



PRESS RELEASE

岡山大学記者クラブ加盟各社  
文部科学記者会  
科学記者会

御中

平成 28 年 12 月 7 日  
岡 山 大 学

微生物が産み出す<sup>さや</sup>鞘状酸化鉄にひと工夫  
鮮やかな赤色顔料や優れた触媒に“変身”  
- 微生物の機能を活かす従来にない次世代材料に期待 -

身近にある地下水の湧水や溝で見られる褐色の沈殿物で、美観を損なうなど不要なモノとして考えられていた鞘状酸化鉄が、岡山大学の研究によって、ある“変身”をすることが分かりました。

岡山大学大学院自然科学研究科の高田潤教授（特任）の研究グループは、鞘状酸化鉄をつくる微生物を人工培養し、酸化鉄中に含まれる元素の種類と比率を自由に調整する独自の二段階作製法を世界で初めて開発。鮮やかな赤色顔料や、優れた固体触媒といった産業上重要な新しい材料の製造に成功しました。天然の鞘状酸化鉄は本来、含まれる元素の種類と比率が決まっており、これまで、他の元素を加えることは困難でした。

今回の成果は、自然界の力を活かしながら、現代の微生物学・触媒化学の融合により生まれた新材料といえます。今後、さまざまな元素を含む鞘状酸化鉄を人工的に作り出し、さらに優れた性質を持つ次世代の材料を開拓できると期待されます。

なお、本研究の成果は、本年 10 月に特許出願し、12 月 15 日に国立研究開発法人科学技術振興機構（JST）で開催する「岡山大学新技術説明会」にて詳細を発表します。

本研究は、JST 戦略的創造研究推進事業 CREST「元素戦略を基軸とする物質・材料の革新的機能の創出」領域（研究総括：玉尾皓平）の一環として行われました。

<研究成果のポイント>

- ・これまで、鞘状酸化鉄は多彩な機能を持つことが明らかになっており、他の元素を加えて構成成分を人工的に制御することができれば、鞘状酸化鉄の材料としての可能性は格段に広がることが期待されていた。しかし、含まれる元素（鉄、ケイ素、リン）とその比率が決まっており、他の元素を加えることは困難だった
- ・鞘状酸化鉄に含まれる元素の種類と比率を、自由に調整できる独自の二段階作製法を世界で初めて開発
- ・二段階作製法により、鮮やかな高級赤色顔料、優れた固体触媒<sup>【用語 1】</sup>の製造に成功
- ・今後、さまざまな元素を含む鞘状酸化鉄を人工的に作り出し、さらに優れた性質を持つ次世代の材料を開拓できると期待される



## PRESS RELEASE

### <背景>

地下水の湧水や溝で見られる褐色の沈殿物は、微生物が作る鞘状酸化鉄です。

高田教授らの研究グループはこれまで、こうした天然系微生物由来酸化鉄を有用機能材料として着目。天然の微生物が作る鞘状酸化鉄が多彩で優れた機能（電池負極、植物抗感染性、ヒト細胞三次元培養基材、高級赤色顔料など）を持つことを研究で発見しています。また本研究グループは、鞘状酸化鉄を作る鉄酸化細菌を自然界から抽出することに成功し、OUMS1と命名。OUMS1を用いて、自然界の鞘状酸化鉄と同様の構成元素比の鞘状酸化鉄を人工的に作製できることを見出しました（2014年）。

天然の鞘状酸化鉄は、主な元素比はほぼ一定（鉄:ケイ素:リン=73:22:5）で変化しません。多彩な機能をもつ鞘状酸化鉄に、他の元素を加えて構成成分を人工的に制御することができれば、鞘状酸化鉄の材料としての可能性は格段に広がるのが期待できます。しかしながら、元来の鞘状酸化鉄に含まれない元素（例：アルミニウム）を加えて微生物を単純に培養すると、細胞増殖が進まず、鞘状酸化鉄が作成できませんでした。

### <業績>

本学大学院自然科学研究科の高田潤教授（特任）、田村勝徳講師、押木俊之講師らの研究グループは、自然界から抽出した鉄酸化細菌<sup>【用語2】</sup> OUMS1の人工培養とその後の沈殿反応を組み合わせ、さまざまな元素を含んだ鞘状酸化鉄の作製方法を開発しました。

さらに、この作製方法で作ったアルミニウムを含む鞘状酸化鉄（図1）を高温で加熱することによって安心安全で色鮮やかな赤色顔料の作製に成功しました（図2）。この酸化鉄は、再加熱しても色調の劣化がない特徴もあります。

また、同様に作製したルテニウムを含む酸化鉄では、産業上重要なアミド類<sup>【用語3】</sup>製造に必要な固体触媒機能があることを明らかにしました（図3）。

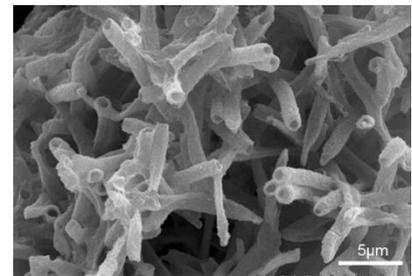


図1 アルミニウムを40%含んだ鞘状酸化鉄の電子顕微鏡写真  
・直径約1マイクロメートル（1000分の1ミリ）の鞘が見られる

### <画期的な鞘状酸化鉄の作製方法の開発>

本研究グループはこれまでに、微生物がつくる特徴ある鞘状酸化鉄の形成メカニズムを詳細に調べ、二段階で鞘状酸化鉄が形成されることを発見。第一段階は、微生物が分泌する多糖<sup>【用語4】</sup>の鞘が形成されること、第二段階は、この多糖の鞘構造に微生物が関与しない状態で酸化鉄が沈着することを見いだしました。微生物は一段階目の鞘構造形成にのみ関与し、金属元素が沈着する二段階目には関与しません。

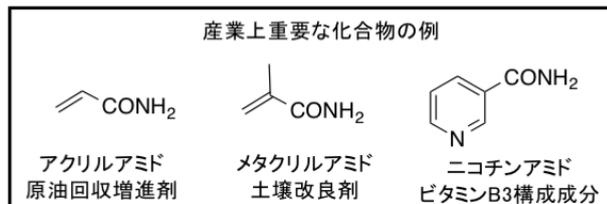
そこで今回、多糖の鞘構造を培養した後に、微生物にとって害となるアルミニウム成分を加える独自の二段階作製法を採用し、アルミニウムなど任意の元素とその量を人工的に制御した鞘状酸化鉄の作製を初めて可能としました。



図2 アルミニウムを40%含んだ鞣状酸化鉄を加熱して作成した赤色顔料

新しい触媒は2つのタイプのアミド類製造反応に適用可能

タイプ1: ニトリルの水和反応



タイプ2: ベックマン転位反応



図3 ルテニウムを含んだ鞣状酸化鉄による触媒反応の例

<見込まれる成果>

1) 安心安全な高級顔料

今回開発した二段階作製法を用いて得られたアルミニウムを含む鞣状酸化鉄(褐色)は、空气中で 500~1100°Cに加熱処理すると赤色酸化鉄が得られます。特に、700~900°Cの加熱によって、天然の BIOX や市販の化学合成による赤色酸化鉄(ベンガラ)よりも鮮やかな赤色を示すことが明らかになりました。さらに、800°Cで再度加熱して色の耐熱性を調べた結果、市販のベンガラでは色調が大きく劣化するのに対して、今回の鞣状酸化鉄は色調がほとんど変化せず安定である(高い耐熱性)ことを見出しました。このように今回の鞣状酸化鉄は、優れた高級赤色顔料の原料として位置づけられ、陶磁器や化粧品への展開が期待されます。

2) 化学品合成用の新しい固体触媒

化学品製造プロセスの抜本的な省エネルギー化は、温室効果ガスの削減など省エネルギー社会の構築へ向けた大きな技術的課題です。省エネルギー化の鍵のひとつは、新しい高性能触媒の開発です。比較的安価な貴金属であるルテニウムは、さまざまな化学品合成用の触媒として使われています。

今回開発したルテニウムを含む酸化鉄は、産業上重要なアミド類の製造触媒として働くことがわかりました。

アミド類には、污水浄化処理の凝集剤や原油回収増進剤の原料となるアクリルアミド、土壌改良材原料となるメタクリルアミド、ビタミン B3 構成成分のニコチンアミドをはじめとして、産業上重要な化学品が多数あります。

今回開発した触媒は、①回収再利用可能、②耐熱性、③安定性など、触媒として優れた



## PRESS RELEASE

特性をもちます。その性能もこれまでに報告されているルテニウム系触媒と同等です。

さらに、ナイロン繊維の原料となる化学品の合成につながる触媒機能も発見しており、今後さらに研究開発を進めます。

### 〈特許出願〉

特願 2016-207362（出願日：2016年10月23日）

発明の名称：赤色顔料用及び触媒用酸化鉄並びにその製造方法

出願人：国立大学法人岡山大学

発明者：田村勝徳、久能樹、長岡紀幸、中西真、押木俊之、高田潤

### 〈補足・用語説明〉

[1] 固体触媒： 溶媒を含めた液相には溶けない触媒であり、製造した化学品との分離が容易なため、工業プロセスで数多く採用されている。

[2] 鉄酸化細菌： 2価の鉄を3価の鉄に酸化して増殖する細菌をいう。

[3] アミド類： カルボニル基(炭素と酸素の二重結合)と窒素原子の結合をアミド結合と呼び、アミド結合を含む分子をアミド類と総称する。

[4] 多糖： 糖がつながった構造体

### 〈お問い合わせ〉

岡山大学大学院自然科学研究科

教授（特任） 高田 潤

（電話番号）086-251-8106

（FAX番号）086-251-8106

岡山大学大学院自然科学研究科

講師 押木 俊之

（電話番号）086-251-8626