

化学分析の新機軸：FIA から CAFCA へ

岡山大学大学院自然科学研究科 本 水 昌 二



Ruzicka, Hansen により、新しい化学分析の概念“Flow Injection Analysis (FIA)”が *Anal. Chim. Acta* 誌に掲載 (1975 年) されて早や 30 余年となった。1984 年には本懇談会の前身であるフローインジェクション分析研究会が発足し、近々 25 周年を迎える。

我が国における FIA の研究は、細管内流動特性研究、ポンプ、注入バルブ、反応コイル、検出器等 FIA の必須要素開発研究、検出反応開発研究に没頭し、新しい化学分析法の開発と共に、モノづくり・装置づくりの醍醐味を満喫した第一世代 (第一期：1980 年代)、各種分離法・前処理法開発、高感度検出法開発、そして FIA 化学分析の実用化を志向し応用研究を飛躍的に増加・発展させた第二世代 (第二期：1990 年代) へと受け継がれ、若手研究者の参画もほぼ順調に進んでいるように感じられる。この間に開発された実用的 FIA 化学分析法は創立 15 周年記念特集号・技術論文集 (2000 年 2 月刊行) にまとめられている。

FIA 装置の心臓部となる送液ポンプには、諸外国ではペリスタ型ポンプが多用されてきたが、我が国ではプランジャー型ポンプによる FIA が大いに普及した。これには、高性能のポンプが比較的安価に入手できることが幸いした。同時に FIA に適した紫外・可視吸光、蛍光検出器等が入手できたこと、PTFE チューブ、コネクター類等の必要部品の入手が容易であったことが相俟って第一世代の研究は大いに発展した。これらの成果は、比較的安価な化学分析の自動化装置として水質分析、環境分析、生化学分析分野へ普及し、分析の信頼性を高め、また分析の高度化に大きく貢献することができたものと思う。第二世代では、第一世代とともに苦勞し、喜びを分かち合った若手研究者が斬新な発想の下、多様な研究を展開してきた。FIA による酸塩基等各種フロー滴定法、高感度検出法、オンライン分離・反応装置等開発、新規反応系・検出器開発など実用化に向けて活発な研究が展開されてきた。

第 3 世代 (第三期) を 2000 年以後とすれば、この世代の特徴は何であろうか。伝統的な FIA 研究と複雑な前処理を必要とする多様な化学分析の実用化研究は活発である。FIA 化学分析は極めて身近な存在となり、むしろ FIA を意識せずに広範に利用されているようにも見える。関連の学会、研究発表会でもさまざまな領域で発表がなされており、必ずしも FIA が表に出てきていない場合も多い。これは、FIA 関係者の一人として、ご同慶の至り、と思う。同時に、これはもはや FIA 懇談会の役目は終焉に近づいていることを意味しているのであろうか、と危惧する。

第二期が始まる頃、Ruzicka らはシーケンシャルインジェクション分析法 (SIA) を提案し、さらに SIA に基づくビーズインジェクション法、Lab-on-valve 等を発表した。筆者も研究としての興味は湧いたが、化学分析の高度化、特に高感度化の観点から研究を始めるに至らなかった。

最近、諸外国の研究者によるコミュニケーションバルブ、マルチポンプ、シリンジポンプ、マルチシリンジポンプ、ソレノイドポンプ・バルブなどを利用した流れ分析研究の報告が増えてきた。これらはいずれもコンピュータ制御による化学分析の自動化を目指したものであり、複雑な分析操作も容易に自動化できる。改めて、周りを見回すと、コンピュータ制御できるさまざまなパーツが安価に容易に入手可能であることに気づく。ポータブル (携帯型) コン

ピュータの性能は飛躍的に向上し、価格は装置に一台専属にできる手軽さになった。

数年前、当時既に完成された SIA の輸入品も入手可能な状況であったが、何とか自前の自動化前処理装置を作りたいと思った。ペリスタ型ポンプ、スイッチングバルブを組み合わせ、ICP-AES 用カラム前処理装置を完成させたが、完全自動化には至らなかった。改良するにしても、筆者自身はコンピュータ制御技術・ノウハウは残念ながら持ち合わせていない。幸いにもこの道に長けたポスドク (PD) との研究が実現した。彼は優秀な分析化学研究者でもあり、要望にかなうようなシリンジポンプ、バルブ等の制御ソフトも完成した。これを用いた装置は、ICP-MS や AES でカラム前処理に大きな威力を発揮することが判明した。今は AAS やボルタンメトリー等との複合化も実現し、化学分析の自動化・高度化に威力を発揮している。現在は 10 台以上の装置が前処理用に稼働する状況に到達した。これらの装置は、SIA としての利用も可能であるが、FIA と比べ SIA そのものにはやはり魅力は感じられない。

優秀な PD のお蔭で、師匠さんに負けない力をつけた学生も育ち、独自のプログラムも作成できるところに到達した。こうしたい、ああしたいと無理難題を口走るだけであるが、それにほぼ合致するものが作成され、日々興味の連続である。主に、シリンジポンプ、バルブ、ソレノイドポンプ・バルブの組み合わせで自動化装置を組み上げていく。沈殿生成、分離、測定、洗浄等の複雑で手間ひまかかる操作でも、装置は黙って繰り返しやってくれる。FIA 単独では装置が複雑になりすぎ、試薬消費、廃液等も問題になるような化学分析の自動化に大いに役立ちそうである。素人集団が作った制御ソフトではあるが、15 個のポンプと 15 個のバルブが同時に制御できるので、大抵の前処理は可能と考えている。又、データ処理ソフトも開発でき、チャートレコーダーも不要で経費節減にもつながった。

昨年度 2 名の博士課程学生、今年度 4 名の研究者がタイから短期研修で訪れ、コンピュータ制御の装置を用いた研究を進めている。FIA のようにサンプル処理数を競わない場合には、迅速性を除けば、これらは、分析の高度化に大きな威力を発揮する確証を得た。また、SIMA (Simultaneous Injection/Efficient Mixing Analysis) という、コンピュータ制御で初めてかなう簡便な装置を開発することができた。

日本の良さは、モノづくりに強いことで、探せば基本的・必須のパーツをはじめ、何でも簡単に入手できることである。なんとすばらしい独創的なパーツ・装置が作られているのか、と改めて驚嘆することが多い。コンピュータを中心に据え、これら周辺機器を駆使し、サンプリングから、前処理、測定そしてデータ解析まで全ての分析操作を行うインテリジェントトータル化学分析ロボット、**Computer-Assisted Flow Chemical Analyser (CAFCA)** の構築、これを用いた化学分析の高度化研究が一つの大きな潮流として第 3 世代 (第 3 期) に受け入れられ、発展されることを大いに期待したい。