

## 2026年液体クロマトグラフィー努力賞

標記努力賞は1995年、液体クロマトグラフィー研究懇談会に制定された若手・中堅会員に対する褒賞制度であり、「液体クロマトグラフィーに関する研究・技術が独創的であり、将来を期待される研究者・技術者が受賞の対象」とされている。今回は2025年8月末日を期日として推薦を募った。2025年9月2日より開催された標記授賞候補者選考委員会において協議した結果、株式会社日立ハイテクアナリシス所属の清水克敏氏（推薦者：熊谷浩樹氏、LCシニアクラブ）を授賞候補者に決定した。この結果を2025年度第6回拡大運営委員会（9月19日）に上申・協議した結果、清水氏への授賞を正式に決定した。研究業績名は「UHPLCの感度特性と分離特性の関係に関する研究、及び食品評価法の開発」である。以下、清水氏への授賞対象となった研究業績の概要を紹介する。

清水氏は、株式会社日立サイエンスシステムズ（現日立ハイテクアナリシス）に入社後、一貫してHPLC及びUHPLCのアプリケーション開発やシステム開発等に従事して来た。特に、UHPLCの感度特性と分離特性の関係について考察し、UHPLC特有の作用が有る事を明らかにした。又、食品及び飲料を対象としてHPLCを含む各種分析手法による分析データの評価に関しても、成果を発表している。以下に、詳細を記す。

### 1) UHPLCの感度特性と分離特性の関係

UHPLC (Ultra High Performance Liquid Chromatography) は如何に高感度に寄与するのか、単にカラム断面積を縮小するセミマイクロLC化による移動相の体積縮減だけでは説明出来ないUHPLC特有の効果が潜んでいると考えられる。UHPLCは粒径 $2\mu\text{m}$ 前後の微細充填剤を用いる事により、高速化、高分離化を図るHPLCである。充填剤の微細化はカラム圧の上昇を伴う為、 $60\text{MPa}$ 以上の耐圧を有する分析システムが必要となった。UHPLCシステムは、高速・高分離化以外に高感度化にも貢献すると言われている。その理由を検討する為に、清水氏は感度特性を可視化する手法を検討した。

HPLCの分離特性を可視化する方法は幾つか報告されており、例えば、線速度 $u_0\text{ (m/s)}$ とカラム長 $L\text{ (m)}$ を操作条件として、分離特性を示す理論段数 $N$ を $z$ 軸とする3次元グラフが有る。検討した手法では、先ず $z$ 軸の分離特性を感度特性に置き換えたような操作条件 $u_0$ と $L$ の3次元グラフを作成する。次に3番目の操作変数としてカラム充填剤の粒径 $d_p\text{ (}\mu\text{m)}$ を導入して検討を拡張する。最終的に、分離特性を示す $N$ と $d_p$ を入力変数として、感度特性を $z$ 軸として出力とする3次元グラフを生成する事により、分離特性と感度特性の関係を同時に可視化する事が出来た。更に、同様な3次元グラフを幾つか用いる事により関連する変数の関係も解析出来た。取分け、 $z$ 軸を圧力損失とする可視化は、UHPLCの分析条件最適化に有用で有る事が分かった。

UHPLCの感度特性を可視化した結果、感度特性に関する因子には2種類有る事が分かった。一方はカラム断面積を縮小する所謂セミマイクロLC化の因子であり、他方は新たに

感度指標として導入した高長積 $\Sigma$ からの寄与である。理想的には前者のセミマイクロLC化は分離特性には影響しないが、 $\Sigma$ は分離特性のNと相反関係にある。一定のNを確保する条件で望小特性の $\Sigma$ を改良する為には、粒径を小さくする必要が有る。この関係を可視化する為にNと粒径を入力底平面として、 $\Sigma$ をz軸とする3次元グラフを表示した。又、同一底平面上のz軸を圧力損失に替えて、 $\Sigma$ に連動する圧力の上昇度も可視化出来た。 $\Sigma$ の改良には、UHPLCを特徴づける充填剤の微細化とそれに伴う圧力の印加が不可欠で有る事が理解出来た。

## 2) HPLCを含む各種分析手法による食品評価法の開発

日本酒は米、米麴及び水を原料として発酵させたアルコール飲料であり、アミノ酸や有機酸、糖類、ミネラルなど様々な微量成分が含まれている。日本酒の味わいを評価する目安として、糖類などを中心とした成分の比重を示した日本酒度、有機酸量を示した酸度、約20成分のアミノ酸量を示したアミノ酸度が有る。日本酒の味わいは、これらの数値とアルコール度数などが組み合わされて判断されるが、個々の化合物との関連を調べた例は多くない。そこで、清水氏は日本酒の呈味に関わる糖、有機酸、アミノ酸を高速液体クロマトグラフ及びアミノ酸分析計を用いて分析し、定量結果から味わいとの関係性を調べた。その結果、糖は、大部分をグルコースとイソマルトースが占めた。又、麴を使用した発酵食品に特徴的にみられるコージビオースを検出した。有機酸では、乳酸やコハク酸などの日本酒に代表的に含まれる有機酸が検出された。アミノ酸については、甘味を示すアラニンがアミノ酸総量の12-18%含まれており、糖だけでなくアミノ酸も日本酒の味わいに関与していることが示唆された。これらの分析結果と味わいとの相関を確認する為、呈味に関与する成分をレーダーチャートに纏めたところ、形状が大きく2タイプに分類された。この分類は、今後日本酒の味を評価する手掛かりとなる可能性が有る。

次に、無機元素とアミノ酸の相関性を評価した所、アラニン、グリシン、アスパラギン酸はリン、硫黄、マグネシウムとの相関を確認することが出来た。同様に蛍光指紋で得られた蛍光情報との回帰分析を行った所、蛍光指紋では350 nm、400 nm、525 nm 付近に蛍光が確認され、アスパラギン酸とアラニンの相関係数は0.9以上であった。蛍光指紋については主成分分析を行った所、日本酒の精米歩合が小さくなるについてプロットが右に移行する特徴が観られた。各種分析装置の結果の相関性を評価することにより、日本酒を評価し、味わいの相関関係を確認した。又、清水氏が開発した手法は他の食品類にも適用可能であり、今後様々な食品の呈味評価に有効で有ると考えられる。

なお、清水克敏氏は、液体クロマトグラフィー研究懇談会の役員に2017年に就任し、現在は運営委員与力として、液体クロマトグラフィー研究懇談会の活動に積極的に参加している。以上、清水克敏氏の研究活動と業績は、2026年液体クロマトグラフィー努力賞に相応しいと評価された。

なお、清水氏の業績に関する詳細は、LC研究懇談会の電子ジャーナル「LCとLC/MSの

知恵」第11号（2025年12月15日発行予定）に掲載し、受賞講演と表彰・副賞の授与は第31回LC & LC/MSテクノプラザの初日（2026年2月18日、北とぴあ・ペガサスホール）に行う予定である。2025年9月20日記。

[LC 研究懇談会・委員長 中村 洋]