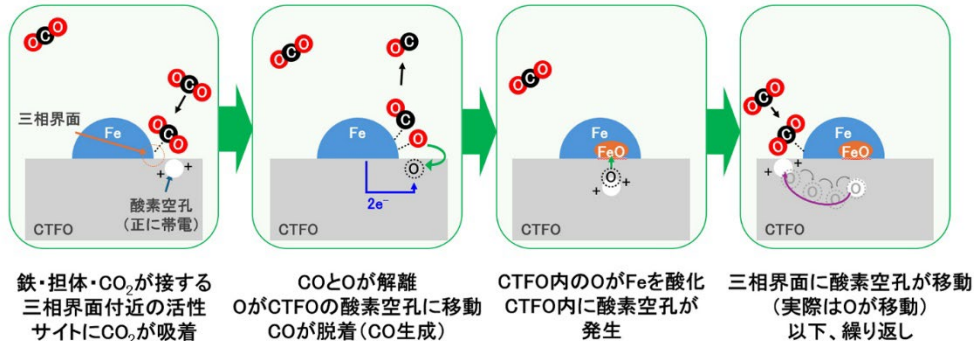


NEWS RELEASE

東京科学大学とケミカルルーピング方式 CO<sub>2</sub>還元反応モデルを構築し高速化に成功  
CO<sub>2</sub>の資源化に向け、高効率なCCUシステムの社会実装に貢献



Fe:鉄、FeO:酸化鉄、CTFO:鉄置換チタン酸カルシウム(イオン・電子混合伝導性担体)、e<sup>-</sup>:電子

CO<sub>2</sub>還元反応モデル

三菱電機株式会社は、国立大学法人東京科学大学（以下、Science Tokyo）環境・社会理工学院融合理工学系 エネルギー・情報コース 大友 順一郎教授らと共同で、ケミカルルーピング方式におけるCO<sub>2</sub>還元反応モデルを構築し、反応の高速化に成功しました。ケミカルルーピング方式とは、酸素キャリア<sup>\*1</sup>を介して二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）を一酸化炭素（CO）に変換する還元<sup>\*2</sup>反応と酸化反応を別々に繰り返し行う方式です。当社は Science Tokyo とともに、今回の成果を活用し、CO<sub>2</sub>を循環利用できる資源へと転換する、高効率なカーボンリサイクルを目指します。

近年、政府の「2050年カーボンニュートラル」宣言の実現に向け、CO<sub>2</sub>を排出削減の対象とするだけでなく、回収して資源として再利用するCCU<sup>\*3</sup>技術への期待が高まっています。このような中、当社と Science Tokyo はCCUシステムの構築を目指し、2025年2月からケミカルルーピング方式によるCO<sub>2</sub>還元技術の実証試験<sup>\*4</sup>を進めてきました。同方式では、酸素キャリア粒子に含まれる鉄などの金属がCO<sub>2</sub>と接触した際、酸素（O）を粒子中に取り込むことで、CO<sub>2</sub>をCOに還元します。しかし、従来の同方式では鉄などの金属表面が酸化して活性が低下することでCO<sub>2</sub>還元反応速度が遅くなるため、レアアースなどの高価な重要鉱物を担体<sup>\*5</sup>に添加して反応速度の低下を補っていました。また、レアアースなどの使用がコスト増加や資源調達における地政学リスクにつながり、CCUシステムの社会実装を妨げる要因となっていました。

この課題に対して、当社と Science Tokyo は反応金属そのものではなく、担体が反応にどう関与するかに着目しました。Science Tokyo が保有する材料科学の知見を活用することで、イオンと電子の両方を運べる性質を持つ鉄置換チタン酸カルシウム（CTFO）を担体として適用した反応モデルを構築し、レアアースなどの重要鉱物を添加しなくても、反応温度800℃においてCO<sub>2</sub>還元反応速度を従来比1.8倍に向上させることに成功しました。高い反応速度は、単位時間あたりのCO<sub>2</sub>処理能力の増加につながるため、装置の小型化や設備コストの低減、運転効率の向上が期待できます。また、レアアースなど重要鉱物に依存しない材料設計は、コストだけでなく、資源による制約や地政学リスクの低減にもつながります。

当社は、Science Tokyo とともに今回の成果を活用してケミカルルーピング方式によるCO<sub>2</sub>還元などのCO<sub>2</sub>資源化技術の実証と改良を進め、エネルギー効率や時間当たりのCO<sub>2</sub>処理量などを反映した設計により、環境負荷が低く高効率なCCUシステムの社会実装を目指します。

なお、本成果は、論文誌「Chemical Engineering Journal」にオンラインにて先行公開され、6月15日付のVolume 538に掲載予定です。

※1 酸素を運ぶための媒体となる物質

※2 物質から酸素が奪われる化学反応

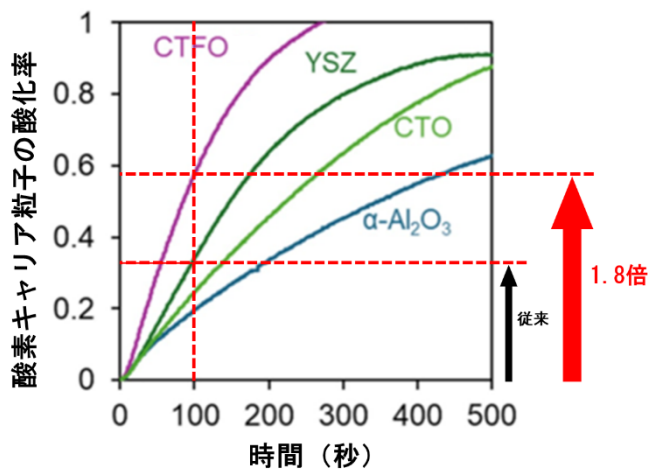
※3 Carbon dioxide Capture and Utilization。工場などから排出されたCO<sub>2</sub>を回収して、燃料や化学品、建材などの製造に利用すること

※4 2025年2月19日広報発表 <https://www.MitsubishiElectric.co.jp/ja/pr/2025/pdf/0219.pdf>

※5 反応を助ける金属などの活性物質を均一に広げて、他の物質を固定する土台となる物質

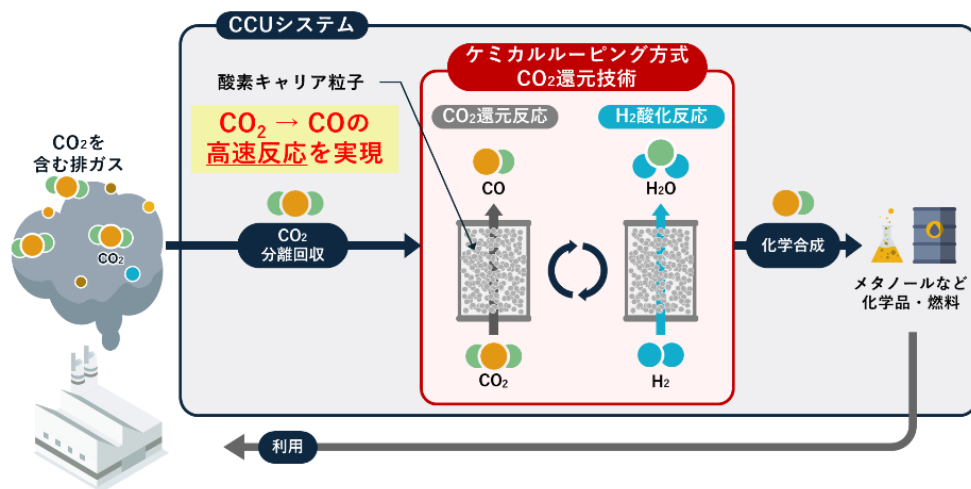
## 開発の特長

- 鉄の担体に CTFO を適用し、酸素キャリアを介した CO<sub>2</sub> 還元反応モデルを構築**
  - 材料科学の知見に基づき CTFO に着目し、イオンと電子の両方を運べる性質を持つ CTFO を鉄の担体として用いることで、担体内部の酸素空孔および電子の移動により、鉄・担体・CO<sub>2</sub> が接する三相界面で CO<sub>2</sub> から解離した酸素が酸素空孔へ移動する反応モデルを構築
- レアアースなど重要鉱物を使用せず、CO<sub>2</sub> 還元反応の高速化に成功**
  - CTFO 中の鉄の組成比を制御することにより担体中の酸素空孔と電子濃度が増加し、高速に CO<sub>2</sub> を CO に還元
  - レアアースであるイットリウムを用いた場合に比べて、反応温度 800°C において CO<sub>2</sub> 還元反応速度が従来比 1.8 倍に向上
- 高い経済性と持続可能性を両立した高効率な CCU システム構築の実現に寄与**
  - 反応速度向上により反応ガスが CO<sub>2</sub> 還元反応器を通過する時間を約半分に短縮できるため、装置の小型化や設備コストの低減に貢献
  - 反応モデルを応用することで CO<sub>2</sub> 還元に限らず、メタノールなどの化学品・燃料生成など多様な CO<sub>2</sub> 資源化システムに適用
  - 地政学リスクを伴う重要鉱物を使用しないことで、安価で安定した材料調達が可能。これらにより高い経済性と、製造・運用・廃棄に至るライフサイクル全体での環境負荷を低く抑え、持続可能で高効率な CCU システム構築の実現に寄与



CTFO : 鉄置換チタン酸カルシウム (開発品)  
 YSZ : イットリア安定化ジルコニア  
 (比較対象、イットリウムがレアアース)  
 CTO : チタン酸カルシウム (比較対象、鉄置換なし)  
 α-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> : アルミナ (比較対象、絶縁体)

酸素キャリア粒子の CO<sub>2</sub> 還元特性 (800°C)



CCU システムとケミカルルーピング方式 CO<sub>2</sub> 還元技術の概要

## 今後の予定・将来展望

三菱電機と Science Tokyo は、実証試験を通して社会実装に向けた課題を明らかにするとともに、反応器の開発および酸素キャリア粒子のさらなる高性能化や大量合成技術を確立しつつ、メタノールなどの化学品や燃料生成など CO<sub>2</sub>の資源化に向けて他者との連携・共創に取り組みます。これにより、CO<sub>2</sub>の回収から利用まで一貫して実現する高効率な CCU システムを構築し、2029 年度以降の社会実装を目指します。

## 役割分担

組織名称	担当内容
三菱電機	CO <sub>2</sub> 還元反応器 <sup>※6</sup> の設計開発
Science Tokyo	CO <sub>2</sub> 還元の原理検証、酸素キャリア粒子合成技術開発

## 三菱電機グループについて

三菱電機グループは、「**Our Philosophy**」のもと、サステナビリティを経営の根幹に据え、社会・顧客・株主・従業員をはじめとしたステークホルダーからの信頼を重んじてまいります。また、「収益性」「資本効率」「成長性」を追求するとともに、顧客と繋がり続けて社会課題を解決する新たな価値を創出し、企業価値の持続的向上を図ります。1921 年の創業以来、100 年を超える歴史を有し、社会システム、エネルギーシステム、防衛・宇宙システム、FA システム、自動車機器、ビルシステム、空調・家電、デジタルイノベーション、半導体・デバイスといった事業を展開しています。世界に 200 以上のグループ会社と約 15 万人の従業員を擁し、2025 年度の連結売上高は 5 兆 8,947 億円でした。詳細は、[オフィシャルウェブサイト](#)をご覧ください。

## お問い合わせ先

<報道関係からのお問い合わせ先>

三菱電機株式会社 広報部

〒100-8310 東京都千代田区丸の内二丁目 7 番 3 号

TEL 03-3218-2332

<https://www.MitsubishiElectric.co.jp/news/contact.html>

<お客様からのお問い合わせ先>

三菱電機株式会社 先端技術総合研究所

〒661-8661 兵庫県尼崎市塚口本町八丁目 1 番 1 号

FAX 06-6497-7285

[https://www.MitsubishiElectric.co.jp/corporate/randd/inquiry/index\\_at.html](https://www.MitsubishiElectric.co.jp/corporate/randd/inquiry/index_at.html)

※6 効率的かつ連続的な CO 生成を可能にするためのガスの切り替えや、酸素キャリア粒子の温度制御を行うシステム