

次世代電池、 開発競争の行方を読む

KPMGジャパン 化学素材セクター

次世代電池の開発をめぐる競争が、中国、米国、韓国、日本の中で激しさを増しています。再生可能エネルギー（再エネ）利用促進、また電気自動車（EV）の性能を高めるキーデバイスであり、今後急速な市場拡大が確実視される蓄電池。車載用電池メーカーで世界最大手の一角であるContemporary Amperex Technology（CATL）を擁する中国に対し、これまで蓄電池にそれほど注力してこなかった米国も、2022年にEV優遇策などを含むインフレ抑制法（IRA法）を成立させ、国をあげて取り組む姿勢を示しました。各国や企業の思惑で混沌とする開発競争の行方を読み、日本企業が向かうべき方向性を探ります。

再生可能エネルギー普及へのキーデバイス

世界は今、カーボンニュートラルに向かっていますが、この流れはEUが主導してきたものです。2022年のロシアによるウクライナ侵攻で顕在化した通り、EUはもともと化石燃料資源に乏しく、天然ガスと石油の供給をロシアに依存しているために交渉力が弱いという安全保障上の問題を抱えていました。だからこそ、今ほど環境問題が注目される前からこれを大きな問題と捉え、世界を化石燃料ベースから再エネベースへと転換するためのルールメイキングを推進してきたという背景があります。

このような再エネ促進の潮流や、スマートデバイスの継続的な開発、重要インフラへの電力供給対応などを背景に、蓄電池市場の急速な成長が見込まれています。

では、蓄電池の開発はどの分野から手をつけるべきでしょうか。まず、量産化してコストを下げられるだけの市場規模が必要です。米国EVメーカー、テスラのイーロン・マスク最高経営責任者（CEO）は、クリーンエネルギーのエコシステムを構築するためにバッテリー電気自動車（BEV）市場参入を決めたと言われますが、現在の蓄電池市場のプレーヤーが主なターゲットとしているのも自動車向けです。ただし、自動車向けの蓄電池は、安全性や耐久性、航続可能距離を長くするためのエネルギー密度など技術的なハードルが高く、これを乗り越えることが普及に向けた課題です。

リチウムイオン電池の課題と次世代電池の可能性

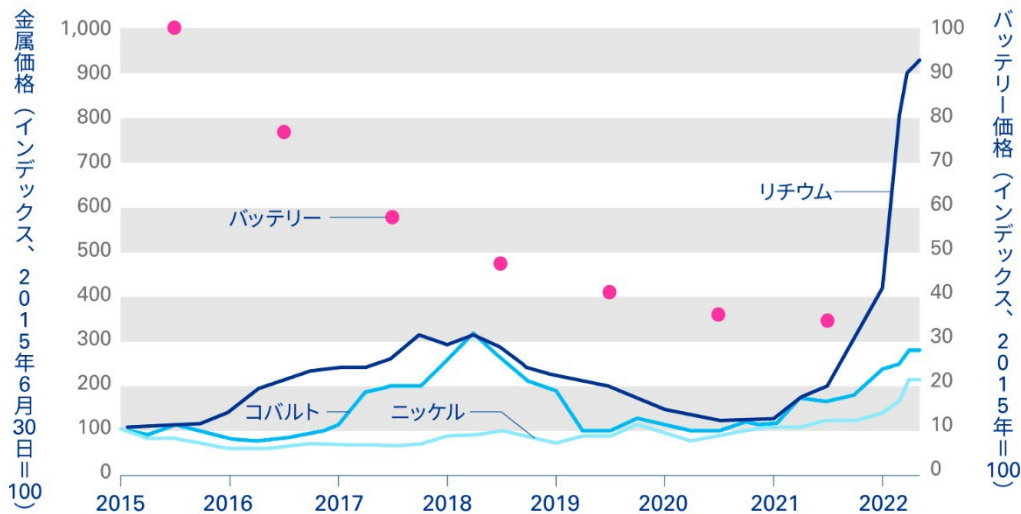
現在、次世代電池開発競争を展開しているのは、主に中国、米国、韓国、そして日本です。現状、私たちの身の回りにあるものに使われている蓄電池のほとんどはリチウムイオン電池ですが、米国は従来、リチウムイオン電池市場にはそれほど力を入れてきませんでした。しかし、次世代電池開発に対しては国家的なプロジェクトとして取り組むことを決め、2022年9月に国家予算3690億ドル（約54兆円）を気候変動対策に投じるIRA法を成立させています。

IRA法は、過度なインフレ（物価の上昇）を抑制すると同時に、エネルギー安全保障や気候変動対策を迅速に進めることを目的とした法律です。太陽光発電や風力発電の推進、再エネを有効活用するための蓄電池の開発、EVの開発・生産、米国内の急速充電器の整備等に多額の補助金を使うとしています。これはつまり、米国が次世代電池開発競争に本格的に乗り出すことを示しています。そしてIRA法の背景にも、再エネ利用のキーデバイスである蓄電池の開発・生産において、中国に主導権を渡してはならないという安全保障上の危機感があります。

リチウムイオン電池は、正極、負極、セパレーター、それらの間を埋める電解液から構成されています。正極にリチウムを含む金属化合物、負極にリチウムイオンの貯蔵ができる炭素などを使用したものが主流で、正極と負極の間をリチウムイオンが行き来することで、放電・蓄電を行います。その用途の7割が自動車向けだとされています。

もっとも、リチウムイオン電池には課題があります。1つはコストです。高価なレアメタル（リチウムやコバルトなど）を使用しているため、原料コストが高いのです。その上、昨今はリチウムイオン電池の需要増に伴ってリチウムの獲得競争が激化しており、市場価格が高騰しています。2021年から2022年の間に、リチウムの価格は7倍以上、コバルトは2倍以上、ニッケルはほぼ2倍に跳ね上がっているのです（図表1参照）。

図表1 バッテリー金属価格の推移 2015年～2022年5月



出典：IEA “Global EV Outlook 2022”
 (https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2022) を基にKPMG作成

レアメタルであるリチウムを使用することには、別の課題もあります。中国メーカーはリチウムの鉱山を持っていますが、EUや米国、日本は、リチウムの供給を中国に依存しています。もともとEUはロシアへの化石燃料依存度を下げるために化石燃料ベースから再エネベースへと舵を切ったはずが、今度はリチウムで中国に依存することになりかねません。

もう1つの課題は、性能と安全性の両立です。スマートフォンや充電式のヘッドホンなどのリチウムイオン電池が発火する事故はたびたびあり、海外ではBEVが燃える事故も起きています。これは、リチウムイオン電池の電解質の溶液に、燃焼しやすい有機溶剤が利用されているためです。電解液の中に電極がある状態で高出力にすると、電解液が化学反応を起こし、電極にデンドライト（樹枝状晶）という結晶が付着する現象が起きます。デンドライトはショートの原因となり、発火リスクにつながります。現状のリチウムイオン電池は、デンドライト現象をコントロールするために、やむを得ず出力を抑えた設計になっています。

さらに、蓄電容量にも課題があります。ガソリン車やハイブリッド車の航続可能距離は1,000kmを超えるものが一般的ですが、リチウムイオン電池を搭載したBEVの航続可能距離は200~500kmほどです。性能を優先して高出力の電池を利用すると高熱が発生し、溶剤の燃焼を防ぐために冷却装置が必要となるなど、トータルコストが高くなるという課題もあります。

こうしたさまざまな課題を解決する、新たな蓄電池が求められています。

各国で異なる次世代電池開発の担い手

リチウムイオン電池のコスト面の課題に対しては、高価なレアメタルを安価な別の金属に置き換える方法が検討されています。主に中国のCATLが主導しているナトリウムイオン電池がもっとも進んでいます。現状は出力がリチウムイオン電池の6~7割しかないと言われ、利用シーンが限定的になると考えられています。

また、性能と安全性の両立という課題に対しては、電解質として使われている有機溶剤を固体材料に変える全固体電池が検討されています。発熱による燃焼リスクを大幅に抑えられるほか、高熱への耐性が高いために高出力な電極を使うことができ、性能の向上にもつながります。また、固体の電解質を使うと、液体の電解質に比べてデンドライトを抑え込みやすいというメリットもあります。

固体の電解質については、現状、酸化物と硫化物という2つの選択肢があります。一般的に、酸化物のほうが硬く、硫化物はやや柔らかいといえます。金属などの硬い電極を挟み込む電解質が硬すぎると、自動車の走行中の振動によって硬いもの同士の接着面が剥がれて隙間ができる可能性があります。そうするときちんと電気が流れずに性能が落ちてしまいます。その点、硫化物は少し柔らかいので、有利だと考えられます。ただし、製造・破損時に硫化水素という毒性のある物質が発生するリスクがあり、安全性が課題です。現在、安全性の確認も含めて、最終開発段階に入っているとされています。

さらに、電極にアモルファス（非晶質）金属を使う試みもあります。金属は通常、分子が秩序を持った結晶状態につながって安定していますが、結晶ではない状態（アモルファス状態）だと、同じ成分であっても、電気伝導性や強度、耐蝕性などの物性が大きく異なることがあります。横浜国立大学の研究では、電極にアモルファス金属を使うと高出力にしてもデンドライトが起きにくいことが実験段階で確認されているとのことで、今後の研究次第で大きく可能性が開けるかもしれません。

このほか、空気中の酸素を使う金属空気電池、正極に硫黄を用いるリチウム硫黄電池など、エネルギー密度、充電速度、充電回数、安定性、安全性、サイズ、コストといった複数の条件をバランスよく満たす電池に向けて、新たな素材の研究が進められています（図表2参照）。

図表2 主な次世代電池の種類と特徴

種類	特徴 (vs リチウムイオン電池)			概要
	安全性	エネルギー密度	コスト	
ナトリウムイオン電池	—	△	○	リチウムをナトリウムに置き換えた電池。レアメタルを使用しないためコストが低い。一部、量産化段階。
全固体電池	○	○	n.i.	可燃性電解質を固体電解質に置き換えた電池。発熱による燃焼リスクを大幅に抑えられるほか、高熱への耐性が高いため高出力な電極を使うことができる。電解質が硫化物の硫黄系は、硫化水素が発生するリスクがあり製造・破損時に安全性が課題。一方で、電解質が酸化物の酸素系は、イオン伝導率の低さや界面形成の困難さが課題。一部、量産化段階。
金属空気電池	—	○	○	正極活性物質として空気中の酸素を使用することでエネルギー密度を上げた電池。空気中の酸素にはコストがかからないため電池の価格を抑えられる一方、酸素イオン化のスピードの遅さが課題。研究段階。
リチウム硫黄電池	△	○	○	正極を硫黄にすることで、コバルトを使用しないためコストが低い。一方で、充放電に伴う電極の劣化に課題。試作段階。
シリコン負極リチウム電池	n.i. 電解質に依拠	○	○	負極をシリコンにすることで、エネルギー密度を向上。充放電による劣化が課題。既存の炭素負極に微量のシリコンを含有したタイプがすでに製品化されている。また一部では、全固体電池の負極材として採用されている。

出所：KPMG作成

注：リチウムイオン電池に比べ、性能向上した箇所は「○」、性能低下した箇所は「△」、変化がない箇所は「-」、また、現時点での判断が困難な箇所については「n.i.」と記載。

次世代電池の開発の担い手をみると、米国では主にスタートアップです。リチウム金属を負極とする全固体電池を開発するQuantumScape、リチウムイオン電池の2倍のエネルギー密度を持つ全固体電池のパイロット生産ラインを立ち上げたSolid Power、独自開発のゲルによる半固体電池を開発し、京セラと事業提携を行う24M Technologiesなどが牽引しています。

中国では、前述のCATLが全固体電池とナトリウムイオン電池の開発を進めており、韓国では、リチウムイオン電池メーカー勢が全固体電池の開発に力を入れています。

国内に目を向けると、全固体電池の開発を主軸に、主に自動車メーカーが次世代電池の開発を担っています。

グローバルに多様なパートナーシップを

自動車用の蓄電池の開発に取り組むプレーヤーは全固体電池に注力している企業が多く、次世代電池の本命は全固体電池とみる向きもあります。複数の自動車メーカーがすでに、従来のリチウムイオン電池よりも性能の高い全固体電池を開発し、2020年代後半には市場に投入するとしており、ラボラトリーでの実験の域を出ていない他国の企業に比べて先行しているとみていいでしょう。

ただ、将来的に、全固体電池がリチウムイオン電池を駆逐するのか、あるいはリチウムイオン電池が改良によってシェアを維持するのかは、どちらとも言い切れません。仮に全固体電池が量産化に成功して実用化されたとしても、コストがどこまで下がるかは未知数です。米国のIRA法の影響でBEVの普及が進めば、量産効果でリチウムイオン電池のコストが下がる可能性もあります。ただ一方では地政学的な力も働くため、先は読みにくいです。

いずれにしても、蓄電池の性能と性質を決めるコアは、素材です。正極材、負極材、セパレーターについては、日系の素材メーカーがそれぞれ世界で一定のシェアを握っています。これらの材料に関して、今後いつどんな発明があり、飛躍的な技術革新がどこで起きるのか、量産化はどこが担うのか、現段階ではまだ予想できません。

そして、今後の業界動向、法制度、ESG観点での対応に向けて、あらゆるパートナーシップの可能性を考えるべきでしょう。日系自動車メーカーだけでなく、欧米の大手自動車メーカー、テスラを始めとする世界のEVスタートアップ、蓄電池のスタートアップ、中韓の電池大手、大学の研究室も含め、グローバルに多様なパートナーシップを視野に入れる必要があります。また、マーケットインの思考で、自分たちが磨いてきた技術がパートナーにどんなメリットをもたらすのかを考えたいうえで、誰と組むのがベストなのか、少なくとも複数の選択肢をもって臨んでいただきたいと思います。

技術革新の影響、世界情勢や各国の政策など、蓄電池市場をめぐる環境は不確定要素が多く、先の見通しにくい状況です。だからこそ、広い視野と深い洞察が必要とされています。

本稿に関するご質問等は、以下の担当者までお願いいたします。

KPMG ジャパン エネルギーセクター（電力・石油・ガス・化学）
Sector-Japan@jp.kpmg.com

ウェブサイトでは、エネルギー関連の情報を紹介しています。

<https://kpmg.com/jp/ja/home/industries/energy.html>

ここに記載されている情報はあくまで一般的なものであり、特定の個人や組織が置かれている状況に対応するものではありません。私たちは、的確な情報をタイムリーに提供できるよう努めておりますが、情報を受け取られた時点及びそれ以降における正確さは保証の限りではありません。何らかの行動を取られる場合は、ここにある情報のみを根拠とせず、プロフェッショナルが特定の状況を綿密に調査した上で提案する適切なアドバイスをもとにご判断ください。

© 2023 KPMG AZSA LLC, a limited liability audit corporation incorporated under the Japanese Certified Public Accountants Law and a member firm of the KPMG global organization of independent member firms affiliated with KPMG International Limited, a private English company limited by guarantee. All rights reserved.

The KPMG name and logo are trademarks used under license by the independent member firms of the KPMG global organization.