

ぶんせき ②

Bunseki 2022

The Japan Society for Analytical Chemistry



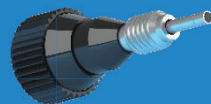
2022年3号から電子版に移行します(団体会員除く)

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

日本分析化学会

<https://www.jsac.jp>

MarvelXACT



二種類の手締め配管

MarvelX



MARVELXACT™

マーベルエグザクト

トラブルフリー
UHPLC 配管システム

カラム性能を最大限に
引き出すために



IDEX
HEALTH & SCIENCE

輸入

株式会社 バイオニック
417-0801 富士市大淵3397-19
TEL: 0545-38-9125 FAX: 0545-38-9126
Email: info@bionikinc.com
URL: <http://www.bionikinc.com>



Intelligent Solutions for Life™
Fluidics | Optics | Consumables | Assemblies

ご注文・お問い合わせ先

株式会社 クロマンニックテクノロジーズ
552-0001 大阪府大阪市港区波除6-3-1
TEL: 06-6581-0885 FAX: 06-6581-0890
E-mail: info@chromanik.co.jp
URL: <http://chromanik.co.jp>



ぶんせき Bunseki 2022 Contents 2

目次

とびら	情報を幅広く、フラットに／山本博之 55
入門講座	レーザーを用いる分析技術 レーザーアブレーション概説／玉木哲也 56
展 望	湿式化学分析の基盤をなす高度な技術を いかに継承・発展させていくか —鉄鋼化学分析の視点から— ／上原伸夫 63
ミニファイル	衛生と安全 不織布マスク／岩井若菜 67
話 題	液体クロマトグラフ-タンデム質量分析計 (LC-MS/MS) を 用いたペルフルオロアルキル化合物 (PFAS) の分析／佐藤信武 69
技術紹介	HPLC/UHPLC カラムのエンドフィッティング接続の留意点 ／長江徳和・塚本友康・小山隆次・シーラ悦子 71 マイクロプレートを用いた新たなバイオフィルム評価方法 ／高橋政孝・高口唯奈・江藤陽介・中尾美紀子 76 高濃度アルカリ中の微量陰イオンの定量 —インライン中和-イオンクロマトグラフィー—／小林泰之・山本喬久 82
トピックス	ヒトの全身に分布する薬剤を一度に画像化できる PET 装置 ／中島孝平 87 粒子状あるいは繊維状吸着剤を適用したスターバー抽出(SBSE)法 ／三木雄太 87
リレーエッセイ	予期せぬこと／川上 淳 89
報 告	JASIS 2021 見聞録／齊藤和憲・津越敬寿 90
ロータリー	92 談話室：IUPAC の日本語訳について／インフォメーション：第 366 回液体クロマトグラフィー研究懇談会；第 375 回ガスクロマトグラフィー研究懇談会研究会／ 執筆者のプロフィール

〔論文誌目次〕	95	〔製品ガイド〕	A5
〔お知らせ〕	M1	〔広告索引〕	A11
〔カレンダー〕	iii	〔製品紹介ガイド〕	A12

イオン交換・吸着・濾過

MUROMACHI CHEMICAL

column

ムロマック[®]ミニカラム

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

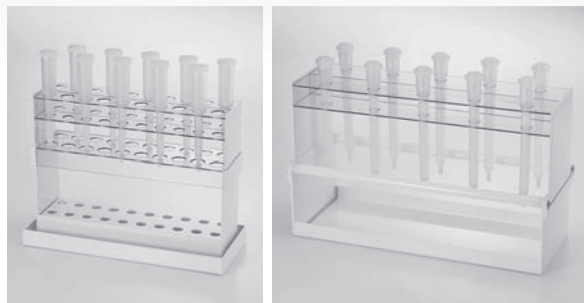


種類	内径(mm)	長さ(mm)	容量(mL)	液溜槽容量(mL)
S	5.0~5.5	50	1.0	8.0
M	6.5~8.5	58	2.5	10.0
L	10.0~11.0	118	10.0	5.0*1

*1. 連結キャップを使って50mL注射器を接続すると便利です。

ムロマック[®]ミニカラムスタンド

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



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

ムロマック[®]ガラスカラム

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



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

ムロマック[®]分液ロート

【各ガラスカラム対応】



種類	容量(mL)
S	500
M	1000

お問合せ先

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

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

カレンダー

2022年

2月	7日	21-2 高分子学会講演会〔オンライン開催〕……………(1号 M6)
	7~3/15日	第1回オンライン真空応用技術講座〔オンライン(オンデマンド講義: AirCourse)〕……………(1号 M6)
	17日	第368回液体クロマトグラフィー研究懇談会〔Zoom オンライン例会〕……………(1号 M5)
	24日	2021年度北海道分析化学賞・功労賞・授賞式及び受賞講演会〔オンライン開催〕……………(1号 M5)
3月	10日	表示・起源分析技術研究懇談会第26回講演会 〔フクラシア東京ステーション(ハイブリッド形式)〕……………(M 1)
	10・11日	表面科学セミナー2022(実践編) 「実践! マテリアルズインフォマティクス 実例を通じて学ぶマテリアルズインフォマティクス」 〔オンライン開催〕……………(1号 M6)
	11日	プラズマ分光分析研究会第114回講演会 —北海道の環境保全, 健康科学におけるプラズマ分光分析の役割— 〔東京工業大学田町CIC国際会議室およびZoomによるオンライン〕……………(M 2)
5月	11・12日	第38回希土類討論会〔熊本市国際交流会館〕……………(12号 M3)
	11~13日	日本顕微鏡学会第78回学術講演会〔ビックバレットふくしま〕……………(M 2)
	14・15日	第82回分析化学討論会〔茨城大学水戸キャンパス〕……………(M 3)
6月	2~4日	みる・はかる・未来へつなぐ科学機器展 東海サイエンスパーク2022〔名古屋国際会議場〕……………(9号 M6)
	4・5日	第19回ホスト・ゲスト・超分子化学シンポジウム 〔岡山大学創立五十周年記念館(またはオンライン)〕……………(1号 M6)
	23・24日	第89回日本分析化学会有機微量分析研究懇談会・第119回計測自動制御学会力学量計部会・第39回合同シン ポジウム〔北海道大学学術交流会館他〕……………(12号 M2)
7月	2日	第59回化学関連支部合同九州大会〔北九州国際会議場〕……………(M 1)

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

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

1) 放射能分析用牛肉認証標準物質

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

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

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

○充填容器と価格

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

2) 放射能分析用魚類認証標準物質

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

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

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

○充填容器と価格

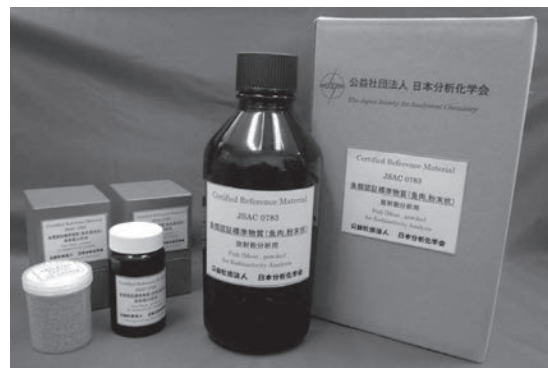
JSAC 0781:U8 容器(50 mm 高さ) 20,000 円, JSAC 0782, 0785:100 mL 容器 20,000 円,
JSAC 0783:1 L 容器 100,000 円, JSAC 0784:U8 容器は 1 回 5,000 円のレンタル品(価格はいずれも本体価格、送料込み・消費税別)

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

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



写真左 ポリエチレン袋に装填された牛肉認証標準物質



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

Agilent Cary 3500 UV-Vis

優れた測光性能と独自の測定能力を
実現する紫外可視分光光度計

Cary 3500 UV-Vis

- 同時分析 – 最大 8 セルの同時分析でルーチンの定量分析を短時間で
- 可動部なし、長寿命ランプ – ランプ交換頻度メンテナンス頻度を最少に
- 空冷式ペルチェ対応 – 温調測定を最小スペースでラボを有効活用
- 高速スキャン – 毎秒 250 ポイントのデータ取得により、最速 150,000 nm/min のスキャン測定が可能



- 直感的なソフトウェア – 簡単操作と充実のヘルプ機能で引き継ぎも楽に
- データインテグリティ対応 – Agilent OpenLab との組み合わせでよりセキュアなデータ管理を
- シッパ対応 – 最大 3 個のフローセルを同時に充填・洗浄
- 核酸医薬等様々な研究にも対応



UV-Vis 基礎ウェビナー **オンデマンド 62 分**

この基礎ウェビナーは、1つまたは複数の波長での吸光度および吸収スペクトルの測定の基本についてご紹介するオンデマンドウェビナーです。プレゼンテーションには、分光光度計の構成、測定パラメータの設定、キュベットや溶媒の選択、キュベットに代わる光ファイバー、および最新の温調測定に関するセクションが含まれます。

次世代

YASUI KIKAI

特許取得

秒速粉碎機

マルチビーズショッカー®

使い捨てチューブで凍結・冷却・常温粉碎が可能!

開発32年の実績 国内シェアNo.1

Geo Science Bio Technology Analytical Science

マルチビーズショッカー®

Multi-beads Shocker® MB3000シリーズ

分析のスピードアップ・感度アップに貢献!

- 海外14カ国に納入実績!
- 国内公定法にも採用!
- 国内シェアNo.1!



小型卓上型・極静音

製造発売元 **安井器械株式会社**

本社・工場 〒534-0027 大阪市都島区中野町2-2-8

TEL.06-4801-4831

FAX.06-6353-0217

E-mail:s@yasuikikai.co.jp

http://www.yasuikikai.co.jp

©2022 Yasui Kikai Corporation, all rights reserved

22_0121

JASCO

リサーチグレードでありながら、 ダウンサイジングを追求

FT/IR-4X は小型の筐体ながら堅牢性を誇り、性能、機能、拡張性はリサーチグレードクラスであり、高分解、高 S/N、高感度 MCT 検出器、マルチチャンネル顕微鏡、ラピッドスキャンに対応しています。



フーリエ変換赤外分光光度計

Fourier Transform Infrared Spectrometer

FT/IR-4X

光と技術で未来を見つめる

日本分光

日本分光株式会社

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

日本分光の最新情報はこちらから

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



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。

TOA DKK

ポータブル水質計 P40シリーズ

mylana
マイラナ



マイラナちゃん

pH

ORP

電気伝導率

光学式溶存酸素

ポータブルで使えるマルチ水質計



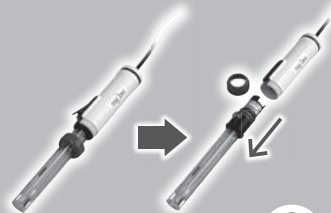
MM-42DP
2chタイプ

各chにつなぐプローブの
組み合わせは自由

MM-41DP
1chタイプ

新型
デジタル
プローブ採用

プローブ情報を
自動で識別



pHプローブ、
ORPプローブは
各々電極部のみの
交換が可能



pH、ORP、
各種イオンの
測定が可能な
普及型も
用意



ポータブルpH・
イオン・ORP計
HM-40P

電池寿命は
最大約2000時間



Mylana(マイラナ)
詳細ページ

東亜ディーケーケー株式会社 ホームページ <https://www.toadkk.co.jp/>

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

●東京:03(3202)0226 ●大阪:06(6312)5100 ●札幌:011(726)9859 ●仙台:022(723)5734 ●千葉:0436(23)7531
●神奈川:045(222)1361 ●名古屋:052(324)6335 ●広島:082(568)5860 ●四国:087(831)3450 ●九州:093(551)2727



当社ホームページ

情報を幅広く，フラットに



山本 博之

会員の皆さまは、本学会がどのような状況にあり、どういったルールに基づき運営され、どちらの方向に進もうとしているか、多少なりともご存じであろうか。もちろん、これを知ったからといって学会で発表する題材が得られるわけでも、よい論文が書けるようになるわけでもない。早下会長による学会の現状に関する記事をお読みの方も少なくはないものと思うが、それでもまだまだ多くの皆さまには「誰かがきつとまよくやっているのだろう…」くらいの認識ではないだろうか。では筆者はどうか、と問われると、私自身も最近ようやくその輪郭らしきものをつかみ始めているに過ぎない。自らの不明を恥ずるばかりである。「明日も同じような仲間と楽しく議論を行い、その成果を論ずる場がどこからか降ってくる…」と思っていたし、それが当たり前であろうと疑うこともなかったものである。ところが最近になり、学会でのいくつかの仕事をお引き受けするようになってみると、どうもそのような簡単なことではないことに気がき始めた。そして「明日」は決して約束されているものではなく、今までの活動や、仲間との場が用意されることも必ずしも自明ではないことを強く感じている。

このように感じ始めたことも、学会の現状を示す様々な事実やデータに触れたことに他ならない。もちろん、何もかも日の下にさらすことが必ずしも適切ではないし、限られた方々で情報を把握すべき場合が少なからずあるだろうことは想像に難くない。それでも可能な限り幅広く会員の皆さまが同じ事実を知り得る環境にあり、情報を共有することは、会全体の相互理解と信頼感、会員としての納得感の醸成に強い意味があるものと思う。多くの会員の中には運営のあり方一つをとっても方向性の異なる考えをお持ちの方々がそれぞれにおられることであろう。当然議論は百出する。しかしながら、元より基盤となる情報が各人で異なっているのではその議論の素地すら危ういこととなりかねない。何より我々分析に携わる者は共通に定義された標準や参照とすべきものを原点としての議論を最も大切にしている集団ではなかったか。

そうは言いつつも、現実的には学会のような「常時一緒にはいない」組織で皆さまがそれぞれに活動される中、同じ情報を持つことは意外に難しいことなのかもしれないと思う。ただ幸いにも現代のネットワーク環境はその点には好都合な環境であろう。地味な取り組みではあろうが、学会の基本的なルールや新たに定められたことなど、意志決定のプロセスとともにできるところからこつこつと周知し、ふと学会のことを思いだした折に会員の皆さまがいつでもその情報にアクセスできるようにすることは、一歩進んだ情報共有の姿であるとともに皆さまの納得感にもつながるのではないか。何より多くの方々が「これはおかしい」と思えるようなことが生じれば是正の力が働く源にもなり得よう。

関東支部長を拝命した本年度、私自身何ができたであろうと自省しつつ、微力を尽くせばと念じる日々である。

〔Hiroyuki YAMAMOTO, 量子科学技術研究開発機構, 日本分析化学会関東支部長〕

レーザーアブレーション概説

玉木 哲也

1 はじめに

レーザーアブレーションとは一般的に、固体（または液体）材料にある大きさ（しきい値）以上の強度を持ったレーザー光を照射したとき、材料表面を構成する物質が原子、分子、イオン、クラスター、電子などの様々な形態で爆発的に放出され材料表面が除去される現象の総称である。このレーザーアブレーションの応用は材料加工（ミクロンオーダーの穴あけや切断）、材料製作（薄膜形成や微粒子・クラスターの作製）、分析（固体試料のサンプリング）、医療（角膜形成術や血管形成術）、エネルギー（レーザー核融合）、光源（真空紫外光～X線の発生）と多岐にわたる¹⁾。レーザーの短波長化、短パルス化、高出力化や周辺デバイスの高機能化はもとより、レーザー発振器の安定化や低価格化といった光技術の発展がこれらの応用技術の実用化に大きく寄与している。本稿ではレーザーアブレーションのメカニズムを概説し、関連するレーザーパラメータの解説を行う。

2 レーザーアブレーションのメカニズム

レーザーアブレーションは光と物質の相互作用により生じる。その原理は実際に用いるレーザー（光）の特性と材料（物質）の特性により複雑である。レーザーにおいては波長、パルス幅、エネルギー密度など、材料においては吸収係数、表面状態、組成などがレーザーアブレーションによって生じる挙動を決定する重要なパラメータとなる。レーザーアブレーションのメカニズムはこれらのパラメータに依存して多様に変化するため、包括的に解説することは容易ではない。本稿では対象物質として金属や半導体材料を想定してレーザーアブレーションのメカニズムについて概説する。

材料にレーザーが照射されたとき、レーザー光は材料と相互作用することで、反射、吸収、透過される。その割合は、材質だけではなく、レーザーの波長、パルス幅、エネルギーなどに強く依存する。材料が金属の場合、価電子帯に自由電子が多数存在し、レーザー光は波

長によらず自由電子によって強く吸収される。これに対し半導体や誘電体ではレーザー光の光子エネルギーがそのバンドギャップより大きい場合に強く吸収される。一般に光子エネルギー E と光の振動数 ν 、波長 λ には式 (1) のような関係がある。

$$E = h\nu = hc/\lambda \dots\dots\dots (1)$$

ここで h はプランク定数、 c は光速である。この式から波長が短いほど光子エネルギーは大きいことがわかる。光子エネルギーがバンドギャップよりも大きければ、1光子による励起が生じる（図1 (a)）。一方、レーザーのパルス幅がフェムト秒オーダーの超短パルスとなると、図1 (b) のように光子エネルギーがバンドギャップより小さくても、短い時間間隔で入射する複数の光子により電子が励起され吸収が生じる場合がある。このような現象を多光子吸収という。

光子エネルギーを吸収した電子は、そのエネルギーをフォノンを介して原子（格子）に伝達し、格子振動が励起される（温度が急激に上昇する）。温度が融点に達すると熔融層ができ、さらに温度が上昇すると格子を構成する原子の蒸発が起こる。これらに次いで、一部原子のイオン化により誘起プラズマが生成され、同時に発生する圧力波により熔融層が飛散し材料表面が除去される。電子・格子の衝突緩和時間は数ピコ秒（ps）以内であるため、それよりも短い時間のパルス幅を持つレーザーを照射した場合は、電子温度が格子温度よりも高い非平衡状態となる。

このように光子吸収以降の過程はレーザー光のパルス

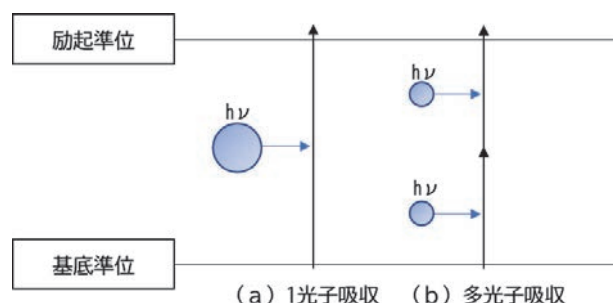


図1 光子吸収過程の概念

Overview of Laser Ablation.

幅により異なるが、いずれも急激な温度上昇により固体から液体、気体と相変化が生じ、アブレーションが起こる。レーザー光のパルス幅の違いにより熱拡散や誘起プラズマによるエネルギー損失の度合いが異なるためパルス幅はレーザーアブレーションにおいて最も重要なパラメータの一つである。

3 レーザーアブレーションにおけるパラメータ

レーザーアブレーションにおけるパラメータは(1)レーザー特性のパラメータ、(2)集光系および走査系のパラメータに大別される。光技術の進歩により、材料特性や目的に合わせた多様なパラメータを選択することが可能となった。多くのレーザーアブレーション装置では上記のパラメータがある範囲内で変更できる構成になっているが、当然ながら搭載しているレーザー発振器やデバイスの能力を超えたパラメータを選択することはできない。装置選定の段階で目的に見合ったパラメータ設定が可能な装置を選ぶことが重要となる。本章では装置選定およびパラメータ決定の一助となるよう各種パラメータの解説を行う。

3.1 レーザー特性のパラメータ

3.1.1 波長

レーザーアブレーションで用いられるレーザーの波長は短いもので193nmの紫外域(ArFエキシマレーザー)、長いもので1064nmの赤外域(YAGレーザー)である。チタンサファイアやイッテルビウム(Yb)をドープしたレーザー媒質を使用したフェムト秒レーザーは、それぞれ800nm、1030nm付近の赤外域に中心波長をもつ。非線形結晶を用い波長変換を行うことで波長を1/2、1/3、1/4、1/5と短くすることができる。波長変換を行う前の光を基本波、波長変換を行った光をそれぞれ第2高調波、第3高調波、第4高調波、第5高調波と呼ぶ。図2にレーザーアブレーションで一般的に

用いられるレーザーと波長を示す。

前述の通り、波長が短い光の方が光子エネルギーが大きく、多くの材料に対して吸収率の優位性が見られる。また波長が短いほど回折限界集光スポット径(理想的なレンズで集光した際の最小スポット径)が小さくなる。つまり空間分解能という点でも波長が短い方が優位であるといえる。しかし、波長変換を行う際、基本波の有するエネルギーをそのまま保持して波長を短くできるわけではなく、変換効率はおおむね第2高調波で50%、第3高調波で25%、第4高調波で10%程度に減弱する。短波長かつ高パルスエネルギーを持つレーザーは装置コストおよび装置サイズの増大につながるため、ターゲットとなる材料のアブレーションしきい値と集光スポット径を考慮して、必要なスペックの装置を選定することが重要である。

3.1.2 パルス幅

レーザーはその発振動作から、CW(Continuous Wave)レーザーとパルスレーザーとに分類される。図3に示す通り、CWレーザーは一定のパワーで連続してレーザーが出力され、パルスレーザーは一定の周期で断続的にレーザーが出力される。レーザーアブレーションでは高強度のレーザー光を要するために、パルスレーザーが用いられる。断続的に照射されるレーザー1パルスの発光時間を示すものがパルス幅であり、通常、半値全幅を用いて表す(図3(c))。

レーザーアブレーション装置でよく用いられる、YAGレーザーやエキシマレーザーは1~10ナノ秒(ns)程度のパルス幅を有し、チタンサファイアやYb系のレーザー媒質を用いたフェムト秒(fs)レーザーは200fs程度のパルス幅を有する。

レーザーアブレーションにおいて、パルス幅の影響が最も大きく現れるのが熱的影響である。電子・格子の衝突緩和時間は数ps以内であるため、パルス幅がそれよ

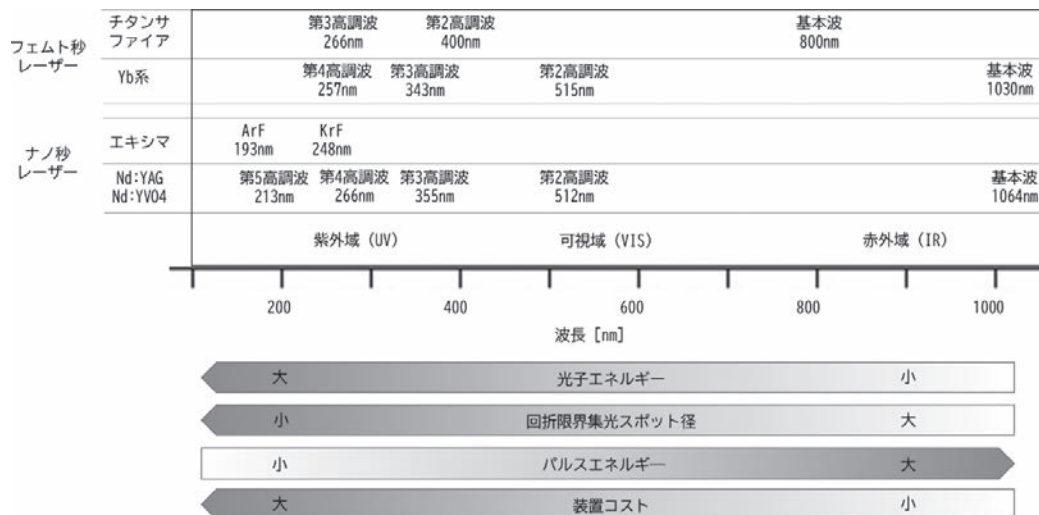


図2 レーザーアブレーションに用いるレーザーと波長

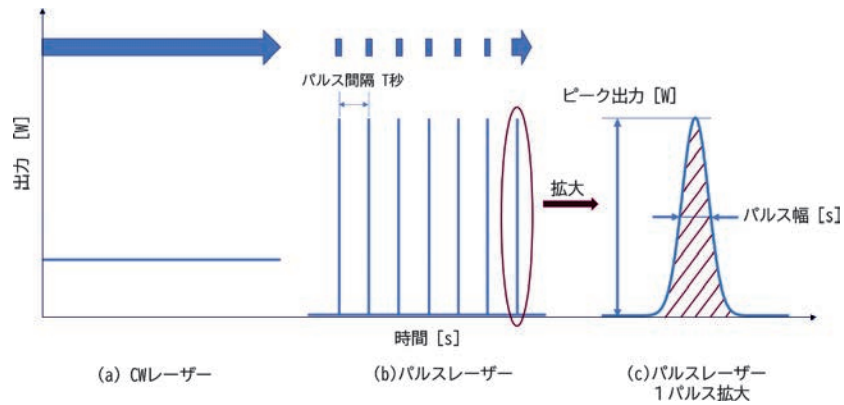


図3 発振方式によるレーザーの違い

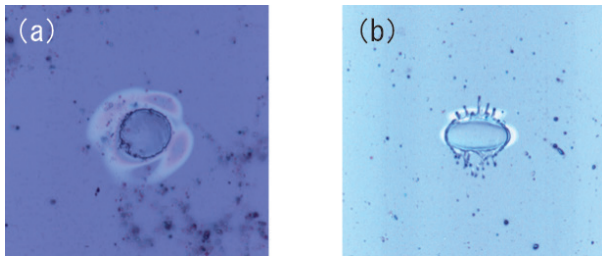


図4 (a) フェムト秒レーザーと (b) ナノ秒レーザーによるSiのアブレーション

りも短い場合は熱伝導によるエネルギー損失を無視できる。図4にパルス幅200 fsと1 nsのレーザーをSiに照射した時の試料表面の様子を示す。波長はいずれも260 nm近傍の紫外領域のレーザーを用いている。ビーム形状の違いにより穴形状に差異が生じているが、注目すべきは照射部周囲の状態である。フェムト秒レーザーではレーザー照射部と非照射部の境界が比較的明瞭になっているが、ナノ秒レーザーでは熔融層の飛散が見とれる。熔融・飛散により生成した“液滴”は大きなサイズを持つため信号の不安定化の原因や、マトリックス効果の増大の原因となる²⁾。図5にフェムト秒レーザーとナノ秒レーザーでガラス標準物質 (NIST SRM614) をアブレーションした時にICP-MSで観測される信号強

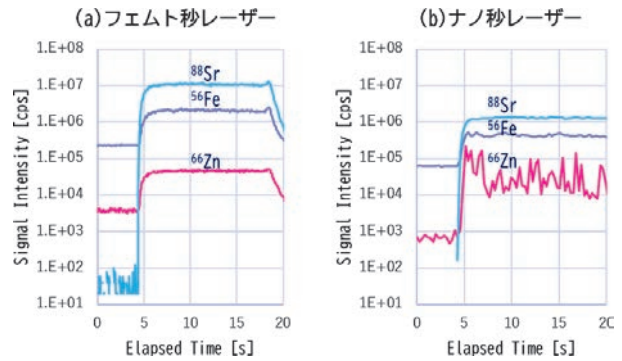


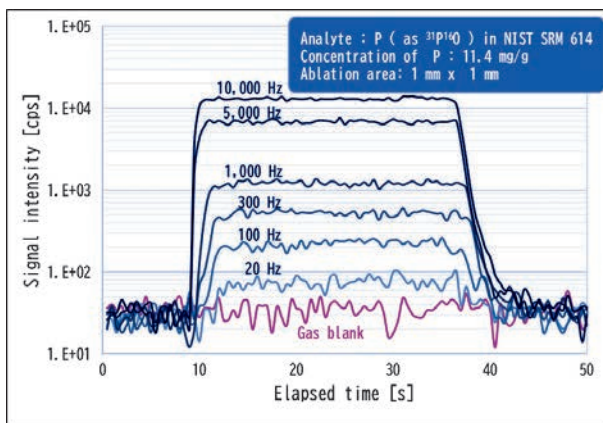
図5 NIST SRM614の信号強度プロファイル比較

度プロファイルの比較を示す。特に垂鉛ではフェムト秒レーザーの方が信号が安定していることが見てとれる。

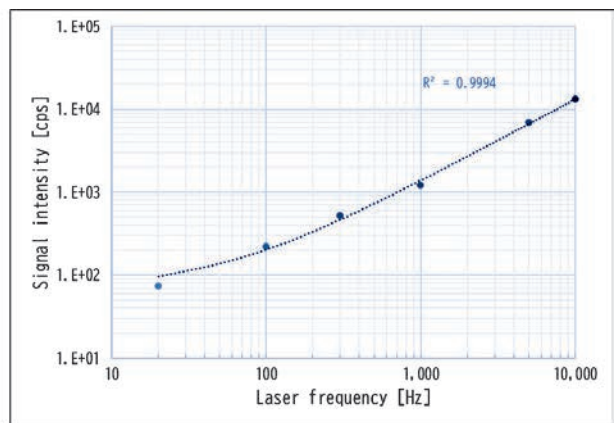
フェムト秒レーザーのコストは数年前と比較し、かなり下がってきてはいるが、ナノ秒レーザーと比べると高価である。ターゲットとする試料や元素、信号安定性に応じてパルス幅を選定することで装置コストを抑制できる可能性がある。

3・1・3 繰り返し周波数

パルスレーザーにおいて、1秒間に出力されるパルス数を表す。1秒間に100パルス出力するものは繰り返



(a) 繰り返し周波数変更時の信号強度



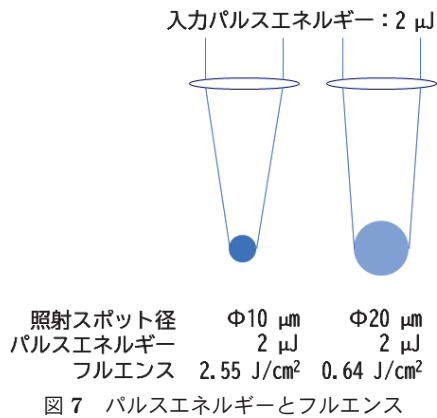
(b) 繰り返し周波数と信号強度の関係性

図6 繰り返し周波数と信号強度の関係
NIST SRM614中のリン(含有量11.4 mg/g)の測定

し周波数が 100 Hz でパルス間隔は 10 ms, 10000 パルス照射するものは繰り返し周波数が 10 kHz, パルス間隔が 100 μ s となる. パルス間隔 T と繰り返し周波数 f の関係は $f=1/T$ となる. 同じエネルギーで比較した場合, 繰り返し周波数が高い方が単位時間当たりの照射パルス数が多く, アブレーションによる試料の除去体積も大きくなる. 質量分析 (LA-ICP-MS など) においては, これは分析時間の短縮につながるだけでなく, 低濃度成分の分析にも有効である (図 6). 繰り返し周波数は一定範囲内で変更可能な装置が多いが, 繰り返し周波数の変更と同時に最大パルスエネルギーも変化する場合が多い. このとき, 一般的に繰り返し周波数が高くなると最大パルスエネルギーが低くなる傾向にある. 高調波を利用している場合, 変換効率の低下にもつながるので特に注意が必要である.

3・1・4 パルスエネルギー

一つのパルスについてのパワーと時間の積分, すなわちパルスの面積を表す. 図 3 (c) の斜線部がパルスエネルギーを表す. レーザーアブレーションにおいてパルスエネルギーはアブレーション深さや熱影響に係る重要なパラメータであるが, 照射スポット径は考慮されていない. 同じパルスエネルギーでも照射スポット径が大きいものと小さいものではエネルギー密度が異なり (図 7) アブレーションの結果に差異が生じることに注意されたい.

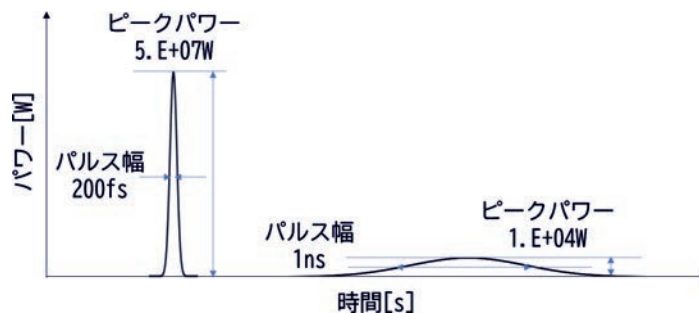
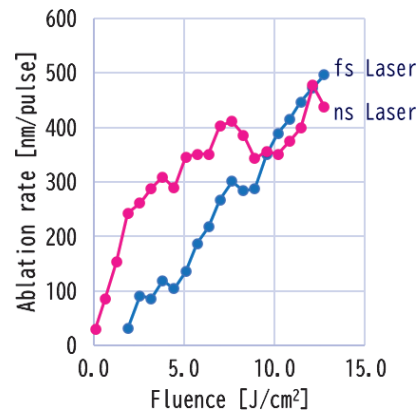


3・1・5 フルエンス

パルスエネルギーを照射スポット面積で割ったものをフルエンスといいエネルギー密度を表す. フルエンスはアブレーションしきい値を示す際やアブレーション効率を評価する際に用いられる. アブレーションしきい値は材料, パルス幅, 波長により異なり, 小さいものでは 0.2 J/cm² 程度, 大きいものでは 5.0 J/cm² 程度のフルエンスとなる. フェムト秒レーザーとナノ秒レーザーを用いて Si のアブレーション効率 (1 パルスで掘削される深さ) を比較した結果を図 8 に示す. 中心波長はいずれも 260 nm 近傍の紫外領域である. フルエンスが小さい領域では, ナノ秒レーザーは熔融により材料の大部分を除去するためアブレーション効率は高くなる. フルエンスが大きくなるとフェムト秒レーザーでも熱影響の増大に伴う熔融が生じ, アブレーション効率に大きな差がなくなる.

3・1・6 出力

レーザーにおいて出力は, 平均出力とピーク出力の 2 種類が存在する. 平均出力 (P_{ave}) は 1 秒間のエネルギーの積算値を表し, パルスエネルギー E , 繰り返し周波数 f としたとき $P_{\text{ave}} = Ef$ となる. ピーク出力はパルスエネルギーをパルス幅で割ったものである. パルスエネルギーを 10 μJ としたとき, パルス幅 200 fs と 1 ns での時間的エネルギー分布とピーク出力の違いを現したのが図 9 である. 一般的に出力というと平均出力を指すことが多い.



3・1・7 ビーム特性

一般的にレーザーは理想的なガウス分布に沿った放射強度プロファイルを持つガウシアンビームである。この時、ビーム品質の指標として M^2 値が用いられる。 M^2 が 1 の時、集光したビームは回折限界スポット径となり、値が大きくなると集光スポット径も大きくなる。 M^2 が 1.3 の場合、集光スポット径は回折限界スポット径の 1.3 倍となる。また図 6 のようにアブレーションにより除去される試料表面の形状はビームの強度分布に依存するため、分析や加工において高い空間分解能が求められる場合には、強度分布およびビーム形状にも留意する必要がある (図 10)。縦横比の異なる楕円形状のビームを照射した場合、図 4 (b) のように除去形状も楕円となる。

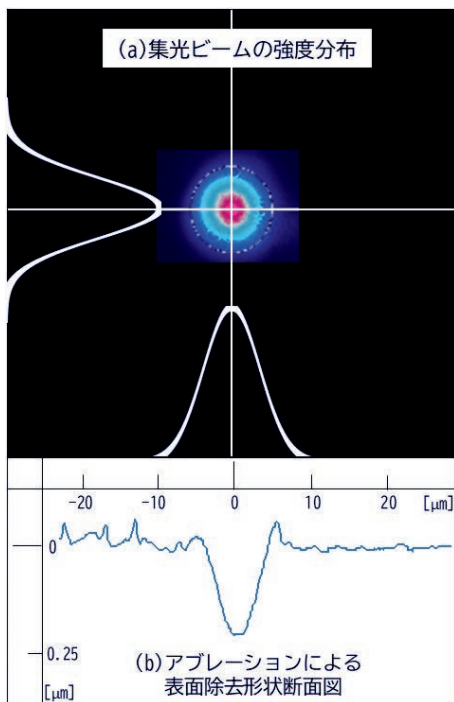


図 10 集光ビームの強度分布 (a) とアブレーションによる表面除去形状 (b)
(材料: Si, パルス幅: 200 fs, 波長: 256 nm)

3・2 集光系および走査系のパラメータ

3・2・1 集光スポット径

レーザーアブレーションはしきい値以上のフルエンスを持つレーザー光を材料に照射することにより生じる。フルエンスはパルスエネルギーを集光スポット面積で割ったものであるため、集光スポット径は重要なパラメータとなる。また分析においても集光スポット径は平面分解能に寄与する重要なパラメータとなる。ただし、集光スポット径が小さくなると 1 パルスでの除去体積が小さくなり、検出器に導入される微粒子 (エアロゾル) の量も減少し、信号強度が低下する点も考慮する必要がある。

ガウシアン近似の強度分布を持つレーザー光では集光

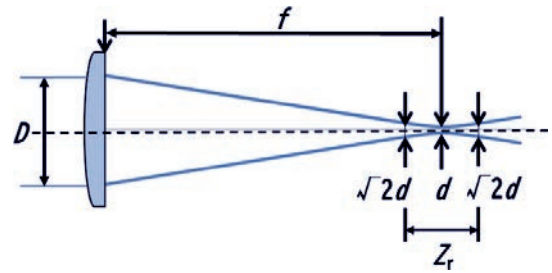


図 11 集光スポット径とレイリー長

スポット径 d は波長 λ 、レンズ焦点距離 f 、集光前のビーム径 D とすると以下の式 (2) で求められる。

$$d = 4\lambda f M^2 / \pi D \dots\dots\dots (2)$$

この式から、波長が短く、ビーム品質が良いレーザー光を大きく広げ、焦点距離の短いレンズで集光することにより小さい集光スポット径のレーザー光を作ることができることがわかる。波長 (λ) およびビーム品質 (M^2) はレーザー発振器に固有と想定した場合 (波長は可変の場合もあり)、レンズへの入射ビーム径調整および集光レンズの焦点距離を選択することで任意の集光スポットサイズを得ることができる。複数の集光スポット径を用いる場合、集光レンズの切り替え (f の変更) やレンズへの入射ビーム径 (D) を変更する機構を有する装置を選定する必要がある。

集光スポット径が小さくなるとレイリー長 (Z_r) も小さくなる。レイリー長はビームの断面積が集光点における断面積の 2 倍になる位置とビームの集光点との距離の 2 倍で以下の式 (3) で求められる。

$$Z_r = \pi d^2 / \lambda \dots\dots\dots (3)$$

レイリー長は焦点深度と同義で、短いほどレーザー照射位置が集光点からずれた時の影響が大きくなる。材料表面に凹凸がある場合や深さ方向への分析を行う際はレイリー長が長い方が優位となる。

ここまで集光光学系での集光スポット径調整に関して述べてきたがレーザーアブレーション装置の多くはマスク結像により集光スポット径調整を行っている。電動のステージまたはレボルバーに任意のサイズのマスクを複数搭載することで集光スポット径を可変とする方式である。この方式は容易に集光スポット径を変更できる利点があるがマスクによるエネルギー損失という欠点がある。

また最近では回折光学素子 (DOE: diffractive optical element) や屈折光学素子 (ROE: refractive optical element)、または LCOS (liquid crystal on silicon) のような空間光位相変調器を用い、集光スポット径や形状、強度分布を制御する方式が実用化されている。コスト面や耐久性、汎用性等それぞれの方式で一長一短があるため目的に応じ方式を選択すると良い。

3・2・2 走査方式

集光したレーザー光を材料表面上で移動させる方式として、(1) レーザー光は固定して材料を動かすステージ走査方式と(2) 材料を固定してレーザー光を動かすレーザー走査方式がある。レーザー走査方式では一般的にガルバノスキャナが用いられる。二つの方式の特長を表1にまとめる。この二つの方式を複合することも可能である。

表1 ステージ走査方式とレーザー走査(ガルバノスキャン)方式の比較

走査方式	ステージ走査	レーザー走査
走査速度	低速	高速
走査範囲	数十 mm ~ 100 mm	数十 mm
集光方式	対物レンズ	θレンズ
集光スポット径	サブμm ~ 数百μm	数μm ~ 数十μm
焦点深度	浅い	深い

3・2・3 走査速度, スポット間距離, 移動速度

レーザーアブレーションで用いるパルスレーザーは繰り返し周波数により決められた周期でレーザーを照射する。走査方向に対して材料表面上にどの間隔でレーザーを照射するか(スポット間距離)を決めるパラメータが走査速度となる。走査速度 V (mm/s), 繰り返し周波数 f (Hz) としたとき, スポット間距離 S_d (mm) は以下の式(4)で求められる。

$$S_d = Vf \dots \dots \dots (3)$$

スポット間距離が集光スポット径より大きい場合, レーザーが照射されずに除去されない箇所が残る。また, レーザー照射面にレーザー光の強度分布に応じた凹凸が生じ面精度(平面度)が悪くなる。逆にスポット間距離が集光スポット径より小さい場合はスポット同士が重なり各点での除去深さが増大する(図12)。

ガルバノスキャナを用いた技術では, 複数の試料に対し短時間内にレーザー照射を行い, アブレーションにより生じた微粒子を混合する手法(solid nebulization)も

報告されている³⁾⁴⁾。これは, 濃度の異なる標準試料を任意の比率でアブレーションし, 生じた微粒子を混合することで, 固体試料に対して標準添加法や内標準法の適用を可能にするというものである。アブレーションにより生じる微粒子を均一に混合するためには試料間を高速で移動できるガルバノ光学系が必須である。

3・3 照射条件の最適化

ここまでレーザーアブレーション装置の各種パラメータの解説を行ってきた。多くのパラメータは装置固有の調整範囲を持つため装置選定を誤ると目的の分析や加工を行うことができないので注意が必要となる。

パルス幅はナノ秒レーザーではほぼ固定, フェムト秒レーザーの多くは数百 fs ~ 数 ps の範囲で可変のものが多く, パルス幅を延伸するメリットが少ないため最小値で使用するのが良い。ナノ秒レーザーとフェムト秒レーザーのどちらを使用するかは熱影響および材料の光吸収特性を考慮し, 選択する。波長も複数の高次高調波を取り出すことができるレーザー発振器が存在するが, 集光レンズや出力を制御するアッテネータ, ビーム径を調整するエキスパンダ等の構成部品を広帯域(広波長域)に対応させるとコストとエネルギー損失の増大につながるため最短波長に固定するのが良い。

集光スポット径は平面分解能に合わせて選定する。ただし平面分解能と分析時間はトレードオフの関係にあり大面積を高分解能で分析する場合, 数十時間を要する場合もあるので事前に処理時間を見積もり許容できる範囲にあるか確認を行うことが必要である。集光スポット径を分析や加工の目的に応じて変更したい場合は, 集光レンズの切り替え機構やビーム径の可変機構, マスク結像によるビーム整形機構を適用する。またガルバノスキャナにより任意の範囲内に均等かつ高速にレーザー照射することで集光スポット径を拡大することと同等の効果が期待できる。

集光スポット径が決まれば材料固有のアブレーション効率に応じて必要なフルエンスとなるようパルスエネルギーを決定する。アブレーション効率は材料, パルス

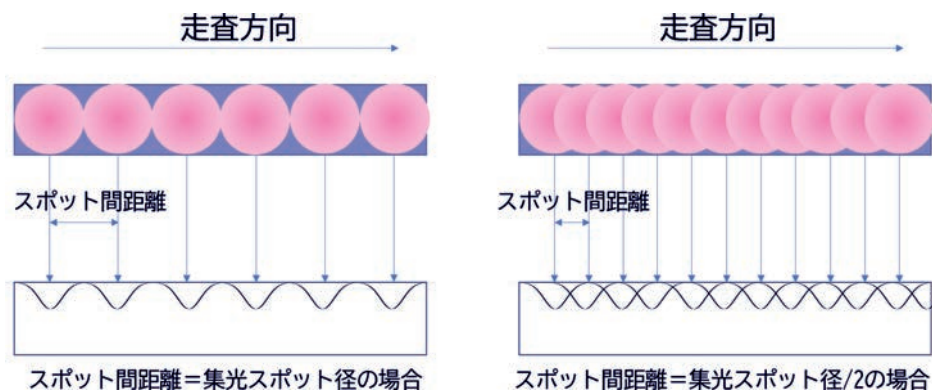


図12 スポット間距離の最適化

幅、波長により異なるため実測により確かめるのが好ましい。フルエンスを大きくすると除去深さも大きくなるがある範囲を超えると熱影響が生じる場合がある。そのため深さ方向に分析を行う場合、フルエンスを上げるのではなく同じ範囲を複数回繰り返し照射する方法で行う。繰り返し周波数は単位時間あたりの信号強度に影響するため測定精度を考慮して最適化を行う。最後に集光スポット径と繰り返し周波数に応じて目標のスポット間距離となる走査速度を決定する。

4 ま と め

本稿ではまずレーザーアブレーションのメカニズムに関して簡易的なモデルでの概説を行った。レーザーアブレーションはレーザー特性および材料特性により大きく異なるため、詳しくは文末の参考文献を参照されたい。次にレーザーアブレーションにおけるパラメータに関して、一部分分析データを交えて解説を行った。レーザーアブレーションは同一条件での再現性が高い。このため一度最適なパラメータが決まれば同じ条件を用いて繰り返し安定した測定を行うことが可能である。また近似の条件であれば既存パラメータの一部を変更しただけで簡単に最適化を行うことができる。今後、照射条件のデータベースやシミュレータによりパラメータの最適化に要する時間を短縮することが望まれる。レーザー発振技術は

日進月歩である。最近 10 年でレーザー装置は様々な機器分析装置の性能向上に大きく貢献してきた。レーザーの進歩は、微量成分の高感度・高精度分析において大きな役割を演じ、最先端の分析手法を誰もが活用できることにも大きな貢献を果たしている。今後も最先端分析機器の性能向上に、レーザー技術が広く活用されるものと考えられる。

文 献

- 1) 堀田和明：“レーザーアブレーションとその応用”，電気学会編，(1999)，(コロナ社)。
- 2) T. Hirata, Y. Makino, M. Fujimoto, Y. Kuroki, K. Takahashi : *J. Mass Spectrom. Soc. Jpn.*, **67**, 161 (2019)。
- 3) T. D. Yokoyama, T. Suzuki, Y. Kon, T. Hirata : *Analytical Chemistry*, **83**, 8892 (2011)。
- 4) Y. Makino, Y. Kuroki, T. Hirata : *J. Anal. Atom. Spectrom.*, **34**, 1794 (2019)。



玉木 哲也 (Tetsuya TAMAKI)
ファブインストルメンツ株式会社 (〒153-0063 東京都目黒区目黒 1-4-16 目黒 G ビル 7F).
E-mail : tamaki@fab-inst.com

会 員 の 拡 充 に 御 協 力 を !!

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

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

◇〒141-0031 東京都品川区西五反田 1-26-2 五反田サンハイツ 304 号 (公社)日本分析化学会会員係

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

湿式化学分析の基盤をなす高度な技術を いかに継承・発展させていくか —鉄鋼化学分析の視点から—

分析値の精確さは、高度な分析技術によって支えられている。ところが、我が国では分析の分野にかかわらず、様々な産業において高度な技術を保持している熟練技術者が既に退職期を迎えてから久しい。熟練技術者の退職による技能の喪失は、我が国の技術体系の根幹を揺るがしかねない。そこで本稿では、我が国の基幹産業の一つである製鉄業に着目し、その中で用いられている湿式化学分析を例にとり、湿式化学分析における高度な技術をどのように継承発展させていくかについて、分析化学とのかかわりから考える。

上 原 伸 夫

1 はじめに

湿式化学分析は溶液内で生じる化学反応に基づいてその溶液に含まれる分析対象物の濃度を決定する方法の総称である。機器分析が黎明期を迎える以前の1960年代頃まで、湿式化学分析は元素分析の主流であった¹⁾。しかしながら、分析法に迅速さといった性能要求に同期するように機器分析が発展すると、湿式化学分析は次第に機器分析にとって代わられるようになった。

現在、湿式化学分析はどんな場面で使われているのだろうか。機器分析と比較した時の湿式化学分析の優位性は、高い精確さ（精度と真度）である。とくに、重量分析法や滴定に代表される容量分析法は、それぞれ測定された質量や体積から直接、含まれている分析対象物の量（物質質量そして質量）を算出できる。このような、検量線を用いない分析法は絶対分析法に分類される。絶対分析法は機器分析の検量線作成のために必要な標準物質の値付けにも欠かせない。鉄鋼分析の分野を例にとると、湿式化学分析は今でも認証標準物質の値付け、鉄鉱石に含まれる全鉄の精確な分析、あるいは工程管理分析により異常と判定された試料の精密分析に使われている。そしてこれらの分析において、湿式化学分析を代替することのできる汎用的な分析法は存在しない。このような特長から、今後も湿式化学分析の必要性は変わらないものと考えられる。しかしながら、製鉄業をはじめとする素材産業を支えている分析法に対する迅速さ、簡便さ、そして高感度といった要求は、この先もさらに強くなるものと予想される。これに加えて、作業時の安全性の確保は企業活動において最重要課題の一つであることから、分析業務においても毒物、劇物といった危険な薬

品はなるべく使用しないようになっていく。以上の状況を勘案すると、企業における分析では手間のかかる湿式化学分析が避けられる、という傾向は時代の趨勢なのかもしれない。

現在、湿式化学分析は技術的には成熟期にある。その一方で、実際の分析現場では湿式化学分析が使われる頻度が次第に減りつつある。しかしながら、精度や正確さといった湿式化学分析の優位性は普遍的であることから、湿式化学分析の技術レベルを今後も維持、発展させることが求められている。化学分析の技術レベルを維持、発展させていくことに、分析化学はどのような形で寄与できるのだろうか。分析化学に対する新たな課題のように思われる。

2 湿式化学分析における高度な分析技術

湿式化学分析の技術レベルを維持、発展させることに對して分析化学がどのようにかかわっていくのかを考える上で、湿式化学分析を行う際に必要とされる高度な分析技術とはどのようなものかを明確にしておくことは重要と思われる。ここでは代表的な湿式化学分析である滴定法（容量分析法）を例に取り上げて考える。

現在でも多くの大学の化学系学科では、学生実験において滴定法や重量法を扱っている。このことから判断すると、滴定法や重量法は初学者でも習得しやすかつ重要な分析であると一般的には見なされている。これに對して、鉄鋼関連の企業技術者へのアンケート結果からは、滴定法や重量法は高度な分析技術を要する分析法であると認識されている。両者の認識の違いはどこからくるのであろうか。日本鉄鋼協会において著者らが行った取り組み²⁾によれば、この認識の違いは次の三点に起因しているように思われる。

第一に、分析操作に対する要求水準が学生実験と企業での分析とでは異なる。例えば、企業での分析の場合、

How to Sustainably Develop Sophisticated Techniques Organizing the Fundamentals of Wet Chemical Analyses ?

—From the Viewpoint of Chemical Analyses of Iron and Steel—

スループット（単位時間当たりの処理能力）は重要な因子であり、スループットを上げるために、しばしば複数種の試料の分析が同時に行われている。ここでは、各試料における各操作段階において、迅速かつ確かな判断が求められる。これには経験あるいは熟練が必要となる。これに対して、学生実験では操作の理解や習熟を目的としているため、一つの試料をじっくりと時間をかけて分析する。

第二に、学生実験と企業の分析とでは対象とする試料が異なる。学生実験の性質上、取り扱う試料には性状がわかっている比較的簡単な組成のものが選択される。これに対して、企業での分析の場合、ニーズに対応した的確な分析が試料ごとに行われる。

第三に、得られる分析値に求められる質が学生実験と企業の分析とでは全く異なる。企業の分析では、報告される分析値が企業のその後の様々な活動に影響を与えることになるので、自ずと高い信頼性が求められる。

以上見てきたように、企業における分析には学生実験とは比べものにならないシビアな要件が課せられている。湿式化学分析の場合、このレベルで分析を行うには高度な技術が要求される。これが、湿式化学分析が企業の分析において“難しい”と思われている理由であると推測される。

それでは、湿式化学分析における高度な分析技術とは具体的にはどのようなものであろうか。上記の例から考えると、1) 複数の試料を同時に扱うことができ、2) それぞれ試料の各分析操作を的確にかつ迅速に行い、3) 様々な組成の試料にも対応でき、そして4) 信頼性の高い分析値を得ることのできる技術、ということに集約できるであろう。ただし、湿式化学分析を構成する各単一操作はじっくり取り組めば大学生でも扱うことができる点に留意すべきである。この点において、高度な分析技術は、人間国宝（重要無形文化財の保持者）が持っているような技能とは本質的に異なる。“技能 (skill)” と “技術 (technique)” との違いについては、後に考える。

3 湿式化学分析における高度な分析技術の具体例

ここでは前項にて言及した湿式化学分析において高度な分析技術がどのように使われているのかについて考える。具体的な例として、酸化還元滴定による鉄鉱石中の鉄含有量の分析法を例に挙げる。この方法は日本産業規格に JIS M8212³⁾ として採用されている。分析法の概要を図1に示す。また、以下に簡単に手順を説明する。塩酸を用いて鉄鉱石を分解したのち、塩化スズ(II)溶液と過剰量の塩化チタン(III)溶液を加えて、溶解している鉄をすべて二価に還元する。この際、余剰となった塩化チタン(III)だけをニクロム酸カリウム溶液で処理する。処理の完了を判定するのに、指示薬としてインディゴカルミンが添加される。指示薬の青色が5秒

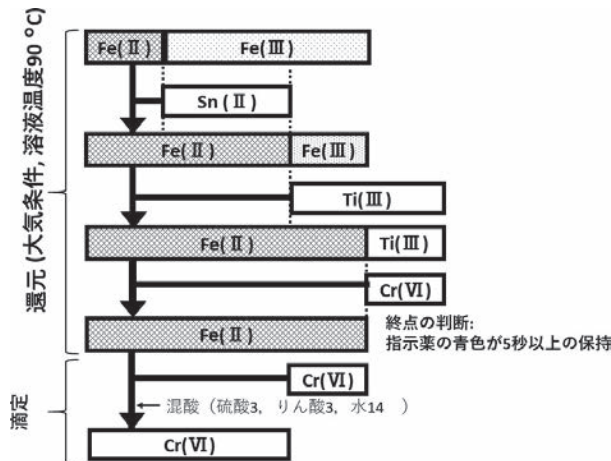


図1 全鉄定量のためのプロトコル

保持された時点において、すべての鉄が二価に還元されたものと判断する。次いで、濃度が決定されているニクロム酸カリウム水溶液を用いて、試料中の鉄(II)の物質量を酸化還元滴定で決定する。この方法では特に、鉄鉱石分解液中に含まれる鉄をすべて二価に還元する工程において、過不足なく厳密に鉄を二価にするのに高い技術が求められる。特に、90~95℃の試料溶液に還元剤、指示薬、酸化剤を速やかに加え、指示薬の変色を的確に判断する必要がある。

上記の作業を熟練技術者が行っている状況における熟練技術者の所作の概念図を図2に示す。ここでは熟練技術者の心の持ちようを内部情報空間と呼ぶことにする。熟練技術者が持っている技能や技術はこの内部情報空間に“知”として格納されている。熟練技術者は五感を通して収集した試料の情報を内部情報空間に格納されている“知”と参照することにより、瞬時的に的確な判断を下し対処するという作業ループを意識することなく行っている。もう少し具体的に見てみると、熟練技術者は分析手順の全てを熟知していて、正常に反応が進んでいる時のイメージを重ねながら反応の進行を観察している。実際の反応が正常なイメージとずれた場合には、これまで体系化したトラブル事例と参照することにより、そのずれの的確な対処法を探索する。これらの思考はすべて内部情報空間に格納されている“知”に基づいて行

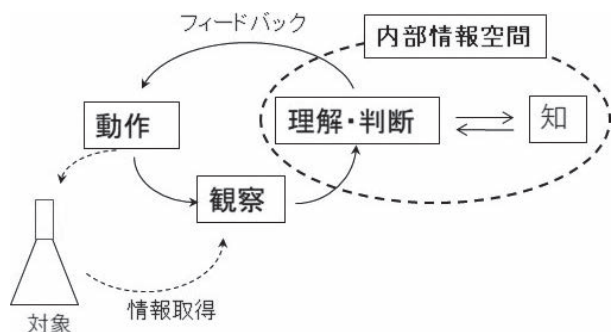


図2 熟練技術者の所作

われている。例えば、上述の JIS M8212 における指示薬の変色による還元が完了した時点の的確な判断は経験によるところが大きい。参照する情報（知）が内部情報空間に格納されているため、迅速な判断が可能となる。プロドライバーの運転をイメージするとわかりやすいかもしれない。このように考えると、熟練技術者が持っている内部情報空間が高度な技術の源泉と思われる。

4 湿式化学分析の基盤をなす高度な技術の言語化

さて、熟練技術者の退職に付随する技能の喪失の問題は 2007 年に顕在化したことから、2007 年問題と呼ばれていた。その頃から、様々な技術継承に関する取り組みが活発に行われてきた。具体的には、技術講習会の開催、映像資料の作成⁴⁾、そして詳細なマニュアルの作成⁵⁾などが挙げられる。筆者らも湿式化学分析の技術継承を目的として、HTML をプラットフォームとした可視化教材を作成した²⁾。これらの取り組みは言語化できる“知”の継承に対しては有効である。では、言語化できない“知”を継承するにはどのようにしたらよいのであろうか。

熟練技術者が持つ技能、および技術といったものを定量的に取り扱う試みも行われている⁶⁾。内部情報空間における知のイメージを図 3 に示す。海野によると⁷⁾、技術者の持つ操作に関する知は言語化できるものと言語化できないものとに分けられる。言語化できる知は“技術 (technique)”と呼ばれ、マニュアルやその解説書といった文書や映像によって伝達することができる。これに対して、言語化できない知は“技能 (skill)”と呼ばれる。余談になるが、非言語系の知は一般に暗黙知と呼ばれる。技能は言語を介して伝達することが難しく、教育訓練により継承されるものと考えられている⁸⁾。事業所などで行われている OJT (On the Job Training) や本会で開催している分析技術講習会などは教育訓練の好例であろう。

興味深いことに、海野は「技能と技術は互いに孤立し

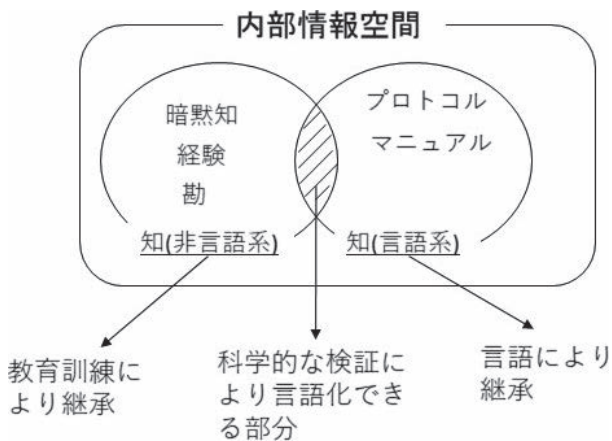


図 3 内部情報空間における知の分類

ているわけではなく、非言語系の技能の一部は言語化することにより技術として継承できる」と指摘している⁷⁾。この考え方は湿式化学分析を行うための高度な技術の継承に対して重要な示唆を与える。例えば、化学的な裏付けが不十分な操作の場合、精確な値が得られるような条件を経験的に選択している場合がある。このような場合、各操作における判断は技術者の経験に基づいている。この時、分析操作を行った際に得られる経験は非言語系の知として格納される。このような操作に対して化学的な裏付けを十分に行うことができれば、経験に頼ることなく誰でも最適条件において確実に操作ができる。得られた結果は言語系の知として継承できる。湿式化学分析がほぼ確立した 1960 年代頃に比べると、現在では各種高性能な分析機器が利用できるようになっているだけでなく、関連する科学分野の進展も目覚ましい。これに加えて、コンピュータの発展も著しい。このようなツールを駆使することにより、これまで経験的に行われてきた分析操作をより詳細に化学的に検証できるものと考えられる。

そこで、筆者らが行った JIS M8212 に対する化学的な検証⁹⁾を例にとり、もう少し詳しく考えてみる。滴定の前段階の鉄をすべて二価に過不足なく還元する工程では、大気雰囲気下において塩化スズ (II) による大部分の還元が続いて過剰量の塩化チタン (III) による還元、そして余剰のチタン (III) をニクロム酸カリウムで処理している (図 1)。このメインの反応に隠れて、溶存酸素に関連する酸化還元反応、鉄 (III) との酸化還元により生じたスズ (IV) とチタン (III) との酸化還元反応が進行している。これらの反応に加えて、共存元素として、銅とバナジウムがメインの酸化還元反応を干渉する。これらの酸化還元反応について詳細に検討した結果、指示薬による色調の変化ではなく、窒素雰囲気下において液電位を測定することにより、生じている酸化還元反応を厳密にモニターできる。これにより JIS M8212 に規定されている塩化チタン (III) を過剰に加える手順ではなく、鉄が過不足なくすべて二価になるまで塩化チタン (III) を添加することができるようになった。これにより、スズの酸化還元反応に起因する干渉だけでなく、銅やバナジウムによる妨害も抑制できた。このように液電位をモニターすることにより、“指示薬の青色が 5 秒間保持される”といった感覚的な判断に頼ることなく正確に鉄を還元することができるようになった。この成果は、高純度な窒素ガス、高温においても安定な電位を示す高性能な電極、およびコンピュータによるデータの自動取り込みと解析によって可能となった。

上記の例は、湿式化学分析の操作を化学的に検証することにより、感覚的な判断を数値化することができることを示している。このように、湿式化学分析の操作における非言語系の技能を言語で継承できる技術へと変換す

るため、化学的な検証は重要な作業であり、それには分析化学が重要な役割を果たす。

5 湿式化学分析の基盤をなす高度な技術の継承と発展に対する課題

これまで見てきたように、湿式化学分析の基盤をなす高度な技術は非言語系の技能と言語化により継承できる技術とに分けることができる。両者の境界には、非言語系でありながら言語化により技術となりうるものが存在する。これらの技術の中には化学的な検証を通して言語化できるものがある。分析化学はこの検証作業に対して有効である。

しかしながら、湿式化学分析のうち感覚や経験に頼っていた作業に対して分析化学的な検証を行う際、私たちは次の二つの課題に直面する。一つ目はこの作業を誰が行うのかということ、二つ目はこの作業が分析化学の新規な研究として評価されるのかどうかという点である。化学的な検証を行うことはルーティン分析を主に担当している企業の技術者には負荷が大きいように思われる。では大学教員や研究所の研究者ではどうであろうか。この場合、二つ目に挙げた“新規な研究としての評価”という問題を考えなくてはならない。大学教員や研究所の研究者に成果主義が導入されるようになって久しい。研究者個人にとって成果主義の下では新規性が評価されにくい研究を行うことはリスクを伴う。既存の技術体系の再構築に対して、学術的な意義を見いだす、あるいは付与する必要がある。

湿式化学分析を精確に行うための高度な技術は、我が国の知的基盤を構成する重要な要素の一つである。現在、無機元素を定量するための湿式化学分析に携わる大学教員や研究所の研究者は非常に少なくなっている。近い将来、湿式化学分析のうち感覚や経験に頼っていた作業に対して分析化学的に検証する人材が枯渇してしまう可能性が懸念される。そうなる前に、各分野において重要な湿式化学分析の手法に対して、熟練技術者の“技能”に頼ることのなく、言語による継承が可能な“技術”として体系化する取り組みを行うことが望まれる。

6 まとめ

最後にまとめとして、喪失した技術を復活されるためにはどうしたらよいかについて考えてみることにする。そのヒントを幕末に造られた反射炉に見ることができ。幕末以前の日本の製鉄技術では大砲を製造するこ

とはできなかった。大砲の製造のために必要な純度の高い鉄の製造が難しかったためである。当時は外国からの技術者を招へいすることのできない時代であったため、日本の技術者たちはオランダの技術書『鉄煩鑄鑑図』を参考に、自分たちだけで純度の高い鉄を製造できる反射炉を造った¹⁰⁾。今も各地に残っている実証炉跡を訪ねてみると、当時の技術者たちが数々の試行錯誤、工夫を行っていた様子を知ることができる。文献だけで反射炉を造り上げてしまった当時の技術力には感嘆するしかない。前出の海野は、「特に熟練技能の継承という点で重要なのは、熟練技術者の創意工夫であり、経験に基づく総合的な判断力であり、そしてそれを実践する能力である。」と述べている⁷⁾。こうした史実から、筆者は情報さえあれば熟練技術者の創意工夫と情熱で技術は復活できると考えている。その際、良質な情報が多数あるに越したことは無い。技術継承にかかわる取り組みはそのための有益な情報を与えるであろう。ただ、喪失したものを復活させるには多大な労力と時間を要する。できるのであれば、高度なレベルを保ったまま技術が継承されるに越したことはない。

文 献

- 1) 日本学術振興会製鋼第19委員会編：“新版鉄鋼化学分析全書第1～10巻”，(1963)，(日刊工業新聞社)。
- 2) 上原伸夫：ふえらむ，21，249，(2016)。
- 3) JIS M 8212，鉄鉱石—全鉄定量方法 (2005)。
- 4) 檜山敦，浅田和宏，並木秀俊，宮廻正明，廣瀬通孝：ヒューマンインタフェース学会論文誌，12，249 (2010)。
- 5) 亀山雄高，水谷正義，成瀬哲也，狛 豊，佐々木慶子，大森 整，澤田浩之，松木則夫：砥粒加工学会誌，53，741 (2009)。
- 6) 松本則夫：シンセシオロジー (Synthesiology)，3，47 (2010)。
- 7) 海野邦昭：精密工学会誌，81，30 (2015)。
- 8) K. A. Ericsson, R. T. Krampe, C. Tesch-Römer : *Psychol. Rev.*, 100, 363 (1993)。
- 9) 門脇優人，柳原木綿子，稲川有徳，上原伸夫：鉄と鋼，107, 566 (2021)。
- 10) 中野俊雄：鑄造工学，80，494 (2008)。



上原伸夫 (Nobuo UEHARA)

宇都宮大学工学部 (〒321-8585 栃木県宇都宮市陽東8-15-1)。東北大学大学院工学研究科博士前期課程修了。博士(工学)。《現在の研究テーマ》物質の持つ分離・計測機能の開発とそれに基づく高性能分離計測手法の構築。《主な著書》“これからの環境分析化学入門”，(講談社)。《趣味》軽ドライブ，温泉巡り。

E-mail : ueharan@cc.utsunomiya-u.ac.jp

不織布マスク

1 はじめに

世界的大流行となった新型コロナウイルス感染症は会話中や咳などにおける飛沫やエアロゾルを媒介として感染が拡大した。感染拡大を防ぐため CDC (Centers for Disease Control and Prevention: アメリカ疾病予防管理センター) や厚生労働省¹⁾もマスクの着用を奨励している。しかしながら、断片的な情報が溢れる中で対策としての有効性について様々な声がある。

ここでは、マスクにどれくらいの効果を期待できるのか、マスクがウイルス飛沫を遮断する仕組みや性能について紹介したい。

2 日常生活における感染対策

マスクには第一に人からの会話や咳などで飛ぶしぶきの対策効果がある。自分の咳・くしゃみの飛沫もマスクで対策できるため、マスクには人にうつさない、人からうつらないリスクの軽減ができるという両方の大きな意義がある²⁾。また咳やくしゃみだけでなく、話しているだけでも飛沫は飛ぶという研究もあり³⁾、その対策のためにもマスクは非常に重要である。

新型コロナウイルスは、飛沫感染だけでなく、接触感染もあり拡大しやすいと言われている。様々なところに付着したウイルスを手で触ってしまい、その手で鼻や口を触り、その粘膜から感染する。家庭用のマスクには、第二に顔に触らない効果がある。誰でも手で顔を触る癖があるが、マスクがあれば顔に直接触れてしまうようなことを防ぐことができる。

3 フィルタ付き不織布マスク

今や様々な形状、素材のマスクが販売されている。その中でも感染抑制の観点では、ウイルス飛沫などに対して高い遮断効果を有するフィルタを用いた不織布マスクを装着することが望ましい。一般的なフィルタ付き不織布マスクの特徴は図1のように、(A) 外側の表面不織布、(B) 内側の肌に触れる不織布、(C) 中間に挟んだ

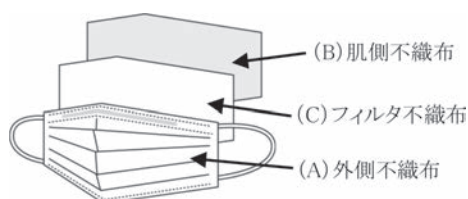


図1 フィルタ付きマスクの構成

フィルタ機能を有する不織布で構成されている。遮断機能はフィルタ不織布、肌当たりの良さは外、内側の不織布とそれぞれ役割が異なっている。

4 素材構造

図2に示すようにユニ・チャーム㈱はフィルタ不織布を有するマスクにウイルス飛沫を99%カットするフィルタを搭載している。

SEM (走査型電子顕微鏡) で観察したユニ・チャームマスクのフィルタ不織布を図3に示す。外側や肌側の不織布 (図4) に比べて、フィルタ層が特にきめ細かく繊維が密集している。更に、この不織布は帯電加工されているものが多く繊維の表面を局所的に「+」と「-」に分極させている。これにより、不織布の網目だけでなく、静電気作用でウイルス飛沫を吸引し捕集することができる。

ユニ・チャーム㈱ではマスクのフィルタ性能について、一般社団法人日本衛生材料工業連合会⁴⁾が発信している「衛生マスクの安全・衛生自主基準」に従って設計



図2 フィルタ付きマスクの商品例

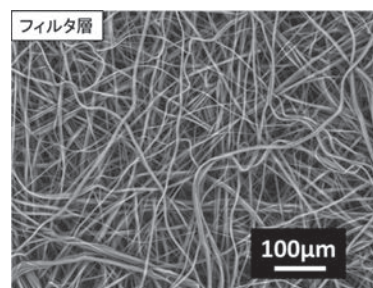


図3 フィルタ不織布のSEM画像

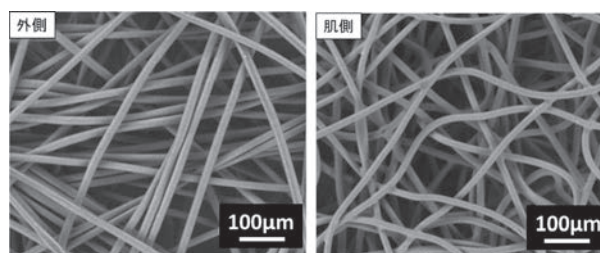


図4 マスク外側(左)、肌側(右)のSEM画像



図5 全国マスク工業会・会員マーク

しているの、安全かつ衛生的にご使用いただくことが出来る。図5のマークがついており、これは「全国マスク工業会」に加盟している企業が製造・販売している、安心できるマスクの証しである。

5 マスクサイズ

マスクが効果を発揮するには、しっかり顔にフィットさせてすき間をつくらないことが重要である。大きすぎたり小さすぎたりするのでは、顔とマスクの間にすき間が生まれ、ウイルス飛沫の侵入を許してしまう。ユニ・チャーム㈱の超快適マスクではマスク形状に至るまでに約4万人もの顔データを収集し、大きさ、顔型、男女差などの顔データを踏まえた上で500種類以上に及ぶ試作品を作製。ドール試験や実際に試着テストを実施し調整することで、日本人の約9割をカバーする形状を作ることができた。

ここで適切なマスクサイズを選ぶため、簡単に顔のサイズを測る方法をご紹介します。

- ①親指と人差し指でL字形を作る。
- ②耳の付け根の一番高いところに親指の先端を当て、

鼻の付け根から1cm下のところに人差し指の先端を当てる。

- ③親指から人差し指までの長さを測れば、それがサイズの目安となる⁵⁾。



測定結果	おすすめサイズ
9 ~ 11 cm	子供用
10.5 ~ 12.5 cm	小さめ
12 ~ 14.5 cm	ふつう
14 cm 以上	大きめ

図6 マスクサイズの選び方

文 献

- 1) 不織布マスクの推奨 (厚生労働省)
<https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/0000187997.html> (2021年11月1日, 最終確認).
- 2) T. Mitze, R. Kosfeld, J. Rode, K. Wälde : Face masks considerably reduce COVID-19 Cases in Germany (2020).
- 3) P. Anfinrud, V. Stadnytskyi, C. E. Bax, A. Bax : Visualizing speech-generated oral fluid droplets with laser light scattering (2020).
- 4) 一般社団法人日本衛生材料工業連合会
<https://www.jhpia.or.jp/product/mask/index.html> (2021年11月1日, 最終確認).
- 5) 一般社団法人日本衛生材料工業連合会「マスクのサイズの測り方」
<https://www.jhpia.or.jp/product/mask/mask2.html#q3> (2021年11月1日, 最終確認).

[ユニ・チャーム株式会社 岩井若菜]

『ぶんせき』再録集 vol. 1 出版のお知らせ

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

下記10章からなり、それぞれ12から14の話題が集められています。

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

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

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



佐藤 信武

1 はじめに

フッ素原子は、その原子の大きさや高い電気陰性度から化合物にユニークな特性を与える元素である。ペンタフルオロオクタンスルホン酸 (PFOS) やペンタフルオロオクタノ酸 (PFOA) は代表的なペルフルオロアルキル化合物 (PFAS) であり、高い撥水性^{はっすい}、撥油性、界面活性、耐熱性や耐薬品性など優れた性能を有する化合物であるため、調理器具のコーティング材料、消泡剤、半導体などの電子材料と様々な用途で使用されてきた。一方、PFAS の分子構造は図 1 に示すとおり、非常に安定な C-F 結合を分子内に多く含み、生分解をほとんど受けずに環境中へ長く滞在し、生物蓄積性や長距離移動性もあるため、国際的に規制の強化が進められている。「PFOS とその塩」については、2009 年に残留性有機汚染物質に関するストックホルム条約の附属書 B (制限) の対象物質に指定され、2010 年に化審法第一種特定化学物質に指定されたことを受けて、一部の用途を除く製造、輸入、使用が禁止となり、2018 年には全面的に禁止された。「PFOA とその塩及び PFOA 関連物質」はストックホルム条約の附属書 A (廃絶) の対象物質に指定されており、「PFOA 又はその塩」も化審法の第一種特定化学物質に指定され 2021 年 10 月より施行となる。

しかし、炭素鎖長の変更や分岐構造などの代替品や製

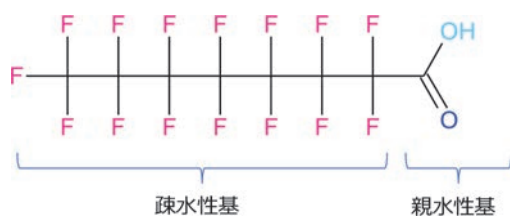


図 1 PFOA の構造

Analysis of perfluoroalkyl substances (PFAS) using liquid chromatograph-tandem mass spectrometer (LC-MS/MS).

造過程で生成する類縁物質が多く存在する。このような背景から、規制対応やフッ素フリーを証明するために、類縁化合物を含む化合物群の液体クロマトグラフ-タンデム質量分析計 (LC-MS/MS) を用いた定量分析が多くなされている。本稿では、PFAS の LC-MS/MS 分析における留意点について、本来の濃度よりも分析値が低い値を示す「過小評価値」、本来の濃度より高い分析値を示す「過大評価値」について、その対処法を含め紹介する。

2 過小評価値

真の値より分析値が低い値を示す過小評価値の原因は、機器分析ではなく主に前処理や溶液調製時に発生する。これは前処理などで使用する溶媒に対して PFAS の溶解度が不十分なため、溶解せずに容器壁面などに吸着して回収されないことに起因する。例として、水質試料中の PFAS を分析する際の固相抽出操作を考えてみる。水質試料中では溶解度を超える PFAS は、溶解せず固体として存在し、水質試料中の浮遊物質 (SS) や容器壁面に吸着している。この試料水を固相抽出で濃縮した場合、SS に付着した分は固相に導入されるが、容器壁面に付着した分は固相に回収されない。固相からの溶出には一般的にメタノールが使用されるが、全量を回収するためには、直接固相にアプライするのではなく、容器壁面を洗い込んだ後のメタノールを固相にアプライする必要がある。

また、PFAS の抽出やサンプル溶解液にメタノールが多く使用される理由は、同じ有機溶媒のアセトニトリルよりアルコール類の方が PFAS への親和性が高く、高い溶解度を示すからである。溶解度は PFAS の炭素鎖長の長さによっても異なり、炭素鎖長が長い程 (疎水性が高い程) 溶解度は低くなる。表 1 に異なるメタノール濃度の溶液に対する、PFAS の容器への吸着性テストの結果を示す。実験は、精製水に 5 ng/L となるように標準溶液を添加した後、メタノールを加え固相で濃縮し、試料容器壁面をメタノールで洗い込まずに、固相で回収された量のみを LC-MS/MS で測定した。同じメタノール濃度の条件では、炭素鎖長が長い PFAS は疎水性が高いため、回収率は低く、C₁₀ の場合は溶液中のメタノール濃度が 5% 以下だと 15% 程度しか固相で回収されず、残りの 85% は容器壁面に付着している状態となる。

表 1 ペルフルオロアルカンスルホン酸の吸着性テストの結果

メタノール濃度	固相での回収率 (%)				
	PFBS (C ₄)	PFHx (C ₆)	PFHp (C ₇)	PFOS (C ₈)	PFDS (C ₁₀)
4.8%	95	81	68	39	15
20.0%	106	101	85	69	22
28.6%	102	104	88	91	42

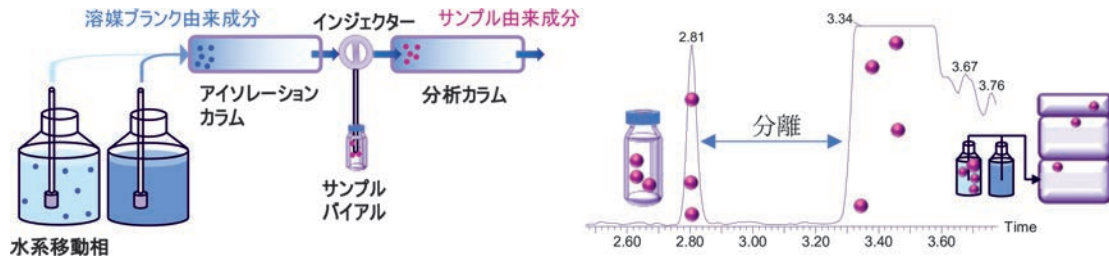


図2 リテンションギャップ法を用いたPFBAの分離

3 過大評価値

真の値より分析値が高い値を示す過大評価値の原因は、試料前処理と機器分析中のコンタミネーションである。特にPFOAはポリテトラフルオロエチレン(PTFE)の製造時に乳化剤として使用される化合物であるため、PTFEを使用した分析装置・機器からも溶出する。PTFE素材が使用されているLCを使用する際は、あらかじめメタノールで循環洗浄をし、素材から十分にPFASを溶出させる必要がある。逆に分析時は、装置からのPFASの溶出によるクロマトグラムのバックグラウンド上昇を抑えるため、また、LC分離の観点からも、移動相はPFASとの親和性が高いメタノールではなくアセトニトリルを使用することが望ましい。

コンタミネーションは分析機器だけでなく、機器分析に使用する移動相にも由来する。これらの移動相由来のPFASは主に水系移動相に存在する。このため、グラジエント分析を行った際には、カラム平衡化中に水系移動相由来の汚染物質が分析カラムに蓄積し、サンプル注入後グラジエントが開始されると、サンプル由来のPFCsとともに移動してカラムから溶出する。このため、分析値は常に汚染物質を含む値として検出され、本来のサンプル中の含有量より高い値を示すことになる。ブランク値を差し引くことによりサンプル中の含有量は算出できるが、バッチにより水系移動相中の汚染物質の量が異なることや、汚染物質の量がサンプルよりもはるかに大きい場合があるために、分析精度や汚染物質のコントロールの観点から分析技術による対処法は以下の二つの方法が考えられる。

一つ目は、分析の初期移動相条件を汚染物質がカラムに蓄積しない程度の有機溶媒組成にすることである。これにより、汚染物質のピークは検出されないが、常に汚染物質が溶出しベースラインが高くなるため、高い濃度やそれほど感度が要求されない分析にしか適用できない。

二つ目は、リテンションギャップ法で、分析カラムとは別にポンプ出口とサンプル注入口の間にカラム平衡化時の汚染物質をトラップするアイソレーションカラムを

用いる方法である。この方法を用いると、カラム平衡化中の汚染物質はアイソレーションカラムに蓄積し、注入後はサンプル由来のPFASとは保持時間の差をもって溶出するため、同一の化合物でも由来が異なるものを保持時間で分離することができる(図2)。このため、移動相のバッチ間差や汚染物質のコントロールが不要で、低いベースラインを常に維持できるため、より安定的な高感度分析が可能となる。この方法を行うには、超高速高分離液体クロマトグラフ(UPLC)のような平衡化時間を短くできる低システム容量や高耐圧のシステムが必要になるが、炭素鎖が短く、アイソレーションカラムにトラップされにくいC₄のペンタフルオロブタン酸(PFBA)でも十分な保持時間差をもって分析することが可能となる。

4 おわりに

近年、ストックホルム条約や国内化審法の対象物質に指定されたPFOSやPFOA等のみならず、構造が似通った類縁物質の分析ニーズや生物毒性の研究も盛んに行われている。今後は、より多様なPFASをより低濃度で測定するという要求が高まると予想される。本稿で紹介した分析法で今後増加が見込まれるPFASをどこまで網羅できるかは検討の余地があるが、多種多様なPFASの重要な分析法の一つとなることが期待される。

文献

- 1) R. Ghisi, T. Vamerali, S. Manzetti : *Environ Res.*, **169**, (2019).
- 2) H. Yoo, JW. Washington, TM. Jenkins, JJ. Ellington : *Environ Sci Technol.*, **45** (19), (2011).
- 3) M. Zhao, Y. Yu, Z. Han, H. Li : *Polymers* (Basel), **9** (11), (2017).



佐藤信武 (Nobutake SATO)

日本ウォーターズ株式会社 (〒140-0001 東京都品川区北品川1-3-12 第5小池ビル。工学院大学大学院工学研究科修士課程修了。

E-mail : Nobutake_sato@waters.com

HPLC/UHPLC カラムの エンドフィッティング接続の留意点

長江 徳和¹, 塚本 友康¹, 小山 隆次¹, シーラ 悦子²

1 はじめに

HPLC/UHPLC 装置は吐出ポンプ, オートサンプラー, インジェクター, カラム, 検出器間を 1/16 インチのステンレススチール配管などで接続されており, 配管の容量や, 接続部で発生するカラム外容積はカラムの性能に大きく影響する事が知られている. 本稿ではカラムのエンドフィッティング接続での間違いやトラブル回避方法, さらにエンドフィッティング規格にかかわらず接続可能な配管の評価などを紹介する.

2 オシネジとフェラルを用いた接続

LC (液体クロマトグラフィー) が HPLC に発展した当初は High Pressure Liquid Chromatography と言われており, 文字通り高圧化で操作する LC であった. したがって高圧に耐えるカラム管・配管としてステンレススチール (SUS316) 素材を用い, 図 1 に示されている様に, カラム管エンドと 1/16" 配管を接続する際に金属製の円錐型のフェラルとオシネジを用いていた. オシネジを回すことにより, このフェラルに力がかかり, かしめられることにより変形してカラム管の入口側と出口

側のカラム管エンドに密着して, 移動相の漏れを防いでいる. 図 1A はイラストで表しており, 図 1B は金属フェラルと金属オシネジを用いているが, 金属フェラルをかしめておらず, 金属フェラルが変形していない状態である. 更に分かり易くするために図 1C は着色した樹脂のフェラルとオシネジを用いて接続状態を示した.

HPLC 創世期の 1970 年代にはオシネジの代わりに袋ナットが用いられ, オシネジのネジがインチ規格とミリ規格が混在していたり, フェラルの向きを逆にして接続するタイプなど, さまざまな形式のエンドフィッティングが利用されていたが, 1980 年代以降, 袋ナットは使用されなくなり, オシネジのネジはインチ規格の No.10-32UNF に統一される様になった. しかしながら現在でも, HPLC/UHPLC 装置メーカーはそれぞれ, フェラルから先の配管 (1/16" チューブ) の長さを独自に決めており, フェラルから先の配管の長さが 1.6 mm から 3.5 mm までの数種類のエンドフィッティング規格が存在している. 一部の大手充填カラムメーカーは数種類のエンドフィッティング規格に対応したカラムを供給しているが, 多くの充填カラムメーカーは市場ニーズの高いウォーターズ (Waters) タイプやパーカー (Parker) タイプなど種類のみか又は二種類のフィッティング規格のカラムを供給していることが多い.

3 エンドフィッティング規格の差によるトラブル

上述の様に金属製フェラルを用いた接続ではフェラルはかしめられ, 先端が配管にくい込むことによりフェラルは配管に固定される. フェラル先の配管長さの異なるフィッティング規格同士で接続した場合には図 2 に示されている様な不具合が起こる. 図 2A はフェラル先の配管の長さが短く, 配管とカラム管の間に大きな空間が発生する. ここで試料成分の拡散が起こり, ピークがブロードになったり, 尾を引くようなテーリング状態になったりする. 図 2B はフェラル先の配管が長すぎる場合であり, フェラルがカラム管エンドに密着せず, 液漏れを起こす. 図 2C はフェラル先の配管の長さが適正であり, カラム外容積の増加もなく, ピーク形状への影響はない. エンドフィッティング規格の異なるカラムを接

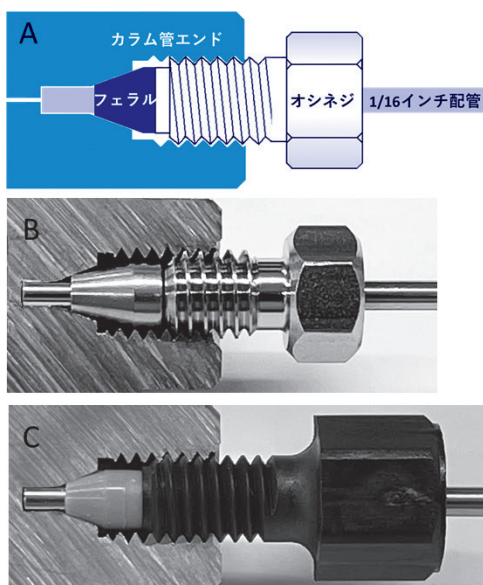
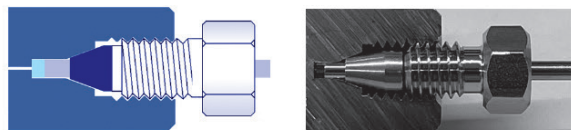
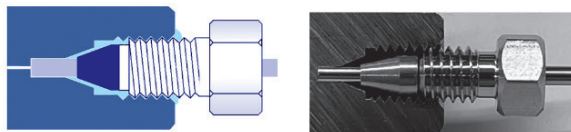


図1 オシネジとフェラルを用いた接続

A フェラル先の配管の長さが短い⇒カラム外容積が増えピークのブロード化



B フェラル先の配管の長さが長い⇒ 隙間が発生し、液漏れの発生



C フェラル先の配管の長さが合う⇒ カラム外容積が増えず、最適な接続

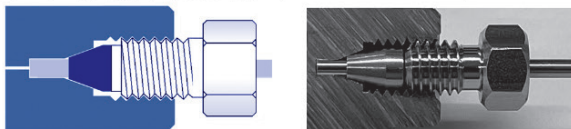


図2 カラム管フィッティング

Aはフェラル先の配管が短い場合、Bはフェラル先の配管が短い場合、Cはフェラル先の配管の長さが適正な場合。

続するときにはそれぞれのカラムに合わせて、フェラルの固定位置を決めなければならない。金属製フェラルを用いた場合には、エンドフィッティング規格が変わるごとに配管を変えなければならない。又同じエンドフィッティング規格のカラムを用いても、何度もカラムの接続を繰り返していくと、金属フェラルは毎回少しずつではあるが変形し、最終的にこれ以上変形できなくなる。この様な時には新しい配管に更新すべきであるが、それでも漏れを防ぐためにオシネジを締め過ぎるとオシネジが切れてしまい、元に戻すことはできなくなってしまう。このような事象はベテランクロマトグラファーの多くの方が経験していると推察される。

1980年代に利用できるようになった機能性樹脂であるPEEK（ピーク、Poly Ether Ether Ketone）は耐熱性、機械的強度、更に耐薬品性が高い熱可塑性樹脂であり、HPLCの部材としても用いられるようになった。カラムと配管の接続に使用されるフェラルもこのPEEK樹脂が採用されるようになった。フェラル単独のものや、フェラルとオシネジを一体化したコネクタもPEEK素材での成形品が開発された。このPEEK樹脂フェラルの特徴は金属製フェラルとは異なり、ステンレスチューブに固定されないため、接続するごとにフェラル先の配管の長さを変えられることである。そのためPEEK樹脂製のフェラルやコネクタを用いることにより、毎回それぞれのエンドフィッティング規格に合った接続が可能になった。PEEK樹脂フェラルの欠点は、配管接続部の耐圧が20 MPa程度であるため、高耐圧が要求されるHPLCシステムでは使用できないことであったが、金属とPEEK樹脂との複合体フェラルなどの開発により耐圧は改善された。2004年以降UHPLCの普及により100 MPa以上の耐圧が求められるようになり、再び金属製フェラルがUHPLCでは主流となった。

4 異なるエンドフィッティングでの互換性

現在使用されているHPLC/UHPLCカラムのエンドフィッティングは前項でも述べた様に、ネジ規格はNo.10-32UNFですべて同じである。又フェラルとフェラルの受け側（カラム管エンド側）のテーパ角度は40°で、ほとんどのカラムで統一されている。しかしA社の高圧対応のカラムのカラムエンドのテーパ角度は36°であった。市販のカラムのカラム管を中心でカットし、加工寸法を測定した結果を図3に示す。A社カラム管のフィッティング部とパーカータイプのカラム管のフィッティング部を図3aに示す。両カラム管ともネジ部分とフェラルを受けるテーパに掘られた部分が別々である2ピース構造になっている。A社のテーパに掘られた部分の深さは4.2 mmであるが、パーカータイプ

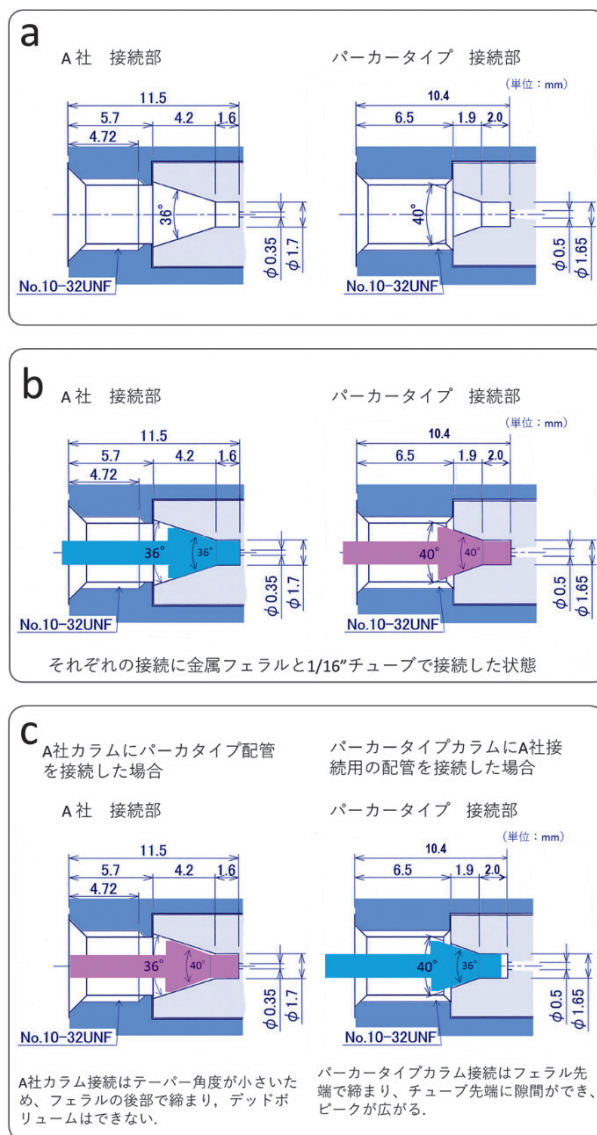


図3 A社仕様とパーカータイプのカラム管エンドフィッティングの互換性

aはカラム管エンドフィッティングの構造、bはそれぞれのエンドフィッティングに合わせてフェラルを固定した場合の配管の図、cは配管を異なるカラム管エンドに装着した場合の図。

ブの場合は 1.9 mm であり、大きく異なっている。又テーパー部から先の配管の挿入部分の長さは、A 社では 1.6 mm であるが、パーカータイプでは 2.0 mm であった。それぞれのカラム管エンドに金属フェラルとステンレススチール配管で固定した状態を図 3b に示す。それぞれのフェラルの角度も 36° と 40° である。図 3c は A 社のカラム管エンドにパーカータイプの配管を、パーカータイプのカラム管エンドに A 社用の配管を接続したときの状態を示す。A 社のカラム管エンドにパーカータイプの配管を接続した場合にはフェラルから先の配管の長さが長いから、フェラルの先はカラム管エンドに密着せず隙間が生じるが、A 社のカラム管エンドのテーパーが深いことと、テーパー角度が小さいことから、フェラル後部でカラム管エンドに密着し、移動相は漏れなくなる。又、配管先端とカラム管エンドには隙間がなく、ピークがブロードになったりテーリングを生ずることもない。逆にパーカータイプのカラム管エンドに A 社の配管を接続した場合には、フェラル先端がカラム管エンドのテーパー部に密着し液漏れは起こらないが、フェラル先の配管の長さが短いため、カラム管エンド内で大きな隙間が生じる。この隙間がピークを太くしたり、テーリングを生じさせる原因になる。この様に A 社の高圧用カラムは A 社の UHPLC 装置は勿論であるが、パーカータイプのエンドフィッティング規格の UHPLC 装置にも問題なく接続できる。しかしパーカータイプのエンドフィッティング規格のカラムは A 社の UHPLC 装置の接続には問題があり、適正に接続できない。つまり、A 社のエンドフィッティング規格は特殊で、テーパー角度が 36° であり、フェラルの受け側のテーパー部分が深いことなど、他のエンドフィッティング規格と大きく異なり、これらの特殊要因によって A 社のカラムはパーカータイプのエンドフィッティング規格に適合してしまう。もし A 社のカラムはパーカータイプだと勘違いし、パーカータイプのカラムは A 社の UHPLC 装置に問題なく接続できると思ひ込み、A 社の UHPLC 装置で A 社カラムに加え、他社のパーカータイプのカラムの性能比較を行うと、他社パーカータイプのカラムはすべてピークがブロードになったり、テーリングが生じたりし、比較結果は A 社カラムが有利になり、それぞれのカラムの本来有している性能での比較ができない。

5 フェラルを用いない配管接続

もしフェラルを用いない HPLC/UHPLC カラムの接続方法があれば、現在存在するフェラル先の配管長さの異なる様々なエンドフィッティング規格を気にすることなくカラムを接続することができる様になる。2016 年から発売されている IDEX 社の MarvelX (マーベルエックス) 配管は図 4 に示されている様にフェラルを用いない接続である。図 4A は MarvelX 配管であり、配管の



図4 MarvelX 配管とカラム管エンドフィッティングへの装着
A は MarvelX 配管と配管先端, B はカラム管エンドフィッティングに配管を装着する途中, C は装着終了。

両端は直径 1/16” のステンレススチールチューブで配管自体は直径 1/32” のステンレススチールチューブである。オシネジは切れ目が入っており、脱着できるようになっている。配管先端は PEEK 樹脂が 0.1 mm 程度出しており、この PEEK 樹脂はカラム管エンドのフィッティング部に突き当たり密着する。図 4B, 4C は配管先端をカラム管エンドに装着する状態を示しており、B はまだ締め付け途中であり、配管先端は浮いた状態であるが C では配管先端が密着している。スパナを用いず手締めだけで装着でき、しかも 130 MPa の耐圧が確認されている。配管内径は 25 μ m, 50 μ m, 75 μ m, 100 μ m, 125 μ m, 254 μ m の 6 種類が、配管長さは 70 mm, 15 mm, 250 mm, 350 mm, 50 mm, 600 mm が供給されている。又配管内部を PEEK 樹脂にした PEEK-Lined Stainless Steel のバイオコパチブル仕様とステンレススチールのみ通常仕様の 2 種類の配管素材が用意されている。樹脂素材は力を加えることにより、徐々に変形し、配管接続部の耐圧が低くなるが、MarvelX はステンレススチールで配管外側が覆われているため、配管を押す力に対し、接面部の PEEK 樹脂は外側に広がることのないため、繰り返し使用出来る回数が増える。更に誰が行っても同じ様に締め付けができる配管として MarvelXACT (マーベルエグザクト) も市販された。図 5 にその外観を示す。オシネジは配管に固定されているが、ある一定のトルクでオシネジが空回りする機構が設けられ、締め過ぎを防止している。



図5 MarvelXACT 配管

HPLC/UHPLC で用いられる配管は先端断面がきれいにカットされ、孔のつぶれや変形がないことが重要である。MarvelX 及び MarvelXACT 配管も同様で、クロマニックテクノロジーでは、図 4A に示されている様に、すべての MarvelX 及び MarvelXACT の配管先端の写真を撮り、詰まり、ごみの付着がないことを確認して出荷している。

6 MarvelX 配管の使用例

UHPLC では高圧条件下で操作されるため、高耐圧の配管が必要となる。一般的なステンレススチール配管では内径を最も小さくしたとしても 0.1 mm までであるが、MarvelX 及び MarvelXACT 配管は 0.025 mm まで内径を小さくすることができる。図 6 にインジェクター以降の配管の内径を細くすることによるピーク形状の変化¹⁾を示す。粒子径 2 μm コアシェル C18 (SunShell C18) を充填した内径 2.1 mm、長さ 50 mm のカラムを用いた。上段は内径 0.1 mm のステンレススチール (SUS) 及び内面フューズドシリカ (PEEKsil) の配管を、下段は内径 0.075 mm の MarvelX (内面 PEEK) 配管を用いた。配管の全長は両配管とも同じ 500 mm である。配管の内径が 0.1 mm から 0.075 mm に細くなることにより、最初に溶出するウラシル (ピーク 1) の理論段数は 1208 段から 3593 段に向上した。ピークの半値幅は 0.0094 分から 0.0051 分へと 0.0043 分狭くなった。又、アセナフテン (ピーク 3) も同様に理論段数は 13589 段から 15153 段へと 12 % 向上した。4 本のピークとも理論段数は向上し、テーリングファクターは減少した。特に早く溶出するピーク容量の小さいピー

ク程、顕著であった。カラム外の配管の容積が減少することにより、この配管内での成分の拡散が抑えられ、ピーク幅が狭くなると同時にテーリングも抑制されたと考えられる。内径 2.1 mm のカラムは通常は内径 0.1 mm の配管が使用されるが、カラム長さ 50 mm で 15000 段近い理論段数を発揮するカラムでは内径 0.1 mm の配管でも大き過ぎ、内径 0.075 mm 配管を使用することでそのカラムのもつ本来の性能に近づく。ここで用いた内径 0.075 mm の MarvelX 配管は、内径 0.025 mm まで利用できるが、配管のみに掛かる背圧は内径の 4 乗に反比例するため、内径を 0.075 mm から 0.025 mm に 1/3 のサイズに変更すると配管に掛かる背圧は 81 倍になる。配管の容積を減らす目的で内径を細くし過ぎると、配管に掛かる背圧が大きくなり過ぎるので注意が必要である。図 6 の下段の内径 0.075 mm の条件では、合計 500 mm の長さの配管のみで 7.8 MPa の背圧が掛かっており、仮に内径 0.025 mm の配管にすると、81 倍の 631 MPa の背圧が配管のみに掛かることになる。

7 まとめ

本稿で紹介した様に、カラム管エンドフィッティング仕様に合った配管接続をすることはカラム性能を発揮させるために重要である。又、各社のエンドフィッティング規格は目に見えない部分での違いがあり、その違いを十分理解して使用することも重要である。MarvelX のようなフェラルを用いない配管はカラム管エンドフィッティング規格に依存せず、更に MarvelXACT は誰でも同じトルクで締め付けができる便利な配管である。内径

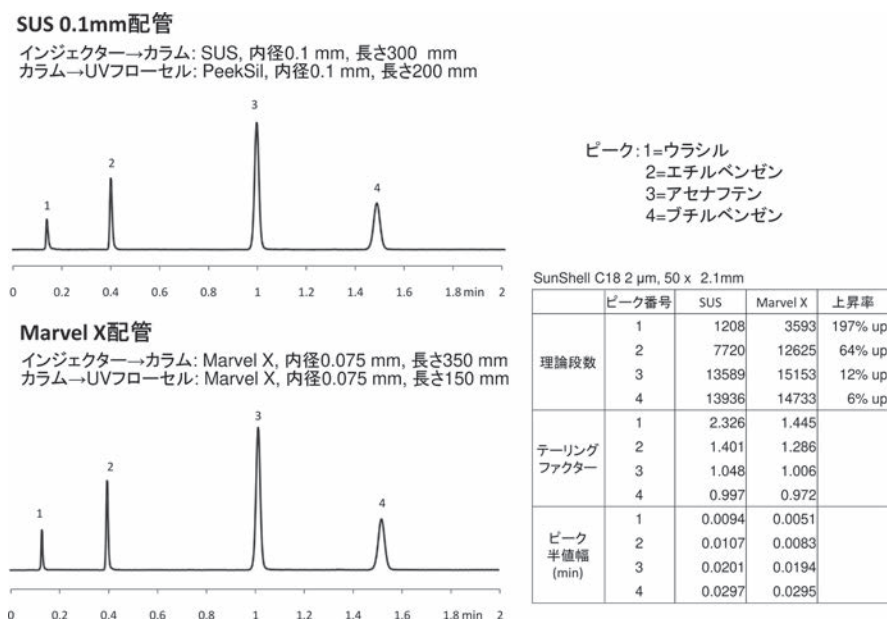


図 6 配管の内径と段数の関係

カラム, SunShell C18, 2 μm 50×2.1 mm i.d.; 移動相, アセトニトリル/水=60/40; 流速, 0.6 mL/min; カラム温度, 室温; 検出, UV250 nm; 注入容量, 0.4 μL; ピーク, 1=ウラシル, 2=エチルベンゼン, 3=アセナフテン 4=ブチルベンゼン, 配管内径は図中に表示。

2.1 mm カラムは特にカラム外容積が性能に大きく影響するため、高圧下で使用できる内径が 0.075 mm の MarvelX や MarvelXACT を用いることにより本来のカラム性能が発揮された。

文 献

- 1) 長江徳和：LC と LC/MS の知恵，2，6 (2021)。



長江徳和 (Norikazu NAGAE)
株式会社クロマニックテクノロジーズ
(〒552-0001 大阪府大阪市港区波除 6-3-1)。名古屋大学工学部応用化学卒。博士 (工学)。《主な著書》“LC/MS, LC/MS/MS のメンテナンスとトラブル解決” (分担執筆) (オーム社)。
E-mail : nagae@chromanik.co.jp



塚本友康 (Tomoyasu TSUKAMOTO)
株式会社クロマニックテクノロジーズ
(〒552-0001 大阪府大阪市港区波除 6-3-1)。中部大学応用生物学研究科応用生物学専攻博士課程修了。博士 (応用生物学)。《現在の研究テーマ》液体クロマトグラフィー用充填剤の開発。



E-mail : tsukamoto@chromanik.co.jp
小山隆次 (Ryuji KOYAMA)
株式会社クロマニックテクノロジーズ
(〒552-0001 大阪府大阪市港区波除 6-3-1)。立命館大学理工学部生物工学科卒。
《趣味》クロマトグラフィー。
E-mail : koyama@chromanik.co.jp



シーラ悦子 (Etsuko SHEARER)
株式会社バイオニック (〒417-0801 富士市大淵 3397-19)。南オレゴン大学卒。
《趣味》乗馬。
E-mail : info@bionikinc.com

会社ホームページ URL :

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

<http://www.bionikinc.com>

関連製品ページ URL :

http://chromanik.co.jp/product/accessory_marvel_x.html

<http://bionikinc.com/idex3506921697.html>

マイクロプレートを用いた 新たなバイオフィーム評価方法

高橋 政孝, 高口 唯奈, 江藤 陽介, 中尾 美紀子

1 はじめに

1・1 バイオフィームとは

バイオフィームは、細菌などの微生物が産生する菌体外多糖が堆積して高次元構造体を形成したものであり、水が存在する様々な固体の表面などに発生する。微生物はバイオフィーム内に身を置くことで外の環境から守られ、より生存しやすい環境を得ることができる(図1)¹⁾。

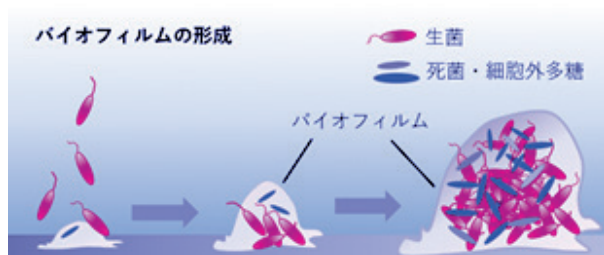


図1 バイオフィームの形成

1・2 近年のバイオフィーム研究の背景

近年、バイオフィームが要因となる感染症が報告されており²⁾³⁾、医療分野や歯科分野で問題視され始めている。これは、バイオフィームが感染症の原因菌などのバリアーとなることで、そのマトリックス内に存在する菌に対して高い薬物耐性を示すことが理由と考えられている。例えば、一度、バイオフィームが形成されると、菌にとっては頑丈な家の中に住むことになり、外敵(薬剤)が来ても何ら怖くないという状況になってしまうのである。

このため、バイオフィームの危険性が潜む様々な分野において、バイオフィームの形成阻害や分解のメカニズム解明に焦点を向けた研究が進められている。例えば、長期間患者の体内に埋め込まれる医療器具やカテーテルなど手術用医療器具、また歯科材料やその周辺器具などは、高度な感染症防止策が要求される。その他、私たちの生活に身近な浴室や台所など住環境および食品の衛生管理・向上を目指して、多くの研究機関や企業が研究を加速している。

2 バイオフィーム測定法

バイオフィーム内の菌やバイオフィーム形成量の評価には、その対象に応じて種々の方法が存在する。例えば、菌を測定対象にした手法では、コロニー形成法その他、顕微鏡やコールターカウンター、フローサイトメーターによる計数、代謝活性を指標にテトラゾリウム塩を用いた手法、ATP測定法などがある。また、総乾燥量やクリスタルバイオレット(以下、CV)法などはバイオフィーム形成量の評価に用いられる。いくつかの手法を表1に示すが、バイオフィームの分析手段は非常に多岐にわたっているために、標準化が進んでいないことが課題である。

一般的に微生物や菌の測定は、コロニー形成法のように操作が煩雑でトレーニングが必要とされている。一方、バイオフィーム評価で幅広く利用されるCV法は、比色試薬を用いた吸光度測定により結果が得られるため、コロニー形成法などの計数作業で発生しがちな属人的な測定誤差を抑えられるといった利点がある。しかし、CV法は万能ではなく、バイオフィーム形成後およびその後のCV染色後に洗浄の工程があるが、洗浄操作で物理的にバイオフィームが担体表面から剥離してしまうことでデータのバラつきを生じ易い。更に、検体数が増えると操作工程が多くなり測定に時間を要するため、慎重な操作と同時に効率性が要求される。このように、これらの操作はまだ煩雑で、また、そこから生じる測定誤差の問題は、多検体を処理する分析現場で用いるにはハードルとなり、このような課題はバイオフィーム研究の大きな妨げにもなっている。

表1 バイオフィーム評価方法の種類⁴⁾

直接的な方法	プレートカウント(コロニー計測)、顕微鏡による細胞計数、コールター細胞計数、フローサイトメーター、蛍光顕微鏡など
間節的な方法	乾燥質量、全有機炭素、クリスタルバイオレット(CV)法、テトラゾリウム塩法、ATP生物発光法、総タンパク質測定法、水晶振動子(QCM)など

3 バイオフィーム測定法の改良

前述の通り、バイオフィーム評価方法に対する要望は、多検体処理、簡便さ、迅速さである。ここでは、これらの課題を克服した三つの異なる測定手法を紹介する。

まず、96穴マイクロプレート内でバイオフィームを形成する既存法を改良し、「バイオフィーム形成能」または「バイオフィーム内に存在する菌の代謝活性」を評価する二つの手法を解説する。これらは、主にバイオフィーム形成阻害剤や抗菌剤等の開発・評価に利用される。一方で、バイオフィームが形成する担体側に着目した研究アプローチも行われている。そこで三つ目の手法として、バイオフィームが形成しにくい（または形成し易い）素材開発や素材の表面改良に対応できるよう、任意の素材を用いて評価ができる手法を紹介する。

3.1 ピンプレートを用いたバイオフィーム測定

菌がバイオフィームを形成する条件は菌種によって様々で、菌液の濃度や培養時間・培地組成などを検討する必要がある。そこで、96穴マイクロプレートを用いたバイオフィーム評価手法が、比較的簡便な操作で、複数の条件検討が同時にできることから普及し始めた。しかしながら、この手法はマイクロプレートのウェルに菌液を入れて菌を培養して、バイオフィームがウェルの内壁と底面に形成されるため、その後の工程で培養後の菌液や洗浄液およびCV染色液を各ウェルからピペット等を使用して出し入れする操作が必要になる。また、菌種や培養条件によっては、バイオフィームが内壁や底面から剥がれやすい場合があり、工程中のバイオフィームの剥離は吸光度測定に影響するため、洗浄工程では慎重な操作が要求される。

そこで、近年、ピン（またはペグ）と呼ばれる突起物を有する独特なマイクロプレートの蓋（以下、ピンプレート：図2）を利用する改良法（カルガリーバイオフィームデバイス法）が開発された⁵⁾。この手法では、96穴マイクロプレートの各ウェルに菌液を入れた後、ピンプレートで蓋をするとピンの先端から一部が菌液に

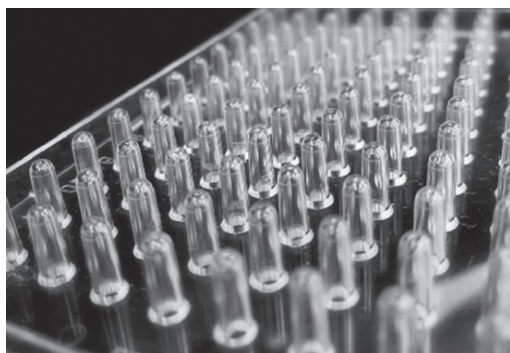


図2 ピン付きマイクロプレートの蓋

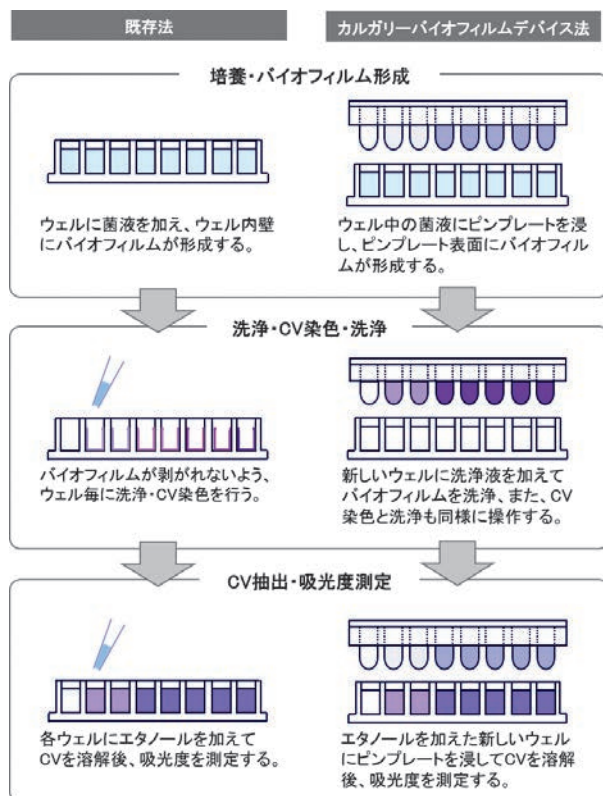


図3 バイオフィーム形成量評価方法の比較

浸されるため、培養後は各ピンの表面にバイオフィームが形成される。既存法と同様に、ウェルの内壁や底にもバイオフィームは形成されるが、カルガリーバイオフィームデバイス法ではピン表面のバイオフィームのみを測定に用いる。これによって、バイオフィーム形成後にバイオフィーム表面に付着する培地成分を洗浄する際に、あらかじめ、新しいマイクロプレートに洗浄液を入れたものを用意し、これにピンプレートを移してピンを洗浄液に浸すことで、一度にすべてのバイオフィームを洗浄することができる。前述した既存法の様にウェルごとに洗浄をする必要がないため、簡便性・迅速性向上に寄与する手法となった（図3）。

図4に黄色ブドウ球菌 (*Staphylococcus aureus*) を用いて既存法とカルガリーバイオフィームデバイス法を比較した結果を示した。CV染色と洗浄操作を行った後のバイオフィームを観察したところ、既存法はバイオフィームが一部剥離したが（図4写真左）、カルガリーバイオフィームデバイス法では、ほとんど剥離しなかった（図4写真右）。また、染色後のCVをエタノールに抽出して吸光度を測定した結果、カルガリーバイオフィームデバイス法は既存法と比べて同一サンプルにおける吸光度のバラつきを抑えることができ、このことは洗浄操作の過程で生じるバイオフィームの剥離の少なさが寄与していると推察した（図4下図）。

実例として、黄色ブドウ球菌に ϵ -Poly-L-lysine を作用させた場合の「最小バイオフィーム形成阻害濃度：minimum biofilm inhibitory concentrations (MBIC)」の測

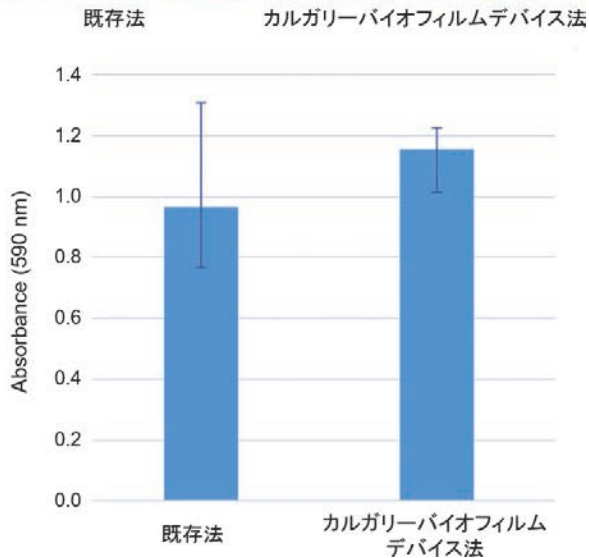
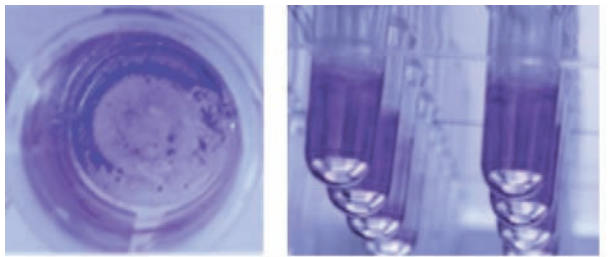


図4 バイオフィーム形成評価の比較
黄色ブドウ球菌のCV染色後のバイオフィーム（既存法：写真左，カルガリーバイオフィームデバイス法：写真右），CV抽出後のエタノール溶液の吸光度比較（下図）。

定結果を示した（図5），ε-Poly-L-lysine濃度が高くなるに従ってCV由来の590 nmの吸光度が減少したことで，黄色ブドウ球菌のバイオフィーム形成が阻害され，そのMBIC濃度は約250 μg/mLであることが確認された。

このようにカルガリーバイオフィームデバイス法は，バイオフィーム形成評価において簡便性と正確性を向上した手法として利用され，様々な薬剤感受性試験の事例が報告されている⁽⁶⁾⁷⁾。

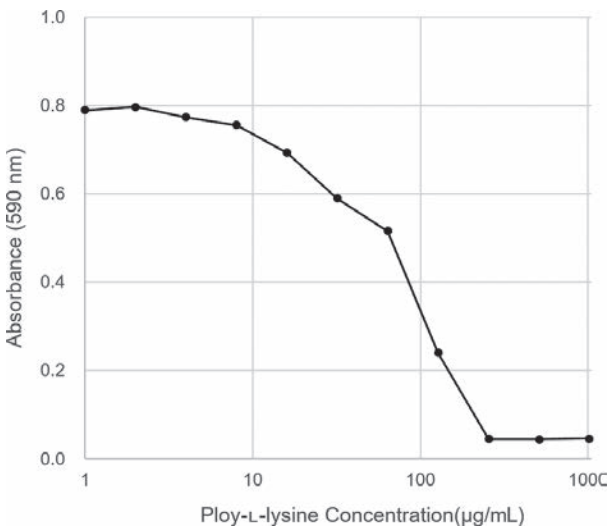


図5 *S. aureus* バイオフィーム形成阻害評価

3・2 バイオフィーム内の生菌代謝活性評価

次に，前述のカルガリーバイオフィームデバイス法を応用し，バイオフィーム内の生菌の代謝活性を測定する技術を紹介する。

生菌の検出方法には，菌を培養し生じたコロニーを計数する寒天平板培地法，蛍光色素で菌を染色する蛍光染色法，増殖能を持つ菌を検出するDVC法，特定の菌を検出するFISH法や遺伝子増幅法等が存在し，目的に応じて使い分けられるが，ここでは菌のエネルギー代謝活動に関与する補酵素NADH（NADPH）の還元能を利用した手法を採用した。還元性発色試薬と一種として知られるテトラゾリウム塩WST-1は，電子メディエーターと共存することでNADH（NADPH）から電子を受け取り還元され，ホルマザンと呼ばれる有色（橙色）の物質となる。そのため，生成したホルマザン量と吸光度には相関があり，この吸光度を測定することで菌の代

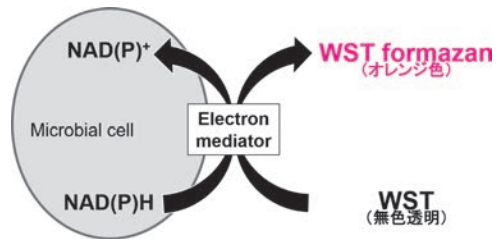


図6 微生物代謝活性の検出原理（WST法）

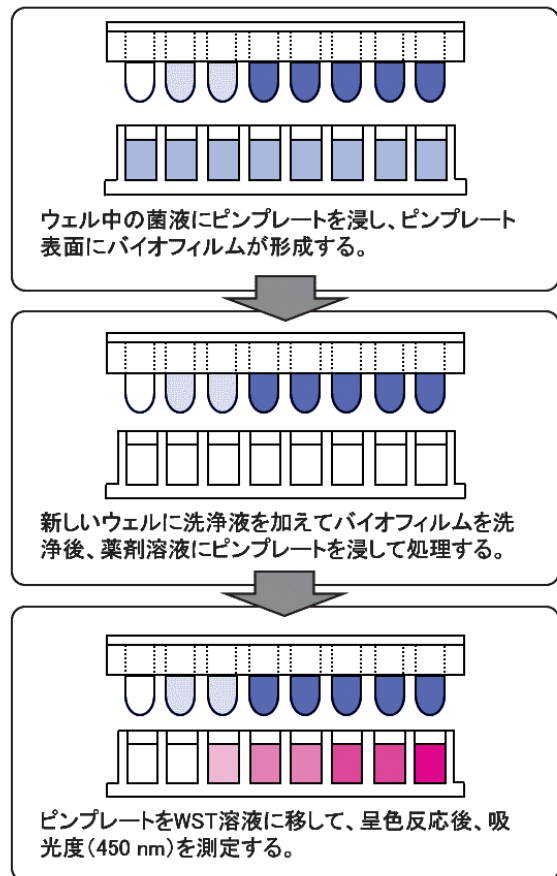


図7 微生物代謝活性の測定方法

謝活性を評価することができる (図 6)。

尚、この WST-1 ホルマゼンは、水溶性が高いため培地中でも不溶化することが無く、また、発色後の退色もほとんど無いため、吸光度測定に適した試薬として知られ、動物細胞の代謝活性をはじめ種々な生体試料の測定試薬に幅広く採用されている。

本手法は、カルガリーバイオフィームデバイス法の CV 染色・洗浄工程が WST 溶液を用いた発色反応に替わる以外は、同様にピンプレートを移動させる操作を行う。そのため、バイオフィームの剥離を抑えられ、また、CV 法でも用いる比色のマイクロプレートリーダーを使用することができる (図 7)。

テトラサイクリン系抗生物質である minocycline が、バイオフィームを形成した黄色ブドウ球菌に与える薬剤効果を評価した結果を図 8 に示した。同一のマイクロプレートで minocycline 濃度および薬剤暴露時間を変えて、各条件における WST-1 ホルマゼン由来の吸光度 (450 nm) を測定した。Minocycline 濃度が低い領域では薬剤暴露時間が長くなるに従って吸光度が高くなるが、これは minocycline が黄色ブドウ球菌の代謝活性に与える影響が弱く、薬剤暴露中も菌が生存して増殖し続けていると考えられる。この結果から黄色ブドウ球菌の代謝活性に影響を与える minocycline 濃度と暴露時間が判り、また、「最小バイオフィーム撲滅濃度 minimum biofilm eradication concentrations (MBEC)」は、約 1000 $\mu\text{g}/\text{mL}$ ということが確認された。

この手法は、生菌の代謝活性を評価することに便利であるが、前述の通り、バイオフィームはマトリックス内の菌を薬剤や外的要因から保護するため、試薬 (WST 溶液) も薬剤と同様、バイオフィームの内部に存在する菌に対して試薬が作用し難いことが推察される。そのため、バイオフィームの表面付近に位置する菌の代謝活性を反映している可能性には留意しなければならない。詳細な評価のためには、バイオフィームに超音波処理等を施してバイオフィーム内部の菌も分散した試料を用意し、WST-1 による代謝活性評価や寒天平板培地法など

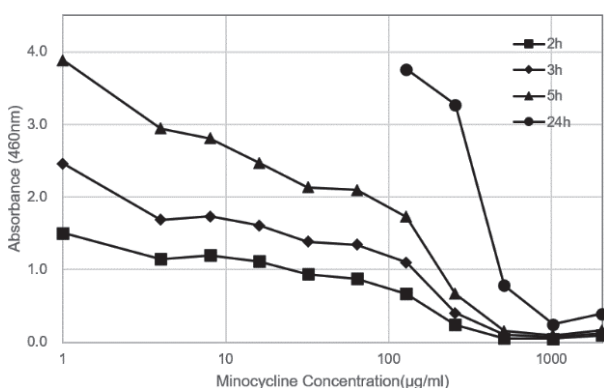


図 8 黄色ブドウ球菌由来バイオフィームに対する minocycline の MBEC 評価

の他の手法との併用を考慮する必要がある。

3.3 試験片を用いたバイオフィーム測定

ピンプレートを用いた手法は、バイオフィームが形成される担体 (ピン) の素材がポリスチレン (PS) であるため、バイオフィーム形成能を素材の性質で制御するような機能性素材開発のニーズに対応ができなかった。そこで、カルガリーバイオフィームデバイス法を改良して、任意の素材でもバイオフィーム形成能を評価できる手法をここで紹介する。

素材開発の現場では、対象の素材を任意の大きさに平板状に加工した「試験片」と呼ばれるものが使用されている。評価方法は、試験片をビーカー等の容器の底に平置きし、これに菌液を加えて試験片表面にバイオフィームを形成させ、その後、バイオフィームを剥離させないよう慎重に試験片を扱いながら測定する。また、対象となる素材は、業種や研究分野で様々あり、プラスチックのように成型し易いものばかりではなく、金属やセラミックなども存在する。そのため、カルガリーバイオフィームデバイス法のような 96 穴マイクロプレートに対応したピンプレートを対象の素材で作成することは、コスト面・技術面ともハードルが高く、実現の可能性は低かった。

そこで、任意の試験片を脱着可能な 24 穴プレート用の蓋 (以下、TestPiece Holder) を開発した (図 9)。TestPiece Holder に試験片を取り付けることで、カルガリーバイオフィームデバイス法と同様の洗浄・染色操作が可能となり、バイオフィームが剥がれにくく、多検体処理に対応した手法となった (図 10)。

本法と既存法を比較したところ、既存法は洗浄操作により試験片からのバイオフィームの剥離が発生し、試験片同士でも剥離の程度に差があることが確認された (図 11 写真左)。一方、本法は、洗浄操作を注意深く行うことは既存法と同様であるが、バイオフィームの剥離は抑えられ、試験片同士の差も殆ど見られなかった (図 11 写真右)。CV 抽出エタノール溶液の吸光度測定からも、そのバラつきが抑えられたことが確認された (図 11 下図)。

次に、素材の種類が異なる試験片 (ポリスチレン [PS], ポリプロピレン [PP], 繊維強化プラスチック

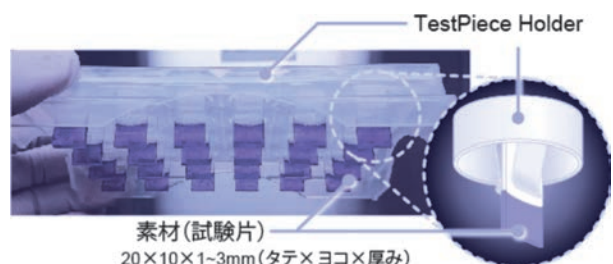


図 9 TestPiece Holder に固定した試験片

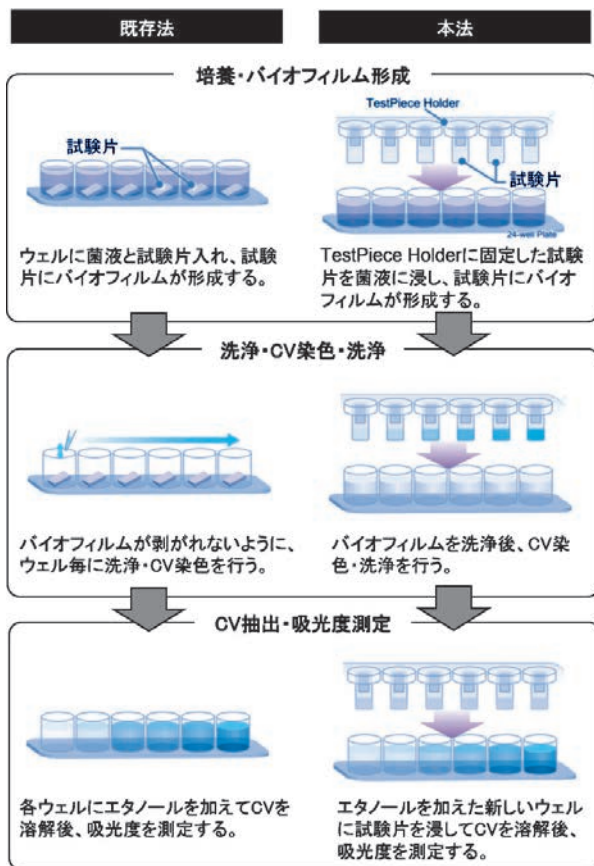


図 10 素材毎のバイオフィーム形成量評価
各素材表面に形成した黄色バイオフィームの CV 染色（上図写真）、CV 抽出後のエタノール溶液の吸光度比較（下図）。

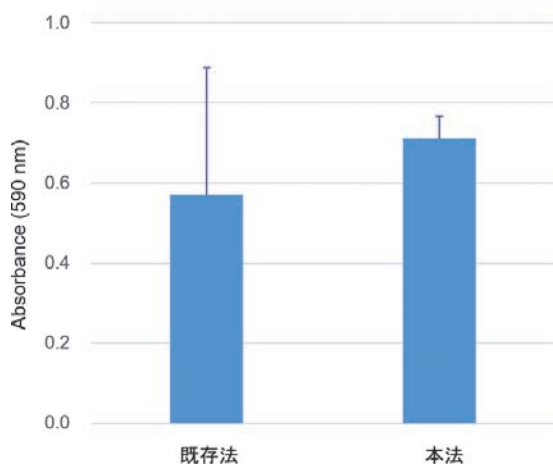
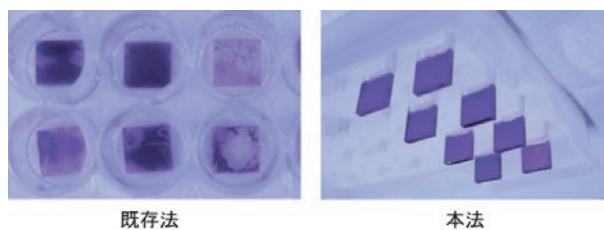


図 11 バイオフィーム形成評価（試験片）の比較
黄色ブドウ球菌の CV 染色後のバイオフィーム（既存法：写真左、本法：写真右）、CV 抽出後のエタノール溶液の吸光度比較（下図）。

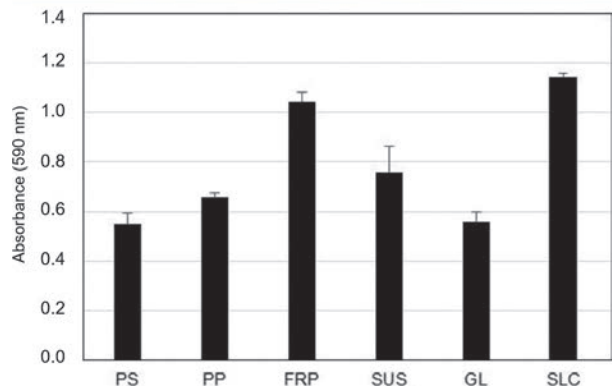
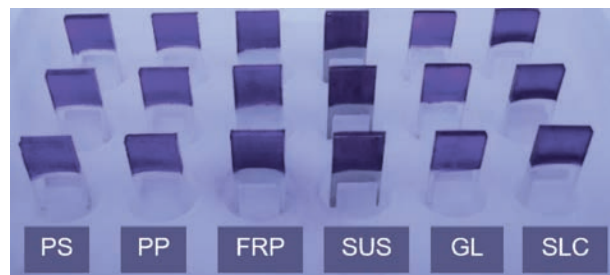


図 12 素材毎のバイオフィーム形成量評価
各素材表面に形成した黄色バイオフィームの CV 染色（上図写真）、CV 抽出後のエタノール溶液の吸光度比較（下図）。

[FRP], ステンレス [SUS], フロートガラス [GL], シリコンゴム [SLC]) を用いて黄色ブドウ球菌のバイオフィーム形成量を評価した。筆者らの培養および測定条件においては、FRP および SLC が他の素材と比較して、バイオフィームがより形成されたことが分かった（図 12）。このように、本法と試験片を用いることで、種々の素材評価を効率良くまた定量的に行うことが可能となった。

4 まとめ

バイオフィームの評価方法は、これまでに試行錯誤を経ながら、カルガリーバイオフィームデバイス法などの改良が進められてきたが、今回、筆者らは実際の測定現場の声を元に、検体数や測定条件の検討数の多さ、煩雑な操作、測定値のバラつき等の既存法が抱える課題を克服する測定手法の開発および実用化を行った。

ここで紹介した実施例は、特定の菌を用いた基礎的な評価であり、実際には、私たちの体の中や生活環境中に存在する菌の種類は非常に多く、また、それらが混在した状態で存在する。そのため、バイオフィームが形成される環境を実験室で如何に再現できるかは、バイオフィームの評価を行う方々にとって重要な要素であり、様々な条件検討が要求される。このために、今回紹介した測定手法が、この分野の研究・開発に役立ち、多くの産業の発展に寄与できることを期待している。

謝辞

本技術を開発するにあたり、甚大なるご協力を賜りました福

岡山工業技術センター 生物食品研究所 塚谷忠之氏、坂田文彦氏に深く感謝いたします。

文 献

- 1) H. C. Flemming, J. Wingender, U. Szewzyk, P. Steinberg, S. A. Rice, S. Kjelleberg : *Nat Rev Microbiol.*, **14**, 563 (2016).
- 2) L. Hall-Stoodley, P. Stoodley, S. Kathju, C. Moser, J. W. Costerton, A. Moter, T. Bjarnsholt : *FEMS Immunol Med Microbiol.*, **65**, 127 (2012).
- 3) T. Coenye, HJ. Nelis : *J Microbiol Methods.*, **83**, 89 (2010).
- 4) C. Wilson, R. Lukowicz, S. Merchant, H. Valquier-Flynn, J. Caballero, J. Sandoval, M. Okuom, C. Huber, T. D. Brooks, E. Wilson, B. Clement, C. D. Wentworth, A. E. Holmes : *Res Rev J Eng Technol.*, **6**, 4 (2017).
- 5) H. Ceri, M. E. Olson, C. Stremick, R. R. Read, D. Morck, A. Buret : *J. Clin. Microbiol.*, **37**, 1771 (1999).
- 6) A. L. S. Antunes, D. S. Trentin, J. W. Bonfanti, C. C. F. Pinto, L. R. R. Perez, A. J. Macedo, A. L. Barth : *APMIS*, **118**, 873 (2010).
- 7) T. Tsukatani, T. Kawaguchi, H. Suenaga, M. Shiga, T. Ikegami : *J. Microbiol. Biotechnol. Food sci.*, **6**, 677 (2016).



江藤陽介 (Yosuke Eto)
株式会社同仁化学研究所 (〒861-2202
熊本県上益城郡益城町田原 2025-5).
E-mail : eto@dojindo.co.jp



高口唯奈 (Yuina KOUGUCHI)
株式会社同仁化学研究所 (〒861-2202
熊本県上益城郡益城町田原 2025-5).
E-mail : y-kouguchi@dojindo.co.jp



中尾美紀子 (Mikiko Nakao)
株式会社同仁化学研究所 (〒861-2202
熊本県上益城郡益城町田原 2025-5).
E-mail : u-mikiko@dojindo.co.jp



高橋政孝 (Masataka TAKAHASHI)
株式会社同仁化学研究所 (〒861-2202
熊本県上益城郡益城町田原 2025-5).
E-mail : m.takahashi@dojindo.co.jp

会社ホームページ URL :

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

関連製品ページ URL :

<https://www.dojindo.co.jp/products/B601/>

<https://www.dojindo.co.jp/products/B603/>

<https://www.dojindo.co.jp/products/B606/>

高濃度アルカリ中の微量陰イオンの定量

インライン中和-イオンクロマトグラフィー

小林 泰之, 山本 喬久

1 はじめに

イオンクロマトグラフィー (IC) のキーテクノロジーは、サプレッサと低イオン交換容量の分離カラムの二つである。サプレッサは、溶離剤の対イオンを除去して溶離液の電気伝導度を低減するデバイスである。サプレッサの使用により、ppm (mg/L)~ppb ($\mu\text{g/L}$) の微量無機イオンの定量が可能となる。しかし、サプレッサのイオン除去能には限界があるため、低イオン交換容量 (10~100 $\mu\text{mol/mL}$) のイオン交換樹脂を用いて溶離液濃度を低減している。

低イオン交換容量のイオン交換樹脂が IC の高感度/高精度定量を達成しているのであるが、高濃度/高pH 試料の測定は容易ではない。試料溶液の pH が大きく変化すると保持時間変動が生じる (図 1)。試料溶液の pH が移動相 pH より高い場合には保持時間の低下が生じ、ピーク形状の変形も生じる。したがって、何らかの方法で試料溶液を適正 pH に調整する必要がある。しかし、純水や移動相による希釈では pH 調整範囲が狭すぎる。また、酸やアルカリで pH 調整をすると、それらが新たな妨害マトリックスとなってしまう。さらに、オフライ

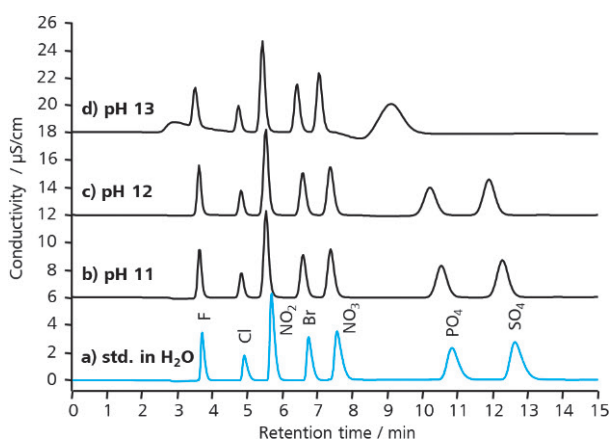


図 1 陰イオン分析における試料 pH の影響

カラム, Metrosep A Supp 4 - 250/4.0; 溶離液, 1.8 mmol/L Na_2CO_3 /1.7 mmol/L NaHCO_3 ; 流量, 1.0 mL/min; 温度, 30 $^\circ\text{C}$; 検出器, CD; 注入量, 20 μL . 試料濃度: F=2 mg/L, Cl=2 mg/L, NO_2 =10 mg/L, Br=10 mg/L, NO_3 =10 mg/L, PO_4 =20 mg/L, SO_4 =10 mg/L. 1 mol/L NaOH で pH 調整.

ンの希釈では希釈操作中における、実験室環境からの試料汚染も無視することはできない。

上記問題に鑑み、Metrohm ではサプレッサの対イオン除去機能を活用したインライン中和デバイスを開発した¹⁾。本稿では、インライン中和-IC システムを用いるアルカリ溶液中の微量陰イオンの定量法を紹介する。

2 インライン中和-IC システム

2.1 中和デバイス

IC の特徴的な技術としてサプレッサがある。一般に、陰イオン分析では希薄濃度の NaOH や Na_2CO_3 が溶離液に用いられる。サプレッサは、溶離剤の対イオンであるアルカリ金属イオンを取り除き、溶離液を水あるいは低導電性溶液 (H_2CO_3 等) に変換することにより溶離液の電気伝導度を低減する。このサプレッサ内での反応は、イオン交換反応による中和反応のほかならない。この機能を用いれば試料溶液を汚染させることなく試料溶液を中和させることができる。

図 2 に、Metrohm の中和デバイス SPM Rotor A の構造と機能を示す。中和デバイスの構造は、陰イオン分析用サプレッサ MSM Rotor A とまったく同じである。中和デバイスには三つのカートリッジがあり、それぞれに H^+ 型強酸性陽イオン交換樹脂 (スルホン酸型) が充填されている。1 カートリッジあたりの陽イオン交換容量は 1.8 meq. である。

例えば、NaOH 水溶液中の陰イオンを測定する場合、試料である NaOH 水溶液は測定ラインに置かれた一つ

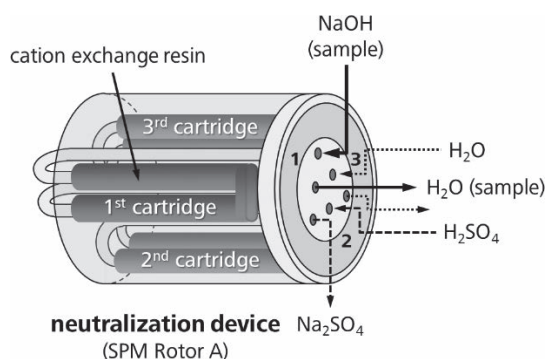


図 2 中和デバイス Metrohm SPM Rotor A の構造と機能

のカートリッジに注入され、強酸性陽イオン交換樹脂のイオン交換反応によって中和される。中和された試料溶液は中和デバイス内で拡散しているため、イオンクロマトグラフの6方バルブに装着した濃縮カラムで濃縮した後に陰イオン交換カラムで分離定量される。

中和反応後、中和デバイスを回転させて使用したカートリッジを再生ラインに移し、再生液で強酸性陽イオン交換樹脂を再生する（強酸性陽イオン交換樹脂の対イオンを H^+ 型に戻す）。通常、強酸性陽イオン交換樹脂の再生には硫酸を用いる。硫酸による再生後、中和デバイスをさらに回転させて洗浄ラインに移し、純水で洗浄する。この中和→再生→洗浄の手順を繰り返すことで、アルカリ溶液を連続して中和することが可能となる。

2.2 インライン中和-ICシステム

図3に、Metrohmのインライン中和-ICシステムの構成を示す。中和デバイス g は、サンプルプロセッサの6方切り替えバルブ c とイオンクロマトグラフの6方切り替えバルブ l との間に装着される。試料溶液はサンプルプロセッサの6方切り替えバルブ c の試料ループ d で計量・注入して中和デバイス g に注入され、中和デバイス g でアルカリ金属イオンが除去され中和される。中和デバイス g を通過した試料溶液は、イオンクロマトグラフの6方切り替えバルブ l に装着された陰イオン濃縮カラム m （例えば、Metrosep A PCC 2 HC/4.0）に導入され、中和された試料溶液中の陰イオンが濃縮される。陰イオン濃縮カラム m で濃縮された陰イオンは、溶離液 o で溶離され、陰イオン分離カラム r で分離後、電気伝導度検出器 v で検出される。

なお、試料中和に使用されたカートリッジは、陰イオンの測定中に中和デバイスの回転によって再生ラインに

移行し、硫酸で強酸性陽イオン交換樹脂が再生される。

3 インライン中和-ICの応用

3.1 中和デバイスのナトリウムイオン除去率

10 % w/v および 25 % w/v NaOH 水溶液各 20 μ L を中和デバイスに注入してナトリウムイオンの除去率を調べた。中和デバイス通過液中のナトリウムイオンを濃縮カラム法で測定した。10 % w/v NaOH 水溶液の中和デバイス通過液中のナトリウムイオン濃度は、純水注入によって求めたブランク値と同等であり、ナトリウムイオンは中和デバイスで完全に除去可能であると判断した。一方、25 % w/v NaOH 水溶液の中和デバイス通過液中からは 0.013 mg/L のナトリウムイオンが検出された。この結果を基に求めたナトリウムイオン除去率は 99.999 % 以上であり、本中和デバイスは 25 % w/v NaOH 水溶液中の陰イオン分析に適用可能であると判断した。

3.2 アルカリ溶液中の陰イオンの測定

図4に、1 mol/L Na_2CO_3 および NaOH で調製した陰イオン標準液のクロマトグラムを示す。標準溶液 20 μ L を分離カラムに直接注入した時のクロマトグラムを黒線で、インライン中和システムを用いた時のクロマトグラムを緑線で示した。

1 mol/L Na_2CO_3 で調製した陰イオン標準液の場合（図左黒線）、ウォーターディップの位置に非常に大きな正のピークが観察され、同時に数本のピークが観察されている。しかし、これらのピークを同定することはできない。一方、インライン中和システムを用いた場合（図左緑線）には、7 種陰イオンのピークが良好なピーク形状で観察され、試料 pH の影響を受けずに精度良く測定

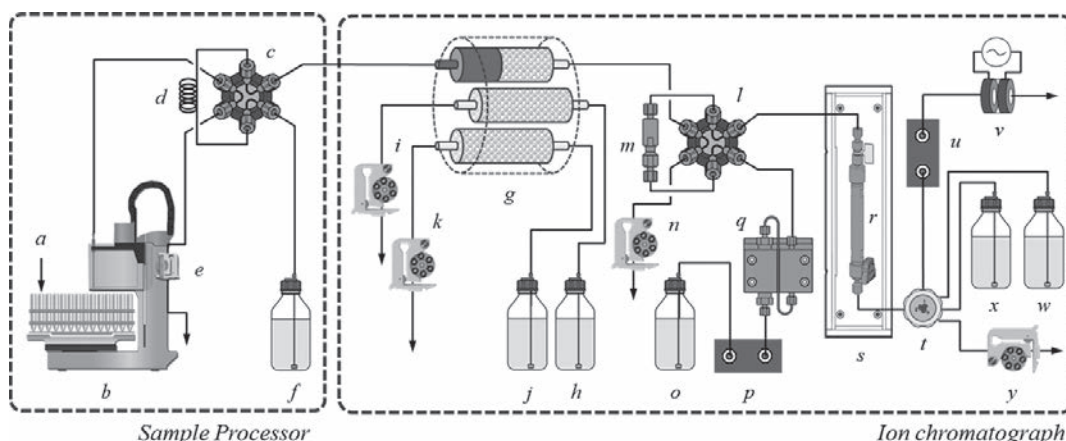
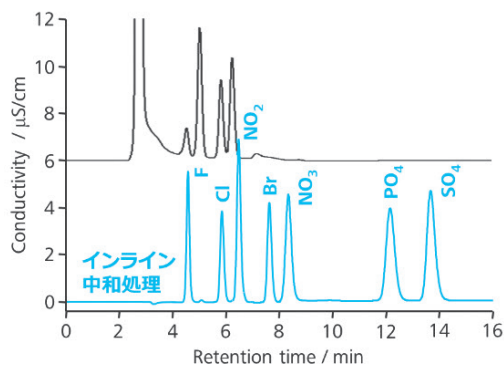


図3 インライン中和-ICシステムの構成

- a) 試料溶液, b) サンプルプロセッサ, c) 6方切り替えバルブ（インジェクタ）, d) 試料ループ, e) ペリスタリックポンプ-1, f) 純水, g) 中和デバイス（SPM Rotor A）, h) 中和デバイス用再生液（硫酸）, i) ペリスタリックポンプ-2, j) 純水, k) ペリスタリックポンプ-3, l) 6方切り替えバルブ, m) 陰イオン濃縮カラム, n) ペリスタリックポンプ-4, o) 溶離液, p) インラインデガッサ, q) 溶離液ポンプ, r) 陰イオン分離カラム, s) カラムオープン, t) サプレッサ（MSM Rotor A）, u) 炭酸サプレッサ（MCS）, v) 電気伝導度検出器セル, w) サプレッサ用再生液, x) 純水, y) ペリスタリックポンプ-5.

a) 1 mol/L Na₂CO₃, 20 μL injected



b) 1 mol/L NaOH, 20 μL injected

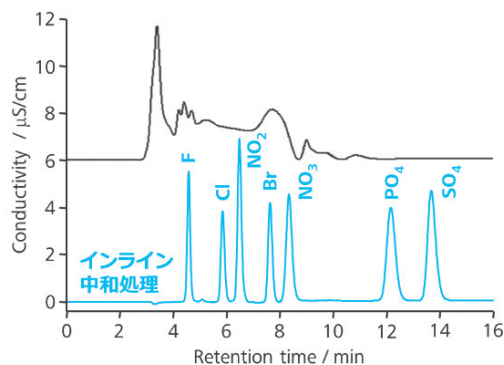


図4 1 mol/L Na₂CO₃ および 1 mol/L NaOH 中の陰イオンの測定

カラム, Metrosep A Supp 4 - 250/4.0; 溶離液, 1.8 mmol/L Na₂CO₃/1.7 mmol/L NaHCO₃; 流量, 1.0 mL/min; 温度, 30 °C; 検出器, CD; 注入量, 20 μL. 試料濃度: F=2 mg/L, Cl=2 mg/L, NO₂=10 mg/L, Br=10 mg/L, NO₃=10 mg/L, PO₄=20 mg/L, SO₄=10 mg/L.

できることが分る. なお, Na₂CO₃ を多く含む試料の場合, インライン中和デバイスを通過させることで試料溶液の中和はできるが, 試料中に高濃度の炭酸イオン (CO₃²⁻) が残存してしまう. 炭酸イオンは, クロマトグラム中に炭酸ディップとして現れて定量の妨害となる. この炭酸イオンによる妨害はサブレッサの後ろに炭酸サブレッサ (MCS) を接続することで解消できる.

1 mol/L NaOH で調製した陰イオン標準液の場合 (図右黒線) には, ウォーターディップの位置に出現する正のピークは Na₂CO₃ のときよりも小さいが, 陰イオンに基づくと思われるピークを明確に認識することができない. 一方, インライン中和システムを用いた場合 (図右緑線) には, 7 種陰イオンのピークが良好なピーク形状で観察され, 試料 pH の影響を受けずに精度良く測定できることが判る. なお, NaOH の場合も環境中の炭酸ガスを吸い込んでいる可能性があるので炭酸サブレッサを使用するのが好ましい. 図4において, インライン中和システムで測定された陰イオンのピーク面積値を, 純水で調製した陰イオン標準液のピーク面積値と比較したところ, すべての陰イオンで 98 % 以上であった.

3.3 工業用 NaOH 中の陰イオンの定量²⁾

工業用 NaOH 水溶液 (濃度: 48 % w/v) の試験方法としては日本産業規格 JIS K 1200 があり, 日本ソーダ工業会 (JSIA) の業界規格 JSIA 01₋₁₉₉₈³⁾ でも JIS K 1200 が規定されている. 塩化物イオンの試験方法としては, JIS K 1200-3-1⁴⁾ にチオシアン酸水銀 (II) 吸光光度分析方法, JIS K 1200-3-2⁵⁾ にホルハルト改良法およびイオンクロマトグラフ分析方法が規定されている. 硫酸イオンの試験方法は, JIS K 1200-4⁶⁾ に硫酸ナトリウム含有量の求め方として, 硫酸バリウム比濁法, クロム酸バリウム吸光光度分析方法およびイオンクロマトグラフ分析方法が規定されている. しかし, 水銀含有廃棄

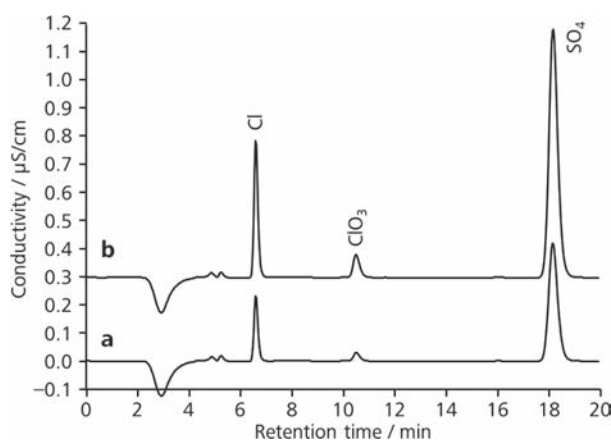


図5 インライン中和-IC による試薬特級 48 % w/v NaOH 水溶液 a) および標準添加試料 b) 中の陰イオンの測定

カラム, Metrosep A Supp 16 Guard/4.0 + Metrosep A Supp 7 - 150/4.0; 溶離液, 3.6 mmol/L Na₂CO₃; 流量, 0.7 mL/min; 温度, 45 °C; 濃縮カラム, Metrosep A PCC 2 HC/4.0; 注入量, 20 μL.

物の規制⁷⁾⁸⁾ が強化されており, チオシアン酸水銀 (II) 吸光光度分析方法に代わり JIS K 1200-3-2⁵⁾ のイオンクロマトグラフ分析方法が主流となると推定される.

図5に, 本インライン中和-IC システムを用いて測定した試薬特級 48 % w/v NaOH 水溶液中の標準陰イオンのクロマトグラムを示す. 試料は JIS K 1200-3-2⁴⁾ に従って 10 倍希釈し, その 20 μL をインライン中和-IC システムに注入した. 試薬特級 48 % w/v NaOH 水溶液からは塩化物イオン, 塩素酸イオンおよび硫酸イオンが検出され, それぞれの定量値 (元液換算, n=3) は 2.19 mg/L, 1.19 mg/L および 11.10 mg/L であった. 定量値の繰り返し再現性 (RSD, n=3) は 0.4 % 以下, 添加回収率は 99.5~103.3 % と良好であった.

なお, 上記条件下での, 塩化物イオンおよび塩素酸イオンの検出限界 (S/N=3) はそれぞれ 0.19 μg/L および 0.45 μg/L, また定量下限 (S/N=10) は, 0.63 μg/L および 1.50 μg/L であった. 硫酸イオンは中和デバイス

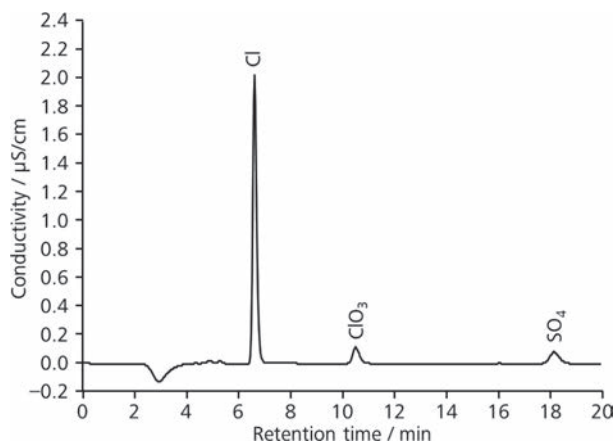


図6 10倍希釈工業用NaOH水溶液中の陰イオンの測定
測定条件は図5と同じ。

表1 工業用NaOH水溶液中の陰イオンの測定結果

	単位	Cl	ClO ₃	SO ₄
定量値	mg/L	1.427	0.465	0.235
再現性 RSD	%	0.84	0.83	0.67
添加濃度	mg/L	1.537	0.516	0.264
測定値	mg/L	3.016	0.992	0.493
回収率	%	101.8	101.1	102.6
再現性 RSD	%	0.59	0.56	0.67
元液濃度	mg/L	14.27	4.65	2.35

の強酸性陽イオン交換樹脂に基づくブランクピークが検出され、その平均は0.018 mg/L、繰り返し再現性 (RSD, $n=3$) は9.6%であった。このブランク値の標準偏差から計算した検出限界 (3σ) および定量下限 (10σ) はそれぞれ5.20 µg/L および17.32 µg/Lであった。

次いで、工業用NaOH水溶液 (濃度: 48% w/v) 中の陰イオンの定量を行った。工業用NaOH水溶液には1種と2種の2種類があり、JSIA 01₋₁₉₉₈³⁾には、塩化ナトリウム濃度としてそれぞれ0.05%以下および1.3%以下の品質が規定されている。これらの値を塩化物イオン濃度に換算すると、それぞれ、0.0303% (303 mg/L) 以下および0.788% (7880 mg/L) 以下となる。

工業用NaOH水溶液 (濃度: 48% w/v) を、JIS K 1200-3-2⁵⁾に従って10倍希釈し、その20 µLをインライン中和-ICシステムに注入して測定した結果を図6に示す。工業用NaOH水溶液においても、試薬NaOH水溶液と同様に塩化物イオン、塩素酸イオンおよび硫酸イオンの3成分が検出された。定量結果を表1に示す。塩化物イオン濃度は14.3 mg/L (塩化ナトリウム換算濃

度は23.5 mg/L) であり、JSIA 01₋₁₉₉₈³⁾に既定されている1種の品質以下であった。3種陰イオンの定量値の繰り返し再現性は1%以下で、添加回収率は101.1~102.6%と良好であった。

4 おわりに

本稿では、サプレッサのイオン除去機能を活用した中和デバイスを用いたインライン中和-ICによる高濃度NaOH中の陰イオンの定量について紹介した。本法を用いることで、高pH試料中の微量陰イオンを再現性良く定量可能となる。インライン中和-ICは、工業用アルカリ水溶液の他、アルカリ抽出液や高塩濃度試料等の中の陰イオンの定量に有用であり、種々の分野で使用されることを期待する。

文 献

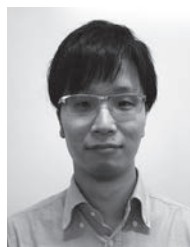
- 1) 鈴木清一, 山本喬久, 小林泰之, 井上嘉則: 分析化学 (*Bunseki kagaku*), **68**, 163 (2019).
- 2) 鈴木清一, 山本喬久, 小林泰之, 井上嘉則, 吉川賢治, 遠山岳史: 分析化学, **69**, 291 (2020).
- 3) 日本ソーダ工業会規格 JSIA 01, 水酸化ナトリウム液 (液体か性ソーダ) (1998), (日本ソーダ工業会).
- 4) JIS K 1200-3-1, 工業用水酸化ナトリウム—第3部: 塩化物含有量の求め方—第1節: チオシアン酸水銀 (II) 吸光光度分析方法 (2000), (日本規格協会).
- 5) JIS K 1200-3-2, 工業用水酸化ナトリウム—第3部: 塩化物含有量の求め方—第2節: ホルハルト改良法, イオンクロマトグラフ分析方法 (2000), (日本規格協会).
- 6) JIS K 1200-4, 工業用水酸化ナトリウム—第4部: 硫酸ナトリウム含有量の求め方 (2000), (日本規格協会).
- 7) 環境省: 水銀廃棄物の適正処理について, (https://www.https://www.env.go.jp/recycle/waste/mercury-disposal/H2906_setsumei_01.pdf), (accessed 2021-9-15).
- 8) 環境省: “水銀廃棄物ガイドライン”, 環境省大臣官房廃棄物・リサイクル対策部, 平成29年6月.



小林泰之 (Yasuyuki KOBAYASHI)

メトロームジャパン株式会社 (〒143-0006 東京都大田区平和島6-1-1 東京流通センターアネックス9F)。《趣味》料理、旅行。

E-mail: yasuyuki.kobayashi@metrohm.jp



山本喬久 (Takahisa YAMAMOTO)

メトロームジャパン株式会社 (〒143-0006 東京都大田区平和島6-1-1 東京流通センターアネックス9F)。《現在の研究テーマ》インライン前処理-ICシステムの構築及びその応用に関する研究。《趣味》カメラ、読書、愛犬との散歩。

E-mail: takahisa.yamamoto@metrohm.jp

メトロームジャパン株式会社ホームページ

<https://www.metrohm.com/ja-jp>

メトロームジャパン株式会社イオンクロマトグラフページ：

https://www.metrohm.com/ja-jp/products-overview/ion_chromatography/

原 稿 募 集

「技術紹介」の原稿を募集しています

対象：以下のような分析機器，分析手法に関する紹介・解説記事

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

報など

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

お問い合わせ先：

日本分析化学会『ぶんせき』編集委員会

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

●——ヒトの全身に分布する薬剤を一度に画像化できるPET装置

陽電子放出断層撮影 (Positron Emission Tomography ; PET) は、陽電子放出核種を含んだ薬剤を生体に投与することで、体内のタンパク質などの分子の変化や働きを非侵襲的に可視化できるイメージング技術である。臨床においては、悪性腫瘍や心疾患などの診断に広く用いられている。

PET では、放射性薬剤投与後に経時的にスキャンし続けることで、薬剤の時空間的な分布および動態を解析できる。しかし、現在汎用されている臨床用のPET装置の検出器は体軸方向の長さが15~30 cm程度であり、一度に撮影できる領域は人体の限られた部位に限定されている。このような装置を用いて全身を撮影するためには、検出器を移動させる必要があるため、高い時間分解能を達成することは難しかった。

そこでBadawiらは一度に全身をPET撮影できるようにするため、検出器の体軸方向の全長が194 cm (世界平均身長は約165 cm) のPET/CT装置 (uExplorer) を開発し、2019年に*Nature*誌で紹介された¹⁾。このPET/CT装置は全身撮影が可能である上に感度も向上しているため、放射性薬剤の正確な全身体内動態解析を可能とし、生理学、生化学、薬理学などの様々な研究領域における新たな分析技術となり得る。Zhangらは本装置を用い、適切な画像再構成法を見だし、ヒトの全身を対象として薬物動態パラメータを解析可能なパラメトリックイメージングの性能を実証した²⁾。また、撮像時間1秒というごく短いタイムフレームでもノイズが少なく、従来法と比較して優れた画質の全身PET画像を得ることができることを示した。さらに最近では、放射線被ばくを避ける目的で少ない放射能の薬剤を投与した際に得られる画像の検証や、装置の定量性に関する検討など、新たに登場した本PET/CT装置の性能評価を行う論文が報告されている³⁾。

本装置は本格利用が始まったばかりであり、ヒト生体を分析した報告例はまだ多くない。しかし、ヒトの全身に分布していく薬剤の様子を秒スケールの時間分解能で可視化できるため、薬物動態解析などの分野で新たな知見を導く可能性があるかと筆者は期待している。筆者も機会があれば是非、本装置による全身PET撮像の被験者となり、自らの体内に薬剤がめぐりわたる様子を可視化してみたい。

1) S. Reardon : *Nature*, **570**, 285 (2019).

2) X. Zhang, Z. Xie, E. Berg, M. S. Judenhofer, W. Liu, T. Xu, Y. Ding, Y. Lv, Y. Dong, Z. Deng, S. Tang, H. Shi, P. Hu, S. Chen, J. Bao, H. Li, J. Zhou, G. Wang, S. R. Cherry, R. D. Badawi, J. Qi : *J. Nucl. Med.*, **61**, 285 (2020).

3) E. K. Leung, E. Berg, N. Omidvari, B. A. Spencer, E. Li, Y. G. Abdelhafez, J. P. Schmall, W. Liu, L. He, S. Tang, Y. Liu, Y. Dong, T. Jones, S. R. Cherry, R. D. Badawi : *Phys. Med. Biol.*, **66**, 205008 (2021).

[北海道大学大学院薬学研究院 中島孝平]

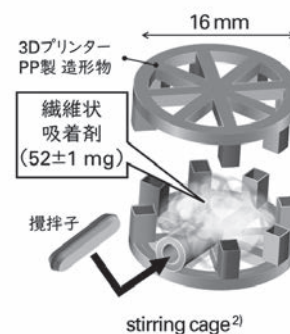
●——粒子状あるいは繊維状吸着剤を適用したスターバー抽出 (SBSE) 法

スターバー抽出 (stir-bar sorptive extraction, SBSE) は、1999年にBaltussenらが開発した液性試料に対する抽出技術である (*J. Microcolumn Sep.*, **11**, 737 (1999))。固定相としてポリジメチルシロキサン (PDMS) などが被覆されたガラス製の攪拌子 (スターバー) を試料溶液中で攪拌するという簡便な操作によって試料前処理が可能となる方法である。これまで、スターバーへのPDMSの被覆量向上や新規固定相の検討等によってスターバーの機能向上が図られてきたが、近年、新しい取り組みとして粒子状や繊維状の吸着剤のSBSEへの適用が報告されている¹⁾²⁾。

Sukreeら¹⁾は、イオン交換樹脂と金属製ロッドをステンレス鋼製の網で筒状に包み込み、テフロン製のキャップで両端を閉じるというシンプルな手法で粒子状吸着剤をSBSEに適用した (図1上)。このスターバーを、10~1000 ppbの濃度でフタル酸エステル類をスパイクした食品試料 (5 mL) 中で、45分間攪拌したのち、アセトニトリル (5 mL) 中で3分間攪拌し、81.89~109.5



stainless steel net dumbbell-shaped stir-bar¹⁾



stirring cage²⁾

図1 文献1, 2)を参考に作図したスターバーの外観

%の回収率で被検成分を抽出した。一方, Šrámkováら²⁾は, 3D プリンターを用いて作製した PP 製の造形物の中に繊維状吸着剤を内包させる stirring cage を報告した (図 1 下)。stirring cage を, 5, 50 ppb の濃度でビスフェノール類をスパイクした地表水 (100 mL) 中で, 50 分間攪拌したのち, メタノール (5 mL) 中で 35 分間攪拌し, 74.7~113.6 %の回収率で被検成分を抽出した。どちらの手法も, 特殊な技術を用いることなく, 簡便にスターバーを作製できるところに利点がある。

このように, ユニークな手法によって粒子状や繊維状

の吸着剤を適用した SBSE 法が報告されている。吸着剤についても, 多種多様な形状, 素材のものが開発されており, 吸着剤を広範な用途で簡便に利用するための技術の発展が今後も期待される。

1) W. Sukree, D. Sooksawat, P. Kanatharana, P. Thavarungkul, C. Thammakhet-Buranachai : *J. Environ. Sci. Health B*, **55**, 60 (2020).

2) I. H. Šrámková, B. Horstkotte, J. Erben, J. Chvojka, F. Švec, P. Solich, D. Šatínský : *Anal. Chem.*, **92**, 3964 (2020).

[愛知工業大学大学院工学研究科 三木 雄太]

原 稿 募 集

トピックス欄の原稿を募集しています

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

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

なお, 執筆者自身の文献を主として紹介するこ

とは御遠慮ください。又, 二重投稿は避けてください。

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

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

(公社)日本分析化学会「ぶんせき」編集委員会

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



予期せぬこと

北海道立総合研究機構の姉崎克典さんよりバトンを受けました。弘前大学大学院理工学研究科の川上淳と申します。姉崎さんは、20年以上も前のこととなりますが、私が弘前大学理学部に助手として着任して直ぐの頃の学生さんです。私は、有機化学講座でしたが、姉崎さんは、いずれも日本分析化学会東北支部長を務められた大関邦夫先生や糠塚いそし先生のおられた分析化学講座の優秀な学生さんでした。

さて、本題に入りますが、人生の中では、“予期せぬこと”に大なり小なり出会うものです。

私の最初の大きな“予期せぬこと”は、母校の東邦大学を卒業後、同大大学院に入学して直ぐの頃に訪れました。それは、医師で、現在の私と同じく大学教授でもあった父が、54歳という若さで、^{がん}癌で亡くなったことと、同時期に私自身が左半身に障害の残る大病をしたことです。それまで私が経験してきた病気や怪我は、治療をすると治るものばかりでしたので、父の死や、障害の残るような“治らない病気”があるという現実には、少なからず衝撃を受けました。私は、リハビリ生活を経て、なんとか大学院に復帰することができましたが、有機化学の研究室の所属だったため、病前前は、有機合成実験をしていましたが、指導教授の岩村道子先生にご配慮いただき、しばらくの間は理論計算化学を勉強することになりました。現在では、有機化学者が理論計算を利用するのは当たり前ですが、当時は、少し大きな分子になると、計算機センターの大型コンピューターで数日の計算時間を要するなど、理論計算はまだ物理化学の一部の専門家が扱うものという感じでした。ですから、有機化学を専門とする自分が、コンピューターを用いて理論計算をするようになるとは全く“予期せぬこと”でした。しかし、この時に理論計算化学を勉強したおかげで、その後の研究で大きな助けとなりました。そして今やパソコンの性能が飛躍的に向上したことで、理論計算は有機化学者の誰もが使う、研究に欠かせないツールの一つとなっています。

さて、大学院までは、合成したモデル分子を用いて、光誘起電子移動や分子内エキサイプレックス形成について、物理有機化学的な研究を行っておりましたので、分析化学を、あまり身近に感じたことはありませんでした。平成6年3月に博士の学位を取得し、その5月に弘前大学に助手として着任することができましたが、当

時の地方国立大学は設備も古く、十分な測定機器もございませんでしたので、大学院時代と同じような研究を続けることは少し難しい気がしました。そこで、新たな研究テーマを、蛍光分析試薬である蛍光性化学センサーの合成と応用に決めました。ここで初めて分析化学を意識するようになり、日本分析化学会にも入会しました。平成9年10月に理学部から理工学部へ改組され、小講座制から大講座制へ変わった際には、前述の分析化学がご専門の大関先生や糠塚先生と同じ大講座の一員となり、約10年間一緒に過ごしました。現在は、大講座制も廃止され、各研究室単位での活動となり、私は有機化学系の学会に出席することが多いのですが、時折、日本分析化学会の年会や討論会にも出席し、*Anal. Sci.*誌に論文投稿もさせていただいております。また、弘前で日本分析化学会の催しがある場合は、会員としてお手伝いもしております。学生時代の自分を考えると、研究テーマの変更による日本分析化学会とのかかわりも、“予期せぬこと”の一つと言えるかもしれません。

最後に、最近の“予期せぬこと”を二つ。実は、令和2年3月に、最愛の妻が、55歳の若さで、父と同じ様に癌で亡くなりました。癌が見つかったから僅か10か月後のことです。私にとって、これほど悲しく“予期せぬこと”はありませんでした。定年までには、まだ十年程ありますが、老後は妻と一緒に楽しく穏やかに暮らせたならと漠然と考えていた未来は、叶わぬ夢となりました。そしてもう一つは、新型コロナウイルスのパンデミックです。大学の授業も、学会発表もオンラインと、まさに世界が一変しました。誰がこのような状況を予想できたでしょうか。この原稿は、令和3年10月に書いているのですが、掲載予定の令和4年2月にはどのような状況になっているのでしょうか。新型コロナウイルス感染症が終息することを祈るばかりです。

今回、“予期せぬこと”について書いて来ましたが、“予期せぬこと”は思いのほか多く起こるような気がします。災い転じて福となす場合も、そうではない場合も様々あるとは思いますが、どんな時でも、慌てることなく、何か希望を持って、前向きに生きて行きたいものです。私のリレーエッセイはこれで終わりです。私のバトンは、東北大学大学院理学研究科の佐藤雄介先生にお渡ししたいと思います。乞うご期待ください。

〔弘前大学大学院理工学研究科 川上 淳〕

JASIS 2021 見聞録

(Japan Analytical & Scientific Instruments Show)

分析機器、科学機器メーカーが一堂に会する最先端科学・分析システム&ソリューション展 JASIS2021 が幕張メッセ（千葉県千葉市美浜区）で開催されました（図1）。例年は9月上旬の水曜日から金曜日までの3日間でしたが、昨年開催予定だった東京オリンピック・パラリンピックが新型コロナウイルス感染症拡大により今年に延期となり、またそれに伴う急な会場手配もあったことから、2021年11月8日（月）～11月10日（水）に開催となりました。この時期のコロナ感染状況は、8月中旬に感染のピークがあった第5波も9月には収束しつつあり、10月には緊急事態宣言やまん延防止等重点処置も解除されました。イベント開催の制限が緩和されていましたが、JASIS 2021 では昨年に引き続き万全を期したコロナ感染症対策が採られました。JASIS 2021 の入場者は合計8490名（1日目3041名、2日目2724名、3日目2725名）、出展者数は270社（機関）であり、出展者数は昨年と同程度、入場者は1200名ほど増加しました。コロナ禍以前の2017年から2019年では入場者が平均23987人、出展者数が平均492社（機関）であり、その頃に比べると半分程度となります。一方、「180日間、どこでも」出展、参加できるというコンセプトで2017年からウェブで開催されている JASIS WebExpo® の閲覧者数は、2017-2018 が3887人、2018-2019 が4818人、2019-2020 が11461人と年々増加しており、2020-2021 においては会期終了2か月前で既に10000人を超えていました。この閲覧者数は JASIS 2021 の入場者数より多く、JASIS がいち早く取り組まれたウェブと展示会のハイブリッド開催は、



図1 JASIS2021 展示会場の様子

コロナ禍だけでなく時代のニーズを捉えたものとなっていると感じました。

取材は開催2日目の11月9日（火）に行い、当日の10時頃に現地に到着しました。受付での混雑は見られず、WEB 事前入場登録が浸透したことと、会場入り口での体温チェックやアルコール消毒などがスムーズに行われるよう配慮されていたこと、そして係員の行き届いた対応によるものと感じました（図2）。展示会場に移動すると、適度な距離が保たれながらも多くの方が通路で行き交い、また、ブースで来場者が機器を見たり係員の方と話したりする様子を拝見し、例年見ていた JASIS の光景と同じで、それがとても懐かしく、そして嬉しく思いました（図3）。11時に事務局を訪ね、JASIS 委員会委員長の杉田隆通様、技術委員会委員長の杉沢寿志様、事務局長の若尾豪様から、プレス発表をベースに



図2 会場入り口のコロナ感染対策



図3 インフォメーションの様子
(特別な許可を得て撮影しています。また撮影時のみマスクを外しています。)

JASIS 2021 について丁寧に 1 時間ほどご説明いただきました。JASIS の未来に向けてのメッセージは“「測る」が支える未来の社会～ゆたかな暮らし、産業・科学の発展を支えるとともに、さまざまな連携によるイノベーションの機会を創造していきます。未来に向かって…～”です。これは、JASIS が With コロナ、脱炭素、災害など様々な社会課題の解決につながるヒントを見つけ、ビジネスチャンスを生み出す場になるという想いが込められています。

さて、JASIS でのセミナー見どころについては、四つご紹介いただきました。一つ目は、昨年までの主催者企画セミナー、オープンソリューションフォーラム、JASIS セミナーなどを一つにした「トピックスセミナー」です。これは、「現在社会に求められている様々な課題解決」にかかわるトピックスを分析・科学機器業界注目のテーマごとに専門家や有識者が講演・解説するものです。当日の混雑を避けるため Web での事前申込となっていました。会期前に既に満席だったそうです。また、JAIMA セミナーの「これぞあなたも専門家」は例年とても人気がありますが、このタイトルこそ今年に使われていないものの、「機器分析の基礎」というテーマで三つ講演がありました。一部セミナーを除き 2021 年 11 月下旬より JASIS WebExpo®にてアーカイブ配信されるので、ご興味のある方はぜひご視聴ください。

二つ目は、トピックスステージで、そのねらいは「JASIS のテーマとメッセージ発信の強化」、「セミナー講演者との距離感を縮める」、「出典企業の良さを来場者の方に伝える」の三つです。具体的な企画は次の三つで、トピックスセミナーの講師がステージに登壇してディスカッションや交流ができる企画、出展社がリレー



図 4 JASIS トップステージ会場



図 5 ポイントラリープレゼント引換カウンター
(特別な許可を得て撮影しています。また撮影時のみマスクを外しています。)

形式で最大 2 分間新製品・新技術を紹介する企画、そして、お客様に聞いた個性派企業・製品技術を紹介する企画です(図 4)。撮影時は準備時間でしたが、別の時間帯に伺った際には多くの聴講者が詰めかけ盛況な様子でした。

三つ目はポイントラリーです。ウェブサイトにポイントラリーが導入され、公式サイト上での事前来場登録、来場者専用ページへのログイン、来場者証の印刷、出展者紹介ページ、出展者への問い合わせなどにポイントが付与されるようになりました。当日会場への来場の動機付けとなり、また、来場者と出展者の積極的なコミュニケーションが生まれる機会にもなっておりました(図 5)。

四つ目は JASIS WebExpo® の内容の一新です。目的のコンテンツへより到達しやすく、そしてバーチャル感を出し、会場内を回遊しやすくされました。冒頭でも述べたとおりで多くの閲覧者があり、また、JASIS WebExpo® 2020-2021 の満足度についてのアンケートでは、約 87 % の方が「満足」または「やや満足」と回答され、利用者の評価が高いことも伺い知ることができました。

2022 年の JASIS は例年どおり 2022 年 9 月 7 日(水)～9 日(金)、場所は今年と同じ幕張メッセで開催されます。また、JASIS 関西 2023 も開催予定とのことです。これは第 2 回目となります。ぜひ、足を運んでいただければと思います。

最後になりましたが、取材にあたり、開催中のお忙しいところ貴重なお時間をいただいた JASIS 委員会及び事務局の皆様、運営に携わられた皆様に、この場を借りてお礼申し上げます。

日本大学生産工学部 齊藤和憲
国立研究開発法人産業技術総合研究所 津越敬寿



談 話 室

IUPAC の日本語訳について

筆者がドイツのフンボルト財団の留学生時（1974～1975）のドルトムントの研究所（INSTITUT FÜR SPEKTROCHEMIE UND ANGEWANDTE SPEKTROSKOPIE）でのコーヒータムの談話で《「科学（Sciences）の中の化学（Chemistry）」にはじまり「基礎と応用」が話題にのぼり、《日本の大学には応用化学科（Angewandte Chemie）という学科名が多くあるようだが、化学はそもそも応用化学（または科学）ではないの？》と問われ、筆者は《日本の大学には理学部（Faculty of Science）と工学部（Faculty of Technology）があり、前者にある化学の学科名が化学科であり、後者にあるそれが応用化学とされている！》と応じたことがあり、そのことがずっと頭の片隅にあった。

さて、IUPAC（国際純正及応用化学連合）とIUPAP（国際純粋及応用物理学連合）の日本語訳中の純正と純粋は共に、IUPACの「Pure」の訳語である。IUPACとIUPAPの設立は、それぞれ1919と1922年だから、訳語も前者が先だったのではなかろうか。

音楽の純正調や自動車の純正部品などからわかるように純粋と純正の語意に明確な違いがある。したがって、IUPACの訳語中で純正と訳したことには、確たる理由があったと考えられる。それは、化合物には毒物（たとえば、ヒ素、水銀、カドミウム、タリウムなど）があるからではないか。しかし、毒物を研究したからといって不純な化学ではない。また、IUPACのP（＝純粋）とA（＝応用）は、理学（Science）と工学（Technology）の対語に当たる。音楽は純正調を基本とし、化学工業では純正品を基本とし、学術での科学研究は純粋を基本とする。そして、英語のApplyには応用と純正の語意もあるように思う。

これらの諸事を考えれば、IUPACの訳語中のPもIUPAPと同じに「純粋」の方が良かったのではないか。また、学術研究の立つ位置は、自由で独立的に純粋であることから考えても純粋の方が良かったのではなかろうか。さらにいえば、科学の中の化学へのイメージにも関係すると思う。

関連した文章として、広田鋼蔵著「純正化学と社会的責任」（『化学と工業』、33（11）、1980）がある。その冒頭では、唐木順三氏の遺稿、『科学者の社会的責任についての覚之書』が

出版されたとある。そして最後に、「社会的責任を問われぬ分野は、今や化学に無くなったのか」と結んでいる。

また最近、IUPACの邦訳の「純正」を意識した文章を二つ目にした。それは、山本尚（日本化学会元会長）著、「化学と工業」、73（8）、2020）と「化学と教育」5号（2021）の巻頭言での関根嘉香著「不純な私のケミストリー」である。前者の文章中には「純正と応用」の言葉が用いられていた。後者の文章のタイトルの「不純」もIUPACの邦訳を意識したものと考えられる。

学術研究は純粋の立場にあるけれども、結果として社会と繋がる。そして、応用部門（＝A）は純正を前提に置く言葉でもある。ここで重要なことは、正しいか否か（真理に近いか遠いか）の判断をする責任が研究者にもあるという認識ではなかろうか。

その認識は、とりわけ政治家に求められるのではないか。そのことを、2020年秋の「学術委員会員任命拒否問題」のニュースがあった頃から著者は殊更に強烈に感じた。

化学者の報文の中で「純正」に関連した用語を目にすると、やはりIUPACの日本語訳を意識して用いているといった感じを抱くのは筆者のみだろうか。なお、大正・昭和の初期の頃には、物理と化学に対し、精密科学とも呼んでいたようだが、純正科学という用語はどこにも見たことがない。かくも稀で特別な言葉・用語がIUPACの邦訳としてなぜ採用されたのであろうか。

〔日本分析化学会名誉会員 木村 優〕

インフォメーション

第366回液体クロマトグラフィー研究懇談会

2021年12月14日（火）にZoomによるオンライン形式により標記研究懇談会が開催された。講演主題は「HPLC・UHPLCの進展：新規固定相、アプリケーションなど」として、カラム関連で3題、質量分析計関連で1題、装置関連で3題と、最後の講演総括を含め8題の講演が行われた。参加登録者は30名であった。

1題目はRestek（株）の海老原卓也氏により、「コアシェル、sub-2 μm粒子がもたらす3つのメリットー分離、時間短縮、コストー」の演題で講演いただいた。理論段数・保持係数・選択性（分離係数）のパラメーターによる分離の向上についての基礎的な説明から始まり、充填剤粒子の微粒子化による段数向上、コアシェル粒子の構造由来による段数の向上を解説いただいた。カラムの高性能化・理論段数の向上により短いカラムでの分析が可能となり、分析時間の短縮が可能となったことや、使用溶媒量の減少に伴い、高価な高性能カラムを用いたとしても、一分析あたりのコストが減少することを詳しく説明いただいた。

2題目は東ソー（株）の伊藤誠治氏により、「バイオ分野で用いられる種々の固定相の特性と応用例」の演題で講演いただいた。生体高分子を分析種としたIECやHICの分離には非多孔

性の充填剤が1990年代には開発されていたが、表面積の低さによる試料吸着量の低さが欠点として指摘されていた。しかし近年グラフトポリマー構造の表面処理を施すことにより、非多孔性の充填剤の低試料吸着量の欠点が克服され、さらに分離も向上することを解説いただいた。次にSECカラムについてもUHPLCの技術が導入され、物理的強度の維持と細孔容量の維持の相反する課題を克服し、2 μm のSEC用充填剤が開発され、4 μm の充填剤に比較し約1.8倍の理論段数が得られることを説明いただいた。最後に独特な特徴を有する固定相の開発としてFcレセプター固定化AFC用充填剤の説明があった。Fcレセプターとしてアミノ酸残基254、分子量約29000のFc γ RIIIaをリガンドとして固定化した非多孔性充填剤(粒子径5 μm)を用いたカラムを使用して、種々の抗体の分離例が紹介された。

3題目は住化分析センターの西岡亮太氏により、「アセチル化シクロデキストリン形キラル固定相の分離特性とアプリケーション」の演題で講演いただいた。住化分析センターのキラル固定相SUMICHIRALの歴史から始まり、最新のアセチル化 β -シクロデキストリンをセクターとするキラル固定相のエナンチオ分離特性を様々なキラルアミンを用いて詳しく説明いただいた。さらにクラウンエーテル形とシクロデキストリン形のエナンチオ分離特性の比較も解説していただいた。

4題目はエムエス・ソリューションズ(株)の高橋 豊氏により、「HPLC-MS, UHPLC-MSにおける質量分析計の進展」の演題で講演いただいた。イオン化部、質量分析部の技術革新によって、HPLC-MS, UHPLC-MSは汎用的になったことや、TOF-MSの特長は高速でのスペクトル取込だが、速すぎる設定は感度低下を招くこと、速いスペクトル取込スピードでも質量分解能は低下せず、OrbitrapはQ-Exactiveになって高分解能でもUHPLC-MSとして汎用可能になったことなどを詳しく説明いただいた。また、間違いやすい用語として、スキャンスピードとスペクトル取込スピードの原理的な面からの解説もいただいた。

10分間の休憩後、5題目は(株)日立ハイテクサイエンスの清水克敏氏より、「エアロゾルベースNQADの原理とアプリケーションの紹介」の演題で講演いただいた。紫外吸収を持たない物質を検出する手法としてのエアロゾルベース検出器NQAD(Nano Quantity Analyte Detector)について測定原理の説明をいただいた。カラムからの溶出液はドライエアを用いたネブライザーにより噴霧され、エバポレーターにより移動相および揮発性成分を蒸発させ、過飽和蒸気下で、不揮発性、半揮発性物質を核とした水分凝縮体を μm オーダーの液滴になるまで成長させた後、粒子カウンター(レーザー)で液滴をカウントし検出する全く新しい検出原理であり、重量依存型の検出ができることや、広いダイナミックレンジが特徴であることを解説いただいた。アミノ酸、脂肪酸、化粧品などのアプリケーションも紹介いただいた。

6題目はアジレント・テクノロジー(株)の林 慶子氏により、「測定対象化合物を選ばない最新のBio LC」の演題で講演いただいた。ペプチドやタンパク質、オリゴ核酸などの高分子化合物や生体化合物は金属との配位が起こりやすく、これらの化合物をリン酸緩衝液などを用いないLC/MS用の移動相を用いる

分析用のBio LCを詳しく説明いただいた。このBio LCはメタルフリーであるにもかかわらず、130 MPaの耐圧性能を持ち、汎用のUHPLC装置としての使用も可能であることも示され、アプリケーション事例の紹介としてピロミジン酸やストラツマブなどの分析例を詳しく説明いただいた。

7題目は(株)島津製作所の豊田悠介氏により、「SFCにおける固定相の選び方の提案」の演題で講演をいただいた。SFCにおける分離挙動は順相クロマトグラフィーと似ていると言われているが、固定相の種類により予想外の分離挙動が起こることがあるため、固定相の特性を7つのパラメーターとして、 π 電子との相互作用、双極子相互作用、プロトン供与体との水素結合、プロトン受容体との水素結合、分散相互作用、アニオンとの相互作用、およびカチオンとの相互作用に分類して様々な固定相を評価した結果について、詳細な説明をいただいた。

8題目には本研究懇談会の中村 洋委員長より総括が行われ、各講演内容のまとめと、それぞれの講演に対する示唆に富む指摘をいただいた。

例会終了後講演者を囲んでのZoomオンライン形式の情報交換会が開催された。参加者は10名で、初参加の京大の学生さんを交え、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、講演依頼を快諾していただいた講演者様並びにオンライン形式の例会を滞りなく運営していただいたWeb小委員会の皆様に深く御礼申し上げます。

(株)クロマニックテクノロジー 長江徳和



第375回ガスクロマトグラフィー研究懇談会研究会 開催報告

「主題：コロナ禍のもとでの研究活動」

本研究懇談会では、コロナ禍のなかで、新たな試みとしてWebセミナーを行うことで活動を継続し、普段は研究会に参加できない地方の会員の参加を得る等一定の成果を上げつつあります。昨年度の2021年2月に開催したオンライン形式での研究会をはじめ、6月開催の第373回研究会では運営委員の役割を忘れないよう、運営委員の紹介があれば学生も参加できるようにしました。初回は録画の配信のみ、2回目は配信元からライブ配信を加え、3回目になる今回は録画配信に加えてリモートでの講師参加も試みました。参加者も、運営委員の紹介があれば学生と(公社)日本分析化学会会員の参加もできるようにしました。また、直接会うことが難しい中で、コミュニケーションを図ることができるよう、講演ごとに質疑応答や情報交換することも試みました。

今回の研究会の主題として、貴重な記録としてコロナ禍での運営委員の研究、研究活動、研究室運営等を紹介する企画とし、企業の方からはコロナ禍でのラボワークやワークスタイルの変化に関連した話題を提供いただき、会員の方に情報提供しました。3時間にわたる研究会は3部に分かれ、研究活動紹介1として3題が提供されました。

講演題目と演者は、「長崎国際大薬学部佐藤研究室の研究と研究活動紹介(長崎国際大) 佐藤 博」で、研究室での学生の

研究状況や現在進めている研究・研究室の機器紹介等盛りだくさんの内容でした。「コロナ禍におけるガスクロマトグラフィーに関連した取り組み ―都産技の技術相談を中心に紹介― (都産技) 木下健司」では、東京都産業技術研究センターの簡単な紹介の後、コロナ禍での技術相談対応や相談案件を見越しての予備検討の紹介があり、相談件数は対応策ができた後では対策前より増加傾向にあるとのことで、中小企業向けの相談を中断しない工夫の成果が出ていました。「コロナ禍における山梨大学の講義・研究活動について (山梨大) 植田郁生」では、研究室の研究内容は6月に報告されたので、今回は主に、山梨大学全体の対応や、研究室として可能な限り対面での実習や講義を続ける努力が紹介されました。学外での活動、特に必修となっている学会参加と報告について、2年間リアルな学会開催がなく、従来の学会活動を経験しないまま卒業してしまう学生が出てしまったことは印象的でした。

企業からの、コロナ禍でのラボワークに関連した話題提供として3題が提供されました。「COVID-19 がもたらした共同研究などに関わる変化 (フロンティア・ラボ) 渡辺 壱」では、企業の活動紹介の後、研究開発型企業として実施している国際共同研究の変化が紹介されました。ロックダウンが続く中、現地 (ドイツ) のスタッフが果たす役割や、研究計画そのものの遂行に時間がかかるなかで研究成果を得ることの困難さなどが伝えられました。「コロナ禍でのワークスタイルの変化 (アサヒビール) 舩田 晋」では、管理側からの視点でリモートワークを行う中でのラボ運営やスタッフとのコミュニケーション維持、メンタル面での配慮などメリット・デメリットなど、現場の状況を紹介いただきました。定期的に事務室に集まる時間を作りコミュニケーションを図る取り組みなどの配慮は大切であると感じました。「リモート・ローテーションワークに貢献す

る前処理自動化技術 (アイスティサイエンス) 松尾俊介」では、ラボ分析を効率よく行うために役立つ前処理の自動化技術が紹介されました。時間がかかる前処理を自動化し、処理済みの試料をオンラインで分析に供することで実験室に滞在する時間を有効に活用するために役立ち、コロナ禍が収束した後も有効な技術と感じました。

最後の研究活動紹介2として3題提供され、「ガスクロマトグラフィー関連の研究と研究活動紹介 (産総研) 渡邊卓朗」では、研究室の簡単な紹介の後、組織の対応が研究を実施する現場に大きな影響を与えている例等が紹介されました。国際ビジネスでは日常的であるが、国際会議がオンラインになり移動時間はなくなったが時差のおかげで深夜の会議が増えることでストレスが増しているようでした。「日大生産工学部中釜研究室の研究と研究活動紹介 (日大工) 中釜達朗」では、Webでの講義資料の作成や受講者の理解度確認のためのレポート提出と確認等、受講の自由度が増した分提出物が増え、教える側も学生側も負担が増えた様子等が紹介されました。役に立つ教材作成と研究概要も紹介され興味深い内容でした。「酒類総合研究所でのガスクロマトグラフィーを活用した技術開発について (酒類研) 岸本 徹」では、財務省の研究所としての独特な研究について紹介され、研究活動の持続と成果紹介が行われました。将来につながる研究は技術移転が課題で、移転先との交流が回復するのを待つとのことです。

最後に委員長から、講師を含めて約50名の参加があり、参加いただいた方々に謝意を表明して終了しました。

WEB会議システムにご協力いただいた (一財) 大気環境総合センター様に心より御礼申し上げます。

〔ガスクロマトグラフィー研究懇談会副委員長
(元)産総研) 前田恒昭〕

執筆者のプロフィール

(とびら)

山本博之 (Hiroyuki Yamamoto)

量子科学技術研究開発機構量子ビーム科学部門高崎量子応用研究所 (東海駐在) (〒319-1106 茨城県那珂郡東海村白方2-4)。東京理科大学大学院理学研究科化学専攻博士課程修了。理学博士。《現在の研究テーマ》量子ビームを用いた分析技術の開発。《趣味》クラシック音楽、旅行、お酒とともに漫然と過ごす時間。

E-mail : yamamoto.hiroyuki@qst.go.jp

(ミニファイル)

岩井若菜 (Wakana Iwai)

ユニ・チャーム株式会社 Global WellnessCare Marketing 本部 JapanBrandManagement 部 ResearchG (〒108-8575 東京都港区三田3-5-27 住友不動産三田ツインビル西館)。東京農工大学大学院工学府生命工学専攻。

《現在の仕事内容》市場、消費者、環境やトレンド変化など幅広く情報収集し分析する。《趣味》映画鑑賞、グルメ巡り。

E-mail : wakana-iwai@unicharm.com

(トピックス)

中島孝平 (Kohei Nakajima)

北海道大学大学院薬学研究院 (〒060-0812 北海道札幌市北区北12条西6丁目)。北海道大学大学院生命科学院生命医薬科学専攻博士後期課程。博士 (薬科学)。《現在の研究テーマ》がん治療による免疫・炎症応答の生体イメージング。《趣味》パレーボール、キャンプ。

三木雄太 (Yuta Miki)

愛知工業大学大学院工学研究科 (〒470-0392 愛知県豊田市八草町八千草1247)。愛知工業大学大学院工学研究科博士後期課程。《現在の研究テーマ》固相抽出剤の開発。《趣味》ゴルフ、旅行、スポーツ観戦

E-mail : w19801ww@aitch.ac.jp

(リレーエッセイ)

川上 淳 (Jun Kawakami)

弘前大学大学院理工学研究科 (〒036-8561 青森県弘前市文京町3番地)。東邦大学大学院理学研究科博士課程化学専攻修了。博士 (理学)。《現在の研究テーマ》蛍光性トリプタンスリン誘導体による新規蛍光分析試薬の創製。《主な著書》光る物質を創る、「弘前大学レクチャーコレクション」, 弘前大学出版会 (2020)。《趣味》海外ドラマ鑑賞。

E-mail : jun@himosaki-u.ac.jp

(ロータリー・談話室)

木村 優 (Masaru Kimura)

奈良学園大学客員特別教授 (〒636-8506 奈良県生駒郡三郷町3-12-1)。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》環境科学。《主な著書》“分析化学の基礎”, (裳華房)。《趣味》スキー。

E-mail : ymkimu@kcn.jp または mkimu.1936@docomo.ne.jp

目 次

年間特集「省」：総合論文

クロマトグラフィーの「不確かさ」推定における省 —ケモメトリクスに基づく検出限界, 判定限界, 定量限界, 精度プロファイル— 小谷 明・袴田秀樹・林 讓	1
生体分子固定化カーボンフェルトを用いるフローインジェクション分析式 電気化学バイオセンサー 長谷部 靖・王 月	13

総合論文

相分離混相流の発見と学術及び技術的体系化の試み	塚越一彦	25
中赤外プラズモニクスの発展とセンサー応用	西島喜明	41
マイクロ血管デバイスの開発とバイオ分析化学への応用	佐藤香枝	53

報 文

5-メチルシトシンの脱アミノ化による EGFR T790M 変異偽陽性の評価方法 野上祥平・吉岡 進・細川由貴・望月美希・若松宏武・寺崎浩司・島津光伸	59
イオン選択性電極を用いる薬物-金属間相互作用の迅速スクリーニング法の開発 守岩友紀子・木村ももこ・小田彩夏・森岡和太・東海林 敦・柳田顕郎	69

ノ ー ト

ガリウム(III) 錯体担持膜によるセレン(IV) の目視検出法	和久井喜人・相澤崇史	77
--	------------	----

アナリティカルレポート

油中水滴エマルジョンで調製するジャイアントベシクルに対する 油性分散媒の影響	豊田太郎・章 逸汀	83
---	-----------	----

X-ray Structure Analysis Online

Vol. 38 Part 1
January 2022

— CONTENTS —

Synthesis and Crystal Structure of a Mononuclear Cobalt(III) Complex with 2-[(2-Hydroxymethylphenyl)iminomethyl]phenol and Dimethylaminopyridine Naoko SATO, Ko YONEDA, Yasunori YAMADA, and Masayuki KOIKAWA	1
Crystal Structure of 1,3-Bis(3,5-dibromosalicylideneamino)-2-propanol Masahiro MIKURIYA, Nagisa TSUCHIMOTO, Yoshiki KOYAMA, Ryoji MITSUHASHI, and Motohiro TSUBOI	3
Crystal Structure of Pyridin-4-ylmethyl 4-Nitrobenzoate, C₁₃H₁₀N₂O₄ James T. P. MATSHWELE, Sebusi ODITSE, Ofentse MAZIMBA, Florence NAREETSILE, Lebogang G. JULIUS, and Dalitso KEITUMETSE	7
Crystal Structure of a Hydrolyzed Product of the Cobalt(III) Complex with 1-(3,5-Dichlorosalicylideneamino)-3-amino-2-propanol Masahiro MIKURIYA, Nagisa TSUCHIMOTO, Yoshiki KOYAMA, Ryoji MITSUHASHI, and Motohiro TSUBOI	9
Crystal Structure of Dichloro{2-(quinolin-2-yl)-4H-benzo[d][1,3]oxazine}cobalt(II) Fumiya KANEGAE, Ko YONEDA, and Masayuki KOIKAWA	13
Anionic Favipiravir in Salt-type Cocrystals with Monoethanolamine and Ethylenediamine Odil CHORIEV, Jamshid ASHUROV, Aziz IBRAGIMOV, Shukhrat TURABOEV, and Vahobjon SABIROV	15
ぶんせき 2022 2	95

- ◇ 東京の都心近郊では、年明け早々の1月6日に、2年ぶりに雪が積もりました。雪国にお住まいの皆様からは一笑されるかもしれませんが、当地では備えがないので結構な一大事です。予期せぬ雪に、保育園児の子ども達は大喜びでした。私は通勤への影響を厄介に思いつつ、また昔と比べて降雪が減ったことに忍び寄る温暖化の影響を感じながらも、凜然と一変した雪景色に冬の趣を感じておりました。
- ◇ 本号のリレーエッセイでは「予期せぬこと」が寄稿されています。日常の家庭や仕事をはじめ、昨今ではコロナ禍など社会レベルにおいても大小様々な想定外の出来事が起こります。既に起こったことは変えられませんので、それを踏まえた上で、現在と未来をどうしていくか、柔軟に対応する「臨機応変力」が今後益々必要になると感じます。
- ◇ さて、お知らせしているとおり、「ぶんせき」誌は来月号より電子版へ移行します。不易流行という言葉がありますが、時代に即した変化を重ねていくことこそが、本質的に不変な伝統なのではないでしょうか。媒体が変わっても、会員各位にとって変わらず有用な機関誌となるよう精進してまいります。引き続きご支援のほど、よろしくお願い申し上げます。
[K. M.]

- 〈とびら〉
COVIT-19が「どこでもドア」を開いた?.....坂入正敏
- 〈入門講座〉 レーザーを用いる分析技術
レーザーアブレーション ICP-MS.....林 英男
- 〈講 義〉
法医学領域における法中毒学及び薬毒物検査の現状
.....山岸由和・永澤明佳・小椋康光・岩瀬博太郎
- 〈ミニファイル〉 衛生と安全
マスクのサイズや装着による捕集性能の検証.....岩井若菜
- 〈話 題〉
食品中のグリホサート、グリホシネート及び
その代謝物の残留分析法について.....穠山 浩

◇ 編 集 委 員 ◇

〈委員長〉 勝田正一 (千葉大院理)	東海林 敦 (東京薬大薬)	菅沼 こと (帝人(株))
〈副委員長〉 菅 寿美 (海洋研究開発機構)	上原伸夫 (宇都宮大工)	江坂幸宏 (岐阜薬科大学)
〈理 事〉 津越敬寿 (産業技術総合研究所)	沖野晃俊 (東工大未来研)	齊藤和憲 (日本大学生産工)
〈幹 事〉 加藤大 (昭和大薬)	佐藤久 (北大院工)	高橋あかね (オルガノ(株))
富岡賢一 (三菱マテリアル(株))	谷合哲行 (千葉工業大先進工)	照井教文 (一関高専)
〈委 員〉 井倉則之 (九大院農)	野本知理 (千葉大院工)	東 恭平 (東理大薬)
岡村浩之 (日本原子力研究開発機構)	堀田弘樹 (神戸大院海事科学)	松神秀徳 (国立環境研究所)
坂牧寛 (化学物質評価研究機構)	村居景太 (株共立理化学研究所)	村上良子 (山口大院創成)
田中佑樹 (千葉大院薬)		
中原佳夫 (和歌山大システム工)		
藤森英治 (環境調査研修所)		
宮下振一 (産業技術総合研究所)		
森山孝男 (株リガク)		

☑ 複写される方へ

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

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

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

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

ぶんせき 2022年 第2号 (通巻566)

2022年2月1日印刷 定価1,000円
2022年2月5日発行 送料87円

編集兼発行人 公益社団法人 日本分析化学会

印刷所 〒173-0025 東京都板橋区熊野町13-11

株式会社 双文社印刷

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

公益社団法人 日本分析化学会

電話 総務・会員・会計: 03-3490-3351

編集: 03-3490-3537

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

© 2022, The Japan Society for Analytical Chemistry

購読料は会費に含まれています。

表示・起源分析技術研究懇談会第26回講演会

期日 2022年3月10日(木) 12.40~17.00
開催形式 ハイブリッド形式(対面20名程度+Zoomによるオンライン)
会場 フクラシア東京ステーション〔東京都千代田区大手町2-6-1 朝日生命大手町ビル5階・6階, 交通: 東京駅(日本橋口), 大手町駅(B6出口)からすぐ〕
https://www.fukuracia.jp/tokyo/guide/type_c.html
講演者と講演題目(仮題)

- ①「日本食品標準成分表」2020年版(八訂)の改訂について
表示・起源分析技術研究懇談会委員長
(国研)農研機構食品研究部門アドバイザー
安井明美氏
- ②食品表示基準の動向について
(消費者庁食品表示企画課保健表示室
課長補佐(特別用途食品担当))
斎藤雅文氏
- ③栄養成分等の分析方法等に係る調査検討事業調査報告について
(国立健康・栄養研究所食品保健機能研究部
食品分析・表示研究室長)
竹林純氏
- ④栄養成分等の分析法の現状について
(一財)日本食品分析センター多摩研究所
基礎栄養部 部長
湖上賢一氏

参加費 研究懇談会会員: 無料, 非会員: 3000円
申込締切 3月3日(木)
参加申込方法等の詳細は, 表示・起源分析技術研究懇談会HPを参照.
問合せ [E-mail: hyoji.kigen@gmail.com]

さい). ※ポスター発表受賞者は会費無料となります.
問合せ 〒819-0395 福岡市西区元岡744 九州大学 W5-648
第59回化学関連支部合同九州大会実行委員会事務局(実行委員長: 中山二郎(九州大学)) [電話: 092-802-4736, E-mail: godo22.jsbbaw@gmail.com]
なお新型コロナウイルスの感染状況により, プログラム, 懇親会実施有無を変更する場合があります. さらに, オンラインにて開催する場合があります.

第59回化学関連支部合同九州大会参加 および研究発表募集

共催 (公社)日本分析化学会九州支部ほか7化学関連支部
期日 2022年7月2日(土) 9時~17時(予定)
会場 北九州国際会議場〔北九州市小倉北区浅野3-9-30, 交通: JR小倉駅より徒歩5分〕
大会ホームページ <https://godo-kyushu.jp/godo/index.html>
発表申込期間 3月1日(月)~4月8日(金)
予稿原稿締切 5月13日(金)
発表形式 一般・学生発表はポスター発表のみ. ほか依頼講演(8件, 各支部推薦)
依頼講演 日本分析化学会九州支部推薦
「溶存イオンのハンドリング~放射性金属イオンの精製・高純度イオン液体の合成~」(熊本大学)大平慎一
発表申込方法 大会HP(<https://godo-kyushu.jp/godo/index.html>)から, 指示に従って, 以下の申込必要事項をお送りください. お申込み後に, 受理通知のメールをお送りします. 通知がない場合は, 本合同大会事務局(農芸化学会西日本支部)(godo22.jsbbaw@gmail.com)にお問い合わせください.
参加費・発表登録費 聴講のみの参加費は無料. 発表登録費は, ポスター発表1件につき3,000円(予稿集1冊含む. 当日受付にて, お支払いください). 聴講のみの参加者で予稿集をご希望の方は受付にてお求めください(1冊: 1,500円).
授賞式・懇親会 7月2日 17:30(予定)北九州国際会議場内にて. 会費: 4,000円(当日, 懇親会会場にてお支払いくだ

——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。

プラズマ分光分析研究会第114回講演会 —北海道の環境保全、健康科学における プラズマ分光分析の役割—

主催 プラズマ分光分析研究会
期日 2022年3月11日(金)
会場 東京工業大学田町CIC国際会議室およびZoomによる
オンライン
ホームページ <https://plasma-dg.jp/>
連絡先 プラズマ分光分析研究会事務局 沖野晃俊〔電話・
FAX: 045-924-5688, E-mail: office@plasma-dg.jp〕

日本顕微鏡学会第78回学術講演会

主催 (公社)日本顕微鏡学会
期日 2022年5月11日(水)~13日(金)
会場 ビッグバレットふくしま
ホームページ <http://conference.wdc-jp.com/microscopy/conf2022/index.html>
連絡先 〒169-0075 東京都新宿区高田馬場1-21-13 廣池
ビルディング4階2号室 日本顕微鏡学会事務局〔電話: 03-
6457-5156, FAX: 03-6457-5176, E-mail: jsm-post@
microscopy.or.jp〕

「分析化学」特集「高分子分析 —この10年の進歩—」の論文募集

「分析化学」編集委員会

「分析化学」編集委員会は、高分子分析研究懇談会と共同で「高分子分析—この10年の進歩」と題した特集を企画しました。高分子材料の特性や分子構造を精密に分析することは、材料特性の発現機構の解明、精密な分子設計、さらには耐久寿命の予測などを行うための重要な基盤となっています。最近の分析機器の進歩やコンピューター技術の発展には目を見張るものがあり、これらの技術の進歩を再認識するために、今回の特集号を企画しました。

本特集号では高分子材料を対象とする、実試料の前処理、組成、分子構造、高次構造、構造と物性との相関、物性発現機構、および重合機構等の解析に関する基本原理、手法開発や解析実例などについての論文の投稿をお待ちしています。奮ってご投稿ください。詳細は「分析化学」誌12号またはホームページをご覧ください。

特集論文申込締切: 2022年2月15日(火)

特集論文原稿締切: 2022年4月15日(金)

「分析化学」年間特集「省」の論文募集

「分析化学」編集委員会

「分析化学」では2010年より「年間特集」を企画しており、2022年度は「省」をテーマとすることと致しました。

世界の総人口は現在約78億人となり、人々が健康で豊かに暮らしていくためには、限られた資源を有効に活用することが不可欠です。また、誰もが高度な科学技術や医療技術の恩恵を受けられるよう工夫することは、持続可能な開発の理念に資する。転じて我が国の近現代史を顧みますと、少ない資源の元での効率の良い技術開発はお家芸と表現しても過言ではなく、分析化学の分野においても、新しい分析方法・技術の開発や改良を通して、複雑化・多様化した現代社会に大きく貢献しているところではあります。

こうした背景から、本特集では「省」をキーワードとして分析化学における基礎・応用を含めて幅広い観点で見渡し、分析化学が担う役割を社会に向けて発信することを目的としています。国内外、産学官を問わず、「省」に関わる分析化学の研究・開発に従事されている多くの皆様方からの投稿をお待ちしておりますので、是非この機会をご活用ください。なお、詳細は「分析化学」誌の12号及びホームページをご参照ください。

特集論文原稿締切: 2022年4月22日(金) (第3期)

初めて書く論文は母語の日本語で！ “第21回若手研究者の初論文特集”募集のお知らせ

「分析化学」編集委員会

「分析化学」編集委員会では、2022年(第71巻)に第21回「若手研究者の初論文特集」を企画します。卒研究生、修士・博士課程院生並びに若手研究者の方々にとって、ご自分の研究成果を日本語で投稿できるよい機会です。なお、2019年より本特集を年間特集とし、都合の良いときに執筆して投稿できるようにしました。年間を通して論文原稿を受け付け、審査を経て掲載可になり次第随時掲載いたしますので、奮ってご投稿ください。

なお、詳細は「分析化学」誌HPをご参照ください。

第82回分析化学討論会

—参加登録方法—

標記討論会については以下のように開催いたします。本討論会に参加される方（講演発表される個人会員の登壇者を含みます）は、全員参加登録をお願いします。なお、公開シンポジウム「食の安全と分析化学」については一般公開となります。当日専用受付を設けますので、そちらで参加登録ください。

討論会当日、参加証を提示されない方の入場はご遠慮いただきます。参加登録については、今回討論会よりアトラス社、Confitによる参加登録システムに変更となります。郵送、FAX及び電子メールでの受付は一切行いませんので、必ず参加登録システムをご利用ください。なお、現在実行委員会では対面での開催を原則として計画を進めていますが、開催形式等については新型コロナウイルス感染症の状況により、急遽変更となる場合も想定されます。最新の情報や参加登録等の詳細については第82回分析化学討論会ホームページ（以下、討論会HPと略）を必ずご確認ください。また、講演要旨集は討論会HP上で電子配布いたします。

【第82回分析化学討論会ホームページ URL】

<https://confit.atlas.jp/jsac82touron>

主催 (公社) 日本分析化学会
後援 国立大学法人茨城大学
後援 (一社) 水戸観光コンベンション協会

会期 2022年5月14日(土)・15日(日)

日程 5月14日：主題講演(口頭)、一般講演(口頭、ポスター)、若手講演(ポスター)、テクノレビュー講演(口頭、ポスター)、産業界R&D紹介講演(ポスター)、依頼講演、ランチョンセミナー、懇親会、機器展示会
5月15日：主題講演(口頭)、一般講演(口頭、ポスター)、テクノレビュー講演(口頭、ポスター)、高校生ポスター発表、依頼講演、ランチョンセミナー、機器展示会

※日程は変更する場合があります。

会場 茨城大学水戸キャンパス

懇親会 5月14日(土)18時～20時(予定)

【参加登録方法】

以下の注意事項を熟読の上、参加登録を行ってください。なお、事前登録のお支払最終締切日は4月13日(水)です。

- 参加登録料などの諸費用は、一切返金できません。
- 見積書、納品書、請求書は原則として発行いたしません。必要な方は、申込者において書類作成のうえ、返信用封筒(切手貼付)を同封して討論会事務局までお送りください。記名、捺印のみ行い返送します。送付先はメールにてお問い合わせください。

参加登録申込締切日(事前・通常)

事前：4月13日(水)厳守(いずれのお支払方法でも同じです。)

通常：事前登録締切日までに参加登録が完了していない場合は、すべて通常登録扱いになります。

※会期中でも参加登録は可能ですが、必ずご自身のパソコンから登録をお願いします。

参加登録料、懇親会参加料

1. 参加登録料

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

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

※会員、学生会員の参加登録料は事前・通常ともに不課税

扱いです。非会員、非会員学生の参加登録料は事前・通常ともに税込金額です。

2. 懇親会参加料

事前：一般(「学生会員、名誉会員」以外のすべての会員、非会員)10,000円、学生4,000円

通常：一般12,000円、学生5,000円

※懇親会参加料は事前・通常ともに税込金額です。

お支払方法

事前：クレジットカードまたは銀行振込

通常：クレジットカードのみ

※お支払方法の詳細については討論会HPをご参照ください。

(ご注意)

※会員には団体会員に所属する方を含みます。維持会員は会員扱いとなります。他の団体会員の場合は、1名に限り会員扱いとなります。

※名誉会員につきましては参加、懇親会ともご招待とさせていただきますが、ご参加の場合は参加登録手続きを行ってください。

【討論会参加登録料等領収書について】

参加登録料等の領収書は、PDFによる発行となります。決済完了後に参加登録システムよりダウンロードできます。

【Web版講演要旨集の閲覧方法】

- 講演要旨集の閲覧については討論会HPをご参照ください。
- スマートフォン等の機器では正しく表示されない場合があります。予めご了承ください。

【講演申込登録をされた皆さまへ】

講演要旨本文提出締切日は3月9日(水)です。講演申込登録をされた方は、締切日までに必ず講演要旨ファイル(A4版1ページ、PDF)のアップロードをお願いいたします。詳細は討論会HPをご参照ください。締切日以降のアップロード・差替えはできません。

【口頭発表者の皆さまへ】

すべての口頭発表会場にプロジェクター、アナログRGBケーブル、PC切替器等を用意します。講演者は講演データの入ったノートパソコンを持参して講演発表を行ってください。

お知らせ

詳細は討論会 HP をご参照ください。

【ポスター発表者の皆さまへ】

本討論会の一般講演、若手講演、テクノレビュー講演（ポスター）、産業界 R&D 紹介講演ポスターの発表方法等は、討論会 HP をご参照の上、準備ください。

【Web 版講演要旨集の発行日について】

第 82 回分析化学討論会 Web 版講演要旨集の発行日は、5 月 2 日（月）です。特許出願の際は、下記の特許庁ホームページを参照ください。

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

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

【その他事項】

講演プログラム速報版は討論会 HP に 3 月下旬までに掲載予定です。

【討論主題（主題講演）】

第 82 回討論会では 5 件の討論主題を設定します。

1. 環境における放射性物質と分析化学
オーガナイザー：島田亜佐子（原子力機構）
2. 量子ビームと分析化学
オーガナイザー：山本博之（量研）、山口 央（茨城大理）
3. 地域から世界へ発信する電気分析化学
オーガナイザー：前田耕治（京工織大院工芸科学、電気分析化学研究懇談会委員長）
4. ヘルスケアと分析化学
オーガナイザー：池羽田晶文（農研機構）
5. 内山一美先生を偲ぶ
オーガナイザー：中益達朗（日大生産工）、下坂琢哉（産総研）、森岡和夫（東葉大）、中嶋 秀（都立大院都市環境）

※討論趣旨及び依頼講演は討論会 HP 上で公開します。

【産業界 R&D 紹介講演（ポスター）】

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

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

期日 5 月 14 日（土）、15 日（日）

会場 茨城大学水戸キャンパス

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

【高校生ポスター講演】

主催 第 82 回分析化学討論会実行委員会

趣旨 討論会会期中に「高校生ポスター講演」（茨城県教育委員会・茨城県高等学校文化連盟自然科学部会、後援申請中）を開催します。幅広い領域で活躍する分析化学研究者や学生との交流を通して、科学技術への関心をもっていただくことが本企画のねらいです。

期日 5 月 15 日（日）

会場 茨城大学水戸キャンパス

発表形式 ポスター発表会場における 60 分のポスター発表。

【展示会・企業セミナー・バナー広告・講演プログラム集広告】

機器・カタログ出展およびランチョンセミナー・

バナー広告、講演プログラム集（冊子）広告

主催 第 82 回分析化学討論会実行委員会

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

【機器・カタログ展示会】

展示日時 5 月 14 日（土）・15 日（日）（ただし、15 日は 14 時までの予定）

会場 茨城大学水戸キャンパス（ポスター会場）

展示費用 1 小間：80,000 円（税別）、カタログ展示（A4 判サイズ基準）1 点：20,000 円、2 点：30,000 円（いずれも税別）

募集締切日 3 月 30 日（水）

【ランチョンセミナー】

日時 5 月 14 日（土）・15 日（日）12 時 10 分～13 時

会場 茨城大学水戸キャンパス（口頭会場）

開催費用 150,000 円（税別）

※セミナー運営に関する費用（昼食用弁当など）は別途。

募集締切日 3 月 23 日（水）

【バナー広告】

公開場所 第 82 回分析化学討論会 HP

掲載期間 2022 年 1 月～5 月

掲載料金 1 枠：1 月～5 月 50,000 円、
3 月～5 月 30,000 円（いずれも税別）

【講演プログラム集（冊子）広告】

発行日 5 月 14 日

掲載料金 A4 判白黒 1 頁 70,000 円、
A4 判白黒 1/2 頁 40,000 円（いずれも税別）

問合先・申込先 〒104-0061 東京都中央区銀座 7-12-4（友野本社ビル）(株)明報社（担当：後藤）〔電話：03-3546-1337, FAX：03-3546-6306, E-mail：info@meihosha.co.jp〕

※展示会及びランチョンセミナーの内容は変更になる場合がございます。詳細は(株)明報社にお問い合わせください。

【宿泊等についてのご注意】

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

【託児所開設について】

第 82 回分析化学討論会では、託児所を開設の予定です。詳細は討論会 HP をご参照ください。

【その他の会合】

【公開シンポジウム】

食の安全と分析化学

主催 第 82 回分析化学討論会実行委員会

オーガナイザー：宮下 隆（キューピー）

日時 5 月 15 日（日）

会場 茨城大学水戸キャンパス

【ものづくり技術交流会 2022 in 関東】

主催 分析イノベーション交流会実行委員会、（公社）日本分析化学会関東支部

日時 5 月 13 日（金）

会場 茨城大学水戸キャンパス他

【各種お問い合わせ先】

討論会全般に関するご質問は実行委員会までお問い合わせください。なお今般、討論会・年会にかかる運営が大幅に変更となった関係で回答までに相応の日数を要する場合がございますこと予めご容赦ください。

第 82 回分析化学討論会実行委員会事務局

E-mail：ml-82touron2022@qst.go.jp

製品ガイド

■本製品ガイドに掲載の製品に関するカタログ・資料請求は…

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

(株)明報社『ぶんせき』係行 ぶんせき 2022年2月号

FAX.03-3546-6306

資料請求用紙

年 月 日

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

資料ご希望の節は下記請求番号(製品横の数字)に○印をお付けください。

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

1 X線分析・電子分光分析



波長分散小型蛍光X線分析装置 Supermini200

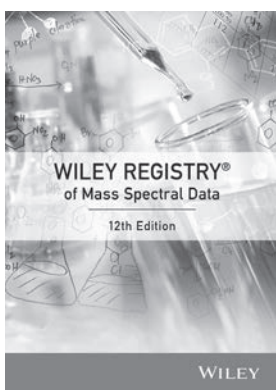
価格(税別) : 9,800,000円～

特長
コンパクトサイズでありながら高出力200WのX線管を搭載した、波長分散型蛍光X線分析装置です。鉱物資源分析から環境分析まで広範囲なアプリケーションに対応します。小型で冷却水が不要なため、サテライトラボなどにも容易に設置できます。

- 仕様**
- X線管 : Pd (200W)
 - 測定対象元素 : sO～92U
 - 結晶交換機 : 3結晶交換
 - 検出器 : SCおよびF-PC (もしくはS-PC)
 - 視野制限 : φ30mm
 - ファンダメンタル・パラメータ法搭載
 - 散乱線FP法搭載

株式会社リガク
TEL.03-3479-6011 FAX.03-3479-6171
URL: <https://www.rigaku.com>

2 コンピュータ・データ処理



Wiley Registry 質量スペクトルデータベース 改訂版!!

Wiley Registry 第12版
約67万個の化合物について、約82万件のEIスペクトルを収録したGC-MS用質量スペクトルデータベース。

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

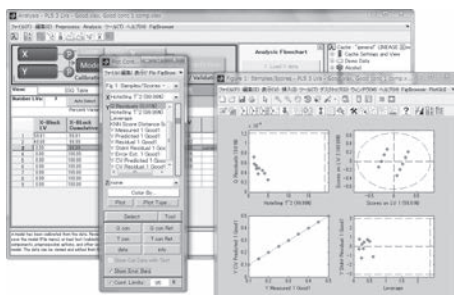
仕様(各製品共通)
DVD-ROM (買取, 1インストール)
Windows 8.1, 10対応PC
主要メーカーの質量分析ソフトに対応。

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

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

化学情報協会
科学データ情報室 担当: 江田
TEL: 03-5978-3622 FAX: 03-5978-3600
E-mail: crystal@jaici.or.jp

3 コンピュータ・データ処理



PLS_Toolbox, 8/MIA_Toolbox 3 (ケモメトリックスソフトウェア)

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

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

PLS_Toolbox (MATLAB用アドイン)
定価(税込) : 341,000円/126,500円(一般/教育)
MIA_Toolbox (MATLAB用アドイン)
定価(税込) : 187,000円/81,400円(一般/教育)
Solo (スタンドアロン)
定価(税込) : 484,000円/198,000円(一般/教育)

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

株式会社 デジタルデータマネジメント
TEL.03-5641-1771 FAX.03-5641-1772
URL: <http://www.ddmcorp.com>

4 熱分析



顕微鏡用大型試料冷却加熱ステージ(電圧印加可能) 10084/10084L

本体価格 : お問い合わせください

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

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

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

5 熱分析 顕微FTIR用冷却加熱ステージ 10036/10036L



特長
このステージを顕微FTIRにセットすることにより、試料温度を自由に制御することができます。
窓材は簡単に交換することができますので、顕微鏡、顕微ラマンにも使用可能です。

本体価格：お問い合わせください

仕様

- ・温度範囲：10036型/室温～+600℃
10036L型/-190℃～+600℃
- ・試料サイズ(MAX)：直径16mm×厚さ1.5mm
- ・温度精度：±0.05℃(室温～+600℃)
±0.2℃(-190℃～室温)
- ・雰囲気：大気、不活性ガス
- ・冷却・加熱時の分光測定に最適
(顕微鏡、顕微ラマンでも使用可)
- 詳しくは当社HPよりご覧下さい

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

6 熱分析 顕微鏡用加熱ステージ 10016/10042D



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

本体価格：お問い合わせください

仕様

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

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

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



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

本体価格：お問い合わせください

仕様

- ・温度範囲：
10030型/-20(-40)℃～+120℃
10014型/-20(-40)℃～+120℃
10021型/-20℃～+120℃
- ※-40℃～は温度調節付水循環ユニット使用時
- 詳しくは当社HPよりご覧下さい

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

8 熱分析 顕微鏡用延伸ステージ 10073/10073L



特長
既存の顕微鏡に設置後、温度制御をしながら左右同時延伸方式によりサンプルを延伸する為のステージです。
延伸速度は1～5000 μm/secで制御でき、顕微赤外やSAXSへの応用も可能です。

本体価格：お問い合わせください

仕様

- ・温度範囲：10073型/室温～+350℃
10073L型/-100℃～+350℃
- ・試料サイズ(MAX)：幅7mm以下、厚さ2mm以下、長さ26mm以上
- ・荷重レンジ：0.01～200N(0.001～20Nはオプション)
- ・温度精度：±0.05℃(室温～+350℃)
±0.2℃(-100℃～室温)
- 詳しくは当社HPよりご覧下さい

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

9 熱分析 顕微鏡用冷却加熱せん断ステージ CSS450W/CSS450WC



特長
せん断流動下での観察に不可欠な、偏光顕微鏡や位相差顕微鏡を用いた検鏡方法に適した、その場観察出来る顕微鏡用冷却加熱ステージです。
既存の顕微鏡を加工する事なく据え付けが可能です。

仕様
・温度範囲：CSS450W型/室温～+450℃
CSS450WC型/-50℃～+450℃
・試料サイズ(MAX)：直径30mm×厚さ2500μm
●詳しくは当社HPよりご覧下さい

本体価格：お問い合わせください

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

10 分析装置・関連機器 迅速凍結粉碎装置 IQ MILL-2070



機器分析の試料前処理に最適。高分子材料などの粉碎・攪拌・分散に特化した卓上可搬型の粉碎装置です。
<特長>
1. 使いやすいシンプル操作
粉碎速度、粉碎時間、サイクル数、待ち時間を、回転ノブとタッチパネルで簡単設定。
2. 短時間で効率的な粉碎
同一プログラムで最大3サンプルを同時粉碎。高速立体8の字運動によるパワフルな衝撃と粉碎力で粉碎時間を大幅に短縮。
3. 液体窒素での予冷用キットが付属
粉碎前に液体窒素等の冷媒で試料容器を予冷。液体窒素の消費量は500 mL程度と省エネ。

仕様
粉碎温度：室温または冷媒を用いる試料冷却
回転数 (rpm)：50～最大3000 (無段階設定)
回転時間 (sec)：1～60 (1 sec毎)
回転サイクル間の待ち時間 (sec)：10～600 (10 sec毎)
回転サイクル数：1～10 (1サイクル毎)
本体サイズ：270 (W)×350 (D)×300 (H) mm、約12 kg

価格：お問い合わせください。

フロンティア・ラボ株式会社
TEL.024-935-5100 FAX.024-935-5102
URL: <https://www.frontier-lab.com/jp>

11 分析装置・関連機器 次世代秒速粉碎機 新型マルチビーズショッカー® MB3000シリーズ



特長 (V8テクノロジーによる秒速粉碎)
秒速粉碎機：マルチビーズショッカー®は分析前試料の調整用粉碎機として開発され、35年が経過し現在国内はじめ海外14か国で使用されています。安価な使い捨てチューブで岩石のような固い物質から樹脂や生物体の凍結・冷却粉碎も可能です。
試料容器は96ウェルチューブから100mLチューブまで各種のサイズの使い捨てチューブから、タングステン、メノウなどの各種材質も用意されています。大学、国立研究所、民間研究所などでは分析結果の再現性、感度UPに実績があり、時間短縮、経費削減にも貢献しております。新社屋に試料評価ラボが新設されましたので是非お問い合わせ下さい。
・卓上型・極静音設計！
・1台で96ウェルチューブから最大100mLチューブ迄各試験研究分野向けに豊富な機種を用意！

仕様
・100mLディスポーザブル容器×4本同時粉碎可能な大容量同時粉碎も実現！
・各種分析用に豊富な材質の粉碎容器を用意 (樹脂、ステンレス、チタン、アルミナ、メノウ、タングステンカーバイド他)！
・凍結・低温・常温などの粉碎温度条件が選択可能！
・凍結破砕時の液体窒素消費量が僅か (0.5リッター/サンプル)！
・医薬品、工業用色素原体よりナノ粒子を創生 (冷却破砕)！
◆詳細は下記へお問い合わせ下さい◆
安井器械株式会社 商品開発部
TEL.06-4801-4831 FAX.06-6353-0217
E-mail: s@yasuikikai.co.jp
URL: <http://www.yasuikikai.co.jp>

価格：お問い合わせください

12 研究室用設備器具 純水・超純水装置 ピューリック・ピュアライトα (アルファ) シリーズ



コンパクトで操作性に優れた、オルガノの決定版！
国産ならではの品質・水質・サービス
特長
●純水/超純水セパレート型・水道水直結ワンパッケージ型から選択可能
●バイオ・微量分析・一般分析用途の3種類をラインアップ
●菌対策用新型UV採用により低ランニングコスト化を実現 (ディスペンサー、タンク)

仕様
採水量：1滴～2L/min (専用ディスベンサー使用時)
寸法：W354×D335×H448 mm (純水装置のみ)
運転質量：約26kg (純水装置のみ)
オプション品：専用ディスベンサー (最大3台)、専用タンク (20L/30L/60L/100L)

価格：お問い合わせください

オルガノ株式会社
TEL.03-5635-5193 FAX.03-3699-7220
URL: <https://puric.organo.co.jp/>

*お問い合わせはQRコードから

13 研究室用設備器具

超純水装置 プューリック ω (オメガ) シリーズ



業界最高水準の「水質」をラボで実現!
ICP-MSMS等、高感度分析に適した1台

特長

- 1滴採水、定量採水、フットスイッチ採水が可能
高機能デイスペンサー搭載
- 純水タンク内蔵のワンパッケージで架台不要
キャスター付きで移設も容易

水質*

比抵抗: 18.2M Ω ·cm、TOC: \leq 1ppb
シリカ<0.1ppb、ホウ素<10ppt

*お問い合わせはQRコードから

価格: お問い合わせください

仕様*

採水量: 1滴~2L/min
(専用デイスペンサー使用時)

寸法: W300×D600×H1100 mm
運転質量: 約85kg

ラインアップ

内蔵タンク容量 20L/60L (全2機種)

※記載の水質・仕様は内蔵タンク容量20Lの場合

オルガノ株式会社

TEL.03-5635-5193 FAX.03-3699-7220
URL: <https://puric.organo.co.jp/>

14 研究室用設備器具

超純水装置 プューリック μ (ミュー) シリーズ



機能を厳選してシンプル化し、
高コストパフォーマンスを実現!
高いメンテナンス性と操作性で
研究・実験をサポート

特長

- カートリッジホルダーの開閉のみで
簡単・安全に消耗品の脱着が完了
- 必要最小限のボタン配置により、直感的に
採水可能
- 定量採水機能搭載 (3パターン設定可)

*お問い合わせはQRコードから

価格: お問い合わせください

仕様

採水量: 1L/min
寸法: W290×D428×H598 mm

運転質量: 約24kg

ラインアップ

UVランプ搭載型/非搭載型 (全2機種)

オルガノ株式会社

TEL.03-5635-5193 FAX.03-3699-7220
URL: <https://puric.organo.co.jp/>

15 研究室用設備器具

フリッチュジャパン NANO対応粉碎機 “Premium Line P-7”



遊星型のバイオニアであるドイツフリッチュ社が、時代が要求するNANO領域の粉末を作成する目的で新たにご紹介する遊星型ボールミルです。従来の弊社製品と比べても2.5倍のパワーを有しており、94Gのパワーが皆様をNANOの世界にご案内いたします。加えて容器は本体に内蔵されておりますので皆様方の安全な作業に十分配慮してございます。容器の多様性も大きな特色かと思えます。加えて卓上タイプであることは研究室のスペースの問題を解消します。

価格: お問い合わせください。

仕様

台盤回転数 (最大): 1,100rpm
容器回転数: 2,200rpm
容器の材質: メノー、アルミナ、チッカ珪素、ジルコニア、ステンレス、クローム等
粉碎例示: 試料。SiO₂。
粉碎時間: 90分。
結果 平均粒度: 0.026 μ m

フリッチュ・ジャパン株式会社

TEL.045-641-8550 FAX.045-641-8364
URL: <http://www.fritsch.co.jp>
E-mail: info@fritsch.co.jp

掲載会社 所在地

オルガノ(株)	〒136-8631	東京都江東区新砂1-2-8
(一社)化学情報協会	〒113-0021	東京都文京区本駒込6-25-4 中居ビル
ジャパンハイテック(株)	〒260-0001	千葉県千葉市中央区都町3-14-2-405
(株)デジタルデータマネジメント	〒103-0025	東京都中央区日本橋茅場町1-11-8 紅萌ビル
フリッチュジャパン(株)	〒231-0023	神奈川県横浜市中区山下町252 グランベル横浜ビル
フロンティア・ラボ(株)	〒963-8862	福島県郡山市葉根4-16-20
安井器械(株)	〒534-0027	大阪府大阪市都島区中野町2-2-8
(株)リガク	〒151-0051	東京都渋谷区千駄ヶ谷4-14-4 SKビル千駄ヶ谷

ぶんせき 7月号・予告

2023年度・ラボラトリーガイド

本年7月号にて、2023年度 科学研究費補助金申請のための製品ガイド「ラボラトリーガイド」を
 予定しております。予算対策の絶好のPR機会としてご期待ください。

MEIHOSSHA
 ADVERTISING AGENCY

株式会社 明報社

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

ぶんせき 2月号 掲載会社 索引

【ア行】	【タ行】	【マ行】
アジレント・テクノロジー(株)…… A1	東亜ディーケーケー(株)…… A4	室町ケミカル(株)…… 目次裏
(株)エス・ティ・ジャパン…… 表紙4	【ナ行】	【ヤ行】
【カ行】	日本分光(株)…… A3	安井器機(株)…… A2
(株)クロマニックテクノロジーズ	【ハ行】	製品ガイド…… A5～10
…… 表紙2	(株)日立ハイテック…… A16	製品紹介ガイド…… A12～13
【サ行】	フロンティア・ラボ(株)…… A15	
(株)島津製作所…… 表紙3		

第82回分析化学討論会のお知らせ



第82回分析化学討論会 2022年5月14日(土)・15日(日) 茨城大学 水戸キャンパス

※会期・会場・開催方式は変更する場合がございます。

上記討論会では、
講演プログラム集広告、大会ホームページバナー広告、付設展示会、ランチョンセミナー
を募集しております。下記までお問い合わせください。

株式会社 明 報 社

〒104-0061 東京都中央区銀座7-12-4 友野本社ビル
TEL (03) 3546-1337 FAX (03) 3546-6306
E-mail info@meihosha.co.jp ホームページ <http://www.meihosha.co.jp>

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

<p>XRF分析用ガラスビードの作製及びICP分析のアルカリ融解処理には、高周波溶融装置ビード&フューズサンブラ (株)アメナテック http://www.amena.co.jp</p>
<p>英国エレメンタルマイクロアナリシス社製 CHNOS 有機・無機・同位体微量分析用 消耗品・標準物質等 アルファサイエンス(株) http://www.alphascience.jp/ 電話 03-3814-1374 FAX 03-3814-2357 E-mail: alpha@m2.pbc.ne.jp</p>
<p>モジュール式ラマンシステム RAMAN-QE 高感度の小型ファイバ分光器、励起用レーザ、各種ラマンプローブを組み合わせたコンパクトなシステムです。励起レーザ選択や光学系のカスタマイズもご相談ください。オーシャンフォトニクス(株) http://www.oceanphotonics.com</p>
<p>電位差自動滴定装置・カールフィッシャー水分計・密度比重計・屈折計・粘度計・水銀測定装置・熱計測機器・大気分析装置・水質分析装置・排ガス分析装置 京都電子工業(株) 東京支店 03-5227-3151 https://www.kem.kyoto/</p>
<p>秒速粉碎機 マルチピースショッカー ディスク容器で岩石・樹脂・生体等の凍結粉碎も可能。分析感度UP, 時間短縮, 経費節減に貢献。 安井器械(株) 商品開発部 http://www.yasuikikai.co.jp/</p>
<h2>研究室用設備機器</h2>
<p>グローブボックスシステム MBRAUN 社製 有機溶媒精製装置 MBRAUN 社製 (株)ブライト 本社 048-450-5770 大阪 072-861-0881 http://www.bright-jp.com E-mail: info@bright-jp.com</p>
<h2>試薬・標準試料</h2>
<p>認証標準物質 (CRM), HPLC・LC/MS 関連 超高純度試薬 (Ultrapur, Primepure®) 関東化学(株) 電話 03-6214-1090 https://www.kanto.co.jp</p>
<p>研究・産業用の金属/合金/ポリマー/ガラス等 8 万点 取扱サプライヤー GOODFELLOW CAMBRIDGE LTD 日本代表事務所 電話 03-5579-9285 E-mail: info-jp@goodfellow.com https://www.goodfellow-japan.jp</p>
<p>X 線回折実験等に使える『高度精製タンパク質試料』 グルコースイソメラーゼ, αアミラーゼほか (株)コンフォーカルサイエンス 電話 03-3864-6606 http://www.confsci.co.jp</p>
<p>信頼性確保に重要な認証標準物質 (CRM) 標準物質のご用命は シグマアルドリッチジャパン(同) テクニカルサービス 電話03-4531-1140 E-mail: jpts@merckgroup.com</p>
<p>標準物質は当社にお任せください! 海外 (NIST, IRMM, BAS, MBH, Brammer, Alcoa 等) 国内 (日本分析化学会, 産総研, 日環協等) 各種標準物質を幅広く, また, 分析関連消耗品も各種取り扱っております。是非, ご相談ください! 西進商事(株) https://www.seishin-syoji.co.jp</p>

<p>RESEARCH POLYMERS (株)ゼネラルサイエンスコーポレーション 電話03-5927-8356(代) FAX 03-5927-8357 https://www.shibayama.co.jp E-mail: gsc@shibayama.co.jp</p>
<p>お求めの混合標準液をサクサク検索! 農薬・動物用医薬品 混合標準液検索システム WEBページで「和光 農薬」で検索! 試薬でお困りの際は当社HPをご覧ください。 富士フィルム和光純薬(株)</p>
<p>薄層クロマトグラフィー (TLC) のリーディングカンパニーとして最高レベルの品質と豊富な担体・サイズ・支持体のプレートをご用意しています。 メルク(株) テクニカルサービス 電話03-4531-1140 E-mail: jpts@merckgroup.com</p>
<h2>書籍</h2>
<p>DNA origami入門 一基礎から学ぶDNAナノ構造体の設計技法— 川又生吹・鈴木勇輝・村田智 共著 B5変判 264頁 定価4,730円 (税込) (株)オーム社 https://www.ohmsha.co.jp</p>
<p>基本分析化学 —イオン平衡から機器分析法まで— 北条正司, 一色健司 編著 B5判 260頁 定価3,520円 (税込) 三共出版(株) 電話03-3264-5711 https://www.sankyoshuppan.co.jp/</p>
<p>専門基礎ライブラリー 新編基礎化学 第2版 藤野竜也・相沢宏明・石井茂・田代基慶 著 B5判 264頁 本文2色 定価2,530円 (税込) 高校レベルの化学から大学の基礎まで無理なく学習できる。 実教出版(株) 電話 03-3238-7766 https://www.jikkyo.co.jp/</p>
<p>Pyrolysis-GC/MS Data Book of Synthetic Polymers 合成高分子の熱分解 GC/MS ハンドブック Tsuge, Ohtani, Watanabe 著 定価31,900円 (税込) 163種の合成高分子の熱分解 GC/MS, また33種の縮合系高分子には反応熱分解 GC/MS も測定したデータ集。 (株)デジタルデータマネジメント 電話03-5641-1771</p>
<p>TOF-SIMS: Surface Analysis by Mass Spectrometry John C. Vickerman and David Briggs 著 B5・定価51,700円 (税込) 二次イオン質量分析法の装置と試料の取扱い, 二次イオン形成のメカニズム, データ解析アプリケーション例など (株)デジタルデータマネジメント 電話 03-5641-1771</p>
<p>Surface Analysis by Auger and X Ray Photoelectron Spectroscopy David Briggs and John T. Grant 著 B5・定価51,700円 (税込) 表面分析に欠かせない AES と XPS 法の原理, 装置, 試料の扱い, 電子移動と表面感度, 数量化, イメージング, スペクトルの解釈など。(SurfaceSpectra, Ltd.) (株)デジタルデータマネジメント 電話 03-5641-1771</p>
<p>改訂6版 分析化学データブック 日本分析化学会編 ポケット判 260頁 定価1,980円(税込) 丸善出版(株) 電話 03-3512-3256 https://www.maruzen-publishing.co.jp</p>
<h2>不確かさセミナー</h2>
<p>不確かさセミナーは、講義と演習を繰り返し全員の解答を確認しつつ進めるので、安心してご受講頂けます。不確かさ小冊子も無料謹呈中! 日本電気計器検定所 電話03-3451-1205 https://www.jemic.go.jp E-mail: kosyukai-tky@jemic.go.jp</p>

分析化学教育用ビデオ(DVD版)

●好評をいただいたビデオシリーズをDVDとしました



好評
発売中

全4巻

監修：公益社団法人日本分析化学会

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

現在お持ちのビデオを返送いただいた方は
10,000円(税別,送料込)

1巻
17分

容量分析法

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

2巻
22分

吸光光度分析法

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

3巻
18分

ガスクロマトグラフ分析法

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

6巻
27分

ICP 発光分光分析法

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



[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



迅速凍結粉碎装置 IQ MILL-2070

機器分析の試料前処理に最適 ~ 高分子材料などの粉碎・攪拌・分散に特化 ~

IQ MILL-2070 の特長

● 使いやすいシンプル操作

- ✓ 簡単な操作でサンプルの粉碎が可能

設定項目は、粉碎速度、粉碎時間、サイクル数、待ち時間のみです。回転ノブとタッチパネルで簡単に設定が可能です。

● 短時間で効率的な粉碎

- ✓ 同一プログラムで最大3サンプルの同時粉碎が可能

最大3本の試料容器が収納可能なホルダーを搭載しており、より効率的な粉碎が可能です。

- ✓ パワフルな衝撃と剪断の粉碎力で 粉碎時間を大幅短縮

高速立体 8の字運動による粉碎方式を採用しており、短時間の試料粉碎が可能です。

● 液体窒素での予冷用キットが付属

- ✓ 粉碎前に冷媒（液体窒素等）を用いる試料容器の予冷方式

液体窒素の消費量は500 mL程度と省エネです。

- ✓ 冷媒を使わずに室温でも粉碎可能



IQ MILL-2070

主な仕様

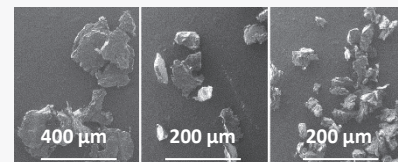
粉碎温度	室温あるいは冷媒（液体窒素等）を用いる試料冷却	
粉碎設定	回転数 (rpm)	50 から 最大 3000（無段階設定）
	回転時間 (sec)	1 から 60（1 sec毎）
	回転サイクル間の待ち時間 (sec)	10 から 600（10 sec毎）
	回転サイクル数	1 から 10（1サイクル毎）
安全装置	2つのマイクロスイッチと手動ロックの組合せ	
本体寸法、重量	幅 270 x 奥行 350 x 高さ 300 (mm)、約 12 kg	
電源 (50/60 Hz)	AC 100/120V あるいは 200/240 V (400 VA)	

ポリスチレン（20 ペレット, 約 500 mg）

2000 rpm x 60 sec x 1 サイクル

前処理温度

25 °C 0 °C -196 °C



粉碎温度 25 °C

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



週刊ミニ WEBINAR

皆様の日常業務に少しでもお役に立ち情報を、毎週お届けする日立ハイテクの「週刊ミニWebinar」。

講演をオンデマンドで視聴いただき、質疑応答にはライブでお答えするハイブリット形式となっております。

(一部ライブでの講演、また質疑応答がない講演もございますので、詳細はプログラムをご参照ください。)

いまさら聞けない分析装置・電子顕微鏡の基礎や分析のコツ、分析・解析手法の事例、メンテナンスやライフサイエンス情報なども含めて、毎週木曜日に短時間で開催いたします。

これからも、様々な講演を開催しますので、ご希望のセミナーにお気軽にご参加ください。

1-3 分光光度計でできること

HITACHI Inspire the Next

分光光度計
分光光度計は、白色光を波長ごとに分けて試料に照射し、透過率(吸光度)、反射率等を測定する装置。これらの値を波長ごとにグラフで表したものをスペクトルと言う。試料の光に対する特性が分かる。

✓透過率(吸光度)

入射光 ↓ 透過光 ↓

試料

メタネの透過スペクトル

Di(VI)の吸収スペクトル

✓反射率

入射光 ↓ 反射光 ↓

試料

酸化銅の反射スペクトル

Science for a better tomorrow © Hitachi High-Tech Science Corporation 2020. All rights reserved. 5

25分でわかる!分光光度計の基本!

1 はじめに ~一般的な試料前処理方法~

HITACHI Inspire the Next

試料のトリミング

樹脂包埋

粗研磨

機械研磨

鏡面研磨

イオンミリング (断面ミリング/平面ミリング)

FIB[®]

SEM観察、EDX/WDX分析、EBSD解析

ミクローム

切断

試料内部の構造確認や故障・異物箇所特定などの目的で、断面観察/分析ニーズが高まっているが、材料の複雑化も相まって最適な前処理手法の選定が難しい。イオンミリングの機能拡張により適用可能サンプルの範囲が拡大している。

Science for a better tomorrow © Hitachi High-Tech Science Corporation 2020. All rights reserved. 5

前処理が重要♪SEM 試料前処理のコツと最新技術!
ここまでラクできるイオンミリング☆シ。

プログラムの詳細は ▶



webで行く展示会

ハイテクEXPO

電子顕微鏡・プローブ顕微鏡・分析装置の操作性やメンテナンス方法がひと目でわかる「実感動画」や、分析・観察のコツや製品の使い方を紹介する「プレゼンテーション動画」など350以上のコンテンツを掲載。

オンライン打ち合わせも受付中。

詳細は ▶

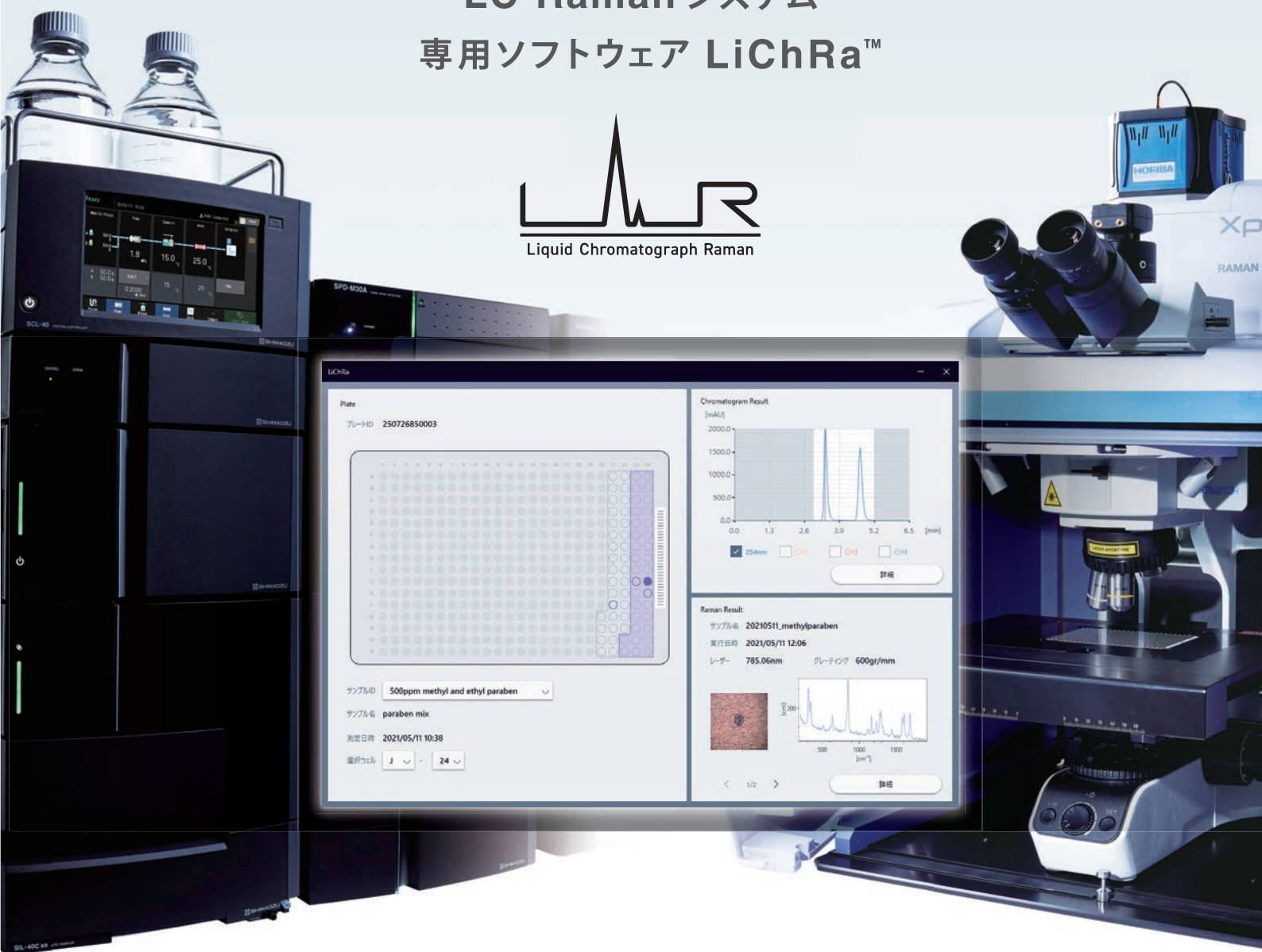
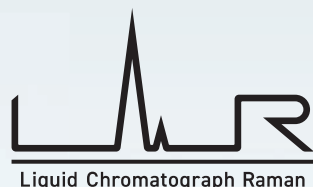





「わかる」と「みえる」

— 分離 × 定性の新提案 —

LC-Raman システム 専用ソフトウェア LiChRa™



2つの技術の融合で、混合試料の成分分析をより容易かつ詳細に

「くっきり」判別
混合試料の構成成分を明確化

HPLCによる分離能力とラマンによる識別能力を兼ね備え、
混合試料を分離して測定し、精度高く判別

「すっきり」整理
データ管理を一元化

注入した試料、LCデータ、分画、プレートやウェル番号などの情報を
ラマンスpekトルデータに紐付け、一元管理

「かんたん」操作
直感的操作を実現

シンプルかつ直感的な画面構成で、初心者でもストレスフリーな操作が可能
各装置の操作だけでなく、ステータス・データの閲覧や検索も容易に実行

 **SHIMADZU**
Excellence in Science

HORIBA
Explore the future

お問合せは
こちらから



LC-CollectIR

LC-CollectIRは、高い効率でHPLCやGPCで分離された成分から移動相溶媒を蒸発させ溶質成分のみをFTIR用の「Geディスク」またはPyroGC/MS用の「熱分解試料カップ」へ捕集するシステムです。

クロマトグラフィーにより分離された混合物の各成分についてオフラインでの測定が可能になります。FT-IR分光測定により簡単に迅速な分子量分布における共重合体の組成変化解析や、PGC/MSによる構造解析の研究に最適です。

従来の分取法と比べ、大幅な時間短縮とコストの削減が可能になります。



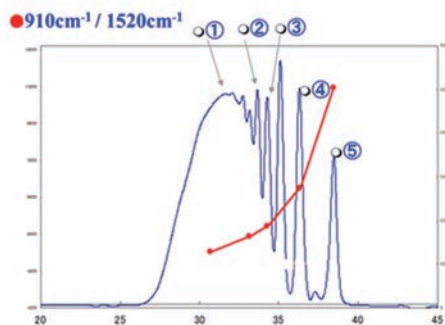
応用例

- 混合物の分離と各成分の簡単に迅速な構造解析
- 樹脂の末端や内部構造の推定
- 分子量分布における、共重合体の組成変化
- 分子量が近似した物質の分子構造の区別
- 微細構造解析および樹脂の混合系の判別
- 簡易分取装置としての利用

GPC-IR測定

BPA型エポキシ樹脂のFTIRによる組成分析

本システムでは、GPCフラクション毎の赤外スペクトルを測定可能です。得られたスペクトルから官能基の比等をクロマトグラムにオーバーラップさせた解析も可能です。



各ピークのFT-IRスペクトル

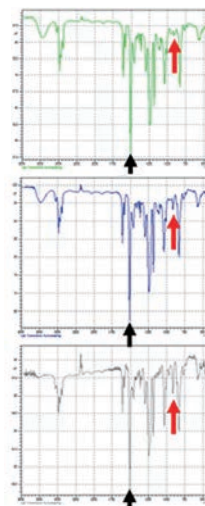
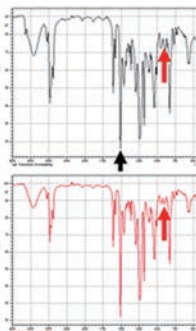
○ピーク①

○ピーク②

○ピーク③

○ピーク④

○ピーク⑤

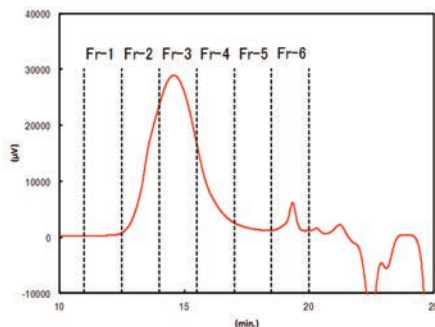


→ ○ 芳香環
→ ○ エポキシ基

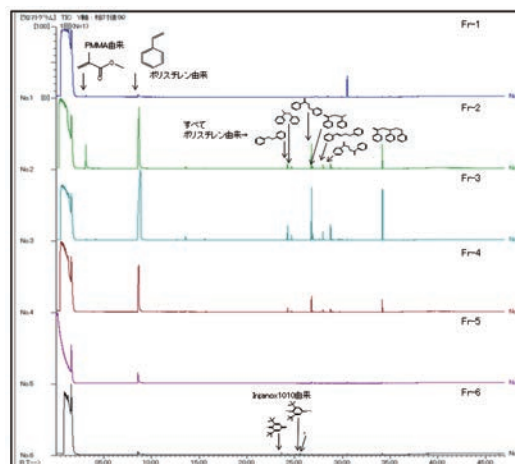
GPC-PyroGC/MS測定

ポリマーブレンドと添加剤の測定

GPCからのフラクションを熱分解装置用試料カップにトラップする事で、GPCの溶出時間ゾーン毎にPyroGC/MS測定が可能となります。得られたスペクトルの解析により、使用されているポリマーの種類や割合が解ります。また、数%程しか使用されていない添加剤の特定も可能です。



RIのクロマトグラムとフラクションゾーン



各分取フラクションの熱分解GC/MS結果