

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	2-3-2. カーボンナノチューブ

概要（200字以内）

カーボンナノチューブ（CNT）は特異な物理的・化学的特性を有しており、これらの特性を利用した触媒設計が検討されている。中でも CNT の触媒担体への利用が最も注目されており、CNT 担持貴金属触媒は不飽和アルデヒドの部分水素化による不飽和アルコールの選択的合成に高活性を示す。また水素—酸素燃料電池の電極触媒として炭素担持 Pt 触媒が利用されるが、CNT 担体を用いた場合、高い電極活性と高い耐久性が得られる。



現状と最前線

カーボンナノチューブは、その構造に由来する特異な物理的・化学的特性を有しており、新規なナノスケール材料として期待されている。カーボンナノチューブ（以下 CNT）には、一枚のグラフェンシートから構成される Single-walled Carbon Nanotube（以下 SWCNT）と、複数のグラフェンシートから構成される Multi-walled Carbon Nanotubes（以下 MWCNT）があるが、触媒化学に関わる研究では、これまで主に MWCNT が利用されてきた。MWCNT は高い電気・熱伝導性、特異なガス吸着能を有しており、これらの特性を利用するために、触媒化学の分野では MWCNT は触媒担体として利用されている。MWCNT 表面に Pt、Ru に代表される貴金属が高分散に担持され、窒素の水素化によるアンモニア合成、不飽和アルデヒドの部分水素化による不飽和アルコールの生成が検討されている。MWCNT 担持貴金属触媒が水素化反応に利用されるのは、MWCNT が水素吸蔵能を有し、また貴金属と MWCNT 間での水素のスピルオーバー現象が利用できるためである。たとえば MWCNT 担持 Ru あるいは Pt 触媒上でのシナムアルデヒドに代表される不飽和アルデヒドの水素化が検討されており、通常の担持 Ru 触媒上では飽和アルデヒドが生成するのに対して、MWCNT 担持 Ru 触媒上では不飽和アルコールが選択的に生成する。また MWCNT の高い電気伝導性を利用するために、MWCNT は固体高分子型水素—酸素燃料電池（以下、PEFC）の電極触媒に応用されている。通常 PEFC の電極触媒として炭素担持 Pt 触媒が用いられ、炭素担体としてカーボンブラックが使用されている。しかし、カーボンブラック担持 Pt 触媒

を電極触媒に用いた場合、カーボンブラックのグラファイト化度は高くないために、燃料電池の作動時間の延長に伴い、カーボンブラック表面が酸化される。これによりカーボンブラック上に担持された Pt 粒子がシンタリングする問題がある。一方 MWCNT は、カーボンブラックに比べ酸化されにくいいため、MWCNT 担持 Pt を PEFC 電極触媒に用いることで、安定した電極活性を長時間維持することが報告されている。上述したように MWCNT を触媒担体に利用した際に、特異な触媒作用が発現するが、それらの発現機構は明らかにされていない。MWCNT と金属粒子が強く相互作用し、MWCNT の電子の一部が金属へ移動することで、特異な触媒作用が発現すると提案されているが、その根拠は乏しい。

これまでに行われた MWCNT を触媒担体に用いた研究では、金属粒子が MWCNT のどこに担持されているかは、あまり注目されていなかった。しかし最近の研究では、MWCNT の内壁にのみ、あるいは外壁にのみ金属粒子が担持され、MWCNT 中での金属の担持様式が触媒作用に与える影響が検討されている。また MWCNT を触媒担体ではなく、触媒として用いる研究も進められており、MWCNT が芳香族炭化水素の水酸化に高活性を示すことが報告された。

最近では SWCNT を触媒担体に用いる研究も最近進められている。SWCNT は MWCNT と同様に、担持貴金属触媒の担体として利用されるのに加え、SWCNT はその表面を酸化処理することで、あらゆる溶液中に溶解するので、溶解した SWCNT を金属錯体の配位子として利用する研究も進められている。

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

MWCNT 担持貴金属触媒の特異な触媒作用の発現原因はまったく理解されていない。MWCNT と貴金属の化学的相互作用を基にした MWCNT 担持貴金属触媒の作用機構の解明。

可溶化した CNT を利用することで、均一系触媒の助触媒、配位子等への応用。

・ 10 年後までに解決・実現が望まれる課題

CNT のチューブ内部のナノ空間を利用した触媒反応場の設計。

キーワード

触媒担体・燃料電池電極触媒・貴金属・不飽和アルデヒドの部分水素化

(執筆者：竹中 壮)