

ぶんせき 11

Bunseki 2022

The Japan Society for Analytical Chemistry

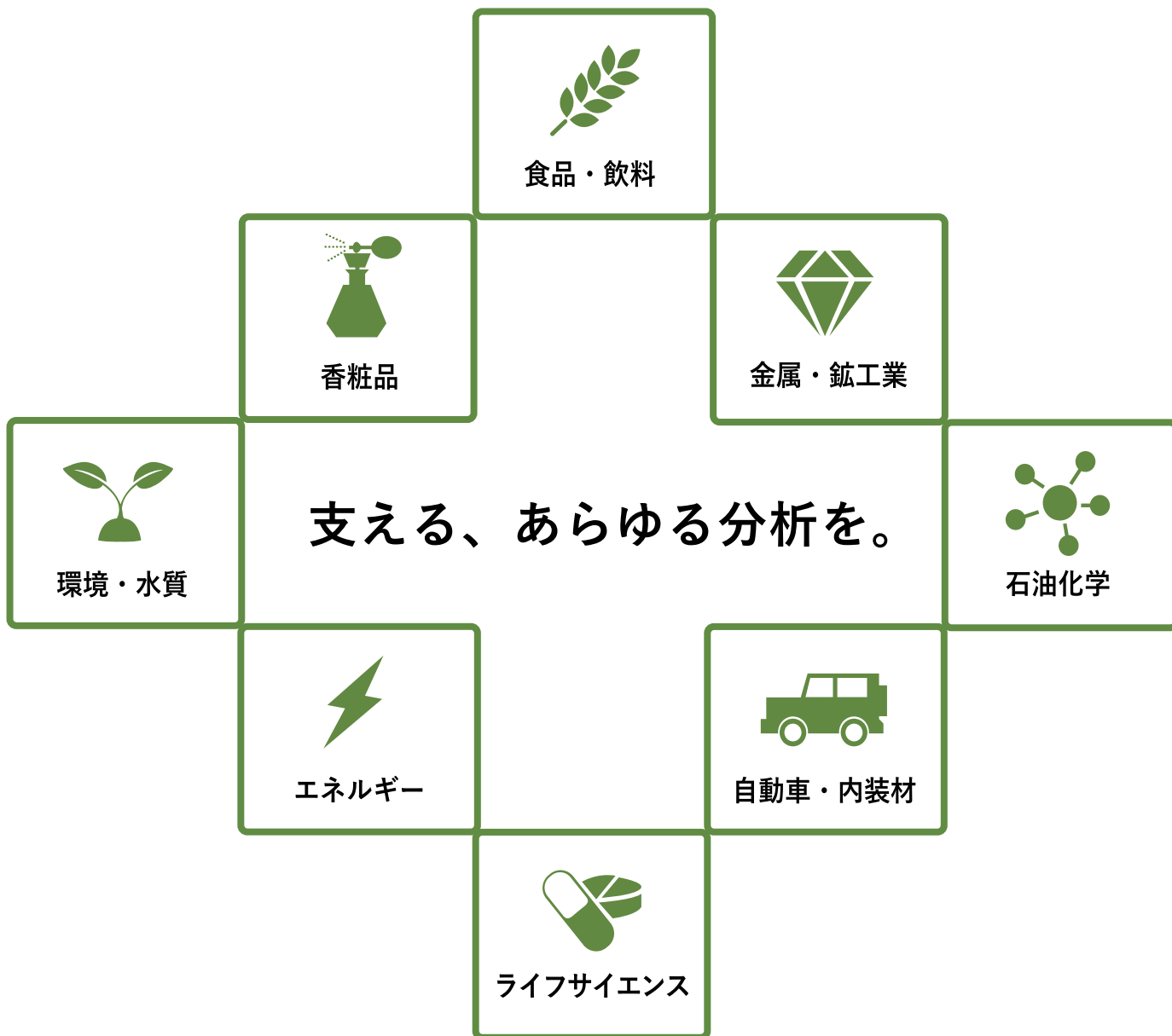


2022年3号から電子版に移行しました(団体会員除く)

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>

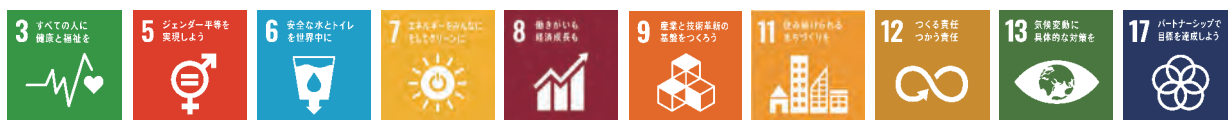


ジーエルサイエンス株式会社は、より良い社会の形成と企業の持続可能な発展のため、ESGの3つの要素である、環境（Environment）、社会（Social）、ガバナンス（Governance）に対する社会の期待や要請に「誠実」かつ「真面目」に取り組む、ステークホルダーとの対話を通じて深化させていきます。



ESG推進によるSDGsの取り組み

有害化学物質や水質検査、大気汚染物質の分析装置や消耗品の新規開発・製造・安定供給に取り組み、一つでも多くのSDGsゴールについて、達成に寄与できるよう邁進していきます。



当社の取り組み

ぶんせき Bunseki 2022 Contents 11

目次

とびら	交流と研究の活性化を支える支部活動／富安卓滋 415
入門講座	地球環境問題へのとびら
	食糧問題 —水産資源管理—／松林 順 416
講義	エクソソームの捕集・計測法／金田 隆 422
ミニファイル	衛生と安全
	実験室の事故事例を踏まえた防火対策／富田賢吾 427
特集	分析科学の SDGs 429
	SDGs と女性研究者ネットワーク活動／金澤秀子 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 435
	SDGs に貢献する環境分析／古川浩司 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 446
	分析科学の SDGs への貢献／小倉亜紗美 449
	簡易水質分析／佐藤 久, 中屋佑紀 454
	窒素酸化物種の連続計測 — SDGs との関連性—／定永靖宗 460
技術紹介	アフィニティークロマト法による 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 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 470
トピックス	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 ／南澤磨優覧 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 477
こんにちは	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 478
リレーエッセイ	所変われば／絹見朋也 480
報告	JASIS 2022 見聞録／齊藤和憲, 津越敬寿 481
ロータリー	483
	談話室：大学の教員にもっと時間を！／インフォメーション：中部支部だより；高 分子分析研究懇談会第 409 回例会；高分子分析研究懇談会第 410 回夏季例会／執 筆者のプロフィール

〔論文誌目次〕	487	〔カレンダー〕	iii
〔会報（会長選挙の実施について）〕	488	〔広告索引〕	A7
〔お知らせ〕	M1	〔ガイド〕	A8

＜マグネシウム認証標準物質 7 種類の頒布開始＞

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

◇微量元素分析用 高純度マグネシウム認証標準物質◇

[JAC 0141～JAC 0143 (ディスク状 3種類)]

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

直径 50 mm 厚さ 20 mm のディスク状：表面を平滑に研磨仕上げ

単位 (µg/g)

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

◇汎用マグネシウム合金認証標準物質◇

[JAC 0151～JAC 0154 (ディスク状 4種類)]

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

直径 50 mm 厚さ 20 mm のディスク状：表面を平滑に研磨仕上げ

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

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



(a)



(b)

◇ 頒布価格：試料 1 ディスクにつき

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

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

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

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

技術問合先 〒141-0031 東京都品川区西五反田 1-26-2 五反田サンハイツ 304 号

(公社) 日本分析化学会 標準物質委員会 事務局 [電話：03-3490-3352, FAX：03-3490-3572,

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

カレンダー

2022 年

11 月	1~30 日	第 74 回表面科学基礎講座「表面・界面分析の基礎と応用」〔オンライン (Google Classroom)〕……………(M 6)
	7 日	第 245 回西山記念技術講座「失敗しない評価・分析・解析技術の最前線 (不確定要素の理解と適切な手法の選択に向けて)」〔CIVI 研修センター新大阪東 5 階 E5 Hall〕……………(10 号 M7)
	7~9 日	日本磁気科学会第 16 回年会〔日本大学生産工学部 60 周年記念棟 6 階 Spring Hall〕……………(10 号 M7)
	8~10 日	第 61 回 NMR 討論会〔高知県立県民文化ホール〕……………(9 号 M6)
	9 日	日本希土類学会 第 40 回 講演会〔崎陽軒本店マンダリン〕……………(9 号 M6)
	9・10 日	日本膜学会膜シンポジウム 2022「膜を学ぶ・膜に学ぶ」〔神戸大学百年記念館〕……………(9 号 M6)
	10・11 日	第 58 回 X 線分析討論会〔イーグレひめじ〕……………(M 1)
	10・11 日	第 35 回日本吸着学会研究発表会〔JA 長野県ビル・アクティフ・ホール〕……………(9 号 M6)
	10・11 日	第 68 回ポーラログラフイーおよび電気分析化学討論会〔京都大学桂ホール桂ホール〕……………(9 号 M7)
	12 日	「分析中部・ゆめ 21」若手交流会・第 22 回高山フォーラム〔オンライン開催〕……………(9 号 M4)
	12 日	生物発光化学発光研究会第 37 回学術講演会〔和歌山県立医科大学薬学部大講義室〕……………(10 号 M7)
	14 日	第 246 回西山記念技術講座「失敗しない評価・分析・解析技術の最前線 (不確定要素の理解と適切な手法の選択に向けて)」〔早稲田大学西早稲田キャンパス 63 号館 2 階会議室〕……………(10 号 M7)
	15~17 日	第 38 回近赤外フォーラム〔東京大学弥生講堂〕……………(7 号 M12)
	17 日	実用表面分析セミナー 2022〔神戸大学百年記念館六甲ホール〕……………(M 6)
	17・18 日	日本金属学会オンライン教育講座「金属製錬の熱力学」〔オンライン (Zoom)〕……………(M 6)
	17・18 日	分離技術会年会 2022〔オンライン形式〕……………(M 6)
	18 日	第 35 回新潟地区部会研究発表会〔新潟大学五十嵐キャンパス物質生産棟 1F-161 室〕……………(10 号 M4)
	18 日	第 37 回元素分析技術研究会〔オンライン開催〕……………(8 号 M8)
	18 日	HPLC & LC/MS 講習会 2022〔オンライン (Zoom ウェビナー)〕……………(9 号 M4)
	18 日	(公社)日本分光学会第 6 回 MAIRS ワークショップ〔京都大学化学研究所〕……………(10 号 M8)
	18 日	第 277 回ゴム技術シンポジウム「ゴム技術の基礎と最新分析技術」〔東部ビルとオンライン (Zoom) 併用によるハイブリット開催〕……………(M 6)
	21 日	電気化学セミナー C「リチウムイオン電池研究開発の最前線～基礎から応用まで～」〔オンライン会場：東京理科大学神楽坂キャンパス 1 号館 17 階記念講堂 (Zoom による同時配信)〕……………(M 6)
	22 日	第 377 回液体クロマトグラフイー研究懇談会〔Zoom オンライン会場〕……………(10 号 M4)
	24・25 日	第 12 回液体イオン液体討論会〔宮地楽器ホール〕……………(10 号 M8)
	24・25 日	LC-&LC/MS-DAYS 2022 ～人材育成～〔箱根パークス吉野〕……………(8 号 M5)
	24・25 日	ナノ材料の表面分析講習〔近畿大学〕……………(7 号 M11)
	24・25 日	第 41 回溶媒抽出討論会〔東京工業大学大岡山キャンパス西 8 号館 (E) 10 階大会議室〕……………(9 号 M7)
	24・25 日	女子大学院生・ポスドクのための産総研所内紹介と在職女性研究者との懇談会〔Female Graduate Students Laboratory Tours and Round Table with Womaen Researchers in AIST〕〔オンライン開催〕……………(M 6)
	25 日	第 58 回フローインジェクション分析講演会〔湊川神社 楠公会館菊水の間他〕……………(8 号 M6)
	25・26 日	日本腐植物質学会第 38 回講演会および総会〔東邦大学理学部 3 号館・5 号館〕……………(9 号 M7)
	30・1 日	第 41 回分析化学基礎セミナー (無機分析編) : 2 日間講習 ー現場技術者の分析技術の基礎習得へ向けてー〔Zoom〕……………(M 3)
12 月	2 日	2022 年度第 3 回近畿支部講演会〔大阪科学技術センター 7 階 700 号室〕……………(M 4)
	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〕……………(M 4)
	3 日	2022 年度「ぶんせき講習会」(発展編)「Python を用いた機器分析データの解析～入門からケモメトリックスまで～」〔大阪電気通信大学寝屋川キャンパス J 号館 7 階 J708 演習室〕……………(10 号 M5)
	3 日	LC シニアクラブ (LC Senior Club, LCSCCL) 設立総会〔Zoom ミーティング〕……………(10 号 M6)
	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	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 ー遠くても近くても, センシング・ハンドリングー〔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イー討論会 〔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イー研究懇談会〔Zoom オンライン会場〕……………(M 4)
2023 年		
1 月	19・20 日	第 28 回 LC & LC/MS テクノプラザ〔Zoom ウェビナー〕……………(M 5)
	23 日	第 27 回液体クロマトグラフイー研究懇談会 特別講演会・見学会 〔栗田工業(株) Kurita Innovation Hub (KIH)〕……………(M 5)
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 8)
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)

各種標準物質 (RM, CRM)

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

・核燃料関連 (ウラン、トリウム、プルトニウム) ・環境中放射能標準物質などもございます。お探しの標準物質ございましたら、お問い合わせください。

SPEX社 前処理機 (フリーザーミル・ボールミル)

凍結粉碎機 (Freezer / Mill)

粉碎容器にインパクト (粉碎棒) とサンプルを一緒に入れ、液体窒素にてサンプルを常時凍結させて運転を開始します。

インパクトを磁化させ、往復運動させる事による衝撃でサンプルを粉碎します。やわらかいサンプルや熱に弱い生体サンプルに最適です。

〈サンプル例〉プラスチック、ゴム、生体サンプルなど、
〈使用例〉ICP, XRF, GC, LCの前処理 DNA/RNAの抽出の前処理



ボールミル (Mixer / Mill)

SPEX独自の8の字運動により、効率的な粉碎、混合が可能。サンプルに合った粉碎容器、ボールを選択可能。

〈サンプル例〉岩石、植物、錠剤、合金など
〈使用例〉ICP, XRFの前処理 メカニカルアロイイング

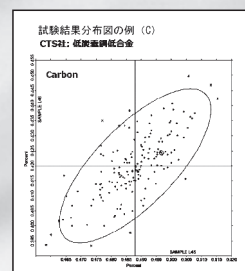


海外技能試験輸入代行サービス

技能試験とは・・・

技能試験提供機関が提供する未知サンプルを分析することによって、分析者の分析技能を測るテストです。分析能力に関して中立的な評価が得られ、国内外の参加試験所と分析能力の比較が出来ます。国内では毒物劇物取締法など特殊な法令に沿った通関手続きが必要でございます。当社はコンプライアンスを遵守し、ノウハウを活かし、輸入の代行を致します。

〈サンプル例〉
金属材料中元素分析、フタル酸エステル類、物性試験 (引張・曲げ・硬さ)
ニッケル溶出試験、医薬品、化粧品、環境分野、オイル、食品、玩具規制専用試験など



YouTubeチャンネル【西進商事公式】

弊社取り扱い製品の情報を公開中です。(順次アップロード予定)



SEISHIN

標準物質専門商社

西進商事株式会社

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

— 西進商事は日本分析化学会の販売総代理店です —

本 社 〒650-0047 神戸市中央区港島南町1丁目4番地4号
TEL.(078)303-3810 FAX.(078)303-3822
東京支店 〒105-0012 東京都港区芝大門2丁目12番地7号 (RBM芝パークビル)
TEL.(03)3459-7491 FAX.(03)3459-7499
名古屋営業所 〒450-0003 名古屋市中村区名駅南1丁目24番地30 (名古屋三井ビル本館)
TEL.(052)586-4741 FAX.(052)586-4796
北海道営業所 〒060-0002 札幌市中央区北二条西1丁目10番地 (ピア2・1ビル)
TEL.(011)221-2171 FAX.(011)221-2010

高性能アフィニティークロマトグラフィーカラム

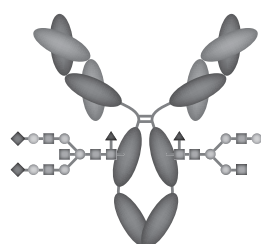
TSKgel[®] FcR-III A-NPR

TSKgel[®] FcR-III A-5PW

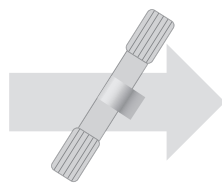


特長

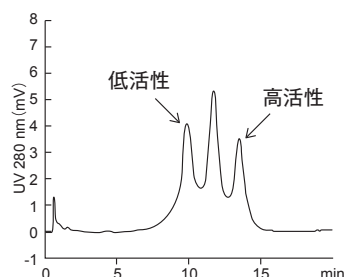
- **世界初の新規な抗体分離・分析用アフィニティークラム**
抗体受容体 (FcγRIIIa) を固定化した世界初のカラム
- **抗体活性をハイスループット分析 (TSKgel FcR-III A-NPR)**
抗体の活性 (ADCC) の違いを3つのピークとして分析
抗体の糖鎖構造の違いによる分離 (糖鎖プロファイリング)
HPLCシステムで30分で迅速に分析 (pHグラジエント溶出法)
- **構造解析、活性測定に必要な量 (約5mg) の分取が可能 (TSKgel FcR-III A-5PW)**



抗体医薬品



TSKgel FcR-III A-NPR



クロマトグラム

主な対象物質

- 抗体 ○ Fc融合たんぱく質

主な用途

- 細胞株のスクリーニング ● 培養条件の最適化 ● 上流製造工程管理 ● 製品ロット管理

仕様

品番	品名	粒子径	カラムサイズ	価格	用途
0023513	TSKgel FcR-III A-NPR	5 μm	4.6 mm I.D. × 7.5 cm	480,000円	分析
0023532	TSKgel FcR-III A-5PW	10 μm	7.8 mm I.D. × 7.5 cm	480,000円	分取



東ソー株式会社
バイオサイエンス事業部

東京本社営業部 ☎(03)5427-5180 〒105-8623 東京都港区芝3-8-2
大阪支店 バイオサイエンスG ☎(06)6209-1948 〒541-0043 大阪市中央区高麗橋4-4-9
名古屋支店 バイオサイエンスG ☎(052)211-5730 〒460-0008 名古屋市中区栄1-2-7
福岡支店 ☎(092)781-0481 〒810-0001 福岡市中央区天神1-13-2
仙台支店 ☎(022)266-2341 〒980-0014 仙台市青葉区本町1-11-1
カスタマーサポートセンター ☎(0467)76-5384 〒252-1123 神奈川県綾瀬市早川2743-1
バイオサイエンス事業部ホームページ <https://www.separations.asia.tosohbioscience.com/>

MZ208GD.A

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。)



計測技術セミナー

(公社)日本分析化学会と共催

分析化学における不確かさ研修プログラム

セミナーの特徴

楽しく！ 簡単に！ わかりやすく！

受講者全員に目が届く
少数定員

講義と演習を
繰り返すので身に着く

受講者全員に
受講証明書を発行

未経験者でも
簡単に不確かさの計算が
できるようになる

複数の講師が対応

受講者一人一人の
理解度を確認しながら
進めるので安心！

社員教育として
活用できる！

難しい数式や
偏微分は使いません！

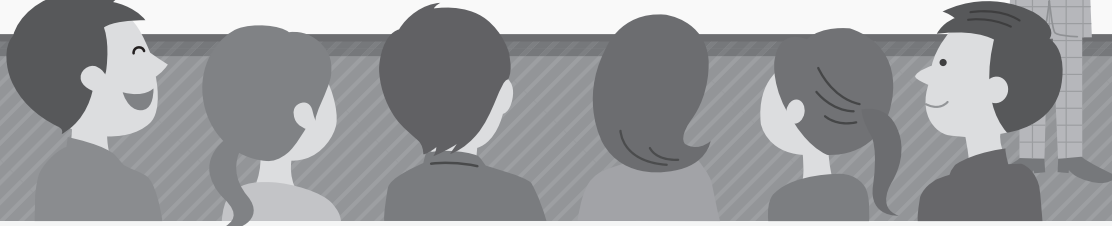
発言・質問
しやすい！

その他、JEMICで開催しているセミナー

開催例

「知っておきたい不確かさの評価法 応用編」
「不確かさ評価に必要な統計的手法」
「事例で学ぶ不確かさ：電気編」
「事例で学ぶ不確かさ：温度編」
ISO/IEC 17025：2017内部監査員研修

「ISO/JIS Q 10012計測器管理規格の解説と活用」
「質量計の校正と不確かさ評価」
「一次元寸法測定器の校正と不確かさ評価」
「温度測定的基础」「抵抗温度計の校正」
「熱電対の校正」「放射温度計基礎講座」など



問い合わせ先

日本電気計器検定所 (JEMIC) セミナー事務局

〒108-0023 東京都港区芝浦4-15-7

TEL : 03-3451-1205 / E-Mail : kosityukai-tky@jemic.go.jp

セミナー詳細はこちら https://www.jemic.go.jp/gizyutu/j_keisoku.html

標準器・計測器の校正試験については下記へお問い合わせください

日本電気計器検定所 <https://www.jemic.go.jp/>

- **JEMIC** は、電気、磁気、温度、湿度、光、時間、長さ、質量、圧力、トルクのJCSS校正を行っています。
- **JEMIC** が発行する国際MRA対応JCSS認定シンボル付き校正証明書は、品質システムの国際規格ISO 9000S、自動車業界の国際的な品質マネジメントシステム規格IATF 16949の要求に対応できます。

校正試験実施・窓口

- **本社**
〒108-0023 東京都港区芝浦4-15-7
Tel.03-3451-6760 Fax.03-3451-6910
- **中部支社**
〒487-0014 愛知県春日井市気噴町3-5-7
Tel.0568-53-6336 Fax.0568-53-6337
- **関西支社**
〒531-0077 大阪市北区大淀北1-6-110
Tel.06-6451-2356 Fax.06-6451-2360
- **九州支社**
〒815-0032 福岡市南区塩原2-1-40
Tel.092-541-3033 Fax.092-541-3036

JEMICのネットワーク・代表電話

- **本社**
03-3451-1181
- **北海道支社**
011-668-2437
- **東北支社**
022-786-5031
- **中部支社**
0568-53-6331
- **北陸支社**
076-248-1257
- **関西支社**
06-6451-2355
- **関西支社京都事業所**
075-681-1701
- **中国支社**
082-503-1251
- **四国支社**
0877-33-4040
- **九州支社**
092-541-3031
- **沖縄支社**
098-934-1491

企業ニーズに応えるネットワークと、
永年にわたる研究を基盤とする実績。
校正試験のことなら、
JEMICにご相談ください。



JEMICイメージキャラクター「ミクちゃん」

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



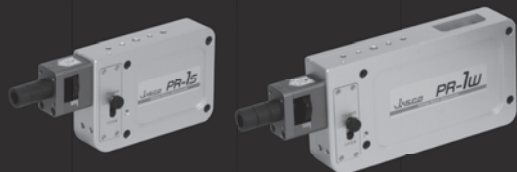
New

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。

ポリマー分析用試料キット

ポリマーサンプルキット205

<1セット 100本入・10-20g/1本>

100本の構成ポリマーは汎用性ポリマー試料だけでなくエンブラ試料も含まれておりますのでIR分析等のライブラリーへの収録にご利用いただけるポリマー分析試料キットです。

スペックとして：引火点・平均分子量・屈折率・ガラス転移点・融解温度等の情報がございます。

100種類の試料の一部試料については入れ替えも可能です。

詳しくはお問い合わせ下さい。



Cap No.	Cat No.	Polymer	Cap No.	Cat No.	Polymer
1	032	Alginate acid, sodium salt	51	184	Polyethylene, chlorinated, 25% chlorine
2	209	Butyl methacrylate/isobutyl methacrylate copolymer	52	185	Polyethylene, chlorinated, 36% chlorine
3	660	Cellulose	53	186	Polyethylene, 42% chlorine
4	083	Cellulose acetate	54	107	Polyethylene, chlorosulfonated
5	077	Cellulose acetate butyrate	55	041	Polyethylene, high density
6	321	Cellulose propionate	56	042	Polyethylene, low density
7	031	Cellulose triacetate	57	405	Polyethylene, oxidized, Acid number 16 mg KOH/g
8	142	Ethyl cellulose	58	136A	Poly(ethylene oxide)
9	534	Ethylene/acrylic acid copolymer, 15% acrylic acid	59	138	Poly(ethylene terephthalate)
10	454	Ethylene/ethyl acrylate copolymer, 18% ethyl acrylate	60	414	Poly(2-hydroxyethyl methacrylate)
11	939	Ethylene/methacrylic acid copolymer, 12% methacrylic acid	61	112	Poly(isobutyl methacrylate)
12	358	Ethylene/propylene copolymer, 60% ethylene	62	106	Polyisoprene, chlorinated
13	506	Ethylene/vinyl acetate copolymer, 9% vinyl acetate	63	037A	Poly(methyl methacrylate)
14	243	Ethylene/vinyl acetate copolymer, 14% vinyl acetate	64	382	Poly(4-methyl-1-pentene)
15	244	Ethylene/vinyl acetate copolymer, 18% vinyl acetate	65	391	Poly(p-phenylene ether-sulphone)
16	316	Ethylene/vinyl acetate copolymer, 28% vinyl acetate	66	090	Poly(phenylene sulfide)
17	246	Ethylene/vinyl acetate copolymer, 33% vinyl acetate	67	130	Polypropylene, isotactic
18	326	Ethylene/vinyl acetate copolymer, 40% vinyl acetate	68	1024	Polystyrene, Mw 1,200
19	959	Ethylene/vinyl alcohol copolymer, 38% ethylene	69	400	Polystyrene, Mw 45,000
20	143	Hydroxyethyl cellulose	70	039A	Polystyrene, Mw 260,000
21	401	Hydroxypropyl cellulose	71	046	Polysulfone
22	423	Hydroxypropyl methyl cellulose, 10% hydroxypropyl, 30% methoxyl	72	203	Poly(tetrafluoroethylene)
23	144	Methyl cellulose	73	166	Poly(2,4,6-tribromostyrene)
24	374	Methyl vinyl ether/maleic acid copolymer, 50/50 copolymer	74	1019	Poly(vinyl acetate)
25	317	Methyl vinyl ether/maleic anhydride, 50/50 copolymer	75	002	Poly(vinyl alcohol), 99.7% hydrolyzed
26	034	Nylon 6 [Poly(caprolactam)]	76	352	Poly(vinyl alcohol), 98% hydrolyzed
27	331	Nylon 6(3)T [Poly(trimethylhexamethylene terephthalamide)]	77	043	Poly(vinyl butyral)
28	033	Nylon 6/6 [Poly(hexamethylene adipamide)]	78	038	Poly(vinyl chloride)
29	156	Nylon 6/9 [Poly(hexamethylene azelamide)]	79	353	Poly(vinyl chloride), carboxylated, 1.8% carboxyl
30	139	Nylon 6/10 [Poly(hexamethylene sebacamide)]	80	012	Poly(vinyl formal)
31	313	Nylon 6/12 [Poly(hexamethylene dodecanediamide)]	81	102	Poly(vinylidene fluoride)
32	006	Nylon 11 [Poly(undecanoamide)]	82	132	Polyvinylpyrrolidone
33	045A	Phenoxy resin	83	103	Poly(vinyl stearate)
34	009	Polyacetal	84	494	Styrene/acrylonitrile copolymer, 25% acrylonitrile
35	001	Polyacrylamide	85	495	Styrene/acrylonitrile copolymer, 32% acrylonitrile
36	376	Polyacrylamide, carboxyl modified, low carboxyl modified	86	393	Styrene/allyl alcohol copolymer, 5.4-6.0% hydroxyl
37	1036	Polyacrylamide, carboxyl modified, high carboxyl modified	87	057	Styrene/butadiene copolymer, ABA block copolymer, 30% styrene
38	026	Poly(acrylic acid)	88	595	Styrene/butyl methacrylate copolymer
39	385	Polyamide resin	89	452	Styrene/ethylene-butylene copolymer, ABA block, 29% styrene
40	688	1,2-Polybutadiene	90	178	Styrene/isoprene copolymer, ABA block
41	128	Poly(1-butene), isotactic	91	049	Styrene/maleic anhydride copolymer, 50/50 copolymer
42	961	Poly(butylene terephthalate)	92	068	Vinyl chloride/vinyl acetate copolymer, 10% vinyl acetate
43	111	Poly(n-butyl methacrylate)	93	063	Vinyl chloride/vinyl acetate copolymer, 12% vinyl acetate
44	1031	Polycaprolactone	94	070	Vinyl chloride/vinyl acetate copolymer, 17% vinyl acetate
45	035	Polycarbonate	95	422	Vinyl chloride/vinyl acetate/maleic acid terpolymer
46	196	Polychloroprene	96	911	Vinyl chloride/vinyl acetate/hydroxypropyl acrylate, 80% vinyl chloride, 5% vinyl acetate
47	010	Poly(diallyl phthalate)	97	395	Vinylidene chloride/acrylonitrile copolymer, 20% acrylonitrile
48	126	Poly(2,6-dimethyl-p-phenylene oxide)	98	058	Vinylidene chloride/vinyl chloride copolymer, 5% vinylidene chloride
49	324	Poly(4,4'-dipropoxy-2,2'-diphenyl propane fumarate)	99	369	n-Vinylpyrrolidone/vinyl acetate copolymer, 60/40 copolymer
50	113	Poly(ethyl methacrylate)	100	021	Zein, purified

ここに記されている他にも数千種類のポリマー試料を取り揃えております。 カタログ・資料ご希望およびお問い合わせ等は下記へご連絡下さい。

GSC 株式会社 ゼネラルサイエンスコーポレーション

〒170-0005 東京都豊島区南大塚3丁目11番地8号 TEL.03-5927-8356 (代) FAX.03-5927-8357

ホームページアドレス <http://www.shibayama.co.jp> e-mail アドレス gsc@shibayama.co.jp

分析業界のコストカッター ディスポチューブでらくらく粉砕!!

立体8の字®原理による **秒速粉砕機** **マルチビーズショッカー®**

㊦ 卓上型・省スペース ㊦ 極静音 MB3000シリーズ



豊富な種類の粉砕容器

2ml ~ 最大 100ml チューブまで
ラインナップ!!

粉砕チューブ一例

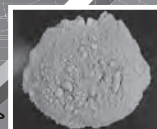


各サンプル量に合わせた最適粉砕を実現!
タングステンカーバイド、チタン、メノウ、酸化ジルコニウム、
PTFE など豊富なラインナップ!

硬化コンクリート



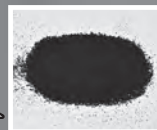
粉砕時間
60秒
常温



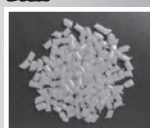
ゴム



粉砕時間
10秒
液体窒素
条件下



樹脂



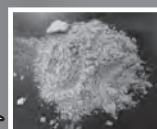
粉砕時間
10秒
液体窒素
条件下



植物生葉



粉砕時間
10秒
液体窒素
条件下



ヨーロッパ安全基準適合



アプリケーションラボ完成!

テスト粉砕とデモは無料で実施します。
遠慮なくお問合せ下さい!



製造発売元



安井器械株式会社

本社・工場 〒534-0027 大阪市都島区中野町2-2-8

TEL.06-4801-4831

FAX.06-6353-0217

E-mail:s@yasuikikai.co.jp

http://www.yasuikikai.co.jp

©2022 Yasui Kikai Corporation, all rights reserved

221020

交流と研究の活性化を支える支部活動



富 安 卓 滋

2022年度九州支部長をおおせつかりました。鹿児島大学大学院理工学研究科の富安卓滋と申します。支部長就任にあたり、改めて考えてみたのですが、研究は一人で黙々とできるものであったとしても、他の方々と議論する中で新しい視点を導入できたり、見落としているポイントを発見できたりすることで、さらに研究を高みに持っていくことができる。そのために学会という組織が構成されてきたのだと理解しています。支部の存在意義は、より距離的に近いところで、それぞれの地域の状況に応じて、より密接なきめの細かい交流を通じて、研究を活性化させ、支部というスケールだからこそ可能となる取り組みを実施し、分析化学の裾野を広げていくこと。それが翻って、学会全体が大きく育つエネルギーを生み出すことになるのでしょ

うでしょう。交流と研究の活性化は切り離せないものであると考えていますが、コロナ禍の中、参加者の安全確保、そして、医療現場をこれ以上^{ひっばく}逼迫させないために、組織としての活動のあり方を検討する中で、2022年度の九州支部としての主要な活動である第35回若手研究講演会および第40回夏季セミナーは、オンラインで実施することになりました。組織として、構成員の安全を確保することを第一に考えたコロナ対応が求められる中で、コミュニケーションのツールは、劇的に進化を遂げ、オンラインだからこそできる開催の形や工夫がなされてきています。その一方で、やはり顔を直接合わせて議論することで得られるものも間違いなくあるはずで、そして、学会活動の原点となる熱感を感じられる交流をどのように実現するのか、が、今問われているように思えます。組織だった大きなイベントができなければ、何もできないということではなく、例えば、大学内、県内、地区内など、状況を判断しつつ、例え小さくてもその分小回りの効く研究交流を計画し、実施することができれば、そして、その経験を共有する場として支部が活用されれば、それが分析化学会としての大きな力につながってゆくものと考えています。

最後に、この原稿を書いている現在（2022年6月）は、コロナによる活動の制約に加えて、ロシアのウクライナ侵攻で顕在化した国際社会の不安定さを考えせられる状況になっています。科学、技術、文化の進展、そして、人類の福祉に寄与することを目的として設立された日本分析化学会の活動も然り、平和の中でこそ、交流に根差した自由な研究や学問の進展が担保されることをあらためて感じています。交流のない、すなわち、分断された中での“進展”は歪なものとなる危険性も^{ほら}孕みます。拙文の掲載される「ぶんせき」誌11号の発行されるころには、少しでもこの状況が改善されていることを願ってやみません。

〔Takashi TOMIYASU, 鹿児島大学大学院理工学研究科, 日本分析化学会九州支部長〕

食糧問題

—水産資源管理—

松 林 順

1 はじめに

世界規模で生じている様々な環境問題・社会問題を解決し、持続可能な社会を目指す国際的な枠組みであるSDGs (sustainable development goals) が、近年俄かに注目を浴びている。SDGsでは17の大目標を掲げており、その一つとして14番目に挙げられているテーマが「海の豊かさを守ろう」である。これが意味することは、現時点において海洋資源の持続可能な利用が危ぶまれる状況にあるということである。実際に、FAO (The State of World Fisheries and Aquaculture 2020 : Sustainability in action)¹⁾によると、2017年において世界の水産資源のうち約34%が過剰漁獲状態にあるとされており、この割合は1974年の10%から年々増加傾向にある。日本においても近年ウナギやサンマの不漁が毎年のように報じられていることからわかるように、水産資源に恵まれた日本にとって、これは極めて身近な問題である。SDGsでは、これを解決するために“科学的な情報に基づいて”生息地の保全や資源管理計画を実施することとしている。それでは、水産資源を守るために分析化学の手法を用いてどのような科学的知見が提供できるだろうか。

海洋生物の資源管理に直結する科学的知見として、回遊経路に関する情報が挙げられる。生物がどこで産まれて、どこを泳いで成長し、どこで性成熟して次の世代を産むのか。これらが生物の資源量を把握するうえで最も基本的な情報であることは自明である。特に、複数の国が漁獲にかかわるような広域を回遊する種においては、その回遊経路の全貌を把握しない限り、国際社会が協力して資源管理を実施することは不可能だろう。しかし、こと海洋になるとこうした回遊に関する情報を把握する難易度は極めて高くなる。これまで、海洋生物の回遊経路を調べる方法としては、海上で捕獲した多数の個体に電子タグなどの標識をつけて放流し、そのうちの一部の個体が漁業などで再捕獲された際に、その間の回遊データを得るというバイオロギングの手法が主流であった。

バイオロギングでは比較的正確な位置情報を細かい時間解像度で得られるというメリットがあるが、調査にかかる労力や電子標識のコストが大きいこと、採捕率は極めて低い場合が多くデータの回収効率が悪いこと、小型の魚種や稚魚には標識を装着できないことなどのデメリットがある。そこで、こうしたデメリットを克服する新たな回遊経路推定手法として近年注目されているのが、同位体分析という化学分析手法を用いた海洋生物の回遊経路推定手法である。

本稿では、世界的に重要な食糧となっているサケを題材として、同位体分析によりその回遊履歴を復元する手法について概説し、本手法を水産資源管理にどう活かすことができるかについて議論する。

2 同位体分析

2.1 同位体とは

同位体とは、同じ原子番号の原子のうち、中性子数が異なるものを示しており、その概念は今から1世紀ほど前にイギリスの化学者であるソディによって提唱された。同位体同士は質量数がわずかに異なっており、そのため化学反応や状態変化の進行速度に違いがある。同位体のうち、時間経過に伴う放射壊変が見られるものを放射性同位体、見られないものを安定同位体と呼ぶ。生物の体を構成する主な元素である水素 (H)、炭素 (C)、窒素 (N)、酸素 (O)、イオウ (S) にも複数の同位体が存在している。こうした元素の同位体の構成比率は同位体比と呼ばれており、生物の体を構成する軽元素の同位体比は、その栄養源や代謝過程によって大きく異なる場合がある。

2.2 同位体比の表記法

同位体比とは各同位体の存在比である。窒素を例にすると、窒素には質量数14と15の安定同位体（それぞれ ^{14}N 、 ^{15}N ）が存在し、 ^{14}N に対する ^{15}N の存在比 ($^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$) が窒素の安定同位体の存在比として用いられる。ただし、天然における重い同位体の存在量は軽い同位体に比べて極めて小さい場合が多いことから、同位体の単純な存在比で表すと桁が小さくなりすぎてその変動

が分かりにくい。このため、同位体比の変化が分かりやすいように、元素ごとに定められた国際的な標準物質（例えば、窒素では大気中窒素）の同位体比に対する測定試料の同位体比の千分偏差（ δ 値：デルタ値と読む）として表されることが多い。窒素を例にすると、その安定同位体の存在比である $\delta^{15}\text{N}$ は以下の式によって算出される。

$$\delta^{15}\text{N}_{\text{sample}} (\text{‰}) = \left(\frac{{}^{15}\text{N}_{\text{sample}}/{}^{14}\text{N}_{\text{sample}}}{{}^{15}\text{N}_{\text{STD}}/{}^{14}\text{N}_{\text{STD}}} - 1 \right) \times 1000$$

${}^{15}\text{N}_{\text{sample}}/{}^{14}\text{N}_{\text{sample}}$ はサンプルの窒素安定同位体比、 ${}^{15}\text{N}_{\text{STD}}/{}^{14}\text{N}_{\text{STD}}$ は標準物質の窒素安定同位体比を意味している。

2.3 同位体比で何が分かるのか

生態学において、同位体分析は生物の栄養源を推定する目的で使われることが多かった。生物の体を構成するタンパク質全体に含まれる炭素や窒素などの安定同位体比（バルクの同位体比と呼ばれる）は、生物の食う一食われるの関係によって一定程度の割合で上昇することが知られている。この被食者-捕食者間での同位体比の上昇度合いは、trophic enrichment factor (TDF) と呼ばれている。つまり、捕食者の体組織中の同位体比は、被食者の同位体比+TDF で決まる。餌資源とその捕食者の間の同位体比の TDF は、 $\delta^{13}\text{C}$ で約 0.8 ‰、 $\delta^{15}\text{N}$ で約 3.4 ‰程度となる場合が多いが、分析対象となる生物種または組織によって異なる。このため、給餌試験などで対象種・組織ごとに正確な TDF を求めることで、生物のバルクの同位体比からその生物が食べた餌の情報を得ることができる。

一方で、海水や降水などの環境水中に含まれる無機物や栄養塩の同位体比は、空間的にもしばしば大きく変動する。こうした同位体比の空間変化を正しく理解し、その分布地図を描くことができれば、ある生物が過去にどこを利用していたかを復元することが可能になる。このような同位体比の空間的な分布地図はアイソスケープと呼ばれており、その参照値となる栄養塩や一次生産者の同位体比はベースラインと呼ばれる。近年、陸域では水温や標高の指標となる酸素安定同位体比 ($\delta^{18}\text{O}$) のアイソスケープを用いて、鳥や昆虫がどこから来たかを予測する研究が行われている。しかし、海洋においては $\delta^{18}\text{O}$ が緯度・経度方向のみではなく深度方向でも大きく値が変動することや、生息に適した水温幅が狭い魚種が多いため、海洋生物にこの手法が適用された事例は限られている。

3 海洋におけるアイソスケープ作成

3.1 アミノ酸の同位体比分析について

$\delta^{18}\text{O}$ 以外で海洋アイソスケープに適した元素として窒素安定同位体比 ($\delta^{15}\text{N}$) が挙げられる。海洋表層に

おける一次生産者は植物プランクトンであり、硝酸やアンモニアなどの栄養塩を利用している。こうした分子の窒素安定同位体比は、海洋環境によって大きく変動するため、適切なアイソスケープを作成することができれば、生物の回遊履歴復元に応用できるだろう。ただし、硝酸などの栄養塩や植物プランクトンの同位体比は短時間で大きく変動するため、これを広範囲においてモニタリングすることは現実的ではない。一方で、植物プランクトンを捕食する動物プランクトンでは1年程度の長寿の種も存在することから、ある場所における同位体比の代表値を得るうえで適している。このため、動物プランクトンをその海域の同位体比の指標として海洋アイソスケープを作成する方法を考案した。

従来まで用いられてきたバルクの $\delta^{15}\text{N}$ ($\delta^{15}\text{N}_{\text{Bulk}}$) では、種ごとに TDF が異なるため、単一の動物プランクトン種のみでの分析値に基づいてアイソスケープを作成し、かつ対象魚種との TDF の差を補正するため給餌試験を実施する必要がある。しかし、サケの回遊範囲である北太平洋全体から単一種のプランクトンのみを収集することは現実的ではない。また、一般的に給餌試験には多大な時間と労力を要することから、関連するすべての種を対象に給餌試験を行うことは現実的ではない。そこで、Matsubayashi *et al.*²⁾では、浮遊性のカイアシ類を対象に複数のアミノ酸の分子レベル $\delta^{15}\text{N}$ 分析という手法を適用した。この手法では、特定のアミノ酸の $\delta^{15}\text{N}$ を

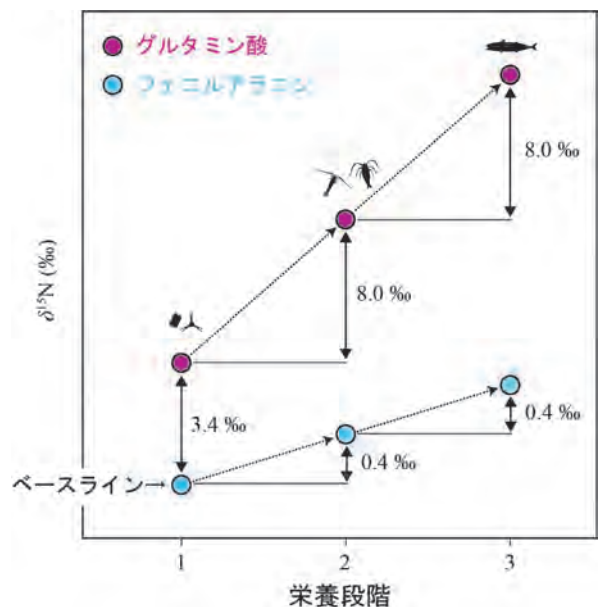


図1 栄養段階とアミノ酸の $\delta^{15}\text{N}$ 値の関係

栄養段階（横軸）が上昇するごとに、 $\delta^{15}\text{N}$ 値がフェニルアラニンでは約 0.4 ‰、グルタミン酸では約 8.0 ‰ 上昇する。栄養段階 1 の植物プランクトンでは、フェニルアラニンとグルタミン酸の $\delta^{15}\text{N}$ 値の差が約 3.4 ‰ であることから、これらのアミノ酸の $\delta^{15}\text{N}$ 値を測定することでより上位の動物でも栄養段階を推定できる。上位の動物の場合、それぞれの栄養段階が 1 になるようにフェニルアラニンの $\delta^{15}\text{N}$ 値を補正することで得られるのが $\delta^{15}\text{N}_{\text{Base}}$ である。

比較することで、栄養段階による同位体比の変動をキャンセルできるという利点がある。栄養段階とは、生物の食物網における位置を示す概念であり、一次生産者（例：植物プランクトン）の栄養段階は1、一次生産者を捕食する一次消費者（例：植物プランクトンを捕食する動物プランクトン）は栄養段階2、一次消費者を捕食する二次消費者（例：動物プランクトンを捕食する小魚）は栄養段階3となる。

タンパク質を構成するアミノ酸のうち、フェニルアラニンなどの特定のアミノ酸では、栄養段階ごとの $\delta^{15}\text{N}$ の変化が極めて小さいことが知られている³⁾。対照的に、グルタミン酸では栄養段階ごとの $\delta^{15}\text{N}$ の上昇が極めて大きく、この二つのアミノ酸の $\delta^{15}\text{N}$ を比較することで、対象生物の栄養段階を推定することが可能である（図1）。したがって、アミノ酸の同位体分析により対象生物のフェニルアラニンの $\delta^{15}\text{N}$ と栄養段階を推定し、栄養段階=1となるようにフェニルアラニンの $\delta^{15}\text{N}$ を補正すれば、以下の式により生物種や組織を問わず同位体比を一律に比較できるベースラインの窒素安定同位体比（ $\delta^{15}\text{N}_{\text{Base}}$ ：図1）を算出できる。

$$\delta^{15}\text{N}_{\text{Base}} = \delta^{15}\text{N}_{\text{Phe}} - 0.4 \times (TDF_{\text{Glu-Phe}} - 1)$$

$\delta^{15}\text{N}_{\text{Phe}}$ は対象生物のフェニルアラニンの $\delta^{15}\text{N}$ 、 $TDF_{\text{Glu-Phe}}$ はグルタミン酸とフェニルアラニンの $\delta^{15}\text{N}$ から推定した対象生物の栄養段階を示す。

3.2 アミノ酸の窒素安定同位体比分析

アミノ酸の $\delta^{15}\text{N}$ 分析では、アミノ酸の揮発性を高めるために誘導体化処理を行ったうえで、ガスクロマトグラフ/燃焼/質量分析計（GC/C/IRMS）を用いて窒素安定同位体比を測定する手法が一般的である。本研究では、ピバロイル/イソプロピルエステルを用いた誘導体

化法を用いた。本誘導体化手法およびGC/MSによる同位体比測定については石石ら⁴⁾に詳述されているため、本稿では割愛する。

3.3 ベースラインの $\delta^{15}\text{N}$ によるアイソスケープ

本研究で対象とするサケは、北海道沿岸からベーリング海におよぶ北太平洋の広域を回遊することが知られている。サケの回遊範囲全体をカバーするアイソスケープを作成するために、北太平洋の広範囲で採取されたカイアシ類のサンプルを収集した。大型で長寿命のカイアシ類6種に分析対象を絞り、合計360の $\delta^{15}\text{N}_{\text{Bulk}}$ データを得た。続いて、カイアシ類の種ごとの $\delta^{15}\text{N}_{\text{Bulk}}$ の範囲を網羅するような個体をいくつか選び、アミノ酸の $\delta^{15}\text{N}$ 値を測定した。アミノ酸の同位体分析は難易度が高いため、分析するサンプル数をなるべく抑える狙いがある。カイアシ類では栄養段階の個体差が小さいため、 $\delta^{15}\text{N}_{\text{Bulk}}$ と $\delta^{15}\text{N}_{\text{Base}}$ が強く相関しており、種ごとに $\delta^{15}\text{N}_{\text{Bulk}}$ を $\delta^{15}\text{N}_{\text{Base}}$ に変換する補正式を構築することができる（図2）。

得られた補正式を用いて、すべてのカイアシ類のサンプルの $\delta^{15}\text{N}_{\text{Bulk}}$ を $\delta^{15}\text{N}_{\text{Base}}$ に変換した。続いて、同一地点の $\delta^{15}\text{N}_{\text{Base}}$ を平均し、空間データの補完（空間外挿）を行って、北太平洋における $\delta^{15}\text{N}_{\text{Base}}$ のアイソスケープが得られた（図3）。北太平洋における $\delta^{15}\text{N}_{\text{Base}}$ の勾配は、窒素利用効率によってその多くが説明できる。窒素利用効率とは、深層から表層に供給される硝酸塩に対する、植物プランクトンに利用された硝酸塩の割合である。北太平洋中央部では、海水の鉛直混合により深層から豊富な栄養塩が供給されるため、植物プランクトンの生産量は硝酸以外の微量栄養素（鉄など）によって制限されている。このため窒素利用効率が低く、 ^{14}N を含む硝酸塩が優先的に植物プランクトンに取り込まれること

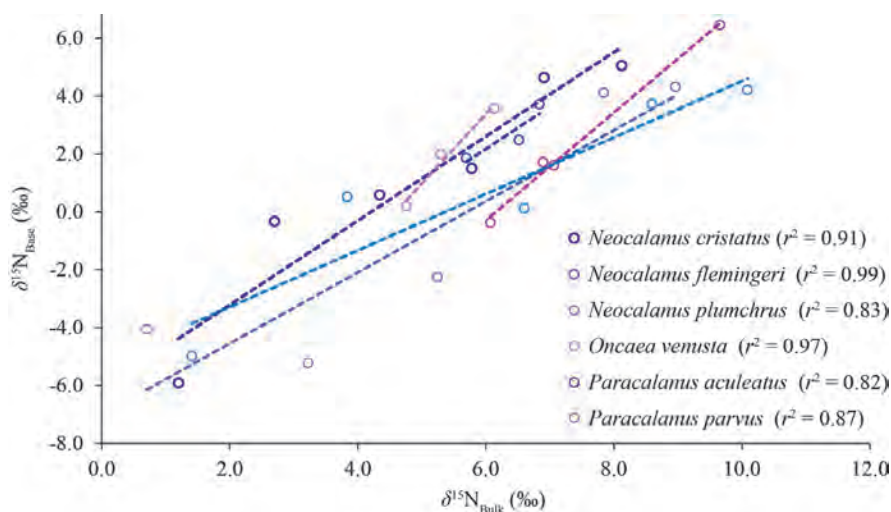


図2 カイアシ類6種の $\delta^{15}\text{N}_{\text{Bulk}}$ と $\delta^{15}\text{N}_{\text{Base}}$ の相関

すべての種で相関係数（ r^2 ）が0.8を超えており、高い相関がみられる。このため、この補正式で $\delta^{15}\text{N}_{\text{Bulk}}$ を $\delta^{15}\text{N}_{\text{Base}}$ に変換する際の誤差も比較的小さいことが予想される。

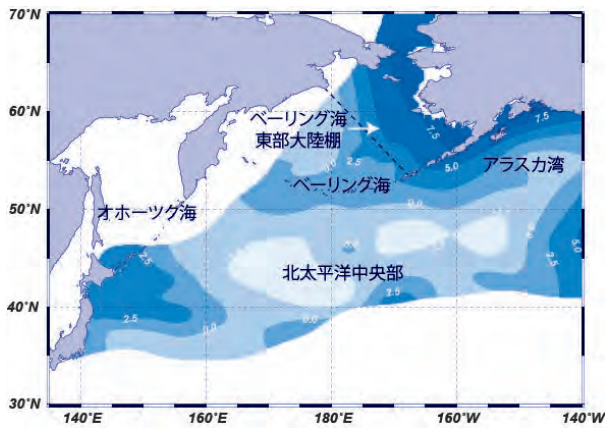


図3 北太平洋の多地点から採取された動物プランクトンのアミノ酸の同位体分析により作成した、北太平洋における $\delta^{15}\text{N}_{\text{Basic}}$ のアイソスケープ

で、 $\delta^{15}\text{N}_{\text{Basic}}$ も低い値を示す。一方で、北太平洋中央部から離れた海域では、硝酸塩の供給が少ないため窒素利用効率が上昇し、 ^{14}N が枯渇した硝酸の割合が増加するため、 $\delta^{15}\text{N}_{\text{Basic}}$ が上昇する。このように、硝酸の $\delta^{15}\text{N}$ は窒素利用効率と負の相関を持っており、窒素利用効率の差は様々な海域においてアイソスケープの空間的異質性を産み出す要因となっている。

北太平洋のアイソスケープにおいて特徴的なのが、ベーリング海東部の大陸棚における高い $\delta^{15}\text{N}_{\text{Basic}}$ である。これは、50 m未満という極めて浅い大陸棚が広範囲に広がる独特な地形が要因になっていると考えられる。通常、海底の堆積物中では、微生物の脱窒作用により軽い窒素の同位体 (^{14}N) を多く含む窒素分子が選択的に排除される。このため、海底付近の間隙水中に残存する硝酸塩は重い同位体 (^{15}N) の割合が大きくなる。外洋であれば、海底は有光層よりもはるか深部に存在するため、脱窒の影響を受けた間隙水が植物プランクトンに影響することはほとんどない。しかし、ベーリング海東部のような広くて浅い大陸棚では、脱窒により $\delta^{15}\text{N}$ 値が上昇した間隙水が植物プランクトンに取り込まれ、高い $\delta^{15}\text{N}_{\text{Basic}}$ を示していると考えられる。

4 サケの回遊経路復元

4.1 脊椎骨椎体

同位体比からサケの回遊経路を復元するためには、サケが経験した同位体比の時系列変化(稚魚期から成魚期にかけての $\delta^{15}\text{N}_{\text{Basic}}$ の変化)を復元する必要がある。同位体比の時系列変化を復元するには、木の年輪のように付加的に形成される組織を用いる必要がある。なおかつ、窒素はタンパク質に多く含まれているため、タンパク質が豊富な組織である必要がある。こうした条件を満たす組織のひとつが、脊椎骨椎体である(図4)。魚類の脊椎骨椎体は、一度形成された後はほとんど二次代謝されず、中心部から辺縁部にかけて付加的に成長してい

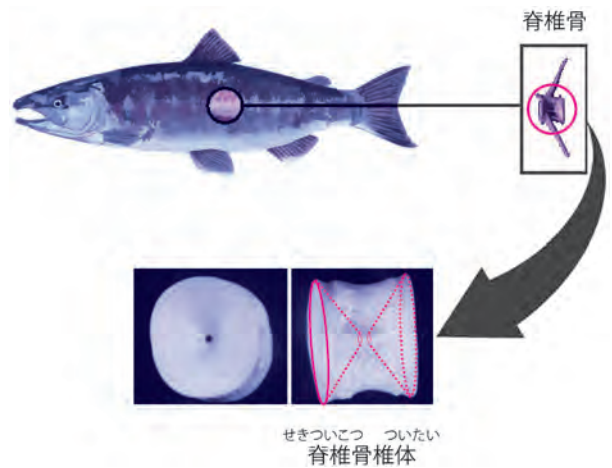


図4 脊椎骨椎体の模式図と写真

下の写真中の赤で示した円錐状に窪んでいる部分が脊椎骨椎体である。

く。このため、脊椎骨椎体を成長方向に分割して同位体比を測定すれば、過去の同位体比の履歴を復元することが可能となる⁵⁾。

4.2 サケの時系列同位体分析

本研究では、北日本の二つの河川に遡上したサケ2個体を対象に、脊椎骨椎体の切片分析により $\delta^{15}\text{N}_{\text{Basic}}$ の時系列変化を復元した(図5)。アミノ酸の窒素安定同位体比から推定したサケの栄養段階は、全ての切片において3前後だったことから、サケは主に動物プランク

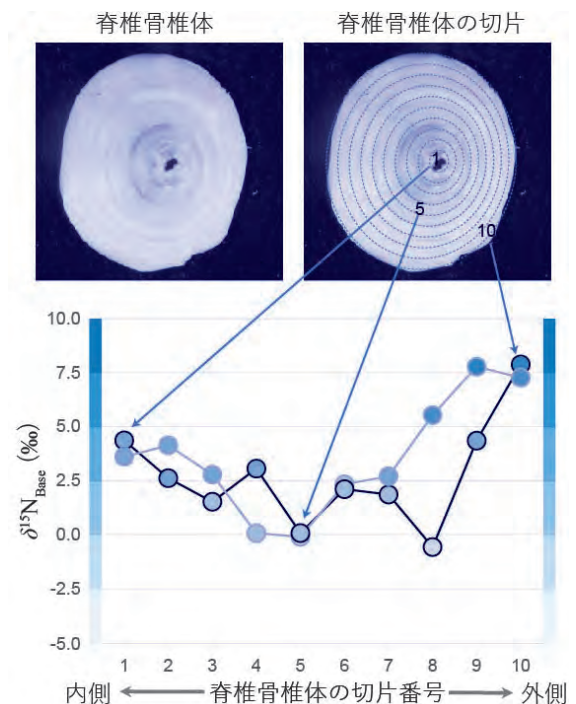


図5 サケ2個体の $\delta^{15}\text{N}_{\text{Basic}}$ の時系列変化

上部の写真は脊椎骨椎体であり、中心部から外側にかけて脊椎骨椎体の切片に1~10の番号を割り当て、それぞれの $\delta^{15}\text{N}_{\text{Basic}}$ をプロットしている。

トンを捕食していることが示唆された。サケの $\delta^{15}\text{N}_{\text{Base}}$ は、最も古い稚魚期に形成された脊椎骨切片では4~5%前後の値であり、図3におけるオホーツク海周辺の値と一致していた。その後、サケの5番目の脊椎骨切片にかけて0~1%程度まで値が低下し、図3における北太平洋中央部に近い値となった。最終的に、成長段階の後半にあたる8~10番目の脊椎骨切片では急激に値が上昇し、ベーリング海東部大陸棚の値と一致する8~9%前後となった。

4.3 状態空間モデルによる回遊履歴推定

サケの $\delta^{15}\text{N}_{\text{Base}}$ の時系列変化を最もうまく説明する移動経路を推定するために、状態空間モデルによる回遊経路推定とデータ同化を行った。このモデルでは、①サケは遡上した場所と同一の河川で産まれており、②体サイズが増加するにつれて移動距離が増加するという二つの仮定を置いている。モデルの結果、サケは北日本の沿岸域を出発して、成長に伴って北東へ移動し、最終的にベーリング海東部の大陸棚に到達することが推定された(図6)。

サケの回遊経路は、これまで大規模な野外調査により調査されてきた。それによると、サケは河川で孵化し降海した後すぐにオホーツク海へ進み、成長に伴って西部北太平洋を経てベーリング海へ移動する。その後、夏はベーリング海の沖合で索餌し、冬はアラスカ湾で越冬というサイクルを数年繰り返し、最終的にベーリング海から生まれた河川に戻るということが明らかになっている⁶⁾。したがって、同位体分析により復元されたサケの回遊経路は、大規模な野外調査によって明らかにされていた回遊経路とおおむね一致していた。一方、同位体分析では、従来知られていた越冬地であるアラスカ湾やベーリング海から日本沿岸へと戻るときの回遊の情報が含まれてい

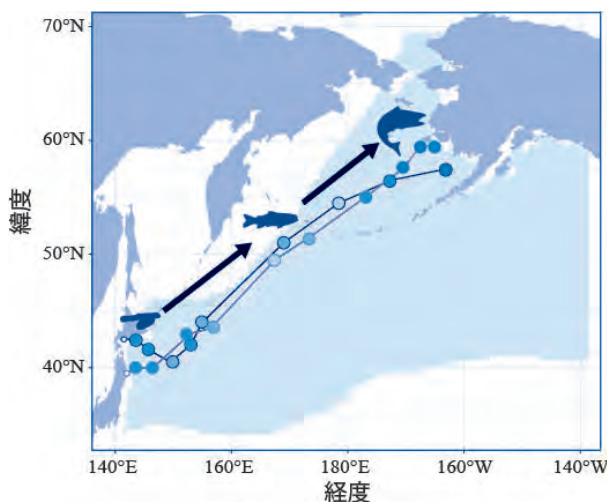


図6 同位体分析から推定したサケ2個体の回遊経路。点および実線の色は、図3および図5の配色と一致しており、それぞれ $\delta^{15}\text{N}_{\text{Base}}$ の大きさと個体を示している。

なかった。これは、これらの海域ではサケがほとんど餌を食べず、骨の成長が極めて小さいことが影響していると考えられる。

一方、同位体分析では、これまで知られていなかった、成長段階の最後にベーリング海東部の大陸棚に到達するという新しい回遊経路の存在が示唆された。サケは成長段階の最後に性成熟し、その際に尾叉長が急速に成長することが分かっている。このため、同位体分析により予測された成長段階の最後におけるベーリング海東部大陸棚への回遊は、サケの性成熟に関連している可能性が高い。この海域は甲殻類などの餌資源が非常に豊富であり、サケが性成熟に必要な栄養を摂取する「回遊のゴール」となっているのかもしれない。ベーリング海東部の大陸棚は、極めて浅い海域であるため、大型の船舶による野外調査では避けられる傾向にある。このため、これまでの野外調査では見過ごされていた新たな回遊経路の存在が、今回同位体分析により初めて明らかとなった可能性がある。

5 魚類の回遊経路と水産資源管理

今回紹介した研究では、ベーリング海東部大陸棚がサケの性成熟に重要な海域となっていることを示唆した。もしこれが正しい結果であれば、サケの水産資源管理を考えるうえで、ベーリング海東部の環境を保全することが重要となってくる。このように、調査地点に含まれていない海域であっても回遊経路となっているかどうかを調べることができるのは、同位体分析の強みだといえる。それでは、他の魚種においては同位体分析による回遊経路推定をどのように資源管理に役立てることができるだろうか。

筆者が現在研究対象としているカツオは、西部太平洋の熱帯域から日本沿岸までを広く回遊する。このため、日本以外にも韓国や台湾、インドネシアなど多数の国が漁獲対象としている。このように、複数の国が漁獲に関わるような魚種は shared fish stocks と呼ばれており、その資源管理には関係諸国の協力のもと、乱獲とならないよう漁獲量を調整しなければならない。西部太平洋においてカツオの漁獲量が多い国は、直近ではインドネシア、韓国、台湾、日本の順となっている。そして、これらの国の多くが熱帯もしくは亜熱帯域で漁業を実施している。現在、西部太平洋におけるカツオの資源量は中位~横ばいとされているが、日本のみ漁獲量が年々減少しつつある⁷⁾。このような傾向にある原因として、カツオの産卵海域である熱帯域での漁獲により、日本周辺に来遊するカツオの資源量が影響を受けているのではないかという議論がなされている⁷⁾。この議論に決着をつけるためには、日本周辺に来遊するカツオがどこからきているのかを明らかにする必要がある。しかし、従来行われている電子タグなどの標識を用いた回遊調査手法では、

稚魚期の生息場所を明らかにすることはできなかった。

この課題を解決しうる手法が、本稿で紹介した同位体分析による回遊経路追跡である。同位体分析では、稚魚期からの回遊履歴が同位体比として体組織中に記録されているため、標識を装着できないほど小さな時期であってもその生息域を復元できる。また、西部北太平洋では、日本近海と亜熱帯、熱帯海域で異なる $\delta^{15}\text{N}$ となることが予想されており⁸⁾⁹⁾、熱帯・亜熱帯からの資源加入量を見積もるうえで極めて好都合なアイソスケープとなっている可能性が高い。本手法によりカツオがどの海域からどの程度来遊しているのかを定量的に明らかにできれば、熱帯域における漁獲が日本周辺海域での漁業に及ぼす影響を正確に把握することができ、より良い国際協力による資源管理方策の立案につながることを期待できる。

このように、水産資源が生息地間をどのように移動しているかという情報は、資源管理を考えるうえでクリティカルな場合がある。それにもかかわらず、海洋という直接観察が極めて難しいフィールドにおいて、回遊経路が未だにはっきりとわかっていない魚種は数多く存在している。化学分析と水産資源管理は一見つながりが薄い分野のように思えるが、新たな分析手法の発展はこうした応用研究の場においても重要な役割を果たしている。同位体分析による魚類の回遊経路追跡手法は、今後の水産資源管理の研究において標準的な手法となるポテンシャルを持っていると考えている。

文 献

- 1) FAO: The State of World Fisheries and Aquaculture 2020, (Sustainability in action. FAO, Rome, Italy), (2020).
- 2) J. Matsubayashi, Y. Osada, K. Tadokoro, Y. Abe, A. Yamaguchi, K. Shirai, K. Honda, Y. Yoshikawa, N. O. Ogawa, N. Ohkouchi, N. F. Ishikawa, T. Nagata, H. Miyamoto, S. Nishino, I. Tayasu: *Ecol. Lett.*, **23**, 881 (2020).
- 3) Y. Chikaraishi, N. O. Ogawa, Y. Kashiyama, Y. Takano, H. Suga, A. Tomitani, H. Miyashita, H. Kitazono, N. Ohkouchi: *Limnol. Oceanogr. Meth.*, **7**, 740 (2009).
- 4) 力石嘉人, 高野淑識, 大河内直彦: *Res. Org. Geochem.*, **25**, 61 (2009).
- 5) Matsubayashi, J., Y. Saitoh, Y. Osada, Y. Uehara, J. Habu, T. Sasaki, I. Tayasu: *Meth. Ecol. E.*, **8**, 1755 (2017).
- 6) 浦和茂彦: 水研センター研報, **39**, 9 (2015).
- 7) 水産庁: 令和2年度 国際漁業資源の現況, (2020).
- 8) S. Ohshimo, D. J. Madigan, T. Kodama, H. Tanaka, K. Komoto, S. Suyama, T. Ono, T. Yamakawa: *Prog. Oceanogr.*, **175**, 124 (2019).
- 9) C. J. Somes, A. Schmittner, E. D. Galbraith, M. F. Lehmann, M. A. Altabet, J. P. Montoya, R. M. Letelier, A. C. Mix, A. Bourbonnais, M. Eby: *Global Biogeochem. Cycles.*, **24**, GB4019 (2010).



松林 順 (Jun MATSUBAYASHI)

水産研究・教育機構 水産資源研究所 (〒236-8648 神奈川県横浜市金沢区福浦2-12-4). 京都大学大学院理学研究科生物科学専攻動物学系。博士(理学)。
《現在の研究テーマ》同位体分析による海洋生物の回遊履歴推定手法の開発。

原 稿 募 集

トピックス欄の原稿を募集しています

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

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

なお、執筆者自身の文献を主として紹介するこ

とは御遠慮ください。又、二重投稿は避けてください。

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

〒141-0031 東京都品川区西五反田1-26-2
五反田サンハイツ 304号

(公社)日本分析化学会「ぶんせき」編集委員会
[E-mail: bunseki@jsac.or.jp]

エクソソームの捕集・計測法

近年、細胞が放出する膜小胞、エクソソームの研究が注目を集めている。エクソソームはあらゆる生体液中に含まれていると言われており、がん診断のバイオマーカー、ドラッグデリバリー担体としての利用や、がん転移との関与について研究が進んでいる。本稿では、一般的に用いられているエクソソームの捕集法と計測法について解説する。

金 田 隆

1 はじめに

細胞外小胞とは細胞が放出する脂質二分子膜から成る小胞の総称であり、その産生機構によってエクソソーム（あるいはエキソソーム）、マイクロベシクル、アポトーシス小体の三つに分類される。各細胞外小胞の産生機構を図1に示す。エクソソームは、エンドサイトーシスによって形成された初期エンドソームが細胞内で多胞性エンドソームを形成した後に、エキソサイトーシスによって細胞外に放出された小胞である。一方、マイクロベシクルは、細胞膜が外側へ出芽して分離することで形成された小胞であり、アポトーシス小体は細胞がアポ



図1 細胞外小胞の産生過程を示すモデル図

トーシス（細胞死）を起こした際に生ずる小胞である。一般にエクソソームは直径40~120 nm程度の大きさであると言われているが（ただし文献によって異なり、大きさの厳密な定義はない）、マイクロベシクルにも同程度の大きさのものがあるため、大きさによりそれらを同定することはできない。このため、エクソソームの研究では、これらの小胞を大きさの違いにより分画するだけでなく、含有するタンパク質等を計測して、いずれの小胞であるかを確認する必要がある。

エクソソームはあらゆる生体液中に存在すると言われており、近年、その研究が注目を集めている。エクソソームの存在は古くから知られていたものの、単に細胞から放出される老廃物であると考えられていた。しかし、この小胞がmRNAやタンパク質などの生体高分子を内包しており、細胞外でのタンパク質発現に関与していることが報告されてから、エクソソームを用いたがん診断やドラッグデリバリー、がん転移との関与を解明するための研究が盛んに行われるようになってきた。2012年には、スウェーデンに拠点を置く国際的な学会、International Society for Extracellular Vesicles、が設立されるとともに、同学会から細胞外小胞に特化した論文誌、Journal of Extracellular Vesicles（第1巻、2012年）とJournal of Extracellular Biology（第1巻、2021年）が出版されており、この分野における研究の活性化がうかがえる。本稿では、標準的な細胞外小胞の捕集法やエクソソームの選択的捕集法、並びに計測法と同定法について概説する。

2 エクソソームの捕集法

細胞外小胞の研究における試料収集、単離法、分析法の標準化に関する論文は2013年にJournal of Extracellular Vesiclesにおいて報告されている¹⁾。その中では、標準的な試料収集法、捕集法、分析法が解説されている。表1に各捕集法の利点と欠点をまとめている。

細胞外小胞の捕集法は、サイズ分離と抗原抗体反応を

表 1 各捕集法の利点と欠点

方法	利点	欠点
超遠心分離法		
	<ul style="list-style-type: none"> ・高濃縮率 ・技術的に簡便 ・タンパク質, mRNA, miRNA への影響がない 	<ul style="list-style-type: none"> ・粘度の高い試料で低効率 ・同じサイズの粒子による汚染 ・時間と労力を要する
サイズ排除クロマトグラフィー		
	<ul style="list-style-type: none"> ・高純度 ・エクソソームの構造と活性を保持 ・タンパク質, mRNA, miRNA への影響がない 	<ul style="list-style-type: none"> ・高価 ・低処理効率 ・時間を要する
ろ過法		
	<ul style="list-style-type: none"> ・高純度 ・迅速かつ高処理効率 ・短時間 	<ul style="list-style-type: none"> ・エクソソーム成分の損失 ・小さな物質による汚染 ・タンパク質の劣化
ポリマー沈殿法		
	<ul style="list-style-type: none"> ・高効率 ・容易 ・タンパク質, mRNA, miRNA への影響がない 	<ul style="list-style-type: none"> ・特異性が低い ・分離前, 分離後の精製が必要 ・時間を要する
アフィニティー沈降法		
	<ul style="list-style-type: none"> ・目的エクソソームに対する高特異性と高効率 ・容易 ・タンパク質, mRNA, miRNA への影響がない 	<ul style="list-style-type: none"> ・試料の前処理が必要 ・処理量と収率が低い ・広範囲のエクソソームに適用できない
マイクロ流体デバイス		
	<ul style="list-style-type: none"> ・高純度, 高速, 簡便 ・自動化可能 ・他の方法との集積化が可能 	<ul style="list-style-type: none"> ・収率が低い ・標準化された方法がない ・臨床試料に対して検証が必要

用いたアフィニティー分離に大別することができる。一般に生体試料から細胞外小胞を捕集した場合、濃度、サイズ分布の測定に加えて、エクソソームやマイクロベシクルのマーカートンパク質を測定して、捕集された細胞外小胞がいずれであるのかを同定することが要求されるので、注意が必要である。一方、現在では、エクソソームの標準品が市販化されているが、これらについては通常、サイズ分布や含有タンパク質に関するデータが与えられている。しかしながら、そのほとんどは培養細胞由来のものであり、実際に生体試料から細胞外小胞を捕集して用いる場合には、捕集方法の選択とマーカートンパク質による同定が必要となる。

2.1 試料収集

標準法として推奨されている試料収集法は、試料の種類によって方法が異なる。具体的に報告されている生体

試料には、胸水、血漿^{けっしょう}、眼球流体や房水、母乳、腹水、羊水、精液、唾液、鼻汁、脳脊髄液、気管支肺洗浄液、滑液、胆汁、尿などがあり、それぞれ試料の収集法は異なっている。また、試料の前処理法に関しても、目的に応じて適切な方法を用なければならない。例えば、血液試料では、適切な抗凝固剤を選択する必要がある。一般に、後の分析でPCRを用いる場合には、ヘパリンはPCRにおいて偽陰性の結果を与えるために、ヘパリン抗凝固剤は推奨されない。その他、EDTA、フッ化ナトリウム/シュウ酸カリウム、クエン酸ナトリウムが抗凝固剤として利用できる。これらの抗凝固剤の中から、目的に応じたものを選択することが推奨されている。

2.2 超遠心分離法

従来から広く用いられているエクソソームの捕集法は超遠心分離法である。通常、低速回転で細胞小片や大きな粒子を除去した後に、高速回転により、微小な小胞を回収する。単純に超遠心分離法により細胞外小胞のペレットを回収する方法をペレットダウン法と呼んでいる。文献において、この方法を用いて唾液、血漿、母乳中のエクソソームを捕集した際の条件を表2に示す²⁾。エクソソーム捕集には、120000×g程度の遠心速度が必要である。

また、スクロールクッション法や密度勾配法を用いることで、細胞外小胞を大きさの違いにより回収することができる。この方法は小胞の密度の違いによる分離であるため、エクソソームのみを単離することはできないが、エクソソームリッチな試料を得ることができる。

表 2 唾液、血漿、母乳からのエクソソーム捕集の条件²⁾

操 作	唾 液	血 漿	母 乳
1. 細胞小片の除去	16500×g ・20分間	1800×g ・10分間	300×g ・10分間
		29500×g ・20分間	16500×g ・20分間
2. ろ過	0.2 μm フィルター	0.2 μm フィルター	0.2 μm フィルター
3. 捕集	120000×g ・70分間	120000×g ・90分間	120000×g ・70分間

2.3 サイズ排除法

サイズ排除法にはカラム法とろ過法がある。カラム法はサイズ排除クロマトグラフィーの手法に基づくものであり、ろ過法はタンパク質精製に利用される限外ろ過法と同じである。エクソソームの捕集を目的としたサイズ排除用のカートリッジカラムや限外ろ過用のフィルターは市販されており、容易に入手することができる。限外ろ過法では、大きな細胞片を除去するために0.8 μmのフィルターを用い、次いで0.2 μmのフィルターで小さ

な小胞を捕集する。吸引や加圧によりフィルターを通過させると、小胞が変形してしまう可能性があるため、吸引や加圧は必要最小限に留めるべきである。

2・3 ポリマー沈殿法

細胞外小胞をポリマーにより凝集させて、通常の遠心分離法で沈降させる方法も用いられている。市販されているポリマー試薬の組成は不明であるが、操作が簡便で容易に細胞外小胞を捕集することができる。ポリマー沈殿法はRNA量、タンパク質純度、小胞量に関して、他の方法よりも優れているとの報告もあるが³⁾、質の高い小さな小胞を捕集するには密度勾配超遠心分離法が優れているとの報告がある⁴⁾。したがって、この方法を用いる場合には、エクソソームの純度評価も推奨されている。

2・4 アフィニティー沈降法

アフィニティー沈降法は、エクソソームの膜タンパク質に対する抗体を修飾したポリマー微粒子や磁気微粒子によりエクソソームを微粒子上に捕捉し、回収する方法である。ポリマー微粒子であれば遠心分離で、磁気微粒子であれば磁石で微粒子を回収することができる。エクソソームは種々の膜タンパク質を含んでおり、これらの抗体との親和力を利用してエクソソームを捕集する。アフィニティー沈降法では、エクソソームマーカーとして知られているテトラスパニン系のタンパク質であるCD9、CD63、CD81などの抗体が一般的に用いられている。アフィニティーを用いる方法の原理は、マーカータンパク質と抗体との相互作用に基づくので、エクソソームを選択的に捕集することができる。しかしながら、一般に回収率は他の方法よりも低く、コストも高いことが問題点として挙げられる。

2・5 マイクロ流体デバイス

マイクロ流体デバイスは微量試料の取り扱いに優れており、これを利用する細胞外小胞捕集法についてもいくつか報告されている。細胞外小胞の物理的性質（主にサイズ）に加えて、チャンネル内に抗体を修飾して捕集する方法が報告されているが、実試料からの捕集に関しての報告は進んでいないのが現状である。また、マイクロ流体デバイスは各研究グループで作製されたものであるため、標準化された方法はなく、市販化されたものもない。したがって、研究レベルでのみ用いられているのが現状である。

3 エクソソームの計測法

粒径の違いによって分画、捕集された細胞外小胞は、粒径分布や濃度の測定に加えて、含有タンパク質の測定が要求される。表3に細胞外小胞計測法を比較した。

表3 細胞外小胞計測法の比較

方法	原理	目的・情報
ナノ粒子トラッキング解析		
	光散乱 ブラウン運動	粒子数 粒径分布
コールターカウンター法		
	ナノ細孔前後での電気抵抗測定 (Coulter 原理)	粒子数 粒径分布
電子顕微鏡・原子間力顕微鏡		
	電子線 原子間力	粒径 粒子形態 粒子数 (遠視野像での計数)
ウエスタンブロットティング		
	電気泳動 抗原抗体反応 酵素反応	マーカータンパク質計測
フローサイトメトリー		
	蛍光・光散乱 抗原抗体反応	粒子数 マーカータンパク質計測
ELISA		
	吸光・蛍光・光散乱 抗原抗体反応 酵素反応	マーカータンパク質計測 粒子数
質量分析		
	質量/電荷比	プロテオーム解析 バイオマーカー探索

物理的な情報と化学的な情報を得るために種々の方法が用いられており、捕集した細胞外小胞を特徴付けするためには、これらのうち、複数の方法を用いた評価を行う必要がある。一般的には、少なくとも、濃度と粒径分布、形態、マーカータンパク質検出に関する情報が必要である。現在入手可能な市販のエクソソームに関しては、これらの情報が与えられているべきである。以下に、表3に記載した細胞外小胞の測定法について概説する。

3・1 ナノ粒子トラッキング解析 (NTA)

現在では、細胞外小胞の研究における標準方法として、広く利用されている方法である。この方法は、レーザー光による光散乱と小胞のブラウン運動から、懸濁液中の小胞の粒径分布と濃度を測定することができるが、小胞の大きさがわかるのみであるので、その結果からエクソソームとマイクロベシクルを区別することはできない。しかしながら、実験室で捕集した細胞外小胞の粒径分布は、論文において必ず要求されるため、NTAでの測定は必須であると言える。NTA装置は高価であるが、頻繁に用いるのでなければ、依頼分析サービスも利用できる。試料の濃度にもよるが、必要体積は数百μL程度で十分である。

3・2 コールターカウンタ法

エクソソームの計数と粒径分布の情報を獲得できる装置として、ナノ細孔を用いた電気抵抗測定（Coulter原理）による粒径測定装置が市販化されている。この方法では、ナノ細孔の前後で電圧を印加し、電気抵抗を測定する。ナノ粒子が細孔を通過際には、電気抵抗が増加し、パルス信号が発生する。このとき、パルスの幅から粒子径を、パルスの頻度から粒子数を計測することができる。

3・3 顕微観察

細胞外小胞の形態を観察するために、走査型電子顕微鏡（SEM）、透過型電子顕微鏡（TEM）、原子間力顕微鏡（AFM）が広く利用されている。特にTEMでの観察は捕集した小胞の形状を観察するために多くの研究で用いられている。TEMで得られる情報は大きさと形状であるが、抗体で修飾した金ナノ粒子を用いれば、エクソソームマーカーを検出することもできる。しかしながら、顕微観察の結果を濃度の決定に利用することは極めて稀であり、NTAと顕微観察の両方の結果が多くの論文において示されている。

顕微画像を示す際には、二つ以上の異なる倍率で撮影した画像を示すことが推奨されている。例えば、複数の細胞外小胞を撮影した画像と一つの細胞外小胞を拡大して撮影した画像を示し、サイズ分布と詳細な形態について議論することが望ましい。

3・4 ウエスタンブロッティング

エクソソームの同定に最も広く用いられている手法はウエスタンブロッティングであり、いくつかのマーカータンパク質が一般的に用いられている。マーカータンパク質として代表的なものはCD9, CD63, CD81, Alix, Tsg101である。一方、マイクロベシクルのマーカータンパク質としては、CD40, インテグリン, セレクチンなどが知られている。これらのマーカータンパク質はエクソソームやマイクロベシクルの特異的なマーカータンパク質ではなく、比較的豊富に含まれているタンパク質であることに注意しなければならない。すなわち、これらのタンパク質が存在したからと言って、細胞外小胞がエクソソームであると断定できない。この理由から、International Society for Extracellular Vesiclesが提案する指針においては、三つ以上のマーカータンパク質を半定量的に測定することが推奨されている⁹⁾。

エクソソームとマイクロベシクルはサイズ分布が重なっているため、捕集した細胞外小胞がエクソソームであるか、マイクロベシクルであるか、あるいはその混合物であるかを明確にする必要があり、その目的のためにウエスタンブロッティングによるマーカータンパク質の測定は必須となる。したがって、ウエスタンブロッティ

ングは細胞外小胞の研究において欠かすことのできない分析法の一つとなっている。

3・5 フローサイトメトリー

フローサイトメトリーは、ウエスタンブロッティングに代わるマーカータンパク質の測定法として利用できる。一般的には、細胞外小胞は極めて小さいため、抗体で標識したポリマー微粒子や磁気微粒子と細胞外小胞を反応させて検出する。抗体固定化微粒子に細胞外小胞を捕捉した後に、捕捉された細胞外小胞を蛍光標識抗体と反応させ、マーカータンパク質を同定する。一方、蛍光標識した抗体と細胞外小胞を直接反応させて蛍光検出する方法も報告されている。いずれの方法においても、波長の異なるレーザーでの測定が可能であるため、複数のマーカータンパク質を同時検出することもできる。

3・6 ELISA

ELISAはタンパク質分析の有効な手法の一つであり、エクソソームのマーカータンパク質を測定するためのキットが入手可能である。具体的には、CD9, CD63, CD81測定用のELISAキットが市販されている。キットには、いずれかのマーカータンパク質の抗体がマイクロプレートのウエル内に固定化されているものと、微粒子に固定化されているものがある。

一般的なELISAとは異なるが、プレートに固定化した抗体とエクソソームを反応させた後に、抗体で修飾したナノビーズと反応させてエクソソームを計数する装置も市販化されている。この方法では、ウエル内に固定化されたナノビーズをレーザーや発光ダイオードで計数する。

3・7 質量分析

質量分析法はタンパク質分析に広く用いられており、エクソソームのタンパク質解析にも利用されている。しかし、質量分析法はエクソソームの同定よりは、むしろエクソソームのプロテオーム解析によるバイオマーカー探索に用いられている⁹⁾。質量分析法によるプロテオーム解析では、化学標識法、代謝標識法、非標識法などが用いられる。化学標識法では、化学反応、あるいは酵素反応により、ペプチドやタンパク質に同位体原子や同位体コードタグを添加して解析を行う。代謝標識法では、同位体で標識されたアミノ酸などを細胞培養培地に添加して、細胞に取り込ませることでタンパク質を標識する。質量分析法によるプロテオーム解析法には様々な手法があり、多くの研究が報告されている。ここでは、詳細については割愛する。

4 ま と め

細胞外小胞、特にエクソソームに関する研究は、ます

ます活発化している。それらは新しい捕集法、計測法、バイオマーカーの探索、ドラッグデリバリー、診断への応用、がん転移機構の解明など、多岐にわたっている。これらの研究を行う上で、標準的な方法に基づく小胞の捕集、評価は、研究の正当性を示す上で必要不可欠である。本稿では、一般的に用いられている手法について概説した。新しい捕集、計測法が妥当であるかどうかを評価するためには、一般的な方法との比較が要求されるであろうし、応用研究においては、収集した小胞がどのような細胞外小胞であるかを確認しておく必要がある。本稿が新しく細胞外小胞の研究に携わろうとする研究者の一助になれば幸いである。

文 献

- 1) K. W. Witwer, E. I. Buzás, L. T. Bemis, A. Bora, C. Lässer, J. Lötval, E. N. N. Hoen, M. G. Piper, S. Sivaraman, J. Skog, C. Théry, M. H. Wauben, F. Hochberg : *J. Extracell. Vesicles*, **2**, 20360 (2013).
- 2) C. Lässer, V. S. Alikhani, K. Ekström, M. Eldh, P. T. Paredes, A. Bossios, M. Sjöstrand, S. Gabrielson, J. Lötval, H. Valadi : *J. Transl. Med.*, **9**, 9 (2011).

- 3) D. D. Taylor, W. Zacharias, C. Gercel-Taylor : *Methods Mol. Biol.*, **728**, 235 (2011).
- 4) T. Yamada, Y. Inoshima, T. Matsuda, N. Ishiguro : *J. Vet. Med. Sci.*, **74**, 1523 (2012).
- 5) J. Lötval, A. F. Hill, F. Hochberg, E. I. Buzás, D. D. Vizio, C. Gardiner, Y. S. Gho, I. V. Kurochkin, S. Mathivanan, P. Quesenberry, S. Sahoo, H. Tahara, M. H. Wauben, K. W. Witwer, C. Théry : *J. Extracell. Vesicles*, **3**, 26913 (2014).
- 6) L. Xu, R. C. Gimple, W. B. Lau, B. Lau, F. Fei, Q. Shen, X. Liao, Y. Li, W. Wang, Y. He, M. Feng, H. Bu, W. Wang, S. Zhou : *Mass Spectrom. Rev.*, **39**, 745 (2020).



金田 隆 (Takashi KANETA)

岡山大学学術研究院自然科学学域 (〒700-8530 岡山市北区津島中 3-1-1)。北海道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》レーザーを用いた分析法とペーパー分析デバイスの研究。《主な著書》“Advanced Microfluidics Based Point-of-Care Diagnostics: A Bridge Between Microfluidics and Biomedical Applications”, (CRC Press Taylor & Francis)。《趣味》バスケットボール, ギター。
E-mail : kaneta@okayama-u.ac.jp

会 員 の 拡 充 に 御 協 力 を !!

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

入会の手続きなどの詳細につきまして、本会ホームページ (<https://www.jsac.jp>) の入会案内をご覧ください。

◇〒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]

実験室の事故事例を踏まえた防火対策

1 はじめに

大学等の実験室では、化学物質、高温物、電気機器等を駆使し、様々な実験を行っている。これらは研究成果を生み出すツールである一方で、高い火災のリスクを持っており、実際に火災は多数発生してしまっている。火災はいったん発生すると被害の重篤度は高く、さらに研究とは無関係の大勢の人達の命をも危険にさらすことになる。

2 実験室での火災の傾向

広大な大学キャンパスにおいては多種多様な事故が起こっている。本学ではこれらの事故について、情報収集し、再発防止に取り組む活動を2004年度から継続している。これまでの約2100件の事故のうち、火災事故（小火を含む）は59件発生している（図1）。火災の原因を大別すると、化学物質、高温物、そして電気によるものですべての火災が起きており、やはり実験で使用するものに由来する火災が多い。

3 火災が起きてしまったときに

火災事故を減らすためには、まず図1に示すような火災の原因を認識し、適正に扱い、対策を取ることが重要である。化学物質、高温物、電気の取扱いには多くの安全教育が実施されており、それらを受講することで、リスクを正しく知り、対策を取って頂きたい。

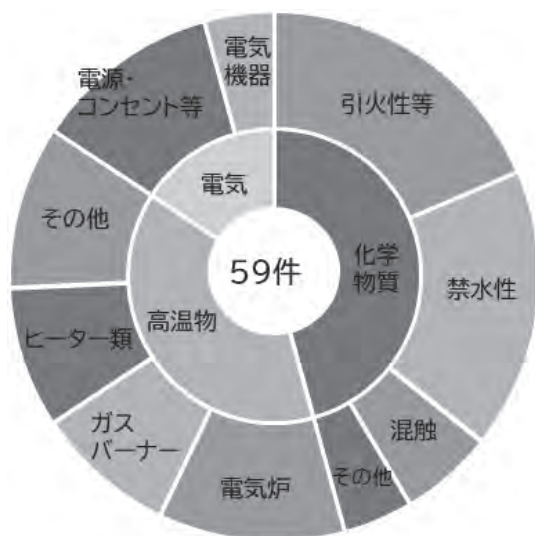


図1 名古屋大学で発生した火災事故の傾向
(火災の原因となった起因物による分類：2004～2020年度)

そういった対策で火災を起こさないことが一番であるが、それでも火災は発生しうるし、時には自身が失火者ではない火災に巻き込まれる恐れもある。本稿では、火災が発生した「後」のことに焦点を当て、その事後対応を考えることで、火災を拡大させないこと、そして、火災が起きてしまった場合でも死傷せずに済ませる対策を考えたい。

火災の事後対応のキーワードは「消火方法の選択」、「建物構造の理解」、「延焼の防止」、「煙の拡散防止」、「緊急連絡」、「火災感知器」、「避難」等多岐に渡る。すべての対応が重要であるが、ここでは特に前4項を上げておきたい。

3・1 消火方法の選択

あなたの実験室で火災が起きたらどのように消火しますか？

昨今、この質問を学生にすると、ほとんどが「消火器」と答える。これはもちろん正しいが、消火方法には水、砂、（濡れた）布、あるいは叩く、踏む等の動作など、多くの選択肢があることを忘れてはならない。また、消火器の消火剤も粉末だけでなく、二酸化炭素や消火液等様々なものがある。

これらの多くの選択肢から、起きた火災に応じた適切な消火方法を選択する必要がある。禁水性物質を使用している環境では水消火を選択しないことなどは言うまでもないが、例えばコンピュータや精密機械からの出火であれば、二酸化炭素で消火することで、消火作業によって周辺の機械等に被害を与えずに消火できる。ただし、二酸化炭素や窒素などの不燃性ガスはガス密度が小さいために拡散しやすく効果は持続しない（消火能力は低い）。粉末消火剤は表面を微細な粉末で覆うことができ、可燃物と空気との接触を遮断できるため、消火能力は非常に高いが、大量の粉を噴射するため、粉による損害（粉損）が避けられない。同様に屋内消火栓を用いて大量の水を使って消火した場合、水によって周辺の機器が壊れたり（水損）、階下にまで浸水することで、被害が甚大になってしまった事例も非常に多い。

起きうる火災を想定し、必要な消火方法を確認し、備えておくことは特に実験室のように多種多様なものがある環境では必須といえる。その際、上述の通り、消火作業によって起こる被害も考慮して消火方法を選択できれば、よりレベルの高い消火活動が行える。

なお、粉末消火器にも二つのタイプがあることは知っておくといいだろう。仕組み等の詳細は割愛するが、加

圧式と蓄圧式タイプがあり、知っておくべきは、加圧式はレバーを一度にぎると粉末の噴射を止められないが、蓄圧式はレバーを離せば噴射が止まることである。最近の市販されている消火器はほぼ蓄圧式タイプになっているが、いまだに古い加圧式タイプも設置されており、自分の回りにある消火器がどちらのタイプなのかは確認しておくといひ。

3・2 建物構造の理解

一般木造家屋、大学等の建物、マンションの中で、火災に一番強い建物はどれでしょうか？

一般の木造家屋は火災に弱く、火災時に死傷者が出てしまうことが多い。木造であること、1階で発生した煙が容易に2階以上を巻き込むこと、そして自動火災報知設備などの広範囲に火災を知らせる設備がないこと等が理由として上げられる。

実験室がある大学等の建物は、まず「耐火構造」であることが最大の特徴である。室内の壁や床等の表面材、あるいは室内にある可燃物が燃えても、出火室以外の部屋に燃え広がることがない構造であり、これは火災に強い構造となる。実際に一部屋が全焼するような火災が起きた場合でも、隣室には延焼せずに済んだ事例は多い。一方で大学の建物のもう一つの大きな特徴として「中廊下式」がある。廊下の両側に部屋がある構造であり、避難経路である廊下が「煙・ガス」の拡散経路にもなり、これは避難を考えると火災には弱い構造である。この中廊下式構造の場合、煙・ガスの発生を抑えること、そして拡散を抑えることが極めて重要になり、かつ避難ルートを選択も生死を分けることになる。

一般の市中で見られるマンションは耐火構造であることに加えて、開放廊下式という廊下から屋外が見える構造をしていることが多い。これは出火室であっても玄関扉の外に出れば、新鮮な空気のある安全地帯となり、煙からの避難が容易な構造となる。

こういった建物の火災に対する構造の理解は、避難時の行動や煙の遮断の重要性などを考えるためには重要であり、必ず知っておきたい。

3・3 延焼の防止

火災は「拡大」しなければ被害は大きくなる。当たり前のことであるが、実験室ではこの延焼を引き起こすものが多数あることを改めて認識する必要がある。紙、布、ビニール等はもちろん、引火性の化学物質はどうだろうか？ 図1からも最も多い出火源が引火性化学物質であるように、実験室では必ず確認しておきたいリスクである。これらの化学物質由来の火災の防止には「消防法」の情報は有益である。詳細は専門書にゆだねるが、火災の原因となる様々な化学物質をその特性で区

分し、保有量の制限等を示した法令なので、適正な保管、使用、廃棄をするためにも知っておきたい。

同様に、自分の回りの廊下や階段も確認してみてほしい。可燃物が残置されていないだろうか。廊下や階段は前項で述べたように重要な避難経路である。この避難経路が延焼してしまえば死の危険が増すことは明らかである。そういった場所も含めて整理整頓は極めて重要な安全対策であることは言うまでもない。

3・4 煙の拡散防止

火災で命を落とす最大の原因は有毒ガスと煙であり、特に煙による一酸化炭素中毒は死亡原因のトップであり、火傷以上に死に直結している。2019年7月に京都で起きた建物火災では36名の方が亡くなったが、そのうち多数の被害者が一酸化炭素中毒であったことも、この煙の恐怖を印象付けるものである。

大学の建物は前述の通り「中廊下式」という構造が多く、煙が出火した部屋から廊下、階段を伝って出火階以上の階に急激に拡散する。この煙が「死の煙」であり、助かるためには、廊下や階段が煙汚染されるまでに新鮮な空気のある場所に避難する必要がある。それに加えて、出火した部屋の外に煙を出さない、部屋の外に出た煙を拡散させないという煙の「コントロール」が必要になる。そのためには適切な初期消火を行い、そもそも煙の発生を止めること、部屋の外への煙の拡散を防ぐために「部屋の扉」を閉めること、そして、廊下、階段等への煙の拡散を防ぐために「防火扉」を閉めることが重要となる。防火扉の前に物品、段ボール、ゴミ箱等が置かれていないだろうか？ 防火扉は緊急時に避難経路を確保するための重要な設備であることを認識してほしい。

煙を遮断する設備は我々の回りにはたくさんあり、その位置と仕組みを知っておくことは万が一の危機事態に備えるためには極めて有用である。

4 ま と め

実験室であっても、一般の防火の考え方である燃焼の三要素（酸化剤、可燃物、エネルギー）の管理が重要である。ただし、その量が一般家庭等と比べて著しく多い＝リスクが高い、ということを知覚し、その管理を徹底する必要がある。

昨今、実験前に行う「リスクアセスメント」が重要視されている。化学物質は主に人体有害性などを中心に義務化されたが、被害の重篤度を考え、火災に関するリスクアセスメントも重要視されるべきである。実験室には火災のリスクが多く内在することを認識し、まずは自分の実験室にある火災源を考えてみてはどうだろうか。

〔名古屋大学環境安全衛生管理室 富田賢吾〕

特集 分析科学のSDGs

《特集》「分析科学のSDGs」企画にあたって

分析化学の研究が目指すのは、測れないものを測れるように、それも“より正確に”，“より少ないもの（低濃度もしくはワイドダイナミックレンジ）”，“どんな状態で（スペシエーション）”，さらには“より早く（ハイスループット）”です。それを実現すべく様々な計測手法や解析手法が確立され使われてきています。もはや化学に留まることなく様々な学際領域も含み，“分析科学”と言っても差し支えないどころか、むしろ科学の方がしっくりきます。本会の英文誌も「Analytical Sciences」です。

また、昨今、化学また科学においてもSDGs（Sustainable Development Goals）を意識せざるを得ないと感じます。17の目標すべてが直接関連するものではありませんが、「産業と技術革新の基盤を作ろう」「つくる責任 つかう責任」「パートナーシップで目標を達成しよう」は分析化学に大きくかかわりますし、学会としての取り組みで「ジェンダー平等を実現しよう」も重要なゴールとなります。本特集は、分析科学におけるSDGsを紹介するものとし、省力化、ハイスループット化（短時間化）、使用する試薬や廃棄物の低減化への取り組みの解説をお願いしました。また、研究開発にかかわるもののみでなく、学会や団体としての取り組みもご紹介するものとさせていただきます。

「ぶんせき」編集委員会

特集 分析科学のSDGs

SDGsと女性研究者ネットワーク活動.....	金澤秀子
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
SDGsに貢献する環境分析.....	古川浩司
分析機器メーカーとしてのSDGsに対する取り組み.....	青山千顕
分析科学のSDGsへの貢献.....	小倉亜紗美
簡易水質分析.....	佐藤 久・中屋佑紀
窒素酸化物種の連続計測 —SDGsとの関連性—.....	定永靖宗

SDGs と女性研究者ネットワーク活動

金澤 秀子

1 日本のジェンダーギャップと女性研究者の現状

SDGsは、男女の区別なく誰一人として取り残されない持続可能な社会を目指しており、ジェンダー平等の実現は、17の目標のうち5つ目の目標になっている。

2013年のNatureで“Women in Science”の特集があった。その冒頭の一文では、科学の分野におけるジェンダーギャップの速やかな解消が国際的に取り組む問題であることが示された。“Science remains institutionally sexist. Despite some progress, women scientists are still paid less, promoted less, win fewer grants and are more likely to leave research than similarly qualified men. ... In this special issue, Nature takes a hard look at the gender gap and at what is being done to close it.”¹⁾

それから10年、2022年の7月に、世界経済フォーラム(WEF)がまとめた世界の男女格差の状況「ジェンダーギャップ報告書 Global Gender Gap Report 2022」²⁾で、日本は146か国中116位であり、主要先進国では最下位であることが示され日本の男女格差がまだ大きいことを改めて認識することになった。

最近では、新型コロナウイルス(COVID-19)感染拡大抑制に大きな成果をあげた mRNA ワクチン開発の立役者であるドイツ・BioNTech社のKatalin Karikó(カタリン・カリコ)博士など世界を見れば多くの女性研究者が活躍している。一方で日本の女性研究者の割合は諸外国に比べて著しく低く(図1)、総務省の調査では、民間企業も含めた全研究者に占める女性の割合は米英が

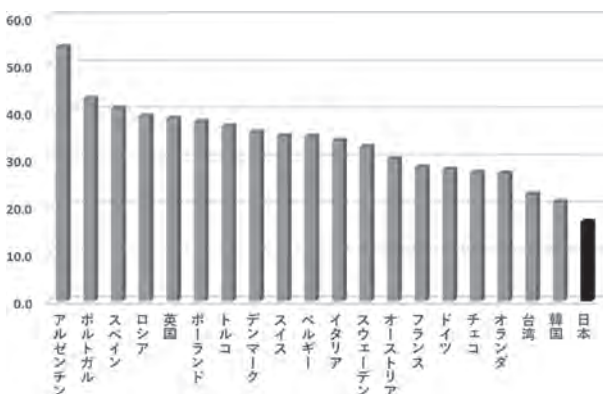


図1 女性研究者の割合

文部科学省 科学技術・学術政策研究所、「科学技術指標 2021」を基に金澤が加工・作成

30% 超なのに対し、日本においては2010年度の13.8%から、この10年間で順調に増加しているものの2020年度時点で17.5%にとどまっている³⁾。さらにCOVID-19の感染拡大は、研究におけるジェンダー格差も広げているという報告があった⁴⁾。男性研究者に比べると、女性研究者が発表する論文の割合がコロナ禍前よりも減っていることが、データで示された。休校や外出自粛などにより増えた子育てや家事の負担が、女性研究者に偏っているためだとされている。

本稿では、SDGsの特集にあたり、日本分析化学会の会員、特に女性研究者の現状と本学会の取り組みについて、女性研究者ネットワークの活動を中心に紹介する。

2 大学や研究機関での男女共同参画の問題点

最近では、国立大学の教員に、女性を優先して採用する機会が増えているなど男女格差の解消が図られている。国立大学協会では、2021年1月に「国立大学における男女共同参画推進について—アクションプラン」を設定し、国立大学全体として、2025年までに女性教員比率を現状の19%から24%以上に引き上げるとの達成目標を示している⁵⁾。そして、大学運営における意思決定過程への女性の参画の拡大、女性教員・研究者・女子学生の増加、就業環境の整備・充実、男女の固定的な性別役割分担意識の解消の四つをその目標達成のために大学が取り組むべき事項として設定している。

大学や研究機関での男女共同参画の問題点として、上司が、女子学生、ポスドク、助教などを秘書のように扱うケースがある、競争や昇格をめぐるパワーハラスメントやセクシャルハラスメントがおきるケースがあるなどが言われている。特に女性研究者の働く環境についての問題として、女性研究者の育成プログラムや支援事業が十分でない、出産にともない研究が一時中断し休職中の支援が十分ではない、保育園になかなか入れない、入園後も病児保育などが充実していない、出張および実験や会議等が夜間におよぶ場合の保育が不安などがあげられる。

3 日本分析化学会の取り組み

3.1 女性研究者ネットワークの立ち上げ

日本分析化学会女性研究者ネットワークは、今年で10周年を迎える。日本分析化学会の発展を目指す活動

の一環として、当時の中村 洋会長（2009～2012年度）の応援を受け、全国の支部や女性会員に呼びかけて立ち上げた。次世代を担う若い女性研究者が社会で活躍するために、学会そして女性研究者がお互いに、どのような支援ができるのか情報を集め、女性が活動しやすい学会とすることを目的としている。毎年、討論会と年会で定期的にセミナーやカフェを開催しており、指導的立場になる女性を増やすためにも女子学生の博士課程進学を応援する活動も行ってきた。参考となる女性研究者のロールモデルが少ないことも、女子学生が進学や進路を決める際の妨げとなっている。女性会員の情報交換の場として、学生や若手の研究者の方には将来のキャリアプランの参考になる活動が必要であると考えた。

設立時の女性研究者ネットワーク幹事は、日本分析化学会の理事経験者である梅香明子氏（オルガノ、2011・2012年度理事）、谷 和江先生（山梨大学、2011・2012年度理事）、西本右子先生（神奈川大学、2012・2013年度理事）、保倉明子先生（東京電機大学、2013・2014年度理事）、金澤秀子（慶應義塾大学、2011・2012年度副会長）の5名であった。その後、セミナーの講師や運営にご協力いただいた方の輪が広がり、多くの方が幹事として活動に参加してくださった。

3・2 Analytical Sciences 誌の女性研究者特集号

女性への応援というと一般的に育児のサポートなどがすぐに頭に浮かぶが、真に社会で活躍するためには、働く環境整備ももちろん重要であるが、何より個人の実力や実績が伴う必要があると考える。したがって女性研究者にとっては、男性研究者と同様あるいはそれ以上に、研究業績が重要となる。筆頭著者もしくは責任著者として学術論文を執筆することは、女性研究者として実績を重ねるために必須なことである。研究論文は、研究内容の評価で採択が決まるため、例え無名の研究者であってもトップジャーナルに掲載されれば広く世界に認知される。そういう意味では、研究者にとってフェアな評価を受けられるチャンスであるともいえる。一方で、女性研究者は、男性優位の研究室では、なかなか筆頭著者や責任著者になれない状況もあった。2015年には鈴木孝治編集長（当時、2015・2016年度会長、慶應義塾大学）のご支援を頂き、Analytical Sciences 誌で初の女性研究者の特集号“Cutting-Edge Analytical Chemistry Research by Women Scientists”が発行された⁶⁾。筆頭著者（もしくは責任著者）が女性である論文を募集したところ、国内外から多くの応募があった。科学の領域で、このような女性研究者の特集号は、女性の研究実績構築の支援につながる重要な取り組みの一つであると考えられる。

3・3 日本分析化学会女性 Analyst 賞の設立

2017年には、女性 Analyst 賞が設立され、女性研究

者の活躍を強くサポートする学会の方針が明確に示された。科学系の学協会において表彰対象を女性に絞った女性賞としては、日本女性科学者の会奨励賞（1995年設立）、日本化学会女性化学者奨励賞（2012年設立）や日本薬学会女性薬学研究者奨励賞（2021年設立）等がある。

女性のみを対象とした賞については、逆差別につながるなどの批判もあるが、一般的に顕著な業績が必要な学会賞や奨励賞などの研究賞は、女性の受賞者は非常に少ないのが現状である。例えば、全会員に占める女性の割合が18%と科学系の学会の中でも比較的多い本学会であっても、2005～2022年までの学会賞の受賞者は54名中3名と少なく、奨励賞でも85名中8名と1割にも満たない。尚、本学会では、育児など女性のライフイベントを考慮し、また論文を出しにくい環境である企業研究者については、奨励賞の対象年齢を通常の38歳以下から引き上げて45歳以下としている。

3・4 女性研究者ネットワークセミナーとしての活動

3・4・1 第1回キックオフ集会

女性研究者ネットワークセミナーは、第73回分析化学討論会（北海道大学 函館キャンパス）でキックオフ集会を開催し、活動をスタートした。函館でのキックオフ集会の講演者は、北海道教育大学教授（2012年当時）で北海道支部長の森田みゆき先生、東京薬科大学教授（当時）で2001年度副会長の楠 文代先生、現女性研究者ネットワーク代表の京都工芸繊維大学 吉田裕美先生にお引き受け頂き、保倉明子先生（東京電機大学、2022・2023年度副会長）のご紹介で、北海道大学教授で北大女性研究者支援室の有賀早苗先生も札幌から駆けつけて下さった。分析化学会をはじめ社会で活躍していらっしゃる先生方から、若い女性会員や学生会員に向けて、それぞれ現在のお立場に至るまでのご経験を特に女性研究者としてご苦労されたエピソードをプライベートなご家庭のお話も含め真摯にお話して下さった。参加者皆が大きな感動で涙するようなキックオフに相応しい講演会となった。

3・4・2 第2回以降の女性研究者ネットワークセミナー（2013～2017年）

第2回の女性研究者ネットワークセミナーは、2013年の第62年会において近畿大学東大阪キャンパスで開催し、大阪工業大学の森内隆代先生に、ご講演いただいた。因みに、森内先生には、2017年の第77回分析化学討論会において龍谷大学深草キャンパスで開催した第10回のセミナーの企画・運営をして頂き、企業で活躍していらっしゃる女性研究者を講師に迎えたセミナーが開催された。尚、森内隆代先生（大阪工業大学教授）は、2022年度の女性 Analyst 賞を受賞されている。

2014年には、第74回分析化学討論会において、井上久美先生（東北大学）、西本右子先生（神奈川大学）の企画・運営で、日本大学工学部（福島県郡山市）で第3回女性研究者ネットワークセミナーが開催された。平野愛弓先生（東北大学）より、女性の働きやすさや研究資金の獲得のしやすさに関する話題提供があった。参加者からは、とても楽しい雰囲気の中でのセミナーで、本会の趣旨である女性研究者のネットワークづくりができたとの感想があった。

第4回は、新しい試みとして、日本分析機器工業会のご支援を得て、日本分析化学会関東支部の主催で、幕張メッセ国際会議場で開催のJASIS2014において開催した。講師は男性社員が多い日本有数の企業での管理職経験者である加藤信子先生（当時株式会社ブリヂストン中央研究所首席フェロー、2009年度副会長）に「企業におけるキャリアを振り返って—女性研究者として—」のテーマでご講演頂き、参加者には男性も多く盛会であった。

2014年は、女性が輝く社会に向けた国際シンポジウム（World Assembly for Women in Tokyo : WAW! Tokyo 2014）が開催され、第4回と第5回セミナーは、その公式サイドイベントとして外務省のHPにも掲載された。第5回セミナーは、第63年会において広島大学男女共同参画推進室、広島大学女性研究者研究活動支援事業（拠点型）の共催で、相田美砂子先生（広島大学教授）に「広島大学での女性研究者支援の取組み」をご講演頂いた。

2015年の第6回女性研究者ネットワークは、第75回分析化学討論会（甲府）山梨大学甲府西キャンパスにおいて「[学]から向き合う女性支援—官と学の目指すところ—」のテーマで風間ふたば先生（山梨大学男女共同参画推進室室長）にご講演いただいた。2016年の日本分析化学会第65年会では、第9回女性研究者ネットワークセミナーを開催し、「皆で広げよう女性研究者ネットワーク！」の合言葉のもと、お茶とお菓子付きの和やかな雰囲気の中で情報交換会が行われた。

3・4・3 さらなるダイバーシティ推進を目指して—男性や留学生も参加—

当初は、女性ならではの苦勞を分かち合い、本音で情報交換できる交流の場の提供という目的もあり、参加者は女性に限っていたが、女性が多い組織の上司の立場などから男性の参加希望者も増えてきたため、2015年からは、女性会員のみならずダイバーシティの推進に関心のある男性会員をも含めた情報交換の場として開催するようになった。

2015年に九州大学伊都キャンパスで開催された日本分析化学会第64年会では、第7回セミナーとして、川畑 明先生（当時 株式会社三菱化学テクノロジー九州セン

ター、九州大学工学府客員教授）に「企業における女性研究者・技術者の活躍について」女性が働く職場の上司としてのご経験から、組織における女性活躍の推進のために女性にも男性にも大変有用なお話を頂いた。

第8回セミナーは、2016年に岐阜大学での第76回分析化学討論会にて開催し、LIM Lee Wah（リム・リーワ）先生（岐阜大学教授、当時は准教授）に「皆で考えようダイバーシティ推進—岐阜大学における国際化の取り組み—」というテーマでお話しいただいた。またセミナーでは、留学生の皆さんからも率直なお話を伺った。ダイバーシティの推進は企業や大学でも積極的に取り組んでいるが、国際化という観点では、まだなかなか難しい面もあるのではないかと考えている。留学生として来日し、当時は国立大学の准教授として、大学のみならず学会でも活躍されていらっしゃるLim先生に講演を頂き、留学生からもお話を聞く貴重な機会となった。尚、Lim先生は、2022年度の女性Analyst賞を受賞されている。

3・4・4 更なる活躍を期待して（2017年～）

2017年の第66年会の第11回のセミナーは、東京理科大学葛飾キャンパスで、女性Analyst賞の誕生を記念した講演会を開催した。蟻川芳子先生（日本女子大学）「女性が輝ける社会へ—女性研究者へエールをこめて—」、楠 文代先生（東京薬科大学）「女性Analyst賞に期待する」というテーマでご講演いただき、若い研究者に向けて大きなエールを送っていただいた。母校の教授を経て、現在は、理事長として大学の運営に携わる女性研究者の頂点ともいべき立場のお二人であるが、ともにぶんせき誌編集長の経験者であり、現在も男女を問わず多くの会員から慕われている先生方である。座長は、元理事であり、長年に亘って責任あるポジションを



図2 第11回女性研究者ネットワークセミナーのポスター



写真1 第11回女性研究者ネットワークセミナー
 左上：蟻川先生，右上：楠先生，左下：会場風景
 右下：加藤先生，西本先生，金澤

されている加藤信子先生（ぶんせき誌の編集長経験者）、西本右子先生（熱分析研究懇談会委員長）のお二人が引き受けてくださった。（図2，写真1）

第12回のセミナーは、2018年に山口大学での第78回討論会において、山口大学の村上良子先生の御尽力により開催した。前山口大学女性研究者支援室長の山崎鈴子先生（山口大学教授）に「山口大学における女性研究者研究活動支援事業の取り組み」というテーマで、ご講演いただいた。当日の様子は、ぶんせき誌ロータリーでも詳しく報告されている⁷⁾。第13回は、同年に東北大学川内北キャンパスで開催された第67年会で、新しい試みとして参加者がより情報交換しやすいようにカフェ形式の“女性研究者ネットワークカフェ”が開催され、記念すべき第1回女性Analyst賞受賞者（佐藤しのぶ先生、津村ゆかり先生）が、参加されランチを食べながらの楽しい会となった。第14回女性研究者ネットワークカフェは、2019年の第79回討論会で北九州国際会議場において佐藤しのぶ先生（九州工業大学）の企画運営で開催した。九州工業大学副学長で男女共同参画推進室長の安河内恵子先生に「九州工業大学における女性研究者支援—取組と展望—」、九州大学中央分析センターの稲田幹先生に「女性研究者ネットワークW3ダブルキュービックの取組」をテーマに話題提供いただき盛会だった。第15回女性研究者ネットワークセミナーは、同年、第68年会（千葉大学西千葉キャンパス）において開催した。千葉大学の沼子千弥先生にサポート頂き、2019年度女性Analyst賞を受賞された上野祐子先生、吉田裕美先生を迎え、ランチやお菓子を食しながら和やかな雰囲気の中情報交換会が行われた。

コロナ禍で学会のWeb開催が続いたため、対面でのセミナー開催は中断されていたが、2022年9月の第71年会（岡山）において、第16回女性研究者ネット

ワークセミナーは、カフェ形式で開催した。これまでの女性研究者ネットワークの活動は、HPにも掲載しているので参照頂きたい⁸⁾。

3・5 女性理事の増員

男女共同参画基本計画においては、「社会のあらゆる分野において指導的地位に女性が占める割合を少なくとも30%程度とする」の目標がある。学術における男女共同参画というと、自然科学系においては2003年に男女共同参画学協会連絡会が結成され、第5期科学技術基本計画においても、女性研究者の採用割合について30%を目指すとしている。しかし、現状では、学会における女性の割合は、自然科学系のいずれの学会においても達成できていない（図3）⁹⁾。

その現状を鑑みると、やはり今後も女性研究者に対するサポートは必要であると考ええる。日本分析化学会では、早下隆士会長（上智大学）の元で定款変更を行い、2022度から理事が増員され、新たに女性理事が3名加わった。現在では理事24名中女性の理事は4名（約18%）であり、特に2名は副会長として学会運営でも中心的な役割を果たしている。

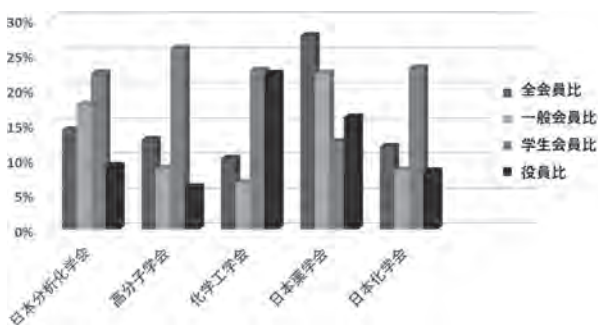


図3 科学系学協会の女性会員の割合
 2021年学協会女性比率調査：「連絡会加盟学協会における女性比率に関する調査」（2021年・男女共同参画学協会連絡会）より一部データ引用

4 最後 に

男女の区別なく誰一人として取り残されない持続可能な社会を目指すためには、企業や大学をはじめ学会など多くの組織において、誰もが、自身が有している最大限の力を発揮することができるような環境が必要である。女性が活躍できる組織を作るためには、単に男女を差別する制度を廃止するにとどまらず、組織がより意識して女性を育成し、支援し、そして採用につながるようにしていかなければならない。そして、女性も自ら女性が活躍するために必要な環境を提案し、改善する方向に働きかけていく必要がある。そして、まだまだ、女性教授や管理職の数が少ないため、女性リーダーには本務以外の仕事が集まってしまうという問題もある。

最近では、女性の社会活動に対する理解も深まっているが、女性に対する思い込みや、個人の潜在能力を見逃さないためにも、男性も女性もダイバーシティのための知識習得が必要である。皆で知恵を出し合って自分の所属する組織の理解が得られるような、そして皆が参加しやすい活動をすることも重要である。例えば女性 Analyst 賞の設立は、女性研究者ネットワークの長年の地道な活動が評価されたことも一因であるとも考えており、改めて所属する組織でお互いに協力して活動することの大切さも実感することになった。

謝辞 セミナー講師となって頂いた方は、活動の趣旨に賛同し、ボランティアで講演して下さいました。また、複数の企業のご支援を得て、ランチョンセミナーの形で開催することができました。セミナーの準備・企画・運営については、女性研究者ネットワーク幹事を中心に、年会・討論会の実行委員会のサポートも得て、毎回ご尽力を頂きました。高村喜代子先生（東京薬科大学名誉教授）をはじめ、本学会で活躍されている多くの女性研究者の先輩にいつも勇気を与えて頂きました。ご支援を賜りました多くの方々にこの場を借りて厚くお礼申し上げます。末筆ながら、本稿執筆にあたり、ご協力いただきました本学会 2022・2023 年度理事であり、女性研究者ネットワーク担当の吉田裕美先生、上野祐子先生、保倉明子先生に心より感謝いたします。

文 献

- 1) Woman in science : Women's work, *Nature*, **495**, 21 (2013).

- 〈<https://doi.org/10.1038/495021a>〉, (accessed 2022. 8. 5).
 2) WEF, Global Gender Gap Report 2022. 〈https://www3.weforum.org/docs/WEF_GGGR_2022.pdf〉, (accessed 2022. 8. 5).
 3) 総務省統計局：2021 年科学技術研究調査報告 . 〈https://www.nistep.go.jp/sti_indicator/2021/RM311_24.html〉, (accessed 2022. 8. 6).
 4) Elsevier, "Research Futures 2.0 Report", 〈<https://www.elsevier.com/connect/research-futures-2022>〉, (accessed 2022. 8. 5).
 5) 国立大学協会：国立大学における男女共同参画推進について—アクションプラン (2021 年度～2025 年度) 〈<https://www.janu.jp/janu/gender/>〉, (accessed 2022. 8. 5).
 6) "Cutting-Edge Analytical Chemistry Research by Women Scientists", *Anal. Sci.*, **31**, 865 (2015).
 7) 吉田裕美：ぶんせき (*Bunseki*), **2018**, 386.
 8) 日本分析化学会女性研究者ネットワーク HP, 〈<https://fs-nac.jsac.jp/>〉, (accessed 2022. 8. 5).
 9) 男女共同参画学協会連絡会：2021 年学協会女性比率調査「連絡会加盟学協会における女性比率に関する調査」(2021). 〈<https://www.djrenrakukai.org/enquete.html>〉, (accessed 2022. 8. 5).



金澤秀子 (Hideko KANAZAWA)

慶應義塾大学薬学部 (〒105-8512 東京都港区芝公園 1-5-30). 共立薬科大学大学院薬学研究科博士後期課程修了。薬学博士・薬剤師。《現在の研究テーマ》機能性高分子を用いた温度応答性分離システム、および DDS の開発。《主な著書》“Green Bioanalytical Chemistry”, In Handbook of Green Analytical Chemistry, pp. 425-447 (2012), (John Wiley and Sons, New York).
 E-mail : kanazawa-hd@pha.keio.ac.jp

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

1 プラスチックと海洋汚染

1950年代から大量生産が始まったプラスチックは、2016年までに総生産量が83億トンにも達した。そのうち63億トンが廃棄され、一部が環境中に流出している。海洋のプラスチックによる汚染は50年来指摘されてきた¹⁾が、近年になって深刻な現状、すなわち世界中で年間500~1000万トンのプラスチックごみが新たに海洋に流入しているという予測が発表され²⁾、海洋のプラスチック汚染は深刻な環境問題として社会に認知されるに至った。しかし、観測によると海面に浮かぶプラスチックごみの全球的な総量は数十万トンにすぎない。そのため、大部分のプラスチックごみの行方が不明である。不明プラスチックごみの大部分は深海に沈んだと考えられているが研究例は少なく、深海ごみの実態はほとんど明らかとなっていない。国立研究開発法人海洋研究開発機構(JAMSTEC)の過去の有人・無人潜水艇による深海調査の際に撮影された映像には、そのようなプラスチックごみの存在が20年以上前から記録されていた(図1)。

このような背景のもと、JAMSTECが深海ごみの実態調査を行った結果³⁾、プラスチックを含む大量のごみを確認し、水深5700m付近の大深度の海底においても、プラスチックごみの汚染が広がっていることが明らかになった。調査を行った「黒潮続流・再循環域」の表層で



図1 1999年に相模湾初島南東沖海底(深度1344m)で確認されたプラスチックごみ (JAMSTEC 深海デブリデータベース, <http://www.godac.jamstec.go.jp/catalog/dsdebris/j/> より)

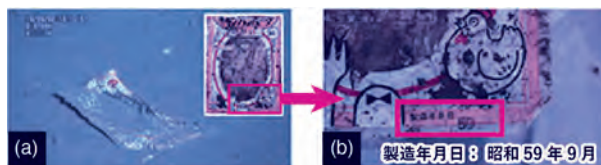


図2 2019年の調査で見つかったプラスチックごみの写真の例 (a) チキンハンバーグの袋, (b) 製造年月日には昭和59年9月と印字されている。

は、海流が大きく渦を巻いて循環しているため、東アジア域から流入するプラスチックごみが黒潮に乗って北上し、東太平洋に向かう際に渦に巻き込まれて集積するためだと予測される。

見つかったごみの8割以上はポリ袋や食品包装などの使い捨てプラスチックであった(図2)。昭和59年製造と記された35年以上前(回収時)の食品包装がほとんど無傷かつ印刷も鮮明なまま見つかり、水温が低く紫外線も届かない深海ではプラスチックがほとんど劣化しないことがわかった。深海底に到達したプラスチックは、極めて長い時間現場に滞留すると考えられる⁴⁾。

2 プラスチックとその分析手法

2.1 プラスチック素材

このようにプラスチックが長期間滞留してしまう理由のひとつに、プラスチック自体の丈夫さ、すなわち高い物理・化学的安定性が挙げられる。プラスチックという名称は「成形加工できる」というラテン語や古代ギリシャ語を起源とし、熱によって曲げたり紫外線や熱などで硬化させたりすることにより成形加工できる高分子(ポリマー)からなる樹脂材料一般を指す。高分子とは、モノマーと呼ばれる低分子量物質を基本繰り返し単位として、それらが共有結合により大量につながったもので、セルロースやキチンといった天然高分子から、石油から合成されるものまで様々なものがある。

初めて産業化されたプラスチックは、天然高分子であるセルロースをニトロ化したニトロセルロースであったが、高品質のプラスチックを石油から合成する手法が続々と開発され、生産コストが一気に下がったことを契機に大量生産・利用が始まった。

1980年代の環境問題への意識の高まりを受け、微生物によって水と二酸化炭素まで分解される生分解性プラスチックの研究開発が活発化した。安価な石油製品との

価格競争などにより、いったんは下火になった生分解性プラスチックの研究開発は、先述の海洋のプラスチック汚染を背景としてふたたび注目を浴びている。これに代わって、持続可能な社会の構築のため、従来は石油から合成していたプラスチックを天然素材から合成する、バイオマスプラスチックの研究開発も盛んである。これら生分解性プラスチックとバイオマスプラスチックをあわせたものが、バイオプラスチックと総称される。ここで注意すべきことは、バイオプラスチックであっても生分解しない（天然素材から合成したポリエチレンなど）・生分解はするが石油由来のもの（ポリカプロラクトンなど）があるということである。そこで、一般消費者が正しい理解に基づいた消費活動ができるよう、シンボルマークを用いたバイオプラスチックの識別表示が行われている⁹⁾。

2・2 力学物性測定

プラスチックには、やわらかいものから硬いものまでさまざまなものがあり、用途に応じて使い分けがされている。そのようなやわらかさ・硬さ・丈夫さ・もろさを数値化したものが力学物性である。生分解性プラスチックは材料である以上、どんなに高い生分解性を有していても、消費者の使用目的に耐える力学物性を有していなければ製品化することはできない。また、生分解性プラスチックは一定期間経過後の分解を前提としているため、どの程度の期間望まれる力学物性を発揮するか、も極めて重要な問題である。農業用のマルチフィルムなど、屋外設置を目的とした生分解性プラスチック材料では、屋外への暴露期間における分解過程と、それに伴う力学物性の変化を理解することは不可欠である。

力学物性測定の代表的なものとして引張試験がある。これは短冊やダンベル状のフィルムサンプルの両端をつかみ具に固定し、片端を一定速度で引っ張り、破断するまでどのような力がかかったかを記録するものである。図3に典型的な応力・ひずみ曲線を示す。横軸はひずみで、変位をつかみ具間の距離で除したものであり、ど

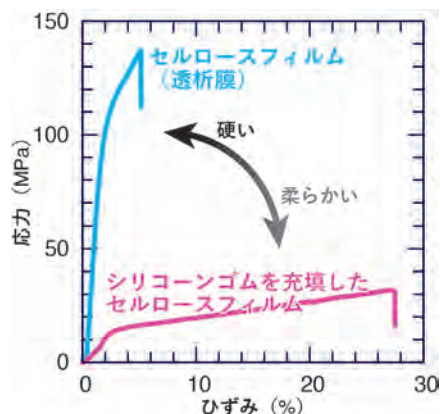


図3 引張試験の応力・ひずみ曲線

れくらいサンプルを引っ張ったのかを示す。縦軸は応力で、これは試験力をサンプルの断面積で除したものであり、あるひずみに到達する際にどの程度の力が必要なのかを示す。例として、著者らが行った引張試験の結果を示す。まず、セルロースフィルム（透析膜）の応力-ひずみ曲線は、ひずみ約2%までは直線であるが、そこから屈曲し、5%ひずみで破断した（応力が最大になった点が破断点である）。この直線的な領域を弾性領域と呼び、その直線の傾きがヤング率（弾性率）に相当し、硬さの指標となる。また、応力-ひずみ曲線の屈曲が始まる点を降伏点と呼ぶ。この結果から、セルロースフィルムは硬く脆い性質があることがわかる。つぎに、シリコーンゴムを充填して軟化させたセルロースフィルムの結果を示す。このとき、弾性領域の傾きはセルロースフィルムのそれと比べて半分程度になっており、硬さが半減、すなわち軟化したことがわかる。また2%ひずみで降伏してから、破断するまで26%も伸長した。この結果から、シリコーンゴムを充填したセルロースフィルムは、やわらかいがしなやかな性質を持つことがわかる。

高分子をはじめとする材料科学では、力学・光学・熱などさまざまな物性はその構造に起因する、すなわち、構造と物性の相関を理解することが不可欠である。そこで、力学物性を把握したあとは、その力学物性を発現する要因となる構造を理解する必要がある。

2・3 ゲルろ過クロマトグラフィーによる分子量測定

力学物性の発現要因となる構造として、はじめにあげられるのは分子量である。分子量は、力学物性に直接的に寄与する。一般的に、高い分子量であれば丈夫さが増し、低い分子量であると脆さが増す。この分子量の変化を分解・劣化の過程で追跡することで、どの程度の期間は使用用途に耐える力学物性を維持できるかということの指標になる。

高分子の分子量測定は、溶液の固有粘度 $[\eta]$ を測定し、Mark-Houwink-桜田の式、 $[\eta] = K \cdot M_w^\alpha$ (K, α は定数) を利用して重量平均分子量 M_w を求めるのが伝統的な方法だが、現在では高速液体クロマトグラフィーにより分子の大きさ順に溶出させることで平均分子量を求めることが多い。GPC (gel permeation chromatography) と呼ばれるこの手法は、高分子を溶剤に溶解させ、ゲル状物質で充填したカラムを通過させることで、ゲル内部の細孔により試料成分を分子の大きさ順に分離する。すなわち、大きな分子は細孔に入り込めないで短い時間で溶出し、小さな分子はさまざまな細孔に寄り道をするため溶出が遅くなる。同じ溶剤を用いて同じカラムを通過させた標準物質の溶出曲線を用いて、溶出時間を分子量に換算する。

この手法を用いた例は無数にあるが、一例としてHo

らによるコスタリカのバナナ農園でのポリ乳酸 (PLA) をもちいた分解試験がある⁶⁾。バナナ農園では成熟のためにポリエチレンの袋を大量に使用するが、この代替として PLA を想定した。PLA は通常摂氏 60 度以上のコンポスト条件でしか分解しないが、コスタリカの高温多湿な環境では分解が進行した。GPC による分子量変化の追跡と引張試験の結果から、分子量は時間経過に伴い減少を続けるが、14 から 16 週というバナナの成熟期間は必要な強度を維持できるだけの分子量を保つことがわかった。このような GPC による分子量変化の追跡を 2.7 で述べる質量分析と組み合わせることで、より詳細な分解メカニズムを解明することができる。

2.4 X線回折による結晶構造分析

つぎにプラスチック材料の物性に大きな影響をあたえるのは、高分子がどのように並んでいるか、ということである。高分子鎖が規則正しく整列した状態を結晶と呼ぶ。結晶領域は一般的に剛性が高いため、結晶性の高分子は硬くなる傾向にあり、また外観も白濁することが多い。結晶性のプラスチックとして、ポリエチレン (PE) やポリプロピレン (PP)、ポリエチレンテレフタレート (PET) などが挙げられる。一方で、高分子鎖が乱雑に並んでいる状態を非晶と呼ぶ。非晶領域が多い高分子材料は一般的に柔らかくしなやかであり、透明な外観を持つものが多い。非晶性のプラスチックとしてはポリ塩化ビニル (PVC) やポリスチレン (PS)、ポリメチルメタクリレート (PMMA) などがある。高分子ごとに結晶の型は異なる。さらに同一の高分子であっても調製方法や温度によって異なる結晶型をとることがある。このような高分子の結晶構造を調べる手段として、X線回折測定がある。なかでも、分子の配向状態も調べることができる透過型の X線回折測定の概要を図 4 a に示す。X線をサンプルに照射すると、結晶内部の間隔 d に対して、ブラッグの回折条件、 $2d \sin \theta = n\lambda$ のもと X線は回折 (反射) される。ここでは結晶面と X線が成す角度 θ 、 λ は X線の波長、 n は自然数である。この回折した X線を検出器で記録する。プラスチック内部の高分子結晶がランダムに存在している場合、X線は等方的に回折するため、得られる回折図は同心円状のものになる。一方、高分子結晶が同じ向きに並ぶ場合 (配向とよばれる)、左右対称に回折するため、スポット状の回折として観測される。こうして得られた回折像 (図 4 b) を円周方向に積分することで、1次元化した回折プロファイル (図 4 c) を得る。これらの X線回折データからわかることは、i) どのような結晶からなるか (結晶型の判定)、ii) 結晶はどれくらい含まれているのか (結晶化度)、iii) 結晶がどのくらい配向しているか (配向度)、ということである。

実際の測定結果を図 4 b, c に示す。市販のバイオプ

ラスチックを購入し、透過型 X線回折装置により測定を行った。図 4 b の回折像からわかるように、どのバイオプラスチックにおいても回折が確認でき、結晶性であることがわかる。また、生分解性ナイロンフィラメントと植物由来ポリエチレンレジ袋の回折図はスポット状となり、高分子結晶が配向していることがわかった。これはそれぞれの製造工程に起因する。すなわち、フィラメントは押出成形される際、レジ袋はブロー成形される際に高分子が延伸することで配向が生じたためだと考えられる。

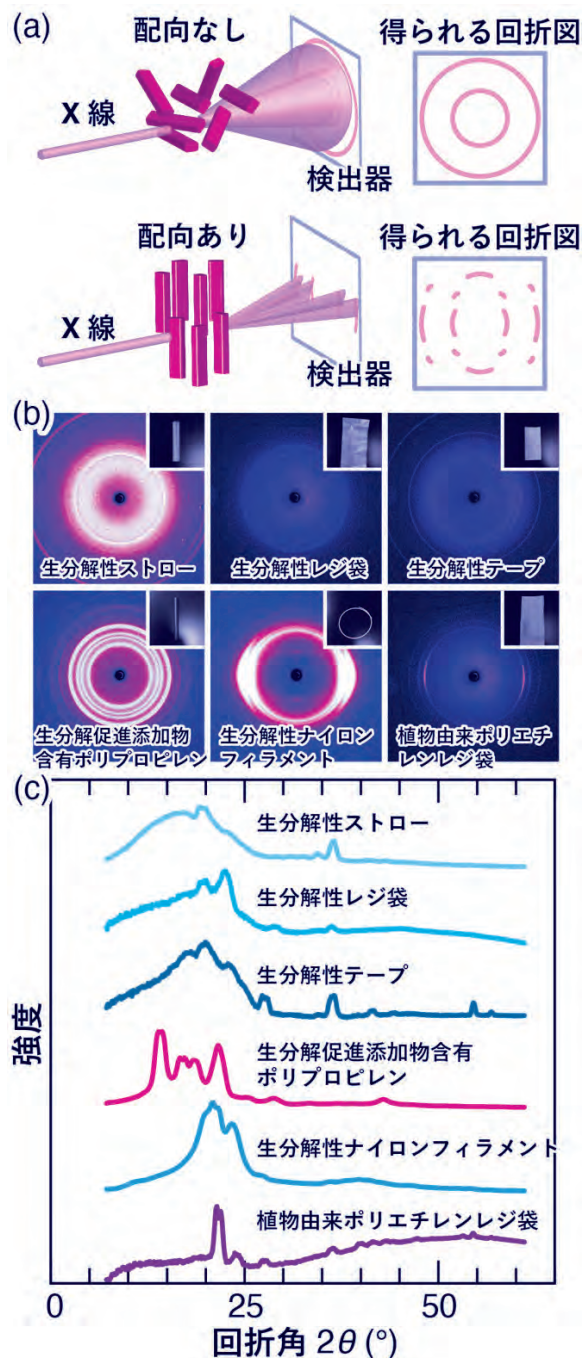


図 4 (a) 透過型の X線回折測定の概要、(b) 市販のバイオプラの外観と、それらに対して X線回折を行って得られた回折像、(c) (b) を円周積分することで得られる 1次元の回折プロファイル

この回折像を円周方向に積分した1次元の回折プロファイルを図4cに示す。生分解性ストロー、レジ袋、テープは似通ったプロファイルを示した。これらのうちひとつにはPLAの表記があり、 $2\theta = 19.5^\circ$ と 22.5° にあるピークは結晶性のPLA、 $2\theta = 17^\circ$ 付近を中心とする存在する緩やかな山が非晶性のPLAと考えられる。しかし、そのほかに確認できるピーク位置はPLAのそれと一致しないため、これら製品はPLAに可塑剤といった添加剤が含まれているか、別のポリマーをブレンドもしくは共重合していることが予測される。その一方で、ポリプロピレン、ナイロン、ポリエチレンはこれまで報告されているそれぞれの回折角とよく一致した。

このX線回折測定を用いて、生分解性プラスチックの物性と構造の相関を理解することができる。IwataらはX線回折測定を用いてポリ[(R)-3-ヒドロキシブチレート](P(3HB))繊維内の二つの結晶型、 α (2回らせん構造)と β (平面ジグザク構造)の酵素による分解過程を追跡した⁷⁾。その結果、P(3HB)繊維の高強度化に寄与すると考えられる β 構造由来のピークが α に比べて早く減少することから、繊維中の β 構造が優先的に分解されることを明らかにした。

2・5 FT-IRによる化学結合様式の分析

前章までは、構造と力学物性の相関にスポットを当てたが、ここからは分解・劣化メカニズムに焦点を当てる。ポリマーの化学構造の分析にはNMRなどがあるが、ここではフーリエ変換赤外分光装置(FT-IR)を取り上げる。赤外光をサンプルに照射すると、サンプルの官能基や化学結合に固有のエネルギーをもつ赤外光が吸収される。たとえば、O-HやN-Hの伸縮振動は $3700\text{--}3100\text{ cm}^{-1}$ に現れ、C-Hの伸縮振動は $3100\text{--}2700\text{ cm}^{-1}$ 、C=Oの伸縮振動は $1900\text{--}1600\text{ cm}^{-1}$ 、C-N-Hの変角振動は $1600\text{--}1500\text{ cm}^{-1}$ に現れる。これらから、水酸基、カルボニル、アミド結合など、官能基の有無の確認を行うことができる。また、 $1500\text{--}700\text{ cm}^{-1}$ は指紋領域と呼ばれ、化合物に固有の複雑な吸収スペクトルを示すことから、プラスチック素材の同定に用いることもできる。

実際の測定結果を図5に示す。図4で用いたサンプルをFT-IR(ATR)測定に供した。生分解性ストロー、レジ袋、テープは似通ったプロファイルを示した。これらは、 2950 cm^{-1} 付近は -CH_3 由来の伸縮振動、 $1760\text{--}1700\text{ cm}^{-1}$ にC=O由来の伸縮振動があり、PLA、PHB(ポリヒドロキシブチレート)、PBS(ポリブチルサクシネート)などといったポリエステルであることが予測される。ポリプロピレンは、 $2952, 2918, 2867, 2840\text{ cm}^{-1}$ に -CH_3 や -CH_2 の伸縮振動、 1468 cm^{-1} に -CH_2 と -CH_3 の変角振動、 1378 cm^{-1} に -CH_3 の変角振動由来の吸収が現れる典型的なポリプロピレンの吸収

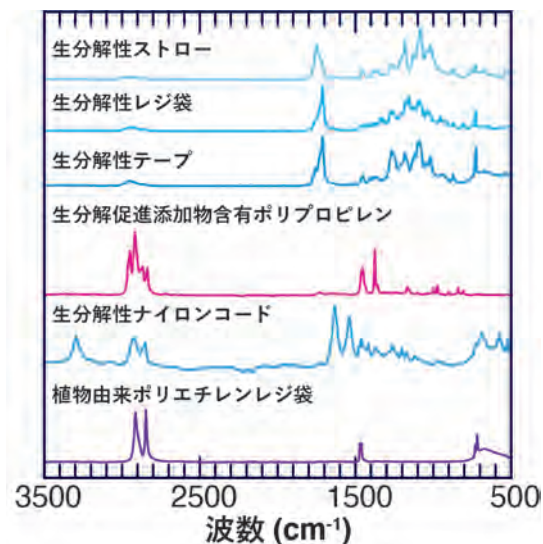


図5 市販のバイオプラスチックに対して行ったFT-IRの吸収スペクトル
測定はATR(Attenuated Total Reflection)法で行った。

スペクトルであるが、 1740 cm^{-1} 付近に現れる小さなピークは添加物由来であると考えられる。ナイロン、ポリエチレンもこれまで報告されているそれぞれの吸収スペクトル(ナイロン:アミド基に特有の 3300 cm^{-1} (-NH 伸縮)、 1641 cm^{-1} (C=O伸縮、アミドI)、 1545 cm^{-1} (-C-N-H 変角、アミドII)、ポリエチレン: 2915 cm^{-1} (-CH_2 伸縮)、 2850 cm^{-1} (-CH_2 伸縮)、 1465 cm^{-1} (-CH_2 変角)、 720 cm^{-1} (-CH_2 変角))とよく一致した。

FT-IRを分解過程の追跡に用いた例として、Aliらによるバイオナイロンの光分解がある⁸⁾。このバイオナイロンは紫外線照射により水に溶解するようになるが、このとき紫外線によりピロリドン環が開環することを、 3500 cm^{-1} 付近に現れた -NH の伸縮振動から明らかにした。また、前述の深海で発見されたプラスチックごみはFT-IRを用いて同定されている³⁾。

2・6 BOD試験による生分解性分析

物理、化学的な分解・崩壊のみでは、プラスチックは断片化しマイクロプラスチック化するだけで、プラスチック汚染を解決することにはならない。そこで、微生物が分解することができるかどうか、すなわち生分解性の確認が必要となる。ここで生分解とは、微生物の働きにより、プラスチックが水と二酸化炭素までに分解されることをいう。生分解性試験の代表的なものとして、BOD(biochemical oxygen demand)試験がある。BOD試験は、活性汚泥や環境水といった植種源にサンプルを埋設もしくは浸漬し、酸素の消費量もしくは二酸化炭素の発生量を測定することでBODを算出する。図6に代表的なBOD試験結果を示す。粉末セルロースを天然海水に添加し、密閉容器内で培養することでBOD試験を

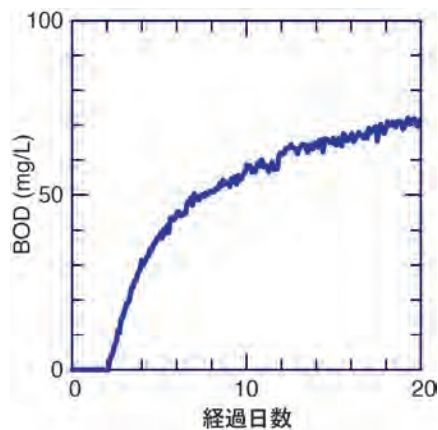


図6 海水と粉末セルロースを用いたBOD試験結果

行った。このとき、容器内で発生した二酸化炭素を吸収剤に吸収させ、結果として生じる圧力変化を検知することで、酸素の消費量を算出する。KomiyamaらはP(3HB)の共重合体を海水などの環境水によるBOD試験に供した結果、延伸により結晶を配向させたサンプルのほうが、配向していないものよりも生分解速度が遅くなることを明らかにした⁹⁾。

2・7 質量分析による分解・劣化メカニズムの推定

分解・劣化メカニズムを正確に推定するには、分解・劣化の過程で生じる低分子量物質を同定する必要がある。このときGC-MSやMALDI-TOF-MSなどといった質量分析が強力な分析手段となる。Saadiらは、PLAの生分解生成物をMALDI-TOF-MSにより分析し、PLAの分解が分子鎖の末端で生じることを明らかにした¹⁰⁾。

3 おわりに

SDGsや低炭素社会、サーキュラーエコノミーなどの達成に向け、プラスチック素材を天然素材由来に転換する、プラスチックのリサイクルを推進する、プラスチックに生分解性を付与する、といった取り組みが盛んに行われている。このような目的を達成する真の環境調和型材料の開発には、本稿では取り上げなかった毒性評価や環境影響評価など、材料科学のみならず分析化学、微生物学、海洋学など、分野を超えた取り組みが必要である。

謝辞 本稿の成果の一部は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の事業「海洋生分解性プラスチックの社会実装に向けた技術開発事業/海洋生分解性に係る評価手法の確立」およびムーンショット型研究開発事業「生分解開始スイッチ機能を有する海洋分解性プラスチックの研究開発(JPNP18016)」において得られたものです。

文献

- 1) E. Carpenter, K. Smith : *Science*, **175**, 1240 (1972).
- 2) J. Jambeck, R. Geyer, C. Wilcox, T. Siegler, M. Perryman, A. Andrady, R. Narayan, K. Law : *Science*, **347**, 768 (2015).
- 3) R. Nakajima, M. Tsuchiya, A. Yabuki, S. Masuda, T. Kitahashi, Y. Nagano, T. Ikuta, N. Isobe, H. Nakata, H. Ritchie, K. Oguri, S. Osafune, K. Kawamura, M. Suzukawa, T. Yamauchi, K. Iijima, T. Yoshida, S. Chiba, K. Fujikura : *Mar. Pollut. Bull.*, **166**, 112188 (2021).
- 4) D. Barnes, F. Galgani, R. Thompson, M. Barlaz : *Philos. Trans. R. Soc. B*, **364**, 1985 (2009).
- 5) T. Iwata : *Angew. Chem. Int. Ed.*, **54**, 3210 (2015).
- 6) K. Ho, A. Pometto, P. Hinz, A. Gadea-Rivas, J. Briceño, A. Rojas : *J. Environ. Polym. Degrad.*, **7**, 167 (1999).
- 7) T. Iwata, Y. Aoyagi, T. Tanaka, M. Fujita, A. Takeuchi, Y. Suzuki, K. Uesugi : *Macromolecules*, **39**, 5789 (2006).
- 8) M. Ali, S. Tateyama, Y. Oka, D. Kaneko, M. Okajima, T. Kaneko : *Macromolecules*, **46**, 3719 (2013).
- 9) K. Komiyama, T. Omura, T. Iwata : *Polym. Degrad. Stab.*, **193**, 109719 (2021).
- 10) Z. Saadi, A. Rasmont, G. Cesar, H. Bewa, L. Benguigui : *J. Polym. Environ.*, **20**, 273 (2012).



磯部紀之 (Noriyuki ISOBE)

国立研究開発法人海洋研究開発機構(〒237-0061 神奈川県横須賀市夏島町2-15)。東京大学大学院農学生命科学研究科。博士(農学)。《現在の研究テーマ》多糖の構造解析と多糖を用いた新規な環境調和材料の創製。《趣味》スキー。
E-mail : isoben@jamstec.go.jp



ナリハリフェトラ ラナイボアリマナナ (Naliharifetra RANAIVOARIMANANA)

国立研究開発法人海洋研究開発機構(〒237-0061 神奈川県横須賀市夏島町2-15)。九州大学大学院農学研究院。博士(農学)。《現在の研究テーマ》新規海洋生分解性材料の開発。

SDGs に貢献する環境分析

古川 浩司

1 はじめに

SDGs とは、Sustainable Development Goals (持続可能な開発目標) の略称であり、国際社会が抱える様々な問題を解決し、持続可能な世界を実現するため、17 のゴール (目標) と 169 のターゲット (達成基準) で構成されている¹⁾。SDGs を構成する 169 のターゲットには、有害化学物質並びに大気、水質及び土壌の汚染の防止に関するターゲットなどが挙げられている。このため、環境中の汚染物質のモニタリングを行うために科学分析 (以下、「環境分析」と略) を行い環境試料や水道水などの汚染状況を把握することは、様々な環境問題や社会課題の解決に導くことにつながる。環境分析は、SDGs の目標達成に必要な不可欠な重要な技術である。

しかし、環境分析には、環境に負荷を与える工程が存在することも指摘されている²⁾。実際の環境水の農薬分析では、100~1000 mL の試料を 1 mL 程度に濃縮し、ガスクロマトグラフィー/質量分析法 (以下、「GC/MS 法」と略) や液体クロマトグラフィー/タンデム型質量分析法 (以下、「LC/MS/MS 法」と略) などで行う。この際、測定対象成分は、有機溶剤を大量に使用する液液抽出法や、樹脂製の固相カラムを使い捨てで使用する固相カラム抽出法で抽出される。前処理工程の後の廃液や固相カラムの廃棄処理は、最終的に環境に負荷を与えるものとなる。また、現在の環境分析では、測定対象物の定量の際、測定ごとにモニタリング対象である有害物質の標準液を測定し、作成した検量線を用いて定量分析することが原則である。これらは最終的に廃液として処分する必要があり、やはり環境に負荷を与えるものとなる。環境の汚染状況を把握するために実施する環境分析は、逆に、地球環境に負荷をかける行為が発生するという矛盾が生じていることになる。環境にやさしく循環型社会を構築するためには、より環境負荷の少ない環境分析法の開発 (グリーンケミストリー化) が重要であり、SDGs ゴールの目標達成の寄与に貢献するための必要不可欠な技術である。

本稿では、環境に負荷の少ない環境分析のグリーンケミストリー化に関する検討について紹介する。

2 ミニ固相カラムを使用した環境試料の分析

揮発性有機化合物を除く農薬を中心とした環境水及び

水道水中の環境分析の前処理工程は、固相カラムを用いた固相抽出法が採用される場合が多い。

固相抽出法が採用される以前の環境分析には、大量の有機溶媒が使用される液液抽出法が採用されてきた。このため、近年、環境分析で使用されている固相抽出法は、有機溶剤の廃液量の大幅な削減と作業者の安全性の向上に貢献したと言える。しかし、固相抽出法で用いられる固相カラムは使い捨てであり、この樹脂製固相カラムの廃棄処分による環境負荷は避けることができない。

一方、最近では、固相カラムをサイズダウンしたミニ固相カラムを環境水³⁾や食品⁴⁾の分析に適用させる研究も行われている。ここでは、ミニ固相カラムの環境水への適用検討について紹介する³⁾。

図 1 は、環境水中のシマジンとチオベンカルブ分析の検討に使用したミニ固相カラム (アイスティサイエンス製: Flash-SPE C18-5 mg) と通常の固相カラム (Waters 製: Oasis HLB) の比較である。この図から、ミニ固相カラムは、通常の固相カラムよりも一回り以上小さいことがわかる。カラムのサイズを小さくすれば、分析後の廃棄物の量を少なくできる。ただし、カラム内の充填剤の量が少ないため、濃縮できる試料量が少なくなる欠点も存在する。しかし、試験に濃縮できる試料量が少ない欠点は、発想を転換すれば、環境水のサンプリング量を減らすことにつながる。すなわち、サンプリングする試料量を少なくできれば、サンプリング地点から分析室への輸送負担を減らすことができ、環境への負担を減らすことになる。したがって、測定装置の感度を向上させ



図 1 通常の固相カラム (Waters 社製) とミニ固相カラム (アイスティサイエンス社製) の比較

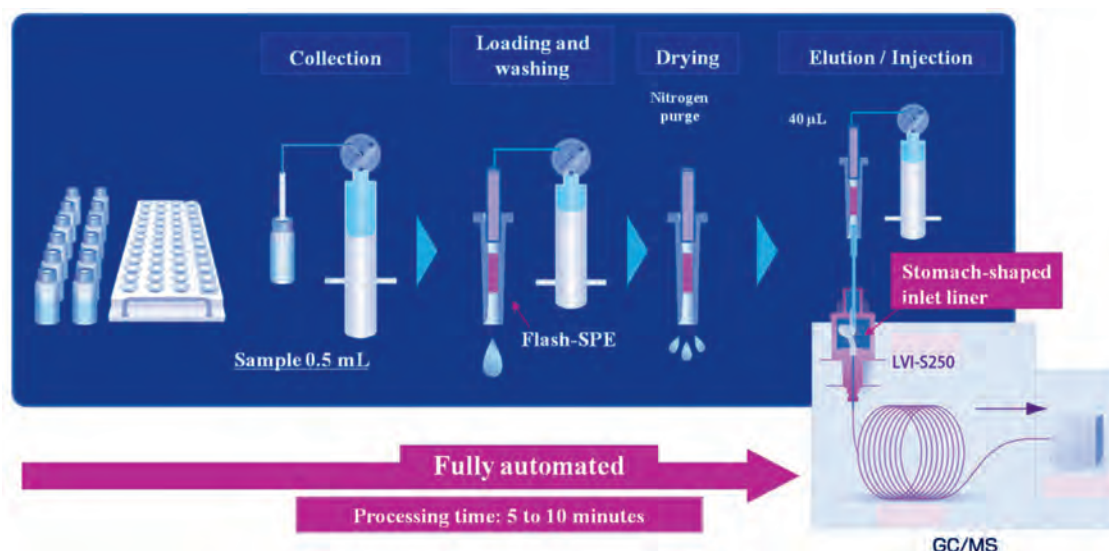


図2 全自動オンライン固相抽出-GC/MS システムを用いる環境水中のシマジンとチオベンカルブの定量分析の概略

ば、試料の採取量、輸送負担、固相カラムの破棄量を削減された環境分析が可能となる。

図2は、検討したミニ固相カラムを用いた環境水中のシマジンとチオベンカルブ分析の概略である。本分析法は、装置感度を確保するため GC/MS 装置に抽出液の大量注入が可能ないすティサイエンス社製の全自動固相抽出-GC/MS システムを用いた。前処理フローは、以下のとおりである。

最初に、環境試料水 1 mL をガラスバイアルに採取した。その後、あらかじめコンディショニングされたミニ固相カラムに試料水 0.5 mL を通水・洗浄後、窒素ガスで乾燥し、水分を除去した。その後、そのミニ固相カラムに配管とニードルをロボットアームにより直接連結し、そのままニードルを注入口へ挿入した。抽出用の有機溶剤 40 µL で、ミニ固相カラム内に保持された目的成分を溶出させながら、その溶出液の全量を GC/MS 装置に注入する。なお、本分析システムは、コンディショニングから GC/MS 装置への注入まで、全自動で処理が行われる。

本分析法を用いて環境試料（河川水及び海水）に対しシマジン及びチオベンカルブの添加回収試験（添加濃度 1.0 µg/L：各 n=7）を行った結果、96～108 % の回収率が得られた。この測定結果から、本分析法を使用することで、環境試料中のシマジン及びチオベンカルブ分析の定量性を確保しながら試料採取量を大幅に削減することが可能であり、固相カラムの廃棄量の削減だけでなく、採取作業及び試料運搬の効率化も可能となった。

3 前処理工程を簡素化した環境試料の分析

環境水や水道水中の有害物質の環境分析法開発においては、前処理方法の簡略化や測定対象の選択性と測定感度の向上を目的に、LC/MS/MS 法の検討結果が数多く

報告されている。これは、LC/MS/MS 法は、分析対象試料を揮発性の有機溶媒などに転溶する作業が必要な GC/MS 法と異なり、環境試料を直接導入して測定できる利点があるためである。

試料を装置に直接導入できれば、前処理工程が大幅に簡略できる。これにより、前処理工程における固相カラムの廃棄や抽出用の有機溶剤の廃液などが発生せず、環境への負荷低減が可能となる。ただし、前処理工程を簡略して、試料を装置に直接導入することは、試料の共存物質が測定に多大な影響を与える可能性があり、十分な検討が必要である。このため、実際の試料の直接導入は、共存物質の影響が少ない水道水での検討報告が多く^{5)~7)}、一部の項目では水道法の告示法に採用されている⁸⁾。

さらに、最近では、環境水に対して前処理工程を簡素化した検討が報告されつつある。今回は、通常、固相抽出-

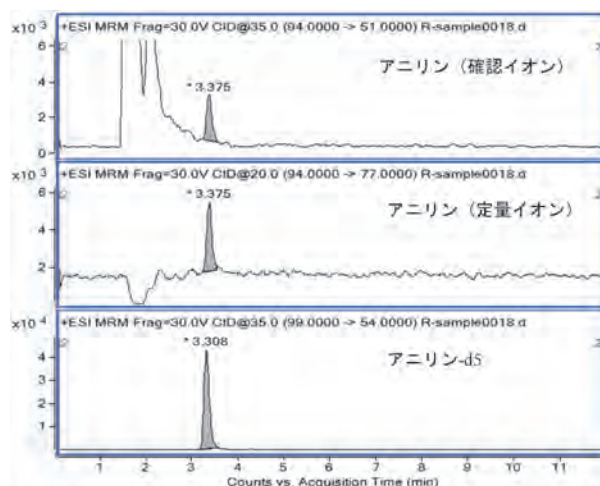


図3 アニリン標準液を添加した海水試料を LC/MS/MS 法で得られた MRM クロマトグラム

表 1 アニリン標準液を添加した環境試料の添加回収試験結果

試料	添加濃度	測定結果	RSD	回収率
河川水	2.0 µg/L	2.04 µg/L	7.7 %	102 %
海水	2.0 µg/L	1.90 µg/L	3.4 %	95.0 %

GC/MS 法で測定される環境水中のアニリン分析について紹介する⁹⁾。

図 3 は、アニリン標準液を添加した海水試料を精製水で 20 倍に希釈し、サロゲート物質（アニリン-d5）を添加した試験液を LC/MS/MS 装置で測定した Multiple Reaction Monitoring 法（以下、「MRM 法」と略）によるクロマトグラムである。

この図から、塩類などの含有率が高い海水試料においても、精製水で試料を希釈すれば、共存物質の影響を受けずに良好なクロマトグラムが得られ、アニリンの定性・定量性ともに影響がないことがわかった。また、環境水の添加回収試験でも、表 1 に示したとおり、良好な結果が得られた。これらの結果から、本分析法は、環境試料中のアニリン分析の定量性を損なうことなく、試料採取量の削減と固相カラムの廃棄を削減した環境分析が可能であった。

なお、MRM 測定法は、SRM 測定法（selected reaction monitoring）とも呼ばれ、LC/MS/MS 装置の様な三連四重極型質量分析計で一般的に使用される測定法である。具体的には、最初の四重極（Q1）で分離したイオンを 2 つめの四重極（Q2）でエネルギーを与えて開裂させ、その結果生成したプロダクトイオンを 3 つめの四重極（Q3）で検出する手法である¹⁰⁾。

4 測定時に標準液を使用しないターゲット・スクリーニング分析

農業を中心とした有害化学物質の環境分析を迅速かつ簡便に分析するため、標準液を測定せず、あらかじめデータベースに登録された情報を基に定性・定量を行うターゲット・スクリーニング分析法が検討されている。

現在の定量分析法は、毎回、環境に負荷を与える汚染物質（測定対象成分）を含んだ標準液を調製後、測定し作成した検量線を用いて、定量を行う手法である。また、実際の測定では、苦勞して調製した標準液を全量使用することは稀であり、それらは最終的に廃液として処分することになる（環境に負荷与える行為である）。

ターゲット・スクリーニング分析法は、この検査ごとに測定対象物の標準液を使用した検量線の作成作業を簡素化し、迅速な環境分析を実施することを目的に検討されている。特に、多成分の同時分析の場合、検量線作成の簡素化の効果は大きく、環境分析の迅速化に大いに貢献でき、まさに SDGs の目標達成に適応した分析法である。

日本におけるスクリーニング分析法の研究は、門上らにより、現在のターゲット・スクリーニング分析法の基本骨格となっているデータベース型 GC/MS-SCAN 測定法（全イオン測定法）を用いたスクリーニング分析法¹¹⁾が開発され発展してきた。この GC/MS-SCAN 法は、汎用性が高いライブラリーが存在するため定性能力に優れており、保持時間、マススペクトルおよび内標準法を用いた検量線に関する情報をデータベース化することでターゲット・スクリーニング分析法の開発を行うことができる。現在、ターゲット・スクリーニング分析法は、主に環境水や水道水を対象に適用が検討されている^{11)~16)}。また、沸点等の物性から GC/MS 装置での測定が難しい農薬については、LC/MS/MS 装置によるターゲット・スクリーニング分析法の開発も期待されている。

LC/MS/MS 装置によるターゲット・スクリーニング分析法には、フルスペクトル感度が高く、高分解能で精密質量測定が可能な飛行時間型質量分析計を用いて検討されることが多い¹⁷⁾。これは、汎用性の高い四重極 LC/MS/MS 装置は MRM 法で測定されるため、多成分を同時測定する場合、各測定イオンのモニター時間（以下、「Dwell Time」と略）は短くなり、測定対象の測定感度と再現性が低下する問題があった¹⁸⁾。このため、四重極 LC/MS/MS 装置は、多成分を同時測定が必要なスクリーニング分析法には不利であった。しかし、最近では、この欠点を解決するため、各測定イオンの Dwell time が最大になるようにソフトウェアで自動的に最適化するトリガー MRM 法（以下、「t-MRM 法」）が開発されている¹⁹⁾。

t-MRM 法は、定量イオンのピークがあらかじめ設定した閾値しきいを超えることがトリガーとなり、設定された確認イオンの測定を少し遅れて自動的に開始する手法である。また、確認イオンが測定される際、各トランジションの Dwell time を短くでき、かつ、データポイント数も少なくできる特徴がある。このため、残りの取込時間の大部分を定量イオン用トランジションの Dwell time を最大になるように振り分けることができ、多成分の測定対象物を高感度で再現性高く分析することが可能である。また、疑似的なプロダクトイオンスペクトル（MS/MS スペクトル）が得られ、測定対象物の定性能力を向上させることが期待できる。

t-MRM 法の具体的な測定方法は、図 4 のシメトリンの測定で得られたクロマトグラムで説明する。図 4 (d) は、シメトリンの定量イオンを測定して得られたクロマトグラムを示している。t-MRM 法は、このシメトリンの定量イオンのピーク強度が設定したある閾値を超えると測定試料中にシメトリンが存在すると判断し、シメトリンの確認イオン 1~3 の測定を自動的に開始する仕組みである。この際、各確認イオンは、定量イオンより少

し遅れてある一定の間隔の3点を測定する。この結果、図4(a)~(c)に示すとおり、効率的に確認イオンのピークの頂点を捉えた折れ線の様なクロマトが得ることができる。このシメトリンの定量イオンと各確認イオンの測定強度を用いることで、図5に示した疑似的なMS/MSスペクトルが得ることができる。

LC/MS/MS装置は、前述のとおり、試料を直接測定することができ、前処理工程の簡素化が期待できる。ここでは、t-MRM法を用いた水道水に対する直接注入による農薬成分のターゲット・スクリーニング分析の検討結果を紹介する²⁰⁾。分析法の概略は、以下のとおりで

ある。

採取した試料をガラスバイアルに1 mL採取し、内部標準物質混合標準液を一定量添加した試験液をLC/MS/MS装置で測定した。

なお、検量線作成用標準液は、予め精製水で調製した各農薬混合標準液をガラスバイアル1 mL採取し、試験液と同様の調製を行った。その後、LC/MS/MS装置で測定後、スクリーニング分析用データベース(検量線)として使用した。

図6には、t-MRM法によるLC/MS/MS装置の一斉分析で検出した201種類の農薬、代謝物及び内部標準

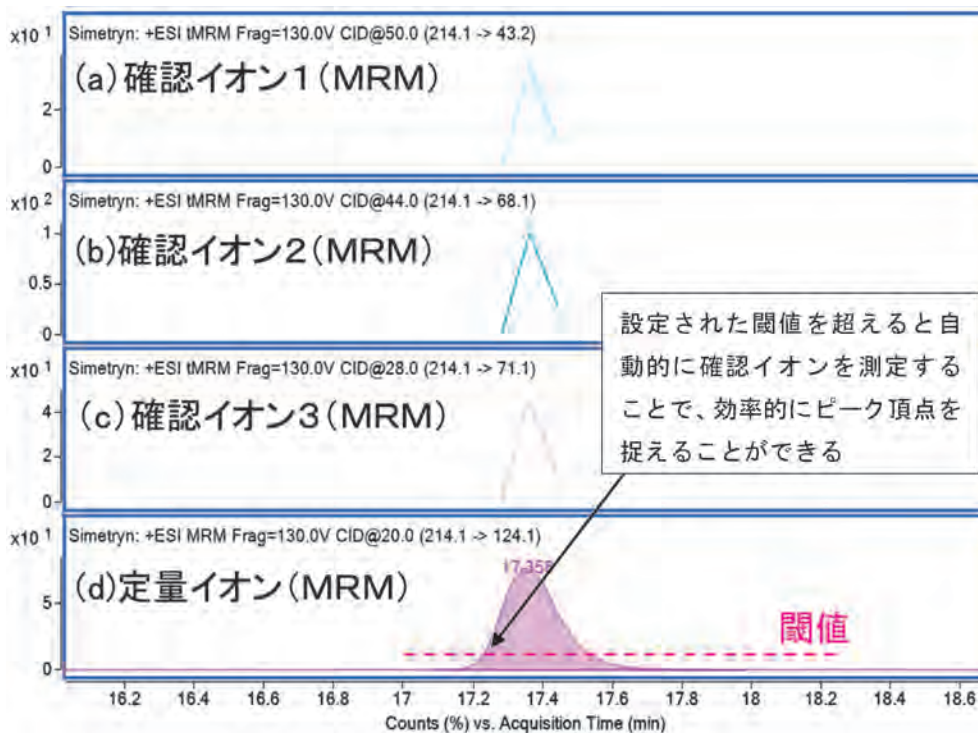


図4 t-MRM法の概略図(農薬:シメトリン)

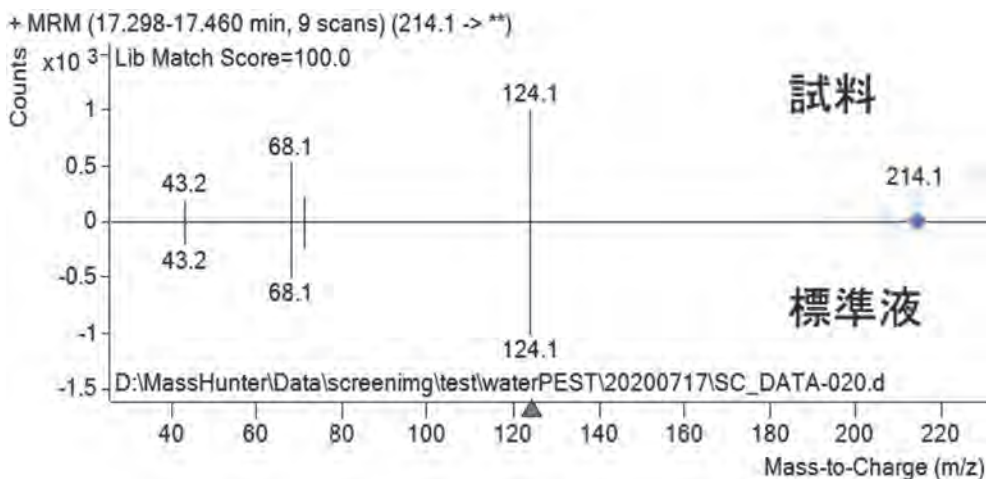


図5 t-MRM法で得られたシメトリンの疑似的なMS/MSスペクトル(上段:水道水試料 下段:標準液試料)

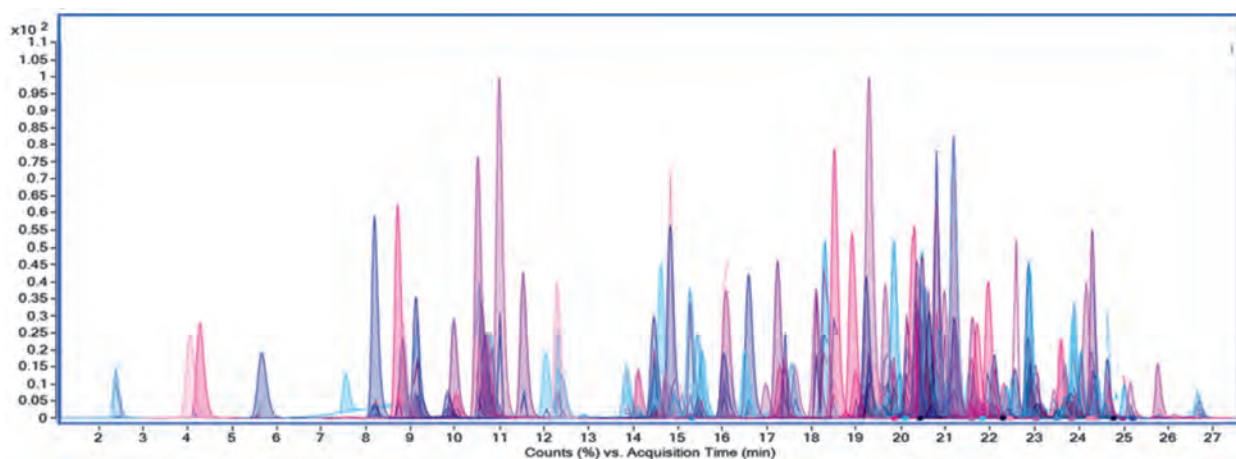


図6 t-MRM法によるLC/MS/MS装置の一斉分析で検出した201種類の農薬、代謝物及び内部標準物質のMRMクロマトグラム
各濃度100 ng/L：ただしMPP代謝5成分：200 ng/L、Dalapon：10 µg/L

物質の各MRMクロマトグラムを示した。本分析法では、検討した201種類の農薬及び代謝物中、定量下限値5 ng/Lを確保できたのは91種類、定量下限値10 ng/Lを確保できたのは46種類あり、合計137種類が定量下限値10 ng/L以下の高感度な多成分一斉分析が可能であった。また、スクリーニング分析用データベース作成後の41日間に水道水への添加試験（100 ng/L； $n=5$ 併行試験，5日間）を実施した。各農薬及び代謝物は、スクリーニング分析用データベースをもとに定量し、標準液は毎回調製していない。その結果、添加回収試験を実施した171種類の農薬及び代謝物中170種類の農薬及び代謝物が真度50～200%を満たした。この結果から、本ターゲット・スクリーニング分析法を使用することで、試料中の各農薬及び代謝物の定量性を損なうことなく、試料採取量と固相カラムの廃棄及び常時標準液の作成に伴う廃液の削減を可能であった。本分析法は、環境に対する負荷が極力抑えられており、SDGsの目標達成に対応した環境分析法であると言える。

なお、本分析法は、共存物質の影響が少ない水道水に対して検討を行った手法であるが、検討した大部分の農薬及び代謝物を定量下限値10 ng/Lまで検出できる。このため、共存物質の影響が多い環境水の場合は、精製水で100倍に希釈すれば、共存物質の影響が抑えられ、定量下限値1 µg/L程度のターゲット・スクリーニング分析が期待できる。

5 まとめと展望

本稿では、環境に負荷の少ない環境分析法のグリーンケミストリー化に関する検討例について紹介した。近年、環境分析は、作業工程の効率化を目的に、①試料採取量の最小化、②前処理の簡素化、③毎時、標準液測定を実施しないターゲット・スクリーニング分析法などが検討される場合が多い。これらは、結果として、SDGsの目標達成に適應した環境分析法の開発につながっている。

しかしながら、環境分析における前処理工程の簡素化は、測定対象物が正確に定量分析できることが絶対的な大前提である。これを疎かにすると、環境分析を用いて汚染状況を把握し、同時に、様々な環境汚染問題や社会課題の解決へ導く本来のSDGs目標達成の目的から大きく外れてしまうことになる。前処理工程の簡素化は、必ず事前に、その定量性を十分に検討されたうえで進められるべきである。実際、最近、話題性の高い環境試料中のPFAS（ペルフルオロアルキル化合物及びポリフルオロアルキル化合物）分析は、水道水を中心に固相カラムを使用せず、試料をLC/MS/MS装置に直接導入して測定する方法が検討されている²¹⁾。しかし、測定対象物の吸着性や共存物質の影響もあり、全てのPFASについて、再現性の高い直接注入法が開発されていない。現時点で環境試料中のPFASを正確に定量するには、固相カラムを使用する前処理法の実施が適切な可能性がある。

これらの問題点は、測定機器の検出感度、装置ブランク、選択性及び再現性などがさらに向上されることで、将来的に解決されると考える。最終的には、環境試料中の様々な汚染物質に対し、前処理工程の簡素化と標準液を使用しないターゲット・スクリーニング分析法を用いた環境分析法が開発されると予想している。これらの開発が進むことで、本当の意味で環境に負荷の少ない環境分析法による地球環境の汚染状況の把握とその問題解決されることが期待される。

文 献

- 1) 外務省：“我々の世界を変革する：持続可能な開発のための2030アジェンダ”，〈<https://www.mofa.go.jp/mofaj/files/000101402.pdf>〉, (accessed 2022. 7. 25).
- 2) 善木道雄：FIA 研究懇談会誌，**30**, 3 (2013).
- 3) 古川浩司，橋本真，萩尾珠世，本澤大生，大谷美恰，三枝景子，浅井智紀，船倉洋，佐々野僚一，金子 聡：分析化学 (*Bunseki Kagaku*)，**68**, 527 (2019).
- 4) 大久保祥嗣，八木正博：食品衛生学雑誌，**61**, 47 (2020).
- 5) 古川浩司，川口寿之，工藤清穂，中澤智子，佐藤亮平，

- 船坂鏡三, 奥村明雄: 水道協会雑誌, **87**, 13 (2018).
- 6) 小林憲弘, 宮本紫織, 佐藤 学, 木下輝昭, 高木総吉, 岩間紀知, 粕谷智浩, 古川浩司, 堀池秀樹, 齊藤香織, 京野 完, 高原玲華, 五十嵐良明: 水環境学会誌, **42**, 247 (2019).
 - 7) 宮本紫織, 石井卓也, 白石泰郎, 望月美菜子, 井上 智, 四宮博人: 水道協会雑誌, **89**, 2 (2020).
 - 8) 厚生労働省: 平成 15 年厚生労働省告示第 261 号, “水質基準に関する省令の規定に基づき厚生労働大臣が定める方法” (2003).
 - 9) K. Furukawa, M.Hashimoto, S.Kaneco: *Anal. Sci.*, **33**, 1189 (2017).
 - 10) 瀧浪欣彦: 化学と教育, **67**, 484 (2019).
 - 11) 門上希和夫, 棚田京子, 種田克行, 中川勝博: 分析化学 (*Bunseki Kagaku*), **53**, 581 (2004).
 - 12) 宮崎照美, 門上希和夫, 園田裕一, 陣矢大助, 山上 仰, 東房健一, 尾川博昭: 分析化学 (*Bunseki Kagaku*), **60**, 543 (2011).
 - 13) 川瀬敬三, 門上希和夫: 分析化学 (*Bunseki Kagaku*), **64**, 43 (2015).
 - 14) 小林憲弘, 土屋裕子, 高木総吉, 五十嵐良明: 環境科学会誌, **33**, 136 (2020).
 - 15) 小林憲弘, 土屋裕子, 五十嵐良明: 環境科学会誌, **35**, 34 (2022).
 - 16) 高木総吉, 長谷川有紀, 小池真生子, 吉田 仁, 安達史恵: 環境科学会誌, **35**, 49 (2022).
 - 17) 鈴木茂: 分析化学 (*Bunseki Kagaku*), **62**, 379 (2013).
 - 18) 滝埜昌彦: 日本農業学会誌, **37**, 297 (2012).
 - 19) アジレント・テクノロジー株式会社: “トリガー MRM: アジレントトリプル四重極 LC/MS システムを使用した同時定量/定性” (<https://www.chem-agilent.com/appnote/applinote.php?pubno=5990-8461JAJP>), (accessed 2022. 9. 12).
 - 20) 古川浩司, 橋本 真, 小林珠美, 滝埜昌彦: 環境科学会誌, **35**, 67 (2022).
 - 21) 仲門拓磨, 塩川敦司, 矢野慎太郎, 金城桃子, 與古田亨: 令和 2 年度全国会議 (水道研究発表会) 講演集, 640 (2020).



古川浩司 (Koji Furukawa)

一般財団法人三重県環境保全事業団科学分析部 (〒510-0304 三重県津市河芸町上野3258 番地). 三重大学大学院工学研究科博士前期課程分子素材工学専攻修了. 三重大学大学院工学研究科博士後期課程材料科学専攻中退. 博士 (工学), 技術士 (環境部門), 環境計量士 (濃度, 騒音・振動). 《現在の研究テーマ》LC/MS/MS 法による有機微量物質の迅速分析手法開発. 《趣味》テニス, 野球.
E-mail: furukawa1@mec.or.jp

分析機器メーカーとしてのSDGsに対する取り組み

青山 千 顕

1 はじめに

分析化学がSDGs (sustainable development goals) の課題解決に不可欠である、ということは、本誌の読者であれば当たり前すぎる事実かもしれない。しかしSDGsには17の目標があり、どのような形で関係しているかは立場によって多様な形をとりうる。本稿では、筆者が所属している、クロマトグラフィー関連の製品を多く取り扱っているジーエルサイエンスでの事例を示しながら、民間企業である分析機器メーカーがどのような形でSDGsに対する取り組みを行っているかを紹介する。

2 製品の安定供給を通じた研究開発の支援

分析機器メーカーは、製品を販売することで分析の実施、及びその性能や効率の改善に貢献している。分析は研究開発を進める上でも必要不可欠であるが、そのチームの中に評価系を自作できるような専門家がない場合には、ほぼ確実に分析機器メーカーが製品として供給している装置や消耗品がなんらかの形でその活動を支えているはずである。

再生可能なエネルギーに関連する研究では、水素やアンモニアなどが次世代エネルギーの燃料として注目されていることもあり、無機ガスの正確な定量を必要とすることが多い。ジーエルサイエンスは創業当初からガスクロマトグラフィー (GC, gas chromatography) に関連する製品を取り扱っており、様々な技術やノウハウも蓄積し

ている。それらを活用して、合成されたアンモニア中に含まれる不純物を非常に高感度に分析することができるシステムを構築し、販売している (図1)。このGCシステムのメインの検出器としてはPDD (pulsed discharge detector) を採用し、水素 (H_2)、酸素 (O_2)、窒素 (N_2)、メタン (CH_4)、一酸化炭素 (CO) の、ppbオーダーでの検出・定量を可能にしている。二酸化炭素 (CO_2) については、カラムでの分離後にメタンに変換し、FID (flame ionization detector) の検出器で定量する。さらに、装置内に自動切り換えバルブを組み込み、有機ポリマー系のプレカラムを採用していることにより、試料の大部分を占めるアンモニアのみを選択的に装置外に排出する機能を有する。この機能のおかげでカラムの汚染を最小限に抑制し、連続分析の際に要する時間も短縮することができている。このような専用システムを構築・完成した状態で提供することで、GCの専門家がない研究チームであっても高感度かつ安定した分析が可能となる。

この他にもGCを使った様々な分析はカーボンニュートラルを実現するための研究活動を支えており、SDGsの目標で言えば「エネルギーをみんなにそしてクリーンに」に貢献している。エネルギーに直接関係しない製品や技術であっても、その多くは、「産業と技術革新の基盤をつくろう」という目標にかかわっている。

3 販売地域の拡大

分析機器メーカーは、装置や消耗品を製造するだけでなく、その流通ネットワークやメンテナンス体制なども確立することが求められる。そのような環境整備を通じた、SDGsに關係する取り組みについても紹介したい。

パージ・トラップ法は、水中の揮発性化合物を高感度かつ高精度に測定するための濃縮法であり、日本国内では、水道水や環境水における水質分析の各種試験法に採用されている。パージ・トラップ濃縮導入装置の内部は図2のような構造になっている。まず、水試料中に不活性ガスを導入・通過させることにより、試料中に溶存していた揮発性化合物を強制的に気相へと移動させる (パージ)。その揮発性化合物はトラップ管へと導かれ、そのトラップ管に充填されている吸着剤の表面に保持させることで濃縮する (トラップ)。その後、トラップ管を急速加熱することにより揮発性化合物を脱離させ、ガ



図1 アンモニア中不純物分析システムの外観

スクロマトグラフ質量分析装置（GC-MS）の分析カラムに導入する。図3はその代表的な測定例であり、揮発性有機化合物（VOC, volatile organic compounds）24成分の混合溶液を分析した際のクロマトグラムである。

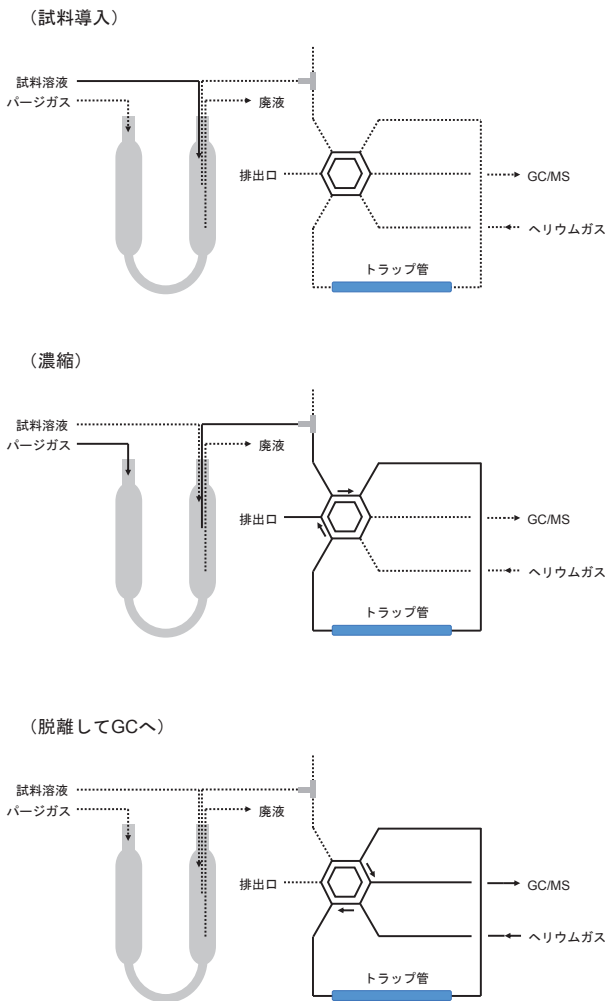


図2 パージ・トラップ濃縮導入装置の概略図

ベンゼンやクロロホルム、プロモジクロロメタンなどは、発がん性があるとされている。その他の化合物も肝毒性や腎毒性といった危険性があり、飲料水の安全確保のためには各濃度を管理する必要がある。

ジーエルサイエンスはこのパージ・トラップ濃縮導入装置を製造・販売してきたが、従来は日本国内のみで展開していた。しかし近年になって、海外でも販売可能な地域を増やすための活動を始めた。取扱説明書や各種資料を翻訳した他、必ずしも現地を訪問しなくても据付作業やトラブル対応ができるように、説明動画も順次作成し充実させている。その結果、海外においてもこの装置の完成度や操作性を中心に高い評価が得られており、特に、高感度かつ高精度な水質分析がこれまで以上に幅広く行われるようになった、という形で大きく貢献できたと考えている。様々な国で飲料水の分析のレベルが向上すれば必然的に、その国々の飲料水の安全性も、世界の中でも最高水準とされる日本の飲料水に近づく。「すべての人に健康と福祉を」及び「安全な水とトイレを世界中に」というSDGsの目標にもつながると言える。

4 環境負荷の少ない分析手法への貢献

分析を行う際には、例えば電気や有機溶媒を使用するなど、程度の差はあれほぼ必ず何らかの形で環境への負荷を伴う。分析機器メーカーは、より環境負荷の少ない分析法を開発・支援することでも持続可能な社会の実現に貢献している。SDGsの目標で言えば、「産業と技術革新の基盤をつくろう」や「つくる責任 つかう責任」に対する取り組みとなる。

高速液体クロマトグラフィー（HPLC, high performance liquid chromatography）の業界においては、2008年のリーマンショックのタイミングでアセトニトリルの入手が困難になり、非常に大きな問題になった。この時

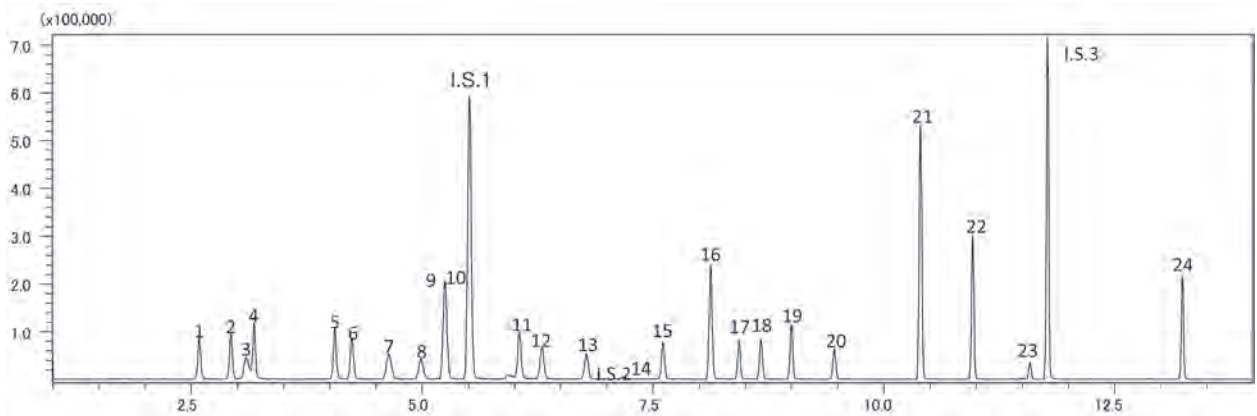


図3 パージ・トラップ濃縮導入装置を使用した揮発性有機化合物の分析における代表的なクロマトグラム

1. 1,1-Dichloroethylene, 2. Dichloromethane, 3. MTBE, 4. *trans*-1,2-Dichloroethylene, 5. *cis*-1,2-Dichloroethylene, 6. Chloroform, 7. 1,1,1-Trichloroethane, 8. Carbon tetrachloride, 9. 1,2-Dichloroethane, 10. Benzene, 11. Trichloroethylene, 12. 1,2-Dichloropropane, 13. Bromodichloromethane, 14. 1,4-Dioxane, 15. *cis*-1,3-Dichloropropene, 16. Toluene, 17. *trans*-1,3-Dichloropropene, 18. 1,1,2-Trichloroethane, 19. Tetrachloroethylene, 20. Dibromochloromethane, 21. *m,p*-Xylene, 22. *o*-Xylene, 23. Bromoform, 24. 1,4-Dichlorobenzene, I.S.1 Fluorobenzene, I.S.2 1,4-Dioxane-d8, I.S.3 *p*-Bromofluorobenzene.

ジーエルサイエンスでは、アセトニトリルの使用量を削減するための製品やノウハウを積極的に開発・紹介した。例えば、HPLCにおいて最も多く使われている内径 4.6 mm のカラムの代わりに、内径 3.0 mm のカラムを使用するための方法を技術資料としてまとめて提案を行った。分析条件によっては適さないケースもあるが、多くの分析では、移動相の消費量を 60 % 削減しつつ同等の分析結果を得ることができる。その後アセトニトリルの供給は元通りになったが、その時の知見は、溶媒の排出量を削減するための方法の一つとして、SDGs にもそのまま貢献できると言える。

クロマトグラフィーの移動相には、液体とガスの他に、超臨界流体を使用することもできる。超臨界流体は、液体に近い密度で物質をよく溶かす一方で粘性や拡散性は気体に近く、液体と気体の中間の性質を示すことから、クロマトグラフィーの移動相として好ましい性質を持つ¹⁾。この超臨界クロマトグラフィー (SFC, supercritical fluid chromatography) は、同様の用途で使用することの多い HPLC と比較すると、一般的に移動相の大部分が CO₂ であるおかげで廃液から新たに発生する CO₂ の量が少なく、地球環境に優しい分析技術という強みがある。

しかし日本国内においては、2016 年までは SFC は完全に高圧ガス保安法の規制対象とされ、装置もカラムも高圧ガス保安法に適合する製品しか使用できなかった。このような法規制は欧米や中国にはなかったこともあり、日本国内では SFC 用の装置やカラムの販売に消極的な企業が多かった。この時期にジーエルサイエンスは、高圧ガス保安法で定められている自治体への届け出の際に必要な、強度計算書や材料証明書などの書面一式を SFC 用のカラムに同梱した、「SFC 対応カラム」を発売した。SFC のユーザーのカラム選択の幅を広げることにより、環境負荷の低減に貢献できたのではないかと考えている。

その後、高圧ガス保安法による規制が緩和され、内容積 100 mL 以下の分析機器は法規制の対象外となった。その一方で、高圧ガス保安法に代わる自主規制のルールとして、2018 年に高圧ガス保安協会 (KHK) と日本分析機器工業会 (JAIMA) が共同で、「超臨界流体抽出装置/クロマトグラフィーシステムご利用者の保安確保のための自主基準 KHK/JAIMA S 0901 (2018)」を制定した。ジーエルサイエンスはこの自主基準にも対応し、高圧ガス保安協会による認定証つきのカラムをいち早く製品化・供給開始した。

5 組織運営における取り組み

分析機器メーカーも社会を構成する一員であり、その組織運営においても SDGs を意識した活動が推進されている。



図4 ジーエルサイエンスが取得した「くるみんマーク」

例えばジーエルサイエンスは「くるみん」の 2021 年の認定を受けている (図 4)。この認定は、厚生労働省が次世代育成支援対策推進法に基づき、少子化対策を図り子育て支援など一定の基準を満たした企業を「子育てサポート企業」として認定するものであるが、SDGs の「ジェンダー平等を実現しよう」にもつながる。ジーエルサイエンスの男性の育児休業等の取得率は、2017 年 4 月から 2020 年 3 月までの「くるみん」認定期間では 14 % であったが、その次の年度である 2020 年 4 月から 2021 年 3 月までの期間では 33 % に上がった。現在、各種休暇制度のさらなる活用促進も行っている。

6 おわりに

このように、分析機器メーカーでも様々な形で SDGs に関連する取り組みが行われている。特に上場企業に関しては、金融庁及び東京証券取引所により企業統治の主要な原則や指針が取りまとめられたコーポレートガバナンス・コードにおいても 2021 年の改訂でサステナビリティに関連する項目が追加され、企業価値の向上という観点でも SDGs 関連の取り組みの重要性がさらに増している。ジーエルサイエンスではまだまだ十分な活動ができていない部分も多いため、今後、これまで以上に SDGs に貢献する取り組みを進めていけたらと考えている。

文 献

- 1) 藤戸由佳, 馬場健史: ぶんせき (Bunseki), 2019, 344.



青山千頭 (Chiaki AOYAMA)
ジーエルサイエンス株式会社 (〒163-1130 東京都新宿区西新宿 6-22-1 新宿スクエアタワー 30F)、東京大学大学院薬学系研究科博士課程修了。博士 (薬学)。
《趣味》読書。
E-mail : c.aoyama@gls.co.jp

分析科学のSDGsへの貢献

小倉 亜紗美

1 はじめに

筆者はこの原稿を新型コロナウイルス感染症（以下、COVID-19）の療養中に書いている。筆者がCOVID-19に感染していることが判明したのは、2022年7月30日だった。この日、筆者は病院に行き、鼻に綿棒の様なスティックを差し込んで検体を採取し、「抗原検査キット」で検査してもらった。検体を採取して、数十分程度で結果を知ることが出来たお陰で、すぐに感染対策をとることが出来た。筆者はこの検査を病院で実施したが、既に薬局やネット通販などでも一般の人がこの検査キットを気軽に購入することができるようになっている。このように、誰もが迅速に検査をすることができるということは、感染の拡大を防止するための対策を進めるために重要である。

分析化学（科学）と聞くと、専用の装置を用いて微量な化学物質を高精度で検出するというイメージが先行しがちである。もちろんそれは重要なことであるが、筆者が受けたCOVID-19の抗原検査キットでの検査のように、誰もが検査を簡単に受けることができる簡易検査キットの存在は、SDGs（sustainable development goals, 持続可能な開発目標）の基本理念「誰一人取り残さない（leave no one behind）」を達成していくうえで極めて重要なものだと考えられる。SDGsとは、2015年9月に開催された「国連持続可能な開発サミット」で採択された「我々の世界を変革する：持続可能な開発のための2030アジェンダ」（以後、SDGsの目標・ターゲットの表記はすべて外務省訳¹⁾に従う）に記載された2030年までに持続可能でよりよい世界を目指す17の目標（Goal）と169のターゲット（到達目標）からなる国際目標のことであり、2020年1月にはこの取り組みのスピードを速め、規模を拡大するための「行動の10年（Decade of Action）」がスタートしている²⁾。

しかしながら、UNDP（国連開発計画）が2022年に発行した特別報告書によると、COVID-19のパンデミック（世界的大流行）により、1990年から測定を開始し、右肩上がりだった人間開発指数（HDI：human development index）が、2020年に初めて減少に転じ、5年分の前進を取り崩さねばならない程劇的に減少した³⁾。HDIは、世界の教育（識字率）、健康（平均寿命）、生活水準（GDP）を総合した尺度であり、SDGsの目標1

「あらゆる場所で、あらゆる形態の貧困に終止符を打つ」や、目標2「飢餓に終止符を打ち、食料の安定確保と栄養状態の改善を達成するとともに、持続可能な農業を推進する」、目標3「あらゆる年齢のすべての人々の健康的な生活を確保し、福祉を推進する」、目標4「すべての人々に包摂的かつ公平で質の高い教育を提供し、生涯学習の機会を促進する」、目標8「すべての人のための持続的、包摂的かつ持続可能な経済成長、生産的な完全雇用およびディーセント・ワーク（働きがいのある人間らしい仕事）を推進する」などと深い関係があり、これらの目標がCOVID-19のパンデミックにより後退したと考えられる。

筆者は、和歌山高専で機械工学を学んだ後に、人が自然環境に与える影響を調べて解決したいという想いから広島大学に編入学して環境科学を学び、その後分析機関での仕事を経て広島大学で留学プログラムの引率などの国際交流の仕事をしていた。そのうちに、環境保全と国際理解は平和構築に繋がるという想いを強くし、広島大学平和センターに移り、環境保全と国際理解の視点から平和について研究・教育をしていた。現在は呉高専においてそれらと技術との繋がりについて学生に伝えている。筆者と分析とのかかわりは環境科学の研究を行っていた際の水分析、分析機関での勤務経験程度であるので、分析技術の最新情報に精通しているわけではないが、本稿では筆者のこれまでの経験をもとに、分析科学の平和への貢献という視点から、分析科学のSDGsについて考えてみたい。

2 分析科学のSDGsへの貢献

SDGsの目標とターゲットは、People（人間）、Prosperity（豊かさ）、Planet（地球）、Peace（平和）、Partnership（パートナーシップ）の「5つのP」に分類できる¹⁾。本稿は、この「5つのP」に沿って、分析科学のSDGsへの貢献について考えていきたい。

2・1 分析科学と平和

初めに、Peace（目標16）について考えたい。平和学の父と呼ばれるJ.Galtungは、暴力を「直接的暴力」と「構造的暴力」に分けた。前者は、戦争や内戦におけるように、人が直接手を下す暴力、換言すれば行為主体が明確な暴力のことを指し、後者は飢餓、貧困のように、

直接暴力をふるう主体がなくとも、社会の構造により人間の可能性が損なわれることを指す⁴⁾。そして、構造的暴力を積極的に排除することを「積極的平和 (positive peace)」, これに対し軍事的均衡で単に戦争のない状態を維持するだけの状態を「消極的平和 (negative peace)」と定義した。

SDGs の目標 16 には「持続可能な開発に向けて平和で包摂的な社会を推進し、すべての人に司法へのアクセスを提供するとともに、あらゆるレベルにおいて効果的で責任ある包摂的な制度を構築する」が掲げられており、ターゲット 16.1「あらゆる場所において、全ての形態の暴力及び暴力に関連する死亡率を大幅に減少させる」と定められているが、このすべての形態の暴力には「構造的暴力」も含まれていると考えると、COVID-19 のパンデミックで、先進国からワクチンの供給が増加したものの、手洗いなどの基礎的な衛生施設が使えないために高い感染リスクを抱えている地域ほどその供給が遅れたという状況は、構造的暴力をさらに拡大させたとも考えられよう。COVID-19 の感染の有無を迅速に分析できる抗原検査キットの普及により、どこでも、誰でも簡単にその検査ができるようになることで、COVID-19 に対し的確な対応が可能となり、感染拡大を少しでも防止することができれば、構造的暴力を削減するという意味で SDGs の目標 16 の達成に貢献するといえるのではないだろうか。

2・2 分析化学と People (人間)

次に People (目標 1-6) にかかわる内容について考えたい。分析化学は、私たちが目や鼻や耳だけでは分からない物質の有無や濃度を数値にして示し、定量・定性してくれるものである。ここで、「分析化学」と「分析科学」を使い分けているのは、前者が物質の量や性質を測定するということを表すのに対し、後者はその結果を元に社会の諸問題を明らかにしていくという、より広い概念を示していると考えられるためである。

筆者の研究テーマの一つである環境科学の分野においても、分析化学は欠かせない。この分野においても、薬品を入れたチューブに試験水を吸い込むことで、誰でも数分で化学分析が行える簡易分析キットなどが開発されており、分析科学が簡易化され、身近なものとなっている。分析化学の簡易化により、工場排水などの水質の簡易検査に用いられることで、異常をすぐに検出することが出来るようになってきているのはもちろん、これまで環境学習を行いたいが自分で高度な分析機を用いて分析を行うことが難しい子供たちが簡易分析キットで分析科学を経験したり、高度な機械がない開発途上国などにおいても分析ができるようになったことによる社会への影響についても考えてみたい。

前述の COVID-19 の「抗原検査キット」は、人々の

健康を守ることを通じて、構造的暴力の拡大を防ぐことに貢献しているが、開発途上国などにおいて簡単に水質などを測定できるということは、そこで起きる水質汚染を早期に発見し、その防止策を講じることができるようになるということの意味する。歴史を振り返ってみると、環境破壊が原因となり、争いが起きている。例えば、1956 年に発生が確認された水俣病では、1973 年以降、補償協定に従い、水俣病と認定された患者には一時金、年金、医療費などの補償金が支払われた。その補償金を使って、患者が生活しやすいように住宅改善や新築住宅の建設が行われた。それを見た市民はその住宅を「奇病御殿」と呼んでいた⁵⁾。このように水俣病ではその認定基準と補償金により、患者と認定された人とされなかった人との間に分断が引き起こされた。水俣病はまさに分析科学により、その原因が明らかになった事例であるが、2017 年 5 月に「水銀に関する水俣条約」(Minamata Convention on Mercury) が発効されたことが示すように、まだ世界においては水銀及び水銀化合物の人為的排出が続いている。簡易水質測定キットの普及により、このような水質汚染などを早期に発見し、その影響を抑えることが出来れば、目標 6「すべての人に水と衛生へのアクセスと持続可能な管理を確保する」のターゲット 6.3「2030 年までに、汚染の減少、投棄の廃絶と有害な化学物・物質の放出の最小化、未処理の排水の割合半減及び再生利用と安全な再利用の世界的規模で大幅に増加させることにより、水質を改善する」に貢献し、それは前述の目標 3 の達成にも繋がると考えられる。

また、子供たちが簡易分析キットを使うことで、「なぜだろう？」と思ったことを自ら探究することができることも人材育成の側面で大きな意味を持つと考えられる。簡易分析キットを用いて、分からないことを調べて明らかにしていくという分析科学を子供のうちに体験する人が増えれば、社会における科学への理解が深まり、分析機器やその仕組み、分析手法に興味を持ち、分析科学を志す人材を将来的に増やすことにも繋がるかもしれない。これは目標 4 の質の高い教育の達成に貢献すると言えるのではないだろうか。

2・3 分析化学と Planet (地球)

次に、Planet (目標 12-15) に関する内容について考えたい。筆者が勤務していた分析機関には牡蠣をはじめとした食品や簡易専用水道のタンクの水など、様々な検体が毎日運び込まれていた。その分析には当然薬品などを用いて、食中毒などを防ぐため、検出されてはいけない菌がないか、また川や工場、マンションなどの水道用のタンクの水や井戸水が基準値を満たしているかどうか調べて検査証を出していた。これらの検査は、食べる人、水を使う人の健康と安全を守るものであり、もちろ

ん目標3に貢献している。これを、Planetに関する目標との関係で見えていくと、分析により適切な賞味期限を示すことで、食品ロスを減らすことにも繋がり、SDGsの目標12「持続可能な消費と生産のパターンを確保する」のターゲット12.3「2030年までに小売・消費レベルにおける世界全体の一人当たりの食料の廃棄を半減させ、収穫後損失などの生産・サプライチェーンにおける食品ロスを減少させる」に貢献することができると考えられる。

また、かつてより減少したとはいえ、分析に伴い排出される廃水の処理には電力が必要なため、廃水の削減はその処理に使用する電力の削減に繋がる。つまり、これはターゲット12.4「2020年までに、合意された国際的な枠組みに従い、製品ライフサイクルを通じ、環境上適正な化学物質や全ての廃棄物の管理を実現し、人の健康や環境への悪影響を最小化するため、化学物質や廃棄物の大気、水、土壌への放出を大幅に削減する」に加え、化石燃料を使用した発電が多い現状では、温室効果ガス排出の削減にも繋がるため、目標13「気候変動とその影響に立ち向かうため、緊急対策を取る」に貢献することにも繋がる。

気候変動や目標15「陸上生態系の保護、回復および持続可能な利用の推進、森林の持続可能な管理、砂漠化への対処、土地劣化の阻止および逆転、ならびに生物多様性損失の阻止を図る」を進めるための生態系の調査においても分析科学は多大な貢献をしてきたが、近年世界的に注目されている海洋プラスチックごみの問題の解決にも、分析科学が貢献するところは大きいと考えられる。マイクロプラスチックの生態系への影響などの解明にも分析科学は貢献しているが、ここでは環境中から回収した後のプラスチックの資源化に注目してみたい。2019年6月に開催されたG20大阪サミットで共有された2050年までに海洋プラスチックごみによる追加的な汚染をゼロにまで削減することを目指す「大阪ブルー・オーシャン・ビジョン」を経て、日本国内でのプラスチックの資源循環の促進を目指すプラスチック資源循環促進法が2022年4月に施行された。循環型の社会の形成を進める際には、プラスチック製品の利用の削減、リユース、リサイクルを進める必要がある。リサイクルには、製品を原料に戻して再度製品化するマテリアル・リサイクルと、プラスチックを燃やした際に発生する熱を利用するサーマル・リサイクルがあり、一般社団法人プラスチック循環利用協会によると、2020年の日本のプラスチック廃棄物のうちマテリアル・リサイクルされたものは21%しかなく、サーマル・リサイクルが63%を占めていた⁶⁾。資源の循環利用という意味ではマテリアル・リサイクルを進めることが重要であるが、そのためにはプラスチックをその組成ごとに分別していく必要があり、ここでも分析技術が不可欠である。この

回収プラスチックの再資源化による海洋プラスチックごみをゼロにする取り組みは、SDGsの目標14「海洋と海洋資源を持続可能な開発に向けて保全し、持続可能な形で利用する」のターゲット14.1「2025年までに、海洋ごみや富栄養化を含む、特に陸上活動による汚染など、あらゆる種類の海洋汚染を防止し、大幅に削減する」に関連する内容で、分析科学はこの分野でも貢献できると考えられる。

2・4 分析化学と Prosperity (豊かさ)

次に分析科学と Prosperity (目標7-11)のかかわりについて考えてみたい。分析科学には、力を必要とするものが少ないので性別や障害の有無に関係なく活躍し易い分野である。これはSDGsの目標5「ジェンダーの平等を達成し、すべての女性と女児のエンパワーメントを図る」に貢献するよう見えるが、ターゲットを詳しく見てみると、むしろ目標8のターゲット8.5「2030年までに、若者や障害者を含む全ての男性及び女性の、完全かつ生産的な雇用及び働きがいのある人間らしい仕事、並びに同一労働同一賃金を達成する」とかかわりが深い分野と考えられる。目標5の達成に向けては、ターゲット5.5「政治、経済、公共分野でのあらゆるレベルの意思決定において、完全かつ効果的な女性の参画及び平等なリーダーシップの機会を確保する」という点への貢献の可能性が高く、分析科学における意思決定の場に女性をさらに積極的に登用することで分野内での考え方の多様性が広がり、同時にターゲット8.5の内容の到達が早まると考えられるため、ターゲット5.5の達成に尽力することがターゲット8.5の達成のためにも重要である。

分析科学の技術革新の影響に注目すると、分析技術の進歩は日進月歩で、まさに目標9「強靱なインフラを整備し、包摂的で持続可能な産業化を推進するとともに、技術革新の拡大を図る」へ貢献している。筆者は海洋での環境DNAを用いた研究にかかわっているが、これまで現地で長時間かけて目視観測をしていた生物の種類と量の調査が、水を採取し、この中に含まれるDNAを分析することで可能になり、労力と作業時間の大幅な削減、つまり省力化が進み、より広範囲を対象とした調査が行えるようになってきた。

上記のような分析科学の省力化は、目標12の企業の社会的責任の達成にも貢献するのではないかと筆者は考えている。近年注目されるようになってきた「エシカル (ethical, 倫理的な) 消費」は、人や環境に配慮した消費行動のことで、筆者が「エシカル」に関する新聞記事や出版物の発行数を調査したところ、2009～2010年以降急増していた⁷⁾。エシカル消費は、消費者の基準が変化してきているという傾向を示したものであるが、投資の世界においても2006年に提唱された国連責任投資原則 (PRI: principles for responsible investment) により、

従来の売上高や利益、保有財産などの財務情報だけでなく、環境 (environment)、社会 (social)、ガバナンス (governance) 要素も考慮した ESG 投資が推奨されたことで、その市場が拡大してきている。世界持続的投資連合 (GSIA) の報告によると、その投資額は 2018 年から 2020 年にかけて 15 % 増加し 35.3 兆ドルに達し、全運用資産に占める比率は 35.9 % に達している⁸⁾。この変化が意味することは、企業が生産活動を行う際に、人権や環境への配慮を行うことがこれまで以上に重要視されてきているということである。2011 年に国連人権理事会が承認した「ビジネスと人権に関する指導原則」⁹⁾ では、企業がその原料の供給元にさかのぼって人権侵害に対し、責任を負うという人権デュー・ディリジェンス (注意義務) が明記されている。分析の省力化や簡易化は、企業の生産現場において、環境汚染などに起因する人権侵害が起こっていないか確認をする労力を減らし、これらの取り組みの促進に貢献しうると考えられる。

2.5 分析化学と Partnership (パートナーシップ)

最後に分析化学と Partnership (目標 17) について考えてみたい。目標 17 は「持続可能な開発に向けて実施手段を強化し、グローバル・パートナーシップを活性化」である。先述のように、分析科学は、私たちが直面している気候変動や貧困問題などのグローバル・イシューの解決に欠かせないものである。ただし、これらは分析科学のみで解決できるのではなく、異分野や新しい技術との連携によりその貢献の可能性をさらに上げることができると考えられる。

近年急速に発達する AI (Artificial Intelligence, 人工知能) は、私たちの社会を大きく変えつつある。これは大量のデータから機械が自動的に特徴を抽出し、機械学習するディープラーニングの進展により、その画像認識の精度が急速に高まったことの影響が大きい¹⁰⁾。分析科学の今後の可能性を考えたとき、AI の活用によるさらなる簡易化・省力化の進展が期待される。すでに、ディープラーニングを用いた橋梁やトンネルなどのコンクリート構造物の劣化・損傷の自動検出や¹¹⁾、河川の水位¹²⁾や水質¹³⁾を予測する方法の開発が進んでいるが、これらの精度が上がり、普及が進むことで、画像の撮影のみで様々な環境データなどが取得できる社会が実現していくと予想される。これが実現すれば、分析機器がなくともカメラや通信技術の利用が進むだけで、全世界でほぼ同時に同じ精度の分析を行うことが可能となる。これは SDGs のターゲット 17.8 「2017 年までに、後発開発途上国のための技術バンク及び科学技術イノベーション能力構築メカニズムを完全運用させ、情報通信技術 (ICT) をはじめとする実現技術の利用を強化する」の内容と一致しており、これを進めることは、目標 17 の達成に貢献すると考えられる。

3 まとめ

本稿では、分析科学の平和への貢献という視点から、分析科学の SDGs 達成への貢献について「5 つの P」の分野ごとに考察した。特に分析技術の簡易化が市民生活に与える影響、また開発途上国にその普及が進むことの意義について言及した。

ここで書いたことは、論文や公的機関の報告に基づいてはいるものの、筆者のこれまでの経験をもとに記述しており、SDGs への貢献の程度やその評価方法、必要な時間などは考慮していない。しかし、分析技術の進歩は間接的にはあるが、構造的暴力を削減し、平和な社会の実現にも貢献すると信じている。

文 献

- 1) 外務省訳：“我々の世界を変革する：持続可能な開発のための 2030 アジェンダ”，(2015)；United Nations：“Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development”，(2015)。(https://www.mofa.go.jp/mofaj/files/000101402.pdf)，(accessed 2022. 8. 18)。
- 2) 国際連合広報センター，(https://www.unic.or.jp/activities/economic_social_development/sustainable_development/2030_agenda/)，(accessed 2022. 8. 17)。
- 3) UNDP (United Nations Development Programme)：“2022 Special Report on Human Security”，(2022)，New York。(https://hdr.undp.org/system/files/documents//srhs2022pdf.pdf)，(accessed 2022. 8. 17)。
- 4) J. Galtung: *Journal of Peace Research*, 6, 167 (1969)。
- 5) 野澤淳史：“公害被害補償と障害福祉の関連についての環境社会学的研究—胎児性・小児性水俣病患者の自立の条件とその支援の課題に焦点を当てて—”，明治大学博士論文 (2015)。
- 6) 一般社団法人プラスチック循環利用協会：“2020 年プラスチック製品の生産・廃棄・再資源化・処理処分の状況 (マテリアルフロー図)”，(2021)。(https://www.pwmi.or.jp/pdf/panf2.pdf)，(accessed 2022. 8. 19)。
- 7) 小倉亜紗美：人間と環境，42, 28 (2016)。
- 8) GSIA (Global Sustainable Investment Alliance)：“Global Sustainable Investment Review 2020”，(2021)。(http://www.gsi-alliance.org/wp-content/uploads/2021/08/GSIR-20201.pdf)，(accessed 2022. 8. 19)。
- 9) 国際連合広報センター (https://www.unic.or.jp/texts_audiovisual/resolutions_reports/hr_council/ga_regular_session/3404/)，(accessed 2022. 8. 17)。
- 10) 岡谷貴之，齋藤真樹：研究報告コンピュータビジョンとイメージメディア，18, 1 (2013)。
- 11) 全邦釘，嶋本ゆり，大窪和明，三輪知寛，大賀水田生：土木学会論文集 F3 (土木情報学)，73, I_297 (2017)。
- 12) 一言正之，櫻庭雅明，清 雄一：土木学会論文集 B1 (水工学)，72, I_187 (2016)。
- 13) 中谷祐介，石崎裕大，西田修三：土木学会論文集 B1 (水工学)，73, I_1141 (2017)。



小倉亜紗美 (Asami OGURA)

国立高等専門学校機構呉工業高等専門学校人文社会系分野 (〒737-8506 広島県呉市阿賀南2丁目2番11号). 広島大学大学院生物圏科学研究科環境循環系制御学専攻修了. 博士 (学術). 環境省認定環境カウンセラー. 《現在の研究テーマ》環境保全と異文化理解を通じ平和を構築する環境平和学. 《主な著書》日本環境学会幹事会: “産官学民コラボレーションによる環境創出” (2022), (本の泉社). 《趣味》子育てとお菓子作り.

E-mail : a-ogura@kure-nct.ac.jp

原 稿 募 集

ロータリー欄の原稿を募集しています

内容

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

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

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

執筆上の注意

1) 原稿量は1200~2400字 (但し, 掲示板は

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

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

〒141-0031 東京都品川区西五反田1-26-2

五反田サンハイツ304号

(公社)日本分析化学会「ぶんせき」編集委員会

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

簡易水質分析

佐藤 久, 中屋 佑紀

1 緒言

持続可能な開発目標 (SDGs) の第6のゴールは「安全な水とトイレを世界中に」である。現在、世界全体では約20億人が安全な飲料水を利用できていない。飲料水中の病原体は水系感染症の原因となり、重金属などの有害成分は急性および慢性の様々な疾患を引き起こす。問題の解決には飲料水水質を分析し水を処理することが不可欠である。しかしながら、水質汚染の問題は経済や教育の水準が低い開発途上国において顕著であり、既存の水質分析法は高度な分析スキルが必要である、分析装置が高額であるなど、開発途上国に適用するには課題がある。筆者らは開発途上国にも受け入れられる簡易かつ低コストの分析技術の開発を目指している。いまだ道半ばではあるが本稿では上述の目的を達成できる可能性を秘めている分析技術とこれらを用いた実サンプルの分析例について紹介する。

2 背景

2.1 世界の水事情¹⁾

世界保健機関 (WHO) の報告によれば、2020年において世界138か国の人々の約4分の3が安全に管理された飲料水供給 (敷地内にあり、必要なときに利用でき、汚染のないものと定義) の恩恵に預かっている。しかしながらこのことは、約4分の1、すなわち約20億人がまだ安全に管理された飲料水供給施設を利用できていないことを意味している。このうち約12億人は安全ではない基本的な施設のみを、2億8200万人が限定的な供給を、3億6700万人が未改良の水源を、1億2200万人が地表水を利用している。

トイレなどの衛生設備に関しては、安全に管理された設備 (排泄物を施設内または外で安全に管理できる設備) を利用できるのは世界人口の54%にすぎず、36億人が不十分な設備を利用している。これらの人々が2030年までに安全に管理された水供給施設や基本的衛生施設を利用できるようになるためには、これら施設の普及の進捗率を現在の4倍にする必要があると推定されている。後発開発途上国や脆弱な状況に置かれている地域では状況はさらに厳しく、現在の進捗率をそれぞれ10倍および23倍まで高める必要がある。2020年において家庭からの排水の約44%が安全に処理されないま

ま環境中に排出されている。不十分な衛生設備や排水処理は病原体の環境中への排出源となる。

WHOは2016年に安全でない飲料水供給施設や衛生設備の不足が原因で世界で87万人の関連死が発生したと推定している。アフリカ地域での関連死は人口10万人あたり45.9人で、この値は世界平均 (10万人あたり11.7人) の4倍である。最も影響の少ないのは欧州地域で (10万人あたり0.3人)、アフリカ地域の死亡率はこれの約150倍であり、地域間の不均衡が著しい。

WASHとはWater, Sanitation and Hygieneの略語で、UNICEF (国連児童基金) とWHOの水と衛生に関する事業である。安全なWASHは、健康、子どもの発育、社会経済の発展に不可欠である。手指の衛生は、感染症の蔓延に対する最初の防御線のひとつであるが、2020年には世界人口の29%に相当する23億人が、自宅の水と石鹸を使った基本的な手洗い設備を利用できていない。安全に管理された水供給と衛生設備を共に享受することができるのは都市部であり、農村部への普及は遅れている。安全な水が利用できればWASHを促進できる。

2.2 水系感染症を引き起こす病原体とその検出法

飲料水に関する健康リスクの中で最も一般的なものは病原微生物による水系感染症である²⁾。WHOは飲料水水質ガイドラインを策定し、その中で以下の微生物を病原微生物と定めている (表1)。

表1 WHO「飲料水水質ガイドライン」に病原体として掲載されている微生物の一例

細菌	アシネトバクター属	尿管感染、肺炎、菌血症、二次性髄膜炎および創傷感染を引き起こす日和見病原細菌
	エロモナス属	敗血症、特に免疫不全患者において創傷感染と呼吸器感染
	カンピロバクター属	低濃度でも比較的高い感染力を持つ。腹痛、下痢、嘔吐、悪寒、発熱
	病原性大腸菌	尿路感染、菌血症、髄膜炎、出血性大腸炎
原虫	レジオネラ属	レジオネラ症 (レジオネラ肺炎とポンティアック熱)
	クリプトスポリジウム	下痢、悪心、吐気、発熱
	ジアルジア・インテスチナリス	下痢、吸収不良

このように水系感染症を引き起こす病原微生物は多岐にわたる。これら微生物を培養に基づく方法により検出するとすると、病原微生物ごとに選択性培地が必要となり現実的ではない。核酸を検出する分子生物学的手法でも、各病原微生物の核酸に特異的な遺伝子プローブや PCR プライマーを使用しなければならず、飲料水が有する生物学的リスクを頻繁に解析することは極めて難しい。

水系感染症を引き起こす病原微生物は主に温血動物の腸管に存在するので、飲料水に病原微生物が混入する主な原因はヒトおよび動物の排泄物による飲料水水源の汚染である。この点に着目し、病原微生物そのものを検出するのではなく糞便汚染の可能性を検査し、糞便汚染の可能性が無いならば病原微生物による汚染もないであろうとする考え方がある。この考え方に基づいて、糞便汚染の可能性は腸管内に高い割合で普遍的に存在する細菌群を検出することで間接的に検査されている。飲料水や公共用水域には大腸菌が用いられ、これらは糞便汚染の指標細菌と呼ばれる。指標細菌の存在はその水が糞便で汚染されていることを意味する。

この背景から、日本の水道水質基準には糞便汚染の指標として大腸菌が含まれている。大腸菌は特定酵素蛍光基質を用いて検出されている。特定酵素蛍光基質とは、ある酵素の基質に蛍光分子を修飾したものであり、サンプルと混合された時にサンプル中に酵素があれば分解されて蛍光分子が遊離し蛍光を発する、酵素がない場合は蛍光を発しない物質である。大腸菌の 95 % が β -グルクロニダーゼ (GUS) を産生し³⁾、大腸菌以外の細菌で GUS を産生するものは現時点では少ないので、GUS の基質を利用した大腸菌用の特定酵素蛍光基質が開発されている⁴⁾。

3 SDGs に貢献する分析技術

3.1 簡易でハイスループットの大腸菌分析技術

上述のように大腸菌分析の公定法は操作が煩雑であり、クリーンな環境で作業することが不可欠であるために高額な設備を必要とする。このような背景から筆者らは簡易かつ迅速に大腸菌を分析する技術を開発することを試みた。大腸菌は指数関数的に増殖する。かつ、その濃度は上述のように特定酵素蛍光基質を用いて蛍光強度を測定することで検出できる。新型コロナウイルス感染症でよく知られることとなった定量 PCR 法は、指数関数的に DNA を増幅し蛍光色素を用いて濃度を定量する技術である。そこで定量 PCR 法と同様のメカニズムで大腸菌を定量できるのではないかと考えた。

定量 PCR 法ではリアルタイム PCR を用いて DNA を増幅する。DNA は温度の上昇と低下の 1 サイクルで 2 倍に増える。n 回のサイクルの後には DNA 量は理論的には初期濃度の 2 の n 乗倍に増える。相対的な DNA 濃

度は二本鎖 DNA と結合すると蛍光を発する色素の蛍光強度からリアルタイムに求められる。増幅前のサンプルの蛍光強度 (ベースライン) と比較して明らかに高い蛍光強度を閾値に設定すると、初期 DNA 濃度が高いサンプルほど早く蛍光強度が閾値に達するので、閾値に達するまでのサイクル数 (Ct 値と呼ばれる) と初期 DNA 濃度の対数値には負の相関が見られる。初期 DNA 濃度既知のサンプルを用いてあらかじめ検量線を作成しておき、初期 DNA 濃度未知のサンプルを同様の条件で増幅し蛍光強度の変化から Ct 値を求めると、検量線から初期 DNA 濃度を算出できる。

この分析メカニズムを参考にして、水サンプルに大腸菌用の特定酵素蛍光基質を添加し、蛍光強度をリアルタイムで測定し、蛍光強度が閾値に達した時間とサンプル水中大腸菌数から検量線を作成することで、水サンプル中の未知の大腸菌数を分析できるのではないかと考え研究を進めた。これまでにこの方法で下水や河川水中の大腸菌濃度を測定することに成功した^{5)~7)}。研究結果の一例を示す。この研究では下水処理場の処理水放流口の直上および直下の河川において 2017 年 5 月から 2018 年 1 月の期間に河川水を採取し、市販の測定キット (Colilert および Quanti-Tray/2000, IDEXX Laboratories) で大腸菌濃度を測定し、本法で求めた GSU 活性との関係を解析した (図 1)。放流口の直上では大腸菌濃度は約 10 MPN mL⁻¹ 以下であった。これに対し放流口の直下では大腸菌濃度は 5 MPN mL⁻¹ から 1000 MPN mL⁻¹ であった。このように下水処理水は大腸菌の環境負荷になっていることがわかった。大腸菌濃度とサンプル水の GUS 活性には正の相関があった。この研究から、本法により、多様な夾雑物を含む環境中の水サンプル中の大腸菌濃度を、マイクロプレートに用意した培地にサンプル水を添加するだけで、3 時間以内に、一度に最大 96

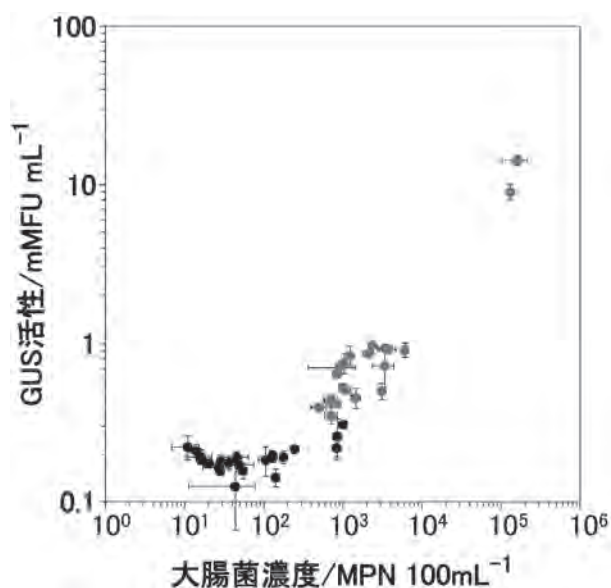


図 1 大腸菌濃度とサンプル水の GUS 活性の関係

サンプル測定できることがわかった。

Burnet らは取水口が糞便汚染源の下流にある浄水場で1年半に渡り GUS 活性をオンラインでリアルタイムでモニタリングした⁸⁾。Poulouxi らはフェノールフタレイン β -D-グルクロニドを基質とし、大腸菌により分解されて遊離したフェノールフタレイン濃度をグラファイトスクリーン印刷電極と3電極電気化学セルを用いて測定した⁹⁾。その結果、分析時間4時間で検出限界値 100 cfu mL^{-1} で大腸菌を測定した。

現在筆者らはインドネシアとスリランカの共同研究者に本技術を提供した。これらの国々では依然として水道水中に大腸菌や病原性細菌が含まれている¹⁰⁾¹¹⁾。本技術の導入により大腸菌分析への技術的、経済的および心理的ハードルが低くなれば、分析頻度が上がることで水道水の汚染の原因解明が進み、問題解決につながるのではないかと考えている。

3.2 簡易薬剤耐性大腸菌分析技術

筆者らは本法を応用し薬剤耐性大腸菌の分析技術も開発した¹²⁾。本法は薬剤感受性試験の微量液体希釈法を参考にした¹³⁾。まず、サンプル水中の大腸菌数を上述の方法で求める。これに並行して、サンプル水を生理食塩水 (0.9% NaCl 溶液) で3倍および9倍に希釈したものも用意する。上述の方法で対数増殖開始時間を求め検量線を作成する。この分析と並行して培地に抗菌薬を添加したウェルを用意し、このウェルでもサンプルについて同様の分析を行い、対数増殖開始時間を求める。抗菌薬添加系では希釈なしサンプル中の大腸菌数よりも不活化された大腸菌数の分だけ対数増殖開始時間が遅れる。抗菌薬添加系ではすべての大腸菌が完全に不活化されるか全く抗菌薬の影響は受けないものと仮定する。検

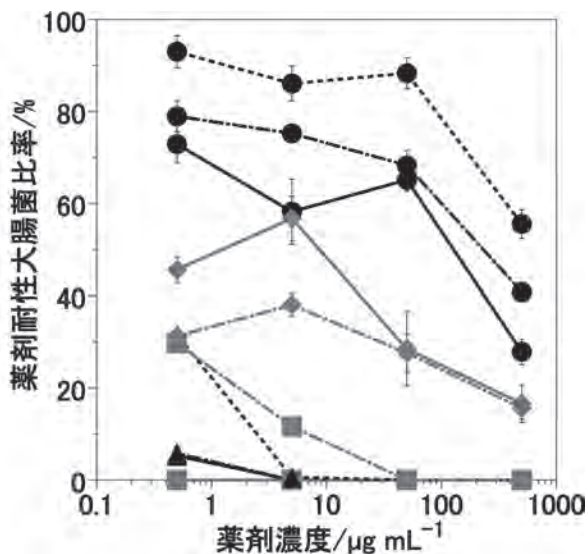


図2 異なる薬剤濃度における薬剤耐性大腸菌比率

●:メチシリン, ◆:アンピシリン, ◇:シプロフロキサシン, ▲:ゲンタマイシン

量線を用いて抗菌薬添加系の対数増殖開始時間から抗菌薬添加系の大腸菌数を算出する。この大腸菌は抗菌薬添加系でも増殖した大腸菌、すなわち薬剤耐性大腸菌ということになる。サンプル水の薬剤耐性大腸菌数を大腸菌数で除した値を薬剤耐性大腸菌比率とした。

3 下水処理場の最終沈殿池から下水を採取し、4種の抗菌薬について薬剤耐性大腸菌比率を求めた(図2)。薬剤濃度は0.5から $500 \mu\text{g mL}^{-1}$ とした。薬剤耐性大腸菌比率は処理場間で差は小さく、抗菌薬の種類に大きく依存した。メチシリン、アンピシリン、シプロフロキサシン、ゲンタマイシンの順に比率は高かった。

薬剤耐性菌の存在は病原体による感染症に罹患した患者の治療に抗菌薬を使えないことを意味する。2019年には薬剤耐性菌により世界で120万人が死亡したと推定され、今後何も対策を取らなければ2050年には薬剤耐性菌により現在のがんによる死亡者を超える1000万人が死亡すると推定されている¹⁴⁾。ワンヘルスとは、ヒトと動物、それを取り巻く環境(生態系)は、相互につながっていると包括的に捉え、ヒトと動物の健康と環境の保全を担う関係者が緊密な協力関係を構築し薬剤耐性の問題に対処していこうという考え方である。下水中の薬剤耐性菌は環境中に拡散し、いずれは人間社会に戻ってくると考えられる。今後も環境中の薬剤耐性菌の動態を詳細に明らかにしておく。

3.3 PCRを用いない微生物の核酸の分析

現在のところ13の菌種(菌群)に特異的な特定酵素基質が報告されている¹⁵⁾。しかしながら本技術は特定の酵素を産生する微生物が存在し、かつその酵素を他の細菌は産生しないという条件が成立する場合にのみ適用できるため、新たな特定酵素基質の開発は非常に難しいと考えられる。そこで培養に依存しない微生物の分析法を開発することとした。

現在水環境工学分野で細菌の検出に広く使われている技術に蛍光 *in situ* ハイブリダイゼーション(FISH)法がある。核酸は四つの塩基からなり、特定の塩基同士が結合(ハイブリダイズ)する性質がある。検出したい細菌(ターゲットと称する)のみが持つRNAの塩基配列(約20塩基)と相補鎖的な塩基配列を持つDNAを人工的に合成する。この末端に蛍光分子を修飾する。このDNAはプローブと呼ばれる。プローブとサンプルを混合するとプローブがターゲット内のRNAにのみ結合するので、蛍光顕微鏡下でターゲットのみが蛍光を発する。従ってターゲットの数や他の細菌との位置関係を分析できる。

FISH法は、蛍光顕微鏡が必要、プローブの洗浄が必要、分析できるサンプル量が少ない等の問題がある。そこで筆者らは蛍光分子を金ナノ粒子に置き換え、細菌から核酸を抽出することで上記の課題を解決することを試

みた。本法の測定メカニズムは以下のように考えている。サンプルにプローブを添加し、NaClを添加し、95℃で加熱する。サンプルにターゲットが高濃度に存在し抽出液中のターゲット核酸濃度が高い場合、プローブはこれとハイブリダイズし、ターゲット核酸がプローブの金ナノ粒子を覆うことでNaイオンによる金ナノ粒子の凝集が阻害されるため、サンプルは金ナノ粒子本来の赤色を維持する。この場合、波長550 nm付近に吸光度のピークが見られる。抽出液中のターゲット濃度が低下するにつれて金ナノ粒子はNaイオンにより凝集しやすくなり、凝集するほど波長650 nm付近の吸光度が増大する。従って波長650 nmの吸光度を波長550 nmの吸光度で除した吸光度比は凝集具合を表し、これとターゲット核酸濃度に負の相関が見られる。

これまでに全細菌^{16),17)}、アンモニア酸化細菌、腸管出血性大腸菌 O157:H7、コロナウイルス、アデノウイルスの検出に成功している。本稿では O157:H7 の分析例について述べる。検出する核酸は O157:H7 が持つ O 抗原合成遺伝子 *rfbE* とした。プローブの塩基配列は *rfbE* の PCR プライマーと同じものとした¹⁸⁾。実験室にて腸管出血性大腸菌 O157:H7 の純菌を培養し DNA を抽出した。抽出液を Nuclease-Free water で段階的に希釈することで DNA の濃度が異なるサンプルを用意した。本法でサンプルの吸光スペクトルを測定し、プローブの吸光度のピークが見られた波長 550 nm の吸光度とターゲット核酸とハイブリダイズしたプローブの吸光度のピークが見られた波長 650 nm の吸光度の比率をセンサーシグナルとした。*rfbE* 遺伝子濃度は定量 PCR で測定した。図 3 に *rfbE* 遺伝子濃度と吸光度比の関係を示す。吸光度比は *rfbE* 遺伝子濃度に依存して低下した。現在環境中の微生物はサンプル中の微生物から核酸を抽出した後、PCR 法にて核酸を増幅することで分析されているが、本法は PCR 法の代替技術となり得るこ

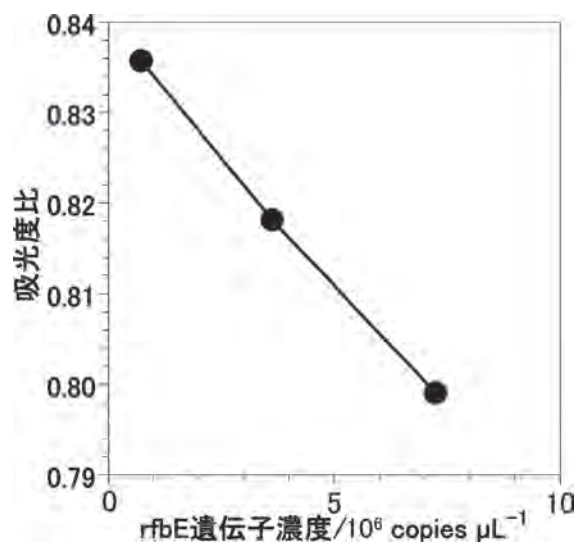


図 3 *rfbE* 遺伝子濃度と吸光度比の関係

とが示唆された。

3・4 水質の定量的な理解に向けて

人の健康に直接影響を及ぼす水質汚染物質として、病原体の他に重金属や環境ホルモンなどの化学物質が考えられる。筆者らは環境中の水サンプルに含まれる重金属イオンを簡易に検出する手法の開発にも取り組み、これまでに亜鉛(II)イオン^{19),20)}、ヒ素(III)イオン²¹⁾、ヒ素(V)イオン²²⁾の実サンプルでの簡易定量に成功している。

また、人の健康に直接的な影響はないが、健全な水環境の維持に影響を及ぼしうる汚染として、栄養塩類や有機物による汚染が考えられる。元素としてリンや窒素を含む栄養塩類が過剰に水域に供給されれば、富栄養化により植物プランクトンが大量発生し水域の酸素が欠乏し、生態系や水産物の生産に大きな悪影響を及ぼすことがある。一方で、水域に栄養塩類が不足すると貧栄養化状態となり、これも生態系の豊かさや水産物の生産性を低下させる。水域に流出した有機物も、腐敗により水域の酸素欠乏や悪臭を引き起こす可能性がある。このような有機物の量は、それらを微生物による生物学的な、もしくは化学的な酸化により分解するときに消費される酸素の量を指標として測定される。実際に環境から採取した試料水を密封し 20℃ で一定期間置いておいたときに微生物により消費される酸素量は生物化学的酸素要求量 (biochemical oxygen demand, BOD) と呼ばれる。試料水を過マンガン酸カリウムや二クロム酸カリウムなどの強力な酸化剤と反応させたときの酸素消費量は化学的酸素要求量 (chemical oxygen demand, COD) と呼ばれる。河川に対しては BOD が、湖沼や海域など長期間滞留する水域に対しては全リン量、全窒素量、COD がそれぞれ環境基準として水域の類型ごとに定められ、公定法による定期的な監視が行われている²³⁾。

一方で、微生物が利用しにくい難分解性の有機物も水質に影響を及ぼす可能性がある。生物遺体や代謝物が分解・重合を繰り返して出来た不定形で難分解性の有機高分子は、総称して腐植物質と呼ばれる。腐植物質は主に褐色であり、光吸収により水の光透過性を悪化させて水中での光合成を阻害する。また、腐植物質のもつ多様な官能基が、重金属や農薬などに由来する汚染物質と相互作用し、汚染物質の水域での移動性を高める運び屋として働く可能性がある。そのため、腐植物質の起源や構造を調べる化学的分析や、他の物質との反応性を調べる研究が多く行われてきた²⁴⁾。

筆者らは、腐植物質と汚染物質との相互作用を検討する大前提として、腐植物質と呼ばれるものの生成と分解の時間スケール、すなわちその相互作用の原因である腐植物質がどのくらいの期間で環境に留まるのか、という反応速度論の視点から研究を行ってきた。

腐植物質の生成仮説として、微生物作用や酵素反応、重合などの化学反応が考えられている。アミノ酸やタンパク質のアミノ基と糖類のカルボニル基が結合して逐次的に重合反応が進んでいくメイラード（褐変）反応は食品中でよく見られる反応であるが、これも腐植物質の生成過程のひとつと考えられている。筆者らは、グリシンとリボースからなる単純な系においてメイラード反応による褐色重合物の生成を模擬した。紫外可視分光光度計を用いて 254 nm の吸光度を褐変の指標として追跡し、反応速度式でフィッティングした。見かけの反応速度定数の温度依存性（アーレニウスの式）から水環境の温度（15℃）での反応の時間スケールを概算したところ、100 年以上の時間スケールで腐植様の褐色重合物が生成することが示唆された²⁵⁾。同様に、実環境から得た腐植物質を水熱分解し褐色が消えていく分解反応を追跡したところ、15℃では数百年から 2000 年の時間スケールで褐色を呈する構造が失われていくことが分かった²⁶⁾。

このように、限られた条件ではあるが腐植物質の生成分解の模擬実験を反応速度論的に解析することで、実環境での腐植物質の寿命を予測できるのではないかと考えている。一方で、実際の海水底の堆積物のコアを深さ方向に分けて抽出した腐植物質の褐色度を測定したところ、水底の有機物は堆積速度から概算して数年のスケールで褐変（腐植化？）していることが示唆された²⁶⁾。これは、実際の環境では微生物による代謝や共存鉱物による有機無機相互作用があり、模擬実験とはそう簡単に一致しないという現実を筆者らに突きつけた。筆者らはさらに研究を行い、共存鉱物の影響による腐植物質模擬生成・分解過程の加速を速度論的に解析している^{27), 28)}。

また、これらの数年～数千年スケールという地球科学的スケールの腐植物質の消長だけでなく、実際の河川において下水処理場や天然から放出された有機物の数日スケールでの消長を時空間的に把握する研究も行っている。

豊かで安全な水環境を維持していくために、病原体や重金属イオンなどの汚染物質、易分解～難分解な有機物に対し定量的な理解を基にした根拠のある水質の安全保障と挙動予測は重要である。簡易分析法の開発と実環境試料への適用、そして水質の時空間的な分析を通して、SDGs 第 6 の目標の達成にアプローチできる分析化学・環境工学研究に今後も取り組んでいきたい。

文 献

- 1) WHO: “World health statistics 2022: monitoring health for the SDGs, sustainable development goals (19 May 2022)”, (<https://www.who.int/publications/i/item/9789240051157>), (accessed 2022. 8. 1).
- 2) WHO: “飲料水水質ガイドライン第 4 版 (23 April 2013)”, (https://www.niph.go.jp/soshiki/suido/WHO_GDWQ_4th_

- jp.html), (accessed 2022. 8. 1).
- 3) R. G. Price, D. Wildeboer (Ed.): “*E. coli as an Indicator of Contamination and Health Risk in Environmental Waters*”, (2017), (IntechOpen Limited, London).
- 4) 日本水道協会: “上水試験方法”, 2020 年度版, (2021), (日本水道協会).
- 5) 佐藤 久, 津田 収, 菊地 凱, 平野麗子: 下水道協会誌, **684**, 110 (2019).
- 6) H. Satoh, K. Kikuchi, Y. Katayose, S. Tsuda, R. Hirano, Y. Hirakata, M. Kitajima, S. Ishii, M. Oshiki, M. Hatamoto, M. Takahashi, S. Okabe: *Sci. Total. Environ.*, **715**, 136928 (2020).
- 7) H. Satoh, Y. Katayose, R. Hirano: *Wat. Sci. Tech.*, **83**, 1399 (2021).
- 8) J. B. Burnet É. Sylvestre, J. Jalbert, S. Imbeault, P. Servais, M. Prévost, S. Dorner: *Wat. Res.*, **164**, 114869 (2019).
- 9) S. Poulouxi, M.I. Prodromidis: *J. Electroanal. Chem.*, **879**, 114752 (2020).
- 10) B. Wispriyono, L. Arsyina, I. Ardiansyah, L. D. Pratiwi, R. Arminsih, B. Hartono, N. Nurmalasari, R. Novirsa: *Open Access Maced. J. Med. Sci.*, **9** (2021). DOI:10.3889/oamjms.2021.6152.
- 11) A. F. Cruzl, R. G. S. Wijesekara, K. B. S. N. Jinadasa, B. J. Gonzales, T. Ohura, K. S. Guruge: *Front. Water*, **3**, 730124 (2021).
- 12) H. Satoh, N. Nagahashi, K. Kikuchi, R. Hirano: *ACS ES&T Water*, **2**, 1301 (2022).
- 13) 動物医薬品研究所: “薬剤感受性ディスク・薬剤感受性試験”, (https://www.maff.go.jp/nval/yakuzai/yakuzai_p9.html), (accessed 2022. 8. 1).
- 14) J. O' neill: “Tackling drug-resistant infections globally: final report and recommendations”, (https://amr-review.org/sites/default/files/160518_Final%20paper_with%20cover.pdf), (accessed 2022. 8. 1).
- 15) 金子孝昌: “微生物を色で見る一酵素基質培地—”, (https://www.kanto.co.jp/dcms_media/other/backno8_pdf41.pdf), (accessed 2022. 8. 1).
- 16) 中島芽梨, 石田晃彦, 渡慶次学, 佐藤 久: 分析化学 (*Bunseki Kagaku*), **69**, 715 (2020).
- 17) M. Nakajima, R. Hirano, S. Okabe, H. Satoh: *Chemosphere*, **263**, 128331 (2021).
- 18) Y. Liu, Y. Cao, T. Wang, Q. Dong, J. Li, C. Niu: *Front Microbiol.*, **10**, 222 (2019).
- 19) 羽深 昭, 吉川弘晃, 大屋光平, 山田幸司, 高橋正宏, 岡部 聡, 佐藤 久: 土木学会論文集 G (環境), **69**, III_275 (2013).
- 20) A. Hafuka, H. Yoshikawa, K. Yamada, T. Kato, M. Takahashi, S. Okabe, H. Satoh: *Wat. Res.*, **54**, 12 (2014).
- 21) K. Matsunaga, Y. Okuyama, R. Hirano, S. Okabe, M. Takahashi, H. Satoh: *Chemosphere*, **224**, 538 (2019).
- 22) K. Matsunaga, R. Hirano, H. Satoh: *Water Supply*, **22**, 5524 (2022).
- 23) 環境省: “水質汚濁に係る環境基準”, (<https://www.env.go.jp/kijun/mizu.html>), (accessed 2022. 8. 1).
- 24) 石渡良志, 米林甲陽, 宮島徹編著: “環境中の腐植物質: その特徴と研究法”, (2008), (三共出版).
- 25) Y. Nakaya, S. Nakashima, M. Moriizumi: *Appl. Spectrosc.*, **72**, 1189 (2018).
- 26) Y. Nakaya, S. Nakashima, T. Otsuka: *Geochem. J.*, **53**, 407 (2019).
- 27) Y. Nakaya, K. Okada, Y. Ikuno, S. Nakashima: *e-J. Surf. Sci. Nanotechnol.*, **16**, 411 (2018).
- 28) Y. Nakaya, S. Nakashima, T. Otsuka: *Appl. Spectrosc.*, **75**, 111 (2021).



佐藤 久 (Hisashi SATOH)

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

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



中屋佑紀 (Yuki NAKAYA)

北海道大学大学院工学研究院環境工学部門 (〒060-8628 北海道札幌市北区北13条西8丁目)。大阪大学大学院理学研究科宇宙地球科学専攻博士課程修了。博士(理学)。《現在の研究テーマ》環境中の有機物動態の追跡と非破壊分析手法の開発。《趣味》研究, 音楽, 旅。

E-mail : ynakaya@eng.hokudai.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。

窒素酸化物種の連続計測 — SDGs との関連性 —

定 永 靖 宗

1 はじめに

筆者の専門分野は「大気化学」であるが、本特集号の趣旨から鑑みるに「大気科学」のほうがしっくりくるのではないかと感じた。と言うのは、「大気化学」とはいうものの、化学だけではなく、地球物理学・気象学・農学・生物学等の領域も含めた幅の広い学際的な分野だからである。実際、筆者のメインで所属しているコミュニティでは、化学以外の分野の同業者も多く関わりがある（むしろ、人数としては化学以外の分野のほうが多いかもしれない）。

それはともかく、近年「大気科学」の分野で大きく取り上げられたトピックとしては、やはり微小粒子状物質（PM_{2.5}）であろう。2013年初頭に中国でのPM_{2.5}汚染がマスコミで大々的に取り上げられたことを皮切りに、世間一般でも中身の詳細はともかく、PM_{2.5}という言葉自体は広く知れ渡ることとなった。一方で、2010年代前半以降、中国での大気汚染物質の排出量は減少している¹⁾。それに伴い、一般環境大気測定局（一般局）でのPM_{2.5}の環境基準達成率は2013年度で16.1%²⁾であったのに対し、2020年度では98.3%³⁾と急速に改善が進んでおり、ごく最近において世間一般ではPM_{2.5}問題が下火となってきている。

近年は減少しているものの、いまだ東アジアは地球上でも大気汚染物質の排出量が多い地域であり、その中で特に近年では窒素酸化物（NO_x）の排出の寄与が高まっている¹⁾。このような排出動態の変化は、東アジア地域におけるPM_{2.5}の「質」を変化させている。実際国内でも、観測と化学輸送モデル双方から、西日本におけ

るPM_{2.5}中の硝酸アンモニウムの濃度が増加しているという報告がある⁴⁾。

排出されたNO_xは大気中で複雑な（光）化学反応を起こす。図1に大気中での窒素酸化物種の主な反応動態を示す。大気中へ一次排出されるNO_xは主にNOで、排出後NOはNO₂と、太陽光による光化学定常状態（PSS）を形成する⁵⁾。PSSにおいてはNOとNO₂が互いに素早く変換されるため、一般にNOとNO₂を総称してNO_xと呼ばれる。またPSSの過程で光化学オキシダントの主成分であるO₃を生成する。それゆえ、NO_xはO₃の直接の前駆物質であることが知られている。また、一般局での光化学オキシダントの環境基準達成率は2020年度において0.2%と³⁾、例年ほぼ0%であり、いまだ解決が困難な大気環境問題である。

図1に示す通り、NO_xは大気中でさらに酸化され、様々な形態の窒素酸化物種に変化する。NO_xとその酸化生成物を総称して、総反応性窒素酸化物NO_yと呼ばれる。NO_yを構成する成分として例えば、有機硝酸PNs（ROONO₂；Rは有機骨格）はPAN（peroxyacetyl nitrate）に代表されるように、O₃と同じ光化学オキシダントの成分である。また、有機硝酸ONs（RONO₂）はNO_xと比べて大気寿命が長く、NO_xの貯留形態としてふるまう。NO₃ラジカルは酸化剤であり、大気中の揮発性有機化合物を酸化する化学種の一つである。大気中での酸化反応を経た窒素酸化物種の最終形態はガス状硝酸（HNO₃(g)）もしくは粒子状硝酸（NO₃⁻(p)）である。これらは最終的に沈着により大気中から除去され、地球上での窒素循環の一部を担うことになる。

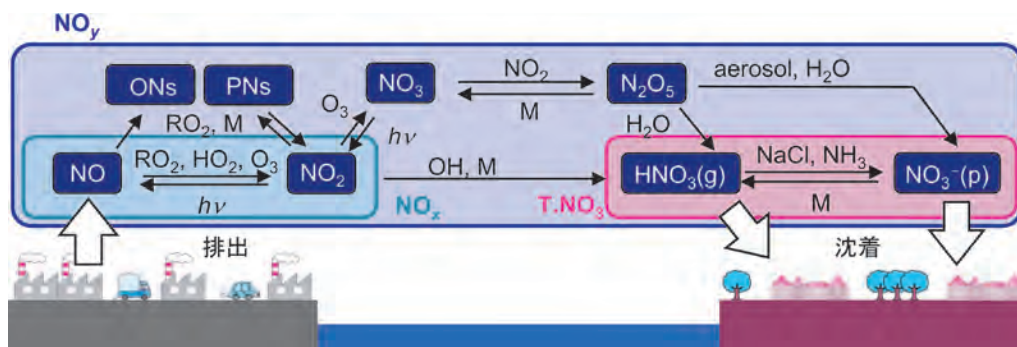


図1 大気中の窒素酸化物種の主な反応動態

ここで、T.NO₃は全硝酸（HNO₃(g)とNO₃⁻(p)の和）を示す。また、Mは反応の第三体を示し、大気中では主にN₂やO₂である。

窒素循環も大きく関係するものとして、プラネタリー・バウンダリーと呼ばれる概念がある。これは現在のいくつかの地球環境問題について「持続可能な限界」を示したものである⁶⁾⁷⁾。その中で、窒素循環が大きくかわる「窒素による環境負荷」は2番目にリスクが大きい極めて深刻な問題とされている（なお、1番目は「生物多様性の損失」とされている）。その中で、大気由来の反応性窒素の沈着による水圏へのインプットについても有意な寄与があると見積もられている⁸⁾。

プラネタリー・バウンダリー概念は本特集のテーマであるSDGsにも大きな影響を与えている。窒素負荷の増大は直接的に「14海の豊かさを守ろう」「15陸の豊かさを守ろう」に影響を与えうる。また、土壌への窒素負荷の増大は、土壌中からの亜酸化窒素 N_2O の放出増大につながる。 N_2O は主要な温室効果ガスの一つである。一方、大気中でも NO_x は O_3 の前駆物質であることは先にも述べたが、 O_3 も主要な温室効果ガスの一つである。すなわち、大気中の窒素酸化物や窒素循環は「13気候変動に具体的な対策を」にも影響している。

図1にも示した通り、窒素酸化物種の反応動態は複雑であり、また、大気圏からの除去プロセス、すなわち大気圏から水圏への沈着プロセスも不明な点が多い。プラネタリー・バウンダリーやSDGsの観点からも、地球上における反応性窒素の動態解明は必須であり、その一つである大気中での窒素酸化物種の動態解明も必要である。そのためには、大気中の窒素酸化物種の分析・観測が重要な要素の一つである。また、大気圏は速いタイムスケールで変遷することから、高時間分解能での連続観測ができることが望ましい。

筆者らはこれまで、大気中の窒素酸化物種を高精度だけでなく、連続観測が可能な装置を開発し、様々な地点で観測を行ってきた。本稿では、開発した装置の一部と、それらを用いた観測事例について紹介する。

2 大気中窒素酸化物種の分析

2.1 窒素酸化物 NO_x

NO_x のうち NO_2 は有害大気汚染物質に指定されており、環境基準が設けられている。そのため、全国の様々な地点で NO_x 濃度の常時監視が実施されており、湿式法であるザルツマン法と乾式法であるオゾン化学発光法が NO_x 測定に用いられている⁹⁾。近年ではオゾン化学発光法が主に採用されており、2019年度では NO_x 濃度を測定している常時監視測定局の96.0%において使用されている¹⁰⁾。オゾン化学発光法で直接測定しているのはNO濃度である。NO₂濃度については“コンバータ”と呼ばれる還元触媒を用いてNO₂をNOに還元した後、オゾン化学発光法でNO濃度を定量することにより測定している。しかしながら、オゾン化学発光法で通常使用されているコンバータは、NO₂以

外のNO_yの成分もNOに還元し、NO_x濃度を過大評価することが知られている。すなわち、常時監視測定局で測定されているNO₂、NO_x濃度は正確な濃度を反映されていない場合が多い。

オゾン化学発光法によるNO₂、NO_x測定を高精度化するために、近紫外光を用いてNO₂をNOに光分解する装置である、光分離変換器(PLC)が研究レベルでは用いられている。紫外光の波長域を適切に選択することで、他物質の干渉を受けることなく、選択的にNO₂をNOへ光分解することができる。PLC自体は20世紀から存在しているが、かつては光源にキセノンランプ等が用いられており、連続観測は不向きであった。近年では光源として近紫外発光ダイオードを用いることで(LED-PLC)、NO₂からNOへの変換効率を安定化させることができ、連続観測が可能となっている¹¹⁾。

筆者らは以前、大阪府立大学(現:大阪公立大学)中百舌鳥キャンパスにおいて、公定法とLED-PLCを用いた方法とで、NO_x濃度の相互比較観測を通常で実施した¹²⁾。その結果を図2に示す。なお、本節ではLED-PLCで測定した窒素酸化物濃度をNO_x*とし、公定法で測定した濃度についてはNO_x*と定義する。

NO_x、NO_x*の観測期間全体における平均濃度はそれぞれ14.8、18.2 ppbv (parts per billion by volume)であった。また、NO_x、NO_x*の濃度変動はおおむね一致していた一方、濃度レベルはNO_x*がNO_xより全体的に高い結果となり、公定法が時間帯や季節を問わず、窒素酸化物濃度を過大評価する傾向にあることが明らかとなった。NO_x*とNO_xの濃度差の最大値は14.4 ppbv、平均値は3.4 ppbvであった。NO_xに対するNO_x*の濃度比については、最大値が4.8、平均値が1.3であり、公定法が平均して3割程度窒素酸化物濃度を過大評価していた。

過大評価の要因については既報¹²⁾にあるため割愛するが、現行の常時監視測定局で測定されている窒素酸化物濃度については、実際より高い値が提供されていることは確かである。環境基準達成率の視点で見れば、現行の公定法はより厳しい値を出すことになるため、問題は少ないのかもしれない。しかしながら、「1.はじめに」でも述べた通りNO_xは大気中から窒素循環に影響を及

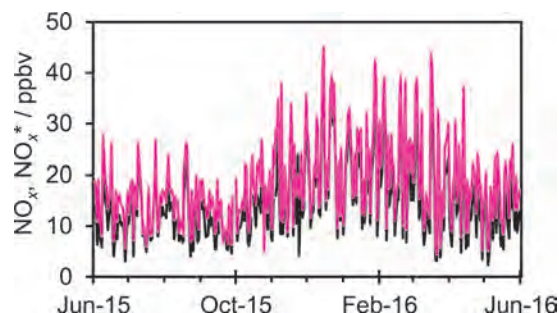


図2 大阪府立大学(現:大阪公立大学)中百舌鳥キャンパスで測定されたNO_x(黒線)、NO_x* (赤線)の濃度変動

ばすトリガーとなる物質であり、また、光化学オキシダントの主要な前駆物質でもある。これらの環境問題の解明・対策のためにも、現状の公定法を抜本的に見直し、正確な窒素酸化物濃度を提供することが重要であると考えられる。

2・2 総反応性窒素酸化物 NO_y, 硝酸

2・1 節で述べたコンバータでは NO₂ 以外の NO_y の成分も NO に還元される。この性質を利用してコンバータを NO_y の測定に用いることができる。すなわち、コンバータで NO_y を NO に還元し、その後オゾン化学発光法で NO を定量することにより、NO_y 濃度を求めることができる。ただし、大気導入口からコンバータまでの配管内で、HNO₃(g) の吸脱着や、NO₃⁻(p) の損失があるため、コンバータを屋外に設置するなど、大気導入口からコンバータまでの配管の長さを最小限にする必要がある。

HNO₃(g) や NO₃⁻(p) の測定については、デニューダー法やフィルター法が一般に広く用いられている。これらはデニューダーやフィルターに対象物質を捕集し、その後イオンクロマトグラフィーなどの分析装置で計測する方法である。これらの方法は簡便ではあるが、捕集・分析に手間がかかるのと、感度を担保するためには長い捕集時間が必要であり、時間分解能の高い観測はできない。一方、化学イオン化質量分析法¹³⁾などのオンライン測定法も存在し、秒単位など高い時間分解能での測定も可能であるが、オペレーションが煩雑なのと、非常に高価であることが難点である。

筆者らは、NO_y の測定を応用して HNO₃(g) や NO₃⁻(p) の連続測定装置を開発した^{14)~16)}。装置の概要を図3に示す。本装置では Ch.1~3 の三つのチャンネルが設けられている。Ch.1 では Mo 還元触媒（本装置では、コンバータとして Mo 還元触媒を用いている）が設置されており、大気中の NO_y 濃度が測定される。Ch.2 では Mo 還元触媒とその前段に HNO₃(g) スクラバーが設置されており、NO_y-HNO₃(g) 濃度が測定される。HNO₃(g) スクラバーとしては、内壁に NaCl を塗布した環状デニューダーを用いている。Ch.3 では Mo 還元触媒と

その前段に HNO₃(g) スクラバーと、さらにその前段に粒子を取り除くテフロンフィルターが設けられおり、NO_y-HNO₃(g)-NO₃⁻(p) 濃度が測定される。それぞれのチャンネルで測定された濃度を C_{Ch.1}~C_{Ch.3} とすると、HNO₃(g)、NO₃⁻(p) 濃度は以下の式 (1)、(2) により求めることができる。

$$[\text{HNO}_3(\text{g})] = C_{\text{Ch.1}} - C_{\text{Ch.2}} \dots\dots\dots (1)$$

$$[\text{NO}_3^-(\text{p})] = C_{\text{Ch.2}} - C_{\text{Ch.3}} \dots\dots\dots (2)$$

なお、Ch.1 と Ch.2 においては配管内での HNO₃(g) の吸脱着や、NO₃⁻(p) の損失があるため、HNO₃(g) スクラバーやコンバータは屋外の大気導入口直後に設置する必要がある。一方、Ch.3 では HNO₃(g) や、NO₃⁻(p) を除去してからコンバータに導入するため、HNO₃(g) スクラバーやコンバータを屋外に設置する必要はない。

一般に、オゾン化学発光式 NO_x 計が持つチャンネル数は二つであり、実際にこの方法で硝酸をガス・粒子別で測定するには、NO_x 計が 2 台必要である。筆者らはこれまで予算的事情 (?) 等から、硝酸については HNO₃(g) と NO₃⁻(p) の和である全硝酸 (T.NO₃) の観測¹⁷⁾や、HNO₃(g) のみの観測¹⁸⁾を行ってきた。例として、鳥取砂丘で観測された NO_y と HNO₃(g) 濃度の観測結果の一例を図4に示す。詳細は既報¹⁸⁾にあるためごく簡単に述べるが、観測結果から、大陸から越境輸送される硝酸アンモニウムが貯留形態としてふるまい、大陸から離れた地域での HNO₃(g) の発生源になる可能性が考えられた。一般に HNO₃(g) は沈着速度が大きく、大陸から直接 HNO₃(g) が越境輸送されづらいが、このように硝酸アンモニウムを介することで、より広い範囲で HNO₃(g) が越境輸送されうる。このような観測を行っていくことで、硝酸の輸送過程などの動態に関する知見が積み重なっていくことが期待される。

鳥取では NO₃⁻(p) の観測は行わなかったが、NO₃⁻(p) も含めた動態についての知見も総合的に得るために、ごく最近では大陸からほど近い、長崎県五島列島福江島において、硝酸のガス・粒子別での観測を実施している。

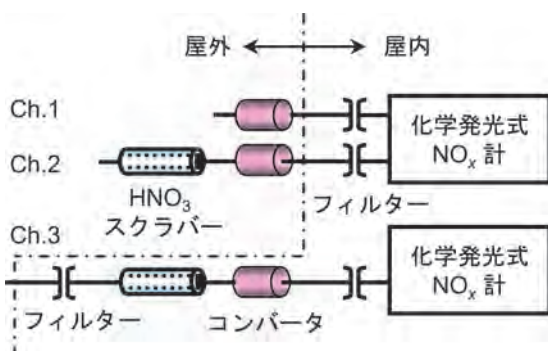


図3 NO_y, 硝酸濃度測定装置の概略図

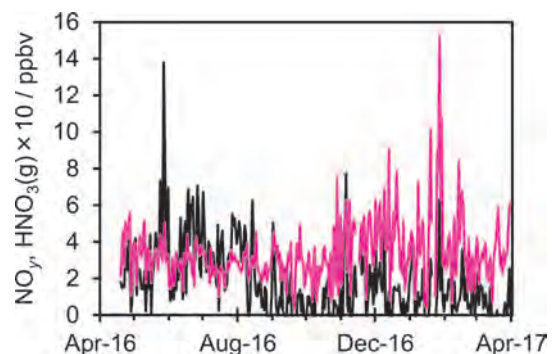


図4 鳥取で測定された NO_y (赤線), HNO₃(g) (黒線) の濃度変動

2・3 有機過硝酸 PN_s, 有機硝酸 ON_s

大気中における PN_s や ON_s の観測事例は NO_x や硝酸と比べると少なく、特に国内での事例は非常に限られている¹⁹⁾²⁰⁾。その理由の一つとして、測定法が挙げられる。PN_s や ON_s の測定として広く用いられている方法は、ガスクロマトグラフ/電子捕獲型検出器である。この方法では放射性同位体である ⁶³Ni を用いるため、国内での法規制の問題から、野外での使用を非常に困難にしている。

筆者らは、PN_s, ON_s が熱により NO₂ に分解する特性を利用して、熱分解装置とキャピティ減衰位相シフト分光法 (CAPS 法) による NO₂ 測定装置²¹⁾ を組み合わせた PN_s, ON_s 濃度測定装置 (TD-CAPS 法) を開発した。本方法では、ガスクロマトグラフを用いた測定とは異なり、PN_s や ON_s の種類別測定はできないが、NO₂ 検出器の時間分解能が高ければ、高時間分解能で PN_s, ON_s の総量の連続測定が可能である。PN_s, ON_s を熱分解して生成した NO₂ を測定する手法としては、21 世紀初頭に熱分解/レーザー誘起蛍光法 (TD-LIF 法) による測定装置が先に開発されているが²²⁾、NO₂ の検出装置として LIF 法の代わりに操作が簡便な CAPS 法を用いることで、野外での連続観測が容易に行えるようになった²³⁾。

TD-CAPS 法の装置の概要を図 5 に示す。本装置では室温および 160 °C、360 °C に加熱された、計 3 本の石英管を設置し、それぞれを NO₂ ライン、PN_s ライン、ON_s ラインとした。三つのラインを通った試料大気は、電磁弁によって切り替えられ CAPS-NO₂ 計に送られる。NO₂ ラインを通った試料大気からは大気中の NO₂ 濃度のみが測定される。PN_s ラインでは PN_s が熱分解され NO₂ へと変換されるため、大気中の NO₂ と PN_s 濃度の和に相当する NO₂ 濃度が測定される。ON_s ラインでは PN_s に加え ON_s も熱分解され、大気中の NO₂, PN_s, ON_s 濃度の和に相当する NO₂ 濃度が測定される。各ラインで観測された NO₂ 濃度の差分をとることで、PN_s と ON_s の濃度を定量する。具体的には、以下の式 (3)、(4) により PN_s, ON_s 濃度を求める。

$$[PN_s] = [PN_s + NO_2] - [NO_2]$$

$$= [NO_2]_{PN_s \text{ ライン}} - [NO_2]_{NO_2 \text{ ライン}} \dots\dots\dots (3)$$

$$[ON_s] = [ON_s + PN_s + NO_2] - [PN_s + NO_2]$$

$$= [NO_2]_{ON_s \text{ ライン}} - [NO_2]_{PN_s \text{ ライン}} \dots\dots\dots (4)$$

PN_s, ON_s に関しては、硝酸と同様に、大陸からの越境輸送の寄与を調べるため、石川県能登半島珠洲市において連続観測を実施した。その観測結果の一例を図 6 に示す。こちらも詳細は既報²⁴⁾にあるためごく簡単に述べるが、観測期間中における PN_s, ON_s の NO_y に対する割合は平均でそれぞれ約 15, 11 % であった。PN_s, ON_s はこれまで観測事例が少ないこともあり、あまり注目されていないが、NO_y に対する割合を考えると、決して無視できない存在であることがわかる。また、大陸からの越境輸送に関しては、PN_s, ON_s の季節変動、日内変動や後方流跡線解析から、寒候期においては PN_s, ON_s の濃度変動は越境輸送に支配されている一方、暖候期においては越境輸送ではなく、比較的近傍での光化学生成に支配されていることが明らかとなった。

PN_s, ON_s についても、ごく最近長崎県五島列島福江島において連続観測を開始している。HNO₃(g) や NO₃⁻(p) とも同時観測を行うことで、無機・有機硝酸の動態に関する知見を深めることができると考えている。

3 おわりに

本稿で紹介した窒素酸化物種測定装置の時間分解能は、精度や実際の濃度レベルにもよるが、最短で分単位での測定が可能である。また、本稿では紙面の都合上、窒素酸化物種の測定装置について、筆者らがこれまでに開発してきたものに限定して述べてきたが、近年これら以外の様々な窒素酸化物種の測定装置が開発されている。

窒素酸化物種の動態は不明な点が多く、国内外での精力的な観測が望まれる。また、化学輸送モデリング研究との連携も、窒素酸化物種については、現状で十分とは言えず、今後の観測の積み重ねや、モデリング研究との有機的な連携が、窒素酸化物種の詳細な動態解明につながり、ひいては SDGs 達成の一部に貢献できることも

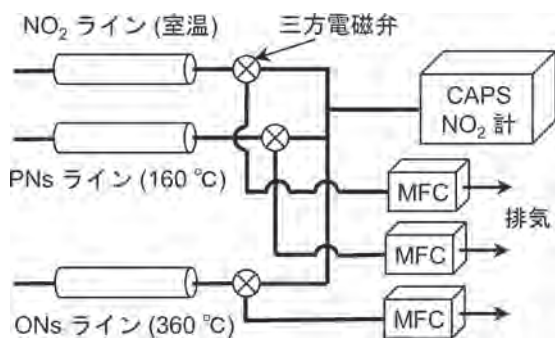


図 5 PN_s, ON_s 濃度測定装置の概略図
MFC はマスフローコントローラーを示す

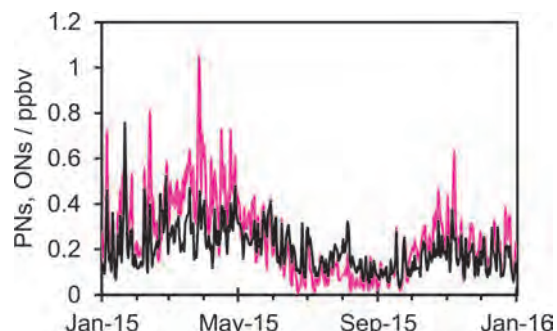


図 6 珠洲で測定された PN_s (赤線)、ON_s (黒線) の濃度変動

期待される。

文 献

- 1) B. Zheng, D. Tong, M. Li, F. Liu, C. Hong, G. Geng, H. Li, X. Li, L. Peng, J. Qi, L. Yan, Y. Zhang, H. Zhao, Y. Zheng, K. He, Q. Zhang : *Atmos. Chem. Phys.*, **18**, 14095 (2018).
- 2) 環境省：“平成 25 年度大気汚染状況”，〈https://www.env.go.jp/air/osen/jokyo_h25/index.html〉, (accessed 2022. 7. 13).
- 3) 環境省：“令和 2 年度 大気汚染状況について”，〈https://www.env.go.jp/air/osen/jokyo_r1_1/post_97.html〉, (accessed 2022. 7. 13).
- 4) I. Uno, Z. Wang, S. Itahashi, K. Yumimoto, Y. Yamamura, A. Yoshino, A. Takami, M. Hayasaki, B.-G. Kim : *Sci. Rep.*, **10**, 6450 (2020).
- 5) J. Matsumoto, N. Kosugi, A. Nishiyama, R. Isozaki, Y. Sadanaga, S. Kato, H. Bandow, Y. Kajii : *Atmos. Environ.*, **40**, 3230 (2006).
- 6) W. Steffen, K. Richardson, J. Rockström, S. E. Cornell, I. Fetzer, E. M. Bennett, R. Biggs, S. R. Carpenter, W. de Vries, C. A. de Wit, C. Folke, D. Gerten, J. Heinke, G. M. Mace, L. M. Persson, V. Ramanathan, B. Reyers, S. Sörlin : *Science*, **347**, 1259855 (2015).
- 7) L. Persson, B. M. C. Almqvist, C. D. Collins, S. Cornell, C. A. de Wit, M. L. Diamond, P. Fantke, M. Hasselöv, M. MacLeod, M. W. Ryberg, P. S. Jørgensen, P. Villarrubia-Gómez, Z. Wang, M. Z. Hauschild : *Environ. Sci. Technol.*, **56**, 1510 (2022).
- 8) A. Ito, K. Nishina, K. Ishijima, S. Hashimoto, M. Inatomi : *Prog. Earth Planet. Sci.*, **5**, 55 (2018).
- 9) 環境省：“環境大気常時監視マニュアル 第 6 版”，(2010).
- 10) 国立環境研究所：“大気汚染常時監視データ”，〈<https://tenbou.nies.go.jp/download/>〉, (accessed 2022. 7. 21).
- 11) Y. Sadanaga, Y. Fukumori, T. Kobashi, M. Nagata, N. Takenaka, H. Bandow : *Anal. Chem.*, **82**, 9234 (2010).
- 12) 定永靖宗, 上野友之, 佐藤啓市 : 大気環境学会誌, **52**, 81 (2017).
- 13) R. Dörich, P. Eger, J. Lelieveld, J. N. Crowley : *Atmos. Meas. Tech.*, **14**, 5319 (2021).
- 14) Y. Sadanaga, A. Yuba, J. Kawakami, N. Takenaka, M. Yamamoto, H. Bandow : *Anal. Sci.*, **24**, 967 (2008).
- 15) Y. Sadanaga, H. Imabayashi, T. Suzue, H. Kimoto, T. Kimoto, N. Takenaka, H. Bandow : *Geophys. Res. Lett.*, **35**, L21810 (2008).
- 16) A. Yuba, Y. Sadanaga, A. Takami, S. Hatakeyama, N. Takenaka, H. Bandow : *Anal. Chem.*, **82**, 8916 (2010).
- 17) Y. Sadanaga, R. Takaji, A. Takami, H. Bandow : *Aerosol Air Qual. Res.*, **17**, 2981 (2017).
- 18) R. Nojiri, K. Osada, Y. Kurosaki, M. Matsuoka, Y. Sadanaga : *Atmos. Environ.*, **274**, 118988 (2022).
- 19) 前田淳, 坂東 博, 渡辺征夫, 駒崎雄一, 村野健太郎, 畠山史郎 : 大気環境学会誌, **36**, 22 (2001).
- 20) H. Tanimoto, H. Furutani, S. Kato, J., Hirokawa, Y. Makide, H. Akimoto : *J. Geophys. Res.*, **107**, 4747 (2002).
- 21) P. L. Kebarian, S. C. Herndon, A. Freedman : *Anal. Chem.*, **77**, 724 (2005).
- 22) D. A. Day, P. J. Wooldridge, M. B. Dillon, J. A. Thornton, R. C. Cohen : *J. Geophys. Res.*, **107**, 4046 (2002).
- 23) Y. Sadanaga, R. Takaji, A. Ishiyama, K. Nakajima, A. Matsuki, H. Bandow : *Rev. Sci. Instrum.*, **87**, 074102 (2016).
- 24) Y. Sadanaga, A. Ishiyama, R. Takaji, A. Matsuki, S. Kato, K. Sato, K. Osada, H. Bandow : *Atmos. Environ.*, **196**, 20 (2019).



定永靖宗 (Yasuhiro SADANAGA)

大阪公立大学大学院工学研究科 (〒599-8531 大阪府堺市中区学園町 1-1)。東京大学大学院理学系研究科化学専攻博士課程修了。博士 (理学)。《現在の研究テーマ》大気中窒素酸化物種および光化学オキシダントの動態解明。《主な著書》“大気環境の事典”，(分担執筆)，(朝倉書店)。E-mail : sadanaga@omu.ac.jp

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

1 はじめに

抗体医薬品は標的細胞への特異的な吸着性と患者自身の免疫機能を利用することを特長とする医薬品であり、2000年頃よりガンや自己免疫疾患などの治療薬として実用化され、17兆円（2020年、世界）を超える巨大市場を形成している。2022年現在においても6000件を超える治験が実施されており、今後も年率10%を超える高成長率での市場拡大が見込まれている。一方で、軽鎖2本および重鎖2本から成る分子量約15万の抗体分子は非常に複雑な構造であり（図1(a)）、生産される抗体医薬品の品質を担保するための分析が欠かせない。特に、抗体医薬品のFc領域に付加される糖鎖の構造が抗体医薬品の薬効、物理化学的安定性、免疫原性、血中半減期など、重要な物性に影響することが報告されており^{1)~3)}、生産ロットごとに詳細かつ多方面からの分析を行う必要がある。

抗体糖鎖が薬効に関与する機序については、抗体のFc領域と免疫反応にかかわるエフェクター細胞の表層に発現するFc受容体との相互作用が変化するためと考えられている⁴⁾。すなわち、薬効が高い抗体分子はFc受容体と強く結合し、結果としてエフェクター細胞をガ

ン細胞などの標的細胞に強く引き付けることができる。抗体医薬品の大部分を占めるIgG型抗体に結合するFc受容体としてはFcγRI、FcγRIIa、FcγRIIb、FcγRIIc、FcγRIIIaおよびFcγRIIIbが知られているが、特に重要なFc受容体はナチュラルキラー細胞（NK細胞）の表層に発現しているFcγRIIIaであり（図1(b)）、抗体医薬品の活性を一定に保つためには本受容体と抗体医薬品の相互作用を一定にコントロールする必要がある。

一般に抗体医薬品はCHO細胞などの培養細胞で生産されるが、その糖鎖構造は不均一であり、かつ1分子に2か所の修飾を受けることから非常に多様な分子種の混合物となっている。さらに、生産細胞株の種類はもとより、pHや通気量、栄養源濃度などの各種培養条件も糖鎖構造に影響する⁵⁾。そのため、医薬品製造時の品質のバラつきを抑制し、糖鎖構造の組成比を一定に制御するための生産技術や品質管理技術が求められる。

抗体医薬品とFc受容体の相互作用解析はELISA法や表面プラズモン共鳴（SPR）法が用いられている。しかしながら、これらの解析法は構造的に不均一な抗体混合物の平均値を与えるに過ぎず、成分組成に関する情報は得られない。また、糖鎖構造については酵素で切断後に蛍光標識しLC-MSで分析する手法が用いられているが、先述したとおり抗体分子は2か所の糖鎖修飾を受けているため、インタクト抗体の組成比そのものではないことに注意が必要である。この様な既存法における制限を解消可能な分析技術として、筆者らはFcγRIIIaを充填剤に固定化したHPLC用分析カラムTSKgel® FcR-IIIa-NPRを作製し、アフィニティクロマト法による抗体医薬品の成分分析技術を開発した。本法によれば、抗体医薬品を前処理なしに直接分析でき、糖鎖構造とFcγRIIIaへの親和性に基づく組成比の情報が得られる。本稿では、本分析カラムの仕様や基本的性質、医薬品分析への応用例を紹介する。

2 Fc受容体によるアフィニティ分析技術の開発

2.1 安定化FcγRIIIaリガンドの開発

抗体医薬品の薬効にかかわるヒトFcγRIIIaは細胞外ドメインと膜貫通領域、細胞内領域から構成される。ア

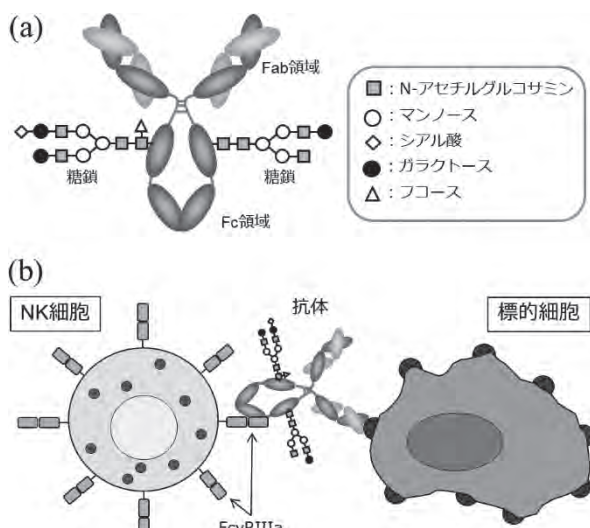


図1 抗体医薬品の構造 (a) と作用模式図 (b)

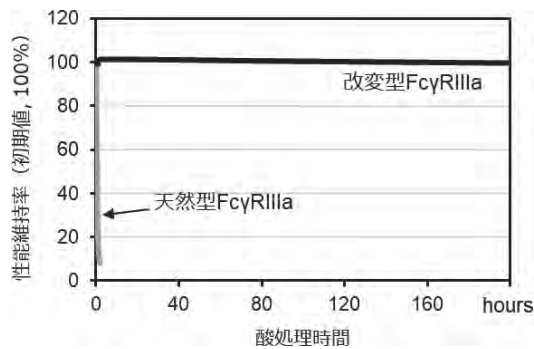


図2 FcγRIIIa リガンドの耐久性比較
酸処理条件：pH3, 25℃

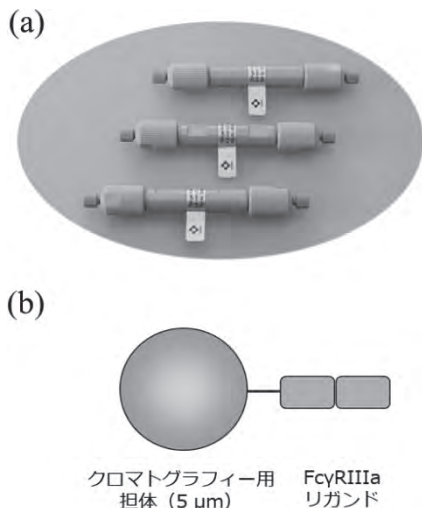


図3 開発カラムの外観 (a) と充填剤の構造 (b)

フィニッシュクロマトに用いるリガンドの構造設計に際して、抗体に結合する細胞外ドメインのみを組換えタンパク質として調製した。得られた天然型 FcγRIIIa リガンドは大腸菌などの微生物発現系で生産可能であり、かつ抗体への結合性を確認した。しかしながら、クロマト用充填剤への利用を考慮した際には安定性が十分ではなく、繰り返しクロマトグラフィーを行うと徐々に結合性が損なわれることが判明した。そこで、エラーブローン PCR による変異体ライブラリ作製とスクリーニングを繰り返す進化工学的手法によりリガンドの安定性改良を行い、顕著に安定性が向上した改変型 FcγRIIIa リガンドを創製した (図 2)。

2.2 FcγRIIIa 固定化ゲル, HPLC カラムの開発

改変型 FcγRIIIa リガンドをクロマト用充填剤に共有結合で固定し、FcγRIIIa 固定化ゲルを調製した。固相には分離性能やロット間差を考慮して非多孔性の親水性ポリマー (5 μm) を採用した。また、カラムサイズは 4.6 mm I.D.×7.5 cm とし、部材はバイオイナートな PEEK を選択した (図 3)。

本カラムの長期的な保存安定性に関してはリガンドに依るところが大きい。リガンドの安定性を考慮した保存

表 1 開発分析カラムの諸元表

製品名	TSKgel FcR-IIIa-NPR	
基 材	非多孔性親水性ポリマー (5 μm)	
リガンド	改変型ヒト FcγRIIIa	
カラム	4.6 mm I.D.×7.5 cm, PEEK 製	
出荷溶媒	0.025 % ProClin 300+0.65 mM クエン酸+9.35 mM クエン酸三ナトリウム (pH6.5)	
標準使用条件	溶離液 A	50 mM クエン酸緩衝液 (pH6.5)
	溶離液 B	50 mM クエン酸緩衝液 (pH4.5)
	流 速	1.0 mL/min
	グラジエント	0-2分 B0%, 2-20分 B0→100% (リニア), 20-25分 B100%, 25-30分 B0%

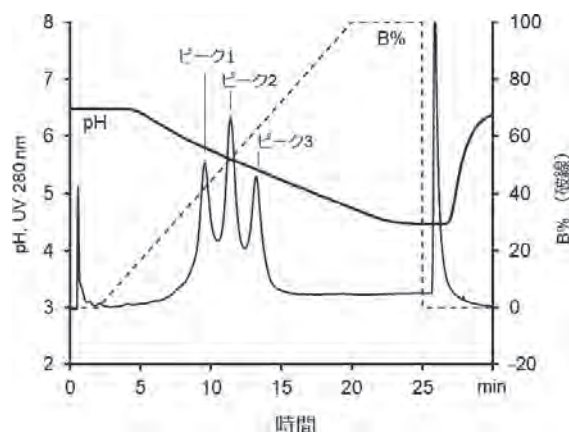


図4 抗体医薬品 A の分析例
分析温度 25℃, その他条件は表 1 に記載

溶液組成を種々検討した結果、0.65 mM クエン酸、9.35 mM クエン酸三ナトリウム (pH6.5) に防腐剤として 0.025 % ProClin300 を添加した水溶液を保存溶液 (出荷溶媒) として使用することとし、保管温度は冷蔵 (2~8℃) とした。

本製品は東ソー株式会社より TSKgel FcR-IIIa-NPR として販売している (表 1)。

3 抗体医薬品の分析

多くの抗体は中性付近 (pH6.0~7.5) で FcγRIIIa に吸着し、酸性条件下 (pH4.0~5.0) で脱着するため、TSKgel FcR-IIIa-NPR によるアフィニティ分析は pH の異なる 2 液による pH グラジエント溶出法で行う。溶離液には種々の緩衝液が使用できるが、幅広い pH 範囲で緩衝能を有するクエン酸ナトリウム緩衝液が好適である。また、LC-MS 分析を行う場合には揮発性の酢酸アンモニウムを用いた緩衝液も用いることができる。

TSKgel FcR-IIIa-NPR を用いて pH グラジエント法による抗体医薬品 A のアフィニティ分析を試みた結果、三つのピークを検出した (図 4)。そこで、さらなる詳細解析を行うために各ピーク成分を単離して各種解析を行った。まず、改変型 FcγRIIIa リガンドに対する親和

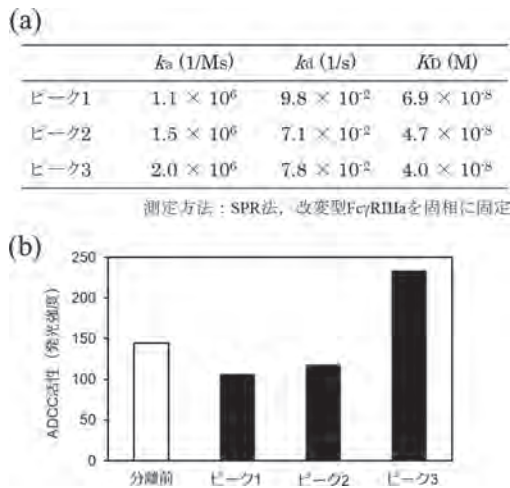


図5 抗体医薬品A分離成分の解析

(a) FcγRIIIa 親和性, (b) ADCC 活性：抗体濃度 4.1 ng/mL, 反応時間 6 時間

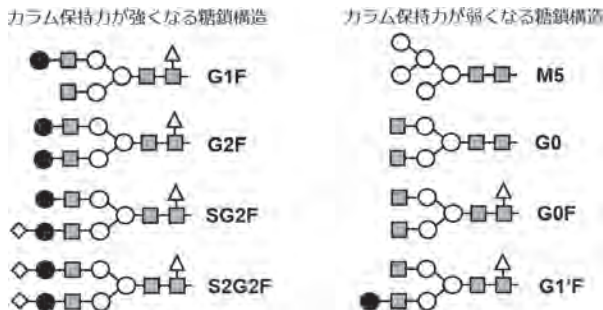


図6 抗体の糖鎖構造とカラム保持力の関連性
単糖を示すシンボルマークは図1 参照

性を表面プラズモン共鳴装置にて解析したところ、カラムから早く溶出した抗体は中性条件 (pH7.4) においても親和性が弱いことが判明した (図5(a)). すなわち、クロマトグラムの保持時間と FcγRIIIa への親和性が正の相関を示すことが明らかとなった. 続いて、各ピーク成分の抗体依存性細胞傷害活性 (ADCC 活性) を測定したところ、クロマトグラムの保持時間と ADCC 活性も正の相関を示すことが判明し、FcγRIIIa への結合性が高い程、活性が高くなる結果が得られた (図5(b)). 最後に、各ピーク成分の糖鎖構造を解析した結果、カラム保持力が強くなる構造と弱くなる構造が明らかとなった (図6). 抗体医薬品の Fc 領域には N-結合型糖鎖が付与されるが、糖鎖末端部に位置するガラクトース残基の有無が FcγRIIIa への親和性に影響することが判明した.

開発したアフィニティクロマト法を用いて種々のモノクローナル抗体を分析した結果、糖鎖構造の組成比に基づいて様々な分離パターンを示した (図7). 本法は抗体医薬品を特別な前処理なく直接分析可能な点に特長があり、医薬品のロット間差など糖鎖構造のバラつきを評価可能であることが示唆された.

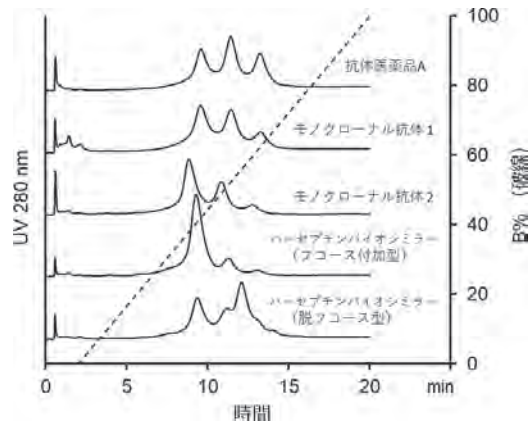


図7 各種モノクローナル抗体の分析例
分析温度 25 °C, その他条件は表1に記載

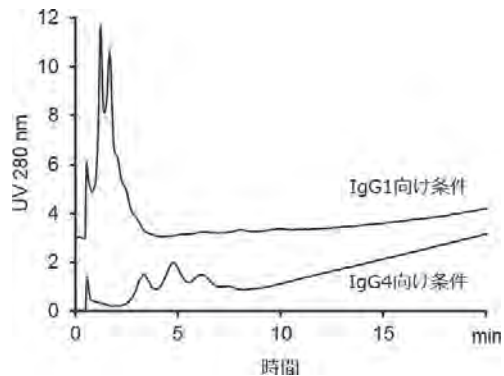


図8 IgG4 抗体の分析例

上段：分析条件は表1に記載, 下段：溶離液 A を 20 mM クエン酸緩衝液 (pH6.5) に変更, その他は表1と同一, ともに分析温度 25 °C

4 分析条件に関する検討

種々の検討から、FcγRIIIa リガンドと抗体の親和性は pH だけでなく、温度やイオン強度の影響を受けることが判明している. そのため、本アフィニティ分析を実施する際には、溶離液の調製を厳密に行うこと、およびカラムオープンを利用して恒温条件で分析を行うことが肝要である. また、抗体培養液などのクルードサンプルを直接分析する場合においては、夾雑成分が非特異的にカラムに吸着して抗体成分の保持力が徐々に低下する可能性がある. この様なケースにおいては、溶離液に 150 mM 程度の NaCl を添加するなど、高イオン強度条件下で分析することで非特異的な吸着を抑制でき、安定した分析を繰り返し実施できる. 一方で、イオン強度を上げるとカラム保持力が低下する傾向があるため、保持時間のシフトに注意する必要がある.

この様な特性を上手く利用することで、様々な抗体医薬品の分析が可能となる. 一例として、ヒト IgG4 抗体の分析事例を紹介する. 一般に IgG4 抗体は FcγRIIIa に対する親和性が低く、ADCC 活性も低いことが知られている⁶⁾⁷⁾. 実際に IgG1 抗体向けの分析条件で IgG4 を分析すると、カラム保持力が十分でないため分析が困

表 2 開発分析カラムの諸元表

製品名	TSKgel FcR-III A-5PW	
基 材	多孔性親水性ポリマー (10 μm)	
リガンド	改変型ヒト FcγRIIIa	
カラム	7.8 mm I.D.×7.5 cm, PEEK 製	
出荷溶媒	0.025 % ProClin 300+0.65 mM クエン酸+9.35 mM クエン酸三ナトリウム (pH6.5)	
標準使用条件	溶離液 A	50 mM クエン酸緩衝液 (pH6.0)
	溶離液 B	50 mM クエン酸緩衝液 (pH4.0)
	流 速	0.3 mL/min
	グラジエント	0-10 分 B0 %, 10-130 分 B0 → 100 % (リニア), 130-150 分 B100 %, 150-180 分 B0 %

難であるが、低イオン強度条件で保持力を増大させることで分析が可能であった (図 8)。

5 分取クロマト用製品への展開

TSKgel FcR-III A-NPR は表面積の比較的小さい非多孔性ベースゲルを用いているため高い分離能が得られるが、一方で、一度のクロマト操作で分離できる抗体量が約 50 μg 程度に制限される。そのため、各ピーク成分を分離精製した上での詳細解析が困難であった。特に、FcγRIIIa によるアフィニティクロマト分析法を医薬品の品質管理に適用するためには分析法バリデーション⁸⁾に基づいた検証が求められ、規格値策定には各ピーク成分の構造や機能についての詳細データが不可欠である。一般に抗体医薬品の親和性解析や活性測定に必要な抗体量は少量であるが、糖鎖構造の詳細解析には約 1 mg の抗体を要する。そのため、mg オーダーでの成分分取が可能な分取用カラムを開発した。

具体的には、ベースゲルを多孔質化して表面積を増大させることで抗体吸着量の向上を図るとともに、分取用クロマト装置での使用を想定して圧力損失が小さい粒子径 10 μm 品を選択した。また、カラムサイズを 7.8 mm I.D. × 7.5 cm (3.6 mL 容) に拡大し、結果として分離可能な抗体量を FcR-III A-NPR 比で 100 倍量となる 5 mg/回まで向上させることに成功した。

本製品は TSKgel FcR-III A-5PW として販売している (表 2, 図 9)。

6 ま と め

近年、抗体医薬品における糖鎖構造の重要性が広く認知され、製薬企業各社では様々な製造技術による糖鎖構造と品質のコントロールが為されている。しかしながら、培養生産中の糖鎖修飾反応は細胞内で段階的に進行し、かつ厳格な制御機構がないことから、糖鎖構造の完全な均一化は困難である。この様な背景のもと、今回開発した FcγRIIIa を用いたアフィニティクロマト分析技

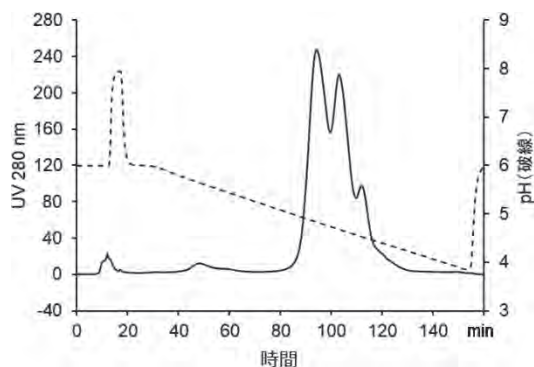


図 9 FcR-III A-5PW によるモノクローナル抗体の分離例
抗体量 5 mg, 温度 25 °C, 分離条件は表 3 に記載

術は簡便で迅速な抗体糖鎖の分析を可能とし、抗体医薬品の品質向上の一助になると期待している。また、本法は抗体医薬品の品質管理だけでなく、抗体生産細胞株のスクリーニングや培養生産中の糖鎖構造モニタリングなど、製薬企業における研究開発や製造工程管理においても応用が可能である。

本分析法に関して、現在までに複数の研究機関から技術論文が報告されており^{9)~14)}、今後、本格的な社会実装が期待される。是非、これらの論文も参照されたい。

謝辞 本研究開発の推進に多大なるご尽力とご協力を賜りました東京大学大学院工学系研究科の津本浩平教授、Jose M. M. Caaveiro 博士 (現、九州大学薬学研究院准教授)、木吉真人博士 (現、国立医薬品食品衛生研究所生物薬品部)、長門石暁博士 (現、東京大学医科学研究所特任准教授) に心から感謝申し上げます。また、本研究開発の一部は AMED (課題番号 JP17ac 0101003) 支援の下、次世代バイオ医薬品製造技術研究組合で行われました。

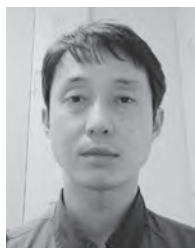
文 献

- 1) M. Schiestl, T. Stangler, C. Torella, T. Cepeljnik, H. Toll, R. Grau : *Nat. Biotechnol.*, **29**, 310 (2011).
- 2) J. Fang, J. Richardson, Z. Du, Z. Zhang : *Biochemistry*, **55**, 860 (2016).
- 3) D. Reusch, M. Tejada : *Glycobiology*, **25**, 12, 1325 (2015).
- 4) R. L. Shields, J. Lai, R. Keek, L. Y. O'Connell, K. Hong, Y. G. Meng, S. H. A. Weikert, L. G. Presta : *J. Bio. Chem.*, **277**, 30, 26733 (2002).
- 5) P. Hossler, S. F. Khattak, Z. Jian : *Glycobiology*, **19**, 9, 936 (2009).
- 6) M. Brueggemann, G. T. Williams, C. I. Bindon, M. R. Clark, M. R. Walker, R. Jefferis, H. Waldmann, M. S. Neuberger : *J. Exp. Med.*, **166**, 1351 (1987).
- 7) P. Bruhns, B. Iannascoli, P. England, D. A. Mancardi, N. Fernandez, S. Jorieux, M. Daeron : *Blood*, **113**, 16, 3716 (2009).
- 8) International Conference on Harmonization of Technical Requirement for Registration of Pharmaceuticals for Human Use (ICH), Q2 (R2).
- 9) M. Kiyoshi, J. M. M. Caaveiro, M. Tada, H. Tamura, T. Tanaka, Y. Terao, K. Morante, A. Harazono, N. Hashii, H. Shibata, D. Kuroda, S. Nagatoishi, S. Oe, T. Ide, K. Tsumoto, A. Ishii-Watabe : *Sci. Rep.*, **8**, 3955 (2018).
- 10) R. Wada, M. Matsui, N. Kawasaki : *mAbs*, **11**, 2, 350 (2019).

- 11) H. Kosuge, S. Nagatoishi, M. Kiyoshi, A. Ishii-Watabe, T. Tanaka, Y. Terao, S. Oe, T. Ide, K. Tsumoto : *Biotechnol. Prog.*, e3016 (2020).
- 12) D. W. Woodall, T. M. Dillon, K. Kalenian, R. Padaki, S. Kuhns, D. J. Semin, P. V. Bondarenko : *mAbs*, **14**, 1, e2004982 (2022).
- 13) B. Yao, D. Zhang, W. Cao, G. Yang, W. Li, X. Hui, P. Ouyang, G. Chen, B. Liu : *BioMed Res. Int.*, ID 7868391 (2022).
- 14) A. Chakrabarti, J. Kervinen, E. Mueller, T. Tanaka, K. Muranaka : “*Monoclonal Antibodies*”, Chapter 4, p81 (2021), (IntechOpen, London).



村中和昭 (Kazuaki MURANAKA)
 東ソー株式会社バイオサイエンス事業部
 第二開発部 (〒746-8501 山口県周南市
 開成町 4560). 茨城大学理学部化学科 (学
 士). 《趣味》家庭菜園, 釣り.
 E-mail : kazuaki-muranaka-xf@tosoh.co.jp



田中 亨 (Toru TANAKA)
 東ソー株式会社ライフサイエンス研究所
 (〒252-1123 神奈川県綾瀬市早川 2743-
 1). 東京農工大学大学院工学府 (修士).
 《現在の研究テーマ》 改変タンパク質を用
 いたアフィニティークロマト用充填剤の開
 発. 《趣味》ランニング, サッカー, ス
 ノーボード.
 E-mail : tooru-tanaka-pb@tosoh.co.jp



井出輝彦 (Teruhiko IDE)
 東ソー株式会社執行役員ライフサイエン
 ス研究所長兼東京研究センター長 (〒252
 -1123 神奈川県綾瀬市早川 2743-1).
 千葉大学大学院園芸学研究科農芸化学専
 攻 (理学博士). 《主な著書》 “コンビナト
 リアル・バイオエンジニアリング”. (化
 学同人).
 E-mail : teruhiko-ide-zj@tosoh.co.jp

会社ホームページ URL :

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

関連製品ページ URL :

<https://www.separations.asia.tosohbioscience.com/>

ICP 発光分光分析による有機溶媒の直接導入分析

古川 真

1 はじめに

ICP 発光分光分析法 (ICP-OES : inductively coupled plasma optical emission spectroscopy) は多元素同時分析ができることから、環境分析や材料分析、食品の品質管理など多様な分野で活躍している^{1)~3)}。近年の ICP-OES 装置は、誰でも簡単に使えるソフトウェアが搭載され、データの取得が容易となってきた。その一方で、使いこなすための基礎やノウハウが十分に伝承されず、適切に活用できていない場合もある。一般的に、ICP-OES の測定に用いるサンプルは、水溶液または、固体を酸分解した酸溶液である⁴⁾。しかし、作業の迅速化や簡便化などの観点から、有機溶媒に溶解させた試料をそのまま直接測定する用途が増えてきている。例えば、原油や潤滑油などに含まれる微量元素を分析する際に、乾式灰化や湿式分解などを行わず、ケロシンで希釈するだけで ICP-OES によって測定が行われている。また、固体材料の場合であっても有機溶媒に溶かし材料中の微量元素を測定することもある。測定対象サンプルが有機溶媒に溶ける場合、煩雑で時間と技術を必要とする各種分解作業を行うよりも、単純に有機溶媒で希釈し測定するほうが、時間を節約でき、汚染リスクも少なくできる (図 1)。しかし、有機溶媒で溶解させるだけで ICP-OES に導入できる手軽さはあるものの、実際に導入してみると

様々な問題に直面することがある。

有機溶媒を直接 ICP-OES 装置に導入する場合、プラズマを安定的に保持できる設定にする必要があり、水溶液測定時以上に測定条件の最適化の作業が重要である⁵⁾。プラズマの状態は、水溶液導入時とは異なっており、特有の問題が発生する。有機溶媒は多量の炭素を含むため、水溶液測定時には見られなかった炭素由来の発光線の出現や、バックグラウンドの上昇、プラズマ温度が低下することによる感度低下が起こり得る。そのため、単純にプラズマが保持できていれば良いというわけではない。たとえば、水溶液の標準液で調製した検量線を用い、有機溶媒希釈サンプルを定量すると、上記のようなプラズマ状態の違いから、正確な測定が妨げられる。また、標準液とサンプルとで異なる有機溶媒で調製し測定することも適切ではない。

プラズマを保持するためには、プラズマ内に導入する有機溶媒量のある程度制限する必要がある。特にスプレーチャンバー内で大部分が気化してしまうような揮発性の高い有機溶媒の場合、プラズマが消灯しやすい傾向がある。目安として沸点 100 °C 以下の有機溶媒は導入が難しくなる事が多く、スプレーチャンバーを冷却す



図 1 ICP-OES へ導入するための前処理



図 2 パーキンエルマー ICP-OES Avio 550 Max
フラットプレートプラズマ搭載・多元素同時分析型 ICP-OES

表 1 条件設定のポイント

項目	水溶液	有機溶媒	ポイント
プラズマガス流量/ L min ⁻¹	8 ~ 10	10 ~ 15	デフォルト設定値よりも2 ~ 5 L/分ほど上げるとプラズマが消えにくくなる。フラットプレートプラズマの場合は水系と同等で可。
補助ガス流量/ L min ⁻¹	0.2	0.2 ~ 1.0	増やすことでミドルチューブ、インジェクター先端部へのススの発生を抑える。また、トーチ由来のSiのブランク検出を抑えることができる。
キャリアーガス流量/ L min ⁻¹	0.60	0.30 ~ 0.45	インジェクター内径が細いものを使う場合、適正流量にするために低めの設定とする。低流量でも安定噴霧できる同軸ネプライザーを使用することが望ましい。
RF 出力/W	1300 ~ 1500	1500	出力が高いほうが望ましい。
インジェクター内径/ mm	2.0	0.8 or 1.2	内径を細くしキャリアーガスの線速度を上げることでプラズマへ導入しやすくする効果がある。
チャンバー温度	室温	-5℃ ~ 室温	揮発性の高い溶媒（おおむね沸点 100℃ 以下）の場合は冷却をするほうがプラズマは安定しやすい。フラットプレートプラズマの場合は、室温でも測定できる溶媒が多い。
酸素導入	なし	溶媒により必要	ススの発生防止のため、分子骨格に酸素が無い溶媒は必要となる。

ることによって気化を抑える対策などがプラズマ保持に効果がある。プラズマの保持力に関しては、各社装置によって差があるため、装置ごとに対策が異なる。パーキンエルマー社製 ICP-OES Avio シリーズ (図 2) においては、多種多様な有機溶媒の導入に対しても強靱なプラズマを生成し、室温のスプレーチャンバーでプラズマが保持できるため、最小の追加物品の購入コストで有機溶媒で希釈した試料の測定にチャレンジできる。

本稿では、一般的な ICP-OES 装置で有機溶媒中に含まれる微量元素を感度良く精密に測定するためのテクニックと、測定条件設定の考え方について紹介する。

2 有機溶媒の ICP-OES 測定条件

ICP-OES の設定条件について、水溶液試料の分析時と比較し表 1 にポイントをまとめた。また、プラズマ条件設定に重要な設定箇所について図 3 に示した。各設定条件（キャリアーガス流量、補助ガス流量、試料導入量など）は、使用する有機溶媒によって、粘性や沸点が異なるため、一般的な設定の考え方について記載する。

2.1 高周波出力 (RF 出力)

高周波出力は有機溶媒を分解するためのエネルギーとして利用されるため、可能な範囲で高い設定にするほうが良く、安定性が高くなる傾向にある。ただし、プラズマ温度を低めに設定したい場合などはこれにこだわる必要はない。

2.2 プラズマガス流量

プラズマガスは三重管トーチ内の外周を回るアルゴンガスである。このガスの旋回流を速くすると、プラズマの保持が安定するとともに、プラズマ中心部（ドーナツ構造）へキャリアーガスの導入がしやすくなる。このた

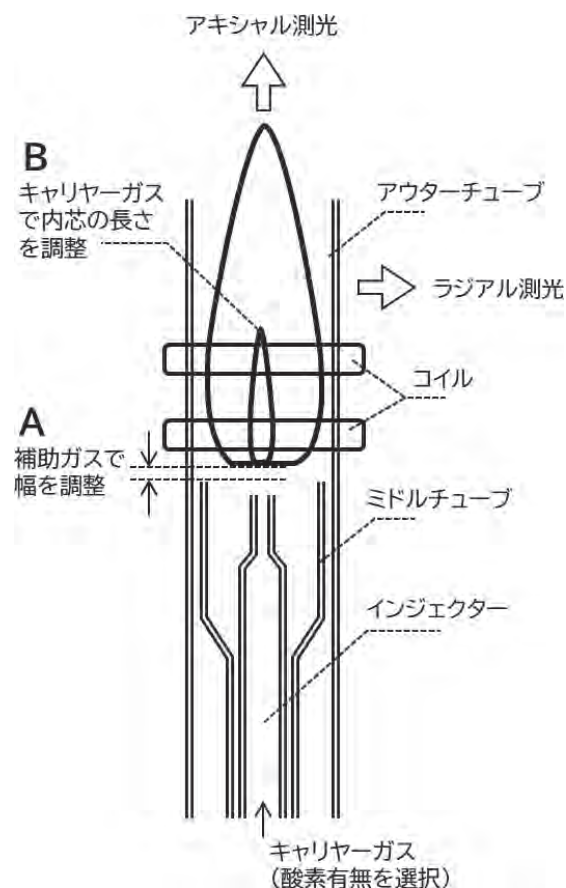


図 3 プラズマ条件設定箇所

め、プラズマガス流量を高く設定するほうが良い。初めて有機溶媒を導入する際には、プラズマガス流量を通常よりも高く設定しておき、プラズマが消えない範囲で低流量化できるかを試し、どの程度のプラズマガス流量であればプラズマが保持できるかを検証する。なお、パーキンエルマー Avio シリーズの場合においては、多くの有機溶媒で 10 L/分のプラズマガス流量でプラズマを保持可能だが、さらに 1~2 L/分程度増やすとプラズ

マは消えにくくなる。

2・3 酸素ガス導入

プラズマでは酸素が不足しているため導入された有機溶媒は完全燃焼していないことが多い。このため有機溶媒によってはススが発生し、トーチや、インジェクター先端部に付着し閉塞を起こす可能性がある。比較的、分子骨格内に酸素を有する有機溶媒（メタノールやエタノール）や、燃料に用いられるケロシンなどは、ススが発生しにくい傾向にあるが、これらにポリマーなどを溶解測定する場合、不完全燃焼を起こしサンプル由来の炭素によりススが発生することがある。

一方で、芳香族化合物の有機溶媒（キシレンなど）は、それ自体ススの発生が多く、プラズマへ導入直後からトーチに黒いススの付着が見られてくる。このススの発生を抑制するために、キャリアガスに酸素ガスを混合導入すると、ススが燃焼し発生・蓄積を抑える効果が得られる。Avio シリーズの場合は、添加ガス導入ポートを有するサイクロンスプレーチャンバーを使用し、酸素流量計を用い酸素ガスを導入することができる。酸素ガスの導入量は、キャリアガスの 1/10 以下程度の 0.01~0.05 L/分と少量で十分であり、この酸素の導入は、スス発生防止だけではなく、元素・波長によっては炭素の発光を抑え S/N 比を改善する効果が得られる波長もある。また、酸素ガスの導入有無で、プラズマに見られる緑色の発光の様子も変化する。酸素ガスの導入口や推奨ガス純度は装置メーカーにより異なり、補助ガスにアルゴン/酸素混合ガスを導入する装置もある。

2・4 補助ガス流量

補助ガス流量は、プラズマとミドルチューブ、インジェクターの間の距離（図 3-A 部）を広げる役割を持つ。補助ガス流量を増やすことで、プラズマの下端（インジェクター側）にススを発生しにくくする効果が得られる。この場所では、プラズマの表皮構造の影響により、有機溶媒の一部がはじかれ、トーチに付着しススが発生する。このため、補助ガス流量を高く設定することが望ましいが、高くしすぎるとプラズマが消えやすくなるため注意が必要である。また、ケイ素（Si）のプランクが高い場合は、ミドルチューブとプラズマの下端が近接していることが影響している場合もある。

2・5 キャリヤーガス流量およびインジェクター内径

有機溶媒のプラズマへの導入量の制御は、主にキャリアガス流量での調整となる。キャリアガス流量が多く有機溶媒が導入されすぎるとプラズマは維持できず消灯する。そのため、キャリアガス流量は低めに設定する必要がある。しかし、トーチの最内管であるインジェクター内径が 2.0 mm の場合、キャリアガス流量を少

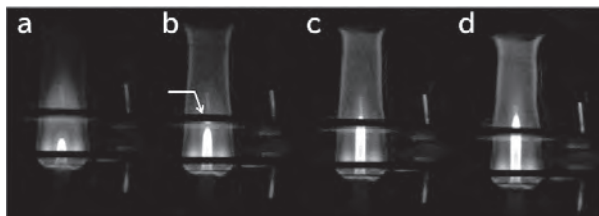


図 4 キャリヤーガス流量を変化させたときの内芯長さの様子
プラズマの先端部分はシールドガスシステムによりカットされている（PerkinElmer ICP-OES の場合）。

なくすると、プラズマ中心にドーナツ構造のうまく形成することができなくなり、有機溶媒が広がりプラズマを押し消すことがある。そこで、三重管トーチが分離タイプの場合は、内径 0.8~1.2 mm 程度の細かいインジェクターと交換し、キャリアガスの線速度を上げることで、低流量のキャリアガスであっても効率的にドーナツ構造を形成させ安定点灯し、十分な発光強度を得ることができるようになる。有機溶媒はネブライザー噴霧後にスプレーチャンバーで除去される割合が低く、キャリアガス流量自体を抑えても目的元素の感度は水溶液と比べて極端に低下することはない。

キャリアガス流量はプラズマの保持に関与するだけでなく、測定感度に最も直結する設定である。プラズマに有機溶媒が導入されると、プラズマ全体が白色光から緑色に変化し、プラズマの中心部には砲弾型の明るい可視光の発光が見られるようになる（図 3-B 部）。この砲弾型の発光部の長さは、インジェクター内径とキャリアガス流量によって異なる。実際に有機溶媒を導入してからプラズマを窓（またはプラズマカメラで PC モニター上）から目視し、砲弾型の先端がワークコイルの上端にかかる程度にキャリアガス流量を増減させながら調整すると、多くの元素で発光強度が高い設定になる傾向にある（図 4-b または c が適切）。キャリアガス流量が少なすぎる（図 4-a）または、多すぎる（図 4-d）の場合は、十分な発光強度が得られないことが多い。キャリアガス流量の設定が発光強度に影響する現象は、水溶液導入測定時よりも顕著に見られる。

2・6 サンプル流速

ペリスタルティックポンプを使った送液の場合は、流速 0.5~1.0 mL/分程度で使用する。その際のポンプチューブは、耐有機溶媒性のあるチューブを選択し、ソルベントフレックスチューブ、Santoprene、シリコン、Viton 等を用いる。これらのポンプチューブも溶かしてしまうような有機溶媒の場合は、ポンプチューブを使用せずに、ネブライザーコネクタのテフロンチューブのみで負圧吸引方式で溶液噴霧を行う。特に負圧吸引方式は、有機溶媒やサンプル溶解量による粘性の影響を受けやすいため、内標準補正等の物理干渉補正を合わせて実

表 2 有機溶媒の沸点、水溶性と必要構成

溶 媒	沸点 ⁽⁶⁾⁷⁾ /℃	水溶性	冷却 チャンパー*1	酸素導入*2	サンプル ポンプチューブ	ドレイン ポンプチューブ
o-キシレン	144.5	不溶		要	Solvent flex, Viton	Solvent flex, Viton
ケロシン (灯油)	150 ~ 300	不溶			Solvent flex	Solvent flex
ジメチルスルホキシド (DMSO)	189	可溶			負圧 or Santoprene	Santoprene
ジイソブチルケトン (DIBK)	169.4	不溶			負圧	Santoprene
N,N-ジメチルホルムアミド (DMF)	153	可溶			負圧	Santoprene
N,N-ジメチルアセトアミド (DMAC)	165	可溶			負圧	Santoprene
N-メチル-2-ピロリドン (NMP)	202	可溶			負圧	Santoprene
メチルイソブチルケトン (MIBK)	116.5	難溶			負圧	Santoprene
アセトニトリル	82	可溶		要	負圧	Santoprene
シクロヘキサン	81	不溶		要	負圧 or Viton	Viton
n-ヘキサン	69	不溶	要	要	負圧	Santoprene
アセトン	56	可溶	要		負圧	Santoprene
メチルエチルケトン (MEK)	80	可溶	要		負圧	Santoprene
酢酸エチル	77	難溶	要		負圧	Santoprene
テトラヒドロフラン (THF)	65	可溶	要	要	負圧	Santoprene
アセトニトリル	82	可溶	要	要	Solvent flex	Solvent flex
エタノール	78.5	可溶	要		Solvent flex	Solvent flex
メタノール	65	可溶	要		Solvent flex	Solvent flex
イソプロピルアルコール (IPA)	82.3	可溶	要		Solvent flex	Solvent flex
ベンゼン	80	難溶	要	要	Solvent flex	Solvent flex
トルエン	110.6	難溶	要	要	Solvent flex	Solvent flex
ガソリン	30 ~ 220	不溶	要		負圧	Viton

*1 フラットプレートプラズマの場合は、冷却チャンパーは不要の溶媒種は多い。

*2 ススの発生有無にかかわらず、元素・波長によっては酸素導入により感度を改善できる場合もある。

施する必要がある。

2.7 プラズマ測光方向

一般的にアキシアル測光はラジアル測光に比べ発光強度が高く、微量分析に有利である。しかし、元素・波長によって、ラジアル測光の方がバックグラウンドを低く抑えることができ、シグナルとバックグラウンドの差が見やすくなることもあるため、初回の測定では両軸方向からの観測データを取得し比較すると良い。

2.8 標準液の準備

水溶性有機溶媒の場合は、水溶液の標準液を使用し、有機溶媒で多段階希釈し調製を行う。この際、最終溶液に含まれる水分量により溶液の粘性等が異なるため、ネブライザーでの噴霧効率が変化することや、バックグラウンドシグナルの出現に違いがでることがある。そのため、標準液とサンプルの水分量は統一することが望ましい。一方、非水溶性有機溶媒の場合は、オイルベースで調製された標準液（例えば、パーキンエルマー Metallo-Organic Standards）を用い、有機溶媒で多段階希釈し調製を行う。オイルベースで調製された標準液原液は粘性が高いため、容量での採取は難しく、重量で量り取り、

有機溶媒で希釈定容することが望ましい。この際、希釈倍率の違い（≒調製濃度の違い）により物理干渉等の度合いが異なってくる。また、いずれの有機溶媒であっても、溶解させるサンプルの希釈倍率（溶解量）によっては、標準液と粘性が異なるため、液性（特に粘性）を合わせるためにベースオイル（流動パラフィンなど）を用い、液性を統一する必要がある。ベースオイル等の使用が難しい場合は、高い元素濃度の標準液原液を購入し、十分希釈した濃度で標準液を調製する工夫や、物理干渉補正として内標準補正法を併用することが重要である。

3 有機溶媒測定の実際

ICP-OESで使用できる有機溶媒は、冷却スプレーチャンパーや、キャリアーガスへの酸素導入などを行うことによって、対応できる種類が異なる。ICP-OESに使用されることが多い有機溶媒と、それに対応する構成について表2に示した。これらをもとに実際の測定手順と、測定条件例や検出下限値について紹介する。

3.1 有機溶媒の測定手順

ネブライザーにおける噴霧安定性の観点から、水溶液の測定を日頃行っている場合は、有機溶媒測定用と導入



図5 オイルベース標準液を用いた標準液の調製手順例

オイル標準 V23：パーキンエルマー品番 N9308249, V-23 Wear Metals Standard 500 $\mu\text{g/g}$ (23 元素混合, Hydrocarbon Oil, 100 g)

パーツを別個用意することが望ましい。測定の手順例を下記に概説する。

- (1) 導入パーツを有機溶媒用に交換する。水溶液測定に利用しているパーツと共有する場合は、十分乾燥させてから使うと良い。
- (2) 有機溶媒で希釈した標準液、サンプルを準備する。物理干渉補正のため、内標準補正の実施が望ましい。調製作業の一例を図5に示した。なお、図5においては、各溶液を定容したあとに内標準元素を追加添加する手順で記載しているが、体積を統一できるのであれば、添加のタイミングは定容前でも良い。
- (3) プラズマ点灯を行う。この際、有機溶媒未噴霧状態の方が点灯しやすい。負圧吸引の場合で空気が導入されることでプラズマが消えてしまう場合は、点灯時のキャリアガス流量をオフにしておくが良い。
- (4) 有機溶媒の噴霧導入を開始する。キャリアガス流量は0.3 L/分程度にしておく消えにくい。
- (5) プラズマの様子を確認しながらプラズマ条件を調整し、測定メソッドを確定する。この際、特にキャリアガス流量が感度およびプラズマ安定性に寄与するため、図3-b部に示すようにプラズマ内芯の長さを見ながら、発光強度をモニターし、感度が高くなるようにガス流量を決定する。
- (6) 分析開始。
- (7) 分析終了時は導入パーツから溶媒が抜けたことを確認してから消灯する。

3・2 各有機溶媒での測定条件と検出下限値

参考として、各溶媒での測定条件(表3)と検出下限値例(表4)を示す。ただし、プラズマガス流量は装置によって推奨条件が異なるため注意が必要である。いずれの溶媒であっても数 $\mu\text{g/L}$ 域までの測定が可能である。

3・3 有機溶媒での安定性試験

連続測定の安定性を確認することで測定条件が実際の運用に利用できるかを検証することは重要である。図6にメタノール(5%塩酸含む)中のCaを2時間に渡り測定したときの測定値変化を示す。実際の分析においては、サンプル間に定期的に校正用標準液を測定しながら、感度変化がないことを確認するようにする。プラズマの見た目においては、トーチにスガがないか、プラズマ内芯の長さに変化はないかを確認すると良い。内芯の長さが変わっている場合、インジェクターが閉塞している可能性があり、それに伴ってガス流速が変化し感度も変化している可能性も考えられる。

4 まとめ

ICP-OESで有機溶媒を直接導入するテクニックについて紹介した。有機溶媒測定ができるようになると、サンプル前処理の簡素化ができ、迅速に分析作業を実施できる。しかし、安定し感度良く測定するためには、プラズマ条件等を最適化する必要がある。有機溶媒にも強いプラズマを作り出すフラットプレートプラズマテクノロジーを搭載したパーキンエルマー ICP-OES Avio シリーズであれば、多くの有機溶媒に簡単に対応できる。

表3 装置条件例

項目	条件等		
	ケロシン	MIBK	THF
有機溶媒	ケロシン	MIBK	THF
沸点/°C ⁷	150 ~ 300	116.5	65
ICP-OES 装置名*	Avio550	Avio550	Avio550
トーチ	石英トーチ	石英トーチ	石英トーチ
チャンパー温度	室温	室温	-2 °C
インジェクター内径/mm	1.2	0.8	0.8
ネブライザー商品名	SeaSpray TM	SeaSpray TM	MicroMist TM
プラズマガス流量/L min ⁻¹	10	10	10
補助ガス流量/L min ⁻¹	0.5	0.6	0.5
キャリアーガス流量/L min ⁻¹	0.35	0.3	0.35
RF 出力/W	1500	1500	1500
酸素ガス流/mL min ⁻¹	0	5	40
サンプル流量/mL min ⁻¹	1	負圧吸引	負圧吸引
積分時間/秒	5	5	5
分解能*2	標準	標準	標準
プラズマ測光方向	アキシヤル	アキシヤル	アキシヤル
標準液ベース*3	オイル	オイル	水溶液

*1 ICP-OES 装置により最適プラズマ条件は異なるため、使用メーカーに要確認。

*2 測定波長によっては高分解能設定にしたほうが良い場合がある。

*3 オイルベースの標準液：パーキンエルマー品番 N9308249, V-23 Wear Metals Standard 500 µg/g (23 元素混合, Hydrocarbon Oil, 100 g) および N9308323, Yttrium 5000 µg/g (Hydrocarbon Oil, 50 g)
水溶液ベースの標準液：パーキンエルマー品番 N9301720, Multi-Element Solution 3 (10ppm 29 元素混合, 125 mL) および N9300235, Multi-Element Solution 5 (10ppm 12 元素混合, 125 mL) および N9303810, Yttrium (1000ppm, 125 mL)。

表4 検出下限値実測例

元素波長/nm	ケロシン	MIBK	THF
	LOD, µg L ⁻¹		
Ag 328.068	0.84	0.7	1.2
B 249.772	1.2	1.8	1.4
Cd 228.802	0.79	1.2	1.9
Cr 267.716	0.57	0.49	1.6
Mg 285.213	0.38	0.21	0.36
Ni 221.648	1.6	5.3	11
Sn 283.998	6.0	2.5	5.7
Ti 334.940	0.13	0.29	0.13
V 309.310	0.19	0.34	0.51

ICP-OES は簡単に無機元素を測定できる利便性の高い装置であるが、まだまだノウハウの共有ができていない面がある。本稿を通じ、ICP-OES の活用先が広がるこ

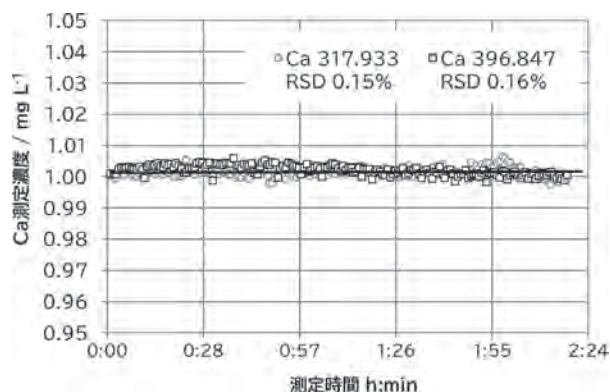


図6 メタノール (+ 5% HCl) での Ca 測定安定性試験

とを期待する。

文献

- 1) 宮崎 章, 藤森英治, 田中 敦, 吉永 淳: “プラズマ分光法による環境試料の分析: ICP, DCP, MIP 分析の基礎と実例”, (2020), (アグネ技術センター)。
- 2) 平井昭司 (監修): “現場で役立つ 環境分析の基礎 第2版: 水と土壌の元素分析”, p.90 (2019), (オーム社)。
- 3) 上本道久 (監修): “ICP 発光分析・ICP 質量分析の基礎と実際—装置を使いこなすために”, (2008), (オーム社)。
- 4) 社団法人日本分析化学会 (編者): “分析化学データブック”, p.54-56 (2004), (丸善)。
- 5) 千葉光一, 沖野晃俊, 宮原秀一, 大橋和夫, 成川知弘,

藤森英治, 野呂純二: “ICP 発光分析 (分析化学実技シリーズ 機器分析編 4)”, (2013), (共立出版).

- 6) 志田正二 (編集代表): “化学辞典”, (1996), (森北出版).
- 7) 厚生労働省ホームページ, 職場のあんぜんサイト, (<https://anzeninfo.mhlw.go.jp/anzen_pg/GHS_MSD_LST.aspx> (2022年9月1日, 最終確認).



古川 真 (Makoto Furukawa)

株式会社パーキンエルマー・ジャパン (兼務: 福島大学客員准教授) (〒240-0005 神奈川県横浜市保土ヶ谷区神戸町 134 横浜ビジネスパークテクニカルセンター 4 階). 東京大学大学院農学生命科学研究科 博士後期課程修了. 博士 (農学). 《現在の研究テーマ》新規計測法および理解表現解析法の開発. 《趣味》水泳, スノーボード, 分析化学.

E-mail: makoto.furukawa@perkinelmer.com

会社ホームページ URL :

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

関連製品ページ URL :

<https://www.perkinelmer.co.jp/icp/tabid/625/Default.aspx>

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]

● 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

生体分子やその複合体の立体構造解明は、生体の生理現象解明、医療創薬に重要な情報を付与する。これまでのX線結晶解析法やNMR法に加えてクライオ電子顕微鏡法(Cryo-EM)が開発され、細胞やタンパク質の生体試料を化学固定せずに、生体環境に近い水和状態のまま非晶質の水薄膜に瞬間凍結包埋して電顕撮影し、タンパク質の構造を原子レベルで把握できるようになった。Cryo-EMによる解析事例数は、2017年のノーベル化学賞の受賞以来さらに加速している¹⁾。

2022年5月に大戸らが、B型肝炎ウイルス(HBV)感染初期にウイルスタンパク質が肝細胞表面に結合する際の標的となるヒト膜タンパク質NTCP(Na^+ -taurocholate co-transporting polypeptide)の立体構造をCryo-EM単粒子解析により解明した²⁾。

Cryo-EM単粒子解析法(SPA)は、液体窒素冷却下(-196°C)で様々な方向を向いているタンパク質分子を薄い水中に閉じ込め電子線を照射し、数万~数十万分子からの透過像を観察・組み合わせることでタンパク質の立体構造を3次元構造へと再構築する手法である。HBVの感染者は世界に約2.9億人いると言われ、慢性感染は肝硬変と肝細胞癌の主な原因となり、年間推定82万人が死亡している。研究成果はNTCPを介したHBVの感染機構解明およびB型肝炎に対する新規治療薬の開発につながると期待される。

同じく2022年5月に鈴木らが全固体電池用の硫化物系固体電解質を1フェムト秒(1000兆分の1秒)のX線自由電子レーザー(XFEL)による無損傷・ナノスケール観察に成功したと発表した³⁾。全固体電池は、電気自動車の次世代電池の有力候補であるが、アモルファスと結晶粒が混在するガラスセラミクス材料であるために熱力学的な安定性が低く、電子線やX線照射での構造解析が非常に難しい。独自に開発した、XFELで溶液試料のスナップショットを捉えるパルス状コヒーレントX線溶液散乱法では、フェムト秒のX線レーザーが一瞬で試料のありのままの構造を映し出すために試料が変質する時間的な隙間が無い。生きた細胞の姿を捉えることもできる。X線回折パターンデータから試料像を鮮明に再構成するデジタル画像処理法(MorphoCIEP)も開発し、マンモグラフィにおけるかすかな病変の検出などへの応用が期待されている。Cryo-EMやXFELの活用によるデータ構築法は今後さらに大きく発展すると予想され、医療創薬や持続可能な社会の実現に向けた材料開発の推進に貢献する重要な分析技術である。

1) E. Landhuis : *Nature*, 577, 585 (2020).

- 2) J. Asami, K. Terakado-Kimura, Y. Fujita-Fujiharu, H. Ishida, Z. Zhang, Y. Nomura, K. Liu, T. Uemura, Y. Sato, M. Ono, M. Yamamoto, T. Noda, H. Shigematsu, D. Drew, S. Iwata, T. Shimizu, N. Nomura, U. Ohto : *Nature*, in press.
- 3) A. Suzuki, H. Tanaka, H. Yamashige, Y. Orikasa, Y. Niida, T. Kimura, K. Tono, M. Yabashi, T. Ishikawa, Y. Bessho, Y. Joti, Y. Nishino : *Nano Lett.*, 22, 4603 (2022).

[千葉工業大学大学院先進工学研究科
生命科学専攻 南澤磨優寛]

● キラルメタボロミクスが拓く 新たな創薬・診断研究

生体内にはアミノ酸やヒドロキシ酸、糖、タンパク質など、不斉中心を有するキラルな化合物が数多く存在する。自然界におけるこれらの鏡像異性体比には大きな偏りがあり、例えば生体を構成するアミノ酸はすべてL-アミノ酸であると考えられていた。分析技術の進歩に伴い、ヒトを含む哺乳類の体内にこれまでマイナーとされていたD-アミノ酸をはじめとする様々な微量鏡像異性体が存在することが明らかとなり、鏡像異性体を区別して定量するキラルメタボロミクスに関心が集まっている。

現在、キラルメタボロミクスに関する報告のほとんどを特定の化合物を対象とするターゲットメタボロミクスが占めており、限られた一部のアミノ酸やヒドロキシ酸について微量鏡像異性体の生理機能解明や疾患による含量変化の解析が進められている。更なる病態理解や診断マーカーの開発に繋がる多種多様なキラル化合物の網羅的な解析が切望されており、Pandeyらはアミノ酸およびヒドロキシ酸のアンターゲットキラルメタボロミクスを報告している¹⁾。ジアセチル酒石酸無水物(DATAN, diacetyl-tartaric anhydride)を用いて水酸基およびアミノ基を有する生体成分をプレカラム誘導体化し、液体クロマトグラフィー-高分解能タンデム質量分析装置(LC-HR-MS/MS)により一斉分析を行う。DATANは不斉炭素を有するため、生体内のキラル化合物はジアステレオマーとして分離される。また、(+)-DATANおよび(-)-DATANを用いた溶出順序反転の確認により(キラルな化合物であれば溶出順序が反転し、アキラルな化合物であれば反転は生じない)アキラルな化合物とキラルな化合物の識別が可能である。Pandeyらは300種以上のキラル・アキラルな代謝物の分離および検出を達成し、急性骨髄性白血病患者の骨髄血漿および末梢血血漿の解析を行った。その結果、D-アラニンやD-2-ヒドロキシグルタル酸などの様々なアミノ酸およびヒドロキシ酸のD体が血漿中に存在することに加え、一部の代謝物については治療により鏡像異性体比が有意に変化することを示しており、今後、様々な臨床試料分析を通じて病態解明や診断マーカーの開発など新たな創薬・診断研究へと繋がることを期待される。

- 1) R. Pandey, M. Collins, X. Lu, S.R. Sweeney, J. Chiou, A. Lodi, S. Tiziani : *Anal. Chem.*, 93, 5805 (2021).

[福岡大学薬学部 古賀鈴依子]

こんにちは

一般財団法人 生物科学安全研究所を訪ねて

(はじめに)

2021年10月27日、神奈川県相模原市にある一般財団法人生物科学安全研究所(略称:RIAS)を訪ねた(図1)。1974年10月、独立行政法人農畜産業振興機構からの出資の下、農林水産省の管轄下の研究所としてRIASの前身である財団法人畜産生物科学安全研究所が発足し、1989年9月には厚生労働省との共管となった。その後、2013年4月に一般財団法人への移行と共に一般財団法人生物科学安全研究所となり現在に至る。RIASの理念は、「農畜産物の生産から消費までの安全性の確保、人と動物の健康及び環境の保全に係る生物科



図1 筆者
帝人株式会社 菅沼こと(左)、
オルガノ株式会社 高橋あかね(右)



図2 牛舎, 豚舎, 犬舎などがあります

学に関する事業を行い、もって持続的社会的発展に寄与すること」となっている。牛・豚・犬・猫などの哺乳類(図2)、ニワトリ・ウズラなどの鳥類、ブリなどの魚類、その他にもミツバチ等多くの動物を飼育しており、動物用医薬品開発のサポートや品質管理、バイオ医薬品のウイルス安全性評価、農薬の残留性確認や生態影響評価など、その務める役割は多岐にわたる。

〈業 務 内 容〉

RIASでは受託試験や受託評価を多く取り扱っており、動物用医薬品が主であるが、ヒト用再生医療等製品やバイオ医薬品も取り扱っている。動物用医薬品が主であるため動物用医薬品メーカーからの受託が多い。一方、ヒト用医薬品では医薬品の製造管理及び品質管理の基準(GMP)が改正され、医薬品査察協定及び医薬品査察共同スキーム(PIC/S)GMPへの準拠が求められるようになった。将来的には動物用医薬品でも同等の管理が必要になることが見込まれるが、現在、バイオ医薬品、再生医療等製品メーカーからの要望に応え、PIC/S GMPの要求を満たす品質管理試験施設への大規模な改修が完了し、GMP体制の構築も進めており、もう間もなく稼働する。完了すれば、アメリカ食品医薬品局(FDA)の査察にも対応できるようになる。

ミツバチは、農薬の生態影響評価試験の対象となる。RIASではミツバチに使用する動物用医薬品の開発支援や各種農薬のミツバチの成虫及び幼虫への影響評価試験を実施している。農薬のミツバチ影響試験は、ヨーロッパでは5~6年前から既に優良試験所規範(GLP)に準拠して実施されており、日本でも昨年からはGLPに準拠したミツバチ影響試験の実施が求められるようになった。RIASでは既に2015年からGLPに準拠したミツバチ影響試験を実施しており、EUへの申請にも対応可能である。RIAS敷地内にはミツバチの巣箱が多数あり、RIAS所員の「ミツバチ博士」が主導となって飼育している(図3)。

その他、生態影響評価試験では、ウズラも対象である。所内には、専用の試験施設があり、親鳥や卵の殻の



図3 多くのミツバチの巣箱が並びます



図4 分析室では多くのLC-MSが活躍中



図7 左から永田首席研究員、内田事業推進担当部長、福田営業企画部長



図5 新しいラボP2とP3がもうすぐ稼働します



図8 執務室には機関誌「ぶんせき」が並びます



図6 ふ卵器は転卵回数を設定できます

状態や雛の状態をモニタリングする。

動物用医薬品及び農業では、家畜残留試験が求められており、対象となる家畜を飼育するための畜舎が多数設置されている他、対象となる成分の分析を行っている。また、分析方法の検討および妥当性の確認も行っており、分析室には多数のLC-MS装置が設置され稼働していた(図4)。

微生物学検査施設も有しており、サルモネラや病原性大腸菌O-157等の食中毒の原因菌の他、各種ウイルスの検査も実施可能である。また、ヒト用医薬品を対象としたウイルスクリアランス試験は1998年から、ウイル

ス否定試験も2001年から受託を開始しており、昨年、大規模な改修が完了したウイルス安全性評価試験施設(BSL2, BSL3)(図5)が間もなく稼働開始する。当該試験施設には、鶏卵を使用する*in vivo*ウイルス否定試験のための多数のふ卵器が設置されていた(図6)。

その他、RIASはアジア圏で唯一の農水省の指定狂犬病抗体検査機関であり、国内への狂犬病ウイルス侵入を防止するため、主に海外から日本に入国する犬・猫を対象とした狂犬病抗体検査を行っている。

〈おわりに〉

最後に、研究テーマの選定基準と人材育成について伺った。研究テーマの選定は年度初めに実施し、年間約2000万円が研究費として費やされる。評価キットの開発や評価法の開発など、公的貢献ができるテーマが採択され、結果はすべて公表している。人材育成はOJTを通して実施していることが多い。学会等の外部との接点を設けたり、大学との共同研究や国の事業を若い研究者に担当してもらうことによって、専門性や幅を広げる機会を設けているとのことである。

お忙しいところ長時間にわたり研究所の案内と説明をしてくださった福田営業企画部長と内田事業推進担当部長と永田首席研究員(図7)に感謝申し上げます。

〔帝人株式会社 菅沼 こと〕
〔オルガノ株式会社 高橋あかね〕



所変われば

産業技術総合研究所 絹見朋也と申します。近畿大学薬学部木下充弘先生よりご紹介いただき、バトンを引き継ぐことになりました。木下先生とは抗体医薬品製造のプロジェクトで一緒させていただき、その後は抗体の糖鎖分析でお世話になっています。私自身は専らタンパク質、ペプチドの質量分析に注力してきましたので糖鎖分析は専門外ですが、至らぬ部分を木下先生にご指導いただきつつ進めているところです。

さて、本稿のタイトルは“所変われば”としました。所変われば品変わるとよく言われますが、地理的環境ばかりでなく、文化的背景や属性の違いも“所”の一つでしょう。所変われば品変わると聞いてまず思い浮かぶのが何故かうどんについてです。はじめに下らぬ話にお付き合いください。私は京都に生まれ、高校卒業まで大阪で育ったためか、うどんと言えば昆布の効いた甘めの出汁にやわらかい麺の、いわゆる関西風と言われるうどんを好んで食べます。大阪のうどんの主役は出汁であって、麺は出汁を味わうための脇役というのが私の認識です。一方、最近讃岐うどんが市民権を得て、コシのあるエッジの立った麺が主役となり、いりこの効いたパンチのある出汁を使ったうどんに人気があります。比較的新しいうどん店の多くは出汁でなく麺のコシの強さに注力しているようです。しかし、大阪だけでなく北関東のおっきりこみやひもかわ、伊勢うどんや名古屋のきしめん、博多うどんなど伝統的なうどんはやわらかい麺を使っていて、コシの強い麺は少数派のように感じます。認識違いがありましたら是非教えてください。私としては、麺だけでなく、出汁の多様性、地域性についてもっと関心が高まってほしいと常々思っているところです。

うどんのバリエーションの多様さに興味が尽きない一方、ここ数年、分析化学に関連して臨床化学と医薬品分析における考え方の違いが大変気になっており、所が変わり戸惑っている例として紹介させていただきます。私は臨床検査に関連した標準物質の開発を行ってきました。これまでC-ペプチドやアルブミンなどの認証標準物質を開発しており、ISO17034、ISO17025の認定を受けた品質システムのもとで開発、維持しています。一方で、抗体医薬品製造のプロジェクトにかかわることにな

り、モノクローナル抗体の標準物質開発を始めました。このプロジェクトで初めて医薬品の製造や品質管理に触れ、臨床化学と似て非なる品質システムに戸惑うことになりました。医薬品はICH（医薬品規制調和国际会議）のガイドラインとその国内対応として薬局方による規制、GMP（good manufacturing practice）に基づく品質基準に沿って開発、製造されています。臨床化学は任意の規格であるISOに基づいてシステムが構築されていますが、医薬品は罰則を伴う法規制に基づいており、そもそもの成り立ちが異なっています。体外診断薬と侵襲的な経路を含む医薬品の取り扱いについて、品質に関する考え方が大きく異なるのは当然でしょう。一方、技術的な観点においてもそれぞれの差を感じる事が多く、臨床化学は測定結果の信頼性確保に関心が払われるため、測定のトレーサビリティに加えて技能試験や試験所間比較といった外部精度管理が重視されます。一方で、医薬品はQuality by Designの考え方に基づき製造と分析が密接に関連しており、安全性と有効性を確保するために各種分析が組み立てられています。バイオ医薬品は日局標準品が無い場合が多いため、測定の信頼性は自家標準品を用いて測定の恒常性が維持されることで保証している場合が多いようです。自社で設定した規格値に収まっていることを示すために、外部精度管理まで行って企業間の分析の平準化を行う必要がない、または行えないのは当然かもしれません。さらに、各企業の分析技術や能力が秘中の秘であればなおさらでしょう。私たちが開発したモノクローナル抗体標準物質はISOとICHの二つのプラットフォームの狭間に位置しており、開発中はもとより現在も双方の立場から様々な質問や意見が飛んできます。ISOとICHのハーモナイズの動きもあるようですが、お互い相容れないと感じるところもあります。品変わるであろう今後の動向が気になります。

さて、私のバトンは、富山県立大学工学部の大坂一生先生にお渡しします。質量分析の基礎から応用まで幅広くご研究されており、以前に測定をお願いしたことがありましたが、今回は原稿をお願いしてしまいました。何卒よろしく願いいたします。

〔産業技術総合研究所 絹見朋也〕

JASIS 2022 見聞録

(Japan Analytical & Scientific Instruments Show)

最先端科学・分析システム&ソリューション展「JASIS 2022」が2022年9月7日(水)~9月9日(金)の3日間、幕張メッセ(千葉県千葉市美浜区)で開催されました(図1, 2)。東京オリンピックの開催延期等に伴い、昨年度と一昨年度は11月の開催だったため、例年の9月開催は3年ぶりとなりました。JASISは今年で10周年ということもあり、その歴史について触れたいと思います。JASISは日本分析機器工業会(JAIMA)と日本科学機器協会(JSIA)の共同主催で開催されていますが、2009年まではJAIMAは分析機器展を、JSIAは科学機器展をそれぞれ主催されて開催していましたが、2010年に初めて共同主催で合同展「分析展/科学機器展」が開催され、その後、分析機器展(分析展)としては50回目、科学機器展としては35回目に当たる2012



図1 JASIS 2022 展示会場の様子



図2 展示会場付近の様子

年に、統一名称を「JASIS(ジャシス=Japan Analytical & Scientific Instruments Showの頭文字)」に決定して第1回目が開催されました。なお、この名称には「日本発—From JAPAN」により、世界の科学技術の発展に貢献するという熱い想いが込められているそうです。この分野ではアジア最大級の展示会となり、2022年はJASISとしては10周年、そして分析機器展は60回目、科学機器展としては45回目の開催となります。

JASIS 2022の入場者は合計12465名(1日目4195名、2日目4032名、3日目4238名)で、昨年の1.47倍(3975名増)と増加しました。この時期は既に行動制限が緩和されていましたが、新型コロナウイルスの「第7波」が流行し、開催された3日間の全国新規感染者数の平均は第6波のピーク以上の約11.4万人でした。そのような中での入場者増は、やはり、この展示会の関心度の高さを感じます。また、出展は322社であり、2021年が270社、2020年が276社であったことから、500社近くありましたコロナ禍前には及びませんが、回復の兆しが見えるような結果でした。なお、新技術説明会の発表会社数については59社(225テーマ)で、昨年の65社(228テーマ)に比べて僅かに減少していました(図3)。

さて、取材は開催2日目の9月8日(木)に行き、11時に事務局を訪ね、事務局長の若尾豪様のご案内のもと、JASIS委員会委員長の杉田隆通様、技術委員会委員長の杉沢寿志様からJASIS 2022の見どころなどを伺いました。まず、初日に行われた10周年記念講演「研究環境の進化と科学・分析機器の未来~社会課題を解決



図3 新技術説明会会場前の様子 JASIS 2022 展示会場の様子



図4 LabDX デモ展示の様子

に導く研究インフラのあり方〜」は、約300名の参加があり大変盛況だったそうです。総合科学技術・イノベーション会議議員の波多野睦子氏の講演の後、DXや人材育成をテーマとした座談会で行われたそうですが、予定した50分では収まらず、そこから盛況ぶりが伺えました。

次にトピックスセミナーとJASISスクエアについて伺いました。トピックスセミナーは「現代社会に求められる様々な課題解決やヒント」につながる講演・解説を専門家や有識者が行うもので、このテーマは2年連続です。JASISスクエアの企画の一つであるLabDX（ラボラトリー・デジタル・トランスフォーメーション）については、事務局を後にしてデモ展示の場所まで一緒に移動し、杉沢様から直接説明していただきました（図4）。ラボラトリーの将来像は、様々な分析データや分析機能を一体として扱えるようになり、また、ラボラトリーにおいて人に依存している業務がオートメーション化され、研究者が創造的活動へシフトしているラボラトリーであり、それを支えるのがLabDXだそうです。そのためには、分析機器/ラボ機器/アプリケーションが互いに“伝える/理解し合う”ことが必要であり、それを実現する情報モデルの開発や、将来像が実現したラボラトリーはどんなものかをデモ展示を用いて分かりやすくご説明いただきました。

その後の取材は、ステージエリアでの講演を拝見したり（図5）、展示会場全体を終了時間の17時まで見学しました。想定通り時間が足りず、見切れない出展社が多数ありましたが、そんな時にも強い味方が「JASIS WebExpo®」でした（図6）。会期は2023年3月15日



図5 ステージエリアでの講演中の様子



図6 JASIS WebExpo® 2022-2023でのコンファレンス/トピックスセミナーの表示画面

（水）の17時までで、これまでのセミナー動画も公開されています。また、幕張会場での講演の内、掲載可能なものは準備出来次第、10月頃から動画が掲載されるそうです。

来年のJASISは2023年9月6日（水）～8日（金）3日間、場所は今年と同じ幕張メッセで開催されます。また、JASIS関西2023も2023年2月1日（水）～3日（金）にグランキューブ大阪（大阪府立国際会議場）にて開催されます。ぜひ、お立ち寄りいただければと思います。

最後になりましたが、今回の取材にあたって貴重な時間を割いていただき、本原稿執筆にも多大なご協力を賜りましたJASIS委員会及び事務局の皆様、運営に携わられた皆様に、この場を借りてお礼申し上げます。

〔日本大学生産工学部 齊藤和憲〕
〔産業技術総合研究所 津越敬寿〕



談 話 室

大学の教員にもっと時間を！

本年3月末日、35年間勤めた神戸大学を定年退職しました。4月からは元同僚（枝和男先生）の研究室で机を一つ借り、無給の研究者として、のんびりと論文の執筆や講演の準備などを行っています。退職にあたっては、まわりの皆さんから「ご退職おめでとう」とお祝いの言葉を頂きましたが、何がめでたいのかとピンときませんでした。しかし、時が経つとともに、膨大な雑用から解放され、たっぷり時間が使えるようになった喜びをひしひしと感じています。

今、35年間の神戸大学での教育・研究活動を振り返ってみますと、大学の管理が非常に厳しくなったと思います。かつては、大学構内にはぺんぺん草が生い茂り、いかにも国立大学といった感じでしたが、その反面、教育と研究に注ぎ込む時間はたっぷりとありました。私も、若い助手だった頃は、寝ても覚めても研究のことばかり考えていたと思います。しかし、2004年の“独立法人化”以降、大学構内は綺麗に整備され、ぺんぺん草が生えていた空き地には〇〇センターとかいう新しい施設が所狭しと建てられました。確かに“見栄え”は良くなりましたが、綺麗な建物の中の研究者は、じわりじわりと蝕まれていったのです。

独立法人化において国立大学法人は自主的・自律的に大学運営を行うとされているものの、各大学は6年ごとに中期目標と中期計画を文科省に提出して許可を得る必要があります。その達成度は同省内の国立大学法人評価委員会が評価することになっています。したがって、高い評価を得て多くの予算を獲得するため、各大学は教育・研究体制の整備を行うとともに、独自色のある大学改革を行おうと凌ぎを削ってきました。その結果、大学当局が企画した新しいプロジェクトのために多くの金額が運営交付金からオーバーヘッドの形で差し引かれ、最終的に各教員に降りてくる研究費、いわゆる校費は年々減少の一途を辿ってきました。大学によって格差があるようですが、この約20年間に校費は1/5くらい（教員一人当たり年20万円以下！）に減少したと思います。しかし、一番の問題はお金ではなく、時間です。独立法人化により、我々大学の教員は、毎年の自己評価と5年ごとの外部評価に対処するため、いろいろな自己管理と膨大な報告書書きを強いられてきました。年々、管理管理と厳しさが増すばかりで、勤務時間の大半が“雑用”

に費やされると言っても過言ではありません。特に化学の教員は大変で、毒・劇物（一般試薬も）、ガスボンベ、ドラフト、排水などの管理に翻弄されています。結局、肝心の研究に充てられる時間（エフォート）は、校費とともに減少の一途を辿ってきました。

そしてどうなったのか？2000年代に入った頃から、わが国の世界における論文数シェアは、ほぼ半減してしまいました（世界2位→4位）。今後、日本からノーベル賞がなかなか出なくなるのではと危惧されています。この解決策として、科研費などの競争的研究費を増やしても逆効果です。研究費を獲得するための申請書作成に、さらに時間を取られ、ノーベル賞に繋がるような独創的発想が生まれる可能性は減るばかりです。

最後に、文科省にはこれまでの競争的研究費偏重の研究支援体制を改め、大学などの研究者が腰を据えて研究できる時間的余裕を確保するために大きく舵を切ることを望みます。国にお金がなくて文部科学予算の大幅な増額を期待できないのであれば、競争的研究費の予算枠を減らしてでも、運営交付金を充実させることが大事だと思います。大学の教員の人数を適正に確保し、一人当たりの授業負担、入試業務、そしてもろもろの“雑用”を減らして、研究のエフォートをせめて50%くらいまで上げられるようにしていただきたいと思います。そうすれば、カラカラに干上がった大学の研究者に生命の水が与えられ、日本の科学技術大国としての復活が期待できるのではないのでしょうか？

〔神戸大学 大塚利行〕

インフォメーション

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—

日本分析化学会中部支部主催の標記夏期セミナーが、中部支部長でもある長谷川浩先生（金沢大学）を実行委員長として、8月26日（金）・27日（土）の両日に金沢市の石川県青少年総合研修センターで実施された。本夏期セミナーは、分析化学および関連分野に携わる研究者間の交流と親睦を図るとともに、若手研究者の育成と研究発展を目的として、例年8月に実施されてきた。第39回を迎える今回は、コロナ禍による二度の延期を挟んで3年ぶりの開催となり、感染症対策を徹底した上で宿泊を伴う対面による実施となった。コロナ禍の収束が見えない中での開催にもかかわらず、産官学から73名（一般35名、学生38名）の参加者がおり、各種口頭発表やポスター講演を通じて交流が行われた。

開会式では、長谷川実行委員長による挨拶に続き、2021年度中部分析化学奨励賞の授賞式が執り行われた。中部分析化学奨励賞は、分析化学に関する独創的な研究を発表し、将来の発展を期待し得る若手研究者を対象に授与される。2021年度は、嶋田泰佑氏（名古屋大学）「ナノバイオデバイスをを用いた生体内の分子・微粒子解析法の開発」と高橋史樹氏（信州大学）「微量薬毒物成分分析のための新規濃縮分離・検出技術の開発

に関する研究」が受賞された。招待講演として大谷 肇先生（名古屋工業大学）に「熱分解分析法による環境中のマイクロプラスチック分析」の題目でご講演いただいた後、上記の中部分析化学奨励賞受賞者2名による受賞講演が行われた。さらに、若手依頼講演として宗兼将之氏（金沢大学）「放射性標識高分子を利用した生体機能分析」と西山嘉男氏（金沢大学）「光化学反応を利用した迅速な拡散係数測定法および反応計測」によるご講演、博士課程在籍者および博士号取得間もない若手研究者によるポスター・プレドク依頼講演5件（横田優貴氏（富山大学大学院）、三木雄太氏（株式会社ワイエムシ）、尾関優香氏（名古屋工業大学大学院）、前野吉秀氏（名古屋工業大学大学院）、Paul Kinyanjui Kimani 氏（岐阜大学大学院））が実施された。各講演の内容については割愛するが、分析化学研究分野の多様性と裾野の広さを実感できる興味深い内容であった。感染症対策のため、恒例の参加者全員による会食や懇親会は実施できる状況ではなかったものの、夕食後には少人数に分かれて意見交換等が行われた。2日目午前は、学生参加者によるポスター講演（34件）に続き、新製品紹介講演として株式会社島津製作所の馬越 泰氏と日本分光株式会社の峯 紗理奈氏から、それぞれ小型シングル四重極 LC/MS とパームトップラマン分光光度計に関する概要と活用事例などのご紹介をいただいた。閉会式に先だててポスター講演の優秀ポスター発表賞（12件）の表彰が行われ、お昼前に散会となった。

今回の夏期セミナーは新型コロナ第7波の渦中に実施されたため、食事や宿泊部屋を所属グループ単位でまとめたり、懇親会を開催しないなど、通常開催と違って参加者には多くのご不便をおかけした。支部レベルのイベントをウィズ・コロナの状況下でどのように進めるべきかについては様々な議論があるが、研究者間の交流を進める上で対面開催の重要性は多くの方が認識するところである。また、学生諸氏にとっては、限られた学生生活の中で対面による研究発表を経験する機会は非常に貴重である。今後も学会活動のアクティビティを維持するため、イベント実施方法の模索がしばらく続くと考えられるが、各支部での経験や情報を共有できれば状況に応じた機動的な対応ができるかもしれない。最後に、本夏期セミナーの実施にあたり、参加者の皆様には感染症対策を含め、多大なご協力をいただいた。実行委員会を代表して御礼申し上げます。

〔実行委員：金沢大学 永谷広久〕

高分子分析研究懇談会第409回例会

高分子分析研究懇談会第409回例会が2022年5月23日（月）にWeb形式にて開催された。本例会では、ご講演いただく2名の先生と個別にディスカッションできる場を設定し、会員様と活発な議論や技術交流をいただく会（ブレイクアウトセッション）を企画した。また、職場（研究室）紹介という新企画も実施した。運営委員長の菅沼さん（帝人株）から開会挨拶をいただいた後、2件の招待講演に移った。

1件目は「Hansen 溶解度パラメータ（HSP）を用いた各種高分子の相溶性評価への応用」の演題で山本秀樹先生（関西大学）にご講演いただいた。山本先生は化学工業から生体まで幅

広い分野でHSPの研究をされている。本講演ではHSPの原理について、3Dプロットを交えて説明された。さらに、HSPはポリマーの溶解性から海島構造等の相溶性の解析、生体の親和性評価にも応用できることが分かった。また、溶解パラメータの算出について、「物性値」「グループ寄与法」「溶解性評価（HSP）」の違いも説明された。その中で、HSPは、実験を伴うが、多くの物質の測定が可能で、3つのパラメーターが同時決定できるメリットがあることが分かった。最後に、実用例を説明された。PMMAの事例では、HSPの算出から混合溶媒の溶解性の予測の話があり、2種の貧溶媒でも溶解する事例は非常に興味深かった。さらに、共重合体の解析、微粒子の分散度・カップリング剤の強度評価および花粉の捕集能の評価の事例もあり、HSPの応用性の広さを感じた。HSP値から分子設計に展開する構想も話され、今後の更なる発展を感じた。

2件目は、「ESI-IMS-MSとKMD法を用いたSt/MMA/nBAコポリマーの解析」の演題で、尾関優香様（名工大院工）にご講演いただいた。ポリマーの質量分析のイオン化法には、MALDIとESIがある。ESIは、多価イオンでイオン化されるため、ポリマー解析においてメリットが大きいが、各価のイオンが混在したマススペクトルになるため、解析が難しい問題があった。そこで、イオンモビリティ質量分析法（IMS）を用いて、価数別分離を行うことで、スペクトルがシンプルになり、解析がしやすくなった。次に、St/MMA/nBAコポリマーの解析について、KMDプロット用いて可視化した。多価イオンだとスペクトルが複雑なため、解析が困難であるが、IMSで価数分離後にKMDで解析することで、末端基構造を含めてポリマー構造が可視化された。さらに、3価のエリアについては、FTを用いたノイズフィルタリングにより、シグナルトップを明らかにして、1,2価と同様の解析ができるようになった。本講演では、IMSとKMD法が分かりやすく説明され、難しいコポリマー解析にESI-IMS-MSとKMD法が有効であることが理解できた。

3件目は「三菱ケミカル株式会社分析物性研究所ご紹介」というタイトルで、百瀬 陽様（三菱ケミカル株）に発表をいただいた。三菱ケミカル株は、機能商品、ケミカルズ、ヘルスケア、産業ガスの4つの事業領域があり、分析物性研究所は高度な分析技術で研究・製造の課題解決を行っている。研究所は3つの研究室、10拠点からなり、多様な組織である。先端分析技術の事例として、「2DLCの導入（詳細ポリマー解析）」と「官能評価（日中間のにおいの評価）」の紹介があり、非常に興味深かった。最後に、先端の研究所としてサイエンスイノベーションセンター（デジタル化と知の融合からイノベーションを創出）の紹介があった。他社の研究所を知ることができ、興味深い発表であった。

〔日産化学株 小澤智行〕

高分子分析研究懇談会第410回夏季例会

高分子分析研究懇談会第410回夏季例会が2022年7月27日（水）、工学院大学新宿会議室において開催された。ここしばらくコロナ禍でオンライン開催が続いていたが、今回は、通

常2日間の夏季合宿を対面式の1日として行われた。

感染対策を実施した上での久しぶりの対面形式による例会であり、招待講演3件と分科会に加えて、交流イベントも企画された。第7波の中ではあったものの、参加者44名と多くの皆様に参加していただくことができた。

午前中は、菅沼委員長による開会のあいさつに始まり、招待講演2件が行われた。

1件目の招待講演は、積水化学工業㈱ R&D センター先進技術研究所センター長の日下康成様より「素材メーカーにおけるNMR技術の社内活用拡大」と題してご講演いただいた。ご自身が取り掛かるきっかけとなった固体NMRでの原料分析から、イノベーションセンター設立までの経緯について、企業としての分析研究のあり方、取り組んだ分析技術、ご自身の社内での経験を交えながら、詳しくご説明いただいた。

開発などの他部門と分析部門が連携していくために開発ロードマップに分析を組み入れるなど、現場に入り込むためのノウハウを示していただけたことは、たいへん貴重で有意義な内容であった。また、外部のアカデミアの先生との連携、協力体制が大事であり、ベンチマーキングしながら自分たちの技術を研ぎ澄まし、アピールしていくことの重要性も指摘いただいた。

2件目のご講演は、名古屋工業大学の北川慎也先生より「非水系電気泳動とイオンモビリティ質量分析による合成高分子分析法の開発」と題してご講演いただいた。非水系電気泳動のご説明では、一般的には水に溶解しない、電荷をもたない性質を持つ高分子など電気泳動には向いていない物質について、溶解溶媒や添加剤を工夫することで種類別分離と分子量分布と両方の特性分離を検討した成果を解説いただいた。種類別分離では、ポリスチレン、ポリカーボネート、ポリブタジエン、ポリメタクリル酸メチルのこれら4種混合の分離成功例を示していただいた。イオンモビリティ質量分析(IMS-MS)のご説明では、合成高分子の分析に応用されている例を示していただいた。ポリエチレンオキシド(PEO)の分析においては、エレクトロスプレーイオン化法(ESI)で生成した多価イオンをIMS-MSで分離、質量分析することで詳細な解析が可能であることをご紹介くださった。非水電気泳動、イオンモビリティ質量分析、共にまだまだ沢山ご検討されているとのこと、是非本懇談会の別の機会に研究成果の続報を伺いたい。

午後は、招待講演1件に続き、イベントを含む分科会と交流イベントが行われた。



本日3件目のご講演は、国立大学法人東海国立大学機構名古屋大学大学院生命農業研究科の稲垣哲也先生より「機械学習によるスペクトルデータ解析_Lambert-Beer則、ケモメトリクス、深層学習」と題してご講演いただいた。ブラックボックス化される傾向の機械学習について、Lambert-Beer則を使つての基本的な説明に始まり、深層学習まで、汎用的な機械学習の解析手法について、その特徴や関係性について丁寧に説明していただいた。最後に、それぞれが実際に使っているスペクトルデータの最適化をするにあたり、抑えるべき点として、学習用、検証用および評価用のデータは使い分けすること、検量線のデータが予測するデータの範囲をカバーしていること、などの指摘もいただいた。今回、名前だけしか知らなかったケモメトリクスの手法についても系統立てて学ぶことができ、たいへん勉強になった。

招待公演の後には、事前アンケートから選択したテーマ「NMR・分光分析」「データサイエンス」「分離分析・MS」について分科会が行われた。はじめは、久しぶりの対面開催ということで、参加登録時に行ったアンケートをもとに選ばせていただいた代表の方に、自己紹介を兼ねて「業務上抱えている課題」について話してもらい、口火を切っていただいた。その後、テーマごとのグループに分かれ、日頃の疑問点などのディスカッションを約90分間行った。ご講演いただいた講師の先生方にもそれぞれのテーマに参加いただき、たいへん活発な議論が行われた。「NMR・分光分析」では、主にNMRの具体的な解析方法や測定手法についての多彩な質疑応答が交わされた。話題は、データベース化の問題、溶媒の回収などにもおよび、多彩な内容となった。「データサイエンス」では、データの採取方法に始まり、データサイエンスの勉強の仕方、またそれをどのように社内でも教育していくか、データの活用の仕方まで、細部から総合的なところまでディスカッションが行われていた。「分離分析・MS」では、LC、GCでの分離での問題、分離後の検出、得られたMSスペクトル解析の際の問題点などについて活発な意見交換がなされた。分離条件検討の話題では、基本的な考え方が重要になること、またオーソドックスな手法も有効な分離手段とのアドバイスがあった。

分科会の後には、懇親会の代わりとして約1時間、名刺交換の場が設けられた。この時間は、招待講演の先生方へのさらなる質問や、分科会では話さきれなかったことなど、自由に移動して、多様な情報交換を行うことができた。コロナ禍でオンライン例会が続いていたこともあり、コロナ感染対策をしながらではあるが、リアルでの懇談は大いに盛り上がった。

その後、菅沼委員長による閉会挨拶として、「今回、当懇談会の例会を2年ぶりに対面で行うことができ、対面の良さを実感しました。皆様のご協力で無事に開催することができました。皆様に感謝いたします。大変有意義な一日でした。」とのお言葉で締めくくりいただいた。

最後に、本例会開催にあたり、講演依頼を快諾していただいた講師の先生方、会場をご提供していただいた関係者の皆様、そして、ご参加いただいた皆様に厚く御礼申し上げます。

〔メルテックス㈱ 山本裕子〕

執筆者のプロフィール

(とびら)

富安卓滋 (Takashi TOMIYASU)

鹿児島大学大学院理工学研究科 (〒890-0065 鹿児島市郡元 1-21-35). 鹿児島大学大学院理学研究科化学専攻. 博士 (理学). 《現在の研究テーマ》環境に放出された水銀, セレン等微量元素の挙動とその生態系影響. 《趣味》堤防から釣り糸を垂らしてぼーっとすること, テニス.

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

(ミニファイル)

富田賢吾 (Kengo TOMITA)

名古屋大学環境安全衛生管理室 (〒464-8601 名古屋市千種区不老町名古屋大学本部 3号館 2階). 東京大学大学院工学系研究科博士課程修了. 博士 (工学). 《現在の研究テーマ》安全教育, 防火教育, 安全管理. 《主な著書》“消防の化学 化学物質の安全な取り扱いのために”, (培風館).

E-mail: tomita@esmc.nagoya-u.ac.jp

(トビックス)

南澤磨優寛 (Minamisawa MAYUMI)

千葉工業大学 (〒275-0023 千葉県習志野市芝園 2-1-1). 日本大学大学院生産工学研究科博士前期課程修了. 博士 (工学). 《現在の研究テーマ》臓器間のネットワークを利用した中枢神経変性疾患の抑制. 《主な著書》“Citrus ~ Physiological Functions Mediated by Yuzu (Citrus junos) Seed-Derived Nutrients ~ (InteqOpen)”. 《趣味》オペラ, 絵画, アンティーク鑑賞.

E-mail: minamisawa.mayumi@it-chiba.ac.jp

古賀鈴依子 (Reiko KOGA)

福岡大学薬学部薬品分析学研究室 (〒814-0180 福岡市城南区七隈 8-19-1). 九州大学大学院薬学府創薬科学専攻博士後期課程修了. 博士 (創薬科学). 薬剤師免許. 《現在の研究テーマ》代謝関連キラルアミノ酸を対象とする多次元 HPLC 分析法開発と生体内含量解析. 《趣味》読書, ダンス.

(リレーエッセイ)

絹見朋也 (Tomoya KINUMI)

(国研)産業技術総合研究所計量標準総合センター (〒305-8563 茨城県つくば市梅園 1-1-1). 電気通信大学電子物性工学専攻博士後期課程. 博士 (理学). 《現在の研究テーマ》質量分析を用いたタンパク質, ペプチドの構造解析と定量. 《主な著書》“現代質量分析学”, (化学同人). 《趣味》音楽鑑賞, 楽器演奏.

E-mail: t.kinumi@aist.go.jp

(ロータリー・談話室)

大塚利行 (Toshiyuko OSAKAI)

神戸大学大学院理学研究科 (〒657-8501 神戸市灘区六甲台町 1-1). 京都大学大学院農学研究科博士後期課程修了. 農学博士. 《現在の研究テーマ》油水界面の電気分析化学, イオン溶媒和の理論. 《主な著書》“ベージック電気化学”, (化学同人). 《趣味》プロ野球観戦.

E-mail: osakai@kobe-u.ac.jp

原稿募集

創案と開発欄の原稿を募集しています

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

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

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

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

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

特集：高分子分析—この 10 年の進歩

目 次

「高分子分析—この 10 年の進歩」特集号の刊行にあたって	石田康行	539
総合論文		
先端分析法によるマイクロプラスチックのキャラクタリゼーション 梶原朋子・YingJun AN・Adchara PADERMSHOKE・熊谷明美・ 丸林弘典・池本夕佳・陣内浩司・磯辺篤彦・高原 淳		541
プラスチックのケミカルリサイクルプロセス開発への 熱分解ガスクロマトグラフィーの応用	熊谷将吾・吉岡敏明	549
報 文		
エレクトロスプレーイオン化—イオンモビリティスペクトロメトリー— 質量分析法によるスチレン/アクリル酸 <i>n</i> -ブチル共重合体の解析 尾関優香・北川慎也・大谷 肇・近藤洋輔・品田弘子		563
反応熱分解 GC 及び MALDI-MS によるアミノフェノール単位を含む 全芳香族液晶ポリエステルの分子構造解析及び重合反応過程の解明 大谷 肇・杉本沙哉佳・平野美智子・加藤浩一・塩飽俊雄・横田俊明		571
報 文 (若手初論文)		
SEC における多角度光散乱検出器と示差屈折率検出器との間の遅延体積の精密測定法 松本良憲・植田佳世・春日 翔・榎本航之・菊地守也・鳴海 敦・川口正剛		579
技術論文 (若手初論文)		
UV 照射ポリエチレンモデル試料を用いるマイクロプラスチック劣化度評価法 生田久美子・高尾和也・松本良憲・雪岡 聖・片岡弘貴・田中周平		589
固相マイクロ抽出—ガスクロマトグラフィー質量分析法による 劣化天然ゴムの臭気解析	加賀美智史・穂坂明彦・中村貞夫	595
カーボン材料によるラマンスペクトルの蛍光低減 前山未来・安孫子勝寿・加藤雄一・須藤栄一		603
ノ ー ト (若手初論文)		
高分解能飛行時間型質量分析計を用いる空気雰囲気下でのポリプロピレンの 発生ガス質量分析	鈴木宏武・大谷 肇	609
「分析化学」特集 “マイクロ・ナノ分析化学の新展開” の論文募集		613
「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		614
“第 22 回若手研究者の初論文特集” 募集のお知らせ		615
「分析化学」年間特集 “流” の論文募集		616
「分析化学産業技術論文賞」のご案内		618
テンプレートによる投稿要領		619
「分析化学」に投稿される皆様へ		620

「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。

会長選挙の実施について

本会の細則第13条に基づき、社員（代議員）による会長選挙が行われます。同細則第6項に従い、候補者2方の紹介記事を掲載いたします。この投票の結果により12月理事会において次期（2023～2024年度）会長が内定します。

役員等候補者推薦委員会

次期会長候補者の紹介

(1)生年月日、(2)所属・職位、(3)略歴、(4)専門分野、(5)本会役員・委員の履歴、(6)会長候補者としての考え。Sは昭和、Hは平成、Rは令和（50音順）。

大谷 肇（おおたに はじめ）

(1) S33年2月8日、(2)名古屋工業大学・教授、(3) S60年名古屋大学大学院工学研究科博士後期課程単位取得満期退学、同年工学博士、S61年名古屋大学工学部助手、H7年名古屋大学理工科学総合研究センター助教授、H10年名古屋大学大学院工学研究科助教授、H17年名古屋工業大学大学院工学研究科教授（現職）。(4)高分子分析、熱分解分析、クロマトグラフィー、質量分析。(5)中部支部幹事、常任幹事、副支部長、支部長（H25年度）、監事を経て支部参与（現在）；高分子分析研究懇談会運営委員、運営委員長（H20、21年度）、副運営委員長を経て企画委員（現在）；R2年～副会長（現在）。(6)一昨年に副会長を拝命して以来、故内山会長、金澤会長、早下会長の下で、会員3000名に対応できる運営体制構築のための一連のタスクフォースにかかわってまいりました。これまでに、年会・分析化学討論会の実行委員会による自主運営、ぶんせき誌の刊行方法の見直しとAnalytical Sciences誌のSpringer社への出版委託、会員管理システム委託先の変更などを実施し、その結果分析化学会全体の会計も2021年度はようやく赤字決算から脱却することができました。しかし、これで本会の危機的状況が去ったわけではありません。会員の減少には依然として歯止めがかかっておらず、財政基盤は不安定なままです。また、本会の円滑な活動および健全な運営に不可欠な、事務局体制及び業務の整理合理化、並びに活動のよりどころとなる諸規程の整備・見直しなどはまだまだ道半ばです。私自身、これまでに分析化学会よりも規模の大きな日本化学会や高分子学会等の活動にもかかわってきた経験から、これら事務局・諸規程の問題が本会の最も大きな課題であると感じております。これらの根本的な解決のためには、本部理事会・本部事務局・各支部・研究懇談会などはもとより産業界及び個々の会員との間で風通しよく意思疎通できるところが必要不可欠であり、そのためには情報の共有とスムーズな意見交換が重要です。その一環として、現在広報委員会を中心に学会Webサイトのリニューアルも進めております。いずれにしましても、魅力ある活動を目指した本会の改革・活性化は会長一人の力では到底なし得ません。会員一人一人のご支援ご協力が必要不可欠であり、それらにお応えできるよう引き続き最善を尽くす所存です。



宮村 一夫（みやむら かずお）

(1) S31年8月2日。(2)東京理科大学理学部化学科教授。(3) S56年東京大学大学院合成化学専門課程博士課程中退、同大学工学部工業化学科助手、H元年工学博士、H2年同講師、H10年東京理科大学理学部化学科助教授、H16年同教授、H27～29年東京理科大学理学部学部長、H25～R3年東京理科大学評議員、現在に至る。(4)顕微分析、錯体化学。(5) H14～18、H19～20、H27～28、H30～R2年理事、H21～23、H28～30年副会長、H27～28年関東支部長、H29年第66年会実行委員長。(6)経歴にある通り、2年前まではほぼ毎年度、本会の運営にかかわってきた。その間、日本分光学会と日本鉄鋼協会の理事も経験。本会での活動は2年前の理事職を最後に卒業し、現在は日本化学会で化学遺産委員会の委員長のほか、今年度より理事を務めている。今般、次期会長の候補者にご推薦をいただいたとのこと、大変光栄で感謝申し上げます。少し離れた立場からですが、会長候補者として学会運営について私見を述べることにいたします。



どの学協会も財政状況は厳しい。その中でいずれの学会も定款に定められた事業を遂行するため、事業支出の見直

しと削減、そして財源の多様化を進めている。本会も同様であるが、現会長の下、事業支出の大幅削減を敢行し、財政再建の目処が立ったと伺っている。その一方で、コロナ禍もあって ICAS の開催が見送られ、Analytical Sciences は商業出版社へ、XSAO は廃刊と、学会の根幹をなす出版事業が損なわれた。とくに低コストで運営されていたオンライン誌の XSAO の廃刊は、関係者の不満を残す形で進められ、一部会員の離反を招いたと、伝え聞く。先端材料の多くは、複合化・ヘテロ化が進行し、X 線回折、分光分析、熱分析、顕微鏡などを駆使して構造や物性の解析を行う場合が多い。分離して解析する分析法では、その実像を解明するのは難しい。先端材料を扱う研究者は、日本化学会に所属している場合が多いので、その傘下にある分析化学ディビジョンに任せることも可能だが、できれば機器開発を担う分析機器工業会とも連携し、ICAS・年会・討論会や論文誌・会誌を通して、分析技術について議論を深めることが望ましいように思う。

日本分析化学会こそが、最先端の分析技術を開発する人、研究する人、必要とする人、が集い、情報を交換する場を提供する学会であって欲しい。それが会費を納めてくださる会員諸氏の願いであろう。微力ながら尽力できたらと思う。

◇2022年11号では、特集「分析科学のSDGs」が掲載されています。この読み応えある特集に加えて、奇しくも「とびら」、入門講座でも、持続可能な地球/学問世界に関する話題がテーマとなっています。広義の環境問題に関する意識がまさに今変わろうとしていることを感じます。

◇環境の変動・変化は時に大なる試練となって、繰り返し人類に襲いかかってきました。今日でもそれは人間のちからで完全に御せるものとは言えないでしょう。制御しよう、克服しようとするだけでなく、変化・変動に対して柔軟に応じられることも、場合によって重要な姿勢ではなからうかと思わせる昨今です。

◇うどんと言えば、子供の頃の定番は煮込みうどんでした。いりこ出汁の醤油仕立てで、人参・大根・椎茸・蒟蒻・鶏肉・かまぼこ・てんぷら・里芋などの具材がひしめくどんぶりの中に、柔らかくふやけたうどんが顔をのぞかせていたのを懐かしく思い出します。あ、でも地域の“ごちそう”うどんとして、ごまだしうどんをお勧めします（地域はご推察ください）！

[H.S.]

〈とびら〉

先入観を無くし変化を受け入れる……………菅沼こと

〈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

〈解 説〉

外部標準法定量 NMR (EC-qNMR) のすすめ……………西崎雄三

〈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

〈話 題〉

食品中のネオニコチノイド系農薬分析法……………中村圭介

◇ 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11号(通巻575)

2022年11月1日印刷

2022年11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 58 回 X 線分析討論会

—当日参加募集—

主催 (公社)日本分析化学会 X 線分析研究懇談会
 共催 (公社)日本分析化学会近畿支部
 後援 兵庫県立大学高度産業科学技術研究所, 姫路観光コンベンションビューロー

協賛学会 (公社)応用物理学会, 他

「ポストコロナ時代の X 線分析の在り方」をサブタイトルに,
 1) X 線分析の自動化, 計算科学との融合, 2) X 線要素機器の
 開発と X 線分析への展開, 3) X 線分析による材料解析とその
 応用展開, 4) X 線イメージングおよび顕微解析, 5) 他の量子
 ビーム利用解析との融合, といったテーマに沿って発表, 講
 演, 討論を行います。

期日 2022 年 11 月 10 日 (木)・11 日 (金)

会場 イーグレひめじ [兵庫県姫路市本町 68 番 290, 交通:
 JR「姫路」駅から姫路城の方へ約 600 m]

討論会プログラム

第 1 日 (11 月 10 日)

受付開始 (8.50~)

開会挨拶 (9.15~9.20)

第 1 セッション (9.20~10.40)

O1-1S 砂糖の加熱 in-situ XANES 測定と固体中水素結合
 の XANES 解析 (兵大院工) ○平松佳恵, 村松康司

O1-2S 試料加熱軟 X 線吸収分析装置を利用した熱変性タ
 ンパク質の in-situ XANES 測定 (兵大院) ○下垣都弥,
 田中利幸, 村松康司

O1-3S 軟 X 線吸収分光法と第一原理計算によるシリコン
 ドープナノダイヤモンドの電子状態解析 (兵大院, 2ダイ
 セル) ○濱田隆暉¹, 村松康司¹, 劉 明², 西川正浩²

O1-4S 秋間補間による X 線スペクトルのバックグラウン
 ド推定 (京大) ○大橋律禎, 加藤駿英, 河合 潤, 向山
 毅

休憩 (10.40~10.50)

第 2 セッション (10.50~12.10)

O1-5S 水による CO₂ 還元活性に及ぼす酸化ガリウムの担
 持効果 (阪公大) ○市川恭史郎, 青木知美, 赤柄誠人, 山
 本宗昭, 田辺哲朗, 吉田朋子

O1-6S Lysine 添加によりサイズ制御された Au/C を用い
 た気相での電気化学的 CO₂ 還元 (阪公大) ○菰口佳吾,
 田辺哲朗, 吉田朋子, 山本宗昭

O1-7S Cs-L₁, L₂, L₃ 端 XAFS を用いたポルサイトの分析
 法の開発 (1福島大院理工, 2福島大理工, 3九大 SR セ) ○
 田渡琉音¹, 梅津裕義², 高久遼介², 杉山武晴³, 大橋弘範²

O1-8S 中性子回折を用いた低合金 TRIP 鋼の熱処理中にお
 ける組織形成過程の観察 (1茨城大院, 2茨城大フロンティア,
 3東京電機大) ○河原幸汰¹, 梅村和希¹, 小貫 祐^{2,3},
 星川晃範², 富田俊郎², 佐藤成男¹

昼休み (12.10~13.10)

ポスターセッション (13.10~15.10)

P-1S X 線ビーム径の数学的考察および実験結果への適用
 (1阪公大院工, 2阪公大院理) ○中江理紀¹, 伊師英之², 松
 山嗣史¹, 辻 幸一¹

P-2S 共焦点蛍光 X 線分析法による爪試料の深さ方向元素
 イメージング (阪公大院工) ○浦田泰成, 松山嗣史, 辻
 幸一

P-3S 全反射蛍光 X 線測定における分析体積の評価 (1阪公
 大工, 2阪公大院工) ○谷口尚哉¹, 松山嗣史², 辻 幸一¹

P-4S アンモニア-過酸化水素混合液を用いた全反射蛍光 X
 線微量元素分析のための試料基板の親水化処理 (阪公大院
 工) ○田中悠大, 松山嗣史, 辻 幸一

P-5S ベルトコンベア上の移動物体のマクロ蛍光 X 線分析

(1阪公大工, 2阪公大院工) ○西俣真¹, 松山嗣史², 辻 幸
 一¹

P-6S 超音波浮揚技術によって空中保持された試料の蛍光
 X 線分析 (阪公大院工) ○奥田晟生, 松山嗣史, 辻 幸一

P-7 微小部 XRD 測定を実現するための試料位置 (高さ)
 調整方法の検討 (兵庫県立工業技術センター) 山下 満

P-8 AFX ゼオライトの SDA 状態解析 (東ソー分析セン
 ター) 倉重裕一

P-9 放射光 X 線イメージングにおける新規試料ダメージ
 低減方法の開発 (1住化分析センター, 2兵大院) ○末広省
 吾¹, 幸坂 崇¹, 真家 信¹, 齋藤智浩¹, 高山裕貴²

P-10S アミノ酸の構造と X 線照射量の光分解依存性 (1兵
 県大高度研, 2理研, 3JASRI) ○三枝峻也^{1,2}, 中村 遼^{1,2},
 赤松直也^{1,2}, 内海裕一¹, 石原知子^{2,3}, 大浦正樹², 山口明
 啓^{1,2}

P-11S 電解ニッケル析出プロセスの X 線吸収分光法を用
 いた in situ 分析 (1兵県大学高度研, 2理研, 3北大) ○三
 枝峻也^{1,2}, 赤松直也^{1,2}, 中村 亮^{1,2}, 内海裕一¹, 加藤
 優^{2,3}, 八木一三^{2,3}, 石原知子^{2,3}, 大浦正樹², 山口明啓^{1,2}

P-12S X 線光化学反応を用いたニオブ酸リチウム上にお
 けるナノ粒子生成の pH 依存性 (1兵県大高度研, 2名大 SR
 セ, 3あいち SR, 4岐阜大) ○三枝峻也¹, 桜井郁也², 岡田
 育夫³, 山田啓介⁴, 嶋 睦宏⁴, 内海裕一¹, 山口明啓¹

P-13S In situ HAXPES による PTFE の分子鎖切断と放射
 光ドライエッチングプロセスの解明 (1兵県大高度研, 2兵
 県大院理, 3マツダ) 藤谷海斗¹, 竹中研人², 高原光司¹,
 山口明啓¹, 内海裕一¹, 住田弘祐³, 鈴木 哲¹

P-14S 2 次ターゲット偏光蛍光 X 線分析 (京大) ○加藤駿
 英, 河合 潤

P-15 X 線磁気円偏光発光を用いたバルク敏感な磁気光学
 顕微鏡の開発 (1QST, 2JFE テクノリサーチ) ○菅原健
 人¹, 稲見俊哉¹, 中田崇寛², 阪口友唯², 高橋 真²

P-16 散乱 X 線の理論強度を用いる樹脂薄膜の膜厚測定お
 よび形状補正 (1島津製作所, 2島津総合サービス) ○小川
 理絵¹, 越智寛友²

P-17S レジスト薄膜中の空間分布測定を目的とした軟 X 線
 反射型共鳴散乱法の検討 (兵大院) ○中本敦啓, 山川進
 二, 原田哲夫, 渡邊健夫

P-18 火成岩の蛍光 X 線定量用標準物質の選択方法 (1リガ
 ク, 2明治大) ○松田 渉¹, 森川敦史¹, 中村利廣²

P-19 X 線回折/Rietveld 法により得られた定量値の正確性
 評価 (リガク) ○葛巻貴大, 大淵敦司, 市川佑貴

P-20S 準大気圧光電子分光における光電子強度のランベル
 トベールの法則からのずれ (1兵大院理, 2兵県大高度研,
 3マツダ) ○竹中研人¹, 高原光司², 江口智己², 住田弘祐³,
 鈴木 哲²

P-21S 準大気圧光電子分光における試料の帯電の評価 (1兵
 県大高度研, 2兵大院理, 3マツダ) ○高原光司¹, 竹中研
 人², 住田弘祐³, 鈴木 哲¹

P-22 屋外暴露したエポキシ樹脂塗料の XPS/FT-IR に
 よる劣化状態の解析 (長野県工業技術総合センター) ○矢
 崎辰哉, 水寄英明, 田垣千英

P-23 軟 X 線吸収分光法を用いた DLC 膜の構造解析 (1三
 菱ケミカル, 2兵大院) ○藤方 悠¹, 脇田潤史¹, 赤井俊
 雄¹, 山田咲樹², 下垣都弥², 田中利幸², 村松康司²

P-24S ナノグラファイト膜を用いた sp² 炭素の質量吸収係
 数測定における密度補正: 浮沈法による密度測定と分子動
 力学計算によるグラフェンの積層挙動解析 (1兵大院工,
 2産総研) 赤木翔真¹, 村松康司¹, 曾根田靖²

P-25S 直鎖アルカンの CK 端 XANES 測定と DFT 計算に
 よる解析 (兵大院工) ○田中利幸, 村松康司

P-26S DFT 計算によるイミダゾリウム系イオン液体の
 XANES 解析 (兵大院) ○宇田真之介, 村松康司

- P-27S 軟X線吸収・発光分光法と第一原理計算による Melem 分子のキャラクタリゼーション (兵庫県) ○榎谷嘉人, 村松康司
- P-28S Ce-Al アモルファス合金から調製した多孔質 CeO₂ の構造がその Pd 担持触媒の煤燃焼反応特性に与える影響 (兵庫県) ○津田智哉, 野崎安衣, 西 亜未, 山本宏明, 森下政夫
- P-29S Au-Al 合金からの Al-MOFs 修飾多孔質 Au 触媒開発 (兵庫県) ○住田幹弥, 野崎安衣, 山本宏明, 森下政夫
- P-30S 合金からのルテニウム-酸化鉄の調製とその水素生成反応特性 (兵庫県) ○三好 颯, 野崎安衣, 住田幹弥, 山本宏明, 森下政夫
- P-31S Fe 合金からの水素生成反応における固相の X 線解析 (1東京都市大工, 2東京都市大院総理工) ○中澤礼香¹, 八木 駿², 江場宏美²
- P-32S 食塩結晶成長過程における夾雑イオン取り込み現象の観察 (1東京都市大, 2イメージング物理研究所) ○細井敬泰¹, 関根昂河¹, 江場宏美¹, 桜井健次²
- P-33S 鉄鋼スラグに含まれる CaO の水和反応における共存酸化物の影響の解明 (東京都市大院) ○芹ヶ野竜介, 江場宏美
- P-34S 可搬型蛍光 X 線分析装置によるマイクロプラスチック中微量金属元素精密定量法の検討 (1麻布大院環境保健, 2麻布大生命環境) ○志村 瞬¹, 新垣達章², 伊藤彰英², 中野和彦²
- P-35 可搬型蛍光 X 線分析装置を用いたモザイクガラス玉の化学組成分析 (1東京電機大, 2岡山市立オリент美術館, 3MIHO Museum, 4国立慶州博物館) ○村申まどか¹, 阿部善也¹, 四角隆二², 東 容子³, 金 度潤⁴, 李 承恩⁴
- P-36S 都市ごみ焼却飛灰の X 線分析による溶出機構の検討 (1明治大院, 2明治大, 3リガク) ○秋野友香¹, 関野梨名², 加世田大雅¹, 大淵敦司³, 小川熱人², 小池裕也²
- P-37 μ-XRF を用いた福徳岡ノ場の軽石の元素分析および地球科学的考察 (1堀場テクノサービス, 2総合地球環境学研究所) ○中野ひとみ¹, 新城竜一², 駒谷慎太郎¹
- P-38 多摩川集水域にて採取した河床堆積物の鉱物組成 (1明治大院, 2リガク, 3明治大) ○猪瀬聡史¹, 松田 渉², 本多貴之³, 小池裕也³
- P-39 第一原理計算による銅酸化物/水酸化物の XANES/ELNES シミュレーション (住友電気工業) ○久保優吾, 後藤和宏, 上村重明
- P-40 NCA 系活物質含有 Mn 系 LIB の劣化原因究明と炭素系負極活物質表層の Li+パズ解析 (1名大, 2AichiSR, 3河村電器産業) ○渡部 孝¹, 高岸洋一¹, 渡辺義夫², 大島正稔³, 小西功次³
- P-41 Xspecia による遷移金属分析 (島津製作所) ○米田哲弥, 大森崇史, 西埜 誠, 丹生 隆, 三田村茂宏, 元木秀彦, 鈴木桂次郎
- P-42 X 線吸収分光による次世代大容量 Si 負極の電解質溶液塩との反応観察 (1兵庫県大, 2コベルコ科研) ○中西康次¹, 森 拓弥², 大園洋史², 鈴木 哲¹
- P-43 電池材料のリサイクル効率向上を目的とした蛍光 X 線を用いた粒子解析 (1堀場テクノサービス, 2イージェス) ○安保拓真¹, 中野ひとみ¹, 近藤治郎², 駒谷慎太郎¹
- P-44S 炭酸カルシウムの相転移と Ca K 殻 XAFS 分析 (広島大院先進理工) ○馬 玉潔, Jens R. Stelhorn, 早川慎二郎
- P-45S 高エネルギー分解能蛍光検出 X 線吸収分光法を用いた生体内元素化学評価法の検討 (1QST 放医研, 2千葉大院理, 3QST 量子生命, 4QST 量子ビーム, 5JAEA) ○佐藤遼太郎^{1,2}, 上原章寛¹, 大澤大輔³, 加藤由悟¹, 薬丸晴子¹, 石井賢司⁴, 松村大樹⁵, 田中 泉¹, 石原 弘¹, 武田志乃¹
- P-46 生体組織中セシウムの分布解析手法の検討 (1QST 放医研, 2千葉大院理, 3JASRI) ○薬丸晴子¹, 田中 泉¹, 加藤由悟¹, 阿山香子¹, 沼子千弥², 関澤央輝³, 新田清文³, 上原章寛¹, 石原 弘¹, 武田志乃¹
- P-47S 中性子散乱光学系の窓材に適した Ti-6Al-4V 合金のミクロ組織 (1茨城大, 2茨城大フロンティア, 3横浜国立大, 4CROSS) ○鈴木 建人¹, Pramote Thirathipviwat^{2,3}, 張朔源⁴, 有馬 寛⁴, 岩瀬裕希⁴, 阿部 淳⁴, 佐藤成男¹
- P-48S 中性子回折を用いた純銅の高温圧縮変形時に伴うミクロ組織形成の観察 (1茨城大院理工, 2東京電機大, 3三菱マテリアル, 4東北大) ○馬場可奈¹, 小貫祐介², 長岡佑磨³, 伊東正登³, 鈴木 茂⁴, 佐藤成男¹
- P-49S 純銅と Cu-Zn 合金の引張変形中の転位増殖過程の観察 (1茨城大, 2東京電機大, 3三菱マテリアル, 4東北大) ○柄澤誠一¹, 馬場可奈¹, 小貫祐介², 長岡佑磨³, 伊東正登³, 鈴木 茂⁴, 佐藤成男¹
- P-50S 強加工銅合金における合金元素による GN/SS 転位増殖への作用 (1茨城大, 2三菱マテリアル, 3東北大) ○大後直樹¹, 飯原智美², 高野こずえ², 伊藤優樹², 牧 一誠², 鈴木 茂³, 佐藤成男¹
- P-51 EIGER2 Upgrade : New features for Advanced X-Ray Diffraction Experiments (DECTRIS Ltd.) Max Burian
全体写真撮影・休憩 (15.10~15.40)
第3セッション (15.40~17.00)
- O1-1 グラフェン製入射窓を備えた新型シリコンドリフト検出器の可搬型蛍光 X 線分析装置への導入と文化財の非破壊オンサイト分析への応用 (1東京電機大, 2アワーズテック) ○阿部善也¹, 村申まどか¹, 椎野 博², 永井宏樹², 中嶋佳秀²
- O1-2 卓上型顕微 EDXRF を用いた絵画色材分析~中世ヨーロッパ彩飾写本リーフ・江戸時代浮世絵の分析~ (1堀場テクノサービス, 2吉野石膏美術振興財団, 3下井木版印刷所) ○西村智椰¹, 大石 誠¹, 安保拓真¹, 相馬結花¹, 西田有紀², 下井雄也³, 中野ひとみ¹, 駒谷慎太郎¹
- I-1 X-ray exploration and analysis of Artworks from the macro to the microscale (Univ. of Antwerp) Prof. Koen Janssens (依頼講演)
休憩 (17.00~17.10)
第4セッション (17.10~18.10)
- O1-3 リュウグウ小惑星試料の WD-XRF 分析 (1リガク, 2東京電機大, 3JASRI, 4東理大, 5北大) ○本間 寿¹, 阿部善也², 寺田靖子³, 中井 泉⁴, 坂本尚義⁵
- O1-4 リュウグウ小惑星試料の ED-XRF 分析 (1堀場テクノサービス, 2東理大, 3東京電機大, 4JASRI, 5北大) ○森田麻由¹, 駒谷慎太郎¹, 由井宏治², 阿部善也³, 寺田靖子⁴, 中井 泉⁵, 坂本尚義⁵
- O1-5 リュウグウ小惑星試料の高エネルギー放射光蛍光 X 線分析 (1東京電機大, 2JASRI, 3東理大, 4北大) ○阿部善也¹, 寺田靖子², 中井 泉³, 坂本尚義⁴
ミキサー (18.30~20.00, 於「三日潮」要事前申込)
- 第2日 (11月11日)
第5セッション (9.10~10.50)
- O2-1 新型高感度検出器搭載 Micro-XRF によるボロンからの元素分析 (堀場製作所) ○柳井優花, 松永大輔, 青山朋樹
- O2-2 現代の ED-XRF テクノロジーによる貴金属合金の高精度分析 (1アメテック・スペクトロ, 2SPECTRO Analytical Instruments) ○宮城琢磨¹, Dirk Wissmann²
- O2-3 軟 X 線スーパーミラー型高回折効率高分解能回折格子の設計 (1QST, 2東北大, 3阪公大, 4島津製作所) ○小池雅人^{1,2,3}, 羽多野忠², ピロジコフ S. アレキサンダー¹,

上野良弘⁴, 寺内正己²

I-2 奥行き・広がりのある分析について(元・物材機構)

桜井健次(依頼講演)

休憩(10.50~11.00)

第6セッション(11.00~12.00)

O2-4 プラズマ照射によるタンゲステン材料への光触媒機

能付与(¹阪大, ²名大) 山本宗昭¹, 小森勝之², 八木伸也², ○吉田朋子¹

O2-5 ジルコニア担持銅触媒のXRD/XAFS分析およびエ

タノール転換反応活性(徳島大) ○山本 孝, 峰 広嵩

O2-6 蛍光収量 XAFS による鉄鉱石中リン賦存状態分析

(¹東北大, ²日本製鉄) ○篠田弘造¹, 村尾玲子², 豊島展¹, 鈴木 茂¹

昼休み(12.00~13.00)

第7セッション(13.00~14.40)

O2-7 X線磁気円偏光発光を用いた方向性電磁鋼板の磁区

観察(¹QST, ²JFE テクノリサーチ) ○稲見俊哉¹, 菅原健人¹, 中田崇寛², 阪口友唯², 高橋 真²

O2-8 低出力 X 線管の非単色 X 線を用いた Si ウエハの

TXRF 分析(京大) ○河合 潤, Dayun Liu

O2-9 ベイズ推定に基づく蛍光 X 線スペクトル予測の基礎

検討(¹阪大大院工, ²JAEA) ○松山嗣史¹, 中江理紀¹, 村上昌史², 吉田幸彦², 町田昌彦², 辻 幸一¹

I-3 二次電池分析における放射光計測・解析×インフォマ

ティクス(コベルコ科研) 森 拓弥(依頼後援)

休憩(14.40~14.50)

第8セッション(14.50~16.20)

O2-10 蛍光 X 線分析による河川水ウラン汚染の迅速スク

リーニング(¹QST, ²東邦大) ○吉井 裕¹, 酒井康弘¹

O2-11 遷移金属添加アパタイトの合成と X 線分析(千葉

大) ○沼子千弥, 林実貴子, 佐藤遼太郎, 宣冬陽, 鮮樹輝, 寺内美裕

O2-12 ゲル中に生成した Mn-Fe プルシアンブルー類似体

の特異な Cs 吸着の X 線分析(日女大理) 林 久史

O2-13 軟 X 線吸収・発光分光法による非晶質炭素膜中の

sp² 結合の配向構造の観測(¹兵県大, ²東大, ³東京工業大) 新部正人^{1,2}, 神田一浩¹, 赤坂大樹³, 平田祐樹³, 大竹尚登³

O2-14 準大気圧光電子分光における環境帯電補償効果—試

料とアパーチャーコーン間距離の影響—(¹兵県大高度研, ²兵県大院理, ³マツダ) 鈴木 哲¹, 竹中研人², 高原光司¹, 住田弘祐³

学生賞表彰式(16.20~16.30)

閉会挨拶(16.30~16.40)

別室にて協賛企業6社殿によるブース展示があります。

参加登録料(非課税) 一般:6,000円(会員*),7,000円(非

会員), 学生:3,000円(*協賛学会員を含む)

詳細については, 討論会 Web サイト

<https://xbun.jsac.jp/conference/no58.html>

をご覧ください。

連絡先 〒679-5198 兵庫県佐用郡佐用町光都 1-1-1

(公財)高輝度光科学研究センター 上原 康

[電話:0791-58-2706, E-mail:x58.himeji@gmail.com]

第41回分析化学基礎セミナー

(無機分析編):2日間講習

—現場技術者の分析技術の基礎習得へ向けて—

主催 (公社)日本分析化学会関東支部

近年,多くの分野で分析化学の技術が使用され,また,その信頼性も重要視されています。分析化学の基礎技術及び使用する機器等の信頼性の確保ができて,初めて出力された分析値に

信頼性が生じます。本セミナーは無機分析に関連した講義を中心としていますが,分析化学の基礎を習得するうえで是非とも知っておくべき内容を多く含み,大学の授業では教えていないようなノウハウや実務に役立つことを講義しますので,無機分析・有機分析を問わず受講されることをお勧めします。また,代表的な3つの無機分析法について「いまさら聞けない機器分析」として,具体的な基本事項を解説いたします。分析技術の基礎を学びたい方,もう一度学び直したい方は,この機会に奮ってご参加ください。今般,コロナ禍において感染防止を確保するため,オンラインでのセミナーとして開催いたしますので,コンピュータ,スマートフォンあるいはタブレット等の環境が整っていれば自宅あるいは勤務先から長距離移動を気にせずに参加いただけます。関心のある方は是非ご参加ください。

期日 2022年11月30日(水)・12月1日(木)

Webソフト Zoom

対象者 現場で分析実務を担当している技術者及び「分析化学の基礎」を習得しようとする者で2日間全講義を受講できる方

目的 分析技術の基礎的技術の習得と向上に向けての教育

募集定員 なし

講習内容

第1日(11月30日(水)13.00~17.10)

0. 13.00~13.10 開会のあいさつ(実行事務局) 関東支部長

1. 13.10~13.50 分析化学を学ぶ—信頼性確保に向けて—(産業技術総合研究所) 津越敬寿

2. 14.00~15.00 汚染の原因とその管理(産業技術総合研究所) 米谷 明

3. 15.10~16.00 酸やアルカリ試薬による金属と無機化合物の溶かし方(Yoshikawa Sci. Lab) 吉川裕泰

4. 16.10~16.50 マイクロ波を利用する加圧分解法(イアス) 一之瀬達也

16.50~17.10 質疑応答

第2日(12月1日(木)9.40~17.25)

5. 9.40~10.50 分析値の提示と分析値の意味(明星大学) 上本道久

6. 11.00~11.50 ピペットおよび電子天びんの使い方と検量線の作成方法(島津総合サービス) 宮下文秀

7. 12.50~13.35 ろ過ろ材の選び方とその使い方-(宇都宮大学) 上原伸夫

8. 13.45~14.35 標準液の役割と取り扱い上の注意(化学物質評価研究機構) 上野博子

9. 14.45~15.25 「いまさら聞けない機器分析」その1

原子吸光分析(日立ハイテックサイエンス) 白崎俊浩

10. 15.35~16.15 「いまさら聞けない機器分析」その2

ICP 発光分光分析(元島津製作所) 舩田哲也

11. 16.25~17.05 「いまさら聞けない機器分析」その3

ICP 質量分析(パーキンエルマー・ジャパン) 敷野 修

17.05~17.25 質疑応答

※17時25分終了予定。講習時間及び講義順は,変更する場合があります。

受講料 日本分析化学会会員(個人・団体会員)22,000円,会員外33,000円(税込み)※団体会員の特別・公益会員は1名のみ会員扱いとします。維持会員の事業所は複数名受講でも会員扱いとします。

受講証の発行 受講者には「分析化学基礎セミナー(無機分析編)」を受講した証として,受講証を発行します。なお,受講証はセミナー終了後に郵送いたします。

受講申込方法,申込締切日,送金方法等の詳細は日本分析化学会関東支部ウェブページを参照ください。

2022年度第3回近畿支部講演会

主催 (公社)日本分析化学会近畿支部, 近畿分析技術研究懇話会

期日 2022年12月2日(金) 15.00~17.00

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

講演

1. 放射光の法科学鑑定への応用(仮題)(15.00~16.00)
(兵庫県警察本部科学捜査研究所) 渡邊誠也
2. ケモトリックスの歴史と未来~AIも含めて(16.00~17.00)(大阪大学薬学研究科) 高木達也

参加費 無料

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

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

※新型コロナウイルスの影響により, 延期やオンライン開催等に変更する可能性があります。変更などの詳細は, 近畿支部ホームページ(<http://www.bunkin.org/>)にてご確認ください。

山口地区講演会

主催 (公社)日本分析化学会中国四国支部

共催 山口大学研究推進体「先端的な計測・分析機器基盤技術の創出」, 山口大学理学部

期日 2022年12月6日(火) 13.00~16.00

会場 山口大学共通教育28番教室, オープンルーム〔山口県山口市吉田1677-1, 交通:JR山口線「湯田温泉」駅下車, 徒歩30分〕

講演

1. 「金属錯体の特性評価と分離分析法開発への展開」(山口大院創成科学研究科) 鈴木敦子
2. ポスター発表

参加費 無料

連絡先 〒753-8511 山口県山口市吉田1677-1 山口大学教育・学生支援機構教育支援センター 藤原 勇
〔電話・FAX:083-933-5137, E-mail:fuji@yamaguchi-u.ac.jp〕

第378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

分離分析において, 温度はさまざまな影響をもたらします。意図的に制御, 利用することで条件の一部とし, 測定等を有意に行うことができる一方で, 意識の及ばないと再現実や望んだ結果が得られない原因ともなり得ます。実験を行う上では非常に重要な因子であり, ノウハウにも結び付くことも多々あります。本例会では, 最も身近で基本的なパラメーターである温度に今一度着目し, さまざまな切り口から講演いただきます。

期日 2022年12月23日(金) 13.00~17.00

会場 Zoom オンライン会場

講演主題 分離分析に関わる温度

講演

講演主題概説(オーガナイザー)(13.00~13.10)

(ジューエルサイエンス(株)) 松岡秀雄

1. カラム温度の分離への影響: 固定相の変化・移動相の変化(13.10~13.45)

(株)クロマニックテクノロジーズ 長江徳和
(LC分析士二段)

2. カラム内での試料の変化と温度の重要性(13.45~14.20)
(一財)化学物質評価研究機構 大村友哉
(LC分析士初段)

3. 試料の前処理過程における温度管理の重要性(14.20~14.55)

(株)東レリサーチセンター 竹澤正明
(LC分析士三段, LC/MS分析士五段)

休憩(14.55~15.15)

4. 検出と温度~その基礎と留意点(15.15~15.50)
(株)島津総合サービス 三上博久
(LC分析士五段, LC/MS分析士初段)

5. LC分析における温度効果(15.50~16.25)
(ジューエルサイエンス(株)) 松岡秀雄
(LC/MS分析士初段)

6. 総括「分離分析に関わる温度」(16.25~17.00)
(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, 協賛学会(日本分析化学会, 日本薬学会, 日本化学会, 日本農芸化学会)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 講演終了後, 講師を交えて情報交換会を開催します(会費1,000円)。締切日後のご参加はできませんので, 参加希望者は必ず事前にお申し込みください。

参加申込及び参加費等納入締切日 2022年12月16日(金)
(入金締切時刻:15時まで)

申込方法

1. 参加希望者は, 下記申込先にアクセスし, 氏名, 勤務先(電話番号), LC会員・協賛学会会員・その他の別及び情報交換会参加の有無を明記のうえ, お申し込みください。
2. お申込みが完了した場合には, 登録されたアドレス宛に「第378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。
3. 申込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。
4. 参加費の納入が確認できた方には, 2022年12月17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おりません。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。

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

(→費目ごとに振り込んでください)

申込先 <https://forms.gle/b9dYQhb8ke3uHqNfA>

銀行送金先 りそな銀行五反田支店(普通) 1754341 口座名:
シャ)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 (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 ジーエルサイエンス(株) 松岡秀雄
[E-mail: matsuoaka@gls.co.jp]

(プログラム編成が終わり次第, LC懇ホームページに掲載)

要旨提出先 E-mail: nakamura@jsac.or.jp

登録費 一般4,000円, 学生2,000円.

技術情報交換会 1月19日(木)18時より(参加費1,000円)

参加申込および登録費等納入締切日 1月12日(木)(入金締切時刻:15時まで)

銀行送金先 りそな銀行五反田支店(普通)0802349, 口座名義:シャ)ニホンブンセキカガクカイ [(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]

第28回 LC & LC/MS テクノプラザ

～講演&参加募集～

主催 (公社)日本分析化学会 LC 研究懇談会 (LC 懇)

共催 LC シニアクラブ

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

LC および LC/MS を日常的に利用しているオペレーター, 技術者の方々の情報交換, 問題解決・相互交流の場として, 標記テクノプラザを開催します。本プラザの特色は, 従来の機器・カタログ展示(今回は行いません)や一般講演に加え, 現場の共通の悩みをその都度「集中テーマ」として取り上げ, 実例を材料として具体的に議論することです。問題を解決できた例, 問題提起の段階でとどまっている例, これから問題になりそうな事柄などが, いずれも「集中テーマ」の対象になります。この会の主要な目的の一つは, 発表していただいた個々の問題を参加者全体の共通の認識にすることにあります。従って, 未解決の問題や失敗例でも一向に構いません。役に立つ情報であれば, いわゆるオリジナリティーには必ずしもこだわりません。なお, 本テクノプラザの講演者は, 次年度の「液体クロマトグラフィー努力賞」の審査対象となります。

期日 2023年1月19日(木)・20日(金)

会場 Zoom ウェビナー(詳細は LC 懇ホームページ参照)

講演募集分類 ①集中テーマ:(A)前処理における諸問題, (B)分離における諸問題, (C)検出・データ解析における諸問題, (D)未解決の諸問題, 教訓的失敗例, ②一般テーマ。

なお, 以下の講演・表彰なども予定されております。特別講演, 企業ヒストリー講演, 体験講演, CERI クロマトグラフィー分析賞受賞講演, LC 努力賞受賞講演, LC 科学遺産認定講演, LC/MS 技術講座, ベストオーガナイザー賞表彰, テクノプラザベストプレゼンテーション賞表彰。

発表形式 Zoom ウェビナー口頭発表

講演申込方法 講演申込は, LC 懇のホームページから(必要事項を明記)

講演申込締切 12月23日(金)

講演要旨締切 1月6日(金)執筆要領に従って要旨を作成し, 電子メールに添付。

講演要旨執筆要領

- A4判白紙を縦に使用し, 横17cm, 縦25cmの枠内(標準は1行38字, 1枚38行)にワープロで1~2枚作成してください。要旨集はA4判で作製します。
- 講演番号記入欄として, 1枚目の左上隅(左8字×4行分)は空白としてください。
- 講演題目(拡大文字)を書き, 1行空けて発表者の所属と氏名を書く。所属は括弧内にまとめ, 氏名にはふりがなを, また発表者の氏名の前には○印を付けてください。
- 所属・氏名の下を1行空けて, 目的, 実験, 結果, 考察などに分けて本文を書いてください。
- 2枚目は最上段から書いてください。

講演&参加申込先

<https://forms.gle/dyg9sccRZZBzkRWTA>

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

主催 (公社)日本分析化学会液体クロマトグラフィー研究懇談会

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

期日 2023年1月23日(月)

会場 栗田工業(株) Kurita Innovation Hub (KIH) [東京都昭島市拝島町3993-15, 交通:JR中央線で立川まで行き, 青梅線に乗り換え(時間帯により直通電車あり), 「昭島」駅で下車, 北口より徒歩約10分]

<https://www.kurita.co.jp/aboutus/press220401.html>

スケジュール

- | | |
|-------------|---|
| 12.30~13.15 | 受付
司会 特別講演会・見学会(東日本)小委員長(東京理科大学)中村 洋 |
| 13.15~13.20 | LC 研究懇談会委員長挨拶(東京理科大学)中村 洋 |
| 13.20~13.40 | KIH の概要説明(栗田工業(株)) |
| 13.40~15.30 | 見学会(KIH S棟, N棟) |
| 15.30~15.40 | 休憩, 記念撮影 |
| 15.40~16.10 | 環境分析で用いられるクロマトグラフィー(ムラタ計測器サービス(株)・分析部)大塚克弘 |
| 16.10~16.40 | 水処理会社で用いられる分離・分析技術(栗田工業(株)・ウォーターソリューション推進部)榎本幹司 |
| 17.00~19.00 | 情報交換会 |
| 19.00 | 解散 |

参加費 5,000円(当日お支払いください)

申込方法 参加希望者は, 氏名, 勤務先(電話番号), LC 研究懇談会会員/会員外の区別を明記のうえ, E-mailにより下記宛にお申し込みください。なお, 競合メーカーからの参加者はお受けできませんので, ご了承ください。

申込期限 2023年1月13日(金)17時

定員 20名(定員になり次第, 締め切らせていただきます)。

申込先 (公社)日本分析化学会 LC 研究懇談会
[E-mail: nakamura@jsac.or.jp]

——以下の各件は本会が共催・協賛・ 後援等をする行事です——

◎詳細は主催者のホームページ等でご確認ください。

第74回表面科学基礎講座 表面・界面分析の基礎と応用

主催 (公社)日本表面真空学会
期日 2022年11月1日(火)～30日(水)
会場 オンライン (Google Classroom)
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 [電話:03-3812-0266,
FAX:03-3812-2897, E-mail:office@jvss.jp]

実用表面分析セミナー 2022

主催 (公社)日本表面真空学会関西支部
期日 2022年11月17日(木)
会場 神戸大学百年記念館六甲ホール
ホームページ
https://www.jvss.jp/chapter/kansai/kansai_jitsuyou23/
連絡先 〒664-8520 兵庫県伊丹市鴻池2-13-12
日本板硝子(株) 日本表面真空学会関西支部幹事 湊 淳一
[電話:072-781-0081, E-mail:Junichi.minato@nsg.com]

日本金属学会オンライン教育講座 「金属製錬の熱力学」

主催 (公社)日本金属学会
期日 2022年11月17日(木)・18日(金)
会場 オンライン (Zoom) による講義
ホームページ
https://jim.or.jp/EVENTS/event_index.html
連絡先 〒980-8544 宮城県仙台市青葉区一番町1-14-32
(公社)日本金属学会 セミナー・シンポジウム参加係
[電話:022-223-3685, FAX:022-223-6312, E-mail:meeting@jim.or.jp]

分離技術会年会 2022

主催 分離技術会
期日 2022年11月17日(木)・18日(金)
会場 オンライン形式
ホームページ <https://mtg.sspej.org/>
連絡先 年会実行委員会 [E-mail:nenkai2022@sspej.org]

第277回ゴム技術シンポジウム ゴム技術の基礎と最新分析技術

主催 (一社)日本ゴム協会
期日 2022年11月18日(金)

会場 東部ビルとオンライン (Zoom) 併用によるハイブリッド開催
ホームページ <http://www.srij.or.jp/>
連絡先 〒107-0051 東京都港区元赤坂1-5-26 東部ビル1階
(一社)日本ゴム協会 ゴム技術シンポジウム係
[電話:03-3401-2957, E-mail:kenkyuubukai@srij.or.jp]

電気化学セミナー C

「リチウムイオン電池研究開発の最前線
～基礎から応用まで～」

主催 (公社)電気化学会
期日 2022年11月21日(月)
会場 オンサイト・オンライン ハイブリッドセミナー (オン
サイト会場:東京理科大学 神楽坂キャンパス1号館17階記
念講堂 (Zoomによる同時配信を行います))
ホームページ <https://www.electrochem.jp/seminar/>
連絡先 〒101-0065 東京都千代田区西神田3-1-6 日本弘
道会ビル7階 (公社)電気化学会事務局
[電話:03-3234-4213, FAX:03-3234-3599, E-mail:seminar@electrochem.jp]

女子大学院生・ポスドクのための 産総研所内紹介と在職女性研究者との懇談会 Female Graduate Students Laboratory Tours and Round Table with Women Researchers in AIST

主催 産業技術総合研究所イノベーション人材部ダイバーシ
ティ推進室
期日 2022年11月24日(木)・25日(金)
会場 オンライン開催
ホームページ [https://unit.aist.go.jp/innhr/diversity2020/ja/
events/211126_event.html](https://unit.aist.go.jp/innhr/diversity2020/ja/events/211126_event.html)
連絡先 〒305-8560 茨城県つくば市梅園1-1-1 中央第一
(国研)産業技術総合研究所 イノベーション人材部ダイバー
シティ推進室 [E-mail:diversity-event-office-ml@aist.go.jp]

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。

「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9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：2022年11月18日（金）（第2期）

「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

「分析化学」編集委員会

2023年度（第72巻第6号）の「編集委員会特集」のテーマは、『ウェルネスに貢献する分析化学』に決定いたしました。

本特集では、ウェルネスに貢献する分析化学と題し、医療、福祉、スポーツ、食と農、美容、環境、IT等の様々な分野における分析化学を対象とした研究に着目することと致しました。ウェルネスに関連した、新たなサイエンスを切り拓くための基盤技術、およびその応用に関する論文の投稿をお待ちしております。なお、詳細は「分析化学」誌の6号及びホームページをご参照ください。

特集論文申込締切：2022年10月7日（金）

特集論文原稿締切：2022年12月2日（金）

「分析化学」の掲載料についてのお知らせ

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

掲載料金計算式（P：印刷ページ数）（単位：円）

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

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

*上記に消費税がかかります。

「お知らせ」欄原稿について

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

本会外から掲載をご希望の場合は以下をご参照ください。

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

国際会議以外の共催、協賛、後援に関する規程抜粋（共催）

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

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://conference.jsac.jp/83touron/>

【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4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）

※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

お知らせ

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ます。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 2023in 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つ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, 遺伝子組換え, 農薬, 香粧品, サプリメントを含む)

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ので, 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。

【ア行】	西進商事(株)…………… カレンダー裏	【ハ行】
(株)エス・ティ・ジャパン…………… A2	(株)ゼネラルサイエンス	ビー・エー・エス(株)…………… A11
【カ行】	コーポレーション…………… A5	(株)日立ハイテクサイエンス…………… A12
(株)クロマニック	【タ行】	フロンティア・ラボ(株)…………… A10
テクノロジーーズ…………… 表紙4	東ソー(株)…………… A1	【ヤ行】
【サ行】	【ナ行】	安井器械(株)…………… A6
ジーエルサイエンス(株)…………… 表紙2	日本電気計器検定所…………… A3	製品紹介ガイド …………… A8～9
(株)島津製作所…………… 表紙3	日本分光(株)…………… A4	

新規会員募集中!!

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

公益社団法人 **日本分析化学会** 会員係

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

<h2 style="text-align: center;">原子スペクトル分析</h2>	<p>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-ky@jemic.go.jp</p>

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



製品情報

最新のアプリケーション

280報を超える多彩なアプリケーションでユーザーをサポート

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

ほか



テクニカルノート

フロンティア・ラボ 株式会社

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

BAS

光学式酸素モニターシステム

基本機能の光学式酸素モニタリングに加えて、
温度およびpH(一部機種のみ)の同時測定が可能

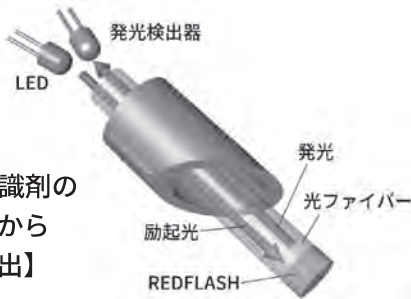
BAS FireSting



- 一台で最大4チャンネル対応。項目の組合せは自由
- 気相および液相での測定に利用できます
- 酸素濃度測定は広い濃度範囲で対応可能
- 非接触型など様々なタイプのセンサーをラインナップ



FireSting O2-C 酸素モニター(4ch)



【REDFLASH標識剤の
発光寿命検出から
酸素濃度を算出】



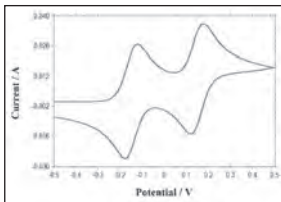
【センサー付きバイアル
内部の酸素濃度を外側
から測定可能】

分光電気化学測定

BAS SEC2020

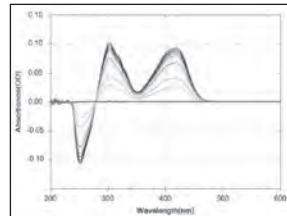


CV測定



※測定データはイメージです。

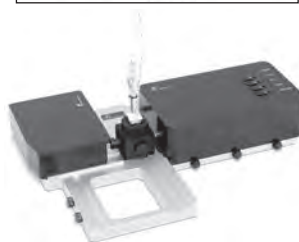
吸光度測定



+



ALS600Eシリーズ



SEC2020スペクトロメーターシステム

分光電気化学測定とは「分光法」と
「電気化学的手法」を組み合わせた測定方法です。

同時に測定を行うことで、より正確な
実験データが得られます。

測定装置からセルなどの消耗品まで、
すべてBASの開発品のため
初めてのお客様でも簡単に測定が行えます。

● 製品の的外観、仕様は改良のため予告なく変更される場合があります。

予算申請などですぐ見積書が必要なときに!

インターネット環境があればいつでもご自身でご確認いただける

WEB見積書サービスが便利です!!

**BAS** ビー・エー・エス株式会社

本社 〒131-0033 東京都墨田区向島 1-28-12

東京営業所 TEL: 03-3624-0331 FAX: 03-3624-3387

大阪営業所 TEL: 06-6308-1867 FAX: 06-6308-6890

実験用途に適したサンプリングアクセサリも豊富にラインアップしています。
詳しくはホームページまで!!

BAS 光ファイバー

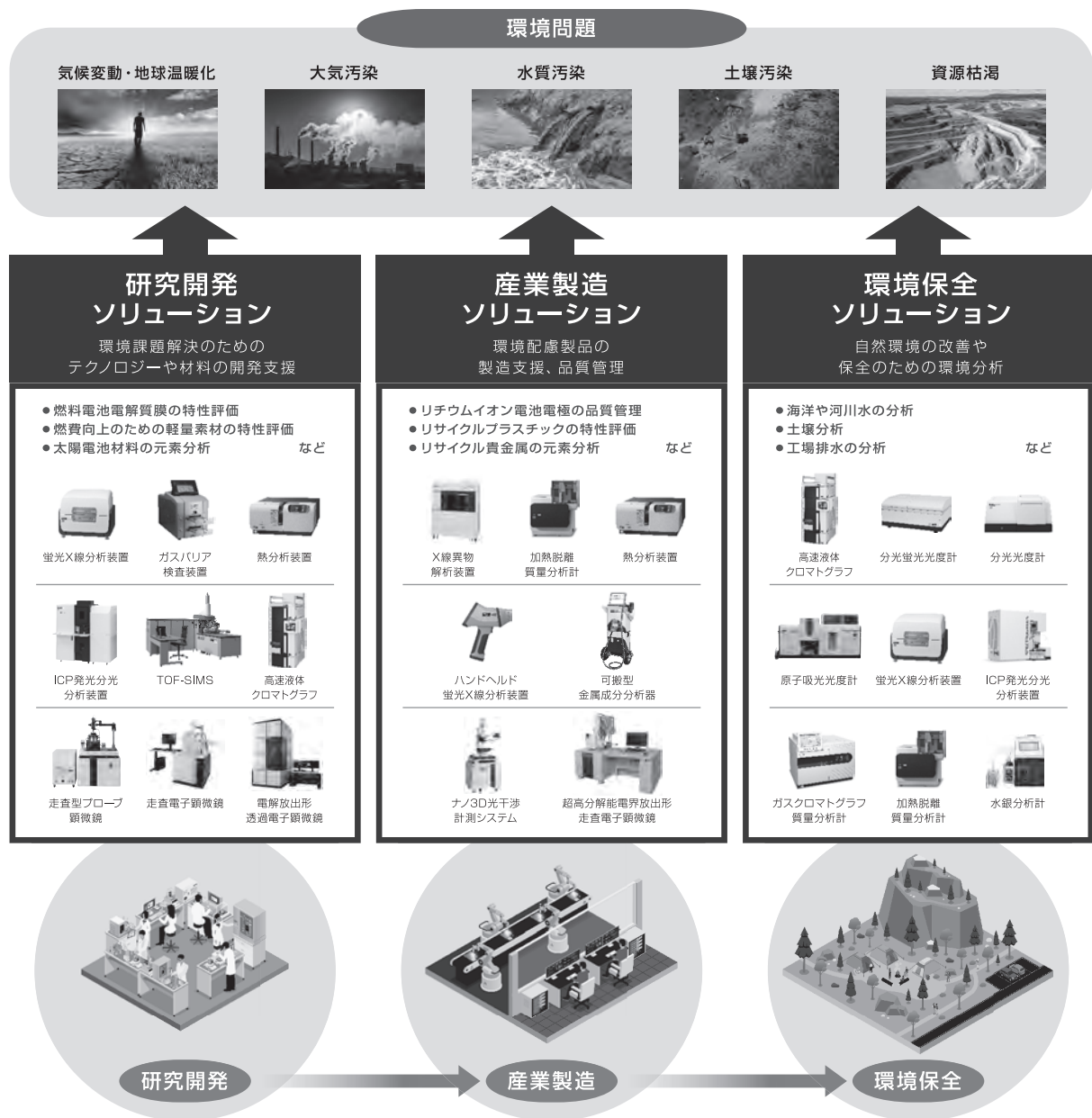


製品情報・技術情報などBASの最新情報はメールニュースで
随時配信しております。配信ご希望の方はお気軽にお問い合わせ下さい ⇒ E-mail: sp2@bas.co.jp

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/

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

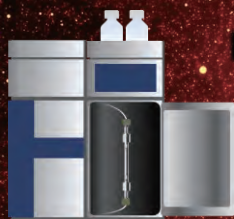
コンパクトで高性能なオートサンプラ

LabSolutions CSネットワークが実現する“ラボからの解放”

Prominert columns improve resolution in any HPLC.

プロミナート

ProMinert



Less than 20 MPa あらゆる HPLC LC/MS で高分離を



最高度エンドキャッピング技術 (Tandem TMS化) を適用
広いpHレンジと低吸着性を併せ持つ 逆相LCカラム

ハイブリッド級の安定性
「2倍」のカラム効率性*

高選択 & 移動相による可変性
分離の切り札 CH/ π 相互作用

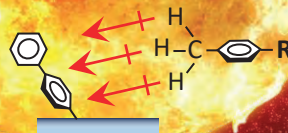
C18

使用可能pH: 1~12

* ハイブリッド型粒子カラムと同一条件下で
比較した場合の「理論段数÷圧力」の対比

Biphenyl

使用可能pH: 1~10



1本目

2本目以降

発売記念セール
実施中

30~40% OFF

期間: ~2023年3月31日

▶メタルフリーカラムも
特注可能(内径2.1mm~)

Prominert (プロミナート)
カラムのサイズ・価格・
仕様等に関する詳細は→



<http://chromanik.co.jp/info/info/1412/>

開発・製造・販売

株式会社クロマニクテクノロジーズ

代表取締役社長 長江 徳和 〒552-0001 大阪府大阪市港区波除 6-3-1

TEL: 06-6581-0885 E-mail: info@chromanik.co.jp URL: <http://chromanik.co.jp>

ChromaNyk
ChromaNyk Technologies Inc.

ぶんせき
二〇二二年第十一号
(通巻第五七五号)

令和四年十一月五日発行(毎月一回五日発行)

発行所 公益社団法人 日本分析化学会

〒141-0031 東京都品川区西五反田一丁目二十六番二号
電話 (03)3499-1335
FAX (03)3499-1357

振替口座 〇〇一〇八二八〇五二
定価千円