

第1章

全固体電池の研究開発動向

第1節 全固体電池および固体電解質の研究開発動向

産業技術総合研究所

小林 弘典

はじめに

近年、世界各国で二酸化炭素の排出量削減を目指した電動車両の導入が進んでいる。2024年の世界での電気自動車（EV）とプラグインハイブリッド車（PHEV）の年間販売台数を合計すると1723万台が販売されている。世界の自動車販売台数8900万台の19.4%と、2020年の4.0%の約5倍となっており右肩上がりです。特に中国が1100万台と世界の販売台数の64%近くを占めている。ガソリン自動車はエンジンでガソリンを駆動エネルギーに変換することで走行するが、EVおよびPHEVでは高エネルギー密度であるリチウムイオン二次電池（LIB）を駆動電源として搭載するため、市場でのLIBの需要が急増してきている。富士経済のレポートでは、2023年時点で世界での電動車両（EV、PHEV、ハイブリッド自動車など）用のLIBの市場規模は19兆円であるが、2030年に43.8兆円と市場規模が大幅に増加することが予測されている¹⁾。

一方、EVの普及に伴い、さまざまな問題点が指摘されるようになってきている。最大の懸案事項は電池の安全性である。海外では貨物船や地下駐車場でEVが原因となる火災が報告されており、電池の安全性についての信頼は大きく揺らいでいる。国内ではモバイルバッテリーでの発火が連日のように報告されており、ごみ焼却場が火災を起こしたケースでは周辺市町村も含めて大きな影響が出ている。他の課題としては、重い電池パックを搭載していることによるタイヤの摩耗が激しいことも挙げられる。現状のLIBがエネルギー密度の限界に到達しつつあるため、車載用途としてはさらなるエネルギー密度向上を実現できる次世代電池の実用化が期待されている。特に、「燃えにくく」かつ「搭載電池パックの軽量化を実現できる」全固体電池への期待は大きく、2020年代でのEVへの搭載を目指して国内を含め世界各国でさまざまな取り組みがなされている。以下の「1 全固体LIBとは」では固体電池について解説をする。

1 全固体LIBとは

図1に「液系LIBと全固体LIBの概念図」を示す。従来の液系LIB（電解液を用いたLIB）と全固体LIBは、液系LIBではLi塩を有機溶媒に溶かした有機電解液をLiイオン伝導体として用いていたが、全固体LIBでは固体電解質をLiイオン伝導体として用いる点が根本的に異なる。固体電解質は液系LIBでのセパレータと有機電解液の両方の役割を果たしており、全固体LIBの性能を決める上でのキーマテリアルとなる。

第1章 全固体電池の研究開発動向

正極層は正極活物質、固体電解質、導電助剤およびバインダーから、負極層は負極活物質、固体電解質およびバインダーから、固体電解質層は固体電解質およびバインダーから構成される。エネルギー密度向上のためには、正極層および負極層の固体電解質の量を減らす必要があるが、固体電解質がLiイオンの拡散パスを担っており、出力特性と密接に関係することを考慮した上で電極設計をする必要がある。また、エネルギー密度向上のために、固体電解質層を短絡などが発生しない範囲で薄膜化する必要がある。図2に「液系LIBと硫化物系全固体LIBの比較のまとめ」を示す。全固体電池が実現することで、液系LIBの更なる高性能化と課題解決が期待できる。

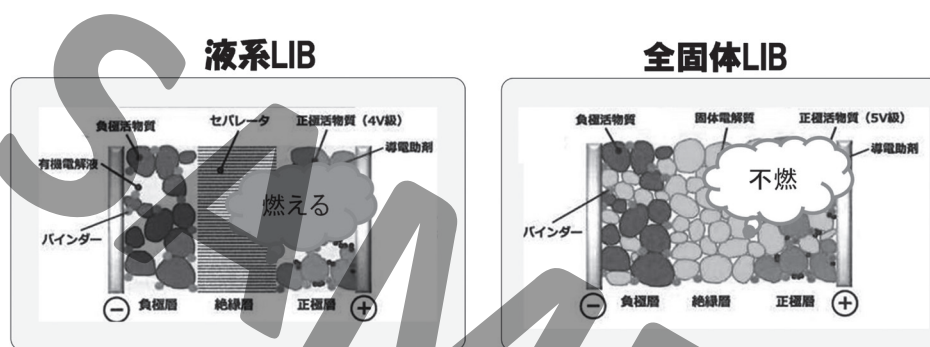


図1 液系LIBと全固体LIBの概念図

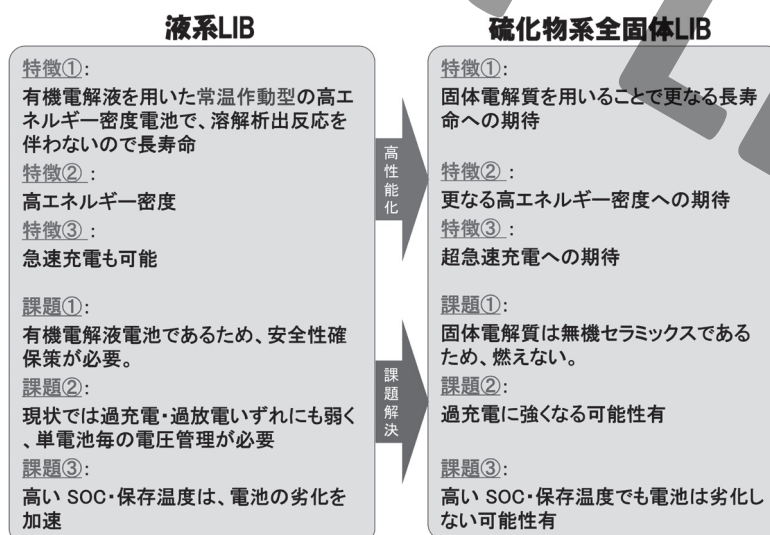


図2 液系LIBと硫化物系全固体LIBの比較のまとめ

2 半(擬似)固体LIBの開発状況

最近、半固体電池や擬似固体電池についての報告が多くなされており、EV用途としては全固体電池に先駆けて商用化されている。図3に「半(擬似)固体電池と全固体電池の関係」を示す。半(擬似)固体電池は固体電解質をセル構造中に含有するものの、ゲルポリマー電解質や少量の電解液を併用している点が全固体電池とは異なる(一部、セラミックス焼結体を採用することで半固体電池と称している例もある)。固体電池の定義には半固体電池や擬似固体電池も含まれるが、全固体電池は無機固体電解質やドライポリマー電解質のみを用いた電池を意味し、より狭義の定義になる。図4に「硫化物系全固体LIBの技術課題」を示す²⁾。ここに示された技術課題の多くが固体電解質に起因するが、半(擬似)固体電池では液系LIB同様に固体と液体(ゲル電解質)間で良好な界面形成をすることでそれらを改善でき、かつ、セルを加圧フリーで取り扱う

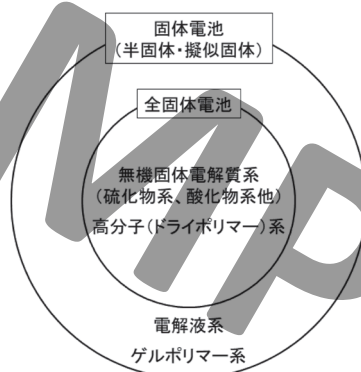


図3 半(擬似)固体電池と全固体電池の関係

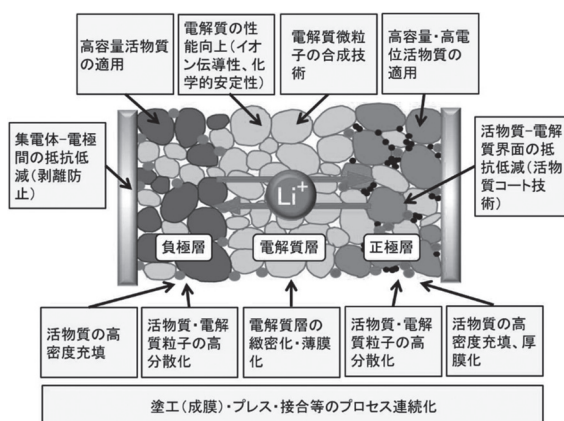


図4 硫化物系全固体LIBの技術課題