

2019年（令和元年）11月12日  
株式会社豊田中央研究所

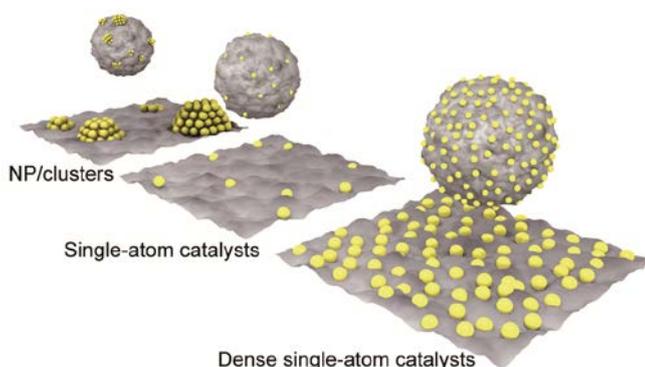
## 原子一個からなる究極の触媒材料の課題と展望を解説

私たちの身の回りの製品の実に90%以上が触媒反応を利用して作られています。プラチナなどの貴金属が触媒材料としてしばしば用いられますが、高価なため、代わりとなる触媒材料の探索や、ナノレベルまで細かくして表面積を大きくし、使用量を減らす努力がなされています。現代の科学では、触媒材料を数ナノサイズまで小さくすることは難しくなく、原子数個、さらには原子たった一つからなる触媒材料を利用した研究が盛んです。利用効率の面では、重さあたりの表面積が最大になるのは単原子の場合ですが、このサイズ領域では材料の物性が変化する量子サイズ効果が大きく、触媒と触媒を支える下地（担持体）との相互作用も大きいので、単原子が本当に有利なのか、それとも原子数個の方が良いのかは研究者間で意見が分かれています。また、触媒として動作する温度も触媒反応では重要な問題です。触媒のサイズや動作温度については従来より膨大な研究報告がなされており、高活性な触媒材料を設計するために、これらの研究報告から得られる知見をまとめることは非常に有効ですが、文献によって触媒性能の定義が異なるため単純比較は困難でした。

今回、当社の紅谷篤史と東相吾は、この課題に対し、学術的にも最も単純で、自動車の排ガス浄化触媒反応として重要である一酸化炭素(CO)の酸化反応<sup>\*1</sup>に着目し、報告済の実験データを再度解析して整理し、触媒のサイズ、動作温度に応じた触媒性能の俯瞰図を完成させました。

その結果、確かに単原子の触媒性能が高いこと、サイズや材料によって動作温度域が大きく異なることが明らかになりました。さらに反応メカニズムは、触媒表面だけでなく担持体表面の酸素の影響も考慮すると、6種類に分類可能であるといった、重要な知見を得ました。また、単原子触媒の作製に関しては、担持体として特に還元されやすい酸化チタンや酸化鉄などを用いると、凝集せずに分散した触媒材料を得やすいことを、実験と理論の両面から明らかにしました。今回解説したCO酸化反応は、異種界面で起こる不均一触媒反応の代表例であり、固体物質の表面、原子数層が関わるモデル反応です。このCO酸化反応に着目して再整理し考察したことで、今後、表面科学的分析手法の更なる発展が必要であること、将来の応用に向けては高密度に単原子を分散させる技術が必要であることを明らかにしました。さらに、ナノスケール物質の吸引による人体へのリスク、環境への影響を軽減するため、担持体に触媒をより強力に固定する技術の必要性についても解説しました。本総説から導かれた知見にもとづいて、CO酸化反応に限定されない次世代の触媒研究開発の進歩が期待されます。

\*1 COは毒性があり、二酸化炭素にして排出することが求められています。



Graphical abstract reprinted from Nature Catalysis, Vol. 2, No. 7 (2019), pp. 590-602, © 2019 Springer Nature Limited.

本総説は7月11日付、Nature Catalysis(<http://dx.doi.org/10.1038/s41929-019-0282-y>)に掲載されました。

<本件に関するお問い合わせ先> 株式会社豊田中央研究所 広報室  
<https://www.tytlabs.co.jp/contact/toiawase.html>