

先端エレクトロニクス研究グループ

バッテリーエネルギー貯蔵システム(BESS)による再生可能エネルギーの有効利用

バッテリーエネルギー貯蔵システム(BESS)市場は急速に成長している。本稿では、この業界で主導的ポジションを目指すにあたり鍵となるポイントを紹介する。

本稿は、ガブリエラ・ジャーブラット、セーレン・ヤウテラット、マーティン・リンダー、エリック・スパーレ、アレクサンドル・ファン・デ・リート、クアン・ハン・ウォンが共同で執筆し、マッキンゼーの先端エレクトロニクス研究グループおよびバッテリーアクセラレーターチームの見解をまとめたものである。



© Petmal/Getty Images

日本語版掲載によせて

本原稿では再生可能エネルギーの導入のための蓄電池の役割について考察しているが、検討の起点となっている再生可能エネルギーを取り巻く状況は近年で複雑化している。バッテリーソリューションを提供されるプレーヤーにとって重要となる動きをエネルギーの視点から概観してみたい。

まず脱炭素・再エネ推進の急先鋒と言われていた欧州では再生可能エネルギーの急速な導入の歪みが大きく表面化した。想定を超えるペースで火力発電設備の休止退役をもたらしたことで供給力不足のリスクが顕在化し、同時に再生可能エネルギーを需要地に届けるための送配電網にこれまでの何倍もの投資が必要となることが明らかになるなか、ウクライナ危機が混乱に拍車をかけた。こうした状況下でも長期的な脱炭素の流れは不可避と考えられているが、従来の欧州の政策手法に基づくアグレッシブな再エネ導入は軌道修正を迫られることが露呈している。

一方そのような中、脱炭素を環境問題の観点のみならず国の産業競争力の点からも対応していこうとしているのが、戦略的なカーボンニュートラルを志向する米国である。再生可能エネルギーだけにこだわらず、原子力や石油・ガス産業のアセットも合わせながら再生可能エネルギー導入を進める方針を示しておりそのためにインフレ投資法、インフレ抑制法（IRA）などの大規模支援を打ち出しており、バッテリーメーカーにとって無視できない大きな存在感を示すようになってくる。

このような差があるなか、それでも脱炭素の側面において依然として再エネと蓄電池への期待は大きく世界全体で見れば再生可能エネルギーの導入量は堅調に増加している。単年度で見ると再生可能エネルギーの導入量は中国が過半を占め2023年に過去最高を記録し、これに伴い本稿の主題である蓄電池についても伸びを示している。再生可能エネルギーや蓄電池の導入が各地で均一に導入されるのではなく適地を選ぶ傾向であることが一層顕著となっている。

日本における再生可能エネルギーやバッテリーを取り巻く環境についてはどうだろうか。日本は2050年までの脱炭素を宣言しており、グリーン成長戦略、第6次エネルギー基本計画、GX戦略などを策定している。一方で足元を見ると、他国とエネルギー融通をしない島国であり、季節による需要変動や台風災害等の自然環境条件を有し、再生可能エネルギー資源のエネルギー強度が必ずしも大きくない環境の日本において脱炭素の難易度は高い。さらなる再エネの導入に向けてはFTM（フロント・オブ・メーター）もBTM（ビハインド・ザ・メーター）の重要性は高まり、本年から需給調整市場の開始などに伴い蓄電池投資の費用対効果の向上も期待されている。系統用蓄電池に加え、本稿でも一部触れられているEVを含むバッテリーなど新しく柔軟性の高いソリューションの開発や、それを活用したデマンドレスポンス・プログラムによる需要と供給のより最適なマッチングを行うことで、従来は電力系統側で需要と供給のマッチングが制御されてきたバランシングに需要側のアセットを組み込むことが全体コスト最適には必要となる。

本稿ではこのようなエネルギー側の状況を背景にバッテリーメーカーの視点から各対応市場セグメント別に取り得る選択肢が一般化されて論じられている。その上で、地域別の特色や不確実性、自社の狙い・強みを明確に踏まえながら、各社は対象市場・ビジネスモデルを決め検討をしていく戦略的な取組が求められていくタイミングにあると言える。

マッキンゼー・アンド・カンパニー 東京オフィス
電力・ガス・エネルギー転換研究グループ
パートナー 瓜生田義貴

パリ協定の次なる目標が目前に迫るなか、各国の政府や組織は、再生可能エネルギーをより多く導入すべく模索している。エネルギー使用量が特に多い地域においても代替エネルギーの利用に向けたインセンティブを設けている。欧州の場合、エネルギー危機がその原動力となっている。米国では、2022年に制定されたインフレ抑制法により、クリーンエネルギー関連プロジェクトに約3,700億ドルを投じることを決定している。

こうした動きが、バッテリーエネルギー貯蔵システム（BESS）市場の成長を後押ししている。再生可能エネルギー発電のエネルギー源は本質的に供給が不安定であるため、エネルギーを貯蔵できるBESSは、再生可能エネルギーで世界中のエネルギー需要を賄ううえで極めて重要なイネーブラーとなる。また、BESSによって可能となる柔軟性は、ピークカット、自家消費電力の最適化、停電時のバックアップ電源といった用途に不可欠なものとなる。こうした用途の採算性は、バッテリーの価格が下がるにつれて向上しつつある。

こうしたすべての状況により、BESS市場には非常に

大きな機会が生まれている。我々の分析によれば、2022年のBESS関連投資額は50億ドル以上にのぼり、前年比のほぼ3倍に増加している。世界のBESS市場は2030年までに約1,200億ドル～1,500億ドルに達し、現在の2倍以上になると予想されている。ただし、まだ市場が分散しているため、競争すべき領域やアプローチについて、多くのプロバイダーが模索中である。今こそ、急加速するBESS市場のどこに最大の機会があるかを見極め、準備を進めなければならない。

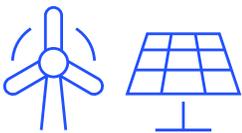
以下に、BESSの参入企業が戦略を策定するうえで役立つ問いとその回答を紹介していく。

捉えるべき主要な機会は何か？

BESSのビジネス機会は、用途とユーザーの規模によって市場をセグメント化される。BESSには、1) 通常10メガワット時（MWh）を超えるフロント・オブ・ザ・メーター（FTM）のユーティリティ規模の設備、2) 通常30kWh～10MWhのビハインド・ザ・メーター（BTM）の業務・産業用設備、3) 通常30kWh未満のBTMの住宅設備、という3つのセグメントがある（図表1）。

図表 1

バッテリーエネルギー貯蔵システム（BESS）はエネルギー分野全体で使用される

	フロント・オブ・ザ・メーター（FTM）	ビハインド・ザ・メーター（BTM）
		
	ユーティリティ（発電・配電）設備	業務・産業用（C&I）設備 住宅設備
ユースケース	<ul style="list-style-type: none"> ・ 裁定取引 ・ 長期的な容量支払い ・ アンシラリーサービス市場 ・ 再生可能エネルギー発電のリスク回避 ・ 投資の先送り 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 再エネ統合（屋上太陽光発電） ・ 無停電電源装置（UPS） ・ 電力コスト最適化 ・ 電気自動車（EV）充電インフラ 一般住宅における統合： <ul style="list-style-type: none"> ・ 再エネ統合（屋上太陽光発電） ・ EV 充電インフラ

資料：McKinsey Energy Storage Insights

McKinsey & Company

既に年間新設容量の大部分を占めているユーティリティ規模のBESSは、今後10年間で年率約29%で成長すると予想され、3つのセグメントの中で最も勢いがある。2030年には年間450~620ギガワット時 (GWh) のユーティリティ規模の導入が予測されており、その年のユーティリティ規模のBESSの市場シェアは最大90%に達する見通しである (図表2)。

FTM設備の主な顧客は、再生可能エネルギーの間欠性のバランスを取り、需給調整サービスを提供し、グリッドへの投資をできるだけ抑制させたい電力会社、系統運用者、再生可能エネルギー開発企業等である。このセグメントのBESSプロバイダーは、垂直統合型の電池メーカー、あるいは大規模なシステムインテグレーターが一般的である。これらのプロバイダーの差別化要素、コストや規模、信頼性、プロジェクト管理

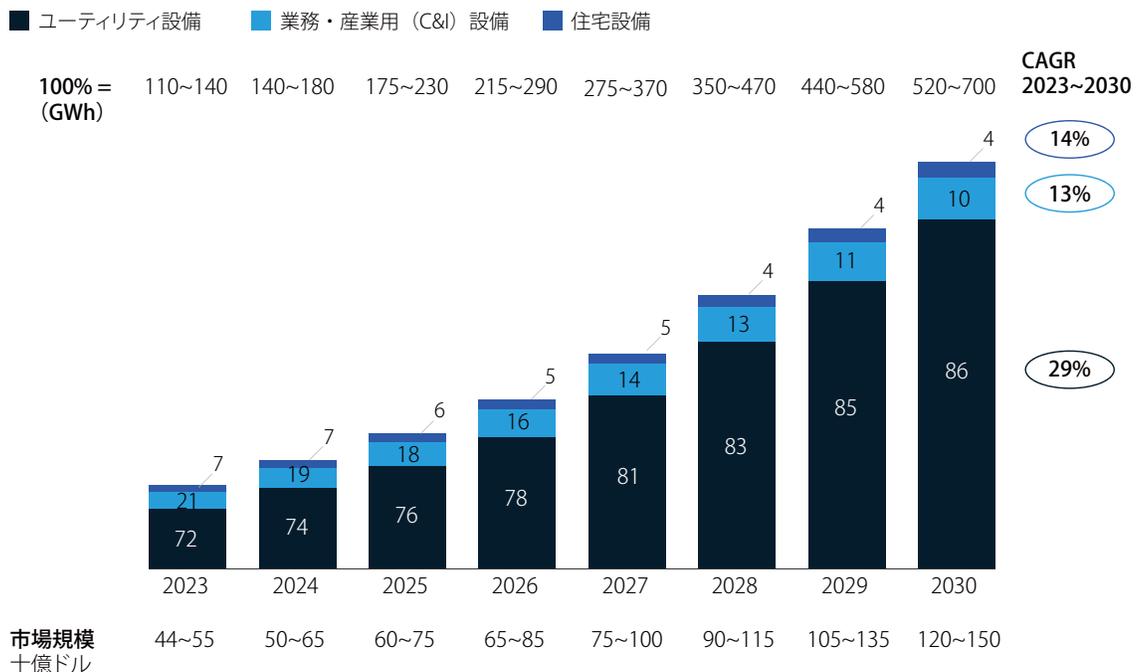
の実績、エネルギー管理システム、グリッド最適化、電力取引用のソフトウェアソリューションの開発能力などとなる。

BESSの導入は、既に非常に大規模に行われている。米国のあるエネルギー企業が取り組んでいるBESSプロジェクトでは、総容量は最終的に6GWhに達する見込みである。エネルギーおよびその他の市場で事業を展開する別の米国企業は、これをさらに上回り、2022年に導入したBESSの容量は既に6.5GWhに達している。現在、BESSにつき込まれている投資の多くは、エネルギープロバイダーの柔軟性を高めるサービス、例えば周波数応答 (FFR) などに使われている。短期的な蓄電ニーズに対応するためにバッテリーを必要とするソーラーパークや風力発電所の建設も、BESSの長期的成長に寄与するであろう。

図表 2

BESS の容量は 2030 年までに 5 倍になる見込み

バッテリーエネルギー貯蔵システム (BESS) の容量の年当たり増加率 %



注) 端数は四捨五入しているため、合計は必ずしも 100 にはならない
資料: McKinsey Energy Storage Insights による BESS 市場モデル

McKinsey & Company

FTMのユーティリティ規模のBESSの収益モデルは、プロバイダーが参入する地域によって大きく異なる。ユーティリティ規模のBESSプレーヤーの多くは、レベニュースタッキング戦略、つまり様々なソースから収益を組み立てる戦略をとっている。アンシラリーサービスや裁定取引、容量市場に参加することもある。例えば、英国では現在、多くのBESSが、周波数制御などのアンシラリーサービスを中心に設置されている。イタリアには、再生可能エネルギーに特化した容量オークションの一つを落札し、大きく成長したBESSプレーヤーがいる。ドイツでは、送電網のアップグレードのコスト回避という点において機会が広がっている。FTMのユーティリティセグメントで弾みをつけたBESSプレーヤーは、単一の戦略を固定的に用いるのではなく、国やその規制に個別に対応することの価値をしっかりと理解しているのである。

業務・産業用セグメントにおける BESSの価値とは？

業務・産業用途（C&I）は2番目に大きいセグメントであり、C&Iの年平均成長率（CAGR）13%により、C&Iセグメントの規模は2030年までに年間52～70GWhに達すると予想される。

C&Iには4つのサブセグメントがある。McKinsey Center for Future Mobilityによると、世界の自動車販売台数に占めるEVの割合は2025年に約23%、2030年には約45%と飛躍的に増加すると見られている。この成長には、標準的な充電ステーションやスーパーチャージャーの急速な拡大を伴うため、現在の送電網インフラが圧迫され、コストや時間を要するアップグレードが必要になる。充電ステーション会社やオーナーは、自分の所有地にBESSを設置することによってこれを回避できる可能性がある。遠隔地を含め、より多くのEVCIを建設するために、BESSプレーヤーとEVメーカーの間では既にパートナーシップの締結も進んでいる。

C&Iのサブセグメントの2つ目は、通信基地局、データセンター、病院などの重要インフラである。このサブセグメントでは、鉛蓄電池は通常、停電時に無停電電源装置（UPS）を通じて電力が回復するかディーゼル発電機が起動するまでの間、一時的なバックアップを提供する。リチウムイオンBESS製品は、鉛蓄電

池の代替となるだけでなく、環境負荷の大きいディーゼル発電機の利用を低減し、屋上太陽光発電のような再生可能エネルギー源との統合にも役立つ。場合によっては、バッテリーに蓄積された余剰エネルギーを、グリッドサービスを通じて提供することで収益を得ることも可能である。既に一部の通信事業者やデータセンターオーナーは、UPSソリューションとして、またBESSの付加的メリットを理由に、BESSへの切り替えを進めている。

3つ目のサブセグメントは、公共インフラ、商業ビル、工場である。このサブセグメントでは、BESSは主にピークカット、オンサイトの再生可能エネルギーとの統合、自家消費電力の最適化、バックアップ電力への適用、グリッドサービスの提供に役立つエネルギー貯蔵システムとして使用される。マッキンゼーは、BESSによってこれらの領域におけるエネルギーコストを最大80%削減することが可能であると考えている。BESSの議論は、デマンドチャージが適用されるケースの多いドイツ、北米、イギリスなどで特に活発に行われている。

C&Iサブセグメントの4つ目は、採掘、建設、石油・ガス探査、野外フェスティバルのようなイベントなど、過酷な環境下での用途である。この成長の源泉は、顧客がディーゼルやガス発電機からBESSやハイブリッド発電機のような低排出ソリューションに移行することである。この分野での導入が進んでいる主な要因は、持続可能性に焦点を当てた欧州委員会のビッグバイヤー構想や、2025年までに建設現場でのネットゼロを目指すオスロ市の計画等、近い将来実施される規制にある。BESSへの移行を進める企業の多くは、すぐに完全に移行するのではなく、ハイブリッド発電セットソリューションへの転換から始めることになるであろう。

BESSの家庭用途向け市場の見込みは？

住宅用設備の市場規模は2030年には約20GWhに達するが、BESSセグメントとしては最も小さい。それでも、伝統的な家庭用蓄電から遠隔地におけるマイクログリッドの構築まで、様々な領域における革新や差別化の機会に着目すれば、住宅用発電は魅力的な分野である。セールスの面では、BESSは太陽光発電パネルとセットにしたり、スマートホームや家庭用EV充

電システムに組み込んだりすることもできる。家庭用のニーズに合った製品を提供することは、一般家庭における自給自足、自家消費電力の最適化、ピーク電力消費の削減といった目標達成を促し、ひいてはこのセクターでの利益率向上につながる可能性もある。マッキンゼーが最近実施した代替エネルギー購入に関する消費者調査によると、BESS製品への関心は、価格、安全性、設置のしやすさをはじめとするいくつかの要因に集約される（図表3）。

戦略的ポジショニングをどう考えるか？

BESSのような新市場では、さまざまな製品やサービスに関する収益見込みや収益性を把握することが重要である。BESSのバリューチェーンは、バッテリーセルやパックを含む蓄電部品、インバーター、筐体、その他周辺機器に不可欠な部品のメーカーが起点となる。マッキンゼーの試算によれば、これらの部品メーカーはBESS市場の利益プールの約半分を受け取ることになる。

またバリューチェーン内には、BESSをより柔軟で有用なものにする、エネルギー管理システムやその他ソフトウェアの全体的な設計や開発を含むシステム統合という活動もある。これらのシステムインテグレーターが、BESS市場の利益プールの約25～30%を獲得すると推定される。

最後に、利益プールの残りの10～20%は、販売事業者、プロジェクト開発組織、その他の顧客獲得活動、委託等に該当する（図表4）。

バッテリー技術の分野で知っておくべきことは？

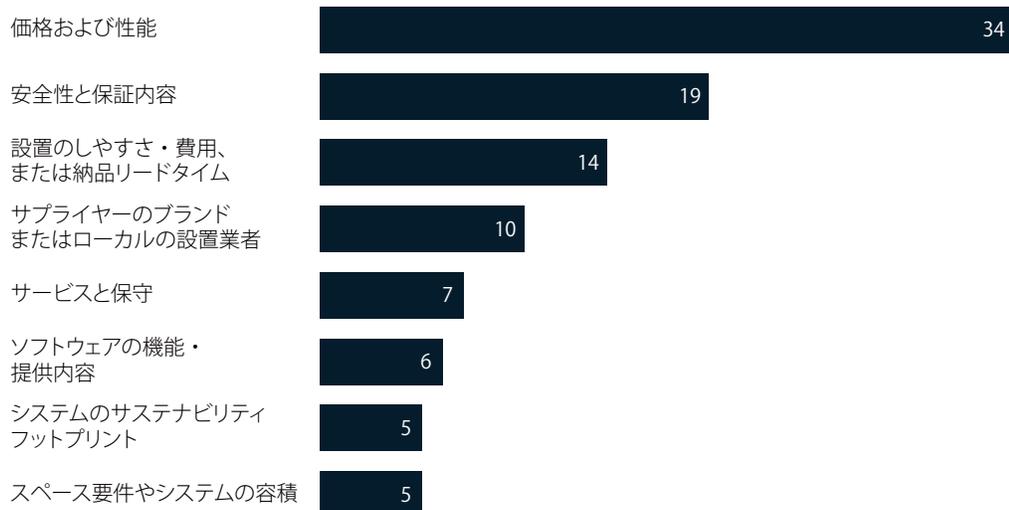
技術的な観点から見ると、顧客の関心が高いバッテリーの主な指標は、サイクル寿命と価格の手頃さである。現在の市場を支配しているリチウムイオン電池は、こうした顧客のニーズを満たしている。かつてはニッケルコバルトマンガン（NMC）正極がバッテリーの主要技術であったが、リン酸鉄リチウム（LFP）が

図表 3

住宅購入者が BESS に最も求めるのは価格、性能、安全性、保証の充実

2023 年 BESS¹ に関するドイツ顧客調査：「最も重要」と答えた回答者の割合 %

主な購入決定要因（KBF）

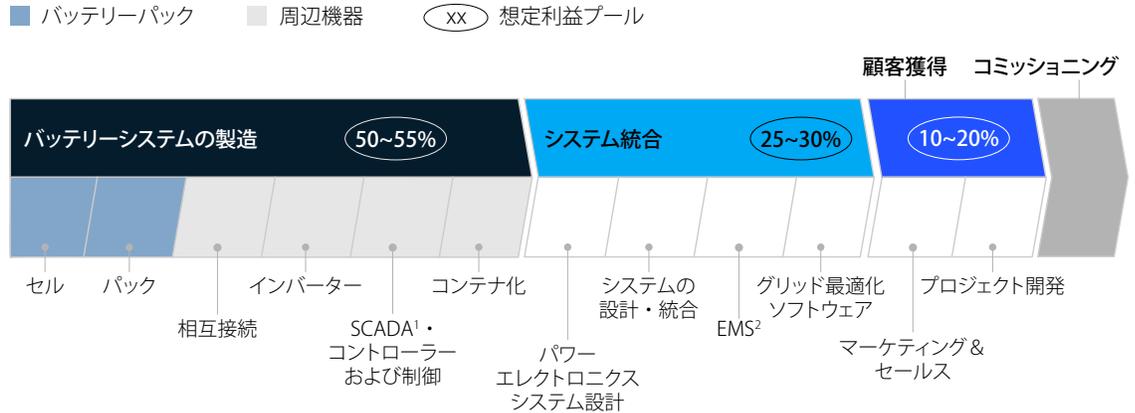


¹ バッテリーエネルギー貯蔵システム
資料：マッキンゼー BESS 顧客アンケート（2023 年）（ドイツ市場（n = 300））

図表 4

BESS のバリューチェーンには、製造、システム統合、顧客獲得が含まれる

BESS のバリューチェーンの内訳（ハードウェアのみ）



¹監視制御・データ収集システム

²エネルギーマネジメントシステム

資料：GTM 調査、McKinsey Energy Storage Insights による BESS 市場モデル

McKinsey & Company

より安価な選択肢として優勢となっている。（LFPの顧客は、LFPがエネルギー密度など特定の領域ではニッケル電池に劣るという事実も容認しているようである。）

しかし、リチウムの不足により、他の有望な電池技術、特にナトリウムイオン (Na-ion)、ナトリウム硫黄 (Na-S)、金属空気電池、フロー電池などのセルベースの電池がオプションとして関心を集め、機会が広がっている。ナトリウムイオンは注目すべき技術の一つである。確かに、ナトリウムイオン電池は、いくつかの重要な点でリチウムイオン電池に劣っている。ナトリウムイオン電池のサイクル寿命はリチウム電池の4,000~8,000サイクルに対して2,000~4,000サイクルと短く、エネルギー密度もLFPの1kg当たり170~190whに対し120~160whと低い。しかし、我々の分析によると、ナトリウムイオンはLFPより20%もコストが抑えられる可能性があり、その技術も、特に製造規模の拡大に伴い改善され続けている。もう一つのメリットは安全性である。ナトリウム電池は熱暴走を起こしにくい。また、リチウムの採掘は環境負荷が高いため、ナトリウムイオン電池には持続可能性という面でもメリットがある。

これらのことから、BESS市場でナトリウムイオン電池がシェアを拡大する可能性は高い。実際、2023年には少なくとも6つのメーカーがナトリウムイオン電池の生産を開始すると予想されている。どの技術に賭けるべきか、プロバイダーが決断を迫られるのは明白である。ナトリウムイオン電池が広く利用されるようになれば、インテグレーターも、ナトリウムイオン電池への移行がしやすいシステムの構築を検討する可能性がある。

BESS市場で成功するための方策は何か

この問いは、リーチ可能な多くの顧客セグメント、存在する様々なビジネスモデル、差し迫った技術シフトを考慮しなければならない非常に重要な課題である。本稿では、市場での成功に寄与する4つの取り組みを紹介する。

- まず、バリューチェーンにおけるアンメットニーズを特定する。このような黎明期の業界では、オーガニックまたは非オーガニックに関わらず、企業が新たに参入できる他の製品やサービスはないかを検討することは有益である。例えば、システ

ムインテグレーターはバッテリーパッケージングを内製化できないだろうか。あるいは、バッテリーメーカーと新たなセミケミストリーを共同開発するのはどうか。それに関して、電力会社など特定のBESSセグメントにアピールするために、バッテリーメーカーがシステム統合やサービス機能も提供することはできないだろうか。

特にソフトウェアは、模索すべき重要分野である。蓄電システムの価値は、単なるハードウェアから、システムを制御し強化するソフトウェアへと進化し、より大きな顧客セグメントとより高いマージンを獲得する機会をもたらすと考えられる。そのため、BESSプレーヤーは、これらのケイパビリティを早期に構築する必要がある。

- サプライチェーンのレジリエンスを構築する。重要なBESSの構成部品の多く（バッテリーセルからインバーターや制御システムの半導体まで）は、複雑なサプライチェーンに依存しており、原材料の不足や規制の変更など、より多くの供給源からの供給ショックの影響を受けやすい。戦略的パートナーシップ、マルチソーシング、ローカルソーシングは、いずれもサプライチェーン戦略を定義する際に考慮すべき打ち手である。また、想定されるテクノロジーのシフトに備える計画も忘れてはならない。BESSの構成部品に加え、市場関係者にとってボトルネックとなるのは、特にFTMアプリケーションのためのEPC（設計、調達、建設）のケイパビリティとキャパシティである。BESSプロジェクトを成功させるには、BESSの大規模な設置に対応できる大手EPC企業との戦略的提携が不可欠である。
- 製品の最も重要な特長に的を絞る。製品の仕様には、顧客の関心が高い要素を反映させるべきである。顧客セグメント戦略によって製品ロード

マップに有用な情報をインプットし続けることで、顧客にとって重要なあらゆる特徴を備えた製品に成長する確率が高まる。BESS市場における価格競争という不変の現実を考えると、このようなアプローチは特に重要である。また、適切な製品ロードマップがあれば、企業がどのセグメントに参入することになろうとも、ユニーク・セリング・プロポジション（USP: その製品やサービスにしかない強みや魅力）を確立できる可能性も高くなる。例えば、システムアーキテクチャについて適切な意思決定を行い、既存の顧客インフラと統合する（直流電源と太陽光発電技術のカップリングなど）ことによって、多くの顧客にとっての参入障壁を低減することができる。

- 広く考え、いち早く行動する。BESSが脚光を浴び、収益が急速に増加し始めている今、安全策をとっている場合ではない。市場が非常に分散しているのは事実であるが、一部の大手企業がシェアを拡大し始めているのも事実である。このことは、すべての企業、特に10年前に研究プロジェクトとしてスタートし、今では貴重な知的財産の恩恵を受けているような小さな企業にとってはなおさら大きなチャンスの到来である。このような企業がシェアを拡大し、大企業に押し潰されないようにするためには、ある程度のリスクをとる必要もあるであろう。

BESS市場は爆発的な発展段階にあり、いまアクションを起こさなければ、競争に勝ち残ることはできない。成功に必要な4つの要素を兼ね備えた企業こそが、市場を制することができる。それらの勝ち組企業は、エネルギー転換が加速するなか、新たな市場で価値を創出していくことになるであろう。

ガブリエラ・ジャブラットはマッキンゼー スtockホルムオフィスのエンゲージメントマネジャー、エリック・スパーレは同オフィスのパートナー、セーレン・ヤウテラットはシュトゥットガルトオフィスのパートナー、アレクサンドル・ファン・デ・リートは同オフィスのアソシエイトパートナー、マーティン・リンダーはミュンヘンオフィスのシニアパートナー、クアン・ハン・ウォンはロンドンオフィスのシニアアソシエイト。

本稿の執筆にあたり協力いただいたYujin An、Nicolò Campagnol、Jan Chhatwal、Jonathan Deffarges、Jose Luis Gonzales、Yves Gulda、Zarief Hasrat、Evan Horetsky、Emil Hosius、Luca Rigovacca、Giulia Siccardo、Christian Staudt、Godart van Gendt、およびMcKinsey Energy Storage Insights チームに、執筆者一同より感謝の意を表す。

Copyright © 2023 McKinsey & Company. All rights reserved.