

2009年11月24日

## 安全性と性能を大幅に向上！ 実用化に向けて大きく前進！ イオン液体電解液を用いた次世代リチウム電池

～ 新技術により高容量の電極材料を適用可能に！ 世界に先駆けて成功～

東京理科大学理学部第一部応用化学科の駒場慎一准教授ならびに藪内直明研究員は、慶應義塾大学工学部応用化学科の美浦隆教授ならびに片山靖准教授との共同研究により、発火などの危険がなく安全性の高い材料を用いつつ、既製品よりも性能が大幅に高いリチウム二次電池を作る新技術を世界で初めて開発しました。

現在のリチウムイオン二次電池には可燃性の有機溶媒を用いた電解液が使用されていますが、この電解液に難燃性のイオン液体を使用することで電池の安全性が改善できるとして注目を集めていました。しかし、イオン液体を用いた場合、既存のリチウム二次電池に比べて出力密度[W/kg]が低く、電池としての性能が低くなるという問題点を抱えていました。

そこで、先にイオン液体を用いたリチウム二次電池の開発を進めてきた本研究チームでは、高容量を実現できる電極材料をイオン液体中で適用可能にすることで、電池の性能向上を図りました。

電池は正極と負極で構成され、高容量を実現する材料や技術はそれぞれ異なります。そこで、本研究では、正極と負極それぞれの高容量化を検討。負極では、今まで適用が難しかった高容量材料を新技術により適用可能とし、正極では、高容量正極の材料となる化合物の合成に成功しました。

負極には、ケイ素と黒鉛を混合したものを採用しました。ケイ素は電池の性能を向上させうる電極素材として期待されてきましたが、電極として用いると微粉化してしまうため、サイクル寿命が短くなるという問題がありました。また、黒鉛も、イオン液体中で用いる構造が変化してリチウムイオン（電荷）が通りにくくなってしまいます。そこで、機能性バインダーであるポリアクリル酸を用いてこれらの問題を解決。高容量負極であるケイ素と黒鉛の混合電極のサイクル寿命を大幅に向上させることに成功しました。さらに、高容量正極の材料となるマンガン系酸化物の合成に成功し、イオン液体でその性能を実証。正極と負極双方に、高容量電極を用いることを可能としたことで、リチウム二次電池のエネルギー密度とサイクル寿命の大幅な向上を実現しました。

これらの研究の結果、活物質重量を用いたエネルギー密度 = 600[Wh/kg]（既製品：300～360[Wh/kg]）で十分に安定なサイクル寿命を達成\*。安全性のみならず性能面でも既製品を大幅に上回りました。

\* 正極 220Ah/kg, 負極 1000Ah/kg の電圧 3.3V を想定。

このたびの研究成果により、リチウム二次電池の安全性と性能が大幅に向上することで、ひいてはハイブリッド車や電気自動車といった次世代自動車の性能向上・普及に貢献することが期待されています。

なお、このたび開発した技術は、イオン液体を用いたリチウム二次電池だけでなく、既存のリチウム二次電池をはじめとした様々な電池に適用可能であり、既存の電池全般の性能向上への貢献も期待されます。

本研究の詳細は、11月24日に開催されたNEDO主催の「次世代自動車用蓄電池 成果に係る記者説明会」において発表いたしました。

### 本リリースに関するお問合せ先

東京理科大学科学技術交流センター（承認 TLO）【略称：RIDAI SCITEC】（<http://www.tus.ac.jp/tlo/>）

総合企画部産学官連携課 担当：近藤、加藤（寛） / 電話：03-5225-1089

e-mail: [kondo@admin.tus.ac.jp](mailto:kondo@admin.tus.ac.jp)（近藤）、[katou\\_hiroyuki@admin.tus.ac.jp](mailto:katou_hiroyuki@admin.tus.ac.jp)（加藤寛）

【機能性バインダーの役割(負極)】

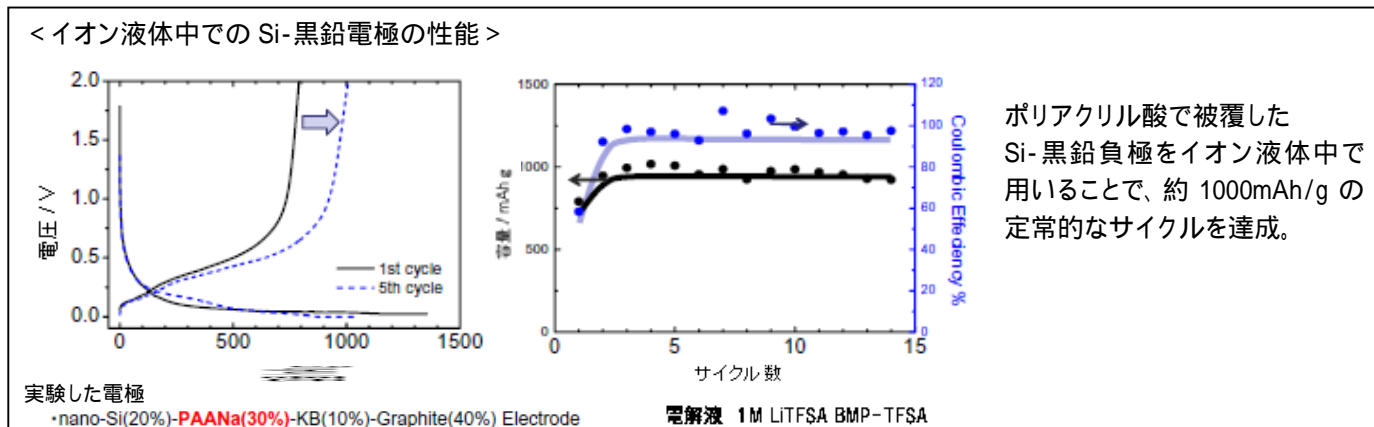
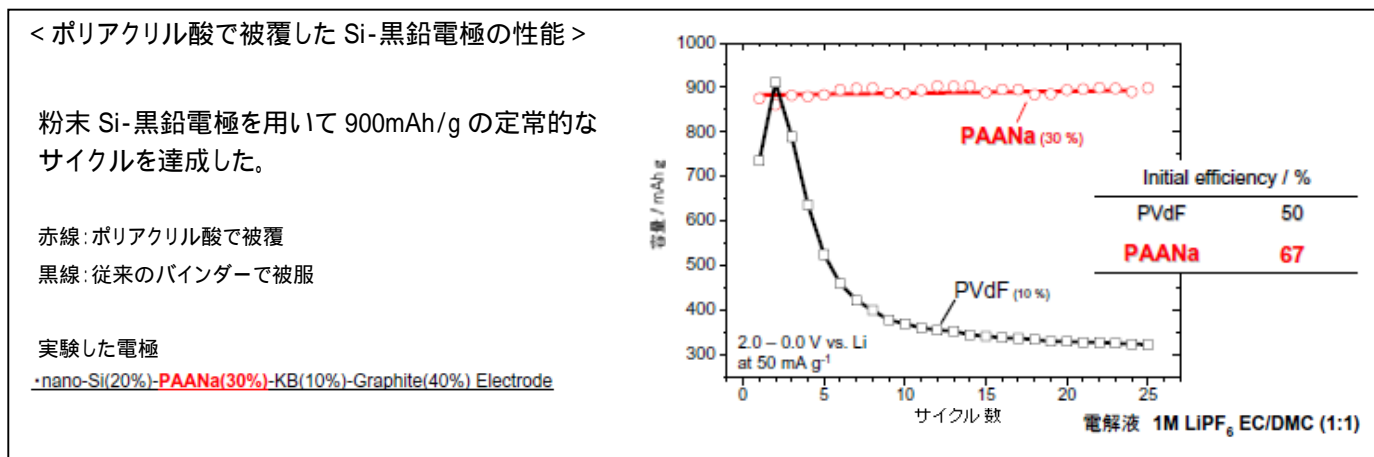
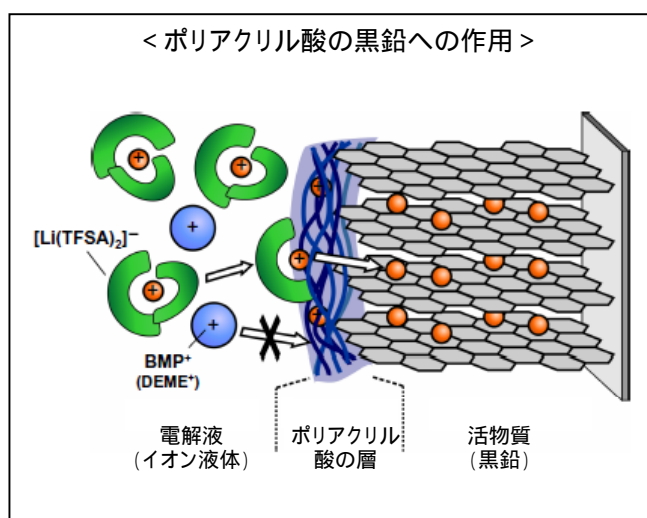
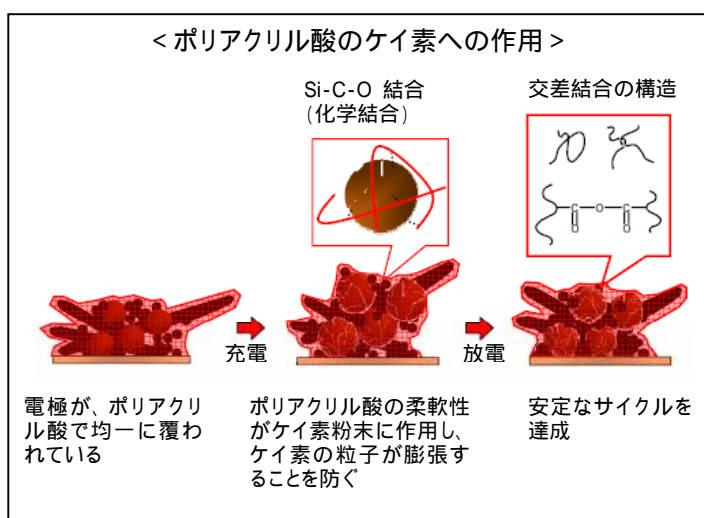
ケイ素への作用

ケイ素は、負極として使うと、分子が膨らんで割れて壊れてしまいます。そのため、サイクル寿命が短くなり、実用化が困難となっていました。機能性バインダーであるポリアクリル酸を混入することで、ポリアクリル酸が糊の役割をし、ケイ素が微粉化することを防止。そのため、ケイ素が電極材料として適用できるようになります。

黒鉛への作用

黒鉛の分子構造は層状となっており、層間をリチウムイオン(電荷)が通過します。層間が整っているほど電荷が通りやすくなり容量が増えますが、イオン液体内で用いると、液体内の陽イオンが黒鉛に挿入。黒鉛の分子構造を乱すため、電荷の通りが悪化してサイクル寿命が低下してしまいます。機能性バインダーであるポリアクリル酸を混入することで、ポリアクリル酸がフィルターの役割をし、陽イオンの挿入のみを抑制。サイクル寿命の低下を防ぎ、イオン液体を用いたリチウム二次電池においても、黒鉛が電極材料として適用できるようになります。

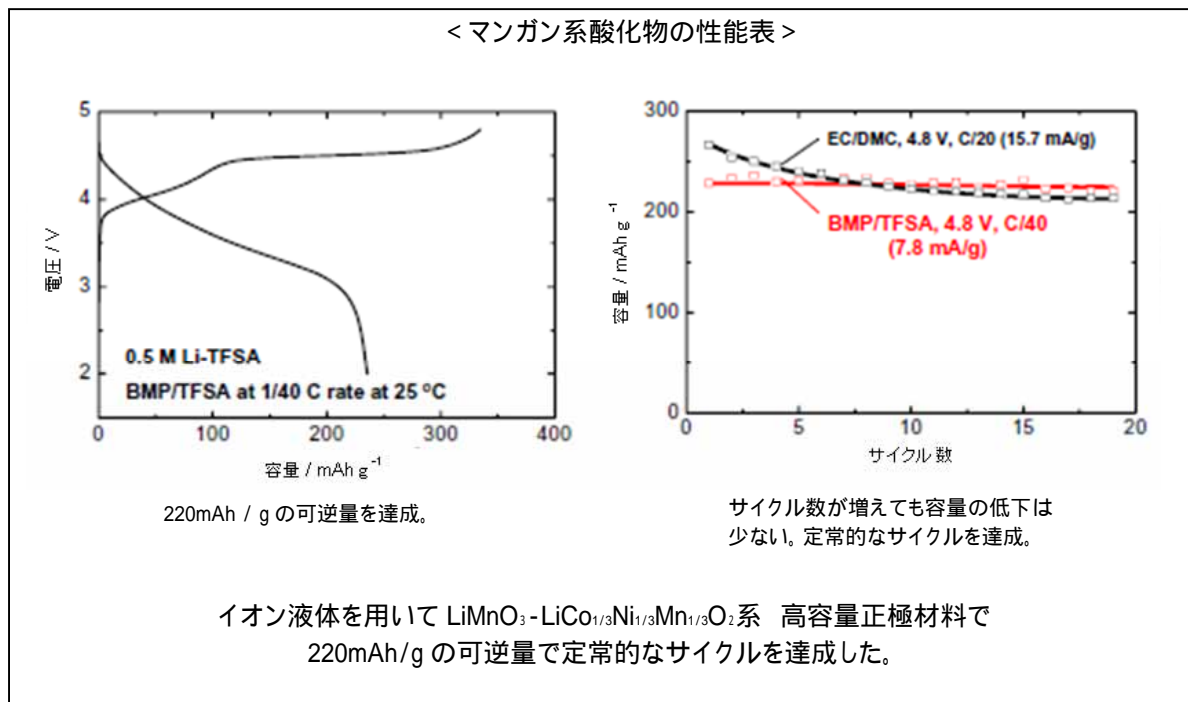
ケイ素と黒鉛の混合電極に対しては、ポリアクリル酸が糊とフィルター両方の機能を果たします。



【マンガン系酸化物(正極)】

最も一般的に用いられている正極材料  $\text{LiCoO}_2$  は、Co が高価であることから安価な Mn などの代替材料を検討。  $\text{LiMnO}_3$  に遷移金属を固溶させ、  $\text{LiMnO}_3\text{-LiCo}_{1/3}\text{Ni}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{O}_2$  系の高容量正極材料の合成に成功しました。

イオン液体中で大容量を実現しただけでなく、高価な Co や Ni の含有量が少ないことから、比較的安価で生成可能という特徴を持ちます。



【慶應義塾大学の取り組み】

慶應義塾大学の美浦研究室では、イオン液体を用いたリチウム二次電池の出力低下の原因となる電荷移動抵抗\*を低減する方法を模索。イオン液体に「グライム(ポリエーテル)」を添加することで、電荷移動抵抗を従来の5分の1程度(既製品の2倍程度)に抑えることに成功しました。また、負極に採用したスズ薄膜の表面を、高分子膜である『PEO/LiTFSa(ポリエチレンオキシド)』で修飾。これにより、合金負極での副反応を抑えて電荷移動抵抗を低減。合金負極のサイクル特性が改善することを見出しました。

\* 電極の表面でイオン液体の分解反応が起こることで、電極と溶解液の界面に発生。電荷の移動を妨げる。