



日本電気泳動学会

# Newsletter

No. 2 JANUARY 15, 2011

発行者 日本電気泳動学会 〒252-5201 神奈川県相模原市中央区淵野辺 1-17-71 麻布大学内 Tel/Fax: 042(769)2293 URL: <http://wwwsoc.nii.ac.jp/jes1950/>

## ■ ニュースレター第2号の刊行にあたって



日本電気泳動学会会長 戸田 年総

日本電気泳動学会は60年にわたる歴史と伝統を受け継ぎながら、最新技術の開発と基礎研究および臨床医学領域における普及と応用を通じて社会に貢献できる学会活動を続けていくために、新たな一歩を踏み出そうとしております。

創刊号に遡って電子アーカイブ化され Journal@rchive より公開されている「生物物理化学」をご覧いただければ、60年に亘る学会活動の歴史を辿っていただけるものと思っておりますが、電気泳動研究会として発足した1950年から1970年代までは、医学部の研究者や病院の医師、臨床検査医学関係者が会員の過半数を占め、1982年には会員数が1500名を超える規模に達しました。しかしながら1990年代に入ると基礎系の研究者や研究所の関係者が増える一方で医師や臨床医学系の研究者、臨床検査関係の会員が減り始め、学会の運営に少なからず影響が出始めております。

会費収入が減少する中で収支のバランスを保ちつつ、学会活動の根幹である学会誌の刊行を続けていくために、今年度から冊子体の形での『生物物理化学』と『Journal of Electrophoresis』の刊行をとりやめ、電子ジャーナルに完全移行させていただくことになりましたが、学会誌の電子化は単に経済的なメリットだけでなく、特に『Journal of Electrophoresis』においては海外からの閲覧の機会を増やし、国際誌としての評価を高めることにつながっております。そのため本年度投稿規程を改正し、J-STAGE への掲載に必要な実費に相当する45,000円を課金する形で国内外の非会員からの投稿も受け付けることに致しました。会員につきましては引き続き投稿料および掲載料を無料としておりますので、会員の皆様には日頃の研究成果を発表する場として両学会誌を積極的にご利用頂けることを心より願っております。

## 電気泳動は海を越えて

### 日本電気泳動学会 国際奨励賞を受賞して



山口大学大学院医学系研究科  
プロテオーム・蛋白機能制御学分野 教授 中村 和行

日本電気泳動学会国際交流奨励賞の創設の経緯については、前号で櫻林郁之介先生が紹介されましたので是非ご覧下さい。国際交流奨励賞は学会総会の演題の中から選考し、国外における学会での発表を奨励すると規定にあります。小生は、櫻林先生とともに第1回国際交流奨励賞を受賞しました。受賞対象となりましたのは、2001年に兵庫医科大学の戸澤辰雄先生を総会長に開催された第52回総会で一般演題として発表した「熱ショックにより誘導される Thymosin beta-4 の2次元電気泳動法による解析とその機能評価」でした。発表の内容は、熱ストレスが細胞周期を停止させアポトーシスを誘導する機序について研究したものです。2次元電気泳動法を用いて温度依存性に増加する細胞内蛋白質を発見し、その部分アミノ酸配列を決定して thymosin beta-4 と同定しました。このタンパク質はGアクチンに結合してアクチンの集合を阻害することが報告されてお

り、その機能部位とされるN-末端部のテトラペプチド（アセチル化SDKP）とそのD-アミノ酸置換体を用いて機能部位の構造特異性を行い、その際にD-アミノ酸置換体のキラル分析をキャピラリー電気泳動法で試みたものです。授賞式は第54回総会において行われましたが、共同研究者の寺部茂先生に喜んで頂いたことを想い出します。この受賞をヒトプロテオーム機構（HUPO）世界会議など多くの国際会議や研究会で発表する機会を頂きました。さらに、2次元電気泳動法と質量分析法を用いて熱ストレス応答に関わる細胞内蛋白質の系統的解析を進め、温度依存性に増加する蛋白質を発見し、その部分アミノ酸配列と翻訳後修飾部位の解析を行い、N-末端から37番目のセリン残基がリン酸化された stathmin と同定しました。そのリン酸化に関わる蛋白リン酸化酵素が細胞周期を調節するCDK-1であることも証明されました。このタンパク質はチューブリンに結合して微小管の形成を阻害することやリン酸化によってその機能を失うことが報告されており、熱ストレス応答に関わる細胞のアポトーシス誘導には細胞骨格蛋白の動的な乖離会合の障害が関与することを示唆しました。これらの研究は国際共同研究に発展し、新たな疾患プロテオミクスに展開しています。そして地球のあちらこちらの人々との研究協力を通じて科学のみならず文化の相互理解につながっています。日本電気泳動学会国際交流奨励賞を受賞した栄誉と共に研究の発展につながった幸運を感謝します。有難うございました。

## 日本電気泳動学会児玉賞を受賞して

近藤 格

プロテオーム・バイオインフォマティクス・プロジェクト\*  
国立がん研究センター研究所



このたびは榮譽ある賞をいただきありがとうございます。受賞に関連して今までの自分の研究経歴を振り返り、これからの研究の抱負について述べさせていただきます。

**私**は岡山大学医学部を1992年に卒業し、すぐ基礎研究の道に入りました。大学院を過ごしたラボは細胞培養を専門としており、初代培養細胞株を樹立しバンク化して配布したり、機能性培養細胞を作成したりしていました。しかし、「これからはタンパク質の時代だ」という指導教授（難波正義先生）の考えから、研究室で私一人が二次元電気泳動法を用いた実験を行いました。O'Farrellの原著論文を読んで試薬を注文するところからすべて独力で実験を始めました。1993年には日本電気泳動学会の会員となり、チロシン残基がリン酸化されたタンパク質を二次元電気泳動法で網羅的に調べる、という内容の発表をしました。1996年には学位を取得し助手に採用されました。しかし、当時のエドマン分解法では微量タンパク質はなかなか決まりません。いわゆる微量なタンパク質はそのころの二次元電気泳動法ではまったく見つかりませんでした。PCRで新しい遺伝子が次々とクローニングされる時代だったので、当時の焦燥感はいへんなものでした。タンパク質の実験は止めて違う研究をしたいと思うようになりました。

**助手**の2年目の終り（1998年）にミシガン大学（Samir Hanash教授）に留学しました。Hanash教授はタンパク質の二次元電気泳動法で有名で、後にHuman Proteome Organization (HUPO)を立ち上げ初代会長に就任します。彼はタンパク質に加えてDNAのメチル化をRLGS法で、mRNAの発現をマイクロアレイで調べていました。「二次元電気泳動法とRLGS法と二つの方法で網羅的解析をしたい」と手紙を書き、首尾よく採用されました。DNAメチル化酵素に変異のあるICF症候群や同酵素を欠損させたラットなどをRLGS法で調べました（タンパク質の実験は遂にしませんでした）。一応の成果を出して論文にし、2000年に予定通り帰国しました。

**海外**にいた2年間で日本は大きく変わりました。「プロテオーム」「二次元電気泳動法」という言葉が普及しているのにはほんとうに驚きました。一方、岡山とミシガンはあまりに研究環境が違い、二次元電気泳動もRLGSも始める気になれませんでした。基礎研究は止めて医者をしてしょうか、などと本気で考えたりしていたところ、国立がんセンターがプロテオーム解析を行うスタッフを募集しているという案内がまわってきました。プロテミク

スのプロジェクトを開始するのに経験者が必要だったのです。何のコネもなく状況も分かりませんでしたが、転機を求めて応募し、運よく採用されました。2001年のことです。

**国立がんセンター**では、蛍光二次元電気泳動法（2D-DIGE法）を中心に実験系を構築しました。レーザーマイクロダイセクション法で回収される極少数の細胞から2D-DIGE法ができるように超高感度の蛍光色素のアプリケーションを開発したり、レーザーキャナーといったサイズのゲルを泳動するための大型電気泳動装置を作成したり、膨大なプロテオームのデータを臨床病理情報とリンクさせるためにデータマイニングの手法を工夫したりしました。ペプチドの微量精製で経験を積んでいたHPLCによる発現解析も始めました。エドマン分解の時代にin-gel digestion法をずいぶん経験していたので、質量分析による同定実験はすぐにできるようになりました。

**研究テーマ**は「個別化医療のためのバイオマーカー開発」としました。国立がんセンターには毎年数千人の癌患者が訪れます。他の施設を圧倒する件数の手術を行っていて、多数の臨床検体を用いた研究が可能です。この環境を活かすためにバイオマーカー開発を始めました。2005年にプロジェクトリーダー、2010年に分野長となっても「個別化医療のためのバイオマーカー開発」をテーマに研究を進めています。今までに1000検体以上のサンプルを使い、10000枚以上の2D-DIGEゲルを泳動しました。バイオマーカーのあるものは実用化に向かっています。2D-DIGE法や質量分析のデータはデータベース化し、Genome Medicine Database of Japan Proteomicsとして一般公開しました。多くの方に使っていただきたいので、このデータベースは登録不要、使用料無料です。疾患プロテオミクスのデータベースとしては世界最大規模であり、これからも発展させていくつもりです。

**最近**の新しい試みとして、ウェスタンブロッティングによる発現解析に挑戦しています。2D-DIGE法ではタンパク質は実験系の特性に合わせてランダムに観察されます。特定のパスウェイやファミリーを集中的に調べることはできません。しかし、特異抗体を使った解析であれば体系的な発現解析が可能です。抗体を使った実験技術としてはウェスタンブロッティングを使用しています。ウェスタンブロッティングではタンパク質は翻訳後修飾による違いなどによって分離されてから抗体と反応しますので、普通の抗体であっても翻訳後修飾の異常を検出

## 電気泳動との出会い

豊田 実

札幌医科大学学生化学講座



まずはじめに、荣誉ある平成22年度日本電気泳動学会児玉賞を受賞させて頂き、会員の皆様、ご推挙頂きました選考委員の皆様へ深謝申し上げます。

私は平成元年に札幌医科大学医学部を卒業し、同大学の内科学第一講座の大学院にお世話になりました。当時、谷内昭教授のもと精力的に研究活動されていた、今井浩三先生、日野田裕治先生のグループに入れて頂き研究を開始しました。医学部を卒業したてで右も左も分からず、実験のいろはから覚える、ということで、大学院の先輩の仲野龍己先生のお世話になり、悪性リンパ腫における免疫グロブリン遺伝子の転座をサザンブロット法により解析する、というものでした。現在のようにPCRを用いた手法と違い、DNA抽出から結果が出るまで約2週間を要する仕事で、患者様の貴重な検体を扱うことから、実験には非常な緊迫感がありました。実験のメインはアガロース電気泳動で、約6時間の電気泳動後、ブロッティングを持って行き、帰宅する時は大変充実感がありました。日中、臨床をしながらの研究だったので、午後2時頃実験室に着いて開始し、終わるのは12時近くなるが多かったように思います。

ここで大変勉強になったのが、様々な制限酵素に関する知識でした。よく、New England Biolabのカatalogをべらべら見ながら、いろいろな制限酵素の特徴、例えばゲノムにおける認識部位の数やメチル化感受性の有無など、を少しずつ把握していったことが、後にDNAメチル化解析を始めた際、大変役に立ちました。特に、ジョ

ンスホプキンス大学に留学した際、指導して頂いたDr. Jean-Pierre Issaと意見を出し合い、メチル化しているCpGアイランドを効率よく増幅する方法、methylated CpG island amplification (MCA)法を開発した際には制限酵素は重要な要素でした。MCA法では、メチル化感受性制限酵素SmaIとメチル化非感受性制限酵素XmaIを用いてゲノムを切断し、アダプターをライゲーション後、PCR反応を行います。当時、メチル化感受性制限酵素を用いた、メチル化検出法のほとんどが、loss of signal、すなわちバンドやスポットのシグナルが弱くなることを指標にメチル化を検出していたのに対し、MCAでは、gain of signal、シグナルがないところに、メチル化があるとシグナルが出るということで、高いsignal noise比を得ることが可能でした。その後、MCA法は、マイクロアレイを用いた方法や次世代シーケンサーを用いた検出にも応用され、時代の変化とともに検出法を変えながらも、現在でも使用され続けています。

現在私達の研究室では、主にがんにおけるエピジェネティックな異常、DNAメチル化やヒストン修飾、機能性RNAによる遺伝子サイレンシングの分子機構を理解することを目標として研究を進めています。また、得られた情報をもとに、がんの発症のメカニズムの解明や新しい診断や治療法の開発を目指して、日夜研究に励んでおります。今後もエピジェネティックな異常の解析に、電気泳動法を利用した様々な新しい検出法が利用されることを期待します。

← できます。定量性もあり、多検体の解析もできるウェスタンブロッティングは優れた解析手法です。また、質量分析装置を使って同定実験を行ってみると、分子量からして非特異的なバンドと思っていたものは実は報告のないアイソフォームだったりします。ウェスタンブロッティングによる発現解析は「賢者の盲点」です。成果が確実に得られることが分かっている、あまりにも発想が単純で、しかも労力がかかるので、誰も徹底的にやろうとしないからです。この数年間、抗体を作成する企業と共同研究を行い、たくさんの高価な抗体を使用させていただいています。この1年間は5000枚近い膜を使ってウェスタンブロッティングを行い、たくさんの成果を得ることができました。バイオマーカーや治療標的の候補をいくつも同定しています。

若干20年足らずの研究歴ですが、振り返ってみますと自分の研究はいつも電気泳動が技術の中心となっていま

す。網羅的解析は「簡単に、自動的に、ハイスループットに」と言われますが、そのような考えで成果が得られているわけではありません。丁寧に時間をかければ素晴らしいデータが得られる電気泳動は、日本人に合った実験技術です。これからも電気泳動の可能性を追求していくつもりです。また、研究の成果を臨床に還元し治療成績の向上に貢献するために、これからも臨床家の方々と共同で研究を進める計画です。そして、自分の培ってきた経験を次の世代に継承するために、学生・大学院生の教育にも力を入れたいと考えています。

末筆ながら、日本電気泳動学会の会員として、これからはますます会の発展に貢献できるように努めたいと思います。今後ともどうかよろしくお願い致します。

\*平成22年11月1日より所属部署は「創薬プロテオーム研究部門」に変更

# 第60回日本電気泳動学会シンポジウムを終えて

大阪医科大学 総合医学講座・臨床検査医医学教室

中西 豊文



さる5月29日(土)、「電気泳動法の技術開発と臨床診断学への応用—萌芽期から最新事情まで—」を主題に、本学新講義実習棟1階101講堂にて「第60回日本電気泳動学会シンポジウム」(後援:大阪府臨床検査技師会)を開催致しました。

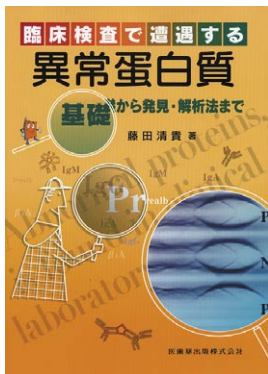
シンポジウム当日約50名のご参加を頂き、午前中の「教育講演I」では企業側から柳沼仲次先生(富士フィルム株式会社)、横川尚充先生(ベックマンコールター・バイオメディカル株式会社)に、セパラックスなどの電気泳動用支持体膜やセルロースアセテート膜全自動電気泳動装置の開発創成期から現在に至る変遷を、苦労話などを交えてご講演頂きました。午後からの「教育講演II」は、強塩基性領域の高分離能を可能にしたラジカルフリー高還元電気泳動法(RFHR)の開発者である和田明先生(吉田生物研究所)と電気泳動法を駆使した臨床検査診断学の第一人者である櫻林郁之介先生(自治医科大学)にお願いし、最新データを含め電気泳動技術の将来の展望についてご講演頂きました。また、特別講演には本学一般・消化器外科学教授の谷川允彦先生に、消化器系癌の診断マーカー、抗ガン剤耐性獲得機序に関する最新の疾患プロテオーム解析など学内共同研究(臨床検査医学、化学・生体分子学および物理学)による成果を中心にご講演頂いた。最後に、戸田年総電気泳動学会会長から閉会のご挨拶を頂き、盛会の裏に終える事が出来ました。

1937年、Tiseliusの自由界面電気泳動による血清タンパク質の分離に成功して以来、種々の技術革新・改良によって、電気泳動法は分離手段として中心的存在であり、今後もその地位は不変であると考えられる。一方、近年100kDaを超えるタンパク質・核酸など生体高分子の構造解析が可能なソフトイオン化法(John B.Fenn教授:ESI法、田中耕一氏:MALDI法)が開発され、分離手段としての電気泳動法とそれら構造解析法を組み合わせたプロテオミクスによる疾患関連タンパク質(=バイオマーカー)検索が一世風靡した。しかし、「プロテオミクス」が華々しく登場して早十数年を経過したが、その研究成果が未だ臨床現場に還元されていない事を考えると、この辺りで総括をすべき時期に来ているのではないだろうか?

第60回日本電気泳動学会  
シンポジウム講演集表紙:  
本学旧正面玄関の写真▶▶



## Electrophoresis Book Review



### 『臨床検査で遭遇する 異常蛋白質 基礎から発見・解析まで』

藤田清貴(千葉科学大学大学院教授、  
日本電気泳動学会理事)著  
医歯薬出版株式会社, 2010年,  
B5判, 168ページ, 4,620円(税込).

電気泳動は、蛋白質やDNAなどの荷電を有する生体分子を分離分析する手法として、基礎研究から医療の現場まで広く行われており、特に病院の検査室においては血清蛋白質異常症のスクリーニング法として実施されてきた。血清蛋白質の異常は、患者の病態を把握する上で重要であるばかりでなく、蛋白質の機能と病理のメカニズムを解き明かす上でも重要な情報を与えてくれる。

著者の藤田清貴氏は、花園病院研究検査科の科長として長年臨床検査の現場で血清蛋白質の電気泳動検査を行ってこられ、また信州大学に移られてからは臨床検査技師の育成に力を注いでこられたが、その間、臨床の現場で見いだされた数多くの血清蛋白質異常症の症例を本学会の総会や春季大会に報告し、「生物物理化学」に論文として発表されてきた。また、現在本学会のホームページ上でPDFが公開されている『血清蛋白質異常症における電気泳動解析の基礎と判読のポイント』は、藤田氏が信州大学大学院で教鞭をとられていたときに後進の教育

のためにお作りになられたものとお聞きしており、臨床の現場で遭遇する異常パターンを判読する上で大変貴重な資料となっている。

本書は、基礎編(発見のための基礎知識)と事例編(異常データの謎解き)から構成されており、基礎編では免疫グロブリンを中心としたヒト血清蛋白質の性状と異常蛋白質の分析法について詳しく述べられており、事例編では様々な異常蛋白質について、発見の端緒から解析の進め方、および得られた結果に対する考え方が紹介されている。本書は、既に臨床検査の現場で日常検査を始められている若手の臨床検査技師ばかりでなく、臨床検査技師を目指して日夜勉学に励んでおられる学生にも是非読んで頂きたい一冊である。

(日本電気泳動学会会長 戸田年総)



## リン酸化によるタンパク質の質的変動を電気泳動で捉える！

(横浜市立大学大学院 木村弥生)

蛋白質のリン酸化は、細胞内において時間的・空間的に変化する極めて動的な現象であり、その変動を捉えることが蛋白質機能を理解する上で重要になる。Phos-tag リガンドを用いたリン酸化アフィニティー電気泳動法は、蛋白質をリン酸化状態（修飾部位および数）毎に分離できる画期的な手法であり<sup>1)</sup>、この方法を用いることで、質量分析計を中心とした手法ではまったく捉えることができなかったリン酸化による蛋白質の質的変動モニタリングが可能となった。実際、これまでに11か所以上のリン酸化部位が同定されていたヘテロ核リボヌクレオタンパク質 K (Isoform1 又は2の場合)については、細胞内では Ser<sup>116</sup> と Ser<sup>284</sup> の2か所が主にリン酸化された状態にあり、核内では4つのフォームとして存在し、刺激に対して異なる反応を示すことが明らかにされた(図)<sup>2)</sup>。また、Ser/Thr キナーゼ Cdk5 の活性化サブユニットである p35 については、マウス胎児脳の皮質ニューロンでは、Ser<sup>8</sup> は100%、Ser<sup>91</sup> は59%、Thr<sup>138</sup> は~12% リン酸化された状態にあるが、成熟脳では Ser<sup>8</sup> は69%、Ser<sup>91</sup> は8%に低下し、Thr<sup>138</sup> は検出限界以下に、一方で非リン酸化 form は0%から31%に増加し、加齢によるリン酸化状態の変動が解明された<sup>3)</sup>。このように、リン酸化アフィニティー電気泳動法は、蛋白質のリン酸化に関して、新たな情報を与える非常に有用なツールとなるだろう。

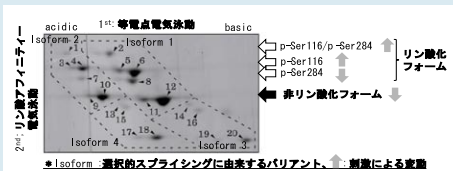


図 ヘテロ核リボヌクレオタンパク質 K のリン酸化状態

- 1) Kinoshita E, *et al.* Mol Cell Proteomics. 2006;5:749-757.
- 2) Kimura Y, *et al.* Proteomics. 2010;10:3884-3895.
- 3) Hosokawa T, *et al.* Mol Cell Proteomics. 2010;9:1133-1143.

## 電気泳動法を用いた「目で見る LDL の分布」

(京都医療センター 津崎こころ)

動脈硬化発症の主な危険因子として、高血圧、糖尿病、喫煙とならんで脂質異常症が挙げられる。多くの疫学研究から総コレステロール (TC) 値が上昇すれば冠動脈疾患 (CAD) 発症危険率が指数関数的に上昇することが示されているが、なかには TC 値が正常値内であっても CAD を発症することが報告されており、TC 値以外の危険因子についても考慮する必要がある。その候補の1つとして Small dense LDL (sdLDL) が挙げられる。これは LDL の中でもより小粒子 (直径 25.5nm 以下) に相当し、通常的大型な LDL よりも血管壁に入り易く変性も受け易い。また sdLDL を多く有する者 (TypeB) は有さない者 (TypeA) と比較して CAD 発症率が約3倍高いといわれている<sup>1)</sup>。以上のことから我々はポリアクリルアミドゲル電気泳動法を利用して、一般住民や脂質異常症を有する患者の血清から sdLDL の測定を行ってきた。2007年に改訂した動脈硬化性疾患予防ガイドラインに沿って脂質異常症患者をカテゴリー別に分類したところ、一次予防では危険因子が増えるほど sdLDL を多く有していた<sup>2)</sup>。さらに運動時間を増やせば増やすほど LDL の大型化も認められ、生活習慣の修正が sdLDL を減らすことも示唆された<sup>3)</sup>。この検査は本人同意の元で実施し、数値からだけでは得られない電気泳動法ならではの LDL 分布の結果を本人へ直接返却している。視覚的に分布を捉えることが可能なため一般にも分かり易く、「何をすれば sdLDL を減らせるのか」を一緒に考えて取り組んでいる。また最近我々は HDL の分布について電気泳動法を用いて解析を進めている。sdLDL 同様、何か新しい知見が隠れているかもしれない。

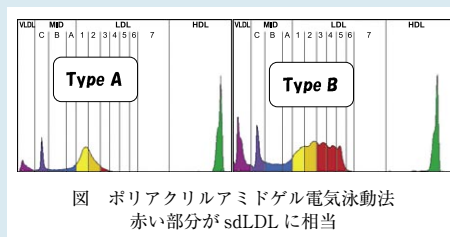


図 ポリアクリルアミドゲル電気泳動法 赤い部分が sdLDL に相当

- 1) Austin MA, *et al.* Curr Opin Lipidol. 1994;5:395-403.
- 2) Tsuzaki K, *et al.* J Electrophoresis. 2009;53:39-43.
- 3) Tsuzaki K, *et al.* J Clin Lipidol. 2009;3:59.

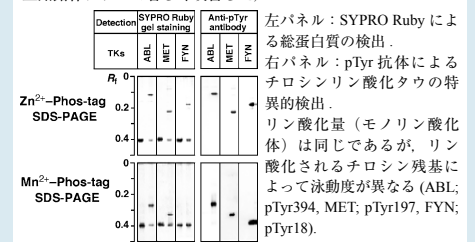
## 中性 pH 緩衝液系を用いた SDS-PAGE

(広島大学 木下英司)

SDS-PAGE は広く使用される電気泳動法である。Laemmli 法<sup>1)</sup>が最も一般的で、アルカリ性 pH 条件下の緩衝液系で行われる。近年、他にも有用な緩衝液系が開発され、中でも中性条件下で泳動を行う手法は商品化され、Laemmli 法に代わる方法として認知されはじめている。中性 pH 緩衝液系では、泳動中の脱アミノ化やアルキル化等の蛋白質の化学変性が最小限に抑えられ、結果的に分離能が向上する。また、高 pH によるポリアクリルアミドの加水分解が抑制され、ゲルは長期間の品質を保持する。しかし、この手法は企業によって独占的に開発されたため、詳細な実験条件が公開されず、一般には浸透していなかった。こうした中で、ついに条件の最適化が成し遂げられ、報告された。Graham ら<sup>2)</sup>は、ゲル中に Bis-Tris-HCl 緩衝液を用いて最適化を成し遂げた。さらに、Cubillos-Rojas ら<sup>3)</sup>は、Tris-Acetate SDS-PAGE の最適化を報告した。両者の方法は、より使いやすく、便利で、そして新しい SDS-PAGE として今後汎用されるであろう。

さて、筆者らが開発している Phos-tag を用いたリン酸親和電気泳動もこの中性 pH 緩衝液系を用いることで著しく改善した<sup>4)</sup>。元来 Phos-tag は中性 pH 領域で亜鉛錯体として最も機能する。上記の Bis-Tris-HCl ゲルに亜鉛-Phos-tag を固定化させたところ、従来のマンガン錯体では不可能なリン酸化蛋白質の分離に成功した(図)。今後、さらに広範な蛋白質のリン酸解析に貢献することを期待している。

図 亜鉛錯体(上)とマンガン錯体(下)のリン酸化シフトの比較。3種のチロシンキナーゼ (TKs) によるモノリン酸化タウの泳動パターン (各右レン: FYN によるモノリン酸化タウの検出が亜鉛錯体において著しく改善した)



- 1) Laemmli UK. Nature. 1970;227:680-685.
- 2) Graham DRM, *et al.* Proteomics. 2005;5:2309-2314.
- 3) Cubillos-Rojas M, *et al.* Electrophoresis. 2010;31:1318-1321.
- 4) Kinoshita E and Kinoshita-Kikuta E. Proteomics. in press.

