

2006年度 フローインジェクション分析研究懇談会

各賞受賞者

2006年度 JAFIAの各賞受賞者が下記の通り決定し、2006年12月1日(金)に猿沢荘にて開催の第47回フローインジェクション分析講演会において表彰されました。

受賞者の方々の栄誉を称え、ますますのご健勝とご研究のご発展をお祈りいたします。

(1) FIA 学術賞

石井幹太 氏 (静岡福祉大学)

業績「新領域における先駆的フローインジェクション分析システムの開発」

佐藤生男 氏 (神奈川工科大学)

業績「固定化生体触媒を用いた高感度フローインジェクション分析法の開発」

(2) FIA 技術開発賞

倉橋健一 氏 (有限会社 倉橋技研)

業績「フローインジェクション分析用周辺機器の開発」

(3) FIA 論文賞

善木道雄 氏他 (岡山理科大)

Clean analytical methodology for the determination of lead with Arsenazo III by cyclic flow-injection analysis by M. Zenki, K. Minamisawa, T. Yokoyama, *Talanta*, 68, 281(2005).

O. Chailapakul *et al.*(Chulalongkorn Univ.)

Cost-effective flow cell for the determination of Malachite Green and Leucomalachite Green at a boron-doped diamond thin-film electrode by P. Ngamukot, T. Charoenpaks, O. Chailapakul, S. Motomizu, S. Chuanwatanakul, *Anal. Sci.*, 22, 111(2006).

平川絃司 氏他 (九州大学大学院)

Electrochemical Immunoassay for vitellogenin based on sequential injection using antigen-immobilized magnetic microbeads by K. Hirakawa, M. Katayama, N. Soh, T. Imato, *Anal. Sci.*, 22, 81(2006).

(フローインジェクション分析褒賞委員会)

石井 幹 太 君

Mikita ISHII
静岡福祉大学社会福祉学部教授



1947年大分県に生まれる。1973年東京都立大学大学院工学研究科修士課程修了。同年杏林短期大学衛生技術科教育助手、1979年杏林大学保健学部専任講師、1989年明治大学理工学部助教、1996年明治大学理工学部教授、2004年静岡福祉大学社会福祉学部教授、現在に至る。1987年工学博士(論文:東京都立大学)。1996年カナダ・ヨーク大学およびニュージーランド・カンタベリー大学客員教授(在外研究)。1996年日本分析化学会1995年度分析化学論文賞受賞、2002年The World Innovation Foundation Fellow。

[業績]: 新領域における先駆的フローインジェクション分析システムの開発

フローインジェクション分析(FIA)は迅速・簡便な汎用分析法として、多くの化学分野に発展普及してきた。FIAを一層発展普及させるには、新領域でのFIAの役割を明確にし、先駆的FIAシステムを開発する必要がある。石井幹太君は、新規な物理化学的機能を創案・創出し、新領域に対応した先駆的FIAシステムの研究を積極的に進め、新しいユニークなFIAシステムを開発して多くの業績を挙げている。以下に主な研究業績概要を述べる。

1. 化学的動的病態解析におけるFIAシステム開発

当該新領域では、膜分離法、特にガス化合物の膜透過現象とGC検出を利用した血液ガス分析用FIA/GC分析システムを開発した[1-3]。また、分離管を改良して高性能化を図り、尿中尿素[4]やアンモニア[5]の高感度・高選択的迅速簡便なFIAシステムを開発した。

2. 生体機能模擬化学におけるFIAシステム開発

当該新領域では、界面活性剤ミセル機能と1,10-フェナントロリン化学発光の併用で、銅(II)の高感度・高選択的FIAシステム[6]を開発し、白内障の病態解析[7]にも応用した。以下、ベシクル機能、色素増感機能などを巧みに利用しつつ流路構成を工夫し、各種分野で高感度・高選択的FIAシステムを開発した。①環境化学分野: シアン化物イオン[8-10]、過酸化水素[11]、二酸化硫黄および硫化水素[12]、②食品化学分野: 水素イオン[13]といり焼きコーヒー豆(業務用)の品質管理[14]、③医学科学分野: ヌクレオシドとその誘導体[15-16]、ヌクレオチド三リン酸[17]、アデノシン三リン酸[18]、2-フランカルボン酸[19]、④工業材料分野: 非水系水分[20]、テトラヒドロフラン[21]、希土類金属イオン[22]、高濃度硫酸[23]および茶[24]の分析法を確立した。

3. 超臨界流体化学におけるFIAシステム開発

当該新領域では、高圧高温に耐え得る堅牢なシステム設計が必要となる。超臨界流体(SCF)用に高圧セルを自作し、SCF自体を直接反応場とする化学発光検出SCF・FIAシステム[25]を開発した。また、高感度・高選択的ラク

トン用二酸化炭素SCF・FIAシステム[26-27]も開発した。

4. ゼロエミッション構想におけるFIAシステム開発

当該新領域では、基本的には廃棄物を排出しないシステム設計のコンセプトが求められる。シアン化物イオン[28]、チアミン[29]、アルミニウムイオン[30]およびヨウ化物イオン[31]用循環式FIAシステムを開発した。

5. 分析技術のスキルフリーにおけるFIAシステム開発

当該新領域では、鉄鋼分析でのスキルフリー化として、硫黄用高感度および簡便な化学発光検出FIAシステム[32]を、また福祉支援技術のスキルフリー化として、ヨウ化物イオン用吸光度検出循環式FIAシステム[31]や硫黄用高感度および簡便なFIAシステム[33]を開発した。

以上、石井幹太君の新領域における先駆的フローインジェクション分析システムの開発研究は、FIAのみならず、分析化学全般の進歩発展に寄与するところ顕著なものがある。

[フローインジェクション分析褒章委員会]

文献

- 1) 分析化学, 25, 561, 1976. 2) 分析化学, 25, 861, 1976. 3) 臨床病理, 26, 263, 1978. 4) 分析化学, 30, 342, 1981. 5) 分析化学, 31, 146, 1982. 6) 分析化学, 35, 373, 1986. 7) 分析化学, 35, 379, 1986. 8) 分析化学, 35, 542, 1986. 9) Anal. Lett., 19(16A), 159, 1987. 10) 分析化学, 35, 955, 1986. 11) 分析化学, 41, 125, 1992. 12) 分析化学, 41, 157, 1992. 13) 分析化学, 38, 53, 1989. 14) 分析化学, 38, T35, 1989. 15) Anal. Sci., 7, 873, 1991. 16) Anal. Sci., 8, 647, 1991. 17) 分析化学, 42, 183, 1993. 18) Anal. Sci., 9, 233, 1993. 19) Anal. Chim. Acta, 299, 269, 1994. 20) Anal. Sci., 7, 703, 1991. 21) 分析化学, 41, 433, 1992. 22) 日化誌, 11号, 1332, 1992. 23) 分析化学, 41, 617, 1992. 24) Anal. Sci., 11, 79, 1995. 25) 分析化学, 44, 91, 1995. 26) 日化誌, 7号, 845, 1993. 27) 分析化学, 42, 173, 1993. 28) 分析化学, 36, 316, 1987. 29) J. Flow Injection Anal., 15, 25, 1998. 30) FIA研究懇談会誌, 16(Supplement), 83, 2000. 31) 分析化学, 53, 827, 2004. 32) 鉄と鋼, 89, 102, 2003. 33) 分析化学, 53, 275, 2004.

佐藤 生男 君

Ikuo SATOH

神奈川工科大学工学部応用化学科 教授



1947年東京都北区に生まれる。1977年東京工業大学大学院理工学研究科化学工学専攻博士課程修了(工学博士)。1978年～1980年ルンド大学化学センター純正・応用生化学科博士研究員。1981年幾徳工業大学工学部工業化学工学科講師。1983年同助教授。1996年神奈川工科大学工学部応用化学科教授、現在に至る。1993年日本化学会誌編集委員、本FIA研究懇談会委員、編集幹事、電気化学会編集理事・会計理事・普及委員会正・副委員長、庶務理事等を歴任。

【業績】： 固定化生体触媒を用いた高感度フローインジェクション分析法の開発

佐藤生男君は、1974年に東京工業大学資源化学研究所鈴木周一教授の下で、酵素含有コラーゲン膜センサーの研究に着手した。モノヌクレオチド系補酵素に着目した酵素反応電池の出力を利用する乳酸塩の測定[1]や、水難溶性物質(血清脂質)の定量、さらに複合酵素系を利用したショ糖の測定など、酵素固定化コラーゲン膜と電気化学デバイスを巧みに組合せ、当時勃興期にあったバイオセンサの開発に取り組んだ[2]。その後、いち早く酵素リアクターを用いたFIAに移り、カロリメトリーを主とする一連の研究を展開した。以下主な研究の概要を紹介する。

1. フローカロリメトリックバイオセンシング：トリグリセリドやリン脂質[3]、コレステロールの簡易にして迅速な電気化学計測に引続き、スウェーデンにてルンド大学のMosbach教授、Danielsson博士のグループと共に準断熱式カロリメーターの開発を契機として、酵素反応に伴う熱量の精密計測を通じ、血清脂質[4,5]やリシン[6]、アスコルビン酸[7]、尿素[8]、ピロリン酸[9]、グルタミン[10]の計測あるいはカラムクロマトグラフィーにおける特異的検出器への応用[11]など、先導的研究を展開した。また、トリグリセリド[12]の計測に及ぼすアルブミンの活性化現象から、重金属イオンの微量計測を着想した。

2. 重金属イオンの酵素法による微量計測：金属酵素の反応機構に注目し、錯化剤の作用で得られるアポ酵素を重金属イオンの識別素子とする新規カロリメトリックバイオセンシング(アポ酵素活性化法)を創案し、一連の研究を展開した[13,14]。アルカリホスファターゼ[15-17]、カーボニックアンヒドラーゼ[18]、アスコルビン酸オキシダーゼ[19-22]、ガラクトースオキシダーゼ[23]、サーモリシン[24,25]等の加水分解、酸化還元酵素類を重金属イオンの識別素子に用い、熱量、吸光度、電位、電流計測を駆使した計測法に基づいて、亜鉛(II)、銅(II)、コバルト(II)イオン等の計測を例証した。

3. 気体成分に着目した生体関連物質の高感度バイオセンシング：酵素触媒反応には気体成分の消費、生成を伴う例が多数、知られている。これら気体を疎水性分離膜を使って効率的

に検出できるガス拡散デバイスを工夫し、また乳酸菌から分離・精製された酸性ウレアーゼを利用し、世界に先駆けて報告した[26-29]。さらにまた、キャリアー中の酸素ガス量を、簡易な電解デバイスの適用により倍化することに成功し、酸化酵素系の基質の計測範囲を拡大できることを実証した[30-32]。

なお、これらの研究成果は25篇以上の著書、総説、解説記事にまとめられている。

以上述べたように、佐藤生男君は、生体触媒、特に酵素固定化物を用いた生体関連物質の計測に関わり、その触媒機能を巧みに駆使すると共に機能追跡デバイスをも開発した。これら一連の先駆的研究はFIA法のみならず分析化学全般の発展に寄与するところ顕著なものがある。

【フローインジェクション分析褒賞委員会】

文献

- 1) *Bull.Chem.Soc.Jpn*, **48**(11), 3246, (1975), 2) "Biomedical applications of immobilized enzymes and proteins", Plenum Press, Vol.2, 177(1977), 3) *Anal. Chim. Acta*, **106**,243(1979), 4) *Sens. Actuators B*, **249** 5 (1991), 5) *Tech. Digest 17th Sensor Sym.*,2000, 77(2000), 6) *Proc. 19th Sensor Sym.*, 201, (2002), 7) *Ann. N. Y. Acad. Sci.* **864**, 492 (1988), 8) *Sens. Actuators B*, **5**, 241(1991), 9) *Anal. Chim. Acta*, **214**,409 (1979), 10) *ibid.*, **214**, 415 (1979), 11) *Anal. Biochem.*, **117**, 84 (1981), 12) *Anal. Chim. Acta*, **131**, 255 (1981), 13) *J. Flow Injection Anal.*, **8**(2), 111 (1991), 14) "Advances in Molecular and Cell Biology", **15B**, 461, JAI Press Inc. (1996) 15) *Biosens. Bioelectron.*, **6**(4), 375 (1991), 16) *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, **672**, 240 (1992), 17) *Denki Kagaku*, **58**(12), 1114 (1990), 18) *Proc. 6th Sens. Sym.*, 203, (1986), 19) *Denki Kagaku*, **58**(12), 1045 (1988), 20) *Proc. 2nd World Cong. Biosens.*, 183 (1992), 21) *Sens. Actuators B*, **13-14**, 162 (1993), 22) *ibid.*, **B24-25**, 103 (1995), 23) *ibid.*, **B1**, 499 (1990), 24) *Tech. Digest 8th Int. Conf. on Solid-State Sens. Actuators*, 462, Stockholm, (1995), 25) *Electrochem.*, **71**, 453 (2003), 26) *Sens. Actuators B*, **5**, 245 (1991), 27) *J. Flow Injection Anal.*, **19**, 133 (2002), 28) *IEEJ Trans.*, **SM**, **123**, 306 (2003), 29) *Talanta*, **64**(5), 1278 (2004), 30) *The Papers of Tech. Meet. on Chemical Sens.*, *IEE Jpn*, 123, (2003), 31) *Sens. Actuators B*, **91**,175 (1991), 32) *Electrochem.*, **70**, 37 (2002).

2006年度 日本分析化学会フローインジェクション分析研究懇談会
フローインジェクション分析技術開発賞

倉橋 健一

Ken-ichi KURAHASHI

有限会社 倉橋技研



1987年 京都府立乙訓高等学校卒業
1990年 大阪工業技術専門学校中退
同年、有限会社 倉橋技研入社
システム開発、機械設計、機器デザイン
に携わる。

【業績】

フローインジェクション分析用周辺機器
の開発

1. 吸光光度検出器

近年の発光ダイオード(LED)の技術革新や製品品質の向上は、FIA検出に大きな影響を及ぼしていることはいままでのない。この技術の進歩に注目し、LEDを光源とする吸光光度検出器の開発にいち早く着手、それまでHPLCなどの分野で利用されていた自社製精密恒温槽との融合で安定性に優れた検出器を製品化した。その後、同一光源を使って複数波長の吸光度を測定する検出器や、同じくひとつの光源で独立した二流路の吸光度が測定できる新規LED型検出器の開発など適応範囲が広がっている。

2. 波長選択型化学発光検出器

従来の化学発光検出器は、発光スペクトルの全波長にわたって検出できるもので、HPLCに広く利用されている。しかし、FIAにおいては選択的な定量を特徴としていることから、波長選択型の化学発光検出器が求められていたが、この開発にも積極的に取り組み、必要とする発光波長を簡便な方法で選択できる手法と、かつ応答の安定性を維持向上するための高精度な温度制御システムを組み合わせ、高感度で安定性に優れた製品を開発した。

3. 電気化学検出器

HPLCなどで流れ分析で利用される電気化学検出器については、日本国内でも非常

に早い時期に製品化を行い、その性能は特に高感度であるという点で他社の追随を許していない。研究現場での柔軟な対応とOEM供給によりこの分野での貢献は大きい。

4. 自動分析システムへの応用

個々の技術を集約した分析システムの開発も行っている。主にOEM供給品としてすでに実用化されているものも少なくない。フロースルー型イオン選択電極を検出部に用いたカリウム、塩化物イオン、ナトリウムの自動モニタリングシステムは無人・自動運転を目的に開発された。一方、前述のLED検出部を内蔵した排液中のアンモニアのモニタリング装置では、外部環境の変動にも耐えるためのハード、ソフト両面からの改良が施されている。さらにLED検出器を2つ装備した二成分同時分析システムの開発などでは、主としてハード面から産学連携事業をサポートしている。

以上、倉橋健一君による検出器を中心としたFIA周辺機器の開発は、特に現場で実際に活用されるシステムの構築に有益なものであり、この分野での発展に貢献できる顕著なものがある。

(フローインジェクション分析褒章委員会)

参考資料

- 1) 特許公開 2000-346798, 2) 特許公開平 11-304696, 3) Anal. Sci., 17, i895(2001),
- 4) 京都産業技術振興財団平成12年度研究開発助成事業認定企業

2006 年度 日本分析化学会・フローインジェクション分析研究懇談会 フローインジェクション分析論文賞受賞論文

論文題目：Clean analytical methodology for the determination of lead with Arsenazo III
by cyclic flow-injection analysis

(サイクリックフローインジェクション分析法によるアルセナゾⅢを用いる鉛
のクリーン定量法)

掲載誌：Talanta, 68, 281-286 (2005).

著者名：Michio Zenki, Kazuyoshi Minamisawa,
Takashi Yokoyama

(善木道雄・南澤一慶・横山 崇)

「受賞理由」並びに「論文概要」

本論文は、試薬溶液を繰り返し利用する循環式のフローインジェクション分析法 (FIA), すなわちサイクリック FIA に関する一連の研究の主たる論文の一つである。

FIA は、試薬の消費量が少ないという利点がある。しかしながら、試薬溶液は試料に対して大過剰の濃度に調製され、試料注入の有無にかかわらず常に系内に送液され、検出器を通過すると直ちに廃棄される。また試薬自身の大部分は、試料との反応に関与することなく廃棄を余儀なくされている。一方、測定によって生じる廃液は、たとえば有害物質の測定を考えると、有害物質は、試薬溶液やキャリアー溶液で希釈されて容積は増加し、またその濃度は著しく減少して、廃液処理には多大な労力と経費を要することになる。これを解決する最良の方法は、系を循環・封鎖系に構築することである。

サイクリック FIA を導入するには、一つの大きな問題がある。それは試料注入によって反応生成物が系内に蓄積し、バックグラウンドが上昇して測定が困難になることである。著者らは、可逆反応を巧みに利用することでこの難問を解決し、これまでに数々のサイクリック FIA を報告している。

本論文は、アルセナゾⅢを試薬として鉛(Ⅱ)を



連続定量・モニタリングする吸光検出サイクリック FIA に関するものである。アルセナゾⅢがスルホン酸基を持ち陽イオン交換樹脂に吸着されないことに着目して、汎用の陽イオン交換樹脂を充填したミニカラムを検出器の後に装着し、鉛をカラムに捕集し、フリーのアルセナゾⅢを再生し循環利用する方法を確立した。

本研究における大きな特徴と利点は、“クリーンな分析”という観点に立脚しているところである。すなわち、測定する試料も用いる試薬類も有害物質 (アルセナゾⅢは分子中に砒素原子を含む) であるというモデルケースとして捉え、サイクリック FIA を適用すれば、有害な試薬を循環利用して最少の試薬消費で、また有害金属 (鉛以外の重金属類) はミニ陽イオン交換樹脂カラムに捕集して系外には放散しない、ゼロエミッション構想に沿った分析法となっている。

本論文は、サイクリック FIA を用いる鉛の連続定量・モニタリング法を開発したばかりではなく、クリーンな分析法としての FIA の構築に大きな寄与をなすものと考えられ、今後この分野の指標となることが期待できる。

以上の理由により、本論文を 2006 年度 FIA 論文賞受賞に値するものと認め、選定した。

(FIA 論文賞褒章委員会)

Cost-Effective Flow Cell for Determination of Malachite Green and Leucomalachite Green at Boron-Doped Diamond Thin Film Electrode

Passapol Ngamukot*, Thiraporn Charoenraraks*, Orawon Chailapakul*,
Shoji Motomizu**, and Suchada Chuanuwatanakul*

*Department of Chemistry, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand

**Department of Chemistry, Faculty of Science, Okayama University, Okayama, Japan

Analytical Sciences, **22**, 111-116 (2006)

In a research group which have many researchers and students working in the same laboratory. The using of individual equipment would be the best way to prevent a cross-contamination problem. But some equipment is very expensive, e.g. the flow cells in flow injection – related technique. Because a commercial flow cell is very expensive, so the using of a homemade version would be an alternative choice when a limited budget is available. This paper describes a concept of using a cost-effective flow-based electrochemical analysis of malachite green (MG) and leucomalachite green (LMG) at a boron-doped diamond (BDD) thin film electrode.

Electrochemical methods are widely used in many applications because they are simple, fast and economical methods. The electrochemical detection of MG has been reported using carbon fiber microelectrode and Pt electrode as a working electrode and a counter electrode, respectively. However, the sensitivity and reproducibility of electrodes were poor because the electrode surface was contaminated by the fouling products and impurities. Boron-doped diamond thin film electrodes can be used to eliminate these problems. The unique properties of BDD electrodes are more attractive, including wide electrochemical potential window, very low background current and long-term stability of the responses



This is the first report for the electroanalysis of malachite green and leucomalachite green by using of BDD thin film electrode with the home made flow cell. This electrode exhibits excellent performance for the oxidative detection of both compounds. Well-defined voltammograms were obtained at BDD electrode, which exhibited high sensitivity, and demonstrated significant advantage over GC electrode. Flow injection analysis with amperometric detection using BDD electrode provides a linear concentration range of 0.1 – 100 μM and 0.8 – 80 μM for MG and LMG, respectively. The detection limit for both compounds is remarkably low (50 nM). The design of the homemade flow cell is simple, but provides the reliable results with the relatively low-cost. The results also indicate that BDD electrode has a potential to be used as a detector for other system such as HPLC.

2006 年度日本分析化学会・フローインジェクション分析研究懇談会

フローインジェクション分析論文賞論文

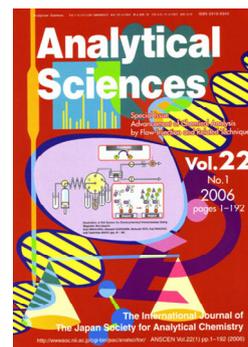
論文題目：Electrochemical Immunoassay for Vitellogenin Based on Sequential Injection
Using Antigen-immobilized Magnetic Microbeads

(抗原固定化磁気マイクロビーズを用いるシークエンシャルインジェクション法によるビテロジェニンの電気化学免疫測定)

掲載誌：Analytical Sciences, 22, 81-86 (2006).

著者名：Koji Hirakawa, Masaaki Katayama, Nobuaki Soh, Koji Nakano, Toshihiko Imato (平川紘司・片山雅章・宗伸明・中野幸二・今任稔彦)

所属：Department of Applied Chemistry, Graduate School of Engineering, Kyushu University (九州大学大学院工学研究院応用化学部門)



平川

宗

今任

中野

片山

近年、環境ホルモンによる環境水の汚染が懸念されており、環境水の汚染状況の把握が分析化学分野の緊急な課題となっている。環境水中に生息する種々の魚のうち、雄の魚が女性ホルモンであるエストロゲン類似の、例えばノニルフェノールやビスフェノール A のような環境ホルモンと疑われている物質に被曝すると、雌の魚が特有にもつビテロジェニンというタンパク質が雄の魚の体内で産生されることが知られている。したがって、雄の魚中に存在するビテロジェニンが環境水汚染の一つのバイオマーカーとなることが分かってきた。そこで、ELISA 法によるこのバイオマーカーを測定して、環境水の汚染状況を調査する試みがなされている。ELISA 法は多検体の同時分析には大変有効な方法であるが、操作が煩雑で分析に時間がかかることが問題とされ、更なる迅速化と自動化が望まれている。

本論文では、ELISA 法に代わる方法として、この環境水汚染のバイオマーカーであるビテロジェニンを迅速、簡便、高感度に測定する方法を開発している。すなわち、磁気マイクロビーズ表面に抗原を固定化した担体を、流れを利用して磁石を備えた免疫フローセルに導入し、このセルの中で免疫反応とそれに続く酵素反応を行わせ、酵素反応生成物を下流に設置した電気化学検出器で測定する電気化学/免疫測定法を開発して、ビテロジェニンの計測に応用している。シークエンシャルインジェクション法を採用することにより、多くの複雑な免疫測定の操作の自動化を図り、簡便で迅速な免疫測定法を実現している。

ビーズを利用する流れ分析法では、従来、ビーズをフローセルに保持するためにジェットリングセルが用いられているが、本論文で開発された方法では、ビーズとして磁気ビーズを利用し、これを磁石で捕捉する免疫フローセルを開発している点、極めて画期的である。従来、ビーズ保持のためのジェットリングセルとしては、溶液のみが流出できるような間隙を持つ精密なフローセルが要求されていた。また、ジェットリングセルの調整にはかなりの熟練が必要である。これに対して、本論文で開発されたフローセルは、極めて容易にビーズを捕捉・排出することが可能となっている。この方法は広い汎用性をもち、免疫測定法のみならず、固相を反応場とする多くの分析法に適用できる可能性を持つものと期待される。

以上の理由により、本論文を 2006 年度 FIA 論文賞受賞論文に値するものと認め、選定した。なお、本論文は Analytical Sciences 22 巻 1 号の表紙のイラストに採用されている。

(フローインジェクション分析褒章委員会)

関係論文

- 1) Nobuaki Soh, Hideshi Nishiyama, Yasukazu Asano, Toshihiko Imato, Takashi Masadome, Youichi Kurokawa, Talanta, 64, 1160-1168 (2004).
- 2) RuiQi Zhang, Koji Hirakawa, Daisuke Seto, Nobuaki Soh, Koji Nakano, Takashi Masadome, Kazumi Nagata, Kazuhira Sakamoto, Toshihiko Imato, Talanta, 68, 231-238 (2005).
- 3) Koji Hirakawa, Masaaki Katayama, Nobuaki Soh, Koji Nakano, Hiroki Ohura, Sumio Yamasaki, Toshihiko Imato, Electroanalysis, 18, 1297-1305 (2006).