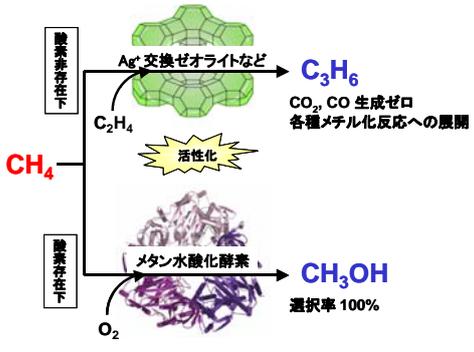


ディビジョン番号	18
ディビジョン名	環境・安全化学・グリーンケミストリー・サステイナブルテクノロジー

大項目	2. グリーンケミストリー
中項目	2-1. 新規反応
小項目	2-1-10. メタンの活性化

概要

不活性なメタンの活性化は、次世代の技術として重要である。そのため酸素を用いないメタンの新規な活性化に取り組んでいる。例えば、 Ag^+ で交換したゼオライトを用いると、エチレン共存下でメタンの転化反応が進行し、プロピレンなどが生成する。一方、酵素による酸素存在下でのメタン→メタノール直接転化反応に取り組んでいる。特に、100%の選択性でメタノールが生成するメタン水酸化酵素の反応機構の解明や、これをモデルにした触媒開発を試みている。



メタン活性化によるプロピレン、メタノールの合成

現状と最前線

メタンの活性化は、天然ガスを有用な化学物質に変換する上で最も重要な反応である。メタン活性化の問題点は、メタンが反応性に乏しい炭化水素であり、選択的に目的物質に転化することが難しい点にある。この問題点を乗り越えるために、これまでとは異なるメタン活性化法の開発が必須である。

開発しつつあるメタンの活性化法は酸素非存在下で行うため、酸化雰囲気でのメタンの直接部分酸化反応あるいはカップリング反応とは異なり、酸化反応が進行しない。そのため CO_2 や CO といった環境負荷物質の生成がなく、環境負荷の低いメタン転化プロセスである。これまでに開発した手法では、 Ag^+ 交換ゼオライトなどの触媒を用いることで、メタンとエチレンからプロピレンを合成することができる(図1)。この反応におけるプロピレン選択性は、ゼオライトの細孔構造や金属イオンの性質の影響を強く受ける。したがって、反応に最適な細孔および細孔内の活性点、即ち金属イオン種の設計が大きな課題である。また工業利用に至るには触媒寿命も課題となる。

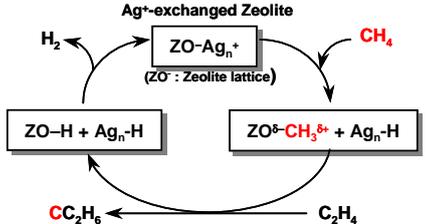


図1 Ag^+ 交換ゼオライトによるメタンとエチレンからのプロピレン生成

一方、上記の手法とは異なりメタンの転化反応の中で最も困難であるメタン→メタノール直接転化反応への酵素の利用にも注目している。微生物が有する膜結合型メタン水酸化酵素は、常温常圧条件下、選択率 100%でメタンをメタノールに転化する(図2)。この酵素を工業利用できれば省エネルギー且つクリーンなプロセスが構築できる。現在、酵素の構造解析と反応機構の解明が進められている。これらが明らかとなることで、更なる酵素機能の向上や、酵素機能をモデルにした触媒開発が可能となり、高選択性のメタン→メタノール転化反応プロセスの工業化も現実を帯びてくる。

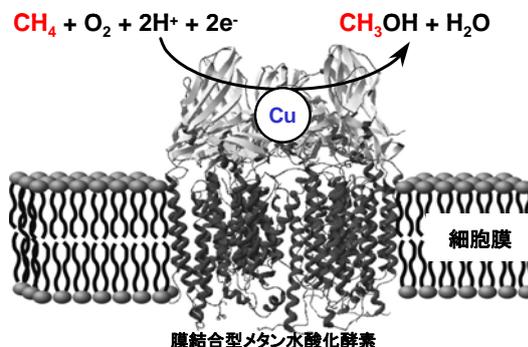


図2 膜結合型メタン水酸化酵素によるメタン→メタノール転化

将来予測と方向性

・ 5年後までに解決・実現が望まれる課題

メタンとエチレンとの反応によるプロピレン合成

- ・ プロピレン選択性と生成速度に及ぼすゼオライト細孔構造と金属イオンの影響
- ・ プロピレン生成に有効且つ安定なゼオライトおよび類縁物質の合成

酵素によるメタン→メタノール転化反応

- ・ 酵素反応機構解明に必要とされるメタン水酸化酵素の大量発現系の構築
- ・ 酵素立体構造の解明

・ 10年後までに解決・実現が望まれる課題

メタンによるメチル化反応

- ・ メタンの活性化法の確立と実用化のための触媒設計
- ・ メタンとエチレンとの反応によるプロピレンの合成
- ・ メタンとトルエンとの反応による *p*-キシレンの合成

酵素によるメタン→メタノール転化反応

- ・ メタン水酸化酵素による高選択性メタン→メタノール転化反応機構の解明
- ・ メタン水酸化酵素の高機能化、あるいはこれを模倣した模倣した金属錯体触媒や固体触媒の開発

キーワード

メタン転化反応・プロピレン合成・メタノール合成・Ag⁺交換ゼオライト・メタン水酸化酵素

(執筆者：馬場 俊秀)