

## 低炭素社会の実現を目指し新たなフィルターを開発

紀元前 2800 年、ウルの都市国家が繁栄した頃、メソポタミアでは文明を一変させる大発見がなされました。銅と錫を混ぜて合金にすると、それまでに存在したどんな人工材料よりも、強く便利で価値の高い材料が生まれることを発見したのです。その合金は青銅と呼ばれ、のちに時代の名前として語り継がれるほど革命的なものでした。

それから 4000 年以上もの時を経た今、京都大学高等研究院物質-細胞統合システム拠点 (iCeMS = アイセムス)、ロンドンインペリアルカレッジ、香港城市大学の研究者らは、英科学誌「Nature Energy」に投稿した学術論文の中で、メソポタミアと同様の手法を用いた革新的な材料の開発によって、21 世紀の世界が抱える大きな課題を解決する方法を提唱します。二酸化炭素を分離・貯蔵するための新たな方法です。

混合マトリクス膜 (MMMs) と呼ばれる高分子薄膜を用いた「フィルター」は、二酸化炭素の分離・貯蔵 (CCS) 技術に革命を起こす可能性を秘めています。この混合マトリクス膜の研究開発を率いたイーサン・シバニア (Easan Sivaniah) 教授は、次のように語ります。「世界が抱える二酸化炭素の問題の深刻さは、容易に理解できる。世界最大の火力発電所は、1 日にギザの大ピラミッド 12 杯分もの二酸化炭素を排出する。そして、500 MW 級の巨大な火力発電所が、世界で 5000 基以上もあり、その数は今も増えている。分離・貯蔵されるべき温室効果ガスの量は計り知れない。」

同教授はまた、「既存の高分子膜を用いたガス分離技術は、この莫大な量の排出ガスを処理するには不向きであった。それは、ガスの処理速度が遅すぎるか、私たちの論文の中でも述べたように、高処理速度のものはガスを分離する精度が低いために、エネルギー効率のよい二酸化炭素分離を行えなかったからだ。」と、大規模な二酸化炭素分離プロジェクトに応用するには、費用対効果の点で問題があったことに言及しました。

これは非常に難しい問題で、ケンブリッジ大学のデービッド・レイナー氏は「CCS 技術がブームとなっていた 2005 年から 2009 年にかけて、北アメリカやヨーロッパ、オーストラリアで実施された 10 億ドル規模の CCS プロジェクトの大半が、失敗に終わってしまっている。」と、2016 年に Nature Energy に投稿した学術論文の中で、言明しています。

「単に未来の理想的なモデルとしてではなく、CCS 技術が『死の谷』を抜け出して現実世界に貢献するには、経済的優位性を持つ技術の差別化を図っていかなければならない。」と、レイナー氏は結論付けています。

世界経済フォーラムの Global Agenda Council on Decarbonizing Energy (エネルギーの脱炭素化に関する国際協議会) による「低炭素化のための連立 (CMC)」のプロジェクトリーダーであった増田達夫名古屋商科大学客員教授は、「シバニア教授が開発する CO<sub>2</sub> 回収・貯留方法における高効率化・低コスト化の実現に向けた技術のような、大学発の高度な最先端技術は、検証、そして試験運用への展開をもっと加速させるべきである。このような技術的ブレークスルーが、今ほど必要とされる時期はないからである。」と訴えます。

「メソポタミア文明が新たな材料の必要性に迫られたと同様に、我々も革新的な材料を必要としている。」とシバニア教授は語ります。さらに、「我々はガスの処理量や分離精度だけでなく、コスト面についても常に意識している。そこで我々は、日本屈指の化学者である北川進 iCeMS 拠点長によって開発された MOF という素材に注目した。我々は、この革新的なナノサイズの粒子を、マンチェスター大学のピーター・バド教授とニール・マッケオウン教授が開発した PIM-1 という世界最高性能を誇る高分子材料に適切な条件で添加することで、ガスの分離精度を大幅に向上した混合マトリクス膜を開発することに成功した。」と説明し、「この革新的な材料を開発するにあたって、環境省や科学技術振興機構の支援は不可欠なものであった。今後は、産官学一体となって行うプロジェクトの重要性が、一層高まるだろう。」と、各機関の垣根を越えた連携体制の整備の推進を唱えます。

また同教授は「我々がこのような優れた性能をもつ混合マトリクス膜を開発したことで、大規模な CCS プロジェクトにおける大幅なコスト削減への可能性が開けた。コストを十分の一にまで低減することも夢ではなく、今後、CCS プロジェクトが見直され政治的に受け入れられることになるかもしれない。」と今後の展開について語りました。

---

## 1. 研究プロジェクトについて

---

この研究は、環境省CO<sub>2</sub>排出削減対策強化誘導型技術開発・実証事業、および、JSTさきがけ「超空間制御と革新的機能創成」の支援を受けて行われました。

## 2. 論文タイトル・著者

---

Enhanced selectivity in mixed matrix membranes for CO<sub>2</sub> capture through efficient dispersion of amine-functionalised MOF nanoparticles.

(参考訳：CO<sub>2</sub>分離・回収膜へのアミン修飾多孔性金属錯体ナノ粒子の複合化によるガス選択性の向上)

著者：Behnam Ghalei,<sup>a</sup> Kento Sakurai,<sup>ab</sup> Yosuke Kinoshita,<sup>ab</sup> Kazuki Wakimoto,<sup>ab</sup> Ali Pournaghshband Isfahani,<sup>a</sup> Qilei Song,<sup>c</sup> Kazuki Doitomi,<sup>d,e</sup> Shuhei Furukawa,<sup>a</sup> Hajime Hirao,<sup>d,e</sup> Hiromu Kusuda,<sup>b</sup> Susumu Kitagawa<sup>a</sup> and Easan Sivaniah<sup>a\*</sup>

- a. Institute for Integrated Cell-Material Sciences (iCeMS), Kyoto University, 606-8501 Kyoto, Japan.
- b. Department of Energy Science and Technology, Kyoto University, Kyoto, Japan.
- c. Department of Chemical Engineering, Imperial College, London, SW7 2AZ, UK.
- d. Department of Biology and Chemistry, City University of Hong Kong, Tat Chee Avenue, Kowloon, Hong Kong, China

*Nature Energy* (ネイチャー・エナジー) | DOI: 10.1038/nenergy.2017.86

日本時間 6月6日 (英国時間 6月5日) 公開

## 3. iCeMS について

---

京都大学 高等研究院 物質-細胞統合システム拠点 (iCeMS=アイセムス) では、生物学、物理学、化学の分野を超えて新しい学問を作り、その学問を社会に還元することを目標に活動している日本で唯一の研究所です。その新しい学問からは、汚水や空気の浄化といった環境問題の解決、脳の若返りといった医療に役立つ可能性を秘めたとてつもないアイデアが次々と生まれています。

詳しくはウェブサイトをご覧ください。 <http://www.icems.kyoto-u.ac.jp/>