

1 はじめに

Jorgenson および Lukacs¹⁾により,キャピラリーゾー ン電気泳動法(CZE)の高い分離効率が実証されて四半 世紀が過ぎ,装置が市販されてから約15年が経過し た。その間にキャピラリー電気泳動法(CE)に関して, 理論的および様々な応用研究が行われてきたが,CEは 分離分析法としてはいまだに市民権を得ていない状況に あるように思われる。

CEは、分離の場として内径の小さなキャピラリーを 用いるため、従来の分離分析法にはない高い分離能を有 し、分析所要時間も短く、分析に必要な試薬量や試料量 が少なく、環境に優しい分析法である。検出器について も種々提案されてきたが、汎用的な検出器は吸光度検出 器である。したがって、高分離能に適している小さな内 径は、吸光度検出の光路長には短く、注入可能試料量も 制限されるため、濃度感度が低いという弱点をもたらす。 CEが市民権を得ていない原因の一つは、この感度不足 にあると考えられる。

濃度感度を改善する戦略として,試料注入量の増加, 検出部分の光路長の増大,および高感度検出器の利用な どが挙げられるが,分析時間全体の短縮や簡便さを考慮 すると,本稿で紹介するオンライン濃縮法が最も望まし い。一般にオンライン濃縮の目的は,分析目的ゾーンを 圧縮することにより,試料注入量を増加した場合でも分 離効率を損なうことなく,感度を改善することである。

現在までに種々のオンライン濃縮法が提案され,総説 も多数報告されている。オンライン濃縮は一般にスタッ キングと呼ばれるが,分析目的成分の濃縮における物理 的現象に基づき三つに分けられる。一つは電気泳動に基 づく方法で,異なる抵抗値を持つ2種類の緩衝液中に おける分析目的成分の電気泳動速度差が操作される。電 場増幅試料スタッキング,大量試料注入によるスタッキ ング,等速電気泳動によるスタッキング,pHを介した スタッキングなどが含まれる。もう一つは,クロマトグ ラフィーに基づく方法で,分析目的成分の固定相や擬似 固定相への分配が操作される。クロマトグラフ的濃縮, スウィーピングなどが含まれる。残りの一つは,電気泳 動およびクロマトグラフィーの両者に基づく方法である。

電気泳動に基づくオンライン濃縮は装置に手を加える 必要がないため,他の濃縮法より簡単である。そこで本 稿では,電気泳動に基づく各種オンライン濃縮法のう ち,電場増幅試料スタッキング,大量試料注入によるス タッキング,一時的等速電気泳動によるスタッキング, スウィーピング,ダイナミックpHジャンクションの原 理を中心に,特徴,応用について平易に解説する。応用 例については代表的なものにとどめたので,総説^{2)~5)}を 参照されたい。

2 電場増幅試料スタッキング

2·1 原理

電場増幅試料スタッキング(field-amplified sample stacking, FASS)は, Mikkers らによる CZE の最初の 報告⁶⁾で用いられた方法である。FASS の原理を図1³⁾ に示す(分析目的イオンは陰イオン)。すなわち, 試料 の電気伝導度が泳動液の電気伝導度より低くなるように 調製し(理想的には約1/10), 試料を圧力差によりキャ ピラリー内に注入する(キャピラリー容積の5%未満, 図1a))。電圧を印加すると, イオンの移動速度は電場 の強さに比例するが, 電場の強さは試料溶液中の方が泳 動液中よりも大きいため, 分析目的イオンは試料溶液中 では速く泳動し, 試料溶液と泳動液との境界を越えると 泳動液中では減速する。その結果, 分析目的イオンは境 界面において濃縮される(図1b))。したがって, 泳動 液で試料を調製した場合より多くの試料を注入できるた め感度が改善される。

On-line Sample Concentration in Capillary Electrophoresis.



図1 FASSの概念図

2·2 特徴

試料中の分析目的イオン濃度が高い場合には水で希釈 し、分析目的イオン濃度が低く希釈できない場合には泳 動液の濃度を増加すればよいので、最も簡単なオンライ ン濃縮法である。最大の短所は試料注入量に限界がある ということである。すなわち、試料注入量が増大すると 試料溶液中と泳動液中における電場の強さの違いにより 電気浸透流(EOF)に差が生じて層流が発生し、分離 度は減少する。これを解決するために3以下に述べる 種々の方法が開発されてきた。

2·3 応用

100 mM 塩化ナトリウムを泳動液として, 3.4~619 mM の塩化ナトリウムを含む地下水試料中の硝酸(0.4 ppm), チオシアン酸(0.6 ppm), ヨウ化物イオン(0.5 ppm)が定量された⁷⁾。また, 1.5 M の塩化ナトリウム を含む泳動液により, 市販の海水試料(塩化ナトリウム 濃度は約0.5 M)中の臭化物(5.5 ppm)および硝酸イ オンが検出された。図2に分析例を示す⁸⁾。

3 大量試料注入によるスタッキング

3·1 原理

大量試料注入によるスタッキング(large-volume sample stacking, LVSS)は、試料注入量に限界がある FASSの短所を克服することができる方法である。この 方法では、大量の試料がキャピラリー内に注入される が、大部分の試料マトリックスは電気泳動分離開始前に、

EOF によりキャピラリー内から試料注入側に除去される。試料マトリックス除去法として、CE 装置の極性変換を伴う方法と伴わない方法がある。

極性変換を伴う LVSS の原理を図3(A)³に示す。ま ず,泳動液より低い電気伝導度の試料をキャピラリー内 に注入する(キャピラリー容積の95%未満,図3(A) a))。試料注入側を負極として電圧を印加すると,分析



分析条件 キャピラリー,全長=33 cm,有効長=25.5 cm, 内径=50 µm, 泳動液:1.5 M 塩化ナトリウム+20 mM ホ ウ酸塩 (pH 8.5),電圧:-10 kV,検出波長:214 nm。試 料 市販海水 (Sigma 社),注入法:重力 (80 秒)。ピーク a:Br⁻ (5.5 ppm),b:NO₃⁻,c:不明,d:不明。Wiley 社および著者の許可を得て,文献8より作成し直した。

図2 FASS を利用した海水試料の CZE 分析

目的陰イオンは試料と泳動液との境界面(検出器側)に 濃縮されると同時にその境界面は EOF により試料注入 側に移動し,試料マトリックスはキャピラリー内より除 去される(図3(A)b))。試料マトリックスが除去され るとともにキャピラリー内は徐々に泳動液で満たされる ため,電流値が増加する。電流値が通常時の80~95% に達したとき,試料注入側が正極になるように極性を変 換する(図3(A)c))。分析目的陰イオンは負極に向かっ て泳動し,分離検出される(図3(A)d))。

極性変換を伴う LVSS の問題点(3・2 参照)を解決す るために,EOF 反転剤としてジエチレントリアミンを 泳動液に添加する方法(極性変換を伴わない LVSS)が 考案された。この原理を図3(B)³⁾に示す。極性変換を 伴う LVSS と同様にキャピラリー内に試料を注入する と(図3(B)a)),分析目的陰イオンは試料と泳動液との 境界面に濃縮されると同時に試料マトリックスはキャピ ラリー内より除去される(図3(B)b))。試料マトリッ クスが除去されるにつれて,キャピラリー内が泳動液で 満たされるため,検出器側に向かうEOF が優勢にな り,境界面の移動速度は遅くなる(図3(B)c))。試料マ トリックスがほとんど除去されると,境界面は検出器側 に移動し始め,分析目的イオンは通常の状態で分離検出 される(図3(B)d))。

3·2 特徴

極性変換の有無にかかわらず,LVSSの優れた点は分離効率あるいは分離度が低下しないことである。しか し,極性変換を伴うLVSSには以下のような問題点も ある。(1)試料マトリックス除去過程において,分析目 的イオンがキャピラリー内から除去されないように電流 値を正確にモニターしなければならない。(2)CE 装置自

ぶんせき 2006 2



図3 LVSSの概念図

体が極性を自動的に変換する機能を有していなければな らない(極性変換を伴わない LVSS はこの制約を受け ない)。また、両 LVSS 法の最大の短所は、移動度の小 さな分析目的イオンの場合、一部が失われ、正確に定量 されない可能性があることである。すなわち、試料ゾー ンにおける EOF の移動度より小さな移動度の分析目的 イオンは図3(A)b),(B)b)の過程において,その一部 がキャピラリー内から除去されてしまう。

3.3 応用

雨粒中の18種類の有機および無機陰イオンを定量す るために, EOF 反転剤として水酸化テトラデシルトリ メチルアンモニウム(55 µM)を泳動液に添加し,50 nM以下の検出限界が達成された。図4に分析例を示 す9)。

一時的等速電気泳動によるスタッキング

4·1 原理

等速電気泳動(isotachophoresis, ITP)とは、以下の ような現象をいう。まず、キャピラリー内において、試 料中のいずれの分析目的イオンよりも移動度の大きなイ オン(リーディングイオン)を含む電解液(リーディン グ電解液)と小さなイオン(ターミナルイオン)を含む 電解液(ターミナル電解液)の間に試料を挟み込み、電 圧を印加する。分析目的イオン濃度がリーディングイオ ンイオンおよびターミナルイオン濃度より低い場合,分 析目的イオンは濃縮され、定常状態に達するとすべての イオンは等速で泳動する。CZE において,分離開始前 に一時的に ITP 状態を作り出して分析目的イオンを濃



分析条件 キャピラリー, 全長=70 cm, 有効長=63 cm, 内径=75 µm, 泳動液:3 mM p-アミノ安息香酸+4.5 mM *p*−アミノ安息香酸ナトリウム + 0.76 mM 水酸化バリウム +5.5 µM 水酸化テトラデシルトリメチルアンモニウム (pH 9.4), 電圧: - 30 kV, 検出波長: 264 nm。 試料注入時間: 30秒 (真空)。ピーク 1:Cl⁻, 2:NO₃⁻, 3:SO₄²⁻, 4: シュウ酸イオン、5:マロン酸イオン、6:ギ酸イオン、7: マレイン酸イオン、8:コハク酸イオン、9:炭酸水素イオン、 10:酢酸イオン、11:アゼライン酸イオン。Elsevier 社の許 可を得て、文献9より作成し直した。

図4 LVSS(極性変換無し)を利用した雨水試料のCZE分 析

縮し、その後ゾーン電気泳動状態に移行し、各分析目的 イオンを分離,検出するのが一時的等速電気泳動(transient isotachophoresis, TITP) である。

TITP を利用するためには種々の電解液充塡法がある が、筆者らの開発した海水中の亜硝酸、硝酸イオン定量 法を例にとり、図5⁴にTITPの原理を示す。まず、



図5 TITPの概念図

EOF を反転するためにキャピラリー内に臭化ジラウリ ルジメチルアンモニウム(DDAB)溶液を流す。泳動液 (人工海水)を満たした後,海水試料(分析目的イオン S_1 , S_2 の移動度, $\mu_{S1} > \mu_{S2}$)を注入する。ついで, ター ミナルイオン(T)として酢酸イオン溶液を注入し, TITP 状態を起こす条件を整える (図 5a))。この場合, 泳動液中の塩化物イオンがリーディングイオン(L)と して作用する。電圧を印加すると、各分析目的イオンは 元の試料位置を離れて移動度の順に並びながら濃縮され る(図5b))。泳動液中の塩化物イオンがターミナル電 解液中に進入し混合ゾーンが形成されると TITP 状態 が解消され、濃縮は終了する(図5c))。ついで、すべ てのイオンは CZE 状態で泳動する (図 5d))。この場 合,移動度の大きな S₁ は S₂ よりも早く TITP 状態から 解放され、より長く泳動するのでS2よりもブロードな ピークとして検出される。

4·2 特徴

高塩分試料中の微量成分の濃縮に適用できる唯一の方 法である。TITP の効果を最大にするためには,分析目 的イオンが検出器に到達する直前まで TITP 状態を保 つようにすればよい。また,4·1 で述べたように,分析



(A) 海水中の栄養塩類標準試料 (MOOS-1, National Research Council of Canada (NRC), NO₂⁻-N=(0.0386±0.0081 mg/l), NO₂⁻-N=NO₃⁻-N=0.325±0.034 mg/l)。(B) 表面海水試料 (NO₂⁻-N=0.031 mg/l), NO₃⁻-N=0.093 mg/l)。分析条件 $+_{\nu}$ ピラリー, 全長=72 cm, 有効長=50 cm, 内径=75 μ m, 外 径=375 μ m, 泳動液を3 分間流す前に 0.1 mM DDAB を3 分間流した; 泳動液:Br⁻を含まない人工海水(40 mM リン酸バッファーで pH 3.0 に調整した),電圧: -8 kV, 検出波長, 210 nm。真空注入時間 試料:4秒(84 nl), ターミナルイオン(600 mM 酢酸イオン):17秒(357 nl)。ピーク a:Br⁻, b:NO₃, c:NO₂⁻, d:CH₃COO⁻。Elsevier 社の許可を得て,文献 10 より作成し直した。

図6 TITP を利用した雨水試料の CZE 分析

目的イオンのうち移動度のより大きなイオンは拡散のた め、移動度の小さなイオンに比べて濃縮効率が低下す る。したがって、すべての分析目的イオンについて同様 な濃縮効果を達成するためには、これらイオンの検出位 置を接近させる必要がある。しかし、あまり接近させす ぎるとベースライン分離できなくなる可能性がある。そ のためには分析目的イオンに応じて、リーディングイオ ンやターミナルイオンの種類や注入量、分析目的イオン の移動度や試料の注入量について最適条件を決定する必 要がある。

4·3 応用

海水中の微量陰イオン^{10)~12)}や陽イオン¹³⁾,血清や尿 中の微量陰イオン¹²⁾¹⁴⁾の定量等に用いられている。図6 に海水中の亜硝酸,硝酸イオンの分析例¹⁰⁾を示す。

5 スウィーピング

5·1 原理

他の手法が主としてキャピラリーゾーン電気泳動において用いられているのに対し,スウィーピングはミセル 動電クロマトグラフィー(MEKC)での高効率濃縮法 として開発されたものである。まず,2および3で述べ た方法とは異なり,試料の電気伝導度は泳動液とほぼ等 しくなるように調製する。また,泳動液を酸性にするな どして,EOFを抑制したほうが高い濃縮効率が得られ



 c:濃度, x:キャピラリー長,BGE:ミセルを含む泳動液, S₁および S₂:試料, *l*_{inj}:注入試料ゾーンの長さ,[mc]:ミ セル濃度,[a]:試料濃度。文献 15より作成し直した。

図7 スウィーピングの概念図

る。これらの条件下で陰イオンミセルを用いた場合の濃縮原理を図7¹⁵⁾に示す。試料を圧力差によりキャピラ リー内に大量に注入し(図7a)),電圧を印加すると, 陰極側の泳動液槽からミセルが試料ゾーン内に泳動して くる。その際に分析目的成分が取り込まれ(図7b)), 試料ゾーンの先端にかけて濃縮がなされる(図7c))。 つまり,ミセルが分析目的成分を掃き集める(sweep) ように濃縮することからスウィーピングと命名された。 この濃縮過程におけるゾーン長は $l_{sweep} = l_{nj}/(1+k)(k$ は分析目的成分のミセルへの保持比)となる。濃縮終了 後は通常のMEKCと同様に、ミセルへの分配の割合に 応じて成分の分離が達成される(図7d))。

5·2 特徴

スウィーピングにおいては, kが大きい, すなわちミ セルへの分配の割合が高い成分ほど濃縮効率が高くな る。したがって,本法は,電荷を持たない成分だけでな く,ミセルと逆の電荷を持つイオン性成分の分離にも適 用することが可能である。但し,ミセルへの分配の割合 が低い試料では,濃縮効率が低くなりピーク幅が広がっ てしまうため,あまり効果は期待できない。また, EOFを抑制しない条件下でもスウィーピングは可能で あるが,やはり効率が低下する。最も適切な条件により



分析条件 キャピラリー,全長=70 cm,有効長=61.5 cm, 内径=50 µm, 泳動液:1 mM EDTA と 0.4 mM 臭化テトラ デシルトリメチルアンモニウムを含む 30 mM 酢酸ナトリウ ム溶液 (pH 5.5),電圧:-30 kV,検出波長:200 nm。試 料注入長:27.2 cm。5 回の測定により求めた濃度 (ppb): Cu (II) = 4.9 ± 5.5, Zn (II) = 60 ± 4.3, Pb (II) = 12 ± 1.1。 American Chemical Society (ACS) の許可を得て,文献 24 より作成し直した。

図 8 EDTA との錯形成を用いたスウィーピング CZE による 工場排水中金属イオンの分析

濃縮を行った場合には、この方法のみで 5000 倍程度の 濃縮効率を得ることができる。さらにイオン性成分に対 しては、電場を用いた試料注入(cation/anion-selective exhaustive injection, CSEI/ASEI) との組み合わせ による、より高効率な濃縮法¹⁶⁾¹⁷⁾も検討されている。

5·3 応用

界面活性剤に硫酸ドデシルナトリウム(SDS)を用い た場合,ステロイド系化合物や塩基性薬物等では比較的 高い濃縮効率が得られており¹⁸⁾,血液試料抽出物中の コルチコステロンの定量¹⁹⁾にも適用されている。SDS やその他の界面活性剤でフェノール系化合物を対象とし た分析例^{20)~23)}もいくつかある。また,界面活性剤ミセ ルではなくEDTAとの錯形成を利用した金属イオンの 分析例²⁴⁾もある。この場合,CSEIとの組み合わせによ り,図8に示すように数+ppbレベルの工場排水中金 属イオンの定量に成功している。

6 ダイナミック pH ジャンクション

6·1 原理

ダイナミックpHジャンクションは,pHによって移 動度が大きく異なる成分に用いることができる。例とし て弱酸性の成分を用いた場合,泳動液は成分が解離する pHに,一方,試料溶液は成分が解離しないpHに設定 し,それぞれ調製する。図9²⁵⁾に示すように,この状 態で試料を大量注入し電圧を印加すると(図9a)),泳 動液から試料ゾーンに水酸化物イオンが泳動し,試料 ゾーンは界面から徐々にpHが上昇する。そこで成分が



EOF: 電気浸透流。ACS の許可を得て, 文献 25 より作成し 直した。

図9 ダイナミック pH ジャンクションの概念図

解離し、イオンとなって陽極方向に泳動するため、この 界面付近で成分の濃縮が起こる(図9b))。濃縮された 成分は泳動液中でそれぞれの移動度に応じて泳動し、分 離が達成される(図9c))。

6·2 特徴

適用可能な成分は限られるが,場合によっては数百倍 程度の高い濃縮効率が得られている。そのためには試料 および泳動液のpH以外にも,それらの種類や濃度を詳 細に検討して最適化を図る必要がある。また,ある条件 に適した成分のみが濃縮される手法であるので,広範囲 の性質の成分を対象とすることはできないが,それらの 中で特定の成分のみを濃縮したいという用途には適して いると考えられる。

6·3 応用

これまでに用いられた対象物質は主に生体関連のも のが多く,酸性化合物だけでなく塩基性化合物への適用 もなされている。カテコールアミン類の分析例²⁵⁾で は,図10に示すように数µMレベルの分析が可能なこ とが示されている。

7 おわりに

CE における種々のオンライン濃縮法のうち,電場増 幅試料スタッキング,大量試料注入によるスタッキン グ,一時的等速電気泳動によるスタッキング,スウィー ピング,およびダイナミック pH ジャンクションについ

ぶんせき 2006 2



分析条件 キ_ャピラリー, 全長=57 cm, 有効長=50 cm, 内径=75 μm, 泳動液: 1 mM EDTA を含む 160 mM ホウ酸 塩溶液 (pH 10.6), 電圧: 15 kV, 検出波長: 280 nm。試料: 155 mM 塩化ナトリウム, 3 mM メタ二亜硫酸ナトリウムお よび 1 mM EDTA を含む 160 mM ホウ酸塩溶液 (pH 8.5), 注入時間: 50 秒 (加圧)。ピーク 1: エピネフリン (3 μM), 2: ノルエピネフリン (3 μM), 3: ドーパミン (2 μM)。 ACS の許可を得て, 文献 25 より作成し直した。

図10 3種のカテコールアミンのダイナミック pH ジャンク ションによる濃縮と分離

て解説した。ここで述べたオンライン濃縮法と,感度改 善のために光路長増大の工夫がなされたキャピラリーあ るいは他の高感度検出器とを併用することにより,CE の感度をさらに改善することができると考える。本稿 が,これら濃縮法を理解する助けとなり,CEが汎用性 のある分離分析法として広く実用的に使用されるように なることを期待する。

文 献

- J. W. Jorgenson, K. D. Lukacs: Anal. Chem., 53, 1298 (1981).
- D. M. Osbourn, D. J. Weiss, C. E. Lunte : *Electrophoresis*, 21, 2768 (2000).
- M. C. Breadmore, P. R. Haddad : *Electrophoresis*, 22, 2464 (2001).
- M. Urbánek, L. Křivánková, P. Boček : *Electrophoresis*, 24, 466 (2003).
- 5) C.-H. Lin, T. Kaneta: *Electrophoresis*, 25, 4058 (2004).
- F. E. P. Mikkers, F. M. Everaerts, T. P. E. M. Verheggen : J. Chromatogr. A, 169, 11 (1979).
- L. Song, Q. Ou, W. Yu, L. Fang, Y. Jin : *J. Chromatogr. A*, 715, 376 (1995).
- W. Ding, M. J. Thornton, J. S. Fritz : *Electrophoresis*, 19, 2133 (1998).
- A. Röder, K. Bächmann: J. Chromatogr. A, 689, 305 (1995).
- 10) K. Fukushi, Y. Nakayama, J. Tsujimoto : J. Chromatogr. A, 1005, 197 (2003).
- 11) K. Yokota, K. Fukushi, S. Takeda, S. Wakida: J. Chromatogr. A, 1035, 145 (2004).
- 12) P. Pantůčková, L. Křivánková: Electrophoresis, 25, 1102

(2004).

- 13) H. Okamoto, Y. Okamoto, T. Hirokawa, A.R. Timerbaev : *Analyst*, **128**, 1439 (2003).
- 14) T. Hirokawa, M. Yoshioka, H. Okamoto, A. R. Timerbaev, G. Blaschke : *J. Chromatogr. B*, 811, 165 (2004).
- 大塚浩二, J. P. Quirino, 寺部 茂:分析化学, 49, 1043 (1999).
- 16) J. P. Quirino, S. Terabe : Anal. Chem., 72, 1023 (2000).
- 17) J.-B. Kim, K. Otsuka, S. Terabe : J. Chromatogr. A, 932, 129 (2001).
- 18) J. P. Quirino, S. Terabe : Science, 282, 465 (1998).
- 19) C.-H. Wu, M.-C. Chen, A.-K. Su, P.-Y. Shu, S.-H. Chou, C.-H. Lin: J. Chromatogr. B, 785, 317 (2003).
- 20) M. R. N. Monton, J. P. Quirino, K. Otsuka, S. Terabe : J. Chromatogr. A, 939, 99 (2001).
- 21) S. Takeda, A. Omura, K. Chayama, H. Tsuji, K. Fukushi, M. Yamane, S. Wakida, S. Tsubota, S. Terabe : *J. Chro*matogr. A, 979, 425 (2002).
- 22) M. R. N. Monton, K. Otsuka, S. Terabe : J. Chromatogr. A, 985, 435 (2003).
- 23) S. Takeda, A. Omura, K. Chayama, H. Tsuji, K. Fukushi, M. Yamane, S. Wakida, S. Tsubota, S. Terabe : *J. Chromatogr. A*, **1014**, 103 (2003).



糖鎖生物学入門

Maureen E. Taylor · Kurt Drickamer 著 西村紳一郎 · 門出健次 監訳

生体を構成する高分子には、核酸 (DNA・RNA)、タンパ ク質、および糖鎖がある。ゲノム解読プロジェクトが進み、多 くのタンパク質のアミノ酸配列を知ることができるようになっ たが、実際のタンパク質の機能発現には、翻訳後修飾によって 導入された、第三の高分子である糖鎖が大きな役割を果たして いる。このように、タンパク質や細胞膜などに結合している糖 鎖が、生体中でどのような機能を果たしており、それがどのよ うにして発揮されていくのかを解明する新しい学問領域が、糖 鎖生物学である。本書は、その新領域を大学で学ぶための教科 書として著されたものであり、すでに海外の多くの有力な大学 で採用されているという。訳本でも、平易な表現となるように 翻訳されており、生命科学を学ぶ大学生や大学院生の教科書・ 参考書に適しているといえよう。一方で、本書は、既存の教科 書のように糖鎖に関する知識を網羅することは意図しておら ず、タンパク質のグリコシル化を主題にしながら、糖鎖のもつ 機能がどのように制御されているのかを分子レベルで理解する ことに主眼が置かれている。各章末に関連する重要な論文や総 説が紹介されており、その大半が2000年以降のものであるこ とも本書の特徴である。そのため、糖鎖生物学に関心がある異 分野の研究者が、最近の情報に触れながら糖鎖生物学を体系的 に学ぶための入門書として利用するのにも適している。

(ISBN 4-7598-1035-8・A 5 判・223 ページ・3,800 円+税・ 2005 年刊・化学同人)

- 24) K. Isoo, S. Terabe: Anal. Chem., 75, 6789 (2003).
- 25) P. Britz-McKibbin, D. D. Y. Chen : Anal. Chem., 72, 1242 (2000).



神戸大学海事科学部(〒658-0022 兵庫 県神戸市東灘区深江南町 5-1-1)。神戸商 船大学大学院商船学研究科修士課程修了。 理学博士(神戸大学)。≪現在の研究テー マ≫キャビラリー電気泳動法による海水中

福士惠一 (Keiichi FUKUSHI)

栄養塩類定量法の開発。≪趣味≫ウォーキ ング。 E-mail:fukushi@maritime.kobe-u.ac.jp

竹田さほり (Sahori TAKEDA)

産業技術総合研究所関西センター環境化学 技術研究部門(〒563-8577大阪府池田市 緑丘1-8-31)。大阪市立大学理学部化学 科卒。理学博士(大阪市立大学)。≪現在 の研究テーマ≫キャピラリー電気泳動によ る極性・親水性有機物同定法の開発。≪趣 味≫天体観望。

E-mail:takeda-s@aist.go.jp

物理工学・化学工学を学ぶための 熱・物質移動の基礎

河合 潤著

最近のパソコンの高速化・大容量化により、従来は大型計算 機でしかできなかった数値解析やシミュレーションもパソコン でできるようになってきた。特に科学にとっておなじみの偏微 分方程式を解き,結果をビジュアルに表現するソフトがパソコ ンで簡単に利用できるようになってきている。基本式に加え, 境界条件・初期条件を与え、さらに場の情報をドローソフトを 使って絵を書くような感覚で入力するだけで、ほんの数分で解 いてくれる。製品版は個人レベルではまだまだ高価であるが, 機能を制限した試用版が利用でき,単純な問題には対応でき る。さて、本書であるが、著者が前書きで述べているように、 「物理工学・化学工学の基礎となる考え方を熱や物質の移動と いう身近な現象に基づいて学び、高校までの物理・化学と大学 の「工学」との本質的な違いを理解する」ことを本書の目的と している。伝熱、拡散、流れ、さらには電磁放射といった物理 の基礎を工学の立場から解説している。紙面の制限のため内容 を理解するには本書だけでは十分ではないが、「使う」という 立場から基本式は押さえられており、著者の意図は達せられて いると思われる。また、それぞれの分野で重要な功績を残した 研究者の写真や伝記の表紙が盛り込まれており、数式が多い中 で、「この人はこんな顔をしていたのか」と気分転換をさせて くれる。初学者にとっては、先に述べたような解析ソフトを使 い、結果をビジュアル化しながら本書を読み進めれば、より いっそう理解が深まり,工学への橋渡しとして有用な一冊であ ろう。

(ISBN 4-621-07608-6・A 5 判・130 ページ・2,400 円+税・ 2005 年刊・丸善)