

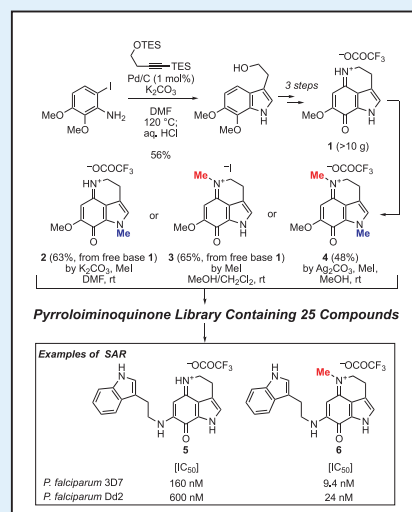
▶ 有機化学ディビジョン

ピロロイミノキノンの発散的誘導体化に 立脚した抗マラリア活性化化合物の探索 Divergent Synthesis of Antimalarial Pyrroloiminoquinones

トリプタミン由来の三環性酸化型骨格であるピロロイミノキノン (PIQ) を有する天然物は顕著な抗腫瘍活性を示す一方、抗マラリア活性の報告は少ない¹⁾。Vanderwal らは合成終盤 (late-stage) における PIQ **1** の位置選択的 *N*-メチル化を鍵とする天然物と誘導体の発散的合成法を開発し、抗マラリア活性の構造活性相関を報告した²⁾。

筆者らは、はじめに Larock インドール合成法による PIQ **1** の大量合成法 (>10 g) を開発し、**1** のピロールおよびイミン部の *N*-メチル化により PIQ **2-4** へ誘導した。本合成はインドールなどの還元型誘導体を *N*-メチル化した後に PIQ へ酸

化する従来法に比べ効率性に優れ、多様な *N*-メチル誘導体の迅速合成を可能にした。その後、PIQ **2-4** は天然物 12 種、類縁体 13 種を含む 25 種のライブラリー (いずれも最長直線経路 8 工程以内) へ誘導された。そして本ライブラリーを用いたクロロキン感受性熱帯性マラリア原虫 3D7 株と耐性 Dd2 株に対する抗マラリア活性評価とヒト由来細胞株に対する殺細胞活性評価が行われた結果、トリプタミン側鎖を持つ誘導体 **6** など、イミン部のみがメチル化された誘導体で抗マラリア活性と選択性が向上し、PIQ の *N*-メチル化様式の重要性が示された。今後、本合成を基盤とした抗マラリアリードの創出が期待される。



- 1) J.-C. J. Kalinski et al., *Molecules*. **2022**, *27*, 8724.
- 2) C. D. Vanderwal et al., *J. Am. Chem. Soc.* **2024**, *146*, 29883.

坂田樹理 東北大学大学院薬学研究科

© 2025 The Chemical Society of Japan

▶ 資源・エネルギー・地球化学・核化学・放射化学ディビジョン

結晶欠陥ができて活性が低下しない 光触媒材料の設計指針 Strategy for the Design of Defect-Tolerant Photocatalysts

太陽光を用いて水から水素を製造できる光触媒が注目されている。光触媒には、従来 TiO₂ や SrTiO₃ などの金属酸化物が用いられてきた。しかし、これに窒素や塩素、硫黄などのアニオンを導入すると紫外光だけではなく、可視光にも応答することが実証されてから、様々なアニオンを導入した可視光型光触媒が開発されてきた¹⁾。しかし、これらのアニオンは揮発性が高いため、合成過程や反応中にアニオン空孔が形成されやすい。そして、この空孔は深い電子トラップ準位を形成し、光励起電子を強く束縛してその反応性を低下させる。そのため、これらの材料は水分解に適したバンド構造を持つにもかかわらず、水素生成活性が低い傾向にあることが問題であった。

このような背景の下、筆者らは新しい可視光型光触媒として注目されている Bi₄NbO₈Cl は、時間分解分光計測の結果、塩素や酸素が抜けても深い電子トラップ準位が形成されないことを発見した²⁾。Bi₄NbO₈Cl は、図 1 のように [Bi₂O₂] シートが塩素を挟んで積層した構造を持ち、伝導帯は層間で混成した Bi-6p 軌道の結合性軌道によって構成されている。アニオンは伝導帯の形成に寄与せず、仮に Bi-Bi 結合が切断されても Bi-6p 軌道は伝導帯底よりも高い位置にあるため、ギャップ内に深い欠陥準位が形成されにくい。その結果、光励起電子の高い反応性が維持され、高い水素生成活性を示すことを明らかにした。

つまり、2 次元材料のスタック構造を制御すれば層間の軌道重なりを利用した結合性伝導帯の設計が可能となり、欠陥によるトラップ準位の形成を抑える「欠陥耐性」の実現が可能となる。本研究が

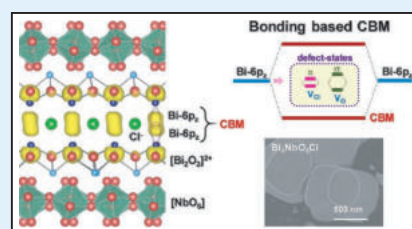


図 1 Bi₄NbO₈Cl の構造とアニオン空孔が形成されても深い電子トラップ準位が形成されない結合性軌道による伝導帯の設計概念

提案する「層間軌道重なりを活用した伝導帯設計」は、従来の結晶構造制御では困難だった欠陥制御に新たな道を示すものであり、太陽電池や光検出器など、ほかの光エネルギー変換デバイスの高効率化にも大きく貢献することが期待される。

- 1) T. Hisatomi et al., *Front. Sci.* **2024**, *2*, 1411644.
- 2) A. Yamakata et al., *Angew. Chem., Int. Ed.* **2025**, *64*, e20241962.

山方 啓 岡山大学異分野基礎科学研究所

© 2025 The Chemical Society of Japan

二酸化炭素排出削減に向けた 化学産業の電化

～マイクロ波加熱技術の産業利用～
Electrification of Chemical Industry for
Reducing Carbon Dioxide Emission
～Industrial Utilization of Microwave
Heating Technology～

排出炭酸ガスの削減は産業部門にとっても喫緊の課題である。日本の化学産業は、産業部門全体の排出炭酸ガス量の約20%を排出していることから、排出炭酸ガスを削減する化学プロセス技術が望まれている。電気加熱技術を化学反応の加熱に適用する「電化法」は、排出炭酸ガスを大幅に削減するポテンシャルを有しており、脱炭素型の化学技術として最近注目を集めている。本稿では、特にユニークな特徴を持つマイクロ波加熱¹⁾による化学プラント向けの反応技術について紹介する。

化学プラントに適用可能な電気加熱法としては、誘導加熱法、抵抗加熱法、マイクロ波加熱法の3種類がある^{2,3)}。誘導

加熱法と抵抗加熱法は、反応器の外壁を電気により加熱する間接的加熱法であるのに対し、マイクロ波加熱法は電気エネルギーをマイクロ波に変換し、反応場に直接照射することで反応物や触媒を加熱する直接的な加熱法である。マイクロ波エネルギーを反応場に直接与えるため、加熱速度が速いこと、投入エネルギー量が少なく済むこと、選択的に加熱することが可能であり、誘導加熱や抵抗加熱にはないユニークな特徴を有している(図1)。

化学産業においては、エチレンやプロピレン等の基礎化学品を製造するナフサクラッカーがエネルギー多消費型の化学プロセスとして知られており、クラッカーからの排出炭酸ガスの削減が強く望まれている。最近、国内でもマイクロ波加熱法による電化型ナフサ分解技術の研究開発プロジェクトが始まっている⁴⁾。スケールアップや、安価な再生可能エネルギー由来電力の普及など解決すべき課

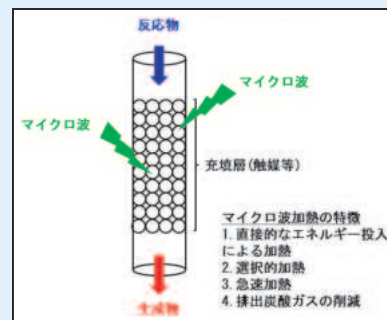


図1 マイクロ波加熱による化学反応

題もあるが、技術の早期確立・社会実装が期待される。

- 1) 岸本史直, 矢部 彰, 和田雄二, 桑原なぎさ, 榎村京一郎, 岸川豊昭, ペトロテック 2024, 47, 438.
- 2) マイクロ波化学株式会社, <https://mwcc.jp> (2025年5月現在).
- 3) 山本ビニター株式会社, <https://www.vinita.co.jp> (2025年5月現在).
- 4) https://www.nedo.go.jp/koubo/DA3_100313.html (2025年5月現在).

程島真哉 千代田化工建設(株)研究開発センター

© 2025 The Chemical Society of Japan

公益社団法人日本化学会 ご支援のお願い

(公社)日本化学会では化学の振興、普及を目的とした活動に対し、皆さまにご寄付をお願いしております。

化学振興活動

各種イベント(春季年会, CSI 化学フェスタ, 市民公開講座等), 化学グランプリ国際化学オリンピックへの代表生徒派遣, 化学会館の修繕・補修, 支部・部会活動等, 本会事業全体に活用させていただきます。

化学だいすき クラブ事業

小・中学生対象事業を専門にした支援です。子どもたちへ冊子の無料配布や実験教室を開催するために活用させていただきます。

化学遺産事業

化学・化学技術に関する歴史的に貴重な史料を守り, また化学関係の諸先達の偉業を伝えるなど化学の業績を後世に伝えていくための活動に活用させていただきます。



国際化学オリンピック表彰式



化学実験教室



(左) 紫根と紫根染めとシコニン標本 / (右) ウコとその色素スピノクロムの標本 (認定化学遺産 第019号)

本会への寄付金は税制上の優遇措置(寄付金控除)が受けられます。
詳しくは日本化学会ウェブページをご覧ください。

寄付の詳細は **日本化学会** で検索下さい。



公益社団法人
日本化学会