

ぶんせき ①

Bunseki 2026

The Japan Society for Analytical Chemistry



高速液体クロマトグラフ

i-Series

Integrated High Performance Liquid Chromatograph



Sustainability in Every Separation

近年、地球温暖化により世界中で様々な異常気象が発生し、各国政府は2050年までに温室効果ガスの排出を全体としてゼロにする「カーボンニュートラル」の達成を掲げています。業務効率化がより一層求められる一方で、分析業務のあるべき姿も大きく変わり始めています。脱炭素社会の実現に向けて、

Smart：多様な働き方によるやりがいと生産性の向上

Eco：環境負荷の低減

を両立するソリューションを提供します。

新しい一体型LCシステムi-Seriesは従来の卓越した性能を継承しながら、安定してご使用頂ける堅牢性と環境負荷低減に寄与する機能を備え、常に信頼性の高い分析結果を提供します。

intelligent

診断・予防・復旧の3機能が分析の堅牢性の維持をサポートし
データ信頼性の向上と分析業務効率化の両方を実現



innovative

装置の遠隔操作・モニタリングによりラボ外からでも
分析業務を実施し、ラボ滞在時間を短縮

intuitive

直感的な操作とメンテナンス性、卓越した装置性能で
常に安定した分析を提供



Analytical Intelligenceは、島津製作所が提案する分析機器の新しい概念です。システムやソフトウェアが、熟練者と同じように操作を行い、状態・結果の良し悪しを自動で判断し、ユーザーへのフィードバックやトラブルの解決を行います。また、分析機器に対する知識や経験の差を補完し、データの信頼性を確保します。



詳しい製品情報はこちら

ぶんせき Bunseki 2026 Contents

1

目次

とびら	「みんな言ってるよ。」／山本 博之 1
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 IC-MS を用いたイオン性化合物の網羅分析／高橋 政友 2
展 望	結晶学からひも解く「結晶スポンジ法」、 微量試料の精密構造解析への展望／和田 雄貴・河野 正規 9
ミニファイル	Abbreviations in 分析化学（分析化学で使われる略号） 溶液 NMR で使われる略号①／田代 充 15
技術紹介	散乱型近接場光学顕微鏡 s-SNOM によるナノ分光測定 —可視光，赤外～ THz まで—／石原 あゆみ 17
トピックス	3D プリンティング技術を用いた PM2.5 のリアルタイム分離・検出／坪田 陽一 23 環境・生体試料中マイクロナノプラスチックの 抽出と熱分解 GC/MS の定量性／幡川 祐資 23
こんにちは	地方独立行政法人大阪産業技術研究所 森之宮センターを訪ねて／堀山 志朱代 24
リレーエッセイ	気がついたら〇年／児玉谷 仁 27
報 告	第 85 回分析化学討論会（愛媛，2025）／座古 保 28
ロータリー	31 談話室：雑感：先生方，講義はお好きですか？／インフォメーション：理事会だより (2025 年度第 4 回)；中国四国支部だより—第 76 回日本電気泳動学会学術大会—； 第 24 回生涯分析談話会報告；第 413 回液体クロマトグラフィー研究懇談会；2026 年の表紙デザインについて／執筆者のプロフィール

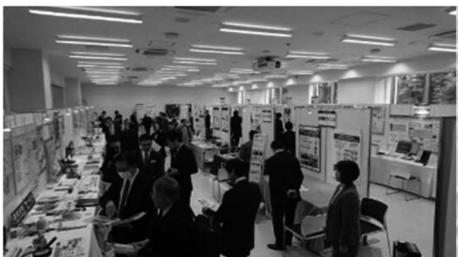
〔論文誌目次〕	37	〔広告索引〕	A5
〔お知らせ〕	M1	〔ガイド〕	A6
〔カレンダー〕	iii		

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 (福岡県久留米市)

主催:公益社団法人 日本分析化学会



本大会では、下記の企業協賛メニューを募集しております。

●講演プログラム集 (冊子) 広告掲載料

白黒1頁 ￥ 70,000 (税別)

白黒1/2頁 ￥ 40,000 (税別)

●大会ホームページ バナー 広告掲載料

1枠 ￥ 30,000 (税別) ~

●付設展示会 出展料

一般展示 1小間 ￥ 80,000 (税別)

書籍販売 1小間 ￥ 50,000 (税別)

●ランチオンセミナー 開催料

1枠 ￥ 150,000 (税別) ※お弁当等の経費は別途

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/jsac86touro>



■お問合せ・お申込み

公益社団法人日本分析化学会 指定広告代理店

株式会社 明報社

〒104-0061 東京都中央区銀座7-12-4 友野本社ビル

TEL:03-3546-1337 FAX:03-3546-6306 E-mail:info@meihosha.co.jp <http://www.meihosha.co.jp>

カレンダー

2025 年

12 月 1～1/11 日 第 16 回社会人のための表面科学ベーシック講座 [オンライン]……………(11 号 M3)

2026 年

1 月 21 日 第 312 回ゴム技術シンポジウム 基礎から応用技術で見るゴムのトライボロジー
〔東部ビル 5 階〕……………(M 6)

22 日 東海支部 2025 年度アドバンストセミナー『次世代エラストマーのための材料設計と研究開発動向』
〔名古屋市工業研究所視聴覚室 ハイブリッド開催〕……………(M 6)

22 日 腐食防食部門委員会第 364 回例会 [大阪府教育会館たかつガーデン 2 階コスモス]……………(M 6)

23 日 第 43 回コロイド界面技術シンポジウム “自己組織化や分子集合体を活用した製剤設計・評価技術”
〔同志社大学東京サテライト・キャンパス〕……………(12 号 M5)

23 日 表面科学技術研究会 2026 PFAS 規制の動向と代替技術の展望
〔大阪産業技術研究所森之宮センター大講堂〕……………(M 6)

26 日 2025 年度イオンクロマトグラフィー分析士 (初段) 試験 [リモートによる筆記試験]……………(11 号 M2)

26 日 第 34 回放射線総合利用シンポジウム
〔サンエイビル (大阪ニュークリアサイエンス協会事務局ビル) 3 階会議室〕……………(12 号 M5)

28～30 日 nano tech 2026 第 25 回国際ナノテクノロジー総合展・技術会議
イノベーションで未来のビジネスを拓く [東京ビッグサイト]……………(7 号 M7)

29 日 第 394 回ガスクロマトグラフィー研究会・見学会
〔日本生活協同組合連合会商品検査センター〕……………(M 4)

29・30 日 第 36 回分析化学基礎実習 ―微量分析技術実習コース―
〔東京理科大学神楽坂キャンパス 10 号館 1 階 1011 教室〕……………(12 号 M1)

2 月 6 日 第 395 回ガスクロマトグラフィー研究会 [北とびあ・ベガサスホール]……………(M 4)

18・19 日 第 31 回 LC&LC/MS テクノプラザ [北とびあ・ベガサスホール (15F)]……………(10 号 M10)

20 日 2026 年分析士会総会・研修講演会 [オリエンタル技研工業ショールーム]……………(12 号 M2)

26 日 第 416 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 4)

3 月 5・6 日 第 46 回分析化学における不確かさ研修プログラム [日本電気計器検定所本社]……………(11 号 M1)

28 日 日本薬学会第 146 年会 ジョイントシンポジウム (JS) [関西大学]……………(M 7)

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]……………(M 5)

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]……………(M 5)

5 月 14・15 日 第 42 回希土類討論会 [タワーホール船堀]……………(12 号 M5)

6 月 6・7 日 第 23 回ホスト-ゲスト・超分子化学シンポジウム (SHGSC 2026)
「分子化学と生物機能分子をつなぐ超分子化学 ―分子認識から生命機能発現・応用まで」
〔大阪大学豊中キャンパス〕……………(8 号 M9)

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 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)

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

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

1) 放射能分析用牛肉認証標準物質

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

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

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

○充填容器と価格

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

2) 放射能分析用魚類認証標準物質

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

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

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

○充填容器と価格

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

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

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



写真左 ポリエチレン袋に装填された牛肉認証標準物質



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

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

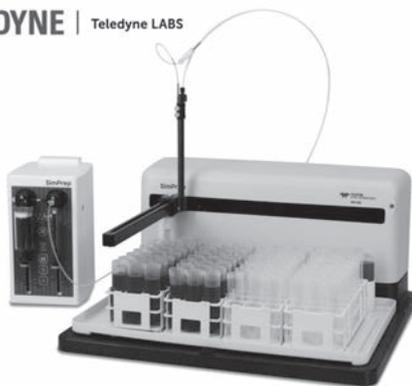
*オプション



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

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
異常ピーク形状を解消！
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

標準物質



標準物質とは

分析機器の校正、性能向上
分析技術の進歩、確立
分析対象物の値づけ

に用いられます。

より正確な分析データを求めるには、高い信頼性のある標準物質を御使用下さい。

標準物質は以下の分野に数多くあります。

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

☆世界の代表的な標準物質製造・作成者一覧☆

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

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

GSC 株式会社 ゼネラルサイエンスコーポレーション

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

YASUI KIKAI

SINCE 1953

再現性、精度、信頼性。

37年以上の実績と公定法と学術論文。



立体8の字®

商標登録第 6576850号

秒速粉碎機

マルチビーズショツカー®

Multi-beads Shocker®



MB3000シリーズ

☑️ 卓上型・省スペース ☒ 極静音設計 40dB以下

製造発売元

安井器械株式会社

本社・工場 〒534-0027 大阪市都島区中野町2-2-8

TEL.06-4801-4831

FAX.06-6353-0217

E-mail:s@yasuikikai.co.jp

https://www.yasuikikai.co.jp

©2026 Yasui Kikai Corporation, all rights reserved.

260101

「みんな言ってるよ。」



山本 博之

皆さまには様々な思いで新年をお迎えのことと思います。本年が皆さま、そして学会にとりますますよい年となりますことを心よりお祈り申し上げます。

子どもの頃のお話です。なにかちょっとした悪戯を働いて親に叱られた記憶が何度となくあります。「なんでこんなことした!」「だってみんないいって言ってたよ…」「みんなって誰!」「えーと、Aくんと、Bくんと、それからCくんと、えーと…」とあとを言いよどんでいると「3人だけじゃないか! みんなじゃないだろ!」「…」それでも、当時の私にとってはAくんとBくんとCくんが見渡す世界の価値観の大半を占めていたように思いますし、彼らがいいと言えば世の中全体も当然のように許容してくれると信じて疑わなかったものです。他愛もない話ではありますが、似たような記憶をお持ちの方もおられるかもしれません。

時は流れ立場は変わりましたが、「みんなそう言ってますよ」といった言い回しは様々な場面で時折耳にするような気がしますし、自分自身でも相変わらず使っているようです。それらには「必ずしも統計的な裏付けはないのだけれども」といった前提が無意識のうちに相互に理解されている場合もあるでしょう。「肌感覚」などという言葉に至っては最初から統計は度外視して個人の感覚を表現したもののようにも思います。それらは自らの意見を無意識のうちに補充しようとして用いられる言葉でもあるのでしょう。もちろん、そういった言い回しが全くけしからん、などというつもりはありません。皆さん善意の感覚に基づいて話をしておられるものと思います。

最近のネット空間などにおりますと、いわゆる「おすすめ」などと称するものが（恐らくは自らの過去の検索・閲覧履歴や発信状況などを一定のアルゴリズムで処理された上で）パソコンやスマホの画面に表示されたりします。「おすすめ」は時として役に立つ反面、「世の中がこういった状況にある」ように錯覚してしまうこともままあるように感じます。自らと好みを同じくするもの、賛同する考えと同様のものばかりが目につく場所に表示される傾向にある、とも言われます。真実と虚偽の区別が、時として非常に曖昧となりかねない中で、自らの目や耳に心地よい言動は、あたかも自らの心に優しくよりそうようにも感じられるのでしょう。他方、自らをとげさすように炎上し「荒らされ」たSNSの中で、世界のすべてが敵のように感じられていたものが実は数えるほどのアカウントの発言が基となっていた、などという話も聞いたことがあります。人工知能が普及しつつある世の中で、私たちは知らず知らずのうちにバイアスのかかった情報の中にいるのでしょうか。現実の世界は自分が普段眺めている世界とは大分異なっているのかもしれない。

さて、私たちのように分析に携わり、数値や統計を大切にする者としては、客観的な情報により物事を判断したいところです。しかしながらそれぞれの人が異なる世界を眺める中、これまでより「客観視」がはるかに難しいこととなっているようにも思います。難しいこととは言え、常により広い世界を意識して俯瞰する努力とともに、何より心の余裕が必要なのではないでしょうか。「みんな言ってるよ。」それ、誰が言っていますか？

〔YAMAMOTO Hiroyuki, 量子科学技術研究開発機構, 日本分析化学会会長〕

IC-MS を用いたイオン性化合物の網羅分析

高橋 政友

この度、2026年の入門講座として「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」を企画いたしました。

網羅分析は、複雑なサンプルに含まれるさまざまな成分を包括的かつ高精度に解析する手法であり、複数の成分を同時に定量することが可能です。現在、環境分析、製薬、オミクス解析、材料科学など、幅広い分野でその重要性が増しており、膨大なデータを正確に解析し、必要な情報を迅速に抽出する能力が求められています。

本入門講座では、「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」と題しまして、網羅分析に必要な基本的な原理や手法、分析対象に対する包括的な理解とアプローチ方法についてご執筆いただきました。分析化学者が実際の解析業務に役立つ知識を深めるきっかけとなれば幸いです。

〔「ぶんせき」編集委員会〕

1 はじめに

液体クロマトグラフィーの一種であるイオンクロマトグラフィーは、主に水溶液中に存在するイオン性物質の分離に広く使用されるクロマトグラフィー技術である¹⁾。イオンクロマトグラフ (IC) は高濃度の不揮発性の塩を溶離液として使用することから、これまで質量分析計 (MS) と接続することは技術的に困難であった (実際、揮発性の塩を溶離液として使用した IC-MS 分析事例も存在はしているものの、溶離液のイオン強度が低いために、ごく一部の化合物の分離・分析にしか適用できない)。この制約を克服する契機となったのが、1990年に Simpson ら、あるいは Conboy らが報告した研究である²⁾³⁾。彼らは、溶離液中の不揮発性の塩を連続的に除去可能なサプレッサーを用いることで、IC と MS を直接接続した IC-MS を初めて構築することに成功した。この報告を契機として、IC-MS は環境研究や法医学の領域において、無機・有機化合物の分離、同定、定量分析に活用されるようになった。現在では、これらの研究領域に加えて、医薬品化学、食品、細胞生物学、メタボロミクスなど、さまざまな研究領域で幅広く応用されるようになった⁴⁾。筆者らの研究グループにおいても、メタ

ボロミクス研究に IC-MS を取り入れ、各種生物の生体内に含まれる高極性のイオン性代謝物を網羅的かつ精度よく分析できる手法を確立してきており、当該手法を用いた代謝研究で一定の成果を挙げている⁵⁾。本稿では、IC-MS の網羅分析への使用事例として、メタボロミクス研究 (各種生物の生体内に含まれるさまざまな代謝物の網羅的な解析) に焦点をあてて概説する。

2 イオンクロマトグラフ-質量分析 (IC-MS) について

2.1 IC-MS の概要

イオンクロマトグラフィーは、液体クロマトグラフィーの一種であり、溶離液を移動相、イオン交換体を固定相とした分離カラムを用いて試料中のイオン種成分を分離・定量する手法である⁶⁾。イオン種成分の検出には、電気伝導度検出器 (ECD) が頻用されており、その他にも紫外可視吸光検出器 (UV-Vis)、蛍光検出器 (FLD) なども使用されている。近年では、サプレッサー (溶離液中の不要なイオンを除去する仕組み) の革新により、不揮発性の無機塩を嫌う MS も検出器の一つとして適用可能となっている。図1に IC-ECD-MS の装置構成を示す。

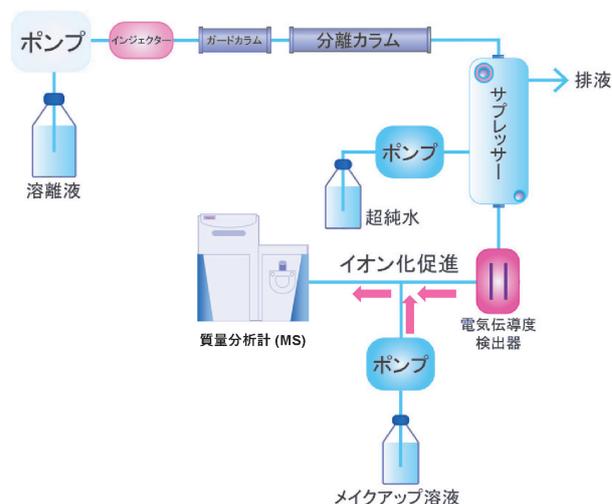


図1 IC-ECD-MS の基本構成

Ion Chromatography Coupled to Mass Spectrometry (IC-MS) for Comprehensive Analysis of Ionic Compounds.

IC-MSはその原理上、高極性のイオン性化合物の分離・分析に優れている。例えば、環境中に存在する過塩素酸塩や、農薬として用いられるグリホサートのような陰イオン、または生体試料中のヌクレオチドや糖リン酸といった代謝物が挙げられる⁷⁾。これら化合物は、従来、キャピラリー電気泳動-質量分析計(CE-MS)やイオンペア試薬を用いた逆相クロマトグラフ-質量分析計(IP-MS)、親水性相互作用クロマトグラフ-質量分析計(HILIC-MS)などを用いて分析されてきた。しかし、これらの分析手法は、分離能、感度、操作性、および分析系の運用といった観点において、それぞれに長所と短所を有している。例えば、CE-MSは化合物の分離性能に優れ、測定できるイオン性化合物の網羅性が高いという長所を有している。その反面、泳動時間の再現性が悪く、安定運用には高度な技術が必要となるといった短所が挙げられる。また、試料導入量が30 nL以下と少量であるため、微量化合物を検出するためには、前処理の工夫が必要となる。IP-MSは、特別な技術を必要とせず比較的感度でハイスループットな解析が可能である。ただし、イオンペア試薬が質量分析装置を汚染するため、専用機としての運用が必須となる。HILIC-MSは、IP-MSのように質量分析装置を汚染することはないが、異性体分離能や感度の点で十分とはいえない。一方、IC-MSは、異性体分離能、感度ともに優れており、保持時間やピークエリア値の再現性も高い。その結果、ピークアライメントやピーク同定などのデータ解析に要する時間を短縮でき、高精度な化合物同定が可能といった特徴を有している⁴⁾。

2.2 ICの装置構成

ICの基本的な構成は液体クロマトグラフ(LC)と同様、送液部、試料導入部、分離部から構成される⁸⁾⁹⁾。

2.2.1 送液部

送液部は脱気装置(デガッサー)、送液ポンプ、そしてミキサーから構成される。溶離液は一般的に酸性やアルカリ性であるため、接液部にはPEEK(ポリエーテルエーテルケトン)や人工サファイアなどの非金属の材質のものが用いられており、金属腐食や金属イオン溶出の影響を低減する工夫が施されている。

2.2.2 試料導入部

試料導入部は、ループインジェクション方式、ダイレクトインジェクション方式のいずれかが採用(一部、トラップ&エリユート方式を採用)され、いずれの方式でも一定量(数~数百 μ L)の試料を高い再現性で注入できるよう設計されている。さらに、送液ユニットと同様に接液部には非金属材質が用いられ、金属腐食や金属イオン溶出の影響を低減するだけでなく、試料中のリン酸

化合物など金属表面に吸着しやすい化合物の損失が抑制されている。

2.2.3 分離部

分離カラムには主としてポリスチレン、ポリメタクリレート、ポリビニルアルコールなどの基材にイオン交換基が導入されたものが用いられる。分析対象に応じて陽イオン交換カラムや陰イオン交換カラムが選択される。陽イオン交換モードでは、硝酸、塩酸、メタンスルホン酸などの酸性溶液を溶離液とし、陽イオン交換基(例えば硫酸や炭酸などの官能基を有するものなど)が導入されたカラムが使用される。一方、陰イオン交換モードでは、水酸化カリウムなどのアルカリ性溶液を溶離液とし、陰イオン交換基(例えば4級アミンなど)が導入されたカラムが用いられる。測定イオン種はカラム内でイオン交換体に一時的に保持され、その後、溶離液由来のイオンと交換されて溶出する。測定イオン種はイオン半径、価数、疎水性などの違いにより分離される。一般的に、価数の多いイオンほど強くイオン交換体に保持される傾向があり、疎水性の高いイオンほどイオン交換樹脂との相互作用が大きいため溶出が遅くなる¹⁰⁾。

2.3 ICとMSの接続を可能にしたサプレッサー

ICにおける分離対象は、イオンそのもの、あるいはイオンの状態になった化合物であることから、ICはMSに直接接続するのに非常に適合性の高い分離技術であると言われている。しかしながら、カラム分離後の移動相には溶離液(不揮発性の塩)が高濃度に含まれていることから、ICをそのままMSに接続すると、溶離液によるMS検出器のサチュレーションや、MSの物理的な損傷を引き起こす¹¹⁾。近年の技術革新により、これら不揮発性の塩を連続的に高い効率で除去できるサプレッサーが開発されたことで、ICとMSを接続できるようになった。

サプレッサーは、“電気伝導度検出器を用いる場合、測定するイオン種成分の検出を損なうことなくバックグラウンドとなる電気伝導度を低減する装置”と定義されており、ICの検出器として頻用されている電気伝導度検出器における測定感度を高めるための装置と位置づけられている⁶⁾。図2に膜型の電解再生サプレッサーの動作原理の概要を示す(他にも様々な原理に基づいたサプレッサー装置が存在しているがここでは割愛する)。陽イオン交換モードにおけるサプレッサーの内部において、メタンスルホン酸溶離液に由来するメタンスルホン酸イオンは、イオン交換によって水酸化イオン(陰極での水の電気分解によって生成)と交換され、流路内から除去される。同様に、陰イオン交換モードでは、溶離液として使用される水酸化カリウム溶液に由来するカリウムイオンが、陽極での水の電気分解によって生成され

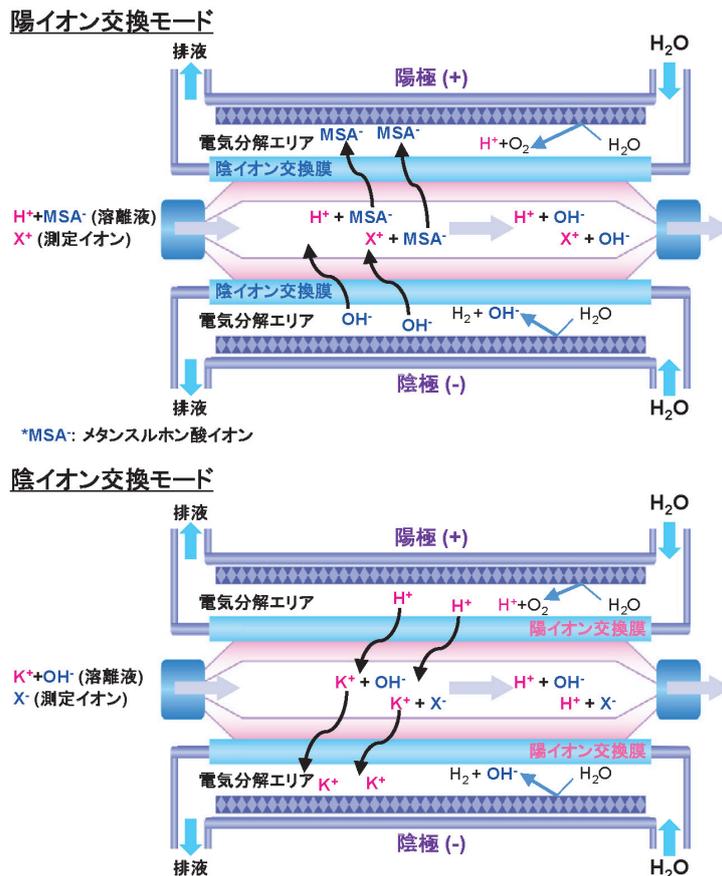


図2 電解再生サプレッサー（膜型）の動作原理の概要図

る水素イオンと交換されることで、流路内から除去される。酸性、あるいは塩基性の溶離液中に含まれる高濃度の不揮発性の塩由来のカウンターイオンと、水の電気分解で生成される水酸化物イオン、あるいは水素イオンが交換されるといった、いわゆる“脱塩処理”は、水が電気分解されている限り連続的に行われる。この“脱塩処理”により、電気伝導度検出器におけるバックグラウンドの低下と、S/N（シグナル/ノイズ）比が改善し、測定対象イオン種成分の高感度分析が可能となる。さらに、ICとMSを接続したIC-MSにおいて、安定したルーチン分析を実現している。

3 IC-MS に供するための試料調製法

IC-MS を用いて試料中のイオン種成分を網羅的に分析するためには、対象となるイオン種を保持しつつ、分析に干渉する夾雑成分（マトリクス）を効果的に除去することが必要不可欠である。特に、水溶性タンパク質および脂質は、IC-MS における主要な阻害要因である。水溶性タンパク質については、ヒト血液試料を用いた予備的検討において、除去が不十分な場合（BCA タンパク定量結果： $< 0.1 \text{ mg/mL}$ ）には数回の試料導入でサプレッサーに不可逆的な損傷を生じ、装置の継続使用が困難となることが確認された。脂質についても十分に除去できていない場合には、カラム基材との疎水性相互作用によ

組織: 10 ~ 100 mg F.W. (1 ~ 10 mg D.W.)
 細胞, 微生物: $1 \times 10^6 \sim 1 \times 10^7$ cells
 血漿/血清: 10 ~ 50 μL
 尿: 50 ~ 200 μL

- メタノール（内部標準物質を含む）を1 mL添加
 - 1分間ボルテックス
 - 5分間超音波破碎
 - 遠心分離 (15,000 $\times g$, 5 min, 4 $^{\circ}\text{C}$)
 - 上清を400 μL 回収
 - クロロホルムを400 μL , 水を320 μL 添加
メタノール/クロロホルム/水 (5/5/4)
 - 遠心分離 (15,000 $\times g$, 5 min, 4 $^{\circ}\text{C}$)
 - 上相を500 μL 回収
 - 遠心エバポレーターにより
サンプル乾固
 - 水50 μL で再溶解
- IC-MS分析

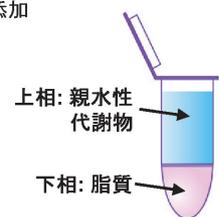


図3 各種生体試料を対象としたサンプル調製ワークフロー

り保持され、カラム圧力の上昇を引き起こすことが観察された。これらの知見から、生体試料を対象とするIC-MSにおいては、効率的な除タンパクと除脂質がサンプル調製に求められる要件であると考えられる。この要件を満たすため、筆者らは各種生体試料に適用可能な試料調製法を確立した（図3）。当該試料調製法は、まず

メタノールを用いた抽出により測定対象イオン種の抽出と同時に除タンパクを行う。続いて、抽出液に水およびクロロホルムを添加し、最終的にメタノール/クロロホルム/水の比率を5/5/4に調整することで相分離を生じさせ、脂質をクロロホルム相に除去する。本法により、試料中のイオン種成分をタンパク質および脂質から分離して抽出・粗精製することができ、高い再現性をもって安定的な分析が可能となる。

4 メタボロミクス研究における IC-MS

IC-MSは、分析対象（陽イオン、陰イオン）に応じて陽イオン交換モードと陰イオン交換モードを使い分ける必要があることから、一度の分析で両イオン種を同時に測定することを目的とした場合、他の分析手法と比べてスループットの点で不向きである。しかしながら、IC-MSは異性体の識別に優れ、高感度分析が可能であることから、異性体関係にある代謝物や生体内にごく微量しか存在しない代謝物を詳細に解析できるという利点を有する¹²⁾¹³⁾。この特徴は、代謝物の網羅分析に資する分析手法としての可能性を示している。ここでは、これらIC-MSの特性を踏まえ、メタボロミクス研究（各種生物の生体内に含まれるさまざまな代謝物の網羅的な解析）におけるIC-MSの適用事例について紹介する。

4.1 陽/陰イオン交換モードを併用したイオン性代謝物の網羅分析

生命活動を担う主幹代謝経路上の中間代謝物の多くは、高極性のイオン性代謝物（陽イオン、陰イオン、両性イオン）であり、これら代謝物を正確に分析することは、生命システムの理解に大きく貢献しうる。筆者らはこれまでにICの分離条件、およびMSの分析条件の最適化を検討してきた。陽イオン性代謝物分析には、溶離液にメタンスルホン酸、分離カラムには陽イオン交換カラム（Dionex IonPac CS19-4 μm ）を使用し、陰イオン性代謝物の分析には、溶離液に水酸化カリウム、分離カラムには陰イオン交換カラム（Dionex IonPac AS11-HC-4 μm ）を使用した。また、測定対象代謝物の分離・溶出には、各溶離液のグラジエント溶出条件下（10～100 mM）で実施した。ICおよびMSの詳細な分析条件については表1に示す。

構築した分析条件により、600種類の親水性代謝物標準品（陽イオン性代謝物、陰イオン性代謝物、あるいは両性イオンの性質を有する代謝物）を分析した結果、359種類の代謝物について分離・分析が達成された。一方で、ポリフェノールなどの疎水性の高い代謝物（ $\text{Log}P > 2$; ChemAxonを用いた予測値）は測定できなかった（イオン交換樹脂に強く保持されてしまい、カラムから溶出されないと推定される）。また、糖類、糖アルコール類については、検出はされたものの、異性体分離が不

表1 IC-MS分析条件

IC分析条件（陽イオン交換モード）

装置： ICS-5000+ HPIC System (Thermo Fisher Scientific)
 流速： 0.3 mL/min
 カラム： Dionex IonPac CS17-4 μm , 2 × 250 mm (Thermo Fisher Scientific)
 ガードカラム： Dionex IonPac CG17-4 μm , 2 × 50 mm (Thermo Fisher Scientific)
 カラムオープン温度： 30 °C
 インジェクションボリューム： 5 mL
 サプレッサー： CERS 500e (2 mm)
 サプレッサー供給電流： 88 mA
 メイクアップ溶液： 1 mM ギ酸 in メタノール
 メイクアップ溶液流量： 0.1 mL/min
 溶離液： メタンスルホン酸溶液
 溶離液グラジエント条件：

Time (min)	MSA (mM)
0.0	10
24.0	100
27.0	100
27.1	10
35.0	10

IC分析条件（陰イオン交換モード）

装置： ICS-5000+ HPIC System (Thermo Fisher Scientific)
 流速： 0.3 mL/min
 カラム： Dionex IonPac AS11-HC-4 μm , 2 × 250 mm (Thermo Fisher Scientific)
 ガードカラム： Dionex IonPac AG11-HC-4 μm , 2 × 50 mm (Thermo Fisher Scientific)
 カラムオープン温度： 30 °C
 インジェクションボリューム： 5 mL
 サプレッサー： AERS 500e (2 mm)
 サプレッサー供給電流： 75 mA
 メイクアップ溶液： 1 mM 酢酸アンモニウム in メタノール
 メイクアップ溶液流量： 0.1 mL/min
 溶離液： 水酸化カリウム溶液
 溶離液グラジエント条件：

Time (min)	KOH (mM)
0.0	10
24.0	100
27.0	100
27.1	10
35.0	10

MS分析条件

装置： Q Exactive Orbitrap 質量分析計 (Thermo Fisher Scientific)

Polarity	陽イオン分析モード	陰イオン分析モード
シースガス流量	50 arb	50 arb
オグジュアリーガス流量	10 arb	10 arb
スプレー電圧	4.0 kV	-3.0 kV
キャピラリー温度	250 °C	250 °C
S レンズレベル	60	60
ヒーター温度	400 °C	400 °C

極性	陽イオン分析モード	陰イオン分析モード
フルスキャンモード		
分解能	70000	70000
AGC target	3×10^6	3×10^6
Maximum IT	200 ms	200 ms
スキャンレンジ	70~1050	70~1050

十分であった。解糖系、ペントースリン酸経路、TCA 回路、核酸代謝、そしてアミノ酸代謝などの主幹代謝経路上の代謝物中間体のうち、主要なものを図 4a に示す。また、359 種類の代謝物について、各化合物クラスの内訳とその詳細を図 4b、表 2 にまとめた。これら代謝物の中には、ヌクレオチドや糖リン酸など、IP-MS、HILIC-MS では検出が困難であった代謝物が含まれていた。これらは高極性の陰イオン性代謝物であり、その構造中にリン酸基を有することから強い金属配位性を示す。そのため、従来の分析手法では、ステンレス製配管やバルブなど接液部における金属吸着が生じやすく、ピークテーリングに伴う感度低下と再現性の悪化が生じる可能性が指摘された。一方で IC-MS を用いた場合、

これらの代謝物に対しても良好なピーク形状を維持した状態で分離・分析が可能であり、再現性の高い測定が可能であった (図 5)。これは、ヌクレオチドや糖リン酸が IC における「イオン交換体と測定対象イオン種との相互作用」に基づく分離特性に適していること、さらに IC 装置の接液部が PEEK 樹脂などの非金属材質で構成されていることにより、金属吸着が抑制されているためであると考えられる。

本分析システムは、解糖系、ペントースリン酸経路、クエン酸回路、核酸代謝などの主幹代謝経路中間体を包括的かつ高感度で測定可能であり、保持時間およびピークエリアの再現性がきわめて高い実用的な分析手法であることが示された。

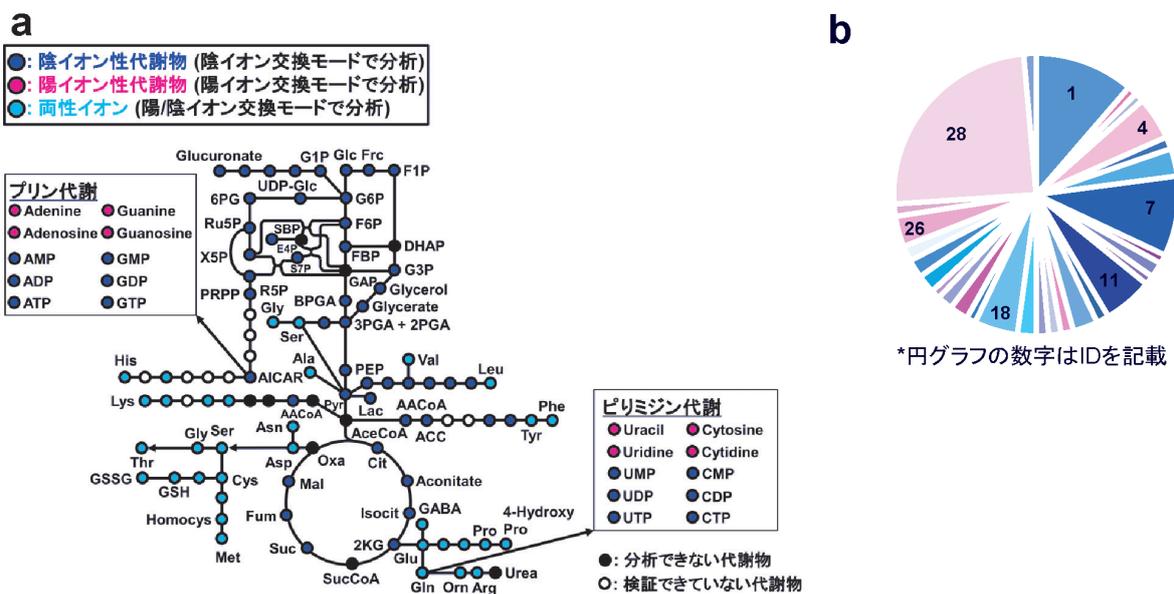


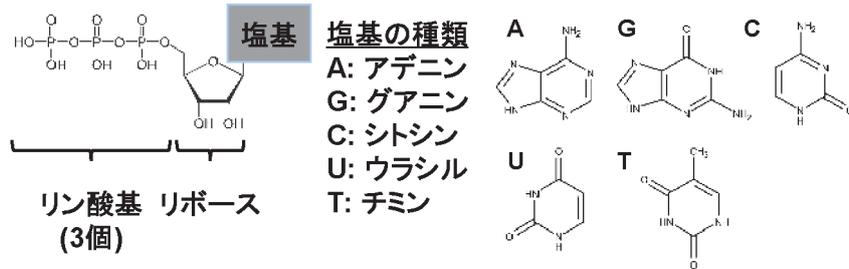
図 4 陽/陰イオン交換モード併用によって分析できる代謝物；化合物クラスの内訳

表 2 化合物クラスの内訳

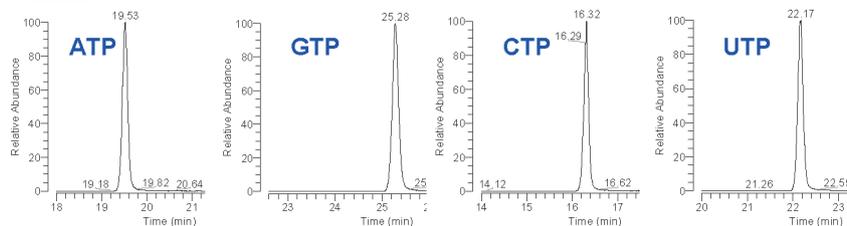
ID	化合物クラス ^a	化合物 (%)	ID	化合物クラス ^a	化合物 (%)
1	Amino acids, peptides, and analogues	11	16	Purine deoxyribonucleotides	1
2	Aminosaccharides	1	17	Purine nucleotide sugars	2
3	Benzamides	1	18	Purine ribonucleotides	5
4	Benzoic acids and derivatives	5	19	Pyridinecarboxylic acids and derivatives	1
5	Cyclic alcohols and derivatives	1	20	Pyrimidine 2'-deoxyribonucleosides	2
6	Dicarboxylic acids and derivatives	3	21	Pyrimidine deoxyribonucleotides	2
7	Fatty acids and conjugates	9	22	Pyrimidine nucleotide sugars	1
8	Gamma-keto acids and derivatives	1	23	Pyrimidine ribonucleotides	2
9	Glycosyl compounds	2	24	Pyrimidines and pyrimidine derivatives	2
10	Hydroxycinnamic acids and derivatives	1	25	Short-chain keto acids and derivatives	2
11	Monosaccharides	6	26	Sugar acids and derivatives	4
12	Phenols and derivatives	1	27	Sugar alcohols	1
13	Phenylacetic acid derivatives	3	28	The others	25
14	Phenylpropanoic acids	1	29	Tricarboxylic acids and derivatives	1
15	Phosphate esters	1			

a 化合物クラスは Human Metabolome Database の “Sub Class” 情報に基づいて分類 (<https://www.hmdb.ca/>)

* 化合物数が 4 個未満の化合物クラスについては “The others” に統合 (統合前は 72 種類の化合物クラスが存在)



STD



HeLa細胞抽出液

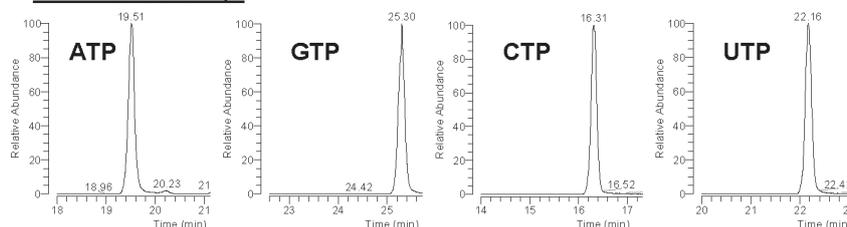
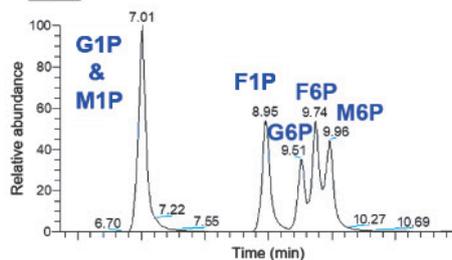
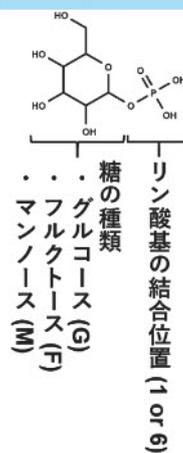


図5 スクレオチドの分析事例

STD



G1P: グルコースーリン酸



HeLa細胞抽出液

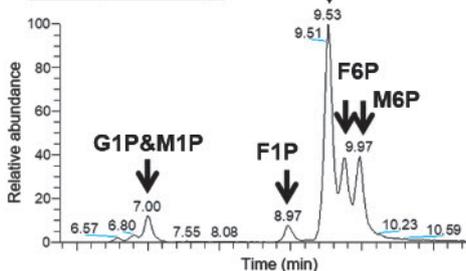


図6 ヘキソースモノリン酸における異性体分離分析事例

4.2 IC-MS が有する高い異性体識別能と高感度分析
生体内には多数の構造異性体および立体異性体が存在し、それぞれ特異的な機能を有していることが知られている。しかしながら、これらの異性体はMSのみでは識別が困難であるため、クロマトグラフィーによる分離が不可欠である。例えば、主幹代謝経路上の中間代謝物で

あるヘキソースーリン酸は、糖の種類（グルコース、フルクトース、マンノース）およびリン酸基の結合位置の違いにより複数の構造異性体が存在する。IC-MSを用いることで、標準品のみならず細胞抽出サンプルにおいても、これら構造異性体を高い再現性で分離・分析できることが明らかとなった（図6）。

IC-MSは、優れた分離性能を示すとともに、高感度な代謝物分析が可能である。例えば、ヒト培養細胞からcAMPなどの微量な二次情報伝達物質の検出が可能である。また、主幹代謝経路上の中間代謝物である糖、有機酸、糖リン酸、ヌクレオチドなどの陰イオン性代謝物を対象に、HILIC-MSとIC-MSとの感度比較を行ったところ、ほとんどの代謝物においてIC-MSがHILIC-MSに比べて約100倍の検出感度を示すことが明らかとなった¹³⁾。これらの知見は、IC-MSは高感度かつ高分離能を有することを示しており、高極性イオン性代謝物の網羅的解析における有用性を示唆している。

5 おわりに

サブレッサー技術の革新により、ICとMSを接続したIC-MSが実用化されて以来、IC-MSは無機イオン分析にとどまらず、生物由来のイオン性化合物の解析にも幅広く活用されるようになってきた。現在の主要な応用分野は、環境研究や法医学であるが、近年は医薬品化学、食品化学、臨床科学、細胞生物学、メタボロミクスへの展開も進んできている。IC-MSはシステムの安定性、保持時間の再現性、感度、さらには異性体識別において優れた特性を示し、他のクロマトグラフ-質量分析計の代替的あるいは補完的な分析計としての地位を確立している。特に、生体試料のような複雑なマトリクス中の高極性のイオン性化合物を解析対象とする場合、IC-MSの適用可能性は極めて高い。今後、さらなる技術開発の進展とともに、より多くの研究者がIC-MSを利用し、当該手法が次世代の分析化学におけるキラータクノロジーとして発展していくことを期待する。

文 献

- 1) H. Small, T. S. Stevens, W. C. Bauman : *Anal. Chem.*, **47**, 1801 (1975).
- 2) R. C. Simpson, C. C. Fenselau, M. R. Hardy, R. R. Townsend, Y. C. Lee, R. J. Cotter : *Anal. Chem.*, **62**, 248 (1990).
- 3) J. J. Conboy, J. D. Henion, M. W. Martin, J. A. Zweigenbaum : *Anal. Chem.*, **62**, 800 (1990).
- 4) J. B. Ngere, K. H. Ebrahimi, R. Williams, E. Pires, J. Walsby-Tickle, J. S. O. McGullagh : *Anal. Chem.*, **95**, 152 (2023).
- 5) R. Mizuno, H. Hojo, M. Takahashi, S. Kashio, S. Enya, M. Nakao, R. Konishi, M. Yoda, A. Harata, J. Hamanishi, H. Kawamoto, M. Mandai, Y. Suzuki, M. Miura, T. Bamba, Y. Izumi, S. Kawawoka : *Nat. Commun.*, **13**, 3346 (2022).
- 6) JIS K 0127, イオンクロマトグラフィー通則 (2013).
- 7) H. G. Gika, G. A. Theodoridis, R. S. Plumb, I. D. J. Wilson : *Pharm. Biomed. Anal.*, **87**, 12 (2014).
- 8) 吉村和恵, 鈴木隆弘, 関口陽子 : 表面技術, **63**, 495 (2012).
- 9) 森 勝伸 : ぶんせき (*Bunseki*), **2023**, 216.
- 10) J. S. Fritz : *J. Chromatogr. A*, **1085**, 8 (2005).
- 11) Y. Sekiguchi, N. Mitsuhashi, T. Kokaji, H. Miyakoda, T. Mimura : *J. Chromatogr. A*, **1085**, 131 (2005).
- 12) A. Hirayama, S. Tabata, R. Kudo, M. Hasebe, K. Suzuki, M. Tomita, T. Soga : *J. Chromatogr. A*, **1619**, 460914 (2020).
- 13) J. Wang, T. T. Christison, K. Misuno, L. Lopez, A. F. Huhmer, Y. Huang, S. Hu : *Anal. Chem.*, **86**, 5116 (2014).



高橋 政友 (TAKAHASHI Masatomo)

九州大学生体防御医学研究所メタボロミクス分野 (〒812-8582 福岡県福岡市東区馬出 3-1-1)。大阪大学大学院工学研究科、博士 (工学)。《現在の研究テーマ》質量分析を基盤とした次世代メタボロミクス解析技術の開発と応用。《趣味》読書、音楽。
E-mail : m-takahashi@bioreg.kyushu-u.ac.jp

結晶学からひも解く「結晶スポンジ法」、 微量試料の精密構造解析への展望

結晶スポンジ法は、微量試料の精密構造解析を可能にする革新的な分析手法である。本手法は、多孔性金属錯体（MOF）の細孔に分析対象分子を取り込み、X線結晶構造解析により分子構造を決定する。従来の分析手法では困難であった微量試料の絶対構造決定を可能とし、創薬研究やメタボロミクスなど幅広い分野で注目を集めている。本稿では結晶学的観点から本手法の原理、特徴、および将来展望について解説する。

和田 雄貴, 河野 正規

1 微量精密解析の現状

1.1 背景

科学と産業の進歩により、極微量の化合物から正確な構造情報を得ることの重要性が増している。大学や産業現場では、微量不純物や希少なバイオサンプル由来の微量化合物から正確な構造を決定できる手法が強く求められているが、従来の解析手法ではこれらのニーズを満たせていない。NMRやMSは試料調製が容易で、特にMSは極微量試料での分析が可能だが、解析作業の難しさと構造決定の信頼性に課題がある。一方で、X線回折法を用いた単結晶構造解析は最も正確な構造決定手段だが、結晶化工程の困難さがボトルネックとなっている（図1）。

1.2 回折を用いた微量構造解析法

従来の分析法の中でも、信頼性が高い3次元構造を比較的短時間で提供する単結晶X線構造解析に関連した技術について着目する。近年では微量で回折を用い

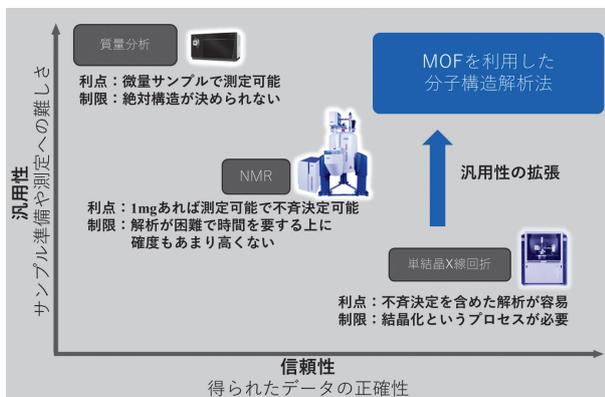


図1 各種測定法の特徴

た解析法というのも精力的に研究されている。本項ではその中でも電子線回折法と共結晶法について説明する（図2）。

1.2.1 電子線回折法

電子線回折法¹⁾²⁾は従来のX線ではなく電子線を結晶に照射することにより構造を解析する手法である。測定は透過型電子顕微鏡（TEM）を使用する。X線が10 keV（約1.2 Å）の電磁波であるのに対して、電子線は200 keV（約0.025 Å）の物質波である。電子線がエネルギーの高い電粒子であるという特性から、クーロン反発により電子の散乱因子がX線と比べて大きくサブμmサイズの極微小結晶でも回折像を得ることが出来る。一方で結晶が大きすぎると回折した電子線が結晶の中で吸収されるため、厚さ1 μm程度が大きさの上限となる。結晶から広い角度の回折像を得る必要があるが、TEMのサンプルステージの可動域の制限のため、同種の結晶を何個も測定し、それらの回折データを合算（マージ）しなければならない。また回折ピークが出ないような非晶質の化合物や液体の化合物の解析には適用できない。現時点では、市販機器が高額であり国内での台数も限られている。また、電子線の波長が短く相互作用性が強いことから回折された電子線が同じ結晶内で再度回折され

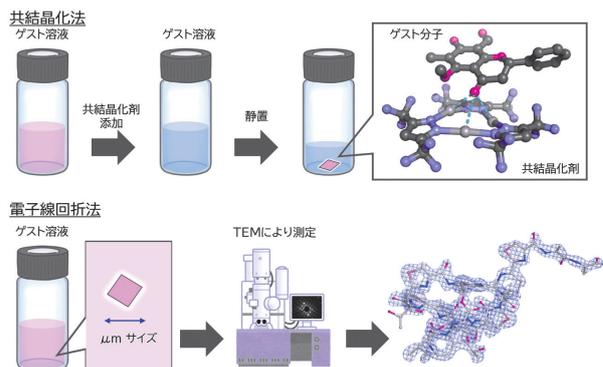


図2 共結晶化法と電子線回折の概念図

“Crystalline Sponge Method” from Crystallographic Insights; Perspectives for Trace Samples Structure Analysis.

る多重散乱やビームがサンプルを損傷することにより解析の統計値の質がX線に比べて悪い。

1・2・2 共結晶法

共結晶法^{3)~5)}は溶液内に共結晶化剤と呼ばれる特定の化合物を入れることで解析対象化合物と共結晶化する手法である。測定自体は一般的な単結晶構造解析と同じであるため、測定の結晶ハンドリング及び測定が容易なことが魅力である。また、対象化合物が液体であっても共結晶化剤により結晶成長させることが可能となる。一方、必要量のスケールがサブmgオーダーと多い。また共結晶化剤と解析対象化合物の相互作用性を保つために共結晶化剤の化学的安定性、相互作用性なども重要となってくる。また、共結晶法は溶液内で会合体を形成するために一定の溶解性が必要となってくる。

2 結晶スポンジ法について

このような微量高精度構造解析の一つとして注目を浴びている手法の一つが結晶スポンジ法である⁶⁾。本項ではその現況について説明していく。

2・1 結晶スポンジ法の原理

結晶スポンジ法はMetal-Organic Frameworks (MOFs, 金属有機構造体)と呼ばれる多座配位子と金属イオンを自己集合させた単結晶材料を用いた手法である。MOFsの細孔内に解析対象ゲスト分子を取り込ませる。その際にゲストが細孔内に周期的に配列することで、取り込まれたゲストが単結晶構造解析により解明する(図3)。

一見魔法のようにどんな化合物でも解析できそうな手法に見えるが、二つの条件を満たさなければ解析できない。一つ目は対象化合物が細孔の中に入らなくてはならない。つまりMOFsの細孔径により解析できる分子の範囲が制限される。例えば最も一般的な ZnX_2 -TPT ($X = Cl, Br, I$, TPT=2,4,6-トリス(4-ピリジル)-1,3,5-トリアジン, 図4)の細孔径は8Å程度の大きさであり、分子量が400程度以上の分子の包接成功例は限られている。二つ目は対象化合物が細孔の中で配列しなければならない。色のある化合物を包接した際のMOF結晶の着色は、一見すると構造解析の成功を示唆するように思

われるが、実際には解析に至らない場合が少なくない。これは着色したのは細孔内に入ったという一つ目の条件を満たした証拠であって、二つ目の条件である細孔内に並んだことの証明ではない。実際、ゲスト由来の着色をしたMOF結晶を測定しても解析に成功しないという例はよくある。

2・2 結晶スポンジ法の特徴

結晶スポンジ法の最大の特徴は結晶化のプロセスを解決(省略)することであると言われているが、結晶化の代わりに包接条件の検討が必要になる。しかし、この包接条件の検討は、従来の結晶化と比べると幾分か試行回数が少なくできる。また、結晶スポンジ法では1個の小さな結晶に包接するので、理論的に必要サンプル量が通常の結晶化と比べて格段に少ない。現在最先端の研究では結晶スポンジ法の必要試料をngオーダーまで微量化する試みもある⁷⁾。また、MOFsは細孔内の分子認識能により液体・気体と化合物の状態を問わず解析することも魅力の一つである。不斉点を持つ分子がMOF結晶に包接されると、不斉の効果が結晶全体に誘起される。MOF結晶は異常散乱効果の大きな重金属イオンを含有するため、その絶対構造判定は軽元素(炭素, 水素, 窒素, 酸素)のみで構成される有機結晶と比較して容易となる。この特性により包接化合物の絶対配置をより信頼性高く決定できるため、結晶スポンジ法は微量有機化合物の立体化学決定における極めて有効な手法として位置づけられる。

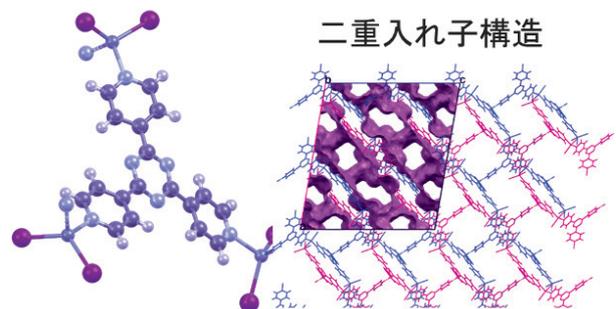


図4 ZnI₂-TPTの配位構造(左), 細孔構造(右)

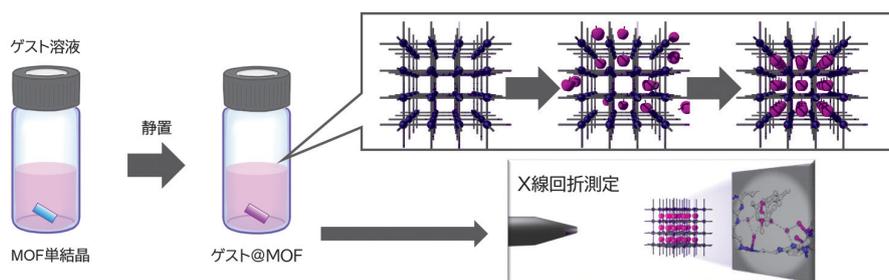


図3 結晶スポンジの測定フロー

2・3 結晶スポンジ法の限界と課題

前述の通り、まず解析対象分子の大きさが MOF の細孔径に大きく依存している。分子量 500 以上の解析は制限されており現状大きな障壁となっている。また、MOFs は配位結合によって連結された多量体構造から構成されている。配位能の高い極性のゲスト分子や溶媒分子が存在すると、MOF 骨格の配位子との間で配位子交換反応が起きる。この交換反応によって構造骨格が分解され、結晶性の劣化や結晶の溶解へとつながる。さらに基本的に溶解している化合物が細孔内に取り込まれていると考えられているので、溶解性が著しく低い場合だと構造解析が困難になることも予想される。一方で最近の結果では $\mu\text{g mL}^{-1}$ オーダーの低濃度で構造解析に成功している例も報告されていることから、この障壁はそれほど厳しい要求ではないとも考えられる⁸⁾。ターゲット分子の性質がこれらの分子量、求核性、溶解性をクリアしても実際にその化合物が 100% 解析できるわけではない。MOFs とゲストとの相互作用は緻密なバランスにより成り立っているため、ゲストの形状や相互作用基の位置やその特性などの相性が MOFs と合致しなければ細孔内で十分に配列しないためゲストを MOFs 中で観測できない。現状広範なゲストと MOF が適度に相互作用するような条件は見つかっておらず、各論的に条件を最適化することが求められる。

3 結晶スポンジ法の歴史的発展

3・1 開発の背景と経緯

結晶スポンジ法は 2013 年に Nature 誌で初めて体系的分析手法として報告⁶⁾され、微量化合物の結晶化を必要としない革新的な構造解析法として科学界に衝撃を与えた。しかしながら、この手法の基盤となる「多孔性材料の空間に分子を配列させて観察する」という現象自体は、それ以前から観測されていたものであった 1990 年代後半、結晶学的手法の技術的進歩と機器の普及を背景に、配位結合を駆使した金属有機構造体 (MOF) が作り出す特殊な空間の合成が活発に研究されるようになった。その研究の初期段階において、MOF 細孔内に合成溶媒分子が固定化され、それらが構造解析により観測され報告されていた⁹⁾。2000 年代初頭には、これらの溶媒分子を意図的に別の分子と交換し、MOF 細孔内での分子配列や相互作用を研究する試みが本格化した。この研究潮流における重要な進展として、2004 年での ZnI_2 -TPT MOF における合成溶媒であるニトロベンゼンを、トリフェニレン、アントラセンなどの芳香族炭化水素やトリフェニルホスフィンオキシドなどの有機分子と交換し、それら取り込んだ分子の三次元構造の解析の報告があげられる¹⁰⁾。このような研究は、MOF 細孔が分子認識の場として機能し、特定の空間配向でゲスト分子を固定できることを実証した重要な先駆例となった。その後

の発展として、MOF 細孔内を化学的に修飾することで特定の反応環境を創出し、通常では捕捉困難な反応中間体を結晶学的に直接観測する研究が展開された¹¹⁾。これらの成果は、MOF 細孔が単なる吸着材としてだけでなく、化学反応や分子認識を精密に制御・観測できる「結晶学的プラットフォーム」として機能することを示した先駆的な例であった。

このような学術的背景の上に立ち、2013 年に結晶スポンジと呼ばれる MOF のシリーズの一つの ZnI_2 -TPT を活用し、微量有機化合物の結晶化を必要としない構造解析法を確立した。それまでの学術的知見を「分析手法」という実用的観点から再構築し、わずか 80 ナノグラムの試料からでも絶対立体配置を含む完全な三次元構造情報を取得できる革新的方法論として提示した点で画期的であった。最初は材料の名前であった結晶スポンジはいつしか結晶スポンジ法として手法の名前へと変遷していった。MOF 研究における「副次的」現象として認識されていた細孔内への分子固定現象が鋭い洞察により、従来の分析プロトコルを変革する手法へと発展した軌跡は、視点の転換がもたらすブレークスルーであった。

3・2 結晶スポンジ用 MOF の開発

黎明期^{れいめい}においては、データの品質は必ずしも理想的とは言えず、解析可能な回折データを安定して取得するための実験プロトコルの確立が優先的課題となった¹²⁾。また、初期の結晶スポンジは、いくつかの本質的な制約を抱えていた¹³⁾。アルコールなどの極性溶媒に浸漬すると結晶性が著しく低下する。疎水性の内部環境を持つため、極性官能基を有する化合物との親和性が低いという制約もあった¹³⁾。さらに結晶自体の物理的安定性が低く、結晶の長距離輸送は困難であり、繊細な結晶ハンドリングが必要であった。これらの課題を克服するため、2010 年代半ば以降、多様な特性を持つ新規 MOF 材料の設計・合成研究が精力的に展開された。

水安定性を有する MOF を用いた結晶スポンジ法も報告された¹⁴⁾。水中でも単結晶性を維持できる MOF 材料は、極性溶媒を用いた包接実験を可能にした。配位結合によりゲスト分子を直接固定化する MOF も開発された¹⁵⁾¹⁶⁾。これらの MOF では、金属クラスターに露出した配位不飽和サイトでゲスト分子の特定官能基 (カルボキシラート、ピラゾラートなど) と配位結合により強固な固定化が達成された。近年の研究では、さらに多様なアプローチによる材料開発が報告されている。特に直鎖炭化水素系ゲストへの検討が多く進んでいる。疎水性の強い直鎖アルキルがフィットするような狭小疎水性細孔を持つ MOF¹⁷⁾ や直鎖アルキルを包接する能力が高いピラーアレーンを組み込んだ MOF¹⁸⁾ など報告された。多点での強い相互作用により固定化するために、細孔内に

秩序正しく配列した水分子ネットワークによりゲスト分子と相互作用させる MOF⁽⁸⁾¹⁹⁾も開発された。この巧みな設計により、多様な極性を持つゲスト分子の高精度配向固定が可能となり、原子分解能データの取得成功率が大幅に向上した。

しかしながら、結晶スポンジ法が発見されてから10年以上が経過した現在においても、実用的な化合物に応用できる MOF は非常に限られており、さらなる広範な分子に対応できる高機能性 MOF 群の開発が待望されている。

近年藤田らの研究グループにより分子量が1000 Da程度の分子の構造解析に成功した「第二世代結晶スポンジ」²⁰⁾が報告された。これは、「結晶スポンジ法」と「共結晶化法」(1・2・2 参照)の両方を一つの材料で行えるという点で重要なアプローチの一つである。しかし、分子量の大きな化合物を解析したのは「共結晶化法」を用いたアプローチであり、「結晶スポンジ法」での構造解析例は、分子量400程度までの比較的小さな分子であった。このような観点から、分子量が500以上の化合物を安定して解析できるような「結晶スポンジ法」のホスト材料はまだ実現していないといえる。

4 結晶スポンジ法の結晶学的側面

ここからは結晶スポンジ法を結晶学的観点から解説していく。この手法は単なる構造解析技術ではなく、結晶学の原理を巧みに応用した革新的アプローチであり、その理解には結晶学の基本概念が不可欠である。

4.1 結晶学的原理

近年の科学技術の急速な進歩により、計測機器とソフトウェアは著しい発展を遂げ自動化が進んでいる。この発展の一方で、複雑な分析プロセスがいわゆる「ブラックボックス化」する傾向が強まっており、結果として分析手法の根本原理に対する理解の希薄化が危惧されている。本項では結晶スポンジ法の科学的背景を理解するため、X線結晶構造解析の基本原則から体系的に解説する(図5)。

4.2 単結晶 X線回折における測定原理

結晶学における構造解析の根幹は、原子の電子雲により X線が散乱され、三次元的に規則正しく配列された原子による干渉効果により特定の方向に強い回折が生じることにある。この回折現象はブラッグの法則で説明され、回折 X線の方位と強度を記録する。

4.3 構造解析の基本原則

測定する単結晶は一辺が数百 μm 程度であるが、その本質は一辺が数~数十 \AA の最小単位の結晶格子(単位胞)が三次元的に規則正しく並んだものである。解析においては単結晶中に存在する無数の単位胞を平均構造として解析するものである。

X線結晶構造解析の本質的な特徴は、測定により得られる回折データ(逆空間情報)と、求めるべき原子配置モデル(実空間情報)の間に数学的な変換関係(フーリエ変換)が存在することにある。しかし、この変換過程には「位相問題」が存在するため、解析プロセスは直接的な変換ではなく、むしろ実空間モデルの構築とそれを逆空間情報に変換し実験値と比較する反復的な検証サイクルとして実施される。まず解析ソフトを用いて回折データから原子配置の初期モデルを構築する。構築された初期モデルから計算される理論回折データと実測回折データとの差異を最小化するように、モデルを系統的に精密化していく。電子密度マップにおける各ピークは特定の原子核周辺の電子雲に対応する。解析者はこれらのピークを観察し、その形状、電子密度の大きさ、周囲の原子との相対的位置関係などを総合的に判断して元素種を同定する。一般に、原子番号の小さい軽元素は電子数が少なく相対的に弱いピークを示す一方、原子番号の大きな重元素は強いピークとして観測される。

構造精密化過程では、原子の位置座標、温度因子(熱振動パラメータ)、占有率などの複数のパラメータを系統的に調整し、モデルから計算される回折強度と実測強度との一致度を高める。この過程は最小二乗法に基づく統計的手法であり、その結果の信頼性は R 因子、Goof(適合度)などの指標によって評価される。

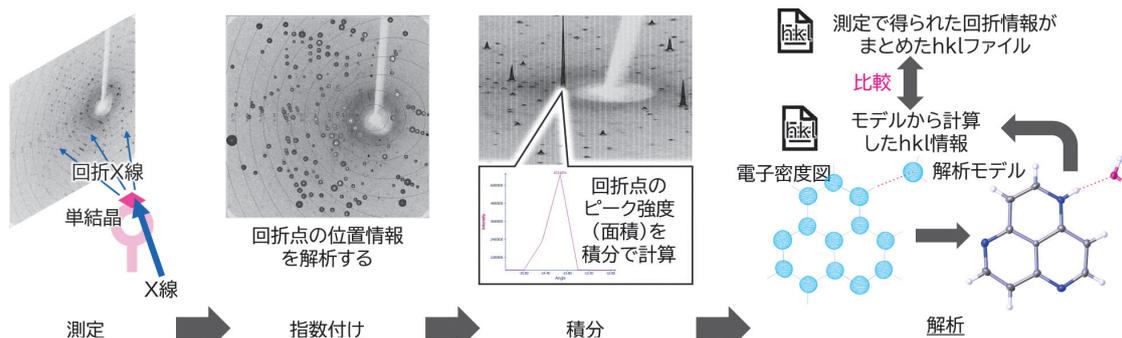


図5 単結晶 X線構造解析のフロー

4.4 結晶スポンジ法の結晶学的特性と課題

結晶スポンジ法において特に注意すべき点は、細孔内に取り込まれたゲスト分子の占有率（結晶学的な存在確率）が必ずしも 100 % に達しないことである。従来の単結晶 X 線回折法では、分子が結晶格子内に密に充填されており、各原子位置における電子密度が明瞭なピークとして観測される。一方、結晶スポンジ法では、ゲスト分子が一様に分布せず、単一の配向で固定されていないため、この基本的前提が成立しない。

さらに問題となるのは、低占有率のゲスト分子由来の回折強度が微弱であり、適切な構造モデルの構築が困難なことである。まず占有率の決定はリファインメントのみで解析し、他の制約条件が適用されないことから、その数値的信頼性に限界がある。このような不確実な占有率は、電子密度マップの解釈において深刻な問題を引き起こす。電子数の近い軽元素同士の元素種同定は電子密度の差が小さく、占有率が低いとより一層困難になる。

4.5 結晶スポンジ法における構造解析の信頼性

結晶スポンジ法で得られた分子構造図は、しばしば“絶対的な真実”として受け取られがちである。しかし、測定・解析が提供するものは電子密度の空間分布のみであり、分子構造モデルの構築には解析者の判断と解釈が不可欠である点を理解する必要がある。

従来の単結晶 X 線解析では、観測された電子密度のみで正確なモデルを構築できる。分子が乱れている場合でも結晶は密に充填されたため、分子の位置や配向が明確に規定され、このような場合においても束縛や拘束などの制約条件の使用は稀である。

結晶スポンジ法では状況が大きく異なる。細孔内の高い自由度を持つ環境でゲスト分子が包接され、解析は単結晶に存在する無数の単位胞の平均構造として行われる。強固なホスト - ゲスト相互作用を示すと占有率が高くなり高精度な解析が可能である。一方で相互作用が弱いと占有率が低くなり電子密度が不明瞭となる。さらにゲスト分子が存在しない部位には溶媒分子や異なる配座のゲストが存在し、これらがモデル化困難な残差電子密度として観測される。そのためゲストのモデル作成の際にノイズとなり、解析の際にゲスト分子由来の電子密度のみを用いた解析が阻害され、束縛・拘束の使用しなければならなくなる。

束縛・拘束は、観測電子密度に直接依存せず、化学的知識に基づいて原子位置や熱振動パラメータを調整する手法である。結合距離・角度の理想化、分子平面性の維持、温度因子の関連付けなどが代表例である。適切な使用により化学的に妥当なモデルが得られる一方、過剰な適用は解析者の主観に基づく恣意的な構造構築を招く危険がある。過度のモデル制約や束縛条件を導入することで、不十分な電子密度に対しても「期待される構造」を

人為的に当てはめ、実際のデータとは乖離した理想化されたモデルを作り出すことが技術的に可能だからである。また、構造図の表示方法も注意が必要である。熱振動楕円体図（通称 ORTEP 図）は通常 50 % の存在確率で描画されるが、温度因子が大きい場合に恣意的に存在確率を下げられていることがある。通常、温度因子は原子の位置確率分布を反映し、大きな値は熱振動の増大、位置の変位、結晶性が悪いなどを意味する。小さな温度因子は視覚的に構造信頼性の高さを表すため、閾値操作はデータの質の誤認させる観点から望ましくない。

4.6 より信頼性が高いデータを得るためには

結晶スポンジ法研究における最終目標は、微量の未知化合物の構造を確実に解析することである。この目標達成には、ゲスト分子の占有率向上と高品質回折データの取得が不可欠である。高品質データは元素種の同定も含めた解析を格段に容易にする。しかし、高品質な回折データの安定取得には多くの技術的課題が残されている。第一に、MOF 内でのゲストが強い分子間相互作用を持たせる必要がある。これまでに報告されている MOF において幅広い範囲の分子と強い相互作用を示すような機構は限られており適切な細孔環境設計が必要となってくる。第二に、包接条件の最適化技術が重要である。使用 MOF、溶媒選択、濃度調整、温度・時間制御など多変量パラメータを現在は各論的に調整している。第三に、微小結晶のハンドリング技術も成功の鍵を握る。数百 μm サイズの結晶を損傷なく扱い、単結晶のみを選別するには一定の訓練が必要である。

5 今後の展望と課題

5.1 結晶スポンジ法における結晶学

結晶スポンジ法はその発見から 10 年経つがまだ発展途上の技術である。その改善のためにはまだ多くの技術的障壁を乗り越えなければいけない。このような空間内に解析対象分子を固定化するホスト-ゲスト系の単結晶 X 線構造解析は未発達領域であり、その取り込まれた分子の構造に関するデータの質の評価は通常単結晶 X 線構造解析とは評価基準が異なっている。

5.2 結晶スポンジ法データの取り扱い

結晶スポンジ法の最大の課題は、提示される分子構造図のみでは構造の信頼性を適切に評価できない点である²¹⁾。美しい分子モデルに隠された不確実性と解析者判断の影響を常に認識し、CIF ファイルの詳細な結晶学パラメータをよく理解することが不可欠である。束縛・拘束の適用状況、温度因子分布、占有率、統計指標の慎重な検証により、モデル信頼性の客観的評価が可能となる。これらの課題は MOF の細孔内における制約の少ない特殊な環境でのゲスト分子の複雑な占有率によるもの

である。研究者の主観による恣意的モデル化の可能性が常に存在するため、測定結果の信頼性と不確実性を慎重に検討し、明確に記述する責任がある。

5・3 展望

本稿では結晶スポンジ法の背景と基礎原理を結晶学的観点から論じた。本手法は微量試料からの構造決定を可能にする革新的技術として注目されているが、その価値を最大化するには可能性と限界の両方を正確に理解することが不可欠である。

結晶スポンジ法は従来のX線結晶構造解析の制約を克服し、結晶化困難な化合物にも三次元構造情報を提供する画期的手法である。天然物化学、創薬研究、材料科学など幅広い分野で、微量かつ貴重なサンプルの迅速な構造解析を可能にする利点は計り知れない。

しかし、極めて重要なデータを提供する手法であるからこそ、結果の正確性と信頼性の担保が必須となる。絶対構造の決定や複雑な立体配座の解析では、従来法との相補的検証が望ましい場合も多い。未知化合物の構造決定では特に重要であり、誤った構造同定が後続研究に与える影響は甚大である。現在の結晶スポンジ法には、適用可能な化合物範囲、分子サイズ制約、ホスト-ゲスト相互作用の予測困難性などの課題が残されている。これらの限界を明確に認識し、データ解釈において細心の注意を払うことが肝要である。

今後の技術革新により、本手法がより幅広い基質に対して迅速かつ正確に構造情報を提供できるよう発展することを期待している。新たなホスト分子開発、解析アルゴリズム改良、AI活用などにより、本手法の潜在的 가능성이最大限に引き出され、物質科学の新たな地平は開かれている。

文 献

- 1) T. Gruene, E. Mugnaioli : *Chem. Rev.*, **121**, 11823 (2021).
- 2) C. G. Jones, M. W. Martynowycz, J. Hattné, T. J. Fulton, B. M. Stoltz, J. A. Rodriguez, H. M. Nelson, T. Gonen : *ACS Cent. Sci.*, **4**, 1587 (2018).
- 3) F. Krupp, W. Frey, C. Richert : *Angew. Chem. Int. Ed.*, **59**, 15875 (2020).
- 4) Y. Li, S. Tang, A. Yusov, J. Rose, A. N. Borrfors, C. T. Hu, M. D. Ward : *Nat. Commun.*, **10**, (2019).
- 5) J.-G. Song, J. Zheng, R.-J. Wei, Y.-L. Huang, J. Jiang, G.-H. Ning, Y. Wang, W. Lu, W.-C. Ye, D. Li : *Chem*, **10**, 924 (2024).

- 6) Y. Inokuma, S. Yoshioka, J. Ariyoshi, T. Arai, Y. Hitora, K. Takada, S. Matsunaga, K. Rissanen, M. Fujita : *Nature*, **495**, 461 (2013).
- 7) S. Yoshida, S. Baba, N. Mizuno, Y. Nakamura, S. Sato, M. Fujita : *J. Am. Chem. Soc.*, **147**, 23917 (2025).
- 8) Y. Wada, P. M. Usov, B. Chan, M. Mukaida, K. Ohmori, Y. Ando, H. Fuwa, H. Ohtsu, M. Kawano : *Nat. Commun.*, **15**, 81 (2024).
- 9) H. Li, M. Eddaoudi, T. L. Groy, O. M. Yaghi : *J. Am. Chem. Soc.*, **120**, 8571 (1998).
- 10) O. Ohmori, M. Kawano, M. Fujita : *J. Am. Chem. Soc.*, **126**, 16292 (2004).
- 11) T. Kawamichi, T. Haneda, M. Kawano, M. Fujita : *Nature*, **461**, 633 (2009).
- 12) M. Hoshino, A. Khutia, H. Xing, Y. Inokuma, M. Fujita : *IUCr*, **3**, 139 (2016).
- 13) F. Habib, D. A. Tocher, C. J. Carmal : *Mater. Today Proc.*, **56**, 3766 (2022).
- 14) W. de Poel, P. Tinnemans, A. L. L. Duchateau, M. Honing, F. P. J. T. Rutjes, E. Vlieg, R. de Gelder : *Chem. – Eur. J.*, **25**, 14999 (2019).
- 15) S. Lee, E. A. Kapustin, O. M. Yaghi : *Science*, **353**, 808 (2016).
- 16) X. Pei, H.-B. Bürgi, E. A. Kapustin, Y. Liu, O. M. Yaghi : *J. Am. Chem. Soc.*, **141**, 18862 (2019).
- 17) T. N. Tu, M. Scheer : *Chem*, **9**, 227 (2023).
- 18) Y. Wu, L. Shi, L. Xu, J. Ying, X. Miao, B. Hua, Z. Chen, J. L. Sessler, F. Huang : *Nature*, **640**, 676 (2025).
- 19) T. Nakagawa, Y. Wada, B. Chan, T. Baba, K. Hanaya, Y. Koseki, R. Asano, K. Aoki, P. M. Usov, M. Kawano : *J. Am. Chem. Soc.*, **147**, 29013 (2025).
- 20) W. He, Y. Yu, K. Iizuka, H. Takezawa, M. Fujita : *Nat. Chem.*, **17**, 653 (2025).
- 21) M. T. Chaudhry, J. A. Newman : *ACS Mater. Lett.*, **7**, 41 (2024).



和田 雄貴 (WADA Yuki)

東京科学大学理学院化学系 (〒152-8550 東京都目黒区大岡山 2-12-1 NE-4)、テクモフ(株) (兼務)。東京科学大学理学院化学系修了。博士 (理学)。《現在の研究テーマ》結晶スポンジ法用 MOF の開発。
E-mail : yuki.wada@chem.sci.isct.ac.jp



河野 正規 (KAWANO Masaki)

東京科学大学理学院化学系、テクモフ(株) (兼務)。早稲田大学大学院理工学研究科化学専攻修了。博士 (理学)。《現在の研究テーマ》結晶学を用いた構造と機能の開拓。
E-mail : mkawano@chem.sci.isct.ac.jp

学問としての分析化学は多くの分野に細分化されており、それぞれ急速に進化を遂げています。それゆえに他分野の文献などを調べる際に、見慣れない略号に戸惑うことも多くあると思います。そこで2025年のミニファイルでは、「Abbreviations in 分析化学（分析化学で使われる略号）」というタイトルで、当該分野では常識的によく使われるようになってきているが他分野の方にはまだ見慣れない「略号」について、分野ごとにキーワードをピックアップしてお届けしていきます。

〔ぶんせき〕編集委員会

溶液 NMR で使われる略号①

1 はじめに

核磁気共鳴 (nuclear magnetic resonance, NMR) は主に有機化合物の構造解析に用いられており、幅広い分野で使用されている。本稿では、溶液 NMR で使用される幾つかの略号について測定例を交えて解説する。

2 NMR 試料

2.1 化学シフト値の基準に用いられる物質

TMS (tetramethylsilane (CH₃)₄Si)

DSS (sodium 2,2-dimethyl-2-silapentane-5-sulfonate)

TSP (3-(trimethylsilyl)propionic acid sodium salt)

有機系溶媒には TMS、水溶性溶媒には DSS, TSP を用いる。

2.2 NMR 溶媒

重水素化溶媒を用いることが一般的である。このうち、略語として呼ばれる溶媒に重水素化ジメチルスルホキシドがある。

DMSO-*d*₆ (dimethyl-*d*₆ sulphoxide)

語尾の “*d*₆” は重水素の数を表す。この場合、二つのメチル基中の ¹H がすべて重水素化されていることを示す。

3 構造解析に用いられる NMR

有機化合物の構造解析に用いられる 1 次元・2 次元スペクトルには多くの種類があり、一般的にアルファベットの略号として表記される。ここでは汎用される、あるいは知っておくと便利な測定法を紹介する。

3.1 TOCSY (total correlation spectroscopy)

¹H のスピンス系ネットワークを観測する (図 1)。特定の ¹H が属するスピンス系のネットワーク情報だけを知りたいときに 1 次元 TOCSY、化合物全体のスピンス系を見

たい場合は 2 次元 TOCSY (図 2) を用いる。

3.2 HETCOR (hetero nuclear correlation)

異種核の直接結合を観測する 2 次元 NMR 法である。一般的には CH-COSY を指し、直接結合した異種核 (通常は ¹H と ¹³C) の間に交差ピークが観測される。直接観測するのが ¹³C であるため感度が低く、あまり使用されない。最近の装置では、¹H-¹³C HMQC (heteronuclear multiple quantum correlation) や ¹H-¹³C HSQC (heteronuclear single quantum correlation) の使用が一般的である。本稿ではフッ素化合物での ¹⁹F-¹H HETCOR の測定例を紹介する (図 3)。

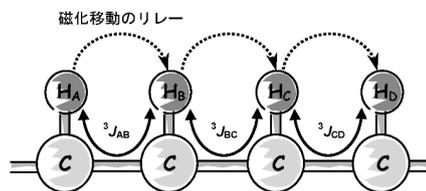


図 1 TOCSY で観測する ³J_{HH} を介した ¹H のスピンス系の模式図
“分析化学実技シリーズ 機器分析編・3「NMR」より¹⁾”

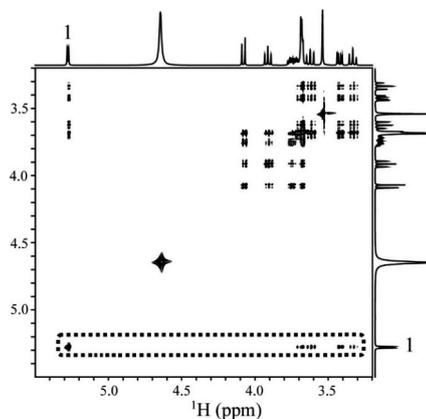


図 2 スクロースの 2 次元 TOCSY スペクトル
H1 (5.28 ppm) の横軸に沿った部分 (点線内) に図 1 に相当する交差ピークが観測されている。“分析化学実技シリーズ 機器分析編・3「NMR」より¹⁾”

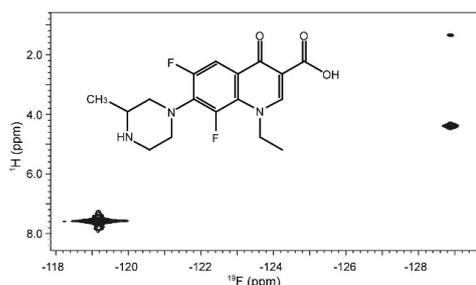


図 3 ロメフロキサシンの構造式と ¹⁹F-¹H HETCOR スペクトル
2 原子の ¹⁹F は -119.2 ppm と -129.0 ppm に観測されている。

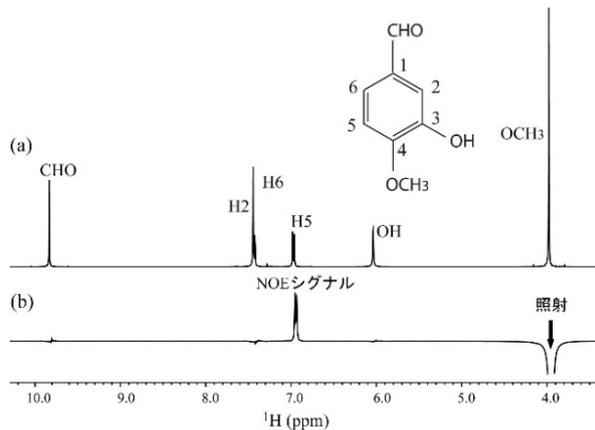


図4 イソバニリンの構造式と (a) ^1H NMR スペクトル, (b) 1次元差 NOE スペクトル

4位の $-\text{OCH}_3$ を照射し、近接する H5 シグナルが観測されている。

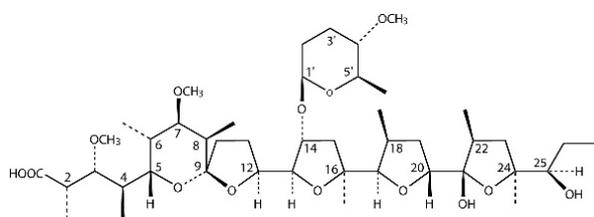


図5 ポートミシンの構造式

3.3 NOESY (nuclear overhauser effect spectroscopy)

空間的に近接する (5 \AA 以内) ^1H 同士にシグナルが観測される。 $^1\text{H}\cdots^1\text{H}$ 間の結合数とは無関係であり、分子間であっても近接していれば NOE シグナルが観測される。イソバニリンの1次元差 NOE スペクトル (図4b) では、4位の $-\text{OCH}_3$ を選択照射したところ、近接する5位の ^1H (H5) のみが観測されている。2次元 NOESY では、イソバニリン分子内のすべての NOE シグナルが観測される。

4 1次元差 NOE スペクトルと J -resolved HMBC スペクトルを用いた研究例

1次元差 NOE スペクトルと J -resolved HMBC²⁾ により、ポートミシン (図5) の2~5位の鎖状部分の立体構造解析を行った研究例³⁾を紹介する。 $^1\text{H}-^{13}\text{C}$ HMBC (Heteronuclear Multiple Bond Correlation) では、 ^1H と2~3結合離れている ^{13}C との相関が観測される。この HMBC をベースに ^1H と ^{13}C 間の結合定数 (J) を求める手法として J -resolved HMBC が開発された²⁾。低分子化合物の立体構造解析では、 ^1H 同士および ^1H と ^{13}C 間の結合定数が一般的に用いられるが、鎖状の立体構造解析では、その適用が困難なことが多い。特に、ポートミシンの2~4位ではメチル基の存在により、シグナルが複雑に分裂するため、結合定数の測定が困難になる。そこで、1次元 NOE から得られる距離情報も含めた総合的な解析を行った。

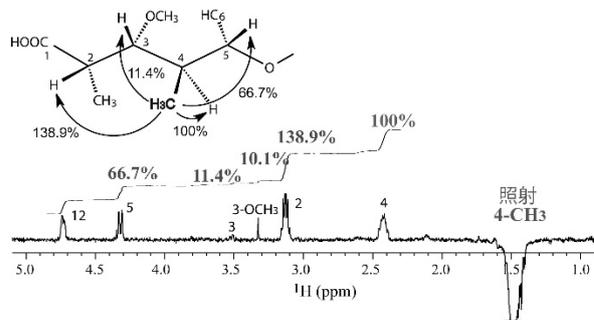


図6 ポートミシンの部品構造と1次元差 NOE スペクトル 4位のメチル基を選択照射。H4の NOE シグナル強度を100%とした²⁾。

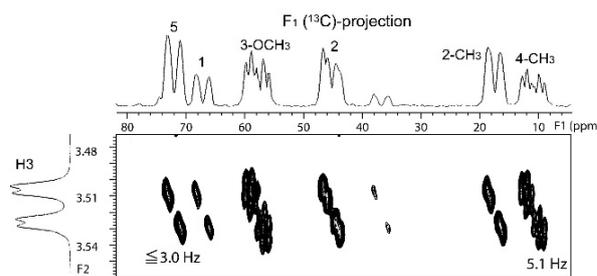


図7 ポートミシンの J -resolved HMBC スペクトル H3-C5, H3-4CH₃ 間の結合定数を示した²⁾。

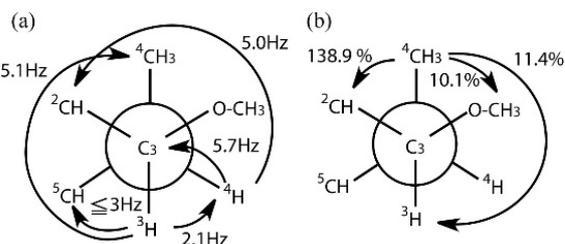


図8 ポートミシンの C3-C4 の (a) 結合定数, (b) NOE シグナル強度²⁾

ポートミシンの1次元差 NOE スペクトルと J -resolved HMBC スペクトルを図6, 7にそれぞれ示し、3~4位部分の結合定数と NOE シグナル強度の結果を図8に示す。1次元差 NOE スペクトル (図6) では、4位のメチル基を選択照射し、H4の NOE シグナル強度を100%として他の NOE シグナルの相対強度を求めた。H4と4位のメチル基の ^1H 間距離がほぼ固定されているため、これを基準として用いた。結合定数と NOE を組み合わせた構造解析により、より信頼性の高い立体構造解析が可能になることが示された。

文 献

- 1) 田代 充・加藤敏代：“分析化学実技シリーズ 機器分析編・3「NMR」”，(共立出版)。
- 2) K. Furihata, H. Seto : *Tetrahedron Lett.*, **40**, 6271, (1999)。
- 3) K. Furihata, M. Tashiro : *Natural Product Research*, (published online: 01 Apr 2025)

[明星大学理工学部 田代 充]

散乱型近接場光学顕微鏡 s-SNOM によるナノ分光測定

—可視光, 赤外～ THz まで—

石原 あゆみ

1 はじめに

近年、高機能性材料や製品のナノ構造化が進んでおり、それらの特性評価にもナノスケールの空間分解能が求められるようになってきている。赤外を中心とした分光測定およびイメージングは分子振動、フォノン、といった物質の化学構造や物性をノンラベルで直接解析できる方法だが、一般的な手法では回折限界により用いる光の波長の半分程度の空間分解能しか得ることができない。特に波長の長い光を用いる赤外分光では5～20 μm程度にとどまる。

赤外分光測定に高空間分解能な原子間力顕微鏡 (atomic force microscopy, AFM) を組み合わせることで、ナノスケールの空間分解能で化学構造を直接解析できるナノ赤外分光測定手法は2000年前後に装置開発、市販化され、近年では性能や安定性の向上により装置導入および活用事例が広がってきている。ナノ赤外分光は、光によって誘起される熱膨張等をAFMの機械的な応答として検出するAFM-IRとサンプルと相互作用した光を直接検出する散乱型近接場光学顕微鏡 (scattering-type scanning near-field optical microscopy, s-SNOM) をベースにした手法と2種類に大別される。本稿では、当社が国内輸入総代理店として販売およびサポートを行っているドイツ Attocube systems GmbH 社 (以下 Attocube 社) のナノ分光顕微鏡 neaSCOPE および IRa SCOPE の要素技術である s-SNOM をベースとしたナノ分光測定の原理と解析事例、今後の展開について紹介する。

2 s-SNOM の測定原理と装置

2.1 近接場光学顕微鏡の開発

近接場光学顕微鏡 (SNOM) はプローブ先端に発生する近接場光と呼ばれる局在化した光のホットスポットをプローブとして用いる顕微鏡で、微小開口から浸みだした光を用いる開口型と鋭利な金属探針先端に局在する光を用いる散乱型 (非開口型, s-SNOM) に分けられる。SNOM のアイデアは1928年に E. D. Synge により提唱され¹⁾、1972年にマイクロ波²⁾、1984年に可視光³⁾⁴⁾で実証された。開口型 SNOM と比較し s-SNOM はより高

分解能が実現でき、分解能は用いる光の波長に依存しないという特徴があるため、ベースとなるAFMの発展と共に様々な構成の s-SNOM が開発された。2007年にはSNOMの開発で著名な研究者らによってマックスプランク生化学研究所 (ドイツ) からスピノフして s-SNOM メーカー neaspec が創業され、翌年 s-SNOM の市販装置 (neaSNOM) が発売された。neaspec 社は一貫して s-SNOM および関連技術の開発を行ってきており、いくつかの重要な特許技術を保有している。現在では、クライオスタットやポジショナーのメーカーである Attocube 社の一部門としてより高性能で使いやすい装置開発を行っている。より専門的なニーズにこたえらえるよう柔軟な装置構成が可能な neaSCOPE (図1左)に加えて、より使いやすさと相関顕微鏡法を強化した IRa SCOPE (図1右)をリリースした。s-SNOM からスタートした同社だが、現在ではAFM-IRやラマン分光など様々な測定モードを搭載できるナノ顕微鏡プラットフォームとして発展している。



図1 Attocube systems 社のナノ分光顕微鏡

2.2 s-SNOM の原理と測定対象

s-SNOM では照明光を金属コーティングされたAFM探針先端に光を集光し (図2左①)、光の電場によって探針先端に電荷が集まり分極する (図2右) ことで探針先端径と同程度の範囲に光が閉じ込められる (図2右)。これがサンプルと相互作用しさらに探針を分極させ (図2右)、探針先端からの散乱光として検出される (図2左③)。近接場由来の散乱光電場 E_{sca} は $E_{sca} \propto \alpha_{eff}(\beta, z) E_{in}$ (α_{eff} : 探針の有効分極率, β : 物質応答関数, E_{in} : 入射光電場) で表され、 β はサンプルの誘電関数 ϵ を反映した値であり、探針先端直下のサンプルの局所的

な誘電率と相関する。そのため、図3の表に示すように、中赤外における分子振動による物質の化学組成・構造解析の他にも様々な物質、事象を解析できる。探針は特別な形状は必要なく、AFMの電気測定で用いられる市販の白金等のコーティングのものが使用できる。

検出される散乱光には、遠方場由来の散乱光も含まれ

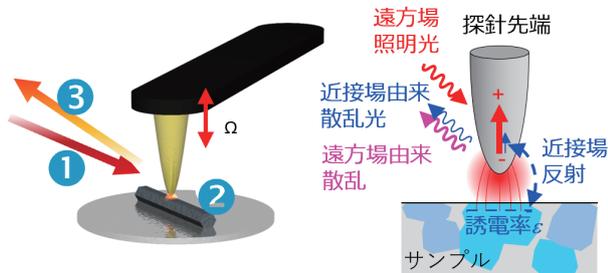


図2 s-SNOMの原理

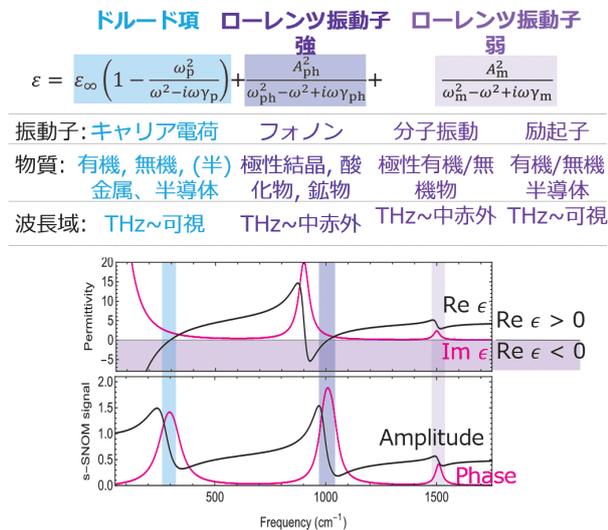


図3 s-SNOMのシグナルとコントラスト

バックグラウンドとなるため、微弱な近接場由来のシグナルのみを取り出す必要がある。そのために、AFM タッピング周波数 (Ω) の倍数 ($n\Omega$) の周波数で復調している。遠方場のバックグラウンドは探針先端とサンプルの距離と線形的に相関するが、近接場シグナルは探針先端がサンプルから離れると指数関数的に減衰する。そのため、バックグラウンドは主に低次の高調波成分に、近接場は高次成分に現れ、分離することができる⁵⁾。また、高次の高調波になるほどより局在化され再表面のみの情報を含む。neaSCOPE では一度に最大5段階の高調波を同時検出可能であり、深度の異なる情報を得ることができる。この性質を利用し、シンプルな系においては物質の厚さ定量方法が実証されている⁶⁾。

図4に装置構成の1例を示す。タッピングモードのAFMに光源、集光するミラー、検出器に加えて、重要な構成要素として非対称マイケルソン干渉計が構成されている。干渉計により散乱光の振幅(強度)だけでなく位相も得ることができ、振幅は反射、位相は吸収に相当する。光源は単一周波数レーザー、波長可変レーザー、ブロードバンドレーザー等を組み合わせることができる。単一周波数レーザーまたは波長可変レーザーを組み合わせると、図4のように特定の分子振動(ここではC=O伸縮振動, 1740 cm^{-1})の反射、吸収像とAFM像を同時に取得することができる。レーザーの波数掃引によりスペクトルを取得することもできる。この際、干渉計の移動鏡を振動させることで遠方場の混ざりこみのない近接場のみの成分を抽出、増幅することができ(Pseudo-Heterodyne, PsHet 検出⁷⁾)、前述の高次高調波復調と組み合わせることで可視光から赤外、テラヘルツ(THz)まであらゆる波長域でバックグラウンドフリーな測定ができる。それぞれの波長域で解析可能な振動子と物質は図3上に示した通りである。

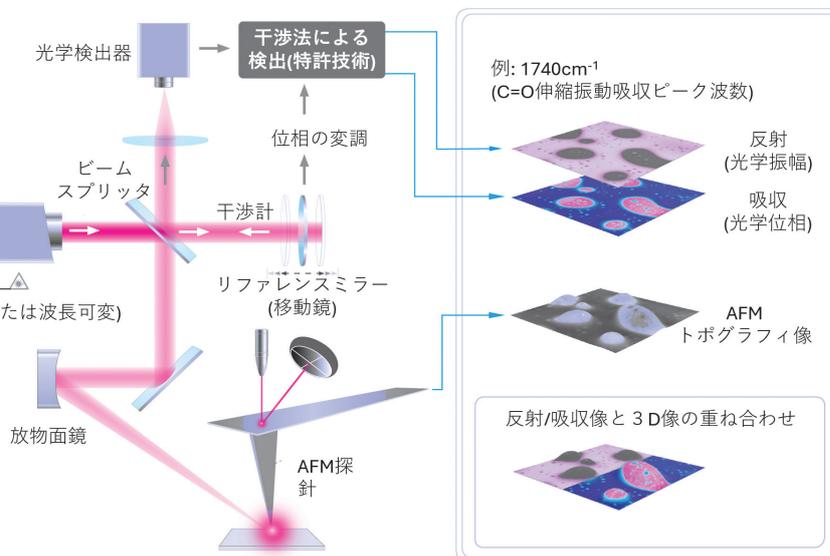


図4 装置構成例

ブロードバンドレーザーや放射光を組み合わせる場合、一般的なフーリエ変換赤外分光法 (FTIR, fourier transform infrared spectroscopy) と同様に干渉計の移動鏡を動かしてインターフェログラムを取得しフーリエ変換するが、移動鏡側に AFM とサンプルが配置されているため振幅と位相のスペクトルを取得することができる (nano-FTIR)。平滑で反射性の基板 (金やシリコン) のスペクトルでサンプルのスペクトルを規格化すること

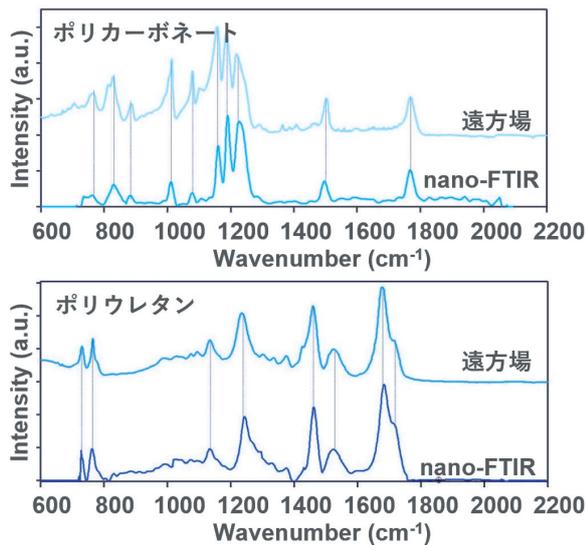


図5 nano-FTIR と ATR スペクトル比較

で、光源のスペクトルや装置の状態等の影響を排除したスペクトルを得ることができる。取得した振幅と位相から複素誘電関数の実部と虚部を計算することができ、それぞれの関係は図3下グラフのようになる。虚部は従来の FTIR 吸収スペクトルとよく一致することが示されている⁸⁾。図5は nano-FTIR 吸収スペクトル (各グラフ下段) と遠方場の FTIR (ここでは ATR, attenuated total reflection) 吸収スペクトル (各グラフ上段) をポリカーボネート (緑) とポリウレタン (青) について比較した例である。ピーク波数や形状がよく一致している。そのため、既存の FTIR のライブラリーや文献を用いて物質同定や結果の解析ができる。

詳細な理論、双極子モデルに基づく計算や赤外以外のアプリケーションは総説⁹⁾に体系的にまとめられているため、参照されたい。本稿では特に分解能向上効果の高い赤外での事例を紹介する。

3 測定事例

3.1 タイヤの成分分布解析

ポリマーナノコンポジットである車のタイヤの測定事例を図6に示す。車のタイヤは例えばスチレンブタジエンゴム (styrene butadiene rubber, SBR), 天然ゴム (natural rubber, NR), シリカ (SiO₂) 等により構成される。AFM を用いることで例えば硬さによるマッピングができるが、化学組成による分布情報は得ることがで

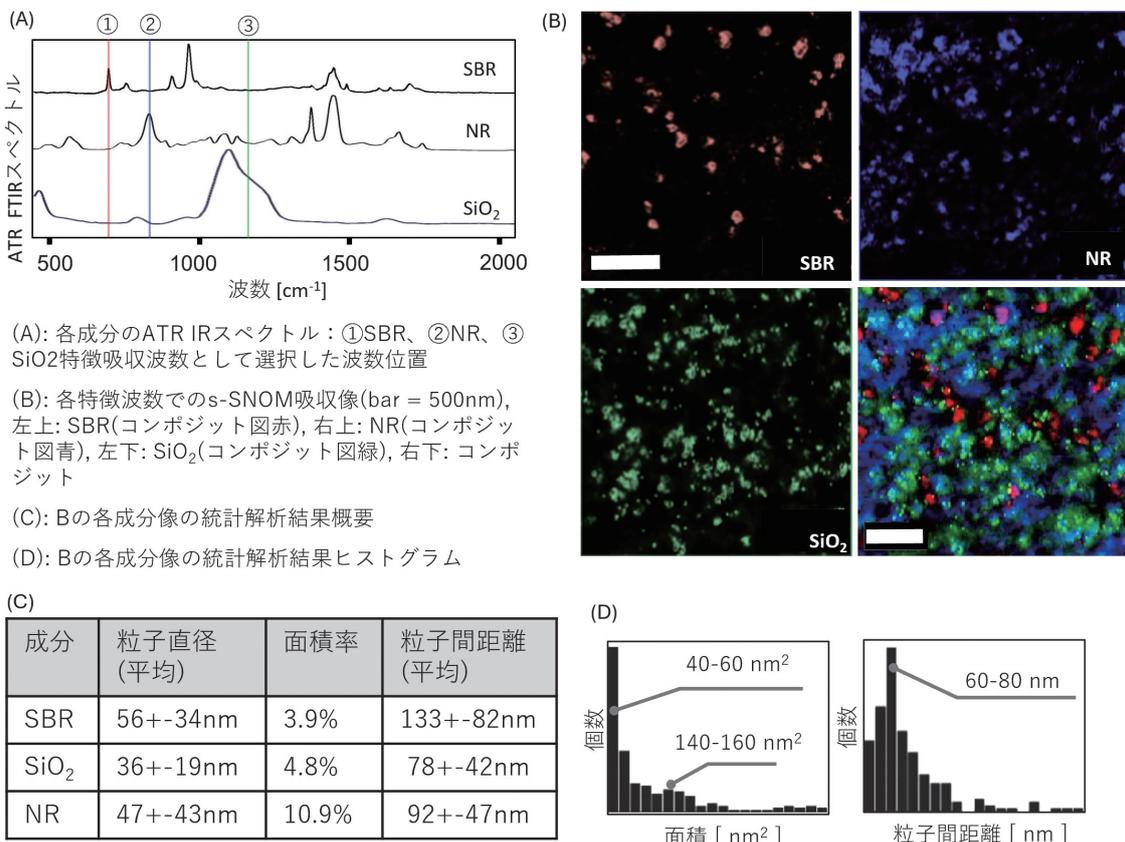


図6 タイヤの成分分布解析

きない。そこで、波数可変単一波長レーザーを用いた s-SNOM により各成分の特徴吸収帯の吸収強度として各成分の分布を解析した。まず、各成分の ATR スペクトル (図 6A) を基に決定した各成分の特徴波数で s-SNOM 像を取得した (図 6B)。各成分が異なる分布を示している。これらをそれぞれ RGB チャンネルとしてコンポジット画像を作ると (図 6B 右下)、混合色により複数の成分が混ざりあっている領域が可視化される。さらに各成分分布像から、粒子状に分布する各成分の直径、面積率、粒子間距離等を統計的に解析し (図 6C, D)、製品設計にフィードバックすることができる。例えば、SiO₂ ナノ粒子の面積率が高いと混合物内で他の物質との相互作用向上が期待でき、混合物の機械剛性、熱耐性等に影響すると考えられる。

3.2 ポリマーコンポジットの相関観察, 界面解析

ポリスチレン (polystyrene, PS) と低密度ポリエチレン (low density polyethylene, LDPE) の相分離薄膜 (厚さ約 30~50 nm) の解析事例を図 7 に示す。本事例は Attocube 社と M. Meyns ら (Alfred Wegener Institute, ドイツ) との共同研究である。硬さや粘弾性の情報を反映する AFM 位相像で海島構造が明瞭に可視化されている (図 7A)。海部と島部 (図 7A の点 A と点 B) において nano-FTIR スペクトルを取得し (図 7B)、一般的な FTIR スペクトルライブラリー検索を行うと、海部が PS、島部が LDPE であることが同定できる。図 7A で示すように、それぞれの特徴吸収帯端数での s-SNOM 反

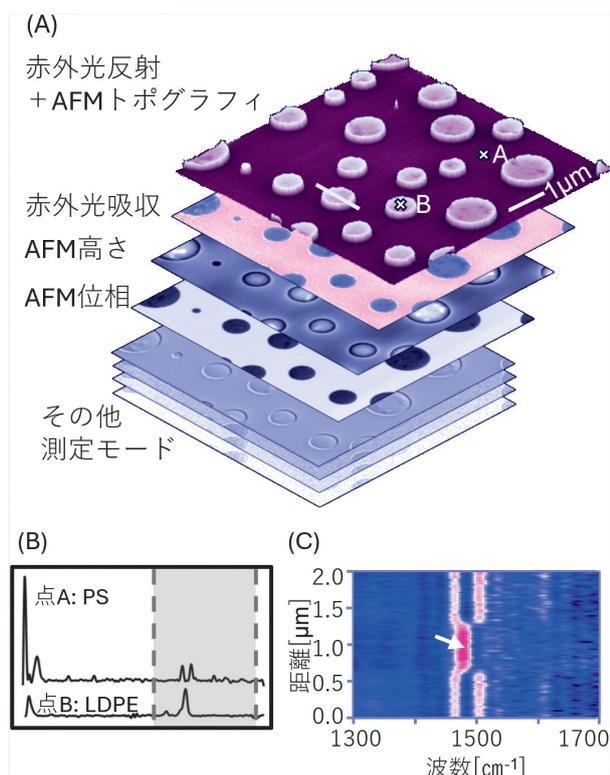


図 7 ポリマーコンポジットの nano-FTIR 解析

射・吸収像や AFM による機械物性像を相関的に解析することで、各ドメインの物性と化学組成情報を包括的に解析することができる。

さらに、各成分の特徴吸収帯のある 1300~1700 cm⁻¹ (図 7B の破線内) において、サイズ約 1 μm の LDPE 粒子を横断する 2 μm の直線上 (図 7A 白線) で等間隔に 100 点の nano-FTIR スペクトルを取得 (ラインスキャン) し、カラー表示したのが図 7C である。吸収強度の強い部分が赤、低い部分が青色、中間が白色で表示されており、PS の中程度の強度の 2 本の吸収帯とそれらの間の強い LDPE 特徴吸収帯 (矢印) が見られ、それぞれ界面で混ざりあわず明瞭な相分離構造であることが示された。

より複雑なポリマーの解析事例として、3 成分ポリマーナノコンポジットのハイパースペクトルイメージング¹⁰⁾、コア-シェル-シェルポリマーラテックスの各層組成¹¹⁾、PS-PMMA (poly(methyl methacrylate)) ブロックコポリマーの相分離構造形成過程の解析¹²⁾などが報告されている。

3.2 有機薄膜の測定と分子配向

ポリマー基板上的 Polyethylene oxide (PEO) 自己組織化単分子膜の解析事例を図 8 に示す。本事例は Attocube 社と O. Pop-Georgievski (Academy of Sciences, チェコ共和国) との共同研究である。C-O-C 非対称伸縮振動のピーク波数 1123 cm⁻¹ の s-SNOM 吸収像 (図 8A 右) において、1 重層 (厚さ約 10 nm, 黒色矢印) と 2 重層 (水色矢印) を明瞭に区別できている。また、図 8B で基板部 (赤) と一重層部 (青) の nano-FTIR 吸収スペクトルを ATR スペクトル (黒) と比較している。基板の影響も見られるものの、ATR スペクトルとよく一致しており PEO の特徴吸収ピークを明瞭に検出できている。

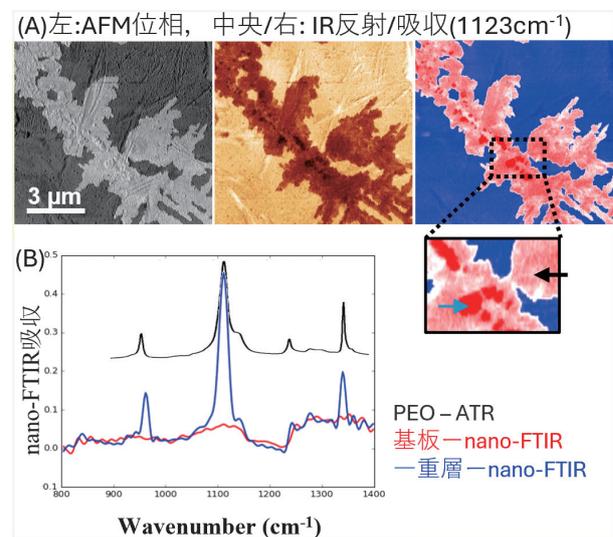


図 8 自己組織化 PEO 単分子膜の解析

る。

原理の項目で述べた通り、s-SNOMをベースとした装置は探針先端の軸方向の分極を利用するため、探針と平行な方向の分子振動がより強く検出されるという特徴がある。本事例では、この性質に量子化学計算を組み合わせ、PEOのコンフォメーションおよび配向を解析し報告している¹³⁾。さらに有機薄膜の事例として、さらに薄い厚さ数nmの二次元ポリマーのUV重合前後の化学変化を捉えた例¹⁴⁾や単層リン脂質膜の測定例¹⁵⁾などが報告されている。

4 近年の発展

2004年の装置発売以来、ベースとなるAFMや光学シグナルの検出、処理方法の改良がなされ、近年のモデルでは装置の安定性およびSN比が初期モデルと比較して大きく改善しており、3章で示したような高品質なデータが再現性良く取得できる。それに加えて、自動調整機能やワークフロー方式の直観的なソフトウェア、対話型ヘルプ機能により、ユーザーをサポートし専門家でもスムーズに測定ができるようになってきている。

s-SNOMの分解能は用いる光の波長に依存せず、Attocube社のシステムが採用している反射光学系は色収差が発生しない。そのため、赤外光だけでなく、近赤外、可視も1台のシステムに搭載することができ、s-SNOMだけでなくラマンやフォトルミネッセンス測定も行うことができる。また、AFMによる弾性率等の機械特性評価やケルビンフォース顕微鏡(Kelvin probe force microscopy, KPFM)等の電気的な測定モードも搭載でき、サンプルを包括的にナノスケール解析することができる。例えば、ナノスケール材料の一種である二硫化タングステン単層結晶において可視s-SNOMにより誘電率を、フォトルミネッセンスにより応力やひずみを、KPFMにより電荷分布を相関的に解析し光電子特性を解析した事例が報告されている¹⁷⁾。

また、高分解能、高感度化の試みとして、西田らはより高次(2~7次)のシグナルのみを増幅することで $n \geq 4$ の高次成分を高いSN比で検出することに成功している¹⁶⁾。このシステムでは、AFM探針先端径以下の単一タンパク質(F₁-ATPaseの β サブユニット、約4nm)のアミドIを検出しており、高次復調ほど応答が強くなることを示している。この結果から、1分子レベルでのナノ赤外分光測定が期待される。

5 おわりに

s-SNOMは2000年前後から歴史のある手法だが、開発当初は使い勝手や汎用性という点で課題があり物理学

や光学を専門とする研究者が使用するケースが多かった。だが近年では前述の通り専門家でなくても使いこなせるレベルになり、各国のシンクロトロン赤外ビームラインや研究機関のイメージングセンター等複数のユーザーが使用する施設にも導入が進んでいる。さらに、高度な自動化や使い勝手を強化したモデルも発売され、より広く材料、生物研究の現場で活用が進むことが期待される。

文 献

- 1) E. H. Syngé : *Lond. Edin. Dubl. Philos. Mag. J. Sci.*, **6**, 356 (1928).
- 2) E. A. Ash, S. G. Nicholls : *Nature*, **237**, 510 (1972).
- 3) D. W. Pohl, W. Denk, M. Lanz : *Appl. Phys. Lett.*, **44**, 651 (1984).
- 4) A. Lewis, M. Isaacson, A. Harootunian, A. Muray : *Ultramicroscopy*, **13**, 227 (1984).
- 5) R. Hillenbrand, F. Keilmann : *Phys. Rev. Lett.*, **85**, 3029 (2000).
- 6) A. A. Govyadinov, S. Mastel, F. Golmar, A. Chuvilin, P. S. Carney, R. Hillenbrand : *ACS Nano*, **8**, 6911 (2014).
- 7) N. Ocelic, A. Huber, R. Hillenbrand : *Appl. Phys. Lett.*, **89**, 101124 (2006).
- 8) F. Huth, A. Govyadinov, S. Amarie, W. Nuansing, F. Keilmann : *Nano Lett.*, **12**, 3973 (2012).
- 9) R. Hillenbrand, Y. Abate, M. Liu, X. Chen, D. N. Basov : *Nat. Rev. Mater.*, **10**, 285 (2025).
- 10) I. Amenabar, S. Poly, M. Goikoetxea, W. Nuansing, P. Lasch, R. Hillenbrand : *Nat. Commun.*, **8**, 14402 (2017).
- 11) M. Goikoetxea, I. Amenabar, S. Chimentí, M. Paulis, J. R. Leiza, R. Hillenbrand : *Macromolecules*, **54**, 995 (2021).
- 12) J. Kim, W. Le, H. Kim, D. Y. Ryu, H. Ahn, B. Chae : *Spectrochim. Acta, Part A*, **274**, 121095 (2022).
- 13) A. D. L. S. Pereira, A. Cernescu, J. Svoboda, R. Sivkova, I. Romanenko, B. Bashta, F. Keilmann, O. Pop-Georgievski : *Anal. Chem.*, **92**, 4716 (2020).
- 14) L. Grossmann, B. T. King, S. Reichlmaier, N. Hartmann, J. Rosen, W. M. Heckl, J. Björk, M. Lackinger : *Nat. Chem.*, **13**, 730 (2021).
- 15) A. Cernescu, M. Szuwarzyński, U. Kwolek, P. Wydro, M. Kepczynski, S. Zapotoczny, M. Nowakowska, L. Quaroni : *Anal. Chem.*, **90**, 10179 (2018).
- 16) J. Nishida, A. Otomo, T. Koitaya, A. Shiotari, T. Minato, R. Iino, T. Kumagai : *Nano Lett.*, **24**, 836 (2024).
- 17) O. Garrity, A. Rodriguez, N. S. Mueller, O. Frank, P. Kusch : *Appl. Surf. Sci.*, **574**, 151672 (2022).



石原 あゆみ (ISHIHARA Ayumi)

日本カンタム・デザイン株式会社第2事業本部アナリティカルメジャーメントGr.
(〒171-0042東京都豊島区高松1-11-16西池袋フジタビル2階)。兵庫県立大学大学院理学研究科生命科学専攻 修士課程修了。修士(理学)。《趣味》映画鑑賞。
E-mail : ishihara@qd-japan.com

会社ホームページ URL :

<https://www.qd-japan.com/>

関連製品ページ URL :

URL : <https://www.qd-japan.com/products/neascope/>

新刊紹介

分子動力学シミュレーションの基礎理論

松林伸幸 編

分子動力学シミュレーション (MD シミュレーション) は、計算環境の発展によって物理、化学、生物、材料、機械など幅広い分野における基盤技術の一つとなっています。しかし、計算化学を専門としていない研究者にとってその敷居は高く、自ら MD シミュレーションを実施するのに躊躇するケースも多いと思われます。本書では、統計力学の原理を含む理論的基礎が最初にまとめられています。次に、量子力学的手法との融合、タンパク質、脂質膜、界面、ガラス、高分子の六つの系における典型的な解析事例について述べています。MD シミュレーションでは新しくプログラムを書くことが必要ですが、本書では解析を行うプログラムが紹介されており、Web ページからサンプルプログラム例をダウンロードすることもできます。さらに、取り扱われている系の動画がリンクされています。このように、初心者にとっても有意義な情報が分かりやすくまとめられていますので、MD シミュレーションに興味のある研究者にはお勧めの一冊です。

[ISBN 978-4-8079-2061-7・A5 版・296 ページ・
4,800 円+税・2025 年刊・東京化学同人]

XAFS の基礎と応用 第 2 版

日本 XAFS 研究会 編

X 線吸収分光法の一つである XAFS は少し前までは特定の研究者が使用するごく限られた構造解析法であったが、近年、特に日本国内では SPrin-8 を始め、各地に種々のシンクロトン放射光施設が開設され、またメーカーの努力によって研究室レベルの XAFS 測定装置が高機能化されたことで、広く測定されるようになってきた。本書では XAFS の歴史的背景に触れ、詳細な基礎的理論を皮切りに高度な理論とそれを応用した XAFS 解析に踏み込み、具体的な解析例を図解ながら紹介する。XAFS 法は試料に照射する X 線強度と試料の X 線吸収量を見積もることができれば、試料の状態を問わず測定できるといった利点がある。XAFS 測定法としてもっとも一般的な透過法を筆頭に蛍光収量法、電子収量法を挙げ、常温常圧のみならず高温・低温や高圧下での測定について具体例を示している。シンクロトン放射光を光源として用いることによってラポレベルと比較して非常に短時間で質の高い XAFS スペクトルが得られる。実際によく使用されている放射光施設の概説と、放射光の高輝度や指向性を利用した発展的な XAFS 測定例として、ごく短時間で測定する QXAFS 法を使用した時間分解測定、マイクロビームを用いた空間分解測定、全反射を利用して試料のごく表面に限定した測定など、これまでに実施された多数の XAFS 測定例を掲載している。本書は初心者だけでなく、これまでに XAFS 測定を経験した方にも十分参考になる一冊である。

[ISBN 978-4-06-540486-7・A5 版・368 ページ・
4,600 円+税・2025 年刊・講談社]

●—— 3D プリンティング技術を用いた PM2.5 のリアルタイム分離・検出

大気中の粒子状物質 (PM), 特に粒子径が 2.5 μm 以下の PM2.5 は, 呼吸器系の奥深くまで侵入し, 肺胞の炎症や心血管疾患などを引き起こすため, 人体に深刻な健康影響を及ぼすことが知られている. そのため, その濃度を正確に監視する技術が不可欠であるが, 現在の主流である光散乱法やテーパー要素振動マイクロバランス (TEOM) 法などの測定法は, それぞれ, 装置が大型かつ高価であることや, 粒子の大きさや化学組成, 周囲の湿度によって測定精度が影響を受けるという課題があった. このような背景のもと, Wang らの研究グループは, 3D プリンティング技術で作製したバーチャルインパクター (VI) と水晶振動子マイクロバランス (QCM) センサーを統合することで, 小型・低コストかつリアルタイムで PM2.5 を分離・検出できる仕組みを開発した¹⁾. VI に吸引された大気中の粒子が, その慣性の違いによって大小に分離される. 慣性の小さい PM2.5 は流れが速く, 横方向に向かう主流の空気の流れに乗って QCM センサーへと導かれ, その電極表面に捕集される. 一方, より大きな粒子は流れが遅く, 直進方向に向かう副流に沿って運搬され, 最終的には系外に排出される. これらの仕組みにより, PM2.5 のみがセンシングされる. QCM センサーは, 付着した PM2.5 の質量に応じて共振周波数が減少するため, この周波数変化を測定することで PM2.5 の質量濃度をリアルタイムに定量できる.

本研究の特筆すべき点は, 計算流体力学 (CFD) シミュレーションを駆使して VI の流路構造を最適化したことである. 流路同士が交わる角度などを精密に設計することで, 粒子の壁面への付着 (ウォールロス) や, 流れを乱す渦の発生を大幅に抑制し, 高い捕集効率と装置の長寿命化を実現している. また, 複雑な流路構造を持つ VI を, 3D プリンティング技術によって一体成形することで, 低コストでの製造と, 組み立て時に生じる誤差の排除を両立させている.

開発されたシステムは, シミュレーション上での設計値 2.5 μm とほぼ近い 2.42 μm のカットオフ径を示し, 実証実験においても市販の測定器と比較して約 7% の誤差で PM2.5 濃度を測定できることが確認された. 将来製品化された際の目標サイズは 5 cm 程度, 目標コストは 100 ドル以下と想定されており, 従来の装置に比べて大幅な小型化・低コスト化が見込まれる. 本技術は, その場での高精度な測定を可能にするため, 個人の健康管理に用いるパーソナルなばく露モニターや, よりきめ細かな大気汚染監視ネットワークへの展開が大いに期待される.

1) Y Wang, V. Mei, Z. Xu, J. Qian : *ACS Omega*, **9**, 5751 (2024).

[日本原子力研究開発機構 坪田 陽一]

●—— 環境・生体試料中マイクロナノプラスチックの抽出と熱分解 GC/MS の定量性

マイクロナノプラスチック (MNP; MP < 5 μm , NP < 1 μm) は, 海洋・河川・土壌などの環境中に蓄積し, 生態系への影響が懸念されている. 更にヒトの各臓器からも検出されており, 体内に侵入した MNPs による健康被害が危惧される. そのため MNPs の環境中及び生体内の定量分析は国内外で注目される一方, 夾雑物や粒径・分子量分布の広さからいまだ困難である. MNPs の一斉分析には, 粒径・分子量分布に依存しない熱分解-ガスクロマトグラフィー/質量分析計 (Py-GC/MS) が汎用されている. そこで本トピックスでは, 土壌・堆積物・汚泥 (環境試料) 及びヒト血液中における 6 種 MNPs (ポリエチレン, PE; ポリプロピレン, PP; ポリスチレン, PS; ポリ塩化ビニル, PVC; ポリエチレンテレフタレート, PET; ポリメタクリル酸メチル, PMMA) の抽出法と Py-GC/MS の定量性について紹介する.

Li ら¹⁾ は, 各環境試料と 5% 水酸化テトラメチルアンモニウムを反応させ, エタノールによる洗浄と遠心分離で有機物を除去した. 残渣は乾燥させ, ジクロロメタン (DCM) と超音波によって MNPs を抽出後, DCM 層を濃縮させて MNPs を定量した. MNPs の回収率は 79.6~91.4%, 検量線は $R^2 \geq 0.97$, 検出限界 (LOD) は 2.3~18.1 $\mu\text{g/g}$ を示した. 各環境試料からは, PMMA 以外の 5 種が 4.6~51.4 $\mu\text{g/g}$ で定量され, 主要な成分は PE と PP であった.

Brits ら²⁾ は, ヒト全血に 0.5% ドデシル硫酸ナトリウムを加えて攪拌後, プロテアーゼ K を加えて更に 1 晩攪拌した. 次に 0.3 と 0.7 μm のフィルターでろ過し, 残渣をエタノールと過酸化水素で洗浄・分解後, フィルターごと切り出し, 乾燥させて MNPs を定量した. MNPs の回収率は 68~109%, 検量線は $R^2 \geq 0.997$, LOD は 31~250 ng/g, 定量限界 (LOQ) は 103~825 ng/g を示した. 全血 64/68 検体で MNPs が検出され, 主要な成分は PE であった. その中で 17 検体は LOQ を超え, PE, PET, PVC が 171~2586 ng/mL で定量された.

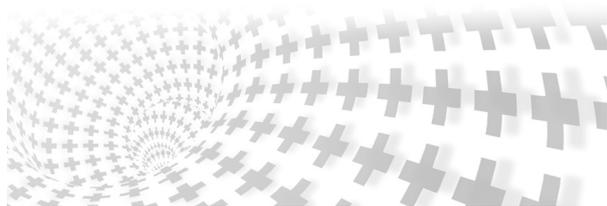
両手法は, 環境試料及びヒト血液中 6 種 MNPs の一斉定量に有用であり, MNPs の存在量把握や生体曝露評価の基盤となる. ただし, 6 種以外の MNPs や血液中の 0.3 μm 以下 NPs は未対応であり, これらを含めた手法改良による包括的評価が今後期待される.

1) P. Li, Y. Lai, R. G. Zheng, Q. C. Li, X. Sheng, S. Yu, Z. Hao, Y. Q. Cai, J. Liu : *Environ. Sci. Technol.*, **57**, 12010 (2023).

2) M. Brits, M. J. M. van Velzen, F. Ö. Sefiloglu, L. Scibetta, Q. Groenewoud, J. J. Garcia-Vallejo, A. D. Vethaak, S. H. Brandsma, M. H. Lamoree : *Microplast. Nanoplast.*, **4**, 12 (2024).

[東北大学大学院薬学研究科 幡川 祐資]

こんにちは



地方独立行政法人 大阪産業技術研究所 森之宮センターを訪ねて

〈はじめに〉

2025年7月24日、記録的な猛暑の中、大阪城公園に近接する大阪市城東区森之宮にある地方独立行政法人大阪産業技術研究所森之宮センター（ORIST 森之宮センター）を訪問しました。新大阪駅から約35分という都心に位置しながら、大阪城公園にも近く、非常に恵まれた立地条件にあります。当日は、渡辺嘉博士のお出迎えを受け、少し懐かしいような雰囲気のある外観の研究所（写真1）に入り、受付での手続きを経て取材に臨みました。今回の取材では、2025年4月に理事兼ORIST 森之宮のセンター長に就任された静間基博博士から、開所時にまつわるお話や研究所の理念などを伺い、渡辺嘉博士にORIST 森之宮センターの研究所内をご案内いただきながら、渡瀬星児博士からは最先端の「先進電子材料評価センター」と「電池開発評価センター」について、岩崎訓博士からは「環境技術研究部」の機器等についてのご説明を伺いました。大学や企業とは異なり、地域に根差した企業の研究開発、製品開発に貢献するべく設立



写真1 左から順に、同行した原博士、渡瀬博士、静間博士、渡辺博士、同行した学生大島さん、堀山（正門から）

されたORIST 森之宮センターの多岐にわたる最先端のご研究やその成果、また研究所における特色のある研究員及び企業への人材育成も交えて読者の皆様に、その重要性をご紹介できましたら幸いです。

〈沿革・組織・特徴〉

まず、ORIST 森之宮センターの創立と発展についてです。大阪市の発展に大きく貢献し、「大阪の父」と呼ばれた關（関）一氏が、大正5（1916）年、当時まだ大阪市助役であった頃、大阪に研究を支援する場所が必要との理念により、大阪市北区牛丸町大阪市立工業学校構内に「市立大阪工業研究所」が創立されました。当時は「試験所」が一般的な名称でしたが「研究所」と命名されたのが特徴です。その後、大正10年に「大阪市立工業研究所」と改称され、大正12年大阪市北区扇町へ移転し、昭和57（1982）年には現在の大阪市城東区森之宮に新築移転しました。

これまでに開設された機器センターを確認すると、社会のニーズに応えるため対応している歴史がわかります。特徴のある機器センターとしては、昭和27（1952）年に百貨店の要望に応じて百貨店内にそごう分室を開設、その後、昭和30（1955）年にプラスチック技術センター、平成23（2011）年に次世代光デバイス評価支援センター、平成26（2014）年に電池開発評価センター、令和4（2022）年に先進電子材料評価センターが開設されています。

平成29（2017）年4月（地独）大阪府立産業技術総合研究所と新設合併し、現在の「地方独立行政法人大阪産業技術研究所」となりました。本部は大阪府和泉市にあり、和泉センターと森之宮センターの二拠点の組織体系となっています。今回訪問した森之宮センターは主に有機・バイオ・プラスチック系の支援を、78名の研究員が担当しています。和泉センターは主に金属材料・加工技術系の研究支援を、120名の研究員が担当しており、それぞれに特色があります。

研究所の基本理念と研究分野をご紹介します。「大阪の地で生まれた私たちの研究所は、総合的な技術支援を通じて企業を支え、地域産業の発展に貢献します」という基本理念に基づき、幅広い研究分野で研究支援を行っています。最近のニーズに基づいた次世代光デバイス・電池開発・電子材料評価の分野のみならず、戦後では栄養不足、現在では健康志向のニーズに応じて、アミノ酸調味料、酵母、デキストリンなどの食品分野への開発、環境への配慮の高まりに応じて、植物を利用した新製品開発、廃棄物の再利用法の開発、その他、化粧品の分野における新機能を有する製品の開発など、その支援や製品への応用例は多岐にわたります。これらの成果は毎年「企業支援成果事例集—こんなええもんできました—」で紹介されています。

〈研究について〉

大学の研究機関などとは異なる ORIST 森之宮センターの研究アプローチについて説明いただきました。理念である「技術支援を通じて企業を支え、地域産業の発展に貢献する」に基づき、自分自身の強みを発揮するために、研究員には一人ひとりが自身の研究テーマを持つことが課されています。ただし個人の研究については、すぐに成果を求めるのではなく、研究員が自身のテーマを深く追求することで最先端の知見を発見し、論文などに発表することを促しています。そして、公開された様々な研究成果をみた企業などから問い合わせや連絡が入り、企業からの要望に応えることになります。このように、自由な研究の成果が、結果的に企業への技術支援においても良好な成果へとつながります。独自の研究分野を研ぎ澄ますことが、双方にとって「win-win」の好循環が生まれるという考えです。人材育成と企業教育については、上述のような研究員の育成に加え、機器を利用した製品開発・品質管理ができる技術者を育成するための、企業向けの教育も行っています。

ORIST 森之宮センターは、自由な研究環境という独自の強みを持ち、それによって独創的かつ先端的な研究成果を生みだしています。さらに企業との共同研究を通じて新たな分野の開拓にも取り組んでおり、他の研究機関とは異なる特色を持っています。年間2万件以上にも及ぶ技術相談は、生成 AI でも答えられないほど高度なレベルの内容が多く、対応に時間を要するケースも少なくありません。最新の分析機器も種々保有しており、それらの装置の利用も可能です。また、研究員と連携して共同で研究を行うこともできます。様々な質問や相談に対して、科学的な観点から無料でアドバイスを受けることもできます。

静間 ORIST 森之宮センター長からのご説明の後、ORIST 森之宮センター研究管理監の渡瀬星児博士には最先端の施設「先進電子材料評価センター」と「電池開発評価センター」をご案内いただきました。また、環境技術研究部部長岩崎訓博士からは、その組織と、ご専門である炭素素材、特に活性炭の表面積を測定する装置について、見学と説明を受けました。

先進電子材料評価センターには、5G/6G による高速通信の時代を迎えるにあたり必要とされる、高周波誘電特性や半導体特性を評価する装置が設置されています。高周波電磁波に対するフィルムやシート状材料の誘電特性および電磁波シールド特性などを評価できる誘電特性評価システム、有機半導体やデバイスの半導体特性を評価でき、さらに光検出器を付属することで、多様な測定モードに対応できる半導体特性測定装置、低分子・高分子有機半導体、無機半導体、金属などの幅広い材料について、バンド構造の推定に必要な仕事関数やイオン化ポ

テンシャルの測定、およびそれらのマッピングを行うことができる仕事関数測定システムなどを利用することができます（写真2）。電池開発評価センターでは、ラミネート電池やコイン電池の試作やその評価が可能な「蓄電デバイス作製・評価システム」を備えており、電池材料の開発をサポートしています（写真3）。

環境技術研究部は、環境に配慮した、低炭素社会・持続可能な社会の実現に向けて、高機能炭素材料・バイオマス由来工業材料・環境配慮型無機材料・環境浄化技術・画像処理技術を組み合わせて、社会のニーズ応えている部門です。岩崎博士には、吸着剤としての機能性を有する炭素材料について、新しい多孔性炭素材料への変換による高付加価値化など、活性炭の製造と応用技術に関する研究実績のある先進炭素材料研究室をご案内いただきました（写真4）。活性炭の細孔は複雑なため、活性炭1gの表面積は1000~2000 m²もあること、またその広さを測定できる装置があることを教えてくださいました。また、先進炭素材料研究室では現在、社会ニーズの変遷に伴ってエネルギー変換デバイス用の炭素電極触媒の開発を中心に取り組んでいるとのことでした。

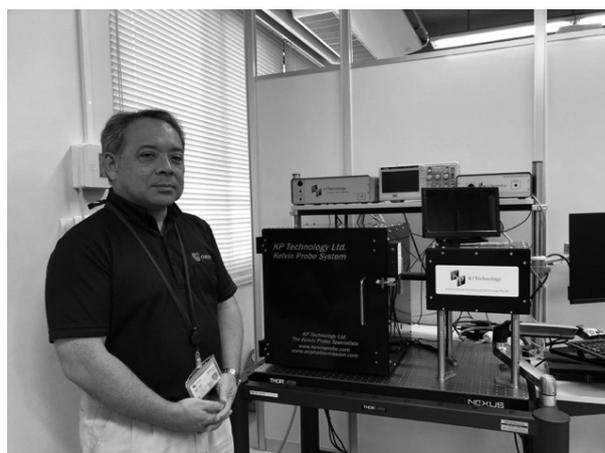


写真2 仕事関数測定システム装置と説明をしてくださった渡瀬博士



写真3 装置の写真

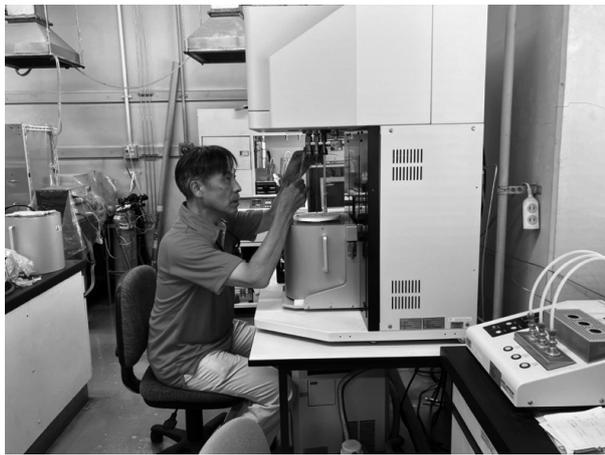


写真4 活性炭の表面積を測定する装置と説明して下さった岩崎博士

〈おわりに〉

ORIST 森之宮センターが地域の企業に対し、研究面で高度なサポートを提供していることは存じておりましたが、今回、設立時からの沿革や研究所のポリシーについてお話を伺い、その理解がさらに深まりました。社会のニーズに合わせて柔軟に対応しつつも、研究員一人ひとりが独自のテーマを追求し、成熟させるための十分な時間を確保されているという育成方針に感銘を受けました。取材でお話を伺った渡瀬博士と岩崎博士からは、試薬を融通し合うなど、切磋琢磨しながらも楽しく研究に

打ち込めるオープンな環境であることが伝わってきました。このことは、研究所の理念が研究員の方々に深く浸透している証であると実感いたしました。卓越した研究テーマを持つ皆様が互いに尊敬し、協力し合うことで、企業からの高度なニーズにも応えられているのだと確信しております。

ただ、一つ残念に感じたことは、長く愛される素晴らしい商品ほど、その裏には研究所の技術力が貢献しているにもかかわらず、開発企業名のみしか記載されず、技術開発に協力した研究所名までは明記されない点です。そのような商品には多くの工夫が凝らされており、開発に携わった関係者の中から博士の学位を取得される方も多くいらっしゃると思います。今後は、商品の裏側に隠された技術力の高さを感ぜながら、手に取ってみたいと思います。

これまでの素晴らしい実績、そして今回の訪問で伺ったお話を背景に、ORIST 森之宮センターの研究員の皆様が最先端の技術を駆使した共同研究を通じて、今後も画期的な成果を生み出されることを心より期待しています。

末筆ではございますが、今回の訪問をご快諾いただき、貴重なお時間を割いて所内をご案内くださった渡瀬嘉博士、そして、拙いインタビューに真摯にお答えくださった静間博士、渡瀬博士、岩崎博士に、心より感謝を申し上げます。

〔武庫川女子大学薬学部 堀山 志朱代〕

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〕



気がついたら〇年

西九州大学の飯盛啓生先生よりバトンを受けました鹿児島大学の児玉谷です。私が鹿大に着任する以前に研究室を修了された先生と直接の面識はないのですが、今回お声がけいただき、あっ！と思い実験室に行きました。実は、先生が使用されていたヘルメットがまだ実験室に鎮座しています。着任当初、なぜ化学の実験室にヘルメット？と思いながら、「飯盛」と大きくお名前が記されたヘルメットをどうすることもできず、気がついたら17年、景色の一部となっています。このような感じでバトンを受けたので、そんな研究生活についてです。

私の所属する研究室は伝統的に？環境中の水銀について研究を進めています。私の手元にある最も古い報告書に記された調査年が1975年なので、少なくとも50年の水銀研究の歴史があるようです。自分が生まれるちょっと前と思うとたいした歴史でもないようにも思いますが、同じ「総水銀濃度」を測定するにしても、当時はこんなことを意識し、時間と手間をかけて測定していたのだと、分析化学の進歩を感じることができます。

私自身は、縁もゆかりも全くない鹿大に2008年に採用していただき、水銀の研究をスタートしました。「君が一番これまでの研究成果を“アピールしなかった”から、水銀でも何でもやると思ったんだ！」と、衝撃の一言を着任後に聞いて、何とも言えない複雑な気持ちになったことは、昨日のこのように覚えています。

着任した私に与えられた最初の任務は、研究室でメチル水銀を測定できるようにすることでした。メチル水銀測定はかなり特殊で、専用の装置がある中、わざわざHPLCと化学発光検出で研究をスタートしました。これは、当時の自分が自信を持って扱える技能がこれだけだったためです。また並行して、様々な野外調査にも参加することになりました。しかし環境分析の研究室出身ではなく、当時は任期付きの立場だった私は、その面白さを感じる余裕もなく、ひたすら焦っていたように思います（ヘルメットが必要な理由だけはここで理解）。その一方で自ら採取してきた試料は、自分の検討している測定法でも測ってみたいくなるわけで、得られた値が他法と異なると、当然、悔しいわけです。自分の値の方が正しいのではないか？と思いつつも、例えば土壌中のメチル水銀は、総水銀に占める割合が0.1%程度のため、自分の方法で得られた値が他法より小さい場合、前処理

途中でメチル水銀が分解してしまったのか、土壌から溶出できていないのかも判断できません。さらにメチル水銀は、土壌細菌の活動で生成・分解するので、試料の保存状態にも影響を受けます。これは既存法も自ら実施できるようにしたうえで比較実験が必要と感じ、国内外にメチル水銀測定法を習得しに行き、また本末転倒ですが、水銀濃度の高い様々な土壌を集めるために野外調査を計画するようになりました。そんなことをしている間に、環境分析の面白さも多少理解できたような気分になりました。

しかし、いざ独自のテーマを考えた際、水銀汚染の原因と、放出された水銀形態が不明だと、モヤモヤでスタートが切れない（この辺が、ありのままの環境を理解しようせず、何でもコントロール下でやりたい実験室人間ですね）。そこで当時、新たな問題として認識されるようになった水田土壌の水銀汚染とコメのメチル水銀汚染について研究を進めることにしました。水銀汚染の発生を想定して、バケツに採取した土壌に水銀イオンを添加し、イネを育て始めました。これが2015年なので、気がついたら10年、毎年、その土壌でイネを育てています。10年も経てば、過去の水銀汚染土壌として扱えそうです。ただ信念をもって実施したのではなく、積み上がっていく試料に追われ、次を考えることができないまま続けた結果、というのが情けない限りなのですが…

このような感じで最近はずっと長い時間のかかる研究も楽しめる？ようになってきましたが、単純に年を取っただけのような気もしています。気がついたら定年と、どんな研究をしても多分その時にはそう回顧するのでしょうか、今回のエッセイを書くにあたり、日々大切に過ごしていきたいと思直した次第です（あと振り返ると確かに自分は研究にこだわりがないなど、ちょっと凹みました）。

次は島根大学の菅原庄吾先生にご執筆をお願いしました。菅原先生には全国若手交流会でお世話になり、また私が学生時代からお世話になっていた先生方の研究室の流れを組む方であることが判明し、勝手に親近感を感じております。船や自転車を駆使して試料採取を実施されており、同じ環境分析系でも私と違いアクティブなお話をうかがえると期待しております。

〔鹿児島大学 児玉谷 仁〕

第 85 回分析化学討論会（愛媛，2025）

第 85 回分析化学討論会は、2025 年 5 月 31 日（土）から 6 月 1 日（日）の 2 日間にわたり、新緑の愛媛大学城北キャンパス（愛媛県松山市）にて開催された。幸い天候に恵まれ、非常に良い環境で実施することができた（写真 1）。近年の学術討論会は、COVID-19 による過渡期を経て、2024 年討論会（京都）で本格的な講演分類の革新と対面開催への完全移行を果たしたが、本討論会はその成功を継承しつつ、四国・愛媛の地域性を反映した独自の討論主題を設定した。会期を通じて活発な学術交流が実現し、分析化学の最前線と将来展望を示す重要な機会となった。



写真 1 学会会場

本討論会の参加登録および講演発表の状況は以下の通りである。

参加登録者数（事前）673 名〔正会員 338、学生会員 175、維持会員 20、特別・公益会員 13、団体会員 7、永年会員 7、非会員（一般）54、非会員（学生）3、非会員（依頼講演）17、テクノレビュー講演 3、展示関係者 27〕

講演件数 364 件〔討論主題講演 37 件（依頼 27 件、一般 10 件）、一般講演 162 件（口頭 112 件、ポスター 50 件）、若手ポスター講演 141 件、テクノレビュー講演 3 件（口頭 1 件、ポスター 2 件）、産業界 R&D 紹介ポスター 21 件〕

1 講演分類の戦略的展開と学術的成果

本討論会では、2024 年（京都）で導入され成功を取めた、「分析方法論」ではなく「分析対象」に焦点を当てた講演分類を継続的に適用した。この分類戦略は、専門分野の垣根を越えた異分野交流を促進し、新たな研究の発見と討論の活性化に大きく貢献した。

例えば、一般講演においても、「生体構成物質、代謝物」や「細胞、脂質二分子膜、リボソーム」といった生命科学系の分類が活発であり、これは「分析法」ではなく「対象」で集約することで、異なる分析技術（例：質

講義室名		6月31日(土)							
会場名	室名	8:00-10:00	10:00-11:00	11:00-11:45	昼休み	13:15-14:00	14:00-15:00	15:00-16:00	16:00-17:30
A会場	グリーンホール	26: 医療臨床・疾病診断 30							主題: 04: 医薬品・バイオマーカーを定量化し、疾患を可視化する分析化学 40
B会場	共A11	23: ウイルス 33 主題: 02: 生物機能 45							主題: 02: 「生物機能を調査する分析化学」×「生物機能を応用する分析化学」 45
C会場	共A21	12: 農産物 40 15: 大気環境 45 18: 植物、動物 55 主題: 01: 化学物質の環境リスクと分析化学 45							主題: 01: 化学物質の環境リスクと分析化学 80
D会場	多目的レクチャー室 1	21: 法科学 55 主題: 03: 科学捜査 55			ランチセッション テーマ: シンポジウム(1) 12:10-13:00				主題: 03: 科学捜査で役立つ分析化学 70
E会場	多目的レクチャー室 2	30: 情報科学、理化学 30							主題: 05: 変性材料を現象とする分析化学でのデータサイエンスの活用 40 09: 高分子材料 30
F会場	共A31	31: 計測原理一般 30							主題: 06: 発熱と泡と泡と分析化学 52 11: 食品 40
G会場	共A32	07: 磁気顕微鏡・アラスチック 60					02: 糸土郎・アクリリド 60	01: 金属材料・金属材料(ICP-MS) 70	
H会場	共A41								生涯分析懇話会(16:00-17:00)
ポスター・展示会場	大学会館		04: 若手講演(ポスター発表) 350						04: 若手講演(ポスター発表) 350

講義室名		6月1日(日)					
会場名	室名	8:00-10:00	10:00-11:00	11:00-11:45	昼休み	13:15-14:00	14:00-14:45
A会場	グリーンホール	25: 医薬品 40 22: 生体構成物質 30					22: 生体構成物質 25
B会場	共A11	24: 細胞・脂質二分子膜・リボソーム 36					24: 細胞・脂質二分子膜・リボソーム 25
C会場	共A21	19: 医薬品 50 16: 水環境 60					16: 水環境 55
D会場	多目的レクチャー室 1	29: コロイド 25					29: コロイド 35
E会場	多目的レクチャー室 2	05: 高分子 59				04: 無機 35 20: 文化財 40 10: 電池、エネルギー関連材料・製品 35	
F会場	共A31	28: 溶液・凝縮相 29					28: 溶液・凝縮相 25
G会場	共A32	03: 非金属材料、炭素材料 20 27: 表面界面 49					27: 表面界面 35 22: 分析化学基礎 20
H会場	共A41					みんなのキャリアデザイン交流会(12:10-13:00)	
ポスター・展示会場	大学会館		一般・テクニカル講演 産業界 R&D 紹介講演 300				

図 1 会場・セッションごとの参加人数（概数）

量分析、イメージング、電気化学)を持つ研究者が一堂に会し、問題解決に向けた多角的な議論を展開する基盤を提供した。一方で、講演申し込み件数が0または1件の項目もあり、講演分類項目の精査が必要と考えられる。

また、本討論会では、学術的な集約と参加者の移動負担の軽減とのバランスを追求した会場配置の最適化を試みた。会場・セッションごとの参加人数(概数)を以下に示す(図1)。



写真2 口頭発表会場

2 6つの主要な討論主題と最新の研究動向

本討論会では、愛媛開催ならではの視点と、分析化学の社会実装への期待を込めた6つの討論主題が設定され、多岐にわたる最先端の研究成果が発表された。

主題1 化学物質の環境リスクと分析化学

オーガナイザー：国末達也(愛媛大)、森勝伸(高知大)
環境中の有害化学物質や汚染物質(水銀、PFAS、放射性セシウムなど)の動態解析、化学分析法、およびCALUXアッセイを用いたリスク評価など、環境保全と持続可能性に直結する分析研究が中心となり、活発な議論をおこなった。(依頼講演5件、一般講演2件)

主題2 「生物機能を調査する分析化学」×「生物機能を利用する分析化学」

オーガナイザー：小川敦司(愛媛大)、紙谷浩之(広島大)
アプタマー、ヒトプロテインアレイ、マイクロ流体デバイス、透明化技術など、高度な分子ツールやイメージング技術を駆使し、生物機能の解明や可視化を目指す研究が展開された。(依頼講演5件、一般講演3件)

主題3 科学捜査で役立つ分析化学

オーガナイザー：西脇芳典(高知大)、瀬戸康雄(理化学研究所)
法医解剖における薬物分析、毛髪・爪内の薬物分布測定、微細証拠サンプル分析、指紋検出技術など、法科学・鑑識分野への分析化学の応用に焦点を当てたセッションが組まれた。放射光X線分析などの最先端技術が犯罪捜査にいかにか貢献するかが議論された。(依頼講演4件、一般講演4件)

主題4 医薬品・バイオマーカーを定量し、疾患を可視化する分析化学

オーガナイザー：上田真史(岡山大学)、大山要(長崎大学)
LC-MS/MSを用いた生体関連物質や多成分の一斉分析、新規蛍光団やMRIプローブの開発、放射性分子プローブによる腫瘍診断など、疾患の診断・治療に資する最新の分析技術と分子プローブの研究が中心に発表された。

(依頼講演5件、一般講演1件)

主題5 生体試料を対象とする分離分析でのデータサイエンスの活用

オーガナイザー：高柳俊夫(徳島大)、轟木堅一郎(静岡県立大)
メタボロミクスのデータ品質管理、空間メタボロミクス、AI技術、ケミカル・タグ化分析など、ビッグデータ時代における分析化学データの高度な解析と活用に焦点が当てられた。(依頼講演4件)

主題6 発酵と酒と泡と分析化学

オーガナイザー：安達健太(山口大)、河野誠(カワノラボ)、小崎大輔(高知大)
泡の再生力評価、清酒成分の網羅的分析方法、気泡流の流動解析、気液界面・リン脂質膜へのタンパク質吸着など、食品・飲料産業における品質管理と基礎科学に直結した研究発表が行われ、産業界との連携の深さが伺えた。(依頼講演4件)

3 若手・一般講演、ポスター発表の活況

本討論会では、若手ポスター発表が141件、産業界R&D紹介ポスターが21件登録され、次世代の研究者と産業界の活力が感じられた。

特に、若手ポスターセッションでは、環境分析(大気中マイクロプラスチック、水環境中の汚染物質)、バイオ・ライフサイエンス(単一細胞分析、バイオセンサー)、ナノテクノロジー(ナノ粒子の応用)、分離分析、無機材料など多岐にわたる研究が発表された。2024年の報告書にもあったように、講演分類が「分析対象」中心となったことで、審査員には慣れない分析法に対する評価も求められる一方、若手研究者にとっては「同じ測定対象に対して全く異なるアプローチで分析しているポスター」が近くにあることで、非常に大きな刺激を受けたという学術的なメリットが継続したと考えられる。なお、若手ポスターについては、審査員により研究の質・発表技術等、事前に審査要領で定めた基準により



写真3 ポスター発表会場

採点が行われた。厳正な審査の結果、発表件数の1割強となる17名の方に実行委員長名にて若手ポスター賞を授与した。

また、企業の研究開発部門による産業界R&D紹介ポスターが21件登録され、機械学習を用いた検出強度補正技術や、LIBリサイクル材料の分析、自動車関連材料の分析技術など、分析機器メーカーからユーザー企業まで、幅広い産業界の最新の技術ニーズと課題解決への取り組みが示された。

4 交流とキャリア形成を促進する企画

本討論会では、学術発表に加え、参加者間の交流とキャリア形成を支援するための多様な企画が実施された。

ランチョンセミナー：アジレント・テクノロジー株式会社や株式会社島津製作所をはじめとする企業によるセミナーが開催された。アジレント・テクノロジーのセミナーでは、ICP-MS、ICP-OESやLC、LC/MSなどの自動化機能に関する最新情報が提供され、島津製作所のセミナーでは創業150周年をふまえ、歴史と取り組みについて紹介され、研究力の向上に関心を持つ参加者で賑わった。

ものづくり技術交流会：6月1日にH会場で「ものづくり技術交流会」が実施され、産学官連携の促進を目的とした交流の場となった。

みんなのキャリアデザイン交流会：「研究とライフの両立やキャリアについて、研究分野や組織、世代を超えて交流すること」を目的に、化粧品メーカー(株)コーサーの講演(6/1)など、多角的な視点からキャリアを考える機会を提供した。

生涯分析談話会：5月31日には、本水昌二氏による「化学分析に用いる有機試薬の開発と操作の自動化をめざして」と題した談話会が開催された。

5 懇親会

討論会初日(5月31日)18時半よりANAクラウンプラザホテル松山にて懇親会が開催された。立食形式で、212名の方にご参加頂いた。

懇親会では冒頭、実行委員長による開会の辞、山本会長の挨拶の後、高柳支部長(徳島大)による挨拶と乾杯の発声の後、歓談が始まった。開会の辞から約10分で乾杯が行われ、歓談の時間も十分にとることができ、好評であった。



写真4 懇親会

本討論会は、地方開催でありながら、過去の討論会(2023年富山)で指摘されたマンパワー不足や準備期間の逼迫、Confitシステムの運用における本部依存などの構造的な課題を抱えつつ運営された。2024年(京都)で成功した講演分類の継続利用は、学術的な質の維持に貢献したが、今後の課題としては、引き続きConfitシステムの運用ノウハウを本部事務局に継承し、実行委員会の負担を軽減するための標準化とサポート体制の強化が求められる。

全体として、第85回討論会は、革新的な講演分類と充実した交流企画により、分析化学の応用範囲の広さと学術的な活力を示し、次なる発展に向けた確固たる基盤を築いたと言える。

〔愛媛大学大学院理工学研究科 座古 保

(実行委員会総務)〕

談 話 室

雑感：先生方、講義はお好きですか？

教授となって18年、いまだ講義は苦手な緊張する。大声を出せない性格なので、ボソボソと小声で下を向いて話している。単調な喋りは、眠気を誘うと評判は芳しくない。緊張すると早口になり、講義時間が短くなりがちなのも、よく指摘される。理解度の異なる80人の学生にどの様に講義するかもいまだよく分からない。分析化学的な感覚を伝えきれているかも心配だ。お喋りは好きな方である。教えるのも嫌いではない。少人数のゼミなどは楽しいが、やはり講義は苦手だ。熱意がないわけではない。実際は、毎回汗だくで、講義日は体重が数百グラム減っている。息子が小中のときの授業参観では、先生方の大きな声・綺麗な板書・生徒への目配りなど、感心しきりであった。さて、教員免許が必要ではない大学・高専の先生方は、講義はお好きなのだろうか？ どのような工夫をしているのだろうか？ 学会などで他大学の先生と会っても、ご自分の講義に関するお話をしてくれる（手の内を明かしてくれる）先生は多くない。まして、講義が苦手だと公言する先生はいない。せいぜいコマ数の多さ、学生の受講態度などの愚痴である。ということで、私自身の講義の手の内や気持ちを書かせて頂く。

現在、分析化学1~3、薬学概論、薬学英语、大学院講義など年50回程度の講義(90分)を担当している。分析化学の講義は、他の研究室の先生とのシェアが難しいので、国立大の教員としては比較的多い方かもしれないが、私立大の先生に比べれば楽な方であろう。分析化学1(主に定量分析)では、天秤の原理、pH計算と緩衝液の原理、各種滴定法、分析化学2(主に定性分析)では、機器分析(紫外可視、蛍光、クロマトグラフィー、質量分析)、有機定性試験、無機分析、分析化学3(主に臨床分析)では、生体試料の前処理、分析法バリデーション、クロマトグラフィーと質量分析の応用、イムノアッセイ、電気泳動法、プロテオミクスなどを講義している。溶液論からバイオ系分析までと幅が広すぎる。学年が上がるに連れて、自分の専門と絡めた講義が出来るので少しは気が楽だが、高校の延長に近いpH計算や滴定法は、教える側も聞いている側も楽しくない。私立大の先生は、どのように講義しているのだろうか？ 分析化学以外の講義は、オムニバス形式で各1~2

回なので何とかなっている。一番気が重いのは、年1~2回担当する高校での出前講義かもしれない。目をキラキラさせて熱心に講義を聞く無垢な生徒を前にして、学部選択など将来への影響まで考えてしまう。レーザーポインターが揺れるほど緊張する。

コロナ禍以降、講義の形態も変わってきた。板書の講義はゼロになったが、講義資料の事前アップ、動画配信など負担も増えた。パワーポイントの資料だけは、講義アンケートによると分かりやすく綺麗と評判は良いようである。内容としては、装置や器具の写真・動画を入れてイメージしやすくする、他の分析法との比較、その日の講義内容を1ページにまとめた表などを心掛けている。資料や動画はweb上で残るので、雑談もお行儀の良いもの(関連するノーベル賞・新聞記事・歴史、歴史上の分析科学者の蘊蓄話など)になっている。ぶんせき誌の入門講座なども、探し出して参考資料として活用している。分析化学会作成の動画も(かなり古い物もあるが)副教材として視聴して貰っている。更には、関連する大学入試問題・薬剤師国家試験問題なども紹介している。ビュレットなどの器具、LCのカラムやインジェクター、GCのカラム、MSのイオン分離部なども教室で回覧している。試験前の復習として行う問題演習は、意外と評判が良い。結構、頑張っているのだが、講義アンケートの総合評価は良くない。学生はシビアだ。やはり講義は苦手だ。

昔、恩師の一人に言われたことがある。学生の100倍の知識と理解があつて初めて大事な1を講義できると。いまだに講義の準備のたびに新たな気づきがある。まだ学生の数倍程度の知識と理解か？ 分析化学は奥が深く日進月歩である。日々、勉強である。

さて薬学の分析化学教育は、薬剤師養成のためのモデル・コア・カリキュラムに従う必要もあるため、教科書が重要である。最近の教科書は、共著者多数のものが多く、編集者・出版社の努力で、昔と違い、系統だってカラフルで分かりやすい。電子版が付いているものもあり、とても便利になっている。かつて自分が使用した昭和の教科書は、単著であるが故に、癖やこだわりの強い「The 専門書」的なものも多かったが、奥が深く、いまだに講義前に読み返すことが多い。

分析装置のブラックボックス化で、電子天秤、pHメーター、HPLC、MSなどの装置の構造・原理を分からないまま、学生は使いこなしている。限られた講義時間で難しいが、教育上の観点で蘊蓄を傾けたくなる。そういえば昔、研究者として先が見えてきたら、飛び出す絵本タイプの機器分析の教科書でも書こうか、など思ったことがある。定年後の楽しみとしてアイデアを探している。

日々の講義のストレス発散に、長々と駄文を書いてしまった。さて私のように、教えることが嫌いではないのに講義が苦手な先生はいるのだろうか？ おられたら年会や討論会などで声をかけて頂きたい。1対1の対面では極めて饒舌なので。

〔東北大学大学院薬学研究科 大江 知行〕

インフォメーション

理事会だより (2025 年度第 4 回)

2025 年度第 4 回理事会は、10 月 15 日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)、学術会合(手嶋副会長)、社会活動(吉田副会長)、会員・広報(津越副会長)、事務局報告(吉澤事務局長)の各議題を話し合いました。

たくさん議題があり、それらをすべて網羅すると長くなってしまいますので、重要な議題に絞って書かせていただきます。まず本部会計ですが、9 月末までの収支はかなり苦しい状況です。昨年度の同時期と比較して、会費収入と標準物質収入が落ちているのが主要因です。会費は、4 千人規模の本会で 500 名弱が会費未納で資格停止となっています(にもかかわらず年会・討論会には参加できてしまう)。会費納入をお忘れの方は、速やかにお支払いください。同時に、会費未納者は年会・討論会に参加登録できなくするシステムを Confit で検討中です。会員全員が会費を払えばこのようなシステムは不要ですが、一定数の会員が会費納入を忘れてしまうことから、やむをえません。会員一人ひとりが、会費請求のメールが来たらすぐに払うとか、忘れがちな人は自動引き落としの手続きをするとか、会費納入を忘れないようにする心掛けが大事だと思います。

来年度より会費が増額することと連動して、支部配分額は、「会費収入の 14% を原資とし、60% を 7 各支部均等配分、40% を会員比配分」という方法が採用されました。来年度各支部への配分は、支部の規模により 30~80 万円ほど増額の見込みです。

会長・役員を選出方法と、賞審査方法を見直しています。これまではいずれも「推薦委員会」と「選考委員会」が別々に組織され、かなり複雑な手続きを経ていましたが、今後はこれら 2 つの委員会を統合し、冗長な部分を簡素化することが検討されています。かつて本会には今の 2 倍ほど会員がいましたので、公正な役員選考・賞審査のためにしっかり手間をかけていましたが、近年は会員数が減少しており、それらの手間をかける余力がありません。会員の年齢層分布から、今後さらに会員数は減少することが予想されているので、将来を見越した簡素化の措置は、時宜にかなったものと思います。私個人の考えとしては、このような簡素化は本会の他の部分でも必要になってくると思います。「雑用がたくさん回ってくる学会」という印象を若い世代が持ってしまうと、本会の担い手が去ってしまうことになり、ますます会員数減少に拍車がかかります。会員規模に見合った運営を再構築していかなければなりません。

来年の久留米での討論会の準備状況が説明されました。会期は 5 月 30、31 日です。また、来年の 75 年会(@東北大)の日程は 9 月 15~17 日で確定しました。再来年(2027 年)の討論会は本部担当ですが、沖縄県那覇市の大学以外の会場で 5 月の平日開催を検討中です。討論会は、大学を会場とする場合 5

月は授業期間なので、これまで土日開催がほとんどでしたが、土日は企業からの参加が見込めないなどの理由で、平日開催の要望もあります。再来年、試行的に平日開催にすることにより、産学連携の活発化が期待されます。

[中部支部担当理事 巽 広輔 (信州大学)]

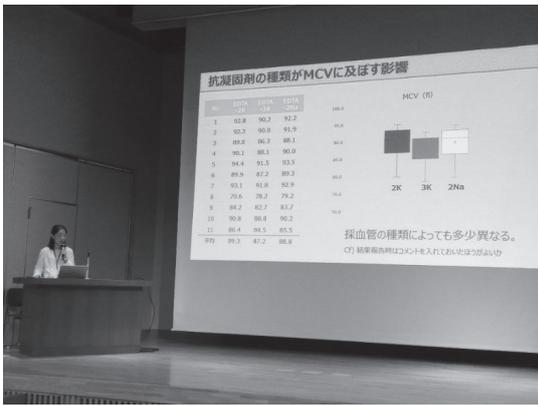
中国四国支部だより

— 第 76 回日本電気泳動学会学術大会 —

標記学術大会が 10 月 25 日(土)・26 日(日)に、愛媛大学南加記念ホールおよび校友会館で対面にて開催されました。日本電気泳動学会は 1950 年設立という非常に長い歴史のある学会で、今回で 76 回目の開催となりました。また、電気泳動技術も長い歴史を持ち、その技術は現在でも生命科学、医療、臨床検査分野など数多く利用されています。今後さまざまな分野で長く利用される新規の分析化学技術の創生を願って、本学術大会のテーマは「電気泳動を基軸とする科学・医療技術への新展開」としました。この学術大会は、学会賞(児玉賞)や奨励賞(服部賞)などの 3 件の受賞者講演、3 つのシンポジウム(計 12 件の講演)、2 件の招待講演、および 25 件の一般講演から構成されていました。また、本学術大会の参加者は 103 名でした。児玉賞受賞講演として、宮崎大学の榊原陽一氏と麻布大学の曾川一幸氏から、また服部賞受賞講演として、前橋工科大学の片山将一氏からの講演がありました。シンポジウム 1 では、日本電気泳動学会が発刊してきた「電気泳動」,「Journal of Electrophoresis」,「生物物理化学」などに掲載された論文などをバーチャルイシューとして紹介する企画がありました。今回は特に「バーチャルイシューの紹介~翻訳後修飾の歩みと未来への挑戦~」と題して、グリコシル化とリン酸化に焦点をあてた久野 敦氏(産総研)、山田佳太氏(大阪大谷大学)、木村妙子氏(東京大学)、杉山康憲氏(香川大学)からの講演がありました。シンポジウム 2 では、「タンパク質研究の最前線~愛媛から世界へ~」と題して、愛媛大学でタンパク質研究の分野で国際的に活躍されている武森信暁氏、佐藤久子氏、座古保氏の講演がありました。シンポジウム 3 では、「臨床監査に潜むリスクを見える化する~医療安全と信頼性の新たな視点~」と題して、臨床検査の分野で活躍されている青木絵美氏



授賞式の様子



シンポジウム講演の様子

(慶應義塾大学病院), 森沙耶香氏 (長崎大学病院), 三好雅士氏 (徳島大学病院), 村井優佑氏 (栄研化学株), 辰巳陽一氏 (近畿大学病院) の講演がありました。さらに, 寺本典弘氏 (四国がんセンター) と塩川大介氏 (愛媛大学病院) から, がん研究の分野での招待講演がありました。このように本学術大会では, 「電気泳動」というキーワードから多岐の分野に広がる講演が多数見られ, 非常に活発な討論がなされました。

最後になりましたが, この学術大会について, 企画段階からご準備, ご協力いただきました亀山昭彦氏 (日本電気泳動学会会長, 産総研), 木村弥生氏 (横浜市立大学), 井本真由美氏 (近畿大学病院), 新関紀康氏 (浜松医大病院), 近藤裕氏 (国立がん研究センター) にぶんせき紙上を借りて厚く御礼を申し上げます。

[愛媛大学大学院理工学研究科 島崎 洋次

(第76回日本電気泳動学会学術大会大会長)]



第24回生涯分析談話会報告

標記談話会が第74年会の会期の前日, 9月24日(火)16時から開催された。当日は年会の準備作業の日であり, 年会実行委員や学生アルバイトの方々は会場整備に忙しくしていた。談話会の会場となった教室は談話会のために特別早めに準備していただいたものである。講師は元北海道教育大札幌校の森田みゆき先生と元北大院工の高橋英明先生にお願いした。森田先生は退職後も大学の特任教授や客員研究員として研究を続けられており, 高橋先生は旭川高専の校長や企業の社外取締役の経歴を持ち, 生涯分析談話会の講師としてふさわしい方々である。森田先生は「生活の科学のための分析化学」と題して長年に亘る洗浄化学を中心とした研究について講演した。また高橋先生は「大学から高専そしてビジネス界への遍歴」と題して, アノード酸化とレーザー照射によるマイクロパターンニングの研究など大学での研究生活とその後の高専・企業での体験について話された。聴衆は20名程度と多くはなかったが, 年会の準備の間に駆けつけてくれた実行委員の方もいてまずまずの盛会だった。講演会の後は, 北大の近くのイタリアレストランを貸し切って情報交換会が開催され, 18名の参加があった。講演会には間に合わなかったが, 情報交換会には間に合っ



講演会終了後の集合写真

から参加してくれた方もいた。中村洋会長の挨拶の後, 赤白ワインと生パスタ等の料理に舌鼓を打ちながら, 情報の交換を行った。会の途中には参加者全員が自己紹介と近況報告を行い, 大いに交流が深まった。

談話会を年会の会期中に開催するか, 前日に行くかについては大いに悩んだ。年会会期中に開催されていれば参加できたのにとの嘆きの意見も聞かれた。一方で, 前日に開催すると, 支部のシニアの方は, 年会の参加登録をせずに談話会に参加できるというメリットがあった。今回, 生涯分析談話会の開催に際して, 普段あまり会うことのない参与の方やシニアの方に開催の声かけを行った。結果としては参加できないという方が多かったが, 声かけをすることによってメールアドレスのリンクを再開することのできた方もいて, 今回の談話会が支部のシニアの組織化に多少役立った。今のところ私の頭の中での構想にすぎないが, 地元開催の年会の際だけの生涯分析談話会では, 次は7年か8年後であり, 果たして自分がそこに参加できるかどうかは定かではない。いっそのこと支部だけの生涯分析談話会が開催できないかと思っている。

[元北大院地球環境 田中 俊逸]



第413回液体クロマトグラフィー研究懇談会

2025年11月21日(金)に(株)日立ハイテクアナリシスサイエンスソリューションラボ東京にて, 標記研究懇談会が開催された。講演主題は「HPLC, LC/MSの基礎と応用」として, 総括を含め6演題の講演が行われた。参加者は30名であった。各講演の概要を以下に示す。

1題目は, 今回のオーガナイザーである筆者より, 「HPLC, LC/MSに用いる試薬・溶媒の基礎と最新トピックス」の講演を行った。HPLCの溶離液に使用する試薬・溶媒の種類, 規格の選択によっては, 検出感度の低下や再現性が得られない等, 結果に影響を与えることがあり, HPLC用およびLC/MS用溶媒の特徴を保証項目ごとに解説を行った。容器・実験器具からの汚染を防ぐ工夫も必要であり, 容器材質や洗浄方法等の影響について比較データを示し, これらが汚染源と成り得ることに配慮して取り扱う大切さについて述べた。最新トピックスとしては, 各分野で注目されているPFAS分析に用いるPFAS保証LC/MS用溶媒, PFAS試験用メタノールの新製品を紹介した。

2 題目は、ジーエルサイエンス(株)の太田茂徳氏から「前処理の基礎と固相抽出の使用方法」の講演が行われた。固相抽出(SPE)を中心に前処理操作の基礎と実践的なポイントについての説明があった。SPEは濃縮と精製どちらにも適応でき、多検体処理に適しているが、使用するカラムの特徴に合わせて試料導入時のpH、通液速度、樹脂量に応じた負荷量設定が重要であることを説明いただいた。応用例として、生体試料中のリン脂質がLC/MS分析におけるイオンサプレッションの要因となるが、SPEを用いることで除去が可能なことも示された。また、PFAS分析の前処理手法として、陰イオン交換樹脂に加え、グラファイトカーボンを積層したカラムを用いることで、色素を含む試料でも高い色素除去効果が得られることを示していた。

3 題目は、(一財)化学物質評価研究機構の坂牧 寛氏から「C18カラムの基礎とオリゴ核酸の不純物分析への応用」の講演が行われた。逆相HPLCカラムの中でも多く使用されているC18(ODS)カラムの充填剤の基材、粒子径、化学結合基、カラムの形状、エンドキャッピング等の違いによる分離・保持について説明があった。金属の影響を受けやすい配位性化合物等の検出に有用なメタルフリーカラムの紹介もいただいた。応用として、新たなモダリティとして注目されているオリゴ核酸について、ホスホロチオエート(PS)化オリゴ核酸の不純物分析を紹介いただいた。開発されたイオンペアRP-HPLC法により、脱硫酸体、欠損体、付加体等の不純物を分離・定量でき、品質管理に有用であることが示された。

4 題目は、(株)島津製作所の内田あずさ氏から「高速液体クロマトグラフィーの検出器選定の基本と最新トピックス」の講演が行われた。吸光度検出器、蛍光検出器、示差屈折率検出器、蒸発光散乱検出器、電気伝導度検出器等の主な検出器について、原理・特徴や目的成分まで示していただき、分析例も紹介いただいた。検出器の感度や選択性を補う手法として誘導体化検出法が取り上げられ、プレカラム誘導体化法・ポストカラム誘導体化法の原理と実例を説明いただいた。最新トピックスとしては、HPLCとラマン分光装置を組み合わせたLC-Ramanシステムを紹介いただいた。混合試料中の成分同定をより正確に実施可能であることが分析例から示された。

5 題目は、エムエス・ソリューションズ(株)の高橋 豊氏から「LC/MS、LC/MS/MSにより得られるマススペクトル解析の基礎と応用」の講演が行われた。マススペクトル解析の基礎として、得られる情報(分子の質量、部分構造、構成元素)の概論説明をいただいた。特に、ESIで生成しやすいイオン種と質量差については、マススペクトルから得られる分子質量情報の例を用いてイオン種の推定手順の詳細を分かりやすく解説いただいた。

最後に、中村 洋委員長(東京理科大学)より、総括「HPLC、LC/MSの基礎と応用」のタイトルで、各講演に対しての質疑やアドバイスをいただいた。講演終了後には、講師を囲んでの情報交換会が行われ、9名が参加した。参加者の近況報告や講演内容に関する意見交換など、深く親睦が図れた。

最後に、本例会にご参加いただいた皆様、貴重な講演を行っていただいた講師の皆様、例会の運営委員・役員並びに会場をお貸しいただいた(株)日立ハイテクアナリシスやその関係者の皆

様に深く御礼申し上げます。

[関東化学(株) 坂本 和則]



2026年の表紙デザインについて

本年の表紙デザインは以下のとおりです。制作者から寄稿いただいた文面もあわせて掲載いたします。

表題「天保十四年 豆州熱海温泉採水之図」

原案製作：アジレント・テクノロジー・

インターナショナル株式会社 久保田 哲央

西洋の分析化学が日本に取り入れられた最初期の事例の一つとして、熱海温泉の泉質調査が挙げられます。本デザインは、天保十四年に津山藩医の蘭学者、宇田川榕菴が熱海温泉で採水をしたときの様子を想像して制作しました。生成AI*により浮世絵風の絵を制作し、細部に手を加えています。

榕菴は文政十一年(1828年)に初めて熱海温泉・修善寺温泉の温泉水を分析し、それぞれ豆州熱海温泉試説・豆州修善寺温泉試説という手記を残しました。当時は、江戸で熱海温泉の温泉水が販売されたり、温泉水を小瓶に入れて持ち帰ったりする習慣があったようで、榕菴は小瓶に入った温泉水の分析から始めています。手記からは、色や味といった五感での試験だけでなく、天然由来の試薬を用いた近代的な評価を行っている様子がうかがえます¹⁾。シーボルトの助手、ビュルガーの試験方法と類似点が多いことから、何らかの情報交換がなされていたことが示唆されています²⁾。それからしばらくして、天保十四年(1844年)には榕菴自ら熱海温泉に足を運び、源泉を採水したとされています¹⁾。

また、榕菴は日本で初めて書かれた体系的な化学概論の教科書「舎密開宗^{せいみかいそう}」の著者としても知られています。内篇6編(各編3巻、全18巻)と外篇1編(全3巻)のうち、外篇は鉱泉分析を主とする分析化学を取り扱っています³⁾。舎密開宗の刊行が1837年から1847年、榕菴は最終巻の刊行を待たず1846年に没しているため、1844年の熱海温泉採水は、舎密開宗外篇執筆を目的として実施された、榕菴の分析化学のいわば集大成であったことがうかがえます。

* Stable Diffusion SDXL model を使用

- 1) 岡野幸次：温泉科学, **74**, 138 (2024).
- 2) 岡野幸次, 静岡県温泉協会, (<https://www.shizuoka-onsen.com/2024/03/01/>).
- 3) 林良重：『舎密開宗』と宇田川榕菴(〈特集〉日本の化学の黎明：上方に芽生えた化学), 『化学と教育』, **37-5**, 462 (1989).

[[「ぶんせき」編集委員会]]

執筆者のプロフィール

(とびら)

山本 博之 (YAMAMOTO Hiroyuki)

量子科学技術研究開発機構 (〒370-1292 群馬県高崎市綿貫町 1233). 東京理科大学大学院理学研究科化学専攻博士課程修了. 理学博士. 《現在の研究テーマ》量子ビームを用いた分析技術の開発. 《趣味》クラシック音楽, 旅行, お酒とともに漫然と過ごす時間.

E-mail : yamamoto.hiroyuki@qst.go.jp

(ミニファイル)

田代 充 (TASHIRO Mitsuru)

明星大学理工学部 (〒191-8506 東京都日野市程久保 2-1-1). 東京大学. 博士 (農学). 《現在の研究テーマ》核磁気共鳴法を用いたタンパク質-フッ素化合物の相互作用解析. 《主な著書》“分析化学実技シリーズ NMR”, (田代 充・加藤 敏代), (共立出版). 《趣味》マラソン, ピアノ.

(トピックス)

坪田 陽一 (TSUBOTA Youichi)

日本原子力研究開発機構廃炉環境国際共同研

究センター (原子力科学研究所駐在) (〒319-1195 茨城県那珂郡東海村白方 2-4). 博士 (工学), 経営管理修士 (MBA). 《現在の研究テーマ》福島第一原子力発電所の廃炉時に発生する放射性エアロゾルの評価. 《趣味》大規模言語モデル (LLM) を使った Web・アプリケーション開発.

E-mail : tsubota.yoichi@jaca.go.jp

幡川 祐資 (HATAKAWA Yusuke)

東北大学大学院薬学研究科 (〒980-8578 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 6-3). 摂南大学薬学部. 博士 (薬学). 《現在の研究テーマ》チロシン選択的な化学修飾: プロープ開発と酵素の基質特異性改変. 《趣味》スポーツ観戦 (野球, バスケットボール, テニス). E-mail : yusuke.hatakawa.e6@tohoku.ac.jp

(リレーエッセイ)

児玉谷 仁 (KODAMATANI Hitoshi)

鹿児島大学大学院理工学研究科 (理学系) (〒890-0068 鹿児島県鹿児島市郡元 1-21-35). 神戸大学大学院総合人間科学研究科. 博士 (学術). 《現在の研究テーマ》環境中における水銀の挙動解明. 《主な著書》“水銀に

関する水俣条約と最新対策・技術 (第8章 分担執筆)”, (シーエムシー出版). 《趣味》家庭菜園.

E-mail : kodama@sci.kagoshima-u.ac.jp

(ロータリー・談話室)

大江 知行 (OE Tomoyuki)

東北大学大学院薬学研究科臨床分析化学分野 (〒980-8578 仙台市青葉区荒巻字青葉 6-3). 東北大学大学院薬学研究科博士課程前期2年の課程修了. 博士 (薬学), 薬剤師, 第一種衛生管理者. 《現在の研究テーマ》タンパク質上の化学修飾解析を基盤としたバイオマーカー探索. 《主な著書》“パートナー分析化学 II”, (共著), (南江堂). 《趣味》妻との家飲み, 野球観戦, 漫画.

E-mail : t-oe@mail.pharm.tohoku.ac.jp

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

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

本書は下記の二章だてとなっています。

〈1章 分析における試料前処理の基礎知識〉

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

〈2章 分析試料の正しい取り扱いかた〉

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

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

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

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

〈2003年掲載 1章 質量分析の基礎知識〉

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

〈2009年掲載 2章 質量分析装置のためのイオン化法〉

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

〈2002年掲載 3章 同位体比分析〉

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

〈2016年掲載 4章 精密同位体分析〉

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

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

分析化学

第75巻第1・2号
2026年1月

目 次

年間特集「波」：総合論文

LC-Raman 測定 of 最近の進歩

..... 平松弘嗣 1

遠紫外分光法によるリチウムイオン電池用電解液の電子的溶媒和構造研究

..... 田邊一郎 13

ラマン分光分析を活用したマウス卵子の成熟度判別と、

胚培養液の分析によるヒト胚の発育予測

— 生殖補助医療への新たなアプローチを目指して — 石垣美歌 21

光学異方性試料の円二色性と円偏光蛍光測定

— ストークス・ミューラー行列偏光解析 — 原田拓典 33

総合論文

次亜リン酸イオン (PH_2O_2^-) と酸素 (O_2) との反応

— 自触媒反応とは何か — 木村 優 51

報 文 (初執筆論文)

スギおが屑を用いる NaH_2PO_4 由来のリン酸二水素イオンの選択的定量

..... 田邊 堇・村田陵哉・辻本昌毅・爾見優子・宮内俊幸 61

動的散乱法及び多角度動的散乱法による温泉水中のシリカコロイド粒子の

サイズ評価 秋吉貴太・江藤真由美・渡部華夏・鈴木絢子・井上高教 67

技術論文

機器中性子放射化分析法による分離素材及び日用品中の全フッ素の定量

..... 古庄義明・高柳 学・三浦 勉 75

「分析化学」特集“未来を拓く熱分析”の論文募集 81

「分析化学」年間特集“波”論文募集 82

“第25回初執筆論文特集”募集のお知らせ 84

テンプレートによる投稿要領 85

「分析化学」に投稿される皆様へ 86

「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。

- ◇明けておめでとうございます。今年も本誌へのご愛顧をお願いいたします。
- ◇山本会長の巻頭言は、「みんな言ってるよ。」と題するもので、バイアスのかかった情報が氾濫する現代では、分析に携わる者にとって「客観視」が大切であると述べられています。信じるに足る情報を羅針盤に社会の荒波を乗り越えたいものです。
- ◇【入門講座】と【ミニファイル】は新シリーズ「精密な定量解析を支える網羅分析：基礎技術から実践的应用まで」。「Abbreviation in 分析化学（分析化学で使われる略号）」がそれぞれ始まりました。網羅分析では“包括的な理解”が求められており、また、分析化学で使われる略号には異なる意味をもつものも多いので、ぜひご一読ください。
- ◇【リレーエッセイ】は、鹿児島大の児玉谷先生にご執筆頂きました。本文に登場するメチル水銀は水俣病の原因物質で、学生時代に受けた公衆衛生学の特別講義を思い出しました。
- ◇2026年の表紙は久保田哲央委員の作品で、江戸天保年間に蘭学者宇田川榕庵が泉質調査のために熱海温泉で採水した様子を想像してコミカルに描いています。
- ◇今年も皆様にとって良い年となりますよう祈念しています。
[S. K.]

- 〈とびら〉
20年ぶりに若手の会に参加して……………菅原 一晴
- 〈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应用まで
LC/MSの網羅分析への使用事例……………高橋 豊
- 〈解 説〉
質量分析用機能性誘導体化試薬を活用した
生体内生理活性分析への応用……………小川 祥二郎
- 〈ミニファイル〉 Abbreviations in 分析化学（分析化学で使われる略号）
溶液 NMR で使われる略号②……………田代 充
- 〈話 題〉
表面から始まるイオン化の新展開
— SALDI/MS の進化と可能性 —……………大坂 一生

◇ 編 集 委 員 ◇

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

☐ 複写される方へ

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

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

FAX：03-3475-5619 E-mail：info@jaacc.jp

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

ぶんせき 2026年 第1号（通巻613）

2026年1月1日印刷

2026年1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1月5日

2026～2027年度代議員候補者について

公益社団法人日本分析化学会
役員等候補者選考委員会

日本分析化学会の代議員は、総会を構成し、定款に定められた事項（理事および監事の選任または解任、貸借対照表および損益計算書の承認等）について審議、決定します。代議員候補者の選考は、定款第14条に基づき、日本分析化学会の正会員（名誉会員、永年会員ならびにシニア会員は正会員に含まれます）、教育会員および維持会員の代表者の投票によりこれらを決定することになっております。別紙記載の2026～2027年度代議員候補者は、公益社団法人日本分析化学会代議員選挙規則により各支部長および正会員、教育会員ならびに維持会員から推薦された候補者について役員等候補者選考委員会の審議を経て選定されたものです。

つきましては、日本分析化学会正会員（含名誉会員、永年会員、シニア会員）、教育会員、維持会員代表者各位には、別紙投票用紙により漏れなく投票をお願いします。候補者全員に賛成の場合は、そのままお送りいただければ有効投票となります。不適任と思われる候補者がいる場合はその氏名を消してください。

投票は無記名投票です。一つの封筒に1投票を入れ、封筒には「投票在中」と朱記し、勤務先（又は現住所）、氏名または維持会員代表者名を明記のうえ下記宛にお送りください。

投票締切日 1月31日（消印有効）

投票送付先 〒141-0031 東京都品川区西五反田1-26-2 五反田サンハイツ304号
(公社)日本分析化学会 役員等候補者選考委員会

代議員選考に関する規程抜粋

定款

- 第14条 学会の社員は、正会員、教育会員及び維持会員の中から選出された90名以上130名以内の代議員をもって「一般法人法」の社員とする。
- 2 代議員を選出するため、正会員、教育会員および維持会員による代議員選挙を行う。代議員選挙を行うために必要な細則は理事会において別に定める。
- 3 代議員は、正会員、教育会員および維持会員の中から選ばれることを要する。正会員、教育会員および維持会員は、前項の代議員選挙に立候補することができる。

代議員選挙規則

(選挙権)

第2条 選挙権及び被選挙権は、選挙が行われる年度の1月1日現在における正会員、教育会員および維持会員が、これを有する（以下、有権者と略記する）。ただし投票日までに会員資格を喪失した場合には選挙権・被選挙権も失う。

(代議員の選出)

第3条 代議員は、全有権者による投票により選出する。

- 2 学会細則10条に定める、理事および理事会から独立した役員等候補者選考委員会（以下、選考委員会と略記する）が代議員選挙を管理し、選挙が行なわれる年度の11月30日までに代議員候補者を募り、翌年1月発行の機関誌により候補者を有権者に通知し、2月の理事会以前に選挙を実施する。
- 3 選考委員会は、下記の事由が生じたときおよび9条2項に該当する場合には3か月以内に再選挙を実施する。
- (1) 選挙で選ばれた代議員が定款14条に定める人数を満たさないとき、追加の候補を募り再選挙を行う。
 - (2) 補欠の代議員を含めても代議員数が定款14条に定める人数を満たさなくなったとき、新たな候補を募り再選挙を行う。

お知らせ

(代議員の立候補および支部による推薦)

第4条 有権者のうち、代議員に立候補しようとする者は、自薦または他の有権者の推薦により、選考委員会に、その定める締切日までに届け出る。

- 2 支部は、支部所属の有権者の中から候補者を推薦できるものとする。支部は推薦をするにあたっては、広く支部所属の有権者に推薦希望の有無を募らなければならない。
- 3 役員は候補者になることはできない。ただし、当年度の役員で当年度限りで退任する者は候補者となることができる。
- 4 理事を兼ねた支部長・副支部長は候補者を推薦することができない。その場合は理事でない副支部長が推薦を行う。

(代議員選挙の方法)

第5条 選考委員会は有権者に対して機関誌広告により代議員選挙を案内し、立候補者を募集する。同時に各支部にも代議員選挙を案内し、推薦を要請する。

- 2 各支部の推薦候補者数は総数100名とし、当該支部に所属する年度初めの有権者の比率を勘案のうえ、選挙の都度理事会が推薦割当人数を決定し、選考委員会に通知する。
- 3 選考委員会は支部推薦候補者を含むすべての候補者と投票方法・投票期限を機関誌広告により全有権者に周知させる。
- 4 支部推薦によって選出された代議員が、その選出された支部から別の支部に所属を変更した場合でも、支部による推薦は有効とする。

(代議員選挙の投票)

第6条 選挙は、有権者が機関誌(1月発行)に掲載した候補者名簿兼投票用紙を印刷・記入のうえで選考委員会へ送付する郵便投票によって行う。

- 2 選挙期日までの消印のある場合で開票前に到着したものは有効とする。
- 3 投票に際して、投票者本人が有権者であるかどうかを選考委員会が確認するために封筒外側に氏名を記入するものとする。
- 4 投票に際して投票者を確認するためにとられた措置による個人情報投票の有効性を確認する以外にはこれを用いてはならない。
- 5 投票者は、全候補者名簿兼投票用紙のなかで不適と判断する候補者のみに×印をつけるものとする。印のない候補者は信任されたものとみなす。×印が有権者の過半数を超える場合は信任されない。
- 6 投票期日までに投票しなかった有権者は候補者全員を信任したものとみなす。

2026 年度有功賞候補者推薦について

日本分析化学会は、毎年、多年にわたって分析の実務に従事した方々や、分析に欠くべからざる機械、器具、試薬などの製造等の実務に従事した方々を表彰して「有功賞」を贈呈してまいりました。

本年も下記の有功賞規程により 2026 年度有功賞候補者を募集します。各関係機関におかれましては、適任者がおられましたら 1 名（維持会員の場合は 1 口に付き 1 名）を推薦くださいますようお願い申し上げます。

『有功賞規程』

第 1 条 本会に有功賞を設け、多年にわたり分析の実務に従事し、または分析に欠くべからざる機械、器具ならびに試薬などの製造等の実務に従事して功労のあった者に、これを贈呈する。

第 2 条 有功賞は、賞記ならびに賞牌とし、年会において贈呈する。

第 3 条 会長は、毎年会誌「ぶんせき」1 号に有功賞候補者の推薦に関する会告を掲載する。

第 4 条 有功賞候補者の推薦者は、維持会員代表者、公益会員代表者および支部長とする。

(1) 維持会員代表者および公益会員代表者は、その機関に所属する者を推薦することができる。

(2) 支部長は、維持会員および公益会員に所属しない会員歴 5 年以上の正会員を推薦することができる。

第 5 条 前条によって推薦される者は、受賞する年の 1 月 1 日現在において満 50 歳以上であり、かつ休職期間を除いて満 25 年以上第 1 条の実務に従事している者とする。

第 6 条 候補者の推薦に際しては、次の (1)～(3) に規定する書類正、副各 1 通を 4 月 30 日までに本会に提出するものとする。

(1) 推薦書 (2) 推薦理由書 (3) 被推薦者履歴書 (いずれも本会所定の用紙に記入すること)

第 7 条 有功賞候補者の選考は、有功賞審査委員会において行う。

審査委員は、理事会が本会会員中より 11 名を選考し、会長がこれを委嘱する。

委員長は、委員の互選による。

(以下省略)

☆

☆

1) 2026 年度有功賞授賞式は、9 月 16 日（水）第 75 年会（仙台）において行う予定です。

2) 被推薦者の学歴制限はありませんが、被推薦者は本年 1 月 1 日現在において第 1 条の実務に従事されていることが必要ですので、ご注意ください（上記第 5 条）。

3) 有功賞候補者推薦書の維持会員代表者氏名は、本会に登録されている代表者氏名を記入してください（代表者氏名が異なる場合は返却します）。

4) 推薦理由書の所属部課係名、実務内容ならびに期間は、できるだけ詳細に記入してください。

5) 推薦書類（推薦書、被推薦者履歴書、推薦理由書：本会所定の用紙）は、正 1 通、副 1 通（コピーでも可）を下記期限までに提出してください。

6) 推薦期限：4 月 30 日（郵送の場合は、当日の消印のあるものまで受理します）

7) 推薦書類提出先：〒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有功賞係（メールでの送信は shomu@jsac.or.jp）

8) 所定の書類を入用の場合は、<https://www.jsac.jp/applications/> からダウンロードしてください。

第 394 回ガスクロマトグラフィー研究会・見学会

主催 (公社)日本分析化学会ガスクロマトグラフィー研究懇談会

期日

2026年1月29日(木) 13.30~17.00 (意見交換会 17.30~)

会場 日本生活協同組合連合会商品検査センター [埼玉県蕨市 錦町 1-17-18]

特別講演①

日本生活協同組合連合会商品検査センター

「日本生協連の品質保証活動と商品検査センターの紹介」

廣川大志郎

「残留農薬分析における GC-MS/MS の使用例」

天谷雪絵

「異臭分析における GC-MS の使用例 (仮)」

原田裕大

特別講演②

「残留農薬分析の国内外における現状」

(株)エスコ 代表取締役社長 坂 真智子

参加費 (要旨集代込み) GC 研究懇談会会員・学生: 無料, GC 研究懇談会会員外: 3,000 円, 意見交換会: 6,000 円

参加申込期限 2026年1月21日(水) (※ GC 懇 HP 等で既に募集を開始しており定員に達している場合がございます。予めご了承ください。)

詳細はガスクロマトグラフィー研究懇談会の web ページに掲載しています。

<https://www.jsac.or.jp/~gc/conference/2025.html#GC394>

第 395 回ガスクロマトグラフィー研究会

主催 (公社)日本分析化学会ガスクロマトグラフィー研究懇談会

期日

2026年2月6日(金) 13.00~17.30 (意見交換会 18.00~)

会場 北とびあ・ペガサスホール [東京都北区王子 1-11-1]

プログラム

主題講演 1:

「持続可能な航空燃料 (SAF) の品質規格と試験」(仮)

(日本海事検定協会) 高砂武司

主題講演 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

主題講演 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—」

(大阪大学工学研究科福崎研究室) 古野正浩

技術講演: 6 件程度

参加費 GC 研究懇談会会員・学生: 無料, GC 研究懇談会会員外: 3,000 円, 意見交換会: 4,000 円

参加申込期限 2026年1月30日(金)

参加登録および詳細はガスクロマトグラフィー研究懇談会の web ページをご確認ください。

<https://www.jsac.or.jp/~gc/conference/2025.html#GC395>

第 416 回液体クロマトグラフィー研究懇談会

主催 (公社)日本分析化学会・液体クロマトグラフィー (LC) 研究懇談会

後援 (公社)日本化学会, (公社)日本農芸化学会, (公社)日本分析化学会

実試料には分析種に対して多量のマトリックス成分が含まれていることが多く、そのまま HPLC や LC/MS 測定に供することは困難であり、前処理操作が必要である場合が多くあります。適切な前処理が行われなければ、いかに高性能な分析機器を用いても正確な測定結果を得ることはできません。本例会では、HPLC および LC/MS 分析における前処理技術について、基礎、ノウハウ、実施例、最新技術などをご紹介します。

期日 2026年2月26日(木) 13.00~17.05

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 及び LC/MS における試料前処理の基礎と実際

講演

講演主題概説 (オーガナイザー) (13.00~13.05)

((一社)臨床検査基準測定機構) 岡橋美貴子

1. HPLC 及び LC/MS における試料前処理の基本 (13.05~13.20)

((一社)臨床検査基準測定機構) 岡橋美貴子

(LC 分析士三段)

2. 各種試料中の PFAS 分析のための効果的な前処理方法 (13.20~13.55)

(ジーエルサイエンス(株)) 太田茂徳

(LC 分析士二段)

3. HPLC および LC/MS 分析における試料前処理の自動化 (13.55~14.30)

(株)島津製作所) 寺田英敏

(LC 分析士三段, LC/MS 分析士初段)

4. 生体試料における LC-MS 定量分析のための前処理法の最適化 (14.30~15.05)

(株)東レリサーチセンター) 吉岡陽子

(LC 分析士初段, LC/MS 分析士初段)

休憩 (15.05~15.20)

5. OTC 医薬品における生薬・漢方製剤の試料前処理とその実際 (15.20~15.55)

(株)太田胃散) 濱崎保則

(LC 分析士二段, LC/MS 分析士初段)

6. 食品分析実務における前処理法の構築 (15.55~16.30)

((一財)日本食品検査) 橘田 規

(LC 分析士三段, LC/MS 分析士四段)

7. 総括 「HPLC 及び LC/MS における試料前処理の基礎と実際」 (16.30~17.05)

(東京理科大学) 中村 洋

(LC マイスター, LC/MS マイスター)

参加費 ①学生: 1,000 円, ② LC 懇・個人会員: 2,000 円, ③ LC 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 2 月 27 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2月19日（木）
（入金締切時刻：15時まで）

申込方法

- 参加希望者は、下記申込先にアクセスし、氏名、勤務先（電話番号）、LC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、お申込みください。なお、参加者名と振込者名が違う場合は、参加申込書の連絡事項欄に振込者名を明記してください。
- お申込みが完了した場合には、登録されたアドレス欄に「第416回液体クロマトグラフィー研究懇談会申込み受付（自動返信）」のメールが届きます。メールが届かない場合は、①入力したご自分のアドレスに間違いがないか、②迷惑メールフォルダーをご確認のうえ、世話人までお問い合わせください。
- 申込み受付のメールを受領後、必ず期限内に研究懇談会参加費、情報交換会費の納入を行ってください。期限内に納入が確認できない場合、お申込みを無効とし参加URLを発行しませんので、十分ご注意ください。当日払いは受け付けません。なお、いったん納入された参加費は、返金いたしません。
- 参加費の納入が確認できた方には、2026年2月20日以降に要旨集をメールにてお送りいたします。必要に応じてプリントアウトしてご参加ください。また、請求書の発行はいたしていません。

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願います。

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

申込先 <https://forms.gle/Dy8LemKaTstSHQsn8>

（学生申込者は、所属欄に大学名、学部、学年を記載）

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

問合先（公社）日本分析化学会・液体クロマトグラフィー研究懇談会 世話人（一社）臨床検査基準測定機構 岡橋美貴子
〔E-mail：mikikojrmi@jrmia1c.org〕

2026年度液体クロマトグラフィー分析士 五段認証試験

下記要領で実施する予定ですので、お知らせいたします。

日時 2026年4月13日（月）14時～15時30分

会場 日本分析化学会会議室〔東京都品川区西五反田1-26-2五反田サンハイツ303号室〕

五段資格のイメージ 「分析士を育成・指導できるレベル（師範）。論文の査読・指導、学位論文の審査、国際会議において存在価値が評価される質疑応答ができる。」

分析士五段認証試験 分析士五段試験では書類選考試験（事前

提出）、筆記試験（記述式）および面接試験を総合して合否を決定します。書類選考用資料には、①氏名、②生年月日、③現職、④学歴、⑤職歴、⑥LCに関する研究・業務経験、⑦論文発表（適当数）、⑧学位の有無、⑨講習会・講演会における講師等の実績、⑩論文査読の経験、⑪学位論文審査の経験、⑫組織委員・実行委員等の実績、⑬国際会議における座長・依頼講演等の実績、⑭LC分析士四段の登録番号、⑮その他、特記事項、をこの順で記載し、申込締切日までに下記資料送付先にお送りください（お送りいただいた資料は本認証試験以外の目的には使用しません）。筆記試験には、与えられた課題に対してご自身の考えを問う問題が出題され、45分以内に解答していただきます。面接試験は筆記試験後に30分程度行います。

受験料 11,000円（合格者は登録料7,700円を別途申し受けます）。適宜、インボイス制度に対応した適格請求書事業者登録番号入りの領収書を発行します。なお、請求書は発行しません。

受験資格 受験できる方はこれまでに行われたLC分析士四段試験に合格し、登録された方に限ります。

申込方法 受験料の銀行振込後、書類選考用資料を資料送付先にお送りください。

申込締切 3月31日（火）

振込銀行口座 りそな銀行五反田支店 普通預金0802349、口座名義：（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。なお、一度お振込いただいた受験料は返却しません。万一、当方の判断で試験が中止された場合には、次の受験料を免除します。

資料送付先・問合先（公社）日本分析化学会・LC研究懇談会・分析士認証試験係〔E-mail：nakamura@jsac.or.jp〕

2026年度液体クロマトグラフィー分析士 四段認証試験

下記要領で実施する予定ですので、お知らせいたします。

日時 2026年4月20日（月）14時～15時30分

会場 日本分析化学会会議室〔東京都品川区西五反田1-26-2五反田サンハイツ303号室〕

四段資格のイメージ 「学会発表、投稿を通して、技術的議論が行え、講習会の講師が務まるレベル。また、当該分析・測定技術に関する英語の文献を適切に理解し、博士の学位に相当する学識経験を有する。」

分析士四段認証試験 分析士四段試験では書類選考試験（事前提出）と筆記試験（記述式）とを総合して合否を決定します。書類選考用資料には、①氏名、②生年月日、③現職、④学歴、⑤職歴、⑥LCに関する研究・業務経験、⑦論文発表（適当数）、⑧口頭発表（適当数）、⑨学位の有無、⑩LC分析士三段の登録番号、⑪その他、特記事項、をこの順で記載し、申込締切日までに下記資料送付先にお送りください（お送りいただいた資料は本認証試験以外の目的には使用しません）。筆記試験には、1）英文和訳問題、2）与えられた課題に対してご自身の考えを問う問題、の2題が出題され90分以内に解答していただきます。

受験料 9,900円（合格者は登録料6,600円を別途申し受けます）。適宜、インボイス制度に対応した適格請求書事業者登録番号入りの領収書を発行します。なお、請求書は発行しません。

受験資格 受験できる方はこれまでに行われたLC分析士三段試験に合格し、登録された方に限ります。

申込方法 受験料を銀行振込後、書類選考用資料を資料送付先にお送りください。

申込締切 4月7日（火）

お知らせ

振込銀行口座 りそな銀行五反田支店普通預金 0802349, 口座名義：(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。なお、一度お振込いただいた受験料は返却しません。万一、当方の判断で試験が中止された場合には、次回受験料を免除します。

資料送付先・問合先 日本分析化学会 LC 研究懇談会・分析士認証試験係 [E-mail : nakamura@jsac.or.jp]

—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 312 回ゴム技術シンポジウム 基礎から応用技術で見るゴムのトライボロジー

主催 (一社)日本ゴム協会
期日 2026 年 1 月 21 日 (水)
会場 東部ビル 5 階
ホームページ https://www.srij.or.jp/event_detail/第312回ゴム技術シンポジウム/
連絡先 〒107-0051 東京都港区元赤坂 1-5-26 東部ビル 1 階 (一社)日本ゴム協会 高田顕弘
〔電話：03-3401-2957, E-mail : kenkyuubukai@srij.or.jp〕

東海支部 2025 年度アドバンスセミナー

『次世代エラストマーのための
材料設計と研究開発動向』

主催 (一社)日本ゴム協会東海支部
期日 2026 年 1 月 22 日 (木)
会場 名古屋市工業研究所 視聴覚室 ハイブリッド開催 (Zoom を利用)
ホームページ <https://www.srij.or.jp/branch/>
連絡先 (一社)日本ゴム協会東海支部
〔電話：052-880-7389, E-mail : srij-tokai@sf.commufa.jp〕

腐食防食部門委員会第 364 回例会

主催 (公社)日本材料学会
期日 2026 年 1 月 22 日 (木)
会場 大阪府教育会館たかつガーデン 2 階コスモス
ホームページ <http://www.jsms.jp>
連絡先 〒606-8301 京都府京都市左京区吉田泉殿町 1-101 (公社)日本材料学会 [E-mail : jimmu@office.jsms.jp]

表面科学技術研究会 2026 PFAS 規制の動向と代替技術の展望

主催 (一社)表面技術協会関西支部
期日 2026 年 1 月 23 日 (金)
会場 (地独) 大阪産業技術研究所森之宮センター大講堂
ホームページ <https://kansai.sjf.or.jp/>
連絡先 〒606-0805 京都府京都市左京区下鴨森本町 15 (一社)表面技術協会関西支部 (一財)生産開発科学研究所内 石川 誠 [電話：075-781-1107, E-mail : kansai-office@sji.or.jp]

日本薬学会第146年会 ジョイントシンポジウム (JS)

主催 文科学科研究費学術変革領域研究 (B)「細胞から環境水へと繋ぐスケール横断分析」
期日 2026年3月28日 (土)
会場 関西大学
ホームページ <https://pub.conf.it.atlas.jp/ja/event/pharm146/content/symposium>
連絡先 日本薬学会年会サポートデスク (中西印刷(株))
[E-mail: pharm-print@nacoss.com]

「分析化学」年間特集“波”論文募集

「分析化学」編集委員会

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

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

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

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

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

特集論文原稿締切：2026年4月17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)

初めて書く論文は母語の日本語で！ “第25回初執筆論文特集”募集のお知らせ

「分析化学」編集委員会

「分析化学」編集委員会は、2026年(第75巻)に第25回「初執筆論文特集」を企画し、下記要領で論文を募集します。卒研究生、修士・博士課程院生並びに若手研究者の方々にとって、ご自分の研究成果を日本語で投稿できるよい機会です。なお、2025年より本特集名を「若手初論文特集」から「初執筆論文特集」と変更しました。年間を通して論文原稿を受け付け、審査を経て掲載可になり次第随時掲載いたしますので、奮ってご投稿ください。

なお、詳細は「分析化学」誌HPをご参照ください。

自分のアイデア、研究成果を自由に表現できる母語の日本語で、初めての学術論文執筆にチャレンジしてください。先生や先輩に指導をいただいて、論文作成法を習得する良いチャンスにもなります。これは大変貴重な経験であり、次の新たなステップにつながることでしょう。このチャンスは一度しかありません。多数の方々からのご投稿をお待ちしております。

「分析化学」の掲載料についてのお知らせ

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

掲載料金計算式 (P:印刷ページ数) (単位:円)

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

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

*上記に消費税がかかります。

ぶんせき誌「技術紹介」の原稿募集

『ぶんせき』編集委員会

分析化学は種々の分野における基盤技術であり、科学や産業の発達・発展だけでなく、安全で豊かな生活の実現に分析機器が大きく貢献してきました。近年の分析機器の高性能化・高度化は目覚ましく、知識や経験がなくても、微量物質の量や特性を測定できるようになりました。この急速な発展は、各企業が持つ高度で多彩な技術やノウハウによって達成されたといっても過言ではありません。一方、高度化された分析機器の性能・機能を十分に発揮させるためには、既存の手法に代わる新規な分析手法が必要であり、高度な分析機器に適合した分析手法や前処理手法の開発が分析者にとって新たな課題となっています。また、分析目的に合致した高純度試薬の開発に加えて、測定環境の整備、試薬や水の取り扱いなどにも十分な配慮が必要です。極微量の試料を分析する際には、測定原理を把握すると共に、手法や操作に関する知識・技能を身に付ける必要があると考えます。

このような背景に鑑み、『ぶんせき』誌では新たな記事として「技術紹介」を企画いたしました。分析機器の特徴や性能、機器開発に関わる技術、そしてその応用例などを紹介・周知することが分析機器の適正な活用、さらなる普及に繋がると考えており、これらに関する企業技術を論じた記事を掲載することといたしました。また、分析機器や分析手法の利用・応用に

ける注意事項、前処理や操作上のコツなども盛り込んだ紹介記事を歓迎いたします。これらの記事を技術紹介集として、『ぶんせき』誌ホームページ内に蓄積することで、様々な分野における研究者や技術者に有用な情報を発信でき、分析化学の発展に貢献できるものと期待しております。分析機器や分析手法の開発・応用に従事されている多くの皆様方からのご投稿をお待ちしております。

記

1. 記事の題目：「技術紹介」
2. 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
3. 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。
4. 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]

「お知らせ」欄原稿について

支部並びに研究懇談会の役員の皆様：掲載用の原稿ファイルをどうぞ電子メールでお送りください。送り先は shomu@jsac.or.jp です。原稿の長さに制限はありませんが原稿締切日は掲載月の前々月 25 日（例：1 月号掲載→11 月 25 日締切）となっておりますのでご注意ください。

本会外から掲載をご希望の場合は以下をご参照ください。

- 1) 掲載できるものは本会が共催、協賛、後援するものに限られます。
- 2) 国際会議につきましては共催、協賛、後援申請に関する規程並びにフォームがありますので、ホームページをご覧ください。か、本会事務局長宛にお問い合わせください。
- 3) 国際会議以外の講演会等に関しましては、会名、会場、主催団体名、同代表者名、開始期日、終了期日、連絡先並びに同電子メールを記載のうえ、書面でお申し出ください。
- 4) 掲載原稿の作成要領に関しましては承諾をご返事する際にお知らせします。
- 5) 本会支部または研究懇談会が共催、協賛、後援を承諾した事業につきましては、その旨をメールにお書きいただき、原稿ファイルを shomu@jsac.or.jp にお送りください。

国際会議以外の共催、協賛、後援に関する規程抜粋（共催）

8. 討論会、講演会等の共催とは、その討論会、講演会等の開催について、本会は主体性を持たず、会誌等を通じて広報活動等の援助を行う場合をいう。
9. 本会が討論会、講演会等を共催する場合は、その討論会、講演会等の主要議題が本会の専門分野と関連を持ち、本会正会員が会議の準備、運営等の委員に若干名加わることを条件とする。
10. 本会が共催する討論会、講演会等に対しては、他学協会長等の申し出によって会誌等による広報活動の援助を行う。特に理事会の承認を得て分担金を支出することがある。

（後援又は協賛）

11. 討論会、講演会等の後援又は協賛とは、本会がその討論会、講演会等の開催に賛同し、後援又は協賛団体の一つとして、本会名義の使用を認める場合をいう。
12. 本会が討論会、講演会等を後援又は協賛する場合は、その討論会又は講演会が分析化学に関連を持ち、その開催が本会会員にとっても有意義であることを条件とする。
13. 本会が後援又は協賛する討論会、講演会等に対しては、希望に応じ会誌等による広報活動の援助を行うことがある。

【ア行】

(株)エス・ティ・ジャパン…………… A1

【サ行】

(株)島津製作所…………… 表紙 2

西進商事(株)…………… 表紙 3

(株)ゼネラルサイエンス
コーポレーション…………… A3

【ナ行】

日本分光(株)…………… 表紙 4

【ハ行】

ビー・エー・エス(株)…………… A8

フリッチュ・ジャパン(株)…………… A5

フロンティア・ラボ(株)…………… A2

【ヤ行】

安井器械(株)…………… A4

製品紹介ガイド…………… A6~7

分析試料の前処理作成用粉碎機

FRITSCH GERMANY



ドイツ フリッチュ社製

ミニミル P-23



- ナノ粒子を1-2分で作成
- 処理量0.1-5mlの少量試料作製に最適
- 重量7kg、寸法20×30×30cmと極めて小型
- 容器。ボールの材質はジルコニア、ステンレス、プラスチック
- 研究室だけでなく、DCを使って外部での使用も
- 更に、グローブボックス内での使用も可能
- マイクロチューブにも対応。Max 2ml×6個

ドイツ フリッチュ社製

遊星型ボールミル
Classic Line P-7



- Fritsch 伝統の遊星型ボールミルの小型タイプ
- 容器のサイズは45ml、または12ml。2個搭載可能
- 容器、ボールの材質はメノウ、ジルコニア等7種類
- ポット回転数はMax1,600rpmの強力パワー
- 試料作製だけでなく、本機目的の研究開発用機器としてもご使用いただけます

カタログおよび価格表は弊社にお問い合わせください

フリッチュ・ジャパン株式会社

本社 〒231-0023 横浜市中区山下町252
大阪営業所 〒532-0011 大阪市淀川区西中島7-2-7
福岡営業所 〒819-0022 福岡市西区福重5-4-2

info@fritsch.co.jp <https://www.fritsch.co.jp>

Tel (045)641-8550 Fax (045)641-8364
Tel (06)6390-0520 Fax (06)6390-0521
Tel (092)707-6131 Fax (092)707-6131

原子スペクトル分析
<p>各種水銀測定装置 日本インスツルメンツ(株) 電話075-748-6200 営業グループ https://www.hg-nic.co.jp</p>
分子スペクトル分析
<p>FTIR用アクセサリーの輸入・製造の総合会社 市販品から特注まであらゆるニーズに対応 (株)システムズエンジニアリング https://www.systems-eng.co.jp/ E-mail: info@systems-eng.co.jp</p>
クロマトグラフィー
<p>ナノカラムからセミ分取カラムまで、豊富なサイズ 逆相 HPLC 用カラム L-column シリーズ GC 用大口径中空カラム G-column (一財)化学物質評価研究機構 クロマト技術部 www.cerij.or.jp E-mail: chromat@ceri.jp</p>
<p>ムロマックミニカラム 精度の高いクロマトグラフィー ムロマックガラスカラム イオン交換反応を可視化 室町ケミカル(株) 電話 03-3525-4792 https://www.muro-chem.co.jp/</p>
電気化学分析
<p>電位差自動滴定装置 カールフィッシャー水分計 最大5検体同時測定, FDA Par11対応, DI 対策も安心 メトロームジャパン(株) 電話 03-4571-1743 https://www.metrohm.jp</p>
<p>ポテンショスタット・ガルバナスタット メトローム オートラボやドロップセンスの電気化学装置なら最大16チャンネル, スクリーンプリント電極の特注も対応 メトロームジャパン(株) https://www.metrohm.jp</p>
質量分析
<p>様々な分析ニーズに応える, 質量分析計 (GC-MS, MALDI-TOFMS, LC-MS) を 使用したソリューションをご提案いたします。 日本電子(株) 電話 03-6262-3575 https://www.jeol.co.jp/</p>
<p>MALDI-TOF (/TOF), 迅速微生物同定, ESI-QTOF, FT-ICR, LC-MS/MS, GC-MS/MS, SPR ブルカージャパン(株) ダルトニクス事業部 電話 045-440-0471 E-mail: info.BDAL.JP@bruker.com</p>

熱分析
<p>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</p>
分析装置・関連機器
<p>ユニット機器型フローインジェクション分析システム AQLA-700 測定項目やご使用環境にあわせて機器の組合せが可能 (株)アクアラボ 電話 042-548-2878 http://www.aqualab.co.jp</p>
<p>XRF分析用ガラスビードの作製及びICP分析のアルカリ融解処理には、高周波溶融装置ビード&フューズサンプラ (株)アmenaテック https://www.amena.co.jp</p>
<p>英国エレメンタルマイクロアナリシス社製 CHNOS 有機・無機・同位体微量分析用 消耗品・標準物質等 アルファサイエンス(株) http://www.alphascience.jp/ 電話 03-3814-1374 FAX 03-3814-2357 E-mail: alpha@m2.pbc.ne.jp</p>
<p>高性能 HPLC/GPC-FTIR インターフェースシステム 新型 LC-CollectIR (株)エス・ティ・ジャパン 東京 03-3666-2561 大阪 06-6949-8444 https://www.stjapan.co.jp/</p>
<p>モジュール式ラマンシステム RAMAN-QE 高感度の小型ファイバ分光器, 励起用レーザー, 各種ラマンプローブを組み合わせたコンパクトなシステムです。 励起レーザー選択や光学系のカスタマイズもご相談ください。 オーシャンフォトニクス(株) https://www.oceanphotonics.com</p>
<p>電位差自動滴定装置・カールフィッシャー水分計・密度比重計・屈折計・粘度計・水銀測定装置・熱計測機器・大気分析装置・水質分析装置・排ガス分析装置 京都電子工業(株) 東京支店 03-5227-3151 https://www.kem.kyoto/</p>
<p>高品質・高精度・高耐圧 NSプランジャーポンプシリーズ 日本精密科学(株) 電話 03-3964-1198 https://nihon-exa-sci.com</p>
<p>赤外顕微鏡における「観る」「測る」「使う」を再構築 顕微赤外測定に新たなイノベーションを創出します。 赤外顕微鏡 IRT-5X / 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</p>
<p>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</p>
<p>立体8の字 秒速粉砕機 マルチピーズショッカー® ディスポ容器で岩石・樹脂・生体等の凍結粉砕も可能。 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/</p>

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・ラポウォーター事業部
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



FireSting O2-C 酸素モニター(4ch)

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

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

光学式酸素モニタリング測定、光学式温度測定に加えて中性領域のpH測定機能が搭載された複合型の測定装置です。

- 一台で最大4チャンネル対応。項目の組合せは自由
- 測定可能なpH範囲が異なる4種のpHセンサー（PK5～PK8）、海水サンプルを対象とした全水素イオン濃度スケール（Total Scale）対応センサー（PK8T）より選択
- 最新のFireSting ProとpHセンサーの組み合わせの場合、初回使用時のみ校正不要で簡単に測定できます



FireSting pro マルチ分析計 (4ch)

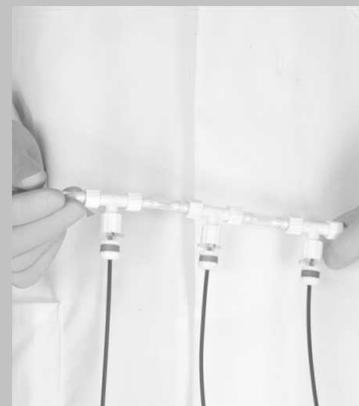
ミニプローブを
溶液に挿して・・・



密閉容器内の酸素濃度や
温度の測定に・・・



フローセルタイプで
流体の測定に・・・



● 製品の外観、仕様は改良のため予告なく変更される場合があります。

BAS ビー・エー・エス株式会社

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

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

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

各種標準物質 (RM, CRM)

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

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

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

凍結粉碎機 (Freezer / Mill)
 粉碎容器にインバクター (粉碎棒) とサンプルを一緒に入れ、液体窒素にてサンプルを常時凍結させて運転を開始します。
 インバクターを磁化させ、往復運動させる事による衝撃でサンプルを粉碎します。
 やわらかいサンプルや熱に弱い生体サンプルに最適です。
 〈サンプル例〉プラスチック、ゴム、生体サンプルなど、
 〈使用例〉ICP, XRF, GC, LCの前処理 DNA/RNAの抽出の前処理

ボールミル (Mixer / Mill)
 SPEX独自の8の字運動により、効率的な粉碎、混合が可能。
 サンプルに合った粉碎容器、ボールを選択可能。
 〈サンプル例〉岩石、植物、錠剤、合金など
 〈使用例〉ICP, XRFの前処理 メカニカルアロイニング



Environmental Express社 不純物証明&目盛つき容器



Environmental Express社製ポリプロピレンチューブの特長

- CertiTube**
- 不純物濃度証明書と公差証明書が付属 ⇒ メスアップや保存容器として使用でき容器の移し替え作業を削減できます。
 - ガラス器具由来の金属コンタミリスクも軽減可能。110℃の耐熱性があり分解容器としても使用できます。
※130℃以上の温度では使用できません。
 - 15,50mL容器は容器本体蓋の素材が同じ商品です。
 - Certi Tubeはディスプレイで設定可能な価格設定です。
 - 時計皿、フィルターなどのオプションの取り扱いもございます。



取扱容量：15,50,100mL

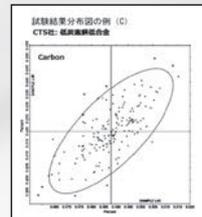
UltiTube

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

海外技能試験輸入代行サービス

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

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



YouTubeチャンネル [西進商事公式]

弊社取り扱い製品の情報を公開中です。(順次アップロード予定)



標準物質専門商社

西進商事株式会社

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

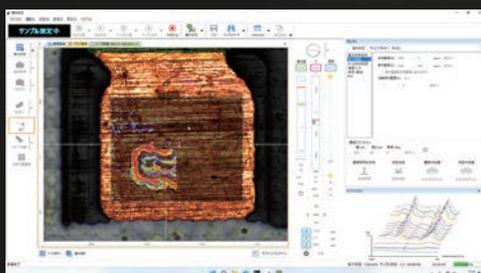
本社 〒650-0047 神戸市中央区港島南町1丁目4番地4号
 TEL.(078)303-3810 FAX.(078)303-3822
 東京支店 〒105-0012 東京都港区芝大門2丁目12番地7号 (RBM芝パークビル)
 TEL.(03)3459-7491 FAX.(03)3459-7499
 名古屋営業所 〒450-0002 名古屋市中村区名駅4丁目2番25号 (名古屋ビルディング桜館4階)
 TEL.(052)586-4741 FAX.(052)586-4796
 北海道営業所 〒060-0002 札幌市中央区北二条西1丁目10番地 (ピア2・1ビル)
 TEL.(011)221-2171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

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。



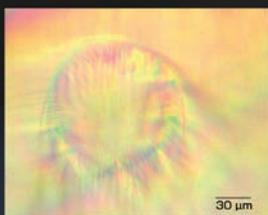
電子基板の電極上の異物測定

■ シリコンオイル中のPMMA粒子のATRイメージング

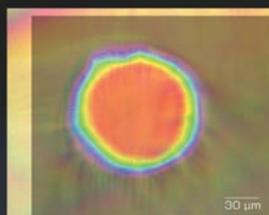
ステージを動かさずに光軸走査する日本分光独自の“スマートマッピング”により、プリズム密着時に試料が観察画像の中央以外に動いても、移動後の部位を測定エリアに指定できます。1回のプリズム接触でケミカルイメージも取得可能です。



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)



New

IRT-7X

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

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
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

