

論文題名 『レーザーアブレーション ICP-MS によるナノ粒子のイメージング分析法の開発』

掲載ページ：「分析化学」第68巻第1号1-7ページ

著者名：山下修司<sup>1</sup>，鈴木敏弘<sup>1</sup>，平田岳史<sup>1</sup>（<sup>1</sup>東京大学大学院理学系研究科）

2019年「分析化学」論文賞として、上記の論文が選定されましたので、お知らせいたします。

【選定理由】ならびに「論文概要」

ナノ粒子化された金属はバルク体と異なる物理化学的特性を有し、材料分野・医療分野など様々な分野で広く用いられている。一方で、ナノ粒子はその特異的な反応性ゆえに生体に対する影響が懸念されている。しかし、生体内でのナノ粒子の挙動や影響を定量的に評価することは難しく、ナノ粒子の組織内での分布情報を引き出す高感度かつ高速の分析手法が求められている。本論文では、レーザーアブレーション試料導入法を組み合わせた ICP 質量分析法 (LA-ICP-MS 法) を用いて、生体試料からナノ粒子のイメージング分析法を提案している。LA-ICP-MS 法によるナノ粒子の分布情報の取得に関する報告はあるが、個々のナノ粒子の粒径を見積もることはできていない。そこで本研究では、ナノ粒子の位置情報に加え、粒径と形態に関する情報を同時に引き出す新たな分析手法の開発を行った。

ICP-MS 法によるナノ粒子分析では、計測される信号強度 (カウント数) がナノ粒子を構成する原子数に比例することを利用して粒径を測定する。LA-ICP-MS 法を用いたナノ粒子の粒径分析では、レーザーアブレーションによりナノ粒子の粒径が変化しない (破碎や凝集が起らない) ことが重要となる。本論文では、シリコンウエハ上に静置した 60 nm 銀ナノ粒子溶液を用い、様々なレーザー照射条件でアブレーションを行い、ICP-MS を用いてナノ粒子の粒度分布分析を行った。その結果、短波長 (紫外線)・ナノ秒レーザーを低フルエンス ( $0.5 \text{ J cm}^{-2}$ ) でアブレーションすることで、ナノ粒子の破碎や凝集を低減できることがわかり、ナノ粒子の

位置情報と1粒子ごとの粒径情報を取得することが可能となった。

さらに本論文では、ICP-MS 法で観測される信号プロファイルから、ナノ粒子と、粒子を構成する元素の溶存成分 (イオン成分) を区別して計測する手法も提案している。ICP-MS 法による計測では、ナノ粒子は過渡的な (パルス状の) 信号として観測されるのに対し、溶存成分のある箇所では緩やかなベースラインの増加として観測される。得られた信号プロファイルに関し、信号面積やピーク高さで一定の弁別値を設定することで、粒子由来の信号と溶存成分由来の信号を区別しての位置情報の取得を達成した。

ここで開発した分析手法の応用として、タマネギ細胞組織内における銀ナノ粒子の粒径・イメージング分析を行った。分析の結果、粒径 30 nm 以上の個々の銀ナノ粒子と銀イオンの二つのイメージング画像を取得することに成功している。イメージング画像より、ナノ粒子の特定領域への濃集は確認されない一方で、溶存成分は細胞壁に濃集していることが明らかとなった。

本論文で報告された手法を用いることで、ナノ粒子の粒径、位置、形態 (粒子状か溶存形態か) の三つの情報を同時に引き出すことが可能となった。この分析手法で得られる情報は、生体内におけるナノ粒子の輸送、相互作用等の機構を理解するための重要な情報を提供し、毒性学・薬理学、環境化学などの様々な研究分野に応用されるものと期待できる。

委員会では慎重に審議・検討し、上記の理由により、本論文を 2019 年「分析化学」論文賞受賞論文に値すると認め、選定した。

〔「分析化学」論文賞選考委員会〕