

ディビジョン番号	12
ディビジョン名	触媒化学

大項目	2. 触媒調製
中項目	2-2. 金属担持触媒および金属触媒
小項目	2-2-2. 金触媒

概要（200字以内）

金は化学的に最も不活性な金属であるが、粒子径 10 nm 以下の半球状ナノ粒子として単金属酸化物上に分散・固定化すると、CO, HCHO, NH<sub>3</sub> 等の常温酸化分解による空気浄化、プロピレンの気相一段エポキシ化等の選択酸化などに、白金系触媒には無い優れた触媒性能を発現する。今後は、カーボンナノチューブなどのナノカーボン材料や高分子マイクロビーズ、 dendritic 等のソフトマテリアルを担体とすると同時に、直径 2 nm, 原子数 300 個以内のクラスターへと極小化することにより、環境浄化対策とグリーンケミストリーの開拓に貢献が期待される。図にはこれまでの金触媒の分類を示す。

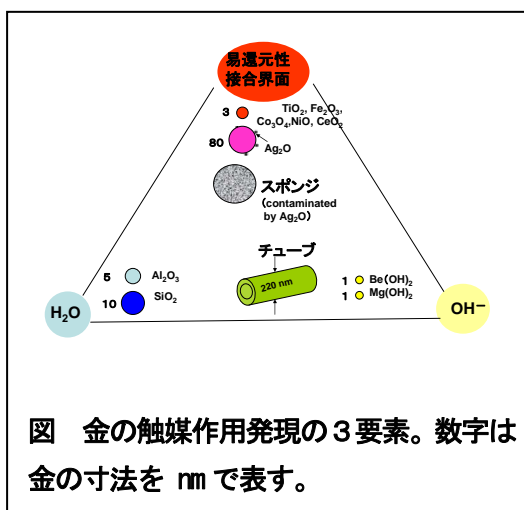


図 金の触媒作用発現の3要素。数字は金の寸法を nm で表す。

現状と最前線

金は触媒としての活性に乏しいと考えられてきたが、1987年 Chem. Lett. に発表された論文に端を発し、1992年にはトイレの脱臭に実用されたことが背景となって、以来欧米で活発に研究開発が進められるようになってきた。2005年には金触媒の論文発表件数は700件を越す。

金は、200℃以下の低温では、白金系貴金属触媒より高い触媒活性を発現する。そのためには、担体との接合界面、H<sub>2</sub>O、OH<sup>-</sup>の3つの条件の一つは満たされる必要がある。易還元性（半導体性でもある）の単金属酸化物（TiO<sub>2</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>など）との接合界面は、H<sub>2</sub>OとOH<sup>-</sup>が存在しない条件下（水分の無い気相での反応）でも、酸素分子を活性化することができ、気相でのCOやHCHOの完全酸化に高活性な触媒を与える。一方、H<sub>2</sub>Oが共存する場合は、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>やSiO<sub>2</sub>のような絶縁性単金属酸化物を担体としても気相CO酸化が室温で進行する。活性炭や高分子を担体とすると気相CO酸化には全く活性を示さないが、H<sub>2</sub>OとOH<sup>-</sup>が共存するアルカリ水溶液でのグルコースの酸素酸化では室温でグルコン酸を選択的に高速度で合成できる。また、直径200nmの金チューブや50nm径の金線状のスポンジでも、H<sub>2</sub>OとOH<sup>-</sup>の存在するところではある程度のCO酸化触媒活性が出る。

金触媒は、脱臭触媒、ディーゼルエンジン排ガス浄化（Pdとの合金）、グルコン酸ナトリウム合成などへの実用化が進んでおり、水素燃料の製造・精製、新規化学プロセスの開拓などに

今後の用途展開が予想される。主たる技術潮流としては、担体の soft 化と金の微細化（ナノ粒子からクラスターへ）の二つが挙げられる。担体に高分子を用いれば、空間構造や官能基の選択により多種多様な反応場を形成できるので、有機溶媒を必要としない新しい液相触媒の開発に繋がると期待される。担体物質に高分子を使う場合や金の粒子径を極小化・均一化するためには、新たな調製法の開発が必要であり、析出沈殿法や析出還元法などの液相法、有機金属錯体を出発物質として使用する方法、金属ターゲットをスパッタする方法（不純物の混入が少ない）などの開発が進んでいる。また、金属クラスター領域の物性研究では、計算科学からのアプローチも有効になりつつある。

<参考文献>

- 1) M. Haruta, Chem. Record 3, 75 (2003).
- 2) A. S. K. Hashmi, G. J. Hutchings, Angew. Chem. Int. Ed. 45, 7896 (2006).

未来予測と方向性

・ 5年後までに解決・実現が望まれる課題

- ① 金ナノ粒子の均一分散と寸法制御の手法開発、特にクラスター（直径 2 nm 以下、原子数 300 個以内）領域への展開。
- ② 反応条件下における触媒表面の原子配列観察：金と担体との接合界面の環境 TEM 観察
- ③ 担体の拡張、特にナノカーボン、高分子のマイクロビーズ、 dendrimer などへの展開。
- ④ 環境に優しい新規な反応の開拓、特に原子利用効率、 $AE = [(生成物)/(生成物+副産物)] 50\%$  以上の反応：例えばプロピレンの  $O_2$  と  $H_2$  による気相一段エポキシ化（76%）。

・ 10年後までに解決・実現が望まれる課題

- ① 金クラスターの原子数と立体構造の制御手法の開発：究極のサイズ効果の解明へ。
- ② ナノ空間（寸法、形状、3次元構造）や反応場（配位構造、酸・塩基、酸化・還元、絶縁性・イオンまたは電子伝導性、疎水性・親水性、極性・無極性、官能基の種類）の設計。
- ③ 究極の反応、 $AE = 100\%$  の開発：例えばプロピレンの  $O_2$  だけによる気相一段エポキシ化。

キーワード

金、ナノ粒子、クラスター、接合効果、サイズ効果、担体効果、グリーンケミストリー

(執筆者：春田 正毅)