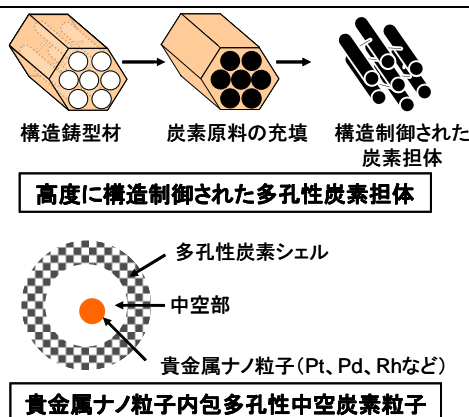


ディビジョン番号	18
ディビジョン名	環境・安全化学・グリーンケミストリー・サステイナブルテクノロジー

大項目	2. グリーンケミストリー
中項目	2-3. 新規触媒材料
小項目	2-3-6. 炭素-ナノ粒子

概要（200字以内）

貴金属ナノ粒子触媒を活性炭などの炭素担体に分散させた不均一触媒は、水素化反応などの精密化学品製造プロセスで広く利用されている。学術研究においては、高度に構造制御された多孔性炭素担体や、サイズ均一な貴金属ナノ粒子を内包させた中空炭素材料が開発されており、貴金属の有効利用、代替や複合化による新しい触媒機能の発現などの新展開が期待されている。



現状と最前線

炭素材料に貴金属ナノ粒子を分散させた複合材料は、精密化学品製造における水素化、脱水素化や酸化反応などの不均一触媒として古くから利用されているほか、固体高分子形燃料電池などの電極触媒への利用がさかんに検討されている。また、炭素-炭素結合反応などの有機合成反応を触媒する不均一触媒として有効であることも明らかになってきた。ここでは、環境調和型の触媒設計を中心として、この複合材料の現状および最前線について炭素材料および貴金属ナノ粒子の面から述べる。

（炭素材料）

シリカ、アルミナあるいはゼオライトなどの酸化物担体と比較すると、活性炭などの炭素系担体は強酸、強塩基性条件でも安定であるという利点を持つ。また、炭素は燃やせば簡単に除くことができるため、担持させた貴金属の回収が比較的容易であるという経済的あるいは環境面での利点も持つ。しかし、吸着剤などの炭素材料のおもな用途と比べると、触媒担体としての利用は非常に限られる。その一つの要因は、炭素系担体の表面および細孔構造が多様な変化をする半面、酸化物担体に比べると制御が難しく、担持される貴金属の分散性、サイズや担持されるサイトなどの構造制御が容易でないことにある。このため、高度に構造制御された炭素系材料の合成が検討されている。学術研究のなかでもっとも進展しているのは、ゼオライト、メソポーラスシリカや球状シリカの規則配列体（オパール）などを構造鋳型とするテンプレート法であり、これまでに、ミクロ細孔からマクロ孔までの規則的な細孔構造をもつ炭素材料がこの手法によって得られることが報告されている。また、これらの多孔性炭素材料の炭素原料

を適当に選択すれば、グラファイト化の度合いを制御できることなども提案されており、とくに燃料電池などへの応用面で注目される。

(金属ナノ粒子触媒)

数個から数千個の原子から構成される貴金属ナノ粒子は、バルク内の金属に対する表面露出原子の割合がきわめて高いこと、単一原子にはない集団的協奏作用をもつことなどユニークな特性をもつ材料であることから、これらの特性を活かした触媒材料としての研究が活発に行われている。とくに、サイズや形状が任意に制御可能な有機高分子で安定化した貴金属ナノ粒子は、その構造と触媒機能の関連を評価する対象として広く利用されている。しかし、これらは一般に、有機高分子で表面を保護されており、溶媒中に溶解した状態で利用しないと凝集してしまい、不安定であるという側面をもつ。環境低負荷の触媒反応系設計の観点からは、担体に固定化して分離、回収、再利用などが容易な不均一触媒とすることが求められる。このため、これらの貴金属ナノ粒子を吸着や化学結合を介して担体に固定化させた担持貴金属ナノ粒子の合成や触媒機能も検討されてきた。しかしながら、このような担体に固定化させた触媒においても、凝集や融合を抑制するための安定化剤が必須であることが多い。均一系で利用する場合よりも活性が低下するケースが多い。

これらの課題を解消する一つの方法として、貴金属ナノ粒子を多孔性の中空炭素材料に内包させたコア-シェル型構造体が最近提案されている。この複合材料において、貴金属ナノ粒子コアは表面保護剤のない「裸」の状態であり、高い反応性を有し、かつ炭素シェルに防御されて他のコアとは接触できないため凝集が抑制され、安定であるという特徴をもっている(図)。実際、貴金属ナノ粒子として白金を内包させた複合材料が、オレフィン類の水素化反応においてきわめて高い活性を持つことが明らかになっている。

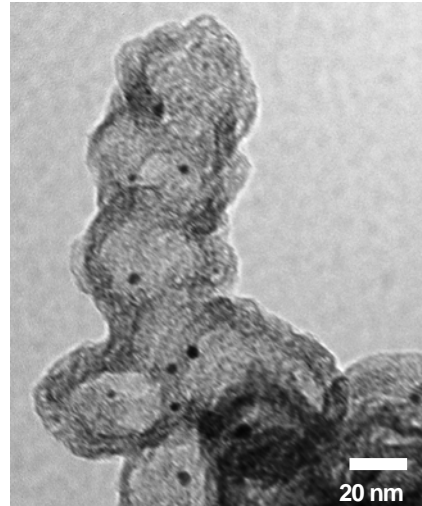


図 白金ナノ粒子内包中空炭素粒子

将来予測と方向性

・ 5年後までに解決・実現が望まれる課題

規則性細孔構造をもつ新しい炭素材料の実際の触媒担体としての検証およびライブラリの充実、貴金属ナノ粒子触媒の不均一化の実証研究、不斉反応への展開研究などが期待される。

・ 10年後までに解決・実現が望まれる課題

合成プロセスの簡素化(新しい合成ルート)、貴金属の代替を含む複合化による新機能の発現など、実用化への進展が見込まれる系への展開が望まれる。

キーワード

炭素材料・貴金属ナノ粒子・多孔性・不均一触媒

(執筆者：池田 茂)