

誘導結合プラズマを利用した  
マイクロプラスチック計測

直径 5 mm 以下の微小プラスチックであるマイクロプラスチック (MPs) は、スクラブ剤として配合されたマイクロビーズ (1 次 MPs) や、使用されたプラスチックの一部が環境中に放出されて、紫外線や波浪などによって微細化した破片 (2 次 MPs) を指す。MPs の存在は、これまでに河川や海域において広く確認されているが、飲食物においても確認されているため、水圏環境のみならず人体への影響も懸念されている。MPs の計測には、主にラマン顕微鏡法やフーリエ変換赤外分光法 (FTIR) などが用いられてきたが、2020 年以降、誘導結合プラズマ (ICP) を利用した計測が試みられてきた。なかでも、寺本らが開発した時間・空間分解 ICP 発光分光分析法 (ICP-OES)<sup>1)</sup> は、ICP 中で分解・原子化した MPs の原子発光を時間・空間分解計測できる点で特筆に値する。

一般的な ICP-OES では、噴霧器及び気化室を使って直径 10  $\mu\text{m}$  以下の試料液の微細液滴を発生させ、それを横向き又は上向きプラズマトーチで発生させた ICP に連続的に導入し、ICP 中で励起された原子・イオンからの発光を、分光器を通して光電子増倍管又は半導体検出器で検出する。それにより、得られた発光スペクトルの波長及び強度からそれぞれ元素の定性、定量を行う。一方、寺本らが開発した時間・空間分解 ICP-OES では、単分散マイクロドロップレット発生器を使って直径 50  $\mu\text{m}$  の粒子分散液の微細液滴を発生させ、それを下向きプラズマトーチで発生させた ICP に間欠的に導入し、ICP 中で励起された原子からの発光を、分光器 (ダブルモノクロメーター) 及び光増幅器を通して高速度カメラで検出する。それにより、原子発光の位置と発光スペクトルを  $\mu\text{s}$  レベルの時間分解能で同時計測でき、その発光特性から粒子の元素組成、粒子径、構造などの分析を行う。プラズマトーチを下向きにしたことで、液滴がガス流及び重力によって安定して ICP に到達できるため、従来よりも高い再現性で計測を行うことができる。実際に、疑似 MPs として用いた市販の直径 1.5  $\mu\text{m}$  及び 3  $\mu\text{m}$  のポリスチレンビーズの水分散液を ICP に導入した結果、ビーズの主成分である炭素の原子発光スペクトルの時間変化は粒子径に依存的であり、また発光強度の立方根の分布は、ビーズ製造元が報告する粒子径分布とよく一致した。このように本法は、MPs の元素組成を推定できるだけでなく、MPs 由来の炭素の発光強度から、真球仮定した粒子径分布を推定できるため、今後、飲料水や環境水などの様々な水試料中の MPs への応用が期待される。

1) Y. Teramoto, H. Kim : *J. Anal. At. Spectrom.*, **36**, 1594 (2021).  
〔産業技術総合研究所 宮下 振一〕

血管は、全身へ栄養や酸素を運搬し、老廃物を回収する重要な役割を担っている。臓器機能や薬剤応答性の研究においては、物質輸送により組織や細胞の機能を維持する血管を有するモデルを用いることで、より生体内に近い環境で評価することができる。しかし、臓器や組織周辺に血管を有するモデルの一つとして挙げられる *in vivo* 試験を、繰り返し実施することは倫理的観点から困難である。そこで、生体内環境を生体外に模倣可能なマイクロ流体デバイスを用いて血管網を再現する評価系について研究されてきた。ここでは、マイクロ流体デバイスを用いた血管網の再現から、その応用に至るまでの進化の過程について紹介する。

血管が物質輸送の役割を果たし組織や細胞の機能を維持するには、三次元的な管状構造を有する灌流可能な血管を形成する必要がある。Yeon らが開発した Laddar 構造のマイクロ流体デバイスでは、血管を構成する細胞と血管形成を促進する細胞を共培養することで、初めて灌流可能で実用的な血管モデルを作製した<sup>1)</sup>。形成した血管に試薬を導入することで、管腔をもち耐久性のある灌流可能な血管であることが確認された。

さらに梨本らが開発したマイクロ流体デバイスでは、血管モデルと三次元細胞凝集体のがんモデルを組み合わせることで、がん細胞周囲での血管形成過程を再現することに成功した<sup>2)</sup>。がん細胞周囲の血管網は、薬物送達やがん細胞の発生や進行に影響を与える。本デバイスでは、細胞凝集体と血管網の接続や、血管の管腔構造を通じた物質輸送が初めて可能となった。また、血管を介した薬剤投与により、がん細胞の変化や薬剤の有効性が評価された。

がん細胞以外にも、血管が細胞の生存率や機能性に影響する例が存在する。Bonanini らは、梨本らが開発したモデルを応用し、ヒト肝臓組織を模倣した三次元細胞凝集体と微小血管を接合するマイクロ流体デバイスを開発した<sup>3)</sup>。細胞凝集体と血管の接合に成功し、さらに免疫抑制剤投与により静脈閉塞性疾患モデルを構築した。

これらのデバイスを用いた評価は、血管新生評価や血管に關与する疾病の研究において応用が期待される。さらに血管のみならず、血管と接続した細胞や組織との複合的な評価により、多種多様な臓器の機能評価や薬剤スクリーニングへの適用が期待される。

- 1) J. H. Yeon, H. R. Ryu, M. Chung, Q. P. Hu, N. L. Jeon : *Lab Chip*, **12**, 2815 (2012).
- 2) Y. Nashimoto, R. Oka, S. Hanada, Y. Arima, K. Nishiyama, T. Miura, R. Yokokawa : *Biomaterials*, **229**, 119547 (2020).
- 3) F. Bonanini, D. Kurek, S. Previdi, A. Nicolas, D. Hendriks, S. de Rooter, M. Meyer, M. Clapés Cabrer, R. Dinkelberg, S. B. García, B. Kramer, T. Olivier, H. Hu, C. López-Iglesias, F. Schavemaker, E. Walinga, D. Dutta, K. Queiroz, K. Domansky, B. Ronden, J. Joore, H. L. Lanz, P. J. Peters, S. J. Trietsch, H. Clevers, P. Vulto : *Angiogenesis*, DOI: 10.1007/s10456-022-09842-9, in press.

〔東北大学大学院環境科学研究科 今野 杏〕