

ぶんせき 4

Bunseki 2026

The Japan Society for Analytical Chemistry



ムロマックミニカラムの使用例(公開論文・文献より)

1. 環境分野：海水、雨水など環境試料の分析用途
2. 鉱業分野：岩石、鉱物、石英などの組成分析
3. 農業分野：植物などの分析
4. 生化学分野：タンパク質、生体などの精製研究
5. 原子力分野：高レベル廃棄物の処理法研究(詳細はお問い合わせください)

ムロマック® ミニカラム

ムロマック®ミニカラムはカラムと液溜槽がポリプロピレンにより一体成型されていて、丈夫で耐薬品性に優れています。小さなカラムながら濾槽が効率良く試料中の物質を吸着できるように設計されており、リークやテリングの少ない精度の高いクロマトグラフィーが可能です。

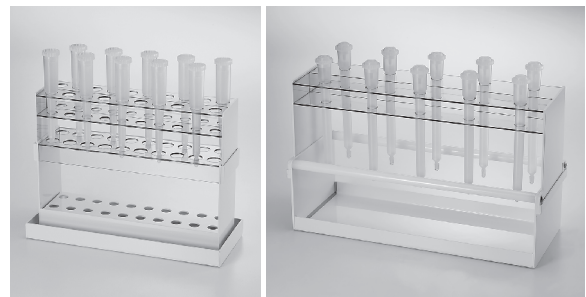


種類	内径(mm)	長さ(mm)	容量(mL)	液溜槽容量(mL)
S	5.0~5.5	50	1.0	8.0
M	6.5~8.5	5.8	2.5	10.0
L	10.0~11.0	118	10.0	5.0 ^{*1}

*1. 連結キャップを使って50ml注射器を接続すると便利です。

ムロマック® ミニカラムスタンド

カラムSまたはM用のスタンドは、直径15~16.5mm、長さ100~165mmの試験管を20本立てることができます。カラムL用スタンドのトレイには100mLのビーカー又は三角フラスコを10個並べることができます。



種類	横(cm)	縦(cm)	高さ(cm)	立数
S・M共用	26.5	7.0	20.5	20本
L用	36.5	14.5	22.5	10本

ムロマック® ガラスカラム

ムロマック®ガラスカラムはガラス製で耐薬品性に優れ、鮮明にイオン交換反応を可視化します。イオン交換樹脂の初期検討後、樹脂量を多くして使用することでより正確なデータを取ることが可能です。枝管付きタイプはムロマック分液ロートを使用することで液枯れしません。また、ライブ試験など樹脂層高を上げて試験を行う場合は細長カラムを使用することで正確なデータを取得できます。



種類	横(cm)	縦(cm)	容量(mL)
S	8	28	30.0
M	8.5	32.5	100.0
ロング	5	43	40.0

ムロマック® 分液ロート

【各ガラスカラム対応】

ムロマック®分液ロートはガラス製で耐薬品性に優れ、ムロマック®ガラスカラム(S・M・ロング各種)に互換性のあるすり合わせ規格を有しています。



種類	容量(mL)
S	500
M	1000

お問合せ先

室町ケミカル株式会社 <https://www.muro-chem.co.jp>

[東京] TEL. 03-3525-4792 [大阪] TEL. 06-6393-0007 [本社] TEL. 0944-41-2131

ぶんせき Bunseki 2026 Contents

4

目次

とびら	万博の熱気を支部の力に 一地方から分析化学の芽を育てる— ／森内 隆代 107
入門講座	精密な定量解析を支える網羅分析：基礎技術から実践的応用まで CE-MS のメタボローム測定への使用事例／平山 明由 108
ミニファイル	Abbreviations in 分析化学（分析化学で使われる略号） 蛍光測定で使われる略号／加藤 大 114
話 題	武力紛争時に生じる環境汚染の計測と除染方法／梅津 茜 116
創案と開発	化学者にもできるレシオメトリック蛍光イメージング／仁子 陽輔 118
技術紹介	高分子分析に役立つ冷凍粉碎技術 —添加剤，アウトガス，加硫ゴムの IR 分析からメカノケミカル合成へ— ／大栗 直毅，柄澤 孝憲，小熊 努，大島 岳久 122
トピックス	水と反応する分子を用いた水分分析技術／木原 真穂 127 XPS における帯電補正基準物質である外来炭素の特定と基準改善 ／石松 亮一 127
リレーエッセイ	質量分析と共に／高橋 豊 128
論文賞	2025 年「分析化学」初執筆論文賞受賞者 129 2025 年「分析化学」初執筆論文賞受賞者 130 2025 年「分析化学」産業技術論文賞受賞論文 131 2025 年「分析化学」産業技術論文賞受賞論文 132
ロータリー	————— 133 談話室：基本を学んで基礎を大切に／インフォメーション：理事会だより（2025 年度第 6 回）；九州支部だより—九州支部受賞者の報告—；第 394 回 GC 研究懇談会研究会見学会；公開シンポジウム「分析化学における信頼性確保のための取り組み」開催報告；第 415 回液体クロマトグラフィー研究懇談会；第 395 回ガスクロマトグラフィー研究会・講演会；2026 年分析士会総会・研修講演会／執筆者のプロフィール

〔論文誌目次〕	141	〔カレンダー〕	iii
〔新刊紹介〕	139	〔広告索引〕	A5
〔お知らせ〕	M1	〔ガイド〕	A6

第86回分析化学討論会

2026年5月30日(土)~31日(日)

久留米シティプラザ

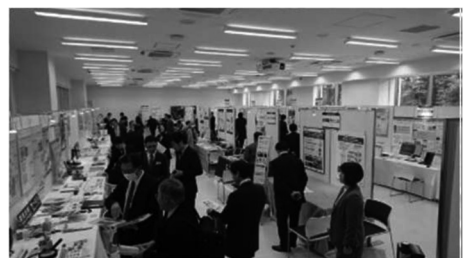
主催:公益社団法人 日本分析化学会

最先端の分析機器、研究装置などを展示！

■ 付設展示会 (2階ポスター会場・4階休憩室)

5月30日(土) 9:00~17:30

5月31日(日) 9:00~14:50



新製品や最新技術情報を詳しく解説！

■ ランチョンセミナー (討論会会場) お弁当+ドリンク付

5月30日(土) お昼の時間帯

5月31日(日) //

※日程・時間やセミナー内容は大会ホームページにてご確認ください。



展示会やランチョンセミナーの開催時間は
変更になる場合がございます。

詳しくは大会ホームページをご覧ください。

<https://pub.conf.it.atlas.jp/ja/event/jsac86touron>



カレンダー

2026年

4月	13日	2026年度液体クロマトグラフィー分析士五段認証試験〔日本分析化学会会議室〕……………(1号 M5)
	17日	2026年度第1回近畿支部講演会〔大阪科学技術センター7階700号室〕……………(M 1)
	17日	第418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〕……………(M 1)
	20日	2026年度液体クロマトグラフィー分析士四段認証試験〔日本分析化学会会議室〕……………(1号 M5)
	24日	公益社団法人日本分析化学会 第15回定時総会開催のお知らせ……………(3号 M1)
	24日	第15回定時総会〔Web会議室(日本分析化学会会議室)〕……………(M 1)
5月	7・8日	第32回化学安全講習会〔大阪科学技術センター7階700号室ほか〕……………(M 2)
	14日	2026年度液体クロマトグラフィー(LC)分析士三段認証試験〔北とびあ601会議室(6階)〕……………(2号 M1)
14・15日	14・15日	第42回希土類討論会〔タワーホール船堀〕……………(12号 M5)
	15日	2026年度「ぶんせき講習会」(基礎編その1) 〔分析における統計手法～統計の基礎と統計手法の実際について～〕 〔大阪公立大学 I-site なんば+オンライン(Zoom)〕……………(3号 M2)
	22日	セミナー「化学プロセスへの適用を見据えたフロー合成、マイクロデバイスの開発最前線」 〔大阪科学技術センター7階700号室, ZOOM 配信〕……………(M 2)
	25日	第259回西山記念技術講座 カーボンニュートラル社会を実現する高機能鉄鋼材料 ～磁性材料開発の最前線～〔早稲田大学西早稲田キャンパス63号館〕……………(M 6)
	25～27日	日本顕微鏡学会第82回学術講演会〔仙台国際センター展示棟〕……………(2号 M3)
	29日	第25回生涯分析談話会へのお願い 〔久留米シティプラザ(第86回分析化学討論会の開催場所)4階小会議室〕……………(3号 M3)
	30・31日	第86回分析化学討論会〔久留米シティプラザ〕
6月	1・2日	日本膜学会第48年会〔東京都立多摩産業交流センター〕……………(M 6)
	5日	セミナー「化学工学におけるMI/PIとDX:プロセスと材料の革新に向けて」 〔大阪科学技術センター8階小ホール〕……………(M 2)
	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)
	10～12日	電子機器トータルソリューション展2026〔東京ビッグサイト東展示棟〕……………(3号 M4)
	12日	先端技術を支える単位操作シリーズ 晶析技術の基礎と最新動向 ―講演&展示会― 〔大阪科学技術センター8階中・小ホール〕……………(M 3)
	13日	第76回日本電気泳動学会シンポジウム 病態解析の新しい視点 ―基礎研究と検査が拓く臨床への展開―〔群馬パース大学1号館8階Paz Hall〕……………(M 6)
	15日	第260回西山記念技術講座 カーボンニュートラル社会を実現する高機能鉄鋼材料 ～磁性材料開発の最前線～〔CIVI研修センター新大阪〕……………(M 6)
	16日	2026年度液体クロマトグラフィー(LC)分析士初段認証試験〔島津製作所東京支社〕……………(2号 M1)
	18日	第77回白石記念講座 鉄鋼業への貢献が期待されるCCUS技術(2) ―CO ₂ の地層貯留技術・固定技術の最前線―〔鉄鋼会館会議室〕……………(M 6)
	26・27日	有機微量分析研究懇談会 第93回日本分析化学会有機微量分析研究懇談会 第131回計測自動制御学会力学量計測部会 第43回合同シンポジウム 〔徳島文理大学高松駅キャンパス〕……………(12号 M2)
7月	2日	2026年度「ぶんせき講習会」(基礎編その2) 〔化学分析の基礎講座～実験用ガラス器具, マイクロピペット, 電子天びん, および pHメーターの原理と使い方〕〔島津製作所関西支社〕……………(M 3)
	10日	LC研究懇談会第31回特別講演会・見学会〔化学物質評価研究機構(CERI)東京事業所〕……………(M 4)
	10日	第31講研究開発リーダー実務講座2026 ―企業の将来を担う理想の研究開発リーダー像とは?― 第1回:【リスク管理・リーダーシップ】〔大阪科学技術センター〕……………(M 4)
	14日	2026年度LC/MS分析士五段認証試験〔日本分析化学会会議室〕……………(3号 M3)
	17日	2026年度液体クロマトグラフィー(LC)分析士二段認証試験〔島津製作所東京支社〕……………(2号 M1)
	28日	2026年度LC/MS分析士四段認証試験〔日本分析化学会会議室〕……………(3号 M3)
	22～24日	HPLC&LC/MS講習会2026〔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〕……………(12号 M2)
	29～31日	第36回環境工学総合シンポジウム2026〔工学院大学〕……………(M 6)
8月	6日	第31講研究開発リーダー実務講座2026 ―企業の将来を担う理想の研究開発リーダー像とは?― 第2回:【マネジメント・リーダーシップ・コミュニケーション/新規事業・ アントレプレナーシップ・産学連携】〔大阪科学技術センター〕……………(M 4)
	3・4日	第1回国際アミノ酸シンポジウム〔東京国際フォーラムD7ホールおよびオンライン〕……………(2号 M3)
	3・4日	第38回バイオメディカル分析科学シンポジウム〔山口東京理科大学〕……………(3号 M4)
	4日	第31講研究開発リーダー実務講座2026 ―企業の将来を担う理想の研究開発リーダー像とは?― 第3回:【イノベーション・リーダーシップ・DX/マネジメント・イノベーション・人材育成】 〔大阪科学技術センター〕……………(M 4)
	15～17日	日本分析化学会第75年会〔東北大学青葉山新キャンパス〕……………(3号 M1)
10月	7日	第31講研究開発リーダー実務講座2026 ―企業の将来を担う理想の研究開発リーダー像とは?― 第4回:【マネジメント・AI・DX/イノベーション・AI】〔大阪科学技術センター〕……………(M 4)
	5・6日	第31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)〔ウイंकあいち〕……………(M 5)
11月	6日	第31講研究開発リーダー実務講座2026 ―企業の将来を担う理想の研究開発リーダー像とは?― 第5回:【ビジョン・マネジメント・コミュニケーション/新規事業・人脈形成・人財活用】 〔大阪科学技術センター〕……………(M 4)
	9日	第31講研究開発リーダー実務講座2026 ―企業の将来を担う理想の研究開発リーダー像とは?― 第6回:【新規事業・ベンチャー企業・イノベーション】〔大阪科学技術センター〕……………(M 4)

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

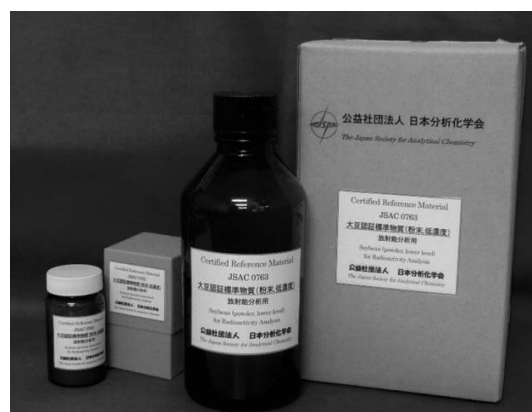
	低濃度	高濃度
^{134}Cs 放射能濃度 (Bq/kg) :	99 ± 9	225 ± 15
^{137}Cs 放射能濃度 (Bq/kg) :	233 ± 20	533 ± 34
^{40}K 放射能濃度 (Bq/kg) :	707 ± 53	633 ± 50

○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

70年の想い、次へ。

里見奨学会は昭和31年(1956年)4月、
日本パーカライジング(株)の設立者の一人である里見雄二により、
同氏の故郷である大分県竹田市に設立され、本年4月、70周年を迎えます。
現在では全国的に奨学金事業と研究支援事業を行っており、
70周年を記念して里見雄二が事業とした
“表面”に関する研究助成事業を開始いたします。

研究助成募集

1 助成対象研究

表面(界面、境界等を含む)に関わる分野での、「環境と調和した社会の実現」に貢献できる独自性のある研究

2 応募資格

本会が募集を依頼する学協会に所属する日本国内の大学等公的研究機関に所属する研究者又はグループ

3 助成額

1件200万円

詳しくは 日本分析化学会の募集告知をご覧ください

70th
anniversary
since 1956

公益財団法人 里見奨学会
The SATOMI Scholarship Foundation



設立者の故郷・大分県竹田市の岡城址



分析業務を支える、 確かなpH測定

卓上型水質計 Xシリーズ



研究室でのルーチン測定から
多検体分析まで、
安心して使える
pH測定を実現します。



タッチパネル搭載

大きく見やすい表示で
測定結果を直感的に確認

用途に応じた多種多様なpH電極

標準タイプの他に「つきさし用」、
「微量用」、「流液用」など、
広範囲の用途に対応

ラインアップ

マルチ水質計:MM-43X
pH・イオンメータ:HM-42X
電気伝導率計:CM-42X

省力化を実現する多検体測定システム

マルチ水質計 MM-43X+ターンテーブルTTT-710
多検体pH・電気伝導率測定システム



東亜ディーケーケー株式会社

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

本社 / 〒169-8648 東京都新宿区高田馬場1-29-10 TEL.03(3202)0219

●東京:03(3202)0226 ●大阪:06(6312)5100 ●札幌:011(726)9859 ●仙台:022(353)6591 ●千葉:0436(23)7531
●名古屋:052(485)8175 ●広島:082(568)5860 ●四国:087(831)3450 ●九州:093(551)2727

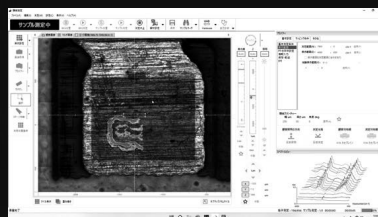


Explore with Confidence

マルチチャンネル赤外顕微鏡 IRT-7X は、圧倒的な観察画質の向上と高速化されたリニアアレイ検出器の高次元デジタル処理により、より高速で高精細な赤外イメージングを実現しました。異物解析や材料研究における“観る・測る・解析する”を次の次元へ導きます。

■ 1秒間に最大160スペクトルの測定とスペクトル・色分け図表示を同時に実行

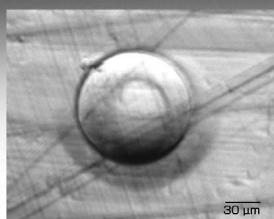
16 ch リニアアレイ検出器の各素子にデータ処理回路を備え、測定データを高速に並列処理します。目的成分の分布を測定しながら同時に把握できます。



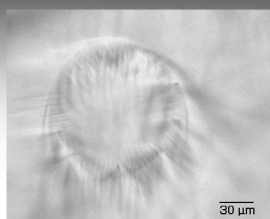
電子基板の電極上の異物測定

■ シリコンオイル中のPMMA粒子のATRイメージング

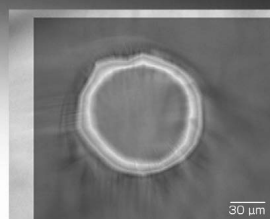
ステージを動かさずに光軸走査する日本分光独自の“スマートマッピング”により、プリズム密着時に試料が観察画像の中央以外に動いても、移動後の部位を測定エリアに指定できます。1回のプリズム接触でケミカルイメージも取得可能です。



観察画像 (ATR 密着前)



観察画像 (ATR 密着後)



観察画像とケミカルイメージの重ね合わせ
(1718 cm⁻¹のピーク高さ)



Multichannel Infrared Microscope
マルチチャンネル赤外顕微鏡

IRT-7X

Infrared Microscope
赤外顕微鏡

IRT-5X

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 内線
FAX 042(646)4120

日本分光の最新情報はこちらから

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

JASCO

日本分光IP



Jupiter

Solid nebulizer

レーザーアブレーションの
“当たり前”を、もう一段上へ。

fsレーザー、ガルバノ光学系搭載により定量精度を確保したJupiter Solid nebulizer。
新たに機能をアップグレードしました。

新機能

1. 強化された撮像系による高解像度試料観察
2. 片手で試料交換可能な新型スライドセルによる、位置再現性、メンテナンス性の向上
3. スポット径可変 (5~15 μm) *
4. オートローダーによる自動測定 *
5. 新開発2D・3Dソフトウェア (XQuant3D) *
6. 無機有機ハイブリッド分析

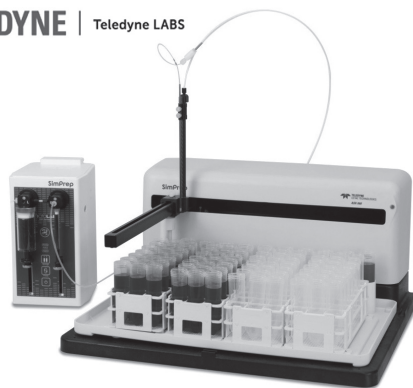
*オプション



SimPrep

精度と効率を両立する、前処理の新基準

TELEDYNE | Teledyne LABS



- 試料の希釈、混合、酸添加などの前処理を自動化し作業時間を大幅に短縮
- オペレーターの手作業を減らし、人的ミスの低減
- オフラインによる装置稼働率の向上、メンテナンスの簡素化

MICAP

窒素が拓く、新世代のICP-OES

RADOM™



- 安価な窒素の使用によるランニングコストの低減
- Cerawave™技術によりチラー不要での運用を実現
- 小型化による省スペース設置が可能

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



万博の熱気を支部の力に —地方から分析化学の芽を育てる—

森内 隆代

2025年4月13日から10月13日まで、大阪・夢洲で開催された大阪・関西万博は、関西に新たな熱気と活力をもたらしました。「いのち輝く未来社会のデザイン」というテーマのもと、国内外から多くの人々が集い、科学技術と文化の融合を体感する貴重な機会となりました。分析化学の視点から見ても、持続可能性・健康・環境といった社会課題に向き合う多彩な展示は、私たちの研究が社会にどのように貢献できるかを改めて問い直す契機となりました。この万博の熱気が一過性のものに終わることなく、関西の学術・産業・文化の持続的な発展へとつながることを、心より願ってやみません。

近畿支部では、次世代を担う若手研究者の育成を重要な使命と位置づけ、2007年より「近畿支部夏季セミナー（ぶんせき秘帖）」を開催しています。本セミナーは、学生や若手技術者が主体的に学び、交流する場であると同時に、中堅研究者も寝食を共にすることで、世代を超えた対話と学びが生まれる貴重な機会となっています。参加者にとって、この経験が今後の研究活動や社会での実践に資する気づきや刺激となることを期待しています。また、本セミナーは産業界と学術界の垣根を越えた連携のもとに実施されており、次世代育成の場として大きな意義を有しています。開催にあたっては、「近畿分析技術研究懇話会」の賛助会員企業の皆様から多大なるご支援を賜っており、そのご協力なくしては実現し得ない取り組みです。この場をお借りして、日頃の温かいご支援に心より御礼申し上げます。

2023年3月27日、文化庁が京都へ移転しました。これは明治以来初となる中央省庁の本格的な地方移転であり、地方創生を象徴する出来事として大きな意義を持ちます。しかしながら、依然として首都圏への一極集中は続いており、日本分析化学会においても、支部ごとの会員数には偏りが見られます。地方で学びの基礎を築いた人材が首都圏で活躍することは誇らしく、喜ばしいことです。一方で、地方の教育・研究基盤が弱体化すれば、日本全体の学術力の低下を招きかねないという懸念も拭えません。地方の力もまた、国の科学技術を支える重要な柱である—その思いを胸に、今後も学生教育と分析化学の学術振興に力を尽くしていきたいと考えています。

〔MORIUCHI-KAWAKAMI Takayo, 大阪工業大学, 近畿支部長〕

CE-MS のメタボローム測定への使用事例

平山 明由

1 はじめに

CE（キャピラリー電気泳動）は、内径数十 μm の細管（キャピラリー）の中で電気泳動を行い、各化合物を分離する分析手法の一つである。分析を始めるにあたり、キャピラリーの中に泳動液を充填し、その両端を泳動液が入ったバイアルに浸漬する。サンプル注入時は、その一端をサンプルバイアルに浸漬し、落差法、あるいは加圧法によってサンプルをキャピラリー内に注入する。その後、数十 kV の高電圧を印加し、各化合物の分離を行う。

他の分析手法と比べた際の CE のメリットとしては、1) 一度に消費されるサンプル量が少なく（数～数十 nL）、2) 有機溶媒をほとんど必要としないため、コスト面や安全性の面で有利であり、さらに 3) 比較的短時間で高分離が得られる点が挙げられる。特に、1) のサンプル消費量が少なく済む点に関しては、後述するメタボローム解析においては非常に有利である。

CE における検出法としては、UV/Vis 吸光度検出、レーザー励起蛍光検出、電気伝導度検出などが使用されているが、本稿では検出器として MS（質量分析）を使用した例について紹介する。

2 CE-MS によるメタボローム測定法

大部分の生物の生命活動は、代謝と呼ばれる種々の酵素反応の連鎖によって営まれており、代謝によって産生される代謝中間体や代謝産物の総体はメタボロームと呼ばれている。

メタボロミクス（メタボローム解析）は、このような生体内に含まれる代謝物を網羅的に解析することによって生命現象を包括的に理解しようとするオミックス解析の一分野である。代謝物は生命システムにおける最終産物であるため、その変動は生物の環境応答や適応変化を最も鋭敏に反映していると考えられている。

また、疾病等によって代謝の変化がある場合、血液や尿といった体液に含まれる代謝物の組成や濃度にも変

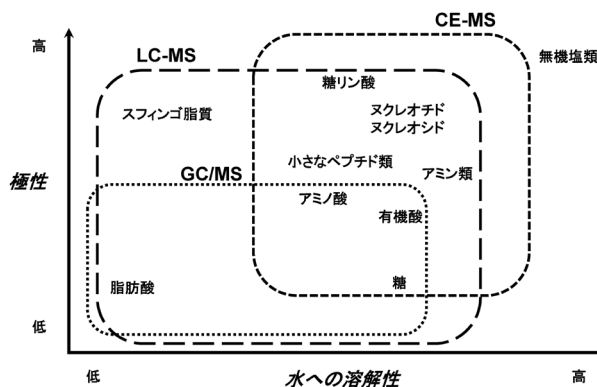


図1 代謝物の物理化学的性質と各分析法の適用範囲

化が生じると考えられるため、各種疾患のバイオマーカーの探索も精力的に進められている。

しかしながら、現在までにすべての代謝物を一度に分析可能なメタボローム測定法は存在しない。その理由は、対象とする代謝物の物理的・化学的性質が多岐に渡るためである。したがって、比較的性質の近い化合物群に対し、GC/MS、LC-MS、CE-MS などのメタボローム測定法を使い分けている（図1）

一方、代謝経路に目を向けてみると、生命活動に必須であるエネルギー代謝、細胞増殖に必要な核酸を合成する核酸代謝や各種のアミノ酸代謝などを担う代謝中間体の多くが、水酸基、カルボキシル基、アミノ基、リン酸基などを有する低分子のイオン性の物質である。

したがって、メタボロミクスにおいて CE-MS は、サンプル中のイオン性代謝物の網羅分析に使用されている。筆者の所属する研究グループでは、CE-MS をこれまでがんの特異的代謝機構の解明¹⁾²⁾や、バイオマーカー探索³⁾⁴⁾など、医学、薬学を中心とした研究に適用してきた。本稿では、CE-MS の網羅分析への適用事例として、メタボロミクスを中心に紹介する。

2・1 陽イオン性代謝物測定法⁵⁾⁶⁾

陽イオン性の代謝物質の測定は、内径 50 μm 、全長 100 cm のフューズドシリカキャピラリーを用いて行う。検出は MS で行うため、キャピラリーの途中に検出窓は

内壁表面を常に正に帯電させることが可能となり、結果として電気浸透流 (EOF) が逆転する。これによって、陰イオン性代謝物と EOF が共に陽極方向へ向かうため、拡散の影響を受けづらく、シャープなピーク形状を得ることが可能となる (図 2B)。

図 4 に、解糖系、ペントースリン酸回路、TCA (トリカルボン酸) 回路の代謝中間体と、ヌクレオチド類を一斉分析した例を示す。本法を使用すれば、構造異性体であるクエン酸とイソクエン酸、リブローズ 5 リン酸とリボース 5 リン酸、グルコース 1 リン酸、フルクトース 6 リン酸およびグルコース 6 リン酸も分離することが可能である。

2.3 試料の前処理

メタボローム解析において、試料を前処理する際に最も注意する点は、試料採取後の代謝による影響である。試料中の代謝物量を正確に定量するためには、試料前処理のスタート時に代謝を瞬時に停止させる工夫が不可欠である。また、CE-MS の場合は、サンプル中に含まれるタンパク質の影響を受けやすい (キャピラリーの内壁に吸着しやすい) ため、この点も注意を要する。

ここでは、血液試料の場合を例にとって説明する (図 5)。血液試料 (50 μ L の血清または血漿) は、まず内部標準の入った 10 倍量のメタノール溶液に混合する。大部分の代謝酵素は、100 % メタノール条件下では不活化されるので、この時点で代謝の停止が完了する。次いで、クロロホルム、超純水を追加して分液操作を行うことにより、疎水性のタンパク質や脂肪酸、リン脂質等を除去する (本手法は Bligh-Dyer 法と呼ばれ、最も汎用されるメタボローム前処理法である)。さらに、分液後の水層を分画分子量 5000 の限外ろ過フィルターに通すことによって、水溶性のタンパク質までも完全に除去する。滲液は遠心濃縮機で溶媒を完全に除去した後、50 μ L の超純水に再溶解して CE-MS 分析に供する。

2.4 データ解析

メタボロミクスにおいて、網羅解析の場合、その分析系で検出されたすべてのピークを扱うことになり、1 測定あたり数千以上になる場合がある。これらを手動で解析することは不可能であるため、市販の解析ソフト等を用いて自動的に解析を行うことが普通である。

しかしながら、CE-MS で得られたデータを解析する際には注意を要するケースがある。それは、測定ごとの各物質の泳動時間のずれが生じることである。LC-MS 用の解析ソフトは、基本的に測定ごとの検出時間にずれが生じることを想定しておらず、補正機能を持っていないものがほとんどである。そのため、筆者らの研究グループでは CE-MS 解析に特化したソフトウェアの開発も行ってきた⁹⁾。このソフトウェアは、ピークの積分、泳動時間のずれの補正、ピークの同定や定量までを一貫通貫に実施可能であり、データ解析にかかる時間を飛躍的に短縮することに貢献している。

また、最近では検出時間補正機能を持ったソフトウェアも市販されつつあり、大量のデータ解析も精度良く短時間で行うことが出来るようになってきている。

3 糖尿病性腎症のバイオマーカー探索への応用

3.1 背景

糖尿病性腎症は、糖尿病性網膜症、糖尿病性神経障害と並んで糖尿病の三大合併症の一つであり、慢性腎臓病の中で最も対策を講じなければならない腎疾患である。しかしながら、病態と病期を正確に鑑別診断し、できるだけ早期に治療介入すれば、腎症の進行を有意に遅らせられることが分かっている。このようなことから、本疾患の診断技術の開発は、疾患対策の観点からも極めて重要である。

糖尿病性腎症の重症化予防および治療においては、病態の鑑別と病期の推定が極めて需要である。従来技術では、糖尿病の既往に加え、尿所見の変化 (タンパク尿・

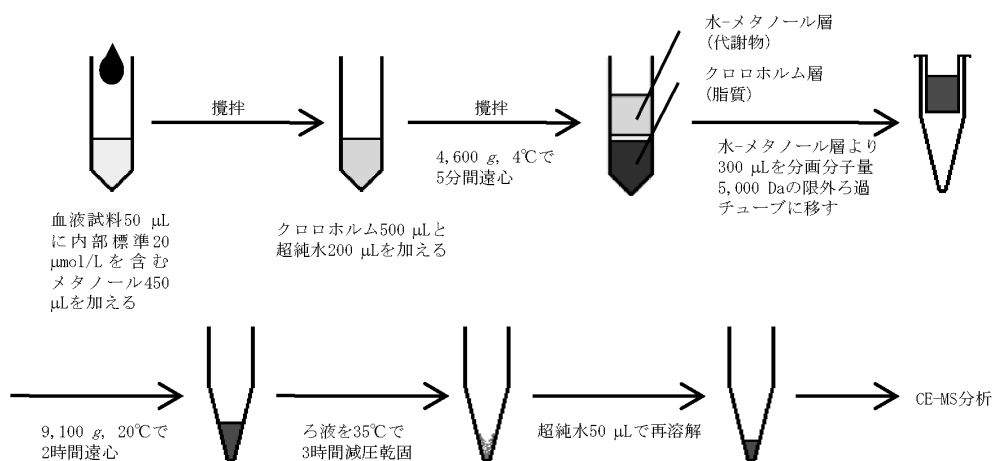


図 5 血液試料 (血清・血漿) からの代謝物抽出法

微量アルブミン尿の出現)やeGFR(糸球体濾過量:腎機能を表す指標で血清クレアチニン濃度と年齢・性別を基に算出される)の低下,眼底検査所見(眼底血管病変の観察)に基づいて糖尿病性腎症の鑑別および病期推定を行っていた。しかし,これらの従来技術では,糖尿病性腎症を他の腎疾患と簡便・確実に区別できない問題や病期を正確に推定できないといった問題があった。一方,いまだ従来技術に代わる新規バイオマーカーの実用化には至っておらず,現在でも尿中タンパク質やアルブミン,血清クレアチニン濃度に基づいた診断がデファクトスタンダードとなっている。

従来技術が内包する「病態形成が十分に進行した状態にならないと糖尿病性腎症を検出できない問題」や「病期を正確に見積もることができない問題」が生じる理由は,従来技術の方法論に問題があるためである。すなわち,従来技術では腎組織の構造的異常が生じた結果として現れる現象を検出して腎機能障害を診断しているため,病態形成が進行して十分に腎臓組織の構造的異常が生じないと糖尿病性腎症の発症を検出することができなかった。さらに,従来技術は腎機能障害を全般的に検出するもので,糖尿病性腎症のみを鑑別することは不可能であった。

そこで筆者らは,CE-TOFMSを用いて糖尿病性腎症病期を診断する血清バイオマーカーの探索を行った¹⁰⁾。

3・2 サンプル情報

共同研究先である中部ろうさい病院(愛知県)に通院,あるいは入院している患者の内,同意の得られた糖尿病性腎症の病期ステージの異なる78名の空腹時血清(無発症患者20名,マイクロアルブミン尿期32名,およびマクロアルブミン尿期26名)を採取した。

サンプル前処理法,ならびに測定条件は,2章に記した通りである。

3・3 糖尿病性腎症バイオマーカーの探索

CE-TOFMSを用いたメタボローム解析の結果,陽イオン測定と陰イオン測定の2回の測定によって,1サンプルあたり平均4400のピークを検出した。そこから,フラグメントイオン,アダクトイオンといった一つの代謝物から派生する関連ピークを除去し,ノイズピークなども精査した結果,最終的に289種類の代謝物由来のピークを得た。

これらのピークを用いて統計解析を行った結果,糖尿病性腎症の病期の異なるグループ(無症状,マイクロアルブミン尿期,マクロアルブミン尿期)間で有意な差が見られた化合物を19種得ることができた(表1)。これらの内8物質に対しては,標準試薬とキャピラリー内の分子の移動時間,さらに質量分析装置から得られるマススペクトルの比較によって同定することができ,それ

表1 糖尿病性腎症病期間で有意差のあった代謝物(文献10より引用,改変)

ID	分析モード	m/z	無症状		マイクロアルブミン尿期		マクロアルブミン尿期		p値*1	組成式	代謝物
			平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差			
11	陽イオン	114.067	0.501 ± 0.153	0.612 ± 0.209	1.052 ± 0.506	<0.0001	C ₄ H ₇ N ₃ O	クレアチニン			
17	陽イオン	129.067	0.046 ± 0.035	0.065 ± 0.049	0.125 ± 0.079	<0.0001	C ₅ H ₈ N ₂ O ₂				
29	陽イオン	134.046	0.126 ± 0.025	0.141 ± 0.041	0.170 ± 0.036	<0.0001	C ₄ H ₇ NO ₄	アスパラギン酸			
39	陽イオン	146.118	0.028 ± 0.007	0.032 ± 0.008	0.039 ± 0.010	<0.0001	C ₇ H ₁₆ NO ₂	ガンマ-ブチロベタイン			
51	陽イオン	156.139	0.006 ± 0.005	0.005 ± 0.004	0.001 ± 0.003	0.001	C ₉ H ₁₇ NO				
52	陽イオン	158.154	0.063 ± 0.020	0.055 ± 0.022	0.040 ± 0.012	0.001	C ₉ H ₁₉ NO				
69	陽イオン	176.104	0.194 ± 0.053	0.199 ± 0.060	0.275 ± 0.081	0.001	C ₆ H ₁₃ N ₃ O ₃	シトルリン			
78	陽イオン	203.150	0.006 ± 0.002	0.007 ± 0.002	0.010 ± 0.005	0.000	C ₈ H ₁₈ N ₄ O ₂	シンメトリックジメチルアルギニン			
82	陽イオン	209.093	0.010 ± 0.004	0.011 ± 0.005	0.016 ± 0.005	0.000	C ₁₀ H ₁₂ N ₂ O ₃	キヌレニン			
96	陽イオン	243.184	0.026 ± 0.013	0.019 ± 0.012	0.015 ± 0.007	0.030					
97	陽イオン	244.106	0.001 ± 0.001	0.001 ± 0.001	0.002 ± 0.002	0.000					
114	陽イオン	276.128	0.008 ± 0.006	0.006 ± 0.004	0.003 ± 0.003	0.010					
127	陽イオン	302.197	0.106 ± 0.050	0.079 ± 0.047	0.062 ± 0.028	0.037					
134	陽イオン	316.213	0.010 ± 0.009	0.006 ± 0.007	0.003 ± 0.002	0.016					
152	陰イオン	96.960	0.216 ± 0.063	0.243 ± 0.063	0.341 ± 0.103	<0.0001	H ₂ SO ₄				
158	陰イオン	103.014	0.003 ± 0.002	0.004 ± 0.002	0.005 ± 0.002	0.000	C ₂ H ₄ N ₂ O ₃				
202	陰イオン	149.049	0.030 ± 0.006	0.034 ± 0.009	0.051 ± 0.019	<0.0001	C ₆ H ₆ N ₄ O				
232	陰イオン	187.098	0.020 ± 0.013	0.017 ± 0.011	0.009 ± 0.004	<0.0001	C ₉ H ₁₆ O ₄	アゼライン酸			
246	陰イオン	209.031	0.029 ± 0.012	0.024 ± 0.009	0.016 ± 0.013	<0.0001	C ₆ H ₁₀ O ₈	ガラクトール酸			

*1: p値の算出には, Kruskal-Wallis 検定を用いた

らはクレアチニン, アスパラギン酸, ガンマ-ブチロベタイン, シトルリン, シンメトリックジメチルアルギニン, キヌレニン, アゼライン酸, ガラクタル酸であった。

これらの同定された代謝物に関し, 各代謝物の相対量と eGFR との相関関係を解析したものが図 6 である。すべての代謝物は eGFR と有意な相関関係 ($p < 0.05$) が見られ, 腎機能の低下を推定する良いバイオマーカー候補になると考えられた。さらに, アゼライン酸とガラク

タル酸に関しては, 腎機能の低下とともに存在量が減少するといった他の代謝物とは逆の傾向が見られており, これらは特に特異性の高いバイオマーカーとして有望であると考えられた。

次に, 今回得られたマーカー候補 19 物質について, 各代謝物を単独で用いた際の糖尿病性腎症無発症患者とアルブミン尿期患者 (ミクロアルブミン, マクロアルブミン尿期の両方を含む) の診断能について表したものが表 2 である。

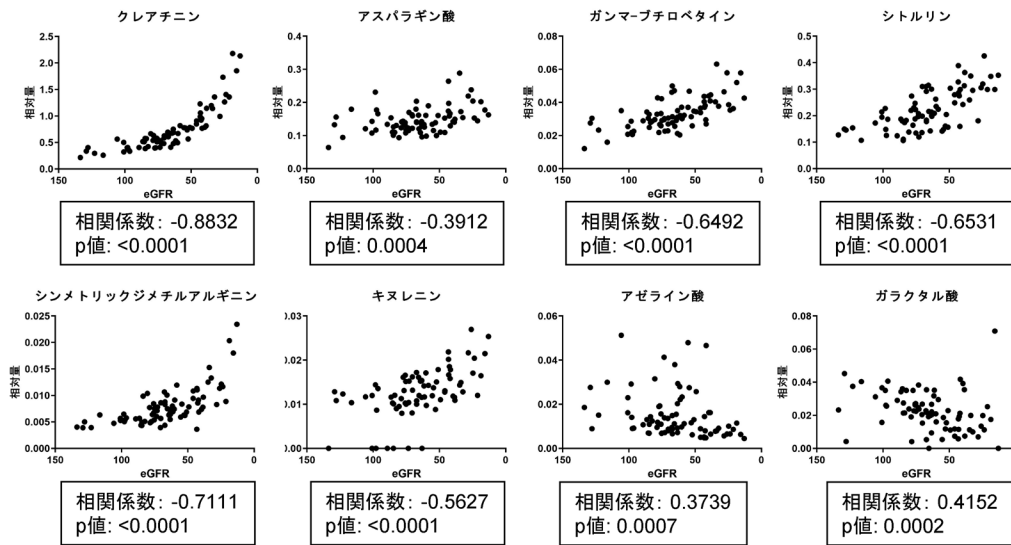


図 6 有意差の見られた代謝物の相対量と eGFR の相関

表 2 各代謝物の糖尿病性腎症の発症有無の診断能 (文献 10 より引用, 改変)

代謝物	ROC 解析における 曲線下面積	95% 信頼区間		p 値
		下限	上限	
クレアチニン	0.753	0.642	0.863	8.06×10^{-4}
ID 17	0.732	0.613	0.851	2.09×10^{-3}
アスパラギン酸	0.707	0.587	0.827	6.05×10^{-3}
ガンマ-ブチロベタイン	0.738	0.615	0.861	1.60×10^{-3}
ID 51	0.644	0.502	0.786	0.056
ID 52	0.708	0.585	0.830	5.84×10^{-3}
シトルリン	0.643	0.516	0.770	0.058
シンメトリックジメチルアルギニン	0.731	0.610	0.852	2.18×10^{-3}
キヌレニン	0.728	0.612	0.845	2.44×10^{-3}
ID 96	0.683	0.548	0.818	0.015
ID 97	0.666	0.540	0.791	0.028
ID 114	0.684	0.540	0.827	0.015
ID 127	0.671	0.532	0.809	0.024
ID 134	0.655	0.510	0.800	0.040
ID 152	0.730	0.605	0.856	2.26×10^{-3}
ID 158	0.711	0.581	0.841	5.16×10^{-3}
ID 202	0.765	0.649	0.880	4.47×10^{-4}
アゼライン酸	0.731	0.615	0.847	2.18×10^{-3}
ガラクトール酸	0.759	0.617	0.901	5.89×10^{-4}

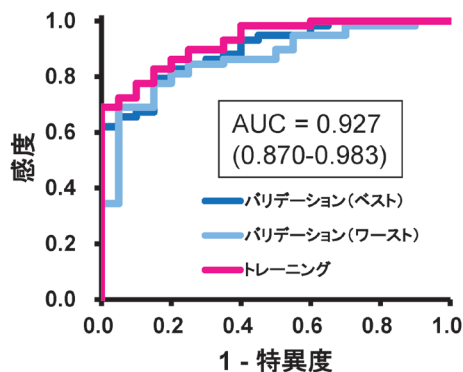


図7 糖尿病性腎症を判別するためのROC曲線
文献10より引用、改変

臨床統計において、バイオマーカーの性能を評価する指標の一つとして、ROC (受信者動作特性) 解析がある。この解析において、AUC (曲線下面積) 値が1に近ければ近いほど良いマーカーであり、一般的に0.8以上あれば優秀なマーカーであるとされる。今回、単独の代謝物を用いてROC解析を実施した際のAUC値は0.765 (ID 202) から0.643 (シトルリン) の間であり、単独の代謝物であってもある程度は糖尿病性腎症の有無を判別することが可能であった。

一方、メタボローム解析の利点の一つは、一度の測定で100以上の成分の同時定量が可能なが挙げられる。そこでこの利点を生かし、さらに診断能を上げるため、多変量解析手法の一つである多重ロジスティック回帰分析を行い、複数の代謝物を組み合わせたモデルの作成を実施した。今回得られた19種のバイオマーカー候補すべてを用いて多重ロジスティック回帰分析を行った結果、5種類の代謝物 (ガンマ-ブチロベタイン、シンメトリックジメチルアルギニン、アゼライン酸、ID114、ID127) の組み合わせによってAUC値が0.927となり、より高精度に糖尿病性腎症の診断ができることが示された (図7)。さらに、このモデルの妥当性はクロスバリデーションによっても確認し、その際のAUC値は0.870~0.983であった。これにより、得られたモデルの高い汎化性能が証明された。

4 おわりに

CE-MSは親水性代謝物の網羅分析法として、メタボロミクスの中で一定のシェアを占めている。特に、検体量の少ないサンプルにおいては、一度の分析で消費するサンプル量が少なく済むCE-MSは非常に相性が良い。一方で、CE-MSには細かいノウハウや経験が必要な部分があることも事実であり、このことが広く普及しにくい原因となっていることも確かである。

また、これはCE-MSに限ったことではないが、メタボローム解析では得られたピークの内、3割程度しか同定が出来ない。今回の糖尿病性腎症のバイオマーカー探

索においても、19種のマーカー候補の内、同定まで至ったのは8種にとどまっている。したがって、メタボローム解析で何か有望なバイオマーカー候補を発見しても、同定できない可能性の方が高くなってしまっている。

これを解決する方法の一つは、標準試薬の拡充である。現状は、試薬メーカーに依存しているため、売れない試薬は製造されない。国家プロジェクトを立ち上げて、合成化学や天然物化学の専門家の力を借りつつ標準化合物の拡充に関する取り組みが必要であると考えられる。

もう一つの方法は、未知化合物のタンデムマス情報から構造を予測するソフトウェアの開発である。この点に関しては、現状かなり予測精度の高いソフトウェアなども出てきており、今後の進展が期待される。

ユニークな分離特性を持つCE-MSの網羅分析がさらに普及し、今後様々な疾患の新規バイオマーカーの発見や食品の機能性成分の特定などに貢献することを期待したい。

文 献

- 1) A. Hirayama, K. Kami, M. Sugimoto, M. Sugawara, N. Toki, H. Onozuka, T. Kinoshita, N. Saito, A. Ochiai, M. Tomita, H. Esumi, T. Soga : *Cancer Res.*, **69**, 4918 (2009).
- 2) J. Whitburn, SR. Rao, EV. Morris, S. Tabata, A. Hirayama, T. Soga, JR. Edwards, Z. Kaya, C. Palmer, FC. Hamdy, CM. Edwards : *Sci. Adv.*, **8**, eabf9096 (2022).
- 3) T. Soga, M. Sugimoto, M. Honma, M. Mori, K. Igarashi, K. Kashikura, S. Ikeda, A. Hirayama, T. Yamamoto, H. Yoshida, M. Otsuka, S. Tsuji, Y. Yatomi, T. Sakuragawa, H. Watanabe, K. Nihei, T. Saito, S. Kawata, H. Suzuki, M. Tomita, M. Suematsu : *J. Hepatol.*, **55**, 896 (2011).
- 4) R. Saito, A. Hirayama, A. Akiba, Y. Kamei, Y. Kato, S. Ikeda, B. Kwan, M. Pu, L. Natarajan, H. Shinjo, S. Akiyama, M. Tomita, T. Soga, S. Maruyama : *Metabolites*, **11**, 671 (2021).
- 5) T. Soga, DN. Heiger : *Anal. Chem.*, **72**, 1236 (2000).
- 6) T. Soga, Y. Ohashi, Y. Ueno, H. Naraoka, M. Tomita, T. Nishioka : *J. Proteome Res.*, **2**, 488 (2003).
- 7) T. Soga, Y. Ueno, H. Naraoka, Y. Ohashi, M. Tomita, T. Nishioka : *Anal. Chem.*, **74**, 2233 (2002).
- 8) T. Soga, K. Igarashi, C. Ito, K. Mizobuchi, H. Zimmermann, M. Tomita : *Anal. Chem.*, **81**, 6165 (2009).
- 9) M. Sugimoto, A. Hirayama, T. Ishikawa, M. Robert, R. Baran, K. Uehara, K. Kawai, T. Soga, M. Tomita : *Metabolomics*, **6**, 27 (2010).
- 10) A. Hirayama, E. Nakashima, M. Sugimoto, S. Akiyama, W. Sato, S. Maruyama, S. Matsuo, M. Tomita, Y. Yuzawa, T. Soga : *Anal. Bioanal. Chem.*, **404**, 3101 (2012).



平山 明由 (HIRAYAMA Akiyoshi)

慶應義塾大学政策・メディア研究科 (〒997-0052 山形県鶴岡市覚岸寺字水上246-2)。北海道大学大学院地球環境科学研究科物質科学専攻修士課程修了。博士 (環境科学)。《現在の研究テーマ》高感度メタボローム解析手法の開発とその応用。《主な著書》メタボロミクス実践ガイド (羊土社)。《趣味》庭いじり、家庭菜園。
E-mail : hirayama@tck.keio.ac.jp

蛍光測定で使われる略号

蛍光は、蛍光骨格の電子が励起一重項状態から基底状態に戻る際に放出される光であり、その波長は二つの状態のエネルギー差で規定される。蛍光には、波長、量子収率、寿命などの特性があり、これらは蛍光骨格の近傍の原子団や蛍光分子が存在する環境によって変化する。そして、蛍光は、微量物質の定量、標的物質の選択的な測定、微小環境の評価など、様々な目的で利用されている。測定対象物質が蛍光分子である場合は、そのまま測定可能であるが、多くの物質は蛍光を持たないため、蛍光分子との選択的な反応を利用して、測定することが多い。

1 蛍光特性に関する用語

1.1 PeT (photoinduced electron transfer, 光誘起電子移動)

まず初めに、蛍光の on 状態と off 状態を制御する仕組みである PeT を紹介する。PeT は、光吸収によって励起状態になる際の蛍光骨格とその近傍の原子団との間の電子移動である。移動により、電子が元の基底状態に戻ることができなくなり蛍光が off 状態になる a-PeT (acceptor excited PeT) と、戻ることができるようになり蛍光が on 状態になる d-PeT (donor excited PeT) がある (図 1)¹⁾。

a-PeT では、蛍光骨格の近傍の原子団の HOMO エネルギーレベルが、蛍光骨格の基底状態と励起一重項状態の間にあり、励起によって空いた蛍光骨格の基底状態に近傍の原子団の HOMO に存在する電子が移動する。その結果、蛍光骨格の励起された電子は元に戻れず、近傍

の原子団の空いた HOMO に入るため、蛍光が off 状態になる。一方、d-PeT では、近傍の原子団の LUMO のエネルギーが蛍光骨格の励起一重項状態より高くなり、電子が励起一重項から基底状態に戻ることができるようになり、蛍光が on 状態になる。近傍の原子団の HOMO 及び LUMO のエネルギーは、その原子団の電子密度によって調整することができる。

1.2 FRET (förster resonance transfer, 蛍光共鳴エネルギー移動)

次に、蛍光分子の励起や蛍光の波長を制御する仕組みとして、FRET, ICT, EPISIT を紹介する。FRET は、2種の蛍光骨格が近い位置 (通常は 10~100 Å) に存在する時に、励起エネルギーが donor から acceptor へ無輻射的に移動するため、励起波長の短い蛍光骨格が励起される。その結果、蛍光波長の長い蛍光骨格の蛍光が観察される現象である。エネルギー移動が起こる効率 (FRET 効率) は二つの蛍光骨格の相対的位置関係を反映している。また、励起エネルギー移動速度が、発光遷移速度、無放射遷移速度よりも速ければ、FRET 効率が高くなる。

1.3 ICT (intramolecular charge transfer, 分子内電荷移動)

ICT は、蛍光骨格が励起された後に、電荷の再配置が起こり、分子内で donor から acceptor に電荷が移動する現象である。PeT は近傍の原子団の HOMO や LUMO のエネルギーレベルが変化するのに対して、ICT は蛍光団の donor の HOMO に acceptor の LUMO が強い影響を及ぼし、HOMO-LUMO ギャップが小さく

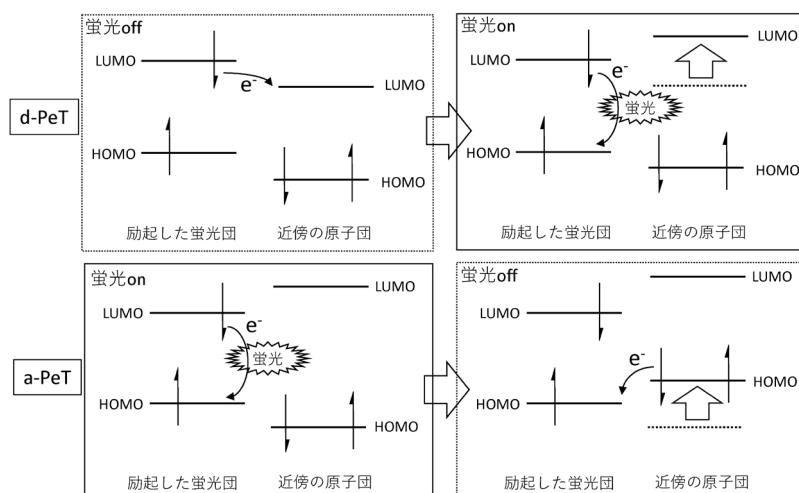


図 1 PeT による電子移動

なる。そのため、環境に鋭敏に応答して、蛍光スペクトルが大きくシフトする。

1.4 ES IPT (excited-state intramolecular proton-transfer, 励起状態分子内プロトン移動)

ES IPT とは、励起状態でプロトンの移動による化学結合の組み換え（互変異性）が起こり、電子が基底状態とは異なる原子に移動する現象である。その結果、蛍光波長の長波長シフトが起こるため、近赤外領域の蛍光に利用されている。

1.5 FLQY (fluorescence quantum yield, 量子収率)

(蛍光) 量子収率 ϕ は、物質が吸収した光子に対して、蛍光として放出された光子の割合であり、1 個の光子を吸収した際に蛍光として光子が放出される確率と考えることもでき、以下の式で計算される。

$$\phi = \text{蛍光として放出された光子数} / \text{吸収された光子数}$$

値が 1 または 100 % に近いほど量子効率が高いことを意味する。

励起された電子は、様々な緩和過程（振動緩和、項間交差、蛍光発光など）によって基底状態に戻るが、量子収率はそれらの速度定数の総和の中での蛍光発光の速度定数の割合である。測定には積分球を用いた絶対法と量子収率が既知の蛍光物質を標準試料として用いる相対法が用いられ、分子の構造や溶媒などの環境によって変化する。

1.6 TRF (time-resolved fluorescence, 時間分解蛍光)

励起されたすべての分子が蛍光を発生して緩和したときの寿命を自然寿命といい、これに量子収率 (ϕ) を乗じたものが蛍光寿命になる (蛍光寿命 = 自然寿命 $\times \phi$)。蛍光寿命は、化合物によってピコ秒 (10^{-12} 秒) からミリ秒 (10^{-3} 秒) と様々であり、分子の環境に大きく依存し、振動緩和等の他の緩和過程と競合すると寿命が短くなる。蛍光寿命が短くなると、定常状態での蛍光収率は下がるが、時間分解蛍光を測定すると、励起直後の蛍光強度は高いことがわかる。TRF の代表的な測定法として、TCSPC (time correlated single photon counting, 時間相関単一光子係数法) や TRES (time-resolved emission spectroscopy, 時間発光スペクトル) がある。

TCSPC は、励起光の発信時点と測定試料からの蛍光の検出時点との時間差を繰り返し測定し、取得したデータの縦軸を信号数、横軸を時間のヒストグラムとしてプロットし、蛍光減衰曲線を得る。

TRES では、発光スペクトルの波長を増加させつつ蛍光減衰を測定する。光強度の空間分布だけでなく分光器と組み合わせて発光スペクトルの時間変化も測定するこ

とで、時間分解蛍光を得ることができる。

蛍光寿命の違いを利用したイメージング技術を FLIM (fluorescence lifetime imaging) と呼ぶ。同法では蛍光スペクトルの近い蛍光分子の蛍光を、蛍光寿命特性の違いで識別できるため、より多くの蛍光分子を同時に利用することができる。

2 測定に関する用語

2.1 RF (ratiometric fluorescence, レシオメトリック蛍光)

蛍光分析では、通常、定量には蛍光強度が、定性には励起や蛍光スペクトルが利用される。しかし、例えば細胞内や細胞小器官内など、蛍光分子の濃度を正確に調節することが難しい、または測定環境（温度や pH）が変化する状況で物質を測定する際には、異なった 2 波長の蛍光強度を同時に測定し、その比（レシオ）を計算することで、定量的な解析が可能になる。レシオ測定では、蛍光分子の濃度等に加えて、光路長及び励起強度などの測定要因等の変動も補正することができる。レシオ測定には、測定対象分子との反応等によって励起波長が蛍光波長が変化する蛍光分子を用いる。この波長変化には、上記の FRET や ICT などが用いられている。

2.2 EEM (excitation-emission matrix, 励起-蛍光マトリクス) 3D fluorescence spectra 3次元蛍光スペクトル, fluorescence fingerprint 蛍光指紋

環境や生体試料は、通常、いろいろな物質が混在している。そのような試料に対して、照射する励起光の波長を連続的に変化させながら蛍光スペクトルを測定し、それらを重ね合わせた 3次元蛍光スペクトルを得ることで、多成分の解析が可能になる。

EEM は励起波長、蛍光波長、蛍光強度の三つの情報を 3次元にプロットしたものであり、3D fluorescence spectra や fluorescence fingerprint とも呼ばれている。EEM は、多成分の測定に利用され、通常は測定結果を主成分分析等の多変量解析を用いて解析する。蛍光を利用しているため ppb 領域の低濃度の蛍光物質の存在も識別でき、水中の発色性溶存有機物を測定し、水質の評価などにも応用されている。一方で、EEM では、試料の光路長に応じて励起光の強度が吸収により弱まる 1 次フィルター効果と、放出された蛍光が再吸収によって弱まる 2 次フィルター効果の影響を受ける。これらの内部フィルター効果の影響を補正するために、EEM に加えて、吸光度と透過率も同時に測定する手法も用いられている。

文 献

- 1) 長野哲雄: *Yakugaku Zasshi*, **134**, 89 (2014).

[昭和医科大学 加藤 大]

武力紛争時に生じる環境汚染の計測と除染方法



梅津 茜

1 はじめに

紛争地における環境分析の最も大きな制約は、汚染地までのアクセスが制限され、現地調査が困難である点にある。例えば、ウクライナにおける環境被害の一次データの収集および分析を行った研究は、88件の調査のうちわずか7%にとどまるという報告もある。安全面、財政面、政治面、実務面の著しい制約に加え、人道的支援優先の状況下において後回しにされがちな環境分析と紛争汚染除去の現状について概観する。

2 紛争地における環境分析

紛争地における環境分析は、紛争が収束するなどして通常の現地調査が行える状況となった場合を除き、主に一次データの不足を補完することを目的に、代替的な方法を模索する方向で進展してきた。典型的な例は、リモートセンシング技術とオープンソース・インテリジェンス（open-source intelligence, OSINT）を組み合わせで行うものである。このような手法が用いられるようになった背景には、通信基盤が整備されたこと、2~4日という短い再訪問隔で1 m未満の空間分解能を有する高解像度画像が取得可能となった衛星リモートセンシング技術の進歩や、Sentinel HubやNASA Worldviewなどのプラットフォームの利用拡大により、インターネット接続さえあれば中解像度の衛星画像を無料でほぼリアルタイムに閲覧できるようになったことがある。その一例として、国連主導で整備された「Ecodozor」プラットフォームがある¹⁾。これは、衛星画像解析とOSINTを用いてウクライナにおける紛争環境被害の規模を地図上に可視化したもので、一般公開されている。

これらの手法で得られたデータに、可能な範囲で補足的調査を行うことで、信頼性の向上が図られている。例

えば、現地聞き取りによる破損建物の用途把握や、限定的な土壌分析がこれに当たり、後者の例としてSolokhaらの研究が挙げられる。彼らは、軍事残骸を重金属による土壌汚染の主要な要因と位置づけ、衛星画像解析によりハルキウ州の農地に散在する破壊された装備の断片を地理的に特定し、現地調査によりそれらの結果の検証とともに土壌分析を行った²⁾。具体的には、SasPlanetソフトウェアにより高解像度の衛星画像を入手、喪失された軍用装備品に関するオープンソースの位置情報データベースにより軍事廃棄物の場所を特定し、これらを地理情報システムソフトウェア「MapInfo」を用いてジオコーディングした。その後、特定された場所で、深さ0~30 cmの土壌をサンプリングし、原子吸光分光計を用いて重金属の含有量を測定した。その結果、特にPb, Cd, Znにおいて最大許容濃度（maximum permissible concentrations, MPCs）の大幅な超過を報告している。

ロシアのウクライナ侵攻を契機に、紛争汚染の計測にこれまで見られなかった動きが起きている。一つは、市民科学の参入による一次データの拡充である。2024年3月、ウクライナにおいて、研究者と人道支援機関が協働し、現場レベルでサンプリングを行う取り組みが初めて試みられた。英国環境NGOのConflict and Environment Observatory (CEOBS)と人道地雷対策団体Norwegian People's Aid (NPA)は、爆発物によるリスクが低い場所において、ウクライナ DSTU4287:2004規格に準拠したサンプリングを行った。一部のフィールドで、セキュリティ上の理由から採取地点が制限される事案が生じながらも、計3地点で土壌74試料および水3試料が採取され、ウクライナ国内の大学または研究所において、誘導結合プラズマ発光分光分析（ICP-AES）または原子吸光分析（AAS）により重金属類、高速液体クロマトグラフィ（HPLC）によりPAHs含有量が測定された³⁾。これらの分析は、ウクライナ国内で利用可能な研究所の能力に依存する。

もう一つは、国連機関が一次データ拡充を支援する動きである。従来、国連は被災国の分析能力強化のため研修（サンプリングの計画および実践演習、修復行動計画を策定するための主要な概念や手法等に関する研修）の機会や、実験室または現地調査用の分析機器を提供してきたが（例えば、2007年までに国連環境計画からイラク政府に誘導結合プラズマ発光分光計（ICP-OES）等が提供されている）、これらは武力紛争終結後に行われたものである。これに対し、国連開発計画（UNDP）はウクライナ国家環境監督局に移動式ミニラボ10台を提供している。これは、バンに無人クアッドコプター、土壌と水のサンプリングツール、携帯型冷蔵装置、衛星インターネット接続システムを搭載したものである。この取り組みにより、被災国の分析能力次第では、武力紛争の終結を待たずに紛争汚染の計測を行える可能性が示された。

Measuring and Remediating Environmental Contamination in Contexts of Armed Conflict.

表 1 紛争地における環境分析手法の特性比較

手法	空間スケール	定量性	即時性	安全性	主な限界
現地調査	局所	高	低	高	安全性
衛星リモートセンシング	広域	低	高	低	定量性
OSINT	局所～広域 (不均質)	低	高	低	信頼性
市民科学	局所	中	中	中	標準化
移動式ラボ	局所	高	中	中	人員能力

3 紛争汚染物質とその除染

紛争汚染の典型的な汚染源は、射撃残渣^{せんさ}、爆薬、推進薬などである。普遍的な汚染物質は、重金属や半金属などの潜在的有害元素 (PTEs)、多環芳香族炭化水素 (PAHs)、火薬類であり、兵器の使用状況により、化学兵器由来の有害化学物質、生物兵器由来の病原体や生物毒素、核兵器由来の放射性核種が汚染要因となり得る。石油由来の炭化水素汚染も一般的によく見られる。

軍事由来の主要な PTEs は Pb で、他に Sb, Cr, As, Hg, Ni, Zn, Cd などがあり、使用される銃器や弾薬の種類に依存する。近年は Pb (鉛) フリーの弾薬 (銅, 鉄, 合金) が導入されているが、Pb 弾薬より腐食が速く、Bi, Cr, Ni などの汚染源となる。PTEs の土壌滞在時間は pH, 酸化還元電位 (pe), 有機物量に依存する。PTEs の空間分布および垂直プロファイリングを調査した研究は、Ni など一部の PTEs については深部で比較的高い蓄積が確認される例があるものの、一般的に表層 (0~10 cm) において高濃度で、ほぼ地表から 50 cm 程度に限定され、深度が増すにつれて急速に濃度が低下することを報告している⁴⁾。

火薬類で最も頻繁に利用されるのは、ヘキサヒドロ-1,3,5-トリニトロ-1,3,5-トリアジン (RDX), 2,4,6-トリニトロトルエン (TNT), およびオクタヒドロ-1,3,5,7-テトラニトロ-1,3,5,7-テトラゾシン (HMX) である⁴⁾。これらは、難揮発性及び難分解性のため、一般的に土壌中で高い残存性を示す。

紛争被災地の一般環境下において修復技術を適用した研究は、限られた事例報告にとどまる。Zhu らは、射撃場跡地における汚染土壌の修復技術についてレビューを行い、一般的に、物理的修復 (土壌置換, 機械的スクリーニング, 電気浸透修復, ガラス化処理), 化学的修復 (固化・安定化, 電気透析修復), 生物学的修復 (ファイトレメディエーションのうちファイトエクストラクションとファイトスタビライゼーション, 微生物修復) が用いられていることを報告した⁵⁾。しかし、研究の多くは実験室条件下に限定され、実際の環境下で原位置処理を行った研究は限られる。そのため、彼らは、低コス

トで迅速、かつ環境影響が小さい原位置修復技術の開発が不可欠としている。

4 おわりに

本報告で述べた衛星リモートセンシングや OSINT は、紛争地における環境被害の広域把握に有効である一方、汚染物質の定量評価や暴露量推定には限界がある。また、市民科学や移動式ラボによる一次データ拡充は進展しつつあるものの、測定手法や精度管理の標準化は十分とは言えず、地域間比較や時系列解析を困難にしている。このようなデータや解析の欠如は、予想される健康・環境影響の軽視につながり得る。紛争被災地の除染に関しては、分析技術と除染技術の研究が分断されている点も課題であり、分析結果が修復戦略に十分反映されないケースも少なくない。

環境被害の実態を示し対処を促すため、データ収集を円滑化する革新的な手法の開発が求められている。例えば、現場で簡易に主要な紛争汚染物質を測定できる可搬型の分析ツールや、適用可能な原位置処理技術の開発や被災地への提供など、日本から遠隔的に貢献できる可能性も示唆される。

文 献

- 1) Ecodozor : <<https://ecodozor.org/>> , (accessed 2025. 11. 30).
- 2) M. Solokha, O. Melnyk, N. Cannon, M. Horton, O. Datsko, D. O'Connor : *Sci. Total Environ.*, **995**, 180105, (2025).
- 3) I. Babanina, A. McKean, A. Splodytel, D. Weir : "Assessing Environmental Degradation from Explosive Weapons in South Ukraine", available from <https://ceobs.org/wp-content/uploads/2025/01/NPA-CEOBS_2025_Assessing_environmental_degradation_explosive_weapons_southern_Ukraine.pdf>, (accessed 2026. 1. 3).
- 4) P. Broomandi, M. Guney, J. R. Kim, F. Karaca : *Sustainability*, **12**, 9002 (2020).
- 5) Y. Zhu, R. Che, B. Tu, J. Miao, X. Lu, J. Li, Y. Zhu, F. Wang : *Environ. Sci.*, **12**, 1352603 (2024).



梅津 茜 (UMETSU Akane)

内閣府国際平和協力本部事務局 (〒100-8970 東京都千代田区霞が関 3-1-1)。北海道大学院自然史科学専攻博士後期課程単位取得退学。《現在の研究テーマ》武力紛争後の環境修復における我が国の貢献可能性。《趣味》絵画, 読書, 猫。
E-mail : akane.umetsu.m5s@cao.go.jp, dofixersaiyou@gmail.com

化学者にもできる レシオメトリック蛍光イメージング

仁子 陽輔

1 はじめに

蛍光イメージングは、細胞や組織といった生体試料の構造や機能を、低侵襲的かつ高い時空間分解能で観察できることから、生物学・医学研究などにおいて不可欠な技術となっている。中でも、ここ10年ほどでレシオメトリック蛍光イメージングを駆使した論文を頻繁に見るようになった¹⁾²⁾。本技術を用いることで、細胞の構造を可視化するのみならず、細胞内のpH³⁾、膜極性⁴⁾、温度⁵⁾などの定量的な解析が可能になる(次項にて詳述)。2022年以降、Analytical Chemistry (ACS)でも同技術に関連する論文が急速に増えており、キーワード検索に基づけば年間300報を超える勢いである(2015年には約50報、2010年には10報未満であった)。したがって、同技術はもはや本誌の読者諸氏にとっても「知っておいた方がいい」ものなのかもしれない。この「創案と開発」では、本イメージング技術に興味がある化学者、そして査読する側の化学者の双方にとって有益となるような技術情報を提供できたらと思う。

2 レシオメトリック蛍光イメージングとは

レシオメトリック蛍光イメージング(以下、レシオイメージング)とは、解析領域中のプローブから放射された蛍光を二つの波長領域(例:500~560 nmの緑(G)チャンネル、570~650 nmの赤(R)チャンネル)で同時に検出し、両チャンネルの輝度比(G/R値)を計算して疑似カラーで画像を生成(レシオ画像)する手法である(図1 a)。例えば、pHが低下するにつれて蛍光波長が長波長シフトするような蛍光プローブがあると(図1 b)、GかRのどちらか一方のチャンネルの蛍光強度を眺めるだけでは、その増減がpHの変化によるものなのか、解析領域中のプローブの濃度変化によるものなのか区別が付きにくく、定量的な議論が困難になる。しかし、G/R値は、同じ画像取得条件であればプローブの濃度やレーザーパワーに影響を受けずに一定となる(ただ

し、蛍光プローブの濃度消光やチャンネル内に輝度飽和が生じている場合は除く)。そのため、あらかじめpHとG/R値の関係についてキャリブレーションを行うことで、試料中の局所的なpHの解析に応用できる(図1 c)。

この例のように、レシオイメージングでは、周囲環境(pH³⁾、誘電率⁴⁾、粘度⁴⁾、温度⁵⁾、イオン濃度⁶⁾など)に応じて蛍光スペクトルを変化させるような蛍光プローブが使用される。低分子のプローブもあれば⁴⁾、二種類の色素を組み合わせて環境応答性を実現したマルチ色素型のものや、ナノ粒子型のものも存在する⁶⁾。

レシオイメージング自体は古くからあるが、なぜ今、活発化したのか? 筆者としては、2010年以降に顕現した論文の再現性クライシスやAI解析の進展などといった背景により、画像データにおける定量性の要求がシビアになったことや、環境応答性プローブの設計指針

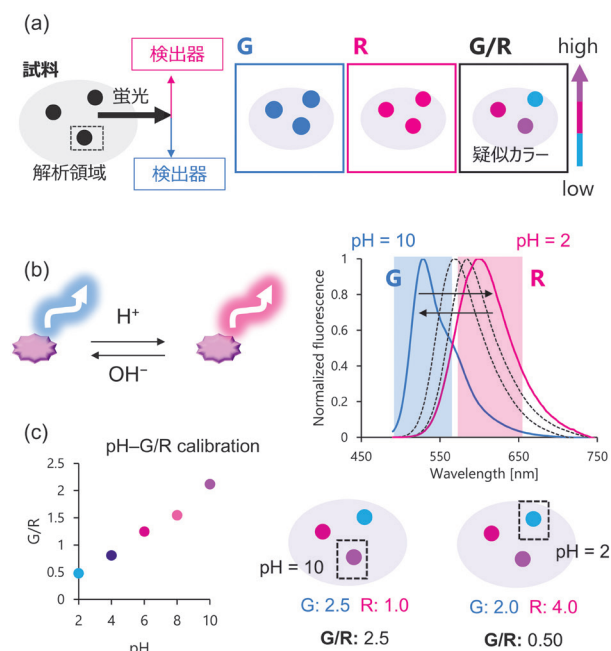


図1 レシオイメージングの概略

(a) 二つの蛍光検出チャンネルからレシオ画像を生成する基本原理。(b) レシオイメージングに適した蛍光プローブの一例(pH応答プローブ)。(c) レシオ画像を用いた定量解析の概念図。

が確立されてきたことが大きな要因だと推測している。特に後者は、化学者のイメージング分野への参入障壁を大きく下げることにつながったように感じている。例えば、 π 共役系分子に電子ドナー基やアクセプター基を導入したいいわゆる「プッシュ・プル」型色素の多くは、周囲環境の極性（誘電率）に応じた蛍光ソルバトクロミズムを示す。実際、この設計指針にしたがって開発された蛍光プローブは非常に多い⁴⁾。

3 初心者向けの実演

筆者は、2015年くらいからレシオイメージング用プローブの開発に携わってきたが、自身で蛍光顕微鏡を本格的に扱い始めたのは比較的最近である。正直なところ、当初は楽勝だと考えていた（「細胞を染色し、2波長領域で画像取得し、比をとるだけで、定量性がありしかも何となく映えるデータが得られる」とか、ついついそんな甘い考えを抱いてしまうのは恐らく筆者だけではないはずだ）。しかし、いざ自分で実践してみると、なかなか思うようにはいかない。実際、一般の化学者よりは蛍光顕微鏡に馴染みのある生物系研究者であっても、レシオイメージングとなると同様の壁に直面している例は少なくない。近年の蛍光顕微鏡や解析ソフトはUIが高度に洗練されており、専門的な知識がなくとも一定の結果が得られてしまう。その一方で、画像取得条件や画像処理の前提を十分に吟味しないままでも一見もっともらしいレシオ画像が得られてしまうため、かえって画像解析の基本的な注意点が見落とされやすい状況が生じているように思われる。これは、筆者のような非プロこそ、注意を要するところである。そこで以下では、筆者の研究室で実際に行っているレシオイメージングのプロセスを紹介する。我流の部分も多く、イメージングのプロには物足りなさや厳密性に欠ける点があるかもしれないが、その点はどうかご容赦いただきたい。

3.1 画像取得

図2は、筆者らが開発した蛍光プローブを用いてヒト腎がん細胞（Caki-1）を染色して得られた画像である。これらの画像は共焦点レーザー顕微鏡（Nikon AX）により取得した。共焦点レーザー顕微鏡は、Z軸方向に高い空間分解能を有し、断層画像の取得に適しているためレシオイメージングに広く用いられている。これらの画像は、1024×1024ピクセル（0.173 $\mu\text{m}/\text{pixel}$ ）で構成されており、各ピクセルには背景光と蛍光シグナルの総和である輝度値が割り当てられている。

ここで使用された蛍光プローブは上述したプッシュ・プル型色素であり、周囲極性が高いほど蛍光が長波長側へシフトする。細胞膜（コレステロール、飽和脂質リッチ）のような低極性環境下ではGチャンネル（図2a）での信号が強くなり、逆に小胞体膜（不飽和脂質リッチ）

のような高極性環境下ではRチャンネル（図2b）の信号が強くなる。図2cおよび図2dは、それぞれGおよびRチャンネルを合成した画像とその拡大画像であり、これらを概観するだけでも、「細胞膜付近はGが強い、すなわち極性が低い」といった定性的な考察が可能である。

画像取得の際には、対物レンズやピンホールの選択に

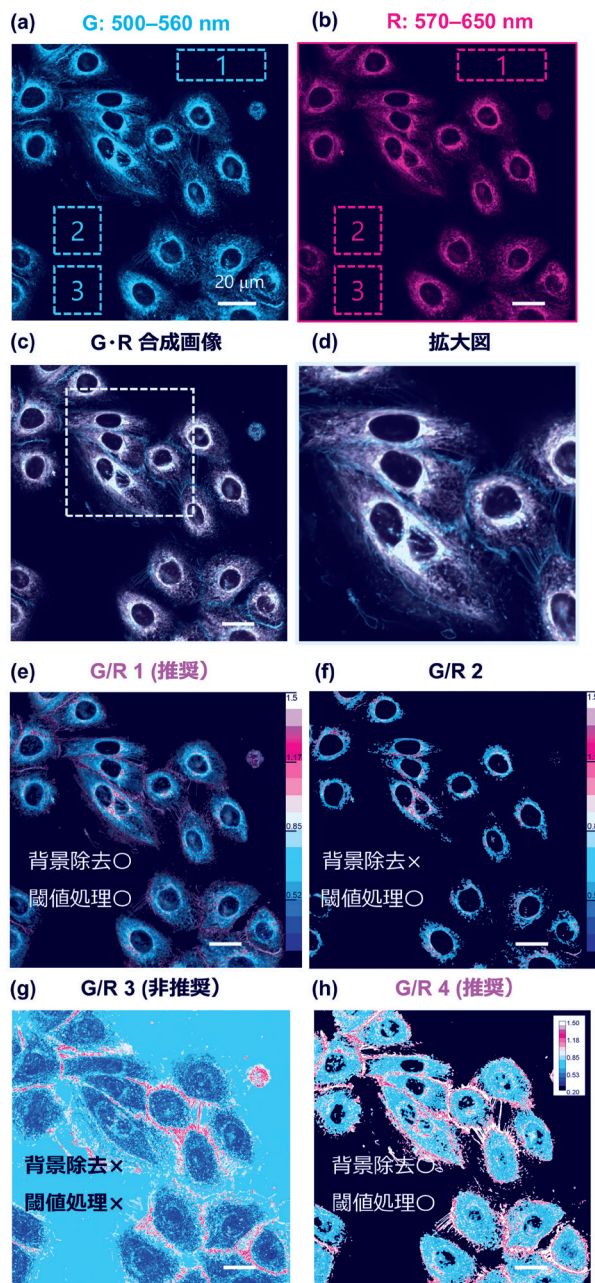


図2 レシオ画像生成の実演

プッシュ・プル型蛍光プローブで染色されたCaki-1細胞の共焦点顕微鏡画像。(a) Gチャンネル、(b) Rチャンネル像。点線で示した領域が細胞外領域。(c) GおよびRチャンネルの合成画像と(d) その拡大画像。(e) 背景除去および閾値処理を行って生成したレシオ画像（推奨）。(f) 背景除去を行わず、閾値処理のみを施して生成したレシオ画像。(g) 背景除去および閾値処理のいずれも行わずに生成したレシオ画像。(h) (f) と同一条件で生成したレシオ画像（推奨）。(g) および(h) のレシオ画像は、いずれもFijiの標準機能のみを用いて生成。

加え、ゲイン（検出器感度）やレーザーパワーを設定する必要があるが、顕微鏡操作に不慣れな研究者にとってはこの段階で判断に迷うことが多い。ゲインとレーザーパワーはいずれも増大させることで蛍光シグナルの強度を高めることができるが、ゲインを過度に上げるとノイズの増大を招き、レーザーパワーを過度に上げると蛍光プローブの褪色が加速する。筆者らの場合は、まずゲインを中程度に設定する。多くの顕微鏡では、ノイズや直線性の観点から推奨されるゲインの上限が示されているため、それを一つの目安とした。この状態でレーザーパワーをあげ、GもしくはRのいずれかの信号が飽和した時点で、もう一方のチャンネルについてもゲインをあげ、両チャンネルともに意図的に飽和させた。その後、レーザーパワーを適切な範囲に落とし、両チャンネルとも信号が飽和一步手前になるよう調節した。こうすることで、両チャンネルでの信号強度を可能な限り高く保ちつつ、一方の信号が過度に弱くなる状況を避けることができ、結果としてG/R値がおむね0~2程度の範囲に収まる。なお、これは両チャンネルとも同じレーザーパワーで画像取得する場合を想定した方法であり、これしか方法がないわけではないことに留意されたい。

3.2 画像処理

得られた画像データは、ImageJを基盤として開発されたオープンソースの画像解析ソフトであるFijiを用いて解析した⁷⁾。画像データの拡張子は顕微鏡メーカーによって異なるが、多くの場合、Fiji上で問題なく扱うことができる。解析に先だって、得られた画像はまず16-bitから32-bit (float形式)に変換し、TIFF画像として保存した。16-bit画像ではピクセル強度が整数として扱われるため、G/Rのような比を計算すると、小数点以下の情報が保持されない。このため、浮動小数点数を扱うことができる32-bitへの変換が必要となる。

以下に、上記のTIFF画像からレシオ画像を得るための画像処理手順を示す。Fijiの具体的な操作方法については、関係書籍やインターネット上に数多くの情報が存在するため、ここでは割愛する。また、これはオープンソースソフトの利点の一つであるが、操作方法に関する疑問の多くは生成AIの活用によって容易に解決できる。

3.2.1 背景およびノイズの評価

図2で使用されている蛍光プローブは細胞外では無発光である。そのため、細胞外領域のピクセルに割り当てられた輝度値は、蛍光シグナルとは無関係な背景光に由来するとみなすことができる。そこで、複数の細胞外領域から、ピクセル数を考慮して、背景光の加重平均値（バックグラウンド： B ）とプールされた標準偏差（ノイズ： N ）を求める。図2で言うと、点線で囲った部分が細胞外領域であり、例えばGチャンネルでは B および

N はそれぞれ51, 1.7と算出された。

3.2.2 背景除去

B の一部を残すように減算処理を行う。図2を例にすると、GおよびRチャンネルの各ピクセルから45程度減算することで10%程度の B を残した。背景光の成分を完全に除去しようとするとは過補正となる場合があるため注意が必要である。

3.2.3 閾値処理（解析ピクセルの選別）

シグナルバックグラウンド比 (S/B) > 20 、かつシグナルノイズ比 (S/N) > 50 を満たすよう、一定値未満の輝度をもつピクセルを解析対象外領域 (NaN)として指定する。図2を例にすると、上記の背景除去後はGおよびRチャンネルのいずれにおいても背景光強度が5程度になる。したがって、輝度値が110未満のピクセルをNaNとすれば、 $S/B > 20$ かつ $S/N > 50$ が満たされる（※ピクセルの輝度値から B を引いた値が S である）。

3.2.4 レシオ画像の生成

上記のような背景除去と閾値処理をして得られた画像を基にG/R値を算出し、ヒートマップとして疑似カラー表示した画像を生成する（図2e）。

手順3.2.3において $S/B > 20$ 、 $S/N > 50$ としているのは、レシオ解析の信頼性を担保するためである。 S/B の値が低すぎる場合、ピクセルに割り当てられた輝度値に占める背景成分の寄与が大きくなり、その結果、G/R値が1に近づく方向へ圧縮される。GおよびRいずれにおいても S/B が20あれば、背景成分がピクセル輝度値の約5%以下になり、G/R値に与えるバイアスは5%以下程度に抑えられるとみなすことができる。一方、G/R値のゆらぎは各チャンネルの S/N に依存する。両チャンネルのノイズが独立であると仮定すると、誤差伝搬の近似により、G/R値の相対誤差は次式で表される。

$$\frac{\sigma_{G/R}}{G/R} = \sqrt{\left(\frac{1}{S/N_G}\right)^2 + \left(\frac{1}{S/N_R}\right)^2}$$

ここで、 $\sigma_{G/R}$ はG/R値の標準偏差、 S/N_G 、および S/N_R はそれぞれGおよびRチャンネルにおける S/N を指す。両チャンネルとも S/N が50であれば相対誤差は2.8%程度となり、G/R値が1.0, 1.5のピクセルにおいて絶対誤差はそれぞれ ± 0.028 , ± 0.042 となり、G/R値の0.1程度の変化をおおむね有意とみなすことが可能となる。なお、 $S/B > 20$ 、 $S/N > 50$ というのは、あくまで筆者らの研究室における目安である。後述するように、多くの論文ではこの点が十分に記載されていないため、この目安が高水準なのかどうかについては客観的に判断しかねるところがある。間違いなく言えるのは、使

用している顕微鏡 (PMT, 対物レンズなど) や蛍光プローブ (輝度: モル吸光係数×蛍光量子収率) の性能次第で, 適用できる S/B および S/N が大きく変わるということ, また, 観察したい現象や蛍光プローブの色調変化特性によって, 要求される G/R 値の相対誤差レベルが変わってくるということである. さらに注意したいのは, S/N を稼ぐために閾値処理を過度に適用すると, G/R 分布が歪む可能性がある点である (例えば, G/R が高いピクセルが低輝度域に集中し, 閾値処理により除外された場合など). 正確な G/R 値を求めるのか, 分布を評価するのに応じて, 閾値設定は柔軟に設定する必要がある.

なお, 画像取得におけるアベレーシングや, 画像処理段階における平滑化・メディアンフィルタなど, ノイズを低減する処理を加えることもある. 前者は比較的問題なく適用できることが多いが, 後者は定量解析を目的とする場合には慎重な適用が求められる. これらの処理は空間的に近接したピクセルの情報を混合する操作であり, 局所的な輝度比の差異が平均化する効果をもつ. その結果, G/R 値の分布が人工的に狭まり, 定量的なばらつきが過少評価される可能性がある.

もう一点, 重要な点として, 画像取得の際には蛍光ビーズのような基準物質を用いて都度 G/R 値を算出しておくことが推奨される. 全く同じ条件で同じ試料をイメージングした場合でも, 検出器の経年劣化などを原因として, 得られる G/R 値が変化してしまうことがある. このような場合, 基準物質の G/R 値を用いて補正することで, 過去に取得した G/R 値を再現することが可能となる. これは, ゲイン設定を変更した場合や, 異なる顕微鏡で得られたデータを比較する際にも極めて重要である.

ちなみに, 背景除去をせず, 閾値処理のみでレシオ画像を生成したのが図 2f である. G および R チャネルの双方において, 輝度値が 550 未満のピクセルを NaN とすることで $S/N > 50$ が満たされるようにしているが, $S/B > 20$ は保証されていない. また, 図 2e と比較すると, 解析領域が少なくなってしまうのがわかる.

さらに, 筆者のように自分で画像解析を行った経験がない人は, 図 2a および図 2b の TIFF 画像からいきなりレシオ画像を生成しようとして, カオスな結果を得たことがあるかもしれない (図 2g). 閾値処理を行わず, 細胞外など輝度が低いピクセルまで割り算に使ってしまうと, G/R 値が極端な値を示し著しく不適切なレシオ画像になってしまうことも多い.

また, 図 2e および図 2f は, 実は特別なプラグイン (詳細は引用文献 3 のサポートページに記載) を用いて

生成した画像となっているが, 同様のレシオ画像は Fiji の標準機能でも作成可能である (図 2h). 図 2e と図 2h は同一の処理に基づくものであり, 科学的には同等のデータである. ただし, 図 2e (および図 2f) は, G/R 値を色で表現しつつ, 元の輝度が低いピクセルほど暗く表示されるよう設計されており, 視覚的な可読性を高めるための表示上の工夫にすぎない.

4 イメージング結果を査読する化学者へ

筆者の研究室では, 上記の画像処理プロセスを理解し, 運用できるようになるまでそれなりの時間を要した. 言い訳に聞こえるかもしれないが, これはレシオイメージングを実施している論文, 少なくとも化学系の論文の多くにおいて, これらの処理プロセスが十分に記載されていないことが一因であると考えている. 例えば, 背景光やノイズの定義, 背景光除去や閾値設定の方法, さらに平滑化などの前処理の有無といった点が明示されていない場合, 査読者の立場から見ても, 当該データの定量性や再現性を判断することは困難であろう. 特に, S/B や S/N は定量性に最も深く関与する重要な指標であるが, それらについて具体的に言及している論文は (恥ずかしながら, 筆者が過去に発表したものも含め) 非常に少ないのが現状である. 読者諸氏が本技術に関連する論文を査読する機会があった際には, こうした点が適切に記載されているか, 一度意識してみてくださいれば幸いです.

文 献

- 1) A. S. Klymchenko : *Acc. Chem. Res.*, **56**, 1 (2023).
- 2) M. K. Goshisht, N. Tripathi, G. K. Patra, M. Chaskar : *Chem. Sci.*, **14**, 5842 (2023).
- 3) S. Michelis, L. Danglot, R. Vauchelles, A. S. Klymchenko, M. Collot : *Anal. Chem.*, **94**, 5996, (2022).
- 4) A. S. Klymchenko : *Acc. Chem. Res.*, **50**, 366 (2017).
- 5) H. Alto, A. Matsumoto, J. Ikenouchi, G. Konishi : *J. Am. Chem. Soc.*, **147**, 9953 (2025).
- 6) M. H. Lee, J. S. Kim, J. L. Sessler : *Chem. Soc. Rev.*, **44**, 4185 (2015).
- 7) J. Schindelin, I. Arganda-Carreras, E. Frise, V. Kaynig, M. Longair, T. Pietzsch, S. Preibisch, C. Rueden, S. Saalfeld, B. Schmid, J.-Y. Tinevez, D. J. White, V. Hartenstein, K. Eliceiri, P. Tomancak, A. Cardona : *Nat. Methods.*, **9**, 676 (2012).



仁子 陽輔 (NIKO Yosuke)

高知大学教育研究部総合科学系複合領域科学部門 (〒780-8520 高知県高知市曙町 2-5-1). 東京工業大学大学院理工学研究科有機・高分子物質専攻博士課程. 博士 (工学). 《現在の研究テーマ》 *In vivo* イメージングに資する新規蛍光プローブの創成. 《趣味》 W リーグ観戦.

E-mail : y.niko@kochi-u.ac.jp

高分子分析に役立つ冷凍粉碎技術

—添加剤，アウトガス，加硫ゴムの IR 分析からメカノケミカル合成へ—

大栗 直毅，柄澤 孝憲，小熊 努，大島 岳久

1 はじめに

ポリマーと添加剤の分離を溶媒抽出法によって効率的に行うには、溶媒抽出の前段階で試料を十分に粉碎しておくことが重要であると八嶋は報告¹⁾している。

同様に高分子材料の組成分析の手順で佐藤が本誌入門講座²⁾で述べているように、一連の分析工程の中で最初の粗分離工程で試料を冷凍粉碎してほぼ200メッシュ(74 μm程度)まで粉碎しておけば、次工程の溶媒抽出法によるポリマーと添加剤の分離が向上すると述べている。

筆者らは八嶋の報告を参考にして冷凍粉碎機を開発し、冷凍粉碎技術が分析化学に貢献するものと考え数例を一部報告³⁾した。

その後の冷凍粉碎機の性能向上と応用例の増加があり、それらを纏めて技術紹介として述べる。

2 開発した冷凍粉碎機

プラスチックや加硫ゴムの添加剤分析の前処理用に著者らが開発した冷凍粉碎機JFC-400型の概略図を図1に示す。

デュワー瓶(内容積1000 mL)に液体窒素を満たし、試料が入ったステンレス(もしくはチタン)製の試料容

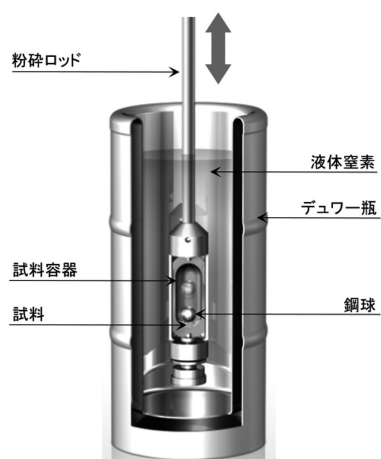


図1 冷凍粉碎機の概略図

器(内容積12 mL)とタンゲステンカーバイド製の鋼球(直径14.25 mm)を粉碎ロッドに装着した後、試料容器全体を液体窒素中に浸し、冷却する。

試料量が3 g程度であれば、それと鋼球1個を12 mL容器に入れ10分間予冷却した後、ロッド駆動部を上下に往復動[1分間約1300回]させ試料容器内部の鋼球を10分間運動させることで試料を粉碎することができる。

2・1 粉碎可能なプラスチック

プラスチックの種類や量によって粉碎の難易度が変わる。例えば、ポリスチレン(PS)やABS樹脂であれば冷却後、10秒以内で粉碎することができる。ところが、プラスチックの組成が不明な場合、標準の粉碎条件として試料量3 g 10分間の予冷却の後、10分間の粉碎を推奨している。この方法で粉碎可能なプラスチックは、ポリエチレンテレフタレート(PET)、ポリブチレンテレフタレート(PBT)、PS、耐衝撃性ポリスチレン(HIPS)、低密度ポリエチレン(LDPE)、ポリプロピレン(PP)、メタクリル樹脂、エチレン-酢酸ビニル共重合体(EVA)、ABS樹脂、スチレンアクリロニトリルコプラスチック、ナイロン6、ナイロンMXD6($K_2TiO_3 = 30\%$)、ポリフェニレンサルファイド(PPS)、PPS(Glass Fiber, 40%)、ポリアセタール、硬質塩化ビニル、フッ素樹脂、ポリエーテルエーテルケトン、シリコーンゴム、軟質塩化ビニルパイプ、エポキシプリント基板、加硫ブチルゴム、セルロース及びタイヤ等加硫ゴムである。

一方、耐衝撃性に優れた高密度ポリエチレン(HDPE)やポリカーボネート樹脂は、一度に試料量を3 gにすると一部未粉碎の樹脂が残ったが、試料量を0.5 gに減らせば全量粉碎することができる。

2・2 粉碎したプラスチックの特徴と粒子径分布

標準的なプラスチックとしてポリアセタール(POM)を選び、標準の粉碎条件で粉碎を行った後、その粒子径分布を測定した。その分布図を図2に示す。最大粒子径は565 μm 最小粒子径は40 μm 平均粒子径は122 μmであり、粉碎後の平均粒子径が200 μm以下となり良好

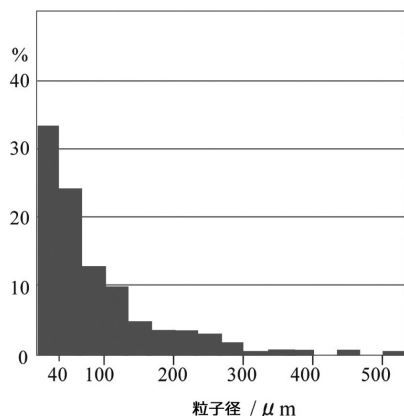


図2 粉碎したポリアセタールの粒子径分布

な粉碎が行われた。粉碎時間を20分、30分と長くするにつれ平均粒子径はそれぞれ110 μm、105 μmと小さくなる傾向が見られたが、大幅な変化は見られなかった。

ゴム以外のプラスチック試料の粉碎形状は噛み千切られた平板片であり、その粒子径分布は100~150 μmの範囲であった。

ゴムについては、粉碎直後の低温下では同様な粒子状に粉碎できるが、ゴムの温度が室温になると粒子間で融着が起り顆粒状となった。

顆粒状になる原因は、ゴムのガラス転移点が氷点以下であることに起因しているもので、顆粒化を防止するには、粉碎後、すばやく溶媒内に投下することを勧めたい。

3 高分子分析への適用事例

3.1 高分子添加剤分析への適用

プラスチック中に含まれる添加剤の組成分析を行うには、溶媒抽出法が最も信頼される方法²⁾とされている。特に定量分析精度を向上させるには、あらかじめ100 μm程度に粉碎したプラスチックを使用することが重要である。

HDPE (ペレット) を例に述べる。

ペレット5 gを粉碎せずにそのままソックスレー抽出器を使ってクロロホルムで添加剤の溶媒抽出を行った。

一方、同一試料5 gを冷凍粉碎机JFC-400型で粉碎した後、同様の方法で溶媒抽出を行った。両者の抽出液を濃縮した後、濃縮液をリサイクル分取ゲル浸透クロマトグラフ(GPC)に注入して得られた両者のクロマトグラムを図3に示す。

両者のクロマトグラムを比較すると、滑剤(B同定の結果ステアリン酸アミド)ピークはペレット表面にのみ存在する化合物であるため粉碎の有無に拘らずピーク面積は変わらなかったのに対して、抗酸化剤(A同定の結果フェノール系抗酸化剤)ピークの面積は約3.5倍大きくなった。また、HDPEの低分子化合物のピークについ

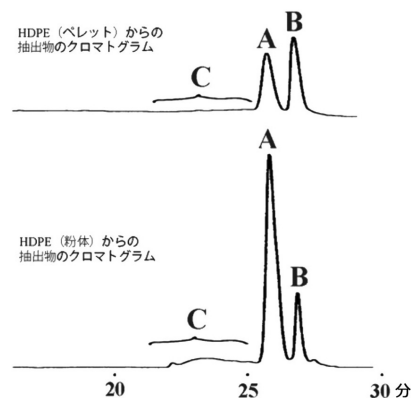


図3 HDPE中の高分子添加剤のGPCクロマトグラム
A: 抗酸化剤, B: 滑剤, C: HDPEの低分子化合物。

ても同様の傾向が見られた。

このように、プラスチック試料を粉碎すれば抗酸化剤などの高分子添加剤などの抽出率の向上が確認された。

3.2 IR分析への適用

加硫ゴムのIR(赤外吸収)スペクトルを得るには、全反射赤外法(ATR法)が一般的であるが、この方法は、試料形状が平滑であることや反射板の面積に相当する試料量が必要である。

加硫ゴムを固体粉末試料の標準的測定法である臭化カリウム法(KBr錠剤法)でIRスペクトルを得る分析法について検討を行った。

エチレングリコールを含有した加硫ゴムでNR(天然ゴム)-SBR(スチレン-ブタジエンゴム共重合体ゴム)1 mgに対して150℃で30分間乾燥させたKBr(1000, 650, 500及び300 mg)を混合し、それぞれJFC-400型の試料容器に入れ、標準の粉碎条件で粉碎を行った。試料容器から粉碎物を取りだすと吸湿するためドライヤーで水分を除去した後、直径5 mmに錠剤化して透過法による赤外吸収スペクトル測定を行った。

KBrの量が1000 mgから調製したディスクでは、加硫ゴムの濃度が薄くなり吸収が弱すぎて加硫ゴムの同定が困難であった。

KBrを500~650 mg加えて調製したディスクでは、図4に示したように良好なIRスペクトルを得ることができた。また、KBrの量が300 mgのものでは、カーボンブラックが多量に存在したため800 cm⁻¹以上の波数の光はほとんど透過せず測定困難であった。

NRの特性吸収である885 cm⁻¹、1370 cm⁻¹及び1640 cm⁻¹同様にSBRの962 cm⁻¹エチレングリコールの3420 cm⁻¹などが観察された。

加硫ゴムとKBrとを同時に低温下で粉碎すると、加硫ゴムがKBr中に効率的に分散したため、透過法によるIR測定が可能になったと考えられる。

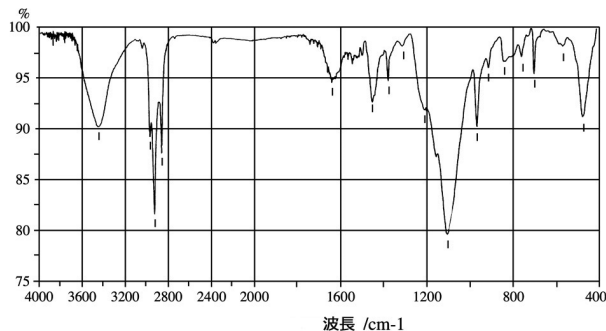


図4 加硫 NR-SBR ゴムの透過 IR スペクトル

3.3 熱分解同時メチル化-GC/MS 分析 (Py・Me-GC/MS) への適用

Py・Me-GC/MS は、プラスチック試料にメチル化剤を添加し、400~600℃で熱分解して得られた生成物を GC/MS で測定する方法であり、熱分解生成物にカルボキシル基や水酸基が含まれているとそれらの高極性化合物が瞬時にメチル化されるので対象性の良いピークが得られ高感度検出が可能で理解しやすいクロマトグラムが得られる。

メチル化剤としては水酸化テトラメチルアンモニウムが使用される。これを疎水性ポリマーに添加した場合、お互いにはじかれて均一に分散しないため、メチル化されたピークとメチル化されないピークが混在し再現性のあるパイログラムが得られないことがある。

例えば、セラニーズ製の Vectra 繊維の場合、図5 (A) に示すようにナイフ切断の場合はメチル化されずにメトオキシベンゼンやフェノールが検出 (A) されているのに対して、200 μm に粉砕した図5 (B) では Vectra の

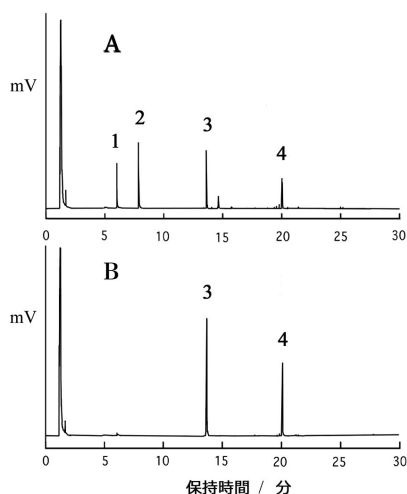


図5 熱分解同時メチル化法による Vectra のクロマトグラム (A) : Vectra 繊維をナイフ切断し、熱分解同時メチル化。 (B) : Vectra 繊維を約 200 μm に粉砕、熱分解同時メチル化。 1 : メトオキシベンゼン ; 2 : フェノール ; 3 : *p*-メトキシ安息香酸メチル ; 4 : 2-メトキシ-6-ナフトエ酸メチル

構造を反映する *p*-メトキシ安息香酸メチル及び2-メトキシ-6-ナフトエ酸メチルピークだけが検出されている。

3.4 発生ガス (VOC) 分析への適用

ペレットからの発生ガスは、時間とともに減少してゆくが、ペレットの内部に存在するガスは閉じ込められているため減少しない。このようなペレットを成形加工すると、加工後になってやっと異臭がするなどの事例が見られる。

この分析に供した試料は、未粉砕の HDPE ペレットと粉砕した約 100 μm の粉末をそれぞれ 0.1 g をバージアンドトラップ (P&T) 装置 (試料管温度 : 120℃ 10 分間加熱, 吸着管 : Tenax TA 脱着温度 : 280℃) にセットして発生ガスの GC/MS 分析を行った。ペレットのまま (未処理) P&T-GC 分析を行った時のクロマトグラムを図6 (A) に、粉砕した後熱抽出して得られたクロマトグラムを図6 (B) に示す。

両者のクロマトグラムに共通するピークで強く検出されているピークは、デカン、ドデカン、テトラデカン、ヘキサデカン及びオクタデカンである。これらの化合物は炭素数が偶数であることから、重合反応中何らかの理由によって重合反応が停止してプラスチック中に残存していたものが発生ガスとして検出されたものである。

ペレットから得られたクロマトグラム図6 (A) とそれを粉砕した場合のクロマトグラム図6 (B) 上の偶数炭素ピークの総和を比較すると、粉砕することによって約 2.6 倍ピーク面積が増加していることが判明した。

ここで重要なことは、未粉砕のペレットから得られたクロマトグラム (A) とそれを粉砕した場合のクロマトグラム (B) を比較すると、(B) ではウンデカン (a)

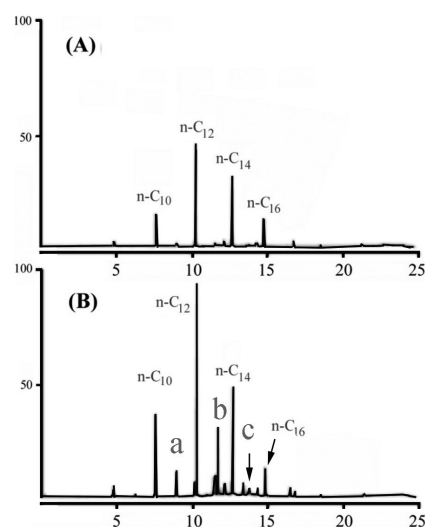


図6 HDPE から得られた VOC クロマトグラム (A) : ペレットから得られたクロマトグラム ; (B) : ペレットを粉砕して得られたクロマトグラム。 a : n-C11 ; b : n-C13 ; c : n-C15。

トリデカン (b) 及びペンタデカン (c) などの奇数の炭素数を有する脂肪族炭化水素が検出されているのに対して、(A) ではそれらのピークはほとんど検出されていないことである。

このことは冷凍粉碎時に長鎖のポリエチレンが機械的に切断されて炭素数一つおきの直鎖の脂肪族炭化水素が発生したもののうち、奇数のものだけがクロマトグラム上に明瞭に検出されたものと推定される。

4 メカノケミカル反応 (MCR) 装置への適用

前項の発生ガス (VOC) 分析への適用で述べたように、冷凍粉碎時の HDPE から低分子の脂肪族炭化水素が機械的に切断された際に発生すると思われるラジカルを有機合成に利用できないものかと考え、Kubota らの論文⁴⁾を参考にして、図7に示す MCR 装置 JMC-100 型

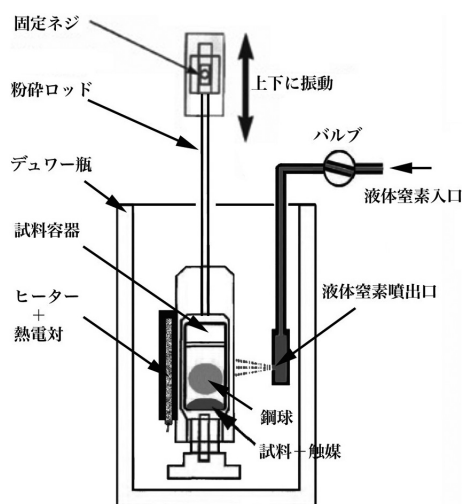


図7 開発したメカノケミカル反応装置の概略図

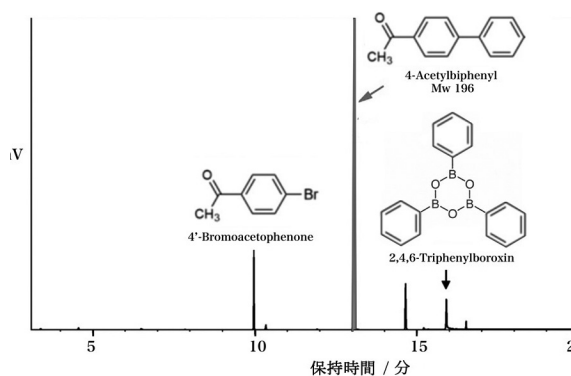


図8 MCRで得られた化合物のGCクロマトグラム

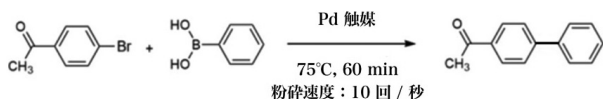


図9 MCRを用いた合成反応

を開発した。

JMC-100 型の構造は、図1に示す冷凍粉碎機の構造を基本として、試料容器温度が -100°C から $+100^{\circ}\text{C}$ に設定できるように液体窒素の噴出口及びヒーターと熱電対が追加されたものである。

試料、触媒及び鋼球を収納した試料容器は粉碎ロッドを上下振動させることで試料分子を機械的に切断/攪拌しながら MCR が促進される。

著者らは、Kubota らの報告⁴⁾に倣い鈴木-宮浦クロスカップリング反応の実験を試みた。

実験に使用した試薬として 4'-プロモアセトフェノン及びフェニルボロン酸、触媒としてはパラジウム触媒を試料容器に入れ、 75°C で加熱しながら容器内に設置した鋼球を1秒間に10回上下運動させて反応を促進させ、試料容器から取り出した反応生成物 $1\mu\text{L}$ をそのまま GC/MS (DB-5ms \times 30 m) に注入して得られた GC クロマトグラムを図8に示す。

保持時間 12.9 分にクロスカップリング反応によってできた 4-Acetylbiphenyl が認められ鈴木-宮浦クロスカップリング反応が起きたことが確認された。

本実験の反応式を要約すると次のとおりである (図9)。

4 おわりに

一度に 3 g 程度のプラスチックが粉碎できる冷凍粉碎機 JFC-300 型を 27 年前に開発・上市した。その当時のものは運転時の騒音に悩まされたが、その後、静音化が進み、普通の会話時の騒音とされる 60 dB 以下の 56 dB まで低下している、また、粉碎処理量も一度に 50 g が粉碎できる冷凍粉碎機 (JFC-5000 型) が製造されている。

本稿では省略したが、法規制分野ではサーキットボードそのものを粉碎して、蛍光 X 線装置を使って塩素量を測定することで RoHS/ELV 規制のスクリーニング手法の分野で使われている。

また最近になって、廃プラスチックや古紙を原料とした再生燃料 RDF に含まれる塩素の量を計測することでボイラーの劣化防止とか、再生燃料そのものの評価での分野での展開が望まれる。

文 献

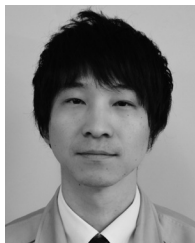
- 1) 八嶋 博: ぶんせき (Bunseki) **1993**, 852.
- 2) 佐藤信之: ぶんせき (Bunseki) **2021**, 192.
- 3) 六車 進, 大栗直毅, 原島直人, 内野滋巳, 木地實夫: 分析化学 (Bunseki Kagaku) **48**, 699 (1999).
- 4) K. Kubota, K. Kondo, T. Seo, M. Jin, H. Ito.: RSC Adv., **13**, 28652 (2023).



大栗 直毅 (OGURI Naoki)
日本分析工業株式会社 (〒190-1213 東京都西多摩郡瑞穂町武蔵 208 番地). 高知大学文理学部理学科. 工学博士. 《現在の研究テーマ》クロマトグラフィーによる高分子分析と疎水性化合物の GPC 分離. 《主な著書》“熱分解ガスクロマトグラフィー入門”. (技法堂出版).
E-mail : n-oguri@jai.co.jp



小熊 努 (OGUMA Tsutomu)
日本分析工業株式会社分析研究室 (〒190-1213 東京都西多摩郡瑞穂町武蔵 208 番地). 日本大学生物資源科学部海洋生物資源科学科. 《現在の研究テーマ》ガスクロマトグラフの開発と応用研究. 《趣味》ツーリング, ウォーキング.
E-mail : oguma@jai.co.jp



柄澤 孝憲 (KARASAWA Takanori)
日本分析工業株式会社分析研究室 (〒190-1213 東京都西多摩郡瑞穂町武蔵 208 番地). 日本大学大学院総合基礎科学研究科修士課程終了. 理学修士. 《現在の研究テーマ》分取液体クロマトグラフの開発と応用研究. 《趣味》サッカー, 読書.
E-mail : karasawa@jai.co.jp



大島 岳久 (OSHIMA Takeshi)
日本分析工業株式会社技術部 GC 開発課 (〒190-1213 東京都西多摩郡瑞穂町武蔵 208 番地). 早稲田大学人間科学部. 《現在の研究テーマ》冷凍粉碎機とアウトガス捕集装置の開発.
E-mail : oshima@jai.co.jp

会社ホームページ URL :

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

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]

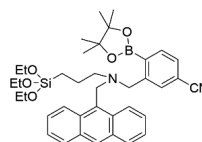


図2 KT-2の構造

●——— 水と反応する分子を用いた水分分析技術

有機溶媒や原油中の水分分析にはカールフィッシャー (KF) 滴定法が汎用されている。これは、KF 試薬に含まれるヨウ素と水の反応を利用しており、数 mg/kg から水分を測定可能である。一方で、KF 滴定法とは異なる原理で水と反応する分子を用いた水分分析技術に関しても報告されている。本稿ではその一部を紹介する。

Zheng らは、KF 反応の妨害物質となる硫黄含有物質などを含む原油中水分の測定に温度滴定法を利用する方法を報告している。この方法は、まず試料を溶解する有機溶剤と触媒を滴定容器に加え、その容器に試料を注入し攪拌したのち triethyl orthoformate を加え滴定する。本法は triethyl orthoformate と水との吸熱反応 (図1) を利用しており、滴定剤の容量と温度変化を測定し、吸熱反応の終点を検出することで水分を定量する。また周囲の湿度変化による影響を防ぐため、試料と既知量の水分を交互に測定することで水分回収率を補正し、原油中に 50 mg/kg から 20000 mg/kg の濃度で含まれる水分の測定に成功した。さらに軽質原油および重油の標準物質の水分測定結果は、油中の水分をはかるための改良が加えられた KF 滴定法などその他の測定法よりも相対標準偏差が小さかった¹⁾。以上のように、原油中の水分測定に温度滴定法を採用することで正確性と再現性が向上した。

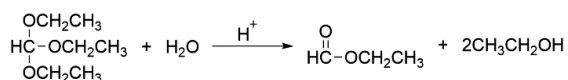


図1 triethyl orthoformate と水の反応

Tao らは、光誘起電子移動 (PET) 型蛍光センサーにより有機溶媒中の水分を検出・定量する方法を報告している。まず、アミノ基に 3-(triethoxysilyl)propyl 基を導入した anthracene fluorophore-(aminomethyl)-4-cyanophenylboronic acid pinacol ester (AminoMeCNPhenyl BPin) からなる蛍光モノマー KT-2 を合成した (図2)。KT-2 のアミノ基の窒素原子がプロトンまたは水分子と強く相互作用し PET 不活性になると、蛍光強度が大きくなるため水分を定量することができる。低極性、極性、プロトン性、非プロトン性溶媒中の水分測定において、定量下限は溶媒の種類により異なるがおおむね 500 mg/kg 程度であった。また、繰り返し使用可能な機能性色素材料の開発を目指して、KT-2 をガラス基板にコーティングした。水分への暴露と乾燥を繰り返し、それぞれにおける蛍光スペクトルを測定した結果、水分暴露により蛍光強度が増大し、乾燥により減少する可逆性が明らかとなった²⁾。以上のように、水分を簡便に識別可能な蛍光分子をガラス基板に固定化することで可逆性・耐久性が付与されたことから、応用利用の可能性が広がった。

上記のような温度滴定や蛍光分子センサーなど KF 滴定法とは異なる原理の水分分析技術の研究が進むことで、水分測定法の選択肢が広がることが期待される。

- 1) H. Zheng, X. Song, H. Wang, Y. Kou, J. Li : *Anal. Bioanal. Chem.*, **417**, 2997 (2025).
- 2) K. Tao, K. Imato, Y. Ooyama : *Sens. Diagn.*, **3**, 631 (2024).

[産業技術総合研究所 木原 真穂]

●——— XPS における帯電補正基準物質である 外来炭素の特定と基準改善

X 線光電子分光法 (XPS) は X 線を試料表面に照射し、放出される光電子を測定することによって、その表面の元素組成や化学結合状態を分析する手法である。絶縁性の材料ではその表面が帯電し、しばしば光電子スペクトルがエネルギーシフトする。この場合、ピーク補正が行われる。補正法の中で、外来炭素 (試料表面付着炭素, AdC)、つまり、空気中などに存在する有機物由来の C1s を利用した補正が一般的であり、この C1s の結合エネルギーは 284.8 eV とされている。

Grey らは最近、この AdC について興味深い研究を行った¹⁾。彼らは様々な材料 (チタン、酸化アルミニウム粉末、鉄粉等) の空気暴露サンプルに対し、XPS および飛行時間型二次イオン質量分析法 (ToF-SIMS) 測定を行った結果、AdC は本質的に脂肪族 (C-C/C-H) であり、また炭素原子の約 25 % が酸素原子と結合していると報告した。彼らは表面に付着している化合物の炭素数や構造を、有機物の蒸気圧やこれまでに蓄積された XPS データから合理的に絞り込んでいった。

Grey らは、AdC 由来の XPS スペクトルのカーブフィッティングには C-C/C-H, C=O, C=O, O-C=O という主な 4 種に加え、 β シフト炭素の影響を考慮した。結果として、脂肪族 C1s の結合エネルギーは平均して 284.81 eV であるとわかった。80 種の AdC 由来の C1s の XPS スペクトルを AdC 由来の平均 C1s ピークの算出に使用し、有機化合物の C1s スペクトルの結合エネルギー評価に非常に有用である。

ToF-SIMS の結果に対し主成分分析を行ったところ、AdC サンプルに多くの類似点が確認された。つまり、様々な表面に吸着した AdC 由来の C1s 間に若干の違いはあるものの、大きな差違はほとんど認められず、AdC の化学的性質はサンプル間でほぼ同様であることが示された。

これらの結果から、AdC 由来の C1s のピークを 284.8 eV に補正するのではなく、脂肪族炭素 C-C/C-H のピーク値を 284.81 eV と帯電補正することが妥当であるとまとめている。これは XPS 測定における非常に有用な補正法と思われるので参考にしていただきたい。

- 1) L. H. Grey, H.-Y. Nie, M. C. Biesinger : *Appl. Surf. Sci.*, **653**, 159319 (2024).

[福井大学工学部 石松 亮一]



質量分析と共に

元東京大学・現日本電子㈱の佐藤宗太さんからバトンを引き継ぎました、(株)プレッパーズの高橋豊と申します。佐藤宗太さんとは、数年前の学会関係のイベントで研究室を訪問した時が初対面で、その後も学会や展示会などで何度もお会いして、親しくさせて頂いています。いつも短パンにTシャツでいらしたのが印象的でした。最近では、日本電子のMSユーザーズミーティングでお会いしました。流石に短パンにTシャツ姿ではありませんでしたが(笑)。

さて、私は約40年間質量分析(MS)にかかわる仕事をしています。MSとの最初の出会いは、群馬工業高等専門学校の卒業研究でした。田島進先生にご指導頂き、1年間だけでしたが、MSの基礎、特にマススペクトルの解析についてしっかり学ぶ機会を得ました。当時田島研で使っていた装置は完全アナログで、マススペクトルの記録はペンレコーダーでした。新品の装置を買うお金も、修理を依頼するお金もなかったため、企業で使わなくなった古い装置を貰い受けて組み立て、故障したら修理、すべて自分達で行いました。当然ですが、装置の原理には詳しくなりましたね。今となっては良い、そしてとても貴重な思い出です。

当時の高専は5年制だった(今ではその上を選択可能)ので、卒業後は群馬大学の3年生に編入しました。実はMS歴約40年の中で、大学3年の1年間だけ、MSにかかわらない時期がありました。4年生になって卒業研究は有機合成の研究室(永井研)に入りましたが、ここで再度MSにかかわることになりました。教授と研究テーマを決める面談で、高専でMSを勉強したことを伝えたら、「ここに二重収束の装置があるから、MSを続けてやってみなさい」ってことになり、研究室で合成された化合物のマススペクトルやB/E一定リンク走査スペクトルを測定しまくり、フラグメンテーションの解析を行いました。水素転位に関与する部位を特定するために、D体の合成を行うこともありました。

修士までマススペクトルの解析に明け暮れた後、使っていた装置が日本電子製だったことで、日本電子に入社しました。高専で使っていた装置が完全アナログだったことに比べ、大学で使っていた日本電子の装置はコンピューターコントロールでデジタル化が進んでおり、高い技術をもつ会社でMSにかかわる仕事をしたいと思いました。

この頃から、MSが生涯の仕事になると、何となく思いはじめました。

日本電子ではLC/MSに関する様々な業務を担当しました。アプリケーション開発、営業支援のためのデモ測定、ソフト開発サポート、など。そして、NEDOのプロジェクトに参加して、4年間ほど外部機関に出向したこともありました。

高専でMSを始めてから日本電子に20年務める間に、質量分析計には大きな変遷がありました。性能や操作性は飛躍的に向上し、誰でも簡単に使えるようにはなってきました。しかし、MS自体は奥の深い学問であり、LC/MSの条件検討やマススペクトル解析には豊富な経験が必要です。日本電子に居た時には、ユーザーさんが抱えている問題に対して相談にのり、時には現場に出向いて技術指導をする事がありました。しかし、メーカーにいるとその様な技術的なサポートを出来るのは自社のユーザーさんだけです。

会社に関係なくエンドユーザーさんのフォローが出来たら、そんな思いから2010年の6月、20年務めた日本電子を退職してエムエス・ソリューションズを単身設立しました。その後、多くの大学や企業に対して、主にLC/MSの技術指導やコンサルティングを実施してきました。そんな中、浜松医科大学の瀬藤光利教授の仕事を手伝ったことがきっかけで、浜松医科大学発ベンチャーのプレッパーズと一緒に設立し、二つの会社で代表取締役を兼務することになりました。更に現在では、瀬藤教授のラボで非常勤研究員としても仕事をしています。

普通の会社務めをしていればもう直ぐ定年になる歳ですが、測定やマススペクトルの解析など、まだまだ現役で仕事をしています。やればやるほど面白くて難しい質量分析、これからも楽しく続けて行きたいと思います。

今回は、古巣日本電子の後輩佐藤貴弥さんをお願いしました。佐藤貴弥さんとは一緒に仕事をしていた時期がありますが、彼は物理系で私は化学系、色々刺激を貰うこともありました。そして、佐藤貴弥さんに次をお願いした時、前の佐藤宗太さんは日本電子に移ることが決まっていなかった(私は知らなかった)ので、図らずも、日本電子の2人の佐藤さんの間に入ることになりました。

[エムエス・ソリューションズ(株)/

(株)プレッパーズ/浜松医科大学 高橋 豊]

受賞者名：藤井 蓮唯羅

受賞論文題名：フランドル地方の中世装飾写本の微小部蛍光 X 線元素イメージング

掲載ページ：「分析化学」第 74 巻第 4・5 号, 183-191 ページ



藤井 蓮唯羅^{*1}, 西 偉真¹, 松山 嗣史¹, Koen JANSSENS², 辻 幸一¹

(¹大阪公立大学工学研究科, ²University of Antwerp)

「分析化学」編集委員会では、「分析化学」誌の初執筆論文特集に掲載された論文の中から、最も優れていると認められる論文の筆頭著者に、編集委員長名で「分析化学」初執筆論文賞を授与しています。本年度は多くの優れた論文の中から受賞論文 2 編を選考しました。その受賞者として、藤井蓮唯羅君が選定されましたので、お知らせいたします。

【選定理由】

微小部蛍光 X 線分析法 (M-XRF) は、試料に含まれる元素情報を非破壊で取得できる蛍光 X 線分析法の一種であり、集光素子を用いて微小領域を分析することで二次元の元素分布像を得ることができる手法である。文化財試料のように試料採取が困難で保存性が強く求められる対象に対して、顔料や素材の推定を行う上で有効であり、保存・修復研究の分野で広く応用されている。

本論文では、フランドル地方の中世装飾写本という歴史的価値の高い文化財を対象として、M-XRF による元素イメージングを行い、装飾部位および文字部に含まれる元素分布を詳細に可視化した。羊皮紙基材に由来する Ca に加え、金装飾に由来する Au、白色顔料に由来する Pb、青色顔料に由来する Cu、橙色文字に由来する Hg などの特徴的要素を検出し、得られた元素分布像に基づいて使用顔料の推定を行った点は、中世写本の作製プロセスの理解に重要な知見を与える成果である。

さらに著者らは、共焦点微小部蛍光 X 線分析法 (CM-XRF) を装飾写本試料に適用し、深さ方向の元素分布情報を取得した。CM-XRF は、X 線管および検出器の双方にポリキャピラリー光学素子を搭載し、励起側と検出側の焦点が一致する共焦点領域からの蛍光 X 線のみを選択的に検出することで、試料内部の特定深さに由来する情報を得ることが可能な手法である。これにより、従来の表面元素分析にとどまらず、文化財試料の層構造や顔料の重なり方を非破壊で評価できる点に特徴がある。

本研究では、金装飾部に対する Au, Fe, Ca の深さ方向ラインプロファイルを取得し、Au が最表面に存在する一方で、Fe が表面装飾と裏面文字の双方に由来する

可能性を示した。また、Au と Fe のピーク位置の差から装飾層厚さを推察し、金装飾が鉄を含むインク文字の上から施された可能性を議論した点は、非破壊分析から制作技法の理解に迫る成果として評価できる。

以上のように、本研究は M-XRF による二次元元素分析に加え、CM-XRF による深さ方向情報を組み合わせることで、中世装飾写本に対するより詳細な材料・構造解析を可能とした。貴重な文化財に対する非破壊分析の有効な適用例を示すとともに、今後は他の絵画・写本資料への展開も期待される。保存・修復や復元研究への応用も含め、文化財科学分野に寄与する成果である。

以上の理由により、本論文を 2025 年「分析化学」初執筆論文賞受賞論文に値するものと認め、選定した。

〔「分析化学」初執筆論文賞選考委員会〕

【受賞者のコメント】

このたびは、「分析化学」初執筆論文賞にご選定いただき、誠にありがとうございます。初めての論文執筆であり、研究成果を論文としてまとめる過程では多くの試行錯誤がありましたが、このような榮譽ある賞をいただき大変光栄に存じます。また、本論文の掲載ならびに審査に際しご尽力いただきました編集委員会ならびに関係者の皆様に深く感謝申し上げます。さらに、研究の遂行にあたり終始ご指導くださいました辻幸一教授、Koen JANSSENS 教授、松山嗣史助教（現 岐阜大学）に心より御礼申し上げます。

本研究では、中世装飾写本を対象に微小部および共焦点蛍光 X 線分析を適用し、非破壊で元素分布と層構造に関する知見を得ました。文化財という貴重な試料から新たな情報を引き出したことは大きな喜びであり、測定結果が明瞭に得られた際には分析化学の面白さと研究のやりがいを実感しました。この受賞を励みに、今後も一層精進してまいります。

受賞者名：川並 園実

受賞論文題名：赤外分光と量子化学計算による鉄鉱石中リン吸着
ゲージサイトの化学構造解析

掲載ページ：「分析化学」第 74 巻第 10・11 号，653-663 ページ



川並 園実*¹，村尾 玲子¹，松崎 洋市¹

(¹日本製鉄株式会社技術開発本部先端技術研究所)

「分析化学」編集委員会では、「分析化学」誌の初執筆論文特集に掲載された論文の中から、最も優れていると認められる論文の筆頭著者に、編集委員長名で「分析化学」初執筆論文賞を授与しています。本年度は多くの優れた論文の中から受賞論文 2 編を選考しました。その受賞者として、川並園実君が選定されましたので、お知らせいたします。

【選定理由】

豪州産鉄鉱石は 2030 年以降にリン (P) 濃度の上昇が予測され、これに伴い操業上の課題が懸念されている。一方で、豪州には P 濃度も鉄 (Fe) 濃度も高い未開発資源が残されており、鉄鉱石を海外からの輸入に依存する我が国では、現行の操業工程へ脱 P プロセスを導入し、これら未利用資源の活用を進めることが急務である。

豪州産鉄鉱石における P の存在状態は、地質学的成因から、その大部分がゲージサイトに吸着したリン酸イオン (リン吸着ゲージサイト、P 吸着 α -FeOOH) であることが知られているが、具体的な化学構造に関しては報告例がなかった。

著者らは、豪州産鉄鉱石に存在する P 吸着 α -FeOOH の化学構造を解析する方法として、迅速かつ高感度分析が可能で、かつ固体表面の分析や吸着質の観察に有効な赤外分光 (IR) に着目し、リン酸イオンに由来する微弱な IR ピークを観察するための測定技法として、顕微 IR を採用した。さらに、既往研究において P 吸着 α -FeOOH の化学構造に関して統一見解が得られていなかったこと等を踏まえ、IR スペクトルを解析するための量子化学計算を実施した。

量子化学計算による P 吸着 α -FeOOH のモデル計算に当たっては、 α -FeOOH に対するリン酸イオンの吸着構造や α -FeOOH の表面電荷といった、ピーク波数に影響を及ぼす可能性がある条件をすべて考慮して P 吸着 α -FeOOH の初期構造を作成し、計算を実施した。得られた計算結果をもとに、豪州産鉄鉱石 2 種に存在する P 吸着 α -FeOOH の IR スペクトルを解析した結果、鉄鉱

石に含まれる P 吸着 α -FeOOH の化学構造は、単座配位の $\text{FePO}_2(\text{OH})_2$ と FePO_3OH とで説明でき、その存在比率が鉄石銘柄ごとに異なることを明らかにした。リン酸溶液に浸漬して作成した固体の P 吸着 α -FeOOH の化学構造が溶液の pH によって異なったことから、2 種の鉄鉱石は生成条件が異なると推測した。2 種の鉄鉱石から生成条件が異なる 2 次リン酸塩鉱物が観測されたことから、考察を裏付けられる。

このように、IR と量子化学計算を活用して鉄鉱石に含まれる P 吸着 α -FeOOH の化学構造を特定することによりその化学構造に基づいた鉄鉱石の成因の推測が期待できる。これらの情報は、脱 P 条件の最適化や操業に有用な鉄鉱石の選別に有益な情報であり、取得した情報の活用により未開発資源の利用拡大が期待される。

以上に示すように、本論文は該当分野および分析化学における重要な知見を示しており、2025 年「分析化学」初執筆論文賞に値するものと認め、選定した。

〔「分析化学」初執筆論文賞選考委員会〕

【受賞者のコメント】

この度は「分析化学」初執筆論文賞に選定していただき、編集委員を始めとする関係者の皆様に厚く御礼申し上げます。今回の受賞に当たり、熱心にご指導ならびにご助言をいただきました村尾玲子氏、および松崎洋市氏に心より御礼申し上げます。また、本研究の成果は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) の助成事業により得られたもので、研究を進めるに当たり、NEDO プロジェクトを通してご指導いただきました関係者の皆様に感謝申し上げます。

本研究では、量子化学計算に関する技術の習得と、およそ 100 種類程度の、初期モデルの計算を行う点において苦労しました。しかし、納得のいく解析ができ、かつ、観測された二次リン酸塩鉱物の種類によって考察の妥当性を裏付けることができたことに達成感を覚えました。本研究で得られた経験を生かして、今後も分析化学の発展に少しでも貢献できるよう、日々精進してまいります。

受賞論文題名：硫黄安定同位体比を用いる緑茶葉産地判別

掲載ページ：「分析化学」第74巻第3号，99-104ページ



村上 由佳*¹，水田 麻美¹，鳥羽 真由子¹

(¹サントリーホールディングス株式会社グループ品質本部安全性科学センター)

「分析化学」編集委員会では、「分析化学」誌に掲載された論文の中から、独創性があり、実用的にも優れた分析技術や測定機器、並びに科学技術や産業の発展に貢献すると認められる論文の著者全員に、編集委員長名で「分析化学」産業技術論文賞を授与することにしてあります。本年度は多くの優れた論文の中から受賞論文として、上記の論文が選定されましたので、お知らせいたします。

【選定理由】

食品の産地偽装への対策として、信頼性の高い産地判別技術の確立が強く求められている。茶葉を対象とした産地判別においても、無機元素分析をはじめとする多様な手法が開発されてきたが、単一の分析手法のみで高精度な判別を達成することは必ずしも容易ではない。

本論文は、植物の生育環境を反映する安定同位体比を用いた判別技術に注目し、複数年の茶葉の軽元素安定同位体比分析結果から日本産および中国産の産地判別の可能性を検討したものである。元素分析計/同位体比質量分析計 (EA/IRMS) を用いて、炭素、窒素および硫黄安定同位体比を測定し、特に含有量が低く測定が難しい硫黄については、吸脱着カラムを用いた測定条件の最適化により感度及び再現性の向上を達成している。また、茶葉中含有量の高い炭素や窒素についてはヘリウム希釈を用いることにより三元素の同時分析を実施し、実用性の高い分析プロトコルを確立した点は評価に値する。

2020～2022年日本産及び中国産緑茶葉110点を対象に炭素、窒素及び硫黄安定同位体比を測定した結果、特に硫黄安定同位体比は、日本産緑茶葉が中国産緑茶葉より有意に低い値を示し、複数年で同様の傾向が得られることを明らかにした。この差異は、日本と中国における使用燃料の違いなど、環境中の硫黄安定同位体比の差を反映している可能性が示唆される。さらに、線形判別分析とマハラノビス距離による判別を試みた結果、いずれの手法においても比較的高精度で判別可能であり、硫黄安定同位体比単独でも十分な判別能力を有することを示した。検証用に市販茶葉5点について判定したところ、

表示産地と一致する判定結果が得られ、硫黄安定同位体比の産地判別技術における有用性が確認された。

以上のように、本論文は硫黄安定同位体比の有効性を明確に実証するとともに、簡便な前処理と高い再現性を両立した実用的分析手法を提示した点で、食品分野における産地判別技術の発展に大きく貢献する成果である。

以上の理由により、本論文を2025年「分析化学」産業技術論文賞の受賞論文に値するものと認め、選定した。

〔「分析化学」産業技術論文賞選考委員会〕

【代表者のコメント】

この度は「分析化学」産業技術論文賞に選定いただき、誠にありがとうございます。編集委員会の先生方をはじめとする関係各位に対し、著者一同、厚く御礼申し上げます。

食品の産地偽装は、社会的信頼にかかわる重要な課題であり、抑止力となる産地判別技術の開発が求められています。食品企業の品質保証業務に携わる者として、今後も技術開発に積極的に取り組み、分析化学の発展に少しでも貢献できればと考えております。

受賞論文題名：地熱発電所の環境アセスメントに適した硫化水素 小型連続測定器の開発

掲載ページ：「分析化学」第74巻第7・8号，381-386 ページ



岡田 真秀^{*1}，土屋 郷¹，青木 一樹¹，笹川 成章²，高橋 知広³，有本 雄美³，
高木 幸二郎³，大井 悦史³，大平 慎一⁴，河本 行広⁴，小野 浩己⁵，戸田 敬^{**4}

(¹東北緑化環境保全株式会社 事業本部環境調査部，²東北緑化環境保全株式会社 事業本部測定分析部，

³株式会社ガステック，⁴熊本大学大学院先端科学研究部（理学系），⁵一般財団法人電力中央研究所)

「分析化学」編集委員会では、「分析化学」誌に掲載された論文の中から、独創性があり、実用的にも優れた分析技術や測定機器、並びに科学技術や産業の発展に貢献すると認められる論文の著者全員に、編集委員長名で「分析化学」産業技術論文賞を授与することにしています。本年度は多くの優れた論文の中から受賞論文として、上記の論文が選定されましたので、お知らせいたします。

【選定理由】

地熱発電は二酸化炭素の排出量が少なくかつ天候や時間帯に発電量が左右されないベースロード電源として貴重な電力源である。世界の中でも、米国・インドネシア・日本は地熱の資源に恵まれた三か国として知られている。しかし、日本での地熱発電量は世界第10位と、十分に資源が生かされていない。地熱発電を拡充するための施策が進められているが、環境アセスメントが発電施設建設の入り口となる。これまでは1時間大気を吸収液に通して捕集した硫化水素を実験室に持ち帰って比色分析を行っていた。本論文は、現場で連続分析を行いリモートでデータを得る分析装置の開発に関するもので、これまでに比べると分析にかかるコストを大幅に低減するとともに、得られるデータの質と量を格段に向上した。

大気中の硫化水素の検出には定電位電解型の電気化学センサが用いられている。従来の電気化学センサは ppm オーダーを対象にしていたが、ベースラインと応答シグナルを交互に得る機構や二酸化硫黄による妨害を受けない仕組みを組み入れ 0.01 ppm (10 ppb) 程度の定量下限を得ることに成功した。開発した測定器について3台の試験機を用い、測定値の再現性、検出限界、検量線の直線性など詳細に性能評価がなされている。低消費電力化もはかり、山奥での連続測定も可能にした。本測定器は通常の装置のような実験室ではなく、屋外で用いられる。したがってより過酷な条件での使用が想定さ

れる。現場での使用を想定して温度影響や湿度影響についても性能評価がなされており、冬の北海道・東北や夏の九州などでも、実際の使用に耐えうる性能を持つことが示されている。最後に、現場における手分析の公定法との同時分析結果が示されている。手間のかかる公定法の分析を数多くこなしてデータを蓄積し、本装置の性能や信頼性を示している。このように、本論文は地熱発電の拡充に必須な環境アセスメントを進めるうえで有効な分析装置の開発とその性能評価についてまとめている。この一年、硫化水素に関するニュースが多くみられたが、本装置は地熱発電だけでなく様々な用途で用いられることが期待される。

以上の理由により、本論文を2025年「分析化学」産業技術論文賞受賞論文に値するものと認め、選定した。

〔「分析化学」産業技術論文賞選考委員会〕

【代表著者のコメント】

この度は「分析化学」産業技術論文賞に選定いただき、誠にありがとうございます。編集委員会の先生方をはじめとする関係各位に対し、著者一同、厚く御礼申し上げます。地熱発電の環境アセスメントにかかわる者として、測定器の開発に携わる株式会社ガステック、硫化水素濃度面分布のシミュレーションを担った電力中央研究所、分析装置の評価を実施した熊本大学とともに NEDO プロジェクトの成果をこのようにまとめることができました。これからも開発した測定器の普及や実地での分析を通して地熱発電の拡充に貢献していきたいと思っております。



談 話 室

基本を学んで基礎を大切に

特定工場においては操業規模に応じて公害防止管理者資格を有する者を任命する必要がある。私は縁あって、一般社団法人産業環境管理協会が主催する受験講習会講師を担当している。講習会で使用するテキストには、イオン交換反応に関する項目がある。その際、私が卒業論文研究（愛媛大学工学部資源化学科野崎研究室）で扱ったイオン交換水製造装置の話を紹介している。

たとえば、イオン交換水が必要である場合、現在では、業者からイオン交換水採取用カートリッジを購入し、水道の蛇口につなげば簡単にイオン交換水が作られる。しかし、私の時代はそうではなかった。当時はイオン交換樹脂が高価であったため、使用済みのイオン交換樹脂を薬品再生し再利用していた。製造装置中で混合された交換樹脂は、両樹脂の比重差を利用した上向流逆流洗浄法を用いることで、陽イオン交換樹脂と陰イオン交換樹脂を簡単に分離することができた。陽イオン交換樹脂は塩酸水溶液を用いてH型に、陰イオン交換樹脂は水酸化ナトリウム水溶液を用いてOH型に処理する。これらの薬品処理を終えた樹脂を再び混合状態にしたところに、水道水を通すことで、イオン交換反応によりイオン交換水を得ることができる。こうした説明を通じて、受講生には、イオン交換反応の基本原則を理解してもらうようにしている。

イオン交換反応は文字通り、交換サイトにおいて、イオン同士が入れ替わる反応である。陰イオン交換クロマトグラフィーにおける電解サプレッサーは、このイオン交換反応の概念を見事に応用している。すなわち、サプレッサーカラム内のOH⁻イオンが溶離液中の陰イオンと交換されることで、電気伝導度が低下し、その結果、分析感度の向上に寄与している。

このような事例を通して、「基本がわかっているのか、どのようなことが起こっているのか理解できる」というメッセージを受講者に伝えることができる。たとえば、環境分析の現場では、河川水や排水中のイオン成分を精密に測定する際、イオン交換技術がそのまま利用されている。また、近年ではリチウムや希土類元素の資源回収にも応用され、有機溶媒をほとんど使わないために、環境負荷の低減や資源循環に役立っている。講習会では、こうした身近な応用例を紹介すると、受講者の表情

が一気に明るくなり、化学の知識、特にイオン交換の仕組みが現実と結びつく瞬間を実感できる。

理論を覚えるだけでは、本当の理解に至らない。「なぜそうなるのか?」を自分の言葉で説明できるようになってこそ、本当の理解なのだと思う。つまり、基本がわかっているれば、どのようなことが起こっているのかを自ら考え、応用へとつなげていく力が生まれる。これからも、講習会を通じてその大切さを伝えていきたい。

〔愛媛大学大学院理工学研究科 山下 浩〕

インフォメーション

理事会だより（2025年度第6回）

2025年度第6回理事会は、2026年2月19日（木）に対面およびオンラインのハイブリッドで開催されました。前回議事録の確認の後、本部活動・組織運営（平山筆頭副会長）、学術振興（保倉副会長）、学会会合（手嶋副会長）、社会活動（吉田副会長）、会員・広報（津越副会長）、その他報告（吉澤事務局長）の順に進められました。

例年、年末頃にキャッシュフローの心配がありますが、本年度は国際交流基金からの取崩しもあり、順調に推移しているとのことでした。年会費の値上げによる収入増はこれから反映されるとの報告がありました。また、研究懇談会や支部などの各組織からあげられた計画をもとに本会の2026年度の事業計画と予算案が提案され、承認されました。改選役員と代議員ならびに支部役員も併せて提案され、承認されました。学会組織も現状に合わせて改編しました。役員等の選任手続が煩雑になっていましたので、公正性をとどめながらも手続きの簡素化を行い、それに伴う細則も改定となりました。

学術振興では、新年度の3誌の編集委員会組織が提案され、承認されました。学術論文は研究成果の一次的なアウトプットですので、各編集委員会には引き続き活発に活動を進めていただきたいです。

学会会合では、昨年9月に開催されました第74年会の終了報告・会計報告と、本年度に予定されています久留米での第86回分析化学討論会と仙台での第75年会の準備状況が、各地区の理事から紹介されました。2026年度のこれら事業でも活発な学術交流になることを期待しています。

社会活動では、女性研究者ネットワーク、産業界シンポジウム企画運営委員会、分析イノベーション交流会の活動状況が報告されました。本会と関連する異分野領域との対話と連携を進め、会員増につながることを期待しています。一方、本会の重要な事業の一つである認証標準物質について、早急に対応が必要な事案について報告がありました。本会の認証標準物質全般についての信頼性を揺るがしかねない案件でしたが、適切に対応が進められることになりました。想定外のことは時として起こりますので、本事案に限らず、執行部まで透明性高く情報が届き、執行部が即座に対応できる体制の必要性を感じました。

会長権限で関係部署と相談して進められるのがよいと思いました。

会員・広報からは会員数の動向が報告されました。すでに周知されておりましたとおり2026年から年会費の値上げとなりましたが、現在のところ大幅な会員数の減少はないとの報告がありました。また、年会費の納入状況の報告があり、新年度の開始前後であるため年会費の未納者が多数いると報告がありました。年会費の未納が続くと会員資格の喪失となりますので、会員の皆様には年会費納入をお忘れなようお願いします。また、本会のいくつかの事業について、委員の交代に際して本会の会員資格の確認が取れておらず、委員を委嘱できないケースがありました。本会の会員資格を有していることで権限を行使できますから、会員資格の有用性を実感しました。本会のさまざまな事業において重要な権限を委託することになりますので、各事業組織においては、会員資格の照会を怠らないようにお願いします。個人情報に関する取扱いは難しいものがありますが、個人情報に関する監査体制もできていますので、適切な対応をお願いします。

3月から本会の新年度も始まりました。会員の皆様におかれましては、本会の活動が継続的に発展していきますよう、本会の活動へ積極的な参画をお願いいたします。

〔中国四国支部担当理事（徳島大学）高柳 俊夫〕



九州支部だより —九州支部受賞者の報告—

日本分析化学会九州支部では、九州における分析化学の発展に多大な貢献をされた方に対して、2005年度より九州分析化学会賞を授与しています。また、例年通り、若手研究者の育成を目的として、九州分析化学奨励賞、九州分析化学ポスター賞および九州分析化学若手賞を授与しています。2025年度の各賞受賞者は以下のとおりです（敬称略）。

1. 2025年度九州分析化学会賞

2025年6月13日に行われた選考委員会および6月24日の第1回常任幹事会を経て、下記の通り大分大学の井上高教先生の受賞が決定しました。

井上 高教（大分大学理工学部 教授）

「高感度・高機能化を目指したレーザー分光分析法の開発」

2. 2025年度九州分析化学奨励賞

2025年6月13日に行われた選考委員会および6月24日の第1回常任幹事会を経て、下記2名の受賞が決定しました。

佐々木 魁斗（佐賀大学大学院理工学研究科）

（推薦者：高椋 利幸）

「機能性イオン液体を用いた遷移金属イオンの抽出」

劉 卓非（九州大学大学院生物資源環境科学府）

（推薦者：田中 充）

「グラファイトナノ材料支援LDI-MS法の確立と食品成分分析への応用に関する研究」

3. 第62回化学関連支部合同九州大会九州分析化学ポスター賞

2025年7月5日北九州国際会議場で開催された第62回化学関連支部合同九州大会において、下記4名の受賞が決定しました。

古賀 柚葵（九州大学大学院生物資源環境科学府）：グラファイトカーボンブラックをイオン化支援材として用いたバナナ（*Musa spp.*）組織中の低分子化合物の可視化

塩見 慎太郎（九州工業大学大学院情報工学府）：二種類の蛍光色素を導入したビオチンリガーゼによるタンパク質ラベル化系の開発

高木 健吾（熊本大学大学院先端科学研究部）：Staple 核酸を用いた超選択的な遺伝子機能解明ツール

吉嗣 大輝（九州大学大学院工学府）：フォトクロミックセンサーへの応用に向けた銀ナノ粒子/ニッケル化合物複合膜の検討

4. 第38回若手研究講演会および第43回夏季セミナー九州分析化学若手賞

2025年7月25日～7月26日に対面開催された第38回若手研究講演会および第43回夏季セミナーにおいて、下記7名の受賞が決定しました。

岡本 凜奈（九州大学大学院生物資源環境科学府）：アミン誘導体化-分子イオンモビリティ法による低分子ペプチドの高感度LC-MS分析

大迫 万緒（福岡大学薬学部）：三次元HPLCを用いたニホンミツバチハチミツにおける疎水性アミノ酸のキラル識別含量解析

村田 彩奈（九州工業大学大学院工学府）：Catalytic Hairpin Assemblyを用いた電気化学的miRNA検出法の開発

古賀 朗寛（九州大学大学院システム生命科学府）：「ヒト直交性酵素」に反応して細胞を染色する共有結合型基質の開発

森 萌音（熊本大学大学院先端科学研究部）：細胞膜表面タンパク質を標的とした腫瘍細胞のシグナル増幅型検出

何 魁恩（九州大学大学院理学府）：LC/CE-LIF-MS多次元分析に基づくN結合型糖鎖の超高感度プロファイリング

久保 和希（九州大学大学院薬学府）：グルタミン酸鏡像異性体の迅速三次元HPLC分析法開発と哺乳類精巣における含量解析

また、本講演会・セミナーにおいては、良質な質問を多数行い、会の活性化に寄与した学生3名に対して九州分析化学活性化賞を授与しました。

古賀 朗寛 (九州大学大学院システム生命科学府)
平川 琉偉 (九州大学大学院システム生命科学府)
伊東 玲菜 (九州大学大学院生物資源環境科学府)

[九州支部支部長 九州大学大学院農学研究院 井倉 則之]

第394回GC研究懇談会研究会見学会

実施日：2026年1月29日

実施場所：日本生活協同組合連合会 商品検査センター

今年は埼玉県戸田にある生活協同組合連合会商品検査センター(日生連)で見学会を行った。見学会当日である1月29日は快晴でよく晴れたものの、空気が冷たい1日であった。

北は北海道、南は福岡県と日本全国から30名が参加、運営委員も含め総勢35人の見学会となった。見学会に先立ち、日生連から商品検査センターの役割、作物残留農薬分析、異臭分析の紹介があった。「健康被害や危険物の混入・異味異臭などは現品を確認し、取引先への即時調査依頼、必要な検査と工場点検の実施を判断する」ということで、生協ならではの会員ファーストの検査体制が印象的であった。作物残留農薬分析では生協標準検査法を作っており、GC-MS/MSやLC-MS/MSを駆使して、2024年度実績で1000検体以上を測定していた。質疑応答でも検査体制や基準値管理の方法など活発なやり取りが交わされていた。

異臭分析では、商品検査センターの特徴として嗅覚官能検査で異臭を確認したのち、におい嗅ぎGC/MS分析を実施している。におい嗅ぎに使うGC/MSは1D/2Dシステムが導入され、ハートカットといってニオイが溶出する部分を別のカラムに導入し、より純度の高い測定を行うことで、ニオイを判定していた。このような異臭分析は迅速な対応とさまざまな経験や知識が必要とされることにあらためて驚かされた。

日生連のご講演に続き、(株)エスコの坂先生による「残留農薬分析の国内外における現状」というタイトルでご講演をいただいた。国内外で提唱されている分析方法を比較されており、原理や注意点などについても触れられていた。

最後の見学では3グループに分けられ、検査センターを見学した。検査センターでは現在50名ほどが勤務されており、講演で紹介された作物残留農薬、異臭分析のほかにも、アレルゲンの検査や放射能測定なども実施されていた。多くの参加者が驚いたのはアレルゲン検査や作物残留農薬分析で最も気を使うコンタミ防止のために、標準溶液等の調整室、前処理室、測定室が分けられていることであった。多少検査は縮小しているとのことであったが、空いた検査室を有効に活用していた。全体として、一人一人が責任を持つと同時に強いチームワークで迅速、正確な測定を実施していることが、日生連の強みであると感じた。

[麻布大学 杉田 和俊]

公開シンポジウム

「分析化学における信頼性確保のための取り組み」 開催報告

2025年9月24日(水)~26日(金)に北海道大学工学部(札幌市北区)で行われた日本分析化学会第74年会にて、化学分析技能研究懇談会と共催で公開シンポジウム「分析化学における信頼性確保のための取り組み」が開催された。公開シンポジウムのため非会員でも聴講が可能で、学会最終日の午後にもかかわらず、大学、公設試験場、計量証明事業所、分析機器メーカー、廃棄物処理業などから約80名の参加があった。

1題目は、宇都宮大学教授 上原伸夫氏より「鉄鋼分析における熟練技術者の暗黙知の可視化」の講演が行われた。滴定の終点判定のような熟練技術者が保持する技能を継承するために、色彩変化を色度図で表す試みについて紹介があった。このような経験に基づく“技能”に関する事項を色度図のように可視化することで、プロトコルに落とし込むことが可能な“技術”に変換できるのであれば技術継承のハードルは下がる。しかし、予期しない事象が生じた場合に、適切な解決方法を選択して検証するためには、化学分析操作の背景で生じている反応などを正しく理解することが重要であることが述べられた。

2題目は、北海道立総合研究機構 富田恵一氏より「北海道における環境計量証明事業所を対象とした共同分析」の講演が行われた。道総研では年に一度、北海道環境計量証明事業協議会と共催、(一社)日本環境測定分析協会・北海道支部および(一財)北海道環境科学技術センターの協力の下、共同分析研究会を実施しており、2025年で47回目となる。本研究会は、道内の環境計量証明事業所が参加し、外部精度管理(精度および真度)や新人教育の場として活用されている。配付試料の調製方法や留意点、参加者からの疑問に対し、文献調査のみならず実際に検証して回答した例も紹介された。蓄積されたノウハウは「環境測定分析方法の解説」として参加者に配付され、日々の化学分析に役立てられているとのことだった。

3題目は、(一社)日本環境測定分析協会会長 小野寺明氏より「日環協の環境測定分析における信頼性確保の取り組み」の講演が行われた。日環協で行われている教育研修事業や環境測定分析士、環境騒音・振動測定士の資格認定試験、標準物質の頒布などについて紹介があった。中でも技能試験は形態別窒素や金属、アスベスト、ダイオキシン、放射性物質、PFASなど多岐にわたり、項目によっては数百の事業所が参画するものとなっており、全国の事業所にとって重要な取り組みとなっている。これらの技能試験に参加し、分析技能の維持・管理を行っている事業所を検索可能なシステムの紹介もあった。

4題目は、田中貴金属工業(株) 天野正勝氏より「貴金属元素の高精確分析におけるICP-OESでの取り組み」の講演が行われた。近年需要が増している白金族金属の分析に関して、ISO 11494:2019における白金合金内の白金の定量方法を基に、一般的なICP-OESを用いて、化学分析に匹敵する精度でのロジウム分析を行った例が紹介された。サンプルより少し低濃度の標準液と少し高濃度の標準液をサンプルの前後で測定すること



で、多くの分析波長で $100 \pm 0.05\%$ のロジウム回収率が得られることが明らかとなった。また、トレーサビリティが取れた固体の貴金属の標準物質が存在しないことも話題となった。

5 題目は、明星大学教授 上本道久氏より「産学連携による高純度マグネシウム及び汎用マグネシウム合金の認証標準物質の開発」の講演が行われた。マグネシウム合金は軽量なうえに耐久性が高く、輸送や電子機器、福祉器具などに幅広く用いられる素材ではあるものの、分析評価において必須となる標準物質が国内に存在しないことが課題であった。日本マグネシウム協会と日本分析化学会標準物質委員会が連帯して、認証標準物質の開発が行われ、販売が開始されている。ものづくりにおいて、自国で開発した材料を評価するためには、標準試料も自国で開発することの大切さについての話が印象的であった。

参加者に対して行ったアンケートでは、化学分析を学ぶ機会について、69%の方から「やや減っている・減っている」と回答があり、肌で感じる学びの場の減少は多くの方にも共通であることが伺えた。分析操作で疑問が生じた場合の解決策としては上司や同僚への相談を第一選択とする場合が最も多く、昨今の分析に携わる人数・部門の縮小が今後大きく影響すると考えられる。化学分析には多くのノウハウが存在するが、技術継承の状況に関して78%の方が「やや難しい・困難」と回答しており、その要因として職員不足、時間的制約と回答した方が60%と、多くの機関で課題となっていることが浮き彫りとなった。学会や研究懇談会への要望として、講演会・セミナーの開催に次いで多かったものは、論文や書籍よりもWebサイトでの情報発信であり、誰もが容易にアクセスできる媒体での情報共有が求められていることが伺える。最後に、本シンポジウムに関して、有難いことに「非常に満足・満足」と回答した方が全体の72%を占める結果となった（アンケート回答数32件、一部複数回答）。

シンポジウム開催をご快諾いただいた渡慶次学 実行委員長（北海道大学大学院工学研究院）はじめ、公開シンポジウムに足運んでくださった方々に深く感謝申し上げます。

〔オーガナイザー 明本 靖広、上本 道久〕



第 415 回液体クロマトグラフィー研究懇談会

2026年1月23日（金）に、(株)島津製作所東京支社にて、「医薬品分析を支える HPLC、LC/MS 技術」を講演主題とし

て、標記研究懇談会が開催された。近年、医薬品市場では、従来からの低分子医薬品に加え、抗体医薬、中分子医薬品と呼ばれるペプチド医薬、核酸医薬、mRNA ワクチン、細胞医薬、抗体薬物複合体（ADC）等、数多くの種類のモダリティの開発が進められている。本例会では、これら医薬品の品質管理や体内動態等のツールとして活用されている HPLC および LC/MS 技術について、幅広い分野の専門家に講演をお願いした。講演総括も含めて6演題の講演が行われ、例会参加者は31名であった。

1 題目は、東ソー(株) 伊藤誠治が、「医薬品分析に利用される種々のクロマトグラフィー」の演題で講演した。バイオ医薬品及び低分子医薬品の分析に用いられる各分離モードについて、実例を用いて説明を行った。バイオ医薬品分析では、主に、非変性分離技術である、サイズ排除クロマトグラフィー（SEC）、イオン交換クロマトグラフィー（IEC）、疎水クロマトグラフィー（HIC）が多用され、分析種と目的に応じて選択性の高いバイオアフィニティークロマトグラフィー（AFC）が用いられる。一方、低分子医薬品分析では、分離能に優れた逆相分配クロマトグラフィー（RPC）が多用される。移動相組成やカラム温度等のパラメーターの影響についても解説した。

2 題目は、バイオタージ・ジャパン(株) 吉田達成氏より、「生体試料中の核酸医薬抽出用固相カラムおよびプレートの紹介」の演題で講演いただいた。生体試料（血清、血漿、尿、組織）中の核酸医薬を定量する場合、前処理が重要であるが、分析種の不均一性、微量なサンプル量、生体マトリックスの複雑さ、タンパク質との結合等の理由による回収率及び再現性の低さが課題となっている。これらの課題を開所するために開発されたポリマー型弱陰イオン交換（WAX）充填剤と最適化された抽出手法について紹介された。

3 題目は、(株)太田胃散 濱崎保則氏より、「OTC 医薬品に於ける生薬・漢方製剤の分析を支える HPLC 技術」の演題で講演いただいた。日本における OTC（Over The Counter：カウンター越しに買える）医薬品の位置付けと、その中での生薬・漢方製剤の概要を説明され、さらに、日本薬局方に収載されている生薬・漢方製剤を対象とした HPLC を用いた試験方法について、その各種分析条件設定の要点について説明いただいた。HPLC 技術が生薬・漢方 OTC 製剤の試験法開発や品質保証に大きく貢献していることを示す内容であった。

4 題目は、(株)東レリサーチセンター 高尾英伸氏より、「LC/MS による mRNA の分析」の演題で講演いただいた。mRNA 医薬品の作用機序や製造法、試験項目の詳細な説明に加え、種々の分析事例について説明いただいた。具体的には、脂質含量⇒LC-CAD、RNA 完全性⇒CE、5'-キャップ⇒LC/UV/MS、ポリ A 鎖⇒CE、LC/MS、オリゴヌクレオチドマッピング⇒LC/MS/MS、の試験項目と分析手法との組み合わせについて紹介いただいた。

5 題目は、(株)島津製作所 八巻 聡氏より、「バイオ医薬品分析のための HPLC と LC/MS 技術：核酸医薬、ペプチド医薬など測定事例を通じた実践的アプローチ」の演題で講演いただいた。バイオ医薬品分析における LC および LC/MS の果たしてきた役割および今後果たすべき役割について説明いただいた。ペプチド医薬の開発工程や抗体医薬の品質評価の事例を挙げ

て、具体的に紹介いただいた。

6 題目として、本研究懇談会の中村 洋委員長（東京理科大学）より総括が行われ、各講演者に対する質疑とともに、医薬品分析の現状と課題、将来展望等の示唆に富んだ内容であった。

例会終了後、講演者を囲むでの情報交換会が行われ、参加者同士の交流を深めることができた。最後に、例会にご参加いただいた皆様、および本例会の開催にあたり講演依頼をご快諾いただいた講師の皆様、会場をご提供いただいた㈱島津製作所の皆様に深く御礼申し上げます。

〔東ソー(株) 伊藤 誠治〕



第 395 回ガスクロマトグラフィー研究会・講演会

開催日：2026 年 2 月 6 日

開催場所：北とぴあ・ペガサスホール

第 395 回 GC 懇研究会では、「持続可能な航空燃料 (SAF) やバイオ燃料」をテーマに、主題講演 3 件、技術講演 5 件、企業展示 6 件を実施した。新エネルギー分野に関心を持つ約 50 名の参加者が集まり、活発な意見交換が行われた。特に、環境や原材料の変化に伴って求められる分析方法や分析技術の重要性を再認識する機会となった。持続可能な社会の実現に向けて、分析技術が果たす役割の大きさを改めて感じる有意義な研究会となった。

13:00～17:30

【主題講演】

1. 「持続可能な航空燃料 (SAF) の品質規格と試験」
(日本海事検定協会) 高砂武司
2. 「GX (グリーン・トランスフォーメーション) に貢献する最新 GC 分析技術」
(アジレント・テクノロジー) 中村貞夫
3. 「バイオものづくりに役立つ GC, GC/MS —微生物の気持ちを GC/MS で聴く—」
(大阪大学大学院工学研究科福崎研究室) 古野正浩



【技術講演】

4. 「最前線の GC 分析技術によるバイオ燃料研究の効率化」
(島津製作所) 真保恵美子
5. 「定量精度向上術：安定同位体標識試薬の戦略的活用」
(大塚製薬) 藤峰慶徳
6. 「持続可能な航空燃料 (SAF) 分析における GC×GC-FID および GC×GC TOFMS による ASTM D8396 規格に準拠した包括的なソリューション」
(LECO ジャパン) 樺島文恵
7. 「オンサイトでの高速分析を可能にするマイクロ GC —水素・アンモニアエネルギー分野での活用事例—」
(ジューエルサイエンス) 伊藤深雪
8. 「超小型ガスクロマトグラフのバイオモノづくりへの応用」
(ボールウェーブ) 赤尾慎吾

18:00～20:00

意見交換会 (プロント王子店)

主題講演 1 では、持続可能な航空燃料 (SAF) の品質規格やその試験方法について紹介された。SAF として使用されるためには耐空証明と環境認証の両方が必要なことや SAF の原材料として用いられる油脂、微細藻類、アルコール、木質セルロースなどとその製造プロセスも解説があった。さらに、既存の航空燃料と比較して、ニート SAF はシクロパラフィンの割合が少ないため、ゴム製パッキンなどのシール性が低下する可能性があることも紹介され、原料の違いによる性質の変化が注目された。分析手法の一つとして、SAF を GC×GC で分離後、MS/FID を用いて同定と定量を行う方法も紹介され、複雑な成分解析における有効性が示された。

主題講演 2 では、GX (グリーントランスフォーメーション) に貢献する最新の GC 分析技術が紹介された。水素燃料規格や燃料電池車 (FCV) 用燃料規格における成分とその管理濃度、および対応する検出器の選定について、詳細な解説が行われた。特に、全硫黄化合物や全ハロゲン化合物の濃度が ppb であることが示され、参加者からは「標準ガスの準備はどのようにするのか？」という実務的な質問も寄せられ、関心の高さがうかがえた。また、SAF の品質規格と分析方法についても触れられ、



GX 推進における分析技術の重要性が改めて強調された。

主題講演 3 では、NEDO バイオものづくりを起点に、古事記に記された応神天皇の時代から麹菌が日本酒づくりに使われていたという興味深い歴史的背景が紹介された。この麹菌による固体培養の技術は、現代においても食品ロスや非可食部の再利用に貢献する可能性があると考えられ、伝統と最先端技術の紹介があった。また、非可食部を利用した発酵では、アミノ酸や有機酸、糖といった一次代謝物の分析が難しいという課題がある中で、二次・三次代謝物として発生する VOC を説明変数とするメタボロームによる発酵のモニタリング手法が有効であることが示された。さらに、バイオ生産プロセスに質する計測技術として、多重周回を用いた小型の TOFMS の紹介もあり、今後の応用展開に期待が寄せられた。

今回の研究会では、主題講演と技術講演あわせた 8 件が行われ、複雑な成分の分離に対応する GC×GC から、特徴的な超小型 GC に至るまで、幅広いガスクロマトグラフィー技術とその活用方法が紹介された。各講演では、分析対象や目的に応じた GC の選定や応用事例が示され、持続可能な社会の実現に向けた分析技術の可能性について、多角的に議論が交わされた。参加者は、最新の技術動向や実践的な知見を得ることができ、今後の研究や業務に活かせる多くの有益な情報を持ち帰ることができたと考えられた。

[ジーエルサイエンス(株) 宮川 浩美]



2026 年分析士会総会・研修講演会

標記の分析士会総会・研修講演会が 2 月 20 日（金）の 10 時 30 から、オリエンタル技研工業(株)の本社ビル（東京都千代田区内神田）10 階で開催された（主催：(公社)日本分析化学会・分析士会、協賛：LC 研究懇談会、後援：LC シニアクラブ）。前回の開催は 2023 年 10 月 12 日であったので、2 年 4 か月振りの開催となった。井上剛史氏（(株)北浜製作所）を総合司会として、表 1 に従ってプログラムが進行された。

はじめに、会場を提供いただいたオリエンタル技研工業(株)の永田拓也執行役員（東日本ソリューション本部統括部長）のご挨拶に続き、同社の遠藤 謙氏（ソリューション本部東京支店・グループリーダー）より事業概要の紹介があった。同社は、1978 年に資本金 1 億円で設立された研究施設・設備の設計、施工、リノベーション、および研究設備機器（実験台・ヒュームフード等）の開発・製造を行う総合エンジニアリング企業である。2024 年には同社が中核企業となって「プラナス(株)」（建築設計・監理）、「イクシーズ(株)」（レンタルラボ）、「オンポイントジャパン」（環境評価・設備メンテナンス）、「スタジオ O+P(株)」（作図技術・表現技術）、「600 Essence」（五感の先にある第六感：チョコレート、コーヒー、アロマ）など、「閃きの瞬間をつくる」を目的にシックスハンドレッドホールディングス(株)を設立しているとのことであった。

続いて分析士総会に入り、筆者がプレゼンターとなり議題 1 では 2026 年度新役員候補 12 名と会長候補 1 名の紹介があり、異議なく承認された。次に地区幹事案（議題 2）、産業・分析分野別担当幹事案（議題 3）、見学会小委員案（議題 4）、ホー

ムページ小委員案（議題 5）、「ふるさと委員」案（議題 6）が、何れも原案通り承認された。最後に、議題 7 では①従来からの事業継続の提案、②前回総会決議に基づいて創設された分析士会・協賛団体に 18 社からの登録があり、引き続き加盟団体数の増加を図る提案、③ホームページの「分析士の声」欄への投稿を募る提案、などの今後の活動方針が承認され、総会を終了した。なお、「ふるさと委員」制度は分析士会の活性化と更なる発展を期待して今回創設が承認され、地域の連携を通じて委員自身のヒューマンネットワーク構築に役立てていただくとともに、地域のトピックス、ご意見、提案などを分析士会ホームページに投稿戴くことが期待されている。今回の総会で決定された各種役員については、分析士会のホームページ (<https://www.lckon.org/bunsekishi/index.html>) を参照願いたい。

分析士総会后、研修講演として 6 名の講師から最新情報が提供された。会長講演（筆者）では、2010 年に始まった分析士認証制度・認証試験の継続と発展の成果が紹介され、現時点で分析士が 3500 名を超えていることに鑑み、分析士資格を取得する意義、分析士会が我が国の産業構造を支えるプラットフォームとして維持発展する重要性が改めて強調された。高段位者講演 1（東ソー(株)・伊藤誠治氏）では、HPLC 分離に関する最近の進歩が AI によるスクリーニング結果を交えて紹介された。高段位者講演 2（LC シニアクラブ・熊谷浩樹氏）では、

表 1 2026 年分析士会総会・研修講演会プログラム

10.00～受付	
10.30～11.00	オリエンタル技研工業(株)紹介 遠藤 謙
11.00～11.30	分析士会総会（プレゼンター 中村 洋）
	1. 2026 年度 新役員承認
	2. 2026 年度 地区幹事承認
	3. 2026 年度 見学会小委員承認
	4. 2026 年度 ホームページ小委員承認
	5. ふるさと委員承認
	6. その他、活動方針などの承認
11.30～12.00	会長講演（座長 熊谷浩樹） 分析士の社会的役割 (東京理科大学) 中村 洋
12.00～13.00	休憩
13.00～13.50	高段位者講演 1（座長 坂牧 寛） HPLC 分離に関する最近の進歩 (東ソー) 伊藤誠治
13.50～14.40	高段位者講演 2（座長 清水克敏） (U) HPLC 検出に関する最近の進歩 (LC シニアクラブ) 熊谷浩樹
14.40～15.30	高段位者講演 3（座長 中村 洋） LC/MS における最近の進歩 (LC シニアクラブ) 竹澤正明
15.30～16.00	オリエンタル技研工業(株)ショールーム見学
16.00～16.50	解説講演 1（座長 太田茂徳） (U) HPLC 分析、LC/MS 分析における前処理の進歩 (臨床検査基準測定機構) 岡橋美貴子
16.50～17.40	解説講演 2（座長 坂本和則） 研究・実験における試薬の進歩 (北浜製作所) 井上剛史
18.00～20.00	情報交換会 Osteria Bar IL FURLO（オステリアパール イル フルロ）

(U) HPLC 検出に関する最近の進歩が UV-Vis 検出器と ELSD に焦点を絞って解説された。高段位者講演3 (LC シニアクラブ・竹澤正明氏) では、イオンモビリティを用いた抗体医薬品の構造解析、EAD (electron activated dissociation, 電子励起解離) による抗体医薬品のジスルフィド結合の位置の解析など、LC/MS における最近の進歩が紹介された。

ここで、解説講演に入る前、気分転換と休憩を兼ねてオリエンタル技研工業(株)本社・ブランド体験スペース「KANDA BRIDGE」のうち、5階と2階のショールームを遠藤 謙氏の先導で見学させていただいた。高さが調整できるプラッツ、人工大理石の白い表面を持つ実験台、ドラフト、斬新なユニフォーム例、観葉植物の飾り付けなど、心がウキウキするデザインに囲まれた空間は、正にオフィスラボと称するに相応しいものであった。時間を作って一度は見学されることをお勧めしたい。

ショールームで英気を養った後、再び10階に戻って実践的な解説講演を伺った。解説講演1 ((一財)臨床検査基準測定機構・岡橋美貴子氏) では、(U) HPLC、LC/MS 分析における前処理の進歩が解説された。解説講演2 (株北浜製作所・井上剛史氏) では、研究・実験における試薬の進歩が解説された。



研修講演会が終了後、1階の「600 Essence」に立ち寄り、各自思い思いにお土産を購入し、記念撮影(写真)後、隣のビルのイタリア料理店で情報交換会を楽しみ、充実した1日の疲れを癒して散会した。

(LC 研究懇談会・委員長 (東京理科大学) 中村 洋)

新刊紹介

「固体無機化合物の化学結合 —量子材料化学の観点から—」

足立裕彦 著

本書は先端材料を含む数多くの固体無機化合物について、量子化学計算から得られたイオン性(正味電荷)や共有結合性(有効結合次数)、電子構造、電子雲、共有結合構造などの定量的データによって結合の特徴が記述された、データベースとしても活用可能な大作である。

量子材料化学が専門で量子化学計算 DV-X α 法の開発者である著者の長年の研究で実際の物質に適用して得られたデータに基づき、化学結合論の立場から多種多様な物質の電子状態が体系的にまとめられている。

本書の構成は、序として化学結合論について概説されたのち、元素編、化合物編、結晶構造編に大別された種々の化合物(炭化物、窒化物、酸化物、カルコゲナイドなど8項目)や多

様な結晶構造(NaCl型、CsCl型、NiAs型など28項目)に分類され、構成元素や原子構造に起因する特徴的な化学結合について解説されている。

本書は無機物質の本質的な性質の理解のみならず、無機物質の化学結合についての包括的な知識と系統的理解が得られる教科書であり、新規材料の開発、評価・解析に従事する研究者や入門者、大学院生にも勧められる有用な一冊であると感じられた。化学結合と量子化学計算の基礎理論については同著者の前著「量子材料化学入門」や「量子材料化学の基礎」などを併せて活用されるのもよいだろう。

(ISBN978-4-7827-0842-2・B5判・320ページ・フルカラー・25,000円+税・2025年刊・三共出版)

執筆者のプロフィール

(とびら)

森内 隆代 (MORIUCHI-KAWAKAMI Takayo)
大阪工業大学 (〒535-8585 大阪府大阪市旭区大宮 5-16-1 大阪工業大学大宮学舎 10 号館 11 階). 大阪大学大学院工学研究科応用精密化学専攻博士後期課程修了. 博士 (工学), 高等学校教諭専修免許 (理科). 《現在の研究テーマ》化学センサの開発および物性評価法の開拓. 《主な著書》“分析化学の学び方”, (三共出版). 《趣味》温泉旅行.
E-mail : takayo.moriuchi@oit.ac.jp

(ミニファイル)

加藤 大 (KATO Masaru)
昭和医科大学 (〒142-8555 東京都品川区旗の台 1-5-8). 東京大学大学院薬学系研究科博士課程. 博士 (薬学), 薬剤師. 《現在の研究テーマ》個別化医療を目指した臨床分析化学.
E-mail : masaru.kato@pharm.showa-u.ac.jp

(トピックス)

木原 真穂 (KIHARA Maho)
国立研究開発法人産業技術総合研究所 (〒305-8563 茨城県つくば市梅園 1-1-1 中央事業所 3 群). 北陸先端科学技術大学院大学. 修士 (マテリアルサイエンス). 《現在の研究テーマ》水分分析技術の高度化. 《趣味》ランニング, 読書.
E-mail : kihara-maho@aist.go.jp

石松 亮一 (ISHIMATSU Ryoichi)
福井大学工学部 (〒910-8507 福井県福井市文京 3 丁目 9 番 1 号). 京都大学大学院工学研究科. 博士 (工学). 《現在の研究テーマ》電気化学発光とその関連分野. 《趣味》散策.

(リレーエッセイ)

高橋 豊 (TAKAHASHI Yutaka)
株式会社プレッパーズ/エムエス・ソリューションズ株式会社/浜松医科大学 (〒431-3192 静岡県浜松市中央区半田山 1-20-1 浜松医科大学細胞分子解剖学講座内). 群馬大

学大学院修士. 博士 (工学), LC/MS 分析士五段. 《現在の研究テーマ》質量分析イメージングの応用, DESI をベースとする質量分析イメージング用新規イオン化法の開発. 《主な著書》“LC/MS 定量分析入門”, (情報機構). 《趣味》ランニング, テニス, スキー, ソフトボール, ソフトバレーボール, サッカー審判.
E-mail : tyutaka@sitsuryobunsekiya.com

(ロータリー・談話室)

山下 浩 (YAMASHITA Hiroshi)
愛媛大学大学院理工学研究科 (〒790-8577 愛媛県松山市文京町 3 番). 愛媛大学大学院工学研究科修士課程工業化学専攻修了. 工学博士. 衛生工学衛生管理者, 防災士. 《現在の研究テーマ》不燃木材の開発, HIME カラムを用いた連続液-液抽出装置の開発と応用. 《趣味》トライアスロン, ライフセーバー.
E-mail : Yamashita.hiroshi.mg@ehime-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. サンプルング, 10. 前処理に必要な器具や装置の正しい使用方法。

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。

目 次

年間特集「波」：総合論文

- 赤外，ラマン，近赤外，遠赤外，テラヘルツ分光法—振動分光法5姉妹— …………… 尾崎幸洋 175
超音波—重力複合場中の粒子解離挙動を利用する反応計測 …………… 宮川晃尚 191
非金属材料による化学増強型表面増強ラマン分光分析 …………… 北濱康孝・合田圭介 203

年間特集「波」：報文

- チューナブルバンドパスフィルターを利用するラマン直接イメージング装置の開発
…………… 武智英明・文珠四郎秀昭 211

報 文

- 定量¹H NMRによるフェノール性水酸基シグナルを用いるポリフェノール化合物の定量
…………… 加藤 毅・山本佳奈・水口恵美子 215

ノ ー ト

- 高温高圧水を用いる多孔質炭素材料からのペルフルオロアルキルカルボン酸脱着法の開発
…………… 島村紘大・浅野拓也・堀 千春・中村圭介・羽成修康 223
室温領域における水—エチルアルコール系の気化挙動に関する研究 …………… 野田博行 229

- 「分析化学討論会」特集の論文募集 …………… 235

- 「分析化学」特集“イオンクロマトグラフィーの技術進展と新規開発”の論文募集 …………… 236

- “第25回初執筆論文特集”募集のお知らせ …………… 237

- 「分析化学」年間特集“波”論文募集 …………… 238

- 「分析化学産業技術論文賞」のご案内 …………… 240

- テンプレートによる投稿要領 …………… 241

- 「分析化学」に投稿される皆様へ …………… 242

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

Ⓜ 〈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。

- ◇4月に入り研究室や職場の環境が変わって、新鮮な気持ちで日々を過ごしている方も多いと思います。特に、初めて研究室に所属して、ワクワクしながら本誌を手にとってくださった学生さん、いらっしゃい。今年度から「ぶんせき」誌では、より若い方に親しんでいただけるように、「飛躍する若手研究者」という形で、学術集会で受賞された若手研究者、特に学生の皆さんに、自分の研究成果や工夫した点だけでなく、将来どういう研究者・技術者になりたいかを、プロデュースしてもらう企画の方を始めていく予定です。
- ◇今月号の「とびら」では、近畿支部長の森内隆代先生に、ご執筆いただきました。明治以来初の中央省庁の移転となる文化庁の移転など大きな変革が生じる中で、地方の学びの重要性について考えさせられました。また、「リレーエッセイ」では高橋豊先生が「質量分析と共に」という題名で、アナログ→デジタルへと時代が変革する中での、MSとの関わりを綴っていただきました。
- ◇「ぶんせき」誌をご愛読していただいている皆様、今年度もどうぞよろしくお願いたします。

[M. S.]

〈とびら〉

分析化学の系譜……………壹岐 伸彦

〈入門講座〉 精密な定量解析を支える網羅分析：基礎技術から実践の応用まで
分光法（UV-Vis, IR, Raman）の網羅分析への

使用事例……………樋口 祐士

〈ミニファイル〉 Abbreviations in 分析化学（分析化学で使われる略号）
表面増強ラマン散乱……………須川 晃資

〈話 題〉

検出素子としての転写因子と

遺伝子回路構築による応答調節……………木村 友紀

◇ 編 集 委 員 ◇

〈委員長〉 鈴木 保 任 (金沢工大バイオ・化学)		
〈副委員長〉 山口 浩 輝 (味の素 株)		
〈理 事〉 山口 央 (茨城大理)		
〈幹 事〉 半田友衣子 (埼玉大工)	北 牧 祐 子 (産業技術総合研究所)	岡 崎 琢 也 (工学院大学先進工)
	鹿 籠 康 行 (東北大金材研)	
〈委 員〉 村 山 周 平 (昭和医科大薬)	田 原 佳 代 子 (九州医療科学大薬)	古 野 忠 秀 (愛知学院大薬)
	石 橋 千 英 (愛媛大院理工)	岡 林 識 起 (日大生物資源科学)
	角 田 誠 (国際基督教大教養)	宮 川 晃 尚 (広島大院先進理工)
	橋 本 泰 樹 (ライオン 株)	黒 木 康 生 (サイエンス・コミュニケーション)
	西 崎 雄 三 (東洋大食環境科学)	鎗 田 孝 (茨城大農)
	中 屋 佑 紀 (北大院工)	大 江 知 行 (東北大院薬)
	北 川 慎 也 (名古屋工業大工)	萩 森 政 頼 (武庫川女子大薬)
	岸 川 直 哉 (長崎大院歯薬学)	
		原 田 誠 (東京科学大理)
		稲 川 有 徳 (宇都宮大院地域創生科学)
		宇 田 亮 子 (奈良工業高専)
		高 柳 学 (ジールサイエンス 株)
		佐 藤 貴 弥 (日本電子 株)
		管 原 庄 吾 (島根大学 術)

☑ 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 2026年 第4号（通巻616）

2026年4月1日印刷

2026年4月5日発行

定価1,250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

© 2026, The Japan Society for Analytical Chemistry

購読料は会費に含まれています。

2026年度第1回近畿支部講演会

主催 (公社)日本分析化学会近畿支部, 近畿分析技術研究懇話会

期日 2026年4月17日(金) 16.00~17.00

会場 大阪科学技術センター7階700号室〔大阪市西区鞆本町1-8-4, 電話:06-6443-5324, 交通:地下鉄四つ橋線「本町」駅下車, 北へ徒歩約7分。うつほ公園北詰〕

講演

海と私と分析化学(16.00~17.00)

(近畿大学理工学部) 中口 譲

参加費 無料

参加申込 標記記事名を題記し, (1)氏名, (2)勤務先(所属), (3)連絡先を記入のうえ, 下記申込先へFAXまたはE-mailにてお申し込みください。なお, 参加証は発行いたしませんので, 当日は直接会場にお越しください。

申込先 〒550-0004 大阪市西区鞆本町1-8-4 (公社)日本分析化学会近畿支部〔電話:06-6441-5531, FAX:06-6443-6685, E-mail:mail@bunkin.org〕

※詳細は, 近畿支部ホームページ(<http://www.bunkin.org/>)にてご確認ください。

第418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

HPLCを使用しているとピークの溶出が徐々に早くなる, ピーク面積の再現性が得られないなどのトラブルが発生することがあります。

トラブルを解消するためにはその原因の特定し, 適切な対処法を行います。またトラブルを未然に防ぐためには日常の点検やメンテナンスが必要です。

今回, トラブルシューティングとして, 前処理, カラムの周辺機器も含め, 問題を解決するための対処法について紹介させていただきます。

期日 2026年4月17日(金) 13.00~17.00

会場 (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〔東京都中央区新富2-15-5 RBM築地ビル, 交通:東京メトロ有楽町線「新富町」駅より徒歩1分(5番出口利用), 東京メトロ日比谷線「築地」駅より徒歩4分(4番出口利用), JR京葉線, 東京メトロ日比谷線「八丁堀」駅より徒歩8分(A3出口利用)〕

<https://www.google.com/maps/search/?api=1&query=35.671216%2C139.775152>

講演主題 HPLC分析のトラブルシューティング

講演

講演主題概説(オーガナイザー)(13.00~13.05)

(株)日立ハイテクアナリシス 清水克敏
(LC分析士二段, LC/MS分析士初段)

1. HPLCトラブルを未然に防ぐ超純水装置のメンテナンス法と使い方のポイント(13.05~13.35)

(メルク株) 石井直恵
(LC分析士二段)

2. 溶離液, 試薬調製におけるトラブルシューティング(13.35~13.55)

(株)日立ハイテクアナリシス 清水克敏
(LC分析士二段, LC/MS分析士初段)

3. 前処理におけるトラブルシューティング(13.55~14.25)

(ジーエルサイエンス株) 太田茂徳
(LC分析士二段)

4. C18カラムにおけるトラブルシューティング(14.25~14.55)

((一財)化学物質評価研究機構) 坂牧 寛
(LC分析士三段, LC/MS分析士二段)

休憩(14.55~15.10)

5. HPLCのハードウェアに関するトラブルシューティング(15.10~15.40)

(日本分光株) 佐藤泰世
(LC分析士二段)

6. アミノ酸分析計におけるトラブルシューティング(15.40~16.00)

(株)日立ハイテクアナリシス 宮野桃子
(LC分析士二段, LC/MS分析士初段)

7. LC-MSにおける日常分析の留意点と最新技術(16.00~16.30)

(株)島津製作所 服部考成
(LC/MS分析士初段)

8. 総括「HPLC分析のトラブルシューティング」(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(領収書の発行は, 送金月日にかかわらず2026年4月19日以降となります。請求書は発行しません)。

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。なお, 日本薬学会会員として申込みされる方は, 後援学会欄に日本薬学会が表示されていることをご確認のうえお申し込みください。まだ表示されていない場合は, 表示されるまでお待ちください。

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 2026年4月9日(木)
(入金締切時刻:15時まで)

申込方法

1. 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会員・協賛学会会員・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。

2. 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418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。

3. 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。

4. 参加費の納入が確認できた方には, 2026年4月10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。なお, 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たします。

1. 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)
2. 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)
3. 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/hAVkCEzWPEqvgYip6>

(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 (株)日立ハイテクアナリシス 清水克敏 [E-mail: katsutoshi.shimizu.wp@hitachi-hightech.com]

第 32 回化学安全講習会

主催 (公社)日本化学会近畿支部

協賛 (公社)日本分析化学会近畿支部ほか

期日 2026年5月7日(木)・8日(金)

会場 大阪科学技術センター7階700号室(7日)、大ホール(8日)

プログラム

第1日(10.00~16.00)

1. 化学物質の発火・爆発危険性について
(グリーン・パイロラント) 松永猛裕
2. 化学防護手袋の選定および評価について
(日本触媒) 右田雄作
3. 化学プラントにおけるリスクアセスメントの現状と課題
(京業人材育成会) 中村昌允
4. 高圧ガス事故例、ヒューマンエラーの実体験とその防止と重大災害を防ぐために
(兵庫県高圧ガス保安協会派遣講師) 紙田章義

第2日(10.00~16.30)

5. 事故事例から考える実験室・作業場の安全管理
(阪大安全衛生管理部) 山本 仁
6. 実験室・作業場における化学物質のリスクアセスメント
(阪大安全衛生管理部) 山本 仁
7. 実験で解説する静電気による火災・爆発を防止するための安全対策
(SL 経営) 蒲池正之介

参加費・申込方法 詳細は<https://kinki.chemistry.or.jp/csjevent/anzen26.html>をご参照ください。

申込締切 4月16日(木)

問合せ先 〒550-0004 大阪市西区鞠本町1-8-4 日本化学会近畿支部 [電話: 06-6441-5531, E-mail: csjevent@kinki.chemistry.or.jp]

セミナー「化学プロセスへの適用を見据えたフロー合成、マイクロデバイスの開発最前線」

主催 (公社)化学工学会関西支部

協賛 (公社)日本分析化学会近畿支部

期日 2026年5月22日(金) 13.00~17.30

開催形式

[対面式] 大阪科学技術センター7階700号室〔大阪市西区鞠本町1-8-4〕

[オンライン式] Zoomによるライブ配信

プログラム

1. 開会の挨拶・趣旨説明(13.00~13.05)
2. 講演会
 - 1) マイクロリアクターの開発とマイクロ化学工学の基礎研究—マイクロ反応器システムの開発と反応設計・操作論—(13.05~13.45)
(京大院工) 牧 泰輔
 - 2) フロー合成法の工業的生産に向けた開発事例(13.45~14.25)
(富士フィルム) 嘉藤彰史
 - 3) フロー合成装置の現状と事例紹介(14.25~15.05)
(DFC) 松本一希
 - 4) 回して細胞を見てみよう：単一細胞の非染色分析を可能とするマイクロデバイス(15.20~16.00)
(兵庫県大院理) 鈴木雅登
 - 5) 定量ポリメラーゼ連鎖反応(qPCR)法のマイクロ流路を用いた高速化と臨床検査への応用(16.00~16.40)
(産総研) 永井秀典
 - 6) マイクロ流路内で製造する機能性材料(16.40~17.20)
(岡山大院自然科学) 小野 努
3. 閉会の挨拶(17.20~17.30)

申込締切 5月15日(金)、ただし、会場の定員(50名)になり次第、オンラインでのご案内になります。

参加費 主催・協賛団体個人正会員19,000円、主催・協賛団体法人会員所属23,000円、大学・公的機関7,000円、学生会員3,000円、会員外学生5,000円、会員外37,000円(テキスト代・消費税込、現地参加もオンラインも同額)

申込方法 Web上の参加申込フォーム<https://www.kansai-scej.org/form/view.php?id=49791>よりお申込みください。

参加費は、銀行振込[りそな銀行御堂筋支店 普通預金No.0405228、名義:公益社団法人化学工学会関西支部]をご利用ください(振込手数料は申込者にてご負担ください)。※5月15日以降のキャンセルは参加費等を申し受けますので、ご了承ください。

問合せ・申込先 〒550-0004 大阪市西区鞠本町1-8-4 大阪科学技術センター6階 (公社)化学工学会関西支部 [電話: 06-6441-5531, E-mail: apply@kansai-scej.org, <https://www.kansai-scej.org/topics/7003>]

セミナー「化学工学におけるMI/PIとDX：プロセスと材料の革新に向けて」

主催 (公社)化学工学会関西支部

協賛 (公社)日本分析化学会近畿支部

期日 2026年6月5日(金) 13.00~18.30

会場 大阪科学技術センター8階小ホール〔大阪市西区鞠本町1-8-4〕

プログラム

1. 産業のためのMI/PI~化学工学的エッセンスも織り交せて~(13.00~13.50)
(住友電工) 高桑達哉
2. 生成AI時代の材料設計(13.55~14.45)
(ダイキン工業) 茂本 勇
3. 計算やMIと現場課題を結びつける手段としてのDX(15.00~15.50)
(QunaSys) 高棟章太
4. 生成モデル・生成AIを活用した無機材料開発(15.55~16.45)
(奈良先端大院先端科学) 藤井幹也
5. 交流会(希望者のみ)於:8階小ホール(17.00~18.30)

申込締切 5月27日(水)、ただし、定員(70名)を超える

申込みがあった場合に限り、オンライン参加をご案内することがあります。

参加費 主催・協賛団体個人正会員 19,000 円、主催・協賛団体所属法人会員 23,000 円、大学・公設機関 7,000 円、学生会員 3,000 円、会員外 37,000 円、会員外学生 5,000 円（テキスト代、消費税込み）

申込方法 Web 上の参加申込フォーム

<https://www.kansai-scej.org/form/view.php?id=60932> よりお申込みください。

参加費は、銀行振込 [りそな銀行御堂筋支店 普通預金 No.0405228, 名義: 公益社団法人化学工学会関西支部] をご利用ください (振込手数料はご負担ください)。

問合せ・申込先 〒550-0004 大阪市西区靱本町 1-8-4 大阪科学技術センター 6 階 (公社)化学工学会関西支部 [電話: 06-6441-5531, E-mail: apply@kansai-scej.org, <https://www.kansai-scej.org/topics/7156>]

先端技術を支える単位操作シリーズ 晶析技術の基礎と最新動向—講演&展示会—

主催 (公社)化学工学会関西支部

協賛 (公社)日本分析化学会近畿支部

期日 2026 年 6 月 12 日 (金) 9.30~18.00

会場 大阪科学技術センター 8 階中・小ホール [大阪市西区靱本町 1-8-4]

プログラム

開会挨拶 (9.30~9.40)

1. 工業晶析の最近の動向と今後の展望 (結晶の純度に関して) (9.40~10.30)

(兵庫県大院工) 前田光治

2. 結晶粒子群に特性を作り込むための晶析操作設計 (10.30~11.20)

(東農工大院工) 滝山博志

3. 展示企業からのショートプレゼンテーション (11.20~12.00)

4. ポスターセッションおよび展示会 (12.00~13.30)

カッタギ工業(株), (株)サクラ, シーメンス(株), (株)旭製作所 /CFDLab 共同出展, 冷化工業(株), (株)チップトン, メトラー・トレド(株)

5. 振動流バツフル晶析装置による連続晶析プロセスの強化 (13.30~14.20)

(阪公大院工) 堀江孝史

6. 超音波連続晶析技術の開発と実装に向けた取り組み (14.20~15.10)

(カネカ) 町田康士

7. 微細粒度制御に向けた種晶循環晶析システムの構築 (15.20~16.10)

(シオノギファーマ) 遠山貴之

8. 展示企業からのショートプレゼンテーション (16.15~16.45)

9. 情報交換交流会 (ミキサー) 兼ポスターセッションおよび展示会 (16.45~18.00)

申込締切 6 月 5 日 (金) ただし、定員 (80 名) になり次第締め切り

参加費 主催・協賛団体個人正会員 20,000 円、主催・協賛団体所属法人会員 24,000 円、大学・公設機関 8,000 円、学生会員 3,000 円、会員外学生 5,000 円、会員外 38,000 円 (テキスト代・消費税込)

申込方法 Web 上の参加申込フォーム

(<https://www.kansai-scej.org/form/view.php?id=57488>) よりお申込みください。

参加費は、銀行振込 [りそな銀行御堂筋支店 普通預金 No.0405228, 名義: 公益社団法人化学工学会関西支部] をご利用ください (振込手数料はご負担ください)。

・参加申込者には 6 月上旬に E-mail にて会場案内図等を送付します。

問合せ・申込先 〒550-0004 大阪市西区靱本町 1-8-4 大阪科学技術センター 6 階 (公社)化学工学会関西支部 [電話: 06-6441-5531, E-mail: apply@kansai-scej.org, <https://www.kansai-scej.org/topics/6996>]

2026 年度「ぶんせき講習会」(基礎編その 2)

「化学分析の基礎講座～実験用ガラス器具、マイクロピペット、電子天びん、および pH メーターの原理と使い方～」

主催 (公社)日本分析化学会近畿支部、近畿分析技術研究懇話会

協賛 (公社)化学工学会関西支部、(一社)近畿化学協会、(公社)日本化学会近畿支部、(公社)有機合成化学協会関西支部、(公社)高分子学会関西支部、(一社)日本鉄鋼協会関西支部、(公社)日本金属学会関西支部関西分析研究会

化学分析のみならず、合成・物性測定など化学実験や培養などのバイオ実験を行ううえで、試薬の秤量や調合は実験の質を左右する重要なファクターになります。最近では機器のデジタル表示やパソコンの普及により、これらの操作における測定値は容易に得られるようになりましたが、正しい値や信頼性のある値を得るためには、実験器具の適切な使い方や、機器の正しい校正法や操作方法を理解・修得することが必要です。そこで、本講習会では、主に初心者 (研究室配属直後の学生や新入社員) や基礎から学びなおしたい人を対象に、化学実験の基礎となる秤量・調合・溶液調製をより適切に行えるための講義と実習を企画しました。ピペット・メスフラスコなどの実験用ガラス器具、マイクロピペット、電子天びんおよび pH メーターの基本操作を原理も含めて習得できます。

期日 2026 年 7 月 2 日 (木) 9.50~16.50 (受付 9.30~)

会場 (株)島津製作所関西支社 [大阪市北区梅田 1-13-1 大阪梅田ツインタワーズ・サウス 24 階, 電話: 06-4797-7200, 交通: 阪急「大阪梅田」駅より徒歩 7 分, 阪神「大阪梅田」駅より徒歩 1 分, 大阪メトロ四つ橋線「西梅田」駅より徒歩 3 分, 大阪メトロ谷町線「東梅田」駅より徒歩 2 分, JR「大阪」駅より徒歩 3 分, JR「北新地」駅より徒歩 4 分]

<https://www.shimadzu.co.jp/aboutus/company/access/kansai.html>

講習内容 実験用基本器具、マイクロピペット、電子天びん、および pH メーターの原理と使い方

対象者 学生や新入社員および基礎から学びなおしたい方

講習プログラム

0. はじめに (9.50~10.00)

(堀場アドバンスドテクノ) 西尾友志

1. 講義「実験用基本器具の原理と取扱い方」(10.00~10.30)

(神戸大院海事) 堀田弘樹
・ガラス製体積計 (測容器) の取扱い～受用, 出用各器具の取扱い～
・標準溶液の調製

2. 「マイクロピペットの取扱い方と管理方法 (実習付き)」(10.40~11.40)

(エー・アンド・デイ) 羽生 智
・マイクロピペットの規格, 構造, 選択, 基本的な操作方

- 法、維持管理
- ・精度よく分注するために～揮発性のある液体、粘性のある液体の分注方法～
 - ・電動ピペット操作方法～通常分注と連続分注～
3. 「電子天びんの原理と取扱い方（実習付き）」（13.00～14.50）
（島津製作所）本田弘毅
- ・電子天びんの据付、感度調整
 - ・天びんの環境や測定目的に応じた使い方
 - ・天びんの点検方法
 - ・応用測定
 - ・天びんの取扱い
4. 「pHメーターの原理と取扱い方（実習付き）」（15.00～16.50）
（堀場アドバンスドテクノ）桑本恵子
- ・pHとは
 - ・pHを測るには
 - ・電極のメンテナンス方法
 - ・サンプルに適したpH電極の選び方

*参加者には事前に電子メールにてPDF資料を送付します。
*当日はテキストの配布は行いませんので、各自でPDFを印刷しての持参、あるいはタブレット等での準備をお願いします。

*主催者側で昼食を用意します。

参加費 主催・協賛団体所属会員7,000円、学生4,000円、会員外11,000円

申込締切 2026年6月25日（木）

定員 20名。お申込受付は先着順とし、定員になり次第、締め切ります。6月26日以降のキャンセルは不可。

申込方法 参加を希望される方は、近畿支部HP（<http://www.bunkin.org/>）から本講習会のページに入ってください。【参加申込フォーム】にてWebからお申し込みください。

*お申込み後、自動返信メールが届きましたら、開催日までに参加費のお支払いをお願いいたします。参加費は銀行口座（りそな銀行御堂筋支店、普通預金、No.2340726、名義：公益社団法人日本分析化学会近畿支部）にお振り込みください。

*参加証と会場案内図・テキストダウンロード情報などをメールにて送付します。当日、この参加証を持参して下さい。

*コロナウイルス、インフルエンザなどの感染状況により延期または中止する可能性があります。変更などの詳細は、近畿支部HPにてご確認ください。

申込先 〒550-0004 大阪市西区鞠本町1-8-4 大阪科学技術センター6階（公社）日本分析化学会近畿支部〔電話：06-6441-5531、FAX：06-6443-6685、E-mail：mail@bunkin.org、近畿支部HP：<http://www.bunkin.org/>〕

問合せ先 西尾友志（堀場アドバンスドテクノ）〔E-mail：yuji.nishio@horiba.com〕

LC研究懇談会第31回特別講演会・見学会

主催（公社）日本分析化学会 LC研究懇談会

後援（公社）日本化学会、（公社）日本薬学会（申請中）、（公社）日本農芸化学会、（公社）日本分析化学会、LCシニアクラブ

期日 2026年7月10日（金）

会場（一財）化学物質評価研究機構（CERI）東京事業所〔埼玉県北葛飾郡杉戸町下高野1600、交通：①東武日光線「杉戸高野台」駅下車徒歩約15分、②東武スカイツリーライン・伊勢崎線「和戸」駅下車徒歩約20分〕

<https://www.cerij.or.jp/outline/tokyo.html>

スケジュール

13.00～13.30 受付

13.30～13.35 LC研究懇談会・委員長挨拶

（東京理科大学）中村 洋

13.35～13.50 CERI東京事業所の紹介

（CERI専務理事・東京事業所長）四角目和田

13.50～14.50 見学会（社内施設見学）

14.50～15.50 講演1「ムーンショット型研究開発プロジェクト—海洋生分解性プラスチックの評価法の開発—」

（CERI高分子技術部）菊地貴子

15.50～16.10 休憩・記念撮影

16.10～17.00 講演2「高精度脂肪酸分析に向けた基盤技術の検討—EPA代謝物及びフラン脂肪酸の分取精製と構造解析—」

（CERIクロマト技術部）緒方伸也

17.30～19.30 情報交流会

19.35 解散

参加費 5,000円（税込み10%）。

定員 20名（なお、競合会社、同業者の方のご参加をお断りすることがございますので、ご了承ください。定員になり次第、締め切らせていただきます）。

参加方法

1. 参加希望者は、下記申込先にアクセスし、氏名、メールアドレス、勤務先、電話番号、などを明記のうえ、お申込みください。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。

2. お申込みが完了した場合には、登録されたアドレス宛に「LC研究懇談会第31回特別講演会・見学会申込み受付（自動返信）」のメールが届きます。メールが届かない場合は、問合せ先までご連絡ください。

3. 申込受付メールを受領後、必ず期限内に参加費の納入を行ってください。期限内に参加費納入が確認できない場合、参加申込みを無効としますので、十分ご注意ください。いったん納入された参加費は、返金いたしません。なお、請求書の発行はいたしておりません。

申込期限 2026年6月26日（金）（入金締切時刻：15時）

申込先 <https://forms.gle/t9R1SSSwEww389zV7>

銀行送金先 りそな銀行五反田支店（普通）0802349、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・LC研究懇談会〔E-mail：nakamura@jsac.or.jp〕

第31講研究開発リーダー実務講座2026

—企業の将来を担う理想の研究開発リーダー像とは？—

主催（一社）近畿化学協会

協賛（公社）日本分析化学会近畿支部

期日 第1回：7月10日（金）、第2回：8月6日（木）、第3回：9月4日（金）、第4回：10月7日（水）、第5回：11月6日（金）、第6回：12月9日（水）、各回13.00～18.30

会場 大阪科学技術センター〔大阪市西区鞠本町1-8-4〕

プログラム（各回終了後、グループディスカッション、ビジネス交流会を開催。【 】内はキーワード）

第1回：7月10日（金）

【リスク管理・リーダーシップ】

プロジェクトリーダーに求められる新たな判断規範

—リーダーが最初に背負う責任とは—

（アルプス薬品/ケルセジェン・ファーマ）小野光則

第2回：8月6日（木）

【マネジメント・リーダーシップ・コミュニケーション/新規事業・アントレプレナーシップ・産学連携】

1. 産学連携によるイノベーションの創出
(名古屋市大院経済) 坂井貴行
2. 人とのチームの可能性を開くコーチ型リーダーシップ
(コーチ・エイ) 栗本 渉

第3回：9月4日（金）

【イノベーション・リーダーシップ・DX/マネジメント・イノベーション・人材育成】

1. ゆとりを創り、研究開発の生産性を飛躍的に向上させ、イノベーションを加速する全体最適のマネジメント理論
TOC
(ゴールドラット・ジャパン) 岸良裕司
2. 移りゆく世界とテクノロジー
(JST) 永野智己

第4回：10月7日（水）

【マネジメント・AI・DX/イノベーション・AI】

1. AIを活用しながら成果をあげよう
(MOT コンサルティング・デジタル技術経営研究所) 神庭 基
2. 化学企業の研究開発におけるデジタルトランスフォーメーション
(三井化学) 岩壁幸市

第5回：11月6日（金）

【ビジョン・マネジメント・コミュニケーション/新規事業・人脈形成・人財活用】

1. やりきることの強さ
(十全化学) 廣田大輔
2. グローバル目線の人脈形成と新規事業への人財活用
(北海道大名誉/ウェストコーナー) 西田まゆみ

第6回：12月9日（水）

【新規事業・ベンチャー企業・イノベーション】

1. イノベーションプロセスの概要 40年間の企業生活で学んだ事
(三井化学) 表 利彦

参加費 主催団体所属会員 88,000円, 協賛団体所属会員 110,000円, 会員外 132,000円 (原則同一参加者の6回通し受講のみ, 消費税込)

申込・問合せ先 〒550-0004 大阪市西区靱本町1-8-4 大阪科学技術センター6階 (一社)近畿化学協会「研究開発リーダー実務講座」係 [電話: 06-6441-5531, E-mail: seminar@kinka.or.jp]

詳細はホームページ <https://kinka.or.jp/event/2026/31leader.html> をご参照ください。

みとし、これに先立って2分の口頭による概要説明を行います (概要説明の時間は都合により変更する場合があります)。このほかに特別講演を予定しています。優秀なポスターへの表彰を予定しております。

期日 2026年11月5日(木)・6日(金)

会場 ウィンクあいち [愛知県名古屋市中村区名駅4-4-38, 交通: JR「名古屋」駅桜通口徒歩5分]

<https://www.winc-aichi.jp/>

研究発表会申込方法

1. 発表内容には既発表のものを含んでいても構いません。また、新しい試みであれば、研究途中のものでも差し支えありません。
2. 高分子分析研究懇談会ホームページからお申し込みください。ホームページからの申し込みができない場合には、下記に問い合わせてください。
3. 講演要旨執筆要領はホームページに掲載します。
4. ポスター発表のプログラム編成は実行委員会に一任願います。

発表申込締切 (予定) 7月10日(金)

発表要旨締切 (予定) 9月4日(金)

研究発表申込先 高分子分析研究懇談会ホームページ (<https://pacd.jp/>)

その他 発表者は第31回高分子分析討論会の参加登録もお願いいたします。

参加費

事前登録 (9月30日締切) 一般: 10,000円, 学生: 2,000円
通常登録 (10月1日以降) 一般: 14,000円, 学生: 3,000円
(事前登録の締切日については、都合により変更する場合があります)

問合せ先 第31回高分子分析討論会実行委員長 (株)豊田中央研究所 加藤雄一 [E-mail: pacd-touron@pacd.jp]

第31回高分子分析討論会 (高分子の分析及びキャラクターゼーション) —研究発表募集—

主催 (公社)日本分析化学会高分子分析研究懇談会

高分子分析・特性解析全般に関する討論です。高分子分析は物性発現機構を解明し、構造設計の指針を得る基盤であり、その重要な認識は高まっています。高分子分析・キャラクターゼーションを対象とした本討論会の内容は、化学的手法、分光学的手法、各種クロマトグラフ法、熱分析法などによる組成、分子構造、高次構造、構造と物性の相関、物性発現機構、重合機構等の解析に関する基本原理、手法開発、解析実例などに及びます。

発表形式討論を重視するため、発表はすべてポスター発表の

—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。

第259・260回西山記念技術講座

カーボンニュートラル社会を実現する高機能鉄鋼材料
～磁性材料開発の最前線～

主催 (一社)日本鉄鋼協会

期日 第259回：2026年5月25日(月)(東京/対面開催)、
第260回：2026年6月15日(月)(大阪/ハイブリッド開催)

会場 第259回：早稲田大学西早稲田キャンパス63号館、第
260回：CIVI研修センター新大阪

ホームページ

<https://www.isij.or.jp/event/index.html>

連絡先 (一社)日本鉄鋼協会 育成グループ

〔電話：03-3669-5933, E-mail：educact@isij.or.jp〕

日本膜学会第48年会

主催 日本膜学会

期日 2026年6月1日(月)・2日(火)

会場 東京都立多摩産業交流センター

ホームページ

https://www.maku-jp.org/conference/article/_peS9VNA

連絡先 〒113-0033 東京都文京区本郷5-26-5 扇屋ビル

702 日本膜学会事務局 渡部恭吉〔電話：03-3815-2818,
E-mail：membrane@mua.biglobe.ne.jp〕

第76回日本電気泳動学会シンポジウム

病態解析の新しい視点

—基礎研究と検査が拓く臨床への展開—

主催 日本電気泳動学会

期日 2026年6月13日(土)

会場 群馬パース大学 1号館8階 Paz Hall

ホームページ

<https://www.jes1950.jp/>

連絡先 〒370-0006 群馬県高崎市問屋町1-7-1 群馬パース
大学 1号館8階 Paz Hall 第76回日本電気泳動学会シ
ンポジウム事務局 世話人 木村鮎子、片山将一

〔電話：027-365-3366, E-mail：76th-jes-sympo@jes1950.jp〕

第77回白石記念講座

鉄鋼業への貢献が期待されるCCUS技術(2)

—CO₂の地層貯留技術・固定技術の最前線—

主催 (一社)日本鉄鋼協会

期日 2026年6月18日(木)

会場 鉄鋼会館会議室

ホームページ

<https://www.isij.or.jp/event/index.html>

連絡先 (一社)日本鉄鋼協会 育成グループ〔電話：03-3669-
5933, E-mail：educact@isij.or.jp〕

第36回環境工学総合シンポジウム2026

主催 (一社)日本機械学会

期日 2026年7月29日(水)～31日(金)

会場 工学院大学

ホームページ

<https://www.jsme.or.jp/env/symp/sympo-info2026/index.shtml>

連絡先 (一社)日本機械学会 総合企画グループ 事務局 大
谷〔電話：03-4335-7615, E-mail：env-event@jsme.or.jp〕

「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：2026年4月24日(金) (第3期)

「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。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)

【ア行】	【ナ行】	製品紹介ガイド…………… A6~7
(株)エス・ティ・ジャパン…………… A4	日本分光(株)…………… A3	
【サ行】	日本分析工業(株)…………… 表紙 4	
(公財)里見奨学会…………… A1	【ハ行】	
(株)島津製作所…………… 表紙 3	フロンティア・ラボ(株)…………… A8	
【タ行】	【マ行】	
東亜ディーケーケー(株)…………… A2	室町ケミカル(株)…………… 表紙 2	

新規会員募集中!!

日本分析化学会は、研究者・技術者が一体となって組織化された分析化学分野では世界最大級の学会です。今後ますますハイテク化していく生活・産業活動を支えるため、本学会ではその技術力の進歩・発展に活発に貢献しております。この度、さらに幅広く事業を拡大していくため広く会員拡充を図ることになりました。この好機に多数特典のある本会会員への入会をお知り合いにぜひお勧め下さい。

公益社団法人 **日本分析化学会** 会員係

〒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
E-MAIL : memb@jsac.or.jp

原子スペクトル分析

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>

分子スペクトル分析

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

クロマトグラフィー

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

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/>

電気化学分析

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>

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>

質量分析

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/>

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

熱分析

反応危険性評価。SYSTAG社 恒温壁熱量計RADEX
熱暴走リスクを短時間でスクリーニング
(株)東京インスツルメンツ
電話 03-3686-4711 <https://www.tokyoinst.co.jp>

分析装置・関連機器

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>

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menaテック
<https://www.amena.co.jp>

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.alphascience.jp/>
電話 03-3814-1374 FAX 03-3814-2357
E-mail: info@alphascience.jp

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/>

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>

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/>

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>

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 / マルチチャンネル赤外顕微鏡
IRT-7X
日本分光(株) <https://www.jasco.co.jp>

分析試料の前処理作成用粉砕機 (ドイツ フリッチュ社製)
フリッチュ・ジャパン(株)
電話045-641-8550 (本社)
<https://www.fritsch.co.jp>

立体8の字 秒速粉砕機 マルチビーズショッカー®
ディスプレイで岩石・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 エルガラポウォーター
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

分析用超純水装置は「オルガノ ラボサロン」で検索
日本の技術で業界最高純度の超純水をご提供します
オルガノ(株) 電話03-5635-5191
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で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47,300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/

累計受講者750名超! 複数講師の丁寧な指導で大好評の
分析化学不確かさセミナー開催。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



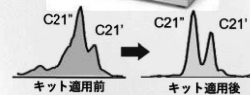
微量ポリマーの検出感度が大幅向上！
スプリットレス熱分解用オプション装置
MFS-2015E



キャピラリーGC分析における中・高沸点領域の
異常ピーク出現を解消！
異常ピーク解消キット **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/金属キャピラリーカラム/粉碎装置の開発・製品化に専念して、洗練された製品をお届けしています

イオンクロマトグラフ

Ion Chromatograph

Nexera IC

Make Every Analysis Count

環境や人々の健康を守るために、各種規制の試験法に準拠した分析が日々行われています。その水質分析にはイオンクロマトグラフが活用され、すべてのユーザーが迷うことなく確実に分析を行える、スマートな分析装置が求められています。

イオンクロマトグラフ Nexera™ IC は、コンパクトながら妥協のない性能を有し、誰もがスムーズに分析を行うことができます。

Compact & Cost-Effective

分析に必要な機能をコンパクトに集約し、かつ、メンテナンス性にも配慮した設計と独自ソフトウェアにより、スペース効率を高め、さらにダウンタイムの低減も実現します。日常分析を効率化するとともに、信頼性の高い分析結果を提供します。

Effortless Efficiency

革新的なユーザーインターフェースの搭載によるシンプルな操作で誰もが迷わず分析可能です。また、日常業務をサポートするソフトウェアを搭載し、安定した装置性能を発揮できるよう支援します。

Streamlined Automation

独自の自動化機能が、状態や結果を自動で判断しトラブル等を未然に防ぐことで、ユーザーの習熟度に依存することなく、信頼性のあるデータを提供します。また、自動化により業務負担が軽減することで、分析に関わるワークフローを効率化します。



詳しい製品情報はこちら

冷凍粉碎機 & メカノケミカル反応装置

メカノケミカル反応装置 (JMC-100) は、26年間に及ぶJAIの冷凍粉碎技術から生まれました。

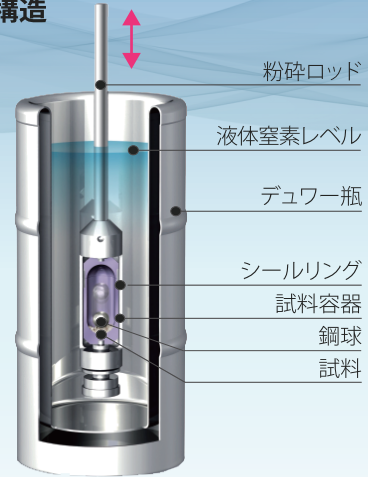
■ 冷凍粉碎機 JFCシリーズ

JAIの冷凍粉碎機は、液体窒素中でさまざまな試料を簡単に、しかも粒子をそろえて微粉碎します。溶媒抽出、固定NMR、IR測定、X線解析などの前処理として幅広くご使用ください。

粉碎可能例

- ・プラスチック・各種ゴム・ガラス・セラミックス
- ・生体試料・繊維・電子基板・紙・木片等の天然物

■ 内部構造



液体窒素中で粉碎ロッドを上下振動させ、試料容器内の鋼球を運動させることで試料を粉碎します。



1回の粉碎量 最大50g
大容量モデル
JFC-5000



1回の粉碎量 最大3g
コンパクトモデル
JFC-400

■ メカノケミカル反応装置 JMC-100

試料容器内に試料、鋼球及び試薬を封入し、試料容器全体を激しく上下に振動させることで、容器内の鋼球が試料分子を機械的に切断・攪拌し、新しい反応を実現することができます。

静音設計

56db程度(デパート店内の騒音)

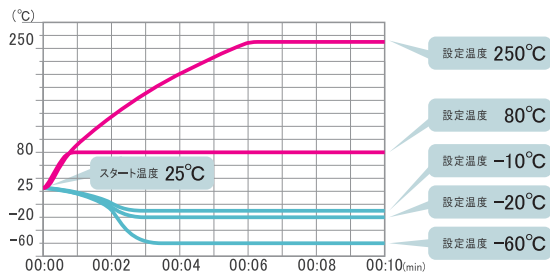
駆動速度調整

可変範囲: ~1,300回/min

反応温度調整機能

JMC-100は反応温度を設定することができます。

試料容器の温度設定は、**-100℃から+150℃**
シールを取り外した時は**+350℃**まで上げられます。



試料容器温度が設定温度に至る時間と容器温度の安定性



コントローラ

本体

液体窒素供給装置

デモンストレーションでお客様のラボにお持ちします。実際にお使いいただき、粉碎能力や使い勝手をご評価ください。

JAI 日本分析工業株式会社 <https://www.jai.co.jp/>

- 本社・工場 〒190-1213 東京都西多摩郡瑞穂町武蔵208 TEL 042-557-2331
- 大阪営業所 〒532-0002 大阪市淀川区東三国5-13-8-303 TEL 06-6393-8511
- 名古屋営業所 〒451-0045 名古屋市西区名駅2-23-14 VIA141-321 TEL 052-446-6696



製品情報

Japan Analytical Industry Co., Ltd.