

# ぶんせき ⑥

**Bunseki 2025**

The Japan Society for Analytical Chemistry



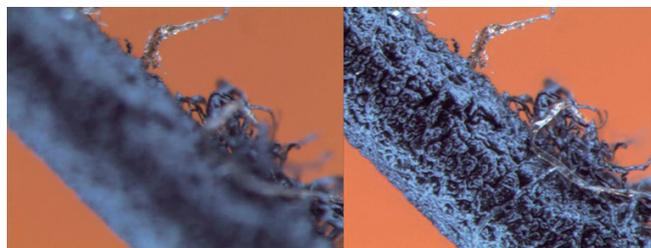
SHARPER INSIGHTS  
SMARTER  
DECISIONS

顕微 FTIR (顕微赤外分光光度計)

# Spotlight Aurora



可視カメラの被写界深度



Spotlight 150i/200i

Spotlight Aurora

新設計の光学系と電動ステージで  
より高性能に、より使いやすく進化

- 可視画像の 3D 深度合成 **業界初**
- 焦点深度が約 10 倍に向上
- デュアルカメラシステム  
(高解像度カメラ / 広域カメラ)
- 暗視野視察に対応
- 最大 3 種類の検出器を搭載可能  
LN<sub>2</sub> 冷却 MCT / 電子冷却 MCT /  
DTGS / InGaAs

パーキンエルマー合同会社

[www.perkinelmer.co.jp](http://www.perkinelmer.co.jp)



本社 〒221-0031 神奈川県横浜市神奈川区新浦島町 1-1-32 アクアリアタワー横浜 2F TEL. (045) 522-7822 FAX. (045) 522-7830

  
**PerkinElmer**  
Science with Purpose

# ぶんせき Bunseki 2025 Contents 6

## 目次

とびら	分析化学誌だより／竹内 政樹 149
入門講座	分析におけるコンタミネーション・キャリーオーバー対策 電子顕微鏡におけるコンタミネーションとその対策 ／根本 佳和・山下 健一 150
解説	グリコサミノグリカン分析法と機能性食品の品質評価への応用 ／平井 健吾 155
ミニファイル	分析用試薬 キレート試薬とキレート滴定／栢多 利博 161
技術紹介	昇温および瞬間加熱法を用いたプラスチックの アンビエント質量分析／島田 治男・西口 隆夫・山下 藍 163
トピックス	中赤外ハイパースペクトラル撮像の高速化／大間知 潤子 169
こんにちは	京都大学薬学研究科石濱研究室を訪ねて／北隅 優希 170
リレーエッセイ	バトンの空想／杉山 栄二 172
ロータリー	————— 173 談話室：マイコンボードと分析化学／インフォメーション：理事会だより（2025年 度第1回）；第390回ガスクロマトグラフィー研究会・見学会報告／執筆者のプロ フィール

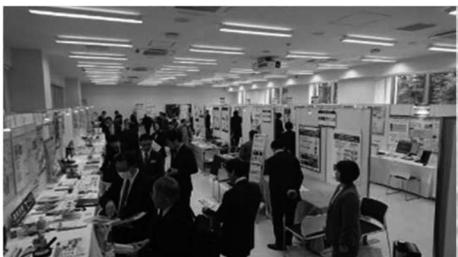
〔論文誌目次〕	177	〔広告索引〕	A7
〔お知らせ〕	M1	〔ガイド〕	A8
〔カレンダー〕	iii		

# 日本分析化学会第74年会

2025年9月24日(水)~26日(金)

北海道大学

主催:公益社団法人 日本分析化学会



本年会では、下記の企業協賛メニューを募集しております。

●講演プログラム集(冊子) 広告掲載料

白黒1頁 ￥70,000 (税別)

白黒1/2頁 ￥40,000 (税別)

●大会ホームページ バナー 広告掲載料

1枠 ￥30,000 (税別) ~

●付設展示会 出展料

1小間 ￥100,000 (税別)

書籍販売1小間 ￥50,000 (税別)

●ランチオンセミナー 開催料

1枠 ￥150,000 (税別) ※お弁当等の経費は別途

詳しくは大会ホームページをご覧ください。

<https://pub.conf.it.atlas.jp/ja/event/jsac74nenkai>



■お問合せ・お申込み

公益社団法人日本分析化学会 指定広告代理店

**株式会社 明報社**

〒104-0061 東京都中央区銀座7-12-4 友野本社ビル

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

# カレンダー

## 2025年

6月 4～6日	電子機器トータルソリューション展 2025 [東京ビックサイト東展示棟].....(2号 M3)
6月 6日	2025年度液体クロマトグラフィー (LC) 分析士二段認証試験 [島津製作所東京支社].....(2号 M2)
6月 7・8日	第22回ホスト・ゲスト・超分子化学シンポジウム [東京大学駒場第1キャンパス].....(3号 M4)
6月 9～11日	日本顕微鏡学会第81回学術講演会 顕微鏡が導く「気付き」, 「繋がり」, 「挑戦」 [福岡国際会議場].....(2号 M3)
6月 12・13日	界面コロイドラーニング 第41回現代コロイド・界面化学基礎講座 大阪会場 [大阪産業創造館].....(5号 M7)
6月 19・20日	第92回日本分析化学会有機微量分析研究懇談会・ 第128回計測自動制御学会力学量計測部会・第43回合同シンポジウム [北里大学薬学部].....(5号 M4)
6月 20日	第408回液体クロマトグラフィー研究懇談会 [日立ハイテクアナリシスサイエンスソリューションラボ東京].....(M 1)
6月 20～7/3日	電気化学セミナー A: 初心者のための電気化学測定法—基礎編 [オンデマンド配信 (Vimeo)].....(M 2)
6月 27日	第391回ガスクロマトグラフィー研究会講演会 [北とびあ 15階ベガサスホール].....(M 1)
7月 2日	中部支部 2025年度 愛知地区講演会「化粧品における成分分析・構造キャラクタリゼーション」 [中部大学リサーチセンター 2階大会議室].....(5号 M5)
7月 2～4日	第62回アイソトープ・放射線研究発表会 [日本科学未来館 7階未来館ホール].....(3号 M4)
7月 3・4日	界面コロイドラーニング 第41回現代コロイド・界面化学基礎講座 東京会場 [同志社大学東京オフィス].....(5号 M7)
7月 3・4日	プラズマ分光分析研究会 2025 筑波セミナー in Tokyo [ICP 質量分析計の動作原理を理解しよう] [東京大学大学院理学系研究科小柴ホール].....(M 2)
7月 4日	第53回薄膜・表面物理セミナー (2025)「デバイス製造における固液界面現象の科学と技術」 [大阪大学中之島センター 10F 佐治敬三メモリアルホール 4].....(M 2)
7月 5日	第62回化学関連支部合同九州大会 [北九州国際会議場].....(3号 M3)
7月 7日	2025年度 液体クロマトグラフィー (LC) 分析士初段認証試験 [①東京会場: 島津製作所東京支社; ②京都会場: 島津製作所本社研修センター].....(3号 M1)
7月 10日	2025年度 LC/MS 分析士五段認証試験 [日本分析化学会会議室].....(4号 M3)
7月 17日	2025年度 LC/MS 分析士四段認証試験 [日本分析化学会会議室].....(4号 M3)
7月 18日	北陸地区講演会 [富山大学工学部管理棟 2階大会議室].....(5号 M5)
7月 18～21日	環境工学ワークショップ 2025/環境工学総合シンポジウム 2025 (IWEE2025 & 2025SEE) International Workshop on Environmental Engineering 2025 (IWEE2025 & 2025SEE) [北見工業大学].....(2号 M3)
7月 30～8/1日	HPLC & LC/MS 講習会 2025 [講義: 島津製作所殿町事業所 Main Hall (4階), 実習: 川崎生命科学・環境研究センター (LiSE) 大会議室 (1階)].....(4号 M4)
8月 2・3日	第35回顕微鏡サマースクール～来て見て触れて, 岡崎の先端顕微鏡～ [自然科学研究機構岡崎コンファレンスセンター].....(M 2)
8月 21・22日	第22回次世代を担う若手のためのフィジカル・ファーマフォーラム PPF2025 [北九州市国際会議場].....(4号 M6)
8月 22日	2025年度 LC/MS 分析士三段認証試験 [五反田文化会館].....(4号 M5)
8月 28・29日	第37回バイオメディカル分析科学シンポジウム BMAS2025 [東京たま未来メッセ].....(5号 M7)
9月 1・2日	第42回分析化学中部夏期セミナー [御殿場高原時之栖].....(M 2)
9月 6・7日	令和7年度化学系学協会東北大会 [山形大学米沢キャンパス].....(4号 M5)
9月 12日	2025年度 LC/MS 分析士二段認証試験 [島津製作所東京支社イベントホール].....(5号 M5)
9月 14～19日	The 7th Asia-Pacific Symposium on Radiochemistry [島根県立産業交流会館くくびきメッセ].....(12号 M4)
9月 22～25日	第76回コロイドおよび界面化学討論会 [千葉大学西千葉キャンパス].....(M 3)
10月 7日	2025年度 LC/MS 分析士初段認証試験 [①東京会場: 島津製作所東京支社イベントホール②京都会場: 島津製作所本社研修センター].....(5号 M6)
10月 15～17日	第74回ネットワークポリマー講演討論会 [KDDI 雑新ホール].....(5号 M7)
10月 27日	第257回西山記念技術講座「カーボンニュートラル社会実現のためのエネルギー材料における 科学基盤と開発最前線」[大阪/CIVI 研修センター新大阪東 7階 E705 会議室].....(4号 M6)
11月 7～10日	第41回シクロデキストリンシンポジウム・ 第12回アジアシクロデキストリン国際会議 (合同開催) 12th Asian Cyclodextrin Conference in Conjunction with the 41st National Cyclodextrin Symposium, Japan [同志社大学今出川キャンパス].....(2号 M3)
11月 12～14日	第41回近赤外フォーラム [東京大学弥生講堂].....(M 3)
11月 12～14日	第46回超音波エレクトロニクス基礎と応用に関するシンポジウム The 45th Symposium on UltraSonic Electronics [くくびきメッセ].....(M 3)
11月 17日	第258回西山記念技術講座「カーボンニュートラル社会実現のためのエネルギー材料における 科学基盤と開発最前線」[東京/鉄鋼会館会議室].....(4号 M6)
11月 19・20日	第30回高分子分析討論会 (高分子の分析及びキャラクタリゼーション) [明治大学駿河台校舎].....(4号 M6)

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

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

### 1) 放射能分析用大豆認証標準物質

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

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

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

#### ○充填容器と価格

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

### 2) 放射能分析用しいたけ認証標準物質

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

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

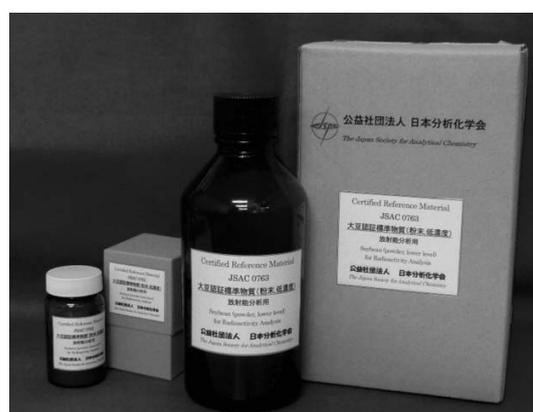
	低濃度	高濃度
$^{134}\text{Cs}$ 放射能濃度 (Bq/kg) :	$99 \pm 9$	$225 \pm 15$
$^{137}\text{Cs}$ 放射能濃度 (Bq/kg) :	$233 \pm 20$	$533 \pm 34$
$^{40}\text{K}$ 放射能濃度 (Bq/kg) :	$707 \pm 53$	$633 \pm 50$

#### ○充填容器と価格

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

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

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



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

JASCO

# Designed for you

ユーザーの声を形にした旋光計



## P-4000 series

旋光計 / Polarimeter

New

薬局方に準拠した正確な測定をしたい

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

データを正しく管理したい

- ・ユーザー管理機能搭載
- ・DIをサポートするソフトウェアを選択可能

設置場所を省スペースにしたい

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

簡単に使いたい

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

最適なコンディションを維持したい

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

光と技術で未来を見つめる

# 日本分光

日本分光株式会社

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

日本分光の最新情報はこちらから

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

日本分光HP



# JASCO

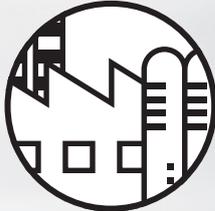
JASCOは日本分光株式会社の登録商標です。  
本広告に記載されている装置の外観および各仕様は、  
改善のため予告なく変更することがあります。



# 分析業務省力化のお手伝い



食品



環境/石油



薬品/化粧品



## TTT-710 ターンテーブル



### 多検体の 連続自動測定に対応

用途に応じた4種類のテーブル  
(12、18、36、60検体を用意)

### 豊富な 電極洗浄モードを用意

標準として純水による  
シャワー洗浄を装備  
オプションでバブリング洗浄・  
薬液洗浄・エアブローにも対応

### 優れた メンテナンス性

電極洗浄槽と電極保存槽を  
装置前面に配置し  
配管や電極などの  
メンテナンススペースを確保

## 省力化を実現する多検体測定システムのご提案

### マルチ水質計 MM-43Xによる 多検体pH・電気伝導率測定システム

同一サンプルのpH・電気伝導率多検体同時測定が可能

### 自動測定装置 AUT-801による 多検体自動滴定システム

酸・塩基滴定/酸化還元滴定/沈殿滴定/キレート滴定



東亜ディーケーケー株式会社

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

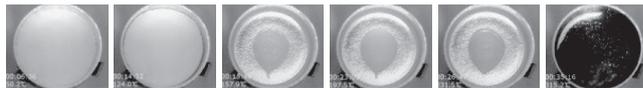
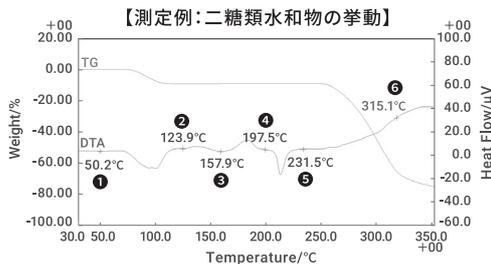
本社 / 〒169-8648 東京都新宿区高田馬場1-29-10 TEL.03(3202)0219

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

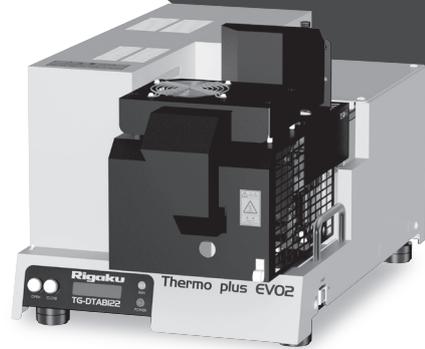


## 熱分析測定中の試料をリアルタイムに観察

- 1,000°Cまでの測定中の試料を明瞭に撮影
- 失透防止ユニットが視認性を確保
- 加熱中の試料の形状変化をリアルタイムに観察
- ASCでの連続測定に対応



① 初期状態 ② 脱水 (体積収縮) ③ 非晶化 (液状化) ④ 結晶化 (白色化) ⑤ 融解 (透明) ⑥ 燃焼 (黒色化・発泡)



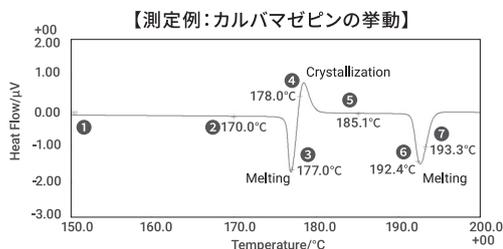
試料観察  
**TG-DTA 8122**  
示差熱 - 熱重量同時測定装置

試料観察測定  
TG-DTAの動画はこちら ▶



## 業界最高クラスの測定温度範囲 (-180°C~725°C)

- 725°Cまでの試料観察・冷却・連続測定を同時に実現
- 冷却ユニットとの組合せでは、-70°Cまでの昇降温測定で 試料観察が可能
- 測定中の試料形状変化をリアルタイムに観察
- ガスフロー対応ASCでの1000連続測定に対応



① 初期状態 ② 170.0°C ③ 一部融解 ④ 結晶化 ⑤ 高温相 ⑥ 融解 ⑦ 193.0°C



試料観察  
**DSCvesta2**  
超高感度示差走査熱量計

試料観察測定  
DSCの動画はこちら ▶



# 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 及びセルの長さとの関係は?	吸光光度法の特色は? どのような所で使われているのか?
吸光度の測定方法と 装置の操作方法は?	



[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

# column

## ムロマックミニカラムの使用例(公開論文・文献より)

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

### ムロマック® ミニカラム

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

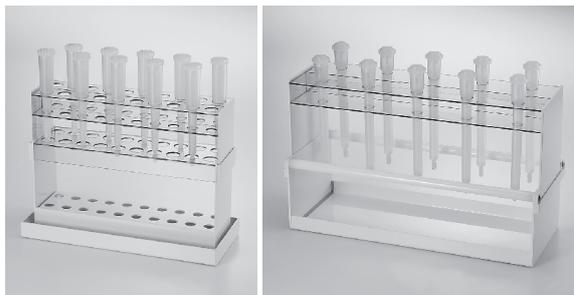


種類	内径(mm)	長さ(mm)	容量(mL)	液溜槽容量(mL)
S	5.0~5.5	50	1.0	8.0
M	6.5~8.5	5.8	2.5	10.0
L	10.0~11.0	118	10.0	5.0 <sup>*1</sup>

\*1. 連結キャップを使って50ml注射器を接続すると便利です。

### ムロマック® ミニカラムスタンド

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



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

### ムロマック® ガラスカラム

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



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

### ムロマック® 分液ロート

【各ガラスカラム対応】

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



種類	容量(mL)
S	500
M	1000

お問合せ先

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

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

# MassWorks™ Version 7.0

## 質量分析計の性能を限界まで引き出します

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

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

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

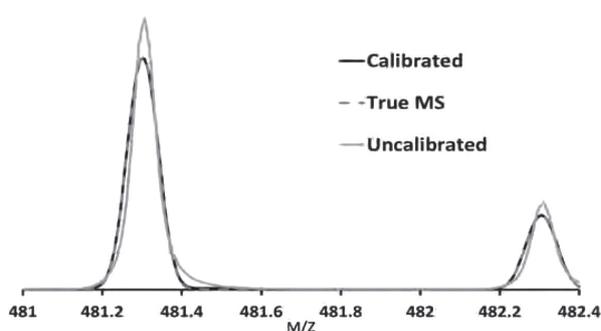
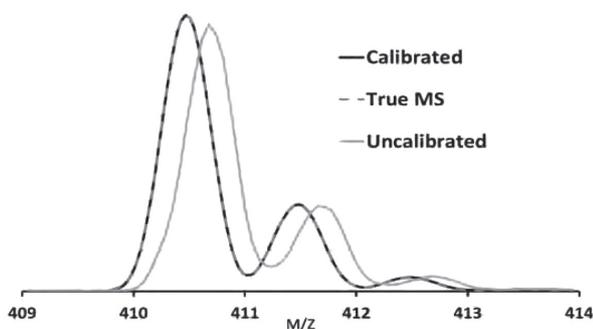
- 質量精度が 0.x Da から 0.00x Da まで 100 倍向上
- クロマトグラフィー時間スケールで 99% を超えるスペクトル精度を実現
- 低分解能の装置でも正確な 化学式ID が可能
- 未分離 MS 信号の強力な混合分析

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

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

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

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



### New for MassWorks Version 7

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

**cerno**  
BIOSCIENCE

**ST.JAPAN INC.**

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

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

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

# 分析化学誌だより



竹内政樹

分析化学誌の編集理事を務めております竹内政樹です。本年度は、久本秀明編集委員長をはじめとする25名の編集委員、5名のアドバイザー、英文校閲担当者及び事務局が協同して編集業務にあたっています。本誌は、報文、技術論文、ノート、アナリティカルレポート、速報、総合論文、分析化学総説及びテクノレポートなどの論文種目で構成され、年8回発行しております。昨年は69報もの論文が掲載されました。ここでは、本誌の近況として、分析化学論文賞に関する出来事、初執筆論文特集及び日本国外からのアクセス状況についてご紹介いたします。

前年中の本誌に掲載された報文、技術論文、ノート及びアナリティカルレポートの中から、最も優れていると認められた論文の著者に贈呈される賞として、分析化学論文賞があります。昨年には、2023年受賞論文の「箱根温泉・大涌谷の「黒たまご」黒色物質の起源推定、2023年、72巻、7・8号、249ページ」の著者より、「黒たまご」の研究成果が新聞記事に掲載されたとして、大手新聞社の紙面やデジタル版の切り抜き電子ファイルを本誌編集委員宛にお送りいただきました。このことは、本論文賞の選定にかかわる編集委員として、とてもうれしい出来事でした。

これまで「若手研究者の初論文特集」として論文を募集してきた特集企画は、2025年より「初執筆論文特集」へと名称変更を行いました。本企画の応募資格は“筆頭著者としての初めての投稿論文であること”であり、筆頭著者の年齢は全く関係ございません。卒研究生、大学院生だけでなく、企業あるいは公設試験研究機関等に所属する方々からのご投稿もお待ちしております。また、優れた「初執筆論文」の筆頭著者には、分析化学初執筆論文賞の贈呈を予定しております。

本会会員の皆様は、和文学術誌である本誌の論文に対する日本国外からのアクセスはどのくらいとお考えでしょうか。ここに、本誌アクセスランキング担当の阿部善也編集委員が調査した結果を示します。2024年1月から9月までのFull Textへのアクセス数は、国内が213229件であったのに対して、国外は82628件でした。国外アクセスの内訳は、アメリカが12.1%と最も多く、シンガポール5.2%、中国3.5%、オランダ1.1%、ドイツ0.9%、フランスとカナダがともに0.7%と続きます。毎月50か国以上からFull Textへのアクセスがあり、国内と国外のアクセス比率はおおよそ7:3でした。国外からのアクセス数もさることながら、国内外のアクセス比率について、皆様はどう思われますか。

分析化学編集委員会では、本誌執筆者の幅を上げるとともに本会会員の拡充を目指して、2025年より、本会非会員の方々にも積極的に投稿を呼びかけております。しかしながら、本誌面の充実を図り、本誌をより魅力的な学術誌へと育てていくためには、本会会員の皆様のご支援ご協力が不可欠です。皆様からの多くのご投稿を心よりお待ちしております。

〔TAKEUCHI Masaki, 徳島大学, 「分析化学」編集理事〕

# 電子顕微鏡における コンタミネーションとその対策

根本 佳和, 山下 健一

## 1 はじめに

本稿では、特にバルク試料を対象とした走査型電子顕微鏡 (scanning electron microscope, SEM) の特徴と SEM における汚染 (コンタミネーション) が像観察および分析に与える影響、さらにその対策について解説する。

## 2 SEM の特徴

SEM は、集束した電子線を試料表面に照射し、物質との相互作用によって発生した二次電子や反射電子を検出することで、試料表面の凹凸情報や組成情報を観察する装置である。空間分解能は SEM の種類・観察条件に依存するが、一般に nm オーダーである。そのため、試料表面の微細な凹凸構造や組成分布を観察することが可能である。

電子線が試料に侵入すると、試料内部で電子線が結晶格子により散乱され拡散する。図 1 は電子線を試料に照射したときの試料内部での拡散を示している。二次電子は、入射電子 (一次電子) の試料内での非弾性散乱に

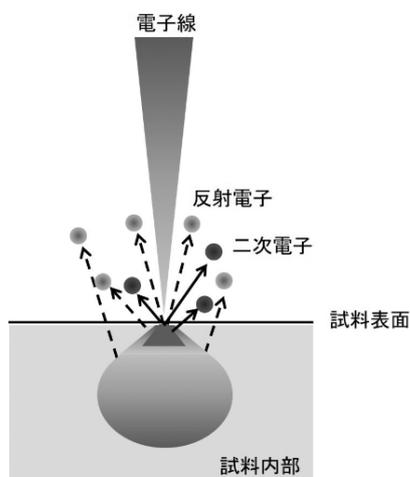


図 1 電子線と物質の相互作用

よって、試料を構成する原子から励起された電子である。二次電子のエネルギーは数十 eV 以下であるため、試料中の飛程は短く (5~10 nm 程度)、試料表面で発生したもののみが真空中へ放出される。そのため、試料の最表面近傍の構造に敏感である。一方、反射電子は入射電子が試料に照射された際に、散乱の過程で後方散乱したものである。反射電子は二次電子に比べてエネルギーが高いため、その脱出深さは二次電子の場合に比べて 2 桁以上大きい。後方散乱の確率は、物質の平均原子番号に依存するため、反射電子を検出することで、試料表面の組成分布を得ることができる。

さらに、SEM にエネルギー分散型 X 線分光器 (energy-dispersive X-ray spectrometer, EDS) や波長分散型 X 線分光器 (wavelength dispersive X-ray spectrometer, WDS) を搭載することで、入射電子によって発生する特性 X 線を検出し、元素分析が可能となる。

## 3 SEM におけるコンタミネーション

SEM は試料表面を観察・分析するための装置であるが、コンタミネーションがその結果に影響を与える。

コンタミネーションには、主に試料や試料台上に堆積した有機物 (炭化水素化合物)、水分、ごみなどが挙げられる。さらに、試料の断面作製に用いる包埋樹脂や試料の固定に用いるカーボンテープなどの固定材にも揮発性の炭化水素化合物や水分が含まれる場合があり、これら

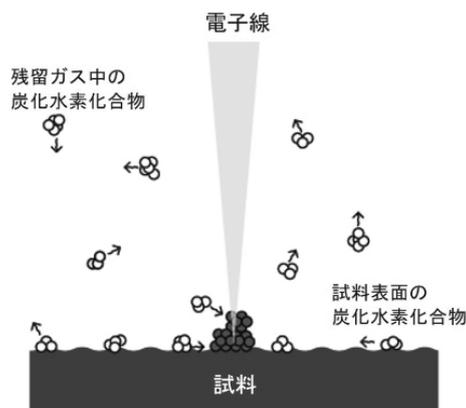


図 2 電子線と炭化水素化合物の相互作用

もコンタミネーションの原因となる。

試料に電子線を照射すると、試料室内と試料上の炭化水素化合物が電子線照射により重合して試料表面に固着する<sup>1)~3)</sup>。図2はこの様子の概略を示している。炭化水素化合物が重合して固着した結果、試料表面に重合膜が堆積し、元の表面状態とは異なる状態になる。材質によっては、水分の付着により試料表面が酸化するなど変質が起こることもある。その際は、試料表面の構造だけでなく、化学状態も変わる。実際の像観察への影響について紹介していく。

#### 4 SEM像とコンタミネーション

二次電子はエネルギーの低い電子であり、表面付近からしか脱出できない。したがって、炭化水素化合物の重合膜が試料表面に堆積するとその影響が大きく現れる。二次電子像における重合膜の影響について図3に示す。図3の像は、平坦なステンレス板に、画像の中心の矩形領域に電子線を一定時間照射した後の二次電子像である。電子線を照射した矩形領域に重合膜が堆積することで、二次電子の信号強度が弱くなっている。重合膜が堆積した試料表面の二次電子放出率は、試料本来の清浄表面の二次電子放出率より小さいため、電子線照射領域の二次電子量が減衰したことを示している<sup>4)</sup>。

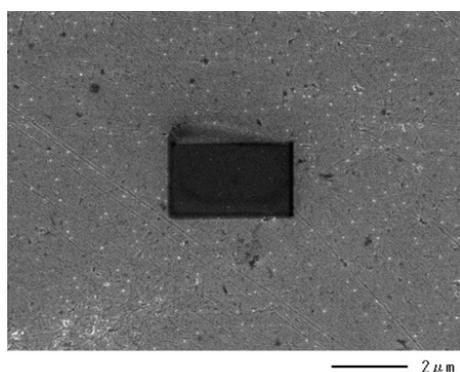


図3 炭化水素化合物の重合膜が二次電子像に及ぼす影響（試料：ステンレス板）  
画像中心の黒い矩形領域は生成された重合膜の堆積の影響を受けている。

##### 4.1 入射電圧とコンタミネーション

入射電圧の設定は試料から得られる情報に大きく影響する。図4はコンタミネーションがある試料について、入射電圧を変えて観察した事例である。図4(a)は、高い入射電圧なので電子線の侵入拡散領域が深く広がるため、試料表面に堆積した重合膜の影響を受けにくくなっていることを示している。これは、試料深部からの反射電子が二次電子の発生に関与しており、試料深部の情報が二次電子像に反映されるためである。

一方、図4(b)は低い入射電圧であり、試料表面に

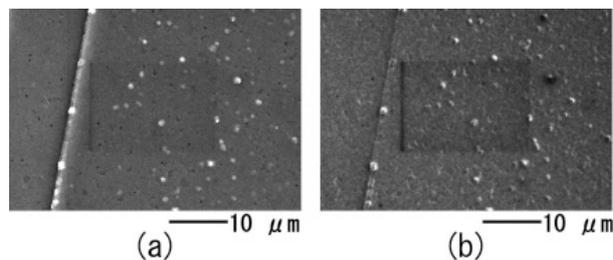


図4 入射電圧の違いによる二次電子像の変化（試料：Al電極）  
入射電圧 (a) 20 kV, (b) 1 kV

堆積した重合膜の影響を受けて二次電子の信号強度が弱くなり、輝度が落ちたことを示している。低い入射電圧では電子線の侵入拡散領域が浅くなるため、試料表面に堆積した重合膜の影響が顕著に現れる。

##### 4.2 電子線照射時間とコンタミネーション

長時間の電子線照射によって重合膜が堆積すると、信号強度以外にも影響が現れる。図5は観察直後の二次電子像と高倍率で電子線を10分間照射し、その後同視野を低倍率で撮影した二次電子像を比較した結果を示している。図5(a)に示す二次電子像の粒子と図5(b)に示す二次電子像の粒子を比較してみると、図5(b)の粒子の輪郭が二重になっていることが確認できる。これは長時間の電子線照射によって試料表面に重合膜が堆積し、その堆積物の形状が像に現れていることを示している。

図6はアルミ箔に電子線を照射した直後、並びに約8分間の電子線照射後に炭素のK $\alpha$ 線のスペクトル強度を

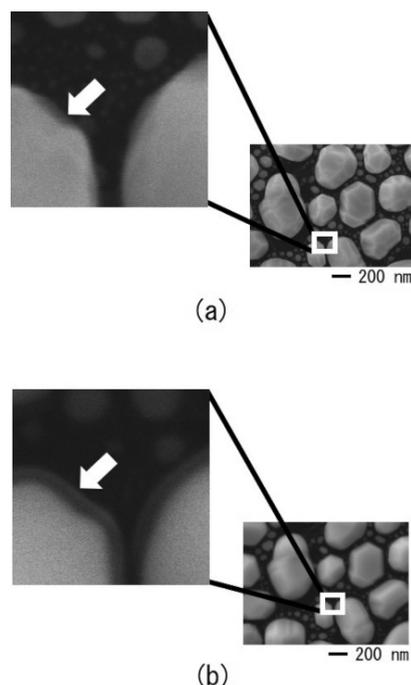


図5 電子線照射による二次電子像の変化（試料：金粒子）  
堆積物の影響が (a) ない場合、(b) ある場合

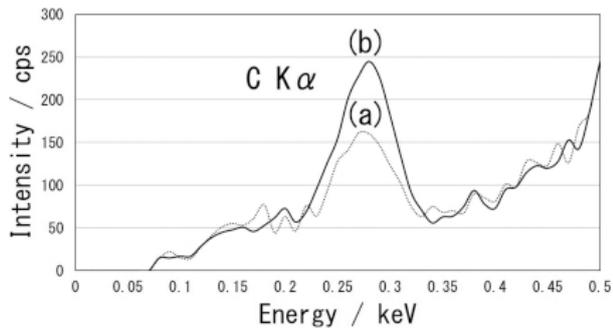


図6 電子線照射による堆積物（炭素化合物）の生成を示すEDS分析結果（試料：アルミ箔）  
 (a) 電子線照射直後、(b) 約8分電子線照射後

比較した結果を示している。電子線を照射した直後の図6 (a)と比較して、約8分経過後の図6 (b)のスペクトル強度の方が増加していることを確認できる。これは、堆積物が炭素化合物で形成されていることを示している。本来試料に炭素が含まれていない試料においても、炭素が検出されるようになるため、長時間の測定を行う際には留意する必要がある。

## 5 コンタミネーションの低減方法

ここでは、コンタミネーションを低減するための注意事項や方法を紹介する。コンタミネーションを低減するには、試料や試料ホルダーをクリーンな環境で扱い、コンタミネーションをSEMの試料室に持ち込まないことが重要である。

### 5.1 試料室内のコンタミネーションの低減

コンタミネーションの原因となる、試料室内の揮発した炭化水素化合物や水分を低減する手法を紹介する。SEMにコールドトラップが搭載されている場合に限るが、SEMの試料室内で揮発した炭化水素化合物や水分をコールドトラップにて吸着させることにより、コンタミネーションを低減する手法である。この手法は観察しながら実施することができる。

### 5.2 試料表面のコンタミネーションの低減

試料表面に堆積した炭化水素化合物を低減する手法として、溶剤による拭き取り、超音波洗浄、ヒーターによる加熱、プラズマや紫外線を用いた化学的な洗浄がある。これらの方法について紹介する。

#### 5.2.1 有機溶剤による洗浄

試料は最初からクリーンな状態ではないことがあり、潤滑油などの有機物が付着している場合がある。このようなコンタミネーションを低減するには、アルコールなどの有機溶剤による洗浄が有効である。アルコールを使用する際は不純物が管理された特級を使用することを推

奨する。有機溶剤を使用した際は十分に乾燥を行い、有機溶剤が揮発したことを確認してからSEMの試料室に入れる。

#### 5.2.2 加熱による除去

試料を加熱する方法もある。これは、加熱処理によって試料表面の炭化水素化合物が気化し、試料表面を清浄な状態にすることを目的とした方法である。

図7は、カーボンブロック上の金粒子の試料を、加熱せずに中央付近に一定時間電子線を照射した場合と、ホットプレートで加熱してから照射した場合の二次電子像の比較である。図7 (a)は加熱を行っていない試料の場合で、重合膜が堆積し、照射部分の矩形領域で輝度が低下している。一方、図7 (b)は加熱を行った試料で、同じ矩形領域において輝度の低下が抑制されている。

この結果は加熱処理によって試料表面の炭化水素化合物が気化し、試料表面が清浄な状態に近づいたことを示している。この方法は加熱により構造変化が生じない試料に対して適用するのが望ましい。

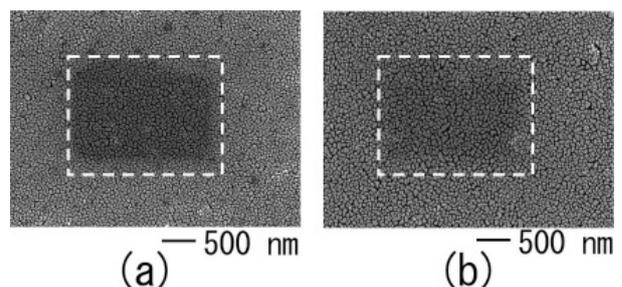


図7 試料加熱による二次電子像の比較結果（試料：金粒子）  
 (a)は加熱を行っていない試料の二次電子像、(b)はセラミックホットプレートを用いて280℃に設定し150分間加熱した試料の二次電子像

#### 5.2.3 化学的な手法による洗浄

近年、広く利用されている手法として、プラズマ洗浄とUV/オゾン洗浄を紹介する。

図8はプラズマ洗浄の概略を示している。プラズマ洗浄では、プラズマによって生成された活性酸素種（ $O_2$ ラジカル、単原子状酸素など）が炭化水素化合物と結合し、分解して排気される。

一方、図9はUV/オゾン洗浄の概略を示している。UV/オゾン洗浄では紫外線と紫外線により発生した活性酸素種により有機化合物が分解し、排気される。

図10はSUS304試料に30分間電子線を照射した試料に対して、UV/オゾン洗浄前後の、EDSによる炭素のK $\alpha$ 線のスペクトル強度を比較した結果を示している。UV/オゾン洗浄前の試料では炭素のK $\alpha$ 線スペクトル強度が高くなっていることから、試料表面への電子線照射

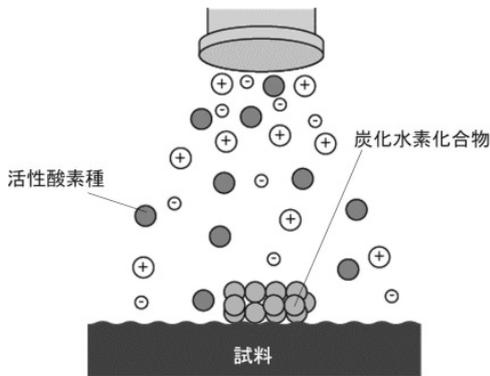


図8 プラズマ洗浄の概略図

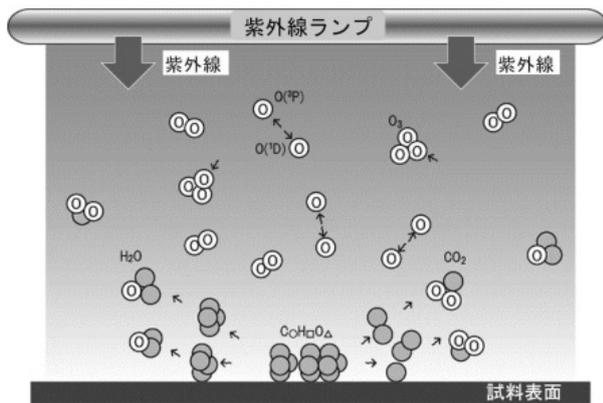


図9 UV/オゾン洗浄の概略図

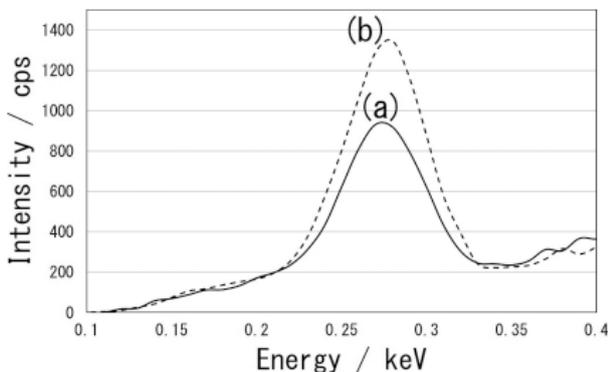


図10 約30分間の電子線照射後の堆積物（炭素化合物）の生成を示すEDS分析結果（試料：SUS304）

UV/オゾン洗浄を (a) 実施後, (b) 実施前

により炭素化合物が堆積したと考えられる。一方、UV/オゾン洗浄後の試料では炭素の  $K\alpha$  線スペクトル強度が低下している。これは、UV/オゾン洗浄の実施によって堆積物を構成している炭素化合物が低減されていることを示している。

プラズマ洗浄、UV/オゾン洗浄のどちらもコンタミネーションの低減に有効な方法であるが、UV/オゾン洗浄を用いた方が試料の温度上昇を抑えることが可能である。図11はUV/オゾン洗浄とプラズマ洗浄を1時間行った際の温度上昇を比較した結果を示している。プラ

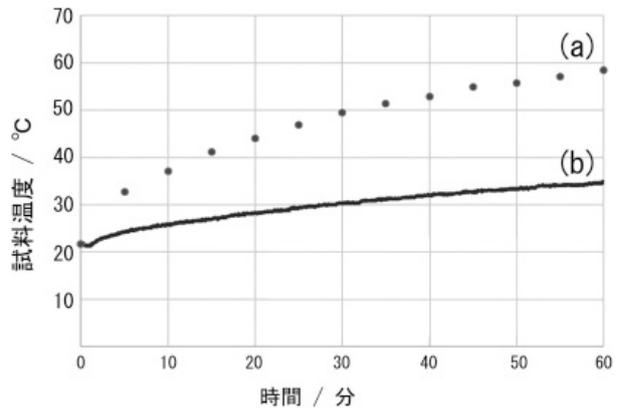


図11 UV/オゾン洗浄とプラズマ洗浄実施時の試料温度比較

(a) プラズマ洗浄

導入気体：空気，試料室圧力：約40 Pa，RF電力：約20 W；  
(b) UV/オゾン洗浄

導入気体：空気，試料室圧力：約800 Pa，

試料：25 mm×40 mm×厚さ1 mmのステンレス板に熱電対を取付，UV/オゾン洗浄，プラズマ洗浄それぞれパラフィンの洗浄で同等の洗浄速度となった位置に試料を配置した。

ズマ洗浄の方がUV/オゾン洗浄よりも温度上昇が大きいことから、UV/オゾン洗浄は高温で変質するような試料に対しても有効である。プラズマ洗浄用の装置は、SEMの試料室に装着することも可能なので、試料室内に残留した炭化水素化合物の低減にも有効である。

### 5.3 重合膜の堆積を低減する観察方法

SEMの使用方法を工夫するだけでもコンタミネーションの影響を低減することができる。通常、SEMを使用する際、ステージを移動しながら倍率を調整し目的の箇所での測定を行う。倍率を低倍率から高倍率に変更する際に、フォーカスや輝度を調整する必要があるが、この調整を目的の箇所で行ってしまうと、目的の箇所に重合膜が堆積してしまう。それを回避するには、調整を目的の箇所とは異なる箇所で行い、目的箇所での入射電子の照射量を最小限にすることで、コンタミネーションの影響を小さくすることができる。

## 6 固着した重合膜の除去

堆積し固着した重合膜により期待する観察・分析結果が得られなかった場合、固着した堆積物を除去して再度測定を行うことが可能である。固着した堆積物はエアージェット等で除去することができないので、イオンミリング、機械研磨、電解研磨で表面を薄く研磨することで除去することができる。

## 7 おわりに

取り扱う試料や設備にも依存するが、今回紹介した方法を使用することで、SEM観察や分析に影響を与えるコンタミネーション（特に炭化水素化合物）の影響を可

能な限り低減することができる。本稿が日常の SEM 観察の一助となれば幸いである。

#### 文 献

- 1) A. E. Ennos : *Brit. J. Appl. Phys.*, **4**, 101 (1953).
- 2) J. Hiller. : *J. Appl. Phys.*, **19**, 226 (1948).
- 3) H. König. : *Z. Phys.*, **129**, 483 (1951).
- 4) 吉村長光 : 真空, **46**, 640 (2003).



根本 佳和 (NEMOTO Yoshikazu)  
日本電子株式会社科学・計測機器営業本部  
(〒196-8558 東京都昭島市武蔵野 3-1-2).



山下 健一 (YAMASHITA Ken-ichi)  
日本電子株式会社 EP 事業ユニット (〒196-8558 東京都昭島市武蔵野 3-1-2).

#### 『ぶんせき』再録集 vol. 1 出版のお知らせ

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

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

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

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

## グリコサミノグリカン分析法と 機能性食品の品質評価への応用

保健機能食品は、成分の機能効果を担保するための量的管理と、由来などを示す食品表示における質的管理が重要である。グリコサミノグリカンに分類されるコンドロイチン硫酸やヒアルロン酸といった機能性成分は、量的評価のみならず、由来を正確に判別可能な分析法による品質担保が求められる。本稿では、これら成分に対する既存分析法の紹介とともに LC-MS/MS を用いた分析法を開発したので紹介する。また、機能性食品の量的・質的評価の重要性についても解説する。

平井 健吾

### 1 はじめに

グリコサミノグリカン (GAG) は、私たち動物の関節 (軟骨) や皮膚、目 (角膜)、血液などの生体内組織に存在し、主として細胞膜表面や多くの結合組織の細胞外マトリックスに局在している。GAG は、一般的に、コアタンパク質と共有結合することでプロテオグリカン (PG) として存在し、GAG とコアタンパク質との相互作用を介して、細胞増殖や分化、細胞間コミュニケーション、接着、抗凝固などの機能を有し、それらは多岐にわたる。特に GAG の一種であるコンドロイチン硫酸 (CS) は動物組織に広く分布しており、動物や人体の水分を保持する役割をもっていることから、結合組織の関節、血管内壁、皮膚、骨などの保護剤であることに加え、種々の代謝反応において重要な役割を果たしている可能性が考えられている。また、ヒアルロン酸 (HA) も GAG の一種であり、関節液の潤滑剤としての性質をもっており、眼の硝子体の成分としても存在し、CS 同様に保水性に富む機能を有する。このため、CS や HA は、これら機能を有する成分として注目されており、医薬品のみならず、健康食品 (保健機能食品) の原料としても広く用いられている。しかしながら、健康食品は、医薬品のような厳格な品質要件を要求していないため、CS については表示量に満たない含有量 (量的管理の課題)、あるいは異なる基原の CS を含有した健康食品の流通 (質的管理の課題) が大きな課題であり、問題視されている<sup>1)</sup>。健康食品の品質と安全性確保のためには、原料メーカーの正しい分析法による品質管理のみならず、販売メーカーも正しく品質管理された原料を使用することが重要である<sup>2)</sup>。

### 2 GAG を構成する二糖類

GAG の化学的構造は、硫酸基が付加された繰り返し二糖単位からなる直鎖状の酸性多糖類である。二糖単位はアミノ糖とウロン酸 (UA) またはガラクトース (Gal) から構成されている。さらに、アミノ糖は、*N*-アセチル-D-ガラクトサミン (GalNAc) または *N*-アセチル-D-グルコサミン (GlcNAc)、UA は、グルクロン酸 (GlcA) またはその C5 エピマーである L-イズロン酸 (IdoA) の構造をとる。GAG は、グリコシド結合の種類に基づいて、コンドロイチン硫酸/デルマトン硫酸 (CS/DS)、ヒアルロン酸 (HA)、ヘパラン硫酸/ヘパリン (HS/HP)、およびケラタン硫酸 (KS) に分類される (図 1)。HA を除くすべての GAG は、ヒドロキシ基の一部が硫酸基で修飾されており、硫酸化の程度やパターンの違いにより複雑で多様な構造を持つことが知られている。例えば、CS は GlcA と GalNAc が交互に繰り返される構造であり、硫酸化パターンに基づいて、主要な CS-A, B, C, D, E の 5 種類に分類される。CS-A は主に A ユニット (アミノ糖の C4 位が硫酸化された一硫酸化二糖: GlcA-GalNAc4S)、CS-C は主に C ユニット (アミノ糖の C6 位が硫酸化された一硫酸化二糖: GlcA-GalNAc6S)、CS-E は E ユニット (アミノ糖の C4 位と C6 位が硫酸化された二硫酸化二糖: GlcA-GalNAc4S6S) を主成分として構成されている。CS-D は C ユニットを含むことに加え、D ユニット (アミノ糖の C6 位と UA の C2 位が硫酸化された二硫酸化二糖: GlcA2S-GalNAc6S) の構成割合が高いことが特徴的である。さらに、CS-B は、DS として知られており、B ユニット (アミノ糖の C4 位と UA の C2 位が硫酸化された二硫酸化二糖: IdoA2S-GalNAc4S) を含むことが各 CS の特徴と言える。上述したように、各 GAG は構成する二糖類の硫酸基の数と修飾される位置によって多様な構造を示すが、この多様性がさまざまな機能に関与している可能

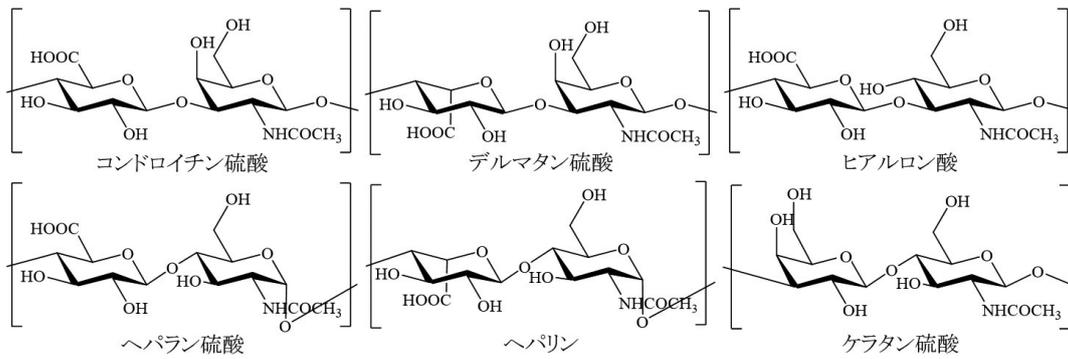


図1 GAGに分類される酸性多糖類の構造

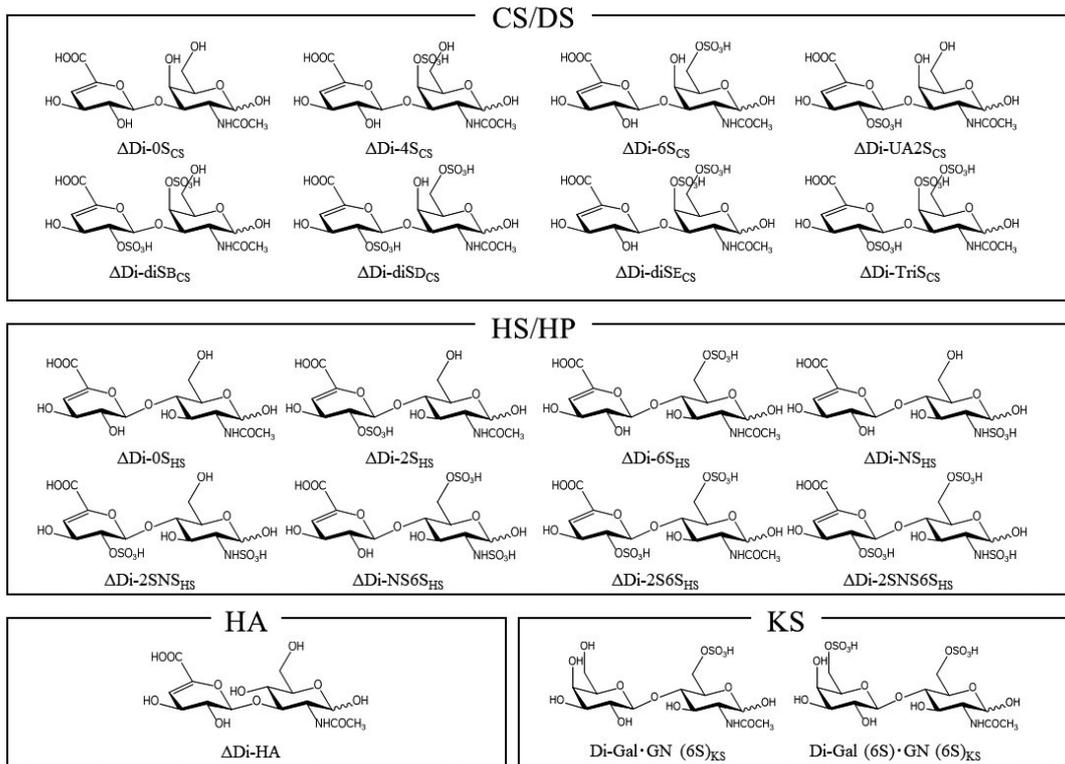


図2 各GAGを構成する二糖類の構造

性が考えられている。各GAGを構成する二糖類は、CS/DS由来として8種類、HA由来として1種類、HS/HP由来として8種類、KS由来として2種類の計19種類が存在していると考えられている(図2)。また、これらの硫酸化パターンは動物種や同一個体内の組織によっても異なり、例えば、CS-B(DS)はブタ皮膚由来、CS-Cはサメ軟骨由来、CS-Eはイカ軟骨由来などがよく知られている。

### 3 GAG 特異的分解酵素

上述したようにGAGは多様な二糖類で構成されており、それらの組成を詳細に解析することは、GAGの生体内における機能・役割や食品基原の推定を可能とするため重要な研究である。その組成解析には、GAGを構成二糖類にまで分解する必要があるが、GAGに特異的な酵素を用いて分解することがひとつの手法である。例え

ば、CSの特異的分解酵素は、一般的に知られているものとして、Chondroitinase ABC, Chondroitinase ACII, Chondroitinase Bがある。Chondroitinase ABCは、本稿で紹介したCSの5種類すべてに対して分解活性を示す。さらにHAに対しても活性を示すことが知られており、比較的寛容な酵素である。Chondroitinase ACIIは、CS-B(DS)以外のCSに対して分解活性を示す一方で、Chondroitinase Bは、CS-B(DS)にのみ活性を示す。そのため、試料中のDSの存在比を分析する上では、これら酵素を用いることで評価できる。一方で、HA特異的分解酵素にはHyaluronidaseがあるが、由来によっては4糖または6糖にまでしか分解できないため注意が必要である。また、HSに対してはheparitinaseという特異的酵素が存在し、HSを完全に二糖にまで分解するためにはheparitinase I, II, IIIの3種類の酵素を必要とする。さらにKSは、keratanaseと呼ばれる特異的

解酵素が存在する。以上のことから、GAGの詳細解析にはこれらGAG特異的分解酵素を用いる必要があり、各酵素の反応条件の検討も重要である。

## 4 GAG分析法

GAGの分析には、これまで多くの手法が開発されており、化学分析法、発光分光法、クロマトグラフィー法、キャピラリー電気泳動法(CE)、質量分析法(MS)、核磁気共鳴分光法(NMR)などが挙げられる。これらの手法は、GAGの構造特性、量的・質的分析、硫酸化修飾の評価において有用であるが、それぞれに固有の利点と課題が存在する。そのため、目的に応じた手法の選択や複数手法の組み合わせが重要である。ここでは、食品中のGAG分析にフォーカスし、化学分析法、クロマトグラフィー法、MS法について紹介する。

### 4.1 化学分析法

GAG分析でよく用いられている化学分析法のひとつとして比色分析法がある。GAGが特定の試薬と反応し、発色する性質を利用して濃度を測定する手法であり、一般的には、吸光度を測定することで定量する。財団法人日本健康・栄養食品協会の「ムコ多糖・たんぱく食品」の試験法に記載されるカルバゾール硫酸法もこの手法のひとつであり、食品関連メーカーでのGAG定量にも用いられている。特殊な機器を必要としないため、簡易かつ迅速に測定できることがメリットである。また、ジメチルメチレンブルーによる比色分析を評価法とした研究も進んでおり、化学分析法の簡便性が伺える。しかしながら、これらの手法は二糖の一部であるウロン酸や硫酸化したGAGと反応するため、GAG特異的ではないうえに、異なるGAGの区別ができないという課題がある。抽出・精製されたGAGの総量を分析する上では効率的であるが、各GAGの定量、さらには二糖類の組成把握を目的とした場合には、課題が多い。

### 4.2 クロマトグラフィー法

目的に応じた適切なクロマトグラフィー法を選択することでGAGの詳細な解析が可能となる。逆相液体クロマトグラフィー(RP-LC)や親水性相互作用クロマトグラフィー(HILIC)を用いた分離技術はよく知られており、分離した成分を紫外可視分光検出器や蛍光検出器を用いて検出する方法である。いずれもGAGを構成二糖類にまで分解してから分析することが望ましいとされる。一方で、陰イオン交換クロマトグラフィーやサイズ排除クロマトグラフィーを用いることで、GAGを未分解のまま測定可能であり、GAG種の分子サイズや分子量分布を測定することが可能である。食品中のGAG分析を考えた場合、前者に挙げたRP-LC、HILICがGAGの総量や二糖組成の解析が可能であるため合理的である

と考えられる。また、これらの測定手法は、二糖類を誘導体化することで分離や感度の向上が見込めるため、広く研究されている。近年、4-aminobenzoic acid ethyl esterを誘導体化試薬として用いることで、感度よくGAG構成二糖類を分析することに成功している<sup>3)</sup>。この方法は、誘導体化で課題となる、過剰な誘導体化試薬を容易かつ迅速に除去可能であり、食品分析のみならず臨床サンプルへの応用にも期待される。

### 4.3 MS法

GAGの構造解析や有力な定性手法として質量分析(Mass Spectrometry, MS)が用いられるようになってきた。MSを用いた測定ではターゲット分子のイオン化が必須であり、目的に応じたイオン化法の選択が重要となる。エレクトロスプレーイオン化法(ESI法)はエネルギー的にソフトなイオン化法であることから、分子量情報をそのまま得られる、高感度で微量分析が可能となるなど、GAGのさらなる構造解析の幅を広げる技術となっている。また、これは、LCに汎用されるイオン化法として知られている(LC-MSについては後述)。一方で、高分子化合物のイオン化効率が低いいため、GAGを分析する場合には、構成二糖類にまで分解させて分析することが望ましい。別の手法として、マトリックス支援レーザー脱離イオン化法(MALDI法)を用いた研究も進んでいる。これはマトリックスと呼ばれる、ターゲット化合物をイオン化させるための助剤が必要となるが、レーザー照射により脱離・イオン化することで、高分子のGAGをそのまま分析することを可能にする。試料が微量な場合や純度が高くない場合でも測定が可能である。しかしながら最適なマトリックス選択の煩雑さやレーザー照射による脱硫酸化の課題があり、分析条件の最適化が課題である。

### 4.4 LC-MS, LC-MS/MS法

近年、上述した液体クロマトグラフィー(LC)とMSを組み合わせたLC-MS法やLC-タンデム質量分析法(LC-MS/MS法)が注目されている。これは、LCとMSを組み合わせることで、複雑な混合物をLCで分離するとともに、MSによりピンポイントでターゲット分子の解析を可能とする技術である。なかでも、選択イオンモニタリング法や選択反応モニタリング法(複数の組合せを選択する場合については多重反応モニタリングと呼ぶ)を用いることは、指定した $m/z$ のみを検出することができるため、精度の高い定量分析を可能とする。すなわち、生体試料や食品中に存在する不純物の干渉を受けずにGAG由来の二糖類の評価が可能であるため、GAGの詳細解析の手法として広く用いられるようになってきている。特にトリプル四重極型質量分析計(MS/MS)では、高感度で選択的な検出が可能となるた

め、GAGに限らず、様々な分野において不可欠なツールとなっていると言っても過言ではない。この手法を食品分野に応用することは、GAGの総量の把握のみならず、構成二糖類の組成把握を可能とするため、健康食品の品質管理においては注目すべき分析法と考えられる。しかし、2章で述べたとおり、二糖類は類似した構造をしており(図2)、質量が同じ化合物については、質量分析計を用いた判別は困難である。また、各糖の開裂パターンから構造を推測する方法もあるが、構造類似性から特徴的なフラグメントイオンをもたないことが多く、その識別は複雑かつ煩雑なデータ解析となるため時間を要するという課題も考えられる。

## 5 LC-MS/MSを用いた二糖類の一斉分析

これまでに報告されてきたGAG分析法を踏まえ、LC-MS/MSを用いたGAG構成二糖類19種の一斉分析法を開発したので紹介する<sup>4)</sup>。筆者らの研究の目的は、開発した分析法を食品分野に応用した品質管理であるため、迅速性やより汎用的な方法が望まれると考えた。そこで、誘導体化を必要とせず、食品由来成分の妨害を回避するための高い選択性を有する質量分析計を用いた、LC-MS/MS分析法開発を検討した。本法は誘導体化不要のため、前処理工程を簡易化でき、さらに誘導体化の反応効率や安定性の懸念がなく、簡易にかつ迅速に分析可能である。一方で、検出器に質量分析計を組み合わせることによる上記記載の課題については、LC条件を詳細に検討することで対応した。すなわち、LC側で対象成分を分離することでGAG構成二糖類を個別に定量可能とし、MS/MS側で対象成分のみを選択的に検出する方法であり、食品由来の夾雑成分に妨害されることなく19成分を一斉に分析可能な手法である。ただし、イオン化における食品由来成分のマトリクスの影響には注意が必要となる。LC条件の詳細な検討については5・1章にて記載する。

### 5・1 LC分離条件の検討

分析対象19成分の二糖類は、先に述べたように類似した構造をしており、質量が同じものについては質量分析装置での同定が困難であるため、LCでの分離が必須である(例えば $\Delta\text{Di-OS}_{\text{CS}}$ ,  $\Delta\text{Di-HA}$ ,  $\Delta\text{Di-OS}_{\text{HS}}$ ;  $m/z = 378.1$ であり特徴的なフラグメントイオンを持たない)。これら二糖類は高極性の糖類であるため、一般的に使用されるRP-LCでは分離が期待できない。したがって、分析にはHILICの使用が望ましいと考えた。これまでに報告されたGAG由来の不飽和二糖分析法を参考に、種々のカラムを検討したが、分離が不十分なことに加え、ピーク形状がブロードかつ非対称であること、糖類特有のアノマー異性体によるピーク分離などが見られ、課題が多く存在した。



図3 LC条件最適化によるピーク分離改善例

これら課題に対し、筆者らは分離カラムの最適化、移動相条件の最適化、カラムオープン温度の見直しによる改善を検討した。分離カラムには、一般的に粒子径が小さいものほど分離能が向上し、ブロードなピーク形状に関しては流速を上げることで改善が見込めるため、粒子系が小さく耐圧性の高いカラムを採用した。また、同じカラムを2本直列に連結することで物理的に移動距離が長くなるため分離向上を狙い、予想通りその効果が確認された。移動相条件については、塩濃度に着目し、これは分析試料とカラム担体の相互作用に影響があるとされる。そこでカラムの最適化だけでは分離の改善が不十分であった成分の更なる分離改善を図るため、塩濃度を5 mMから15 mMに変更したところ、分離の改善が見られた。これは固定相表面の水和層に塩が濃縮されることで、分析種が水和層に分配されやすくなり保持が向上した効果であると考えられる。さらに移動相のpHはイオン性化合物に対して保持挙動に影響を与えることに着目した。今回HILICモードでの分析であるため、解離状態の分析種は親水性が高くなるため、保持が強くなると予想した。分析対象は酸性化合物であることから、pHをアルカリ側にすることで、対象成分のイオン化を促進させ、その結果、保持が強くなり分離改善への効果が確認された(図3)。アノマー異性体は、環状構造をとる糖類特有の異性体であり、 $\alpha$ 体と $\beta$ 体が存在する。通常この異性体は相互変換して存在しているが、本研究ではこれら異性体の分離は不要であることから、カラムオープン温度の最適化(高温設定)によってピーク分裂を最小限に抑えられた。これは、高温条件によりアノマー同士の変換の速度が速くなり、クロマトグラムにおける見かけ上、ひとつのピークとして観測されるようになったと考えられる。以上の対策によって、二糖類19成分すべての分離に成功した。

### 5・2 MS/MS条件の検討

ポジティブモードとネガティブモードを用い、GAG由来の二糖類19成分の標準品を用いたイオン化の確認を行った。その結果、いずれの成分においてもネガティブモードで検出が確認された(ポジティブモードでは検出が確認されなかった)。しかし、硫酸基の数が増えるにつれてその感度が低下し、硫酸基を三つもつ二糖(*e.g.*,  $\Delta\text{Di-triS}_{\text{CS}}$ )は検出されなかった。そこで、各標準品にアンモニアを添加したところ、上記の成分を含むすべてで検出可能となったため、MS/MS条件を最適化した。

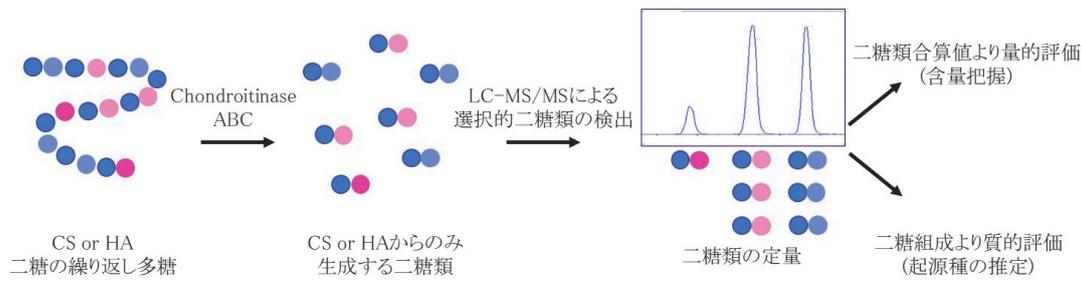


図4 本研究のCSとHAの構成二糖類分析フロー

## 6 食品原料分析への応用

食品中の化学物質等の分析データが正しいものかどうかを判断するためには、科学的かつ客観的に信頼できるデータであることを証明する必要がある。このためには、妥当性が確認された分析法を用い、分析結果の品質を保証できることを示すことが重要である。そこで筆者らは、開発した分析法を食品原料中の品質評価へ応用するために、妥当性評価試験を実施した。市販の食品原料を用い、標準添加法による検量線の直線性、真度、併行精度、定量下限、検出下限、マトリクス効果について検証し、本法の妥当性を確認した。なお、CSおよびHAを分析対象としているため、分解酵素には両者に活性を示す Chondroitinase ABC を用いた (図4)。

### 6.1 食品原料分析 (量的評価)

開発した分析法を用いて、CSおよびHAの各原料 (CS原料: サンプルA, B, C, HA原料: サンプルD, Eとする) について分析した。定量には食品中のマトリクス効果を考慮可能な標準添加法を用い、検量線には純度の高いCSおよびHAの標準品を用いて定量した。各原料の規格値 (表示量) と比較した結果、CS, HAの定量値は、ともに規格値と近似する値を示し (表1)、本法の量的評価の有用性が確認された。サンプルCについては、表示の含有率は硫黄換算によって算出されたものであり、4章で説明した化学分析法で実施した可能性が考えられる。本分析法で定量した結果と比較すると、10%以上多くなっており、CS以外の成分が上乘せされている可能性が懸念される。さらに、これまでに健康食

表1 食品原料中のCSおよびHAの定量結果

No.	表記	由来	表示 (%)	定量値* (%)
A	ムコ多糖 (CS)	サメ軟骨	73.9	78.5
B	ムコ多糖 (CS)	サメ軟骨	80.2	76.2
C	ムコ多糖 (硫黄換算)	サメ軟骨	86.0	75.0
D	HA Na	発酵法	100.0	101.3
E	HA	発酵法	100.0	100.2

\*各採取量の平均値

品中のCS含有率を調査した結果では、分析値と表示量で大きな差があったことが報告されていることから、これら成分を配合した健康食品では、原料の段階で含有率を正確に把握することが重要である。

### 6.2 食品原料分析 (質的評価)

由来が既知の純度の高いCSおよびHA標準品を分析し、得られた二糖組成から各CSおよびHAの特徴を把握した (図5)。CS-Aは $\Delta$ Di-4SCSの割合が多く、CS-Bは $\Delta$ Di-4SCSの割合が多いことに加え $\Delta$ Di-diSBCSを唯一含んでいる。CS-Cは $\Delta$ Di-6SCSの割合が多く、CS-Dは $\Delta$ Di-6SCSの割合が多いことに加え $\Delta$ Di-diSDCSの割合がほかの種類に比べて多い。CS-Eは $\Delta$ Di-diSECSの割合が多いことが特徴である。これらの情報をもとに、各原料を分析して得られた二糖組成を標準品と比較することで由来を推測した。その結果、いずれも表示通りであり (図6)、分析した原料は質的に問題ないことが確認された。由来が既知の標準品を用いた組成解析からその特徴を把握することは、食品原料や健康食品に含まれるCSの由来を推測することができる。例えば、 $\Delta$ Di-diSBCSを含む組成の場合には、豚皮膚由来のCS-Bであることが推察され、 $\Delta$ Di-diSECSを多く含む組成の場合にはイカ軟骨由来のCS-Eであることが推察できる。これは食品偽造防止に応用可能である。由来によっては希少性の高いもの、高価なものも存在し、代わりに別の安価なCSを配合させた原料があった場合には、二糖組成を解析することで由来を推察し、食品偽造防止に適用可能である。本法は、質的評価の結果から、二糖を正確に分析可能であるため、食品偽造を確認する手段のひとつとし

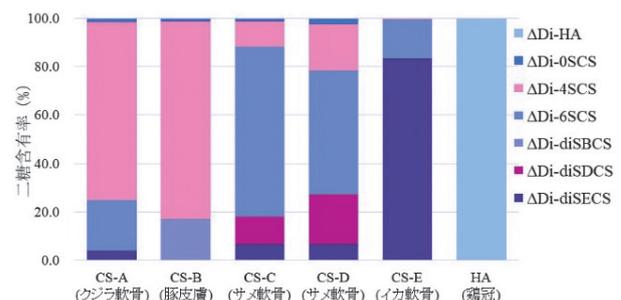


図5 異なる由来のCSおよびHAの二糖組成

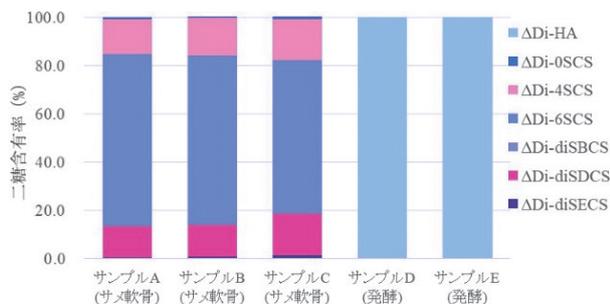


図6 食品原料中のCSおよびHAの二糖組成  
(各サンプルのカッコ書きは表示の由来)

て有用であると考えられる。

## 7 終わりに

保健機能食品は、含有される有効成分の機能を担保するための量的管理と、食品表示にかかわるような由来の特定といった質的管理が重要である。本稿では、さまざまなGAGの分析法を紹介するとともに、筆者らが開発したLC-MS/MSを用いたGAG構成二糖類19成分の一斉分析法と食品原料中のCSおよびHAの量的質的評価について紹介した。対象にした成分は、数ある保健機能食品の有効成分のうちのごく一部にすぎないが、妥当性が確認された分析法によって、正確に分析することが極

めて重要である。消費者へ食品を届ける側の責務として、安心安全を担保する正しい分析法による評価の重要性を共有できていたら幸いである。

## 文 献

- 1) T. Toida : *Jpn. J. Food Chem. Safety*, **18**, 35 (2011).
- 2) D. Ji, M. Roman, J. Zhou, J. Hildreth : *JAOAC Int.*, **90**, 659 (2007).
- 3) T. Ishii, K. Hirai, K. Higashi, A. Aijima, N. Yokota, T. Toida, Y. Iwasaki, R. Ito, N. Higashi, H. Akiyama : *Anal. Bioanal. Chem.*, **416**, 6209 (2024).
- 4) K. Hirai, T. Ishii, A. Aijima, N. Yokota, Y. Miyamoto, K. Higashi, Y. Iwasaki, R. Ito, N. Higashi, H. Akiyama : *Food Chem. X*, **25**, 102239 (2025).



平井 健吾 (HIRAI Kengo)

アサヒクオリティアンドイノベーションズ株式会社解析科学研究所 (〒302-0106 茨城県守谷市緑1-1-21) 星薬科大学大学院薬品分析化学研究室 (社会人博士課程)。早稲田大学大学院先進理工学研究科修士課程修了。《現在の研究テーマ》代替タンパク食品としての昆虫食GAG調査、変形性関節炎のGAG解析。《趣味》トライアスロン、マラソン。

E-mail : kengo.hirai@asahi-qi.co.jp

## 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]

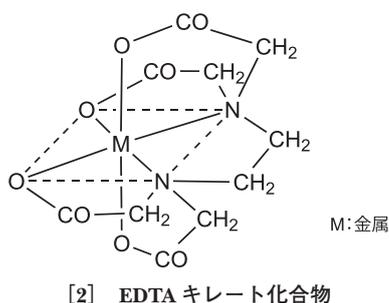
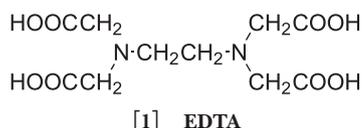
### キレート試薬とキレート滴定

#### 1 はじめに

キレート試薬とは、金属イオンへの配位により金属を含んだ環状構造（キレート環）を形成する有機化合物である。今日、キレート試薬は生活の様々な場面で用いられている。例えば、化学工業の分野では、硬水中のカルシウムやマグネシウムイオンと結合し、石鹸やシャンプーの効果を高めるために利用されている。また、医療の分野では、体内の有害な重金属イオンと結合し、排出を促進することで重金属中毒の治療に利用されている。

キレート試薬は分析化学の分野でも多岐にわたって使用されている。例えば、金属の分離操作や比色定量において金属の選択的マスク剤として、ポーラログラフやクロマトグラフ、イオン交換分析における補助剤や比色定量試薬として使用されている。分析化学における代表的なキレート試薬は、エチレンジアミン四酢酸（EDTA）である [1]。EDTA は、様々な金属イオンと 1:1 のキレート化合物 [2] を生成するため、金属イオンの定量によく用いられる。

本稿では、キレート試薬を用いたキレート滴定の原理<sup>1)</sup>について事例を挙げ説明する。



#### 2 キレート滴定

##### 2.1 EDTA

キレート滴定について、EDTA を例に原理を説明する。EDTA は、[1] に示す構造の四塩基酸で、分析用試薬として多用される二ナトリウム塩は、適度の溶解性を示し、潮解性、吸湿性などを示さず、保存、取扱いに便利である。EDTA は以下の三つの特徴を持つ<sup>2)</sup>。①アルカリ塩は水に溶け、無色の液体となる。②2 価以上の金

属イオンと安定的な水溶性の錯化合物を生成し、その多くは無色である。③ EDTA と金属イオンの結合比は金属イオンの電荷に関係なくほとんどすべての場合 1:1 である。

また、EDTA と金属イオンの結合は非常に強く、解離しにくいいため、EDTA と金属イオンの反応は定量的に進むと考えられる。このことがキレート滴定の基礎となっている。すなわち、金属イオンに対して、当量点までに加えた EDTA の量から金属イオンの量を求めることができる。

##### 2.2 キレート安定度定数

キレート滴定において、キレート試薬と金属イオンの結合の強さが重要である。その結合力の強さを示す目安となる数値として、キレート安定度定数がある（表 1）。例えば、亜鉛イオンと EDTA との結合を考える時、そのキレート生成反応は EDTA を  $Y^{2-}$  で示すと、次のように表される。

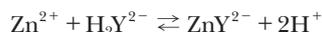


表 1 キレート安定度定数（生成定数） $\log K_{ML}$

金属	EDTA	GEDTA <sup>※1</sup>	NTA <sup>※2</sup>	CyDTA <sup>※3</sup>
Ca <sup>2+</sup>	15.98	11.00	6.41	12.50
Mg <sup>2+</sup>	8.69	5.21	5.46	10.32
Ni <sup>2+</sup>	18.62	13.60	11.54	19.40
Fe <sup>2+</sup>	14.33	11.92	8.84	16.27
Zn <sup>2+</sup>	16.50	14.50	10.66	18.67

※1 GEDTA：グリコールエーテルジアミン四酢酸

※2 NTA：ニトリロ三酢酸

※3 CyDTA：1,2-シクロヘキサンジアミン四酢酸

亜鉛イオン濃度の減少量は、平衡がどれほど右辺に偏るかということ定まるが、平衡が右辺に偏るほど  $H^+$  が多く放出され、pH が低下する。そこで、pH の低下の割合を測定することで、キレート生成反応の進行割合を評価できる。すなわち、平衡が右辺に偏るほど、生成したキレート化合物は安定であり、これを定量的に表したものが安定度定数である。この数値が 8 より大きい時、アルカリ性条件下では、多くの場合に定量的に錯化合物を形成する。しかし、中性や酸性においてはこの数値をそのまま利用することはできず、その pH におけるキレート化合物の解離状態を考慮した「条件安定度定数<sup>3)</sup>」が便利である。キレート化合物の酸解離状態を

表2 酸解離定数

pKa	EDTA	GEDTA	NTA	CyDTA
a1	1.99	2.00	1.89	2.43
a2	2.67	2.68	2.49	3.52
a3	6.16	8.85	9.73	6.12
a4	10.26	9.46	—	11.70

る数値としては、酸解離定数がある(表2)。なお、加水分解しやすい金属、重合しやすい金属は数値のみからは判定できないので注意を要する。

### 2・3 金属指示薬

キレート滴定が今日のように普及した最大の要因は金属指示薬の発達にあるといっても過言ではない。金属指示薬は、金属イオン濃度の変化に応じて鋭敏に変色する性質を示す色素であることから、滴定の当量点前後における金属イオン濃度の変化を評価できる。

金属指示薬の特徴は、色素自身の色と、色素が金属イオンとキレート化合物を生成した場合の色が異なる性質を利用して水溶液中の遊離金属イオンの濃度を決定できる点である。金属指示薬はその分子内に金属イオンとキレート化合物を生成する能力をもった配位基を備えており、一種のキレート試薬である。そして、金属指示薬が金属イオンと安定なキレート化合物を生成し、かつ指示薬としての正常な変色を示すのは一定のpH領域に限られる。キレート滴定は、金属イオンに対するキレート試薬と金属指示薬とのキレート生成反応の競争であるため、滴定の条件で適当な条件安定度定数をもった金属指示薬の選択が必要となる。

### 3 キレート滴定の実例

キレート滴定の応用実例として、JIS工業用水試験法としても採用されている水の硬度測定、すなわちCa<sup>2+</sup>とMg<sup>2+</sup>の分別定量法について紹介する<sup>1)2)</sup>。

まず、全硬度を測定する。検水100 mLを中和し、緩衝液を用いpH10とし、エリオクロムブラックT(BT指示薬)を指示薬として用いEDTA標準液で滴定し、全硬度を求める。重金属の存在が予測される場合はシアニ化カリウムまたは硫化ナトリウムを加えてマスキングする。終点の変色は赤→青で、赤味が完全に消失した点を終点とする。pH10においては、Ca<sup>2+</sup>とMg<sup>2+</sup>は一緒に滴定される。

全硬度を測定する場合、検水中のMg濃度が低いとBT指示薬の変色が鈍くなる。このような場合はMg-EDTAを少量添加することで、変色が鋭敏になる。これは、Mg<sup>2+</sup>が全く存在しない場合、Ca<sup>2+</sup>滴定におけるBT指示薬の変色は非常に不明瞭であるのに対し、Mg-EDTAを添加することにより、Ca<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup>を同時に滴定する

ような結果となるため、Mg<sup>2+</sup>に対するBT指示薬の鋭敏な変色によるものである。Mg<sup>2+</sup>を3~10%添加することで十分な効果を得られる<sup>2)</sup>。

次に、Ca硬度を測定する。検水100 mLを中和した後、pH12~13とし、2-ヒドロキシ-1-(2-ヒドロキシ-4-スルホ-1-ナフチルアゾ)-3-ナフトエ酸(NN指示薬)を指示薬として用いEDTA標準液で滴定し、Ca硬度を求める。終点の変色は赤→青である。このpHではMg<sup>2+</sup>がMg(OH)<sub>2</sub>となってEDTAと反応しないためCa<sup>2+</sup>のみが定量される。

このほかに、Ca<sup>2+</sup>とMg<sup>2+</sup>の分別滴定の主な方法としては、以下の五つの方法が挙げられる。①Ca<sup>2+</sup>をシュウ酸塩などによって沈殿分離し、沈殿中のCa<sup>2+</sup>またはろ液中のMg<sup>2+</sup>を滴定する。②Mg<sup>2+</sup>を沈殿させ、沈殿を分離し、あるいは分離しないまま液または懸濁液中のCa<sup>2+</sup>を滴定する。③グリコールエーテルジアミン四酢酸(GEDTA)を滴定試薬としてCa<sup>2+</sup>のみ選択滴定する。④Ca<sup>2+</sup>をマスキングしてMg<sup>2+</sup>のみ滴定する。⑤イオン交換樹脂で両成分を分離した後に滴定する。

②の方法はCaと比較して大量のMgが共存する場合に適し、③の方法では、Caに選択的な指示薬の選択が重要となる。それぞれの特徴を理解することで精度良くCa<sup>2+</sup>とMg<sup>2+</sup>を分別定量することができる。

### 4 おわりに

古くから分析化学の分野でキレート試薬を用いたキレート滴定は、金属イオン定量の定法として研究され、今日では様々な滴定法が確立されている。キレート滴定の原理を理解し、キレート試薬、指示薬やpHといった滴定の条件を適正に選択することで精度良く金属イオンを定量することができる。キレート滴定で困った時、本稿が解決の一助となれば幸いである。

### 文 献

- 1) 上野景平：“キレート滴定法”，(1965)，(南江堂)。
- 2) 上野景平：“キレート滴定”，(1989)，(南江堂)。
- 3) 上野景平：“入門キレート化学”，(1969)，(南江堂)。

[株式会社同仁化学研究所 栢多 利博]

# 昇温および瞬間加熱法を用いたプラスチックのアンビエント質量分析

島田 治男, 西口 隆夫, 山下 藍

## 1 はじめに

プラスチック素材は、その軽量性、耐久性、加工の容易さから、現代社会において不可欠な材料となっている。それらの素材は多種多様であり、用途に応じた強度や柔軟性などの機能が要求され、その機能に影響する添加剤も目的に応じて多種存在する。また、それらの劣化などの品質の変化も迅速に把握する必要がある。それに加えて、近年では使用済みプラスチックの廃棄およびリサイクルが、環境保護の観点から大きな課題となっており、その解決のためには組成を把握するための科学的なアプローチが求められている。

質量分析 (MS) は、試料をイオン化し、質量電荷比 ( $m/z$ ) を測定することで分子量や化学組成に関する情報を得る技術である。さまざまなイオン源や検出手法が開発され、高分子分析にも応用されている。

例えば Py-GC/MS (熱分解ガスクロマトグラフィー質量分析) は、高分子を熱分解して生成される成分を分析し、構成単位 (モノマー) および低分子量オリゴマーを解析するのに用いられている。また、MALDI-TOF MS (マトリックス支援レーザー脱離イオン化飛行時間型質量分析) は、ソフトイオン化により高分子の分子量分布を測定することが可能である。

一方、アンビエントイオン化質量分析は、分析対象を雰囲気下で直接イオン化し、そのまま質量分析を行う。この手法で用いるイオン源は、LC/MS などの質量分析計に接続できるため、汎用性が高い。プラスチック分析では、試料を加熱し、添加剤や主鎖の熱分解生成物をリアルタイムで測定する。熱分解に伴い多様な酸化物が生成され、オリゴマーの組成が複雑化することがあるが、その場合は、高分解能 MS を用いることで、整数質量数のみでは識別が困難な分子種を判別することができる。熱分解物を測定する点では Py-GC/MS と類似するが、雰囲気下での加熱法のバリエーションが異なり、場合によっては分子量 1000 以上のオリゴマーも検出できる。さらに高分解能 MS を用いることで、より詳細な解析が可能となるなど、異なる点が多い。アンビエントイオン化法としては、これまでに、DART (direct analysis in

real time), DESI (desorption electrospray ionization), PESI (probe electrospray ionization), コロナ放電イオン化法など、いくつかのソフトイオン化手法が報告されている<sup>1)</sup>。この中で、コロナ放電イオン化法は、雰囲気 (気相) 中の成分をイオン化する手法であり、近接コロナ放電イオン化法、交流コロナ放電イオン化法など、近年も技術開発が活発に行われている<sup>2)~5)</sup>。本稿では、コロナ放電イオン化法に焦点を当て、その課題と対応策について論じるとともに、最新技術を取り入れた装置の機構および測定データについても紹介する。

## 2 アンビエントイオン化の課題とイオン源

アンビエントイオン化質量分析法では試料をそのまま分析することが多く、溶媒で溶解する工程を必要としない。このため、希釈による濃度低下が起こらず、試料調製による変質やコンタミネーションなどのリスクが少ない。また試料に加熱などのストレスを与えたときに変化する様子をリアルタイムに測定できるなどの利点が多い。ただし課題もある。

### 課題 1: 検出の安定性

アンビエントイオン化質量分析では、オープンな雰囲気の中でイオン化が行われるため、成分が大気へ拡散するなどのロスが大きく、ベースラインが不安定となる傾向がみられる。

### 課題 2: 脱離の課題

アンビエントイオン化の多くは気相中でイオン化が起こるため、分析対象物は試料表面から気相に放出される必要がある。プラスチックは高分子成分から成り、加熱しても気化せず脱離もしないが、250℃ 以上では熱分解による生成物が気相に放出される。得られるマススペクトルにはポリマーの繰り返し単位が反映され、材質ごとに特徴的なパターンを示す。これを解析することで元の構造が推定される。一般的な加熱手段としては DART で使用されている熱ガス照射があるが、試料にかかる熱の範囲や位置の特定は困難であり、再現性の高い分析は容易ではない。

### 3 課題の解決に向けた製品開発

アンビエントイオン化質量分析は、上記のような課題があるが、その中でも大気圧コロナ放電イオン化法は特殊なガスを使用しないため、扱いやすい手法である<sup>5)</sup>。ChemZo<sup>®</sup> イオン源は、このような中で種々の課題に対応するために開発されたコロナ放電イオン源である(図1)。ChemZo<sup>®</sup> イオン源は、放電針を質量分析計のinlet付近に配置し、閉鎖空間内でイオン化を行うことで安定した測定を実現する。イオン化部と脱離部が独立した構造を持つことから様々な脱離デバイスの装着が可能となり、多様な脱離法に対応できる。現在のコロナ放電イオン化法の課題とそれらに対応する技術に関して、表1にまとめた。これらの手法について、特徴を以下に解説する。

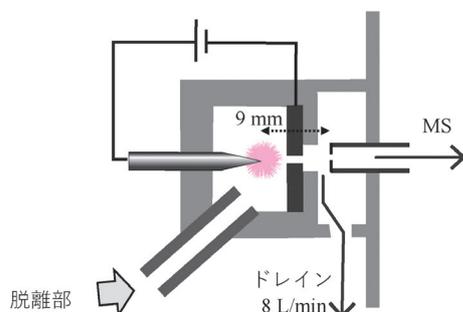


図1 ChemZo<sup>®</sup> イオン源

表1 コロナ放電イオン化法の課題と解決策

課題	解決のための技術	応用製品
1. 検出の安定性	(a) 近接コロナ放電イオン化法	ChemZo <sup>®</sup> イオン源
	(b) 交流近接コロナ放電イオン化法	ChemZo <sup>®</sup> イオン源 (オプション搭載)
2. 脱離の課題	(c) 昇温熱脱離法	ionRocket <sup>™</sup> または 昇温熱脱離デバイス
	(d) フィラメント型熱脱離法	ペン型熱脱離ヒーター
	(e) ピンポイント瞬間熱脱離法	ピンポイント瞬間熱脱離装置

#### 3.1 検出の安定性

##### (a) 近接コロナ放電イオン化法

従来の近接コロナ放電イオン化法では、放電に使用する電極針先端をMS検出器のinlet側から1.5 mmの位置に配置する<sup>3)</sup>。これによりイオン化された成分が二次的なイオン反応が起こらないまま無駄なくMS側に吸い込まれる機構である。これを応用した製品が「ChemZo<sup>®</sup> イオン源」(バイオクロマト製)である。ChemZo<sup>®</sup> イオン源では、針先端とinletの距離が設計上9 mmと従

来法と比べて遠いが、ドレイン機構によりinlet側に向けて8 L/min気流が発生しているため、inletまでの到達時間が53 μsecと短く、二次的な反応が起こりにくい。また、イオン化はMS検出器の直前に作られた閉鎖的な空間で行われるため、信号は安定し、雰囲気の状態に影響されない測定が可能となった。

##### (b) 交流近接コロナ放電イオン化法

この方法は上記の近接コロナ放電イオン化法に加えて電源部分を直流から交流に切り替えて放電を行う方法である<sup>2)5)</sup>。電極針の先端で高速に陰陽極が入れ替わるため、針先端の摩耗が軽減され劣化が少なく、汚れの付着も抑えられる。アーク放電へ移行しにくいいため安定的な放電が実現される。アンビエントイオン化質量分析では、試料を直接測定することが多く、イオン源およびその周辺の汚れが影響して感度が低下するが、本技術により長時間にわたって安定した測定が可能となった。また、正イオンと負イオンが交互に発生するため、高圧電源の極性を切り替える手間も省かれる。

#### 3.2 脱離の課題

##### (c) 昇温熱脱離法

昇温熱脱離法は、試料を加熱して分析対象物を気相へ移行させる手法で、温度をモニタリングしながら一定速度で昇温する(図2)。測定には通常20~100 μgの試料を使用し、室温から毎分100℃の速度で600℃まで昇温する。プラスチック分析では、200℃付近で添加剤の脱離が観察され、250℃付近からは主鎖の熱分解生成物が検出されることが多い(材質により分解温度は異なる)。これらを解析することにより、添加剤や主鎖の構造に関する情報が得られる。熱分解の開始直後に特徴的なフラグメントが観察される傾向があり、さらに昇温を続けると生成物の組成が複雑化し、解析が難しくなる。微量の添加剤を検出するには試料量を数mgに増やすと良い。その際は、昇温を例えば250℃までに制限することで装置の汚染が抑えられる。

ポリプロピレン(PP)、ポリエチレン(PE)、ナイロ

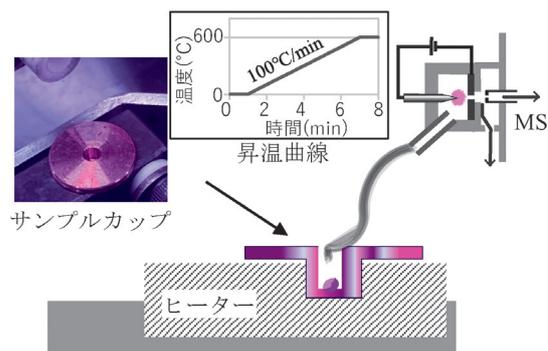


図2 昇温熱脱離法

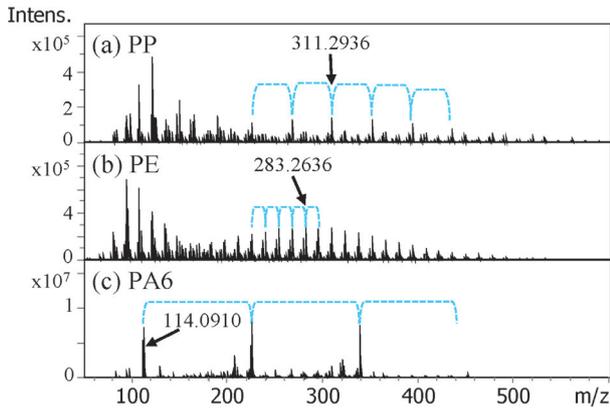


図3 PP, PE, PA6 のマススペクトル (昇温熱脱離法)

ン6 (PA6) を対象にした実験例を以下に示す。

〈方法〉 PP, PE, PA6 について、それぞれ 30~60  $\mu\text{g}$  をとり、サンプルカップに入れて昇温熱脱離デバイスにセットし、室温から毎分 100  $^{\circ}\text{C}$  で 600  $^{\circ}\text{C}$  まで昇温した。イオン化には ChemZo<sup>®</sup> イオン源を用い、検出に四重極飛行時間型質量分析計 (QTOF MS, COMPACT, Bruker 製) を用いた。

〈結果〉 PP では主鎖のプロピレン骨格由来の  $m/z$  42 おきの信号がみられた (図 3a)。また、 $m/z$  311.2936 は、その質量数から分子式 ( $\text{C}_{20}\text{H}_{38}\text{O}_2$ ) が求められた。これは不飽和度が 2 で酸素が二つ付加した酸化体であることから (理論値  $[\text{M}+\text{H}]^+ 311.2945$ )、加熱によって酸化が起こったものと示唆された。この構造を含み複数のプロピレン単位 ( $\text{C}_3\text{H}_6$ ) が繋がった成分群が観察された (9 個の繋がりまで確認された)。次いで PE では  $m/z$  14 おきに連続する信号がみられた (図 3b)。 $m/z$  283.2636 は、分子式 ( $\text{C}_{18}\text{H}_{34}\text{O}_2$ ) であることから、不飽和度が 2 で酸素が二つ付加した酸化体であることが分かり (理論値  $[\text{M}+\text{H}]^+ 283.2631$ )、この構造を含み複数のメチレン単位 ( $\text{CH}_2$ ) が繋がった成分が観察された (28 個の繋がりまで確認された)。PA6 では、その単位 ( $-\text{[C}_6\text{H}_{11}\text{NO}]_n-$ ,  $m/z$  113 おきの信号) が観察された。 $m/z$  114.0910 は、分子式 ( $\text{C}_6\text{H}_{11}\text{NO}$ , 理論値  $[\text{M}+\text{H}]^+ 114.0913$ ) であることがわかり、末端構造由来の成分であることが示唆された (図 3c)。

このように、昇温熱脱離法によって熱分解生成物をリアルタイムに観察することができた。解析においては、熱分解が生じた直後のマススペクトルが最も適している場合が多いため、まずは熱分解温度を正確に把握することが重要である。また、この手法では、試料の採取量が確認できること、および熱の履歴が追えることで、複数の試料間の比較が可能である。

(d) フィラメント型熱脱離法

この手法で使用されるデバイスは、棒状の持ち手の先端に直径 3 mm のセラミックチューブが配置され、その

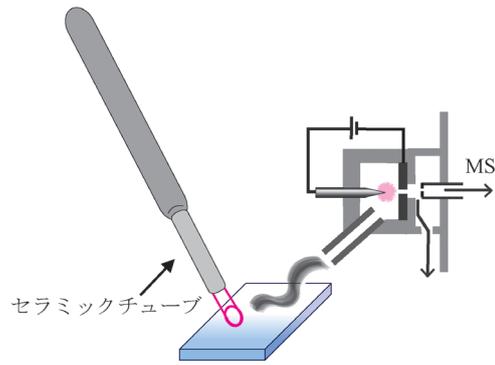


図4 フィラメント型熱脱離法

先端にコイル状に成形した直径 0.26 mm のニクロム線が取り付けられている (図 4)。ヘッド部 (フィラメント状コイルとセラミックチューブを含む) は、長さ 30~40 mm で、1.5 mL のバイアル瓶などの小型容器に挿入しやすく、容易なサンプリングが可能である。プラスチックなどの固形試料を分析する際は、あらかじめフィラメントに電流を流して加熱しておき、それを試料表面に接触させることで、熱分解と脱離を同時に誘発する。昇温熱脱離法が熱の履歴が追えるのに対して、本手法はとにかく簡便であることに特化した手法である。例えば分析試料の数が多く迅速性を重視するような分析や装置のキャリブレーションにも使用される。実験例を以下に示す。

〈方法〉 PP, PE, PA6 について、それぞれにペン型ヒーターのフィラメント部を接触させ、各材質の熱分解および脱離を行った。フィラメント部のニクロム線には 0.5 A の電流を流し (約 340  $^{\circ}\text{C}$ )、イオン化には ChemZo<sup>®</sup> イオン源を使用した。検出には QTOF MS を用いた。

〈結果〉 本方法は採取量や接触時間が特定できないため、各マススペクトルの信号強度に再現性はないが、各  $m/z$  値のピーク強度比には再現性があり、PP, PE, PA6 いずれも昇温熱脱離法と同様のスペクトルパターンが得られた (図 5)。特に、PP と PE は昇温加熱法において 400  $^{\circ}\text{C}$  を超えるとスペクトルパターンが複雑になり主

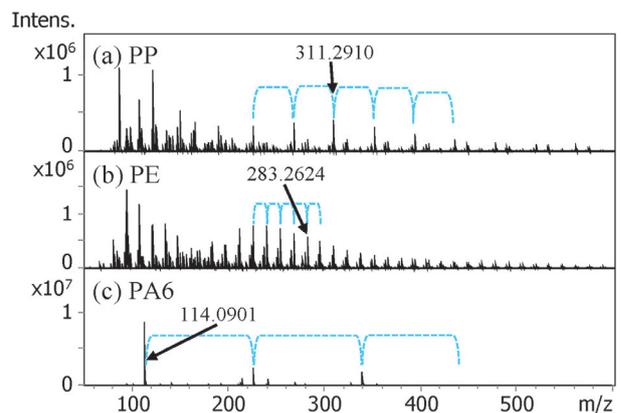


図5 PP, PE, PA6 のマススペクトル (フィラメント型熱脱離法)

鎖の判別が難しくなるが、本フィラメント型熱脱離法の実験ではフィラメント部の温度を制御することで、昇温加熱法における 250~300 °C 付近と同様の結果が得られ、それぞれの主鎖を判別できるオリゴマーが検出された。さらに、PA6 についても特有のオリゴマー構造が確認された。本手法は、迅速かつ簡便に材質を確認できる点が特長である。

#### (e) ピンポイント瞬間熱脱離法

ピンポイント瞬間熱脱離法は、針を加熱して試料と接触させることによって局所的に加熱を行う手法である(図 6a)。今回使用した針は、太さ(線径)0.76 mm、長さ 27 mm のステンレス製ピンである。この針は、セラミックチューブの周りにニクロム線(直径 0.26 mm)がらせん状に巻かれたものに差し込まれている。針は固定されておらず、上部の針頭部によって支えられ、落下を防止している。これにより、試料と接触した際に針先端が試料に刺さることを防ぎ、針先が過剰に潜り込むことを防止する機構となっている(非固定針機構、図 6a)。接触時間は 1000 msec までコントロールできる。低分子を対象にした分析では 50 msec 程度で十分な結果が得られるが、プラスチックは熱分解が必要であるため、100~500 msec の条件が用いられる。加熱条件は接触時間とコイルの電流値(針先端の温度)で設定できる。適切な条件は材質や形状によって異なる。本手法の実験例を以下に示す。

〈方法〉 PP, PE, PA6 について、それぞれにピンポイント瞬間熱脱離デバイスの試料台に載せて測定を行った。本デバイスには試料の高さを調節するためのステージが付けられている。高さ調節は精度が 1 mm 以内であれば、非固定針機構により、過剰に加熱されることなく測定が進行できる。それぞれの試料について、接触時間を 200 msec 電流値を 1.5 A (300 °C) で瞬間的に接触させた。針先端の温度は非接触エリア温度計(OPTIX Xi

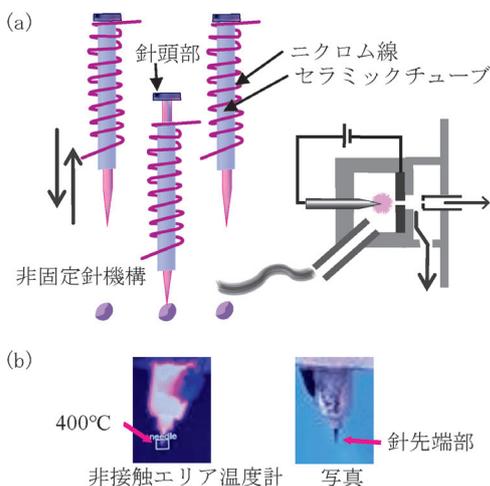


図 6 ピンポイント瞬間熱脱離法

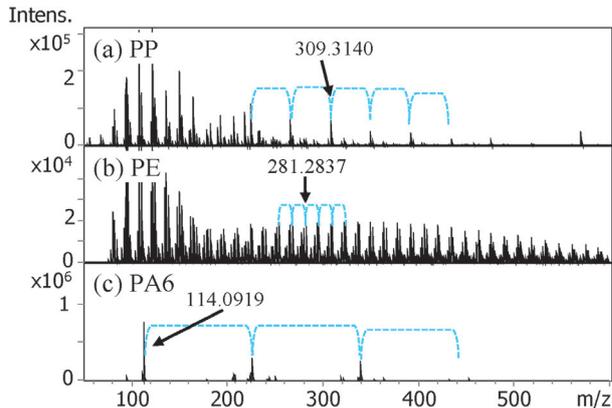


図 7 PP, PE, PA6 のマススペクトル(ピンポイント瞬間熱脱離法)

80, オプティクス・エフエー(株)を使用し、針をあらかじめ黒体スプレーでコートしたものをを用いて測定した(図 6b)。イオン化には ChemZo<sup>®</sup> イオン源を使用し、検出には QTOF MS を用いた。

〈結果〉本方法は採取量が特定できないが、針の接触時間と温度を一定にすることで、再現性良く測定できる。PP, PE, PA6 いずれも昇温熱脱離法と同様のスペクトルパターンが得られた(図 7)。ただし、PP や PE の結果では、それぞれ  $m/z$  309.3140 ( $C_{21}H_{40}O$ , 理論値  $[M+H]^+$  309.3152) や  $m/z$  281.2837 ( $C_{19}H_{36}O$ , 理論値  $[M+H]^+$  281.2839) が優位な信号として観察された。これらは不飽和度が 2 で酸素が一つ付加した酸化体であることから、分析時の酸化反応が抑えられていることが分かった。昇温熱脱離法では徐々に熱が加わることで、主鎖の解列と同時に二次的な酸化反応も起こる。このため、スペクトルは複雑になる傾向があるが、瞬間熱脱離法では、接触時間が短いため、二次的な反応が完全ではないが制限されることがわかった。また、本手法では局所での分析が可能になるため、プラスチック上に付着した異物等の分析にも応用が可能である。

## 4 ピンポイント瞬間熱脱離法の応用事例

### 4.1 積層フィルムの材質確認への応用

積層フィルムは、異なる材質のフィルムが複数重なってできた多層フィルム構造をもつ構造体である。このような積層フィルムを質量分析で成分分析を行う際は、各層を剥がして一層分に分離する必要があり煩雑な作業となる。本実験ではピンポイント瞬間熱脱離システムを用いて、層構造を持つ樹脂フィルムを剥離することなく分析することを試みた。

〈方法〉試料は 3 層フィルム(PET-Silicone-PET, 厚さ 0.2 mm)を用意し、その表面を、図 8a に示すように薄く斜めに切断して断面を表面に出した(試料提供: 国立研究開発法人産業技術総合研究所)。そこに針先端を 1 mm ずつ移動しながら瞬間的に接触させることを繰

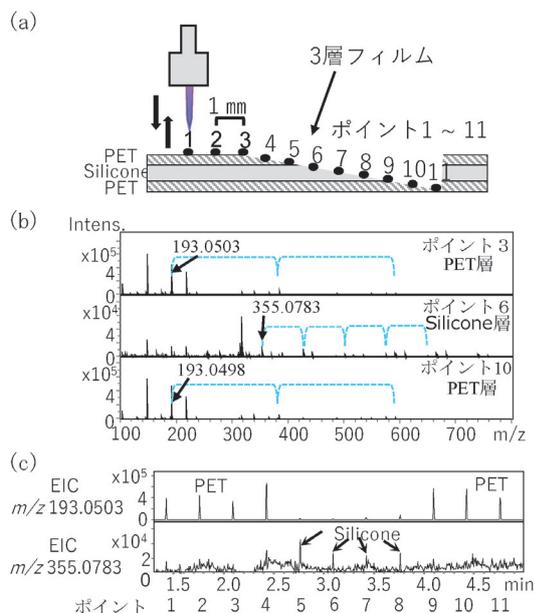


図8 ピンポイント瞬間熱脱離法による積層フィルムの分析

り返して、合計11か所を測定した。針は1.9 A (400 °C) で加熱し、100 msecの接触時間で測定を行った。イオン化にはChemZo<sup>®</sup> イオン源を使用し、検出にはQTOF MSを用いた。

〈結果〉 図8bに針を接触させた際のマススペクトルを示した。PETおよびSiliconeのマススペクトルの中で特徴的なイオン  $m/z$  193 および  $m/z$  355 をそれぞれ選択した。これらの抽出クロマトグラムを図8cに示した。接触点のポリマー成分が観察され、断面となって表層に現れたそれぞれの材質が検出された。このように試料形状を工夫することで、厚さ0.2 mmの微小範囲の情報を取得することができた。

#### 4.2 イメージングへの応用

成分の分布情報はプラスチック分析でもニーズが高い。劣化の箇所の特特定や、異物分析にも分析対象の位置情報が重要である。ピンポイント瞬間熱脱離法では、加熱針が試料表面に接触した位置を中心に半径0.2~0.5 mm程度の周辺領域が加熱されて成分が脱離する。この手法をプラスチックの分析に応用し、材質の異なるプラスチック主鎖の位置情報を取得した。

〈方法〉 修正テープ (COLLECTION TAPE 5 mm, プラス製) を分解して中の歯車を取り出し表面を平面になるように切断し測定に用いた (図9a)。この部分をピンポイント瞬間熱脱離デバイスのサンプルステージ上に固定して、横列を0.5 mm間隔で移動しながら30 mm測定を行い、一列の測定が終了した後に、縦に0.5 mm移動し、同様に0.5 mm間隔で移動しながら行った。これを繰り返し横60列、縦27行、合計1620か所の測定を行った。針は1.9 A (400 °C) で加熱し、100 msecの接触時間で測定を行った。イオン化にはChemZo<sup>®</sup> イオン

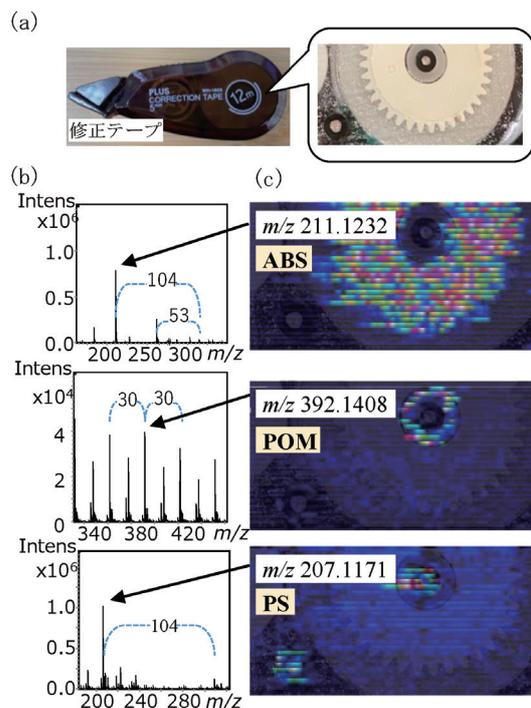


図9 修正テープの成分マッピング

源を使用し、検出にはQTOF MSを用いた。

〈結果〉 各材質に特徴的なイオン ( $m/z$ ) を選出し (図9b), それぞれのイオンで抽出クロマトグラムを作成し、検出された時間を位置情報に変換してマッピングを行った。結果を図9cに示した。本実験は手動で測定を行ったため、測定時間と位置情報を完全に一致させることはできなかった。このため、一部にゆがんだ部分があるが、ほぼ材質を反映したイメージ画像が得られた。本実験により、数cmを視野とするマッピングが可能となった。今後は正確に高さ ( $z$  軸) を自動調節しながら  $xy$  軸を自動的に移動するステージを搭載する予定である。

## 5 おわりに

アンビエントイオン化質量分析について、特にコロナ放電イオン化法を用いた脱離デバイスを中心に、3種の脱離デバイスについて、それぞれの機構と得られるデータの特徴について解説した。ChemZo<sup>®</sup> イオン源では、イオン化室が脱離部から隔離されているため、目的に応じて様々な脱離デバイスを使用することが出来る。ユーザーがそれぞれの目的に適したデバイスを作成することも可能である。本イオン源を中心とした脱離デバイスの開発は、今後もより多くの分析ニーズに対応できるよう改良を加える予定である。また、高分子の分解生成物のマススペクトルパターンは、その構成単位である繰り返し構造が反映されるため、KMD解析などの解析手段が有効に使用されている<sup>6)</sup>。解析手段も研究が進んでいるが、本稿では熱脱離デバイスに焦点を当てて紹介した。

現在、新たな脱離デバイスの開発や測定自動化が進められており、測定手法のさらなる発展が期待される。

#### 文 献

- 1) C. Wesdemiotis, K. N Williams-Pavlangos, A. R Keating, A. S McGee, C. Bochenek : *Mass Spectrom. Rev.*, **43**, 427 (2022).
- 2) D. Usmanov, S. Ninomiya, L. C. Chen, K. Hiraoka : *Rapid Commun. Mass Spectrom.*, **27**, 2760 (2013).
- 3) D. T. Usmanov, S. Ninomiya, L. C. Chen, S. Saha, M. K. Mandal, Y. Sakai, R. Takaishi, A. Habib, K. Hiraoka, K. Yoshimura, S. Takeda, H. Wada, H. Nonami : *Mass Spectrom. (Tokyo)*, **6**, S0059 (2017).
- 4) K. Hiraoka, H. Shimada, K. Kinoshita, S. Rankin-Turner, S. Ninomiya : *Anal. Biochem.*, **676**, 115249 (2023).
- 5) K. Hiraoka : *J. Mass Spectrom. Sci. Jpn.*, **65**, 107 (2017).
- 6) 中村清香, 山根祥吾, 佐藤貴弥, 木下一真, 佐藤浩昭 : 分析化学 (*Bunseki Kagaku*), **70**, 45 (2021).



島田 治男 (SHIMADA Haruo)  
株式会社バイオクロマト (〒251-0053 神奈川県藤沢市本町1丁目12番19号). 《現在の研究テーマ》レーザーアブレーションを用いた質量分析装置の開発.  
E-mail : h.shimada@bicr.co.jp



西口 隆夫 (NISHIGUCHI Takao)  
株式会社バイオクロマト (〒251-0053 神奈川県藤沢市本町1丁目12番19号). 《現在の研究テーマ》ChemZo イオン源と濃縮装置 (コンビニエバボ) の開発.  
E-mail : t.nishiguchi@bicr.co.jp



山下 藍 (YAMASHITA Ai)  
株式会社バイオクロマト (〒251-0053 神奈川県藤沢市本町1丁目12番19号). 《現在の研究テーマ》ChemZo イオン源と熱脱離デバイスの開発と応用.  
E-mail : a.yamashita@bicr.co.jp

#### 原 稿 募 集

「技術紹介」の原稿を募集しています

対象：以下のような分析機器、分析手法に関する紹介・解説記事

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

報など

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

お問い合わせ先：

日本分析化学会『ぶんせき』編集委員会

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

# トピックス

## ●—— 中赤外ハイパースペクトラル撮像の高速化

中赤外 (MIR) ハイパースペクトラル撮像は非侵襲に試料の空間・分光情報を同時に取得する技術である。MIR 領域では分子振動に起因する物質固有の吸収が観測されるため、物質の構造評価、化学種分布測定、組織の病理診断など幅広い分野での応用が期待されている。しかし、大量の空間・分光情報を高速処理することは難しく、過渡的現象を捉えるためには測定技術の高速化が必要である。

MIR ハイパースペクトラル撮像の代表的な手法として、フーリエ変換赤外 (FTIR) 分光撮像がある。FTIR 分光撮像では、焦点面アレイ検出器を用いることで、一度に二次元情報を取れるようになった<sup>1)</sup>。FTIR は干渉計を利用して赤外スペクトルを得るため、複数の波長情報を同時に取れるが、イメージの取得速度は機械的な掃引速度で律速されることが課題である。

J. Fang らは、試料を透過した MIR 光を近赤外光に波長変換し、光感度とフレームレート (fps) の点で MIR 検出器よりも優れた可視・近赤外検出器を用いて、ビデオレートを超える広視野 MIR ハイパースペクトラル撮

像を実現した<sup>2)</sup>。波長変換を用いる手法はこれまでも報告されているが、測定波長範囲が広がるほど波長変換に時間がかかることが課題であった。J. Fang らはチャープ分極・ニオブ酸リチウムを非線形結晶として使うことで、同時に多波長変換を行った。さらに、波長変換した光を音響光学チューナブルフィルタ (AOTF) に通すことで、数マイクロ秒で波長を切り替え、ハイスピードカメラ (10 kfps) で波長ごとのイメージを取得した。AOTF とは、電気信号により結晶内に超音波を生成し、その超音波が回折格子として働くことで、特定の波長の光を回折する素子である。上記の手法で波長変換と波長掃引はどちらも機械的な掃引を使わない。これにより、50 万画素イメージを 1 波長あたり 0.1 ミリ秒で取得し、波長範囲 2.4  $\mu\text{m}$  から 4  $\mu\text{m}$  まで (波数 2600~4085  $\text{cm}^{-1}$ ) の MIR ハイパースペクトラルイメージを 10 ミリ秒 (100 fps) で取得することに成功した。これは同じ波長範囲・視野サイズで他の手法を用いたときと比べて撮像速度が 2 桁速い。

この技術は物質の構造変化や分子種のリアルモニターなどへの応用が期待できる。MIR ハイパースペクトラル撮像は近年さまざまな手法が報告されており、今後も進展に注目したい。

- 1) K. L. A. Chang, S. G. Kazarian : *Anal. Chem.*, **84**, 4052 (2012).
- 2) J. Fang, K. Huang, R. Qin, Y. Liang, E. Wu, M. Yan, H. Zeng : *Nat. Commun.*, **15**, 1811 (2024).

[関西学院大学理学部 大間知 潤子]

## 原稿募集

トピックス欄の原稿を募集しています

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

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

なお、執筆者自身の文献を主として紹介するこ

とは御遠慮ください。又、二重投稿は避けてください。

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

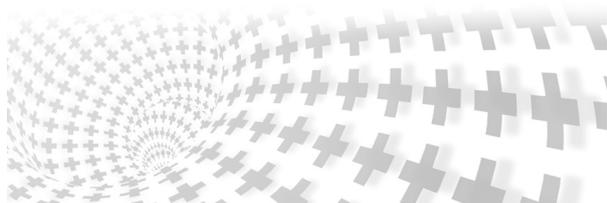
〒141-0031 東京都品川区西五反田 1-26-2

五反田サンハイツ 304 号

(公社)日本分析化学会「ぶんせき」編集委員会

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

# こんにちは



## 京都大学薬学研究科 石濱研究室を訪ねて

### 〈はじめに〉

京都大学では学園祭を11月祭（November Festival, 通称NF）と呼び、その名の通り11月の恒例行事として開催している。NF期間中は講義も中止となることから、学内の雰囲気はお祭り一色となる。吉田キャンパスの時計台周辺がお祭り騒ぎの中、筆者は薬学部構内にある医薬系総合研究棟を訪ねるために農学部のある北部構内を出立した。さわやかな秋晴れのもと、徒歩にして約20分の道のりである。薬学部構内はNFの喧騒から遠く離れており、構内ですれ違う学生たちからはお祭り気分を感じられなかった。これまで、筆者が薬学部構内に侵入した機会は学生時代に薬学部図書室を利用したのみであり、研究室という薬学部の深淵に足を踏み入れたことはない。構内案内を見ると薬学部の研究室は本館、別館、総合研究棟、医薬系総合研究棟の建物に配置されている。今回は、その中で最も新しい建物である医薬系総合研究棟に足を踏み入れた。そして複数のセキュリティチェックに気後れしつつ、3階の石濱研究室に到着した。最終のセキュリティ以降は非常にアットホームな雰囲気となっており、石濱先生と金尾先生に笑顔で迎えていただいた（写真1）。

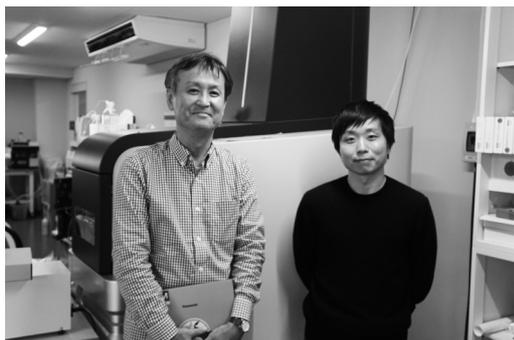


写真1 石濱先生（左）と金尾先生（右）

### 〈研究室の概要〉

石濱先生は薬学研究科の生体分子計測学分野と創薬プロテオミクス分野の教授を兼任されており、金尾先生は創薬プロテオミクス分野をご担当されている。生体分子計測学分野の歴史について伺ったところ、以前は製剤機能解析学分野と呼ばれ、起源を辿ると薬品物理化学分野に端を発しているそうである。一方で、学部教育としては分析化学を主に担当されており、年度の頭には、薬学部の分析化学実習に研究室の総力で臨まれるそうである。京都大学の薬学部では6年制コースと4年・2年コースが並行しているが、研究室配属はいずれも4年生からとなる。また、大学院では2年・3年コース、5年一貫コース、博士課程が4年となるコースが存在するそうだが、残念なことに筆者には全貌を把握することができなかった。現在、スタッフ等を合わせ研究室のメンバーはおよそ30名だそうである。

研究室は以前、薬学部の本館という年季の入った建物にあったそうだが、部屋が大勢の往来する廊下に面していたためにホコリが入りやすく、質量分析装置のメンテナンスに難儀していたそうである。2017年に医薬系総合研究棟が建つことで、大勢が往来することのない角部屋に装置を配置したいという要望がようやく実現したそうだ。また、医薬系総合研究棟に研究室全体が移動したのは2023年末のことだそうだ。その際、いくつかの精密かつ大型の機器は、業者に頼らず自分たちで運搬し、また、ホコリを嫌う装置保守のため、例えばカーペットが敷かれたデスクスペースでは、床材も自分たちで貼りなおされたそうである（写真2）。

研究室は実験区画とデスクワークの区画が明確に分離され、ディスクッションのためのスペースも準備された、とても明るく整理の行き届いた構造となっている。実験室は非常にうまくレイアウトされており、例えばガスボンベは一か所に固められ、各部屋に配管で引きまわされている。実験区画では、整頓された試料準備室（写真3）、クロマトグラフと質量分析の装置群がこれでもかと鎮座した分析室は圧巻であった（写真4）。なお、装置が天井板を押しつけているようにも見えるが、これ



写真2 デスクスペース

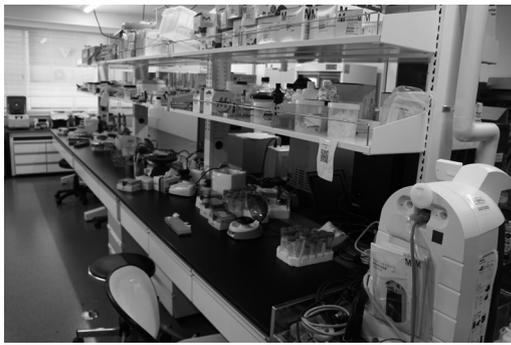


写真3 試料調製室



写真4 質量分析計



写真5 サーバ室

は引っ越しのタイミングではまだ導入が確定していなかった装置とのことである。そして、解析技術が発達するほどプロテオミクスのデータ量は指数関数的に膨れ上がるのが定めである。それらのデータを保存、整理し大勢の研究者で広く共有するためのデータベースも運用されているようで、そのサーバ室も見学させていただいた(写真5)。また、学生たちも明るくそれぞれの研究テーマを楽しんでいる雰囲気に満ちていた。学生さんに「分析化学が好きだからこの研究室を志望したのか?」とぶしつけなインタビューをしたところ「プロテオミクスに取り組んでいることが研究室配属の決め手でした」と話してくれた。

石濱先生曰く、学生には研究テーマを提示するが、指導方針としては放牧を旨としているとのことである。また、クロマトグラフや質量分析装置のメンテナンスは基本的に自分達で行う、というのが研究室の方針だそうである。それに関して学生さんに話を聞いたところ、「メンテナンスを続ける中で装置に対する理解が深まり、装置の蓋を開けることに対する抵抗感が徐々に減ってきました」と答えてくださり、研究者としての成長機会に満ちた風土の存在が感じられた。

### 〈研究について〉

石濱研究室では「タンパク質を測りまくる」を標榜し、タンパク質の網羅的解析(プロテオミクス)に研究

の主眼を置いている。遺伝子の網羅的解析であるゲノミクスと比べ、プロテオミクスは生命活動に関してより直接的な情報と深い理解を与えるとされる。そのため、プロテオミクスは筆者の所属する農学研究科における研究発表会でもなじみ深いワードになっている。しかしながら、筆者が身近で見聞きしてきたプロテオミクスは、さながら生命現象を解明するための完成されたツールであり、解析結果の妥当性や精度に関する議論を耳にする機会はすくない。一方で、石濱研究室では、プロテオミクスにおける課題解決と基盤技術開発を目的に据えている。分析困難な試料に対する前処理法の開発や標準化の推進という分析化学的なアプローチを中心に据えた研究姿勢は、プロテオミクスという手法をさらに深化させようとしている気概に満ち、筆者が見聞きしてきたものは一線を画すように感じた。

例えば、<sup>けっしょう</sup>血漿プロテオームは種々の疾患に関する有益な情報を内包する一方で、アルブミンやグロブリンといったタンパク質が常時大過剰に共存しているため、分析に求められるダイナミックレンジがすこぶる広い。そのため、共存タンパク質の影響を簡便に確実に低減する前処理法の確立が必須の課題となる。この課題に真っ向から取り組む姿勢は、分析化学の王道であると感じる。

また、最近の取り組みとして末端ペプチドの1段階単離法(通称CHAMP法)について詳しくご紹介いただいた。本法はタンパク質中でリジンおよびアルギニンのN末端側を切断するプロテアーゼを用いた消化と強カチオン交換樹脂を組みわせることで、タンパク質のN末端側のペプチドを分離する手法である。改めて説明を受けると、これまで人の目に留まることがなかったのが不思議なほどのシンプルな構成である。これを見落とさなかったのは、生命科学におけるN末端分析の有用性というニーズへの嗅覚をもちながら、分析化学的な応用を念頭において研究活動を続けてこられたからこそであると、大いに感銘を受けた。現在、CHAMP法はC末端ペプチドの分析に拡張され、イオン交換以外の分離モードも取り込みさらなる展開を見せている。

### 〈最後に〉

石濱先生のご経歴と筆者の経歴を詳しく紹介しあったところ、双方が工業化学科の第8講座に連なっており、先輩後輩の関係あることを知りました。さらに、筆者が現在所属している分野の初代教授である志方益三先生と石濱先生の関係についてのお話も伺うことができ、今回の研究室訪問の実現に際して不思議な縁を感じずにはいられませんでした。取材のためにお時間を取ってくださった石濱先生、金尾先生、そして著者のぶしつけなインタビューに快く応じてくださった研究室のメンバー諸氏に改めて感謝を申し上げます。

〔京都大学大学院農学研究科 北隅 優希〕



## バトンの空想

安田女子大学の川畑公平先生よりバトンを受けました。名城大学の杉山栄二と申します。川畑先生には本会や関連学会でいつもお世話になっています。同世代の薬学部教員として、積極的なご発表や関連業務への協力的な姿勢を拝見して刺激を頂いています。

先日、アメリカの政府効率化省（DOGE）が米国国立衛生研究所（NIH）のグラントを一部削減し、関連する研究者や大学院生が困難な状況に陥ったというニュースが報じられました。対象となった分野は限られており、政治により研究の道が閉ざされる例は他にもありますが、これまでにない不安を感じました。戦争や外交上の摩擦が激化する中で、当然のように享受してきた平穏な暮らしが脅かされる様子を想像できるようになってきたためかもしれません。また、現在よりもはるかに厳しい環境に置かれた先人が優れた成果を発表してきたことに、益々感嘆するようになりました。論文の執筆や講義の準備を進める中で、遠い昔の原著論文に重要な結果が明記されていることを確認したり、戦時中母国を離れて優れた研究を行った方のエピソードに触れたりすることが、自身の励ましになっています。

私は自身の研究が、魅力的な目標（仮説）とそれに続く近道を見つけて走っていくことだと感じています。自身が面白いと思える目標を設定するのは難しく、その過程を楽しんだと思っただけでは無いのですが、納得する道を介して目標に近づく喜びを得ることがモチベーションになっています。また、知らないことや意外な結果に知的好奇心が揺さぶられる喜びを味わうのも、大きなモチベーションになっています。これはそれほど高尚なものではなく、例えば私が研究を始めた頃、質量分析計に自ら調製した溶液をインフュージョンしたときの体験が挙げられます。習いたての操作に不安を感じる中、期待以上に綺麗なピークが現れたことに驚き、その強度がリアルタイムに変化する様子に見入りながら、こんなデータが取れるのだと感動していました。

経験を積んでいく中で、自分がやりがいを感じる分析が二つに大別され、それぞれが上記モチベーションと深く結びついていることが分かりました。一つは、誰も見たことのないデータが取れそうな分析です。少し変わった分析法（質量分析イメージング）を用いることが多いため、オリジナルの分析法や未解析の試料を用いて様々

な新知見が得られます。descriptive と批判されてしまうこともあります。新しい技術で得た新しい観察結果は後の研究に繋がると信じており、可能な限り論文として形にするよう心がけています。もう一つは、未検証の課題に結論を与える分析です。それまで未検証であった理由を説明するのは大変ですが、分析化学的か生物学的かを問わず、得られる結果の重要性が明確です。

自由に研究できる大学教員という職はとても魅力的な一方、モチベーションを長く維持することが容易でないということが徐々に分かるようになりました。そんなときに本稿のお話を頂いたので、研究をリレー走として捉え、自身がどのように走れば良いかについて少し考えました。

先人の意思をバトンとして直接受け取る様子を空想すると、自身との繋がりを論理的に思考するよりも少し強く感じるができます（私だけかもしれませんが…）。また、「自分は渡す価値のあるバトンを持っているのか」、「バトンを落とさず次の走者に届けられるのだろうか」という不安に対し、「既に価値ある先人のバトンを選び取れば良い」、「走り終えた場所に誰もいなくても、いずれ気付けるように置けば良い」と思えてきます。どんな形で終わろうとも、明るく野心的に取り組んでいくことが大切だと思います。4月から年長さんになった娘は、日々の新たな体験を通じて明るく前向きな姿を見せてくれます。その様子やこれまでの感動を忘れずに長く進み続けたいと思います。引き続き会員の皆様のご指導を頂きますと幸いです。

次回は豊橋技術科学大学の中神光喜先生にお願いしました。中神先生は普段関連学会で挨拶を交わす程度の関係性ですが、会話でもご発表でも常に工夫して楽しくお話しくださる方です。サービス精神旺盛な先生がどのようなことを書かれるのかを楽しみに待ちたいと思います。

〔名城大学 杉山 栄二〕



## 談 話 室

### マイコンボードと分析化学

マイクロコントローラー、いわゆるマイコンは、電子機器の制御に特化した小型のコンピュータで、1個の集積回路として構成されています。コロナ禍で半導体不足が問題となりましたが、その「半導体」の一種と考えるとより身近に感じられるかもしれません。マイコンは古くから家電や産業機器の頭脳として利用されてきましたが、かつては技術者など限られた人々だけが扱える電子部品の一つでした（本誌2004年163頁の記事からもその点がわかるでしょう）。しかし、周辺回路やインターフェースを備えたマイコンボード、特にArduinoシリーズの登場により、エレクトロニクスやプログラミングの初心者でも、手軽にその機能を利用できるようになりました。デファクトスタンダード（Arduino Uno R3）の互換品は千円台で手に入れることができ、センサーやモーター、アクチュエーター、さらに電子部品を差し込むだけで回路を構成できるブレッドボードを備えたスターターキットも数千円で購入可能です。これにより、サイエンス玩具を扱う感覚で基本的な使い方を習得できます。

より高度な利用法については、世界中の専門家がインターネット上で公開しており、さまざまな実験や開発の情報にアクセスできるため、マイコンボードに関してはインターネットがほとんどの疑問に対応できると言っても過言ではありません。実験装置のプロトタイピングなど、筆者らの分野の研究における利用も進んでいますが、ここではマイコンボードが分析化学の普及において重要な役割を果たす可能性を話題にしたいと思います。

例えば、pHメーターを例に取りますと、マイコンボード用のガラスpH電極とそのモジュール（高入力インピーダンスプリアンプ）が流通しています。物価が今ほど高くない2022年頃には、それぞれ千円程度で購入できました。これらには使用説明書が付属していませんが、上述のようにインターネットが教えてくれますので、起電力をパソコンに表示させるところまではスターターキットで遊ぶ感覚で行うことができます。ちなみに、このガラスpH電極は理想的な応答を示すだけでなく、ガラス薄膜が破損しにくい構造となっており、キャップの気密性も高いなど、実用性にも優れています。

また最近では、電子工作の雑誌において、マイコンボードを利用した科学測定装置の自作に関する記事を目にする機会も増えています。これまでに吸光分析装置（原子吸光分析を模したのも見られます）、蛍光分析装置、ポテンシostatなどがあります。これらの製作には一定の電子工作技術が必要ですが、その材料費はおおむね数万円程度かそれ以下に抑えられると考えられます。つまり、費用面でも趣味の範囲で取り組むことが可能です。なお、日本の産業分野では専用設計のハードウェアが主に使用されており、一般的なマイコンボードの利用はほとんど進んでいないと聞きます。しかし、別の視点では、某国ではこれらの材料費と同程度、もしくはそれ以下の価格でマイコンボードを利用した分析装置が製品化される可能性は高いように思います。その場合、機器分析に触れる機会を持つ人々が大幅に増えることでしょう。

先のpHメーターの例は、極端に言えば子供でもインターネットの記事を参考に、見様見真似でそのプロトタイプが作れる可能性を意味します。このように、分析装置を簡単に作成・安価に入手できたとしても、十分な分析化学の知識がないまま安易に実験値を出すことには注意が必要です。不十分な理解に基づくデータ解釈は、誤った判断を招きかねません。マイコンボードの利用により、低コストで科学的な実験やデータ取得の裾野が広がる一方で、正確な知識と適切な教育が不可欠です。両者を同時に推進することで、分析化学のさらなる普及が期待されるだけでなく、科学リテラシーの向上にも大きく貢献すると考えられます。我々がその橋渡し役として果たす役割は、今後ますます大きくなるのではないのでしょうか。

〔福井県立大学 片野 肇〕

## インフォメーション

### 理事会だより（2025年度第1回）

多くの学協会の支部において、一番小さな北海道支部の支部長を2024年度から拝命し、2024年度から支部担当理事を務めています。理事会は基本的にオンラインで開催されているため他の理事の皆様にお会いする機会に恵まれずに1年が経過しました。また、理事会の運営は学協会ごとに少しずつ違うため、戸惑いの連続でした。コロナ禍で一般的になったWEBによる会議は、コロナ禍以降も続いており、移動する時間と旅費を削減できるメリットがある反面、オンライン環境の違いにより対面と比較して情報量が少ないことや深い議論がしにくいなどのデメリットもあります。現在はかなり改善されていますが、オンライン会議の環境によって発言が聞き取りにくいこともあり、もう少しオンライン会議の状況が改善されると良いと感じています。

さて、2025年第1回の理事会は、3月27日14時からオンラインで開催されました。参加者は山本会長と理事、幹事、事務局、オブザーバーでした。会議は、何時ものように前回議事録確認の後、本部活動・組織運営（平山筆答副会長）、会員・

広報、学術会合（津越副会長）、学術振興（手嶋副会長）、学会活動（保倉副会長）、社会活動（江坂副会長）、その他の順で進みました。かっこ内は担当理事です。2月18日開催の第6回理事会議事録は事前に承認され、内閣府への届け出が済んでいた内容でした。この数年間、最も関心の高い内容である2月末現金残高について、会計担当者より資料に基づいて説明がありました。今年度の2月末現金残高は昨年度同期より増えており、財務状況が改善しているとのことでした。その後、2024年度事業活動報告について報告がありました。会員の移動状況は、正会員が184名減、全体で144名減であり、会員数の減少は続いている状況とのことで、会員数をどのように増やすかが会議中何度か話題になりました。学会誌（ぶんせき、分析化学、Analytical Sciences）は、計画通り発行され、教育用DVDならびにビデオシリーズの頒布も実施されたとのことでした。第84回分析化学討論会（京都工芸繊維大学）と第73回年会（名古屋工業大学）ともに多くの講演と参加があり、収支も黒字で終了できたようとのことでした。技能試験の実施と標準物質の供給も例年のように実施されました。その他、学会賞や学会功労賞などの表彰、19の研究懇談会や各支部の活動も例年通り実施されたとの報告がありました。令和6年度の貸借対照表と正味財産増減計算書に基づいて会計がありました。収入は前年より増加しているが、支出も増加しているため約100万円黒字（昨年度は赤字）になったとのことでした。未払い会員への請求で支払いが増えたこと、シニア会員制度により、まとめて支払われたことが収入増の主な理由であるため、一過性の可能性があるため会員数を増やす活動は今後も必要とのことでした。入会者数を維持もしくは増やすことについては監査でも指摘を受けている。幹事など本部役員については、ダイバーシティの観点からも他の学協会より進んでいる状況とのことであった。各支部役員の名称に統一されていないことから、法人であるため統一に向けて議論をしていくとのことでした。

学術会合について、第85討論会の現況と他学協会からの協賛等名義申請、年会・ASIANALYSISに向けてのクリアファイル作成についての報告がありました。愛媛大学城北キャンパスで開催される第85討論会は、発表件数364件と前回より少ないため、参加人数の減少も想定されとのことでした。この原稿が掲載される時に、愛媛の討論会は終わっているかもしれませんが、年会・討論会の規模は、学協会の活力度を示す一つの指標であると思います。発表がなくても、貴重な情報を得ることはできると思います。本稿をお読み頂いている皆様は、是非とも年会と討論会に、毎回、参加して頂けるようお願いいたします。その他として、日本学術振興会賞 受賞候補に、本会から1名を推薦したとの報告がありました。

その他として、2月末に行われた日本化学連合の報告があった。今回は、各学会固有の課題について報告されました。どの学会も会員減と収入減（会費・広告料）による、財務の不安定化が非常に大きな課題であり、その対策に努力しているとのことでした。本会はもとより他の学会も本部のスリム化やコスト削減など、財務状況を改善するための努力が垣間見られる報告でした。更に、退職者の補充が難しいため人材不足も深刻とのことでした。これらの報告は、現在の日本の状況を反映して

いるように感じました。

まとまりのない内容に最後までお付き合い頂き、感謝申し上げます。少しでも理事会の内容が伝われば幸いです。

〔北海道支部担当理事 坂入 正敏（北海道大学）〕



## 第390回ガスクロマトグラフィー研究会・見学会報告

第390回研究会として、3月21日金曜日に麻布大学「いのちの博物館」の見学会と麻布大学の先生による講演会を行った。当日は、桜はちらほらといった感じであったが、とても暖かく春らしい1日であった。麻布大学「いのちの博物館」は創立125周年事業の一環として設立され、実際の動物の骨格標本を中心に展示されており、犬がペットとして飼われるようになり、骨格が丸みを帯びるように変化した過程や一部ではあるものの実際の象や鹿の骨格標本に触って重さや大きさを感じることができる貴重な体験であった。

また、講演会では麻布獣医学部獣医学科栄養学研究室の鈴木武人先生と生命・環境学部臨床検査技術学科生化学研究室内の曾川一幸先生に日頃の研究成果を紹介していただいた。鈴木先生からは「ウシの第一胃発酵産物よもやま話」ということで脂肪酸の働きが非常に重要であり、揮発性脂肪酸が牛にとって重要な栄養源であること、体内時計に影響することなど、非常に興味深い講演であった。曾川先生からは「質量分析計を用いた細菌同定・疾患マーカー探索」ということでTOF-MSやOrbitrap MSを使って飲酒マーカーや16S rRNA methodによる細菌類の同定について講演され、細菌同定の技能試験における苦労話を楽しくお話しいただいた。参加者は10名と少し少なめであったが、講演後の質疑応答でも活発な意見交換が行われ、2時間の講演時間はあっという間に過ぎてしまった。意見交換会は曾川先生も参加され、焼肉を突きながら大いに盛り上がった。筆者は次の日、麻布大学で研究を兼ねたイベントに参加するため、帰途についたが、曾川先生ほか数名は更なる親睦を深めたようである。

〔麻布大学 杉田 和俊〕



## 執筆者のプロフィール

(とびら)

竹内 政樹 (TAKEUCHI Masaki)

徳島大学大学院医歯薬学研究部 (〒770-8505 徳島県徳島市庄町 1-78-1). 神奈川大学大学院. 博士 (工学). 《現在の研究テーマ》フロー系を用いる自動分析法の新規原理の開発と環境分析への応用. 《主な著書》“わかりやすい機器分析学 第5版”, (共著), (廣川書店). 《趣味》野球, つり.

E-mail : masaki.takeuchi@tokushima-u.ac.jp

(ミニファイル)

栢多 利博 (KAYATA Toshihiro)

株式会社同仁化学研究所品質保証部 (〒861-

2202 熊本県上益城郡益城町田原 2025-5 熊本テクノ・リサーチパーク).

(トビックス)

大間知 潤子 (OMACHI Junko)

関西学院大学 (〒669-1330 兵庫県三田市学園上ヶ原 1 番 4 号館 1 階教授室 3). 東京大学大学院. 博士 (工学). 《現在の研究テーマ》生細胞の形態と機能を調べる顕微鏡と高速撮像法の開発.

E-mail : junko.omachi@kwansei.ac.jp

(リレーエッセイ)

杉山 栄二 (SUGIYAMA Eiji)

名城大学薬学部 (〒468-8503 愛知県名古屋市天白区八事山 150). 浜松医科大学大学院

医学系研究科博士課程修了. 博士 (医学), 学士 (薬学), 薬剤師. 《現在の研究テーマ》質量分析イメージング関連技術の開発と応用. 《趣味》ReHacQ.

(ロータリー・談話室)

片野 肇 (KATANO Hajime)

福井県立大学生物資源学部 (〒910-1195 福井県吉田郡永平寺町松岡兼定島 4-1-1). 神戸大学大学院自然科学研究科. 博士 (理学). 《現在の研究テーマ》安価な分析装置, 分析法, 単離精製法の開発. 《趣味》料理.

## 原稿募集

話題欄の原稿を募集しています

**内容:** 読者に分析化学・分析技術及びその関連分野の話題を提供するもので, 分析に関係ある技術, 化合物, 装置, 公的な基準や標準に関すること, 又それらに関連する提案, 時評的な記事などを分かりやすく述べたもの.

但し, 他誌に未発表のものに限ります.

**執筆上の注意:** 1) 広い読者層を対象とするので, 用語, 略語などは分かりやすく記述すること. 2) 啓もう的であること. 3) 図表は適宜用いてもよい. 4) 図表を含めて 4000 字以内 (原則として

図・表は 1 枚 500 字に換算) とする.

なお, 執筆者自身の研究紹介の場とすることのないよう御留意ください.

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

〒141-0031 東京都品川区西五反田 1-26-2

五反田サンハイツ 304 号

(公社)日本分析化学会「ぶんせき」編集委員会

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

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. 同位体比測定精度と確度   | 5. 生元素の同位体比と環境化学 |
| 3. 同位体比を測るための前処理 | 6. 重元素の同位体比      |

### 〈2016年掲載 4章 精密同位体分析〉

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

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

## 特集：細胞から環境水へと繋ぐスケール横断分析

### 目 次

「細胞から環境水へと繋ぐスケール横断分析」特集号の刊行に当たって .....	南 豪	233
<b>総合論文</b>		
水環境中での高選択的検出を指向した人工レセプタ修飾型延長ゲート 有機トランジスタ化学センサ .....	佐々木由比・南 豪	235
生体・環境モニタリングのための免疫センサ .....	當麻浩司・飯谷健太・荒川貴博・三林浩二	243
界面分子集積体修飾型トランジスタセンサを用いるポリアミン類の検出 .....	南木 創・栗田僚二	249
エレクトロアクティブマイクロウェルアレイを用いる 1 細胞分析装置の開発と医療応用 .....	Hanye Dai・金 秀炫	257
水環境における現場計測のための省電力・無電力送液技術 .....	福場辰洋	265
<b>報 文</b>		
吸光及び蛍光測定機能を搭載した微生物培養デバイスの開発 .....	森岡和夫・秋山 翼・中村好花・守岩友紀子・ 柳田顕郎・野口拓郎・福場辰洋・東海林 敦	273
<b>アナリティカルレポート</b>		
各種保存瓶で保存した海水試料のケイ酸塩濃度及び pH の変動について .....	八田万有美・岡村 慶・野口拓郎・塚原佳穂	281
「分析化学討論会」特集の論文募集 .....		287
「分析化学」年間特集“波”論文募集 .....		288
“第24回初執筆論文特集”募集のお知らせ .....		290
テンプレートによる投稿要領 .....		291
「分析化学」に投稿される皆様へ .....		292

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

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

◇今月号の「とびら」は、分析化学誌の編集理事を務めておられる竹内政樹先生です。「分析化学誌だより」と題し、分析化学誌の近況についてご紹介いただきました。和文学術誌でありながら、国外からのアクセスを3割占めるとのことで、近年のAI技術や翻訳技術の向上によってより広く読まれ、その価値が金鉱やシェールオイルのように感じられているのでは、と私は感じました。

◇リレーエッセイでは「バトンの空想」と題し、偉大な先人から渡される「バトン」を研究者としてどのように繋いでいくのか、というお話をご寄稿いただきました。入門講座では、電子顕微鏡におけるコンタミネーションについてご執筆をいただいております。電子顕微鏡観察において見落としがちな有機汚れに関するコンタミネーションを、実例を交えてご紹介いただき、その対策についてもご解説いただきました。

◇この時期は寒暖差が激しく、私の研究室内でも体調不良が蔓延しているように感じます。皆様の体調管理にはお気を付けください。末筆ながら、今月号にご執筆賜りました皆様に心より感謝申し上げます。

(O.T.)

〈とびら〉

歓迎し、放任しよう ..... 巽 広輔

〈入門講座〉 分析におけるコンタミネーション・キャリーオーバー対策  
有機ふっ素化合物分析で気を付けること

..... 高原 玲華・高柳 学

〈解 説〉

フェムト秒二次元分光による光化学反応の分析

..... 米田 勇祐

〈ミニファイル〉 分析用試薬

酵素結合免疫吸着測定法 ..... 石松 亮一

◇ 編 集 委 員 ◇

〈委員長〉 四宮 一 総 (日 本 大 学)		
〈副委員長〉 稲川 有 徳 (宇都宮大院地域創生科学)		
〈理 事〉 山口 央 (茨 城 大 理)		
〈幹 事〉 糟野 潤 (龍谷大先端理工)	久保田 哲 央 (アジレント・テクノロジーズ インターナショナル)	橋 本 剛 (上 智 大 理 工)
	原 賀 智 子 (日本原子力研究開発機構)	
〈委 員〉 石橋 千 英 (愛媛大院理工)	岡 崎 琢 也 (工学院大先進工)	岡 林 識 起 (日大生物資源科学)
	北 牧 祐 子 (産業技術総合研究所)	坂 真 智 子 (株 エ ス コ)
	鹿 籠 康 行 (東北大学金属材料研究所)	角 田 誠 (東 大 院 薬)
	原 田 誠 (東京科学大理学院化学)	半 田 友 衣 子 (埼 玉 大 工)
	山 口 浩 輝 (味 の 素 (株))	三 原 義 広 (北海道科学大薬)
	高 橋 豊 (EMISソリューションズ)	勝 又 英 之 (三 重 大 院 工)
	上 田 忠 治 (高知大農林海洋科学)	高 橋 幸 奈 (九大カーボンニュートロ ニウム国際研)
		佐 藤 惇 志 (株 ラ イ オ ン)
		西 崎 雄 三 (東洋大食環境科学)
		村 山 周 平 (昭和医科大薬)
		大 江 知 行 (東 北 大 院 薬)
		萩 森 政 頼 (武庫川女子大薬)

☑ 複写される方へ

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

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

FAX: 03-3475-5619 E-mail: info@jaacc.jp

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

ぶんせき 2025年 第6号(通巻606)

2025年 6月 1日印刷

2025年 6月 5日発行

定価 1,000円

編集兼発行人 公益社団法人 日本分析化学会

印刷所 〒173-0025 東京都板橋区熊野町 13-11

株式会社 双文社印刷

発行所 〒141-0031 東京都品川区西五反田 1-26-2

五反田サンハイツ 304号

公益社団法人 日本分析化学会

電 話 総務・会員・会計: 03-3490-3351

編集: 03-3490-3537

FAX: 03-3490-3572 振替口座: 00110-8-180512

© 2025, The Japan Society for Analytical Chemistry

購読料は会費に含まれています。

## 第 408 回液体クロマトグラフィー研究懇談会

主催 (公社)日本分析化学会・液体クロマトグラフィー(LC)研究懇談会

後援 (公社)日本薬学会(申請中), (公社)日本化学会, (公社)日本農芸化学会, (公社)日本分析化学会

質量分析計(MS)は, 検出感度と定性解析能力の高さから, (U) HPLCの検出器の一つとして確固たる地位を築いている。しかし, MSはLC/MS以外にも, GC/MS, イメージングMS, アンビエントMSなど, さまざまな使われ方をしている。本例会では, 広い視点でMSを捉え, 最新技術や応用例を紹介する。

期日 2025年6月20日(金) 13.00~17.20

会場 (株)日立ハイテクアナリシス サイエンスソリューションラボ東京〔東京都中央区新富2-15-5 RBM築地ビル, 交通: 東京メトロ有楽町線「新富町」駅より徒歩1分(5番出口利用), 東京メトロ日比谷線「築地」駅より徒歩4分(4番出口利用), JR京葉線, 東京メトロ日比谷線「八丁堀」駅より徒歩8分(A3出口利用)〕

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

講演主題 MS, LC/MSの最新技術と応用例

講演

講演主題概説(オーガナイザー)(13.00~13.05)

(浜松医科大学/エムエス・ソリューションズ(株)/  
(株)プレッパーズ) 高橋 豊  
(LC分析士二段, LC/MS分析士五段)

1. 転写プレートを用いた質量分析イメージング  
(13.05~13.40)

(浜松医科大学/エムエス・ソリューションズ(株)/  
(株)プレッパーズ) 高橋 豊  
(LC分析士二段, LC/MS分析士五段)

2. 最新の質量分析計とユニークな分析アプローチの紹介  
(13.40~14.15)

((株)島津製作所) 服部考成  
(LC/MS分析士初段)

3. 次世代のハイスループット質量分析テクノロジーあれこれ  
(14.15~14.50)

((株)エービー・サイエックス) 下津祐樹  
(LC/MS分析士取得予定)

休憩(14.50~15.05)

4. Astral Analyzerの特徴とプロテオミクス研究における活用  
例(15.05~15.40)

(サーモフィッシャーサイエンティフィック(株))  
渡邊史生(LC/MS分析士初段)

5. 高感度オミクスを実現する timsTOF シリーズの最新情報  
の御紹介(15.40~16.15)

(ブルカージャパン(株)) 中林 亮  
(LC/MS分析士取得予定)

6. 高分解能質量分析計と機械学習の統合による解析効率の  
向上(16.15~16.50)

(日本電子(株)) 佐藤貴弥  
(LC/MS分析士初段)

7. 総括「MS, LC/MSの最新技術と応用例」(16.50~17.20)

(東京理科大学) 中村 洋  
(LCマイスター, LC/MSマイスター)

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

情報交換会 終了後, 講師を囲んで情報交換会を開催します(会費5,000円)。参加申込締切後のご参加はできませんので,

参加希望者は必ず事前にお申し込みください。

申込締切日 2025年6月11日(水) 入金締切時刻:15時まで)

申込方法

- 参加希望者は, 下記申込先にアクセスし, 氏名, 勤務先(電話番号), LC研究懇談会・個人会員, 協賛学会・個人会員, その他の別および情報交換会参加の有無を明記のうえ, お申込みください。なお, 参加者名と振込者名が違う場合は, 参加申込書の連絡事項欄に振込者名を明記してください。
- お申込みが完了した場合には, 登録されたアドレス欄に「第408液体クロマトグラフィー研究懇談会申込み受付(自動返信)」のメールが届きます。メールが届かない場合は, ①入力したご自分のアドレスに間違いがないか, ②迷惑メールフォルダーをご確認のうえ, 世話人までお問い合わせください。
- 申込み受付のメールを受領後, 必ず期限内に研究懇談会参加費, 情報交換会費の納入を行ってください。期限内に納入が確認できない場合, お申込みを無効とし参加URLを発行しませんので, 十分ご注意ください。当日払いは受け付けません。なお, いったん納入された参加費は, 返金いたしません。
- 参加費の納入が確認できた方には, 2025年6月13日以降に要旨集をメールにてお送りいたします。必要に応じてプリントアウトしてご参加ください。また, 請求書の発行はいたしておりません。

液体クロマトグラフィー研究懇談会(例会)参加費送金時のご注意

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

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

申込先 <https://forms.gle/N7KrCaiAK65Xafsu8>

(学生申込者は, 所属欄に大学名, 学部, 学年を記載)

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

問合先 (公社)日本分析化学会・液体クロマトグラフィー研究懇談会 世話人 浜松医科大学/エムエス・ソリューションズ(株)/(株)プレッパーズ 高橋 豊  
[E-mail: tyutaka@sitsuryobunsekiya.com]

## 第 391 回ガスクロマトグラフィー研究会講演会

主催 ガスクロマトグラフィー研究懇談会

期日 2025年6月27日(金)

会場 北とぴあ15階ベガサスホール〔東京都北区王子1-11-1〕

講演主題 試料前処理・導入法の最新技術と基礎を学ぶ

参加費 GC研究懇談会会員・学生:無料, GC研究懇談会会員外:3,000円

詳細はガスクロマトグラフィー研究懇談会のwebページに掲載しています。

(<http://www.jsac.or.jp/~gc/>)

## 第42回分析化学中部夏期セミナー

主催 日本分析化学会中部支部  
 期日 2025年9月1日(月)・2日(火)  
 会場 御殿場高原時之栖〔静岡県御殿場市神山719, 電話: 0550-87-3700, 交通:(車でお越しの場合)御殿場ICより車で約25分, 裾野ICより車で約10分, (電車・バスでお越しの場合)JR三島駅および御殿場駅より無料シャトルバスをご利用ください。〕  
<https://www.tokinosumika.com/access/>  
 目的 分析化学および関連分野に携わる産官学の研究者の交流と親睦を図るとともに, 若手研究者の育成と研究発展の一助とする。  
 プログラム(内容, 時間等, 変更する可能性があります)  
 第1日目(9月1日(月))(13.00~17.30頃)  
 招待講演(AS Frontiers代表(元味の素㈱イノベーション研究所所長, 日本分析化学会監事)・宮野 博先生, 東京薬科大学生命科学部・梅村知也先生), ポスドク・プレドク講演, ポスターショートプレゼンテーション  
 第2日目(9月2日(火))(9.00~12.00頃)  
 ポスター発表, 企業新製品紹介講演  
 定員 80名(定員超過の場合は先着順)  
 申込先 日本分析化学会中部支部ホームページ(<https://www.jsac.or.jp/~chubu/>)から申込専用フォームにてお申し込みください(専用フォームは近日中に掲載予定)。  
 ポスター発表募集締切・参加申込締切 7月18日(金)  
 講演要旨集原稿締切 7月25日(金)  
 参加費払込締切 7月25日(金)  
 参加費 一般12,000円, 学生9,000円  
 送金先 三井住友銀行名古屋支店(店番481)普通8110057, (口座名義)公益社団法人日本分析化学会中部支部  
 なお, 2人以上の参加費を一括送金される場合は, 内訳を下記問合せ先までお知らせください。  
 問合せ先 〒422-8526 静岡県静岡市駿河区谷田52-1 静岡県立大学薬学部 生体機能分子分析学分野 轟木堅一郎〔電話: 054-264-5656, E-mail: [todoroki@u-shizuoka-ken.ac.jp](mailto:todoroki@u-shizuoka-ken.ac.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。

電気化学セミナーA:  
初心者のための電気化学測定法-基礎編

主催 (公社)電気化学会  
 期日 2025年6月20日(金)~7月3日(木)  
 会場 オンデマンド配信(Vimeo)による動画セミナー  
 ホームページ <https://www.electrochem.jp/seminar/>  
 連絡先 〒101-0065 東京都千代田区西神田3-1-6 日本弘道会ビル7F (公社)電気化学会事務局 原優美子  
 [電話: 03-3234-4213, E-mail: [seminar@electrochem.jp](mailto:seminar@electrochem.jp)]

プラズマ分光分析研究会 2025 筑波セミナー in Tokyo  
ICP 質量分析計の動作原理を理解しよう

主催 プラズマ分光分析研究会  
 期日 2025年7月3日(木)・4日(金)  
 会場 東京大学大学院理学系研究科 小柴ホール  
 ホームページ <https://plasma25070304.peatix.com/>  
 連絡先 〒192-0392 東京都八王子市堀之内1432-1 東京薬科大学生命科学部分子生命科学生命分析化学研究室内 プラズマ分光分析研究会事務局 大関杏子  
 [電話: 042-816-3001, E-mail: [office@plasma-dg.jp](mailto:office@plasma-dg.jp)]

## 第53回薄膜・表面物理セミナー(2025)

「デバイス製造における固液界面現象の科学と技術」

主催 (公社)応用物理学会薄膜・表面物理分科会  
 期日 2025年7月4日(金)  
 会場 大阪大学中之島センター10F 佐治敬三メモリアルホール4(ハイブリッド開催)  
 ホームページ  
<https://annex.jsap.or.jp/tfspd/セミナー:デバイス製造における液液界面現象の/>  
 連絡先 (公社)応用物理学会 分科会担当 岡本晋一〔電話: 03-3828-7723, E-mail: [divisions@jsap.or.jp](mailto:divisions@jsap.or.jp)〕

## 第35回顕微鏡サマースクール

～来て見て触れて、岡崎の先端顕微鏡～

主催 (公社)日本顕微鏡学会  
 期日 2025年8月2日(土)・3日(日)  
 会場 自然科学研究機構岡崎コンファレンスセンター  
 ホームページ  
<https://sites.google.com/nips.ac.jp/jsm-sumsch2025>  
 連絡先 (公社)日本顕微鏡学会事務局  
 [E-mail: [jsm-post@microscopy.or.jp](mailto:jsm-post@microscopy.or.jp)]

## 第76回コロイドおよび界面化学討論会

主催 (公社)日本化学会コロイドおよび界面化学部会  
 期日 2025年9月22日(月)~25日(木)  
 会場 千葉大学西千葉キャンパス  
 ホームページ

<https://pub.conf.it.atlas.jp/ja/event/colloid2025>

連絡先 (公社)日本化学会コロイドおよび界面化学部会 討論  
 会委員会委員長(岡山大学)大久保貴弘  
 [電話:086-251-7843, E-mail:ohkubo@okayama-u.ac.jp]

## 第41回近赤外フォーラム

主催 近赤外研究会  
 期日 2025年11月12日(水)~14日(金)  
 会場 東京大学弥生講堂  
 ホームページ <http://jcnirs.org/NIR2025>  
 連絡先 〒305-8642 茨城県つくば市観音台2-1-12 農研  
 機構 食品研究部門分析評価グループ内 近赤外研究会 池  
 羽田晶文  
 [電話:029-838-8057, E-mail:office@jcnirs.org]

第46回超音波エレクトロニクスの  
基礎と応用に関するシンポジウム

The 45th Symposium on UltraSonic Electronics

主催 超音波エレクトロニクス協会 USE シンポジウム運営  
 委員会  
 期日 2025年11月12日(水)~14日(金)  
 会場 くにびきメッセ  
 ホームページ <https://www.use-jp.org/>  
 連絡先 〒101-0062 東京都千代田区神田駿河台3 日本大  
 学理工学部 電気工学科 大隅 歩  
 [電話:03-3259-0766, E-mail:use-sponsor-app@iuse.or.jp]

## 「分析化学」年間特集“波”論文募集

「分析化学」編集委員会

「分析化学」では2010年より年間特集を企画し、企画テーマに関連する論文を年間を通じて掲載しています。2026年のテーマを「波」と決定しました。

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

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

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

本特集に関する論文は年間を通じてご投稿いただくことが可

能で、審査を通過した論文は、単行の特集号を除く「分析化学」第75巻(2026年)合併号の冒頭に掲載する予定です。多くの皆様方からの投稿をお待ちしておりますので、是非この機会をご活用ください。

特集論文申込締切:2025年7月18日(金) (第1期)

特集論文原稿締切:2025年8月22日(金) (第1期)

## 「分析化学討論会」特集の論文募集(案)

「分析化学」編集委員会

「分析化学」誌では、毎年第12号に分析化学討論会特集号として、分析化学討論会の討論主題に関連した論文を掲載しております。第85回分析化学討論会では、「化学物質の環境リスクと分析化学」、「生物機能を調査&利用する分析化学」、「科学捜査で役立つ分析化学」、「医薬品・バイオマーカーを定量し、疾患を可視化する分析化学」、「生体試料を対象とする分離分析でのデータサイエンスの活用」、「発酵と酒と泡と分析化学」の6テーマを討論主題として取り上げました。

そこで、2025年度の分析化学討論会特集号では、「多種多様な分析対象に適應する分析化学技術の新潮流」をテーマにしました。本テーマにおいて、第85回分析化学討論会で設けた6つの討論主題に関する論文を広く募集します。多数のご投稿をお待ちしております。詳細は「分析化学」74巻6号及びホームページをご覧ください。

特集論文の申込締切:2025年7月11日(金)

特集論文の原稿締切:2025年8月8日(金)

初めて書く論文は母語の日本語で!  
“第24回初執筆論文特集”募集のお知らせ

「分析化学」編集委員会

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

なお、詳細は「分析化学」誌HPをご参照ください。

## ぶんせき誌「技術紹介」の原稿募集

『ぶんせき』編集委員会

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

と考えます。

このような背景に鑑み、『ぶんせき』誌では新たな記事として「技術紹介」を企画いたしました。分析機器の特徴や性能、機器開発に関わる技術、そしてその応用例などを紹介・周知することが分析機器の適正な活用、さらなる普及に繋がると考えており、これらに関する企業技術を論じた記事を掲載することといたしました。また、分析機器や分析手法の利用・応用における注意事項、前処理や操作上のコツなども盛り込んだ紹介記事を歓迎いたします。これらの記事を技術紹介集として、『ぶんせき』誌ホームページ内に蓄積することで、様々な分野における研究者や技術者に有用な情報を発信でき、分析化学の発展に貢献できるものと期待しております。分析機器や分析手法の開発・応用に従事されている多くの皆様方からのご投稿をお待ちしております。

記

1. 記事の題目：「技術紹介」
2. 対象：以下のような分析機器、分析手法に関する紹介・解説記事
  - 1) 分析機器の特徴や性能および機器開発に関わる技術、
  - 2) 分析手法の特徴および手法開発に関わる技術、
  - 3) 分析機器および分析手法の応用例、
  - 4) 分析に必要な試薬や水および雰囲気などに関する情報・解説、
  - 5) 前処理や試料の取扱い等に関する情報・解説・注意事項、
  - 6) その他、分析機器の性能を十分に引き出すために有用な情報など
3. 新規性：本記事の内容に関しては、新規性は一切問いません。新規の装置や技術である必要はなく、既存の装置や技術に関わるもので構いません。また、社会的要求が高いテーマや関連技術については、データや知見の追加などにより繰り返し紹介していただいても構いません。
4. お問い合わせ先：日本分析化学会『ぶんせき』編集委員会  
[E-mail : bunseki@jsac.or.jp]

9. 本会が討論会、講演会等を共催する場合は、その討論会、講演会等の主要議題が本会の専門分野と関連を持ち、本会正会員が会議の準備、運営等の委員に若干名加わることを条件とする。
10. 本会が共催する討論会、講演会等に対しては、他学協会長等の申し出によって会誌等による広報活動の援助を行う。特に理事会の承認を得て分担金を支出することがある。(後援又は協賛)
11. 討論会、講演会等の後援又は協賛とは、本会がその討論会、講演会等の開催に賛同し、後援又は協賛団体の一つとして、本会名義の使用を認める場合をいう。
12. 本会が討論会、講演会等を後援又は協賛する場合は、その討論会又は講演会が分析化学に関連を持ち、その開催が本会会員にとっても有意義であることを条件とする。
13. 本会が後援又は協賛する討論会、講演会等に対しては、希望に応じ会誌等による広報活動の援助を行うことがある。

### 「分析化学」の掲載料についてのお知らせ

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

掲載料金計算式 (P:印刷ページ数) (単位:円)

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

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

\*上記に消費税がかかります。

### 「お知らせ」欄原稿について

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

本会外から掲載をご希望の場合は以下をご参照ください。

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

国際会議以外の共催、協賛、後援に関する規程抜粋 (共催)

8. 討論会、講演会等の共催とは、その討論会、講演会等の開催について、本会は主体性を持たず、会誌等を通じて広報活動等の援助を行う場合をいう。

【ア行】	【ナ行】	【ラ行】
(株)エス・ティ・ジャパン…………… A6	日本分光(株)…………… A1	(株)リガク…………… A3
【カ行】	【ハ行】	
関東化学(株)…………… 表紙 4	パーキンエルマー(同)…………… 表紙 2	製品紹介ガイド…………… A8~9
【サ行】	フロンティア・ラボ(株)…………… A12	図書案内…………… A10~11
(株)島津製作所…………… 表紙 3	【マ行】	
【タ行】	室町ケミカル(株)…………… A5	
東亜ディーケーケー(株)…………… A2		

# 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

<b>原子スペクトル分析</b>
<p>各種水銀測定装置 日本インスツルメンツ(株) 電話075-748-6200 営業グループ <a href="https://www.hg-nic.co.jp">https://www.hg-nic.co.jp</a></p>
<b>分子スペクトル分析</b>
<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>
<b>レーザー分光分析</b>
<p>レーザーアブレーション LIBS 装置 J200 伯東(株) システムプロダクツカンパニー 電話 03-3355-7645 E-mail: LA-LIBS@hakuto.co.jp <a href="https://www.process.hakuto.co.jp/product/2562/">https://www.process.hakuto.co.jp/product/2562/</a></p>
<b>クロマトグラフィー</b>
<p>ナノカラムからセミ分取カラムまで、豊富なサイズ 逆相 HPLC 用カラム L-column シリーズ GC 用大口径中空カラム G-column (一財)化学物質評価研究機構 クロマト技術部 <a href="http://www.cerij.or.jp">www.cerij.or.jp</a> E-mail: chromat@ceri.jp</p>
<p>ムロマックミニカラム 精度の高いクロマトグラフィー ムロマックガラスカラム イオン交換反応を可視化 室町ケミカル(株) 電話 03-3525-4792 <a href="https://www.muro-chem.co.jp/">https://www.muro-chem.co.jp/</a></p>
<b>電気化学分析</b>
<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>ポテンショスタット・ガルバナスタット メトローム オートラボやドロップセンスの電気化学装 置なら最大16チャンネル, スクリーンプリント電極の 特注も対応 メトロームジャパン(株) <a href="https://www.metrohm.jp">https://www.metrohm.jp</a></p>
<b>質量分析</b>

<p>様々な分析ニーズに応える, 質量分析計 (GC-MS, MALDI-TOFMS, LC-MS) を 使用したソリューションをご提案いたします。 日本電子(株) 電話 03-6262-3575 <a href="https://www.jeol.co.jp/">https://www.jeol.co.jp/</a></p>
<p>MALDI-TOF (/TOF), 迅速微生物同定, ESI-QTOF, FT-ICR, LC-MS/MS, GC-MS/MS, SPR ブルカー・ジャパン(株) ダルトニクス事業部 電話 045-440-0471 E-mail: info.BDAL.JP@bruker.com</p>
<b>熱分析</b>
<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>
<b>分析装置・関連機器</b>
<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>
<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 ンプル (株)アmenaテック <a href="https://www.amena.co.jp">https://www.amena.co.jp</a></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>高性能 HPLC/GPC-FTIR インターフェースシステム 新型 LC-CollectIR (株)エス・ティ・ジャパン 東京 03-3666-2561 大阪 06-6949-8444 <a href="https://www.stjapan.co.jp/">https://www.stjapan.co.jp/</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>
<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></p>
<p>高品質・高精度・高耐圧 NSプランジャーポンプシリーズ 日本精密科学(株) 電話 03-3964-1198 <a href="https://nihon-exa-sci.com">https://nihon-exa-sci.com</a></p>
<p>赤外顕微鏡における「観る」, 「測る」, 「使う」を再構築, 顕微赤外測定に新たなイノベーションを創出します。 赤外顕微鏡 IRT-5X 日本分光(株) <a href="https://www.jasco.co.jp">https://www.jasco.co.jp</a></p>

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

研究室用設備機器

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

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

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

試薬・標準試料

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

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

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

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

RESEARCH POLYMERS  
 (株)ゼネラルサイエンスコーポレーション  
 電話 03-5927-8356(代) FAX 03-5927-8357  
<https://www.shibayama.co.jp>  
 E-mail: [gsc@shibayama.co.jp](mailto: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。  
 富士フイルム和光純薬(株)

書籍

機械学習による分子最適化

— 数理と実装 —  
 梶野 洸 著 A5判 312頁 定価3,520円 (税込)  
 (株)オーム社 <https://www.ohmsha.co.jp>

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

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

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

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

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

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

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

セミナー・試験

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

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

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

※価格はすべて税込です

<p>化学分析・化学実験</p>		<p><b>Surface Analysis by Auger and X-Ray Photoelectron Spectroscopy</b> David Briggs and John T. Grant 編 B5 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 (Surface Spectra, Ltd.).</p>	<p>マデ ネイ ジタ ルメ ルデ ン トタ</p>
<p>粉末 X 線解析の実際 第3版 中井 泉・泉 富士夫 編著 B5 308頁 定価6,490円(税込) 粉末回折法の全容を実践的に理解できる。[内容] 原理/データ測定・読み方・活用/特殊な測定法と試料/リートベルト法/RIETAN-FPの使い方/MEM・MPF 解析/未知結晶構造解析/先端材料への応用/他</p>	<p>朝 倉 書 店</p>	<p><b>ToF-SIMS : Surface Analysis by Mass Spectrometry 2<sup>nd</sup> edition</b> John C. Vickerman and David Briggs 著 B5 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 (Surface Spectra, Ltd.).</p>	<p>マデ ネイ ジタ ルメ ルデ ン トタ</p>
<p>図説 表面分析ハンドブック 日本表面真空学会 編 B5 576頁 定価19,800円(税込) 約120の手法を見開き形式で解説。実際の適用例を複数紹介し, その手法の特徴や主な適用先などをまとめ, 一目で概要がわかるよう工夫。試料の種類や性質, 目的により適切な手法を選択するためのリファレンス。</p>	<p>朝 倉 書 店</p>	<p>放射化学</p>	
<p>蛍光 X 線分析の実際 第2版 中井泉 編/日本分析化学会 X 線分析研究懇談会 監修 B5 280頁 定価6,490円(税込) 試料調製, 標準物質, 蛍光 X 線装置スペクトル, 定量分析などの基礎項目を平易に解説し, 食品中の有害元素分析, 放射性大気粉塵の解析, 文化財への非破壊分析など豊富な応用事例を掲載した実務家必携のマニュアル。</p>	<p>朝 倉 書 店</p>	<p><b>放射化学の事典</b> 日本放射化学会 編 A5 376頁 定価10,120円(税込) 生命科学・地球科学・宇宙科学等の基礎科学の基本概念である放射化学を約180項目・各1~4頁で解説した読む事典。[内容] 放射線計測/人工放射性元素/原子核プローブ・ホットアトム化学/分析法/環境放射能/原子力/宇宙・地球化学/他</p>	<p>朝 倉 書 店</p>
<p>試料分析講座 ビタミン・ミネラル 公益社団法人 日本分析化学会 編 A5判・256頁・定価5,940円(税込) ビタミン・ミネラルの分析に携わる学生から現場の技術者・研究者まで活用できる実務書。生体内ミネラルのケミカルスペシエーションやイメージングについても記述。</p>	<p>丸 善 出 版</p>	<p>化学一般・その他</p>	
<p>分析化学の基本操作 器具選び・試料処理・データ整理 上本道久 著 A5判・202頁・定価3,520円(税込) 化学分析に必要な“はかる”感覚と基礎知識を身につけるため, どの器具でどのような操作を行い, どのようにデータ整理するのかをわかりやすく解説。</p>	<p>丸 善 出 版</p>	<p><b>触媒総合事典</b> 触媒学会 編 A5判 548頁 定価14,300円(税込) 触媒の基礎から幅広い応用分野まで網羅する中項目事典。約250のトピックを通じて我々の豊かな生活を支える触媒を総覧できるレファレンス。</p>	<p>朝 倉 書 店</p>
<p>機器分析</p>		<p><b>機械学習による分子最適化 数理と実装</b> 梶野 洸 著 A5 312頁 定価3,520円(税込) 機械学習を用いた新規分子構造の生成や最適化にまつわる技術について, 基礎理論から実装まで一気通貫して解説。</p>	<p>オ ー ム 社</p>
<p><b>Pyrolysis-GC/MS Data Book of Synthetic Polymers</b> 合成高分子の熱分解 GC/MS ハンドブック Tsuge, Ohtani, Watanabe 著 エルゼビア 2011 刊 35,200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, パイログラム, 生成物の帰属, 相対生成率, 保持指標, 質量スペクトルと構造式など, 昇温過程での生成物のサーモグラムとその平均質量スペクトルも収録。</p>	<p>マデ ネイ ジタ ルメ ルデ ン トタ</p>	<p><b>ベイズ最適化の活用事例</b> 本郷研太・杉澤宏樹 ほか54名 2025年3月刊 A4判 424頁 本体価格 88,000円(税込) 試読可 アカデミック割引価格 33,000円(税込) 試読可 有機・無機材料への適用, プロセス設計・合成条件の最適化など豊富な事例を網羅! その他, 説明変数, 目的変数の選定など実務へ活かせるコツも詳解!</p>	<p>技 術 情 報 協 会</p>
<p><b>Mass Spec: Desk Reference, 2<sup>nd</sup> edition</b> 5,250円(税込) 質量分析に使われる用語の解説と誤用される用語例, 質量分析の書誌情報の集積。(Global View Publisher)</p>	<p>マデ ネイ ジタ ルメ ルデ ン トタ</p>	<p><b>晶析プロセスの設計・制御と結晶解析手法</b> 三上貴司・滝山博志 ほか60名 2025年2月刊 A4判 594頁 本体価格 88,000円(税込) 試読可 アカデミック割引価格 33,000円(税込) 試読可 ・結晶成長機構や結晶状態に基づくプロセスの品質向上 ・温度, 攪拌, 添加速度など, 結晶性に影響する条件 ・工業化のトラブルを防ぐ粒子成長や熱管理, 溶媒選択</p>	<p>技 術 情 報 協 会</p>

◆掲載図書発行所◆

図書購入・問い合わせなどは、下記発行所に直接ご連絡ください。

※価格はすべて税込です

(株)朝倉書店	URL : <a href="https://www.asakura.co.jp/">https://www.asakura.co.jp/</a> 〒162-8707 東京都新宿区新小川町 6-29	☎03(3260)7631
(株)才一ム社	URL : <a href="https://www.ohmsha.co.jp/">https://www.ohmsha.co.jp/</a> 〒101-8460 東京都千代田区神田錦町 3-1	☎03(3233)0641
(株)技術情報協会	URL : <a href="https://www.gijutu.co.jp/">https://www.gijutu.co.jp/</a> 〒141-0031 東京都品川区西五反田 2-29-5 日幸五反田ビル	☎03(5436)7744
(株)デジタルデータマネジメント	URL : <a href="http://www.ddmcorp.com">http://www.ddmcorp.com</a> 〒103-0025 東京都中央区日本橋茅場町 1-11-8 紅萌ビル	☎03(5641)1771
丸善出版(株)	URL : <a href="https://www.maruzen-publishing.co.jp">https://www.maruzen-publishing.co.jp</a> 〒101-0051 東京都千代田区神田神保町 2-17 神田神保町ビル	☎03(3512)3256

次回の図書案内は 2025 年 12 月号に掲載します。

マイクロプラスチック分析用  
**熱分解GC/MSシステム**



フロンティア・ラボのマイクロプラスチック分析用熱分解GC/MSシステムは ASTM D8401-24 「熱分解GC/MSを用いた水中のマイクロプラスチックの標準試験法\*」に準拠しています。

\*Standard Test Method for Identification of Polymer Type and Quantity of Microplastic Particles and Fibers in Waters with High to Low Suspended Solids Using Pyrolysis - Gas Chromatography/Mass Spectrometry



システム紹介

*Advance your microplastics research with Frontier Lab's system*

迅速凍結粉碎装置 **IQ MILL-2070**

**簡単操作！扱いやすい卓上型の粉碎装置**

- 静かな作動音… 通常会話を妨げないレベル（粉碎時の騒音参考値55 dB）
- 短時間 & パワフルに粉碎… 高速上下ねじれ®運動による効率的な粉碎
- 試料に合わせた細かな条件設定… 粉碎速度/時間/サイクル数の設定種類豊富な粉碎子と容器
- 液体窒素消費量が少なく省エネ… 液体窒素の最小消費量は約300 mL

静音設計



40種以上の粉碎応用例をウェブサイトから閲覧可能！ 製品情報

マススペクトル  
検索ソフトウェア **F-Search 3.8**

**ポリマー・添加剤を瞬時に同定！**

- 検索ソフトウェアと4つのライブラリー… 目的に応じたライブラリーを選択可能
- 独自アルゴリズムで検索… 異なる分析条件のデータも信頼性ある推定が可能
- ライブラリー登録数大幅増… 前バージョン比約 650 種類のポリマーを追加



30日間トライアル版をウェブサイトからダウンロード可能！ 製品情報

**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

紫外可視分光光度計  
UV-VIS Spectrophotometer

# UV-i Selection

UV-i Selectionが実現する  
3つの価値

● *intelligence*

繰り返し作業から解放し  
品質管理を効率化

● *informatics*

解析作業の省力化と  
データ管理の強化

● *innovation*

ハイスループット測定で  
業務効率を改善



**NEW** UV-1900i Plus



**NEW** UV-2600i/2700i Plus



UV-3600i Plus



SolidSpec-3700i

## A Reliable Partner

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



# LC/MS用溶媒

PFOS  
PFOA  
PFHxS

保証を追加!!

特長

金属不純物(14種)を保証  
日本薬局方の試薬規格に適合  
UHPLCシステムに最適(パーティクル保証)

品目	容量	日本薬局方 適合	金属(14種) 保証	PFAS 試験適合性
アセトニトリル	200mL、1L、3L	○	○	○
蒸留水	200mL、1L、3L	○	○	○
メタノール	200mL、1L、3L	○	○	○
2-プロパノール	200mL、1L、3L	○	○	○



関連  
商品

認証標準物質  
(CRM)

製品番号	メーカーコード	製品名	容量
49922-34	PFAS-3PAR	有機ふっ素化合物混合標準液(3種) (L-PFOS, PFOA, L-PFHxS each 2ug/mL)	1.2mL
49922-35	MPFAS-3ES	有機ふっ素化合物混合内部標準液(3種) (M8PFOS, M8PFOA, M3PFHxS each 2ug/mL)	1.2mL

 関東化学株式会社 試薬事業本部  
〒103-0022 東京都中央区日本橋室町2丁目2番1号 (03)6214-1090

LC/MS 関東化学

検索

