

特集「電池と粉体技術」を企画して

特集担当編集委員 渡辺 香、井上 義之、金井 和章

電気自動車（EV）の普及に伴い、車載電池の研究開発や量産技術の確立が急速に進んでいる。従来のリチウムイオン電池は、大量製造による低コスト化が進んでいるため、国内の電池メーカーにおいても従来の技術で優位性を発揮することが難しくなっている。そのため、新しいリチウムイオン電池の開発が進められており、技術的優位性だけでなく、安全性や環境負荷の低減も求められている。

特に近年、欧州では新たに「欧州電池規則」が適用されている。この規則によると、カーボンフットプリント（炭素の足跡）と呼ばれる温室効果ガスの排出量の報告が義務付けられ、これを提出しなければEU域内で電池を流通させることやその電池を搭載したEVの流通ができなくなる。さらに、2030年を目途に一定以上のリサイクル材の使用を義務付ける方針も示されている。

昨今のウクライナ危機により、レアメタルの供給網に関する関心が高まり、レアメタルのサプライチェーンの多様化やリサイクル技術の重要性が再認識されている。

大阪大学名誉教授の内藤牧男氏、東洋炭素(株)の近藤光氏、大阪大学接合科学研究所の小澤隆弘氏には「電池分野の発展に貢献する粉体技術」と題して執筆いただいた。

電池性能向上に寄与する粉体の構造制御に関して、シリコンとグラファイトの多孔質複合造粒体を作成する方法や、得られた造粒体表面にピッチ粒子を被覆してカーボン被膜型の複合粒子を作成する方法が紹介された。このプロセスを採用することで、正極材料の量産化にも適用可能であり、今後の実用化開発に期待されている。さらに、粉体技術を応用した低環境負荷の電池材料製造技術や、電池のリサイクルによる循環利用のアプローチについても具体的な製造技術の事例が示された。これにより、電池製造の環境負荷を低減し、資源の有効活用が可能となる。これらの研究成果を活用することで、新しい電池製造プロセスの技術開発が進むことや、また粉体技術を応用することで、次世代電池の性能向上や持続可能な社会の実現に寄与する可能性も大いに期待されている。

プライムプラネットエナジー&ソリューションズ(株)の小池将樹氏には「車載用電池の開発と製造技術」と題して、執筆いただいた。

車載用電池に限らず、電池分野の産業としての発展や日本の電池製造サプライチェーン競争力の強化について紹介された。地球温暖化防止のため、化石燃料削減や再生可能エネルギー利用が進む中で、電力の効率的利用が重要になる。特に二次電池は再生可能エネルギーの不安定さを補う重要な技術であり、環境に配慮した電池の開発とリサイクル技術の進歩が求められている。

このような状況下で、脱炭素規制対応だけでなく、海外勢との競争や自国保護主義にも対応し、グローバル視点で知恵を結集することで日本のものづくりの総合力を高めることの意義が示された。

粉体技術と電池の関連性については、電極製造プロセスにおける粉体の取り扱いの課題が指摘された。現在の技術では、電極製造において人手の介入が不可欠であり、連続プロセスではなくバッチプロセスが多いことが述べられた。粉体制御技術と粉体ハンドリング技術の両方を含む素材/装置サプライヤーの存在が非常に重要である。

法政大学の森隆昌氏には「リチウムイオン電池スラリーの特性評価と電池性能 — スラリーの沈降・充填特性と電極微構造の関係 — 」と題して執筆いただいた。

リチウムイオン電池の電極膜は、スラリーを塗布・乾燥するプロセスによって製膜されるが、電池性能を左右するスラリーの評価・制御は非常に難しい技術の一つである。本稿では、単成分スラリーの評価・制御で培われてきた技術が、多成分スラリーの評価・制御にどのように応用されているかについて、著者の最新の研究成果を紹介された。その中でも、スラリーの重力沈降時にスラリー底部の静水圧を測定する手法で、粒子の沈降・堆積挙動を解析する方法が示された。粒子が凝集すると、沈降・堆積速度が速くなり、沈降静水圧の減少速度が大きくなるとのことである。

正極スラリーを例に、沈降静水圧と体積抵抗率を比較したところ、沈降静水圧の減少速度が遅いスラリーほど体積抵抗率が小さくなるという結果が得られた。さらに、リチウムイオン電池負極用スラリーの混練の事例では、水系グラファイトスラリーにおいて、混合方法の違いにより同一スラリーでも粒子

の分散状態が異なる結果が示された。

製造プロセスとスラリーの評価技術を組み合わせることで、電池性能の向上に寄与し、エネルギー問題の解決策にもなると期待されている。次世代電池開発において、多成分スラリーの粒子分散状態の評価・制御は重要な役割を担っており、今後ますます注目される分野であり、さらなる研究の発展が期待される。

名古屋大学未来材料・システム研究所の中村崇司氏には「固体イオニクス材料の欠陥に関するエンジニアリング技術」と題して執筆いただいた。

電子欠陥の機能に関する研究を重ね、欠陥をポジティブに働かせることで電池材料の充放電特性を向上させた研究成果を紹介された。従来の酸素低比率組成のPristineでは、充放電時の放電容量の維持率が77%であったのに対し、著者らのサンプルでは維持率が95%と、サイクル特性に優れていることが確認された。TEM観察の結果、サイクル試験後のサンプルの層状構造も維持されており、リチウム遷移金属のカチオン交換が不可逆的に抑制されていたことが示された。

材料中の欠陥はポジティブにもネガティブにも働く可能性があり、欠陥の機能を理解することで素材としての機能を最大限に発揮できると考えられる。本研究は、欠陥を活用することで電池材料の性能を向上させる新たなアプローチを示している。さらに、これにより従来にない欠陥制御型機能材料の開発が進む可能性が広がる。

今回の成果は、特にリチウムイオン電池の分野での応用が期待されており、次世代電池材料の開発において重要な研究成果となり、今後の研究においても、欠陥を活用することで、より高性能で長寿命な電池材料の開発が進み、エネルギー分野全体に大きな影響を与えることが期待される。

日本ゼオン(株)の浅井一輝氏には「リチウムイオン二次電池向け機能性バインダーの技術開発」と題して執筆いただいた。

活物質や導電体を結着させる役割を持つバインダーは、結着以外にも多数の役割を担っており、例えば、活物質をスラリー化する際の分散剤やレオロジー特性調整剤、レベリング剤としての役割も果たしている。さらに、電池内部の厳しい環境下にさらされるため、電気化学的安定性や電解液への不溶性といった機能も要求され、電池性能を大きく左右する重要な材料の一つとされている。正極の高機能化にもバインダー技術の開発が不可欠であり、近年注目されているカーボンナノチューブ(CNT)を導電材として扱う場合、適切なバインダーを選定することで、CNTの分散状態を最適に保つことが必要である。同社が開発しているバインダーでは、CNTペーストの濃度を高めても低粘度ペーストを作製できるため、カーボンナノチューブを使用した高機能なリチウムイオン電池の実現が期待される。

また、負極の高機能化を実現するためのバインダー技術の開発や、耐熱セパレーターの機能向上に寄与するバインダーの開発などの事例も紹介された。リチウムイオン二次電池の製造プロセスでは、湿式からドライプロセスへの移行が進められ、バインダー技術と粉体技術の重要性がますます増してきており、今後のさらなる研究の発展が期待されている。

国研物質・材料研究機構(執筆時)の太田鳴海氏には「全固体リチウムイオン二次電池用高容量シリコン負極開発」と題して執筆いただいた。

シリコン負極を採用することで高い容量密度が得られることが知られている。著者らは、気相法で合成したシリコン蒸着膜を用いたシリコン負極が、無機固体電解質中で高い出力特性とサイクル安定性を示すことを発見した。しかし、気相法は高真空を必要とし、大面積化や連続生産が難しいため、低コストで生産性に優れた電極作製法の開発が課題となっていた。

今回、シリコンナノ粒子電極体の合成にスプレー塗工法を用いることで大気下での簡便な製造が可能となり、塗装ロボットを利用することで大面積化および連続生産が実現した。これにより、市販のナノ粒子から高い電極性能を示す全固体電池用シリコン負極が比較的安価に作製可能であることが示された。

今後、この技術を電気自動車用全固体リチウム二次電池の高容量化へつなげるため、高充填量で高いサイクル安定性を示すシリコンナノ粒子電極体の開発に取り組まれており、さらなる研究の発展が期待されている。

以上、電池分野における最新の技術開発の動向を取りあげた。最先端の技術がいかに電池性能に直結しているかを再認識することができた。特に、粉体技術が電池製造プロセスの効率化や環境負荷の低減に重要な役割を果たしていることが印象的である。多くの研究者や企業がこの分野での研究開発に取り組んでおり、今後の技術進展が持続可能な未来にの實現に繋がることを期待している。