

## ー全固体型リチウムイオン電池の技術開発動向ー

### XLUS を活用した技術開発動向分析

〈お問い合わせ先〉  
 株式会社創知  
 ホームページ: <http://so-ti.com>  
 電話: 03-6231-9215  
 メール: [customer@so-ti.com](mailto:customer@so-ti.com)

\*弊社では XLUS(カイラス)の ASP サービスならびに技術調査業務を行っております。ご関心のある方は上記連絡先までご連絡ください。

\*本レポートに記載した内容および図表の全ての著作権は(株)創知が保有します。無断転載は禁じたいします。

#### 1. はじめに

リチウムイオン電池はニッケル水素電池などの他の二次電池(充放電可能な電池)に比較してエネルギー密度が高く、メモリー効果も無いために携帯電話、ノート PC や携帯音楽プレイヤーといったモバイル機器を中心に広く利用されている。また近年では大容量化が進み、電動アシスト自転車などへの応用展開もなされている。さらには次世代環境自動車であるハイブリッド自動車や電気自動車への搭載を目指した開発も、日本だけでなく世界各国で進められている。

リチウムイオン電池の課題のひとつは高安全性の確保である。ノート PC や携帯電話でのリチウムイオン電池の異常加熱や発火が新聞紙面をにぎわせたことは記憶に新しい。このような安全性の問題がハイブリッド自動車へのリチウムイオン電池搭載を遅らせたひとつの要因にもなっている。

リチウムイオン電池に発火等の危険性が伴う要因のひとつとして、リチウムイオン電池では一般的に電解質に可燃性の有機溶媒を利用していることが挙げられる。そのため製造工程での不純物の混入や電極の短絡、あるいは過充電などによって発火を引き起こす可能性が生じる。

リチウムイオン電池の安全性を高めるひとつの方向性としては電解質の固体化がある。固体電解質としては高分子やゲルなどの有機系材料(一部リチウムポリマー電池として製品化されている)や、ガラス、セラ

ミックスなどの無機材料の利用が検討されているが、性能的には従来のリチウムイオン電池に及ばなかった。

しかし 2009 年 1 月に出光興産がガラス系電解質を利用しつつ従来リチウムイオン電池並みの出力特性を持つ電池を開発し、2012 年を目処に製品化すると発表した。この開発により高安全性リチウムイオン電池の実現に一步近づいた感がある。そこで、XLUS を用いて全固体型リチウムイオン電池の最近の技術動向について分析した。

#### 2. 全固体型リチウムイオン電池開発の俯瞰

全固体リチウムイオン電池の開発に関する 2001 年以降の研究開発状況(特許出願状況)を XLUS White を用いて俯瞰した。結果を Fig. 1 に示す。

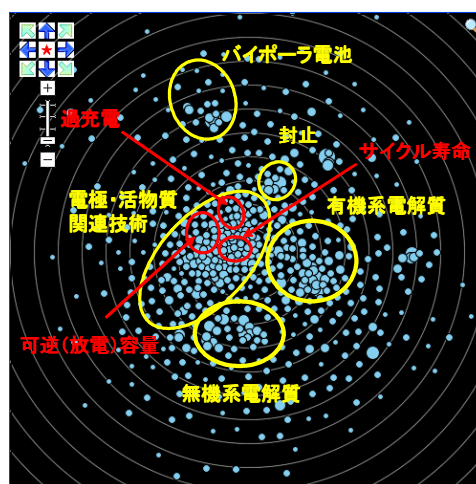


Fig.1 全固体リチウムイオン電池の開発状況(2001～)

検索は「全固体リチウムイオン電池」という自然文をもとに、条件として「リチウム」および「固体電解質」を特許公開公報全文中に含み、かつ「燃料電池」と「色素」を含まないものを収集した。その結果、2001年～2008年で約2700件の特許がヒットした。さらに関連性が低いと考えられる約200件の特許を除いて再度クラスター解析を行った結果が Fig. 1 である。

Fig. 1 であるが、特許の明細書全文における内容が近いものはひとつの ● (クラスター) に集約されており、含まれる特許数でクラスターの大きさが変化している。さらに類似性の高いクラスター同士は近くに配置されている。そのため、類似した技術同士でドメインを形成し、海島のような構造を取ることになる。

全固体リチウムイオン電池開発の動向としては、件数的に主流となっているのは電極・活物質関連技術である。そのなかでも過充電やサイクル寿命、あるいは可逆容量に関連する技術開発が多数行われている。これらの技術領域では、とくに固体電解質の種別を特定せず、全固体リチウムイオン電池の性能向上を目指した技術となっている。

一方、固体電解質そのものに関しては、ゲルや高分子を中心とする有機材料系固体電解質に関連する技術群と、ガラスやセラミックスを中心とする無機材料系電解質に関する技術群が存在する。

### 3. 研究開発プレイヤー

(1) 全固体リチウムイオン電池全体でのプレイヤー

2001年に公開された特許情報に基づいて分析した全固体リチウムイオン電池全般に関する主要なプレイヤーを Fig. 2 に示す。ここでは全固体リチウムイオン電池に係わる技術に言及している件数全体で評価を行っている。そのため、開発自体は他の部材中心であって固体電解質は一例として取り上げられている場合も含んでいる。またユアサと日本電池(2004年合併)はGSユアサとしてまとめてカウントしている。

リチウムイオン電池における主要プレイヤーとしては、一般にはソニー、松下電器産業(現、パナソニック)、三洋電機、GSユアサ等のメーカーが挙げられることが多い。しかし全固体リチウムイオン電池という観点から見た場合、三洋電機はトップ6に入っていない

(今回は第9位にランクされた)。また自動車業界におけるリチウムイオン電池関連特許公開件数ではトヨタ自動車はトップであるが、全固体リチウムイオン電池に限れば日産自動車が上位に来ている。

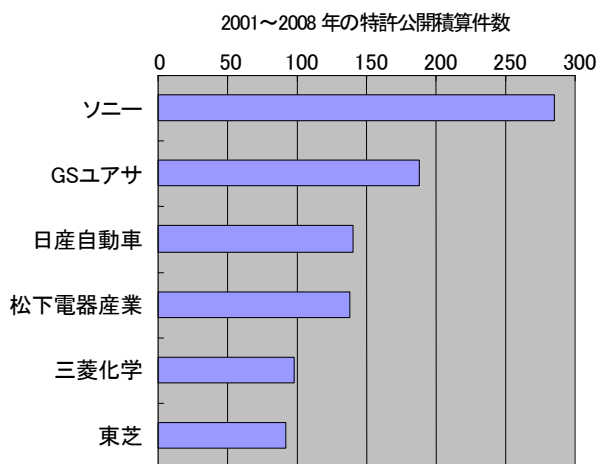


Fig. 2 全固体リチウムイオン電池関連主要プレイヤー

全固体リチウムイオン電池関連主要プレイヤーのうち、上位3社の2001年以降の技術開発領域を Fig. 3 に示す。図中で赤色にマークされているのがソニー、緑色にマークされているのがGSユアサ、そして黄色にマークされているのが日産自動車からそれぞれ出願されている特許を含むクラスターである。

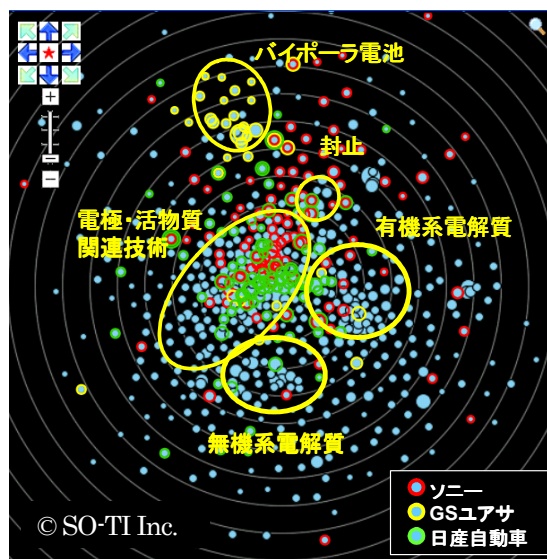


Fig. 3 全固体リチウムイオン電池開発における主要なプレイヤーの開発注力領域

2001年以降の全固体リチウムイオン電池の開発傾向を見ると、ソニーでは電極・活物質関連技術開発が多く行われており、サイクル特性やサイクル寿命の改善、容量の増大などをターゲットとしている。これに加え、ソニーでは封止や保護躯体、製造方法といった関連技術開発も行っている。

GSユアサも同様な開発傾向であるが、2001年以降で見る限り、ソニーよりも電極・活物質関連技術開発に対する注力度が高い可能性がある。電極・活物質関連技術開発ではサイクル寿命や高温保持特性の改善などが検討されている。

一方で、日産自動車に関しては、全固体リチウムイオン電池という範囲では、とくにバイポーラ電池とその応用に注力しているようである。とくに近年では内部抵抗の低減などによる出力増大やサイクル特性の改善などの技術開発が行われている。

(2) 固体電解質関連プレイヤー

全固体リチウムイオン電池の要である固体電解質開発ではどうか。固体電解質関連技術としては、前述のようにポリマーやゲルなどの有機系材料を用いるケースと、セラミックスやガラスなどの無機系材料を用いるケースがある。ここでは両者について主要なプレイヤーと動向を俯瞰した。

2001年以降の有機系材料を用いた固体電解質開発に関連する主要なプレイヤーを Fig. 4 にまとめる。

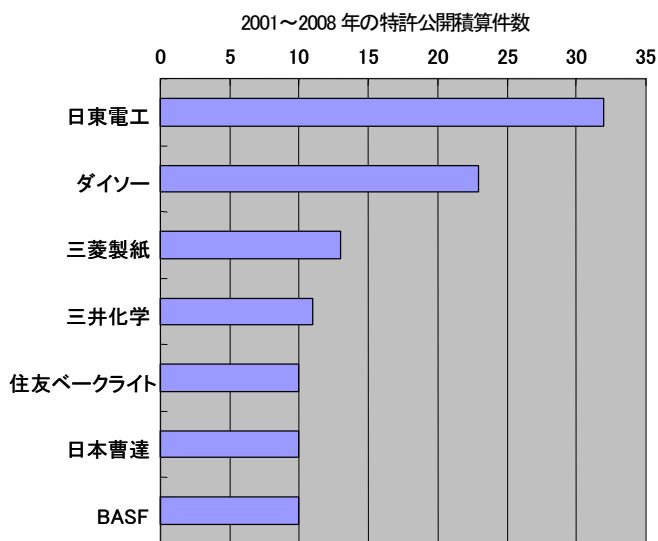


Fig. 4 有機系固体電解質の主要なプレイヤー

公開件数ベースで見た場合、日東電工が最も多く、次いでダイソーや三菱製紙となっている。日東電工に関しては多孔質材料による電解質物質の担持に関する技術も含んだ件数となっている。日東電工から出願されている特許ではダイソーと共同で出願しているものもあり、協力関係が構築されていると考えられる。ダイソーに関しては、そのほかにも日立化成や日産自動車とも関係を構築している。三菱製紙は日本ユニカーとの共同出願が多い。三井化学に関しては、三洋電機との共同出願が見られる。住友ベークライトおよび日本曹達に関しては、単独での出願となっている。Fig. 4 に示した企業以外にも、ブリヂストンがフォスファゼン（無機高分子の一種）系材料を用いた電解質開発を行っている。

有機系電解質開発プレイヤー上位3社の注力領域をレーダー図上に示す。当該分野は参入プレイヤー数が多く、際立って独占的となっている技術領域は見られない。

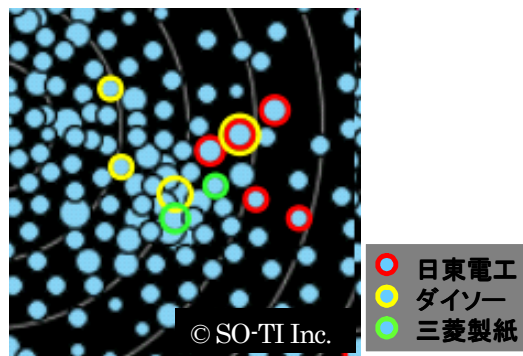


Fig. 5 有機系固体電解質開発における主要なプレイヤーの注力領域

無機系材料の固体電解質に関連する主要なプレイヤーを Fig. 6 に、また無機系固体電解質開発の主要なプレイヤーの技術開発領域を Fig. 7 に示す。

無機系材料を用いた固体電解質開発プレイヤーに関しては、Fig. 4 に示した有機系材料に比較して参入プレイヤー数が少ない。なお、辰巳砂教授（大阪府立大学）に関しては、出願人として見た場合の件数であり、発明者としては、よりアクティブな存在である。

Fig. 7 に見られるように、出光興産と住友電工では集中的に出願している領域が存在し、松下電器産業と

オハラでは、その両者の注力領域の双方への出願が見られる。

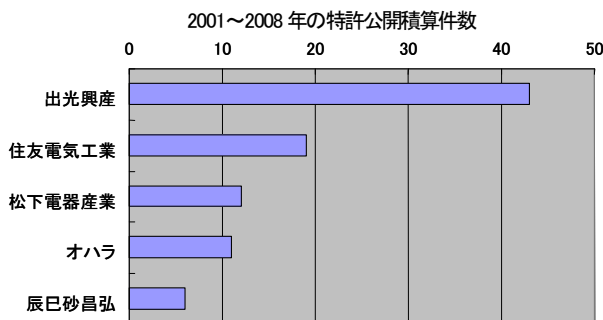


Fig. 6 無機系固体電解質の主要なプレイヤー

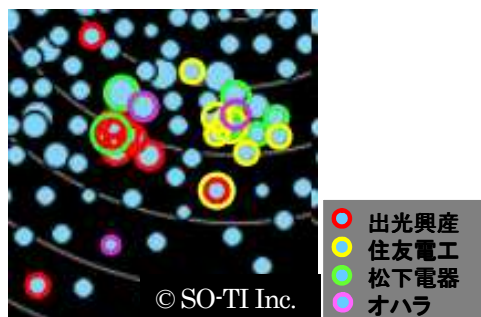


Fig. 7 無機系固体電解質開発における主要なプレイヤーの注力領域

出光興産では硫化物系のガラスおよびガラスセラミックス材料を中心とした開発に注力している。また大阪府立大学・辰巳砂教授や物質・材料研究機構との共同出願があることから、産学連携を活用した開発が行われているものと考えられる。住友電気工業や松下電器産業では硫化物系の材料や製造方法に関する開発がなされている。オハラの場合は出光興産に近い領域が注力領域であり、ガラス-セラミックス複合体材料の開発を行っている。

### (3) 有機系材料と無機系材料のトレンド比較

有機系固体電解質と無機系固体電解質に関連する特許の公開件数ベースでのトレンドを Fig. 8 に示す。図に見られるように、有機系材料は 2002 年以降、公開件数が低下する傾向にあり、技術ポートフォリオとして飽和しつつあることを示唆している。その一方で、無機系材料の場合、2006 年以降に急増する傾向にある。

図に示した年次は公開ベースであるので、実際の研究開発は 2004 年～2005 年頃から活性化している。

無機系固体電解質では、イオン伝導度をどこまで高められるかがひとつの鍵になる。今回、出光興産によって従来電池並みの性能を有する全固体リチウムイオン電池の可能性が示唆されたことから、今後研究開発に拍車がかかる可能性がある。一方で大容量・高出力を要求されるハイブリッド/電気自動車応用に関しては、更なる開発が必要と考えられる。

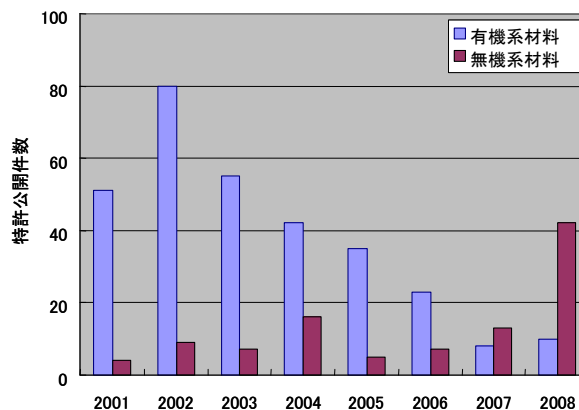


Fig. 8 有機系材料および無機系材料による固体電解質開発の年次トレンド

## 4. まとめ

全固体型リチウムイオン電池の近年の開発動向について、弊社 XLUS を用いて参加プレイヤーを中心に俯瞰した。固体電解質に関しては、無機系電解質開発がトレンドとなっており、また出光興産の従来並性能の電池開発等によって今後活性化する可能性がある。その反面、無機系材料への参加プレイヤー数は限定的であり、今後新規な参加プレイヤーが増加するかどうかで、領域としての活性が高まるかが決まる。

一方でハイブリッド等の自動車応用という観点から見た場合、安全性を担保したうえで大容量・高出力化の課題を如何にクリアできるかが大きな課題となるものと考えられる。

### (著者紹介)

本多克也：ソリューション事業本部長、博士（工学）  
 新技術事業団研究員、三菱総合研究所主任研究員を経て2008年より現職。専門領域：ナノテクノロジー・材料等の先端科学技術調査分析および海外の科学技術調査分析。