

片山 佳樹 氏

(Yoshiki KATAYAMA
九州大学大学院工学研究院 教授)

1960年2月21日大阪市堺市に生まれる。1982年鹿児島大学工学部卒業、1987年3月九州大学大学院工学研究科博士移行期課程修了。工学博士。1987年4月より榊同仁化学研究所主任研究員、その間1989-1991年英国王立医学研究所客員研究員、1996年4月九州大学大学院工学研究科助教授、1998-2000年、2002年同大学工学研究院教授。2014-2017年先端融合医療レドックスナビ研究拠点長、2016年より台湾中原大学客員教授、2018年より大学院システム生命科学府長兼任。本学会九州支部長、理事を歴任。現在、分析試薬研究懇談会委員長。2015年日本化学会学術賞受賞。趣味は、読書、イラスト、歩くこと。

【業 績】

診断・創薬のための細胞シグナル測定法に関する研究

片山佳樹氏は、細胞シグナルに関する種々の測定技術を開発するとともに、それらを用いた新規な診断法や薬剤スクリーニング法の基礎概念を構築するなど優れた業績を挙げている。以下の同君の業績を要約する。

1. 細胞内キヌーム解析用マイクロアレイ^{1)~14)}

細胞内情報伝達系はあらゆる細胞機能を創り出す極めて複雑な酵素ネットワークである。従って、それに関わる諸酵素の活性変化をプロファイリングできれば、細胞機能を表現する直接的な指標になり得る。そこで同君は、このネットワークの最も普遍的かつ重要な酵素群であるプロテインキナーゼ類の活性を網羅的にプロファイルできるマイクロアレイを開発した。すなわち表面化学や固定化方法を最適化して多くのプロテインキナーゼに対する基質ペプチドを固定化して、基板上で細胞破碎液中の種々のキナーゼの活性変化を定量的に評価することに成功した。同君は、このマイクロアレイを制がん剤の耐性メカニズム解析にも適用し、分子標的薬であるイレッサを用いて、投薬前診断、および耐性がんにおける耐性発現に関わる未知のシグナルパスウェイの同定にも有効であることを示した。さらに、ペプチド基質が設計不可能なキナーゼに対するタンパク基質の適用のため、遺伝子改変した大腸菌由来のコヘーションと、これに特異的に結合する Dock タグを利用する新規タンパク固定化法を開発し、変性せず、配向も揃えてタンパクを固定化することに成功し、タンパク基質とペプチド基質を併用したハイブリッドアレイにより、薬物投与に伴う細胞シグナルの変化を正確に追跡できるキヌームマイクロアレイを実現した。

2. 特定のキナーゼ活性を迅速・簡便アッセイ^{15)~28)}

疾患や薬物標的に関わる特定のプロテインキナーゼの活性を簡便・迅速に評価できる種々のアッセイシステムを開発している。まず、金ナノ粒子がカチオン性のペプチドで非常に鋭敏に凝集する現象を見だし、ペプチドが標的キナーゼでリン酸化されると凝集が抑えられることで、色調変化で標的キナーゼ活性を評価できるシステムを開発した。本アッセイをがんの悪性度に依存するプロテインキナーゼ Cα (PKCα) を標的として乳がん患者に適用したところ、制がん剤治療後の予後評価が可能であることを実証した。また、蛍光標識基質ペプチドと量子ドットの複合体や、2種の蛍光基をそれぞれ標識した基質担持型ポリカチオンとポリアニオンで形成される高分子複合体ナノ粒子がリン酸化されると解離することを利用して、蛍光変化か

らキナーゼ活性を迅速に評価できることを示した。加えて、これらのアッセイ法を用いて標的キナーゼの阻害剤をハイスループットに探索可能であることも示した。さらにこの概念におけるポリアニオンとしてレポーター遺伝子を用いることで、生物個体内の標的キナーゼ活性を可視化することにも成功した。例えば前述の PKCα 活性を対象として、悪性がん特異的な可視化に成功した。

3. 細胞膜抗原の超高感度分析法^{29)~30)}

細胞の種類や機能を知るための直接的な指標である膜抗原を定量的に検出するにはフローサイトメトリーが有効であるが、検出には発現量が細胞あたり数千個以上必要である。一方、膜抗原の65%は発現量が千コピー以下であり、現状ではほとんどの有効な膜抗原は検出対象となっていなかった。同君は、この問題を解決するため、加水分解酵素により水溶性から細胞膜移行性に変化する新規分子プローブを開発した。標的膜抗原に対する抗体に加水分解酵素を標識することで、酵素によりプローブは細胞膜に分配して速報拡散しつつ細胞内に取り込まれることで、大幅に増感することに成功し、従来法では検出が困難であった膜抗原を明確に検出定量できることを明らかにし、普遍的ながんコンパニオン診断の可能性を示した。

以上、片山佳樹氏は、診断対象や、創薬対象に対し、細胞シグナルと言う切り口から独創的なアイデアによって独自の分析概念を種々創製した、それによって、これまで適用が困難であった種々の診断や薬剤スクリーニングを可能とした。これらの業績は分析化学の発展に貢献するところ大である。

〔京都大学大学院薬学研究科 石濱 泰〕

文 献

- 1) *Anal. Chem.*, **77**, 3979 ('05).
- 2) *Comb. Chem. High T. Scr.*, **9**, 21 ('06).
- 3) *Anal. Sci.*, **23**, 271 ('07).
- 4) *Anal. Biochem.*, **372**, 106 ('08).
- 5) *Anal. Chem.*, **80**, 643 ('08).
- 6) *Anal. Biochem.*, **375**, 147 ('08).
- 7) *ibid.*, **375**, 223 ('08).
- 8) *J. Biomol. Screen.*, **14**, 256 ('09).
- 9) *BioSystems*, **97**, 179 ('09).
- 10) *Comb. Chem. High T.*, **13**, 777 ('10).
- 11) *Anal. Sci.*, **27**, 13 ('11).
- 12) *Curr. Med. Chem.*, **20**, 4419 ('13).
- 13) *ibid.*, **21**, 2542 ('14).
- 14) *Anal. Sci.*, **30**, 631 ('14).
- 15) *ChemBioChem*, **8**, 875 ('07).
- 16) *Anal. Biochem.*, **373**, 161 ('08).
- 17) *J. Am. Chem. Soc.*, **130**, 14906 ('08).
- 18) *Biomacromol.*, **9**, 2301 ('08).
- 19) *J. Control. Release*, **139**, 133 ('09).
- 20) *Biosens. Bioelectron.*, **141**, 1869 ('10).
- 21) *Anal. Biochem.*, **418**, 44 ('11).
- 22) *Bioconju. Chem.*, **22**, 1526 ('11).
- 23) *Coll. Surf. B*, **99**, 7 ('12).
- 24) *Anal. Biochem.*, **424**, 130 ('12).
- 25) *J. Am. Chem. Soc.*, **134**, 1540 ('12).
- 26) *J. Control. Release*, **170**, 469 ('13).
- 27) *Bioconju. Chem.*, **25**, 869 ('14).
- 28) *Coll. Surf. B, Biointerface*, **160**, 60 ('17).
- 29) *Bioconju. Chem.*, **25**, 2134 ('14).
- 30) *Anal. Chem.*, **90**, 1056 ('18).

渡慶次 学 氏

(Manabu TOKESHI)
北海道大学大学院工学研究院応用化学部門 教授

1966年5月27日沖縄県沖縄市に生まれる。1997年九州大学大学院総合理工学研究科分子工学専攻博士課程修了(博士(工学))。同年日本学術振興会特別研究員(東京大学)、1998年財神奈川科学技術アカデミー研究員、1998年同副研究室長、2004年同研究室長、同年マイクロ化学技研株式会社代表取締役、2005年名古屋大学大学院工学研究科化学・生物学専攻助教授、2007年同准教授(名称変更)、2011年北海道大学大学院工学研究院生物機能高分子部門教授、2015年改組により応用化学部門教授、現在に至る。2011年カロリンスカ研究所客員研究員。2007年化学とマイクロ・ナノシステム研究会奨励賞、2007年Pioneers in Miniaturisation Prize、2011年堀場雅夫賞を受賞。現在、日本分析化学会北海道支部副支部長、日本分析化学会ナノ・マイクロ分析化学研究懇談会委員長。

【業 績】

機能集積化マイクロ流体デバイスの開発と分析化学への応用

渡慶次 学君は、マイクロ流体デバイスの基盤技術およびその分析・診断応用に関する研究を精力的に推進してきた。微小空間の物理的・化学的な特徴を活かした独自の機能集積化プラットフォーム(機能集積化マイクロ流体デバイス)を提案し、環境有害物質や生体由来物質を超高速・超微量で分析・診断することのできる様々なマイクロ流体デバイスを開発した。また、マイクロ流体デバイスにおける試料の微量化という利点を活かすには、高感度計測技術が重要であることを認識し、機能集積化マイクロ流体デバイスの開発と同時に独自の高感度計測技術の開発も推進してきた。さらに、これらのデバイスと計測技術の開発は、産学連携・医薬学連携を通して、一部はすでに実用化されており、次世代の分析・診断技術として結実しつつある。以下に同君の主な業績を紹介する。

1. 機能集積化マイクロ流体デバイスの開発^{1)~18)}

同君は、1990年後半からマイクロ流体デバイスの研究開発を進め、加工技術、微量流体制御技術、計測技術などの基盤技術を確認し、化学プロセス(化学反応、抽出操作、分離操作、洗浄操作、加熱など)を集積化した機能集積化マイクロ流体システムを実現してきた。微細加工技術と表面処理技術を駆使して、マイクロ流路内で安定な多層相流を形成させ、複数の化学プロセス(油水の相合流、キレート反応、溶媒抽出、油水の相分離、溶媒抽出、洗浄、逆抽出、洗浄など)を連続流下で行うことを可能にした。この手法をコバルトの定量分析に応用し、従来法では数時間を要する煩雑なコバルト分析をわずか1分で行うことに成功した。この成果は、マイクロ流体デバイスの可能性を大きく広げたものとして、広く認識されている。免疫分析機能を集積化したマイクロ免疫分析デバイスは、POCT(Point of Care Testing)などの医療応用が期待されている。同君は、不均一系および均一系のさまざまなマイクロ免疫分析デバイスを開発し、疾病診断、血中薬物濃度モニタリング、術中診断など、大学病院と共同で実検体を用いた臨床試験を行い、これらのデバイスの有効性を実証した。さらに細胞アッセイ操作、遺伝子解析操作、全血からの血漿分離操作、タンパク質結晶解析操作、ドラッグデリバリーシステムのための脂質ナノ粒子形成などの機能を集積化したマイクロ流体デバイスを開発した。

2. 高感度計測技術の開発^{19)~25)}

同君は、東京大学で独自に開発された非蛍光性物質の高感度検出器である熱レンズ顕微鏡に着目し、熱レンズ分光法の理論的な裏づけに基づいて、光学系を再設計・最適化することで、液中の非蛍光性分子の1分子レベルの定量に成功した。さらに、ファイバー光学系を用いた小型熱レンズ検出器や小型熱レ

ズ・蛍光同時検出器の開発にも成功した。また同君は、マイクロ流路内に構築されたナノ構造体の光回折現象を利用することで、複雑な光学系を用いることなく、無標識の生体由来物質を超高感度に検出できることを実証した。本計測法により、DNAの1分子レベルの定量に成功した。さらに、本計測法とDNAの等温増幅法を組み合わせることで、ヒトパピローマウイルスと結核菌の特定DNA断片の遺伝子増幅の無標識リアルタイムモニタリングにも成功した。この成果は、DNA増幅の無標識リアルタイムモニタリングの初めての例であり、マイクロ流体デバイス分野のみならずライフサイエンス分野に大きなインパクトを与えた。また同君は、液晶素子とイメージセンサーを組み合わせた新しい原理の蛍光偏光計測システムを開発した。本計測法を蛍光偏光免疫分析に応用して、蛍光偏光免疫分析の多サンプル同時測定を実現した。本計測法をオンサイト分析に応用するために、小型蛍光偏光装置の開発にも成功した。その他に金薄膜上に固定化した1本鎖DNAのコンフォメーション変化を利用したDNAやタンパク質の無標識検出法なども開発した。

3. 紙を部材とした超低価格マイクロ流体デバイスの開発^{26)~30)}

同君は、紙を部材とした超低価格のマイクロ流体デバイス(紙デバイス)の基盤技術の確立を目的に、紙の特性評価やポリマーとスクリーン印刷技術を組み合わせた紙デバイス作製法、紙デバイスに適した洗浄法、多項目同時分析を可能とする画像解析法などを開発した。さらに競合免疫分析を集積化した紙デバイスの開発に成功し、カビ毒産生毒素(アフラトキシンB1)の検出に成功した。

以上、渡慶次学君は、マイクロ流体デバイス分野の応用領域拡大のため、新規性・独創性の高い機能集積化マイクロ流体デバイスや高感度計測技術などを開発し、分析化学分野へ応用展開してきた。これらの研究は、分析化学の発展に貢献するところ顕著なものがある。

〔北海道大学大学院理学研究院 喜多村 昇〕

文 献

- 1) *Anal. Chem.*, **72**, 1711 ('00).
- 2) *ibid.*, **73**, 1213 ('01).
- 3) *ibid.*, **73**, 4037 ('01).
- 4) *Lab Chip*, **1**, 72 ('01).
- 5) *Anal. Chem.*, **74**, 1565 ('02).
- 6) *ibid.*, **74**, 1724 ('02).
- 7) *Lab Chip*, **4**, 328 ('04).
- 8) *Anal. Chem.*, **77**, 943 ('05).
- 9) *ibid.*, **80**, 2483 ('08).
- 10) *Lab Chip*, **9**, 966 ('09).
- 11) *Anal. Chem.*, **81**, 3194 ('09).
- 12) *Lab Chip*, **10**, 3335 ('10).
- 13) *Anal. Bioanal. Chem.*, **401**, 2301 ('11).
- 14) *ACS Nano*, **5**, 7775 ('11).
- 15) *Anal. Chem.*, **84**, 9282 ('12).
- 16) *ibid.*, **87**, 4194 ('15).
- 17) *Nano Lett.*, **15**, 3445 ('15).
- 18) *ACS Omega*, **3**, 5044 ('18).
- 19) *Anal. Chem.*, **73**, 2112 ('01).
- 20) *ibid.*, **77**, 626 ('05).
- 21) *J. Chromatogr. A*, **1106**, 89 ('06).
- 22) *Anal. Chem.*, **78**, 2859 ('06).
- 23) *ibid.*, **83**, 3528 ('11).
- 24) *ibid.*, **87**, 9647 ('15).
- 25) *Sci. Rep.*, **6**, 31642 ('16).
- 26) *Analyst*, **140**, 6493 ('15).
- 27) *Sens. Actuators B*, **236**, 433 ('16).
- 28) *Anal. Bioanal. Chem.*, **408**, 7559 ('16).
- 29) *Analyst*, **141**, 6507 ('16).
- 30) *ibid.*, **141**, 6598 ('16).

戸田 敬 氏

(Kei TODA
熊本大学大学院先端科学研究部基礎科学部門 教授)

1960年福岡県柳川市に生まれる。1985年熊本大学理学研究科修士課程修了、1996年博士(理学)の学位取得、1999年環境計量士(濃度関係)。1985年株式会社エステック(この間1988~1990年東北大学電子工学科研究生)、1994年熊本大学理学部助手、その後講師、助教授を経て2007年熊本大学大学院自然科学研究科教授、現在に至る(現所属は大学院先端科学研究部)。また、2000年、2003年にテキサステック大学にて博士研究員および文部科学省在外研究員、2010年にオーフス大学(デンマーク)客員教授を務める。2009年フローインジェクション分析学術賞、2013年先端分析技術賞 CERI 評価技術賞、2011~2013年度「分析化学」編集委員、2017年度日本分析化学会九州支部長、2018年度分析化学講習会実行委員長。

【業 績】

大気物質の動態を明らかにする分析化学

戸田 敬君は、大気観測に必要なフィールド分析装置の開発や、独自の装置を駆使した大気化学の解明に取り組んできた。特に ppb^v や μg/m³, ng/m³ オーダーでの分析が困難であった大気物質を対象とし、実際に活用してきた。高い感度や選択性、フィールドピリティを達成し、従来の分析装置では不可能であった詳細な解析を進めてきた。以下に同君の主要な研究業績を紹介する。

1. マイクロガス分析システム μGAS や気体・粒子の連続湿式捕集デバイスの開発^{1)~13)}

μGAS は、微量のガス成分を測定するマイクロ流体デバイスである。水溶性のガス成分を吸収反応液に取り込むスクラパーをハニカム型のマイクロチャンネル構造とし、広い吸収面積と薄い吸収液層を達成した。その結果、従来のバブリングによる捕集瓶「インピンジャー」に比べ20000倍もの高い捕集濃縮効率を達成し、ppb^v オーダーの微量成分のリアルタイム分析が可能になった(検出限界0.01~0.4 ppb^v)。マイクロチャンネル内へ捕集した分析対象成分は、吸収液に添加した特定の試薬と反応し、その生成物を検出するが、感度の高い蛍光検出を採用している。蛍光検出器も、LEDとフォトダイオードによる小型なもので、マイクロチャンネルスクラパーのすぐ下流に接続されている。測定対象によって反応系や検出器を検討し、大気中の H₂S, SO₂, CH₃SH, COS, NO₂, NH₃, HCHO, 呼気中の NO の測定が可能になった。また、バイオケミカルな用途とは対照的に、現場分析を大きな目的とし、フィールド分析に適した送液について検討している。まず、マイクロチャンネル流量センサを開発し、流量信号をフィードバックしてマイクロチャンネルデバイスの電気浸透流や圧送流の制御に成功した。本流量制御は、機械的機構を持たず脈流がないため、極めて高い SN 比の検出信号が得られている。また、平板や円筒状の気体捕集面を持つデバイスの捕集率をシミュレーションする Excel プログラムを開発し、論文の web にて公開している。このプログラムを用いて設計・条件検討を行ったデバイスにて、揮発性の極性有機化合物について気体状・粒子状の分別捕集やリアルタイム分析に成功している。

2. 化学発光を利用した硫黄化合物やイソプレンの分析^{14)~20)}

オゾン反応に基づく気相化学発光を利用した高感度かつ簡便な分析装置をいくつか開発している。反応セルや発光検出部ならびにマスキングや捕集・分離の工夫を行い、大気中のイソプレンの海水・大気中の dimethyl sulfide (DMS) の選択的かつ高感度な分析に成功している。

3. 大気化学の解明^{21)~29)}

自ら開発した装置を駆使し、これまで困難であったモバイル分析やリモートエリアにおける分析を遂行している。熊本市内の森林大気のほか、阿蘇山・箱根・富士山などの山岳域、有明海やバイカル湖などの海や湖など、自然環境から発生する大気成分の測定や解析を行ってきた。例えば、火山ガスや都市部での HCHO の濃度分布を地図上に 3D で示し、火山から噴出した H₂S が数分の移動の間に SO₂ に変換される様子やビルの谷間で HCHO が蓄積している様子を明らかにした。また、森林大気の観測から、HCHO 二次生成の起源となるイソプレンなど植物起源 VOCs 濃度の推移を解析し、森林内 HCHO の各生成過程の寄与やその日内変動について明らかにしている。二次生成した HCHO が大気粒子内に移行していく様子も捉えている。粒子中の HCHO は従来のフィルター捕集では再揮散のため検出されなかったが、気体/粒子の分別捕集により状態別のリアルタイム測定に成功している。得られた結果より、吸湿性粒子の成長に合わせて HCHO が粒子側に移行することが示された。また、グリオキザールなどジカルボニル類についても同様の特性を得ている。一方、海洋のプランクトンが浸透圧防御のために生成する dimethylsulfoniopropionate (DMSP) やその分解物である DMS についても詳細な測定を行っている。風や水・気温など物理的環境変化や光合成などの生物活性の変動、大気 DMS の光化学分解により、海面から大気への DMS のフラックスが毎日周期的に大きく変動していることをデータとともに提唱した。

以上のように戸田敬君の独創的かつ完成度の高い分析デバイスは、これまで困難であった微量大気成分、悪臭成分、呼気成分のその場での分析を可能にしてきた。国外の研究者からの要望にも応えて、海外での観測を通じて有用な知見が得られつつあり、今後も大気化学の研究に役立っていくと期待される。

〔榊日立製作所 本田俊哉〕

文 献

- 1) *Anal. Chem.*, **73**, 5716 ('01).
- 2) *ibid.*, **74**, 5890 ('02).
- 3) *ibid.*, **75**, 4050 ('03).
- 4) *Environ. Sci. Technol.*, **38**, 1529 ('04).
- 5) *Lab Chip*, **5**, 1374 ('05).
- 6) *Anal. Chem.*, **78**, 7284 ('06).
- 7) *Anal. Chim. Acta*, **588**, 147 ('07).
- 8) *Anal. Chem.*, **81**, 7031 ('09).
- 9) *Anal. Chim. Acta*, **664**, 56 ('10).
- 10) *Talanta*, **82**, 1870 ('10).
- 11) *Environ. Sci. Technol.*, **45**, 5622 ('11).
- 12) 分析化学, **60**, 641 ('11).
- 13) *Anal. Chim. Acta*, **841**, 1 ('14).
- 14) *Anal. Chem.*, **78**, 6252 ('06).
- 15) *ibid.*, **78**, 7088 ('06).
- 16) *ibid.*, **79**, 2641 ('07).
- 17) *Chem. Eng. Commun.*, **195**, 82 ('08).
- 18) *Atmos. Environ.*, **44**, 2427 ('10).
- 19) *Anal. Chem.*, **85**, 4461 ('13).
- 20) *Talanta*, **148**, 609 ('16).
- 21) *Atmos. Environ.*, **39**, 6077 ('05).
- 22) 分析化学, **55**, 109 ('06).
- 23) *ibid.*, **60**, 489 ('11).
- 24) *J. Environ. Monit.*, **14**, 1462 ('12).
- 25) 分析化学, **62**, 775 ('13).
- 26) *Environ. Sci. Technol.*, **48**, 6636 ('14).
- 27) 分析化学, **64**, 571 ('15).
- 28) *Chemosphere*, **135**, 31 ('15).
- 29) *Environ. Sci. Processes Impacts*, **18**, 464 ('16).

伊藤 一明 氏

(Kazuaki ITO)
元近畿大学教授

1951年4月広島市に生まれる。1975年静岡大学理学部化学科卒業。1978年広島大学理学研究科修士課程修了。同大学理学研究科博士課程単位修得退学。1982年広島大学工学部助手。1999年同助教授。2000年近畿大学工学部助教授。2006年同教授。2018年同大学定年退職。同年海水評価技術研究所代表。1983年理学博士（広島大学）。1993～1994年米国テキサス工科大学博士研究員。2003～2005年「分析化学」誌編集委員。2012～2018年日本分析化学会イオンクロマトグラフィー（IC）研究懇談会委員長。2012～2018年日本分析化学会IC分析士認証専門委員会委員長。2014年日本分析化学会中国四国支部長。2014年日本分析化学会第63年会副実行委員長。2000年日本分析化学会IC研究懇談会IC技術賞。

【業 績】

イオンクロマトグラフィーによる海水中微量栄養塩類の高感度測定法の開発と学会への貢献

伊藤一明氏は、イオンクロマトグラフィー（IC）を用い、海洋環境のマーカーとして重要な研究対象である微量無機イオンの高感度で迅速な直接測定法を開発した。低イオン交換容量のカラム、低濃度溶離液、（サブレッサー使用あるいは未使用）電気導度検出器を用いる通常のICでは、海水中マトリックスイオンの妨害により微量無機イオンの高感度・直接測定は困難であった。同氏は高イオン交換容量カラム（あるいは対象イオンに親和性の高いカラム）、高濃度塩溶離液、電気化学検出法、紫外検出法やポストカラム反応を併用した多成分IC測定システムを開発し、海水分析に適用した。同氏が世界に先駆けて開発したこの分析法は、海水中微量栄養塩類を測定する有力な方法であり、広く応用、利用されている。

以下、同君の研究業績及び学会への貢献について述べる。

1. ICによる海水中の微量ヨウ化物イオン（I⁻）の定量¹⁾²⁾

同氏は、海水中の微量ヨウ化物イオン（I⁻）の直接測定法を開発した。低イオン交換容量のICカラム（ポリメタクリレート系陰イオン交換樹脂）、高濃度（0.1 M）塩化ナトリウム溶離液、グラッシーカーボン電極を作用電極とする電気化学検出法を用い、海水中マトリックスイオンの妨害もなく、I⁻を直接検出した。NaCl溶離液では、サンプル中Cl⁻はカラムにほとんど保持されない。さらに、紫外領域（UV）でのCl⁻の光吸収が弱いため、I⁻のUV直接検出が可能であった¹⁾。ポリマー系高イオン交換容量の陰イオン交換カラム（+前処理カラム）とNaClO₄溶離液を用いると、大量の海水サンプル中I⁻の濃縮・分離と高感度UV検出が可能であった²⁾。上記充填剤あるいはセチルトリメチルアンモニウム陽イオン（CTA⁺）で修飾したODSを充填した高イオン交換容量の陰イオン交換セミクロカラムとNaClO₄+NaCl混合溶離液を用いると海水中の極微量I⁻のUV測定が可能であった。

2. ICによる海水中の微量無機陰イオンの定量³⁾⁴⁾

同氏は、高イオン交換容量の分離カラム（CTA⁺吸着-ODSカラム）とNaCl溶離液を用いて、海水中の栄養塩類である亜硝酸イオン（NO₂⁻）、硝酸イオン（NO₃⁻）のUV直接検出を達成した³⁾。NO₂⁻は電気化学検出器による直接測定も可能であった。臭化物イオン（Br⁻）の分離検出も達成された。さらに、CTA⁺吸着-モノリスODSカラムを用いると、3分以内の高速測定が可能であった。ジドデシルジメチルアンモニウム陽イオン（DDA⁺）吸着-モノリスODSカラムでは、NO₂⁻、Br⁻、NO₃⁻、I⁻のUV同時定量が可能であった。親水性のヨウ素酸イオン（IO₃⁻）はI⁻に還元後、測定された。

最近、IO₃⁻の保持を強化する目的で一級アミンをODSに吸着させたドデシルアンモニウム陽イオン（DA⁺）吸着-ODSカラムを用いて、人工海水中の6種イオン（IO₃⁻、BrO₃⁻、Br⁻、

NO₂⁻、NO₃⁻、I⁻）の分離・UV検出を可能にした。モノリスODSカラムによる高速測定も可能にした⁴⁾。

3. IC-ポストカラム法による海水中無機態窒素、リンの同時定量

無機態窒素として、酸化型のNO₂⁻、NO₃⁻と還元型のアンモニウムイオン（NH₄⁺）がある。無機塩（NaClあるいはKCl）溶離液を用いてNO₂⁻、NO₃⁻を分離・UV検出後、NH₄⁺をポストカラム反応で発色・検出する方法を提案した。インドフェノール法によるNH₄⁺測定で、妨害成分となる海水中Mg²⁺、Ca²⁺等の影響を除去するために、EDTA添加と高イオン交換容量の陽イオン交換カラムを併用する方法、サンプルにEDTAを添加する方法を提案した。ガス透過膜を利用してガス化させNH₃回収後、発色定量する方法、OPA蛍光検出法を用いる方法も検討した。NO₂⁻、NO₃⁻を分離・UV検出後、モリブデンブルー法によるリン酸イオン（PO₄³⁻）の測定を提案した。

4. キャピラリー電気泳動法（CE）による海水中微量ヨウ素分析⁵⁾

同君のヨウ素のIC分析に関する成果はCE分析にも応用された。過渡的等速電気泳動法において、海水マトリックスイオンであるCl⁻をリーディングイオンとして利用した。移動度の大きなI⁻をセチルトリメチルアンモニウム塩化物（CTAC）との相互作用により移動度を低下させ分離・濃縮した。ppbレベルの検出感度を実現し、海水への応用に成功した⁵⁾。この方法はIO₃⁻の検出にも応用された。

5. 日本分析化学会への貢献

同氏は、中国四国支部において会計幹事、支部長、常任幹事、支部監事等を担当し支部の発展に努めた。第45回中国四国支部分析化学講習会の実行委員長として分析技術の普及に努めた。本部関係では「分析化学」誌編集委員、代議員、第63年会副実行委員長を務めた。最近ではIC研究懇談会委員長として、APIA（アジア-太平洋地区イオン分析シンポジウム）、CJK（中日韓分析化学シンポジウム）等に協力し、IC分析士認証専門委員会委員長としてIC認証制度の実施⁶⁾に努めた。

以上、伊藤一明氏は、イオンクロマトグラフィーによる海水中微量栄養塩類の簡便な高感度測定法を開発、発展させた。さらに、日本分析化学会会員として本学会の活動に貢献するところ顕著なものがある。これらの業績は学会功労賞にふさわしいものである。

〔大阪大学大学院理学研究科 塚原 聡〕

文 献

- 1) *J. Chromatogr.*, **502**, 121 ('90).
- 2) *Anal. Chem.*, **69**, 3628 ('96).
- 3) *ibid.*, **63**, 273 ('91).
- 4) *Anal. Sci.*, **32**, 1123 ('16).
- 5) *Anal. Chim. Acta*, **497**, 67 ('03).
- 6) 第1回IC初段、二段試験解説書、('15).

河野 宏 彰 氏

(Hiroaki KAWANO
地方独立行政法人大阪産業技術研究所 森之宮センター・
環境技術研究部 無機環境材料研究室長)



1958年6月徳島県生まれ。1984年立命館大学大学院理工学研究科応用化学専攻前期課程修了(工学修士)。同年、大阪市立工業研究所無機化学課研究員。所属が2008年に地方独立行政法人に改編、2017年に(地独)大阪府立産業技術総合研究所と合併して(地独)大阪産業技術研究所に再編を経て、現在、同研究所森之宮センター、環境技術研究部、無機環境材料研究室長。1998年より日本分析化学会近畿支部幹事、2006~2007年支部常任幹事。近畿支部の「機器による分析化学講習会」の実行に携わり、1998~2003年「試料の前処理」の科目副主任、2005~2012年「原子スペクトル分析」などの科目主任を歴任。趣味：読書(時代小説など)。

【業 績】

無機微量分析における試料の分解・溶液化と分離・濃縮技術の普及と学会への貢献

河野宏彰君は、分析試料中の無機成分の定量分析における試料調製法(分解・溶液化と分離・濃縮)に関する技術の実用化のための工夫・改良を行い、多くの企業の分析ニーズに応えるとともに、分析技術の普及活動を通して企業技術者の育成に貢献した。以下に、同君の化学分析に関する実用化研究および学会への貢献について紹介する。

1. 酸化鉛(IV)水和物とその関連物質を吸着材として用いた微量無機化学種の分離・濃縮定量法に関する研究

四酢酸鉛(IV)は強力な酸化剤であり、水酢酸溶液中では安定に存在するが、水中では速やかに加水分解されて褐色の酸化鉛(IV)水和物(HLD)を生ずる。同君は、加水分解直後のHLDを吸着剤として用いる分離・濃縮法について検討し、pH 4.7付近に等級着点をもつ両性のイオン交換体であり、塩基性側で陽イオンを、酸性側で陰イオンを交換吸着することを見いだした。また、本体のPb(IV)は強い酸化力を維持しているため、反応性のイオン吸着剤として期待できる。そこで、ヒ酸(As(V))および亜ヒ酸(As(III))イオンの吸着特性を調べたところ、ヒ酸イオンは通常の陰イオン吸着挙動を示し、亜ヒ酸イオンはHLDによって酸化されながら陰イオン吸着していると推定された。この現象を、ヒ酸(As(V))および亜ヒ酸(As(III))イオンの総量を濃縮定量する方法として利用できた。ほかに、水中で安定な金属EDTAキレートもHLDと反応して分解し、遊離した金属イオンを陽イオン吸着することが分かった。少量の錯化剤が共存する水溶液からでも、加熱酸分解操作を省略して微量金属を濃縮定量できた。また、次亜塩素酸系の漂白剤溶液中の微量金属も濃縮定量できた。

2. 原子スペクトル分析法の実試料への適用に関する研究と普及

1970年代から原子吸光分析法が、また1980年代からICP発光分光分析法が普及してきたことに伴い、水質分析や各種材料の破壊分析の公定法に広く取り入れられた状況にあって、信頼性のある用法の確立が急務となった。とくに、有害元素であるヒ素、セレン、さらにアンチモンなどの両性元素の微量定量へのニーズが高まった。河野宏彰君は、近畿圏に拠点を置く環境測定分析事業者、官公庁、大学などによる共同実験を通じて、水素化物発生-原子スペクトル分析法によるヒ素、セレン、アンチモンの一斉分析法の課題と解決法について検討し

た。その結果、水素化物発生装置に導入する前に、各元素をAs(III)、Se(IV)、Sb(III)と、低酸化状態(亜酸)にしておかないと、いずれの元素も分析値が低くなることが明らかになった。しかも、これら三元素は酸化還元電位がかなり異なっているために、三元素をすべて亜酸状態に変換する条件を作るとは極めて難しく、相当の熟練を要することもわかった。その後のJIS K 0102の改訂により、三元素同時定量の試料調製法が推奨されなくなったことから、通常レベルの分析技術者にも実施できる方法への改良への提言に寄与できたと思われる。

3. 比色分析法による微量金属の簡易定量法に関する研究と普及

中小企業が日常の品質管理などに用いる分析法は、安価で操作し易く、迅速に行えることが望ましく、その趣旨での技術開発と現場指導に成功した一例が、微量ヒ素の吸光度法による簡易定量である。高村喜代子先生らが開発された方法をベースに、モリブデン酸-マラカイトグリーン-リン酸-ヒ酸の会合体の発色を用いる方法で、強酸性溶液中で利用できることが極めて有効であった。プラスチックの酸分解溶液中の微量ヒ素も定量できたので、材料メーカーの高度品質管理や添加剤の含量管理などにも応用できた。

また、最近では、多変量解析法を併用した金属元素の多成分同時定量法の開発にも取り組んでいる。

4. 固体試料の分解・溶液化と分析対象成分の分離・濃縮に関する技術開発と普及

材料組成の精密分析においては、固体試料の分解・溶液化技術は不可欠である。河野宏彰君は、旧来の諸方法からマイクロ波分解法までを合目的的に使い分け、また、測定に用いる機器に適用できる分離・濃縮系をどのように設計するか、これら全てを蓄積したノウハウを用いて最適な組み合わせを見出して依頼者に提供してきた。これらの成果を、分析化学会近畿支部の「機器による分析化学講習会」などにより発信した。その他、各種の公益団体が主催する講演会や講習会にも協力している。

以上、河野宏彰君の無機微量分析における試料の分解・溶液化と分離・濃縮技術に関する一連の研究は、学術的な側面に加えて産業や実社会におけるニーズという観点からも、今後の分析化学の高度化や地位向上に大きく寄与するものと考えられる。また、前述した支部行事や各種団体での活動も分析技術の啓蒙・普及に寄与するところ顕著なものがある。

〔株式会社堀場製作所 野村 聡〕

松村 竹子 氏

(Takeko MATSUMURA
有限会社ミネルバライトラボ 取締役)



1938 年神戸市に生まれる。1961 年 3 月京都大学理学部化学教室卒業。1963 年同大学院理学研究科修士課程修了。1966 年同博士課程単位取得退学。1969 年京都大学理学博士。1966 年奈良学芸大学学術助手。1971 年同助教授。1982 年同教授。2003 年奈良教育大学名誉教授。2003 年有限会社ミネルバライトラボ取締役。2003～2009 年海洋化学研究所理事。2009 年～現在 特定非営利活動法人日本電磁波エネルギー応用学会顧問。2011 年～現在京都大学生存圏研究所各種委員。2014～2018 年生存圏フォーラム副会長。

【業 績】

電気分析化学およびマイクロ波化学に関する研究と分析化学の普及活動及び学会への貢献

松村竹子氏は金属錯体の電気分光分析化学研究を嚆矢に、振動反応系への展開、マイクロ波を利用する錯体合成装置の開発、事業化など多岐にわたる業績を挙げてきた。この間の環境化学教育や学会活動への貢献も著しいものがある。以下に同氏の業績を紹介する。

1. 電気分光分析化学の研究

松村氏は、錯体の電気分析化学の研究に従事し、初期には非水溶媒中における電気分析化学の研究、Ir 錯体のホットイオンの ESR の研究を行い、特に酸化還元電位の分光学的な意味について追及し、白金族錯体の電気化学的測定を行い、フェロセン誘導体の真空紫外分光測定と電気化学特性の研究等、電子状態との関連性を先駆的に研究した^{1)~3)}。特に、錯体の電子状態に着目、酸化還元電位の分光学的な意味を追及し、電気分光分析化学という分野を開いた。この研究手は現在では、OLED 材料の研究において必須の機能特性パラメーターとして用いられている。

2. 非線形反応の電気分光化学的研究

Ru(II) 錯体の電極反応の研究から、錯体の酸化還元速度が極めて大きいことに着目し、非線形反応と呼ばれる化学振動現象の電気分光化学的研究を行った。Ru(II) 錯体触媒の光感受性によって、化学振動反応は光照射による振動停止等様々なレスポンスを示す。空間的な振動反応は反応画像の出現など様々な非線形現象を示すことを見いだした。この現象の動的反応追跡分析装置として光照射画像処理分光装置を開発した⁴⁾。この装置を用いて非線形化学反応の様々な光制御や微生物の光感受性の情報が得られた。

3. 環境化学研究

教育的実践として河川の水質分析と河川の岸辺の生物分布や水源の地質的要素関連づける環境化学教育の分析手法を開発した⁵⁾⁶⁾。

4. マイクロ波装置の開発、発光試薬の迅速合成と精密分析法の研究

発光試薬の研究過程で、白金族錯体の合成が長時間を要することに着目し、電子レンジを改造して還流管付きマイクロ波反応装置を開発した。この装置によって、置換不活性な白金族化合物の錯体生成速度が著しく短縮された。この現象は、マイクロ波の誘電加熱による分子加熱に基づいており、長時間、低収率という従来の合成法に比べ、反応時間が 15 分という短時間合成が可能になった。開発した装置を用いて Ru(II), Os(II), Ir(III) の poly-pyridine 錯体の迅速合成法を確立した⁷⁾。

この研究を進展させて環境フレンドリーで迅速合成可能なマイクロ波合成化学技術に関する研究を進め、新規装置の開発(特に半導体マイクロ波反応装置の開発)、マイクロ波化学の原理と応用に関する研究とその啓発活動を推進した⁸⁾。ついで、シングルモード型マイクロ波反応装置(グリーンモティーフ)を開発、実験室用装置として、多くの大学、研究所で用いられている。さらに、マイクロ波源に半導体発信器を用いた精密マイクロ波反応装置の開発を行い *in situ* 分光測定装置と連動可能な楕円焦点式半導体マイクロ波反応装置、半導体マイクロ波フロー反応装置の開発を行った。これらの装置では、半導体電源から発する精密な正弦波状のマイクロ波により、出力の精密化および効率化が可能になった。最近開発した同軸フロー型マイクロ波反応装置を用いた発光錯体の合成では、従来の合成法に比べて反応時間が 17.5 時間(従来法)から 0.45 時間(フローマイクロ波法)へと短縮し、消費電力は 2.8 kWh(従来法)から 7.5 Wh へと著しく減少することが分かった。連続合成反応による反応操作の単純化など、今後の発展が確実な装置としての性能が顕著である。このようなマイクロ波合成反応生成物について、LC-MS による精密分析を行い、発光試薬の精密合成法を確立した。

5. 日本分析化学会への貢献

Analytical Sciences の編集、近畿支部の企画、運営等に常任幹事あるいは幹事として参加した。1980 年代には電気分析セミナーを定期的に開催し、電気分析化学研究者の交流と若い世代の育成に寄与した。これは環太平洋国際化学会議(Pacificchem)における Future direction of Electroanalytical Chemistry (1995 年～)として発展した。奈良教育大学を退官後、ミネルバライトラボを起点に、研究開発、啓発活動を展開した。分析化学近畿支部における啓発活動として、機器分析講習会(マイクロ波化学)や、提案公募型セミナーの開催等(9 回)分析化学とマイクロ波化学の接点を開き、多分野の研究者間の交流を促進した。

以上、松村竹子氏は電気分光分析法の研究を軸として、非線形反応への適応と装置開発、発光錯体のマイクロ波合成法の開発研究と装置化など、未来志向の応用性の広い研究へと発展させたことにその特徴がある。また、学会活動においては幅広い啓発活動を通して研究成果を社会的に還元させ、若い世代に伝える等ユニーク性がある。

[東北大学大学院環境科学研究科 壹岐伸彦]

文 献

- 1) *Chem. Lett.*, **1974**, 755. 2) *J. Chem. Soc., Faraday Trans.*, **2**, **85**, 857 ('89). 3) *J. Electroanal. Chem.*, **102**, 1 ('79). 4) *Anal. Sci.*, **17** (Suppl), ('01). 5) *ぶんせき*, **2001**, 527. 6) 陸水学雑誌, **54**, 3 ('93). 7) *Chem. Lett.*, **1994**, 443. 8) "化学を変えるマイクロ波熱触媒", ('04) (化学同人).

山田悦氏

(Etsu YAMADA
京都工芸繊維大学名誉教授)



1952年12月香川県高松市に生まれる。1975年京都大学理学部化学科卒業。1977年同大学院理学研究科修士課程化学専攻修了。1980年同博士後期課程単位取得退学後、米国アリゾナ大学H. Freiser教授のもとで溶媒抽出の研究に従事。1982年京都大学理学博士。1982年京都工芸繊維大学廃液処理施設教務職員、1993年同大学工学部講師、1998年同助教授。2006年同大学環境科学センター教授。2018年同大学名誉教授、現在に至る。日本分析化学会近畿支部幹事、常任幹事、「分析化学」編集委員、環境分析研究懇談会副委員長、大学等環境安全協議会会長、京都府環境審議会委員などを歴任。趣味：読書、音楽鑑賞、観劇。

[業績]

水圏及び大気圏環境における微量成分分析及び動態解析法の研究と学会への貢献

山田悦氏は、溶媒抽出における協同効果を応用して有害金属イオンの高感度分析法を開発し、その抽出機構の熱力学的説明及び常温では分離の難しい金属を、高温下で分離する方法の開発を行っていた。1982年頃からは、環境科学に関する研究を開始し、環境汚染物質の計測法やフィールドで用いることのできる小型計測装置の開発、大気汚染物質の動態解析や酸性雨の影響評価、水環境のフミン物質分析法の開発や琵琶湖などで増加している難分解性有機物の原因解明の研究を行ってきた。これらの研究業績と学会への貢献について紹介する。

1. 複雑混合系での微量有害成分の分析法に関する研究

大学・研究所などから排出される無機廃液の処理水や排水など他の物質が多数共存する複雑混合系での微量有害成分を分析する際の公定法での問題点を見出し、水銀、シアン、フッ素などの新しい分析法を開発した。例えば、ヨウ化物イオンが共存すると水銀錯体が形成して酸化還元電位が負に移行するため公定法では水銀が存在しても全く検出されないが、この条件下で少量の水素化ホウ素ナトリウムを添加すると妨害なく分析できることを明らかにした¹⁾。

2. 環境中における微量成分分析法の開発とその環境動態解析及び環境影響評価の研究

1) 酸性ガス、酸性雨などの森林土壌生態系への影響評価

山間部などの大気汚染物質を測定するため電源が必要ない小型パッシブサンプラーを開発し、1996年から京都の山間部での窒素酸化物、硫酸酸化物及びオゾンなどの標高分布、季節変化など長期測定に適用し、これら汚染物質の動態、起源などを明らかにしている²⁾。中国大陸からの汚染物質長距離輸送の影響並びに都市化によるヒートアイランド現象の影響なども見だしている。また、これらの小型パッシブサンプラーを用い、東南アジア・中国における酸性雨・酸性汚染物質の研究も行った。

さらに、酸化性物質である過酸化水素や水酸ラジカルの測定法を開発し、その環境中での動態や酸性雨の生成に与える影響を明らかにしている。大気中浮遊粒子状物質の粒径別捕集を行い、多環芳香族炭化水素や過塩素酸塩など化学成分の解析を行うことにより、その起源と環境への影響を明らかにしている。

京都の山の土壌酸性化や土壌緩衝能の低下など大気汚染物質や酸性雨の直接及び間接的影響を解明している。植物に有害な影響を与えるアルミニウムの化学種別分析法を開発し、土壌などでのアルミニウムのスペシエーションを行った。

2) 大気及び室内環境における揮発性有機化合物 (VOCs) のモニタリング法の開発と動態解析

大気中のベンゼン、トルエンなどのVOCsを多地点同時に測定できる簡易分析法を開発し、環境中での動態及び起源などを明らかにした。大学などの実験プロセスで排出されるVOCsを連続測定できる小型分析装置を開発し、化学プロセスでのVOCsの室内や大気への放出を解明した³⁾。

3) 環境中におけるフミン物質 (腐植物質) の分析法開発と難分解性有機物の起源と動態に関する研究

環境中でのフミン物質の濃度と分子量を同時に測定できる高感度で迅速な分析法を開発し、その環境動態や影響を明らかにしてきた⁴⁾。湖沼など閉鎖的な水域では近年、微生物に分解されにくい難分解性有機物が増加しており、その原因解明が求められている。蛍光検出-ゲルクロマトグラフ法、カラム分析法、三次元蛍光光度法及びSDS-PAGEなどを用いた琵琶湖及び淀川水系河川においての解析により、外来性の土壌フミン物質、内部生産の藻類由来のフルボ酸様蛍光物質及びタンパク質様蛍光物質の一部が難分解性有機物であることを明らかにした⁵⁾。リアルタイムPCRを用いる藻類の分子認識に基づくモニタリング法を開発し、琵琶湖北湖において藻類の同定・定量を行い、難分解性有機物への内部生産の藻類由来有機物の寄与を評価している。さらに、琵琶湖北湖表層水における太陽光によるフミン物質の蛍光強度の低下や低分子化、並びに琵琶湖底質からのフミン物質の溶出についても解明を進めている。

3. 日本分析化学会への貢献

山田悦氏は、分析化学誌編集委員 (2008-2011年)、環境分析研究懇談会副委員長 (2006-2017年) を務め、日本分析化学会編「環境分析ガイドブック」(2011年1月発行) 作成の際は、編集幹事・執筆者として大いに協力した。近畿支部では、1984年から幹事、常任幹事、学会実行委員などを歴任している。1995-1996年度と2004年度には支部常任幹事を務めた。

以上、山田悦君の水圏及び大気圏環境における微量成分分析及び動態解析に関する一連の研究、学会、さらに社会への寄与などを通じて本会会員として貢献するところ顕著なものがあ

る。
〔理化学研究所 前田瑞夫〕

文 献

- 1) *Anal. Sci.*, **8**, 863 ('92).
- 2) *Environ. Sci. Technol.*, **33**, 4141 ('99).
- 3) *分析化学*, **60**, 459 ('11).
- 4) *Anal. Sci.*, **16**, 125 ('00).
- 5) *ibid.*, **28**, 595 ('12).

鈴木 康 弘 氏

(Yasuhiro SUZUKI)
警察庁科学警察研究所 化学第三研究室長



1964 年 4 月東京都北区に生まれる。1990 年東京理科大学理学研究科修士課程（化学専攻）修了。同年警察庁科学警察研究所化学第三研究室研究員，1999 年主任研究員。2005 年～2007 年滋賀県警察本部刑事部科学捜査研究所長。2007 年科学警察研究所化学第三研究室主任研究員，2011 年化学第三研究室長。2004 年名古屋大学にて工学博士を取得。2006 年文部科学大臣表彰科学技術賞（開発部門）。2008 年～2014 年日本法科学技術学会誌編集委員。2011 年～2014 年分析化学会関東支部常任幹事。日本法科学技術学会理事。趣味：将棋（三段），落語鑑賞。

【業 績】

微量不純物分析による物的証拠の異同識別

鈴木康弘氏は、科学警察研究所に入所以来、工業製品から生じる微細証拠物（微細物）を対象に微量成分元素の分析と異同識別への応用に関する鑑定と研究に取り組んできた。用いる分析法は、結果の正確さに加えて、限られた量の微細物に含有される微量元素を迅速・簡便に定量できることが求められる。さらに、実際の鑑定で用いるには分析法の開発のみでは不十分であり、開発した分析法を微細物の母材となる市販品に応用し、得られた分析結果に基づいて、異なる試料を同じものと判断する誤判定のリスクが十分に低いことを示す必要がある。以下に、同君の主な業績について説明する。

1. 原子吸光光度法による散弾の分析と異同識別¹⁾²⁾

銃器が使用された犯罪では、現場で回収された弾丸と押収銃器の試射弾の側面を観察し、両者に刻印された線条痕の一致から発射銃器を特定する。しかし、線条痕が残らない散弾にこの検査は適用できない。そこで、散弾を硝酸に溶解した後、製造時に少量添加される Sb と微量不純物（Cu, Ag, As）を主成分の Pb から分離せず簡便・迅速に定量する方法を開発した。この方法で市販の散弾を分析し、分析結果の比較が製造会社やロットの異なる散弾の識別に有効であることを証明した。

2. ICP-AES を利用した多元素同時分析と異同識別

時限爆弾や自動発火装置が使用された事件では、製作に用いられたハンダが重要な物的証拠になる。しかし、既存の分析法には多量の試料が必要で、異同識別に有用な市販品の分析値も公表されていなかった。そこで、ICP-AES を利用してハンダ中微量不純物の多元素同時定量法を開発して市販品に応用した³⁾。本法による 5 元素（Cu, As, Ag, Sb, Bi）の分析結果を比較して、製造会社やブランドの異なる 18 種類の製品をすべて識別することに成功した。さらに、ハンダこてによる溶融前後の分析値を比較して、汚染を引き起こすことの主成分を除外することが正確な異同識別に不可欠との知見を得た。

強盗事件で被害者の拘束に使われる軟鋼線材を ICP-AES で分析し、分析結果の比較による識別を試みた⁴⁾。製造会社の異なる 7 製品に含有される 5 元素（P, Cr, Mn, Ni, Cu）の定量値は、1 本の軟鋼線内での変動に比較して異なる軟鋼線間の差異が十分に大きく、7 製品をすべて識別することができた。

3. ICP-MS を適用した高感度な多元素同時分析と異同識別

原子吸光光度法は単元素の分析法であり、証拠価値を高めるために分析・比較する元素の数を増やすと、それに比例して検査時間が長くなる。そこで、高感度な多元素同時分析が可能な ICP-MS を散弾の定性及び定量分析に活用した⁵⁾。散弾を硝酸に溶解した後、主成分の Pb を硫酸塩として沈殿分離し、溶液中に残存する元素を同時定量する方法を構築し、検査時間を大幅な短縮した。加えて、市販品の質量スペクトルを精査して、

原子吸光で分析した 4 元素以外に Sn と Bi も異同識別に有効であるとの知見を得た。

ひき逃げ事件では現場遺留のガラス片と容疑車両のフロントガラスとの異同識別が求められることが多いことから、ガラス中微量不純物の定量法を確立した⁶⁾。フロントガラスに用いられる合わせガラスは両面で組成が異なる場合があるため、容疑車両からの対照試料の採取は車外と車内の両側から行う必要性があることを明らかにした。

たばこ及びたばこの吸い殻（灰）を ICP-MS で分析し、分析値の比較による異同識別を試みた⁷⁾。測定した 11 元素（Cu, Zn, Rb, Sr, M, Cd, Ba, La, Ce, Nd, Pb）のうち、Zn と Pb を除いた 9 元素の比較が異同識別に有効との知見を得た。また、未燃焼のたばこに対する測定値から吸殻中の 11 元素の濃度を計算して実測値と比較した結果、Cd と Pb を除く 9 元素で計算値と測定値は良好に一致した。

レーザーアブレーション（LA-）ICP-MS を用いて、不規則な形状をした微細ガラス片を溶液化せず直接分析する方法を開発した⁸⁾。同じガラスから採取した破片を分割し、①酸分解 ICP-MS、② LA-ICP-MS（平滑面）、③ LA-ICP-MS（非平滑面）の三つの方法で分析し、相互によく一致する結果が得られることを証明した。

4. 放射光蛍光 X 線分析法（SR-XRF）を利用した非破壊分析と異同識別

ガラス片の異同識別では、屈折率を測定して差異が認められないガラス片のみ元素分析を行う。しかし、焼き破りで高温に加熱されたガラスでは、屈折率の変化が一枚の板ガラスにおける変動幅を超えることが確認された⁹⁾¹⁰⁾。この場合、同一のガラスから生じた破片でも、加熱を受けた破片とそうでない破片を異なるガラスと誤判定する危険性があり、屈折率の測定は異同識別に適用できない。一方、SR-XRF による蛍光 X 線強度は、ガラスの加熱によって有為差を生じないことを見だし、加熱の影響が無視できるガラス片の異同識別指標となることを明らかにした¹⁰⁾。加えて、従来の ICP-MS による方法の 20 分の 1 以下の試料で非破壊での異同識別が可能となった。

以上、鈴木康弘氏は重要な証拠物となる様々な工業製品に対して、微細な試料に適用可能な微量成分元素の分析法を開発してきた。同君の研究は分析法の開発のみにとどまらず、市販品を分析して多数のデータを収集し、分析結果の比較が異同識別に有効であることを実証してきた。これらの研究業績は分析化学の発展と科学捜査の信頼性向上に大きく貢献するものである。

〔榎島津製作所 鈴木康志〕

文 献

- 1) 分析化学, **42**, 417 ('93).
- 2) 科警研報告法科学編, **48**, 1 ('95).
- 3) *Anal. Sci.*, **19**, 415 ('03).
- 4) 分析化学, **56**, 1191 ('07).
- 5) *Anal. Sci.*, **12**, 129 ('96).
- 6) 分析化学, **46**, 825 ('97).
- 7) 同上, **61**, 911 ('12).
- 8) *Jpn. J. Forensic Sci. Tech.*, **15**, 95 ('10).
- 9) *Anal. Sci.*, **24**, 745 ('08).
- 10) 分析化学, **56**, 1159 ('07).

高山 透 氏

(Toru TAKAYAMA
日鉄住金テクノロジー(株)尼崎事業所 上席主幹)

1960年6月山口県光市に生まれる。1984年大阪大学理学部化学科卒業、1986年大阪大学大学院理学研究科無機及び物理化学専攻博士前期課程修了、住友金属工業(株)に入社、中央技術研究所評価試験分析研究室配属。1995年5月大阪大学にて博士(工学)号取得。1996年主任研究員(管理職)昇進。2012年会社統合に伴い新日鐵住金(株)技術開発本部解析科学研究部主幹研究員。2014年より現職。2007-2012年日本学術振興会第19委員会製鋼計測化学研究会副主査など。現在、日本分析化学会近畿支部常任幹事兼提案公募型セミナーWG責任者、日本鉄鋼協会論文誌編集委員会専門委員、関西分析研究会幹事。趣味：読書、旅行。



【業 績】

X線回折を主とした鉄鋼関連物質の高度解析技術の開発

高山 透君は、1986年に住友金属工業(株)に入社、2012年に経営統合で新日鐵住金(株)、2014年に日鉄住金テクノロジー(株)へ移動しているが、一貫して各種鉄鋼材料及び関連物質に対し、構造解析・元素分析の観点から研究開発に取り組んできた。以下に同君の主な業績について説明する。

1. 斜入射X線回折法の応用

鋼板上にイオン窒化法で生成させた窒化膜(～0.2 μm ε-Fe₂₋₃N/～1 μm γ'-Fe₄N/α-Fe 鋼板)の構造解析に斜入射X線回折法(GIXD: Grazing-Incidence X-ray Diffraction, out-of-plane型)を適用し、多層薄膜について結晶配向がランダムに近い場合の試料のX線入射角と回折強度の理論式を初めて提案した¹⁾²⁾。さらに、表面及び界面が平滑な二層蒸着膜(10 nm Au/50 nm Cu/SiO₂基板及び25 nm Cu/50 nm Au/SiO₂基板)では屈折による回折角シフトが生じることを見だし、そのピークシフトを求める式を導き、この場合のX線入射角に対する回折強度式も提示した²⁾³⁾。このGIXDにおけるX線入射角と回折強度の理論式は、鋼板表面に生成させた極薄酸化皮膜やめっき皮膜などの構造解析手段として、また、深さ方向の構造解析手段として種々活用している。

2. X線回折法による加工誘起マルテンサイト相の定量法

準安定オーステナイト系ステンレス鋼(SUS304やSUS301等)に冷間圧延で生じる加工誘起マルテンサイト(α'-Fe)相の存在比率を、結晶配向の影響を軽減する強度平均化法を採用することで直接定量するプログラムを開発した⁴⁾。さらに、フェライト磁気含量計をα'-Fe相の定量に応用する場合、α'-Fe相が冷延によって鋼板表面近傍に多量に生成するため、X線回折法では断面試料を作製して校正曲線を作成する必要があることを示し、SUS301鋼板の制御圧延技術の高度化に貢献した⁵⁾。α'-Fe相が表面近傍に多く生成していることは、GIXDの入射角を変えた場合の強度変化と表面を化学研磨していったときのα'-Fe相の定量値の変化から確証を取った。このX線回折による直接定量法は、炭素鋼などの強度特性に影響する残留オーステナイト相の定量にも有効活用している。

3. 鋼中の介在物・析出物解析への貢献

Ti-Nb添加高張力鋼に抽出分離定量法、SEM/EDS、TEM/EDSなどの種々の解析法を適用し、熱処理に伴う析出物の変化を定量的に明示した⁶⁾。また、鋼から電解などの方法で抽出分離した微量(～1 mg)の介在物・析出物でも平滑な基板

(石英等)に保持し、GIXDにより高感度な測定が可能であることを示した²⁾⁶⁾⁷⁾。さらに、Ca処理鋼中のCa含有率が高い介在物(mCaO·nAl₂O₃)の抽出分離定量は対象が水溶性であるために回収が困難だったが、Ar置換したグローブボックス中で無水メタノールを試薬とした抽出分離法による解決策が提案⁸⁾され、その抽出分離された介在物の同定にX線回折などを用いた解析で協力した。このCa処理鋼中の酸化物や硫化物の解析は介在物形態制御に不可欠で、超高強度低合金油井管の開発に寄与した⁹⁾。また、これらの結果を基に、SEM、TEM等のマイクロ分析法も含め、まとめて技術雑誌の総説¹⁰⁾¹¹⁾や出版本¹²⁾¹³⁾で紹介した。

4. 各種めっき鋼板の解析

X線回折法、SEM、TEM、X線吸収微細構造解析法(XAFS)などを種々のめっき皮膜(Al-Mn溶融塩電析皮膜、Ni-W合金電析皮膜など)の解析に適用し、非晶質皮膜の組成による形態や構造変化を明確化したり¹⁴⁾、皮膜のクラック発生に及ぼす内部応力の影響を推定したり¹⁵⁾、各種めっき鋼板の特性と解析結果を比較することでめっき鋼板開発に寄与した。このほか、放射光を利用した*in-situ* X線回折測定による合金化溶融亜鉛めっきの合金化挙動解析も手掛け、加熱によるZnめっきからのFe-Zn合金化(金属間化合物生成)には潜伏期間が存在することを明らかにした¹⁶⁾。最近では自動車ボティの軽量化のために開発されたZn系めっき鋼板の熱間スタンプ材について、加熱温度や加熱時間の違いによる構造変化を調査し、表層に生成するZnOの下層にZn固溶型b.c.c.相が生成することを示した¹⁷⁾。

以上、高山 透君はGIXDを多層薄膜の解析に適用する上での理論式を初めて導出し、さらにこの方法が金属材料中から抽出分離された介在物・析出物のような微量少量粉末に対しても高感度な測定法となることを示した。また、各種めっきの結晶構造、元素分布状態などを各種解析手法によって明確化し、鉄鋼材料の開発に役立っている。

〔産業技術総合研究所 津越敬寿〕

文 献

- 1) 分析化学, **38**, 500 ('89).
- 2) 日本金属学会会報, **31**, 687 ('92).
- 3) *Adv. X-Ray Anal.*, **33**, 109 ('90).
- 4) 特開平7-140094 ('95).
- 5) 鉄と鋼, **83**, 60 ('97).
- 6) 同上, **82**, 147 ('96).
- 7) X線分析の進歩, **22**, 253 ('91).
- 8) 鉄と鋼, **82**, 1017 ('96).
- 9) 新日鐵住金技報, **397**, 17 ('13).
- 10) 特殊鋼, **48**, 14 ('99).
- 11) 素材物性学雑誌, **17**, 23 ('05).
- 12) “鉄鋼の製造のための分析解析技術”, ('02), (日本鉄鋼協会).
- 13) “試料分析講座 鉄鋼分析”, ('11), (丸善出版).
- 14) *J. Appl. Electrochem.*, **24**, 131 ('94).
- 15) 表面技術, **65**, 391 ('14).
- 16) *Mater. Trans.*, **45**, 2326 ('04).
- 17) *FISITA 2012*, 111 ('12).

前田 恒昭 氏

(Tsuneaki MAEDA)
特定非営利活動法人分析産業人ネット 理事



1951年10月11日東京都国立市に生まれる。1974年東京都立大学工学部卒業。同年電気化学計器㈱(現東亜ディーケーケー㈱)入社。2002年独立行政法人(現国立研究開発法人)産業技術総合研究所入所。同計測標準研究部門計量標準システム科長、イノベーション推進本部国際協力室長等を歴任。2017年5月より分析産業人ネット理事、現在に至る。2001年東京都立大学より工学博士号取得。1998年及び2002年日本環境化学会技術賞、2001年本学会論文賞、2008年及び2017年CJKシンポジウム賞、2013年本学会ガスクロマトグラフィー研究懇談会研究功績賞。現在、ガスクロマトグラフィー研究懇談会副委員長、JIS審議会委員、ISOTC146国内委員会委員、日本環境測定分析協会技術委員会委員長。趣味：旅行、ダイビング。

【業 績】

ガスクロマトグラフィーによる環境分析のための各種デバイスの開発

前田恒昭君は、ガスクロマトグラフィーにおける大量試料導入の自動化を実現し、これを大気・固体・水中の揮発性有機化合物の連続自動測定による環境分析に応用して多くの成果をあげた。また、自動化した分析法に必須の標準物質の開発・供給を整備し、分析の信頼性向上に大きく寄与した。更にこれらの研究を国際的に展開し、国際学会を立ち上げ、研究者や学生の国際交流に寄与した。以下に、同君の主な業績について説明する。

1. ガスクロマトグラフ (GC) の試料導入自動化に関する研究^{1)~8)}

GCの試料導入の自動化は、長期にわたる環境モニタリングには不可欠である。前田君は、固体捕集-加熱脱離による大量試料導入法を自動化し、充填カラム用の汎用自動濃縮・回収装置(GAS-10型)を開発し、特に大気中の微量成分分析に適用した。本装置を組み込んだGC自動分析システムは、日本各地での大気環境モニタリング、特に光化学汚染に関与する揮発性有機化合物(VOC)や健康影響が懸念される揮発性有機ハロゲン化合物などの長期間モニタリングに威力を発揮した。

次に同君は、本システムを発展させ、キャピラリーカラム用の汎用自動濃縮・回収装置(GAS-20型、30型)を開発した。この装置では、マイクロトラップでの急速加熱とキャピラリーカラム前端部のクライオフォーカスを自動化する技法ならびにデバイスを新規開発したことにより、GCにおける高分解能分離と高感度検出を見事に両立させた。同装置を接続したGCシステムは、大気中の非メタン炭化水素類の自動分離・定量や短・中鎖炭化水素類(C2~C9)の長期間モニタリングに適用され、光化学オゾン生成の機構解明に寄与した。また本装置は、1998年にJICA供与機材としてメキシコに贈られ、以降の国際共同研究でも多大な成果をもたらした。

2. 自動分析の実試料への応用と標準化^{9)~22)}

また同君は、開発した自動分析装置を大気中、固体中、水中VOCの連続自動測定に応用した。大気中のVOC測定においては、容器採取法を完全自動化した試料平均化採取装置を開発し、GC/MS分析に適用するとともに、装置校正用の標準ガスの供給を整備した。キャピラリーカラム用の自動濃縮・回収装置は、固体中VOCのダイナミックヘッドスペース分析や、水中VOCのパージ&トラップ自動分析などにも適用された。パー

ジ&トラップ法への適用では上水試験法や環境水質基準項目の測定法、JIS K 0125 用水・排水中の揮発性有機化合物試験方法制定に寄与した。また、VOCの一斉分析法(公定法)の運用に当たり、標準物質の供給や検量線用標準液の相対評価なども推進した。

さらに、産総研へ移籍後は、国際単位系(SI)にトレーサブルな標準物質を用いて、有機混合標準液・標準ガスに迅速にトレーサビリティを確保する値付け手法を提案・実用化した。その他、GCキャピラリーカラム用の新規固定相や分配型捕集法、GC用原子発光検出器による多元素同時検出、超臨界流体クロマトグラフィー用光散乱検出器、超臨界流体抽出法などでも成果を挙げている。

3. 国際的な活動と貢献

同君の開発した「GCによる環境分析のための各種デバイス」は海外においても利用されている。また同君は、国際交流においても多大な貢献をしている。特に日本分析化学会においては、2002年より中国や韓国との学術交流活動をスタートさせ、'04年より日中韓分析化学シンポジウム(CJKシンポジウム)へと発展させるとともに組織運営に主体的に携わった。CJKシンポジウムは現在、100~200名規模の大きな会となり、日本において計4回('05, '09幕張メッセ, '13九州大他, '17東京理科大)開催された大会の運営にも深く関わり、三カ国間の人的交流や分析化学研究の発展に大きく寄与したことにより、'12年に中国化学会よりシンポジウム賞、実行委員会よりCJKシンポジウム賞を'08年と'17年に受賞している。

以上、前田恒昭君の、ガスクロマトグラフィー用の各種デバイス装置の開発とそれらを用いた環境分析に関する業績は、分析化学の発展に貢献するところ顕著なものがあ、分析技術の開発とその普及に極めて優れた貢献をなしたものである。

[東京薬科大学薬学部 柳田顕郎]

文 献

- 1) 分析化学, **36**, 267 ('87).
- 2) 大気環境学会誌, **32**, 187 ('97).
- 3) 分析化学, **40**, 331 ('91).
- 4) *High Resol. Chromatogr.*, **21**, 471 ('98).
- 5) ぶんせき, **1990**, 62.
- 6) *Anal. Sci.*, **2**, 571 ('86).
- 7) 大気汚染学会誌, **30**, 344 ('95).
- 8) *Atmospheric Environ.*, **119**, 415 ('15).
- 9) 環境化学, **7**, 297 ('97).
- 10) *LCGC*, **5**, 478 ('98).
- 11) 環境化学, **11**, 51 ('01).
- 12) *ibid.*, **11**, 193 ('01).
- 13) *High Resol. Chromatogr.*, **14**, 83 ('91).
- 14) *Anim. Sci. Technol.*, **66**, 684 ('95).
- 15) *J. Sep. Sci.*, **24**, 97 ('01).
- 16) 分析化学, **46**, 64 ('97).
- 17) 工業用水, **496**, 32 ('97).
- 18) 分析化学, **62**, 183 ('13).
- 19) 同上, **65**, 221 ('16).
- 20) 同上, **52**, 545 ('03).
- 21) *J. Sep. Sci.*, **38**, 3891 ('15).
- 22) *Chromatography*, **37**, 9 ('16).

上村 真生 氏

(Masao KAMMURA
東京理科大学基礎工学部 講師)

1982年8月新潟県に生まれる。2007年東京理科大学基礎工学部材料工学科卒業、2009年筑波大学大学院数理物質科学研究科博士前期課程修了、2012年同博士後期課程修了。在学中は長崎幸夫教授の指導を受け、「Creation of novel PEGylated bionanoparticles for fluorescence bioimaging and drug delivery」で博士(工学)の学位を得る。2009年日本学術振興会特別研究員(DC1)、2012年ネブラスカ州立大学博士研究員、2013年物質・材料研究機構国際ナノアーキテクトニクス研究拠点博士研究員を経て、2014年東京理科大学基礎工学部材料工学科助教、2018年より現職。現在は、近赤外光バイオイメーキングと細胞メカノバイオロジーに関する研究に取り組んでいる。趣味は、アルビレックス新潟現地観戦。

【業 績】

光応答性マテリアルによるバイオ分析法の開発

上村真生君は、生体に対して非侵襲な「光」に注目し、光応答性の高分子や無機ナノ粒子などを用いることでさまざまな光応答性材料の開発を行ってきた。同君は、開発した光応答性材料を利用して、細胞や小動物などの生体内外の情報を可視化、分析する新しいバイオ分析技術の研究を進めてきた。以下に業績内容を記す。

1. 細胞集団移動現象を利用した分析技術の開発^{1)~3)}

細胞集団移動は、複数の細胞が一つにまとまって移動する現象で、表皮の再生などの生理現象やがん細胞の浸潤・転移などの病態にも関与するため、その制御機構の解明が望まれる。また、細胞移動現象を評価する方法は、生命科学研究における学術的意義だけでなく、薬物分析などにも応用が期待される重要な技術である。同君は、光解離性高分子をガラスやゲル上に修飾することで光照射に応答して表面の細胞付着性が変化し、細胞移動を誘導可能な細胞培養基板を開発し、さまざまな薬物スクリーニングや細胞運動の分析に応用した^{1)~3)}。まず、光応答性表面を市販のガラスポトム96ウェルプレート上に構築し、ハイスループットな細胞移動アッセイ系を開発した²⁾。また、光応答性表面上で細胞の移動を調節する薬剤の影響や、細胞が移動する幾何学的空間による薬剤の効果を評価した結果、細胞の集団移動は薬物濃度だけでなく、細胞が移動する通路の幅にも応答してその移動速度を増減していることを明らかとした。以上から、本手法が細胞の微小空間に注目した細胞移動アッセイに有用であることを示した。また、同君は細胞の足場の弾性や細胞間に発生する「力」などを考察する「メカノバイオロジー」に注目し、弾性を制御したゲル上に光解離性高分子表面を作製することで、細胞外環境の力学的・幾何学的特性が細胞集団移動に与える影響を解析することを可能にした³⁾。この手法によって、基質の弾性率と細胞パターンの幾何学的性質を変化させると、全く異なる細胞集団移動の挙動が見られることが明らかとなった。得られた知見は、生体内の弾性が異なる臓器や組織におけるさまざまな細胞の動きの分析や、がん転移・浸潤などの研究に展開可能である。

2. 波長1000 nmを超える近赤外蛍光バイオイメーキング^{4)~10)}

マウスなどの小動物の体内に蛍光プローブを導入することで生体内の様子を観察する *in vivo* 蛍光イメージングは、生命科学の基礎研究で広く用いられている。しかし、可視光線は組織透過性が低いため、可視光の蛍光イメージングによる体内深部の観察は困難である。一方、波長が1000 nmを越える近赤外

(OTN-NIR) 光は、優れた組織透過性を示し皮下2 cm以上の体内深部に到達する。同君は、世界に先駆けてOTN-NIR 蛍光バイオイメーキングに着目し、OTN-NIR 領域の蛍光プローブ開発を行った^{4)~10)}。希土類イオンを含有したセラミックスナノ粒子を利用したマウスのOTN-NIR 蛍光イメージングに世界で初めて成功し⁴⁾、臓器や転移癌、血流の様子、核医学イメージングとのマルチモーダル観察などにも展開した^{5)~7)}。また、OTN-NIR 蛍光と同時に発生する活性酸素によってがん治療を可能とするプローブを開発し、腫瘍の診断(Diagnosis)と治療(Therapy)を同時に行う「Theranostics」技術の応用にも成功した⁸⁾⁹⁾。さらに、実用性を志向して、体内で代謝排泄可能な有機分子で構成された蛍光プローブの開発にも成功した¹⁰⁾。開発した蛍光プローブは、これまで困難であった生体深部の生命現象を解析する手法として、生命科学の基礎研究や臨床診断への応用も期待できる。

3. 生体内温度計測のための近赤外蛍光温度イメージング技術の開発^{11)~13)}

蛍光温度イメージングは、蛍光プローブが示す温度依存的な蛍光特性の変化を利用して、細胞内などの微小領域の温度を計測する新しいバイオ分析技術である。同君は、組織透過性に優れたOTN-NIR 蛍光を示す希土類含有セラミックスナノ粒子が、温度依存的な蛍光強度変化を示すことに着目し、微小領域の温度を計測する技術を開発した^{11)~13)}。温度依存性が異なる二つの蛍光ピークをOTN-NIR 領域に示す希土類含有セラミックスナノ粒子を合成し、温度変化に対して蛍光強度が温度に依存するピークと依存しないピークの強度比が直線的に変化することを示し、ナノ粒子近傍の温度を計測することに成功した。本法は、生体内深部の微小領域における温度変化を遠隔的に計測できる技術として有用である。

以上のように上村真生君は、光応答性マテリアルを基盤として、多様な革新的バイオ分析技術を開発した。開発した技術は、未知の生命現象を観察し、分析できる可能性を秘めており、今後の分析化学研究の発展に大きく寄与することが期待できる。

〔岐阜薬科大学 宇野文二〕

文 献

- 1) *Anal. Sci.*, **32**, 1183 (16).
- 2) *Phys. Chem. Chem. Phys.*, **17**, 14159 (15).
- 3) *Biomater. Sci.*, **4**, 933 (16).
- 4) *Nanoscale*, **3**, 3705 (11).
- 5) *J. Photopolym. Sci. Technol.*, **28**, 711 (15).
- 6) *J. Photopolym. Sci. Technol.*, **29**, 525 (16).
- 7) *JSMI Report*, **9**, 12 (16).
- 8) *Chem. Lett.*, **46**, 1085 (17).
- 9) *Theranostics*, **8**, 1435 (18).
- 10) *Polym. J.*, **49**, 799 (17).
- 11) *J. Photopolym. Sci. Technol.*, **30**, 265 (17).
- 12) *J. Mater. Chem. B*, **5**, 1917 (17).
- 13) *J. Lumin.*, **198**, 236 (18).

東海林 竜也 氏

(Tatsuya SHOJI)
大阪市立大学大学院理学研究科 講師

1983年12月神奈川県に生まれる。2006年群馬工業高等専門学校専攻科環境工学専攻修了、2008年北海道大学大学院理学院化学専攻博士前期課程修了、2011年同博士後期課程修了。在学中は喜多村昇教授指導の下、「Development of Novel Photon-Force-based Manipulation Techniques for Nanoparticles and their Mechanistic Studies by Microspectroscopies.」で博士(理学)を取得。2010年日本学術振興会特別研究員(DC2)、2011年北海道大学博士研究員、2013年大阪市立大学博士研究員を経て、2014年より現職。現在は、新奇光ピンセットの開発と分析化学への応用展開を進めている。趣味は燻製と弁当作り。



【業 績】

ナノ構造体を用いた新奇光捕捉法の開発と展開

東海林竜也氏は、光の力学作用である光圧を用いて溶液中のナノ物質を捕捉し、操作する新奇光ピンセットを開発し、その分析化学への応用展開を進めてきた。ナノ・マイクロ構造体の光電場増強効果が光圧の増幅にも利用できるという着想を得た同氏は、これまでに貴金属ナノ構造の局在表面プラズモンを利用し光圧を増幅させ、DNA、色素ナノ会合体、量子ドットなどのナノ物質の効率的な光捕捉に成功し、その特徴を分光分析により解明した^{1)~7)}。その中で、同氏は温度応答性高分子の光捕捉に着目し、捕捉した高分子を用いた微量有機分子の抽出・検出法を提案した⁸⁾⁹⁾。さらに最近では、シリコンナノニードル構造を利用した次世代の光ピンセット法も開発した¹⁰⁾。以下に、同氏の主な業績を紹介する。

1. プラズモン増強光圧による高分子マイクロ集合体形成の実証と高感度分子検出への展開

同氏はプラズモン光ピンセットにいち早く着眼し、本手法により捕捉した高分子が形成するマイクロ集合体を抽出場として活用した、溶液中の微量有機分子の迅速抽出・高感度検出法を開発した⁹⁾¹¹⁾。捕捉対象物である温度応答性高分子ポリ(N-イソプロピルアクリルアミド)(PNIPAM)は、室温付近では水溶液中に溶けているが、ある温度以上になると高分子鎖が脱水和を経て互いに凝集する性質(相分離)を示す。このPNIPAMをプラズモン光ピンセットにより捕捉すると、プラズモン構造体上にマイクロディスク上の相分離したPNIPAMの分子集合体が形成されることを見いだした。このユニークな捕捉挙動は、プラズモン励起に伴う増強光圧と、プラズモン構造体の光熱効果との協奏的作用に起因することを突き止めた⁸⁾。このPNIPAMマイクロ集合体は脱水和しているため、その内部は疎水的な環境を提供する。そこで同氏は、この疎水性環境を利用し、水溶液中に微量に溶解した有機分子をPNIPAMマイクロ集合体内部に抽出し、顕微分光法と組み合わせることで、より汎用性に優れた高感度分析手法になると期待される。

また同氏は、相分離したPNIPAM集合体中の含水率を決定する分析手法を開発した¹²⁾。先述の分子抽出・検出法では、相分離したPNIPAMの疎水環境、すなわち集合体中の含水率が

抽出効率向上の重要な因子となる。そこで同氏は、含水率を決定すべく集光レーザー型光ピンセット・顕微ラマン分光法に着目した^{13)~16)}。これを用いて、光ピンセットにより形成したPNIPAM集合体のラマン分光情報から、相分離したPNIPAM中の含水率を決定することに成功した。

2. 新奇光捕捉法：NASSCA光ピンセットの開発

同氏はプラズモン光ピンセットによるナノ物質の捕捉・操作を実現してきたが、その中でプラズモン励起に伴う熱発生が捕捉を阻害することを明らかにした^{17)~19)}。そこで同氏は、プラズモン光ピンセットに代わる熱発生に伴わない新しい光ピンセット法を開発した¹⁰⁾。

同氏は、表面に無数のナノニードルを有する結晶性シリコン基板(ブラックシリコン)に注目した。ブラックシリコン基板をポリスチレンナノ粒子分散水溶液に接し、近赤外光を照射すると、熱発生を伴うことなくナノ粒子が次々と光捕捉され、二次元的に粒子が基板上に配列することを明らかにした。さらに照射面積を制御することにより、二次元粒子配列から一次元粒子配列への捕捉挙動のスイッチングも見だし、電磁場解析による電場増強効果も明らかにした。さらに捕捉粒子の運動解析から捕捉力を精密計測すると、プラズモン光ピンセットよりも10倍以上強い捕捉力を発揮することを明らかにした。同氏はこの次世代の光ピンセットを「Nano-Structured Semiconductor-Assisted (NASSCA)光ピンセット」と名付け、分析化学への応用展開を進めている。

以上のように同氏は、ナノ構造の導入による増強光圧を光ピンセット研究の新たな切り口とし、プラズモン光ピンセットやNASSCA光ピンセットなどの手法を開発した。さらにこの手法を用いて、均一溶液から光圧により高分子を捕捉し、形成した集合体を基盤とする新たな分析手法を開発した。これらの研究成果は、今後の分析化学の発展に大きく貢献すると期待される。

(和歌山県環境衛生研究センター 脇阪達司)

文 献

- 1) *J. Am. Chem. Soc.*, **131**, 12623 ('09).
- 2) *Anal. Sci.*, **26**, 1241 ('10).
- 3) *J. Am. Chem. Soc.*, **135**, 6643 ('13).
- 4) *Opt. Exp.*, **25**, 13617 ('17).
- 5) *J. Phys. Chem. Lett.*, **1**, 2327 ('10).
- 6) *J. Phys. Chem. C*, **117**, 2500 ('13).
- 7) *Jpn. J. Appl. Phys.*, **51**, 092001 ('12).
- 8) *J. Phys. Chem. C*, **116**, 14610 ('12).
- 9) *Anal. Chem.*, **89**, 532 ('17).
- 10) *Sci. Rep.*, **7**, 12298 ('17).
- 11) ぶんせき, **2010**, 292 ('10).
- 12) *Anal. Chim. Acta*, **854**, 118 ('15).
- 13) *Jpn. J. Appl. Phys.*, **46**, L1234 ('07).
- 14) *Appl. Surf. Sci.*, **255**, 9906 ('09).
- 15) *J. Phys. Chem. C*, **114**, 5589 ('10).
- 16) *ibid.*, **117**, 10691 ('13).
- 17) *J. Phys. Chem. Lett.*, **5**, 2957 ('14).
- 18) *Opt. Rev.*, **22**, 137 ('15).
- 19) ぶんせき, **2014**, 432.

高橋 幸奈 氏

(Yukina TAKAHASHI
九州大学カーボンニュートラル・
エネルギー国際研究所 准教授)

1979年1月愛知県に生まれる。2002年東京大学工学部応用化学科卒業、2004年同大学院工学系研究科応用化学専攻修士課程修了。2007年同博士課程修了。在学中は、水野哲孝教授、立間 徹助教授（現教授）の指導を受け、2007年に、「還元および酸化エネルギー貯蔵型光触媒の開発」で博士（工学）の学位を得る。2007年同大学生産技術研究所特任助教。2010年8月九州大学大学院工学研究院応用化学部門助教。2017年10月より現職。現在は、金属ナノ粒子の局在表面プラズモン共鳴を利用した、センシングデバイスや光電気化学デバイスの開発に取り組んでいる。趣味は、読書、芸術鑑賞、ボルダリング。

【業 績】

ナノ領域光貯蔵・局在化システムの設計、高性能化と分析科学への展開

高橋幸奈氏は、酸化チタンの光触媒機能にエネルギー貯蔵機能を組み込むことにより、有害有機物の検出や除去が消灯後も持続するナノ領域光貯蔵システムを開発した。また、プラズモンナノ粒子の局在表面プラズモン共鳴ナノ空間を解析するとともに、耐熱性や耐薬品性を向上させるための化学修飾を施した高性能局在化システムを開発し、分光センシングへの応用展開に成功している。これらの研究成果は、微弱な光エネルギーを有効に貯蔵・局在化するという、光を用いる環境計測・分光計測技術を格段に向上させるための新手法を提案するものである。以下に、主な研究成果を紹介する。

1. 酸化エネルギー貯蔵型光触媒^{1)~3)}

酸化チタンは、紫外光照射下で有機物の酸化分解や防汚、抗菌・殺菌効果等、種々の優れた光触媒効果を示すが、夜間など光が当たらない条件下では機能しない。高橋氏は、酸化チタン光触媒に水酸化ニッケル等を貯蔵材料として組み合わせることにより、昼間の余剰エネルギーを貯蔵して夜間に利用するエネルギー貯蔵型光触媒を開発し、材料や反応およびその機構の分析に成果を挙げた。特に、n型半導体である酸化チタン光触媒の酸化エネルギーの貯蔵はこれまで困難とされており、同氏の成果が世界で初めての例である点は特筆すべき点である。

貯蔵した酸化エネルギーによって、消灯後にもホルムアルデヒドやフェノール等のVOC（揮発性有機化合物）の酸化除去反応が進行する。貯蔵材料にイリジウム酸化物を用いれば水の酸化も可能である。反応の進行には貯蔵材料の可逆な色変化（フォトクロミズム）を伴うことから、有害物質の除去と同時に検出にも有効である。

VOCは、建材や家具などから長期間にわたって微量放出され続け、シックハウス症候群の原因になり得る。これを酸化分解する効果が日中のみならず夜間にも持続されるシステムは画期的であり、快適な生活環境を低コスト・低エネルギーで実現するための手法として期待される大きな成果である。

2. 金属ナノ粒子の安定性向上^{4)~9)}

金属ナノ粒子は光と結合して、局在表面プラズモン共鳴(localized surface plasmon resonance : LSPR)を生じる。金属の種類、粒径、形状等に応じて特定の波長の光と共鳴し、粒子近傍に光を空間的・時間的に局在化させることができる。また、この共鳴波長は周囲媒体の屈折率に応じて変化することから各種センシングデバイスへの応用も期待されている。しかし、ナノ粒子はバルクの金属よりも耐熱性が低く、融点よりも低い温度で熱融合を起こして粒径が増大し、LSPRを示さなく

なる。また、銀ナノ粒子は化学的安定性が低く容易に酸化溶出が起ることから使用環境が限られていた。そこで同氏は、金属酸化物を用いて金属ナノ粒子の耐熱性・耐腐食性を向上させることによって、熱安定性の高いLSPRセンサの開発を行った。

また同氏は、形状異方性金属ナノ粒子の安定化にも成功している。棒状の金ナノ粒子である金ナノロッドや、三角形平板状の銀ナノ粒子である銀ナノプレートは、アスペクト比等によって可視から近赤外まで自在に共鳴波長などの光学特性を制御できる。特に近赤外の吸収強度は大きく、周囲媒体の屈折率変化にも高感度である。しかし、形状異方性金属ナノ粒子は強い光照射や高温条件では不安定で、熱力学的に安定な球状へと変形し、特有の光学特性が失われる。そこで同氏は、独自の手法で酸化チタンを被覆することにより耐熱性と耐薬品性の向上にも成功した。

3. 光アンテナ効果の最適化^{5)10)~14)}

LSPRによって金属ナノ粒子近傍に生じる近接場光は、光電気化学素子の光電流を増幅したり、色素の蛍光強度を増強できる。しかし、粒子表面では励起状態のクエンチによる減少効果も同時に生じる。そこで同氏は、各パラメータが粒子表面色素の光電流や蛍光の増強効果やクエンチ効果に及ぼす効果を系統的に調べることで、金属ナノ粒子と色素の距離や配置に対する依存性を詳しく解析し、クエンチを抑えて増強効果を最大限に引き出す系の開発を行った。

これらの成果は、LSPRを活用する高感度のセンシングデバイスへと応用する際に必要不可欠である。たとえば、光電流や蛍光の検出に基づくセンサデバイスにおいて、LSPRを発現する金属ナノ粒子を導入することによって信号増強に基づく高感度化を図る際の重要な指針を提供するものであり、分光計測の高性能化に極めて重要な成果である。

このように、同氏が開拓したエネルギー貯蔵型光触媒やLSPRを発現する金属ナノ粒子の安定性向上と色素からの信号増強の最適化に関する技術は、分光分析科学の発展に大きく貢献するものであり、分析化学会奨励賞に値するものである。

〔京都大学化学研究所 長谷川 健〕

文 献

- 1) *Langmuir*, **21**, 12357 (05).
- 2) *Phys. Chem. Chem. Phys.*, **8**, 2716 (06).
- 3) *Electrochem.*, **82**, 749 (14).
- 4) *Nanoscale*, **2**, 1494 (10).
- 5) *ibid.*, **3**, 2865 (11).
- 6) *Appl. Phys. Lett.*, **99**, 182110 (11).
- 7) *分析化学*, **63**, 551 (14).
- 8) *Anal. Sci.*, **29**, 101 (13).
- 9) *ibid.*, **32**, 275 (16).
- 10) *Langmuir*, **28**, 9155 (12).
- 11) *Rapid Commun. Photosci.*, **2**, 79 (13).
- 12) *Appl. Surf. Sci.*, **404**, 350 (17).
- 13) *Chem. Lett.*, **46**, 1612 (17).
- 14) *Nanoscale*, **8**, 8520 (16).

谷 英 典 氏

(Hidenori TANI
国立研究開発法人産業技術総合研究所 主任研究員)

1980年9月千葉県に生まれる。2004年早稲田大学理工学部応用化学科卒業、2006年同大学大学院理工学研究科応用化学専攻修士課程修了、2008年同博士後期課程修了。在学中は常田聡教授の指導を受け、2008年に「蛍光消光現象を用いた新規核酸定量手法の開発」で博士(工学)の学位を得る。2007年日本学術振興会特別研究員、2012年国立研究開発法人産業技術総合研究所研究員を経て、2016年10月より現職。現在は、ヒトおよびマウスのES/iPS細胞を用いた化学物質に対する生物応答性能の解明及び非コードRNAに着目した次世代環境センシング技術の開発に取り組んでいる。趣味は、音楽鑑賞と作詞・作曲。

【業 績】

蛍光色素及び修飾核酸を利用した生体分子解析技術の開発とその応用

谷 英典氏は、蛍光色素及び修飾核酸を用いて高性能な生体分子解析技術の開発を行ってきた。同氏は、正確性・迅速性・コストパフォーマンスに優れたDNA/RNA定量測定法の開発及びヘリカーゼ活性測定法を開発した。また、正確性・定量性に優れた哺乳動物細胞における細胞内RNA分解速度測定法の開発に成功し、さらには細胞内RNA分解速度を指標とした化学物質の生体影響評価技術を提案するなど、基礎から応用へと多岐にわたる研究を展開している。以下に同氏の主要な研究業績を記す。

1. 蛍光消光現象を用いたDNA/RNA定量測定法の開発

遺伝情報を担うDNA/RNAはすべての生命体において最も基礎となる分子であり、生体試料中のDNA/RNAを分析する技術は生命科学分野全般において欠かすことのできない重要なツールとなっている。しかし、従来の手法には問題点が多いため、これを克服する新規定量法が望まれていた。同氏はある種の蛍光色素が核酸のグアニン塩基と相互作用することにより蛍光が消光する現象(蛍光消光現象)に着目し、蛍光のON/OFFを制御することにより、従来法よりも正確性・迅速性・コストパフォーマンスに優れたDNA/RNA定量測定法を開発した。本技術を、①環境分野：バイオレメディエーション等で重要な細菌群の遺伝子の測定^{1)~3)}、②医療分野：ヒトの一塩基多型解析等による疾病診断⁴⁾⁵⁾、③食品分野：遺伝子組換え作物の混入率の検査⁶⁾と幅広い分野に応用展開した。さらに、企業との共同研究を通して、本手法の普及促進と標準化に貢献した。なかでも、同氏の特筆すべき発明はUniversal QProbe法の開発である⁵⁾。本手法では、DNAのグアニン塩基に近づくことと消光する蛍光色素を有する蛍光プローブ(Universal QProbe)と、蛍光色素を有しないジョイントDNAプローブの2種類のDNAプローブを用いる。ジョイントDNAプローブは、5'側に標的遺伝子に相補的な配列を有し、3'側にUniversal QProbeと相補的な配列を有している。Universal QProbeとジョイントDNAプローブは複合体を形成し、さらに標的遺伝子配列に結合すると蛍光色素が消光する。この蛍光消光率をもとに標的遺伝子量を算出することができる。本手法では、複数の標的遺伝子に応じて設計・合成が必要となるのはジョイントDNAプローブのみであり、蛍光プローブは共通の1種類のみで良い。従って、蛍光プローブをあらかじめ大量に合成・保存しておくことが可能となるため、既存の蛍光プローブ法と比較して、時間とコストの大幅な削減を実現した。

2. 修飾核酸を用いた細胞内RNA分解速度測定法の開発

同氏は、遺伝子がどのような機能を有し、その転写産物であるRNAがどのようなメカニズムで制御されているのかについて興味を持ち、近年新たな転写産物として注目を浴びているタンパク質をコードしない非コードRNA(ncRNA)に着目した。昨今のゲノム研究及び転写産物の網羅的解析により、ゲノム中のncRNAの割合は生物の複雑さに応じて増加することがわかっており、生物の複雑さを構築する上で、ncRNAこそが複雑な生命システムの中核的な役割を果たすことが予想されている。しかし、いくつかの例外を除いて、ほとんどのncRNAの機能は未解明のままである。そこで同氏は、RNAの分解速度に着目し、従来法よりも正確かつ大規模にヒト細胞内RNAの分解速度を測定する手法の開発に成功した^{7)~11)}。本技術では、培養中の細胞をブロモウリジン(BrU)存在下で培養して細胞内RNAのウリジン(U)をBrUに置換させた後、培地から余剰のBrUを取り除いてパルスラベルする。その後、経時的に細胞を回収して、それぞれの細胞から全RNAを抽出した後、BrUでパルスラベルされたRNAを抗BrU抗体により回収して、次世代シーケンサ等を用いて目的RNAの減少を測定する。本技術を用いることにより、タンパク質に翻訳されるメッセンジャーRNA(mRNA)の分解速度がその機能と相関することを見出した。すなわち、細胞の生存に必須なハウスキーピングタンパク質をコードするmRNA群は安定な状態で存在しているが、複雑な生理メカニズムを制御する調節性タンパク質をコードするmRNA群は、比較的安定であり分解されやすいことを見いだした。さらに、ncRNAについても同様であり、ハウスキーピング様の機能を有するncRNAの分解速度は遅く、調節性ncRNAの分解は速いという相関を見いだした。これにより、RNA分解速度がncRNAの機能を特定する上で非常に有用であるというコンセプトを世界で初めて提唱した⁷⁾。

以上のように、谷英典氏は独創的な生体分子解析技術の開発に関する研究に取り組み、生体・環境分析において多くの研究成果をあげている。これらの研究成果は、今後の分析化学の発展に大きく寄与するものである。

(東京大学大学院薬学系研究科 船津高志)

文 献

- 1) *Anal. Chem.*, **79**, 974 ('07).
- 2) *ibid.*, **79**, 5608 ('07).
- 3) *Mol. Cell Probes.*, **24**, 131 ('10).
- 4) *Anal. Chim. Acta.*, **608**, 211 ('08).
- 5) *Anal. Chem.*, **81**, 5678 ('09).
- 6) *J. Agric. Food Chem.*, **53**, 2535 ('05).
- 7) *Genome Res.*, **22**, 947 ('12).
- 8) *RNA Biol.*, **9**, 1370 ('12).
- 9) *Methods*, **67**, 55 ('14).
- 10) *Methods Mol. Biol.*, **1262**, 305 ('15).
- 11) *PLoS One*, **12**, e0181628 ('17).

清水 禎 氏*
(Tadashi SHIMIZU)
物質・材料研究機構 ステーション長

端 健二郎 氏
(Kenjiro HASHI)
物質・材料研究機構 主幹研究員

大木 忍 氏
(Shinobu OHKI)
物質・材料研究機構 主幹エンジニア

穴井 孝弘 氏
(Takahiro ANAI)
JEOL RESONANCE 社長



清水 禎氏



端 健二郎氏



大木 忍氏



穴井孝弘氏

*1959 年千葉県生まれ。1987 年東京大学大学院理学系研究科物理学専攻博士課程修了。1987 年東京大学物性研究所助手。1990 年金属材料技術研究所研究員。2001 年物質・材料研究機構強磁場 NMR グループリーダー。2013 年より現職。平成 28 年度文部科学大臣表彰科学技術賞(開発部門)を受賞。

業績

Bi 系高温超伝導体を用いた世界初の超 1 GHz NMR 装置の開発

NMR (核磁気共鳴) 装置はタンパク質などの生体高分子、有機化学、材料研究など広い分野で使用されており、特に新薬創製に貢献すると期待されている分析装置の一つである。薬剤や材料の開発を加速するには NMR 装置の更なる性能向上が必要である。NMR 装置において特に重要な指標は磁場強度である。例えば、磁場強度が 1 割増えれば分析可能なタンパク質の種類が約 1 割増えと考えられていることなどから、50 年以上にわたり世界最高磁場を目指した開発競争が日米欧で不断無く行われてきた。特に高温超伝導体を NMR 磁石に実用化するための研究開発は、ここ 25 年以上にわたり世界中で最先端の技術競争として成否が注目されていた。

清水 禎氏らは Bi 系酸化物超伝導体を NMR 磁石に用いることによって、従来の金属系超伝導技術では超えられない壁であった 1 GHz (23.5 T) の限界を超えることに世界で初めて成功した。具体的には、①脆性な酸化物である Bi 系超伝導体の特性劣化を防止した歪に強い線材と巻線技術を開発した。② NMR に必要な高い磁場安定度の実現は不可欠であり、電流変動が極めて小さい安定化電源を開発し、電源駆動運転においても高い磁場安定度を達成した。③磁場補正技術を開発し酸化物超伝導体の超伝導磁石においても高い磁場均一度を達成した。④膜タンパク質を初めとして強磁場 NMR の特徴を活かした物質等の分析を行いその有用性を実証した。⑤2015-16 年の Journal of Magnetic Resonance 誌の年間優秀論文賞を 2 年連続で受賞する等学術的にも高い評価を受けている。以下開発の動機を含め業績を記す。

従来の NMR 磁石は金属系超伝導体で作った線材を多層コイル構造に巻いて作られている。現在実用化されている金属系超伝導体は 2 種類あり、ニオブチタン (NbTi) という合金系の超伝導体と、ニオブ 3 スズ (Nb₃Sn) という化合物系の超伝導体である。これらの金属系超伝導体は到達できる最高磁場に技術的な限界があり、900 MHz 以上で限界領域となり、1000 MHz が上限であると考えられている。実際、NIMS と神戸製鋼が開発した 920 MHz (2001 年) と 930 MHz (2004 年) およびドイツが開発した 1000 MHz (2009 年) などが金属系超伝導体の限界領域に到達した開発例である。

従来技術の最大の問題点は 1000 MHz (23.5 T) という磁場限界を超えることができなかったことである。これを超えるには、金属系超伝導体に代えて、酸化物の一種である高温超伝導体を用いることが唯一の解決方法であることが当初から分かっていた。高温超伝導体を用いれば 1500 MHz も不可能ではないと考えられているが、酸化物であるため脆い性質があり、また線材の接続部分も超伝導となる超伝導接続の技術がなく、従って永久電流による高安定な磁石運転 (永久電流運転) が不可能である等、酸化物超伝導体に特有の技術的困難があった。そのため酸化物超伝導体発見 (1986 年) から 20 年以上が経っても NMR 磁石への応用は誰も実現できずにいた。

そのような中、清水氏らは以下の三つの技術開発に成功した。①脆性な酸化物である Bi 系高温超伝導体の特性劣化を防止した歪に強い線材と巻線技術を開発し、精密な NMR 磁石を開発、製作した。②酸化物超伝導体では永久電流運転の技術を利用できないが、NMR に必要な高い磁場安定度の実現は不可欠である。この課題を解消するために、電流変動が極めて小さい安定化電源を開発し、電源駆動運転においても高い磁場安定度を達成した。③磁場補正技術を開発し酸化物超伝導体の電磁石においても高い磁場均一度を達成した。以上の様々な新規技術と装置を開発した結果、世界で初めて高温超伝導体を用いた NMR 磁石を開発した。また、その磁石を用いた装置で、世界最高磁場となる 1020 MHz の磁場の発生および NMR 測定に成功した。膜タンパク質を初めとして強磁場 NMR の特徴を活かした物質等の分析を行いその有用性を実証した。測定結果から本装置は従来装置よりも性能が著しく向上していることが実証できた。

以上、清水氏らの開発した超高磁場 NMR は、構造生物学、分析化学、材料工学などの諸分野に大きく貢献することが期待される。従来の創薬等の分野に加えて、有害物質の環境分野への展開等の社会的貢献も期待される。経済的波及効果としては、NMR 機器の現在の世界市場規模は 1,500 億円/年でありかつ年率 6.8% の伸び率を示している。また、NMR と同一原理で機能する医療用 MRI は 6,500 億円/年、伸び率 5.0% と大きな市場となっており、本開発成果の展開が期待される。NMR は超伝導応用技術の中で最も精密な性能が要求される装置であることから、本開発で培われた技術は、MRI 等の計測を超え、核融合、リニアモーターカー、超伝導送電線などへの展開が期待できる。

〔東北大学大学院環境科学研究科 壹岐伸彦〕

文献

- 1) *J. Magnetic Resonance*, **256**, 30 (15).
- 2) *Chem. Lett.*, **45**, 209 (16).

鈴江 崇彦 氏*

(Takahiko SUZUE
紀本電子工業㈱環境大気自動計測器開発グループ
技術部技術課課長補佐)

北山 紗織 氏

(Saori KITAYAMA
紀本電子工業㈱環境大気自動計測器開発グループ
技術部技術課主任)

村田 周司 氏

(Shuji MURATA
紀本電子工業㈱環境大気自動計測器開発グループ
技術部技術課係長)

谷口 悟 氏

(Satoru TANIGUCHI
紀本電子工業㈱環境大気自動計測器開発グループ
技術部技術課課長)



鈴江崇彦氏



北山紗織氏



村田周司氏



谷口 悟氏

*1971年大阪府生まれ、1996年大阪府立大学工学部卒業、2001年大阪府立大学工学部研究科博士後期課程単位取得退学。2001年4月紀本電子工業入社。2002年「大気中における無機反応性窒素酸化物の測定」として博士(工学)を取得。紀本電子工業入社後は、大気及び海洋の自動分析計測器の開発に従事、現在に至る。

【業績】

ドリフトフリー環境大気自動計測器の開発

紀本電子工業環境大気自動計測器開発グループ鈴江氏、北山氏、村田氏、谷口氏が勤務する紀本電子工業株式会社は、大気汚染連続測定器の開発に半世紀以上携わってきたメーカーである。今回の受賞対象となったドリフトフリー環境大気自動計測器は、同社の長年にわたって蓄積してきたノウハウと鈴江氏らの独自の設計思想や設計技術の融合により開発されたものといえる。鈴江氏らが開発した自動計測器は、これまでの環境大気自動計測器がもっていた環境要因による測定値のドリフト問題や校正時の長時間の欠測問題を解決し、精度の高い環境大気汚染連続自動測定を可能にした。以下、鈴江氏らの業績について紹介する。

1. ドリフトフリー機能搭載環境大気自動計測器の開発

環境大気自動計測器は連続計測器としての特性上、24時間、365日、精度良く計測することが求められている。そのために環境省が主体となってまとめている環境大気常時監視マニュアルにおいて、ゼロ校正は1週間ごと、スパン校正は2週間~1ヶ月に一度の頻度で行われることが望ましいとされている。これら環境大気自動計測器のゼロドリフト、スパンドリフトの主たる原因は気温、気圧、湿度などの環境要因によるものと推定されるが、実際の環境大気測定では、刻一刻変化する環境要因の日内変動によるドリフトを除去することは難しく、また、通常の校正作業を行うためには、1時間以上の欠測を避けることも不可能であった。そこで鈴江氏は、より高い精度を確保するために、湿度などの影響を除き、気温・気圧による変動の自動補正を行い、併せて連続的に校正を行いながら実大気測定が可能なる「ドリフトフリー機能」を搭載した環境大気自動計測器を開発した。

NOx計、SO₂計については試料大気測定シーケンス間に数十秒以下のサイクルでゼロガスとスパンガスを交互に導入することで、気温、気圧、湿度によるドリフトを補償し、校正時刻に依存しない、かつ欠測なしに計測することが可能となった¹⁾。O₃計では、測定原理に紫外吸収法を採用しているため気温・気圧によるスパン値の変動の補正を行うとともに除湿機能を搭載することで湿度影響を除いている。併せて、共存物質による妨害を防ぐために用いられているオゾン分解触媒の効率を自動診断する機構(オゾンスクラパーチェッカー)を付加している。これらの改良の結果、従来のガス状大気汚染物質の環境常時観測機器では1ppb単位でのデータしか得られなかったのに対し、開発した機器では1時間平均値において1桁高い0.1ppbの分解能での測定が可能となった。

また、大気中エアロゾル計測器であるPM2.5計およびSPM計では、捕集するフィルター材質をガス吸着や湿度影響のないフッ素樹脂製のものにするるとともに、温湿度・気圧をリアルタイムに計測し補正を行い環境要因による変動を最小限にすることで、従来は1日平均値しか測定できなかったものを1時間ごとに精度よく測定することに成功した。さらに、これらの高感度化と合わせて2012年冬季以来の中国での異常な高濃度現象時においても測定が可能となるように、フィルターの自動交換機能を備えたものとしている。

2. PM2.5生成にかかわる大気物質自動計測器の開発

上記の環境基準項目の計測に加え、近年の中国を含めた東アジアの冬期PM2.5高濃度現象の原因解明のために、新たに世界初の試みとして、2015年に大気中硝酸ガス濃度計測に着目した反応性窒素酸化物自動計測器(NO_y計)、2016年にPM2.5中の元素状炭素成分と有機炭素成分を光学的に定量する有機エアロゾル自動計測器(EC・OC計)²⁾、大気中ガス状揮発性有機化合物の連続計測可能とする揮発性有機化合物自動計測器(VOC計)³⁾の3機種を開発リリースした。NO_y計については、NO_x計と同様のゼロドリフトを除去する機能を採用することで、大気中硝酸ガス濃度を含む反応性窒素酸化物の安定した計測を可能としている。EC・OC計は、テープ状のフィルター上に捕集されたエアロゾルに異なる波長の光を照射し、その透過光と散乱光の変化を測定することで、元素状炭素成分と有機炭素成分を非破壊で定量する計測器である。また、PM2.5計とSPM計と同様のフィルター自動交換機能を採用することで高濃度現象に対応している。VOC計は充填剤入りカラムに大気圧での沸点約50℃以上の揮発性有機化合物を選択的に捕集し、濃縮した後、カラムよりパージした揮発性有機化合物を二酸化炭素に変換し計測している。このことで、従来の非メタン炭化水素計で用いられている水素炎イオン化検出器では検出されにくかった含酸素有機化合物も高感度に検出できるようになった。さらに、二酸化炭素に変換した計測と、二酸化炭素に変換しない計測を交互に行うことにより、計測器全体のドリフトを除去することで、従来の非メタン炭化水素計に比べ1桁以上の計測精度向上を達成した。これらの自動計測器の対象物質は、現行の環境大気常時監視マニュアルにはない測定項目ではあるが、近年のPM2.5高濃度現象解明への情報を得るために大いに寄与するものと思われる。

以上のように鈴江氏らの開発した計測器は、上記の計測精度の向上とメンテナンスを含めた取り扱いの簡便さにより、大気環境観測や研究のため、全国の自治体および大学・研究機関で広く使用されている。今後、国内にとどまらず、国外に対しても販路を広げることにより、より正確な環境大気汚染連続自動観測に大いに貢献すると同時に、近年の新たな大気環境の課題解明に貢献できるものと期待される。

〔茨城大学理学部 大橋 朗〕

文 献

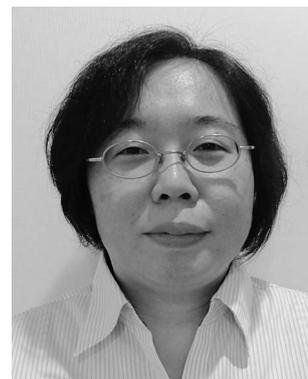
- 1) 特許第5084395, 2) 特願2015-039568, 3) 特願2016-002127号

鈴木 彌生子 氏

Yaeko SUZUKI

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構
食品研究部門食品分析研究領域 信頼性評価ユニット

2008 年首都大学東京大学院理学研究科化学専攻博士課程修了，博士（理学）の学位取得。
2006 年日本学術振興会特別研究員，2008 年首都大学東京都市教養学部理工学系特任研究員，
2009 年日本認証サービス株式会社分析事業部同位体分析グループ グループ長。2010 年独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構（農研機構）食品総合研究所研究員，2016 年国立研究開発法人農研機構食品研究部門に名前が変更となり，現在に至る。2006 年より，軽元素の安定同位体比分析による農産物や加工食品の産地判別技術を開発。2010 年より，安定同位体比分析と微量元素分析など複数の分析技術を組み合わせた産地判別の高精度化に関する研究開発を行っている。趣味は甘味食べ歩き。



【業 績】

安定同位体比および微量元素分析による食品の産地判別技術の開発

鈴木彌生子氏は，安定同位体比や微量元素組成を中心に複数の分析技術を組み合わせ，日本で流通する食品の産地判別技術の開発に取り組んでいる。民間企業での経験を有し，産官学のネットワークを活用しながら実用化に向けた研究開発を行っている。とくに食品表示の監視業務へ応用すべく，公的検査機関である（株）農林水産消費安全技術センター（FAMIC）と研究開発を行っている点は重要である。また，安定同位体比分析の妥当性についても言及し，正しい技術の普及に尽力している。

1. 安定同位体比と微量元素組成の組み合わせによる農林水産物の産地判別技術の高精度化と加工食品への応用

軽元素の安定同位体比は，生育環境（温度，湿度，緯度，高度，餌，肥料など）を反映し，植物中の微量元素組成は，地学的な特性による土壌中の微量元素組成の違いを反映する。よって，安定同位体比や微量元素組成を統計解析することにより，農林水産物の産地判別を行うことが可能となる。鈴木氏は，コメ，牛肉，リンゴ，ワカメなど様々な農林水産物への応用を検証している^{1)~8)}。例えば，青森県・長野県および中国産リンゴの安定同位体比および微量元素組成を分析した。炭素・酸素同位体比のみでは，国産と中国産の判別の可能性が見られたが，青森県産と長野県産に有意な差は見られなかった。9 元素（Mg, Mn, Zn, Fe, Cu, Mo, As, Cd, Tl）の微量元素濃度を分析し，炭素・酸素同位体比と組み合わせで判別分析を行った結果，安定同位体比のみの結果よりも判別精度が向上し，さらに青森県産と長野県産も判別の可能性が示された。複数の手法の組み合わせが産地判別の精度向上において重要であることが明確化した⁴⁾。

一部の加工食品のみ義務付けられていた原材料の産地表示が平成 29 年 9 月からすべての加工食品に拡大された。しかし，最先端を行く EU においても，加工食品の産地判別に関する研究報告は極めて少ない。加工食品は，原料と比べて加工工程や調味料・副原料といった要素が加わるため，産地判別技術の開発は非常に難しい。鈴木氏は，食品の主要成分の骨格を形成する元素である炭素や酸素は，加工工程による影響が少ないことに着目し，軽元素の安定同位体比による加工食品の産地判別技術を積極的に開発している。ウナギの蒲焼は，筋肉組織を蒸留水や有機溶媒で洗浄することで，調味料などの影響を除去することで，国産と輸入の産地判別の可能性を示した⁵⁾⁶⁾。また，加工工程での元素の流出・流入による影響が懸念される微量元素について，産地間差の小さい元素に対する濃度比を求めて解析することで，加工工程の影響を低減する方法を検証した。民間企業と共同研究を行い，原藻わかめ・湯通し塩蔵わかめおよび乾わかめを実際の工場から入手し，Sr 濃度に対する 10 元素濃度（Mg, P, Ca, Mn, Fe, Zn, As, Rb, Cd, Ba）の常用対数を取った数値を用いることで，加工度によらず，わかめ加

工品の産地判別が可能であることを示した⁷⁾。

2. 安定同位体比分析の妥当性確認のための試験所間比較共同実験の実施

軽元素の安定同位体比分析は，社会的な需要の高まりから，様々な大学・企業・研究機関で使われるようになってきたが，妥当性確認が不十分なことが問題視されている。従来法である同位体比質量分析計を用いた分析法は，測定条件や標準物質による測定値の補正方法が測定値の信頼性に影響を及ぼすため，技術面で豊富な経験が求められる。とくに，地理的要因を内包する酸素同位体比については留意すべき点が多い。酸素同位体比の測定では，熱分解過程において酸素分が一酸化炭素（CO）ガスに変換されるが，窒素分も窒素（N₂）ガスに変換される。CO ガスは m/z が 28 であり，N₂ ガスも m/z が 28 であるため，CO ガスと N₂ ガスの分離が数値に影響を及ぼす⁸⁾。そこで，海洋研究開発機構，総合地球環境学研究所，表示・起源分析技術研究懇談会と連携し，化学試薬を用いた試験所間比較を実施し，分析技術の問題究明とともに，標準物質の整備や正しい技術の普及を目指している。

2012 年に化学試薬を用いた炭素・窒素および酸素同位体比の試験所間比較を実施した⁹⁾。酸素同位体比においては，窒素を含む化合物で最も大きな室間差があることが分かった。CO ガスと N₂ ガスの分離が影響したものと考えられ，標準物質・標準分析法の整備を早急に行う必要性が試験所間比較の実施により明確化した。また，国際原子力機関（IAEA）の支援によるアジアにおける食品の安全性・信頼性に関する分析技術開発プロジェクト（RAS5062・RAS5081）に参加しており，2015 年に米粉を用いて実施した試験所間比較では，アジア諸国からも参加を募った。米粉の窒素同位体比の室間差は化学試薬に比べて大きかった。安定同位体比はピーク強度が数値へ及ぼす影響が大きく，米粉は窒素含有量が低いことが要因と考えられ，ピーク強度に注意した測定を行うことを参加者に促した。

以上より，学術的な研究だけではなく，実用化を視野に入れた研究を進め，かつ，分析法の妥当性についても言及し，正しい技術の普及を進めている点は評価に値する。また，加工食品の原料原産地表示の品目拡大がなされる中，加工食品の産地判別技術の開発も展開中である。食品の産地判別技術の開発は，消費者や業界へ与える影響が大きいことから，今後も産官学で連携し，分析法や解析法の妥当性を考慮した技術開発が進められることが期待される。

〔産業技術総合研究所 津越敬寿〕

文 献

- 1) *Food Chem.*, **109**, 470 ('08).
- 2) *Anal. Chim. Acta.*, **618**, 148 ('08).
- 3) *Anal. Sci.*, **29**, 143 ('13).
- 4) *Compr. Anal. Chem.*, **60**, 461 ('13).
- 5) 分析化学, **58**, 1067 ('09).
- 6) 同上, **63**, 275 ('14).
- 7) 日本水産学会誌, **84**, 94 ('18).
- 8) *Res. Org. Geochem.*, **26**, 31 ('10).
- 9) 分析化学, **61**, 805 ('12).

佐藤しのぶ氏

(Shinobu SATO
九州工業大学大学院工学研究院物質工学研究系
准教授)



1977年12月福岡県田川市に生まれる。2000年九州大学工学部卒業、2005年九州大学大学院工学府博士課程修了。同年「新規ナフタレンジイミド誘導体を利用した電気化学的遺伝子検出法」により博士(工学)。2002年日本学術振興会特別研究員(DC1)、2005年同会特別研究員(PD)を経て、2008年に九州工業大学バイオマイクロセンシング技術研究センター助教、2011年同大工学研究院物質工学研究系助教、2012年同准教授。2012年日本分析化学会奨励賞受賞。現在は、ホスト-ゲスト錯体を利用したバイオセンシング技術の構築に取り組んでいる。趣味は、娘(1歳)と夫とソフトバンクホークスを応援すること。

【業績】

分子認識を利用した電気化学的バイオセンサの構築

佐藤しのぶ君は疾病に関連する遺伝子変異や酵素を検出するためにホスト-ゲスト相互作用を利用した電気化学的遺伝子検出法を進展させ、遺伝子の異常メチル化やテロメラーゼの高感度検出法を確立し、これを臨床サンプルへと応用し実証試験を行い、新たな癌診断法となりうることを提案した。以下に、同君の主要な研究業績を記す。

1. テロメラーゼをマーカーとした癌診断システム(ECTA)の構築

テロメラーゼはがんで特異的に発現しているタンパク質であるが、RNA 蛋白質であるため、非常に不安定である。また、既存のテロメラーゼ活性測定法は DNA を増幅する PCR が必須であるが、臨床サンプル中の夾雑物の影響により、DNA が増幅されず、正しく評価できないことがあった。佐藤君は DNA チップを用いて、わずか 30 分でテロメラーゼ活性を評価するシステムを構築した。テロメラーゼが存在すると、チップ上の DNA が伸長され、伸長された DNA が 4 本鎖 DNA 構造を形成する。さらに、4 本鎖 DNA を認識し、電気化学シグナルを示すフェロセン化ナフタレンジイミド(FND)を開発した¹⁾。九州歯科大学との連携により、これによる口腔がんのスクリーニングを達成した²⁾電気化学システムでは、PCR を行うことなく、電極近傍の反応変化を観察できるため、夾雑物の影響を受けることなく、テロメラーゼを迅速かつ高感度に検出することができる。がんでは 30% 以上の電流増加を示したが、健常者での電流増加は 20% 以下であった。本システムでは閾値を ROC 解析によって設定し、感度、特異度を算出したところ、それぞれ 93, 86% であった。また、口腔がんの進行度別に評価したところ、腫瘍サイズ 2 cm 以下の Stage I, II では 100%, 2 cm 以上の Stage III, IV では 95% でがんを判定することができた。本結果からも、ECTA は、口腔がんの初期スクリーニングに適している。

本システムに関しては、抗癌剤スクリーニングシステムへも展開された³⁾。指示薬として、FND ではなく、ヘキサアンミンルテニウム錯体が用いられた。この指示薬とクロノクローメトリー測定を利用することで、電極上の DNA 量を定量化することができる。本手法では、テロメラーゼによる伸長量を数

値化できるため、阻害剤の影響を伸長量で判断することができる。これによって、従来法では困難であったテロメラーゼによる阻害メカニズムの解明を実現した。本手法はテロメラーゼをターゲットにした薬剤スクリーニングに展開できると期待される。

2. 電気化学的遺伝子検出を利用した遺伝子の異常メチル化検出の試み

テロメラーゼの触媒活性因子である hTERT 遺伝子の異常メチル化によって、テロメラーゼが発現することが知られている。そこで、hTERT 遺伝子の異常メチル化を電気化学的ハイブリダイゼーションアッセイ法で検出することで、前がん病変からがんへの変異を迅速にとらえることができるのではないかとということが検討された⁴⁾。

検出指示薬として、2 本鎖 DNA に選択的に結合する FND が設計・合成された。検出方法は、以下のとおりである。メチル化遺伝子に相補的な遺伝子(24 塩基)を金電極表面に固定化した DNA チップを調整する。このチップに、前処理された口腔がん、白板症(前がん病変)、健常者由来の臨床サンプルを作用させた。この処理前後で電気化学測定を行い、電流増加率を評価した。その結果から、メチル化頻度の高い DNA をとらえる M4, M4', M5 プローブ固定化電極での応答の和で評価したところ、がん、白板症、健常者で、箱ひげ図の中央値としてそれぞれ 150, 90, 50% の電流増加率の和が得られた。これらは、統計解析によりそれぞれ異なる分布を示すことが示された。本システムの感度、特異度を算出したところ、それぞれ 95, 90% となった。遺伝子のメチル化は、がんの予後診断にも利用できるかと期待されていることから、本手法により早期発見だけでなく、予後診断にも利用できるかと期待される。

このように佐藤しのぶ君は、臨床診断水準の酵素および遺伝子の分析方法を確立した。特にがん癌診断において提案された方法は医用応用を目指したバイオ分析化学の発展に寄与するところが大きい。

(東京電機大学工学部 保倉明子)

文献

- 1) *Anal. Chem.*, **77**, 7304 ('05).
- 2) *Clin. Chem.*, **59**, 289 ('13).
- 3) *Anal. Chem.*, **83**, 7290 ('11).
- 4) *分析化学*, **66**, 437 ('17).

津村 ゆかり 氏

(Yukari TSUMURA
近畿厚生局麻薬取締部 鑑定課長)



岐阜県出身。1985年京都大学薬学部薬学科卒業、1987年京都大学大学院薬学研究科修士課程修了。1987年に国立衛生試験所大阪支所技官に就任後、国立衛生試験所が国立医薬品食品衛生研究所に改組され、国立医薬品食品衛生研究所大阪支所主任研究官を経て、2003年に近畿厚生局麻薬取締部鑑定官、近畿厚生局麻薬取締部神戸分室鑑定官、近畿厚生局麻薬取締部鑑定官及び四国厚生局麻薬取締部鑑定官を歴任、2015年東海北陸厚生局麻薬取締部鑑定課長、2016年より近畿厚生局麻薬取締部鑑定課長（現職）。1994年に「農産物の貯蔵及び加工過程における収穫後使用農薬の消長に関する研究」で社団法人日本食品衛生学会奨励賞受賞。京都大学より博士（薬学）の学位を授与。

【業績】

危険ドラッグ・残留農薬等健康安全に関わる分析技術の開発と分析化学の応用・普及への取り組み

津村氏は大学院修士課程を終了後、基礎研究よりも社会とのつながりが見えやすい仕事をしたいとの思いから厚生省(当時)の研究職を志望された。1987年から2003年までの16年間にわたり、国立医薬品食品衛生研究所(国立衛研、旧・国立衛生試験所)大阪支所で、残留農薬、食品汚染物、食品添加物等の分析法開発や実態調査研究を行った。1990年代前半に収穫後使用農薬が問題になると、収穫後のばれいしょ、かんきつ類等に散布された農薬が洗浄や加工によってどのように変化するか研究した。その成果によって日本食品衛生学会の奨励賞を授与された。また、残留農薬とその反応物の同時分析法の開発及び応用研究によって京都大学より博士(薬学)を授与されている。

津村氏はプラスチックの可塑剤であるフタル酸エステル類の各種食品中濃度を調査する過程で、特定の食品に高濃度のフタル酸ジエチルヘキシルが含有されていることを発見した。食品加工施設への立ち入り調査や検証実験を通じて、ポリ塩化ビニル(PVC)製使い捨て手袋及びホースが汚染源であることを解明した。この研究結果を受け、厚生省の審議会による検討を経てPVC製品の食品への使用は規制された。

国立衛研大阪支所の廃止に伴い津村氏は2003年に近畿厚生局麻薬取締部に異動し、現在までの約15年間、麻薬、覚せい剤、大麻、危険ドラッグ等の鑑定業務に従事されている。津村氏は新規薬物の鑑定法を検討して日々の鑑定を進めるとともに、解説の執筆や講演を通じて危険ドラッグ等の乱用薬物に関する知識を広めることに貢献した。また、コカインの簡易試験の正確さを向上させる研究、違法に栽培される大麻草中の精神作用成分濃度の実態調査等を行った。さらに国連の専門家委員会に参画してデートレイブドラッグの鑑定法ガイドライン策定に関わられた。

上記の研究及び鑑定業務の傍ら、津村氏は「図解入門 よくわかる最新分析化学の基本と仕組み」¹⁾²⁾を執筆した。この書籍は化学分析実務全般の解説書で、初版は10刷、21,500部を数え、第2版も4刷となっている。また、異分野の分析化学者3名と共に分析化学をテーマとする読み物「すべて分析化学者がお見通しです! —薬物から環境まで微量でも検出するスゴ腕の化学者」³⁾を上梓し、一般の読者に分析化学の面白さを伝えた。

上記のとおり津村氏は健康・安全に関わる分野において分析化学の進展に寄与するだけでなく、広く学生、社会人、異分野の専門家等に分析化学の意義や魅力を伝えることに大いに貢献されている。以下に主な業績の概要を記す。

1. 食品中の残留農薬分析法開発及び応用研究

津村氏は国立衛研において残留農薬の分析法開発、市販品の残留実態調査、農産物中の残留農薬の挙動等に関する研究を行った。多種類の農薬と共にそれらの分解物を同時に分析する方法を開発した。収穫後使用農薬が問題となったのを受け、津村氏は収穫後のばれいしょ、かんきつ類、さくらんぼ、そば、玄米に散布された農薬が洗浄や加工・調理によってどのように変化するか研究した。その成果によって1994年に社団法人

(現・公益社団法人)日本食品衛生学会の奨励賞を授与された⁴⁾。また、残留農薬とその反応物の同時分析法の開発及び応用研究によって1996年に京都大学より博士(薬学)を授与された⁵⁾。さらに、「食品衛生検査指針 残留農薬編」等の専門書の分担執筆を行った。

2. 食品中のフタル酸エステル類の濃度調査及び高濃度汚染の原因究明

津村氏は厚生省の研究班の一員としてフタル酸エステル類の各種食品中濃度を調査し、市販品及びレトルトベビーフードに高濃度のフタル酸ジエチルヘキシルが含有されていることを発見した。市販品加工施設への立ち入り調査を実施した結果、PVC製使い捨て手袋が汚染源である疑いが強まった。PVC製手袋を各種食品に接触させる検証実験の結果、油性食品に対して高濃度のフタル酸エステル類の移行が起り、消毒用エタノールを併用すると油性食品以外でも移行が起こることが判明した。厚生省の審議会による検討を経てPVC製手袋の食品への使用は禁止され、この措置の後には高濃度のフタル酸エステル類は検出されなくなった。また、ベビーフードについては業界との連携で製造装置のPVC製ホースが汚染源であることを究明した。厚生省によってPVC製ホースの油性食品への使用も禁止された。

3. 乱用薬物の鑑定法開発及び応用研究

津村氏は新規危険ドラッグの鑑定法を検討して日々の鑑定業務を行うとともに、その危険性や分析法に関する解説の執筆及び講演を行い、危険ドラッグをはじめとする乱用薬物と分析化学に関する知識を広めることに貢献した。現場において捜査官が行う簡易試験の中でコカインを対象とするScott試験は誤判定が起りやすいとされるが、津村氏は偽陽性・偽陰性が起こる条件を詳細に検討して正確な結果が導かれる条件を示した。また違法に栽培される大麻草中の精神作用成分の濃度が高まっていることが国連において問題になったことを受け、裁判終了後の証拠品の大麻の実態調査を行い、日本においても濃度が高まっていることを明らかにした。デートレイブドラッグに関して、被害者が摂取した飲料、被害者の尿・血液または毛髪等からγ-ヒドロキシ酪酸(麻薬)やベンゾジアゼピン類(向精神薬)等を検出することが犯罪の有効な証拠となるため、証拠品の収集や分析法に関する国連ガイドラインを作成することになった。津村氏は麻薬・向精神薬分析の専門家として2011年にウィーンで開催された国連の専門家委員会に参画し、日本の法規制や生体試料の分析法に関する情報を提供し、また分析法に関する意見を述べて、ガイドラインの策定に貢献した。

〔神奈川県理学部 西本右子〕

文 献

1) “図解入門よくわかる最新分析化学の基本と仕組み”, (秀和システム) (’09). 2) “図解入門よくわかる最新分析化学の基本と仕組み第2版”, (秀和システム), (2016). 3) “すべて分析化学者がお見通しです! —薬物から環境まで微量でも検出するスゴ腕の化学者”, (技術評論社), (2011). 4) 日本食品衛生学会奨励賞「農産物の貯蔵及び加工過程における収穫後使用農薬の消長に関する研究」(日本食品衛生学会第67回学術講演会, 1994年5月12日). 5) 「残留農薬とその反応物の同時分析法の開発及び応用研究」(学位論文, 京都大学, 1996).