

水分濃度で大きく変わる金ナノ粒子の触媒活性

固体触媒と微量水分効果

いつまでも輝きを失わない金は、古来より貨幣や装飾品などとして重用されてきたが、“安定な貴金属”ということは、裏を返せば“化学的に不活性”を意味する。このため化学材料として目を向けられることはほとんどなかった。しかしそのような金でも、粒径5nm以下になった途端に、触媒として高い活性を示すことが、80年代後半に旧工業技術院で独自に発見された。

金ナノ粒子は酸化チタンなどの氧化物上に、半球状で担持されている(図1)。白色の氧化物も金ナノ粒子によって発色しているが、氧化物によって呈する色は異なる。

金ナノ粒子触媒は、室温以下の低温でも働き、酸化されにくいなど、従来の触媒とは大きく異なる特質がある。そのため、空気浄化、有害物質の分解、化学工業プロセスのグリーン化など様々な用途があるが、科学的に注目されているのが一酸化炭素(CO)の酸化反応である。この反応は -77°C という極めて低い温度でも進行し、なおかつ比較的単純な反応であるため、“なぜ金は小さくなると物性が急変するのか?”を調べるのに適している。

我々は反応ガス中に含まれる水分がCO酸化活性に大きな影響を及ぼすことに着目し、定量

的な解析を行った。水分濃度は、特別に設計した超清浄反応装置を用いて、0.1~6,000 ppmの広範囲にわたって制御した。

水分は概して反応を促進し、数倍~百倍もの効果が見られたが、水分濃度への応答は担体氧化物によって異なった(図2)。初期活性が低い触媒ほど水分による反応促進効果は大きく、金-酸化ケイ素触媒に至っては水分がないと室温付近での反応が全く起こらないことが明らかになった。

詳細な検討を行った結果、水分には(1)触媒表面での酸素の活性化、(2)反応中に蓄積した阻害種(炭酸塩)の分解、という2つの役割があることを見出し、これらの役割を取り入れた反応機構モデルを提唱した。

固体触媒の分野ではこれまで、水分の影響を考慮に入れて反応機構を論ずることはほとんどなかったが、本研究によって環境中に常に存在する水分の役割は低温では無視できないことが分かった。応用研究と基礎研究では反応系内の水分濃度は極端に異なるため、両者の結果を比較する上で、水分効果の検討は不可欠である。本研究で示された水分効果の重要性が、触媒分野に限らず他のナノ材料研究でも認識されることを期待する。

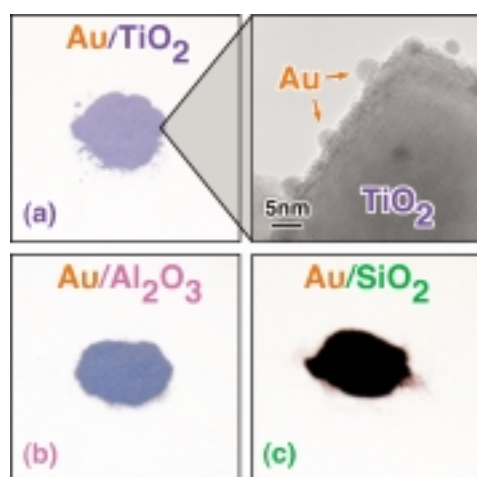


図1 (a) 酸化チタン、(b) 酸化アルミニウム、(c) 酸化ケイ素に担持した金ナノ粒子触媒の外観写真、および金-酸化チタン触媒の透過型電子顕微鏡写真

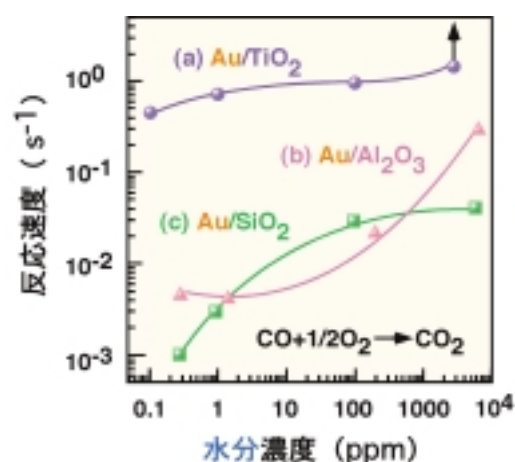


図2 (a) 酸化チタン、(b) 酸化アルミニウム、(c) 酸化ケイ素に担持した金ナノ粒子触媒によるCO酸化反応速度の水分濃度依存性

反応速度は1秒あたり金表面原子1個が転化するCO分子の数(ターンオーバー頻度/TOF)で表してある。



だてまさかず
伊達正和
m-date@aist.go.jp
環境化学技術研究部門

関連情報

- M. Daté, M. Okumura, S. Tsubota, M. Haruta: *Angew. Chem. Int. Ed.*, Vol. 43, 2129-2132 (2004).
- M. Haruta, M. Daté: *Appl. Catal. A: Gen.*, Vol. 222, 427-437 (2001).
- M. Haruta: *Chem. Rec.*, Vol. 3, 75-87 (2003).