

芝浦工大が二酸化炭素をメタンに変換する反応器を開発

温室効果ガスの排出削減に有望なアプローチを提供

* * *

芝浦工業大学（東京都江東区／学長 山田純）工学部・野村幹弘教授（分離システム工学研究室）らの研究チームは、小型ボイラーから排出される二酸化炭素などをメタン燃料に変換するコンパクトな反応器を開発しました。

温水や蒸気を作るボイラーは社会で広く使われています。しかし、小規模な燃焼装置であり、二酸化炭素の回収は容易ではありません。そこで、コンパクトな膜反応器を開発することで、小規模二酸化炭素排出源に対応します。今回、実験とシミュレーションを活用することで、反応器内の熱分布を抑制して、効率的にメタンを生成させる新しいタイプの膜反応器を開発しました。

今後、温室効果ガスの排出削減ができるようこの技術を活用していきます。

※この研究成果は、「Journal of CO₂ Utilization」誌のオンライン版に掲載されています。

ポイント

- ボイラーなど小規模燃焼装置からの二酸化炭素回収は容易ではない
- 新規な供給型膜反応器を開発することで、高効率で二酸化炭素をメタンに変換することに成功
- 温室効果ガスの排出削減に有望なアプローチとなる可能性がある

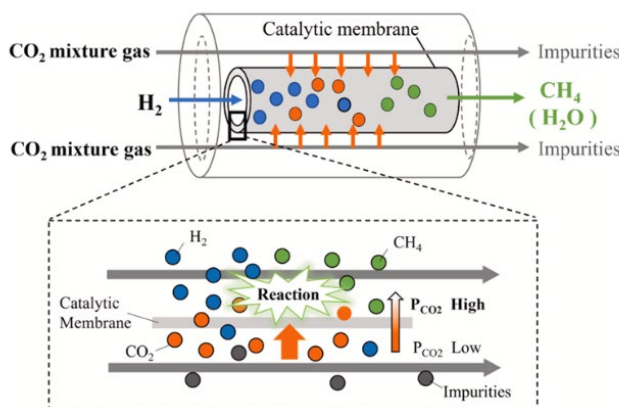


図. CO₂回収用供給型膜反応器のイメージ

■ 研究の背景

ボイラーの燃焼効率は一般的に高いことから、燃焼効率を改善するだけでは CO₂ 排出量を削減することが難しいため、燃焼効率の改善とは異なるアプローチを模索していました。この目的のための有効な手段のひとつは、ボイラーから排出される CO₂ を回収し、メタンなどの有用な生成物に変換することです。これを実行するためには、気体の分離だけでなく、化学反応も促進できる供給型膜反応器 (Distributor type membrane reactor: 以下、DMR) と呼ばれる特殊な反応器に注目しました。学術的にも DMR の報告例は少なく、CO₂ をメタンに変換するための応用、特にボイラーのような小規模システムでの応用は、これまで検討されていません。

■ 研究の概要

研究チームは、CO₂ を効率よくメタンに変換するための反応器の設計を効率化するため、数値シミュレーションと実験的研究の両面からこの問題に取り組みました。シミュレーションでは、様々な条件下でガスがどのように流れ、反応するかをモデル化しました。その結果、DMR により温度変化を最小限に抑え、副反応を抑制することで、効率的にメタンが得られることが分かりました。

具体的には、従来の充填型反応器と比較して、DMR では、温度上昇を約 300 度抑えることができることを見出しました。

反応器の効率に影響を与える他の要因についても調査することで、混合物中の CO₂ 濃度が重要であることを発見しました。ボイラーなど空気中の燃焼で得られる CO₂ 濃度は 15% 程度であり、この濃度でもメタンを効率的に生成させることが分かりました。純粋な CO₂ のみを使用した通常のリアクターと比較して、約 1.5 倍のメタンを生成する可能性があります。

また、チューブ状の反応器の長さがメタン生成に与える影響についても調査しました。反応器の長さの増大と共に水素の反応率が向上しました。しかし、水素の反応率の向上により反応器内の過熱の可能性が上がるので、操作条件を慎重に選ぶ必要があります。

■ 今後の展望

本研究は、温室効果ガスの主要な排出源に対する取り組みという意味で有効な解決策となります。DMR を利用することで、低濃度の CO₂ 排出を利用可能なメタン燃料に変換することができます。この方式の利点はメタン化だけにとどまらず、他の反応にも応用できることにあり、家庭や小規模な工場においても、CO₂ を効率的に利用できる汎用性の高いツールです。今後、本研究によって、温室効果ガスの排出削減を目指していきます。

■ 語句解説

※1 ボイラー

ボイラーは、密閉した容器の中に水などを導入し、火気などで加熱することで、蒸気や温水を作るものです。大きさも様々なものがありますが、ここでは、伝熱面積が 10m^2 以下の小型ボイラーの対策を想定しています。

※2 供給型膜反応器 (Distributor type membrane reactor)

特定の成分を選択的に透過する薄膜上の分離膜の片側に一つのガスを供給し、反対側に別のガスを供給して使用します。分離膜を透過したガスが膜の反対側に供給されたガスと反応することで目的物質を得ます。分離膜により、透過するガスの速度を制御できるので、反応温度などを均質にしやすい特徴があります。

■ 研究助成

本研究の一部は、本研究は JSPS 科研費 23K04479 の助成を受けたものです。

■ 論文情報

著者 :

芝浦工業大学理工学研究科国際理工学専攻

佐藤 友哉

芝浦工業大学工学部 教授

野村 幹弘

Department of Fundamental Research in Energy Engineering, Faculty of Energy and Fuels, AGH University of Krakow, Professor, Grzegorz Brus

Department of Fundamental Research in Energy Engineering, Faculty of Energy and Fuels, AGH University of Krakow, Dr. Marcin Moździerz

Academic Centre for Materials and Nanotechnology, AGH University of Krakow, Dr. Katarzyna Berent

論文名 : Unveil carbon dioxide recycling potential throughout distributor-type membrane reactor

掲載誌 : Journal of CO₂ Utilization

DOI : 10.1016/j.jcou.2024.102763

芝浦工業大学とは

工学部／システム理工学部／デザイン工学部／建築学部／大学院理工学研究科

<https://www.shibaura-it.ac.jp/>

理工系大学として日本屈指の学生海外派遣数を誇るグローバル教育と、多くの学生が参画する産学連携の研究活動が特長の大学です。東京都（豊洲）と埼玉県（大宮）に2つのキャンパス、4学部1研究科を有し、約9,500人の学生と約300人の専任教員が所属。2024年には工学部が学科制から課程制に移行。2025年にデザイン工学部、2026年にはシステム理工学部で教育体制を再編し、新しい理工学教育のあり方を追求していきます。創立100周年を迎える2027年にはアジア工科系大学トップ10を目指し、教育・研究・社会貢献に取り組んでいます。

取材に関する問い合わせ先

学校法人 芝浦工業大学 入試・広報連携推進部企画広報課 植本

TEL 03-5859-7070 FAX 03-5859-7071 E-mail koho@ow.shibaura-it.ac.jp

以上