

全固体二次電池のための要素技術開発



特 集

(地独) 大阪市立工業研究所 電子材料研究部 研究主幹 (電池材料研究室長)

高 橋 雅 也

私ども大阪市立工業研究所では、電池材料研究室が今年4月に設立され、現在2人で業務を行っています。本日紹介させていただく研究内容は、表面処理研究室と一緒に出した成果です。

●ボーイング787のバッテリー異常

電池の研究をするものとして電池トラブルは気になることです。これは昨年1月のボーイング787バッテリー異常の時の煙が出ている写真です。バッテリーは、一辺30 cmくらいのものが焼けただてにありました。正常な電池は8つのコンポーネントで構成されています。今回の事故は電池セルの1つがショートしたことによって、連鎖反応で延焼していき、電池が破壊されたと報告されています。

●リチウムイオン二次電池

こうした重大事故もありますので、小型、高容量、高速充放電で長寿命、という電池性能以上に、より安全なリチウムイオン電池が求められています。より良い電池の作製には、材料開発が重要です。

一方で、電池材料の開発のためには、電池を組み立てて評価しないと開発が進みません。電池の組み立てには、装置や設備に多くの投資が必要であるとともに、技術ノウハウの蓄積、人材育成などを含めて投資のリスクは大きく、一朝一夕にはいきません。

工業研究所の取り組みとして、装置や人材を手軽に活用できるように、電池試作・評価をするための設備や装置を導入しています。受託研究、技術支援を通して、操作方法を習熟していただき、ご自身で利用していただけるよう5研究室12名での支援体制を整えています。それが人材育成、投資リスクの低減、開発期間短縮化に有効だと思います。

本日は、昨年3月に開設しました電池開発評価センターについて紹介します。電極塗工から電池セル組み立て、評価・解析へと順に説明します。また研究成果の紹介として、①無電解めっき法によるCu-Sn合金薄膜構造体の開発、②酸化物系全固体電池

の開発において2種類の方法で検討したこと、③硫化化合物系全固体電池の開発、これらについて説明させていただきます。

●リチウム電池の原理

電池には正極と負極があり、一般的な電池には電解質溶液が入っています。また、正極・負極間でショートしないように離されています。電気自動車などに搭載されるリチウムイオン電池になりますと、正極と負極が対面しセパレータが間に入ったフラットな形をしています。アルミ箔、銅箔が集電体として使われ、正極材料、負極材料がコーティングされており、電解液に浸されラミネートで覆われている形をしています。リチウムイオン電池とリチウム電池とは違うのかと聞かれますが、負極にリチウム金属を使っている場合はリチウム電池と呼ばれます。これに対しリチウム金属が析出しない電位で作動する黒鉛や化合物を用いる電池は、リチウムイオン電池という表現をしています。

このリチウムイオン電池をもっと安全にするために、最近では、電解液の代わりにイオン伝導性ポリマーを使った液漏れのない全固体電池や、燃えにく



講師 高橋 雅也 氏

いイオン液体も用いた電池が開発されています。しかし有機物を使うかぎりは燃える可能性は否めません。電解液を無機の固体の電解質に置き換えた全無機全固体電池の開発に期待が寄せられています。

全固体電池の構造は、一見電解液を用いた電池と同じような構造をしています。電解質が液体なら微粒子の隙間を通して電極材料の隅々までくまなくリチウムイオンを送り届けることができるのですが、電解質が固体ではそれが難しく、電極材料微粒子を固体電解質で覆い、隙間を固体電解質で埋めることで液体の様に働かせると考えられます。電極材料全体と高速にイオンのやり取りができることで、高速充放電、大容量が可能になります。私たちはそのような全固体電池の開発を目指しています。

●自動車用二次電池ロードマップ

これはNEDOの2030年を目標とした自動車用二次電池ロードマップで、2012年度現在のものです。5年で10万km保証という自動車業界のニーズから、電池にどのような性能が求められているのかを示したものです。最終的に2030年には1kwあたり5千円くらいでバッテリーが提供でき、10年～15年寿命のあるものをつくろうとしています。直近目標は2020年で、250Wh/kg 辺りです。現状では60～100Wh/kg ですからまだ2～3倍増が必要ですが、自動車の航続距離などがさらに改善されるような技術開発を推進して行きます。電気自動車はフル充電で現在150km程度。ガソリン車ではガス欠ランプが点いた時点で、残り100km程度は走ることができますから、電気自動車をフル充電した時の気持ちは、ガソリン車でガス欠寸前の不安な気持ちと同程度です。まだまだバッテリー容量を増やしていかなければなりません。2020年の後の2030年に行くためにはブレークスルー、新しい技術革新が必要とされています。金属・空気電池、あるいはアルミ、カルシウム、マグネシウムなどを用いたような、リチウム以外を使った革新電池の開発が必要になってくると言われています。

●リチウムイオン電池の電解質の技術マップ

さきほど私は固体電池を開発するには固体電解質が必要だと言いました。縦軸を電気伝導率、横軸を温度にして表わしますと、高い方が電気伝導率がよ



い材料です。 10^{-2}Scm^{-1} 以上が希望帯域になります。現状では無機固体の方がイオン伝導度の高いものが開発されています。あとは隅々まで、くまなく固体電解質を散りばめて液体の様に働かせる必要があります。こちらが電位窓と呼ばれ、何V（ボルト）まで電解質が分解しないで使えるかを表しています。水の電気分解をされた方も多いと思いますが、有機物でも電圧をかけると分解します。4V、5Vとかけていくと分解してくるので、LGPSと呼ばれているリチウム・ゲルマニウム・リン・イオウ系化合物は、5Vの非常に広い電位幅で分解しないという材料です。そのような材料を使って、もっとイオン伝導度の高い、薄い膜で、全固体電池の開発を検討しているところです。

●リチウム二次電池の正極材料の技術マップ

一方で正極材料とは申しますと、ここに示された材料が開発されています。この図の見方は、縦軸は電位、横軸は重量当たりの容量です。容量が大きいということは、車で言うなら航続距離が長くなるということで、現在正極材料として実測値130Ah/kg付近のLiCoO₂が主に使われています。その電圧は3.8V程度で、この図の赤丸辺りになります。もっと容量が大きく、電圧の高いものの開発が必要とされています。容量の大きい材料として硫黄系の正極活物質がありますが、ただしこれは電圧が低いため、ワット（W：電圧×電流）に換算するとその分半減してくるので注意が必要です。私どもでは、160Ah/kg付近のMn、Ni、Coを含む化合物MNCを用いて研究しています。

●リチウム二次電池の負極材料技術マップ

次に負極材料です。負極のリチウム金属などは

3000～4000 Ah/kg といった容量があります。それに対して現在使われている黒鉛などは、300 Ah/kg 程度で、リチウムと比較しますと10分の1以下です。いかに容量を大きくするかが課題です。また、電池を組んだ場合に、正極の電圧と負極の電圧の差が、我々が取り出せる電圧になりますので、負極の場合は電圧が上がると困ります。電圧は低めで容量は大きくが理想です。ところが、チタン酸化物の化合物は、負極としては電圧は高めですが、実用化されています。リチウムイオンの挿入脱離による体積変化がないというユニークな材料で、充放電に伴う体積膨張収縮による機械疲労がなく、長寿命な点が評価されたためです。

それに比べてこちらのスズやケイ素などは容量は大きいですが、充放電した際の体積変化が非常に大きいことから、すぐに碎けて微細化し、容量が低下します。

これらの材料を有効に活用するための体積変化防止の技術開発が必要です。

●革新電池の技術マップ

リチウムイオン電池はPHV用で現在この辺りです。我々はそれをできるだけ500 Wh/kgにすることを目標に研究しているところです。リチウムイオン電池でもナトリウムイオン電池でも、同じ路線で研究開発は進むのですが、1000 Wh/kg までは到達しません。これをクリアするためには新しい電池や金属・空気電池など革新的な技術開発をしなければなりません。少なくともカルシウム、マグネシウムとか、1粒で2度おいしい、3度おいしいといったイオンを使った電池を開発していかなければなりません。こうしたことから開発を推進する必要がありますが、どの電池を開発するにも酸化物や何らかの粉を塗工する、膜にするという作業が必要になっています。

●電池評価センター

電池を開発・評価するために我々が設置した「電池開発評価センター」について紹介させていただきます。ここには塗工、電池組み立て、打ち抜いて電解液を入れ、封止、コイン電池をつくり、そして充放電評価をするという、一連の作業が行われる装置が設置されています。

●電極液調整装置

スラリー、粉をペースト状にし、金属箔上に載せ、低速度で塗工し、乾燥し、プレスをして金属箔上に密着させるとともに密度を上げます。



●注液機（ラミネートセル用）

これは袋状のラミネートフィルムを真空シールにする装置です。正極、セパレータ、負極、電解液を入れた袋状のラミネートの一片を減圧にしながらシールすることで、ラミネート型セルを作製します。

●コイン電池作製装置

この装置は円形に打ち抜いた電池活物質を塗布した電極を、キャップとケースに配し、短絡防止用のガスケットとセパレータで仕切って締め付けることによって、コイン電池を作製します。CR2030 用では直径20 mm、厚さ3.2 mmという電池をつくることができます。

●ドライチャンバー

試料を真空乾燥させた後の作業はこのドライチャンバーの中で行います。チャンバー内のホースからは露点 -80°C 、1 ppmの乾燥空気が出ています。露点温度が -60°C 以下、数 ppmの湿度環境を保持しています。

●グローボックス

アルゴン雰囲気グローボックスは、リチウム金属などを扱うもので、湿度は0.1 ppm以下になっています。ラミネート型セルの作製には、正極、セパレータ、負極といったものをラミネートで覆ってラミネート型袋を作って電解液を入れ封止します。コイン電池の場合は、ワッシャー、ガスケットなどを

組み合わせて加締めます。

●電池特性評価

充放電特性や電池の内部抵抗、電解質の伝導度測定が可能です。また、高温での伝導度の評価も可能です。

●製膜技術

そのような装置を整備していますので、電池の作製から評価まで可能です。中国やフランス、アメリカでもそうですが、世界中の電池はこの方法でつくられています。いくら良い材料があったとしても、この方法に従わないものははじかれています。

それに対して、全固体電池についてはつくり方が決まっていないので、何か新しい方法を考え、それを標準化すればよいということです。今までの技術が使われるという意味ではスキージ法などはメリットがあります。我々は他にも電気化学析出法、スプレー熱分解法、あらかじめ微粒子をつくって粉碎しておいて、室温で製膜する方法などを工夫、検討しております。

●Cu-Sn 合金めっき構造体負極シートの開発（無電解めっき法）

無電解めっき法で行った研究成果を紹介します。

現在用いられているグラファイト系負極材料では、6つの炭素と1つのリチウム（ C_6Li ）の反応で372 mAh/gの理論容量を示します。リチウム金属の理論容量が3860 mAh/gですので、10分の1以下しかありません。もっと容量の高い材料として、スズやシリコンを研究している人もいますが、サイクル特性が悪いためなかなかうまく使えていません。その対策として、銅や鉄など第3元素との合金化や、析出粒子を最初から微細化しておくなど、3次元多孔構造体の作製など、サイクル特性の改善の研究例があります。

しかしながら、サイクル特性の改善と高容量化すなわちスズの量をできるだけ多くすることとの両立が必要です。

我々独自の技術として、Cu-Sn 合金めっき作製法があります。絶縁性樹脂の上にも作成できます。そこで、PET 不織布をテンプレートとして、Cu-Sn 合金電極の3次元構造体を無電解めっきで作製し、サ

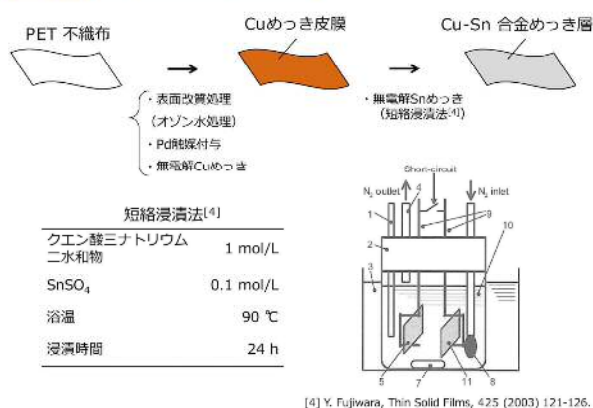
イクル特性改善と高容量化の両立を達成した例を紹介します。

●Cu-Sn 合金めっき構造体の作製と評価

PET 不織布の表面改質処理、Pd 触媒付与、無電解 Cu めっきというプロセスで、銅めっき皮膜をつくります。その上に短絡浸漬法で Sn めっきを付けます。

これを打ち抜いてセパレータ、リチウム金属、そして電解液を入れて、二極式フラットセルで測定します。こちらはめっき前の PET 不織布、無電解 Cu めっきを行った不織布、さらにその上に無電解 Sn めっきを施した不織布です。Cu および Sn めっきを施した不織布について、詳しく観察・分析・評価を行いました。ファイバーの上にきれいに製膜され、表面も滑らかです。平板と比べ単位面積で10倍くらいの量が付いています。こちらが断面です。10 μm 弱 PET の表面に2 μm 程の Cu 薄膜が付いています。その上にさらに200nm 程の Cu_6Sn_5 に同定される合金薄膜が付いています。その充放電容量を調べますと、約800 mAhg⁻¹。理論容量が994 mAhg⁻¹ですので、その84%の放電容量を発揮しています。

実験方法 Cu-Sn合金めっき構造体の作製



●Cu-Sn 合金の効果

平板の Sn 電極と平板の Cu-Sn 合金電極を比較してみますと、Sn 電極が200 mAh⁻¹に対して Cu-Sn 電極は800 mAh⁻¹と非常に高いのですが、サイクル特性を繰り返すと悪くなります。平板ではサイクル特性があまり改善されていません。

●不織布テンプレートの効果

これに対して不織布にめっきをしますと、Cu-Sn

の平板に対して非常に高い 800 mAhg^{-1} を維持したまま、50 サイクル目でもほとんど低下していません。平均充放電効率 96% という好ましい結果でした。

●サイクルテスト後の電極の状態を比較

充放電後に解体してみますと、不織布上 Cu-Sn 合金電極は電極活物質の剥離もなく、維持されています。一方で Cu 箔上試料ですと、活性物質のほとんどが剥離しています。不織布上に薄く Cu-Sn 合金を付けることで、膨張、収縮の影響の受けにくいシートが得られたと言えます。このような負極材料は、従来の電池の負極材料として、さらには全固体電池の負極材料としても使えますので、可能性が大きいと期待できます。

●酸化物系全固体電池の開発（スプレー熱分解法）

酸化物系の全固体電池を実用化するまでには今後 10 年の研究開発期間を要すると言われています。セラミックス同士の接触界面でイオン伝導性を持たせることが難しく、界面の設計技術の開発が必要です。我々はスプレー熱分解法によってできないかと検討しているところです。負極薄膜として、チタニルアセチルアセトナートとリチウムアセチルアセトネートをジメルチホルムアルデヒドに溶解し、チタン酸リチウム $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ が 5wt% になるように前駆体溶液を調整します。正極用としてはコバルト酸リチウム LiCoO_2 が 5wt% になるように前駆体溶液を調製します。こういった溶液を加熱した基板の上にスプレーします。装置は基板加熱ヒーターとスプレーだけの非常に簡単なものです。基板として樹脂やフィルムは使用できませんが、加熱するだけで作成できます。

得られたコバルト酸リチウムは茶褐色な透明、チタン酸リチウムは無色透明です。

これらの電極薄膜の特性評価は、金基板を用いて製膜しこのようなビーカーセルで行います。

さらに、市販されている固体電解質シートの両サイドにこれらの正極材料、負極材料をスプレーして、全固体電池の作製を検討しています。

●負極 X線回折測定

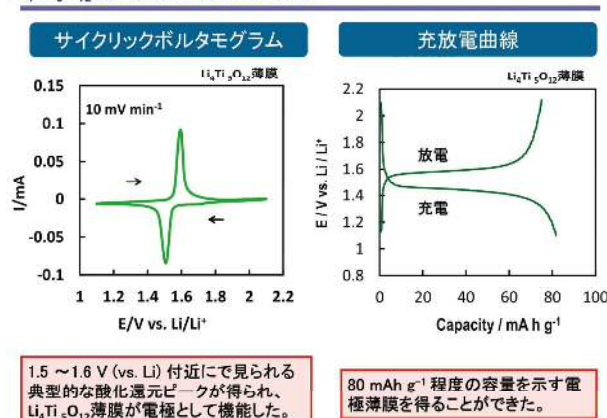
700°C での製膜でチタン酸リチウムと同じ位置に結晶ピークが見られます。また、スプレー時のキャ

リアガスとして空気を用いますと、酸化が進み過ぎてルチルが混ざってきますが、窒素ガスを使うとチタン酸リチウム単相ができます。

● $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ 電極薄膜の電気化学評価

サイクリックボルタモグラムは、電解液の中にセットしたリチウムと負極の間にかかる電圧を変化させた時の電流の変化を示しています。最初電圧が 2.1V 付近で、徐々に電圧を下げていくと、1.5V 付近で還元電流が流れ始め、負極へのリチウム挿入が始まります。さらに電圧を下げますと、電流は流れなくなります。今度は逆に電圧を上げて行きますと 1.6V 付近で酸化電流が流れ始め、さらに高い電位では流れなくなります。この最もよく流れているところが、充放電曲線ではプラトーになります。80 mAhg^{-1} 程度の容量を示す負極薄膜を得ることができました。

$\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ 電極薄膜の電気化学評価



●正極

正極につきましても同じように、窒素をキャリアガスにしてコバルト酸リチウム薄膜を形成することができました。

●正極 LiCoO_2 電極薄膜の電気化学評価

電気化学的な評価を行いますと、80 mAhg^{-1} 程度の容量で、充電容量と放電容量の割合は 96% と高く維持されています。

こうした膜を、市販されている固体電解質結晶の両サイドに製膜し、全固体電池への応用を検討してみました。

●固体電解質シートの特徴

市販固体電解質シートは、リチウム：ゲルマニウム：リン酸の比率が1：2：3の、リチウム置換ナシコン型と呼ばれる結晶に分類され、このような組成になっています。このシートはスルーホールが無く、また、800℃までの広い温度範囲でも重量変化も無く、伝導度が高いという性質が有ります。

固体電解質膜の上にチタン酸リチウム5 μm 程度と、反対面にはコバルト酸リチウム5 μm 程度を製膜しました。

●全固体電池充放電測定

この3層構造の上に金を蒸着し、全固体電池を作製して充放電測定を行いました。このように充放電が認められ、全固体電池として動作することが分かりました。電圧が2V弱で少し低い、劣化が激しい等の課題はありますが、酸化物系全固体電池の実用化が期待されます。

●レーザーを用いた負極の改質

例えば酸化チタンにレーザーを照射すると黒くなります。ここの電気抵抗値を測ると初めは抵抗が高いですが、レーザーパワーを上げますと急激に下がります。

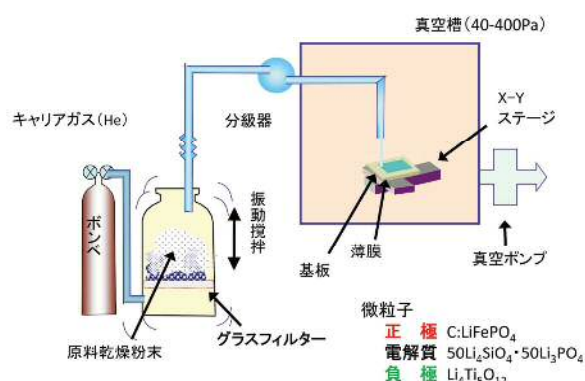
● $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ 負極薄膜への超短パルスレーザー照射効果

これはレーザー照射で酸素欠陥ができ、電子伝導性が現れたことによると考えられます。先ほどの負極材料であるチタン酸リチウムにレーザーを照射しますと、容量はこのような増大します。電子伝導性が高まることが影響していると考えられます。レーザー照射によって容量が改善されるため、容量を向上させる技術に応用が可能だと期待されます。

●酸化物系全固体電池の開発（エアロゾルデポジション法）

次にエアロゾルデポジション法を検討してみました。これはあらかじめ焼成などで作製した電池材料を数 μm 以下の微粒子に粉碎して、それを舞い上がらせ、ちょうど煙草の煙のような状態であるエアロゾルにします。これを真空槽に導入したノズルを通して、基板の上に吹き付けます。真空ですと差圧

3. 酸化物系全固体電池の開発 ～エアロゾルデポジション法～



は1気圧ですので、あまり高速ではないと思われるかも知れませんが、実は音速くらいまで加速され、基板に衝突し堆積します。基板はXYステージの上に載せており、基板を移動させることで、薄膜状に形成できます。用いた微粒子はこのような組成ですべてが酸化物系です。

レアアースを使わないリン酸鉄リチウム、固体電解質としては少しインピーダンスが大きいですが、ありふれた元素で構成されています。リチウムの挿入脱離で体積変化がないチタン酸リチウム。こうしたものを使って製膜を試みました。

●AD法により作製した薄膜

アルミ基板の上に堆積させたそれぞれの薄膜を示します。5 μm 程度ですが、移動速度や製膜回数の調整で厚くすることも可能です。

●固体電解質層膜 $50\text{Li}_4\text{SiO}_4 \cdot 50\text{Li}_3\text{PO}_4$

固体電解質薄膜では、小さめの粒子を用いた場合に界面抵抗が小さく現れています。

●AD法により作製した薄膜の電気化学評価

負極薄膜 $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ 、正極薄膜 C: $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ の充放電曲線を示します。粒径6 μm の微粒子を用いて製膜した薄膜では、どちらの電極も実行理論容量に近い150 mAhg^{-1} の容量を示しました。

●負極／固体電解質／正極の3層積層膜

エアロゾルデポジション法で正極、固体電解質、負極と順番に製膜することで、3層積層膜が得られます。粒径の小さい粒子を製膜する際は、付着しに

くいため基板表面をラフに仕上げています。これが3層積層膜の断面のFE-SEM画像です。きれいに3層積層されています。アルミ基板と正極、固体電解質と正極はきれいな界面ができています。負極と固体電解質の断面は少し亀裂が見られます。こうした所のつくり方が少し難しいところです。エアロゾルが真空槽内に導入される際、断熱膨張により気体が冷却されて基板に吹き付けられます。この時、基板が冷やされるということが課題でもあります。充放電特性を調べてみますと、全固体電池として作動しています。まだまだ容量や電位は十分ではありません。温度変化による亀裂で導電パスが切断断絶されたとも考えられます。このあたりが課題の1つと考えています。

●硫化物系全固体電池の開発（スキージ法）

正極材料、負極材料、固体電解質すべて硬いセラミックス粒子を用いますと、粒子間の界面でどうしても抵抗が大きくなります。そこを柔らかい材料で覆うような仕組みが欲しい所です。そのような材料として、我々は硫化物系の固体電解質を用いて、全固体電池の作製を試みました。手法は現在工業的に用いられているスキージ法です。

作製した固体電解質シートがこれですが、厚さ200 μm 程度で非常に伝導率の高い材料ができました。

●シート平滑性へのスラリー溶媒の影響

塗工時のスラリー溶媒の違いによって、シート表面に膨れ、凝集、剥離などが見られます。溶媒の蒸気圧が高いほど膨れが多いため、できるだけ低いデカンを使用しました。また、乾燥後にプレスすると改善します。それでも凝集物が表面に見られますが、スラリーの乾燥過程で振動を加えることで、さらに平坦なシートが得られました。

●固体電解質の粒径が及ぼす正極シートの分散状態

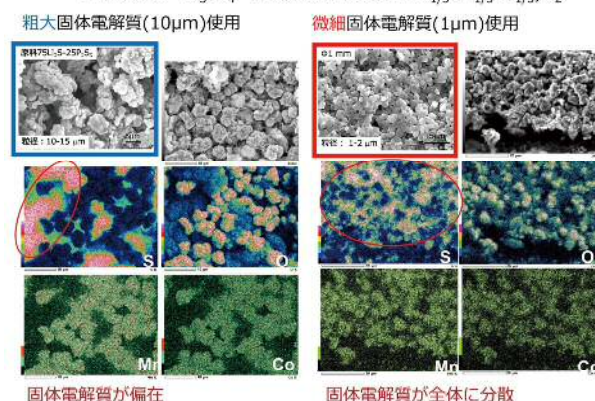
作製した固体電解質の粒径10 μm のもので正極シートスラリーを作って塗工した場合、硫黄、酸化物が偏在してきれいに混ざっていません。1 μm 程度に微細化した固体電解質を用いて作成しますと、活物質も電解質も分散しています。小さな固体電解質を使うのが均質な電極シートを作製するのに有効です。

●固体電解質の微細化による容量への影響

正極活物質（NMC）75%、固体電解質25%とした時の活物質重量当たりの放電容量を太い青線で示します。約80 mAhg^{-1} の容量です。活物質含有量の割合を多くした時に活物質単位重量当たりの容量を80%に増やしますと、活物質重量当たりの容量が30 mAhg^{-1} に急激に下がります。これは固体電解質が隅々まで行き渡っていないためイオン導電パスが形成されず、活物質があまり活用されなかったためと考えられます。

一方、微細化した固体電解質を使うと、80%に増やしても活物質重量当たりの容量が100 mAhg^{-1} 付近まで増えています。均質に分散し、隅々までイオン伝導パスが形成されたためと考えられます。また、活物質含有量も80wt%入れることができます。微細化は容量増大のために非常に効果的であることが分かりました。

固体電解質の粒径による正極シートの分散状態 ～表面SEM像～
固体電解質 Li_3PS_4 、正極活物質NMC: $\text{LiNi}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{O}_2$



●正極シート（活物質／固体電解質＝80／20wt%）を用いたセル作製における最適プレス圧

プレス圧の影響も見過ぎてせません。電池を組む時に活物質・固体電解質80／20という電池をつくったのですが、その時のプレス圧をいろいろ変えてみました。プレス圧を高めると容量が下がっています。断面を見ると傷んでつぶれている所が見られます。プレス圧が高ければ高いほど、固体電解質は塑性変形により充填され導電性が高まりますが、正極材料は活物質が脆性破壊につながる。両方の効果でプレス圧の最適値があるということになります。ちょうどここが最適プレス圧にあたり、140～150 mAhg^{-1} の容量を出すことができました。

●硫化物系全固体電池：界面抵抗の低いバインダーを開発

工業研究所では、受託研究企業様と共同で界面抵抗の低いバインダーを開発し、これを用いて正極複合体シート、負極複合体シート、および全固体電池を作製しました。

NMC 正極活物質を 80% 含む正極複合体シートの充放電曲線を見ますと、NMC の実効理論容量 160 mAhg^{-1} に近い 150 mAhg^{-1} 以上の値を出すことに成功しました。

負極側は球状黒鉛を使っています。充放電曲線を見ますと、 300 mAhg^{-1} 以上の値が得られています。球状黒鉛の実効理論容量は 330 mAhg^{-1} 付近ですので、実効理論容量をほぼ達成していると言えます。固体電解質シートを挟んで全固体電池を作製しますと、 120 mAhg^{-1} 以上の容量を示す全固体電池を開発することに成功しました。この電池のインピーダンスプロットを見ますと、この半円は正極層内の抵抗になります。このバインダーでは、半円は非常に小さく、界面抵抗がほとんどありません。

次に $5 \text{ cm} \times 5 \text{ cm}$ のラミネート型全固体電池を組んでみました。無加圧で充電・放電をしてみましたところ、全無機・全固体電池として動作することが分かりました。LED も光ります。今後は負極材料の検討、全固体電池ならではの特徴を出しながら、高容量化を検討して行きたいと思っています。

●電池性能・基盤技術・材料技術

電池の性能はエネルギー密度重視型、出力密度重視型、寿命重視型、コスト重視型、安全性重視型など、その性能からの電池の形態や電池構成が決まってきます。それを実現するためには、各部材の設計

が必要です。それぞれに基盤技術として電気化学から化学工学まで、様々な学問が必要です。用いる材料も、金属や酸化物、硫化物、有機物、界面活性剤、ポリマーなど様々ですので、セラミックス材料、炭素材料、高分子材料、有機材料などを含めて、色々な材料技術が必要です。

学際的に多分野の人たちが共同して解決にのぞまなければいけません。もはや 1 研究機関、数人の研究室、1 企業ということだけでは対応できないレベルです。連携して研究開発や事業化をしていく必要性があります。

●革新的二次電池の開発はこれから

革新的二次電池の開発は、まだまだ始まったばかりです。材料開発においても硫化物系、Na 系など技術や知識の蓄積が必要です。どんな次世代電池においても作製方法は決まっています。また、形状の研究として、従来の溶液系のリチウム電池ですと 1 つのセルに入れると溶媒が電気分解されるため、いくつものセルに分かれています。全固体電池の場合は積み重ねが可能です。こうした新しい形状で大電流、大電圧を取り出せます。用途開発としては、透明電池という新しいものも発表されています。

空気-金属電池、多価カチオン電池の研究開発は、10 年後～20 年後くらいが花開いている頃かと思われます。そのための投資はかなりかかりそうですが、それを最小限に抑えるためにも、ある程度の装置・設備・ノウハウ、さらには関係する解析評価技術を有している機関が必要です。今後の展開がますます楽しみな分野ですので、ぜひ工業研究所をご利用頂きたいと思っています。

