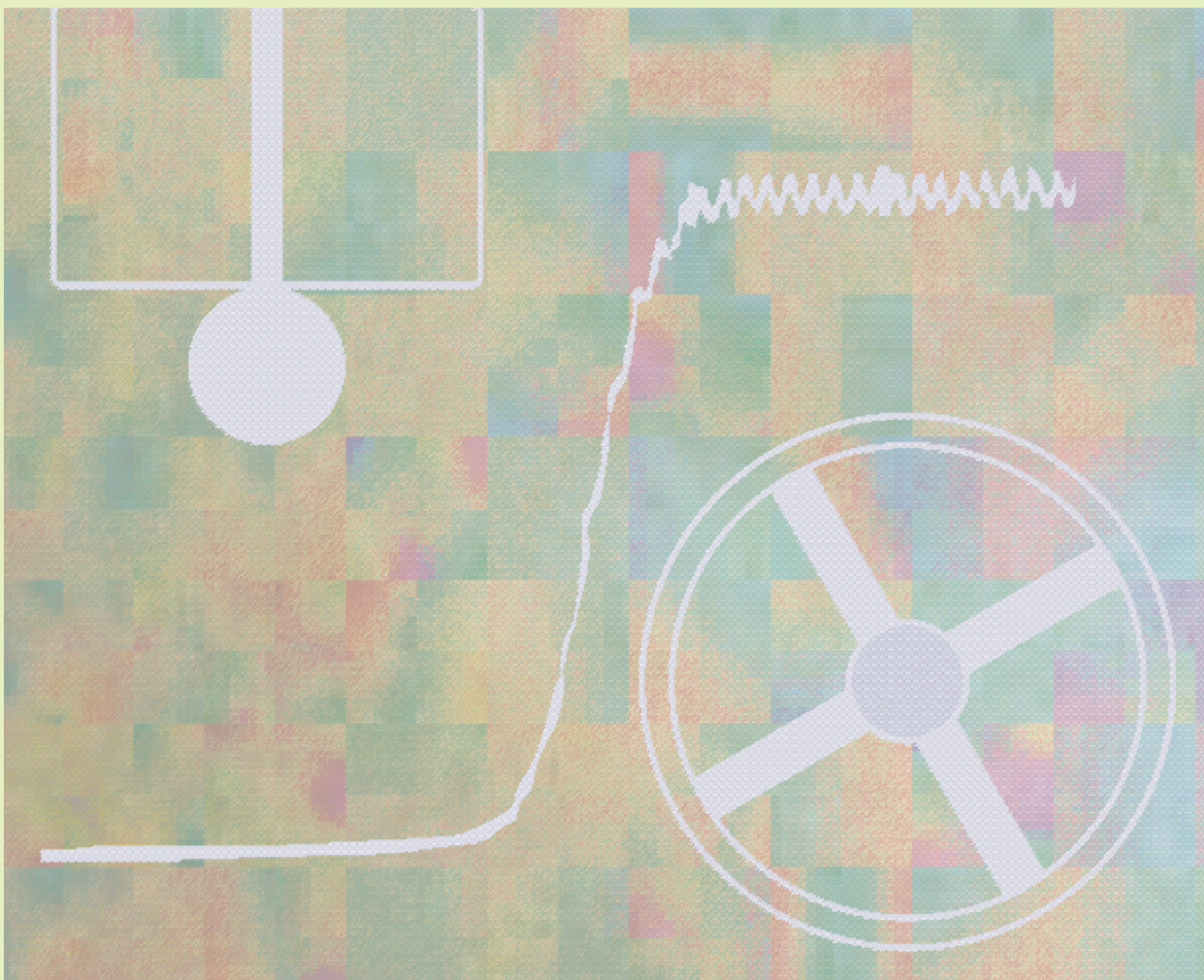


# ぶんせき ②

**Bunseki 2023**

The Japan Society for Analytical Chemistry





イオン交換・吸着・濾過

MUROMACHI CHEMICAL

# column

## ムロマック<sup>®</sup>ミニカラム

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



種類	内径(mm)	長さ(mm)	容量(mL)	液溜槽容量(mL)
S	5.0~5.5	50	1.0	8.0
M	6.5~8.5	58	2.5	10.0
L	10.0~11.0	118	10.0	5.0*1

\*1. 連結キャップを使って50mL注射器を接続すると便利です。

## ムロマック<sup>®</sup>ミニカラムスタンド

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



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

## ムロマック<sup>®</sup>ガラスカラム

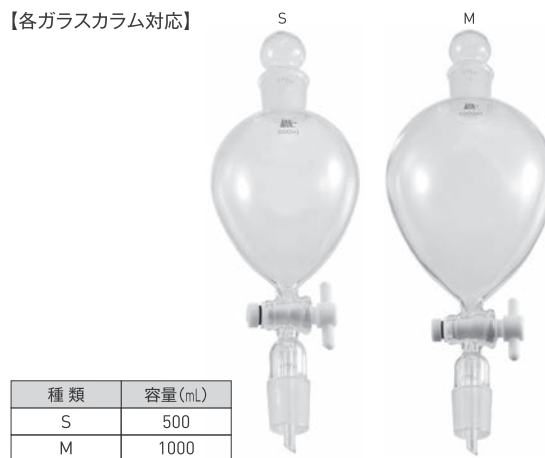
ムロマック<sup>®</sup>ガラスカラムはガラス製で耐薬品性に優れ、鮮明にイオン交換反応を可視化します。イオン交換樹脂の初期検討後、樹脂量を多くして使用することでより正確なデータを取ることが可能です。枝管付きタイプはムロマック分液ロートを使用することで液枯れしません。また、ライフ試験など樹脂層高を上げて試験を行う場合は細長カラムを使用することで正確なデータを取得できます。

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



## ムロマック<sup>®</sup>分液ロート

【各ガラスカラム対応】



種類	容量(mL)
S	500
M	1000

お問合せ先

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

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

# ぶんせき Bunseki 2023 Contents 2

## 目次

とびら	学会の会員構成と持続可能性／津越 敬寿 43
入門講座	分離技術：原理から最新技術まで 固相抽出／小池 裕也 44
展 望	科学捜査における微細サンプルのスクリーニング および非破壊分析の重要性／西脇 芳典 50
ミニファイル	マイクロ・ナノの分析化学 先端的分析化学のためのナノ流体デバイスの作製技術 ／小林 丈・許 岩 57
話 題	Lanmodulin： 希土類金属イオンを選択的に結合するタンパク質／半田 友衣子 59
技術紹介	イオン交換樹脂を用いた液体処理技術 —ムロマック <sup>®</sup> ミニカラム・ガラスカラムの紹介—／出水 丈志 61
トピックス	リチウムイオン電池リサイクルのための分離技術／山下 浩 66 金ナノ粒子を用いた病原体の核酸の比色分析／佐藤 久 66
こんにちは	東京都立科学技術高等学校を訪ねて／高橋 あかね・津越 敬寿 67
リレーエッセイ	分析化学の守備範囲？／鈴木 道生 70
ロータリー	71 談話室：「教える」から「身に付ける」授業へ／インフォメーション：第 377 回液体クロマトグラフィー研究懇談会；「LC シニアクラブ」(LC Senior Club, LCSC) 設立総会；HPLC & LC/MS 講習会 2022；第 380 回ガスクロマトグラフィー研究懇談会特別講演会；第 58 回 X 線分析討論会；第 89 回日本分析化学会有機微量分析研究懇談会・第 119 回計測自動制御学会力学量計測部会・第 39 回合同シンポジウム／執筆者のプロフィール

〔論文誌目次〕	79	〔広告索引〕	A5
〔お知らせ〕	M1	〔ガイド〕	A6
〔カレンダー〕	iii		



## 第83回分析化学討論のお知らせ

### 第83回分析化学討論会

会期：2023年5月20日（土）～21日（日）

会場：富山大学五福キャンパス



本討論会では、下記の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

- ・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

- ・2023年1月～5月 1枠 ￥60,000～￥100,000（税別）
- ・2023年3月～5月 1枠 ￥30,000～￥60,000（税別）

#### 付設展示会

- ・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

- ・1枠 ￥150,000（税別） ※お弁当代等の経費は別途。

お問合せ  
お申込み

### 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](mailto:info@meihosha.co.jp) ホームページ <http://www.meihosha.co.jp>



## カレンダー

### 2023 年

2月	7日	22-2 高分子学会講演会「高分子の表面・界面を制御する」〔オンライン開催〕……………(12号 M3)
	22日	第380回液体クロマトグラフィー研究懇談会〔Zoom オンライン会場〕……………(1号 M2)
3月	10日	プラズマ分光分析研究会第118回講演会 —プラズマ分光・質量分析法を用いたバイオイメーjingの新展開— 〔東京大学本郷キャンパス化学本館講堂及び Zoom〕……………(1号 M3)
	20日	2023年度液体クロマトグラフィー (LC) 分析士 初段認証試験〔五反田文化会館〕……………(M 1)
	23日	2023年度液体クロマトグラフィー (LC) 分析士 二段認証試験〔五反田文化会館〕……………(M 1)
	28日	2023年度 LC/MS 分析士 初段認証試験〔五反田文化会館〕……………(M 1)
	30日	2023年度 LC/MS 分析士 二段認証試験〔五反田文化会館〕……………(M 1)
5月	20・21日	第83回分析化学討論会〔富山大学五福キャンパス〕……………(12号 M4)
	30・31日	第39回希土類討論会〔札幌コンベンションセンター〕……………(12号 M3)
6月	17・18日	第20回ホスト・ゲスト・超分子化学シンポジウム〔東京都立大学南大沢キャンパス〕……………(M 2)
	22・23日	第90回日本分析化学会有機微量分析研究懇談会・第122回計測自動制御学会力学量計測部会・ 第40回合同シンポジウム〔オンライン〕……………(1号 M2)
	26～30日	第43回国際分光学会、第5回レーザーブレイクダウン分光学会アジアシンポジウム Colloquium Spectroscopicum Internationale XLII The 5th Asian Symposium on Laser Induced Breakdown Spectroscopy〔徳島大学〕……………(8号 M8)
7月	5～7日	第60回アイソトープ・放射線研究発表会〔東京都内会場 (予定)〕……………(M 2)
	9～14日	第13回国際膜会議 The 13th International Congress on Membranes and Membrane Processes〔幕張メッセ〕……………(M 2)
	23～28日	第31回光化学国際会議 31st International Conference on Photochemistry (ICP2023) 〔札幌パークホテル〕……………(9号 M7)



## ＜マグネシウム認証標準物質 7 種類の頒布開始＞

日本分析化学会は、実試料の分析時への妥当性確認などのために高純度マグネシウム認証標準物質として JAC 0141, JSAC 0142 及び JAC 0143 を開発し、汎用マグネシウム合金認証標準物質として JAC 0151, JSAC 0152, JSAC 0153 及び JAC 0154 を開発した。マグネシウム中の成分分析における機器の校正及び分析結果のバリデーションに使用することを目的としたものである。

### ◇微量元素分析用 高純度マグネシウム認証標準物質◇

#### [JAC 0141～JAC 0143 (ディスク状 3種類)]

JIS H 2150 に準拠したインゴットからビレットを作製し、押し出し加工により丸棒にし、ディスク状に切り出した標準物質で 3～6 元素を認証した。

直径 50 mm 厚さ 20 mm のディスク状：表面を平滑に研磨仕上げ

単位 (µg/g)

	Mg 純度(%)	Al, Si, Mn	Ca, Zn, Fe	Cu, Ni, Pb	Li, Ga, Ce
JSAC 0141	99.9	100 ~ 200	10 ~ 100	1 ~ 10	0.1 ~ 1
JSAC 0142	99.95	50 ~ 100	10 ~ 50	0.5 ~ 5	0.1 ~ 1
JSAC 0143	99.99	5 ~ 20	5 ~ 20	0.5 ~ 5	0.1 ~ 1

### ◇汎用マグネシウム合金認証標準物質◇

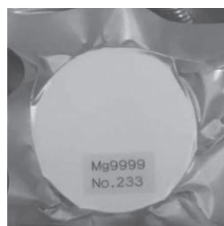
#### [JAC 0151～JAC 0154 (ディスク状 4種類)]

JIS H 4203 に準拠したマグネシウム合金を連続鋳造で作製したビレットを押し出し加工により丸棒にし、ディスク状に切り出した標準物質で Al, Mn, Zn を主成分に他 3～7 元素を認証した。

直径 50 mm 厚さ 20 mm のディスク状：表面を平滑に研磨仕上げ

	Al (質量分率%)	Mn (質量分率%)	Zn (質量分率%)	Si, Fe, Cu, Ni (µg/g)	Ca, Ga, Pb, La, Ce (µg/g)
JSAC 0151	3	0.5	1	10 ~ 100	1 ~ 10
JSAC 0152	6	0.5	1	10 ~ 100	1 ~ 10
JSAC 0153	9	0.3	1	10 ~ 100	1 ~ 10
JSAC 0154	6	0.3	0.05	10 ~ 100	1 ~ 10

◇ 頒布方法：真空パックした標準物質(a)をプラスチックケースに入れて頒布します(b)



(a)



(b)

◇ 頒布価格：試料 1 ディスクにつき

本会団体会員：40,000 円, それ以外：60,000 円 (送料込み、消費税別)  
7 ディスクセット購入の場合は 10 %引きとします。

**見積及び頒布問合先** 〒105-0012 東京都港区芝大門 2-12-7 (RBM 芝パークビル)

西進商事 (株) 東京支店 [電話：03-3459-7491, FAX：03-3459-7499,

E-mail：info@seishinsyoji.co.jp, URL：http://www.seishinsyoji.co.jp/]

**技術問合先** 〒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 標準物質委員会 事務局 [電話：03-3490-3352, FAX：03-3490-3572,

E-mail：crmpt@ml.jsac.or.jp, URL：https://www.jsac.jp/]



TOA DKK

ポータブル水質計 P40シリーズ

mylana  
マイラナ



マイラナちゃん

pH

ORP

電気伝導率

光学式溶存酸素

ポータブルで使えるマルチ水質計



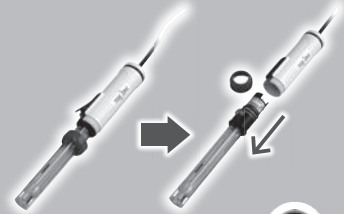
MM-42DP  
2chタイプ

各chにつなぐプローブの  
組み合わせは自由

MM-41DP  
1chタイプ

新型  
デジタル  
プローブ採用

プローブ情報を  
自動で識別



pHプローブ、  
ORPプローブは  
各々電極部のみの  
交換が可能



pH、ORP、  
各種イオンの  
測定が可能な  
普及型も  
用意



ポータブルpH・  
イオン・ORP計  
HM-40P

電池寿命は  
最大約2000時間



Mylana(マイラナ)  
詳細ページ

東亜ディーケーケー株式会社

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

本社 / 〒169-8648 東京都新宿区高田馬場1-29-10 TEL.03(3202)0218

●東京:03(3202)0226 ●大阪:06(6312)5100 ●札幌:011(726)9859 ●仙台:022(353)6591 ●千葉:0436(23)7531  
●名古屋:052(324)6335 ●広島:082(568)5860 ●四国:087(831)3450 ●九州:093(551)2727





JASCO

## リサーチグレードでありながら、 ダウンサイジングを追求

*Debut*

FT/IR-4Xは、高い拡張性とS/N比・分解能を保持したまま、従来比40%のサイズダウンを実現したリサーチグレードの赤外分光光度計です。大型機同等の20cm幅の試料室は、サードパーティ製を含む各種大型付属品を使用することが可能で、赤外顕微鏡接続、検出器拡張、近中赤外・中遠赤外への波数拡張にも対応可能です。モノコック構造の干渉計は高い密閉性と堅牢性を誇り、NISTトレーサブルフィルムによる自動バリデーション機構内蔵により、永きに渡る信頼性を担保いたします。

Fourier Transform Infrared Spectrometer  
フーリエ変換赤外分光光度計

# FT/IR-4X



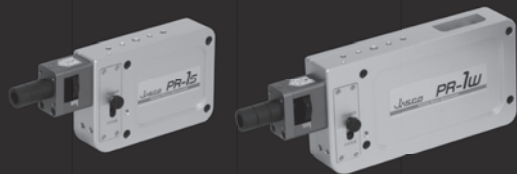
*New*

## ラマン測定を、手の中に。

PR-1s/PR-1wは、手のひらに収まる超小型ラマン分光光度計です。測定波数範囲とレーザー出力の異なる2つのモデルをラインアップしています。測定対象の自由度が高く、専用試料室やバイアルホルダーも用意しており、シンプルで手軽なラマン測定を実現します。



Palmtop Raman Spectrometer  
パームトップラマン分光光度計



# PR-1s/PR-1w

光と技術で未来を見つめる

# 日本分光

日本分光株式会社

〒192-8537 東京都八王子市石川町2967-5  
TEL 042(646)4111(代)  
FAX 042(646)4120

日本分光の最新情報はこちらから

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

日本分光HP



# JASCO

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



# ESIイオン源一体型 マイクロチップ・キャピラリ電気泳動装置

## ZipChip™



### お使いのMSが高速CE-ESI/MSになります！

ZipChip™プラットフォームは、キャピラリ電気泳動 (CE) とエレクトロスプレーイオン化 (ESI) を一つのマイクロ流体チップに統合し質量分析計にスプレーするシステムです。

広範囲の生体試料の調整、分離、イオン化を迅速に行い試料を質量分析計へ直接導入可能です。

CE/ESIチップはユニット内にクリップで装着するだけです。分析時間は通常3分程度で完了し、ほとんどのLCよりも短時間でより良い分離品質を得ることができます。

シンプルなワークフローと複数のキットオプションにより、多数のバイオセラピー、メタボローム、およびプロテオミクスのアプリケーションをサポートします。

### ZipChip™の特徴

- 迅速な分析時間 (ほとんどの分析時間は2~3分)
- 高感度・高安定のナノレベルスプレー
- 少ない試料消費 (ピコグラム~ナノグラム)
- オンラインの脱塩により、サンプル調整が最小限



### アプリ別に便利な分析キットが用意されています。

- ペプチド用      ● インタクトタンパク質用
- ネイティブタンパク質用
- 代謝物 (アミノ酸) 用      ● オリゴ核酸用

### 下記メーカーの質量分析計でご使用いただけます。

- ThermoFisher Scientific社
- Bruker社      ● SCIEX社

(対応モデル名・型式につきましては別途ご照会ください。)



# 分析業界のコストカッター ディスポチューブでらくらく粉砕!!

## 立体8の字<sup>®</sup>原理による **秒速粉砕機** **マルチビーズシヨツカー<sup>®</sup>**



Ⓜ 卓上型・省スペース ⓧ 極静音 MB3000シリーズ

### 豊富な種類の粉砕容器

2ml ~ 最大 100ml チューブまでラインナップ!!

粉砕チューブ一例

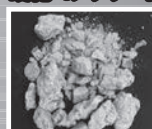


各サンプル量に合わせた最適粉砕を実現!  
タンゲステンカーバイド、チタン、メノウ、酸化ジルコニウム、  
PTFE など豊富なラインナップ!

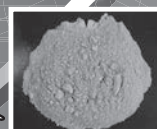
**年度末特別キャンペーン・更新キャンペーン**  
**2023年3月末まで実施中!**

※詳しくは、お問合せ下さい。

硬化コンクリート



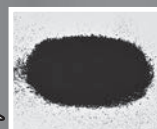
粉砕時間  
**60秒**  
常温



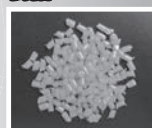
ゴム



粉砕時間  
**10秒**  
液体窒素  
条件下



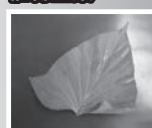
樹脂



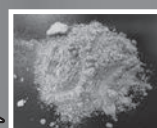
粉砕時間  
**10秒**  
液体窒素  
条件下



植物生葉



粉砕時間  
**10秒**  
液体窒素  
条件下



ヨーロッパ安全基準適合



### アプリケーションラボ完成!

テスト粉砕とデモは無料で実施します。  
遠慮なくお問合せ下さい!



SINCE1953:お陰様で創業70周年

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 http://www.yasuikikai.co.jp

©2023 Yasui Kikai Corporation, all rights reserved

230116



# 学会の会員構成と持続可能性



津 越 敬 寿

2022年度関東支部長を仰せつかっております津越敬寿（つごしたかひさ）です。関東支部ではあまりない例ですが、50代前半で就任した若輩です。それ故、前支部長（現支部選出理事）や副支部長各位、さらに支部役員各位に助けられながら何とか務めて（務まって？）います。

ご存知の通り関東支部は本会7支部のうち最大の支部であり、2022年11月現在3124名の正会員のうち、半数近い1486名の正会員が関東支部に所属しています。支部長に加え本「ぶんせき」誌の編集理事も拝命しているため、理事会からも学会の仕事をいくつかお引き受けします。その中で各種の委員などを推薦し、またお願いすることもあり、その受け皿はやはり正会員と認識しています。ここで、いくつかの委員会でメンバー構成を分析化学の分野で偏らないようにする配慮がなされますが、その分類は「理・工・農・医歯薬・業界」などとされ、慣習として産官合わせて「業界」に集約されています。昨今の状況からダイバーシティとしてとかく女性比率に目が行きがちですが、この分類に若干の疑問・違和感を禁じ得ないでいます。

本会の会員データベース利用規程により支部長は会員データベースを利用することができます。関東支部所属の正会員1486名について、その所属を調べてみました。高校や学会（本会の事務局員か他学会かは不明）所属は1%未満です。続いて無所属（定年退職等）が5%弱、大学所属は約25%、公的機関（国立研究開発法人や地方独立行政法人、各省庁なども含む）は約23%、民間企業が約46%でした。他支部での状況は若干異なるかと思いますが、大きくは変わらないのではと類推します。つまり、5分類のうち、25%から4分類を選出し、69%から1分類のみ選出される委員会構成となります。

実は、今年度の関東支部役員を構成するのに女性比率に加え、この点を考慮しました。その内訳は、常任幹事以上で大学37%、公的機関18%、企業45%、また幹事を含めた総役員で大学43%、公的機関22%、企業35%となります。ちなみに女性比率は常任幹事以上で21%、総役員で約19%となります。若手主体の幹事に企業の方を増やしにくい側面はありますが、常任幹事以上だと正会員構成にほぼ合っていると自負しているところで、各種支部行事の運営を企業所属の方々にも担っていただいております。本部から関東支部に運営を移管されたセミナーの準備・運営も企業所属の役員の担当でした。

会員数減少に伴い各種の施策が採られています。根本原因は企業所属の会員数の伸び悩み、特に40代以下の若い世代の学会離れのようなようです。学会の持続可能性を鑑みるに、中堅やベテランの企業所属の会員の学会での活躍の場をより増やし、部下や後輩の本会入会を促してもらうのは施策としてどうだろうか（将を射んと欲すればまず馬を射よ？）と愚考する今日この頃です。

関東支部の次期支部長（2023年度支部長）は、企業所属の女性です。

〔Takahisa Tsugoshi, (国研)産業技術総合研究所, 日本分析化学会関東支部長〕

# 固相抽出

小池 裕也

## 1 はじめに

分析化学の進歩は著しく、実験機器の開発や測定操作の簡便化・全自動化が行われている。しかし、実際に様々な試料を分析する場合、何らかの試料調製や前処理操作が必要となる。例えば、環境試料中の重金属類の分離および濃縮には、溶媒抽出法や固相抽出法が広く用いられているが、分析する目的成分や分離除去したいマトリックスにより適切な方法を選ぶ必要がある<sup>1)</sup>。固相抽出剤による重金属類の濃縮は原子スペクトル分光法などと組み合わせて、環境水や土壌等の環境試料の分析に多岐にわたって応用されている<sup>2)</sup>。古庄ら<sup>2)</sup>は、無機分析のための固相抽出法について、分離剤の種類や特徴を基礎事項としてまとめ、分析事例を報告している。

市販の無機分析用固相抽出剤には、無極性（逆相）型、イオン交換型、キレート型、高選択性型の分離モードがあり、その特徴と用途が整理されている<sup>2)3)</sup>。すべての固相抽出剤は網羅できていない可能性はあるが、代表的なものとして陰イオン及び陽イオン交換樹脂をあわせてイオン交換型が18種類、キレート型が8種類と多くのメーカーから様々なタイプの固相抽出剤が市販されている。固相抽出剤にはカートリッジ型とディスク型のタイプがあり、ディスク型は迅速・簡便かつ高流速・高容量、そして目詰まりが少ないことが特長で、環境試料等の短時間で大量試料の処理が可能となる。重金属類を多元素同時に濃縮する場合には、イミノ二酢酸系の官能基を持つ固相抽出剤が有効である<sup>2)</sup>。ディスク型の固相抽出剤は、粒子がカートリッジ型と比較して小さく、高い抽出率と短い処理時間で処理を実現できる。

イミノ二酢酸キレート樹脂ディスクを用いて海水や飲料水中のウランを20分で、200倍濃縮できたとの報告もある<sup>4)</sup>。また、塩中の微量金属元素（12元素）の予備濃縮に使用した報告もある<sup>5)</sup>。有機化合物の機器分析における前処理法として、試料マトリックスからの目的物質の濃縮法としても利用されており、イオン交換ディスクやキレートディスク等の環境試料等の適用例があ

る<sup>2)</sup>。陽イオン交換ディスクを用いて鉄マトリックス等を固相抽出分離する高純度鉄および鋼中の微量元素定量法の検討も行われている<sup>6)</sup>。さらに数種類の固相抽出ディスクを組み合わせることで、吸着特性を利用した化学形態分析も可能である。固相抽出ディスクを用いた水中ヒ素の形態別迅速濃縮法<sup>7)8)</sup>や陽イオン交換ディスクを用いた底質中微量元素の化学形態別分析も報告されている<sup>9)</sup>。

固相抽出法は化学物質の分離・精製の有効な手段であり、ごく微量な試料の前処理から工業的な規模の分離にいたるまで、幅広く活用されている<sup>10)</sup>。さらに医薬品分析、バイオ・生化学、食品分析、上水・環境水分析、無機分析、放射性核種分析など、広範囲な分野で簡便で迅速性に優れた抽出法として、その有用性が示されている<sup>10)</sup>。固相抽出は分析化学を支える技術として重要であると考えられる。ここでは、固相抽出の原理と分析化学への応用について解説する。

## 2 固相抽出法の基礎<sup>10)</sup>

固相抽出法は、1970年代後半に高速液体クロマトグラフィーの理論展開の過程で考案された分析前処理法である。分析試料中の目的成分の抽出・精製を行う方法であり、その概念図を図1に示す。固相抽出の手法として目的成分を固相に保持させた後に、マトリックス成分を洗浄のステップで分離・精製しながら目的成分を回収

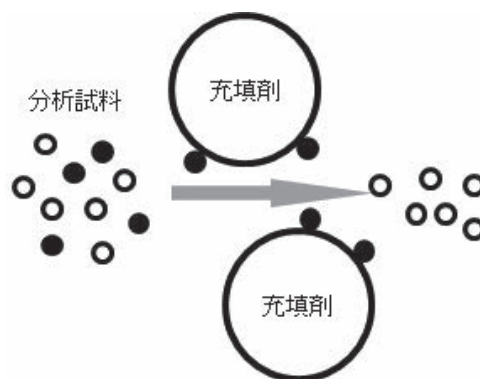


図1 固相抽出の概念図

●：充填剤と親和性のある物質 A；○充填剤と親和性のない物質 B



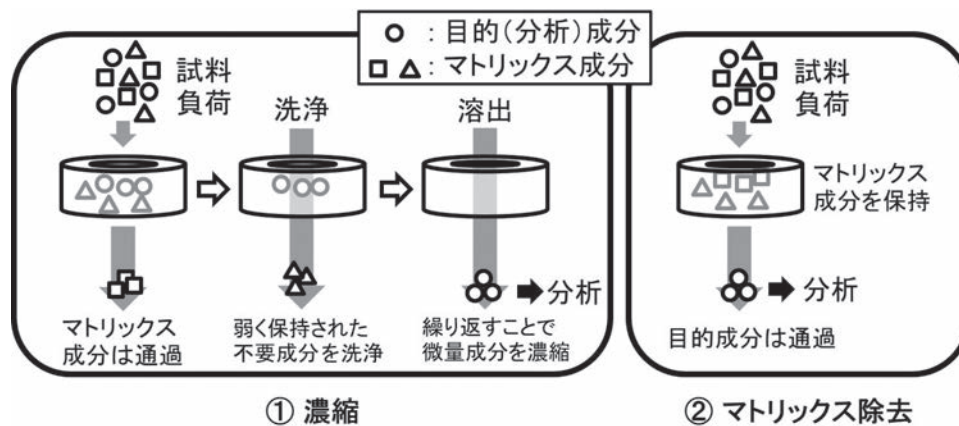


図2 固相抽出による濃縮とマトリックス除去の二つの活用方法

する手法（濃縮）が一般的である。この場合、優れたクリーンアップ効果も期待できる。一方で、マトリックス成分を固相に保持し、目的成分を通過させ分析に供する手法も用いられている（マトリックス除去）。固相に目的成分を保持する方法では、結果的に対象物質を濃縮できることもポイントである。二つの手法の概略図を図2に示す。固相抽出法の利点は、固相として使用される充填剤の種類を変えることで、様々な種類の試料の前処理を行うことができることである。

固相抽出剤に使用される充填剤は、基本的に液体クロマトグラフィーに使用されるカラムと同じ素材が用いられ、種類も豊富である。試料と溶媒の性質に合わせて充填剤が選択可能であり、その種類は吸着剤型（活性炭、グラファイトカーボン）、極性（順相）型（シリカゲル、アルミナ、フロロジル）、無極性（逆相）型（オクタデシル、オクチル、シクロヘキシル、フェニル）、イオン交換型（陽イオン交換、陰イオン交換）、混合型と様々である。複雑な組成を有する試料であるほど選択性が高い固相を選ぶことが重要であり、充填剤の選択性を調査しておく必要がある。固相を使用する際の注意すべき項目として、保持容量（イオン交換容量）、固相充填量、吸着特性と固相分離剤の特性（pH依存性、目的物質との適合性など）、通液速度と通液法（加圧方式、吸引方式、遠心分離方式、自然落下方式）がある。さらに、試料処理量と固相ロット間のばらつきの関係も考慮する必要がある。

適切な固相が選択できたところで、固相抽出は①コンディショニング、②試料の負荷、③洗浄、④溶出の四つの手順で行われる（図2①濃縮を参照）。一般的な固相抽出法の手順を以下に示す。コンディショニングでは、使用をする固相を各種溶媒との相互作用により活性化（平衡化）させる。固相抽出剤は、通常の場合は乾燥状態にあり、適切な溶媒により試料を負荷した際の吸着を最適化するためのコンディショニングである。試料は、抽出および湿式分解等により溶液化した後に、固相に通液す

る。この際には、自然落下、加圧、吸引といった方法を用いる。固相抽出では、目的成分を選択的に保持することが理想であるが、類似した構造、性質をもった夾雑成分が保持されることがほとんどである。その場合、洗浄工程で各種成分の保持力等の違いを利用して、適切な洗浄溶媒により夾雑成分を固相から洗い出す。最後に目的成分を固相から溶離可能な溶媒を用いて抽出する。この際に、通液量より少ない溶媒で抽出することで目的成分が濃縮される。また、前述のとおりマトリックス成分を保持させ、目的成分を通過させる方法もあるが、この場合は固相に保持させる成分がマトリックスとなるため、通過した目的成分を単離することが目的となる。

固相抽出を行う場合、各手順で分離目的成分、固相およびマトリックスのそれぞれが相互作用を起こし、保持や溶出に大きく関与することを理解する必要がある。固相により溶媒が異なるため実際に操作を行う際には、「固相抽出ガイドブック」<sup>10)</sup>が参考になる。固相抽出は、分析対象物入りの溶液が固相を通過する際に、溶質がそれぞれの親和性に応じて保持したりそのまま流れ出たりすることを利用するもので、複雑な組成を持つ試料の分析法として極めて優れた方法であると考えられる。今後さらに様々な分野で、新しい発想での活用が期待される。

### 3 分析化学における固相抽出法の活用

#### 3.1 環境分析と固相抽出

固相抽出ディスクは、組み合わせにより溶液化した環境試料について濃縮および分離から測定までを迅速に行うことができる。さらに、試料中の目的物質を固相抽出ディスクに単離、濃縮してラミネートフィルムで加工して保持することができるため、試料の取り扱いおよび保管が簡便であることも利点である。固相抽出ディスクを使用した濃縮および溶離による溶液分析と濃縮のみの直接分析の操作手順を図3<sup>3)</sup>に示す。試料の通液から分析まで固相の形状が保てるため、蛍光X線分析により固相を直接分析できる<sup>7)11)</sup>。イミノ二酢酸キレート樹脂

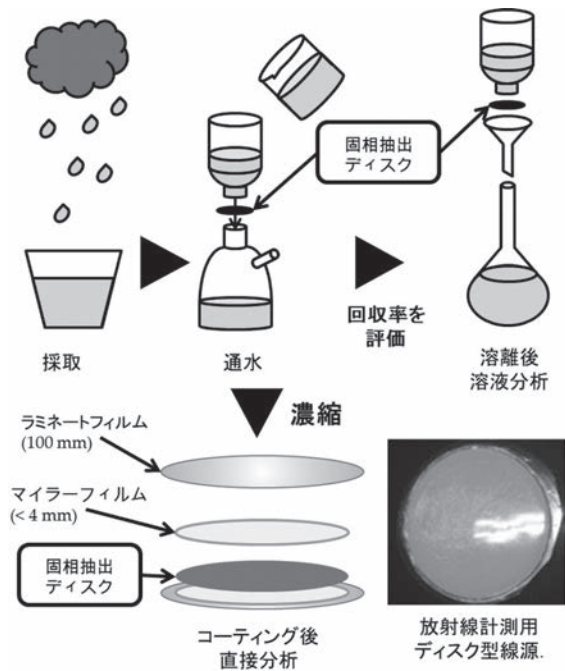


図3 一般的な固相抽出ディスクによる濃縮操作<sup>3)</sup>

ディスク上に濃縮した環境水中重金属の蛍光 X 線分析による直接多元素同時定量が行われている<sup>11)</sup>。また、同様に濃縮したディスクを切り抜き、固体直接原子吸光度分析した報告もある<sup>12)</sup>。固相抽出ディスクの直接分析は、溶離操作を省略できることから分析の簡易化が可能となる。

環境分析を実施する場合、採取した試料を測定装置のある場所まで運搬する必要があるため、迅速な野外分析には適していない。可搬型の測定機器を用いることにより、採取した試料をその場で測定でき、従来の方法よりも短時間で測定が可能となる。通常の濃縮手法<sup>13)</sup>の応用では、河川水は 100 L の試料水を採取して持ち帰り、研究室で様々な処理を行い分析に供することになる。この方法では試料水の運搬に時間と労力が大きく、迅速な測定には向いていない。しかし、固相抽出ディスクを適用することで、現地で環境試料に対して、前処理から分析までを実施できると考えている。萩原ら<sup>14)</sup>は、ディスク固相抽出とハンドヘルド蛍光 X 線分析を組み合わせ、飲料水中の Mn, Fe, Cu, Zn, Cd, Hg, Pb を試料採取現場で定量する方法を開発した。酢酸緩衝溶液で pH 5 に調整した試料水 50 mL を通水した直径 13 mm のイミノ二酢酸キレートディスクを、ハンドヘルド蛍光 X 線分析に供することで水中の重金属を定量している。この方法は環境や人体に影響を与える試薬や電源を用いないことから、水中重金属のオンサイトスクリーニングに使用することができると報告している。迅速・簡便、高容量という固相抽出ディスクの利点を活かした、大量の試料を研究室等に持ち帰る必要がない、“パッシブサンプリング”も提案されている。パッシブ

サンプリングは、環境媒体中に固相抽出剤を一定期間放置し、分析対象物質の固相抽出剤への拡散現象を利用して、対象物質を吸着する方法である<sup>15)</sup>。

### 3・2 機器分析と固相抽出

機器分析では、複雑な組成の試料や超微量成分を扱う機会が多い。廃棄物からの溶出液や廃水には、その発生過程により多量のアルカリ・アルカリ土類金属や塩化物イオン、硫酸イオンなどのマトリックス成分が含まれており、さらにその濃度も異なることが想定される。これらのマトリックスが試料溶液中に高濃度に共存すると、機器分析においてさまざまな干渉の原因となる。したがって、目的元素を濃縮する際には、同時にマトリックスの分離が必要となる。海水中のマトリックス成分を迅速・簡便に除去できるキレート樹脂による固相抽出法が知られている<sup>16)~20)</sup>。

固相抽出と機器分析を組み合わせたと例として、固相抽出法と全反射蛍光 X 線分析 (TXRF) の分析例が報告されている<sup>20)~22)</sup>。松田ら<sup>22)</sup>は、都市ごみ焼却灰の溶出液 (環境庁告示第 13 号試験液) を固相抽出法で前処理し、その溶離液中の Pb を TXRF で定量する方法を検討している (図 4)。液体試料の乾燥痕を測定する TXRF 法では、試料中の高濃度のマトリックス成分により、スペクトルのバックグラウンドが高くなる。そこで、高濃度マトリックス成分を除去できるジーエルサイエンス社の InertSep mini ME-2<sup>23)</sup> を使用している。同一のゲルを使用した MetaSep ME-2 を用いた研究として、海水中の  $\text{Ca}^{2+}$  や  $\text{Mg}^{2+}$  だけでなく  $\text{Cl}^-$  や  $\text{Br}^-$  などの陰イオンを分離後、希土類元素を分析した例も報告されている<sup>16)</sup>。松田ら<sup>22)</sup>の手法では、InertSep ME-2 (カラムサイズ 280 mg) に、2 M  $\text{HNO}_3$  5 mL、純水 20 mL、pH 5 の

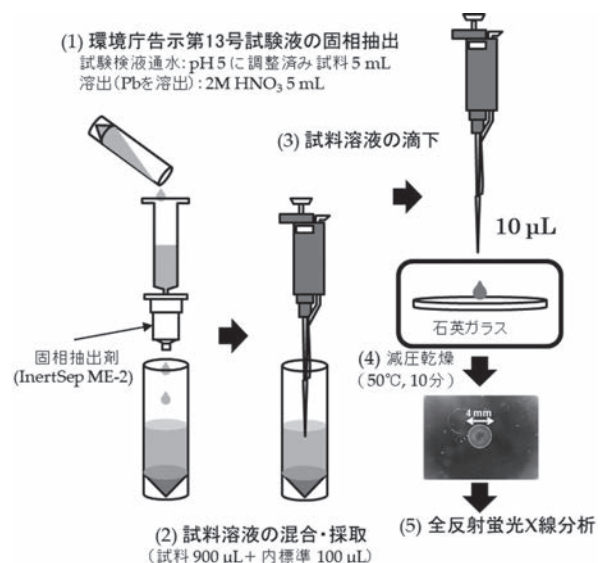


図4 環境庁告示第 13 号試験液の固相抽出/全反射蛍光 X 線分析の試料調製手順



0.1 M 酢酸アンモニウム溶液を順に通液しコンディショニングし、pH 5 に調整した環境庁告示第 13 号試験液 5 mL を通液し、Pb をカラム吸着させる。カラムに残存している  $\text{Ca}^{2+}$  等のマトリックスイオンは純水 5 mL を通液して除去した後に、カラムに吸着された Pb を 2 M  $\text{HNO}_3$  5 mL を通液し溶離することで分析試料を得ている。環境庁告示第 13 号試験液をキレート樹脂で固相抽出処理することで、測定試料となる溶液の乾燥痕上への塩の析出が抑えられ、K, Ca, Cl および Br などのマトリックス成分の X 線強度が 1/100 に減少し、Pb の定量精度と感度の向上が確認されている<sup>22)</sup>。

### 3・3 放射化学と固相抽出

放射性核種には短寿命の核種もあり短時間での測定が必要であることから、迅速かつ簡便な濃縮分離技術と放射線計測の組み合わせが求められている。そこで、固相抽出剤の中でも、迅速・簡便に精度良く環境中の放射性核種を分離濃縮できる固相抽出ディスクが使用されている<sup>3)</sup>。雨水を通水したディスクのガンマ線スペクトルの測定により、短寿命の  $^{212}\text{Pb}$ ,  $^{214}\text{Pb}$ ,  $^{212}\text{Bi}$ ,  $^{214}\text{Bi}$  を検出・定量できており、試料採取から放射能測定開始までの時間が最短で 30 分程度で済むことを利点としている<sup>24)</sup>。東京電力福島第一原子力発電所事故由来の放射性セシウム ( $^{137}\text{Cs}$ :  $T_{1/2}=30.2$  y,  $^{134}\text{Cs}$ :  $T_{1/2}=2.06$  y) も分析対象の一つである。多摩川集水域において、放射性セシウムは定量下限付近の極低濃度へと推移しており、より低濃度な汚染状況の把握の必要性という観点から重要であり、分析を続けている<sup>25)</sup>。固相抽出の役割は大きく、固相に分離濃縮できることは試料減容化とマトリックス除去の利点から放射化学の分野でも非常に有効である。分析に用いることができる固相として、セシウムを選択的吸着可能なプルシアンブルーやフェロシアン化銅を担

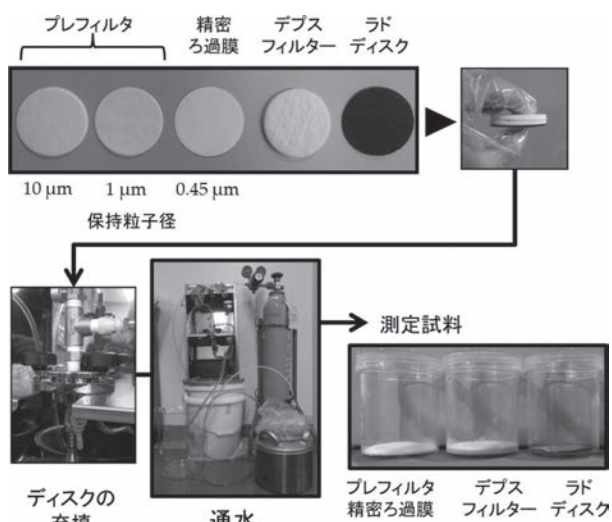


図 5 ラドディスクセシウムによるディスク型固相抽出法<sup>3)</sup>

持したフィルターカートリッジに関する研究があり、その有用性も示されている<sup>26)27)</sup>。放射性核種に注目して、開発された放射性核種専用固相抽出ディスク (CDS 社, Empore<sup>TM</sup> Rad Disk) も市販されている。ラドディスクセシウムによるディスク型固相抽出法の流れを図 5<sup>3)</sup> に示す。河川水中の溶存態放射性セシウムの分析には、蒸発濃縮法、リンモリブデン酸アンモニウム共沈法、プルシアンブルーフィルターカートリッジ法、固相ディスク法、イオン交換樹脂法といった予備濃縮技術が用いられており、固相ディスク法についても一定精度の分析結果が確保できることが報告されている<sup>28)</sup>。

固相抽出法には、一つの試料から目的とする核種のみを分離するものが多い。溶出実験において一つの試料から複数の核種を分離・定量することが可能となれば、より詳細な鉱物からの溶出機構や放射性核種の存在形態を知ることができる<sup>29)</sup>。そこで、複数の固相抽出剤を組み合わせた固相抽出により、鉱物試料から複数の核種を迅速かつ同時に分離する方法も提案されている<sup>29)</sup>。放射性鉱物試料を王水で加熱しながら全溶させ、8 M 硝酸系にし、抽出クロマトグラフィーレジンを Eichrom Technologies 社の UTEVA<sup>®</sup> レジン、Sr レジンおよび DGA レジンを連結させたものに、5 mL の試料溶液を通液する。トリウム同位体およびウラン同位体が UTEVA<sup>®</sup> レジンに、鉛同位体が Sr レジンに、アクチニウム同位体が DGA レジンにそれぞれ抽出される。その後、8 M 硝酸で連結したレジンを洗浄することでラジウム同位体を回収する。連結したレジンを分解して、UTEVA<sup>®</sup> レジンに 5 M 塩酸と 0.02 M 硝酸を順に通液することでトリウム同位体とウラン同位体をそれぞれ溶離できる。Sr レジンに 0.05 M クエン酸アンモニウム、DGA レジンに 1 M 塩酸をそれぞれ通液することで抽出

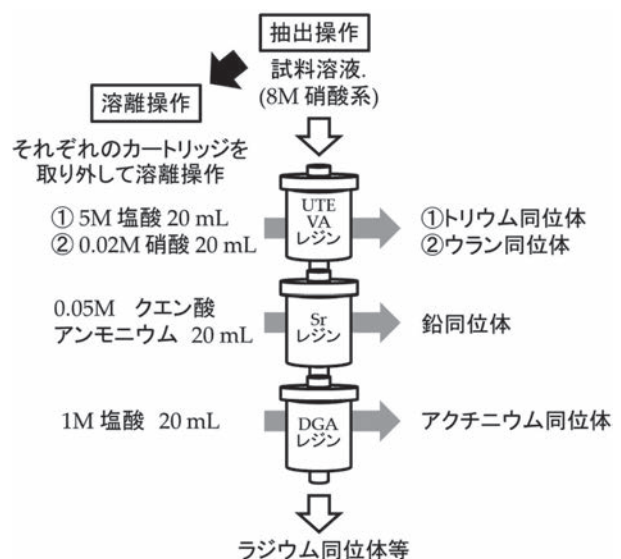


図 6 抽出クロマトグラフィーレジンを組み合わせた放射性核種の分離方法

した鉛同位体とアクチニウム同位体を溶離する。レジンをういて分離を行う場合、過塩素酸および硝酸を用いて溶液中に残留する樹脂を分解する。抽出クロマトグラフィーレジンをういた放射性核種の分離方法の概略図を図6に示す。以上の方法で放射性鉍物試料であるモナズ石 {monazite, リン酸塩鉍物 (Y, Ca, Ce, U, Th) (Nb, Ta, Ti)<sub>2</sub>O<sub>6</sub>} 中の放射性核種を分離・定量した分析例が報告されている。環境試料中の極微量な <sup>90</sup>Sr を放射線計測によって迅速かつ簡便に分析するために、Eichrom Technologies 社の抽出クロマトグラフィーレジンおよびCDS社のEmpore™イミノニ酢酸キレートディスクを用いた、放射性ストロンチウム分析用線源の作製に関する研究も進めている<sup>30)</sup>。

#### 4 おわりに

分析化学における分離・濃縮技術は、複数成分を含む混合物を分離し、それぞれの成分を正確に定量することが目的である。固相抽出の応用例として、メンブランフィルターへの固相抽出によるヒ素(Ⅲ)およびヒ素(Ⅴ)の目視分別分析法が報告されている<sup>31)</sup>。ヒ素(Ⅲ)錯体を捕集したフィルターに銅(Ⅱ)水溶液を接触させることで、銅(Ⅱ)錯体への変換によって黄色に着色し、色の濃淡によってヒ素の濃度を目視分析する手法である<sup>31)</sup>。固相抽出による「見える化」は、成分を正確に定量する以外の目的を達成する一つのアイデアである。今後、様々な目的のために新たな固相が提案されることを望んでいる。環境負荷を考慮した固相を検討し、固相抽出法を駆使した簡便かつ高感度な分析法を提案することが、今後のさらなる分析技術の向上につながると考えている。

謝辞 本入門講座の作成にあたり、明治大学名誉教授の中村利廣博士、明治大学大学院特任講師の萩原健太博士のご指導、株式会社リガクの松田渉氏、明治大学放射化学研究室メンバーのご協力に対して心からの謝意を表します。

#### 文 献

- 1) 日本分析化学会編：“分析化学実技シリーズ応用分析編6 環境分析”，p.182 (2012)，(共立出版)。
- 2) 古庄義明，小野壯登，山田政行，大橋和夫，北出 崇，栗山清治，太田誠一，井上嘉則，本水昌二：分析化学 (*Bunseki Kagaku*)，**57**，969 (2008)。
- 3) 小池裕也，萩原健太：*J. Soc. Inorg. Mater., Japan*，**22**，408 (2015)。
- 4) 三浦 勉，森本隆夫，早野和彦，岸本武士：分析化学 (*Bunseki Kagaku*)，**49**，245 (2000)。
- 5) 新野 靖，古賀明洋：*Bull. Soc. Sea Water Sci. Jpn.*，**58**，85 (2004)。
- 6) 長谷川信一：鉄と鋼，**95**，911 (2009)。
- 7) K. Hagiwara, T. Inui, Y. Koike, T. Nakamura : *Anal. Sci.*，**29**，1153 (2013)。
- 8) K. Hagiwara, T. Inui, Y. Koike, M. Aizawa, T. Nakamura :

- Talanta*，**134**，739 (2015)。
- 9) 稲垣和三，高津章子，鎗田 孝，岡本研作，千葉光一：分析化学 (*Bunseki Kagaku*)，**58**，175 (2009)。
- 10) ジーエルサイエンス 固相抽出ガイドブック編集委員会編：“固相抽出ガイドブック”，(2012)，(ジーエルサイエンス)。
- 11) W. Abe, S. Isaka, Y. Koike, K. Nakano, K. Fujita, T. Nakamura : *X-Ray Spectrom.*，**35**，184 (2006)。
- 12) T. Inui, A. Kosuge, A. Ohbuchi, K. Fujita, Y. Koike, M. Kitano, T. Nakamura : *Am. J. Anal. Chem.*，**3**，683 (2012)。
- 13) 文部科学省：“放射能測定法シリーズ13 ゲルマニウム半導体検出器等を用いる機器分析のための試料の前処理法”，p.6 (1992)，(日本分析センター)。
- 14) 萩原健太，甲斐祥太郎，小池裕也，相澤 守，中村利廣：分析化学 (*Bunseki Kagaku*)，**65**，489 (2016)。
- 15) 亀田 豊：ぶんせき (*Bunseki*)，**2013**，350。
- 16) 経遠 篤，鈴木美誠，古庄義明，古田直紀：分析化学 (*Bunseki Kagaku*)，**58**，623 (2009)。
- 17) 宗林由樹，M. L. Firdaus，中塚清次，南 知晴，則末和宏：*Biomed. Res. Trace Elements*，**18**，319 (2007)。
- 18) 高久雄一，石塚香織，長岡亜矢子，皆川昌幸，森田貴己，藤本 賢：分析化学 (*Bunseki Kagaku*)，**65**，399 (2016)。
- 19) S. Kunimura, K. Amagasa : *ISIJ International*，**55**，2697 (2015)。
- 20) 国村伸祐，菅原悠吾，徳岡佳恵，青野海奈，杉岡大志郎，袋井祐佳，寺田脩一郎：分析化学 (*Bunseki Kagaku*)，**68**，325 (2019)。
- 21) 吉井 裕，伊豆本幸恵，高村晃大，酒井康弘：日本原子力学会2019年秋の大会予稿集，3D07 (2019)。
- 22) 松田 渉，高原晃里，萩原健太，大淵敦司，池田 智，中村利廣，小池裕也：廃棄物資源循環学会論文誌，**32**，128 (2021)。
- 23) S. Kagaya, Y. Aoki, Y. Saeki, T. Goto, M. Ohki, I. Obata, M. Saito, R. Shirota, M. Gemmei-Ide : *Bull. Soc. Sea Water Sci. Jpn.*，**71**，282 (2017)。
- 24) 小池裕也，炭山裕彰，小田切裕輔，乾 哲朗，岩鼻雄基，栗原雄一，中村利廣：分析化学 (*Bunseki Kagaku*)，**62**，507 (2013)。
- 25) 猪瀬聡史，萩原健太，青林 諒，小池裕也：放射化学，**45**，1 (2022)。
- 26) 堀井雄太，宮本直人，狩野直樹，今泉 洋：*Radioisotopes*，**69**，217 (2020)。
- 27) H. Tsuji, Y. Ishii, M. Shin, K. Taniguchi, H. Arai, M. Kurihara, T. Yasutaka, T. Kuramoto, T. Nakanishi, S. Lee, T. Shinano, Y. Onda, S. Hayashi : *Sci. Total Environ.*，**697**，134093 (2019)。
- 28) M. Kurihara, T. Yasutaka, T. Aono, N. Ashikawa, H. Ebina, T. Iijima, K. Ishimaru, R. Kanai, Z. Karube, Y. Konnai, T. Kubota, Y. Maehara, T. Maeyama, Y. Okizawa, H. Ota, S. Otsaka, A. Sakaguchi, H. Tagomori, K. Taniguchi, M. Tomita, H. Tsukada, S. Hayashi, S. Lee, S. Miyazu, M. Shin, T. Nakanishi, T. Nishikiori, Y. Onda, T. Shinano, H. Tsuji : *J. Radioanal. Nucl. Chem.*，**322**，477 (2019)。
- 29) 小池裕也，福田大輔，塩原良建：*J. Soc. Inorg. Mater., Japan*，**25**，108 (2015)。
- 30) 藤井健悟，栗原雄一，鈴木亮一郎，松田 渉，大淵敦司，中村利廣，小池裕也：*Proceedings of the 17th Workshop on Environmental Radioactivity*，KEK Proceedings 2016-8，208 (2016)。
- 31) 舟山剛史，水口仁志，志田惇一：分析化学 (*Bunseki Kagaku*)，**62**，685 (2013)。





小池 裕也 (Yuuya Koike)  
明治大学理工学部 (〒214-8571 神奈川県川崎市多摩区東三田 1-1-1). 明治大学大学院理工学研究科工業化学専攻博士後期課程修了. 博士 (工学), 第1種放射線取扱主任者. 《現在の研究テーマ》多摩川集水域における河川水及び底質中放射性セシウムの動態評価. 《趣味》ドライブ, おいしい日本酒探し.  
E-mail : koi@meiji.ac.jp

## 原稿募集

創案と開発欄の原稿を募集しています

内容：新しい分析方法・技術を創案したときの着想, 新しい発見のきっかけ, 新装置開発上の苦心と問題点解決の経緯などを述べたもの. 但し, 他誌に未発表のものに限ります.

執筆上の注意：1) 会員の研究活動, 技術の展開に参考になるよう, 体験をなるべく具体的に述べる. 物語風でもよい. 2) 従来の分析方法や装置の問題点に触れ, 記事中の創案や開発の意義, すなわち主題の背景を分かりやすく説明する. 3) 図や表, 当時のスケッチなどを用いて理解しやすく

することが望ましい. 4) 原稿は図表を含めて4000~8000字 (図・表は1枚500字に換算) とする.

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

〒141-0031 東京都品川区西五反田 1-26-2  
五反田サンハイツ 304号  
(公社)日本分析化学会「ぶんせき」編集委員会  
[E-mail : bunseki@jsac.or.jp]

## 科学捜査における微細サンプルのスクリーニング および非破壊分析の重要性

複雑・巧妙化する犯罪に対処するため、科学捜査研究は極めて重要である。犯人が気づかずに現場に残す微細サンプルは、犯罪を解明するための重要な証拠になる。裁判における再鑑定に備えるため、微細サンプルは非破壊での分析が強く求められる。また、多数の微細サンプルが現場に遺留されている場合は、迅速なスクリーニングが重要になる。本稿では微細サンプルのスクリーニングと非破壊分析をキーワードに筆者が今後有望と考える赤外顕微鏡、ラマンイメージング、全反射蛍光X線分析、放射光蛍光X線分析の重要性について述べる。

西 脇 芳 典

### 1 はじめに

微細サンプルは犯人が気づかずに犯罪現場に残したり、付着したりするため、犯人と犯罪を結びつけ、その犯行を立証するための証拠となる。科学捜査では、犯罪に関連するサンプルについて同定と異同識別を実施する<sup>1)2)</sup>。異同識別とは、サンプルが持つ固有の特徴を見だし、どこから発生したか、犯罪に関連するものかを明らかにすることである。例えば、殺人事件で被疑者と被害者が揉み合いとなり、互いの着衣が接触し、相互に繊維が付着したとする。繊維には様々な材質種があり、その材質を明らかにする行為が同定にあたる。ポリエステルだとしたら、更に色・艶消し材の割合・染料種などの製造情報を抽出し関連するサンプルであるか否か、被疑者に由来するサンプルかを特定する行為が異同識別である。薬毒物関連事案は成分を同定すること自体が犯罪の証明になりうるが、繊維のような工業製品、指紋などは異同識別が重要な意味を持つ。目立った証拠がない事件の場合、微細サンプルの異同識別の結果が事件解決の可否を左右すると言っても過言ではない。

異同識別には、物質を構成する主成分元素とともに微量成分元素による比較・検出が不可欠である。微細サンプルとして鑑定依頼される代表的なものは工業製品であるガラス・自動車塗膜・繊維であるが、これらは品質管理が行き届いているため、主成分に大きな違いが認められることはほとんどない。品質管理の対象外である微量成分がサンプル固有の特徴として重要な指標となる。しかし、犯罪現場で発見される微細サンプルは肉眼で確認が困難な1 mm以下の大きさであることが多い。絶対量

が少ないサンプル中の微量成分検出が求められるため、高感度・高空間分解能な手法が必要になる。また、科学捜査における微細サンプルの微量成分分析において注意すべき点は、非破壊で分析することが求められることである。サンプル量が微量であるため、分析によって消費したり、変質させたりすると再鑑定が実施できなくなり、証拠価値が著しく低下する。また、事件によっては微細サンプルが多量に採取される場合がある。その際は、鑑定を迅速に行うため、非破壊・高感度スクリーニング法が重要な役割を果たす。社会的反響の大きい犯罪であればあるほど、微細サンプルの非破壊分析は公判維持の観点から重要になる。

### 2 代表的な微細サンプル

#### 2-1 ガラス

ガラスは、スマートフォン、自動車、建造物、食器等日常的に使用されているため、鑑定に供されることが多いサンプルである。ひき逃げ・傷害・殺人等の多くの犯罪サンプルとして重要な役割を果たす。日常的に用いられるガラスの多くはソーダ石灰ガラスで、その主たる成分はSiO<sub>2</sub>が約70%、Na<sub>2</sub>OとCaOが約8~15%、MgO、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、K<sub>2</sub>が数%であり、この他に微量成分を含有する。微量成分の元素種や量は、原料産地や製造工程等による。そのため、ガラスの異同識別を行うには微量元素分析が有効である。微細ガラス片の鑑定は、光学顕微鏡で写真撮影をした後、屈折率測定を行う。屈折率0.0002の差で識別可能とされているが、近年のガラス製造技術の向上により、識別が困難なサンプルが多数存在する<sup>3)</sup>。屈折率によって識別困難と判断されたサンプルについて、微量元素分析を実施する。しかし、非常に微細なサンプルを非破壊で精度良く分析することは困難である。ガラス分析に最も頻繁に使用される手法は、蛍光X線

分析 (XRF)<sup>4)5)</sup>, 走査型電子顕微鏡法-エネルギー分散型 X 線分光法 (SEM-EDX)<sup>6)</sup>, 誘導結合プラズマ質量分析 (ICP-MS)<sup>7)~9)</sup>, レーザーアブレーション-誘導結合プラズマ質量分析 (ICP-MS)<sup>10)11)</sup>, レーザー誘起ブレイクダウン分光法 (LIBS)<sup>12)</sup>である。いずれも優れた方法であるが, 微細サンプルを高感度・非破壊で鑑定することは難しい。

## 2.2 単繊維

繊維は, 天然繊維, 再生繊維, 合成繊維に大別される。繊維は多くの特性をもち, その特徴を利用して鑑定を行う。サンプルが単繊維 (直径 20  $\mu\text{m}$  以下, 長さ 1 cm 以下) の場合, 絶対的なサンプル量が少ないため, 鑑定は難しいことが多い。被疑者や容疑者等の事件関係者の衣服, 痴漢容疑の場合は容疑者の手や指から採取された繊維は, まず光学顕微鏡によってスクリーニングされる。天然繊維は光学顕微鏡によってその特徴的な形状から綿, 絹, ウールなどの種類の分別が可能である。再生繊維, 合成繊維は, 形状からの分類は難しいことが多い。単繊維側面を顕微鏡観察した結果, 異形断面を持っていることが考えられた場合は, 薄片を作成して断面観察を行う<sup>13)</sup>。その後, UV-vis 顕微分光法による色調検査<sup>14)15)</sup>, 顕微フーリエ変換赤外分光法 (顕微 FT-IR 分析) による材質検査<sup>16)17)</sup>を非破壊的に行うのが一般的である。顕微鏡検査により天然繊維, 顕微 FT-IR 分析により合成繊維の種類を明らかにできるが, 同種繊維間での差を見いだすことが困難なことが多い。洗濯や汚れに起因する色ムラがある場合, 再現性の良い UV-vis スペクトルを得ることが難しい。このように非破壊的な手法によって, 単繊維を異同識別することは困難である。破壊的手法になるが, 薄層クロマトグラフィー (TLC) による染料比較, 液体クロマトグラフ-質量分析による有機染料分析は高い異同識別能力を有する<sup>18)19)</sup>。

## 2.3 指紋

犯罪捜査において, 指紋は DNA と同様に個人識別を実施するための重要な証拠サンプルである<sup>20)21)</sup>。一般的に, 指紋は現場に明瞭に残ることは少なく潜在的に存在し, 個人特定が可能で検出できるか否かは, 現場環境に大きく依存する<sup>22)</sup>。潜在的な指紋を可視化するため, 様々な物理的および化学的方法が開発されてきた<sup>23)24)</sup>。現場鑑識において行われる指紋検出法は, 指紋が残された対象物によって選択され, その手法は多岐にわたる。一般に, ガラス・金属製品・陶磁器・塗装物品は, アルミや石松子の微粉末を刷毛で塗すことにより顕在化する。ビニール製品には瞬間接着剤であるシアノアクリレートの白化現象を利用した気化法であるシアノアクリレート法を, 紙製品にはヨウ素の昇華を利用した気化法であるヨードパット法を用いることが多い。指紋

は, 皮膚に存在する腺からの分泌物と表面汚染物質からなる混合物である。自然分泌物は, エクリン腺と皮脂腺に由来する成分の組み合わせで構成されている<sup>25)</sup>。皮脂分泌物は, 主にグリセリド, 脂肪酸, ワックスエステルなどの親油性物質である。汗であるエクリン分泌物は, 主にアミノ酸, タンパク質, イオン ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ), 微量金属 (Fe, Cu, Zn) などの親水性物質である。また, 指紋には外的要因として日常的に使用している軟膏<sup>なんこう</sup>, 薬物, 化粧品等が付着し, 犯罪を解明するための重要な手掛かりになることがある。これらは個人のライフスタイルに関する情報を反映している。このように指紋は豊富な化学情報を含むことから, 科学捜査における分析化学を用いた重要な研究対象となっている<sup>26)</sup>。

## 3 鑑定に用いる非破壊分析方法

### 3.1 ATR-FTIR イメージング

赤外分光法は, 物質に赤外線を照射し, サンプルの構造解析を行う手法であり, 科学捜査では覚せい剤などの薬物 (有機物), 塗膜や繊維などのポリマーの分析に広く利用されている。赤外光は 2.5~25  $\mu\text{m}$  程度の波長であり, 分子の振動や回転に必要な波長と一致するため, 物質に吸収された赤外光を測定すれば, 化学構造に関する情報を得ることができる。近年ではアレイ検出器を赤外顕微鏡に組み込んだ二次元の化学情報を取得する IR イメージングが科学捜査における異物や微小部の定性分析に利用されている。特に Ge クリスタルを用いた ATR (Attenuated Total Reflection) イメージングは, IR の波長限界を超えた数  $\mu\text{m}$  オーダーの空間分解能での測定が可能である。放射光 ATR-FTIR 分光法を適用して, 指紋内の個々の液滴におけるエクリンおよび皮脂物質の分布を画像化された<sup>25)</sup> 代表的な例を図 1 に示す。図 1a

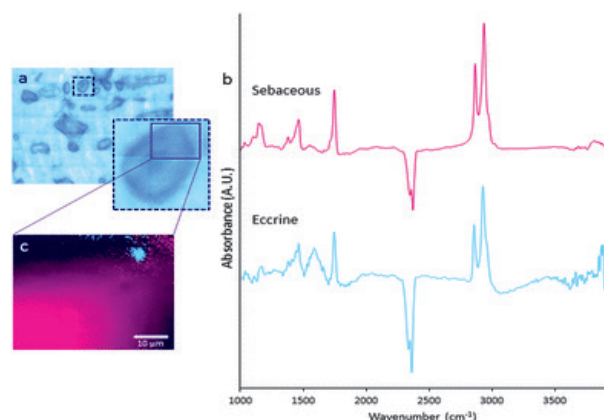


図 1 (a) 放射光 ATR-FTIR でイメージングした領域の光学顕微鏡写真, (b) エクリン (緑) および皮脂 (赤) 分泌物の FTIR スペクトル, (c) エクリン ( $1500\sim 1700\text{ cm}^{-1}$ ) の O-H 屈曲バンドと皮脂 ( $1713\sim 1773\text{ cm}^{-1}$ ) 分泌物の CO バンドを統合することによって生成された複合分布図

参考文献 25 より許可を得て引用。



は測定領域の光学顕微鏡画像、図 1b はエクリン腺および皮脂腺の代表的な FT-IR スペクトル、図 1c はエクリン ( $1500\sim 1700\text{ cm}^{-1}$ ) と皮脂 ( $1713\sim 1773\text{ cm}^{-1}$ ) 分泌物から得られた放射光 ATR-FTIR イメージング像である。液滴の大部分には皮脂物質が含まれるが、高空間分解能な測定のため、微量のエクリン物質の存在を明らかにしている。

IR イメージングは、潜在指紋内に沈着した微小粒子を正確に同定する効果的な方法であることが示された<sup>27)</sup>。様々な種類の粉体、クリーム、薬剤、および爆発物質 (3-ニトロオキシ-2,2-ビス(ニトロキシメチル)プロピルナイトレート (PETN), 1,3,5-トリニトロ-1,3,5-トリアジナン (RDX), 2-メチル-1,3,5-トリニトロベンゼン (TNT)) を指紋から、前処理なしに検出できることが示された。アスピリンと砂糖の混合物を図 2a に示す。図 2b は、砂糖とアスピリンで汚染された指紋、純粋なアスピリンと砂糖のスペクトルを示す。図 2c, d は、指紋内のアスピリン (c) と砂糖 (d) の分布を示す。砂糖やアスピリンに特徴的な吸収を用いて、2次元マップとして表示することで、それらの局所的な分布を測定することが可能となっている。混合物の分析において、スペクトルの特徴を考慮した適切な識別が可能であることが証明された。

### 3.2 顕微ラマンイメージング

物質にレーザー光を照射すると入射光と異なった波長のラマン散乱光が発せられる。ラマン分光法は、ラマン散乱の性質から、物質の分子構造や結晶構造を明らかにする手法である。レーザー光を使用するため、非破壊かつ非接触で測定できる。ラマン分光法は、FT-IR と同様に分子振動を検出する振動分光法だが、振動モードの感度の点で互いに相補的な関係にある。顕微鏡を組み合わせた顕微ラマンイメージングではレーザーを入射光とすることで  $1\text{ }\mu\text{m}$  程度の空間分解能で測定でき、様々な科学捜査サンプルの微細構造解析に応用されている。

指紋の液滴内の皮脂およびエクリン物質のサブミクロン分布を調査するため、共焦点ラマン顕微鏡を使用したラマンイメージングが実施された<sup>25)</sup>。画像化された指紋の代表的な例を図 3 に示す。図 3a は指紋から五つの成分のスペクトルが得られたことを、図 3b はイメージング領域の光学顕微鏡写真を、図 3c は五つの成分の複合分布を、図 3d は五つの成分のそれぞれの分布を示す。油中水型または水中油型エマルジョンとしての指紋内のエクリンおよび脂腺物質の分布を明らかにした。ラマンイメージングを行えば、指紋内の皮脂およびエクリン物質の分布調査が可能なることに加え、五つの異なる化学成分の存在を明らかにした。

非ステロイド性抗炎症薬の錠剤に触れた指紋について

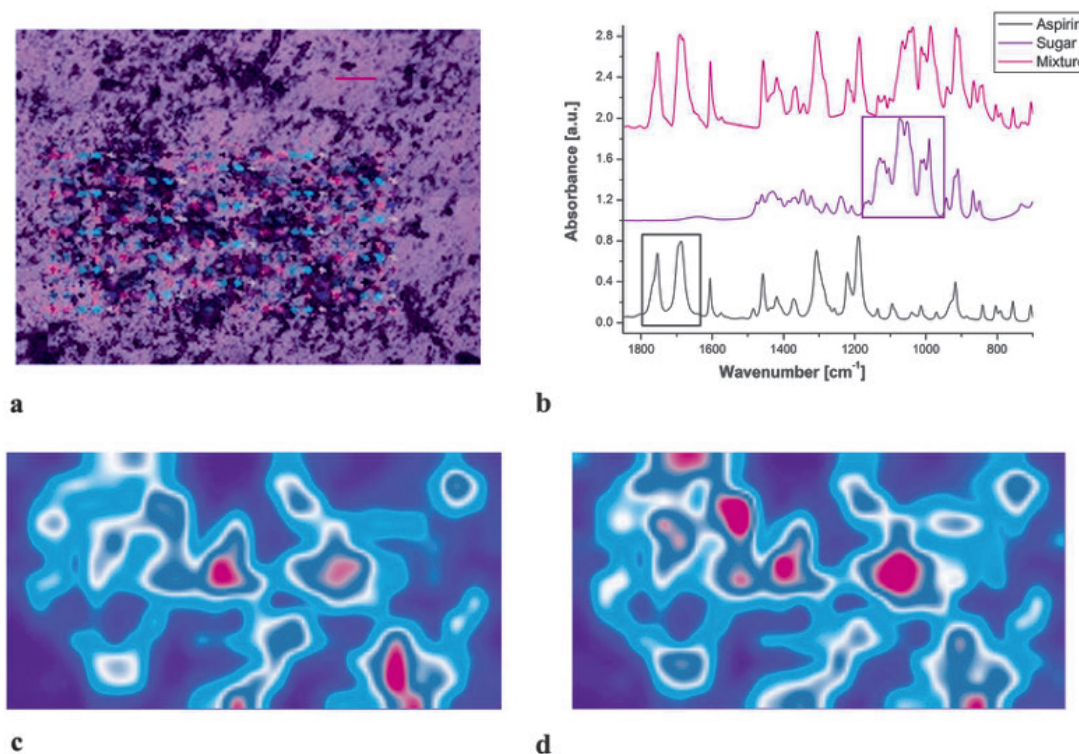


図 2 (a) 混合物の解析混合物 (アスピリンと砂糖) に汚染された指紋の一部の光学顕微鏡写真スケールバーは  $100\text{ }\mu\text{m}$  を示す。

(b) 砂糖とアスピリンで汚染された指紋から収集された混合物、純粋なアスピリンおよび砂糖の FTIR スペクトル。指紋内のアスピリン (c) と砂糖 (d) の分布それぞれの FTIR スペクトル (b) に記された砂糖またはアスピリンに特徴的な吸収の面積を計算し、2次元マップを作成した。参考文献 27 より許可を得て引用。

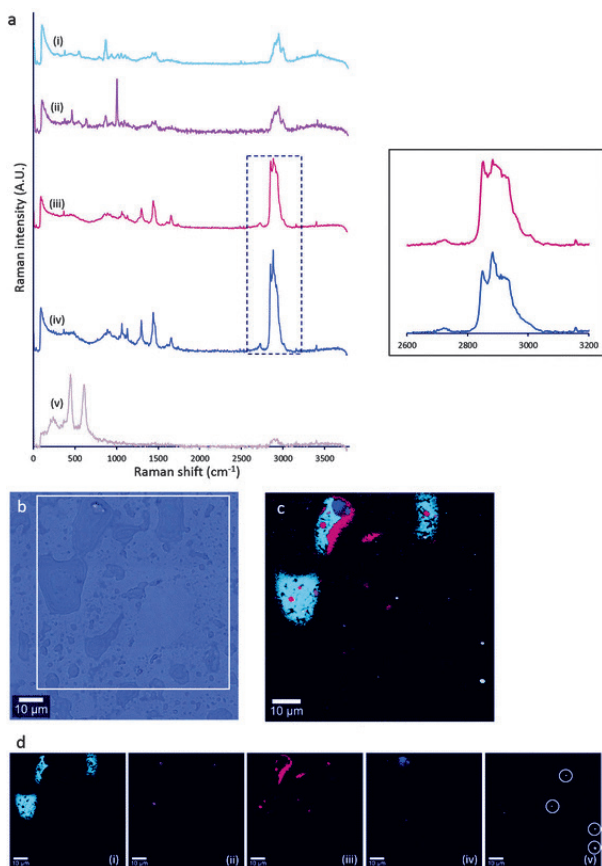


図3 (a) 指紋堆積物から同定された五つの成分の平均ラマンスペクトル, (b) ラマンイメージングした領域の光学顕微鏡写真, (c) 5つの成分の複合分布図, (d) 各成分の分布図  
成分 (iii) と (iv) の高波数領域の違いを示すために別のボックスに展開した. 成分 (v) の分布は, 読者を支援するために (d) で丸で囲んだ.  
参考文献 25 より許可を得て引用.

て, ラマンイメージングが行われた<sup>28)</sup>. 非ステロイド性抗炎症薬は処方箋なしで入手できる一般薬であるが, 急性過剰摂取や慢性的乱用の場合, 重度の毒性作用を引き起こすことが知られている. 図4に示す通り, 天然および汚染された指紋のラマンスペクトルは, 指紋サンプルの化学組成の違いを反映して, ピーク位置と強度の違いを示した. 二級アミドからのC=O伸縮, 脂肪族鎖からのCH<sub>2</sub>変形とねじれ, スクアレンと不飽和脂肪酸からのC=CH変形など, 指紋のエクリン成分と皮脂成分に対応するピークが明確に観察された. ラマンイメージングとケモメトリックスを組み合わせた手法は, 潜在指紋内の薬物識別するための非破壊的かつ迅速な方法として, 非常に有用であることが示された.

### 3.3 全反射蛍光X線分析 (TXRF)

光学的に平滑な面上にサンプルをマウントし, 臨界角以下の非常に浅い角度で励起X線を入射して全反射させ, 散乱X線量を非常に少なくして蛍光X線を高い信号対雑音比 (S/N) で検出することで, 高感度な蛍光X線分析を可能にする手法のことを全反射蛍光X線分析 (Total Reflection X-ray Fluorescence analysis : TXRF) と呼ぶ.

TXRFを用いた微細ガラスの簡便な定量法が提案された<sup>29)</sup>. 微細ガラスを分析するには酸に溶解させるのが一般的だが, 破碎されたガラス粒形を最適化して界面活性剤溶液中で懸濁させ, 石英板上にマウントすることで高い再現性を実現させている. 提案されたサスペンションサンプリング法を図5に示す. 非常に簡便でありなが

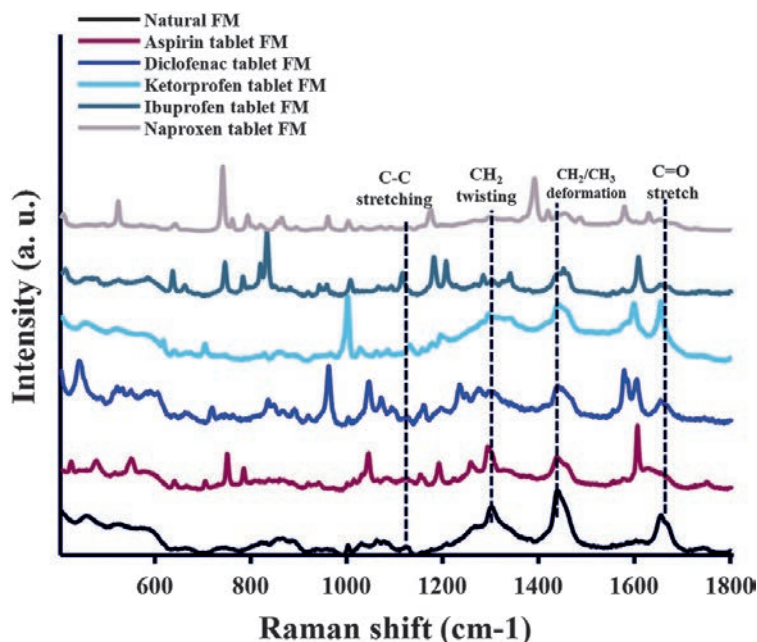


図4 (黒) 自然の指紋および (赤) アスピリン, (青) ジクロフェナク, (水色) ケトプロフェン, (緑) イブプロフェン, (肌色) ナプロキセンの錠剤で汚染された指紋の平均ラマンスペクトル  
得られたスペクトルは, ベースライン補正と正規化によって前処理された.  
参考文献 28 より許可を得て引用.

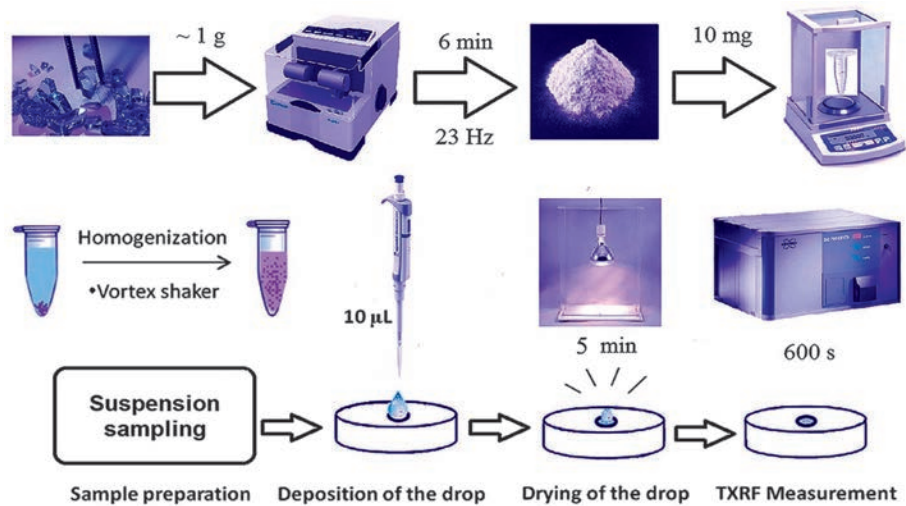


図5 最適化された微細ガラスの全反射蛍光 X 線分析のためのサスペンションサンプリングを用いた前処理法  
参考文献 29 より許可を得て引用。

ら、Na, Mg, Al, K, Ca, Ti, V, Cr, Mn, Ni, Cu, Zn, Rb, Sr, Ba および Pb について、高感度な定量が可能なので、微細ガラスのスクリーニング法として非常に有用である。

合成繊維の単繊維について、ポータブル TXRF による非破壊スクリーニング分析が可能になった<sup>30)</sup>。通常、天然繊維は単繊維の形状によって類別されるが、合成繊維は形状に特徴がないため難しい。FT-IR によってポリマー種が明らかになるが、更なる識別は困難である。図 6 にポリエステルとナイロンの単繊維の蛍光 X 線スペクトルを示す。ポリエステル、アクリル、ナイロン繊維から、艶消し材、合成時に使用した試薬や触媒、金属触媒に由来する S, Cl, Ca, Sb, Ti, Ba, Cr, Br を定性的ではあるが非破壊で検出しており、科学捜査のための迅速な現場スクリーニング法として有望である。

### 3・4 放射光蛍光 X 線分析 (SR-XRF)

シンクロトロン放射光は、電子を加速器で光の速度まで加速し、その電子を電磁石で曲げられる際に発生する電磁波のことである。X 線の光源としての優れた性質が広く認識され、世界各地で広く利用されるようになった。兵庫県西播磨地区の播磨科学公園都市に世界最大規模の大型放射光施設として SPring-8 (Super Photon Ring 8 GeV) が完成し、1997 年からその利用研究が始まり様々な分野で活用されている。現在、同様の放射光施設には ESRF (European Synchrotron Radiation Facility, フランス) と APS (Advanced Photon Source, アメリカ) があるが、SPring-8 は蓄積リングの周長が 1436 m で世界最高のエネルギー (8 GeV) を持ち、規模・蓄積エネルギーにおいて世界最大・最高性能を有している。

高エネルギー放射光蛍光 X 線分析は、分析試料に照射する X 線にシンクロトロン放射光から得られた高エネルギー X 線を用いた蛍光 X 線分析のことである。微細

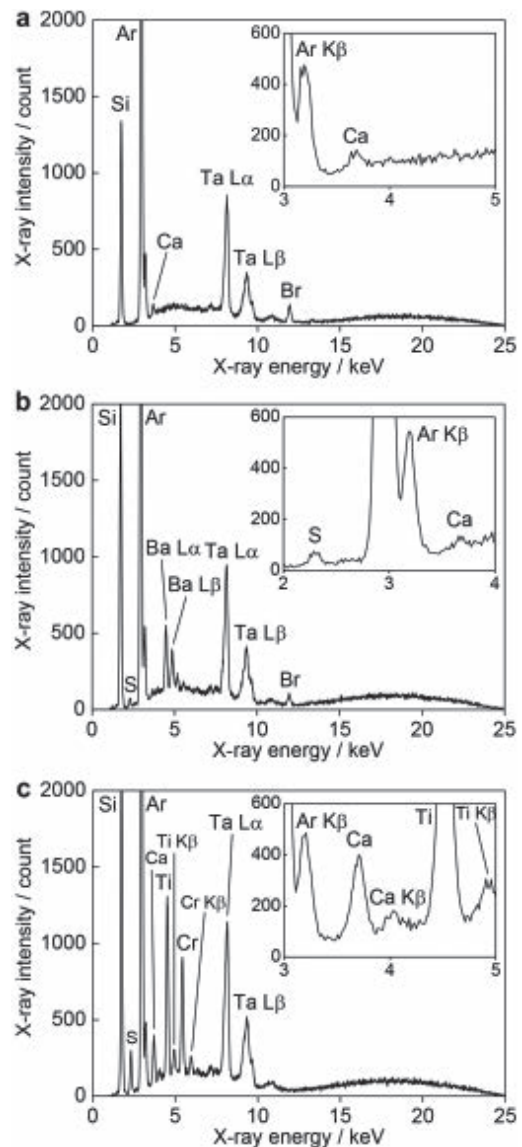


図6 単繊維の全反射蛍光 X 線スペクトル。(a) および (b) ポリエステル繊維、(c) ナイロン繊維。(a) および (c) は X 線エネルギー 3~5 keV を、(b) は 2~4 keV を拡大して示している  
参考文献 30 より許可を得て引用。



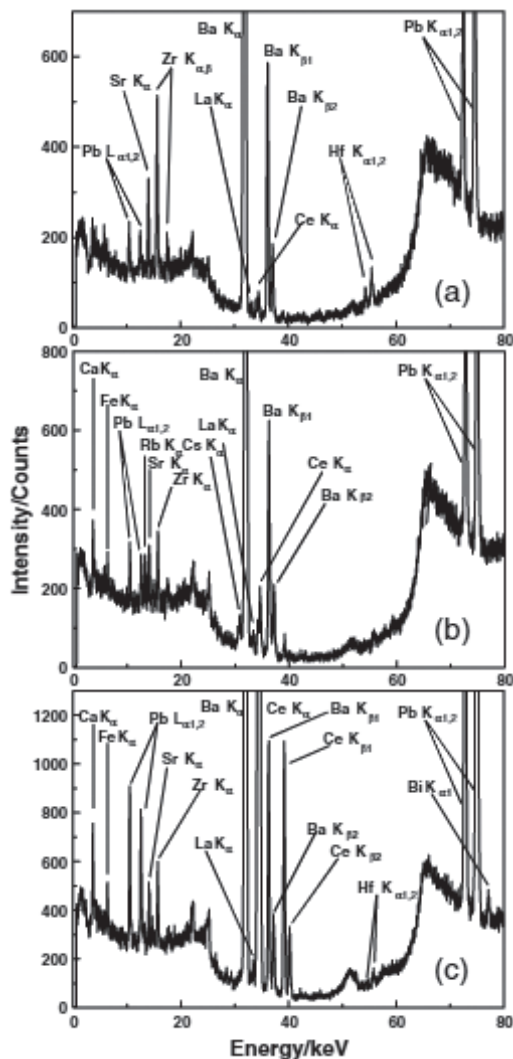


図7 微細ガラス片の高エネルギー放射光蛍光X線スペクトル (a)~(c) はいずれも屈折率1.5220である異なるガラスから得られたものである。参考文献31より許可を得て引用。

なため ICP 分析の実施が困難な微細ガラス片について、116 keV の高エネルギー放射光を用いた蛍光 X 線分析が実施された<sup>31)</sup>。同じ屈折率を示した微細ガラスの蛍光 X 線スペクトルを図7に示す。特徴的な元素の種類を見ただけでも、Rb, Cs がガラス II から、Bi がガラス III から検出されたが、ガラス I からは、Rb, Cs, Bi は検出されていないため、容易に識別が可能であった。また、再現性の評価を行ったところ、マトリックス効果の影響を受けにくい 20 keV 以上のエネルギー領域に検出される元素は相対標準偏差値が 10 % 以下であった。非破壊でありながら、良好な再現性を有することが示された。

放射光は発散が少ない平行性の良い光なので、ほとんど X 線ビームは広がらない。平行性が良いので平滑面では X 線が全反射するため、KB ミラー (Kirkpatrick-Baez ミラー) 等のミラーによる集光が可能で、1 μm 以下のレベルの X 線ビームを使った微小領域分析が実用

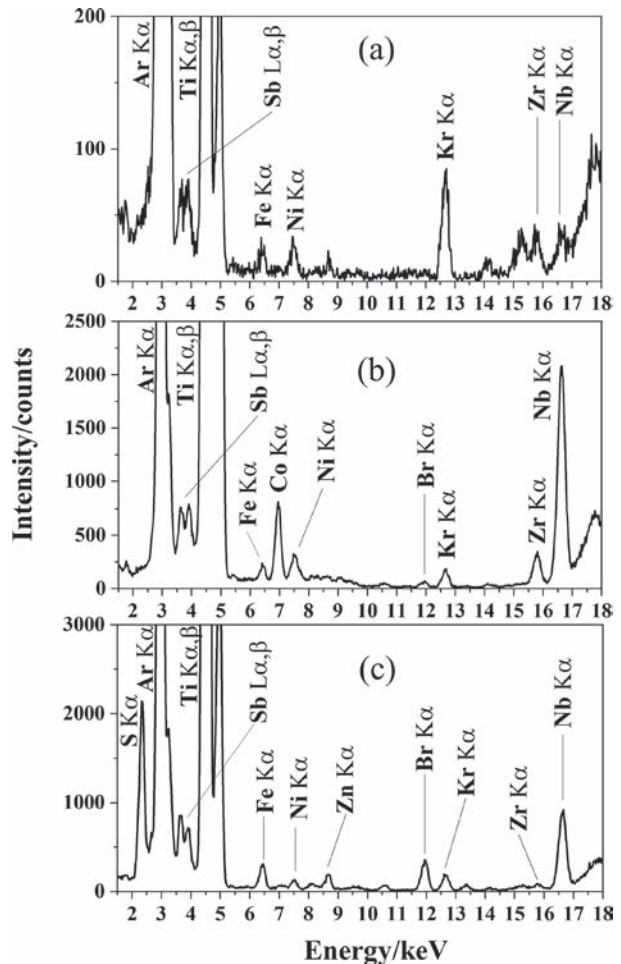


図8 ポリエステル白色単繊維の縦集光マイクロビーム放射光蛍光 X 線スペクトル (a)~(c) はいずれも従来法では識別が困難な単繊維から得られたものである。参考文献 32 より許可を得て引用。

レベルで可能となっている。KB ミラーを用いて垂直方向に集束した SR-XRF が、白色ポリエステル衣類繊維に適用された<sup>32)</sup>。図8に白色ポリエステル単繊維から得られた蛍光 X 線スペクトルを示す。空気中の Ar, Kr のほかに、単繊維に含まれる Ti, Sb, Co, Zr, Nb が明瞭に検出された。艶消し材由来である Ti, 重合触媒由来である Sb, 艶消し材 TiO<sub>2</sub> の不純物由来である Zr および Nb を用いた Ti/Sb および Zr/Nb の X 線強度比を指標として用いると、これまで識別不可能とされてきた白色ポリエステル単繊維を高精度に識別できることを示した。

#### 4 まとめ

犯罪は複雑・巧妙化しており、鑑定の高度化は社会の安全安心のために不可欠である。有機・無機にかかわらず身近な物質が科学捜査における微細サンプルとなるため、最新の分析技術を科学捜査へ適用する研究は極めて重要である。また、身近な物質は、高機能、環境対策、コストダウンのため、成分が絶えず変化している。その

変化が異同識別のための新しい指標になる。分析技術と製造工程の変化を常に注視していくことが重要であろう。本稿では微細サンプルのスクリーニングと非破壊分析をキーワードにATR-FTIR イメージング、ラマンイメージング、全反射蛍光X線分析、放射光蛍光X線分析の重要性について述べた。スクリーニングは可能であれば、現場で実施できると効率的であり、ポータブルな選択性の高い機器の導入が必要である。非破壊の面では、非接触で分析できる分光学的な手法が今後も主流となるであろう。人が罪を犯せば、必ず何からの痕跡を残すと言われる。罪を犯せば必ず罰せられるということを定着させ、犯罪を抑止していかなければならない。様々な分析技術を応用し、犯罪抑止・犯罪解明の強力なツールとしての科学捜査のための分析技術を発展させていきたい。

#### 文 献

- 1) 高取健彦編：“捜査のための法科学”，（令文社），（2005）。
- 2) 瀬田季茂，井上堯子編：“犯罪と科学捜査”，（東京化学同人），（2000）。
- 3) US Department of Justice, Federal Bureau of Investigation, Scientific Working Group on Materials Analysis (SWG-MAT). *Forensic Sci. Commum.*, 2005 ; 7 : 1.
- 4) RD. Koons, CA. Peters, PS. Robbert : *J. Anal. Atom. Spectrom.*, **6**, 451 (1991).
- 5) SG. Ryland : *J. Forensic Sci.*, **31**, 1314 (1986).
- 6) KW. Terry, A. van Riessen, BF. Lynch, DJ. Vowles : *Forensic Sci. Int.*, **25**, 19 (1984).
- 7) A. Zurhaar, L. Mullings : *J. Anal. Atom. Spectrom.*, **5**, 611 (1990).
- 8) T. Parouchais, IM. Waner, LT. Palmer, H. Kobus : *J. Forensic Sci.*, **41**, 351 (1996).
- 9) DC. Duckworth, SJ. Morton, CK. Bayne, RD. Koons, S. Montero, JR. Almirall : *J. Anal. Atom. Spectrom.*, **17**, 662 (2002).
- 10) T. Trejos, S. Montero, JR. Almirall : *Anal. Bioanal. Chem. Acta*, **376**, 1255 (2003).
- 11) T. Trejos, JR. Almirall : *Anal. Chem.*, **76**, 1236 (2004).
- 12) C. Gerhard, J. Hermann, L. Mercadier, L. Loewenthal, E. Axente, C.R. Luculescu, T. Sarnet, M. Sentis, W. Viöl : *Spectrochim. Acta Part B At. Spectrosc.*, **101**, 32 (2014).
- 13) H. Komatsu, H. Takahara, W. Matsuda, Y. Nishiwaki : *J. Forensic Sci.*, **66**, 1658 (2021).
- 14) S. Suzuki, Y. Suzuki, H. Ohta, R. Sugita, Y. Marumo : *Sci. Justice*, **41**, 107 (2001).
- 15) EC. Heider, N. Mujumdar, AD. Campiglia : *Anal. Bioanal. Chem.*, **408**, 7935 (2016).
- 16) MW. Tungol, EG. Bartick, A. Montaser : *J. Forensic Sci.*, **36**, 1027 (1991).
- 17) S. Prati, M. Milosevic, G. Sciutto, I. Bonacini, SG. Kazarian, R. Mazzeo : *Anal. Chim. Acta*, **941**, 67 (2016).
- 18) KG. Wiggins, SR. Crabtree, BM. March : *J. Forensic Sci.*, **50**, 364 (2005).
- 19) K. Kretschmer, W. Helbig : *J. Forensic Sci.*, **37**, 727 (1992).
- 20) S. Moret, X. Spindler, C. Lennard, C. Roux : *Forensic Sci. Int.*, **255**, 28 (2015).
- 21) S. Wiesner, E. Springer, Y. Sasson, J. Almog : *J. Forensic Sci.*, **46**, 1082 (2001).
- 22) S. Chadwick, S. Moret, N. Jayashanka, C. Lennard, X. Spindler, C. Roux : *Forensic Sci. Int.*, **289**, 381 (2018).
- 23) M. Pitera, VG. Sears, SM. Bleay, S. Park : *Sci. Justice*, **58**, 372, (2018).
- 24) JW. Bond : *J. Forensic Sci.*, **53**, 812 (2008).
- 25) BN. Dorakumbura, RE. Boseley, T. Becker, DE. Martin, A. Richter, MJ. Tobin, W. van Bronswijk, J. Vongsvivut, MJ. Hackett, SW. Lewis : *Analyst*, **143**, 4027 (2018).
- 26) MO. Amin, E. Al-Hetlani, IK. Lednev : *Trends Anal. Chem.*, **143**, 116341 (2021).
- 27) A. Banas, K. Banas, M. B. H. Breese, J. Loke, B. Heng Teo, S. K. Lim : *Analyst*, **137**, 3459 (2012).
- 28) MO. Amin, E. Al-Hetlani, IK. Lednev : *Sci. Rep.*, **7**, 7419 (2017).
- 29) CLS. Costa, CT. Prais, CC. Nascentes : *Talanta*, **243**, 123354 (2022).
- 30) Y. Sengoku, Y. Tokuoka, H. Komatsu, Y. Nishiwaki, S. Kunimura : *Anal. Sci.*, **37**, 1829 (2021).
- 31) Y. Nishiwaki, T. Nakanishi, Y. Terada, T. Ninomiya, I. Nakai : *X-Ray Spectrom.*, **35**, 195 (2006).
- 32) Y. Nishiwaki, S. Honda, T. Yamato, R. Kondo, A. Kaneda, S. Hayakawa : *J. Forensic Sci.*, **65**, 1474 (2020).



西脇 芳典 (Yoshinori NISHIWAKI)

高知大学教育学部（〒780-8520 高知県高知市曙町2-5-1）。東京理科大学大学院理学研究科。博士（理学）。《現在の研究テーマ》高感度X線分析を用いた科学捜査のための非破壊異同識別法の開発。《主な著書》“基本分析化学—イオン平衡から機器分析法まで”，（三共出版）。《趣味》スノーボード，旅行。  
E-mail : nishiwaki@kochi-u.ac.jp

### 先端的分析化学のための ナノ流体デバイスの作製技術

#### 1 はじめに

ナノ流体デバイスとは、ナノメートルサイズの流路（ナノ流路）が彫り込まれた数センチ四方のガラス板のことで、極微小流体実験環境として近年非常に注目されている。ナノ流体デバイスは、化学・バイオ技術に従来のセンチメートル（cm）、マイクロメートル（ $\mu\text{m}$ ；マイクロリアクターやマイクロ流体デバイスなどが代表例）からナノメートル（nm）へのドラスティックなデバイスサイズの変革をもたらし、化学諸分野で新しい領域を開拓しつつある<sup>1)</sup>。これまでのナノ流体デバイス研究分野では、特異的なイオン輸送現象およびユニークな溶液物性の発見と解明を目的としたナノ流体特性の基礎研究と、超高効率分離、超高感度計測、1細胞分析、1分子検出等の先端的分析化学を中心とした応用探索が行われてきた<sup>2)</sup>。本稿では、先端的分析化学に向けたナノ流体デバイスの作製によく用いられる技術について概説する。

#### 2 ナノ流体デバイスの基本構造と基板材料

一般的には、ナノ流体デバイスは主に溶液（サンプル）の導入を担うマイクロ流路とナノ流体を取り扱うナノ流路によって構成されている。ナノ流路はほとんどのナノ流体デバイスのコアコンポーネントである。ナノ流路の作製に使われる基板材料は様々であるが、技術進化の歴史が存在する。初期には、マイクロエレクトロニクス分野で確立された半導体ナノ加工技術を直接転用して、シリコン基板でのナノ流路が製作されていた。その後、ガラス（一般的には石英ガラス）基板でのナノ流路の製作法が開発された。最近では、樹脂やジメチルポリシロキサン（PDMS）などの低コストの基板材料を用いたナノ流路作製法も報告されている。その中で、ガラスは、そのナノ加工技術が十分に確立されていることに加えて、化学、バイオの研究や応用に適した優れた特性を持つため、現在ではナノ流体デバイスの主要な基板材料となっている。特に、ガラスの有する優れた光透過性、熱安定性、化学・生化学薬品耐性、溶液導入に有利な親水性などの特性は、先端的分析化学の研究開発において魅力的である。

図1にガラス基板を用いたナノ流体デバイスの作製プロセスの一例を示す。通常、一方のガラス基板にマイクロ流路を作製し、もう一方のガラス基板にナノ流路を

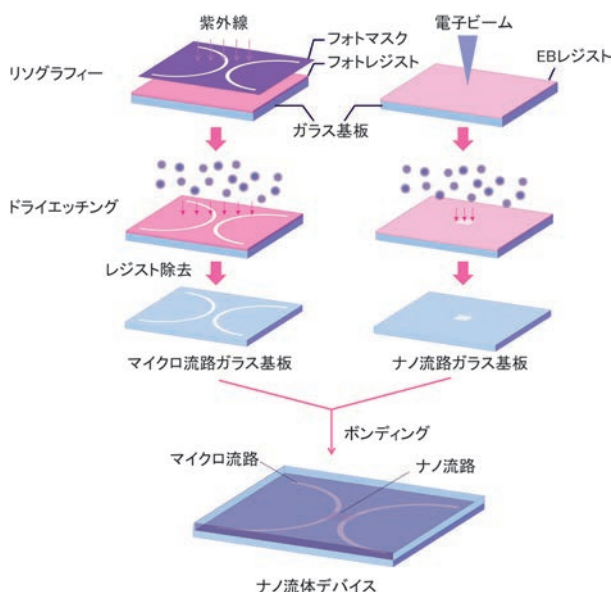


図1 ナノ流体デバイス作製プロセスの一例

作製する。その後、二つのガラス基板を接合することで完成となる。ナノ流体デバイスを作製するためには、基板上にパターンを転写するリソグラフィーを含めた高度なマイクロ・ナノ加工技術を組み合わせることが必要となる。リソグラフィー技術は多くの種類が存在するが、本稿ではガラス基板を用いたナノ流体デバイス作製によく使用されるものに関して紹介する。

#### 3 リソグラフィー

##### 3.1 フォトリソグラフィー

光照射によってパターンを作製する方法である。フォトレジストと呼ばれる薬剤には感光した部分が溶解する「ポジ型」と感光した部分が残る「ネガ型」が存在する。ここではポジ型フォトレジストを用いた方法について記述する。フォトレジストを塗布した基板上にパターンを有するフォトマスクを被せ、光を照射する。その後、照射部分を溶解する現像液に基板を浸すことで、フォトレジストが溶解され基板表面が露出される。露出された部分に後述するエッチングを用いて基板上にパターンが作製される。通常、フォトリソグラフィーでは光の回折限界により、線幅の分解能は主に $\mu\text{m}$ スケールに制限される。現在では使用する光の波長をさらに短くすることで、nmスケールの分解能の実現も可能となっているが、通常は図1に示したように、プロセスが簡便・短時間・低コストなことからマイクロ流路作製に利用されている。



### 3・2 電子ビームリソグラフィー

電子ビーム (electron beam, EB) を用いてナノパターンを作製する方法である。描画前に基板表面に電子感受性レジスト (EB レジスト) を塗布する。電子ビームをレンズにより収束させ、極小のスポットを形成し、精密な位置制御により基板上に照射し、希望のパターンを描画する。その後、フォトリソグラフィーと同様に現像、エッチングのプロセスを経て、パターンが基板に転写される。電子線の波長は光に比べて非常に短いため、数 nm の分解能が実現でき、ナノ流路のような微細加工に広く利用される (図 1)。その一方で、プロセスに時間がかかる、設備に大きなコストが必要といった課題がある。

### 3・3 集束イオンビームリソグラフィー

集束させたイオンビーム (focused ion beam, FIB) を用いてナノパターンを作製する方法である。集束イオンビーム装置では、イオンを細く収束させ、加速電圧により基板表面に照射することで加工のみでなく、蒸着、観察なども行うことができる。イオン材料としては主にガリウムイオンが使用される。リソグラフィー用途ではイオンの衝突により表面原子を弾き飛ばすことで、基板表面を切削する。そのため、電子ビームリソグラフィーとは異なりエッチングプロセスを経ることなく、直接ナノ構造の作製が可能となる。電子ビームリソグラフィーと同様にコストが高く、プロセス時間が長いことが課題として挙げられる。

## 4 エッチング

エッチングの方法には溶液を用いて化学反応により不要部分を除去するウェットエッチングと溶液を用いずにガスやプラズマを利用するドライエッチングが存在する。ナノ流体デバイス作製には、半導体の製造などの微細加工で広く使用されるドライエッチングが主に使用されている。代表的なものに反応性イオンエッチング (reactive ion etching, RIE) と呼ばれる反応性ガスのプラズマを用いた方法がある。この方法では入射方向にのみエッチングが進行する異方性エッチングが実現可能であるが、設備に大きなコストが必要となる。

## 5 ボンディング

通常、ナノ流体デバイスの作製ではマイクロ流路を作製した基板とナノ流路を作製した基板を接合する工程が必要となる。このようなプロセスはボンディングと呼ばれる。ボンディングの方法には加熱しながら電圧をかけることで行われる陽極接合やフッ酸を用いた湿式接合等も存在するが、ナノ流体デバイスの作製には高温 (約 1000 °C) での直接融着接合が用いられる場合が多い。このプロセスでは、基板表面を十分に洗浄することで親

水性にし、水素結合による仮接合を行う。その後、真空中で高温に加熱することで、Si-O-Si 結合によって強固に接合される。このような高温条件でのボンディングでは機能化した素子が破壊されてしまうため、2 段階のプラズマ表面活性化プロセスを用いた約 200 °C での低温ボンディング<sup>3)</sup>や O<sub>2</sub>/CF<sub>4</sub> ガスを用いた室温下でのボンディング方法<sup>4)</sup>も開発されている。

## 6 Nano-in-Nano 集積化技術

数々のナノファブリケーションの発展によりナノ流体デバイスの作製が実現されてきた一方で、デバイスを機能化するための技術は不足している。閉じられた空間であるナノ流路内を部位特異的に機能化することは大きな課題となっている。この課題を解決するために、近年「Nano-in-Nano 集積化」という技術が開発された。この技術では数十 nm スケールの精度での配置制御と低温ボンディングを組み合わせることで、ナノ流路内に様々な機能性素子を集積化することが可能となる。これまでに、分子ナノアレイを有するナノ流路<sup>5)</sup>、ナノ流体の自在制御が可能なバルブ<sup>6)</sup>、極微量の水流で生じた電流の *in situ* 検出<sup>7)</sup>、ナノ気液界面の作製と分子濃縮<sup>8)</sup>などがこの技術を利用して既にも実現されている。ナノ流路を機能化することは、ナノ流体デバイスを利用した先端的分析化学の基礎研究と応用研究の両方に大きく貢献することが期待される。

## 7 まとめ

これまでナノ加工技術の発展に伴い、複数の高度な技術を組み合わせて様々なナノ流体デバイスの作製が行われてきた。今後は、より多くの機能を備えたデバイスの開発が行われることにより、ナノ流体デバイスが分析化学に限らず、生物学、医療、創薬、材料科学、エネルギー等の様々な分野の発展に貢献することが期待される。

## 文 献

- 1) Y. Xu : *Adv. Mater.*, **30**, 1870019 (2018).
- 2) J. Yang, Y. Xu : *Chin. Chem. Lett.*, **33**, 2799 (2022).
- 3) Y. Xu, C. Wang, Y. Dong, L. Li, K. Jang, K. Mawatari, T. Suga, T. Kitamori : *Anal. Bioanal. Chem.*, **402**, 1011 (2012).
- 4) Y. Xu, C. Wang, L. Li, N. Matsumoto, K. Jang, Y. Dong, K. Mawatari, T. Suga, T. Kitamori : *Lab Chip*, **13**, 1048 (2013).
- 5) Y. Xu, N. Matsumoto, Q. Wu, Y. Shimatani, H. Kawata : *Lab Chip*, **15**, 1989 (2015).
- 6) Y. Xu, M. Shinomiya, A. Harada : *Adv. Mater.*, **28**, 2209 (2016).
- 7) Y. Xu, B. Xu : *Small*, **11**, 6165 (2015).
- 8) H. Kawagishi, H. Kawamata, Y. Xu : *Nano Lett.*, **21**, 10555 (2021).

〔大阪府立大学大学院工学研究科 小林 丈〕  
〔大阪公立大学大学院工学研究科 許 岩〕

## Lanmodulin：希土類金属イオンを 選択的に結合するタンパク質



半田 友衣子

### 1 はじめに

希土類元素（レアアース，REE）は，ランタノイド系列の元素とイットリウム，スカンジウムをあわせた17元素の総称であり，軽希土類，中希土類，重希土類と大別されることもある．REEは他の元素にはない電子的性質を有し，幅広いテクノロジーにおいて極めて重要である．レアアースという名から，地殻中での存在度が低い希少金属元素と思われるかもしれないが，17種類のうち，軽希土類であるCeやLaの地殻存在度はベースメタルと同程度である．一方で，重希土類は存在度が低く，産業界において資源確保が課題である．さらに，化学的性質が類似するREEを高効率に検出し，分離・回収することは，その資源を有効に利用する上で重要な課題となっている．2010年のレアアースショックを機に，REEの分離と検出に関する研究数は増加し続けており，特にREEの分離は，“Seven chemical separations to change the world”の一つに挙げられている<sup>1)</sup>．

### 2 希土類金属イオン（RE<sup>3+</sup>）を利用する生体分子の発見

地殻中での存在度がベースメタルと同程度である軽希土類金属は，自然界に生息する生物にとって主要金属となり得る，という見方もでき，生物が希土類金属イオン（RE<sup>3+</sup>）を積極的に利用している可能性が指摘されてきた<sup>2)</sup>．2011年にメチル栄養細菌が軽希土類金属であるLa<sup>3+</sup>，Ce<sup>3+</sup>，Pr<sup>3+</sup>，Nd<sup>3+</sup>を取り込むことが発見され<sup>3)</sup>，2012年には，メタノールを唯一の炭素源として生育できるMethylobacterium属細菌内で，メタノール脱水素酵素（MDH）がLa<sup>3+</sup>によって誘導されることが見いだされた<sup>4)</sup>．また，RE<sup>3+</sup>依存型のMDHが種々の微生物群に一般的な酵素であることが明らかとなり，2014年にはRE<sup>3+</sup>が必須因子である栄養細菌が見つかった<sup>5)</sup>．

生態系の物質循環において，RE<sup>3+</sup>が重要な役割を担うことが証明されたことで，関連研究が加速した．その流れの中で，メチル栄養細菌のMDHに関する研究に取り組んでいたCotruvoらは，そのペリプラズム空間に存在する新たなRE<sup>3+</sup>結合型タンパク質を発見し，Lanmodulin（LanM）と名付けた<sup>6)</sup>．

### 3 LanMの構造とRE<sup>3+</sup>結合親和性<sup>7)8)</sup>

LanMは，12 kDaの分子で，EF handと呼ばれる二次構造モチーフを四つ有する（図1 A, B）．EF handは，Ca<sup>2+</sup>結合タンパク質であるCalmodulin（CaM）に代表されるヘリックス-ループ-ヘリックスの構造で，ループ部分に金属イオンが結合する．LanMでは，EF1-3にそれぞれ存在する4個か5個のカルボキシ基で，トータル三つのRE<sup>3+</sup>と結合する（図1 C）．NMRを用いたY<sup>3+</sup>結合型のY<sup>3+</sup>-LanMの構造解析で，EF1/EF4とEF2/EF3がペアであり，三つのヘリックスがコンパクトな疎水コアを持つ構造であることが明らかとなった．EF handのペアはCaMとは異なり，また，LanMの各EF hand間はCaMよりも短くて全体的にコンパクトな構造である．一方で，CaMと同様に，LanMも金属イオンとの結合によってタンパク質の構造が変化する．

RE<sup>3+</sup>とEF1-3の結合の解離定数（K<sub>d</sub>）は，5~25 pM程度である（表1）．RE<sup>3+</sup>とイオン半径が同程度であるCa<sup>2+</sup>とのK<sub>d</sub>は7.1×10<sup>-4</sup> Mであり，RE<sup>3+</sup>-LaMのK<sub>d</sub>とは10<sup>8</sup>倍の違いがある（表1）．*In vitro*でCa<sup>2+</sup>よりもRE<sup>3+</sup>とより強く結合する他のタンパク質のEF handは知られているが，そのK<sub>d</sub>の違いはせいぜい10<sup>2</sup>か10<sup>3</sup>倍程度である<sup>9)</sup>．LanMが非常に高いRE<sup>3+</sup>選択性を示すことが明らかとなり，これはEF handモチーフの2番目のアミノ酸残基であるプロリン（P）が，Ca<sup>2+</sup>結合による構造変化を抑制する働きをするためであることが示された．このPをアラニン（A）に変えると（表1の4P→4A），RE<sup>3+</sup>とCa<sup>2+</sup>のK<sub>d</sub>の差が小さくなり，つまり，RE<sup>3+</sup>選択性が低くなる．EF handモチーフの2番目のアミノ酸がPであることは珍しく，この

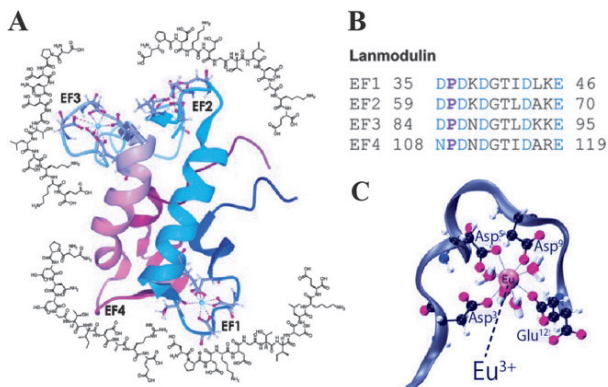


図1 A：LanMの構造<sup>8)</sup>，B：LanMの四つのEF handのアミノ酸残基配列<sup>6)</sup>，C：Eu<sup>3+</sup>結合型EF1のMDシミュレーション<sup>8)</sup>

Lanmodulin: A Highly Selective Lanthanide-binding Protein.

表 1 LanM と金属イオンの結合解離定数

protein	metal ion	$K_d$ (M)	
LanM	La <sup>III</sup>	$(5.3 \pm 0.6) \times 10^{-12}$	
		$(1.7 \pm 0.4) \times 10^{-11}$	
		Nd <sup>III</sup>	$(5.3 \pm 0.6) \times 10^{-12}$
		Sm <sup>III</sup>	$(6.6 \pm 2.8) \times 10^{-12}$
		Gd <sup>III</sup>	$(1.0 \pm 0.4) \times 10^{-11}$
		Tb <sup>III</sup>	$(2.1 \pm 0.2) \times 10^{-11}$
		Ho <sup>III</sup>	$(2.5 \pm 0.4) \times 10^{-11}$
		Y <sup>III</sup>	$(1.7 \pm 0.2) \times 10^{-11}$
		Ca <sup>II</sup>	$(7.1 \pm 0.3) \times 10^{-4}$
		4P→4A	La <sup>III</sup>
Nd <sup>III</sup>	$(4.4 \pm 0.5) \times 10^{-13}$		
Ca <sup>II</sup>	$(2.6 \pm 0.3) \times 10^{-6}$		

P が LanM の RE<sup>3+</sup> 選択性に関与していると考えられている。

#### 4 LanM を用いる RE<sup>3+</sup> の検出と分離<sup>10)~12)</sup>

Cotruvo らは、LanM に ECFP と citrine を結合し、RE<sup>3+</sup> の結合が引き起こす LanM の構造変化により、蛍光共鳴エネルギー移動 (FRET) が起こるタンパク質センサーを開発した。5 nM LanM を利用した場合の La<sup>3+</sup> の検出限界は 10 nM であった。RE<sup>3+</sup> の結合による FRET 効率は、Ca<sup>2+</sup> の 2 倍以上であり、これまでに報告された RE<sup>3+</sup> センサーと比べて、高選択的かつ高感度に RE<sup>3+</sup> を検出可能であることが示された。

RE<sup>3+</sup>-LanM の  $K_{d,app}$  (CD スペクトル変化から算出した見かけの  $K_d$ ) は、pH 5 でも 70~26 pM であり、pH 7.2 のときと比較してわずか 10 分の 1 程度である。Ca<sup>2+</sup> 以外の非 RE<sup>3+</sup> 金属との親和性も大きくはなく、例えば、1.5 M Mg<sup>2+</sup>、1.5 M Ca<sup>2+</sup>、0.4 M Zn<sup>2+</sup>、10 mM Cu<sup>2+</sup> 存在下 (pH 5) において、Nd<sup>3+</sup>-LanM は Nd<sup>3+</sup> を保持し続けることができる。これは、RE<sup>3+</sup> を含有する使用済み原材料よりも高濃度の非 RE<sup>3+</sup> を含有する条件である。近年、RE<sup>3+</sup> のソースとして期待されている Lignite (褐炭) や使用済み電子機器から金属イオンを酸浸出し、LanM を用いて RE<sup>3+</sup> を回収できることも示された (図 2)。

さらに、トリプトファンを導入した LanM, T9W-

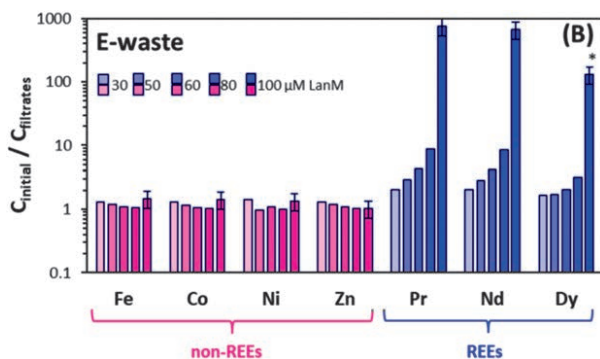


図 2 電気電子機器廃棄物の酸浸出液からの金属イオン回収

LanM では、酸性鉱山排水 (pH 3) で、3 ppb の Tb<sup>3+</sup> を検出できることも報告された。

#### 5 おわりに

本稿では、RE<sup>3+</sup> を選択的に結合する LanM に関する研究を紹介した。前述の通り、EF hand のカルボン酸に結合する RE<sup>3+</sup> の局所的な配位構造に特異性はない。タンパク質の高次構造が RE<sup>3+</sup> 選択性の発現に重要であることは明らかであり、実際に、小分子のキレート試薬よりも優れた RE<sup>3+</sup> 選択性が実証されている<sup>11)</sup>。

LanM の RE<sup>3+</sup> 間での親和性を比較すると、重希土類よりも軽希土類の方がわずかに高い ( $K_d$  が小さい) が、相互分離を達成できるほどの違いは認められていない。しかし、実際の自然界では、La から Sm だけが、メタノール中での細菌成長をサポートするのである。つまり、生体系では、さらなる高度なイオン認識により、RE<sup>3+</sup> 間の違いも識別している。今後、生体高分子を利用する RE<sup>3+</sup> 相互分離が、現在最も高選択的とされている人工分子系を超えられるのか、非常に楽しみである。

#### 文 献

- O. S. Sholl, R. P. Lively : *Nature*, **532**, 435 (2016).
- X. Guo, Q. Zhou, T. Lu, M. Fang, X. Huang : *Ann. Bot. (Lond.)*, **100**, 1459 (2007).
- Y. Hibi, K. Asai, H. Arafuka, M. Hamajima, T. Iwama, K. Kawai : *J. Biosci. Bioeng.*, **111**, 547 (2011).
- T. Nakagawa, R. Mitsui, A. Tani, K. Sasa, S. Tashiro, T. Iwama, T. Hayakawa, K. Kawai : *PLoS One*, **7**, e50480 (2012).
- A. Pol, T. R. M. Barends, A. Dietl, A. F. Khadem, J. Eygensteyn, M. S. M. Jetten, H. J. M. Op den Camp : *Environ. Microbiol.*, **16**, 255 (2016).
- J. A. Cotruvo, E. R. Featherston, J. A. Mattocks, J. V. Ho, T. N. Laremore : *J. Am. Chem. Soc.*, **140**, 15056 (2018).
- E. C. Cook, E. R. Featherston, S. A. Showalter, J. A. Cotruvo : *Biochemistry*, **58**, 120 (2019).
- S. M. Gutenthaler, S. Tsushima, R. Steudtner, M. Gailer, A. Hoffmann-Röder, B. Drobot, L. J. Daumann : *Inorg. Chem. Front.*, **9**, 4009 (2022).
- E. E. Snyder, B. W. Buoscio, J. J. Falke : *Biochemistry*, **29**, 3937 (1990).
- J. A. Mattocks, J. V. Ho, J. A. Cotruvo : *J. Am. Chem. Soc.*, **141**, 2857 (2019).
- G. J.-P. Deblonde, J. A. Mattocks, D. M. Park, D. W. Reed, J. A. Cotruvo, Y. Jiao : *Inorg. Chem.*, **59**, 11855 (2020).
- E. R. Featherston, E. J. Issertell, J. A. Cotruvo : *J. Am. Chem. Soc.*, **143**, 14287 (2021).



半田 友衣子 (Yuiko TASAKI-HANDA)

埼玉大学大学院理工学研究科 (〒338-8570 埼玉県さいたま市桜区下大久保 255)。東京工業大学大学院理工学研究科化学専攻。博士 (理学)。《現在の研究テーマ》リン酸エステル配位高分子を用いるイオン・分子認識。《主な著書》“PCP/MOF および各種多孔質材料の作り方、使い方、評価解析”, (分担執筆) (技術情報協会), (2019)。《趣味》ポルダリング。



# イオン交換樹脂を用いた液体処理技術

—ムロマック® ミニカラム・ガラスカラムの紹介—

出水 文志

## 1 はじめに

イオン交換樹脂は、水溶液中に溶存するイオン状の物質を、自身の持つイオンと交換することができる、粒子状の合成有機化合物である。

この特性を利用して、工業用水中に溶存している食塩などのイオン状の物質を除去することで、純水を製造することができる。この他にも、ボイラー用水の製造や火力・原子力発電プラントの水処理、半導体産業用の超純水の製造、食品や医薬品の分離・精製、貴金属の回収や有害金属の除去、各種排水の処理など様々な分野で使用されている物質である。

本稿では、イオン交換樹脂に関して、分離の原理を簡単に紹介すると共に、イオン交換樹脂の評価に必要な製品（ムロマック®ミニカラム、ガラスカラム）について紹介する。

## 2 イオン交換樹脂による分離の原理

### 2.1 イオン交換樹脂によるイオン交換反応

イオン交換樹脂は、水中に存在するイオンを吸着する能力を有する物質である。電解質が水に溶解すると陽イオンと陰イオンに解離するが、陽イオンか陰イオンのどちらかを高分子に化学的に固定したのがイオン交換樹脂である。高分子に結合したイオンの部分を固定イオンと呼ぶと、固定イオンと反対の電荷のイオンと電氣的に中和して存在し、このイオンは他のイオンと交換することができる。これがイオン交換現象である（図1）。

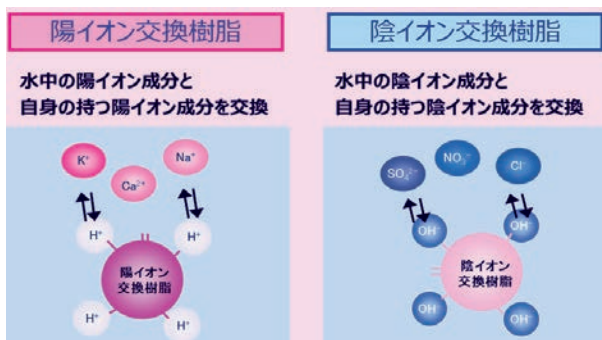


図1 イオン交換反応の概念図

一般的に広く使用されているイオン交換樹脂は、スチレンとジビニルベンゼンのコポリマーにイオン交換が可能な交換基を導入したものである。

具体的には、マイナスに帯電しているスルホン酸基を固定イオンとして有する陽イオン交換樹脂（カチオン交換樹脂）にはプラスに帯電するH<sup>+</sup>イオンが存在しており、水中に存在するNa<sup>+</sup>イオンとイオン交換反応を行うことができる。図2に強酸性カチオン交換樹脂の構造と交換反応例を示す。

一方、プラスに帯電しているトリメチルアミノ基を有する陰イオン交換樹脂（アニオン交換樹脂）にはマイナスに帯電しているOH<sup>-</sup>イオンが存在しており、水中に存在しているCl<sup>-</sup>イオンとイオン交換反応を行うことができる。図3に強塩基性アニオン交換樹脂の構造と交換反応例を示す。

これらの反応がイオン交換樹脂によるイオン交換反応の化学的原理である。この反応により、水を精製して容

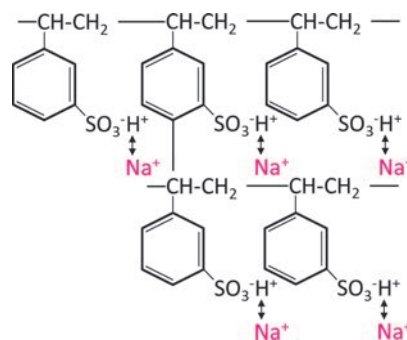


図2 カチオン交換樹脂の構造とイオン交換反応

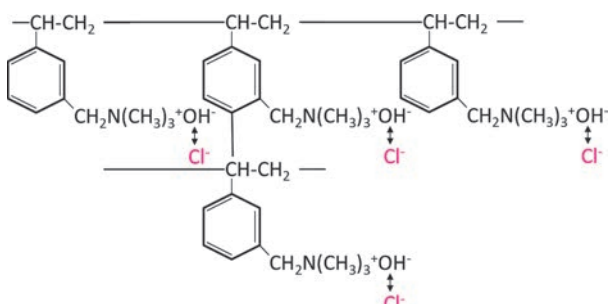


図3 アニオン交換樹脂の構造とイオン交換反応

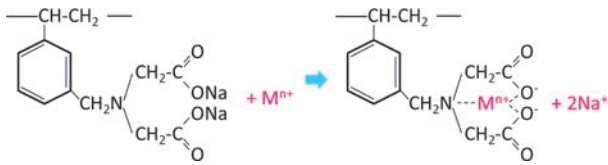


図4 キレート樹脂の構造と交換反応

易に純水を製造することができるため、工業界や研究機関など純水を使用する設備では、イオン交換樹脂が必須の技術となっている。

加えて、イオン交換樹脂の種類としてキレート樹脂がある。配位子に窒素、酸素、硫黄、リンの様な電子供与元素が複数含まれていると金属イオンを強く結合して錯体を形成する。この特性を利用し、金属イオンと錯形成をすることが可能な官能基をイオン交換樹脂として導入したものであり、特定の金属イオンに対して特異な選択性を有していることから、有用金属の回収や有害金属の除去などの特殊用途に用いられる。図4に代表的なキレート樹脂であるイミノ二酢酸型キレート樹脂の構造とイオン交換反応例を示す。

これらカチオン交換樹脂、アニオン交換樹脂、キレート樹脂には様々な種類があり、その特徴も異なるものであるため、用途により使い分けを行っている。

### 2.2 イオン交換設備の概要

図2から図4に示すように、イオン交換樹脂によるイオン交換反応は可逆反応であるため、液体処理を行う場合には被処理液にイオン交換樹脂を投入する「バッチ処理」ではなく、容器にイオン交換樹脂を充填して被処理液を通液する「カラム処理」を行う場合がほとんどである。

図5に純水製造装置の構成例を示す。カチオン樹脂とアニオン樹脂を個別の樹脂塔で処理するケースと、一つの塔（混床塔）で処理を行う場合などがあり、樹脂塔の構成は用途により様々である。また樹脂塔の規模は、数リットルから数万リットルまで、用途により様々である。

一般的な純水製造装置では標準的なイオン交換樹脂が使用されているが、原水水質や要求される純度は装置により様々である。そのため、装置の導入に際しては、事

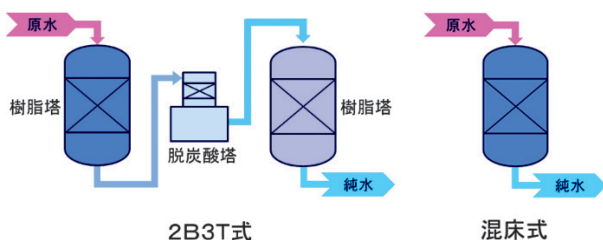


図5 純水製造装置の設備構成例

前に処理試験を行い最適なイオン交換樹脂を選定する必要がある。特に、原水水質が一般的な工業用水と異なる場合や、厳しい処理水質を必要とする場合、原水中の有害物質が特徴的な場合などには、事前に小規模な設備で処理試験を実施した上で、最適なイオン交換樹脂を選定する必要がある。

## 3 イオン交換樹脂の選定試験

### 3.1 カラム通水試験

2章にて述べたように、イオン交換樹脂で液体処理を行う場合、カラム通液法が一般的に行われている。種々の文献では、図6に示すような試験例が掲載されているが、具体的な使用例、特にイオン交換樹脂を充填して通液するカラムに関して詳細な記載はほとんどなく、試験者が自ら工夫・製作して実施していることが多い。

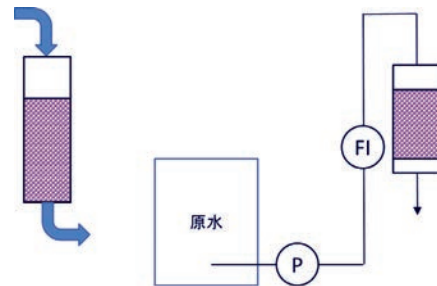


図6 イオン交換樹脂の通液試験例  
P：ポンプ FI：流量計

### 3.2 ムロマック®ミニカラム、ガラスカラム

当社は水処理技術を取り扱うスペシャリストとして、イオン交換樹脂などを用いて浄水処理から廃水処理までお客様のニーズに合ったシステムをご提案し、最高のパフォーマンスをご提供する会社である。

その経験を踏まえ、イオン交換樹脂を用いた通液試験に最適な、「ムロマック®ミニカラム、ガラスカラム」を販売している。特にムロマック®ミニカラムは、少量のイオン交換樹脂を用い、少量の原液で通液試験が可能となるよう、工夫がなされている。

ムロマック®ミニカラムは、カラムと液溜槽がポリプロピレンにより一体成形されていて、丈夫で耐薬品性に優れているものである。小さなカラムながら濾層が効率良く液体試料中の物質を吸着できるように設計されており、リークやテーリングの少ない精度の高いクロマトグラフィーが可能である。目皿は約30μmの多孔質の焼成ポリエチレンを使用しているため、通液によるイオン交換樹脂のリークがほとんど無い。加えて、カラムの下部から目皿を細い針金等で突き上げると簡単に取り出すことが可能で、洗浄して再使用することができる。

カラムサイズは、表1に示すS/M/Lの3種類を準備しており、通液に必要なキャップやシリンジなどが付属

表1 ムロマック®ミニカラムの種類

種類	内径 (mm)	長さ (mm)	容量 (mL)	液溜槽容量 (mL)
S	5.0~5.5	50	1.0	8.0
M	6.5~8.5	58	2.5	10.0
L	10.0~11.0	118	10.0	5.0



写真1 ムロマック®ミニカラムの使用例(1)

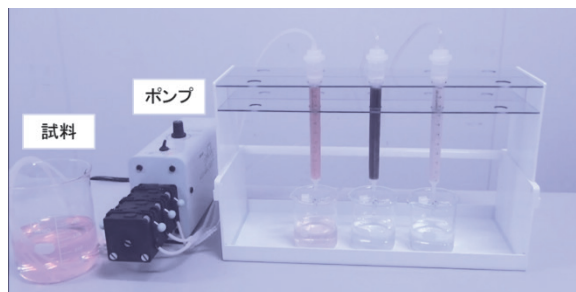
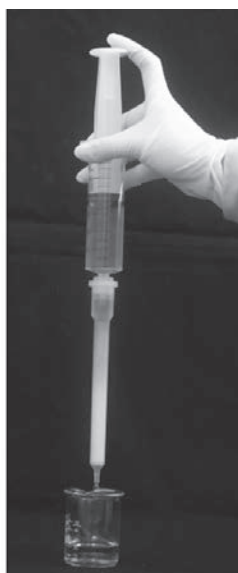


写真2 ムロマック®ミニカラムの使用例(2)

しており、専用のカラムスタンドも準備している。

ムロマック®ミニカラムの使用例を写真1に示す。カラムスタンドにムロマック®ミニカラムをセットし、イオン交換樹脂をカラムに充填し、シリンジを用いて通液試験を行うことができる。シリンジを用いた通液試験では、重力落下による通液や加圧通水が可能である。

また、写真2に示すように被処理液を、チューブポンプを用いて通液することも可能である。写真2の様に複数のサンプルを同時に通液することや、長時間の通液を行い、フラクションを採取することで寿命評価を行うことも可能である。

次に、ムロマック®ガラスカラムはガラス製で耐薬品性に優れ、鮮明にイオン交換反応を可視化することが可能である。ムロマック®ミニカラムを用いたイオン交換

表2 ムロマック®ガラスカラムの種類

種類	横幅 (mm)	長さ (mm)	容量 (mL)	枝管の有無
S	80	280	30	あり
M	85	325	100	あり
ロング	50	430	40	なし

注記：S/Mの横幅は枝管を含む。



写真3 枝管付きムロマック®ガラスカラムS



写真4 ムロマック®ガラスカラム使用例

樹脂の初期検討後、多量の処理液を必要とする通液試験において、樹脂量を多くして使用することでより正確なデータを取ることが可能である。枝管付きタイプ(S, M)はムロマック®分液ロートを使用することで液枯れすることなく通液試験を行うことができる。また、ライフ試験など樹脂層高を上げて試験を行う場合は、細長タイプのロングガラスカラムを使用することで正確なデータを取得できる。ムロマック®ガラスカラムの種類を表2に示す。また、枝管付きガラスカラムを写真3に、分液ロートを用いた使用例を写真4に示す。

### 3.3 ムロマック®ミニカラムの使用例

ムロマック®ミニカラムを用いた評価試験結果の一例を以下に紹介する。

試験目的は、某工場の排水中に含まれるNiを回収す



表 3 通液試験結果

樹脂種類	Ni 濃度 (mg/L)
A	3.47
B	3.40
C	0.09
D	2.35

るために通液試験を行い、最適なイオン交換樹脂を選定するものである。

まず、最適なイオン交換樹脂を選定するため、4種類のイオン交換樹脂を用いて短時間の通液試験を行った。試験条件は以下の通りである。

- ① 原液 Ni 濃度：3.7 mg/L
- ② 処理目標 Ni 濃度：1 mg/L 以下
- ③ 使用カラム：ムロマック® ミニカラム L
- ④ 使用イオン交換樹脂：A～D の 4 種類
- ⑤ 樹脂量：10 mL
- ⑥ 通水空間速度 (SV)：5
- ⑦ 通水時間：2 hrs
- ⑧ 樹脂量に対する通液倍量：10 (BV)

通液試験結果を表 3 に示す。表 3 から樹脂 C が最適であると評価した。

上記試験結果を踏まえ、破過試験を行った。試験条件は以下の通りである。

- ① 原液 Ni 濃度：3.7 mg/L
- ② 処理目標 Ni 濃度：1 mg/L 以下
- ③ 使用カラム：ムロマック® ミニカラム L
- ④ 使用イオン交換樹脂：樹脂 C
- ⑤ 樹脂量：10 mL
- ⑥ 通水空間速度 (SV)：5
- ⑦ 通水時間：8 hrs
- ⑧ 樹脂量に対する通液倍量：40 (BV)

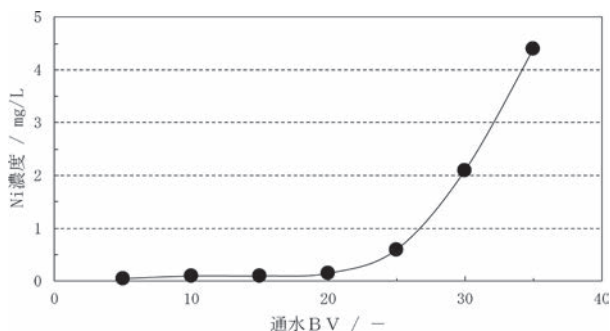


図 7 ムロマック® ミニカラムによる通液試験結果例

通液試験結果を図 7 に示す。処理目標である 1 mg/L に対して 25 BV の通液が可能であると評価された。

これら一連の 2 種類の試験で使用した総原液量は 1000 mL 程度であり、少量の原液で詳細な評価が可能である。更に精密な評価を実施する場合、ムロマック® ガラスカラムなど大量のイオン交換樹脂を装荷可能な設備を使用することで評価が可能である。

更に、分析用途のクロマト分離に用いる場合には、ムロマック® ミニカラム S を用いると、イオン交換樹脂量 1 mL で数 mL の液量での通水も可能であり、ごく少量サンプルでの通液試験も可能である。勿論、極微量濃度の液体を大量に通液し、濃縮処理することも可能である。

このような特性から、様々な研究分野で活用されている。文献等に掲載されているムロマック® ミニカラム/ガラスカラムの使用例は以下の通りであり、クロマト分離など、分析用途に広く用いられていることが分かる。

- ① 環境分野：海水、雨水など環境試料の分析用途
- ② 鉱業分野：岩石、鉱物、石英などの組成分析
- ③ 農業分野：植物などの分析
- ④ 生化学分野：タンパク質、生体などの精製研究
- ⑤ 原子力分野：高レベル放射性廃棄物の処理法研究、核分裂生成物/同位体元素の分離定量

#### 4 ま と め

イオン交換樹脂は純水の製造から排水処理など、様々な分野で使用されており、使用する上では最適なものを選定する必要がある。

本稿では、その評価に使用するために最適な機材として、「ムロマック® ミニカラム、ガラスカラム」を紹介した。様々な用途での使用が期待される。

尚、当社 YouTube チャンネルでは、動画でムロマック® ミニカラムの使用方法を紹介している。イオン交換樹脂の紹介を行っている HP 「イオン交換樹脂総合情報センター」と併せ、ご参照いただければ幸いです。



出水 丈志 (Takeshi Izumi)

室町ケミカル株式会社化学品事業部化学品 1 部 (〒101-0062 東京都千代田区神田駿河台 3-4)。《現在の研究テーマ》イオン交換樹脂の拡販、用途開発。《趣味》音楽鑑賞。

E-mail: tizumi@muro-chem.co.jp

室町ケミカル株式会社ホームページ URL :

<https://www.muro-chem.co.jp/>

イオン交換樹脂総合情報センター URL :

<https://ionexchange-info.com/>

室町ケミカル YouTube チャンネル URL :

<https://www.youtube.com/channel/UCaHMPAvjqpQm51fa90hfPg/videos>

## 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 : bunsetki@jsac.or.jp]

●—— リチウムイオン電池リサイクルのための  
分離技術

リチウムイオン電池 (LIB) は、電化社会におけるエネルギー貯蔵手段として不可欠な蓄電池の主流となっており、カーボンニュートラル実現に向けた鍵となる技術の一つとなっている。LIB の使用用途は、小型電子機器のほかに、自動車の動力源やスマートグリッドのための蓄電装置としての幅広い用途がある。LIB に必要な鉱物資源としては、ベースメタルとしての銅やアルミニウムのほか、レアメタルであるリチウム、コバルト、ニッケルなどがある。この中でもコバルトは特定の地域・国に偏在しているという地政学的なリスクを抱えており、資源循環・資源確保の観点から、廃 LIB のリサイクル技術への関心は高い。

2040 年までに発生する LIB 廃棄物の総量は 800 万トンにもなると推定されており、リサイクル技術の確立を早急に実施しなければならない。使用済み LIB からの正極活物質等の分離回収は、焙焼と物理分離プロセスとの組み合わせによる前処理に始まり、前処理後の酸浸出液からのコバルト、ニッケル等のレアメタルの溶媒抽出法により行われている<sup>1)</sup>。2019 年において、推定 50 万トンの廃棄 LIB から、6 万トンのコバルト、7 万 5 千トンのリチウムなどが回収されている。回収の際には、向流多段のミキサーセトラ型抽出装置が用いられていることが多く、抽出剤としては、 $\beta$ -Hydroxyoxime やアルキルリン酸エステルなどが用いられ、コバルト、ニッケルの相互分離が可能である<sup>2)</sup>。ミキサーセトラ型抽出装置以外にもエマルションフロー法を用いた研究も行われている<sup>3)</sup>。このエマルションフロー法は、マイクロメートルサイズの液滴の噴出によりエマルション状態に至るまで水相と油相を混合すると同時に、単分散に近いエマルションの流れが通過する際、断面積を急激に大きくすることにより 2 液相を分離できる技術である。その他にも、粒状物質を塔内に充填し、その充填塔内を水と油を対向して流すことにより溶媒抽出が完結する技術もある。いずれにしても、日本の、ひいては世界の資源確保と循環型社会の実現に向け、これら技術のさらなる進展に期待したい。

- 1) Z. J. Baum, R. E. Bird, X. Yu, J. Ma : *ACS Energy Letters*, **7**, 712 (2022).
- 2) 芝田単次 : 表面技術, **53**, 641 (2002).
- 3) 永縄 弘 : 分析化学 (*Bunseki Kagaku*), **66**, 797 (2017).

[愛媛大学大学院理工学研究科 山下 浩]

新型コロナウイルス感染症が発生してから病原体の日常的な検出が市民生活にまで浸透した。現在、病原体は、核酸検出検査、抗原検査、抗体検査により検出されている。その中でも核酸検出検査のポリメラーゼ連鎖反応 (polymerase chain reaction, PCR) を用いた方法は、サンプルから核酸を抽出した数  $\mu\text{L}$  の液中に調査対象の病原体 (ターゲットと称する) 由来の核酸が数コピー存在すれば検出できる超高感度な分析法であり、様々な病原体の定量に使われている。しかしながら、核酸抽出液中に有機物が残存していると反応が阻害される、ランニングコストが高い、PCR に 2 時間程度を要するなどの問題がある。この問題を克服する可能性を秘めた、金ナノ粒子 (AuNPs) を用いた核酸の比色分析例を紹介する。この方法では、ターゲットの塩基配列と相補的な DNA (プローブと称する) を用いる。

Heidari らはプローブを結合させた AuNPs (Au プローブと称する) を用いて牛ウイルス性下痢を引き起こすウイルスの RNA を比色分析にて定量した<sup>1)</sup>。この方法では、ターゲットが無い場合、Au プローブは分散状態を維持するのでサンプル溶液は赤色を呈する。一方、ターゲットがある場合、ターゲットを介して Au プローブが近接するのでサンプル溶液は青色に変化する。吸光光度計を用いた場合の検出限界値は 6.83 ng であった。

Karami らはプローブおよびこれと相補的な DNA が結合した AuNPs を用いて、HIV-1 の DNA を比色分析にて定量した<sup>2)</sup>。この方法では、ターゲットが無い時、DNA を結合した AuNPs がプローブにより連続的に結合し、形成された集合体は沈殿する。一方、ターゲットがある時、プローブはターゲットと結合するので DNA を結合した金ナノ粒子は溶液中で分散状態を維持しサンプル溶液は赤色を呈する。肉眼で区別できる下限値は 1.5 pmol であった。

Ge らは、DNA プローブと相補的に結合するヘアピン構造を持つ二つの人工 DNA を用意した<sup>3)</sup>。これらはターゲットと結合する配列を持ち、ターゲットがある場合ハイブリダイゼーション連鎖反応が起きる。その後 DNA プローブを添加すると DNA プローブはターゲットによりお互いに近接するので吸光度が低下する。ターゲットがない場合、DNA プローブは分散状態を保つので高い吸光度が維持される。検出限界値は 4.47 pmol/L であった。

Au プローブを用いてターゲットを増幅せずに定量する比色分析には多様な応用手法が考えられる。本アプローチは分析の時間とコストを低減する可能性を秘めているため今後の発展が期待される。

- 1) Z. Heidari, S. E. Rezatofghi, S. Rastegarzadeh : *BMC Biotechnol.*, **21**, 1 (2021).
- 2) A. Karami, M. Hasani : *Anal. Chim. Acta*, **1102**, 119 (2020).
- 3) L. Ge, Q. Lai, Y. Liu, Z. Tan, P. Zuo, X. Ji, Z. He : *Microchem. J.*, **167**, 106319 (2021).

[北海道大学大学院工学研究院 佐藤 久]



こんにちは



## 東京都立科学技術高等学校を訪ねて

ぶんせき編集委員会は「高大連携」の取り組みの一環として、「こんにちは」のコーナーに今回はじめて高等学校取材することを企画立案，新型コロナウイルスが落ち着いた2022年7月12日（火）に東京都江東区にあるSSH指定校である東京都立科学技術高等学校を訪れました。



ぶんせき編集委員会から，津越敬寿理事（産総研）と高橋あかね委員（オルガノ）が参加



校内には清水部長と花澤さんの「本校生徒が国際論文の査読に通過しました」のポスターが掲示

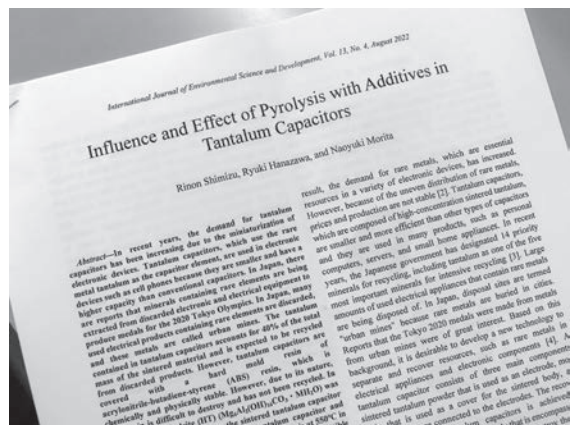


左から 田中先生，幕田先生，森田先生，鈴木先生，保坂先生

出迎えてくださったのは5名の先生で，その後紹介されたのは科学研究部の部長で2年生の清水さん。早速清水部長から手渡されたのは，ご自身たちの英論文です。そして使用しているシステムガスクロマトグラフの前で熱分解によるタンタルコンデンサのモールド樹脂の破壊について，共同研究者の3年生 花澤さんと熱く語ります。本会関東支部長でもある津越の専門は熱分析。ゴングが鳴り3人の即席総合討論会（熱いバトル？）が始まりました。



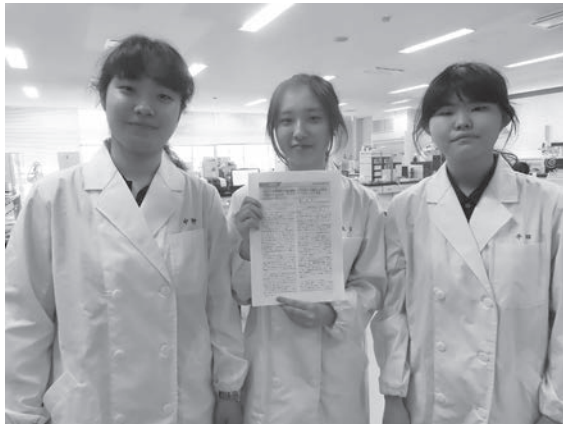
左から 津越理事，清水部長，花澤さん



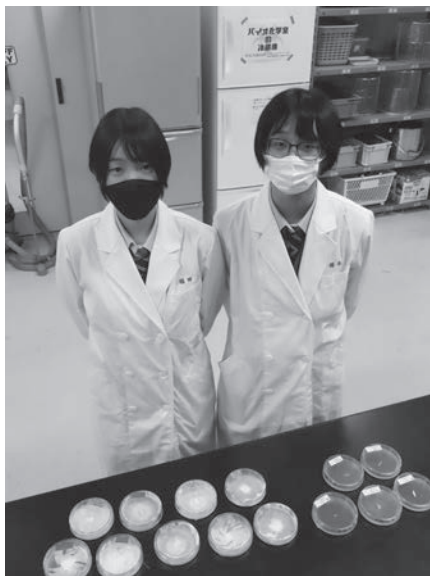
清水部長，花澤さんの英論文

<https://www.metro.ed.jp/kagakugijyutu-h/news/2021/12/1.html>

大石さんが手にしているのは、ぶんせき誌「技術紹介」の「劣化プラスチックの分析」の記事で「ぜひこの著者にコンタクトを取りたいのですが宜しいでしょうか？」という丁寧で熱心な質問。彼女たちの研究テーマは「野鳥のフンを調査し、野鳥の有害物質の汚染度を探



左から 中野さん、大石さん、平田さん



左から 稲田さん、橋本さん



左から 谷口さん、金子さん

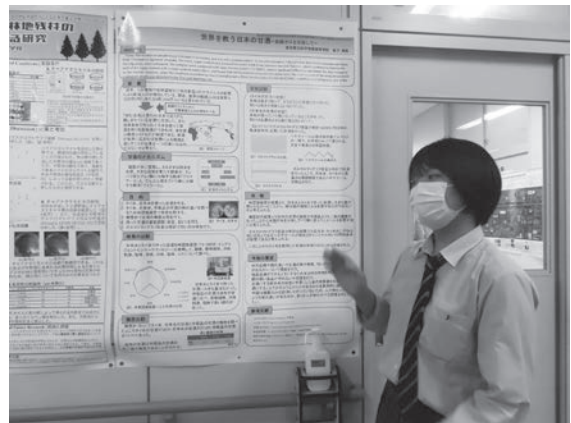
る」。フーリエ変換赤外分光光度計（FTIR）を用いてフンの中のプラスチックを検出し、体内の環境汚染の傾向を調査しています。

稲田さんと橋本さんはハイドロタルサイトを添加した培地を作成して実験中。pH5～8が良い状態で、pH9～10では菌種の成長が遅くpH5以下も育たない、エリンギの成長を早くさせることをテーマとした研究を行っています。

金子さんたちは高速液体クロマトグラフ（HPLC）を使用してアミノ酸分析を行っています。金子さんは小学生の時に本校の文化祭にご家族に連れられてきたのがきっかけで理系の道に進んだそうで、将来の夢は食品研究者です。

科学研究部での活動期間は3年間のため、先輩たちが積み上げた研究を、後輩たちが継ぐ研究も多いそうです。研究テーマでは、杉が病気になると商品価値がなくなり廃棄されてしまいますが、何か他に有効活用ができないか、という研究も、先輩から引き継いで展開しています。

また、飢餓人口は世界の人口の1割と言われ、栄養豊富な甘酒の製造技術を世界に広めて貧困による飢餓を



廊下でポスター発表をしてくれた金子さんの研究テーマは「世界を救う日本の甘酒」



超純水を「泡立てずに容器に伝わらせる」ことで、超純水を雰囲気汚染から防ぐ正しい方法で採水中



減らしたいといったSDGsに直結する研究テーマも多く見受けられます。

ガスクロマトグラフ質量分析計 (GC-MS)、システムガスクロマトグラフ、イオンクロマトグラフ (IC)、液体クロマトグラフ (HPLC)、原子吸光分光光度計 (AA) から走査電子顕微鏡 (SEM) まで、高校の実験室としては、非常に多くの分析機器が揃っています。「ケガなどの安全対策を重要視しています。また、生徒も教師も共に楽しめる環境が重要」と話して下さるのは、科学技術科の鈴木憲征先生。

2022年9月には、例年140組前後のエントリーがあり、その中から優秀賞が5~6組が選ばれるという千

葉大学 高大連携支援室主催の第16回高校生理化学研究発表会や、11月には、名古屋国際会議場で開催される第59回日本生化学会大会での発表を控えていて、みなさんのモチベーションが高まっているのが熱く強く感じられました。

本会も討論会だけでなく年会での高校生ポスター発表の場を検討しても良いのではという感触を得ました。

ご協力くださった鈴木憲征先生をはじめ先生方、生徒のみなさん、あらためて厚く御礼を申し上げます。

〔オルガノ株式会社 高橋 あかね  
国立研究開発法人 産業技術総合研究所 津越 敬寿〕







## 分析化学の守備範囲？

帝京大学の榎元廣文先生よりバトンを引き継ぎました。東京大学大学院農学生命科学研究科、応用生命化学専攻、分析化学研究室の鈴木道生と申します。リレーエッセイは「ぶんせき」誌でも、いつも必ず読むコーナーで楽しみにしていますが、自分が執筆する日が来るとは考えておりませんでした。このような貴重な機会を頂戴し、榎元先生には誠に感謝申し上げます。

何を書けば良いのか迷いましたが、自己紹介を兼ねて「分析化学」という言葉について常日頃から思っていることを、この機会に書かせて頂きたいです。上にも書きましたが、私が所属する研究室は、「分析化学」研究室という、そのものズバリの名前がついています。現代の多様化するサイエンスの中で、このようなシンプルで基礎的な名前の付いている研究室名は逆に珍しいのではないのでしょうか。学生さんへの研究室紹介などでは、「分析化学」研究室は何をやっている研究室なのか名前からは分からないです、と言われたことがあります。確かに、今や実験系のすべての研究室で「分析」機器は使っていますし、「化学」を駆使して研究しているところはいくらでもあります。「分析化学」という言葉をどこで見かけるかと聞かれたら、科目名や教科書名と答える人が多いのではないかと思います。「分析化学」と名の付く教科書では、酸塩基平衡、酸化還元、分光分析、クロマトグラフィーなどが主体になっていて、他に質量分析、回折、酵素反応などの項目が掲載されていることもあるようです。今や生命系の実験を行う研究室でも、誰もが「分析化学」を使わないと研究できないと言っても過言ではありません。私自身の研究は生物無機化学分野で、生物が鉱物を生成する現象（バイオミネラリゼーション）について物理化学的手法と生命科学的的手法を駆使して進めています。私が農学部に所属しているということも関係しますが、バイオミネラリゼーションという生命現象について、物理化学を主体とする化学を基本に理解する研究を「分析化学」研究室では行っていますと説明しています。

自分の研究室の説明では、とりあえずこれで良かったと思っていますが、「分析化学」を中心にした研究者の集まる日本「分析化学」会では、どのような内容や分野の発表を行うのが適切なのか、というのは私自身もまだ理解できていないところがあります。何となく、有機物



研究室名の表札。これを見る度に「分析化学」とは何だろうと考えています。

の「定性」分析より無機物の「定量」分析のデータが多い発表の方が「分析化学」会らしいかなとか、シーケンス解析より X 線を使った解析データ主体の方が「分析化学」会らしいかな、などと勝手な先入観で思っていたりします。この先入観が正しいのか間違っているのか分かりませんが、一つ言えることは「分析化学」というのは、非常に広い分野をカバーしているということです。何かの学会の会合で、「分析化学」というのは AI や機械学習という分野も含むべきではないですか、と聞かれたことがあります。流石にそれは情報科学の分野ではないですか、と答えました。多くの人にとっては「分析化学」というワードは、非常に一般的で広範囲の領域を含むと思われるのだなと、あらためて思ったエピソードでした。

科学の進展と共に、様々な学問領域が分野横断的に広がっている昨今で、「分析化学」という言葉は古典的でありながらも、あらゆる実験研究の基礎になっていて、基礎から最先端までを網羅する重要分野ではないかと感じています。今後も「分析化学」研究室で研究するものとして、「分析化学」を用いて最先端の研究を進めて行きたいと考えています。

今回のリレーエッセイは千葉大学の小椋康光先生にお願いさせて頂きました。ご快諾頂き、誠にありがとうございます。小椋先生とは新学術領域「生命金属科学」でご一緒させて頂いており、素晴らしい ICP-MS の分析技術をお持ちの先生です。また、小椋先生が「ぶんせき」誌の編集委員であったときにリレーエッセイが始まったということをお聞きし、そのような縁の深い小椋先生にバトンを引き継げたことは大変嬉しく思います。小椋先生、是非よろしく願い申し上げます。

〔東京大学大学院農学生命科学研究科 鈴木 道生〕



## 談 話 室

### 「教える」から「身に付ける」授業へ

筆者は、近年、勤務する大学で教育関係の業務を担当したため、教育に関する会議のほか、セミナーやフォーラムにも多数参加する機会があった。これまで、分析化学の授業を10年くらい担当し、自分なりに工夫をしながら行ってきたが、この業務を通じて改めて授業について考えさせられることがあった。そこで、この「談話室」では、授業について特に印象に残った学びについてまとめた。大学での授業についての内容になるが、「教える」ことについては、様々な場面で必要なことであり、大学関係者以外の方にもご参考になれば幸いである。また、釈迦に説法のような内容もあるが、お許しいただきたい。

「2040年に向けた高等教育のグランドデザイン」（平成30年11月26日中央教育審議会答申）において、高等教育が目指すべき姿が描かれた。詳細は省くが、そのような人材の養成に必要なことの一つに、「何を教えたか」という教員目線から、「何を学び、身に付けることができたのか」という学生目線への転換がある。筆者が担当する分析化学の授業で考えると、教員目線の「何を教えたか」については、化学平衡や容量分析、機器分析などの内容であり、学生目線に転換すると、これらを学んで「その知識を理解できたか」に相当する。そのため、何をどの程度理解させるかを授業前に具体的に設定しておく必要がある。滴定で言えば、「指示薬や滴定曲線、滴定操作などの知識を覚えさせるのか」、「終点と当量点の違いを説明できるようにするのか」、それとも、「成分分析が必要とされる場で滴定の知識を使えるようにするのか」といったものである。また、ここで上げた三つの理解にはレベルに違いがあることが分かる。この理解のレベルを整理したものに、ブルームの教育目標分類学（ブルーム・タキソノミー）がある。この分類学は、教育の目標とする領域を認知的領域、情意的領域、精神運動的領域の三つに分類し、それぞれを知識、理解、応用、分析、統合、評価の六つのレベルに分けられている。なお、「知識」から右に行くほどレベルが高くなり、「評価」が最高となる。分析化学の授業は、認知的領域にあたり、大学での学びも多くがこの領域になる。先ほど述べた学生に求める理解については、知識を覚えることが「知識」レベル、説明できることが「理解」レベル、知識を使えることが「応用」レベルにおおよそ相当する。大学では、授業の内容や進め方などをまとめたもの

（シラバス）を作成して学生に公開するが、そこに記載する学生の到達目標のレベルを設定する際に、このタキソノミーが参考になる。筆者が所属する学科ではこれを取り入れている。

一方、「馬を水飲み場に連れて行くことはできても、馬に水を飲ませることはできない」という諺で良く言われているように、どんなに工夫して分かりやすく教えても、理解するのは学生であり、学生自身が理解しようとするモチベーションがなければ「馬の耳に念仏」となってしまう。そのため、学生のモチベーションを高めることも必要となり、これについてはARCS（アークス）モデルが参考になる。このモデルは、教える側が取るべきポイントを注意、関連性、自信、満足感の四つに分類している。例えば、注意は「おもしろそうか」、関連性は「将来に関連しているか」、自信は「自分にできそうか」、満足は「得られる成果に満足できそうか」といった感じである。筆者の授業について、学生目線でこの四つのポイントについて整理すると、満たしていないと感じるものがあり、これを意識することで、学生目線という視点を持つたように感じた。この4点を整理した内容を、授業の概要や到達目標の作成、授業開始のガイダンスの説明などに盛り込むと、学生もモチベーションの向上につながると思う。

さて、このように授業を改めて考える機会を得ると、ふと、もっと俯瞰的に授業を見ることも必要なのではと思い始めた。そのようなときに、昨年参加したSPOD2021フォーラムの「パフォーマンス評価」という講座で、「永続的な理解」という言葉に出会った。これは、「細かなことは忘れた後でも身に付けておいて欲しい重要な理解」を指す。筆者の分析化学の授業で言えば、「測定したい物質があったら、どのようにすれば測定できそうか」、「測定されたデータをどのように解釈し、解析したら良いか」についてそれぞれ「おおよそ見当がつく」といったところになるかと思う。このように授業の最終的なゴールのようなものを具体的にしておくことも大切だと感じた。「パフォーマンス評価」というものの自体、とても興味深いものなので、ぜひ、お調べいただければと思う。

携わる授業の「永続的な理解」を考え、それを基にブルーム・タキソノミーを活用して授業の目標を設定し、ARCSモデルを意識して授業設計するにはかなりの時間を要する。シラバスは、年度が明ける前に作成するが、短期間では難しい。授業を行いながら次年度の授業に向けて改善していくことが良いように思う。雑多な話となったが、読者の皆様の「教える」の何らかのヒントになれば幸いである。

〔日本大学生産工学部 齊藤 和憲〕

## インフォメーション

### 第377回液体クロマトグラフィー研究懇談会

2022年11月22日（火）13～17時、「キラル分離—メソッド開発とアプリケーション—」を講演主題とした標記例会がZoomウェビナーにより開催された（オーガナイザー：筆者）。講演数は6題で、参加登録者は33名であった。キラル分離

をテーマとした本研究懇談会の例会は約5年ぶりであったが、各講師からキラル分離に関する新たなテクノロジーや製品に関する講演が行われ、最近のトピックスがよく網羅された内容となった。以下、オーガナイザーの講演主題概説に続いて行われた6件の講演内容を概説する。

1 題目は、味の素㈱の中山 聡氏より、「新規軸不斉試薬を用いたキラルアミノ酸分析法の生体試料分析への適用」の演題でご講演頂いた。D-アミノ酸研究とキラル分析技術の概要を分かりやすく説明いただいた後、同社で新規に開発した軸不斉誘導体化試薬 (BiAC 試薬) を用いて、D,L-アミノ酸を LC-MS/MS で高感度、短時間で分離分析できることが示された。また、この分析法は BMV ガイドラインをクリアする精度を有することやヒト尿、糞分析へのアプリケーションが報告された。

2 題目は、㈱ダイセルの大西崇文氏より、「耐溶剤型キラルカラムでの分離成功への近道Ⅱ～CHIRALPAK IG, IH, IJ, IK による進化～」の演題でご講演いただいた。現在、キラル固定相の中で重要な選択肢となっている多糖誘導体系キラル固定相の概要を説明いただいた後、同社が開発を進めている耐溶剤型カラムの特長が紹介された。その中で、従来のコーティング型カラムとの分離性能比較、新規セクターを用いた耐溶剤型カラムのアプリケーション並びに新製品を追加したカラムスクリーニングメソッドのスキーム等が示された。

3 題目は、㈱島津製作所の伊藤友紀氏より、「迅速かつ網羅的な D,L-アミノ酸分析法の腸内フローラ研究への応用」の演題でご講演いただいた。クラウンエーテル形のキラル固定相を用いて、生体中のキラルアミノ酸を誘導体化することなく、LC-MS/MS で高感度分析する方法が示された。この方法を用いてマウスの糞および<sup>けっしょう</sup>血漿を分析した結果、一部の D-アミノ酸は腸内細菌叢によって産生されることが報告され、この分析法が D-アミノ酸をターゲットとしたさらなる研究に役立つことが示された。

4 題目は、日本分光㈱の寺田明孝氏より、「ハイスベックなキラル分取を達成するための最新 注入 & 検出 & 回収メソッド紹介」の演題でご講演いただいた。キラル分取を効果的に実施するためにはさまざまなノウハウが必要である。キラル分取とアキラル分取の違いを説明いただいた後、キラル分取において、「スループットの向上」、「貴重な試料の取り扱い」、「高純度回収」の観点から、いくつかの有益なソリューションが提案された。また、円二色性検出器や旋光度検出器の効果的な使用方法やアプリケーションが示された。

5 題目は、㈱住化分析センターの筆者より、「SUMICHIRAL® 50 年の歩み」という演題で講演を行った。GC キラル固定相から始まった SUMICHIRAL® の歴史を紹介した。HPLC キラル固定相として、薬局方等の分析法に採用されているカラムを中心に、パークル形及び配位子交換形キラル固定相の特長を示し、ホストゲスト形キラル固定相に関してはその分離メカニズムに関する考察を報告した。また、化合物選択性が高いことを利用し、分析種の官能基に着目したカラム選択のためのスキームを紹介した。

最後に、本研究懇談会の委員長である東京理科大学の中村洋先生より「キラル分離」と題して総括のご講演をいただいた。各講演での質疑応答では話題とならなかった視点も含め

て、より深い議論が行われ、講演内容の理解が一層深まったものと思われた。

今回は、ウェビナーでの回線トラブル等もなく、最後までスムーズにプログラムを進行することができた。筆者の印象に残っていることは、アミノ酸のキラル分離において、キラル誘導体化法や複数のキラル固定相法等、方法の異なるさまざまな分析法が紹介され、それぞれの特長について中身の濃い討論が行われたことである。本例会が、キラル分離に携わる技術者の皆様の一助になれば幸いである。例会終了後には、講演者を囲んで Zoom オンライン形式の情報交換会が開催された。講演内容の振り返りや雑談も含めた意見交換を行い、交流を深める事ができた。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並びにオンライン形式の例会を運営していただいた Web 小委員会の皆様に深く御礼申し上げます。

(㈱住化分析センター 西岡亮太)



## 「LC シニアクラブ」(LC Senior Club, LC SCL) 設立総会

標記設立総会が12月3日(土)13~17時、岡橋美貴子氏(病態解析研究所)の総合司会により Zoom ミーティングで開催された(主催:LC シニアクラブ、後援:LC 研究懇談会)。以下、当日の様子を時系列的に紹介する。ちなみに、12月3日はLC 研究懇談会が定めた「LC の日」である(アルファベットの12番目がL、3番目がC)。

第1部(設立総会、13:00~13:50)においては、筆者の開会挨拶に続いて、①設立趣旨、②定款案、③事業内容案、④入会者記録、⑤役員並びに役割担当案の説明があり、原案通り異議なく承認された。続いて、第2部(記念講演、13:50~14:50)では三上博久氏(島津総合サービス リサーチセンター)が座長を務め、宮野 博氏(AS Frontiers)の「[アミノ酸をつくる、つかう、はかるで負けない]をめざして」と題する講演が行われた。アミノ酸インフォマティクスと高速アミノ酸分析の融合によるアミノインデックス 技術の展開などの経験を通して、「イノベーションは一人では達成できない。ステージごとにさまざまな役割を担う人が必要」と実感されたそうである。氏の経験から、1) 沢山実験をする人、2) 共感を与え続ける人(伝道師)、3) ビジネスを設計するマーケティング、4) 経営層の強いサポート、の存在が事業達成には不可欠とのアドバイスがあった。

休憩後、熊谷浩樹氏(アジレント・テクノロジー)が進行役となり、第3部(参加者による近況報告と質疑応答、15:00~16:30)が活発に繰り広げられた。再雇用の条件、新たな資格取得、ジムや散歩を利用する健康維持のための工夫など、参加者の年齢に見合った話題で大いに盛り上がった。最後の第4部(次回開催へ向けての希望と提案、16:30~17:00)は、竹澤正明氏(東レリサーチセンター)の進行により次回案の策定を軸に協議が行われた。その結果、LC 研究懇談会とのタイアップによる以下の骨子が決定した。①11月29日(水)午後:LC 研究懇談会特別講演会・見学会(東レリサーチセン



ター、新分析拠点、滋賀県大津市)、②11月30日(木)午後-12月1日(金):LC- & LC/MS-DAYs 2023, とLC研究懇談会主催の行事を行った後、③12月1日(金)夕刻-12月2日(土):第2回LCシニアクラブを開催することとした。

(公社)日本分析化学会には、定年になられた方々や定年近い方々の集まりとして2010年に発足した「生涯分析談話会」がある。今回発足した「LCシニアクラブ」はそのLC版、LC/MS版ともいべき集まりであり、この分野で意欲ある方々が定年後・離職後も引き続き活躍されるプラットフォームとしての役割が期待される。

[LC研究懇談会委員長 中村 洋]



## HPLC & LC/MS 講習会 2022

LC研究懇談会主催の標記講習会が2022年11月18日(金)、オンライン形式(Zoom ウェビナー)で開催された。本講習会の内容は、長年にわたってJSAC 関東支部主催・機器分析講習会第2コースとして実施されてきたものとはほぼ同一であるが、同支部から講師等への謝礼が出なくなったため、急速LC研究懇談会が主催したものである。以下に当日のプログラムを示す。

9:00~9:15

オーガナイザーズガイダンス (東京理科大学) 中村 洋

9:15~10:00

第1講 HPLCとLC/MSの基礎と理論  
(東京理科大学) 中村 洋

10:05~10:50

第2講 HPLCとLC/MSにおける分離  
(アジレント・テクノロジー株) 熊谷浩樹

10:55~11:40

第3講 HPLCとLC/MSにおける検出  
(株島津総合サービス リサーチセンター) 三上博久

11:45~12:30

第4講 HPLCとLC/MSにおける前処理  
(病態解析研究所) 岡橋美貴子

12:30~13:15 昼休み

13:20~14:05

第5講 HPLCとLC/MS分析に用いる試薬・溶媒  
(関東化学株) 坂本和則

14:05~14:20 休憩

14:25~15:10

第6講 LC/MSの基礎  
(株東レリサーチセンター) 竹澤正明

15:15~16:00

第7講 HPLCとLC/MSにおけるトラブルシューティング  
(第一三共株) 合田竜彰

16:05~17:05 総合討論

本講習会は、本来であれば3日間コース(初日:座学, 2日目・3日目:実習)で実施すべきところであるが、コロナ禍のため実習用の会場が手当てできず、やむなく初日の座学だけをオンラインで実施した次第である。各講義終了後に質疑応答の

時間を設けたが、ほとんど質問が出なかったのは残念であった。しかし、最後の総合討論に至って、ようやくご自身の仕事に関連した悩みについてのご相談を受けることができた。ご相談によっては、講師が頭を抱える難題もあり、まさに「教えることは学ぶこと」を実感した。

最後に、円滑な運営にご協力いただいた講師の方々、並びに本研究懇談会 Web 対応小委員会の榎本幹司氏、加藤幸一郎氏に感謝申し上げる。

[LC研究懇談会委員長(東京理科大学) 中村 洋]



## 第380回ガスクロマトグラフィー研究懇談会 特別講演会

2022年11月18日(金)に北とびあの飛鳥ホールにおいて、標記講演会を現地とオンラインのハイブリット形式にて開催しました。講演主題は「持続可能な社会に役立つガスクロマトグラフィー第2回」で、エア・リキードの園部委員と産総研の渡邊委員が幹事を務め2013年から課題となっているヘリウムガスの供給に関連した話題とガスクロマトグラフィー分野での取り組みを中心に2件の主題講演、1演題の招待講演と10演題の技術講演が行われ多くの情報が提供されました。参加者は、現地58名、オンライン41名の合計99名と大盛況のうちに終了いたしました。また、今回初めての試みとして休憩時間と講演終了後に意見交換の時間を取り、過去に研究会で展示していただいた約50社に連絡して企業からのカタログなどの配布場所を設け資料提供いただき、参加者間での意見交換が活発に行われました。オンラインでの参加者にも幕間を利用して情報提供しました。

主題講演1題目は、日本エア・リキード合同会社の水澤芽衣様より「ヘリウム供給の現状」と題してご講演をいただきました。近年のヘリウム供給の状況やコスト上昇に関する背景、そして、今後の供給の展望について、紹介いただきました。たくさんお金を払う所に優先的に供給される仕組みのため、どこまで負担増に耐えられるかという厳しい現実もあるようです。2題目は、(株)ジェイ・サイエンス・ラボの川村祥太郎様より「熱伝導度検出器を用いた液体水素中のオルト/パラ水素の分析」と題してご講演をいただきました。水素には核スピン異性体の存在により、オルト水素とパラ水素が存在するため、液化水素の貯蔵や輸送時にはそれら水素の比率の分析が求められています。比率を分析する目的や概要に加えて、熱伝導度型検出器を用いた応用分析例について、紹介いただきました。

招待講演では、(一社)日本環境測定分析協会・(一社)日本環境化学会の松村 徹様より「ヘリウム代替ガス研究委員会の目的と活動」と題してご講演をいただきました。ヘリウム供給不足の現状に対応した、環境計量に係る公定法を改正するための枠組み作りと、現在取り組まれている内容について紹介いただきました。公定法改正の難しさ、枠組みを作る大切さ、そして参加機関にとっても有益な仕組み作りと、異なる分野での公定法改正でも非常に参考になるお話でした。

技術講演の1題目は、金陵電機株の上田 透様より「オープン内の水素漏洩検知と遮断切り替え機能を兼ね備えたガスクロ

マトグラフ」と題して講演いただきました。近年ヘリウムの供給が逼迫しているため、代替キャリアガスとして水素が検討されています。水素を使用する際の安全・安心対策機能を備えたガスクロマトグラフシステムについて具体的な対策が示されました。2 題目は、日本電子㈱の生方正章様より「GC/MS からはじめる SDGs～定量分析における生産性の向上と代替キャリアガスについて」と題してご講演いただきました。窒素キャリアガスを使用した水質基準・環境基準項目の測定および水素キャリアガスを使用した食品中残留農薬の測定を事例にとりヘリウムから転換する事例が紹介されました。3 題目は、ミッセルジャパン㈱の松木洋介様より「キャリアガスにアルゴンを使用した検出限界 < 50 ppb を達成するコンパクトオンラインガスクロマトグラフ」と題してご講演いただきました。プラズマ中での発光検出器を用いた高感度オンラインガスクロマトグラフと応用例についてご紹介いただきました。無機ガスが高感度で検出可能で、一台の検出器で 4 つの検出波長を同時測定することができ、分離が難しい成分の測定に適用可とのことでした。4 題目は、㈱堀場エステックの小坂明正様より「質量分析法とポストカラム反応 GC-FID 法を組み合わせた香氣成分の同時定性・定量技術のご提案」と題してご講演いただきました。MS で定性し、成分が確定しても標準物質がないため定量できない成分について、ポストカラム反応 GC-FID 法で値付けし、なおかつトレーサビリティを確保する方法が 1 回の分析で可能となる、という内容でした。5 題目は、大阪ガスリキッド㈱の河内拓哉様より「ガスクロマトグラフ分析におけるガス精製器の役割について」と題してご講演いただきました。ガス精製の原理や仕組みに加えて、キャリアガス中の不純物を取り除くインライン精製器について紹介いただきました。キャリアガスの純度がガスクロマトグラフ分析に及ぼす影響や、純度が悪い He をゲッター材を用いた精製器で高純度にするなどの役立つ情報が提供されました。6 題目は、NISSHA エフアイエス㈱の森 郁子様より「金属酸化物半導体センサーを搭載したポータブル GC による金属中拡散性水素分析」と題してご講演いただきました。水素に高感度な検出器を用いることで、来る水素社会で起こりうる水素脆性破壊の解決に寄与する新たな手法が紹介されました。7 題目は、㈱島津製作所の中筋悠斗様より「最新 GC 機能を一挙公開！ ラボの自動化/

省力化」と題してご講演いただきました。自動運転のメリットに加え、異常発生時に安全に装置を停止する機能など生産性向上に寄与するシステムが紹介されました。8 題目は、ドレーゲルジャパン㈱の福留健司様より「VOC 検知用ポータブルガスクロのご紹介」と題してご講演いただきました。PID を検出器とした携帯形 GC で、連続測定で VOC の総量を検出し、漏洩箇所や安全確保が必要な箇所でガスクロマトグラフによる個別成分分析に切り替えて現場で結果を出すことの利便性が紹介されました。9 題目は、アジレント・テクノロジー㈱の加賀美智史様より「水素キャリアガスに特化した GC/MS イオン源と水素利用上の注意点」と題してご講演いただきました。水素をキャリアガスとしたときに生じる MS のイオン源での反応を抑制するイオン源の紹介と、水素をキャリアガスとして使用する際の留意事項などが紹介されました。10 題目は、大塚製薬㈱の藤峰慶徳様より「ゴマ汚染の評価に至適：エチレンオキシド、2-クロロエタノールの標準物質ならびに内部標準（安定同位体標識化合物）」と題してご講演いただきました。新たな食品汚染の規制対象になる物質を測定する為の標準物質提供開始の最新の話題でした。

今回は、昨今のヘリウム供給不足に関連した発表が中心であったため、ヘリウムガスの節約法や代替キャリアガスを探している参加者にとっては、実務に役立つ有意義な講演会であったと感じます。開催運営にあたり事務委託とオンラインでの講演を支えていただいた（一財）大気環境総合センターの皆様がこの場借りて感謝いたします。

〔フロンティア・ラボ㈱ 渡辺 亮〕

## 第 58 回 X 線分析討論会

2022 年 11 月 10 日（木）および 11 日（金）の 2 日間にわたって、世界遺産 姫路城を正面に臨む姫路市複合文化施設“イーグレひめじ”にて第 58 回 X 線分析討論会（以下、本討論会）が開催された。本討論会は（公社）日本分析化学会 X 線分析研究懇談会の主催で毎秋に開催し、姫路では第 51 回に続き 7 年ぶり 2 回目となる。今回は学会近畿支部との共催となり、また兵庫県立大高度産業科学技術研究所および（公社）姫路観光コンベンションビューローの後援、さらに要旨集への広告出稿や会場での展示紹介で合計 16 社からの協賛支援をいただいた。3 年ぶりの完全対面方式で口頭およびポスター発表を行い、また着席方式でミキサーも開催した。本会前日にコロナ陽性が判明した学生のポスター発表がキャンセルされた他はトラブルもなく、計 162 名の参加者を得て盛会裏に終えることができた。まずは、参加者の皆さま、関係者の皆さまに深くお礼申し上げます。

本討論会では「ポストコロナ時代の X 線分析の在り方」を副題に、以下の 5 つの討論主題を設定した。「1. X 線分析の自動化、計算科学との融合」、「2. X 線要素機器の開発と X 線分析への展開」、「3. X 線分析による材料解析とその応用展開」、「4. X 線イメージングおよび顕微解析」、「5. 他の量子ビーム利用解析との融合」。その結果、口頭 27 件（内、学生奨励賞対象 8 件）、ポスター 51 件（同・33 件）の発表が行わ



会場風景



れ、3件の依頼講演を加えて、2日間タイトなスケジュールで最近の研究に関する発表と活発な討論が行われた。今年は残念ながら「浅田賞」の受賞該当者がおらず、本討論会で例年実施してきた授賞式と受賞記念講演の時間を割く必要がなかったが、発表件数が現水準を維持する場合には2日半の会期も検討する必要がある。

1日目の午前中に学生奨励賞対象の口頭発表をまとめて実施し、午後からポスター発表、続いて一般口頭発表と依頼講演1を実施した。依頼講演1では、この時期に来日が決まっていたProf. Koen Janssens (Univ. of Antwerp) に“Non-invasive X-ray Analysis and Chemical Imaging of 15-20th c. Paintings and Paints at the Macro, Micron and Nanoscale”というタイトルで講演をお願いし、いわゆるラボ装置のみならずシンクロトロン光を用いた微小部分分析も駆使し、また組成のみならずXANESを用いた結合状態の情報も利用した、パリ・ノートルダム寺院のステンドグラスや古代エジプトのパピルスに見られる色付き文字、さらにはレンブラントやムンクの絵画の評価結果が紹介された。なお、依頼講演1の前には文化財分析に関する口頭発表、後には「はやぶさ2」が持ち帰った「リュウグウ」の砂の蛍光X線分析結果に関する発表が続き、文化財から宇宙まで蛍光X線分析が幅広く活躍していることが示された。

1日目講演終了後、イーグレひめじに近接する宴会施設に場を移し、ミキサーを開催した。感染対策のため参加人数を制限し着席方式としたが、会場定員ぎりぎりの96名の参加があった。くじ引きで参加者の着席テーブルを指定したことで産官学の参加者が適当に分散し、また学生も研究室ごとに固まることなく、それぞれ交流を深めることができたと思う。また本会としては初めての試みで、プロジェクターを用いた協賛企業のショートプレゼンの時間を設け、協賛企業のプレゼンス向上に努めた。1時間半の短いミキサーであったが、参加者には満足いただけたと感じる。

2日目は終日、依頼講演2件を含む口頭発表セッションとした。午前中の依頼講演2では、桜井健次氏(元・物材機構)から「奥行き・広がりのある分析について」というタイトルで講演があった。桜井氏は、X線反射率法や蛍光X線分析のFP(ファンダメンタルパラメーター)法の装置開発や普及に長年尽力され、2年前に物材機構を定年退官後もフリーの立場で情報発信を続けておられる。講演では、これまで携わってこられた内容に加え、ビッグデータ解析やAI、更にはX線自由電子レーザーの活用など、今後の進展が期待される分野にも言及され、示唆深いものとなった。午後の依頼講演3では、森拓弥氏(コベルコ科研)から「二次電池分析における放射光計測・解析インフォマティクス」というタイトルで講演があった。電池材料は現在、1960~70年代の鉄鋼材料や1980~90年代の半導体材料を引き継ぎX線分析の評価対象の中心にあるが、世界的な技術競争は激しく材料解析においても動作中の変化をリアルタイムで計測するいわゆる「オペランド解析」のニーズが増えている。オペランド解析では大量のデータを処理解析する必要があるが、森氏からはリチウムイオン二次電池のオペランド解析の実例に関して詳しい紹介がなされた。本討論会の討論主題の1つに「計算科学との融合」を挙げたが、口頭発表、ポスター発表共に、理論計算と組み合わせたスペクトル解釈以

外に「秋間補間」や「ベイズ推定」などデータ処理に関係した内容も複数見られ、討論主題に沿った良い発表が集まったと感じる。

全発表終了後に「学生奨励賞」の発表と表彰が行われ、口頭発表1件とポスター発表3件が賞に選ばれた。受賞者と発表タイトルは、懇談会Webサイトに掲載済みである。表彰式後に学生アルバイトを含む全実行委員が壇上に並んで挨拶すると共に、次回(第59回)のX線分析討論会が東京都市大学・江場宏美先生のお世話で開催予定であることをアナウンスし、閉会した。

3年ぶりの対面開催ということで直近2年の実態を生かすことができず、7年前のアーカイブを参考にオンラインでの打合せもはさみながら手探りで運営を進めたが、参加者の方々から「やっぱり対面が良い」という言葉を何度もいただき、達成感は強い。来年は首都圏での開催でより多くの参加者が見込まれ、ウィズコロナが進んでさらに活発な討論が行われることが期待される。江場先生、頑張ってください!皆さん、ありがとうございました。

(第58回X線分析討論会実行委員長、  
(公財)高輝度光科学研究センター 上原 康)



## 第89回日本分析化学会有機微量分析研究懇談会 第119回計測自動制御学会力学量計測部会 第39回合同シンポジウム

今年度の標記合同シンポジウムは、2022年6月23日(木)および24日(金)の2日間にわたり、日本分析化学会、日本化学会、日本薬学会の協賛及び北海道大学創成研究機構グローバルファシリティーセンターの後援を得て、計測自動制御学会力学量計測部会との共催でオンライン開催いたしました。

新型コロナウイルス感染状況を鑑みて、昨年に続きオンラインでの開催となりましたが、多くの参加登録(74名)が全国から集まりました。2題の特別講演と16題の口頭発表が行われ、会期の終始にわたり、パソコンなどの画面越しにて活発な議論がされました。議論を通じて、有機微量分析及力学量計測および科学研究の今後の発展に対して有意義な交流と意見交換が行われ、盛会にて無事シンポジウム全般を閉会しました。

1日目の午前は、開会の辞に続いて、有機微量分析の研究分野を主とした4件の一般口頭発表と企業セッションが行われました。続いて昼食休憩中には、協賛企業によるオンライン形





式でのユーザーズミーティングが開催されました。午後は、30歳以下の若手4件の一般口頭発表が行われ、続いて、特別講演として北海道大学大学院薬学研究院の前仲勝実教授に「北大創薬センターのCOVID-19治療薬開発の現状と展望」の演題でご講演いただきました。現在パンデミックを引き起こしている感染症の最先端研究についてお話をいただき、大変興味深いご講演でした。

2日目の午前は、力学量計測分野とNMRなど有機化学に関する5件の一般口頭発表が行われたのち、1日目と同様、昼食休憩中に協賛企業によるユーザーズミーティングが開催されました。午後は、30歳以下の若手3件の一般口頭発表が行われ、最後に、特別講演として北海道大学名誉教授で関西学院大学生命環境学部教授の加藤昌子教授に「結晶なのに柔らかい(?)高秩序で柔軟な応答系—ソフトクリスタルの光機能」の演題でご講演いただきました。相反する単語が繋げられた物質命名となったご研究についてお話をいただき、大変興味深い講演でした。特別講演後は、会務報告ならびに閉会の辞を行い、コロナ禍の終息と来年度の現地開催を願いつつ、会は幕を閉じました。

なお、今大会では、口頭発表賞を参加者による投票と発表賞選考委員会により一般および若手(30歳以下)のベストオーラルプレゼンテーション賞を一演題ずつとオンライン特別賞が一演題選出され、選考委員長の栗木武男氏より発表されました。表彰式については、大会ホームページでの受賞者の掲載ならびに表彰状の郵送をもって代えさせていただきます。

また、ベストオーラルプレゼンテーション賞の一般の部は、榊 飛雄真氏(千葉大学)「水素結合部位を有する球状芳香族アミドの合成と結晶構造」が選ばれました。また、若手(30歳以下)の部は、石丸裕也氏(北海道大学)「2相系オルガノソルブ処理を用いたリグノセルロース系バイオマスの成分分離と

各成分の高度利用」が選ばれました。オンライン特別賞は、今布咲子氏(北海道大学)「共鳴X線回折手法でみる固体中電子の風変わりな秩序状態」が選ばれました。

標記合同シンポジウムは、昨年に続きオンライン開催となりました。開催方法決定のリミットまで、対策を講じて現地開催する方向で準備を進めましたが、感染症の猛威を鑑みて参加者の安全と安心を第一に考えた結果、オンラインに開催方式を変更いたしました。現地開催より3年遠ざかることのデメリットを軽減するため、協賛企業の協力を得て企業セッションやユーザーズミーティングにて企業情報を発信していただいたり、参加者の交流の場も大切にしたいと、例年会期終了後に行われる技術研修会をオンラインで行いました。オンライン技術研修会でも企業協賛いただき、ご協賛企業に改めて御礼申し上げます。

2度目のオンラインシンポジウムとなりましたが、実行委員会によるオンライン運営にて行いました。参加マニュアルの作成や発表及び聴講リハーサルを設けるなど事前準備を行いました結果、シンポジウム開催当日は大きな問題を生じることなく無事に開催することができました。

本年度のシンポジウムは終了しましたが、本シンポジウムの講演要旨集(3,000円)をご希望の方は、以下の連絡先までお問い合わせください。連絡先:武田希美(北海道大学創成研究機構, E-mail: ntakeda@gfc.hokudai.ac.jp)

最後に、本シンポジウム開催にあたり関係企業各社におかれましては、要旨集への広告掲載や企業セッション、ユーザーズミーティング、オンライン技術研修会などで多大なご協賛をいただきました。世情が厳しさを増す中、今年度もご支援いただきましたことに深く感謝申し上げます。

〔実行委員会 網塚 浩・武田希美〕

## 会員の拡充に御協力を!!

本会では、個人(正会員:会費年額9,000円+入会金1,000円、学生会員:年額4,500円)及び団体会員(維持会員:年額1口79,800円、特別会員:年額30,000円、公益会員:年額28,800円)の拡充を行っております。分析化学を業務としている会社や分析化学関係の仕事に従事している人などがお知り合いにおられましたら、ぜひ本会への入会を御勧誘くださるようお願い致します。

入会の手続きなどの詳細につきまして、本会ホームページ(<https://www.jsac.jp>)の入会案内をご覧ください。下記会員係までお問い合わせください。

◇〒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)日本分析化学会会員係

〔電話:03-3490-3351, FAX:03-3490-3572, E-mail: memb@jsac.or.jp〕

## 執筆者のプロフィール

(とびら)

津越 敬寿 (Takahisa TSUGOSHI)

(国研) 産業技術総合研究所 (〒305-8563 茨城県つくば市梅園 1-1-1 中央第3). 東京理科大学大学院理学研究科化学専攻. 博士(理学). 《現在の研究テーマ》発生気体分析/質量分析の高度化とその応用. 技能試験に関するマネジメントシステム. 《趣味》呑み歩き.

E-mail : tsugoshi.takahisa@aist.go.jp

(ミニファイル)

小林 文 (Jo KOBAYASHI)

大阪府立大学大学院工学研究科物質・化学系専攻化学工学分野 (〒599-8570 大阪府堺市中区学園町 1-2). 大阪府立大学工学域卒業. 学士(工学). 《現在の研究テーマ》1分子液滴による1分子制御化学プロセスの計測. 《趣味》筋トレ.

E-mail : sbb02051@st.osakafu-u.ac.jp

許 岩 (Xu YAN)

大阪公立大学大学院工学研究科物質化学系専攻化学工学分野 (〒599-8570 大阪府堺市中区学園町 1-2). 博士(工学). 《現在の研究テーマ》ナノ流体デバイスを核とするナノ化学システムの創成. 《主な著書》Xu Y. :

“Beyond Phenomena : Functionalization of Nanofluidics Based on Nano-in-Nano Integration Technology, in ‘21st Century Nanoscience —A Handbook, Exotic Nanostructures and Quantum Systems (Volume Five)’ pp13-1~13-18, (Taylor & Francis), (CRC Press, 2020). 《趣味》カラオケ, 料理, 散歩.

E-mail : xuy@omu.ac.jp

(トビックス)

山下 浩 (Hiroshi YAMASHITA)

愛媛大学大学院理工学研究科 (〒790-8577 愛媛県松山市文京町3). 愛媛大学大学院工学研究科修士修了. 工学博士. 《現在の研究テーマ》HIME カラムを用いた有用元素の分離回収技術開発. 不燃木材の開発.

E-mail : yamashita.hiroshi.mg@ehime-u.ac.jp

佐藤 久 (Hisashi SATOH)

北海道大学大学院工学研究院環境工学部門 (〒060-8628 北海道札幌市北区北13条西8丁目). 北海道大学大学院工学研究科都市環境工学専攻博士課程修了. 博士(工学). 《現在の研究テーマ》環境水中の微生物濃度を簡易に測定可能な手法の開発. 《趣味》料理, ジョギング, スキー, 川釣り.

E-mail : qsatoh@eng.hokudai.ac.jp

(リレーエッセイ)

鈴木 道生 (Michio SUZUKI)

東京大学大学院農学生命科学研究科応用生命化学専攻分析化学研究室 (〒113-8657 東京都文京区弥生 1-1-1). 東京大学大学院農学生命科学研究科博士課程修了. 博士(農学). 《現在の研究テーマ》バイオミネラルゼーションを中心にした生物無機化学研究. 《主な著書》“水産学シリーズ「水圏生物タンパク質科学の新展開」, 第4章「真珠の輝きを作るタンパク質—バイオミネラルゼーションの科学—」. 《趣味》散歩, 健康的に生きること.

E-mail : amichio@g.ecc.u-tokyo.ac.jp

(ロータリー・談話室)

齊藤 和憲 (Kazunori SAITOH)

日本大学生産工学部応用分子化学科 (〒275-8575 千葉県習志野市泉町 1-2-1). 日本大学大学院生産工学研究科(博士前期課程)工業化学専攻修了. 博士(理学). 《現在の研究テーマ》電気化学的手法を用いた高速液体クロマトグラフィーの高性能化に関する研究. 《主な著書》“分析化学/機器分析編(第2版)(基礎教育シリーズ)”, (分担執筆). 《趣味》キャンプ, ランニング.

E-mail : saitou.kazunori@nihon-u.ac.jp

## 原稿募集

ロータリー欄の原稿を募集しています

内容

談話室：分析化学, 分析方法・技術, 本会事業(会誌, 各種会合など)に関する提案, 意見, 質問などを自由な立場で記述したもの.

インフォメーション：支部関係行事, 研究懇談会, 国際会議, 分析化学に関連する各種会合の報告, 分析化学に関するニュースなどを簡潔にまとめたもの.

掲示板：分析化学に関連する他学協会, 国公立機関の主催する講習会, シンポジウムなどの予告・お知らせを要約したもの.

執筆上の注意

1) 原稿量は1200~2400字(但し, 掲示板は

400字)とします. 2) 図・文献は, 原則として使用しないでください. 3) 表は, 必要最小限にとどめてください. 4) インフォメーションは要点のみを記述してください. 5) 談話室は, 自由投稿欄ですので, 積極的発言を大いに歓迎します.

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

〒141-0031 東京都品川区西五反田 1-26-2

五反田サンハイツ 304号

(公社)日本分析化学会「ぶんせき」編集委員会

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

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. 同位体分析の基本的原理                     | 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 72 卷第 1・2 号  
2023 年 1 月

## 目 次

### 年間特集「流」：総合論文

- 共焦点顕微蛍光分光測定による多孔性粒子細孔内への分子拡散挙動の評価  
..... 宮川晃尚・中谷清治 1

### 年間特集「流」：報 文（若手初論文）

- 常呂川流域の公表値を活用した水系暴露解析モデルに基づく  
ふん便性大腸菌群の由来別汚濁の推計  
..... 工藤祥久・齋藤 剣・望月雄太・大倉慎介・宇都正幸 13
- 紫外線照射下での光分解反応速度の違いに基づく遊離塩素と結合塩素の  
FIA 同時定量 ..... 北條三奈・河野俊貴・棚田智大・飯山真充・高柳俊夫・水口仁志 25

### 総合論文

- 同時多波長分散型蛍光 X 線分析装置の開発と高精度化  
—原理検証からリチウムイオン電池正極材への応用まで— ..... 米田哲弥 33

### 報 文

- スマートフォンと試験紙を用いる次亜塩素酸の簡易定量法の開発  
..... 間中 淳・柴田慶之・武内義弥・古川奉史・袋布昌幹 45

### ノ ー ト

- 全反射蛍光 X 線分析法による迅速水質分析 ..... 宮崎里穂子・国村伸祐 51
- 平城京跡出土の奈良時代須恵器内面に存在したバイヤライト  
..... 大道公秀・橘田 規・椎野 博・清水文雄・西念幸江・小田裕樹・三舟隆之 57

- “第 22 回若手研究者の初論文特集” 募集のお知らせ ..... 63

- 「分析化学」 年間特集“流”の論文募集 ..... 64

- 「分析化学産業技術論文賞」のご案内 ..... 66

- テンプレートによる投稿要領 ..... 67

- 「分析化学」に投稿される皆様へ ..... 68

「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〉 本誌からの複製許諾は、(公社)日本複製権センターと包括複製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。

◇本号では、東京大学大学院の鈴木道生先生が「分析化学の守備範囲？」と題しリーエッセイをご寄稿されており、とびらでは関東支部長の津越敬寿先生が会員構成について語られております。どちらからもわかるように、分析化学とは大変広い領域であり、日本分析化学会には幅広い分野の方々が在籍されております。このように様々な専門領域の方々が一同に会す日本分析化学会は、大変多様性に富んだ組織であると言えることができ、これは日本分析化学会の強みの一つだと思います。

◇私事ですが、この2月をもって任期満了につき編集委員を退任します。多様性に富んだ原稿や編集委員の皆様と触れ合うことができ、大変勉強になった3年間でした。編集委員としての任務はCOVID-19の流行と共に始まったため、すべての編集委員会がWEBで開催されましたが、勝田編集委員長を始め、編集委員の皆様、事務局の皆様、また、ご執筆いただきました先生方には大変お世話になりました。至らぬ点がありご迷惑も多々お掛けいたしました。皆様のお陰で何とか3年間務めることが出来ました。この場を借りて心より御礼申し上げます。

[K. S.]

〈とびら〉

世界ランキングに思う……………渡慶次 学

〈入門講座〉 分離技術：原理から最新技術まで

膜分離……………赤松 憲樹

〈解 説〉

NMRによる正しい構造解析に必要な

知識と心掛け……………越野 広雪

〈ミニファイル〉 マイクロ・ナノの分析化学

表面加工（マイクロ・ナノ構造形成）……………梅村 知也

〈話 題〉

技能試験に使用する統計的方法……………鈴木 知道

◇ 編 集 委 員 ◇

〈委員長〉 勝田正一 (千葉大院理)	東海林 敦 (東京薬科大薬)	菅 寿美 (海洋研究開発機構)
〈副委員長〉 菅沼こと (帝人 株)	村居景太 (株共立理化学研究所)	
〈理事〉 津越敬寿 (産業技術総合研究所)	稲川有徳 (宇都宮大院地域創生科学)	岩井貴弘 (株日立製作所)
〈幹事〉 坂牧寛 (化学物質評価研究機構)	齊藤和憲 (日本大学生産工)	高橋あかね (オルガノ 株)
富岡賢一 (三菱マテリアル株)	谷合哲行 (千葉工業大先進工)	照井教文 (一関高専)
〈委員〉 市場有子 (ライオン 株)	中原佳夫 (和歌山大システム工)	野間誠司 (佐賀大農)
岡村浩之 (日本原子力研究開発機構)	堀田弘樹 (神戸大院海事科学)	松神秀徳 (国立環境研究所)
田中佑樹 (千葉大院薬)	宮下振一 (産業技術総合研究所)	森 勝伸 (高知大理工)
永谷広久 (金沢大院自然科学)	山崎由貴 (国立医薬品食品衛生研)	
福島健 (東邦大薬)		
三浦篤志 (北大院理)		
森山孝男 (株リガク)		

☑ 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 2023年 第2号 (通巻578)

2023年2月1日印刷

2023年2月5日発行

定価1,000円

編集兼発行人 公益社団法人 日本分析化学会

印刷所 〒173-0025 東京都板橋区熊野町13-11

株式会社 双文社印刷

発行所 〒141-0031 東京都品川区西五反田1-26-2

五反田サンハイツ304号

公益社団法人 日本分析化学会

電話 総務・会員・会計: 03-3490-3351

編集: 03-3490-3537

FAX: 03-3490-3572

振替口座: 00110-8-180512

© 2023, The Japan Society for Analytical Chemistry

購読料は会費に含まれています。

## 2023 年度液体クロマトグラフィー (LC) 分析士 初段認証試験実施のお知らせ

標記につき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 2023 年 3 月 20 日 (月) 14 時～16 時

会場 五反田文化会館〔東京都品川区西五反田 1-32-2, 交通: JR・都営地下鉄「五反田」駅より徒歩 3 分〕

初段資格のイメージ 各種分析士に共通するものとして、「指示をすれば一人で分析できるレベル。当該分析・測定技術に関する基礎的知識及び関連する法令に関する知識を有する。」と規定されます。液体クロマトグラフィー分析士においては「クロマトグラフィーや HPLC に関する基礎的知識と原理に対する理解が十分ある」ことが求められます。なお、試験問題としては科学の各分野並びに化学・分析化学一般に関する知識を問う内容が約 50 % 含まれます。

受験料 5,500 円 (合格者は登録料 2,200 円を別途申し受けます)。先着 65 名。請求書と領収書の発行はいたしません。

申込方法 受験料の銀行振込後、専用ホームページ (<https://forms.gle/2YxBdcDTQ3am21Ye6>) にアクセスして必要事項を入力してください。

申込締切 3 月 10 日 (金) 15 時。会場に定員制限がありますので、入金順に受験番号を発行します。なお、中止した 2021 年度の LC 分析士初段試験に受験料を納入された方の受験料は不要ですが、連絡事項に当時通知された受験番号を明記してください。

振込銀行口座 りそな銀行五反田支店普通預金 0802349 名義: 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 ((シヤ)ニホンブンセキカガクカイエキタイクロマトグラフィー)。複数名の受験料を一括で振込まれた場合は、その旨と受験者のお名前を専用ホームページ内に記入してお知らせください。一度お振込いただいた受験料は返却しません。万一、コロナ禍等で試験が中止された場合には、次回の受験料を免除します。

問合せ先 (公社)日本分析化学会・LC 研究懇談会・分析士認証専門部会 [nakamura@jsac.or.jp]

## 2023 年度液体クロマトグラフィー (LC) 分析士 二段認証試験実施のお知らせ

標記につき、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 2023 年 3 月 23 日 (木) 14 時～16 時

会場 五反田文化会館〔東京都品川区西五反田 1-32-2, 交通: JR・都営地下鉄「五反田」駅より徒歩 3 分〕

二段資格のイメージ 各種分析士に共通するものとして、「手順書、作業マニュアル、規格を見れば、自分で計画して業務を遂行できるレベル。当該分析・測定技術に関連する物理、化学、生物、電気、機械等の基礎知識を有し、装置等の日常点検、保守等も行える。」と規定されます。液体クロマトグラフィー分析士においては「HPLC 装置とそれぞれのパーツの内容や原理の理解が十分にある。HPLC を用いた試験について、正確な操作を行うことができる。簡単な部品の交換が自分でできる。」ことが求められます。なお、試験問題としては科学の各分野並びに化学・分析化学一般に関する知識を問う内容が約 40 % 含まれます。

受験料 6,600 円 (合格者は登録料 3,300 円を別途申し受けます)。先着 65 名。請求書と領収書の発行はいたしません。

受験資格 受験できる方はこれまでに行われた液体クロマトグラフィー分析士初段試験に合格し、登録された方に限ります。

申込方法 受験料の銀行振込後、専用ホームページ (<https://forms.gle/X4YxSX2kjohLEaL6A>) にアクセスして必要事項を入力してください。

申込締切 3 月 13 日 (月) 15 時。会場に定員制限がありますので、入金順に受験番号を発行します。

振込銀行口座 りそな銀行五反田支店普通預金 0802349 名義: 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 ((シヤ)ニホンブンセキカガクカイエキタイクロマトグラフィー)。一度お振込いただいた受験料は返却しません。万一、コロナ禍等で試験が中止された場合には、次回の受験料を免除します。

問合せ先 (公社)日本分析化学会・LC 研究懇談会・分析士認証専門部会 [nakamura@jsac.or.jp]

## 2023 年度 LC/MS 分析士 初段認証試験実施のお知らせ

標記につき、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 2023 年 3 月 28 日 (火) 14 時～16 時

会場 五反田文化会館〔東京都品川区西五反田 1-32-2, 交通: JR・都営地下鉄「五反田」駅より徒歩 3 分〕

初段資格のイメージ 各種分析士に共通するものとして、「指示をすれば一人で分析できるレベル。当該分析・測定技術に関する基礎的知識及び関連する法令に関する知識を有する。」と規定されます。LC/MS 分析士においては「クロマトグラフィーや LC/MS に関する基礎的知識と原理に対する理解が十分にある」ことが求められます。なお、試験問題としては科学の各分野並びに化学・分析化学一般に関する知識を問う内容が約 50 % 含まれます。

受験料 5,500 円 (合格者は登録料 2,200 円を別途申し受けます)。先着 65 名。請求書と領収書の発行はいたしません。

申込方法 受験料の銀行振込後、専用ホームページ (<https://forms.gle/Ukdbcrun9s7qd9tq9>) にアクセスして必要事項を入力してください。

申込締切 3 月 16 日 (木)。会場に定員制限がありますので、入金順に受験番号を発行します。なお、中止した 2021 年度の LC/MS 分析士初段試験に受験料を納入された方の受験料は不要ですが、連絡事項に当時通知された受験番号を明記してください。

振込銀行口座 りそな銀行五反田支店普通預金 0802349 名義: 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 ((シヤ)ニホンブンセキカガクカイエキタイクロマトグラフィー)。一度お振込いただいた受験料は返却しません。万一、コロナ禍等で試験が中止された場合には、次回の受験料を免除します。

問合せ先 (公社)日本分析化学会・LC 研究懇談会・分析士認証専門部会 [nakamura@jsac.or.jp]

## 2023 年度 LC/MS 分析士 二段認証試験実施のお知らせ

標記につき、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 2023 年 3 月 30 日 (木) 14 時～16 時

会場 五反田文化会館〔東京都品川区西五反田 1-32-2, 交通: JR・都営地下鉄「五反田」駅より徒歩 3 分〕

二段資格のイメージ 各種分析士に共通するものとして、「手順書、作業マニュアル、規格を見れば、自分で計画して業務



を遂行できるレベル。当該分析・測定技術に関連する物理、化学、生物、電気、機械等の基礎知識を有し、装置等の日常点検、保守等も行える。」と規定されます。LC/MS分析士においては「LC/MS装置とそれぞれのパーツの内容や原理の理解が十分にある。LC/MSを用いた試験について、正確な操作を行うことができる。簡単な部品の交換が自分で行うことができる。」ことが求められます。なお、試験問題としては科学の各分野並びに化学・分析化学一般に関する知識を問う内容が約40%含まれます。

**受験料** 6,600円（合格者は登録料3,300円を別途申し受けます）。先着65名。請求書と領収書の発行はいたしません。

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

**申込方法** 受験料の銀行振込後、専用ホームページ (<https://forms.gle/eYfonYcDFUBj4try8>) にアクセスして必要事項を入力してください。

**申込締切** 3月20日（月）15時。会場に定員制限がありますので、入金順に受験番号を発行します。

**振込銀行口座** りそな銀行五反田支店普通預金0802349 名義：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（（シャ）ニホンブンセキカガクカイエキタイクマトグラフィー）。なお、一度お振込いただいた受験料は返却しません。万一、コロナ禍等で試験が中止された場合には、次回の受験料を免除します。

**問合先** （公社）日本分析化学会・LC研究懇談会・分析士認証専門部会 [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20回ホスト・ゲスト・超分子化学シンポジウム

**主催** ホスト・ゲスト・超分子化学研究会

**期日** 2023年6月17日（土）・18日（日）

**会場** 東京都立大学南大沢キャンパス

**ホームページ** <https://20hostguest.wixsite.com/my-site>

**連絡先** 〒192-0397 東京都八王子市南大沢1-1 東京都立大学大学院都市環境科学研究科 久保由治〔電話・FAX：042-677-3134, E-mail：yujik@tmu.ac.jp〕

#### 第60回アイソトープ・放射線研究発表会

**主催** （公社）日本アイソトープ協会

**期日** 2023年7月5日（水）～7日（金）

**会場** 東京都内会場（予定）

**ホームページ** <https://confit.atlas.jp/jrias2023>

**連絡先** 〒113-8941 東京都文京区本駒込2-28-45 日本アイソトープ協会 学術振興部学術課内 第60回アイソトープ・放射線研究発表会事務局〔電話：03-5395-8081, FAX：03-5395-8053, E-mail：happyokai@jrias.or.jp〕

#### 第13回国際膜会議

The 13th International Congress on Membranes and Membrane Processes

**主催** （一社）日本膜学会

**期日** 2023年7月9日（日）～14日（金）

**会場** 幕張メッセ

**ホームページ** <http://icom2023.jp/>

**連絡先** 事務局 [E-mail：icom\_2023@nta.co.jp]

#### 「分析化学」年間特集「流」の論文募集

「分析化学」編集委員会

本特集では「流」をキーワードとして分析化学における基礎・応用を含めて幅広い観点で見渡し、分析化学が担う役割を社会に向けて発信することを目的としています。審査を通過した論文は単行の特集号を除く「分析化学」第72巻（2023年）合併号の冒頭に掲載する予定です。なお、詳細は「分析化学」誌の12号及びホームページをご参照ください。

**特集論文の対象**：「流」に関連した分析化学的な基礎・応用に関する論文。例を以下に示します。1) 液体や気体などの流れを利用した分析装置や分析手法の開発・応用、2) 連続的に流れている河川や大気などの分析に関する研究、3) 製造ラインなどの流れの中で利用する分析法の開発・応用、4) 電子の流れを計測する電気分析化学的研究、5) 原子・分子の流れを扱うシミュレーションを活用した分析化学的研究。

**特集論文原稿締切**：2023年4月28日（金）（第3期）

【ア行】	【ハ行】	製品ガイド…………… A11 ~ 16
(株)エス・ティ・ジャパン…………… A3	(株)日立ハイテクサイエンス…………… A8	製品紹介ガイド…………… A6 ~ 7
【サ行】	フリッチュ・ジャパン(株)…………… 表紙 4	
(株)島津製作所…………… 表紙 3	フロンティア・ラボ(株)…………… A9	
【タ行】	【マ行】	
東亜ディーケーケー(株)…………… A1	室町ケミカル(株)…………… 表紙 2	
【ナ行】	【ヤ行】	
日本分光(株)…………… A2	安井器械(株)…………… A4	

# 新規会員募集中!!

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

公益社団法人 **日本分析化学会** 会員係

〒141-0031 東京都品川区西五反田1-26-2 五反田サンハイツ304号  
TEL : 03-3490-3351 FAX:03-3490-3572  
E-MAIL : memb@jsac.or.jp

<h2 style="text-align: center;">原子スペクトル分析</h2>	<p>高速液体クロマトグラフ Chromaster 5610 質量検出器 (MS Detector)            (株)日立ハイテックサイエンス  <a href="https://www.hitachi-hightech.com/hhs/">https://www.hitachi-hightech.com/hhs/</a>            E-mail: hhs-info.fy.ml@hitachi-hightech.com</p>
<p>各種水銀測定装置            日本インスツルメンツ(株)            電話072-694-5195 営業グループ  <a href="https://www.hg-nic.co.jp">https://www.hg-nic.co.jp</a></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  <a href="https://www.muro-chem.co.jp/">https://www.muro-chem.co.jp/</a></p>
<h2 style="text-align: center;">分子スペクトル分析</h2>	<h2 style="text-align: center;">電気化学分析</h2>
<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  <a href="https://www.systems-eng.co.jp/">https://www.systems-eng.co.jp/</a>            E-mail: info@systems-eng.co.jp</p>	<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  <a href="https://www.metrohm.jp">https://www.metrohm.jp</a></p>
<p>紫外可視近赤外分光光度計 UH4150 AD+            高感度分光蛍光光度計 F-7100            (株)日立ハイテックサイエンス  <a href="https://www.hitachi-hightech.com/hhs/">https://www.hitachi-hightech.com/hhs/</a>            E-mail: hhs-info.fy.ml@hitachi-hightech.com</p>	<h2 style="text-align: center;">質量分析</h2>
<p>フーリエ変換赤外分光光度計 FT/IR-4X            リサーチグレードでありながら、ダウンサイジングを追求            日本分光(株) 電話 042-646-4111(代)  <a href="https://www.jasco.co.jp">https://www.jasco.co.jp</a></p>	<p>MALDI-TOF(/TOF), ESI-QTOF, FT-ICR,            LC-MS/MS, GC-MS/MS            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>
<h2 style="text-align: center;">レーザー分光分析</h2>	<h2 style="text-align: center;">熱分析</h2>
<p>レーザーアブレーション LIBS 装置 J200            伯東(株)システムプロダクツカンパニー            電話 03-3355-7645 <a href="https://www.g5-hakuto.jp">https://www.g5-hakuto.jp</a>            E-mail: info@g5-hakuto.jp</p>	<p>小型反応熱量計 SuperCRC            少量で高感度・高精度な反応熱量測定を実現            最適化・スケールアップ・安全性評価            (株)東京インスツルメンツ            電話 03-3686-4711 <a href="https://www.tokyoinst.co.jp">https://www.tokyoinst.co.jp</a></p>
<h2 style="text-align: center;">NMR・ESR・磁気分析</h2>	<h2 style="text-align: center;">分析装置・関連機器</h2>
<p>NMR スペクトル解析ソフトウェア Mnova            (株)リアクト 担当: 化学事業部 梅本            電話 045-567-6633            E-mail: umemoto@react-corp.com  <a href="https://www.react-corp.com/">https://www.react-corp.com/</a></p>	<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  <a href="http://www.aqualab.co.jp">http://www.aqualab.co.jp</a></p>
<h2 style="text-align: center;">クロマトグラフィー</h2>	<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&amp;フューズサンブラ            (株)アメナテック  <a href="http://www.amena.co.jp">http://www.amena.co.jp</a></p>
<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            一般財団法人化学物質評価研究機構 クロマト技術部  <a href="http://www.cerij.or.jp">www.cerij.or.jp</a> E-mail: chromat@ceri.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) <a href="http://www.alphasience.jp/">http://www.alphasience.jp/</a>            電話 03-3814-1374 FAX 03-3814-2357            E-mail: alpha@m2.pbc.ne.jp</p>
<p>UV吸収のない化合物までしっかりフラクション            UVとELSDを内蔵した一体型ダブルトリガー分取装置            日本ビュッヒ(株) 電話 03-3821-4777  <a href="https://www.buchi.com/ja">https://www.buchi.com/ja</a></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) <a href="https://www.oceanphotonics.com">https://www.oceanphotonics.com</a></p>



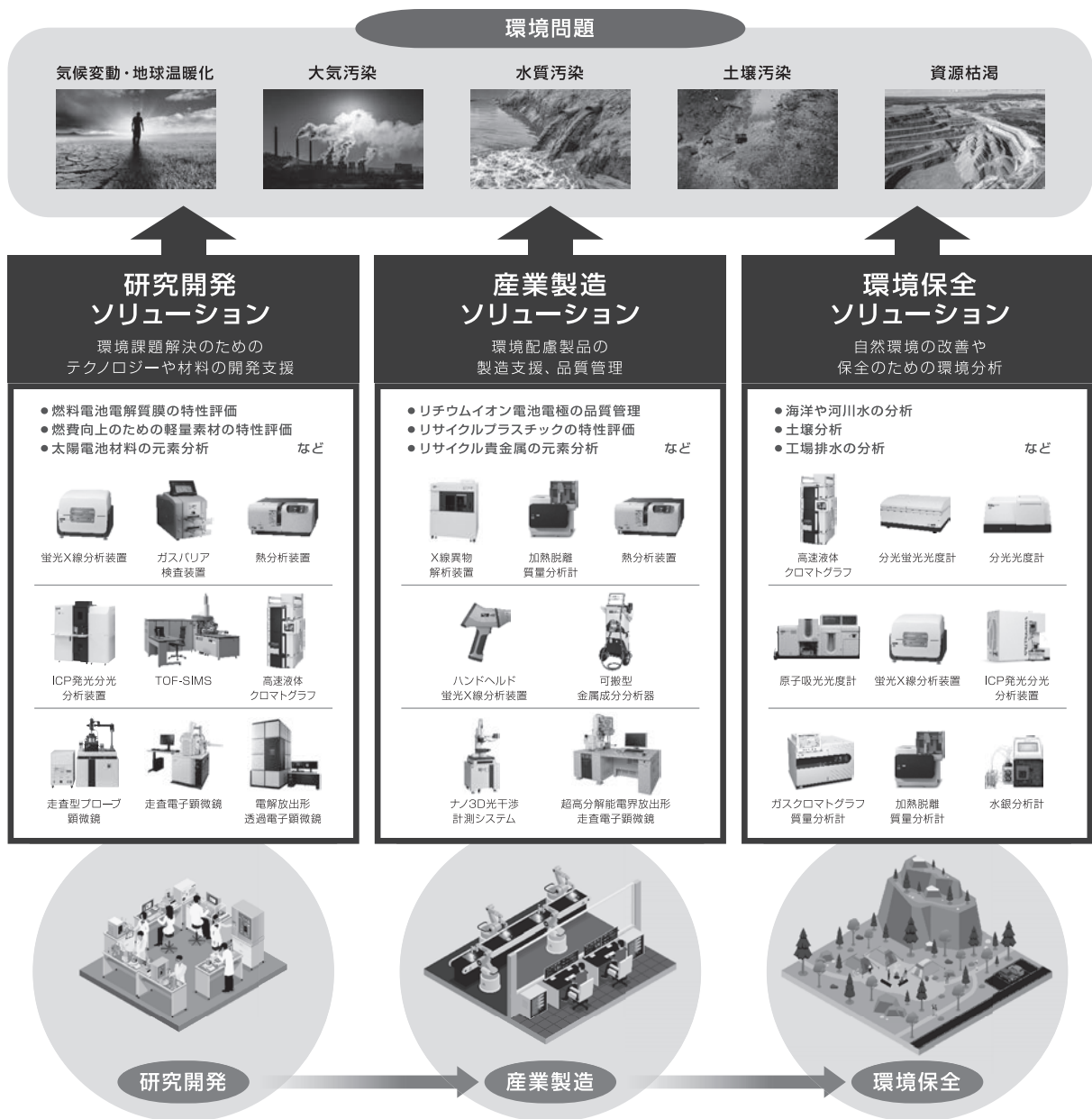
電位差自動滴定装置・カールフィッシャー水分計・密度比重計・屈折計・粘度計・水銀測定装置・熱計測機器・大気分析装置・水質分析装置・排ガス分析装置 京都電子工業(株) 東京支店 03-5227-3151 <a href="https://www.kem.kyoto/">https://www.kem.kyoto/</a>
オンライン・プロセス分析計 滴定・水分・イオンクロマト・近赤外・VA/CVS メトロームジャパン(株) ※デモ機あります。 <a href="https://www.metrohm.jp">https://www.metrohm.jp</a>
秒速粉碎機 マルチピースショッカー® ディスポ容器で岩石・樹脂・生体等の凍結粉碎も可能。 分析感度UP, 時間短縮, 経費節減に貢献。 安井器械(株) 商品開発部 <a href="http://www.yasuikikai.co.jp/">http://www.yasuikikai.co.jp/</a>
<b>研究室用設備機器</b>
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 <a href="https://www.bright-jp.com">https://www.bright-jp.com</a> E-mail: info@bright-jp.com
<b>試薬・標準試料</b>
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 <a href="https://www.kanto.co.jp">https://www.kanto.co.jp</a>
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 <a href="https://www.goodfellow-japan.jp">https://www.goodfellow-japan.jp</a>
X 線回折実験等に使える『高度精製タンパク質試料』 グルコースイソメラーゼ, $\alpha$ アミラーゼほか (株)コンフォーカルサイエンス 電話 03-3864-6606 <a href="http://www.confsci.co.jp">http://www.confsci.co.jp</a>
信頼性確保に重要な認証標準物質 (CRM) 標準物質のご用命は シグマアルドリッチジャパン(同) テクニカルサービス 電話 03-4531-1140 E-mail: jpts@merckgroup.com
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) <a href="https://www.seishin-syoji.co.jp">https://www.seishin-syoji.co.jp</a>
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 <a href="https://www.shibayama.co.jp">https://www.shibayama.co.jp</a> 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)

薄層クロマトグラフィー (TLC) のリーディングカンパニーとして最高レベルの品質と豊富な担体・サイズ・支持体のプレートをご用意しています。 メルク(株) テクニカルサービス 電話 03-4531-1140 E-mail: jpts@merckgroup.com
<b>書籍</b>
Pythonで始める 機器分析データの解析とケモメトリックス 森田成昭 著 A5判 216頁 定価3,300円 (税込) (株)オーム社 <a href="https://www.ohmsha.co.jp">https://www.ohmsha.co.jp</a>
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 <a href="https://www.sankyoshuppan.co.jp/">https://www.sankyoshuppan.co.jp/</a>
Primary大学テキスト これだけはおさえたい化学 改訂版 大野公一・村田滋・齊藤幸一 他著 B5判 248頁 フルカラー 定価2,530円 (税込) 大学初年次での化学を想定。高校の復習から大学に必要な知識へのテキスト。 実教出版(株) 電話03-3238-7766 <a href="https://www.jikkyo.co.jp/">https://www.jikkyo.co.jp/</a>
Pyrolysis-GC/MS Data Book of Synthetic Polymers 合成高分子の熱分解 GC/MS ハンドブック Tsuge, Ohtani, Watanabe 著 定価31,900円 (税込) 163種の合成高分子の熱分解 GC/MS, また 33種の縮合系 高分子には反応熱分解 GC/MS も測定したデータ集。 (株)デジタルデータマネジメント 電話 03-5641-1771
TOF-SIMS: Surface Analysis by Mass Spectrometry John C. Vickerman and David Briggs 著 B5・定価51,700円 (税込) 二次イオン質量分析法の装置と試料の取扱い, 二次イオン 形成のメカニズム, データ解析アプリケーション例など (株)デジタルデータマネジメント 電話 03-5641-1771
Surface Analysis by Auger and X Ray Photoelectron Spectroscopy David Briggs and John T. Grant 著 B5・定価51,700円 (税込) 表面分析に欠かせない AES と XPS 法の原理, 装置, 試料の扱い, 電子移動と表面感度, 数量化, イメージング, スペクトルの解釈など。 (SurfaceSpectra, Ltd.) (株)デジタルデータマネジメント 電話 03-5641-1771
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 <a href="https://www.maruzen-publishing.co.jp">https://www.maruzen-publishing.co.jp</a>
<b>不確かさセミナー</b>
演習中心で解り易いと評判の「不確かさ」セミナー 開催中! 日本電気計器検定所 (JEMIC) 電話 03-3451-1205 <a href="https://www.jemic.go.jp">https://www.jemic.go.jp</a> E-Mail: kosyukai-tyk@jemic.go.jp
「本ガイド欄」の掲載については下記にご連絡ください。 株明報社 電話 03-3546-1337 FAX 03-3546-6306 E-mail: info@meihosha.co.jp

# 持続可能な将来を支える日立ハイテクの先端機器

HITACHI High-Tech's advanced instruments support sustainable future.

自然環境と社会発展が共存するサステナブル社会の構築を目指し、  
私たち日立ハイテクは、機器分析で、  
“研究開発”、“産業製造”、“環境保全”を支援します。



◎ 株式会社 日立ハイテク ◎ 株式会社 日立ハイテクサイエンス

本社 〒105-6409 東京都港区虎ノ門一丁目17番1号 虎ノ門ヒルズ ビジネスタワー 電話03-3504-6111

インターネットでも製品紹介しております。

URL [www.hitachi-hightech.com/jp/science/](http://www.hitachi-hightech.com/jp/science/)

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

- 室温から1050°Cまでの幅広い温度領域を任意設定
- 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

## 新製品

目的に合わせて選べる周辺装置で分析業務をサポート

- ✓ メンテナンス性が向上！  
より使いやすくなった  
**自動分析用オートサンプラー AS-2020E**

- ✓ ライブラリー登録数が大幅増！  
ポリマー・添加剤を瞬時に同定できる  
**マススペクトル検索ソフトウェア F-Search**

- ✓ 簡単操作でパワフル！  
各種試料の粉碎・攪拌・分散に最適な  
**卓上可搬型 凍結粉碎装置 IQ MILL-2070**

- ✓ 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**

本号の製品ガイド  
でご紹介！



製品情報

## 最新のアプリケーション

280報を超える多彩なアプリケーションでユーザーをサポート

- Py-GC/MS分析における水素キャリアーガスの影響
- マイクロプラスチックの分析

ほか



テクニカルノート

**フロンティア・ラボ 株式会社**

お気軽にお問い合わせください  
[www.frontier-lab.com/jp](http://www.frontier-lab.com/jp) [info@frontier-lab.com](mailto:info@frontier-lab.com)

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



# 分析化学教育用ビデオ(DVD版)

●好評をいただいたビデオシリーズをDVDとしました



好評  
発売中

全4巻

監修：公益社団法人日本分析化学会

定価  
(各巻) [一般] 30,000円(税別,送料込)  
[(公社)日本分析化学会会員]  
25,000円(税別,送料込)

現在お持ちのビデオを返送いただいた方は  
10,000円(税別,送料込)

1巻  
17分

## 容量分析法

容量分析の原理	中和滴定の操作方法
標準溶液の作り方	酸化還元滴定の操作方法
器具の操作方法	滴定の応用



[1巻] 容量分析の原理

2巻  
22分

## 吸光光度分析法

溶液の色は、溶けているものと どんな関係?	精度の高い吸光光度定量を 行うための留意点は?
吸収の大きさと、溶液濃度 及びセルの厚さとの関係は?	吸光光度法の特色は?
吸光度の測定方法と 装置の操作方法は?	どのような所で使われているのか?



[2巻] 吸光度の測定方法と  
装置の操作方法は?

3巻  
18分

## ガスクロマトグラフ分析法

クロマトグラフィーとは	ガスクロマトグラムの構造
クロマトグラフィーの原理	分析操作
クロマトグラムの読み方	定性分析と定量分析



[3巻] クロマトグラフィーとは

6巻  
27分

## ICP 発光分光分析法

発光分光分析の原理	プラズマへの試料導入
発光分光分析装置	スペクトル干渉
ICPについて	分析操作



[6巻] プラズマへの試料導入

お問い合わせ・ご注文は

(公社)日本分析化学会 教育用ビデオ係

〒141-0031

東京都品川区西五反田 1-26-2 五反田サンハイツ 304号

Tel 03-3490-3351

Fax 03-3490-3572

Mail dvds@jsac.or.jp

# 製品ガイド

■本製品ガイドに掲載の製品に関するカタログ・資料請求は…

直接広告掲載会社へご連絡いただくか、下の資料請求用紙にご記入の上、広告取扱会社(株)明報社まで FAX にてお送りください。

(株)明報社『ぶんせき』係行 ぶんせき 2023 年 2 月号

FAX.03-3546-6306

## 資料請求用紙

年 月 日

ご 請 求 者	住所	□□□-□□□□
	会社名	
	所属	
	フリガナ	
	氏名	
	TEL ( ) - ( ) E-mail:	FAX ( ) - ( )

資料ご希望の節は下記請求番号(製品横の数字)に○印をお付けください。

No.	No.	No.	No.
1	5	9	13
2	6	10	14
3	7	11	15
4	8	12	

1 X線分析・電子分光分析

デスクトップX線回折装置 MiniFlex



ノートPC (タッチパネルディスプレイ対応可) はオプション

粗大粒子や配向の影響を低減して  
同定が可能に

特長

- 高速1次元・2次元検出器により、従来比約100倍の検出効率を実現
- 2次元検出器を用いることで、粗大粒子や配向の影響を低減して同定が可能
- 強力な600Wの出力を保持しながら、冷却装置を内蔵 (外置きも選択可)

価格はお問い合わせください

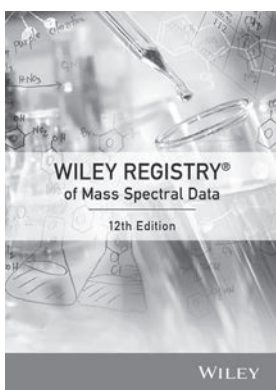
- 高速検出器と試料自動交換装置のコンビネーションによる高速連続測定
- 検出器モノクロメーターによる試料の構成元素を選ばない測定
- 充実のアクセサリ：電池材料の測定にも対応

株式会社リガク

TEL:03-5312-7077 FAX:03-5312-7078  
URL: <https://www.rigaku.com>

2 コンピュータ・データ処理

Wiley Registry 質量スペクトルデータベース



Wiley Registry 第12版

約67万個の化合物について、約82万件のEISペクトルを収録したGC-MS用質量スペクトルデータベース。

価格 (税込)

1,424,500円 (新規)  
995,500円 (旧版からのアップグレード)

※両製品とも、価格は予告なく変更する場合がございます。

仕様 (各製品共通)

USB (買取、1インストール)  
Windows 10対応PC  
主要メーカーの質量分析ソフトに対応。

Wiley Registry 第12版/NIST20

Wiley Registry 第12版とNIST20のデータを統合した、世界最大級の網羅性を誇る質量スペクトルデータベース。

価格 (税込)

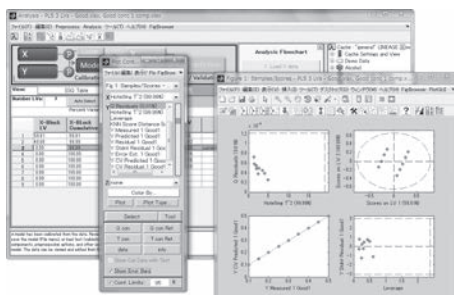
1,733,600円 (新規)  
1,186,900円 (旧版からのアップグレード)

化学情報協会

科学データ情報室 担当: 江田  
TEL: 03-5978-3622 FAX: 03-5978-3600  
E-mail: [crystal@jaici.or.jp](mailto:crystal@jaici.or.jp)

3 コンピュータ・データ処理

PLS\_Toolbox, 8/MIA\_Toolbox 3 (ケモメトリックスソフトウェア)



特長

データの管理と分析、モデルの作成と結果の解釈用のグラフィックインターフェイスを提供します。いろいろなデータソースからデータをインポートし、データセットのオブジェクトを組み立ててできます。

- ★データの探求とパターン認識 (主成分分析、PARAFAC、MCR、純度)
- ★分類 (SIMCA、PLS判別分析、クラスター解析、デンドグラムを持つクラスター解析)
- ★回帰モデリング (PLS、主成分回帰、重回帰)
- ★高度なグラフィックによるデータセットの編集と視覚化ツール

PLS\_Toolbox (MATLAB用アドイン)  
定価 (税込): 385,000円/143,000円 (一般/教育)

MIA\_Toolbox (MATLAB用アドイン)  
定価 (税込): 209,000円/93,500円 (一般/教育)

Solo (スタンドアロン)  
定価 (税込): 539,000円/220,000円 (一般/教育)

- ★netCDF (Mass) のインポート
  - ★高度な前処理 (中央化、スケーリング、スムージング、微分)
- (製作元: Eigenvector Research Inc.)

株式会社 デジタルデータマネジメント

TEL:03-5641-1771 FAX:03-5641-1772  
URL: <http://www.ddmcorp.com>

4 熱分析

顕微鏡用大型試料冷却加熱ステージ (電圧印加可能) 10084/10084L



特長

相転移挙動の観察に最適な冷却加熱ステージです。  
スライド式の上蓋は試料交換と観察中の作業を軽減させる操作性で高い評価を頂いています。  
電圧印加用のリモコネクターを備えていますので、温度制御された試験セルに電圧をかけ、温度と電圧印加した時の変化を観察する事ができます。

本体価格: お問い合わせください

仕様

- ・ 温度範囲: 10084型/室温~+420℃  
10084L型/-100℃~+420℃
- ・ 試料サイズ (MAX):  
42mm×53mm×厚さ3mm
- ・ 備考: 液晶等の電圧印加に最適 (リモコネクター付)
- 詳しくは当社HPよりご覧下さい

ジャパンハイテック株式会社

TEL:043-226-3012 FAX:043-226-3013  
URL: <https://www.jht.co.jp>



5 熱分析 顕微鏡用加熱ステージ 10016/10042D



**特長**  
 大気、不活性ガス雰囲気（10042Dは真空も可）で使用出来るこのステージは1000℃以上の高温域においてもハレーションの影響を受ける事無くクリアな観察が可能です。

**仕様**  
 ・温度範囲：室温～+1500℃  
 ・試料サイズ(MAX)：直径5mm×厚さ1mm  
 ・温度精度：±1℃  
 ・雰囲気：10016型/大気、不活性ガス  
 10042D型/真空、大気、不活性ガス  
 ●詳しくは当社HPよりご覧下さい

本体価格：お問い合わせください

ジャパンハイテック株式会社  
 TEL.043-226-3012 FAX.043-226-3013  
 URL: <https://www.jht.co.jp>

6 熱分析 顕微鏡用ペルチェ式冷却加熱ステージ 10030/10014/10021



**特長**  
 スライドガラスに載せたサンプルをそのまま冷却加熱できるペルチェ式の冷却加熱ステージです。  
 温度調整された冷却水を流す事で-40℃～+120℃の範囲で冷却加熱が可能です。電圧印加が可能なタイプ（10014）、倒立顕微鏡へ設置可能なタイプ（10021/ 試料サイズ30mm×35mm×厚さ1mm）がございます。

**仕様**  
 ・温度範囲：  
 10030型/-20(-40)℃～+120℃  
 10014型/-20(-40)℃～+120℃  
 10021型/-20℃～+120℃  
 ※-40℃～は水温調整機能付水循環ユニット使用時  
 ●詳しくは当社HPよりご覧下さい

本体価格：お問い合わせください

ジャパンハイテック株式会社  
 TEL.043-226-3012 FAX.043-226-3013  
 URL: <https://www.jht.co.jp>

7 熱分析 TRIDENT



**特長**  
 熱伝導率 (0.01-500W/mK) を画期的な手法で簡単にそして迅速に測定できる装置です。  
 改良された非定常平面熱源 (modified transient plane source) を用いているTRIDENT/MTPSは、センサー表面を絶縁処理することにより、粉末・液体・固体・ペースト試料の熱伝導率を3秒以内に測定できます。  
 この画期的な測定手法は、熱物理特性の知見を必要とする幅広い分野（研究開発やQC）に貢献します。

**仕様**  
 ●センサー：MTPS (改良非定常平面熱源) センサー  
 ●熱伝導率範囲：0.01～500 W/mK  
 ●センサー形状：φ17.8mm  
 ●温度範囲：-50～200℃  
 ●加熱サイクル時間：0.8～3秒以内  
 ●サンプル形状：固体、粒状物質、粉末、スラリー、ゲル、ペースト

価格はお問い合わせください

株式会社リガク  
 TEL.03-5312-7077 FAX.03-5312-7078  
 URL: <https://www.rigaku.com>

8 熱分析 示差走査熱量計 Thermo plus EVO2 DSCvesta



**特長**  
 炉体構造を一新し、業界最高クラスの測定温度範囲を実現。微小なピークも見逃さない低ノイズ・高感度性能を有し、冷却や試料観察の各ユニットの付け外しも簡単に拡張性に優れています。

**仕様**  
 ●測定レンジ：±400 mW  
 ●柔軟なシステム拡張性：試料観察ユニット、ダイナミックDSC、オートサンプルチェンジャー  
 ●多彩な冷却ユニット：電気冷却、液体窒素自動供給/サイフォン冷却、サーキュレーター冷却

価格はお問い合わせください

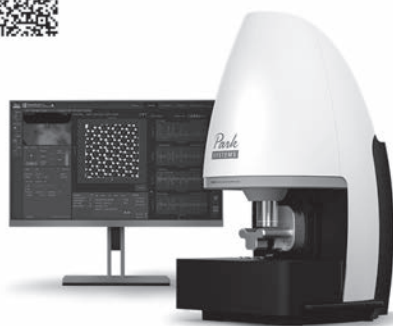
**仕様**  
 ●測定温度範囲：-170～725℃  
 ●電気冷却DSCでは-90～725℃までの連続測定が可能

株式会社リガク  
 TEL.03-5312-7077 FAX.03-5312-7078  
 URL: <https://www.rigaku.com>

9

## 計測器

## 次世代の原子間力顕微鏡 Park FX40



## 特長

Park FX40は、ロボティクスと機械学習機能、安全機能、特殊なアドオンとソフトウェアを搭載した原子間力顕微鏡です。これまでのAFMの基礎設計要素を維持しながら、イメージングにおける事前準備およびスキャンプロセスをすべて自動化させたことにより、高精度のデータを容易に取得することが可能となりました。

## 仕様

- 自動プローブ交換、自動プローブ情報読み取り、自動レーザーアライメント
- XY、Z完全分離型スキャナー
- XYステージ駆動範囲：105mm×40mm（電動式）
- Zステージ駆動範囲：22 mm（電動式）
- 試料：最大4個

価格：お問い合わせください

パーク・システムズ・ジャパン株式会社  
TEL.03-3219-1001 FAX.03-3219-1002  
URL: <https://www.parksystems.com/jp>  
E-mail: [psj@parksystems.com](mailto:psj@parksystems.com)

10

## 分析装置・関連機器

## ビード&amp;フェーズサンプラ



## 特長

高周波誘導加熱方式による蛍光X線用ガラスビードの作成とICPやAA分析用のアルカリ融解を行う試料前処理装置です。電気炉とは違い温度コントロールが容易なため、軽元素の飛散を抑え、難溶解元素を確実に溶解させることができます。白金ルツボだけでなくジルコニウムやニッケル、黒鉛などのルツボも使用することができます。また、特殊な冶具を利用することでアルミナルツボも使用できます。

## 仕様

高周波出力：2kW  
発振周波数：75kHz ±8kHz  
電源：単相200V、3kVA、要アース  
冷却水：2L/min、0.1~0.3MPa  
サイズ：(W)540×(L)570×(H)330 mm  
重量：約50kg

価格(税込)：5,500,000円

## 株式会社アmenaテック

TEL.045-548-6049 FAX.045-548-6179  
URL: <http://www.amena.co.jp>

11

## 分析装置・関連機器

## カールフィッシャー水分測定装置・自動滴定装置 CA-310/GT-310



水分測定装置と自動滴定装置を1台のマルチコントローラーに接続し、混在4台まで同時測定可能。スタンドアロンでデータインテグリティに対応<sup>※1</sup>、スケジュール機能やワイヤレス接続<sup>※2</sup>など柔軟な運用でオペレーターを支援します。(※オプション)

水分測定は電量法と容量法の両方に対応可能なコンバーチブルモデル。滴定はより使いやすく終点検出をきめ細かく設定可能です。

本体：1,050,000円～  
付属装置一式：お問い合わせください

## ■水分測定装置

測定範囲：5 μg<sup>1</sup> ~ 999.999 mg<sup>2</sup>) H<sub>2</sub>O  
1) 微量分析モード、2) 一液型電量法

## ■自動滴定装置

種類：電位差滴定  
(中和、酸化還元、キレート、沈殿)

## 日東精工アナリテック株式会社

TEL.046-278-0036  
URL: <https://www.n-analytech.co.jp/>

12

## 分析装置・関連機器

## 迅速凍結粉碎装置 IQ MILL-2070



機器分析の試料前処理に最適。各種試料の粉碎・攪拌・分散に特化した卓上可搬型の粉碎装置です。

## 特長

1. 使いやすいシンプル操作：粉碎速度、粉碎時間、サイクル数、待ち時間を、回転ノブとタッチパネルで簡単設定。
2. 短時間でパワフルに粉碎：同一プログラムで最大3サンプルを同時粉碎。高弾性ベルトを用いた高速立体8の字運動による粉碎方式で短時間でパワフルに粉碎(特許取得)。
3. 液体窒素での予冷方式：粉碎前に液体窒素等の冷媒で試料容器を予冷。液体窒素の消費量は最小300 mL程度と省エネ。予冷用キットも付属。

価格：お問い合わせください

## 仕様

粉碎温度：室温または冷媒を用いる試料冷却  
回転数 (rpm)：50~最大3000(無段階設定)  
回転時間 (sec)：10~60 (1 sec毎)  
回転サイクル間の待ち時間 (sec)：10~600 (10 sec毎)  
回転サイクル数：1~10 (1サイクル毎)  
本体サイズ：270 (W)×340 (D)×300 (H) mm、  
約12 kg

## フロンティア・ラボ株式会社

TEL.024-935-5100 FAX.024-935-5102  
URL: <https://www.frontier-lab.com/jp>  
E-mail: [info@frontier-lab.com](mailto:info@frontier-lab.com)

13 理化学機器等の開発・製造

装置の単一機能化など、特注装置・治具の開発及び製作



◆装置・治具の製作例：

- ・特定の液体の濁度・濃度・透過率の測定/判定機器
- ・金属の摩擦試験機
- ・金属の摺動抵抗試験機
- ・高分子材料の圧力測定装置
- ・金属加工による治具製作
- ・特注測定子

など、用途に合わせた特別な装置を製作いたします。

価格：お問い合わせください

まずは相談したい、見積を頼みたい、試作をしてみたい等、お気軽にお声掛け下さい。web面談も承ります。

株式会社池上精機

TEL.045-717-5136 FAX.045-717-5137  
URL: <https://ikegamiseiki.co.jp>  
E-mail: [sogou-toiwase@ikegamiseiki.com](mailto:sogou-toiwase@ikegamiseiki.com)

14 各種実験ガラス容器

石英ネジロバイアル



特長

世界初の石英ガラス製のネジロバイアルを発売致します。(特許取得済み)

- SiO<sub>2</sub> 99.99%の電気熔融石英製で、アルカリ溶出の問題がほとんどありません。
- 熱膨張係数0だから、ホウケイ酸ガラスよりも急速冷凍・急速加熱に対応します。
- 透過率が高く、サンプル充填後の紫外線殺菌が可能です。(放射線滅菌も可能ですが、変色する場合があります)

価格：お問い合わせください

仕様

- 容量：5ml、10ml
- ※特注サイズの対応も可能ですのでお問い合わせください
- 本体耐熱温度：-196～1000℃
- キャップ：フェノール樹脂
- パッキン：フッ素樹脂、シリコン

ネクサス株式会社

TEL.075-803-6025 FAX.075-822-2194  
URL: <https://www.kyoto-nexus.com>

15 分析機器消耗品

石英オートサンプラーバイアル



特長

世界初の石英ガラス製のネジロバイアルを発売致します。(特許取得済み)

- SiO<sub>2</sub> 99.99%の電気熔融石英製で、アルカリ溶出の問題がほとんどありません。
- 熱膨張係数0だから、ホウケイ酸ガラスよりも急速冷凍・急速加熱に対応します。
- 透過率が高く、サンプル充填後の紫外線殺菌が可能です。(放射線滅菌も可能ですが、変色する場合があります)

価格：お問い合わせください

仕様

- 容量：1.5ml
- ※特注サイズの対応も可能ですのでお問い合わせください
- 本体耐熱温度：-196～1000℃
- キャップ：ポリプロピレン
- パッキン：フッ素樹脂、シリコン

ネクサス株式会社

TEL.075-803-6025 FAX.075-822-2194  
URL: <https://www.kyoto-nexus.com>



掲載会社 所在地

(株)アmenaテック	〒224-0003	神奈川県横浜市都筑区中川中央2-5-13	メルヴェーサガノ401
(株)池上精機	〒223-0057	神奈川県横浜市港北区新羽町543-1-2F	
(一社)化学情報協会	〒113-0021	東京都文京区本駒込6-25-4	中居ビル
ジャパンハイテック(株)	〒260-0001	千葉県千葉市中央区都町3-14-2-405	
(株)デジタルデータマネジメント	〒103-0025	東京都中央区日本橋茅場町1-11-8	紅萌ビル
日東精工アナリテック(株)	〒242-0007	神奈川県大和市中央林間7-10-1	三機大和ビル
パーク・システムズ・ジャパン(株)	〒101-0054	東京都千代田区神田錦町1-17-1	
フロンティア・ラボ(株)	〒963-8862	福島県郡山市菜根4-16-20	
ネクサス(株)	〒604-8812	京都府京都市中京区壬生相合町32-206	
(株)リガク	〒151-0051	東京都渋谷区千駄ヶ谷5-32-10	南新宿Skビル

ぶんせき 7月号・予告

2024年度・ラボラトリーガイド

本年7月号にて、2024年度 科学研究費補助金申請のための製品ガイド「ラボラトリーガイド」を予定しております。予算対策の絶好のPR機会としてご期待ください。

MEIHOSSHA  
ADVERTISING AGENCY

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 URL: http://www.meihosha.co.jp

赤外ラマン顕微鏡

Infrared / Raman Microscope

# AIRsight



Raman and FTIR microscopy In perfect harmony

## 赤外分光法とラマン分光法

相補的な分子情報を得る2つの分析手法を融合した赤外ラマン顕微鏡  
観察から解析まで簡単にできるシンプルなシステムで効率的な分析作業をサポートします。

### Same position

サンプルを移動させることなく、  
極微小部の同一箇所における観察、  
赤外およびラマン測定が可能

### Smart software

ソフトウェア上で  
赤外測定とラマン測定を  
簡単に切り替え可能

### Single system

1台分の設置スペースで  
赤外測定とラマン測定が可能



M/A、エネルギー関連材料、機能性セラミックス、環境リサイクル、電気電子材料等の開発に不可欠な

# ドイツ フリッチュ社製遊星型ボールミル

## “NANO領域” PREMIUM LINE P-7.

明日の遊星型ボールミルはこれだ。



容器がセットされる様子。

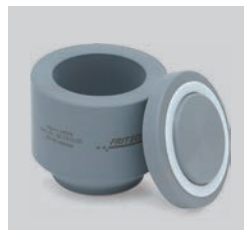
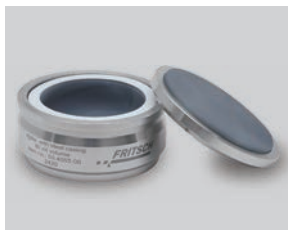
### 特色

1. 弊社Classic Line P-7と比べて250%の粉碎パワーUP  
自転：公転比率：1：-2, MAX 1,100/2,200rpm  
粉碎エネルギー：MAX 94G(Classic Line P-7では46G)
2. 容器を本体に内蔵。  
外部に飛び出す危険性は皆無に。
3. 容器のサイズは20, 45, 80ccの3種類。  
雰囲気制御容器も多数用意。
4. 容器のセット、取り出しも  
極めて容易に。



## CLASSIC LINE 遊星型ボールミル P-4, P-5, P-6, P-7

premium lineと並んで従来どおりの遊星型ボールミルトリオも併せてご提供いたします。



各種容器一例

自転公転比率を  
意のままに



P-4

遊星型ボールミルの  
パイオニア



P-5/4

フリッチュ社の技術で  
容器1個で遊星型に



P-6

微量の試料を  
対象に



P-7

- 通常の容器、雰囲気制御容器ともボールも含めて次ぎの材質を御使用いただけます。メノー、アルミナ、ジルコニア、チッカ珪素、ステンレス、クローム、タングステンカーバイト、プラスチックポリアミド
- 容器のサイズ。500, 250, 80, 45, 12cc。
- 乾式のみならず湿式での粉碎が可能。またISO9001, TUEV, CE等の国際安全基準をクリアー

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 http://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