

【蓄電池・エネルギーシステム分野】

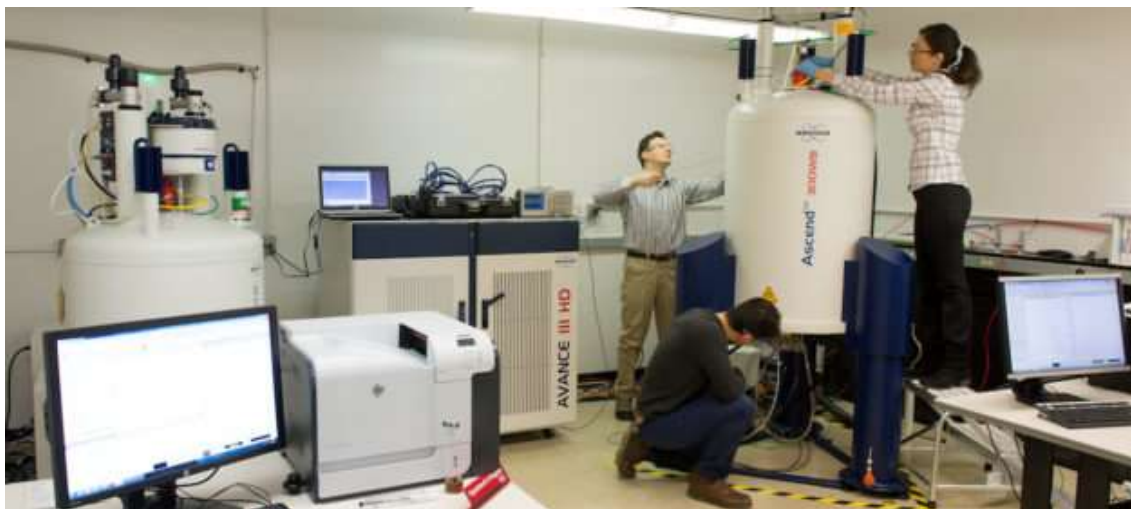
仮訳

## 究極の電池「固体マグネシウム電池」の実現へ向けた大きな一歩 (米国)

2017年11月28日

バークレー研究所が歴代最速のマグネシウムイオン固体伝導体の発見を主導

【カリフォルニア州バークレー/イリノイ州アルゴンヌ】エネルギー省（DOE）の科学者チームが Joint Center for Energy Storage Research（エネルギー貯蔵研究所共同センター。JCESR）で最速のマグネシウムイオン固体伝導体を発見した。これは、高エネルギー密度と安全性の両方を備えた固体マグネシウムイオン電池の作製に向けた大きな一歩である。



アルゴンヌ国立研究所の科学者である Baris Key 氏（核磁気共鳴実験室で作業中の左側の人物）は、歴代最速のマグネシウムイオン固体伝導体の発見に向けて、バークレー国立研究所の研究者と共同研究を行った。（クレジット：アルゴンヌ国立研究所）

電池のカソードとアノードとの間を往復して電荷を輸送する電解質は、全商用電池において液状である。そのため、電池は可燃性となりやすく、その傾向は、特にリチウムイオン電池において顕著である。一方、電解質の候補材料である固体伝導体は、はるかに高い耐火性を有する。

DOE のローレンス・バークレー国立研究所（バークレー研究所）と [アルゴンヌ国立研究所](#) の研究者は、リチウムよりも高エネルギー密度を有するマグネシウム電池の研究に取り組んでいたが、ほとんどの液体電解質が電池の他の部材に対する腐食性を有するため、液体電解質の有力な候補材料が見つからず、壁にぶつかっていた。バークレー研究所の上級教員科学者である Gerbrand Ceder 氏は、次のように語った。「マグネシウムは非常に新しい技術であるため、有力な液体電解質が存在しないのです。そこで我々は、いっそのこと一足飛びで固体電解質を作ってはどうかと考えたのです。」

彼らが行き着いた材料は、スピネル型マグネシウム-スカンジウム-セレン化物で、マグネシウムの移動度は、リチウム電池向け固体電解質に匹敵する。彼らの発見は、「[High magnesium mobility in ternary spinel chalcogenides](#)（三元スピネルカルコゲナイドにおける高マグネシウム移動度）」と題する研究論文に記され、「Nature Communications」誌に掲載された。DOE Innovation Hub である [JCESR](#) が同研究を後援した。同論文の筆頭著者は、バークレー研究所の博士研究員である Pieremanuele Canepa 氏および Shou-Hang Bo 氏である。

Canepa 氏は、次のように語った。「我々は、計算材料科学の方法論、合成、および様々な解析技術の力を借りて、史上最速でマグネシウムイオンを輸送することが可能な、新しい種類の固体伝導体を同定しました。」

## MIT とアルゴンヌ国立研究所とのコラボレーション

研究チームには MIT が計算資料を提供し、アルゴンヌ国立研究所がスピネル型マグネシウム-スカンジウム-セレン化物材料の主な実験による確認を行い、構造と機能についての資料を提供した。

論文の共著者でアルゴンヌ国立研究所の研究化学者である Baris Key 氏は、核磁気共鳴（NMR）分光法による実験を行った。これらの試験は、理論研究での予測どおりにマグネシウムイオンが材料内を速く移動することが可能であることを実証実験する第一段階の一環として行われた。

Key 氏は次のように語った。「高速のマグネシウムホッピングを実験で確認することは極めて重要でした。理論と実験結果とが相互に一致することは、あまりありません。そのため、固体の NMR 実験は極めて困難で、今回のような献身的な協力や JCESR などの資金提供が無ければ、不可能だったでしょう。我々がこの研究で示したように、

短・長距離の構造とイオンダイナミクスを詳細に至るまで理解することが、マグネシウムイオン電池研究の鍵となるでしょう。」

NMRは磁気共鳴画像法(MRI)に類似している。MRIはヒトの筋肉、神経、脂肪組織、その他の生体物質中にある水分の水素原子を捉えるもので、医療現場で日常的に使用されているものである。しかしNMRは、周波数を調整することによって、電池材料の中にあるリチウムやマグネシウムイオンなどの他の元素を検知することも可能である。

しかしながら、スピネル型マグネシウム-スカンジウム-セレン化物材料から取得したNMRのデータには、複雑な特性を有する未知の構造の材料も含まれていたため、解析は極めて困難だった。

Canepa氏は、新しい試験材料に挑戦することについて、次のように語った。「ここではプロトコルといったものは、基本的には存在しません。これらの発見は、従来の電気化学的解析に加えて、マルチテクニック手法(アルゴンヌ国立研究所での固体NMRとシンクロトロン測定)を取り入れたことによって、ようやく実現したのです。」

## 不可能なことに取り組む

研究チームは、この伝導体を電池内で使用するための更なる研究を行う方針である。Ceder氏は次のように語った。「この伝導体から電池を作製できるようになるまで、おそらく長い道のりとなるでしょう。しかし今回、本当に優れたマグネシウム移動度を備えた固体材料の作製が可能であることを初めて実証しました。マグネシウムはほとんどの固体の中でゆっくり移動すると考えられており、誰も早く移動できるとは考えていなかったのです。」

さらに今回の研究では、近い将来、マグネシウム固体電解質の開発に多大な影響を与える可能性がある相関性のある2つの基本的な現象を特定した。これは、[アンチサイト欠陥](#)、および[電子とマグネシウム伝導性との間の相互作用](#)で、これらの現象については最近、「Chemistry of Materials」誌に掲載された。

現在、上海交通大学の助教授を務めるBo氏は、今回の発見がエネルギー界に劇的な影響を与える可能性があるとして、次のように語った。「この研究のために、様々な科学分野の科学者が一堂に会して素晴らしいチームを作り、固体マグネシウム電池の作製という極めて困難な試みに初めて挑戦しました。現段階はまだ揺籃期ですが、この新興技術は近い将来、エネルギー貯蔵に技術的変革をもたらす可能性があります。」

論文の共著者であり、バークレー研究所の元研究員で現在プリンストン大学に在籍する Gopalakrishnan Sai Gautam 氏は、JCESR のような DOE のイノベーションハブによって実現した、チームによる取り組みが、今回の発見には必要不可欠だったとして、次のように語った。「今回の研究は、重要な基礎的発見をするためには、密接な協力関係の下で、様々な理論や実験に基づく手法をとることが重要であることを示しています。」

Ceder 氏は、今回の発見の今後の見通しについて興奮はしているものの、まだやらなければならない研究があるとの慎重姿勢を崩しておらず、次のように語った。「産業界では、固体電池の製造に向けて多大な努力がなされています。究極の安全な電池である固体電池は、いわば聖杯のようなものです。しかし、我々にはまだやるべきことがあります。この材料には少量の電子漏れという課題があり、実際に電池として使用できるようになる以前に解決しなければなりません。」

本プロジェクトの資金は、エネルギー省のイノベーションハブである Joint Center for Energy Storage Research (エネルギー貯蔵研究共同センター) を通じて DOE の Office of Science(科学局)から提供された。アルゴンヌ国立研究所の DOE Office of Science User Facility(科学局ユーザー共有施設)である Advanced Photon Source からは、固体伝導体の構造に係る研究にとって非常に重要なデータが追加された。バークレー研究所の DOE Office of Science User Facility である National Energy Research Scientific Computing Center (国立エネルギー研究科学計算センター。NERSC) は、計算資料を提供した。論文のその他の共同著者は、バークレー研究所の Juchaun Li 氏、MIT の William Richards 氏と Yan Wang 氏、および UC バークレーの Tan Shi 氏と Yaosen Tian 氏である

文 : **Julie Chao**

翻訳 : NEDO (担当 技術戦略研究センター 坂田 裕子)

出典 : 本資料は、バークレー研究所の以下の記事を翻訳したものである。

“‘Holy Grail’ for Batteries: Solid-State Magnesium Battery a Big Step Closer”  
<http://newscenter.lbl.gov/2017/11/28/holy-grail-batteries-solid-state-magnesium-battery-big-step-closer/>