



一酸化炭素を室温で高効率に無害化する新触媒を開発

～金ナノ粒子／酸化鉄多孔体で実現 喫煙室空気清浄機へ搭載など分煙化への切り札として期待～

配布日時：平成30年7月19日14時

国立研究開発法人 物質・材料研究機構

概要

1. NIMS は、首都大学東京、株式会社NBC メッシュテックと共同で、有害な一酸化炭素 (CO) を室温下で無害化する新触媒を開発しました。酸化鉄のナノ多孔体に金ナノ粒子を保持させるハイブリッド型にすることで、市販の触媒に比べ5倍以上の除去率を実現しました。喫煙室向け空気清浄機フィルターなどさまざまな場面での活用が期待されます。
2. 空気清浄機は、タバコやペットの臭い対策や、車や工業から排出される有害物質除去まで、すでに幅広く活用されています。しかし従来の空気清浄機では、タバコや排ガスに含まれる有毒な一酸化炭素 (CO) を効率良く除去することができません。原因は、一酸化炭素を室温で酸化除去する有効な触媒がないためです。1984年に、ナノ粒子化 (直径 10nm 以下) された金が、室温で一酸化炭素を酸化することが首都大学東京の春田名誉教授・客員教授らによって報告されていますが、金ナノ粒子は非常に凝集しやすく、単独では本来の触媒活性を発揮できないという大きな課題がありました。
3. 本研究チームは、酸化鉄ナノ多孔体に金ナノ粒子触媒を固定したハイブリッド型の新触媒を開発しました。1 グラムあたりおよそ 200 平方メートルもの非常に高い比表面積をもつナノ多孔体に、金ナノ粒子を均一に分散させて凝集を抑制することで、室温で一時間あたり 8.41 molCO/gAu もの高い一酸化炭素の除去能力を実現しました。さらにこの触媒は、初期の 20% の触媒活性を、長期間維持できることも確認しました。
4. 2020 年の東京オリンピックに向けた分煙化議論を皮切りに、喫煙室向けに一酸化炭素を無害化する触媒の開発が喫緊の課題となっています。本研究の技術を使用することで、経済面と環境面の両者に優れた空気清浄機のフィルター開発につながることを期待されます。今後は、生産規模拡大や応用製品開発を目指します。
5. 本研究は、物質・材料研究機構 国際ナノアーキテクトニクス研究拠点 (MANA) メソスケール物質化学グループの山内悠輔グループリーダー (豪 Queensland 大学 化学工学科 教授兼務)、板東義雄 MANA エグゼクティブアドバイザー、Yusuf Valentino Kaneti JSPS フェロー、田中駿祐 大学院生 (博士課程 3 年) らと、首都大学東京・春田正毅名誉教授・客員教授、株式会社 NBC メッシュテックと共同で行われました。
6. 本研究成果は、イギリス王立化学会「Chemical Communications」のオンライン速報版で 2018 年 7 月 17 日 (現地時間) に公開されます。

研究の背景

一酸化炭素 (CO) のガス成分は、通常の空気清浄機のフィルターで取り除くことが困難であり、CO を室温で無害化する触媒の開発は、空気清浄機 (特に、喫煙室用) の開発において極めて重要な課題です。また、2020 年の東京オリンピックの分煙化議論を皮切りに、喫煙室向け空気清浄機の一酸化炭素の無害化も緊急の課題となっています。

一般的にバルク (塊) の金は化学的に不活性で触媒活性に乏しいとされてきましたが、ナノ粒子化 (直径 10 nm 以下) された金は、低温でも一酸化炭素を酸化除去できることが春田らの報告で周知されています (2012 年、トムソン・ロイター引用栄誉賞を受賞)。しかし、金ナノ粒子はそれ自体が凝集することで簡単に触媒活性が低下してしまい、それらナノ粒子を凝集しないようにすることが実用化への課題でした。また、金ナノ粒子の表面を長期間常に活性に保つことなども重要です。

研究内容と成果

今回、共同研究チームは、簡単に室温でCOを無害化するシステムとして、酸化鉄ナノ多孔体を金ナノ粒子触媒の担体として利用した常温触媒体とその触媒体に大気プラズマを照射して触媒活性を維持する新たなシステムを提案しました。具体的には、比表面積の高い酸化鉄ナノ多孔体を担体を使用することによって、金の凝集を抑制し、より多くの金を担持することによって室温でのCO酸化触媒材料を合成しました。

多孔質材料は、高い表面積および大きな細孔容積などの特徴があり、これまで環境・エネルギー分野での応用が活発に研究されてきました。ゼオライト、メソ多孔体、金属有機構造体などナノ多孔質材料の合成は数多く報告されてきましたが、酸化鉄の骨格を有する多孔体の例は少なく、これまでの報告では、酸化鉄の結晶化により細孔が崩壊し、良好な細孔を得られるまでには至っていません。鉄は、世界で4番目に多い元素で、安価で人体や環境への安全性が高い材料として知られており、特に酸化鉄(Fe_xO_y)は日々よく目にする赤さびで知られるヘマタイトなどをはじめとした様々な結晶構造を取り、化学的・熱的安定性であり、特徴的な様々な物性を示します。

従来、酸化物ナノ多孔体 (メソ多孔体) は、無機種や界面活性剤を用いた鋳型法により合成されてきましたが、本研究では鋳型を使用せず、容易かつ安価な手法である水熱合成法を利用しました。反応で得られた鉄前駆体を空気下で焼成することによって、ナノフレイク状の酸化鉄ナノ多孔体が合成されます (図 1(1))。このナノフレイク状の酸化鉄ナノ多孔体は、1 グラムあたりおよそ 200 平方メートルもの非常に高い比表面積を示します。この高い比表面積を有する酸化鉄ナノ多孔体中には 15 wt% もの金ナノ粒子が凝集することなく均一に分散して担持ができ (図 1(2))、室温で一時間あたり $8.41 \text{ mol}_{CO}/\text{g}_{Au}$ もの一酸化炭素の除去能力があります。今まで報告されている CO 酸化触媒と比較しても、この能力は圧倒的に優れています (図 2(1))。多孔質ではない触媒担体を用いた場合は、その比表面積が小さいため、多くの金ナノ粒子が担持できなかったり、多くの金ナノ粒子を担持した場合においても金ナノ粒子の凝集を引き起こしたりして、結果的に触媒活性の向上は見られませんでした。しかし、今回の例のように高い表面積を持つ酸化鉄多孔体を使用することによって、凝集していない金ナノ粒子 (2-5 nm) の担持量を増加させることができました。

金ナノ粒子担持触媒では、金/酸化鉄の接合界面において、金ナノ粒子上に吸着した一酸化炭素と酸素分子とが結びつくことによって、二酸化炭素へ変換されます。また、金ナノ粒子のサイズは 2-5 nm で最も大きな触媒活性を示すと考えられていて、このサイズの金ナノ粒子を担持したことにより、より酸化反応効

果が見られたと推察されます。さらに、メソ細孔の存在によりCO酸化反応中における反応分子の拡散性を改善できたと考えられ、これらの相乗効果により、本研究のような触媒活性の大きな向上が見られたと考えられます。この高い触媒活性は、プラズマなどの処理をしなくとも、一カ月以上維持可能ですが(図2(2))、現在は、断続的にプラズマ処理をすることで、触媒の不活性化を抑制し、長期間使用できることを確認しています。

今後の展開

今回の研究で開発された技術を使用することによって経済面と環境面の両者に優れた空気清浄機のフィルター開発につながる事が期待できます。共同研究チームは今後、酸化鉄だけでなく、様々な金属酸化物ナノ多孔体を担体として使用することも考慮に入れ、生産規模拡大や応用製品開発を目指します。

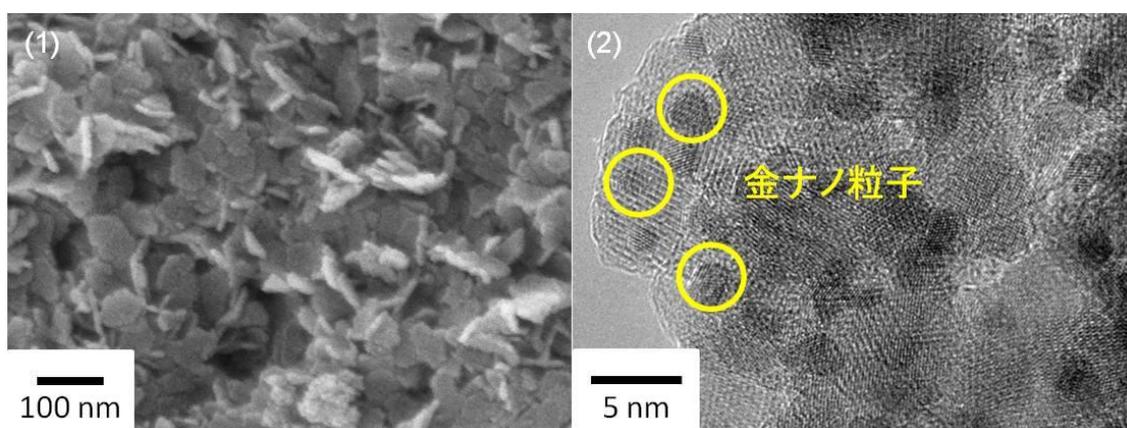


図 1. (1)ナノフレーク状の酸化鉄ナノ多孔体の電子顕微鏡像。(2) 金ナノ粒子をナノフレーク状の酸化鉄ナノ多孔体に担持した電子顕微鏡像。

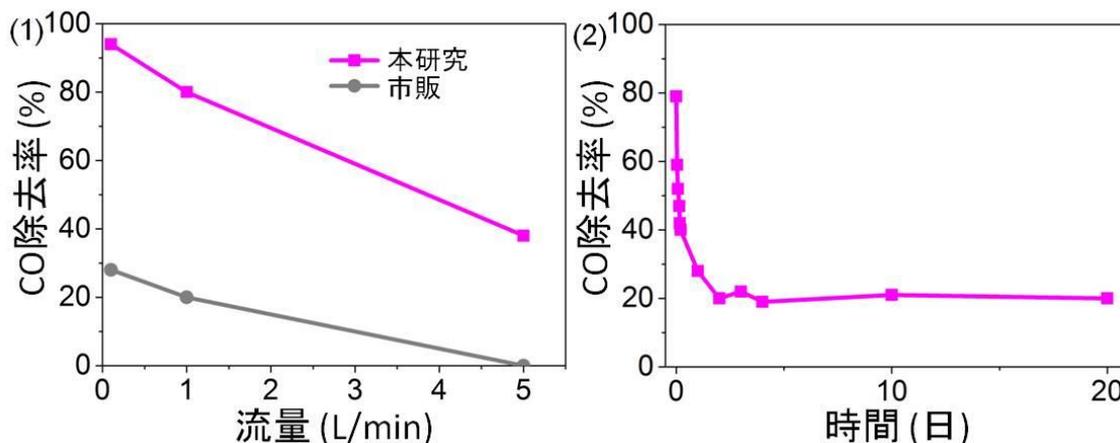


図 2. (1)合成された金ナノ粒子担持酸化鉄ナノ多孔体の一酸化炭素除去率と市販触媒材料(ハルタゴールド.Inc)との比較。(2) 合成された金ナノ粒子担持酸化鉄ナノ多孔体の一酸化炭素除去率の持続性。

掲載論文

題目：Room temperature carbon monoxide oxidation based on two-dimensional gold-loaded mesoporous iron oxide nanoflakes

著者：Yusuf Valentino Kaneti, Shunsuke Tanaka, Yohei Jikihara, Tsuruo Nakayama, Yoshio Bando, Masatake Haruta, Md. Shahriar A. Hossain, Dmitri Golberg and Yusuke Yamauchi*

雑誌：Chemical Communications

DOI：10.1039/C8CC03639J

本件に関するお問い合わせ先

(研究内容に関すること)

国立研究開発法人 物質・材料研究機構

国際ナノアーキテクトニクス研究拠点 メソスケール物質化学グループ

グループリーダー 山内悠輔 (やまうち ゆうすけ)

E-mail: yamauchi.yusuke@nims.go.jp

TEL: 050-5532-1843 / 029-860-4635 (プレス当日は、電話が込み合いますので、どちらかの連絡先をご利用ください。)

URL: <http://mesochem.xyz>

(報道・広報に関すること)

国立研究開発法人 物質・材料研究機構 経営企画部門 広報室

〒305-0047 茨城県つくば市千現 1-2-1

TEL: 029-859-2026, FAX: 029-859-2017

E-mail: pressrelease@ml.nims.go.jp