

# NEDO 海外レポート

2022.1.25.

1132

1	【蓄電池・エネルギーシステム分野】 ANLの研究結果がサステナブルなリチウム生産の始動を促進(米国)	2021/7/13 公表	1
2	【電気・情報通信分野】 数の機器を同時に充電する新タイプのワイヤレス充電器(フィンランド)	2021/7/26 公表	4
3	【環境・省資源分野】 より速く安価にエタノールをジェット燃料に変換する技術の実現がすぐそこに(米国)	2021/8/19 公表	8
4	【ナノテクノロジー・材料分野】 MOFで光を放つペロブスカイトLEDs(米国)	2021/9/8 公表	14
5	【蓄電池・エネルギーシステム分野】 開発者も驚愕する新しい固体電池(米国)	2021/9/23 公表	16
6	【政策】 中国の太陽光発電の未来を予測(米国)	2021/6/28 公表	20
7	【蓄電池・エネルギーシステム分野】 より安全で優れたバッテリー開発をもたらす新材料(米国)	2021/10/21 公表	25

※ 各記事への移動は Adobe Acrobat の「しおり」機能をご利用ください

URL : [https://www.nedo.go.jp/library/kankobutsu\\_report\\_index.html](https://www.nedo.go.jp/library/kankobutsu_report_index.html)

《本誌の一層の充実のため、ご意見、ご要望など下記宛お寄せください。》

海外レポート問い合わせ E-mail : [q-nkr@ml.nedo.go.jp](mailto:q-nkr@ml.nedo.go.jp)

NEDO は、国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構の略称です。

【蓄電池・エネルギーシステム分野】

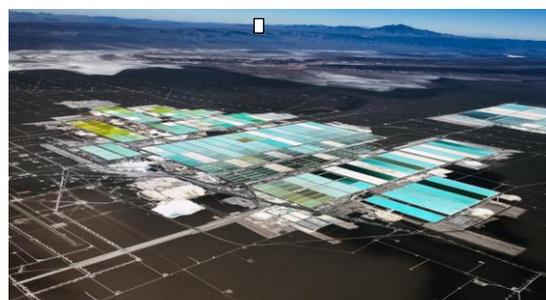
仮訳

ANLの研究結果がサステナブルなりチウム生産の始動を促進(米国)

新たに発表された研究によると、リチウムの生産方法には、  
他の方法より環境に優しいものがあるという

2021年7月13日

米国エネルギー省 (DOE) アルゴンヌ国立研究所 (ANL) の研究者らによる重要な新研究において、リチウムの生産プロセスと、それが長期的な環境サステナビリティ、特にバッテリーと電気自動車 (EV) を利用した輸送分野にいかに関与するかについて極めて斬新な見識が得られた。



チリ・アタカマ塩湖付近の SQM 社リチウム鉱山現場での蒸発池 (画像: SQM 社)

学術誌 Resources, Conservation & Recycling 誌に

掲載された“Energy, Greenhouse Gas, and Water Life Cycle Analysis of Lithium Carbonate and Lithium Hydroxide Monohydrate from Brine and Ore Resources and Their Use in Lithium Ion Battery Cathodes and Lithium Ion Batteries”は、世界最大のリチウム産出企業の一つであるチリのソシエダド・キミカ・イ・ミネラ・デ・チリ (SQM) 社との独自の共同研究結果である。

ANL のライフサイクルアナリストで主執筆者の Jarod Kelly 氏によると、研究者らは SQM 社から提供された運用データを使用し、リチウム調達プロセスと場所との双方の観点から、関連する環境に多大な影響を与える可能性があることを発見したという。

Kelly 氏は、「この結果により、リチウム濃縮かん水とそれに関連する最終製品は、使用される資源の配分方法によって、エネルギー消費量や温室効果ガス排出量、二酸化硫黄排出量および水資源消費量が大幅に異なる可能性があることが分かったのです」と説明する。

研究者らは、チリ北部のアンデス山脈付近に位置する広大な塩類平原であるアタカマ塩湖から抽出したかん水ベースのリチウムをモデル化した。リチウムを広大な池で自然乾燥し

て水分を蒸発させて濃縮し、不純物を除去した後に材料とエネルギーを加えて炭酸リチウムと水酸化リチウムを生成。これら 2 つの最終製品が世界中の電池カソード製造業者に出荷され、さまざまな電池材料に加工される。

本研究結果は、プロセスの各段階でリチウム生産を最適化する方法に多大な影響を与える可能性があり、その結果、より環境に優しい製品、特にバッテリー駆動 EV の開発につながると思われる。国際エネルギー機関 (IEA) は、主に EV の世界的な普及により、リチウムの需要は 2020 年から 2040 年にかけて 40 倍にも増加する可能性があるとして予測している。

Argonne Systems Assessment Center のディレクターで本研究の共著者である Michael Wang 氏は、「EV の普及を維持するためには、現行のリチウム生産量を調査し、米国内を含む将来の生産量を追跡することが不可欠です」と述べた。

さらに同氏は、「この研究によって、現行のプラクティスのベースラインが確立され、改善可能な領域も明確化されています」と述べ、「今後も研究を続けることで、この情報を利用してベストプラクティス（最善手法）を開発し、最も持続可能な方法でのリチウム製造が可能になります」との見方を示した。

SQM 社は同社が最近発表した意欲的なサステナビリティ目標の支援策として、当初昨年 ANL に対して共同研究の提案を行った。

同社のイノベーション部門を率いる Veronica Gautier 氏は、「当社のサステナビリティ計画では、当社リチウム製品の炭素排出量や水資源消費量、エネルギー消費量をより詳細に調査し、それがバリューチェーンの他の部分にどのような影響を与えるかを確認したいと考えています」と述べ、「この情報は、2030 年までにカーボンニュートラルになるという当社の目標の達成に役立ちます」との見解を示した。

Wang 氏によると、今回の分析は、バッテリー駆動 EV による交通機関の電化に向けた世界的なトレンドの中での包括的な疑問への対処にも役立つという。

同氏は、「電化は環境サステナビリティを追求する目的で行われることがよくあります。しかし、当社が真にサステナビリティな道を歩んでいると言えるようになるためには、リチウム電池の生産について、よりよく知る必要があります」とした上で、「この研究は、e-モビリティのバリューチェーンに重要な見識を提供しているのです」と指摘する。

正式な分析では、ANL のオープンソースモデリングツールである GREET (Greenhouse

gases Regulated Emissions and Energy in Technologies) および SQM 社提供の詳細なデータと技術的知見を活用。研究者らはチリで抽出されたかん水ベースのリチウムに加え、西オーストラリア州のスポジューメン鉱石からの鉱石ベースの抽出リチウムをモデル化することでデータを強化した。

Kelly 氏によると、この類いの分析において、産業パートナー提供のこのように包括的なデータに基づいて遂行されたのは今回のものが初めてだという。さらに Gautier 氏は、SQM 社は今回の調査結果が公開され、オープンソースとして利用可能になり、責任あるサステナブルなリチウム生産の確保に向けた世界的な取り組みに役立つであろうことを歓迎しているとしている。

同氏は、「当社のプロセスがいかに機能するかについて、十分かつ完全な透明性を確保することが重要であり、ANL の経験と専門知識を活用できることを嬉しく思います。この情報を共有することには大きな価値があります」と述べた。

翻訳：NEDO（担当 技術戦略研究センター）

出典：本資料は、アルゴンヌ国立研究所（ANL）の以下の記事を翻訳したものである。  
“New Argonne study puts charge into drive for sustainable lithium production”  
(<https://www.anl.gov/article/new-argonne-study-puts-charge-into-drive-for-sustainable-lithium-production>)

【電気・情報通信分野】

仮訳

複数の機器を同時に充電する新タイプのワイヤレス充電器  
(フィンランド)

デバイスは充電範囲 20cm 内において効率 90%でエネルギーを伝送

2021 年 7 月 26 日



スマートデバイスへの依存度が高まりつつある世界では、真の無線充電が実現すれば煩雑さは軽減されることになる

画像提供: Prasad Jayathurathnage 博士/アールト大学

携帯電話やタブレットの登場により、どこにいても連絡を取り合うことができるようになった一方で、給電は依然、プラグやソケット、充電パッドに頼っているのが現状だ。しかしフィンランド・アールト大学で開発された新技術は、今後数年間で上記以外にも他の電子デバイスで真のワイヤレス充電を実現する鍵となるかもしれない。研究チームには

Prasad Jayathurathnage 博士・Xiaojie Dang 博士の両研究員、さらに Sergei Tretyakov 教授・Constantin Simovski 教授が参加。この研究結果は、2021 年 7 月 21 日付 IEEE Transactions on Industrial Electronics に掲載されている。

決まった場所での充電からデバイスを解放する「フリーポジションのワイヤレス充電技術」は世界的に研究が進められているが、最も一般的なソリューションは複雑な制御と検出機能を使用する。トランスミッタは従来、エネルギー伝送を可能にするために、まずデバイスの存在と位置を検知する必要があり、通常はカメラやセンサーを使用するが、これがデバイスの重量とコストを引き上げている。

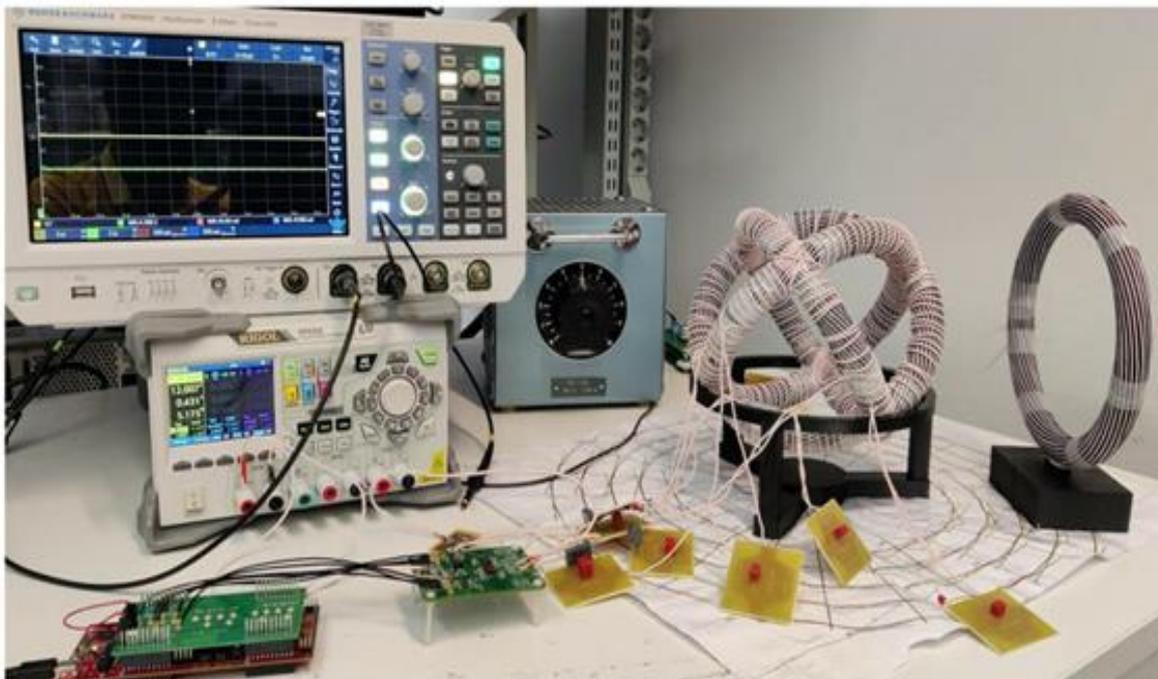
新トランスミッタでは、全方向に複数の給電チャネルを作成し、受信デバイスが作動中にこれらのチャネルに自動調整を行うことで上記検知の必要性を回避する。新レシーバ搭載の携帯電話やラップトップ、小型機器など複数のデバイスが物理的な接触や特定の場所への移動は伴わずに同時にエネルギーを受信し、バッテリー充電やデバイス機能へのダイレクトな給電が可能である。

同大学の Prasad Jayathurathnage 博士研究員は「このトランスミッタの際立った特徴は、自己調整機能を備えていることです。つまり、デバイスに組み込まれたレシーバと接続するための複雑な電子デバイスは必要ありません。トランスミッタの自己調整機能により、我々も幅広い充電範囲でデバイスを自由に移動させることができるのです」と説明する。

同チームは、トランスミッタで使用されているコイルの設計によってこの効果を達成。コイルを特定の方法で巻くことで、外向きと内向きの 2 種類の電磁場を作り出し、同電磁場がトランスミッタとレシーバをカップリングして効率的な送電を実現した。

現在、同トランスミッタは 20 cm までの距離では 90% と高い効率を有するが、それ以上の距離でも作動は継続し、エネルギー転送効率の低下のみが認められる。原理的には、技術の改良とともにピーク効率の範囲拡大が見込まれる。

現時点では、ピーク効率の最大距離は、トランスミッタとレシーバのサイズに依存する。Jayathurathnage 博士は「今のところ、ピーク効率での最大距離はトランスミッタとレシーバのサイズに左右されていますが、適切なエンジニアリングを施せば距離を縮めることは可能です。」との見解を示した。



デバイスのコンポーネント 画像提供: Prasad Jayathurathnage 博士/アールト大学

研究チームは概念実証を行ったものの、トランスミッタから発生する電磁場が人体に無害であるかを確認するための安全性テストは依然として必要である。しかし、同技術は磁場を利用しているため、潜在的に有害な影響が懸念される主要因として知られる電磁場の発生は明らかに最小限に抑えられている。

ひとたび安全性が確認されれば、同技術を実用化することで、スマートデバイスへの依存度が高まっている世界での煩雑さは軽減できる。Jayathurathnage 博士は、「真のワイヤレス充電とは、個人の自由度が高まるということなのです。携帯電話をどこに置いたか、あるいはコンセントにつなぎ忘れていないかを気にする必要がなくなるのです」との見方を述べた。

研究チームはすでに同トランスミッタの特許を申請済みだが、さらに e-mover などのロボット用待機場所を充電スポットに転換する Parkzia プロジェクトを通じて、産業アプリケーションに向けたワイヤレス充電の開発も進めている。

論文記事へのリンク(ieeexplore.iee.org <<http://ieeexplore.iee.org>> )

詳細はこちら：

Prasad Jayathurathnage  
博士研究員

NEDO 海外レポート NO.1132, 2022.1.31.

アールト大学（フィンランド）

+358504477981

[prasad.jayathurathnage@aalto.fi](mailto:prasad.jayathurathnage@aalto.fi) <<mailto:prasad.jayathurathnage@aalto.fi>>

翻訳 NEDO（担当 技術戦略研究センター）

出典：本資料は、アールト大学の許可を得て以下の記事を翻訳したものである。

“New type of wireless charger can charge multiple devices simultaneously”

(<https://www.aalto.fi/en/news/new-type-of-wireless-charger-can-charge-multiple-devices-simultaneously>)

(Translated with permission of Aalt University, Finland)

【環境・省資源分野】

仮訳

## より速く安価にエタノールをジェット燃料に変換する技術の実現が すぐそこに(米国)

新たな触媒とマイクロチャンネル・リアクタで効率とコストを改善

2021年8月19日



PNNL が特許取得済みの触媒と独自のマイクロチャンネル・リアクタを組み合わせることで、エタノールをジェット燃料などのマルチな商業用途に使用できる有用な化学物質に変換する様子を**視聴**する（動画: Eric Francavilla; アニメーション: Mike Perkins | パシフィックノースウェスト国立研究所）

米国ワシントン州リッチランド — 米国エネルギー省傘下の[パシフィックノースウェスト国立研究所 \(PNNL\)](#) は、提携するオレゴン州立大学およびカーボンリサイクルのキスパートである[ランザテック社](#)の協力の下、再生可能ガスあるいは産業廃棄物ガスを原料とするアルコールをジェット燃料やディーゼル燃料に変換するという特許取得済みのプロセスをスケールアップしている。

エネルギー効率の高い燃料製造ユニットを駆動するのは2つの主要テクノロジーだ。

シングルステップでの化学変換で、現段階ではマルチプロセスが必要とされる変換を合理化する。[PNNL が特許取得済みの新たな触媒](#)は、バイオ燃料（エタノール）をダイレクトに n-ブテンと呼ばれる汎用性の高い「プラットフォーム」の化学物質に変換する。マイクロチャネル・リアクタ設計を採用することで、拡張性のあるモジュール処理システムを提供しつつ、さらなるコスト削減を実現した。

この新プロセスは、再生可能エタノールや廃棄物由来エタノールを有用な化学物質に変換するためのより効率的なルートを提供する。現在、n-ブテンは化石ベースの原料から、巨大分子のエネルギーの集中クラッキング、すなわち分解を利用して製造されている。新たな技術では、再生可能炭素またはリサイクル炭素を原料とすることで二酸化炭素の排出量を削減する。サステナブルに生産した n-ブテンを用いて、既存の諸プロセスにより、ディーゼル燃料やジェット燃料、さらには工業用潤滑油などのさまざまな商業用途のための化学物質をさらに精製することができるのだ。

ACS Catalysis 誌に掲載された[初期研究の共同研究者である Vanessa Dagle 氏](#)は、「バイオマスはコストが高いため、再生可能エネルギーの供給源としては課題があります。さらに、バイオマスの規模が大きいため、より規模が小さく分散された処理プラントが必要になるのです」としたうえで、「私たちは、プロセスの複雑さを軽減し、効率を向上させると同時に資本コストを削減しました。いったんモジュール化された大規模なプロセスが実証されれば、このアプローチは、局所的な分散型エネルギー生産のための現実的な選択肢を提供するのです」との見解を示した。

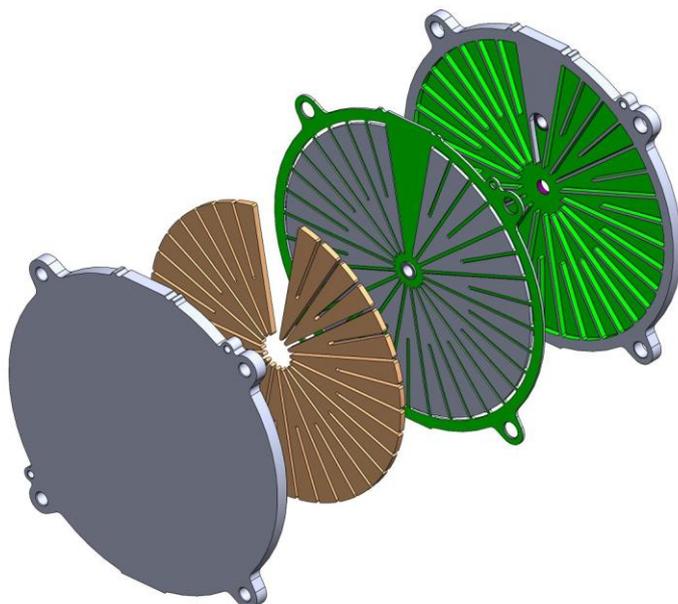


バイオマス変換で生成された燃料の小瓶を手にする Robert Dagle 氏（写真: Andrea Starr | パシフィックノースウェスト国立研究所）

## マイクロからマクロへのジェット燃料

PNNL は、オレゴン州立大学の長年の共同研究者と提携して、特許取得済みの化学変換プロセスを新開発の 3D プリント技術で構築したマイクロチャネル・リアクタへの統合の商業化に向けて大きく飛躍した。研究チームは、付加製造（AM）とも呼ばれる 3D プリントによるプリーツ状のミニリアクタのハニカム構造を製作。これにより反応のために利用できる実質的な表面積対体積比が大幅に増加した。

オレゴン州立大学の Brian Paul 主任研究員は、「新たなマルチマテリアルの AM 技術を用いて、マイクロチャネルと高表面積の触媒担体をワンプロセス・ステップで製造できれば、これらの反応器のコストを大幅に削減できる可能性があります」と述べ、「この取り組みにおいて、PNNL とランザテック社と提携できることに私たちは胸が躍っています」との期待を示した。



バイオ燃料の化学変換効率を大幅に向上させるマイクロチャネル・ミニリアクタ

(画像:オレゴン州立大学)

本研究の共同主席研究者である [Robert Dagle 氏](#) は、「近年、マイクロチャネルでの製造方法が進歩し、それに伴うコスト削減が実現していることから、私たちは、この技術を新たな商業的バイオコンバージョン（生物変換）に応用させる時期が来ていると考えています」との見解を示した。

このマイクロチャネル技術を利用すれば、バイオマスのお大半が生産されている農業中心地付近に商業規模のバイオリアクタを建設できるようになる。だが、バイオマスを燃料として利用する際の最大の障害のひとつは、大規模で集中化された生産工場までバイオマスを長距離輸送する必要があることだ。

これについて同氏は、「モジュール式的设计では、原子炉の導入に必要な時間とリスクが軽減されます。モジュールは、需要が増えれば時間をかけて追加することができます。私たちはこれを『ナンバリング・アップ』によるスケールアップと呼んでいます」と述べた。

商業規模のテストリアクタの 4 分の 1 は、オレゴン州立大学との提携で開発された方法を用いて 3D プリントで製作され、PNNL のワシントン州リッチランド・キャンパスで運用される予定だ。

テストリアクタが完成すると、PNNL の商業パートナーであるランザテック社がプロセスで供給されるエタノールを提供する。同社の特許取得済みプロセスでは、製鉄、石油精製、化学生産などの産業で発生するカーボンリッチな廃棄物や残渣、あるいは林業や農業の残渣、都市ゴミのガス化で発生するガスをエタノールに変換する。

テストリアクタ（試験反応器）では、1 日当たり最大 0.5dry・t のエタノールを使用する。ランザテック社は、エタノールからジェット燃料を製造する第一世代の PNNL 技術のスケールアップを完了させ、LanzaJet™ Alcohol-to-Jet の商業化に向けてランザジェット社を設立。今回のスケールアップは、第一世代プロセスの合理化の次なるステップであるとともに、n-ブタンによる追加的な製品を提供する。

Jennifer Holmgren ランザテック社 CEO は、「PNNL はこれまで、弊社のスピンオフ企業であるランザジェット社が開発中の複数のプラントで採用している ethanol-to-jet 技術の強力な開発パートナーです」としたうえで、「エタノールはさまざまな持続可能な資源から得られるため、持続可能な航空燃料の原料としてますます重要になってきています。このプロジェクトでは、航空分野の脱炭素化の主要経路に恩恵をももたらす可能性のある代替リアクタに大きな期待が寄せられています」との見解を示した。

## 調整可能なプロセス

研究チームは、初期の実験以来、このプロセスを完璧にするために改良を重ねてきた。エタノールをシリカで担持した銀ジルコニアベースの固体触媒に通すと、エタノールを n-ブテン、あるいは反応条件を若干変更すればブタジエンのいずれかに変換するための必須の化学反応が起きる。

しかしさらに重要なのは、複数の研究において、実験期間を延長した後も触媒が安定し続けている

ことだ。研究チームはその後の[追跡調査](#)で、触媒の活性が失われたとしても、コーク（時間の経過とともに蓄積する硬い炭素系コーティング）を除去するという簡単な手順でそれが再生できることを明らかにした。今後は、より効率的な触媒を開発し、スケールアップを図っていく予定だ。

Vanessa Dagle 氏は、「私たちは、高活性で選択性が高く、安定した触媒システムのコンセプトを発見しました。圧力やその他の変数を調整することで、合成プラスチックや合成ゴムの構成要素であるブタジエンやジェット燃料、合成潤滑油などの製品の製造に適した n-ブテンを生成するようにシステムを調整することもできます。私たちが最初に発見して以来、他の研究機関もこの新しいプロセスの研究を始めています」と述べた。

触媒開発チームには、Vanessa Dagle と Robert Dagle のほか、PNNL の研究者である Austin Winkelman, Nicholas Jaegers, Johnny Saavedra-Lopez, Jianzhi Hu, Mark Engelhard, Sneha Akhade, Libor Kovarik, Vassiliki-Alexandra Glezakou, Roger Rousseau および Yong Wang が参加。また、米国国立再生可能エネルギー研究所のシニアサイエンティスト、Susan Habas の支援も得た。PNNL のスタッフ Ward TeGrotenhuis, Richard Zheng, Johnny Saavedra-Lopez は、マイクロチャンネル技術の開発に貢献した（敬称略）。

化学変換プロセス開発事業は、米国エネルギー省(DOE) バイオエネルギー技術局(BETO)が資金を提供する Chemical Catalysis for Bioenergy(ChemCatBio)コンソーシアムにおいて、米国エネルギー省 (DOE) エネルギー効率・再生可能エネルギー部(EERE)が支援した。ChemCatBio は DOE の国立研究所が主導する研究開発コンソーシアムであり、バイオマスや廃棄物資源を燃料、化学物質、材料に変換するための触媒の課題を特定し解決することを目的としている。官民連携による本スケールアップ事業は、DOE-BETO および オレゴン州立大学の Innovation Research Fund 研究基金が支援をしている。

###

[パシフィックノースウェスト国立研究所\(PNNL\)](#)は、[化学](#)、[地球科学](#)、[生物学](#)および[データサイエンス](#)の分野で卓越した強みを発揮し、科学的知識を深め、[持続可能なエネルギー](#)と[国家安全保障](#)の課題に取り組んでいます。1965年設立のPNNLは、米国エネルギー省(DOE)科学局のためにバテル社によって運営されています。同局は、米国における物理学の基礎研究に対する唯一最大の支援機関であり、現代において最も緊迫した課題の解決に取り組んでいます。詳しくは、[PNNL ニュースセンターのウェブサイト](#)をご覧ください。ツイッター、フェイスブック、LinkedIn(リンクトイン)、インスタグラムでのフォローもお願いします。

翻訳 : (担当 技術戦略研究センター)

NEDO 海外レポート NO.1132, 2022.1.31.

出典：本資料は、パシフィックノースウェスト国立研究所（PNNL）の下記の記事を翻訳したものである。

“Faster and Cheaper Ethanol-to-Jet-Fuel on the Horizon”

(<https://www.pnnl.gov/news-media/faster-and-cheaper-ethanol-jet-fuel-horizon>)

【ナノテクノロジー・材料分野】

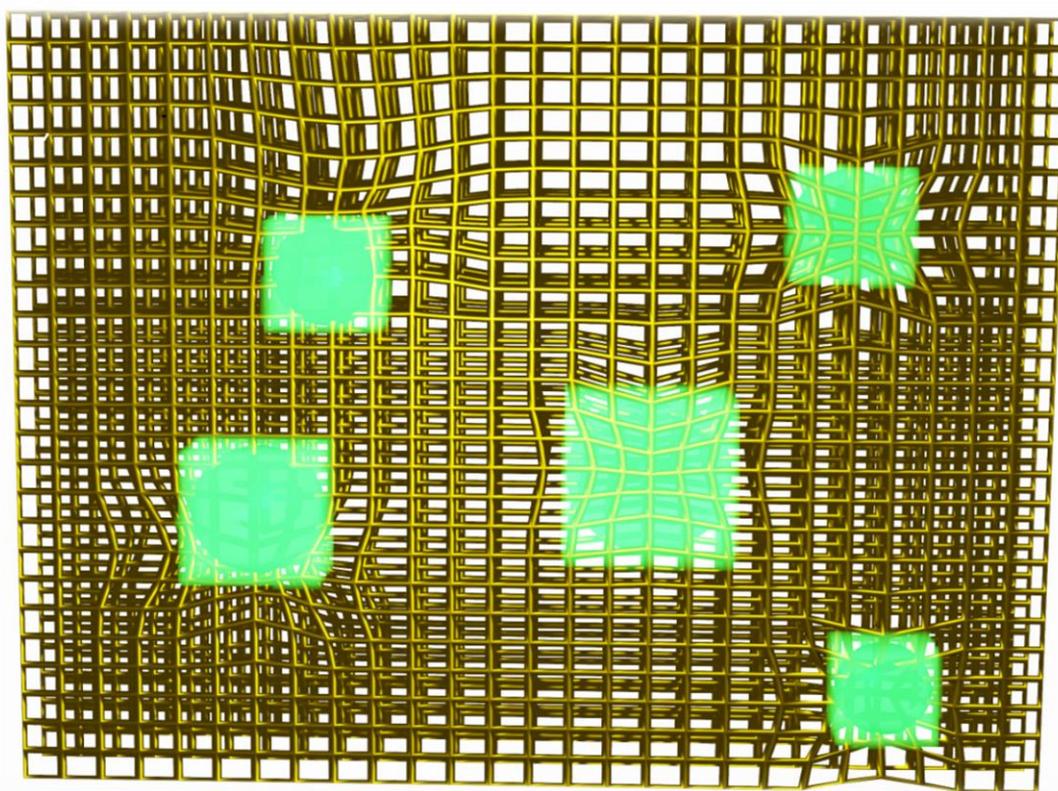
仮訳

## MOF で光を放つペロブスカイト LEDs(米国)

ナノ結晶安定化での画期的技術で民生用電子デバイスや検出器、医療画像向け

低コスト・高エネルギー効率の光源を導入

2021年9月8日



有機金属フレームワークに埋め込まれたペロブスカイト型ナノクリスタル(緑色)が原料の発光ダイオードは、低コストで作製可能かつ地球に優しい材料を使用しており、通常の作動環境下で安定した状態を保つことができる。このナノ結晶は、携帯電話の画面やテレビからガンマ線検出器、さらには X 線画像診断装置まで、さまざまな用途に適している

米国ニューメキシコ州ロスアラモス 2021年9月8日 — ある研究チームが、有機金属フレームワーク (MOF) を用いてペロブスカイトナノ結晶を安定化させることにより、これまでの障害を回避しつつ同原料の性能上の利点を活用した発光ダイオード (LED) を合成することに成功した。同 LED は、地球上に豊富に存在する原料を用いて室温で製造されるため、テレビや家電製品の低価格化、ガンマ線イメージング装置の性能向上、さらには X 線検出器の自家発電などを実現

する可能性がある。

「今回の研究では、MOF で安定化させたペロブスカイト型ナノ結晶により、さまざまな色の明るく安定した LED が作り出されることが初めて実証されました」と語るのは Wanyi Nie 氏。ロスアラモス国立研究所 (LANL) の Center for Integrated Nanotechnologies (CINT) の研究員で、本日付の Nature Photonics 誌に掲載された本論文の原著者だ。同氏によると、「金属ハライドペロブスカイトナノ結晶は連続的に調整可能な光学バンドギャップを提供し、これがほぼすべての可視スペクトルを網羅します。つまり、異なる色や改善された色純度、あるいは光を生成する原料の能力の尺度である高い光ルミネセンス量子収率 (PLQY) を我々が生み出せるということなのです」。

LANL の元 J.R. オッペンハイマー・ポスドクフェロー、Hsinhan Tsai 氏は、「有機金属フレームワークにペロブスカイトナノ結晶を結合させるという興味深い概念は、粉末の形状では実証されているが、LED に発光層として組み込むことに成功したのは今回が初めてだ。」と述べた。

本論文の研究チームには、中央研究院 (台湾)、アルゴンヌ国立研究所 (ANL)、ブルックヘブン国立研究所 (BNL)、LANL、SLAC 国立加速器研究所およびスタンフォード大学のメンバーが参加した。

共著者で CFN Soft and Bio Nanomaterials Group の物質科学者である Mircea Cotlet 氏は、「米国エネルギー省 (DOE) 科学研究所のユーザー施設 4 カ所、つまりロスアラモスの Center for Integrated Nanotechnologies (CINT)、BNL の Center for Functional Nanomaterials (CFN)、ANL の Center for Nanoscale Materials (CNM) および Advanced Photon Source (APS) によりもたらされた、合成や光学・X線シンクロンの特性評価のための補完的な専門知識と最先端の設備は、本研究には研究に欠かせないものでした」と述べ、「私たちの研究は、科学を発展させる上での国家施設、この場合はナノサイエンスの重要性を際立たせている。」との見解を示した。

ANL の Xuedan Ma 氏は、「私たちは、ペロブスカイト材料を MOF 構造に封じ込めることで、その安定性の問題を解決しました。」としたうえで「私たちの光物理学的研究では、このアプローチにより、発光ナノクリスタルの輝度と安定性を大幅に向上させることができます。」と述べた。

翻訳 : (担当 技術戦略研究センター)

出典: 本資料は、パシフィックノースウェスト国立研究所 (PNNL) の下記の記事を翻訳したものである。

“Faster and Cheaper Ethanol-to-Jet-Fuel on the Horizon”

<https://www.pnnl.gov/news-media/faster-and-cheaper-ethanol-jet-fuel-horizon>

## 【蓄電池・エネルギーシステム分野】

仮訳

## 開発者も驚愕する新しい固体電池(米国)

## 全シリコンアノード利用の高性能な全固体電池の開発に成功

2021年9月23日

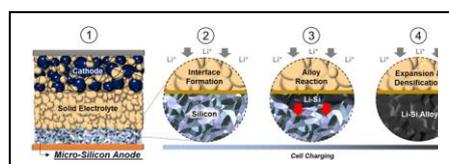
電池における有望な2種類のサブフィールドを1本の電池に組み込んだ新タイプの電池が開発された。同電池は固体電解質と全シリコンアノード双方を利用した全固体電池となっている。初期テストでは、この新電池は安全かつ長寿命、しかもエネルギー密度が高いことが判明。グリッドストレージから電気自動車(EV)まで、幅広い用途への応用が期待できる。

上記バッテリー技術は2021年9月24日発行の科学誌「サイエンス」に掲載された。同研究は、カリフォルニア大学サンディエゴ校(UCSD)のナノエンジニアらがLG Energy Solution(LGES)社の研究者らと共同で実施したもの。

[UCSD 提供の動画を視聴する](#)

シリコンアノードは、現在商用のリチウムイオン電池で多く利用されているグラファイトアノードの10倍以上のエネルギー密度を有することで有名だが、一方で充放電に伴う膨張・収縮や電解液による劣化などの課題がある。このため、いくらエネルギー密度が高くとも、商用リチウムイオン電池への全シリコンアノードの採用は見送られている。しかし今回、サイエンス誌に掲載された研究成果は、適切な電解質を用いることによる全シリコンアノードの有用な道筋を提供するものとなった。

同論文の主執筆者であるDarren H. S. Tan氏は、「この電池構成によって、シリコンなどの合金アノードを用いた固体電池に新たな領域を切り開くことができます。」という。同氏は最近、UCSD ジェイコブス・スクー



左から

- 1) 全固体電池は、正極複合層、硫化物固体電解質層、カーボンフリーのマイクロシリコンアノードで構成されている
- 2) 充電前には、マイクロスケールのシリコン粒子がエネルギー高密度の負極を構成している。充電時には、正のリチウムイオンが正極から負極に移動し、安定した2次元界面が形成される
- 3) より多くのリチウムイオンが負極に移動すると、リチウムイオンはマイクロシリコンと反応し、相互に接続されたリチウム-シリコン合金(Li-Si)粒子を形成する。この反応は電極全体に伝播していく
- 4) この反応により、マイクロシリコン粒子が膨張・高密度化し、高密度のLi-Si電極が形成される。Li-Siと固体電解質のメカニカルな特性は、2次元界面面に即した整合性と接触を維持するために重要な役割を有する(画像提供:UCSD)

ル・オブ・エンジニアリングで化学工学博士号を取得し、同技術のライセンスを取得したスタートアップ企業 UNIGRID Battery 社を共同設立している。

エネルギー高密度を提供する次世代固体電池では金属リチウムアノードの使用が必須だが、電池の充電速度に制限があるため、充電時には高温（通常 60°C 以上）にする必要がある。シリコンアノードは、これらの制限を克服し、エネルギー高密度を維持しながら、室温から低温までのより速い充電速度を実現する。

研究チームは、実験室規模の電池で室温下 500 回の充放電サイクルと 80% の容量維持を実証し、シリコンアノードと固体電池双方のコミュニティにとって目覚ましい進捗をもたらした。

### グラファイトの代替アノードとしてのシリコン

もちろん、シリコンアノードは目新しい物ではない。何十年間にもわたって、科学者や電池メーカーは、リチウムイオン電池の従来のグラファイトアノードへの混入や完全な置換のためのエネルギー高密度の材料としてシリコンに着目してきた。理論的には、シリコンはグラファイトの約 10 倍の蓄電容量を持つ。しかし現状では、アノードへのシリコン添加でエネルギー密度を高めたリチウムイオン電池は、特に性能を維持したまま充放電できる回数が少ないという現実的な問題を抱えている。

この問題の多くは、シリコンアノードとそれに組み合わせた電解液との相互作用に起因する。充放電の際にシリコン粒子の体積が大きく膨張することで状況が複雑化し、その結果、時間の経過とともに容量が大幅に減少してしまうのだ。

サイエンス誌の同論文共著者で UCSD の Institute for Materials Discovery and Design のディレクターである Shirley Meng 氏は、「電池の研究者としては、システムの根本的な問題を解決することが重要です。シリコンアノードの場合、大きな問題の一つは液体電解質の界面が不安定になることだと私たちには分かっていました」として、「これまでとはまったく異なるアプローチが必要でした。」と経緯を述べた。

実際、UCSD 率いるチームは異なるアプローチを取った。つまり、全シリコンアノードから炭素とバインダを取り除き、さらに、一般的に使用されているナノサイズのシリコンに比べて低処理・低コストのマイクロシリコンを採用したのだ。

### 全固体のソリューション

研究チームは、アノードからの炭素とバインダの全排除に続き、液体電解質も排除し、代わりに硫化物ベースの固体電解質を採用。実験の結果、同電解質は、全シリコンアノード電池であり、非常に安定していることが明らかとなった。

**Meng** 教授は、「この新たな研究は、シリコンアノードの問題に対して期待できる解決策を提供するものですが、やるべきことはまだあります。」として、「今回のプロジェクトは、ここ UCSD での電池研究への私たちのアプローチが認められたものだと思っています。私たちは、最も厳密な理論と実験に、創造性と既成概念にとらわれない発想を組み合わせているのです」との認識を示した。

これまでのシリコン合金アノードの実用化に向けた取り組みでは、主にシリコンとグラファイトの複合材料や、ナノ構造粒子とポリマーバインダーの組み合わせに焦点が当てられてきものの、これらには依然として安定性に問題があった。

研究チームは、液体電解質を固体電解質に置き換え、同時にシリコンアノードから炭素と結合材を取り除くことで、電池の機能に応じてアノードが有機液体電解質に浸った場合に生じる一連の問題を回避した。

同時に、アノードの炭素を除去することで、固体電解質との界面接触（および不要な副反応）を大幅に減少させ、液体電解質で一般的に起こりやすい連続的な容量損失を回避した。

この 2 段階方式により、低コストで高エネルギーかつ環境に優しいというシリコンの特性を最大限に活用することが可能となった。

## インパクト&スピノフ商品化

先に登場した **Tan** 氏は、「固体シリコンのアプローチは、従来の電池の多くの限界を克服するものです。特にグリッドエネルギー貯蔵用として、より高い体積エネルギーかつ低コスト、そしてより安全な電池を求める市場の要求に応えるためのエキサイティングな機会を提供します」との見解を示した。

硫化物系の固体電解質は、非常に不安定であると考えられてきた。しかし、これは液体電解質系で用いられてきた従来の熱力学的解釈に基づくもので、固体電解質の優れた運動安定性を説明するものではなかった。研究チームは、従来の常識を覆す特性を利用する機会を捉え、非常に安定したアノードの創造に成功した。

Tan 氏は、同シリコン全固体電池技術のライセンスを取得しているスタートアップ企業 UNIGRID Battery 社の CEO 兼共同設立者だ。

また、UCSD では、LGES との共同研究を含め、関連する基礎研究も継続して行われる予定。

同社の Myung-hwan Kim 社長兼 CPO (最高調達責任者) は、「UCSD との電池技術に関する最新の研究がサイエンス誌に掲載されたことは、非常に意義深いことであり、弊社は大変喜ばしく思っております。」としたうえで、「今回の発見により、弊社は全固体電池技術の実現に大きく近づき、電池製品のラインナップが大幅に多様化するでしょう」との見通しを述べた。

続けて同氏は、「弊社は大手電池メーカーとして、次世代電池セルの研究を牽引する最先端の技術を育成する努力を続けてまいります」との抱負を述べた。LGES は、UCSD との固体電池に関する共同研究をさらに拡大する予定としている。

本研究は、LGES のオープンイノベーション（電池関連の研究を積極的に支援するプログラム）が支援した。同社は、世界中の研究者と協力して関連技術を育成している。

翻訳 : (担当 技術戦略研究センター)

出典：本資料は、カリフォルニア大学サンディエゴ校(UCSD)の下記の記事を翻訳したものである。

“A New Solid-state Battery Surprises the Researchers Who Created”

([https://ucsdnews.ucsd.edu/pressrelease/meng\\_science\\_2021](https://ucsdnews.ucsd.edu/pressrelease/meng_science_2021))

(Translated with permission of UCSD)



**【政策等】**

## 中国の太陽光発電の未来を予測(米国)

### 中国全土で 2060 年までに安価で信頼性の高い太陽エネルギーが利用可能に - 研究結果

2021 年 10 月 18 日

英スコットランドのグラスゴーで開催される国連気候変動枠組条約第 26 回締約国会議 (COP26) では、中国に大きな注目が集まっている。世界最大の CO<sub>2</sub> 排出国である中国によるエネルギーシステムの脱炭素化への取り組みは、世界の平均気温上昇を 1.5°C 以下に抑えるという目標の達成において不可欠だ。

中国ではすでに本格的に、同国におけるエネルギーシステムを太陽や風力、水田発電などに注力した再生可能エネルギーへの移行を進めている。しかしながら、今後数十年におけるコストや技術的な実現可能性、電力系統との適合性など、将来的な太陽光発電には不明な点が多く残る。近年の同国での将来的な太陽光発電のコスト予測は、ソーラーパネルとその設置費用、さらにはリチウムイオン電池などの蓄電技術に関して旧式かつ過大に見積もったものとなっている。

今後数十年間、中国における太陽光発電にかかるコストは実際のところ、同発電に特有の変動性がもたらす送電網 (グリッド) への影響も含め、いくらになるのだろうか。

ハーバード大学、清華大学 (北京)、南開大学 (天津)、中国人民大学 (北京) の研究者らの報告によると、2060 年には太陽エネルギーによって、中国国内の電力需要の 43.2% を 2.5 米セント/kWh を下回る料金で賄うことが可能とされる。ちなみに、同国の 2019

年の石炭火力料金は 3.6～6.5 米セント/kWh だった。

本研究は、[米国科学アカデミー紀要 \(PNAS\)](#) の巻頭論文として公開された。

「今回の研究結果は、中国だけでなく他の国々にとっても重要なエネルギー転換期にあることを浮き彫りにしています。太陽エネルギーと貯蔵システムのコンビが石炭火力発電の安価な代替物となり、グリッド互換性の選択肢が増えるのです」



©Harvard University

**MICHAEL B. MCELROY**

GILBERT BUTLER PROFESSOR OF ENVIRONMENTAL STUDIES

ハーバード大学ジョン・A・ポールソン工学・応用科学大学院 (SEAS) 環境学教授 (the Gilbert Butler Professor) で本研究の責任執筆者である [Michael B. McElroy 氏](#) は、「今回の研究結果は、中国だけでなく他の国々にとっても重要なエネルギー転換期にあることを浮き彫りにしています。組み合わせられた太陽光発電と蓄電システムが石炭火力発電に代わる一段と安価な代替物となり、グリッド互換性の選択肢が増えるのです」との見解を示した。

清華大学環境学部准教授で共同論文執筆者の [Xi Lu 氏](#) は、「今日では、中国の大半の地域では、補助金を受けない太陽光発電は石炭発電よりも安価になっています。このコスト競争力のある優位性は、技術の進歩とコストの低下により、ただちに同国内全土に拡大していくでしょう」としたうえで、「私たちの研究結果は、太陽光発電の経済的競争力と蓄電システムへの投資を組み合わせることによって、中国の将来の電力システムの運用で特に重要となるグリッドディスパッチに更なる利益がもたらされることを示しています」との見通しを述べた。

Lu 氏はハーバード大学大学院で博士号を取得し、同大学院に拠点を置く [Harvard-China Project on Energy, Economy and Environment](#) におけるポスドクフェローおよびリサーチ・アソシエイトとして、本研究の基盤構築を開始。

研究チームは、2020年から2060年までの中国における太陽エネルギーのポテンシャルとそのコストを評価する統合モデルを開発した。同モデルではまず、中国全土の土地利用、太陽光パネルの傾きや間隔、さらに日射量・気温などの気象条件などを考慮して、空間と時間における太陽エネルギーの物理的な可能性を予測した。

同チームはさらに、投資コストと技術的变化のスピードを統合し、現在および将来における石炭火力発電に対する太陽光発電のコスト競争力の進展度合いを把握し、これをもとに、時間ごとの最適化モデルを開発し、電力需要に合わせてグリッドに統合できるように太陽光発電の出力変動の平滑化に必要な電力貯蔵システムの追加コストを評価した。

**「今日では、中国の大半の地域では、補助金を受けない  
太陽光発電は石炭発電よりも安価になっています。  
このコスト競争力のある優位性は、技術の進歩とコストの低下により、  
ただちに同国内全土に拡大していくでしょう」**

**XI LU**

ASSOCIATE PROFESSOR, SCHOOL OF ENVIRONMENT, TSINGHUA UNIVERSITY

研究者たちはまず、中国における太陽光発電の物理的ポテンシャル（太陽光パネルをいくつ設置できるか、太陽光エネルギーをどれだけ発電できるか、など）が、2020年に99.2PWhに達することを発見した。これは電力だけでなく、自動車や工場、ビルの暖房などで直接消費される燃料を包括しており、あらゆる形態でのエネルギー総消費量の2倍以上に相当する。今回の研究結果は、太陽光発電が中国の脱炭素化において重要な要素となることを示唆している。

さらに、2020年には78.6%の潜在的エネルギーが現在の石炭火力発電の価格と同等あるいはそれ以下となり、その割合はさらに増加すると見込まれている。このコスト面での優位性は、中国がバッテリーなどの蓄電設備に投資でき、それでもなお2060年までに7.2PWh（中国全土での電力需要の43.2%に相当）をコスト効率よく供給できることを意味する。

Harvard-China Project のエグゼクティブ・ディレクターで論文の共著者である [Chris](#)

[P. Nielsen 氏](#)は、「今や大半の人々が気候変動に対処するには化石エネルギーからの脱

「蓄電によって太陽光発電がグリッド互換性を持ち、  
競争力のあるコストで利用できるようになれば、  
中国だけでなく(他国にとっても)、  
飛躍的な前進となるでしょう」

CHRIS P. NIELSEN

EXECUTIVE DIRECTOR OF THE HARVARD-CHINA PROJECT

却が必要であると認識しています」とした上で、「電力システムの脱炭素化が肝要であることを認識している人は多くありません。特に、より多くの部門が電化され、再生可能な変動性のグリッドによる調整が最も困難な部分であることを認識している人は少ないのです。蓄電によって太陽光発電がグリッド互換性を持ち、競争力のあるコストで利用できるようになれば、中国だけでなく（他国にとっても）、飛躍的な前進となるでしょう」との見解を示した。

本論文の共同筆頭著者で、Harvard-China Project on Energy, Economy and Environment の客員研究員であり、清華大学の博士課程の学生として本研究を主導した [Shi Chen 氏](#)は、「私たちの研究によると、コストの下落、特に蓄電のためのコストが下がり続けた場合には、自動車への電力供給、建物の暖房や冷房、工業用化学製品の生産をすべて太陽エネルギーで賄える可能性があることを示しています」として、「これにより、太陽エネルギーの気候変動や環境面でのメリットは、従来考えられていた電力分野をはるかに超えるものになるでしょう」との見方を述べた。

本研究は Chongyu Zhang 氏、Jiacong Li 氏、He Xu 氏、Ye Wu 氏、Shuxiao Wang 氏、Feng Song 氏、Chu Wei 氏、Kebin He 氏、Jiming Hao 氏の共同執筆による。

本研究は、Office of the President of Harvard University と Harvard Global Institute からの Harvard-China Project on Energy, Economy and Environment の助成金の一部で支援された。

翻訳 NEDO（担当 技術戦略研究センター）

出典：本資料は、ハーバード大学の許可を得て以下の記事を翻訳したものである。

“China’s solar-powered future”

(<https://www.seas.harvard.edu/news/2021/10/chinas-solar-powered-future>)

(Translated with permission of Harvard University)

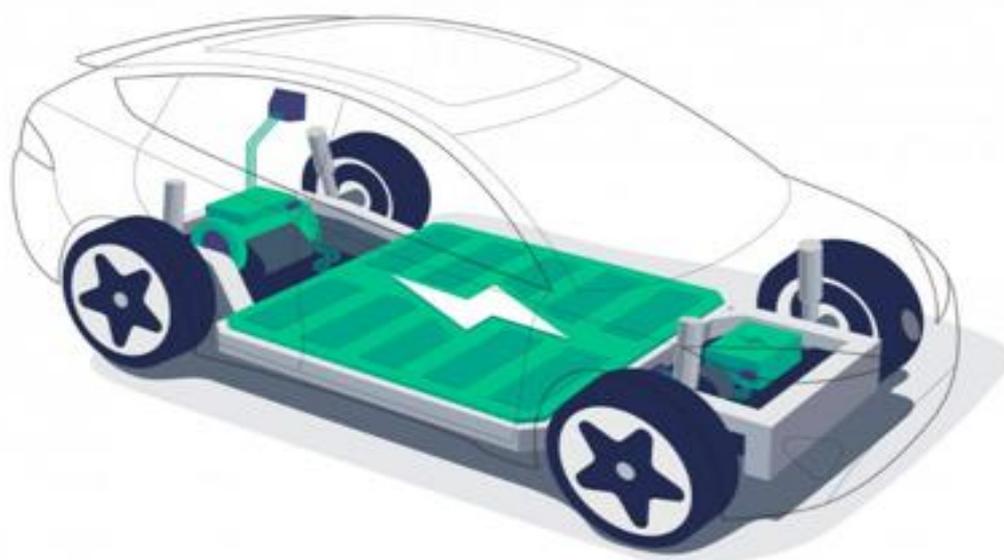
【蓄電池・エネルギーシステム分野】

仮訳

## より安全で優れたバッテリー開発をもたらす新材料（米国）

樹木由来の材料が次世代電池の液体電解質に取って代わる可能性

2021年10月21日



米国ロードアイランド州プロビデンス（ブラウン大学） — より多くの電力を供給し、より安全に作動する電池を追求して、研究者たちは現在のリチウムイオン電池で一般的に使用されている液体材料を固体のものに置き換える研究を進めている。目下、ブラウン大学とメリーランド大学の研究チームは、電池に使用する新素材を開発したが、その材料は意外なものに由来している。なんと「木」なのだ。

同チームは『[ネイチャー](#)』誌に掲載された本研究において、銅とセルロースナノファイブリル（樹木由来のポリマーチューブ）を組み合わせた固体イオン伝導体を実証。研究者らによると、紙のように薄い同材料は、他のポリマーイオン導電体の10倍から100倍のイオン導電性を有するとされ、固体電池の電解質として、あるいは全固体電池のカソードのイオン伝導バインダーとして利用できる可能性がある。

メリーランド大学材料工学科の **Liangbing Hu** 教授は、「一次元材料のセルロースナノファイブレルに銅を組み込むと、ポリマー鎖内において、通常はイオン絶縁性のセルロースが、よりスピーディーなリチウムイオン輸送を提供することが実証できました」としたうえで、「実のところ、このイオン伝導体は、固体ポリマー電解質の中で過去最高のイオン伝導度を達成したことが明らかとなったのです」と指摘した。

本研究は、**Hu** 氏の研究室とブラウン大学工学部の **Yue Qi** 教授の研究室との共同作業だ。

現在、携帯電話から自動車まで幅広く使用されているリチウムイオン電池には、リチウム塩を液状の有機溶媒に溶解した電解質が使用されている。電解液の役割は、電池のカソードとアノード間でリチウムイオンを伝導させることである。液体電解質は非常によく機能する一方で欠点も併せ持つ。高電流では、デンドライトと呼ばれるリチウム金属の極小フィラメントが電解液中に形成され、短絡につながる可能性があるのだ。さらに、液体電解質は可燃性・有毒性の化学物質で作られているため、発火の恐れがある。

固体電解質には、デンドライトの浸透を防ぐ電位があり、不燃性の材料での作製が可能だ。これまで研究されてきた固体電解質の大半はセラミック材料で、イオンの伝導性に優れている一方、厚くて硬くもろいという欠点があり、製造時や充放電時の負荷により、亀裂や破裂が発生する恐れがある。

しかし、今回の研究で導入されたのは、薄くて柔軟性があり、まるで一枚の紙のような素材だ。しかも、そのイオン伝導性はセラミックス並みだ。

**Qi** 氏とブラウン大学の **Qisheng Wu** 上級研究員は、同材料がなぜこれほど優れたイオン伝導を可能にするのか、その理由を知るために銅-セルロース材料の微細構造のコンピュータシミュレーションを行った。同モデリング研究の結果、通常は密接に束となって詰め込まれて存在するセルロースポリマー鎖間の空間が、銅によって拡大することが明らかになった。この空間の拡大により、リチウムイオンが比較的自由に往来できるイオンスーパーハイウェイが形成されるのだ。

**Qi** 氏は、「リチウムイオンは、通常無機セラミックスに見られるようなメカニズムを経由してこの有機固体電解質内で移動し、記録的な高いイオン伝導性を実現しています」と述べ、「自然が与えてくれる材料を使うことで、電池製造が環境に及ぼす影響を軽減することができます」との見方を示した。

この新材料は、固体電解質として機能するだけでなく、固体電池のカソードバインダーとしても作動可能だ。電池のカソードには、アノードの容量に適合させるために厚みを持たせる必要があるが、その厚みによりイオン伝導が弱まり効率が低下する。厚みを持ったカソードを機能させるためには、カソードをイオン伝導性のあるバインダーに入れ込む必要があるが、今回、研究チームは、新材料をバインダーとして使用することで、同材料がこれまでに報告された中で最も厚みのある機能性カソードのひとつであるという同チームの認識を実証した。

同チームは、この新材料が固体電池技術をマスマーケットに投入するための一歩となることに期待を寄せている。

ブラウン大学による本研究は、米国立科学財団（NSF）（DMR-2054438）が支援した。

翻訳：NEDO（担当 技術戦略研究センター）

出典：本資料はブラウン大学の以下の記事を翻訳したものである。

“New material could pave way for better, safer batteries “

(<https://www.brown.edu/news/2021-10-21/ionconductor>)

(Reprinted with permission of Brown University)