

分離と化学の狭間から

大塚 浩一

京都大学大学院工学研究科材料化学専攻
有機材料化学講座材料解析化学分野 教授

筆者は、学部4年生時（1980年4月）に当時の工業分析化学講座に配属されて以来、30年余りにわたって分析化学分野の研究に身を投じてきた。我々にとって分析化学あるいは分析科学の重要性は言うまでもないことであるが、それが一般に広く理解されているかという点に心許ない限りと言わざるを得ないのが、この30年余りの間の偽らざる実感である。さすがに今日では『合成こそが化学の本流。分析化学は学問ではなく、手段を提供するだけのもの。』などという戯れ言を発する輩は影を潜めているが、例えば多くの大学で、研究科や学部を問わず分析化学関連研究室が今なお減りつつある現状を見るにつけ、分析化学／分析科学の重要性の再認識とその学問的地位向上を図ることが必要であるという思いにかられる。その意味においても、住化分析センターをはじめ分析化学専門企業の果たす役割は極めて大きく、企業としての枠組みにとどまらず社会的価値の高い活動を推進していると言えることができる。

筆者は、大学院修士課程では高速液体クロマトグラフィー（HPLC）に関する研究を、また博士後期課程においてはキャピラリー電気泳動（CE）に関する研究を行い、以後四半世紀にわたって主にキャピラリーおよびマイクロチップを利用する高性能マイクロスケール分離分析法の開発に従事している。

本誌通巻19号（2004-I）の『提言』欄に私の恩師である寺部 茂先生（兵庫県立大学名誉教授）が寄稿されているように、2013年はMikhail S. Tswettによるクロマトグラフィーの原理発表からちょうど110周年にあたる。Tswett自身は早世のためノーベル化学賞受賞の機会を逃してしまっただが、クロマトグラフィーの誕生からおおよそ50年後（1952年）に、Archer J. P. MartinとRichard L. M. Syngeが分配クロマトグラフィーの発明によって同賞を受賞し、その学問的・実用的価値の高さを証明した。今日ではガスクロマトグラフィー（GC）とHPLCとは共に分離分析手法として確固たる重要な地位を占めていることは周知の事実である。前者ではキャピラリーカラムの開発によって極めて高い段数の実現が可能となり、質量分析法（MS）を検出器に利用するGC-MSの構築も容易であることから、定性能力を備えた高性能分離分析法として急速に普及したと言える。液相分離法であるHPLCは、気相分析法であるMSとの接続は原理的に困難であるとされていたが、エレクトロスプレーイオン化（ESI）法の開発によってインターフェースの構築が容易になり、現在ではLC-MSも広範な分野において汎用されるようになってきている。このESI法の開発によって、John B. Fennは2002年にノーベル化学賞を受賞した（同時受賞者の一人が田中耕一博士である）。近年の超高速LCの開発やモノリスに代表される高性能カラムの開発、また親水性相互作用クロマトグラフィー（HILIC）など（厳密に言えば新規な分離原理ではないが）新たな分離モードの開発、マイクロチップ上におけるマイクロLCの実現など、クロマトグラフィーにおける技術革新の流れは今なお留まるところを知らない。

一方、筆者のこれまでの研究生活における主要テーマであるCEは、1980年代初めに開発された比較的新しい分離分析法であるが、分析に必要な試料量が微

小であり、短時間に高分離能が得られることから幅広い分野での応用が期待されてきた。特にヒトゲノム解析計画において重要な役割を果たしたことは記憶に新しい。また、過去十年ほどの間におけるナノテクノロジーの急速な進展にともなって、微小統合化分析システム (μ -TAS あるいは Lab-on-a-Chip) の開発とその実用化に向けた研究が大きく進展し、マイクロチップ上に刻んだ微小な溝 (マイクロチャネル) の中で電気泳動を行うマイクロチップ電気泳動 (MCE) についての研究も広く行われている。CE よりもさらに超微量・高分離能・高速分析が可能である MCE は、 μ -TAS を構築する重要な分離分析技術として発展が期待されている。

電気泳動の原理自体は、クロマトグラフィーの誕生から遡ること約 100 年の 1807 年に Alexander Reuss によって紹介されたが、分析手法として利用されるまでには長い年月を必要とした。1948 年に Arne W. K. Tiselius が電気泳動と吸着分析についての諸研究によってノーベル化学賞を受賞し、電気泳動が分離手法として一般にも認知されるようになったが、機器分析法としての発展には至らなかった。上述のように 1980 年代初頭に CE が登場し、高性能機器分析法としての電気泳動の歴史が始まるのである。なお、電気泳動は電気泳動移動度の違いに基づいて分離を行うため、原理的に分析対象試料はイオン性のものに限定されていたが、動電クロマトグラフィー (EKC) の開発によって電氣的に中性な試料であっても分離できるようになった。分離溶液にイオン性界面活性剤のミセル溶液を使用する EKC はミセル動電クロマトグラフィー (MEKC) と呼ばれ、最も普及し汎用されている日本発の手法である。

分離化学の革新的技術に関しての日本の貢献度は残念ながらあまり高くないというのがこれまでの事実であると思われるが、MEKC を越える実用的価値の高い新技術が開発されることを願って止まない。機器分析における日本発の新規技術の開拓および分析技術の飛躍的發展を目指して、2004 年度から『先端計測分析技術・機器開発プログラム』(科学技術振興機構) がスタートし、今日に至るまで滞ることなく毎年高額の予算が充当されている。その成果を性急に求めることは慎まなければならないが、費用対効果の適切な評価を行うこともまた必要であると思われる。このようなプログラムにおいては、大がかりな革新的分析装置の創製はもちろん重要な骨格であるが、分離原理など基礎科学的検討に対しても相応の援助をすることが肝要であろう。若者の理科離れ、化学離れが指摘されて久しいが、世界に誇ることのできる革新的技術の開発は、そのような情勢を打破し事態を好転させる契機ともなり得るものである。また、企業にあってもグローバル化が叫ばれる今日、海外の企業と渡り合って第一線で活躍する研究者には、博士号 (Ph. D.) の取得が望まれるようになってきている。その意味からも、各分野において日本のリーディングカンパニーを自認する企業にあっては、社員の学位取得を積極的に後押しし奨励する制度の整備と、大学院博士課程修了者の積極的な雇用とをぜひともお願いしたい。分離化学の一層の発展を祈念してこの拙文を終えることとする。



略歴

- 1981年 京都大学工学部工業化学科卒業
- 1986年 京都大学大学院工学研究科工業化学専攻博士課程修了
- 1986年 日本学術振興会特別研究員
- 1988年 大阪府立工業高等専門学校講師 (1990年 助教授)
- 1991年 スタンフォード大学化学科客員研究員 (1991.9.~1992.3.)
- 1995年 姫路工業大学理学部助教授
- 2002年 京都大学工学研究科教授

主な要職・受賞歴

- 1992年 クロマトグラフィー学会奨励賞
- 2005年 Co-chair, MSB Kobe
- 2006年 クロマトグラフィー学会学会賞
- 2006年~Editor, Journal of Separation Science
- 2008年~クロマトグラフィー学会事務局長 (~2011年), 副会長 (2012年~)
- 2008年~化学とマイクロ・ナノシステム研究会会長 (~2009年), 監事 (2010年~)
- 2008年 Co-chair, HPLC2008 Kyoto
- 2009年 日本化学会学術賞
- 2011年 Secretary General, ICAS2011
- 2012年~HPLC Symposium Permanent Scientific Committee