

ぶんせき 4

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

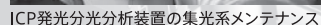
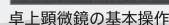
日本分析化学会

<https://www.jsac.jp>

ハイテクEXPO

HITACHI
Inspire the Next

操作性やメンテナンス方法がひと目でわかる「実感動画」



UV Solutions Plus 搭載！
新形分光光度計UH3900S/Dの特徴と分析応用とコッ

分析応用とコッ

〇水について

水蒸気、蒸留水(市販)、イオン交換水、超純水の4種について比較した。

吸光度

波長 / nm

各種物質の吸収スペクトル

黄緑域には、有機物などの不純物によって強い吸収がある
→セールの洗浄の際に超純水での洗浄を念入りに行う必要がある。

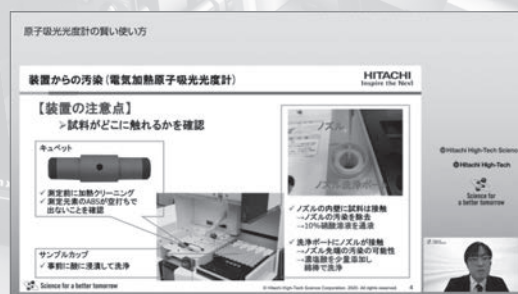
①Hitachi High-Tech Science
②Hitachi High-Tech
③
④
⑤
⑥
⑦
⑧
⑨
⑩
⑪
⑫
⑬
⑭
⑮
⑯
⑰
⑱
⑲
⑳
㉑
㉒
㉓
㉔
㉕
㉖
㉗
㉘
㉙
㉚
㉛
㉜
㉝
㉞
㉟
㊱
㊲
㊳
㊴
㊵
㊶
㊷
㊸
㊹
㊺
㊻
㊼
㊽
㊾
㊿

一般的にガラス器具の洗浄

Science for a better tomorrow

Hitachi High-Tech Science Corporation ©2020. All rights reserved.

分光光度計の分析応用とコツ



原子吸光光度計の賢い使い方



Science for a better tomorrow

導入後のメリットを
お聞かせください

測定はオートでやりますので、おりとあらゆるものに
チャレンジしてみようということもありませんし

走査型プローブ顕微鏡導入事例

[illegible]機能性材料における熱物性評価
(フィルム、電池材料)

オンライン打ち合わせも随時受付中!
お気軽にハイテクEXPOにアクセスし
お申し込みください。

オンライン打合わせは簡易登録
不要ですが、所定のフォームより
お申し込みいただきます。



ハイテク EXPO

ぶんせき Bunseki 2022 Contents

4

目次

とびら	研究開発の道のり／村松康司 137
入門講座	レーザーを用いる分析技術 レーザー誘起ブレークダウン分光法の基礎と産業プロセスへの応用 ／出口祥啓 138
解説	食品産業における MALDI-MS 微生物同定の展開／宮下 隆 144
ミニファイル	衛生と安全 安全な水の供給と浄水処理／川崎直人 151
話題	シングルセルでどこまで分かる？ — 1 細胞質量分析の現状と展望 — ／水野 初 153
技術紹介	ポータブル蛍光光度計 FC-1 — 「もっと気軽に蛍光測定」を目指して — ／熊谷直也・加藤祐史 155
故人をしのぶ	池田重良先生を偲ぶ／横井邦彦 159
トピックス	D,L-アミノ酸の電気化学的個別検出／藤原 勇 160 電極統合マイクロ流体デバイスを用いた経上皮電気抵抗測定 ／宇田川喜信 160
リレーエッセイ	「時世に選別された」イノベーションの台頭／北村裕介 161
論文賞	2021 年「分析化学」若手初論文賞受賞者 162 2021 年「分析化学」産業技術論文賞受賞論文 163 2021 年「分析化学」産業技術論文賞受賞論文 164
ロータリー	165 談話室：発信の仕方、発表の仕方／インフォメーション：「分析中部・ゆめ 21」若手 交流会・第 21 回高山フォーラム；第 27 回 LC & LC/MS テクノプラザ；高分子分析 研究懇談会第 408 回例会；第 368 回液体クロマトグラフィー研究懇談会； 「LC シニアクラブ」設立のお知らせ／執筆者のプロフィール

〔論文誌目次〕	170
〔お知らせ〕	M1
〔カレンダー〕	iii

〔広告索引〕	A5
〔ガイド〕	A6

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

会期：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もございます。



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。

第71年会 開催予告

■日本分析化学会第71年会

会場:岡山大学 津島キャンパス

会期：2022年9月14日（水）～16日（金）

※会期・会場・開催方式は変更する場合もございます。

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>

カレンダー

2022 年

4 月	27 日	第 370 回液体クロマトグラフィー研究懇談会〔Zoom オンライン〕……………(3 号 M3)
5 月	11 日	日本分析化学会第 11 回定時総会〔Web 会議〕……………(3 号 M2)
	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〔ビックパレットふくしま〕……………(2 号 M2)
	13 日	2022 年度「ぶんせき講習会」(基礎編その 1)「分析における統計手法～統計の基礎と統計手法の 実際について～」〔Webex によるオンライン開催 (CiscoWebex)〕……………(3 号 M4)
	14・15 日	第 82 回分析化学討論会〔茨城大学水戸キャンパス〕……………(3 号 M2)
	20 日	第 243・244 回西山記念技術講座「基礎から振り返る先端鉄鋼材料学」 〔早稲田大学西早稲田キャンパス〕……………(M 3)
	26 日	第 371 回液体クロマトグラフィー研究懇談会〔Zoom オンライン〕……………(M 1)
	30～6/1 日	日本ケミカルバイオロジー学会第 16 回年会〔富山国際会議場〕……………(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)
	3 日	第 243・244 回西山記念技術講座「基礎から振り返る先端鉄鋼材料学」〔オンライン開催〕……………(M 3)
	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)
	15～17 日	電子機器トータルソリューション展 2022〔東京ビックサイト東展示棟〕……………(M 3)
	17 日	2022 年度「ぶんせき講習会」(基礎編その 2)「化学分析の基礎講座～実験用基本器具, マイクロピペット, 電子天びん, および pH メーターの原理と使い方～」 〔(株)島津製作所・関西支社 (梅田) マルチホール〕……………(M 1)
	20・21 日	第 28 回化学安全講習会〔大阪科学技術センター〕……………(M 2)
	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参加及び研究発表募集〔北九州国際会議場〕……………(2 号 M1)
	7 日	第 32 回環境工学総合シンポジウム 2022〔レクザムホーム〕……………(3 号 M6)
	23 日	日本化学会北海道支部 2022 年夏季研究発表会〔室蘭工業大学〕……………(3 号 M6)
9 月	11～16 日	第 22 回真空に関する国際会議 (IVC22)〔札幌コンベンションセンター〕……………(3 号 M6)
	14～16 日	日本分析化学会第 71 年会〔岡山大学津島キャンパス〕……………(3 号 M2)

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

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

1) 放射能分析用大豆認証標準物質

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

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

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

○充填容器と価格

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

2) 放射能分析用しいたけ認証標準物質

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

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

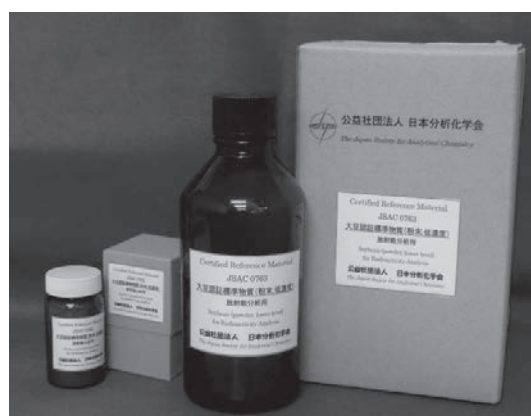
	低濃度	高濃度
^{134}Cs 放射能濃度 (Bq/kg):	99 ± 9	225 ± 15
^{137}Cs 放射能濃度 (Bq/kg):	233 ± 20	533 ± 34
^{40}K 放射能濃度 (Bq/kg):	707 ± 53	633 ± 50

○充填容器と価格

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

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

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



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



ポータブル水質計 P40シリーズ



マイラナちゃん

pH

ORP

電気伝導率

光学式溶存酸素

ポータブルで使えるマルチ水質計



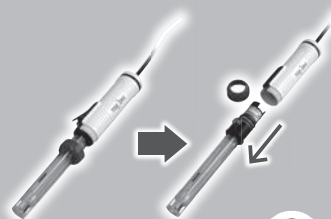
MM-42DP 2chタイプ

各chにつなぐプローブの
組み合わせは自由

MM-41DP 1chタイプ

新型
デジタル
プローブ採用

プローブ情報を
自動で識別



pHプローブ、
ORPプローブは
各々電極部のみの
交換が可能



pH、ORP、
各種イオンの
測定が可能な
普及型も
用意



ポータブルpH・ イオン・ORP計 HM-40P

電池寿命は
最大約2000時間



Mylana(マイラナ)
詳細ページ

東亜ディーケーケー株式会社

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
●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



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

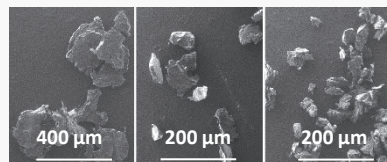
粉碎温度	室温あるいは冷媒（液体窒素等）を用いる試料冷却	
粉碎設定	回転数 (rpm)	50 から 最大 3000（無段階設定）
	回転時間 (sec)	1 から 60（1 sec毎）
	回転サイクル間の待ち時間 (sec)	10 から 600（10 sec毎）
	回転サイクル数	1 から 10（1サイクル毎）
安全装置	2つのマイクロスイッチと手動ロックの組合せ	
本体寸法、重量	幅 270 x 奥行 350 x 高さ 300 (mm)、約 12 kg	
電源 (50/60 Hz)	AC 100/120 V あるいは 200/240 V (400 VA)	

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

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

Delant

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

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

FT/IR-4X



New

ラマン測定を、手の中に。

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



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



PR-1s/PR-1w

光と技術で未来を見つめる

日本分光

日本分光株式会社

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

日本分光の最新情報はこちらから

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

日本分光HP



JASCO

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

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。

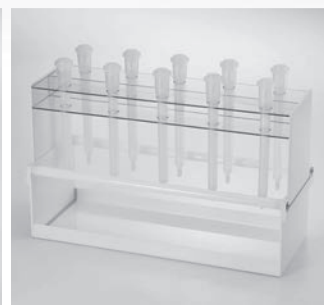


種類	内径(mm)	長さ(mm)	容量(mL)	液溜槽容量(mL)
S	5.0~5.5	50	1.0	8.0
M	6.5~8.5	58	2.5	10.0
L	10.0~11.0	118	10.0	5.0*1

*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のビーカー又は三角フラスコを10個並べることができます。



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

ムロマック[®]ガラスカラム

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



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

ムロマック[®]分液ロート

【各ガラスカラム対応】



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

MC
MUROMACHI CHEMICALS INC.
室町ケミカル株式会社

研究開発の道なり



村 松 康 司

2019年に中国から広がった新型コロナウイルス感染症（COVID-19）の世界的大流行（パンデミック）、いわゆるコロナ禍は世界規模で我々の日常生活、社会活動、政治・経済活動等あらゆる局面に甚大な制限を課し、いまだに（2021年11月現在）その影響は続いている。一方で、コロナ禍に対する活動のうち、対面での接触を防ぐオンライン環境は急速に普及し、その利便性を実感する。大学のオンライン授業、オンライン学会、企業のテレワーク等、オンライン会議システムはもはや普通のインフラ環境になっている。

ところで、インターネットが普及しはじめ携帯電話が市場に出はじめた30年前の1990年頃、あるいはインターネットはおろか一人ひとりがパソコンやスマホを所有するなど思いもよらない40年前の1980年頃に、このコロナ禍が起きていたら我々はどのように対応していただろうか。大学の授業は休講、学会は中止、企業活動は壊滅的打撃を受けたであろうことを想像すると恐ろしい。

手元に『INS HIGH TECHNOLOGY, INSの形成をめざして』という日本電信電話公社（電電公社）の古いパンフレットがある。私が大学をでて1984年に電電公社の電気通信研究所に就職したときに入手したもので、電電公社における当時の最先端研究と、21世紀を見据えた将来構想が示されている。タイトルのINSとは、高度情報通信システム（Information Network System）をさす。今から約40年前1980年代の時代背景として、半導体は産業の米といわれ、コンピュータとネットワークを有機的につなげた高度情報化社会が来ると想定されていた。ちなみに、このような社会変革はグローバルかつ急速に進むとみられ、これに対応するため、競争原理を導入すべく電電公社は1985年に民営化されて日本電信電話株式会社（NTT）になった。パンフレットに記されている主要技術は、交換技術、通信線路技術、伝送技術、無線技術、データ通信技術、画像通信技術、通信用電力技術、超LSI技術、知能処理技術となっており、いずれも現在のオンライン環境を支える基盤技術につながっている。このうち、画像通信技術のページをみると興味深い。4名が座る机に1台のブラウン管テレビが置かれ、そこに映る5人と会話するテレビ会議システム、およびブラウン管テレビに映る画像を手元のリモコンで対話的に操作する画像サービス（当時のキャプテンシステム）が描かれている。現在のオンライン環境からみると笑ってしまうようなシステムであるが、40年以上も前からオンライン環境の土台づくりが研究開発されていたことを心に留めなくてはならない。勿論、上記の基盤技術はNTTだけが研究開発してきたものではなく、関連する企業や団体がハード・ソフトともに切磋琢磨して研究開発し、実用化まで発展させて現在のオンライン環境につながった。

こうしてみると、遠い将来を見据えて、その時・その場でできる研究開発を深めることが大切だと実感する。我々分析化学の研究者も、現在とりくんでいる研究テーマが将来どのような分析技術になり、社会にどのような形で展開できるのだろうかと考えて、日々の研究活動を進めなければならないとあらためて思う。

〔Yasuji MURAMATSU, 兵庫県立大学大学院工学研究科, 日本分析化学会近畿支部長〕

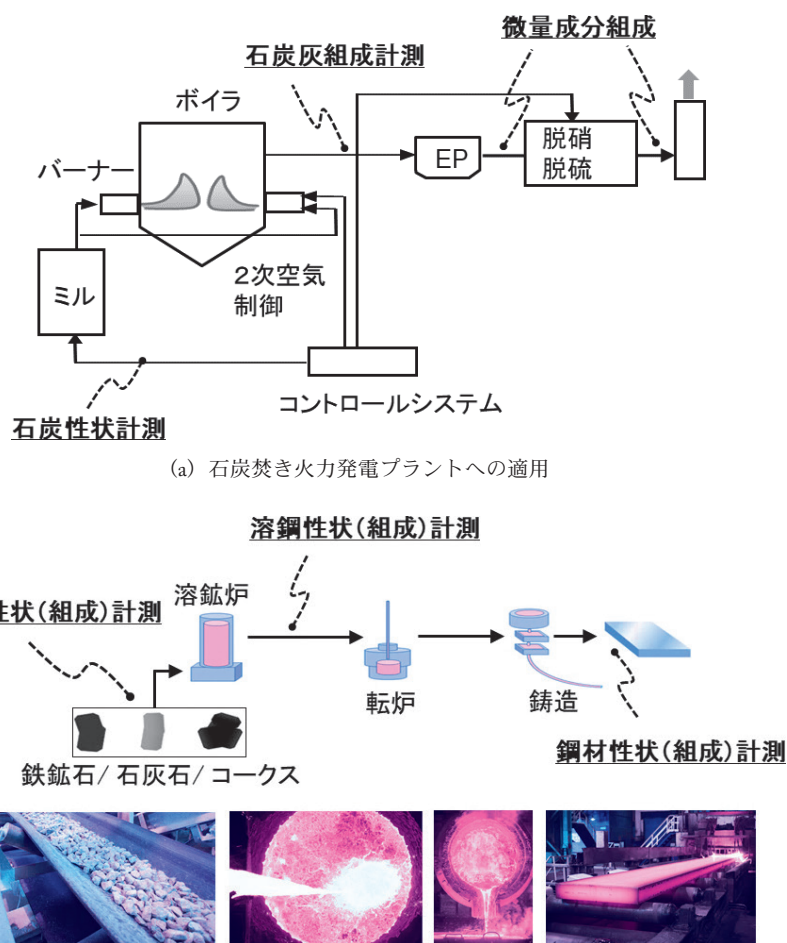
レーザー誘起ブレークダウン分光法の基礎と産業プロセスへの応用

出口 祥 啓

1 はじめに

物質の元素組成をリアルタイムで計測可能な技術は、幅広い産業分野で切望されている。例えば、鉄鋼プロセスでは、鉄鉱石、コークス、石灰石などを原料として鋼板などを製造する過程で各プロセス中の成分組成を計測し、熔融金属の組成を制御することが求められる。また、各種リサイクルプロセスでは、リサイクルを行う対象やリサイクル製品の組成を管理することが望まれている。

しかしながら、現状、産業プロセスにおいて、広い産業分野で元素組成をリアルタイム、オンラインで計測可能な技術や装置は実用化されていない。レーザーを用いた非接触、リアルタイム計測方法として、レーザー誘起ブレークダウン分光法 (laser induced breakdown spectroscopy, LIBS) がある¹⁾²⁾。LIBSは、レーザー光を集光し、プラズマ化した試料からの発光スペクトルを計測することで、気体、液体、固体中の元素組成をその場・リアルタイムに計測可能な計測法である。LIBSは装置



(a) 石炭焼き火力発電プラントへの適用

(b) 鉄鋼製造プロセスへの適用

図1 産業プロセスへのLIBS適用コンセプト

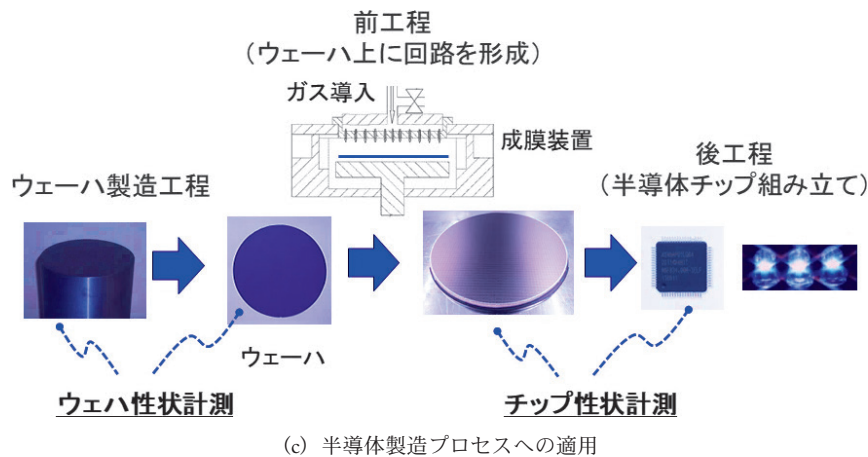


図 1 産業プロセスへの LIBS 適用コンセプト

構成がシンプルである利点を有するほか、気体、液体、固体中の元素を ppb～% の広い濃度範囲で検知できる。近年、レーザー装置の小型化、長寿命化が進み、この技術進展が LIBS の原理を使用した装置開発を後押ししている原動力の一つとなり、LIBS の産業応用展開がさらに加速されてきている状況にある^{3)～17)}。火力発電プラント、鉄鋼製造プロセス、半導体製造プロセスへの適用コンセプトを図 1 に示す。LIBS では、装置のコンパクト化や一体化が比較的簡単に行うことができ、産業プロセス中にオンライン元素分析センサーとして配置し、プロセス制御に応用する試みが進展している。

一方、LIBS におけるプラズマ生成過程は複雑な物理現象を含んでおり、その過程を理論的に解析することは難しい。LIBS では、常温状態の測定対象に対するレーザー照射により、ナノ秒の時間レベルで数万度のプラズマが形成され、周囲環境との相互作用をしながら温度が低下していく。この過程で発生する元素発光を検知して測定対象元素の同定と定量を行うが、生成されるプラズマが空間的、時間的にも均一でなく、また、局所熱平衡状態 (local thermodynamic equilibrium, LTE) が成立しない場合も多く存在する。このため、プラズマの状態変化に伴う信号強度の変化を補正することが難しく、定量的の向上が LIBS の重要課題の一つとなっている¹⁾²⁾。

本稿では、LIBS の基礎原理を解説するとともに、産

業プロセスへ LIBS を適用することを目的とした取り組み状況を紹介する。

2 LIBS の原理

LIBS では、レーザーを集光させて対象物に照射してプラズマを生成する。生成時に励起された原子が低いエネルギーレベルに下がる時に、成分特有の波長を有する光が発する。この発光強度は対象場の原子数密度と相関があるため、各スペクトルの波長とスペクトル線強度を求めることで、存在する物質の識別 (定性) と定量が可能になる。LIBS では、最初にレーザー光と計測対象との相互作用が生じ、その後、複数の現象と共に原子発光が生じる。この現象は、計測対象の状態 (気体、液体、固体) やレーザーのパルス幅に依存するが、ここでは固体の計測対象に対して 5～10 ns のレーザー光を照射する場合の現象を紹介する。この計測形態は一般的に用いられている LIBS 装置の一つである。この場合における LIBS のプラズマ生成過程と原子発光メカニズムを図 2 に示す。

レーザー光の照射初期には、レーザー光と計測対象との相互作用により、レーザー光照射部の熔融や気化、イオン化が生じる (図中 (a)～(b))。この過程はサブナノ秒の時間域で生じ、この時間域で初期のプラズマが生じる。初期のプラズマは、主にレーザー光と計測対象との

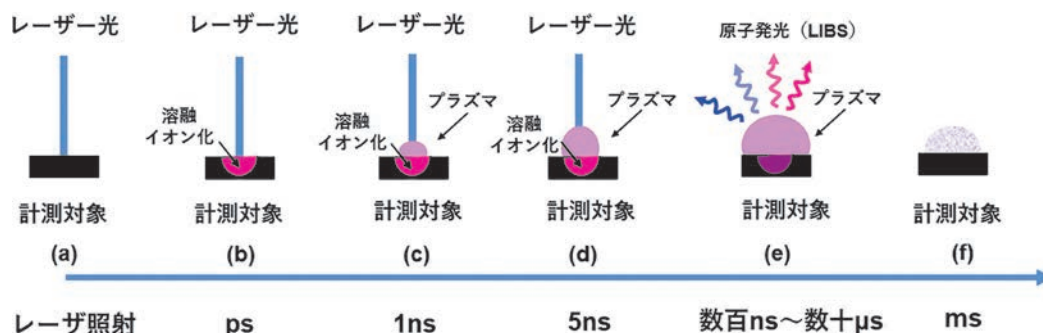


図 2 LIBS のプラズマ生成過程

相互作用により生じるが、プラズマ成長に伴い、レーザー光とプラズマとの相互作用により、プラズマ成長が助長される。プラズマ中には原子、イオン、電子などが存在し、レーザーにより電子が加速され（逆制動放射）、加速された電子が更にイオンと電子を生成することでプラズマ成長が加速される。この現象は、レーザー光がプラズマに照射されている時間帯で生じ、レーザー光がプラズマに吸収されるため、計測対象へのレーザー光照射量は減少する。また、プラズマは周囲ガスを取り込みながら成長するため、プラズマ中に周囲ガス成分のイオンや原子も生じる（図中（c）～（d））。この過程で、プラズマの温度は 20000 K 程度に達し、プラズマの境界面には衝撃波が形成される。この時間帯において、プラズマから強い発光が生じるが、運動している電子がイオンの周囲でブレーキ（制動）をかけられて発光する制動放射が主であり、観測される発光は広い波長範囲で連続したスペクトルを示す。レーザー光の照射終了後もプラズマの膨張は続き、プラズマ温度は急激に低下する（図中（d）～（e））。プラズマ温度の低下に伴い、プラズマ中の電子密度も低下し、制動放射量が低下するとともに、励起された原子からの発光（LIBS における信号光）がプラズマ光の主体となる（図中（e））。LIBS では、この時間帯で生じる原子発光を計測するため、時間ゲートが可能な検知器を用いることが多い。その後、プラズマ温度は更に低下し、プラズマ内の成分が微粒子化して計測対象表面に付着する。（c）～（d）のプラズマ成長時には、レーザー光のエネルギーがプラズマに与えられるため、比較的安定した現象となる。一方、（d）～（e）のプラズマ膨張・冷却過程では、周囲ガスとの混合を含む不安定な流動現象が生じ、原子発光も不安定となりやすい。この現象が、LIBS 計測において計測の定量性を確保しにくい主原因となっている。

上記のように、LIBS ではプラズマ冷却過程で生じる原子発光を計測する。一般的な LIBS の計測タイミングを図 3（a）に示す。自然放出による原子 i の発光スペクトル強度 $I_{(i)}$ は以下の式で表される²⁾。

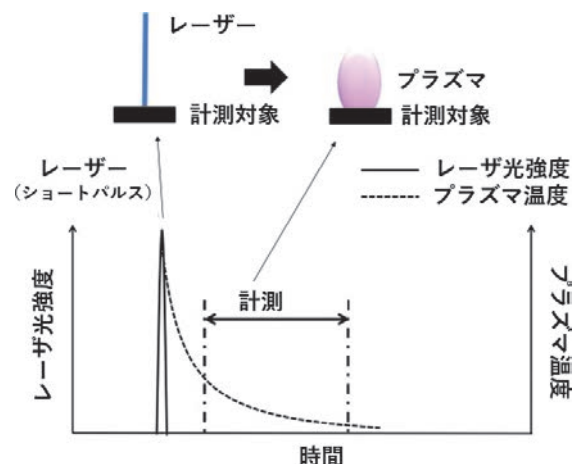
$$I_{(i)} = n_{(i)} \sum \left\{ K_{(i),j} g_{(i),j} \exp \left(-\frac{E_{(i),j}}{kT} \right) \right\} \dots\dots\dots (1)$$

ここで、 $n_{(i)}$ は元素 i の濃度、 $K_{(i),j}$ はアインシュタイン係数を含む変数、 $g_{(i),j}$ は元素 i の縮退度、 $E_{(i),j}$ は元素 i の上位エネルギー、 k はボルツマン定数、 T はプラズマ温度を示す。定量分析を行う場合、発光強度 $I_{(i)}$ に影響を与える要素の明確化が重要となる。式（1）より、発光強度は元素濃度に依存するほか、プラズマ温度にも依存するため、定量分析のためにはプラズマ温度補正を行う必要がある。

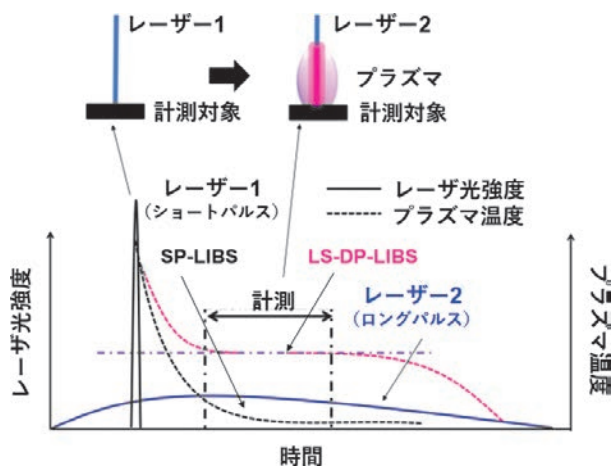
式（1）では均一なプラズマ温度と仮定しているが、

実際には LIBS により生成されるプラズマは均一とはならず、時間的、空間的なプラズマの不均一性を考慮した解析が必要となる。また、レーザーと計測対象・周囲ガスとの相互作用もプラズマ生成に影響を及ぼす。そのため、定量計測に際し、式（1）を基本とし、実験的に検量線を求めることが多い。また、近年、機械学習の進展に伴い、LIBS 信号のデータベースを構築し、機械学習による計測精度向上を行う試みも進展している¹⁸⁾。

一方、LIBS により生成されるプラズマを制御して、LIBS の定量性向上や信号強度増強を行うことができる。レーザー光を 2 回照射するダブルパルス LIBS などの多くの手法が提案されている¹⁾²⁾。ここでは、ロング及びショートパルスレーザー光を組み合わせた LS-DP-LIBS (long-short double pulse LIBS)^{12)~15)} について紹介する。LS-DP-LIBS の概念を図 3（b）に示す。LS-DP-LIBS は、マイクロ秒とナノ秒のパルス幅を有するレーザー光を組み合わせたダブルパルス LIBS であり、ロングパルスレーザーにより、計測対象表面のクリーニングと表面条件の均一化、並びに生成されるプラズマの安定化を図り、定量性を向上する手法である。プラズマ膨張・冷却



(a) 一般的な LIBS



(b) LS-DP-LIBS

図 3 LIBS の計測タイミング

過程において、プラズマへのロングパルスレーザー光エネルギー付加を行い、この過程で生じる不安定性を取り除いている。本方法の応用として、鉄鋼製造プロセスへの適用例を後述する。

3 LIBSの装置構成

LIBSでは、レーザー照射によりプラズマを生成し、その冷却過程で生じる原子発光を計測する。そのため、必要な基本装置は、プラズマを生成するレーザー装置と検知器であり、基本的には、レーザー光の波長に制限はなく、レーザー装置に課せられる制約も少ない。LIBSの装置構成例を図4に示す。装置はレーザー、レンズ、分光器、ICCDカメラ、コンピュータなどで構成される。まず、レーザー光をサンプル表面に集光し、プラズマを発生させる。その際に生じる発光信号はスプリッターによってレーザーパス上から分離され、光ファイバに導入される。光ファイバにより受光された光は、分光器で分光され、ICCDカメラによって測定される。図2で説明したように、LIBSではレーザー照射から計測を行う時間帯の制御が重要であり、これらの計測タイミングはディレイジェネレータで制御される。計測されるLIBSスペクトルはコンピュータに転送され、成分組成が解析される。このように、計測装置は単純で構成も単純なことから、装置の一体化などを比較的簡単に行うことができる。

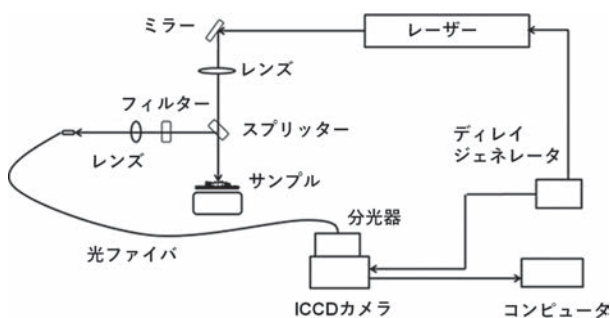


図4 LIBSの装置構成例

4 応用展開例

4.1 石炭灰組成計測例

図1(a)に示す石炭焼き火力発電プラントでは、プラントの安定性や効率向上などの観点から、石炭及び石炭灰のリアルタイム組成分析が望まれている。近年、地球温暖化抑制を踏まえたCO₂低減が急務となっており、これらのリアルタイム分析手法を活用したプロセス制御の高度化が強く求められている。石炭焼き火力発電プラントにおける石炭灰未燃分計測はKuriharaら¹⁶⁾により商用プラントでの実証結果が示されている。本章では、LIBSによる灰中未燃分計測特性を向上する目的で実施された、2ステージサイクロンを用いた計測例を紹介する¹⁷⁾。2章の原理にて説明した通り、LIBSでは、計測対象物及び周囲ガスをプラズマ化するため、周囲ガスに含まれる成分からの発光も生じる。石炭灰中の未燃分(炭素成分)計測では、周囲ガスに含まれるCO₂の影響が問題となる。石炭燃焼場では、排ガス中にCO₂が存在する。周囲ガスにCO₂が存在する条件でLIBS計測を行うと、CO₂から生じる炭素成分発光と石炭灰中の炭素成分発光の区別ができず、分析に誤差を生じる結果となる。この影響を取り除くため、2ステージサイクロンが使用されており、サイクロンを使用することにより、周囲ガス中のCO₂を除去し、石炭灰中の炭素組成

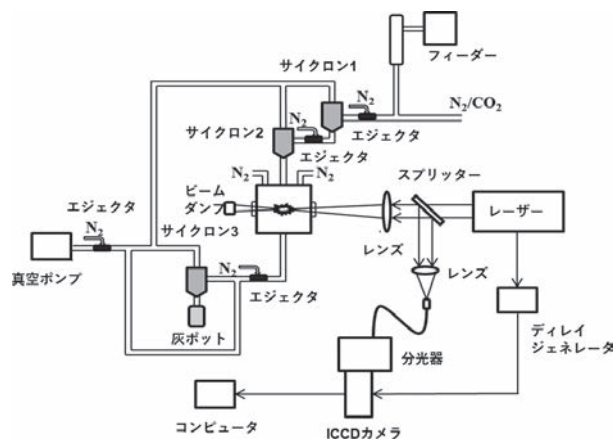
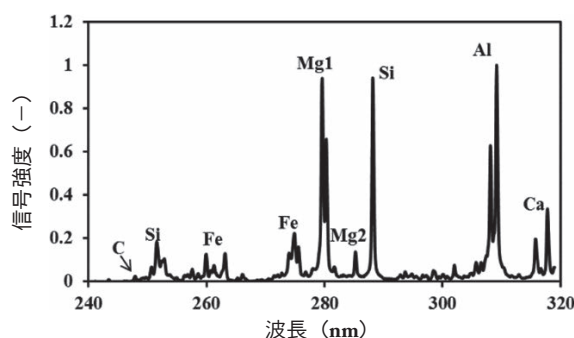
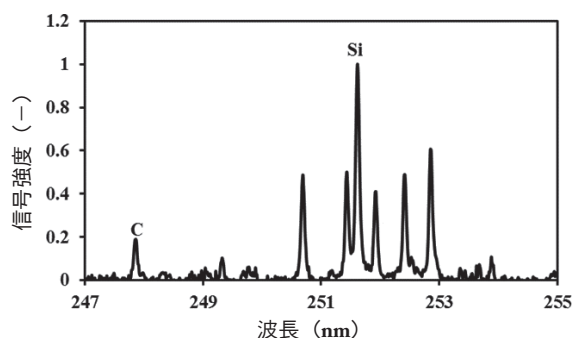


図5 2ステージサイクロンを用いた石炭灰組成計測装置



(a) 低波長分解能スペクトル (240~320 nm)



(b) 高波長分解能スペクトル (247~255 nm)

図6 石炭灰からのLIBSスペクトル

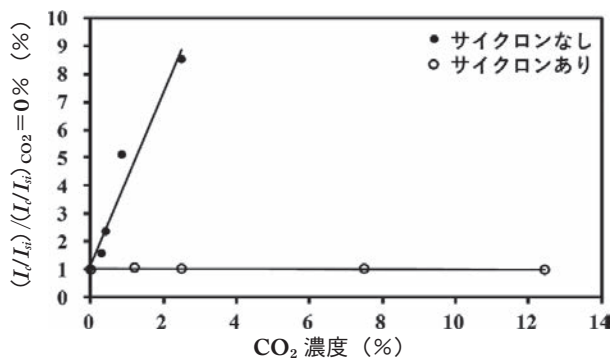


図7 周囲ガス中 CO₂ の影響

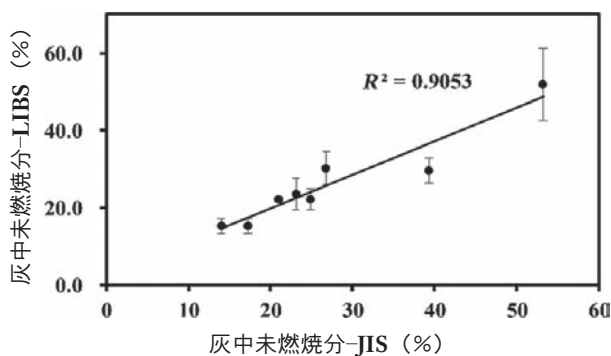


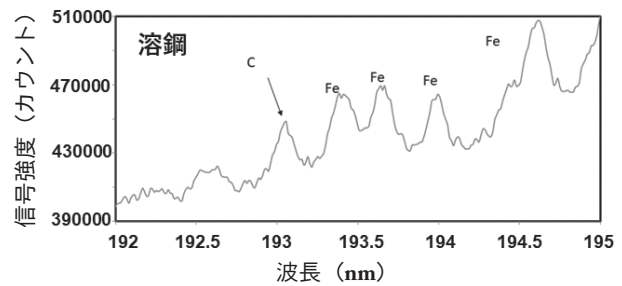
図8 灰中未燃分計測結果

が定量的に計測可能となる。

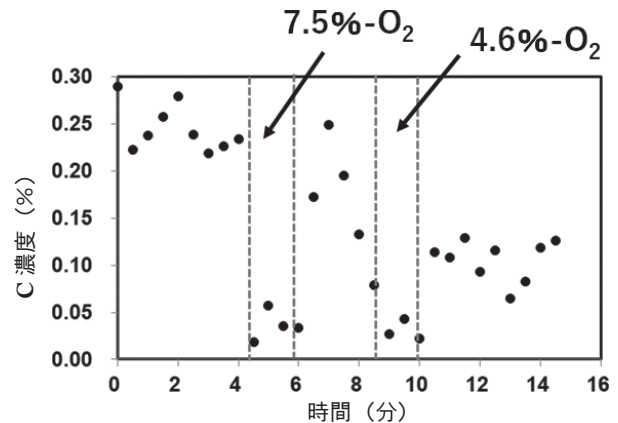
2 ステージサイクロンを用いた石炭灰組成計測装置を図5に、石炭灰からの LIBS スペクトルを図6に示す。石炭灰の主成分は、Si, Al, Ca, Fe, C (炭素) であり、240~320 nm のスペクトルを計測することにより、石炭灰の主成分をすべて計測できる。また、図7に示すようにサイクロンを使用することにより、周囲ガス中 CO₂ の影響を除去可能となっている。この装置では、分析安定性の観点から、レーザーパルス幅が 1 ns のレーザーが使用されている。レーザーパルス幅が短いと、逆制動放射が抑制され、周囲ガスのプラズマ化を低減することができる。未燃分 10~60 % における灰中未燃分計測結果を図8に示す。JISによる分析結果(JIS-M-8801, JIS-M-8815) との比較において、良い直線性が示されている。未燃分 1~5 % の計測結果は Kurihara らにより示されており¹⁶⁾、LIBS を用いることにより、広い未燃分範囲で未燃分のリアルタイム分析が可能となる。

4.2 溶鋼計測例

図1(b)に示す鉄鋼製造プロセスでは、プロセス中の原料や溶鋼、鋼材の元素分析ニーズがある。この中でも、溶鋼中の元素組成をオンラインで分析する技術開発が切望されている。レーザー照射面の組成分析を行うことになる。このため、通常の LIBS では、対象となる試料の表面状態が LIBS の分析性能に影響を及ぼす。溶鋼



(a) 溶鋼からの炭素及び鉄スペクトル



(b) 炭素濃度の時間変化

図9 溶鋼中の炭素濃度リアルタイム分析結果

表面にも、酸化膜などが形成されるため、対策が必要となる。LS-DP-LIBS では、ロングパルスレーザーによって計測対象表面のクリーニングを行うため、通常の LIBS に比較して、表面性状の影響を大幅に低減できる^{12)~14)}。溶鋼に対して LS-DP-LIBS を適用した結果を図9に示す。図9では、溶鋼中の分析ニーズが大きい炭素濃度を計測している。溶鋼中の炭素計測では、鉄からの発光スペクトルとの重なりの影響を避けるため、193 nm の炭素発光線を使用している。図9(a)に示すように、192~195 nm の波長範囲で、炭素及び鉄の発光スペクトルが観察できる。図9(b)では、溶鋼に対して酸素を間欠的に吹込み、溶鋼中の炭素濃度変化をリアルタイム分析している。酸素の吹込みによる溶鋼中の炭素濃度低下がリアルタイムに分析されていることが分かる。このような分析は他の分析法では達成できず、LIBS の優位性を示している例と言える。その他の元素組成分析計測としては、溶鋼中のマンガン分析が Cui ら¹⁴⁾により示されている。

5 まとめ

LIBS の基礎原理を解説するとともに、産業プロセスへ LIBS を適用することを目的とした取り組み状況を紹介した。LIBS は、非接触、リアルタイム、オンライン分析が可能である特長を有し、サンプリングなしに溶鋼中の元素組成をリアルタイム、オンライン分析可能で

る。これらの特長を生かし、今後、各種産業プロセスにおける元素組成のリアルタイム分析法として活用され、産業プロセス制御に応用されていくことが期待される。

文 献

- 1) R. Noll: "Laser-Induced Breakdown Spectroscopy: Fundamentals and Applications", (2012), (Springer-Verlag, Berlin Heidelberg).
- 2) Y. Deguchi: "Industrial Applications of Laser Diagnostics", (2011), (CRS Press, Taylor & Francis, New York).
- 3) J. Vrenegor, R. Noll, V. Sturm: *Spectrochim. Acta Part B*, **60**, 1083 (2005).
- 4) C. M. Li, Z. M. Zou, X. Y. Yang, Z. Q. Hao, L. B. Guo, X. Y. Li, Y. F. Lu, X. Y. Zeng: *J. Anal. At. Spectrom.*, **29**, 1432 (2014).
- 5) H. Balzer, M. Hoehne, R. Noll, V. Sturm: *Anal. Bioanal. Chem.*, **385**, 225 (2006).
- 6) S. Yao, J. Lu, K. Chen, S. Pan, J. Li, M. Dong: *Appl. Surf. Sci.*, **257**, 3103 (2011).
- 7) Z. Z. Wang, Y. Deguchi, M. Kuwahara, T. Taira, X. B. Zhang, J. J. Yan, J. P. Liu, H. Watanabe, R. Kurose: *Spectrochim. Acta Part B*, **87**, 130 (2013).
- 8) Z. Wang, J. Yan, J. Liu, Y. Deguchi, S. Katsumori, A. Ikutomo: *Spectrochim. Acta Part B*, **114**, 74 (2015).
- 9) Z. Hao, L. Guo, C. Li, M. Shen, X. Zou, X. Li, Y. Lu, X. Zeng: *J. Anal. At. Spectrom.*, **29**, 2039 (2014).
- 10) S. M. Zaytsev, A. M. Popov, E. V. Chernykh, R. D. Voronina, N. B. Zorov, T. A. Labutin: *J. Anal. At. Spectrom.*, **29**, 1417 (2014).

- 11) J. R. Freeman, P. K. Diwakar, S. S. Harilal, A. Hassanein: *Spectrochim. Acta Part B*, **102**, 36 (2014).
- 12) Z. Wang, Y. Deguchi, R. Liu, A. Ikutomo, Z. Zhang, D. Chong, J. Yan, J. Liu, F. Shiou: *Appl. Spectrosc.*, **71**, 2187 (2017).
- 13) M. Cui, Y. Deguchi, Z. Wang, Y. Fujita, R. Liu, F. Shiou, S. Zhao: *Spectrochim. Acta Part B*, **142**, 14 (2018).
- 14) M. Cui, Y. Deguchi, Z. Wang, S. Tanaka, Y. Fujita, S. Zhao: *Appl. Spectrosc.*, **73**, 152 (2019).
- 15) M. Cui, Y. Deguchi, C. Yao, Z. Wang, S. Tanaka, D. Zhang: *Spectrochim. Acta Part B*, **167**, 105839 (2020).
- 16) M. Kurihara, K. Ikeda, Y. Izawa, Y. Deguchi, H. Tarui: *Appl. Opt.*, **42**, 6159 (2003).
- 17) Z. Wang, R. Liu, R. Hu, Y. Deguchi, S. Tanaka, K. Tainaka, K. Tanno, H. Watanabe, Y. Yan, J. Liu: *Energy & Fuels*, **33**, 7805 (2019).
- 18) X. Tan: *J. Anal. At. Spectrom.*, **33**, 1867 (2018).



出口祥啓 (Yoshihiro DEGUCHI)

徳島大学大学院社会産業理工学研究部
(〒770-8506 徳島県徳島市南常三島町2
丁目1番地)。豊橋技術科学大学大学院工
学研究科博士後期課程総合エネルギー工
学専攻修了。工学博士。《現在の研究テー
マ》先端レーザー分光学の開発及び産業
分野への応用展開。《主な著書》Yoshihiro
Deguchi: "Industrial applications of Laser
Diagnostics", (CRS Press, Taylor & Francis),
(2012)。《趣味》旅行。

E-mail: ydeguchi@tokushima-u.ac.jp

会 員 の 拡 充 に 御 協 力 を !!

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

入会の手続きなどの詳細につきまして、本会ホームページ (<http://www.jsac.jp>) の入会案内をご覧ください。下記会員係までお問い合わせください。

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

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

食品産業における MALDI-MS 微生物同定の展開

1980 年代後半に実用化された MALDI-MS は、ポリマーなどの化学品の分析に用いられてきた。その後、タンパク質の分析法が開発され、生化学分野の研究は大きく進展した。2010 年頃になると、この技術に応用した微生物同定法が、臨床分野や食品分野において盛んに活用されるようになってきた。本稿では、HACCP に代表される食品安全の取組みにおける微生物同定の重要性、MALDI-MS による微生物同定の原理と応用、更に最近の産学官の取組みについて解説する。

宮 下 隆

1 はじめに

近年の食品にまつわる事件事故は、1990 年代頃からサルモネラ等の微生物が原因となった食中毒が多発し、1996 年には腸管出血性大腸菌 O-157 による大規模食中毒で 9000 人以上の感染者を出した。その後 2000 年に入り、牛海綿状脳症（BSE）問題、黄色ブドウ球菌による大規模食中毒、輸入農産物の残留農薬基準値超過による回収の多発、異物の混入など、食品にまつわる事件・事故などが多発し、消費者の食と食品への不安は増大してきた。

このような食の安全安心への関心の高まりや食品の安全性確保の国際的な動きとして、食品事故リスク防除等を目的に、2021 年 6 月よりすべての食品事業者に対し食品衛生法のもと、HACCP（hazard analysis and critical control point：危害要因分析重要管理点）に沿った衛生管理の制度化が開始された。

HACCP とは、危害要因を解析しそれを重要管理点として食品事故を防止する方法である。この方法は、Codex（コーデックス委員会）および FAO/WHO 合同食品規格プログラムにおいてガイドラインが設定され、他国においては既に導入している国も多く国際的に認められている。

その危害要因としては、化学的危害（残留農薬、アレルギー混入等）、物理的危害（異物混入等）、生物的危害（微生物等）に分けられる。特に消費者の健康に重篤な危害を及ぼす生物的危害は細菌性食中毒であり、製品としての機能を著しく低下させる食品腐敗も防止する必要がある。

地球上に微生物は 300 万種が存在すると言われている。食品産業では危害となる微生物はその一部の微生物が対象となる。食品のカテゴリー（例えば、飲料、加工

食品、調味料、惣菜など）ごとに内容物の特徴（食塩量、pH、食品添加物など）、製造方法（加熱殺菌温度、無菌充填など）、容器形態（密封容器、勘合容器）、更に保管流通温度（常温、チルド、冷凍）ごとに危害となる菌種も変わる。

HACCP における微生物危害の防除では、その危害に対応した微生物制御が必須であり、そのためには例えば日々の検査において製造工程や原料、製品から検出した菌種の同定は必要な情報となる。そのような情報を積み重ね、品質保証や製品開発に活用することが事故未然防止として重要となってきている。

2 微生物同定とは

微生物は地球上で最も古い生物である。それらが進化してきた道筋を「系統」といい、その系統での類縁関係の近さ遠さを表したものを「分類」という。つまり「分類」とは特定のグループごとに生物を整理したものを指す。微生物の同定とは、対象となる微生物が分類された生物の中のどのグループに含まれるかを決定することである。

細胞核を持たない生物（原核生物）である細菌は、真正細菌（Bacteria：いわゆる細菌）と古細菌（Archaea）の 2 界（Kingdom）に大別され、門（Phylum）、綱（Class）、目（Order）、科（Family）、属（Genus）、種（Species）、更に株（Strain）の順で細分される。

学名とは、生物につけられた世界共通の名称で、種の学名（種名）は属名と種小名で構成される。例えば、*Lactobacillus brevis*（ラクトバチルス ブレビス）や *Clostridium botulinum*（クロストリジウム ボツリヌス：一般にボツリヌスと呼ばれる）がそれにあたる。

2・1 なぜ微生物同定が必要か

微生物の種名を特定するため、数々の手法を用いて同定を行う。特に食品から検出した微生物については、種名を明らかにすることで、人への危害の有無が判断で

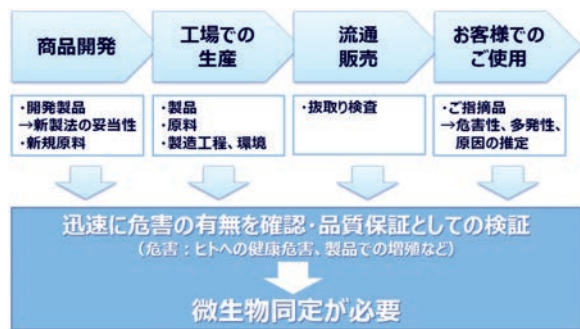


図1 フードサプライチェーンにおける微生物検査の必要性

き、また微生物が原因となった食品の品質劣化（いわゆる腐敗）については、フードチェーンにおける原因究明につなげることが可能となる（図1）。

更に、その特定された種名の性状や特徴を調べることで、微生物が混入や増殖した原因（汚染経路の特定、加工条件、加熱殺菌条件など）を特定すること、原因となった微生物の性状（発育温度、発育pH、耐熱性など）も調査することで、真の原因追及と対策により再発防止につなげることができる。

つまり微生物同定は、「食品安全の確保」における重要な調査の一つとなる。

2.2 様々な微生物同定方法

ひとくちに微生物同定といってもその方法には、(a) 形態観察、(b) 生化学性状、(c) 遺伝子解析、(d) タンパク質解析と様々な方法がある。

これらは、属名、種名など、どのレベルまで調査するかによって方法を選択する。一般に細分化に応じて、大型の装置が必要となり、試験が煩雑になる。

(a) 形態観察

試料から対象菌を培地上に発育させて分離する「分離培養」を行い、菌の培地上での特徴（コロニーの形状や色、大きさ等）、顕微鏡観察での各細胞の形態や運動性について観察を行う。

- ・球状菌（連鎖球菌、ブドウ状菌）。
- ・桿状菌（短桿菌、長桿菌）。
- ・らせん状菌（らせん状、コンマ状）。

更に染色性を行い顕微鏡観察にて観察することで、グラム陽性・陰性の判別を行うことができる。簡易的なグラム判別としての劉の方法もある。

ただし、この方法では、属などの判別はできない。

(b) 生化学性状

上記の分離した菌を用いて、カタラーゼ試験、運動性、糖類の分解（資化）、ガスの発生、生育可能な温度、生育可能なpH、特異抗体を用いた血清学的性状（血清型）等を行う。これらの多くは、Bergey's Manual of Systematic Bacteriology に収載されて

いる。

このような試験には、膨大な種類の培地の作成が必要になり、また培養を行いながら実施するため3日程度を要し、更に一部の試験は高度の技術と専門性が要求される。こうした問題を解決することを目的に、数社より同定キットが開発され、細菌を中心とした微生物の検査に広く利用されている。結果の精度は、種が近い場合は生化学性状も似るため、この方法のみでは菌種同定ができない場合もある。

(c) シーケンサーによる遺伝子解析

属名種名の判別においては、核酸（DNA/RNA）を用いた分子生物学的な方法が微生物同定の主流になっている。これは、キャピラリーシーケンサーを用いたサンガー法により、核酸の塩基配列の並びを比較する方法（塩基配列解析法）である。

塩基配列解析では一般的にはrRNA遺伝子（rDNA）が広く利用され、細菌では16S等、真菌ではLSU-D1/D2領域やITS領域等が用いられている。塩基配列解析法では、対象となる微生物の特定領域の塩基配列を決定し、国際塩基配列データベース連携INSDC（international nucleotide sequence database collaboration）と連携しているDDBJ（DNA data bank of Japan）などの遺伝子配列のデータベースとの一致率を比較することにより同定を行っている。

この方法は、客観性や再現性、同定精度の面で優れているため、微生物同定における強力なツールとなっている。しかし、同定までに8時間程度を要するため、更なる迅速化が望まれている。

近年は、次世代シーケンサー（NGS：next generation sequencing）を使用した微生物の全塩基配列（全ゲノム）を解析し、事故解明する動きが始まっている。NGSでは、ゲノム全体の比較ができるため、特定の部分塩基配列の比較だけでは難しかった菌株比較や菌種同定、進化系統、感染経路の推定などができるようになり実用されている。ただし、遺伝子のデータ量が多く解析の際に「微生物」と「情報処理」の両方の専門知識となるバイオインフォマティクスが必要なこと、試薬が高価であることから、更なる技術革新が求められている。

(d) MALDI-MSによるタンパク質解析

微生物の菌体中に存在しているリボソームタンパク質をマトリックス支援レーザー脱離イオン化質量分析計（MALDI-MS：matrix-assisted laser desorption ionization-mass spectrometry）により解析するプロテオーム解析である。ゲノム解析とは異なる方法であるが、既存の16SrRNA塩基配列解析等と高い相関が得られる特徴がある。

相関が高い理由は、DNAは生命現象の中で重要

な働きをするタンパク質の設計図であるが、直接 DNA からタンパク質を合成することはできない。DNA 上の情報は、いったんメッセンジャー RNA (mRNA) に転写され、翻訳という過程を経てアミノ酸がたくさん連なったタンパク質を合成する。この翻訳で重要な働きをするのがリボソームとトランスファー RNA (tRNA) である。リボソームは mRNA をくわえ込み、アミノを運ぶ tRNA は、その中で mRNA のコドンを認識し、リボソームの酵素作用によって隣り合ったアミノ酸がペプチド結合によりペプチドとなり、さらにタンパク質となる。リボソームは、数本の RNA 分子と 50 種類ほどのタンパク質からなる巨大な RNA・タンパク質の複合体である。全体として大小二つの粒子に分かれ、それぞれ 50S サブユニット、30S サブユニットと呼ばれている。先に記述した遺伝子解析の 16S は、この 30S サブユニットに相当することからも、遺伝子解析との相関性が高いことが分かる (図 2)。

したがって、微生物ごとに遺伝子が異なるように微生物ごとにリボソームタンパク質が異なるため、MALDI-MS での質量スペクトルも異なり、 m/z の違いで菌種の同定が可能になる (図 3)。

微生物同定に MALDI-MS が利用された理由は以下の通りである。

- ・イオン化において多価イオンを生成しにくく、質量スペクトルがシンプルで解析しやすい。
- ・解析可能なタンパク質の範囲は、 m/z 2000～20000 であり、この質量範囲でリボソームタンパク質が測定しやすい。
- ・リボソームタンパク質は、菌体内での発現量が多く測定対象として向いている。
- ・リボソームタンパク質は、塩基性の成分が多く質量分析におけるイオン化効率が高い。

2・3 MALDI-MS による微生物同定方法

微生物同定は、分離菌株から得られた MALDI-MS のスペクトルパターンをソフトウェアに登録されたライブラリーとフィンガープリントさせることにより、属や種、更に株の識別を行う。

2・3・1 菌体試料の前処理

測定には、何れの方法にも単離培養したコロニーや液体培地ににて培養した液が必要となり、以下のような方法で前処理・結晶化を行い測定する。

(a) セルスメア法

コロニーを質量分析用プレートに直接塗布し乾燥させた後、マトリックス試薬 (α -cyano-4-hydroxycinnamic acid (CHCA)) 1 μ L 添加し乾燥・結晶化させたものを測定 (図 4)。

(b) 辛酸法

コロニーを質量分析用プレートに直接塗布し 70 % 辛酸 1 μ L を添加し乾燥、CHCA 1 μ L を添加し乾燥・結晶化させたものを測定。

(c) 辛酸-エタノール抽出法

1.5 mL マイクロチューブにいた滅菌蒸留水 300 μ L に少量のコロニーを懸濁しエタノール 900 μ L を加えて攪拌、15000 $\times$ g で 2 分間遠心分離し、沈渣に 70 % 辛酸 40 μ L とアセトニトリル 40 μ L を加えて攪拌、15000 $\times$ g で 2 分間遠心分離、上清 1 μ L を質量分析用プレートに添加し乾燥させた後、CHCA 1 μ L を添加して乾燥・結晶化させたものを測定。

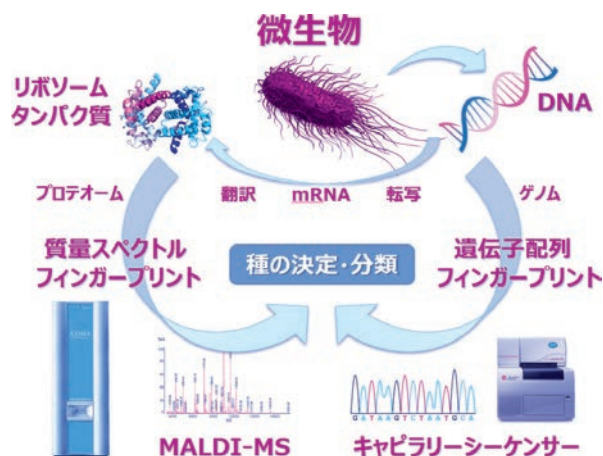


図 2 MALDI-MS とキャピラリーシーケンサーによる微生物同定

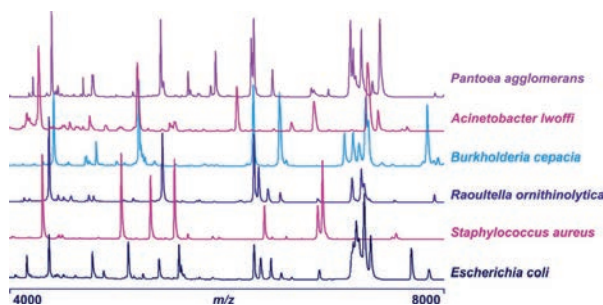


図 3 微生物毎に異なる MALDI-MS スペクトル

出典：バイオメリュウ・ジャパン(株)より提供

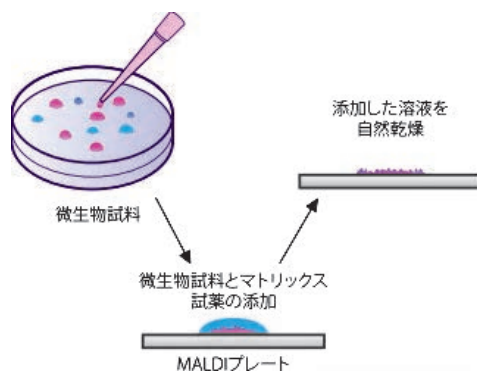


図 4 MALDI 用プレートの微生物処理

出展：(株)島津製作所より提供

2・3・2 フィンガープリント法による MALDI-MS での測定・解析

これら、前処理したプレートを MALDI-MS の装置に導入し、微生物同定専用の PC ソフトにてシステムチックに測定・解析・判定を行う。

測定において、菌体のリボソームタンパク質のイオン化では、エネルギーの高いレーザーを直接当てると分解してしまうため、マトリックスを混合することでレーザー光線がマトリックスにより吸収され、タンパク質のイオン化が可能になる。イオン化したタンパク質は真空中で飛ばされ、同じ電荷であれば、小さい分子は大きい分子よりも早く検出器に到達する。この飛行時間の差から質量を換算し、質量と相対強度をグラフ化したものがスペクトルで、このスペクトルのパターンにより菌種を同定する。この一連の動作を 1 サンプルあたり 5 分程度と極めて短いといった特徴がある。

例えば、大腸菌 (*Escherichia coli*) であれば、菌をそのままマトリックスと混ぜたものを測定し、横軸に質量、縦軸に強度としてグラフ化する (図 5)。これを *E. coli* のデータとしてスペクトルデータベース (DB) に登録し、検体 (未知の微生物) から得られたスペクトルパターンが一致した場合は *E. coli* として同定される。

このスペクトル DB は、微生物同定システムとして PC 内に格納しており、分析機器メーカー間の差もあるが 15000 株以上との照合が可能となる。

2・3・3 バイオマーカー法による MALDI-MS での測定・解析

フィンガープリント法では識別困難な微生物については、各微生物に特異的なタンパク質を検出する方法としてバイオマーカー法を用いることで同定が可能となる。

寺本らは、精製したリボソームタンパク質に注目した MALDI-MS 解析法を開発した¹⁾。これは、ゲノム解読された近縁微生物の情報を参考にリボソームタンパク質を同定し比較解析する方法である。本方法はメーカーの違いに依存しない点、培養条件に比較的左右されないという点で他の方法より優れているが、迅速性が失われるといった点もある。

また、田村らによって開発された S10-GERMS 法 (S10-spc-alpha operon gene encoded ribosomal protein mass spectrum) は、塩基配列より算出されたりボソームタンパク質の理論質量をバイオマーカーとして同定する²⁾。本方法は、遺伝子配列を基準とした理論的根拠に基づく同定方法であるため、MALDI-MS での実証が不可欠である。この知見が多く集まりデータベース化されることが望まれる。

2・4 質量分析計による微生物同定の歴史

質量分析計での微生物同定の歴史は古く、1950 年代にさかのぼる。Anhalt らが 1975 年に発表した質量分析計を用いた微生物同定法は、凍結乾燥させた微生物を質量分析計に直接導入し測定する方法であった³⁾。また微生物由来の脂肪酸組成に注目した報告も多くなされた⁴⁾。

その後、田中らのソフトレーザー脱離イオン化法の開発により、タンパク質を壊さずにイオン化することが可能となり生化学の分野は飛躍的に進展した⁵⁾。

1990 年代には、微生物種や株ごとに細胞のタンパク質構成が特異的であることに着目し、MALDI-MS を用いた微生物の識別・同定法が開発された。

Cain らによって 1994 年には CHCA 等をマトリックスとして用いたタンパク質プロファイリングが微生物の同定に有用であることが示された⁶⁾。

その後、特別な前処理なしにコロニーから直接質量分析用のプレートに塗布し測定できる方法が開発され実用化が大きく前進した⁷⁾⁸⁾。2009 年には臨床の細菌検査室で運用されはじめ、現在では臨床検査室に必須の機器となっている。

また時を同じくして、食品由来の微生物を研究する大学や企業を中心に、この技術の検討がなされてきた。

佐藤らは、2011 年に食品製造において重要な危害菌 (腐敗菌) となる *Lactobacillus fructivorans* について、MALDI-MS を用いた同定とタイピングが可能であると示している。主要な *Lactobacillus* 属を測定し、*L. fructivorans* の識別ができること、培養日数でのスペクトルと同定率の差

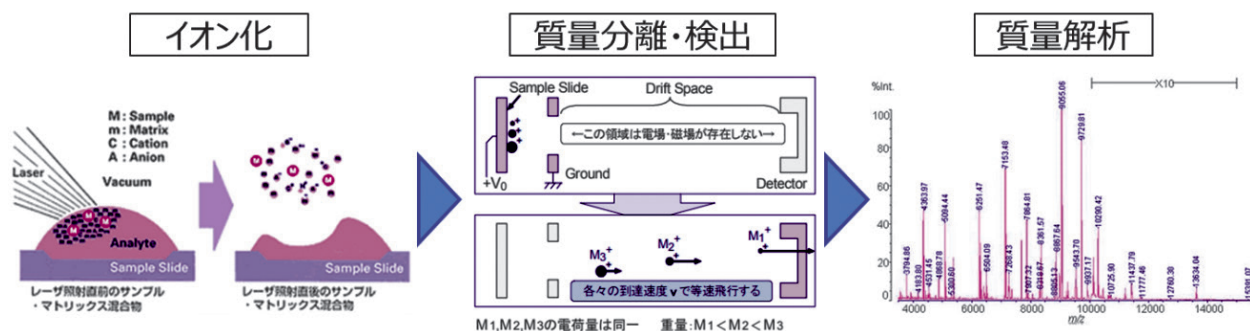


図 5 MALDI-MS での大腸菌の測定
出展：株島津製作所より提供

の確認，系統樹解析法により異なる *L. fructivorans* 株の差の判別も可能としている⁹⁾。

3 食品安全への応用

食中毒とは，人に健康被害を及ぼす可能性のある細菌やウイルスが付いている食品，あるいは有害な物質が混入または含まれている食品を食べることによっておこる健康障害をさす。

食中毒の分類は以下の通りとなる。

(1) 細菌性食中毒

感染型：細菌が付いた食品を食べることにより発病する。病原性大腸菌，カンピロバクター，サルモネラ，セレウスなど。

毒素型：食品に付いた細菌が増殖する過程で毒素を作り，この毒素が付いた食品を食べることにより発病する。黄色ブドウ球菌，セレウス，ボツリヌスなど。

(2) ウイルス性食中毒

ノロウイルス（小型球形ウイルス）など。

(3) 自然毒食中毒

動物性：フグ毒，貝毒など。

植物性：カビ毒，有毒山野草，毒キノコ，ジャガイモの芽など。

(4) 化学性食中毒

農薬，殺鼠剤，重金属（ヒ素，鉛など），ヒスタミンなど。

(5) 寄生虫

クリプトスポリジウム，アニサキスなど。

微生物が関与する食中毒は，微生物が体内に入り腸管内等で増殖し毒素産生などにより発症する場合や，食品中で微生物が増殖し毒素を産生し発症する場合がある。

上記の食中毒の原因となった微生物の同定や毒素の検出においても MALDI-MS が使用されている。

本稿では，セレウス，黄色ブドウ球菌，ボツリヌス，カビ毒について解説する。

3.1 細菌性食中毒となる原因微生物の同定と原因毒素の検出

3.1.2 セレウスの微生物同定とセレウス毒素の検出

セレウス (*Bacillus cereus*) は，土壌細菌のひとつで，土壌・水・ほこり等の自然環境や農畜水産物等に広く分布しており，耐熱性のある芽胞を形成する。

本菌による食中毒は「嘔吐型」と「下痢型」に大別され，どちらか一方の性質を持つ。

嘔吐型食中毒は，セレウスに汚染された食品中で産生された毒素（セレウリド）の摂取によって起こる。

下痢型食中毒は，食品とともに摂取した本菌が小腸で増殖し，産生される毒素によって発症する¹⁰⁾¹¹⁾。

セレウスの菌種同定は，一般に行われている 16rRNA 塩基配列解析では，セレウスの類縁菌（セレウスグループ 8 種：*Bacillus anthracis*, *Bacillus pseudomycoloides*, *Bacillus mycoloides*, *Bacillus thuringiensis*, *Bacillus weihenstephanensis*, *Bacillus cytotoxicus*, *Bacillus toyonensis*, *B. cereus*）の分別が困難である。食品分野でのリスク管理の面から *B. cereus* の判別が必要である。そのセレウスグループの判別として，類縁菌特有のバイオマーカーを設定し，MALDI-MS にて高精度に判別することも運用されている¹²⁾。

一方，嘔吐型の原因となるセレウリドは熱に強く，126℃ 90 分でも失活しない。日本では嘔吐型の食中毒が多く，チャーハン，ピラフなどの焼飯類が原因食品となるが，欧米で発生は下痢型の食中毒が多い。

セレウリドは，液体クロマトクロマトグラフィー・タンデム質量分析計 (LC-MS/MS) で高感度に測定することが知られているが，前処理が煩雑であること，セレウリドの特性として疎水性であることから試験中に器具への吸着などの課題があった。そこで，MALDI-MS にて簡易的に定性的な分析も報告されている¹³⁾。更に，高橋らによりこれらの菌種と毒素の同時に検出する試みもされている¹⁴⁾。

3.1.2 黄色ブドウ球菌毒素の検出

黄色ブドウ球菌 (*Staphylococcus aureus*) は，顕微鏡で見ると，ブドウの房のように集まっていることから命名された。本菌は，食中毒の原因となるだけでなく，おでき，にきびや，水虫等に存在する化膿性疾患の代表的な起因菌である。そのため，健康な人でものどや鼻の中などに高率で検出され，動物の皮膚，腸管，ホコリの中など身近にも存在している。

食品中で増殖するときに毒素（エンテロトキシン）をつくり，この毒素を食品と一緒に食べることで，嘔吐や下痢を伴う急性胃腸炎症状を発症する。

菌自体は熱に弱い，この毒素は 100℃ 20 分の加熱でも分解されないため，食品から菌は検出されないが，毒素のみ検出されることがある。ヒトへの発症毒素量は数 100 ng～数 μg と推定されている¹⁵⁾¹⁶⁾。

従来このエンテロトキシンの検出は，酵素結合免疫吸着測定法 (ELISA 法) で検査することが多かったが，常に測定キットを準備する必要があること，多くの毒素型を測定することができないといった課題があった。現在では，MALDI-MS にて簡易にエンテロトキシンの有無を判別でき，また *m/z* の違いにより毒素型の識別が可能となった¹⁷⁾。

3.1.3 ボツリヌス毒素の検出

ボツリヌス食中毒は，ボツリヌス (*Clostridium botulinum*) が産生するボツリヌス神経毒素 (BoNT: botulinum neurotoxin) によって起こる全身の神経麻痺を生じる神経中毒疾患である。

本菌は，耐熱性の芽胞を形成する偏性嫌気性グラム陽

性桿菌で、土壌や湖沼などに広く分布している。芽胞が含まれた食品が、真空パック詰食品などの「酸素の少ない状態」になると、食品内で芽胞が発芽し BoNT が作られる。

日本では、1984 年の真空パック詰にしたカラシレンコンが原因となった食中毒事故が知られている。同様の事故としては、ハヤシライスの具、あずきぱっとう（ぜんざいに入りが入った郷土食）があり、自家製の発酵食品（いずし）の事例もある。乳児ボツリヌス症は、生後 1 年未満の乳児が芽胞を経口的に摂取した場合、乳児の消化管内で菌が増殖し BoNT が産生されにより発症する。

BoNT の検出では、通常、マウスバイオアッセイが用いられるが、Perry らにより MALDI-MS を用いたタイプ別検出方法を確立され、マウスバイオアッセイなしに BoNT のタイプ分けが可能となった¹⁸⁾。また、門間らは、エンドペプチダーゼ質量分析法（Endopep-MS 法）による BoNT の検出について、日本で発生した事例株での検証を行った¹⁹⁾。本法は、マウスバイオアッセイに比べ迅速な対応ができ、更に検査精度と感度が優れている。測定原理は、BoNT がエンドペプチターゼ（非末端のペプチド結合を加水分解するタンパク質分解酵素）活性を有することを利用し、タンパク質を低分子化させ MALDI-MS で検出する方法である。

このように、エンドペプチターゼ活性を有するタンパク質は、簡便に検出ができるため、技術展開が期待される。

3・2 自然毒素の検出

カビ毒の検出は一般に、試料精製後に LC-MS/MS 等で測定する。この方法は極微量まで高精度に測定できる反面、時間がかかり操作が煩雑であるため、より簡便化されたスクリーニング法が求められている。Hleba らは、MALDI-MS による簡便で迅速な測定法を開発した²⁰⁾。

また、上原らは、アフラトキシンを産生するカビ *Aspergillus flavus* 培養液の上清のからアフラトキシンを検出が可能になったとことを報告している²¹⁾。

4 おわりに

本稿では、MALDI-MS の食品微生物の安全性検証への展開について解説した。MALDI-MS は、簡便・迅速・安価・高精度に微生物同定が可能となる方法であり、食品の試験室ではなくてはならない存在となっている。

しかし、その同定精度はスペクトル DB に依存しているため、より多くの菌種、菌株での拡充が必要である。筆者の経験からであるが、分譲株と食品から検出された野生株では、若干のスペクトルの違いがあるため、その両方を入れ同定することが肝要と考える。

スペクトル DB の拡充は、機器メーカーにおいても常に新たな微生物の情報を追加し、またそれぞれの検査室・研究室毎においても追加し、同定精度の向上を行っている。

日本では、それをサポートする動きとして、独立行政法人製品評価技術基盤機構バイオテクノロジーセンター（NITE/NBRC）で保有している菌株のスペクトル DB を一般に公開している。更に、産学官連携の「MALDI-MS 微生物同定コンソーシアム」が立ち上がり、本技術の標準化の検討やスペクトル DB の共有化が行われている。また、技術者の意見交換や技術の展開の場として「MALDI-MS 食品微生物研究会」も立ち上がり、企業や大学、地方衛生研究所など多くの技術者が参画し議論がなされている。特に食品安全の研究者、品質保証担当者において注目されている技術となっている。

今後、本技術の更なる普及と認知、スペクトル DB の充実、機器のユーザビリティの向上、そして本技術の利用者が増加することで、HACCP における微生物に関するエビデンスや知見が増し、食中毒や微生物腐敗などの安全性が脅かされる事件や事故が減少し、誰もも食品の安全について安心できることを願っている。

また、この MALDI-MS による食品分野の展開については、牛豚鶏などの肉種判別、魚種判別、チーズの乳種判別、毛の動物種判別、食用植物油の重合物判別などにも応用されている。

更なるイノベーションや技術革新、研究が発展することを期待している。

文 献

- 1) 寺本華奈江, 佐藤浩昭, 孫 麗偉, 鳥村政基, 田尾博明: 分析化学 (*Bunseki Kagaku*), **55**, 987 (2006).
- 2) H. Sato, M. Torimura, M. Kitahara, M. Ohkuma, Y. Hotta, H. Tamura: *Syst Appl Microbiol.*, **35**, 447 (2012).
- 3) Anhalt, J. P., Fenselau: *Anal. Chem.*, **47**, 219 (1975).
- 4) S. DeLuca, E. W. Sarver, P. D. Harrington, K. Voorhees: *Anal. Chem.*, **62**, 1465 (1990).
- 5) K. Tanaka, H. Waki, Y. Ido, S. Akita, Y. Yoshida, T. Yoshida: *Rapid Commun. Mass Spectrom.*, **2**, 151 (1988).
- 6) T. C. Cain, D. M. Lubman, W. J. Weber Jr.: *Rapid Commun. Mass Spectrom.*, **8**, 1026 (1994).
- 7) R. D. Holland, J. G. Wilkes, F. Rafii, J. B. Sutherland, C. C. Persons, K. J. Voorhees, J. O. Lay Jr.: *Rapid Commun. Mass Spectrom.*, **10**, 1227 (1996).
- 8) M. A. Claydon, S. N. Davey, V. Edwards-Jones, D. B. Gordon: *Nat Biotechnol.*, **14**, 1584 (1996).
- 9) 佐藤美紀, 宮下 隆, 高橋 肇, 木村 凡: 第 102 回日本食品衛生学会学術講演会要旨集, (2011).
- 10) 上田成子: 食中毒予防必携第 2 版, 113 (2007).
- 11) 河合高生, 浅尾 務: 食品由来感染症と食品微生物, 439 (2009).
- 12) Y. Hotta, J. Sato, H. Sato, A. Hosoda, H. Tamura: *J. Agric. Food Chem.*, **59**, 5222 (2011).
- 13) P. J. Ducrest, S. Pfammatter, D. Stephan, G. Vogel, P. Thibault, B. Schnyder: *Scientific Reports*, **9**, 5814 (2019).

- 14) N. Takahashi, S. Nagai, A. Fujita, Y. Ido, K. Kato, A. Saito, Y. Moriya, Y. Tomimatsu, N. Kaneta, Y. Tsujimoto, H. Tamura : *Food Microbiol.*, **2020**, 103542.
- 15) 品川邦汎：食中毒予防必携第2版, 63 (2007).
- 16) 重茂克彦：食品衛生研究, **59**, 17 (2009).
- 17) J. Tonacini, D. Stephan, G. Vogel, M.-A. Avondet, F. Kalman, J. Crovadore, F. Lefort, B. Schnyder : *Toxins*, **11**, 101 (2019).
- 18) M. J. Perry, D. A. Centurioni, S. W. Davis, G. E. Hannett, K. A. Musser, C. T. Egan : *Toxins (Basel)*, **9**, 94 (2017).
- 19) 門間千枝, 上原さとみ, 浅山睦子, 岡田若葉, 横山敬子, 鈴木 淳, 貞升健志, 幸田知子, 向本雅郁, S. R. Kalb : 第42回日本食品微生物学会学術総会要旨集, (2021).
- 20) L. Hleba, M. Cisarová, M. A. Shariati, D. Tančinová : *J Microbiol Biotech Food Sci.*, **7**, 181 (2017).

- 21) 上原さとみ, 高橋由美, 吉原祥子, 千葉隆司, 鈴木 淳, 貞升健志：第45回日本防菌防黴学会年次大会要旨集, 1P-Cp18, (2018).



宮下 隆 (Takashi MIYASHITA)

キューピー株式会社品質保証本部食品安全科学センター (〒182-0002 東京都調布市仙川町 2-5-7). 《現在の研究テーマ》食品安全における危害物質および危害微生物の迅速で網羅的な検出法の開発. 《主な著書》食品衛生検査指針 理化学編追補 2019 第10章異物, 公益社団法人日本食品衛生協会. 《趣味》甘味とカツ丼の食べ歩き.

E-mail : takashi_miyashita@kewpie.co.jp

『ぶんせき』再録集 vol. 1 出版のお知らせ

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

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

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

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

安全な水の供給と浄水処理

1 はじめに

2015年の国連サミットにおいて、世界が目指す17の国際目標「持続可能な開発のための2030アジェンダ」が採択された。その中で、6番目の目標として「安全な水とトイレを世界中に」というゴール目標があり、国際的にも水環境の安全性が明確にされている。また、世界に着目すると、日常的に安全な水が供給されておらずコレラやロタウイルスによる乳児下痢症などの感染症によって命が奪われているケースがある。さらに、洪水やハリケーンなどの自然災害後に水系感染症が蔓延することがある。特に、1854年ロンドンでコレラが大流行し、600名以上の死者を出すこととなり、その原因は井戸の水であることが明らかにされている。

地球上における環境水には、海水、湖沼水、河川水、地下水などがあるが、わが国では経済成長を優先したために世界的にも稀な公害を経験している。例えば、熊本県水俣市においてアセトアルデヒドの製造に用いられていた触媒の水銀が、水環境中でメチル水銀へと生物学的変換され発生した“水俣病”がある。また、同様の事件が新潟県でも発生し“新潟水俣病”とも呼ばれている。これらは国際的な水銀の使用を禁止した水俣条約が締結されたことから、重大な事件であったことが理解できる。さらに、富山県の神通川河口で起こった“イタイイタイ病”はカドミウムが原因である。これらの事件は、すべて水環境が関与しており、ヒトの健康には安全な上水道の供給と下水道の処理は不可欠である。

2 わが国の浄水プロセス

わが国の上水道の処理プロセスは、図1に示す様に沈殿→ろ過→消毒という段階で処理されている。水道水は、必ず最後に塩素消毒が行われて各家庭にも供給されている。もし、水系感染症の蔓延が想定される場合には、残留塩素濃度を高くするなどの措置も取られる。また、水質の良い水を供給するために高度浄水処理されることがあり、オゾンや紫外線を用いた酸化処理や吸着剤を用いた物理化学的処理も併用されており、オゾン処理



図1 上水道の処理プロセス

時に炭素材料を添加する技術などもある¹⁾。上水道の処理プロセスにおいて、普通沈殿と緩速ろ過の組合せで処理された浄水は水質が良いが、広大な処理施設が必要で処理できる水量にも限りがあるため都市部で適用することは難しい。一方、薬品沈殿と急速ろ過の組合せで処理された浄水の水質は前者に比べて劣るが、処理速度は速いのが特徴である。安全な水道水を供給するため、塩素消毒が最後に行われており、蛇口からいつでも安全な水が供給されている。

わが国の下水道の処理プロセスは、図2に示す様に標準活性汚泥法が最も汎用されている。通常、一次処理→二次処理という段階で処理されており、二次処理では生物学的処理として一般的に“活性汚泥”が用いられている。活性汚泥には酸素を好む微生物の集合体や酸素を嫌う微生物の集合体からなるものがある。つまり、好気性微生物と嫌気性微生物の両者を適切に用いることにより、有害物質を効果的に除去できる。活性汚泥は、返送汚泥（図中の白矢印）として曝気槽で再利用されたり、余剰汚泥として埋立処分されたりしている。しかし、栄養塩類であるリンは、一次処理や二次処理で除去されにくい。

一般的に、閉鎖性水域において富栄養化の原因となるリンは、吸着法やイオン交換法などによる高度処理により除去されている。吸着法で用いられている吸着剤には大きく有機性吸着剤と無機性吸着剤の二種類があり、有害物質を効果的に除去できる。これらの水浄化剤による除去機構は、吸着剤表面との親和性や細孔による分子ふるいに関係しており、カラムの充填剤と同じ機能による。

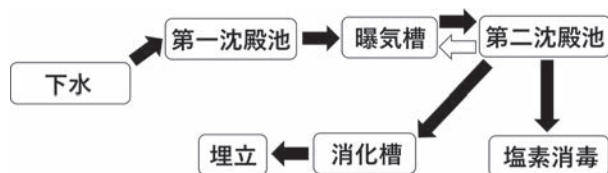


図2 下水道の処理プロセス

3 有機性水浄化剤による処理

近年、有機性の吸着剤としては、カーボンナノチューブやグラフェンなどの新材料が用いられており、種々の報告がなされている²⁾。一方で、脱臭や脱色をはじめ多くの有機物質、重金属、色素などの除去には、吸着性能が高い活性炭が用いられてきた。活性炭の原材料として、石炭や木質などが用いられ、賦活には水蒸気賦活や

リン酸賦活などが良く知られている。製造原料として食品業、農業や水産業から排出される廃棄物を用いることにより、植物性バイオマスの有効利用にもつながる。

活性炭の物理化学的性質としては、表面の官能基（フェノール性水酸基、カルボキシ基、アミノ基など）に基づく極性と細孔構造が吸着挙動に寄与することになる。これらの物理化学的性質は、原料や賦活方法に依存し詳細に研究されているが、表面官能基量の測定法としては Boehm ら³⁾⁴⁾による酸塩基滴定法が主流である。また、細孔径分布の算出には窒素吸着等温線による BJH 法⁵⁾や DH 法⁶⁾が、さらに、比表面積の算出には窒素吸着等温線による BET 法⁷⁾が用いられている。

水環境において吸着法を適用する場合、カラムへ吸着剤を充填し水を流通する方法や反応槽において吸着剤を分散した後に固液分離する方法がある。例えば、固液分離にはアミノ酸の高分子架橋化合物であるポリグルタミン酸が有益である⁸⁾。

4 無機性水浄化剤による処理

無機性の吸着剤としては、アルミニウム、鉄、カルシウムやマグネシウムなどの水酸化物や酸化物が広く知られている。これらの吸着剤は重金属や染料などの吸着能を有する。著者はこれまでに酸化水酸化アルミニウム（ペーマイト）は、アモルファスの状態で高いリン酸の吸着能を示し⁹⁾、アルミニウム系水酸化物は焼成により脱水反応が進行するため、特徴のある物理化学的性質を有する吸着剤へと変換できることを明らかにした¹⁰⁾。これらの単一の金属から構成される水酸化物や酸化物は、吸着剤をはじめ消化器系の医薬品としても幅広く利用されている。

二種類以上の金属から構成される水酸化物や酸化物は、電池などにも利用されており、それぞれ特徴のある素材となりうる。著者は鉄とマグネシウムから成る複合水酸化物（ハイドロタルサイト）がこれまでに知られていたアルミニウムとマグネシウムから構成されるハイドロタルサイトに比べて、特徴のある吸着性能を示すことを明らかにしている¹¹⁾。複合水酸化物は二種類の金属

から構成されるもの以外に、三種類の金属から構成される複合水酸化物が開発され、種々の機能を保持した吸着剤として今後期待できるところである。無機系の吸着剤はコストがかかるため、環境水の処理剤として適用するには、経済的かつ処理したい場所で得ることができなければ使用が困難であり、いくつかの解決しなければならない課題もある。

5 おわりに

世界人口は増加しており、ヒトの健康保持といった視点から安全な水の安定供給は非常に重要である。わが国では戦後水道水が整備され安全な水が使用できているが、少子高齢化により水道水の処理設備や供給設備の改修保全に費用を要するため、自治体による水道事業の維持が困難になるかもしれない。しかし、安全な水を供給するための新しい水処理技術を開発していくことは重要な課題であるといえる。

文 献

- 1) N. Kawasaki, F. Ogata, I. Yamaguchi, A. Fujii : *J. Oleo Sci.*, **57**, 391 (2008).
- 2) M. Selvaraj, A. Hai, F. Banat, M.A. Haija : *J. Water Proc. Eng.*, **33**, 100996 (2020).
- 3) H. P. Boehm : *Adv. In. Catalysis*, **16**, 179 (1966).
- 4) H. P. Boehm : *Angew. Chem.*, **78**, 617 (1966).
- 5) E. P. Barrett, L. G. Joyner, P. P. Halenda : *J. Am. Chem. Soc.*, **73**, 373 (1951).
- 6) D. Dollimore, G. R. Heal : *J. Appl. Chem.*, **14**, 109 (1964).
- 7) S. Brunauer, P.H. Emmett, E. Teller : *J. Am. Chem. Soc.*, **60**, 309 (1938).
- 8) F. Ogata, A. Ueda, N. Kawasaki : *J. Water Envir. Technol.*, **12**, 447 (2014).
- 9) S. Tanada, M. Kabayama, N. Kawasaki, T. Sakiyama, T. Nakamura, M. Araki : *J. Colloid Interface Sci.*, **257**, 135 (2003).
- 10) N. Kawasaki, F. Ogata, H. Tominaga : *J. Hazard. Mater.*, **181**, 574 (2010).
- 11) F. Ogata, Y. Uematsu, M. Fukuda, C. Saenjum, K. Mineaki, T. Nakamura, N. Kawasaki : *J. Environ. Chem. Eng.*, **8**, 104385 (2020).

〔近畿大学薬学部 川崎直人〕

シングルセルでどこまで分かる？ — 1 細胞質量分析の現状と展望 —



水 野 初

1 はじめに

生命現象メカニズムを解明するためには、生命を構成する最小単位である細胞内で起こる分子変化を正確に分析する必要がある。単一細胞分析は、病気のより詳細な解明や治療・診断法開発に貢献することが期待されているが、細胞 1 個という非常に小さいサイズかつ微量のサンプルを分析することはチャレンジングであり、様々な限界があるのが現状である。

1 細胞レベルでのゲノム、エピゲノム、トランスクリプトームは比較的早い段階から行われている。これらの分析には、核酸の増幅技術やマイクロ流路技術の発展が、1 細胞中の微量分子の高感度検出や、大量の細胞を分析することができるハイスループット化に大きく貢献している。マルチオミクス解析の実現には、タンパク質や代謝物などの分析も必要であるが、これらの分子は遺伝子のように増幅することができないので、細胞内に存在しているものをいかにロスすることなく回収し、高感度分析するかが重要である。表 1 は、ヒトや植物などの様々な種の細胞について、その大きさや細胞内成分の量や濃度をまとめたものである¹⁾。細胞 1 個といっても、生物や細胞種によってその大きさや含まれる分子の種類や量は様々であり、とくにヒトの細胞は非常に小さく、さらに細胞内に存在する分子の量も非常に少ないことがわかる。しかしながら、低分子代謝物が細胞内に存在す

表 1 1 細胞の体積と細胞内に存在する各タンパク質と代謝物の物質量の概算

細胞種	体積 (pL)	タンパク質		代謝物	
		物質 (fmol)	濃度 (mmol/L)	物質 (fmol)	濃度 (mmol/L)
<i>H. sapiens</i> (ヒト)	1~4	10^{-7} ~0.1	3×10^{-8} ~0.1	0.01 ~30	3×10^{-3} ~30
<i>A. thaliana</i> (植物)	20	≤ 0.5	≤ 0.03	2~ 10000	0.1 ~500
<i>S. cerevisiae</i> (酵母)	0.03	10^{-8} ~ 10^{-3}	3×10^{-7} ~0.03	10^{-5} ~1	3×10^{-4} ~30
<i>E. coli</i> (大腸菌)	10^{-3}	10^{-9} ~ 10^{-3}	10^{-6} ~1	10^{-7} ~0.1	10^{-3} ~100

(引用文献 (2) をもとに作成)

る濃度を計算してみると、アミノ酸など比較的細胞内に多く存在する分子であれば数~数十 mmol/L となり、比較的高濃度で存在していることがわかる。このため、細胞や細胞内成分のみを選択的に採取して測定することができれば、従来の分析法でも十分に検出できることが予想される。

質量分析は高感度かつ網羅的な検出に加え、ダイナミックスレンジが広いため、細胞内に微量しか存在しない分子から比較的大量に存在する分子まで幅広く分析することが可能である。したがって、現在行われている多くの 1 細胞メタボロミクスや 1 細胞プロテオミクスにおいて、質量分析は必須の分析法であるとともに、今後の質量分析技術の発展によって、更なる高感度化が期待できる。現在、質量分析を用いた 1 細胞オミックス解析技術について様々な方法が開発されているが、その特長はサンプリングや前処理、質量分析法など多岐にわたるため、ユーザーは研究目的に合う最適な方法を選択する必要がある。本稿では、様々な 1 細胞質量分析法の中から代表的ないくつかの方法について解説する。

2 1 細胞オミックスで用いられる分析法

2-1 1 細胞メタボロミクス

細胞内には、遺伝子やタンパク質の原料となる核酸やアミノ酸や、エネルギー産生に関与する TCA 回路上の代謝物やそれらの関連代謝物、糖や脂質などの様々な種類の低分子化合物が存在している。代謝物は RNA やタンパク質に比べ、細胞内で非常にダイナミックに変化するため、正確な代謝物プロファイルを得るためには、細胞のサンプリングから質量分析までを迅速に行う必要がある。

フローサイトメトリーのように、マイクロ流路によって細胞 1 個ずつに単離し、そのままイオン化する方法は、接着細胞の場合にはいったん剥がして浮遊細胞にする必要がある。この時、細胞にとっては通常とは大きく異なる状態となるため、細胞への影響について確認が必要である。一方、細胞を接着させたまま分析する方法として、接着細胞に対してレーザーを照射して細胞成分を脱離・イオン化させて質量分析する方法や、レーザーの代わりにエレクトロスプレーを細胞表面に噴霧し、スプレー溶媒に抽出されてイオン化した細胞成分を質量分析する、脱離エレクトロスプレーイオン化 (DESI) を用いた方法も開発されている²⁾ (図 1 A)。これらの方法は、細胞 1 個を丸ごと質量分析するため、細胞ごとの代謝物プロファイルなどを解析するのに有用である。

細胞内オルガネラなど、細胞内特定部位における代謝物局在解析のための方法として、二次イオン質量分析法 (SIMS) を用いた 1 細胞イメージング法³⁾ (図 1 B) や、細胞内成分を口径の小さいキャピラリーで吸引して質量分析する単一生細胞質量分析法⁴⁾ (図 1 C) がある。SIMS は、一度の照射でイオン化される範囲がナノメートルと、高分解能なイメージング質量スペクトルの取得が可能であることから、細胞内分子をオルガネラレベルで分析することが可能である。しかしながら、これらのイオン化法は真空化で行う必要があるため、生きたままの細胞を分析することはできない。単一生細胞質量分析法は、生きている細胞 1 個を顕微鏡で観察しながら、ある瞬間の細胞や細胞内小器官を、ナノエレクトロスプレーイオン化 (nanoESI) に用いる金属コーティングを施したガラスキャピラリーを用いて採取し、その中に含まれる代謝物をそのまま質量分析することができる。これにより、細胞の変化を顕微鏡観察しながら、その瞬間

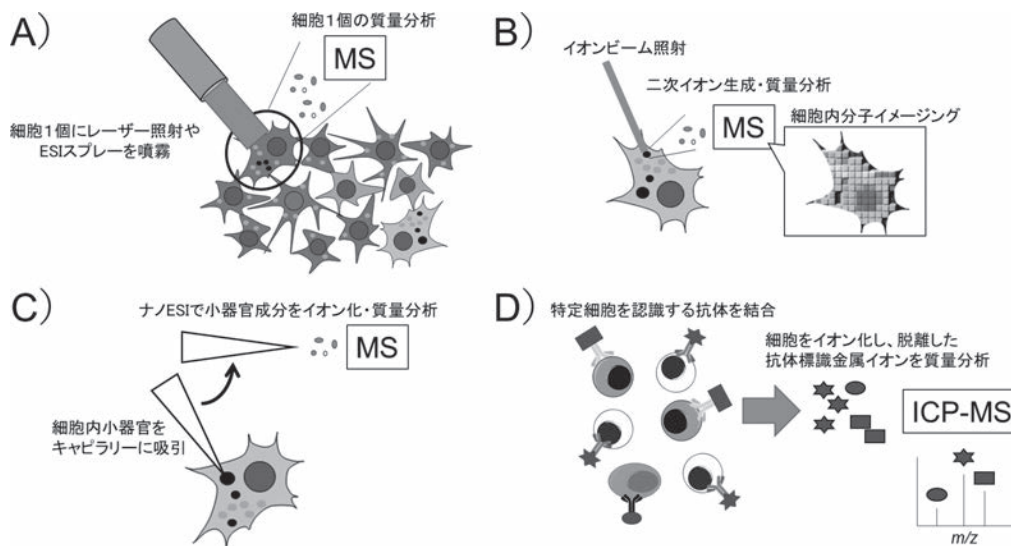


図 1 さまざまな 1 細胞質量分析法による 1 細胞分析イメージ

A) レーザー脱離 1 細胞質量分析法, B) 二次イオン質量分析法による 1 細胞内分子イメージング, C) 単一生細胞質量分析法による細胞内小器官局在分析, D) 金属標識した細胞認識抗体を用いた 1 細胞サイトメトリー。

の細胞内分子を分析することで、細胞現象と関連する分子を検出することができる。これらの方法は、内因性代謝物の局在解析に加え、薬剤やその代謝物の細胞内局在解析にも応用されている。

2・2 1 細胞プロテオミクス

タンパク質は生命の直接的な状態を表す物質であり、生命活動や細胞同定や病気診断の主要なマーカー分子として用いられる。1 細胞プロテオミクスは、従来のボトムアップ型のプロテオミクス手法が用いられており、細胞 1 個丸ごととサンプリングし、細胞膜を溶解して得られたタンパク質のプロテアーゼ処理を行い、得られたペプチド断片を nanoLC-MS や CE-MS など分析して各タンパク質を同定する⁵⁾。しかし、1 細胞中のタンパク質精製から還元化、酵素消化によるペプチド断片化といった実験ステップが多く、時間も要するため、サンプルのロスやスループットの点で課題が残る。

最近では、前処理・プロテアーゼ消化などの前処理法の改良や、質量分析装置の技術開発による高速度スキャンに加え、イオンモビリティを利用した夾雑イオンとの分離による感度向上によって、1 細胞レベルで検出できるペプチド、タンパク質の数も飛躍的に伸び、細胞 1 個当たり 1000 前後のタンパク質を同定することができるようになった。

2・3 1 細胞質量サイトメトリー

1 細胞質量サイトメトリーは、それぞれの抗体標識に質量の異なる金属原子を用い、抗体が結合した細胞をイオン化する際に脱離する金属イオンを、ICP-MS により質量分析する方法である。これにより、プロテオミクスなどの煩雑な前処理を行うことなく、標的タンパク質の有無を簡便かつ高感度に分析できる。したがって、がん細胞など様々な細胞のフェノタイプを簡便かつハイスループットで同時分析することができ⁶⁾ (図 1 D)、がん細胞の検出など診断での応用が期待される。さらに、この金属標識抗体による細胞認識法と、細胞の高分解能イメージングを融合させることで、細胞中の標的タンパク質や mRNA をオルガネラレベルでイメージングすることができるようになった⁷⁾。

3 おわりに

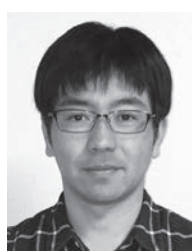
本稿では、1 細胞レベルにおけるプロテオミクスとメタボロミクスについて、いくつか代表的な方法について紹介してきたが、現在も世界中の多くの研究者たちが、様々な細胞サンプリング法から前処理、イオン化、質量分析法を新たに開発しており、1 細胞オミクス解析法のますますの進展が期待される状況である。しかし、微量試料を扱う際に、分析感度向上によるコンタミネーションによるミスアノテーションや、サンプリングの際の細胞へのストレスも分析結果に影響することが予想される。正確な分析結果を取得するために、バックグラウンドピーク等の細胞以外のピークを把握し、細胞由来ピークを正確に同定した 1 細胞データベースなどの整備が必要となると考えられる。

文 献

- 1) B. Budnik, E. Levy, G. Harmange, N. Slavov : *Genome Biol.*, **19**, 161 (2018).
- 2) R. Yin, K. E. Burnum-Johnson, X. Sun, S. K. Dey : *J. Laskin, Nat. Protoc.*, **14**, 3445 (2019).
- 3) C.F. Newman, R. Havelund, M.K. Passarelli, P.S. Marshall, I. Francis, A. West, M.R. Alexander, I.S. Gilmore, C.T. Dollery : *Anal. Chem.*, **89**, 11944 (2017).
- 4) K. Yahata, H. Mizuno, E. Sugiyama, K. Todoroki : *J. Pharm. Biomed. Anal.*, **25**, 114318 (2021).
- 5) R. T. Kelly : *Mol. Cell Proteomics*, **19**, 1739 (2020).
- 6) M. H. Spitzer, G. P. Nolan : *Cell*, **165**, 780 (2016).
- 7) D. Schulz, V. R. T. Zanolli, J. R. Fischer, D. Schapiro, S. Engler, X.K. Lun, H. W. Jackson, B. Bodenmiller : *Cell Syst.*, **24**, 25 (2018).

水野 初 (Hajime Mizuno)

静岡県立大学薬学部 (〒422-8526 静岡県静岡市駿河区谷田 52-1)。広島大学大学院理学研究科数理分子生命理学専攻博士課程後期中途退学。博士 (理学)。《現在の研究テーマ》単一細胞質量分析法の開発。《趣味》旅行、散歩。



ポータブル蛍光光度計FC-1

「もっと気軽に蛍光測定」を目指して

熊谷 直也, 加藤 祐史

1 はじめに

近年、屋外や実験室以外の場所で実施できる分析装置の需要が高まっている。従来、実験室で行うような分析をその場で実施できれば、現場で採取した新鮮な試料を計測できるため、試料の搬送時に生じる可能性のあるコンタミネーションの影響無く測定を行うことができる。また、すぐに測定を実施できることから結果を迅速に取得できる。このようなその場分析を実現するには、容易に持ち運ぶことのできるポータブルな分析装置を開発することが求められる。分析装置をダウンサイズ化するために、様々な工夫がなされ¹⁾、特に最近では、ものづくり技術の発展により装置自体のダウンサイズ化は可能になってきている。その一方で、測定感度の観点からすると、小型装置はまだ大型装置に十分に匹敵しているとはいえない。例えば、吸光光度計は、測定原理がシンプルでダウンサイズ化は容易であるものの、MEMS グレーティング²⁾などを機器に搭載すると、波長分解能が低下し正確な測定が難しくなる。現在、現場で小型装置により測定されている目的物質の多くは、定性および半定量分析により計測されているものが多く、高感度が必要な測定対象の計測は、小型装置の検出感度不足により計測できない可能性がある。このように、装置のダウンサイズ化と高感度化の両立は課題として残されてきた。

光学的検出法の中でも、蛍光法は、吸光度と比較して 10^3 倍程度感度が高いことが知られており³⁾、より低濃度の測定対象物質（生体試料中バイオマーカーなど）を計測するために適した検出法である。しかし、蛍光検出装置は、数多くの光学・電子部品から構成されており、大型かつ高価で、実験室の卓上など設置して使用することが一般的である。より手軽に、どこにでも持ち運べ、好きなタイミングで測りたい物質を高感度かつ容易に測る、そのような「都合の良い」蛍光光度計があれば、感度の問題でこれまでその場計測することが難しかった測定対象物質が計測できるようになり、オンサイト分析に新たな活路を見いだせるはずである。

筆者ら東海光学株は、メガネレンズの製造販売や、光学薄膜加工および光学薄膜製品の製造販売を本業として

おり、光学フィルターの設計・製造も行っている。本稿では、光学薄膜製品開発技術を活用し、持ち運んで手軽に蛍光測定できる「ポータブル蛍光光度計 FC-1」を開発したので、これを紹介する⁴⁾。また、本装置のアプリケーションとして、C 反応性タンパク（CRP）およびグルコースの定量への応用について述べる。

2 ポータブル蛍光光度計 FC-1

2・1 装置の特徴

弊社で販売しているポータブル蛍光光度計 FC-1（図 1 a）は、サイズが 130 mm×140 mm×62 mm、質量は

(a)



(b)

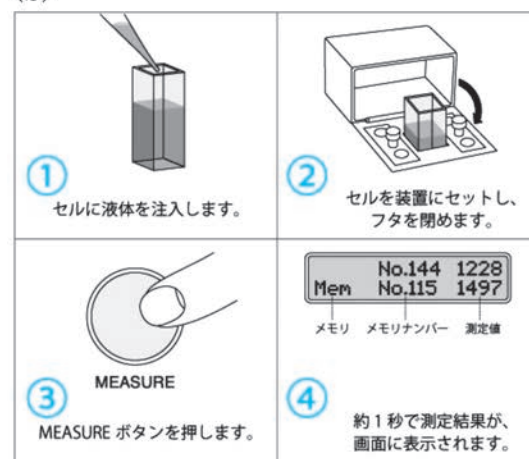


図 1 ポータブル蛍光光度計 FC-1

(a) 外観写真、(b) 操作方法。

600 g であり、バッテリー駆動（単三乾電池 2 本）であるため、屋外などに容易に持ち運んで測定できる。測定には、市販されているプラスチック製キュベットなど、標準的な角型キュベット（12.5 mm 角、光路長 1 cm）を使用可能である。測定は、1）キュベット内に試料を入れる、2）キュベットを装置にセットして蓋を閉める、3）MEASURE ボタンを押す、という操作で簡単に取り扱いすることができ（図 1 b）、ボタンを押してから約 1 秒で測定結果（メモリナンバーや測定値）が表示される。簡便かつ迅速な測定が可能であるため、多量のサンプルの測定にも対応できる。また、装置に約 1000 測定分のデータを保存可能である。

FC-1 の装置構成は、蛍光測定の原理そのものを簡易に実現できる極めてシンプルなものとなっており、励起光源と光検出器はキュベットに対して垂直に配置されている。測定対象の蛍光物質を含む試料溶液を入れたキュベットをセットして MEASURE ボタンを押すと、LED 光源から励起光がキュベット内の溶液に照射され、蛍光が生じる。この光を、蛍光フィルターを介して受光素子で検出することで、受光素子方向に散乱・反射した励起光をカットし、蛍光の光のみが検出される。蛍光フィルターは交換可能であり、測定対象物質の特性に合わせて蛍光光度計をカスタマイズできる。蛍光フィルターブロックを保有していれば、ユーザーの手でブロックの交換により蛍光波長を変更できるため、装置を弊社に送ることなく、用途に合わせて手軽にその場で検出波長を変えることができる。

2.2 性能

蛍光物質であるレゾルフィンモデルとして、FC-1 の分析性能（検出感度、再現性など）を評価した。レゾルフィンを検出するにあたり、レゾルフィンの光学特性に適した LED 光源および光学フィルターを装置に搭載した。0.14 M NaCl を含む 50 mM Tris-HCl 緩衝液（pH

8.0）を用いて調製した種々の濃度のレゾルフィン溶液を、ディスポーサブルキュベットに入れて蛍光を測定した。得られた蛍光強度をレゾルフィン濃度（0～500 nM）に対してプロットして作成した検量線は、 $R^2 = 0.99998$ の良好な直線性を示した（図 2）。また、ブランクの標準偏差を用いて算出した検出限界（ 3σ ）および標準偏差（ $n=4$ ）は、242 pM および 2.1 % 以下と見積もられた。卓上型マイクロプレートリーダーを用いてレゾルフィンの蛍光を測定した既報⁵⁾の結果と比較して、開発したポータブル蛍光光度計 FC-1 は、約 250 倍も検出感度が高いことが明らかになった。この結果から、FC-1 が、簡素化された装置構成で、持ち運べるサイズでありながら、pM オーダーでレゾルフィンを検出できる高い感度を有していることを明らかにした。

3 分析応用例

3.1 CRP の測定

CRP は、ヒト血中に含まれる炎症マーカーであり、体内で炎症が起きたり組織細胞に障害が起こると濃度が増加することが知られている。CRP は一般的に抗原抗体反応を利用したイムノアッセイによって定量される。本測定では、ポータブル蛍光光度計を利用して CRP を定量する手段として、抗体固定化媒体としてジャングルジウム構造体（図 3 a）を利用した簡易 ELISA 法を開発した⁴⁾。図 3 b に示す原理で、濃度の異なる CRP 溶液を測定し、検量線を作成した（図 3 c）。溶液中の CRP 濃度の増加に伴って蛍光強度は増大し、検量線は $R^2 = 0.997$ の良好な直線性を示した。ブランク値を用いて算出した検出限界（ 3σ ）および RSD（ $n=3$ ）は、50 pg mL⁻¹ および 8.5～17.3 % と見積もられた。ヒト血清中に含まれる CRP の基準値は 1.0×10^4 ng/mL であり⁶⁾⁷⁾、本装置を用いる ELISA は、炎症の度合いを客観的に評価するために利用できると考えられる。また、標準的な検査法である、マイクロプレートとマイクロプレートリーダーを使用して CRP の測定を行ったところ、検出限界（ 3σ ）および RSD（ $n=3$ ）は 71 pg mL⁻¹ および 0.8～10.1 % であった。これらの結果から、本装置を使用する ELISA 法により、CRP を従来の検査法と同等の性能で測定できることを示している。また、ヒト血清中に含まれる CRP を定量したところ、定量値は 10.2 ± 2.4 μg mL⁻¹ と見積もられた。この定量値は、マイクロプレートリーダーを用いて測定した値とよく一致した（ 10.7 ± 1.4 μg mL⁻¹）。本検討から、本法が実試料に応用できることがわかった。抗体固定化媒体であるジャングルジウム構造体に固定する捕捉抗体の種類を変えることにより、バイオマーカーだけでなく、農作物に残留する農薬や、食品に含まれるアレルゲン物質など、様々なタンパク質の定量に利用することが可能である。

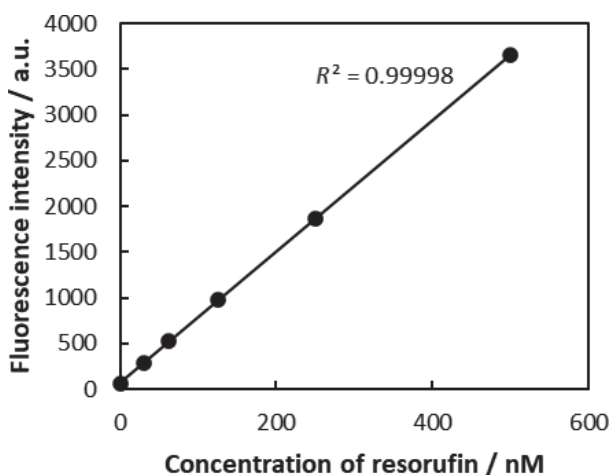


図 2 レゾルフィンの検量線

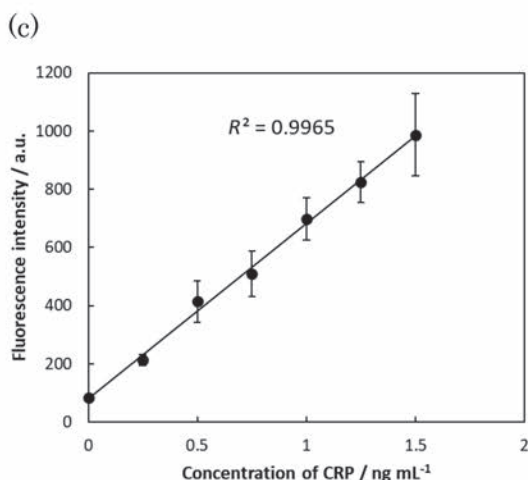
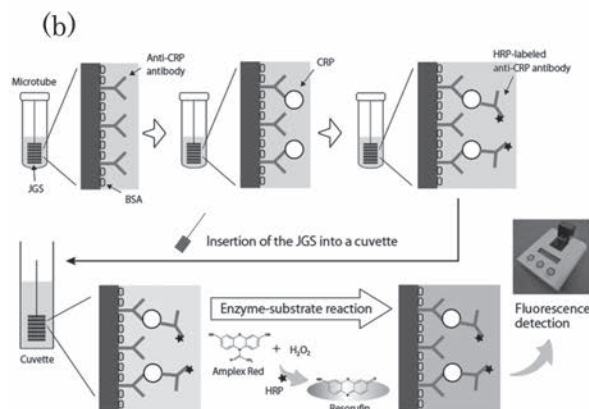
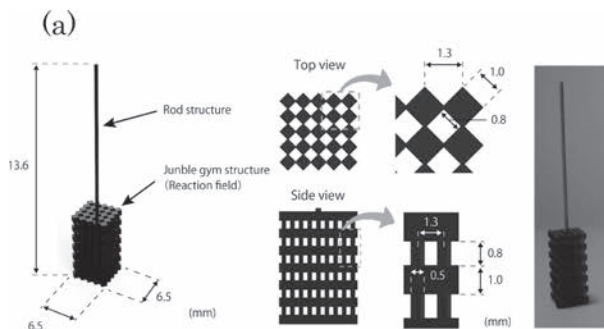


図3 CRPの測定

(a) ジャンглジム構造体のデザイン. (b) FC-1 を使用する ELISA の原理. (c) CRP の検量線.

3.2 グルコースの測定

ポータブル蛍光光度計 FC-1 を用いる酵素アッセイにより、グルコースの測定を行った。キュベット内に、グルコースオキシダーゼ、西洋ワサビペルオキシダーゼおよび Amplex Red（基質）を含む溶液にグルコース溶液を入れると、酵素反応によりレゾルフィンが生じる。この蛍光強度を、FC-1 を使用して測定した。種々の濃度のグルコース溶液を測定し、得られた結果から検量線を作成したところ、検量線は $R^2=0.998$ の良好な直線性

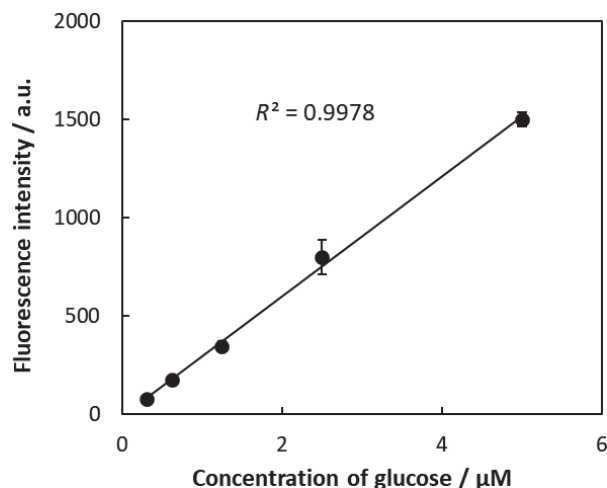


図4 グルコースの検量線

を示した（図4）。血清および2種類の清涼飲料水に含まれるグルコースを測定したところ、定量値はそれぞれ 1.7 ± 0.5 mM, 15.6 ± 2.2 mM, および 38.9 ± 3.1 mM と見積もられた。この測定では、キュベットを反応容器としても活用することで、シンプルな操作手順でグルコースを定量することを可能にしている。また、添加する酵素を変えることにより、グルコース以外にも、コレステロール、尿酸、乳酸、トリグリセリドなど、様々な物質の測定に応用できる。

4 おわりに

本稿では、弊社で開発したポータブル蛍光光度計 FC-1 について紹介した。FC-1 は、「屋外や実験室以外で測定したいが、装置が大きくて移動ができない」、「長時間連続測定したいが、高価な装置を占有してしまう」など、従来の蛍光光度計の課題を克服すべく、ニーズに応じて開発した蛍光光度計である。小型、軽量、バッテリー駆動であり、いつでもどこでも簡便に高感度な蛍光測定が可能である。屋外での計測はもちろんのこと、複数のフィルターブロックを用意すれば実験室での日常的な実験にも活用できるため、様々な用途に対応可能である。

本装置は、環境計測、医療検査、食品分析、農薬検出など、非常に多くのアプリケーションに活用できるため、「都合の良い」蛍光光度計として、多くの皆様に活用いただければ幸いである。さらに、装置構成が単純であり、初心者が蛍光光度計の装置構成を理解するのに適していると考えられるため、学生実験などの教育現場にもお役立ていただきたい。

文 献

- 1) J. Yang, K. Wang, H. Xu, W. Yan, Q. Jin, D. Cui : *Talanta*, **202**, 96 (2019).
- 2) M. Tormen, R. Lockhart, P. Niedermann, T. Overstolz,

A. Hoogerwerf, J.-M. Mayor, J. Pierer, C. Bosshard, R. Ischer, G. Voirin, R. P. Stanley : Proc. of International Conference on Space Optics-ICSO 2008, 1056607 (2008), (Toulouse, France).

- 3) 堀込 純：“分光蛍光光度計の原理と応用”，分析の原理 43 電磁波(光) ⑥, JAIMA Season 2018 New Year, 2018 年 1 月 30 日公開.
- 4) 熊谷直也, 森岡和大, 中村好花, 千明大悟, 北谷菜津美, 加藤祐史, 東海林敦：分析化学 (*Bunseki Kagaku*), **70**, 721 (2021).
- 5) K. Morioka, H. Sato, M. Kuboyama, A. Yanagida, A. Shoj : *Talanta*, **224**, 151725 (2021).
- 6) D. C. McMillan, K. Canna, C. S. McArdle : *BJS*, **90**, 215 (2003).
- 7) Y.-J. Lin, Z.-M. Li, Y. Xia, J.-J. Huang, H.-Q. Huang, Z.-J. Xia, T.-U. Lin, S. Li, X.-Y. Cai, Z.-J. Wu-Xiao, W.-Q. Jiang : *PLOS One*, **8**, e64158 (2013).



熊谷直也 (Naoya KUMAGAI)
東海光学株式会社開発本部 (〒444-2192
愛知県岡崎市恵田町下田 5-26). 《現在の
研究テーマ》光学技術を応用した製品開
発. とくに小型の蛍光光度計. 《趣味》ラ
ンニング.
E-mail : n-kumagai@tokaiopt.co.jp



加藤祐史 (Yuji KATO)
東海光学株式会社開発本部 (〒444-2192
愛知県岡崎市恵田町下田 5-26). 《現在の
研究テーマ》光学技術を応用した製品開
発. 《趣味》バレーボール.
E-mail : y-kato@tokaiopt.co.jp

会社ホームページ URL :

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

関連製品ページ URL :

https://www.tokaioptical.com/products/optical_technology/fc-1/

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

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]

池田重良先生を偲ぶ

1924年12月千葉県木更津に生まれる。1947年9月東北大学理学部卒業。1947年東北大学金属材料研究所文部教官。1957年理学博士。1958～1960年フルブライト研究員としてミネソタ大学 I. M. Kolthoff 教授に師事。1959年東北大学助教授。1964年10月大阪大学理学部教授。1988年3月大阪大学を停年退官。1988年4月大阪大学名誉教授。同年同月龍谷大学理工学部教授。1995年4月立命館大学客員教授。1998～1999年同大学 SR センター長。1988年度日本分析化学会会長。1989年日本分析化学会名誉会員。1991～1997年学術会議会員。1965年日本鉄鋼協会渡辺義介記念賞。1973年日本分析化学会学会賞。1987年日本化学会学会賞。2003年瑞宝中綬章。

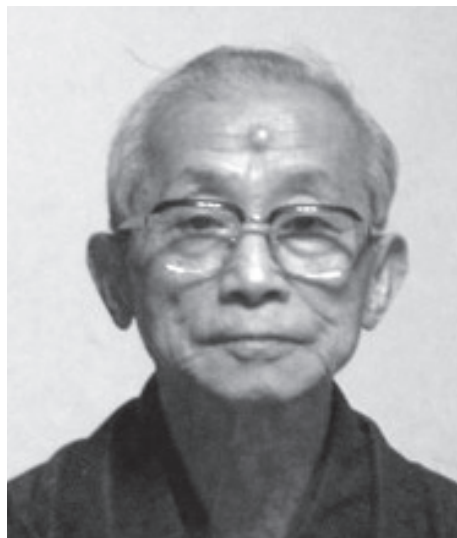
2022年1月22日に本会名誉会員池田重良先生が97才でご逝去されました。コロナ禍の中ご葬儀は1月25日にご家族のみにより執り行われました。ここに謹んで哀悼の意をささげると共に、先生の御業績を紹介しつつ生前の様子を偲ばせていただきます。

先生は旧制第4高等学校から東北帝国大学理学部に進まれ、小林松助先生の「分析化学は分ける学問である」との名講義に魅せられて将来の道を決められたそうです。卒業後すぐに金属材料研究所（以下金研）の助手となり、後藤秀弘教授のもと金属材料の迅速分析法の開発や微量の非金属存在物の成分分析に携わられました。続いて当時としては珍しかった Beckmann 分光光度計と拡散炭励起発光装置を組み合わせで蛍光分析の研究に着手し、金属試料中のアルカリ金属やアルカリ土類金属、クロムやマンガンなどの分析法を開発され、博士論文としてまとめられました。分析に用いる通常の化学試薬に加えて「物理試薬」との概念を意識されるようになったのもこのころからと伺っており、金研にいち早く導入された蛍光 X 線分析装置で2元合金の分析法も確立されました。

1958年より Kolthoff 教授のもとでアセトニトリル中のトリウムのポーラログラフイーに取り組み、それに伴って決定された化学平衡定数が International Encyclopedia of Physical Chemistry and Chemical Physics に掲載されました。

ご帰国後金属材料中の酸素、窒素並びに水素等の気体性成分元素の定量法の開発に従事され、アルゴン気相抽出法に続いて極端紫外発光スペクトル線を利用した分析法を開発されました。この内容は IUPAC の国際会議（モスクワ）で発表され、その折の意見交換の様子が「ブラウダ」の第一面に掲載されました。

1964年大阪大学理学部化学科に分析化学講座が新設されたことに伴い、講座担当教授として先生は大阪へ移られました。これをきっかけとして実用分析を直接の目的とせず、今までの膨大な化学分析で経験された様々な現象の原因を解明し、新たな分析法の開発につなげるこ



とを研究内容の一つの柱とされました。

研究室のスタッフや学生と取り組まれたのは、Jorgensen 教授も注目したウラニルイオンの蛍光消光反応機構解析、日本で初めて装置を作るところから始めた紫外線光電子分光法による気相分子の電子状態や X 線光電子分光法を用いた研究、鉄鋼中のリンの分析を目的とした3元系ヘテロポリ酸の生成に関する溶媒抽出やラマン分光法を用いた研究、溶液系光イオン化測定装置開発と溶媒和化学種の研究（後に Siegbahn 教授が共同研究を申し出られました）、非水溶媒中の酸塩基反応の IR スペクトルと電極反応解析による研究、電極反応に伴うペルチエ熱測定、電気化学的触媒反応の解析、分光法による結果を DV-X α 分子軌道計算を用いて解釈するなど、まさに、枚挙にいとまがありません。さらには、光音響分光法、非弾性電子トンネル分光法、窒素アフターグロー発光分析法、拡張 X 線吸収微細構造解析等々の装置を研究室内外の協力を得て自作されました。これらの研究は多方面から高く評価され、「示性状態分析の方法論および反応論的研究」として日本化学会学会賞を受賞されました。阪大を退官され龍谷大学、続いて立命館大学に移られた後も上記のテーマを継続されると共に新しい課題に取り組まれ、ご高齢になられても学会で自ら発表されるなど、いつまでも学問への情熱が尽きない様子でした。

ご研究と同時に本会の会長や近畿支部の支部長をはじめとして様々な国際会議や委員会のお世話、国際的な雑誌の Editorial Board を務められるなど、多忙な毎日を過ごされました。学術会議会員としても自然科学研究の動向とパラダイムの転換について提言されました。

毎年正月3日には縁の方々や弟子が先生宅でご挨拶することが恒例となっておりました。ご挨拶もそこそこに、先生から新しいテーマや論文のお話があったものです。

本当に長い間先生からは公私にわたり様々にご指導いただきました。心より感謝申し上げますと共に、あらためて先生のご冥福をお祈りいたします。

〔大阪教育大学名誉教授 横井邦彦〕

D,L-アミノ酸の電気化学的個別検出

生体内ではアミノ酸を代表とするキラル化合物を巧みに識別して生命活動を維持している。多くのアミノ酸は電気化学的に不活性なため、キラル部位を識別した上で電気化学的に検出するには精密な分析系の設計が必要となる。

Kong¹⁾らは電気化学的に活性なフェロセン基 (Fc) とキラル中心を持つ Fc-(1S,2S)-*N*¹,*N*¹-ジメチルシクロヘキサ-1,2-ジアミン (Fc-(S,S)) を付加したクロロメチルスチレンポリマーをグラッシックカーボン (GC) 電極上に滴下・固定し、0.5 mM のプロリン、アラニン、スレオニンをサイクリックボルタメトリー (CV) によって検出した。最適な pH 6.5 の条件下でプロリン、アラニンでは L 体の電流値が高く、スレオニンでは逆になった。pH 6.5 以上ではアミノ酸のカルボキシ基がイオン化し、Fc-(S,S) 基の二つのアミノ基と複合体を生成し、D,L 体によって立体配置が異なったために電流値に差が出たと考えられる。両者に差があることは、ガウシアンを用いた D,L-アミノ酸と Fc-(S,S) との複合体構造の最適エネルギー計算からも確認できた。

同様にシクロファン化合物 (ホスト) であるシクロピス (パラクアト-*p*-フェニレン) (CBPQT⁴⁺) を GC 電極上に修飾させた上で、銅イオン存在下 Fc-(S,S) を加え、アミノ酸 (スレオニン、ロイシン、ヒスチジン) を CV により検出できることが報告されている²⁾。L 体のアミノ酸と Fc-(S,S) からなる銅錯体は D 体よりも安定性が高いため、電極上の CBPQT⁴⁺ の穴に入ることができず D 体の電流値が L 体に比べて大きくなり、両者に差が生じた。一方、グルタミンは D 体と L 体の電流値の大きさが逆転した。これは銅錯体へのグルタミンの配位が他のアミノ酸と異なるためと考えられる。

これらの方法は、電気化学的に活性なフェロセン基を備えたキラル部位を 2 か所持つ化合物を用いて、アミノ酸との錯体の立体配置を巧みに制御することでフェロセン基の酸化還元電位に差が生じることを利用している。この方法はアミノ酸を誘導化することなく直接検出可能な方法である。またキラル化合物を捕まえるホストを巧みに設計することでアミノ酸以外のキラル化合物にも応用が期待できる。

- 1) D. Wu, C. Ma, F. Pan, Y. Tao, Y. Kong: *Anal. Chem.*, **93**, 10160 (2021).
- 2) D. Wu, F. Pan, L. Gao, Y. Tao, Y. Kong: *Anal. Chem.*, **92**, 13711 (2020).

〔山口大学教育・支援機構 藤原 勇〕

電極統合マイクロ流体デバイスを用いた
経上皮電気抵抗測定

Organ-on-a-chip は、マイクロ流体デバイスを用いて生体内に近い環境で細胞を培養し、生体組織を再現する技術である。創薬における候補物質のスクリーニングへの応用が期待されている。しかし、デバイス内の情報をリアルタイムに取得することが困難であるという課題が存在する。そこで、電気化学測定によるリアルタイム測定可能な電極統合型デバイスが提案されている。

創薬において、薬剤の細胞透過性は重要な項目であり、生体外での薬剤試験を実現するためには、適切な細胞バリア機能の再現が必要である。細胞バリア機能を測定する手法として、経上皮電気抵抗 (transepithelial electrical resistance: TEER) 測定がある。細胞層を介した二つの溶液間に交流電位を印加して得られるインピーダンスを測定することで、非侵襲かつリアルタイムに細胞バリア機能の測定が可能である。Henry らは、電極を統合した 2 チャネルのマイクロ流体デバイスを開発した¹⁾。細胞層の TEER や静電容量の測定が可能であり、それらの情報から上皮細胞に生じる密接な細胞間結合であるタイトジャンクションの形成や細胞分化の観測が可能であった。近年では、さらなる応用に向けて新たなデバイス開発が進んでいる。従来、電極はスパッタリングにより作製されており、高価であり手間がかかっていた。そこで、Bossink らは、流路横に白金線を挿入することで容易に電極を導入可能なデバイスを開発した²⁾。タイトジャンクションを形成するヒト結腸癌由来細胞株 (Caco-2) を培養して TEER 測定を行った結果、TEER 値とタイトジャンクション形成に関連があることが確認され、細胞バリア機能評価に有用であることが示された。また、従来はスルーポット性や多孔膜の存在により純粋な細胞層の TEER 測定が難しいという課題も存在した。そこで、Nicolas らは、40 組の流路を並列したハイスルーポットなデバイスを用いて TEER 測定を行った³⁾。また、流路間にはフェーズガイドが存在し、メニスカス形成によりそれぞれの溶液を隔てることができ、純粋な細胞層の TEER 測定が可能となった。Caco-2 を炎症性サイトカインに暴露させ、炎症性腸疾患を再現した結果、TEER 値が 50 % 低下した。さらに、炎症メディエーターの増加も確認され、炎症による影響を評価可能であることが示された。

これらの電極統合型デバイスは、薬剤スクリーニングの効率化・迅速化への貢献が期待される。また、TEER 測定のみならず、細胞代謝物の検出等にも利用可能であると考えられ、今後の幅広い活用が期待される。

- 1) O. Y. F. Henry, R. Villenave, M. J. Cronce, W. D. Leineweber, M. A. Benz, D. E. Ingber: *Lab Chip*, **17**, 2264 (2017).
- 2) E. G. B. M. Bossink, M. Zakharova, D. S. Bruijn, M. Odijk, L. I. Segerink: *Lab Chip*, **21**, 2040 (2021).
- 3) A. Nicolas, F. Schavemaker, K. Kosim, D. Kurek, M. Haarmans, M. Bulst, K. Lee, S. Wegner, T. Hankemeier, J. Joore, K. Domansky, H. L. Lanz, P. Vulto, S. J. Trietsch: *Lab Chip*, **21**, 1676 (2021).

〔東北大学環境科学研究科 宇田川喜信〕



「時世に選別された」イノベーションの台頭

東北大学の佐藤雄介先生より貴重なバトンを受け取らせて頂くことになりました熊本大学先端科学研究部の北村裕介と申します。佐藤先生とは学生時代からの付き合いになります。学会等でお会いした際には、互いの研究内容や近況^{さかな}に楽しいお酒を交わしていたのですが、それもコロナ禍の影響でなかなか叶わなくなりました。しかしながら今年の年会では、オンラインにて懇親会が開催されましたので、久しぶりに楽しいひと時を過ごさせて頂きました。実行委員の皆様のご尽力に、本誌面をお借りして御礼申し上げます。

それではエッセイの話題に移らせて頂きます。私は、研究にてしばしば核酸アプタマーを用いております。この核酸アプタマーは、様々な配列を有する核酸のランダムプールの中から、標的に対し高親和的に結合するものを、淘汰圧を与えながら選択することで取得されます。その様相は生物の進化の過程と似通っており、試験管内分子進化法と呼ばれております。コロナ禍にある現状（執筆時は2021年12月末）もまた、社会に対し、ある種の摂動が与えられている状況と考えることができます。我々人類は、現在進行形で様々な犠牲を払い続けており、非常に難しい局面を迎えております。一方でこうした苦境を乗り越えるために、新しいアイデア、取り組み、商品、サービス、商売形態などが今までにないスピードで次々と生まれてきております。研究者、教育者にとって最も身近なもので言いますと、オンラインでの授業、会議、学会、懇親会などがそうではないでしょうか。コロナ禍以前であれば、難しいと思われていたものが、皆で知恵を絞れば、それなりの形となるし、様々な支援ツールもすぐに出てくるのだなと思い知らされました。この経験によって我々は、実施時間や実施場所、実施に必要な予算の新たな選択肢を手に入れた訳です。日々の生活におきまして、Uber Eatsの躍進に端を発し、小規模の飲食店までもがテイクアウトサービスを開始し、店の混み具合や残弁当の割引販売などの情報をオンタイムで知らせるサービスも出現しました。注文や支払いも非対面式が増え、スーパーでも一気にセルフレジが増えた印象です。物流の発展に資するドロンの活用試験も開始されました。皆がマスクをつけ、手洗いうがい、消毒を徹底すれば、インフルエンザが流行しないことも改めて知りました。医療に関しても、在宅での診療、薬の受け取り、服薬指導を可能とするシステムがついに実現することとなりました。また、モノや価値の電子化の動きも加速して行っております。9月に、エルサルバドルで仮想通貨（ビットコイン）が法定通貨として採用されただけでなく、10月にはFacebook社が社名をMeta^{うな}に改名し、仮想空間「メタバース」の世界にて人々が繋がるための技術やメタバースの世界を探索す

る技術の開発に注力する方針が表明され（同事業への投資額は2021年だけで100億ドル）、注目を集めました。ANAはバーチャル旅行プラットフォームSKY WHALEによるサービス提供を2022年に開始するため、新会社ANA NEOを立ち上げました。ジャスティン・ビーバーがメタバース上でライブを行ったことも記憶に新しいところでございます。次世代のインターネット社会を切り開くと言われている非中央集権型ネットワーク（WEB3.0）構築技術の開発も大きな進展を見せております。

今日、自宅もしくは郵送でPCR検査、抗体検査、遺伝子検査などを行うことができますが、これらがこのように早く社会実装されるとは思ってもおりませんでした。今後、時世を反映し、バイオに限らず、オンサイト分析法や簡易分析法に対するニーズが一層高まることと予想されます。歴史が物語るように、社会が安定している時代には文化が隆盛し、今日のように不安定な時には「時世に選別された」イノベーションが生まれやすい傾向にあります。言うまでもなく潮流を掴んだ研究も大事なのですが、逆にこういう時期だからこそ、「時世を創る」イノベーションを意識した研究が自分のポートフォリオに残っているかを確認してみることも重要であると思われまふ。

続くバトンは産業技術総合研究所 健康医工学研究部門 研究グループ長の加藤 大先生にお渡しさせて頂きたいと考えております。バトンを受け取った佐藤先生、バトンを受け渡す加藤先生は共に、2018年に私が代表幹事として九州支部の若手の会を開催した際の招待講演者でございます。お二人と、形を変えてまたご一緒できることを大変光栄に思います。加藤先生は、私と出身学科を同じくする二つ上の先輩でございます。出身研究室は異なりますが、学生の時から大変お世話になっております。バトンの受渡しの打診をさせて頂いた際に、既に面白い構想が浮かばれていたようでしたので、次のエッセイを個人的にも楽しみにしております。それでは加藤先生、（ハードルをしっかりと上げておきましたので）どうぞよろしくお願い致します。



2018年に開催された第36回九州分析化学若手の会夏季セミナーにて講演されている佐藤先生（左）と加藤先生（右）

〔熊本大学先端科学研究部 北村裕介〕

受賞者名：岸本悠吾

受賞論文題名：マンガンエアロゾルの現場分析を目指した
ナノ薄膜試験紙の開発

掲載ページ：「分析化学」第 70 巻第 7・8 号，443-449 ページ



岸本悠吾¹，高野景子¹，高橋由紀子*¹（¹長岡技術科学大学）

「分析化学」編集委員会では、「分析化学」誌の若手研究者の初論文特集に掲載された論文の中から、最も優れていると認められる論文の筆頭著者に、編集委員長名で「分析化学」若手初論文賞を授与しています。本年度は多くの優れた論文の中から受賞論文 1 編を選考しました。その受賞者として、岸本悠吾君が選定されましたので、お知らせいたします。

【選定理由】

作業環境中でエアロゾルとして飛散しているマイクロメートルサイズのマンガンは脳に蓄積され、進行性神経疾患などのおそれがあり、危険性が指摘されている。肺からの吸収で取り込まれるため、体内に取り込まれる可能性の高い 4 μm 以下の粒子について、管理濃度が 50 $\mu\text{g m}^{-3}$ と規定されている。現状はサンプリングと機器分析で測定を行うが、負担が大きいかつ結果が出るまでに時間を要する。受賞者らが開発した試験紙は、現場で作業環境中のマンガン濃度を迅速に把握できる画期的な方法である。

別な切り口では、金属を含んだ微粒子を現場で分析する方法として興味深く、酸溶解を用いず、試験紙にコートされたゲル層で溶解するため、安全で誰もが扱うことができ、分析の利便性が格段に向上している。基盤のナノ薄膜試験紙の二つの特性、最表面に比色試薬のナノ粒子が薄膜状に塗布されている構造およびその薄膜が平滑であることを利用し、高感度検出が可能、ナノ薄膜の上に表面コーティングすることを可能としている。この多層構造でマンガン微粒子をゲル層で溶解し、生じたマンガン(II) イオンをナノ薄膜層で検出することに成功し、結果としてすべてを一体化した試験紙として提示している。

検出に際しても工夫がなされている。用いたアゾ色素とマンガン(II) イオンは錯形成によりオレンジから紫に変色するが、反応の最適 pH はアルカリ条件であり、一方溶解には酸と還元剤が必要と相反する条件であり、液相では酸とアルカリを同時に共存させることは容易ではない。本試験紙では、ゲルとナノ薄膜という固相同士

を接触させているが、それぞれの固相内の条件は保持され共存可能であること、一方マンガン(II) イオンは相を移動可能であること、以上の特性を上手に利用している。目視検出も可能と思われるが、定量性の観点から色彩計による色分析を行っている。

試験紙を評価するためのマンガンエアロゾルという不均一かつ不安定なサンプルを用意すること自体が難しいが、その点にも工夫が見られ、マンガン酸化物微粒子を合成し、それをベーマイトという不活性なマトリックス粉体に分散、適宜希釈して用いることで代替している。この疑マンガン微粒子サンプルにより、検量線の作成ならびに検出限界や定量範囲を定めている。

本試験紙は実使用を念頭に置いた診断法であると同時に、その概念やメカニズムから、今後の現場分析の発展、ありように寄与すると期待できる。

以上の理由により、本論文を 2021 年「分析化学」若手初論文賞受賞論文に値するものと認め、選定した。

[[「分析化学」若手初論文賞選考委員会]

【受賞者のコメント】

このたびは「分析化学」若手初論文賞に選定していただき、誠にありがとうございます。当時は論文を書き上げることで精一杯であり、まさか受賞できるとは思っていませんでした。ご連絡を頂いたときは大変驚きました。本研究を高く評価していただいたことを大変うれしく思います。編集委員をはじめとする関係者の皆様に厚く御礼を申し上げます。今回の受賞にあたり、的確な助言と熱心なご指導をいただきました高橋由紀子先生に心より御礼申し上げます。

本研究において反応 pH の違うマンガン微粒子の溶解と検出を両立する試験紙の開発および再現性の良い試験紙の作製方法の開発に苦勞しました。試行錯誤の結果、再現性の良い試験紙の作製法を見いだし、検量線を引けたときの喜びと達成感は非常に大きかったです。本研究で得た経験を活かして、今後も分析化学の発展に少しでも貢献できるよう、日々精進してまいります。

受賞論文題名：分子インプリントポリマーの *in silico* 結合特性解析

掲載ページ：「分析化学」第 70 巻 3 号，111-124 ページ



著者名：池上貴史^{*1}，片岡 良一¹，砂山博文²，竹内俊文² (¹株式会社モルシス，²神戸大学大学院)

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

【選定理由】

分子インプリントポリマー (MIPs) は不安定な天然の受容体に代わる人工分子認識材料として注目されている。著者らは先行研究で、ビスフェノール A (BPA) をテンプレート分子に用いた MIPs を合成した。この MIPs が BPA だけでなくエストロゲンである 17 β -エストラジオールをも吸着することを明らかにし、これらの結合特性がエストロゲン受容体と類似している可能性を報告した。生体内の受容体と同様に MIPs も相互作用原子の立体的な配置を認識し、その結合の強さには他の構造的要因 (かさ高さや柔軟性等) が複合的に関係していると考えられる。一方、テンプレート以外にも吸着する分子を理論的に説明するためには、BPA とエストラジオールのように化合物の 2 次元の構造式だけでは判断が難しい。

本研究で著者らは、計算化学的手法を用いて、化合物の立体構造から MIPs との結合特性について解析し考察した。主な解析は統合計算化学システム MOE (Chemical Computing Group ULC) を用いた。計算化学的手法で得られた BPA とその類似化合物、エストラジオール等の最安定構造から、MIPs との吸着の強さが相互作用原子の位置、ファンデルワールス体積、相互作用原子間距離、酸解離定数に関係するものと示唆された。また、化合物から計算された分子記述子を用いて、定量的構造物性相関解析により MIPs との吸着の強さを示すリテンションファクターの予測モデルを導出したところ、計算値と実験値が高い相関を示す予測モデルの導出に成功し

た。さらに、吸着の強い 7 化合物から共通ファーマコフォアを抽出し、相互作用に重要な構造的要素を明らかにした。これらのモデルが、化合物の MIPs に対する結合の強さの予測だけでなく、エストロゲン受容体との結合実験に入る前の候補化合物のスクリーニング、また逆解析的に、吸着の強い化合物の予測や設計への活用が期待される。これら成果は、*in silico* 解析がタンパク質などの天然の受容体だけでなく、MIPs をはじめとした人工分子認識高分子材料においても結合空間と化合物の相互作用を理論的に考察する重要な手法となることを示唆しており、分離分析分野など分析化学の発展に大きく貢献するものと考えられる。

以上の理由により、本論文を 2021 年「分析化学」産業技術論文賞受賞論文に値するものと認め、選定した。

[[「分析化学」産業技術論文賞選考委員会]

【代表著者のコメント】

このたびは「分析化学」産業技術論文賞に選定いただき、誠にありがとうございます。編集委員会の先生方をはじめとする関係各位に対し、著者一同、厚く御礼申し上げます。

本方法のベースとなった分子インプリンティング法は、低分子化合物以外にも、ペプチドやタンパク質の分子認識材料合成法として幅広く適用することができます。共著者である竹内、砂山らは本手法をさらに発展させ、涙で乳がんを検出する技術「Tear Exo 法」を開発し、新しいがんの検出方法として注目され大きな成果となりつつあります。

分子および原子レベルでの計算化学を用いた解析は、生命科学ならびに材料設計研究において必須のツールとなりつつあります。しかし MIPs の分野においては計算化学を用いた報告例はまだ少ないのが現状です。計算化学を専門としている者として、今後さまざまな分野に計算化学を活用するために尽力し、さらには分析化学の発展に少しでも貢献して参りたいと思っています。この度は本当にありがとうございました。

受賞論文題名：ジャングルジム型構造体を抗体固定化媒体とする 簡易 ELISA システムの開発

掲載ページ：「分析化学」第 70 巻第 12 号，721-728 ページ

著者名：熊谷直也¹，森岡和大²，中村好花²，千明大悟²，北谷菜津美²，加藤祐史¹，東海林敦^{*2}
(¹東海光学株式会社，²東京薬科大学)



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

【選定理由】

著者らは、炎症性バイオマーカーである C 反応性タンパク質 (CRP) をマーカーモデルとし、微細な格子状構造体 (ジャングルジム構造体：Jungle-gym structure, JGS, 寸法：6.5 mm × 6.5 mm × 13.6 mm) と手のひらサイズの蛍光光度計 (寸法：6.5 mm × 6.5 mm × 13.6 mm) とを組み合わせた ELISA システムを開発した。JGS は 3D プリンタを用いて作製した。JGS に設けられたロッドを持って CRP の捕捉操作を行うため特殊な器具は不要であり、専門的知識がなくても容易にイムノアッセイを行うことができる。CRP の捕捉から二次抗体の結合までの工程は、マイクロチューブ内の溶液に JGS を浸漬させる操作の繰り返しにより行うが、JGS は表面積が大きいので血清中から効率よく CRP を捕捉できる。多量の酵素標識 anti-CRP 抗体分子が JGS に結合するため効率よく酵素反応が進行し、短時間で多量の蛍光色素が生成されることとなる。このような特徴を示す JGS を開発したことにより、市販 1 cm 角キューベットを用いるにもかかわらず蛍光プレートリーダーによるイムノアッセイ法と同等の測定感度を達成している。本 ELISA システムを用いた CRP の検出限界 (3σ) および RSD (n=3) はそれぞれ 50 pg mL⁻¹ および 8.517.3 % であり、血清中 CRP 濃度の測定も達成している。なお、開発した JGS はアクリレート系樹脂製であることから JGS 表面に様々な官能基を導入可能であり、多孔質化による比表面積の向上などを行うことで、さらなる高感度

化も実現可能であると考えられる。

地域医療が推進されている現在、中小医療機関の役割や期待は大きく、血液や尿などの生体試料中のバイオマーカーの自主計測することが望まれている。しかし、バイオマーカーの計測を外部機関に委託している機関が多く、検査結果取得までには数日ほど要してしまうのが現状である。近年、精力的に開発されている安価かつ小型のオンサイト型分析機器を活用すれば中小医療機関でも保有可能となり、バイオマーカーの自主計測の拡大が期待される。著者らにより開発された ELISA システムは良好な操作性とともに、数十 pg mL⁻¹ レベルの検出感度を持ち併せていることから、地域医療の実現に大いに貢献できるものと期待される。

以上の理由により、本論文を 2021 年「分析化学」産業技術論文賞受賞論文に値するものと認め、選定した。

〔「分析化学」産業技術論文賞選考委員会〕

【代表著者のコメント】

このたびは「分析化学」産業技術論文賞に選定いただき、誠にありがとうございます。編集委員会の先生方をはじめとする関係各位に対し、著者一同、厚く御礼申し上げます。

私ども東海光学株式会社は、「光を自由に操る企業」として、眼鏡レンズの製造販売のほか、光学薄膜加工および光学薄膜製品の製造販売を本業とするメーカーです。また、光学薄膜製品開発技術を活用したオンサイト型光学分析装置の開発・製造も行っており、製造業の視点から産学連携の共同研究も行っております。今回は、東京薬科大学の東海林敦准教授と森岡和大助教のご指導のもと、バイオマーカーの計測システムの開発に取り組みました。今回紹介させていただいた小型蛍光光度計に留まらず、種々のオンサイト型光学分析装置が現場分析やフィールドワークに広く応用されることを期待しております。今後もモノづくり側の視点も交えながら情報発信をし、分析化学の発展に少しでも貢献して参りたいと思います。



談 話 室

発信の仕方、発表の仕方

談話室への執筆の依頼を受けた9月初めは新型コロナの感染拡大の波がピークだった。執筆中の今(10月)はほとんど収束しつつあり、緊急事態宣言も解除された。この文章が掲載される頃にも収束したままであってほしいものだ。

さて、コロナ禍の中でコミュニケーション能力や発信力が大きな話題となり、首相の交代まで起こった。人々の行動の変容を促すには、現状を正確に伝え、何故その変容が必要かを論理的かつ熱意を持って訴える必要がある。十分な説明をせず、質問にも答えず、問題をはぐらかしてはメッセージが伝わるわけがない。連日のマスコミの論調を聞いているうちに、私達研究者が日頃行っている学会発表などにも共通する面があると思った。筆者は既に大学を退職し、今は自分で学会発表することもほとんどなくなったので、比較的気軽に自分のことを棚に上げて、研究発表における発信の仕方、発表の仕方についてマスコミの論調とともに自分なりに思ったことを述べてみたい。

マスコミでは原稿を読むことが批判されていたが、原稿を読むこと自体は悪いことではない。むしろ公式の場では原稿を読むことを求められることもあり、読んだ原稿は記録として保存される。研究発表の場では、スライドを用いて発表するので原稿をそのまま読むことはないが、原稿の内容を暗唱して発表するのが理想的であろう。私も若い時には原稿を何度も読み、完全に暗唱できるように練習したものである。いざ発表の時に原稿を思い出せなくなったときに備えて、背広の内ポケットに原稿を忍ばせておいたこともあった。最近は原稿を覚えなくても、スライドに書いてあることを中心に多少の説明を追加しながら発表を行えるようになった。これは単に年齢とともに原稿を覚える力が低下した結果、そうせざるを得なかったとも言える。発表原稿は読まない方がいいが、原稿は作った方がいいと思っている。原稿をつくる段階で発表の論旨が徐々に整理されてくるし、何と言っても原稿があると何度でも推敲ができる。発表原稿に合わせて発表用のスライドを作り、作成したスライドに合わせて原稿を修正する。先にスライドを作成する場合もある。発表の練習をし、共同研究者の意見等を反映させてスライドや発表原稿をさらに修正する。これを繰り返すうちに自然に発表する内容が頭の中に入ってくるので、原稿がなくてもかなりの部分は話せるようになる。なお最近は、発表機材も進歩

しており、自身のPCにスライドと発表原稿を同時に映すこともできる。その場合でも、原稿をそのまま読むのではなくあくまでスライドを使って話し、原稿はそれを補完する程度に使うのがいいと思う。止む無く原稿を読む場合でも、原稿はあくまで自身で作成し十分推敲を重ねておけば、読み飛ばしたことに気づかないことはないであろう。

マスコミの論調では、質問時間が少ない、都合の悪い質問を受け付けないとも言われていた。発表や質疑の時間に制限があるのは止むを得ない。また、学会発表では専門家である座長が司会を務め公正な進行が行われている。通常の学会での質問時間はせいぜい5分程度であるので、十分準備をしておけば対応はそんなに難しくない。それでも、思いがけない質問をされて頭が真っ白になり、閉じた貝のようにウンともスンとも言葉が出なくなってしまうこともある。沈黙のまま発表時間が過ぎてゴングに救われることもある。こんな時は取りあえず質問者の質問を自分の言葉で繰り返してみるのがいいと思っている。その間に真っ白になった頭を少し整理することができる。

さらに、質問をはぐらかしている。ご飯論法をしているとの批判もあった。研究発表でも、質問されたくないところを突かれて、そこには曖昧に答えて、答えやすいところ、研究成果を強調できるところに論点を移して答えることはたまにあるし、自分でもそうしたこともある。しかし、その場合でも聞かれた質問に対して率直に回答した後で、論点を少し移すことを明示してからにすべきである。質問の中には勘違いや知識不足によつて的を射ていないものもたまにはある。異なる分野の発表内容を短い発表の中で正しく理解することは簡単なことではないので、そう言った質問が出てくるのもある程度止むを得ない。愚問だと思っても質問者の誤解を訂正しつつ丁寧に答えるべきである。

また、話に熱意がない、発信力がないとも指摘されていた。研究発表では研究成果をむしろ淡々と述べる方がいいように私は思う。もちろんその成果の独創性や意義づけは文献を引用するなどしながらしっかり述べる必要がある。教員や専門家の多くいる中で発表することは特に学生さんにとっては簡単ではない。声が小さくなったり、うまく話せなかったり、質問に的確に答えられないことも多々ある。そういうことを予想して発表する前から萎縮している人もいる。そんな学生さんには、確かに化学の知識等は先生方になかない。しかし、この研究・実験に関しては実際にそれを行った人が一番詳しいのだから、その点ではあなたが一番の専門家であり自信を持って話さないかとアドバイスしてきた。また、結果について見解が異なるのはある意味で当たり前であり、見解の違いを戦わせるのが学会でのディスカッションなのだから、ひるんではいけない。学会発表はある意味で戦場であり気を緩めてはいけない。

いずれにしてもコミュニケーションの基本は、お互いに敬意を払うということではないかと思っている。これがなくなってしまうのはコミュニケーションが成り立たない。基本的に当たり前のことだが、この当たり前のことが成立しなくなっているところに昨今の悲劇があるように思う。

〔(一財)北海道環境科学技術センター 田中俊逸〕

インフォメーション

「分析中部・ゆめ 21」

若手交流会・第 21 回高山フォーラム

日本分析化学会中部支部主催の標記セミナーが、11 月 13 日（土）にオンラインで開催された。本セミナーは、通常の学会発表とは異なる、若手ならではのユニークで形式にとらわれない学術交流の場の創作を目的に行われている。大学院生・学生、高専生から大学・高専の教員、公共ならびに民間企業の研究者を含めた中部支部の分析関連研究室の交流の意味合いもあり、今回は、講演者を含め 84 名（一般 25 名、学生 59 名）の参加があった。実行委員は加藤 亮（豊橋技術科学大学）、立石一希（三重大学）、飯國良規（名古屋工業大学）、リムリーワ（岐阜大学（工））、高橋 透（福井大学（工））、巽 広輔（信州大学（理））、村上博哉（愛知工業大学（工））、佐澤和人（富山大（理））、眞塩麻彩実（金沢大学物質化学系（工））、村上貴哉（石川県警察本部科学捜査研究所）、甲斐徳高（鈴鹿高等専門学校）の各氏で、間中が委員長を務めさせていただいた。

本セミナーは、午前 9 時より、栗原支部長の挨拶で開会した。はじめに、コロナウイルスのため 2 年間延期になっていた中部分析化学奨励賞の授賞式をこの場を借りて行われた。その後、受賞者 2 名による受賞講演が行われた。はじめに、飯國委員の司会で、村上貴哉氏（石川県警科捜研）に「危険ドラッグの位置異性体識別分析と代謝反応における光学異性体分析」という演題でご講演いただいた。危険ドラッグに関する現状・問題点から、危険ドラッグと類似した構造の化合物との識別方法に関して講演いただいた。とりわけ識別が困難とされる位置異性体について、コリジョンエネルギーを変化させながらクロマトタイムスケールでマススペクトルを取得する“エネルギー分解質量分析法”を用いることで信頼性高く明確に識別できる手法は興味深い。続いて、巽委員の司会で、眞塩麻彩実氏（金沢大学）より、「水圏環境における白金族元素分析法の開発と分布解明に関する研究」という演題でご講演いただいた。観測船による海洋の広範囲における金属元素の分布状況に関する知見だけでなく、観測船内での実験の様子等も紹介いただき、普段のラボでの分析にはない新鮮な様子が伝わった。引き続き、国内外で各 1 名の研究者による依頼講演が行われた。リム委員の司会で、Mohamad Rafi 氏（IPB University）に「Application of Metabolomics in Natural Product Research using LC-MS/MS」という演題でご講演いただいた。LC-MS/MS を使用して天然物研究におけるメタボロミクス応用に関する興味深い研究を紹介していただいた。続いて間中の司会で羽切正英氏（福島高専）に「生体高分子を利用した固定化・分離・濃縮」という演題でご講演いただいた。生体にみられる多糖類として、海洋動植物中に存在するキチン、アルギン酸、カラギーナン、寒天（アガー）など、陸上植物体中に存在するセルロースとその誘導体、デンプン、ペクチン、ガラクトマンナン、グルコマンナン、グリコサミノグリカン類など多様な高分子を膜状に加工する手法およびそれらの膜を活用した分離技術に関する研究は

興味深い。

13 時からポスター講演を行った。立石委員のお世話のもと、コアタイムを前半と後半の 2 回に分け、59 件の講演（学生）と 1 件の一般講演を行った。対面と比べてコミュニケーションが制限されるオンライン講演であるものの、昨年度より講演時間をできるだけ長めに設定することで、少しでも交流の機会が得られるように試みた。当日はオンラインにもかかわらず活発な意見交換が行われ、学生にとっては貴重な体験になったようである。最後に栗原支部長、実行委員長挨拶でセミナーは閉会となった。なお、今回はオンライン上でポスター賞の投票を行い、最優秀ポスター発表賞 1 名と優秀ポスター発表賞 13 名を選出した。各受賞者には、後日賞状と賞盾と副賞の図書カードを送付させていただいた。

今回は、オンラインでの開催にもかかわらず、多くの方にご参加いただきましたこと御礼申し上げますとともに、慣れないオンライン会議の準備、会期中の不手際により、参加者ならびに講師の方にご迷惑をおかけしてしまったことを、この場を借りてお詫び申し上げたい。また、お忙しい中ご講演を快諾いただきました講師の方に改めて感謝の意を申し上げたい。次の世代を担う研究者およびその卵が、このような場で切磋琢磨することは、まさに本セミナーの趣旨に合致する。また、講演者にとっては、依頼講演の形式をとっていることも業績という観点から魅力ではないだろうか。来年以降も継続していただけたら幸いである。コロナウイルスの問題から今年度もオンライン開催であったが、来年は少しでも問題が落ち着き、例年通りの対面でのセミナーで皆様に再会できることを楽しみにしている。

〔富山高等専門学校 間中 淳〕

第 27 回 LC & LC/MS テクノプラザ

2022 年 1 月 27 日（木）・28 日（金）の 2 日間、中村 洋 実行委員長（東京理科大学）のもと、主催：（公社）日本分析化学会液体クロマトグラフィー研究懇談会、後援：（公社）日本化学会、（公社）日本薬学会、協賛：（公社）日本農芸化学会にて、第 27 回 LC & LC/MS テクノプラザが開催された。昨年開催予定であった第 26 回大会は中止となったため、2 年ぶりの開催となった。COVID-19 の影響もあり、Web ミーティング形式という新しいやり方での運営となったが、55 名の参加者により活発な討論が行われた。

本会ではすべて口頭形式で発表が行われ、一般テーマ（G）7 題、集中テーマ（A）前処理における諸問題 3 題、（B）分離における諸問題 8 題、（C）検出・データ解析における諸問題 4 題が行われた。また、2020 年、2021 年度の受賞講演として、POTY 賞、液体クロマトグラフィー科学遺産認定、CERI クロマトグラフィー分析賞、液体クロマトグラフィー努力賞での講演が行われている。POTY 賞は LC 研究懇談会における特筆すべき活動に対して与えられる賞であり、本年度新設された。コロナ下における例会等のリモート開催の体制構築を主導された東洋合成工業の小林氏が初代の受賞者になった。

受賞講演タイトルと演者は以下の通り。

〈POTY 賞講演〉

2021 年 「LC 研究懇談会各種事業のリモート開催への貢献」
(東洋合成工業) 小林宣章
(液体クロマトグラフィー科学遺産認定講演)

2020 年 「835 形日立高速アミノ酸分析計」
(日立ハイテクサイエンス) 伊藤正人

2021 年 「超純水製造装置 Milli-Q Gradient」
(メルク) 石井直恵
(CERI クロマトグラフィー分析賞講演)

2020 年 「HPLC システムの高機能化による分析ラボの効率向上」
(アジレント・テクノロジー) 熊谷浩樹

2021 年 「生体試料医薬品の極微量質量分析法の開発」
(東レリサーチセンター) 竹澤正明
(液体クロマトグラフィー努力賞講演)

2020 年 「規制下の生体試料分析におけるクロマトグラフィーの活用」
(味の素) 中山 聡

2021 年 「光学活性検出器を利用した HPLC と SFC の応用開発」
(日本分光) 寺田明孝

これら講演に加えて、体験講演としてハウス食品の神山和夫氏による「食品安全委員会事務局への官民人事交流」、啓蒙講演として中村委員長による社会人マナーの実践講座、初日講演後に開催された情報交換会(申込者 21 名)など、本会ならではの「普段は触れることができない情報」が入手できる場も設定された。

LC & LC/MS テクノプラザは、HPLC、LC/MS を用いた研究を行っている研究者や装置/試薬メーカー関係者などが業界・所属・世代を超えて議論を行い、切磋琢磨を行う場として、四半世紀を超える年月において多くの方々へ支持されてきた。COVID-19 の影響で第 26 回大会は中止となり、第 27 回も開催が危ぶまれたものの、関係各位の努力の甲斐もあり、Web 形式で無事に開催することができた。末筆にて、ご参加いただいたすべての皆様、さらには、運営にご協力いただいた液体クロマトグラフィー研究懇談会役員の皆様に、この場を借りてお礼申し上げます。

(現地世話人 味の素㈱ 中山 聡)



高分子分析研究懇談会第 408 回例会

高分子分析研究懇談会 第 408 回例会が 2022 年 2 月 15 日(火)に Web 形式にて 41 名の参加者が集い開催された。本例会では前回(第 407 回)に引き続き、ご講演いただく 2 名の先生と個別にディスカッションできる場を設定し、会員様と活発な議論や技術交流をいただく会(ブレイクアウトセッション)を企画した。運営委員長の香川信之氏(㈱東ソー分析センター)から開会挨拶をいただいた後、2 件の招待講演に移った。

1 件目は「高感度固体 NMR を用いる高分子の精密構造解析」の演題で田中真司先生(産業技術総合研究所)にご講演いただいた。近年、固体 NMR の感度の問題を解決する手法として動的核偏極(DNP)を利用する NMR が注目されている。田中先生は NEDO 超先端材料超高速開発基盤技術プロジェクト(2016-2022)に参画され、DNP-NMR を活用した研究を精

力的に進められている。本講演では DNP の感度向上についての原理解説から、メソポーラスシリカ表面の有機部位解析、基板上的有機半導体薄膜の分子配向解析といった具体的な研究例を説明いただくことで、固体 NMR で分析困難な対象に対しても DNP-NMR が活用できることがよく理解できた。後半ではケミカルリサイクルへの応用として DNP-NMR を用い PET 樹脂の解重合過程における主鎖末端の直接観測に成功された事例も報告いただき、リサイクル分解過程の化学構造変化を逐次解析できる有効な手法としての期待を強く感じた。

2 件目は「高分子材料と高分子鎖の精密分解科学」の演題で沼田圭司先生(京都大学大学院)にご講演いただいた。沼田先生は高分子合成酵素や分解酵素、それらを含む微生物や植物を用い、構造材料として利用可能なバイオポリマーの効率的な生産やバイオマスを資源化する反応システムの構築を目指した研究を進められている。本講演ではその研究基盤とも言える高分子材料と高分子鎖の精密分解を主題に、多様な使用環境において高分子素材の分解性が引き起こす深刻な問題に対して、分解を物理劣化、化学分解、生物代謝に分割して解析し、材料の階層構造と物性に与える影響を明らかにしていく文科省学術変革領域の取り組みを詳しくご説明いただいた。最後には、様々な物性情報を蓄積されているバイオポリマーのデータベースに環境分解性や毒性の情報を更に加えていく現在の研究活動についても触れられ、高分子の化学構造と環境/生態毒性とをマテリアルズ・インフォマティクスで繋げ、様々な分子設計を AI で進めることができるプラットフォームの構築目標まで伺うことができた。近い将来、多くの企業や大学の研究者がプラットフォームを活用できる環境が整うことを期待したい。

例会終盤では先生方との交流会として、各 10 名程の参加者が講演内容に関する詳細質疑や日常抱える課題に至るまで幅広いテーマで先生方と自由に相談・討論することができ有意義な機会となった。新型コロナウイルスの影響が収束しない状況にあるものの、会員様の技術交流の良い潤滑油になるべく今後も有効な施策を実行していきたい。

(三菱ケミカル㈱ 近藤洋輔)



第 368 回液体クロマトグラフィー研究懇談会

標記研究懇談会が 2022 年 2 月 17 日(木)に Zoom ウェビナー形式でオンライン開催された。講演主題は「UHPLC、HPLC を用いた高分子分析の最前線」と、これまでの例会とは少し趣向の異なる内容であった。講演は総括含め全 7 件で、高分子分析に HPLC/UHPLC が果たす役割を分かりやすく紹介、解説いただいた。参加者は 47 名で、合成高分子にかかわる企業の方に多く参加いただいた。以下に今回の講演の概要と所感を紹介する。

1. GPEC による高分子分析と 2D-LC への応用

(アジレント・テクノロジー㈱) 熊谷浩樹氏

高分子の化学組成分析における GPEC(グラジエントポリマー溶出クロマトグラフィー)の有用性及び、分析例を紹介いただいた。高分子の析出と再溶解を用いた分離であるが、固定相との相互作用も認められる。そのため、分離条件設定の定石

がまだないが、検討次第ではさらに活用の幅が広がる。2D-LC では GPC と GPEC の組み合わせによる一斉分析が可能になる。Comprehensive-2D では後段の分析が超高速 GPC になるため、マルチハートカット-2D の方が分解能をあげることができる。

2. LC を用いた共重合体の組成分布解析

(三菱ケミカル株) 行政嘉子氏

GPEC, LCCC, 2D-LC の各手法、およびアクリル共重合高分子やアクリルグラフト高分子への適応例を紹介いただいた。高機能化に向けた樹脂の一次構造制御(グラフト、精密共重合等)は近年盛んに行われている。これらの構造推定に SEC だけでなく、GPEC や LCCC, 2D-LC を用い高度な解析をしている様子がよく理解できた。重合中の高分子解析等、ユーザーならではのデータなども紹介いただいた。質疑応答を通して、イオンモビリティを用いた分離や MALDI を用いた共重合組成解析等の提案があった。

3. 高分子分析における SEC の利用

(東ソー株) 伊藤誠治氏

SEC の現状と、問題点、それに対するアプローチを紹介いただいた。SEC の高速分析を目的に UHPLC 化する際にはシリカ、スチレンジニルベンゼン基材起因の問題点(吸着や機械強度)だけでなく、高分子鎖の切断などにも注意しなければならない。また、ポリエチレンなどの高温 SEC に用いるハロゲン溶媒の代替案として、ナフタレン骨格をもつ化合物の提案があった。実験例を基にテトラリンの代替可能性が高いことを紹介いただいた。質問として、高圧状態で粒子の形状の変化が分離に影響を及ぼすことがないか、などがあった。

4. 高分子分析の新しい提案…LC-Raman と遠心 FFF

(株)島津製作所 渡邊京子氏

LC 検出器としてのラマン分析、カラムレス分離手法としての FFF を紹介いただいた。LC で分離した成分をラマン分析することで、スペクトル解析を容易にしている。株堀場製作所との共同開発であり、分取データとラマンスペクトルが一元化できるところがポイントである。ユーザーとして、データを紐づけて管理することができる仕組みが今後広がっていくことを切望している。遠心 FFF は遠心力を用いてサイズごとに粒子(分子)を分離する手法で、島津製作所が現在最高初期回転数の装置を上市している。溶剤に溶解させる必要がないため、今後、架橋高分子の分離などに活用できる可能性を感じた。

5. GPC-LS による高分子の構造情報

(日本ウォーターズ株) 島崎裕紀氏

高分子の分子量や構造情報を正確に測ることの重要性、および、RI-光散乱-粘度トリプル検出器の仕組みと適応例について紹介いただいた。ポリスチレンなどの較正曲線を用いれば RI 検出器で換算分子量を計算できるが、グラフト構造などの場合は実際の分子量との差が大きくなる。そのため、光散乱、粘度計を組み合わせで絶対分子量で評価する方がより正確な評価ができる。測定時間が5分ほどの高速 GPC 測定においても、光散乱や粘度が可能となっており適応範囲の広がりを感じた。

6. HPLC を活用した高質量分解能質量分析計による高分子分析の実際

(日本電子株) 佐藤貴弥氏

MALDI-TOFMS および KMD 解析の仕組みと、その前処理としての LC 分離の重要性について紹介いただいた。例えば SEC であらかじめ分子量ごとに分画した成分を分析することで、分画前にはマスディスクリミネーションにより観測できなかった高分子領域の高分子を分析することができる。また、MALDI-TOFMS では①1 価イオンを生成しやすい、②検出範囲が広い、③精密質量が分かることから、KMD 解析と相性が良く、高分子の共重合組成の解析が容易になる。多元系の共重合高分子などへの展開が期待される。

7. 総括「UHPLC, HPLC を用いた高分子分析の最前線」

(東京理科大学) 中村 洋先生

各講演に対する質問形式で進捗や課題に対する議論が行われ、参加者の理解が深まった。いずれの技術も将来性を感じさせるもので、今後の発展への期待が感じられた。

講演終了後、Zoom ミーティング形式で演者を囲んでの情報交換会が行われた。参加者 12 名の自己紹介後、講演で質問できなかった内容などへの質疑応答が行われた。今回の参加者は分析メーカーの方が多く、普段聞くことのできない開発の苦労話などを聴くことができ大変興味深かった。「農耕民族的なビジネスで世界と戦えるのか」というワードにはハッとさせられるものがあった。

最後に本例会開催にあたり、講演依頼を快諾してくださった講演者の皆様、例会の開催に尽力いただいた役員の皆様、ご参加いただいた皆様に深く御礼申し上げます。

[オーガナイザー：三菱ケミカル株 前中佑太]



「LC シニアクラブ」設立のお知らせ

設立趣旨 (公社)日本分析化学会には、定年になられた方々や定年間近な方々の集まりとして「人生談話会」があります。定年を機に退会されたり、活動を止めたりする方々が少なくないことに鑑み、元気でいられる間は仲間と大いに楽しもうという趣旨です。この会は分析化学討論会や分析化学会年会の開催に合わせて、全国から分野を超えて集まり、開催地区の重鎮による講演を拝聴し、夕刻から懇親会を開催して旧交を温める時間を楽しんでおります。「LC シニアクラブ」はその LC 版とも言うべき集まりですが、全国を巡ることはせず、LC 研究懇談会の支援を得て首都圏を中心に集まるか、コロナ禍が続けば Zoom ミーティングを原則とします。第 1 回 LC シニアクラブは「LC の日」に当たる 12 月 3 日(土)に開催の予定です。

入会資格 資格は特に設けておりませんので、連絡先のメールアドレスを登録いただくだけです。入会金や年会費は不要です。

入会手続 入会希望の方はメールにて下記へお申し込みください。

申込先 (nakamura@jsac.or.jp)

執筆者のプロフィール

(とびら)

村松康司 (Yasuji MURAMATSU)

兵庫県立大学大学院工学研究科 (〒671-2201 兵庫県姫路市書写 2167). 東北大学大学院理学研究科化学専攻博士前期課程修了. 博士 (理学). 《現在の研究テーマ》放射光軟 X 線分析技術の開発と産業応用展開. 《主な著書》“X 線分光法” (講談社), (2018 年). 《趣味》トレイルランニング, ウルトラマラソン, 手筒花火.

E-mail: murama@eng.u-hyogo.ac.jp

(ミニファイル)

川崎直人 (Naohito KAWASAKI)

近畿大学薬学部医療薬学科 (〒577-8502 大阪府東大阪市小若江 3-4-1). 近畿大学大学院薬学研究科薬学専攻博士前期課程. 博士 (薬学). スポーツファーマシスト, 公衆衛生認定専門家. 《現在の研究テーマ》環境水及

び排水処理のための水処理剤の開発とその最適化. 《主な著書》“最新 公衆衛生学” (廣川書店). 《趣味》音楽鑑賞, 旅行.

E-mail: kawasaki@phar.kindai.ac.jp

(トピックス)

藤原 勇 (Isamu FUJIWARA)

山口大学教育・支援機構 (〒753-8511 山口市吉田 1677-1). 九州大学総合理工 (修士). 工学博士. 《現在の研究テーマ》高分子試薬を用いた分析法の開発. 《趣味》柔軟体操, 読書.

E-mail: fuji@yamaguchi-u.ac.jp

宇田川喜信 (Yoshinobu UTAGAWA)

東北大学大学院環境科学研究科先端環境創成学専攻 (〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-11-604). 東北大学工学部化学・バイオ工学科. 《現在の研究テーマ》細胞分析のための電気化学デバイス開発.

(リレーエッセイ)

北村裕介 (Yusuke KITAMURA)

熊本大学大学院先端科学研究部 (〒860-8555 熊本市中央区黒髪 2-39-1). 熊本大学大学院自然科学研究科博士後期課程修了. 博士 (工学). 《現在の研究テーマ》核酸を基体としたバイオセンサーの開発. 《主な著書》“酸化グラフェンの機能と応用” (シーエムシー出版). 《趣味》旅行, サッカー観戦.

E-mail: ykita@kumamoto-u.ac.jp

(ロータリー・談話室)

田中俊逸 (Shunitz TANAKA)

一般財団法人北海道環境科学技術センター (〒001-0024 札幌市北区北 24 条西 14 丁目 8-5). 北海道大学理学研究科修士課程. 理学博士. 《現在の研究テーマ》環境分析, 環境修復技術・材料の開発. 《主な著書》“水の分析第 5 版” (化学同人). 《趣味》歩くこと, 寝ながら本を読むこと.

E-mail: syny-tanaka@ab.auone-net.jp

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]

目 次

年間特集「省」：ノ ー ト

スマートデバイスを自己触媒反応の検出システムとする自動オンサイト分析法の開発 間中 淳・鍋木かおり・古山彰一・袋布昌幹・入江光輝	217
---	-----

総合論文

ラマン分光法及び近赤外分光法による生体の <i>in situ</i> イメージング分析 — 分子分光分析を通して生命の輝きを見る —	石垣美歌	221
中赤外分光法による固体高分子中の水構造の評価	源明 誠・加賀谷重浩	235
マレー半島東海岸中央部における水圏環境の概況	小崎大輔	247

報 文

隣接する 2 面の応答を独立かつ同時に測定できる 金蒸着角型ガラス棒センサーの開発	満塩 勝・吉留俊史	261
多摩川水系野川における底質中有機物組成分析に基づく放射性セシウムの 環境動態調査	猪瀬聡史・永井義隆・本多貴之・小池裕也	269

報 文 (若手初論文)

飛行時間型 ICP-MS による微粒子の個別分析法の開発	栗原かのこ・堀越 洸・中里雅樹・高橋宏明・平田岳史	277
---------------------------------------	---------------------------	-----

ノ ー ト (若手初論文)

Microsoft Excel のフーリエ解析を用いるノイズ信号の軽減 — フローインジェクション分析法におけるシグナルノイズ比の向上 —	七條まりあ・田中秀治・竹内政樹	283
細胞培養のためのゼラチンウェルデバイスの開発	池田涼音・関根詩乃・別所朋香・大月陽香・柴田紗希・中野実紅・佐藤香枝	289
「分析化学産業技術論文賞」のご案内		297
「分析化学」 年間特集 “省” の論文募集		298
“第 21 回若手研究者の初論文特集” 募集のお知らせ		300
テンプレートによる投稿要領		301
「分析化学」に投稿される皆様へ		302

X-ray Structure Analysis Online (第 38 巻第 3 号) 目次

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

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

— CONTENTS —

High-Spin Iron(III) Complex with 2-(2-Imidazolyl)phenolate	
Ryoji MITSUHASHI, Satoshi HOSOYA, Takayoshi SUZUKI, and Masahiro MIKURIYA	37
Crystal Structure of a Mononuclear Iron(III) Complex, Hexakis(dimethylformamide-κO)iron(III) Tris(hexafluoridophosphate)	
Yudai KOKUBUN, Ryusei HOSHIKAWA, Ryoji MITSUHASHI, and Hiroshi SAKIYAMA	41
Crystal Structure of Binuclear Terephthalato-bridged Manganese(III) Complex with 2-(2'-Hydroxyphenyl)oxazoline Analog	
Tatsuru ESAKI, Masayuki KOIKAWA, and Tadashi TOKII	45
A Polymer Chain Compound of $[\text{Rh}_2^{\text{II}}(4\text{-Me-pf})_2(\text{O}_2\text{CCMe}_3)_2(1,4\text{-dib})]_n$ (4-Me-pf = N,N'-Di-<i>p</i>-tolylformamidinate Anion; 1,4-dib = 1,4-Diisocyanobenzene)	
Makoto HANDA, Satoshi NISHIURA, Natsumi YANO, Hidekazu TANAKA, Masahiro MIKURIYA, and Yusuke KATAOKA	49
Crystal Structure of $\{[m,m\text{-bis}(\text{Zn}^{\text{II}}\text{-cyclen})]_3(\mu_2\text{-CO}_3)_2(\text{H}_2\text{O})_2\}(\text{ClO}_4)_8 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	
Yoshimi ICHIMARU, Koichi KATO, Kirara SUGIURA, Chisa HIRATA, Wanchun JIN, Haruto FUJIOKA, Hiromasa KUROSAKI, and Tohru KOIKE	53

— 原 稿 募 集 —

ロータリー欄の原稿を募集しています

内容

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

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

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

執筆上の注意

1) 原稿量は1200～2400字（但し，掲示板は

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

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

〒141-0031 東京都品川区西五反田 1-26-2

五反田サンハイツ 304 号

(公社)日本分析化学会「ぶんせき」編集委員会

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

◇今月号から、個人会員向けには電子媒体のみの配信になります。個人会員の比較的多くは年会、討論会への参加や発表をしないで毎月送られてくる「ぶんせき」誌の購読を楽しみにされている Silent majority の方々です。このような個人会員の方にもこれまで以上に満足して頂ける電子版「ぶんせき」誌とはどんなものか、編集委員会でも議論を重ねてきました。今後、電子版ならではのからくりが埋め込まれた新しい「ぶんせき」誌が皆さんの電子端末に届くようになるかもしれません。お楽しみに。

◇新年度から多くの大学で対面授業が再開されるようです。大学では、ブレンディットラーニングというオンラインと対面のいいとこ取りの授業が模索されています。このような新しいスタイルの授業は、ここ最近の“学び”のための道具が飛躍的に高性能化したことに負うところが大きいようです。でも、道具の高性能化に目を奪われることなく、“学び”の本質を学生さんたちと楽しみたいと思います。

◇私たちはまだ100年に一度のパンデミックの中にいます。加えて、国際情勢も不安定になっています。およそ100年前、1920年に第一次世界大戦の反省から国際連盟が発足しました。先人の知恵をもう一度ひも解く時かもしれません。

[N. U.]

〈と び ら〉

コロナ禍と分析化学……………西澤精一

〈入門講座〉 質量分析による生体分子イメージング

～医学における分析技術の波及について～……………杉浦悠毅

〈解 説〉

Multivariate Curve Resolution 法による混合物

スペクトルデータの定性定量……………永井優也, 片山建二

〈ミニファイル〉 衛生と安全

衛生対策製品の試験方法……………射本康夫

〈話 題〉

分離分析を活用する炭素ナノクラスターの

キャラクタリゼーション……………高柳俊夫

◇ 編 集 委 員 ◇

〈委員長〉 勝 田 正 一 (千葉大院理)

〈副委員長〉 菅 沼 こ と (帝 人 (株))

〈理 事〉 津 越 敬 寿 (産業技術総合研究所)

〈幹 事〉 坂 牧 寛 (化学物質評価研究機構)

富 岡 賢 一 (三菱マテリアル(株))

〈委 員〉 市 場 有 子 (ライオン(株))

岡 村 浩 之 (日本原子力研究開発機構)

田 中 佑 樹 (千葉大院薬)

永 谷 広 久 (金沢大院自然科学)

福 島 健 (東 邦 大 薬)

三 浦 篤 志 (北 大 院 理)

森 山 孝 男 (株) リ ガ ク

東 海 林 敦 (東京薬科大薬)

村 居 景 太 (株) 共立理化学研究所

稲 川 有 徳 (宇都宮大院地域創生科学)

齊 藤 和 憲 (日本大学生産工)

谷 合 哲 行 (千葉工業大先進工)

中 原 佳 夫 (和歌山大システム工)

堀 田 弘 樹 (神戸大院海事科学)

宮 下 振 一 (産業技術総合研究所)

山 崎 由 貴 (国立医薬品食品衛生研)

菅 寿 美 (海洋研究開発機構)

岩 井 貴 弘 (理化学研究所)

高 橋 あ か ね (オルガノ(株))

照 井 教 文 (一 関 高 専)

野 間 誠 司 (佐 賀 大 農)

松 神 秀 徳 (国立環境研究所)

森 勝 伸 (高 知 大 理 工)

☐ 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4号 (通巻568)

2022年4月1日印刷

2022年4月5日発行 定価1,000円

編集兼発行人 公益社団法人 日本分析化学会

印刷所 〒173-0025 東京都板橋区熊野町13-11

株式会社 双文社印刷

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

公益社団法人 日本分析化学会

電 話 総務・会員・会計: 03-3490-3351

編集: 03-3490-3537

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

© 2022, The Japan Society for Analytical Chemistry

購読料は会費に含まれています。

第 371 回液体クロマトグラフィー研究懇談会

主催 (公社) 日本分析化学会液体クロマトグラフィー研究懇談会

コロナ禍において出社等が制限される中、HPLC や LC/MS に代表される機器分析環境の再構築を余儀なくされた企業や分析機関は多いと思いますが、一方で、あまり変わらない、対策はこれからという企業も少なからずあるようです。今後も続くかもしれないウイズコロナ時代に、どんな機器分析環境を整えればよいかを考えてみたいと思います。機器分析メーカーからは提供できる技術についてご講演いただき、ユーザーからは導入事例についてご講演いただきます。

期日 2022 年 5 月 26 日 (木) 13.00~17.05

会場 Zoom オンライン会場

講演主題 ウイズコロナ時代に求められる機器分析環境

講演

講演主題概説 (オーガナイザー) (13.00~13.05)

(栗田工業(株)) 榎本幹司

1. リモートワーク環境における分析業務の効率化 (13.05~13.40)

(株島津製作所) 西村弘臣

2. デジタルトランスフォーメーション時代におけるデータの有効活用 (13.40~14.15)

(アジレント・テクノロジー(株)) 小林聡和

(LC 分析士初段取得予定)

3. 分析機器の管理と HPLC ユーザーの業務効率向上の提案 (14.15~14.50)

(株日立ハイテクサイエンス) 清水克敏

(LC 分析士二段, LC/MS 分析士初段)

休憩 (14.50~15.20)

4. 受託分析機関における災害及び感染症への対策 (15.20~15.55)

((一財) 日本食品検査) 橘田 規

(LC 分析士二段, LC/MS 分析士四段)

5. ウイズコロナ時代に対応した研究所を目指して (15.55~16.30)

(栗田工業(株)) 榎本幹司

(LC 分析士三段, LC/MS 分析士三段)

6. 総括「ウイズコロナ時代に求められる機器分析環境」(16.30~17.05)

(東京理科大学) 中村 洋

(LC 分析士五段, LC/MS 分析士五段)

参加費 LC 研究懇談会個人会員：1,000 円、協賛学会 (日本分析化学会、日本薬学会、日本化学会) 及び後援学会 (日本農芸化学会) 会員：3,000 円、その他：4,000 円、学生：1,000 円。参加申込締切日後の受付はできませんので、ご了承ください。

情報交換会 講演終了後、講師を交えて情報交換会を開催します (会費 1,000 円)。締切日後のご参加はできませんので、参加希望者は必ず事前にお申込みください。

参加申込及び参加費等納入締切日 2022 年 5 月 19 日 (木) (入金締切時刻：15 時まで)

申込方法 参加希望者は、下記申込先にアクセスし、氏名、勤務先 (電話番号)、LC 会員・協賛学会会員・その他の別及び情報交換会参加の有無を明記の上、お申込みください。お申込みが完了した場合には、登録されたアドレス宛に「第 371 回液体クロマトグラフィー研究懇談会申込み受付 (自動返信)」のメールが届きます。メールが届かない場合は、世話人までお問い合わせください。

参加費の納入が確認できた方には、5 月 20 日以降に①例会サイト入場 URL と②「視聴者用操作マニュアル」をお送りします。また、情報交換会参加費納入者には、③情報交換会

サイト入場 URL をお知らせいたします。なお、請求書と領収書の発行はいたしておりません。領収書は、振込時に金融機関が発行する振込票等をもって替えさせていただきます。

申込先 <https://forms.gle/aLPWNmBbx6MT1MHG7>

銀行送金先 りそな銀行 五反田支店 (普通) 0802349 口座名 シャ) ニホンブンセキカガクカイ [公益社団法人日本分析化学会液体クロマトグラフィー研究懇談会]

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

2022 年度「ぶんせき講習会」(基礎編その 2)

「化学分析の基礎講座～実験用基本器具、マイクロピペット、電子天びん、および pH メーターの原理と使い方～」

主催 (公社) 日本分析化学会近畿支部、近畿分析技術研究懇談会

協賛 (公社) 化学工学会関西支部、(一社) 近畿化学協会、(公社) 日本化学会近畿支部、(公社) 有機合成化学協会関西支部、(公社) 高分子学会関西支部、(一社) 日本鉄鋼協会関西支部、(公社) 日本金属学会関西支部、関西分析研究会

化学分析のみならず、合成・物性測定など化学実験や培養などのバイオ実験を行う上で、試薬の秤量や調合は実験の質を左右する重要なファクターになります。最近は機器のデジタル表示やパソコンの普及により、これらの操作における測定値は容易に得られるようになりましたが、正しい値や信頼性のある値を得るためには、実験器具の適切な使い方や、機器の正しい校正法や操作方法を理解・修得することが必要です。そこで、本講習会では、主に初心者 (研究室配属直後の学生や新入社員) や基礎から学びなおしたい人を対象に、化学実験の基礎となる秤量・調合・溶液調製をより適切に行えるための講義と実習を企画しました。ピペット・メスフラスコなどの実験用基本器具、マイクロピペット、電子天びんおよび pH メーターの基本操作を原理も含めて習得できます。

期日 2022 年 6 月 17 日 (金) 10 時~17 時

会場 (株島津製作所・関西支社 (梅田) マルチホール [大阪市北区芝田 1-1-4 阪急ターミナルビル 14 階、電話：06-6373-6522、交通：阪急梅田駅下車すぐ、JR 大阪駅、地下鉄梅田駅より徒歩 5 分。※ 14 階へは高層階用エレベーターをご利用ください。詳細は下記 URL 参照]

<http://www.shimadzu.co.jp/aboutus/company/access/kansai.html>

講習内容 実験用基本器具、マイクロピペット、電子天びん、および pH メーターの原理と使い方

対象者 学生や新入社員および基礎から学びなおしたい方

講習プログラム

1. 講義「実験用基本器具の原理と取扱い方」(10.00~11.00)
(神戸大院海事) 堀田弘樹
・ガラス製体積計 (測容器) の取り扱い～受用、出用の容器の違いなど～
・標準溶液の調製
2. 「マイクロピペットの取扱い方と管理方法 (実習付き)」(11.10~12.10)

(エー・アンド・デイ) 石塚英樹

- ・マイクロピペットの規格、構造、選択、基本的な操作方法、維持管理
- ・精度よく分注するために～揮発性のある液体、粘性のある液体の分注方法～
- ・電動ピペット操作方法～通常分注と連続分注～

3. 「電子天びんの原理と取扱い方（実習付き）」（13.10～15.00）

（島津製作所）浜本 弘

- ・正しい据え付け方法
- ・電子天びんの感度調整
- ・天びんの環境や測定目的に応じた使い方
- ・天びんの点検方法
- ・応用測定
- ・天びんの取り扱い

4. 「pH メーターの原理と取扱い方（実習付き）」（15.10～17.00）

（堀場アドバンスドテクノ）桑本恵子

- ・pH とは
- ・pH を測るには
- ・測定した pH 値の不確かさ
- ・電極のメンテナンス方法
- ・サンプルに適した pH 電極の選び方

- *参加者には事前に電子メールにて PDF 資料を送付します。
- *当日はテキストの配布は行いませんので、各自で PDF を印刷しての持参、あるいはタブレット等での準備をお願いします。

- *主催者側で昼食を用意します。

参加費 主催・協賛団体所属会員 7,000 円、学生 4,000 円、会員外 11,000 円

申込締切 6 月 10 日（金）、定員（20 名）。お申込受付は先着順とし、定員になり次第、締め切ります。6 月 11 日以降のキャンセルは不可。

申込方法 参加を希望される方は、近畿支部 HP (<http://www.bunkin.org/>) から本講習会のページに入ってください、【参加申込フォーム】にて Web からお申し込みください。

- *お申込み後、自動返信メールが届きましたら、開催日までに参加費のお支払いをお願いいたします。参加費は銀行口座（りそな銀行御堂筋支店 普通預金 No. 2340726、名義：公益社団法人日本分析化学会近畿支部）にお振り込みください。

- *参加証と会場案内図・テキストダウンロード情報などをメールにて送付します。当日、この参加証を持参してください。

- *コロナウィルスの感染状況により中止する可能性があります。変更などの詳細は、近畿支部 HP にてご確認ください。

申込先 〒550-0004 大阪市西区靱本町 1-8-4 大阪科学技術センター 6 階（公社）日本分析化学会近畿支部〔電話：06-6441-5531, FAX：06-6443-6685, E-mail：mail@bunkin.org, 近畿支部 HP：http://www.bunkin.org/〕

問合せ先 諏訪雅頼（大阪大）〔E-mail：msuwa@chem.sciosaka-u.ac.jp〕

4. 事故事例から考える実験室・作業場の安全管理

（阪大安全衛生管理部）山本 仁

5. 実験室・作業場における化学物質のリスクアセスメント

（阪大安全衛生管理部）山本 仁

6. 実験で解説する静電気による火災・爆発を防止するための安全対策

（SL 経営）蒲池正之介

参加費・申込方法 詳細は <https://kinki.chemistry.or.jp/csjevent/anzen22.html> をご参照ください。

申込締切 6 月 3 日（金）

申込・問合せ先 〒550-0004 大阪市西区靱本町 1-8-4 日本化学会近畿支部〔電話：06-6441-5531, FAX：06-6443-6685, E-mail：csjevent@kinki.chemistry.or.jp〕

第 28 回化学安全講習会

主催（公社）日本化学会近畿支部

協賛（公社）日本分析化学会近畿支部ほか

期日 2022 年 6 月 20 日（月）・21 日（火）

会場 大阪科学技術センター

プログラム

第 1 日（20 日 10.00～16.00）

1. 化学物質の発火・爆発危険性について
（産総研）松永猛裕

2. 化学企業における化学物質管理についての課題
（住友化学）稲若邦文

3. 化学プラントとリスクアセスメント
（京葉人材育成会）中村昌允

第 2 日（21 日 10.00～16.30）

——以下の各件は本会が共催・協賛・後援等をする行事です——

◎詳細は主催者のホームページ等でご確認ください。

第243・244回西山記念技術講座 「基礎から振り返る先端鉄鋼材料学」

主催 (一社) 日本鉄鋼協会
期日 2022年5月20日(金)(対面開催)、6月3日(金)(オンライン開催)
会場 (対面開催) 早稲田大学西早稲田キャンパス、(オンライン開催) Cisco Webex Meetings を使用
ホームページ <https://www.isij.or.jp/event/event2022/nishiyama243.html>
連絡先 (一社) 日本鉄鋼協会 育成グループ〔電話: 03-3669-5933, FAX: 03-3669-5934, E-mail: educact@isij.or.jp〕

日本ケミカルバイオロジー学会第16回年会

主催 日本ケミカルバイオロジー学会
期日 2022年5月30日(月)～6月1日(水)
会場 富山国際会議場
ホームページ <http://www.jscb.jp/>
連絡先 〒105-0014 東京都港区芝3-2-11-702 日本ケミカルバイオロジー学会 第16回年会事務局〔電話: 03-3798-5252, FAX: 03-6774-8806, E-mail: jscb@event-convention.com〕

電子機器トータルソリューション展2022

主催 (一社) 日本電子回路工業会
期日 2022年6月15日(水)～17日(金)
会場 東京ビッグサイト東展示棟
ホームページ <https://www.jpccashow.com/show2022/>
連絡先 〒105-8335 東京都港区芝3-23-1 セレスティン芝三井ビルディング (株) JTB コミュニケーションデザイン内 JPCA 運営事務局〔電話: 03-5657-0767, E-mail: jpccashow@jtbcom.co.jp〕

「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。卒研生、修士・博士課程生並びに若手研究者の方々にとって、ご自分の研究成果を日本語で投稿できるよい機会です。なお、2019年より本特集を年間特集とし、都合の良いときに執筆して投稿できるようにしました。年間を通して論文原稿を受け付け、審査を経て掲載可になり次第随時掲載いたしますので、奮ってご投稿ください。

なお、詳細は「分析化学」誌HPをご参照ください。

「分析化学」の掲載料についてのお知らせ

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

掲載料金計算式 (P : 印刷ページ数) (単位: 円)

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

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

*上記に消費税がかかります。

ぶんせき誌「技術紹介」の原稿募集

『ぶんせき』編集委員会

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

このような背景に鑑み、『ぶんせき』誌では新たな記事として「技術紹介」を企画いたしました。分析機器の特徴や性能、

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

記

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

『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、記事をまとめて書籍化するという試みを行っています。2021年5月10日に、『ぶんせき』再録集 vol. 1 が出版されました。この巻には、2011年から2020年まで、10年間分の〈ミニファイル〉の記事が詰まっています。たっぷり256ページ、2,750円(税込み)のお値打ち本です。多岐にわたる『知って得する分析化学の豆知識』を堪能できます。本書は下記10章からなり、それぞれに12から14の話題が集められています。

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

過去のミニファイルをファイリングしておきたいときに、初学者への参考書をお探しのときに、また、非学会員の方に分析化学会のアピールをしたいときに、ぜひご活用ください。本書はアマゾンオンデマンド出版サービスを利用して出版した書籍ですので、書店には並びません。アマゾンサイトからのネット注文のみとなりますので、ご注意ください。ネットで「ぶんせき再録集」と入力して検索しても、すぐに出てきます。詳しくは「ぶんせき」誌ホームページをご確認ください。

「お知らせ」欄原稿について

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

本会外から掲載をご希望の場合は以下をご参照ください。

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

国際会議以外の共催、協賛、後援に関する規程抜粋(共催)

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

【ア行】

(株)アmenaテック…………… A5
(株)エス・ティ・ジャパン…………… 表紙 4

【サ行】

(株)島津製作所…………… 表紙 3

【タ行】

東亜ディーケーケー(株)…………… A1

【ナ行】

日本分光(株)…………… A3

【ハ行】

(株)日立ハイテク…………… 表紙 2
フロンティア・ラボ(株)…………… A2

【マ行】

室町ケミカル(株)…………… A4

製品紹介ガイド…………… A6 ～ 7

高周波溶融装置

ビード&フューズサンプラ

AmenaTech



オートサンプラ機能搭載
TK-4500

高周波誘導加熱方式による
蛍光 X 線分析用ガラスビードの作成や
ICP や AA 分析用アルカリ融解処理を行う
無機材料の前処理装置です。

- ・ 温度コントロールが容易で
軽元素の飛散を抑え、難溶解物を溶融させます。
- ・ 卓上タイプとオートサンプラ機能を搭載した 2 機種の
ラインナップで研究開発部門から品質管理部門まで
幅広くサポートします。



卓上タイプ TK-4100

* 白金ルツボ等の化学分析用白金製品の改鑄も承ります。

株式会社アmenaテック

〒224-0003 神奈川県横浜市都筑区中川中央 2-5-13 メルヴューサガノ 401

TEL : 045-548-6049 / FAX : 0445-548-6179

e-mail : info@amena.co.jp URL : http://www.amena.co.jp

原子スペクトル分析

各種水銀測定装置

日本インスツルメンツ(株)

電話072-694-5195 営業グループ

<https://www.hg-nic.co.jp>

分子スペクトル分析

FTIR 用アクセサリーの輸入・製造の総合会社
市販品から特注まであらゆるニーズに対応

(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

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

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>

レーザー分光分析

レーザーアブレーション LIBS 装置 J200

伯東(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

NMR・ESR・磁気分析

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/>

クロマトグラフィー

ナノカラムからセミ分取カラムまで、豊富なサイズ

逆相 HPLC 用カラム L-column シリーズ

GC 用大口径中空カラム G-column

一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: chromat@ceri.jp

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

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>

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

ムロマックミニカラム 精度の高いクロマトグラフィー

ムロマックガラスカラム イオン交換反応を可視化

室町ケミカル(株) 電話 03-3525-4792

<https://www.muro-chem.co.jp/>

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！

電気化学分析

電位差自動滴定装置 カールフィッシャー水分計

最大5検体同時測定, FDA Par11対応, DI 対策も安心

メトロームジャパン(株) 電話 03-4571-1743

<https://www.metrohm.jp>

質量分析

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

熱分析

小型反応熱量計 SuperCRC

少量で高感度・高精度な反応熱量測定を実現

最適化・スケールアップ・安全性評価

(株)東京インスツルメンツ

電話03-3686-4711 <https://www.tokyoinst.co.jp>

分析装置・関連機器

ユニット機器型フローインジェクション分析システム
AQLA-700

測定項目やご使用環境にあわせて機器の組合せが可能

(株)アクアラボ 電話 042-548-2878

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

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/>

XRF分析用ガラスビードの作製及びICP分析のアルカリ融解処理には、高周波溶融装置ビード&フューズサンプラ (株)アメナテック http://www.amena.co.jp
英国エレメンタルマイクロアナリシス社製 CHNOS 有機・無機・同位体微量分析用 消耗品・標準物質等 アルファサイエンス(株) http://www.alphascience.jp/ 電話 03-3814-1374 FAX 03-3814-2357 E-mail: alpha@m2.pbc.ne.jp
モジュール式ラマンシステムRAMAN-QE 高感度の小型ファイバ分光器、励起用レーザ、各種ラマンプローブを組み合わせたコンパクトなシステムです。 励起レーザ選択や光学系のカスタマイズもご相談ください。 オーシャンフォトニクス(株) http://www.oceanphotonics.com
電位差自動滴定装置・カールフィッシャー水分計・密度比重計・屈折計・粘度計・水銀測定装置・熱計測機器・大気分析装置・水質分析装置・排ガス分析装置 京都電子工業(株) 東京支店 03-5227-3151 https://www.kem.kyoto/
秒速粉碎機 マルチビーズショッカー ディスポ容器で岩石・樹脂・生体等の凍結粉碎も可能。 分析感度UP、時間短縮、経費節減に貢献。 安井器械(株) 商品開発部 http://www.yasuikikai.co.jp/
研究室用設備機器
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
試薬・標準試料
認証標準物質 (CRM), HPLC・LC/MS 関連 超高純度試薬 (Ultrapur, Primepure®) 関東化学(株) 電話 03-6214-1090 https://www.kanto.co.jp
研究・産業用の金属/合金/ポリマー/ガラス等 8 万点 取扱サプライヤー GOODFELLOW CAMBRIDGE LTD 日本代表事務所 電話 03-5579-9285 E-mail: info-jp@goodfellow.com https://www.goodfellow-japan.jp
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
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
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-svoji.co.jp

RESEARCH POLYMERS (株)ゼネラルサイエンスコーポレーション 電話03-5927-8356(代) FAX 03-5927-8357 https://www.shibayama.co.jp E-mail: gsc@shibayama.co.jp
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。 富士フイルム和光純薬(株)
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
書籍
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
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/
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/
Pyrolysis-GC/MS Data Book of Synthetic Polymers 合成高分子の熱分解 GC/MS ハンドブック Tsuge, Ohtani, Watanabe 著 定価31,900円 (税込) 163種の合成高分子の熱分解 GC/MS, また 33種の縮合系高分子には反応熱分解 GC/MS も測定したデータ集。 (株)デジタルデータマネジメント 電話03-5641-1771
TOF-SIMS: Surface Analysis by Mass Spectrometry John C. Vickerman and David Briggs 著 B5・定価51,700円 (税込) 二次イオン質量分析法の装置と試料の取扱い, 二次イオン形成のメカニズム, データ解析アプリケーション例など (株)デジタルデータマネジメント 電話 03-5641-1771
Surface Analysis by Auger and X Ray Photoelectron Spectroscopy David Briggs and John T. Grant 著 B5・定価51,700円 (税込) 表面分析に欠かせない AES と XPS 法の原理, 装置, 試料の扱い, 電子移動と表面感度, 数量化, イメージング, スペクトルの解釈など。(SurfaceSpectra, Ltd.) (株)デジタルデータマネジメント 電話 03-5641-1771
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
不確かさセミナー
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, 安心してご受講戴けます。 不確かさ小冊子も無料謹呈中！ 日本電気計器検定所 電話03-3451-1205 https://www.jemic.go.jp E-mail: kosyukai-ky@jemic.go.jp

分析化学教育用ビデオ(DVD版)

●好評をいただいたビデオシリーズをDVDとしました



好評
発売中

全4巻

監修：公益社団法人日本分析化学会

定価
(各巻)

〔一般〕 30,000 円（税別，送料込）

〔（公社）日本分析化学会会員〕
25,000 円（税別，送料込）

現在お持ちのビデオを返送いただいた方は
10,000 円（税別，送料込）

1巻
17分

容量分析法

容量分析の原理
標準溶液の作り方
器具の操作方法

中和滴定の操作方法
酸化還元滴定の操作方法
滴定の応用



〔1巻〕容量分析の原理



〔2巻〕吸光度の測定方法と装置の操作方法は？

2巻
22分

吸光光度分析法

溶液の色は、溶けているものと
どんな関係？
吸収の大きさと、溶液濃度
及びセルの厚さとの関係は？
吸光度の測定方法と
装置の操作方法は？

精度の高い吸光光度定量を
行うための留意点は？
吸光光度法の特色は？
どのような所で使われているのか？



〔3巻〕クロマトグラフィーとは



〔6巻〕プラズマへの試料導入

3巻
18分

ガスクロマトグラフ分析法

クロマトグラフィーとは
クロマトグラフィーの原理
クロマトグラムの読み方

ガスクロマトグラムの構造
分析操作
定性分析と定量分析

6巻
27分

ICP 発光分光分析法

発光分光分析の原理
発光分光分析装置
ICP について

プラズマへの試料導入
スペクトル干渉
分析操作

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



高速液体クロマトグラフ質量分析計
Liquid Chromatograph Mass Spectrometer

LCMS-2050

SIMPLY EFFORTLESS

LCMS-2050は、装置サイズの大幅な小型化と、分析の高速化・高感度化の両立を実現したシングル四重極質量分析計です。極限まで小さくなったボディの中には、島津の技術が凝縮されています。LC検出器としての使いやすさとMSの優れた能力をかけあわせて、完璧なユーザビリティを追求した質量分析計、それがLCMS-2050です。

Seamless integration with LC by design

LC検出器としての使いやすさを追求

Superior detection for added confidence

従来装置LCMS-2020の技術を継ぐMS検出器

Streamlined operation for cost efficiency

省エネ・省スペースでラボの生産性を最大化



Nexera シリーズとの構成例



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。



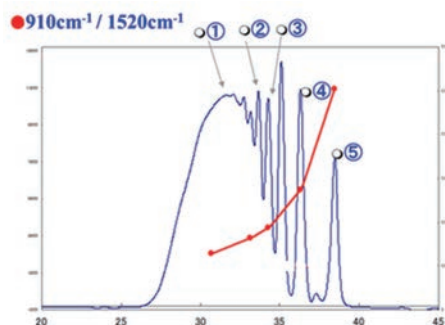
応用例

- 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

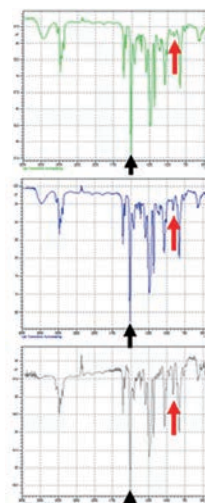
○ピーク②

○ピーク③

○ピーク④

○ピーク⑤

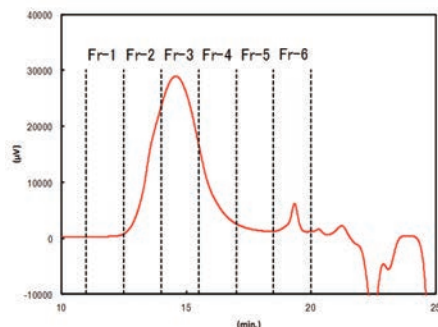
→ ○ 芳香環
→ ○ エポキシ基



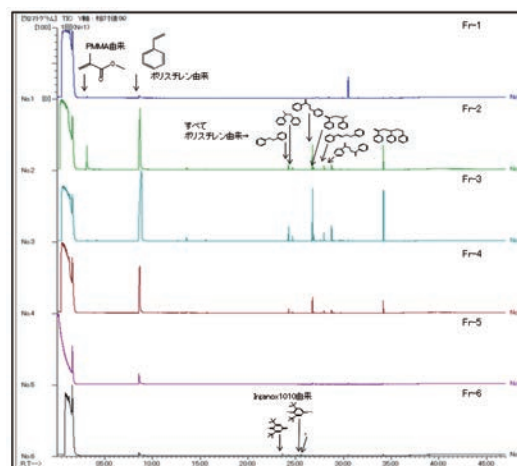
GPC-PyroGC/MS測定

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

ST.JAPAN INC.