

# 異種金属添加光触媒 ヘマタイトメソ結晶のSTEM分析

STEM analysis of bimetallic doped meso-crystalline  
hematite photocatalyst for hydrogen/hydrogen peroxide production

## ユーザー氏名

立川貴士<sup>a</sup>, 戸澤友和<sup>b</sup>, 丸山秀夫<sup>c</sup> / Takashi Tachikawa<sup>a</sup>, Tomokazu Tozawa<sup>b</sup>, Hideo Maruyama<sup>c</sup>  
(<sup>a</sup>神戸大学分子フォトサイエンス研究センター、<sup>b</sup>株式会社カネカ、<sup>c</sup>株式会社カネカテクノリサーチ  
/ <sup>a</sup>Kobe University, <sup>b</sup>KANEKA, <sup>c</sup>KANEKA TECHNO RESEARCH CORPORATION)

## 実施機関担当者

武藤俊介 / Shunsuke Muto (名古屋大学 / Nagoya University)

## KEY WORDS

photocatalyst; hydrogen production; hematite; bimetal doping; ab initio theoretical calculation; synchrotron radiation; scanning transmission electron microscopy; X-ray photoemission spectroscopy; electron energy-loss spectroscopy; X-ray absorption spectroscopy; energy dispersive X-ray spectroscopy

## 概要 | Overview

水素を太陽光と水から作り出すことができる光触媒は夢の材料とされているが、水素製造コストが目標値に達しないという指摘がある。申請者らは、安全・安価・安定で、可視光を幅広く吸収できるヘマタイト(赤錆:Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)のメソ結晶に、異種金属イオンをドーピングし電極化することで、水素とともに、消毒・漂白・土壌改質等で用いられる有用化成分である過酸化水素を同時製造出来ることを見出した。さらに合成された試料の構造・機能・触媒メカニズムを第一原理計算、放射光及び電子顕微鏡によるマルチスケール解析によって検証した。

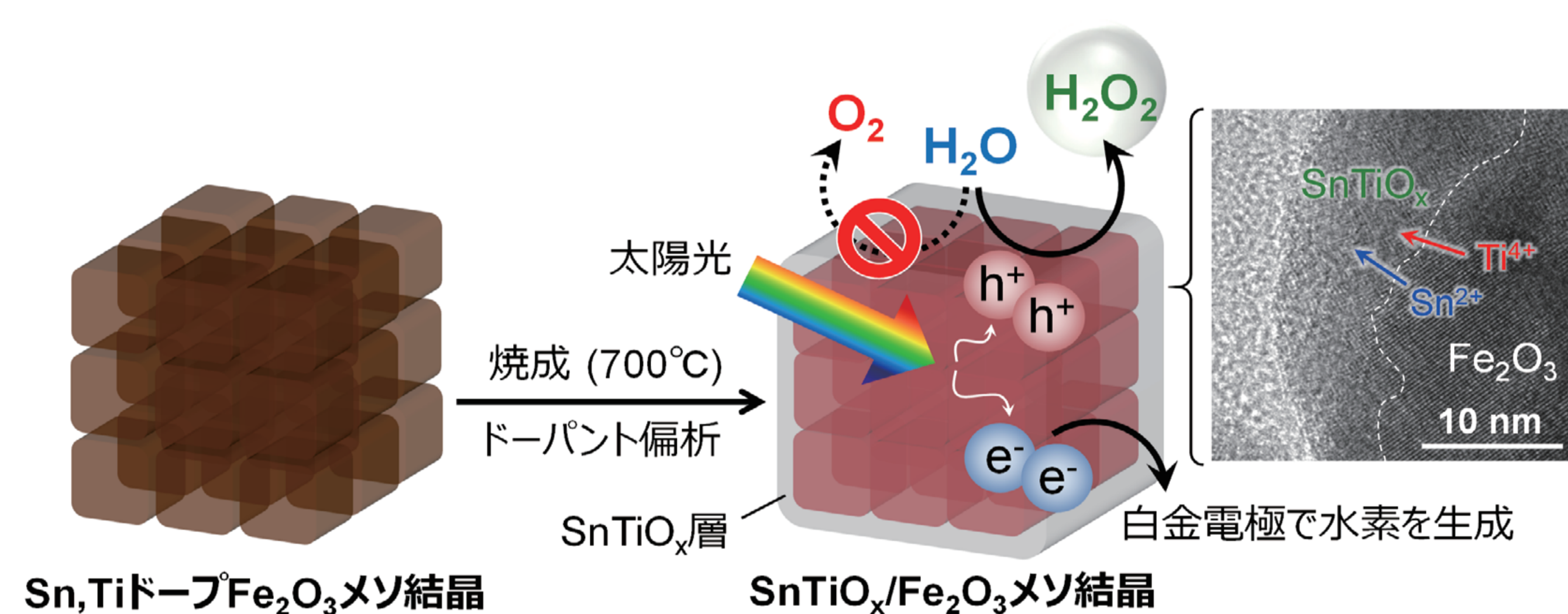
成果は令和4年3月にNature Communications (<https://doi.org/10.1038/s41467-022-28944-y>)で公開された。

Photocatalyst, a dream material, capable of producing hydrogen gas from water and solar light, has been argued that the hydrogen production would be never commensurate with the cost. The applicants have demonstrated that meso-crystalline hematite (red rust: Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), safe, low-cost, stable, abundant and visible-light absorbable, was able to produce not only hydrogen gas but also industrially useful hydrogen peroxide at the same time by doping bimetallic impurities as electrodes. They verified the structures and catalytic mechanisms of the synthesized sample, using multi-scale analyses.

The present results are published in Nature Communications (<https://doi.org/10.1038/s41467-022-28944-y>) in March, 2022.

## ヘマタイトメソ結晶光触媒の合成

Synthesis of present meso-crystalline hematite



## 図1. 水素・過酸化水素生成用メソ結晶光触媒

ヘマタイトメソ結晶(約20ナノメートルの微粒子の集合体)にドーピングしたSn<sup>2+</sup>とTi<sup>4+</sup>が焼成することで熱拡散し、複合酸化物(SnTiO<sub>x</sub>)として偏析する。最表面のSnは酸化されてSnO<sub>2</sub>となっている。

## 実施機関の研究開発遂行上の役割

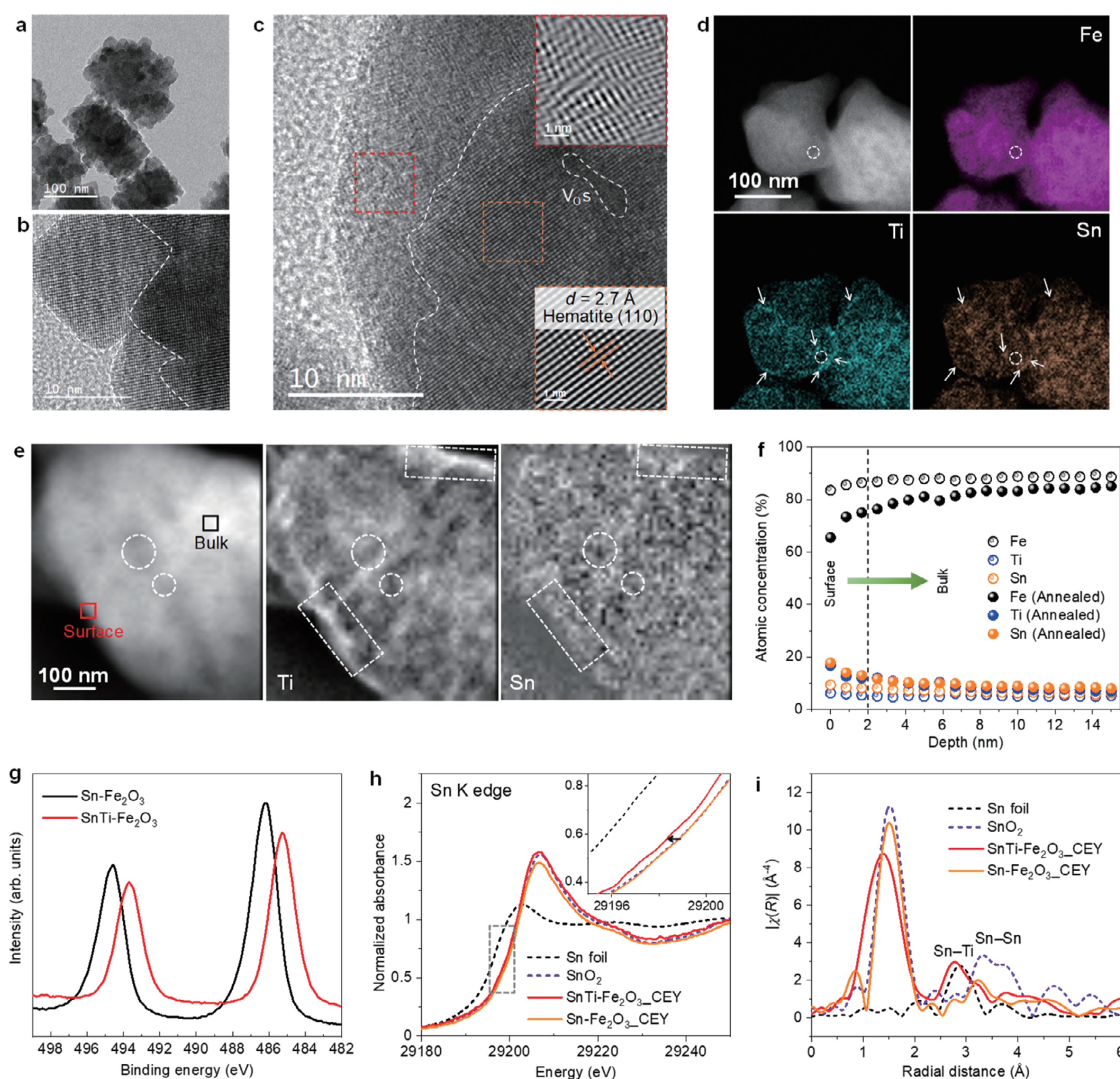
Role of Nagoya Univ. for the present research and development

本支援は、大規模理論計算による材料設計に基づく材料合成、先端放射光施設によるマクロ構造・電子状態解析、電子顕微鏡マイクロ分析を駆使し、赤錆で知られるヘマタイトメソ結晶中に数十ナノメートルサイズで粒子表面に分布する金属ドーパントの不均一な空間構造及び化学状態の分布を可視化し、メソ結晶光電極の効率化につながる構造要因があることを見出した。



## メソ結晶光触媒の複合分光分析

Spectroscopic analysis of meso-crystalline photocatalyst



## 図2. 合成した試料の複合分光分析結果

(a-c) ヘマタイトメソ結晶のTEM像および高分解能TEM像。  
(d) ADF-STEM像とEDX元素マップ。  
(e) ADF-STEM像とEELSによる元素マップ。  
(f) XPSによる元素深さ分布マップ。  
(g) 二種類の試料のXPS スペクトル。  
(h,i) 放射光によるSn-K吸収スペクトル解析結果。

## CONTACT

名古屋大学 次世代バイオマテリアル拠点 計測分析分野 超高压電子顕微鏡施設(山本剛久・荒井重勇 / Takahisa Yamamoto, Shigeo Arai, Nagoya University)  
E-mail: arim@nagoya-microscopy.jp, Phone: 052-789-3632 HP: <https://arim.nagoya-microscopy.jp/>