(1133-4)

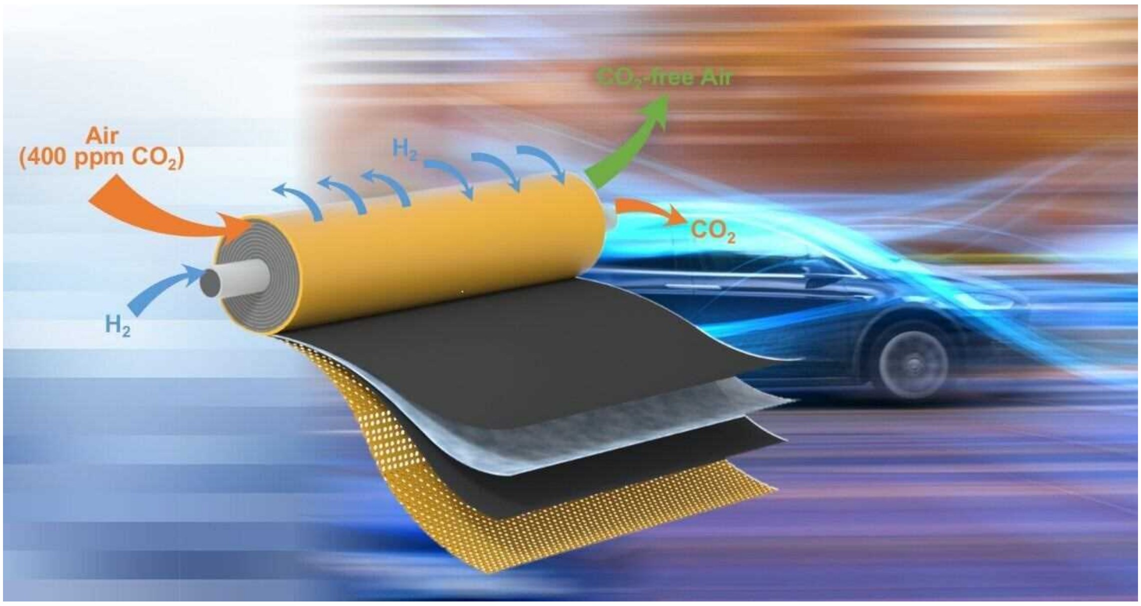
**【新エネルギー分野(燃料電池・水素)】**

仮訳

# 優れた効果をもたらすショートサーキット（米国）

## UD 研究者ら 空気中の二酸化炭素を除去する超高効率的な方法を報告

2022 年 2 月 3 日




**UD の研究者らは、より環境に優しい燃料電池の商業化に近づくための新境地を開拓した （イラスト画：Jeffrey C. Chase / University of Delaware 提供）**

米デラウェア大学（UD）の技術者らが、水素を動力源とする新たな電気化学システムを利用して大気中の二酸化炭素の 99%を効果的に捕獲する方法を実証した。

これは、二酸化炭素の回収における重要な進歩であり、より環境に優しい燃料電池を市場に近づける可能性がある。

UD の Yushan Yan 教授率いる研究チームは、2 月 3 日木曜日に同方法を Nature Energy 誌に報告。

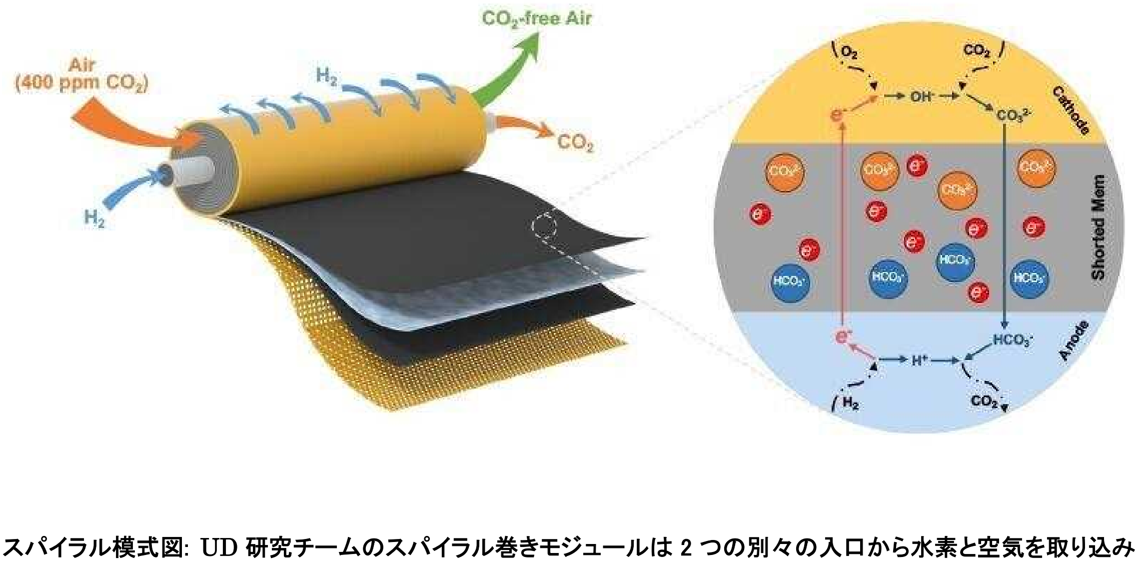
## 燃料電池の効率を高める画期的な技術

燃料電池は、燃料の化学エネルギーを直接電気に変換することで作動し、ハイブリッド車やゼロ・エミッション車などの輸送に利用可能だ。

化学・生物分子工学の Henry Belin du Pont Chair である Yan 氏は、現行の従来の酸ベースの燃料電池に代わって、経済的で環境に優しい水酸化物交換膜（HEM）燃料電池の改良に長年取り組んでいる。

しかし、HEM 燃料電池には、大気中の二酸化炭素に対して非常に脆弱という欠点があるため、これまで実用化されてこなかった。本質的に、二酸化炭素は HEM 燃料電池を呼吸困難に陥らせるのだ。

この欠陥により、燃料電池の性能と効率は最大 20%低下し、ガソリンエンジンと変わらなくなってしまう。Yan 氏の研究グループは、この二酸化炭素の問題の回避策を 15 年以上にわたって探求してきた。




**スパイラル模式図: UD 研究チームのスパイラル巻きモジュールは 2 つの別々の入口から水素と空気を取り込み（左図）、大面積の触媒でコーティングされた 2 枚の短絡膜を通過させた後、二酸化炭素、および二酸化炭素を含まない空気（右図）を排出する。右の挿入図は、短絡膜内で分子がどのように移動するかを一部示している （イラスト画：Jeffrey C. Chase / University of Delaware 提供）**

数年前、研究者たちは、この欠陥が実は二酸化炭素除去のための解決策になるかもしれないことに気づいた。

化学・生体分子工学の研究助教授で論文の共著者である Brian Setzler 准教授は、「このメカニズムを解明したところ、燃料電池は入ってきた二酸化炭素をほぼすべて捕獲し、それを反対側に実にうまく分離することがわかりました」と説明する。

これは燃料電池にとっては良くないものの、研究チームは、この「セルフパージ」プロセスを燃料電池スタックの上流にある別の装置で活用することができれば、二酸化炭素の分離装置に変身させることができることを知っていた。

Yan 氏は、「私たちのアプローチは非常に効果的であることが明らかとなりました。私たちに適切な設計と構成があれば、大気中の二酸化炭素の 99%を 1 回で捕捉することができます」と指摘する。

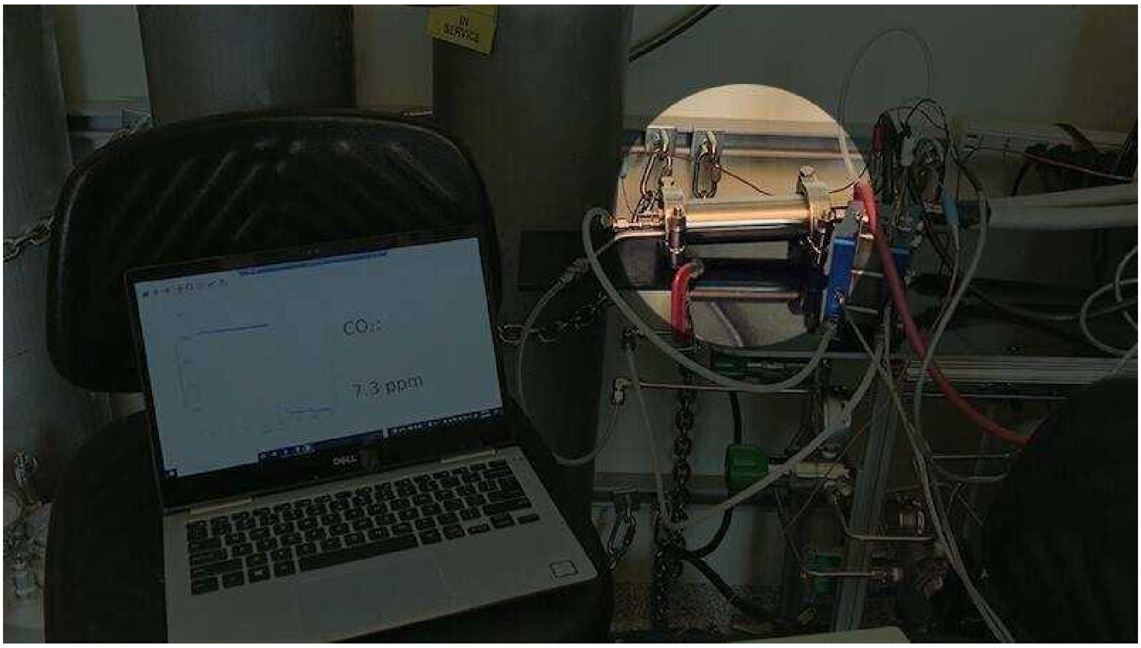
では、どのようにそれを実現したのだろうか？

研究者たちは、電気化学技術の電源を分離膜の中に埋め込む方法を発見したが、それは、デバイスを内部で短絡させるというものだった。

Yan 研究グループの博士課程学生で論文の主執筆者でもある Lin Shi 氏は、「リスクはありますが、私たちは水素を使って、この短絡した燃料電池をどうにか制御しました。この内部短絡膜を使うことで、燃料電池スタックに通常見られるバイポーラプレートや集電体、電気配線などのかさばる部品を取り除くことができました」と言う。

現在、研究チームはガスを分離するために作られた通常のろ過膜のように見える電気化学デバイスを入手したが、より複雑な電気化学システムのように、大気中から絶えず微量な二酸化炭素を取り込む能力も備えている。

実際に、膜の内側にデバイスのワイヤーを埋め込むことにより、二酸化炭素の粒子が一方から他方に移動しやすくなる近道ができあがった。これにより研究チームは、小さな体積で大きな表面積を持つ、コンパクトなスパイラル型モジュールを作ることができた。つまり、同チームは今や、一度により大量の空気をろ過することができる小型のパッケージを所有しているのだ。また一方で、部品点数が少ないためにコストも抑えられ、さらに重要なことは、市場に向けて簡単にスケールアップする方法が提供されたのだ。




**写真は、Yan 研究グループが開発した電気化学システム。ハイライトされた円筒形の金属製筐体の内部に、同チームが開発した新スパイラルワインドモジュールが入っている。同装置に水素を供給することで、二酸化炭素の除去が行われる。ノートパソコン上のコンピューターソフトは、モジュールを通過した後の大気中の二酸化炭素濃度を表示する（写真提供：同研究グループ / University of Delaware）**

研究チームの結果では、2 インチ（約 5 センチ）×2 インチ(約 5 センチ)のサイズの電気化学セルにより、1 分間に約 2 リットルの速度で流れる大気中に含まれる二酸化炭素の約 99%を連続的に除去できることが明らかとなった。また、研究者らによると、12 オンス(約 340 グラム)のソーダ缶ほどの大きさの初期の試作スパイラル装置では、毎分 10 リットルの大気をろ過し、98%の二酸化炭素を除去することができる。

自動車用に当てはめた場合、本装置はおおよそ 1 ガロン（約 4 リットル）の牛乳サイズになる。さらに、他の場所でも二酸化炭素の除去用に使用できるだろう。例えば、UD が特許取得した技術により、宇宙船や潜水艦など、継続的なろ過が不可欠な場所において、より軽量で効率の良い二酸化炭素除去装置を実現できるかもしれない。

Setzler 氏は、「私たちには、長期的なロードマップのためのアイデアがいくつかあります」と現状を語った。

Shi 氏によると、この電気化学システムは水素を動力源としているため、水素経済が発展すれば、省エネ対策として大気の再循環が望まれる航空機や建物にも利用できる可能性があるという。同氏は今月末の学位論文の発表後、Yan 氏が設立した UD のス

ピンオフ企業である Versogen 社に入社し、持続可能なグリーン水素の研究の推進を続ける予定だ。

Yan 研究室の論文の共著者には、デバイス検査に不可欠な実験作業を行った共同筆頭著者である Yun Zhao 研究員、スパイラルモジュールの設計と製造に貢献した博士課程学生の Stephanie Matz 氏、UD の化学・生体分子工学の Shimshon Gottesfeld 非常勤教授が含まれる。Gottesfeld 氏は、今回の発見につながった Advanced Research Projects Agency-Energy（ARPA-E）から資金提供を受けた 2019 年のプロジェクトの主任研究員である。

翻訳：NEDO（担当　技術戦略研究センター）

出典：本資料は、米デラウェア大学の以下の記事を翻訳したものである。
"Short Circuit for Big Impact"
(https://www.udel.edu/udaily/2022/february/yushan-yan-capturing-carbon-dioxide-from-air-fuel-cells/)

（Reprinted with permission of University of Delaware）