



New Energy and Industrial Technology Development Organization

ISSN 1348-5350

国立研究開発法人
新エネルギー・産業技術総合開発機構

〒212-8554
神奈川県川崎市幸区大宮町1310
ミュージアム川崎セントラルタワー
(総合案内 16F)
<https://www.nedo.go.jp>

NEDO 海外レポート

2023.6.27.

1137

1	【バイオテクノロジー分野】	2023/1/30 公表	
	微生物燃料電池の利用で植物の強靱な廃棄物をアップサイクル（米国）		1
2	【蓄電池・エネルギーシステム分野】	2023/2/1 公表	
	洗浄して繰り返し使える：バッテリーのリサイクルを簡易化する新方法（米国）		6
3	【蓄電池・エネルギーシステム分野】	2023/2/22 公表	
	リチウムイオン電池を超える走行距離を実現するリチウム空気電池の新設計（米国）		12
4	【政策】	2023/3/14 公表	
	インドはクリーン技術研究により 2047 年までにエネルギー自給を達成できる（米国）		15
5	【環境・省資源 分野】	2023/3/21 公表	
	持続可能な技術の開発を促進するシカゴ大学と ANL の共同研究（米国）		18

※ 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

《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
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。

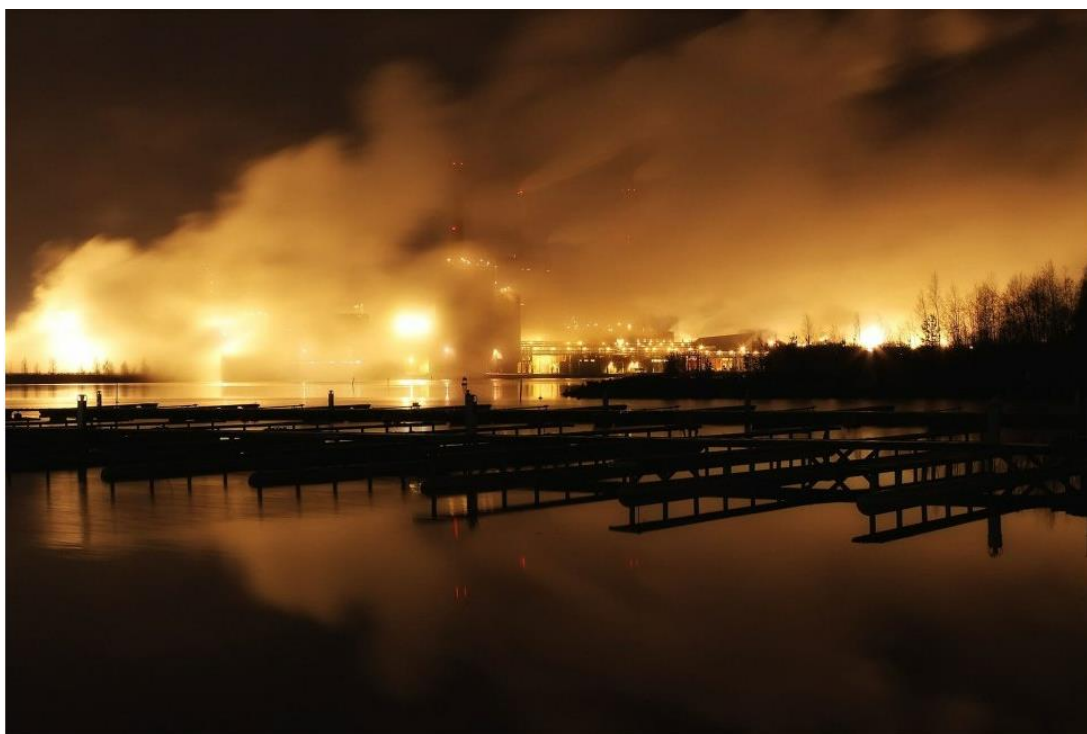
【バイオテクノロジー分野】

仮訳

微生物燃料電池の利用で植物の強靱な廃棄物をアップサイクル(米国) 有機廃棄物を栄養素や医療用の抗酸化フラボノイドに変換

2023年1月30日

[Amanda Morris](#)



(この写真のような)製紙工場は、植物の構造を支える繊維質材料のリグニンを最も大量に廃棄する。

自然によるリグニン(植物に強靱な構造を付与する繊維質である木質物質)の設計には抜かりがなかった。リグニンの分解にはとてつもなく時間がかかり、細菌や腐敗に強く、極めて頑丈で長持ちする。

となると、農地や醸造所、製紙工場から排出されるリグニン廃棄物はどうなるのだろうか。そのほとんどは燃やされたり埋められたりして汚染を引き起こしており、再生可能な資源を浪費している。

ノースウェスタン大学の研究者たちは、リグニンを含んだ有機炭素廃棄物をアップサイクルできる、持続可能で安価な 2 段階プロセスを開発した。微生物で駆動するバイオリファイナリーで廃棄物を処理することで、高価値で植物由来の医薬品や抗酸化性の機能性食品に利用できる炭素源に加え、薬物や化学物質を送達する炭素ベースのナノ粒子へとリグニンを変換する。

[本研究は、学術誌 ACS Sustainable Chemistry and Engineering の 1 月号](#)の表紙を飾っている。

本研究を率いたノースウェスタン大学の [Kimberly Gray](#) 教授は、「リグニンには非常に素晴らしい価値があるのですが、もともとは廃棄物とみなされています。」と言う。「リグニンはバイオマスの 20~30%を構成していて、そのエネルギーの 40%を占めています。大量のエネルギーですが、この未利用エネルギー源の利用は難しいのです。リグニンは強靱で加工しにくいいため、利用方法がわかっておらず、数十年にわたってこの問題の解決が試みられています。今回、私たちは製油所のプロセスをテンプレートとして利用し、廃棄物から高価値製品を生産するバイオリファイナリーを開発しました」。

ノースウェスタン大学マコーミック工学部の土木環境工学の Gray 教授は、[Roxelyn and Richard Pepper Family Chair in Civil and Environmental Engineering](#) でもある。

自然の建築材料

世界で最も豊富に存在する有機高分子の一つであるリグニンは、すべての維管束植物に含まれ、植物の細胞壁の間にあって樹木のような頑丈な植物の構造を支えている。リグニンが無くては、木質部や樹皮は弱すぎて樹木を支えられない。木造の家や家具は崩壊してしまうだろう。

しかし、製紙業や醸造業など、植物を利用するほとんどの産業においてリグニンは排除され、糖の一種であるセルロースを残している。そして、自然界の超強靱な物質のリグニンを安価な燃料として燃やしている。

「誰もがリグニンを取り除いて糖を取り出したいのです」と Gray 教授は言う。「セルロースを発酵させてアルコールを作ったり、パルプを作るために加工したりしています。リグニンはどうなるのかというと、低品質の燃料として燃やされて無駄になって

いるのです」。

微生物燃料電池

リグニンを含む炭素廃棄物を分解するバイオリファイナリーの開発に向け、研究者たちはまず微生物電解セル (MEC) を作製した。MEC は Fuel Cell (燃料電池) と同様に、アノードとカソードの間でエネルギーを交換する。しかし、この MEC のアノードは、金属ベースのアノードではなく、エキソエレクトロゲンから成るバイオアノードを使用している。エキソエレクトロゲンとは、有機物を分解することで電気エネルギーを自然に生成する微生物のことである。

「ここでは、微生物が触媒として機能します」と、本研究論文の共著者でマコーミクの土木環境工学の [George Wells](#) 准教授は説明する。「多くの場合非常に高価で高温を必要とする化学触媒の代わりに、生物を触媒として使用しています」。

「誰もがリグニンを取り除いて糖を取り出したいのです。セルロースを発酵させてアルコールを作ったり、パルプを作るために加工したりしています。リグニンはどうなるのかというと、低品質の燃料として燃やされて無駄になっているのです」。

— *Kimberly Gray* 教授

MEC の優れた点は、人間、農業、工業由来のあらゆる種類の有機廃棄物を処理できることである。MEC では、廃棄物を大量に含んだ廃水を微生物を通じて循環させ、微生物に炭素を処理させる。微生物は有機炭素を二酸化炭素に分解し、自然に電子を吐き出す。このプロセスでは、電子がこのバイオアノードからカソード (炭素布製) に移動し、そこで酸素を還元して水を生成する。このプロセスでプロトンが消費され、水の pH が上昇して苛性溶液に変わる。苛性溶液は廃水処理など、あらゆる用途に利用できる。

「このプロセスのもう一つの利点は、廃水を効果的に処理して有害な有機炭素を除去できることです」と Wells 准教授は言う。「そのため、主要な製品はきれいな水です」。

しかし、研究者たちは苛性溶液を選び、リグニンに注目した。リグニン化合物は芳香族炭素の複雑な鎖を含んでいて、6 つの炭素原子の環を形成する特殊な結合パターンを持っているため耐久性がある。各芳香環は二重結合と単結合の交互で構成され、これを分解するのは極めて難しい。

「壊れない」結合を壊す

しかし、研究者たちがリグニンをバイオベースの苛性化学物質にさらすと、リグニンのポリマーは芳香環を保持したまま分解された。リグニンの約 17%がフラボノイドと呼ばれる炭素環に変換された。フラボノイドは抗酸化物質に富む植物栄養素で、サプリメントに頻繁に使用される。医薬品化学で一般的に使用されている炭素環は、安価な医薬品やサプリメントを作るための植物由来の持続可能な前駆体として使用することができる。

「ポリマーを分解し、炭素環を選択的に残すのです」と Gray 教授は言う。「この炭素環を確保できれば、高価値の材料を作ることができます。一般的に触媒は化合物全体を分解しますが、その後に炭素環を再構築しなければなりません。私たちは今回、高価値の構造を保持する選択的な分解に成功したのです」。

17%

新開発のプロセスで抗酸化フラボノイドに転換されるリグニンの割合

処理されたリグニンの残りの部分（約 80%）は炭素ベースのナノ粒子となり、人間での標的薬物送達や植物での標的栄養素送達のための物質の包含に使用できる。このナノ粒子は、日焼け止めや化粧品の持続可能な植物由来の代替品を提供する可能性もある。

「複数の廃棄物ストリームでの持続可能な資源回収経路の特定と研究は、非常に興味深いものです」と Wells 教授は言う。「大量の廃水とリグニンのストリームがあり、それらをそのまま処理するには費用がかかります。私たちは、それらの廃棄物を価値の源泉として捉え直そうとしているのです」。

有害化学物質を使用しない資源回収

リグニンの処理に市販の苛性物質を使用することもできたが、彼らの MEC ベースのアプローチには多くの利点がある。第一に、グリーンバイオベースの化学物質の方がより優れている。第二に、より安全で安価であり、常温・常圧下で使用でき、必要なとき（ポイント・オブ・ニード）に化学物質を生成できる。

「多くの産業プロセスや排水処理で一般的に使用されている水酸化ナトリウムのように、様々な苛性化物質があります。しかし、有毒化学物質を大量に輸送し保管する必要があります。これは高コストなだけでなく、公衆衛生上の危険性があります。廃棄物からオンサイトで化学物質を生成する方がずっと安全で持続可能です。大量の有害化学物質の出荷や保管が不要となり、サプライチェーンや輸送トラックの時間通りの到着にも頼ることなく、必要なときにすぐに現場で化学物質を生成できる柔軟性と適応性をもたらします」と Wells 教授は説明する。

本研究「Valorization of lignin under mild conditions: Biorefining flavonoids and lignin nanoparticles」は、マコーミック工学部の Finite Earth Initiative の支援を受けた。

訳：NEDO（担当 技術戦略研究センター）

出典：本資料は、ノースウェスタン大学の記事“Biorefinery uses microbial fuel cell to upcycle resistant plant waste”

(<https://news.northwestern.edu/stories/2023/01/biorefinery-uses-microbial-fuel-cell-to-upcycle-resistant-plant-waste/>) を翻訳したものである。

(Reprinted with permission of Northwestern University)

【蓄電池・エネルギーシステム分野】

仮訳

洗浄して繰り返し使える: バッテリーのリサイクルを簡易化する方法 (米国)

2023年2月1日

By Aliyah Kovner

バークレーラボの科学者らが、様々な種類のバッテリーのリサイクルを簡易化し、経済的にする材料を開発した



Quick-Release Binder 溶解後、貴重な電極成分を完全にリリースしたバッテリーからの集電銅箔の入ったバイアル (左側) と、バインダーがアルカリ水にアクティブに溶解する別のバイアル (右側) を掲げる Chen Fang 氏。従来のバインダーは電極材料を接着剤のように集電体に強く結合させるため、分離してバッテリーの電極材料をリサイクルすることが困難である。(写真提供: Marilyn Sargent/Berkeley Lab)

リチウムイオン電池は、エレクトロニクスを革新してクリーンエネルギーへの移行を加速させた。この電池は 21 世紀の生活に欠かせないものとなったが、2050 年までに欠乏する可能性がある。リチウムイオン電池に使用されている主要な要素のリチウム、

ニッケル、コバルトに加え、グラファイトがますます希少で高価になっており、[国際的なサプライチェーンの一部については](#)、環境や公正な労働に対する監視がほとんど行われていない。

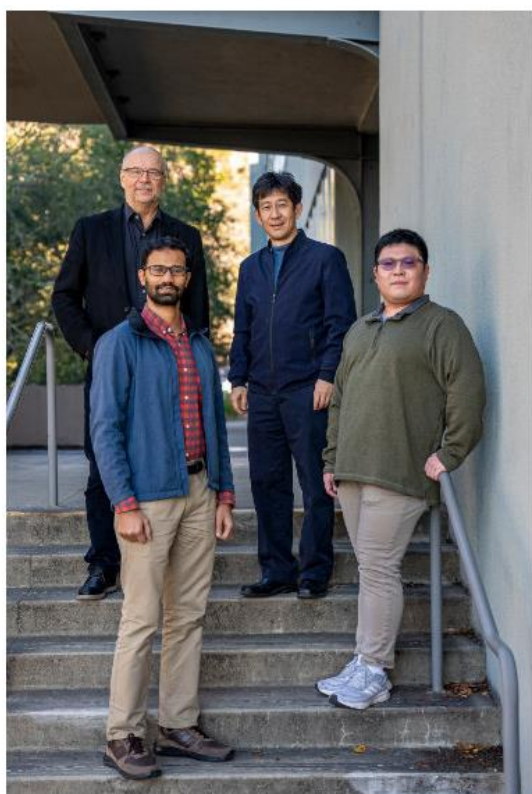
採掘済みの材料を再利用することで、電池の製造プロセスの安全性と公平性を向上させることが急務となっている。ローレンスバークレー国立研究所（バークレーラボ）の科学者らによる研究チームは、このような急務に対処できる[受賞歴のある新しい電池材料](#)を発明している。「Quick-Release Binder（クイックリリースバインダー）」と呼ばれるその製品は、リチウムイオン電池に含まれる貴重な材料を電池中の他の構成要素から分離し、新しい電池での再利用のための回収を簡単かつ安価に実施できるようにする。

バークレーラボの Energy Technologies Area の上級科学者であり、[バークレーラボ・エネルギー貯蔵センター](#)のメンバーであるプロジェクトリーダーの Gao Liu 氏は、「バッテリーのリサイクルが必須になりつつあります」と言う。「燃焼処理してゴミ箱に捨てるのをやめなければ、10 年先には天然資源が枯渇してしまいます。そうしないと電池市場の需要を満たすことができなくなります。コバルトもニッケルも足りないのです、リサイクルする必要があります」。



クイックリリースバインダーで製造した電池は、開封して常温のアルカリ水に入れて優しく振るだけで済む。分離された元素は、ろ過後に取り出して空気で乾燥できる。

まず電池を細断して粉碎し、それを燃焼して他の成分から金属を分離する従来のリチウムイオン電池のリサイクル方法とは極めて対照的である。リサイクル会社は可能な限りのプロセスの効率化を目指しているが、従来の電池設計では元素の回収は依然としてエネルギー集約的で高価であり、慎重な管理を要する有毒化学物質を放出する。



研究チームのメンバー(左から時計回り)
Energy Storage & Distributed Resources Division
の Director、Robert Kostecki 氏; Principal
Investigator の Gao Liu 氏; Liu Lab の Chen Fang
氏; ポスドク研究者の Muhammad Ihsan Ul Haq
氏。

水(アルカリ水)を加えるだけ

バークレーラボのエネルギー貯蔵センターの Liu 氏とそのチームは、従来のリチウムイオン電池に代わる可能性のある電池の一つであるリチウム硫黄電池の開発に取り組んでいた際に、クイックリリースバインダーを開発した。リチウム硫黄電池は、希少なコバルトを使わずに作ることができて、リチウムイオンよりも理論エネルギー密度が高いため、電池の研究開発の世界で注目されているコンセプトである。しかし、この電池の商業化には、解決しなければならない多くの機能上の問題がある。クイックリリースバインダーはリチウム硫黄電池のリサイクルを簡易化し、性能上の主要な問題の 1 つを解決する。この発見自体は非常に興味深いものであるが、Liu 氏の研究室の博士研究員である Chen Fang 氏は、この新しいバインダー材料が現在のリチウムイオン電池にも使用できる可能性があることに気づいた。

バインダーは、リチウムイオンや家庭用品に使用されているアルカリ電池など、ほとんどの種類の電池に使用されている、接着剤のような働きをする物質である。バッテリーには正電荷を帯びた正極と負電荷を帯びた負極の 2 つの電極があり、それらは電流を発生させる導電性の化学物質と、安定性と耐久性を付与する活性材料を保持する構造材料で構成されている。その名の示すように、バインダーはこれらの成分を結びつけて電池の構造を維持する役割を担っている。

クイックリリースバインダーは、ポリアクリル酸 (PAA) とポリエチレンイミン (PEI) の市販の 2 種類のポリマーから構成され、PEI の正電荷を帯びた窒素原子と PAA の負

電荷を帯びた酸素原子の結合を通じて一体化している。このバインダーを水酸化ナトリウム (Na^+OH^-) を含んだアルカリ水に配置すると、ナトリウムイオンが結合部位に入り込んで 2 種類のポリマーを分離する。分離された各ポリマーは溶解し、ポリマー内に含まれる電極成分をすべて解放する。

クイックリリースバインダーは正極と負極の製造に使用でき、最も一般的に使用されている市販の 2 種類のバインダーの約 1/10 の価格である。「(最近の研究で) このプロセス全体が極めて容易であることを研究室規模で実証できたので、工業規模でも同じような成果が得られるはずであると考えています」と Fang 氏は言う。また、このバインダーは、携帯電話に搭載される小型のものから、国の電力網にバックアップエネルギーを貯蔵するために配備されている超大型のものまで、あらゆるサイズの電池に使用可能と研究チームが考えていることを付け加えた。

このバインダー技術は、9 月下旬、世界で 2022 年に開発されたトップ 100 の革命的な技術の一つとして [R&D 100 Awards](#) に認定されている。

現在、研究チームは、バッテリーリサイクル開発者で [OnTo Technologies](#) の創設者である Steve Sloop 氏との協力で同バインダーのテストを完了し、市場に投入する予定である。過去の実験では同バインダーが高電圧と低電圧で非常に安定していることが実証されており、現在、彼らは同バインダーを使用してリチウムイオン電池のプロトタイプを製造し、その性能を包括的に分析して機能性を報告しようとしている。



Muhammad Ihsan Ul Haq 氏は、クイックリリースバインダーを使用した材料のリサイクルに向けて、腕時計など多くの機器に使用されているコイン電池を準備している。研究チームのテストでは、同バインダーが幅広い種類の電池に対応できることが示されている。(写真提供:Marilyn Sargent/Berkeley Lab)

これらの試験がうまくいけば、商業生産への移行はスムーズに進むと科学者らは見込んでいる。「現在の製造プロセスでこのバインダーを使用できるようにすることに基本的に障害はありません。強力な化学溶剤の代わりに水を使用することができるため、このバインダーはリサイクルを簡素化するのと同じ理由で実際に製造を簡素化するからです。」と Chen 氏は説明する。メーカーが電池を新たに製造する際には、バインダーを化学溶剤で処理してすべての電極成分を含むスラリーを作成し、それを電極シート上に任意の形状や厚さで堆積させる。「そのため、現在のメーカーでは有害な化学溶剤蒸気から作業者を保護し、化学溶剤の安全な廃棄を管理するための追加の器具や設備を設置する必要があります」。クイックリリースバインダーの使用により、これらのステップが排除できる。

バッテリーのライフサイクルを再設計

Sloop 氏は、クイックリリースバインダーはバッテリー設計のパラダイムシフトであると言う。先進的なバッテリーを設計してから、リサイクルプロセスを作成しようとするのではなく、Liu 氏の研究チームは初めて「リサイクルを考慮した設計」を行った。

「このバインダーには、低コストで環境に優しい処理で「解決」できるという大きな特徴があり、先進的なバッテリーシステムの経済的・環境的な持続可能性を向上させて私たち全員に利益をもたらします」と Sloop は言う。「また、バッテリーにペルフルオロアルキルおよびポリフルオロアルキル物質 (PFAS) が含まれていないことも大きな成果です。これらの物質はノンスティックコーティングやその他多くの製品の製造に使用される化合物ですが、これは将来的に非常に重要なことです。この化学物質による健康への影響の問題が浮上しているため、消費者はこれを使いたくないのです。規制当局は近いうちにこれらの化学物質の使用停止に同意すると考えています」。

将来に向けて、Liu 氏と Sloop 氏は電池会社やバインダーメーカーと商用化について話し合いを進めている。彼らはクイックリリースバインダー技術のライセンス供与を通じ、すべての主要なリチウムイオン電池ブランドで使用できるようにしたいと考えている。いつの日か、研究チームのこの発明が屋根やボンネットの下にあるすべてのバッテリーに搭載され、希少金属の採掘が不要になるかもしれない。

クイックリリースバインダーの開発は、米国エネルギー省(DOE)のエネルギー効率・再生可能エネルギー局(EERE)と OnTo Technologies によって支援された。現在、ipo@lbl.gov にてこの技術の使用許諾を受けることができる。

訳：NEDO（担当 技術戦略研究センター）

出典：本資料は、ローレンスバークレー国立研究所(LBNL)の記事 “Rinse and Repeat: An Easy New Way to Recycle Batteries is Here”

（<https://newscenter.lbl.gov/2023/02/01/an-easy-new-way-to-recycle-batteries-is-here/>）を翻訳したものである。

【蓄電池・エネルギーシステム分野】

仮訳

リチウムイオン電池を超える走行距離を実現する リチウム空気電池の新設計(米国)

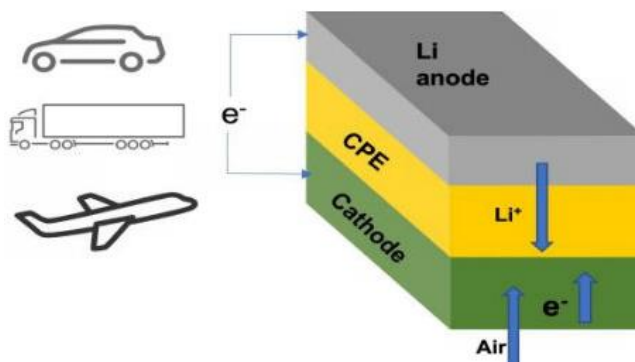
自動車、航空機やトラックへの給電の可能性を提供する新電池

2023年2月22日

JOSEPH E. HARMON

テストセルで 1,000 回の充放電サイクルを実証した安全な新電池は、標準的なリチウムイオン電池に比べより多くエネルギーを貯蔵できる

電気自動車の所有者の多くは、1回の充電で 1,000 マイル以上走行できるバッテリーパックを望む。イリノイ工科大学 (IIT) と米国エネルギー省 (DOE) のアルゴンヌ国立研究所 (ANL) の研究者らは、そんな希望を実現するリチウム空気電池を開発した。この新しい電池設計は、いつの日か国内の航空機や長距離トラックを動かすようになるかもしれない。



リチウム金属アノード、酸素ベースカソード、固体セラミック高分子電解質 (CPE) から成るリチウム-空気電池セルの図。放電・充電時にリチウムイオン (Li+) がアノードからカソードに移動して再び戻る。(画像: アルゴンヌ国立研究所)

このリチウム空気電池の主要な新構成要素は、通常液体ではなく固体の電解質である。固体電解質を使用した電池では、リチウムイオン電池等に使用されている液体電解質のような過熱・発火の危険性がない。

「リチウム空気電池は、リチウムイオンを超える次世代の電池として期待されている電池技術の中でエネルギー密度が最も高いのです」

—— ANL の Larry Curtiss 特別客員研究員

さらに重要なのは、この新設計の電池と固体電解質との化学反応ではエネルギー密度をリチウムイオン電池の 4 倍も高められる可能性があり、航続距離をより長くすることができることだ。

ANL の Larry Curtiss 特別客員研究員は、「ANL 等の科学者たちは 10 年以上にわたって、空気中の酸素を利用するリチウム電池の開発に時間をかけて取り組んできました」と言う。「リチウム空気電池は、リチウムイオンを超える次世代の電池として期待されている電池技術の中でエネルギー密度が最も高いのです」。

過去のリチウム空気電池設計では、放電中にリチウム金属アノード内のリチウムが液体電解質を移動して酸素と結合し、カソードで過酸化リチウム (Li_2O_2) や超酸化リチウム (LiO_2) を生成する。その後、充電中に $\text{Li}_2\text{O}_2 \cdot \text{LiO}_2$ はリチウムと酸素に分解される。この化学的な流れにより必要に応じてエネルギーを貯蔵・放出する。

新しい固体電解質は、比較的安価な元素のナノ粒子によるセラミック高分子材料で構成され、放電時の化学反応で酸化リチウム (Li_2O) を生成する。

「超酸化リチウム (LiO_2) や過酸化リチウム (Li_2O_2) の化学反応では、酸素分子 1 個あたりに蓄積される電子が 1~2 個のみですが、酸化リチウム (Li_2O) の化学反応ではこれが 4 個になります」と ANL の化学者である Rachid Amine 氏は説明する。より多くの電子が蓄えられると、エネルギー密度はより高くなる。

このように、新しいリチウム空気電池設計では室温下で 4 個の電子反応を初めて達成した。また、リチウム空気電池は環境中の空気が供給する酸素で作動するため、初期の設計で問題となっていた酸素タンクが不要になる。

4 個の電子反応が実際に起こっていることの立証に様々な技術を使用した。カソード表面の放電生成物を調べるための透過型電子顕微鏡 (TEM) は そのうちの重要な技術の一つである。これは、DOE 科学局のユーザー施設である ANL の Center for Nanoscale Materials で実施された。TEM の画像により、4 個の電子放電メカニズムに関する貴重な知見が得られた。

過去のリチウム空気テストセルでは、サイクル寿命が非常に短い結果に終わっている。今回の新設計のテストセルでは、安定した 1,000 回の充放電サイクルを実証した。

「さらに研究を進めることで、この新設計のリチウム空気電池は 1,200Wh/kg という記録的なエネルギー密度を達成できると思います」と Curtiss 特別客員研究員は言う。「これは、リチウムイオンバッテリーのほぼ 4 倍のエネルギー密度になります」。

本研究は、[Science 誌の最新号に掲載されている](#)。LANL の著者は、Larry Curtiss 氏、Rachid Amine 氏、Lei Yu 氏、Jianguo Wen 氏、Tongchao Liu 氏、Hsien-Hau Wang 氏、Paul C.Redfern 氏、Christopher Johnson 氏、Khalil Amine 氏。IIT の著者は、Mohammad Asadi 氏、Mohammadreza Esmaeilirad 氏、Ahmad Mosen Harzandi 氏。また、イリノイ大学シカゴ校の著者は、Reza Shahbazian-Yassar 氏、Mahmoud Tamadoni Saray 氏、Nannan Shan 氏、Anh Ngo 氏。

Joint Center for Energy Storage Research(JCESR)を通じ、米国エネルギー省(DOE)の自動車技術局(VTO)と基礎エネルギー科学局(BES)が本研究に資金を提供した。

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)の記事“New design for lithium-air battery could offer much longer driving range compared with the lithium-ion battery”（<https://www.anl.gov/article/new-design-for-lithiumair-battery-could-offer-much-longer-driving-range-compared-with-the-lithiumion>）を翻訳したものである。

【政策】

仮訳

インドはクリーン技術研究により 2047 年までに エネルギー自給を達成できる(米国)

2023 年 3 月 14 日

バークレー研究所による調査結果が、インドのクリーンテクノロジーの大幅なコスト削減と再生可能エネルギー・リチウム資源により、同国では 2047 年までに費用対効果の高いエネルギー自給が可能となることを提示

米国エネルギー省のローレンスバークレー国立研究所 (バークレー研究所) が発表した [Pathways to Atmanirbhar Bharat](#) (「自立したインド」の意) と題するレポートが、インドでは 2047 年までに同国のエネルギー自給のビジョンの達成が可能であることを報告している。

インドにおける最もエネルギー集約的な三部門(電力・運輸・産業)を調査したこのレポートでは、エネルギー自給の達成により経済、環境、エネルギー面で多大な利益が生み出されるとしている。これには、2047 年までの個人貯蓄額 2 兆 5000 億ドル、2047 年までの化石燃料輸入支出の年間 90%または 2400 億ドルの削減、インドの世界的な産業競争力の向上やインドのネット・ゼロ・コミットメントの前倒しの実現などが含まれる。

“インドのエネルギーインフラには、今後数十年で 3 兆ドルの投資が必要であり、我々の研究では、長期的な財政の持続可能性にとって、費用対効果が高くクリーンな新エネルギー資産を優先することが極めて重要であることがわかりました”

— Amol Phadke (LBNL スタッフサイエンティスト)

インドは世界第 3 位のエネルギー消費国であり、急速な経済成長によりエネルギー需要は今後数十年で 4 倍の増加が見込まれている。現在、国内で消費される石油の 90%、工業用石炭の 80%、天然ガスの 40%を輸入に頼っている。近年に見られたような世界のエネルギー市場における価格と供給の不安定性は、インドの外貨準備高を圧迫し、経済全体のインフレをもたらしている。

「クリーンエネルギー導入の事例はかつてないほど高まっています。インドは世界最低の再生可能エネルギー価格を達成し、世界最大級のリチウム埋蔵量を発見しています」とバークレー研究所の科学者で本研究の主著者である Nikit Abhyankar 氏は言う。「これは、経済的にも環境的にも有利な方法で、インドを費用対効果の高いエネルギー自給国へと導くものです」。

本レポートによると、インドのエネルギー自給には、インド政府がすでに発表した目標である電力部門による 2030 年までの非化石燃料による 500 GW 以上の発電設備の導入と、2040 年までに 80%、また 2047 年までに 90%のクリーングリッドの導入が必要となる。販売される新車の 100%近くが 2035 年までに電気自動車になる可能性がある。2047 年までには、重工業生産(鉄鋼の 90%、セメントの 90%、肥料の 100%)が主にグリーン水素と電化に移行する可能性がある。新しい電気自動車やグリッド規模の蓄電池システムの製造に必要なリチウム(2040 年までに推定 200 万トン)のほとんどは、新たに発見された埋蔵量を使って国内で生産することができる。さらに、インドの産業は EV やグリーンスチール製造などのクリーン技術に移行する必要がある。インドは世界最大の自動車と鉄鋼の輸出国の 1 つであり、EU 諸国にある最大のマーケットはカーボンニュートラルの実現と炭素国境調整関税の設置に取り組んでいる。

「インドのエネルギーインフラには、今後数十年で 3 兆ドルの投資が必要であり、我々の研究では、長期的な財政の持続可能性にとって、費用対効果が高くクリーンな新エネルギー資産を優先することが極めて重要であることがわかりました」とバークレー研究所の科学者で論文共著者の Amol Phadke 氏は言う。「インドは、既存の政策枠組みを活用してクリーンエネルギーの展開を拡大できるのです」。

そのエネルギーインフラの大部分が未構築であるため、インドはクリーンエネルギーの未来へと飛躍する独自の利点をもつ。インドの増大するエネルギー需要は、既存の化石エネルギー資産がクリーンエネルギーに移行するための 15 年という大きな猶予期間を提供する。このような移行は、最も影響を受ける地域社会と協調して対処され、インドの労働力の公正な移行を確保することが重要である。

このエネルギー移行には、クリーン技術の導入義務、グリーン水素などの新興技術への財政的・政策的支援、国内製造能力への投資など、大きな政策支援が必要となる。

「インドは、これからの数十年で野心的なエネルギー移行に乗り出すことがわかっています」と共著者でバークレー研究所の研究者である Priyanka Mohanty 氏は言う。

「しかし、クリーンエネルギーへの移行猶予期間により、クリーン技術の戦略的で大規模な展開と公正な移行の計画のための時間が得られるのです」。

訳：NEDO（担当 技術戦略研究センター）

出典：本資料は、米国ローレンスバークレー国立研究所(LBNL)の記事“India Can Achieve Energy Independence by 2047 Through Clean Technology: Study” (<https://newscenter.lbl.gov/2023/03/14/india-energy-independence-by-2047/>) を翻訳したものである。

【環境・省資源分野】

仮訳

持続可能な技術の開発を促進するシカゴ大学と ANL の共同研究(米国)

機械学習プログラムが脱炭素を促進する触媒の開発を加速させる

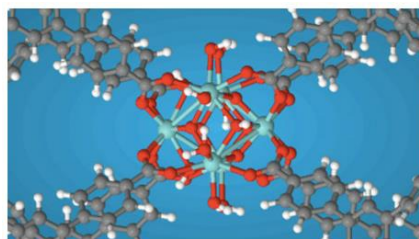
2023年3月21日

EMILY AYSHFORD

シカゴ大学とアルゴンヌ国立研究所の共同研究で、空気中から水を集めて化学反応を促進する新しい触媒を見つけるための機械学習法を開発中

水不足や気候変動を含む、最も差し迫った環境問題の解決には、空気中から水を集めたり、新しいエネルギー源に電力を供給したりするように設計された新しい材料が必要となる。

シカゴ大学(UChicago)と米国エネルギー省 (DOE) アルゴンヌ国立研究所(ANL)の共同研究では、有機金属構造体 (MOFs) と呼ばれる材料による触媒の最適化に向けて理論、実験と [人工知能\(AI\)](#) を組み合わせている。MOFs は、多孔質の内部表面積を作るその分子構造により、高い吸着力のスポンジのように機能することが可能で、ガスを格納したり、空気から水を集めたり、さらには化学反応を強化したりすることができる。



UChicago と Argonne の共同研究では、空気から水を集め、化学反応を促進する金属有機構造体(MOFs)の新しい触媒を特定する方法を開発。(画像提供: Gagliardi Group.)

[Laura Gagliardi 教授](#)と共に研究活動を実施している UChicago の大学院生の Daniel King 氏は、ANL の Max Delferro 氏の研究グループとの協力により、工業レベルの化学反応を高速化する可能性のある、新しい MOF 触媒を見つけるより優れた方法を開発した。

「触媒の効率を高めることは、持続可能な解決策を開発し、脱炭素化を促進するために不可欠です」

—— Daniel King 大学院生

この研究グループは、機械学習アルゴリズムとハイスループット実験を組み合わせたプロセスを用いて、数種類の金属の利用や多様な温度・圧力を加えた際の MOF NU-1000 の触媒活性についてスクリーニングを実施した。

2,000 回の反応の後、最終的にこのプロセスを使用してこの化学反応の収率を 0.4% から 24.4%に向上させた。

「これは、ハイスループット実験研究のベストプラクティスを示すものです」と King 氏は言う。「機械学習アルゴリズムを利用して実験を導くことは重要ですが、これは完全に自動ではありません。優れた結果を得るには、まだ人間によるインプットが必要です」。本研究の結果は、[ACS Central Science](#) に掲載されている。

King 氏は、研究資金を得て ANL の科学者らや技術者らとの緊密な研究活動を実施しており、最終的にはこのことが本研究の成功の鍵となる学習体験であったと語る。「理論と実験の直接的なコラボレーションでした」と King 氏は言う。「理論を立てる者には結果の説明を求められることが多いのですが、本研究の場合、実験の進捗を設計する上で積極的な役割を果たせました」。

本研究に関与した研究者らは、エネルギーフロンティア研究センタープログラムの一環として DOE から資金提供を受けた、[Catalyst Design for Decarbonization Center](#) のメンバーである。同センターのミッションは、脱炭素エネルギー移行のための新しい触媒を発見し、その鍵となる触媒反応を最適化することである。

「触媒の効率を高めることは、持続可能な解決策を開発し、脱炭素化を促進するために不可欠です」と King 氏は言う。「反応に最適な触媒を見つける方法を理解することは、その方向への重要なステップとなります」。

訳：NEDO（担当 技術戦略研究センター）

出典：本資料は、米国立アルゴンヌ国立研究所(ANL)の記事 “Research collaboration between UChicago and Argonne boosts development of sustainable technology” (<https://www.anl.gov/article/research-collaboration-between-uchicago-and-argonne-boosts-development-of-sustainable-technology>) を翻訳したものである。