

### 巻頭言

## プロテオーム研究の発展を支える 分析技術

Novel analytical techniques contribute to  
the further development of proteomics



横浜市立大学 教授  
農学博士  
平野 久

「プロテオーム」、それは生体中のタンパク質の総体を意味する。いま生命科学分野でこのことばを知らない人は少ない。広辞苑にも載り、専門外の人が目にする機会も増えた。そのプロテオームを構成するタンパク質の機能や疾患との関係を、ゲノム解析の成果を利用して網羅的に解析する研究は「プロテオーム研究（プロテオミクス）」とよばれ、今日まで10年以上にわたって研究者の注目を浴びた。

ゲノム解析が始まったとき、『ゲノムDNAの全塩基配列を短期間では決定できない』と多くの研究者は思った。同様に、プロテオーム解析が本格的に始まった1990年代半ば、私たちは『すべてのタンパク質の機能解明など可能性すらない』と思った。しかし、プロテオーム解析が始まってわずか10年余、早くもその可能性が見えてきた。酵母では、ゲノム解析の結果から6千6百ほどのタンパク質の存在が推定されているが、これまでにそのうち70%のタンパク質の機能が明らかにされ、10%のタンパク質の機能が推定された。まっ

たく機能がわからないタンパク質はわずか20%。あと10年も経てば、ほとんどすべてのタンパク質の機能が解明されると思われる勢いで研究は進展している。

このプロテオーム解析を支えているのは、質量分析装置(MS)を中心とした分析技術である。MSは、ここ10数年で飛躍的に発達し、感度、精度、スループットは、極めて高いものになった。例えば、感度。現在では、1フェムトモルのタンパク質があれば、誰でもアミノ酸配列や翻訳後修飾を明らかにすることができる。1フェムトモル( $1 \times 10^{-15}$ モル)は、分子量1万のタンパク質では、わずか百億分の1グラムに相当する。さらに微量、75zeptomol ( $75 \times 10^{-21}$ モル)でアミノ酸配列を決定した報告もある。75zeptomolには、4万5千の分子しか含まれていないから、理論的には4万5千の細胞を磨砕して分析すれば、1細胞1分子しかないタンパク質でも分析できることになる。1細胞を精製し、その中に存在するタンパク質1分子を分析するためには、あと4万5千倍感度を向上させればよい。

### C O N T E N T S

#### ■巻頭言

- ・プロテオーム研究の発展を支える  
分析技術 平野 久 .....1

#### ■報 文

- ・環境応答型クロマトグラフィーシステムの  
開発とバイオセパレーションへの応用  
金澤秀子 .....3
- ・可視、蛍光及び燐光分光測定に関係した  
色彩分析 ―安全色彩・安全標識に関連して―  
馬場護郎 .....8

#### ■解 説

- ・LCUによる超高速アミノ酸分析  
成松郁子／横倉武文／豊崎耕作 .....11
- ・マイクロプレート光度計  
(原理と製品ラインナップの特長)  
飛田雄一 .....15
- ・ヒートアイランドや省エネの対策に  
用いられる機能性材料の光学特性評価  
和久井隆行／堀込純／栗田浩二 .....18

#### ■学会発表ミニファイル .....22

#### ■液体クロマトグラフ質量分析計(LC/MS)

#### ■アプリケーションノートミニファイル .....24

#### ■テクニカルデータ発行ミニファイル .....25

#### ■新製品紹介

- ・F-2700形日立分光蛍光光度計の紹介 .....27
- ・新型吸光グレーティングマイクロプレートリーダー  
SH-1100Rシリーズの紹介 .....27
- S.I.naviのご紹介 .....28

1細胞で発現するすべてのタンパク質を分析できる可能性が視野に入ってきた。

MSを利用した新しい技術の発達は目覚ましい。例えば、血漿中のタンパク質の分析は、バイオマーカー検出に不可欠であるが、高濃度な血漿タンパク質を除去した後、液体クロマトグラフィー(LC)で分画し、各画分をプロテアーゼ消化後、消化物を二次元LC-MS/MSで分析すれば、微量の血液を用いて3千近くの血漿タンパク質が同定できるようになった。また、ホルマリン固定パラフィン包埋組織切片を用いて疾患関連タンパク質が探索できるようにもなった。イメージング(顕微)質量分析は、組織におけるタンパク質の局在を明らかにする技術として注目されている。一方、診断マーカータンパク質の検出に用いるプロテインチップ技術や、特定の診断マーカーのみを検出できるため、ELISAに代わる技術として注目される多反応モニタリング質量分析などの発達には目を見張るものがある。さらに、免疫沈降法やタンデムアフィニティ精製法を用いてタンパク質複合体を精製し、複合体構成タンパク質をMSで分析して機能を解析する研究も盛んに行われている。

一方、ここ2、3年、翻訳後修飾のプロテオーム解析(モデフィコミクス)に対する関心が高まっている。MSの感度の向上と翻訳後修飾ペプチドを選択的に濃縮する技術の発達によってタンパク質の翻訳後修飾を大規模にハイスループットで解析できるようになった。さらに、最近、わが国で独創的な技術が開発された。それは電子捕獲解離法を採用したリニアイオントラップ質量分析装置。MSでは、アミノ酸配列や翻訳後修飾を分析するときに装置内でペプチドの断片化を行う。通常のMSでは、アルゴンのような希ガスをイオンに当てて断片化を行う(衝突誘起解離法)が、この場合、主鎖の切断以外にしばしば側鎖が切断されてしまい、側鎖に結合している修飾基の分析ができなくなることが多かった。電子捕獲解離法を用いた装置では、電子の照射によって多価プロトン化分子が低エネルギーの電子を捕獲することを利用してイオンを断片化する。この方法の最大の特徴は、側鎖の切断がないこと。つまり、側鎖に結合した修飾基を失うことなく分析ができる。MSの高感度化、翻訳後修飾ペプチドの濃縮技術や電子捕獲解離法の開発などによって翻訳後修飾の解析は極めて効率的に行えるようになった。

タンパク質はほとんど例外なく何らかの翻訳後修飾を受ける。そして、タンパク質の多くは翻訳後修飾を受けてはじめて本来の機能を獲得する。そのため翻訳後修飾の異常は、タンパク質の機能に影響を及ぼす。そして、それがしばしば病気の原因となる。リン酸化、

グリコシル化、ユビキチン化の異常と疾患の関係などはよく知られている。しかし、これらはむしろ例外的。多くの翻訳後修飾と疾患の関係についてはまだよくわかっていない。MSとその周辺技術の発達によって、翻訳後修飾異常と疾患との関係を解明できる可能性は飛躍的に大きくなっている。翻訳後修飾異常と疾患の関係が明らかになれば、翻訳後修飾を疾患の診断マーカーとして利用できるようになる。リン酸化やアセチル化といった翻訳後修飾が診断マーカーになる時代が近づいている。また、翻訳後修飾は創薬ターゲットにもなる。例えば、翻訳後修飾酵素の発現を制御する薬物を開発することもできる。翻訳後修飾異常によるタンパク質の立体構造の変化を解明できれば、翻訳後修飾異常による構造変化を修復する、言い換えれば、翻訳後修飾異常による疾患を治療できる医薬品が開発できる。翻訳後修飾プロテオーム研究は、これから最も注目される研究領域になると予測される。

プロテオーム研究の成否は、いかに優れた分析技術を開発できるかにかかっている。この10年ほどの技術の進歩には目覚ましいものがある。しかし、まだ技術的に十分な状態にある訳ではない。一層の技術の発展に期待したい。一方、プロテオーム研究の成果は、日本ヒトプロテオーム機構(JHUPO)大会をはじめとして、日本質量分析学会、日本生化学会、日本電気泳動学会、日本臨床プロテオーム研究会などで議論されている。学会は、最新の技術や研究情報の収集、交換の場として重要度が高く、研究の発展に寄与するところが大きい。JHUPOは、日本プロテオーム学会を設立する準備を進めているが、この学会にすべてのプロテオーム研究者と技術者が結集して技術や意見の交換が行われることを、そして、それによってわが国のプロテオーム研究が大きく発展することを期待したい。

#### 著者略歴

平野 久 (ひらの ひさし)

1972年 東京農工大学農学部卒業  
1972年 農林省入省  
1979年 農学博士号取得  
1981年 英国ダラム大学理学部留学  
1985年 西ドイツマックスプランク分子遺伝学研究所研究員  
1994年 農林水産省農業生物資源研究所研究室長  
1995年 横浜市立大学教授  
現在 横浜市立大学大学院 生命ナノシステム科学研究科 生体超分子システム科学専攻教授、横浜市立大学先端医学研究センター副センター長  
科学技術振興調整費先端融合領域イノベーション創出拠点の形成「翻訳後修飾プロテオミクス医療研究拠点の形成」拠点長  
理化学研究所横浜研究所客員主管研究員、医薬基盤研究所プロテオームリサーチセンター特別技術顧問。JHUPO会長  
日本育種学会賞、日本電気泳動学会児玉賞、科学技術庁長官賞(研究功績者)、日本電気泳動学会国際交流奨励賞、蚕糸学進歩賞受賞

## 環境応答型クロマトグラフィーシステムの開発とバイオセパレーションへの応用

Development of Environmentally Responsive Chromatographic Systems and Their Application for Bio-separation

金澤 秀子\*



金澤 秀子

### 1. はじめに

環境変化を自ら認識し構造・機能を変化させるインテリジェント表面のナノ構造制御とそれによる新しい概念に基づいたバイオセパレーションシステムの構築と応用について検討している。機能性高分子表面修飾法を通して、分離担体のナノ界面制御を追求し、刺激応答性高分子により目的物質との相互作用を調節する新しい概念を発展させ、タンパクの精製と解析法等への応用を目指している。

筆者らは、温度変化に対し32℃で非連続的な水和/脱水と変化を起こすポリ-*N*-イソプロピルアクリルアミド(Poly-*N*-isopropylacrylamide:PNIPAAm)を固体表面に固定することによって温度に応答して構造変化を起こす表面を構築し、その分離システムへの応用について世界に先駆けて成功させている<sup>[1-3]</sup>。この表面は、温度変化によって表面の高分子鎖の水和構造を変化させ、親水性/疎水性変化を引き起こす。従来、疎水性相互作用等の違いを利用して混合物を分離する逆相系クロマトグラフィーでは、シリカ表面にODSなどの長鎖アルキル基を導入し、溶質との疎水性相互作用の制御を有機溶媒(アセトニトリルなど)により行っていたのに対し、筆者らは同じ効果を、移動相を水系に固定し、温度を変化させるのみで行うクロマトグラフィーシステムを開発した。これにより、有機溶媒を用いることなく水系で温度変化を利用し分離選択性を制御するクロマトグラフィーが提案でき、目的物質の採取には有機溶媒のcontaminationを起すことなく、しかも測定による環境汚染のない革新的なグリーンクロマトグラフィーの概念を創出することに成功した。さらに、荷電を高分子鎖中に導入すると温度変化によって高分子の凝集力が変化するため、解離度を変化させることができることを見出した。従って、高分子表面の荷電制御を温度変化のみによって行うことができ、高塩濃度の移動相を用いることなく温度変化のみでイオン交換クロマトグラフィーを行うことが可能な新しいクロマトグラフィーの構築につながった。

近年の遺伝子工学、細胞工学などの急速な発展にもなって、DNAやタンパク質などの生理活性物質を効率よく分離・回収する手法の開発は、医学・薬学の

分野でますます重要となってきた。筆者らの開発した温度制御型クロマトグラフィーシステムは、水系の移動相で分離を行う“Green Chemistry”環境にやさしい分離方法であり、タンパクの分離・機能解析技術への応用が期待される。また、有機溶媒を持ち込むことのできない手術室など医療現場におけるリアルタイム薬物モニタリングシステムへの応用も可能である。

本稿では、筆者らが開発した新しい分離システムである温度応答型・環境応答型クロマトグラフィーシステムを用いたタンパク分離や生体試料中の医薬品の定量等、バイオセパレーション分野への応用について紹介する。

### 2. 疎水性相互作用を駆動力とした温度応答性クロマトグラフィーシステムの構築<sup>[1-6]</sup>

近年、光照射、温度、pHなどの外的刺激に応答してその構造や物理化学的性質を変化させる刺激応答型高分子を、その微細構造を制御して導入する材料表面の研究がなされている。このような高度な機能を兼ね備えた高分子は機能性高分子(インテリジェントポリマー)と呼ばれ、様々な分野で開発、応用されている。中でも、温度応答性高分子として知られているPNIPAAmは、多くの研究者によって新規分野へ応用され、数多くの優れた成果が報告されている。一方で、高分子はクロマトグラフィーの担体として古くから用いられ、ポリスチレンやメタクリル酸ポリマーなどをベースとした充填剤が、数多く開発されているが、高分子自身の刺激応答性を分離に用いた例についての報告はほとんどなされていなかった。筆者らは、PNIPAAmなどの機能性高分子をシリカ担体に修飾し、これをカラム充填剤として応用することで、水系のみの単一移動相で分離を制御するシステムを開発した。このシステムは、固定相表面の性質を温度で制御する今までにない新しい概念に基づいて考案されたクロマトグラフィーシステムである。疎水性相互作用に基づき、温度変化に伴う固定相表面の親水性、疎水性変化を利用した非特異的吸着現象によるため、従来のクロマトグラフィ

\* 慶應義塾大学薬学部教授、薬学博士



一分離とは逆に、低温での保持時間の減少、高温での保持時間の延長が確認され、固定相表面に修飾したポリマーの性質変化が分離に大きく反映されることが実証されている。

PNIPAAm水溶液は32℃付近で相分離を起こし、32℃より低温では水に可溶に、32℃を超えると素早く沈殿を起こす。相分離を起こす温度は下限臨界溶解温度(LCST)と呼ばれる。LCSTは、高分子鎖の分子構造に強く依存するため、疎水性モノマーとNIPAAmを共重合させ、疎水性共重合体とすることによってLCSTは低温側に、親水性モノマーと共重合させ親水性高分子とすることによって高温側にシフトする。すなわち、共重合において導入するNIPAAmモノマー、疎水性物質、親水性物質のバランスを調整することで、合成する共重合体の性質を自由に制御することが可能である。例えば、モル比で5%程度の疎水性物質であるメタクリル酸ブチル(BMA)とNIPAAmを共重合させると、得られる共重合体のLCSTは21℃付近へと低温側にシフトする(図1)。この機能性ポリマーを固体表面に修飾すると、そのLCST以下の温度では親水性を示し、温度上昇にともなってより疎水的な表面へと変化する。

### 3. 機能性高分子修飾による高機能表面の構築

筆者らはシリカゲル表面にPNIPAAmを修飾するため以下の3つの方法を検討している。

#### ① 片末端修飾表面(Grafting to)

シリカゲルにポリマーを修飾するため、片末端に官能基を有するポリマーを合成した。PNIPAAmの合成は、モノマーと連鎖移動剤の比でポリマーの分子量を

比較的制御できるラジカルテロメリゼーション法により連鎖移動剤として3-mercaptopropionic acid(MPA)を用いてラジカル重合を行い、活性化エステル法によりアミノプロピルシリカゲルに修飾した(図2(a))。この修飾方法は、担体に結合する前にあらかじめポリマーの機能を評価できることが利点である。

#### ② ゲル修飾表面(Grafting from)

合成の容易であることに加え、耐久性の向上を目指し、シリカ担体表面にPNIPAAmを導入する方法として、シリカゲル表面に導入した重合開始剤からPNIPAAmを成長させ、架橋剤を加えることで表面に薄いPNIPAAmゲル層を構築した(図2(b))。ポリマーの相転移温度付近で、PNIPAAm片末端修飾表面のように早く、可逆的な親水性/疎水性の変化が観察され、ゲル層の修飾には、アルカリ側での安定性及び耐久性の向上という利点があった。現在、PNIPAAmゲル修飾シリカゲルを充填剤としたカラムが上市されている。

#### ③ 精密重合ATRP：高密度ブラシ表面(Grafting from)<sup>[4]</sup>

原子移動ラジカル重合(ATRP)開始剤を用いてシリカゲル表面上から高密度にPNIPAAmブラシを修飾する方法である(図2(c))。近年、高分子の合成法としてリビングラジカル重合が盛んに行われている。特にATRP法は通常のラジカル重合によるポリマー調製法と比較して、表面修飾ATRP開始剤を用いると高密度なポリマーブラシ表面を作製することができるため、充填担体表面の高分子鎖長や表面密度の制御が可能であることから、ナノ構造制御(高分子鎖長、密度、荷電など)を行うことによって、より高度で複雑なタンパクとの相互作用制御・高機能化が期待できる。

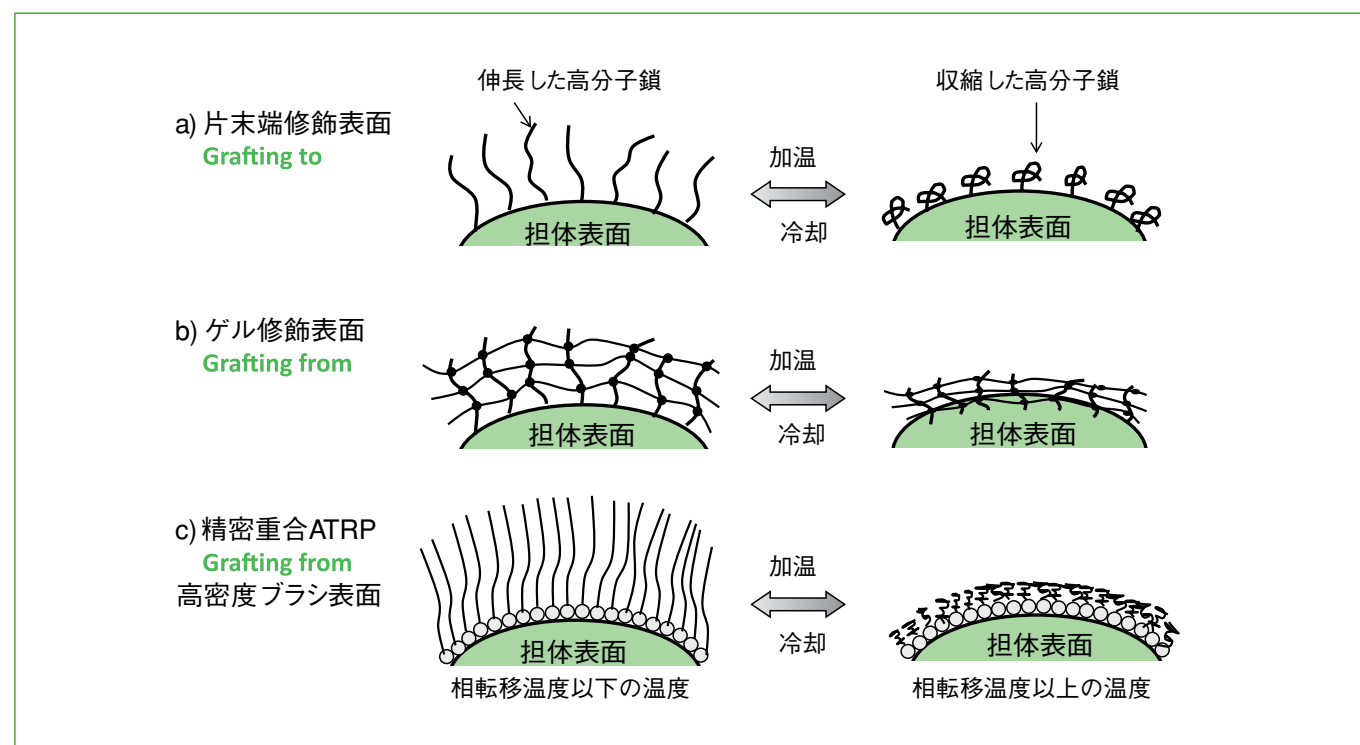


図2 機能性高分子高機能表面の構築  
(a)片末端修飾表面、(b)ゲル修飾表面、(c)精密重合ATRP 高密度ブラシ表面

### 4. 温度応答性クロマトグラフィーの生体内薬物濃度測定への応用<sup>[7]</sup>

エーテルの吸入麻酔を機に、麻酔は手術療法を飛躍的に発展させ、現在では外科手術上必要不可欠となっている。特に静脈麻酔薬プロポフォールは、脂溶性が高い超短時間作用型静脈麻酔薬であり、効果発現時間が早く、覚醒が速く、蓄積性が少ないことから全静脈麻酔として汎用されている。しかし、その際には生体へ加わる侵襲に応じた麻酔深度の調節を行う必要があり、リアルタイムでの血中濃度測定が望まれている。従来の測定法は有機溶媒を用いた複雑な分析系であるため、医療現場での使用は患者の有機溶媒暴露・廃液処理などが問題とされている。我々は温度応答性クロマトグラフィーの水系移動相による分析メリットを活かしてプロポフォールの分析を試みた。プロポフォールは血中濃度測定を要する薬物であること、その用途は主に術中であること、そして臨床における定量分析の際は高感度検出が可能な蛍光分析が行われていることから、従来法による分析では有機溶媒使用のため蛍光検出器のバックグラウンドへの影響はもちろん、術中での使用による患者への有機溶媒暴露、廃液処理等が問題となる。温度応答性クロマトグラフィーを用いた水のみの移動相でプロポフォールの経時的な血中濃度測定を行った。また同時に、動態パラメータの算出を試みた。

疎水性モノマーであるBMAを共重合させた温度応答性ポリマーを充填剤表面へと修飾したpoly(NIPAAm-

co-BMA)片末端修飾カラムを用いることで、水のみの移動相でプロポフォールの内標準法による蛍光分析が可能となった(図3)。これにより、従来のような移動相中の有機溶媒によるバックグラウンドの影響を抑えた高感度な蛍光分析が可能であり、温度応答性クロマトグラフィーでの蛍光分析の有用性が確認された(図4)。さらに、温度グラジエントによって分析時間の短縮と同時に、よりシャープなピークも得られ高感度分析が可能であり通常の溶媒グラジエントと同様な分離が行えた。

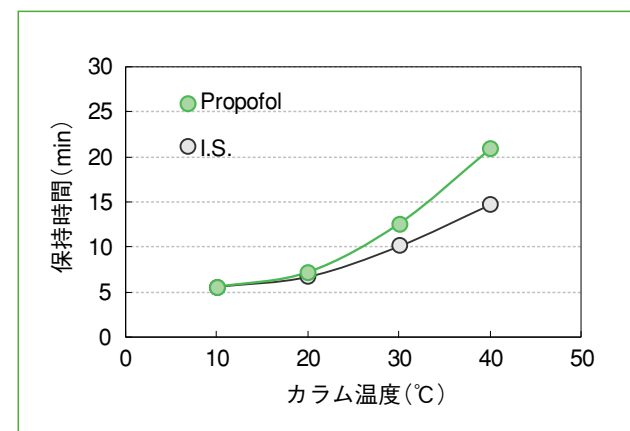


図3 プロポフォールと内標準物質の温度変化による保持の関係測定条件

カラム：(PNIPAAm-co-BMA 3%)片末端修飾カラム、  
移動相：純水、流速：1.0mL/min、  
測定蛍光波長：Ex 276nm, Em 310nm、  
装置名：Hitachi 7000シリーズ

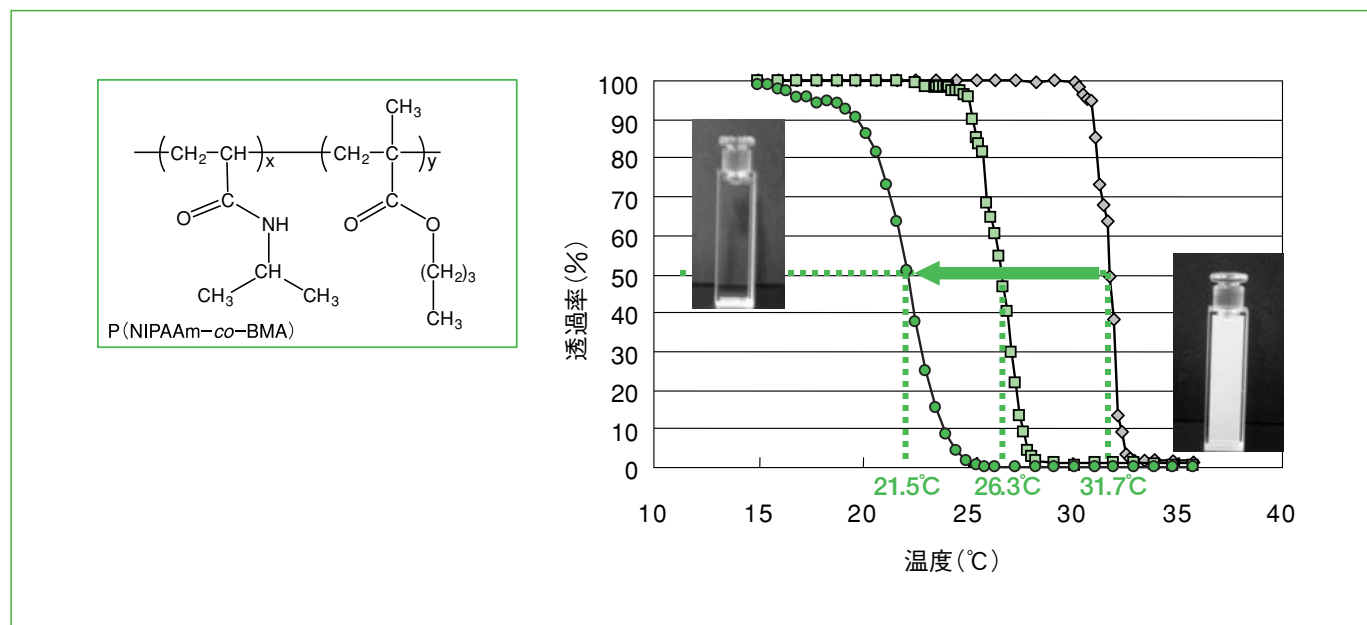


図1 温度応答性コポリマーの構造式とその水溶液の500nmにおける透過率変化  
●; P(NIPAAm-co-BMA 5%), ■; P(NIPAAm-co-BMA 3%), ◆; PNIPAAm



プロポフォール投与後のサルの経時的な血中濃度測定が水のみの移動相で可能であった。得られた血中濃度は従来のODSカラムによる結果と一致し、TCIシミュレーション時の予測血中濃度とも一致していた(図5)。水のみの移動相で簡便な経時的血中濃度測定が可能であったことから、本システムの臨床現場での有用性が示唆された。本システムにより、不慣れな医療従事者にも簡単に測定が行え、患者や環境にやさしい分析が可能である。今後は超高速分離システムによる高速化や装置自体のサイズダウンを行うことで、手術室に持

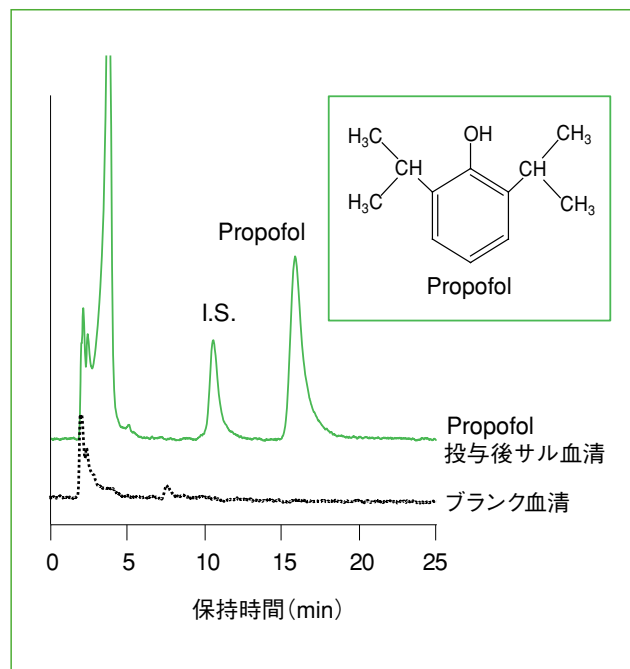


図4 プロポフォール静脈投与5分後のサルの血清の分離  
カラム：P(NIPAAm-co-BMA3%)片末端修飾カラム、  
移動相：純水、流速：1.0mL/min、  
測定蛍光波長：Ex 276nm, Em 310nm、  
装置名：Hitachi 7000シリーズ

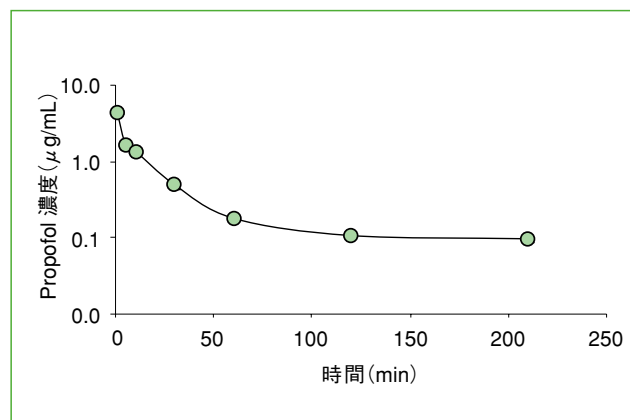


図5 血清中プロポフォール濃度の時間推移プロット  
カラム：P(NIPAAm-co-BMA3%)片末端修飾カラム、  
移動相：純水、流速：1.0 mL/min、  
測定蛍光波長：Ex 276nm, Em 310nm、  
装置名：Hitachi 7000シリーズ

ち運びやすく、迅速な測定によるリアルタイムモニタリングへの応用が期待できる。

## 5. 温度、pHに応答する環境応答型クロマトグラフィーの生理活性物質分離への応用<sup>[4-6, 8-10]</sup>

ペプチドやタンパク、核酸などの分離に応用するために、親水性/疎水性の相違に加えて荷電の影響も利用した分析システムを構築した。筆者らは、NIPAAmに疎水性基としてメタクリル酸ブチル(BMA)とジメチルアミノプロピルアクリルアミド(DMAPAAm)やアクリル酸(AAc)を共重合させたpoly(NIPAAm-co-BMA-co-DMAPAAm)、poly(NIPAAm-co-BMA-co-AAc)などを分子設計し、これらの合成ポリマーをシリカゲル表面に修飾した充填剤を作製した。ポリマー鎖の温度応答性の水和/脱水和と挙動がDMAPAAmのアミノ基のプロトン化、脱プロトン化に影響しており、このコポリマーを修飾した表面は、温度に応答して表面電位も大きく変化することが確認された。荷電基を導入した温度応答性ポリマー修飾表面は、温度およびpHの変化によって表面荷電密度を制御できることから、筆者らはこの表面をHPLC固定相に応用したシステムを環境応答型クロマトグラフィーシステムと命名し、荷電を有する生理活性物質の分離に応用した。

### ① 環境応答型クロマトグラフィーによる内因性ホルモンの分離<sup>[8]</sup>

環境応答型クロマトグラフィーを用いてmelatoninとその前駆物質やmelatonin代謝物の分離が達成された(図6)。melatonin関連物質の分析では移動相には酢酸にメタノールやアセトニトリルをグラジエントで添加することでmelatoninの分析を行っている。AAcのようなアニオン性モノマーが固定相にあることで、疎水性相互作用と静電的相互作用の2種類の異なる相互作用が温度変化のみによって制御可能であることが確認された。このことはポリマー修飾充填剤の表面の荷電性は温度によって制御可能であることを示している。melatoninは、特に小児におけるうつ病において、バイオマーカーとして注目をされている。前駆物質からの分離が可能となったため、本法により前駆物質から目的物質の生成量を測定できる可能性が示唆された。環境応答型クロマトグラフィーをLC/MSやECDなどの高感度測定器を用いることで、生体中における濃度測定にも応用可能であると考えられる。

### ② 生理活性物質の活性評価<sup>[9]</sup>

HPLCにより分離した酵素lysozymeは、逆相クロマトグラフィーでは活性低下が見られたのに対し、温度制御型クロマトグラフィーでは標準品同様の活性が保たれ高い回収率が得られた。一般に逆相クロマトグラフィーでは、移動相に0.1%トリフルオロ酢酸-アセトニトリル混合溶液が使用され、アセトニトリル量のグラジエントによりタンパク質の溶出を行っている。そ

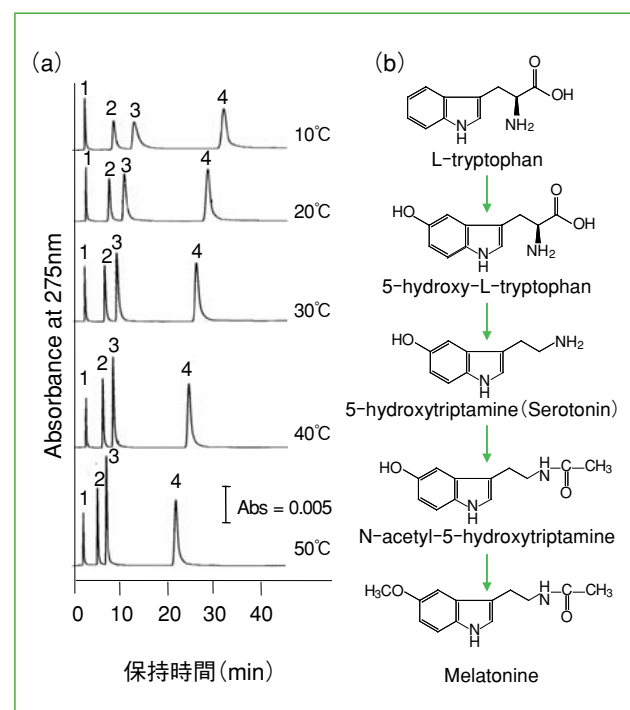


図6 (a) メラトニンとその前駆物質の温度変化による分離  
ピーク：1, Tryptophan; 2, N-acetyl-serotonin;  
3, Melatonin; 4, Serotonin.  
カラム：P(NIPAAm-co-tBAAm-co-AAc)ゲル修飾カラム、  
移動相：10mM CH<sub>3</sub>COONH<sub>4</sub>(pH6.0)、  
流速：1.0mL/min、測定波長：UV 275nm、  
装置名：Hitachi 7000シリーズ  
(b) Tryptophanの代謝経路

のため、有機溶媒でタンパク質が変性し、活性低下が認められたと考えられる。一方、温度制御型クロマトグラフィーは、生理食塩水など水系単一移動相を用いた緩和な条件での温度変化による分離であるため、タンパク質の変性を防ぎ、活性を維持した状態で分離・回収が可能となり、タンパク質の精製において本システムが有効であることが示唆された。

### ③ 除タンパクカラムへの応用<sup>[9]</sup>

ヒト血清アルブミン(HSA)は、高分子の相転移温度LCSTより高温で固定相に強く保持され、LCSTより低温では溶出することが確認された。従来のイオン交換クロマトグラフィーのように高塩濃度を使用することなく、40℃で15分間保持させ、5℃への温度ステップによって、カラム内に保持したHSAを良好に回収することが可能であった。温度変化に加えて移動相の緩衝液濃度を比較的緩和な条件で変化させることで、HSAの良好な分離が達成され、アイソトープラベルしたHSAを用い回収率を検討した結果、100%近い回収率が得られた。また、血清の直接注入においても、血清タンパクを保持させ、除去することが可能であった。これらのことから血清の除タンパク質法としての利用や前処理が不要な生体試料分析への展開が期待できる。

従来の逆相系の分析システムのように有機溶媒によ

る移動相組成の変化ではなく、完全な水系での温度変化による分離が可能であるため、有機溶媒による生体成分の高次構造変化に伴う変性を防ぎ、その生理活性機能を保持したままでの分離回収が期待できる。このように従来の逆相系の分析システムでは分離が難しいとされてきた成分に対しても適用できる可能性があり、分離精製技術への応用が期待される。

## 6. おわりに

以上のように筆者らは、これまで機能性高分子を分離システム特にクロマトグラフィーへ応用するという試みを続け、温度制御型クロマトグラフィーの創製から、タンパクを含めた種々の生体高分子の分離への応用に関する研究を行ってきた。本研究の一部は既に実用化されており、これまでの技術をさらに発展させて、医療の分野へ貢献できる新しい技術の構築を目指して研究を進めていくつもりである。バイオ医薬品生産に重要な鍵となる新規バイオセパレーションシステムの構築と抗体の分離精製技術への応用、手術室などの臨床現場でリアルタイムに薬物モニタリングを行うon-site生体機能解析システムの実現を目指している。

## 謝 辞

本研究は、東京女子医大先端生命医科学研究所の岡野光夫先生との共同研究です。また、サルの血中濃度測定については京都大学霊長類研究所 宮部貴子先生との共同研究で行いました。

## 本研究に関する発表論文

1. Kanazawa H, Yamamoto K, Matsushima Y, Takai N, Kikuchi A, Sakurai Y and Okano T. *Anal.Chem.*, 68, 100-105(1996)
2. Kanazawa H, Yamamoto K, Kashiwase Y, Matsushima Y, Kikuchi A, Sakurai Y and Okano T. *Anal.Chem.*, 69, 823-830(1997)
3. Kanazawa H, Sunamoto T, Matsushima Y, Kikuchi A, Okano T. *Anal.Chem.*, 72, 5961-5966(2000)
4. Nagase K., Kobayashi J., Kikuchi A., Akiyama Y., Annaka M., Kanazawa H., Okano T., *Langmuir*. 24, 10981-10987 (2008)
5. Kanazawa H. *J. Sep. Sci.*, 30, 1648-1656(2007)
6. Kanazawa H. *Chromatography*, 30(1), 1-9(2009)
7. Nishio T, Suzuki R, Tsukada Y, Kanazawa H, Okano T, Miyabe-Nishiwai T. *J. Chromatogr. A*, in press.
8. Ayano E, Suzuki Y, Kanezawa M, Sakamoto C, Morita-Murase Y, Nagata Y, Kanazawa H\*, Kikuchi A, Okano T. *J. Chromatogr. A*, 1156, 213-219(2007)
9. Kanazawa H, Nishikawa M, Mizutani A, Sakamoto C, Morita-Murase Y, Nagata Y, Kikuchi A, Okano T. *J. Chromatogr. A*, 1191, 157-161(2008)
10. Ayano E, and Kanazawa H. *J. Sep. Sci.*, 29, 738-749(2006)



## 可視，蛍光及び燐光分光測定に関係した色彩分析 —— 安全色彩・安全標識に関連して ——

Color Analysis relating to Visible, Fluorescence and Phosphorescence Spectrophotometry  
—Concerning to Safety Colours and Safety Signs—

馬場 護郎\*

### はじめに

日立製作所は、各種の分光測光器を製作してきたが、その中で色彩測定に用いられたものは、汎用可視(紫外)分光測光器(EPU, EPV, 139形など)に反射測定付属装置を付けたもので、なかには、反射色測定専用のEPR-2形自記分光光度計もあったが、分光測光器としての性能は特に変わったものではなかった。これは、当時の測色の目的が、主として色の記載・同定にあったためである。筆者が、那珂工場光学装置設計部及び日立那珂精器において測色用分光測光器、蛍光分光測光器を担当した時代(1971～1988)から、測色の目的、応用の分野が著しく変化し、これに伴って測色装置に要求される性能も変化してきた。(以下、ここで用いる用語、定義は、JIS Z 8113<sup>1)</sup>:1998 照明用語による。)

一般に、分光測光器によって求められる量は、物理量またはこれから導出される量であるが、測光・測色に必要な量は、測定された量と視覚による特性とを組み合わせた心理物理量である。放射束(radiant flux)、放射強度(radiant intensity)、放射照度(irradiance)、放射輝度(radiance)などは放射量(物理量)であるが、光束(luminous flux)、光度(luminous intensity)、照度(illuminance)、輝度(luminance)などは測光量(心理物理量)である。そのため、測光・測色に用いる測定装置では、反射(透過)率に相当する縦軸の、特に低反射率部分の正確さ、精密さを高めないと視覚に対応できない。これは、視覚の中のかん体(rod)の感度の高さに対応する。一方、波長軸は、視覚の中で広帯域の感度を持つs, m, l, 3種のすい体(cone)に起因するので、有効波長幅の狭い測定は必要ないが、波長積分値が正しく求められるよう配慮することが重要である。このような色彩測定における問題点を、安全色彩・安全標識の測定を例として説明する。日本における安全色彩・安全標識の工業規格は、1953年、JIS Z 9101 安全色彩使用通則が制定されて以来、永年、検討されてきたが、近年、道路交通標識、非常時用標識等の整備が要求され、国際的にも安全ISOが制定され、現在、安全標識材料の測色・測光特性を規定するISOの原案作成中である。現在、安全標識全般については、JIS Z 9101:2005<sup>2)</sup>(ISO 3864-1<sup>3)</sup>と同等)で規定されている

が、国内的には、JIS Z 9103:2005<sup>4)</sup>で、さらに細かく規定してある。

### 1. 一般色材を用いた安全標識

ここで言う一般色材とは、ペイント、プラスチック、印刷インキなど一般に使用されている色材で、次節以降に述べる特殊色材を含まないものを言う。現在、ISOでは一般色材を用いた安全色及び対比色を、赤、黄、緑、青及び白として、その色の範囲を定めている(オレンジは含まれない)。これに対し、改訂前のJISではオレンジを危険を示すものとしており、ISO 3864-2, ANSI Z535.1, CIE 39.2でもオレンジを安全色としているので、将来、オレンジが加えられることも考えられる。その場合、黄、オレンジ、赤それぞれの色の限界をどの様に決めるかが問題になる。安全色の限界については、各民族間の、文化、風土、習慣などが関係するので、統一するのが困難であった歴史がある。従来の反射物体色の測定で見逃されてきたのは、表皮反射を除く層内反射光の空間分布が均等拡散に近いと仮定してきたことである。しかし、実在の試料の反射光の空間分布を変角分光測光器で測定するとほとんどが均等拡散ではないことが判る。このことは、観察する方向によって色が異なってみえることから推定される。標識のように、視覚に直接関係する場合は照明・受光の幾何条件に配慮が必要となる。方向性のテクスチャーのある試料では、測定面と試料の方向とがなす角(方位角)も考慮しなければならない。

### 2. 蛍光色材を用いた安全標識

蛍光を測定する装置として、励起・蛍光分光器を備えた蛍光分光光度計は、かなり以前から製作されていたが、これを測色に用いることは余り古くはない。これは、装置の光源の分光パワー分布、励起・蛍光分光器の分光透過率、受光器の分光応答度を正しく校正することが容易でないこと、反射蛍光物体では、反射反射率係数と蛍光反射率係数を分離する必要があることなどにある。MPF-4形蛍光分光光度計を用いて、有彩昼光蛍光色を測定した報告<sup>5)</sup>がある。現在、ASTMで



馬場 護郎

は2分光器法で分光反射率係数を求める方法<sup>6)</sup>及びこれから測色値を求める方法<sup>7)</sup>を規定している。一般には、照射光を約束して(多くの場合、CIE標準イルミナントD65)、それに近似した光源で白色光照射して全分光反射率係数を測定し、これから測色値を計算で求めることが多い。この場合、約束された照射光と、装置の光源の一致度が重要で、その程度を判定する方法<sup>8)</sup>が規定されている。これは、可視波長部については、標準的な分光反射率分布と、各イルミナントの下でこれと条件等色となる条件等色対5種を約束し、試験光源で照明したときの条件等色のずれの色差で試験光源のイルミナントとの一致の程度を評価する方法である。一般に、安全標識に使用される有彩蛍光色材は、励起波長帯が可視域にあるものが多いので、照射光の紫外部の分布はあまり問題にならないが、下地が紙や繊維製品である場合は、現在、それらはほとんど蛍光増白されていることと、蛍光色材の多くは透過性があるので、照射光は紫外部まで約束された分布に近似していなければならない。道路や夜間の作業者が着用する防護服には、視認性を向上させるため蛍光色に再帰性反射材料を併用することがEN規格で規定されているが、これらのISO規格化が進められている。

### 3. 再帰性反射体を用いた安全標識

安全標識には、昼間は一般色材による標識と同様に見えるが、夜間は車両の前照灯の反射光が運転者の方向に強く反射する再帰性反射体がよく用いられている。再帰性反射体は、戦後飛行場の滑走路に高屈折率のガラスビーズを散布したことから始まり、その後、交通標識やレーンマークとして広く使用されている。現在では、再帰性反射体の主材料は、ガラスビーズだけではなく、プリズム状に成形されたプラスチックのものもあり、性能も極めて向上している。CIEでは、再帰性反射体の性能を評価するための用語、定義、測定方法を規定したCIE 54:1982を出版したが、これの第2版<sup>9)</sup>を2001年に発行した。再帰性反射体の性能のうち最も重要なのは再帰反射係数(coefficient of retroreflection)で、再帰性反射体による観測方向への光度を、入射光の方向に垂直に置かれた試料が受ける照度にその面積を掛けた値で割って得られる商である。再帰反射係数の測定角度は、前照灯の到達距離が長くなるのに連れて変り、現在では、観測角(入射光軸と受光光軸のなす角)は、12' とされている。以前は、前照灯はほとんど白熱灯であったので、再帰反射係数は、光度と照度の関係で求められたが、近年、放電灯やLEDが用いられるようになったほか、再帰性反射体に蛍光色材を組み合わせる反射光を着色する複合材料が用いられるようになったので、反射性能も分光測光することが必要になり、CIE 54.2も改訂が進められている。

### 4. 蓄光(燐光)標識

近年、地下鉄構内や地下通路の床面または壁面下部に非常口の方向を示すプラスチックの標識が見られるが、これらは非常時(消灯時)その燐光によって方向をしめすもので、蓄光標識とも呼ばれ、消防法規にも設置が規定されている。燐光材料として以前は硫化亜鉛(ZnS)のみが使われていたが、その後、希土類元素を加えたアルミン酸ストロンチウム(例えば、SrAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>:Eu, Dyなど)が開発され、燐光輝度、燐光寿命が大幅に改善され、多く使用されるようになった。燐光材料は、使用される前に飽和状態まで励起することが必要であるが、材料の励起スペクトルを測定してみると、励起波長域の半ば以上が近紫外部にあるので、近紫外光を含まない光源では励起が不十分である。蓄光標識試料で実験してみると、近紫外光の多いキセノンランプでは1000lxで2min、常用光源蛍光ランプD65では200lxでは20minで励起が飽和するのに対し、一般用白色蛍光ランプでは200lxでは飽和に至るまで60min以上を要することが判った。このことは、励起光の強度を紫外域の有無に関係しない照度(測光量)で規定できないことを示している。標識として必要な燐光輝度をJIS Z 9107<sup>10)</sup>では、次のように規定している。即ち、常用光源蛍光ランプ200lxで20分励起後、副分類JD級では、最低燐光輝度が消灯2分後、1,760、60分後、0.06(単位はcd/m<sup>2</sup>)、JA級ではそれぞれ、0.21、0.007となっている。これは、国際照明用語集が規定した、明所視(photopic vision, 数cd/m<sup>2</sup>以上)の範囲にはなくて、暗所視(scotopic vision, 100分の数cd/m<sup>2</sup>以下)か、両者の間の薄明視(mesopic vision)の範囲にあることを示している。ここから、燐光標識の視覚による視認性を論じるときは、暗所視または薄明視の環境における明るさ感についての検討が必要である。但し、材料の物性を規定する工業規格では、明所視輝度を用いることはやむをえない。

### 5. 内照式安全標識

室の出入口の近くなどに非常口を示す、内部または側部に光源があつて、夜間に点灯する標識があり、内照色標識と呼ばれる。内部光源が点灯していないときは、一般の標識と同じ色であることが現安全規格では規定しているが、夜間、内部光源が点灯しているときの見えを規定することは難しい。これは、昼間、標識を見ているときは物体色モードであるのに対し、夜間、見ているときは光源色モードであることによる。夜間、周囲が暗黒で標識の光のみが見えるときは、信号灯火と同様の見えであると思われるが、多くの場合、周囲は暗黒ではなくて若干の明るさがあり、その程度によって順応の条件が異なることが考えられる。また、外部光による反射光の混合の仕方もちまちである。JIS Z 9101では、内照式標識の夜間の性能を、安全色

\* (株)村上色彩技術研究所 顧問

(赤、青または緑)の輝度に対して、対比色(白)の輝度の比(輝度対比)が、5～15であると規定している。安全色が黄の場合、対比色は不透明の黒であるので、輝度対比は測定できない。これは、光源色の見えについての視感実験が現状では不十分で、輝度以外の色相や純度の影響について規定できないためである。

### おわりに

色に関する諸特性を、視覚に関連付けて測定するには、それなりの配慮が必要であることを安全色彩・安全標識を例として紹介した。われわれの視覚は、絶対値はともかく、差に対する感度は極めて敏感で、色が違うと認識されたとき測定値が同じであっては許容されない。視覚についての研究は近年多く報告されているが、これに対して測定技術も適応して行かねばならない。この意味で、近年国際的にも重視されている、安全と色彩について測定上の問題点を挙げてみた。尚、安全と色彩について関心を持たれた方は、日本色彩学会安全色研究会が編集した特集<sup>11)</sup>を参照されたい。

### 参考文献

- 1) JIS Z 8113：1998 照明用語(2004 確認)この規格は、測光・測色に関係する用語を規定した国際照明用語集(IEC，CIE共通)に規定された用語・定義を全て網羅し，さらに必要な用語を加えたものである。
- 2) JIS Z 9101：2005 安全色及び安全標識－産業標識及び案内用安全標識のデザイン通則
- 3) ISO 3864-1：2002, Graphic symbol — Safety colours and safety signs — Design principles for safety signs in workplaces and public areas
- 4) JIS Z 9103：2005 安全色 — 一般的事項
- 5) 馬場，仙石，峰岸(1975)：蛍光色の測定(1) — 有彩星光蛍光色の分光測色，照学誌，59，150-158.
- 6) ASTM E 2153-01(2006)Obtaining Bispectral Photometric Data for Evaluation of Fluorescent Color
- 7) ASTM E 2152-01(2006)Computing the Color of Fluorescent Object from Bispectral Photometric Data
- 8) CIE 51.2-1999 A method for assessing the quality of daylight simulators for colorimetry
- 9) CIE 54.2-2001 Retroreflection：Definition and measurement
- 10) JIS Z 9107：2008 安全標識 — 性能の分類，性能基準及び試験方法  
この規格の対応国際規格は，ISO 17398：2004，Safety colours and safety signs — Classification, performance and durability of safety signs(MOD)である。
- 11) 特集「安全と色彩～規格編～」色学誌，32，94-118(2008)  
特集「安全と色彩～研究編～」色学誌，32，195-222(2008)

## LCUによる超高速アミノ酸分析

### High-speed Determination of Amino acids by LaChromUltra with Pre-column Derivatization

成松 郁子\* 横倉 武文\*\* 豊崎 耕作\*\*\*

### 1. はじめに

アミノ酸の分析は，タンパク質の一次構造決定に必要な手段であるばかりでなく，アミノ酸代謝の研究，食品や飼料，医薬品の組成分析など幅広い分野で必要とされている。また，近年のアミノ酸分析のニーズとして，タンパク質を構成するタンパク加水分解物アミノ酸の他，タウリン，γ-アミノ酪酸(GABA)，オルニチン(Orn)，テアニンなど生理活性のあるアミノ酸も注目されている。

アミノ酸はUVによる吸収が弱い成分が多いため，一般的に誘導体化試薬と反応させて検出するが，誘導

体化の方法，試薬の種類によりいくつかの分析法がある(図1)。これらのうち日立ハイテックでは，ポストカラム誘導体化法を採用したアミノ酸分析専用機(L-8900形)，および汎用HPLC(L-2000シリーズ)に関して，従来から装置の販売とアプリケーションの開発に対応してきた。ポストカラム誘導体化法は反応の再現性が良く，定量精度の点で優れているが，一方でポリマー系イオン交換樹脂で分離するためカラムの耐圧が低く，高速化できないことが問題となっていた。

近年，液体クロマトグラフによる分析分野では，高耐圧システムと粒径2 μm以下のカラムを用いた超高

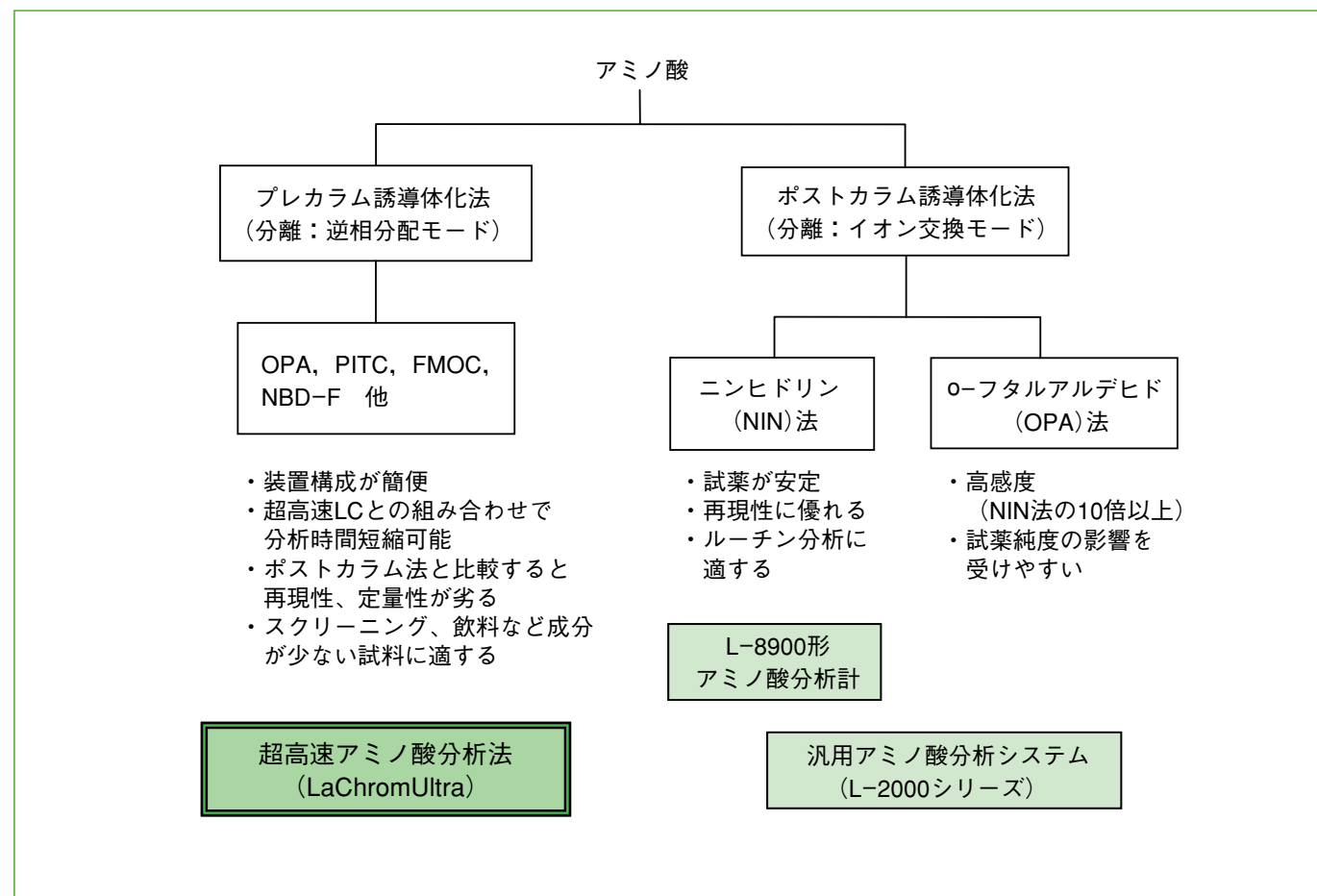


図1 アミノ酸分析法の分類

\* 日立ハイテックノロジーズ 那珂アプリケーションセンタ  
\*\* 日立ハイテックノロジーズ 戦略製品開発プロジェクト  
\*\*\* 日立ハイテックノロジーズ 分析システム設計部



速LCの誕生とともに、分析時間の大幅な短縮が図れるようになった。これに伴い、アミノ酸分析においても、超高速LCとの組み合わせにより、アミノ酸の超高速分析を可能にするシステムが登場した。日立ハイテックでは、前頁に記載したアミノ酸分析専用機(L-8900形)、および汎用HPLC(L-2000シリーズ)に続いて、日立超高速液体クロマトグラフLaChromUltra(以下、LCUと略す)と、NBD-Fプレカラム誘導体化法を用い、約20成分のアミノ酸を10分サイクルで分離する超高速アミノ酸分析法を開発・販売したので紹介する。

## 2. 日立超高速アミノ酸分析法

超高速LCを用いたプレカラムアミノ酸分析では、あらかじめ誘導体化試薬によりラベル化したアミノ酸を用いてODSカラムで分離を行うのが一般的である。日立ハイテックではプレカラム誘導体化法における誘導体化試薬として、日本薬局方(第十五改正)に記載されたNBD-F(4-Fluoro-7-nitro-2,1,3-benzoxadiazole)を採用した<sup>1) 2) 3)</sup>。カラムは、超高速アミノ酸分析用カラムを用いて分析を行う。図2にNBD-Fとアミノ酸の反応式を示す。本試薬は、他の誘導体化試薬と比較して、誘導体化後の試料の安定性が高いため、一定期間試料を保存することが可能である。このことから、本分析法では、試薬の無駄を省き、試薬コストの低減が図れる。また、蛍光検出器との組み合わせで、超高感度分析が可能(fmol単位でアミノ酸を検出可能)であるといった特長を持つ。

日立超高速アミノ酸分析法では、超高速アミノ酸分析に対応した専用の反応試薬、カラム、溶離液をセットにした超高速アミノ酸分析用スターターキットを発売しており、このキットを用いることにより、簡便に測定を行うことができる。

## 3. 超高速アミノ酸分析用スターターキットによる標準試料の測定結果

超高速アミノ酸分析用スターターキットを用いて、最適条件下で誘導体化したアミノ酸を超高速アミノ酸

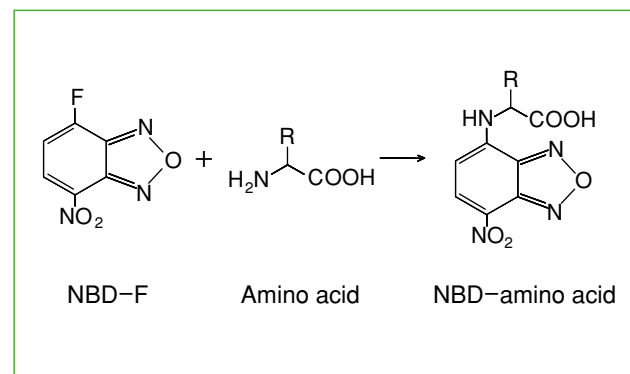


図2 NBD-Fとアミノ酸の反応

分析用カラムに導入し、各成分について分離条件を検討した。その結果、アミノ酸23成分を8分で分析する標準分析法Iを確立した。

装置は日立超高速液体クロマトグラフLaChrom Ultra(装置構成：L-2160U形ポンプ、L-2200U形オートサンプラ、L-2300形カラムオープン、L-2485U形蛍光検出器/L-2420U形UV-VIS検出器)と、超高速アミノ酸分析用スターターキット(P/N：891-5180)を使用した。ラベル化を行うアミノ酸標準試料としてアミノ酸混合標準液H型(和光純薬工業株)0.01mmol/L(VIS検出では0.1mmol/L)を用いた。ラベル化反応は図3の手順に従って行った。

図4に標準アミノ酸23成分の測定結果を示す。図より標準分析法Iでは、たん白加水分解アミノ酸18成分だけでなく、オルニチン(Orn)、 $\gamma$ -アミノ酪酸(GABA)といった遊離アミノ酸も高速一斉分析できることが特徴である。また、蛍光検出において検出限界80 fmol(イソロイシン(Ile)ピークにてS/N=3以上)の高感度分析が可能である。なお、トリプトファン(Trp)は誘導体の蛍光が消失するためUV-VIS検出器で検出した<sup>4)</sup>。

## 4. 実試料への応用

今回開発した標準分析法Iによる実サンプルの測定例を示す。

### 4.1 塩酸加水分解したウシ血清アルブミンの測定例

タンパク質を構成するアミノ酸組成を知るために、タンパク質を加水分解しアミノ酸を定量する。図5に、ウシ血清アルブミン(BSA)塩酸加水分解物のアミノ酸を測定した例を示す。各アミノ酸成分について良好な分離が得られ、本分析法は加水分解物の定性・定量に適用できることを確認した。

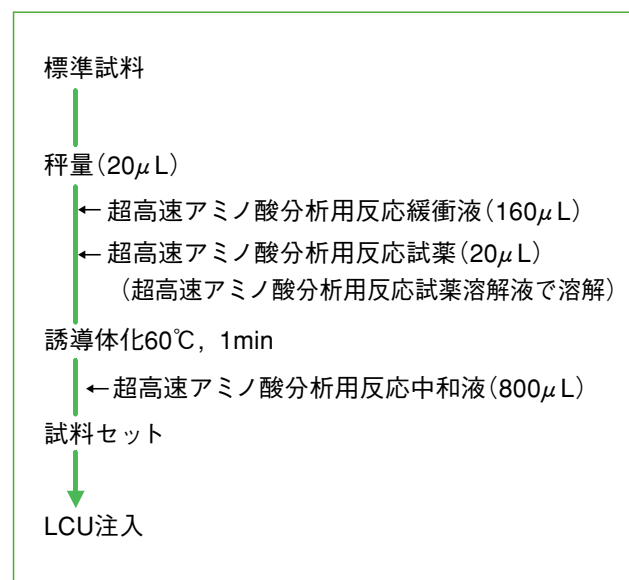


図3 NBD-F誘導体化手順

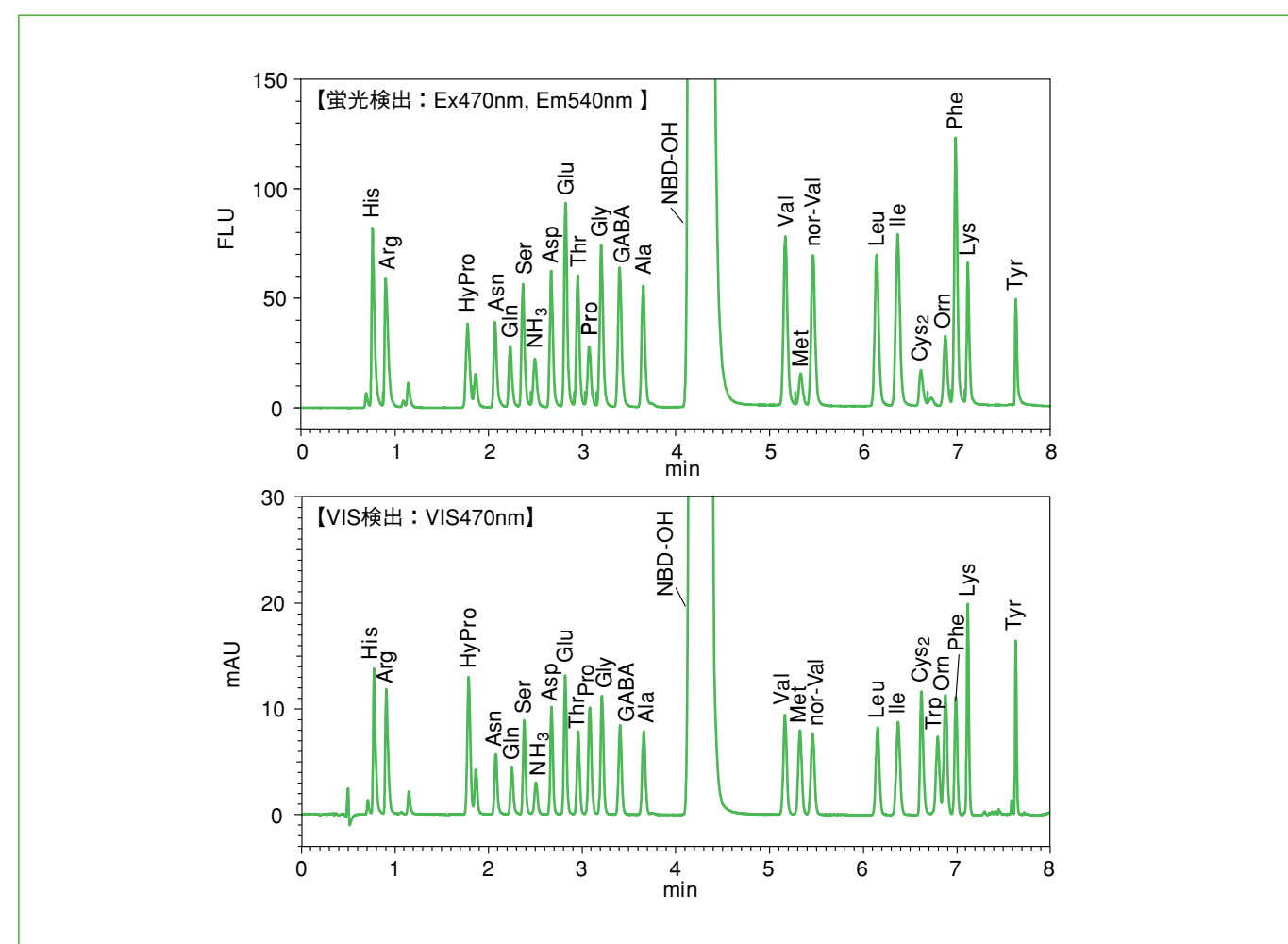


図4 標準分析法Iによるアミノ酸標準試料の測定

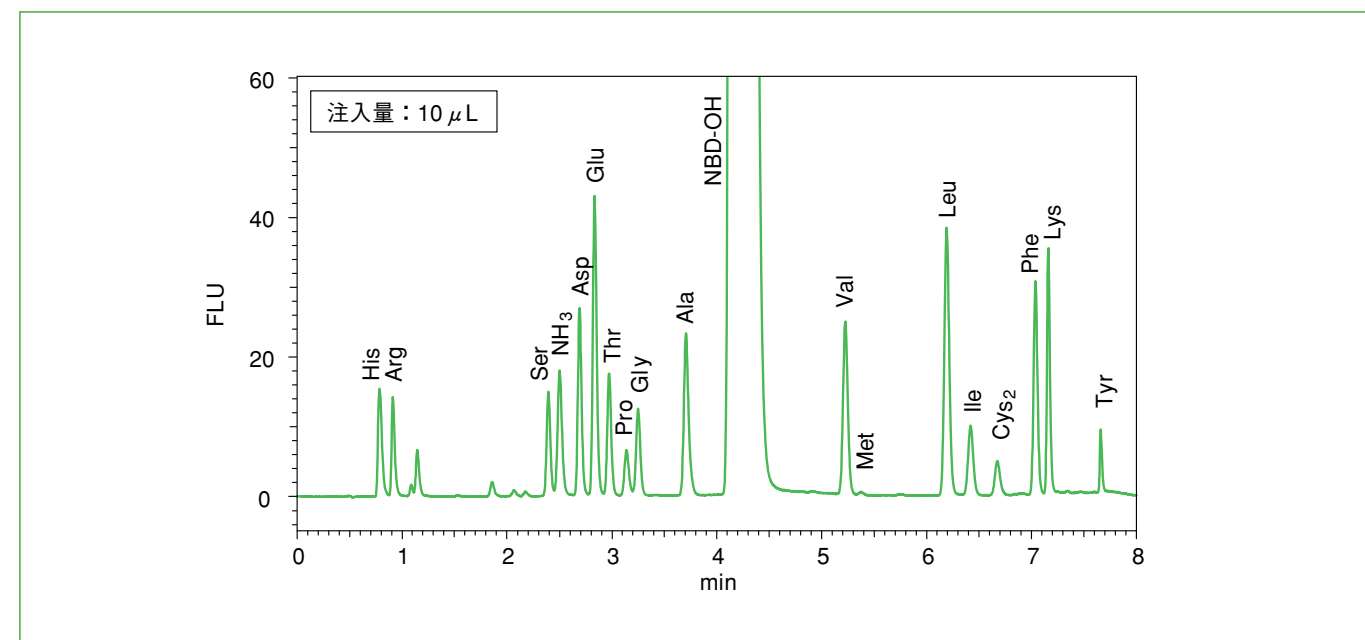


図5 標準分析法IによるBSA加水分解物の測定(L-2485U形蛍光検出器)

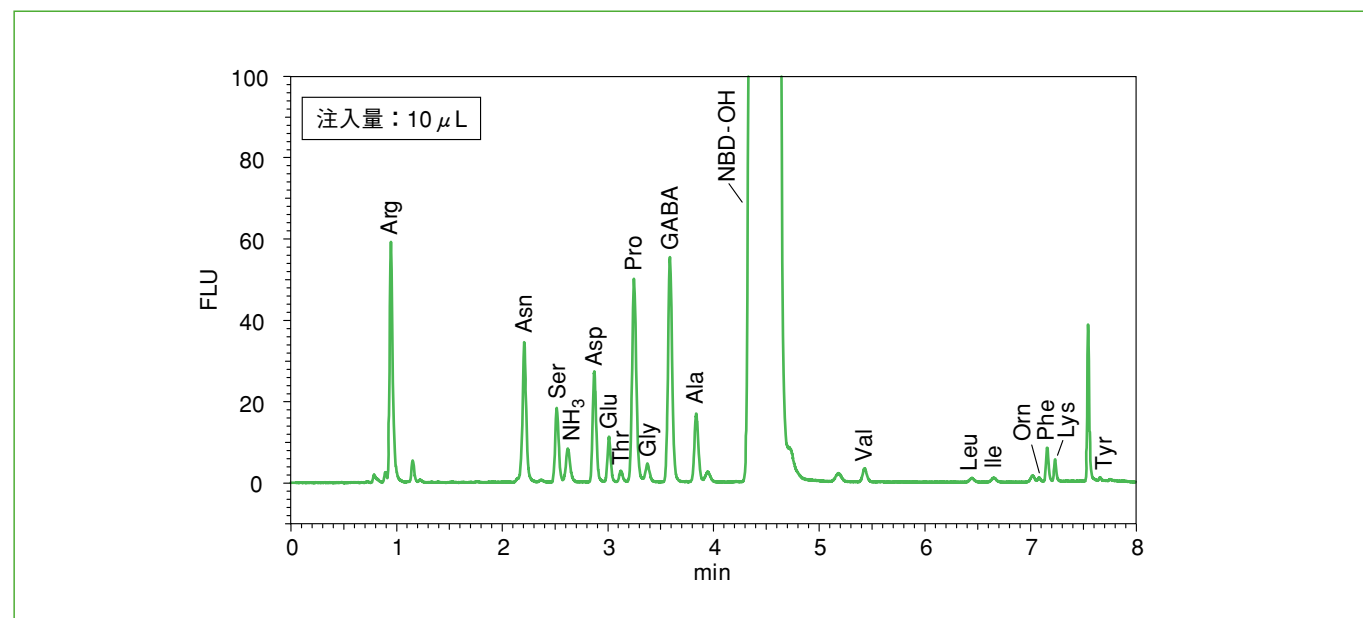


図6 標準分析法Iによるオレンジジュースの測定(L-2485U形 蛍光検出器)

#### 4.2 オレンジジュースの測定例

食品分野では栄養成分としてのアミノ酸を定量する。市販のオレンジジュースを測定した例を図6に示す。市販のオレンジジュースを除タンパク処理した後、NBD-F誘導体化し、LCU(L-2485U形 蛍光検出器使用)を用いて測定した。オレンジジュースには、アルギニン(Arg)、プロリン(Pro)、の他、遊離アミノ酸であるGABAが多く含まれていることがわかった。

#### 5. まとめ

誘導体化試薬にNBD-Fを用い、誘導体化条件および分離条件の最適化を図り、LCUとプレカラム誘導体化法を用いた超高速アミノ酸分析法を確立した。また、本分析法が実試料分析においても適応可能であることを確認した。

本分析法は、遊離アミノ酸を含むアミノ酸約20成分を、分析サイクル時間10分(分析時間8分)で分析可能であり、今後短時間分析が有用である分野への応用が期待できる。

#### 6. 参考文献

- 1) 第十五改正 日本薬局方 平成18年3月31日 厚生労働省告示第285号
- 2) Y. Watanabe and K. Imai, J.Chromatogr., 239, 723-732 (1982)
- 3) C. Aoyama, T. Santa, M. Tsunida, T. Fukushima, C. Kitada and K. Imai, Biomed. Chromatogr., 18, 630-636(2004)
- 4) K. Imai, E.Ueda and T. Toyo'oka, Anal. Chem, 205, 7-14 (1988)

## マイクロプレート光度計 (原理と製品ラインナップの特長)

### Principle and Features of Corona Microplate Reader

飛田 雄一\*

#### 1. はじめに

マイクロプレート光度計は、マイクロプレート(図1)に入れた多数のサンプル(主に液体)の光学的性質を測定する測定用機器であり、物理学・化学・生物学の研究や医療機器として臨床検査などの幅広い分野で利用されている。測定モード別に吸光、蛍光、発光に分類され、さらに分光方式によりフィルタ方式、グレーティング(回折格子)を利用したモノクロメータ方式に分類される\*。



図1 マイクロプレートの一例

近年、これらを組み合わせたマルチタイプのマイクロプレート光度計が開発され、主流になってきている。

#### 2. マイクロプレート光度計の原理

マイクロプレート光度計は、光源部、分光部、プレート移動部、検出部に分かれる。また、制御部として、マイクロコンピュータ及びソフトウェアが搭載されている。操作は主にパソコンから行われるため、現在はほとんどの機種にパソコン用専用ソフトウェア(SF6)が付属する。装置ブロック図(図2)を参照。

光源部は、測定波長範囲によって紫外域から近赤外域までに対応するキセノンランプ(キセノンフラッシュランプ)、可視域に対応するハロゲンランプを搭載した機種があり、前者は高機能なマルチタイプ、後者は低価格機に搭載されている。

分光部は、干渉フィルタを利用したフィルタ方式、グレーティング(回折格子)を利用したモノクロメータ方式があり、前者は主に検査機器として食品分野を始め医療分野等に利用されている。後者はバイオ領域を始めとして、幅広い研究用として利用されている。

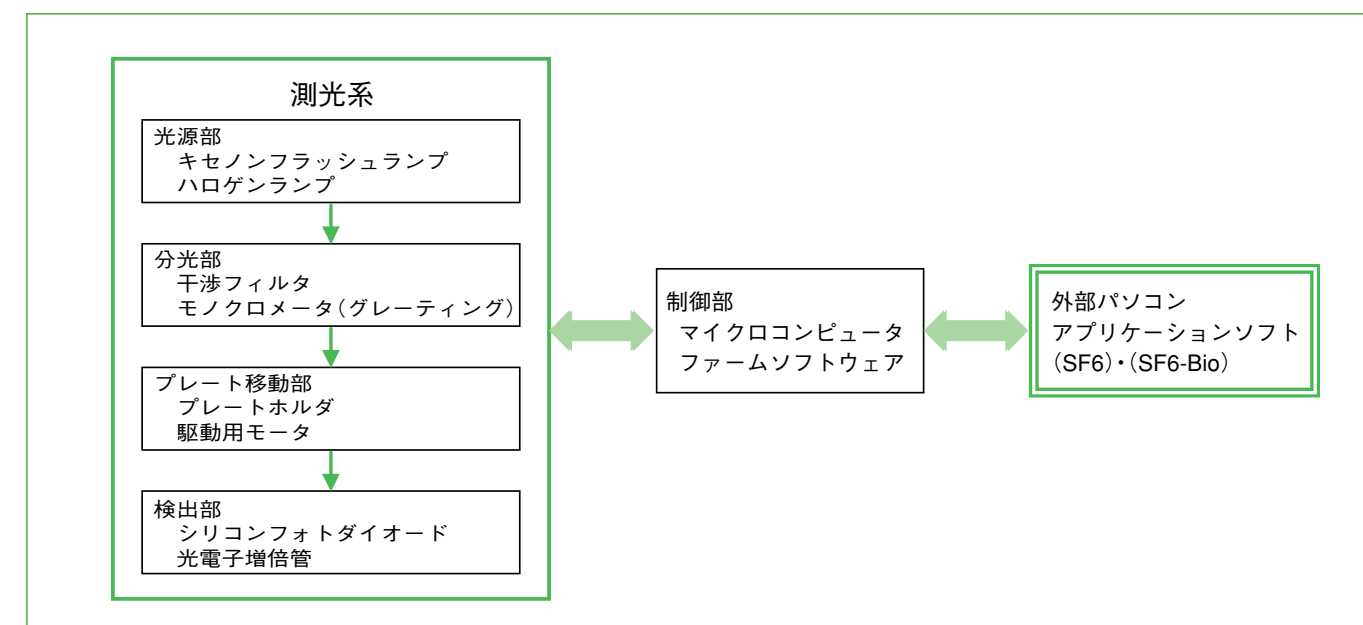


図2 装置ブロック図

\* コロナ電気株式会社 R&D部設計グループ



プレート移動部では、マイクロプレート(図1)をセットするプレート台とそれらを移動させるためのモータで構成されており、測定時には、制御部からの信号によりプレートに入れられたサンプルの位置に移動される。通常、このプレート移動はX方向とY方向に移動するようになっており、市販しているほとんどのマイクロプレート(数百種類)に対応している。

検出部は、測定モード別に吸光用、蛍光用、発光用にそれぞれ専用の検出器が使われている。吸光用には低コストで扱いが容易なシリコンフォトダイオード、蛍光用には微弱光の検出が可能な光電子増倍管が使われている。また、発光用にはさらに高感度化するためにフォトンカウンティング方式の光電子増倍管が一部の機種で利用されている。

制御部では、装置本体を制御するファームソフトウェアとパソコン用に専用のソフトウェアが装備され、パソコン画面上から設定、測定およびデータ処理が一元的に行えるようになっている。

実際の測定では、マイクロプレートをセットしたプレートホルダを移動させることにより行われ、測定が開始されると、パソコンソフトから入力された条件に従って測定する各ウェルに順次移動し測定が行われる。

吸光測定では、光源部より射出された白色光が、フィルタまたはモノクロメータにより単一光になった光がレンズで集光され、各ウェル(試料液)の中心に垂直に照射され、透過光はプレートホルダの真下の受光器(シリコンフォトダイオード)に入射する。また、蛍光測定では、各ウェルから発せられる蛍光はプレートホルダ上部のミラーにより反射され分光器で分光されて、検出器(光電子増倍管)に入射する。発光測定では、各ウェルから発せられる光は、ミラーで反射され全光量またはフィルタを通った光が検出部(光電子増倍管)に入射する(図3)。検出部からの信号は増幅された後、制御部でデジタルデータに変換され外部パソコンでデータ処理が行われる。

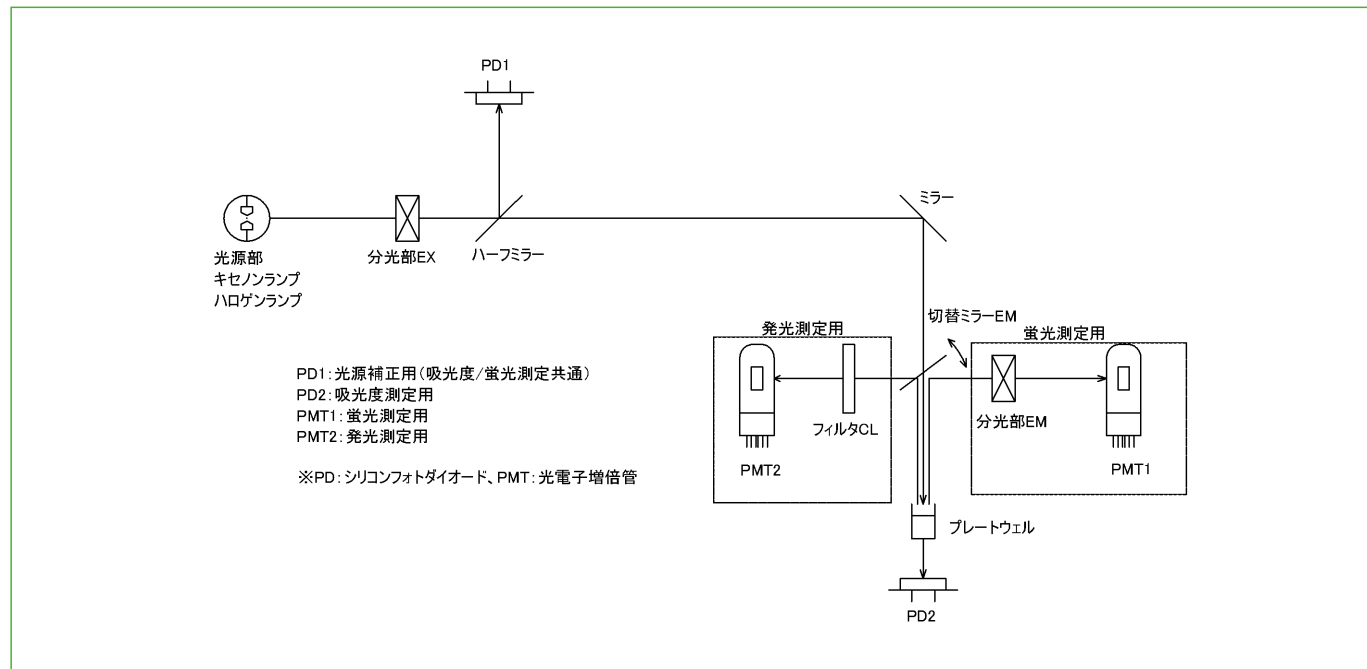


図3 光学系概略図

### 3. 製品ラインナップとアプリケーション

#### 3-1 製品ラインナップ

吸光・蛍光・発光の単機能からマルチタイプまで、各タイプをラインナップしている。特にマルチタイプのSH-9000シリーズにおいては、必要な機能を自由に

カスタマイズできるため、導入時の初期費用を低く抑えつつ将来のアップグレードにも柔軟に対応でき、需要を大きく伸ばしつつある。製品ラインナップを次に示す。

	マルチ	吸光	蛍光	発光
High グレーティング方式 多機能 充実ソフトウェア	SH-9000 	SH-1000 		
Middle フィルタ方式 スタンダード	MTP-800/880 	MTP-450(ハイスピード) 	MTP-600(高感度) 	MTP-700(高感度) 
Low フィルタ方式 ベーシック	MTP-810 	MTP-310 	MTP-601 	

#### 3-2 測定方式の特長とアプリケーション

測定方式	主な機種	主な特長とアプリケーション
吸光	MTP-310	低価格機として、食品検査(牛海綿状脳症、O157、ノロウイルス、食物アレルギー、残留農薬の検出などのELISA法)などに利用されている。
	MTP-450	高速測定による大量処理が可能なことから、医薬品などのハイスループットスクリーニングなどに利用されている。
	SH-1000	高速スペクトルスキャンと任意波長設定により、DNAの定量を始め、タンパク質、核酸などの定量などバイオ研究などに利用されている。
蛍光	MTP-600	製品ラインナップ中、最も高感度な蛍光測定が可能なことから、微量成分の分析が要求される製薬・化学分野での研究などに利用されている。
	MTP-601	低価格機として、新生児スクリーニングを始めとした臨床検査などに利用されている。
発光	MTP-700	ATPの定量をはじめ、ルミノール反応を利用したイムノアッセイなどに利用されている。
マルチ	MTP-800シリーズ	細胞内Ca測定ユニットにより細胞内カルシウム測定 <sup>†</sup> を始め、細胞の増殖・生存率測定など、再生医療分野での研究などに利用されている。
	SH-9000シリーズ	高速スペクトルスキャンに加え、最大4波長測定が可能なことから、GFPなど蛍光タンパク質の測定をはじめ、FRET/BRET測定によるタンパク質の分子間相互作用解析などのバイオ研究などに利用されている。また、専用のソフトウェアが充実していることから、食品分野における抗酸化能評価法(ORAC法) <sup>‡</sup> などにも利用されている。

※その他、主な製品に関するアプリケーションデータは、当社のホームページに掲載<sup>§</sup>

#### 4. おわりに

マイクロプレート光度計は、1980年に発売開始以来、約30年にわたり4,000台以上を出荷してきた主力製品の一つである。最新機種のSH-9000シリーズは、これまでにない新機能として、ユニット化による最大15種類の機能組み合わせ対応、ダブルソフトウェア対応などユーザーの要望に柔軟に対応したモノクロメータ方式の製品で好評を得た。今後も国産の特長である品質の高さ、長寿命、安心の長期アフターサービスを基盤としながら、顧客ニーズを捉えた最先端の新たな機能や高感度化を目指した製品を提供し、顧客満足度の向上を図る。

\* 山本重夫(監修)、バイオ検査薬と機器・装置、pp.79-86、シーエムシー、1996

† 工藤佳久：実験医学別冊 細胞内カルシウム実験プロトコール、羊土社、1996

‡ 沖智之、竹林純、山崎光司：食品機能性評価マニュアル集(第II集)、pp.79-86、社団法人日本食品科学工学会

参考URL <http://www.antioxidant-unit.com/>

§ <http://www.corona-el.co.jp/application/index.htm>

# ヒートアイランドや省エネの対策に用いられる機能性材料の光学特性評価

Evaluating optical characteristic of functional material that is used for countermeasuring against heat-island and energy-saving

和久井 隆行\* 堀込 純\* 栗田 浩二\*

## 1. はじめに

都市部の住宅や建造物の過密地では、ヒートアイランド現象が観測される。ヒートアイランド現象とは、都市部の気温がその周辺の非都市部と比較して、異常な高温を示すことを指し、日本では東京や大阪などの大都市で著しい。この現象は、住民の生活や健康に影響を及ぼす。また冷房設備などの運転に伴い電力が消費されるため省エネルギーという観点からも好ましくない<sup>1) 2)</sup>。

これらの改善策として、住宅やビルなどの建造物の屋根、外壁用の塗料、道路の敷設材料に、太陽光の赤外線を反射し、熱が構造物に侵入することを抑制する材料が用いられている。また、建造物内の省エネの対策では、赤外線の透過率を低く抑えた窓ガラス用のフィルムなどが開発されている。

本稿では、U-4100形分光光度計を用いて、ヒートアイランドや省エネの対策に用いられている機能性材料の光学特性を評価した例を紹介し解説する。

## 2. 遮熱塗料の測定

### 2-1 日射反射率の測定

遮熱塗料は、通常の塗料と同様の色合いを持つが、太陽光の赤外線を反射し、輻射熱が建造物の内部に伝わることを抑制する機能を持つ。この塗料は住宅やビルの屋根等に塗装されることにより、外観の建造物の

色合いは通常のみで、建造物内部の温度上昇を抑制する効果が期待できる。ヒートアイランドの対策と共に冷房機器の省エネが実現できるため、最近遮熱塗料の光学特性の測定が盛んに行われている。

黒色用の遮熱塗料および通常の塗料の塗装品の2種類を準備し、遮熱塗料が通常の塗料と比較して、どの程度赤外線の反射率が異なるのかU-4100形分光光度計(固体システム)を用いて測定した。塗料は通常、さまざまな方向から視認する必要があるため、拡散反射性を有する。そのため、測定は、図1に示す積分球を用いて行った。試料は積分球背面に設置し、全反射(鏡面反射と拡散反射の和)スペクトルを測定した。結果を図2に示す。通常の塗料では可視、赤外領域共に反射率は低いが、遮熱塗料では赤外領域で反射率が高いことが分かる。

太陽光の反射特性を定量的に評価するために、JIS K5602(塗膜の日射反射率の求め方、2008年)に従い、日射反射率を算出した<sup>3)</sup>。その結果、通常の塗料は日射反射率4.3%、遮熱塗料は22.5%が得られ、遮熱塗料の方が高い日射反射の特性を持つことが分かった。これらの算出は、U-4100形のオプションのレポートジェネレーターと専用の算出シートを用いることにより、容易に行うことができる。このレポート画面の一例を図3に示した。

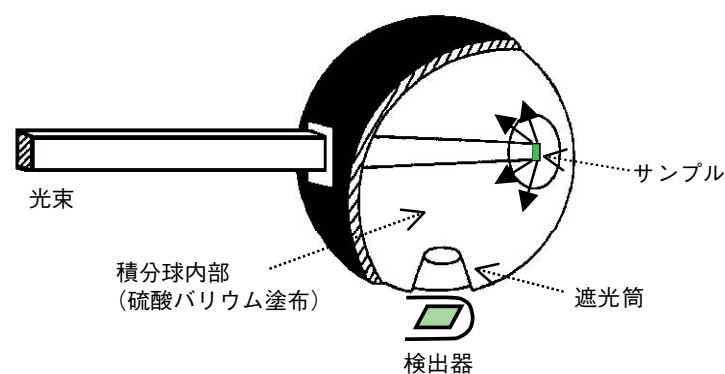


図1 積分球による全反射スペクトルの測定  
積分球を用いることにより、拡散反射成分も取り込んだ測定が可能である。

\* 株式会社日立ハイテクノロジーズ 那珂アプリケーションセンタ  
サイエンスラボラトリ 分析システムグループ

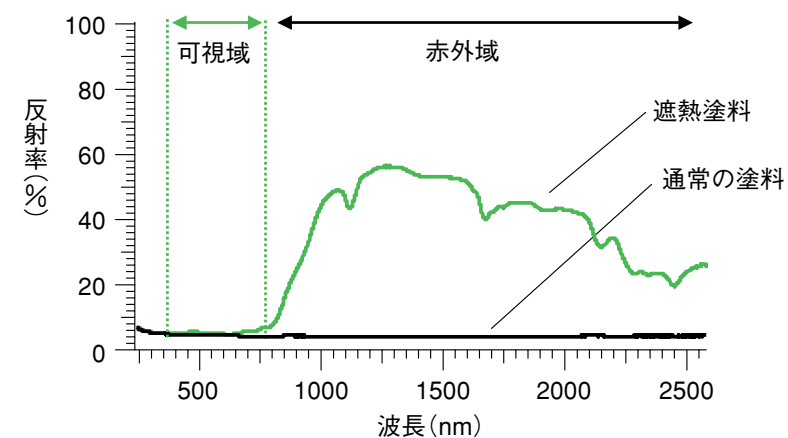


図2 遮熱塗料(黒)の全反射スペクトル  
可視域の反射率は、通常の塗料、遮熱塗料共にほぼ一致しているが、赤外域では遮熱塗料の方が反射率が高いことが分かる。

日射反射率の算出結果(JIS K5602)

試料	日射反射率(%)
遮熱塗料	22.5
通常の塗料	4.3

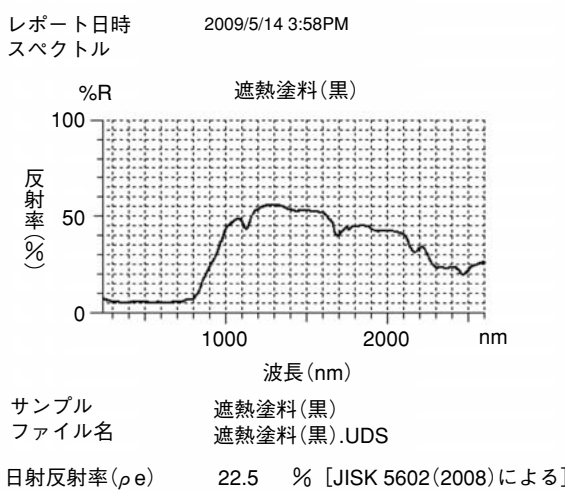


図3 日射反射率測定のレポート画面  
レポートジェネレーターと専用のシートを用いることにより、分光反射率の測定結果から容易に日射反射率を算出し、レポート印刷することができる。

### 2-2 色彩分析

遮熱塗料の開発や品質を管理する上で、日射の反射特性の他に一般の塗料と同様に色調の管理も重要である。この色調についても、U-4100形分光光度計(固体試料測定システム)で測定が可能である。通常の塗料と遮熱塗料を、φ150積分球を用いて拡散反射スペクトルを測定し、L\*a\*b\*表色系を用いて、D<sub>65</sub>光源、視野角10度における色彩計算を行った<sup>4) 5)</sup>。L\*は明度を表し、a\*、b\*は色相、彩度(a\*：緑色、赤色の程度、b\*：青色、黄色の程度)を表す。その結果、遮熱塗料のL\*は22.44、通常の塗料のL\*は24.96が得られ、通常の塗料の方がわずかに明度が高い結果が得られた。またa\*、b\*は共にほぼゼロに近い結果が得られた。これは試料が無彩色であることを意味する。以上から明度は通常の塗料の方がわずかに高いが、色相、彩度はほぼ一致

し、いずれの塗料も黒色だということが確認できる。

これらの色彩分析は、専用のオプションソフト(色彩計算プログラム)を用いることにより、容易に行うことが可能である。このソフトのデータ解析画面を図4に示す。このソフトは色度座標(x, y)、L\*a\*b\*表色系、ハンターLab表色系の色度図をカラーで表示することができ、測定した試料の座標と色を同時に確認することができる。また、試料間で容易に色彩分析値が比較できるように、表形式で表示される。

この分光光度計と色彩計算プログラムを用いた色彩分析は、塗料のみならず、カーテン、ブラインド、壁紙などの建築物の内装の他、色を定量的に管理したい場合に有効なツールである。

## 3. 日射調整フィルムの測定

建築物における熱の出入りの大きな場所として窓が挙げられる。窓から入る直射日光や部屋の奥まで差し込む西日は、室温を上昇させる。この対策として、赤外光はカットし、可視光は透過させる窓ガラス用の機能性フィルムが使用されている。このフィルムは日射調整フィルムと呼ばれ、日射からの熱が室内に入り込むことを抑制する。ブラインドやカーテンなどとは異なり外の様子が確認でき、室内が暗くならない。従って、照明として日射を使いながら、冷房効率を高めることができるため、省エネが期待できる。ここでは、遮熱塗料同様、測定ニーズの高い日射調整フィルムの透過特性を評価する。

日射調整フィルムを3種類(A, B, C)取り上げ、紫外・可視・日射の透過特性をU-4100形分光光度計(固体試料測定システム)を用いて測定した。結果を図5に示す。いずれのフィルムも可視領域は透過率が高く、赤外領域では透過率が低い特性が見られた。また、フィルムAでは900～1100nmにおいて大幅に赤外光を



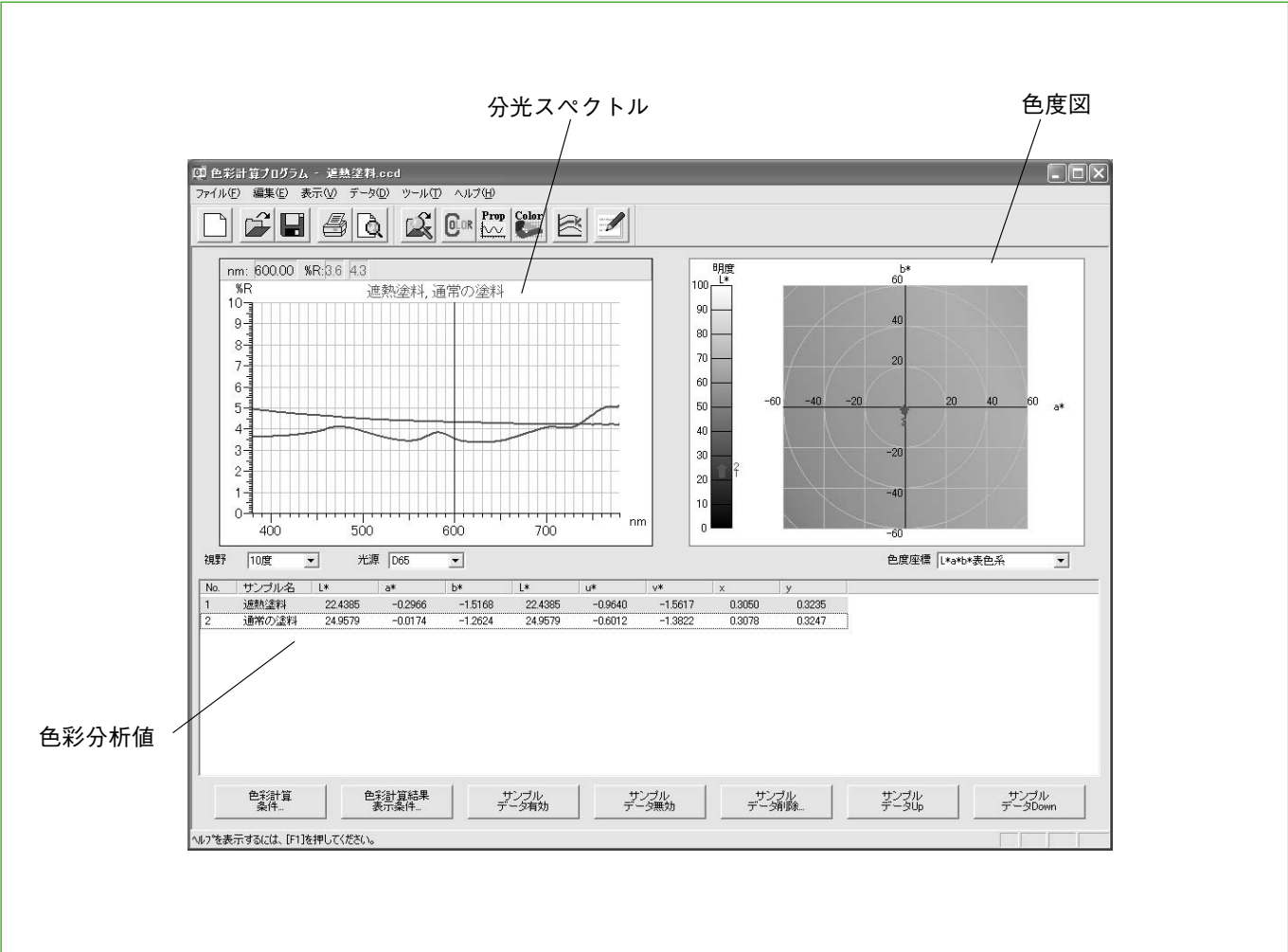


図4 色彩計算プログラムを用いた遮熱塗料の分析結果  
分光スペクトル、色度図は、カラーで表示される。また、試料間で比較しやすいように色彩分析値は表形式で表示される。

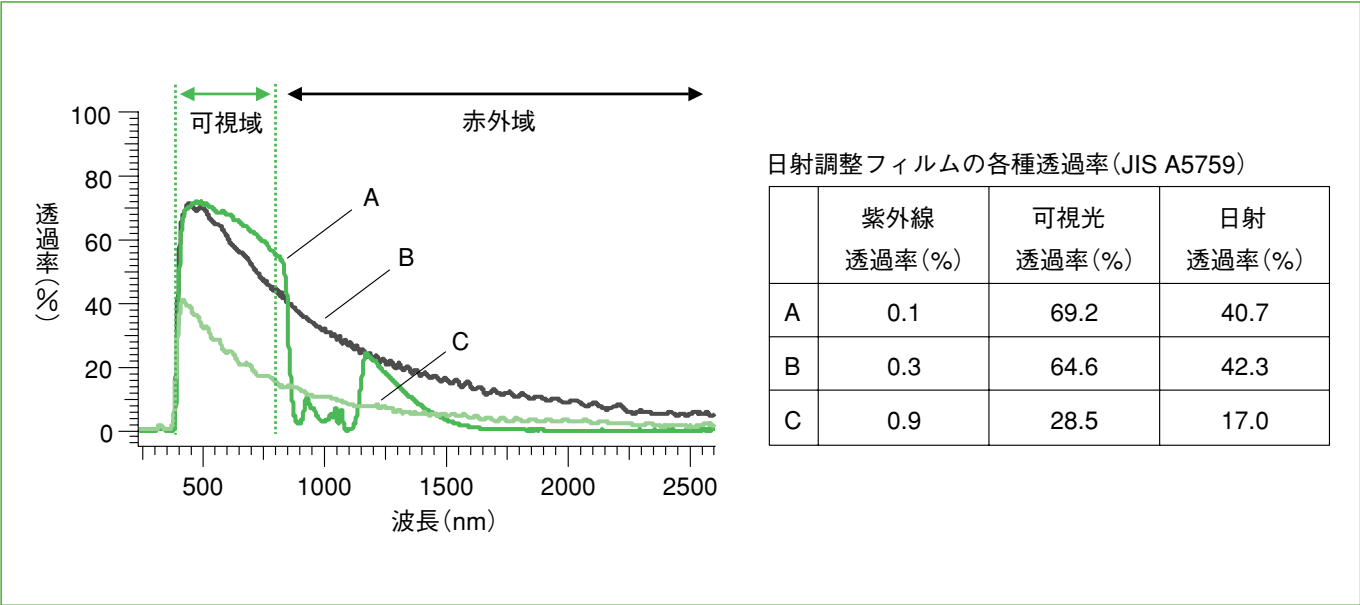


図5 日射調整フィルムの透過スペクトル  
フィルムAはBと比較して、可視域の透過率は高く、赤外域では低いことが分かる。

カットする特徴的な波長域が見られた。それぞれのフィルムについて、JIS A5759(建築窓ガラス用フィルム、2008年)に従い、紫外線透過率、可視光透過率、日射透過率を算出した<sup>6)</sup>。その結果、紫外線透過率はいずれも1%以下で紫外線をカットする特性が高いことが分かった。また、フィルムAはフィルムBより可視光透過率は高く、日射透過率は低いことが分かった。このことから可視域の透過特性を維持し、日射をカットする特性はAの方が高いことが分かる。また、フィルムCは可視域の透過性は低い、日射を大幅にカットしていることが分かる。

以上の結果からU-4100形分光光度計を用いることにより、日射調整フィルムの紫外域、可視域、日射の透過特性を求めることができる。また、色彩計算プログラムを用いることにより、遮熱塗料と同様に色彩分析も可能である。新規開発品のフィルムの特性の確認や、製品の品質管理など多様な場面で用いることができる。

#### 4. まとめ

ヒートアイランドや省エネの対策に用いられる機能性材料に関し光学特性の評価を紹介した。U-4100形分光光度計はこれらの材料のみならず、最近では薄型ディスプレイや太陽電池などの評価にも用いられている。U-4100形分光光度計は、さまざまな試料に柔軟に対応可能である。

#### 参考文献

- 1) 東京都環境局 東京都のヒートアイランド対策,  
<http://www2.kankyo.metro.tokyo.jp/heat/>
- 2) 大阪府 大阪府のヒートアイランド対策,  
[http://www.epcc.pref.osaka.jp/ondanka/heat\\_i/](http://www.epcc.pref.osaka.jp/ondanka/heat_i/)
- 3) JIS K5602 塗膜の日射反射率の求め方(日本規格協会, 2008)
- 4) JIS Z8722 色の測定方法 — 反射及び透過物体色(日本規格協会, 2000)
- 5) JIS Z8729 色の表示方法 — L\*a\*b\*表色系及びL\*u\*v\*表色系(日本規格協会, 2004)
- 6) JIS A5759 建築窓ガラス用フィルム(日本規格協会, 2008)

## 学会発表 ミニファイル

### 1. 第219回液体クロマトグラフィー研究懇談会(2009/3/24 千葉県)

石川(日立ハイテクノロジーズ): 食品成分(糖・有機物・アミノ酸)のポストカラム分析

### 2. 日本分析化学会第70回分析化学討論会(2009/5/15~5/17 和歌山県)

佐々木(日立ハイテクノロジーズ)他: 超高速LCを用いたポストカラム法の開発

【要旨】 HPLC分析においてポストカラム法は、夾雑物の多い試料の分析や特徴的なUV吸収あるいは蛍光がない成分の分析に有効な手段として用いられる。選択的な検出が可能であるポストカラム法を超高速LCに適用し、分析時間の短縮を図った。ここでは、超高速LCによるBTBポストカラム法を用いた有機酸分析について検討を行った。有機酸成分としては、1. 酒石酸, 2. ギ酸, 3. りんご酸, 4. 乳酸, 5. 酢酸, 6. ピログルタミン酸, 7. クエ

ン酸, 8. コハク酸, 9. プロピオン酸, 10. フマル酸を測定対象とした。反応条件の最適化などを行い、有機酸10成分の分離を3.5分で分析可能とした。UV検出器による直接検出法で有機酸を分析したクロマトグラムと、本法とを比較したところ、ほぼ同等な分離度を維持し、特に食品中に多く含まれている夾雑成分の影響を受けずに選択的に有機酸を検出できた。

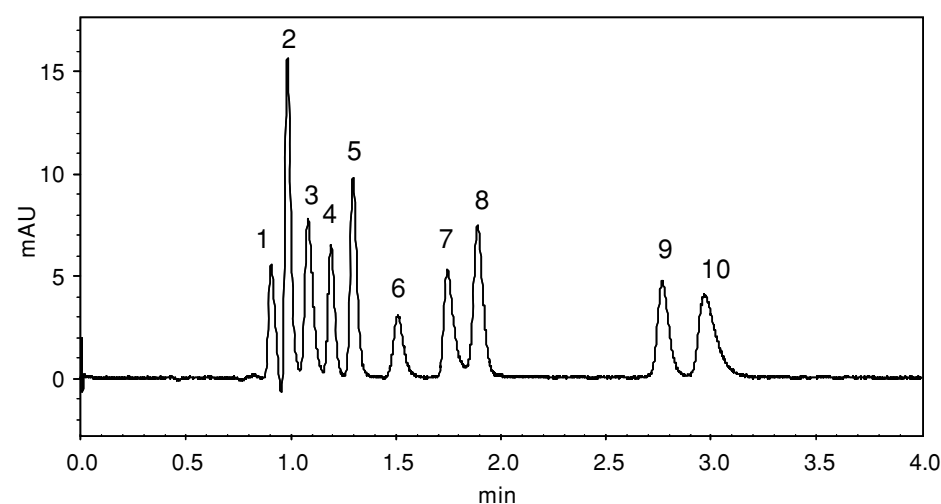


図 超高速LCを用いたBTBポストカラム法による有機酸のクロマトグラフ

米谷(日立ハイテクノロジーズ)他: 紫外線照射処理を用いた水素化物発生法による海産物中ヒ素の分析

### 3. 42nd Annual Conference of Korean Society of Analytical Sciences(2009/5/21~22 Korea)

佐々木(日立ハイテクノロジーズ)他: Organic acid analysis with post-column derivatization by U-HPLC

### 4. 第18回環境化学討論会(2009/6/9~6/11 茨城県)

河原井(日立ハイテクノロジーズ)他: メタクリレート系固相充填剤を用いた絶縁油中低濃度PCBs分析のための簡易前処理法

三浦(日立ハイテクマニファクチャ&サービス)他: 紫外線照射有機ヒ素分解を用いた水素化物発生による食品試料中ヒ素の分析

【要旨】 水素化物発生 — 原子吸光法で全ヒ素を分析する場合、水素化物を生成しない成分(有機ヒ素)を含有する試料では分析値が低値を示す。これを抑制するには、ヒ素の化学形態を水素化物が生成される形態(無機ヒ素)に統一する必要がある。ここでは、分解手段として紫外線(UV)照射について

検討を行った。試料としては、オイスターを例に取り上げて検討した。UV照射時間1分、ペルオキシ二硫酸カリウム濃度5wt%, 水酸化ナトリウム濃度10wt%でUV照射による有機ヒ素分解処理を行ったときのオイスターの分析値は、 $7.12 \pm 0.06 \text{ mg/kg}$ となり、認証値( $7.65 \pm 0.65 \text{ mg/kg}$ )と一致した。

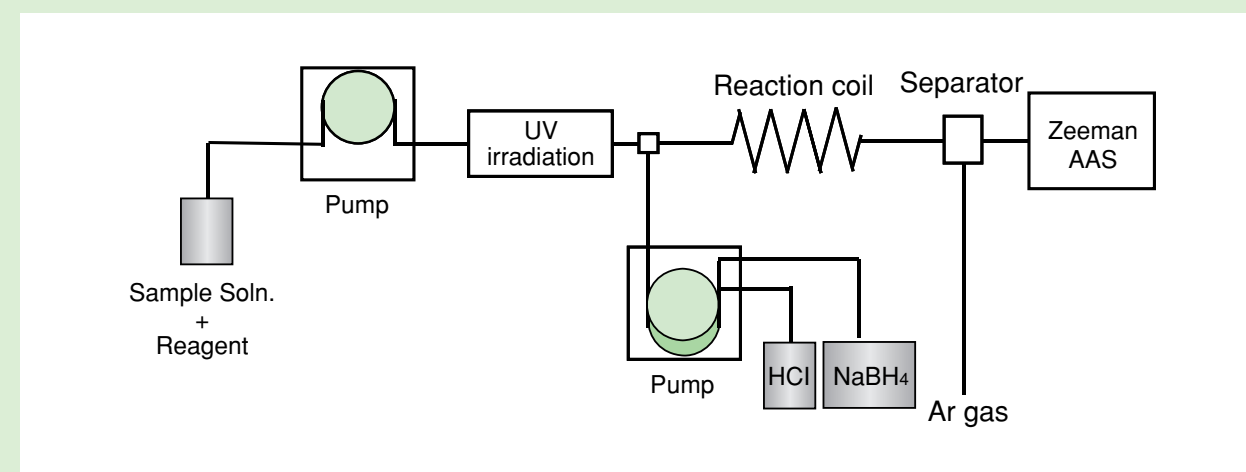


図 紫外線照射—水素化物発生原子吸光分析法の概念図

### 5. 分析化学: Vol.58, p553-559(2009)

堀込(日立ハイテクノロジーズ)他: 汎用型分光蛍光光度計を用いる固体蛍光体の絶対蛍光量子収率測定を可能にする簡易補正方法

### 6. 第21回日環協関東支部環境セミナーin Makuhari(2009/7/2~7/3 千葉県)

坂元(日立ハイテクノロジーズ): 水素化物発生法を用いたヒ素全量分析における紫外線照射分解の有用性の検討

### 7. TIGG: Vol.118, No.118, p87-94(2009)

中川(日立ハイテクノロジーズ): 2次元マップ糖鎖分析法の医療研究への応用

### 8. 月刊フードケミカル: 5月号(2009)

中川(日立ハイテクノロジーズ): 超高速LCによる分析①食品添加物

### 9. 月刊フードケミカル: 6月号(2009)

石川(日立ハイテクノロジーズ): 超高速LCによる分析②機能性成分

### 10. 月刊フードケミカル: 7月号(2009)

佐々木(日立ハイテクノロジーズ): 超高速LCによる分析③有機酸分析



液体クロマトグラフ質量分析計 (LC/MS) アプリケーションノートミニファイル

日立ハイテクが発行している液体クロマトグラフ質量分析計 (LC/MS) の“アプリケーションデータシート”の紹介です。

題目	LC-高速ECDによるタンパク質混合物トップダウン解析・糖ペプチド解析		
機種	液体クロマトグラフ質量分析計 NanoFrontier eLD		
シートNo	NF/AN-016	発行日	2008年12月
要約	電子捕獲解離 (ECD) 法を用いて、生理活性ペプチドや、未消化タンパク質のトップダウン解析および糖ペプチドにおける糖鎖修飾を保持した配列解析を実施しました。それぞれ、1回のLC-ECD測定によって、高い配列カバー率と、糖鎖修飾部位の特定を含む配列決定を高精度で行うことができましたので、それについてご紹介します。		

題目	質量分析計を用いたリン酸化プロテオーム解析のための「全自動リン酸化ペプチド精製システム」の開発		
機種	液体クロマトグラフ質量分析計 NanoFrotier eLD		
シートNo	NF/AN-017	発行日	2009年 4 月
要約	生体内のリン酸化プロテオームを質量分析計 (MS) で分析するための前処理技術として、生体試料のトリプシン分解物からリン酸化ペプチド濃縮画分を90%以上の純度で再現的に得られる「全自動リン酸化ペプチド精製システム」を開発しましたので、それについて紹介します。		

詳細な情報は下記のアドレスにアクセスいただければ、ご覧いただけます。  
[http://www.hitachi-hitec.com/science/apli/apli\\_ms.html](http://www.hitachi-hitec.com/science/apli/apli_ms.html)

テクニカルデータ発行ミニファイル (バックナンバー紹介)

日立ハイテクが製品別に発行しているアプリケーションデータシート“TECHNICAL DATA”のご紹介です。

題目	着色した試料の濁度測定 ― φ60積分球付属装置 ― Turbidimetric Measurement of Stained Samples ― φ 60 mm Integrating Sphere Accessory ―		
機種	U-3900形分光光度計 Model U-3900 Spectrophotometer		
シートNo	UV-VIS No.145	発行日	2009年 3 月
要約	着色した水試料中の濁度の分析は、測定誤差を与えることが懸念されます。ここでは、積分球を用いて、着色した水試料でも精度良く計れる濁度の分析例について紹介します。		

題目	超高速LCを用いたクロロゲン酸の分析 Analysis of Chlorogenic Acid by Ultra High-Speed LC		
機種	日立超高速液体クロマトグラフ LaChromUltra Ultra High-Speed Liquid Chromatograph, LaChromUltra		
シートNo	LC No.205	発行日	2009年 4 月
要約	日立超高速液体クロマトグラフLaChromUltraは、分析時間を大幅に短縮することが可能です。ここでは、消炎・抗菌作用のある漢方薬の金銀花、忍冬の有効成分の一つであるクロロゲン酸の超高速分析を行った例を紹介します。		

題目	発酵食品中の有機酸の高選択性測定 (BTB法) Analysis of Organic Acids in Fermented Foods by BTB Post-Column Method		
機種	日立超高速液体クロマトグラフ LaChrom Elite 有機酸 (BTB法) 分析システム High performance Liquid Chromatograph, LaChrom Elite System of Organic Acid Analysis (BTB Post-Column Method)		
シートNo	LC No.206	発行日	2009年 7 月
要約	有機酸は食品の味や風味に大きな影響を与えます。今回は、選択性の高い分析法として知られている「pH指示薬のプロモチモールブルー (BTB) を用いたHPLC-ポストカラム誘導体化法」による、市販の「味付けポンズ」やリンゴ酸中の有機酸を測定した例をご紹介します。		

題目	異なる装置で比較可能な蛍光スペクトルの測定方法 ～装置関数によるスペクトル補正とその確認方法、標準蛍光物質の測定を例に～ Introduction of Validation Methods of Mechanical Factor and Measurement of Standard Fluorescent Reference Material		
機種	F-7000形分光蛍光光度計 Model F-7000 Hitachi Fluorescence Spectrophotometer		
シートNo	FL No.47	発行日	2009年 6 月
要約	F-7000形分光蛍光光度計は、クラス最高レベルの高感度 (S/N 800：RMS)、世界最高速のスキャンスピード (60,000 nm/min)、6 桁のダイナミックレンジを有しており、工業材料 (液晶、有機ELなど)、ライフサイエンス、バイオテクノロジーなどの分野を始めとした幅広い分野での研究、開発、品質管理などに用いられています。 分光蛍光光度計の測定モードの一つに試料の蛍光スペクトルを測定する波長スキャンを用いたスペクトル測定があります。しかし、装置 (光源、分光器、ホトマルなどの光学素子) に起因する波長特性の影響があるため、通常の測定を行っただけでは、試料固有のスペクトルを得ることができません。異なる装置間での蛍光スペクトルの比較や量子収率を測定する際には、装置関数として、装置の波長特性をあらかじめ測定し、これによってスペクトル補正を行う必要があります。 ここでは、試料固有のスペクトルを得るために求めた装置関数の確認方法と、標準蛍光物質の硫酸キニーネ (NIST SRM 936a) の測定例を紹介します。		

題目	自動4連タレット付属装置による酵素法を用いたエタノールの測定 Measurement of Ethanol by Enzyme Assay with Automatic 4-Turret Accessory		
機種	F-7000形分光蛍光光度計 Model F-7000 Hitachi Fluorescence Spectrophotometer		
シートNo	FL No.48	発行日	2008年12月
要約	魚肉などの鮮度が低下すると、これらの中のエタノール濃度が急激に増加するため、劣化が進んだ魚肉の鮮度指標として有効です。酵素法を用いたエタノール測定は、一般的に分光光度計によって測定しますが、微量のエタノールを測定する際は、蛍光光度計を用いることにより、数mg/L程度の低濃度測定が可能となります。ここでは、蛍光光度計とそのアクセサリーである自動4連タレット付属装置を用いた酵素法によるエタノール分析を紹介します。		

題目	原子吸光法による乳幼児用おもちゃの塗膜に含まれるAs, Cd, Pbの測定 Determination of As, Cd, Pb in Paint Film of Baby Toys by Atomic Absorption Spectrophotometry		
機種	Z-2010シリーズ日立偏光ゼーマン原子吸光光度計 Model Z-2010 Series Polarized Zeeman Atomic Absorption Spectrophotometer		
シートNo	AA No.119	発行日	2009年3月
要約	乳幼児が接触するおもちゃは、食品衛生法により材質などの規格基準が定められています。厚生労働省は、平成20年3月31日に規格基準を一部改正しました。ここでは、この規格に準拠し、乳幼児用おもちゃを分析した例を紹介します。		

題目	日立ノビアスGPC分画前処理カラムを用いたガスクロマトグラフ ／非放射線ECD及びガスクロマトグラフ／質量分析計による農産物中残留農薬の分析 Analysis of Residual Pesticides in Agricultural Products by Gas Chromatograph ／Non Radioactive ECD and Gas Chromatograph／Mass Spectrometer Using HITACHI NOBIAS GPC Column		
機種	L-2000シリーズ日立高速液体クロマトグラフGPCシステム 日立「ノビアス」GPC分画前処理カラム NOBIAS SE-FR1E (P/N890-5340) G-6000形日立ガスクロマトグラフ サーモフィッシャーサイエンティフィックイオントラップ型GC／MSシステム Polaris Q Hitachi Model L-2000 Series GPC System NOBIAS SE-FR1E (P/N890-5340) Hitachi Model G-6000 Gas Chromatograph Thermo Fisher SCIENTIFIC Polaris Q Ion Trap GC/MS		
シートNo	COLUMN No.1	発行日	2008年4月
要約	ポジティブリスト制度では、799種類の残留農薬等の食品中の残留基準が定められました。分析法は、より簡易・迅速・安価な方法が望まれています。従来の農産物中残留農薬の分析法として厚生労働省衛化第43号(迅速分析法)およびポジティブリスト法があります。前者はGPCおよび固相抽出により試料の精製を行います。 しかし一般的なGPCは使用する溶媒量が多く、固相抽出は自動化が困難なことにより人的な誤差が生じることがあります。一方、後者は前処理は簡略化されましたが、固相抽出を行う点では同様です。日立「ノビアス」GPC分画前処理カラム NOBIAS SE-FR1Eは、農産物中残留農薬分析における精製用のGPC分画カラムです。農薬を少量の分画で回収できるため、精製・濃縮効果が高く、溶媒使用量が少ないという特長があります。今回、ハウレンソウ試料中の農薬をNOBIAS SE-FR1Eにより精製し、ガスクロマトグラフ(GC)とGC/MSにより測定しました。		

ここでご紹介するアプリケーションデータの詳細をご希望の場合は下記のアドレスよりお申込みいただき、S.I.navi(会員制サイト)にご入会いただければ直接インターネットで参照することが出来ます。

<https://members.hht-net.com/sinavi/>

## 新製品紹介

### NEW PRODUCTS

#### F-2700形日立分光蛍光光度計の紹介

F-2500形分光蛍光光度計の後継機種としてF-2700形分光蛍光光度計を発売しました。蛍光光度計は、主にバイオ、製薬分野などに幅広く使用されておりますが、今後ますます要求のある有機ELなどの素材研究にも活用できる装置になっております。

##### 特長

##### 1. 信頼の高効率光学系を採用

従来機F-2500形同様、高感度(S/N)を実現しました。(水のラマン光で800(RMS)以上)

##### 2. 操作パネルを標準装備

定量分析を主体としたスタンドアロンタイプ(PC接続不要)でもお使いいただけます。

##### 3. 豊富なアクセサリ

固体試料ホルダや偏光付属装置などニーズに合わせてさまざまな測定に対応できます。



#### 新型吸光グレーティングマイクロプレートリーダーSH-1100Rシリーズの紹介

新型吸光グレーティングマイクロプレートリーダーSH-1100Rは、核酸の定量を始め、タンパク質の測定などバイオ研究向け吸光専用機として、2009年8月に発売を予定しております。

従来機種SH-1000の機能を一部改良し、新機能として半値幅5nmでの測定や波長校正機能の追加に加え、

SH-9000シリーズで好評のダブルソフトウェア(SF6 & SF6-Bio)を標準搭載予定です。高精度なスペクトル測定が必要なDNA/RNAの定量などの分野での利用が期待されます。

コロナ電気株式会社 R&D部設計グループ

飛田 雄一





## お客さまの分析をサポートする日立ハイテク会員制サイト「S.I.navi(エスアイナビ)」

「S.I.navi」は、日立ハイテク取り扱い分析機器に関する会員制サイトです。  
お客様の知りたいこと、日々の業務に役立つ情報を、  
「S.I.navi」がサポートします。

# S.I.navi

(エスアイナビ)

このような方にお勧めです！

- 分析機器をお使いの方
- 分析機器のご購入を検討される方
- 分析でお困りの方

### S.I.naviの主な内容

#### 製品情報

以下のようなコンテンツが閲覧可能です。  
・製品概要 ・カタログ(PDF)  
・価格表(PDF) ・部品/消耗品情報

#### ご使用製品登録者限定！

ユーザー登録いただくと、さらに  
以下が閲覧可能です。

- ・取扱説明書(PDF)
- ・メンテナンス/トラブル解決情報
- ・使いこなしFAQ

更新情報は、  
メールマガジン(2回/月)  
でもご案内しています。

\* は、ご使用製品をご登録  
いただいた方への限定情報  
です。

### テクニカルサポート情報

- ・技術解説  
“製品の原理や使い方のコツ”
- ・バージョンアップ情報  
装置で使用しているソフトに  
ついてのご紹介です。

#### ご使用製品登録者限定！

- ・メンテナンス方法
- ・トラブル解決情報

### 注目！ アプリケーションデータ

「約4,000件」のデータを掲載。  
2つの検索方法から、ご活用ください。  
・フリーワード検索  
・一覧からプルダウンでの絞り込み



### 注目！ 展示会・セミナー

S.I.naviからセミナーを申し込むと、  
氏名・住所などの記入が不要です！

### S.I.naviのご入会

ご入会は無料です。お申し込みは、下記にて承っております。

<http://www.hitachi-hitec.com/sinavi/>

プライバシーポリシー：お客様の個人情報の取り扱いについては、下記でご説明しております。  
<https://members.hht-net.com/public/privacy.html>

## 株式会社日立ハイテクノロジーズ

北海道支店 札幌 (011) 707-3200  
東北支店 仙台 (022) 264-2219  
筑波支店 土浦 (029) 825-4801

本社(サポートセンタ) 東京 (03) 3504-7211  
中部支店 名古屋 (052) 219-1881  
関西支店 大阪 (06) 4807-2511  
京都営業所 京都 (075) 241-1591

四国営業所 高松 (087) 814-9911  
中国支店 広島 (082) 221-4511  
九州支店 福岡 (092) 778-3000

分析機器に関する各種お問い合わせは…

お客様サポートセンタ 電話(03)3504-7211

受付時間 8:50~11:50 12:45~17:30(土・日・祝日および弊社休日を除く)

本ニュースは会員制情報検索サイト「S.I.navi」でもご覧になれます。

ご入会は無料ですので、下記URLにアクセスください。

<http://www.hitachi-hitec.com/sinavi/>

### 〈編集後記〉

今年の夏は、台風9号の影響もあったが  
例年になく水害が多かったように思えます。  
数年前からゲリラ豪雨など新しい言葉さえ  
生まれ、年々被害の深刻さが増しているよ  
うな気がしてなりません。世界的な異常気  
象に関係しているなら今以上にCO<sub>2</sub>の排出  
量を削減しなければいけません。弊社でも  
数年前から夏季期間のクールビズ対応をし  
てきました、当初は設定温度が高いなどと  
文句も聞かれましたが、最近ではいささか  
暑い思いはしておりますが、だれも文句を  
言わなくなりました。小さなことですが目  
に見える形で温暖化防止に協力していきた  
いと思います。さて弊社でございますが巻  
頭には、横浜市立大学 平野先生にプロテ

オーム研究の発展を支える分析技術を掲載  
させていただきました。先生が言われるよ  
うに、技術の進歩は目を見張る勢いで進ん  
でいます。弊社も責任の一端を感じずには  
いられません。

このほかにも報文・解説・新製品紹介等  
を掲載してあります。皆様から、ご意見、  
ご提案等をお待ちしております。(甲田 記)

#### ■インターネットホームページ

URL: <http://www.hitachi-hitec.com/science/>

■本ニュースに関するお問い合わせは、右記、または、  
株式会社日立ハイテクノロジーズの上記各事業所へご連  
絡ください。

#### ○株式会社日立ハイテクノロジーズ 事業管理部

〒105-8717 東京都港区西新橋1-24-14

電話(03)3504-7811 FAX(03)3504-7756

#### ○株式会社日立ハイテクノロジーズ

那珂アプリケーションセンタ

〒312-0057 茨城県ひたちなか市石川町11-1

電話(029)354-1970(代)

HITACHI  
SCIENTIFIC INSTRUMENT NEWS  
August, 2009 VOL. 52 No. 2

発行 2009年8月28日

編集人 甲田 公良

発行人 小島 正也

発行 株式会社日立ハイテクノロジーズ  
〒105-8717

東京都港区西新橋1-24-14

電話(03)3504-7811(ダイヤルイン)

印刷 日立インターメディアックス株式会社