

# 環境との共生・エネルギーの創製を担うナノ機能素材開発

Development of functional nano-ecomaterials for energy and environment in the environmentally benign systems



教授 高橋 英志  
Professor  
Hideyuki Takahashi

ナノ材料は省資源で最高性能を発現する材料として期待されているが、真の意味で次世代環境対応型材料とするためには、目的とする機能を最大限に発現できる組成・結晶系・形態に制御する必要がある。この様な観点から、本研究室では、原材料中での材料の状態を計算及びX線構造解析等の機器分析を通じて厳密に制御し、その反応機構を電気化学的手法や質量分析等を利用して解明する事で、高効率且つ均質な状態のナノ材料を開発する手法を開発している。また、高性能を発現するための状態制御法の開発を行っている。研究は(A)自然エネルギー変換材料(化合物太陽電池用ナノ材料、熱電変換合金ナノ粒子、光触媒、など)、(B)機能性ナノ-エコ材料(均質合金ナノ粒子、高機能性電子用金属ナノ材料(Cuナノ粒子、Cuナノワイヤなど)、固体高分子燃料電池用機能性ナノ触媒材料、など)、(C)難溶性レアメタル等の抽出を可能とするための錯体制御技術、等に分類できる。

Hideyuki Takahashi Laboratory's research has focused on developing and using well-defined nanomaterials in our daily lives. In particular, we have developed methods for synthesizing and utilizing useful nanomaterials with specific morphology. Our research objectives can be classified into (a) natural energy conversion materials, such as alloy nanoparticles for compound solar cells, thermoelectric alloy nanoparticles, and photocatalysts with specific morphology; (b) functional nano-eco materials, such as uniform and well-crystallized alloy nanomaterials, well-defined electric integration nanomaterials (Cu nanoparticle, Cu nanowire, etc.), and precise control of nanocatalysts for fuel cells; and (c) development of novel methods for extracting rare metals with precise control under complex conditions.

## 研究概要

遷移金属等の貴金属ではない金属のナノ材料を実用化することを念頭に、様々な金属/合金ナノ粒子を、環境負荷が少ない手法で合成する研究開発を行っている。特に、材料の特性の均質化や、高特性を発現する相の選択的合成、長寿命化、を達成するためには、均質で結晶性が高い金属/合金ナノ粒子であることが必要である。更に、工業的応用を念頭におくと耐酸化性が高くかつ表面被覆材の使用は限界まで低減する必要である。この様な全ての条件をすべて満たした金属/合金ナノ粒子を、ピーカー等の簡単な装置のみを用い、常温~70°C程度の水溶液中で、合成するという“現代の錬金術”と言える手法を開発している。

その為には、原料となる水溶液中において、金属の状態を均質化すること、合金を合成する様な場合には還元析出させるためのポテンシャルを単一化及び均質化することが必要である(合成する材料により、酸化および硫化をさせる場合もある)。そこで我々の研究室では計算手法を用いて水溶液中の金属錯体の種類等を制御し、その上で還元析出させる手法を開発した。

## Research

To achieve industrial applications of transition metal/alloy nanoparticles instead of precious metal nanoparticles, various procedures for synthesizing these materials have been developed under low environmental loading conditions. In particular, a method of synthesizing uniform and well-crystallized metal/alloy nanoparticles should be developed to utilize the uniform properties, selective and high-performance, suitable phase, and long lifetime. Moreover, materials synthesized for commercial applications should have specific properties, such as high oxidative resistivity and low addition of surfactants. We have developed a method of synthesizing metal/alloy nanoparticles with these properties using simple equipment and low energy conditions (RT ~70°C) in the aqueous phase.

To synthesize uniform and well-crystallized metal/alloy nanoparticles, the condition of metals in the aqueous phase should be restricted to the homogeneous phase, and the reduction potential of both metal complexes should be equal. Sometimes, oxide materials and sulfide materials are also synthesized. Therefore, we introduced our idea for a particle synthesis system based on the predicted concentration of metal complexes in an aqueous solution as a function of pH.

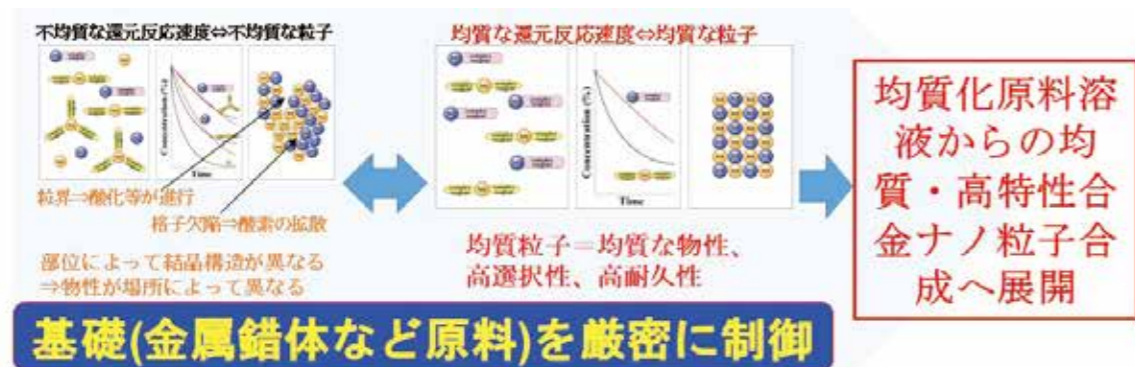


Fig. 1 Schematic drawing of researches in H. Takahashi Lab (concept).



准教授 横山 俊  
Associate Professor  
Shun Yokoyama



助教 横山 幸司  
Assistant Professor  
Koji Yokoyama

例えば、化合物太陽電池材料となるCu-In合金ナノ粒子やCu-In-Sナノ粒子、各種ペロブスカイトナノ粒子を水溶液中で合成し、塗布することで太陽電池を形成させる技術を開発した。また、導電性が高く耐酸化性が高いCuナノ粒子やCuナノワイヤ、透明導電性材料用の特異な形状制御を行ったCu粒子、ウイルスや重金属イオン等を高速で回収するためのFeナノ粒子、等の合成と実用化を試みている。更に、エネルギー材料として、熱電変換材料や燃料電池材料、特異な形状で高機能を発現するストラティファイド光触媒材料、を開発している (Fig. 1)。

## 学生諸君の国際及び国内会議発表、その他の活動

高橋(英)研究室所属では、学生諸君の研究開発能力や意識、コミュニケーション能力に対するグローバル化を促進することにも重点をおいており、学生諸君の国際会議での発表や博士課程学生の留学を精力的に行っている。

2025年度は、6月開催の資源・素材学会東北支部春季大会にて浅見椋斗さん(MC2)と近藤みのりさん(MC2)豊田美礼さん(MC2)、村山十環さん(MC1、資源・素材学会東北支部ポスター賞銀賞受賞)、が発表した。9月に開催された2025年度資源・素材関係学協会合同秋季大会に豊田美礼さん(MC2、資源・素材学会銀賞受賞)、Maryyam saddiquaさん(MC2)が参加し、9月に開催された第76回コロイドおよび界面化学討論会に浅見椋斗さん(MC2、コロイドおよび界面化学討論会ポスター賞)、近藤みのりさん(MC2)、村山十環さん(MC1)が参加した。10月に開催された第7回環境科学討論会に村山十環さん(MC1、優秀賞)、Maryyam saddiquaさん(MC2)が参加した。更に、11月に開催された資源素材学会東北支部秋季大会若手の会には村山十環さん(MC1)、田中光輔さん(B4、若手の会ポスター賞銀賞)が参加した。12月に米国ハワイで開催されたPacifichem 2025には、浅見椋斗さん(MC2)と近藤みのりさん(MC2、Student Research Competition Finalist)、吉田科学技術財団国際研究集会派遣研究者 採択)、豊田美礼さん(MC2)、Maryyam saddiquaさん(MC2)が参加した。

For the solar cell application, we developed methods of synthesizing Cu-In alloy nanoparticles, Cu-In-S nanoparticles, and various perovskite, and we applied these synthesized materials to the formation of printable solar cells. Moreover, we tried to synthesize Cu nanoparticles and/or Cu nanowire with high conductivity and oxidative resistivity, Cu materials with specific morphology, and Fe nanoparticles for quick recovery of the virus and/or heavy metal ion. Thermoelectric material, fuel-cell material, and stratified photo catalysts with specific morphology were also developed to apply these synthesized materials to environmentally friendly energy material.

## Student activity (conferences, prizes, etc.)

Students from our laboratory attend up to 17 international and domestic conferences in a typical year. To develop members' abilities, we recommend joining international conferences and studying abroad (DC course students).

In 2025, Mr. Mukuto Asami (MC2), Ms. Minori Kondo (MC2), Ms. Mirei Toyota (MC2), Ms. Towa Murayama (MC1, Best Poster Presentation Award [Silver Award]) joined MMIJ Tohoku branch meetings (June, Sendai). Ms. Mirei Toyota (MC2, Silver Award) and Ms. Maryyam Saddiqua (MC2) joined the 2025 MMIJ meetings (September, Sapporo). Mr. Mukuto Asami (MC2, Best Poster Award) and Ms. Minori Kondo (MC2), Ms. Towa Murayama (MC1) joined the 76th Colloid and Interface science conference (September, Chiba). Ms. Towa Murayama (MC1, Best Presentation Award), Ms. Maryyam Saddiqua (MC2) joined the 7th Meeting of Environmental Studies (October, Sendai). Ms. Towa Murayama (MC1) and Mr. Kousuke Tanaka (B4, Best Presentation Award) joined the MMIJ Tohoku Branch Young Scientist meetings (December, Akita). Mr. Mukuto Asami (MC2), Ms. Minori Kondo (MC2, Student Research Competition Finalist), Ms. Mirei Toyota (MC2), Ms. Maryyam Saddiqua (MC2) joined the 2025 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (Pacifichem 2025) (December, Honolulu, USA). We will join the Electrochemical Society Conference (ECS), Materials Society Meetings (MRS), MMIJ's spring and fall meetings, and Tohoku branch's spring MMIJ meeting as well as the Japan Society of Applied Physics (JSAP) and others. Moreover, we will participate in various social activities, such as events addressing natural energy and public lectures.

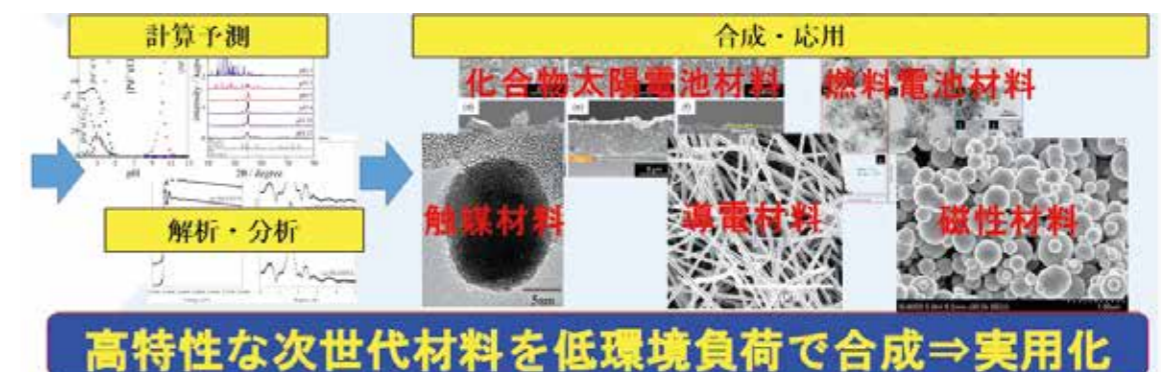


Fig. 2 Schematic drawing of researches in H. Takahashi Lab (target).