



研究課題名 ナノ元素置換科学：ナノ結晶相の構造変換と新奇機能開拓

京都大学・化学研究所・教授

寺西 としはる
利治

研究課題番号：19H05634 研究者番号：50262598

キーワード：ナノ粒子関連化学、コロイド、物質変換と触媒、エネルギー変換材料

【研究の背景・目的】

貴金属ナノ粒子は優れた機能材料であり、dバンドセンターがフェルミ準位より数 eV 低いという貴金属の本質的なバンド構造が高い触媒能や貴金属物性を決定しているため、貴金属の縛りから脱却することは大変困難なように思われる。

本研究では、理論・実験両面から貴金属の性能を凌駕する一連の新奇ナノ粒子群を創製する。すなわち、①低周期 d ブロック金属ナノ粒子への p ブロック元素の導入や低酸化還元電位金属との元素置換（ガルバニック置換）による合金化により電子構造を大きく変調し、貴金属ナノ粒子がもつ物性・触媒特性を圧倒的に凌駕する新金属相ナノ粒子群を創製する。さらに、②低周期 d ブロック金属からなるヘビードープ半導体ナノ粒子の元素置換（イオン交換）により、結晶構造・電子構造を部分的に変調し、貴金属ナノ粒子では困難な全近赤外光エネルギー変換ヘテロ構造ナノ粒子群を創製する。これらの研究を通じて、「基底電子構造変調」という新しい概念に根ざした『ナノ元素置換科学』という新しい物質科学を開拓する。

【研究の方法】

本研究では、低周期 d ブロック金属ナノ粒子への p ブロック元素の導入や低酸化還元電位金属との元素置換により電子構造を大きく変調した新奇金属相ナノ粒子群、および、イオン結晶ヘビードープ半導体ナノ粒子の元素置換による新奇ヘテロ構造ナノ粒子群を創製し（図1）、貴金属ナノ粒子のもつ機能を圧倒的に凌駕する機能や全く新しい機能を開拓する。

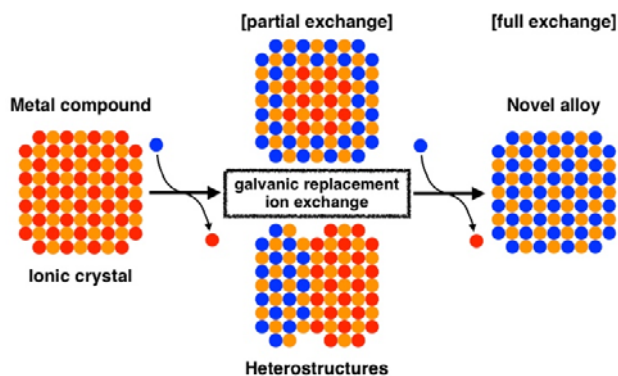


図1 元素置換による新奇合金ナノ粒子群およびヘテロ構造イオン結晶ナノ粒子群の合成

○ 金属化合物ナノ粒子群および未踏合金ナノ粒子群の合成と新奇機能の開拓

低周期 d ブロック金属と 13~15 族 p ブロック元素からなる一連の金属化合物ナノ粒子の合成手法を確立し、卑金属イオンとの擬ガルバニック置換反応により、未踏合金ナノ粒子群を創製する。さらに、電子構造変調に基づく基礎物性の開拓、希少貴金属を凌駕する高性能触媒への展開を図る。

○ イオン結晶ヘテロ構造ナノ粒子群の合成と近赤外プラズモニクスの開拓

近赤外領域に局在表面プラズモン共鳴を示すヘビードープ半導体ナノ粒子の部分イオン交換により新奇ヘテロ構造ナノ粒子を合成し、全近赤外プラズモン励起による高効率長寿命電荷分離を実現することにより、近赤外光エネルギー変換ナノ粒子群の創製を目指す。

【期待される成果と意義】

簡易な元素置換反応により、無機結晶相の結晶構造や電子構造を自在に変調することができれば、希少貴金属の完全代替が可能となる。例えば、固体高分子形燃料電池のカソードなどに用いられている Pt ナノ粒子を触媒能が匹敵する NiP_x ナノ粒子に代替できれば、触媒価格を単純に 3000 分の 1 以下に減らすことができる。また、近赤外光吸収体であるロッド状 Au ナノ粒子をヘビードープ半導体ナノ粒子に代替できれば、価格ばかりでなく全近赤外光をくまなく利用することが可能となり、エネルギー問題への計り知れない貢献が期待できる。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- Z. Lian, T. Teranishi et al., "Plasmonic p-n Junction for Infrared Light to Chemical Energy Conversion", *J. Am. Chem. Soc.*, **141**, 2446–2450 (2019).
- H.-L. Wu, T. Teranishi et al., "Formation of Pseudomorphic Nanocages from Cu₂O Nanocrystals through Anion Exchange Reactions", *Science*, **351**, 1306–1310 (2016).

【研究期間と研究経費】

令和元年度～令和5年度
155,100 千円

【ホームページ等】

<https://www.scl.kyoto-u.ac.jp/~teranisi/teranisi@scl.kyoto-u.ac.jp>