

● 試験紙とスマートフォンを用いる  
シンプルな分析システム

健康志向を背景に確認すべき成分やコロナ禍で消毒の観点から注目される成分等は、存在確認や濃度把握の需要が高まっている。機器分析による正確な定量と平行して、身近なツールでセルフチェックするスタイルが注目されている。近年普及が進むスマートフォンは、セルフチェックのような評価に最適な電子機器と位置づけられる。スマートフォンを活用した分析技術は幅広い領域で検討されている。一例として試験紙と組み合わせた研究が注目され、試験紙による高選択性や濃縮効果等の長所を活かした分析システムの開発が進んでいる。

Golcezらは、試験紙をベースとした流体デバイスとスマートフォンを融合した迅速比色測定を検討した<sup>1)</sup>。試験紙には疎水性の光硬化樹脂によりチャンネルが設けられ、このチャンネル内でグルコースに由来する比色反応が起こる。グルコースはグルコースオキシダーゼにより酸化され生じた過酸化水素に基づく比色反応を利用して測定する。比色反応の撮影画像からスマートフォンによる濃度計算がなされる。人工唾液中のグルコースを対象として検出下限は 30  $\mu\text{M}$  であった。1 分以内での迅速測定が可能で、涙等を用いる非侵襲的測定の可能性が示された。

また、間中らは、試験紙とスマートフォンを用いて次亜塩素酸の簡易分析法を開発した<sup>2)</sup>。市販の試験紙は総残留塩素濃度を測定するものであり、次亜塩素酸の測定ができなかった。そこで本研究では、最初にスマートフォン端末内で試料と比色板の色情報・強度から pH と総残留塩素の量を算出する。次に液体の pH に応じて次亜塩素酸の存在比率が把握できるため、この関係に基づき端末内で次亜塩素酸の量を計算できるようにした。実試料として、市販の電解水に対する次亜塩素酸の添加回収実験を行い 100 % に近い回収率を得て性能を担保した。

総務省「通信利用動向調査」によるとスマートフォンの世帯保有率は 2020 年で 86.8 % と報告され、まさに一人一人が保有している電子機器といえる。こうした便利なツールを比色反応等に基づき分析機器として活用できることは現代ならではの恩恵である。今回紹介した試験紙をはじめとした工夫により、検出感度や適用範囲を広げて分析が進歩していくことを期待する。

1) T. Golcez, V. Kilic, M. Sen : *Anal. Sci.*, **37**, 561 (2021).

2) 間中 淳, 柴田慶之, 武内義弥, 吉川奉史, 袋布昌幹 : 分析化学 (*Bunseki Kagaku*), **72**, 45 (2023).

[福島工業高等専門学校化学・バイオ工学科 加藤 健]

## ● 二相磁気浮上法によるマイクロプラスチックに吸着した汚染物質の検出

5 mm 以下の微細なマイクロプラスチック (MPs) は、水圏環境の汚染物質として近年問題となっている。また、MPs はその表面に汚染物質を吸着することが知られており、MPs それ自体だけでなく吸着物質の分離、分析も重要な課題である。

MPs を種類ごとに分離する方法として、密度差を利用するのは有効な手法であり、例えば、異なる密度の溶液を層状に入れた密度勾配溶媒を用いて、密度勾配超遠心法による MPs の分離が報告されている<sup>1)</sup>。密度勾配法は MPs の分離に有効である一方で、複数の溶媒を必要とし、また溶媒の密度条件の検討が煩雑となる。これに対し遠心分離を必要としない方法として、Ren らは図 1 に示すような MPs の磁気浮上を用いた二相分離法を報告した<sup>2)</sup>。

磁気浮上とは粒子よりも媒体の磁化率が大きいとき、重力方向に配置した磁石による勾配磁場中において粒子には磁石から離れるように磁気力が作用し、磁気力は磁石からの距離に依存するため重力と釣り合う高さで止まる現象である。MPs を分散させた 3 mol L<sup>-1</sup> 塩化マンガン水溶液と 1-ウンデカノールを容器に入れ、磁場中に置くと MPs はその密度により異なる高さで静止する。この状態で容器を下げると、MPs の静止位置は変わらないため密度の軽い MPs から上相の 1-ウンデカノール中に移動し、1-ウンデカノール相を回収することで分離が可能となる。実際にポリプロピレン、ポリカーボネート、ポリエチレンテレフタレート、ポリ乳酸の密度差による分離、回収を実証した。さらに、環境中の有害物質として知られるビスフェノール A (BPA) および 4-ノニルフェノール (4-NP) を吸着させた上記 4 種類の MPs を本法により分離すると、1-ウンデカノール中において BPA および 4-NP は抽出され、分離操作後の

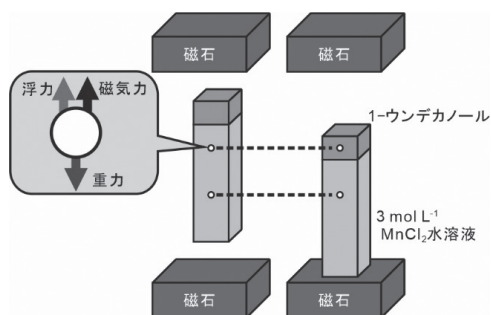


図 1 二相磁気浮上法の概念

1-ウンデカノールを高速液体クロマトグラフィーに供することで各 MPs への吸着量の定量が可能であることを示した。また、本法と FT-IR や熱分解ガスクロマトグラフィーと組み合わせることで分離された MPs の同定も同時に可能となる。そのため MPs の素材ごとに汚染物質の吸着能の評価が可能であり、本法は環境水中での MPs および汚染物質の分布および動態の迅速な分析法として期待できる。

- 1) S. Jing, Y. Huang, Y. Chen, X. He, Z. Chen, X. Lu, M. Wu, T. C. Wanger : *Anal. Chem.*, **94**, 15280 (2022).
- 2) X. Ren, M. C. Breadmore, F. Maya : *Anal. Chem.*, **94**, 9033 (2022).

[名古屋工業大学大学院工学研究科 飯國 良規]

## ●——酵母形態データを用いるエタノール収量の AI 予測

AI の進歩は、科学研究に対するアプローチの方法に大きな変革をもたらしている。特に、複数分野のつながりを見いだすことによるイノベーションが引き起こされている。分析化学分野においては、比較的 AI 導入が進んでおり、近年では、生化学と分析化学を組み合わせた研究報告が増加している<sup>1)</sup>。本トピックスでは、細胞形態学データを利用して、酵母発酵培養におけるエタノール収量を予測する AI モデルについて紹介する<sup>2)</sup>。

遺伝子発現、代謝状態、物質生産レベルなどの情報は、出芽、細胞の長さなどの酵母細胞の形態に現れることから、細胞形態からは非常に豊富な情報を得ることが可能である。開発されたプラットフォームでは、まず、酵母細胞の形態画像データを非染色プロトコルで取得し、酵母専用の画像処理ソフトウェア CalMorph-PC を用いて高次元の形態データとして抽出する。続いて、教師有り機械学習を用いて発酵プロセス全体を評価できる管理システムを構築し、エタノール収量を予測している。酵母形態を取得するためには、従来の染色プロトコル分析では少なくとも 3 日を要したが、本手法の非染色プロトコルでは、1 日以内で分析可能であった。得られた酵母の形態学データを使用してエタノール生産を予測し、得られた 31 次元の形態データを説明変数、アルコール生産量を目的変数として、AI 予測モデルを作成した。この AI 予測モデルは、形態学的データ取得後 30~60 分後に生成されるアルコール量の予測値と強い相関を示した。また、この過程で、CalMorph-PC で得られた母細胞および娘細胞のサイズ、出芽状態にある細胞の比率などの形態学的データを使用した主成分分析 (PCA) を実行し、寄与率 80 % 以上の四つの PC 指標を、発酵中の酵母細胞の出芽状態や輪郭の長さなどの動的变化として捉えることに成功した。これらの結果から、開発した AI 予測モデルはアルコール生産量の予測につながる、つまり、発酵状態を把握できることを示し

ている。

pH や温度などの細胞外環境のモニタリングは、単純な発酵モデルの構築は出来るが、複雑な発酵プロセス全体、細胞の状態のモデル化、発酵状態を予測するためには不十分であった。このような課題に対して、形態学データを利用した AI モデルを活用することが有効であることが明らかになった。生化学分野における化学反応は、多次元におよぶ複雑な変数が関与する事象も多く、全貌の解明や把握が非常に困難である。AI の活用は、これらを解決する一助になることが期待される。

- 1) Z. J. Baum, X. Yu, P. Y. Ayula, Y. Zhao, S. P. Watkins, Q. Zhou : *J., Chem. Inf. Model.*, **61**, 3197 (2021).
- 2) K. Itto-Nakama, S. Watanabe, N. Kondo, S. Ohnuki, R. Kikuchi, T. Nakamura, W. Ogasawara, K. Kasahara : *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, **86**, 125 (2022).

[大分大学理工学部 鈴木 絢子]