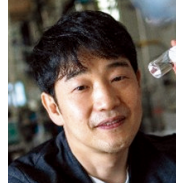




貴金属依存からの脱却 ～ユビキタス金属触媒による物質変換～

基礎工学研究科 物質創成専攻

准教授 満留 敬人



Researchmap <https://researchmap.jp/read0107411>

研究の概要

希少金属の枯渇性や供給不安定性が深刻化するなか、豊富な元素を基軸とする技術体系の構築は、資源自立と持続性のある社会の実現に向けた最重要課題である。この要請を満たす候補元素のなかで地殻に極めて豊富な鉄は最も有望であり、環境適合性にも優れる。一方で、触媒科学において鉄は、著しい「低活性」と「酸化失活」が長年のボトルネックとなり、液相反応における学術的・技術的展開を妨げてきた。本研究では、鉄リン化物ナノ結晶 ($\text{Fe}_2\text{P NC}$) を開発し、鉄触媒の低活性と酸化失活という根本的課題を同時に克服することに成功した。 $\text{Fe}_2\text{P NC}$ は液相水素化反応において従来の鉄触媒を凌駕する高い性能を発揮し、優れた耐久性も実現した。本研究は、鉄触媒における活性と安定性の両立を達成し、資源自立に向けた新たな触媒設計指針を提案するものであり、持続可能な化学プロセスの基盤構築に大きく貢献する。

く上回る性能を示し、温和な条件下で高い選択性と耐久性を示した。さらに、 $\text{Fe}_2\text{P NC}$ の大気安定性により、多様な金属酸化物との複合化が可能となり、その結果、触媒性能がさらに向上した。特に、 TiO_2 や ZrO_2 との複合化により、大幅な活性向上を達成し、再使用実験でも高い活性を維持することが確認された。また、従来の触媒設計では不可欠だった酸素遮断環境や高温での事前処理が不要となり、触媒プロセスの簡略化と効率化が達成された。さらに、この大気安定性と高活性を両立する設計概念は鉄炭化物系にも適用可能である。液相熱分解法により得られる準安定炭化鉄 $\epsilon\text{-Fe}_2\text{C}$ ナノ粒子は、アルデヒドの還元的アミノ化において高い活性と選択性を示し、鉄系触媒が抱えてきた低活性という制約を超える性能を発揮した。

これらの成果は、非貴金属触媒における新たな設計指針を提案するとともに、鉄触媒の応用範囲を大幅に拡張するものである。本研究により、鉄触媒が持つ潜在的可能性を引き出し、持続可能な化学プロセスを支える基盤を提供した。

研究の背景と結果

鉄は地球上で豊富に存在する金属であり、低コストかつ低毒性の資源として注目される一方、触媒活性の低さと酸化失活による低耐久性が長らく課題となってきた。本研究では、この問題を解決するために、鉄リン化物ナノ粒子 ($\text{Fe}_2\text{P NC}$) を液相熱分解法で合成し、酸化耐性と触媒活性の両立を実現した。 $\text{Fe}_2\text{P NC}$ はニトリルの水素化反応やアルデヒド/ケトンの還元的アミノ化反応において、従来の鉄触媒を大

研究の意義と将来展望

本研究は、ユビキタス元素である鉄を基盤に、貴金属依存型技術からの脱却を目指したものである。開発した触媒は、エネルギー効率やコストの改善に加え、環境負荷の低減にも寄与する次世代型触媒としての可能性を示す。今後は、医薬品中間体の合成や環境調和型プロセスへの応用を進め、その実用化をさらに推進する予定である。

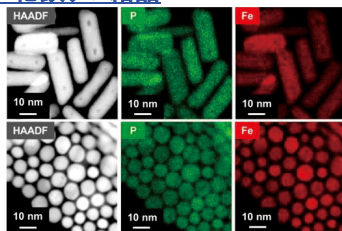
次世代型鉄触媒の開発

背景: 持続可能なものづくりにおいて、資源的優位性、経済性に優れた鉄を基盤とする触媒技術は、その活性と耐久性の課題に応用が著しく限られていた。

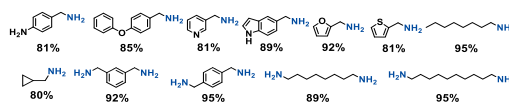
高活性・高耐久性を示す世界初の鉄系固体触媒の開発に成功

Nature Commun. 2023, 14, 5959; *JACS* 2025, 147, 14326; *Small* 2025, 21, 2412217.

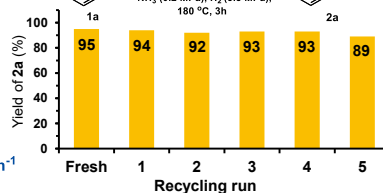
リン化鉄ナノ結晶



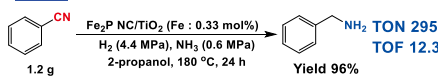
汎用性



耐久性



活性



✓世界最高活性(既報の26倍)

国際特許出願WO2023-200015

高活性・高耐久性の鉄触媒の開発のための新しい触媒設計指針を提示

特許

論文

Tsuda, Tomohiro; Mitsudome, Takato et al. Iron phosphide nanocrystals as an air-stable heterogeneous catalyst for liquid-phase nitrile hydrogenation. *Nature Communications*. 2023, 14, 5959. doi: 10.1038/s41467-023-41627-6
 Tsuda, Tomohiro; Mitsudome, Takato et al. Highly active and air-stable iron phosphide catalyst for reductive amination of carbonyl compounds enabled by metal-support synergy. *Journal of the American Chemical Society*. 2025, 147, 14326. doi: 10.1021/jacs.4c18611
 Hirayama, Yuma; Mitsudome, Takato et al. One-step low-temperature synthesis of metastable ϵ -Iron carbide nanoparticles with unique catalytic properties beyond conventional iron catalysts. *Small*. 2025, 21, 2412217. doi: 10.1002/smll.202412217

参考URL

https://resou.osaka-u.ac.jp/ja/research/2023/20230928_1

キーワード

触媒、グリーンケミストリー、資源自立、ナノ粒子、非貴金属