

金ナノ粒子の自己集合で商品管理と偽造防止を行うナノタグを開発

－ 医療品などの劣悪な偽造品から安心・安全な生活を守る －

概要

大きな社会問題である偽造品を排除する偽造防止技術が強く求められています。物理的・化学的識別子やマイクロタガントと呼ばれる人工物微粒子が、真正品を偽造品から区別するタグとして注目されていますが、セキュリティの高さと迅速な判定時間を低コストで満たすことは困難でした。

京都大学大学院工学研究科マイクロエンジニアリング専攻 福岡隆夫 研究員は、適切に制御された金ナノ粒子のサブミクロンサイズの自己集合体が、表面増強ラマン散乱 (SERS) という特徴的な光シグナルを発する現象を利用し、ナノタグ「ステルスナノビーコン」を開発しました。このナノタグは液体のインクのように医薬品錠剤等に印刷でき、ナノグラム量のナノタグにレーザーを0.2秒照射するだけで商品管理に必要な情報を得ることができます。

本研究は、特定の技術シーズを有する個人を対象とする、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) の「研究開発型ベンチャー支援事業/NEDO Entrepreneurs Program (NEP)」の支援を受けて実施され、成果は2019年11月上旬に開催された国際学会「OKINAWA Colloids 2019」で発表されました。日本ブランドや京都ブランドの価値を保護し、医薬品などの劣悪な偽造品から私たちの安心・安全な生活を守る技術として期待されます。今後、本学100%出資の京大オリジナル株式会社と連携してサプライチェーンのセキュリティ高度化を検証する社会実装実験を行います。

この革新的な技術は、2020年1月29日から東京国際展示場で開催される「nano tech 2020 第19回国際ナノテクノロジー総合展・技術会議」のNEDO公式ブースに「金ナノ粒子自己集合でサプライチェーンの情報管理と偽造防止」と題して展示されます。

金メダルがナノサイズになると・・・

光とナノ粒子の相互作用で美しい色調を示す

金ナノ粒子を集合化し表面増強ラマン散乱を発現 + ラマン活性分子を包含

超極微量を医薬品や食品に点着

眼に見えない + 低コスト

レーザーを0.1～1.0秒照射する

このナノタグがあれば強くて特徴的な SERS スペクトルが出現

真正品

偽造品

光の波長・ナノ構造の形状・分子の種類・物性が“暗号鍵”となって、出現する SERS スペクトルを変えられる

1. 背景

偽造品や模倣品が大きな社会問題になっています。偽造品の流通量は世界貿易の 10%を占め、ブラックマーケットとして年成長 15%の巨大産業とされています。世界に誇る日本のブランドである京都の宇治茶の模倣品が欧米に輸出され、一社で 3 億円の被害を受けたとの報道は関心を集めました。また、C 型肝炎治療薬の偽造品が正規の流通経路に混入した事件は、私たちの安全で安心な生活を脅かしました。特許庁の報告では、日米欧それぞれの偽造被害は年間 1,000 億円規模に達しています。さらに、偽造医薬品が原因となって、世界 124 カ国で年間 100 万人の生命が危険に晒されています。

このため、真正品と偽造品を区別し、ブランドと利益を守る偽造防止技術が強く求められています。近年では、物理的・化学的識別子 (Physical Chemical Identifier) やマイクロタグと呼ばれる人工物微粒子を用いた偽造防止対策が注目されています。しかし、従来の「眼で見て」識別する手法は、判定の「鍵」の存在が明らかであり、やがて「鍵」の原理が解析されて模倣されてしまう問題がありました。また、セキュリティの高さと迅速な判定を低コストで満たすことは困難でした。

2. 研究手法・成果

金ナノ粒子を適切に集合・集積させると、単独粒子のときよりも光と強く結びついた機能を発現します。その現象のひとつが表面増強ラマン散乱 (SERS) です。福岡研究員は、京都大学大学院工学研究科マイクロエンジニアリング専攻 鈴木基史 教授、同志社大学理工学部 森康維 教授、兵庫県立大学高度産業科学技術研究所 山口明啓 准教授らと、斜め蒸着・拡散律速凝集・移流集積・誘電泳動を用いた SERS 活性な金ナノ粒子自己集合体の多様な作製法と、超高感度で SERS を感知するセンシング技術を長年研究してきました。そしてこの度、微小なナノ構造体に吸着した極微量の分子から、特徴的なラマン散乱スペクトルを迅速に検知できることに着目し、この新しい原理に基づいて偽造防止ナノタグ「ステルスナノビーコン」を開発しました。

約 10 ナノグラムのナノタグを市販の医薬品錠剤の表面に点着したところ、0.2 秒のレーザー照射で強い SERS シグナルを検出できました。このシグナルは安定しており、5 年経過してもナノタグのありなしを区別できるという実用性の高さを確認しました。

新しいナノタグは、レーザー光とナノ構造体、そしてラマン散乱を発する分子の化学と物理を組み合わせ、多元的な暗号鍵としています。そのため、ナノタグを電子顕微鏡で構造解析しても、発生する SERS シグナルを複製するのは極めて困難であり、高いセキュリティが期待されます。さらに、必要なナノタグの量はナノグラム程度なので、金を原料にしても安価に製造できる利点があります。このように「ステルスナノビーコン」は、高いセキュリティと迅速な判定を低コストで実現できる革新的な技術といえます。

3. 波及効果、今後の予定

本研究では、ナノタグを紫外線硬化樹脂へ封入し、検出することにも成功し、産業部品への適合可能性を示すことができました。また、異なる化学分子を含むマルチカラーのナノタグインクを合成し、その微細な印刷パターンからそれぞれの化学分子に対応した異なる SERS シグナルを検出することにも成功しました。SERS スペクトルには化学分子に特有のピークが現れるので、そのピーク位置のありなしをデジタル化することによって、マルチカラーのナノタグを数値情報として扱うことができます。これにより、商品ごとにナノタグの数値情報を紐付け、IC タグより安価でバーコードより高いセキュリティを有する商品管理が実現します。

このように本研究では、Proof of Concept (PoC) と呼ばれる技術の実用性を検証することができたので、次の段階として、実際のサプライチェーンでナノタグを試験する社会実装実験を 2020 年より実施します。近い未来に本技術が社会のインフラストラクチャーとなることが期待できます。

4. 研究プロジェクトについて

この研究は、特定の技術シーズを有する個人を対象とする国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の「研究開発型ベンチャー支援事業／NEDO Entrepreneurs Program（NEP）」の支援を受けて実施されました。NEDO NEP 成果として 2020 年 1 月 29 日からの nano tech 2020 の NEDO 公式ブースに展示します。

社会実装実験は、本学 100%子会社である京大オリジナル株式会社と連携して 2020 年より実施します。

<用語解説>

サブミクロンサイズ：大きさが、1 ミリメートルの 1000 分の 1 であるミクロン以下であること。

自己集合：ボトムアップで微細構造を作製する一手法。自発的に機能性ナノ構造が合成できる利点がある。物理的には動的斜め蒸着、ナノ粒子集積では拡散律速凝集、移流集積、誘電泳動などがある。

表面増強ラマン散乱・SERS：貴金属ナノ構造体の近傍にあるラマン散乱活性分子のラマン散乱強度が著しく増強される現象。通常は弱いラマン散乱を蛍光なみの強度に増感するので、バイオセンサー、環境分析、法医学分析の手法として期待されている。

ラマン散乱：分子から散乱された光の波長が分子が有する官能基の振動エネルギーに対応して波長シフトする現象。シフトは分子の官能基に特有なので分子の色とも呼ばれるが、検出感度が低いので、表面増強ラマン散乱が注目されている。

<研究者のコメント>

いろいろなご縁のおかげでここまで継続できました。この技術をぜひ世の中に出したいと願っています。

< 参考図表 >

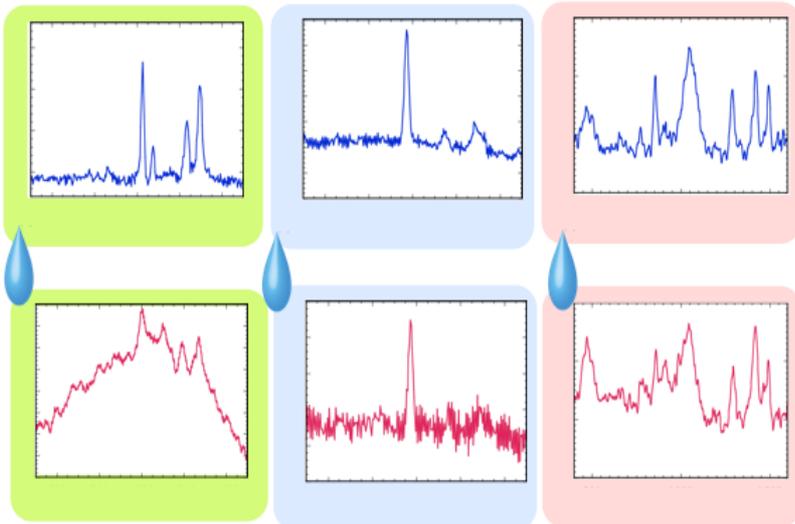


図 1. マルチカラーナノタグインクの表面増強ラマン散乱スペクトル (上：インク、下：その印刷物)



図 2. 医薬品サプライチェーンにおけるナノタグの活用モデル



図 3. ナノタグを封入した紫外線硬化樹脂で作成したファンシーグッズ