

## 黒色ナノ粒子のセンシング技術への応用

溝口大剛<sup>\*,†</sup>・宮澤雄太<sup>\*</sup>・光延愛美<sup>\*</sup>・鈴木重明<sup>\*</sup>

<sup>\*</sup>大日本塗料(株) 栃木県大田原市下石上1382-12 (〒324-8516)

<sup>†</sup> Corresponding Author, E-mail: mizoguchi@star.dnt.co.jp

(2018年12月28日受付, 2019年1月21日受理)

### 要 旨

異方性貴金属ナノ粒子であるパラジウム被覆金ナノロッドは、可視域でフラットな分光特性を示して黒色を呈する。本稿では、パラジウム被覆金ナノロッドの分光特性に着目し、イムノクロマト方式の検査キットの黒色呈色材として応用した例を述べる。

キーワード：プラズモン, パラジウム被覆金ナノロッド, イムノクロマト法

### 1. 諸 言

貴金属のナノ粒子は特有の光学特性を示す<sup>1)</sup>。たとえば、直径数十ナノメートルの球状金ナノ粒子は530 nm付近の波長を吸収して鮮やかな赤紫色を呈するため、古くよりステンドグラスの色材として利用されている。また、抗原-抗体反応といった特異的な反応を検出原理とするインフルエンザ検査キットや妊娠検査キットにおいて、目視判定に使用する呈色材に球状金ナノ粒子が利用されている<sup>2)</sup>。これらの検査キットはイムノクロマト方式(ラテラルフローイムノアッセイ)検査キットと呼ばれ、抗原-抗体反応により判定ラインに集積した球状金ナノ粒子が赤色を呈することで陽性・陰性反応を目視判定する検査方法である。

検査にも利用されている貴金属ナノ粒子の着色は、局在表面プラズモン共鳴(LSPR: Localized Surface Plasmon Resonance)と呼ばれる光学特性であり、金属の自由電子の集団的な振動が特定の周波数を吸収して起こる<sup>3)</sup>。LSPRの周波数(波長)は、貴金属の種類、形状、周囲の誘電率、さらに組織化(集積、配列など)状態で決定する<sup>4)</sup>。

金ナノ粒子の場合、球状のほかにさまざまな異方性形状のナノ粒子が研究されており、ロッド状<sup>5-10)</sup>、プレート状<sup>11-13)</sup>、ワイヤー状<sup>14,15)</sup>、針状<sup>16,17)</sup>など、合成方法や粒子成長のメカニズムが報告されている。近年では、異方性形状の貴金属ナノ粒子の表面に異種金属を被覆する技術が報告されており<sup>18)</sup>、異種金属の被覆により光学特性が大きく変化する点が着目されて

いる。このような異方性貴金属ナノ粒子は、光学特性を制御することで多彩な色を呈するため検査キットの呈色材として有望であり<sup>19)</sup>、呈色材としての性能(検出感度)の改良が継続されている。

本報では、異方性形状の貴金属ナノ粒子としてパラジウムを被覆したロッド形状の金ナノ粒子が可視域でフラットな分光特性を示して黒色を呈することに着目し、イムノクロマト方式の検査キットの黒色呈色材として応用した例を紹介する。

### 2. パラジウム被覆金ナノロッド

異方性貴金属ナノ粒子は、粒子形状を精密に制御するため界面活性剤を溶解した溶媒中で金属イオンを還元する方法が多く報告されている<sup>20,21)</sup>。界面活性剤はナノ粒子表面に吸着し、特定の結晶面の成長を促進・抑制するといった機能があり、さらに溶媒中で安定分散するための分散剤としても機能している。たとえば、金ナノロッドは、形状制御と安定分散のために界面活性剤として四級アンモニウム塩のセチルトリメチルアンモニウムブロミド(cetyltrimethylammonium bromide: CTAB)を含む水溶液中で金イオンを還元して合成する方法(ソフトテンプレート法)<sup>5-10)</sup>が代表的である。さらに、金ナノロッドの表面に異種金属を被覆する方法が研究されており、異種金属としてパラジウム<sup>22-28)</sup>、ニッケル<sup>29)</sup>、銀<sup>30,31)</sup>、銅<sup>32)</sup>を被覆すると光学特性が大きく変化的ことが報告されている。

金ナノロッドは、短軸方向のLSPRに起因する530 nm付近の吸収と、長軸方向のLSPRに起因する吸収が近赤外域に発現することが知られている<sup>5-10)</sup>。とくに、長軸方向の吸収はアスペクト比(長軸長/短軸長)に大きく依存し、アスペクト比が大きくなると吸収ピーク波長は長波長側にシフトし、可視域から近赤外域で確認される。金ナノロッドにパラジウムを被覆したパラジウム被覆金ナノロッド(以下、AuPd)は、パラジウムの被覆膜厚が厚くなるにつれて近赤外域の特徴的な長軸方向のLSPRが短波長側にシフトし、可視域がフラットな吸収特性を示して黒色を呈することが確認されている<sup>22-28)</sup>。筆者らは、AuPdの光学特性を分光光度計で確認した場合に理想的な黒の



【氏名】 みぞぐち だいごう  
 【現職】 大日本塗料(株)スペシャリティ事業部門新事業創出室 室長  
 【趣味】 音楽鑑賞、海遊び  
 【経歴】 1997年鹿児島大学工学研究院化学工学専攻博士前期課程修了。同年大日本塗料(株)入社。2011年九州大学工学部材料物性工学専攻博士後期課程修了。2011年より現職。

【図表について】電子ジャーナルサイト「J-STAGE」ではカラーでご覧いただけます。https://www.jstage.jst.go.jp/browse/shikizai-char/ja/