ぶんせき　2025年 第４号（通巻第604号）　令和７年４月５日発行（毎月１回５日発行）　ISSN 0386-2178

ぶんせき④

Bunseki 2025

The Japan Society for Analytical Chemistry

日本分析化学会
https://www.jsac.jp

Muromac®

イオン交換・吸着・濾過

MUROMACHI CHEMICAL

column

ムロマックミニカラムの使用例（公開論文・文献より）

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

ムロマック® ミニカラム

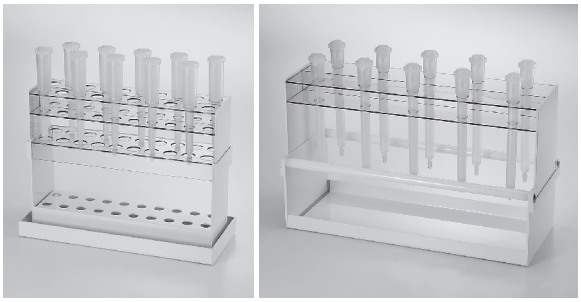
ムロマック®ミニカラムはカラムと液溜槽がポリプロピレンにより一体成型されていて、丈夫で耐薬品性に優れています。小さなカラムながら濾槽が効率良く試料中の物質を吸着できるように設計されており、リークやテーリングの少ない精度の高いクロマトグラフィーが可能です。

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

※1.連結キャップを使って50ml注射器を接続すると便利です。

ムロマック® ミニカラムスタンド

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



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

ムロマック® ガラスカラム

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

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

ムロマック® 分液ロート

【各ガラスカラム対応】

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

種類	容量(mL)
S	500
M	1000

お問合せ先

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

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

MUROMACHI CHEMICALS INC.
室町ケミカル株式会社

ぶんせき Bunseki 2025

Contents 4

目次

とびら

AI 技術とソリューションサービスで進化するラボ分析 ／駒谷 慎太郎 83

入門講座

分析におけるコンタミ・キャリーオーバー対策

ICP-MS 分析におけるコンタミネーション・メモリー効果対策 ／中野 かずみ・朱 彦北・鹿籠 康行 84

講　義

日本薬局方における容量分析法による医薬品の定量及び水分測定法について／稲垣 真輔 92

ミニファイル

分析用試薬

深共晶溶媒／城田 秀明 99

話　題

単一細胞分析に基づくモノクローナル抗体取得の効率化 ／鈴木 雅登 101

トピックス

質量分析イメージングと免疫組織化学染色の融合によるマルチオミクスイメージング解析／山下 修司 103

蛍光 X 線分析と情報処理／松山 嗣史 103

リレーエッセイ

分析化学はポジティブ？／大室 智史 104

論 文 賞

2024 年「分析化学」若手初論文賞受賞者 105

2024 年「分析化学」産業技術論文賞受賞論文 106

2024 年「分析化学」産業技術論文賞受賞論文 107

ロータリー 108

談話室：ポーラログラフ命名（＝誕生）100 周年によせて／**インフォメーション**：第 403 回液体クロマトグラフィー研究懇談会；第 2 回分析士会特別講演会・見学会；第 389 回ガスクロマトグラフィー研究懇談会講演会；第 404 回液体クロマトグラフィー研究懇談会／**執筆者のプロフィール**

〔論文誌目次〕 113
〔新刊紹介〕 98
〔お知らせ〕 M1
〔カレンダー〕 iii
〔広告索引〕 A5
〔ガイド〕 A6

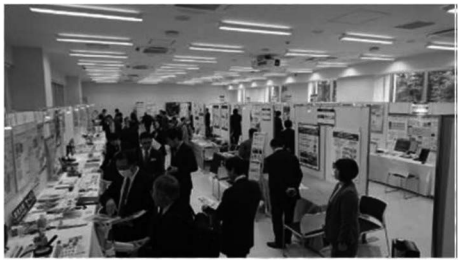
2025 年表紙デザイン：「分析技術を支えるサンプル導入技術」（原案制作：久保田 哲央，1 号 p. 28 参照）

日本分析化学会　第85回分析化学討論会

最先端の分析機器、研究装置などを展示！

■付設展示会（ポスター会場内）

5月３１日（土）　９：３０～１７：００予定
6月　1日（日）　９：３０～１３：００予定



新製品や最新技術情報を詳しく解説！

■ランチョンセミナー（討論会会場）お弁当+ドリンク付

5月３１日（土）　１２：１０～１３：００予定

詳しくは大会ホームページをご覧ください。
https://confit.atlas.jp/guide/event/jsac85touron/top

展示会、ランチョンセミナーの開催時間は変更になる場合がございます。

■企画・運営
公益社団法人日本分析化学会　指定広告代理店
株式会社　明報社

カレンダー

2025 年

4 月	18 日	2025 年度第 1 回近畿支部講演会〔大阪科学技術センター 7 階 700 号室〕	(2 号 M2)
	24 日	第 406 回液体クロマトグラフィー研究懇談会〔島津製作所東京支社イベントホール〕	(3 号 M2)
	25 日	**第 14 回定時総会〔Web 会議（日本分析化学会会議室）〕**	**(3 号 M1)**
5 月	8 日	2025 年度液体クロマトグラフィー（LC）分析士三段認証試験実施のお知らせ〔五反田文化会館〕	(1 号 M4)
	16・17 日	シンポジウム「モレキュラー・キラリティー 2025」〔名古屋大学野依記念学術交流館〕	(1 号 M5)
	22 日	第 407 回液体クロマトグラフィー研究懇談会〔栗田工業/Kurita Innovation Hub 講堂 A〕	(M 2)
	22・23 日	第 41 回希土類討論会〔倉敷市民会館〕	(12 号 M4)
	23 日	第 255 回西山記念技術講座「製鉄所における資源循環と廃熱利用」〔大阪/CIVI 研修センター新大阪東 7 階 E705 会議室〕	(M 6)
	25～30 日	第 19 回大環状分子及び超分子化学国際会議 19th International Symposium on Macrocyclic and Supramolecular Chemistry 2025〔ロームシアター京都・みやこめっせ〕	(2 号 M3)
	30 日	プラズマ分光分析研究会第 125 回講演会　次世代の分析に向けた新しい分光分析の展開〔松山市総合コミュニティセンター大会議室〕	(M 6)
	31 日	第 23 回生涯分析談話会〔愛媛大学城北キャンパス〕	(3 号 M1)
	31・6/1 日	**第 85 回分析化学討論会〔愛媛大学城北キャンパス〕**	**(9 号 M2)**
6 月	4 日	第 256 回西山記念技術講座「製鉄所における資源循環と廃熱利用」〔東京/鉄鋼会館会議室〕	(M 6)
	4～6 日	電子機器トータルソリューション展 2025〔東京ビックサイト東展示棟〕	(2 号 M3)
	6 日	2025 年度液体クロマトグラフィー（LC）分析士二段認証試験〔島津製作所東京支社〕	(2 号 M2)
	7・8 日	第 22 回ホスト－ゲスト・超分子化学シンポジウム〔東京大学駒場第 1 キャンパス〕	(3 号 M4)
	9～11 日	日本顕微鏡学会第 81 回学術講演会　顕微鏡が導く「気付き」,「繋がり」,「挑戦」〔福岡国際会議場〕	(2 号 M3)
	19・20 日	第 92 回日本分析化学会有機微量分析研究懇談会・第 128 回計測自動制御学会力学量計測部会・第 42 回合同シンポジウム〔北里大学薬学部〕	(12 号 M3)
7 月	2～4 日	第 62 回アイソトープ・放射線研究発表会〔日本科学未来館 7 階未来館ホール〕	(3 号 M4)
	5 日	第 62 回化学関連支部合同九州大会〔北九州国際会議場〕	(3 号 M3)
	7 日	2025 年度 液体クロマトグラフィー（LC）分析士初段認証試験〔①東京会場：島津製作所東京支社；②京都会場：島津製作所本社研修センター〕	(3 号 M1)
	10 日	2025 年度 LC/MS 分析士五段認証試験〔日本分析化学会会議室〕	(M 3)
	17 日	2025 年度 LC/MS 分析士四段認証試験〔日本分析化学会会議室〕	(M 3)
	18～21 日	環境工学ワークショップ 2025/環境工学総合シンポジウム 2025　（IWEE2025 & 2025SEE）International Workshop on Environmental Engineering 2025（IWEE2025 & 2025SEE）〔北見工業大学〕	(2 号 M3)
	30～8/1 日	HPLC & LC/MS 講習会 2025〔講義：島津製作所殿町事業所 Main Hall（4 階）,　実習：川崎生命科学・環境研究センター（LiSE）大会議室（1 階）〕	(M 4)
8 月	21・22 日	第 22 回次世代を担う若手のためのフィジカル・ファーマフォーラム　PPF2025〔北九州市国際会議場〕	(M 6)
	22 日	2025 年度 LC/MS 分析士三段認証試験〔五反田文化会館〕	(M 5)
9 月	6・7 日	令和 7 年度化学系学協会東北大会〔山形大学米沢キャンパス〕	(M 5)
	14～19 日	The 7th Asia-Pacific Symposium on Radiochemistry〔島根県立産業交流会館くにびきメッセ〕	(12 号 M4)
10 月	27 日	第 257 回西山記念技術講座「カーボンニュートラル社会実現のためのエネルギー材料における科学基盤と開発最前線」〔大阪/CIVI 研修センター新大阪東 7 階 E705 会議室〕	(M 6)
11 月	7～10 日	第 41 回シクロデキストリンシンポジウム・第 12 回アジアシンクロデキストリン国際会議（合同開催）12th Asian Cyclodextrin Conference in Conjunction with the 41st National Cyclodextrin Symposium, Japan〔同志社大学今出川キャンパス〕	(2 号 M3)
	17 日	第 258 回西山記念技術講座「カーボンニュートラル社会実現のためのエネルギー材料における科学基盤と開発最前線」〔東京/鉄鋼会館会議室〕	(M 6)
	19・20 日	第 30 回高分子分析討論会（高分子の分析及びキャラクタリゼーション）〔明治大学駿河台校舎〕	(M 6)

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

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

1） 放射能分析用牛肉認証標準物質

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

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

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

○充填容器と価格

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

2） 放射能分析用魚類認証標準物質

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

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

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

○充填容器と価格

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

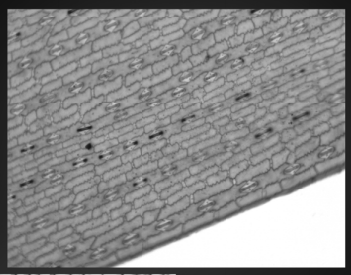
＊内容に関する問い合わせ先：（公社）日本分析化学会　標準物質係 TEL：03-3490-3351，FAX：03-3490-3572，E-mail：crmpt@ml.jsac.or.jp, http://www.jsac.jp/srm/srm.html/

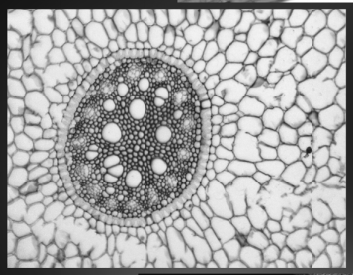
＊頒布に関する問い合わせ先：西進商事（株）東京支店, TEL：03-3459-7491, FAX：03-3459-7499, E-mail：info@seishin-syoji.co.jp, http://www.seishin-syoji.co.jp/

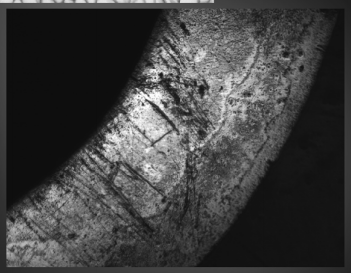
写真左　ポリエチレン袋に装填された牛肉認証標準物質　写真右　U8 容器(50 mm 高さ)，100 mL 容器，1 L 容器に充填された魚肉認証標準物質

Welcome to the Next Generation

赤外顕微鏡における「観る」、「測る」、「使う」を再構築、
顕微赤外測定に新たなイノベーションを創出します。







画像は ×16 カセグレイン鏡で観察

「観る」

- 500 万画素の高解像度カメラを搭載
- 光学系の改良と電動アイリス機構による高品位な観察画像
- オートフォーカス標準搭載
- スマートモニターによる観察・測定の同時実行
- 各種観察オプションを用意

「測る」

- 自動 XYZ ステージによる顕微測定の効率化
- スマートマッピングによる革新的な測定
- 光学系及びミッドバンド MCT 検出器の改良による感度向上
- 2in1MCT 検出器による高空間分解能・高感度測定
- ４検出器搭載可能

「使う」

- シンプルで使い易く、初心者でも使える UI
- IQ IR NAV による自動試料認識
- 集光鏡スライドイン方式の採用
- 40mm 厚試料の反射測定対応
- 設置スペースのダウンサイジング

FT/IR-4X + IRT-5X システム

IRT-5X

赤外顕微鏡 / Infrared Microscope

IRT-5X について

詳しくはこちらから

光と技術で未来を見つめる

日本分光

日本分光株式会社
〒192-8537　東京都八王子市石川町 2967-5
TEL 042(646)4111 (代)

日本分光の最新情報はこちらから

https://www.jasco.co.jp

日本分光HP

JASCO

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

分析化学教育用ビデオ（DVD 版）

●好評をいただいたビデオシリーズを DVD としました

好評発売中

全４巻

監修：公益社団法人日本分析化学会

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

現在お持ちのビデオを返送いただいた方は **10,000** 円（税別，送料込）

1巻 17分 容量分析法

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

2巻 22分 吸光光度分析法

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

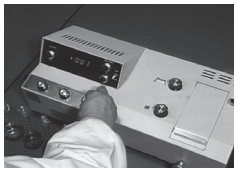
3巻 18分 ガスクロマトグラフ分析法

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

6巻 27分 ICP 発光分光分析法

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

［1巻］容量分析の原理


［2巻］吸光度の測定方法と装置の操作方法は?

［3巻］クロマトグラフィーとは

［6巻］プラズマへの試料導入

お問い合わせ・ご注文は

（公社）日本分析化学会 教育用ビデオ係
〒141-0031
東京都品川区西五反田 1-26-2 五反田サンハイツ 304 号
Tel 03-3490-3351
Fax 03-3490-3572
Mail dvds@jsac.or.jp

TOA DKK

分析業務省力化のお手伝い

食品

環境/石油

薬品/化粧品

TTT-710
ターンテーブル

多検体の連続自動測定に対応

用途に応じた4種類のテーブル
（12、18、36、60検体を用意）

豊富な電極洗浄モードを用意

標準として純水による
シャワー洗浄を装備

オプションでバブリング洗浄・
薬液洗浄・エアーブローにも対応

優れたメンテナンス性

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

省力化を実現する多検体測定システムのご提案

マルチ水質計 MM-43Xによる多検体pH・電気伝導率測定システム

同一サンプルのpH・電気伝導率多検体同時測定が可能

自動測定装置 AUT-801による多検体自動滴定システム

酸・塩基滴定/酸化還元滴定/沈殿滴定/キレート滴定

東亜ディーケーケー株式会社 https://www.toadkk.co.jp/

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

●東　京:03(3202)0226 ●大　阪:06(6312)5100 ●札　幌:011(726)9859 ●仙　台:022(353)6591 ●千　葉:0436(23)7531
●名古屋:052(485)8175 ●広　島:082(568)5860 ●四　国:087(831)3450 ●九　州:093(551)2727

FRONTIER LAB

マイクロプラスチック分析用

熱分解GC/MSシステム

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

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

システム紹介

Advance your microplastics research with Frontier Lab's system

迅速凍結粉砕装置 IQ MILL-2070

静音設計

簡単操作！扱いやすい卓上型の粉砕装置

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

40種以上の粉砕応用例をウェブサイトから閲覧可能！ 製品情報

マススペクトル検索ソフトウェア F-Search 3.8

ポリマー・添加剤を瞬時に同定！

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

30日間トライアル版をウェブサイトからダウンロード可能！ 製品情報

フロンティア・ラボ 株式会社 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

AI 技術とソリューションサービスで進化するラボ分析

駒　谷　　慎太郎

私たちの社会は，コロナ禍の課題に立ち向かい，困難な時期を乗り越えてきました．現在，情報技術（IT）や人工知能（AI）の急速な進歩によって，大きな変容を遂げています．このような環境下で，企業は生産性の向上と外部とのオープンイノベーションへの取り組みにより，収益力を高めていく必要があります．

特に日本においては，若年人口の減少に伴う労働力不足の深刻化が懸念されており，労働現場における自動化技術や生成 AI の導入が産官民一体となって進められています．分析の分野も例外ではなく，これらの技術革新が研究や開発分野，製造プロセスにおいてますます求められています．

私は㈱堀場製作所で分析機器の開発に，㈱堀場テクノサービスで機器メンテナンスおよび分析サービスの運営に長年携わってきました．

製造プロセスにおける分析では，従来の高精度な測定に加え，リアルタイム分析，前処理も含めた自動化，堅牢性，安全性，高信頼性，非破壊性が求められていて，そのニーズに対応できる生産プロセス現場に適応した分析装置を開発してきました．最近では，さらに分析の自動化・省人化を進めるために，デジタルトランスフォーメーション（DX）や AI が取り込まれ，複数の異なる分析装置がラボや生産ラインでつながり，オートメーション化，リモートアクセスやデータインテグリティといった計測技術の機能とノウハウを融合することで，研究から生産現場全体の効率・生産性を向上させる取り組みが進んできています．

ただ，その一方で，DX や AI だけでは解決できない課題があるのも現実です．現場では，突発的な分析装置の故障や停止は致命的なリスクとなります．我々のような分析装置のメンテナンスサービスを生業にする会社には，迅速かつ柔軟なメンテナンス対応，分析装置を熟知した専門知識と技術力を有するサービスエンジニアの配置，サービスコストの低減のための拠点配置，さらにお客様のデータを取り扱うためのセキュリティ対策など，全方位で対応できる態勢の充実が求められています．

ものづくりの現場でも大学等の研究機関でも，リモートワークの浸透や働き方改革による効率化，人材・後継者不足によるベテラン技術者の技や技術の継承，カーボンニュートラルなど喫緊の社会課題への対応が同時に求められています．今後さらに大きく変わっていく分析現場のシステムに対して，ユーザによっては固定資産を所有せず，常に最新の分析装置を使い続けたいという要望や，分析業務そのものを社外の専門家に委託する動きもでてきています．今後は，分析装置のサブスクリプションや分析代行サービスといった新しい分析ソリューションサービスへのニーズが増加すると予想されます．私たちはこれらのニーズに応えるため , 常に最先端の技術とサービスを提供してまいります．

〔Komatani Shintaro 株式会社堀場テクノサービス，近畿分析技術研究懇話会会長〕

ICP-MS 分析における コンタミネーション・メモリー効果対策

中野　かずみ，朱　彦北，鹿籠　康行

1　はじめに

コンタミネーション・メモリー効果（あるいはキャリーオーバー）対策のシリーズとして，今回は金属元素の高感度測定を得意とする誘導結合プラズマ質量分析法（inductively coupled plasma mass spectrometry, 以下 ICP-MS と略す）におけるこれらの課題について考えてみたい．

1･1　ICP-MS とは

ICP-MS を専門とされていない読者の方も ICP-MS が高感度分析手法であることはご存知のことと推察する．1980 年頃に R. S. Houk らによって提案された，誘導結合プラズマ（inductively coupled plasma，以下 ICP ）をイオン源とする質量分析法（MS）は優れた高い検出能力を有し，周期表上の 70 元素以上について μg/L（ppb）～pg/L（ppq）レベルの極低濃度金属の検出能力を有している．そのため，半導体デバイスをはじめとする各種電子材料や高純度金属材料の特性評価や品質管理，環境試料中の微量・超微量における有害物質のモニタリングなど，現在では微量元素分析手法として多方面で活用され，その地位を確固たるものとしている．

一方，その高感度すなわち低濃度の検出能力は，コンタミネーション（以下，汚染）の影響や，ICP-MS 分析においては特に装置の試料導入系内における「メモリー効果」に由来する目的成分のキャリーオーバーの発生によって精確な分析結果の取得をしばしば困難にする．

そこで，本稿では ICP-MS 分析における

① 汚染の分類，起源と予防対策

② メモリー効果の分類，起源と予防対策

③ 測定したイオン強度（信号）変化の見方について

など，著者それぞれと関係者との経験を中心に説明する．分析現場で ICP-MS と苦闘されている読者諸氏のなにかしらのお役に立てられればと考えている．

Countermeasures Against Contamination and Memory Effects in ICP-MS Analysis.

2　ICP-MS 分析におけるコンタミネーション・メモリー効果

2･1　用語の定義と考え方について

JIS K 0211:2013「分析化学用語（基礎部門）」や JIS K 0216:2014「分析化学用語（環境部門）」には，コンタミネーション（汚染）とは「対象物に何らかの物質が付着・混入・発生することによって，対象物が本来もっている機能・性質に好ましくない影響が与えられる状態」など（JIS によって若干の文言の差異がある）のように定義され，現象の項目に分類されている．キャリーオーバーについて金属分析関連で掲載されている JIS は見当たらない（JIS K 0136:2015「高速液体クロマトグラフィー質量分析通則」には記載あり）．メモリー効果（memory effect）については分析化学の基礎的用語として JIS K 0211:2013「分析化学用語（基礎部門）」には「メモリー［効果］前の実験の影響が後の実験に影響する現象」と定義されている．本稿ではキャリーオーバーではなくメモリー効果の用語を用いて議論する．

3　ICP-MS 分析における汚染について

上述のとおり ICP-MS 分析では周期表上 70 以上の元素を分析対象とする．言い換えれば分析者と分析対象試料の周辺に存在している目的元素の汚染を避け，分析試料中の目的元素のみを測定しなければならないことを意味する．本稿前半では ICP-MS 分析における汚染について考えてみたい．

3･1　汚染源とその分類

微量分析において最も一般的かつ深刻な問題が汚染である．影響の程度は試料中に含まれる分析対象物の量，使用する手順，汚染源となりうる分析対象物の存在量によって異なるが，汚染の起源としてはその分析で使用されるすべての実験器具，溶媒，試薬，測定系（分析装置）のすべての部位（構成部品）と関連する操作と考えて良い．これらは分析対象試料に直接接触するタイプの汚染因子と，試料には直接接しないが容易に試料に混入し得る間接的因子とに分類できる．

表 1　汚染源として考慮すべき要因

直接的因子（試料に接する）	間接的因子（試料に混入する）	汚染対策
• 超純水，溶媒 • 試薬（酸，アルカリ） • 標準液 • 試料調製用器具・容器（ピペット，全量フラスコ，…） • 分解容器（ビーカー） • 分析操作（オートサンプラーバイアル） • 保存用容器	• 分析雰囲気（実験環境，作業環境） • 大気（実験雰囲気）中粉塵 • 分析者からの発塵（衣類，汗，皮脂，呼気，化粧品，制汗剤，タバコ煙，ライター飛沫，トナー，鉛筆，ペン，…） • 錆（さび），塩，埃（ほこり） • 分析操作	• 局所排気装置（ドラフトチャンバー） • クリーンルーム，クリーンドラフト • ICP-MS 専用超純水製造装置の設置 • 採水直後の超純水を使用 • 高純度試薬の使用 • 容器の開口部および閉口部と接する部品への接触禁止 • 溶液と接触するすべての容器・器具類の適切な洗浄 • 使用容器を直前まで清浄溶液中に保管し乾燥させない*1 • 水道水での洗浄禁止 • 石英を除くガラス製品の不使用 …など

＊1　実験環境の清浄度が確保できる場合などは乾燥させてもよい．

最近では超純水製造装置によって精製された超純水をラボ内の各所で容易に得られ，高純度試薬の入手も（高価ではあるが）容易となり，ICP-MS による微量金属分析技術も容易に導入できるようになった．しかし，分析操作が不適切だったり，汚染源への対策が不十分だったり，全分析プロセスにおける清浄度の維持が十分になされず目的とする微量濃度分析が実現できていない場合も多い．表 1 に示したこれらすべての汚染要因について，汚染の排除と清浄度の維持管理が徹底され，分析が実施される必要がある．今一度，確実に管理されているかどうか確認されると良い．

3･2　ICP-MS 分析において頻発する汚染の事例と対策

ICP-MS 分析において頻発する汚染と対策の具体例をいくつか紹介する．

① 純度の低い試薬（超純水，酸，アルカリ），汚染された試薬からの汚染

試薬の名称などに惑わされガラス瓶入りの試薬を使用した場合に典型的に発生する．透明ガラス瓶であってもガラス質からの溶出の濃度を ICP-MS 分析では無視できず，頻繁に問題となる事例である．フッ素樹脂・ポリエチレン樹脂製容器入りの高純度試薬を使用し，試薬に添付される品質保証書に記載のある試薬の純度が分析目的に適しているかを事前に確認してから使用する，など注意が必要である．また，樹脂製容器入り高純度・超高純度試薬を使用したとしても不適切に管理・使用した結果，汚染させてしまっていたという報告もよく聞く．高純度試薬容器の開封前の洗浄，ハンドリングのための樹脂製手袋の着用など望ましい作業手順を試薬メーカーが明示されている場合もある．必要量だけ小分けした上で分取するなど試薬を汚染させない手順の確立と運用，管理が重要である．

② 試料調製に使用した容器・器具からの汚染

試料溶液の調製から保存，オートサンプラー用バイアルへの入れ替えまで ICP-MS 分析では多種多様な樹脂製容器を使用する場合が多い．清浄だと思われがちな新品の容器・器具も汚染されている場合がほとんどである．樹脂製品の場合には製造過程における可塑剤や離型剤などが多量に残留している場合が多く，これら成分中の金属不純物によってバックグラウンドの上昇を引き起こしたり，成分中の有機成分が残留して後述するメモリー効果を引き起こしたりと深刻な問題となった例は大変多い．マイクロピペットのチップも同様で，サブ ppb レベル以下の分析においては事前に洗浄してから使用するべきである．現状の洗浄プロセスが分析目的に合致しているか，一度，容器ブランク，洗浄液ブランクのチェックを行い，確認，改善されるよう強くおすすめしたい．

パウダーフリーとは言え樹脂製手袋表面に付着した汚れも問題になる．手袋を超純水等の溶媒に浸漬させて表面の付着・溶出金属元素を自身で評価されるのをおすすめする[1]．また，遠沈管などの樹脂容器メーカーなどの宣伝文句に“メタルフリー”とうたっている場合が散見されるが，ICP-MS 分析を前提にして新品だから清浄とする考え方は通用せず，メタルフリーと言える材質，試薬は事実上存在しない．ガラス容器，樹脂容器を純水で

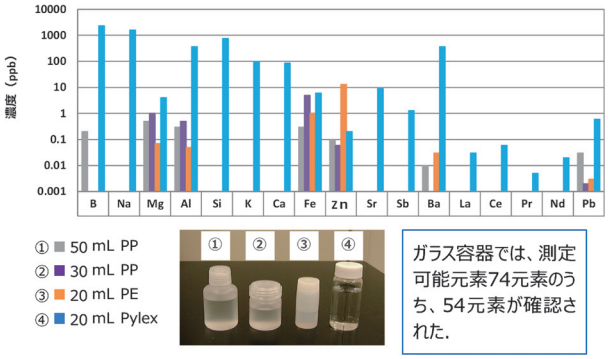


図 1　1 % 硝酸による溶出試験の結果

濯(すす)いだ後の溶出試験の結果と未洗浄の樹脂容器からの溶出試験の結果を図1と図2に示す[2].

超純水の純度の確認にすらICP-MSは使用される．なにより，購入した器具を洗浄もせずにそのまま使用するのは分析化学としても品質管理の立場からも管理されていない状態である．高精度化・高感度が求められており，精確な分析数値の報告を要求される場合がほとんどのICP-MS分析において，望ましい姿勢とは考え難い．

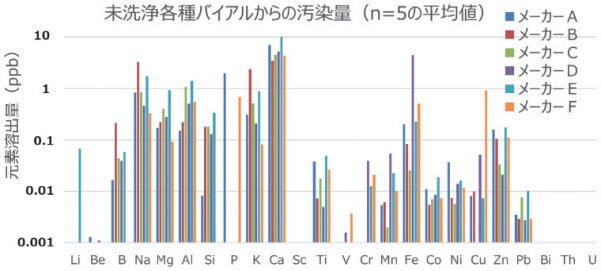


図2　未洗浄バイアルからの溶出試験の結果

新品の部品，器具は汚い!!　ブランクを確認しよう！

③　試料調製時の実験環境（雰囲気）からの汚染とその評価方法

標準液の希釈や試料の分解操作など試料調製時に混入する汚染の影響は重大である．それは試料溶液自体が雰囲気にさらされるのみならず，開放された状態のすぐそばで最大の汚染源とされる人間（分析者）が希釈などの操作を行い，汚染の確率を増大させているからである．

コストを考慮する必要があるが，クリーンルームやクリーンブースの設置，ポータブルのクリーンベンチの設置は清浄度維持のためには大変有効なアプローチである．しかし，過信してはならない．クリーンルームと言っても発塵はあるし，気づかないうちに汚染物質が堆積しているのは良くある話である．われわれの業務はステンレスであっても容易に腐食させる試薬を多量に使用している．金属部品の露出が多い場合，それはいずれも汚染源となりうるので，金属部品が露出させないように対策を施すのもノウハウの一つである．また，実験室内，ドラフトの作業空間内，あるいはICP-MS装置周辺（特に試料導入系周辺）など雰囲気汚染の評価をされると良い．手順は簡単で，密栓可能な十分に洗浄した同様の容器を複数個用意し，超純水（評価項目によっては適切な酸，アルカリ試薬）を満たして密栓した容器と開放した容器をペアにして実験室内の各所，装置周辺などに例えば一週間とか，一定期間静置する．その後，それぞれの容器に入れた水中の金属量を測定する．密栓した容器中の金属量と開放した容器中の金属量の差分が雰囲気からの汚染であり，汚染の程度は必ずしも一定ではないが，汚染の可能性の判断材料になる[3]．常設されているICP-MSを試料中の不純物分析のみならず，実験環境の整備，清浄度維持，ブランクコントロールとコンタミネーションコントロールに活用しない手はない．

④　清浄度維持の失敗による汚染

意外にトラブル例として多かったのは容器などの洗浄後の清浄度維持，管理の不具合である．洗浄後の水切りのために試験管立てなどの金属製ラックや金属製トレーに容器の開口部を接触させて放置していたり，埃の多い外気に触れたまま樹脂製容器を乾燥させたりするなど，汚染につながる不具合行為は数多い．クリーンルームや簡易型クリーンフードなど清浄空間の用意があればそうした清浄雰囲気下での乾燥も可能だが，さもなければ使用の直前まで超純水や高純度の希酸を満たして密栓しておき，使用直前に超純水で十分に洗浄後，試料で共洗いしてから分析に供すると汚染を回避しやすい．

3･3　汚染の構造と洗浄手順の考え方

ICP-MS分析に用いる容器・器具など，一見洗浄した上で分析に使用されているようであるが，汚染の状況に適した洗浄を実施されているとは言い難い状況にしばしば遭遇する．ここで，汚染の構造とそれにもとづく洗浄の手順について考えてみたい．

図3は汚れの構造を模した図である．かなり以前から一部の分野，一部の先駆的な微量金属分析者たちの頭の中には描かれたよく知られたイメージであったように思うが，この考え方自体が以前はノウハウ的な要素も強く，比較的最近まで公にされることがなかった．数年前に産業技術総合研究所の稲垣和三博士が何かの講演用にと作成されたので，転載使用の許可を得て著者らが広くユーザーに示し，汚染の構造を理解された上で具体的な洗浄手順を立案，実施されるよう働きかけている．

例えばICP-MSの試料導入系部品や特に新品のバイアルを洗浄しようとする際，硝酸溶液に浸漬させておけば大丈夫という発言をしばしば耳にするが，必ずしも十分とは言えない．その理由は，図3に従えば，図中のイオン交換吸着や表面吸着している汚染物質を分析前に洗

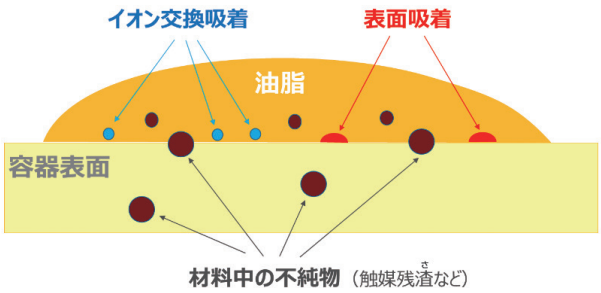


図3　汚れの構造
材料表面，内部の汚染
（産業技術総合研究所 稲垣和三博士提供）

浄して，実験器具の清浄な表面を露出させたいわけだが，硝酸に（仮に濃硝酸であったとしても）常温で浸漬させる程度ではこれら吸着物質を覆っている油脂や油分などの完全な分解除去はできない．一般的な手法として，まず中性洗剤などで油分の除去（いわゆる脱脂）をおこない，その後に残留している金属成分を適切な試薬によって溶解させ洗い流すのが望ましい．また，適切な試薬とは硝酸に限らない．元素それぞれによって溶解できる液性が異なるからである．よって，分析対象元素を完全溶解できる液性にして汚染物質を除去する，さらに共存元素の影響が予想されるなら共存元素についても完全溶解できる液性にして洗浄するのが良いと考える．場合によっては液性を変更して洗浄するなど多段階の工程を必要とする場合もありうる．

汚染の構造を正しく理解できていないと不適切な手順を実施し，目的とする清浄度が得られない．また，汚染の除去のための洗浄として，この手順がベストというフローはなく，最近では試薬類の使用制限された状況もあるようなので，ユーザーそれぞれの目的に合わせて適切なフローで実現されるのがよい．

4　メモリー効果

後半は装置内部に残留した成分によるメモリー効果について考える．

4･1　ICP-MS 分析におけるメモリー効果

ICP-MS 分析においてはスペクトル干渉，非スペクトル干渉と並んで重要な誤差要因にメモリー効果がある．メモリー効果の影響を受けやすい代表的な元素には，ホウ素（B），水銀（Hg），金（Au），モリブデン（Mo），アンチモン（Sb），タリウム（Tl）などのなじみ深い元素のほか，ジルコニウム（Zr），ニオブ（Nb），ハフニウム（Hf），タンタル（Ta），トリウム（Th），ウラン（U），スズ（Sn），タングステン（W）などがある．また，ICP-MS による分析頻度は多くないかもしれないがヨウ素（I）などハロゲンなども挙げられる．最近ではオスミウム（Os）などの貴金属もしばしば問題視されている．

メモリー効果の定義について，JIS K 0211:2013「分析化学用語（基礎部門）」には「前の実験の影響が後の実験に影響する現象」とあり，JIS K 0133:2022「誘導結合プラズマ質量分析通則」では，「以前に分析した試料又は検量線用標準液に含まれていた元素が，ICP-MS またはその附属装置内に残留し，その一部が現在分析中の試料の分析対象元素の信号に重なって現れる現象」とより具体的に明確に定義されている．考える対象も ICP-MS 本体とその附属装置内と明示されており，他の分析法と比較してもこのように明確に記述されているのは ICP-MS 分析において配慮すべき重要なポイントとされている証であろう．実際，メモリー効果という用語は日常の ICP-MS 分析の現場においてもしばしば耳にするし，それほど注意しなければならない反面，影響は甚だ厄介で状況を即座に理解しにくく完全に解決するのが難しい現象である．

4･2　メモリー効果発現の部位

メモリー効果は大別してネブライザー，スプレーチャンバー，トーチなどのガラス部品において発生するものとサンプリングコーン，スキマーコーン，イオンレンズなどインターフェース部品の表面付着（残留）物に起因するものとされてきたが，最近ではサンプルプローブや送液チューブ，送液ポンプチューブなど樹脂製品に起因する場合も非常に多くなってきている．多くなった理由の一つに最近の ICP-MS 装置はマトリックス耐性が劇的に改善され，例えば無希釈の海水試料や % レベルの金属マトリックス溶液などの高濃度マトリックス試料や，食品，生体試料など有機物あるいは有機物を多量に溶解させた溶媒試料などの多検体の導入も可能となったことが挙げられる．結果，それら試料中のマトリックス成分の残留の影響が顕著となっていると考えられる．別の理由としては密閉系マイクロ波分解装置の普及に伴い，試料の分解操作を容易に実施できるようになった反面，分解終点が判断できず特に有機物試料など密閉系では完全分解されずに未分解の有機物が多量に残留することによって新たなメモリー効果の原因を発生させている状況が挙げられる．

ICP-MS の場合にメモリー効果を発現させる箇所は溶液が接するすべての部品・部位であり，付随する部位として，オートサンプラー内のプローブ洗浄用ポート部品，洗浄液用バイアルなどについても管理が不十分だとメモリー効果の原因となる．周辺まで注意を払うべきである．

4･3　メモリー効果の報告例

ICP-MS 分析におけるメモリー効果に関する報文はそれほど多くなく，上述したメモリー効果を示す代表的な元素のうち，特に問題視されるケースの多い B, Hg について報告と対処法の例をいくつか紹介する．

ホウ素については酸性下でホウ酸として揮散するのでアンモニア溶液を試料溶液と同時に注入する[4]など，基本的にアルカリ性にする方法やマンニトールなどの多価アルコールとホウ素との錯体を形成させる方法[5]などが古くから提案されている．また，アンモニアをベースにして添加剤を加えた洗浄プロトコルの提案もある[6]．

水銀については洗浄時間の長さと非線形検量線の問題を解決するために L−システインなどのメルカプト試薬を添加する方法[7]や単に Au 溶液（1 % 王水ベース）を添加する方法[8]などが提案されているが，L−システイン

の場合に長時間の導入は炭素の析出が認められ，Au 添加の場合には Au のメモリー効果も強く発現するので必ずしも万能ではない．

4･4　メモリー効果のタイプ，起源（原因）とその分類

では，具体的にどのような場合にどのようなメモリー効果が生じるのか，科学的には十分に検証・体系化されていないが，筆者らと関係諸氏の経験から紹介したい．

メモリー効果は測定中の顕著な変動など比較的短期で発現する場合と，長期的に緩やかに変動して発現する場合とそれぞれある．また，先に示したプラズマ質量分析通則中の「（前略）その一部が現在分析中の試料の分析対象元素の信号に重なって現れる現象」との記述によると，メモリー効果は正の誤差を与えるように読めるが，実際に起こる吸着現象を考えると負の誤差を与える場合もある．メモリー効果の一因として，その現象が発現するほどの吸着が起こった結果だとも考えられるからで，吸着が起これば目的成分の強度の減少に繋（つな）がると容易に推測できる．また，吸着された未知成分がさらなる吸着を引き起こす現象もしばしば観察される．表 2 に筆者らの考える代表的なメモリー効果の原因と内訳，ならびに対策について示す．

実際のメモリー効果の大半は，試料溶液が通過する試料導入部品の表面性状の変化・劣化などに起因する場合と，不適切な試料液性のためにネブライザーで噴霧された後の水滴やスプレーチャンバー内壁を伝ってドレインへと流出しようとしている液からの揮発成分とそれらの壁面への再吸着によるとされている．高濃度の酸，アルカリ，あるいは高濃度のマトリックス成分に長時間晒されることによってチューブなどの内面が著しく劣化し，その結果として吸着現象が促進されメモリー効果が発生するものと考えられる．また，吸着した成分は予期せぬタイミングで不規則に溶出し，不安定なばらつきの大きな信号強度を結果的に与える．

そうしたメモリー効果を表 2 に従って分類すると，

① 試料導入系部品の劣化（目視で劣化の判断が可能な部位）

サンプル送液用チューブ（タイゴン®チューブなど）やオートサンプラーの試料溶液吸引のためのプローブなど，変色して目視でも容易に劣化が分かるような場合や，硬化して弾力を失ったチューブなど化学的のみならず物理的・機械的にも劣化が認められる場合，内面はかなり劣化しているので，測定値のばらつきも異常に大きくなり，期待する回収率が悪化する場合もしばしば起こる．しかし，ここまで悪化していると目視でも容易に判断できるので，分析着手前に試料導入系を少し注意して観察しさえすれば事前に不具合に気付けるし，部品交換など対応もしやすい．

② 試料導入系部品内表面の経年劣化（目視で劣化の判断が困難な部位）

長期にわたり高濃度酸溶液のみを導入し続けているような場合，酸化性の強い試薬の分析をしているような場合，サンプルチューブ（PFA チューブなど）やネブライザーのキャピラリーチューブ（PFA 製）など，内面の劣化が目視では判断しにくく，導入系内壁への目的成分の吸着が顕著になる．管理がおろそかになりやすい部分である．変色も認められず，気づきにくいのが難点である．

③ マトリックス成分が吸着・残存している場合

②と同様に長期に高濃度マトリックス溶液を導入し続

表 2　ICP-MS 分析におけるメモリー効果の原因と対策

原因	確認方法	メモリー効果の予防と対策
① 導入部品内表面の劣化（目視で劣化の判断が可能な部位） ② 試料導入系部品内表面の経年劣化（目視で劣化の判断が困難な部位）	• 目視で観察する • 新品の部品と交換して信号を比較する • 洗浄液を導入して信号強度の挙動を観察する	• 部品の洗浄，交換 • 元素の特性を考え適切な液性での調製と洗浄
③ マトリックス成分の吸着・残存	• 過去に導入した試料の履歴の把握 • 過去のデータとの感度確認 • 低濃度域での検量線の直線性 • 分析値の再現性 • 添加回収率試験 • 新品の部品と交換してデータの比較	• 検量線の濃度範囲を元素ごとに適切に設定し，不必要な高濃度溶液の導入を回避 • 出来る限り試料溶液を希釈する • 測定間の洗浄溶液を最適な組成に • 定期的な部品の洗浄，交換
④ 未分解有機物の導入（長期的）		• 完全分解するよう前処理の工夫 • 測定後の洗浄液の工夫 • 定期的な樹脂製部品の交換
⑤ 不適切な液性		• 目的元素の特性を把握 • 試料溶液の組成を把握 • 適切な液性による調製とサンプル間洗浄液の使用
⑥ 洗浄不十分なバイアルの使用	• 洗浄済みの新品のバイアルだけを使用してデータを比較する	• 洗浄工程の見直し • バイアルは可能な限り使い捨て

けているような場合，目視では判断しにくいがサンプルチューブ（PFA チューブなど）やネブライザーのキャラリーチューブ（PFA 製）などの内面が経年劣化し，吸着残留しているマトリックス成分を介してより強く吸着現象を発現するようである．近年の ICP-MS 装置はいずれも高濃度マトリックス試料の導入を可能にしている反面，トラブルの頻度が高くなっている事象で，従来と異なる様相のトラブルとして注意が必要である．

④　未分解有機物の残留

同一装置で有機物の分解溶液を導入させた場合，あるいは有機無機混合物の分解溶液を導入させたな場合，樹脂を溶剤に溶解して導入させた場合などにしばしば発生する．密閉系マイクロ波分解処理をした場合など，完全分解されていない溶液を大量導入させると，未分解の残留有機物は試料導入系内部，特にチューブなどの樹脂部品表面に残留しやすい．分解終点の判断ができずに不十分な前処理で完全に無機化できていない溶液を導入させ，メモリーどころか送液チューブを閉塞させたという報告も多かった．

⑤　不適切な液性の溶液の導入

目的成分に対して沈殿を生じるなど不適切な液性のまま多量の試料溶液を導入させたために信号のばらつき，目的元素の沈殿・吸着が起こり検量線の直線性が悪くなる，回収率が悪化するなどのトラブルの報告も多い．いつのころからか ICP-MS であれば硝酸溶液にして測定するという風潮が生まれたようであるが，これは明らかに化学的に誤った考え方である．それぞれの元素に適した溶解，溶存しやすい金属イオンの形態にするのが重要である．目的元素がどのような液性で溶存できるかは，市販の標準液の液性がある程度参考になる．

⑥　洗浄不十分なバイアルの使用

メモリー効果は試料導入系のみならず，試料調製，試料保存，オートサンプラー用バイアルも起源となる．新品の容器を適切に洗浄して使用すれば概（おおむ）ね一定の状態に清浄できると思われるが，試料の保存などに一度使用した容器を再洗浄して使用する場合には，徹底的に洗浄し，できれば使用前にブランクチェックをして清浄度を確認してから使用するのが望ましい．さもないと洗浄のプロセスで同梱された他の容器から汚染され，吸着して残留していた目的元素が次の使用の際に溶出した報告も多かった．

4･5　メモリー効果排除のための洗浄

試料導入系に残存した成分によるメモリー効果の排除は容易ではない．日々，同様の試料を測定している場合には，測定後に酸溶液，超純水を十分な時間かけて導入し続けてメモリー成分の溶出を低減させるのでも十分かもしれないが，前の試料のマトリックス成分が次の分析で目的とする微量濃度成分となる場合などは，装置に酸溶液を導入した程度では洗浄不十分である．最近の装置はどちらのメーカーも試料導入系部品の着脱が非常に容易になっている．できることならば最低でもメモリー成分を容易に分解，洗浄できる液性の溶液に一夜程度浸漬させて洗浄を確実にされると良い．また，加熱して洗浄を加速させるのも良い．複数の試料導入系を用意して汚れた導入系部品を洗浄している間は先に洗浄した導入系部品と交互に使用するといった方法も良い．

4･6　汚染とメモリー効果–測定データの見方

汚染にしてもメモリー効果にしても詳細にデータを読み解けばなにかしら判断がつく場合もある．汚染とメモリー効果に起因して現れる典型的な測定データの例を以下に示すので，実際に得られた測定データの詳細を丁寧に解析されるとよい．

・分析値の再現性が悪い．
・ブランク値やバックグラウンド強度が高い
・ブランク値や分析値がマイナスとなる．
・異なるセルガス条件にもかかわらず，同レベルの高いバックグラウンド等価濃度（BEC）となっている．
・検量線において一部の元素において低い BEC が得られない．
・検量線において一部の元素のみ良好な直線性が得られない．特に低濃度で放物線になる．

特殊なアプリケーションを除き超純水のみで多元素の検量線を調製するユーザーはいないと考えるが，原因⑤不適切な液性における，メモリー効果が分かりやすい測定例として，意図的に超純水で調製した結果と，比較対象として 1 % 硝酸で調製した結果を併せて示す．両液性での Al，Fe，Ca の検量線を図 4 に，得られた測定濃度と強度データ，ならびにデータの見方を併せて図 5 に示す．

図 4 から，超純水で調製した溶液では低濃度域で吸着が顕著となったために Al と Fe の測定プロットが放物線となっている一方で，1 % 硝酸で調製した溶液では良好な直線性が得られているのが確認できた．中性の液性でも溶存しやすい Ca については一見直線となっているように見えるが相関係数 R の値を見ると硝酸の場合に比べて若干直線性が悪くなっている様子も分かる．

図 5 から，1 % 硝酸で調製した ⑦ 1 ppb 溶液の測定値は Al と Fe でそれぞれ 0.99 ppb, 0.98 ppb であったのに対し，超純水で調製した ② 1 ppb 溶液の測定値は Al と Fe でそれぞれ 0.22 ppb, 0.58 ppb と著しく低値が得られた．また，Fe の強度に注目すると，1 % 硝酸で調製した ⑦ 1ppb の強度に対して超純水で調製した ② 1 ppb の強度は約 20 分の 1 程度に低くなっていた．このように強度が減少する原因として超純水では Al と Fe は安定に溶存できず，容器や導入系への吸着が起こって

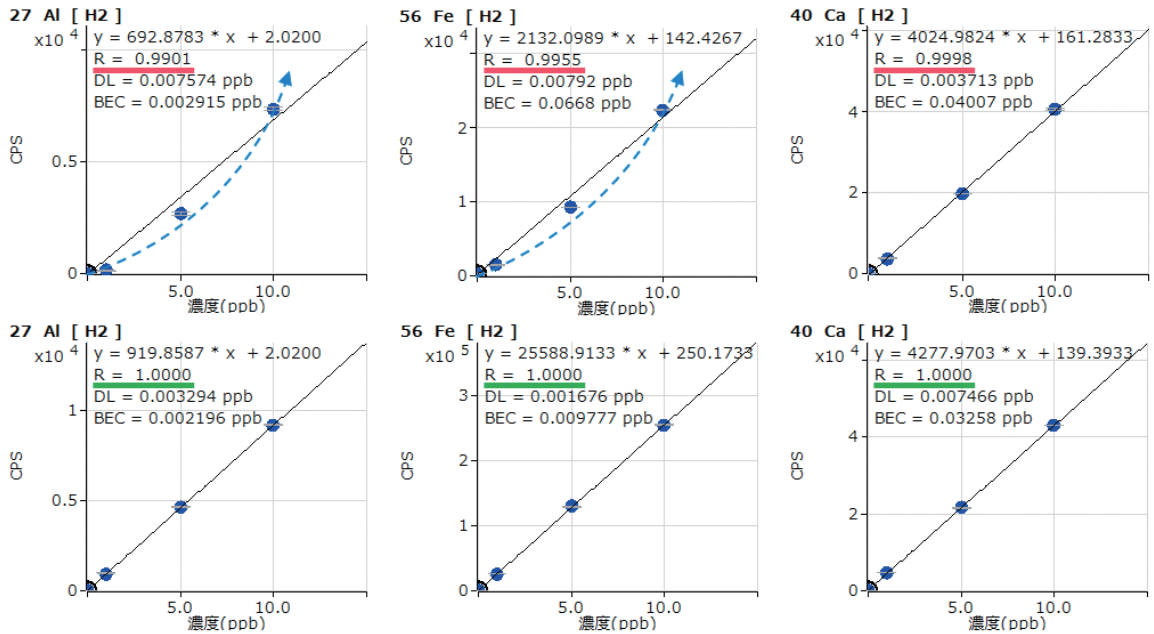


図 4　Al, Ca, Fe の検量線

上段）超純水で調製，下段）1 % 硝酸で調製.

②の分析値は期待値よりも低い。
⑦の分析値は期待どおり
→検量線の直線性不良

STD後の同一洗浄液の
繰り返し　信号強度低下
→メモリー効果

			27 Al [H2]		56 Fe [H2]		40 Ca [H2]	
サンプル名	調製液	調製濃度 [ppb]	測定濃度 [ppb]	測定強度 [CPS]	測定濃度 [ppb]	測定強度 [CPS]	測定濃度 [ppb]	測定強度 [CPS]
① STD 0ppb	超純水	0	0.00	2	0.00	142	0.00	161
② STD 1ppb	超純水	1	0.22	155	0.58	1376	0.90	3785
③ STD 5ppb	超純水	5	3.88	2690	4.25	9206	4.87	19778
④ STD 10ppb	超純水	10	10.64	7373	10.42	22352	10.07	40705
⑤ 洗浄液１＿1	1%硝酸		0.14	97	2.74	5975	0.01	200
⑤ 洗浄液１＿2	1%硝酸		0.03	20	0.85	1962	0.00	167
⑤ 洗浄液１＿3	1%硝酸		0.01	10	0.36	918	0.00	167
⑥ STD 0ppb	1%硝酸	0	0.00	2	0.00	250	0.00	139
⑦ STD 1ppb	1%硝酸	1	0.99	917	0.98	25442	1.00	4398
⑧ STD 5ppb	1%硝酸	5	5.03	4629	5.07	129888	5.01	21552
⑨ STD 10ppb	1%硝酸	10	9.99	9187	9.97	255333	10.00	42910
⑩ 洗浄液２＿1	1%硝酸		0.00	5	0.00	338	0.01	180
⑩ 洗浄液２＿2	1%硝酸		0.00	2	0.00	293	0.01	200
⑩ 洗浄液２＿3	1%硝酸		0.00	1	0.00	260	0.01	167

吸着により、②の強度は⑦
の強度の約1/20に減少
→メモリー効果

STD直後の⑤洗浄液の分析
値がゼロに落ち切っていない
→メモリー効果の影響を確認
された。
⑩洗浄液２の分析値はメモ
リー効果を受けていない。

図 5　ICP-MS 分析におけるメモリー効果のデータの見方

いると推測された．この現象こそがメモリー効果の一因と考えることができ，実際に ④ 10 ppb を測定した直後の ⑤洗浄液 の測定値が Al と Fe でそれぞれ 0.14 ppb, 2.7 ppb とメモリーしている様子が明確に確認できた．これに対し 1 % 硝酸で調製した ⑨ 10 ppb の後の ⑩ 洗浄液 2 では Al と Fe の測定値がそれぞれ 0 ppb となりメモリー効果は排除されている様子が分かる．

以上の結果からメモリー効果の予防のために調製液性，洗浄液性が非常に重要な因子であることを示した[9]．

期待したとおりのデータが得られない場合にその原因を分析者（自身）以外に求めがちだが，データは嘘をつかない．そのようなデータが得られた原因が必ずどこかにあるはずであり，その原因を特定し排除しない限りデータの質の改善は望めないと考えるべきである．また，高濃度の標準溶液を測定した後は検量線ブランクを（できれば複数回）測定してメモリー効果の有無を確認する，分析値が異常に高い値が得られた直後のサンプルは再測定してメモリー効果の影響の有無を確認することも重要である．

4･7　体系的なメモリー効果検討例の紹介

（筆者らの調査不足のせいもあるが）残念ながらメモリー効果にフォーカスして多元素について検討した報告例はほとんど見いだせなかった．古くはホウ素や水銀を対象にして試料の液性や洗浄液の液性を工夫したというような論文はいくつか見られたが，多元素に着目して議論された報告は見いだせなかった．その中で日本から非常に貴重な報告があるので紹介したい．

中野は，ICP-MS で測定可能な 71 元素からメモリー効果の可能性のある元素を特定し，Li，B，Mo，Sb，Te，W，Ir，Au の 8 元素を対象に各種洗浄液の洗浄効果を調べた．時間分析を行って減少速度を比較し，超純水や Na_2CO_3 による洗浄がこれら 8 元素に対して効果的にメモリー効果を低減できる可能性があると報告した[10]．

村井は，分析実施の際に高濃度試料が装置内に残留し，後に続く低濃度試料の分析に及ぼす影響について検証した．同一条件下で 25 元素のメモリー効果の評価を行い，メモリー効果の大きさを定量的に示した．25 元素中では Au のメモリー効果が特大であり，次いで Th が大きいとした[11]．

これらの報告は多元素にわたり評価された報告で，数少ない系統的な検討結果である．いずれも試料導入系部品の表面が清浄である状態を前提としているようで，軽微なメモリー効果であり，これらと比較すると筆者らが受けたその他多くのユーザーからの報告は劣悪な状況であったと推察する．

5　おわりに

以上，ICP-MS 分析におけるコンタミネーション（汚染）とメモリー効果について説明した．十分な検討がされていない状況で，経験的な報告となってしまった点，説明に苦慮し，些（いささ）かくどい記述になった点，ご容赦いただきたい．

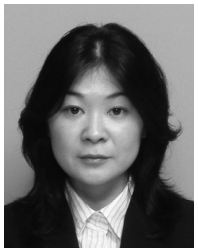
技術の進歩により ICP-MS 装置自体の性能と使いやすさは格段に向上してきている．しかし，分析検出系がいくら進歩しても試料の前処理，装置の事前準備が不確実では望ましい結果が得られないのは今も昔も変わらない．適切な汚染管理とメモリー効果対策を実施して，装置本来の実力を発揮させた使用を心掛けたい．

容器や器具の洗浄などは煩雑で不要な作業だと思われがちだが，精確な分析を実現するためには疎かにできない非常に重要な分析工程である．ちょっとしたアイデアと工夫次第で効率化・省力化も楽しめ，差別化ができる余地のある分野である．読者諸氏のますますの発展を願う．

謝辞　本稿を執筆するにあたって，元環境省環境調査研修所主任教官の藤森英治博士には多くのご助言を頂きました．この場をお借りして感謝を申し上げます．

文　献

1）藤森英治：「正しく測るためのコツと注意点」プラズマ分光分析研究会第 102 回講演会講演要旨集，p16（2018）．
2）中野かずみ：「過去の事例から学ぶ - 上手に測定するためのアプローチ ICP-MS 編」プラズマ分光分析研究会 2023 筑波セミナー講演要旨集，p 61（2023）．
3）鹿籠康行：「分析装置を上手に使うコツ―ICP-OES 分析＆ICP-MS 分析におけるブランクの評価法と低減―」，プラズマ分光分析研究会 2016 筑波セミナー in 幕張 講演要旨集，p63（2016）．
4）A. Al-Ammar, R. K. Gupta, R. M. Barnes : *Spectrochim. Acta, Part B*, **54**, 1077（1999）．
5）D.-H. Sun, J. K. Waters, T. P. Mawhinney : *J. Anal. At. Spectrom.*, **12**, 675（1997）．
6）F. Fryer, G. Woods : Rinsing Protocol for Rapid Measurement of ‘Sticky’ Analytes by 7500 Series ICP-MS.,（Agilent Technologies）．
7）Y. Li, C. Chen, B. Li, J. Sun, J. Wang, Y. Gao, Y. Zhao, Z. Chai : *J. Anal. At. Spectrom.*, **21**, 94（2006）．
8）高久雄一：環境化学，**20**, 45（2010）．
9）中野かずみ：「原子吸光，ICP 発光，ICP-MS を上手に使うコツ失敗例とメーカーからの提案」プラズマ分光分析研究会 2015 筑波セミナー 講演要旨集，p65（2015）．
10）中野陽子：「ICP-MS 測定におけるメモリー効果低減のための洗浄条件の検討」東北大学工学部・工学研究科 令和 2 年度技術部報告 p32（2020）．
11）村井幸男：環境と測定技術，43, 19（2016）．



中野 かずみ（Nakano Kazumi）
アジレント・テクノロジー株式会社（〒192−8510）．東京都八王子市高倉町 9−1）．《現在の研究テーマ》ICP-MS，ICP-MS/MS を用いた化学分析の高感度・高精度化．
E-mail : kazumi_nakano@agilent.com

朱 彦北（Zhu Yanbei）
国立研究開発法人産業技術総合研究所（〒305−8563 茨城県つくば市梅園 1−1−1，中央第 3−9）．大学院博士後期課程修了．工学博士．《現在の研究テーマ》ICP-MS に基づく元素分析技術および関連認証標準物質の開発．《主な著書》K. Inagaki, Y. Zhu, T. Miura, K. Chiba : “Coprecipitation in Trace Element Analysis”（Chapter），in book Encyclopedia of Analytical Chemistry,（John Wiley & Sons, Ltd.），（2009）．《趣味》読書，ランニング，散歩．
E-mail : yb-zhu@aist.go.jp

鹿籠 康行（Shikamori Yasuyuki）
国立大学法人東北大学金属材料研究所（兼）国立研究開発法人産業技術総合研究所（〒980−8577 宮城県仙台市青葉区片平 2 丁目 1 番 1 号）．《現在の研究テーマ》地球科学・放射化学におけるプラズマ分析法の高感度化・高精確化．
E-mail : yasuyuki.shikamori.b1@tohoku.ac.jp

講　義

日本薬局方における容量分析法による医薬品の定量及び水分測定法について

日本薬局方における容量分析法による標準液の調製から標定，そして，医薬品の定量への流れについて，あらためて紹介する．また，関連した技術として，日本薬局方における医薬品中の微量水分を測定する方法として用いられるカールフィッシャー法についても紹介する．

稲　垣　　真　輔

1　はじめに

薬学部において，分析化学の履修は必須である．大半の大学においては，分析化学は1～2年次に履修するカリキュラムとなっており，薬学にかかわる多数の専門科目の中でも非常に早い段階で学習することになる．分析化学は，薬学を学ぶにあたって非常に重要であることはいうまでもないが，とりわけ，その一番の基礎ともいえる容量分析について，一部の学生にとっては，なかなか理解が追い付かないのが現状である．その結果，薬学部の1～2年次において苦戦する科目の一つとなっている．本会誌をご覧になっている方の大半は，分析化学を専門としつつ様々な職種でご活躍され，時にJISやISO等を参照されることもあるかと思う．JIS K 0050: 2019（化学分析法通則）[1)2)]においても容量分析法として，中和滴定法を始めとする4種類の滴定法が規定されている．しかしながら，薬学が専門でない場合，医薬品の規格基準書である日本薬局方[3)4)]を手にされる機会は，どうしても少なくなるかと思う．本稿では，日本薬局方における容量分析による医薬品の定量を中心に，今一度，紹介させていただきたい．分析化学の学習で苦労している薬学生などの一助となれば幸いである．

2　容量分析法の基礎

2･1　容量分析法の種類

容量分析法は，濃度既知の標準液を試料溶液に加えて目的成分と反応させ，反応が完結するまでに要した標準液の容量から，目的成分の含量を求める方法である．現在の第十八改正日本薬局方において，滴定とは“容量分析を行うために用いられる方法又はその操作”をいう．実際には，一定量の試料溶液に容量分析用標準液を少量ずつ滴加して，反応させる．滴定液と被滴定液（容量分析用標準液）との間に生じる化学量論的な反応の種類あるいは現象の差異により，酸塩基滴定（中和滴定あるいはpH滴定），沈殿滴定，錯滴定（キレート滴定）及び酸化還元滴定などに分類される．また，非水溶媒系で行われる滴定は，一般に非水滴定と呼ばれ，弱酸や弱塩基，あるいはこれらの塩類の滴定に用いられる．

2･2　滴定終点検出法

滴定における反応の終点は，指示薬の色調の変化あるいは電気的信号（電位差や電流など）の変化により知ることができる．指示薬法は，被滴定液中に溶解させた指示薬の色調が，当量点の近くで急激に変化する性質を利用して滴定の終点を検出する方法である．当量点前後におけるpHなど，被滴定液の物理化学的性質の僅かな変化に鋭敏に反応して，その色調を変化させる適切な指示薬の選択が重要である．電気的な終点検出法が用いられる滴定法として，電位差滴定法や電流滴定法が挙げられる．前者では，滴加量に対する起電力の変化が最大となる点をとらえ，滴定の終点を検出する．電流滴定法では，滴定の進行に伴って変化する微小電流の変化をとらえ，滴定の終点を検出する．この他には，化学反応の変化を電気的に追跡する手段として，電気量（電流×時間）が用いられることもあり，後述の水分測定法における電量滴定法が該当する．なお，日本薬局方において，滴定系の構成（試料採取量，溶解溶媒，容量分析用標準液，終点検出法，標準液1 mL当たりの被滴定物質の当量（mg））は，医薬品各条で規定されている．なお，表1に滴定の種類と指示電極について示す．

表1　滴定の種類と指示電極

滴定の種類	指示電極
酸塩基滴定（中和滴定，pH滴定）	ガラス電極
沈殿滴定	銀電極
酸化還元滴定	白金電極
錯滴定（キレート滴定）	水銀–塩化水銀（Ⅱ）電極
非水滴定	ガラス電極

Determination of Pharmaceuticals by Volumetric Analysis Method and Determination of Moisture in Pharmaceuticals in the Japanese Pharmacopoeia.

3　標準液の調製，標準液の標定

図1に容量分析法による標準液の調製，標準液の標定及び医薬品の定量の流れを示す．日本薬局方の容量分析用標準液では，規定の“モル濃度”に調製された液が用いられる．容量分析法により目的成分の含量を決定するには，あらかじめその成分と定量的に反応する試薬溶液，すなわち標準液を調製しておき，その濃度を正確に決めておく必要がある．この標準液の濃度を決める操作のことを標定という．また，規定された濃度（mol/L）からのずれの度合いは，ファクターfより表す．かつては規定度係数とも呼ばれていたが，現在の日本薬局方では，単にファクターと呼ばれている．ファクターは，規定された濃度に対する標定によって求めた濃度の比を意味する．規定された濃度に対して，標準液の実際の濃度が高い場合にはfは1より小さい値を，低い場合にはfは1より大きい値をとる．なお，小数点以下3桁目まで表記する（f=1.023，f=0.987など）．標準液の真の濃度は，ファクターの値と規定された濃度の積で示すことができる．日本薬局方では，ファクターを決定する操作を標定といい，通例，ファクターfが0.970～1.030の範囲にあるように調製する．

標定には，直接法（一次標準法による標定）と間接法（二次標準法による標定）がある．ファクターの計算方法を以下に示す．

1）純物質を用いて標準液を調製するとき

分子量Wの純物質を用いて，n mol/Lの標準液を1 L調製するのにm g量り取って調製したとすると，その標準液のファクターは以下のように求めることができる．

$$f=\frac{m}{nW}$$

この場合，ファクターを求めるために，滴定の操作は必要としない．このような標準液の例として，0.05 mol/Lヨウ素酸カリウム液などが挙げられる．

2）直接法（一次標準試薬によって標準液を標定する場合）

標準液物質との当量関係が明らかな標準試薬を一次標準として正確に質量を測定して用いる方法である．標準試薬などそれぞれの標準液について規定された物質の規定量を精密に量り，規定の溶媒に溶かした後，この液を標準液で滴定する．標準液のファクターは以下のように求めることができる．

$$f=\frac{1000\ m}{VMn}$$

ここで，Mは標準液の調製に用いた物質（例えば，1 mol/L塩酸であれば塩酸）1モルに対応する標準試薬の質量（g），mは標準試薬の採取量（g），Vは調製した標準液の消費量（mL），nは調製した標準液の規定されたモル濃度を表す数値である．なお，日本産業規格では，JIS K 8005: 2016[5]に容量分析用標準物質が規定されているが，日本薬局方では単に標準試薬と呼ばれている（1 mol/L塩酸に対する“炭酸ナトリウム”，1 mol/L水酸化ナトリウム液に対する“アミド硫酸”など）．表2に，直接法による標定の際における容量分析用標準液の種類を分類したものを示す．

3）間接法（二次標準法による標定）

直接に標準試薬などを用いない場合，調製した標準液の一定量V_2（mL）をとり，ファクター既知（f_1）の規定の滴定用標準液を用いて滴定する．標準液のファクターは以下のように求めることができる．

$$f_2=f_1\times V_1/V_2$$

ここで，f_1は滴定用標準液のファクター，f_2は調製した標準液のファクター，V_1は滴定用標準液の消費量（mL），V_2は調製した標準液の消費量（mL）である．表3に，間接法による標定の際における容量分析用標準液の種類を分類したものを示す．

なお，ファクター既知の標準液の一定容量をとり，規定の方法で正確に希釈し，規定の濃度n（mol/L）の標準液を調製した場合，元の標準液のファクターと希釈して調製した標準液のファクターは変わらないものとする．

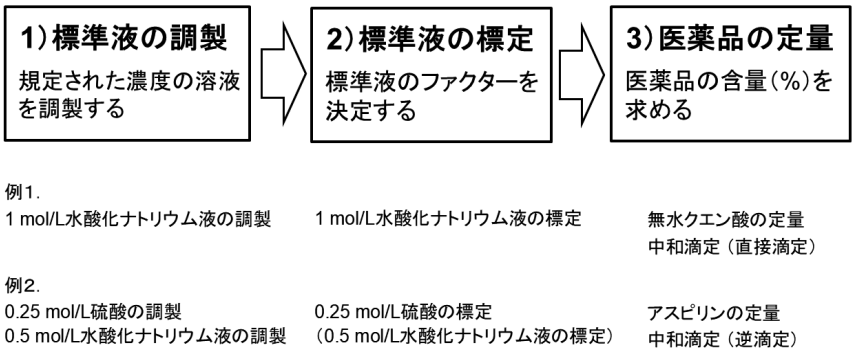


図1　容量分析法による標準液の調製と医薬品定量の流れ

表 2　容量分析用標準液の種類と滴定による分類（直接法による標定）

酸塩基滴定（中和滴定）

容量分析用標準液	標準試薬	指示薬・滴定終点検出方法
1 mol/L 塩酸	炭酸ナトリウム	メチルレッド試液又は電位差滴定法
0.5 mol/L 硫酸	炭酸ナトリウム	メチルレッド試液又は電位差滴定法
1 mol/L 水酸化ナトリウム液	アミド硫酸	ブロモチモールブルー試液又は電位差滴定法

沈殿滴定

容量分析用標準液	標準試薬	指示薬・終点検出方法
0.1 mol/L 硝酸銀液	塩化ナトリウム	フルオレセインナトリウム試液又は電位差滴定法

錯滴定（キレート滴定）

容量分析用標準液	標準試薬	指示薬・終点検出方法
0.05 mol/L エチレンジアミン四酢酸二水素二ナトリウム液	亜鉛	エリオクロムブラック T・塩化ナトリウム指示薬

酸化還元滴定

容量分析用標準液	標準試薬	指示薬・終点検出方法
0.02 mol/L 過マンガン酸カリウム液	シュウ酸ナトリウム	必要なし（過マンガン酸カリウム自身の色）
0.1 mol/L チオ硫酸ナトリウム液	ヨウ素酸カリウム	デンプン試液又は電位差滴定法
0.1 mol/L 亜硝酸ナトリウム液	スルファニルアミド	電位差滴定法又は電流滴定法

非水滴定

容量分析用標準液	標準試薬	指示薬・終点検出方法
0.1 mol/L 過塩素酸	フタル酸水素カリウム	クリスタルバイオレット試液又は電位差滴定法
0.1 mol/L テトラメチルアンモニウムヒドロキシド液	安息香酸	チモールブルー・ジメチルホルムアミド試液又は電位差滴定法
0.1 mol/L テトラメチルアンモニウムヒドロキシド・メタノール液	安息香酸	チモールブルー・ジメチルホルムアミド試液又は電位差滴定法

表 3　容量分析用標準液の種類と滴定による分類（間接法による標定）

沈殿滴定

容量分析用標準液	滴定用標準液（*f* 既知）	指示薬・終点検出方法
0.1 mol/L チオシアン酸アンモニウム液	0.1 mol/L 硝酸銀液	硫酸アンモニウム鉄（Ⅲ）試液

錯滴定（キレート滴定）

容量分析用標準液	滴定用標準液（*f* 既知）	指示薬・終点検出方法
0.05 mol/L 酢酸亜鉛液	0.05 mol/L エチレンジアミン四酢酸二水素二ナトリウム液	エリオクロムブラック T・塩化ナトリウム指示薬

酸化還元滴定

容量分析用標準液	滴定用標準液（*f* 既知）	指示薬・終点検出方法
0.05 mol/L ヨウ素液	0.1 mol/L チオ硫酸ナトリウム液	デンプン試液又は電位差滴定法
0.05 mol/L 臭素液	0.1 mol/L チオ硫酸ナトリウム液	デンプン試液
0.1 mol/L 塩化チタン（Ⅲ）液	0.02 mol/L 過マンガン酸カリウム液	デンプン試液

非水滴定

容量分析用標準液	滴定用標準液（*f* 既知）	指示薬・終点検出方法
0.1 mol/L 酢酸ナトリウム液	0.1 mol/L 過塩素酸	*p*–ナフトールベンゼイン試液

4　医薬品の定量

4･1 酸塩基滴定（中和滴定）

酸塩基滴定（中和滴定）は，言うまでなく中和反応を利用する方法であり，滴定法の中でも最も一般的で応用も広い．医薬品が酸や塩基である場合，それぞれを逆に塩基や酸で滴定すれば，中和されて塩が生成する．定量的に反応し，終点を迎えたとき，pH 指示薬のような発色試薬を終点指示薬として用いれば，目的成分を定量することが可能となる．

日本薬局方における一例として，無水クエン酸（$C_6H_8O_7$：192.12）の定量法を以下に示す．

「本品約 0.55 g を精密に量り，水 50 mL に溶かし，1 mol/L 水酸化ナトリウム液で滴定する（指示薬：フェノールフタレイン試液 1 滴）．

1 mol/L 水酸化ナトリウム液 1 mL＝64.04 mg $C_6H_8O_7$」

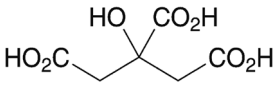


図 2　無水クエン酸の構造式

図 2 に示すようにクエン酸はカルボキシ基を三つ有する酸であり，標準液に 1 mol/L 水酸化ナトリウム液を用いた中和滴定により定量できる．なお，「64.04」の数値のことは対応量と呼ばれるが，1 mol/L×1 mL×(1/3)×192.12 g/mol＝64.04 mg の計算から導くことができる．日本薬局方では，容量分析用標準液 1 mL に対応する医薬品の量（mg）を等式で示している（有効数字は 4 桁で示す）．なお，ファクター f の標準液を用いて滴定し，終点まで V mL を要した場合，医薬品の含量は，対応量×f×V（mg）と計算することができる．

上記の定量法は，いわゆる直接滴定により定量を行っている例であるが，次に，逆滴定の例を紹介したい．逆滴定とは，一定過量の標準液を加えて反応させた後，過量の標準液を別の標準液で滴定し，試料によって消費された最初の標準液量を求めることで，目的成分の定量を行う方法である．直接滴定では反応が遅い，指示薬の変色が鋭敏でない，試料が水などには溶けないが標準液と反応して溶けるようになる場合などには，逆滴定を用いるのが効果的である．逆滴定の例として，アスピリン（$C_9H_8O_4$：180.16）の定量法について紹介する．

「本品を乾燥し，その約 1.5 g を精密に量り，0.5 mol/L 水酸化ナトリウム液 50 mL を正確に加え，二酸化炭素吸収管（ソーダ石灰）を付けた還流冷却器を用いて 10 分間穏やかに煮沸する．冷後，直ちに過量の水酸化ナトリウムを 0.25 mol/L 硫酸で滴定する（指示薬：フェノールフタレイン試液 3 滴）．同様の方法で空試験を行う．

0.5 mol/L 水酸化ナトリウム液 1 mL
＝45.04 mg $C_9H_8O_4$」

図 3 にアスピリンの構造式及び加水分解反応を示す．0.25 mol/L 硫酸（ファクター f_{H2SO4}）の本試験での消費量を A mL，空試験での消費量を B mL とすると，アスピリンの含量（mg）＝45.04×f_{H2SO4}×($B-A$) と表される．ファクターの値が必要なのは，一定過量加える 0.5 mol/L 水酸化ナトリウム液ではなく，ビュレットに入れて滴加する 0.25 mol/L 硫酸であることに注意されたい．また，逆滴定では，一定過量加える標準液（ここでは 0.5 mol/L 水酸化ナトリウム液）の対応量として表す．

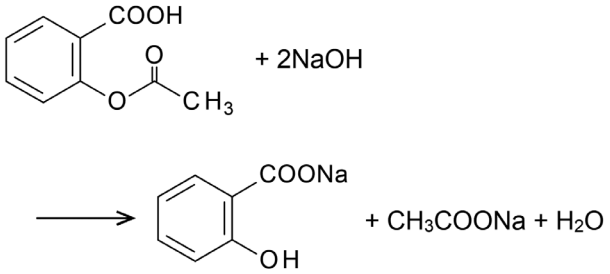


図 3　アスピリンの構造式及び加水分解反応

4･2　沈殿滴定

沈殿滴定は，試料の成分と標準液から難溶性の沈殿が生成する反応を利用する滴定法であり，主にハロゲン化物イオンが定量される．この滴定では，沈殿の生成速度が速いこと，定量的に沈殿が生じること，沈殿の溶解度積が小さいことなどが必要である．現在の日本薬局方では，ファヤンス法（吸着指示薬法），フォルハルト法，リービッヒ・ドゥニジェ法などが採用されている．

ファヤンス法による医薬品の定量の一例を示す．イオタラム酸の定量（$C_{11}H_9I_3N_2O_4$：613.96，図 4）は以下のとおりである．

「本品を乾燥し，その約 0.4 g を精密に量り，けん化フラスコに入れ，水酸化ナトリウム試液 40 mL に溶かし，亜鉛粉末 1 g を加え，還流冷却器を付けて 30 分間煮沸し，冷後，ろ過する．フラスコ及びろ紙を水 50 mL で洗い，洗液は先のろ液に合わせる．この液に酢酸

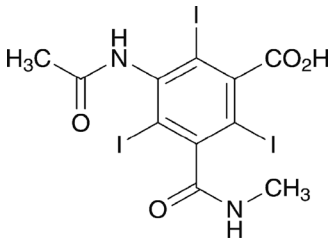


図 4　イオタラム酸の構造式

(100) 5 mL を加え，0.1 mol/L 硝酸銀液で滴定する（指示薬：テトラブロモフェノールフタレインエチルエステル試液 1 mL）．ただし，滴定の終点は沈殿の黄色が緑色に変わるときとする．

0.1 mol/L 硝酸銀液 1 mL = 20.46 mg $C_{11}H_9I_3N_2O_4$」

イオタラム酸をアルカリ性条件下で亜鉛末と煮沸すると，還元されて 1 モルのイオタラム酸から 3 モルの I^- を生じる．水に不溶の有機物をろ過し取り除いた後，0.1 mol/L 硝酸銀液で滴定するという手順である．

沈殿滴定はこの他にも，生理食塩液中の塩化ナトリウムの定量，ブロモバレリル尿素の定量を始めとする多数の医薬品の定量に適用されている．

4･3　錯滴定（キレート滴定）

錯滴定（キレート滴定）は，キレート生成反応を利用した滴定法であり，主に金属イオンの定量に適用される．代表的な標準液はエチレンジアミン四酢酸二水素二ナトリウム液（EDTA）であるが，金属イオンと EDTA が 1：1 のモル比でキレートを生成することを利用している．アスピリンアルミニウム（図 5）中のアルミニウムの定量法を以下に示す．

「本品約 0.4 g を精密に量り，水酸化ナトリウム試液 10 mL に溶かし，1 mol/L 塩酸試液を滴加して pH を約 1 とし，更に pH 3.0 の酢酸・酢酸アンモニウム緩衝液 20 mL 及び Cu-PAN 試液 0.5 mL を加え，煮沸しながら，0.05 mol/L EDTA 液で滴定する．ただし，滴定の終点は液の色が赤色から黄色に変わり，1 分間以上持続したときとする．同様の方法で空試験を行い，補正する．

0.05 mol/L エチレンジアミン四酢酸二水素二ナトリウム液 1 mL = 1.349 mg Al」

アスピリンアルミニウムは，サリチル酸ナトリウムに加水分解した状態で溶解している．Al^{3+} のヒドロキシド錯体を生成しやすいため酢酸・酢酸アンモニウム緩衝液で液性を pH 3.0 にする．煮沸するのは，EDTA との反応速度が遅いため，反応を完結させるためである．

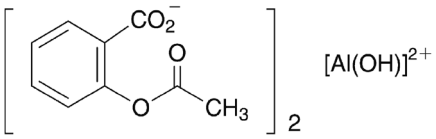


図 5　アスピリンアルミニウムの構造式

4･4　酸化還元滴定

酸化還元滴定は，電子の授受を伴う反応である酸化還元反応を利用した滴定法である．標準液には各種酸化剤あるいは還元剤が用いられ，代表的な例として，過マンガン酸塩滴定，ヨウ素滴定，臭素滴定，ヨウ素酸塩滴定，ジアゾ滴定などが挙げられる．

過酸化水素（2.5～3.5 w/v%）を含む消毒剤であるオキシドールの定量は，ヨウ素滴定により行うことも可能であるが，日本薬局方では過マンガン酸塩滴定が採用されている．なお，過マンガン酸カリウム液を標準液としていることから，指示薬は必要としない．

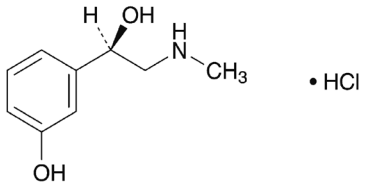


図 6　フェニレフリン塩酸塩の構造式

また，臭素滴定によるフェニレフリン塩酸塩（$C_9H_{13}NO_2$・HCl：203.67，図 6）の定量法について紹介する．

「本品を乾燥し，その約 0.1 g を精密に量り，ヨウ素瓶に入れ，水 40 mL に溶かし，0.05 mol/L 臭素液 50 mL を正確に加える．さらに塩酸 5 mL を加えて，直ちに密栓をし，振り混ぜた後，15 分間放置する．次にヨウ化カリウム試液 10 mL を注意して加え，直ちに密栓をしてよく振り混ぜた後，5 分間放置し，遊離したヨウ素を 0.1 mol/L チオ硫酸ナトリウム液で滴定する（指示薬：デンプン試液 1 mL）．同様の方法で空試験を行う．

0.05 mol/L 臭素液 1 mL = 3.395 mg $C_9H_{13}NO_2$・HCl」

この定量法は，フェノール環の *o*–位及び *p*–位への臭素の置換反応を利用した逆滴定によるものである．過量の臭素をヨウ化カリウムと反応させてヨウ素に変換し，チオ硫酸ナトリウム液で滴定する定量法である（図 7）．

この他にも，酸化還元滴定は，ヨウ素滴定やヨウ素酸滴定により多数の医薬品の定量に用いられている．

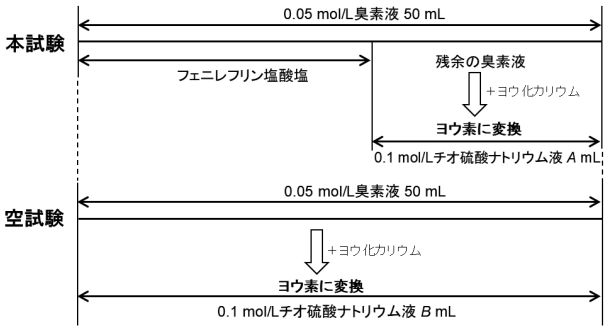


図 7　臭素滴定によるフェニレフリン塩酸塩の定量（逆滴定）

4･5　非水滴定

非水滴定という名前のとおり，水以外の溶媒中で行う滴定である．解離定数が 10^{-7} 以下の弱酸や弱塩基は，

水溶液中で中和滴定することが困難であるが，水以外の溶媒中では，あたかも中和滴定と同じように滴定できることを利用している．弱塩基は例えば酢酸中で強塩基となり，最強の酸である過塩素酸（$HClO_4$）で滴定できる．逆に，弱酸は *N,N*–ジメチルホルムアミド（DMF）中では強酸となり，最強の塩基であるテトラメチルアンモニウムヒドロキシドで滴定できる．

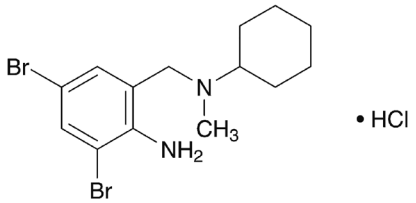


図 8　ブロムヘキシン塩酸塩の構造式

ブロムヘキシン塩酸塩（$C_{14}H_{20}Br_2N_2$・HCl：412.59，図 8）の定量法は以下のとおりである．

「本品を乾燥し，その約 0.5 g を精密に量り，ギ酸 2 mL に溶かし，無水酢酸 60 mL を加え，50 ℃ の水浴中で 15 分間加温し，冷後，0.1 mol/L 過塩素酸で滴定する（指示薬：クリスタルバイオレット試液 2 滴）．ただし，滴定の終点は液の紫色が青緑色を経て黄緑色に変わるときとする．同様の方法で空試験を行い，補正する．

0.1 mol/L 過塩素酸 1 mL＝41.26 mg $C_{14}H_{20}Br_2N_2$・HCl」

この滴定は，芳香族第一級アミンは無水酢酸によりアセチル化され，脂肪族第三級アミンが塩基性を示すことを利用しており，結果として，ブロムヘキシン塩酸塩 1 モルは過塩素酸 1 モルと反応する．

5　日本薬局方における水分測定法

日本薬局方では，医薬品中の微量水分を測定する方法として，カールフィッシャー法[6)7)]が採用されている．カールフィッシャー法は，メタノールなどの低級アルコール及びピリジンなどの有機塩基の存在で，水（H_2O）がヨウ素（I_2）及び二酸化硫黄（SO_2）と定量的に反応することを利用して水分を測定する方法である．前述の非水滴定では，非水溶媒を用いた中和反応を利用したものが該当するが，この方法は非水溶媒を用いた滴定の中でも酸化還元反応を利用したものである．

$$H_2O + I_2 + SO_2 + CH_3OH + 3C_5H_5N \rightarrow 2(C_5H_5N^+H)I^- + (C_5H_5N^+H)^-OSO_2OCH_3$$

現在では，自動化された装置（カールフィッシャー水分計）で実施することが多いが，医薬品等の試料中に含まれる水分の定量に欠かせない代表的な水分測定法である．精度の高い水分測定が可能で，定量できる範囲が広く，必要な分析時間が数分程度と短いなど，様々な特長が挙げられる．

なお，上記の反応式では塩基としてピリジンを用いた例で示しているが，近年では，ピリジンに替えイミダゾールや 2–メチルアミノピリジンなどを用いることが多くなっている．また，脂溶性の高い試料中の水分を分析する際には，メタノールに替えてよりアルキル鎖の長い 1–ヘキサノールや 1–ヘプタノールなどのアルコールを用いることがある．

カールフィッシャー法の測定法は，上記の反応で消費するヨウ素の供給方法が異なる容量滴定法と電量滴定法の二つに分類される．容量滴定法は，反応に必要なヨウ素を水分測定用試液中に溶解させ，試料中の水と反応して消費されたヨウ素量を滴定により求め，水分を測定する方法である．水分測定用試液を用いて水を滴定するとき，その試液の単位体積当たりの水の当量，すなわち力価 f（mg/mL）は，僅かな吸湿でも変化するので，その都度標定する必要がある．一方，電量滴定法は，水分測定用陽極液中ヨウ化物イオンの電解によりヨウ素を発生させる（$2I^- \rightarrow I_2 + 2e^-$）．このヨウ素が水と定量的に反応することに基づき，滴定開始から終点に至るまでのヨウ素の発生に要した電気量 C を求めることから，間接的に水分を測定する方法である．一般に，水分の多い試料を短時間で測定する際には容量滴定法が選択され，微量な水分を精度よく測定する際には電量滴定法が選択される．

なお，両法において，滴定は低湿度下で行う必要があるが，測定環境下からの水分の侵入が避けられないときや滴定に長時間を要するときなどは，必要に応じて空試験を行い，補正する．この他，試料が水分測定用試液に溶解しない場合，あるいはカールフィッシャー反応を妨害する場合，水分気化装置を用いて試料を加熱し，窒素等の不活性ガスをキャリヤーガスとして試料中の水分を滴定フラスコに導入することができる．

電極などの装置構成及び水分測定用の溶媒・試液の種類を変更するなど，試験条件を変更する際，あるいは必要に応じて定期的に適切な測定の適合性試験を行い，測定の妥当性を検証する必要がある．各装置の指示に基づき適切な条件下（試料量，加熱温度，時間など）で当該物質の理論水分量付近の適切な量が検出される必要がある．

妥当性確認の一例として，試料中の水分量の測定の前後に，水あるいは水分量が既知の標準液を用いて，水分回収試験を行うことが考えられる．水分測定においては，濃度レベルごとに認証標準物質が開発されており，米国の NIST から NIST SRM 2890（Water saturated 1-octanol），国内でも産業技術総合研究所計量標準総合センターより NMIJ CRM 4222-e，4228-b，4229-a などが頒布されている．これらの他にも，SI トレーサブル

な市販の標準液の購入により得ることができる．日本薬局方では，試料中の予想水分量により近い約 1000 μg または約 100 μg のいずれかの標準液を添加し，水分量の電量滴定を行い，その回収率を求める．水分添加量が 1000 μg の場合，回収率 97.5〜102.5 % の範囲内に，水分添加量が 100 μg の場合，回収率 90.0〜110.0 % の範囲内にあれば，装置/試薬システムは，試料に対して適切な水分測定システムであると判定する．

なお，日本薬局方では，これまではカールフィッシャー法のうち，容量分析法に関連した内容が中心に記載されていたが，第十八改正の日本薬局方では電量滴定法に関する記述も充実されたものとなっているので，ぜひ参照し，ご活用いただきたい．さらに，近年では，電量滴定法の改良により，従来の約 1/10 となる定量下限 1 μg の水分を測定できる高感度水分測定装置も開発されている．これまで感度の問題から測定が困難であった電池材料など，より微量な水分を正確に測定する必要があるといったニーズに答えるものである．カールフィッシャー法は，いうまでなく古くから確立された測定法であるが，今後もさらなる進展が期待される水分測定法である．

6 おわりに

本稿では，日本薬局方における容量分析法による医薬品の定量及び水分測定法について，基礎的なところから紹介させていただいた．分析化学の学習で苦労している薬学生などの一助になれば幸いである．

文　献

1) JIS K 0050: 2019（化学分析法通則）.
2) 田中龍彦：“化学分析の基礎と実際”，（日本規格協会）.
3) 厚生労働省 , 第十八改正日本薬局方（2021）.
4) “第十八改正日本薬局方解説書”，（廣川書店），（2021）.
5) JIS K 8005: 2016（容量分析用標準物質）.
6) K. Fischer : *Angew. Chem.*, **48**（26）: 394（1935）.
7) E. Scholz : “Karl Fischer Titration”，（Springer-Verlag, New York），（1984）.

稲垣 真輔（Inagaki Shinsuke）
青森大学薬学部生体分析化学研究室（〒030−0943 青森県青森市幸畑 2−3−1）．岐阜薬科大学大学院薬学研究科博士後期課程修了．博士（薬学）．《現在の研究テーマ》生体機能分子の高感度かつ高精度な分析法の開発/クロマトグラフィー用新規誘導体化試薬の開発．《趣味》将棋．

新刊紹介

ガスクロ自由自在 Q&A シリーズ「準備・試料導入編」第 2 版

日本分析化学会 ガスクロマトグラフィー研究懇談会 編

本書は，ガスクロマトグラフを使いこなすために質問形式でガスクロマトグラフィーの達人がわかりやすく回答しています．分析前の器具・装置の準備や，試料導入を正確に行うために必要な知識やワンポイント，すぐに役立つヒントが満載です．

用語の解説の後に，下記の四章だてとなっています．

〈1 章　はじめに〉“ガスクロ”って何がわかりますか？　何ができますか？

〈2 章　ガスクロ準備編①〉【キャリヤーガス】【配管/接続】【基本設定】

〈3 章　ガスクロ準備編②〉【標準試料】【試料準備】【誘導体化】

〈4 章　試料導入編〉【気体試料・揮発性有機化合物（VOC）とその捕集】【試料処理・導入法（HS, P&T, PME, SBSE）】【高分子試料】【液体試料・注入口】【溶媒】【セプタム・シリンジ・オートサンプラー】【異常クロマトグラム対策】

〔ISBN 978-4-621-31002-1・B 5 版・242 ページ・3,600 円＋税・2024 年刊・丸善〕

深共晶溶媒

1　はじめに

共晶は合金などで良く知られた現象である．例えば2種類の金属が溶解して合金となる混合物の場合に，ある特定の組成で融点が低くなっている点を共晶点（その組成を共晶組成）という（図1）．イオン液体が新しいタイプの液体として注目を浴びていた2003年に，英国のAbbottのグループは塩化コリン（融点302 ℃）と尿素（融点133 ℃）を1：2のモル比で混合すると室温で液体状態（深共晶溶媒，Deep Eutectic Solvent，DESとしばしば略称される）になることを見いだした[1]．後にこの混合物はリライン（reline）と名付けられるが，この天然物から調製できる深共晶溶媒の発明は，溶液化学，分析化学，物理化学，材料化学分野において非常に注目を集めることとなった[2)3]．今回，溶媒も試薬の一つであるという見方で，この歴史の浅い新しい深共晶溶媒について紹介したい．

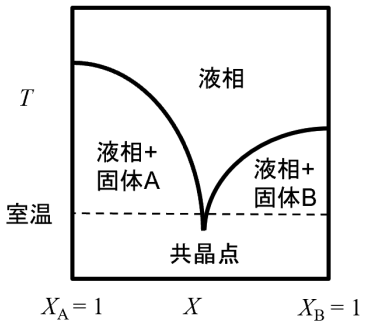


図1　二成分系相図の模式図と共晶点

2　深共晶溶媒の分類

リラインの発明後，様々な深共晶溶媒が報告されてきた[2)3]．2007年の時点で，Abbottらは深共晶溶媒をその構成成分の組み合わせによって，次の四つのタイプに分類した[4]．

ⅰ）四級アンモニウム塩と金属塩の混合物
ⅱ）四級アンモニウム塩と金属塩水和物の混合物
ⅲ）四級アンモニウム塩と水素結合供与体の混合物
ⅳ）金属塩水和物と水素結合供与体の混合物

これらのタイプはイオンを水素結合分子が溶媒和することによって共晶点・融点を低下させ，深共晶溶媒（室温で液体状態）となる．Abbottらによる深共晶溶媒の分類の提案後，これらのタイプには属さない新しい深共晶溶媒も報告・提案されており[5)6]，2024年現在，深共晶溶媒はまさに溶液化学におけるフロンティアといえる状況にある．

3　深共晶溶媒の魅力と一般的な特徴

複数の物質を混ぜるだけで（わずかな加熱を必要とする場合もある）溶媒を作れるということが，化学において非常に魅力的であることは自明であろう．例えば，混合する物質に天然物を選べば無毒で環境に配慮した溶媒が作れるし（あまり想像したくないが，その逆もまた可能である），混合する物質に触媒能のような機能を持つものを選べば機能性反応溶媒を作ることもできる．有機塩合成やアニオン交換などの合成を必要とするイオン液体と比べると，製造コストが抑えられるメリットもある．

深共晶溶媒にはいくつかの特徴がある[2]．例えば，深共晶溶媒は，分子間相互作用が強いものが多いために蒸気圧が低いものが多く，環境負荷が小さい溶媒といえる．典型的な深共晶溶媒は塩から成るものが多く，そのような場合には導電性を有する．しかしながら，その強い分子間相互作用のために，一般的に粘性が高く，導電性は低いものが多い．また，上記で見たように，典型的な深共晶溶媒は塩や水素結合分子から構成されるため，一般的に吸湿性の高いものが多い．

4　深共晶溶媒の応用への試み

調製の容易さ，低環境負荷，高安全性などの特性を有する深共晶溶媒は，様々な応用を目指した検討が行われている[3]．ここでは，抽出溶媒と電解液への応用を指向した研究例に限って紹介する．

4･1　抽出溶媒[3]

深共晶溶媒は，製造過程を含めて環境に対する負荷が少ない物質や生体適合物質を選ぶことでグリーンな溶媒を作ることができるため，抽出溶媒としての応用も興味の対象であった．しかしながら，強い分子間相互作用が働いているために粘度が高く，溶解，濾過（ろ），傾瀉（けいしゃ）といった抽出操作に様々な困難が伴う．この問題を解決するために，加温，超音波・マイクロ波抽出など種々の調整法が試みられている．

最も容易かつ有効な方法の一つは，水を添加する方法である．深共晶溶媒に水を加えると水溶液となるためもはや深共晶溶媒とみなせないという見方もあるが，ここでは試薬としての深共晶溶媒の利用・応用という視点も踏まえて見てゆくことにする．水を深共晶溶媒に加える

ことで，粘度を低下させるだけでなく，極性も高めることができる．この改質により，極性分子の抽出効率を高めることができる．また，水分量を調整することでも，抽出効率を高められることが報告されている．例えば，プロアントシアニジンの抽出において，1：2塩化コリン－マロン酸深共晶溶媒は55 wt% の水の添加により最も高い抽出効率が得られている[7]．

深共晶溶媒には親水性のものが多いが，長鎖脂肪酸，チモール，メントールから成る深共晶溶媒は疎水性である．疎水性の深共晶溶媒を抽出溶媒に利用して，水中の脂肪酸，遷移金属，カフェインやテトラサイクリンといった天然物が効果的に抽出できるという報告もある．

深共晶溶媒を抽出溶媒に利用する試みは，上記のような抽出効率を検討する基礎研究に留まらず，ガス・液体クロマトグラフィー，電気泳動に応用する試みも行われている．分析機器への適用も含めた抽出溶媒への応用は，近い将来の深共晶溶媒の最も有効な応用例となる可能性がある．

4･2　電解液[8]

金属塩と水素結合供与体の組み合わせによる深共晶溶媒は，電解液に主眼を置いた電気化学的な研究が報告されている．特にリチウム塩や塩化亜鉛などを用いた深共晶溶媒の研究報告は少なくない．一般的な水素結合が関与している深共晶溶媒は，分子間相互作用が強く働くために粘度が高く，導電性が低いというデメリットがある．しかしながら，広い電位窓を有するなど，電解液としてのメリットある性質も報告されている．

一方で最近，ヨウ素とイミダゾリウムヨウ化物塩の混合物は，適した混合比の範囲において容易に液体状態になり，非常に高い導電性（室温で 70 mS cm^{-1} 以上）を示す従来の分類に属さないタイプの深共晶溶媒であると提案された[6]．類似の系としてヨウ素とアンモニウムヨウ化物塩などの報告が古くになされていたが[9]，当時には深共晶溶媒という言葉がなかった．このヨウ素型深共晶溶媒中には，ポリヨウ化物アニオン（I_n^-）が存在する．そのため，狭義での「共晶」溶媒ではないかもしれないが，水素結合のように弱いハロゲン結合が関与するため広く「共晶溶媒」の一つとして考えることにする．このポリヨウ化物アニオンは，I^-のホッピングを介する物質（$I^- + I_n^- \rightarrow I_n + I^-$）であるために，本深共晶溶媒の高導電性にかかわる重要な物質である．また，深共晶溶媒中においてポリヨウ化物アニオンは1成分ではないため，系の融点降下にかかわっていると考えられる．ヨウ素型深共晶溶媒は，ヨウ素による金属腐食性や強い着色のために，研究が十分に進んでいるとは言い難いが，今後研究が進展することで太陽電池などの部位材料やヨウ素の貯蔵媒体などへの応用にも期待が高まる．

5　まとめ

今回，深共晶溶媒を紹介した．深共晶溶媒は歴史の浅い未開拓の物質である．現時点では不明な点が多く，何を研究しても論文が執筆できる研究対象と言ってもあながち過言でないだろう．本稿で述べたように，深共晶溶媒の調製は容易であり，コスト面でもメリットがある上，生体に適合したものや低環境負荷のものも容易に得られる．そのため，深共晶溶媒は様々な応用が試みられている．ここでは，抽出溶媒と電解液の応用例を紹介したが，その他にも有機合成用の溶媒，触媒，生体適合性を利用した酵素触媒のための溶媒，バイオマス用溶剤，機能性材料の溶媒，二酸化炭素貯蔵剤，エネルギー材料など多岐に渡る[3]．今後，深共晶溶媒の研究がどのように広がりを見せていくか楽しみである．液体・溶媒が化学の根幹であることを考えると，近い将来，深共晶溶媒による化学の転換期を目の当たりにするかもしれない．本稿が深共晶溶媒研究を始めるきっかけとなれば，望外の喜びである．

文　献

1）A. P. Abbott, G. Capper, D. L. Davies, R. K. Rasheed, V. Tambyrajah : *Chem. Commun.*, **2003**, 70.
2）B. B. Hansen, S. Spittle, B. Chen, D. Poe, Y. Zhang, J. M. Klein, A. Horton, L. Adhikari, T. Zelovich, B. W. Doherty, B. Gurkan, E. J. Maginn, A. Ragauskas, M. Dadmun, T. A. Zawodzinski, G. A. Baker, M. E. Tuckerman, R. F. Savinell, J. R. Sangoro : *Chem. Rev.*, **121**, 1232（2021）.
3）D. J. Ramon, G. Guillena（Eds.）: "Deep Eutectic Solvents: Synthesis, Properties, and Applications"，（2020），（Wiley-VCH, Weinheim）.
4）A. P. Abbott, J. C. Barron, K. S. Ryder, D. Wilson : *Chem. Eur. J.*, **13**, 6495（2007）.
5）S. O. Abranches, M. A. R. Martins, L. P. Silva, N. Schaeffer, S. P. Pinho, J. A. P. Coutinho : *Chem. Commun.*, **55**, 10253（2019）.
6）H. Shirota, M. Koyakkat, M. Cao, M. Shimizu, S. Asakura, H. Kawamoto, K. Moriyama : *J. Mol. Liq.*, **372**, 121176（2023）.
7）J. Cao, L. Chen, M. Li, F. Cao, L. Zhao, E. Su : *J. Pharm. Biomed. Anal.*, **158**, 317（2018）.
8）J. Wu, Q. Liang, X. Yu, Q.-F. Lu, L. Ma, X. Qin, G. Chen, B. Li : *Adv. Funct. Mater.*, **31**, 2011102（2021）.
9）H. Stegemann, A. Rohde, A. Reiche, A. Schnittke, H. Fullbier : *Electrochim. Acta*, **37**, 379（1992）.

〔千葉大学大学院理学研究院　城田 秀明〕

話　題

単一細胞分析に基づく モノクローナル抗体取得の効率化

鈴木　雅登

1　はじめに

単一細胞分析の多くは，高価で特殊な装置を用いて多様な DNA や mRNA を網羅的に分析する．馴染みのない研究者には用語や解析方法が特殊で，敷居が高い．一方，単一細胞からの分泌物の分析も重要であり，特に免疫細胞（B 細胞や T 細胞）が分泌する抗体やサイトカインの量や種類の分析は，医薬品開発に必要な細胞の選別につながる．これらの分泌物は，抗原抗体反応を利用した免疫測定法で検出可能で，分光学や電気化学検出との組み合わせが容易である．そこで，単一細胞が分泌する抗体の分析法を紹介し，様々な分析化学研究者に関心を持ってもらうことを目的とする．

2　モノクローナル抗体

モノクローナル抗体は単一の B 細胞から得られる抗体であり，特定の抗原決定基を認識する．高い選択性と低い交差性が特徴で，がん，感染症，自己免疫疾患など幅広い領域に利用されている．目的抗原に結合するモノクローナル抗体は，ヒトや動物（マウス，ウサギなど）から単離した抗体分泌細胞群（Antibody-Secreting Cells, ASCs）や，人工的に作製した遺伝子ライブラリから選別される．ここでは ASCs から目的抗原に結合する抗体を分泌する単一細胞を選別する方法を話題とする．

3　従来法による目的抗体分泌 ASCs の獲得

目的抗体を分泌する ASCs の探索には，分泌された抗体の結合能を評価し，抗体を分泌した単一細胞を特定する必要がある．しかし，ヒトや動物から取得された ASCs は培養できず，抗体分泌能の分析が困難であった．そこで，B 細胞と不死化細胞（ミエローマ細胞）の融合（ハイブリドーマ法）や Epstein–Barr virus によるリンパ芽球様細胞株への形質転換法が開発され，長期培養可能な ASCs が構築されてきた．培養可能な ASCs から目的抗体を分泌する単一 ASCs の獲得には限界希釈法が利用される．ASCs 懸濁液を希釈し，96 もしくは 384 ウェルマイクロプレートの各ウェルに確率的に 1 細胞を播種する．培養後，各ウェルの培地中の抗体量を分析して，分泌能を持つ ASCs を含むウェルを特定する．各ウェルの細胞は一つの ASCs から増殖したモノクローンな細胞集団である．以上の二つの工程を経て目的抗体を分泌する細胞集団が獲得される．

ハイブリドーマ法は特別な試薬や装置が不要なため汎用性が高いが，B 細胞 100000 個あたり 1 細胞程度しかハイブリドーマ細胞が得られず，作製効率が低い．これは B 細胞とミエローマ細胞を 1:1 で正確に密着させることの困難さに起因する．また，限界希釈法は煩雑な操作と培養時間がかかり，希釈中に複数細胞や細胞がないウェルが出現するため効率が悪い．

4　単一 ASCs 獲得に向けたマイクロデバイスの利用

マイクロウェルやマイクロ流体デバイスは，単一細胞サイズの窪みや流路から構成され，単一細胞の任意で確実な操作，連続的な溶液の交換，種々の分析系との融合が可能である．これらの特徴は，単一細胞同士での細胞融合や単一細胞の抗体分泌能の分析を可能にし，ASCs の選別に有用である[1]．

4･1　マイクロデバイスによる細胞ペア形成と細胞融合の効率化

異種細胞の効率的な融合を可能とするマイクロ流体デバイスが報告されている．このデバイスは，2 細胞を捕捉する大きな窪みと 1 細胞を捕捉する小さな窪みをもつ微小構造が特徴である．1 種類目の細胞を流路へ導入し，小さな窪みに捕捉する．次に逆方向から溶液を導入し，その細胞を窪みの延長線上にある大きな窪みに捕捉させる，そして同じ方向から 2 種類目の細胞を導入し，大きな窪み内に細胞ペアを形成させる．最後に電気パルスを導入し，細胞ペアを融合させる．窪み内で確実に異種細胞のペアが形成され，約 9 割の窪みで細胞が融合し，融合効率が飛躍的に向上した[2]．

4･2　マイクロドロップレットでの単一 ASCs 分析

マイクロドロップレット（微小液滴）と蛍光活性型フローサイトメトリー（FACS）を組み合わせて，単一 ASCs の抗体分泌能の高速評価法が報告された．オイルで満たされた十字型構造のマイクロ流体デバイスに水溶液を導入すると，微小液滴を大量に作製できる．このデバイスを用いて，単一 ASCs，分泌抗体を捕捉する抗原固定化微粒子，蛍光標識二次抗体が封入された液滴が作製された．液滴内で ASCs から分泌された抗体を介して，粒子上に蛍光標識二次抗体が濃縮される．FACS を使用することで，各液滴の蛍光強度に基づき，抗体分泌能を持つ ASCs を含む液滴を迅速に取得できる．しかし，ASCs と捕捉用微粒子の両方を持つ液滴の確率が低い課題がある[3]．そのため，微粒子をナノ化して一定数を確実に封入させる方法や[4]，分泌抗体を捕捉するハイドロゲルの使用が報告されている[5]．

4･3　マイクロウェルでの単一 ASCs 分析

マイクロウェルを使用した単一 ASCs の抗体分泌能の評価法がいくつか報告されている．マイクロウェルを捕捉分子（抗原や捕捉抗体）で修飾し，分泌された抗体を

Single-Cell Analysis for Improved Monoclonal Antibody Acguisition Efficiency.

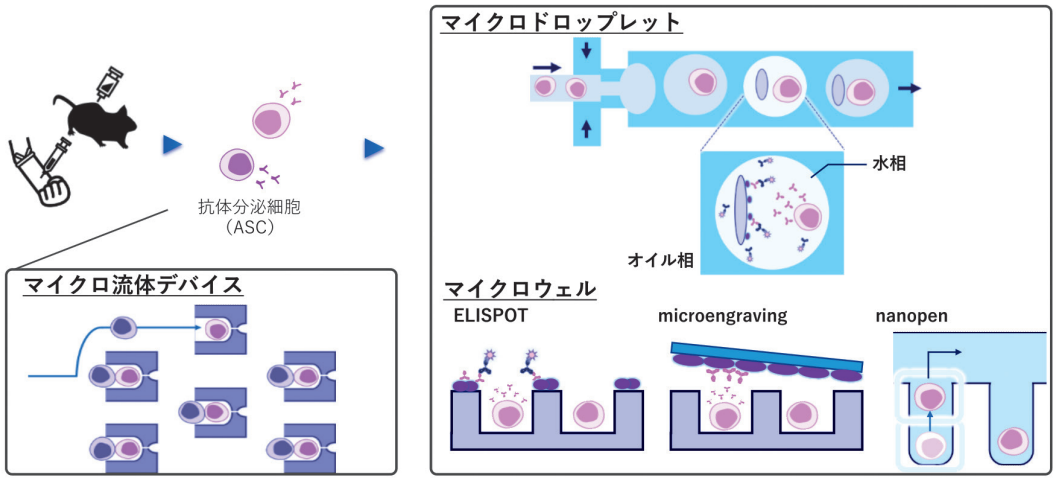


図 1　抗体分泌細胞群から目的抗体を分泌する単一細胞を選別する方法

マイクロウェル周辺に捕捉する．捕捉された抗体の免疫染色によって目的抗体分泌 ASCs を特定する（Enzyme-Linked ImmunoSpot, ELISPOT 法）[6]．しかし，免疫染色の際にウェルに捕捉された細胞の一部が散逸する恐れがある．一方で，捕捉用抗体が固定化されたガラス基板で「フタ」する方法（microengraving 法）も提案されている[7]．ASCs をマイクロウェルへ捕捉した後，「フタ」をする．「フタ」へ濃縮された分泌抗体を免疫染色で検出し，抗体分泌能がある ASCs を特定する．この方法は，マイクロウェルへの染色処理が不要なため ASCs の散逸を防ぎ，フタの交換により分泌タンパク質の量や種類の時間変化を追跡できる．しかし，いずれの方法も目的 ASCs の回収にはガラスキャピラリの近接が必要であり，時間と手間が課題である．

光誘電泳動を利用した単一細胞の迅速かつ正確な回収法が報告された（Beacon Select™, BRUKER Cellular Analysis）[8]．この装置の微小流路チップは上面が透明導電性（ITO）基板，下面にアモルファスシリコン（a-Si:H）が塗布された ITO 基板で構成される．流路の各側面には「nanopen」と呼ばれる微小なくぼみがあり，チップへ光を照射すると a-Si:H の導電性が変わり誘電泳動力が作用する．光の照射位置を制御することで，単一細胞の nanopen への捕捉や nanopen からの目的細胞の回収が迅速に行える．

5　おわりに

単一細胞分析によって ASCs の抗体分泌能を評価し回収する方法を紹介した．近年では，マイクロドロップレット作製用のマイクロ流体デバイスやマイクロウェルチップが消耗品として購入でき，微細加工装置がなくても単一細胞分析が可能となっている．単一細胞の網羅的な遺伝子解析に加えて，今後は動的な細胞機能の分析が細胞を使った医薬品開発に求められる[9]．動的な細胞機能解析には，単一細胞が分泌した微量な分子の検出を可能とする化学的な増幅技術に加え，光や電場などを使った非標識分析[10]，機械学習を用いた細胞画像解析による細胞機能予測[11]など，多分野の研究領域との融合が必要である．

文　献

1）L.J. Schlotheuber, I. Lüchtefeld, K. Eyer : *Lab. Chip*, **24**, 1207 (2024).
2）A.M. Skelley, O. Kirak, H. Suh, R. Jaenisch, J. Voldman : *Nat. Methods*, **6**, 147 (2009).
3）B. Li, X. Ma, J. Cheng, T. Tian, J. Guo, Y. Wang, L. Pang : *Front. Bioeng. Biotechnol.*, **11**, (2023). DOI: 10.3389/fbioe.2023.1121870.
4）K. Eyer, R.C.L. Doineau, C.E. Castrillon, L. Briseño-Roa, V. Menrath, G. Mottet, P. England, A. Godina, E. Brient-Litzler, C. Nizak, A. Jensen, A.D. Griffiths, J. Bibette, P. Bruhns, J. Baudry : *Nat. Biotechnol.*, **35**, 977 (2017).
5）K. Fischer, A. Lulla, T.Y. So, P. Pereyra-Gerber, M.I.J. Raybould, T.N. Kohler, J.C. Yam-Puc, T.S. Kaminski, R. Hughes, G.L. Pyeatt, F. Leiss-Maier, P. Brear, N.J. Matheson, C.M. Deane, M. Hyvönen, J.E.D. Thaventhiran, F. Hollfelder : *Nat. Biotechnol.*, (2024). DOI: 10.1038/s41587-024-02346-5.
6）A. Jin, T. Ozawa, K. Tajiri, T. Obata, S. Kondo, K. Kinoshita, S. Kadowaki, K. Takahashi, T. Sugiyama, H. Kishi, A. Muraguchi : *Nat. Med.*, **15**, 1088 (2009).
7）J.C. Love, J.L. Ronan, G.M. Grotenbreg, A.G. van der Veen, H.L. Ploegh : *Nat. Biotechnol.*, **24**, 703 (2006).
8）A. Winters, K. McFadden, J. Bergen, J. Landas, K.A. Berry, A. Gonzalez, H. Salimi-Moosavi, C.M. Murawsky, P. Tagari, C.T. King : *mAbs*, **11**, 1025 (2019).
9）Y. Xu, M.T.J. Chan, M. Yang, H. Meng, C.-H. Chen : *Lab. Chip*, (2025). DOI: 10.1039/D4LC00904E.
10）S. Ansaryan, Y.-C. Liu, X. Li, A.M. Economou, C.S. Eberhardt, C. Jandus, H. Altug : *Nat. Biomed. Eng.*, **7**, 943 (2023).
11）J. Jin, T. Ogawa, N. Hojo, K. Kryukov, K. Shimizu, T. Ikawa, T. Imanishi, T. Okazaki, K. Shiroguchi : *Proc. Natl. Acad. Sci.*, **120**, e2210283120 (2023).

鈴木 雅登（Suzuki Masato）
兵庫県立大学大学院理学研究科（〒678-1297 兵庫県赤穂郡上郡町光都 3-2-1）．東北大学大学院環境科学研究科博士後期課程修了．博士（学術）．《現在の研究テーマ》マイクロ電極を使った単一細胞分析．《趣味》かき氷の食べ歩き．メガネを色々と見る．
E-mail : suzuki@sci.u-hyogo.ac.jp

トピックス

質量分析イメージングと免疫組織化学染色の融合によるマルチオミクスイメージング解析

質量分析イメージング（mass spectrometry imaging, MSI）は，試料に存在する分子をイオン化し，質量分析を通じて分子の空間分布を可視化する技術である．特に，マトリックス支援レーザー脱離イオン化法（matrix-assisted laser desorption/ionization, MALDI）をイオン源に用いたMALDI-MSIでは，数十μm程度またはそれ以下の空間分解能で生体組織切片中のタンパク質やペプチド，脂質，神経伝達物質，薬物などの分布を可視化できる．MALDI-MSIは腫瘍や神経変性疾患などにおける分子の空間分布を細胞レベルで把握できることから，疾患メカニズムの解明や新規治療法の開発に利用されている．

一般に，MALDI-MSIで測定可能なタンパク質はイオン化効率の制限により分子量が約30 kDa程度までである．生体内には30 kDa以上の高分子量タンパク質が多数存在しており，生命現象において重要な役割を果たしているため，高分子量タンパク質の測定は極めて重要である．質量分析イメージングによるタンパク質同定には，トリプシンでタンパク質を断片化し，生成されたペプチド断片に対してMS/MS測定およびデータベースを基にした解析法が用いられている．しかし，この方法では同定できるタンパク質は存在量が豊富なものに限られるといった課題がある．

近年，MALDI-MSIと免疫組織化学染色（immunohistochemistry, IHC）を組み合わせたMALDI-IHCが開発された．MALDI-IHCでは，光開裂性質量タグ（photocleavable mass-tag, PC-MT）を結合させた抗体プローブを用いて免疫組織化学染色を行い，抗体プローブを目的タンパク質に結合させる．その後，組織切片に紫外線を照射してPC-MTを開裂させ，開裂したタグをMALDI-MSIで検出する．このPC-MTは固有の質量を有するため，質量スペクトルの重複を回避することができ，数十種類以上のタンパク質の同時イメージングのようなマルチプレックス解析を可能とする（100種類程度も可能である）．

先行研究において，Limらはホルマリン固定パラフィン包埋された乳がん組織切片を対象に，MALDI-IHCを用いてHer2やCD3，CD20などの19種類のタンパク質を検証している[1]．また，同一の組織切片に対する蛍光免疫染色を行うことで，MALDI-IHCの結果の妥当性の評価とともに，マルチモーダルイメージングを報告している．さらに，凍結乳がん組織切片の解析では，PDPNやCD68，Collagen-1A1などの11種類のタンパク質に加えて，脂質に由来するm/z 687.5，700.5，788.5，885.5，942.8の可視化も行うことで，マルチオミクス解析も報告している．このように，MALDI-IHCはマルチプレックス・マルチモーダル・マルチオミクスによるイメージング解析を通じて，生体分子の空間的相関関係の情報を提供し，様々な生化学プロセスを明らかにする技術として期待される．

1）M. J. Lim, G. Yagnik, C. Henkel, S. F. Frost, T. Bien, K. J. Rothschild : *Front. Chem.*, **11**（2023）. DOI: 10.3389/fchem.2023.1182404.

〔同志社大学生命医科学部　山下 修司〕

蛍光X線分析と情報処理

蛍光X線分析法は，試料にX線を入射し，放出される蛍光X線を計測することで未知試料の定性・定量分析を行う手法である．この蛍光X線分析を応用した分析方法として，微小部蛍光X線分析法や全反射蛍光X線分析法などがある．微小部蛍光X線分析法では，入射X線ビームを10 μm程度に微細化して，試料に照射させる．その結果，ある微小領域のみの元素情報を取得することが可能となる．また，試料の走査と蛍光X線分析を繰り返すことによって，元素分布像も取得することが可能となる．全反射蛍光X線分析も非常にユニークな分析方法のひとつで，X線を全反射臨界角度以下の角度で入射させ，試料基板上で全反射現象を引き起こす．その結果，試料内部にX線がほとんど侵入しないので，蛍光X線の正味の強度とバックグランド強度の比が向上する．それゆえ，シリコンウェハーなどの表面分析に最初は適用され，その後溶液中の微量元素分析に用いられるようになった．このように蛍光X線分析法は非常に有用であり，近年では，情報処理技術と組み合わせが注目されている．ここでは，いくつかの適用例に関して紹介させていただきたい．

Vermeulenらの研究グループは，情報処理技術を絵画の微小部分析に対して適用した[1]．微小部蛍光X線分析法は，試料の元素分布像を取得するために用いられている．一般的な機械学習では，数万のスペクトルと識別のパターンを用意する必要があるが，彼らは，プログラム言語Juliaを用いて教師データを必要としない辞書学習アルゴリズムを用いた．この技術を18世紀のメキシコの絵画に対して適用し，顔料の情報を突き止めることに成功している．例えば，青色のローブにはコバルトを含む顔料であるスマルトが用いられていると紹介している．他にも，Allegrettaらのグループは隕石試料を可搬型エネルギー分散蛍光X線分析装置で測定した．その測定結果に対して，主成分分析及び機械学習を適用することで，隕石の分類を得ている[2]．分類のためにいくつかの機械学習アルゴリズム（decision tree（DT）やサポートベクトルマシーンなど）が用いられ，DTを用いた分析では94%の精度が得られ，18個の試料のうち一つのみが誤分類という結果となった．このように，蛍光X線分析法と情報処理技術の融合は進められている．

1）M. Vermeulen, A. McGeachy, B. Xu, H. Chopp, A. Katsaggelos, R. Meyers, M. Alfeld, M. Walton : *J. Anal. At. Spectrom.*, **37**, 2130（2022）.
2）I. Allegretta, B. Marangoni, P. Manzari, C. Porfido, R. Terzano, O. De Pascale, G. S. Senesi : *Talanta*, **212**, 120785（2020）.

〔岐阜大学工学部　松山 嗣史〕

リレーエッセイ

分析化学はポジティブ？

過日の母校名古屋工業大学での年会で，産総研の中村圭介先生からバトンをいただきました日本薬科大学の大室智史と申します．中村先生には埼玉大学の渋川雅美先生の研究室に在籍されていた博士課程の学生時代から同世代の研究者で似たテーマを研究対象としていた者として親近感を抱いており，いつも仲良くさせていただいています．

今回リレーエッセイを引き受けるにあたり，何をテーマにしようか思案していましたところ，研究室の学生から，「高校の時よりも大学の先生との方が話をする機会が多い」と言われまして，「そういえば，自分も恩師に言われて印象に残っている言葉があるな」と思い，これをテーマにして筆（キーボード）をとりました．

まずは簡単に自己紹介させていただきます．私は学部，修士と東京学芸大学の國仙久雄先生の下で，金属イオンを対象とした溶媒抽出や固相抽出について研究し，博士課程は名古屋工業大学の湯地昭夫先生の下で，イオン交換系や逆相系における物質移動のメカニズムについて研究し，現在もこれらの系を中心に研究を行っています．現在は縁あって出身地の埼玉にある日本薬科大学にて講師として勤務しています．教育学部卒の工学博士が薬学部に勤めているという我ながら不思議な経歴です．

両先生ともに学生と話をするのが好きで，私も学生時代から今に至るまで相談に乗っていただいてきました．

國仙先生は，「君はどう思う？」，「この後どうしたい？」と私の考えを第一に自由に実験をさせてくれました．「わからないから実験しているんでしょ．やってみなさい」と実験とそこから得られる結果をとても大切にしてくれました．細かく指導されるのが苦手な私には，自由にやりたいことをやらせてもらえる研究がとても魅力的に映ったのを覚えています．

湯地先生からは，いつもデータに対して多面的にとらえることや全体像を見ることの大切さを教えられたと思っています．ある日の打ち合わせで，「君は細かいところにこだわりすぎている．もっと全体を見てデッサンを作らないと」とお話しされたのを印象深く覚えています．これは後日，シラノール基が残存するODSシリカへの化学種の保持機構について「単純な疎水性相互作用に加えて，シラノール基との静電的な相互作用も寄与している」という考えを導くきっかけとなり，研究を大きく進める助けとなりました．

さて，現在は私も教員として学生の指導に当たっており，両先生の下で学んだことを大切に『わからないを楽しむ』をモットーに研究指導をしています．毎年，新たに配属された卒研生は，「これで大丈夫ですか？」，「不安です」と自信なさげに質問（確認？）してきます．そんなとき，「これだとまだよくわからないね，君はどう思う？」，「次は何をする？」と問いかけます．最初のうちは，質問したのに得たいものが得られず，不満そうな顔をしますが，暫くすると自分の意見を話せるようになってくる学生が少なくありません．ここまできたら，本人が見ていない部分を追加したりして視野を広げられるように気をつけています．

時折学生から，「先生はポジティブですよね」と言われることがあります．私自身はポジティブの自覚はありませんが，研究を通じて身につけてきた，結果を大切に，状況を俯瞰して，次に取れる手段を考えてやってみることを学生にはよく話しています．これはつまり「分析化学＝ポジティブ」と言っても良いのでは？とこの文章をまとめながら思い，表題にさせていただきました．

冒頭の学生の言葉に戻りまして，私も学生の時からたくさんの先生とお話しさせてもらっていたことを再認識させてもらう良い機会となりました．会員の皆様も恩師の言葉は心に深く刻まれていることと思います．現在も両先生はじめ分析化学会では多くの先生に大変お世話になっており，改めてお礼申し上げます．

キーボードを叩いている今日は大晦日，薬学部の６年生は，薬剤師国家試験に向けてラストスパートをかけている時期です．（模試の）結果に一喜一憂せずに，自分の結果（成績）を分析し，合格に向けた手段の構築と実行に全力を注いで欲しいところです．このリレーエッセイが発刊される頃には既に結果が出て，次のステップに進んでいる頃になると思いますが，分析化学で身につけたポジティブさで乗り越えてくれていることを祈念しています．

次号の執筆者は安田女子大学の川畑公平先生にお願いしました．川畑先生にはお忙しい中，ご快諾いただきましてありがとうございました．次回の学会でお会いできることを楽しみにしております．

〔日本薬科大学　大室 智史〕

受賞者名：和田 奈由子
受賞論文題名：基質部位・蛍光部位を独立させる新規応答機構に基づく酵素応答性ナノエマルション型オプトードの開発

所載ページ：「分析化学」第 73 巻第 7・8 号，351−357 ページ

和田 奈由子[1]，末吉 健志[1,2]，遠藤 達郎[1]，久本 秀明*[1]
([1]大阪公立大学大学院工学研究科，[2]CREST，科学技術振興機構)

「分析化学」編集委員会では，「分析化学」誌の若手研究者の初論文特集に掲載された論文の中から，最も優れていると認められる論文の筆頭著者に，編集委員長名で「分析化学」若手初論文賞を授与しています．本年度は多くの優れた論文の中から受賞論文を選考しました．その受賞者として，和田奈由子君が選定されましたので，お知らせいたします．

【選定理由】

アルカリフォスファターゼ（ALP）はリン酸化合物のリン酸基を切断する酵素であり，高触媒活性，高安定性，幅広い基質選択性をもち，抗体との結合も容易なため酵素免疫測定 (ELISA) 法の標識酵素として一般的に用いられる．また ALP はバイオマーカーとしても重要な役割を果たしており，肝機能障害や骨疾患などの診断に応用できる．そのため簡便・迅速・高感度な新しい ALP 検出法の開発は現代の生命科学において重要な役割を果たす．

一方，光検出型化学センサー（オプトード）は，疎水性薄膜中色素の変色や発光を利用して，イオンをはじめさまざまな化学物質を検出できる技術であり，医療診断や生命科学研究への応用が期待されている．特に，オプトードをナノ油滴の分散水溶液としたナノエマルション（NE）型オプトードは，その迅速な応答性から近年注目を集めている．

著者らは，ALP をターゲットとした新しい応答機構をもつ酵素応答性 NE 型オプトード開発を目的とした．従来の酵素検出では，酵素基質部位と蛍光部位を一分子内に持つ蛍光基質を用いており，その比率の最適化によるさらなる高感度化が困難であった．そこで著者らは，基質部位と蛍光部位を分子として独立させ，NE の油滴中に含ませるという全く新しい応答機構を提案した．ここでは油滴と水溶液界面で酵素反応が進行すると，切断されたリン酸基が水相に移動するため，油滴内での電気的中性を保つために油滴バルク中カチオン性蛍光色素が油水界面に移動する．蛍光色素は疎水環境では強い蛍光を示すが油水界面では親水性が上がり，蛍光強度が減少することを原理とする．この新しい設計により，従来ではできなかった基質・蛍光部位比率の最適化に基づく高感度化を実現した．この方法論は，これまでイオン選択性のセンサー開発一辺倒であった NE 型オプトードの設計指針に「酵素検出」という新たな視点を提供した点にも大きな意義がある．

本研究の成果は，ALP の高感度・迅速な検出法の開発に貢献するだけでなく，酵素応答性オプトードの新たな設計指針を示すものであり，生命科学や医療診断の分野に大きな波及効果が期待される．

以上の理由により，本論文を 2024 年「分析化学」若手初論文賞受賞論文に値するものと認め，選定した．

［「分析化学」若手初論文賞選考委員会］

【代表著者のコメント】

この度は「分析化学」若手初論文賞に選定していただき，編集委員をはじめとする関係者の皆様に心より感謝申し上げます．今回の受賞に際し，熱心にご指導とご助言を賜りました久本秀明教授，遠藤達郎准教授，末吉健志准教授に深く感謝の意を表します．また，共に研究活動を行ってきた研究室のメンバーにも，この場を借りて感謝申し上げます．

本研究では，コンセプトを実証するためのリン酸化合物・色素の選定に苦労しました．しかし，一般的な蛍光基質を用いずに基質部位と蛍光部位を分子として独立させた全く新しい応答機構の酵素応答性 NE 型オプトードが実証できた時には，達成感を感じると共に粘り強く実験を繰り返す大切さを実感しました．現在私は社会人となり直接的な研究活動からは離れましたが，今後の分析化学の発展に少しでも貢献できるよう，日々精進してまいります．

受賞論文題名：工業用無補充式セルフクリーニング pH 電極の製品開発

「分析化学」第 73 巻第 4・5 号，171−183 ページ

西尾 友志[1]，室賀 樹興[1]，髙味 拓永[1]，橋本 忠範[2]，石原 篤[2]
([1]株式会社堀場アドバンスドテクノ，[2]三重大学)

「分析化学」編集委員会では，「分析化学」誌に掲載された論文の中から，独創性があり，実用的にも優れた分析技術や測定機器，並びに科学技術や産業の発展に貢献すると認められる論文の著者全員に，編集委員長名で「分析化学」産業技術論文賞を授与することにしています．本年度は多くの優れた論文の中から受賞論文として，上記の論文が選定されましたので，お知らせいたします．

【選定理由】

これまでの工業用 pH 電極は連続して測定溶液に浸漬されるため，電極表面に汚れが付着し，長期間での安定した測定は困難である．清浄な電極表面を維持するためには，管理者が毎日から数週間ごとに定期的に現場へ出向いてふき取りなどの手洗浄を行うか，専用の洗浄機を設置する必要がある．一般の工場では，数か所から数十か所も pH 電極が設置されており，洗浄作業や移動も含めたメンテナンスには多くの時間を要する．高所や炎天下の現場，人体に有害な排水やガスを生じる現場，あるいは夜間や雨天時での作業が必要な現場もあり，安全性の問題も大きい．また，このような危険・過酷な現場があるだけでなく，後継者不足や人手不足も解決すべき問題となっている．

著者らは，電極表面の有機汚れに対して自己洗浄機能を有する内部液無補充式の工業用 pH 電極（セルフクリーニング pH 電極）を 2022 年 10 月に製品化した．この電極は，pH ガラス電極のガラス部表面に光触媒の TiO_2 がコーティングされており，電極内部の小型 UV-LED から TiO_2 に向けて紫外線が照射される構造となっている．光触媒による光誘起親水効果と光分解効果によって，電極の有機汚れを長期間において防汚可能となり，これまでの工業用 pH 電極に比べて洗浄や校正などのメンテナンス周期が大幅に改善された．さらに，汚れが激しく連続測定ができなかった返送汚泥槽や安定した測定が困難であった排水原水槽においても pH 測定が可能になった．これまでに 20 か所以上で現場試験が行われ，有機汚れの激しい現場でのメンテナンス周期を 7 倍から最大で 120 倍へと延長することに成功した．同製品は，発売当初よりその性能が高く評価されており，国内外の工場排水処理設備にも採用され始めている．この防汚技術は，pH 電極以外の電気化学センサや濁度計，UV 計などの他の分析機器製品への応用も期待できる．このように著者らの開発したセルフクリーニング pH 電極は，工場排水だけでなく，プラント，研究機関などの水質分野における分析化学の研究やものづくりの発展など，社会に広く貢献するものと考えられる．

以上の理由により，本論文を 2024 年「分析化学」産業技術論文賞受賞論文に値するものと認め，選定した．

［「分析化学」産業技術論文賞選考委員会］

【代表著者のコメント】

この度は「分析化学」産業技術論文賞に選定いただき，誠にありがとうございます．編集委員会の先生方をはじめとする関係各位に対し，著者一同，厚く御礼申し上げます．本研究の遂行にあたっては，三重大学の橋本忠範教授より数々のご助言，ご協力を賜りました．心より御礼申し上げます．

今回開発した電極は，有機汚れの現場で適用できるものであり，無機汚れの防汚など pH 電極としての課題が多数残っています．近年世間一般に pH 電極は，完成されたものと考えられておりますが，著者らはまだ pH 測定の可能性を信じております．今後もより革新的な製品を作製して，分析化学の発展や社会に貢献して参りたいと思います．

受賞論文題名：X 線分析顕微鏡の開発と応用研究

「分析化学」第 73 巻第 10・11 号，593–603 ページ

駒谷 慎太郎[1]
([1]堀場テクノサービス)

「分析化学」編集委員会では，「分析化学」誌に掲載された論文の中から，独創性があり，実用的にも優れた分析技術や測定機器，並びに科学技術や産業の発展に貢献すると認められる論文の著者全員に，編集委員長名で「分析化学」産業技術論文賞を授与することにしています．本年度は多くの優れた論文の中から受賞論文として，上記の論文が選定されましたので，お知らせいたします．

【選定理由】

著者らは，長きにわたり，空間分解能 10 μm の X 線導管を用いた卓上型 X 線分析顕微鏡を開発してきた．1990 年初頭に株式会社堀場製作所から市販機として上市された X 線分析顕微鏡は，多数の研究機関・企業に導入され，基盤研究，材料・製品開発，品質保証評価の幅広い用途に使用されている．

微細に絞った X 線ビームを試料に照射しながら試料ステージを縦横に走査し，蛍光 X 線を検出することで試料内の元素分布や濃度を測定できる卓上型 X 線分析顕微鏡には，X 線ビームを微細に絞るためにガラス製キャピラリー（X 線導管）が不可欠とされるが，研究改良を重ね 10 μm の高輝度 X 線ビームを開発することで分析時間の大幅な短縮と感度向上を実現した．

2006 年に施行された欧州環境規制（WEEE/RoHS 指令）によって，世界中の電気機器業界に出荷製品の特定有害物質の非含有が求められたことで，X 線分析顕微鏡はプリント基板や複合部品中の有害物質の非含有の検証支援装置として，電気機器メーカーの部品調達や品質管理部門に導入され，電気機器製造産業における環境保全の対策の推進に貢献した．

さらに近年では，宇宙航空研究開発機構（JAXA）の小惑星探査機「はやぶさ 2」が小惑星リュウグウで採取した砂の初期の元素分析と濃度測定にも使用されたが，貴重で極めて微量の鉱物試料の試料ハンドリングなどの分析手法も開発，提供している．このように，卓上型の X 線分析顕微鏡の分析の用途は，性能の向上とともに生体分析，異物解析，不良品解析，考古学試料分析，環境分析等に拡大している．

以上の理由により，本論文を 2024 年「分析化学」産業技術論文賞受賞論文に値するものと認め，選定した．

［「分析化学」産業技術論文賞選考委員会］

【著者のコメント】

この度は「分析化学」産業技術論文賞に選定いただき，誠にありがとうございます．編集委員会の先生方をはじめとする関係各位に対し，厚く御礼申し上げます．また，このテーマで 2023 年度の日本分析化学会，技術功労賞を賜り，心より感謝の意を表します．X 線マイクロビームの研究の過程において，終始ご指導とご鞭撻を賜った大阪公立大学大学院工業研究科 辻幸一教授，筆者が X 線分析顕微鏡の開発に従事した 1987 年からご指導いただいた，X 線を絞る技術の発明者でもある物質・材料研究機構名誉フェロー 中沢弘基先生，また X 線分析顕微鏡の応用に関する研究のご指導を賜った東京理科大学 中井泉教授，他にもご指導やお力添えを頂いた先生方，株式会社堀場製作所，株式会社堀場テクノサービスの関係者の方々に感謝いたします．

我々は，卓上型の X 線分析顕微鏡を世界に先駆けて開発し，その応用として工業製品の異物解析，生体関連試料，考古物試料，土壌・河川水などの環境分析，貴重な試料の分析技術を開発し，各業界での研究開発や品質管理の分野で幅広く使用されています．我々は，装置開発とサービス，受託分析を業務とするものとして，新しい技術から創り出された X 線分析顕微鏡が，分析者に対してソリューションを提供できるように，完成度をより高めていき，分析化学の発展に貢献したいと思います．

ロータリー

談　話　室

ポーラログラフ命名（＝誕生）100周年によせて

ガラス管に毛細管をつないで直立に立て，ガラス管に水銀を入れると，毛細管から水銀滴が落下する．その水銀滴の表面が異常に振動するという[1]．1873年にG. Lippmannはその現象に着目して電気計を作った．1903年にG. Kuceraはそれを改良して滴下水銀電極（D.M.E）を作成した．そして，1922年にJ. Heyrovsky（1890～1967）はその電極を用いて電解を試みた．文献1には『…1922年この滴下水銀電極を陰極として電解を試み，その際の電流と電圧を読み取って起点して電流電圧曲線を図くことを始めた[2]．…1924年に上の電流電圧曲線を自記する考案が完成せられた．…この装置は志方博士の提案によりポーラログラフ（polarograph）と名づけられた[3]．…』という記述がある．

ポーラログラフ（polarograph）は，水銀滴表面が「分極（帯電）した電極（electric pole）」に因んで命名された．なお，ポーラ（polar）は「分極した」という形容詞である．

さて，ポーラログラフ測定には支持電解質溶液を使用する．その溶液の電流電圧曲線は残余電流，蓄電池電流，またはオーム電流（ohmic current）と呼ばれる．その電流は加電圧（E）がゼロでもわずかに流れ，それはE（*vs.* S.C.E ）がマイナス0.5 V付近でゼロになる．このゼロ点は電気毛細管ゼロ点（electrocapillary zero）または等電点（isoelectric point）とよばれる．即ち，水銀柱からの水銀滴はプラスに分極していたことを意味する．等電点では水銀滴表面の電荷が加電圧によって中和されてゼロになり，その水銀滴の表面張力は最大になる．

文献1には，『…1935年ごろからは研究発表論文も増え，1940年前後には年間の論文数140を数えるに至ったが，1945年頃までは大戦の影響もあって，…このようにして現在までに20000報に及ぶ報文が数えられる．…』と記載されている．ここから分かるようにポーラログラフ装置を用いた研究のポーラログラフィ（polarography）は1950～1960頃に最も汎用された分析機器である．かくして，Heylovskyは1959年にノーベル化学賞を受賞した．

執筆動機：2023年の「ぶんせき」表紙が，ポーラログラフ開発100年を記念としてのデザインだった．他方，2024年のポーラログラフ学会誌[4]には「…志方は1924年2月にポーラログラフ装置の原型を作成し，実用化をめざして装置の改良を行い，1924年5月に1号機を完成させた．したがって，本年はポーラログラフ誕生100周年である．…1925年6月18日に日本初の電流–電圧曲線の測定に成功した．…ポーラログラフ誕生25周年を祝って1950年11月に記念講演会が開催された．1951年にはプラハで第1回ポーラログラフ国際会議が開催された．1960年に日本ポーラログラフ学会が誕生した．…」（巻頭言）という文章が載った．したがって，国際的にもポーラログラフ誕生は命名年（2025年）とされている．また，2015年発行の同誌[5]には『…志方が…世界初の“自動記録装置”の誕生である．プラハでの研究を始めてから7か月で成し遂げた1924年2月の偉業である．…志方は，1923年6月にベルリンを去り，プラハに研究拠点を移した．…帰国を決意し，1924年9月にプラハを発った．…』とある．これらと冒頭部分[1]の記述から「ポーラログラフ装置は，1922年試作と1924年の完成を経て，1925年に命名（＝誕生）された.」と理解することができる．なお，1923年は志方博士がHeylovskyと共同研究を開始した年度である．また，J. Heylovsky著に“Complete bibliography of publications（1922～1955）”がある[1]．したがって，Heylovskyも装置の試作（または開発）の開始を1922年と認識していたようである．以上のポーラログラフ開発に伴う正確な史実は記憶しておきたく思って執筆した．

文　献

1）品川睦明：“ポーラログラフ分析法”（共立全書），(1965)．
2）J. Heylovsky : *Chem. Listy*, **16**, 256 (1922)．
3）J. Heylovsky, M. Shikata : *Rec. Trav. Cim.*, **44**, 496 (1925)．
4）O. Shirai : *Rev. Polarogr.*, **70**, 63 (2024)．
5）K.Kanou : *Rev. Polarogr*, **61**, 117 (2015)．

〔日本化学会名誉会員・奈良女子大学・
奈良学園大学名誉教授　木村 優〕

インフォメーション

第403回液体クロマトグラフィー研究懇談会

2025年1月24日（金）により，㈱島津製作所殿町事業所Shimadzu Tokyo Innovation Plazaにおいて，「HPLC分析の自動化・ラボオートメーション」を講演主題として，第403回液体クロマトグラフィー研究懇談会が開催された．分析者の作業軽減や分析操作の効率化，化学物質の暴露リスク低減や属人性を排除したデータ品質の向上などを目的に，ラボ操作の自動化が検討されるようになっている．HPLC分析においても同様の理由で分析操作の自動化が進んでいる．HPLC分析を中心とした分析条件検討，試料前処理からHPLC分析に関連する自動化・ラボオートメーションについて，7演題の講演が実施され，25名の方に参加いただいた．

1題目の講演は，ジーエルサイエンス㈱　太田茂徳氏により「環境分析のための前処理の自動化と注意点」の演題で，環境試料の自動前処理について説明いただいた．はじめに固相抽出の操作フローと自動化時にも気を付ける必要がある操作のポイ

ントについて説明され，専用の自動前処理装置について実際の前処理事例を用いながら紹介いただいた．

2題目は，バイオタージ・ジャパン㈱　吉田達成氏により「自動前処理装置を用いた血清中のPFASのLC-MS/MS分析」の演題で，生体試料の自動前処理について講演いただいた．PFASの大規模な健康リスク疫学調査のため，自動前処理装置を用いた血清サンプルの固相抽出の前処理操作の自動化について説明され，用いる固相の検討から最適化された前処理メソッドを用いたLCMS分析結果まで紹介いただいた．

3題目は，㈱島津製作所　松田倫太郎氏により「分析条件検討・ピーク波形処理設定の自動化」の演題で，これまでは分析者が種々の分析条件を変更しながら実施していたHPLC分析条件検討のAIアルゴリズムを用いた自動化事例や，属人性の出やすいピーク波形処理の自動化にAIアルゴリズムを適用した事例について講演いただいた．

4題目は，㈱日立ハイテクサイエンス　清水克敏氏により「HPLCを始めとする分析の自動化技術の紹介」の演題で，研究や製造に関連する分析評価の現状と今後の自動化を含めた評価法について講演いただいた．分析試料前処理装置，HPLC分析条件自動検討，オンラインモニタリングなどと合わせて，マテリアルインフォマティクスとして取得したデータをAI技術によりいかに活用していくかについても紹介いただいた．

5題目は，東ソー㈱　伊藤誠治氏により「医療検査と自動」の演題で，分析においてオペレーションの差によるバラつき等の属人性の排除が最も要求される臨床検査における自動化技術について講演いただいた．血液中のグリコヘモグロビン（HbA1c）の自動分析システムをはじめとして，HPLCが用いられる分析法と専用システムをご紹介いただいた．

6題目は，㈱島津製作所　寺田英敏が「分析操作の自動化からラボオートメーションまで」の演題で，HPLC分析の自動化の現状からラボオートメーションを含めた今後の展望について講演を行った．HPLCハードウェア・ソフトウェアでできる自動化から，種々の機能モジュールを組み合わせた前処理専用装置の構築からの自動化，AI技術を活用し，実験計画構築から実験の実施・解析評価までを自動化する試みなどの紹介を行った．

7題目として，本研究懇談会の中村 洋委員長（東京理科大学）より総括が行われ，各講演者に対する質疑や補足などが行われた．

研究懇談会終了後に講演者を囲んでの情報交換会が行われ，参加者同士による追加の議論などもあり，交流を深めることができた．

最後になりましたが，研究懇談会にご参加いただきました皆様，本例会の開催にあたって講演依頼をご快諾いただいた講師の皆様，運営にご協力をいただきました運営委員の皆様に深く御礼申し上げます

〔㈱島津製作所　寺田 英敏〕

◆

第2回分析士会特別講演会・見学会

日本分析化学会分析士会では，2025年2月6日（木），ブルカージャパン㈱本社（横浜営業所）にて，第2回分析士会特別講演会・見学会を開催した．本見学会は，分析士のレベルアップと分析士同志の交流を図ることを目的とし，さらに分析士でない方にも分析士を知ってもらう機会と捉えて募集を行い，定員を超える計21名の参加があった．

はじめに中村 洋分析士会会長より，2019年11月に理化学研究所横浜キャンパス以来の開催であること，見学会の主旨などの説明があった．

続いて，ブルカージャパンに所属される3名の方より講演いただいた．

まず，志村信之様より，会社概要の紹介があった．今回の見学会は，質量分析計に関わる事業部であるダルトニクス事業部を中心とした見学会であるが，本ラボラトリーはすべての分析機器が存在するラボとなっていること，製品はすべてドイツで製造されていることなどの紹介の後，イオンモビリティーを備えた最新卓上型MALDI-TOF/TOF/MS neofleXの紹介があり，ハイスループット，分子量範囲広い，多価イオン出にくく，汎用性高いなど，その特徴について説明があった．

続いて，中林 亮様，韮澤 崇様より，「timsTOFシリーズを用いた最新オミクスソリューションの御紹介」という演題で，講演があった．同社の技術は，イオンの濃縮と分離を並行して行うことで質の高いMS/MSスペクトルが得られる技術であるとの説明があり，これらの技術を活用した事例として，分子量が同じで，類似の構造をもつフラボノイドであるmorinとquercetinの分離に関する紹介などがあった．また，定性解析ソフトを用いたin Silico解析の説明があり，ライブラリーがなくても衝突断面積（CCS）を自動予測でき，標品が入手できないような成分のMS/MSスペクトルを予測することで，投与サンプルの代謝物のスクリーニングなどが可能であるとの説明があった．

その後，同社のユーザーでもある竹澤正明様より，「質量分析を用いたバイオ医薬品及び核酸医薬品の特性解析」という演題で講演いただいた．バイオ医薬品はこの20年で大きく伸びた分野で，生活習慣病，感染症，がんなどに効果のある医薬品や，再生医療，遺伝子治療などさまざまな用途が広がっているとの説明があった．その中で，質量分析計の役割は大きく，近年のtimsなどのイオンモビリティーは，HPLCの保持時間による分離，MSによるm/zによる分離に加え，イオンモビリティーと言う手法が加わったことは，近年の大きな進歩で，その活用例として，ロイシンとイソロイシンの分離や核酸医薬品のジスルフィド結合の位置決定などの紹介があった．

講演の後，3班に分かれてラボの見学が実施され，同社のダルトニクス事業部が展開するQTOF質量分析装置の卓上型から最上位機種までのラインアップを中心に，間近で装置を見学しながら，詳細な説明を受けた．

見学会終了後，最上位機種の前で参加者全員で記念撮影を行い，その後，新子安駅近くの居酒屋にて情報交換会が開催され，おいしい料理と飲み物を楽しみながら，講師を交えての活況な情報交換が行われた．

今回は，初心者から熟練のユーザーまでさまざまな方が参加され，初心者にとっては，tims，TOF/TOF，MALDI-TOFのしくみやその用途，有効性について理解を深めることができ，

最上位機種の前で全員で集合写真

熟練のユーザーにとっては，同社のより上位機種の最新情報などを得るよい機会であったと感じる．

最後になりましたが，今回の見学会の準備，運営にあたって，分析士会見学会小委員である理化学研究所の竹林裕美子様には多大なご協力をいただき，感謝の念に堪えません．さらに，講演，見学を快く引き受けてくださったブルカージャパン㈱の皆様，東レリサーチセンターの竹澤様，そして，ご参加いただいたすべての皆様に，この場を借りてお礼申し上げます．

〔分析士会見学会小委員長（栗田工業㈱）　榎本 幹司〕

◆

第389回ガスクロマトグラフィー研究懇談会講演会

2025年2月7日（金）に北とぴあペガサスホール（東京都北区）にて第389回ガスクロマトグラフィー研究懇談会講演会が実施された．2024年度はガスクロマトグラフィー（GC）生誕70周年を記念して表彰を実施しており，386回，388回に続いて受賞講演を2件実施した．また，「標準物質（ガス）の値付けに貢献するガスクロマトグラフィー」と題して4件の主題講演および5件の技術講演を実施した．参加者数は約45名で，講演内容は後日参加者に配信予定である．さらに，GC懇の研究会では休憩中に会場で無料の資料展示を行っており，GCに関連する最新の製品や技術に関する活発な意見交換が行われた．当日は午前中にGC懇の運営委員会を実施した．午後からの研究会のプログラムは以下の通りである．

第389回GC研究懇談会

2025年2月7日（金）13.00～17.50

開会挨拶　佐藤 博（GC研究懇談会委員長）

【奨励賞受賞講演】

1.「熱分解GC/MSによる異物分析に関する研究とその利用」
木下健司（(地独)東京都立産業技術研究センター）

2.「低圧GC/MSの利用に関する研究」
大塚克弘（ムラタ計測器サービス）

【主題講演】

1.「JCSS標準物質のトレーサビリティと国際整合性」
渡邉卓朗（産総研）

2.「GCでも利用可能で国家標準にトレーサブルなJCSS標準ガス」
勝又啓一（製品評価技術基盤機構認定センター）

3.「JCSS制度における濃度信頼性試験」
東 純治（化評研）

4.「自動車排ガスの濃度測定に使用される$NO+NO_2$混合標準ガスの評価」
園部 淳（エア・リキード・ラボラトリーズ）

【技術講演】

1.「ポストカラム反応GCを用いた有機混合標準ガスの濃度値付け範囲の簡易な拡張方法」
佐々木智啓（堀場エステック）

2.「ガス混合装置の構造について」
乗矢隆良（コフロック）

3.「PLOTカラムの基本を学び，実践で活用する方法」
千葉拓也（レステック）

4.「水試料の測定に適した高極性のイオン液体カラム～Watercolカラム」
植田泰輔（メルク）

5.「Smart Aroma Databaseの紹介」
内山新士（島津製作所）

閉会挨拶　佐藤 博（GC研究懇談会委員長）

18.00～20.00　意見交換会（プロント王子店）

まず受賞講演で木下氏から，赤外分光分析だけでは困難であった異物分析を熱分解 GC/MS を使用することで解決した例などについて紹介があった．大塚氏から，GC-MS 分析において主カラムの前方にナローボアのキャピラリーカラムを取り付けてカラム内を減圧することにより，分離度が向上する例やその際に窒素をキャリアガスに用いて分析する例について紹介があった．

次に主題講演では渡邊氏から，SI トレーサブルな標準ガスの供給体系と JCSS（計量計測トレーサビリティの確保のための制度と校正事業者登録制度からなる制度）標準ガスと一般混合ガスの違いが明瞭に説明され，ガスクロが標準ガスの濃度値付けに貢献していることが丁寧に説明された．勝又氏から，JCSS の紹介，トレーサビリティの説明，および校正事業者登録制度を説明された．また MRA と呼ばれる多国間の相互承認制度によって外国でも日本の標準ガスが使用できるという便利な制度が説明された．東氏から，標準ガスにおける濃度信頼性試験の重要性，およびガスクロを使用した 14 種類 VOC 混合ガスの一斉分析方法が提示された．主題講演の最後に園部から，自動車排ガスの濃度測定に使用される NO と NO_2 の混合標準ガスをシリンダー中で安定化するため，シリンダー内面処理の重要性，あるいは保管温度や充填圧力の影響について詳細な試験結果が示された．実試料中のガス濃度を精度よく決定するために，信頼性が高い標準ガスを使用することが必要であり，国家標準にトレーサブルな標準物質の作成段階からユーザーに渡るまでの工程や品質が高い標準ガスを届けるために公的研究機関，あるいはガス製造会社から日々の活動などについてさまざまな面から貴重な講演を聞くことができた．技術講演では，ポストカラムを用いた最新の定量分析技術，ガス混合装置を使用して標準ガス濃度を可変する技術，PLOT カラムの基礎や使用上の注意点，最新のキャピラリーカラム固定相，最新のデータベースを用いた定性技術について紹介があった．講演会終了後は 20 数名で意見交換会を行い，時間の関係で講演では話すことができなかった情報を交換し，ガスクロのさらなる技術発展のために有意義な時間を過ごした．

〔㈱エア・リキード・ラボラトリーズ　園部 淳〕

◆

第 404 回液体クロマトグラフィー研究懇談会

2025 年 2 月 19 日（木）に㈱日立ハイテクサイエンスサイエンスソリューションラボ東京において，「生薬・漢方における HPLC 分析～基礎から応用まで～」を講演主題とした表記研究懇談会が開催された．生薬および生薬から構成される漢方には多くの成分が含まれており，その定性・定量には HPLC 分析が大きな役割を果たしている．本例会においては，生薬分析に用いられる前処理やカラムについての基礎知識及び実際の分析例から応用例について総括を含め 8 演題の講演が行われた．参加者は 47 名であった．

1 演題目は，筆者が「生薬分析について―概論―」という演題で，生薬・漢方とは何かを実際の生薬・漢方名を提示し具体的に説明を行った．また，日本薬局方に基づいた生薬・漢方の基本的な分析条件と一般用医薬品への応用例の説明，日本薬局方に沿った分析例（ケイヒ・苓桂朮甘湯・安中散加茯苓）の紹介を行った．

2 演題目は，ジーエルサイエンス㈱の太田茂徳氏より，「複雑なマトリクスを有する試料を分析するための前処理方法」という演題で，液液抽出にケイソウ土を用いる際のメリット・原理・使用方法および注意点の説明をいただいた．続いて固相カラムの種類と選択性の説明をいただき各種固相カラムについて保管方法や実例を紹介いただいた．

3 演題目は，日本ウォーターズ㈱の島崎裕紀氏より，「物理的・化学的特性に基づいたカラム選択」という演題で，クロマトグラフィー分離の理論的アプローチ，充填剤形状と分離特性の関係，逆相モード用カラムの化学的特性に関して実例を交えて紹介いただいた．

4 演題目は，㈱太田胃散の若林宏治氏より，「生薬分析の実例―ニガキ―について」という演題で，生薬ニガキの HPLC を用いたアルカロイド類とカシノイド類の分析方法の検討とその方法を用いたニガキの産地別含量の違いについて紹介いただいた．

5 演題目は㈱ツムラの瀧山幹奈氏より，「LC-LC/MS を用いた漢方薬の薬物動態研究」という演題で，ラットに四物湯エキスを投与しその血漿を LC/MS/MS にてターゲット分析およびノンターゲット分析を行い四物湯由来の血中移行成分を 7 種類特定し，その中でシャクヤク由来の 8-debenzoylpaeoniflorin およびトウキ由来の bergapten を同定し，それらが薬効の一端を担っている可能性が示唆されたという研究内容の紹介をいただいた．

6 演題目はクラシエ㈱の吉田翔太氏より「生薬中不純物分析の実例―マイコトキシンについて―」という演題で，基準値の設定されているアフラトキシンの分析に関して，プロアントシアニジンを含むシナモンではアフラトキシンとプロアントシアニジンが複合体を形成し共沈を起こすことを確認し，ジルコニア担持シリカゲルと用いると効果的に除去できることを見いだした研究内容について紹介いただいた．

7 演題目は，㈱島津製作所の服部考成氏より「シングル四重極 LC-MS による生薬・漢方関連のアプリケーション事例のご紹介」という演題でフローインジェクションとシングル四重極 LC-MS にて葛根湯 5 種類の簡易的なスクリーニングを行いさらに主成分分析も行った事例の紹介をいただいた．

最後に LC 研究懇談会の委員長である中村 洋先生（東京理科大学）より総括が行われ，各講演者への質問や示唆に富む指摘をいただいた．懇願会終了後には講師を囲んでの情報交換会が行われ，19 名が参加し異業種で交流を深めることができた．

最後に，本例会の開催にあたり，ご参加いただいた皆様，ご多忙にもかかわらずご講演を快諾いただいた講師の皆様に厚く御礼申し上げます．また，運営にご協力いただいた役員の方々ならびに例会会場をお貸しいただいた㈱日立ハイテクサイエンス様やその関係者の皆様に深く御礼申し上げます．

〔㈱太田胃散　濵﨑 保則〕

執筆者のプロフィール

（とびら）

駒谷 慎太郎（Komatani Shintaro）
株式会社堀場テクノサービス（〒601−8305 京都市南区吉祥院宮の東町2番地）．大阪市立大学大学院工学研究科化学生物系専攻後期博士課程修了．博士（工学）．《現在の研究テーマ》分析技術センター運営．《主な著書》“X線顕微鏡，「蛍光X線分析の実際」，（第2版）”，中井 泉編，pp.142−151（2016），（朝倉書店）．《趣味》映画鑑賞，DIY．
E-mail：Shintaro.komatani@horiba.com

（ミニファイル）

城田 秀明（Shirota Hideaki）
千葉大学大学院理学研究院化学研究部門（〒263−8522 千葉県千葉市稲毛区弥生町1−33）．東京大学大学院工学系研究科化学生命工学専攻修士課程（工学修士）．博士（理学）．《現在の研究テーマ》レーザー分光による液体・溶液の分子間ダイナミクスの解明．《主な著書》“*Molecular Basics of Liquids and Liquid-Based Materials*”，Chapter 7，（Springer）．《趣味》お城巡り，読書，温泉（スーパー銭湯含む）．
E-mail：shirota@faculty.chiba-u.jp

（トピックス）

山下 修司（Yamashita Shuji）
同志社大学生命医科学部（〒610−0394 京都府京田辺市多々羅都谷1−3）．東京大学大学院理学系研究科化学専攻博士後期課程修了．博士（理学）．

松山 嗣史（Matsuyama Tsugufumi）
岐阜大学工学部（〒501−1193 岐阜県岐阜市柳戸1−1）．東邦大学大学院理学研究科博士後期課程物理学専攻修了．博士（理学）．第一種放射線取扱主任者試験合格．高等学校教諭専修免許状（理科）．中学校教諭専修免許状（理科）．《現在の研究テーマ》蛍光X線分析法における測定時間短縮と検出下限・定量精度の向上．《主な著書》“先端の分析法（第2版）”，澤田嗣郎監修，部分執筆松山 嗣史，辻 幸一，「第2章物理計測法 2.5 小型X線源 1. 全反射蛍光X線分析法」，（NTS），pp128−131（2022）．《趣味》スポーツ観戦．
E-mail：matsuyama.tsugufumi.k5@f.gifu-u.ac.jp

（リレーエッセイ）

大室 智史（Ohmuro Satoshi）
日本薬科大学薬学部薬学科（4月より東京学芸大学）（〒362−0806 埼玉県北足立郡伊奈町小室10281）．名古屋工業大学大学院工学研究科博士後期課程物質工学専攻修了．博士（工学）．小学校教諭専修免許．中学校教諭専修免許（理科）．高等学校教諭専修免許（理科）．《現在の研究テーマ》相間の物質移動に関わる駆動力とそのメカニズムの解析．

（ロータリー・談話室）

木村 優（Kimura Masaru）
奈良女子大学・奈良学園大学名誉教授．東北大学大学院博士課程修了．理学博士．《現在の研究テーマ》溶液内の化学反応機構．《主な著書》“分析化学の基礎”，（裳華房）．《趣味》散歩と旅行．
E-mail：mkiimu.1936@docomo.ne.jp

原　稿　募　集

「技術紹介」の原稿を募集しています

対象：以下のような分析機器，分析手法に関する紹介・解説記事
1）分析機器の特徴や性能および機器開発に関わる技術，2）分析手法の特徴および手法開発に関わる技術，3）分析機器および分析手法の応用例，4）分析に必要となる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

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〕

分析化学

第74巻第 4·5 号
2025 年 4 月

目　　次

年間特集「環」：報　文
エネルギー分散型蛍光X線分析のための天然高分子（ゼラチン）を用いる
環境水の簡易前濃縮法の検討 …… 中野和彦・小林昌平・八井田朱音・伊藤彰英 137
ポリグリコール酸フィルムの海洋生分解挙動における試験環境の影響
…… 田中真美・佐野　森・森久保　諭・奥　優・
金山直樹・大石晃広・萩原英昭・川口雅弘 147
四国遠隔山岳渓流の化学組成に対する地質環境の影響と高標高山脈による
長距離輸送エアロゾルの遮蔽・沈着効果
…… 今井昭二・山本祐平・長崎昌太・黒谷　功・上井優佑・奥田桂子・中尾佑子 157

分析化学総説
細胞外ベシクル分析の混乱と可能性 …… 石原　量・中島忠章・志村絵理・馬場　猛 167

報　文（初執筆論文）
銀イオンを担持したゼオライト/カーボンペースト電極を用いる尿素の
非酵素型電気化学的センサーの開発 …… 張　麒冉・高橋史樹・巽　広輔・金　継業 177
フランドル地方の中世装飾写本の微小部蛍光X線元素イメージング
…… 藤井蓮唯羅・西　偉眞・松山嗣史・Koen Janssens・辻　幸一 183

技術論文
反応熱分解 GC によるショウジョウバエ1個体における脂肪酸組成の解析
…… 石田康行・池西孝文・松井秀和・木藤伸夫 193

ノ ー ト（初執筆論文）
植物由来バイオマスを基体とする固体還元剤の調製と Fe(III) に対する還元能
…… 池田琉稀・村田陵哉・田邉　菫・爾見優子・宮内俊幸 199

ノ ー ト
酸素フラスコ燃焼法を前処理に用いるカーボンナノチューブ中の鉄の分析
…… 森　隆志・中島陽一 205

アナリティカルレポート
外部湿度の測定による木製保存箱内部の湿度変化の評価 …… 山田　隆 211

速　報
水上浮遊法で作製したポリジメチルシロキサン薄膜を用いる
細胞伸展培養デバイスの構築 …… 佐藤香枝・加藤桃子・宮内結香・中村碧栞 219

「分析化学」特集“拡がる！分析化学と溶液化学の境界”の論文募集 …… 225
「分析化学」 年間特集“環”の論文募集 …… 226
“第24回初執筆論文特集”募集のお知らせ …… 228
テンプレートによる投稿要領 …… 229
「分析化学」に投稿される皆様へ …… 230

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

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

編 集 後 記

◇春間近の３月とは思えない厳しい寒さを乗り越え，４月を迎えました．新年度は環境が大きく変わる方も多いのではないでしょうか．「ぶんせき」誌へようこそ．これからも分析化学に関するさまざまな技術・情報発信を通じて，みなさまのお役に立てればと思います．どうぞよろしくお願いいたします．

◇「とびら」では，『AI 技術とソリューションサービスで進化するラボ分析』と題してご寄稿いただきました．リモートワーク導入，働き方改革，労働不足など近年目まぐるしく変化する労働環境に対して，私たちはどのように AI 技術を活用していけるでしょうか？　分析化学分野への AI の導入について今後がますます楽しみです．「リレーエッセイ」では，恩師との会話を通じた思い出をご寄稿くださいました．インターネットなどによって誰でも手軽に情報が入手できる時代になりましたが，やはり人との会話から得られる“気づき”は自分自身に深く刻まれますね．

◇さて，令和７年度が始まりました．「ぶんせき」誌にご寄稿をいただいている先生方やみなさまの変わらぬご愛読に厚く御礼申し上げます．今年度もどうぞよろしくお願いいたします．

〔K. Y.〕

「ぶんせき」次号掲載予定

〈と び ら〉

発表の場をつくる……………………珠玖 仁

〈入門講座〉 分析におけるコンタミ・キャリーオーバー対策

イオンクロマトグラフィーにおける
測定時の注意点……………………小林 泰之

〈解　説〉

相対モル感度法を利用した
クロマトグラフィーによる定量分析法…………神山 和夫

〈ミニファイル〉 分析用試薬

シクロデキストリン超分子分析試薬…………早下 隆士

◇ 編　集　委　員 ◇

〈委員長〉	四宮一総	（日本大学）				
〈副委員長〉	稲川有徳	（宇都宮大院地域創生科学）				
〈理　事〉	山口　央	（茨城大理）				
〈幹　事〉	糟野　潤	（龍谷大先端理工）	久保田哲央	（アジレント・テクノロジー・インターナショナル㈱）	橋本　剛	（上智大理工）
	原賀智子	（日本原子力研究開発機構）				
〈委　員〉	石橋千英	（愛媛大院理工）	岡崎琢也	（都立大都市環境科学）	岡林識起	（日大生物資源科学）
	北牧祐子	（産業技術総合研究所）	坂真智子	（㈱エスコ）	佐藤惇志	（㈱ライオン）
	鹿籠康行	（東北大学金属材料研究所）	角田　誠	（東大院薬）	西崎雄三	（東洋大食環境科学）
	原田　誠	（東京科学大理学院化学）	半田友衣子	（埼玉大工）	村山周平	（昭和医科大薬）
	山口浩輝	（味の素㈱）	三原義広	（北海道科学大薬）	大江知行	（東北大院薬）
	髙橋　豊	（エムエス・ソリューションズ㈱）	勝又英之	（三重大院工）	萩森政頼	（武庫川女子大薬）
	上田忠治	（高知大農林海洋科学）	高橋幸奈	（九大カーボンニュートラル・エネルギー国際研）		

Ⓡ 複写される方へ

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

〒107-0052　東京都港区赤坂 9-6-41　乃木坂ビル３階

一般社団法人 学術著作権協会

FAX：03-3475-5619　E-mail：info@jaacc.jp

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

ぶ ん せ き　2025 年 第４号（通巻 604）

2025 年４月１日印刷
2025 年４月５日発行　　定価 1,000 円

編集兼発行人　公益社団法人 日本分析化学会
印 刷 所　〒173-0025　東京都板橋区熊野町 13-11
株式会社 双文社印刷
発 行 所　〒141-0031　東京都品川区西五反田 1-26-2
五反田サンハイツ 304 号
公益社団法人 日 本 分 析 化 学 会
電　　話　総務・会員・会計：　03-3490-3351
編集：　03-3490-3537
FAX：03-3490-3572　　振替口座：00110-8-180512

© 2025, The Japan Society for Analytical Chemistry

購読料は会費に含まれています．

LC 研究懇談会アカデミー入園者募集

LC 研究懇談会は，LC，LC/MS に関する個人の知識・情報・スキルの程度を図る指標として LC 分析士，LC/MS 分析士のそれぞれ初段から五段に至る資格授与に関する運営を担っています．このたび，これらの領域の基礎理論や応用を学ばれる学生，社会人などの方々を対象に，各人の努力と成果を可視化できる試みとして LC 研究懇談会アカデミー（LC 懇アカデミー）を設立しました．LC 懇アカデミーは，分析士に求められる素養（主として知識・情報・スキル）に加え，充実したヒューマンネットワークの構築に役立つ人間力の涵養をも指向した仕組み（学園）であり，学ばれた方々が社会で自信を持って縦横に活躍していただくために創設しました．LC 懇アカデミーには，大学院修士課程に対応する中級資格者コースと博士課程に対応する上級資格者コースがあり，いずれも入園後 2 年以内に所定の単位を取得しめでたく卒園されることを目指していただきます．入園は随時可能で，その後は丸 2 年間アカデミーで学ぶことができます．詳細については，下記各コースの案内をご覧ください．

表 1　LC 研究懇談会「アカデミー」単位及び修了に要する単位

	事　業	実　績	単 位	中級資格者	上級資格者
L C 懇	例　会	講　師	10		10
		参　加	1	4	4
		情報交換会	3		
	見学会	講　師	10		
		参　加	1	1	1
		情報交換会	3		
	DAY's	講　師	10		
		参　加	30	30	
	テクノプラザ	講　演	10		10
		参　加	1	1	
		情報交換会	3		
		展　示	5		
	講習会	講　師	50		
		参　加	30	30	
		実習補助	2		
	電子ジャーナル	資格論文		30	50
		クイズ正解	3		
		クイズ応募	1		
分析士会	総　会	講　演	10		
		参　加	1		
		情報交換会	3		
	見学会	講　演	10		
		参　加	1		1
必要単位				96	76

2024 年 12 月 5 日　原案作成（中村 洋）
2025 年 1 月 9 日　一部改訂（2024 年度第 12 回臨時 Web 運営委員会）
2025 年 1 月 24 日　2024 年第 10 回拡大運営委員会承認

LC 研究懇談会アカデミー

主催　LC 研究懇談会
共催　LC シニアクラブ

中級資格者コース

所定の年数（標準は 2 年間）で所定の単位を取得した者に，LC 中級資格者または LC/MS 中級資格者の称号を与える（表 1）．なお，履修指導・判定は LC 研究懇談会内に組織された「アカデミー単位認定委員会」が行う（表 2）．

1. 入園資格　LC 研究懇談会の個人会員で，（公社）日本分析化学会の分析士認証制度に基づく LC 分析士初段または LC/MS 分析士初段以上の段位を有する者．
2. 入園金　5,000 円．最長履修期間（2 年間）後は退園するものとする．
3. 再入園金　最長履修期間を超えて引き続き在園を希望する者は 3,000 円．ただし，在園延長期間は最長 2 年間とする．
4. 授業料　特に徴収しないが，LC 研究懇談会が主催する事業等の参加費等を免除するものではない．
5. 履修内容

①必修科目：2 年間で，例会に 4 回以上，LC 研究懇談会特別講演会・見学会，LC- & LC/MS-DAYs，LC & LC/MS テクノプラザ，HPLC & LC/MS 講習会（以上は各 1 回以上）参加．
②選択科目：分析士会総会・講演会，分析士会見学会など．
③中級資格者論文：LC，LC/MS などの技術，方法，応用，

表 2　LC 研究懇談会・中級資格者コースアカデミー単位認定委員会

	氏　名	所　　属
委員長	中村　　洋	東京理科大学
委　員	伊藤　誠治	東ソー株式会社
	井上　剛史	株式会社北浜製作所
	榎本　幹司	栗田工業株式会社
	岡橋美貴子	一般社団法人臨床検査基準測定機構
	熊谷　浩樹	LC シニアクラブ
	竹澤　正明	株式会社東レリサーチセンター
	西岡　亮太	西岡技術士事務所
	三上　博久	株式会社島津総合サービス

2024 年 12 月 5 日　原案作成（中村 洋）
2025 年 1 月 9 日　一部改訂（2024 年度第 12 回臨時 Web 運営委員会）

表 3　LC 研究懇談会・上級資格者コースアカデミー単位認定委員会

	氏　名	所　　属
委員長	中村　　洋	東京理科大学
委　員	伊藤　誠治	東ソー株式会社
	熊谷　浩樹	LC シニアクラブ
	竹澤　正明	株式会社東レリサーチセンター
	西岡　亮太	西岡技術士事務所
	三上　博久	株式会社島津総合サービス

2024 年 12 月 5 日　原案作成（中村 洋）
2025 年 1 月 9 日　一部改訂（2024 年度第 12 回臨時 Web 運営委員会）

将来展望などに関する考えをまとめた論文を作成し,「LC と LC/MS の知恵」に掲載.
④関連分野における受賞，表彰などの特記事項を履修内容に含めることができる.
⑤必要な履修内容を修めた者には，2 年を待たず中級資格者の称号を与えることができる.
⑥中級資格者の称号を授与する判断に際し，上記②および③を考慮する場合がある.

上級資格者コース

所定の年数（標準は 2 年間）で所定の単位を取得した者に，LC 上級資格者または LC/MS 上級資格者の称号を与える（表 1）．なお，履修指導・判定は LC 研究懇談会に組織された「単位認定委員会」が行う（表 3）.

1. 入園資格　LC 中級資格者または LC/MS 中級資格者である者.
2. 入園金　5,000 円．最長履修期間（2 年間）後は退園するものとする.
3. 再入園金　最長履修期間を超えて引き続き在園を希望する者は 3,000 円．ただし，在園延長期間は最長 2 年間とする.
4. 授業料　特に徴収しないが，LC 研究懇談会が主催する事業等の参加費等を免除するものではない.
5. 履修内容
①必修科目：2 年間で，例会，LC & LC/MS テクノプラザでそれぞれ 1 回以上発表し，LC 研究懇談会特別講演会・見学会，分析士会見学会にそれぞれ 1 回以上参加し，例会に 4 回以上参加.
②上級資格者論文：LC，LC/MS などの技術，方法，応用，将来展望などに関する考えをまとめて論文を作成し,「LC と LC/MS の知恵」に掲載.
③関連分野における受賞，表彰などの特記事項を履修内容に含めることができる.
④必要な履修内容を修めた者には，2 年を待たず上級資格者の称号を与えることができる.

付記

2024 年 12 月 5 日　原案作成（中村 洋）
2025 年 1 月 9 日　一部改訂（2024 年度第 12 回臨時 Web 運営委員会）
2025 年 1 月 24 日　2024 年度第 10 回拡大運営委員会承認

入園申込方法

1. 入園希望者は，下記申込先にアクセスし，メールアドレス，氏名，勤務先（電話番号），LC 研究懇談会・個人会員番号，LC 分析士・LC/MS 分析士の段位・登録番号，領収書宛先，を明記のうえ，お申込みください.
2. お申込みが完了した場合には，登録されたアドレス欄に「LC 研究懇談会アカデミー入園申込み受付（自動返信）」のメールが届きます．メールが届かない場合は，連絡先までお問い合わせください.
3. 申込み受付のメールを受領後，1 週間以内に入園金 5,000 円の銀行振り込みを行ってください．期限内に納入が確認できない場合，お申込みを無効とします．なお，いったん納入された入園金は，返金いたしません.

申込先　https://forms.gle/V3x2GCiKkU34WoqJ7
銀行送金先　りそな銀行五反田支店（普通）0802349，口座名義：シヤ）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〕
連絡先　〒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・LC 研究懇談会　運営委員長　中村 洋〔E-mail：nakamura@jsac.or.jp〕

第 407 回液体クロマトグラフィー研究懇談会

主催　(公社)日本分析化学会・液体クロマトグラフィー（LC）研究懇談会
後援　(公社)日本薬学会（申請中），(公社)日本化学会，(公社)日本農芸化学会，(公社)日本分析化学会

現在，国内では，環境省が 2026 年 4 月の施行を目指し，PFOS，PFOA を水道水質基準項目の対象とする方針が公表されています．一方，欧州など，世界を見渡すと，PFOS，PFOA のみならず，多成分の PFAS に対する規制に向けた動きが見られており，PFAS 分析の要素技術である，固相抽出，HPLC，LC/MS への関心も高まっています．本例会では，これらの要素技術を用いた PFAS 分析の最新情報に関する，各社の最新の取り組みや分析におけるポイントなどについてご講演いただきます.

期日　2025 年 5 月 22 日（木）13.00〜17.00
会場　栗田工業㈱/Kurita Innovation Hub 講堂 A〔東京都昭島市代官山 1−4−1，交通：JR「昭島」駅より徒歩 7 分〕
https://www.kurita-water.com/assets/files/pdf/accessmap_jp.pdf
講演主題　PFAS 分析におけるポイント
講演

講演主題概説（オーガナイザー）（13.00〜13.05）
（栗田工業㈱）榎本幹司

1. PFAS 分析のための試料前処理とブランク対策（13.05〜13.35）
（ジーエルサイエンス㈱）坂井拓斗
（LC 分析士初段）
2. PFAS の前処理（13.35〜14.05）
（日本ウォーターズ㈱）磯俣　亮
（LC 分析士初段）
3. 新規注入法を用いた食品及び河川水 PFAS 一斉分析法の紹介（14.05〜14.35）
（アジレント・テクノロジー㈱）滝埜昌彦
（LC/MS 分析士二段）
4. PFAS 分析ソリューションの紹介（14.35〜15.05）
（㈱島津製作所）青野佑亮
（LC/MS 分析士初段取得見込み）

休憩（15.05〜15.20）

5. PFAS 分析における分析用水の最適化（15.20〜15.45）
（メルク㈱）石井直恵
（LC 分析士二段）
6. 飲料水・食品中 PFAS 分析の課題を突破する実践的アプローチ（15.45〜16.15）
（(一財)日本食品検査）橘田　規
（LC 分析士三段，LC/MS 分析士四段）
7. PFAS 対策に求められる分析技術（16.15〜16.40）
（栗田工業㈱）榎本幹司
（LC 分析士三段，LC/MS 分析士三段）
8. 総括「PFAS 分析におけるポイント」（16.40〜17.10）
（東京理科大学）中村　洋
（LC マイスター，LC/MS マイスター）

参加費　①学生：1,000 円，②LC 懇・個人会員：2,000 円，③LC 懇・団体会員：3,000 円，④後援学会・個人会員：4,000 円，⑤後援学会・団体会員：4,500 円，⑥その他：5,000 円．参加申込締切後の受付はできませんので，ご了承ください.
情報交換会　終了後，講師を囲んで情報交換会を開催します（会費 5,000 円）．参加申込締切後のご参加はできませんので，ご了承ください.
申込締切日　2025 年 5 月 15（木）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 研究懇談会・個人会員，協賛学会・個人会員，その他の別および情報交換会参加の有無を明記のうえ，お申込みください．なお，参加者名と振込者名が違う場合は，参加申込書の連絡事項欄に振込者名を明記してください．

2. お申込みが完了した場合には，登録されたアドレス欄に「第 407 液体クロマトグラフィー研究懇談会申込み受付（自動返信）」のメールが届きます．メールが届かない場合は，①入力したご自分のアドレスに間違いがないか，②迷惑メールフォルダーをご確認のうえ，世話人までお問い合わせください．
3. 申込み受付のメールを受領後，必ず期限内に研究懇談会参加費，情報交換会費の納入を行ってください．期限内に納入が確認できない場合，お申込みを無効とし参加 URL を発行しませんので，十分ご注意ください．当日払いは受け付けません．なお，いったん納入された参加費は，返金いたしません．
4. 参加費の納入が確認できた方には，2025 年 5 月 15 日以降に要旨集をメールにてお送りいたします．必要に応じてプリントアウトしてご参加ください．また，請求書の発行はいたしておりません．

液体クロマトグラフィー研究懇談会（例会）参加費送金時のご注意

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

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/DrJNNkD32r5A3e7r7
（学生申込者は，所属欄に大学名，学部，学年を記載）

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

問合先　（公社）日本分析化学会・液体クロマトグラフィー研究懇談会　世話人　栗田工業㈱　榎本幹司
〔E-mail：k.enomoto15@kurita-water.com〕

2025 年度 LC/MS 分析士 五段認証試験実施のお知らせ

下記要領で実施する予定ですので，お知らせいたします．

日時　2025 年 7 月 10 日（木）14 時～15 時 30 分

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

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

分析士五段認証試験　分析士五段試験では書類選考試験（事前提出），筆記試験（記述式）および面接試験を総合して合否を決定します．書類選考用資料（体裁は自由）には，①氏名，②生年月日，③現職，④学歴，⑤職歴，⑥ LC/MS に関する研究・業務経験，⑦論文発表（適当数），⑧学位の有無，⑨講習会・講演会における講師等の実績，⑩論文査読の経験，⑪学位論文審査の経験，⑫組織委員・実行委員等の実績，⑬国際会議における座長・依頼講演等の実績，⑭ LC/MS 分析士四段の登録番号，⑮その他，特記事項，をこの順に記載して 1 ファイルとし，申込締切日までに下記資料送付先にお送りください（お送りいただいた資料は本認証試験以外の目的には使用しません）．筆記試験には，与えられた課題に対してご自身の考えを問う問題，が出題され 45 分以内に解答していただきます．面接試験は筆記試験後に 30 分程度行います．

受験料　11,000 円（合格者は登録料 7,700 円を別途申し受けます）

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

申込方法　①受験料を銀行振込後，資料送付先に書類選考用資料をメールに添付して提出ください．

申込締切　6 月 30 日（月）

振込銀行口座　りそな銀行五反田支店　普通預金 0802349，名義：（公社）日本分析化学会液体クロマトグラフィー研究懇談会．なお，一度振込いただいた受験料は返却しません．試験が中止された場合は，次回の受験料を免除します．

資料送付先・問合先　（公社）日本分析化学会液体クロマトグラフィー研究懇談会・分析士認証試験係
〔E-mail：nakamura@jsac.or.jp〕

2025 年度 LC/MS 分析士 四段認証試験実施のお知らせ

下記要領で実施する予定ですので，お知らせいたします．

日時　2025 年 7 月 17 日（木）14 時～15 時 30 分

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

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

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

受験料　9,900 円（合格者は登録料 6,600 円を別途申し受けます）

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

申込方法　①受験料を銀行振込後，資料送付先に書類選考用資料をメールに添付して提出ください．

申込締切　7 月 7 日（月）

振込銀行口座　りそな銀行五反田支店　普通預金 0802349，名義：（公社）日本分析化学会液体クロマトグラフィー研究懇談会．なお，一度振込いただいた受験料は返却しません．試験が中止された場合は，次回の受験料を免除します．

資料送付先・問合先　（公社）日本分析化学会液体クロマトグラフィー研究懇談会・分析士認証試験係
〔E-mail：nakamura@jsac.or.jp〕

HPLC & LC/MS 講習会 2025

主催　(公社)日本分析化学会・LC 研究懇談会
後援　(公社)日本薬学会（申請中），(公社)日本化学会，(公社)日本分析化学会 LC シニアクラブ
協賛　アジレント・テクノロジー㈱，関東化学㈱，ジーエルサイエンス㈱，㈱島津製作所，㈱東レリサーチセンター，東ソー㈱，日本分光㈱，㈱日立ハイテクサイエンス

HPLC，LC/MS の初心者・中級者を対象とし，基礎から最近のトレンドまでを講義と実習で学びます．規定の講習を終えた方には，受講証を差し上げます．また，希望者には実力判定試験を受験する機会が付与され（無料），合格者には 2025 年度 LC 分析士初段または LC/MS 分析士初段認証試験の筆記試験が免除される特典があります．

開催日　2025 年 7 月 30 日（水）～8 月 1 日（金）

会場　講義，総合討論：㈱島津製作所殿町事業所 Main Hall（4 階）〔神奈川県川崎市川崎区殿町 3−25−40，交通：①京急大師線「小島新田」駅より徒歩 12 分，②京浜急行電鉄・東京モノレール「天空橋」駅よりバス/タクシー 10 分，バス：大 109 大師橋駅前行「殿町三丁目」下車，③ JR「川崎」駅よりタクシー約 20 分〕

https://www.shimadzu.co.jp/aboutus/company/access/tonomachi.html

実習，実力判定試験：川崎生命科学・環境研究センター（LiSE）大会議室（1 階）〔講義会場より徒歩 5 分〕

https://kawasaki-lise.jp/

昼食，情報交換会：LiSE 1 階あんてろーぷ（フォルテ）

講習プログラム

1 日目（講義と情報交換会）

9.00～ 9.15　ガイダンス
（オーガナイザー）中村　洋
9.15～ 9.45　講義 1　概論
（東京理科大学）中村　洋
9.45～10.35　講義 2　試薬・有機溶媒・水
（関東化学㈱）坂本和則
10.35～11.25　講義 3　前処理
（(一社)臨床検査基準測定機構）岡橋美貴子
11.25～12.25　昼休み
12.30～13.30　講義 4　分離
（東ソー㈱）伊藤誠治
13.30～14.30　講義 5　検出
（㈱島津総合サービス・リサーチセンター）三上博久
14.30～14.45　休憩
14.45～15.45　講義 6　LC/MS
（㈱東レリサーチセンター）竹澤正明
15.45～16.45　講義 7　トラブル解決法
（LC シニアクラブ）熊谷浩樹
17.00～19.00　情報交換会

2 日目・3 日目（実習，実力判定試験，総合討論）

9.00～14.50　4 班に分かれ，以下の 4 種類の実習（各 140 分）を 2 日間で受講します．

実習 A−1　検出器の使い方：フォトダイオードアレイ検出器（㈱島津製作所）
実習講師：寺田英敏，実習補助員：向井美樹

フォトダイオードアレイ検出器（PDA 検出器）を用いると，一度の分析で UV スペクトル情報を取り込むことができます．したがって，通常の時間－吸光度の二次元データに加えて波長軸を含む三次元データを取り扱うことができ，分析後にさまざまな解析が可能となります．本実習では，着色料（食品添加物）の分析を例にとり，フォトダイオードアレイ検出器の基本操作と機能（ピーク純度の検定，スペクトルによるピーク同定など）について，実際の分析データを基にして学んでいただきます．また，PDA 検出器の能力をさらに高める最新のピーク解析技術についてもご紹介します．

実習 A−2　検出器の使い方：蛍光検出器（日本分光㈱）
実習講師：佐藤泰世，実習補助員：中村朱里

蛍光物質を高感度かつ選択的に検出する蛍光検出器は，HPLC における微量成分の高感度検出や蛍光誘導体化した成分の測定等に多く使用されています．実習では，検出器の光学系やセルの実物をご覧いただくだけでなく，実際にフローインジェクション分析法による自然蛍光物質のスペクトル測定を行っていただきます．その他，蛍光検出器の原理と特徴，励起・蛍光波長の設定，誘導体化法，測定時における留意点等について学んでいただきます．

実習 B　カラム分離とデータ解析（㈱日立ハイテクサイエンス）
実習講師：清水克敏，実習補助員：宮野桃子

使用頻度が高い逆相系のカラムを用い，目的成分が分離する移動相条件を検討します．

移動相条件が分離・保持時間に影響を与えること，最適条件を設定するためのポイントを学びます．取得したクロマトグラムを使用し，ベースライン補正方法と定量の実際，カラムの性能評価を実習していただきます．

実習 C　固相抽出～原理と基礎操作（ジーエルサイエンス㈱）
実習講師：太田茂徳

LC/MS/MS など分析装置の感度と選択性の向上が目覚ましい今日においても信頼性の高い分析を行うためにはサンプル前処理が必要な場合が少なくありません．特に医薬品バイオアナリシス，食品分析，環境分析など複雑なサンプルマトリクス中の微量成分を分析する場合はサンプル前処理が成功の鍵となります．本実習では幅広く使用されている固相抽出について色素サンプルを使用し受講者全員に前処理を体験していただきます．また，カラムスイッチング技術を使用したオンライン固相抽出法についても紹介します．

実習 D　LC/MS の使い方（アジレント・テクノロジー㈱）
実習講師：滝埜昌彦，実習補助員：城代　航

タンデム四重極質量分析計を用いた LC/MS/MS システムは，通常のマススペクトルの測定に加え，プロダクトイオンスペクトルやプリカーサーイオンスペクトルの測定が可能です．近年では，特に SRM モードを用いた選択性の高い高感度分析が可能であり，さまざまな試料中の微量成分の定量分析に使用されています．本実習では，合成抗菌剤の一斉分析を例にとり，測定条件の最適化方法，SRM 法を用いた定量分析法について学んでいただきます．

なお，有機溶媒等を使用しますので，安全めがねを各自お持ちください．実習用の白衣はなくても結構です．実習 B では，計算機（またはスマホ等）を使用しますので，各自ご持参ください．また，実習にあたっては十分な安全対策を講じておりますが，講習会への行き帰りおよび講習・実習中の事故等にいては，免責とさせていただきます．必要と思われる方はご自身での保険加入をお願いいたします．

2 日目　15.15～15.45　実力判定試験（無料・マークシート方式．希望者のみ，LC コースまたは LC/MS コースのいずれかを受験）

受験希望者はB2〜B6の黒鉛筆と消しゴムを持参ください．実力判定試験の合格者は，LC分析士初段またはLC/MS分析士初段認証試験合格者と同等の実力を有するとみなされます．後日，初段試験の受験料と登録費を支払われた方には，当該資格の登録証が送付されます．

3日目　15.10〜16.10　総合討論
　　16.15〜16.30　受講証授与

日程	2日目午前	2日目午後	3日目午前	3日目午後
時間	9.00〜11.20	12.30〜14.50	9.00〜11.20	12.30〜14.50
実習A	1班	4班	3班	2班
実習B	2班	1班	4班	3班
実習C	3班	2班	1班	4班
実習D	4班	3班	2班	1班

募集定員　50名
参加費用　40,000円（LC研究懇談会・個人会員），45,000円（LC研究懇談会・団体会員），50,000円（後援学会・個人会員），55,000円（後援学会・団体会員），60,000円（その他）
参加方法　LC研究懇談会のホームページなどから，以下のURLにお申し込みください．
https://forms.gle/hK4h3EN3sZpkJGht8
参加申込・振込期日　7月14日（月）（15時）
参加費振込先　りそな銀行五反田支店，普通口座，口座番号：0802349
（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
コウシャ　ニホンブンセキカガクカイエキタイクロマトグラフィーケンキュウコンダンカイ
連絡先　ご質問・総合討論で議論したい事柄などがあれば，あらかじめ下記へお知らせください．
LC研究懇談会〔E-mail：nakamura@jsac.or.jp〕

2025年度LC/MS分析士三段認証試験実施のお知らせ

標記につき，下記要領で実施する予定ですので，お知らせいたします．
日時　2025年8月22日（金）14時〜16時
会場　五反田文化会館〔東京都品川区西五反田1−32−2，交通：JR・都営地下鉄「五反田」駅より徒歩3分〕
http://www.gotandabunkakaikan.com/contact.html
三段資格のイメージ　各種分析士に共通するものとして，「新しい分析法を開発し，その妥当性確認（Method validation）を計画し，実施できるレベル．当該分析・測定技術に関連する学術的知識に詳しく，経験が深い．」と規程されます．LC/MS分析士においては「LC/MSを用いた試験に関連する前処理に関する知識が十分である．与えられた公定法や論文を正確に読みこなし，自らその試験を行うかSOPを作成することができる．」ことが求められます．なお，試験問題としては科学ならびに分析化学一般に関する知識を問う内容が約30％含まれます．
受験料　8,800円（合格者は登録料5,500円を別途申し受けます）．入金確認後，受験番号をお知らせします．
受験資格　受験できる方はこれまでに行われたLC/MS分析士二段試験に合格し，登録された方に限ります．
申込方法　受験料の銀行振込後，専用ホームページ（https://forms.gle/ihgWVxAhEBt9WLpS7）にアクセスして必要事項を入力してください．
申込締切　8月12日（火）
振込銀行口座　りそな銀行五反田支店普通預金0802349，口座名義：公益社団法人日本分析化学会液体クロマトグラフィー研究懇談会〔シヤ）ニホンブンセキカガクカイエキタイクロマトグラフィー〕．一度お振り込みいただいた受験料は返却しません．万一，コロナ禍等で試験が中止された場合には，次回の受験料を免除します．
問合先　（公社）日本分析化学会・LC研究懇談会・分析士認証専門部会〔E-mail：nakamura@jsac.or.jp〕

令和7年度化学系学協会東北大会

主催　（公社）日本化学会東北支部
共催　（公社）高分子学会東北支部，（公社）日本分析化学会東北支部，（公社）化学工学会東北支部，（公社）有機合成化学協会東北支部，（公社）電気化学会東北支部，（公社）日本材料学会東北支部，（一社）繊維学会東北北海道支部，無機マテリアル学会北部支部，分子科学会東北地区，（公社）日本セラミックス協会東北北海道支部，（一社）日本接着学会東北・北海道支部，高等学校文化連盟全国自然科学専門部，山形大学（いずれも予定）
会期　2025年9月6日（土）・7日（日）
会場　対面開催：山形大学米沢キャンパス〔山形県米沢市城南4−3−16，交通：1．JR「米沢」駅から市街地循環バス右回り「山大正門」下車約15分，2．JR「米沢」駅からタクシー約10分，3．JR「南米沢」駅より徒歩約5分〕
※駐車スペースが限られていますので，できるだけ公共交通機関をご利用ください．
https://www.yamagata-u.ac.jp/jp/access/#yone
講演
1. 一般講演：ポスター発表
2. 特別講演：日本化学会東北支部の推薦によるテーマで3件
3. 招待講演：各学協会からの推薦による現在脚光を浴びているテーマ
4. 依頼講演：各学協会からの推薦による研究者講演
5. 特別企画：化学教育研究協議会東北大会，有機化学コロキウム，物理化学コロキウム，高分子コロキウム，他

※口頭発表は講演者持参のコンピュータによりプロジェクタを利用
発表申込開始　4月上旬（予定）
参加登録申込開始　4月上旬（予定）
発表申込締切　7月31日（木）
発表予稿原稿締切　7月31日（木）※高校生のみ8月25日（月）
事前参加登録申込締切　8月15日（金）
発表申込方法　日本化学会東北支部ホームページ（https://tohoku.chemistry.or.jp/）にて案内（4月上旬頃公開予定）
参加登録費
（事前登録）一般：4,000円，教育会員・大学院生：2,000円，小・中・高教員，高校生，高専生，学部生：無料（いずれも予稿集代を含む）
（当日登録）一般：5,000円，教育会員・大学院生：3,000円，小・中・高教員，高校生，高専生，学部生：無料（いずれも予稿集代を含む）
懇親会　9月6日（土）18時より，会場未定
会費：事前登録：一般8,000円，学生5,000円
当日登録：一般9,000円，学生6,000円
事前参加登録申込方法　日本化学会東北支部ホームページ（https://tohoku.chemistry.or.jp/）にて案内（4月上旬頃公開予定）

問合せ　〒980−8578　宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 6−3　東北大学理学部化学科内　(公社)日本化学会東北支部事務局（担当：千葉依巳，熊谷沙緒理）〔電話・FAX：022−224−3883，E-mail：nikka.tohoku@chemistry.or.jp〕
https://tohoku.chemistry.or.jp/
変更などの詳細は，日本化学会東北支部ホームページ（https://tohoku.chemistry.or.jp/）にてご確認ください．

第 30 回高分子分析討論会
（高分子の分析及びキャラクタリゼーション）
―研究発表募集―

主催　(公社)日本分析化学会高分子分析研究懇談会
高分子分析・特性解析全般に関する討論です．高分子分析は物性発現機構を解明し，構造設計の指針を得る基盤であり，その重要の認識は高まっています．高分子分析・キャラクタリゼーションを対象とした本討論会の内容は，化学的手法，分光学的手法，各種クロマトグラフ法，熱分析法などによる組成，分子構造，高次構造，構造と物性の相関，物性発現機構，重合機構等の解析に関する基本原理，手法開発，解析実例などに及びます．

期日　2025 年 11 月 19 日（水）20 日（木）
会場　明治大学駿河台校舎〔東京都千代田区神田駿河台 1−1，交通：JR「御茶ノ水」駅より徒歩約 3 分〕
https://www.meiji.ac.jp/koho/campus_guide/suruga/access.html
発表形式　討論を重視するため，発表はすべてポスター発表のみとし，これに先立って 2 分半の口頭による概要説明を行います（概要説明の時間は都合により変更する場合があります）．このほかに特別講演を予定しています．優秀なポスターへの表彰を予定しております．第 30 回は節目の年でもあり，イベントの企画も用意しております．
研究発表会申込方法
1. 発表内容には既発表のものを含んでいても構いません．また，新しい試みであれば，研究途中のものでも差し支えありません．
2. 高分子分析研究懇談会ホームページからお申し込みください．ホームページからの申し込みができない場合には，下記に問い合わせてください．
3. 講演要旨執筆要領はホームページに掲載します．
4. ポスター発表のプログラム編成は実行委員会に一任願います．

発表申込締切　7 月 11 日（金）
発表要旨締切　9 月 5 日（金）
研究発表申込先　高分子分析研究懇談会ホームページ（https://pacd.jp/）
その他　発表者は第 30 回高分子分析討論会の参加登録もお願いいたします．
参加費
予約登録（10 月 28 日締切）一般：10,000 円，学生：2,000 円
当日登録（10 月 29 日以降）一般：14,000 円，学生：3,000 円
問合先　〒251−0053　神奈川県藤沢市本町 1−12−19　㈱バイオクロマト開発部　島田治男〔電話：0466−23−8382（呼），E-mail：pacd-touron@pacd.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 255・256 回西山記念技術講座
「製鉄所における資源循環と廃熱利用」

主催　(一社)日本鉄鋼協会
期日　第 255 回：2025 年 5 月 23 日（金）（大阪/対面開催），第 256 回：2025 年 6 月 4 日（水）（東京/ハイブリッド開催）
会場　第 255 回：CIVI 研修センター新大阪東 7 階 E705 会議室，第 256 回：鉄鋼会館会議室
ホームページ
https://www.isij.or.jp/event/index.html
連絡先　(一社)日本鉄鋼協会　育成グループ
〔電話：03−3669−5933，E-mail：educact@isij.or.jp〕

プラズマ分光分析研究会第 125 回講演会
次世代の分析に向けた新しい分光分析の展開

主催　プラズマ分光分析研究会
期日　2025 年 5 月 30 日（金）
会場　松山市総合コミュニティセンター 大会議室
ホームページ
https://plasma-dg.jp/seminar/125/program125.html
連絡先　〒192−0392　東京都八王子市堀之内 1432−1　東京薬科大学生命科学部　分子生命科学科生命分析化学研究室内　プラズマ分光分析研究会事務局　大関杏子
〔電話：042−816−3001，E-mail：ozeki@plasma.es.titech.ac.jp〕

第 22 回次世代を担う若手のためのフィジカル・ファーマフォーラム PPF2025

主催　日本薬学会物理系薬学部会
期日　2025 年 8 月 21 日（木）・22 日（金）
会場　北九州市国際会議場
ホームページ
https://sites.google.com/fukuoka-u.ac.jp/ppf2025/%E3%83%9B%E3%83%BC%E3%83%A0?authuser=0
連絡先　〒814−0180　福岡県福岡市城南区七隈 8−19−1　福岡大学薬学部　臨床分析科学研究室　巴山　忠〔電話：092−871−6631（内線 6635），E-mail：ppf2025@fukuoka-u.ac.jp〕

第 257・258 回西山記念技術講座
「カーボンニュートラル社会実現のためのエネルギー材料における科学基盤と開発最前線」

主催　(一社)日本鉄鋼協会
期日　第 257 回：2025 年 10 月 27 日（月）（大阪/対面開催），第 258 回：2025 年 11 月 17 日（月）（東京/ハイブリッド開催）
会場　第 257 回：CIVI 研修センター新大阪東 7 階 E705 会議室，第 258 回：鉄鋼会館会議室

ホームページ
https://www.isij.or.jp/event/index.html
連絡先　(一社)日本鉄鋼協会　育成グループ〔電話：03−3669−5933，E-mail：educact@isij.or.jp〕

「分析化学」 年間特集“環”論文募集

「分析化学」編集委員会

2025 年は「環」をテーマとすることと致しました．

本特集では「環」をキーワードとして，基礎・応用を含めた分析化学の“最新の知見”はもちろん，総合論文や分析化学総説といった形で現在の分析化学の“研究の背景”についても広く募集し，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．国内外，産学官を問わず，「環」にかかわる分析化学の研究・開発に従事されている多くの皆様方からの投稿をお待ちしておりますので，是非この機会をご活用ください．なお，詳細は「分析化学」誌の 12 号及びホームページをご参照ください．

特集論文原稿締切：2025 年 4 月 25 日（金）（第 3 期）

ぶんせき誌「技術紹介」の原稿募集

『ぶんせき』編集委員会

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

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

記

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

『ぶんせき』再録集 vol. 1〜3 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，記事をまとめて書籍化するという試みを行っています．2021 年 5 月 10 日に，『ぶんせき』再録集 vol. 1 が出版されました．この巻には，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．たっぷり 256 ページ，2,750 円（税込み）のお値打ち本です．多岐にわたる『知って得する分析化学の豆知識』を堪能できます．本書は下記 10 章からなり，それぞれに 12 から 14 の話題が集められています．

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

過去のミニファイルをファイリングしておきたいときに，初学者への参考書をお探しのときに，また，非学会員の方に分析化学会のアピールをしたいときに，ぜひご活用ください．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．ネットで「ぶんせき再録集」と入力して検索しても，すぐに出てきます．詳しくは「ぶんせき」誌ホームページをご確認ください．

◆ ◆ ◆ ◆ ◆

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

本書は書籍化の第二弾として，「入門講座」から分析試料の取り扱いや前処理に関する記事，合計 36 本を再録しました．

『ぶんせき』では，分析化学の初学者から専門家まで幅広い会員に向けて，多くの有用な情報を提供し続けています．これまで掲載された記事には，分析化学諸分野の入門的な概説や分析操作の基礎といった，いつの時代でも必要となる手ほどきや現役の研究者・技術者の実体験など，分析のノウハウが詰まっています．

本書は下記の二章だてとなっています．

〈1 章　分析における試料前処理の基礎知識〉

1. 土壌中重金属分析のための前処理法
2. 岩石試料の分析のための前処理法
3. プラスチック試料の分析のための前処理法
4. 金属試料分析のための前処理
5. 分析試料としての水産生物の特徴と取り扱い
6. 食品分析のための前処理法
7. Dried blood spot 法による血液試料の前処理

8. 生体試料のための前処理法（液－液抽出）
9. 生体試料のための前処理法（固相抽出）
10. 環境水試料の分析のための前処理法
11. 大気中揮発性有機化合物分析のための前処理
12. 放射性核種分析のための前処理法
13. 脂質分析のための前処理法
14. 糖鎖分析のための試料前処理
15. イムノアッセイのための前処理法
16. 加速器質量分析における超高感度核種分析のための試料前処理法
17. 生元素安定同位体比分析のための試料前処理法
18. セラミックス試料分析のための前処理法

〈2章　分析試料の正しい取り扱いかた〉

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

なお，『ぶんせき』掲載時から数年が経過しているため，記事の中には執筆者の所属も含め，部分的に現在の状況とは異なる内容を含むものがあるかもしれません．本書では，各記事の『ぶんせき』掲載年を明記することで，再録にともなう本文改稿を割愛しました．これらの点については，執筆者および読者の方々にご了承いただきたく，お願い申し上げます．

本シリーズが化学分析の虎の巻として多くの方に活用されることを願ってやみません．

◆ ◆ ◆ ◆ ◆

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

本書は書籍化の第三弾として，「入門講座」から，質量分析・同位体分析の基礎となる記事，合計 42 本を再録しました．

『ぶんせき』では，分析化学の初学者から専門家まで幅広い会員に向けて，多くの有用な情報を提供し続けています．これまで掲載された記事には，分析化学諸分野の入門的な概説や分析操作の基礎といった，いつの時代でも必要となる手ほどきや現役の研究者・技術者の実体験など，分析のノウハウが詰まっています．

〈2003 年掲載　1章　質量分析の基礎知識〉

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

〈2009 年掲載　2章　質量分析装置のためのイオン化法〉

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

〈2002 年掲載　3章　同位体比分析〉

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

〈2016 年掲載　4章　精密同位体分析〉

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

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

「分析化学」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いたしました．なお，論文の別刷を希望される場合は，別途別刷頒布料金をお支払いいただくことにより購入することができます．

掲載料金計算式（P：印刷ページ数）（単位：円）

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

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

＊上記に消費税がかかります．

ぶんせき４月号　掲載会社　索引

【ア行】
㈱エス・ティ・ジャパン・・・・・・・表紙４
【サ行】
㈱島津製作所・・・・・・・・・・・・・・・・表紙３
【タ行】
東亜ディーケーケー㈱・・・・・・・・・・・・A3
【ナ行】
日本分光㈱・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・A1
【ハ行】
フロンティア・ラボ㈱・・・・・・・・・・・・A4
【マ行】
室町ケミカル㈱・・・・・・・・・・・・・・・表紙２
製品紹介ガイド・・・・・・・・・・・・・・・A6～7

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

原子スペクトル分析

各種水銀測定装置
日本インスツルメンツ㈱
電話072-694-5195　営業グループ
https://www.hg-nic.co.jp

分子スペクトル分析

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
㈱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

レーザー分光分析

レーザーアブレーション LIBS 装置 J200
伯東㈱　システムプロダクツカンパニー
電話 03-3355-7645　E-mail: LA-LIBS@hakuto.co.jp
https://www.process.hakuto.co.jp/product/2562/

クロマトグラフィー

ナノカラムからセミ分取カラムまで，豊富なサイズ
逆相 HPLC 用カラム L-column シリーズ
GC 用大口径中空カラム G-column
(一財)化学物質評価研究機構 クロマト技術部
www.cerij.or.jp　E-mail: chromato@ceri.jp

ムロマックミニカラム 精度の高いクロマトグラフィー
ムロマックガラスカラム イオン交換反応を可視化
室町ケミカル㈱　電話 03-3525-4792
https://www.muro-chem.co.jp/

電気化学分析

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㈱ 電話 03-4571-1743
https://www.metrohm.jp

ポテンショスタット・ガルバノスタット
メトローム オートラボやドロップセンスの電気化学装置なら最大16チャンネル，スクリーンプリント電極の特注も対応
メトロームジャパン㈱　https://www.metrohm.jp

質量分析

様々な分析ニーズに応える，
質量分析計（GC-MS，MALDI-TOFMS，LC-MS）を使用したソリューションをご提案いたします。
日本電子㈱　電話 03-6262-3575
https://www.jeol.co.jp/

MALDI-TOF（/TOF），迅速微生物同定，ESI-QTOF，FT-ICR，LC-MS/MS，GC-MS/MS, SPR
ブルカージャパン㈱　ダルトニクス事業部
電話 045-440-0471
E-mail: info.BDAL.JP@bruker.com

熱分析

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
㈱東京インスツルメンツ
電話 03-3686-4711　https://www.tokyoinst.co.jp

分析装置・関連機器

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
㈱アクアラボ 電話 042-548-2878
http://www.aqualab.co.jp

XRF分析用ガラスビードの作製及びICP分析のアルカリ融解処理には，高周波溶融装置ビード＆フューズサンプラ
㈱アメナテック
https://www.amena.co.jp

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㈱ http://www.alphascience.jp/
電話 03-3814-1374　FAX 03-3814-2357
E-mail: alpha@m2.pbc.ne.jp

高性能 HPLC/GPC-FTIR インターフェースシステム
新型　LC-CollectIR
㈱エス・ティ・ジャパン
東京 03-3666-2561　大阪 06-6949-8444
https://www.stjapan.co.jp/

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㈱ https://www.oceanphotonics.com

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㈱　東京支店 03-5227-3151
https://www.kem.kyoto/

高品質・高精度・高耐圧
NSプランジャーポンプシリーズ
日本精密科学㈱　電話 03-3964-1198
https://nihon-exa-sci.com

赤外顕微鏡における「観る」,「測る」,「使う」を再構築，顕微赤外測定に新たなイノベーションを創出します。
赤外顕微鏡　IRT-5X
日本分光㈱　https://www.jasco.co.jp

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

研究室用設備機器

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

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

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

試薬・標準試料

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

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

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

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

RESEARCH POLYMERS
㈱ゼネラル サイエンス コーポレーション
電話 03-5927-8356(代)　FAX 03-5927-8357
https://www.shibayama.co.jp
E-mail: gsc@shibayama.co.jp

お求めの混合標準液を混合成分から検索できる！
農薬・動物用医薬品 混合標準液検索
WEBページで「和光　農薬　検索」で検索！
試薬でお困りの際は当社HPをご覧ください。
富士フイルム和光純薬㈱

書　籍

機械学習による分子最適化
―数理と実装―
梶野 洸 著 A5判 312頁 定価3,520円（税込）
㈱オーム社　https://www.ohmsha.co.jp

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

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

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

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

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

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

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

セミナー・試験

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

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

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

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

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

1） 放射能分析用大豆認証標準物質

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

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

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

○充填容器と価格

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

2） 放射能分析用しいたけ認証標準物質

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

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

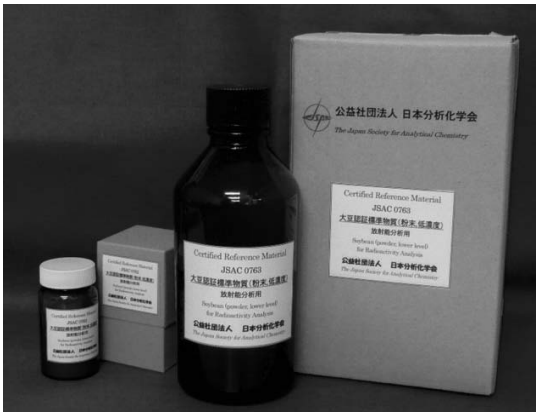
	低濃度	高濃度
^{134}Cs 放射能濃度（Bq/kg）:	99 ± 9	225 ± 15
^{137}Cs 放射能濃度（Bq/kg）:	233 ± 20	533 ± 34
^{40}K 放射能濃度（Bq/kg）:	707 ± 53	633 ± 50

○充填容器と価格

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

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

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



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

SHIMADZU
Excellence in Science

走査型プローブ顕微鏡
Scanning Probe Microscope

SPM-9700HT Plus

ナノの世界を身近に

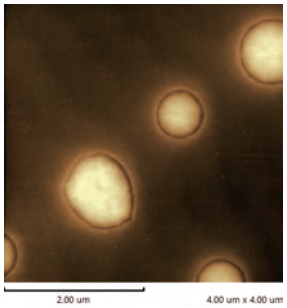
ANALYTICAL INTELLIGENCE

最新のユーザー支援技術「Analytical Intelligence」を備えたシステムとソフトウェアが、分析から解析までのワークフロー全体を最大限サポートします。

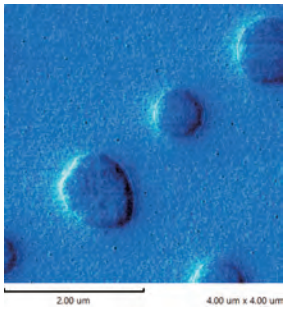
NEW ナノ3Dマッピング Fast（オプション）

従来機（SPM-9700HT）より、物性マッピングの時間を大幅に短縮。マッピング時間が短くなったことにより、安定した物性評価が実施できます。

ブレンドポリマー　観察時間 約27分



形状像

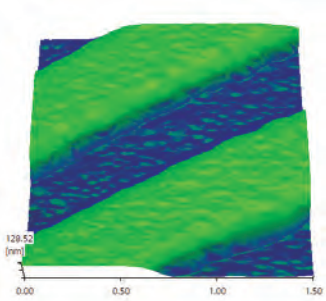


吸着力像

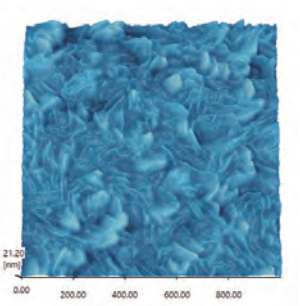
NEW 観察条件の最適化 NanoAssist

設定するのは観察範囲のみ。そのほかの観察条件設定を自動で行います。オペレーターに依存しない観察を実現します。

NanoAssistで取得した形状像



回折格子



ニオブ（Nb）薄膜

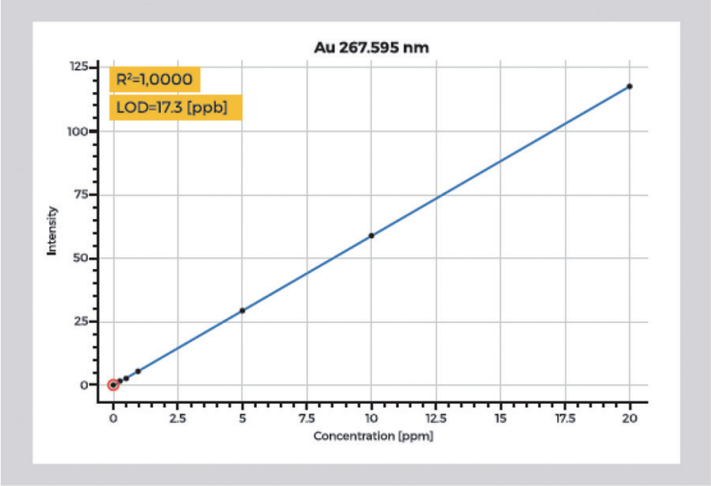
株式会社 島津製作所　分析計測事業部

詳しい製品情報はこちら

窒素ガスICP分析計
MICAP™-OES 1000

RADOM™

独自開発の高周波技術CERAWAVE™が可能にした窒素ガスベースのICP発光装置です。小型で高性能なMICAP-OES-1000は、独立したプラズマソースと光ファイバー接続のエシェル型分光光度計から構成されます。小型、軽量なこのシステムはユーザーに大幅なランニングコストの低減をもたらします。



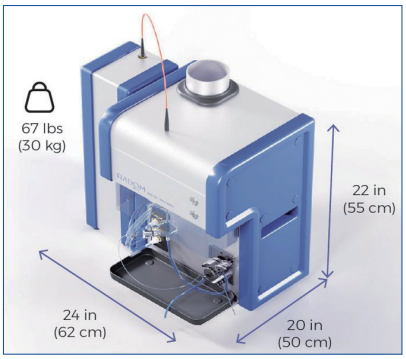
金の検量線（0.025～20.00ppm）

特徴

- 窒素ガスプラズマ方式（Arガス不要）
- 新開発プラズマソースCERAWAVE™（1000W）
- 空冷式トーチ
- エシェル分光器による全波長同時測定
- 省スペース設計

Aperture:	f/10
Wavelength range:	194 nm – 625 nm
Simultaneous:	up to 625 nm
Slit Width:	30 um slit
Resolution:	5pm - 30 pm

光ファイバー接続のエシェル分光検出器



装置寸法・重量

S.T.JAPAN INC.

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

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

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

ぶんせき・分析化学
広告掲載のお問い合わせは

取扱社 ㈱ 明 報 社 へ

〒104-0061　東京都中央区銀座7-12-4（友野本社ビル）
電話 東京(03)3546-1337㈹　FAX 東京(03)3546-6306
URL: http://meihosha.co.jp　E-mail: info@meihosha.co.jp

ぶんせき
二〇二五年第四号（通巻第六〇四号）
令和七年四月五日発行（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 五反田サンハイツ三〇四号
電話（〇三）三四九〇-三三五一
FAX（〇三）三四九〇-三五七二
振替口座・〇〇一〇-八-一八〇五一二
定価千円