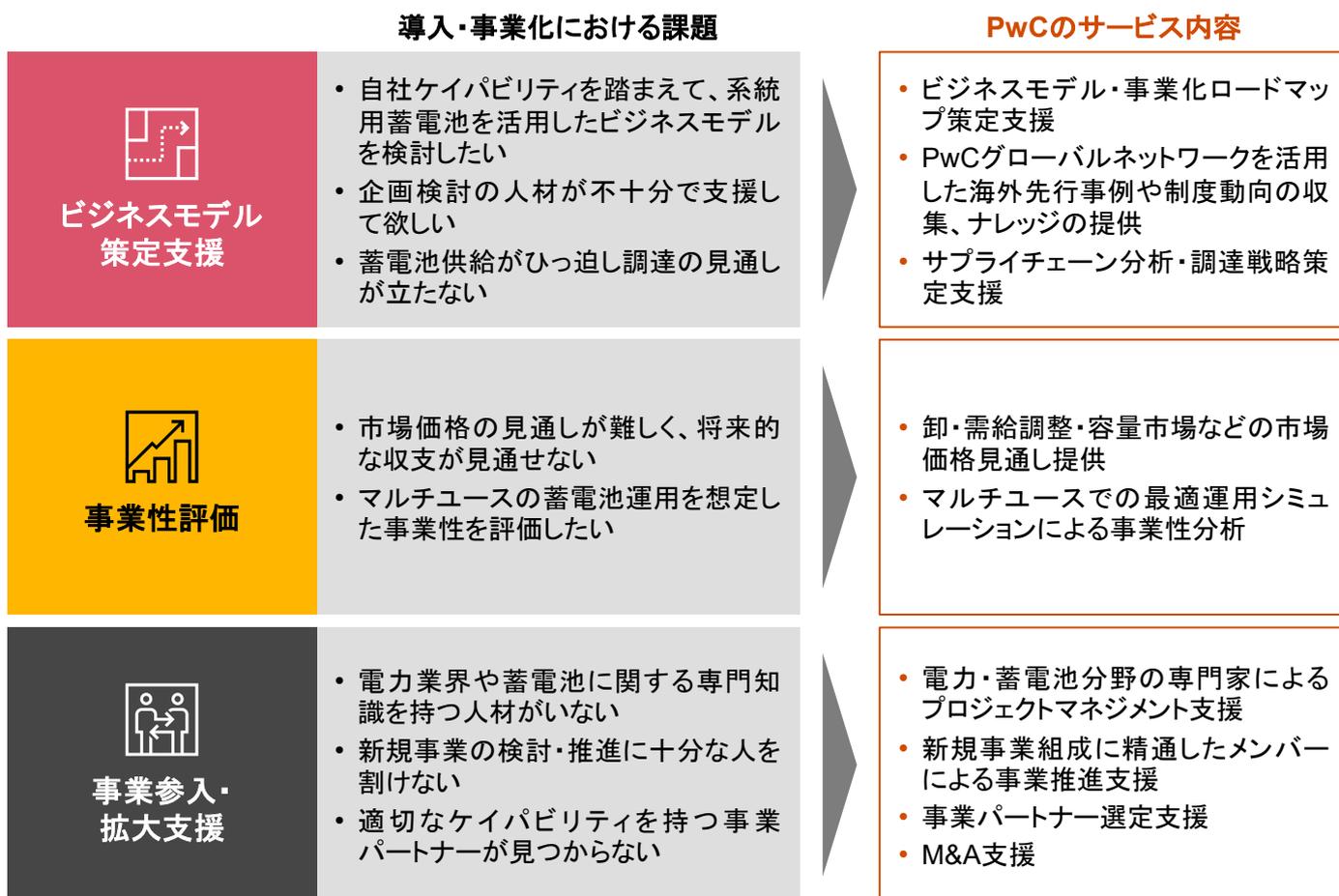
4-1 PwCの系統用蓄電池向けサービス

PwCでは、系統用蓄電池事業に参入したい事業者向けに多様な支援を行っている。具体的には、ビジネスモデルが定まっていない事業者にはビジネスモデル策定支援、収益性を評価したい事業者には事業性評価、実行面でサポートを必要とする事業者にはM&A支援などの事業参入・拡大支援、といったラインナップを用意している。

4-2 PwCの強み

PwCでは、グローバルネットワークを活用することで、先行する海外での事例収集や蓄電池活用が先行する国・地域に関するナレッジ提供が可能である。また、日本国内のエネルギー業界における規制・制度変革支援に係る豊富な実績を有しており、国内の動向や制度を踏まえたビジネスモデル策定を支援することが可能である。さらに、電力市場価格や蓄電池の最適運用に関するシミュレーションツールを独自に開発しており、蓄電池システムへの投資判断における収益性評価をクイックに行うこともできる。これらの強みをもって、事業者の幅広い課題の解決に貢献していく。

図表3: 系統用蓄電池向けサービス





中谷 尚三
Energy & Utility
Partner



赤坂 裕太
Energy & Utility
Director



竹内 大助
Energy & Utility
Senior Manager



村松 伸一
Energy & Utility
Senior Associate

お問い合わせ

PwCコンサルティング合同会社

〒100-0004 東京都千代田区大手町1-2-1 Otemachi One タワー

TEL : 03-6257-0700(代表)

<https://www.pwc.com/jp/consulting>

www.pwc.com/jp

PwCコンサルティング合同会社のご紹介

PwCコンサルティング合同会社は、経営戦略の策定から実行まで総合的なコンサルティングサービスを提供しています。PwCグローバルネットワークと連携しながら、クライアントが直面する複雑で困難な経営課題の解決に取り組み、グローバル市場で競争力を高めることを支援します。

PwC Japanグループ

PwC Japanグループは、日本におけるPwCグローバルネットワークのメンバーファームおよびそれらの関連会社（PwCコンサルティング合同会社を含む）の総称です。各法人は独立して事業を行い、相互に連携をとりながら、監査およびアシュアランス、コンサルティング、ディールアドバイザー、税務、法務のサービスをクライアントに提供しています。

発行年月 : 2023年7月

© 2023 PwC Consulting LLC. All rights reserved.

PwC refers to the PwC network member firms and/or their specified subsidiaries in Japan, and may sometimes refer to the PwC network. Each of such firms and subsidiaries is a separate legal entity. Please see www.pwc.com/structure for further details.

This content is for general information purposes only, and should not be used as a substitute for consultation with professional advisors.

02702307