



Tokyo Tech

平成30年11月27日

報道機関各位

東京工業大学広報・社会連携本部長

佐藤 勲

## 希薄な二酸化炭素を捕捉して資源化できる新触媒の発見

－低濃度二酸化炭素の直接利用に道－

### 【要点】

- レニウム(Re) の錯体を用いた低濃度二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)の還元反応系を開発
- Re 錯体が捕集した CO<sub>2</sub> を、電気エネルギーで一酸化炭素(CO)へと変換
- 工場等からの排ガスに含まれる程度の低濃度 CO<sub>2</sub> を高効率に還元可能

### 【概要】

東京工業大学 理学院 化学系の熊谷啓特任助教、西川哲矢大学院生（当時）、石谷治教授らは、二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）を捕集する機能を持つレニウム（Re）の錯体が、低濃度の CO<sub>2</sub> を還元することができる電気化学触媒として機能することを発見した。

石谷教授らの研究チームは、ある種のレニウム錯体が、高い CO<sub>2</sub> 捕集機能と、CO<sub>2</sub> を電気化学的に還元する触媒機能を合わせ持っていることを見出した。今回、このレニウム錯体を触媒として用い、低濃度 CO<sub>2</sub> をそのまま還元できる電気化学的システムの開発を目指した。その結果、1%しか CO<sub>2</sub> を含まないガスでも CO<sub>2</sub> を効率よく還元でき、一酸化炭素（CO）を高い効率と選択性で生成することができた。CO は化学原料として有用で、水素と反応させることで人造石油を合成することができる。今回の発見により、火力発電所や製鉄所から排出される低濃度の CO<sub>2</sub> を含んだ排ガスを、効率的に直接資源化できる可能性が出てきた。

研究成果は 2018 年 11 月 12 日（英国時間）、英国王立化学会誌「*Chemical Science*」オンライン版に掲載された。

## ●研究成果

石谷教授らの研究チームは、科学技術振興機構（JST）の戦略的創造研究推進事業（CREST「新機能創出を目指した分子技術の構築」）の支援を得て、CO<sub>2</sub>を捕集する性質を持つレニウム錯体が、低濃度のCO<sub>2</sub>を還元する電気化学触媒<sup>[用語1]</sup>として機能することを見出した。この錯体は、CO<sub>2</sub>を低濃度しか含んでいないガスから高い効率でCO<sub>2</sub>だけを捕集する機能を持っていた。捕集されたCO<sub>2</sub>は、炭酸エステル<sup>[用語2]</sup>として錯体に固定化される（図1）。このCO<sub>2</sub>を捕集したレニウム錯体を電気化学触媒とすることで、低濃度CO<sub>2</sub>でもそのまま還元できることがわかった。例えば、1%のCO<sub>2</sub>を含んだガスでも効率よく還元でき、24時間の反応でCOを**選択率**<sup>[用語3]</sup>94%、**ファラデー効率**<sup>[用語4]</sup>85%という高い効率で生成できた（図2）。

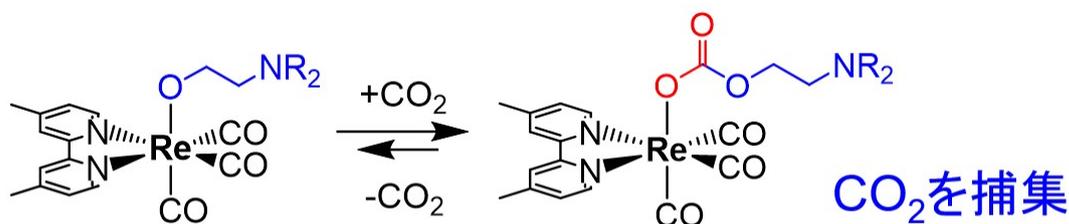


図1. レニウム錯体によるCO<sub>2</sub>の捕集反応

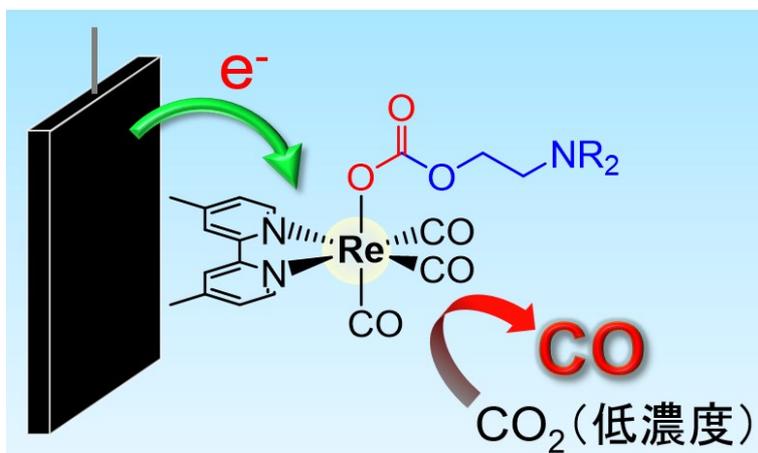


図2. 低濃度のCO<sub>2</sub>しか含まないガスからレニウム錯体がCO<sub>2</sub>を捕集し、高効率な電気化学反応でCOへと還元する

## ●背景

化石資源を燃焼させる際に排出されるCO<sub>2</sub>を、電気エネルギーで還元する反応は、排出CO<sub>2</sub>削減と資源の創出の両観点から国内外で精力的に研究されている。しかし、従来の研究のほとんどは、純粋なCO<sub>2</sub>を用いて開発が行われている。しかし、火力発電所や製鉄所、セメント製造工場などから出る排ガスにはCO<sub>2</sub>が数%から十数%しか含まれていない。そのため、従来技術では大量のエネルギー

が必要な CO<sub>2</sub> の濃縮過程が必要だった。そこで、実際に排出される希薄な濃度の CO<sub>2</sub> を含んだガスをそのまま利用して効率よく CO<sub>2</sub> だけを還元できる方法が求められていた。

### ●研究の経緯

石谷教授らの研究チームは、CO<sub>2</sub> の資源化を企図した金属錯体触媒や光触媒の研究を行っている。その過程で、CO<sub>2</sub> を効率よく捕集するレニウム錯体を見出し [参考文献 1]、この物質を触媒として利用して CO<sub>2</sub> の資源化反応について検討してきた。

### ●今後の展開

CO は化学原料として有用で、水素と反応させることで人造石油を合成することができる。今回の発見により、火力発電所や製鉄所の排ガスに含まれる低濃度の CO<sub>2</sub> を、大量のエネルギーを必要とする濃縮過程を経ずに、太陽光など再生可能エネルギーから変換した電気エネルギーで直接資源化できる可能性がでてきた。このような製造工程での省エネ化は、地球温暖化抑制にも貢献する技術だ。今後は、この新触媒の CO<sub>2</sub> 捕集能のさらなる向上やありふれた金属である卑金属錯体の利用も視野に入れて、実用的な技術へと展開させていきたい。

### 【用語説明】

- (1) **電気化学触媒**：電極から電子の授受を行うことで反応を駆動する触媒のこと。
- (2) **炭酸エステル**： $\text{^}OC(O)OR$  の構造を有する化合物で、 $OC(O)$  の部分が CO<sub>2</sub> 由来。(図 1 を参照：右側の錯体に結合している赤色と青色で示した化合物。)
- (3) **選択率**：全生成物のうち、目的の生成物の割合。
- (4) **ファラデー効率**：電極から流れた電子（電流）のうち、目的の反応に使われた割合。

### 【参考文献】

[1] Tatsuki Morimoto, Takuya Nakajima, Shuhei Sawa, Ryoichi Nakanishi, Daisuke Imori, Osamu Ishitani, *Journal of American Chemical Society*, 2013, 135, 16825–16828

**【論文情報】**

掲載誌：*Chemical Science*

論文タイトル：Electrocatalytic reduction of low concentration CO<sub>2</sub>

著者：Hiromu Kumagai, Tetsuya Nishikawa, Hiroki Koizumi, Taiki Yatsu,  
Go Sahara, Yasuomi Yamazaki, Yusuke Tamaki, Osamu Ishitani

DOI：10.1039/c8sc04124e

**【問い合わせ先】**

東京工業大学 理学院 化学系 教授

石谷 治 (いしたに おさむ)

Email: [ishitani@chem.titech.ac.jp](mailto:ishitani@chem.titech.ac.jp)

TEL: 03-5734-2240

FAX: 03-5734-2284

**【取材申し込み先】**

東京工業大学 広報・社会連携本部 広報・地域連携部門

Email: [media@jim.titech.ac.jp](mailto:media@jim.titech.ac.jp)

TEL: 03-5734-2975

FAX: 03-5734-3661