

ぶんせき ⑨

Bunseki 2025

The Japan Society for Analytical Chemistry



日本分析化学会

<https://www.jsac.jp>

紫外可視分光光度計
UV-VIS Spectrophotometer

UV-i Selection

UV-i Selectionが実現する
3つの価値

● *intelligence*

繰り返し作業から解放し
品質管理を効率化

● *informatics*

解析作業の省力化と
データ管理の強化

● *innovation*

ハイスループット測定で
業務効率を改善



 UV-1900i Plus



 UV-2600i/2700i Plus



UV-3600i Plus



SolidSpec-3700i

A Reliable Partner

分光光度計の測定でお客様の働き方改革はできないだろうか。そんな想いから、UV-i SelectionとLabSolutions UV-Visが生まれました。



ぶんせき Bunseki 2025 Contents 9

目次

とびら	「愛読誌」を目指して／稲川 有徳 267
入門講座	分析におけるコンタミネーション・キャリーオーバー対策 メタボローム分析において気をつけること／馬場 健史 268
解説	発光スペクトルを正しく測るために心がけること／吉田 将己 273
ミニファイル	分析用試薬 純水／江川 暁 281
技術紹介	冷媒蒸発抑制装置 —希少資源ヘリウムの持続的利用を目指して— ／笹川 拓明 283
トピックス	UV/Visible Diffusion-Ordered Spectroscopy : 分子サイズと電子吸収の同時検出／宮田 潔志 287
リレーエッセイ	香りを測る, 感覚をつなぐ／白土 英樹 288
表彰	2025 年度日本分析化学会 学会賞・技術功績賞・ 奨励賞・先端分析技術賞・女性 Analyst 賞 289
ロータリー	————— 301 談話室：北海道における共同分析の取り組み／インフォメーション：中国四国支部だより —第 31 回中国四国支部分析化学若手セミナー—；第 407 回液体クロマトグラフィー研究懇談会；第 408 回液体クロマトグラフィー研究懇談会；第 391 回ガスクロマトグラフィー研究会；第 92 回日本分析化学会有機微量分析研究懇談会 第 128 回計測自動制御学会力学量計測部会 第 42 回合同シンポジウム；「X 線分析の進歩」論文賞；第 409 回液体クロマトグラフィー研究懇談会；／執筆者のプロフィール

〔論文誌目次〕	309
〔お知らせ〕	M1
〔カレンダー〕	iii

〔広告索引〕	A5
〔ガイド〕	A6

放射能測定信頼性を確保する放射能標準物質を開発 —大豆およびしいたけ放射能分析用認証標準物質—

(公社)日本分析化学会では、2011年3月の原発事故により広く飛散した放射性物質の放射能濃度を信頼性高く定量するための認証標準物質を開発し頒布中である。開発された標準物質は、国内の信頼ある分析機関の計量トレーサビリティが確保された測定機により求められた値に基づく共同分析により JIS Q0035(ISO ガイド 35)に準拠して認証値および不確かさが決定された。

1) 放射能分析用大豆認証標準物質

(低濃度 : JSAC 0761, 0762, 0763, 高濃度 : JSAC 0764, 0765, 0766)

○認証値と拡張不確かさ U (包含係数 $k = 2$) 基準日 : 2013年2月1日

	低濃度	高濃度
^{134}Cs 放射能濃度 (Bq/kg) :	37.1 ± 2.6	190 ± 11
^{137}Cs 放射能濃度 (Bq/kg) :	68.2 ± 4.6	345 ± 19
^{40}K 放射能濃度 (Bq/kg) :	619 ± 60	613 ± 40

○充填容器と価格

JSAC 0761, 0764:U8 容器(50 mm 高さ) 20,000 円, JSAC 0762, 765:100 mL 容器 20,000 円,
JSAC 0763, 0766:1 L 容器 100,000 円 (価格はいずれも本体価格、送料込み・消費税別)

2) 放射能分析用しいたけ認証標準物質

(低濃度 : JSAC 0771, 0772, 0773, 高濃度 : JSAC 0774, 0775, 0776)

○認証値と拡張不確かさ U (包含係数 $k = 2$) 基準日 : 2013年12月1日

	低濃度	高濃度
^{134}Cs 放射能濃度 (Bq/kg) :	99 ± 9	225 ± 15
^{137}Cs 放射能濃度 (Bq/kg) :	233 ± 20	533 ± 34
^{40}K 放射能濃度 (Bq/kg) :	707 ± 53	633 ± 50

○充填容器と価格

JSAC 0771, 0774:U8 容器(50 mm 高さ) 20,000 円, JSAC 0772, 0775:100 mL 容器 20,000 円,
JSAC 0773, 0776:1 L 容器 100,000 円(価格はいずれも本体価格、送料込み・消費税別)

* 内容に関する問い合わせ先 : (公社)日本分析化学会 標準物質係 TEL : 03-3490-3351, FAX : 03-3490-3572, E-mail : crmpt@ml.jsac.or.jp, <http://www.jsac.jp/srm/srm.html/>

* 頒布に関する問い合わせ先 : 西進商事(株)東京支店, TEL:03-3459-7491, FAX:03-3459-7499, E-mail : info@seishin-syoji.co.jp, <http://www.seishin-syoji.co.jp/>



写真左 U8 容器(50 mm 高さ) 写真右, 100 mL 容器, 1 L 容器に充填された大豆認証標準物質

カレンダー

2025 年

9月 4・5日	特定放射光施設シンポジウム 2025 特定放射光施設の協奏的發展 [東北大学青葉山コモンズ].....(8号 M8)
9月 6・7日	令和7年度化学系学協会東北大会 [山形大学米沢キャンパス].....(4号 M5)
9月 11~13日	2025年鉄鋼分析国際会議 2025 International Conference for Analysis in Steel Industry [徳島大学常三島キャンパス].....(7号 M7)
9月 12日	2025年度LC/MS分析士二段認証試験 [島津製作所東京支社イベントホール].....(5号 M5)
9月 12日	講演会「PFAS規制対応と代替材料開発」[オンライン].....(7号 M7)
9月 14~16日	第28回XAFS討論会 [KEKつくばキャンパス小林ホール].....(8号 M8)
9月 14~19日	The 7th Asia-Pacific Symposium on Radiochemistry [島根県立産業交流会館くまびきメッセ].....(12号 M4)
9月 17~19日	2025年度日本地球化学会第72回年会 [東北大学川内北キャンパス (B棟)].....(8号 M8)
9月 19日	第410回液体クロマトグラフィー研究懇談会 [日立ハイテクアナリシスサイエンスソリューションラボ東京].....(8号 M6)
9月 20・21日	第36回日本微量元素学会学術集会 [京都薬科大学躬行館].....(8号 M8)
9月 22~25日	第76回コロイドおよび界面化学討論会 [千葉大学西千葉キャンパス].....(6号 M3)
9月 22~10/8日	電気化学セミナー B: 初心者のための電気化学測定法—実習編 [オンデマンド].....(M 4)
9月 23日	第24回生涯分析談話会 [北海道大学工学部].....(8号 M6)
9月 24~26日	第61回熱測定討論会 [横浜国立大学常盤台キャンパス].....(M 4)
9月 24~26日	日本分析化学会第74年会 [主会場: 北海道大学工学部 懇親会: 札幌グランドホテル].....(8号 M10)
9月 26日	25-3 ポリマーフロンティア 21【ソフト薄膜・表面の精密構造解析】[オンライン].....(8号 M9)
9月 30日	腐食防食部門委員会第362回例会 [大阪府教育会館たかつガーデン地下1階オーリーブ].....(M 4)
10月 6~9日	第11回材料WEEK [京都テラサ].....(7号 M7)
10月 7日	2025年度LC/MS分析士初段認証試験 [①東京会場: 島津製作所東京支社イベントホール②京都会場: 島津製作所本社研修センター].....(5号 M6)
10月 7・8日	入門触媒科学セミナー [大阪科学技術センター 4階 405号室].....(7号 M6)
10月 15~17日	第74回ネットワークポリマー講演討論会 [KDDI 維新ホール].....(5号 M7)
10月 18日	生物発光化学発光研究会第40回学術講演会『生物発光化学発光の多様な展開』 [産業技術総合研究所関西センター].....(M 4)
10月 20~22日	2025年日本表面真空学会学術講演会 (JVSS2025) [つくば国際会議場].....(M 9)
10月 22・23日	第71回ポラログラフィーおよび電気分析化学討論会 [ANA ホリディ・イン リゾート宮崎].....(M 9)
10月 24日	第412回液体クロマトグラフィー研究懇談会 [島津製作所東京支社イベントホール].....(M 2)
10月 24日	プラズマ分光分析研究会第126回講演会—様々な分析に用いられるプラズマ分光分析技術— [Shimadzu Tokyo Innovation Plaza].....(M 5)
10月 25・26日	日本腐植物質学会第41回講演会および総会 [岡山理科大学 50周年記念館].....(M 5)
10月 27日	第257回西山記念技術講座「カーボンニュートラル社会実現のためのエネルギー材料における科学基盤と開発最前線」[大阪/CIVI 研修センター新大阪東 7階 E705会議室].....(4号 M6)
10月 29・30日	連合年会 2025 (第38回日本イオン交換研究発表会・第44回溶媒抽出討論会) [秋田拠点センターアルヴェ].....(8号 M9)
10月 30・31日	第61回X線分析討論会 [水戸市民会館].....(M 3)
10月 31日	第38回新潟地区部会研究発表会 [新潟大学五十嵐キャンパス物質生産棟 161 演習室, 1F 展示スペース].....(8号 M7)
10月 31日	有機フッ素化合物等の化学物質を巡る課題と技術革新の現在地—環境と産業の共生を支える測定・処理・管理技術の最前線— [産業技術総合研究所臨海副都心センター・オンライン].....(8号 M9)
10月 31/11/1日	分離技術会年會 2025 [日本大学理工学部駿河台校舎 1号館].....(M 5)
11月 4日	第4回標準化セミナー [ろ布および乾式ろ過集じん装置の性能評価試験の標準化とその応用展開] [ウインクあいち].....(M 5)
11月 6・7日	ナノ材料の総合分析講習 [大阪工業大学大宮校区].....(8号 M7)
11月 7~10日	第41回シクロデキストリンシンポジウム・第12回アジアシクロデキストリン国際会議 (合同開催) [12th Asian Cyclodextrin Conference in Conjunction with the 41st National Cyclodextrin Symposium, Japan [同志社大学今出川キャンパス].....(2号 M3)
11月 12日	第54回薄膜・表面物理基礎講座 (2025) [自動計測・自律実験とデータ駆動型解析による薄膜表面物理の新展開] [東京理科大学神楽坂キャンパス森戸記念館 (第2フォーラム)].....(M 5)
11月 12・13日	第38回日本吸着学会研究発表会 [J:COM ホルトホール大分].....(M 9)
11月 12~14日	第41回近赤外フォーラム [東京大学弥生講堂].....(6号 M3)
11月 12~14日	第46回超音波エレクトロニクス基礎と応用に関するシンポジウム [The 45th Symposium on UltraSonic Electronics [くまびきメッセ].....(6号 M3)
11月 12~14日	第15回イオン液体討論会 [千葉大学けやき会館].....(M 5)
11月 13~15日ほか	KISTEC Innovation Hub 2025 研究成果発表交流会 [KISTEC 海老名本部, 産業貿易センタービル, LiSE].....(M 5)
11月 14日	日本希土類学会第43回講演会 [崎陽軒本店会議室 1号室].....(M 5)
11月 17日	第258回西山記念技術講座「カーボンニュートラル社会実現のためのエネルギー材料における科学基盤と開発最前線」[東京/鉄鋼会館会議室].....(4号 M6)
11月 19・20日	第30回高分子分析討論会 (高分子の分析及びキャラクタリゼーション) [明治大学駿河台校舎].....(4号 M6)
11月 26日	第76回白石記念講座 鉄鋼業への貢献が期待されるCCUS技術 (1) —CO ₂ 分離回収・炭素循環技術— [鉄鋼会館会議室].....(7号 M7)
11月 27・28日	日本膜学会「膜シンポジウム 2025」“膜を究める” [関西大学 100周年記念会館].....(M 5)
12月 9日	新アミノ酸分析研究会第15回学術講演会 [味の素川崎事業所クライアント・イノベーション・センター (CIC)].....(M 5)
12月 5日	第19回茨城地区分析技術交流会 [水戸市民会館南側 3階大会議室および2階展示室].....(M 3)
12月 12日	第63回高分子と水に関する討論会 [東京都市大学世田谷キャンパス].....(7号 M7)
12月 17日	第414回液体クロマトグラフィー研究懇談会 [島津製作所東京支社イベントホール].....(M 3)
2026 年	
1月 28~30日	nano tech 2026 第25回国際ナノテクノロジー総合展・技術会議 [イノベーションで未来のビジネスを拓く [東京ビッグサイト].....(7号 M7)
6月 6・7日	第23回ホスト-ゲスト・超分子化学シンポジウム (SHGSC 2026) [分子化学と生物機能分子をつなぐ超分子化学—分子認識から生命機能発現・応用まで] [大阪大学豊中キャンパス].....(8号 M9)

放射能測定信頼性を確保する放射能標準物質を開発 —牛肉および魚類放射能分析用認証標準物質—

(公社)日本分析化学会では、2011年3月の原発事故により広く飛散した放射性物質の放射能濃度を信頼性高く定量するための認証標準物質を開発し頒布中である。開発された標準物質は、国内の信頼ある分析機関の計量トレーサビリティが確保された測定機により求められた値に基づく共同分析により JIS Q0035(ISO ガイド 35)に準拠して認証値および不確かさが決定された。

1) 放射能分析用牛肉認証標準物質

(低濃度: JSAC 0753, 0754, 高濃度: JSAC 0751, 0752)

○認証値と拡張不確かさ U (包含係数 $k = 2$) 基準日: 2012年11月19日

	低濃度	高濃度
^{134}Cs 放射能濃度 (Bq/kg):	63 ± 6	174 ± 12
^{137}Cs 放射能濃度 (Bq/kg):	106 ± 9	297 ± 20
^{40}K 放射能濃度 (Bq/kg):	283 ± 54	276 ± 46

○充填容器と価格

JSAC 0753, 0751:100 ml 容器用 20,000 円, JSAC 0754, 752:1 L 容器用 100,000 円 (価格はいずれも本体価格、送料込み・消費税別)

2) 放射能分析用魚類認証標準物質

(魚肉: JSAC 0781, 0782, 0783, 魚骨: JSAC 0784, 0785)

○認証値と拡張不確かさ U (包含係数 $k = 2$) 基準日: 2014年11月1日

	魚肉	魚骨
^{134}Cs 放射能濃度 (Bq/kg):	62 ± 5	141 ± 10
^{137}Cs 放射能濃度 (Bq/kg):	196 ± 14	445 ± 29
^{40}K 放射能濃度 (Bq/kg):	349 ± 29	783 ± 43
^{90}Sr 放射能濃度 (Bq/kg):	—	11.5 ± 1.2

○充填容器と価格

JSAC 0781:U8 容器(50 mm 高さ) 20,000 円, JSAC 0782, 0785:100 mL 容器 20,000 円, JSAC 0783:1 L 容器 100,000 円, JSAC 0784:U8 容器は 1 回 5,000 円のレンタル品(価格はいずれも本体価格、送料込み・消費税別)

* 内容に関する問い合わせ先: (公社)日本分析化学会 標準物質係 TEL: 03-3490-3351, FAX: 03-3490-3572, E-mail: crmpt@ml.jsac.or.jp, <http://www.jsac.jp/srm/srm.html/>

* 頒布に関する問い合わせ先: 西進商事(株)東京支店, TEL: 03-3459-7491, FAX: 03-3459-7499, E-mail: info@seishin-syoji.co.jp, <http://www.seishin-syoji.co.jp/>



写真左 ポリエチレン袋に装填された牛肉認証標準物質



写真右 U8 容器(50 mm 高さ), 100 mL 容器, 1 L 容器に充填された魚肉認証標準物質

MassWorks™ Version 7.0

質量分析計の性能を限界まで引き出します

これまでのバージョンで築き上げられた実績をさらに進化させ、MassWorks™ 7.0 は、取得後のデータ処理に特化した使いやすいソフトウェアパッケージとして登場しました。本製品は、Cerno社が特許を取得している TrueCal™ 技術を採用し、ユニット質量分解能の一般的な質量分析計においても、高い質量精度とスペクトル精度を実現し、CLIPSTM フォーミュラサーチ機能により元素組成の同定を可能にします。さらに、MassWorks の sCLIPSTM および BestScan™ sCLIPS 機能は、標準物質を使用することなく正確なピーク形状補正を行うことで、高いスペクトル精度を提供します。

CLIPS検索により、ユニット分解能のGC及びLC/MS機器で正確な質量式検索が可能になります。

CLIPS (Calibrated Line-shape Isotope Profile Search) は、比類のない質量精度と最高のスペクトル精度を組み合わせ、四重極 MS を最大限に活用します。

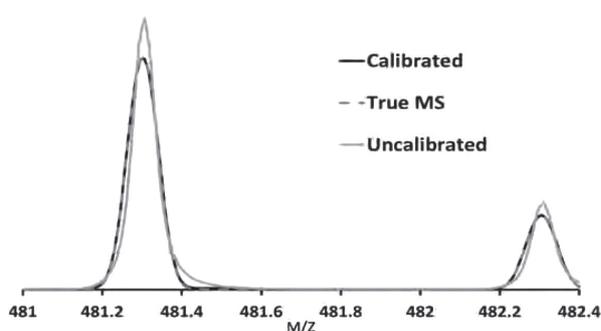
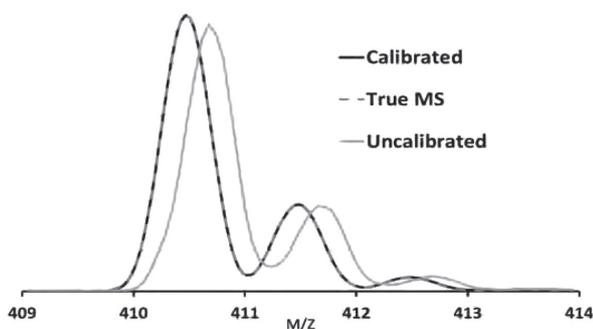
- 質量精度が 0.x Da から 0.00x Da まで 100 倍向上
- クロマトグラフィー時間スケールで 99% を超えるスペクトル精度を実現
- 低分解能の装置でも正確な 化学式ID が可能
- 未分離 MS 信号の強力な混合分析

MassWorks は、強力な TrueCal キャリブレーション技術を搭載しており、ユニット分解能システムにおいて質量精度を最大100倍向上させることができます。さらに、高分解能およびユニット分解能の両方のシステムで、最大99.9%のスペクトル精度 (Spectral Accuracy) を実現します。この高速かつ柔軟なMSアプリケーションソフトウェアパッケージは、質量精度とスペクトル精度を組み合わせることで、あらゆる種類のMSデータ (高分解能・低分解能の両方) に対し、Cernoの解析手法によって大幅な改善をもたらします。

高分解能MSのsCLIPS検索では、校正化合物を必要とせず、化学式IDのスペクトル精度を大幅に向上させます。

sCLIPS (自己校正線形同位体プロファイル検索) を使用すると、高解像度の TOF、Orbitrap、または FT-ICR を最大限に活用できます。

- 独自の特許取得済みセルフキャリブレーションプロセス
- 数学的に正確な同位体モデリング
- 適切に設計および運用されたシステムで達成可能な 99% 以上のスペクトル精度
- 化学式ID の質量精度を超える
- 最大 95~99% の誤った式を排除可能
- 未解決の MS 信号による強力な混合物分析



New for MassWorks Version 7

MassWorks バージョン 7 は、処理速度が向上し、安定性も高まった 64 ビット Windows アプリケーションとして新たに登場しました。更新されたファイルリーダーにより、MassWorks はほとんどの主要ベンダーのデータを直接読み込むことが可能になり、さらに業界標準の NetCDF 交換形式にも対応しました。また、多くの新機能の一つとして、「MassLab™」アプリが追加されました。これらのカスタムアプリは Python または Matlab により作成でき、たとえば高分子特性評価用の新しい機能「SAMMI™」を MassWorks に追加することができます。SAMMI™ は、従来の四重極アルゴリズムに比べて最大 30 倍の高精度を実現し、高分解能機器に匹敵する精度を提供します。

cerno
BIOSCIENCE

ST.JAPAN INC.

株式会社 エス・ティ・ジャパン
URL: <https://www.stjapan.co.jp>

東京本社 /
〒103-0014 東京都中央区日本橋蛸殻町1-14-10
TEL: 03-3666-2561 FAX: 03-3666-2658

大阪支店 /
〒540-6127 大阪府大阪市中央区城見2-1-61 ツイン21 MIDタワー
TEL: 06-6949-8444 FAX: 06-6449-8445

分析化学教育用ビデオ(DVD版)

●好評をいただいたビデオシリーズをDVDとしました



好評
発売中

全4巻

監修：公益社団法人日本分析化学会

定価
(各巻)

[一般] 30,000円(税別, 送料込)

[(公社)日本分析化学会会員]
25,000円(税別, 送料込)

現在お持ちのビデオを返送いただいた方は
10,000円(税別, 送料込)

1巻
17分

容量分析法

容量分析の原理
標準溶液の作り方
器具の操作方法

中和滴定の操作方法
酸化還元滴定の操作方法
滴定の応用



[1巻] 容量分析の原理

2巻
22分

吸光光度分析法

溶液の色は、溶けているものと
どんな関係?
吸収の大きさと、溶液濃度
及びセルの長さとの関係は?
吸光度の測定方法と
装置の操作方法は?

精度の高い吸光光度定量を
行うための留意点は?
吸光光度法の特色は?
どのような所で使われているのか?



[2巻] 吸光度の測定方法と
装置の操作方法は?

3巻
18分

ガスクロマトグラフ分析法

クロマトグラフィーとは
クロマトグラフィーの原理
クロマトグラムの読み方

ガスクロマトグラムの構造
分析操作
定性分析と定量分析



[3巻] クロマトグラフィーとは



[6巻] プラズマへの試料導入

6巻
27分

ICP 発光分光分析法

発光分光分析の原理
発光分光分析装置
ICPについて

プラズマへの試料導入
スペクトル干渉
分析操作

お問い合わせ・ご注文は

(公社)日本分析化学会 教育用ビデオ係

〒141-0031

東京都品川区西五反田 1-26-2 五反田サンハイツ 304号

Tel 03-3490-3351

Fax 03-3490-3572

Mail dvds@jsac.or.jp

標準物質



標準物質とは

分析機器の校正、性能向上
分析技術の進歩、確立
分析対象物の値づけ

に用いられます。

より正確な分析データを求めるには、高い信頼性のある標準物質を御使用下さい。

標準物質は以下の分野に数多くあります。

- | | | |
|------------|-------------|----------|
| ・環境、生体、食物 | ・ガラス、セラミックス | ・粘度、密度 |
| ・石炭、石油(燃料) | ・有機、無機分析 | ・比表面積、粒径 |
| ・残留農薬 | ・薬局方試料、臨床化学 | ・X線分析各種 |
| ・金属、鉱石、鉱物 | ・抗血清 | ・放射能、核物質 |
| ・ガス分析 | ・高分子(ポリマー) | ・光学分析各種 |
| ・安定同位体 | ・熱分析各種 | ・度量衡 |

☆世界の代表的な標準物質製造・作成者一覧☆

NIST(NBS)/NATIONAL INSTITUTE OF STD. & TEC.	標準物質一般
LGC/LABORATORY OF THE GOVERNMENT CHEMIST.	標準物質一般
BCR/COMMUNITY BUREAU OF REFERENCE	標準物質一般
BAS/BUREAU OF ANALYSED SAMPLES LTD.	金属
SP ² /SCIENTIFIC POLYMER PRODUCTS INC.	ポリマー
PL/POLYMER LABORATORIES LTD.	ポリマー
μM/MICRO MATTER CO.	けい光X線用薄膜
IAEA/INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY	生体・環境
NANOGEN/NANOGENS INTERNATIONAL	農薬(溶液、原体)
CANMET/CANADA CENTRE FOR MINERAL & ENERGY TEC.	鉱石・鉱物
NRCC/NATIONAL RESEARCH COUNCIL CANADA	水質環境用標準物質
ONL/OAK RIDGE NATIONAL LABORATORY	安定同位体
KENT/KENT LABORATORYS	抗血清
DSC/DUKE SCIENTIFIC CORPORATION	球型、表面積
EP/EUROPEAN PHARMAPOEIA	医薬品
USP/U.S.P. REFERENCE STANDARDS	医薬品
BP/BRITISH PHARMAPOEIA	医薬品
NIES/国立環境研究所	環境・生体

ここに記載されている他にも、多数の標準物質を取り扱っております。
カタログ及び資料希望、お問い合わせについては下記へご連絡下さい。

GSC 株式会社 ゼネラルサイエンスコーポレーション

〒170-0005 東京都豊島区南大塚3丁目11番地8号 TEL.03-5927-8356 (代) FAX.03-5927-8357
ホームページアドレス <http://www.shibayama.co.jp> e-mail アドレス gsc@shibayama.co.jp

JASCO

Designed for you

ユーザーの声を形にした旋光計



P-4000 series

旋光計 / Polarimeter

New

薬局方に準拠した正確な測定をしたい

- ・輝線光源を使った $[\alpha]_D$ の測定
- ・連続光源使用時の補正機能を搭載

データを正しく管理したい

- ・ユーザー管理機能搭載
- ・DIをサポートするソフトウェアを選択可能

設置場所を省スペースにしたい

- ・旧機種よりコンパクトなA3サイズ相当の筐体
- ・装置+制御部の一体型設計

簡単に使いたい

- ・直感で操作できるタッチパネル
- ・少量の試料も注ぎやすいオリジナルセル
- ・試料の温度調整・温度計測の両機能を標準搭載

最適なコンディションを維持したい

- ・ISO/IEC 17025 認定の校正を行った旋光板による確認
- ・日常点検機能の搭載
- ・酸性試料に対する優れた耐久性

光と技術で未来を見つめる

日本分光

日本分光株式会社

〒192-8537 東京都八王子市石川町2967-5
TEL 042(646)4111(代)

日本分光の最新情報はこちらから

<https://www.jasco.co.jp>

日本分光HP



JASCO

JASCOは日本分光株式会社の登録商標です。
本広告に記載されている装置の外観および各仕様は、
改善のため予告なく変更することがあります。

「愛読誌」を目指して



稲川 有徳

機関誌「ぶんせき」は1975年に当時の「分析化学 (Japan Analyst)」誌の再編により産声を上げました。同年1号の巻頭言では、当時の武内次夫会長が「本会と会員とを結びつける重要な役割をはたすこととなります」と述べています。内容も、「入門講座」, 「解説」, 「話題」, 「こんにちは」などといった今も脈々と続く記事をはじめ、国内外の分析化学に関する論文誌のタイトルサービスなども掲載されています。広告も50社以上掲載されており、いかに「ぶんせき」が会員各位にとって重要な情報源であったことが分かります。

創刊から50年、現在では、^{ぎよくせきこんこう}玉石混淆ではあるものの、検索エンジンや生成AIを利用すればいくらかでも欲しい情報を手に入れられます。図書館でChemical Abstractを用いて文献を探した時代は遠い昔となり、文献検索サイトでキーワードさえ打ち込めば目的の論文に簡単にたどり着けるようになりました。情報源が紙媒体から電子媒体に移ったいま、「ぶんせき」にできること、求められていることを再考するフェーズに入ったのかもしれません。

過日の第85回分析化学討論会の3誌合同展示ブースでは初めて読者アンケートを実施しました。「ぶんせき」を読んでいるという暖かい励ましがあつた一方で、記事の改善や提案も多くみられました。編集委員会でも、いただいたご意見に耳を傾け、新たな記事の獲得や企画の立案を進めることを検討しております。「ぶんせき」の価値を高めるためには何をすべきなのか、編集委員会の大きな課題の一つです。「入門講座」や「解説」は初学者や企業研究者からの支持が強く、今後も充実させていきます。その一方で、会員間の交流を潤滑にするという観点から、「コミュニティー・研究者」が分かる記事も必要なのではないかというご意見もありました。「情報源」と「会員交流のハブ」の両方が「ぶんせき」の役割であることを改めて認識しています。顔を合わせなくても会議や学会ができるようになった今だからこそ、「ぶんせき」の原点に回帰したいと思うのです。

「ぶんせき」には、これまでの諸先輩方が築き上げてきた日本の分析化学界の歩みが記録されています。そこには知識のみならず研究のヒント、そして研究者としての生き方も垣間見えます。何かあつたら真っ先に「ぶんせき」を手取る。何回も読んでしまう。そして老若男女問わず「分析化学の環」ができる。そんな「愛読誌」を目指して、編集委員会一丸となり業務を遂行したいと決意するこの頃です。

〔INAGAWA Arinori, 宇都宮大学工学部, ぶんせき編集副委員長〕

メタボローム分析において 気をつけること

馬場 健史

1 はじめに

近年の次世代シーケンサーや質量分析などの分析装置、技術のめざましい発展により、DNA、mRNA、タンパク質、代謝物の包括的な解析が行えるようになり、それぞれの総体（オーム）を解析するオミクス（オーム解析）が盛んに実施されている。従来の対象を限定した「仮説検証型アプローチ」とは異なり、オーム解析は総体を解析することにより全体像を把握できることから、データ駆動型の「非仮説的アプローチ」が可能である。これにより、代謝、シグナル伝達、遺伝子調節など、生体内の複雑な相互作用を系統的に解析することで、生命現象全体の動的な理解が可能になる。さらに、病因解明、個別化医療、創薬ターゲットの探索、薬効・毒性の精密解析、食品の品質評価、作物の品質改良、環境、生態系の変化の解析などに貢献することが期待されている。本稿ではオーム分析の中でもっと幅広い性質の成

分を分析対象とし、多種の前処理や分析の手法が用いられており、コンタミネーション、キャリーオーバーの問題が多く発生している「メタボローム分析」について記載する。

代謝物の包括的な解析を目的とするメタボローム解析（メタボロミクス）は、一般的な代謝物分析とは大きく異なる。メタボローム分析は、使用する分析方法でできるだけ多くの成分を一度に分析する多成分の一斉分析になる。そのため、どの成分にフォーカスして分析条件を設定するかによって得られる結果が変わってくることから、分析条件の最適化が容易でなく、分析系の開発者ごとに分析条件が異なり多数の分析系が存在している。また、一つの分析系ですべての解析対象をカバーすることができないため、複数の分析系を使用する必要がある。異なる分析系で同質のデータ取得が困難なため、複数分析系で取得されたメタボロームデータの統合解析が未だ進んでいないのが現状である。また、できるだけ多くの

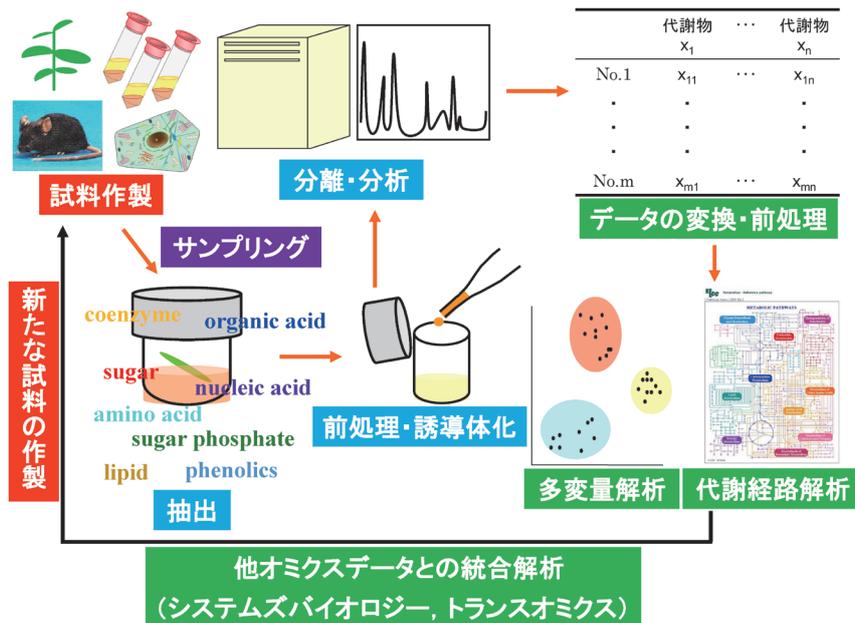


図1 メタボロミクスのプロセス

成分を分析することを目的とするため前処理は基本的に行わないため、多成分が混在するいわゆる汚い試料の分析になる。そのため、共溶出が恒常的に発生し、質量分析におけるマトリックス効果等の問題が頻発する。また、高濃度、低濃度成分の同時分析による飽和・感度不足についても問題となる。分析装置への汚染（キャリアオーバー）が頻発し、どのように再現性を確保するのかについても重要な課題である。さらに、データ解析においても、多成分の一斉分析であるため非常に複雑になる。分析装置から得られる生データから、データ解析用のマトリックスデータへの変換が必要であり、その際の成分の同定は時間と労力がかかる大変な工程である。微量成分については、しばしば、偽陽性、偽陰性が問題になる。また、解析者の個人差が発生するため、データ解析の再現性をどのように確保するかについて注意を払う必要がある。

メタボロミクスの重要プロセスは、試料調製、機器分析、データ解析の三つになる（図1）。前述のとおり多様なメタボローム分析系が存在し、解析対象に合わせたサンプル調製方法、分析方法、データ解析方法の選択が必要である。本稿では、今回の入門講座の企画の主題である「分析におけるコンタミネーション・キャリアオーバー対策」を中心に、メタボローム分析において気をつけることについて、試料調製、機器分析、データ解析ごとに解説する。

2 試料調製における注意点

メタボローム分析においては、できるだけ多くの成分の一斉分析を目的とするため、分析対象成分が決まっている場合のような前処理は基本的には行わず、溶媒抽出したものをそのまま分析に供することが多い。そのため、分析におけるコンタミネーション、キャリアオーバーが頻発する。最近では、多検体の連続分析が必要な場合、ランタイムを延ばすために、溶媒分画や固相抽出などによる前処理により夾雑成分きょうざつを除去することが試みられている。本項では「コンタミネーション・キャリアオーバー対策」に関係ない部分もあるが、メタボローム分析の試料調製における注意点、高品質のメタボロームデータを取得するためのポイントについて解説する。

メタボローム分析における試料調製は、メタボロームデータの品質を大きく左右する工程といっても過言ではない。目的とする結果を得るための高品質のデータを取得するために最も重要なのが、高品質の試料を準備することである。まず、個体差の少ないサンプルを準備すること、すなわち、飼育、栽培、培養等における試料調製の均一化、再現性の確保である。また、解析する対象生物に適したサンプリングの方法と時期（タイミング）も代謝物の変動に大きな影響を与えることから重要にな

る。次に、サンプリングの後の酵素不活性化処理（クエンチング）が非常に重要になる。代謝反応は秒単位で起こることから、サンプリングの後代謝変動が起こらないように即時に凍結または有機溶媒等による酵素の不活性化処理が必要である。また、抽出効率の再現性確保のために、均一な試料の破碎も重要になる。次の抽出、前処理において、分析対象の代謝物に適した手法の選択を慎重に行う必要がある。その際、選択する分析方法によって手法の選択が大きく変わってくるので注意が必要である。また、代謝物はそれぞれの含有量が大きく異なることから、解析する生物試料、分析対象代謝物に応じたサンプル量をキャリアオーバー、再現性等を確認しながら設定する必要がある。そのため、いきなり本分析を行うのではなく、予備実験を十分行い諸条件の検討を行うことを強くお勧めする。

試料の破碎、抽出、前処理などについて、市販の装置が利用できるようになってきているので、再現性を向上させるために是非有効活用いただきたい。また、最近では、ロボットを用いた試料調製の自動化についても試みられているので、それらが一般化されることによりスループット、再現性が向上し、高品質のビッグデータの取得ができるようになることが期待される。

3 機器分析における注意点

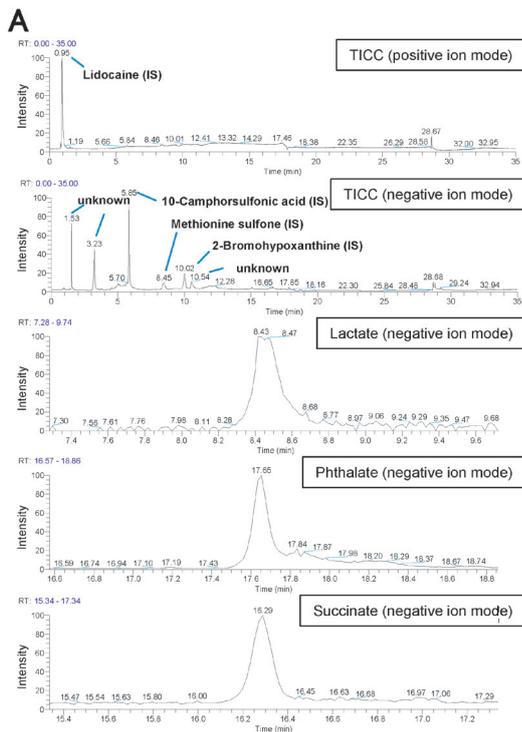
次に、メタボローム分析の機器分析における注意点、高品質のメタボロームデータを取得するためのポイントについて「コンタミネーション・キャリアオーバー対策」に関係ない部分も含めて解説する。

メタボローム分析の機器分析において最も重要なことは、分析する試料、そして分析対象となる化合物に応じて適した分析方法を選ぶことである。そのために、使用する分析方法・分析条件で、どのような化合物が、どのように分析できるかを十分に理解した上で好適な手法を選択することが重要である。分析手法の選択においては、標準品混合物や予備試料で実際にどのようなデータが取れるか、データの品質や再現性も含めて確認することをお勧めする。まずは濃度の低いサンプルを用いて予備実験を実施していただきたい。いきなり濃度の高いサンプルを注入するのは装置の汚染につながるため厳禁である。特にキャリアオーバーについては、注意深く確認しキャリアオーバーが発生している場合は、試料の注入量、オートサンプラーの洗浄溶媒、洗浄回数等について検討し、低減のための対策を実施する必要がある。メタボローム分析においては低濃度の成分も含めて同時に検出しようとするために高濃度の試料を注入する機会が多いことから、すべての化合物についてキャリアオーバーを完全に防ぐことが難しい場合がある。その場合は、分析対象化合物ごとにキャリアオーバーがどの程度発生しているか把握し、許容範囲を設定して、実分析に臨むこ

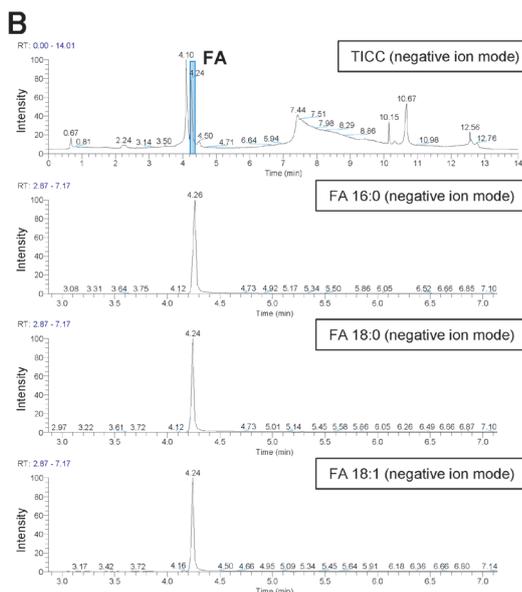
とになる。さらに、実際に分析を行う前に、使用する装置の状態（溶媒、カラムも含めて）に問題がないか、標準品混合物や quality control (QC) サンプル等を用いて必ず確認をしていただきたい。データを取り終えた後に装置の不具合のため目的とするデータが取得できていなかったことを知ることは非常に悲しいことである。

実際に分析を行う際に、プロシージャブランク試料（測定試料を添加せずに抽出、前処理操作を行った試料）も必ず作製して分析することをお勧めする。分析装置だけでなく、器具、試薬、溶媒、空気中に浮遊する粉塵、微粒子に由来する成分も多数検出されることから、それ

らの特定に有用である（図2）。また、内生成分の有機酸や脂肪酸等がプロシージャブランク試料からも検出されることから、定量値算出の際にそれらの存在量を把握しておくことは必要である。分析途中でデータを確認しながら分析を進めることは、問題があれば途中で分析を停止して原因を解決後に再分析することができ、貴重な試料を無駄にしないためにも重要な点である。確認するポイントとしては、ポンプ圧、内部標準物質の感度、各化合物の保持時間やピーク形状、異性体の分離、キャリアオーバーなどになるが、何度か分析を実施することにより、変化が起こりやすい化合物を把握できるように



No.	Hydrophilic metabolites	Sample peak area		Procedure BLK / Human plasma (%)
		Procedure BLK	Human plasma	
1	3-Aminoisobutanoate	9.E+07	7.E+07	137
2	Citramalate	7.E+07	8.E+07	97
3	N-Methylethanolamine	6.E+07	5.E+07	130
4	p-Toluenesulfonate	5.E+07	3.E+07	154
5	Lactate	2.E+07	7.E+08	2.8
6	FA 8:0	1.E+07	2.E+07	64
7	Phthalate	1.E+07	1.E+07	92
8	p-Aminohippurate	9.E+06	7.E+06	131
9	3-Methyladipate	7.E+06	7.E+06	109
10	FA 6:0	3.E+06	3.E+06	87
11	FA 7:0	3.E+06	3.E+06	74
12	Butyrate	2.E+06	5.E+06	42
13	Succinate	2.E+06	2.E+06	119
14	Urocanate	2.E+06	2.E+06	113
15	Oxalate	2.E+06	3.E+06	70
16	Sebacate	2.E+06	2.E+06	97
17	Propionate	1.E+06	5.E+06	26
18	2-Propylglutarate	9.E+05	7.E+05	132



No.	Hydrophilic metabolites	Sample peak area		Procedure BLK / Mouse Liver (%)
		Procedure BLK	Mouse Liver	
1	FA 16:0	1.E+08	1.E+09	11
2	FA 18:0	9.E+07	3.E+08	31
3	FA 14:0	1.E+07	8.E+07	13
4	FA 18:1	5.E+06	1.E+09	0.46
5	FA 18:2	3.E+06	7.E+08	0.35
6	FA 16:1	2.E+06	1.E+08	1.8
7	FA 22:0	6.E+05	1.E+06	65
8	FA 24:0	5.E+05	1.E+06	46
9	FA 20:1	3.E+05	7.E+07	0.40
10	FA 22:1	2.E+05	3.E+06	7.5
11	FA 18:3	2.E+05	5.E+07	0.38

図2 プロシージャブランク試料で検出される化合物
A: 親水性代謝物分析系; B: リビドーム分析系

なるため、それらを指標として、判断基準を設定することをお勧めする。

分析機器によって異なるが、クロマトグラフのサンプル導入部、質量分析計のイオン化部など汚染部位の定期的なメンテナンスは必ず実施していただきたい。そのため分析した試料、分析数を記録し、装置のメンテナンス、消耗品等の交換目安を決定することをお勧めする。ただし、分析する試料によって装置の汚染状況は異なるので、従来通りのデータの品質が担保できない場合には速やかにメンテナンスを実施いただきたい。すなわち、取得データの品質を常に確認しながら分析を行うことが重要である。

4 データ解析における注意点

最後に、メタボローム分析データの解析における注意点、高品質のメタボロームデータを取得するためのポイントについて「コンタミネーション・キャリアオーバー対策」に関係ない部分も含めて解説する。

メタボローム分析データの解析において最も重要であるのは、クロマトグラム、マススペクトルなど生データを常に見る癖をつけることである。メタボローム分析で

は、非常に多くの成分を一斉に解析することになる。装置付属のソフトウェアから排出されたデータをそのまま使用しがちであるが、多数の異性体、同重体が混在し共溶出が頻発するメタボローム分析のデータは、時間と手間を要するがそれぞれの化合物の保持時間、ピーク形状、異性体分離について問題がないか目視により確認することが重要である。目視での確認をすることにより、自らが取得したデータが信頼のおけるものか、その品質を理解した上でその後のデータ解析を行うことができる。精度の高い面積値算出のためにクロマトピークの確認、修正も手作業になり大変であるが実施することをお勧めする。化合物アノテーションの際においても、ソフトウェアに頼らず、マススペクトルやクロマトグラフィにおける溶出時間などの生データの情報などを十分確認して総合的に判断することが重要である。このほか、プロシージャブランク試料のデータを確認し、キャリアオーバーを含む装置由来の成分だけでなく、器具、溶媒や環境由来の成分の情報についても加味してデータ解析を進めていただきたい(図2)。ベースラインの取り方、ピークの認識の閾値など個人差が出てくる部分があるので、再現性のある一貫した解析作業の基準の設定

表1 メタボローム分析におけるコンタミネーション、キャリアオーバー対策

<p>【試料調製】</p> <ul style="list-style-type: none"> ➢分析対象に適した抽出、前処理方法の選択が重要！ •様々な抽出、前処理方法があるので、実試料を用いた予備検討により抽出効率、再現性などを確認して最適な手法を選択する。 ➢試料量の最適化が重要！ •多すぎるとコンタミネーション、キャリアオーバーが発生、少なすぎると検出できない。 •実試料を用いた予備検討を行い、対象成分の分析に適したサンプル量を決定する。
<p>【機器分析】</p> <ul style="list-style-type: none"> ➢分析対象に適した分析方法の選択が重要！ •多数の分析手法があるので、実試料を用いた予備検討を実施し分析対象成分に適した分析方法を選択する(試料調製法の選択と最適化と並行して行う)。 ➢キャリアオーバーのチェックも予備検討で事前に実施！ •実試料を用いた予備検討で、キャリアオーバーを確認しながら試料の注入量やオートサンプラーの洗浄溶媒、洗浄回数等の最適化を実施する。 •キャリアオーバーがどうしても避けられない場合は、分析対象成分ごとにキャリアオーバーがどの程度起きているか把握し、許容範囲を設定する。 ➢プロシージャブランク試料の分析は必須！ •測定試料を添加せずに抽出、前処理操作を行った試料を必ず分析し、コンタミネーション成分(器具、溶媒由来成分)を把握する。 ➢分析装置の定期的なメンテナンスを実施！ •分析した試料、注入量、分析数を必ず記録するとともに、装置の状態を常にモニタリングする。 •装置の状態を指標に(分析する試料も加味して)、カラム等の消耗品の交換を含め装置のメンテナンスの目安を決めて装置を運用する。
<p>【データ解析】</p> <ul style="list-style-type: none"> ➢コンタミネーション成分を加味したデータ解析が必要！ •キャリアオーバーを含む装置由来の成分だけでなく、器具、溶媒や環境由来の成分の混在についても理解した上で、定量値算出の際に減算するなどコンタミネーション成分を加味したデータ解析を実施する。 ➢キャリアオーバーの成分への対応も必要！ •どうしても避けられないキャリアオーバーが発生する場合は、分析対象成分ごとに許容範囲、定量値算出の際の対応策を検討した上でデータ解析を実施する。

が必要になる。また、変数変換、データベース ID の整理など解析目的に適したデータの整理も重要である。また、データプロセッシング、変換方法についても解析目的に適した解析手法、ソフトウェアの選択も解析結果に影響を与えることから慎重に検討が必要である。

コンタミネーション、キャリアオーバーの影響を受けるメタボローム分析においては、データ解析においても、それらの影響を十分認識した上で実施することが重要になる。

5 まとめ

コンタミネーション、キャリアオーバーの影響を避けることが難しいメタボローム分析においては、機器分析だけでなく、試料調製やデータ解析においてもいろいろと注意をしなければならない。多成分の一斉分析、それも分析対象を定めないノンターゲット分析においては、どの成分が夾雑化合物か、それらをどのように判別するかは困難を極める。また、キャリアオーバーについても、どこまでを許容するか判断が難しい。いずれにしても、実試料を分析する前に、十分な予備検討を行い、試料量の決定を含む試料調製、機器分析、データ解析におけるそれぞれの手法、プロセスの管理、チェックポイント、判断指標を精査しておくことが、高品質のメタボロームデータを取得し目的とする結果を得るために重要

である。メタボローム分析は、分析対象が広くまた多数であるために標準となる手法が構築されることはなかなか難しい。それぞれの実施者が取得データの品質、再現性に基づいて、目的とするデータが取得できているかを確認しながら最適な手法を選択し、運用していくことが必要である。そのためにも、実施者がメタボローム分析の技術およびその特徴をよく理解することが重要である。メタボロミクスの各種技術が詳細なプロトコールとともに解説されている良書「メタボロミクス実践ガイド」があるので、是非参考にさせていただきたい¹⁾。本稿により、高品質のデータを取得できるメタボロミクスユーザーが増えることを期待する。

文 献

- 1) 馬場健史, 平山明由, 松田史生, 津川裕司編: “メタボロミクス実践ガイド”, 実験医学別冊, (2021), (羊土社).



馬場 健史 (BAMBA Takeshi)

九州大学生体防御医学研究所 (〒812-8582 福岡県福岡市東区馬出 3-1-1). 大阪大学大学院工学研究科博士後期課程単位取得退学, 博士 (工学). 《現在の研究テーマ》メタボロミクスの技術開発と応用. 《主な著書》“メタボロミクス実践ガイド”, (羊土社). 《趣味》テニス, お酒, 麻雀.
E-mail : bamba@bioreg.kyushu-u.ac.jp

『ぶんせき』再録集 vol. 1 出版のお知らせ

ぶんせき誌の過去記事の有効利用の一環として、『ぶんせき』再録集 vol. 1 が出版されました。2011 年から 2020 年まで、10 年間分の〈ミニファイル〉の記事が詰まっています。

下記 10 章からなり、それぞれ 12 から 14 の話題が集められています。

1. 実験器具に用いられる素材の特徴, 2. 分析がかかわる資格, 3. 顕微鏡と画像データ処理, 4. 最新の web 文献検索データベース, 5. ポータブル型分析装置, 6. 分析化学と材料物性, 7. 分析化学者のための多変量解析入門, 8. 土壌分析, 9. サンプリング, 10. 前処理に必要な器具や装置の正しい使用法。

本書はアマゾンオンデマンド出版サービスを利用して出版した書籍ですので、書店には並びません。アマゾンサイトからのネット注文のみとなりますので、ご注意ください。詳しくは「ぶんせき」誌ホームページをご確認ください。

発光スペクトルを正しく測るために心がけること

発光スペクトル測定は幅広い分野で一般的となった一方、測定や解釈に関する誤りも少なくない。本稿では、これから発光スペクトルを測定するという研究者を対象として、測定時に注意すべき代表的なポイントを解説する。具体的には、分光蛍光光度計の装置構成、濃度や試料純度の影響、アーティファクトの見極め方、感度補正やスペクトルの形状解析などを概説し、信頼性の高い発光データ取得・解釈のための基本的な考え方と測定指針を紹介する。

吉田 将己

1 簡単なようで落とし穴がある発光スペクトル測定

1.1 はじめに

「21世紀は光の世紀」とも言われるように、現代の社会は発光性の材料や分子に大きく支えられている。たとえば、発光ダイオードのような発光素子はもちろんのこと、生体内の様子を観察するための蛍光プローブ分子や、酸素濃度によって発光の強さが変わる酸素センサー、さらには光のエネルギーを使って化学反応を進める人工光合成や光レドックス反応など、発光性分子の活躍の場は非常に多岐にわたる。それに伴って発光測定に対するニーズも高まっており、現在では発光スペクトル測定は化学に携わる研究者の間でも一般的になっている。一方で、発光スペクトル測定の基本的なしくみや注意点をよく知らないまま測定を行ってしまい、その結果、測定ミスや解釈ミスによる誤った結論をそのまま学会や論文で発表してしまうケースも少なくない。これは、「発光測定装置が比較的普及しており、誰でもサンプルを装置にセットしてボタンを押すだけで測定ができる」という手軽さゆえに、測定の背景にある光物理への理解が省かれてしまいがちであることが一因とも言える。

そこで本稿では、発光スペクトルを正しく測定するために必要な基本的な知識と注意点について、できるだけ簡単にまとめることを目的とした。まずは測定に関する基礎知識を簡潔に紹介し、そのうえで実際に測定を行う際に気をつけるべき代表的なポイントを説明する。最後に、正しく測定されたスペクトルデータを用いた解析の例についても紹介する。もちろん、本稿はあくまで入門として代表的な注意点を紹介するものであり、詳細は光化学の専門書を参照されたい^{1)~6)}。

1.2 発光という現象について

測定手順の解説に入る前に、発光という現象の基本的な仕組みについてごく簡単に触れておきたい。典型的な有機分子や遷移金属錯体における光物理過程の簡略化された模式図 (Jablonski 図) を図1に示す。まず、基底状態で閉殻の一重項状態 (図中の S_0) にある分子が光を吸収することで、励起一重項状態 ($S_n; n \geq 1$) が生成する。通常、この S_n 状態はごく短時間のうちに、もっともエネルギーの低い最低励起一重項状態 (S_1) へと緩和 (内部転換) する。この S_1 状態からスピン多重度の変化を伴わずに基底状態 S_0 に戻る際、光を放出する現象が蛍光 (fluorescence) である。一方、 S_1 状態から最低励起三重項状態 (T_1) へと項間交差したのちに、 T_1 から S_0 へのスピン変化を伴う輻射遷移によって光が放

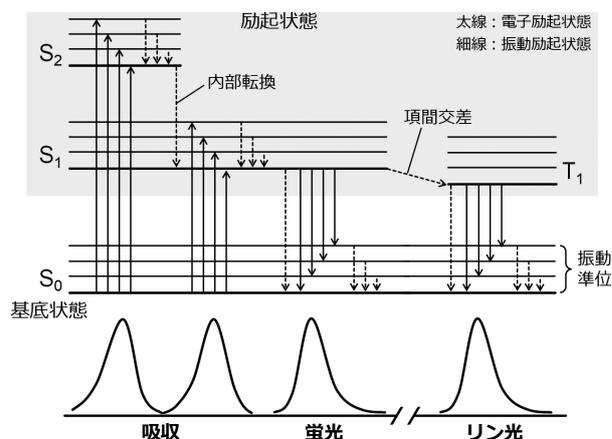


図1 分子のエネルギー状態と光の吸収・放出 (発光) に伴う光物理過程の簡略化された模式図 (Jablonski 図)

この図中の実線の矢印が光の吸収・放出を伴う過程、点線の矢印が光の放出を伴わない過程を示す。ただし、光物理過程を詳細に考える場合には、後の図8で示すように基底状態や励起状態はエネルギー準位だけでなく核座標に依存したポテンシャル曲面として扱うことが重要である。

出される現象がリン光 (phosphorescence) である。多くの有機分子では、スピン禁制遷移であるリン光は効率が低く、主に蛍光が観測される。一方、遷移金属錯体ではスピン軌道相互作用が強いため項間交差が促進され、リン光が優勢となることが多い。なお、一般に発光を伴う電子遷移は最低励起状態 (図1の場合は S_1 または T_1) の最低振動準位から起こりやすい (Kasha の法則)。もちろん、これらの発光を伴う過程 (輻射過程) は常に発光を伴わずに失活する過程 (無輻射過程) との競合にあり、どちらの過程が優勢かによって発光の強さが左右される。具体的には、輻射過程の速度定数を k_r 、無輻射過程の速度定数を k_{nr} としたとき、吸収した光に対する発光の効率を示す発光量子収率 Φ は、以下の式 (1) のように k_r と k_{nr} との比によって決まる (ただし N_{abs} は吸収された光子数、 N_{em} は発光により放出された光子数)。

$$\frac{N_{em}}{N_{abs}} = \Phi = \frac{k_r}{k_r + k_{nr}} \dots\dots\dots (1)$$

つまり、輻射過程が無輻射過程に比べて優勢であるほど、その分子や材料はより明るく発光する (発光量子収率 Φ が高い) 発光体であると言える。

なお、励起状態からの光放出現象全般を「蛍光」と総称してしまう例も見受けられるが、本来は上述のようにスピン多重度の変化の有無によって蛍光とリン光は明確に区別すべきである。発光の種類が明らかでない場合や、両者を含む広い意味で言及する場合には、より中立的な用語として「発光 (luminescence または emission)」を用いることが推奨される。

1.3 分光蛍光光度計の仕組み

発光スペクトル測定を行うに際し、用いる分光蛍光光度計の構成についても簡単に理解しておくことが望ましい。分光蛍光光度計は、主に①励起光源、②励起側モノクロメーター、③試料セルホルダー、④検出側モノクロメーター、⑤検出器の五つの主要部分から構成されている (図2)⁷⁾。まず、励起光源 (一般にはキセノンランプ

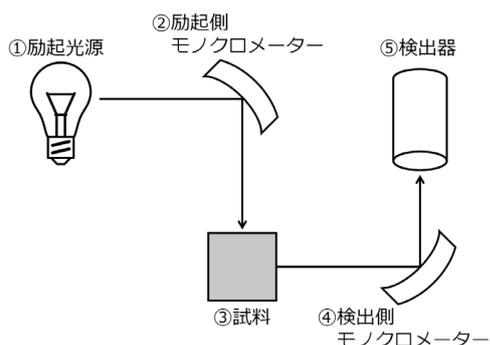


図2 分光蛍光光度計の構造の模式図

など) から発せられた光が励起側モノクロメーター (回折格子など) によって波長選択され、特定の波長の光が試料に照射される。試料が発光すると、その光は試料に対して直交方向に配置された検出側モノクロメーターに導かれ、波長ごとに分解された後、検出器 (光電子増倍管など) によって強度が測定される。励起光と発光の経路が直角に配置されている理由は、励起光の散乱が検出器に直接届くのを防ぎ、発光成分のみを高感度で検出するためである。そのため、発光スペクトル測定では吸収スペクトル測定用の2面透明セルではなく、4面透明セルを用いる必要がある。

2 発光スペクトル測定の注意点

2.1 測定の流れ

それではここから、具体的な測定の流れに移ろう。まずはもっとも一般的な溶液中での発光測定の手順を説明する。はじめに、測定対象のサンプルを適切な溶媒に溶解させ、測定用の溶液を調製する (サンプル濃度の影響については2.2節で詳述する)。この際、使用する溶媒の選択は測定の精度に大きくかわるため、慎重に行う必要がある。一般的には、不純物による影響を避けるため、分光分析用の高純度溶媒を使用することが推奨される。また、選択する溶媒は励起光を十分に透過できるものでなければならない。例えば、水やアセトニトリルは紫外領域においても比較的透過性が高く、短波長側まで使用可能である。一方で、アセトンは330 nm付近より短波長側に強い吸収帯を持つため、特に紫外光を励起光として用いる際には注意が必要である。また、テトラヒドロフラン (THF) そのものは良好な光透過性を有する溶媒であるが、よくTHFに添加されている安定剤 (ジブチルヒドロキシルエン、BHT) は約280 nm付近に吸収を持ち⁸⁾、励起光の透過を妨げることがあるため、必要に応じて蒸留精製して用いることが望ましい。

この調製した溶液を、広い波長領域で光透過性に優れた石英ガラス製の蛍光測定用セルに入れたのち、脱気処理を行う。これは、溶液中に溶存する酸素が発光を効率的に消光してしまうためである。酸素による消光は、励起状態の分子と酸素分子との間で電子移動が起こりやすいことに加え、特にリン光性の分子の場合には励起三重項状態のエネルギーを基底三重項状態 ($^3\Sigma^-$) にある酸素分子が受け取りやすいことにも起因して速やかに起こる。溶媒中における常温大気圧下の溶存酸素濃度は水中でも0.3 mM程度、メタノール中の場合には2.9 mM程度と十分高く³⁾、そのため溶存酸素の除去は必要不可欠である。具体的には、窒素ガスを最低でも15~20分程度バブリングすることで脱気を行うことが多い (ただしバブリングによって溶液の濃度が変化しないよう、注意が必要である)。脱気後のセルを分光蛍光光度計にセットし、測定を行う。この際の励起光の波長としては化合

物が吸収を持ち、かつ、発光スペクトルの立ち上がり波長よりも短波長の光を用いる。なお、発光スペクトルの測定後には併せて励起スペクトルも測定しておくことが望ましい。

発光スペクトルを測定する際に常に気をつけないといけないのが「本当に化合物由来の発光なのか？」という点である。発光性を示す不純物がわずかでも含まれていると、その発光が観測され、誤った解釈につながる可能性がある。そのため上述のように溶媒には高純度溶媒を用いることが必要であるし、測定するサンプルは再結晶等によって純度を高めることが必須である。また、測定セルはそれ自身が不純物由来の発光を示さない無蛍光石英セルを用いることが望ましい。加えて、発光ではないピーク（溶媒からのラマン散乱光など）が混入することも多いため、溶媒や装置の特性も把握しておくことよい（詳細は2.4節参照）。

2.2 サンプル濃度は適切か？

溶液中における発光スペクトル測定の精度を大きく左右する要因の一つが、サンプル濃度の適切な設定である。ここで発光強度 I_c （式（1）における N_{em} に相当）とサンプル濃度 c との関係については、式（1）に加えて Lambert-Beer の法則を考慮することで、以下の式（2）を導くことができる。

$$I_c = (1 - 10^{-\epsilon cd}) I_0 \Phi = (1 - e^{-2.303\epsilon cd}) I_0 \Phi \dots\dots\dots (2)$$

なお I_0 は励起光強度、 d は光路長、 ϵ は励起波長におけるサンプルのモル吸光係数を示す。この式（2）に対して指数関数のテイラー展開を適用し、吸光度 $A = \epsilon cd$ が十分に小さい場合には高次の項を無視することで、以下の式（3）のように近似することができる。

$$I_c = 2.303\epsilon cd I_0 \Phi \dots\dots\dots (3)$$

この式（3）からも分かるように、低濃度領域では発光強度 I_c はサンプル濃度 c に比例する。では、サンプル濃度は高ければ高いほど発光強度が大きくなり、測定にとって望ましいのだろうか？ 実はそうとは限らず、濃度が高すぎる場合には、サンプル自身による光吸収が測定結果に悪影響を与える。具体的には、①発光そのものがサンプル自身に吸収されてしまう現象（再吸収）、および②励起光が溶液中で過剰に吸収されてしまう現象（内部フィルター効果）などが起こる。これらはいずれも高濃度で顕著になるため、あらかじめサンプル溶液の吸収スペクトル測定からモル吸光係数を把握した上で、吸収の影響を低減できるような低濃度で発光スペクトル測定を行うことが望ましい。以下に①および②について簡単に紹介していく。

図3に $10^{-6} \sim 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$ までのさまざまな濃度におけるアントラセンの発光スペクトルを示す。高濃度に

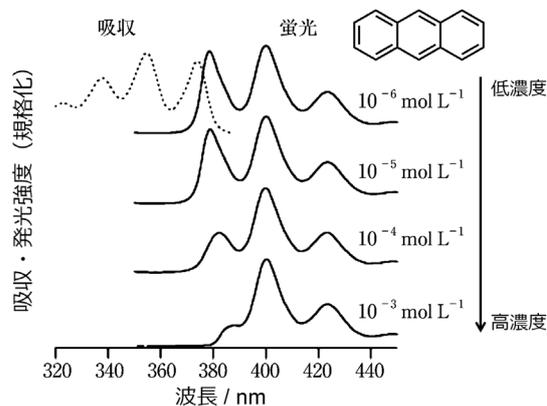


図3 アントラセンの発光スペクトルの濃度依存性（点線は吸収スペクトルを示す）。文献1の図を加筆修正。

なるに従い、発光帯のもっとも短波長側のピーク強度がどんどん弱くなっていることが分かる。これは、発光スペクトルの短波長端が吸収スペクトルの長波長端（図3の灰色点線）と重なっているために生じるものである。すなわち、発光によって放出された光子が、溶液内に存在する他の分子によって再吸収されることで、本来のスペクトル形状が歪んでしまう。これは吸収帯と発光帯との重なりが大きい蛍光性有機分子で特に顕著なため、注意が必要である。これを避けるには、発光帯と重なる波長領域（たとえば図3の場合は360~390 nm付近）において、吸光度が0.05以下となるように濃度を調製することが推奨される。

もう一つ、励起光がサンプル溶液に過剰に吸収される内部フィルター効果も問題になる。図2に示したように、一般的な分光蛍光光度計は励起光源と検出器とが直角に配置されている。ここでサンプルの濃度が高すぎた場合、励起光が溶液全体に透過せず、光源に近い表面付近でほとんどの光子が吸収されてしまう（図4(a)）。そのため、検出器が配置されているセルの中心部分で見かけ上の励起光強度が低下し、検出される発光の強度も大幅に低下してしまう。これは発光スペクトルの形状自体は変化させないものの、スペクトル強度の低下によるデータの質の低下を引き起こす。そのため、励起波長における吸光度は溶液全体に十分に励起光が透過できる0.1以下において測定を行うことが望ましい（図4(b)）。

これらの再吸収や内部フィルター効果に加え、サンプル濃度が高いと光励起状態の分子が未励起の分子と衝突して無輻射失活しやすくなる（濃度消光）ため、発光スペクトルの測定は（発光強度が稼げる程度の）希薄溶液で行うことが基本である。ただし例外もあり、例えば高濃度における凝集体の発光を観測したい場合など、高濃度であること自体に意味がある場合にはこの限りではない。そのような場合には、例えば図4(c)のような三角セルを用いることで前述のような問題点を回避できる。

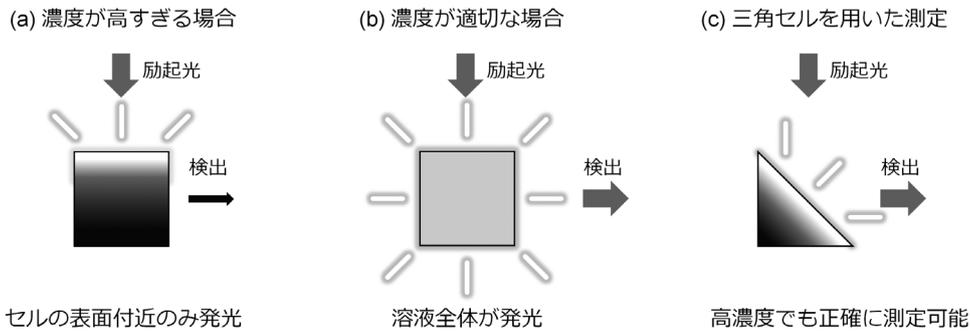


図4 内部フィルター効果の模式図

(a) 濃度が高すぎる場合は測定セルの表面付近のみで励起光が吸収されるため検出器が配置されているセルの中央付近ではあまり光らない。(b) 濃度を薄くすることで溶液全体に励起光が透過し正確な測定ができるようになる。(c) もし高濃度測定が必要な場合、三角セルを用いることで測定可能である。

2.3 固体サンプルを測る場合の注意点

ここまでは主に溶液中における発光スペクトル測定について述べてきたが、固体状態のサンプルを測定する場合にも特有の注意点が存在する。まず、固体、特に結晶中では、分子同士が高密度に配列しており、隣接分子間での励起エネルギー移動が起こりやすい。このような状態では、たとえ不純物がごく微量であっても、非発光性の不純物分子に励起エネルギーが移動してしまい、効率的な消光が起こる可能性が高い。また、結晶中に存在する格子欠陥や構造の乱れも、励起状態の無輻射失活を引き起こす要因となる。そのため、固体サンプルを測定するには溶液中の場合以上に純度に気をつけ、再結晶を丁寧に行う必要がある。

サンプルの物理的形狀も測定結果に大きな影響を与える。結晶中では溶液中と比べて分子密度が非常に高いため、再吸収(2.2節参照)の影響を強く受ける。特に、単結晶サンプルでは発光により生じた光が結晶中を透過する距離が長いことこの影響が顕著に現れ、短波長側が削れたような形状の発光スペクトルが得られてしまう。そのため、理想的には乳鉢などを用いて結晶を粉砕し、細かい粒子にしてから発光測定をすることが望ましい

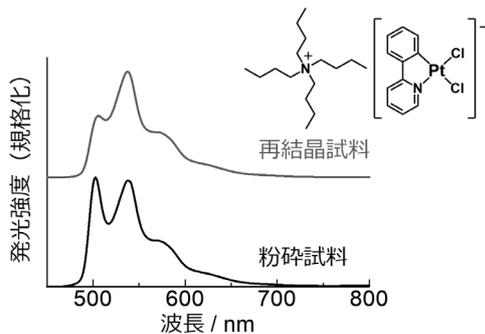


図5 固体状態における $(\text{Bu}_4\text{N})[\text{PtCl}_2(\text{ppy})]$ ($\text{ppy}=2\text{-フェニルピリジナト}$) の発光スペクトル
灰色線は再結晶直後の試料、黒線はそれを乳鉢で粉砕した試料のスペクトルを示す。

(図5)。ただし、中には粉砕によりサンプルが結晶相転移やアモルファス化を起こしてしまうことで発光特性そのものが変化する場合もあるので、サンプルの特性を確認しながら調製条件を慎重に検討する必要がある。一般に固体サンプルは相状態や均一性、等方性などを厳密に統一することが難しいため、再現性の確保には溶液以上に配慮が求められる。

2.4 それは本当に発光なのか？

注意しないとイケないのが、発光スペクトルとしては本来存在しないはずの信号(アーティファクト)の混入である。代表的なアーティファクトの一つが溶媒からのラマン散乱光である。例えば、図6に励起波長を変えながら測定したトルエン中におけるアントラセンの発光スペクトルを示すが、発光帯の短波長側に*で示した細く鋭いピークが現れているのがわかる。これはアントラセン由来の蛍光ではなく、溶媒のラマン散乱によるもので、以下の式(4)のように励起光の波長 λ_{exc} に対して

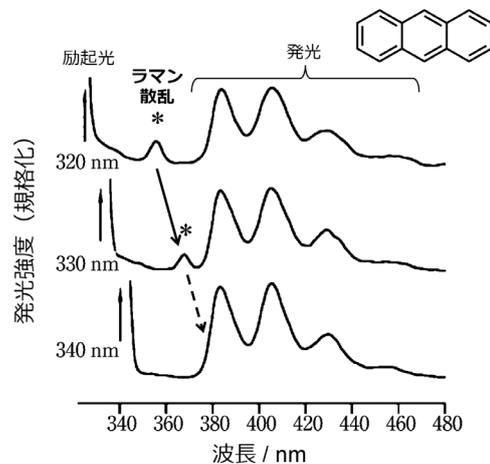


図6 320, 330, 340 nm 励起におけるアントラセンの発光スペクトル

*は溶媒(トルエン)のラマンスペクトル; 文献1の図を加筆修正。

一定の波数 $\tilde{\nu}$ だけシフトした波長 λ_{Raman} に出現する。

$$\frac{10^7}{\lambda_{\text{Raman}}[\text{nm}]} = \frac{10^7}{\lambda_{\text{exc}}[\text{nm}]} - \tilde{\nu}[\text{cm}^{-1}] \dots\dots\dots (4)$$

図6のようにトルエンなどの有機溶媒を用いると、多くの場合 C-H 伸縮に基づくラマン散乱ピークが励起光に対し $\tilde{\nu} = 3000 \text{ cm}^{-1}$ 前後の波数差で現れる (表1)¹⁹⁾。

表1 代表的な溶媒のラマン散乱光の波数シフト幅^{19)~11)}

溶 媒	波数シフト幅 $\tilde{\nu}/\text{cm}^{-1}$	由 来
水	約 3400~3600	O-H 伸縮
トルエン, エタノール, シクロヘキサン, クロロホルム, アセトニトリル, ジオキサン等	約 2900~3100	C-H 伸縮
四塩化炭素	約 700	C-Cl 伸縮

一方、水溶液中で測定を行う場合には O-H 伸縮に基づくラマン散乱ピークが励起光に対しておおよそ $\tilde{\nu} = 3400 \sim 3600 \text{ cm}^{-1}$ の波数差で現れやすい⁹⁾。発光スペクトル測定時にこのような半値幅の狭いピークが出現した場合、まずはラマン散乱光かどうかを判別するために励起波長を変えて再測定してみるとよい。ラマン散乱ピークがサンプルの発光帯と重なってしまう場合は、溶媒のみのスペクトルを同条件で測定し、それをサンプル溶液のスペクトルから差し引くという手段もある。

同様に注意すべきアーティファクトが二次回折光である。回折格子による波長分離の過程で (1.3 節参照)、波長の整数倍にあたる「高次回折光」が本来の波長として検出されてしまう。例えば、励起波長 350 nm で発光スペクトルを測定した場合、その波長の 2 倍である 700 nm 付近に本来存在しないはずの鋭いピークが現れるが、これは 350 nm の二次光が検出器に届いたことによるものである。これを防ぐためには、特定の波長よりも短波長側の光を除去する「ロングパスフィルター」を検出器の前に設置することが有効である。上記の例であれば、370 nm よりも短波長の光を除去するフィルターを用いることで、350 nm の二次光が検出されるのを防ぐことができる。

アーティファクトは測定者が「どのような発光スペクトルが妥当なのか」を把握していない場合に見落とされやすい。実際に、このようなアーティファクトを誤って化合物の発光と帰属している論文もまれに見かける。観測された発光が化合物本来の性質に基づくものか、それともアーティファクトなのかを見極めることが、正確な解析にとって極めて重要である。

2.5 装置にも得意な波長, 苦手な波長がある

ここまで実験上の注意点を紹介してきたが、データの

正確性を担保するためには使用する装置の特性にも配慮が必要である。分光蛍光光度計ではいわゆるベースライン測定が無いため、得られたスペクトルには装置固有の波長依存性 (いわゆる装置関数) が反映されてしまう。そのため、発光スペクトルを正確に得るためには、図2に示した分光蛍光光度計の光学系、特に検出器の波長依存の感度特性を考慮し、感度補正を行う必要がある。検出器として一般的に用いられている光電子増倍管は紫外~可視光の短波長領域では高感度を示す一方で、可視光の長波長側~近赤外領域では感度が急激に低下する¹²⁾。そのため、波長特性が既知の標準光源を用いてスペクトルを測定し、その際に得られる観測スペクトルと、理論的に知られている真のスペクトルとの比から各波長における補正係数を求める必要がある (なお、この補正係数は定期的な更新が推奨される)。その後、実際の発光スペクトルに対してこの補正係数を適用することで、装置関数の影響を除去し、より正確で信頼性の高い発光スペクトルを得ることができる。補正係数をあらかじめ測定しておけばソフトウェア上で自動で補正をかけることも多いが、見落としの恐れもあり油断は禁物である。

感度補正の重要性を示す例として、図7に代表的な発光性遷移金属錯体であるトリス (2,2'-ビピリジン) ルテニウム (II) イオン ($[\text{Ru}(\text{bpy})_3]^{2+}$) の発光スペクトルを示す。この錯体の光励起状態は古くから広く研究されており、その発光スペクトルとしては 620 nm 付近に発光極大を持ちつつ近赤外領域にかけて広がるブロードなスペクトル形状を示すことが知られている^{13)~15)}。しかし上述のように、このような長波長領域における光電子増倍管の感度は低い。そのため、発光スペクトルの生データは図7中の破線で示すように長波長側が削れたような形状となってしまう、その見かけ上の発光極大波長も本来の 620 nm 付近からやや短波長側へとずれて観測されてしまう。図7の実線は感度補正を行った後の発光スペクトルを示しており、補正の重要性が理解できる。

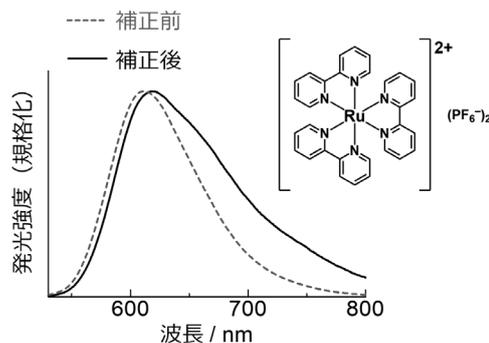


図7 アセトニトリル中における $[\text{Ru}(\text{bpy})_3]^{2+}$ の発光スペクトル
破線は感度補正前, 実線は補正後のスペクトルを示す。

2・6 横軸を変換するときの落とし穴

通常、発光スペクトルは横軸が波長 (λ/nm)、縦軸が発光強度として測定される。一方、特に物理化学的な解析や励起状態の詳細な議論を行う際には、波数 ($\tilde{\nu}/\text{cm}^{-1}$) を横軸とした表示が有用な場合も多い。波数はエネルギーに比例する量であるため、物理化学的な議論において直感的に扱いきやすいという利点がある。しかし、波長と波数の関係は非線形であるため、単に横軸を波長から波数へ変換するだけでは、縦軸である発光強度 (その波長・波数の単位間隔に対応するエネルギー範囲内の放出された光子数) が正しく反映されなくなる点に注意が必要である。具体的には、単位間隔あたりの光子数密度を保つため、横軸を波数表記にする際には以下の式 (5) のように縦軸の発光強度についても補正を行う ($I(\tilde{\nu})$ および $I(\lambda)$ はその波数および波長における発光強度)¹⁾¹⁶⁾。

$$I(\tilde{\nu}) = I(\lambda) \times \lambda^2 \dots\dots\dots (5)$$

この補正を行わないと、低エネルギー側 (長波長側) の発光強度が過小評価されてしまう。

3 発光スペクトルの形状解析

3・1 Franck-Condon 解析の概要

ここまで発光スペクトル測定の注意点ばかりを述べてきたが、適切に測定された発光スペクトルはさまざまな重要な情報を与えてくれる。例えば、発光スペクトルの形状には、電子遷移エネルギーのみならず失活にかかわる分子振動、励起状態の構造変化などの情報が含まれている。そこで、ここまで測定の基本を紹介してきた本稿の最後に、発展的な内容として適切に発光スペクトルを測定することで可能となる解析方法を紹介しよう。具体的には、発光スペクトルからの情報抽出の代表的な手段である Franck-Condon 解析について紹介する。

Franck-Condon 解析とは、電子遷移に伴って観測される発光スペクトルの形状を、振動と電子遷移の結合 (振電結合) モデルに基づいて再現し、スペクトル形状

から物理的パラメーターを推定する手法である。解析に用いる式の導出の詳細は専門書や論文にまかせるとして³⁾¹⁷⁾¹⁸⁾、ここでは「何をしているのか」の概略を説明する。まず、図3や図5でも見られたように、しばしば発光スペクトルには周期的なギザギザ状の形状 (振動構造) が現れることがある。これは、電子遷移と結合した分子内振動モード (アントラセンの場合は芳香環の伸縮振動) に起因するものであり、そのピーク間隔が振動のエネルギーを反映している (図8)。また、励起状態のポテンシャル曲面は、励起状態における構造のひずみを反映して基底状態から少しずれている。このずれが小さいと、最も高エネルギー側のピーク (励起状態と基底状態の最低振動準位間の遷移; 0-0 遷移と呼ぶ) の強度が大きくなる (図8, 左)。一方で、励起状態での構造変化が大きくなるとポテンシャル曲面のずれが大きくなり、より低エネルギー側のピークの強度が相対的に強くなる (図8, 右)。これは、各遷移の強度が、遷移前後の振動波動関数の重なり積分の2乗 (Franck-Condon 因子) に比例するためである。ここで、振動構造の各ピークをガウス関数で近似しながら、ピークの間隔と強度比をフィッティングによって求めることで、観測されたスペクトルから分子内振動の波数や励起状態における構造のひずみの程度 (Huang-Rhys 因子)¹⁹⁾などを抽出するのが、Franck-Condon 解析の基本的な目的である。この解析においては、例えば n 個の分子内振動モードを考慮した場合には、以下のような一般式 (6) に基づいてフィッティングを行う³⁾¹⁷⁾¹⁸⁾。

$$I(\tilde{\nu}) = \sum_{v_1=0}^{\infty} \dots \sum_{v_n=0}^{\infty} \left(\frac{E_0 - v_1 \hbar \omega_1 - \dots - v_n \hbar \omega_n}{E_0} \right)^4 \left(\frac{S_1^{v_1}}{v_1!} \right) \dots \left(\frac{S_n^{v_n}}{v_n!} \right) \exp \left[-4 \ln 2 \left(\frac{\tilde{\nu} - E_0 + v_1 \hbar \omega_1 + \dots + v_n \hbar \omega_n}{\Delta \tilde{\nu}_{1/2}} \right)^2 \right] \dots\dots (6)$$

ここで $I(\tilde{\nu})$ は前述のようにその波数における発光強度、 E_0 は 0-0 遷移のエネルギー、 v_1, \dots, v_n は電子遷移と結

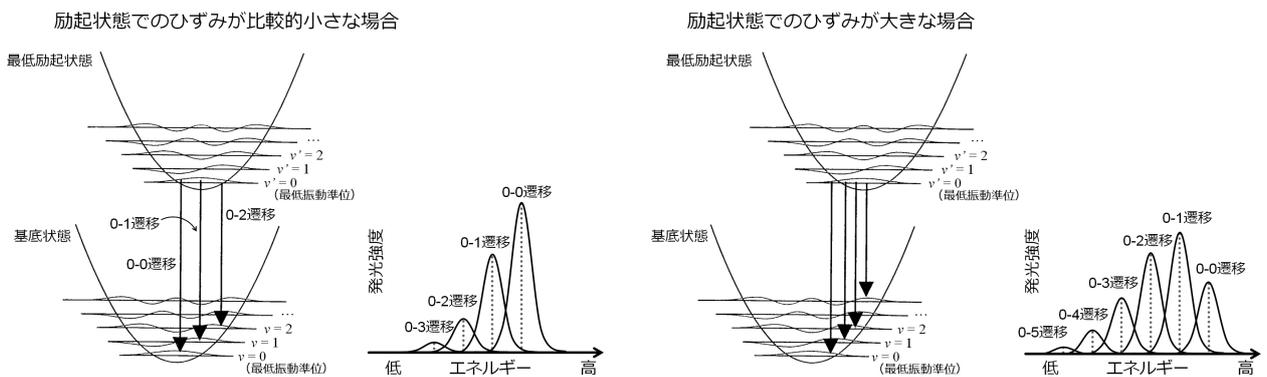


図8 基底状態と励起状態とのポテンシャル曲面のずれの大きさと発光スペクトルの振動構造の関係の模式図

文献3の図を加筆修正。

合したそれぞれの分子内振動モードの量子数, $\hbar\omega_1, \dots, \hbar\omega_n$ はそれぞれの振動モードの振動数, S_1, \dots, S_n はそれぞれに対する構造のひずみの程度を示す Huang-Rhys 因子, そして $\Delta\tilde{\nu}_{1/2}$ は振動ピークの半値全幅である.

もちろん, これらのパラメーターはあくまで機械的に得られたフィッティング値であり, 我々には求められた値が妥当かどうかを判断する必要がある. 例えば, 初期値の設定を誤れば容易に誤ったフィッティング結果が得られてしまう. 結果の妥当性の判断のためには, 類似化合物の文献値との比較, 他の測定結果との整合性などから総合的に判断することが必要になる.

3.2 実際のスペクトル形状解析の例

デモンストレーションとして, 実際の発光スペクトルに対して Franck-Condon 解析に基づくスペクトル形状のフィッティングを行う. ガラス中に人体に影響がないレベルの極微量のウランを含んだ「ウランガラス」は, 紫外光の照射により美しい緑色の発光を示すことが知られている. その発光スペクトルはガラスの組成や構造によって若干変化するものの, おおむね図9の実線のようなややブロードな肩をもったスペクトルを与える^{20)~22)}. そこでこの発光スペクトルについて, 一つの分子内振動モードを想定し7番目の振動単位までの遷移 (0-0 遷移から 0-6 遷移まで) を考慮して式 (6) から導かれた以下の式 (7) を用い, フィッティングを行った.

$$I(\tilde{\nu}) = \sum_{v_1=0}^6 \left(\frac{E_0 - v_1 \hbar\omega_1}{E_0} \right)^4 \left(\frac{S_1^{v_1}}{v_1!} \right) \exp \left[-4 \ln 2 \left(\frac{\tilde{\nu} - E_0 + v_1 \hbar\omega_1}{\Delta\tilde{\nu}_{1/2}} \right)^2 \right] \dots (7)$$

フィッティングには Microsoft Excel の「ソルバー」機能を用い, 最小二乗法によって実測値と理論値との差が小さくなるように各パラメーターを最適化した. 得ら

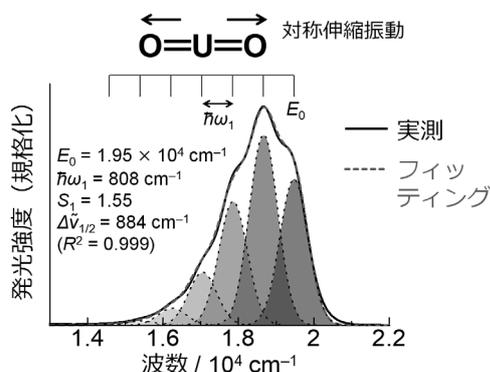


図9 市販の観賞用ウランガラスの室温における発光スペクトル (実線) および式 (7) に基づくフィッティング曲線 (破線) 点線は振動構造の各ピークを示す.

れたフィッティング曲線を図9の破線で, フィッティングパラメーターを図9内に示す. 例えば, これによりスペクトル形状がブロードで一見して判別しづかった分子内振動の波数を 808 cm^{-1} と求めることができたが, これはウランガラス中に含まれるウラニルイオン (UO_2^{2+}) の対称伸縮振動のエネルギーとして妥当な値である²⁰⁾²¹⁾²³⁾. ウラニルイオンの励起状態のエネルギーや分子内振動の波数, 構造のひずみなどはウラニルイオン周囲の環境によって変化するため, このような発光スペクトルの詳細な解析は, ウラン含有鉱物や材料の同定などにも有用である²³⁾. このように, 適切に測定された発光スペクトルの形状解析は分析化学の観点からも有効な手段であるといえる.

4 おわりに

以上, 本稿では, 発光スペクトル測定における代表的な注意点と, そのスペクトル形状を用いた解析の一例について紹介した. 冒頭でも述べたように, 発光スペクトルの測定は近年ますます重要性を増しており, 加えて, 研究分野を越えた学際的な取り組みが求められる現在, 発光測定に新たに取り組む研究者の数も今後さらに増加していくことが予想される. 本稿の内容は, すでに多くの教科書や専門書等で解説されている事項から筆者なりに抜粋・簡略化したものであり, すでに発光測定を専門とされている方々にとっては, ごく基本的な内容に留まり不十分と感じられる部分もあるかもしれない. また, 発展的な内容として最後に紹介した Franck-Condon 解析についても, あくまで「何をしているのか」の概説にとどめているため理論的な解説が不十分と感じられる方もいるだろう. しかしながら, これから発光スペクトル測定に取り組もうとする方々にとって, 本稿が最初の手がかりとして少しでも参考となれば幸いである. なお, ここで紹介した注意点や解析法はあくまで例にすぎず, より深く発光測定やその解析手法について取り組みたい方には, ぜひこの次に参考文献欄に記載している専門書を参照されることをお勧めしたい.

文 献

- 1) 木下修一, 太田信廣, 永井健治, 南不二雄 編: “発光の事典 基礎からイメージングまで”, (2015), (朝倉書店).
- 2) 井上晴夫, 伊藤攻 監訳: “分子光化学の原理”, (2013), (丸善出版); N. J. Turro, V. Ramamurthy, J. C. Scaiano: “Principles of Molecular Photochemistry: An Introduction”, (2009), (University Science Books, Sausalito).
- 3) 佐々木陽一, 石谷治 編: “金属錯体の光化学”, (2007), (三共出版).
- 4) 井上晴夫, 高木克彦, 佐々木政子, 朴鐘震: “光化学 I”, (1999), (丸善出版).
- 5) H. Ishida, S. Tobita, Y. Hasegawa, R. Katoh, K. Nozaki: *Coord. Chem. Rev.*, **254**, 2449 (2010).
- 6) H. Ishida, J.-C. Bünzli, A. Beeby: *Pure Appl. Chem.*, **88**, 701 (2016).

- 7) 日本分光株式会社: “蛍光光度計の基礎 (4) 分光蛍光光度計 ハードウェアの特徴と役割” (<https://www.jasco.co.jp/jpn/technique/internet-seminar/fp/fp4.html>), (accessed 2025, 4.12).
- 8) V. Talrose, A. N. Yermakov, A. A. Usov, A. A. Goncharova, A. N. Leskin, N. A. Messineva, N. V. Trusova, M. V. Efimkina: “UV/Visible Spectra” in “NIST Chemistry WebBook, NIST Standard Reference Database Number 69” (Eds. P.J. Linstrom, W.G. Mallard), National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg MD, 20899 (<https://doi.org/10.18434/T4D303>), (accessed 2025, 4.12).
- 9) C. A. Parker: “Photoluminescence of solutions: With applications to photochemistry and analytical chemistry”, (1968), (Elsevier, Amsterdam).
- 10) P. Yankov, Z. Nickolov, V. Zhelyaskov, I. Petkov: *J. Photochem. Photobiol. A: Chem.*, **47**, 155 (1989).
- 11) M. Plugge, V. Alain-Rizzo, P. Audebert, A. M. Brouwer: *J. Photochem. Photobiol. A: Chem.*, **234**, 12 (2012).
- 12) 浜松ホトニクス株式会社: “光電子増倍管 その基礎と応用 第4版”, (<https://www.hamamatsu.com/jp/ja/product/optical-sensors/pmt/related-documents.html>), (accessed 2025, 4.12).
- 13) K. Kalyanasundaram: *Coord. Chem. Rev.*, **46**, 159 (1982).
- 14) A. Juris, V. Balzani, F. Barigelletti, S. Campagna, P. Belsler, Z. A. Von: *Coord. Chem. Rev.*, **84**, 85 (1988).
- 15) K. Suzuki, A. Kobayashi, S. Kaneko, K. Takehira, T. Yoshihara, H. Ishida, Y. Shiina, S. Oishi, S. Tobita: *Phys. Chem. Chem. Phys.*, **11**, 9850 (2009).
- 16) C. A. Parker, W. T. Rees: *Analyst*, **85**, 587 (1960).
- 17) G. H. Allen, R. P. White, D. P. Rillema, T. J. Meyer: *J. Am. Chem. Soc.*, **106**, 2613 (1984).
- 18) J. V. Caspar, T. D. Westmoreland, G. H. Allen, P. G. Bradley, T. J. Meyer, W. H. Woodruff: *J. Am. Chem. Soc.*, **106**, 3492 (1984).
- 19) K. Huang, A. Rhys: *Proc. R. Soc. London, Ser. A.*, **204**, 406 (1950).
- 20) C. D. Flint, P. S. Tanner, R. Reisfeld, H. Tzeboval: *Chem. Phys. Lett.*, **102**, 249 (1983).
- 21) K. Binnemans, H. De Leebeek, C. Görller-Walrand, J. L. Adam: *J. Phys.: Condens. Matter.*, **11**, 4283 (1999).
- 22) N. Ollier, M.-J. Guittet, M. Gautier-Soyer, G. Panczer, B. Champagnon, P. Jollivet: *Opt. Mater.*, **24**, 63 (2003).
- 23) E. Faulques, F. Massuyeau, N. Kalashnyk, D. L. Perry: *Spectrosc. Eur.*, **27**, 14 (2015).



吉田 将己 (YOSHIDA Masaki)

大阪大学大学院理学研究科化学専攻 (〒560-0043 大阪府豊中市待兼山町1-1). 九州大学大学院理学部化学専攻博士後期課程修了。博士(理学)。《現在の研究テーマ》刺激応答性・発光性遷移金属錯体の開発と光機能の探索。

E-mail: myoshida@chem.sci.osaka-u.ac.jp

日本分析化学会の機関月刊誌『ぶんせき』の再録集 vol. 2 が出版されました！ 初学者必見！ 正しく分析するための 241 ページです。

本書は書籍化の第二弾として、「入門講座」から分析試料の取り扱いや前処理に関する記事、合計 36 本を再録しました。『ぶんせき』では、分析化学の初学者から専門家まで幅広い会員に向けて、多くの有用な情報を提供し続けています。これまで掲載された記事には、分析化学諸分野の入門的な概説や分析操作の基礎といった、いつの時代でも必要となる手ほどきや現役の研究者・技術者の実体験など、分析のノウハウが詰まっています。

本書は下記の二章だてとなっています。

〈1 章 分析における試料前処理の基礎知識〉

- | | |
|----------------------------------|-----------------------------------|
| 1. 土壌中重金属分析のための前処理法 | 11. 大気中揮発性有機化合物分析のための前処理 |
| 2. 岩石試料の分析のための前処理法 | 12. 放射性核種分析のための前処理法 |
| 3. プラスチック試料の分析のための前処理法 | 13. 脂質分析のための前処理法 |
| 4. 金属試料分析のための前処理 | 14. 糖鎖分析のための試料前処理 |
| 5. 分析試料としての水産生物の特徴と取り扱い | 15. イムノアッセイのための前処理法 |
| 6. 食品分析のための前処理法 | 16. 加速器質量分析における超高感度核種分析のための試料前処理法 |
| 7. Dried blood spot 法による血液試料の前処理 | 17. 生元素安定同位体比分析のための試料前処理法 |
| 8. 生体試料のための前処理法 (液-液抽出) | 18. セラミックス試料分析のための前処理法 |
| 9. 生体試料のための前処理法 (固相抽出) | |
| 10. 環境水試料の分析のための前処理法 | |

〈2 章 分析試料の正しい取り扱いかた〉

- | | |
|---------------------------|--------------------|
| 1. 生体 (血液) | 10. 岩石 |
| 2. 生体 (毛髪) | 11. 食品 (農産物の残留農薬) |
| 3. 金属 (非鉄金属) | 12. ガラス |
| 4. 金属 (鉄鋼) | 13. 環境 (陸水) |
| 5. 食品 (酒類) | 14. 温泉付随ガス |
| 6. 医薬品 (原薬・中間体・原料) | 15. 透過電子顕微鏡観察の試料調整 |
| 7. 海水 (微量金属) | 16. 環境 (ダイオキシン類) |
| 8. 考古資料 | 17. 高分子材料 |
| 9. 海底下の試料 (地球深部の堆積物および岩石) | 18. 沈降粒子 |

なお、『ぶんせき』掲載時から数年が経過しているため、記事の中には執筆者の所属も含め、部分的に現在の状況とは異なる内容を含むものがあるかもしれません。本書では、各記事の『ぶんせき』掲載年を明記することで、再録にともなう本文改稿を割愛しました。これらの点については、執筆者および読者の方々にご了承いただきたく、お願い申し上げます。本シリーズが化学分析の虎の巻として多くの方に活用されることを願ってやみません。

純 水

1 はじめに

化学分析を行う上で「水」は、利用頻度・利用する量が多い試薬のひとつである。例えば試料の水溶液化、滴定試薬や標準溶液などの試薬類の調製、クロマトグラフィーの移動相の調製、器具類や分析装置の洗浄水など利用する目的は数限りない。その反面、化学分析で使用する「水」には、いろいろな呼び名の「水」が存在する。その様々な呼び名の「水」における「質」の違いを見定め、使用目的に合わせて使い分けをしなければならない。

2 水の種類

公定法の中に規定されている水の種類は、JIS K 0211-2013「分析化学用語（基礎部門）」の中で、イオン交換水、蒸留水、超純水の規定がされている。

- ・イオン交換水：イオン交換装置を用いて精製した水
- ・蒸留水：蒸留装置を用いて精製した水
- ・超純水：a) TOC 値が非常に少なく、抵抗率が $18 \text{ M}\Omega \cdot \text{cm}$ 以上（電気伝導率 $0.056 \mu\text{S}/\text{cm}$ 以下）に精製した水。b) 逆浸透膜、イオン交換樹脂（連続イオン交換体を含む）、活性炭、紫外線及び限外ろ過膜などを組み合わせて精製した水で、抵抗率が $18 \text{ M}\Omega \cdot \text{cm}$ 以上（電気伝導率 $0.056 \mu\text{S}/\text{cm}$ 以下）の水。

また JIS Z8122-2000「コンタミネーションコントロール用語」の中では、純水、一次純水、超純水に関する規定がある。

- ・純水：不純物をできる限り取り除いた水。
- ・一次純水：半導体製造用に前処理装置で処理された水中に存在するイオン、微小粒子、微生物、有機物などの不純物をほとんど除去した水。（備考：抵抗率 $5 \sim 18 \text{ M}\Omega \cdot \text{cm}$ 程度の純水）
- ・超純水：超純水製造装置によって水中の懸濁物質、溶解物質、微小粒子及び不純物を高効率に取り除いた極めて高純度の水。

このように様々な呼び名の「水」は、精製方法または不純物（抵抗率など）で分類されている。抵抗率は、全く不純物を含まない純度 100% の水（理論純水と呼ばれる）では、 $18.25 \text{ M}\Omega \cdot \text{cm}$ を示す。

3 化学分析で用いる水の質

前項でも触れたが、水の質は含まれている不純物とその量で示されることが多い。必要とされる質は分析方法やその目的ごとに異なる。

代表的な例をあげると工業用水や工業排水の水質試験に用いる水として、JIS K 0557「用水・排水の試験に用いる水」に準じた水を使用する。その種別を A1～A4 に分類し、質は表 1 のように規定されている。A1 の水は、器具類の洗浄及び A2～A3 の水の原料に用い、A2 の水は一般的な試験及び A3～A4 の水の原料に用いる。A3 の水は試薬類の調製、微量成分の試験に用い、A4 の水は微量成分の試験に用いる。この中で電気伝導率は水に残留している電解質、有機体炭素（TOC）は有機物、亜鉛は重金属元素の指標としている。シリカは原水に多く含まれ弱電解質である故に水の精製工程で比較的処理しにくい成分となる。また、塩化物イオン、硫酸イオンは陰イオン成分の指標となる。

A1～A4 の水において海外における同等の規格としては ISO3696、ASTM D 1193 があげられる。また A1～A4 の水の他に、以下の 5 種類の水の記載がある。

- ・溶存酸素を含まない水
- ・炭酸を含まない水
- ・100℃における過マンガン酸カリウムによる酸素消費量（CODMn）の試験に用いる水
- ・有機体炭素（TOC）の試験に用いる水
- ・全酸素消費量（TOD）の試験に用いる水

この表 1 の「項目」に関して注意点がある。電気伝導率（抵抗率）の値は、その水に含まれるイオンの総量を示していて、イオンの種類やその濃度までは特定できない。同様に有機体炭素（TOC）は有機物の総量を炭素量として表しているが、こちらも有機化合物の種類やその濃度までは特定できない。したがって電気伝導率

表 1 JIS K 0557 用水・排水の試験に用いる水における水の種別及び質

項目	種 別			
	A1	A2	A3	A4
電気伝導率 mS/m (25℃)	0.5 以下	0.1 以下	0.1 以下	0.1 以下
有機体炭素 (TOC) mgC/L	1 以下	0.5 以下	0.2 以下	0.05 以下
亜鉛 μgZn/L	0.5 以下	0.5 以下	0.1 以下	0.1 以下
シリカ μgSiO ₂ /L	—	50 以下	5.0 以下	2.5 以下
塩化物イオン μgCl ⁻ /L	10 以下	2 以下	1 以下	1 以下
硫酸イオン μgSO ₄ ²⁻ /L	10 以下	2 以下	1 以下	1 以下

(抵抗率)と有機体炭素 (TOC) は、水の純度を示すひとつの目安に過ぎない。

4 純水・超純水の入手方法

純水・超純水を利用したい時、使用量が少ない場合や一時的に使用したい場合には、市販のボトルに入った水を利用すると便利である。「イオン交換水」などの商品名で 20 L 程度のポリエチレン容器に入って販売しているものがあり、商品によっては「A3 相当」などの表記で純度を示している場合もある。市販の「超純水」は、無機分析用、有機物分析用など用途ごとに分かれていて、無機分析用は樹脂製容器に、有機物分析用はガラス瓶に充填されている。それぞれに規格書があり、ホームページで公開されている。またメーカーによっては成績書が添付されているので、不純物とその量を確認できる。

有機物の中でも揮発性有機化合物 (VOC) の試験に用いるブランク水は、ある特定の市販のミネラルウォーターを使用することが最適であることは知られていて、利用している分析機関もある。

利用頻度・利用する量が多い場合には、純水製造装置、超純水製造装置や蒸留装置などで処理した水を利用する。ラボ用純水・超純水製造装置は利用者の用途に従い、無機物の除去に特化したシステム、無機物も有機物も除去するシステム、バイオ系に対応したシステムなどの仕様を選択する必要がある。また、1日に使用する純水・超純水の量によっても、タイプを選択する必要がある。一例として、水道水を原水とした際の純水の水質例を表2に示す。純水はオルガノ社製の純水製造装置ピュアライト PR-SG で処理した水である。

純水・超純水製造装置は、原水に含まれる不純物を複数の要素技術を組み合わせて除去する。それに伴い、装置で使用されている精製に係る消耗品 (例えばイオン交換樹脂、膜、UV ランプなど) を管理し、場合によっては交換が必要になる。

表2 純水製造装置の水質例

分析項目	単位	給水	純水
電気伝導率	μS/cm	289	< 0.1
硝酸イオン	mg/L	20.1	< 0.001
硫酸イオン	mg/L	9.6	< 0.001
塩化物イオン	mg/L	49.2	< 0.0005
ナトリウムイオン	mg/L	6.9	< 0.0001
カリウムイオン	mg/L	0.7	< 0.0001
カルシウムイオン	mg/L	24.6	< 0.0001
マグネシウムイオン	mg/L	11.3	< 0.0001
シリカ	mg/L	40.9	< 0.002
鉄	mg/L	< 0.01	< 0.0001
亜鉛	mg/L	< 0.01	< 0.0001
TOC	mg/L	—	0.15

5 純水・超純水の取扱い

超純水は、「ハングリーウォーター」と呼ばれ触れるものすべてから汚れを溶かし込む性質がある。そのため、ありとあらゆる面からの汚染対策をしなければならない。意識をしなければならない主な点として「環境」「ハンドリング」「容器」が挙げる。

純水、超純水が空気と接触すると、空気中の不純物が溶け込んでいくため、製造装置の出口から出たフレッシュな水を素早く使用するか、製造装置の出口を空気が清浄に保たれているエリア (例えばクリーンベンチやクリーンドラフト) に引き込み、その中で使用することをお勧めする。

純水、超純水を取扱う時に手袋をすることは常識的であるが、手袋自体からの汚染も考慮する必要がある。具体的には、作業中に手袋に付着した水滴が誤って純水、超純水に入ると、無機成分などの汚染が起こる。このようなリスクが起きにくい作業方法への改善と、あらかじめ自分たちが使用している手袋からどのような成分が汚染するかを把握しておくといよい。

採水する容器は、その目的に対応した材質の容器を選定する必要がある。有機物を測定することを目的とした場合、ポリエチレンやポリプロピレン製などの樹脂製容器を用いると、微量ではあるが有機物が封入した純水・超純水に溶け出す。また、無機成分の測定を目的とした場合にガラス製容器を用いると、ナトリウム、カルシウムなどの汚染がある。さらに、樹脂製の容器を選定したとしても、使用する前に相応の洗浄が必要になる。洗浄方法は、超純水や酸を用いて洗浄するが、詳細は参考資料に記した JIS の超純水中の各不純物試験方法に記載があるので参考にすると良い。

6 さいごに

普段何気なく使用してしまっている「水」も、目的に合った「質」の「水」を使用することが大事である。そのためには使用するタイミングの「水」の「質」を意識した管理と取り扱いが重要となる。ここを誤ると超純水と思っていた水が純水に、純水がそれ以下の水になる場合があり、分析結果に大きな影響を及ぼしてしまう。

文 献

- 1) JIS K 0551, 超純水中の有機体炭素 (TOC) 試験方法 (1994).
- 2) JIS K 0552, 超純水の電気伝導率試験方法 (1994).
- 3) JIS K 0553, 超純水中の金属元素試験方法 (2002).
- 4) JIS K 0555, 超純水中のシリカ試験方法 (2009).
- 5) JIS K 0556, 超純水中の陰イオン試験方法 (1995).
- 6) JIS K 0557, 用水・排水の試験に用いる水 (1998).
- 7) JIS K 0558, 超純水中のほう素試験方法 (2002).
- 8) 梅香明子: ぶんせき (Bunseki), 2011, 194.
- 9) 島山由紀子: ぶんせき (Bunseki), 2010, 442
- 10) 山中弘次: 分析化学 (Bunseki Kagaku), 59, 265 (2010).
- 11) “現場で役立つ化学分析の基本技術と安全”, (オーム社).

[オルガノ株式会社 江川 暁]

冷媒蒸発抑制装置

—希少資源ヘリウムの持続的利用を目指して—

笹川 拡明

1 NMR 装置を取り巻くヘリウムの状況

核磁気共鳴分光法 (NMR, nuclear magnetic resonance) は、現代の化学・生命科学分野において極めて重要な分析手法の一つとして位置づけられている。その適用範囲は非常に広く、低分子から高分子までの化学物質の同定や構造解析、さらには生体分子間の相互作用の解明、反応機構の追跡、物質の動態解析など、多岐にわたる。特に、非破壊で精密な情報が得られる点が他の分析技術に対する大きな利点である。

しかし、より複雑で情報量の多い物質、たとえば大きな分子量を持つ生体高分子や混合物の解析を精密に行うには、観測される NMR 信号の分解能や感度を飛躍的に高める必要がある。そのためには、装置の大型化および性能の高度化が求められ、特により強い磁場の下での測定環境を整備することが避けられない手段の一つとされている。NMR の分解能や感度は磁場強度に強く依存しており、より高磁場での測定によってピークの分離能が高まり、微細な構造の違いをも読み取ることが可能になる。

このような高磁場 NMR の実現において、1970 年代に超伝導磁石が導入されたことは、NMR 装置の技術革新の中でも特筆すべき大きな進歩である。それ以前の電磁石などでは到達し得なかった高い磁場が超伝導技術によって実現され、それにより NMR 測定の可能性が飛躍的に広がった。その後も磁場強度は時代とともに向上を続け、現在では商用として入手可能な超伝導磁石には、9.4 テスラ (400 MHz) から 28.2 テスラ (1.2 GHz) といった非常に高い磁場を生み出せるものまで存在している。これにより、従来は不可能であった複雑な生体分子構造の解明や微量試料の分析が現実のものとなっている。

この超伝導磁石を安定して運用するためには、磁石のコイルを絶対零度に近い極低温状態に保ち続ける必要がある。これを実現するためには、主に液体ヘリウムが冷媒として使用されており、さらにその蒸発を抑える目的で液体窒素が併用されている。液体ヘリウムは約 4.2 K (−269 °C) という極低温を保つために必要不可欠な冷

却媒体であり、その存在がなければ超伝導状態を維持することは不可能である。

ところが、液体ヘリウムはもともと希少かつ製造コストの高い資源であり、その価格は液体窒素と比較して桁違いに高額である。さらに 2000 年代以降、とりわけ 2010 年代に入ってから、アメリカにおけるヘリウム備蓄政策の転換や供給施設の老朽化など複合的な要因により、ヘリウム供給が不安定化し、価格も急騰する事態となっている。2024 年時点における輸入価格は、2010 年以前と比較して実に 7 倍以上もの高騰が確認されており (図 1)、これは NMR 機器を保有・運用する研究機関にとって極めて深刻なコスト上昇要因となっている。

この価格高騰と供給不安の背景には、ヘリウムの使用用途が多岐にわたり、かつ供給源が限られているという現実がある。半導体製造、光ファイバー製造、医療機器、宇宙・航空産業など多くの先端分野でのヘリウム需要が急増している一方で、ヘリウムは基本的に天然ガスの副産物としてしか得られないため、採取可能なガス田も限られている。特にヘリウム濃度が高い天然ガス田の存在は世界的にも数少なく、それらの開発状況や政治的安定性が供給の可否に直結している。現時点ではアメリカ、中東諸国、ロシア、北アフリカが主要な供給源となっているが、アメリカを除けば政治的・経済的に不安

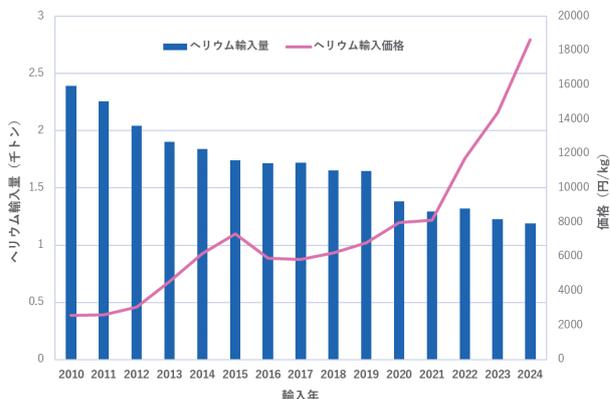


図 1 ヘリウムの輸入量および輸入価格の推移 (財務省貿易統計から引用した)

定な地域が多く、将来的な供給の見直しには依然として大きな不確実性が残されている。

このような状況を踏まえ、ヘリウムの安定供給はもはや当然の前提とは言えず、特に大学や公的研究機関などで複数の NMR 装置を保有している施設では、ヘリウムの使用量も多いため深刻な影響を受けている。そのため、近年では貴重な液体ヘリウムの有効活用と再利用を目的とした「ヘリウム回収・再凝縮システム」の導入が進められている。これらのシステムでは、装置から蒸発したヘリウムガスを回収し、再び液化することによって繰り返し利用することが可能となる。これにより、新たな液体ヘリウムの購入量を大幅に削減できるため、長期的な運用コストの抑制および供給リスクの低減に寄与している。

ただし、このような回収・再凝縮装置の導入には多額の初期投資が必要であり、また装置の運用・保守にも一定のコストと技術的知見、経験が求められる。そのため、実際に導入するためには、ある程度のヘリウム使用量が見込まれる施設であること、ならびに長期的な運用計画が策定されていることが前提となる。一方で、こうした設備を整備することにより、持続可能な研究環境の構築に貢献することができるとされており、特に環境への配慮や資源循環の観点からも、その重要性が近年ますます高まっている。

2 NMR 超伝導磁石向け冷媒蒸発抑制装置

2.1 冷媒蒸発抑制装置の概要

ユーザーからのこのようなヘリウム供給の状況について不安の声が出ていたことより、弊社では小規模な NMR システムにおいても利用が可能な液体ヘリウムの蒸発を低減させる装置を 2023 年から販売を開始した。

この冷媒蒸発抑制装置は、高磁場 NMR 装置の抱える欠点である液体ヘリウムの充填作業が不要、ないし著しく低減されるという革新的なソリューションと位置づけられ、企業、研究機関における持続可能な NMR 分析環境の構築に貢献する製品として開発された。

本装置の特徴は以下のとおりである。

- ・軽量・省スペースながら、1 台で液体ヘリウム、液体窒素の両冷媒の蒸発を抑制
- ・冷媒補充作業の頻度を低減し、NMR 装置の稼働時間を最大化
- ・新設計により冷凍機振動を十分抑制し、スペクトルへの影響を最小化
- ・既設 NMR マグネットへの後付け可能

2.2 装置の構造と冷却メカニズム

装置の概要図を (図 2) に、NMR マグネットに接続された写真を (図 3) に示す。本装置は、設置高さおよびメンテナンス性を考慮し、Gifford-McMahon (GM)

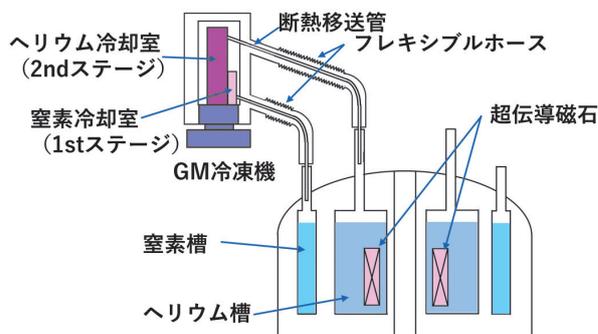


図 2 冷媒蒸発抑制装置の概要図



図 3 冷媒蒸発抑制装置設置例

冷凍機はモータ側を下にして設置している。この GM 冷凍機は、2 段階の冷却ステージを備えており、それぞれ窒素およびヘリウムの冷却室を備えている。

冷却室は断熱移送管を介して NMR マグネットの各貯液槽に接続されている点が本装置の大きな技術的特徴である。この移送管は気液二相流が対向する構造となっており、蒸発したガスが上昇する一方で冷却された液体が下降するという効率的な熱交換システムを実現している。この対向流方式により、冷却効率が大幅に向上し、最小限のエネルギー消費で最大の冷却効果を得ることが可能となっている。

1st ステージは液体窒素の温度域である約 77 K (−196 °C) 程度まで冷却可能であり、主に断熱層としての役割を果たす窒素槽の蒸発抑制機能を担っている。一方、2nd ステージは約 4 K (−269 °C) という極低温まで冷却でき、超伝導コイルを浸漬している液体ヘリウムの蒸発を効率よく低減する機能を担っている。これにより、従来であれば大気中に散逸していた貴重なヘリウムを系内で保持し、消費量を最小限に抑えることが可能となっている。

2.3 振動対策

NMR 測定では、わずかな振動でもアーティファクト信号としてスペクトル上に現れることがある。特に 10 Hz 以下の低周波領域が問題になることが多いとされている。しかし、GM 冷凍機の往復運動周期は約 1 Hz であり、この周波数帯での振動が測定に悪影響を及ぼす

可能性がある。

この課題に対して、本装置開発においては振動の低減（制振）と伝達の抑制（防振）が最も重要な技術課題の一つとして取り組むことになった。具体的には、装置架台の支持位置をパラメータとした詳細な振動解析を実施し、固有振動数を最適化することで制振を行った。結果として床面への固定する場合と比較して、マグネット支持脚への固定を採用する際には、固有振動数を最大で約2倍近くに高めることで超伝導磁石に悪影響をおよぼす低周波振動を低減することができた。

さらに、支持脚の上端には専用の防振機構を備えており、残留する微小振動のマグネットへの伝達を効果的に遮断できるようにしている。また、移送管には柔軟性に優れたフレキシブルホースを採用し、振動の伝達経路を物理的に遮断できる構造とした。

これらの複合的な振動対策により、GM冷凍機の機械的振動がNMR測定に与える影響は実用上問題のないレベルにまで低減した。実際の性能評価においても、装置の導入前後でスペクトルの品質に顕著な差が見られないことが確認されており、高感度なNMR測定に必要な低振動環境を実現しており、装置の静粛性は、スペクトルの分解能や信号強度などの測定精度に影響を与えない水準に達している。

2.4 安全機能

安全面での配慮も徹底した。装置の異常時に動作するリリーフ弁のクラッキング圧を考慮した制御圧力の設定を施した。また、ヒータ異常などにより万一低圧状態が検知された場合には、自動的に緊急停止するなどの安全機能も実装されている。こうした多重の安全機構により、貴重な超伝導マグネットを保護するとともに、運用者の安全も確保する設計となっている。

2.5 長期運用性能

本装置をNMRマグネットに搭載し、実際の研究環境下での性能検証を実施した結果、長期にわたる安定した運用性能が確認されている。半年以上の連続運転においても、冷媒の蒸発は実質的に認められていない（図4）。

これは従来のNMR装置と比較して画期的な進歩であり、液体ヘリウムの補充頻度を劇的に減少させることができる。例えば、従来型の400 MHz NMR装置では通常年に1、2回程度の液体ヘリウム補充が必要であったが、本装置の導入により理論上は補充をほぼゼロにすることが可能となる。ただし、実際の運用においては、システムの健全性維持のための定期的な点検などが行われることで、冷媒は徐々に減っていくことになる。いずれにしても、ヘリウム供給の不安定化によるNMR装置の運転停止リスクを大幅に低減できることは、研究の継続性という点で金銭的価値以上の意義を持つと言える。

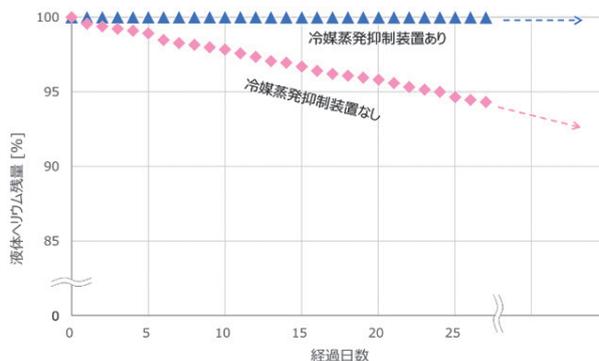


図4 液体ヘリウム蒸発推移

冷媒蒸発抑制装置が動作している環境では液体ヘリウムの蒸発量が極めて少なく、ほとんど消費されていないことがわかる。

3 冷媒蒸発抑制装置のNMRスペクトルへの影響

装置を設置した状態下におけるNMR測定例を示す。（図5）はマクロライド系抗菌薬であるエリスロマイシンの2次元NMRスペクトルになる。ここで行われているNOESYと呼ばれる測定法は外部からの揺動に敏感な測定である。また、試料濃度も1 mgというNMR装置にとってはかなり希薄な濃度における測定であり、測定条件としては厳しい条件になる。このような厳しい測定条件においても冷媒蒸発抑制装置による影響の無いスペクトルが得られている。

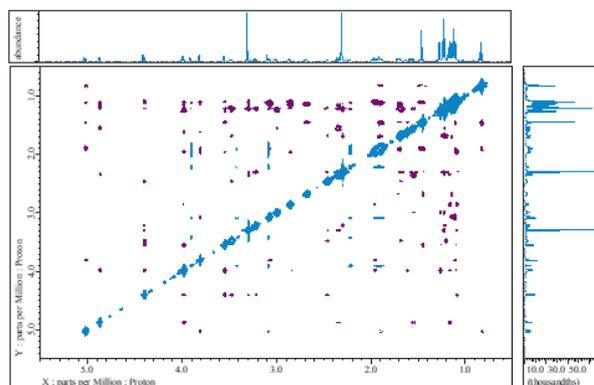


図5 冷媒蒸発抑制装置動作下における2次元NMRスペクトル 20 mg エリスロマイシン 2D NOESY スペクトル。アーティファクト信号低減のための磁場勾配パルス無しで測定している。装置はJNM-ECZL600G（プロトン共鳴周波数 600 MHz）、検出器はROYALプローブ™を使用した。

4 既存装置への適用と将来展望

本装置は新規導入するNMR装置だけでなく、既設のNMRマグネットへの後付けも可能とした設計となっている。これにより、既存の研究設備投資を最大限に活用しながら、運用安定性の向上を図ることができる。後付け設置の場合も、本体マグネットや制御系への大きな改

造は不要であり、2日程度の作業により導入が可能である。

特に注目すべき点として、本装置は小規模なNMRシステム向けに最適化されている点が挙げられる。従来のヘリウム回収システムは大型かつ高価であったため、主に多数のNMR装置を有する大規模施設向けとされていたが、本装置は軽量・コンパクト設計により、1~2台程度のNMR装置しか保有していない中小規模の研究室にも導入できるようした。これにより、ヘリウム再利用施設を持たない小規模な企業、研究機関でも持続可能なNMR研究環境を構築することが可能となった。

本装置は単なる冷媒蒸発抑制装置にとどまらず、ヘリウム資源の持続可能な利用と先端研究の継続性（サステ

ナビリティ）を確保するための重要なインフラストラクチャとして、今後ますます重要性を増していくものと考えられる。近年の世界的なヘリウム需給の逼迫状況を考慮すると、本装置の導入は研究機関における資源リスク管理の観点からも極めて有効な選択肢と言えるだろう。



笹川 拓明 (SASAKAWA Hiroaki)

日本電子株式会社 NM 事業ユニット NM アプリケーション部 (〒196-8558 東京都昭島市武蔵野 3-1-2)、神戸大学自然科学研究科分子集合化学専攻、博士(理学)、《現在の研究》NMR アプリケーション開発、《趣味》古民家カフェ探し、訪問。
E-mail : hsasakaw@jeol.co.jp

会社ホームページ URL :

<https://www.jeol.co.jp/>

関連製品ページ URL :

https://www.jeol.co.jp/products/scientific/nmr_peripherals/CR-80.html

原 稿 募 集

「技術紹介」の原稿を募集しています

対象：以下のような分析機器、分析手法に関する紹介・解説記事

- 1) 分析機器の特徴や性能および機器開発に関わる技術、2) 分析手法の特徴および手法開発に関わる技術、3) 分析機器および分析手法の応用例、4) 分析に必要な試薬や水および雰囲気などに関する情報・解説、5) 前処理や試料の取扱い等に関する情報・解説・注意事項、6) その他、分析機器の性能を十分に引き出すために有用な情報など

報など

新規性：本記事の内容に関しては、新規性は一切問いません。新規の装置や技術である必要はなく、既存の装置や技術に関わるもので構いません。また、社会的要求が高いテーマや関連技術については、データや知見の追加などにより繰り返し紹介していただいても構いません。

お問い合わせ先：

日本分析化学会『ぶんせき』編集委員会

[E-mail : bunseki@jsac.or.jp]

● UV/Visible Diffusion-Ordered Spectroscopy : 分子サイズと電子吸収の同時検出

分子の構造や挙動を可視化する上で、UV/Vis 吸収分光は長らく基礎的かつ広く用いられてきた。しかし、混合試料の場合、複数の類似したスペクトル成分が重なるなどにより定量的な解析が難しい。2024年に、Giubertoni らによってスペクトルだけでなく分子の拡散係数の違いをもとに成分分離を行う「Optical DOSY (Diffusion-Ordered Spectroscopy)」が提案された¹⁾。これはいわば核磁気共鳴 (NMR) 由来の DOSY 技術を可視光領域に応用した発想である。

測定原理は、NMR の DOSY 技術よりもはるかに単純で直感的である。Y 字のミキサーを用いて、光学セル内に試料溶液と純溶媒を並行注入し、流れを停止させた瞬間 ($t=0$) から分子の拡散を UV/Vis スペクトルの時間変化として測定する。拡散係数 D は分子サイズに反比例するため、時間と吸光度の 2 次元データをもとに、横軸を波長、縦軸を拡散係数とする“2 次元 DOSY スペクトル”が得られる (図 1)。

この手法の利点の一つが、計測対象の広さである。論文中では、可視光領域での色素 (ローダミン B とメチレンブルー)、紫外領域でのカフェインとクロロゲン酸などの混合溶液に対し、各成分のサイズとスペクトルを分離抽出できることを実証している。さらに、ATP やリゾチウム、N-acetyl-トリプトファンアミドといった生体分子の混合系でも、成分間の重なった吸収スペクトルを拡散係数に基づいて分離することに成功している。

加えて、①既存の UV/Vis 分光器に簡単な改造を加え

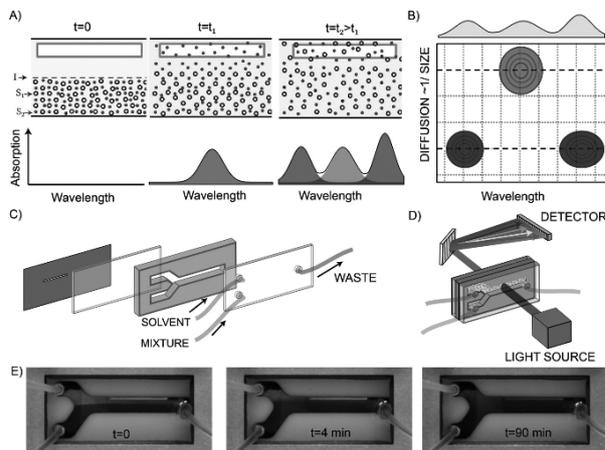


図 1 Optical DOSY の原理と実装¹⁾。

(A) 測定開始時 ($t=0$) に、セルの下半分に試料溶液、上半分に溶媒を注入。拡散速度が異なるため、小分子 (赤) は大分子 (青) より先に上部に到達し、UV/Vis スペクトルに先に現れる。測定位置はスリットで選択。(B) 拡散係数に基づき吸収ピークがサイズ順に並ぶ 2 次元 DOSY スペクトルの模式図。(C, D) 実装例 (窓サイズ: $38.5 \times 19 \times 4$ mm)。(E) ローダミンとメチレンブルーを含む水溶液を注入後、拡散経過に伴うチャンネル内の画像。Adapted with permission from ref¹⁾. Copyright 2024 the Author (s) under Creative Commons CC BY license.

るだけで導入可能、②前処理やキャリブレーションが不要、③拡散係数計測の文脈での利点として、NMR が苦手とする常磁性物質にも対応、という点にも有用性がある。また、非線形分光を含めた高度な分光との融合による分析の高度化も期待できると紹介されている。

Optical DOSY は、混合試料中の成分同定、サイズ分布の解析、光学特性の評価を一括で行えるため、化学・生命科学・食品分析など幅広い分野への応用が進む可能性がある注目すべき分析技術であろう。

- 1) G. Giubertoni, M. Rachid, C. Moll, M. Hilbers, S. Samanipour, S. Woutersen : *Anal. Chem.*, **96**, 15168 (2024).

[九州大学大学院理学研究院 宮田 潔志]

原稿募集

トピックス欄の原稿を募集しています

内容：読者の関心をひくような新しい分析化学・分析技術の研究を短くまとめたもの。

執筆上の注意：1) 1000 字以内 (図は 1 枚 500 字に換算) とする。2) 新分析法の説明には簡単な原理図などを積極的に採り入れる。3) 中心となる文献は原則として 2 年以内のものとし、出所を明記する。

なお、執筆者自身の文献を主として紹介するこ

とは御遠慮ください。又、二重投稿は避けてください。

◇採用の可否は編集委員会にご一任ください。原稿の送付および問い合わせは下記へお願いします。

〒141-0031 東京都品川区西五反田 1-26-2
五反田サンハイツ 304 号

(公社)日本分析化学会「ぶんせき」編集委員会
[E-mail : bunseki@jsac.or.jp]



香りを測る，感覚をつなぐ

琉球大学理学部の佐伯健太郎先生よりバトンを引き継ぎました，熊本県立大学の白土です。

バトンといえば，昨日（執筆時点）は娘が通う中学校の体育大会がありました。メイン競技であるリレーでは，各学年4クラスがそれぞれ四つの団に分かれて競い合うのですが，娘の所属する団は，スタート時点からあまり好成績を残せない組が多く，珍しく途中まで良い順位でバトンをつないでいたとしても，バトンを落とししてしまい，結果的に最下位になってしまう場面もありました。

……話がそれましたね。

今回バトンをくださった佐伯先生とは，これまで面識がなかったのですが，懇意にしている熊本大学大学院先端科学研究部・戸田敬先生の研究室ご出身というご縁で，今年2月に京都で開催された研究会に出席した際にご紹介いただきました。その交流会の席で，リレーエッセイの次回執筆者についてご相談を受け，美味しいお酒も手伝ってすっかり気分が良くなっていました。しかし，いざ何を書こうかと悩んでいるうちに締切が目前となり，「ここでバトンを落とすわけにはいかない」と，ようやく筆（キーボード）を取った次第です。

私は学部4年次から博士後期課程修了まで，九州大学農学部（当時）の箆島豊先生のもとで，畜産製品の品質因子としてのフレーバーについて研究してきました。学位取得後，熊本県立大学に職を得た際，箆島先生からこう言われました。「どんな研究をしてもよいが，フレーバーの研究は続けなさい。」この言葉が，私の教員生活の道標となりました。そのおかげで，多くの共同研究や委託研究のお話をいただく機会に恵まれ，研究の幅を広げることができました。

ご存じのとおり，私たちは食品の「おいしさ」を，香りや味，食感など五感を通して感じ取っています。これは極めて主観的で質的な評価です。だからこそ，GC-MSなどの機器分析によって得られる客観的なデータと，それをいかに結びつけるかが重要な鍵となります。客観性が重視される分析化学において，人の感覚という曖昧で主観的な対象と向き合うことは，常に頭を悩ませる課題のひとつです。それでも，分析化学の力を用いて感覚の世界を解き明かしていくことに，大きな面白みを感じています。

一方で，私の趣味は，写真，サーキット走行（四輪），ロードバイク，オーディオ，バレエ鑑賞，山歩きなど多

岐にわたります。これらは「感覚（センサー）を鍛える一助になっている」と，半ば強引に解釈しています。

中でも，ロードバイクを例に挙げてみましょう。休日にじっくり乗る時間は限られているため，主に通勤に活用しており，昨年の年間走行距離は2200 kmを超えました。比較的速いペースで走っていることもあり，体脂肪率は一桁目前で，メタボとは無縁です。加えて，大腿や下腿の筋力も向上し，フレイル予防にもつながっています。さらに，消費するエネルギーを自ら賄うという点でエコな移動手段ともいえ，環境共生学部・食健康環境学専攻に所属する私にとっては，まさに理想的な通勤スタイルといえるでしょう。

……とはいえ，荷物や人は運べませんし，車体やパーツにはそれなりの費用もかかるため，財布にはあまり——いえ，まったく優しくありません（笑）。それでも，季節の移ろいをいち早く感じられますし，風向きや風速の変化がダイレクトに走行負荷として現れるため，普段は気づかない自然の微細な変化を感じ取ることができます。ロードバイクに乗ることは，日常から少し離れて新たな感覚を得る，まさに“感覚を磨く”手段のひとつといえるでしょう。



図1 感覚を磨いてくれる愛機たち

まとまりのない，やや雑ばくなエッセイとなってしまいましたが，日常生活の中でも感覚を鍛えつつ，人の感覚と向き合う分析化学の発展に，微力ながら貢献できればと考えています。

さて，今回の執筆者は，箆島一門（笑）の後輩である中村学園大学の沖智之先生にお願いしました。ご多忙の中，快くお引き受けいただき，心より感謝申し上げます。

〔熊本県立大学 白土 英樹〕

川崎 英也 氏

(KAWASAKI Hideya)
関西大学 教授

1970年神戸市生まれ。1993年三重大学工学部工業化学科卒業。1998年九州大学大学院理学研究科博士課程修了，博士（理学）。学位論文は「熱感応性ハイドロゲルの体積相転移に及ぼす荷電導入の効果」。1999年より九州大学理学部助手，2006年より関西大学化学学生命工学部准教授，2013年に教授，2024年より同学部学部長。Anal. Sci., Mass Spectrometry, Nanomaterials各誌の編集委員を歴任。日本化学会コロイドおよび界面化学部会奨励賞（2003），日本質量分析学会奨励賞（2010），同学会論文賞（2014，2015，2023）などを受賞。



【業績】

金属ナノ粒子を用いた質量分析法および金属ナノクラスターを用いた蛍光分析法の開発

川崎英也君は，ナノ材料および分析化学分野において数多くの優れた研究成果を挙げている。特に「金属ナノ粒子を活用したレーザー脱離イオン化質量分析」および「金属ナノクラスターの光機能特性を利用した蛍光分析法」では，高感度・高選択性を可能とする新たな分析法を提案してきた。その成果は，環境科学，医療，材料科学などの幅広い分野に展開されている。以下に，同君の主な成果を三項目に要約して紹介する。

1. 金属ナノ粒子を用いた質量分析法^{1)~15)}

同君は，表面支援レーザー脱離イオン化質量分析（SALDI-MS）の分野で，無機ナノ材料を用いたイオン化支援基材の開発により，低分子化合物の高感度分析を実現した。白金ナノ構造体や高分子/金ナノ粒子積層薄膜を用いることで，従来のMALDI-MSでは困難であった低分子領域の高感度検出を可能にした。特に，濃縮・分離機能を兼ね備えた積層膜型イオン化基板は，環境中の微量成分検出に新たな手法を提示した。さらに，グラフェン被覆磁性コバルトナノ粒子を用いた磁性分離とSALDI-MSの融合により，有機フッ素化合物や多環芳香族化合物，タンパク質-薬物相互作用の高選択的分析に成功し，「Affinity SALDI-MS」へと発展した。

2. 金属スパッタリングを用いたSALDIイメージング質量分析法の開発^{16)~18)}

MALDIを基盤とするイメージング質量分析法では，有機マトリックスを試料表面に均一に塗布することが困難であり，特に非導電性試料においては，マトリックスの厚みに起因するチャージアップ〔試料表面に電荷が蓄積し，レーザー脱離・イオン化が阻害される現象〕が問題となっていた。同君は，白金スパッタリングによる金属薄膜形成法を導入することで，絶縁性試料や厚膜材料におけるチャージアップの課題を解消し，試料表面における分子分布の高精度な可視化を実現した。この手法は，生体試料だけでなく，添加剤・ポリマー材料などの工業材料の質量分析にも有効であり，分析化学の新たな応用領域を切り拓いた。

3. 金属ナノクラスターを用いた蛍光分析法の開発^{19)~33)}

同君は，タンパク質を鋳型として用いることで，原子数レベルでサイズ制御が可能な金ナノクラスター（Au₅，Au₁₃，Au₂₅など）の合成法を確立し，世界で初めて三原色発光を実現した。これらの蛍光性クラスターを用いて，重金属イオン，グルコース，炎症マーカーなどを高感度に検出する分析手法を開発した。さらに，光励起された金ナノクラスターによる光増感作用を発見し，一重項酸素の生成を利用した光線力学療法（PDT）にも取り組み，がんや感染症に対する新たな治療法としての可能性を示した。

以上より，川崎英也君は，金属ナノ粒子・ナノクラスターの構造設計に立脚して分析感度の飛躍的な向上を達成するとともに，質量分析および蛍光分析とナノ材料との融合による革新的手法を提案し，分析化学の発展に顕著な貢献を果たしている。

〔東京科学大学 火原 彰秀〕

文 献

- 1) *J. Phys. Chem. C*, **111**, 16278 ('07).
- 2) *Anal. Chem.*, **80**, 7524 ('08).
- 3) *Anal. Bioanal. Chem.*, **395**, 1423 ('09).
- 4) *Chem. Eur. J.*, **16**, 10832 ('10).
- 5) *Anal. Sci.*, **26**, 1229 ('10).
- 6) *Analyst*, **136**, 1167 ('11).
- 7) *Anal. Chem.*, **84**, 9268 ('12).
- 8) *J. Phys. Chem. C*, **117**, 238 ('13).
- 9) *Anal. Methods*, **5**, 5031 ('13).
- 10) *ACS Appl. Mater. Interfaces*, **6**, 8387 ('14).
- 11) *Mass Spectrom.*, **3**, A0028 ('14).
- 12) *Analyst*, **141**, 5835 ('16).
- 13) *RSC Adv.*, **7**, 18041 ('17).
- 14) *Mass Spectrom.*, **11**, A0107 ('22).
- 15) *Mass Spectrom.*, **13**, A0162 ('24).
- 16) *Rapid Commun. Mass Spectrom.*, **26**, 1849 ('12).
- 17) *J. Mass Spectrom.*, **50**, 1264 ('15).
- 18) *Anal. Sci.*, **32**, 587 ('16).
- 19) *Adv. Funct. Mater.*, **21**, 3508 ('11).
- 20) *Anal. Sci.*, **27**, 591 ('11).
- 21) *J. Phys. Chem. Lett.*, **4**, 2847 ('13).
- 22) *Chem. Mater.*, **26**, 2777 ('14).
- 23) *J. Phys. Chem. C*, **119**, 14319 ('15).
- 24) *Int. J. Nanomed.*, **12**, 2703 ('17).
- 25) *J. Colloid. Interf. Sci.*, **510**, 221 ('18).
- 26) *J. Phys. Chem. C*, **122**, 12494 ('18).
- 27) *J. Phys. Chem. C*, **123**, 26644 ('19).
- 28) *Nanoscale Adv.*, **2**, 17 ('20).
- 29) *ACS Omega*, **6**, 9279 ('21).
- 30) *J. Chem. Phys.*, **155**, 124702 ('21).
- 31) *J. Phys. Chem. C*, **126**, 19693 ('22).
- 32) *ACS Appl. Bio Mater.*, **6**, 4504 ('23).
- 33) *Appl. Mater. Today*, **40**, 102419 ('24).

長谷川 浩 氏

(HASEGAWA Hiroshi
金沢大学理工研究域 教授)

1968年1月25日愛知県に生まれる。1991年京都大学工学部学士試験合格、1993年京都大学大学院理学研究科修士課程修了。1993年高知大学理学部助手、1997年「水圏におけるヒ素のスペシエーションの季節変動に関する研究」より博士(理学)。1997年京都大学化学研究所助手、2000年金沢大学工学部講師、2002年同助教授、2004年同大学院自然科学研究科助教授、2007年同准教授、2008年同理工研究域准教授、2011年同教授。2020年より金沢大学学長補佐、研究基盤統括本部長、総合技術部長、理工研究域副域長、ベンチャー・ビジネス・ラボラトリー長、2022年日本分析化学会中部支部長。Anal. Sci. 編集委員, Limnol. 編集委員, 分析化学誌編集委員を歴任。2022年より研究基盤協議会理事。趣味: 野菜栽培, 温泉旅行。



【業 績】

微量元素の化学種別分析法の開発と環境研究への応用

環境における新たな現象の発見や資源循環技術におけるブレークスルーの創出には、新規な分析法や分離法の開拓が不可欠である。長谷川浩氏は、微量元素研究において、分析化学と溶液化学、環境化学、微生物学、毒物学等との分野融合に積極的に取り組む中で、環境・生体試料中における化学種別分析法や選択的分離技術を開拓し、環境研究に広く展開した。以下に、同氏の代表的な業績を紹介する。

1. 環境水中における微量元素の化学種別分析法・高感度定量法の開発とフィールド研究への応用^{1)~9)}

ヒ素は水溶液中において極めて安定な σ 結合性有機金属化学種を形成する。同氏は、溶媒抽出等の前処理法とコールドトラップ還元気化原子吸光法を組み合わせた種々の化学種別分析法を新規開発した。これらの分析法を湖沼の観測に適用して、無機及び有機ヒ素の季節的な化学種変化を解明し、富栄養化の進行に伴いヒ素化学種組成が変遷することを見いだした。

一方、FeやZn等の金属イオンは、有機配位子と配位結合性の有機金属錯体を形成する。同氏は、HILICカラムを用いたUPLC-q-TOFMSによる配位結合性有機金属錯体の高感度一斉分析法を新たに開発し、環境水中における金属キレート化学種の挙動を解明した。また、固相抽出法と可搬型液体発光プラズマ装置を用いて廃水中金属元素のon site定量法を開発した。

2. 生体試料中微量元素の化学種別分析法の開発と応用^{10)~18)}

ヒ素の生物に対する作用は化学形態により大きく変化する。同氏は、藻類の細胞表面および細胞内ヒ素の化学的分画法や、単一細胞ICP質量分析法を開発した。また海洋及び淡水藻類の培養試験を実施して、無機およびメチルヒ素種に対する耐性や生物濃縮、化学種変換作用に現れる多様性を明らかにした。

鉄は植物の生長に欠かせない微量必須元素である。同氏は、水圏における微量有機鉄化学種の化学種組成と錯生成反応から植物に対する生物学的有効性を解析し、有機配位子が鉄取り込みや成長に及ぼす影響を包括的に解明した。また希少性の高い宝石サンゴの硬組織について、高精度色彩分析による顕微観察法、EPMAによる微量無機元素のマッピング分析法、放射光を利用した軟X線 μ -XRF/XAS法によるS、Pの化学形態別分析等を開発し、宝石サンゴに係わる科学の進展に貢献した。

3. 汚染土壌および廃棄物の化学洗浄技術の開拓^{19)~25)}

固体廃棄物における金属の湿式分離技術として、水溶性キレート剤により金属元素を抽出分離するキレート洗浄技術を開

発した。マイクロ波照射やミルによる湿式粉碎等を併用したキレート洗浄により、様々な廃棄物中におけるレアメタルの選択的分離抽出に成功した。また、重金属汚染土壌に対して、生分解性を有するアミノカルボン酸型キレート剤を活用して重金属含有量を低減する環境修復技術を開発した。射撃場由来のPb汚染土壌、自然由来のAs汚染土壌、原発事故由来の放射性Cs汚染土壌等の実試料に適用して浄化効果を実証した。

4. 新規な高選択性金属分離剤の開発^{26)~36)}

固相抽出法は簡便性と迅速性に優れるが、産業廃液等への適用には過酷な化学条件に対応可能な高い吸着性能が求められる。同氏は、超分子作用に基づく固相抽出剤の優れた分子認識技術に着目し、廃液中のレアメタル分離回収に適用できることを示した。また、セルロースにジチオカルバメート基を高密度に修飾した新規抽出剤を新規開発し、王水クラスの強酸性や多量の共存成分が存在する条件でも貴金属元素や有害元素を高選択的に吸着する分離性能を実現した。さらに、実廃液を吸着剤に直接通して焼却するというシンプルなプロセスにより、高純度の貴金属を回収する画期的なりサイクル技術を確立した。

以上、長谷川浩氏は、環境分野の微量元素分析およびその応用に関して顕著な研究成果を挙げ、分析化学の発展に大きく貢献した。その功績は学術的・社会的にも高く評価されるものである。

[金沢大学医薬保健学研究域薬学系 小川 数馬]

文 献

- 1) *Anal. Chem.*, **66**, 3247 ('94).
- 2) *Environ. Sci. Technol.*, **31**, 2712 ('97).
- 3) *Sci. Total Environ.*, **407**, 1418 ('09).
- 4) *ibid.*, **408**, 1684 ('10).
- 5) *Talanta*, **194**, 980 ('19).
- 6) *J. Chromatogr. A*, **1630**, 461528 ('20).
- 7) *Anal. Sci.*, **39**, 663 ('23).
- 8) *Sensor. Actuat. B-Chem.*, **272**, 91 ('18).
- 9) *J. Hazard. Mater.*, **424**, 127250 ('22).
- 10) *Chemosphere*, **43**, 265 ('01).
- 11) *Chem. Eng. J.*, **145**, 179 ('08).
- 12) *Environ. Res.*, **116**, 118 ('12).
- 13) *Environ. Pollut.*, **270**, 116090 ('21).
- 14) *Chemosphere*, **364**, 143129 ('24).
- 15) *Plant Physiol. Biochem.*, **58**, 205 ('12).
- 16) *Chemosphere*, **95**, 219 ('14).
- 17) *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **441**, 117 ('13).
- 18) *Geochim. Cosmochim. Acta*, **127**, 1 ('14).
- 19) *Chemosphere*, **87**, 1161 ('12).
- 20) *J. Hazard. Mater.*, **254-255**, 10 ('13).
- 21) *Chem. Eng. J.*, **296**, 199 ('16).
- 22) *J. Hazard. Mater.*, **431**, 128562 ('22).
- 23) *Environ. Res.*, **250**, 118467 ('24).
- 24) *Chemosphere*, **366**, 143431 ('24).
- 25) *ibid.*, **366**, 143528 ('24).
- 26) *Chemosphere*, **79**, 193 ('10).
- 27) *Wat. Res.*, **45**, 4844 ('11).
- 28) *Chem. Eng. J.*, **277**, 219 ('15).
- 29) *J. Hazard. Mater.*, **380**, 120816 ('19).
- 30) *ibid.*, **410**, 124569 ('21).
- 31) *Chem. Eng. J.*, **407**, 127225 ('21).
- 32) *ibid.*, **450**, 138232 ('22).
- 33) *Sep. Purif. Technol.*, **328**, 124995 ('24).
- 34) *Chem. Eng. J.*, **495**, 153537 ('24).
- 35) *ibid.*, **500**, 156831 ('24).
- 36) *ibid.*, **500**, 157040 ('24).

前田 耕 治 氏

(MAEDA Kohji
京都工芸繊維大学分子化学系 教授)

1960年12月3日、福井市に生まれる。1983年京都大学理学部卒業。1988年京都大学大学院理学研究科博士後期課程研究指導認定退学。1991年「液々界面電荷移動反応のボルタンメトリーの研究」により理学博士。1991年神戸大学自然科学研究科助手。1993年福井県立大学生物資源学部講師。1996年京都工芸繊維大学物質工学科講師。1997年同大学大学院工芸科学研究科助教授。2007年同教授。2018～2020年同大学副学長。2022～2023年日本ポーラログラフ学会会長。2025年 The Jaroslav Heyrovský Honorary Medals, Czech Academy of Sciences 受賞。



【業 績】

液液界面電気化学に立脚したバイオミメティック膜反応の創成と解析

前田耕治氏は、液液界面電気化学の理論と方法論に基づいた界面反応・膜反応の解析に主眼を置いて研究を進めてきた。研究内容は二つに大別され、一つは、生体膜での電荷透過がかかわる現象をバイオミメティック反応として人工液膜系で再現し、電気化学的視点で生体膜反応の本質を明らかにしようという研究である。もう一つは、溶媒抽出やイオンセンサの基盤となるイオンの液液分配反応の解析に関する研究で、イオンの溶媒和や界面吸着、各種人工膜・生体膜のイオン透過機構の解析等に関する電気化学的研究を展開している。

1. 生体膜反応のモデル化と電気化学的解析^{1)~13)}

生体内興奮類似現象の実現例として、同氏は人工液膜系での独自の電気化学的振動現象を見いだした。すなわち、電流規制下での膜電位振動、膜電位規制下での電流振動を実現した。同時に、膜反応における2界面の役割や振動機構をボルタモグラムと電気毛管曲線を用いて明らかにした。さらに、味覚センサーとして注目されていた非電解条件下での自発的電位振動反応にボルタンメトリー的手法を適用し、定説とは異なる振動機構を解明した。

さらなる展開として、複数の電位振動系を組み合わせ、振動系間の距離に依存した電気パルスの伝播と同期を実現し、電気パルス測定と同時に、活性炭を用いた界面活性イオンの界面伝播の動画を撮影して界面伝播の実像を捉えた。この研究のなかで、パルス伝播の二つの経路すなわち物質移動的伝播と電気伝導的伝播の存在を明らかにした。心臓や膵臓では、細胞間のギャップジャンクションを通じた電気パルスの伝播と同期によりその臓器の機能が発揮されている。それらの機構を電気化学的モデルにより提案したことは、医学と電気化学の新しい連携例として意義深い。

ミトコンドリアにおける生体エネルギー変換反応の機構解明を目的として、イオン移動と電子移動の共役反応をイオン移動ボルタモグラムと電子移動ボルタモグラムに基づいて明らかにした。「水相と有機相界面で酸化還元反応と同時に生じるイオン分配の速度がイオン移動の正電流と電子移動の負電流が一致する電位で決定される」という簡明な原理を実証した。さらに、Na⁺とK⁺の選択的分離、共役速度に与える酸化体・還元体の濃度比の影響などが定量的に説明された。同手法を用いて、フラビン補酵素を電子受容体とした酸素存在下での呼吸類似反応やNADH・各種キノン類を用いた電子伝達系類似反応を実現した。

これらの成果は、従来個々のタンパク質の機能解析が中心

テーマであったミトコンドリアの「化学浸透説」を膜反応全体の電気化学的システムとして捉え直す試みである。イオン透過と電子透過の共役反応の原理・原則の確立により、膜反応・膜電位が病気の発現・進行を支配するミトコンドリア病の原因解明や治療戦略において、新規な着眼点を提供すると期待できる。

2. 液液分配反応の分析化学・溶液化学への応用^{14)~26)}

同氏は、種々の測定法を駆使して、界面電子移動反応、各種アニオン、薬物イオン、複数電荷部位をもつ有機イオンの液液分配の評価を行った。界面活性をもつ有機イオンが界面移動する際には、2相間を直接移動する経路と吸着状態を経由する二つの経路が存在することをボルタモグラム上で初めて観察し、イオンの界面分配の熱力学サイクルを実証した。

無機化学への応用として、分析化学でも広く利用されるヘテロポリ酸錯体を例にして、金属錯体の酸化還元電位と溶媒和の関係をイオン移動ボルタンメトリーで明らかにした。これは、金属電極での電気化学と液液界面での電気化学を有機的に結合させた最初の成果である。

電荷移動の界面特異性の応用にも注力した。液液界面でポリピロール電解重合を実施しながら、*in situ*でイオン透過電流を段階的に抑制することに成功した。また、液液界面に吸着したリン脂質層、リン脂質とランタニドイオンのコンポジット膜、中性・酸性混合リン脂質膜、あるいは植物のクチクラ膜など、種々の膜を用いたイオン移動の制御を実現した。

近年では、発光試薬であるルシゲニンの発光スペクトルが界面とバルクで異なることを利用して、界面特異的発光の分析化学的利用およびエマルションの粒径分布解析を実施した。

以上、前田耕治氏は、液液界面電気化学測定法を分析化学、溶液化学のみならず、生物電気化学、無機化学、界面化学など多方面に適用した。その分析化学への貢献は大きい。

〔岐阜薬科大学 江坂 幸宏〕

文 献

- 1) *J. Electroanal. Chem.*, **295**, 183 ('90). 2) *ibid.*, **303**, 171 ('91).
- 3) *Bioelectroanalysis*, **2**, 331 ('93). 4) *Bull. Chem. Soc. Jpn.*, **70**, 1505 ('97).
- 5) *Anal. Sci.*, **14**, 85 ('98). 6) *Electrochim. Acta*, **44**, 28 ('98).
- 7) *J. Electroanal. Chem.*, **496**, 124 ('01). 8) *ibid.*, 483, 108 ('00). 9) *ibid.*, **556**, 1 ('03).
- 10) *ibid.*, **639**, 67 ('10).
- 11) *Anal. Sci.*, **28**, 11451 ('12). 12) *Electrochemistry*, **80**, 390 ('12).
- 13) *Rev. Polarogr.*, **62**, 101 ('16). 14) *Anal. Chem.*, **58**, 2954 ('86).
- 15) *J. Electroanal. Chem.*, **271**, 107 ('89). 16) *ibid.*, **389**, 167 ('95).
- 17) *Electrochim. Acta*, **44**, 109 ('98). 18) *J. Electroanal. Chem.*, **516**, 103 ('01).
- 19) *ibid.*, **567**, 317 ('04). 20) *ibid.*, **573**, 345 ('04).
- 21) *Langmuir*, **21**, 11788 ('05). 22) *Anal. Sci.*, **25**, 195 ('09).
- 23) *J. Electroanal. Chem.*, **619-620**, 53 ('08). 24) *ibid.*, **632**, 55 ('09).
- 25) *分析化学*, **65**, 137 ('16). 26) *分析化学*, **70**, 541 ('21).

辻 田 明 氏

(TSUJITA Akira
福岡県警察本部刑事部科学捜査研究所 専門研究員)

1971年8月兵庫県神戸市に生まれる。1995年3月九州大学農学部食糧化学工学卒業。1997年3月九州大学大学院農学研究所食糧化学工学専攻修士課程修了。1997年4月福岡県警察本部刑事部科学捜査研究所研究職員。2019年3月九州大学にて博士(農学)号を取得。2023年3月福岡県警察本部刑事部科学捜査研究所化学第二科長。2008年日本法科学技術学会第12回学術集会奨励賞受賞。2020年第27回JPいきがい振興財団警察研究論文奨励賞(科学警察研究の部)優秀賞受賞。趣味:野球, 野球観戦。



【業 績】

血液中の微量無機ガス等の定量分析に関する研究

辻田明君は、科学捜査研究所に入所して以来、GC-MS、LC-MS、電子プローブマイクロアナライザー(EPMA)などを駆使し、法科学分野における無機ガス、揮発性薬毒物、火薬類など幅広い鑑定及び研究に取り組み、長きに渡り犯罪捜査における鑑定技術の高度化に貢献してきた。特に死因究明を目的とした血液中の微量無機ガス等の検出及び定量分析法の研究については、GC-MSを用い、貴ガスを内標準に設定した定量分析法の開発を行うなど独創的な提案を行い、特に優れた業績を残した。以下に同君の主な業績について説明する。

1. 血液中 He の定量分析に関する研究^{1)~4)}

Heは、日常生活で広く利用されている一方で、近年、安楽死方法をまとめた書籍で、He吸引による自殺方法が紹介されてから世界的に広がりを見せ、社会問題化している。法科学的には、死因究明に必要なHe使用の裏付けのため、血液中Heの検出は極めて重要であり、さらに中毒判定のため可能ならば定量分析が必要である。そこで、これまで報告例のなかったGC-MSによる血液中He検出法及び定量分析法の開発を行った。

まず、GC-MSでHeが分離分析可能かどうか検討を行った。長さ30mのモレキュラーシーブ系キャピラリーカラムを用い、キャリアガスにH₂を適用した。H₂は粘性率が低く高流量が必要であったが、SIMモードで分析したところ、Heが検出可能であった。また、He吸引死した死者の真空採血管入り血液から90ppmのHeが検出され、血液への応用も可能であった。

次に、より低濃度のHe検出と定量性向上を検討した。キャリアガスの流量低減とMS検出器の真空度上昇のために、上記カラムを連結させ、全長60mのカラムを作製した。さらに、定量性改善のため、大気中に一定量存在する²¹Neに着目し、内標準として適用可能か検討した。その結果、²¹Neが内標準として有効である可能性が示され、検出限界も大幅に改善された。本法を用いてHe吸入による死者の真空採血管入り血液を分析したところ、Heと²¹Neが検出され、He濃度は21ppmであった。Heは液体への溶解度が極めて低く、保存容器の開封や試料の移動などで大きく濃度が変化することから、試料調製が不要な本法による定量分析法は、最も有効な手法と考えられた。

2. 血液中 H₂ の定量分析に関する研究^{5)~7)}

H₂は法科学的には腐敗ガスとして知られ、生体試料の腐敗の指標の一つとして利用されている。従来のH₂検出法は、GCの特殊な検出器及び質量分析装置などがあるが、検出感度、価格、汎用性などの問題がある。そこで、GC-MSによる血液中Heの高感度検出・定量法を応用し、大気中に一定量存在する²²Neを内標準に設定した血液中H₂の検出・定量分析法を検討した。その結果、良好に低濃度H₂を検出可能であり、²²Neを内標準とした真空採血管入り血液中H₂定量法の評価を行ったところ、再現性良く定量可能であった。また、様々な死因の

死者の真空採血管入り血液を分析した結果、²²Neを内標準としたH₂の検出・定量が可能であり、腐敗の一つの指標として利用できる可能性を示した。

3. 血液中 CO 及び H₂ の同時定量分析⁸⁾

CO中毒の証明は、分光光度計による血液中COヘモグロビン(CO-Hb)飽和度の測定が一般的であるが、腐敗等でHbの変性がある場合、正確な定量値が得られない。そのため、COを直接GC等で分析する必要があるが、操作が非常に煩雑である。そこで、COとH₂を分析し、CO-Hb濃度の判断指標とすることを目的として、⁴⁰Arを内標準に設定したGC-MSによるCOとH₂の同時分析法の確立を試みた。通常、COとH₂は同時分析が困難であるが、カラム分離し、検出器電圧をプログラムすることで良好な検出が可能であった。また、⁴⁰Arを内標準(H₂は²⁰Ne)としたCO及びH₂の検量線は、いずれも良好な直線性を示し、⁴⁰Arが内標準として有効であることが示された。さらに、CO中毒死した死者の血液に応用した結果、CO及びH₂を同時定量可能であり、CO-Hb濃度とCOの間に正の相関(r=0.69)が認められた。以上の結果、血液中CO及びH₂の簡便な同時定量分析が可能になり、CO-Hb濃度の判断指標として死因究明の一助となり得ることを示した。

4. 血液中の低級炭化水素の定量分析に関する研究⁹⁾

低級炭化水素は、カセットボンベなどの家庭用燃料として広く利用され、しばしば自殺に使用される。無機ガスと同様に、死因究明のために血液中の検出・定量分析の必要があるが、血液中濃度を反映する有効な定量法は見当たらない。本研究では、Arを内標準に設定したGC-MSによる低級炭化水素の定量分析について検討した。その結果、低級炭化水素にも本法は適用可能であり、Arが内標準として有効であると考えられた。無機ガスに比べ、より高感度な定量が可能であり、死者の血液から低級炭化水素を良好に検出及び定量可能であった。これらの結果、血液中Arを内標準として設定したヘッドスペースGC-MS(HS-GC-MS)は、低級炭化水素についても応用可能であり、貴ガスを内標準に設定した定量分析法は、様々なガスに応用できる法科学的に極めて有用な手法であることを示した。

以上、辻田明君の血液中の微量無機ガスの定量分析に関する研究により、これまで困難であった血液中微量無機ガス等について、GC-MSを用いた検出、定量分析が可能となり、犯罪捜査における死因究明に多大に寄与してきた。これらの研究業績は、分析化学の発展に大きく貢献するものであり、さらには食機能科学など他の科学分野への応用が期待される。

〔中部大学応用生物学部 石田 康行〕

文 献

- 1) 日本分析化学会第63年会('14).
- 2) 日本分析化学会第64年会('15).
- 3) 日本分析化学会第66年会('17).
- 4) *Forensic Toxicol.*, **37**, 75 ('19).
- 5) 日本薬学会第133年会('13).
- 6) 日本分析化学会第68年会('19).
- 7) *Anal. Sci.*, **36**, 1231 ('20).
- 8) 日本分析化学会第70年会('21).
- 9) 日本分析化学会第72年会('23).

石井 千晴 氏

(Ishii Chiharu)
九州大学大学院薬学研究院 助教

1993 年埼玉県所沢市生まれ。2016 年北里大学薬学部生命創薬科学科を卒業。同年九州大学大学院薬学府創薬科学専攻に入学。2021 年に博士課程を修了し、浜瀬健司教授の指導の下、「キラルアミノ酸の二次元 LC-MS/MS 精密定量法開発と D-アミノ酸酸化酵素欠損および腎機能低下による内在性含量変化」で博士（創薬科学）の学位を取得。2019～2020 年度日本学術振興会特別研究員 DC2。2021 年 3 月より九州大学大学院薬学研究院助教に就任。現在は様々なキラル化合物を対象とする二次元 LC 分析法の開発を通して、新規機能性食材やバイオマーカー探索に取り組んでいる。趣味は音楽鑑賞とコイン・マグネット収集。



【業績】

生体・食品に存在するキラルアミノ酸の高選択的分析法開発

石井千晴氏は、近年新たな生理活性分子やバイオマーカー候補として注目される内在性微量 D-アミノ酸の正確な分析を可能とするため、高速液体クロマトグラフィー（HPLC）による 2 種の分離モードとタンデム質量分析（MS/MS）を統合した分析法開発を行うとともに、疾患に伴う含量変動や D-アミノ酸含有食材を明らかにした。以下に同氏の主要な研究業績を示す。

1. 代表的な遊離アミノ酸を対象とする二次元キラル LC-MS/MS システムの開発と新規バイオマーカー探索

分析技術の進歩により、D-セリン（D-Ser）や D-アスパラギン酸（D-Asp）が哺乳類体内で発見され、L-アミノ酸と異なる局在や生理機能を有することが明らかにされた。近年では様々な D-アミノ酸が哺乳類中で発見され、新規生理活性分子およびバイオマーカーとして注目されている。しかしながら、これら D-アミノ酸は生体内に微量で存在するため、汎用的な二次元 HPLC 法では多種多様な内在性成分の共溶出により定量妨害を受けることが多く、当該領域の研究は頓挫していた。石井氏は、LC による 2 種の分離モードとタンデム型質量分析装置（MS）による検出を組み合わせ、代表的な 10 種のアミノ酸を対象とする二次元キラル LC-MS/MS 法を開発した^{1)~4)}。本分析法では試料中の対象アミノ酸をプレカラム誘導体化し、一次元目の逆相 LC において D/L 混合物として様々な生体成分から粗精製する。対象アミノ酸を含む画分を分取した後に二次元目の LC へ導入して光学分割を行い、質量電荷比による検出を行う。微量異性体ピークの良好な分離と MS/MS における高感度検出を実現するため、各次元において画分の次元移行における溶媒適合性等を解決する分析条件を精査した。その結果、試料損失・分離悪化による感度低下を起こすことなく各 D/L アミノ酸の高選択的かつ高感度な一斉分析を達成した。近年、D-Ser が腎臓病マーカー候補として注目されており、また他の D-アミノ酸についても同様の関連が期待されることから、石井氏は二次元キラル LC-MS/MS 法を用いて腎臓病患者血中における様々な D-アミノ酸含量を解析した。その結果、D-Ser のみならず D-グルタミン酸、D-フェニルアラニン（D-Phe）などの超微量 D-アミノ酸においても腎機能低下に伴う含量増加が認められ、特に D-Phe では早期患者において健常人との有意な含量差が認められた¹⁾。これらの D-アミノ酸は腎機能状態を反映する鋭敏な指標として利用価値が高く、今後さらなる検討が期待される。

2. プロリンおよび 4-ヒドロキシプロリンを対象とする二次元キラル LC-MS/MS システムの開発と機能性食材候補の探索

プロリン（Pro）は、3 位または 4 位炭素の水酸化によりヒ

ドロキシプロリン（Hyp）に変換され、このうち 4-Hyp はコラーゲンの主要構成アミノ酸残基として生体内に豊富に存在する。α 炭素に加え、水酸基が付加した炭素も不斉中心となることから、3-Hyp および 4-Hyp にはそれぞれ 4 種の異性体が存在するが、生体試料中の微量異性体を一斉定量可能な分析法は報告されていない。石井氏は、機能性成分として注目されている 4-Hyp に焦点を当て、Pro および *cis/trans*-4-Hyp の高選択的一斉分析を可能とする二次元キラル LC-MS/MS 法を構築した⁵⁾。分析法開発に際しては、質量の違いによる判別が困難な 3-Hyp を含めて LC による分離検討を行い、良好な光学分割および高感度検出を達成した。Pro や 4-Hyp を含むペプチドはコラーゲン生成を促進することが報告されており、Pro 類縁体を高含有する食材の探索や異性体を識別した含量解析が期待されている。石井氏は開発した方法を用いて様々な食品素材や飲料の分析を行い^{5)~7)}、アカガイの筋肉中に *cis*-4-D-Hyp が存在することを初めて見いだした。

3. タンパク質中アミノ酸残基を対象とするキラル識別分析法開発と老化・劣化タンパク質における D-アミノ酸残基の探索

アミノ酸残基異性化はタンパク質の構造・機能変化を惹起するため、白内障などタンパク質変性・凝集を伴う加齢性疾患との関連が注目されている。タンパク質の加水分解産物を光学分割する方法は D 型残基の汎用分析法のひとつであるが、反応に伴うアミノ酸の異性化により測定値の正確性に課題があった。石井氏は、加水分解時に異性化したアミノ酸を重水素でラベルする重塩酸加水分解法と二次元キラル LC-MS/MS 法を組み合わせ、代表的なアミノ酸を対象としてペプチド・タンパク質における微量 D 型残基の正確な一斉分析を達成した⁸⁾。異性化の加速試験としてモデルタンパク質を様々な pH 条件に曝露した後に分析を行った結果、塩基性条件（pH 9.5）に曝露した鶏卵白アルブミンでは、未処理時と比較して D-Ser および D-Asp 残基の増加が認められた。今後、本分析法を様々な老化・劣化タンパク質に適用することで、タンパク質内におけるアミノ酸残基異性化と機能変化や疾患との関連解析が可能であると考えられる。

このように、石井千晴氏は従来法を凌駕する高い選択性を備えた二次元 LC-MS 分析法の開発を通して、創薬・診断領域における新知見の発見に寄与しており、これらの研究成果は今後の分析化学分野の発展に大いに貢献すると期待される。

〔九州大学大学院農学研究院 松井 利郎〕

文 献

- 1) *Anal. Chem.*, **96**, 4876 (‘24). 2) *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, **120**, e2300817120 (‘23). 3) *J. Pharm. Biomed. Anal.*, **219**, 114919 (‘22). 4) *J. Chromatogr. A*, **1570**, 91 (‘18). 5) *Anal. Sci.*, **40**, 881 (‘24). 6) *Bunseki Kagaku*, **73**, 337 (‘24). 7) *Chromatography*, **40**, 83 (‘19). 8) *Chromatography*, **38**, 65 (‘17).

金尾 英 佑 氏

(KANAOK Eisuke)
(京都大学大学院薬学研究科 助教)

1992年広島県に生まれる。2016年京都大学工学部工業化学科卒業、2018年京都大学大学院工学研究科材料科学専攻修士課程修了、2020年京都大学大学院工学研究科材料科学専攻博士課程修了。在学中は大塚浩二教授の指導を受け、「液相分離における π 相互作用に関する研究」で博士(工学)の学位を得る。2019年日本学術振興会特別研究員(DC2)を経て、2020年8月より京都大学大学院薬学研究科と医薬基盤・健康・栄養研究所のクロスアポイントメントプロジェクト助教(現職)。2021年、クロマトグラフィー科学会奨励賞を受賞。現在は、分離科学および材料化学を基盤としたプロテオーム計測の高性能化に取り組み、細胞分化や発生のメカニズム解明を目指している。趣味は釣りやテニス。

【業 績】

ナノ・マイクロ材料による新規分離場の開発とその応用

金尾英佑君は、ナノ・マイクロ材料のユニークな形状や物性、分子間相互作用を巧みに制御することで、環境分析や生命科学分野で大きく貢献し得る分離プラットフォームを創出してきた。以下に、同君の主な研究成果を紹介する。

1. ナノ材料を利用した新規分離媒体の開発^{1)~5)}

ナノ材料とは1~100 nmの範囲に少なくとも一つの外形寸法を持つ材料である。ナノ材料は単に“サイズが小さい”だけでなく、ナノスケール特有の物理・化学特性を有しており、次世代の産業基盤材料として、環境・バイオ・医療・エネルギーなど幅広い分野において大きな便益をもたらすことが期待されている。

金尾君は、ナノ材料が示す微弱な分子間相互作用や特異な構造を応用した新規分離媒体の開発に注力してきた。特に、ナノカーボン材料をキャピラリー内で構築したシリカモノリス表面に固定化した新規分離媒体を複数開発し、従来では難しかった環境汚染物質や糖鎖の精密分離を実現した。また、得られた保持・分離挙動を手がかりに、ナノカーボン材料が形成する多様な超分子をスクリーニングし、これらの超分子形成にかかわる物理化学的原理の解明にも成功している。さらに、ナノカーボン材料にとどまらず、酸化金属のナノ構造体にも着目し、酸化亜鉛ナノワイヤーをキャピラリーチューブ内壁に成長させたナノワイヤーカラムを開発することで、その表面化学特性の解明とヌクレオチドの高速分離に成功している。

2. H/D 同位体の分離原理の解明と精密分離への応用⁶⁾⁷⁾

軽水素(H)と重水素(D)の化学的な性質は極めて類似しているが、結合長や結合振動の違いによって分子全体の電子密度がわずかに変化し、結果として分子間相互作用の強度に差が生じる。金尾君は、様々な分離場におけるH/D同位体の分離挙動をスクリーニングし、OH- π 相互作用やCH- π 相互作用などの弱い分子間相互作用の影響が支配的な分離場において、H/Dの分離挙動の違いが顕著になることを明らかにした。さらに、OH- $\pi_{\text{H}}/\text{OH}-\pi_{\text{D}}$ 相互作用とCH/CD- π 相互作用を駆動力にした分離場では、H/D分離の傾向が逆転する現象を発見し、これらを物理化学的に説明するための理論的考察も行った。さらに、OH- $\pi_{\text{H}}/\text{OH}-\pi_{\text{D}}$ 相互作用とCH/CD- π 相互作用を相補的に利用することで、phenanthrene(H10/D10)の世界最速の完全分離にも成功した。

3. 分子インプリント法による受容体模倣材料の創製⁸⁾⁹⁾

分子インプリント法は、標的分子(テンプレート)と機能性モノマーとの相互作用に基づき、標的分子と同形状の分子認識場を有する高分子材料を合成する手法である。金尾君は、分子

認識機構としてハロゲン結合が支配的となる分子インプリントポリマーの設計法を新たに提案し、甲状腺ホルモン受容体を模倣した新規分子認識材料の合成に成功した。さらに、合成した分子認識材料をLCの分離場へと応用し、保持時間から甲状腺ホルモン活性物質や内分泌かく乱物質の結合活性強度をスクリーニングする手法を開発した。また、ボロン酸とcis-diol構造間の錯体形成を利用して、味覚受容体の分子認識場を模倣した分子インプリントポリマーを合成し、コーヒー中の渋味成分の選択的な除去にも成功しており、食品化学分野への応用展開も期待されている。

4. 超多孔性高分子材料を利用した生体分子計測技術の開発^{10)~16)}

連続的かつ μm オーダーの巨大貫通孔をもつ超多孔性高分子材料“スポンジモノリス(spongy monolith:SPM)”を開発し、細胞外小胞やウイルスなどの生体微粒子の高速濃縮技術および分子計測技術へと応用した。特に、SPM表面にレクチンを固定化し、細胞外小胞表面の糖鎖構造に基づくサブクラス分類を行った研究では、膜表面糖鎖によって細胞外小胞に含まれるタンパク質の種類や発現量、生体内動態が異なることを解明した。また、生体膜に関する知見を発展させ、天然の生体膜と非天然のナノ材料をハイブリッドした人工生体膜ナノ粒子の合成法を開発することにも成功している。

さらに、SPMと疎水性のマイクロ粒子をハイブリッドしたピペットチップ型脱塩カラム“ChocoTip”を開発した。ChocoTipは、メソ孔を持たない独自の表面により、ペプチドの不可逆的な吸着を抑制してサンプルロスを大幅に低減し、従来技術を上回る高性能なプロテオミクス解析を可能にした。また、高速・高感度計測に向けたLC-MSの分離メソッドの開発も行い、臨床プロテオミクスや単一細胞解析といった極微量サンプル解析の計測基盤の整備にも貢献している。

このように、金尾英佑君はナノ・マイクロ材料をデザインし、分離科学へと応用することで、特異な分子間相互作用の物理化学的性質の解明や、生体分子計測の高性能化に資する新たな分離技術の創出に成功した。これらの研究成果は分析化学の発展に大きく貢献すると期待される。

〔北海道大学大学院工学研究院 渡慶次 学〕

文 献

- 1) *Anal. Chem.*, **91**, 2439 ('19). 2) *Chem. Sci.*, **11**, 409 ('20). 3) *Sci. Rep.*, **10**, 13850 ('20). 4) *Nanoscale Adv.*, **4**, 1649 ('22). 5) *ACS Appl. Mater. Interfaces*, **15**, 23931 ('23). 6) *Anal. Chem.*, **92**, 4065 ('20). 7) *J. Phys. Chem. C*, **122**, 15026 ('18). 8) *Anal. Chem.*, **95**, 9304 ('23). 9) *ACS Appl. Polym. Mater.*, **3**, 226 ('21). 10) *Anal. Chem.*, **94**, 18025 ('22). 11) *Anal. Chem.*, **95**, 13815 ('23). 12) *Anal. Chem.*, **95**, 14159 ('23). 13) *Anal. Chem.*, **95**, 14502 ('23). 14) *Nano Lett.*, **24**, 12907 ('24). 15) *Anal. Chem.*, **96**, 20390 ('24). 16) *Anal. Chem.*, **97**, 10227 ('25).

眞 塩 麻彩実 氏

(MASHIO Asami)
(金沢大学理工研究域 准教授)

1987年12月岐阜県岐阜市に生まれる。2010年名古屋大学理学部地球惑星科学科卒業。2012年東京大学新領域創成科学研究科自然環境学専攻博士前期課程修了。2015年同博士後期課程修了し、論文題目「西部北太平洋とその縁辺海および河口域における白金の分布と挙動に関する研究」で博士(環境学)取得。2015年東京大学大気海洋研究所学術支援職員、2016年静岡県立大学食品栄養科学部環境生命科学科助教、2017年金沢大学理工研究域物質化学系助教(JSPS卓越研究員)を経て、2023年より現職。現在は、水圏環境中の白金族元素分析法の開発と分布・挙動解明をテーマに研究している。趣味は着物を着ること、梅酒づくり。



【業 績】

海洋における白金族元素分析法の開発と分布・挙動に関する研究

眞塩麻彩実氏は、水圏における超微量元素に対応した高感度かつ高選択的な分離分析法の開発やフィールド研究を行い、分析化学および関連分野における新進気鋭の若手研究者として先駆的な成果を挙げ、学問領域の発展に大いに貢献している。以下に同君の主要な研究業績を記す。

1. 分析方法確立

海水中における白金族元素分析方法が確立されていなかったため、高精度高感度な分析方法を確立した。分析には同位体希釈-誘導結合プラズマ質量分析(ICP-MS)法を適用した。また、海水に含まれる塩を除去し、白金族元素を濃縮するために固相抽出法を用いた。テフロン製のカラムに陰イオン交換樹脂を充填し、海水試料を通液して海水中のPt, Pdをカラムに捕集した。硝酸、塩酸、超純水を通液して夾雑物を除去した後、過塩素酸、塩酸、硝酸を用いた溶離液を重力落下で通液してPt, Pdを溶出した。溶出液は0.1 mL以下まで蒸発濃縮させ、1% HClで測定溶液を作成した。測定には四重極型ICP-MSを用い、Pd測定の際はアンモニアダイナミックリアクションセル(NH₃ DR)モードを適用した。前濃縮では除去しきれずブランク値が高くなる要因であった⁹⁰Zr¹⁶O⁺に起因する同重体干渉は、ICP-MSにおいてNH₃ DRを用いることで改善できた。

確立した分析法で必要な海水試料量は470 mLであり、検出限界はPt: 0.015 pmol/L, Pd: 0.040 pmol/L, 樹脂ブランク値はPt: 0.010 pmol/L, Pd: 0.050 pmol/Lとなり、従来報告されていた方法よりも、少ない試料量で分析でき、検出限界も低かった¹⁾²⁾。これにより、海水や河川水中のPt, Pdを分析することが可能となった。

2. 外洋におけるPt, Pdの鉛直分布

確立した分析方法を用いて、様々な外洋海水の分析を行い、全球的な分布を明らかにした。Pd濃度は、北太平洋の測点では表層から中層にかけて0.2~0.3 pmol/Lの範囲で変化し、水深2000 m以深では0.1 pmol/Lまで減少し、除去型の鉛直分布を示した¹⁾。これはPdが大気または陸棚領域から供給され、海底にいくにつれて除去されたことを意味する。Ptについては北太平洋、オホーツク海、日本海における分布を報告した²⁾。すべて表層から深層まで一様な保存型の分布となり、濃度レベルは0.2 pmol/L程度と非常に低濃度で分布していることがわかった。

3. 沿岸域におけるPt濃度分布と挙動

沿岸域である有明海や岩手県大槌湾におけるPt鉛直分布を

測定した。有明海では深度と共に濃度が上昇し、海底付近で最大になる傾向が確認できた³⁾。大槌湾も成層期となる夏期は、有明海と同様深度と共に濃度が高くなり、堆積物からPtが供給されていると考えられた。一方、冬季になると混合期となり外洋海水の流入による影響をより強く受けるため、外洋海水と同程度のPt濃度となった。有明海は湾口である早崎瀬戸でのみ海水が交換される閉鎖性内湾である。しかし大槌湾は有明海よりも湾口が広い半閉鎖性内湾である。そのため、比較的外洋海水の影響を受けやすく、冬季には濃度が低くなったと考えられた。

沿岸域でのPtの挙動を考察するために、大槌湾の海水中の白金濃度を塩分に対してプロットした。実測値は、河川水と海水の単純混合直線よりも塩分14以下では下となり、塩分31.2以上では混合直線よりも上にプロットされた⁴⁾。河口域の低塩分側では粒子による除去が強く働いていると考えられる。一方、塩分が高くなると固相への分配が低くなるため、固相から白金が遊離してくると考えられる。熱力学計算より、河口域では白金の溶存状態はほぼPtCl₅(OH)²⁻で存在していることが知られている。塩分の上昇によって速やかに溶存状態が変化するのであれば、河口域ですぐに溶存濃度が上昇するはずである。大槌湾では、低塩分側で除去過程が観測されるなど、塩分の上昇と白金濃度の上昇にずれが生じている。これは、粒子態のPt(OH)₂から溶存態のPtCl₅(OH)²⁻への変化する反応速度が遅いことなどが考えられた。

さらに海底からの供給を考えるために、堆積物中の白金濃度をフラクションに分けて測定すると、比較的溶出しやすい酸可溶画分に多く含まれていることがわかった。ボックスモデルを適用して湾内の供給を計算すると、湾内の滞留時間が長いほど堆積物からの供給が大きいたことが確認できた。

4. 貴金属リサイクル法

ジチオカルバメート基の特異的な選択性を利用して、多量の妨害成分が存在してもAu, Pt, Pdなどの貴金属元素を定量的に抽出分離できる固相抽出法を開発し、金属ムッキ廃液等の実試料に適用可能な分離回収法を確立した⁵⁾。貴金属を樹脂に吸着させ、加熱処理することで固体金属のみを回収することも確認した。今後海底熱水や工業廃水に適用し、貴金属・レアメタル戦略に資する新たな資源技術の確立を構想している。

[科学警察研究所 鈴木 康弘]

文 献

- 1) *Mar. Chem.*, **243**, 104124 ('22). 2) *Mar. Chem.*, **166**, **114** ('14).
3) *Coastal and Shelf Science*, **253**, 107293 ('21). 4) *Sci. Total Environ.*, **708**, 134659 ('20). 5) *Chem. Eng. J.*, **407**, 127225 ('21).

横山 悠子 氏

(YOKOYAMA Yuko)
京都大学大学院工学研究科 助教

1985 年大阪府生まれ。2007 年京都大学工学部卒業。2009 年京都大学大学院工学研究科博士前期課程修了(垣内 隆教授に師事)。大阪府にて高校教員として勤めた後、2015 年同研究科博士後期課程入学。在学中に出産を経て、2019 年安部武志教授の指導の下「高電圧水系リチウムイオン二次電池のための電解液に関する研究」で博士(工学)を取得。2019 年 4 月より京都大学大学院工学研究科 安部武志教授の研究室にて特定助教、2021 年 7 月より同研究科 作花哲夫教授の研究室にて現職。専門は電気化学における電極反応の基礎理解と応用系への適用(二次電池、電気化学的二酸化炭素還元など)。趣味は楽器演奏。



【業績】

電流-電位曲線の新規解析法の開発による電極反応の新たな解釈

横山悠子氏は、応用系にも適用可能な電流-電位曲線の新規解析法の確立を基に、電極反応についての新規解釈を行ってきた。電気化学において、熱力学的かつ速度論的指標となる電流の電位応答性を調べることは重要な系の分析法である。しかし、電池や電解などの応用系の分析にあたっては、その非理想性が要因となり、これまでの解析法をそのまま適用することが難しい。横山氏は、この非理想性を織り込んだ新たな解析法を提案した。以下に中性高濃度電解液、触媒の不均一分布、支持電解質不足による泳動の影響の三つの非理想性に着目した研究業績を記す。

1. 塩の高濃度化および局所 pH の水電解への影響

高濃度に塩を溶かした水溶液では、水電解反応である酸素/水素発生反応(OER/HER)によって規定される電位窓が広がる。電池電解液の酸化還元耐性を決める因子としても重要であるこの水電解反応について、塩濃度の増加に伴う水の活量低下がOER/HERを抑え、酸化還元を起こらない電位範囲である電位窓の伸長に大きく寄与していることを、熱力学および速度論の見地から明らかにした¹⁾。また、中性の電解液では酸性/塩基性の電解液よりも電位窓が伸長する現象を見いだした。その要因として特に中性溶液における電極表面の局所 pH 変化に着目し、この局所 pH の測定法の開発を行った²⁾³⁾。

1 mol dm⁻³程度の塩濃度では水活量はほとんど変化しないことから、従来はその影響が見逃されてきた。また、電極表面の pH は溶液バルクと大きく異なるという予想のもと、バルク pH を用いて電極反応解釈が行われることが多かった。しかし、前述のように水活量の低下や電極表面 pH の変化による影響は大きい。これら水活量の変化や電極表面における局所 pH についての詳細な分析は、電位窓伸長の原理について理解を深めることにつながった。この知見を利用することで、例えば水系電池において、通常の電解液では不可能であった高電圧の電池を構成できる電解液設計が可能となる。

2. 不均一分布触媒反応を考慮した定常電流-電位曲線の解析法の提案

水系電解液を用いた電池において、OER/酸素還元反応(ORR)を正極反応に用いた酸素正極は、高電位正極として研究が盛んに行われている。しかし、OER/ORR は反応の過電圧が大きく、触媒の開発が希求されている。特に ORR に着目すると、その触媒評価には一般に回転ディスク電極を用いた定常電流-電位曲線解析が行われている。その評価法では、拡散律速過程と電子移動律速過程を考慮したモデルにおける解析が

用いられている。しかし、このモデルには限界電流の測定値を再現できないという問題点があった。その対策として、触媒反応律速過程をモデルに組み込むことを提案した⁴⁾⁵⁾。このモデルにより、限界電流の値を解釈することが可能となり、その値から触媒反応速度を評価できるようになった。実際にペロブスカイト型酸化物触媒の有無による各反応速度因子の違いを評価し、触媒反応律速電流が大きく異なることを示した。さらに、触媒のオンゲストロームオーダーでの不均一性から生じる、電子伝導体から電極触媒への長距離電子移動を考慮することにより、一定であるはずの限界電流が電位降下とともに徐々に減少する現象についても解釈可能であることを示した⁶⁾。

これら触媒過程に着目した新しいモデルの提案は、これまで不可能であった実験結果の解析を進めることが可能になっただけでなく、定常電流-電位曲線が逆数関数の関係により一般化できる式であることを示したことで、今後モデルを改良していく際にもその定式化を容易にするものである。

3. 支持電解質不足に起因する泳動電位の電極反応への影響

支持電解質濃度が不十分である条件下では、電極反応に伴う電気的中性の破れに起因する泳動電位が発生する。測定が容易で汎用性のある非定常状態の電流-電位曲線に着目し、泳動電位が及ぼす影響について、泳動電位を加味した数値計算によるサイクリックボルタメトリー(CV)のシミュレーションを用いて解析を試みた。特に、数値解の収束が難しいとされる、支持電解質がなく、かつ生成物の価数が 0 価となる条件で初めて収束に成功した⁷⁾。この知見より、一般に泳動を無視できるとされている、反応体の 100 倍濃度の支持電解質が存在する条件でも泳動電位の影響がありうること、また支持電解質がない条件においては印加電位を打ち消すほどの大きな泳動電位が存在することを明らかにした。この結果は、十分な支持電解質を共存させることが不可能である電池や電解などの工業電気化学系に大きくかかわる重要な指摘となる。

このように、横山悠子氏の非理想性に着目した解析法の極めて独創的な研究は、応用面に適用可能な解析法の提案というだけでなく、これまで見逃されてきた基礎の見地の新たな解釈を提案するものであり、分析化学の発展に貢献するところが大きい。

[東邦大学理学部 平山 直紀]

文 献

- 1) *J. Electrochem. Soc.*, **165**, A3299 ('18). 2) *ChemElectroChem*, **6**, 4750 ('19). 3) *Chem. Lett.*, **49**, 195 ('20). 4) *Electrochemistry*, **90**, 103002 ('22). 5) *Rev. Polarogr.*, **66**, 77 ('20). 6) *Electrochemistry*, **90**, 103003 ('22). 7) *Electrochemistry*, **92**, 127002 ('24).

松田 和 大 氏

(MATSUDA Kazuhiro)
(株)東レリサーチセンター 表面科学研究部 主任研究員

1981年神奈川県生まれ。2006年東京理科大学大学院理工学研究科工業化学専攻修士課程修了。同年東レ株式会社に入社。株式会社東レリサーチセンターに出向し、主に飛行時間型二次イオン質量分析法を用いた高分子材料表面、生体試料の分析に従事。質量イメージングデータの情報量の壁に直面し、2019年より成蹊大学大学院理工学研究科の青柳里果教授に師事。2022年同大同研究科博士課程修了。博士(理工学)。質量イメージングデータなどの大規模データに対する、機械学習を用いた特徴抽出法を開発。併せて二次イオン質量分析を用いた、生体組織中の薬物分布について、細胞レベルでイメージングするための技術開発に取り組んでいる。趣味は、写真撮影。



【業 績】

二次イオン質量分析および機械学習を用いた生体試料の組成イメージング

松田和大氏は、受託分析を専門とする企業に所属し、企業や研究機関を相手に分析サービスを提供してきた。業務を通じて、多くの企業あるいは大学などの研究機関との共同研究を実施し、新規の前処理加工技術や各種の表面分析手法を新たな材料系に適用するための検討、データ解析技術の開発に携わってきた。特に、主に固体表面分析に適用される二次イオン質量分析法(SIMS)を専門とし、それを生体組織・培養細胞の組成イメージングに応用することに注力してきた。その過程で、人工ニューラルネットワーク(Artificial Neural Network, ANN)を活用して、膨大な情報量を効率的に評価・解析するためのデータ解析手法の開発を行った。以下に同君の業績について記す。

1. 質量イメージングデータからのANNを用いた特徴抽出法の開発

質量分析法の一種である飛行時間型二次イオン質量分析法(TOF-SIMS)は、サブミクロンオーダーの空間分解能を有することから、微小領域の高感度組成イメージング手法として、工業材料から生体試料に至るまで幅広い分野で用いられている。しかし、①TOF-SIMSの分析対象となる固体最表面は数nmの厚さであり、一般に複雑な混合物組成を有すること、②高エネルギーイオンビームの照射によるイオン化法であるため、得られるマススペクトルには多数のフラグメントイオンのピークが観測されること、③試料をエッチングするためのイオンビームを併用することで、二次元イメージングだけでなく三次元イメージングにも用いられること、などの理由から、TOF-SIMSによるイメージングデータは大規模かつ複雑なデータとなるのが一般的である。特に、元々の組成が複雑である生体試料では、その傾向がより一層顕著となる。そのため、同君を含むTOF-SIMSユーザーの多くは、データ解析に主成分分析(PCA)、多変量スペクトル分解(MCR)などの多変量解析に基づく特徴抽出アルゴリズムを使用することで、一定の成果を上げてきた。しかし、PCAやMCRは線形アルゴリズムであり、マトリックス効果に起因する非線形性を持つSIMSデータへの適用は、本質的に適当ではないという問題も存在していた。一方、近年、ANNが多分野に応用可能な有望な技術として社会的に注目を集め、研究開発が盛んに行われている。同君はこのANNに着目し、非線形データに適用可能な特徴抽出法として、自己符号化器(Autoencoder)を用いた質量イメージングデータからの特徴抽出法を開発を行った。ネットワーク構造やハイパーパラメーターが、抽出される特徴に与える影響について詳細に調べ、それらを最適化することによって、従来から使用されているPCAやMCRと比較して優位な情報が取得できることを示した。開発した自己符号化器を採用した特徴抽出

法を、実際に生体組織のTOF-SIMSデータに適用した結果、毛髪表層のキューティクルに存在する微細な層状構造に対応するタンパク質分布のほか、外部から浸透した界面活性剤の分布を明確な特徴として抽出・可視化することができた¹⁾。また、皮膚表層の角質層内に浸透した低分子化合物(薬剤)の浸透状態や、共存する細胞間脂質などの分布についても明確な特徴として抽出し、分布状態を明らかにした²⁾。このような組織内における薬剤成分の分布状態を詳細に把握することは、医薬品や化粧品分野における経皮吸収剤の開発にとって極めて重要である。

2. ニューラルネットワークを活用した定量評価手法の検討

同君はさらに、マトリックス効果によって濃度への応答が非線形となるような試料のTOF-SIMSデータについて、自己符号化器によって抽出された特徴が適切な濃度応答性を示すことができることを示した。具体的には、二種類の低分子量有機化合物を複数の組成で混合した層を積層した薄膜試料のTOF-SIMSデータに対して、MCR、自己符号化器による特徴抽出を行い、特徴量の濃度依存性を評価した。線形アルゴリズムのMCRによって抽出された特徴量には、依然としてマトリックス効果の影響が強く表れていたのに対し、自己符号化器では非線形近似が可能な人工ニューラルネットワークの特徴が活かされ、マトリックス効果の影響が軽減された濃度依存的なシグナル強度を持つ特徴が抽出された³⁾。

同君は上述の業績のほか、高空間分解能ナノ質量顕微鏡法(NanoSIMS)を使用した、単一細胞レベルの医薬品分布評価に関する技術開発を精力的に推進している。特に、現在、脚光を浴びている核酸医薬品の一種については、NanoSIMSとSEMの相関顕微鏡観察を行うことで、細胞内の特定の細胞小器官に特異的に薬物が集積されている様子を可視化することに成功している。この結果に示されるように、SIMSは生体組織の組成イメージング分野において益々活用されていくと予想される。一方で、SIMS装置は現在も高質量側の感度向上のためのイオン化法の開発や、質量分解能の高性能化などが盛んに行われており、分析化学者が扱う情報量は今後益々増加していくことが想定される。これら情報量の増加に対して分析化学者のデータ解析能力を向上させていくことが必要である。そのための一手段として、質量イメージングデータへの機械学習・ANN利用の推進を主導した松田和大君の業績は、比較的経験の浅い分析技術者でも容易に解析が行うことを可能とし、質量イメージング技術の更なる普及・発展に貢献するものである。

〔徳島大学薬学部 田中 秀治〕

文 献

1) *Biointerphases*, **15**, 021013 ('20). 2) *Anal. Bioanal. Chem.*, **414**, 1177 ('22). 3) *Rapid Commun. Mass Spectrom.*, **37**, e9445 ('23).

森川 悟 氏*
(MORIKAWA Satoru)
(株)日立ハイテクアナリシス 部長代理)



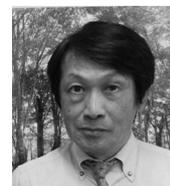
森川 悟 氏

森川 剛 氏
(MORIKAWA Go)
(岩手医科大学 助教)

柳田 顕郎 氏
(YANAGIDA Akio)
(東京薬科大学薬学部 教授)



森川 剛 氏



柳田顕郎 氏

松下 美由紀 氏
(MATSUSHITA Miyuki)
(株)日立ハイテクアナリシス 部長代理)



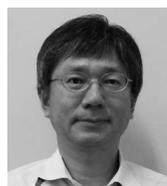
松下美由紀 氏



蛭田多美 氏

蛭田 多美 氏
(HIRUTA Tami)
(株)日立ハイテクアナリシス 主任技師)

富岡 勝 氏
(TOMIOKA Masaru)
(株)日立ハイテクアナリシス)



富岡 勝 氏



福田眞人 氏

福田 眞人 氏
(FUKUDA Masato)
(株)日立ハイテクアナリシス シニア社員)

* 1974 年奈良県に生まれる。2001 年奈良先端科学技術大学院大学バイオサイエンス研究科博士前期課程を修了。2001 年日製産業株式会社へ入社し分析装置の営業として従事。2013 年株式会社日立ハイテクサイエンスへ移籍。2018 年 HPLC 事業開発専従としてマーケティング業務に従事。2025 年株式会社日立ハイテクにて医療向け高速液体クロマトグラムの事業開発に従事。(現在に至る)

【業績】

多品目の薬物血中濃度を迅速簡便に定量するための医療従事者用 HPLC システムの製品開発と実用化

森川 悟君らは、投薬効果や副作用の評価に不可欠な治療薬物モニタリング (TDM) を、医療現場で容易に実施できるよう、臨床応用に適した簡便かつ高性能な HPLC システムの開発に取り組んだ。従来の TDM では、薬物ごとに異なる前処理や分析条件を要するうえ、操作の煩雑さや高価な機器の使用が導入の障壁となっていた。こうした課題を踏まえ、同君らは(株)日立ハイテクアナリシス、東京薬科大学薬学部、JA 長野厚生連北信総合病院との産学医連携体制のもと、以下の 4 点を基本コンセプトとして新たな HPLC システムの構築を推進した。

- ①臨床検査技師や薬剤師が日常業務として扱える簡便性
 - ②特殊な機器や高価な試薬を必要としない経済性
 - ③単一の装置で多品目の薬物を共通の手順で測定できる汎用性
 - ④迅速かつ半自動化された処理系を備えた実用性
- 以下に、その開発過程と実用化に至るまでの主な業績を示す。

1. 医療従事者向け HPLC システム「LM1010」の開発と機能設計¹⁾

臨床応用に特化した本分析装置「日立高速液体クロマトグラフ LM1010」では、薬物ごとの前処理手順と HPLC-UV の測定条件を最適化し、絶対検量線法に基づく定量法を基本とすることで、測定手順の共通化と簡便化を実現した。さらに、本体 (ハードウェア、制御・測定系) から前処理ツールなどの消耗品に至るまでをパッケージ化して提供することで、操作ミスの防止、精度管理、定期メンテナンスの効率化など、医療現場における煩雑な作業の軽減を図っている。2025 年 6 月現在、LM1010 では抗てんかん薬、向精神薬、不整脈薬、抗微生物薬、抗がん薬、免疫抑制薬、中毒関連物質など 29 項目の薬物の迅速定量が可能であり、各測定条件はあらかじめプリセット

されている。ICU や病棟でのリアルタイム TDM の実施を想定し、30 分以内での分析と高い安定性を兼ね備えた設計となっている。

2. LM1010 の臨床応用と実用性の検証^{2)~8)}

LM1010 の代表的な活用例として、感染症治療における抗菌薬の適正利用が特に注目されている。近年では、集中治療室 (ICU) に LM1010 を設置し、救命救急医師や専任薬剤師がベッドサイドで迅速 TDM を実践する取り組みも始まっており、個別化治療への貢献が期待されている。さらに森川君らは、カルバマゼピン、フェニトイン、ラモトリギン、バンコマイシン、ミコフェノール酸、ファビピラビルなど、多様な薬物を対象として、患者検体を用いた分析事例を学術論文として報告している。これらの研究は、LM1010 の分析性能や臨床的有用性を裏付けるものであり、装置の実用性を支える重要な成果となっている。LM1010 の普及に伴い、同装置を用いた測定アプリケーションに関する報告や論文も着実に増加しており、今後は定量データの蓄積を通じて、従来は医師の経験に依存していた薬物治療の一部がエビデンスに基づくガイドラインへと進展し、診療の質と安全性の向上に寄与することが期待される。

以上のように、森川君らは、医療現場の実態に即した HPLC 分析技術の実用化に取り組み、薬物血中濃度測定 of 迅速化・簡便化を実現した。これらの成果は、治療効果の向上と薬物の適正使用に貢献するとともに、TDM の標準化・効率化を促進するものである。LM1010 は、分析化学の知見を医療の現場へと橋渡しする先駆的な製品として高く評価されており、今後の測定対象の拡充や他分野への応用展開も期待される。

(東京薬科大学生命科学部 梅村 知也)

文 献

- 1) 分析化学, 68, 473 ('19).
- 2) *Anal. Sci.*, 37, 1301 ('21).
- 3) *J. Infect. Chemother.*, 28, 73 ('22).
- 4) *J. Pharm. Health Care Sci.*, 9, 29 ('23).
- 5) 薬学雑誌, 143, 377 ('23).
- 6) 薬学雑誌, 143, 963 ('23).
- 7) *J. Pharm. Health Care Sci.*, 10, 35 ('24).
- 8) 日本病院薬剤師会雑誌, 60, 249 ('24).

高野 恵里 氏

(TAKANO Eri
株式会社 TearExo 取締役 CTO)



1976年3月京都府京丹後市に生まれる。2003年神戸大学工学部応用化学科卒業後、同学科技術補佐員として勤務する傍ら、2008年神戸大学大学院工学研究科博士課程に社会人入学。2012年「生物活性物質インプリントポリマー微粒子の創製」により博士(工学)を取得。2012年同専攻学術推進研究員、2014年田中貴金属 MMS 賞受賞、2015年同専攻学術研究員、2022年株式会社 TearExo を共同創業し取締役 CTO に就任、2024年神戸大学未来医工学研究開発センター学術研究員を併任、現在に至る。2025年大阪・関西万博大阪ヘルスケアパビリオンにピペットチップセンシングプラットフォームを展示。趣味は食べ歩き、昼飲み、スキューバダイビング。

【業績】

生体・人工高分子を分子認識素子に用いるピペットチップセンシングプラットフォームの開発

高野恵里氏は、抗体や酵素などの生体材料や、分子インプリントポリマー(MIP)などの人工材料が、容易にバイオ分析に活用できるように、新たなバイオ分析プラットフォームとなるピペットチップ自動分析システムを開発した。酵素や抗体を用いたゲノム検出、がん関連バイオマーカー、MIPを用いた疾病関連バイオマーカー、細胞外小胞、食物成分の検出、さらには臨床検査に展開するなど、その応用範囲は多岐に渡る。以下に、同氏の主要な研究業績を記す。

1. ピペットチップ自動分析システムの開発

高野氏は、バイオセンサの簡便性と自動分析装置の利便性を融合した、ピペットチップ型のセンシングシステムを新規開発した。このシステムは、分子認識とその可視化を担う「センシング基板を挿入した扁平型ピペットチップ(センシングチップ)」と、吸引・吐出が可能な3D可動アームをもつ分注装置に発光・蛍光検出器を装備した「センシングチップへの吸引・吐出、さらには検出までを自動で行う測定装置」からなるバイオセンシングプラットフォームである。本システムの特徴は、扁平型ピペットチップに挿入可能なセンシング基板を作製すれば、原理的にどのような分子認識素子を用いた検出系でも分注から検出まで自動で行え、簡易・迅速な分析を可能にすることである。原理検証の実施例を以下に示す。①東京農工大学池袋研究室と、システム・インストゥルメンツ社との共同で、センシング基板上にルシフェラーゼ融合ジンクフィンガータンパク質を固定化して、大腸菌 O157 のゲノム DNA を自動検出した¹⁾。②センシング基板上に前立腺特異抗原に対する抗体を固定化し、蛍光および発光検出サンドイッチアッセイにより、前立腺特異抗原を高感度自動検出(10 pg/mL)した²⁾。本法は、生体由来の分子認識素子を固定化したセンシングチップを交換するだけで、様々な標的物質に適用可能であり、バイオセンシングプラットフォームとしての有用性が示された。

2. ピペットチップ MIP センシングプラットフォームの開発

抗体や酵素はバイオセンシングにとって有用ではあるが、天然由来であるがゆえに、高コストで不安定なうえ、水系しか用いることができず、また専門技術が必要など、多くの課題が存在する。このため、人工分子認識材料の研究が盛んに行われている。人工分子認識材料作製法として、分子の鋳型を取る分子インプリンティングがある。これは、鋳型となる標的分子あるいはその類似分子と機能性モノマー、架橋剤などとランダムラジカル重合し、鋳型分子を除去することで分子インプリントポ

リマー(MIP)を得る方法である。天然の抗体に近い選択性や親和性をもつセンシング素子として高い可能性を有する MIP は多く報告されているが、これまでの MIP の多くは分離媒体などへの応用に限られていた。高野氏は、MIP を分析化学で応用展開すべく、ピペットチップ MIP センシングプラットフォームの開発において先駆的な研究成果を挙げた。

分析対象の一例として、細胞外小胞センシングがある。あらゆる細胞から放出される細胞外小胞は、疾病のバイオマーカーとして期待されている。本法の細胞外小胞に対する解離定数は $10^{-16} \sim 10^{-17}$ M オーダーで、酵素免疫測定法による解離定数の約 1/1000 となり、細胞外小胞の高感度検出が可能であることが示された³⁾⁴⁾。また、ピペットチップ MIP センシングプラットフォームを肝臓がんマーカーである α -フェトプロテインや前立腺がんマーカーの前立腺特異抗原に対して適用し、がん診断の閾値以下(ng/mL オーダー)で測定可能であることを示した⁵⁾⁶⁾。

さらに高野氏は、MIP センシングチップの応用を広げるため、これまで薄膜で利用していた MIP を、ナノゲル化(100 nm 以下)して基板上に固定化することで、センシングチップの開発に成功した。具体的には、ヒト血清アルブミンの MIP ナノゲルを用いたピペットチップセンシングシステムを構築し⁷⁾、糖尿病患者の臨床検体の測定を可能にした。また、ブタ血清アルブミンの MIP ナノゲルと抗体の Fc 領域の MIP ナノゲルを組み合わせた、食品中ブタ血清アルブミン(PSA)を高感度に計測するハラルチェックピペットチップセンシングシステムを開発し、実試料測定を実践することでその有用性を実証した⁸⁾。

高野氏は、大学での基礎研究を行うと同時に、分析化学を基盤とした新しい価値を社会に提供するため、細胞外小胞をマーカーとしたリキッドバイオプシーに関する大学発ベンチャー(株) TearExo を共同創業し、現在、取締役 CTO として研究成果の社会実装に邁進している。

このように、高野恵里氏の開発したピペットチップセンシングプラットフォームは、生体、人工高分子を問わず様々な分子認識素子に適用可能で、広範な応用展開が期待されることから、新しいバイオ分析技術の開発・発展・社会実装に寄与するところが大きい。

[東京大学大学院理学系研究科 小澤 岳昌]

文 献

- 1) *Microchim. Acta*, **184**, 1595 ('17).
- 2) *ACS Omega*, **4**, 1487 ('19).
- 3) *Angew. Chem. Int. Ed.*, **58**, 1612 ('19).
- 4) *J. Am. Chem. Soc.*, **142**, 6617 ('20).
- 5) *ChemNanoMat*, **5**, 224 ('19).
- 6) *Sci. Technol. Adv. Mater.*, **20**, 305 ('19).
- 7) *Adv. NanoBiomed Res.*, **1**, 2000079 ('21).
- 8) *Biosens. Bioelectron.*, **172**, 112775 ('21).

高橋 幸奈 氏

(TAKAHASHI Yukina
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。同年「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)。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。2019年から2023年JST さきがけ研究者(兼任)。2018年日本分析化学会奨励賞受賞。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、日本酒。

【業績】

高性能センシングデバイスを指向したプラズモニックナノ粒子-光機能性材料複合系の開発

高橋幸奈氏は、分析化学的手法を駆使することによって、プラズモニックナノ粒子-光機能性材料複合体の構造をナノスケールで制御する技術を開発した。プラズモニックナノ粒子の光アンテナ効果を最大限に利用する設計の実現を目指した高感度センシングシステムや、プラズモニックナノ粒子とp型半導体界面での電荷分離システムを利用した新規機構の光学センシングシステムの開発および、それらの技術の水素発生光触媒への展開と分析・計測による反応機構の解明といった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活用し、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、同君の主要な研究業績を記す。

1. 金ナノ粒子-光機能性材料複合体のナノスケール制御

局在表面プラズモン共鳴(LSPR)を示す金属ナノ粒子は、粒径や形状、金属種に応じて特定波長の光と共鳴し、近傍に光を局在化させることで蛍光やラマン散乱を増強し、高感度センシングに有用とされている。共鳴波長は周囲の屈折率にも影響されるため、センサーデバイスへの応用が期待される。こうした性質はナノ構造の制御に依存するため、粒径や組織化の影響を明らかにすることが重要である。同君は、大粒径金ナノ粒子の疎水化法を開発し、Langmuir-Blodgett法による二次元単層アレイの形成に成功した。従来20nm程度だった構成粒径を約80nmに拡大し、共鳴波長の制御性も実証した¹⁾²⁾。また、光機能性ポルフィリンを保護剤として導入することで、クエンチを抑えつつ光アンテナ効果を最大化する設計を達成し、大粒径粒子による顕著な蛍光およびラマン散乱の増強を実験的に示した。

また、金ナノ粒子-酸化チタン複合体で起きるプラズモン誘起電荷分離(PICS)を利用することで、光アンテナ効果が強く得られる金ナノ粒子表面のナノ空間において、光の回折限界を超えて、ピロールの空間選択的光酸化重合に成功し、その結果、初めて増強電場空間の可視化を実現しているが³⁾、ピロールの他にも、フェノールや3,4-エチレンジオキシチオフェン(EDOT)を用いることができ、モノマーによって反応限界波長が異なることを明らかにした⁴⁾。このような、導電性や光応答性、屈折率等の特性が異なる高分子の重合をナノレベルで制御する技術によって、ナノ空間における光電気化学特性の制御が可能になった。金ナノ粒子表面に生じた高分子は表面増強ラマン散乱が効果的に観察できることを示した。

これらの成果は、LSPRを活用する高感度センシングデバイスへと応用する際に有用である。たとえば、光電流や蛍光の検出に基づくセンシングデバイスにおいて、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。

2. 銀ナノ粒子/p型半導体界面での電荷分離システムの開発

プラズモン誘起電荷分離(PICS)は周囲媒体の屈折率の変化を電気信号に変換して検出可能であるなど、センシング応用が期待されている。従来のPICSでは、金属ナノ粒子に組み合わせる半導体として、酸化チタンのようなn型半導体を用いていた。この系では共鳴波長の照射下で、金属ナノ粒子から半導体に電子が引き抜かれることで、半導体側に負の電荷が、金属ナノ粒子側に正の電荷が生じるため、電荷分離効率が低い。金以外の金属ナノ粒子では酸化溶出するため安定性が低いという問題点があった。一方、同君は酸化エネルギー貯蔵型光触媒を開発した知見を活かして、PICSでも金属ナノ粒子に組み合わせる半導体としてp型半導体を用いることで、電荷分離後の半導体側に正の電荷を、金属ナノ粒子側に負の電荷が生じる系を構築することに成功した⁵⁾。全固体光電変換セルにおいて、半導体とオーム接触が要求される対極として、従来系のインジウムやアルミニウムよりも安定性の高い金を用いることが可能になり、空気中での長期安定性が飛躍的に向上した。銀ナノ粒子は、粒径や形状によって可視~近赤外光まで任意の波長の光吸収特性を持たせることができるため、光電変換デバイスの他にも光学センサへの応用が期待できる他、可視~近赤外応答型光触媒としても応用可能な汎用性の高い技術である。

3. 水素発生光触媒への展開と分析・計測による反応機構の解明

また同君は近年、照射下で水素発生能を示す、硫化カドミウムとバナジウム酸ビスマスという2種の半導体からなるZスキーム型光触媒に金ナノ粒子を組み込むことで、GC(ガスクロマトグラフィ)で計測される水素発生速度が約7.7倍と飛躍的に向上することを見いだした⁶⁾。本系において金ナノ粒子は、(1)2種の半導体間の電荷移動を補助する固体メドिएータ、(2)半導体の光吸収を増強する光アンテナ、(3)金ナノ粒子/硫化カドミウム界面でのPICSに基づく硫化カドミウムの伝導帯への電子注入の三つの役割が期待できるが、蛍光寿命測定等を用いた分析の結果、主に光アンテナ効果が効率の向上に寄与していることを明らかにした。分析化学的手法を駆使することで、金ナノ粒子が水素発生速度を向上させる機構を明らかにし、光エネルギーを最大限に活用するための水素発生光触媒の設計指針を導き出すことに成功した。

このように、同君が分析化学的手法を駆使して開拓した、プラズモニックナノ粒子-光機能性材料複合体の構造をナノスケールで制御する技術、光学センシングへの応用が期待できる新規機構による光電変換システムおよび、水素発生光触媒への展開や分析・計測による反応機構の解明を通して得られた技術は、分光分析科学の発展に大きく貢献するものである。

〔東京電機大学工学部 保倉 明子〕

文 献

- 1) *Appl. Surf. Sci.*, **404**, 350 (2017).
- 2) *Appl. Surf. Sci.*, **546**, 148932 (2017).
- 3) *Nanoscale*, **8**, 8520 (2016).
- 4) *J. Phys. Chem. C*, **124**, 4202 (2020).
- 5) *ACS Appl. Electron. Mater.*, **7**, 5412 (2025).
- 6) *Catal. Sci. Technol.*, **14**, 1756 (2024).



談 話 室

北海道における共同分析の取り組み

私は北海道にある地方独立行政法人の研究所に勤務しており、主に資源リサイクルや環境保全に関する研究を行っている。加えて、自身の研究とは直接関係なくても企業からの依頼を受け、各種分析を有料で引き受ける業務も行っている。しかし、こうした分析業務のなかでも、特にその精確性を担保するための業務は、技術開発といった業務と比べて、その成果を外部に示しづらいことが多いと常々感じている。

昭和7年(1932年)に書かれた加藤虎郎著「標準定量分析法」の序の冒頭に「凡そ分析化学はあらゆる化学研究の基礎たる點に於て極めて重大なる意義と責任を有するにかゝらず、地味にして且つ酬めらるゝところ往々にして尠きが故に青年技術者の多くは之をよろこばざるの風あり。(後略)」とあり、約100年前からすでに分析化学は表舞台に立ちにくい分野の学問であることを憂いている。そして、この風潮はいまでも継続していると感じられる。近年、大学でもそうだが、工業系地方公設試験研究機関では、「分析」を名乗る組織が消え、分析担当者が他の業務をメインとする研究室に所属し、他の研究を行いつつながら分析に関する研究や依頼分析業務も併せて行うところがほとんどになっている。また、熟練した分析担当者が定年退職したあとで新たな人員が補充されるなどのために、技術の継承も難しくなってきたとも聞く。

例えば、分析の依頼を受け、JISなど対応する公定規格に複数の分析法が記載されている場合など、実際にどの方法を採用すべきかは、依頼者から求められている精確性、納期、コストなどを考慮して決める必要がある。しかし、このような状況のなかでは、最適な方法を選ぶのは知識と経験がない若手の分析担当者にとってはなかなか難しいものである。分析担当者が複数いて、ベテランと若手が議論をしながら分析を行っていれば、このような判断に必要な知識も継承されていくが、それも最近はなかなか難しくなっている。

また、無機元素の定量分析では、前処理技術に関しての拙巧が、定量値に大きく(場合によっては桁違いになるほどの)影響を与えてしまうが、このあたりの事情は、かなり科学全般に明るい人でも知られていないことが多い。高価な分析機器を購入したら誰でも正しい定量値が出せると思われているようで

(実際にそのように言われたこともある)、この前処理技術の重要性はなかなか伝わっていないとも感じている。

一方、私の所属する研究所では、北海道内の環境計量証明事業所の技術向上を図る目的で、共通試料による共同分析研究会を半世紀近くにわたって実施(共同開催)している。本稿を読まれている方はよくご存じだと思うが、共同分析に参加することは自らの分析法の妥当性確認のためには大変有効である。この事業を始めた先輩の先見の明と継続の努力には本当に頭が下がる。

本研究会の共同分析は、主に環境水、土壌、底質、産業廃棄物(各模擬試料も含む)といった環境関連の共通試料を対象としている。また、各種規制値の新設や強化など社会情勢の変化に伴う環境関連法令の改正などを考慮して試料および分析項目を選定するなど、環境分析技術の高度化に対応し、時流に合わせた研究会を目指してきた。道内の環境計量証明事業所(濃度)は現在約50事業所あるが、そのうちおおむね2/3が常時参加し、分析精度管理や新人教育の場として利用されているなど、参加企業から高い評価を得ている。

実際に行う作業としては、まず、上述の点を考慮した共通試料を自前で調製・配布し、参加事業所から寄せられた分析結果を集計する。もし、天然物を対象試料とした場合、正しいと思われる濃度が不明なため、当所でも複数の測定方法を用いて慎重に定量を行う。特に近年、カドミウムや鉛などの分析については、質量分析計に四重極型を使用しているため精度に限界はあるが、同位体希釈-ICP質量分析法での分析も追加して行い、通常の機器分析に対して、より確からしい値を示すことも試みている。

各事業所からは分析結果だけでなく、実際に行った分析フロー、測定条件、分析に関して留意した点の報告もお願いしている。また、参加事業所が営利企業のため、分析結果の報告値などはすべて整理番号によって管理しており、分析に関する質問も匿名で同時に受けている。その後、報告値全体および分析方法別(測定機器、分解法など)に当所で統計処理し、報告された分析フローやチャートなどを確認しながら、各方法での分析結果の傾向について検討していく。

そのなかで、寄せられた質問事項を整理していると、特に近年、類似のものが多いことに気がつく。それは、分析前処理の詳細な条件、各種分析環境からの汚染の影響、内標準元素選定の考え方に関してなどで、これは多くの分析者が同様の疑問をもっていることを示している。これらのノウハウは各種論文や成書等にも記述が少ないことから、可能な場合は当所で実際に試験を行い、その結果などをもとに回答してきた。このことは、分析装置そのものの高性能化や自動化が進む一方で、分析の現場において基礎的な分析技術を教えることが教育機関、分析を実施している事業所のいずれにおいても余裕がないために困難になってきているのではないかと考えられる。

これを解決するには、前述のように近年顕在化してきた暗黙知の部分をしっかりと発掘・整理し、ノウハウの文献化(動画なども含む)・共有化などの取り組みを行うことが重要であり、分析技術継承の努力を地方公設試験研究機関だけでなく各所で積極的に図っていく必要があると考える。老婆心ながら、この状況を放置していると、我が国における分析値の信頼性の維持

が空洞化し、いずれ困難になるのではないだろうかと危惧している。

〔北海道立総合研究機構 富田 恵一〕

インフォメーション

—中国四国支部だより—

第31回中国四国支部分析化学若手セミナー

標記セミナーが、6月21日(土)に岡山大学薬学部で開催されました。特別講演と一般口頭発表は現地+オンライン配信のハイブリッド、一般ポスター発表は現地でのみの形式で実施しました。参加者は特別講演者を含めて62名(オンライン参加者は2名)で、内訳は一般・社会人が18名、学生が42名でした。一般・社会人の参加人数は昨年度と同数でしたが、学生参加者が昨年の1.7倍程度に増加しました。発表の内訳は、特別講演2件、一般口頭発表7件、一般ポスター発表21件で、一般口頭発表は昨年よりも件数が減りましたが、一般ポスター発表は倍増しました。一般口頭・ポスター発表に対しては、昨年と同様に、教員参加者を審査員として選定し、要旨の完成度を評価する1次審査と、発表を評価する2次審査を行い、優秀者に対して支部長賞を授与することにしました。

セミナー冒頭に、高柳俊夫中国四国支部長から挨拶をいただき、続いて一般講演1と特別講演1を実施しました。特別講演には、各種学会の奨励賞を最近受賞された若手の先生に依頼しました。特に、学生参加者に近い立場から、先端的なご研究成果に加えて、ご自身のキャリアパスの話や学生の研究・進学心を鼓舞するような内容を含めてお話しただけのように依頼しました。特別講演1では、岡山大学・異分野融合教育研究機構・中性子医療研究センターの白川真先生に「がん治療のフロンティアに挑む：BNCTとともに描く未来図」というタイトルでお話しいただきました。学生時代のBNCT研究との出会いから始まり、様々な共同研究者と連携しながら進めているBNCT用薬剤開発の最新の成果まで、馴染みのない人にも分かりやすく噛み砕いてご説明いただきました。昼休憩をはさん

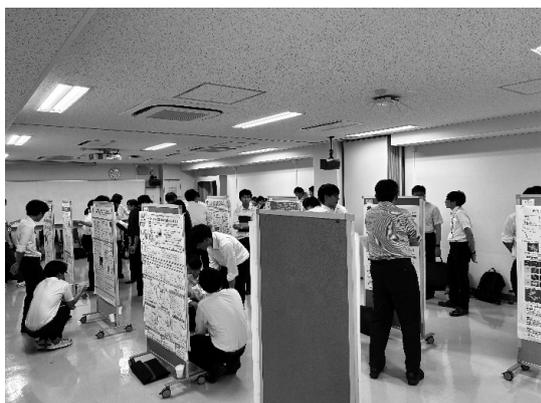


図1 ポスター発表の様子



図2 支部長賞授賞式

で、一般講演2と一般ポスター発表を行いました。一般ポスター発表では、十分に議論が尽くせるようにコアタイムを1時間に設定したこともあり、熱のこもった質疑応答が行われていました。プログラムの最後に特別講演2を実施し、山口大学大学院創成科学研究科の鈴木敦子先生に「金属錯体を基盤とする生体イメージングプローブ及び治療薬の設計」というタイトルでお話しいただきました。白金錯体を基盤とする診断・治療(セラノスティクス)プローブ開発に関する最新の研究成果から分析化学とは何か?という根源的な問いについてもお話しいただき、大変示唆に富むご講演でした。その後、閉会式を実施し、その中で支部長賞の授賞式を行いました。栄えある受賞者は、明珍尋紀氏(高知大学)、小川智也氏(徳島大学)、柳井晶穂氏(山口大学)の3名でした。彼らの今後の研究のさらなる発展を祈念いたします。発表数が多かったことから、参加されたほぼすべての教員に審査員をお務めいただきました。ご理解・ご協力をいただきました先生方に改めまして御礼申し上げます。

セミナー終了後には、大学近辺の居酒屋で情報交換会を実施しました。おおよそ半数程度の参加者が情報交換会にも参加し、所属大学や学生・教員の垣根を超えた交流が行われました。当日中に帰るためには時間が限られたタイトなスケジュールでしたが、この時に生まれたつながりが、年会や討論会での交流や将来的な共同研究などに発展することを祈念いたします。

最後になりましたが、ご参加いただきました皆様、実行委員を務めていただきました岡山大学・岡山理科大学・就実大学の先生方、運営スタッフを担当してくれた研究室学生各位に篤く御礼申し上げます。

〔岡山大学学術研究院医歯薬学域 上田 真史〕

第407回液体クロマトグラフィー研究懇談会

2025年5月22日(木)に「PFAS分析におけるポイント」を主題として標記例会が栗田工業(Kurita Innovation Hub)講堂Aにて開催された。48名という多数の参加者があり、改めてこの分野への関心の高さが感じられた。

講演に先立ち、オーガナイザーである筆者より講演主題概説

を行った後、8名の講師による講演が行われた。以下に今回の講演の内容を概説する。

1 題目は、ジーエルサイエンス(株)の坂井拓斗氏より、「PFAS 分析のための試料前処理とブランク対策」と題する講演があった。固相抽出のモードと回収可能な PFAS の種類や特徴についての解説、また、PFAS 分析時には、アルミホイルや容器からの PFAS の溶出に注意する必要があること、さらに、迅速な固相抽出法、さらには自動化の事例についての紹介があった。

2 題目は、日本ウォーターズ(株)磯俣 亮氏より「PFAS の前処理」と題する講演があった。PFAS を巡る最近の規制動向の解説、PFAS の前処理に用いられる固相抽出カラム、マニホールドなどの製品紹介とともに、水や生体試料中の PFAS 分析事例の紹介があった。

3 題目は、アジレント・テクノロジー(株)の滝埜昌彦氏より「新規注入法を用いた食品及び河川水 PFAS 一斉分析法の紹介」と題する講演があった。PFAS 分析における Feed 注入法による感度上昇の効果、迅速な固相抽出法による河川水の PFAS 分析事例、QuEChERS 抽出キットを活用した野菜や水産加工食品中の PFAS 分析事例の紹介などがあった。

4 題目は、(株)島津製作所の青野佑亮氏より「PFAS 分析ソリューションの紹介」と題する講演があった。水質管理目標設定項目の通知法に準じた PFOA、PFOS、PFHxS の分析において、固相抽出を用いた分析とこれを用いない直接注入で分析した事例などの紹介があった。さらに、EPA メソッドによる PFAS 多成分分析においては、メソッドパッケージの活用により条件検討の時間を短縮できるメリットがあるなどの紹介があった。

5 題目は、メルク(株)の石井直恵氏より「PFAS 分析における分析用水の最適化」と題する講演があった。PFAS 分析にブランク水として使用できる超純水製造装置について、意図的に添加した PFAS に対しても、優れた除去性能を示すデータの紹介があった。

6 題目は、(一財)日本食品検査の橘田 規氏より「飲料水・食品中 PFAS 分析の課題を突破する実践的アプローチ」と題する講演があった。EPA メソッドなどを参考にした食品中の PFAS 分析法を立ち上げ、展開している事例について紹介があった。また、ミネラルウォーターの容器への PFAS の吸着性についての評価事例の紹介があった。

7 題目は、筆者より、「PFAS 対策に求められる分析技術」と題する講演があった。水中の PFAS の処理を検討するうえで必要となる PFAS 多成分分析として採用している ISO21675 の概要を述べるとともに、ノンターゲット分析、総 PFAS 分析の必要性などについて説明した。

8 題目は、東京理科大学の中村 洋先生より、「PFAS 分析におけるポイント」の総括が行われた。PFAS については、分析法の検討もさることながら、毒性などについては不明な点も多く、この面での研究も重要であろうとのお話があった。

また、休憩時間を利用して、「2024 年度最優秀一般会員賞」の表彰が行われた（この賞は、例会等に積極的に参加された一般会員を表彰する制度である）。

講演終了後、情報交換会が行われ、24名の参加があり、活発な議論が行われるとともに、参加者の親睦を深めることがで



2024 年度最優秀一般会員賞表彰の様子

きた。

最後に本例会開催にあたり、講演依頼を快諾してくださった講演者の皆様、例会の開催に尽力いただいた役員の皆様、ご参加いただいた皆様に深く御礼申し上げます。

〔オーガナイザー：栗田工業(株) 榎本 幹司〕



第 408 回液体クロマトグラフィー研究懇談会

表記研究懇談会が、6月20日（金）に(株)日立ハイテクアナリシス サイエンスソリューションラボ東京において開催された。講演主題は「MS、LC/MS の最新技術と応用例」で、質量分析関連企業を中心に、各社の質量分析計に搭載されている最新技術やそれらを用いた応用例などについて紹介していただいた。以下に今回の講演の概要と所感を紹介する。

1. 転写プレートを用いた質量分析イメージング

(浜松医科大学/エムエス・ソリューションズ(株)/

(株)プレッパーズ) 高橋 豊氏

オーガナイザーによる講演主題概説のあと、転写プレートを用いた質量分析イメージングに関する講演を行った。

質量分析イメージング (MSI) による測定において、試料は通常凍結した後 10 μm 程度の厚さに薄切する必要がある。薄切が困難な試料の MSI のため、最近浜松ホトニクス(株)から転写プレートが発売された。転写プレートを用いて食品のノンターゲットの MSI を行い、注目イオンに由来する物質の構造推定を行うためのマススペクトル解析について紹介した。

2. 最新の質量分析計とユニークな分析アプローチの紹介

(株)島津製作所) 服部考成氏

小型かつ 100 V 電源で動作可能な最新の四重極質量分析計 (Q-MS, LCMS-2050) の特長や応用例 (ビール中親水性代謝物・オリゴ糖の分析例など)、および山梨大学の平岡賢三名誉教授が開発・島津製作所が製品化した探針エレクトロスプレーイオン化についての説明と、同社の四重極-飛行時間質量分析計を組み合わせた応用例について紹介された。

最後の中村委員長の講演の中で、家庭用の 100 V 電源で Q-MS を動作させた時、電圧変動の影響はないのか？という質問があった。演者は電気系の専門家ではないために明確な回答は得られなかったが、報告者は、Q-MS は低分解能質量分析計なので、仮に電圧変動の影響を受けたとしてもデータには表れないのではないかと思った。

3. 次世代のハイスルーブット質量分析テクノロジーあれこれ

(株)イービー・サイエックス) 下津祐樹氏

高分解能 LC/MS/MS において、検出されたイオンに対して網羅的に MS/MS (プロダクトイオン分析) を実行する方法として、データ非依存型取得法 (data independent acquisition, DIA) が知られている。従来 DIA では、プリカーサーイオンの選択 m/z 幅を広く設定するために、混合されたプリカーサーイオンから混合されたプロダクトイオンが生成するため、プリカーサーイオンとプロダクトイオンの紐づけが困難になるという問題があった。それを解決する方法として、TZ Scan という新しい技術が紹介された。また、1 試料 1 秒で測定が完了する Echo[®] MS という新しいシステムも紹介された。

4. Astral Analyzer の特徴とプロテオミクス研究における活用例

(サーモフィッシャーサイエンティフィック(株) 渡邊史生氏

2 年前の ASMS で初めて発表した Orbitrap Astral 質量分析計、特に Astral Analyzer の特徴について紹介があった。Astral Analyzer は、原理的には非対称のイオンミラーを備えた多段階リフレクトロンの飛行時間質量分析部 (time-of-flight mass analyzer) である。Orbitrap Astral の装置構成図を見ると、一般的な Q-TOFMS に用いられている直交加速に似た構造ではあるが、実際にはかなり異なっているようである。検出器を例にしても、Q-TOFMS では MCP (micro-channel plate) が用いられるが、Astral では光電子増倍管が用いられている。報告者は 2 年前の ASMS で Orbitrap Astral の話を聞いて以降、いろいろといっても結局は TOF じゃないのか？とずっと思ってきたが、今回の説明を改めて聞いて、Astral は原理的には TOF といえる物ではあるが、実体は TOF とは似て非なる物であることを理解した。Orbitrap は高分解能質量分析計であるが、分解能とスペクトル取込スピードにトレードオフの関係があり、より高い分解能を得るためにはスペクトル取込スピードが遅くなるという問題がある。Orbitrap Astral は、Orbitrap で高分解能のマススペクトルを取得している間に、Astral Analyzer で MS/MS によるプロダクトイオンスペクトルを高速で取得できる。最初に Orbitrap が開発された当初から、後段に Astral Analyzer を接続する構想があったと聞き、大変驚きまた感心した。

5. 高感度オミクスを実現する timsTOF シリーズの最新情報の御紹介

(ブルカージャパン(株) 中林 亮氏

tims は、trapped ion mobility spectrometry の略で、フィルター型とドリフト時間型に次ぐ、比較的新しいイオンモビリ

ティー技術である。tims デバイスを搭載した Q-TOFMS シリーズにおいて、6/1~5 に行われたアメリカ質量分析学会で新しい技術を搭載した装置が発表されたとのことで、それらが紹介された。その中の一つ“timsMetabo”は、低分子化合物由来のイオンの、イオンモビリティによる分離能が従来装置より向上されているとのことであった。その他、MS/MS において複数のイオン開裂方式を備えたコリジョンセルを搭載した装置など、ユニークな技術を搭載した新しい timsTOF シリーズが紹介された。

6. 高分解能質量分析計と機械学習の統合による解析効率の向上

(日本電子(株) 佐藤貴弥氏

機械学習を用いた 2 種類のソフトウェアに関する技術が紹介された。一つは、質量分析イメージング (MSI) により得られた画像の画質を改善する技術。元々は走査電子顕微鏡により得られた画像を処理するための技術であるが、それを MSI の画像に応用したとのことであった。

もう一つは、NIST の EI マススペクトルデータベースに登録されているマススペクトルと構造を教師データとして機械学習を行い、EI と FI (field ionization) イオン化を併用した GC-TOFMS による高分解能マススペクトルから化合物推定を行うというソフトウェアが紹介された。GC/MS には四重極質量分析部を備えた Q-MS が汎用されている。イオン化法は多くの場合 EI のみが用いられる。そして、低分解能の EI マススペクトルからライブラリーサーチを用いて化合物推定を行うのが常套手段であるが、分子イオンが観測されていない場合など、ライブラリーサーチのみから化合物推定を行うことが困難な場合は多々あるのが現状である。ハードイオン化の代表である EI では分子イオン (分子から電子が 1 つ脱離して生成する正イオン、 M^+) が観測されない化合物は多いが、ソフトイオン化である FI によって M^+ やその他の分子質量関連イオン (M^+ や $[M+H]^+$ など分子の測定質量を求めるために利用できるイオンの総称) され、かつ TOFMS では高分解能マススペクトルが得られるために分子式推定が可能であり、上記のソフトウェアを用いることで、未知物質であっても構造の推定がある程度可能であるとのことであった。

7. 総括「MS, LC/MS の最新技術と応用例」

(東京理科大学) 中村 洋氏

最後に、当研究懇談会の中村 洋委員長より、各演者への質問形式で総括が行われた。前述の服部氏への質問に加え、下津氏には DIA に関する質問があった。DIA は MS/MS の比較的新しいデータ取得方法で、詳細は省略するが、先行のデータ依存型取得法 (data dependent acquisition, DDA) の“プリカーサーイオンの取りこぼし”という課題を解決するために開発された方法である。同社の新しい DIA 技術である TZ Scan は、MSI (四重極質量分析部、Q) におけるプリカーサーイオンの選択 m/z 幅を 10 に設定した状態で、Q の電圧をスキャンしながら DIA を行うことで、以前の SWATH に比べると、プリカーサーイオンとプリカーサーイオンの紐づけが容易になったとの

ことである。総括で各演者への質問を行うことで、参加者の理解が深まったと思われる。

今回は、LC/MSに限らず、MS（質量分析）に関連する最新技術を、各MS関連企業様からご紹介いただいた。ほとんどがMSの専門的な内容であったため、普段MSに関連するお仕事をなされていない方には難しい内容になったかも知れない、一つでも参考になる講演があれば、オーガナイザーとしては幸いである。お忙しい中ご講演いただいた演者の皆様、参加者の皆様に感謝申し上げます。

〔浜松医科大学/エムエス・ソリューションズ(株)/
(株)プレッパーズ 高橋 豊〕



第 391 回ガスクロマトグラフィー研究会

2025年6月27日（金）に北とびあべガサスホール（東京都北区）にて第391回ガスクロマトグラフィー研究懇談会講演会が実施された。例年ガスクロマトグラフィー研究懇談会の6月講演会はGCの基礎的な内容を学ぶ機会としており、今年はGCの基礎の講義のほか、GCを上手に使うためのコツや使用上の注意点、トラブルシューティング等の内容を含めた、実践的な内容の講演会を開催した。参加者数は74名であり、比較的若い人の聴講が多かったように見受けられた。会場では無料の資料展示を行っており、GCに関連する最新の製品や技術に関する活発な意見交換が行われた。当日のプログラムは以下の通りである。

第 391 回 GC 研究懇談会

2025年6月27日（金）13.00～17.40

開会挨拶 杉田和俊（GC研究懇談会委員長）

【基礎講座】

1. 「GC,GC/MSの導入方法概説と上手な使い方」
（山梨大学）植田郁生
2. 「キャピラリーカラムの基礎と上手な使い方」
（Restek）千葉拓也
3. 「GC検出器の基礎と上手な使い方」
（西川計測）山上 仰
4. 「GC/MSの基礎と上手な使い方」
（アジレント・テクノロジー）中村貞夫

【技術講演】

1. 「SPMEの基礎と上手な使い方」
（シグマアルドリッチ）植田泰輔
2. 「HSとP&Tの基礎と実践」
（ジエールサイエンス）石井一行
3. 「サンプリングバッグの使い方」
（近江オドエアサービス）安陪智史
4. 「Brevis GC-2050の最新のユーザー支援技術の紹介」
（島津製作所）内山新士
5. 「高分解能MSの紹介と電場型フーリエ変換GC/MSの基礎」
（サーモフィッシャーサイエンティフィック）秦 一博

閉会挨拶 杉田和俊（GC研究懇談会委員長）

意見交換会（プロント王子店）

基礎講座1題目では山梨大学植田様より、試料注入法の基礎的な話を中心に、試料調整方法などの初心者が注意したいポイントを含めて講演いただいた。2題目のRestek千葉様からは、カラムの基礎的な原理から、カラムの各種パラメータが変わった際の分離パターンの違い等を講演いただいた。3題目の西川計測山上様より、GC検出器の特徴や基礎的な使い方、検出下限などについて講演いただいた。4題目のアジレント・テクノロジーの中村様より、GCMSの原理から、GCとの分岐や各種データベースの紹介等があり、いずれの講演も初心者には有益な講座であった。

次に技術講演では前処理等を中心に各メーカーから多岐にわたるトピックが紹介された。いずれも基礎的な原理を含む内容から応用まで含まれており、大変興味深い内容であった。講演会終了後は30名超で意見交換会を行い、親睦を深めつつ有意義な情報交換がなされた。

〔株島津製作所 内山 新士〕

第 92 回日本分析化学会有機微量分析研究懇談会 第 128 回計測自動制御学会力学量計測部会 第 42 回合同シンポジウム

本年度の標記合同シンポジウムは2025年6月19日（木）・20日（金）の2日間にわたり、日本分析化学会、日本化学会、日本薬学会の協賛を得て、北里大学薬学部 大村記念ホール・白金コモンスペースに於いて計測自動制御学会力学量計測部会との共催にて開催された。

東京での開催とあって、全国から多くの参加者（96名）が集まり、招待講演として2題の特別講演、有機微量分析と力学量計測の研究分野およびその関連領域から12題の口頭発表と15題のポスター発表が行われた。

1日目は、大村記念ホールにて実行委員長の開会挨拶に続き、一般5題と30歳以下の若手2題の口頭発表が行われた。その後、近畿大学農学部水産学科 教授 福田隆志氏より「深海生物由来微生物を使った新しいもの作り」と題する特別講演をいただいた。深海由来微生物から有用な天然物を探索する研究につ

いて熱く語っていただいた。休憩をはさみ、会場をコンスペースへ移動し、企業プレゼンテーションが行われた。軽食と飲み物を取りながらのリラックスした雰囲気の中、質疑応答も活発であった。

2日目の午前中は、一般4題と若手1題の口頭発表に続きポスター発表者による3分間のプレビュー講演が行われた。昼食休憩後、コンスペースにてポスター発表のコアタイムとなり、活発なディスカッションが繰り広げられた。同会場では、協賛企業による展示ブースを併設し、新製品の紹介や分析・計測機器関連に役立つ情報提供があり、ポスター発表とともに大いに盛り上がった。大村記念ホールに戻り、パネルディスカッションが行われた。倉本直樹氏（産業技術総合研究所）、松崎剛氏（大阪大学 産業科学研究所）、佐々木典子氏（第一三共）、高柳庸一郎氏（メトラー・トレド）、吉川賢治氏（日本大学 理工学部）をパネリストにお招きし、榊飛雄真氏（千葉大学）のファシリテーターのもと「合同シンポジウムについて考える」と題して議論していただいた。北里大学メディカルセンター研究部 室長補佐 福山隆氏による「One targetの深掘りによる広がり」という題目で特別講演をいただいた。自身が発見されたガン抗原について基礎研究から応用までわかりやすく述べられた。有機微量分析研究懇談会副委員長の榊飛雄真氏より会務報告後、次期合同シンポジウム開催校の実行委員長である山口健太郎氏より開催案内があった（第43回合同シンポジウムは、2026年6月26日（金）・27日（土）の2日間、徳島文理大学高松駅キャンパス 村崎記念ホールで開催予定です）。そして有機微量分析研究懇談会副委員長 板東敬子氏の挨拶にてシンポジウムは閉会した。

閉会後は学生食堂「銀座スエヒロ」へと移動し、65名が参加しての技術研修会が開催された。乾杯後、合同シンポジウム参加者の投票と発表賞の選考委員によって決定した一般および若手（30歳以下）の優秀講演賞と優秀ポスター賞が発表された。本年度の口頭発表一般の部は、倉本直樹氏（産業技術総合研究所）「質量の単位「キログラム」の実現と国際的な質量標準設定への貢献」、加藤毅氏（日本食品分析センター）「¹H NMRによるアスコルビン酸の酸化還元反応の観察」が選ばれ、若手の部では、岡野太一氏（北里大学大学院 感染制御科学府）「糸状菌由来マラリア治療薬シードの探索および最適化」が選ばれた。また、ポスター発表一般の部では、白畑辰弥氏（北里大学薬学部）「Thermal Desorption 法と GC-MS を用いた栽培中のハッカの経時的な揮発成分観測」、若手の部では、鈴木里名氏（北里大学大学院 感染制御科学府）「Binding Mode Chemical Screening Method の開発と応用」、鈴木聖哉氏（日本大学大学院 理工学研究科）「イオンクロマトグラフィーによる有機材料中のヨウ素の分析」、濱田華凜氏（北里大学大学院 感染制御科学府）「微生物由来の抗灰色かび病菌活性物質の探索」、また、今回期待の若手に与えられる特別賞である「切れ味鋭いで賞」については、口頭発表の部は、北添達樹氏（北里大学大学院 薬学研究科）「キキョウサポニンの品質評価を目的とした高温高压下 Flow 式加水分解法による迅速分析法の開発」、ポスター発表の部は、岡部涼風氏（日本大学大学院 理工学研究科）「イオンクロマトグラフィーによる乳製品中のリンの分析」が選ばれた。しばし情報交換後、チーム戦による企画が行われ



た。村上昇氏（村上衡器製作所）による上皿天びんと分銅を用いたロジカルシンキングでチーム内のアイスブレイクし、続いて倉本直樹氏によるメートル条約150周年に関する難問クイズで大いに盛り上がった。会場内に日本国キログラム原器 原寸大模型」が展示され、多くの方が記念撮影をしていたのが印象に残った。

なお、本シンポジウムの講演要旨集（3,000円）をご希望の方は、若干余裕がありますので以下の連絡先までお問い合わせください。連絡先：長井賢一郎（北里大学薬学部、E-mail：nagaik@pharm.kitasato-u.ac.jp）

最後に、本シンポジウム開催にあたり、関係企業各社におかれましては展示会をはじめ講演要旨集への広告掲載、技術研修会へのご協賛等で多大なご支援をいただきました。この機会に心から感謝申し上げます。

〔実行委員長 長井 賢一郎〕

「X線分析の進歩」論文賞

X線分析研究懇談会では、「X線分析の進歩」を1年に一度発行しています。この学術誌は、主に前年のX線分析討論会での講演内容をまとめたものであり、査読を経て、(株)アグネ技術センターより出版されています。「X線分析の進歩」誌における論文の質の向上と当懇談会の活性化を目的として、2024年度から「X線分析の進歩」論文賞を選考し授与することとなりました。この賞の規程は以下に示す通りです。

「X線分析の進歩」論文賞規程

1. 本賞は当年の「X線分析の進歩」誌に掲載された原著論文（ノートや技術報告も含む）のうち、学術上、技術上最も有益で影響力のある論文の著者に授与する。
2. 本賞はX線分析の基礎と応用に関する研究を奨励し、「X線分析の進歩」誌に掲載される学術論文の質の向上を目指すことを目的とする。
3. 教育・研究機関等から投稿された論文から一編、産業界から投稿された論文から一編を選定し、当年のX線分析討論会にて各論文の著者に賞状を授与することができる。
4. 受賞者はX線分析研究懇談会会員に限る。なお、受賞者（著者）が複数の場合は、そのうちの1名はX線分析研究懇談会会員であることを要する。
5. 「X線分析の進歩」誌の編集委員会が選考委員会となり、受賞対象論文と受賞者を選考し、X線分析研究懇談会運営委

員会にて承認を得て決定する。

6. 選考委員会は、受賞対象論文と著者および受賞理由を「ぶんせき」誌および翌年の「X線分析の進歩」誌で報告する。

2025年度の論文賞は、「X線分析の進歩」56集の編集委員を選考委員として、今年度の編集委員長を選考委員長として選考が行いました。その結果、二つの部門に対して、次の2編の論文に授与することとなりました。

【教育・研究機関】部門

「X線分析の進歩」56集, 249-259 (2025)

豆崎実夢, 中西俊雄, 瀬戸康雄, 村松康司

「科学鑑定に向けた筆記具インクの軟X線吸収測定」

【産業界】部門

「X線分析の進歩」56集, 227-236 (2025)

松田 渉, 高原見里, 中西俊雄, 瀬戸康雄

「白色ポリエステル単繊維の非破壊異動識別における全反射蛍光X線分析の再現性向上」

いずれも論文賞にふさわしい質の高い論文であります。詳しくは「X線分析の進歩」56集を参照してください。次年度も同賞の授与を予定していますので、「X線分析の進歩」への投稿をぜひ期待しております。

〔「X線分析の進歩」編集委員長 今宿 晋〕



第409回液体クロマトグラフィー研究懇談会

2025年7月18日(金)に(株)島津製作所東京支社イベントホールにて、標記研究懇談会が開催された。今回は、「ここまで出来る、質量分析計を用いたバイオ医薬品分析」を主題として行われた。背景には、近年、核酸やペプチド医薬に代表される中分子医薬、抗体医薬に代表される高分子医薬などのさまざまなモダリティの開発が活発に進められている。多種多様な創薬研究等において、質量分析計の役割は極めて高く、そこでバイオ医薬品等の分析に焦点を置き、現状の進展を講演いただいた。講演総括を含め6演題の講演が行われ、参加者は20名であった。

1題目は、浜松医科大学/(株)フレップアーズ/エムエスソリューションズ(株)の高橋 豊氏から「バイオ分析に役立つ質量分析基礎講座」の講演が行われた。ペプチドやタンパク質の多価イオンスペクトルから分子の質量や分子量を計算するための基礎的かつ実用的な説明がなされた。また、実際のマススペクトルを例に、CIDによるフラグメンテーションの考え方、結合の開裂のしやすさ、正電荷に起因するフラグメンテーション等の紹介後、有機偶数電子イオンのフラグメンテーションにおけるマスシフト則の詳細な説明があった。イオン種によるフラグメンテーションの起こりやすさや起こり難い例の紹介があった。

2題目は、アジレント・テクノロジー(株)の軸丸裕介氏から「バイオ医薬品分野におけるアジレントの分析ワークフロー」の講演が行われた。複雑な構造をもつバイオ医薬品の分析において、質量分析計の広範な利用に伴い、前処理や分離も含めた高

度に特化したワークフローの構築が事業全体の効率を決定する可能性がある。実例として、抗体関連のバイオ医薬品や核酸関連のバイオ医薬品に関する分析ワークフローの紹介があった。抗体関連では、大型生体分子分析用に設計された質量分析計の説明がなされ、電子捕獲解離により、糖鎖やリンカーなどの修飾された化学結合の情報を、結合状態を維持したままタンパク質主鎖を開裂させる事例紹介があった。核酸関連では、キャップ構造やポリAの解析、不純物の解析事例の紹介があった。

3題目は、サーモフィッシャーサイエンティフィック(株)の永島良樹氏から「多角的アプローチによるAAVカプシドタンパク質の特性解析」の講演が行われた。ウイルスベクターであるAAVワクチンは、新しいモダリティとして注目されている。AAVは内部に一本鎖DNAを含み、その周囲をカプシドタンパク質が覆う構造を取っており、DNAを含めると約4MDaの巨大分子であることから、特にインタクト状態の質量を観測することは通常の質量分析計では難しいことの説明がなされた。このような巨大分子を観測できる、特別な質量分析計としてCharged-detection質量分析計の説明がなされた。

4題目は、(株)島津製作所の寺田英敏氏から「質量分析計を用いたバイオ医薬品の分析事例紹介」の講演が行われた。ペプチドの合成過程では、ペプチド鎖の伸長反応の停止やアミノ酸の欠損などのペプチド関連不純物が含まれる場合があり、構造が類似しているため、その含有量を把握するためにLCの分離条件が必須であるとの説明がなされた。分析法開発支援ソフトウェアを用い、吸光光度検出器とシングル四重極質量分析計を併用することでAnalytical Quality by Designアプローチに基づいたメソッド開発が効率的に実施できる事例紹介があった。また、アミノ酸配列解析では、ペプチドのN末端からアミノ酸を同定していくエドマン法を自動化したプロテインシーケンサーとインソース分解を用いたMALDI-TOFMSによるペプチドの配列解析の事例紹介があった。

5題目は、(株)東レリサーチセンターの竹澤正明氏から「イオンモビリティ等を駆使したバイオ医薬品の分析」の講演が行われた。新たなモダリティの開発が盛んに行われているが、その構造を詳細に解析する必要があり、イオンモビリティがその役割の一助に成り得ることを説明された。LCによる分離軸、質量軸に加え、新たな分離軸であるイオン移動度を用いることにより、複雑な構造を有するモダリティの構造解析が可能であることを解説した。また、電子移動解離や電子捕獲解離によって生じるプロダクトイオンから、抗体医薬品のジスルフィド結合位置解析や結合様式等の有益な構造情報を得ることができる等の説明がなされた。

最後に、中村 洋委員長(東京理科大学)が総括として「バイオ医薬品に求められるMS」と題して、各講演者に対して質疑やアドバイスをされた。さらに、液体クロマトグラフィー研究懇談会より発行している参考図書や分析士認証試験の案内等の紹介があった。

講演終了後には、講師を囲んで情報交換会が行われ、9名が参加した。よまやま話を含め、参加者の近況報告や、当懇談会に対する意見を交換した。本研究懇談会で講師を引き受けてくださいました皆様に深く感謝申し上げます。

〔(株)東レリサーチセンター 竹澤 正明〕

執筆者のプロフィール

(とびら)

稲川 有徳 (INAGAWA Arinori)

宇都宮大学工学部 (〒321-8585 栃木県宇都宮市陽東 7-1-2). 東京工業大学大学院理工学研究科博士課程修了. 博士 (理学). 《現在の研究テーマ》マイクロ空間での相分離を利用した分析計測法の確立. 《主な著書》“Ice Microfluidics”, (Springer Nature). 《趣味》ハーモニカ, 譜面探し.

(ミニファイル)

江川 暁 (EGAWA Satoru)

オルガノ(株)開発センター分析部 (〒252-0332 神奈川県相模原市南区西大沼 4-4-1). 日本大学文理学部化学科卒業. 《現在の研究テーマ》水処理装置性能評価及び評価技術の

開発 (純水中の微量不純物分析). 《趣味》ゴルフ, スポーツ観戦.

E-mail : egawa-s@organo.co.jp

(トビックス)

宮田 潔志 (MIYATA Kiyoshi)

九州大学大学院理学研究院化学部門 (〒819-0395 福岡県福岡市西区元岡 744). 博士 (理学). 《現在の研究テーマ》光機能性材料における光物理化学過程の解析. 《趣味》卓球・カラオケ.

E-mail : Miyata.kiyoshi.197@m.kyushu-u.ac.jp

(リレーエッセイ)

白土 英樹 (SHIRATSUCHI Hideki)

熊本県立大学環境共生学部環境共生学科食健康環境学専攻 (〒862-8502 熊本県熊本市東区月出 3-1-100). 九州大学大学院農学研

科食糧科学工学専攻博士後期課程修了. 博士 (農学). 《現在の研究テーマ》食品香気の高機能性に関する研究. 《主な著書》“食べ物と健康 食品の科学 改訂第3版”, (南江堂). 《趣味》写真, サーキット走行, ロードバイク, 音楽鑑賞など.

E-mail : hideki-s@pu-kumamoto.ac.jp

(ロータリー・談話室)

富田 恵一 (TOMITA Keiichi)

北海道立総合研究機構エネルギー・環境・地質研究所 (〒060-0819 札幌市北区北 19 条西 12 丁目). 北海道大学大学院理学研究科化学専攻修士課程修了. 環境計量士 (濃度). 《現在の研究テーマ》貴金属・レアメタルリサイクル技術. 《趣味》音楽, コーヒー.

E-mail : tomita-keiichi@hro.or.jp

日本分析化学会の機関月刊誌『ぶんせき』の再録集 vol. 3 が出版されました! 初学者必見! 質量分析・同位体分析の基礎が詰まった 293 ページです.

本書は書籍化の第三弾として, 「入門講座」から, 質量分析・同位体分析の基礎となる記事, 合計 42 本を再録しました. 『ぶんせき』では, 分析化学の初学者から専門家まで幅広い会員に向けて, 多くの有用な情報を提供し続けています. これまで掲載された記事には, 分析化学諸分野の入門的な概説や分析操作の基礎といった, いつの時代でも必要となる手ほどきや現役の研究者・技術者の実体験など, 分析のノウハウが詰まっています.

〈2003 年掲載 1 章 質量分析の基礎知識〉

1. 総論
2. 装置
3. 無機物質のイオン化法
4. 有機化合物のイオン化法
5. ハイフェネータッド質量分析 I
6. タンデムマススペクトロメトリー
7. 無機材料の質量分析
8. 生体高分子の質量分析
9. 医学, 薬学分野における質量分析法
10. 食品分野における質量分析法
11. 薬毒物検査, 鑑識分野における質量分析法
12. 環境化学分野における質量分析法

〈2009 年掲載 2 章 質量分析装置のためのイオン化法〉

1. 総論
2. GC/MS のためのイオン化法
3. エレクトロスプレーイオン化—原理編—
4. エレクトロスプレーイオン化—応用編—
5. 大気圧化学イオン化
6. 大気圧光イオン化
7. レーザー脱離イオン化
8. イオン付着質量分析
9. リアルタイム直接質量分析
10. 誘導結合プラズマによるイオン化
11. スタティック SIMS
12. 次世代を担う新たなイオン化法

〈2002 年掲載 3 章 同位体比分析〉

1. 同位体比の定義と標準
2. 同位体比測定の精度と確度
3. 同位体比を測るための前処理
4. 同位体比を測るための分析法
5. 生元素の同位体比と環境化学
6. 重元素の同位体比

〈2016 年掲載 4 章 精密同位体分析〉

1. 同位体分析の基本原理
2. 表面電離型質量分析計の原理
3. 表面電離型質量分析計の特性とその応用
4. ICP 質量分析法による高精度同位体分析の測定原理
5. マルチコレクター ICP 質量分析装置による金属安定同位体分析
6. 加速器質量分析装置の原理
7. 加速器質量分析の応用
8. 小型加速器質量分析装置の進歩と環境・地球化学研究への応用
9. 二次イオン質量分析装置の原理
10. 二次イオン質量分析計を用いた高精度局所同位体比分析手法の開発と応用
11. 精密同位体分析のための標準物質
12. 質量分析を用いた化合物同定における同位体情報の活用

なお『ぶんせき』掲載時から古いものでは 20 年が経過しており, 執筆者の所属も含め現在の状況とは異なる内容を含む記事もありますが, 『ぶんせき』掲載年を明記することで再録にともなう本文改稿を割愛しました. これらの点については, 執筆者および読者の方々にご了承いただきたく, お願い申し上げます.

特集：拡がる！分析化学と溶液化学の境界

目 次

特集号「拡がる！分析化学と溶液化学の境界」の刊行にあたって	梅林泰宏	403
総合論文		
フェムト秒ラマン誘起カー効果分光法による液体・溶液の 分子間ダイナミクスの分析：芳香環の特徴的な分子運動の理解	城田秀明・清水粧子	405
溶液中における3分子反応を介したCO ₂ 溶解の機構解明	梅木辰也	419
イオンダイナミクス解析に基づく次世代蓄電デバイス電解液の設計	重信圭佑・都築誠二・篠田 渉・上野和英	427
放射光X線による表面・界面水の構造解析	吉田亨次・永井哲郎・山口敏男	437
混合溶媒中のクラスター形成と溶質分子の溶媒和	高椋利幸	447
軟X線分光法による液体分子の分子軌道対称性判別	堀川裕加	459
自己解離反応から見た現代の溶媒	神崎 亮	469
ジアミン系混合イオン液体を用いるCO ₂ 分離膜の開発	金崎 悠・河野雄樹・牧野貴至	479
溶液NMRによる生体関連反応のリアルタイム <i>in situ</i> 解析： 膜輸送・アミノ酸異性化・ペプチド鎖切断・アミロイドβ凝集初期過程	岡村恵美子	487
ピコ秒・ナノ秒時間分解分光計測によるイオン液体中における 光化学反応素過程の評価	藤井香里	499
フラグメント理論に基づく溶液内分子間相互作用の第一原理的評価	黒木菜保子	513
水和イオン液体中の水分子の特性とその生体分子溶媒としての可能性	藤田恭子	523
水晶振動子測定法による動的電気化学界面における電解液の局所物性の解析	芹澤信幸・片山 靖	529
報 文		
イオン液体電解液中における溶媒和Liイオンの構造分析： 中性配位子添加効果	澤山沙希・田島 絢・藤井健太	543
アルカリ金属イオンを添加したリチウムビス(トリフルオロメタン)スルホン) イミド(LiTFSI)濃厚水溶液を用いる リチウムイオン二次電池の内部状態分析	渡辺日香里・奥積幸汰・四反田 功・板垣昌幸	549
定量NMR法による高濃度リチウム塩水溶液における イオンペア生成挙動解析	松田玲依・牧 秀志	559
「分析化学」編集委員会特集“分析化学の次世代を担う若手研究者”の論文募集		569
「分析化学」年間特集“波”論文募集		570
「分析化学」特集“未来を拓く熱分析”の論文募集		572
「分析化学誌」特集“持続可能な社会に貢献するガスクロマトグラフィーと GC誕生70年のあゆみ”の論文募集		573
“第24回初執筆論文特集”募集のお知らせ		574
テンプレートによる投稿要領		575
「分析化学」に投稿される皆様へ		576

「分析化学」誌ホームページ URL=<https://www.jsac.jp/~wabnsk/index.html>

〔回〕〈学術著作権協会委託〉本誌からの複写許諾は、(公社)日本複写権センターと包括複写許諾契約を締結されている企業の従業員以外は、一般社団法人学術著作権協会(〒107-0052 東京都港区赤坂9-6-41 乃木坂ビル3階, FAX: 03-3475-5619, E-mail: info@jaacc.jp)から受けてください。

- ◇今月号の「とびら」は、ぶんせき編集副委員長である宇都宮大学稲川有徳先生が「ぶんせき」について熱い思いを語られています。「ぶんせき」は重要な情報源であり、また、会員交流のハブとしての役割も担っています。今後より一層会員の皆様のニーズに応え、「愛読誌」となるべく努力したいとのことですが、是非、ご一読ください。
- ◇「リレーエッセイ」は、熊本県立大学の白土英樹先生です。「香りを測る、感覚をつなぐ」という題目で、日常生活の中でも感覚を鍛えつつ、人の感覚と向き合う分析化学の発展に微力ながら貢献できればとのことですが。
- ◇今年には異常な猛暑のせいも、水難事故が多いように感じます。海、湖や川、そしてプール、いずれの場所においても危険が潜んでいることを忘れてはいけません。皆様、お気をつけください。
- ◇最後に、報道の仕方かもしれませんが、熊の出現や被害も増えているのではないのでしょうか。熊の駆除・共存については賛否両論があります。人間には知恵があるのですから、極論に走らず善処できることを願っています。

(S. M.)

- 〈とびら〉
研究のライフサイクル 高柳 俊夫
- 〈入門講座〉 分析におけるコンタミネーション・キャリアオーバー対策
薬毒物分析で気を付けること
..... 片木 宗弘・新田 篤志・志摩 典明
- 〈解 説〉
スマートデバイスと濃縮技術を用いる
先端の簡易比色分析法 間中 淳
- 〈ミニファイル〉 分析用試薬
分析、診断等に使用される酵素 奥 崇
- 〈話 題〉
定量 NMR の普及と標準化 山崎 太一

◇ 編 集 委 員 ◇

- | | | |
|-----------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|
| 〈委員長〉 四宮 一 総 (日 本 大 学) | | |
| 〈副委員長〉 稲川 有 徳 (宇都宮大院地域創生科学) | | |
| 〈理 事〉 山口 央 (茨 城 大 理) | | |
| 〈幹 事〉 糟野 潤 (龍谷大先端理工) | 久保田 哲央 (アジレント・テクノロジーズ
インターナショナル) | 橋本 剛 (上智大理工) |
| | 原賀 智子 (日本原子力研究開発機構) | |
| 〈委 員〉 石橋 千英 (愛媛大院理工) | 岡崎 琢也 (工学院大先進工) | 岡林 識起 (日大生物資源科学) |
| | 北牧 祐子 (産業技術総合研究所) | 坂真 智子 (株 エ ス コ) |
| | 鹿籠 康行 (東北大学金属材料研究所) | 角田 誠 (東 大 院 薬) |
| | 原田 誠 (東京科学大理学院化学) | 半田 友衣子 (埼 玉 大 工) |
| | 山口 浩輝 (味の素 (株)) | 三原 義広 (北海道科学大薬) |
| | 高橋 豊 (EMISソリューションズ) | 勝又 英之 (三 重 大 院 工) |
| | 上田 忠治 (高知大農林海洋科学) | 高橋 幸奈 (九大カーボンニュートロ
ニウム国際研) |
| | | 岡林 識起 (日大生物資源科学) |
| | | 佐藤 惇志 (株) ライオン |
| | | 西崎 雄三 (東洋大食環境科学) |
| | | 村山 周平 (昭和医科大薬) |
| | | 大江 知行 (東 北 大 院 薬) |
| | | 萩森 政頼 (武庫川女子大薬) |

☑ 複写される方へ

日本分析化学会は学術著作権協会（学著協）に複写に関する権利委託をしていますので、本誌に掲載された著作物を複写する場合は、学著協より許諾を受けて複写してください。

〒107-0052 東京都港区赤坂9-6-41 乃木坂ビル3階
一般社団法人 学術著作権協会

FAX：03-3475-5619 E-mail：info@jaacc.jp

なお、複写以外の許諾（著作物の転載願い等）は、学著協では扱っていませんので、直接日本分析化学会へお尋ねください。

ぶんせき 2025年 第9号（通巻609）

2025年 9月 1日印刷

2025年 9月 5日発行

定価 1,000円

編集兼発行人 公益社団法人 日本分析化学会

印刷所 〒173-0025 東京都板橋区熊野町13-11

株式会社 双文社印刷

発行所 〒141-0031 東京都品川区西五反田1-26-2

五反田サンハイツ 304号

公益社団法人 日本分析化学会

電 話 総務・会員・会計： 03-3490-3351

編集： 03-3490-3537

FAX：03-3490-3572 振替口座：00110-8-180512

© 2025, The Japan Society for Analytical Chemistry

購読料は会費に含まれています。

2026 年度本部委員会功労賞候補者推薦について

日本分析化学会は、多年にわたって本会本部委員会及び小委員会で活動し、本学会を通じて分析技術の発展に貢献された方を表彰して「本部委員会功労賞」を贈呈します。

下記の本部委員会功労賞規程により 2026 年度本部委員会功労賞候補者を募集します。関係各位におかれましては、適任者がおられましたらご推薦くださいますようお願い申し上げます。

『本部委員会功労賞規程』

第 1 条 本会に本部委員会功労賞を設け、多年にわたり公益社団法人日本分析化学会本部委員会および小委員会で活動し、本学会を通じて分析技術の発展に貢献した者に、これを贈呈する。対象となる委員会は別紙に定める。

第 2 条 本部委員会功労賞は、賞状を年会または討論会において贈呈する。

第 3 条 本部委員会功労賞候補者の推薦者は、本部委員会委員長及び現在休止・廃止している委員会については元委員長とし、その委員会に所属する者または過去に所属した者を推薦することができる。複数の委員会の活動を合わせて申請することができる。

第 4 条 前条によって推薦される者は、本会正会員にして、申請する年の 2 月末日をもって、合計 10 年以上第 1 条の活動に従事した者とする。

第 5 条 候補者の推薦に際しては、次の (1)～(2) に規定する書類を電子媒体にて、指定された日までに本会に提出するものとする。

(1) 推薦書 (2) 被推薦者理由書 (いずれも本会所定の用紙)

第 6 条 各委員会からの申請は各年で 3 件以下とする。授賞数は 10 件以下とする。

第 7 条 本部委員会功労賞候補者の選考は、本部委員会功労賞審査委員会において行う。審査委員は、理事会が本会副会長及び庶務担当理事より 5 名を選考し、会長がこれを委嘱する。委員長は、筆頭副会長又は表彰業務担当副会長とする。

(別紙) 本部委員会功労賞の対象となる委員会

標準物質委員会、技能試験委員会、分析化学技術者教育企画委員会、分析士認証委員会、ぶんせき編集委員会、分析化学編集委員会、Analytical Sciences 編集委員会、X-ray Structure Analysis Online 編集委員会、広報委員会、会員・広報協議会、学術振興協議会、学術会合協議会及びそれらに属する小委員会

(以下省略)

☆

☆

1) 2026 年度本部委員会功労賞授賞式は、2026 年 9 月 17 日 (木) 第 75 年会 (東北大学) において行う予定です。

2) 推薦書類 (推薦書、被推薦者理由書：本会所定の用紙) は、下記期限までに提出してください。

3) 推薦期限：2025 年 12 月 31 日

4) 推薦書類提出先：日本分析化学会本部委員会功労賞係 (E-mail：shomu@jsac.or.jp)

5) 所定の書類は、<https://www.jsac.jp/applications/> からダウンロードしてください。

2025年度啓育指導賞受賞者募集

このたび、液体クロマトグラフィー (LC) 研究懇談会では啓育指導賞を創設し、2025年度の受賞者を募集することとなりました。本賞の性格、受賞者の資格、推薦などは「啓育指導賞授賞規定」(抜粋)により、以下のように定められております。

第2条(本賞の性格) LC研究者の啓育指導とLC研究懇談会の発展に、大きく貢献した者に授与する。

第3条(受賞者の資格) 年齢は問わないが、LC研究懇談会の個人会員であることを要する。

第5条(受賞候補者の推薦) 推薦者は、LC研究懇談会の個人会員とする。

第7条(賞の授与) LC & LC/MS テクノプラザにおいて行い、授賞者には賞牌および副賞1万円を授与する。

つきましては、受賞候補者の推薦(自薦を含む)を希望される方は、推薦理由および候補者の略歴を含む推薦書(1ファイル)を下記送付先宛てに電子メールでお送りください。なお、受賞者には電子ジャーナル「LCとLC/MSの知恵」通巻第11号(12月15日発行予定)に業績の紹介をお願いいたします。

送付先 LC研究懇談会 [E-mail: nakamura@jsac.or.jp]

応募締切 10月15日(水)17時

- 食物アレルギー分析における試薬選択と前処理・測定の最適化 (15.20~15.55)

((一財)日本食品検査) 橘田 規
(LC分析士三段, LC/MS分析士四段)

- プロテオミクスによるヌクレオソーム構造解析へのアプローチ

(東京大学定量生命科学研究所) 根岸瑠美
(LC/MS分析士二段)

- 総括「プロテオミクスを達成する選択肢」

(16.30~17.05)

(東京理科大学) 中村 洋

(LCマイスター, LC/MSマイスター)

参加費 ①学生:1,000円, ②LC懇・個人会員:2,000円, ③LC懇・団体会員:3,000円, ④後援学会・個人会員:4,000円, ⑤後援学会・団体会員:4,500円, ⑥その他:5,000円。

参加申込締切後の受付はできませんので、ご了承ください。

情報交換会 終了後、講師を囲んで情報交換会を開催します(会費5,000円)。参加申込締切後のご参加はできませんので、参加希望者は必ず事前にお申し込みください。

参加申込および参加費等納入締切日 2025年10月16日(木)
(入金締切時刻:15時まで)

申込方法

- 参加希望者は、下記申込先にアクセスし、氏名、勤務先(電話番号)、LC研究懇談会・個人会員、協賛学会・個人会員、その他の別および情報交換会参加の有無を明記のうえ、お申し込みください。なお、参加者名と振込者名が違う場合は、参加申込書の連絡事項欄に振込者名を明記してください。
- お申込みが完了した場合には、登録されたアドレス欄に「第412回液体クロマトグラフィー研究懇談会申込み受付(自動返信)」のメールが届きます。メールが届かない場合は、①入力したご自分のアドレスに間違いがないか、②迷惑メールフォルダーをご確認のうえ、世話人までお問い合わせください。
- 申込み受付のメールを受領後、必ず期限内に研究懇談会参加費、情報交換会費の納入を行ってください。期限内に納入が確認できない場合、お申込みを無効とし参加URLを発行しませんので、十分ご注意ください。当日払いは受け付けません。なお、いったん納入された参加費は、返金いたしません。
- 参加費の納入が確認できた方には、2025年10月17日以降に要旨集をメールにてお送りいたします。必要に応じてプリントアウトしてご参加ください。また、請求書の発行はいたしておりません。

液体クロマトグラフィー研究懇談会(例会)参加費送金時のご注意

例会参加費、情報交換会費を送金される場合、下記を禁止しておりますので、ご理解のほどよろしくお願いいたします。

- 複数例会の参加費の同時振込
(→例会ごとに振り込んでください)
- 複数参加者の参加費の同時振込
(→参加者ごとに振り込んでください)
- 年会費や他の費用との合算振込
(→費目ごとに振り込んでください)

申込先 <https://forms.gle/5KhgN2f4YhckDRta7>

(学生申込者は、所属欄に大学名、学部、学年を記載)

銀行送金先 りそな銀行五反田支店(普通)1754341、口座名義:シヤ)ニホンブンセキカガクカイ〔公益社団法人日本分析化学会・液体クロマトグラフィー研究懇談会〕

問合先 (公社)日本分析化学会・液体クロマトグラフィー研究懇談会 世話人(国研)農業・食品産業技術総合研究機構 高橋亜希子 [E-mail: takahashi.akiko073@naro.go.jp]

第412回液体クロマトグラフィー研究懇談会

主催 (公社)日本分析化学会・液体クロマトグラフィー研究懇談会

後援 (公社)日本化学会、(公社)日本農芸化学会、(公社)日本分析化学会(薬学会は許諾後)

プロテオミクス研究技術はトップスピードで進化しています。極微量タンパク質研究を加速させるため、多くの実験選択肢を持つことは非常に重要です。本例会では「選択肢」にフォーカスし、現場で活用・応用できる最新のプロテオミクス技術情報・研究成果をご講演いただきます。

期日 2025年10月24日(金)13.00~17.05

会場 (株)島津製作所東京支社イベントホール〔東京都千代田区神田錦町1-3、交通:①地下鉄:都営新宿線「小川町」駅、東京メトロ千代田線「新御茶ノ水」駅、東京メトロ丸の内線「淡路町」駅のB7出口より徒歩6分、東京メトロ銀座線「神田駅」より徒歩10分、②JR「神田」駅西口より徒歩10分〕
<https://www.shimadzu.co.jp/aboutus/company/access/tokyo.html>

講演主題 プロテオミクスを達成する選択肢

講演

講演主題概説(オーガナイザー)(13.00~13.05)

(農研機構) 高橋亜紀子

(LC分析士初段, LC/MS分析士二段)

1. プロテオーム解析用サンプル調製の方法とポイント (13.05~13.40)

(サーモフィッシュャーサイエンティフィック(株)) 牛山正人
(2025年度LC/MS分析士受験申込済)

2. プロテオミクスにおける前処理の選択肢 (13.40~14.15)

(ジールサイエンス(株)) 太田茂徳

(LC分析士二段)

3. タンパク質消化酵素・移動相・カラムの選択肢と組み合わせ (14.15~14.50)

(日本ウォーターズ) 寺崎真樹

(LC/MS分析士初段)

休憩 (14.50~15.20)

第 61 回 X 線分析討論会

主催 (公社)日本分析化学会 X 線分析研究懇談会
第 61 回 X 線分析討論会を以下のとおり実施いたします。多くの方の参加をお待ちしておりますので、どうぞよろしくお願いたします。

期日 2025 年 10 月 30 日 (木)・31 日 (金)

会場 水戸市民会館〔茨城県水戸市泉町 1-7-1〕

事前参加申込開始 2025 年 9 月 1 日

事前参加申込締切 2025 年 10 月 3 日

詳細については、討論会 Web サイト

<https://xbun.jsac.jp/conference/no61.html> をご覧ください。

連絡先 茨城大学大学院理工学研究科 佐藤成男

[E-mail: xbun61@gmail.com]

第 19 回茨城地区分析技術交流会

主催 (公社)日本分析化学会関東支部・同茨城地区分析技術交流会

期日 2025 年 12 月 5 日 (金)

会場 水戸市民会館 南側 3 階大会議室および 2 階展示室〔茨城県水戸市泉町 1-7-1, 交通: JR 常磐線水戸駅北口からバス・タクシーで 5 分あるいは徒歩 20 分〕

<https://www.mito-hall.jp/>

プログラム

12.00~ 受付

13.00~13.05 開会挨拶

(日本原子力研究開発機構) 江坂文孝

13.05~13.45 ペプチドや DNA を用いたタンパク質と細胞のセンシング

(前橋工科大学工学部) 菅原一晴

13.50~15.30 ポスター発表 (分析研究, 技術開発の紹介など)

15.50~16.30 産学連携で切り拓く分子構造解析の新学術と社会実装

(東京大学大学院工学系研究科) 佐藤宗太

16.30~17.10 分析の信頼性確保

(産業技術総合研究所) 津越敬寿

17.10~17.15 閉会挨拶 (茨城大学農学部) 鎗田 孝

17.30~19.30 情報交換会

参加申込・ポスター発表申込 10 月 24 日 (金) までに、日本分析化学会関東支部の茨城地区のホームページ (<https://kanto.jsac.jp/ibaraki/>) に掲載の【Google フォーム①】に必要な事項をご記入のうえ、送信してください。参加費は無料です。なお、ポスター発表では、ポスター賞 (学生および一般) を設けています。奮ってご応募ください。講演およびポスター発表終了後には情報交換会を予定していますので、参加の有無についてのご記入もお願いいたします。情報交換会に参加される方は、交流会当日に会費 3,000 円 (一般)、1,000 円 (学生) を受付にてお支払いください。

ポスター発表要旨 A4 用紙 1 枚 (上下左右マージン 2.5 cm) に、①発表題目、②所属、③発表者氏名 (発表者に○)、④発表要旨 (形式自由) を記入し、PDF ファイルを同ホームページ掲載の【Google フォーム②】にアップロードしていただくか、下記連絡先まで電子メールでお送りください。提出締切は 11 月 7 日 (金) です。なお、ポスターサイズは A0 (縦) に収まるサイズで作成してください。

連絡先 〒319-1195 茨城県那珂郡東海村白方 2-4 (国研)

日本原子力研究開発機構 江坂文孝

[E-mail: esaka.fumitaka@jaea.go.jp]

第 414 回液体クロマトグラフィー研究懇談会

主催 (公社)日本分析化学会・液体クロマトグラフィー (LC) 研究懇談会

後援 (公社)日本化学会、(公社)日本農芸化学会、(公社)日本分析化学会 (薬学会は許諾後)

ソリューションサービスとは、顧客の抱える問題を解決するための提案やサービスを提供する業務のことです。LC および LC/MS 分野でもさまざまな組織がソリューションサービスを提供しています。受託分析や技術コンサルティングが代表的なものです。ほかにも、メーカーがユーザーを支援するためのサービスや公的機関が提供する研究支援なども含まれます。本例会では、そのようなソリューションサービスを提供している組織から、保有技術や事例を紹介していただきます。

期日 2025 年 12 月 17 日 (水) 13.00~17.00

会場 (株)島津製作所東京支社イベントホール〔東京都千代田区神田錦町 1-3, 交通: ①地下鉄: 都営新宿線「小川町」駅、東京メトロ千代田線「新御茶ノ水」駅、東京メトロ丸の内線「淡路町」駅の B7 出口より徒歩 6 分、東京メトロ銀座線「神田駅」より徒歩 10 分、②JR「神田」駅西口より徒歩 10 分〕
<https://www.shimadzu.co.jp/aboutus/company/access/tokyo.html>

講演主題 LC 及び LC/MS 分野におけるソリューションサービス

講演

講演主題概説 (オーガナイザー) (13.00~13.10)

(西岡技術士事務所) 西岡亮太

(LC 分析士五段)

1. LC/MS で切り拓く創薬・医療のソリューションサービス (13.10~13.35)

(株)東レリサーチセンター) 櫻井 周

(LC 分析士初段, LC/MS 分析士二段)

2. LC/MS を用いた生体試料中濃度分析におけるトラブルシューティング (13.35~14.00)

(株)住化分析センター) 松井誠一

(LC 分析士初段, LC/MS 分析士二段)

3. 自動分析ソフトウェアを活用した HPLC の分析メソッド開発支援 (14.00~14.30)

(一財)化学物質評価研究機構) 坂牧 寛

(LC 分析士三段, LCMS 分析士二段)

4. 食品分析機関における糖類の分析 (14.30~14.55)

(一財)日本食品分析センター) 横関俊昭

(LC 分析士初段)

休憩 (14.55~15.10)

5. 高分解能キャピラリーカラムを用いる植物由来成分の分離分析 (15.10~15.35)

(アクアス(株)) 小林宏資

(LC 分析士三段, LC/MS 分析士初段)

6. 質量分析に関する様々なソリューションサービス~LC/MS, イメージング, マススペクトル解析など~ (15.35~16.05)

(浜松医科大学/エムエス・

ソリューションズ(株)/プレッパーズ) 高橋 豊

(LC 分析士二段, LC/MS 分析士五段)

7. 島津製作所の分析ソリューションに関する取り組み (16.05~16.30)

(株)島津製作所) 寺田英敏

(LC 分析士三段, LC/MS 分析士初段)

8. 総括「LC 及び LC/MS 分野におけるソリューションサービス」(16.30~17.00)

(東京理科大学) 中村 洋

(LC マイスター, LC/MS マイスター)

参加費 ①学生：1,000円、②LC懇・個人会員：2,000円、③LC懇・団体会員：3,000円、④後援学会・個人会員：4,000円、⑤後援学会・団体会員：4,500円、⑥その他：5,000円。
参加申込締切後の受付はできませんので、ご了承ください。

情報交換会 終了後、講師を囲んで情報交換会を開催します（会費5,000円）。参加申込締切後のご参加はできませんので、参加希望者は必ず事前にお申し込みください。

参加申込および参加費等納入締切日 2025年12月10日（水）
（入金締切時刻：15時まで）

申込方法

- 参加希望者は、下記申込先にアクセスし、氏名、勤務先（電話番号）、LC研究懇談会・個人会員、協賛学会・個人会員、その他の別および情報交換会参加の有無を明記のうえ、お申し込みください。なお、参加者名と振込者名が違う場合は、参加申込書の連絡事項欄に振込者名を明記してください。
- お申込みが完了した場合には、登録されたアドレス欄に「第414回液体クロマトグラフィー研究懇談会申込み受付（自動返信）」のメールが届きます。メールが届かない場合は、①入力したご自分のアドレスに間違いがないか、②迷惑メールフォルダーをご確認のうえ、世話人までお問い合わせください。
- 申込み受付のメールを受領後、必ず期限内に研究懇談会参加費、情報交換会費の納入を行ってください。期限内に納入が確認できない場合、お申込みを無効とし参加URLを発行しませんので、十分ご注意ください。当日払いは受け付けません。なお、いったん納入された参加費は、返金いたしません。
- 参加費の納入が確認できた方には、2025年12月11日以降に要旨集をメールにてお送りいたします。必要に応じてプリントアウトしてご参加ください。また、請求書の発行はいたしておりません。

液体クロマトグラフィー研究懇談会（例会）参加費送金時のご注意

例会参加費、情報交換会費を送金される場合、下記を禁止しておりますので、ご理解のほどよろしくお願いいたします。

- 複数例会の参加費の同時振込
（→例会ごとに振り込んでください）
- 複数参加者の参加費の同時振込
（→参加者ごとに振り込んでください）
- 年会費や他の費用との合算振込
（→費目ごとに振り込んでください）

申込先 <https://forms.gle/LmZgq6a8YTGG2VNL9>

（学生申込者は、所属欄に大学名、学部、学年を記載）

銀行送金先 りそな銀行五反田支店（普通）1754341、口座名義：シヤ）ニホンブンセキカガクカイ〔公益社団法人日本分析化学会・液体クロマトグラフィー研究懇談会〕

問合せ先（公社）日本分析化学会・液体クロマトグラフィー研究懇談会 世話人 西岡技術士事務所 西岡亮太
〔E-mail：nishioka@nipco-chem.com〕

—以下の各件は本会が共催・協賛・後援等をする行事です—

◎詳細は主催者のホームページ等でご確認ください。

電気化学セミナー B： 初心者のための電気化学測定法—実習編 【オンデマンド】

主催（公社）電気化学会
期日 2025年9月22日（月）正午～10月8日（水）午後5時
会場 オンデマンド（Vimeoにてストリーミング配信）
ホームページ
<https://www.electrochem.jp/seminar/>
連絡先 〒101-0065 東京都千代田区西神田3-1-6 日本弘道会ビル7F（公社）電気化学会事務局 原優美子
〔電話：03-3234-4213, E-mail：seminar@electrochem.jp〕

第61回熱測定討論会

主催 日本熱測定学会
期日 2025年9月24日（水）～26日（金）
会場 横浜国立大学常盤台キャンパス
ホームページ <https://www.netsu.org/61touron/>
連絡先 〒103-0014 東京都中央区日本橋蛸殻町2-15-9 須磨マンション901 日本熱測定学会事務局 土信田裕子
〔電話：03-6310-6831, E-mail：netsu@mbd.nifty.com〕

腐食防食部門委員会第362回例会

主催（公社）日本材料学会
期日 2025年9月30日（火）
会場 大阪府教育会館たかつガーデン地下1階オーリーブ
ホームページ <http://www.jsms.jp>
連絡先 〒606-8301 京都府京都市左京区吉田泉殿町1-101（公社）日本材料学会〔E-mail：jim@office.jsms.jp〕

生物発光化学発光研究会第40回学術講演会 『生物発光化学発光の多様な展開』

主催 生物発光化学発光研究会
期日 2025年10月18日（土）
会場 産業技術総合研究所関西センター
ホームページ <https://www.blcl-ja.com/event/>
連絡先 〒563-8577 大阪府池田市緑丘1-8-31（国研）産業技術総合研究所 関西センター モレキュラーバイオシステム研究部門
〔電話：080-2260-0049, E-mail：chun-wu@aist.go.jp〕

プラズマ分光分析研究会第126回講演会 —様々な分析に用いられるプラズマ分光分析技術—

主催 プラズマ分光分析研究会
期日 2025年10月24日(金)
会場 Shimadzu Tokyo Innovation Plaza
ホームページ <https://plasma251024.peatix.com>
連絡先 〒192-0392 東京都八王子市堀之内1432-1 東京薬科大学生命科学部 分子生命科学科生命分析化学研究室内プラズマ分光分析研究会事務局 大関杏子
〔電話：042-816-3001, E-mail：office@plasma-dg.jp〕

日本腐植物質学会第41回講演会および総会

主催 日本腐植物質学会
期日 2025年10月25日(土)・26日(日)
会場 岡山理科大学50周年記念館
ホームページ <https://www.humic-substances.jp>
連絡先 〒700-0005 岡山県岡山市北区理大町1-1 岡山理科大学理学部水圏化学研究室 第41回講演会実行委員長 杉山裕子 [E-mail：yuko-sugiyama@ous.ac.jp]

分離技術会年会2025

主催 分離技術会
期日 2025年10月31日(金)・11月1日(土)
会場 日本大学理工学部駿河台校舎1号館
ホームページ <https://mtg.sspej.org/>
連絡先 〒214-0034 神奈川県川崎市多摩区三田1-12-5-135 分離技術会事務局
〔電話：044-874-0337, E-mail：jimu@sspej.gr.jp〕

第4回標準化セミナー

「ろ布および乾式ろ過集じん装置の
性能評価試験の標準化とその応用展開」

主催 (一社)日本粉体工業技術協会
期日 2025年11月4日(火)
会場 ウィンクあいち(愛知県産業労働センター)
ホームページ <https://form.run/@registration-standardization>
連絡先 〒113-0033 東京都文京区本郷2-16-11 種苗会館5階 (一社)日本粉体工業技術協会 東京事務局
〔電話：03-3815-3955, E-mail：standardization@appie.or.jp〕

第15回イオン液体討論会

主催 イオン液体研究会
期日 2025年11月12日(水)~14日(金)
会場 千葉大学けやき会館
ホームページ <https://www.ilra.jp/>
連絡先 事務局 三谷和美 [E-mail：ionicliquidoffice@ilra.jp]

第54回薄膜・表面物理基礎講座(2025)

「自動計測・自律実験とデータ駆動型
解析による薄膜表面物理の新展開」

主催 (公社)応用物理学会薄膜・表面物理分科会
期日 2025年11月12日(水)
会場 東京理科大学神楽坂キャンパス森戸記念館(第2フォーラム)
ホームページ https://eventpay.jp/event_info/?shop_code=1804158131583761&EventCode=8899690319
連絡先 (公社)応用物理学会事務局 分科会担当 岡本晋一
〔電話：03-3828-7723, E-mail：divisions@jsap.or.jp〕

KISTEC Innovation Hub 2025

研究成果発表交流会

主催 (地独)神奈川県立産業技術総合研究所
期日 2025年11月13日(木)~15日(土), 17日(月), 20日(木), 21日(金)
会場 KISTEC 海老名本部, 産業貿易センタービル, LiSE
ホームページ <https://www.kistec.jp/inno-hub/>
連絡先 〒243-0435 神奈川県海老名市下今泉705-1 (地独)神奈川県立産業技術総合研究所 KISTEC Innovation Hub 事務局 [電話：046-236-1500, E-mail：sm-innovation-hub@kistec.jp]

日本希土類学会第43回講演会

主催 日本希土類学会
期日 2025年11月14日(金)
会場 崎陽軒本店 会議室1号室
ホームページ <https://www.kidorui.org/lecture.html>
連絡先 〒680-8552 鳥取市湖山町南4-101 鳥取大学工学部化学バイオ系学科 増井研究室内 日本希土類学会事務局 [電話：0857-31-5264, E-mail：office@kidorui.org]

日本膜学会「膜シンポジウム2025」

“膜を究める”

主催 日本膜学会
期日 2025年11月27日(木)・28日(金)
会場 関西大学100周年記念会館
ホームページ <https://www.maku-jp.org/conference/article/BA19VUwg>
連絡先 〒113-0033 東京都文京区本郷5-26-5-702 日本膜学会事務局 [電話：03-3815-2818, E-mail：membrane@mua.biglobe.ne.jp]

新アミノ酸分析研究会第15回学術講演会

主催 新アミノ酸分析研究会
期日 2025年12月9日(火)
会場 味の素(株)川崎事業所クライアント・イノベーション・センター(CIC)

ホームページ <http://jsa3.s2.weblife.me/index.html>

連絡先 〒192-0392 東京都八王子市堀之内 1432-1 東京薬科大学 薬学部・生体分析化学教室内 新アミノ酸分析研究会事務局 柳田顕郎, 森岡和大 [電話: 042-676-4537, E-mail: aminoacidanalysis2011@gmail.com]

「分析化学」年間特集“波”論文募集

「分析化学」編集委員会

「分析化学」では2010年より年間特集を企画し、2026年のテーマを「波」と決定しました。

「波」は光の波長と波数を想起させることから、分光分析の基礎および応用についての論文を募集します。例えば以下のような研究について募集を行います。

- 1) 将来的に分析化学に応用される可能性をもった分光測定法の開発
- 2) 分光分析による構造解析, 定量, 微量検出, 化学種同定.
- 3) 表面分光・顕微分光による局所測定とイメージング
- 4) 分光法と類似の情報が得られる中性子や超音波を用いた測定
- 5) 多変量解析や理論計算による分光測定結果からの情報の抽出

一方で、「波」は直接、海や川の表面に起こる波を連想させます。本特集においては、海洋や河川の表層または岸辺を対象とした環境分析についても論文を募集します。

本特集に関わる論文は年間を通じてご投稿いただくことが可能で、審査を通過した論文は、単行の特集号を除く「分析化学」第75巻(2026年)合併号の冒頭に掲載する予定です。多くの皆様方からの投稿をお待ちしておりますので、是非この機会をご活用ください。詳細はホームページをご確認ください。

特集論文原稿締切: 2025年11月14日(金) (第2期)

「分析化学」編集委員会特集

“分析化学の次世代を担う若手研究者”の論文募集

「分析化学」編集委員会

「分析化学」誌では、毎年第6号に「編集委員会特集」として特集号を企画しています。「編集委員会特集」では話題性の高い分析手法や分析分野に関連する論文を募集・掲載しています。

2026年度(第75巻)の「編集委員会特集」のテーマは、日本分析化学会の若手組織である「若手交流会」とのコラボレーション企画として、『分析化学の次世代を担う若手研究者』に決定いたしました。日本分析化学会若手交流会は、「支部間を超えた若手分析化学研究者の連絡交流に基づく連携強化と若手の活性化を図る」ことを目的として、2001年に発足しました。

「編集委員会特集」では、分析化学における若手研究者のアクティビティを示すことを目的として、おおむね45歳以下の若手研究者・技術者を筆頭著者とする論文を募集いたします。チャレンジングな研究論文、ご自身の研究業績をとりまとめて体系化した総合論文、ある分野の研究動向を総合的・体系的に論じた分析化学総説など、多数の論文の投稿をお待ちしております。詳細はホームページをご確認ください。

特集論文申込締切: 2025年10月4日(金)

特集論文原稿締切: 2025年12月6日(金)

「分析化学」特集 “未来を拓く熱分析”の論文募集

「分析化学」編集委員会

「分析化学」編集委員会は、熱分析研究懇談会と共同で「未来を拓く熱分析」と題した特集を企画しました。熱分析は、“物質の温度を調節されたプログラムに従って変化させながら、その物質の物理的性質を温度(または時間)の関数として測定する一連の技法の総称です。適用範囲は、プラスチック、ゴム、セラミックス、金属、鉱物といった材料分野から、食品、製薬などの製品分野、生体・環境・エネルギー分野と多岐にわたり、およそあらゆる物質を対象としています。対象も手法も日々進化しています。熱分析研究懇談会が設立して15年が経過しました。

このような背景に鑑み、本特集号では、広く熱分析が力を発揮した研究論文の投稿をお待ちしています。奮ってご投稿ください。詳細はホームページをご確認ください。

特集論文申込締切: 2026年2月20日(金)

特集論文原稿締切: 2026年4月17日(金)

初めて書く論文は母語の日本語で! “第24回初執筆論文特集”募集のお知らせ

「分析化学」編集委員会

「分析化学」編集委員会は、2025年(第74巻)に企画しております第24回「若手研究者の初論文特集」の特集名称を変更し、第24回「初執筆論文特集」として原稿を募集いたします。卒研究生、修士・博士課程院生並びに若手研究者の方々にとって、ご自分の研究成果を日本語で投稿できるよい機会です。年間を通して論文原稿を受け付け、審査を経て掲載可になり次第随時掲載いたしますので、奮ってご投稿ください。

なお、詳細は「分析化学」誌HPをご参照ください。

「分析化学」の掲載料についてのお知らせ

「分析化学」誌では、2020年4月より論文掲載料を以下の計算式にしたがってお支払いいただき、pdfファイルを進呈することになりました。なお、論文の別刷を希望される場合は、別途別刷頒布料金をお支払いいただくことにより購入することができます。

掲載料金計算式 (P: 印刷ページ数) (単位: 円)

会員の場合: $30,000 + 5,000 \times (P - 4)$ (印刷ページ数が14ページ以上は一律80,000円)

会員外の場合: $40,000 + 5,000 \times (P - 4)$ (印刷ページ数が14ページ以上は一律90,000円)

*上記に消費税がかかります。

【ア行】

(株)エス・ティ・ジャパン…………… A1

【サ行】

(株)システムズエンジニアリング…………… A5

(株)島津製作所…………… 表紙 2

(株)ゼネラルサイエンス

コーポレーション…………… A3

西進商事(株)…………… 表紙 3

【ナ行】

日本分光(株)…………… A4

【ハ行】

ビー・エー・エス(株)…………… 表紙 4

フロンティア・ラボ(株)…………… A8

製品紹介ガイド…………… A6~7

NMR用液体ヘリウム・液体窒素 蒸発防止装置

液体ヘリウム・液体窒素のゼロボイルオフを実現

- ・冷媒の補給が不要
- ・お使いの各社NMRに後付け可能
- ・除振構造でデータ品質に影響なし
- ・液体窒素発生装置との組み合わせも可能



**Systems
Engineering**

株式会社 システムズエンジニアリング

E-MAIL : info@systems-eng.co.jp

https://www.systems-eng.co.jp

本社 : 東京都文京区小石川 1-4-2 文京ガーデンザウエスト 801 TEL : 03-3868-2634

西日本営業所 : 大阪府大阪市淀川区宮原 2-14-4 MF 新大阪ビル 3F TEL : 06-6868-9790



写真提供: 徳島文理大学

Bruker社700M NMR に搭載: 徳島文理大学山口教授のご協力による。

原子スペクトル分析
<p>各種水銀測定装置 日本インスツルメンツ(株) 電話075-748-6200 営業グループ https://www.hg-nic.co.jp</p>
分子スペクトル分析
<p>FTIR用アクセサリーの輸入・製造の総合会社 市販品から特注まであらゆるニーズに対応 (株)システムズエンジニアリング https://www.systems-eng.co.jp/ E-mail: info@systems-eng.co.jp</p>
レーザー分光分析
<p>レーザーアブレーション LIBS 装置 J200 伯東(株) システムプロダクツカンパニー 電話 03-3355-7645 E-mail: LA-LIBS@hakuto.co.jp https://www.process.hakuto.co.jp/product/2562/</p>
クロマトグラフィー
<p>ナノカラムからセミ分取カラムまで、豊富なサイズ 逆相 HPLC 用カラム L-column シリーズ GC 用大口径中空カラム G-column (一財)化学物質評価研究機構 クロマト技術部 www.cerij.or.jp E-mail: chromat@ceri.jp</p>
<p>ムロマックミニカラム 精度の高いクロマトグラフィー ムロマックガラスカラム イオン交換反応を可視化 室町ケミカル(株) 電話 03-3525-4792 https://www.muro-chem.co.jp/</p>
電気化学分析
<p>電位差自動滴定装置 カールフィッシャー水分計 最大5検体同時測定, FDA Par11対応, DI 対策も安心 メトロームジャパン(株) 電話 03-4571-1743 https://www.metrohm.jp</p>
<p>ポテンショスタット・ガルバナスタット メトローム オートラボやドロップセンスの電気化学装 置なら最大16チャンネル, スクリーンプリント電極の 特注も対応 メトロームジャパン(株) https://www.metrohm.jp</p>
質量分析

<p>様々な分析ニーズに応える, 質量分析計 (GC-MS, MALDI-TOFMS, LC-MS) を 使用したソリューションをご提案いたします。 日本電子(株) 電話 03-6262-3575 https://www.jeol.co.jp/</p>
<p>MALDI-TOF (/TOF), 迅速微生物同定, ESI-QTOF, FT-ICR, LC-MS/MS, GC-MS/MS, SPR ブルカー・ジャパン(株) ダルトニクス事業部 電話 045-440-0471 E-mail: info.BDAL.JP@bruker.com</p>
熱分析
<p>小型反応熱量計 SuperCRC 少量で高感度・高精度な反応熱量測定を実現 最適化・スケールアップ・安全性評価 (株)東京インスツルメンツ 電話 03-3686-4711 https://www.tokyoinst.co.jp</p>
分析装置・関連機器
<p>ユニット機器型フローインジェクション分析システム AQLA-700 測定項目やご使用環境にあわせて機器の組合せが可能 (株)アクアラボ 電話 042-548-2878 http://www.aqualab.co.jp</p>
<p>XRF分析用ガラスビードの作製及びICP分析のアルカ リ融解処理には、高周波溶融装置ビード&フューズサ ンプラ (株)アメナテック https://www.amena.co.jp</p>
<p>英国エレメンタルマイクロアナリシス社製 CHNOS 有機・無機・同位体微量分析用 消耗品・標準物質等 アルファサイエンス(株) http://www.alphasience.jp/ 電話 03-3814-1374 FAX 03-3814-2357 E-mail: alpha@m2.pbc.ne.jp</p>
<p>高性能 HPLC/GPC-FTIR インターフェースシステム 新型 LC-CollectIR (株)エス・ティ・ジャパン 東京 03-3666-2561 大阪 06-6949-8444 https://www.stjapan.co.jp/</p>
<p>モジュール式ラマンシステム RAMAN-QE 高感度の小型ファイバ分光器, 励起用レーザー, 各種ラ マンプローブを組み合わせたコンパクトなシステムです。 励起レーザー選択や光学系のカスタマイズもご相談ください。 オーシャンフォトニクス(株) https://www.oceanphotonics.com</p>
<p>電位差自動滴定装置・カールフィッシャー水分計・密 度比重計・屈折計・粘度計・水銀測定装置・熱計測機 器・大気分析装置・水質分析装置・排ガス分析装置 京都電子工業(株) 東京支店 03-5227-3151 https://www.kem.kyoto/</p>
<p>高品質・高精度・高耐圧 NSプランジャーポンプシリーズ 日本精密科学(株) 電話 03-3964-1198 https://nihon-exa-sci.com</p>
<p>赤外顕微鏡における「観る」, 「測る」, 「使う」を再構築, 顕微赤外測定に新たなイノベーションを創出します。 赤外顕微鏡 IRT-5X 日本分光(株) https://www.jasco.co.jp</p>

秒速粉碎機 マルチビーズショッカー®
 ディスポ容器で岩石・樹脂・生体等の凍結粉碎も可能。
 分析感度UP, 時間短縮, 経費節減に貢献。
 安井器械(株) 商品開発部 <https://www.yasuikikai.co.jp/>

研究室用設備機器

分析用超純水のことなら何でもエルガにご相談ください
 世界第2位のラボ用超純水装置メーカー エルガラボウォーター
 ヴェオリア・ジェネッツ(株) エルガ・ラボウォーター事業部
 e-mail: jp.elga.all.groups@veolia.com
<https://www.elgalabwater.com>

ラボ用超純水装置は「オルガノ ラボサロン」で検索
 世界トップレベルの分析と導入後のサポート体制を強
 みとする日本の水処理エンジニアリング企業です。
 オルガノ(株) <https://puric.organo.co.jp/>

グローブボックスシステム MBRAUN 社製
 有機溶媒精製装置 MBRAUN 社製
 (株)ブライト 本社 048-450-5770 大阪 072-861-0881
<https://www.bright-jp.com> E-mail: info@bright-jp.com

試薬・標準試料

認証標準物質 (CRM), HPLC・LC/MS 関連
 超高純度試薬 (Ultrapur, Primepure®)
 関東化学(株) 電話 03-6214-1090
<https://www.kanto.co.jp>

研究・産業用の金属/合金/ポリマー/ガラス等 8 万点
 取扱サプライヤー
 GOODFELLOW CAMBRIDGE LTD 日本代表事務所
 電話 03-5579-9285 E-mail: info-jp@goodfellow.com
<https://www.goodfellow-japan.jp>

X線/中性子解析向けタンパク質結晶作成をあなたのラボで
 『C-Kit Ground Pro』XRD:¥50,400 (税抜), ND:¥151,200 (税抜)
 (株)コンフォーカルサイエンス 電話 03-5809-1561
<http://www.confsci.co.jp>

標準物質は当社にお任せください!
 海外 (NIST, IRMM, BAS, MBH, Brammer, Alcoa 等)
 国内 (日本分析化学会, 産総研, 日環協等)
 各種標準物質を幅広く, また, 分析関連消耗品も各種取り
 扱っております。是非, ご相談ください!
 西進商事(株) <https://www.seishin-syoji.co.jp>

RESEARCH POLYMERS
 (株)ゼネラルサイエンスコーポレーション
 電話 03-5927-8356(代) FAX 03-5927-8357
<https://www.shibayama.co.jp>
 E-mail: gsc@shibayama.co.jp

お求めの混合標準液を混合成分から検索できる!
 農薬・動物用医薬品 混合標準液検索
 WEBページで「和光 農薬 検索」で検索!
 試薬でお困りの際は当社HPをご覧ください。
 富士フィルム和光純薬(株)

書籍

機械学習による分子最適化
 — 数理と実装 —
 梶野 洸 著 A5判 312頁 定価3,520円 (税込)
 (株)オーム社 <https://www.ohmsha.co.jp>

基本分析化学 —イオン平衡から機器分析法まで—
 北条正司, 一色健司 編著
 B5判 260頁 定価3,520円 (税込)
 三共出版(株) 電話 03-3264-5711
<https://www.sankyoshuppan.co.jp/>

Primary大学テキスト これだけはおさえたい化学 改訂版
 大野公一・村田滋・齊藤幸一 他著
 B5判 248頁 フルカラー 定価2,530円 (税込)
 大学初年次での化学を想定。高校の復習から大学に必要な知識へのテキスト。
 実教出版(株) 電話03-3238-7766 <https://www.jikkyo.co.jp/>

Pyrolysis-GC/MS Data Book of Synthetic Polymers
 合成高分子の熱分解 GC/MS ハンドブック
 Tsuge, Ohtani, Watanabe 著 定価31,900円 (税込)
 163種の合成高分子の熱分解 GC/MS, また 33種の縮合系
 高分子には反応熱分解 GC/MS も測定したデータ集。
 (株)デジタルデータマネジメント 電話 03-5641-1771

TOF-SIMS: Surface Analysis by Mass Spectrometry
 John C. Vickerman and David Briggs 著 B5・定価51,700円 (税込)
 二次イオン質量分析法の装置と試料の取扱い, 二次イオン
 形成のメカニズム, データ解析アプリケーション例など
 (株)デジタルデータマネジメント 電話 03-5641-1771

Surface Analysis by Auger and X Ray Photoelectron Spectroscopy
 David Briggs and John T. Grant 著 B5・定価51,700円 (税込)
 表面分析に欠かせない AES と XPS 法の原理, 装置, 試料の扱い,
 電子移動と表面感度, 数量化, イメージング, スペクトルの解釈な
 ど。(SurfaceSpectra, Ltd.)
 (株)デジタルデータマネジメント 電話 03-5641-1771

第3巻 「永久磁石の保磁力と関連する技術課題」
 徳永雅亮, 山本日登志 著
 B5判・118頁, 定価: ¥2,300 + 送料
 ネオジコンサル 電話 090-2204-7294
<https://hitoshiad26.sakura.ne.jp>

改訂6版 分析化学データブック
 日本分析化学会編 ポケット判 260頁 定価1,980円(税込)
 丸善出版(株) 電話 03-3512-3256
<https://www.maruzen-publishing.co.jp>

セミナー・試験

海外技能試験の輸入代行サービス
 西進商事(株)
 神戸 078-303-3810 東京 03-3459-7491
<https://www.seishin-syoji.co.jp/>

開催20年, 受講者700名超の不確かさセミナー。
 複数の講師が一人一人丁寧に指導! オンライン参加も可。
 日本電気計器検定所 (JEMIC) 電話 03-3451-1205
<https://www.jemic.go.jp>
 E-Mail: kosyukai-ky@jemic.go.jp

「本ガイド欄」への掲載については下記にお問合せください。
 (株)明報社
 電話 03-3546-1337 E-mail: info@meihosha.co.jp

高分子材料分析の強力な戦力！
マルチショット・パイロライザー

EGA/PY-3030D

未知試料へ多面的にアプローチ

発生ガス分析や瞬間熱分析などの組み合わせにより
未知試料を多面的に熱分解GC/MS分析

前処理なしで迅速に分析

あらゆる形態のポリマー試料を煩雑な前処理なしで
簡単・迅速に分析

高性能で高信頼

サーモグラムとパイログラムの高い再現性を保証

豊富な周辺装置

目的に合わせて選べる周辺装置で分析業務をサポート



微量ポリマーの検出感度が大幅向上！
スプリットレス熱分解用オプション装置
MFS-2015E



キャピラリーGC分析における中・高沸点領域の
ピーク形状を大幅改善！
スマートプレカラム **NEW**



試料水中のマイクロプラスチックを簡単に捕集！
捕集から測定までスムーズな操作を実現
Smart 微粒子コレクター **NEW**



迅速凍結粉碎装置 IQ MILL-2070

簡単操作！扱いやすい卓上型の粉碎装置

静かな作動音 … 周辺での会話が可能（粉碎時の騒音参考値 55 dB）

短時間 & パワフルに粉碎 … 高速上下ねじれ運動による効率的な粉碎

試料に合わせた細かな条件設定 … 粉碎速度/時間/サイクル数の設定
種類豊富な粉碎子と容器

液体窒素消費量が少なく省エネ … 液体窒素の最小消費量は約300 mL

DNA抽出用に細胞破碎を効率化する専用モデルもございます

高分子材料や生体試料などの
粉碎・攪拌・分散に最適



製品情報

フロンティア・ラボ 株式会社

www.frontier-lab.com/jp info@frontier-lab.com

高性能の熱分解装置と金属キャピラリーカラムの開発・製品化に専念して、洗練された製品をお届けしています

各種標準物質 (RM, CRM)

PFAS関連 (EPA 1633対応など)、RoHS (MCCPs、TBBPA)、REACH規則 (PAHs) など取り扱っております。
核燃料関連 (ウラン、トリウム、プルトニウム)、環境中放射能標準物質などもございます。

ICP-OES/ICP-MS AAS/IC	固体発光分光分析 蛍光X線/ガス分析	物理特性/熱特性	有機標準物質
<ul style="list-style-type: none"> 無機標準液/オイル標準液 鉄・非鉄各種金属 工業製品 (石炭、セメント、セラミックス等) 環境物質 (土壌、水、堆積物、岩石等) 乳製品、魚肉、穀物等 	<ul style="list-style-type: none"> 鉄・非鉄各種金属 工業製品 (石炭、セメント、セラミックス等) 環境物質 (土壌、水、堆積物、岩石等) (乳製品、魚肉、穀物等) 	<ul style="list-style-type: none"> X線回折装置用 Si powder, Si nitride, 等 粒度分布計用 熱分析用 DSC (In, Pb, 等) 粘度測定用 膜厚分析用 	<ul style="list-style-type: none"> 製薬標準物質 SPEX, LGC, EP, USP, TRC, MOLCAN 認証有機標準液 ダイオキシン類/PCB 有機元素計用標準物質 Cayman Chemical

Cole-Parmer 社 (旧 SPEX 社) 前処理機 (フリーザーミル・ボールミル)

凍結粉碎機 (Freezer/Mill)

粉碎容器にインパクトター (粉碎棒) とサンプルを一緒に入れ、液体窒素にてサンプルを常時凍結させて運転を開始します。インパクトターを磁化させ、往復運動させる事による衝撃でサンプルを粉碎します。やわらかいサンプルや熱に弱い生体サンプルに最適です。

〈サンプル例〉プラスチック、ゴム、生体サンプルなど、
〈使用例〉ICP, XRF, GC, LCの前処理 DNA/RNAの抽出の前処理

ボールミル (Mixer/Mill)

SPEX独自の8の字運動により、効率的な粉碎、混合が可能。サンプルに合った粉碎容器、ボールを選択可能。

〈サンプル例〉岩石、植物、錠剤、合金など
〈使用例〉ICP, XRFの前処理 メカニカルアロイニング



Environmental Express社 不純物証明&目盛つき容器 50mL



Environmental Express社製ポリプロピレンチューブの特長

CertiTube

- 不純物濃度証明書と公差証明書が付属
⇒メスアップや保存容器として使用でき容器の移し替えをする作業(手間、時間)を削減できます。
- ガラス器具由来の金属コンタミリスクも軽減できます!
110℃の耐熱性があり分解容器としても使用できます。
※130℃以上の温度では使用できません。
- 容器本体とキャップの材質が同じ商品です。
- Certi Tubeはディスポーザブルで使用可能な価格設定です。

UltiTube

- 超高純度UltiTubeは、68元素ppbおよびpptの低濃度が保証され、より低ブランクの測定を実現します。

項目	規格	公差	不純物
容量	50mL	±0.5%	
材質	ポリプロピレン		
耐熱性	110℃		
公差	±0.5%		
不純物	68元素 ppb		

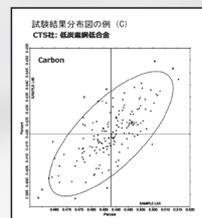
海外技能試験輸入代行サービス

技能試験 (外部精度管理) とは・・・

技能試験提供機関が提供する未知サンプルを分析することによって、分析者の分析技能を測るテストです。分析能力に関して中立的な評価が得られ、国内外の参加試験所と分析能力の比較が出来ます。

〈メーカー/サンプル例〉

- LGC (ドイツ) : 環境・食品・飲料・アルコール・微生物・化粧品・製薬・オイル・飼料
- CTS (アメリカ) : 鉄鋼・非鉄・樹脂
- NIL (中国) : ポリマー (化学試験・物性試験) 鉄鋼原料
- PTP (フランス) : 非鉄関連・航空宇宙関連試験
- iis (オランダ) : ポリマー (化学試験)・繊維・化粧品
- NSI (アメリカ) : 飲料水・環境・食品・微生物・製薬
- TESTVERITAS (フランス) : 食品・食肉・野菜



YouTubeチャンネル [西進商事公式]

弊社取り扱い製品の情報を公開中です。(順次アップロード予定)



標準物質専門商社

西進商事株式会社

https://www.seishin-syoji.co.jp/

本社 〒650-0047 神戸市中央区港島南町1丁目4番地4号
TEL.(078)303-3810 FAX.(078)303-3822
東京支店 〒105-0012 東京都港区芝大門2丁目12番地7号 (RBM芝パークビル)
TEL.(03)3459-7491 FAX.(03)3459-7499
名古屋営業所 〒450-0002 名古屋市中村区名駅4丁目2番25号 (名古屋ビルディング桜館4階)
TEL.(052)586-4741 FAX.(052)586-4796
北海道営業所 〒060-0002 札幌市中央区北二条西1丁目10番地 (ピア2・1ビル)
TEL.(011)221-2171 FAX.(011)221-2010

BAS

光学式酸素モニター



FireSting O2-C 酸素モニター(4ch)

接続するセンサータイプを入れ替えることで、基本機能の光学式酸素モニタリング測定の外に光学式温度測定、および(一部機種のみ)pH測定が可能な測定装置です。

- 一台で最大4チャンネル対応。項目の組合せは自由
- 気相および液相での測定に利用できます
- 酸素濃度測定用のセンサーには通常用と低濃度用があります
- 非接触型など様々なタイプのセンサーをラインナップ

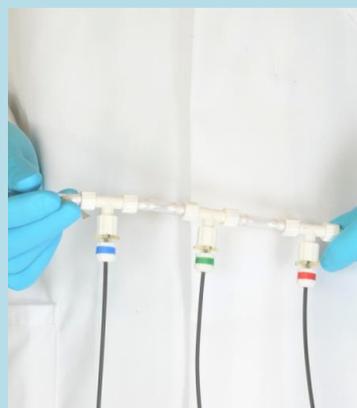
ミニプローブを溶液に挿して...



密閉容器内の酸素濃度や温度の測定に...



フローセルタイプで流体の測定に...

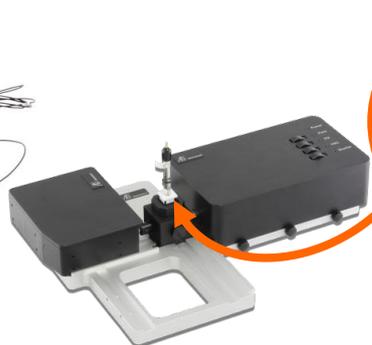


BAS

分光電気化学システム



モデル3325
バイポテンシostat



SEC2020
スペクトロメーターシステム



SEC-CT
石英ガラス製光電気化学
セルキット+参照電極

電気化学的な挙動と分光スペクトル変化を同時に測定できるシステムです。

● 製品の外観、仕様は改良のため予告なく変更される場合があります。

BAS ビー・イー・エス株式会社

光学式センサーをはじめ各種のアクセサリーについては弊社ホームページでご確認下さい!!

本社 〒131-0033 東京都墨田区向島 1-28-12
東京営業所 TEL: 03-3624-0331 FAX: 03-3624-3387
大阪営業所 TEL: 06-6308-1867 FAX: 06-6308-6890

セミナー講演内容などビー・イー・エス株式会社の最新情報はメールニュースで随時配信しております。配信ご希望の方はお気軽にお問い合わせ下さい⇒ E-mail: sp2@bas.co.jp