

## まえがき

電気泳動は分析化学における重要な分離手法の一つであり、古くからイオン性試料の分離に用いられてきた。電気泳動は直流電場内に置かれたイオンの電気泳動移動度の差により分離を行なう手法で、おもにスラブゲル電気泳動とキャピラリー電気泳動 (Capillary Electrophoresis ; CE) の二つに分類される。硫酸ドデシルナトリウム-ポリアクリルアミドゲル電気泳動 (Sodium Dodecyl Sulfate-Polyacrylamide Gel Electrophoresis ; SDS-PAGE) に代表されるスラブゲル電気泳動は生体高分子の分離に威力を発揮するが、分析時間が長く、必要な試料量も多いことが問題となる。これに対し CE は分析時間が短く、数十万段という高い分離性能を有し、試料注入量も数ナノリットルと極微量であるために、さまざまな試料の分離に適用されている。

CE は 1970 年代終わり～80 年代初めにかけて開発された手法で、内径 100  $\mu\text{m}$  以下のキャピラリーを用いる電気泳動である。当初はおもにガラスキャピラリーを使用していたために取り扱いが難しく、一般にはあまり普及しなかったが、その高分離能には多くのクロマトグラフィー研究者の関心が集まった。その後、取り扱いの容易なフューズドシリカキャピラリーが手軽に入手できるようになると研究者の数も飛躍的に増加し、今日では CE は分離分析の一分野として確立されつつある。

一般に、クロマトグラフィーでは異なる 2 相 (固定相・移動相) を用いて分離を行なうのに対し、CE では均一相において分離を行なう点が両手法の大きく異なる点である。最初に開発された CE のモードは中空キャピラリーを用いるキャピラリーゾーン電気泳動 (Capillary Zone Electrophoresis ; CZE) である。CZE モードでは、1 種類の泳動液 (自由溶液) を中空キャピラリー内に満たし、試料溶液を細いバンドとして注入した後に、キャピラリー両端に電圧を印加することで分離が行なわれる。CZE ではイオン性成分の分析しかできな

いという問題があったが、これはミセル動電クロマトグラフィー (Micellar Electrokinetic Chromatography ; MEKC) の開発により克服され、ゲルや両性電解質を充填したキャピラリーを用いるキャピラリーゲル電気泳動 (Capillary Gel Electrophoresis ; CGE) およびキャピラリー等電点電気泳動 (Capillary Isoelectric Focusing ; CIEF) により、DNA やタンパク質のサイズ分離や等電点分離分析も CE で行なうことが可能となった。そのほかにも、固定相を有するキャピラリーを用いて分離を行なうキャピラリー電気クロマトグラフィー (Capillary Electrochromatography ; CEC) やキャピラリー等速電気泳動 (Capillary Isotachopheresis ; CITP) などの分離モードがある。

一般に分離分析法としての CE の特徴としては次のような点が挙げられる。

- ① 短い分析時間で高い分離効率が得られる。
- ② 試料注入量が数ナノリットル程度と少なく、廃液も少ない。
- ③ 高速液体クロマトグラフィー (HPLC) と同様の検出法が利用できるので、データ処理が容易である。
- ④ 分離系が単純であるので理論的取り扱いが容易である。

半面、短所として以下のような点が指摘されている。

- ① 試料注入量が極微量であるため、注入方法・再現性に問題がある。
- ② 検出法が HPLC に比べると限定される。
- ③ 一般に分析目的に限られ、分取には利用できない。
- ④ タンパク質のようにキャピラリー内壁に吸着する試料の取り扱いが困難である。

近年の研究の進展により、上述の短所は改善されつつあり、また、これらの短所を補ってあまりある高い分離性能が得られるため、CE は特に微量試料の分析に必要不可欠な手法となっている。

本書では、以上のような特徴を有する CE 分析について、基礎的な理論の解説をはじめ、各種分離モードの概説や実際の分析に有用な技術・手法をまとめている。Chapter 1 では、キャピラリー電気泳動の基礎として、電気浸透流と電気泳動について解説し、最も単純な CZE モードにおける分離例を紹介し

た。Chapter 2 では、CE 分析に用いる装置について簡単にまとめ、Chapter 3 では、実際の CE 分析において必要な操作手順について記述した。Chapter 4～6 では、CE における各種分離モードの基礎的な理論と実際の分析例について解説した。Chapter 7 では、CE において発展が著しいオンライン試料濃縮技術による高感度化についてまとめた。Chapter 8～9 では、微小なチップ上において電気泳動分離を行うマイクロチップ電気泳動 (Microchip Electrophoresis ; MCE) について、基本的な原理と応用例を紹介した。大学生、高等専門学校生、企業の分析技術者、CE を専門としない研究者など、これから CE 測定を始める方々が、CE 法を理解するために本書を利用して頂ければ、望外の喜びである。

本書をまとめるにあたり、一方ならぬご尽力を頂いた共立出版編集部の酒井美幸氏に深謝致します。

2010 年 5 月

北川文彦・大塚浩二