



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
ミューザ川崎セントラルタワー 16F
<http://www.nedo.go.jp>

NEDO 海外レポート

2015.5.20

1114

1	【材料・ナテクノロジー分野(革新的材料・ナテクノロジー)】 【省エネ技術分野】	2015/1/17 公表	1
	炭素ナノボールが持続可能なエネルギー供給に大きく貢献(スウェーデン)		
2	【ロボット技術分野】	2015/2/4 公表	6
	人工知能ロボット科学者「Eve」が新薬探索を加速(英国)		
3	【電子・情報通信(電子デバイス)(ネットワーク／コンピューティング)】	2015/2/3 公表	9
	超高速コンピュータでの1原子厚のシリコントランジスタの利用が期待(米国)		
4	【新エネルギー分野(燃料電池・水素)】	2015/2/18 公表	11
	白金と張り合うコスト効果的で効率的な電極触媒を開発(フィンランド)		
5	【蓄電池・エネルギーシステム分野(蓄電池)】	2015/2/25 公表	13
	新たなレドックスフロー蓄電池が大都市に環境に優しい安全な明かりを灯す(米国)		
6	【新エネルギー分野(太陽電池)】	2015/3/2 公表	17
	シンシナティ大学の研究パートナーシップが太陽エネルギーの高効率捕獲方法を探求(米国)		
7	【新エネルギー分野(太陽電池)】	2015/3/16 公表	20
	より効率的なペロブスカイト太陽電池製造方法を開発(米国)		
8	【材料・ナテクノロジー分野(革新的材料・ナテクノロジー)】	2015/3/18 公表	24
	優れたグラフェンを作るクール(低温の)なプロセスを開発(米国)		

※ 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 : <http://www.nedo.go.jp/kankobutsu/report/>

《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。

(1114-1)

【材料・ナノテクノロジー分野（革新的材料・ナノテクノロジー）】

【省エネ技術分野】

仮訳

炭素ナノボールが持続可能なエネルギー供給に大きく貢献 (スウェーデン)

2015年1月27日



チャルマース工科大学の研究者たちが、高圧ケーブルに使われる絶縁プラスチックが、ナノサイズの炭素ボールを加えることで、26%増の高電圧に耐えられることを発見した。この発見は、持続可能なエネルギーシステムを実現するために必要とされる、次世代電力グリッドにおいて大幅な（エネルギー）効率向上をもたらす可能性がある。

未来の再生可能エネルギー源は、消費者のはるかかなたで見いだされることが多い。例えば、風力タービンは洋上に設置される場合が最も効果的である。太陽エネルギーは、北アフリカや南ヨーロッパから北ヨーロッパへの太陽エネルギー電力の輸送に焦点が置かれれば、ヨーロッパのエネルギーシステムに多大なインパクトを与えるだろう。

「送電中のエネルギー損失を削減することは、未来のエネルギーシステムにとって最重要課題の1つです。」と語るのはチャルマース工科大学の研究者である **Christian Müller** 氏である。「他の2つは再生可能エネルギー源とエネルギー貯蔵技術の開発です。」



Müller 氏は、チャルマース工科大学の研究員と **Stenungsund** にある **Borealis** 社と共同で、交流ケーブルでのエネルギー損失を削減する強力な方法を発見した。研究結果は、高い評価を得ている科学雑誌である **Advanced Materials** の最新号に掲載された。

研究者たちは、フラーレン分子グループのナノ材料である **C60** 炭素ボールの様々な変種が高圧ケーブルに使われる絶縁プラスチックの(絶縁)破壊を強力に防止することを明らかにした。現在は、絶縁層の損傷を防ぐために、ケーブルの電圧を制限しなければならない。電圧が高いほど、多くの電子が絶縁材料に漏れ出す。これが(絶縁)破壊を起こすプロセスである。

極少量のフラーレンを絶縁プラスチックに添加するだけで、材料を(絶縁)破壊することなく、添加材のない(絶縁)プラスチックの耐電圧に比べて **26%**高い電圧に耐えられるようになる。

「ここまで電圧を上げることができれば、世界中の送電において大幅な効率向上がもたらされるでしょう。」と **Christian Müller** 氏。「産業界の主要課題は、既に非常に重



高圧ケーブルの横断面。導電性のコアは黒い保護層、白いプラスチックの絶縁層、さらに黒い保護層で覆われている。

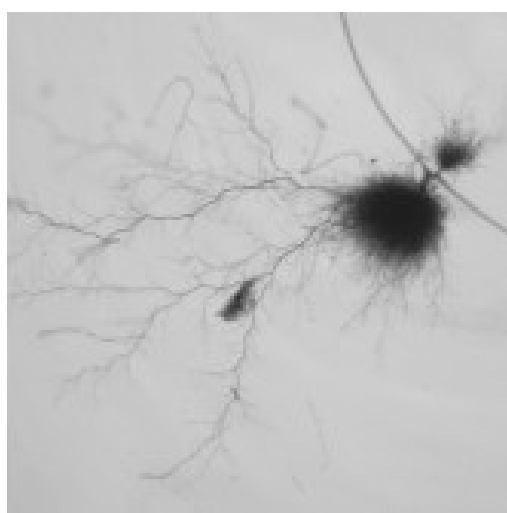
くて取扱いにくい送電ケーブルを太くすることなく、いかに送電効率を向上させることができるかにあります。」

絶縁プラスチックに添加材を加えて保護する概念は 1970 年代から知られていたが、これまで何をどのように添加すべきかの詳細は不明であった。その結果、今のところ添加材がそうした目的のために使用されることは皆無であり、絶縁材料は可能な限り高純度の化学製品として製造されている。

近年、他の研究者たちが高压ケーブルの導電部分にフラーレンを用いて試験を行っている。しかし、今まで同物質が絶縁材料に有益となることは知られていなかった。

今回、チャルマース工科大学の研究者たちが、フラーレンがこれまで確認された中で絶縁プラスチックにとって最も優れた電圧安定材であることを実証した。このことは、フラーレンが電子を捕捉し、それによって電子による破壊から他の分子を保護する卓越した能力を有することを意味する。

この発見に行き着くまで、研究者たちはチャルマース工科大学で有機太陽電池の研究でも使用されている多数の分子を試した。分子は様々な異なる方法で試験され、高压ケーブルで使用される絶縁プラスチック片に添加され、ひび割れるまで増加していく電場にさらされた。その結果、フラーレンが絶縁プラスチックを最も効果的に保護する添加材の種類であることが判明した。



絶縁プラスチックの主な絶縁破壊メカニズムである電子ツリー。
フラーレンはプラスチックの化学結合を破壊する電子を捕捉することで電子ツリーの形成を防ぐ。

次のステップには大規模な実際と同じ交流高圧ケーブルでの試験が含まれる。また、超長距離での送電では交流よりも直流の方が効率が高いため、直流高圧ケーブルでもこの方法を試す予定である。

文：Johanna Wilde 氏

写真：Lina Bertling 氏、Jan-Olof Yxell 氏、Carolina Eek Jaworski 氏、Anette Johansson 氏、Markus Jarvid 氏、Christian Müller 氏

Facts：炭素ボール C60

- C60 炭素ボールはバックミンスターフラーレンとも呼ばれる。分子がナノメートルサイズのサッカーボールのように配置された 60 個の炭素原子から構成される。C60 はフラーレン分子クラスに含まれる。
- フラーレンは 1985 年に発見され、それは 1996 年にノーベル化学賞の受賞につながった。フラーレンは独自の電子工学的特性を有し、様々なアプリケーションにおいて非常に有望な材料とされている。しかし、これまで工業利用された分野はほとんどない。
- フラーレンは実在する純炭素の 5 形態の 1 つである。その他の 4 つはグラファイト、グラフェン/カーボンナノチューブ、ダイヤモンド、そして、アモルファス炭素（例：煤煙）である。



Facts：高圧になるほど、より効率的な送電が可能となる

少量のフラーレンが高圧ケーブルの絶縁プラスチックに添加されると、電圧を最高 26% まで増加させることができる。電力＝電圧×電流であるため、送電電力も最高 26% 増加することになる。しかし、熱損失は基本的に電流によるため、電流が一定である場合、熱によるエネルギー損失は増加しない。よって、電力輸送を最高 26% 増加させつつ、エネルギー損失を同レベルで保つことが可能となり、送電効率が向上する。

研究における Facts

本研究はスウェーデンのチャルマース工科大学の Department of Chemistry and Chemical Engineering 及び Department of Materials and Manufacturing Technology

の 8 名の研究者とスウェーデンの Stenungsund にある Borealis 社の研究者によって行われた。チャルマース工科大学の Areas of Advance Materials Science and Energy と Borealis 社が資金を提供した。

科学論文「A New Application Area for Fullerenes: Voltage Stabilizers for Power Cable Insulation」は [こちら](#)から。

翻訳：NEDO（担当 技術戦略研究センター 勝本 智子）

出典：本資料はチャルマース工科大学の以下の記事を翻訳したものである。

“Carbon nanoballs can greatly contribute to sustainable energy supply”

<http://www.chalmers.se/en/news/Pages/Carbon-nanoballs-can-greatly-contribute-to-sustainable-energy-supply.aspx>

(Used with Permission of Chalmers University of Technology)

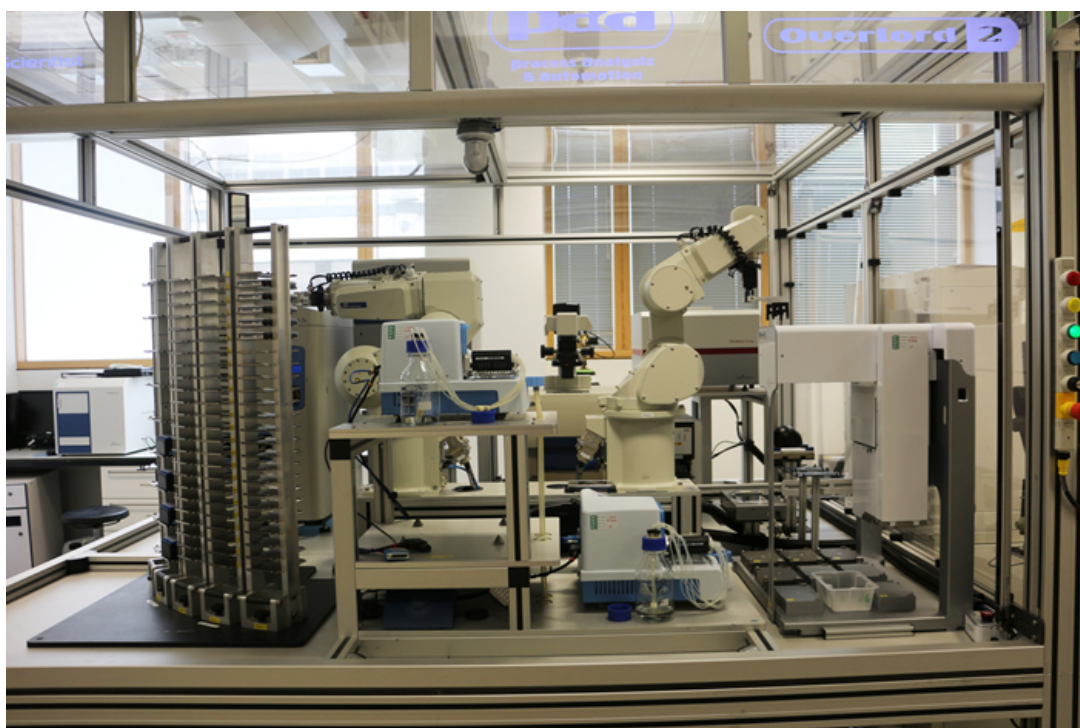
(1114-2)

【ロボット技術分野】

仮訳

人工知能ロボット科学者「Eve」が新薬探索を加速(英国)

2015年2月4日



ロボット科学者 Eve。著作権:ケンブリッジ大学及びマンチェスター大学

人工知能を有する「ロボット科学者(robot scientist)」である Eve は、新薬発見をより速く、より安価にする可能性があるとして、バイオテクノロジー・生物科学研究評議会(BBSRC)の財政支援を受け、英国王立協会の機関誌 *Interface* に執筆した研究者は語る。研究チームは Eve が抗癌特性を有する化合物がマラリアとの闘いにも利用できることを発見し、その開発アプローチが成功したことを実証した。

ロボット科学者は、科学においてオートメーションがますます多く関与する傾向が自然に発展したものである。ロボット科学者は、観察結果を説明するための仮説を自動的に立案して検証し、研究所のロボットを使って実験を行い、実験結果を解釈して仮説を修正し、そして、そのサイクルを繰り返す—という自動化ハイスループット仮説主導のリサーチを行うことができる。また、コンピュータで自動的に実験を着想して実行するため、科学的プロセスのあらゆる側面を完全に捉えてデジタル管理できることから、科学

的な知識の記録にも適している。

2009年にアペリストウィス大学、ケンブリッジ大学、マンチェスター大学の研究者たちによって開発されたロボット科学者である Adam が、自立して新しい科学知識を発見する最初のマシンとなった。同研究チームが、新薬発見プロセスを迅速化するとともに、より経済的に行うために Eve を開発した。

本日発表された研究論文で、ロボットが、マラリア、さらにはアフリカ睡眠病やシャーガス病（正しくは、Chagas' disease と思われる。）のような顧みられないことのない熱帯病の有望な新薬候補の特定にいかに関与することができるかについて研究者たちは述べている。

ケンブリッジ大学の Cambridge Systems Biology Centre 及び Department of Biochemistry の教授である Steve Oliver 氏はこのように語った。「顧みられない熱帯病は人類の惨事であり、毎年何億もの人々が感染し、何百万もの人々が命を落としています。私たちはこれらの病気の原因が何かを知っており、理論上は小分子薬剤を使って原因となる寄生生物を攻撃することができます。しかし、新薬開発のコストとスピード、それに経済的利益を考えると、製薬業界には魅力がありません。」

「Eve は人工知能を活用してスクリーンによる初期の成功から学習し、選ばれた薬剤標的に対して有効な可能性の高い化合物を選定します。遺伝子組み換え酵母菌をベースにした高性能のスクリーニングシステムが使用されます。このシステムによって、Eve は細胞に対して毒性がある化合物を除外し、どんな同等ヒトタンパク質も無傷のまま寄生生物タンパク質の働きを阻害するものだけを選定することができます。これにより、薬剤スクリーニングのコスト、不確実性、時間を減らし、世界中の何百万もの人々の生活を向上させることができるかもしれません。」

Eve は初期段階の薬剤設計の自動化を目的として設計されている。まず、Eve は従来の集団スクリーニングの標準的な全数分析の方法で、広範囲の化合物の各要素を体系的に試験する。化合物は自動処理するように設計されたアッセイ（評価）に対してスクリーニングされ、現在標準となっているオーダーメイド・アッセイより速く、安価に生成される。これにより、より多種類のアッセイへの活用やより効率的なスクリーニング機能の使用が可能となり、与えられた予算内での(新薬)発見の可能性を高めることができる。

Eve のロボットシステムは1日当たり1万を超える化合物のスクリーニングが可能である。しかし、自動化しやすいが、集団スクリーニングはライブラリーの全ての化合物を試験するため、依然として遅く、資源の無駄が多い。また、スクリーニング中に学習したものを活用できないためインテリジェントではない。

同プロセスの効率向上のため、Eve は最初のアッセイをパスする化合物を見つけるためにライブラリーの部分集合をランダムに選択し、全ての「ヒットデータ」を何度も再テストして誤検出の可能性を減らす。確認済みの「ヒットデータ」の集合を取り込み、統計データや機械学習を活用して、アッセイに対してより良い成績を出す可能性のある新たな構造を予測する。今のところ、Eve は当該化合物を合成する能力を備えていないが、将来バージョンのロボットにはこの機能が組み込まれるかもしれない。

マンチェスター大学 Manchester Institute of Biotechnology の Ross King 教授は「今や全ての産業がオートメーションから恩恵を受けており、科学も例外ではありません。単なる「全数」アプローチではなく、このプロセスをインテリジェントにするために機械学習を取り入れたことで、科学的進歩が大きく促進され、多大な恩恵を受けることができるかもしれません。」と語る。

このアプローチの実行可能性を試すために、研究者たちはマラリア、シャーガス病や住血吸虫症のような疾病を引き起こす寄生生物からの鍵分子をターゲットとしたアッセイを開発し、臨床的に認可された約 1,500 のライブラリーに試験した。この試験を通して、Eve は既に抗癌剤として調査されていた化合物が、マラリアの寄生生物にあるジヒドロ葉酸レダクターゼ(DHFR)として知られる鍵分子を阻害することを明らかにした。この分子を阻害する薬剤は現在定期的にマラリア予防に使用されており、百万を超える子供たちに与えられている。しかし、既存の薬剤に耐性のある寄生生物菌株の出現により、新薬の探索がますます喫緊の課題となっている。

「多大な尽力にもかかわらず、DHFR を標的とした新しい抗マラリア薬を発見したり、臨床試験をパスすることができた人はいません。」とキング教授は付け加える。「Eve の発見は単に新薬発見の新しいアプローチを実証するだけでなく、はるかに意義のあるものとなるでしょう。」

本研究はバイオテクノロジー・生物科学研究評議会によって支援された。

編集後記

Williams, K. and Bilsland, E. et al. **Cheaper faster drug development validated by the repositioning of drugs against neglected tropical diseases.** Interface; 4 Feb 2015.

翻訳：NEDO（担当 技術戦略研究センター 勝本 智子）

出典：本資料は英国・バイオテクノロジー・生物科学研究評議会(BBSRC)の以下の記事を翻訳したものである。

“Artificially-intelligent robot scientist ‘Eve’ could boost search for new drugs”

<http://www.bbsrc.ac.uk/news/health/2015/150204-pr-robot-scientist-boost-search-new-drugs.aspx>

(1114-3)

【電子・情報通信分野(電子デバイス)(ネットワーク/コンピューティング)】

仮訳

超高速コンピュータでの1原子厚の
シリコントランジスタの利用が期待 (米国)

2015年2月3日

テキサス州 オースチン – テキサス大学オースチン校、Cockrell School of Engineering の研究者らが、最薄のシリコン素材であるシリセン(silicene)を用いた世界初のトランジスタを開発した。極めて高速かつ小型で、より効率的なコンピュータチップの構築が可能となる。

シリコン原子1個分の厚さのシリセンは優れた電気特性を有するが、これまではその製造と取扱いが困難であった。

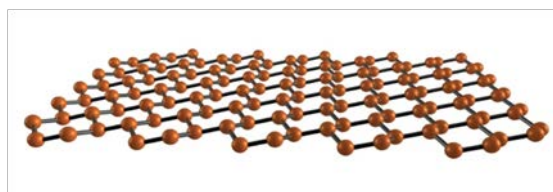
Cockrell School's Department of Electrical and Computer Engineering の Deji Akinwande 准教授と Li Tao をリーダーとする同准教授の研究チームは、トランジスタ、つまり電気信号の増幅及び電気信号や出力のスイッチングに使う半導体デバイスの作成にシリセンが使用可能なことを実証することで、シリセンに関する主要な課題の一つを解決した。

Akinwande 准教授とその研究チームが開発したこれまでに類を見ないこのデバイスは、最も薄い半導体材料を利用するもので、チップ業界の長年の夢であり、コンピュータチップに次世代の高速化、低電力消費化への道を拓くものである。同研究は科学誌『[Nature Nanotechnology](#)』に今週掲載されている。

数年前までは、人工のシリセンは純粹に理論上の材料であった。チップ開発が期待される別の原子厚材料である炭素をベースとしたグラフェンの研究から、研究者らはシリコン原子がそれとほとんど同様に構築できると予測した。

グラフェントランジスタの研究にも取り組んでいた Akinwande 准教授は、チップメーカーがすでに取扱いを理解していたシリコンとシリセンの関係に価値を見いだしていた。

「2次元材料分野に新たな材料を導入するのとは一線を画すもので、シリコンに近い化学的疑似性を持つシリセンが半導体産業のロードマップにチャンスを提供しています。」と同准教授は述べ、次のように続ける。「今回の大きなブレイクスルーは、初めて低温度で効率的にシリセンデバイスを製造したことです。」



Ctrl+クリックで画像を拡大

シリセンのバックルハニカム格子構造。

商業利用が期待されるものの、シリセンの製造と取扱いは極めて困難なものであった。その理由はその複雑性と空気にさらされた場合の不安定性であった。

この問題を回避するために、Akinwande准教授はイタリア、Agrata Brianzaにあるマイクロエレクトロニクス・マイクロシステム研究所(Institute for Microelectronics and Microsystems)のAlessandro Molleと共同で空気暴露を低減したシリセンの新たな製造法を開発した。まず、真空室でシリコン原子の熱い蒸気を銀の結晶ブロックの上に凝縮させた。すると銀薄膜の上にシリセンシートが形成されるので、その上にアルミニウムのナノ層を加える。これらの保護層によりシリセンをベースから安全に剥がして、銀の面を上にした状態でシリコン酸化物基板へと転移できた。それから丁寧にいくつかの銀を剥がして、電極として2個の金属のアイランドを残し、それら電極の間に細長いシリセンができていく。

今後、Akinwande 准教授は、低エネルギー消費で高速デジタルコンピュータチップを可能とするシリセンの新たな構造と製造法の研究を継続する予定である。

Akinwande 准教授の同研究は、米国陸軍研究所の Army Research Office、Cockrell School's Southwest Academy of Nanoelectronics および European Commission's Future and Emerging Technologies Programme により資金提供を受けた。

詳しい情報については下記まで：
[Sandra Zaragoza](mailto:Sandra.Zaragoza@utexas.edu) Cockrell School of Engineering College of Engineering
 (512) 471-2129

翻訳：NEDO（担当 技術戦略研究センター 松田 典子）

出典：本資料は米国・テキサス大学オースチン校 (The University of Texas at Austin) の以下の記事を翻訳したものである。

“One-Atom-Thin Silicon Transistors Hold Promise for Super-Fast Computing”

<http://www.utexas.edu/news/2015/02/03/silicon-silicene-transistors/>

(Used with Permission of the University of Texas at Austin)

(1114-4)

【新エネルギー分野（燃料電池・水素）】

仮訳

白金と張り合うコスト効果的で効率的な電極触媒を開発(フィンランド)

電気エネルギーの貯蔵に必要な電極触媒を炭素と鉄から作製することに成功

2015 年 2 月 18 日

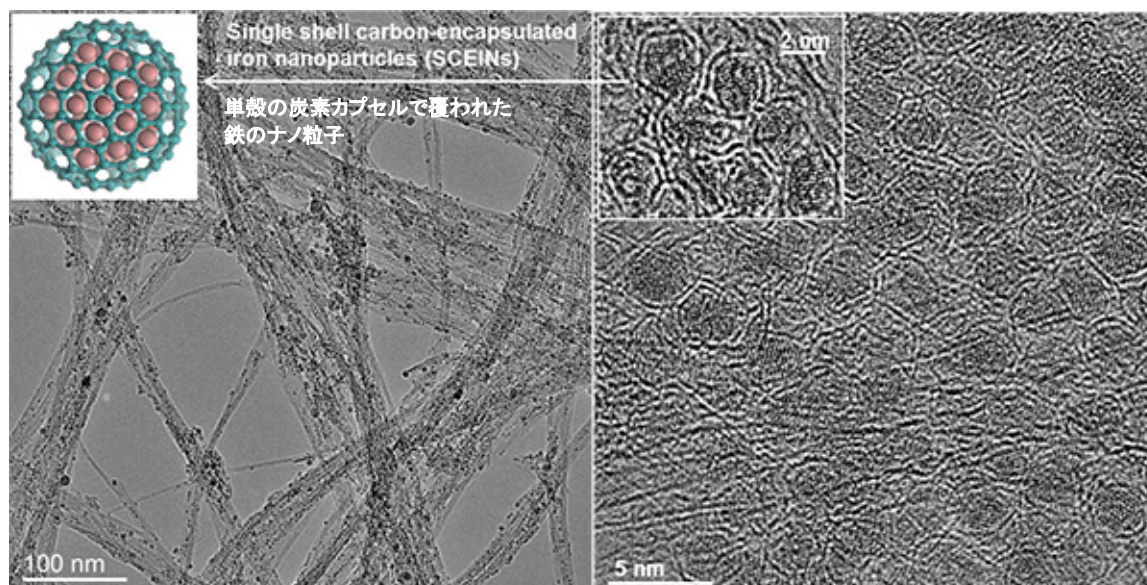
再生可能エネルギーの利用増大に伴う課題は、電気エネルギーの貯蔵方法である。

電気エネルギーを化学化合物として貯蔵する際に使用する水電解装置の電極触媒には、従来より白金が用いられている。

しかし、白金は希少で高価な金属である。今回、アールト大学(Aalto University)の研究者らは、これに代わる安価で効果的な電極触媒の開発に成功した。

「我々は鉄と炭素から成る電極触媒を開発しました。安価な材料で白金と同等の効率を得ることが可能です。水電解装置を用いたエネルギー貯蔵の材料コストのうち、約 40%は電極触媒のコストです。」と、senior scientist の Tanja Kallio 氏は話す。

本研究成果は、科学雑誌「Angewandte Chemie」2015 年 2 月 12 日号に掲載された。



エネルギー損失が減少

同触媒の製造プロセスは、アールト大学 School of Science の Esko Kauppinen 教授が率いる研究グループとの協力によって開発された。同グループが開発したカーボンナノチューブは導電性に極めて優れ、担体の役割を果たす。その一方で、今回付加された、わずか単層のカーボン層（つまり、グラフェン）で覆われた鉄が、触媒として機能する。この製造プロセスはワンステップである。

製造段階で、鉄はグラフェンで被覆される。

「この製造方法は、電極触媒が活性化するように改良されています。ここでの活性とは、電気エネルギーを水素として貯蔵するのに必要なエネルギーが少量で済むということです。電気エネルギーの化学的貯蔵による損失が低減され、そのプロセスは採算が合うものになります。」

本研究は、アールト大学 School of Chemical Technology において、Kari Laasonen 教授と senior scientist の Tanja Kallio 氏が Esko Kauppinen 教授と共同で率いるグループにより実施された。本研究はアールト大学 AEF プログラム(Aalto Energy Efficiency Research Programme)の支援を受けた。

論文へのリンク：<http://onlinelibrary.wiley.com/enhanced/doi/10.1002/anie.201411450/>

本研究の詳細についての連絡先：

Senior scientist Tanja Kallio

tanja.kallio@aalto.fi

tel. +358 50 5637 567

Professor Kari Laasonen

kari.laasonen@aalto.fi

tel. +358 40 5570044

翻訳：NEDO（担当 技術戦略研究センター 多胡 直子）

出典：本資料は、アールト大学(Aalto University)の以下の記事を翻訳したものである。

“Researchers developed a cost-effective and efficient rival for platinum”

<http://www.aalto.fi/en/current/news/2015-02-18-002/>

(Used with Permission of Aalto University)

(1114-5)

【蓄電池・エネルギーシステム分野(蓄電池)】

仮訳

新たなレドックスフロー蓄電池が大都市に環境に優しい安全な明かりを灯す (米国)

2014 年 2 月 25 日

より小型で廉価な蓄電池のエネルギー密度が他のレドックスフロー蓄電池を凌ぐ

Frances White, PNNL

+1(509) 375-6904

ワシントン州 リッチランド — 大都市の明かりを絶やさない電力グリッドの確保が、同種・同サイズの他のどの蓄電池よりもはるかに多量のエネルギーを内蔵する新たな蓄電池の設計によって、容易になるかもしれない。

*Nature Communications*誌上で解説されているこの新型ポリヨウ化亜鉛レドックスフロー蓄電池は、再生可能エネルギーを貯蔵して電

力グリッドを支えるために利用される、現在最高性能のフロー蓄電池の2倍以上のエネルギー密度を備える電解質を使用する。さらにそのエネルギー密度は、ポータブル電子デバイスや小型EV数車種の電源に採用されるタイプのリチウムイオン蓄電池のそれに迫っている。

「エネルギー密度と発火に対する安全性の向上で、フロー蓄電池はスペースの貴重な都市部の狭い設置場所に対しても長寿命のエネルギー貯蔵装置を提供できるかもしれません。」 この研究に資金を提供したエネルギー省(DOE)、配電・エネルギー信頼性局(Office of Electricity Delivery and Energy Reliability)のエネルギー貯蔵プログラム・マネージャー、Imre Gyuk はこのように述べる。「これは地域の電力グリッドの弾力性と柔軟性を高めるでしょう。」



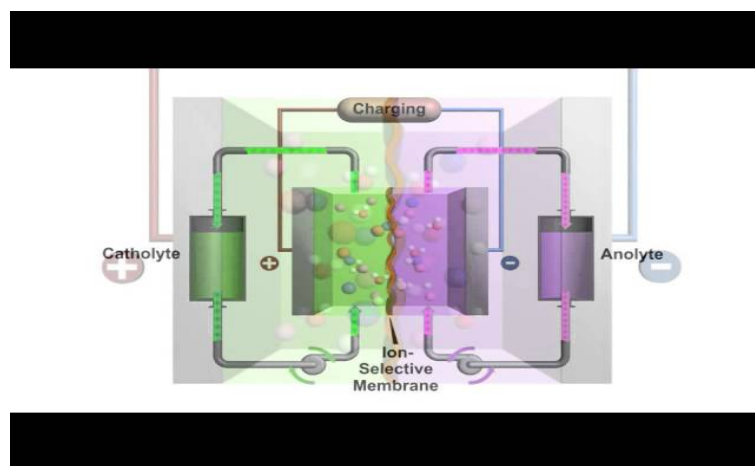
パシフィック・ノースウェスト国立研究所 (PNNL) の新型ポリヨウ化亜鉛フロー蓄電池は高いエネルギー密度を備える。サイズを縮小、コストを削減し、人口が密集する都市でのエネルギー貯蔵に最適。図は、PNNL の別のフロー蓄電池、バナジウム・レドックスフロー蓄電池の電解液。

「もう一点、この電解質の高エネルギー密度の予想外のおまけは、フロー蓄電池の利用を鉄道車両や自動車等の輸送機器の動力源へ拡大することが潜在的に可能だということです。」と、DOE、[パシフィック・ノースウェスト国立研究所\(PNNL\)](#)の材料科学者でこの研究論文の責任著者、Wei Wangは説明する。

フローに乗って

レドックスフロー蓄電池とリチウムイオン蓄電池、いずれも 1970 年代発明されたものだが、その当時はリチウムイオン蓄電池だけが実用化された。リチウムイオン蓄電池はレドックスフロー蓄電池よりも大量のエネルギーを小さなスペースの中に運ぶことができ、そのためより多用途での利用を可能にしている。結果としてリチウムイオン蓄電池はポータブル電子機器に長年使用されてきた。そして、風力発電所や太陽光発電施設で発電され、増加する再生可能エネルギーを貯蔵するため、電力事業者もリチウムイオン蓄電池の利用を開始している。

だが高エネルギーなリチウムイオン蓄電池のパッケージングは、過熱し発火が起こりやすい。レドックスフロー蓄電池は対照的に、電力が必要になるまで活物質を分離させ貯留しておくため、安全への懸念材料は大幅に少なくなっている。この特徴が研究者や開発者にレドックスフロー蓄電池の真剣な再考を促すものとなった。



[How Flow Batteries Work: YouTube動画へのリンク](#)

レドックスフロー蓄電池は外部タンクから中央スタックに電解質（溶解した化学物質を含む溶媒）を流し込むことで発電。PNNLの新型ポリヨウ化亜鉛フロー蓄電池の電解質は正電荷の亜鉛イオンと負電荷のヨウ素イオンとポリヨウ化イオンを搬送。

競合電池に匹敵

他のレドックスフロー蓄電池と同様、ポリヨウ化亜鉛蓄電池は、外部タンクより溶液をこれらが混ざり合う中央部のスタックに流し込むことで発電する。この PNNL の新型蓄電池の外部タンクには、エネルギーを蓄える化学物質が溶解した水溶性の電解液が蓄えられている。

この電池が完全に放電した状態の時、二つのタンクには同じ電解液、即ち、正電荷の亜鉛イオン(Zn^{2+})と負電荷のヨウ化イオン(I^-)の混合液が入っている。しかし、充電時、一つのタンクには別の負イオン、ポリヨウ化物イオン(I_3^-)も存在する。電力が必要になると、2種類の液体は中央のスタックに注入され、スタックの中で亜鉛イオンが交換膜を通過し、スタックの負極側で金属亜鉛に変換される。このプロセスが電解質に化学的に蓄えられたエネルギーを、ビルへの電力供給や電力網運用のサポートが可能な電力に変換する。

この新型蓄電池の概念の実現可能性をテストするため、Wang と PNNL の研究チームはラボの実験台の上に小さな蓄電池を作成した。研究チームは、ミニチュアタンクに見立てた二つのガラスの小瓶に分けておいた、黒色のポリヨウ化亜鉛溶液と透明なヨウ化亜鉛溶液の電解液を混合。瓶とポンプ、小型スタックはホースでつないだ。

こうして iPhone の蓄電池 2 個分程度の容量に相当する 12Wh の蓄電池を用い、電解質中の亜鉛とヨウ素の濃度の違いがエネルギー貯蔵にどの程度影響するかの測定等の一連の試験をチームは実施した。電力容量は Wh で計測されるが、例えば電気自動車は街中を 1 マイル走行するのに 350Wh を消費する。

パワーアップさせる

実験用蓄電池は現在最も良く使用されるレドックスフロー蓄電池である、臭化亜鉛蓄電池やバナジウム蓄電池よりも格段に多くのエネルギーを放出した。また、ポータブル電子機器や小型 EV 数車種で採用されるリン酸鉄リチウム蓄電池と呼ばれている一般的なリチウムイオン蓄電池の約 70% の出力であった。

ラボでの試験では、実験用蓄電池は電解質 1 リットル当たり 167Wh の放電を達成した。これに対して、臭化亜鉛レドックスフロー蓄電池は約 70Wh/L、バナジウム・レドックスフロー蓄電池は 15~25Wh/L、標準的なリン酸鉄リチウム蓄電池は約 233Wh/L の出力が可能である。チームは、新型蓄電池ではより多くの化学物質が電解質に溶解された場合、理論上さらに多くの量（最大 322Wh/L）を放電できると計算。

安全で多用途、だが未完成

PNNL のポリヨウ化亜鉛蓄電池はまた、他の多くのレドックスフロー蓄電池のように電解質が酸性でないため、より安全である。水ベースの電解液が発火することはほぼ不可能で、他のレドックスフロー蓄電池が腐食性に耐えるために必要とする高価な材料を必要としない。

この新型レドックスフロー蓄電池のもう一つ優位な点は、過酷な気象条件でも稼働できるということだ。この電解質は、下は-4℉(-20℃)から上は 122℉(50℃)までの温度下でも良好な作動を可能にする。多くの蓄電池は使用温度範囲がずっと狭く、加熱や冷却システムを必要とすることがあり、蓄電池の実質の出力は低下する。

研究チームが遭遇した一つの問題は金属亜鉛の析出で、中央スタックの負極から成長して分離膜を超えてしまい、蓄電池の効率を悪化させたことである。亜鉛デンドライトと呼ばれるこの生成物は、電解液にアルコールを添加することで減少した。

亜鉛デンドライト形成を制御することが、PNNL のポリヨウ化亜鉛蓄電池を実用化させる上で鍵となるだろう。Wang と研究チームは引き続き、様々なアルコールや添加剤で実験を行い、先進的な機器を用いて蓄電池の材料が添加剤にどう反応するかの特性を評価する。またさらなる試験のため、より大型の 100Wh 蓄電池モデルを作成する予定である。

研究チームはPNNL内にあるDOE 科学局(Office of Science)の国立共同利用設備である、EMSL (Environmental Molecular Sciences Laboratory)にて、核磁気共鳴、ラマン分光法、質量分析法等の多様な先進的機器を使用し、新型蓄電池の化学物質の相互作用の評価を行った。この研究はDOE配電・エネルギー信頼性局 による資金提供を受けたもの。

参考文献: Bin Li, Zimin Nie, M. Vijayakumar, Guosheng Li, Jun Liu, Vincent Sprenkle, Wei Wang, "Ambipolar Zinc-Polyiodide Electrolyte for High Energy Density Aqueous Redox Flow Battery," *Nature Communications*, Feb. 24, 2015, [DOI:10.1038/ncomms7303](https://doi.org/10.1038/ncomms7303).

翻訳：NEDO（担当 技術戦略研究センター 渡邊 史子）

出典：本資料は米国・パシフィック・ノースウェスト国立研究所 (Pacific Northwest National Laboratory: PNNL) の以下の記事を翻訳したものである。

“New flow battery to keep big cities lit, green & safe”

<http://www.pnnl.gov/news/release.aspx?id=4182>

(1114-6)

【新エネルギー分野(太陽電池)】

仮訳

シンシナティ大学の研究パートナーシップが太陽エネルギーの 高効率捕獲方法を探求(米国)

ある合成ポリマーが将来的に太陽電池をより軽量で、安価に、高効率化する可能性を研究チームがレポート

2015 年 3 月 2 日

著者: [Dawn Fuller](#)

連絡先: +1(513) 556-1823

写真: Joseph Fuqua

シンシナティ大学(UC)の共同研究が、(有機)太陽電池を、現在流通するシリコンやゲルマニウム製の太陽電池と比較して、将来的により丈夫で軽量、フレキシブルかつ安価にする方法についての進展を報じる。UCの [Department of Biomedical, Chemical, and Environmental Engineering](#)、材料科学・工学プログラム博士課程の学生、Yan Jinが 3 月 2 日、テキサス州サン・アントニオでの米国物理学会(APS)の会議にて成果を発表する予定である。

Yan が発表するのは、カーボンベース材料の活性層に純粋なグラフェンを組み込むことで共役ポリマーのブレンドにどのような構造的・電気的な変化が起き、変換効率が 3 倍に増大したかについて、である。この手法は、電荷輸送と短絡電流の改善により、デバイスの変換効率の 200%を超える向上をもたらした。「私たちはこの効果の基礎となる形状の変化を、重水素化した P3HT/F8BT をグラフェンの有無に応じ中性子小角散乱(SANS)分析を用いて測定しました。」と、Yan は言う。

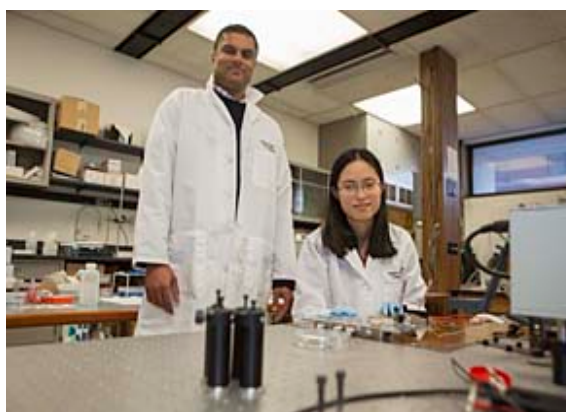


UC の博士課程の学生、Yan Jin は米国物理学会の会議にて自身の太陽電池研究について発表。

DOE オークリッジ国立研究所とのパートナーシップでは、カーボンベースの合成ポリマーの性能向上を探索しており、これらを市場競争力のあるものにすることを最終目標としている。

市場に出回るシリコン、もしくはゲルマニウム製の太陽電池と異なり、ポリマー物質は安価でフレキシブルである。「これはシートのように丸めてリュックに入れ、持ち運ぶことができるような太陽電池になるでしょう。」Yan の指導教官で UC の化学工学・材料科学の Vikram Kuppam 助教授はこう説明する。

ポリマー半導体の主要課題の一つは、現在の太陽光発電技術に使われている従来の無機半導体と比べて電荷輸送の特性が顕著に低いこと。ポリマー太陽電池が無機太陽電池よりも薄く、軽くても、こうしたフィルムは入射光のわずかな波長域しか捕捉できず、光エネルギーを電気に変換することでははるかに低効率である。



UC の Vikram Kuppam 助教授と Yan Jin。

「私たちのアプローチは画期的です。なぜなら、電荷輸送能力の低さという根本的な問題に取り組むことで、同電池が、いくつかの異なるシステムにおいて最大 200%を超える変換効率の向上、つまり実質的に変換効率が 3 倍になることを示したからです。」と、Kuppam は語る。

Yan はオークリッジ国立研究所と UC College of Engineering and Applied Science (CEAS) 内の Organic and Hybrid Photovoltaics Laboratory にて行われた研究を主導。「私たちはこの改善を、電荷移動と構造の両方の改善に起因すると考えています。」Yan はこう述べる。「形状はポリマーフィルムのブレンドの物理的構造に関係するもので、有機太陽電池の性能と変換効率に大きく影響します。」

Yan は今後、構造と太陽電池の性能との関連性について引き続き研究を行う。その研究の一部は CAES に導入される最新超小角 X 線散乱(USAXS)装置を使用して行われる予定で、この導入は Kuppam が受賞した国立科学財団の Major Instrumentation Award によるもの。Kuppam 曰く、40 万ドルの USAXS は米国の大学で二番目の導入例で、複光源かつ広域計測の装置としては初だという。

このプロジェクトの共同研究者には、Kuppa のほか、DOE オークリッジ国立研究所 Biology and Soft Matter Division、Structure and Dynamics of Soft Matter の Gregory Smith グループリーダー、同研究所 Neutron Scattering Sciences Directorate、Chemical and Engineering Materials Division の James Browning シニアリサーチサイエンティスト、同研究所 Instrument and Source Division の Jong Kahk Keum スタッフ研究員および、同研究所 Center for Nanophase Materials Science の Kunlun Hong スタッフ研究員が名を連ねる。

米国物理学会は、研究誌、科学者会議、教育、アウトリーチ、啓発運動、国際的活動を通じ物理学の知見を前進させ、広めるために尽力する会員制非営利団体。APS は 51,000 を超える会員を擁し、ここには米国の学界、国立研究所、産業界ならびに世界中の物理学者が含まれる。3 月の会議には約 1 万人の物理学者、科学者、学生が参加する予定。

シンシナティ大学の [College of Engineering and Applied Science](#) は、工学教育・研究・イノベーション界のリーダーで、コーオプ教育(大学が主導で運営管理する就業体験プログラム)の世界的な創始者。

翻訳：NEDO（担当 技術戦略研究センター 渡邊 史子）

出典：本資料は米国・シンシナティ大学 (University of Cincinnati)の以下の記事を翻訳したものである。

“UC Research Partnership Explores How to Best Harness Solar Power”

<http://www.uc.edu/news/NR.aspx?id=21272>

(1114-7)

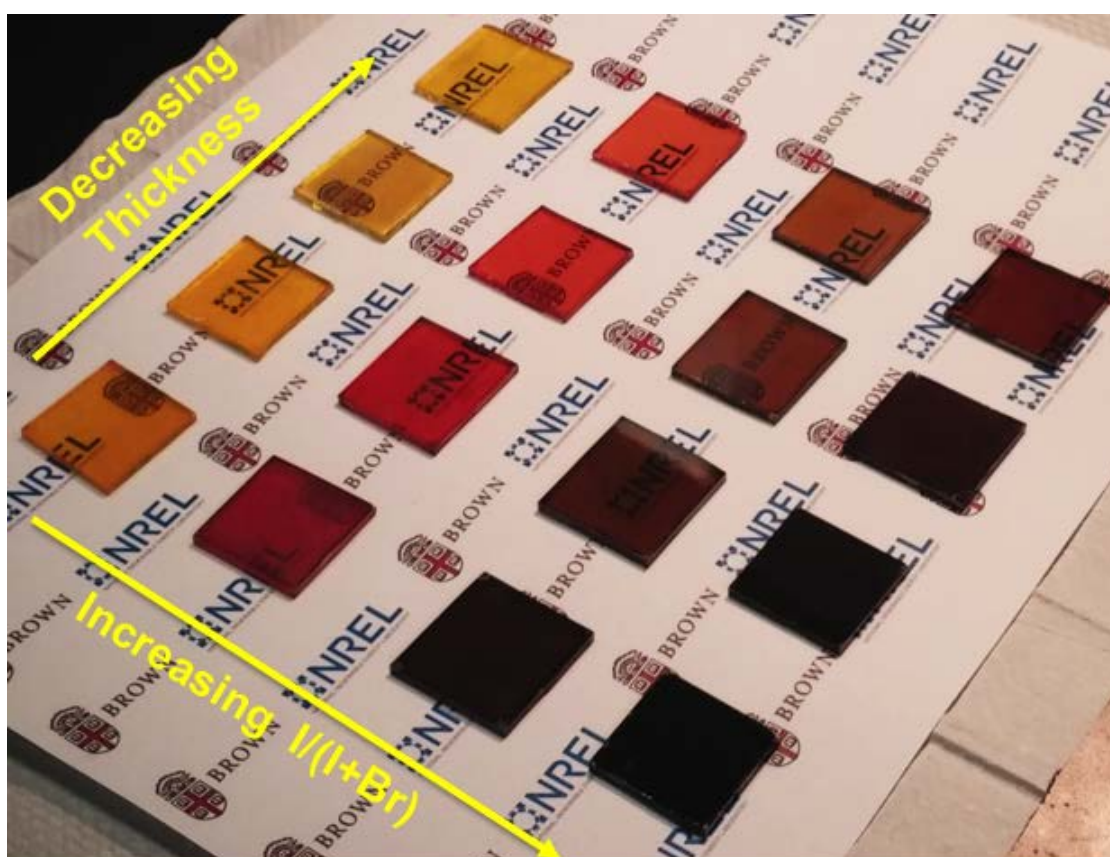
【新エネルギー分野（太陽光発電）】

仮訳

より効率的なペロブスカイト太陽電池製造方法を開発(米国)

2015年3月16日

連絡先：[Kevin Stacey](#)（電話番号 401-863-3766）



より速く、低温で、薄く優れた太陽電池を製造

ペロブスカイト太陽電池は、安価で高効率の太陽電池としてシリコン製に取って代わる可能性がある。

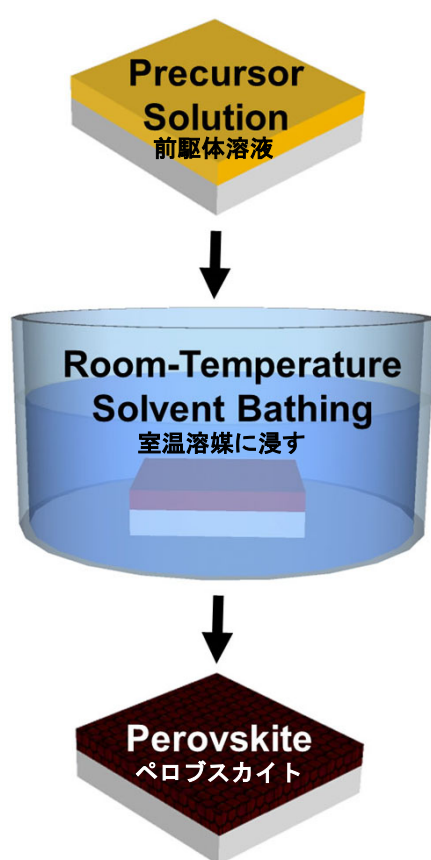
より薄いペロブスカイトフィルムを、品質を損なわずに室温環境で大量生産が可能な新技術が開発された。薄膜ペロブスカイト太陽電池を利用すれば、発電機能を備えたカラフルな窓ができるかもしれない。

Padtare lab/Brown University

ブラウン大学(Brown University)の研究者らが、ペロブスカイトから太陽電池を製造する新たな方法を開発。フレキシブルかつ高効率で従来よりも薄型の太陽電池を、より速く簡単に製造。

ロードアイランド州プロヴィデンスブラウン大学博士課程の学生が主導する研究によって、太陽電池向けの光吸収ペロブスカイト薄膜フィルムを作製する新たな方法が明らかになった。

従来の結晶化法が熱風を利用してペロブスカイト結晶を生成するのに対し、新しく開発された製法では室温の溶媒槽を用いる。英国王立化学会(Royal Society of Chemistry)の学術誌 *Journal of Materials Chemistry A* に発表された研究論文によれば、同技術は広い面積にわたって厚みを精密に制御することで高品質の結晶膜を作り出すもので、ペロブスカイト太陽電池の大量生産方式実現への方向性を指し示している。



製造が容易
SSE プロセスは室温で 2 分以内に完了するため、大量生産技術に適する。
Padture lab/Brown University

結晶性物質の一種であるペロブスカイトは、クリーンエネルギーの世界で一大センセーションを巻き起こしてきた。ペロブスカイトフィルムは優れた光吸収体で、標準的な太陽電池に使用されるシリコンウェハーよりもはるかに安価である。ペロブスカイト太陽電池の変換効率（太陽光を電力に変換する割合）は、ほんの数年の間に驚くべき速さで上昇した。2009 年に世界で初めて発表された同太陽電池の変換効率はわずか 4%ほどで、標準的なシリコン太陽電池が誇る変換効率 25%とはかけ離れていた。しかし昨年までに、ペロブスカイト太陽電池について 20%超の変換効率が公認されている。この急速な性能向上は同太陽電池の将来を期待させるものであり、研究者らは商業製品での使用を開始すべく競い合っている。

ペロブスカイトフィルムには様々な製法があるが、そのほぼ全てが熱を必要とする。ペロブスカイト前駆体となる化学物質は溶媒で溶解された後、基板表面にコーティングされる。熱を加えると溶媒は除去され、基板上に広がる膜の中でペロブスカイト結晶が形成される。

「これまでは 1 センチメートル四方未満の比較的小さな面積で、良いフィルムが作られてきました。しかし温度を 100℃～150℃に上げる必要があり、その加熱工程のために多くの問題が生じるのです。」と、工学教授で Institute for Molecular Nanoscale Innovation 所長の Nitin Padture 氏は語る。

例えば、熱処理を行うと不均一な結晶が形成されやすく、フィルムに微小なピンホールが生じる。このピンホールによって太陽電池の変換効率は低下してしまう。また、フィルムを蒸着させる基盤の種類も熱により制限される。一例として、フレキシブルなプラスチック基板は、高温で損傷するため使用できない。

同教授の研究室の大学院生 Yuanyuan Zhou 氏は、熱を加えずにペロブスカイト結晶の薄膜を作り出す方法がないだろうかと考えた。そして、液液抽出法(solvent-solvent extraction: SSE)として知られるアプローチを考案した。

この方法では、ペロブスカイト前駆体を NMP (N メチルピロリドン) と呼ばれる溶媒で溶解し、基板にコーティングする。その後、加熱するのではなく、第二の溶媒であるジエチルエーテル(DEE)に浸す。同溶媒は NMP 溶媒を選択的に捕捉し、除去する。すると、極めて滑らかなペロブスカイト結晶膜が残される。

同製法は加熱処理を一切伴わないため、フレキシブルな太陽電池で用いられる熱に弱いポリマー基板を含め、あらゆる基板上に結晶を形成することができる。もう一つの利点は、熱処理には 1 時間以上を要するのに対し、SSE 結晶化プロセスは全体で 2 分もかからないことである。組立ラインの中の一工程のように同プロセスを行えるため、大量生産に適する。

さらに、SSE によるアプローチでは、高品質を保ちながらフィルムを非常に薄くすることができる。標準的なペロブスカイトフィルムの厚さは通常 300 ナノメートル前後だが、Zhou 氏は厚さわずか 20 ナノメートルの極薄高品質フィルムの作製に成功した。また、SSE フィルムはピンホールを発生させずに数センチメートル四方まで大型化することも可能である。

同氏は次のように説明した。「他の製法を用いた場合は、厚さが 100 ナノメートルを切ると、フィルムで基板をもれなく被覆するのはまず不可能です。フィルムを作ることはできますが、多数のピンホールが生じるでしょう。私たちが開発したプロセスでは、20 ナノメートルの薄さまで均一にフィルムを形成できます。なぜなら、室温下での結晶化作用は高温下よりもはるかに安定しており、基板を溶媒に浸すとすぐにフィルム全体が結晶化するからです。」

標準的な厚さのフィルムが黒色不透明であるのに対し、この極薄フィルムは半透明のため、太陽光発電機能を備えた窓の製造に利用できると両研究者は話す。Zhou 氏はペロブスカイト前駆体の溶液組成を微調整して、様々な色の太陽電池を作り上げた。

Padture 教授は語る。「この太陽電池は、建材一体型の発電可能な装飾窓として利用できるかもしれません。」

同研究グループはこのプロセスをさらに改良する予定だが、初期の成果はそれを後押しするものだ。コロラド州にある国立再生可能エネルギー研究所(National Renewable Energy Laboratory: NREL)の科学者らと共同で実施した初期試験において、SSE フィルムを用いた太陽電池は 15%超の変換効率を示した。同プロセスで作製された（厚さ）80 ナノメートルの半透明フィルムを用いた太陽電池が、他のあらゆる極薄フィルムよりも高い変換効率を有することが示された。

「本研究は、多様なペロブスカイト太陽電池の商業製品化へ向かう重要な一歩だと考えています。」と Padture 教授は述べた。

同論文の他の著者は、NREL の Mengjin Yang 氏と Kai Zhu 氏、ブラウン大学ポスドク研究員であった Wenwen Wu 氏、ロシア国立研究センター・クルチャトフ研究所(National Research Centre Kruchatov Institute)の Alexander L. Vasiliev 氏である。本研究は、国立科学財団(National Science Foundation)の助成(Grant No. DMR-1305913)とブラウン大学大学院の支援を受けた。NREL での研究は、米国エネルギー省(Department of Energy)の支援(Contract No. DE-AC36-08-GO28308 および DE-FOA-0000990)の下で行われた。Zhou 氏と Padture 教授は、本研究に基づく暫定特許を申請済みである。

編集者注：

本学には、国内および海外からの実況・録画インタビューに利用できるファイバーリンクテレビスタジオと、ラジオインタビュー向けの ISDN 回線が整備されています。詳しくは、(401) 863-2476 までご連絡ください。

翻訳：NEDO（担当 技術戦略研究センター 多胡 直子）

出典：本資料は、ブラウン大学(Brown University)の以下の記事を翻訳したものである。
“A better method for making perovskite solar cells”

<https://news.brown.edu/articles/2015/03/perovskite>

(Used with Permission of Brown University)

(1114-8)

【材料・ナノテクノロジー分野(革新的材料・ナノテクノロジー)】

仮訳

優れたグラフェンを作るクール(低温の)なプロセスを開発(米国)

2015 年 3 月 18 日

米・カリフォルニア工科大学(Caltech)が新たに開発した、炭素原子 1 個の厚さの層から成る材料であるグラフェンの室温下での製造方法が、グラフェンをベースとした商業用太陽電池や有機 EL、大画面パネルディスプレイやフレキシブルな電子機器への道を拓く可能性を提供。

「この新しい技術では、これまでに比べかなりの短時間かつ低温度下で電子産業用の大面積のグラフェンシートを成長させることができます。」と、この技術を開発した Caltech の研究者である [David Boyd](#) 博士は説明する。

同氏は 3 月 18 日発行の科学誌『Nature Communications』で発表されたこの新研究の第一著者である。同紙には、新たな製造プロセスとそれによって生み出されるグラフェンの新規特性の詳細が掲載されている。

鋼の 200 倍の引張強度やシリコンよりも 2~3 桁優れた電子移動度等の独特な特性を有するグラフェンは、あらゆる工学・科学分野に革新をもたらすものと

して期待されている。物質の電子移動度とは、物質の表面上での電子の移動のし易さの尺度である。



Nai-Chang Yeh 教授 と David Boyd 博士
Credit: Lance Hayashida/Caltech Office of Strategic Communications

しかし、これらのような特性を産業スケールで達成することは困難であることがわかっている。現在の電子機器製造プロセスにグラフェン製造を取り入れるには、華氏 1,800 度、摂氏では 1,000 度もの温度が必要となるのだ。さらに、グラフェンを高温下で成

長させると、制御不能なほど大きく広がる歪みを材料中に誘発しやすく、グラフェンが本来持つ特性を激しく損なわせてしまう。

「これまでは、高い電子移動度を持つグラフェンは一度に数平方ミリメートルほどのものが作れるだけで、それには極めて高い温度、長い時間、そして多くのステップが必要でした。」と、カブリ・ナノサイエンス研究所の Fletcher Jones Foundation Co-Directorであり、この新研究の責任著者である Caltech の [Nai-Chang Yeh](#) 物理学教授は説明する。「今回開発した新たな製造方法では、高温度を必要とせずに数分間のワンステップで高い電子移動度で歪みのほとんどないグラフェンを一貫して作ることができます。数平方センチメートルのサンプルを既にいくつか作成しており、この製造法はスケーラブルなので、最高で数平方インチ、またはそれ以上のグラフェンシートを作ることによって実用的な大規模アプリケーションへの道筋がつけられると考えています。」

この新製造方法は、ある偶然の出来事によって発見された。2012 年、当時 Caltech の機械エンジニアリング・応用物理学の David Goodwin 教授の研究室に所属していた Boyd 博士は、ある科学誌で読んだグラフェンの製造プロセスの再現を試みていた。その製造プロセスは、加熱した銅がグラフェン成長の触媒の働きをするものだった。「お昼休みにちょっと遊んでいたのです。」と、現在は Yeh 教授の研究グループと働く同博士は述べ、次のように続ける。「しかし、とても簡単なプロセスのようだったのですが、どうもうまくいかなくて。わたしが使用した機材は、オリジナル実験のものよりもいい装置だったし、簡単にできるだろうと思っていたのです。」

再現を試みる中、電話が鳴った。Boyd 博士は電話を取り、何気なく、グラフェン成長に必要な炭素原子を供給するメタン蒸気にさらす前に、いつもより長い間銅フォイルを加熱させていた。

その後、グラフェンを検出・特定する技術のラマン分光で同博士がその銅フォイルを調べると、グラフェン層が形成されているのを発見した。「なるほど！と思いましたね。そして、酸化銅が残っていないとてもクリーンな表面がその原因であること気がつきました。」

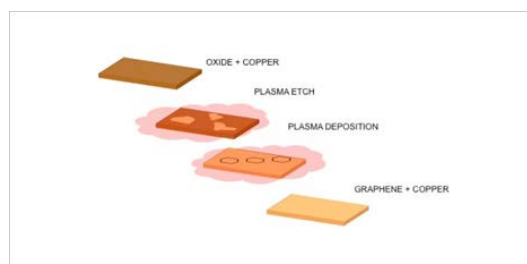
それから同博士は、1921 年から 1945 年に Caltech の学長を務め、ノーベル物理学賞を受賞した物理学者の Robert Millikan 博士が行った有名な 1916 年のプランク定数の測定実験においても、酸化銅の除去が試みられたことを思い出したという。プランク定数とは、1 個の光の粒子、つまり光子が保有するエネルギー量の計算に重要である。

Millikan 博士が行ったように、真空状態で銅をきれいにする方法が発明できないかと Boyd 博士は考えた。

Boyd 博士が最終的に選択した解決法は、1960 年代に初めて開発された水素プラズマを発生させるシステムを利用することだった。水素プラズマは、帯電により水素ガスを電子と陽子に分離したもので、極めて低温度で酸化銅を除去する。同博士による最初の実験では、この技術が酸化銅を除去するだけでなく、同時にグラフェンも成長させることがわかった。

Boyd 博士は最初、この技術が上手くいった原因を解明できなかった。その後、2 本のバルブから実験チェンバー内に微量のメタンガスが放出されていたことに気がついた。

「グラフェンを成長させるのに最適なメタンガスの量がバルブから出ていたのです。」と、同博士は説明する。

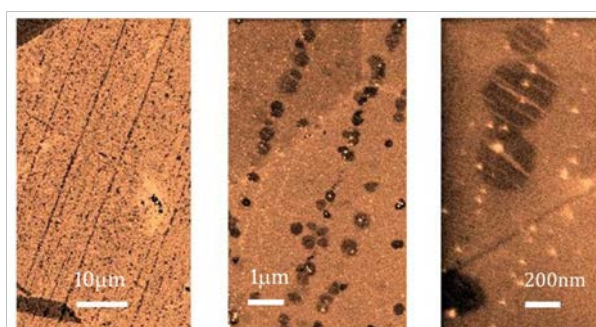


Ctrl+クリックで画像を拡大

Caltech によるグラフェンの成長プロセス図。
(画像提供：Nature Communications)

高温加熱を必要とせずにグラフェンが製造できることは、製造コストの削減だけでなく、熱による膨張と収縮の結果発生する欠陥のほとんど無いより良い製品につながる。そして多数の製造後のステップの必要性も無くなる。「通常、高温下の成長方法による高電子移動度のグラフェンをバッチで作るには、10 時間で 9~10 のプロセスステップを経る必要があるのですが、私たちが開発したプロセスは 5 分間のワンステップで済みます。」と、Yeh 教授は説明する。

その後、Yeh 教授の研究グループと国際研究チームの共同研究により、この新技術で作ったグラフェンが従来法で作ったグラフェンに比べて高品質であることがわかった。新技術によるグラフェンは、機械的強度がより高く(機械的強度を弱めてしまう欠陥がほとんど無く)、そして合成グラフェンでは測定されたことのない優れた電子移動度を保有している。

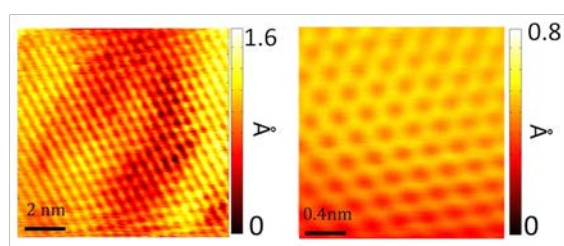


Ctrl+クリックで画像を拡大

銅基板上に成長する初期段階のグラフェンの画像。六角形の線はグラフェンの中核部で、左画像から右画像に拡大(左からそれぞれ 10 μm、1 μm、200 nm)。六角形がシームレスなグラフェンシートに成長。
(画像提供：Nature Communications)

同研究チームは、新技術が極めて効率的である理由の一つが、チェンバー内で起こる水素プラズマと空気成分分子との化学反応が、電子を失った炭素・窒素分子であるシアノ基(-CN)を発生させることにあると考えている。帯電したこれらの分子が、小さなスーパースクラバー(ブラシ)がするように効果的に銅の表面欠陥をこすり落とし、グラフェンを成長させるクリーンな表面を作り出す。

さらに、このグラフェンが特別な方法で成長することも発見した。従来の熱プロセスを使った方法では、グラフェンはランダムな蒸着のパッチワークで成長するが、新しいプラズマ技術では秩序が保たれている。ここでのグラフェンの蒸着はシームレスなシートへと成長するラインを形成し、それが機械的・電氣的な完全性に寄与している。



Ctrl+クリックで画像を拡大

銅(111)の単一結晶に成長させたグラフェンの原子分解能の走査トンネル顕微鏡 (STM) 画像。左画像から右画像に拡大。
(画像提供：Nature Communications)

このプラズマ技術をスケールアップすれば、新たなタイプのエレクトロニクス製造法の道が拓く可能性があると Yeh 教授は説明する。例えば、欠陥の少ないグラフェンシートは、環境に曝されることによる劣化から材料を保護するのに利用できる。また、太陽電池やディスプレイ用の透明電極として利用可能な大面積のグラフェンシートを成長させることも考えられる。

「将来的にはグラフェンをベースとした自家発電する携帯電話ディスプレイができるでしょう。」と、同教授は言い添える。

さらには、グラフェンの格子構造に意図的に欠陥を与えて特定の機械的・電氣的特性を生み出すことも考えられると同教授は続ける。「グラフェンにナノスケールで歪みを与えれば、グラフェンの特性を人工的に作り出すことができます。しかし、このためには完全にスムーズで歪みの無いグラフェンシートが必要となります。あちこちに制御不可能な欠陥を持つグラフェンシートではできないことです。」

『Nature Communications』掲載の論文、["Single-Step Deposition of High-Mobility Graphene at Reduced Temperatures"](#)の共著者には、Yeh教授とBoyd氏に加えて Caltechの大学院生、Wei Hsiang Lin、Chen Chih Hsu 及び Chien-Chang Chen、Caltech staff scientistの Marcus Teague、National Taiwan University のYuan-Yen Lo、Tsung-Chih Cheng、Chih-I Wu、そして Institute of Physics, Academia Sinica のWen-Yuan Chan、Wei-Bing Su及びChia-Seng Chang。Caltechの同研究へは、Caltech

Institute of Quantum Information and Matterの元、米国科学財団(NSF)、ゴードン・アンド・ベティ・ムーア財団、そしてカブリ・ナノサイエンス研究所を通じてカブリ財団が研究資金を提供した。台湾での研究は、台湾国家科学委員会が支援した。

画像は『Nature Communications』掲載の"Single-Step Deposition of High-Mobility Graphene at Reduced Temperatures," March 18, 2015 より Nature Communications の許可の元再利用。

著者： Ker Than

研究に関する連絡先：

Contact: Deborah Williams-Hedges (626) 395-3227 debwms@caltech.edu

翻訳：NEDO（担当 技術戦略研究センター 松田 典子）

出典：本資料は米国・カリフォルニア工科大学(California Institute of Technology) の以下の記事を翻訳したものである。

“Caltech Scientist Develop Cool Process to Make Better Graphene”

<http://www.caltech.edu/news/caltech-scientists-develop-cool-process-make-better-graphene-45961>

(Used with Permission of the California Institute of Technology)