

● α 線放出核種の体内動態の解析を可能にするイメージング技術

α 線は高い細胞傷害性を有する放射線の一つで、近年、 α 線を放出する放射性核種を含む抗がん剤が注目されている。2016年に α 線放出核種標識化合物の投与で完全寛解¹⁾が報告されて以来、 α 線放出核種を含む核医学治療薬の開発が活発に行われている。

放射性核種には様々な種類が存在し、 α 線や β^- 線等の高い細胞傷害性作用を示す放射線を放出する核種や、 γ 線のような高い生体透過性を示す放射線を放出する核種がある。これらの放射性核種を上手く活用すれば、放射性核種を変更するだけで核医学診断と核医学治療を実施することが可能である。この診断と治療を同時に実施する方法は、ラジオセラノスティクスと呼ばれ、個別化医療の体现を可能とする方法の一つとして注目されている。

核医学診断では、イメージング技術としてポジトロン放出断層撮像法 (positron emission tomography, PET) や単光子放出断層撮像法 (single photon emission computed tomography, SPECT) が臨床にて使用されている。しかしながら、画像化できる放射性核種は限られており、 α 線放出核種の多くはこれらの機器での撮像が困難である。それに対し近年、これまで検出困難であった様々な放射性核種を同時に画像化できる新たなイメージング技術の開発が進められている。Omataらは、従来のPETやSPECTの原理に加えて、宇宙線の検出等に使用されてきたコンプトンカメラの原理を組み合わせることで、様々なエネルギーの γ 線の同時検出に成功するとともに、我が国で活発に開発が進められている α 線放出核種であるAt-211のイメージングも達成している²⁾。またTakedaらは、位置検出能に優れた両面ストリップ型半導体検出器を用いることで、エネルギーの近い放射線を放出する放射性核種を高解像度で検出することに成功している³⁾。これらの技術は、開発段階であるものの近年使用されている治療用放射性核種の体内動態解析にも応用可能な優れた技術である。ハード及びソフトの両面の改善による感度や解像度、時間分解能等の向上により、これらのイメージング技術が核医学治療薬の開発をより一層推進することが期待される。

- 1) C. Kratochwil, F. Bruchertseifer, FL. Giesel, M. Weis, FA. Verburg, F. Mottaghy, K. Kopka, C. Apostolidis, U. Haberkorn, A. Morgenstern : *J. Nucl. Med.*, **57**, 1941 (2016).
- 2) A. Omata, M. Masubuchi, N. Koshikawa, J. Kataoka, H.

Kato, A. Toyoshima, T. Teramoto, K. Ooe, Y. Liu, K. Matsunaga, T. Kamiya, T. Watabe, E. Shimosegawa, J. Hatazawa : *Sci. Rep.*, **12**, 2546 (2022).

- 3) S. Takeda, T. Orita, A. Yagishita, M. Katsuragawa, G. Yabu, R. Tomaru, F. Moriyama, H. Sugawara, S. Watanabe, H. Mizuma, Y. Kanayama, K. Ohnuki, H. Fujii, LR. Furenlid, T. Takahashi : *IEEE Trans. Radiat. Plasma Med. Sci.*, **7**, 860 (2023).

[金沢大学医薬保健研究域薬学系 宗兼 将之]

● 光学イメージングによる単一粒子屈折率計測法

屈折率は光と物質の相互作用を示す一つの光物理的なパラメーターの一つである。屈折率を測定することで、単一の物質中の異なる成分を予測や特定できるため、材料科学や環境科学などの分野で有用である。これまでの屈折率測定には屈折率計¹⁾やレーザー回折計²⁾、Mie共鳴分光法³⁾などが用いられるが、これらの手法はバルクの液体系や浮遊液滴の平均的な屈折率の測定に適している。一方で、透明のサンプルや、光を散乱しやすいサンプルでは屈折率の測定できないため、単一粒子系の屈折率測定は困難であった。

Wangらは簡便かつ単一の粒子に対する屈折率測定法を提唱した⁴⁾。1-bromonaphthalene, *N,N*-dimethylformamide, 脱イオン水の混合溶媒で構成された屈折率標準溶液 ($n=1.3327\sim 1.6563$) をセルに充填し、シリカ粒子を沈降させ、明視野顕微画像を取得した。シリカ粒子によって散乱する光の強度を計測すると、屈折率差が大きいときには散乱光強度は大きくなり、シリカ粒子の屈折率と一致する標準液を用いた場合、散乱光強度は0に近づく。散乱光強度が0となるときの屈折率からシリカ粒子の屈折率を算出すると、 1.489 ± 0.002 と小さい誤差で定量できることがわかった。

光学倍率 ($4\times$, $20\times$) を変えても、同様の結果を得ることができ、 $500\text{ nm}\sim 5\text{ }\mu\text{m}$ のシリカ粒子に対しても同程度の屈折率が得られた。また、シリカ粒子をエッチング、超音波、酸素プラズマにより処理をし、表面形状の影響について検討した。いずれの結果も表面形状は屈折率測定に影響を与えないことがわかった。また、ポリスチレン (PS) とシリカ粒子のコアシェル型粒子 (PS@SiO₂) の屈折率の測定にも応用した。SiO₂ シェルの厚さを $62.5\sim 201\text{ nm}$ に変化させ、屈折率を測定した。得られた屈折率は、PS と SiO₂ の屈折率の体積分率から計算される理論値と良い一致を示し、この手法がコアシェル型の粒子においても屈折率を算出できることがわかった。

以上のことから、簡便に単一粒子レベルで屈折率を計測する手法が確立された。画像解析を用いることで一度に数百粒子の解析も可能である。また、本手法の興味深いところは、「検出されない」ことを利用するところであると考えている。多くの分析化学者はシグナルを「検

出する」というところに着目するため、この発想はとても面白い。このような発想がますます増えていき、分析化学分野を盛り上げてくれることを期待している。

- 1) B. Liu, X. Lu, Z. Qiao, L. Song, Q. Cheng, J. Zhang, A. Zhang, Y. Huang, T. Chen : *Langmuir*, **34**, 13047 (2018).
- 2) R. Manda, S. Pagidi, Y. J. Heo, Y. J. Lim, M. S. Kim, S. H.

Lee : *Adv. Mater. Interfaces*, **7**, 1901923 (2020).

- 3) S. Kim, C. Y. Zheng, G. C. Schatz, K. Aydin, K.-H. Kim, C. A. Mirkin : *Nano Lett.*, **20**, 8096 (2020).
- 4) X. Zhang, J. Gao, X. Wang, S. Wang, B. Jiang, W. Wang, H. Wang : *Anal. Chem.*, **94**, 17741 (2022).

[筑波大学 宮川 晃尚]

日本分析化学会の機関月刊誌『ぶんせき』の再録集 vol. 3 が出版されました！ 初学者必見！ 質量分析・同位体分析の基礎が詰まった 293 ページです。

本書は書籍化の第三弾として、「入門講座」から、質量分析・同位体分析の基礎となる記事、合計 42 本を再録しました。『ぶんせき』では、分析化学の初学者から専門家まで幅広い会員に向けて、多くの有用な情報を提供し続けています。これまで掲載された記事には、分析化学諸分野の入門的な概説や分析操作の基礎といった、いつの時代でも必要となる手ほどきや現役の研究者・技術者の実体験など、分析のノウハウが詰まっています。

〈2003 年掲載 1 章 質量分析の基礎知識〉

1. 総論
2. 装置
3. 無機物質のイオン化法
4. 有機化合物のイオン化法
5. ハイフェネーテッド質量分析 I
6. タンデムマススペクトロメトリー
7. 無機材料の質量分析
8. 生体高分子の質量分析
9. 医学、薬学分野における質量分析法
10. 食品分野における質量分析法
11. 薬毒物検査、鑑識分野における質量分析法
12. 環境化学分野における質量分析法

〈2009 年掲載 2 章 質量分析装置のためのイオン化法〉

1. 総論
2. GC/MS のためのイオン化法
3. エレクトロスプレーイオン化—原理編—
4. エレクトロスプレーイオン化—応用編—
5. 大気圧化学イオン化
6. 大気圧光イオン化
7. レーザー脱離イオン化
8. イオン付着質量分析
9. リアルタイム直接質量分析
10. 誘導結合プラズマによるイオン化
11. スタティック SIMS
12. 次世代を担う新たなイオン化法

〈2002 年掲載 3 章 同位体比分析〉

1. 同位体比の定義と標準
2. 同位体比測定の精度と確度
3. 同位体比を測るための前処理
4. 同位体比を測るための分析法
5. 生元素の同位体比と環境化学
6. 重元素の同位体比

〈2016 年掲載 4 章 精密同位体分析〉

1. 同位体分析の基本的原理
2. 表面電離型質量分析計の原理
3. 表面電離型質量分析計の特性とその応用
4. ICP 質量分析法による高精度同位体分析の測定原理
5. マルチコレクター ICP 質量分析装置による金属安定同位体分析
6. 加速器質量分析装置の原理
7. 加速器質量分析の応用
8. 小型加速器質量分析装置の進歩と環境・地球化学研究への応用
9. 二次イオン質量分析装置の原理
10. 二次イオン質量分析計を用いた高精度局所同位体比分析手法の開発と応用
11. 精密同位体分析のための標準物質
12. 質量分析を用いた化合物同定における同位体情報の活用

なお『ぶんせき』掲載時から古いものでは 20 年が経過しており、執筆者の所属も含め現在の状況とは異なる内容を含む記事もありますが、『ぶんせき』掲載年を明記することで再録にともなう本文改稿を割愛しました。これらの点については、執筆者および読者の方々にご了承いただきたく、お願い申し上げます。