

ぶんせき 12

Bunseki 2022

The Japan Society for Analytical Chemistry



2022年3号から電子版に移行しました(団体会員除く)

詳細は2021年第7号挟み込み頁および
ぶんせきホームページをご確認ください

日本分析化学会

<https://www.jsac.jp>

超純水のオルガノが主催する
「水」入門セミナー



イオンクロマト グラフィーに適した 水と汚染の管理

日時

2023年

1月20日(金)

16:00~16:40

Zoom配信

無料



このような方は
必見です!

分析業務に従事する方

超純水への理解を深めたい方

分析時の汚染でお困りの方

分析装置・純水装置の
導入・更新をご検討の方

等

第一部

講演

イオンクロマトグラフィーに適した水とは

16:00~

- 水質規格のご紹介「A4グレード」で本当に安心?
- 汚染が及ぼす影響とは? (TOC/微粒子/バクテリア等)
- 汚染を防ぐためには?

オルガノ株式会社
機能商品事業部 機器商品部
小島 葵



第二部

トークディスカッション

「分析と汚染の管理」

16:10~

キーワード

分析業務で抱えているお悩み&質問を募集中!
皆さまのお悩みをテーマに取り上げます!

- 実験器具の洗浄方法
- 溶離液の管理
- コンタミネーション 等

分析装置メーカー

東ソー株式会社
バイオサイエンス事業部
セパレーションシステムG
尾花 昭平



分析従事者

オルガノ株式会社
技術開発本部 開発センター 分析部
松田 菜津季



純水装置メーカー

オルガノ株式会社
機能商品事業部 機器商品部
小島 葵



セミナー申込み・お悩み投稿

https://puric.organo.co.jp/column/seminar202301/?utm_source=Bunseki-12&utm_medium=magazine

※定員に達し次第締め切りとなります。 ※お寄せ頂いた質問は匿名で紹介させて頂く場合があります。



主催・お問い合わせ

オルガノ株式会社 機能商品事業部
オンラインセミナー事務局
TEL:03-5635-5191



ぶんせき Bunseki 2022 Contents 12

目次

とびら	先入観を無くし変化を受け入れる／菅沼こと 491
入門講座	地球環境問題へのとびら 大気汚染 —小型センサーの基礎と応用—／中山智喜, 松見 豊 492
解説	外部標準法定量 NMR (EC-qNMR) のすすめ／西崎雄三 498
ミニファイル	衛生と安全 実験排水・廃液の適正管理／川上貴教 504
話題	食品中のネオニコチノイド系農薬分析法／中村圭介 506
技術紹介	高分子材料への ESR 法の活用／原 英之 508 固相抽出の可能性とその自動化技術 —シリーズ 3/5: 固相誘導体化法: メタボロミクス—／佐々野僚一 515
トピックス	蛍光指紋分析を用いたウグイの鮮度評価／濱崎保則 523 ヒト生体試料中の化学物質の網羅的なスクリーニング法 ／水野佑紀 523
リレーエッセイ	裏方のはず(?) の分析化学を主軸として／大坂一生 524
報告	日本分析化学会第 71 年会開催報告／金田 隆 525
ロータリー	528 談話室: 分析用語の表記ゆれ／インフォメーション: 中国四国支部だより; 2022 年液体クロマトグラフィー科学遺産認定; 2022 年度 CERi クロマトグラフィー分析賞; 2023 年液体クロマトグラフィー努力賞; 第 375 回液体クロマトグラフィー研究懇談会; 高分子分析研究懇談会第 411 回例会; 第 26 回液体クロマトグラフィー研究懇談会特別講演会・見学会; 第 374 回液体クロマトグラフィー研究懇談会; 第 376 回液体クロマトグラフィー研究懇談会／執筆者のプロフィール

〔論文誌目次〕	537	〔ガイド〕	A10
〔お知らせ〕	M1	〔図書案内〕	A12
〔カレンダー〕	iii	〔2022 年目次〕	S1
〔広告索引〕	A9	〔2022 年広告掲載会社一覧〕	S6

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

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

1) 放射能分析用大豆認証標準物質

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

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

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

○充填容器と価格

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

2) 放射能分析用しいたけ認証標準物質

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

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

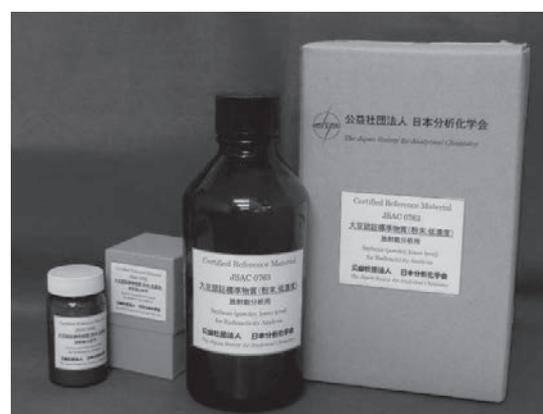
	低濃度	高濃度
^{134}Cs 放射能濃度 (Bq/kg) :	99 ± 9	225 ± 15
^{137}Cs 放射能濃度 (Bq/kg) :	233 ± 20	533 ± 34
^{40}K 放射能濃度 (Bq/kg) :	707 ± 53	633 ± 50

○充填容器と価格

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

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

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



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

カレンダー

2022 年

12 月	5 日	第 13 回社会人のための表面科学ベーシック講座 [オンライン開催].....(M 2)
	6 日	山口地区講習会 [山口大学共通教育 28 番教室, オープンルーム].....(11 号 M4)
	7~9 日	第 49 回炭素材料学会年会 [姫路市民会館].....(6 号 M6)
	8 日	2022 (11th) Asia-Pacific Symposium on Ion Analysis (国際会議) [オンライン (Zoom)].....(9 号 M4)
	8・9 日	金属学会シンポジウム「タングステン材料科学」[仙台国際センター].....(M 2)
	8・9 日	第 37 回分析電子顕微鏡討論会 [オンラインでの開催 (Zoom を予定)].....(10 号 M8)
	8・9 日	第 32 回基礎及び最新の分析化学講習会と愛知地区講習会 —遠くても近くても, センシング・ハンドリング— [名古屋工業大学 4 号館ホール].....(10 号 M6)
	9 日	第 38 回イオンクロマトグラフィー討論会 〔東京 23 区内 (対面で実施予定。講演会場は 10 月下旬にプログラムと同時公開)].....(9 号 M5)
	9 日	新アミノ酸分析研究会第 12 回学術講演会 [大田区産業プラザ Pio].....(9 号 M7)
	23 日	第 378 回液体クロマトグラフィー研究懇談会 [Zoom オンライン会場].....(11 号 M4)

2023 年

1 月	16 日	第 31 回放射線利用総合シンポジウム [ONSA Office 会議室].....(M 2)
	19・20 日	第 28 回 LC & LC/MS テクノプラザ [Zoom ウェビナー].....(11 号 M5)
	23 日	第 27 回液体クロマトグラフィー研究懇談会 特別講演会・見学会 〔栗田工業(株) Kurita Innovation Hub (KIH)].....(11 号 M5)
	24 日	表面科学技術研究会 2023 表面のぬれ制御技術の最先端 —表面修飾・バイオミメティクス・センシング技術— 〔(地独)大阪産業技術研究所森ノ宮センター大講堂].....(M 3)
	27 日	第 379 回液体クロマトグラフィー研究懇談会 [Zoom オンライン会場].....(M 1)
2 月	7 日	22-2 高分子学会講演会「高分子の表面・界面を制御する」[オンライン開催].....(M 3)
5 月	20・21 日	第 83 回分析化学討論会 [富山大学五福キャンパス].....(M 4)
	30・31 日	第 39 回希土類討論会 [札幌コンベンションセンター].....(M 3)
6 月	26~30 日	第 43 回国際分光学会, 第 5 回レーザーブレイクダウン分光学アジアシンポジウム Colloquium Spectroscopicum Internationale XLII The 5 th Asian Symposium on Laser Induced Breakdown Spectroscopy [徳島大学].....(8 号 M8)
7 月	23~28 日	第 31 回光化学国際会議 31st International Conference on Photochemistry (ICP2023) [札幌パークホテル].....(9 号 M7)

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

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

1) 放射能分析用牛肉認証標準物質

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

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

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

○充填容器と価格

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

2) 放射能分析用魚類認証標準物質

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

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

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

○充填容器と価格

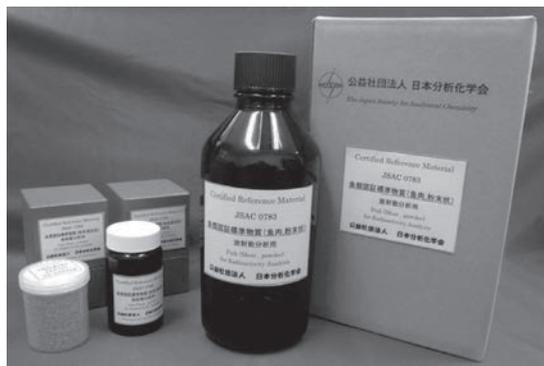
JSAC 0781:U8 容器(50 mm 高さ) 20,000 円, JSAC 0782, 0785:100 mL 容器 20,000 円,
JSAC 0783:1 L 容器 100,000 円, JSAC 0784:U8 容器は 1 回 5,000 円のレンタル品(価格はいずれも本体価格、送料込み・消費税別)

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

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



写真左 ポリエチレン袋に装填された牛肉認証標準物質



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

イオン交換・吸着・濾過

MUROMACHI CHEMICAL

column

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、リークやテーリングの少ない精度の高いクロマトグラフィーが可能です。

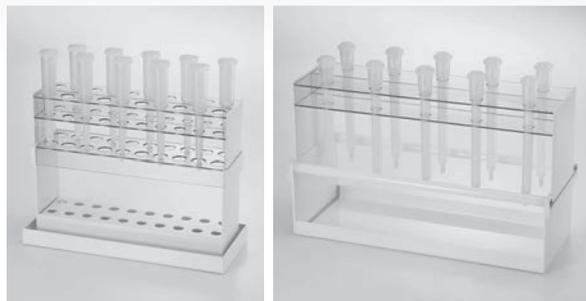


種類	内径(mm)	長さ(mm)	容量(mL)	液溜槽容量(mL)
S	5.0~5.5	50	1.0	8.0
M	6.5~8.5	58	2.5	10.0
L	10.0~11.0	118	10.0	5.0*1

*1. 連結キャップを使って50mL注射器を接続すると便利です。

ムロマック[®]ミニカラムスタンド

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



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

ムロマック[®]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、ライフ試験など樹脂層高を上げて試験を行う場合は細長カラムを使用することで正確なデータを取得できます。



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

ムロマック[®]分液ロート

【各ガラスカラム対応】



種類	容量(mL)
S	500
M	1000

お問合せ先

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

【東京】TEL. 03-3525-4792 【大阪】TEL. 06-6393-0007 【本社】TEL. 0944-41-2131



ポータブル水質計 P40シリーズ



マイラナちゃん

pH

ORP

電気伝導率

光学式溶存酸素

ポータブルで使えるマルチ水質計



MM-42DP
2chタイプ

各chにつなぐプローブの
組み合わせは自由

MM-41DP
1chタイプ

新型
デジタル
プローブ採用

プローブ情報を
自動で識別



pHプローブ、
ORPプローブは
各々電極部のみの
交換が可能



pH、ORP、
各種イオンの
測定が可能な
普及型も
用意



ポータブルpH・
イオン・ORP計
HM-40P

電池寿命は
最大約2000時間



Mylana(マイラナ)
詳細ページ

東亜ディーケーケー株式会社

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

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

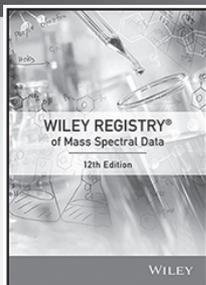
●東京:03(3202)0226 ●大阪:06(6312)5100 ●札幌:011(726)9859 ●仙台:022(353)6591 ●千葉:0436(23)7531
●名古屋:052(324)6335 ●広島:082(568)5860 ●四国:087(831)3450 ●九州:093(551)2727



スペクトラルデータベース Mass

Wiley Registry of Mass Spectral Database, 12th Edition

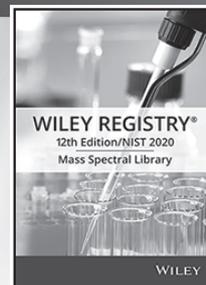
コーネル大学(米) 収集されたデータに Chemical Concept (独) で、収集されたデータが追加された約817,000件 (約688,000件の化合物) の最も大きな EI マススペクトルライブラリー。



Wiley Registry, 12th Edition/NIST 2020

Wiley Registry 12thとNIST2020を1つのデータベース (EIマス) に結合し、2020年現在のNIST MSMSライブラリーをバンドル

- 約1,000,000件のEIマススペクトル / 652,000件のMS/MSスペクトル
- 約840,000化合物
- 3,000,000以上の化学名/シノニウム



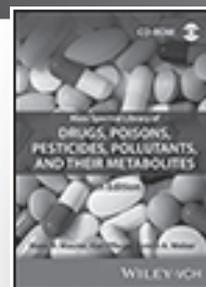
Mass Spectra of Designer Drugs 2021

合成薬物(麻薬)、毒薬化学に使用される物質の EI マススペクトル、化学構造式、Kovats リテンションインデックス他。スペクトル数: 26,459 件(約 23,800 件の化合物)。



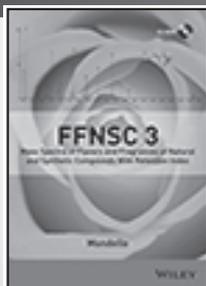
Mass Spectral Library of Drug, Poisons, Pesticides, Pollutants and Their Metabolites, 5th Edition

医薬品、毒物、殺虫剤、汚染物質(代謝物約7,800) など約104,300件のEI マススペクトルとリテンションインデックスのライブラリー。
2 Volumesのデータブック付き。



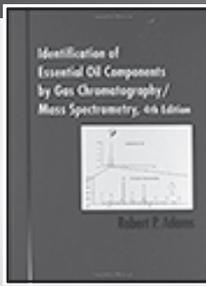
Mass Spectra of Flavors and Fragrances of Natural and Synthetic Compounds, 3rd Edition (FFNSC3)

香りと香料の分野で著名な Dr. Mondello によるモノテルペン、セスキテルペン、酸化誘導体などの精油のマススペクトル(3,462 件)、リニアリテンションインデックス、Kovats リテンションインデックス、CAS 番号、一般名、分子量、分子式のライブラリー



Identification of Essential Oil Components by Gas Chromatography/Mass Spectrometry, 4th Edition

Dr. Adamsの約2,200件のテルペンライブラリー。
マススペクトル、DB-5カラムでのリテンション時間、Kovatsリテンションインデックス、一般名、CAS番号、分子量、分子式。
データブック付き (構造式はデータブックにのみ表示)。



■ライブラリーフォーマット

- ・ MassHunter/ChemStation (Agilent)
- ・ NIST MS Search (JEOL Automass、Thermo Fisher Scientific Xcalibur…)
- ・ GCMS Solution/QP-5000 (Shimadzu) – Private Libraryフォーマット
- ・ Masslynx (Waters、Perkin-Elmer)

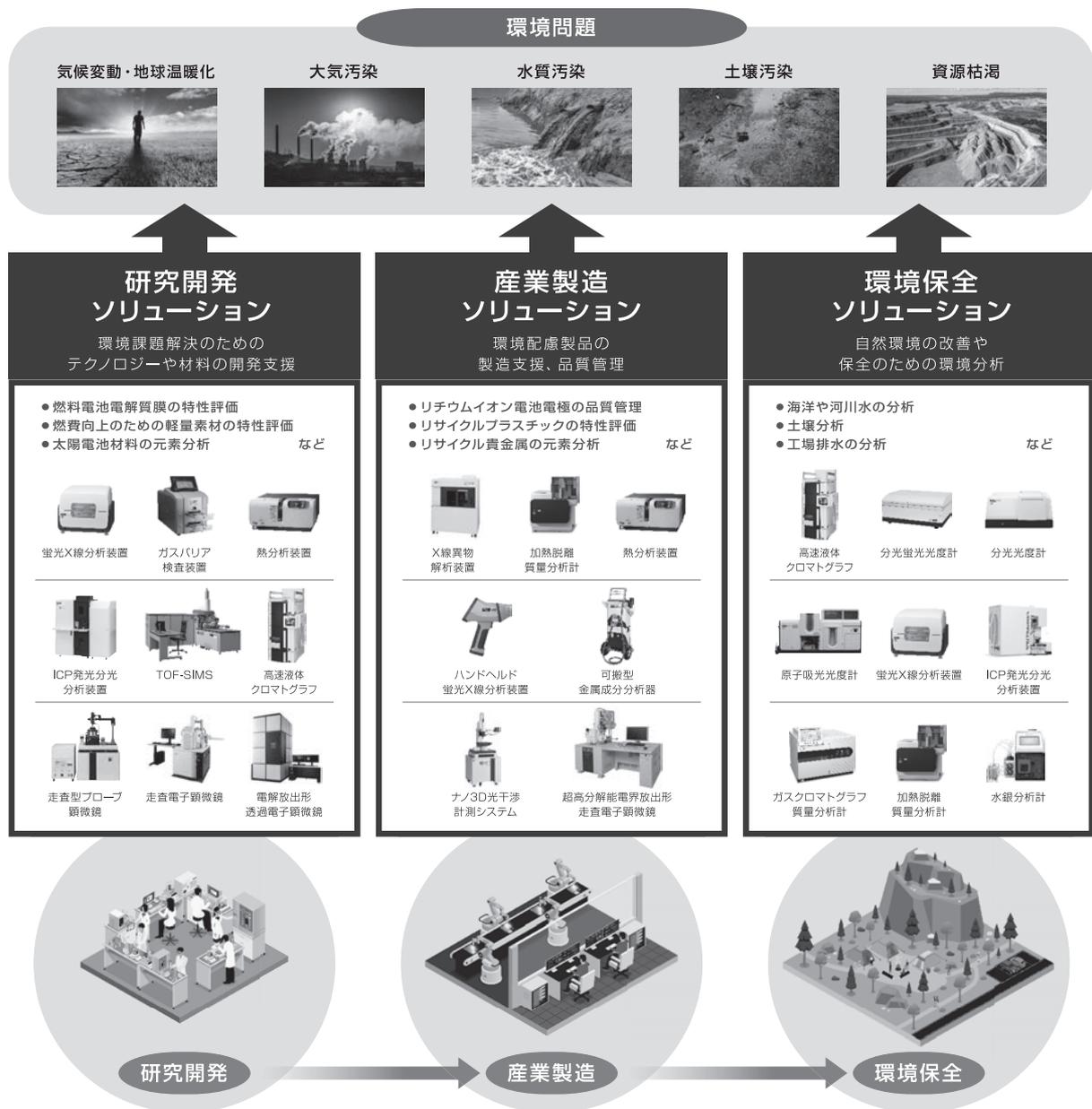
株式会社 デジタルデータマネジメント

〒103-0025 東京都中央区日本橋茅場町1-11-8 紅萌ビル
TEL.03-5641-1771 FAX.03-5641-1772
E-mail:tech@ddmcorp.com URL:http://www.ddmcorp.com

持続可能な将来を支える日立ハイテクの先端機器

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

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



◎ 株式会社 日立ハイテク ◎ 株式会社 日立ハイテクサイエンス

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

インターネットでも製品紹介しております。

URL www.hitachi-hightech.com/jp/science/

JASCO

リサーチグレードでありながら、 ダウンサイジングを追求

Debut

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

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

FT/IR-4X



New

ラマン測定を、手の中に。

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



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



PR-1s/PR-1w

光と技術で未来を見つめる

日本分光

日本分光株式会社

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

日本分光の最新情報はこちらから

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

日本分光HP



JASCO

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

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] 吸光度の測定方法と装置の操作方法は?

2巻
22分

吸光光度分析法

溶液の色は、溶けているものと どんな関係?	精度の高い吸光光度定量を 行うための留意点は?
吸収の大きさと、溶液濃度 及びセルの厚さとの関係は?	吸光光度法の特徴は? 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?	



[3巻] クロマトグラフィーとは



[6巻] プラズマへの試料導入

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

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

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

ESIイオン源一体型 マイクロチップ・キャピラリー電気泳動装置

ZipChip™



お使いのMSが高速CE-ESI/MSになります！

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

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

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

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

ZipChip™の特徴

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



アプリ別に便利な分析キットが用意されています。

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

下記メーカーの質量分析計でご使用いただけます。

- ThermoFisher Scientific社
- Bruker社 ● SCIEX社

(対応モデル名・型式につきましては別途ご照会ください。)



SmartLab へ



Rigaku

POWERING NEW PERSPECTIVES

高性能2次元検出器の搭載が可能に！

シームレス多次元ピクセル検出器 XSPA-400ER



SmartLab

X-RAY DIFFRACTOMETER

全自動多目的X線回折装置



画期的なシームレス多次元ピクセル検出器

0,1,2次元測定可能なピクセル検出器でありながら、高いエネルギー分解能を実現

1 高いエネルギー分解能

✓ 低BG(バックグラウンド)測定を実現



4 フィルターレス測定

✓ K β フィルターレスの測定が可能



2 ピクセル多次元検出器

✓ 0, 1, 2次元測定が可能



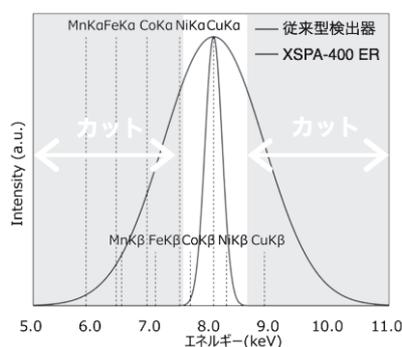
3 広いダイナミックレンジ

✓ 低強度から高強度まで検出可能
✓ 高い直線計数性を実現



5 多様な測定モード

✓ 目的に応じた測定モード選択
・高強度優先モード
・高角度分解能優先モード
✓ 工具不要の簡便な切替機能



高いエネルギー分解能により、綠色領域内に含まれる遷移金属由来の蛍光X線をカットし、BG成分を低減可能

株式会社 **リガク**

〒196-8666 東京都昭島市松原町3-9-12 電話(042)545-8111 <代表電話案内> FAX.(042)544-9795 e-mail: info-gsm@rigaku.co.jp

●東京:(03)5312-7077 ●東北:(022)264-0446 ●大阪:(072)696-3387 ●名古屋:(052)931-8441 ●九州:(093)541-5111

www.Rigaku.com

先入観を無くし変化を受け入れる



菅沼 こと

コロナ禍も3年半以上が過ぎました。コロナ禍は、世の中の常識をことごとくひっくり返し、世の中全体に変化することを強要してきた出来事です。例えば弊社では、コロナ禍前からテレワーク制度がありましたが、特に私が所属する構造解析センターではテレワークを活用する人は極一部にすぎませんでした。しかし、コロナ禍になり、2020年4月は全員強制テレワーク、その後も、実験する時は出社し、WEB会議やデスクワーク中心の日はテレワーク、というようにテレワークが根付いたものに変化しました。学会行事も、これまでは現地開催が当たり前だったのに対し、2020年からの2年間はほぼWEBでの開催に変化しました。

新型コロナウイルスのように世界規模で大きな変化を強いられることは極稀ですが、日常では様々な変化が起こります。そのような変化が起きた時、いかに柔軟に変化を受け入れるかが重要ですが、変化を受け入れる障壁になっているものの一つに先入観があると思います。仕事をするためには会社に行くべき、実験をする部署はテレワークができない、学会は現地に赴くべき、といったような先入観です。

先入観に関する興味深い記事がありましたので紹介します。2022年2月24日の日経産業新聞に、弊社の人事・総務管掌が執筆した記事が掲載されています。「年齢の先入観をなくす」というタイトルの記事で、その中で紹介されている調査結果で大変興味深いものがありました。デロイト社が2020年に欧州の会社員1万人以上を対象に実施したコロナ禍による社会変化への対応について尋ねた調査です。それによると、回答者の80%が何らかの労働環境の変化を経験したと答えています。比較的大きな変化を感じたと答えた中で、適応が困難であると答えた割合は、30歳未満は52%だったのに対し、60代以上では33%だったそうです。この調査結果に私は大変驚きました。私たちは、高齢者は柔軟性に乏しいと思込でしてしまいます。しかし、この調査結果は、高齢者ほどコロナ禍による変化に柔軟に適応できていたことを示しております。

変化を受け入れるには、先入観を無くす必要があります。その先入観は本当に正しいでしょうか。正しいと信じる先入観を疑い、いかに先入観を無くすことができるかが、変化を受け入れるコツだと思います。

時に変化を受け入れることは辛く苦しいことではありますが、悪い事ばかりではなく、変化を受け入れることにより新しい発見を得ることができます。テレワークが根付いたことで働き方の自由度が上がりました。さらに、学会行事のWEB化においては、WEBで参加できる手軽さを知り、また一方で、現地に行き対面で開催することの貴重さ重要さを心から感じることができました。変化を受け入れることで新しい発見を得ることができると思えば、「変化」は新しい発見が得られる前兆と考えることができます。

この「ぶんせき」誌も2022年3月から冊子体を無くし電子版に移行するという大きな変化がありました。私自身、冊子体が無くなってしまうのは残念な気持ちではありますが、しかし、冊子体の方が良いという先入観を捨て、この変化によって「ぶんせき」誌がより皆様にとって有益なものになるよう、毎月アップロードされるのが楽しみなものになるよう、編集委員として務めてまいりたいと思います。

[Koto SUGANUMA, 帝人株式会社, 「ぶんせき」副編集委員長]

大気汚染

—小型センサーの基礎と応用—

中山 智喜, 松見 豊

1 大気汚染の現状

大気汚染は、人類の健康にとって最大級のリスク要因の一つであり、世界の肺炎や心臓病、脳卒中、肺がんなどによる死者の2~4割が大気汚染によるものであると推定されている。大気汚染はヒトの直接の死因として報告されないことから、「Invisible Killer (目に見えない殺し屋)」とも呼ばれる。大気汚染物質には、1) 粒子状物質 (PM)、2) 一酸化炭素 (CO)、3) 窒素酸化物 (NO_x : NO および NO_2)、4) 硫黄酸化物 (SO_x : 主に SO_2)、5) オゾン (O_3) などの光化学オキシダントなどがあり、ヒトの健康への影響に加えて、陸域や海洋に沈着することで物質循環や生態系、農作物などにも影響を及ぼす。国内では、浮遊粒子状物質 (SPM: 空気力学直径が $10 \mu\text{m}$ 以上の粒子を 100% カットする分級装置を通過した粒子)、微小粒子状物質 ($\text{PM}_{2.5}$: 空気力学直径が $2.5 \mu\text{m}$ の粒子を 50% カットする分級装置を通過した小粒径側の粒子)、CO、 NO_2 、 SO_2 、光化学オキシダントに対して大気環境基準が定められている。

大気中の PM には、鉱物粒子や海塩粒子、一次有機エアロゾルや黒色炭素粒子など、大気中に直接放出されるものに加えて、硫酸塩や硝酸塩、二次有機エアロゾルなど気相成分の反応により大気中で二次生成するものがある。 $\text{PM}_{2.5}$ は、肺の奥まで到達しやすく、健康への影響が大きいことが知られており、特に途上国においては、経済発展に伴う交通や工業起源の排出増加や、農業残渣物^{さんさ}燃焼や焼き畑による放出が問題となっている。また、暖房や調理のために固体燃料を使用する地域がなお多くあり、屋内においても深刻な大気汚染が引き起こされている。世界保健機関によると大気汚染による屋外および屋内の早期死亡者数は年間 700 万人 (2016 年) にも及ぶと推計されている。

CO は、主に化石燃料やバイオマスの不完全燃焼により放出される。燃料や燃焼条件の違いにより、放出される CO と二酸化炭素 (CO_2) の割合が変化する。 NO_x の主な発生源には、化石燃料の燃焼 (自動車など) やバ

イオマス燃焼、土壌中の微生物活動、雷放電などがある。 SO_x の主な発生源には、石炭等の硫黄分を含む化石燃料の燃焼 (固定発生源や船舶など) に加え、火山からの放出がある。 NO_x や SO_x は、大気中での酸化過程を経て、その一部は硝酸塩や硫酸塩となる。近年、東アジアにおいては、人為起源の SO_2 排出量の減少に伴い、 $\text{PM}_{2.5}$ 中の硫酸塩の割合が減少し、硝酸塩の割合が増加するなど、大気質が変化しつつある。 O_3 は、 NO_x と揮発性有機化合物 (VOC) の光化学連鎖反応により生成される。国内のオキシダントの大気環境基準の達成率は 0.2% (2020 年度) と極めて低く、 NO_x と VOC の排出量が減少していても、 O_3 濃度が減少していない地域もある。しかし、その要因については未解明な点も多い。

以上のような大気汚染関連物質がヒトを含む広い意味での「地球の健康 (プラネタリーヘルス)」に及ぼす様々な影響を評価し、負の影響を低減していくためには、大気汚染物質の濃度を正確かつ綿密に測定し、その動態 (放出、二次生成、輸送・拡散、変質、除去などのプロセス) を解明することが不可欠である。

2 小型センサーの可能性

近年、大気汚染を引き起こす PM やガス成分を計測可能な小型センサーの技術開発が盛んに進められている。その性能は日進月歩で向上しており、小型センサーで得られる大量のデータの処理・解析手法の発展とも相まって、様々な大気環境関連分野での活用が期待されている (図 1)¹⁾²⁾。

小型センサーは、大きな設置スペースや建物を必要とせず、消費電力も小さいことから、数 10 から数 100 の多地点に設置することが可能である。大型の標準計測器に比べて、より高密度な観測を行うことで、大気環境の変化のより詳細な把握や、ローカルな発生源の検出、近い将来の濃度変動予測への活用が期待される。また、屋内環境のモニタリングや屋内発生源の影響、換気状況の把握にも応用できる。特に、電力供給などのインフラや治安の面などから大型装置での観測が困難な途上国における活用が期待されている。

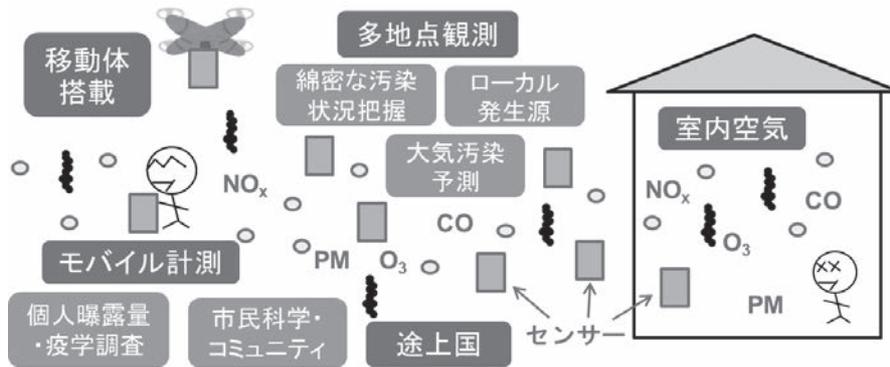


図1 小型センサーの大気環境関連分野での応用

小型のバッテリーなどにより電源を供給することにより、移動しながら測定を行うことも可能である。持ち歩きながらの測定に加えて、自転車や自動車、路面電車などの公共交通機関、船舶、ドローンや軽飛行機などの移動体に搭載して観測を実施する試みが進められている。また、個人が携帯してPMや大気汚染ガス成分への曝露量（個人曝露量）の測定を行うことで、大気汚染物質の健康影響に関する疫学調査に応用することが可能である。加えて、市民が小型センサーを用いて、生活環境における汚染の状況をリアルタイムに把握することで、自身の行動を決定したり、コミュニティでデータを共有して、よりよい生活環境の実現に活用したりすることも可能になると期待される。

3 大気粒子センサー

3.1 測定原理と誤差要因

小型のPMセンサーとしては、PM_{2.5}を測定可能なセンサーが広く用いられているが、直径1 μmおよび10 μm以下の粒子であるPM₁およびPM₁₀の測定ができるものもある。一般に、粒子に光源からの光を照射し、散乱光を計測する光学式センサーが用いられる。光学式センサーは、複数の粒子からの散乱光の総和を検出するタイプ（ネフェロメータ方式）と、個々の粒子からの散乱光を検出するタイプ（光学式粒子計数器（OPC）方式）がある。前者は、測定対象粒子の粒径分布が変化すると、散乱信号から重量濃度を算出する換算係数が変

化する可能性があるため、注意が必要である。一方後者は、粒径を考慮してPMの重量濃度を算出することができる利点があるが、粒子数密度が増加すると複数の粒子の散乱光信号が重なり、PM濃度を過小評価する可能性がある点に注意が必要である。

光学式センサーの例として、図2に著者らがパナソニック㈱と共同開発したPM_{2.5}センサーの外観および内部構造を示した。本センサーでは、小型ヒーターにより生じた熱対流により粒子を取り込み、発光ダイオード（LED）から波長625 nm付近の光を照射して、個々の粒子による散乱光を検出する。散乱光信号から、粒子数密度と粒子サイズ分布に関する情報を得て、PM_{2.5}の重量濃度を算出している。PM_{2.5}重量濃度の算出方法は、いくつかの粒径のポリスチレンラテックス粒子を用いた室内実験により決定しているため、実大気粒子を測定する場合には、主に比重や屈折率が異なることに起因する換算係数（通常1.3～1.4程度）を乗ずる必要がある³⁾。

PMセンサーの光源には、LEDを使用する場合と、レーザーを使用する場合がある。光源にレーザー光を利用したOPC方式では、高感度化や粒径判別精度の向上が期待できる一方で、球形粒子を測定する場合、光散乱強度が散乱角度に対して大きく振動する現象（単一波長光源に対するMie散乱特有の現象）が測定精度に影響する可能性もある⁴⁾。センサーへの粒子の導入には、熱対流の代わりにファンを利用するものもある。特にPM₁₀など、粗大粒子を含む濃度測定を行う場合には、

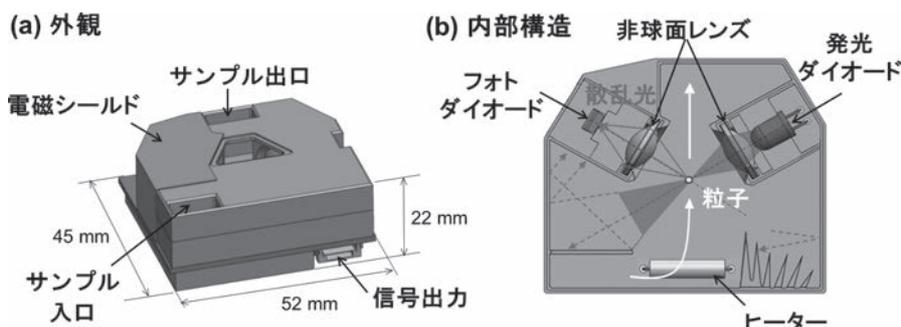


図2 小型PM_{2.5}センサーの外観と内部構造の例³⁾

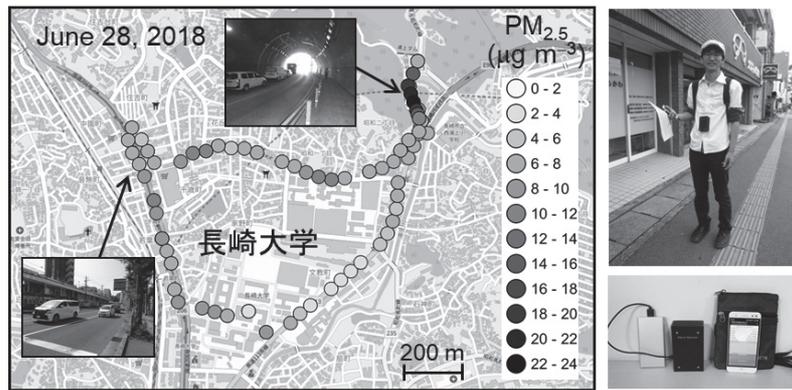


図3 モバイル型計測器による長崎大学文教キャンパス周辺でのPM_{2.5}の測定例とモバイル計測器の外観

粒子の導入に伴う粒子損失の低減が重要となる。また、センサーへの粒子導入においては、センサー自体に加えて、センサーを設置する筐体の設計も重要な要素となる。

PMセンサーの最小検出可能直径は、通常0.3～0.5 µm程度である。そのため、より小粒径の粒子が重量濃度に大きく寄与する環境下においては、センサーによる計測値が、実際の重量濃度を過小評価することがある。今後、光源の短波長化や検出感度の向上などによる検出可能粒径範囲の拡張が望まれる。加えて、粒子の化学成分や形状により、光散乱特性が変化し、PM重量濃度の推定に影響を及ぼす可能性がある。さらに、気圧、温度、相対湿度などの測定環境の変化も測定結果に影響を及ぼしうる。

PM_{2.5}の重量濃度測定法は、フィルターに捕集された粒子を相対湿度30～40%で24時間以上置いたうえで秤量する米国連邦規格(FRM)などで定められており、粒子中の水分の影響を除いた重量を基準として評価されている。一方で、小型PMセンサーによる計測においては、通常、粒子中の水分の一部を含む重量濃度が測定される。そのため、高湿度環境下で粒子が吸湿成長している場合には、PMの重量濃度を過大評価する可能性が高い点に注意が必要である。筆者らが開発したセンサーについても、FRMに対する等価性が確認されている自動測定器のベータ線吸収装置による測定値と概ね一致する一方で、高い相対湿度環境下においては、過大評価傾向を示すことがわかっている³⁾。

3.2 大気中のPM_{2.5}の測定例

筆者らは、小型PM_{2.5}センサーを用いた据え置き型およびモバイル型の計測器を製作して、国内外での大気観測に応用している。例えば、濟州島および長崎県内の離島を含む複数地点で観測を行うことで、越境大気汚染気塊の輸送過程などについて調べている。また、小型センサーは消費電力が小さく、高い時間分解能を有することから、持ち運びながら計測を行うことも可能である。

図3に、長崎大学文教キャンパス周辺のPM_{2.5}濃度を、センサーを持ち歩いてモバイル測定した例と、測定に用いたモバイル計測器(パナソニック株との共同開発)の写真を示した。このモバイル計測器では、PM_{2.5}重量濃度に加えて、温度、湿度、気圧、およびGPS位置情報が得られる。センサーの電源はモバイルバッテリーから供給し、計測されたデータは1分ごとに、Bluetoothを通じてスマートフォンに転送され、記録される。測定結果から、自動車排ガス由来のPM_{2.5}がトンネル内で滞留している様子や、飲食店街周辺でわずかに濃度が上昇する場合があることなどが見てとれる。このように、モバイル計測器を用いることで、ローカルなPM_{2.5}の分布状況を把握したり、身近な発生源について調べたりすることが可能である。

海外においては、特に大気汚染による健康影響が懸念されているにもかかわらず、PM_{2.5}等の観測データが十分でないアジアやアフリカの途上国での観測研究を進めている。図4にモバイル計測器を用いてインド北部のパンジャブ州で計測を行った例を示した。計測を行った10月後半から11月は、稲を収穫して小麦などを作付けする時期にあたり、稲の残渣物の一部(切り株など)が燃やされている。この計測例では、大気が比較的安定している午前中に200～500 µg m⁻³程度の高濃度のPM_{2.5}が観測された。その後、日射により徐々に対流が

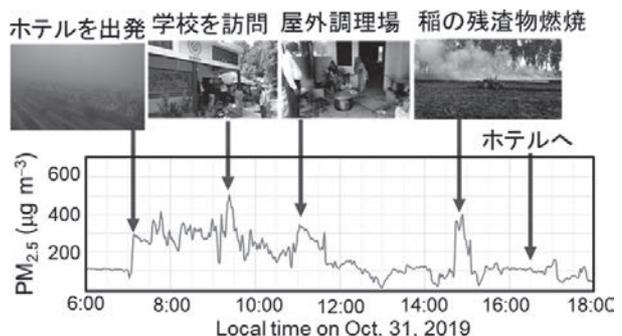


図4 モバイル計測器によるインド北部パンジャブ州でのPM_{2.5}の測定例

活発になり PM_{2.5} が希釈されたことで濃度が減少したと考えられる。一方、調理場や残渣物燃焼現場の近傍では 300 μg m⁻³ 程度の高濃度の PM_{2.5} が観測された。このようにインド北部においては、農業残渣物の燃焼により、深刻な大気汚染が生じており、季節風により南東方向に輸送されることで、首都デリーの大気環境にも影響していると推定されている。筆者らが参画している総合地球環境学研究所の Aakash プロジェクトでは、パンジャブ州からデリーにかけての地域に PM_{2.5} センサーおよび大気微量ガスセンサーを搭載した計測器を 30 台以上設置し、同地域における大気汚染物質の動態解明を目指した観測研究を進めている⁵⁾。

4 大気微量ガスセンサー

4.1 測定原理と誤差要因

大気環境における CO, NO, NO₂ および O₃ の測定には、主に電気化学 (EC) センサーや金属酸化物半導体 (MOS) センサーが用いられている²⁾。SO₂ や H₂S など、他のガスを計測する EC センサーや MOS センサーも市販されており、一般大気環境下での測定は通常は困難であるが、比較的濃度が高い発生源近傍における測定に応用されている。一方、CO₂ の測定には、主に非分散型赤外線吸収 (NDIR) 法に基づくセンサーが利用されている。なお、本稿では詳細は割愛するが、MOS センサーや光イオン化検出器を利用した VOC の計測も行われている。また、O₃ の測定には、紫外線吸収法に基づくセンサーが利用されることもある。

EC センサーには、電極における酸化還元反応により電池に流れる電流を測定するものや、イオン導電性の膜の両端に生じる膜電位を測定するものなどがある。前者にはセンサー内部に電池を持つガルバニ電池式センサーと外部電源で動作する定電位電解式センサーがあり、後者には固体電解質センサーがある。一方、MOS センサーは、200~500 °C 程度に加熱された酸化スズなどの金属酸化物半導体の表面での測定対象ガスの吸着・化学反応に伴う電気伝導度 (抵抗値) の変化を検出するのが一般的である。図 5(a) に、定電位電解式の CO 測定用 EC センサーの概念図を示した。測定対象の CO が作用電極に到達すると作用電極と対極における酸化還元反応より電流が生じることを利用し、CO を検出する。図 5(a) に示した電極に加えて、作用電極と同等であるがサンプルガスには接しない補助電極を導入し、作動電極と補助電極の差分信号を得ることで、測定対象ガス以外の環境要因による影響を低減することができるタイプもある。また、CO ガスに対する選択性を得るため、サンプルガス導入部に活性炭などを用いた妨害ガス除去フィルターを設置する場合が多い。

EC センサーの誤差要因として、センサー自体に起因するベースラインドリフトに加えて、温度や湿度など測

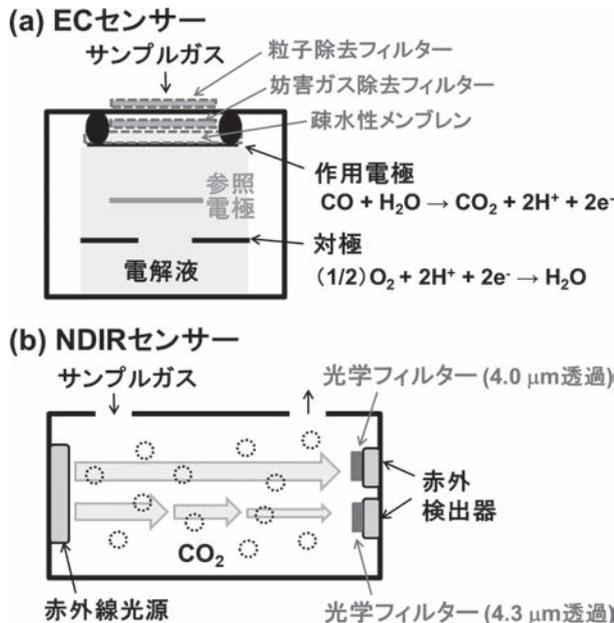


図 5 CO 測定用電気化学 (EC) センサーおよび CO₂ 測定用非分散型赤外線吸収 (NDIR) センサーの概念図

定環境の影響がある。誤差の低減のために、測定対象成分を含まない空気を一定時間ごとに測定してベースラインドリフトを補正したり、温湿度をコントロールした条件下で測定を実施したり、温度および湿度がセンサー出力に及ぼす影響を室内実験により評価して補正式を導出したりする試みが行われている。これらの誤差要因に加えて、EC センサーが他の化学種にも感度を有する交差感度の問題があり、測定対象以外の化学種が寄与する濃度レベルで存在する場合は注意が必要である。例えば、Alphasense 社の NO₂ センサー (NO₂-B43F など) は、SO₂ や H₂S に負の感度を持つ。本センサーは O₃ 除去フィルターを有しており、O₃ に対する交差感度の影響を回避する設計になっているが、長期間使用する場合は O₃ 除去性能が低下しうるため、注意が必要である。一方、同社の O₃ 測定用のセンサー (O_x-B431 など) は、NO₂ と O₃ の両方に感度を有していることから、O₃ 濃度を導出したい場合には、NO₂ センサーとの同時計測が推奨されている。本稿では、O₃ と NO₂ の和を O_x と表記し、本センサーを O_x センサーと呼ぶこととする。O₃ と NO₂ の濃度の和は、O₃ が NO との反応により一時的に NO₂ に変換された分を考慮したパラメータであるポテンシャルオゾン (PO) 濃度に概ね対応する (厳密には直接排出された NO₂ の分を差し引く必要がある) ことから、本センサーは PO を測定するセンサーであると考えられる。

図 5(b) に NDIR 法による CO₂ センサーの概念図を示した。CO₂ が強い光吸収を有する波長帯である 4.3 μm と、CO₂ による光吸収のない波長帯 (4.0 μm など) における透過光強度を比較することで、CO₂ 濃度の計測が可能となる。NDIR 法に基づく小型 CO₂ センサーは、

屋内の換気状況の監視などに広く使われているが、比較的精度が高いものは、屋外における濃度変動を検出することも可能であり、著者らと明星電気株により気球搭載用計測器も開発されている⁶⁾。NDIR センサーの誤差要因として、光源の出力や検出器の感度の変化などによるベースラインドリフトに加えて、温度や湿度、圧力などの測定環境の変化の影響が考えられる。NDIR 法では多数の振動回転線による光吸収をまとめて測定しているため、これらの環境要因の変化により、CO₂ 分子の回転状態分布や振動回転線の線幅が変化しうる。また、水蒸気による赤外光吸収による影響も考えられる。以上のことから、大気中の CO₂ 濃度の正確な測定のためには、定期的に標準ガスの計測を実施する必要があると考えられ、標準計測器による観測においても、標準ガスによる一定時間ごとの校正が行われている。しかしながら、その場での一定時間ごとの校正に必要なガスボンベや制御装置の設置は、小型センサーを用いる意義と相反する場合も多い。そのため、小型 NDIR センサーは、比較的大きな濃度変動を伴う現象の検出や、濃度の変化量を用いた解析などへの応用が適していると考えられる。

4.2 大気中の微量ガスの測定例

前述のように、大気汚染物質の主な発生源は物質ごとに異なり、また、PM の一部や O₃ など、大気中で化学反応による二次生成するものもある。また、燃焼過程により CO, CO₂, NO_x, PM などが放出されるが、その比率は燃料の種類や燃焼条件により異なると考えられ

る。大気汚染の原因および実態を詳細に把握するためには、PM に加えて種々の大気微量ガスを測定することが望まれる。

図 6 に、各種センサーを用いた小型大気計測器の内部および長崎大学環境科学部棟における標準計測器との比較観測の様子を示した。本装置では、上述の光学式 PM_{2.5} センサー、Alphasense 社の EC センサー (CO : CO-B4, O_x : O_x-B431, NO₂ : NO2-B43F など) および Senseair 社の NDIR センサー (K30) を使用している。外気は自然通風により装置内に導入している。また、GPS 受信機を接続して位置情報を取得できるものや、携帯回線を通じてデータを一定時間ごとにクラウドに転送できるタイプも開発している。

図 7 に、2020 年 12 月 10 日～11 日の観測結果を示した。使用した EC センサーは、補助電極を有するタイ



図 6 各種センサーを用いた小型大気計測器の内部および長崎大学環境科学部棟における標準計測器との比較観測の様子

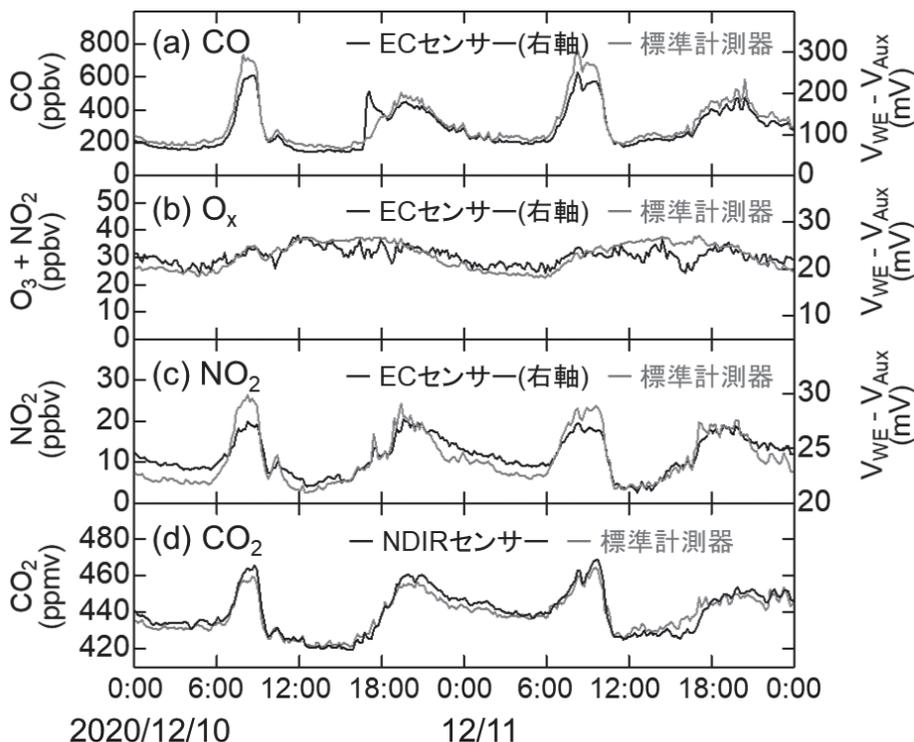


図 7 長崎大学で小型センサーおよび標準計測器で観測した CO, O_x (= O₃ + NO₂), NO₂, CO₂ の濃度変動の例

ブであり、センサー出力は作用電極と補助電極の差分信号として右軸に示した。CO、O₃、NO₂ 測定のための標準計測器としては、それぞれNDIR法(Thermo, model 48ij)、紫外吸収法(Thermo, model 49ij)、化学発光法(Horiba, APNA-370)に基づく装置を用いた。O_xセンサーとの比較には、標準計測器で測定したO₃とNO₂の濃度の和を用いた(図7(b))。小型CO₂センサーについては、一定時間ごとの校正は行っていないが、CO₂の標準計測器(LI-COR, LI-840A)については、2種類の標準ガスを用いて、2時間ごとにオフセットおよびスパンの校正を行った。

小型センサーによる計測結果は、標準計測器で測定された濃度変動と概ね対応しており、CO、NO₂およびCO₂センサーでは、7~9時頃および18~21時頃の交通ラッシュに伴うと考えられる濃度上昇や、主に大気境界層高度の違いに起因すると考えられる昼夜の濃度差が捉えられている。また、O₃とNO₂の両方に正の感度を持つO_xセンサーについても、昼間のO₃の光化学生成に伴うO_x濃度の上昇を捉えられている。これらの結果は、都市域における大気汚染において重要な微量気体成分の動態を把握する上で、小型センサーによる計測が有効であることを示唆している。しかしながら、筆者らによるこれまでの解析により、NO₂およびO_xセンサーについては、特に暖候期に標準計測器との相関が低下することが判明しているなど、条件によっては定量的な濃度算出が困難な場合もあるため、注意が必要である。

5 おわりに

近年のセンサー技術の進展やデータ処理・通信技術の発展により、小型で安価なPMセンサーや大気微量ガスセンサーが利用可能となってきたり、大気環境関連分野での活用が進められている。小型センサーを用いた多点観測やモバイル計測により、これまでにない高密度なデータを得ることで、大気汚染物質の動態の理解や健康影響の解明につながるなど、科学的な貢献が期待される。加えて、多くのデータを活用した大気汚染予報の発展や、一般の個人による活用など、社会に大きなインパクトを与える可能性がある。

PMセンサーの構造や重量濃度の算出方法などはセンサーごとに大きく異なり、ガスセンサーについても多種多様なタイプがあり、センサーごとに固有の応答特性を有している。そのため、室内実験や実大気における標準測定法との比較により、センサーの性能を評価したうえで使用することが望まれる。また、性能評価の実施にあたっては、使用目的に合致した測定環境(およびPM

の場合には測定対象粒子)を選択することが肝要である。小型センサーの活用にあたっては、使用するセンサーの測定精度や確度、限界について理解し、その特性や使用する目的に応じて、適切にデータ処理を行った上で利用することが重要である。

謝辞 小型大気計測器の開発と応用に関する研究の一部は、科学研究費補助金(19H04240, 21KK0187)、総合地球環境学研究所Aakashプロジェクト、住友財団および長崎大学WISEプログラムの助成により実施された。また、パナソニック㈱、名古屋大学の山崎高幸氏、岡本渉氏、総合地球環境学研究所の林田佐智子教授およびAakashプロジェクトメンバー、長崎大学の山口真弘准教授、鐘ヶ江健太氏、家田悠氏、田添勝則氏はじめ、装置開発や計測にご協力頂いた皆様に感謝申し上げます。

文 献

- 1) 松見 豊, 中山智喜: 地球環境, **24**, 93 (2019).
- 2) A. C. Lewis, E. von Schneidmesser, R. E. Peltier (Ed.): "Low-cost sensors for the measurement of atmospheric composition: overview of topic and future applications", WMO-No.1215 (2018, updated 2021), (World Meteorological Organization (WMO), Geneva).
- 3) T. Nakayama, Y. Matsumi, K. Kawahito, Y. Watabe: *Aerosol Sci. Technol.*, **52**, 2 (2018).
- 4) 矢吹正教: エアロゾル研究, **33**, 108 (2018).
- 5) "Aakash プロジェクト (大気浄化, 公衆衛生および持続可能な農業を目指す学際研究: 北インドの藁焼きの事例)", 総合地球環境学研究所, (<https://aakash-rihn.org/>), (accessed 2022. 6. 4).
- 6) M. Ouchi, Y. Matsumi, T. Nakayama, K. Shimizu, T. Sawada, T. Machida, H. Matsueda, Y. Sawa, I. Morino, O. Uchino, T. Tanaka, R. Imasu: *Atmos. Meas. Tech.*, **12**, 5639 (2019).



中山智喜 (Tomoki NAKAYAMA)

長崎大学大学院水産・環境科学総合研究所(〒852-8521 長崎県長崎市文教町1-14)、名古屋大学大学院理学研究科博士後期課程修了。博士(理学)。《現在の研究テーマ》大気中のエアロゾル粒子および微量気体成分の動態と特性の観測および室内実験研究。《主な著書》"Advances in Spectroscopic Monitoring of the Atmosphere", (Elsevier), (分担執筆)。
E-mail: t-nakayama@nagasaki-u.ac.jp



松見 豊 (Yutaka MATSUMI)

名古屋大学宇宙地球環境研究所(〒464-8601 名古屋市千種区不老町)、東京工業大学大学院理工学研究科博士後期課程修了。理学博士。《現在の研究テーマ》小型大気計測装置の開発と設置、観測。
E-mail: matsumi@nagoya-u.jp

外部標準法定量 NMR (EC-qNMR) のすすめ

近年、簡便で正確な有機化合物の絶対定量法として注目を集める定量 NMR (qNMR) は、内部標準法 (IC-qNMR) と外部標準法 (EC-qNMR) に大別される。この二つの手法のうち、本稿では EC-qNMR の背景と測定原理について、また、EC-qNMR で正確な定量分析を実現する上で注意すべき点を解説する。本稿が研究業務に EC-qNMR を導入する際の一助となり、EC-qNMR のさらなる実用化に繋がれば幸いである。

西 崎 雄 三

1 はじめに

NMR は、静磁場に置かれた原子核が、その原子核に固有の周波数と共鳴し、低エネルギーから高エネルギー状態に遷移する現象を利用したスペクトル法である。回転座標系を用いて簡単に示すと、静磁場に置かれた原子核は、 z 軸のまわりを歳差運動する。このときの正味の磁化成分 M_0 は、 z 軸上に存在し、 xy 平面には存在しない。通常、NMR は y 軸方向の磁化成分を検出するように設計されており、そのため、ラジオ波パルス照射して、磁化成分を y 軸方向に傾けさせ、これをシグナルとして検出する。この瞬間、磁化成分を構成する xy 成分は扇のように広がり、位相の一致が失われ、減衰する。すなわち自由誘導減衰 (FID) であり、この減衰過程を T_2 緩和と呼ぶ。また、磁化成分を構成する z 成分は、 z 軸に沿って、もとの熱平衡状態に戻り、この過程を T_1 緩和と呼ぶ (図 1)。このことから、NMR で定量性を確保するためには、パルス照射後の T_2 緩和を考慮して、FID をもれなく取込む時間 (取込み時間: AQ) を設ける必要がある。また、通常 NMR 測定では SN 比を向上

させるために積算を行うが、この際は、 T_1 緩和を考慮して、もとの熱平衡状態に戻る時間 (遅延時間: D_1) をパルス照射ごとに設ける必要がある (図 2)。上記の定量性を確保したパルス系列を設定すると、同種核におけるシグナル応答値を分子間で比較することができる。すなわち、片方に純度既知の物質を基準として添加すると、基準物質のシグナル応答値から、もう片方の物質の絶対濃度ないし純度を求めることができる。この手法は、定量 NMR または qNMR と呼ばれる。

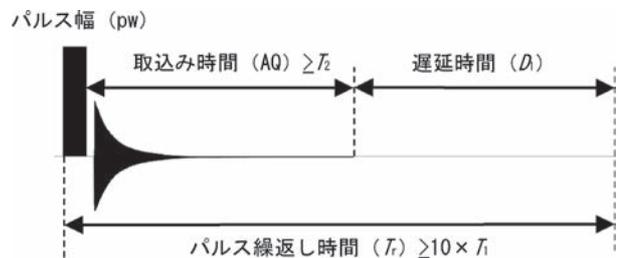


図 2 定量性を確保した NMR のパルス系列
通常、パルス幅は数 μ 秒であり、全体の繰返し時間 (秒) から無視して問題ない。

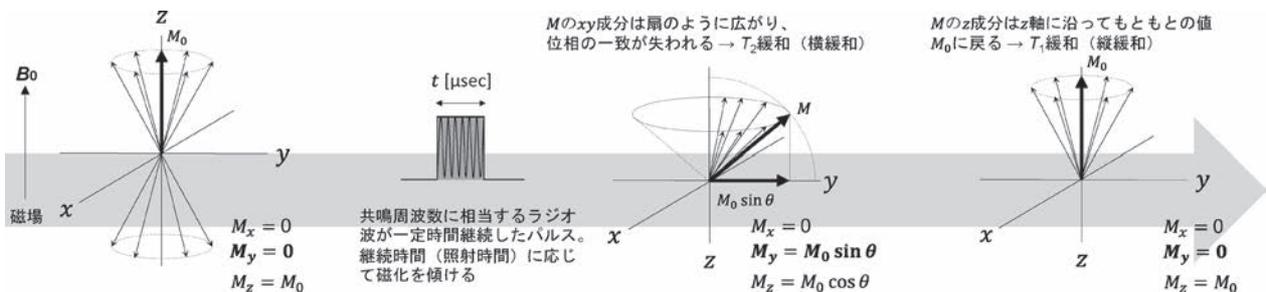


図 1 回転座標系におけるパルス照射後の磁化成分 M の挙動

磁化成分 M_0 を y 軸方向に 90° 傾けたとき、最も強度の高いピークが得られる ($M_y = M_0 \sin 90^\circ$)。磁化成分 M_0 を y 軸方向に 90° 傾けるために必要なパルス照射時間を 90° パルス幅 (pw90) と呼ぶ。

2 EC-qNMRの現状

一般に、我々が手にする市販試薬（標準品）、特に天然由来のものに表示された純度は、クロマトグラフィーによる面積百分率法で値付けされた相対純度であり、クロマトグラム上で検出できない水分や無機物等の不純物含量は無視される¹⁾。したがって、食品や医薬品などの規格試験では、標準品を開発した試薬会社、標準品を購入してからの保管状態、標準品の不純物の組成の違いにより、食品や医薬品の最終的な分析結果や規格値に対する適否判定が、試験機関によって異なることが懸念される。このような問題の解決に、qNMRは非常に有効である。例えば、クロマトグラフィーによる定量試験、抗酸化能を評価するための力価試験、あるいは毒性試験において、自身が使用した標準品の絶対純度をあらかじめqNMRで算出し、標準品の調製濃度を校正すれば、試験機関間で標準品の純度差に由来する試験結果の差異は解消される。現在、qNMRは、我が国の食品、医薬品の品質に関する公定法を収載した、食品添加物公定書および日本薬局方の中で、定量用標準品の純度測定法として採用されている。さらに、日本産業規格（JIS）としても標準化がなされ²⁾、規制科学分野における絶対的な地位を確立したといえる。

しかしながら、食品添加物公定書、日本薬局方およびJISを読むと、試料調製方法がすべて内部標準法qNMR（IC-qNMR：internal calibration qNMR）に限定されていることに気づく。内部標準による試料の汚染を避けたい高価な標準品、自ら単離した天然原料からの希少な（秤量すら困難な）精製品、あるいは測定溶媒中において内部標準と溶解性や安定性が著しく異なる物質を測定するとき、IC-qNMRでは純度測定が困難な場面が実際には存在する。このような場面で、外部標準法qNMR（EC-qNMR：external calibration qNMR）は非常に有用である。EC-qNMRには内径の異なる2種類の試料管から構成される同軸二重試料管を用いた方法³⁾、擬似的なFID信号を挿入する方法⁴⁾が提案されているが、本稿では相反定理を利用したEC-qNMRに限定して話を進めたい⁵⁾⁶⁾。EC-qNMRに相反定理を適用すると、特定のNMR装置や制御ソフトに依存することなく、誰でもEC-qNMRを実施することができる⁷⁾。この相反定理を利用したEC-qNMRはPULCONという名称でも知られていて⁸⁾、これまでに多くの論文で良好な定量精度が示されてきた。一方、これらのポジティブな結果を受けて、自身のNMR装置を使ってEC-qNMRを実施すると、5%以上の誤差があったとの話をよく聞く。原因解明のために既報の論文に目を通して、ポジティブな結果しか示されておらず、EC-qNMRを実施する上での具体的な注意点は記載がほとんどない。結局、EC-qNMRは有用であるものの、IC-qNMRとは違い、方法

論がまだ標準化されていないのが現状である。最近、著者らはEC-qNMRの高精度化および標準化に資する検討の中で、適切な測定手順を踏むことにより、EC-qNMRでもIC-qNMRと同様に誤差1%以内の正確な定量が可能であることを示した⁹⁾。本稿は、この過程で抽出した、分析値にばらつきを与える要因を整理し、EC-qNMRの測定原理とあわせて解説していきたい。

3 相反定理に基づくEC-qNMRの測定原理

NMRの応答は相反定理に従う。すなわち、チューニングとマッチング（T&M：tuning and matching）により、NMRの検出コイル（プローブ）が測定対象核の共鳴周波数に同調するとき限り、「パルス幅（pw：pulse width）×ピーク面積/プロトン数/モル濃度」はプローブ固有の値（Q値）となる。塩濃度が高い試料の場合、感度は低下し、ピーク面積が小さくなるが、その分pwは長くなるので、式（1）に示すようにQ値は一定のままである。

$$\frac{A \times pw90}{Conc. \times H} = Q \dots\dots\dots (1)$$

ここで、*Conc.*、モル濃度（mol/L）；*A*、プロトンのピーク面積；*H*、*A*に由来するプロトン数；*pw90*、90°パルス幅（μsec）。

したがって、2本のNMR試料管を用いてEC-qNMRを実施した場合、両者の関係性は以下の式（2）で示すことができる。すなわち、基準物質の絶対純度（*Conc._C*）が明らかなき、分析種の絶対濃度（*Conc._A*）ないし純度を求めることができる。

$$Conc._A = Conc._C \times \frac{A_A}{A_C} \times \frac{H_C}{H_A} \times \frac{pw90_A}{pw90_C} \dots\dots\dots (2)$$

ここで、添字A、分析種；添字C、基準物質（内部標準または外部標準）。

分析種と基準物質が同じNMR試料管中にあるIC-qNMRの場合、両物質それぞれの磁化成分をy軸方向に傾けるpwは同じ値となり（図1）、通常、プローブ



図3 NMRの相反定理を成立させるためのEC-qNMR測定手順
シム調整とT&Mは順番が逆になっても良い。

に記録されているデフォルトの 90°パルス幅 (pw90) が測定条件に適用される. そのため, 式 (2) に示す pw90 は相殺される. 一方, EC-qNMR の場合, 分析種と基準物質が異なる NMR 試料管にあるため, それぞれの NMR 試料管で, 試料の導電性や pw90 が異なる可能性がある. そのため, EC-qNMR で正確な定量分析を行うためには, 図 3 に示す測定手順に従い T&M および pw90 校正を行う必要がある. これらは上述の相反定理を成立させる上での必須の手順である. このことから, プローブの T&M および pw90 校正が, EC-qNMR の分析値にばらつきを与える要因となることは明らかである.

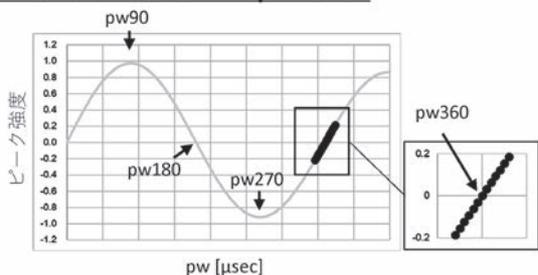
4 EC-qNMR の分析値にばらつきを与える要因

本稿は, 図 3 に示す測定手順で分析種にカフェイン (CAF), 外部標準に 3 濃度のジメチルスルホン (DMSO₂) を用いた EC-qNMR の実例を示す. いずれも, 国際単位系 (SI) にトレーサブルな絶対純度が付与された認証標準物質を用いており, これらの認証値を参照値として扱い, 定量結果を評価する. pw90 校正および T&M をはじめとする, 分析値にばらつきを与える要因を整理したい. なお, 実例データは日本電子製 SuperCOOL プローブ付き JNM-ECZ400S/L1 を用いて取得した. 測定中はプローブ温度を 25 °C に制御した.

4.1 pw90 校正

NMR では照射中心のピーク強度を pw に応じてプロットすると, 減衰する正弦曲線が描かれる. この特性を利用した pw90 校正方法を二つ紹介する (図 4). 一つは, ピーク強度が 0 となる pw360 をはさみ込むよう

ヌルポイントを探す pw360 法



カーブフィッティング (CF) 法

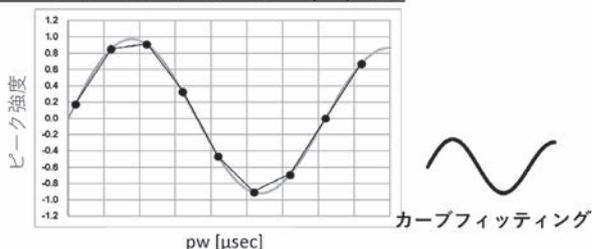


図 4 pw90 校正方法: pw360 法とカーブフィッティング (CF) 法

に pw を変化させる連続測定を行い, このアレイデータからヌルポイントとなる pw360 を探し, 4 で除して pw90 を決定する方法である (以下, pw360 法)¹⁰. この方法は, 照射中心ピークの T₁ 緩和の影響をほとんど受けずに正確な pw90 を算出できるため, 現在も広く一般に利用されている. ただし, 手動でヌルポイントを探す必要があるため, 測定試料数が多い場合は, オペレータが NMR 装置の前から離れられず, 敬遠されがちである. もう一つの pw90 校正方法を紹介する. この方法は pw360 付近ではなく, 広く全体に pw を変化させる連続測定, 具体的には pw10~pw450 の範囲を 10 点程度プロットする連続測定を行い, このアレイデータに対するカーブフィッティング (CF) から pw90 を校正する方法である (以下, CF 法)¹¹. この CF 法は Delta ソフトウェア (日本電子製) 上の回帰計算解析 (モード: Nutation Analysis) で自動計算が可能である. ただし, CF 法は T₁ の長いピークが照射中心となるとき, pw 連続測定条件の D₁ について注意する必要がある. 図 5 に示すのは, DMSO-d₆ の溶媒ピークを照射中心とした際の CF 法の結果である. 溶媒ピーク (DMSO-d₅) の T₁ (T₁ = 15 sec) に対して pw 連続測定条件の D₁ が短いと, アレイデータの描く正弦曲線が歪み正確な pw90 を算出できない. しかし, これまでの経験上, D₁ を 60 sec 以上に設定すると, どのようなピークが照射中心になっても, 歪みのない正弦曲線として CF することができる. pw360 法および CF 法ともに, 実際の測定試料では観測範囲に複数のプロトンピークが観察され, これらの

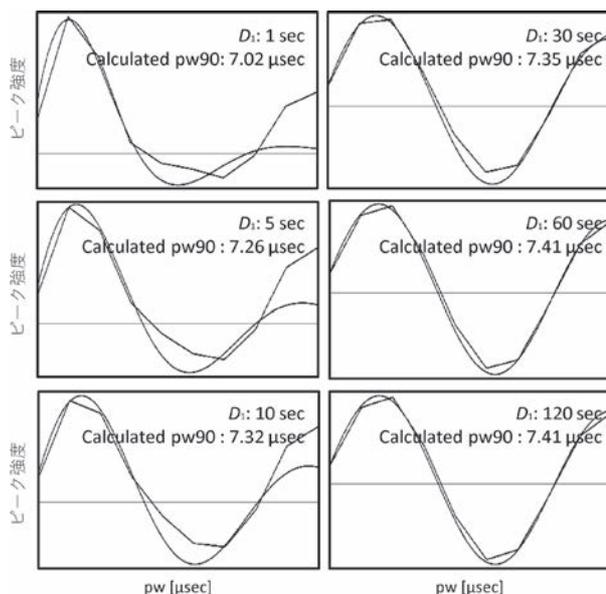


図 5 pw 連続測定条件の D₁ を 1, 5, 10, 30, 60, 120 秒に設定して得られたアレイデータに対する CF 法の結果 (pw90 校正結果)

pw 連続測定の照射中心は DMSO-d₆ の溶媒ピーク (DMSO-d₅: 図 6 の A を参照). Delta ソフトウェア (日本電子製) 上の回帰計算解析 (モード: Nutation Analysis) を使用した.

ピークのうち、どのピークを照射中心とするか判断に迷うかもしれない。結論は、どのピークを照射中心としても良い (IC-qNMR では観測されるすべてのピークは、同じ pw で照射されている)。実用的には、最も S/N 比の良いピークを照射中心にすると良いし、試料間で統一したい場合は共通して存在する溶媒ピークを選択すると良い。図 6 に示すのは、DMSO- d_6 に溶解させた CAF とマレイン酸 (MA) の混合試料である。これらのピークを照射中心とした際の、CF 法および pw360 法による pw90 校正結果はほぼ一致し、さらに分子内および分子間での pw90 も 1 % 以内で良好な一致を示すことから、CF 法と pw360 法ともに正確に pw90 を校正できていることが分かる。EC-qNMR の導入を検討する場合は、CAF と MA 混合試料のように、分子内および分子間での pw90 の一致を確認して、自身の pw90 校正方法が正しく行えているかどうか確認すると良い。特に CF 法では、最適な pw 連続測定条件を確認しておかないと、pw90 校正で 5 % 以上の誤差が生まれてしまうので、注意が必要である (図 5 の D_1 が 1 sec と 60 sec 以上のときの pw90 校正結果を比較: 7.02 μ sec vs. 7.41 μ sec)。なお、pw90 校正では pw 連続測定中に試料の温度が上昇してアレイデータの描く正弦曲線が歪まないように、 ^{13}C デカップリングを off にすることを勧める。

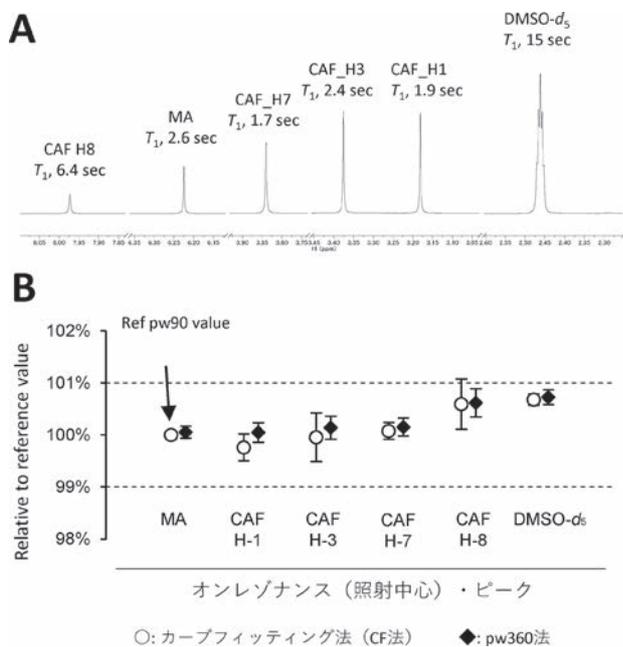


図 6 CAF と MA 混合試料を用いた際の CF 法と pw360 法による pw90 校正結果

(A) DMSO- d_6 に溶解させた CAF と MA 混合試料の ^1H NMR スペクトル。それぞれのプロトンピークの上に T_1 を示した。(B) ^1H NMR スペクトル上に観察されたプロトンピークを照射中心とした際の、CF 法および pw360 法から得られる pw90 校正結果。MA を照射中心とする CF 法から得られた pw90 を参照値としてプロットした (n3)。CF 法と pw360 法における pw 連続測定条件の D_1 はそれぞれ 60 sec と 20 sec に設定した。

4.2 チューニングとマッチング

pw90 校正方法を最適化した後に、自動 T&M と手動 T&M での EC-qNMR 定量結果を比較すると、T&M の精度を確認できる。手動 T&M ではウォブル曲線を監視しながら、反射値を 0 に調整して測定を行った。自動 T&M では反射値が 20~30 程度であったが、両者の EC-qNMR の定量結果は 1 % 以内の誤差に収まり、IC-qNMR と比べて遜色のない定量精度であった。このことから、自動 T&M 機能は十分信頼できることがわかる (図 7)。ただし、T&M を行うタイミングは注意が必要である。EC-qNMR では、通常サンプルの温度を一定にして測定を行う。NMR 試料管を投入後すぐに T&M を行うと、プローブ内に残存する温度むらにより、3 % を超える誤差が生まれる (図 7)。EC-qNMR で正確な定量を行うためには、プローブ内の温度を十分平衡化させた後、T&M を行うと良い。著者らが使用した NMR 装置および装置周囲温度 (記録はしていないが、22 $^{\circ}\text{C}$ 付近と記憶している) においては、NMR 試料管を投入後、

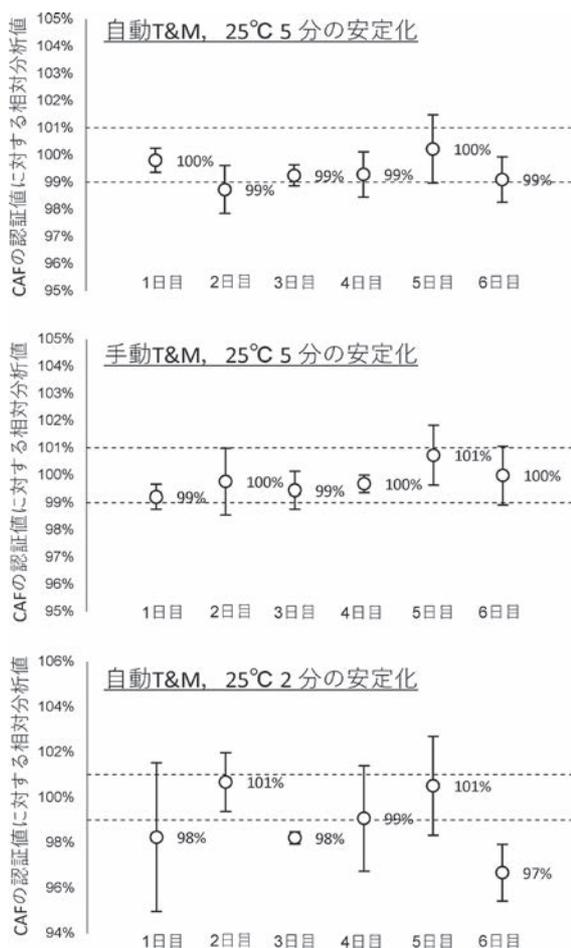


図 7 自動 T&M と手動 T&M での EC-qNMR 測定結果 DMSO $_2$ を外部標準とした際の、CAF の分析値。CAF の認証値に対する相対値をプロットした。3 濃度の DMSO $_2$ を外部標準として、CAF を定量した。このときの調製濃度 (絶対濃度) は、CAF は 1.679 mg/mL、DMSO $_2$ は 0.255, 0.482, 0.948 mg/mL。

プローブを 25 °C で 5 分以上安定化させた後に T&M を行うと、定量精度が向上した。なお、日本電子(株)に確認したところ、理想的にはプローブ温度は「装置周囲温度+5 °C 以上」に設定すると、プローブヒータが安定して作動すること、装置周囲温度を「プローブ温度-5 °C 以下」に保つことが難しい場合、長時間低温空気供給装置を使用して強制的に低温にすることができるとのこと。このとき、プローブ内の NMR 試料管が接する周囲温度は低温になり、この状態でプローブヒータを作動させる。以上、T&M における温度が与える影響を解説したが、より詳細な解析を行う場合は、プローブヒータのキャリブレーションもあわせて検討したい¹²⁾。

次に、T&M における試料の導電性が与える影響について簡単に触れておきたい。例えば、10 % TFA-*d* 含有重水に溶解させた試料の場合、導電性が非常に高くなり T&M の精度が下がることがあった。一般に溶液の塩濃度が高くなると T&M が合わせにくくなるが、この時の自動 T&M の反射値は 120~160 程度であり、定量結果に 2~3 % のバイアスがかかっている印象を受けた。このような試料を扱う場合、分析種および外部標準ともに 10 % TFA-*d* 含有重水に溶解させて EC-qNMR を実施すれば、バイアスを相殺できると考えている。

4.3 NMR 試料管

NMR プローブは、試料管の下 1 cm から 3 cm の約 2 cm の領域を検出している。多くの場合、5 mm NMR 試料管を使用するが、メーカーによって NMR 試料管の内径に若干の差がある (NMR 試料管のブランドが違う

と、スピナーへの差し込み具合が若干異なる場合がある)。この体積差はそのままプロトンピーク面積に反映される。そのため、外部標準と分析種の NMR 試料管のブランドは統一すると良い。

4.4 測定条件

基本的に EC-qNMR では、レシーバーゲイン、積算回数、観測幅、AQ、 D_1 、 ^{13}C デカップリングの有無およびスピニングの有無などの qNMR 測定条件を統一して、外部標準と分析種を測定すると思われる (ただし、pw90 は各試料に対して校正した固有の pw を適用する)。しかし、外部標準と分析種の測定条件を統一していない場合、予期せぬ誤差を生むことがあるので、その一例を紹介したい。pw90 にピーク面積を乗じた Q 値が常に一定になるという相反定理に従い (式 (1))、DMSO₂ を試料として用いて、qNMR 測定条件を変更した際の「pw90×ピーク面積」の値をモニタリングした。図 8 に示す 4 パターンの qNMR 測定条件を検討し、パターン 1 と 2 では ^{13}C デカップリング条件下で FID を取り込み、パターン 3 と 4 では ^{13}C カップリング条件下で FID を取得した。 D_1 はパターン 1 と 3 で 60 sec、パターン 2 と 4 で 20 sec とした。なお、DMSO₂ の T_1 は 2.8 秒と短く、すべてのパターンで、積算ごとにもとの熱平衡状態に戻る十分な D_1 が設定されている (パルス繰返し時間 $T_r > 10 \times T_1$: 図 8)。結果は、パターン 2 の ^{13}C デカップリング条件下で D_1 が 20 sec のとき、ピーク面積は 3 % 以上減少した。一方、このような減少は ^{13}C カップリング条件下では確認されなかった。一般に、

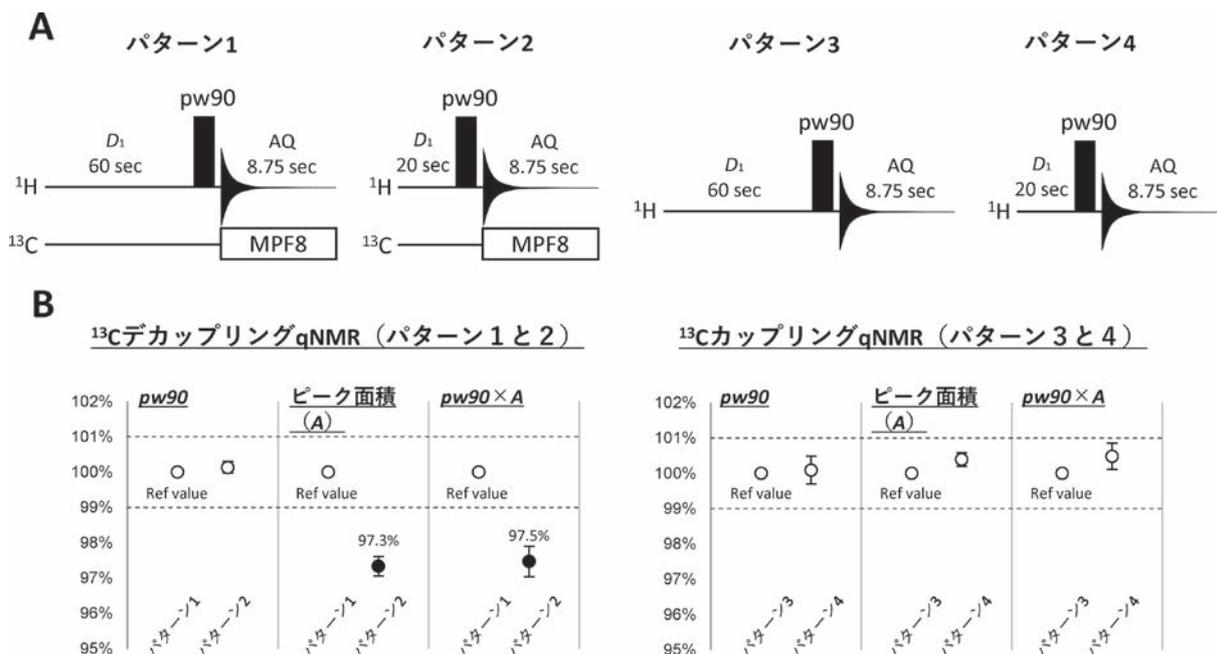


図 8 qNMR 測定条件の違いが EC-qNMR 分析値に与える影響

(A) 4 パターンの qNMR パルス系列。(B) 各パターンにおける pw90、ピーク面積 (A) および pw90×A のモニタリング結果。試料は DMSO-*d*₆ に溶解させた 1.065 mg/mL DMSO₂。

FIDの取込み中に¹³Cデカップリングを行うと、試料に対していくらかの熱が加わる。このことから、パターン2ではAQ中に¹³Cデカップリングに由来する熱が試料に加わり、さらにD₁が20 secと短かったため、qNMR測定中に最適なpw90の値がわずかにシフトし、ピーク強度が予想していたものよりも小さくなったのだろうと考えられる。「4-1 pw90校正」で、校正時のpw連続測定で¹³Cデカップリングをoffにすることを勧める理由は、まさにこれで、pw連続測定中に試料に熱が加わり、正弦曲線が歪むことを避けるためである。いずれにせよ、EC-qNMRで正確に定量するには、分析種と外部標準でqNMR測定条件を統一することが望ましい。

5 おわりに

EC-qNMRはIC-qNMRよりも精度が低く、その原因が整理されていなかったため、qNMRを用いた絶対定量法の第一選択肢はIC-qNMRであった。本稿では、相反定理に基づいたEC-qNMRの測定原理、定量結果にバラつきを与える要因について解説した。特にpw90校正時のpw連続測定条件およびT&Mを行うタイミングの最適化、また、外部標準と分析種のNMR試料管やqNMR測定条件を統一することにより、EC-qNMRでも誤差1%以内という高精度な定量が達成できることを紹介した。EC-qNMRは測定ごとに基準物質を調製する必要はなく、試料調製が簡便で経済的である。また、純度測定終了後のNMR試料液は、各種機器分析や生物活性試験の安全性や有効性を評価するための、純度既知の標準品として扱える点も魅力的である。分析結果の国際整合性や信頼性が求められる現在、純度測定終了後に貴重な試料を汚染することなく、全量回収可能なEC-qNMRに期待される部分は大きいと考えている。一方、EC-qNMRのさらなる実用化のためには、EC-qNMR測定の完全自動化が課題として挙げられる。具体的には、あらかじめオペレータが設定したpw連続測定条件およびqNMR測定条件に従って、分光計がpw90を校正して、この校正結果を次のqNMR測定に反映する自動測定スクリプトの開発が望まれる。これは、pw90校正方法に分光計が自動計算できるCF法を採用することで実現可能である。現在、EC-qNMR自動測定スクリプトの開発に取り組んでいる。この自動測定スクリプトを用意できれば、オペレータがNMR装置

の前に拘束されないため、EC-qNMRの敷居がぐっと下がり世界中の産官学においてEC-qNMRの導入が促進されるだろう。このことは、分析データの信頼性の要となる標準品の純度測定が活性化され、あらゆる分野における分析結果の信頼性底上げに繋がると考えている。また、自動測定スクリプトの開発により試験機間で統一した手順とパラメータを用いた共同試験を簡便に実施できるようになり、EC-qNMRのさらなる高度化および標準化に貢献できると考えている。

謝辞 本稿で紹介したEC-qNMRの基礎研究はイリノイ大学シカゴ校で実施し、終始多大なご指導を賜ったDr. Guido F. PauliおよびDr. Shao-Nong Chenに深謝致します。またEC-qNMRのさらなる実用化に向けた共同研究者である株式会社JEOL RESONANCEの末松孝子様、松熊伸也様、吉村弘伸様、日本電子株式会社の朝倉克夫様、産業技術総合研究所の山崎太一様、国立医薬品食品衛生研究所の杉本直樹様に多大なるご協力とご助言を賜りました。ここに厚く御礼申し上げます。

文 献

- 1) 合田幸広：化学と教育，**61**，300 (2013)。
- 2) JIS K 0138，定量核磁気共鳴分光法通則 (2018)。
- 3) 畑田耕一，寺脇義男，北山辰樹：高分子論文集，**49**，335 (1992)。
- 4) S. Akoka, L. Barantin, M. Trierweiler : *Anal. Chem.*, **71**, 2554 (1999)。
- 5) D. I. Hoult, R. E. Richards : *J. Magn. Reson.*, **24**, 71 (1976)。
- 6) D. I. Hoult : *Concepts Magn. Reson.*, **12**, 173 (2000)。
- 7) I. W. Burton, M. A. Quilliam, J. A. Walter : *Anal. Chem.*, **77**, 3123 (2005)。
- 8) G. Wider, L. Dreier : *J. Am. Chem. Soc.*, **128**, 2571 (2006)。
- 9) Y. Nishizaki, D. C. Lankin, SN. Chen, G. F. Pauli : *Anal. Chem.*, **93**, 2733 (2021)。
- 10) P. A. Keifer : *Concepts Magn. Reson.*, **11**, 165 (1999)。
- 11) T. Kurimoto, K. Asakura, C. Yamasaki, N. Nemoto : *Chem. Lett.*, **34**, 540 (2005)。
- 12) D. S. Raiford, C. L. Fisk, E. D. Becker : *Anal. Chem.*, **51**, 2050 (1979)。



西崎雄三 (Yuzo NISHIZAKI)

国立医薬品食品衛生研究所食品添加物部
(〒210-9501 神奈川県川崎市川崎区殿町3-25-26)。東京農工大学大学院工学府生命工学専攻博士後期課程修了。博士(工学)。《現在の研究テーマ》定量NMR。卓上NMRを用いた試験法開発のための研究。

E-mail : ynishizak@nihs.go.jp

実験排水・廃液の適正管理

1 はじめに

化学物質等を扱う実験を行うと、排水や廃液等が発生する。これらは実験の結果には直接影響しないため、つい無感心になりがちではあるが、ひとたび流出事故等の問題を起こすと環境汚染や下水処理への影響等が懸念されるうえに、社会的な信用低下による実害も無視できない。また、廃液の内容物情報に無頓着だと、処理現場の作業者を重大な危険に晒すことに繋がり、事故等が起きれば自らが刑事処分や賠償責任の対象となることもあり得る。これらについてはほとんどの読者が教育を受けているか、むしろ教育する側の方までおられると思われるが、「衛生と安全」の特集を締めくくる本稿を以て、どのような立場の方も改めて考える機会にさせていただければ幸いである。

2 流してはいけない

普段使っている実験台の流しからの排水がどこに流れていくか把握しているだろうか。下水道普及が進んでいない一部の地域を除くと、大半の会社・学校・研究所では下水道に直接接続されていることだろう。なお、下水道はし尿と生活排水を処理してBOD（生物化学的酸素要求量）等を低減する施設なので、実験で扱う有害物質を流しても処理できない。ジクロロメタンやトリクロロエチレン等の有機溶媒類や、水銀（昨今はめったに使用例をみないが）、カドミウム、六価クロム、鉛等の重金属類のように厳しい排水規制¹⁾²⁾が設けられた項目があるが、それに加えて規制の有無にかかわらず下水処理を妨げるものを流してはいけない。たとえば生物処理に影響のある抗菌性物質を大量に流して、地域一帯の下水処理が麻痺するようなことがあれば、基準値超過以上に深刻な影響を与えることだろう。下水道法でも厳罰が定められているが、それ以上に様々な意味で社会の目が厳しくなるため、事業活動そのものが困難になってもおかしくない。

なお「規制項目以外ではどんなものを流してはいけないのか」と訊ねても、行政の担当者は明確な回答を避ける場合が多いが、たとえば東京都下水道局では「試験研究機関、教育機関、病院関係者の皆様へ」として注意喚起の資料³⁾を用意し、規制項目の有無によらず実験等で発生する廃液は一律流さないように呼びかけている。本稿はあくまで一般論であり、何を流して良いのか、あるいはいけないのかについては、最終的には所属機関の排水担当部署の見解に委ねるが、明確でない場合にはこの原則に倣うことを強く推奨する。

3 意図せぬ流出に注意

規制項目の流出事故には、意図せぬ流出に起因するも

のが多い。まず注意すべきは有機溶媒類である。多くの機関で注意喚起されているが、吸引ろ過やエバポレータ等で減圧する際に水道直結の水流アスピレータを使うと、揮発した溶媒がそのまま排水に吸い込まれるため流出事故になる。循環水槽式の水流アスピレータだと溶媒は水槽の水にトラップされるが、連続給水しながらオーバーフローさせて使うと水道直結と同じく流出する。いまとっては考えられないが、ひと昔前にはそのような使い方を前提とする製品が存在しており、物持ちの良い実験室にはまだ保管されていることがある。製品自体の欠陥ではなく使い方の問題なので「流出事故になるのでオーバーフロー禁止。水槽水は廃液として扱うこと。」の旨の注意書きを付けておくと、誰かが説明書通りに使って流出事故を起こすことを防げるかも知れない。

また、溶媒抽出等では有機相だけでなく水相にも注意が必要である。たとえばジクロロメタンの水への溶解度は約2%だが、これは一般排水基準（一律排水基準）¹⁾やそれを準用する下水排除基準²⁾の 0.2 mg L^{-1} のじつに10万倍である。他の有機溶媒についても、水への溶解度は基準値とは桁違いに大きいことから、有機相だけでなく水相も廃液として貯留する必要がある。

器具洗浄時にも注意が必要である。容器に付着しているわずかな溶液の残りを、そのまま流しで洗うと、それだけで流出事故になる恐れがあるため、複数回、洗浄水を回収する操作を行うように指導されていることだろう（※回数は所属機関の指導に従うこと）。これは有機溶媒に限らず、規制項目の重金属類を扱う場合も同様である。

他には、溶液や廃液をこぼした場合にも注意が必要である。とっさに雑巾やモップで拭いて、そのまま洗ってすすいで流してしまったのでは、こぼした液体を流しに捨てたのと同じである。慌ててついやってしまわないためにも「こぼした液体は紙やウェスで拭いて使い捨てる」を普段から心がけることをお勧めする。なお、こぼした液体が直接流しに流れる恐れのある位置に容器を置かないことも併せて習慣づけたい。

4 内容物情報は命綱

流さずに貯留した廃液は産業廃棄物処理業者に委託して処理することになるが、その場合にまず注意すべきは「内容物情報の正確な把握」である。特に、扱う化学物質がよく変わる場合は、廃液が発生するたびに内容物を記録しておこう。廃液容器が満タンになってから中身を思い出すのでは、どうしても不正確になる。また、複数名で廃液容器を共用する場合は、内容物の記録は全員がわかるようにしておこう。自分の投入する成分が、既に容器に入っている成分と混触を起こさないか確認できる。廃液管理に力を入れている機関では、廃液の分別ルールを指導される印象が強いと思うが、その正しい分

別も内容物が把握できてこそその話である。一方、廃液管理は機関ごとに温度差があるため、ルールが明確でない場合や、なかには現場の自主性に任せてしまっている場合もあるが、どの場合でも「内容物情報の正確な把握」が第一歩であることは間違いない。

この内容物情報を処理業者に正しく伝えることで、はじめて安全な廃液処理が可能になる。たかが内容物情報と侮るなかれ、処理業者にとっては安全な処理のために欠くことのできない命綱である。自己判断で「主な成分だけを伝えれば良いだろう」などと勝手に省略すると、処理現場では省略した「ほんの数 %」の成分でも問題となることがある。処理現場を熟知しているのでなければ、できる限りの情報を提供することである。認識していない成分が入っていることで、処理現場で火災や爆発、有毒ガス発生等の事故が発生し得る⁴⁾。作業員や処理設備に被害が生じることもあるし、実際に有害物質が水道水源の河川に大量に流出して世間を広く騒がせた例⁵⁾もある。

5 「排出者責任」と「さらに恐ろしい事態」

実験室ならまだしも、処理業者で事故が生じたところで、それは業者の問題であって代金を払って依頼した自分たちには関係ない、などと勘違いをしてはいけない。「廃棄物の処理及び清掃に関する法律（廃棄物処理法）」には「排出者責任」という原則がある⁶⁾。産業廃棄物（実験廃液・廃棄物もこれに該当）の処理責任はそれを発生させた者（排出者）にあるとするものである。これは対価を払って処理を処理業者に委託した場合でも変わらない。適切な処理業者を選び、安全な処理に必要な情報を提供することや、処理しやすく分別することは、廃棄物処理法でも排出者に義務付けられている。したがって、内容物情報の不備が原因で事故が発生した場合、処理業者ではなく排出者が責任追求されることがある。それが処理設備で働く作業員の労働災害に繋がれば、排出者が業務上過失致死・過失傷害に問われる。処理業者としても「労災隠し」はできないので、内々には済ませられない。また、人的被害はなくても処理設備の損傷等があれば処理業者から民事訴訟で賠償請求されることもあり得る。先に挙げた有害物質の河川流出⁴⁾では、水道供給の停止を余儀なくされた水道事業者団体が、直接的な流出を起こした処理業者ではなく、内容物情報に不足がある状態で廃液処理を依頼した排出者を民事で訴えており、排出者責任の重さが再認識されるきっかけとなっている。

なお、著者の見解として、さらに恐ろしい事態は「あなたの機関の廃液処理は引き受けられない」という処理業者の撤退だと考える。内容物情報が不十分であれば、処理業者としても危険に晒されながら無理に取引を続けるメリットはない。ならば別の業者にすればいい、などと安易に替えられると思ったら大間違いである。

全国には収集運搬・中間処理・最終処分のいずれにかにかかわる産業廃棄物処理業者が約 13 万社あるものの⁷⁾、実験廃液の処理となると高度な技術と経験が必要なことから、対応可能な処理業者はほんの一握りである。幅広い種類の廃液にもひととおり対応できる処理業者の系統

は全国的にみても両手で数え切れる程度しか存在しない（※収集運搬だけならばもっと多いが、中間処理から先で合流する）。したがって実績のある処理業者には全国からの廃液が集まっているのが現状である。そのような事情を知らず、ずさんな廃液管理で取引を断られることがあれば、同じ条件で取引可能な代わりの処理業者など簡単には見つからない。廃液管理を改善せず放置しているのは、いよいよ事業活動継続の危機である。廃棄物処理業者に対して「自分たちはお客様だ」などと思いが上がることなく、事業活動を支えてもらっている大切なパートナーとして、日頃から信頼関係を築けるように心がけたいものである。

6 おわりに

国立の研究所や大学の法人化等をきっかけに、実験室における安全衛生管理が底上げされてきたことは素直に嬉しいが、その一方で実験室の外への意識が希薄にならないように、実験等を行う方には広い視野をもっていただきたい。とかく実験室の中にとると、目の前から排水や廃液がなくなった時点で、処理はもう終わった気分になるが、実はそこからが処理の始まりである。排水の流れていく先には下水処理場があり、その先には公共の河川や海が続いている。廃液処理でも収集・運搬・中間処理・最終処分とすべてが終わるまで排出者責任が続いている。好むと好まざるとにかかわらず、自分のいる実験室だけでなく、自分のみでない工程の作業員に世話になっており、また、彼らの安全衛生の確保についても命綱の一端を握っているのである。彼らが適正に処理を行っているおかげで自分たちが実験等を行えるということ、ときどきは思い出しながら、よりいっそうの排水・廃液の適正管理に努めていただければと切に願うしだいである。

文 献

- 1) 環境省：“一般排水基準” (<https://www.env.go.jp/water/impure/haisui.html>), (accessed 2022. 5. 31).
- 2) 東京都下水道局：“下水排除基準” (<https://www.gesui.metro.tokyo.lg.jp/contractor/d4/information/3kijyun/index.html>) (accessed 2022. 5. 31). ※排水に適用される基準は事業所によって異なるため、所属機関の排水担当部署に確認すること。
- 3) 東京都下水道局：“試験研究機関、教育機関、病院関係者の皆様へ” (<https://www.gesui.metro.tokyo.lg.jp/contractor/d4/in0008/index.html>) (accessed 2022. 5. 31).
- 4) 藤井良仁、丸山健一：安全工学, 50, 226 (2011).
- 5) 金見 拓：日本リスク研究学会誌, 23, 57 (2013).
- 6) 環境省：“排出事業者責任の徹底について” (<https://www.env.go.jp/recycle/waste/haisyutsu.html>) (accessed 2022. 5. 31).
- 7) 環境省：“産業廃棄物処理業者情報検索システム” (<https://www.env.go.jp/recycle/waste/sanpai/index.php>) (accessed 2022. 5. 31).

[北海道大学安全衛生本部 川上貴教]

食品中のネオニコチノイド系農薬分析法



中村 圭介

1 はじめに

農薬は食糧の安定供給に必要な不可欠な化学物質だが、ヒトに対して有害性を示すことがある。日本では、食品に残留した農薬による消費者の健康被害を防ぐために、食品中の残留農薬基準値が制定されており、基準値を超えて農薬が残留する食品の流通は食品衛生法により禁止されている。2006年に食品に残留する農薬等に関する新しい制度（ポジティブリスト制度）が施行されて以降、原則としてすべての農薬が本規制の対象となっており、厚生労働省の指導のもと、残留農薬検査による監視が行われている。ここで、厚生労働省が発表している国産農産物の残留農薬検査結果¹⁾(表1)において、高い

検出頻度と検出割合を示す農薬にネオニコチノイド系農薬がある。ネオニコチノイド系農薬はニコチンに類似した骨格を持つ殺虫剤であり、殺虫剤抵抗性対策委員会(IRAC)の作用機構分類²⁾によると7種類の農薬がネオニコチノイド系農薬として分類されている(図1)³⁾。これらの農薬の水/オクタノール分配係数(log P_{ow})の値は、-0.66~1.26であり³⁾、比較的極性の高い化合物である。そのため、定量・定性分析には液体クロマトグラフ/質量分析計(LC/MS)または液体クロマトグラフ/タンデム質量分析計(LC/MS/MS)が用いられている。近年、ネオニコチノイド系農薬は、ミツバチの大量死や失踪にかかわる農薬として話題になっているが⁴⁾、これらのリスクについて正しく評価するためには、信頼性の高い分析値が得られる分析法が必要である。

食品中のネオニコチノイド系農薬分析法は、「抽出」、「精製」、「機器分析」の各工程から構成される。まず、均質化した試料から各種溶媒を用いて分析対象農薬を抽出する。この抽出溶液には分析対象農薬以外の夾雑物^{きょうざつぶつ}が含まれるため、固相抽出(SPE)等による精製を行った後にLC/MS/MS等の機器分析により最終溶液中の対象農薬濃度を測定する。ここで具体的な例として、アセタミプリド、イミダクロプリド、クロチアニジン、チアクロプリド、およびチアメトキサムが測定対象となっている厚生労働省通知の一斉試験法、LC/MSによる農薬等の一斉試験法I(農産物)⁵⁾について述べる。本法では、水に浸漬(野菜・果実では省略される)した試料にアセトニトリルを加え、回転刃を用いてホモジナイズを行いながら、農薬を抽出する。抽出溶液に塩化ナトリウムと

表1 国産農産物において検出割合の高い農薬等(検査数100件以上, 参考文献¹⁾より一部抜粋)

農 薬	検査数	検 出	
		件数	割合(%)
ジノテフラン	800	156	19.5
フロニカミド	179	18	10.1
クロラントラニリプロール	361	35	9.7
フルベンジアミド	344	23	6.7
アセタミプリド	2937	160	5.5
ボスカリド	3572	188	5.3
スピロメシフェン	102	5	4.9
クロロタロニル	307	15	4.9
カルベンダジム	150	7	4.7
チオファネート			
チオファネートメチル及び			
ベノミル			
ベンチオピラド	240	11	4.6
クロチアニジン	3195	128	4.0
アゾキシストロピン	4727	144	3.1

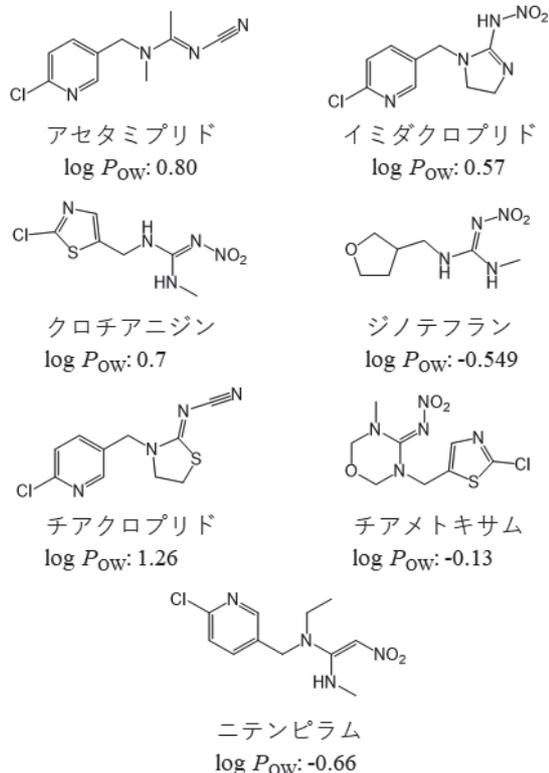


図1 ネオニコチノイド系農薬の構造式と水/オクタノール分配係数³⁾

Analytical Methods for the Determination of Neonicotinoid Pesticides in Foods.

リン酸緩衝液を加えて液液抽出を行った後、分取したアセトニトリル相をオクタデシルシリカゲルカラム（野菜・果実では省略される）とグラファイトカーボン/アミノプロピルシリル化シリカゲル積層（GC/NH₂）カラムを用いて精製し、最終溶液をLC/MS/MS（またはLC/MS）によって測定する。このように、複雑な組成である食品中のネオニコチノイド系農薬分析においては、多くの工程を含む複雑な分析法が必要となる。また、それぞれの物性が異なるため、たった7種類のネオニコチノイド系農薬であっても一斉に分析を行うことは困難である。本稿では、近年報告されている食品中のネオニコチノイド系農薬分析法の中でも、7種類を一斉に分析できる方法について紹介する。

2 有機溶媒を抽出に用いた食品中ネオニコチノイド系農薬の分析法

Watanabeらは、アセトン抽出溶媒として用いた分析法を報告しており、リンゴやニンジン等の8種類の食品からニテンピラムを除く6種類のネオニコチノイド系農薬について良好な回収率が得られている（回収率：75.6～115.4%）⁶⁾。ここで、ニテンピラムの回収率が低かったこと（0～40.6%）については、SPEの操作回収率や水試料を分析した際の回収率から考察しており、ニテンピラムが食品マトリクスの影響を受けて分解している可能性を指摘している。一方、Wanらは茶葉中のネオニコチノイド系農薬分析法を開発し、ニテンピラムの回収率が良好であったことを報告している⁷⁾。この方法では、一斉試験法と同様に水に浸漬した試料にアセトニトリルを加えて抽出を行った後に、清澄剤としてポリビニルピロリドン（PVPP）を添加している。これにより、PVPP未添加の際は50%以下であったニテンピラムの回収率が、PVPPの添加によって71.4～83.4%まで向上した。このように、有機溶媒で抽出を行った場合、食品マトリクスの影響を受けてニテンピラムの回収率が低下することがわかっている。

3 水のみを抽出に用いた食品中ネオニコチノイド系農薬の分析法

Watanabeらは、水のみを抽出溶媒として用いた食品中ネオニコチノイド系農薬の分析法を報告している⁸⁾。この方法は、ホモジナイズした試料を水で振とう抽出し、GC/NH₂カラムによって精製を行った後にLC/MS/MSで分析する方法である。本法では、試料中の濃度が0.01 mg/kg、0.10 mg/kg、1.00 mg/kgとなるようにネオニコチノイド系農薬を添加したトマトとピーマンから、すべてのネオニコチノイド系農薬とその代謝物の回収に成功している（回収率：71.2～122.3%）。特筆すべきは、前述のように有機溶媒を用いた抽出法では回収が困難であったニテンピラムについても良好な回収率（83.5～121.7%）を示している点である。また、Xiaoらは水を抽出溶媒として用いた加圧流体抽出法（高温高

圧条件下の溶媒により目的物質を試料から抽出する方法）によって120℃、10 MPaの条件で7種類のネオニコチノイド系農薬をウナギから効率よく回収した結果（回収率：84.6～102.0%）を報告している⁹⁾。これらの水抽出法を用いた分析法は、後段のSPEによる精製を効率良く行うために、抽出後の溶液に多量の有機溶媒を添加する必要があるという煩わしさもあるが、極性の高いニテンピラムを含めたネオニコチノイド系農薬を高い効率で回収可能な方法となっている。

4 おわりに

ここまで紹介したように、食品中のネオニコチノイド系農薬分析では、食品マトリクスが多く残存している抽出工程において、マトリクスの影響を受けやすいニテンピラムの回収率が低くなるという問題があった。抽出溶媒への清澄剤の添加や、水のみを抽出溶媒として用いた抽出法により、回収率の向上がなされたが、分析操作がより煩雑になるという欠点も存在する。今後は、それぞれのネオニコチノイド系農薬の特性を捉えて、より簡便で信頼性の高い分析値が得られる分析法の開発が期待される。

文 献

- 1) 厚生労働省：“平成30年度 食品中の残留農薬等検査結果について（令和2年8月19日）”（https://www.mhlw.go.jp/stf/newpage_13044.html）, (accessed 2022.6.15)
- 2) IRAC Resistance Action Committee：“IRAC Mode of Action Classification Online.”（<http://www.irac-online.org/>）, (accessed 2022.6.15)
- 3) 一般社団法人日本植物防疫協会：“農業ハンドブック”，2016年版，（2016）,（日本植物防疫協会）。
- 4) P. R. Whitehorn, S. O' Connor, F. L. Wackers, D. Goulson：*Science*, **336**, 351 (2012). 0
- 5) 厚生労働省：“LC/MSによる農薬等の一斉試験法I（農産物）”（https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/kenkou_iryuu/shokuhin/zanryu/zanryu3/siken.html）, (accessed 2022.7.20).
- 6) E. Watanabe, K. Baba, H. Eun：*J. Agric. Food Chem.*, **55**, 3798 (2007).
- 7) R. Y. Hou, W. T. Jiao, X. S. Qian, X. H. Wang, Y. Xiao, X. C. Wan：*J. Agric. Food Chem.*, **61**, 12565 (2013).
- 8) T. Iwafune, T. Ogino, E. Watanabe：*J. Agric. Food Chem.*, **62**, 2790 (2014).
- 9) Z. Xiao, Y. Yang, Y. Li, X. Fan, S. Ding：*Anal. Chim. Acta.*, **777**, 32 (2013).



中村圭介 (Keisuke NAKAMURA)

国立研究開発法人産業技術総合研究所計量標準総合センター物質計測標準研究部門有機組成標準研究グループ（〒305-8563 茨城県つくば市梅園1-1-1 中央第三）. 埼玉大学理工学研究科博士後期課程. 博士（工学）. 《現在の研究テーマ》食品中の残留農薬分析法の開発. 《趣味》草野球, 動画編集, 読書.

E-mail: keisuke.nakamura@aist.go.jp

高分子材料へのESR法の活用

原 英 之

1 はじめに

電子スピン共鳴 (ESR, electron spin resonance) とは、静磁場中でマイクロ波を照射すると、ラジカル (不対電子) を持つ常磁性イオンや分子が、そのマイクロ波を吸収共鳴する現象を利用した検出手法である。ESR 法では試料中のラジカルの有無、ラジカル周辺の構造、反応速度などを観測することが可能である。高分子中の様々な反応の中でラジカルは重要な役割を果たしている。本稿では高分子材料の ESR を用いたアプリケーションについて反応ごとに紹介する

2 ESR (電子スピン共鳴) 法とは

電子常磁性共鳴 (EPR, electron paramagnetic resonance) や電子磁気共鳴 (EMR, electron magnetic resonance) とも呼ばれる電子スピン共鳴 (ESR, electron spin resonance) とは、静磁場中でマイクロ波を照射すると、ラジカル (不対電子) を持つ常磁性イオンや分子が、そのマイクロ波を吸収共鳴する現象を利用した検出手法である。ESR は現在、化学、物理学、生物学および医薬など様々な分野に応用されており、固体、液体中のラジカルの存在やラジカル周辺構造決定などの「静的」な研究だけでなく、化学反応や光反応でのラジカル生成、消滅などの「動的」な過程を調べるのにも使用されている。最も一般的に使用されている ESR 分光計は、9-10 GHz (X-バンド) の範囲の周波数を用いている。同じ磁気共鳴を観測する方法に核磁気共鳴 (NMR, nuclear magnetic resonance) があり、こちらは水素、炭素、窒素などの核スピンを観測しているのに対して ESR では電子スピンを観測している。原理については両者とも同様である。ESR 法は、自由電子や不対電子の存在を直接観測できる唯一の手法であり、その応用範囲は多岐に渡る。特に多くの反応で不対電子が関与しているため、反応解析に有効な手法である。

3 ESR 測定の特徴と高分子への応用

ESR 法の特徴は、誘起された様々な反応の経時変化を追うモニタリング測定が可能なところである。例えば

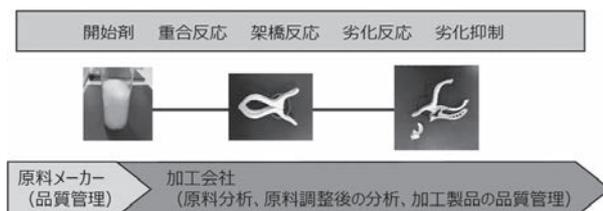


図 1 高分子材料中での様々なラジカル反応

光照射、温度変化、電圧変化、引張、試料混合などの反応ではラジカルが関与していることが多く、これらの反応過程で ESR 測定が可能である。高分子のアプリケーションでは、光照射、高温測定などと組み合わせた測定が多く行われている。

ESR 法は、ナノ秒から時間オーダーまで、様々なタイムスケールの実験を行うことが可能である。高分子材料の多くの反応は秒オーダーあるいはそれより長い時間オーダーで観測可能である。劣化反応などは多くの場合緩やかに反応は進むが、開始剤、重合剤の反応では反応が速く、通常の ESR 測定では観測困難な場合もある。

高分子中の様々な反応の中でラジカルが重要な役割を果たしており、例えば開始剤では光や熱によってラジカルが発生する。そのラジカルを発端としてラジカル重合が開始する。また架橋反応にもラジカルが関与している。熱劣化、光劣化など様々な劣化反応にもラジカルが関与しており、劣化を防ぐ抗酸化剤、光安定剤についてもラジカルの観点から ESR を用いた評価が可能である (図 1)。次章では様々な高分子材料の ESR を用いたアプリケーションについて反応ごとに紹介する。

4 高分子材料の ESR アプリケーション

4-1 開始剤の反応

最初に開始剤の反応を ESR で観測した例を示す。ラジカル開始剤はその名の通り、ラジカルを起点とした開始剤である。開始剤に光や熱を加えることで発生するラジカルが重合の“きっかけ”となり次々と重合反応が進む。開始剤の反応速度は様々であり、数秒から数分の反応の物もあれば、マイクロ秒以下で反応が起こる場合もあり、その反応時間オーダーによって測定手法も異なる

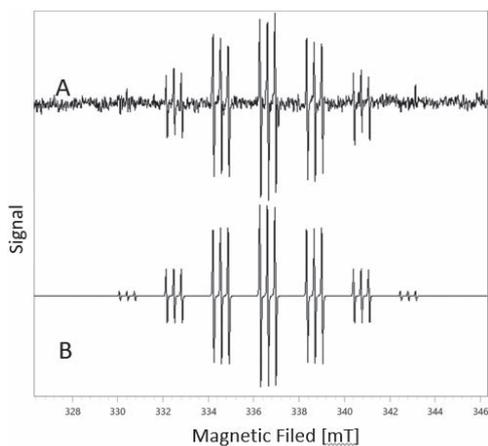


図2 AIBNのUV照射中のESR信号(A)及びシミュレーション(B). AIBNの分子構造及びラジカル構造(C)

る。秒オーダー以上の反応であれば比較的簡単にESR観測することが可能である。

図2Aは開始剤AIBN (azobis(isobutyronitrile)) のトルエン溶液にUVを照射して得られたESRスペクトルである。AIBNはUV照射することによってN=N結合が切れ窒素分子および $\cdot\text{C}(\text{CH}_3)_2\text{CN}$ ラジカルが生成される(図2C)。二つのメチル基に存在する六つの等価な水素原子($I=1/2$)によって信号は7本に分裂し、1つの窒素原子($I=1$)によってそれぞれさらに3本に分裂し、計 $7 \times 3 = 21$ 本のESRスペクトルが観測される。図2Bに示すシミュレーションスペクトルとよい一致を示していることが分かる。重合反応ではこのラジカルが開始ラジカルとなってポリマー化を促進する。

4.2 重合反応

図3はMMA (methyl methacrylate) の重合反応を観測するためにMMAに開始剤AIBNを加えて50℃でUV照射し、ESRを観測した結果である。図3AがUV照射3分後、図3BがUV照射7分経過したときのスペクトルである。UV照射によって図3Cに示した成長ラジカルが生成されると考えられている。照射してしばらくは13本の信号が観測されたが、時間が経つにつれて全体に線幅がブロード化していき最終的に9本の信号に変化した。これは時間の経過とともにポリマー化が進み、運動性が低くなって線幅が広がったものと考えられる。図3CにUV照射によって発生するラジカル構造を示す¹⁾。

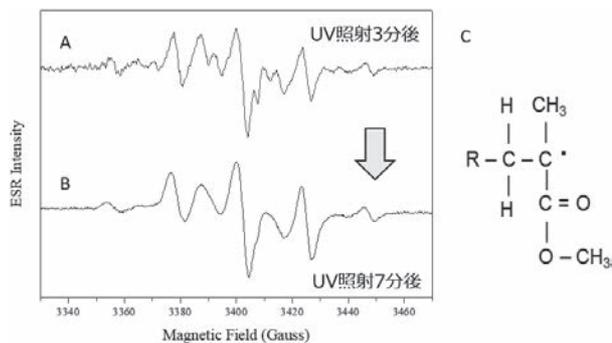


図3 開始剤AIBNを含むMMAモノマーにUVを照射して3分後(A)及び7分後(B)のESRスペクトル。(C) MMAラジカル構造

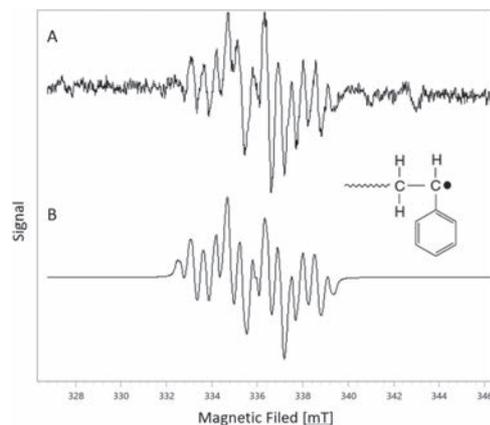


図4 開始剤tBPOを含むスチレンモノマーにUVを照射得られたESRスペクトル(A)及び、シミュレーション(B)スチレンラジカル構造を図中に示す。

別のポリマー重合例としてスチレンの例を図4Aに示す。スチレンモノマーに開始剤としてtBPO (tert-butyl peroxide)を加えた試料に50℃でUV照射したときのESRスペクトルである。このスペクトルは α -, β -, o -, m -, p -に結合した合計8個の水素によって解析される。このうち、6個の水素は共役系を構成する炭素原子に結合している²⁾。図4Bにシミュレーション結果を示す。

4.3 架橋反応

ポリマーの架橋反応の観測にもESR測定は有効である。架橋剤DCP (dicumyl peroxide)を加熱すると、クミルオキシラジカル、アセトフェノンおよびメチルラジカルが生じる。これらのラジカルが架橋の開始剤となり次々に架橋反応が進む。図5AはポリプロピレンにDCPを含ませ、150℃で加熱したときに観測されたESRスペクトルを示す。ポリプロピレンの水素原子が架橋剤DCPによって引き抜かれたことによるラジカルが観測された。この生成したラジカル同士が結合することで架橋反応が進むと考えられる³⁾。

同様に架橋剤DCPを用いてENB (5-ethylidene-2-norbornene)を含むEPDM (ethylene propylene diene

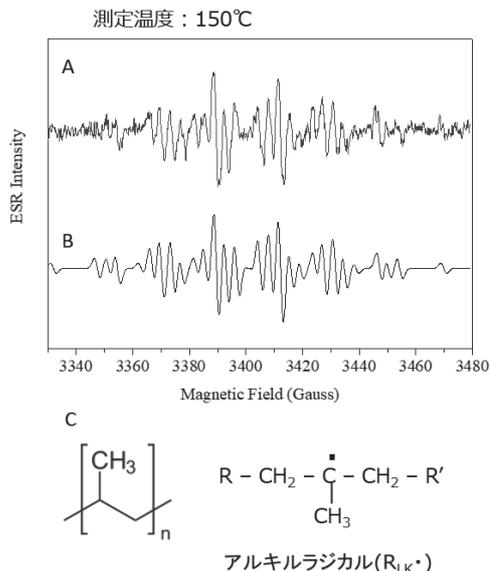


図5 150℃で架橋剤DCPを含むポリプロピレンにUVを照射して得られたESRスペクトル(A)及び、シミュレーション(B)スペクトルの分裂は(C)に示すアルキルラジカルによって生じる。

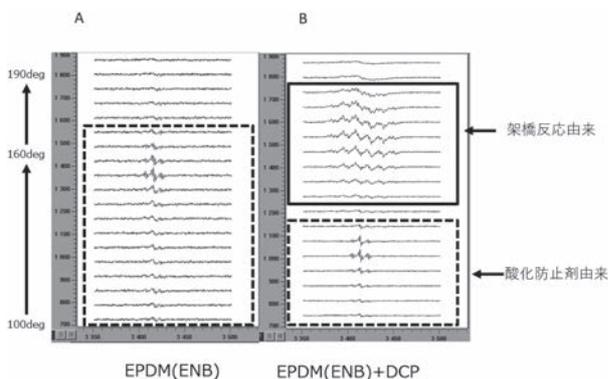


図6 EPDMを100℃から190℃まで加熱したときに得られたESRスペクトル架橋剤DCPあり(A)及びなし(B)。点線で囲まれた信号は両方の試料で観測されており、酸化防止剤由来と考えられる。実線で囲まれた信号は架橋剤入りの試料のみで観測され、架橋反応由来と考えられる。

methylene linkage) ゴムの架橋反応を観測した例を図6Aに示す。温度を100℃から190℃まで段階的に上昇させESRスペクトルを観測した。比較のためDCPを含まないEPDMゴムのみスペクトル(図6B)も示す。両試料とも100℃の時点を分裂構造をもつESR信号が観測されている(図6中の点線枠)。これはおそらくEPDM試料に含まれる酸化防止剤由来の信号と思われる。DCPを含む試料からのみ150℃前後で別の信号が観測された(図6B中の実線枠)。この信号が架橋反応による信号と思われる(図7A)。架橋反応による信号であることを確認するため、シミュレーションを行った結果、図7Bに示されるように、実測とほぼ一致しており、図7Cに示すような二つのラジカルの組み合わせ

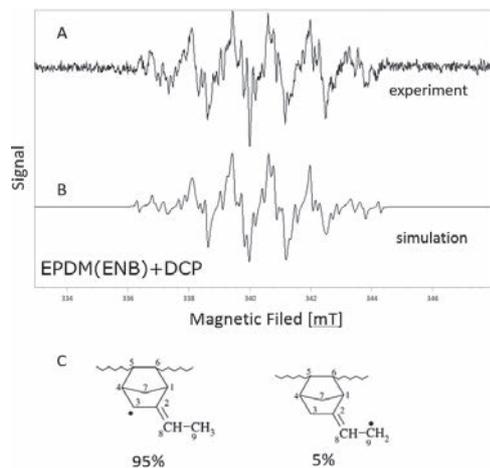


図7 架橋剤DCP入りEPDMを加熱したときに得られたESRスペクトル(A)及び、シミュレーション(B)シミュレーションは図(C)に示す二つのラジカルの混合で計算した。

わせであることが示唆された。ほとんどはC3, C8, C9の位置のほぼ等価なプロトンによって6重項のスペクトルが観測され、C4のプロトンによってさらに二つに分裂する。さらに数%のラジカルはC9の位置でラジカルが形成され、スペクトルをより複雑にしている⁴⁾。

このように架橋反応で生じるラジカルもESRで観測可能であるが、複数のラジカル反応が寄与している場合もあり、解析はやや複雑となる。また、架橋反応以外で生じるラジカルにも留意する必要がある。

4.4 劣化反応

ポリマーは、放射線、紫外線、熱、機械的切断など様々な原因で劣化を起こす。劣化反応は高分子材料のESRで最も利用されているアプリケーションである。

4.4.1 光劣化

ポリエチレンのUV劣化の例を図8に示す。ポリエチレンのペレットにUVを照射したときのスペクトルの時間変化を示している。UV照射前にはESRスペクトル

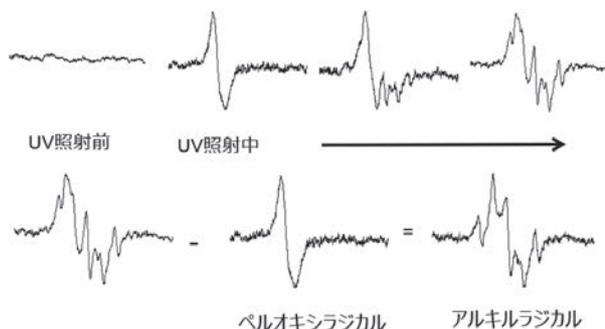


図8 ポリエチレンにUV照射したときに得られたESRスペクトルの時間変化UV照射最初にペルオキシラジカルが観測され、その後、アルキルラジカルが観測された。

は観測されていないが、UV 照射とともに信号が観測された。照射直後は低磁場側に 1 本のブロードなスペクトルが観測され、その後、何本かの分裂をもった信号が UV 照射中に観測された。最初に観測された信号は信号の位置を示す g 値より、酸素と反応して生成したペルオキシラジカルと同定できる。その後発生したラジカルは、スペクトルの引き算をすることによって、ポリエチレンから水素が引き抜かれて発生したアルキルラジカルと同定できる。

4.4.2 熱劣化

図 9 はプロピレンエチレンコポリマーの熱劣化によって発生するラジカル強度を示したものである。200 °C の加熱ではほとんど熱劣化は起こしていないが、300 °C にすると炭素中心ラジカルの発生がみられた。図 9 の様に時間と共に ESR の信号強度が増加する様子が観測され、300 °C で熱劣化が進んでいることが示された。

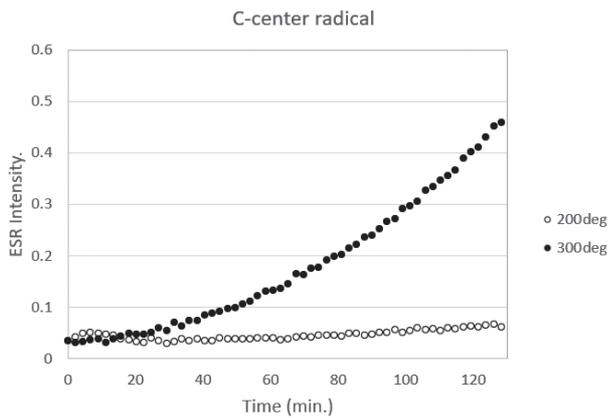


図 9 プロピレンエチレンコポリマーを 200 °C および 300 °C で 130 分加熱したときの ESR スペクトルの信号強度の変化

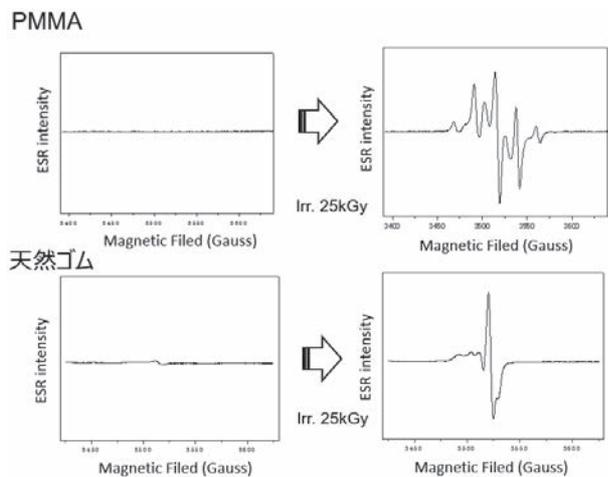


図 10 PMMA 及び天然ゴムに 25 kGy のガンマ線を照射したときの ESR スペクトル。照射前はラジカルはほとんど観測されないが、照射後 ESR 信号が観測された。

4.4.3 放射線劣化

図 10 は PMMA (polymethyl methacrylate) と天然ゴムのガンマ線照射 (25 kGy) による劣化のスペクトルを示したものである。PMMA ではガンマ線照射を行うと、UV 照射や、MMA 重合反応でも見られる PMMA 特有の信号が観測された。また、天然ゴムでは、シャープな信号と、ブロードな信号の 2 種類のラジカルが観測された。ブロードな信号は酸素と結合したペルオキシラジカル由来であり、シャープな信号は炭素中心ラジカルと思われる。

4.4 安定剤の評価

ポリマーに UV 光を照射すると劣化によるラジカルが発生する。そのため多くのポリマーには劣化を防ぐために光安定剤や、酸化防止剤などが含まれている。例えば光安定剤ではヒンダードアミン系の安定剤 (HALS, hindered amine light stabilizers) が多く使われている。HALS は、窒素原子を含んでおり、高いラジカル捕捉能力を有している。図 11A はポリスチレンに HALS を 0, 0.5, 1, 2, 4 % 加えて光照射を行った時の ESR 信号強度を示す。HALS 0 % の試料では光劣化による信号が若干観測されている。HALS の入った試料では、HALS 量に応じて HALS 中の窒素由来の信号が観測された。その信号強度は HALS の量に比例して大きくなっていく。

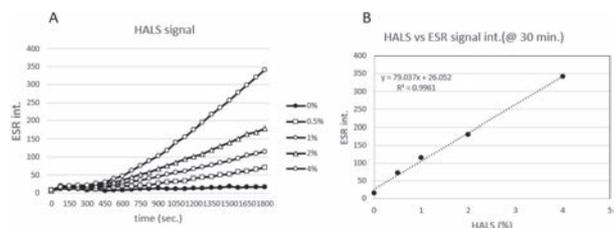


図 11 HALS を 0, 0.5, 1, 2, 4 % 含むポリスチレンに UV 照射したときの ESR 信号の信号強度変化 (A) 及び UV 照射後 30 分後の ESR 信号強度と HALS 濃度をプロットしたグラフ (B)

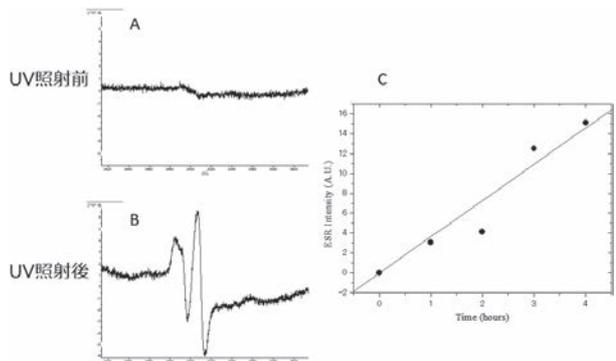


図 12 HALS を含む塗料の UV 照射前 (A) と UV 照射 4 時間 (B) の ESR スペクトル。UV 照射時間と ESR 信号強度をプロットしたグラフ (C)。

ることが分かる。図 11B は HALS の量と ESR 信号強度で検量線を引いたグラフである。このように ESR は HALS の定量にも用いることが可能である。

また、図 12 は HALS を含む塗料を測定した例である。UV 照射前 (図 12A) はほとんど ESR 信号は観測されなかったが、UV を照射すると ESR 信号が観測された (図 12B)。信号の形からこの信号は HALS に存在する窒素の信号であると同定できる。この信号は、紫外線の照射時間と比例して大きくなることが確認できた (図 12C)。このことは、塗料の劣化反応が、HALS によって長時間にわたって抑制されていることを示す。

図 13 はポリスチレンおよび PMMA に HALS (TINUBIN123) を添加し、UV 照射を行った時の ESR スペクトルを示す。上段が、UV 照射前、下段が UV 照射後である。UV 照射前にも HALS の信号が観測されているが、UV 照射によって HALS の信号強度は大きくなった。しかしながら UV 照射によって HALS 以外の

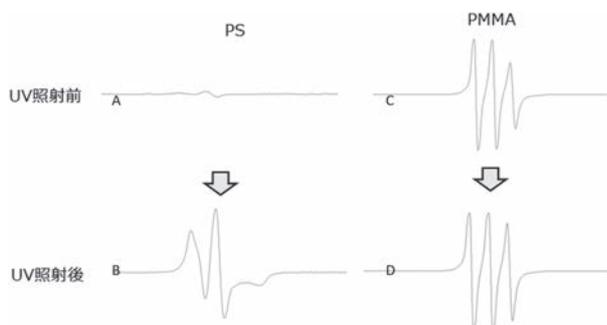


図 13 HALS を含むポリスチレン (PS) と PMMA の UV 照射前 (上段) と UV 後 (下段) の ESR スペクトル
UV 照射後に 3 本の分裂を示す ESR 信号が両試料から観測されている。

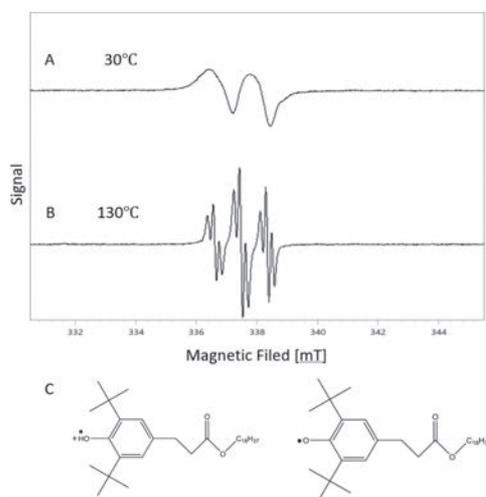


図 14 酸化防止剤 IRGANX1010 を 30 °C (A) 及び 130 °C (B) で光照射したときに観測される ESR スペクトル
30 °C ではフェノールカチオン、130 °C ではフェノキシラジカルが観測される。(C) フェノールカチオン (左) およびフェノキシラジカル (右) のラジカルの構造。

ESR 信号 (ポリマー由来の信号) は観測されておらず HALS が光劣化を防いでいることが分かる。信号の形を比べると、ポリスチレンおよび PMMA 共に 3 本の信号が観測されているが、ポリスチレンでは線幅が広く非対称であり、PMMA では線幅が狭く、対称に近い形となっている。このことはポリマー中での HALS の運動性の違いを示す。HALS 分子の運動性は PMMA 中の方が高いことを示している。

同様に、酸化防止剤の評価も可能である。酸化防止剤の信号も UV 照射や加熱によってラジカル発生を起こす。図 14 は 30 °C および、130 °C で酸化防止剤 IRGANOX1010 に UV 照射したときのスペクトルである。30 °C では固体 (結晶) 状態であり、結晶性マトリックスでの UV 照射では、電子の消失によりフェノールカチオンによる ESR の 2 重線が観測される。実際のポリマー中ではこのフェノールカチオンラジカル及び、水素の喪失によって得られるフェノキシラジカルの 1 重線の信号の混合状態で観測されることが多い。130 °C では溶液状態となりフェノキシラジカルに起因する、パラ位のメチレン基の水素原子と二つのメタプロトンのスピンの結合した特徴的な三重項が観測される 5)。この信号は 130 °C では UV 照射を行わなくても熱分解によって観測され、UV 照射することによって信号強度は増大する。このスペクトルの形状は図 6 の EPDM 加熱時に観測されたスペクトルと同様の形状であり、このことは EPDM 中に酸化防止剤が含まれていることを示唆する。

5 応用測定

ポリマー反応時に生成されるラジカルは反応性の高いものも多く、通常の ESR の手法では観測されないラジカルも多い。その場合には、時間分解 ESR 法や、スピントラップ法が重要な測定法となる。また、ESR イメージング法を用いるとラジカル分布の可視化が可能である。産業分野ではオンライン ESR による品質管理も最近行われている。この章ではこれら ESR の応用測定について紹介する。

5.1 時間分解 ESR (TRESR, time resolved ESR)

時間分解 ESR 法は光反応で生成するラジカルの寿命が短い場合に、レーザーと同期させて短時間 (ns から μ s) で ESR 信号を観測する手法である。この手法では磁場変調法を用いないために観測される信号は吸収型となる。図 15 は開始剤 TMDPO (diphenyl(2,4,6-trimethylbenzoyl) phosphine oxide) のレーザー照射 400 ns 後の ESR 信号を示す。TMDPO は光照射によって二つのラジカルを生成する。リン中心の DPO ラジカルはリンの核スピンのため 1/2 のため二つの信号が、カーボン中心の TMB ラジカルからはカーボンの核スピンのため 1 本だけ信

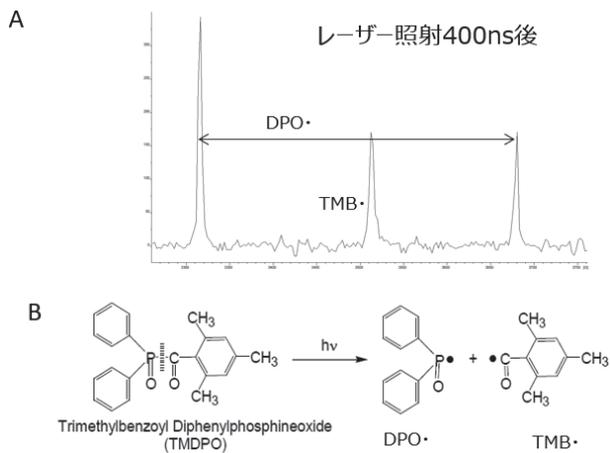


図 15 開始剤 TMDPO に 532 nm のパルスレーザーを照射して 400 ns 後に観測された ESR 信号 (A) DPO ラジカルは P の核スピンにより 2 本に信号が分裂し、TMB ラジカルは 1 本の信号を示し、合計 3 本の ESR 信号が観測される。ラジカルの構造は (B) に示す。

号が観測される⁶⁾。時間軸で評価することでラジカルの生成、消滅時間を容易に決定することが可能である。速いラジカル重合反応の観測にもこの手法は用いられている⁷⁾。

5.2 スピントラップ法

スピントラップ法とは、反応性が高く、ラジカルの寿命が短いために、そのままでは ESR で観測することが困難なラジカルをスピントラップ剤に捕捉させて、間接的に ESR 信号を観測する方法である。また持続的に微量の短寿命ラジカルを発生する系においても、ラジカルを蓄積することができるため光照射のみでなく、加熱反応などでも利用される。トラップされたラジカルは比較的安定であり ESR 観測が容易になる。またトラップされたラジカルに特有の線形を示すために、ラジカルの同定も可能である。

前述したポリプロピレンや EPDM の架橋反応観測の際、架橋剤として DCP を加えたが、DCP 自体のラジカルは観測できなかった。また DCP 単体の加熱実験においてもラジカルは観測されなかった。これは DCP の反応速度が速く ESR で捉えられなかったと考えられる。そこで DCP にスピントラップ剤 TTBNB (2,4,6-tri-tert-butyl nitrosobenzene) を加え 125 °C に加熱した際に観測された ESR スペクトルを図 16 に示す。図 16B に示すように DCP は過熱によりクリルオキシラジカルが生成され、さらにアセトフェノン、メチルラジカル、クミルアルコールが生成される。観測された ESR スペクトルから 2 種類のメチルラジカル (●, ○) と少量のクリルオキシラジカル (△) が観測された。最近では ESR シミュレーションのフィッティングが可能となっており、それぞれのラジカルの比率や量も簡単に決定することが可能である。図 16B がシミュレーション結果であ

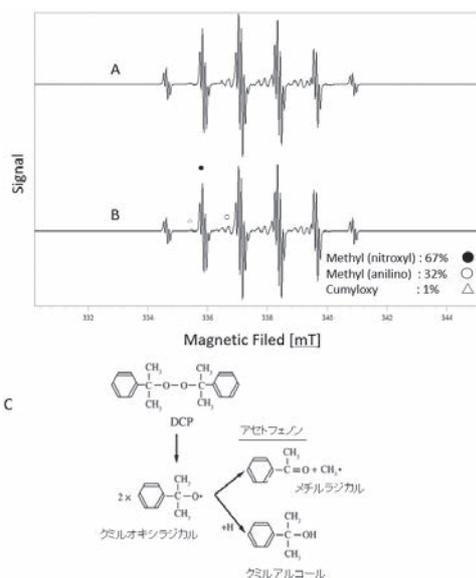


図 16 架橋剤 DCP にスピントラップ剤 TTBNB を 1 % 加えて 125 °C で観測された ESR 信号 (A) 及び、シミュレーション (B)

DCP は (C) に示すように熱分解によってクミルオキシラジカルを生じ、さらにアセトフェノン、メチルラジカル、クミルアルコールを生じる。

り、図 16A の実験値とよく一致していることが分かる⁸⁾。

5.3 ESR イメージング

MRI の様に ESR 測定でも、磁場勾配コイルを用いることでイメージング画像を得ることが可能である。イメージングコイルをマグネットの両極に取り付け、磁場勾配の方向を変化させながら ESR を観測すると、バックプロジェクションプロファイルを得ることができる。このプロファイルを計算処理することで、ESR イメージングを得ることができる。

図 17 はポリスチレンおよび PMMA に HALS を加えた試料の ESR イメージングを示す。用いた試料の大き

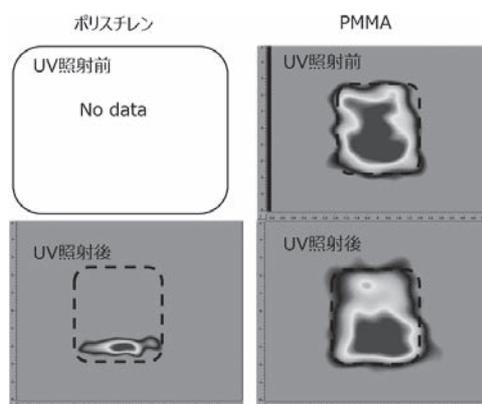


図 17 ポリスチレン及び PMMA の UV 照射前 (上段) 及び照射後 (下段) ESR イメージング
ポリスチレンの UV 照射前の ESR 信号は非常に小さく、イメージング画像は得られなかった。

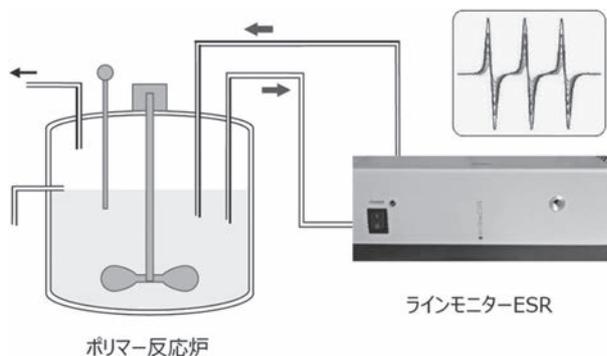


図 18 ラインモニター ESR のイメージ図
ポリマー反応路から試料を一部ラインモニター ESR に循環し、
反応中のラジカル濃度をリアルタイムで観測する。

さは直径 4 mm の円柱状で高さが 5 mm である。PMMA では光照射前でも HALS 由来の信号が試料全体から得られた。図 17 下は、試料下部から UV を 30 分照射したときのラジカル分布を示す。両試料とも透明な試料であり、UV は試料全体を透過すると思われる。右の PMMA では試料全体から HALS の信号が観測されているが、ポリスチレンでは下の部分だけにラジカルが観測された。これはポリスチレンでは HALS が試料内部に UV のエネルギーが到達するのを防いでいるのではないかと思われる。このようにイメージング画像を得ることで、ラジカル分布を可視化することが可能となり、劣化などの反応をより明瞭に判断することができる。

4.4 産業利用例：オンライン ESR 法

様々なポリマー反応中にラジカル反応が起こっていることを利用して、ポリマーの生産ラインなどに ESR を組み込み、オンラインで ESR 信号を観測し、生産性の向上に取り組む応用も行われている。図 18 は closed-loop ESR をポリマーの製造プロセスに応用した例を示す。反応炉から一定量を ESR に導入し、反応液に含まれるニトロキシドラジカルをモニターした例である。図 18 の ESR はラインモニター用に作られており、防爆仕様となっている。フローしながら ESR 信号を観測することでリアルタイムに反応の様子を監視することが可能である⁹⁾。

6 おわりに

ESR 法は様々な研究分野で用いられているが、本稿

ではその中で高分子分野への応用例について述べてきた。近年 ESR は小型化が進み、卓上型でも十分研究用途に用いることが可能となったことから、企業への導入も進んでいる。特に高分子の分野では、重合、架橋、劣化とラジカル反応が重要な役割を果たしており、ESR 法の得意とする“反応系でのラジカル検出”を大いに発揮できる分野でもある。一方で、反応系でのラジカル検出は、適切なスペクトルを観測するためには光照射強度、時間、測定温度など反応制御のパラメーターの最適化が必要である。また、発生するラジカル種も複数になり、解析が難しい場合もある。しかしながら、ESR にはここで紹介した様々な測定手法や、解析を容易にするシミュレーション機能も充実してきており、今後さらに、高分子分野のみならず、他の産業分野でも ESR 法が用いられ、役立つことを期待する。

文 献

- 1) L. Tatar, H. Yimaz Kaptan : *J. Polym. Sci., Part B : Polym. Phys.*, **35**, 2195 (1997).
- 2) B. Yamada, David G. Westmoreland, S. Kobatake, O. Konosu : *Prog. Polym. Sci.*, **24**, 565, (1999).
- 3) T. Yamazakim, T. Seguchi, *J. Polym. Sci. : Part A : Polym. Chem.*, **38**, 3383 (2000).
- 4) M. Zachary, S. Camara, A. C. Whitwood, B. C. Gilbert, M. van Duin, R. J. Meier, V. Chechik : *Eur. Polym. J.*, **44**, 2099 (2008).
- 5) G. Przybytniak, J. Sadlo, M. Walo : *eXPRESS Polym. Lett.*, **14**, 556 (2020).
- 6) R. M. Williams, I. V. Khudyakov, M. B. Purvis, B. J. Overton, N. J. Turro : *J. Phys. Chem. B*, **104**, 10437 (2000).
- 7) E. Karatekin, B. O' Shaughnessy, N. J. Turro : *Macromolecules*, **31**, 7992 (1998).
- 8) P. G. Mekarbane, B. J. Tabner : *Magn. Reson. Chem.*, **36**, 826 (1998).
- 9) K. Wadhwa, J. Hennissen, S. Shetty, E. Pensini, M. Frissen, S. Leen, G. Kwakkenbos, C. Geijselaers : *J Polym Res.*, **24**, 201 (2017).



原 英之 (Hideyuki HARA)

ブルカージャパン株式会社 (〒221-0022 神奈川県横浜市神奈川区守屋町 3-9)。《現在の研究テーマ》磁気共鳴法を用いたポリマーの評価。《趣味》ガーデニング、DIY。
E-mail : Hideyuki.hara@bruker.com

会社ホームページ URL :

www.Bruker.com

関連製品ページ URL :

<https://www.bruker.com/ja/products-and-solutions/mr/epr-instruments.html>

固相抽出の可能性とその自動化技術

—シリーズ3/5：固相誘導体化法：メタポロミクス—

佐々野 僚 一

1 はじめに

メタポロミクスでは、あらゆる物質の代謝を把握するために、網羅的に多くの物質を一度に測定することが望まれている。代謝物の主格でもあるアミノ酸や有機酸、糖類などは極性が高い不揮発性物質であるため、通常はLCの測定対象物質である。しかし、それらはそれぞれ異なる物性を持っているため、LCにおいて一斉に分析することは難しい。そこで、これらを誘導体化（メトキシム化、トリメチルシリル（TMS）化：図1）することで、揮発性物質に化学的に変化させ、GCによる一斉分析を可能としている。このように、アミノ酸・有機酸・糖類の「誘導体化」によるGC/MSの一斉分析は代謝物を網羅的に分析できるという点から極めて有効であり、さらに高分離能で、スペクトルライブラリを用いた検出成分の検索による定性が可能になる。

しかしながら、従来の「誘導体化」の前処理は、凍結乾燥（脱水）や誘導体化反応の工程に時間がかかり、抽出など手作業に頼る工程も多く、煩雑で長時間を要し、分析者の技量によってはデータがばらつくことがあるのが現状である。また、前処理に問題があった場合は、再度、最初から時間のかかる前処理をやり直して分析することになることになり、その労力や時間的損失が大きい。

本シリーズでは、メタポロミクスの分析の効率化を目

的として、固相抽出を用いた誘導体化を行い前処理の劇的な時短を実現した「固相誘導体化法」¹⁾²⁾と、それを組み込んだ抽出後の前処理から測定までを全自動化した「オンライン固相誘導体化 SPE-GC/MS システム」³⁾⁴⁾を紹介する。

2 固相誘導体化法の原理

固相誘導体化法（特許取得）の原理を図2に示す。固相はスルホン酸の陽イオン交換樹脂（CX）と4級アンモニウムの陰イオン交換樹脂（AX）の2層になっており、それぞれの樹脂が持つ官能基はマイナスとプラスに強く帯電している。

Step 1：アミノ酸と有機酸を含む試料を固相に負荷して、プラスに帯電しているアミノ基を持つアミノ酸はマイナスに帯電している固相CXに、マイナスに帯電しているカルボキシル基を持つ有機酸はプラスに帯電している固相AXに、イオン交換の相互作用により、固相に保持される。この時、試料に含まれる脂質（グリセリド）や糖類などの非イオン性物質は固相に保持されず、そのまま除去される。

Step 2：アセトニトリル-水で固相に残存している非イオン性物質を洗い流し、除去する。

Step 3：アセトニトリルで固相に残存している水を洗い流し、固相から水を除去する。

Step 4：誘導体化試薬（メトキシアミン/ピリジン溶

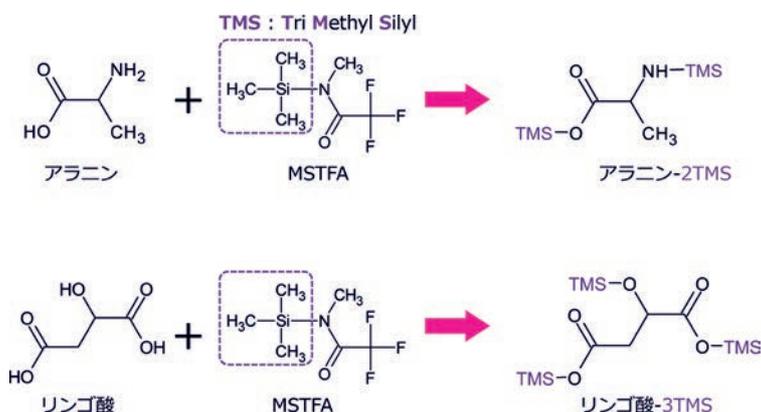


図1 アミノ酸と有機酸のTMS化

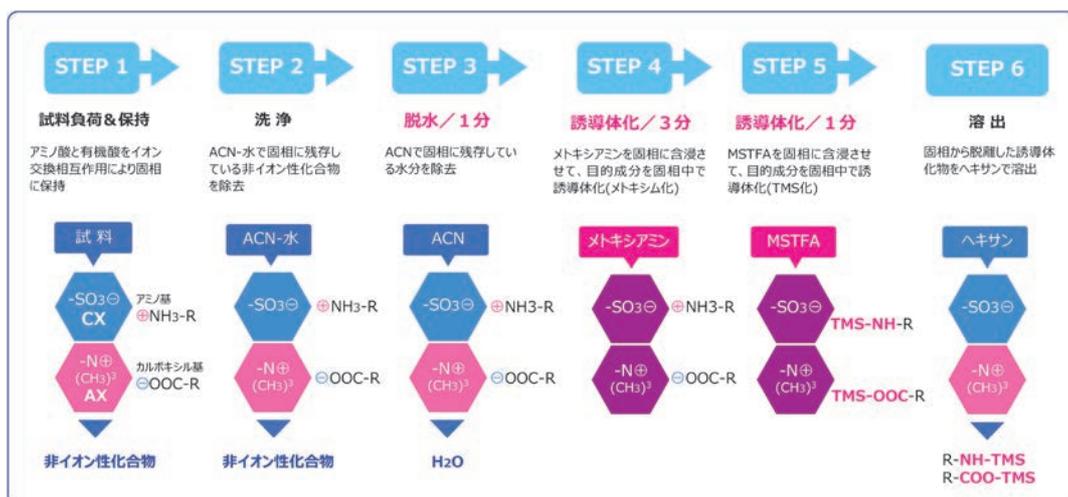


図2 固相誘導体化法の原理

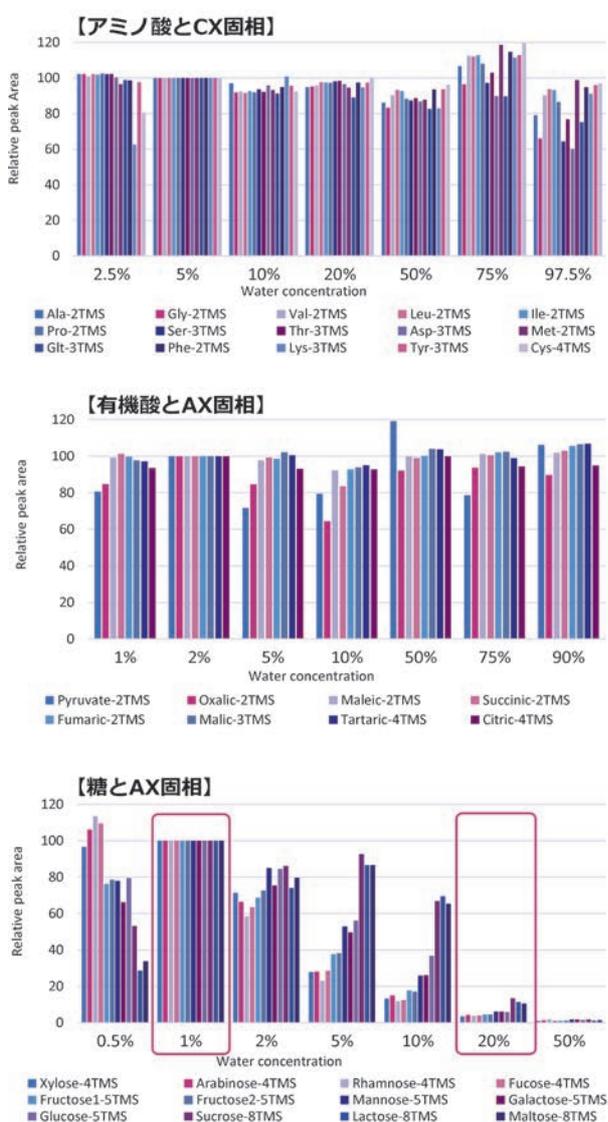


図3 試料負荷時の水濃度と固相への保持について

液)を固相に3分間含浸させて、固相中で誘導体化反応を行い、ケトン基をメトキシ化する。

Step 5: 誘導体化試薬 (MSTFA) を固相に1分間含

浸させて、固相中で誘導体化反応を行う。アミノ基とカルボキシル基がMSTFAにより誘導体化(TMS化)され、イオン性を失ったアミノ酸と有機酸が固相から脱離する。

Step 6: TMS化したアミノ酸と有機酸をヘキサンで固相から溶出する。その溶出液をGC/MSで測定する。

特に注目すべきところはStep 3の脱水とStep 4と5の誘導体化である。従来法では凍結乾燥(水除去)に一晚(16時間)かかっている作業を本法では固相にアセトニトリルを通液するだけで水除去を成し遂げている。そのアセトニトリルの通液は1分未満で完了する。また、従来法ではメトキシ化に90分、TMS化に30分かけて誘導体化しているが、本法ではメトキシ化に3分、TMS化に1分と大幅に反応時間を短縮している。

次にアミノ酸・有機酸・糖類の固相への保持について述べる。試料負荷時のアセトニトリル-水の濃度比と固相への保持についてそれぞれの成分と固相について調べた結果を図3に示す。アミノ酸とCX、有機酸とAXについては水の濃度にかかわらず、保持することが分かった。一方、糖類とAXについては20%アセトニトリル-水では固相に保持されず、1%アセトニトリル-水で固相に保持されることが分かった。液相の水の濃度が低くなったために液相よりも固相の親水性相互作用(順相)により保持していると考えられる。この結果を基に糖類を除去したい時は20%以上の水濃度で洗浄し、逆に固相に保持したい時は1%の水濃度で負荷する。

3 オンライン固相誘導体化 SPE-GC/MS システム

前処理に固相抽出法(SPE)を用いることのメリットの一つに前処理操作を自動化しやすいことが挙げられる。さらにシリーズ第2弾⁵⁾で紹介した固相からの溶出液を全量注入できるオンラインSPE-GCシステムを用いることで、抽出/除タンパク後の精製・誘導体化から



図4 オンライン固相誘導体化 SPE-GC/MS システム

測定まで全自動で分析することが可能となった。本システムにより、従来の分析法で課題となっていた個人が持つ技量やラボ間で生じる差を最小限に留め、かつサンプルごとに誘導体化時間を一定に保てることにより、分析の精度および再現性が向上した。ここではそのオンライン固相誘導体化 SPE-GC/MS システム (図4) を紹介する。

3.1 従来法と本法の比較

従来法⁶⁾と本法の比較を図5に示す。従来法は、試料をメタノール-水-クロロホルムで抽出/除タンパクし、次に水を追加しメタノール-水とクロロホルムを分離することによる液液分配で親水性物質 (メタノール-水相) と疎水性物質 (クロロホルム相) に分けて脱脂する。そして、その親水性物質を含むメタノール-水を試験管 (遠沈チューブ) に分注し、減圧濃縮遠心分離後、一晩

かけて凍結乾燥して脱水乾固する。その試験管にメトキシアミン/ピリジン溶液を添加して90分間誘導体化反応 (メトキシ化) をさせ、その後、MSTFAを添加して30分間誘導体化反応 (TMS化) をさせ、バイアルに移し替えて、GCMSにセットしてGC/MSに1μL注入 (スプリット25:1) で測定している。

これに対して、オンライン固相誘導体化 SPE-GC/MS法は、試料を水-アセトニトリルで抽出/除タンパクし、その上清をバイアルに移し替えて、本システムにセットする。その後は固相誘導体化を含む前処理から測定まで全自動で行う。自動前処理の動作は、固相をアセトニトリル水でコンディショニングし、試料を40μL吸引後、固相に負荷させて、そのままアセトニトリル-水で洗浄し、続けてアセトニトリルを通液させて固相内を脱水する。そして、メトキシアミン/ピリジン溶液 (誘導体化試薬) を固相に含浸させて、測定対象物質がアミノ酸・

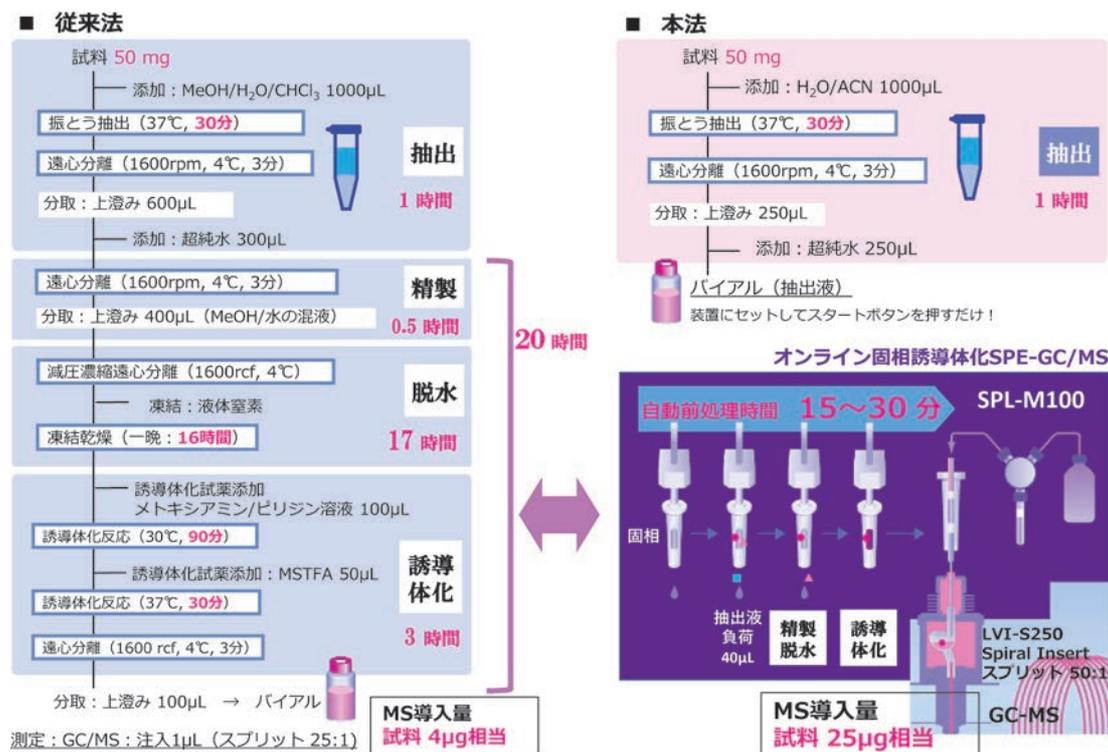


図5 従来法と本法の比較

有機酸であれば3分間、糖類を含む場合は15分間、誘導体化を行いメトキシム化する。次にMSTFAを固相に1分間含浸させて、固相中で誘導体化を行い、目的物質をTMS化する。そして、その固相カートリッジにニードルを接続し、そのままニードルをGC注入口に挿入して、ヘキサンで誘導体化物質を溶出させながらGC/MSへその溶出液を全量注入し、スプリット1:50で測定する。

3.2 オンライン固相誘導体化システムのメリット

1) 前処理時間の大幅な短縮

従来法は抽出後の処理工程に20時間を要するのに対し、本法では固相誘導体化法により15~30分と大幅な短縮を実現した。

2) 抽出後の前処理から測定までを全自動化

従来法では遠心分離や凍結乾燥などの各工程を連結させて自動化するのは難しく、検体の取り間違えなどのリスクもある。前処理に固相誘導体化法を採用することにより、煩雑な作業を自動化することができた。これにより、人によるバラツキを低減し、分析精度を向上することができた。また、オペレータの操作も簡便で、事前に溶媒瓶や固相カートリッジをセットしておけば、試料バイアル(抽出液)を本システムにセットし測定シーケンスをスタートさせるだけなので、検体の取り間違えなどのリスクも低減しつつ、省力化の効果も得られる。

3) 手作業を必要とする抽出の簡易化

従来法はグリセリドなどの脂溶性物質を取り除くために抽出/除タンパク後にメタノール-水とクロロホルムで液液分配による精製(脱脂)を行っているが、本法は自動前処理による固相抽出の洗浄工程でグリセリドを除去している。そのため、手作業を必要とする抽出操作は抽出/除タンパクのみで抽出工程においても省力化となる。

4) 精製効果

本法はGC-MSの汚染物質であるグリセリドや糖などの非イオン性の物質は固相に保持せず除去できるため、従来法に比べ、装置の汚染を軽減し、メンテナンス頻度を抑えられる。また、精製効果により夾雑^{きょうざつ}ピークが減少し解析もしやすくなる。

5) 従来法と比較して高感度

本システムでは溶出する前に固相にニードルを装着し、溶出させながらGCに全量注入する。これにより、GCに注入される試料相対量を増やすことができ、従来法に比べ6倍程度の高感度分析が可能となる。なお、注入絶対量が多くなるが、固相抽出で精製しているので、GC-MSへの汚れの影響は少ない。

6) 誘導体化してからGC注入までの時間が一定

従来法は効率よく多検体を前処理するために一斉に誘導体化してから、GCにセットする。しかしながら、1本ずつ測定することになるので、誘導体化してからGC

で測定するまでの時間が検体の測定順ごとに長くなり、その間、バイアル中での誘導体化が進行したり、逆に誘導体化したものが分解したりと、測定対象物質の変動に問題があった。本システムでは誘導体化からGCに注入するまでの時間が検体ごとに一定であるため、誘導体化時間の差による偏りを抑えられる。

7) 分析所要時間の効率化

GCで測定している間に次の検体の前処理をオーバーラップして処理することで、GCの測定サイクル時間で、効率的に連続分析を行うことができる。

8) 抽出液を保管することで、再分析が容易

本法ではバイアル中の処理した抽出液の一部(20~50 µL)しか使用しないため、残りの抽出液をそのままバイアルで保管することができる。そのため、容易に再分析ができる。

4 分析例

4.1 アミノ酸・有機酸

本システムを用いて、ホウレンソウ・トマト・ウメのアミノ酸・有機酸の一斉分析を行い、成分比較を行った。前処理フローを図6に示す。

抽出操作：それぞれの農作物の可食部100~200gにドライアイスを加えて凍結粉碎し試料とした。その試料10gを採取し、水10mLとアセトニトリル20mLを加え振とう抽出後、遠心分離し、除タンパクを行った。その上清を500 µL分取し、アセトニトリル500 µLを加え、振とう遠心分離し、さらに除タンパクを行った。水酸化ナトリウム溶液でpH調製し、バイアルに移し、本システムにセットした。

本法で得られたホウレンソウの連続測定によるピーク面積値の再現性を表1に示す。アミノ酸・有機酸とも良好な結果を得られた。本法による各試料のSCANトータルイオンクロマトグラムを図7に示す。各試料から得られた成分のピーク形状および分離も良好であった。各試料から検出された成分のピーク面積比を図8に示す。ホウレンソウにはシュウ酸、トマトにはグルタミン酸、うめにはクエン酸が多く含むことが一般的に知られており、今回の結果からも各試料の成分の違いが明確に判定できた。

4.2 糖類

抽出液を固相上でアセトニトリルと混合して水濃度を下げた後から固相に負荷して、糖類を固相に保持させた。

そして、アセトニトリルで脱水し、その後誘導体化試薬(メトキシアミン/ピリジン溶液)を固相に含浸して、固相中で誘導体化反応させてメトキシム化(図9)した。その後、誘導体化試薬MSTFAを固相に含浸して、固相中で誘導体化反応させてTMS化した。

糖類は環状構造や直鎖構造の構造異性体やそれらの立

【ドライアイス凍結粉碎】

農作物の可食部100~200 g にドライアイスを加えて凍結粉碎

【抽出】

試料採取 10 g 凍結粉碎した試料

— 添加 水 10 mL

手振とう

— 添加 ACN 20 mL

振とう抽出 10 min

遠心分離 3500 rpm, 3 min

分取 抽出上澄液 500 μ L

— 添加 ACN 500 μ L

振とう (37 $^{\circ}$ C, 1 min)

遠心分離 14000 rpm, 3 min

— 添加 0.1N NaOH

抽出上澄液



【オンライン固相誘導体化法】

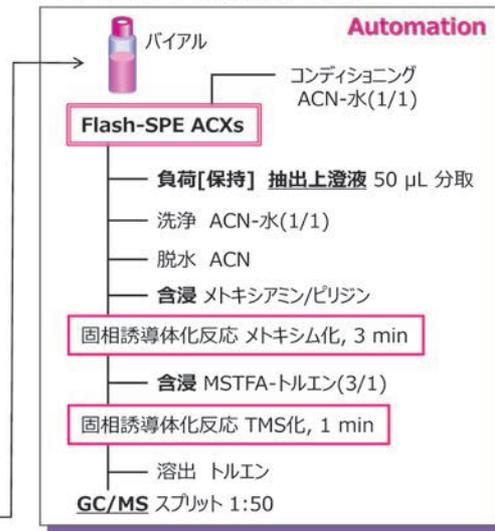


図 6 前処理フロー (アミノ酸/有機酸)

表 1 本法で得られたホウレンソウの連続測定によるピーク面積値の再現性

No.	成分名	U1	U2	U3	U4	U5	U6	Ave.	RSD., %
2	Alanine-2TMS	2,705,765	2,625,243	2,661,635	2,613,090	2,563,111	2,522,121	2,615,161	2.5
3	Oxalic acid-2TMS	21,958,314	21,851,090	21,894,348	22,511,436	21,642,163	21,152,779	21,835,022	2.0
5	Malonic acid-2TMS	548,802	512,489	526,249	519,043	526,234	560,334	532,192	3.5
6	Valine-2TMS	4,606,428	4,497,232	4,519,964	4,488,579	4,370,621	4,330,268	4,468,849	2.3
8	Leucine-2TMS	3,949,838	3,823,120	3,869,338	3,815,906	3,775,518	3,506,105	3,789,971	4.0
9	Isoleucine-2TMS	3,815,850	3,746,055	3,773,535	3,748,879	3,647,235	3,642,443	3,729,000	1.9
10	Proline-2TMS	722,955	701,361	703,837	693,309	677,892	656,913	692,711	3.3
11	Glycine-3TMS	311,795	300,133	304,260	291,269	293,179	271,290	295,321	4.7
13	Succinic acid-2TMS	686,713	683,285	686,428	692,873	682,757	675,948	684,667	0.8
14	Fumaric acid-2TMS	142,760	142,743	148,768	147,353	140,625	139,958	143,701	2.5
15	Serine-3TMS	3,965,989	3,691,721	3,774,761	3,724,560	3,590,127	3,663,876	3,735,172	3.4
16	Threonine-3TMS	602,931	560,277	568,682	558,021	542,283	550,970	563,861	3.7
17	Malic acid-3TMS	1,584,318	1,575,211	1,591,829	1,609,113	1,555,666	1,566,658	1,580,466	1.2
19	Aspartic acid-3TMS	4,528,602	4,434,587	4,423,349	4,546,915	4,327,986	4,393,956	4,442,566	1.9
20	Methionine-2TMS	53,844	57,581	57,174	46,740	55,391	50,128	53,476	8.0
22	GABA-3TMS	442,631	435,615	443,665	423,246	417,886	397,142	426,698	4.2
24	Threonic acid-4TMS	111,636	103,963	109,708	112,379	106,450	117,600	110,289	4.3
25	Ketoglutaric acid-MO-2TMS	4,372	4,620	5,300	5,080	4,489	4,590	4,742	7.7
26	Glutamic acid-3TMS	4,609,844	4,600,117	4,559,014	4,622,500	4,452,911	4,616,932	4,576,886	1.4
27	Phenylalanine-2TMS	1,525,816	1,487,573	1,505,821	1,508,921	1,441,017	1,419,540	1,481,448	2.8
29	Asparagine-3TMS	1,993,942	1,800,771	1,838,868	1,826,318	1,806,007	1,968,777	1,872,447	4.6
30	Putrescine-4TMS	100,127	90,218	92,879	94,574	87,116	79,290	90,701	7.8
31	Shikimic acid-4TMS	23,913	20,946	22,909	22,988	21,733	20,749	22,206	5.7
32	Citric acid-4TMS	480,734	471,479	470,472	476,376	461,721	453,838	469,103	2.1
34	Adenine-2TMS	32,888	28,552	26,642	27,283	25,239	24,364	27,495	11.0
35	Lysine-4TMS	1,086,746	1,036,401	1,065,106	1,021,094	1,015,699	926,104	1,025,192	5.4
36	Histidine-3TMS	309,715	305,531	314,436	317,818	296,923	287,021	305,241	3.8
37	Tyrosine-3TMS	3,660,407	3,522,793	3,549,047	3,567,762	3,463,739	3,332,989	3,516,123	3.1
40	Tryptophan-3TMS	138,662	133,594	136,100	134,166	131,844	134,228	134,766	1.7
43	Adenosine-4TMS	54,504	52,592	57,398	54,370	52,774	51,431	53,845	3.9

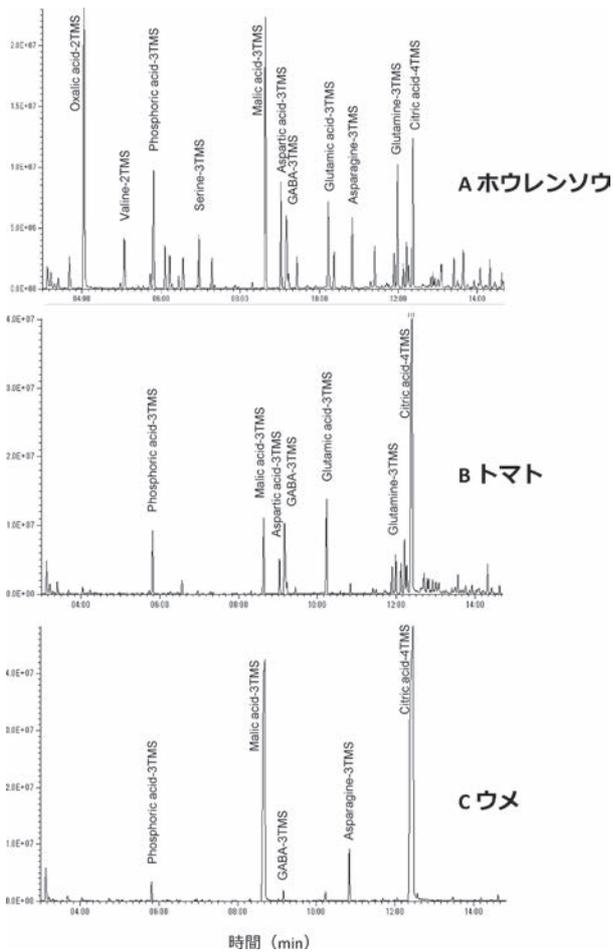


図7 本法による各農作物のSCAN トータルイオンクロマトグラム

体異性体で化学平衡しており、そのままGCで測定すると複数のピークが出現し、解析が困難である。そこで、GCで測定する時は直鎖構造の時にメトキシム化することで環状構造への変化を防ぎ、直鎖構造のメトキシム化へ反応させていくことにより、出現するピーク数を抑えられる。従来法ではこのメトキシム化の反応に90分を要するが、本システムでは15分で行った。

4.3 アミノ酸・有機酸・糖類 (2段階試料負荷法)

食品試料では多成分が様々な濃度範囲で含有している。特に高濃度の糖類が存在する試料においては、その糖類のピークのリテンションタイムに近接する低濃度のアミノ酸や有機酸の測定が困難になるという問題がある。また、高濃度の糖類が大量にGCに導入されると、分離カラムの液相の保持可能な量を超え、目的成分も含めてリテンションタイムが大きくなることがあり、解析が困難になる。さらに、高濃度の糖類がMSに導入されることにより、MSの汚染や感度低下につながる。

そこで、低濃度のアミノ酸および有機酸と高濃度の糖類の一斉分析を目的とし、2段階試料負荷法⁷⁾を開発した。前処理フローを図10に示す。1回目の試料負荷では、溶媒アセトニトリル-水(4/1)の試料40μLを固相に負荷して、糖類は固相に保持させずアミノ酸と有機酸を固相に保持する。2回目のサンプル負荷では、固相上で試料2μLをアセトニトリルと混合して水濃度比率



図8 ホウレンソウ、トマト、ウメにおける各成分のピーク面積値の比較
HOU: ホウレンソウ, TOM: トマト, UME: ウメ

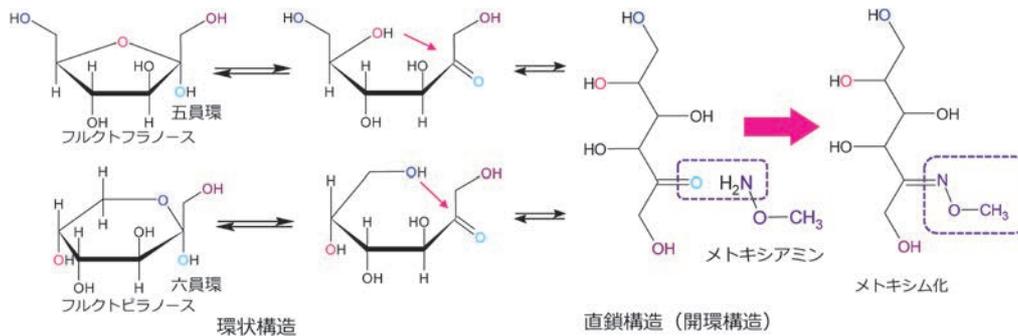


図9 糖類の異性体とメトキシム化

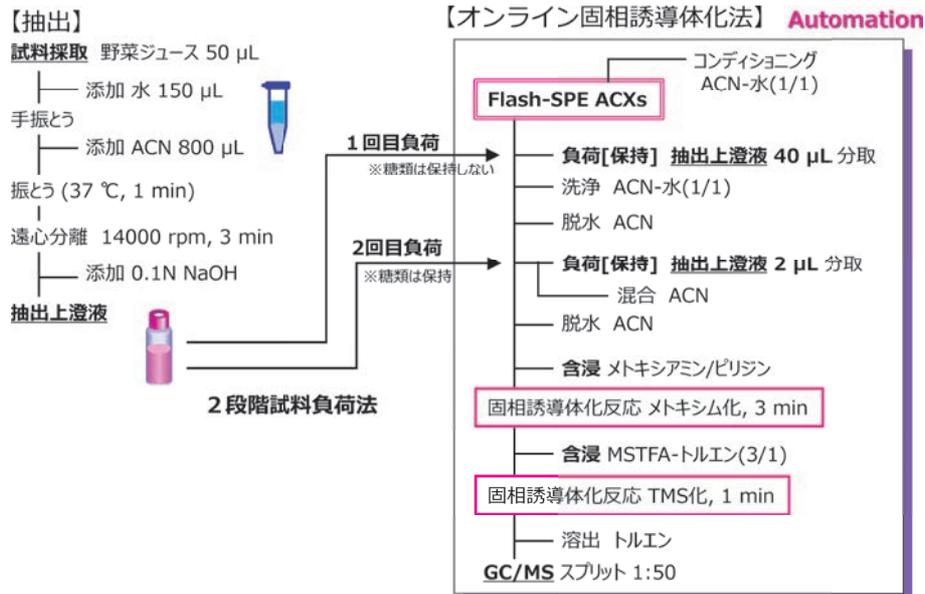


図10 前処理フロー (アミノ酸/有機酸/糖類)

を下げた状態で同じ固相に負荷し糖類を保持する。よって、アミノ酸と有機酸は第1回目の試料負荷 40 µL と2回目の 2 µL を合わせて 42 µL 分が固相に保持していることになる。一方、糖類は1回目は保持されず、2回目の 2 µL が固相に保持されていることになる。つまり、2段階に分けて試料量および溶媒比率を変更して固相に負荷することで、低濃度のアミノ酸および有機酸を多く固相に保持させ、高濃度の糖類を同じ固相に少なく保持させることができる。

低濃度のアミノ酸・有機酸と高濃度の糖類が含まれている野菜ジュースを用いて本法により得られた SCAN トータルイオンクロマトグラムを図 11 に示す。その結果、得られたクロマトグラムは同じダイナミックレンジ内でそれぞれのピーク強度を得ることができた。これにより、GC-MS に負荷を与えることなく、低濃度のアミノ酸および有機酸と高濃度の糖類を含む試料の一斉分析が可能であることが示された。

4.4 短鎖脂肪酸

従来のメタボローム分析において、短鎖脂肪酸は、凍

結乾燥/遠心乾固の工程における気化損失が懸念されるため、前処理が難しく、塩酸酸性下でのジエチルエーテル抽出などの手法が取られることが多い。また、分子量の小さい短鎖脂肪酸であるギ酸、酢酸、プロピオン酸は MSTFA で TMS 化しても沸点が低く、残存誘導体化試薬由来のピークとリテンションタイムが重なり測定が難しい。一方、短鎖脂肪酸には誘導体化試薬に MTBSTFA を用いて TMS 化よりも質量が重くなる *t*-BDMS (*t*-butyl dimethyl silyl) 化をすることで残存誘導体化試薬由来の妨害ピークとの重なりを回避する手法が報告されている。そこで、凍結乾燥工程を必要としないオンライン固相誘導体化 SPE/GC/MS システムを用いて、MTBSTFA 誘導体化試薬による短鎖脂肪酸の一斉分析⁸⁾のメソッド開発を行い、有効であることが分かった。

ただし、ギ酸、酢酸、乳酸はブランクとして高濃度で検出される。特にプラスチック製品からの溶出が疑われ、遠沈チューブやピペットのチップ、固相カートリッジ、溶媒、誘導体化試薬などが疑われる。微量ながらそのほかの成分も多く検出されるので、ブランク操作の測定は必ず行うことをお勧めする。

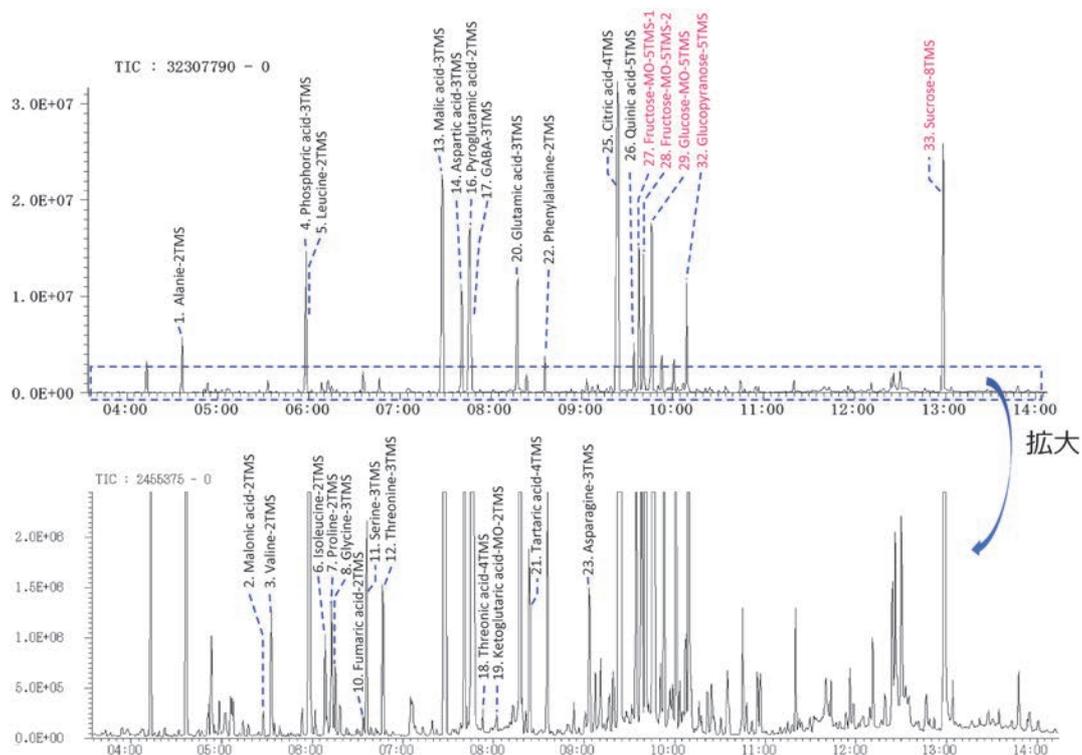


図 11 本法による野菜ジュースのSCAN トータルイオンクロマトグラム

5 まとめ

従来、アミノ酸や有機酸をGC/MSで測定するには凍結乾燥や誘導体化が必要であり、その工程に多くの労力と時間を費やしていた。しかし固相誘導体化法によりそれらを劇的に改善することができた。さらにその固相誘導体化法とオンラインSPE-GC/MSシステムとの融合により前処理から測定までを完全に自動化することでメタボローム分析の更なる効率化と分析精度の向上を図ることができた。

医学や食品、バイオなどの様々な分野のメタボローム分析においてこのオンライン固相誘導体化SPE-GC/MSシステムを用いることで、正確な評価や多くの情報の獲得による研究開発のスピードアップが期待できる。

文 献

- 1) 佐々野僚一, 大崎秀介, 松本明弘, 馬場健史, 山下俊幸, 福崎英一郎: 第9回メタボロームシンポジウム要旨集, p.54 (2015).
- 2) E. Takeo, R. Sasano, S. Shimma, T. Bamba, E. Fukusaki: *J.*

Biosci. Bioeng., **124**, 700 (2017).

- 3) 佐々野僚一, 古野正浩, 大森一生, 山本祐一, 片上直人, 下村伊一郎, 福崎英一郎: 第11回メタボロームシンポジウム要旨集, p.100 (2017).
- 4) K. Yamamoto, M. Taniguchi, T. Nakahara, Y. Ito, R. Sasano, E. Fukusaki: *J. Biosci. Bioeng.*, **132**, 599 (2021).
- 5) 島三記絵, 松尾俊介, 佐々野僚一: ぶんせき (Bunseki), **2022**, 286.
- 6) O. Fiehn, J. Kopka, R. N. Trethewey, L. Willmitzer: *Anal. Chem.*, **72**, 3573 (2000).
- 7) 佐々野僚一, 大崎秀介, 古野正浩, 福崎英一郎: 第65回質量分析総合討論会講演要旨集, p.63 (2017).
- 8) 佐々野僚一, 杉立久仁代, 野原健太, 古野正浩, 福崎英一郎: 第12回メタボロームシンポジウム要旨集, p.115 (2018).



佐々野僚一 (Ryoichi SASANO)

株式会社アイスティサイエンス (〒640-8390 和歌山市有本18-3)。《現在の研究テーマ》理化学分析における前処理の自動化。《趣味》テニス。
E-mail: sasano@aisti.co.jp

会社ホームページ URL :

<http://www.aisti.co.jp/>

関連製品ページ URL :

<http://www.aisti.co.jp/product/sgi-m100/>

●—— 蛍光指紋分析を用いたウグイの鮮度評価

蛍光指紋分析とは、励起光・蛍光の波長条件の両方を変化させながら蛍光強度を測定することで3次元のデータを取得する分析法である。本分析法は主に食品分野や環境分野で用いられており、一部医薬品や生薬でも研究されている。また、3次元測定により膨大なデータが得られることから多変量解析が積極的に行われている。これまではワインや環境水などの液体試料を分析した例が多かったが、近年、固体試料も分析されてきている。固体試料であるウグイ（魚）を用いてその鮮度を評価する方法が検討されたので以下に紹介する¹⁾。

これまで魚の鮮度評価は人による外観・匂いなどの官能的方法、鮮度低下に伴い生成・蓄積・変性する化学的変化を測定する方法、硬さや電気抵抗を測定する物理的方法、腐敗状況を測定する微生物学的方法等がある。しかし、これらは時間やコスト等の面からも一長一短の測定法であるため、総合的な判定法であるK値による鮮度判定が主に用いられている。K値とはアデノシン三リン酸の分解生成物であるイノシンとヒポキサンチンの合計をアデノシン三リン酸とその分解生成物全量で割って算出した値であり、20%未満であれば生食用、60%以上で初期腐敗を示すなど値が小さい程鮮度が良いことを示す。

Omwangeらは蛍光指紋分析にてウグイの鮮度モニタリングを試みた。測定にはウグイの眼球と鱗を含む表面が用いられた。また、参照値となるK値は電気泳動によって測定され、ウグイは約4度の保存で約20時間鮮度が保たれ、その後48時間まではK値が20%以上40%未満の何らかの調理が必要な状態であることがわかった。

蛍光指紋分析では、眼球は三つの特徴的な波長領域、鱗を含む表面は二つの特徴的な波長領域を示した。それぞれはタンパク質やアミノ酸、ATPの最終産物である尿酸、遊離チロシン類、I型コラーゲン等を示していると推測された。これら膨大なスペクトルデータからK値予測および鮮度指標として重要な波長領域が部分最小二乗回帰法により絞り込まれた。その結果、上記で述べた特徴的な領域を含む280 nm・350 nmで励起し得られた眼球及び鱗を含む表面の二つの部位のデータを組み合わせることで魚の鮮度を最もよくモニタリングできることが示された。本結果より魚の表面を直接測定することが可能な蛍光指紋分析法が魚の鮮度評価に有用であることが示された。

本検討のように迅速で簡便な測定法である蛍光指紋分析は様々な分野で用いられている。今後も幅広い分野での応用が期待できる。

- 1) K. Omwange, Y. Saito, D. Riza, H. Zichen, M. Kuramoto, K. Shiraga, Y. Ogawa, N. Kondo, T. Suzuki: *Spectrochim. Acta, Part A*, **276**, 121209 (2022).

[株式会社太田胃散筑波研究所 濱崎保則]

ヒトバイオモニタリング研究では、尿や血液などの生体試料中の化学物質濃度から個人レベルの曝露量を評価する。これまではあらかじめ対象化学物質を決めるターゲット分析を繰り返し、生体試料中のさまざまな化学物質濃度のデータベースの構築が進められてきた。しかし、対象の数には限界があり、ヒトが曝露する多種多様な化学物質の一部のみの曝露が評価されていると考えられる。

近年の質量分析技術の発展によって、ヒト生体試料中の化学物質の網羅的なスクリーニング法の確立を目指した研究が実施されている。

Wangら¹⁾は30組の母親と新生児のペアを対象に母親の血液と臍帯血を採取し、血清中の化学物質のスクリーニング法の確立を試みた。従来のターゲット分析では、前処理として固相抽出などを用いて対象の化学物質のみを選択的に抽出するが、スクリーニングを目的としているため除タンパク操作のみ行われている。分析は液体クロマトグラフー四重極飛行時間型質量分析計で行った。クロマトグラムピークを可能な限りすべて検出し、独自に作成した数千種類の化学物質を含むデータベースに照合して物質の同定を試みた。その結果、数百種類の化学物質が候補として検出され、73種類の物質が同定された。このうち55種類は従来の曝露評価の対象には含まれておらず、曝露源などの情報も不明であった。これは、曝露評価対象から漏れている物質の存在を示唆している。また、多くの物質が母親の血液と臍帯血で検出されたが、1割弱の物質は一方のみに検出されたことも報告した。この結果について筆者らは、母親と胎児の間で化学物質の局在性を示唆しているが、測定法の感度の課題などから未検出の結果の解釈には注意が必要であり、今後詳細な検討が必要であると述べている。

さらに、同じ研究チームが上述の手法を発展させて、ヒト生体試料中の外因性の物質だけでなく内因性の物質も評価した研究を実施した²⁾。その結果、外因性と内因性の物質間で多くの有意な関連が見られた。これは化学物質曝露が生体内の代謝などに影響を与えることを示唆しており、化学物質曝露とその健康影響を同時に評価可能な手法としての有用性が示された。

現状は同定できる物質数が少なく、ヒト生体試料中化学物質の網羅的なスクリーニング法には多くの課題が残されているが、高度な化学分析技術の応用によってヒトバイオモニタリング研究がさらに発展することが期待される。

- 1) A. Wang, D. P. Abrahamsson, T. Jiang, M. Wang, R. Morello-Frosch, J. S. Park, M. Sirota, T. J. Woodruff: *Environ. Sci. Technol.*, **55**, 5037 (2021).
- 2) D. P. Abrahamsson, A. Wang, T. Jiang, M. Wang, A. Siddharth, R. Morello-Frosch, J. S. Park, M. Sirota, T. J. Woodruff: *Environ. Sci. Technol.*, **55** (15), 10542 (2021).

[東京大学大学院医学系研究科 水野佑紀]



裏方のはず (?) の分析化学を主軸として

富山県立大学の工学部医薬品工学科の大坂一生と申します。産業技術総合研究所の絹見朋也先生より引き継ぎました。先生とは日本質量分析学会の総合討論会等でお会いし、また一緒にお仕事をさせて頂いたことがありお世話になっております。

私は関西大学にて荒川隆一教授(現 名誉教授)の研究室で、液体クロマトグラフィー質量分析法やマトリックス支援レーザー脱離イオン化質量分析法を学び、医薬品や環境汚染物質の定量分析、ホスト-ゲスト複合体の分析法の研究をして学位を取得しました。その間、ほんの少しだけ絹見先生のご研究のお手伝いもしたことがありました。学生当時は、エレクトロスプレーイオン化(ESI)質量分析法で様々な物質を検出することも試みており、ESI ニードルの先から白い煙を吹き出しながら試料の液滴が質量分析計の中へ消えていく様を静かに見送ったこともあります。目的のピークは得られましたが、後に検出感度が激減したことを覚えています。装置の解体洗浄を行ったところ、内部部品の腐食をしっかりと確認することができ、感度低下の原因を突き止めることができた嬉しさと、装置を破損した悲しさを同時に味わいました。

質量分析法で用いられるイオン化法の多くは、その原理の一部の詳細が未解明であるため、いまだに得られる結果を予測できないことが多い分野です。近年も質量分析で困っている方をよく見かけますが、学生当時の所属研究室では高価な装置を酷使して過激な試料を含む様々な試料の分析にチャレンジしてきた経験があるため、分析対象にあわせて小さな工夫をすることができるようになりました。また、装置のメンテナンスや、物品の値段と価値についても勉強することができたため、学生当時は大変貴重な経験してきたということ、今更ながら実感しているところです。学部時代の研究室配属を決める際には、錯体合成の研究室を志望していましたが、ジャンケンで負けた結果、質量分析の研究室に流れ着きました。このことが分析化学をはじめのきっかけとなりました。今となっては、合成分野を志望していた理由を忘れるくらい、分析分野に浸かっています。分析法の研究をはじめの以前は、少ない知識で勝手ながら「分析は他の研究のためにあり、毎回決められた操作をするだけ」との考えがありましたが、研究室に多くの研究者が出入



富山県立大学大坂研実験室の一部と家猫

りし、創意工夫を凝らすところを目の当たりにして、もはやこれは裏方の域をこえていると考えるようになりました。

私は2018年から富山県立大学の工学部医薬品工学科で研究室を運営しており、2019年に目つきの悪い元野良猫を含む家族とともに富山県に移り住みました。本学科は2017年に新規に設置され、医薬品や医用材料、また化学製品の開発・製造、および先端技術の開発に取り組んでいます。本研究室では質量分析法を用いた代謝物やタンパク質、香料、食品、化学工業材料の新規分析法や解析法の研究を進めています。学部生にも質量分析の宣伝をしているところですが、学生に人気の分野は他にあるようです。日本の学生達は小さい頃から素晴らしい医薬品・化学製品の開発や生体分子の機能の話聞きながら育ってきているため、若いうちに分析を自分の主軸にすることはなかなか受け入れ難いのかかもしれません。大学に入ったばかりの一部の子は、研究分野ではなく、うちの猫の方に興味を持つ方が多いことが気にはなりますが、今後も質量分析法の研究を進めつつ、同時に、これを武器として様々な仕事をこなすことができるような、裏方だけにおさまらない分析技術者を輩出していきます。

次回は、帝京大学の榎元廣文先生に引き継いでおります。それではよろしく願いいたします。

〔富山県立大学工学部 大坂一生〕

日本分析化学会第71年会開催報告

1 はじめに

日本分析化学会第71年会は、2022年9月14日(水)～16日(金)の三日間、岡山大学津島キャンパスにおいて開催された。三日間とも初秋とは思えないほどの酷暑に見舞われ、受付関係者は暑さに疲弊していたが、雨が降らなかったことは幸いであった。千葉で開催された第68年会から3年ぶりの現地開催の年会であり、どれほどの講演申込、参加登録があるのか、大きな不安を抱

表1 第71年会の分類別講演数の一覧

分類	一般	一般	若手
	口頭	ポスター	ポスター
01. 原子スペクトル分析	17(1)	5	1
02. 分子スペクトル分析	12	8	10
03. レーザー分光分析	10	3	1
04. X線分析・電子分光分析・量子ビーム分析	11	4	4
05. 放射線計測による分析・NMR・熱分析	3	2	4
06. 電気化学分析	20	3	11
07. センサー、センシングシステム	9	5(1)	16
08. 質量分析	5	4	8
09. ナノ・マイクロ分析	10(1)	3	5
10. フローインジェクション分析	10	1	6
11. 液体クロマトグラフィー	19(2)	7	9
12. ガスクロマトグラフィー	1	4	0
13. 電気泳動分析	5	1	5
14. 溶媒抽出法、固相抽出法、イオン交換系	3	8	13
15. 分離・分析試薬の設計	7	4	13
16. 分析化学反応基礎論	8	0	5
17. データ処理理論	0	0	1
18. 標準物質・サンプリング、前処理	1	2	0
19. 界面分析	11	1	4
20. 微粒子分析および微粒子利用分析	12	1	6
21. 宇宙・地球に関する分析化学	9	2	4
22. 環境関連分析	21	6	19
23. 無機・金属材料分析	5	5	3
24. 電池・エネルギー材料	1	1	2
25. 有機・高分子材料分析	3	1	2
26. 食品・農作物・ヘルスケア等分析	5	8	3
27. バイオ分析	38	5	19
28. バイオイメーキング	6	0	3
29. 医薬分析・臨床分析	4	2	2
30. その他	2	2	2
計	268	98	181

カッコ内はテクノレビュー(内数)

えながらの準備となった。また、年会実行委員会が主導的に年会の準備・運営を行うことになってから初めての現地開催の年会であり、手探り状態での準備であった。幸い、5月に開催された第82回分析化学討論会が現地開催の口火を切ってくれたため、会場が利用できる限り現地で開催することを心に決めていた。この点において、第82回分析化学討論会実行委員長長の山本博之先生に心から感謝申し上げる次第である。また、実行委員会主体での開催に関して、関東支部の実行委員会委員の方々と大谷肇副会長から多くのご助言をいただいたことも心強かった。多くの方々に無償でお助けいただいた結果、成功裏に年会を終えることができた。この紙面をお借りし、ご協力いただいた皆様に深く感謝する次第である。

本年会では、一般講演(口頭、ポスター)、若手ポスター、テクノレビュー講演(口頭、ポスター)、研究懇談会講演、および受賞講演が行われた。その他の企画として、産業界シンポジウム、産官学交流カフェ、女性研究者ネットワーク、生涯分析談話会を開催した。また、昨年同様、分析イノベーション交流会主催で本年会共催の「ものづくり技術交流会2022 in 中国四国」を、年会最終日の16日に開催した。

コロナが終息しない状況が続く中、対面かどうかの問い合わせが数件あったが、受賞講演などを含めた講演総数は595件、参加登録者数は1026名となり、予想を上回る講演数と参加登録者数であった。表1に、本年会の分類別講演数の一覧を示した。

2 講演

口頭発表(一般講演264件、テクノレビュー講演4件、研究懇談会講演22件、学会賞を除く各賞の受賞講演12件)は、一般教育棟においてA~Kの11会場で行った。各会場では密を避けるために隣同士での着席ができないように座席を制限した。そのため、入場できない人のために各口頭発表会場ライブ配信した。

ライブ配信は、各口頭発表会場においてPC11台とWebカメラを接続して行った。一時的に配信されていない状況もあったが、すべての会場でおおむね配信することができた。各会場には、2~3名の実行委員と2名の学生アルバイトを配置した。実行委員と学生の協力により、すべての会場において大きな問題もなく、滞りなく口頭発表が行われた。



口頭発表会場の様子

ポスター講演（若手ポスター 181 件，一般ポスター 97 件，テクノレビューポスター 1 件）は大学会館の 1 階ホールと 2 階大集会室の 2 会場で 1 日目の午前と午後，2 日目，3 日目午前の計 4 回に分けて行った。十分にスペースを取ってポスターと展示ブースを設置するように配慮したつもりであったが，予想を上回る聴衆の参加にかなり密集した状態を招いてしまったことは反省点のひとつである。一方で，体育館などの大きな会場を準備した場合，暑さ対策が困難であるため，結果的にはエアコンのある会場で換気に注意して実施する今回の方法が良かったのではないかと考えている。若手ポスターの中から 20 件の講演に若手ポスター賞が授与された。



ポスター発表会場の様子

3 授賞式・受賞講演

学会賞を除く各賞の受賞講演は，関連する分野の講演会場で実施した。各賞の受賞者（連名の場合は講演者）は以下の通りである。技術功績賞の喜多純一氏，中川公一氏，奨励賞の有馬彰秀氏，井上賢一氏，砂山博文氏，吉田将己氏，先端分析技術賞の渋谷亨司氏，八幡悟史氏，女性 Analyst 賞の森内隆代氏，リムリーワ氏，そして分析化学論文賞の河相優子氏，Daniel CITERRIO 氏

の 12 名の方々である。

一方，年会 2 日目の 9 月 15 日午後，岡山大学創立五十周年記念館金光ホールにおいて，各賞の授賞式，並びに学会賞受賞講演を行った。授賞式後，金田隆，黒田直敬氏，久本秀明氏（講演順に記載）による学会賞受賞講演を実施し，受賞講演への参加者は 140 名超で，ライブ配信での再生回数は 150 超であった。準備が遅れたため，授賞式のライブ配信が間に合わなかったことをお詫び申し上げる。一方で，学会賞受賞講演のライブ配信の再生回数は他の講演のライブ配信よりも極めて多く，参加者にとっては便利であったようだ。

4 付設展示会，ランチョンセミナー

ポスター会場と同じ会場で付設展示会（16 社＋学会誌展示 2）を実施した。ポスター会場は三日間とも盛況であったため，展示に訪れる参加者も多く，大変好評であった。ランチョンセミナーは 1 日目 3 件，2 日目，3 日目は 2 件ずつ開催した。朝 8 時 30 分から開始したチケット配布は，全日とも 30 分以内でなくなるほどの人気であった。Web サイトではバナー広告（8 社）を掲載した。期間中の総アクセス数（バナーのクリック数）は 663 件であった。

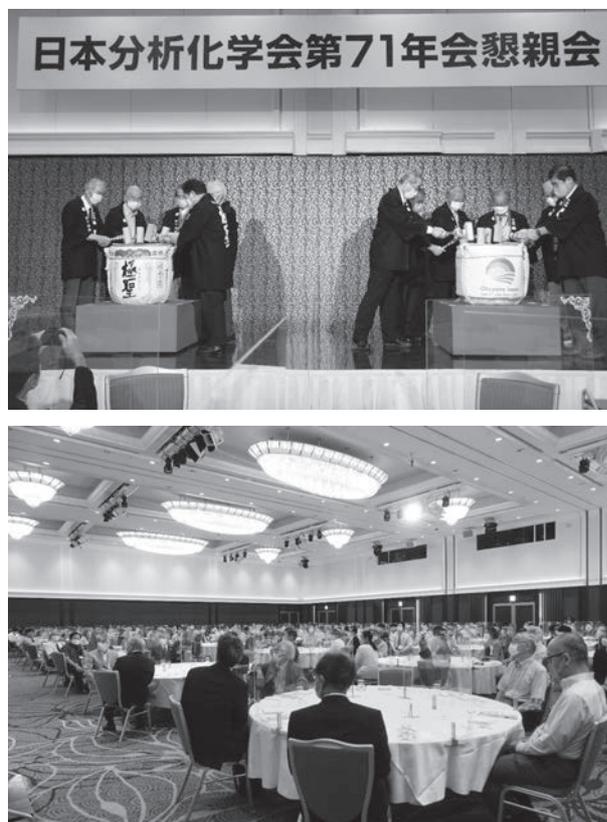
5 若手企画

今回も若手企画として，若手ポスター発表に対する審査と表彰を行った。この若手ポスターには，おおむね 30 才以下の学生会員と若手研究者による 181 件の発表が申し込まれた。初日は昼休みを挟んだ前後のセッションにて，また 2 日目には昼休み前のセッションにて行われた。若手の会を中心とした一般会員の審査員による厳正な審査の結果，全 20 名を若手ポスター賞に選出し，年会終了後に実行委員長名で賞状を郵送した。若手ポスター講演が非常に多かったため，審査員の方々には大変な苦勞があったものと推測される。若手ポスター賞の運営にご尽力いただいた若手研究者の方々にお礼申し上げたい。受賞者は以下の通りである（敬称略）：田中悠大（大阪公立大），竹歳初美（京工繊大），藤田航（山口大），鈴木洋平（京都大），西海豪祐（大阪公立大），中川実咲（慶応大），中田武志（京工繊大），福智魁（東工大），藤村泰地（九大），保住真成（埼玉大），川口真依（慶応大），吉井智夏（慶応大），木村梨子（福島大），横田優貴（富山大），小濱望（富山大），梅野智大（昭和薬科大），濱野裕希（宇都宮大），大塚靖正（東北大），福住奈那実（愛媛大），鈴木杏奈（慶応大）。

6 懇親会

2 日目の 9 月 15 日に行われた授賞式後，岡山駅前のホテルグランピア岡山にて，懇親会を開催した。第 82 回分析化学討論会に倣って，着席形式で各テーブルにア

クリル板を設置することで懇親会開催の決定に踏み切った。懇親会参加者数は256名と多くの方にご参加いただいた。懇親会では、実行委員長、早下隆士会長の挨拶に続き、岡山大学榎野博史学長、日本分析機器工業会中本晃会長にご挨拶いただいた。その後、中本会長、榎野学長、早下会長、並びに8名の名誉会員による鏡割り



鏡割りと着席形式での懇親会の様子

を行った。会の途中ではアトラクションとして、国の重要無形民俗文化財である岡山の備中神楽、大蛇退治の演舞が披露された。その後、2023年開催予定の第83回分析化学討論会実行委員長である遠田浩司氏（富山大）からスピーチがあった。また、2023年開催予定の第72年会の実行委員長である戸田敬氏（熊北大）からスピーチをいただいた。最後に、中国四国支部長の中山雅晴氏（山口大）から締め挨拶があり、盛会のうちに幕を閉じた。着席形式ではあったが、参加者はいろいろな方との再会を楽しんでいる様子が窺えた。

7 おわりに

本年会はいろいろな意味で「初めて」が多かった年会となりましたが、多くの方から喜びの声をいただき、現地開催してよかったと感じております。有料参加者数は1011名と、2年前に千葉大で対面で行われた第68年会の1119名の90%程度であったが、当初の予想以上に多くの方々のご参加を頂きました。中国四国地区の開催において、関東と同程度の参加登録をいただけたことは、多くの参加者が現地開催を望んでいることの表れだと思います。お陰様で、活発な議論が行われ、参加者の皆様にとって有意義な年会になったものと信じております。

末筆となりましたが、本年会の準備・運営にご協力いただいた実行委員の皆様、展示、広告等でご協力いただいた企業の皆様、そして何より年会にご参加いただいた会員の皆様に、あらためて深く感謝の意を表したいと思います。

〔岡山大学 金田 隆〕

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。

◇〒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〕



談 話 室

分析用語の表記ゆれ

日本語で論文を執筆している時、“pH メータ”と“pH メーター”を混同して書いてしまい、青色の二重線を引かれた経験のある方は多いのではないのでしょうか。

同じ文書の中で、同音・同義で使われるべき用語が異なって表記されることを“表記ゆれ”と言います。ただ、このような表記ゆれは、論文の内容にかかわるようなものではありませんし、校正の段階でチェックもしてくれるので、表記ゆれで非常に困ったことになったという方は少ないかと思います。一方、これまで論文で使っていた分析用語の定義や意味が変わってしまった場合、いわゆる“分析用語の表記ゆれ”が起きた場合は、単純な表記ゆれとはちょっと意味合いが変わってくると思います。

用語の定義や意味を変える理由は様々ですが、大まかには、国際的な基準に合わせた時、業界内での申し送りがあった時、お上からの通達があった時、時代の変化や情勢に合わせた時、単語の発音の仕方を変えた時、などが挙げられるでしょうか。例えば、野球のボールカウントを“ワンストライク、ツーボール”と言っていたのを“ツーボール、ワンストライク”に変えたのは、国際的な基準に合わせたものです（私はいまだにこの言い方にしっかりきていませんが）。また、宝飾ブランドの *Cartier* の呼称は“カルティエ”ですが、80年代まではフランス語の発音に近い“カルチェ”が一般的でした。これは、*Cartier* が日本法人を設立した際に“カルティエ”と呼称するようになり、宝飾業界もそれに倣ったためと言われています。宝飾や時計ブランドでは、このような呼称の変更がしばしばあります。

話題があちこちに逸れてしまいましたが、閑話休題、本題の分析用語の表記ゆれに話を戻します。

機器分析の名称は、英語の略称で表されることが多いですが、この際、略称の表記ゆれがしばしば起こります。例えば、エネルギー分散型蛍光 X 線分析は、Energy Dispersive X-Ray Fluorescence Spectrometry ですが、略称の表記ゆれとしては、EDX、EDS、EDXRF などがあり、論文によっては EDXRFs と表すこともあります。誘導結合プラズマ発光分光法の略称に ICP-AES (ICP-Atomic Emission Spectroscopy) と ICP-OES (ICP-Optical Emission Spectroscopy) があるのも同様の例かと思えます。

このような表記ゆれは、冒頭の“pH メータ”と“pH メーター”の表記ゆれとほぼ同じと言ってよいと思います。研究を始めて間もない頃は、こういった表記ゆれに混乱するかもしれませんが、あくまで名称の問題なので、慣れてしまえば自然と対応できるようになっていきます。一方、これからお話するような、年代の違いで用語が変わってしまった表記ゆれの場合、少し注意が必要になります。

同じサンプルを分析した時、他の値から著しくかけ離れた（と判定された）分析値を皆さんは何とよんでいるのでしょうか。私が学生の頃は、「そのような値は“異常値”である」と教えられ、当時の参考書にも“異常値”と明記されていました。一方、ここ数年で出版された参考書では、異常値ではなく“外れ値”と記載されています。JIS Z 8103「計測用語」でも、以前は異常値と外れ値の両方を併記していましたが、現在は“外れ値”のみが明記されています。英語では、著しくかけ離れたと判定された分析値は“outlier”なので、感覚的にも“外れ値”の方が適当なように思います。では、“異常値”という用語が全く使われなくなったかということそんなことはなく、実験者の測定ミスや記録ミス、サンプルの取り違いなど、明らかな誤りが確認された値を“異常値”とよぶようにしています。（ただし、JIS Z 8103「計測用語」及び JIS K 0211「分析化学用語（基礎部門）」の改訂版には、いずれも“異常値”という用語はありません）。

外れ値に関連した表記ゆれとして、分析値の信頼性に関する用語の変化をお話ししたいと思います。

分析値の信頼性を評価するための尺度は、大まかには 2 種類あります。一つは分析値の平均値と真値との差（かたより）、もう一つは分析値のばらつきです。分析値のばらつきは、今も昔も“精度（精密さ、precision）”という用語で表します。一方、分析値と真値とのかたよりを表す用語は、以前は“正確さ（accuracy）”でしたが、90年代後半から、正確さの代わりに“真度（trueness）”が用いられるようになりました。これだけなら、単に用語が変わっただけです。私も学生時代は、正確さと精度の区別がつきにくかったので、正確さを真度に代えることは、すんなりと受け入れることができました。ただここに、真度と精度の両者の総合概念を表すものとして、新たに“精確さ”という用語が定義されるようになりました。“正確さ”という用語が消え、読み方が同じで意味が違う“精確さ”という用語が新たに追加される…これだけでもちょっと混乱してしまいます。しかも、この“精確さ”に対応する英語に accuracy を使うようになったため、さらに混乱が生じるようになりました。

分析用語の表記ゆれで問題となるのは、書き手と読み手の間に認識のずれが生じることです。今後も、規格や公定法の改訂に伴って、今回のような分析用語の表記ゆれは起こりえます。規格や公定法の改訂頻度は異なりますが、自身の研究分野に関しては、定期的な情報のアップデートが必要になると思います。

最後に、表記ゆれでも何でもない話の一つ。分析化学の国際誌 *Analytica Chimica Acta* の“chimica”は、化学のイタリア語なので“キミカ”と読むのが正しいのですが、私はいまだに学生時代に誤読していた“シミカ”と言ってしまいます。もし、

私が学会等で“シミカ”と言っていたら、遠慮なく、読み方のゆれ（誤読）をご指摘ください。

〔麻布大学生命・環境科学部 中野和彦〕

インフォメーション

中国四国支部だより

日本分析化学会中国四国支部では、分析化学分野の学術交流や会員間の親睦を促進することを目的に、年中行事として以下の主催事業を実施しています。中国四国の各地区で定期的に講演会を行うとともに、支部全体の会員が交流する催しとして「中国四国支部分析化学若手セミナー」を持ち回りで開催しています。「中国四国支部分析化学若手セミナー」は、他の地区とは異なり、教授クラスの先生方も参加し、若手研究者や学生とともに大変活発な交流が行われております。

2020年からのコロナ感染防止対策により、様々なイベントが中止・延期になり、本地区でも若手セミナーだけでなく各種講習会も中止や延期が相次ぎ少し元気がなくなっている状況でした。しかし、先生方の熱意により2021年からリモートでの開催ではありますが、2021年3月に2021年度広島地区講演会・中国四国支部講演会（広島大院理学・石坂昌司先生）、同年6月に第27回中国四国支部分析化学若手セミナー（高知大理工・小崎大輔先生）が執り行われ、分析化学に関する先生や学生の発表をオンタイムで拝見することができました。

今年に入って、第28回中国四国支部分析化学若手セミナーを島根大自然科学・Edward G. Nagato先生と管原の2名を実行責任者として、リモートではありますが開催することができました。参加者は、学生37名、教員12名、一般2名となり、午前、ケンブリッジアイソトープ研究所のパリス・ニン博士（Cambridge Isotope Laboratories, Dr. Paris Ning）によるNMRを使った環境試料の分析に関する研究、島根大学のヘナンスヌータラパティ博士（Dr. Hemanth Noothalapati）によるラマン分光法等による生細胞イメージング解析に関する研究、島根大学の朴紫暎博士（Dr. Park Jayeong）による環境水中ケイ素の循環に関する研究について講演がありました。午後からは学生の発表が13件あり、A会場とB会場に分かれて講演が行われました。この学生講演では各会場から1名ずつ支部長賞が選出されました。A会場では次田宗平さん（徳島大院理工）が、B会場では藤田航さん（山口大院創成科学）が受賞されました。本賞の受賞を機に今後の活躍に期待します。おめでとうございます。

さらに、本年度、中国四国支部の大きなイベントとして岡山大学・金田隆先生が実行委員長として、日本分析化学会第71年会が2022年9月14日（水）～9月16日（金）の3日間、すべて対面で開催されました。コロナウィルスの感染者数が減少傾向であったとはいえ、その感染防止対策が続く中1000名以上の参加者があり盛況に終了しました。また、実行委員長の金田先生は今年度の日本分析化学学会賞を受賞され、学会運営と学会受賞と大車輪のご活躍でした。改めましてお祝いの詞を送

ると共に大変お疲れ様でした。年会の模様につきましては、改めて本誌にてご報告する予定です。

来年度は、コロナ感染防止対策がさらに緩和され、地区講演会や若手セミナーでの対面開催を復活させ、持続的な交流ができるような場を再構築できればと、支部会員一同願っております。

〔島根大学 管原庄吾、高知大学 森 勝伸〕

2022年液体クロマトグラフィー科学遺産認定

（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（LC懇）は、2018年度より「液体クロマトグラフィー科学遺産」の認定事業を開始し、5年目の本年は8月末日を期限として推薦公募を行った。期日までに提出された複数の推薦書につき、2022年液体クロマトグラフィー科学遺産認定委員会（9月12日）で審議した結果、寺田明孝氏（日本分光株）推薦の「高速液体クロマトグラフ TRI ROTAR シリーズ」（所有者：日本分光株）を液体クロマトグラフィー科学遺産第5号候補として選出した。2022年度LC懇第6回拡大運営委員会（9月29日）において、認定委員会委員長より上申された上記結果を審議し、これを承認した。

「液体クロマトグラフィー科学遺産」とは、その認定に関する規定第2条に、「日本における液体クロマトグラフィーの発展にとって、歴史的な観点から顕著な貢献があったと認められるものを指す」と定義されている。認定第5号となった「高速液体クロマトグラフ TRI ROTAR シリーズ」の認定理由の概要を以下に示す。

高速液体クロマトグラフ TRI ROTAR シリーズは、1976年に日本分光工業株（現 日本分光株）が上市した、世界初のトリプルヘッドレシプロ型的高速液体クロマトグラフィー（HPLC）用ポンプである。すなわち、小容量（50 μ L）の3つのポンプヘッドを120度角に配置することによって、斜板カムの回転を利用した一駆動系というシンプルな作動による送液を可能にした特徴をもつ（図1参照）。しかも、吸引と吐出を三相交流のように常時かつ同時に行うことができるため、常に途切れることなく吸引と吐出が行えることから、高い精度の送液を可能とした。当時はシリンジ型ポンプからレシプロ型ポンプに移行し始める潮流の中にあり、上記 TRI ROTAR はトリプルヘッドという画期的でユニークな発想と高い技術レベルによって開発されたものである。その性能は、高い定流量性能と低脈流及び最大の特長である、連続吸引、連続吐出を同じ波形で行える

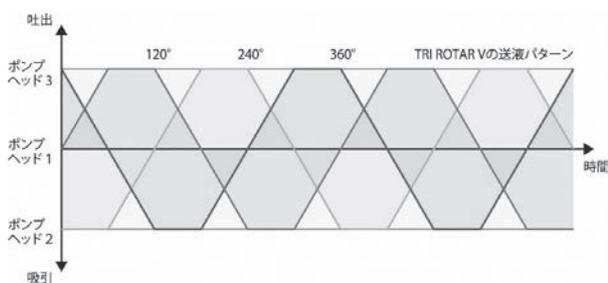


図1 TRI ROTAR Vの送液、吸引パターン

無限送液を可能としており、世界的な分析機器メーカー・デュポン社へ OEM 供給するなど、世界に日本の HPLC 用ポンプの技術の高さを示した。その後、TRI ROTAR-II (1979 年)、コンピューター制御の TRI ROTAR-III (1980 年)、これらのポンプを組み込んだシステムである TRI ROTAR SR-1 (1982 年) 及び TRI ROTAR SR-2 (1982 年) を経て、さらに小型化・省スペースを図った TRI ROTAR-V (1983 年)、TRI ROTAR-VI (1984 年) の上市へと続き、その技術を継承・発展させた。1982 年には、セミマイクロ HPLC 用として、TRI ROTAR と同じ 3 ヘッドを装備した FAMILIC-300 が上市されたが、本製品は米国工業技術専門紙のインダストリアル・リサーチ・アンド・デベロップメント誌が最先端技術と製品を表彰する技術賞の一つである I・R 100 の受賞に輝いた。

この種の動作原理を利用したポンプとしては TRI ROTAR が世界初であり、レシプロ型ポンプとしても従来のものより性能が格段に優れていた。シリーズ最終機である TRI ROTAR-VI においては、流量正確さとして、0.5 mL/min 以上では設定値の $\pm 1\%$ 、0.5 mL/min 以下では ± 0.008 mL/min、流量精密さとして、 $\pm 0.5\%$ または ± 0.003 mL/min のうち大きい方、という性能をもち、高速液体クロマトグラフの発展に大きく貢献した。さらに、シンプルな駆動系による高圧送液を実現させたことから、粒子径の小さな充填剤カラム、内径の細かいカラムを使用したセミマイクロ高速液体クロマトグラフへ発展させていく技術にも貢献した。

以上、概説したユニークな駆動原理とその歴史的な価値は、正しく液体クロマトグラフィー科学遺産に値するものと認定された。

なお、認定作業に当たったのは、以下の 10 名である (©印：委員長)：伊藤誠治 (東ソー)、榎本幹司 (栗田工業)、大塚克弘 (ムラタ計測器サービス)、橋田 規 (日本食品検査)、熊谷浩樹 (アジレント・テクノロジー)、小林宏資 (信和化工)、竹澤正明 (東レリサーチセンター)、©中村 洋 (東京理科大学)、西岡亮太 (住化分析センター)、三上博久 (島津総合サービス)。

[液体クロマトグラフィー研究懇談会・委員長 中村 洋]



2022 年度 CERI クロマトグラフィー分析賞

本賞は、(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 (LC 懇) が「液体クロマトグラフィーを利用した研究分野で優秀な研究成果を挙げた者に授与する」と規定する褒賞であり、(一財)化学物質評価研究機構 (Chemicals Evaluation and Research Institute, Japan, CERI) の協力を得て 2018 年度より運用を開始している。2022 年度は、本年 8 月末日を期限として候補者の推薦公募を行った。期日までに提出された候補者の推薦理由書、研究業績等を基に、選考委員会 (2022 年 9 月 10 日) で審議した結果、特定非営利活動法人病態解析研究所所属の岡橋美貴子氏 (推薦者：特定非営利活動法人病態解析研究所・星野忠夫氏) を授賞候補者として選出した。2022 年度液体クロマトグラフィー研究懇談会第 6 回拡大運営委員会 (9 月 29 日) において、選考委員長より上申された上記結果を協

議した結果、岡橋氏への授賞が正式に承認された。岡橋氏の研究業績名は、「糖尿病管理指標の測定法開発と維持管理に関わる研究」である。以下、授賞の対象となった研究業績等の概要を紹介する。

1. HbA1c 測定法の開発と標準化への活用

1.1 安定型 HbA1c 日常測定法 (KO40 法) の開発

HbA1c は、糖尿病の診断や治療における指標で、1980 年代に HPLC による専用装置が発売されたことにより臨床で広く使われるようになったが、測定値の装置間差が大きいという問題があった。その原因の一つとして、専用装置では安定型 HbA1c と不安定型 HbA1c の分離が不十分であることが指摘されていた。KO40 法では、スルホプロピル基を有する非多孔性陽イオン交換カラム TSKgel SP-NPR (内径 4.6 mm、長さ 35 mm、東ソー) を用い、4 分で安定型 HbA1c と不安定型 HbA1c を良好に分離することに成功した。分析時間の短縮により、多検体の信頼性ある安定型 HbA1c の測定が可能となり、臨床現場における装置間差の評価、糖尿病スクリーニング法の検討など臨床研究において多くの成果を挙げることができた。

1.2 安定型 HbA1c 基準測定法の維持管理

所属研究室において、安定型 HbA1c の更なる良好分離を目的として、KO40 法と同じ充填剤で長さを 100 mm としたカラムを用い、50 分で安定型 HbA1c を単離測定する KO500 法が開発された。岡橋氏は、KO500 法の性能評価、実用化への検討を行い、その結果 KO500 法は、日本臨床化学会および日本糖尿病学会の議を経て、本邦の HbA1c 標準化における実用基準測定法として活用されるに至った。現在、KO500 法は 7 つの基準測定施設で運用されており、岡橋氏は、その維持管理に携わり、整合性の確認、各施設測定者への教育等を行っている。

1.3 HbA1c の標準化活動

岡橋氏は、「日本臨床化学会糖尿病関連指標専門委員会」、「日本糖尿病学会糖尿病関連検査の標準化に関する委員会」、「臨床検査基準測定機構 (JRMJ)」の委員として HbA1c の標準化活動に携っている。現在、測定法間差および施設間差のない標準化された HbA1c 値が得られるようになったが、その標準化に分離分析分野から貢献した。

2. LC/MS を用いたグリコアルブミン (GA) 測定法の開発と標準化活動

LC/MS を用いた GA 測定法の開発を行った。GA は糖尿病関連指標であり、日常測定法としてポロン酸アフィニティーによる HPLC 法や酵素法が提供されているが、いずれも化学量に裏付けられた標準物質による校正がなされていなかった。そこで、基準測定法として対応できるような測定値に化学量論的裏付けを持つ測定法の開発を行った。GA の主たる糖結合部位がアルブミンの 525 位の Lys であることを確認し、525 位を含む合成ペプチド (糖化ペプチド、非糖化ペプチド) を校正物質とし、LC/MS を用いるペプチドマッピング法を測定手技とし、測定値を SI 単位系で表示する GA 測定を可能とした。また、「日本臨床化学会糖尿病関連指標専門委員会」の「GA の標準化プロジェクト」に参加し、分離分析分野から標準化に貢

献している。

3. 液体クロマトグラフィー研究懇談会への貢献

岡橋氏は、1993年に本研究懇談会の運営委員長に就任し、会計、監査、褒章小委員会の小委員長、分析士筆耕部会長を務め、会の運営円滑化業務支援を行ってきた。また、LC- & LC/MS-DAYs、LC & LC/MSテクノプラザ、書籍出版などを通して、会の活動に長年に渡り貢献してきた。

以上、岡橋美貴子氏の業績は、学術的貢献；糖尿病管理指標グリコヘモグロビン（HbA1c）の分析法・維持管理・実用標準化、及び、生体成分の試料前処理と分離分析法の開発など、②教育的貢献；書籍・研修会などの当該懇談会事業を通じての解説など、③社会的貢献；当該懇談会の運営円滑化業務支援、及び、臨床検査基準測定機構（JRMID）での糖尿病血糖管理事業支援などと多岐に渡っている。このように、岡橋美貴子氏は分離分析の実用標準化の先導的先駆者で、本研究懇談会に長年に渡る貢献者でもあり、CERIクロマトグラフィー分析賞授賞に誠に相応しい人物と評価された。

〔液体クロマトグラフィー研究懇談会・委員長 中村 洋〕



2023年液体クロマトグラフィー努力賞

標記努力賞は1995年、液体クロマトグラフィー研究懇談会に制定された若手・中堅会員に対する褒賞制度であり、「液体クロマトグラフィーに関する研究・技術が独創的であり、将来を期待される研究者・技術者が受賞の対象」とされている。今回は2022年9月末日を期日として推薦を募った。2022年10月1日より開催された標記授賞候補者選考委員会において協議した結果、三菱ケミカル(株)所属の前中佑太氏（推薦者：三上博久氏、(株)島津総合サービス）を授賞候補者に決定した。この結果を運営委員会（10月3日）に上申・協議した結果、前中氏への授賞を正式に決定した。研究業績名は「架橋高分子のグラフト鎖解析技術の開発」である。前中氏への授賞対象となった研究業績の概要を、以下に紹介する。

1. 架橋高分子グラフト鎖の可溶化手法及びGPECによる組成成分の評価手法の開発

合成高分子のうち架橋高分子のグラフト鎖は、その長さや樹脂組成によって製品物性に影響を及ぼすことから、詳細なグラフト鎖解析は非常に重要である。一方で、架橋高分子は溶剤に不溶であることから、サイズ排除クロマトグラフィー（SEC）を用いた分子量分布測定やNMRを用いた組成分析が難しい。

前中氏は、グラフト鎖を評価する手法として、機械的な破碎による分解に着目し、可溶化技術について種々検討を行った。その結果、高分子を破碎することにより可溶化した成分は、グラフト鎖を反映した分子量、組成を有することが分かり、前処理方法に一定の効果があることを明らかにした。

次に、可溶化した成分の評価手法として、グラジエントポリマー溶出クロマトグラフィー（gradient polymer elution chromatography, GPEC）を取り入れた分析方法について検討を行った。その結果、GPECによる分析方法を用いることにより、

従来NMRでは確認できなかった組成分布を評価することが可能となった。本手法は、化学結合に依らない前処理方法であることから、種々の架橋高分子分析に広く応用できる可能性があることを明らかにした。

以上、前中氏は架橋高分子を可溶化させる有効な手法の開発に成功したが、さらにGPECを取り入れた分析手法を開発することにより、LC分析の可能性を大きく広げる成果を挙げた。この業績は、高分子解析手法として高く評価できるものである。

2. 液体クロマトグラフィー研究懇談会への貢献

前中氏は2020年4月、運営委員心得として本研究懇談会の役員に就任し、1年間の運営実務を経験した後、現在も事業委員として他学協会との窓口として精力的な活動を行っている。また、前中氏は合成高分子化学の専門家であり、LCはもちろんのこと、GC、MS、さらにはNMR、ESR、FT-IRなどを用いた分析法、解析技術に広く通じているため、本研究懇談会においては貴重な存在であり、今後一層の活躍が期待できる逸材としての評価が高い。

前中佑太氏のこのような研究業績と誠実な活動内容は、液体クロマトグラフィー努力賞授賞に誠に相応しく、今後の関連技術発展への貢献にも大いに期待が持てる。以上、同氏の実績とポテンシャルは、2023年液体クロマトグラフィー努力賞授賞に値するものと高く評価された。

〔液体クロマトグラフィー研究懇談会・委員長 中村 洋〕



第375回液体クロマトグラフィー研究懇談会

2022年9月29日（木）13時より「タンパク質同定のための質量分析」（オーガナイザー：筆者）を講演主題としZoomウェビナー形式にて開催。ワクチン開発をはじめプロテオミクス分野は年々活発化してきている。例会主題では久しい「質量分析を用いたタンパク質同定」にフォーカスをあてることで、手法を身近に感じ、研究の導入ハードルを越えてもらいたい思いがあり今回の主題を設定した。講演は総括含め6題。前半はプロテオミクスの基礎とカラムカスタマイズを、後半はアカデミック分野でのクロスリンクMS研究例や今後期待されるメガダルトンクラスのNative MS分析についてご講演いただいた。計31名のご参加があった。

1. プロテオーム解析の基礎と新技術による発展

（Thermo Fisher Scientific (株) 渡邊史生氏）

ペプチドを分離しながら連続的に検出・同定を行うショットガンプロテオミクスが一般的だが、昨今では質量分析装置の発展により、1時間程度の分析データから数千を超えるタンパク質を一度に同定することが可能となった。タンパク質同定の原理と基礎手技のお話を導入に、定量プロテオミクス分野を加速させる、パワフルかつ取りこぼし低減、最新ディープレーニング技術を搭載した質量分析装置・解析アプリケーションのご紹介があった。質量分析法はここまで進歩したか、と感銘を受けるとご講演をいただいた。

2. メタルフリーカラムを用いたタンパク質分析

(一財)化学物質評価研究機構 坂牧 寛氏)

タンパク質の翻訳後修飾の中でもリン酸化は調節機能に大きく関与するが、質量分析でのリン酸化部位同定を行う際、リン酸化ペプチドの金属配位によるカラム吸着が起り、分析操作に工夫が要求されることがある。その問題点を解決すべく開発されたメタルフリーカラムのご紹介とシステム最適化についてご講演いただいた。テーリング及びキャリーオーバーの低減、ピーク形状改善、アルカリ性溶離液（アンモニア）との相性も良好でリン酸化ペプチドの好感度検出に有効であるとのこと。ステンレスカラムのセカンドオピニオンとして頼りになるご講演をいただいた。

3. タンパク質分析におけるモノリスシリカキャピラリーカラムの利用

(信和化工㈱ 小林宏資氏)

モノリスシリカキャピラリーカラム開発を進める該社は、タンパク質医薬品分析分野で利用されるトップダウン法に取り組んでいる。対する、タンパク質の構造解析の主流であるボトムアップ法と合わせて解説いただいた。高分解能モノリスシリカキャピラリーカラムを用いた細胞内全タンパク質一斉分析及び自動化については、高塩濃度及び界面活性剤含有サンプルに対しオンライン精製を可能にする「トラップ&エリユートシステム」を開発し現在最適化プロトコル策定を進めているとのこと発表があった。斬新なアイデアで、試してみたくなるご講演をいただいた。

4. クロスリンク MS 法を利用したタンパク質複合体の相互作用領域マッピング

(東京大学定量生命科学研究所 根岸瑠美氏)

クロスリンク質量分析法は、タンパク質に化学的架橋を施しタンパク質複合体の相互作用部位のアミノ酸配列を LC-MS/MS によって同定する手法である。架橋剤、分画、前処理、トラップカラム、分離カラム、解析アプリケーション、と、すべてのステップにおいて選択・最適化が要求される。綿密な研究により進められた、ヌクレオソーム内ヒストンにおける相互作用部位同定の研究成果をご発表いただいた。タンパク質複合体は分子量サイズや極性が多様であり、目的産物を捉える分離カラムとの相性についてのお話もあった。また、質量分析が主役となるには架橋剤進歩も欠かせないという示唆もあった。

5. タンパク質複合体の質量分析：Native MS

(日本ウォーターズ㈱ 寺崎真樹氏)

溶液中の生理学的またはネイティブな状態でのインタクト質量分析が必要となる場合がある。一般的な LC-MS の条件では、ほとんどのタンパク質が変性し非共有結合が解離する。Native MS では溶液から気相まで非共有結合性相互作用を保持することができ、タンパク質は変性状態よりも電荷が少なく、高い m/z でスペクトルが得られるため、スペクトル干渉が大幅に減少するという利点がある。今後期待される Native MS 手法とそのアプリケーション例をご紹介いただいた。従来の質量分析では分析が困難であった細胞および遺伝子治療で使用されるよう

な非常に大きな (10^6 Da オーバー) タンパク質およびタンパク質複合体の分析を可能にする電荷検出質量分析法 (CDMS) についても解説があり、将来性を感じるご講演をいただいた。

6. 総括：タンパク質同定のための質量分析

(東京理科大学 中村 洋委員長)

各講演者に対して質疑やアドバイスをされた。さらに、今年発足の LC シニアクラブや、発行図書、開催イベント等の紹介があった。

今回は序盤でネットワーク不具合が発生し、講師順繰り上げ・休憩短縮等対応を行った。関係者のご協力によりスムーズな進行ができ、無事に例会を終える事ができた。講演終了後には、講師を囲み計 9 名の参加にてリモート情報交換会が行われた。例会初参加者を歓迎し、実験相談やアイデアを交わし、終始和やかな懇親が行われた。

最後に、本研究懇談会で講師を引き受けてくださいました皆様に深く感謝申し上げます。

[オーガナイザー：農研機構 高橋亜紀子]



高分子分析研究懇談会第 411 回例会

高分子分析研究懇談会第 411 回例会が 2022 年 9 月 1 日に Web 形式で開催された。プログラムは 2 件の講演と 1 件の職場紹介及び、演者 3 名の部屋に別れて参加者同士の交流と意見交換を目的としたブレイクアウトセッションの構成で、50 名の参加があった。

最初に、菅沼こと運営委員長 (帝人㈱) より開会の挨拶があり、本懇談会の今後の予定も紹介された。引き続き、細谷 肇先生 (群馬県立群馬産業技術センター) による招待講演が行われた。演題は「いろいろ使える、AI 検査と現場への導入方法について」で、最初に AI (人工知能) のソフトを導入し、企業で要望のあった目視検査への有効性、実用化に向けてロボットとの連携の検討を経て製造現場で使用可能と判断した経緯について紹介があった。AI の歴史と Deep Learning の基礎と最近の進歩に関して概説された後に、具体的な事例として、OCR によるラベル印字の検査や X 線検査など種々の検査方法、導入効果と食品業界の動向、さらに導入する際の検討項目の詳細について動画を交えて紹介があった。全職員 AI 人材化として AI を知ってもらう教育の必要性にもついて説明があり、いかに AI 検査を現場へ導入するのか、その手法についての分かりやすい有意義な講演内容であった。

次に、受賞講演として第 26 回高分子分析討論会ポスター賞を受賞された若手の前山未来様 (㈱豊田中央研究所) に演題「カーボン材料によるラマンスペクトルの蛍光低減」で講演があり、ラマン分光の歴史と基礎的な原理の説明に続いて代表的な解析事例として概説があり、引き続きラマン分光の課題として蛍光成分が存在する場合の蛍光発光によるスペクトル妨害について、従来の解決法と合わせて紹介された。本題であるカーボン材料による蛍光低減については、カーボン材料の比較検討により、ケッチェンブラックが蛍光を 10 分の 1 にする低減効果が高いことが紹介された。そのメカニズムとしては、吸光係

数が高く試料に混ぜ込むことによりレーザー光を吸収し、ブリーチングされる部分より深部の蛍光を吸収することで蛍光強度が減少するとの説明があった。最後に応用例としてエポキシ樹脂の劣化由来の蛍光の低減によりエポキシ樹脂の硬化度解析が可能になった事例の紹介があり、質疑応答も活発に行われた。

職場紹介は小林奈津美（㈱ ENEOS マテリアル）から、㈱ ENEOS マテリアルは2022年4月にJSR ㈱からエラストマー部門が事業分割されて発足した会社で、合成ゴム、熱可塑性エラストマー、ラテックスなどの研究開発、製造を行っている。概要の紹介があった。さらに、タイヤに利用される溶液重合ポリスチレンブタジエンゴム（SSBR）を中心に乳化重合ポリスチレンブタジエンゴム（ESBR）などとの製品の特徴を比較して分かりやすく紹介された。

最後のブレイクアウトセッションでは、講演者3名の部屋に別れて、質疑応答、意見交換など会員間の積極的な交流の機会として活用され、有意義な時間になった。

〔理化学研究所 越野広雪〕



第26回液体クロマトグラフィー研究懇談会 特別講演会・見学会

液体クロマトグラフィー研究懇談会では、2022年9月30日（金）、㈱日立ハイテクサイエンス サイエンスソリューションラボ東京（中央区新富町）において、第26回特別講演会・見学会を開催した。本見学会は、液体クロマトグラフィー研究懇談会会員が企業や大学、官公庁を見学することにより、液体クロマトグラフィーの将来像を模索していくこと、特に見学先との情報交換などを通じて液体クロマトグラフィーに限らず幅広い分野の知見を得ることを目的としている。なお、本見学会は当初、2020年5月に開催予定であったが、新型コロナウイルス感染症の拡大により延期されていた。今回、感染者数が減少傾向であること、並びに感染防止対策を徹底することにより、約2年越しに開催されることとなった。参加者は14名であった。

中村 洋委員長（東京理科大学）の挨拶の後、岩佐真行氏（㈱日立ハイテクサイエンス アプリケーション開発センタ センタ長）より、日立ハイテクサイエンスの紹介があった。日



写真 見学会の集合写真

立ハイテクサイエンスは日立ハイテクグループの分析計測装置メーカーとして、表面分析、元素/物性分析、分光/分離分析の分野で様々な製品をラインアップしており、『加工して、「見る・測る・分析する』を可能にし、科学と社会の発展に貢献できるよう努めているとの紹介があった。製造拠点の富士小山事業所（静岡県）と那珂事業所（茨城県）の概要や、各製品のアプリケーションの紹介があり、日立ハイテクサイエンスのことがよく分かる講演であった。

その後、サイエンスソリューションラボ東京のデモルームの見学会を実施した。デモルームでは製品ごとに分かれて複数の装置が設置されている。液体クロマトグラフィーをはじめ、原子吸光度計、分光光度計、熱分析装置などについて、各装置担当者がそれぞれの装置を説明した。装置によっては具体的にサンプルを測定しながら説明を行うことで、各装置の特徴について理解を深めていただくことができたと思われる。

見学会の後、特別講演として、伊藤正人氏（㈱日立ハイテクサイエンス FS 第二設計部）より「UHPLCに関する感度性能の可視化」と題した講演がなされた。UHPLCの感度性能に関する因子は2種類あり、一方はカラム断面積を縮小するセミマイクロ化と、他方、新たに感度指標として高長積 Σ を紹介した。高長積 Σ は分離特性の理論段数と相反関係にあり、高長積 Σ を改良するために充填剤の微細化とそれに伴う圧力の印加が不可欠である。

次に筆者より、「日立ハイテクサイエンスの横断アプリケーション」と題した講演がなされた。横断アプリケーションとはある産業分野において、各種分析装置を用いた横断的なアプリケーションを紹介するものである。今回はプラスチック資源循環における課題と分析事例として、液体クロマトグラフや示差走査熱量計、加熱脱離質量分析計などを用いてリサイクルポリプロピレンの評価や、プラスチックの劣化解析などの事例を紹介した。分析装置や分析法を提案することにより資源循環に関する課題を共有し、新たなソリューションの協創に取り組んでいくという説明があった。

次に中山 聡氏（味の素㈱バイオ・ファイン研究所）より「アミノ酸分析における誘導体化法の使い分け」と題して講演がなされた。アミノ酸分析には誘導体化法としてプレカラム法とポストカラム法がある。プレカラム法はシステム構成が単純で、比較的分析時間が短い分析法であるが、夾雑物の影響を受けやすい。一方、ポストカラム法は反応ポンプなどが必要になるなどシステム構成は複雑だが、夾雑物の影響を受けにくく、なおかつ再現性に非常に優れているといった説明があった。一つ難点は分析条件の設定が複雑で、条件検討にはかなりのノウハウが必要であるということであった。

見学会終了後、場所を変更して情報交換会を開催した。液体クロマトグラフィーに加え、さまざまな分野の話題で、活況な情報交換が行われた。

最後になりましたが、今回の見学会の準備、運営をご支援いただいた皆様に深く感謝いたします。

〔㈱日立ハイテクサイエンス

アプリケーション開発センタ 清水克敏〕



第 374 回液体クロマトグラフィー研究懇談会

2022 年 9 月 14 日 (水)~16 日 (金) に日本分析化学会第 71 年会が岡山大学津島キャンパスで開催され、標記懇談会が 15 日の 10.15~10.45 に液体クロマトグラフィー研究懇談会特別講演として開催された。座長は筆者が務め、伊藤誠治氏 (東ソー株) が「液体クロマトグラフィーによる核酸医薬品の分離技術の進歩」のタイトルで講演された。

核酸医薬品の原料となるオリゴヌクレオチドは化学合成によって得られるが、その収量確認や純度確認、不純物同定等の品質管理において、HPLC は不可欠な手法の一つである。さらに、精製段階においても、条件設定の容易さと処理量の多さから分取 LC が多用されている。本講演では、HPLC の種々の分離モードを用いたオリゴヌクレオチド分析の検討事例と分取 LC を用いた精製法について発表が行われた。

まず、精密分離を目的とした各分離モードによる分離例が紹介された。検出器として MS が多用されており、その場合、分離モードとして、IP-RPC (イオン対逆相クロマトグラフィー) が最も広く用いられるとの説明があった。検出感度及び回収率の点で優れている HFIP 及び TEA を添加剤とした移動相を用いる分析条件 (通称 Golden method) が主流であるが、コスト面や分離選択性において課題があり、それらの課題の解決を目的として、最近では、低コストのフッ素系溶媒や鎖長の異なるアルキルアミンを用いた分析条件も提案されているとのことであった。さらに、イオン対試薬を使用しない分離モードとして、RPC とは異なる分離機構である HILIC (親水性相互作用クロマトグラフィー) も注目されているとの説明があった。移動相組成に起因する ESI でのイオン化効率の高さに加え、RPC とは異なる選択性が得られることから、RPC の補完的な分析条件として用途が拡大しているとのことであった。一方、異性体や同族体の分離能に優れる IEC (イオン交換クロマトグラフィー) は、高塩濃度の移動相を使用することから、MS への直接導入は困難であるが、脱塩を兼ねる RPC と組み合わせた 2D-LC システムにより、オンラインでの MS 検出も可能になるとの説明があった。最近では、非多孔性充填剤の使用や微粒化、及び官能基の導入法の変更 (グラフト型、表面修飾型) により、高理論段で高回収率、高分離の条件が確立されているとのことであった。また、SEC (サイズ排除クロマトグラフィー) は、分子サイズを反映したプロファイルが得られる利点を有しており、細孔分布の最適化と微粒化により分離能の向上が図られているとのことであった。

次に、分取 LC に関する説明が行われ、オリゴヌクレオチドが変性を受け難く回収率が高い特長を有する IEC や HIC (疎水クロマトグラフィー) が多用されているとの説明があった。特に、HIC は、有機溶媒を使用せずに RPC と同様の疎水性に基づく分離が可能であることから、精製段階において広く用いられているとのことである。また、HIC と IEC を組み合わせることで、高純度かつ高回収率の精製プロセスが実現され、多用されているとも報告された。

このように、液体クロマトグラフィーは、オリゴヌクレオチドの精密分離から分取精製において不可欠な手段となっていることが示され、今後も、さらなる用途拡大と発展が期待される

とのことであった。

第 68 年会 (2019 年、千葉大学) 以降、各研究懇談会主催の講演の時間は、1 時間から 30 分間に短縮されている。毎月の例会における講演時間とほぼ同じ時間ではあるが、通常の例会とは異なる詳細な発表や白熱した質疑応答を行う上では、多少短すぎるとの印象を受けた。今年の年会は、3 年ぶりに現地開催によって実施され、金田 隆実行委員長の頑張りにより約 1,200 名の参加登録があり、各会場ともに、コロナ禍以前を彷彿とされるような熱気に包まれていた。来年以降も、同等以上の規模で開催され、学会のさらなる発展に繋がることを祈念する。

[LC 研究懇談会委員長 東京理科大学 中村 洋]



第 376 回液体クロマトグラフィー研究懇談会

標記研究懇談会例会が、2022 年 10 月 20 日 (木) にオンラインで開催された。「食品分析における LC、LC/MS の基礎から最新技術まで」が講演主題とされた。食品の機能性・安全衛生を担保するには LC、LC/MS が重要な役割を果たしている。今回は、簡便・迅速に定量するための技術の開発に焦点を置き、現状の進展を講演いただいた。6 題の講演が行われ、参加者は 34 名であった。以下に講演内容を概説する。

1 題目は、日本ウォーターズの島崎裕紀氏から「食品に含まれる農薬・医薬品の前処理および分析法の検討」の講演が行われた。食品中の残留農薬・動物用医薬品の分析には、多種のマトリックスの除去が不可欠であり、しかも簡便化が求められている。固相抽出法の原理を分かりやすく解説後、疎水性の分析種の前処理である QuEChERS 法、高極性の分析種の前処理である QuPPe 法の説明があった。後者の LC 分離では、HILIC カラムの使用が有効であるとのことであった。

2 題目は、アジレント・テクノロジーの城代 航氏から「食品中の PFASs 分析に適したサンプル前処理と LC/MS システムのご紹介」の講演が行われた。前処理の基本は QuEChERS 法であるが、脂質の除去には、疎水性相互作用とサイズ排除の両方を期待できる新たな固相抽出剤の紹介があった。PFASs は実験環境中にも微量に存在するため、実験器具の取扱や、フッ素剤フリーの LC/MS システムの説明があった。

3 題目は、日本食品検査の橘田 規氏から「LC-MS/MS を用いた対 EU 輸出二枚貝の麻痺性貝毒分析」の講演が行われた。二枚貝に毒素が蓄積される経緯、標準物質の管理の難しさについて紹介があった。麻痺性貝毒従来の生物試験法から、プレカラム誘導体化 HPLC 法、今回の LC-MS/MS 法に移行する経緯についての説明があった。

4 題目は、分析化学会関東支部参与の望月直樹氏から「ビフェニルカラムを用いた紅茶機能性成分の LC-MS/MS 分析」の講演が行われた。茶類のカテキン類と、発酵工程で生じるテアフラビン類の経路の紹介があった。多種のカテキン類、テアフラビン類を高感度に一斉分析するため、従来の C18 カラムではなく、ビフェニルカラムを用いた LC-MS/MS 分析法の説明があった。市販製品の分析例の紹介もあり、大変興味深い講演であった。

5 題目は、筆者から「相対モル感度法を用いたウコン中の機能性成分の分析」の講演が行われた。NMR と LC を用いて、内標準物質と分析種の相対モル感度を導出しておくと、未知試料の分析では、内標準物質の添加により分析種の定量が可能であるとの説明があった。ウコン含有の市販製品について、相対モル法と絶対検量線法の比較の説明があった。

最後に、東京理科大学の中村 洋委員長から「食品分析における LC、LC/MS の基礎から最新技術まで」の総括が行われた。各講演のポイントを整理され、要点や疑問点などを各演者に順次質問する Q&A 形式で進められた。この総括により、

参加者は各講演に対して復習ができ、理解が一層深まったものと思われた。

講演終了後、講師を囲んでの情報交換会がオンラインで開催され、参加者は 9 名であった。参加者の近況報告や対面開催の見込みなど、和やかな雰囲気では話が進み、深く親睦が図れた。

最後に、本例会での講演を快くお引き受けいただいた講師の皆様、オンライン開催の準備・運営にご尽力いただいた Web 対応小委員会の皆様に深く感謝申し上げます。

〔ハウス食品グループ本社㈱〕 神山和夫

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〕

執筆者のプロフィール

(とびら)

菅沼こと (Koto SUGANUMA)

帝人株式会社 (〒191-8512 東京都日野市旭が丘 4-3-2). 東京農工大学大学院工学府生命工学専攻博士後期課程修了. 博士 (工学). 《現在の研究テーマ》NMR を用いた高分子材料の構造解析. 《趣味》旅行.

E-mail : ko.suganuma@teijin.co.jp

(ミニファイル)

川上貴教 (Takanori KAWAKAMI)

北海道大学安全衛生本部 (〒060-0808 北海道札幌市北区北 8 条西 5 丁目). 茨城大学大学院理工学研究科博士後期課程修了. 博士 (工学). 公害防止管理者 (水質 1 種, 大気 1 種, ダイオキシン, 騒音・振動), 特別管理産業廃棄物管理責任者 (一般特管, 医療特管), 労働衛生コンサルタント (労働衛生工学). 《現在の研究テーマ》大学等における安全衛生管理と化学物質管理. 《主な著書》“食品衛生検査指針化学編 2015 (分担: 第 14 章 実験室廃棄物の取扱い)”, (日本食品衛生

協会), (2015). 《趣味》40 代半ばから始めたスキー, 住まいのカビ退治, 地方ニュース動画のチェック.

E-mail : anzen-sc@general.hokudai.ac.jp

(トビックス)

濱崎保則 (Yasunori HAMAZAKI)

株式会社太田胃散筑波研究所 (〒300-1231 茨城県牛久市猪子町 957 番地). 昭和大学大学院薬学研究科生体分析化学部門. 昭和大学大学院薬学研究科博士前期課程修了, 昭和大学大学院薬学研究科博士後期課程在学. 薬学修士, 薬剤師. 《現在の研究テーマ》蛍光指紋分析法及び DART-MS を用いた生薬の分析. 《趣味》読書, スノーボード, 旅行.

水野佑紀 (Yuki MIZUNO)

東京大学大学院医学系研究科国際保健学専攻人類生態学教室 (〒113-0033 東京都文京区本郷 7-3-1 東京大学医学部 3 号館別棟). 東京大学大学院医学系研究科国際保健学専攻博士後期課程修了. 博士 (保健学). 《現在の研究テーマ》ヒト生体試料中化学物質のノンターゲット分析法の確立. 《趣味》テレビド

ラマ鑑賞.

E-mail : mizuno@humeco.m.u-tokyo.ac.jp

(リレーエッセイ)

大坂一生 (Issey OSAKA)

富山県立大学工学部医薬品工学科 (〒939-0398 富山県射水市黒河 5180). 関西大学大学院博士後期課程. 博士 (工学).

E-mail : o-issey@pu-toyama.ac.jp

(ロータリー・談話室)

中野和彦 (Kazuhiko NAKANO)

麻布大学生命・環境科学部環境科学科 (〒252-5201 神奈川県相模原市中央区淵野辺 1-17-71). 明治大学大学院理工学研究科工業化学専攻博士後期課程修了. 博士 (工学). 《現在の研究テーマ》蛍光 X 線分析法による環境試料の新規分析手法の開発. 《主な著書》“蛍光 X 線分析の実際 (第 2 版)”, 「第 7 章 標準物質」, (分担執筆), pp120-128, (中井泉編), (朝倉書店), (2016)). 《趣味》時計, 献血.

E-mail : k-nakano@azabu-u.ac.jp

『ぶんせき』再録集 vol. 1 出版のお知らせ

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

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

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

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

分析化学

第 71 卷第 12 号
2022 年 12 月

特集：未来を拓く分析化学～環境・資源・医療・食料問題等への挑戦

目 次

「第 82 回討論会特集論文」特集号の刊行にあたって	鈴木彌生子	623
分析化学総説		
^{135}Cs 濃度と $^{135}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ 同位体比の測定の最近の動向	島田亜佐子	625
総合論文		
X 線非弾性散乱による液体のダイナミクス研究	吉田亨次	635
報 文 (若手初論文)		
安定同位体比解析及び SDS-PAGE によるパスタの原料原産地判別技術の検討 三浦雄也・飯島 賢・山川宏人・中本悠貴・ 原田義孝・平尾栄志・鈴木彌生子・佐藤里絵		645
<hr/>		
総合論文		
生物試料中のアミノ酸の窒素安定同位体比及び放射性炭素濃度測定	石川尚人	653
報 文		
パルス動的圧縮-IR による高分子フィルム材料の分子構造ダイナミクスの解析 —ポリカーボネート及びポリメチルメタクリレートフィルムの 動的圧縮過程の相違—	西川雄司・伊藤博人	663
技術論文 (若手初論文)		
焼却灰溶出液中の六価クロムの定量における水酸化鉄(III) 共沈時の pH の影響 政井咲更美・門木秀幸・有田雅一		679
ノ ー ト (若手初論文)		
ジプロモアントラセンの結晶構造と NMR 緩和現象の関係 三影昇平・神谷奈津美・小泉俊雄・浅野敦志		687
「分析化学」編集委員会特集“ウェルネスに貢献する分析化学”の論文募集		693
「分析化学」年間特集“流”の論文募集		694
“第 22 回若手研究者の初論文特集”募集のお知らせ		696
テンプレートによる投稿要領		697
「分析化学」に投稿される皆様へ		698

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

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

- ◇2022年も終わろうとしている年の瀬ですが、「師走」という字のごとく会員諸氏にもお忙しい日々をお過ごしかと推察します。編集委員会でも任期を全うし卒業される予定の委員各位が後釜を探し回るシーズンです。本年は、本誌の電子化があり、また編集システムである ScholarOne の導入があり、新委員への引き継ぎが難しいかもしれないと、杞憂ですね。
- ◇本会の行事もオンラインからオンサイト（対面）にだいぶ戻ってきたようです。討論会や年会、また各支部の行事でも対面を含んだハイブリッドを活用しているものが散見されます。討論会で初めて試みられた口頭発表会場のストリーミング配信では、休憩室で複数会場を聴講という強者もいたと聞き及びました。「とびら」で触れている変化の受け入れも、こうした形もあるのですね。
- ◇来たる新年、悪い方の変化が良い方に変化することも期待します。コロナ禍やウクライナ情勢、これだけが原因ではないでしょうが、研究に必要な消耗品がなかなか納入されないことも多いです。そうした状況も踏まえて計画を立てなければならぬのも変化してほしいです。
- ◇それでは皆様、是非とも良いお年をお迎えください。

[T. T.]

〈とびら〉

学会改革の継承を期待して……………早下隆士

〈入門講座〉 分離技術：原理から最新技術まで

溶媒抽出……………藤永 薫

〈解 説〉

海水を対象としたトリチウムの分析方法とその実測例
……………城谷勇隆・神林翔太・及川真司

〈ミニファイル〉 マイクロ・ナノの分析化学

概論・基礎……………火原彰秀

〈話 題〉

生薬成分解析における高速液体クロマトグラフ
—フーリエ変換型質量分析計の活用……………大月興春

◇ 編 集 委 員 ◇

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

☑ 複写される方へ

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

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

FAX：03-3475-5619 E-mail：info@jaacc.jp

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

ぶんせき 2022年第12号（通巻576）

2022年12月1日印刷
2022年12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

© 2022, The Japan Society for Analytical Chemistry

購読料は会費に含まれています。

第 379 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, (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

医薬品の新規モダリティ開発は加速しており, 核酸医薬の開発速度は論を待たず日進月歩である。一方で核酸医薬の不純物は一般的な低分子と異なり, 理論的には欠損体や置換体など膨大な数が予想され, 全てを分離分析及び定量評価を行う事は困難を極める。低分子医薬品と異なりガイドラインも明文化されていないが, 分析研究者として最大限の分離特異性及び定量評価を指向することは品質評価の観点からも責務であると考えられる。本例会では核酸分析における分離面と MS の定量性に焦点を当てて事例を踏まえて討議する予定である。

期日 2023 年 1 月 27 日 (金) 13:00~17:00

会場 Zoom オンライン会場

講演主題 核酸医薬品の分離分析の現状と課題及び将来像

講演

講演主題概説 (オーガナイザー) (13:00~13:05)

(エーザイ(株)) 柿田 穰

(LC 分析士二段, LC/MS 初段)

1. 「核酸医薬品分析の課題と将来像」(13:05~13:35)

(エーザイ(株)) 柿田 穰

(LC 分析士二段, LC/MS 分析士初段)

2. 「LC-ToFMS を用いたオリゴ核酸医薬品の分析」

(13:35~14:15)

(日本ウォーターズ(株)) 島崎裕紀

(LC 分析士三段, LC/MS 分析士二段)

3. 「オリゴヌクレオチドの分離モードと最適化に向けた検討事例」(14:15~14:45)

(東ソー(株)) 伊藤誠司

(LC 分析士五段, LC/MS 分析士二段)

休憩 (14:45~15:00)

4. 「オリゴ核酸分析への 2D-LC/MS の適用: その原理と事例紹介」(15:00~15:40)

(アジレント・テクノロジー(株)) 林 明生

(LC 分析士初段, LC/MS 分析士二段)

5. 「MS の特徴を生かした核酸分析の事例紹介」

(15:40~16:20)

(㈱東レリサーチセンター) 櫻井 周

(LC 分析士初段, LC/MS 分析士二段)

6. 総括「核酸医薬品の分離分析の現状と課題, 将来像」(16:20~17:00)

(東京理科大学) 中村 洋

(LC 分析士五段, LC/MS 分析士五段)

参加費 LC 研究懇談会・個人会員: 1,000 円, 後援学会・会員: 3,000 円, その他: 4,000 円, 学生: 1,000 円。参加申込締切日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 1,000 円)。参加申込締切後のご参加はできませんので, ご了承ください。

申込締切日 1 月 20 日 (金) (入金締切時刻: 15 時まで)

申込方法

- 参加希望者は, 下記申込先にアクセスし, 氏名, 勤務先(電話番号), LC 会員・協賛学会会員・その他の別及び情報交換会参加の有無を明記の上, お申込みください。
- お申込みが完了した場合には, 登録されたアドレス宛に「第 379 回液体クロマトグラフィー研究懇談会申込み受付(自動返信)」のメールが届きます。メールが届かない場合は, 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, 必ず期限内に参加費の納

入を行ってください。期限内に参加費納入が確認できない場合, 参加申込みを無効とし参加 URL を発行しませんので, 十分ご注意ください。なお, 一旦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, 2023 年 1 月 21 日以降に①例会サイト入場 URL と②「視聴者用操作マニュアル」をお送りします。また, 情報交換会参加費納入者には, ③情報交換会サイト入場 URL をお知らせいたします。なお, 請求書と領収書の発行はいたしていません。領収書は, 振込時に金融機関が発行する振込票等をもって替えさせていただきます。

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, 情報交換会参加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/KQJnkb3bvSD8rSHr5>

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

問合せ先 (公社)日本分析化学会液体クロマトグラフィー研究懇談会 世話人 エーザイ(株) 柿田 穰

[E-mail: m-kakita@hhc.eisai.co.jp]

2023 年「マイスター」認定候補者推薦募集

液体クロマトグラフィー (LC) 研究懇談会は, (公社)日本分析化学会・分析士認証制度による LC 分析士五段並びに LC/MS 分析士五段取得者を対象に, それぞれ「LC マイスター」, 「LC/MS マイスター」へのステップアップ候補者の推薦を募集します。マイスターには専門分野の指導者として, 分析士認証制度のさらなる発展へのお力添えをお願いするのが目的です。下記規定(抜粋)をご覧の上, 適任者がおられましたら, 提出資料を提出先にお送りください(推薦者の資格: LC 研究懇談会個人会員)。

第 2 条 「マイスター」とは, 日本における液体クロマトグラフィー (LC) 若しくは LC/MS に関する高度なスキルと知識を有する分析士で, 分析士としての社会的貢献が顕著な者を指す。

第 3 条 「マイスター」認定候補は, LC 懇の個人会員であることを要する。

2 「マイスター」認定候補は, LC 分析士五段または LC/MS 分析士五段の資格を 5 年以上保持している者とする。

3 「マイスター」認定候補は, 分析士五段としての社会的貢献が顕著な者とする。

提出資料 推薦者は, A4 判サイズに横書きで記入した以下の 4 項目を 1 ファイルにまとめ, 2 月 18 日までに下記提出先に電子メールで送付する。①候補者の氏名・生年月日・現住所・連絡先(電話/メール)・LC 研究懇談会個人会員番号, ② LC 分析士五段あるいは LC/MS 分析士五段の認証番号・取得年, ③推薦理由書(推薦者の氏名・LC 研究懇談会個人登録番号・所属・連絡先メールアドレス, 推薦文), ④社会的貢献業績名及びその概要。

推薦資料提出先 「マイスター」推薦応募係
[E-mail : nakamura@jsac.or.jp]

——以下の各件は本会が共催・協賛・
後援等をする行事です——

◎詳細は主催者のホームページ等でご確認ください。

金属学会シンポジウム [タングステン材料科学]

主催 (公社)日本金属学会
期日 2022年12月8日(木)・9日(金)
会場 仙台国際センター
ホームページ
https://jim.or.jp/EVENTS/symposium/symposium_001.html
連絡先 〒980-8544 宮城県仙台市青葉区一番町1-14-32
フライハイトビル2階 (公社)日本金属学会 シンポジウム
参加係 [電話 : 022-223-3685, FAX : 022-223-6312,
E-mail : meeting@jim.or.jp]

第13回社会人のための表面科学ベーシック講座

主催 (公社)日本表面真空学会
期日 2022年12月5日(月)視聴開始, 2023年1月7日(土)
まで視聴可
会場 オンライン開催
ホームページ <http://www.jvss.jp/>
連絡先 〒113-0033 東京都文京区本郷5-25-16 石川ビル
5階 (公社)日本表面真空学会 事務局 [電話 : 03-3812-
0266, FAX : 03-3812-2897, E-mail : office@jvss.jp]

第31回放射線利用総合シンポジウム

主催 (一社)大阪ニュークリアサイエンス協会
期日 2023年1月16日(月)
会場 ONSA Office 会議室
ホームページ <http://onsa.gdgdg.jp/>
連絡先 〒542-0081 大阪府大阪市中央区南船場3-3-27 サ
ンエイビル4F (一社)大阪ニュークリアサイエンス協会
[電話 : 06-6282-3350, FAX : 06-6282-3351, E-mail :
onsa-ofc@nifty.com]

表面科学技術研究会 2023
表面のぬれ制御技術の最先端
—表面修飾・バイオミメティクス・センシング技術—

主催 (一社)表面技術協会関西支部, (公社)日本表面真空学
会関西支部
期日 2023年1月24日(火)
会場 (地独)大阪産業技術研究所森之宮センター大講堂
ホームページ <http://www.sssj.org/Kansai/>
連絡先 金沢大学理工学研究域 数物科学科 荒木優希
[電話 : 076-264-5735, E-mail : y-araki@staff.kanazawa-u.
ac.jp]

22-2 高分子学会講演会

主題 = 高分子の表面・界面を制御する

主催 (公社)高分子学会行事委員会
 期日 2023年2月7日(火)
 会場 オンライン開催
 ホームページ <https://member.spsj.or.jp/event/>
 連絡先 〒104-0042 東京都中央区入船3-10-9 新富町ビル
 (公社)高分子学会 22-2 高分子学会講演会係 [電話: 03-5540-3771, FAX: 03-5540-3737]

第39回希土類討論会

主催 日本希土類学会
 期日 2023年5月30日(火)・31日(水)
 会場 札幌コンベンションセンター
 ホームページ <http://www.kidorui.org/>
 連絡先 〒565-0871 大阪府吹田市山田丘2-1 大阪大学
 大学院工学研究科 応用化学専攻内 日本希土類学会事務局
 [電話: 06-6879-7352, FAX: 06-6879-7354, E-mail: kidorui@chem.eng.osaka-u.ac.jp]

「分析化学」年間特集“流”の論文募集

「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2023年は「流」をテーマとすることと致しました。

本特集では「流」をキーワードとして分析化学における基礎・応用を含めて幅広い観点で見渡し、分析化学が担う役割を社会に向けて発信することを目的としています。本特集に関わる論文はすべての論文種目で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72巻(2023年)合併号の冒頭に掲載する予定です。国内外、産学官を問わず、「流」に関わる分析化学の研究・開発に従事されている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。なお、詳細は「分析化学」誌の12号及びホームページをご参照ください。

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

特集論文原稿締切: 2023年4月28日(金) (第3期)

初めて書く論文は母語の日本語で!
 “第22回若手研究者の初論文特集”
 募集のお知らせ

「分析化学」編集委員会

「分析化学」編集委員会では、2023年(第72巻)に第22回「若手研究者の初論文特集」を企画します。卒研究生、修士・博士課程院生並びに若手研究者の方々にとって、ご自分の研究成果を日本語で投稿できるよい機会です。なお、2019年より本

特集を年間特集とし、都合の良いときに執筆して投稿できるようにしました。年間を通して論文原稿を受け付け、審査を経て掲載可になり次第随時掲載いたしますので、奮ってご投稿ください。

なお、詳細は「分析化学」誌HPをご参照ください。

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おり、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]

第 83 回分析化学討論会

— 講演 募集 —

標記討論会を以下の日程で開催いたします。講演申込及び講演要旨の提出にはアトラス社、Confit によるオンライン登録システムを使用します。郵送、FAX 及び電子メールでの受付は一切行いません。本討論会では、主題講演（口頭発表）、一般講演（口頭発表、ポスター発表）、若手講演（ポスター発表）、テクノレビュー講演（口頭発表、ポスター発表）、産業界 R&D 紹介講演（ポスター発表）を設けましたので、以下の各事項をご参照のうえ、講演申込登録締切までにオンライン登録システムによりお申し込みください。講演要旨は 1 講演 A4 判 1 頁となります。なお、現在実行委員会では対面での開催を原則として計画を進めておりますが、開催形式等については新型コロナウイルス感染症の状況により、急遽変更となる場合も想定されます。最新の情報や講演申込等の詳細については第 83 回分析化学討論会ホームページ（以下、討論会 HP と略）を必ずご確認ください。

【第 83 回分析化学討論会公式 Web サイト URL（講演申込）】

討論会 HP：<https://confit.atlas.jp/guide/event/jsac83touron/top>

【第 83 回分析化学討論会 講演申込・講演要旨提出スケジュール】

・講演申込登録開始日時：2022 年 12 月 14 日（水）

ご注意ください：講演申込は会員登録がお済みの方に限られます。
非会員の方は必ず個人会員登録をお済ませの上お申し込みください。

・講演申込登録締切日時：2023 年 1 月 25 日（水）（厳守）

・要旨提出締切日時：2023 年 3 月 8 日（水）（厳守）

主催（公社）日本分析化学会

後援 国立大学法人富山大学

会期 2023 年 5 月 20 日（土）・21 日（日）

日程

5 月 20 日：主題講演（口頭）、一般講演（口頭、ポスター）、若手講演（ポスター）、テクノレビュー講演（口頭、ポスター）、産業界 R&D 紹介講演（ポスター）、依頼講演、ランチョンセミナー、機器展示会、懇親会

5 月 21 日：主題講演（口頭）、一般講演（口頭、ポスター）、テクノレビュー講演（口頭、ポスター）、依頼講演、ランチョンセミナー、機器展示会

※日程は変更する場合があります。

会場 富山大学五福キャンパス

発表形式 01：主題講演（口頭発表）、02：一般講演（口頭発表）、03：一般講演（ポスター発表）、04：若手講演（ポスター発表）、05：テクノレビュー講演（口頭発表）、06：テクノレビュー講演（ポスター発表）、07：産業界 R&D 紹介講演（ポスター発表）

討論主題（主題講演）

第 83 回討論会では 5 件の討論主題を設定します。

1. 生命を観る・測るバイオ分析の最前線
オーガナイザー：小澤岳昌（東京大学）
2. “Next Gen” 化学センシング ～次世代化学センシングの方法論・デバイス開発の最前線～
オーガナイザー：久本秀明（大阪公立大学）
3. 流れ分析法の新展開と社会への貢献
オーガナイザー：鈴木保任（金沢工業大学）
4. より迅速で、より簡便な分析化学を目指して
オーガナイザー：菅原一晴（前橋工科大学）
5. 未来の「食」と「薬」を創る分析化学
オーガナイザー：椎木弘（大阪公立大学）、
富永昌人（佐賀大学）

※討論趣旨及び依頼講演は決定しましたら討論会 HP 上で公開します。

【講演分類一覧】 別記を参照ください。

【講演申込要項】

本討論会に講演申込を行うにあたり、下記の各事項をあらかじめご承諾のうえ、講演申込を行ってください。

1. 講演内容は、未発表のものに限ります。ただし、主題講演には、既発表のものが一部含まれていても差し支えありません。
2. 講演時間は、一般講演（討論主題での口頭発表を含む）は 15 分（講演 12 分、討論 3 分）、依頼講演及びテクノレビュー講演（口頭発表）は 30 分（講演 25 分、討論 5 分）、ポスター発表（一般講演、若手講演、テクノレビュー講演、産業界 R&D 紹介講演）は 60 分を予定。なお、口頭及びポスター発表の講演方法についての詳細は、討論会 HP に掲載予定です。若手講演（ポスター発表）、テクノレビュー講演（口頭・ポスター発表）及び産業界 R&D 紹介講演（ポスター発表）への応募の詳細は別記を参照ください。
3. すべての口頭発表会場にプロジェクター、アナログ RGB ケーブル、PC 切替器等を用意します。講演者は講演データの入ったノートパソコンを持参して講演発表を行ってください。
4. 講演者（登壇者）は、講演申込時点において日本分析化学会の個人会員（正会員、学生会員）であること（産業界ポスターは維持会員も可）、会員は 2023 年会費が納入済みであることが必要です。講演を希望する方は、学会ホームページ（以下、学会 HP と略）から入会手続きを済ませたうえで、講演申込をお願いします。なお、講演者（登壇者）は別途本討論会への参加申込登録をしないと講演発表ができません。
5. 同一演題で発表形式を変えて（口頭とポスター発表など）重複講演することはできません。

6. 関連ある複数の講演（口頭発表に限る）を連続して発表したい場合は、講演申込締切日までに発表順序を実行委員会に申し出てください。ただし、発表形式と講演分類（主題講演の場合は討論主題分類）が一致している場合に限りです。講演日及び講演時間の指定はご容赦ください。なお、希望にそえない場合もありますので、最終決定は実行委員会に一任ください。
7. 会場の都合等で、発表形式を変更する場合は、事前に実行委員会より連絡します。
8. 維持会員として講演申込をされる方は、討論会 HP をご確認ください。

講演申込方法 Web 申込に限ります。討論会 HP および「要旨作成テンプレート」をご覧のうえ、講演申込登録、要旨作成及び提出をお願いいたします。郵送、FAX 及び電子メールでの申込はできません（講演申込登録締切日厳守のこと）。申込者のコンピュータ環境（ネットワーク環境を含む）が原因で講演申込の登録に不備をきたしても、実行委員会、学会事務局は一切責任を負いかねます。講演申込に関する緊急情報や変更点などのお知らせ、講演申込システム等の障害情報は速報性を考慮してすべて討論会 HP（または学会 HP）に掲載しますので、適宜ご覧ください。本誌発行後に登録システムを予告なく変更する場合があります。最新情報等の詳細は討論会 HP を参照ください。

【若手講演（ポスター）募集】

主催 第 83 回分析化学討論会実行委員会、共催 全国若手交流会

期日 5 月 20 日（土）

会場 富山大学五福キャンパス

趣旨 分析化学の時代を担う大学院生や若手研究者・技術者による研究成果の発表と相互のさらなる発展を目的として若手講演（ポスター）を企画しました。分析化学は自然科学の基盤を支える重要な学問・研究分野として、また産業の技術革新を押し進める原動力として重要な役割を果たしています。本企画が、大学院生や若手研究者・技術者の研究成果のアピールや情報交換・交流によって分析化学の一層の活性化を促す機会となることを期待しています。このポスターセッションではポスター賞を選出いたします。奮ってご応募ください。

発表形式 ポスター発表会場における 60 分のポスター発表形式。講演要旨は要旨集に掲載します。

講演申込方法 一般講演等に準じてオンライン（Web）上からお申し込みください。「発表形式」の欄で、“04：若手講演（ポスター）”を選択してください。講演申込・講演要旨提出はすべて本討論会の諸規則に準じます。講演申込締切後の発表形式の変更はできません。

講演申込登録締切 一般講演等と同じ。

募集対象 本会学生・個人会員（概ね 30 歳まで）

※非会員は発表できません。

【テクノレビュー講演募集】

主催 第 83 回分析化学討論会実行委員会

期日 5 月 20 日（土）・21 日（日）

会場 富山大学五福キャンパス

発表形式 口頭発表かポスター発表を選択できます。口頭発表は一般講演口頭発表会場で、ポスター発表は一般講演ポスター会場で開催します。口頭発表は 30 分（講演 25 分、討論 5 分）、ポスター発表は 60 分の予定です。講演要旨は要旨集に掲載します。

講演料 口頭発表、ポスター発表いずれも 1 件 50,000 円。講演料には発表者の参加登録料 1 名分が含まれます。

講演申込方法 一般講演等に準じて Web 上からお申し込みください。「発表形式」の欄で、“05：テクノレビュー講演（口

頭）”または“06：テクノレビュー講演（ポスター）”を選択してください。講演申込・講演要旨提出はすべて本討論会の諸規則に準じます。

講演申込登録締切 一般講演等と同じ。

【産業界 R&D 紹介講演（ポスター）募集】

主催（公社）日本分析化学会「産業界における研究開発と分析ソリューション」シンポジウム企画運営委員会

趣旨 産業界の分析部門間及び産学官の交流・情報収集・研究議論・技術発信/アピール・若手育成と、学生に向けた企業活動説明を目的とします。

期日 5 月 20 日（土）・21 日（日）

会場 富山大学五福キャンパス

発表形式 ポスター発表会場における 60 分のポスター発表形式。講演要旨は要旨集に掲載します。

募集対象 産業界で活躍されている研究者、技術者（本会維持会員または正会員に限ります）。ただし、維持会員企業の方のご発表は 1 件に限ることとします。

講演申込方法 一般講演等に準じて Web 上からお申し込みください。「発表形式」の欄で、“07：産業界ポスター”を選択してください。講演申込・講演要旨提出はすべて本討論会の諸規則に準じます。維持会員として講演申込をされる方は、討論会 HP をご確認ください。

講演申込登録締切 一般講演等と同じ。

【展示会等出展のお願い】

機器・カタログ出展および
ランチョンセミナー・バナー広告

主催 第 83 回分析化学討論会実行委員会

分析・計測機器関連のメーカー・販売会社、分析技術提供会社との相互交流・情報交換の場として、展示会を開催いたします。また、期間中の昼休みを利用して企業セミナー（ランチョンセミナー）を開催いたします。

【機器・カタログ展示会】

展示日時 5 月 20 日（土）・21 日（日）（ただし、21 日は 14 時までの予定）

会場 富山大学五福キャンパス（ポスター会場）

展示費用 1 小間：80,000 円（税別）

募集締切日 3 月 30 日（木）

【ランチョンセミナー】

日時 5 月 20 日（土）・21 日（日）12.10～13.00

会場 富山大学五福キャンパス（口頭会場）

開催費用 150,000 円（税別）

※セミナー運営に関する費用（昼食用弁当など）は別途

募集締切日 3 月 30 日（木）

【バナー広告】

公開場所 第 83 回分析化学討論会 HP

掲載期間 2023 年 1 月～5 月

掲載料金 1 枠：1 月～5 月 50,000 円、

3 月～5 月 30,000 円（いずれも税別）

問合先・申込先 〒104-0061 東京都中央区銀座 7-12-4（友野本社ビル）(株)明報社（担当：後藤）〔電話：03-3546-1337, FAX：03-3546-6306, E-mail：info@meihosha.co.jp〕
※展示会及びランチョンセミナーの内容は変更になる場合がございます。詳細は(株)明報社にお問い合わせください。

【宿泊等についてのご注意】

実行委員会では宿泊先等にかかる斡旋は行いません。なお、皆さまの宿泊先についてのアンケートを実施予定ですので、参加受付時には是非ご協力の程、お願いいたします。

【託児所開設について】

第83回分析化学討論会では、託児所を開設の予定です。詳細は討論会HPをご参照ください。

【Web版講演要旨集の発行日について】

第83回分析化学討論会Web版講演要旨集の発行日は、2023年5月8日です。特許出願の際は、下記の特許庁ホームページを参照ください。

<https://www.jpo.go.jp/index.html>

本要旨集に掲載されたものについての著作権は、(公社)日本分析化学会に帰属します。

【その他事項】

講演プログラム速報版は討論会HPに3月下旬までに掲載予定です。

【その他の会合】

【ものづくり技術交流会2023 in 中部】

主催 分析イノベーション交流会実行委員会

日時 5月20日(土)

会場 富山大学五福キャンパス

これまで分析化学とは縁のなかったような分野の企業との新たなつながりをつくる機会として、ものづくりの企業によるショートプレゼンテーションや展示を、事例レクチャーとともに企画しております。奮ってご参加ください。

【講演分類一覧】

- 01: 原子スペクトル分析 (ICP-MSを含む)
- 02: 分子スペクトル分析 (吸光分析法, 蛍光・リン光分析法, 赤外・ラマン分析法, 表面プラズモン共鳴など)
- 03: レーザー分光分析 (顕微分光, レーザー励起発光, 光熱変換分光, 非線形分光など)
- 04: X線分析・電子分光分析・量子ビーム分析
- 05: 放射線計測による分析
- 06: NMR (ESRなどを含む)
- 07: 電気化学分析
- 08: センサー, センシングシステム
- 09: 熱分析
- 10: 有機微量分析 (元素分析を含む)
- 11: 質量分析 (イオン化法を含む)
- 12: マイクロ分析系 (マイクロチップ, マイクロ分離システム, 一分子検出系など)
- 13: フローインジェクション分析
- 14: 液体クロマトグラフィー (LC/MSを含む)
- 15: ガスクロマトグラフィー (GC/MSを含む)
- 16: 電気泳動分析 (キャピラリー電気泳動など)
- 17: 溶媒抽出法, 固相抽出法, イオン交換系
- 18: 分離・分析試薬の設計
- 19: 分析化学反応基礎論 (平衡論, 速度論など)
- 20: データ処理理論 (AI, ケモメトリックスなど)
- 21: 標準物質
- 22: サンプルング, 前処理
- 23: 界面分析 (液液系, 固液系, 気液系, 気固系, 液滴など)
- 24: 微粒子分析および微粒子利用分析 (ナノ粒子など)
- 25: 宇宙・地球に関する分析化学 (天体, 大気, 河川・湖水・海洋, 土壌など)
- 26: 環境関連分析 (環境汚染物質, 環境放射能, 粉じん, SPM, 生体影響物質など)
- 27: 無機・金属材料分析
- 28: 電池・エネルギー材料 (電池材料, 燃料電池材料, バイオマスなど)
- 29: 有機・高分子材料分析 (有機・無機複合体材料を含む)

- 30: 食品・農作物・ヘルスケア等分析 (野菜, 畜産, 食品添加物など, 遺伝子組換, 農薬, 化粧品, サプリメントを含む)
- 31: バイオ分析 (プロテオーム解析, メタボローム解析, 再生医療にかかわる分析 (細胞, 培地, 足場材, 医療用材料)を含む)
- 32: バイオイメーjing
- 33: 医薬分析 (不純物, ドーピング, 代謝物 (ADME), バイオ医薬など)
- 34: 臨床分析 (法科学分析, POCT, 医療用センサー, in vivo計測, バイオマーカーを含む)
- 35: 企業における分析解析活用と課題解決への適用
- 36: その他

【各種お問い合わせ先】

主題講演及び会場などに関するご質問は実行委員会までお問い合わせください。

第83回分析化学討論会実行委員会事務局

E-mail: 83touron@jsac.jp

【重要】講演要旨について

1講演あたりの講演要旨のサイズはA4判1頁とし、PDFファイルによる提出となります。概略は以下の通りです。詳細は討論会HPを参照ください。

- ・1講演あたりの講演要旨のサイズはA4判1頁。(図表, 画像等を含みます。)
- ・カラー図表, 画像も可。

記載内容, 形式等については討論会HP内に要旨作成テンプレートを置く予定です。そちらをご参照ください。

【第83回分析化学討論会 参加登録料について】

本討論会に参加予定の方は、登壇者を含めて全員参加登録をお願いいたします。登壇者(依頼講演者の一部を除く)は討論会への参加申込登録を行わないと講演発表ができませんので、必ず参加登録をしてください。参加予約登録(オンライン登録)の申込方法の概要は「ぶんせき」誌2月号及び討論会HPに掲載いたします。参加予約登録料等は以下の通りです。

参加登録料

予約: 会員 9,000円, 学生会員 4,000円, 非会員 18,000円, 非会員学生 8,500円

通常: 会員 12,000円, 学生会員 5,000円, 非会員 21,000円, 非会員学生 9,500円

高校生およびその指導者は無料です。

※会員, 学生会員の予約・通常登録料は不課税扱いです。非会員, 非会員学生の参加登録料は予約, 当日ともに税込金額です。

【参加登録料の領収書の発行について】

参加登録のサイトからダウンロードできます。

ぶんせき 12月号 掲載会社 索引

【ア行】

(株)エス・ティ・ジャパン…………… A7
エルガ・ラボウォーター…………… 表紙 4
オルガノ(株)…………… 表紙 2

【サ行】

(株)島津製作所…………… 表紙 3

【タ行】

(株)デジタルデータマネジメント… A3

東亜ディーケーケー(株)…………… A2

【ナ行】

日本分光(株)…………… A5

【ハ行】

(株)日立ハイテクサイエンス…………… A4

フロンティア・ラボ(株)…………… A14

【マ行】

室町ケミカル(株)…………… A1

【ラ行】

(株)リガク…………… A8

製品紹介ガイド…………… A10～11

図書案内…………… A12～13

新規会員募集中!!

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

公益社団法人 **日本分析化学会** 会員係

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

<h2 style="text-align: center;">原子スペクトル分析</h2>	<p>UV吸収のない化合物までしっかりフラクション UVとELSDを内蔵した一体型ダブルトリガー分取装置 日本ビュッヒ(株) 電話 03-3821-4777 https://www.buchi.com/ja</p>
<p>各種水銀測定装置 日本インスツルメンツ(株) 電話072-694-5195 営業グループ https://www.hg-nic.co.jp</p>	<p>高速液体クロマトグラフ Chromaster 5610 質量検出器 (MS Detector) (株)日立ハイテクサイエンス https://www.hitachi-hightech.com/hhs/ E-mail: hhs-info.fy.ml@hitachi-hightech.com</p>
<h2 style="text-align: center;">分子スペクトル分析</h2>	<p>ムロマックミニカラム 精度の高いクロマトグラフィ ムロマックガラスカラム イオン交換反応を可視化 室町ケミカル(株) 電話 03-3525-4792 https://www.muro-chem.co.jp/</p>
<p>FTIR 用アクセサリーの輸入・製造の総合会社 市販品から特注まであらゆるニーズに対応 (株)システムズエンジニアリング https://www.systems-eng.co.jp/ E-mail: info@systems-eng.co.jp</p>	<p>長期保証のイオンクロマトグラフ 装置3年保証 & 陰イオンサブレッサは10年保証 メトロームジャパン(株) 電話 03-4571-1744 https://www.metrohm.jp IC コラム「ご隠居達の IC 四方山話」掲載中!</p>
<p>紫外可視近赤外分光光度計 UH4150 AD+ 高感度分光蛍光光度計 F-7100 (株)日立ハイテクサイエンス https://www.hitachi-hightech.com/hhs/ E-mail: hhs-info.fy.ml@hitachi-hightech.com</p>	<h2 style="text-align: center;">電気化学分析</h2>
<p>リサーチグレードでありながら、ダウンサイジングを追求 フーリエ変換赤外分光光度計 FT/IR-4X 日本分光(株) 電話 042-646-4111(代) https://www.jasco.co.jp</p>	<p>電位差自動滴定装置 カールフィッシャー水分計 最大5検体同時測定, FDA Par11対応, DI 対策も安心 メトロームジャパン(株) 電話 03-4571-1743 https://www.metrohm.jp</p>
<h2 style="text-align: center;">レーザー分光分析</h2>	<h2 style="text-align: center;">質量分析</h2>
<p>レーザーアブレーション LIBS 装置 J200 伯東(株)システムプロダクツカンパニー 電話03-3355-7645 http://www.g5-hakuto.jp E-mail: info@g5-hakuto.jp</p>	<p>MALDI-TOF(/TOF), ESI-QTOF, FT-ICR, LC-MS/MS, GC-MS/MS ブルカージャパン(株) ダルトニクス事業部 電話 045-440-0471 E-mail: info.BDAL.JP@bruker.com</p>
<h2 style="text-align: center;">NMR・ESR・磁気分析</h2>	<h2 style="text-align: center;">熱分析</h2>
<p>NMR スペクトル解析ソフトウェア Mnova (株)リアクト 担当: 化学事業部 梅本 電話 045-567-6633 E-mail: umemoto@react-corp.com https://www.react-corp.com/</p>	<p>小型反応熱量計 SuperCRC 少量で高感度・高精度な反応熱量測定を実現 最適化・スケールアップ・安全性評価 (株)東京インスツルメンツ 電話03-3686-4711 https://www.tokyoinst.co.jp</p>
<h2 style="text-align: center;">クロマトグラフィー</h2>	<h2 style="text-align: center;">分析装置・関連機器</h2>
<p>ナノカラムからセミ分取カラムまで, 豊富なサイズ 逆相 HPLC 用カラム L-column シリーズ GC 用大口径中空カラム G-column 一般財団法人化学物質評価研究機構 クロマト技術部 www.cerij.or.jp E-mail: chromato@ceri.jp</p>	<p>ユニット機器型フローインジェクション分析システム AQLA-700 測定項目やご使用環境にあわせて機器の組合せが可能 (株)アクアラボ 電話 042-548-2878 http://www.aqualab.co.jp</p>
<p>ポータブルガス分析装置 XG-100 シリーズ 新コスモス電機(株) 電話06-6308-2111 インダストリ営業本部 www.new-cosmos.co.jp</p>	<p>TD-NMR (-100℃~200℃) ペプチド合成装置 (UV モニタ, IH ヒーティング) マイクロウェーブ・ダイジェスター アステック(株) 東京 03-3366-0811 大阪 06-6375-5852 https://www.astechcorp.co.jp/</p>

<p>XRF分析用ガラスビードの作製及びICP分析のアルカリ融解処理には、高周波溶融装置ビード&フューズサンブラ (株)アmenaテック http://www.amena.co.jp</p>
<p>英国エレメンタルマイクロアナリシス社製 CHNOS 有機・無機・同位体微量分析用 消耗品・標準物質等 アルファサイエンス(株) http://www.alphascience.jp/ 電話 03-3814-1374 FAX 03-3814-2357 E-mail: alpha@m2.pbc.ne.jp</p>
<p>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、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) http://www.oceanphotonics.com</p>
<p>電位差自動滴定装置・カールフィッシャー水分計・密度比重計・屈折計・粘度計・水銀測定装置・熱計測機器・大気分析装置・水質分析装置・排ガス分析装置 京都電子工業(株) 東京支店 03-5227-3151 https://www.kem.kyoto/</p>
<p>秒速粉碎機 マルチビーズショッカー ディスク容器で岩石・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 http://www.yasuikikai.co.jp/</p>
<h2>研究室用設備機器</h2>
<p>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 http://www.bright-jp.com E-mail: info@bright-jp.com</p>
<h2>試薬・標準試料</h2>
<p>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</p>
<p>研究・産業用の金属/合金/ポリマー/ガラス等 8 万点 取扱サプライヤー GOODFELLOW CAMBRIDGE LTD 日本代表事務所 電話 03-5579-9285 E-mail: info-jp@goodfellow.com https://www.goodfellow-japan.jp</p>
<p>X 線回折実験等に使える『高度精製タンパク質試料』 グルコースイソメラーゼ, α アミラーゼほか (株)コンフォーカルサイエンス 電話 03-3864-6606 http://www.confsci.co.jp</p>
<p>信頼性確保に重要な認証標準物質 (CRM) 標準物質のご用命は シグマアルドリッチジャパン(同) テクニカルサービス 電話03-4531-1140 E-mail: jpts@merckgroup.com</p>
<p>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</p>

<p>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</p>
<p>お求めの混合標準液をサクサク検索! 農薬・動物用医薬品 混合標準液検索システム WEBページで「和光 農薬」で検索! 試薬でお困りの際は当社HPをご覧ください。 富士フィルム和光純薬(株)</p>
<p>薄層クロマトグラフィー (TLC) のリーディングカンパニーとして最高レベルの品質と豊富な担体・サイズ・支持体のプレートをご用意しています。 メルク(株) テクニカルサービス 電話03-4531-1140 E-mail: jpts@merckgroup.com</p>
<h2>書籍</h2>
<p>DNA origami入門 一基礎から学ぶDNAナノ構造体の設計技法— 川又生吹・鈴木勇輝・村田智 共著 B5変判 264頁 定価4,730円 (税込) (株)オーム社 https://www.ohmsha.co.jp</p>
<p>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/</p>
<p>専門基礎ライブラリー 新編基礎化学 第2版 藤野竜也・相沢宏明・石井茂・田代基慶 著 B5判 264頁 本文2色 定価2,530円 (税込) 高校レベルの化学から大学の基礎まで無理なく学習できる。 実教出版(株) 電話 03-3238-7766 https://www.jikkyo.co.jp/</p>
<p>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</p>
<p>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</p>
<p>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, 数値化, 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</p>
<p>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</p>
<h2>不確かさセミナー</h2>
<p>不確かさセミナーは、講義と演習を繰り返し全員の解答を確認しつつ進めるので、安心してご受講頂けます。 不確かさ小冊子も無料謹呈中! 日本電気計器検定所 電話03-3451-1205 https://www.jemic.go.jp E-mail: kosyukai-tky@jemic.go.jp</p>

※価格はすべて税込です

<p>化学分析・化学実験</p>		<p>Mass Spec: Desk Reference, 2nd edition 4,400 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 ネジ ジタ ルメ ルデ ンテ ータ</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>Surface Analysis by Auger and X-Ray Photoelectron Spectroscopy 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 ネジ ジタ ルメ ルデ ンテ ータ</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>ToF-SIMS : Surface Analysis by Mass Spectrometry 2nd edition 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 ネジ ジタ ルメ ルデ ンテ ータ</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>ガスクロ自由自在 GC, GC/MS の基礎と実用 日本分析化学会ガスクロマトグラフィー研究懇談会 編 佐藤 博・代島 茂樹・保母 敏行・前田 恒昭 監修 B5 358 頁 定価 4,620 円 (税込) ガスクロマトグラフィー (GC) およびガスクロマトグラフィー質量分析法 (GC/MS) の入門書の決定版! 基礎を理解したうえで, 応用する力が身につく一冊。</p>	<p>丸 善 出 版</p>
<p>コアカリ対応 分析化学 第 4 版 今井 一洋・荒川 秀俊・小林 典裕 編著 B5 540 頁 定価 5,940 円 (税込) 薬学教育モデル・コアカリキュラム「化学物質の分析」に対応, 第 18 改正日本薬局方に準拠した, 薬学生向け定番テキストの改訂版。</p>	<p>丸 善 出 版</p>	<p>放射化学</p>	
<p>機器分析</p>		<p>放射化学の事典 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>クライオ電子顕微鏡ハンドブック 難波啓一, 加藤貴之, 牧野文信/監修 B5 400 頁 59,400 円 (税込) クライオ電子顕微鏡を用いたタンパク質・細菌・ウイルスの構造解析や試料作成技術などの最新知見を解説するとともに, クライオ電子顕微鏡が設置されている大学・企業と各機関におけるサービス内容を紹介する。</p>	<p>エ ヌ ・ テ イ ・ エ ス</p>	<p>化学一般・その他</p>	
<p>Python で始める機器分析データの解析とケモメトリックス 森田 成昭 著 A5 216 頁 定価 3,300 円 (本体 3,000 円 + 税) Python によるデータ解析の入門書, 化学に計量学を取り入れたケモメトリックスと, その機器分析データへの応用についても言及。</p>	<p>オ ー ム 社</p>	<p>二次電池の材料に関する最新技術開発 金村聖志, 佐藤登, ほか 77 名 2022 年 6 月刊 A4 738 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 電解質の「全固体化」, 4.5~5 V に耐えられる電極素材, 界面電気抵抗低減, 軟らかい電池, 2 個イオン電池などの新しい電池に用いられる材料を総説。</p>	<p>技 術 情 報 協 会</p>
<p>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 エルゼビア 2011 刊 28,600 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 ジ タ ル メ ル デ ン テ ータ</p>	<p>自動運転車に向けた電子機器・部品の開発と制御技術 伊藤 嘉浩, 中野 稔久ほか 83 名 2022 年 6 月刊 A4 582 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 低遅延な車載ネットワーク, 通信技術, センサ開発動向, 周辺状況のセンシング技術と車両制御技術より安全で高精度な自動運転に向けた研究, 開発事例を 1 冊に凝縮</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 : https://www.asakura.co.jp/ 〒162-8707 東京都新宿区新小川町 6-29	☎03(3260)7631
(株)エヌ・ティー・エス	URL : http://www.nts-book.co.jp/ 〒102-0091 東京都千代田区北の丸公園 2-1 科学技術館 2階	☎03(5224)5430
(株)オーム社	URL : https://www.ohmsha.co.jp/ 〒101-8460 東京都千代田区神田錦町 3-1	☎03(3233)0853
(株)技術情報協会	URL : https://www.gijutu.co.jp/ 〒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 : http://www.ddmcorp.com 〒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 : https://www.maruzen-publishing.co.jp 〒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 2023 年 6 月号に掲載します。

高分子材料分析の強力な戦力！

マルチショット・パイロライザー EGA/PY-3030D

未知試料へ多面的にアプローチ

- 室温から1050°Cまでの幅広い温度領域を任意設定
- 発生ガス分析や瞬間熱分析などの組み合わせにより未知試料を多面的に分析

前処理なしで迅速に分析

- あらゆる形態のポリマー試料を煩雑な前処理なしで簡単・迅速に分析

高性能で高信頼

- サーモグラムとパイログラムの高い再現性を保証

豊富な周辺装置

目的に合わせて選べる周辺装置で分析業務をサポート

11月発売 メンテナンス性が向上！
より使いやすくなった
自動分析用オートサンプラー AS-2020E

11月発売 ライブラリー登録数が大幅増！
ポリマー・添加剤を瞬時に同定できる
マススペクトル検索ソフトウェア F-Search

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

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

最新のアプリケーション

280報を超える多彩なアプリケーションでユーザーをサポート

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

ほか



製品情報



テクニカルノート

フロンティア・ラボ 株式会社

お気軽にお問い合わせください
www.frontier-lab.com/jp 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

2022年 目次

〈とびら〉

- パンデミックの終息の後に……[早下隆士] 2022 (1) 1
情報を幅広く、フラットに……[山本博之] 2022 (2) 55
COVID-19が「どこでもドア」を開いた？
……………[坂入正敏] 2022 (3) 97
研究開発の道のり……………[村松康司] 2022 (4) 137
コロナ禍と分析化学……………[西澤精一] 2022 (5) 173
研究の記憶を記録にしよう…[東海林 敦] 2022 (6) 203
化学分野の高度データ関連人材の育成に向けて
……………[長谷川 浩] 2022 (7) 235
Analytical Sciences 誌の Springer Nature 社への
業務委託……………[北川慎也] 2022 (8) 267
食の「安全」と「安心」とは…[宮下 隆] 2022 (9) 307
生きた証……………[田中秀治] 2022 (10) 369
交流と研究の活性化を支える支部活動
……………[富安卓滋] 2022 (11) 415
先入観を無くし変化を受け入れる
……………[菅沼こと] 2022 (12) 491

〈入門講座〉

- レーザーを用いる分析技術
レーザー技術の粒子分析への応用
……………[笹倉大督] 2022 (1) 2
レーザーアブレーション概説
……………[玉木哲也] 2022 (2) 56
レーザーアブレーション ICP-MS
……………[林 英男] 2022 (3) 98
レーザー誘起ブレイクダウン分光法の基礎と
産業プロセスへの応用……………[出口祥啓] 2022 (4) 138
質量分析による生体分子イメージング
—医学における分析技術の波及について—
……………[杉浦悠毅] 2022 (5) 174
地球環境問題へのとびら
地球温暖化—海洋中の CO₂ 測定—
……………[村田昌彦] 2022 (7) 236
海洋汚染—マイクロプラスチック—
……………[亀田 豊] 2022 (8) 268
富栄養化—森林生態系の窒素—
……………[木庭啓介] 2022 (9) 308
水質汚染—湖沼の富栄養化と貧酸素化—
……………[宮原裕一] 2022 (10) 370
食糧問題—水産資源管理—
……………[松林 順] 2022 (11) 416
大気汚染：小型センサーの基礎と応用
……………[中山智喜, 松見 豊] 2022 (12) 492

〈解説〉

- 食品産業における MALDI-MS 微生物同定の展開
……………[宮下 隆] 2022 (4) 144
Multivariate Curve Resolution 法による
混合物スペクトルデータの定性・定量分析
……………[永井優也, 片山建二] 2022 (5) 182

- 食肉の非破壊品質評価の最前線
……………[本山三知代] 2022 (6) 204
無機分析における固相抽出の応用
……………[高久雄一] 2022 (7) 244
河川マイクロプラスチック調査ガイドラインの
要点と課題……………[二瓶泰雄, 田中周平, 鈴木 剛,
富野正弘, 高橋和輝] 2022 (8) 275
異物分析における熱分解ガスクロマトグラフィー
質量分析法の活用……………[木下健司] 2022 (10) 381
外部標準法定量 NMR (EC-qNMR) のすすめ
……………[西崎雄三] 2022 (12) 498

〈展望〉

- 高感度分析に忍び寄る水の脅威
……………[新田篤志, 志摩典明, 片木宗弘] 2022 (1) 9
湿式化学分析の基盤をなす高度な技術をいかに継承・
発展させていくか—鉄鋼化学分析の視点から—
……………[上原伸夫] 2022 (2) 63

〈講義〉

- 単独イオン活量は分析化学の対象たりえるか
……………[垣内 隆] 2022 (1) 14
法医学領域における法中毒学及び薬毒物検査の現状
……………[山岸由和, 永澤明佳,
小椋康光, 岩瀬博太郎] 2022 (3) 103
血清グライコプロテオミクス—LC/MS/MSを用いる
血清糖タンパク質の網羅的解析—
……………[高倉大輔, 川崎ナナ] 2022 (6) 210
固体飛跡検出器を利用したレーザー加速イオンの
特性評価……………[金崎真聡] 2022 (9) 315
エクソソームの捕集・計測法……………[金田 隆] 2022 (11) 422

〈ミニファイル〉

- 衛生と安全
感染症対策 (総論)……………[三隅将吾] 2022 (1) 20
不織布マスク……………[岩井若菜] 2022 (2) 67
マスクのサイズや装着方法による
捕集性能への検証……………[岩井若菜] 2022 (3) 110
安全な水の供給と浄水処理……………[川崎直人] 2022 (4) 151
衛生対策製品の認証試験方法
……………[射本康夫] 2022 (5) 189
界面活性剤……………[森内章博] 2022 (6) 217
安全衛生管理総論……………[中村 修] 2022 (7) 251
実験室の作業環境測定と安全衛生
……………[青木隆昌] 2022 (8) 282
局所排気装置の適切な取扱い
……………[中山政勝, 金澤浩明] 2022 (9) 320
化学防護手袋の耐透過性をふまえた適正使用
……………[田中 茂] 2022 (10) 389
実験室の事故事例を踏まえた防火対策
……………[富田賢吾] 2022 (11) 427
実験排水・廃液の適正管理……………[川上貴教] 2022 (12) 504

〈話題〉

- 色彩情報が拓く比色分析の多様化
……………[稲川有徳] 2022 (1) 22

液体クロマトグラフ-タンデム質量分析計 (LC-MS/MS) を用いたペルフルオロアルキル化合物 (PFAS) の分析……………[佐藤信武] 2022 (2) 69

食品中のグリホサート, グリホシネート及びその代謝物の残留分析法…[穂山 浩] 2022 (3) 112

シングルセルでどこまで分かる? — 1 細胞質量分析の現状と展望— ……[水野 初] 2022 (4) 153

分離分析を活用する炭素ナノクラスターのキャラクター化…[高柳俊夫] 2022 (5) 191

ターゲットセンシングのためのペプチドを利用する電気化学センサー……………[菅原一晴] 2022 (6) 219

パターン認識および機械学習は化学センサーにおいて万能か? ……[佐々木由比, 南 豪] 2022 (7) 253

蛍光・誘導ラマン散乱統合型超多重イメージングによる生細胞分析……………[三浦篤志] 2022 (8) 284

脂質ナノ粒子を利用する検出やイメージングの展望……………[宇田亮子] 2022 (9) 322

微小領域の温度を視る—細胞挙動から生命現象まで— ……[井上高教] 2022 (10) 391

食品中のネオニコチノイド系農薬分析法……………[中村圭介] 2022 (12) 506

〈創案と開発 (先端機器開発)〉

高感度でロバストな新しい四重極型 ICP 質量分析装置の開発—基礎研究と理論から得た革新的思考— ……[Iouri Kalinitchenko 著 (松野京子 訳)] 2022 (10) 376

〈特 集〉

分析科学の SDGs…………… 2022 (11) 429

SDGs と女性研究者ネットワーク活動……………[金澤秀子] 2022 (11) 430

深海のプラスチック汚染とバイオプラスチックの分析…[磯部紀之, Naliharifetra Ranaivoarimanana] 2022 (11) 435

SDGs に貢献する環境分析…[古川浩司] 2022 (11) 440

分析機器メーカーとしての SDGs に対する取り組み……………[青山千頭] 2022 (11) 446

分析科学の SDGs への貢献……………[小倉亜紗美] 2022 (11) 449

簡易水質分析…[佐藤 久, 中屋佑紀] 2022 (11) 454

窒素酸化物種の連続計測—SDGs との関連性— ……[定永靖宗] 2022 (11) 460

〈こんにちは〉

愛媛大学大学院理工学研究科 物質生命工学専攻 分析化学研究室を訪ねて ……[座古 保] 2022 (3) 125

大阪公立 (市立) 大学大学院工学研究科 辻研究室を訪ねて……………[中原佳夫] 2022 (6) 222

一般財団法人生物科学安全研究所を訪ねて……………[菅沼こと, 高橋あかね] 2022 (11) 478

〈故人をしのぶ〉

池田重良先生を偲ぶ……………[横井邦彦] 2022 (4) 159

小川禎一郎先生を偲ぶ……………[今坂藤太郎] 2022 (8) 297

〈トピックス〉

「引っかけ」力を検出して光る薄膜の開発……………[吉田将己] 2022 (1) 42

電極近傍での溶媒和構造の分光分析……………[田邊一郎] 2022 (1) 42

ヒトの全身に分布する薬剤を一度に画像化できる PET 装置……………[中島孝平] 2022 (2) 87

粒子状あるいは繊維状吸着剤を適用したスターバー抽出 (SBSE) 法……………[三木雄太] 2022 (2) 87

粘土鉱物内の鉄が関与する酸化還元反応……………[西本 潤] 2022 (3) 124

オンライン紫外線照射法を利用した不飽和リン脂質異性体の LC-MS/MS 分析……………[児玉谷 仁] 2022 (3) 124

D,L-アミノ酸の電気化学的個別検出……………[藤原 勇] 2022 (4) 160

電極統合マイクロ流体デバイスを用いた経上皮電気抵抗測定……………[宇田川喜信] 2022 (4) 160

金ナノ粒子への抗体の光化学固定化法とウイルス比色検出への応用……………[門 晋平] 2022 (5) 197

ハンドヘルド型分光器が拓く分析技術—赤外線分光法による非破壊調査を例に— ……[三原義広] 2022 (5) 197

多摩川集水域における放射性セシウムの長期モニタリングと挙動解析……………[小池裕也] 2022 (6) 221

LC-MS/MS による補酵素 F430 の高感度分析法: 環境中のメタン生成アーキアの探索……………[浦井暖史] 2022 (6) 221

ラマン分光法による油入変圧器の診断技術……………[財津慎一] 2022 (7) 261

1 分子 FRET と 2-color 二次元蛍光寿命相関分光法による核酸のマイクロ秒構造変化ダイナミクスの検出……………[田中優仁, 許 岩] 2022 (7) 261

疎水性イオン液体による塩水からの水の抽出分離……………[濱本拓也] 2022 (8) 298

高電場非対称波形イオン移動度分光分析 (FAIMS) を用いる D-アミノ酸含有ペプチドの分離……………[幡川祐資] 2022 (8) 298

水環境に存在する微細プラスチックの分析手法……………[三小田憲史] 2022 (9) 324

マイクロセンサーで境界面を測る……………[岩本洋子] 2022 (9) 324

キャピラリー ELISA のための小型蛍光検出システムの開発……………[小宮麻希] 2022 (10) 404

簡単な化学反応を利用したリチウム同位体比測定の飛躍的な高精度化……………[青木 譲] 2022 (10) 404

電子顕微鏡と X 線自由電子レーザーを用いた構造解析研究……………[南澤磨優寛] 2022 (11) 477

キラルメタボロミクスが拓く新たな創薬・診断研究……………[古賀鈴依子] 2022 (11) 477

蛍光指紋分析を用いたウグイの鮮度評価[濱崎保則] 2022 (12) 523
ヒト生体試料中の化学物質の網羅的なスクリーニング法[水野佑紀] 2022 (12) 523

〈技術紹介〉

スピニングを用いた簡便迅速試料前処理 —MonoSpin のアプリケーションと使用方法のコツ のご紹介—.....[太田茂徳, 古庄義明] 2022 (1) 24
高エネルギー分解能 1 次元検出器を備えた 最新卓上型 XRD 装置 —いつでも, どこでも, どなたにも使える XRD—[岡崎壮平, 森岡 仁] 2022 (1) 28
高速・高分解能なレーザー走査ラマン顕微鏡 —高精細なラマンイメージングを, 素速く簡単に—[齋藤広大, 青木克仁, 足立真理子] 2022 (1) 35
HPLC/UHPLC カラムのエンドフィッティング接続の 留意点.....[長江徳和, 塚本友康, 小山隆次, シーラ悦子] 2022 (2) 71
マイクロプレートを用いた新たなバイオフィルム評価 方法.....[高橋政孝, 高口唯奈, 江藤陽介, 中尾美紀子] 2022 (2) 76
高濃度アルカリ中の微量陰イオンの定量 —インライン中和-イオンクロマトグラフィー—[小林泰之, 山本喬久] 2022 (2) 82
溶媒抽出-非分散赤外吸収法による油分分析[高坂亮太] 2022 (3) 114
LC/MS/MS を用いた抗体医薬品の 新しい品質管理指標を確立する研究[松原稔哉, 中西 豪, 渡邊 淳] 2022 (3) 118
ポータブル蛍光光度計 FC-1 —「もっと気軽に蛍光測定」を目指して—[熊谷直也, 加藤祐史] 2022 (4) 155
検査偽陽性の評価方法—5-メチルシトシンの 脱アミノ化に由来する偽陽性の評価方法—[島津光伸, 野上祥平] 2022 (5) 193
固相抽出の可能性とその自動化技術—シリーズ 1/5 : 残留農薬分析 STQ 法と自動前処理装置—[松尾俊介, 佐々野僚一] 2022 (7) 255
固相抽出の可能性とその自動化技術—シリーズ 2/5 : オンライン SPE-GC システム : 水質分析—[島三記絵, 松尾俊介, 佐々野僚一] 2022 (8) 286
うま味の数値評価を志向した食品中グルタミン酸の簡 易分析デバイス.....[村居景太, 古内 寛, 山口浩輝, 高橋一敏] 2022 (8) 292
パルス NMR による粒子界面特性評価 —濃厚分散体を希釈せずに評価, 粉体の僅かな 違いを数値化—.....[池田純子] 2022 (10) 393
クラウド型電子実験ノートによる研究データの統合的 管理—CDD Vault ELN の紹介—[篠崎康裕] 2022 (10) 400
アフィニティクロマト法による抗体医薬品の構造 および活性分析[田中 亨, 村中和昭, 井出輝彦] 2022 (11) 465
ICP 発光分光分析による有機溶媒の直接導入分析[古川 真] 2022 (11) 470
高分子材料への ESR 法の活用[原 英之] 2022 (12) 508

固相抽出の可能性とその自動化技術—シリーズ 3/5 : 固相誘導体化法 : メタボロミクス—[佐々野僚一] 2022 (12) 515

〈学会賞〉

2022 年度日本分析化学会学会賞受賞者
金田 隆氏.....[戸田 敬] 2022 (9) 326
黒田直敬氏.....[四宮一総] 2022 (9) 327
久本秀明氏.....[西澤精一] 2022 (9) 328

〈学会功労賞〉

2022 年度日本分析化学会学会功労賞受賞者
故 大森 保氏.....[齊藤伸吾] 2022 (9) 329
藏 源一郎氏.....[田中秀治] 2022 (9) 330

〈技術功績賞〉

2022 年度日本分析化学会技術功績賞受賞者
喜多純一氏.....[中西 淳] 2022 (9) 331
中川公一氏.....[白井 理] 2022 (9) 332

〈奨励賞〉

2022 年度日本分析化学会奨励賞受賞者
有馬彰秀氏.....[片山佳樹] 2022 (9) 333
井上賢一氏.....[塚原 聡] 2022 (9) 334
砂山博文氏.....[石濱 泰] 2022 (9) 335
吉田将己氏.....[田中俊逸] 2022 (9) 336

〈先端分析技術賞〉

2022 年度日本分析化学会先端分析技術賞受賞者
渋谷享司氏.....[丹波敏之] 2022 (9) 339
八幡悟史氏, 野田健一氏, 下村亜依氏, 小田 侑氏, 荒金 智氏, 八谷宏光氏, 黒田章夫氏.....[上野祐子] 2022 (9) 340

〈女性 Analyst 賞〉

2022 年度日本分析化学会女性 Analyst 賞受賞者
森内隆代氏.....[吉田裕美] 2022 (9) 337
リム リーワ氏.....[石濱 泰] 2022 (9) 338

〈リレーエッセイ〉

学び直し.....[姉崎克典] 2022 (1) 44
予期せぬこと.....[川上 淳] 2022 (2) 89
研究者としてのオリジナリティを探す[佐藤雄介] 2022 (3) 127
「時世に選別された」イノベーションの台頭[北村裕介] 2022 (4) 161
同姓同名.....[加藤 大 (だい)] 2022 (5) 198
学会のつながり.....[加藤 大 (まさる)] 2022 (6) 225
大学教職への転身.....[穂山 浩] 2022 (7) 262
“狭く深く” を心がけて.....[四宮一総] 2022 (8) 299
グリコサミノグリカンのポストカラム HPLC とともに[豊田英尚] 2022 (9) 325

分析化学者は糖鎖研究における主役になれるか？
……………[木下充弘] 2022(10) 405
所変われば……………[絹見朋也] 2022(11) 480
裏方のはず(?)の分析化学を主軸として
……………[大坂一生] 2022(12) 524

〈報 告〉

JASIS 2021 見聞録
……………[齊藤和憲, 津越敬寿] 2022 (2) 90
第 82 回分析化学討論会(水戸, 2022)
……………[山本博之] 2022(10) 406
JASIS 2022 見聞録
……………[齊藤和憲, 津越敬寿] 2022(11) 481
日本分析化学会第 71 年会……………[金田 隆] 2022(12) 525

〈ロータリー〉

談話室

コロナ禍における支部運営
……………[茶山健二] 2022 (1) 45
IUPAC の日本語訳について
……………[木村 優] 2022 (2) 92
分析イノベーション交流会の発足と活動の報告
…[豊田太郎, 東海林 敦, 菅沼こと] 2022 (3) 128
発信の仕方, 発表の仕方……………[田中俊逸] 2022 (4) 165
研究設備・装置の共用化の流れ
……………[高椋利幸] 2022 (5) 199
分析化学で世界を驚かせるには
……………[平田岳史] 2022 (6) 228
百聞は一見に如かず……………[宇都正幸] 2022 (7) 263
日本分析化学会の持続的な発展に向けての
学会事業のあり方に関する一意見
……………[栗原 誠] 2022 (8) 300
伝統的誤差論と「不確かさ」
……………[一色健司] 2022 (9) 341
ぶんせき誌の記事を埋没させないために
……………[野本知理] 2022(10) 411
大学の教員にもっと時間を！
……………[大堺利行] 2022(11) 483
分析用語の表記ゆれ……………[中野和彦] 2022(12) 528

インフォメーション

支部だより
近畿支部だより—コロナ禍における
ぶんきんニュース……………[田中 陽] 2022 (1) 46
九州支部だより—九州支部各賞受賞者の報告—
……………[井原敏博] 2022 (3) 129
「分析中部・ゆめ 21」若手交流会・第 21 回高山
フォーラム……………[間中 淳] 2022 (4) 166
中部支部だより—対面イベントの再開に向けて—
……………[長谷川 浩] 2022 (6) 231
中部支部だより—第 39 回分析化学中部夏期
セミナーの報告—……………[永谷広久] 2022(11) 483
中国四国支部だより
……………[菅原庄吾, 森 勝伸] 2022(12) 529
研究懇談会
第 373 回ガスクロマトグラフィー研究懇談会研究会
……………[和田豊仁] 2022 (1) 46
2022 年液体クロマトグラフィー努力賞
……………[中村 洋] 2022 (1) 47

第 26 回高分子分析討論会
……………[野上知花] 2022 (1) 47
第 57 回 X 線分析討論会
……………[栗崎 敏] 2022 (1) 48
第 365 回液体クロマトグラフィー研究懇談会
……………[海老原卓也] 2022 (1) 49
第 366 回液体クロマトグラフィー研究懇談会
……………[長江徳和] 2022 (2) 92
第 375 回ガスクロマトグラフィー研究懇談会研究会
……………[前田恒昭] 2022 (2) 93
2021 年 POTY 賞……………[中村 洋] 2022 (3) 130
高分子分析研究懇談会第 407 回例会報告
……………[長町俊希] 2022 (3) 131
第 367 回液体クロマトグラフィー研究懇談会
……………[石井直恵] 2022 (3) 131
第 27 回 LC&LC/MS テクノプラザ
……………[中山 聡] 2022 (4) 166
高分子分析研究懇談会第 408 回例会
……………[近藤洋輔] 2022 (4) 167
第 368 回液体クロマトグラフィー研究懇談会
……………[前中佑太] 2022 (4) 167
第 376 回ガスクロマトグラフィー研究懇談会
特別講演会……………[羽田三奈子] 2022 (6) 229
第 369 回液体クロマトグラフィー研究懇談会
……………[中村 洋] 2022 (6) 230
第 370 回液体クロマトグラフィー研究懇談会
……………[三上博久] 2022 (7) 263
第 371 回液体クロマトグラフィー研究懇談会
……………[榎本幹司] 2022 (8) 301
第 372 回液体クロマトグラフィー研究懇談会
……………[竹澤正明] 2022 (8) 302
第 377 回ガスクロマトグラフィー研究懇談会講演会
……………[木下健司] 2022 (9) 342
第 373 回液体クロマトグラフィー研究懇談会
……………[高橋 豊] 2022 (9) 343
高分子分析研究懇談会第 409 回例会
……………[小澤智行] 2022(11) 484
高分子分析研究懇談会第 410 回夏季例会
……………[山本裕子] 2022(11) 484
2022 年液体クロマトグラフィー科学遺産認定
……………[中村 洋] 2022(12) 529
2022 年度 CERI クロマトグラフィー分析賞
……………[中村 洋] 2022(12) 530
2023 年液体クロマトグラフィー努力賞
……………[中村 洋] 2022(12) 531
第 375 回液体クロマトグラフィー研究懇談会
……………[高橋亜紀子] 2022(12) 531
高分子分析研究懇談会第 411 回例会
……………[越野広雪] 2022(12) 532
第 26 回液体クロマトグラフィー研究懇談会特別
講演会・見学会……………[清水克敏] 2022(12) 533
第 374 回液体クロマトグラフィー研究懇談会
……………[中村 洋] 2022(12) 534
第 376 回液体クロマトグラフィー研究懇談会
……………[神山和夫] 2022(12) 534
理事会だより
2021 年度第 5 回……………[嶋崎悌司] 2022 (3) 129
2022 年度第 2 回……………[西澤精一] 2022 (8) 301
2022 年度第 3 回……………[山本博之] 2022(10) 411

編集委員会だより

2022年の表紙デザインについて

「ステイホームのお供に」…………… 2022 (1) 50

その他

「LC シニアクラブ」設立のお知らせ

…………… 2022 (4) 168

〈その他〉

2021年「分析化学」若手初論文賞受賞者

…………… 2022 (4) 162

2021年「分析化学」産業技術論文賞受賞論文

…………… 2022 (4) 163

2021年「分析化学」産業技術論文賞受賞論文

…………… 2022 (4) 164

2021年「分析化学」論文賞受賞論文…………… 2022 (6) 226

2021年「分析化学」論文賞受賞論文…………… 2022 (6) 227

〈新刊紹介〉

分析化学実技シリーズ機器分析編3 NMR

…………… 2022 (1) 8

酸と塩基の有機反応化学…………… 2022 (1) 8

ガスクロ自由自在 GC, GC/MSの基礎と実用

…………… 2022 (5) 200

改訂6版 分析化学データブック…………… 2022 (5) 200

理科年表2022 ポケット版…………… 2022 (6) 209

有機スペクトル解析入門…………… 2022 (6) 209

「ぶんせき」 広告掲載会社 (50音順) 2022年1月~12月

(株)朝倉書店	6・12	田中科学機器製作(株)	8
アジレント・テクノロジー(株)	2・3・7	田中貴金属工業(株)	9
アズワン(株)	7	(株)デジタルデータマネジメント	2・3・6・7・8・10・12
(株)アmenaテック	1・4・8・9	東亜ディーケーケー(株)	2・4・6・8・10・12
(株)エス・ティ・ジャパン		東ソー(株)	8・11
.....	1・2・3・4・5・6・7・8・9・10・11・12	日本精密科学(株)	8
(株)エヌ・ティー・エス	6・12	日本電気計器検定所	5・11
エルガ・ラボウォーター	12	日本電子(株)	5
(株)オーム社	6・12	日本分光(株)	1・2・3・4・5・6・7・8・9・10・11・12
オルガノ(株)	2・7・8・12	パーク・システムズ・ジャパン(株)	7・8
(一社)化学情報協会	1・2・7・10	(株)バイオクロマト	7
(株)ガステック	8	バイオテック(株)	7
関東化学(株)	5	ビー・エー・エス(株)	1・3・5・7・9・11
九州大学出版会	6	(株)日立ハイテクサイエンス	
(株)技術情報協会	6・12	1・2・3・4・5・6・7・8・9・10・11・12
(株)クロマニックテクノロジーズ	2・11	フリッチュ・ジャパン(株)	2・7
JASIS 2022	8	フロンティア・ラボ(株)	
ジーエルサイエンス(株)	1・8・11	1・2・3・4・5・6・7・8・9・10・11・12
実教出版(株)	6	マイルストーンゼネラル(株)	8
(株)島津製作所	1・2・3・4・5・6・7・8・9・10・11・12	マジェリカ・ジャパン(株)	10
ジャパンハイテック(株)	2・3・7	丸善出版(株)	12
新コスモス電機(株)	1	ミッシェルジャパン(株)	8
西進商事(株)	1・3・5・7・9・11	室町ケミカル(株)	2・4・8・10・12
(株)ゼネラルサイエンスコーポレーション		安井器械(株)	1・2・5・7・8・11
.....	1・3・5・7・9・11	(株)リガク	2・3・6・7・8・12
(株)センシユール科学	3		

原子吸光分光光度計
Atomic Absorption Spectrophotometer

AA-7800 シリーズ



Infinite Possibilities.

島津原子吸光分光光度計 AA-7800シリーズは、さまざまな分析用途に対応できる汎用性 (Any Application)、初心者でも安心して使える安全性・操作性を備え (Any User)、さらにオートサンプラを用いた連続分析やネットワーク接続による遠隔でのデータ解析などで分析オペレータのワークスタイルの自由度を高めます (Any Location)。



AA-7800シリーズの特長や動画をWebで紹介

Any Application

使い方に応じて進化するシステム

8本のホローカソードランプで多元素分析にも余裕で対応
高濃度試料や有機溶媒試料にも対応するフレームシステム

Any User

WizAArdソフトウェアと自動最適化機能による簡単操作

シンプルで使いやすいファーンエスシステム

さらに進化したセーフティテクノロジー

Any Location

世界最小デュアルシステム

コンパクトで高性能なオートサンプラ

LabSolutions CSネットワークが実現する“ラボからの解放”

PFAS分析に最適な超純水が 装置から直接採水できます

- 今お使いの超純水装置では PFOS や PFOA が
検出されてしまってブランク水に使用できない
- PFOS/PFOAフリー超純水を購入して
使うのはコストがかかるし、面倒だ

…こんなことでお困りの分析者の方へ

エルガ・ラボウォーターの
PURELAB Chorus 1
Analytical Research なら
そのまま使えます



超純水中のPFOS、PFOA、PFHxSの分析例

PURELAB Chorus 1 水

PFOS	< DL (0.02 ng/L)
PFOA	< DL (0.02 ng/L)
PFHxS	< DL (0.02 ng/L)

分析：株式会社アクアパルス（2022）

試験方法：

PFOS、PFOA：令和2年環水大発第2005281号 / 環水大土発第2005282号
付表1 固相抽出 LC-MS/MS 法

PFHxS：令和2年環水大発第2005281号付表1 準用

エルガ超純水装置は採水口フィルターからの
コンタミの心配がありません



より詳細な情報をご希望の方は下記までお問い合わせください。

ヴェオリア・ジェネッツ株式会社 エルガ・ラボウォーター事業部

お問い合わせ 〒108-0022 東京都港区海岸 3-20-20 ヨコソーレインボータワー
e-mail: jp.elga.all.groups@veolia.com <http://www.elgalabwater.com>

ELGAはVeolia Waterの実験室用水の国際ブランド名です。PURELABはELGA LabWaterの商標および技術です。【禁無断転載・複写】