

トピックス

Chem., 24, 171 (2015).

〔室蘭工業大学大学院工学研究科 高瀬 舞〕

● 半導体固体材料をベースとする 透明水素ガスセンサー

近年、環境調和型や持続可能なエネルギーの利用に関して多くの研究がなされており、中でも水素ガスは次世代の最も有力で主軸となるエネルギー源と認識されることも多い。実際、水素発生、貯蔵、運搬に関する研究が産官学問わず行われている。しかし、水素は多くの人にとって無色透味無臭の気体であることから、水素ガスの可視化、例えば、ガス漏れがすぐに、誰でもわかることが必要不可欠な技術となる。またこの技術は安全で繰り返し使用でき、可能な限り安価でなくてはならない。Ishiharaらは、このような問題に対して、透明かつフレキシブルな水素ガスセンサーを開発した¹⁾。この膜は、ポリジメチルシロキサン (PDMS) の表面に白金と酸化タンゲステン (Pt/WO₃) の薄膜を積層したのになっている。有機物質と無機物質の複合化には、無機物の合成でよく使われるゾル-ゲル法をベースとした、有機-無機ハイブリッドな機能性材料の開発を拡大する手法ととらえることもできる。ポリマー膜の表面が有する疎水性を親水性に意図的に変化させて、酸化タンゲステン膜の構築を行っている。酸化タンゲステンは、半導体固体材料として有用な触媒であり、表面に存在する物質と反応し、色彩を変化させるガスクロミズムの重要な部分を担っている。通常、粒子として使用されることの多い酸化タンゲステンは、その形状の違いによる性能の変化も報告されている²⁾。ナノプレートや球、ロッド状などの見た目の形状の変化は、色素分子の分解反応において顕著な活性の違いを明らかにしており、物質固有の電子構造だけに起因しないことが考えられる。ガスクロミズムも同様に、これらの化学反応は物質の表面で生じるため、表面の構造を観測することが重要であるが、非常に難しい。一つの粒子であり、同じ物質であったとしても表面と内部 (バルク) では異なる性質を有する可能性を示しているが、これらを切り分けて議論することは難しいため、形状を緻密かつ系統的に変化させて明らかにしていくことが重要である。PDMS上の酸化タンゲステンの表面形状の微細制御等による様々拡がりも予測されるとともに、可視化は非常に簡便に誰でも使用できるセンサーであり、様々なハイブリッド材料の合成、機能化が期待される。

- 1) R. Ishihara, Y. Yamaguchi, K. Tanabe, Y. Makino, K. Nishio: *Mater. Chem. Phys.*, **226**, 226 (2019).
- 2) M. Farhadian, P. Sangpoura, G. Hosseinzadehb: *J. Energy*

● フィールド・フロー・フラクショネーションと 高時間分解 ICP-MS によるナノ粒子計測

量子ドットやカーボンナノ材料などナノサイズの粒子状物質、いわゆるナノ粒子はバルク体とは異なる物性を示す。このようなナノ粒子をポリマーなどの母材に均一に分散したナノコンポジットの開発、利用が盛んに行われている。利用拡大に伴って生じるナノコンポジットの環境負荷や生体影響を評価する上で、ナノ粒子を計測する技術は欠かすことができない。環境中に放出されたナノコンポジット由来の微粒子と内包されるナノ粒子の情報を引き出す技術として、フィールド・フロー・フラクショネーション (FFF) と高時間分解 ICP-MS が注目されている。

FFFは溶液中の粒子や高分子をサイズ分離する手法である。最大の特徴は、サイズ排除クロマトグラフィーのような固定相を必要としない分離場であるため、固定相への試料の吸着などの影響が少ないという点である。最も一般的な非対称フロー式 (AF4) では、移動方向に対して垂直の流れをかけた時に拡散速度が大きい微小粒子ほど、移動方向の流速が速い平板間の中央に分布し、より早く分離場から溶出する。一方、高時間分解 ICP-MS はイオン信号の取得を 1 ミリ秒以下で行うことで、1 粒子に由来する信号を検出する手法である。

Barberらは高時間分解 ICP-MS, AF4 によって検出される金ナノ粒子の大きさを比較し、いずれの測定法においても、金ナノ粒子と一致する大きさに極大を持つ粒径分布を得た¹⁾。この結果は、AF4 が粒子のサイズ分離、ICP-MS が粒子に含有される元素の含有量を精確に求めることができる手法であることを示している。次に Barberらはポリスチレン-block-ポリ (アクリル酸) に一つないし複数の金ナノ粒子を包有させた、擬似的なコンポジット微粒子を作製した。この微粒子を AF4 でサイズ分離した後、内包される金ナノ粒子の数を高時間分解 ICP-MS で測定した結果、コンポジット微粒子が大きくなるほど、内包される金ナノ粒子の数も増す傾向が観察された。

コンポジット微粒子の物性は生体との一次的な相互作用に影響し、ひとたび内包されるナノ粒子が溶出すると、ナノ粒子の物性 (大きさ、化学組成、存在量) が毒性の強弱を決定する要因となる。コンポジット微粒子と内包されるナノ粒子の物性を同時に評価する本手法は、すでに EU におけるナノ粒子計測の標準技術として検討が進められている。

- 1) A. Barber, S. Kly, M. G. Moffitt, L. Rand, J. F. Ranville: *Environ. Sci.: Nano*, **7**, 514 (2020).

〔千葉大学大学院薬学研究院 田中佑樹〕