

補助事業番号 2024M-395

補助事業名 2024年度 低品位熱有効利用のための高性能構造体触媒反応プロセスの
開発 補助事業

補助事業者名 東京農工大学 工学部 化学物理工学科 桜井研究室

1 研究の概要

工場等における未利用の低品位排熱を有効利用するために、化学反応によるヒートポンプ(ケミカルヒートポンプ)の導入を想定し、その構成反応である低温側の吸熱反応の高性能化を目指した研究である。構成反応は固体触媒反応プロセスであるので、当研究室で研究開発を続けてきている、金属アルミニウムを母材とした構造体触媒や、化学エネルギーに電気エネルギー(通電加熱, 電流印加)を併用したプロセスに用いる通電加熱触媒等を導入し、反応性能を向上させることによる熱利用効率の向上を図るとともに、同時に、プロセスをコンパクト化し、高効率操作条件の構築を行う。

2 研究の目的と背景

カーボンニュートラル社会を実現するためには、熱エネルギーの有効利用法の開発が重要である。特に、産業分野では100℃前後の比較的低温の排熱量が多く、このような低品位の熱を再利用できる様に高品位化することは非常に有効である。ケミカルヒートポンプは低温で吸熱反応を、高温で発熱反応を行うことで、化学エネルギーの力を借りて、熱エネルギーを高品位化することができ、また、プロセスの規模も大きくできるので、工場廃熱等大量の低品位の熱を高品位化することができる。ケミカルヒートポンププロセスの構成反応には固体触媒を用いたプロセスが多く、性能向上のためには固体触媒の開発が有望である。そこで、吸熱反応と発熱反応を組み合わせたケミカルヒートポンププロセスの吸熱反応側に、反応場と伝熱場を一体化することができる構造体触媒を導入し、伝熱性能や反応性能を向上させることを目指す。また、化学エネルギーを用いる固体触媒反応プロセスに電気エネルギーを併用して、高性能化を目指す。ここでは、触媒の通電加熱により反応場に直接エネルギーを供給することでエネルギー利用効率の向上を目指すとともに、電流印加により低温での反応速度を向上させ、反応器をコンパクト化して性能向上させることも併せて目指していく。

3 研究内容

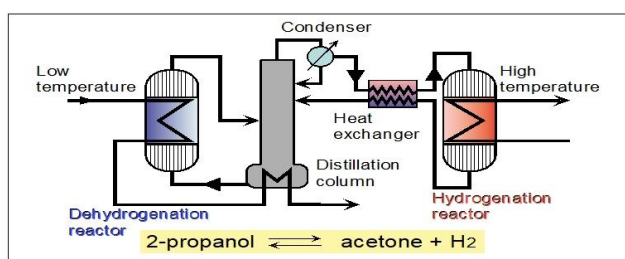
(1) 吸熱反応の高性能化

<https://web.tuat.ac.jp/~kameyama/pages/research/3Dprinter.html>

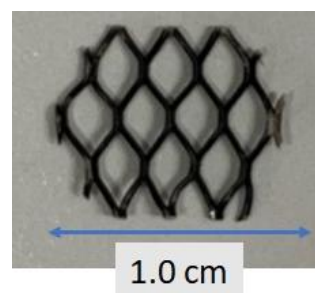
イソプロパノール、アセトン、水素系ケミカルヒートポンププロセスの吸熱反応(イソプロパノールの脱水素反応)の高性能化のために、金属アルミニウムを母材とするメッシュ形状の構造体触媒、プレート状、ワイヤ状の通電加熱触媒等を応用した。表面のアルミニウム陽極酸化等表面処理を実施し、多孔質高表面積のアルミナ被膜を持つ触媒を調製した。構造体触媒では、一般に構造体

触媒により反応流体の移動を促進して性能向上を目指すことが多いが、本研究では、反応流体と構造体触媒との接触の状態に注目し、構造体触媒の反応器内での積層方法を変化させることにより、反応流体と構造体触媒の接触のしかたを工夫し、反応性の向上を目指した。メッシュ状構造の孔の位置をずらして積層することや、積層間隔を長くすることで、単位触媒量あたりの反応性が大幅に向上することを見出した。また、吸熱反応を原料の沸点で行い、原料を液相で供給して、生成物を気相で抜き出すことにより、液相反応の反応平衡を生成物側にシフトできる可能性を見出した。通電加熱触媒の応用により、さらに反応平衡を生成物側にシフトさせることができる可能性がある。これらのことから、吸熱反応の高性能化の可能性を示した。

2-プロパノール(IPA)/ 水素 / アセトン系ケミカルヒートポンプ

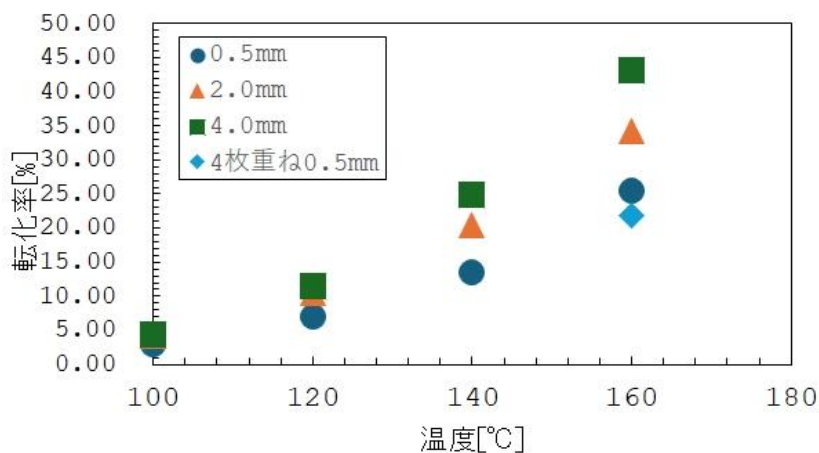


吸熱反応 $\text{IPA} \rightarrow \text{acetone} + \text{水素}$ $80\sim 90^\circ\text{C}$
 発熱反応 $\text{acetone} + \text{水素} \rightarrow \text{IPA}$ 200°C



ケミカルヒートポンプの構成

構造体触媒



構造体触媒の充填法の反応性への影響

4 本研究が実社会にどう活かされるか—展望

ケミカルヒートポンプが社会実装されると、工場などの大量の低品位な廃熱を無駄にすることなく、高品位化して、再度様々な熱要求箇所に対して有効に利用できる可能性がある。したがって、産業分野からの廃熱量を大幅に削減して、脱炭素に大きく貢献できる可能性がある。このケミカルヒートポンププロセスの構成反応は脱水素反応と水素化反応の繰り返しであるため、ヒートポンプの側面以外に、水素キャリアとしての可能性も持っていると考えられ、水素社会構築にも寄与できる可能性がある。また、構造体触媒について得られた知見は、ケミカルヒートポンププロセスのみではなく、同じ吸熱反応である炭化水素の水蒸気改質などの水素製造プロセスに応用することができるので、エネルギー変換分野、水素エネルギー製造分野にも貢献することができる。その他にも、固体触媒を用いることが多い、揮発性有機化合物(VOC)の酸化処理などのプロセスにも応用できる可能性がある。

5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

実施者はこれまで、構造体触媒や通電加熱触媒に関連した研究や、主にそれらを用いることによるエネルギー変換プロセスに関連した研究等に取り組んできている。今回の研究において新たに得られた知見等は、今後、様々な関連分野に発展させることができる位置づけにある。また、これまでの研究で得られてきている様々な知見と併せて、固体触媒プロセスの設計法の提案や、固体触媒分野での新しい学理の提案にもつなげられる、と考えられる。

6 本研究にかかわる知財・発表論文等

該当なし

7 補助事業に係る成果物

(1)補助事業により作成したもの

該当なし

(2)(1)以外で当事業において作成したもの

該当なし

8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名： 東京農工大学工学部（トウキョウノウコウダイガクコウガクブ）

住 所： 〒184-8588

東京都小金井市中町2-24-16

担 当 者： 准教授 桜井 誠（サクライ マコト）

担 当 部 署： 化学物理工学科（カガクブツリコウガクカ）

E - m a i l : sakuraim@cc.tuat.ac.jp

U R L : <https://web.tuat.ac.jp/~kameyama/index.html>