

半固体電池技術

— 固体電解質、高性能負極など全固体電池向け技術の開発を後押し —

三井物産戦略研究所 技術・イノベーション情報部

執筆：コンシューマーイノベーション室 趙 健

知財分析：知的財産室 石黒 隆介

Biz Tech フォーカス 2025

なぜこの技術を取り上げるのか

可燃性電解液を使用する液系リチウムイオン電池（以降LIB）と全固体電池の中間に位置する半固体電池は、液系LIBより高い安全性とエネルギー密度を備えながら、量産のハードルが全固体電池ほど高くないため、全固体電池が実用化されるまでのつなぎ役として世界中の電池企業が実装を図っている。半固体電池の実装は固体電解質や高性能正極、負極の開発と実装を促し、全固体電池開発の後押しとなるだけでなく、性能とコスト次第では、つなぎ役にとどまらずシェアを拡大する可能性を秘めている。

Summary

- 固体電解質および高性能負極の使用により、半固体LIBのエネルギー密度は液系LIBの限界とされる300Wh/kgを超える。既存液系LIB製造ラインで製造が可能なため、量産のハードルも低い。
- 中国企業の多くはEVへの搭載に向けて酸化物系固体電解質を採用する半固体電池を開発している。米国など一部の次世代電池スタートアップは航空向けなど高付加価値需要を狙い、半固体電池の開発に参入。

1. 半固体電池技術とは

1-1. 半固体電池とは

半固体電池の定義は明確に存在していない。図表1に示すとおり、一般的に液体電解質と固体電解質の両方を使用する固液混合型と、電解質や電極材料をゲル化またはクレイ状にするゲルポリマー型・クレイ型に分けられる。

図表1：半固体電池の定義と分類

分類	定義	特徴	代表企業
固液混合型	正極側と負極側で異なる電解質を用いる技術（例えば、負極側に固体電解質、正極側に液体電解質をそれぞれ用いたもの）	高性能負極の使用が可能のため高いエネルギー密度が実現可能。安全性が高くなるほか、既存液系LIBの製造技術が活用できる	(中) WELION、 (米) SES AI
ゲルポリマー型・クレイ型	従来の電解質をゲル化したもの、または正極や負極の電極材料に電解液を練り込んだ粘土（クレイ）状の材料を用いたもの	流動性を下げることで従来の液系電池より液漏れや発火のリスクを抑制できる	(日) 京セラ、(米) 24M Technologies

出所：各種資料から三井物産戦略研究所作成

固液混合型は既存LIBの製造工程が活用できるほか、液系LIBより高いエネルギー密度が実現可能なため、中国企業を中心にその開発と実装を図っている。ゲルポリマー・クレイ型は安全性が高いほか、原材料費低減と製造工程の簡素化に貢献する。代表的企業の(米) 24M Technologiesは、粘土状に練り上げた材料を用いた厚膜電極というシンプルな構造になっており、バインダーを不使用にしたほか、集電体やセパレータの体積も低減させることで、電池セルの単位体積当たりのエネルギー密度を高めることができた。

1-2. 性能と主なメリット

半固体LIBと液系LIB、全固体LIBとの主要材料と性能の比較は図表2に示す。

図表2：液系LIB、半固体LIB（注1）と全固体LIBとの比較

	液系LIB	半固体LIB	全固体LIB
正極	NMC（注2）、LFP（注3）	NMC、ハイニッケル系NMC（注4）、LFP	NMC、ハイニッケルNMC、LMR（注5）
負極	グラファイト、シリコン系	グラファイト、シリコン系、リチウム金属	グラファイト、シリコン系、リチウム金属
セパレータ	必要	必要	不要
電解液、電解質	電解液が電池重量の10%以上。リチウムイオン塩、可燃性有機溶媒、添加剤などを含む	固体電解質に一定比率（電池重量の10%未満）の電解液を配合	固体電解質（主に硫化物系、酸化物系、ポリマー系）を100%使用
エネルギー密度	～300Wh/kg	300Wh/kg～	350～500Wh/kg
電圧範囲	2.7～4.2V	2.7～4.2V	5V以上
安全性	発火リスクあり	液系より高い	最も高い
実装段階	実装済み	初期段階	2027年以降実装の予定
コスト	低い	高い	高い
メリット	技術が成熟しており、低いコストで大規模生産可能	液系LIBより性能や安全性が高く、製造は既存液系LIB製造ラインの一部が活用可能	現行液系LIBよりはるかに高い性能と安全性が実現できる
デメリット	有機電解液を使用するため、発火リスクがあり、エネルギー密度も限界に近づいている	性能は全固体電池に劣るほか、発火リスクの根本的な解決に至らない	より性能の高い新規材料が開発中。製法も液系LIBと異なるため、大規模量産技術は確立途中

注1 固液混合型を例として

注2 NMC：ニッケル（Ni）、マンガン（Mn）、コバルト（Co）を主成分とする三元系正極

注3 LFP：リン酸鉄リチウム（LiFePO₄）正極

注4 ハイニッケルNMC：ニッケルの配合比率が高い三元系正極

注5 LMR：リチウム過剰系マンガンベース酸化物正極（Lithium-rich manganese-based cathode）

出所：各種資料から三井物産戦略研究所作成

一般的に電解液含有量が電池重量の10%以下のものが半固体とされる。半固体LIBは電解液の使用減少で発火リスクを抑えるほか、固体電解質および高性能負極の使用により、エネルギー密度は液系LIBの限界とされる300Wh/kgを超えられると見られる。また、既存液系LIB製造ラインで製造が可能のため、量産が容易である。一方、半固体LIBはわずかながら可燃性有機溶媒を含む電解液を使用するため、電池が異常に発熱する時などの発火リスクをゼロにできないほか、固体電解質と高性能負極材料の採用によるコスト増加は普及のボトルネックになるだろう。例えば中国の新興EVメーカーNIOが採用した半固体LIBパッケージのコストは1.7～2.2元/Wh（約36～46円/Wh¹）と試算され、主流のNMCの約0.73元/Wh（約15円/Wh）より遥かに高いため、NIOは販売せず、レンタル方式のみで顧客に提供する。

¹ 為替レート：1元＝21円

2. 注目すべき動向

2024年現在、多くの中国企業と一部米国、韓国の企業が半固体LIBの実装計画を発表している（図表3）。

図表3：主要企業の半固体電池開発状況

電池メーカー	量産時期	主要部材			セルエネルギー密度 (Wh/kg)	EV向け電池パックの開発状況		
		正極	負極	電解質		容量 (kWh)	航続距離 (km)	提携企業など
(中) WELION	2023年	ハイニッケル NMC	Si/C負極	酸化物系とポリマー系	360	150	1,000	中国新興系EVメーカー-NIO製ハイクラス車種ET7に搭載
	2025年	ハイニッケル NMC	Si/C負極	酸化物系とポリマー系	300	n/a	600~1,000	中国国有自動車中堅メーカー-JAC傘下のEV子会社鐘威科技の新規車種に搭載する予定
(中) GanFeng Lithium	2023年	NMC	黒鉛	酸化物系	240~270	90	530	(中) SERES製輸出EV車種に搭載
	未定	NMC	Li金属	酸化物系	400	n/a	n/a	同社が研究開発中の第二世代半固体電池となる
(中) 清陶能源	2024年	ハイニッケル NMC	Si/C負極	酸化物系とポリマー系	368	130	1,000	(中) 上海汽車製智己L6に搭載。酸化物系+ハロゲン物+ポリマー系電解質を採用する第二世代を開発中
(中) 東風汽車	2025年	NMC	黒鉛	酸化物系	350	n/a	n/a	自社車両に実装する予定
	未定	ハイニッケル NMC	Li金属	不明	405	n/a	n/a	
(中) FARASIS	2025年	NMC	Si/C負極	不明	300~400	n/a	n/a	(中) 第一汽車、(中) JACとともに戦略提携
(米) 24M Technologies	2025年	NMC	Si系/Li金属	不明	391	n/a	1,600	独自開発のドライ電極、セルとパッケージ技術、セパレーターと電解質の組み合わせ
(米) QuantumScape	2025年	LFP/NMC	Li金属	酸化物セラミック	300	n/a	n/a	(独) フォルクスワーゲンとともに量産を図っている
(米) Enpower Greentech	2025年	NMC	Li金属	硫化物系	292~320	n/a	n/a	産業用、ドローン、eVTOL (注) やその他用途向け
(韓) LG Energy Solution	2026~2027年	不明	不明	酸化物系とポリマー系	n/a	n/a	n/a	パイボーン構造を採用する
(中) SVOLT	2026年	NMC	黒鉛	硫化物系	266	n/a	n/a	大容量電池パック搭載車種向け
(中) Talent New Energy	2027年	NMC	黒鉛	酸化物系	n/a	n/a	n/a	(中) 長安汽車とともに開発
(イスラエル) StoreDot	2028年	ハイニッケル NMC	Si系	有機・無機複合固体電解質	400	n/a	n/a	(典) Polestarと共同開発。3分の充電で100マイル(約160km) 走行可能を目指している
(中) Gotion	未定	NMC	黒鉛	不明	360	160	1,000	EV、eVTOL (電動垂直離着陸機) 企業と共同開発を行っているという
(中) ZENERGY	未定	NMC	Si系	不明	300~330	170	1,000	EV向けテストを行っているほか、eVTOL企業とも共同開発を行っている
(中) LISHEN	未定	ハイニッケル NMC	Si系	酸化物系	402	n/a	n/a	航続距離の長いEVやeVTOL向けに開発中

注 eVTOL：電動垂直離着陸機 (Electric Vertical Take-Off and Landing aircraft)

出所：各社公開情報から三井物産戦略研究所作成

液系LIBにおいて既に大きなシェアを握っている中国企業らは、外国企業による全固体電池のブレークスルーは液系LIBを主流製品とする市場を覆す可能性があるため、大きな脅威と見ている。しかし、中国電池企業の固体電解質開発は日本や韓国と比べて遅れており、全固体電池の実用化競争における勝算が見込みにくい。そこでまず量産ハードルが相対的に低い半固体電池の実装に対応し、技術力を引き上げながら最終的に全固体電池の実用化を実現するという二段階の戦略を取っている。また、中国企業の多くが研究開発をしている酸化物系固体電解質は、安定性と安全性が高いものの、イオン伝導率が低く、材質が硬いた

め活物質との接合加工が難しいという課題があり、全固体電池としての実用化にはまだ時間がかかる。電解液やポリマー電解質を配合する半固体電池にすれば、これらの課題への対応は容易となり、早期の実用化につながる。多くの中国企業はEVへの搭載を想定して、酸化物電解質を使用し、航続距離が液系LIBより長い半固体電池の実用化をEVメーカーらとともに図っている。

米国など一部次世代電池技術のスタートアップらは、固体電解質や高性能リチウム金属負極など自社技術の活用ができるとして、将来的な全固体電池への本格展開に備えつつ、半固体電池の開発にも参入している。開発中となる半固体電池の想定用途はEVのみならず、eVTOLなどの航空分野といった高付加価値分野への適用も視野に入れている。

一方、日本企業の技術力が世界をリードしている硫化物系固体電解質はイオン伝導率が高く、材質が柔らかいため、半固体にする必要性はほぼなく、そのまま全固体電池として実用化が図られる場合が多い。

3. 今後の展望

中国の市場調査会社GGIIによると、中国2024年の半固体電池出荷量はEV換算11.7万台分²に相当の7GWh（百万kWh）に、2030年までに65GWhに成長すると予想している。コスト面での課題などからシェアをどこまで拡大できるかはまだ様子を見る必要があるが、各社の取り組みは固体電解質、高性能負極など将来の全固体電池に生かせる技術の開発を促し、既存の液系LIB産業の延命にもつながるため、結果的に中国電池産業の進化にとって有益である。一方、小さな改良を積み重ねる中国勢と違って、性能面で差別化を図る欧米日電池企業にとって、高性能電池の需要創出は市場競争におけるキーとなるだろう。

また、今後の技術進歩により、半固体電池の安全性とコストパフォーマンスがさらに向上した場合、中長期的に一定の市場シェアを占めることとなり、全固体電池の実装を遅らせる可能性もある。そのため、半固体電池の実装と技術開発の動向には留意する必要がある。

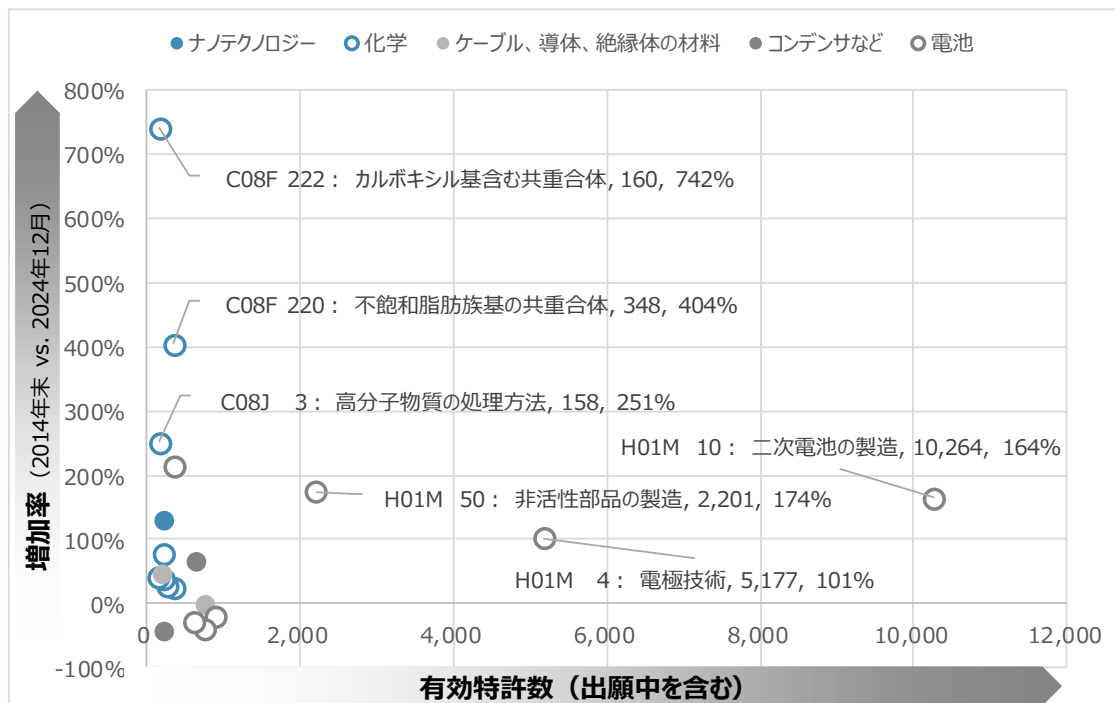
² 搭載電池パッケージ容量が60kWhとする。

半固体電池技術に関する知財分析

「(セミ) ポリマー」「ゲル」「電解質」などの、本技術と関連性の高いキーワードや、二次電池などに関連する技術分類コード (IPC) を特定 (2024年12月時点で出願中を含む有効特許数³は11,030件) し、技術分類別、上位プレーヤー別の分析を行った。

図表4は、半固体電池関連の有効特許数とその増加率を比較した結果で、横軸が有効特許数、縦軸が2024年12月時点と2014年末時点での特許数を比較した増加率を表している。この結果から、二次電池や電極を中心に注目が強まっていることが明らかとなった。

図表4：有効特許数、増加率（技術分類別）

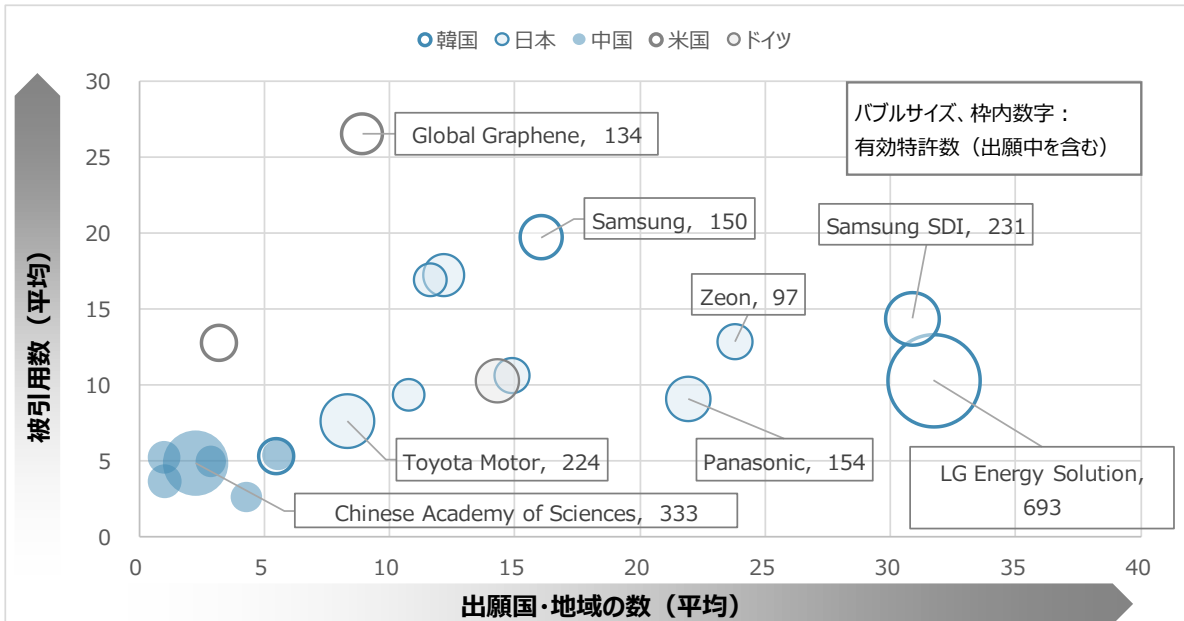


出所：LexisNexis PatentSightのデータから三井物産戦略研究所作成

図表5は、半固体電池関連の特許数における上位プレーヤーを比較した結果で、バブルサイズが有効特許数、横軸が出願国や地域の数の平均値、縦軸が技術影響度の大きさを示す被引用数の平均値を表している。この結果から、(韓) LG Energy Solutionが、特許数で2位に大きく差を付けてトップに立ち、同社の研究開発投資の積極性が明らかとなった。また、同社は、バッテリー技術における、特許権保護、特許侵害の取り締まりの強化や、公正な特許ライセンスの提供を目的とした特許プールを主導するなどの知財活動にも力を入れている。

³ 出願された特許、および審査を経て特許権としての権利行使が可能な状態にある特許の総数。

図表 5 : 有効特許数、出願国・地域数、被引用数（上位プレーヤー別）



出所 : LexisNexis PatentSightのデータから三井物産戦略研究所作成

趙 健 Jian Zhao / シニアプロジェクトマネージャー
 専門分野 : 電力・エネルギー、インフラ・都市、SDGs

石黒 隆介 Ryusuke Ishiguro / シニアマネージャー
 専門分野 : 知的財産権、知財コンサルティング

当レポートに掲載されているあらゆる内容は無断転載・複製を禁じます。当レポートは信頼できるとされる情報ソースから入手した情報・データに基づき作成していますが、当社はその正確性、完全性、信頼性等を保証するものではありません。当レポートは執筆者の見解に基づき作成されたものであり、当社および三井物産グループの統一した見解を示すものではありません。また、当レポートのご利用により、直接的あるいは間接的な不利益・損害が発生したとしても、当社および三井物産グループは一切責任を負いません。レポートに掲載された内容は予告なしに変更することがあります。