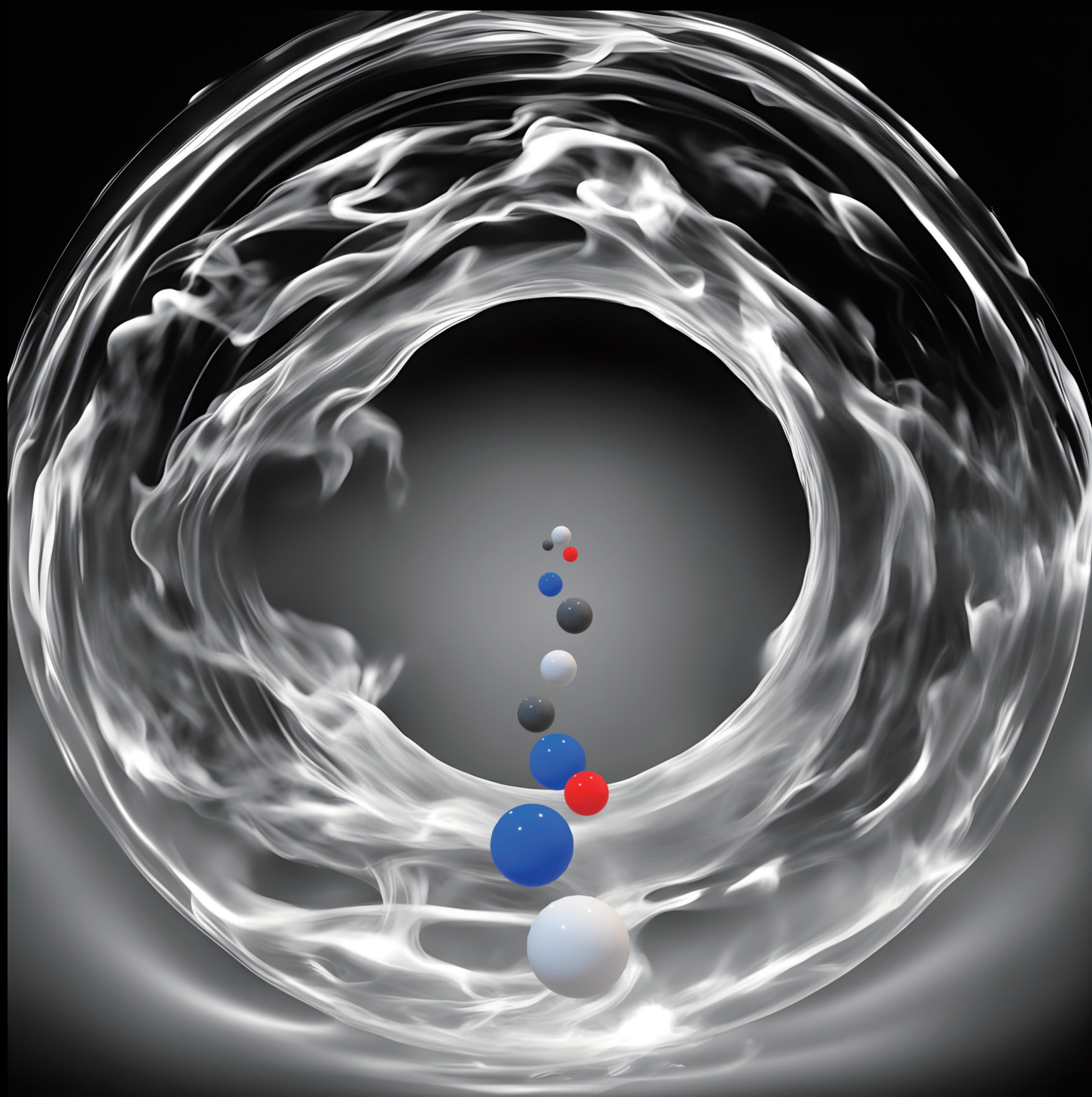


ぶんせき

1

Bunseki 2024

The Japan Society for Analytical Chemistry



日本分析化学会

<https://www.jsac.jp>

ガスクロマトグラフ
Gas Chromatograph

Brevis GC-2050



Small but Mighty



「より小さく、よりシンプルで使いやすく、しかし、分析性能は落とすことなくラボ分析が確実にこなせれば…」
そんなニーズから生まれた島津のGC Brevisは、ラテン語でスリム/コンパクトを意味します。省スペースながら
妥協のない分析性能を実現し、フラッグシップのNexis™シリーズと共に、多岐にわたるラボの分析ニーズに応えます。

01 Compact without Compromise

妥協のないコンパクト設計

03 Best-in-Class Performance

クラス最高レベルの性能

02 Built-in Analytical Intelligence

最新のユーザー支援技術

詳しい製品情報はこちら



ぶんせき Bunseki 2024 Contents

1

目次

とびら	「改革」に希望を添えて／山本 博之 1
入門講座	データ解析：定量・定性からビッグデータの解析まで 測定における統計解析の基礎／田中 秀幸 2
解説	NMR スペクトルの多変量解析を活用した 高分子の一次構造解析／百瀬 陽 10
ミニファイル	非破壊・固体分析 蛍光 X 線分析／保倉 明子 19
話題	ワイヤレス給電システムを利用した電気化学分析技術／高橋 史樹 21
技術紹介	リチウムイオン電池のグラファイト 負極上に生成された SEI 被膜の XPS 分析と深さ方向分析 ／渡邊 俊祐 23
トピックス	パラ水素誘起偏極法を用いた NMR による アミノ酸の高感度キラル分析／塚井 亮介 28
	共有結合性有機フレームワークの設計と 環境分析への応用／立石 一希 28
こんにちは	株式会社島津製作所 Shimadzu Tokyo Innovation Plaza を訪ねて／橋本 剛・市場 有子 30
リレーエッセイ	先んずる者として／佐々木 直樹 33
報告	JASIS 2023 見聞録／橋本 剛・高橋 あかね 34
ロータリー	————— 37 談話室：はじめに分析あり／インフォメーション：理事会だより（2023 年度第 4 回）；第 28 回高分子分析討論会；2024 年の表紙デザインについて／執筆者のプロフィール

〔論文誌目次〕	41	〔広告索引〕	A5
〔お知らせ〕	M1	〔ガイド〕	A6
〔カレンダー〕	iii		



日本分析化学会 第84回分析化学討論会

2024年5月18日(土)~19日(日)

京都工芸繊維大学松ヶ崎キャンパス

主催:公益社団法人日本分析化学会

協賛:国立大学京都工芸繊維大学

本討論会では、下記の協賛メニューを募集しております。

- 講演プログラム集 (冊子) 広告掲載料
 - 白黒1頁 ￥ 70,000 (税別)
 - 白黒1/2頁 ￥ 40,000 (税別)
- 大会ホームページ バナー広告掲載料
 - 1枠 ￥ 30,000 (税別) ~
- 付設展示会 出展料
 - 1小間 ￥ 80,000 (税別)
 - 書籍販売1小間 ￥ 50,000 (税別)
- ランチョンセミナー 開催料
 - 1枠 ￥ 150,000 (税別) ※お弁当代等の経費は別途

■お問合せ・お申込み

公益社団法人日本分析化学会 指定広告代理店

株式会社 明報社

〒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 <http://www.meihosha.co.jp>

カレンダー

2024年

1月	17日	第289回ゴム技術シンポジウム 「基礎から応用技術で見るゴムのトライボロジーV〔東部ビル5階とオンライン〕……………(M 7)
	18日	表面科学技術研究所2024 カーボンニュートラルを目指して ―太陽光発電と風力発電の現状と将来展望― 〔大阪産業技術研究所森え宮センター大講堂ならびにオンライン〕……………(11号 M3)
18・19日		第29回LC & LC/MSテクノプラザ〔横浜市金沢産業復興センター〕……………(9号 M3)
	22日	第32回放射線利用総合シンポジウム〔ONSA Office 会議室〕……………(12号 M1)
	23日	腐食防食部門委員会第352回例会〔大阪府教育会館たかつガーデン2階コスモス〕……………(M 7)
	24日	東海支部2023年度アドバンストセミナー 「ソフトマテリアルの機能化技術と研究動向」〔オンライン〕……………(10号 M15)
	24日	第391回液体クロマトグラフィー研究懇談会〔栗田工業 Kurita Innovation Hub 講堂A〕……………(M 5)
	26日	第3回油化学セミナー〔油脂工業会館9階会議室〕……………(12号 M1)
	26日	23-2 高分子表面研究会 マテリアルズインフォマティクスと計算化学を用いた表面・界面設計 〔東京理科大学森戸記念館第1フォーラム〕……………(M 7)
2月	21日	23-2 高分子学会講演会 主題=構造と物性を解き明かす ～ポリマー分析技術の最先端～〔オンライン〕……………(11号 M3)
3月	6日	2024年度液体クロマトグラフィー分析士五段認証試験〔日本分析化学会会議室〕……………(10号 M3)
	7・8日	第41回分析化学における不確かさ研修プログラム〔日本電気計器検定所本社〕……………(M 4)
	13日	2024年度液体クロマトグラフィー分析士四段認証試験〔日本分析化学会会議室〕……………(10号 M3)
	13日	プラズマ分光分析研究会第121回講演会 材料開発や生体・環境動態解析に資するプラズマ分光分析 〔東京電機大学東京千住キャンパスおよびオンライン〕……………(M 7)
5月	16・17日	第40回希土類討論会〔松山市立子規記念博物館〕……………(12号 M1)
	18・19日	第84回分析化学討論会〔京都工芸繊維大学松ヶ崎キャンパス〕……………(12号 M3)
	30日	2024年度液体クロマトグラフィー(LC)分析士二段 認証試験実施のお知らせ 〔①東京会場：島津製作所東京支社；②京都会場：島津製作所本社研修センター〕……………(M 5)
6月	13～15日	みる・はかる・未来につなぐ科学機器展東海サイエンスパーク2024〔名古屋国際会議場〕……………(M 7)
7月	11～13日	有機微量分析研究懇談会・創立70周年記念大会シンポジウム・ 第91回日本分析化学会有機微量分析研究懇談会・ 第125回計測自動制御学会力学量計測部会・ 第41回合同シンポジウム〔岐阜大学講堂・工学部他〕……………(M 6)
11月	17～22日	第9回実用表面分析国際シンポジウム 9th International Symposium on Practical Surface Analysis (PSA-24) 〔Paradise Hotel Busan パラダイスホテル釜山〕……………(M 7)

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

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

1) 放射能分析用牛肉認証標準物質

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

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

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

○充填容器と価格

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

2) 放射能分析用魚類認証標準物質

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

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

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

○充填容器と価格

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

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

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



写真左 ポリエチレン袋に装填された牛肉認証標準物質



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

LC-CollectIR

LC-CollectIRは、高い効率に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」、PyroGC/MS用の「熱分解試料カップ」またはMALDI-MS用「ステンレスディスク」に捕集するシステムです。GPC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分光測定やMALDI-MS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。さらに簡易分取装置として使用できるため、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。

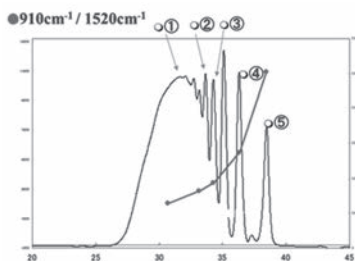


応用例

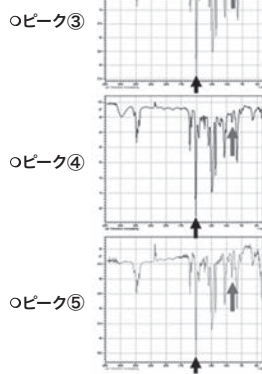
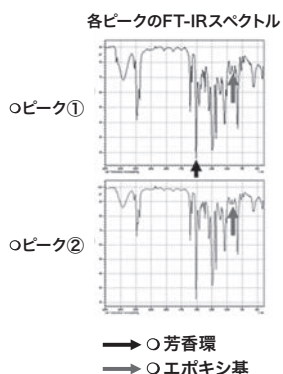
- 混合物の分離と各成分の簡単に迅速な構造解析
- 樹脂の末端や内部構造の推定
- 分子量分布における、共重合体の組成変化
- 分子量が近似した物質の分子構造の区別
- 微細構造解析および樹脂の混合系の判別
- 簡易分取装置としての利用

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。

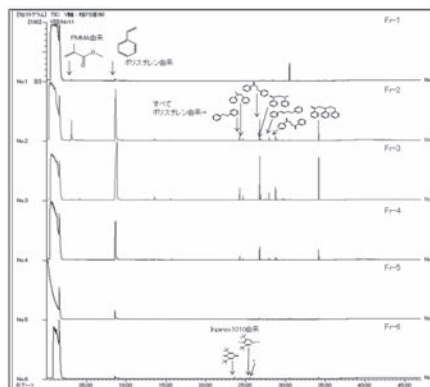
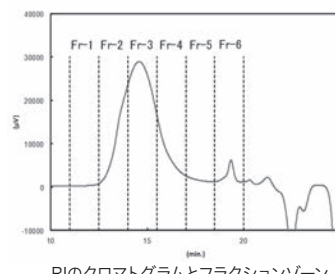


→ ○ 芳香環
→ ○ エポキシ基

GPC-PyroGC/MS測定

ポリマーブレンドと添加剤の測定

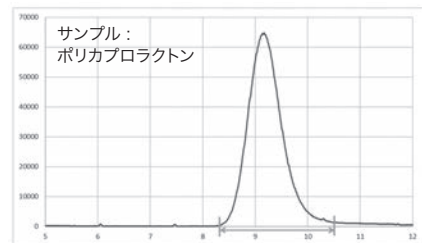
GPCからのフラクションを熱分解装置用試料カップにトラップする事で、GPCの溶出時間ゾーン毎にPyroGC/MS測定が可能となります。得られたスペクトルの解析により、使用されているポリマーの種類や割合が解ります。また、数%程しか使用されていない添加剤の特定も可能です。



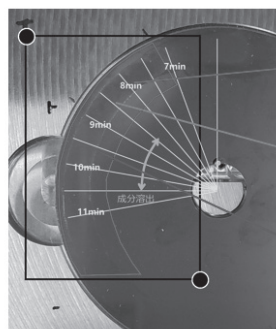
各分取フラクションの熱分解GC/MS結果

GPC-MALDI-MS測定

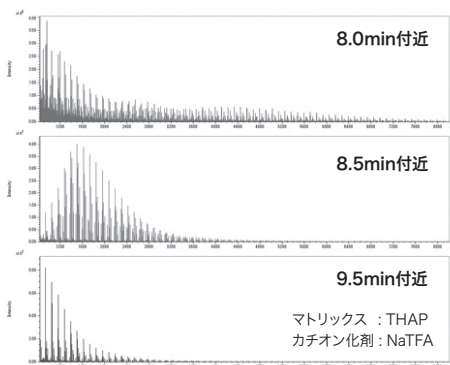
MALDI-MSイメージング測定



GPCからステンレスプレートに直接サンプリングした上からマトリックス溶液とカチオン化剤溶液を混合してスプレーし、MALDI-TOFMSによりマスマイミメージング測定を実施しました。



データは日本電子製JMS-S3000にて取得



マトリックス : THAP
カチオン化剤 : NaTFA

BAS

光学式酸素モニターシステム

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

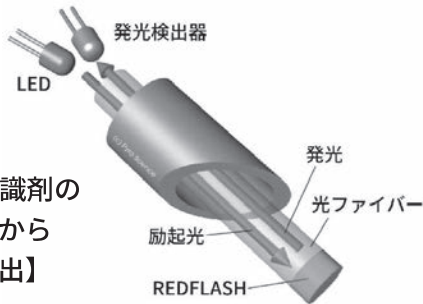
BAS FireSting



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



FireSting O2-C 酸素モニター(4ch)



【REDFLASH標識剤の発光寿命検出から酸素濃度を算出】



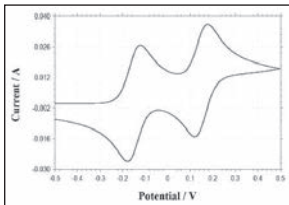
【センサー付きバイアル内部の酸素濃度を外側から測定可能】

分光電気化学測定

BAS SEC2020

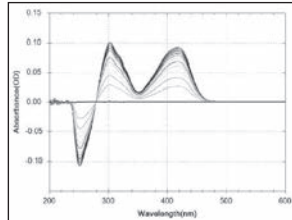


CV測定



※測定データはイメージです。

吸光度測定



+

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

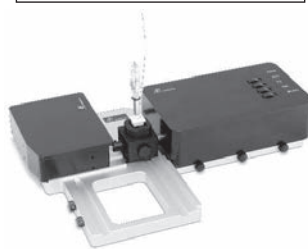
同時に測定を行うことで、より正確な実験データが得られます。

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

新登場



モデル3325
バイポテンシオスタット



SEC2020スペクトロメーターシステム

● 製品の的外観、仕様は改良のため予告なく変更される場合があります。

予算申請などですぐ見積書が必要なときに!

インターネット環境があればいつでもご自身でご確認いただける

WEB見積書サービスが便利です!!



BAS ビー・イー・エス株式会社

本社 〒131-0033 東京都墨田区向島 1-28-12

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

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

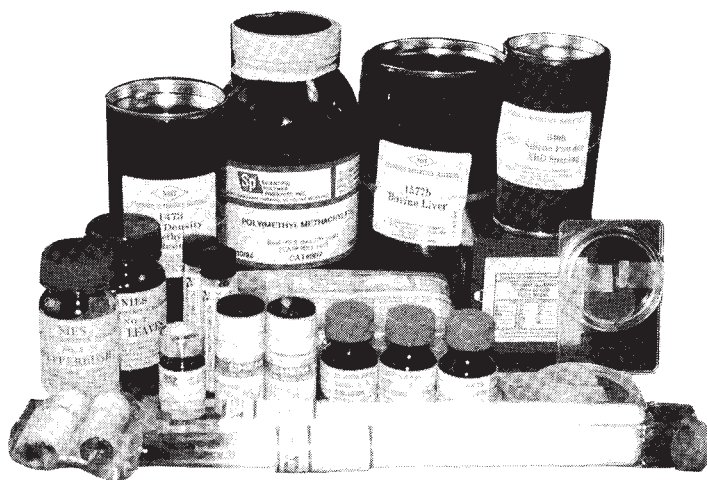
実験用途に適したサンプリングアクセサリも豊富にラインアップしています。詳しくはホームページまで!!

BAS 光ファイバー



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

標準物質



標準物質とは

分析機器の校正、性能向上
分析技術の進歩、確立
分析対象物の値づけ

に用いられます。

より正確な分析データを求めるには、高い信頼性のある標準物質を御使用下さい。

標準物質は以下の分野に数多くあります。

- | | | |
|------------|-------------|----------|
| ・環境、生体、食物 | ・ガラス、セラミックス | ・粘度、密度 |
| ・石炭、石油(燃料) | ・有機、無機分析 | ・比表面積、粒径 |
| ・残留農薬 | ・薬局方試料、臨床化学 | ・X線分析各種 |
| ・金属、鉱石、鉱物 | ・抗血清 | ・放射能、核物質 |
| ・ガス分析 | ・高分子(ポリマー) | ・光学分析各種 |
| ・安定同位体 | ・熱分析各種 | ・度量衡 |

☆世界の代表的な標準物質製造・作成者一覧☆

NIST(NBS)/NATIONAL INSTITUTE OF STD. & TEC.	標準物質一般
LGC/LABORATORY OF THE GOVERNMENT CHEMIST.	標準物質一般
BCR/COMMUNITY BUREAU OF REFERENCE	標準物質一般
BAS/BUREAU OF ANALYSED SAMPLES LTD	金属
SP ² /SCIENTIFIC POLYMER PRODUCTS INC.	ポリマー
PL/POLYMER LABORATORIES LTD.	ポリマー
μM/MICRO MATTER CO.	けい光X線用薄膜
IAEA/INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY	生体・環境
NANOGEN/NANOGENS INTERNATIONAL	農薬(溶液、原体)
CANMET/CANADA CENTRE FOR MINERAL & ENERGY TEC.	鉱石・鉱物
NRCC/NATIONAL RESEARCH COUNCIL CANADA	水質環境用標準物質
ONL/OAK RIDGE NATIONAL LABORATORY	安定同位体
KENT/KENT LABORATORYS	抗血清
DSC/DUKE SCIENTIFIC CORPORATION	球型、表面積
EP/EUROPEAN PHARMACOPOEIA	医薬品
USP/U.S.P. REFERENCE STANDARDS	医薬品
BP/BRITISH PHARMACOPOEIA	医薬品
NIES/国立環境研究所	環境・生体

ここに記載されている他にも、多数の標準物質を取り扱っております。
カタログ及び資料希望、お問い合わせについては下記へご連絡下さい。

GSC 株式会社 ゼネラルサイエンスコーポレーション

〒170-0005 東京都豊島区南大塚3丁目11番地8号 TEL.03-5927-8356 (代) FAX.03-5927-8357
ホームページアドレス <http://www.shibayama.co.jp> e-mail アドレス gsc@shibayama.co.jp

分析業界のコストカッター ディスポチューブでらくらく粉砕!!

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

「マルチビーズショッカー」「立体8の字」は、安井器械株式会社の登録商標です。



Ⓜ 卓上型・省スペース **ⓧ 極静音** **MB3000シリーズ**

豊富な種類の粉砕容器

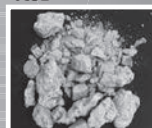
2ml ~ 最大 100ml チューブまでラインナップ!!

粉砕チューブ一例

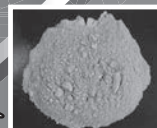


各サンプル量に合わせた最適粉砕を実現!
タングステンカーバイド、チタン、メノウ、酸化ジルコニウム、
PTFE など豊富なラインナップ!

硬化コンクリート



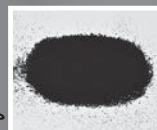
粉砕時間
60秒
常温



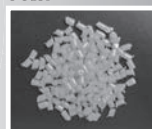
ゴム



粉砕時間
10秒
液体窒素
条件下



樹脂



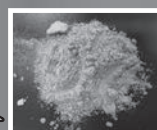
粉砕時間
10秒
液体窒素
条件下



植物生葉



粉砕時間
10秒
液体窒素
条件下



ヨーロッパ安全基準適合



アプリケーションラボ完成!

テスト粉砕とデモは無料で実施します。
遠慮なくお問合せ下さい!



SINCE1953:お陰様で創業70周年

製造発売元 **安井器械株式会社** 本社・工場 〒534-0027 大阪市都島区中野町2-2-8

TEL.06-4801-4831 FAX.06-6353-0217
E-mail:s@yasuikikai.co.jp https://www.yasuikikai.co.jp

©2023 Yasui Kikai Corporation, all rights reserved

230612

「改革」に希望を添えて



山 本 博 之

皆さまにはそれぞれのお気持ちで新たな年をお迎えのことと思います。昨年8月に、故・大谷前会長の後を受け、会長を拝命することとなりました。旧年中は多くの会員、事務局員の皆さま、関係各位の多大なるご尽力により、本学会の活性化に向けた様々な活動が行われましたことに、心より御礼を申し上げます。本年も引き続きのご協力をお願いいたしますとともに、皆さまにとり、良き年と未来につながりますことを強く念じております。

この原稿を書くにあたり、過去10年ほどの新年の巻頭言を改めて読み直してみました。社会情勢、学会の置かれた状況、新型コロナウイルス感染症の動向等々、毎年のトピックスに応じて書かれているテーマは変化していますが、「学会をよりよく、未来に向けて、その裾野を広げて…」といった学会をプラスの方向に向けるための視点が必ず盛り込まれている点は一貫しています。

ここ数年、本学会の困難な状況に対して様々な改革がなされていることは皆さまもお気づきかと思えます。本誌の電子化や年会討論会参加登録時のシステム変更など、そのいくつかは直接的な変化として感じられていることでしょう。これらの改革については既に学会財政の健全化に大きく貢献しており、これまでの会長の諸先生方の様々な想いや大谷先生の遺志への深い敬意の念とともに継承されるべきものと考えています。同時に、どのような状況にあっても人は「夢と希望」をもち、楽しい未来を思い描けなければコミュニティへの求心力がなかなか働かないことも事実であろうと思えます。

私たちは「学会」を通じて何を追い求めているのでしょうか。会員の皆さまが研究・技術についての議論を通じてより良い成果に結びつけることだけでなく、ともに活動する仲間を得たい、学術・産業上の成果によって社会に貢献したい、さらには学会の「あるべき姿」を実現させたい… などなど、そこには「分析」というキーワードを通じて、会員の皆さま一人一人に応じた未来像ともいうべき自己実現の姿が描かれているのではないのでしょうか。

このような未来像を調和ある形でともに達成させ、会員内外の皆さま方が大いに参加してみたい、と思えるようなコミュニティを形作ることが学会執行部や理事会の使命と思えます。もちろん学会としての経営を成り立たせる、との大前提があり、国レベルでの人口減少を見据えた学会のスリム化や間断ない経費削減の努力は必然的にあるものの、そのような中であっても希望が見いだされなければ学会の発展はおぼつかないように思えます。そのためにも支部や研究懇談会だけでなく、既存の枠組みにとらわれずに情報を共有しつつ様々な意見に触れる機会をもてれば、と考えています。

コロナ禍に伴い、人と会うことがままならない状況を数年経験してみると、「会う」、「話す」、「互いを理解する」といった基本的な行動が学会の調和と発展の基礎であるように改めて思えます。学会の運営状況にも目を配りつつ交流を深め、皆さまの夢に向けてともに歩むことができれば、これほど喜ばしいことはありません。是非様々な機会を通じ、それぞれの場所で交流し、議論の輪に加わっていただければ幸いです。

〔YAMAMOTO Hiroyuki, 量子科学技術研究開発機構, 日本分析化学会会長〕

測定における統計解析の基礎

田中 秀幸

この度、2024年の入門講座として「データ解析：定量・定性からビッグデータの解析まで」を企画いたしました。

近年の社会環境の変化に伴い、分析技術は高精度化・高感度が求められ、一方で分析対象物は高精密度・高機能化に伴い複雑化しております。このような分析対象物から有用な情報を得るためには、データ解析は重要であり、日々多くの分析化学者に活用されております。しかしながら、簡単に使用できる解析ソフトウェアにより、その原理まで深く理解せずともそれを使用できます。さらに得られたビッグデータを統計解析することまで可能となりました。

本入門講座では、「データ解析：定量・定性からビッグデータの解析まで」と題しまして12個のテーマを取り上げ、代表的な分析機器における定性・定量などのデータ解析、統計解析、さらにビッグデータの統計解析事例についてご執筆いただきました。分析化学者が普段何気なく活用しているデータ解析を改めて深く理解していただくことで、さらなる活用のきっかけとなれば幸いです。

〔ぶんせき〕編集委員会

1 はじめに

本解説では、測定データに適用する統計的手法について、もっとも基礎となる標本・母集団についての考えから、母平均の区間推定の考え方の基礎までを解説する。

特に、標本・母集団の考え方は統計的手法の根本となる考え方であり、この標本・母集団に関する統計的視点を測定データに適用することができるようになると初めて測定データが意味のあるものとして見えてくるかと思う。統計について苦手意識を持っている方に特に参考にしていただきたい。

ただし紙面に限りがあるため、基本的な統計を理解するための必要最小限の内容のみピックアップして解説する。ある程度統計が詳しい読者の方からすると、重要な統計的知識を全く説明していない、と感じる解説かもしれない。ただ今回は分かりやすさをとにかく重要視し、大胆に教えるべき内容をカットしていることをまずもって断っておく。

2 標本と母集団

測定における統計を考えるうえで一番基本となる考え方が標本と母集団である。測定における標本とは、実際に測定したデータのことである。また母集団とは、その測定を無限回行ったとしたときに考えることができる分布のことである。標本を数多く集めていくと母集団に関する情報が集まっていき、無限回測定を行ったとすると完全に母集団を知ることができる、ということである。

次にこれを逆転して考えてみよう。つまり、測定を行おうと考えた時には（我々には知ることはできないが）何らかの母集団が決定している。そして、測定を行えば、その母集団からデータをランダムにサンプリングして得ることができる、と考えられるだろう。その「母集団からのサンプリング」という行為が統計的視点から見た測定の本質である。

次に、測定を何回か繰返していくつかのデータを得た後に、そのデータの平均値を求めて、それをその測定の代表値とする、ということを考えてみよう。このとき測定者は何を知りたいのだろうか？取得したデータの平均値が知りたいのだろうか？それは違うだろう。本当に知りたいのはその測定の真の平均値だろう。つまり、無限回測定を繰返したときに得られる母集団の平均値（母平均）を本当は知りたいのだが、しかし無限回の測定を行うことはできない。よって有限回の測定の繰返しを行い、そこで得られたデータの平均値（標本平均）を求めることによって、それを母平均の代用として使用している、ということを行っている。つまり、標本平均によって母平均を推定している、ということである。

しかし、標本平均によって母平均を推定したとしてもその推定がどの程度うまくできているのか、ということはいくぶん分からない。例えば、母集団のばらつきが大きい場合、そこから標本を取り出して標本平均を求めるという操作を何回も行ったとすると、その求められた標本平均は様々な値をとってしまうだろう。逆に母集団のばらつきが小さい場合には、求められた標本平均はだいたい同じくらいの値をとることが予想できるだろう。よって母平均の推定値だけをそのまま提示しただけであれば、

その値がどのくらい信用できるのか、ということがよく分らない。つまり推定した値がどの程度信頼できるのか、ということを知ることができれば、それは非常に有用な情報提供となる。

それでは、推定値がどの程度信頼できるのか、ということを表すためには何が必要かを考えてみよう。前述したように、いくつかのデータから標本平均を求める、という操作を何回か繰り返した場合、得られる何個かの標本平均間のばらつきは母集団のばらつきが反映されるだろう。つまり母平均の推定値である標本平均がどの程度信用できるか、ということは元の測定之母集団のばらつきの大きさに依存するということである。しかし、測定之母集団のばらつきの大きさは母平均と同じく標本から推定せざるを得ない。通常統計ではばらつきは「標準偏差」もしくは標準偏差の二乗に相当する「分散」によって表される。「標準偏差」とは簡単にいうと「ばらつきの平均値」である。そして標準偏差、分散にも母集団のもの、標本のものがあり、それぞれ、「母標準偏差」「母分散」「標本標準偏差」「標本分散」と呼ばれる。また、母集団の性質を表す「母平均」「母分散」「母標準偏差」等は「母数」と呼ばれ、また「標本平均」「標本分散」「標本標準偏差」等は「統計量」と呼ばれる。

まとめると、測定の目的は、

- ・測定を代表する値として用いる標本平均
- ・測定結果がどの程度信用できるかを求めるための母集団のばらつきの推定値

の上記二つを求めることである。

それでは「測定結果がどの程度信用できるか」ということを客観的に示す方法はどのようなものがあるだろうか？

例えば、よく行われている測定結果の提示例を思い出してみると、

測定結果
溶液中に含まれる Cd^{2+} イオンの濃度
1.23 mg/L \pm 0.13 mg/L

のように、正しい値が含まれるであろう範囲として表すことが多い。よってここからは、測定を代表する値と測定データのばらつきを求め、そこから正しい値が含まれるであろう範囲を求める手法を解説する。

3 分散と標準偏差

ここではばらつきの大きさを定量化することを考える。ばらつきは標準偏差や分散によって表されるが、それぞれの算出について解説する。

標準偏差とはいわば、ばらつきの平均値である、と説明した。これについて考えよう。ばらつきの平均値、ということはまずそれぞれの測定データのばらつきの大き

さを知ることが必要である。それぞれのデータのばらつきの大きさは、標本平均からそれぞれのデータがどの程度離れているか、ということに相当する。これを式で表すことを考える。まず、測定値を表す変数を x とする。この x は測定を行うたびに母集団からサンプリングされて得られる値であり、データを取得するたびに値が変わる。このような変数を「確率変数」と呼ぶ。このとき繰り返し測定を行い、データを n 個取得したとしよう。この場合あるデータが持つばらつきの大きさ（残差*1）は以下の式で表すことができる。

$$x_i - \bar{x} \dots\dots\dots (1)$$

ここに、 $x_i (i=1, \dots, n)$ は測定データ、 \bar{x} は標本平均を表す。

次に平均的なばらつきの大きさを得るためにこの残差の和を求めるが、このまま残差の和をとっても 0 となるのは自明だろう。これは標本平均を中心にプラス方向にもマイナス方向にもデータがばらついているためである。よって残差を正の値とするためにすべての残差を二乗しその和を求める。

$$\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \dots\dots\dots (2)$$

これを残差の二乗和と呼ぶ。次に残差の二乗平均を求めるために残差の二乗和をデータの個数から 1 を引いた $n-1$ で割る。

$$s^2(x) = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1} \dots\dots\dots (3)$$

ここで求められた $s^2(x)$ のことを「標本分散」と呼ぶ。それではなぜ、この標本分散を求める際にデータの個数である n で割るのではなく $n-1$ で割るのだろうか？ これを考える上で重要なのは、ここで求めようとしているのは残差の二乗平均であるが、本当に意味のある残差はいくつあるか、ということである。確かに残差は n 個求まっているが、残差は式 (1) で求められているため、先ほども触れたように残差の和は 0 になる。そうすると例えば、5 番目のデータ x_5 が分からなくなってしまうとしても、残差の全和が 0 となるので、

$$(x_5 - \bar{x}) = -\sum_{\substack{i=1 \\ i \neq 5}}^n (x_i - \bar{x}) \dots\dots\dots (4)$$

が成立する。つまり、残差が一つ分からなくなっても、分かっている残差の和を求めてそれにマイナスを付ければ分からなくなった残差を求めることができる、ということである。これはつまり本当に意味のある残差は

*1 「残差」ではなく「偏差」という用語を使う場合も多いが、本項では「残差」を「測定値と標本平均との差」、「偏差」を「測定値と母平均との差」の意味で用いる。

$n-1$ 個であるということを示している。この自由度について本稿ではこの程度の解説にとどめておくが、詳細を知りたい場合は「分散の不偏推定量」について調べてほしい。

さてここで求められた標本分散は残差の二乗平均を表しており、これは標本のばらつきを表すパラメータとして十分用いることができるものである。しかし標本分散は残差を二乗していることから、単位が元の測定データの単位の二乗となっており、測定データとは異なる次元で表されている。そうすると例えば、標本平均の大きさとばらつきの大きさを比較したい、というような場合、分散は異なる次元を持っているので比較ができないという問題が起こる。よって、ばらつきを表すパラメータで測定データと同じ次元を持つものを求める必要がある。ここで、標本分散の次元は測定データの次元の二乗となっているのであれば、標本分散の平方根を求めれば同じ次元のばらつきを表すパラメータを求めることができるだろう。

$$s(x) = \sqrt{s^2(x)} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \dots\dots\dots (5)$$

ここで求められた $s(x)$ のことを「標本標準偏差」と呼ぶ。

「標本分散」「標本標準偏差」を求める目的は、母集団のばらつきの大きさを知るためであった。しかし母集団のばらつきの大きさを完全に知るためには無限個のデータが必要であり、それは絶対に行えない。よって「標本分散」「標本標準偏差」を算出し、それを「母分散」「母標準偏差」の推定値とする。

ここで、母数を示す文字について説明する。これまでに説明してきたように「標本平均： \bar{x} 」「標本分散： $s^2(x)$ 」「標本標準偏差： $s(x)$ 」のように統計量を示すためにはアルファベットが使われるが、それに対して母数に関してはギリシャ文字が用いられる。例えば「母平均： μ 」「母分散： σ^2 」「母標準偏差： σ 」である。

ここで我々は測定を繰返し、その標本平均を測定結果とするわけであるが、ここで求めた標準偏差はあくまでも測定データが平均的にどのくらいばらつくかを示した指標である。しかし、測定結果を標本平均としているのであれば、標本平均がどの程度ばらつくのかを知る必要がある。標本平均がばらつく、というのは例えばある測定を5回繰返して標本平均を得たとしよう。そしてさらに5回繰返してまた標本平均を得る、これを繰返すといくつかの標本平均が得られる。そうすればいくつか得られた標本平均間のばらつきが求められるだろう。このばらつきを標本平均の標準偏差という。ただ、上記のように繰返し測定を何回も行って標本平均を幾つも得てから標本平均の標本標準偏差を求めるという手続きは非常に煩雑である。よって通常はこのようなことは行わ

ず、次式によって求める。

$$s(\bar{x}) = \frac{s(x)}{\sqrt{n}} \dots\dots\dots (6)$$

つまり、データの標準偏差を繰返し回数平方根で割ることによって求められる。これは繰返し回数が多くなればなるほど標本平均のばらつきが小さくなることを意味しているが、例えばサイコロを振って出た目の平均値の標準偏差を求めることを考えると、3回振ったときの平均値より10回振ったときの平均値のほうがばらつきは小さくなるだろう。なぜなら、もしサイコロを1回だけしか振らない場合は、 $1 \cdot 6$ という端の値が $1/6$ の確率で出るが、3回の平均値であれば3回連続 $1 \cdot 6$ 、10回の平均値であれば10回連続 $1 \cdot 6$ が出なければ平均値が $1 \cdot 6$ にはならない。つまり端の値が出にくくなるということは、繰返し数が多くなるにつれて標本平均のばらつきが減り、その減る程度が \sqrt{n} 分の1である、ということの意味している。

4 確率分布について

母集団のばらつきの推定値を求めることができたが、母平均、母標準偏差が分かれば母集団のことをすべて知ることができたと考えるのは早計である。なぜなら、母標準偏差の値が同じであっても、母集団の形は異なっているかもしれないからである。ここで母集団の形について言及しているが、その母集団の形を表すものを「確率分布」と呼ぶ。

「確率分布」は確率変数の値の取りやすさを表したものであり、典型的なものとして「矩形分布」「三角分布」などがある。図1に矩形分布、図2に三角分布を示す。

図1は母平均が0、分布の半幅が1である矩形分布であり、これは $-1 < x < 1$ の範囲にすべての測定データが存在し、さらにその範囲内の値は同じ確率で出現することを意味している。

図2は母平均が0、分布の半幅が1である三角分布であり、これは $-1 < x < 1$ の範囲にすべての測定データが存在することは先ほどの矩形分布と同様であるが、母平

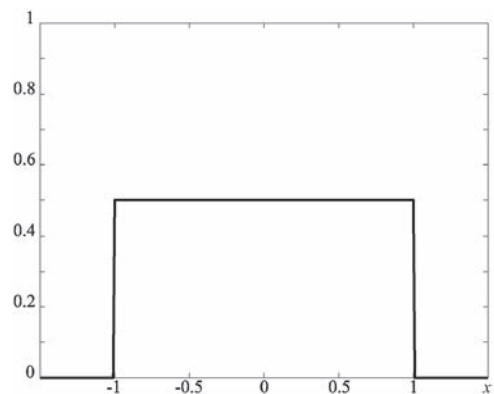


図1 矩形分布

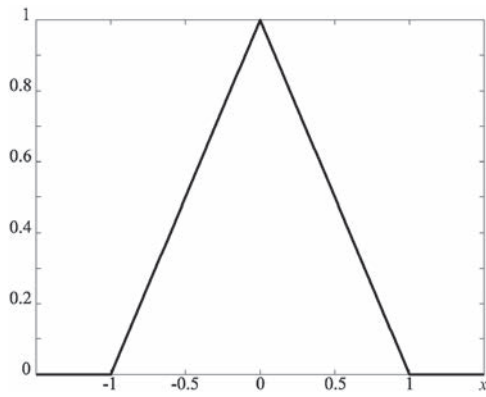


図2 三角分布

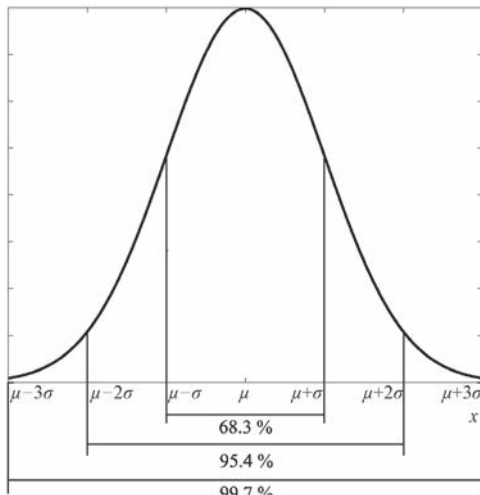


図3 正規分布

均に近づくほど値の出現確率は高くなり、端に行くほど確率が低くなる分布である。

さて、ここで示された矩形分布も三角分布も両者とも値の存在範囲は、 $-1 < x < 1$ である。しかし分布の形が異なるため、母標準偏差の値は異なる。矩形分布であれば分布の半幅を $\sqrt{3}$ 、三角分布であれば分布の半幅を $\sqrt{6}$ で割れば母標準偏差が求められる。つまり、図1の矩形分布の母標準偏差は $1/\sqrt{3}$ 、図2の三角分布の母標準偏差は $1/\sqrt{6}$ となる。よって母平均、母標準偏差が分かっても母集団について十分な情報を知ることになったわけではなく、確率分布の形を知らなければ存在範囲を知ることができない。

それでは測定において最も重要な確率分布は何だろうか？それは正規分布である。正規分布を図3に示す。正規分布は多くの測定結果は正規分布に従っていることが知られているように、非常に汎用性のある分布であり、測定結果がどの程度信用できるかを求めるために用いられる最も基本的な分布である。正規分布は図3で示したようにきれいな対称形の山形の分布である。

正規分布は母平均と母標準偏差（母分散）が分かれば一意に決定する分布であり、図4に示すように、（母平

均±母標準偏差）の範囲に約 68.3 %、（母平均±2×母標準偏差）の範囲に約 95.4 %、（母平均±3×母標準偏差）の範囲に約 99.7 % の値が存在することが知られている。基本的な母平均の存在範囲の推定は上記の性質を用いて行う。また 68.3 %、95.4 %、99.7 % 以外の確率を用いたい場合でも、母標準偏差を何倍したときにどの程度の確率が含まれるかを数表やソフトウェアを用いれば簡単に知ることができる。

5 正規分布を用いた母平均の区間推定

それではここから先ほど説明した正規分布を用いて、母平均の存在範囲を推定する方法を解説する。まず測定の母集団が母平均 μ 、母標準偏差 σ の正規分布に従っていたとしよう。その測定の母集団を図4に示す。

図4で示した測定の母集団からデータを n 個サンプリングし、その標本平均を求めると、式(6)で示したように標本平均の標本標準偏差は \sqrt{n} 分の1となるが、もちろん母標準偏差も同様で、

$$\sigma(\bar{x}) = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \dots\dots\dots (7)$$

ここに、 $\sigma(\bar{x})$ は標本平均の母標準偏差を表す。

が成立する。よって、図4の測定の母集団から n 個サンプリングして標本平均を求めたとき、その標本平均

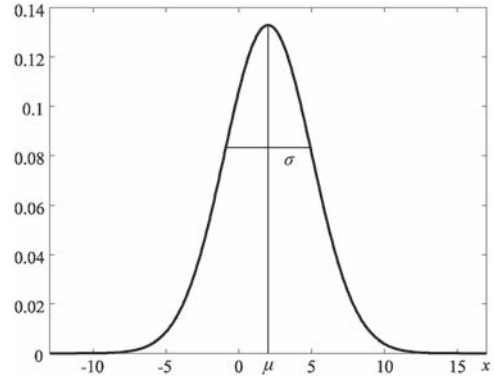


図4 測定の母集団

上記の図では $\mu=2$ 、 $\sigma=3$ としている。

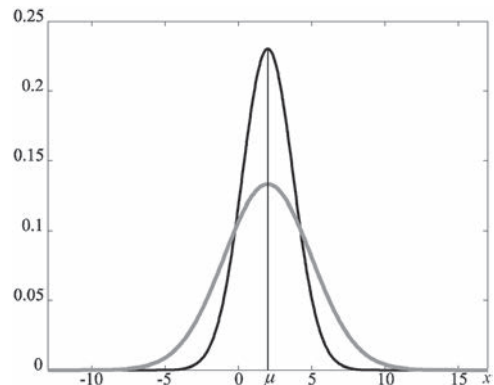


図5 標本平均 \bar{x} の確率分布

上記の図では $n=3$ としている。

の確率分布は図5になる。

図5でグレーの線が図4で示したデータの確率分布である。そこから n 個サンプリングし標本平均を求めているので、そのばらつきが小さくなっている。

さてここで、標本平均の分布は母平均 μ 、母標準偏差 σ/\sqrt{n} を持つ正規分布に従っているが、このままでは測定それぞれによって母平均、母標準偏差の値が異なり、一貫性をもって演算を行うことが難しい。よってこの分布をさらにシンプルな分布へ変形し、その結果から演算を行うことを考える。ここで図5の標本平均の分布を確認すると、分布の中心は 0 からずれているので、中心を 0 にすることを考える。分布の中心は μ なので、 $\bar{x}-\mu$ の分布を考えれば、分布の中心が 0 となるだろう。図6に $\bar{x}-\mu$ の確率分布を示す。

次に $\bar{x}-\mu$ の確率分布は母標準偏差が σ/\sqrt{n} であるので、この母標準偏差を 1 にすることを考える。つまり、 $\bar{x}-\mu$ を母標準偏差で割った $(\bar{x}-\mu)/(\sigma/\sqrt{n})$ の分布を考えればよい。図7に $(\bar{x}-\mu)/(\sigma/\sqrt{n})$ の確率分布を示す。

図7で示した確率分布は必ず母平均 $\mu=0$ 、母標準偏差 $\sigma=1$ の正規分布となる。この母平均 $\mu=0$ 、母標準偏差 $\sigma=1$ の正規分布のことを「標準（規準）正規分布」と呼び、今行ったような標準正規分布へとデータを変換することを「標準化（規準化）」という。正規分布の数

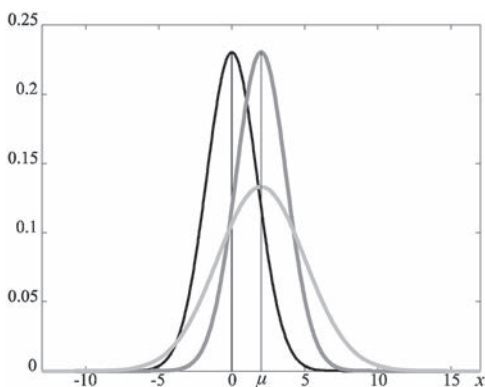


図6: $\bar{x}-\mu$ の確率分布

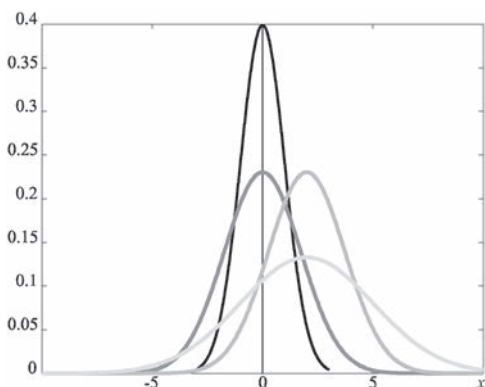


図7 $(\bar{x}-\mu)/(\sigma/\sqrt{n})$ の確率分布

表等はこの標準正規分布の性質を表したものである。

次に標準正規分布と図3で示した正規分布の性質を考え合わせると、

$$-1 < \frac{\bar{x}-\mu}{\sigma/\sqrt{n}} < 1 \dots\dots\dots (8)$$

の範囲内には全データの 68.3 %、

$$-2 < \frac{\bar{x}-\mu}{\sigma/\sqrt{n}} < 2 \dots\dots\dots (9)$$

の範囲内には全データの 95.4 %、

$$-3 < \frac{\bar{x}-\mu}{\sigma/\sqrt{n}} < 3 \dots\dots\dots (10)$$

の範囲内には全データの 99.7 % が含まれる、ということが分かるだろう。この中で代表として、式(9)について考える。

式(9)を変形する。

$$\begin{aligned} -2 < \frac{\bar{x}-\mu}{\sigma/\sqrt{n}} < 2 \\ -2 \frac{\sigma}{\sqrt{n}} < \bar{x}-\mu < 2 \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \\ -\bar{x}-2 \frac{\sigma}{\sqrt{n}} < -\mu < -\bar{x}+2 \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \\ \bar{x}-2 \frac{\sigma}{\sqrt{n}} < \mu < \bar{x}+2 \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \dots\dots\dots (11) \end{aligned}$$

式(11)を見ると、母平均 μ は $\bar{x}-2\sigma/\sqrt{n}$ から、 $\bar{x}+2\sigma/\sqrt{n}$ までの範囲の中で、約 95.4 % の確率で存在する、ということの意味していることが分かる。これが正規分布を用いた母平均の区間推定と呼ばれるものである。95.4 % 以外の確率を用いたい場合は、正規分布表やソフトウェアで簡単に知ることができる。

さて、ここまで説明してきた母平均の区間推定であるが、実際の測定データに適用することを考えると大きな問題が2点存在する。

まず1点目は、母平均の区間推定を行うためには、式(11)を計算しなければならない。そこで式(11)に含まれる変数を確認すると、 \bar{x} については、標本平均なので、実際に測定したデータの標本平均を求めればよいので問題ない。次に n については、これは標本平均を求めるための繰返し回数であるので、これも問題ない。最後に σ であるが、これは母数である。つまり無限回測定を行わない限り知ることができない。よって本来 σ は未知の値である。そうすると区間推定は行えなくなってしまい、この手法は意味のないもののように思えるが、そういうわけではない。つまり、この正規分布を用いた区間推定は、「非常に質のいい母標準偏差の推定値を事前に知っている」というときに用いることができる。例えば、ある製造ラインで長年製品を作製しており、そのラインで生産された製品のばらつきはこれまで多くの製品を作製しているので、そのこれまで生産された製品の測定結果から求められた標本標準偏差は質の良い母標準偏差の推定値であることが担保されている、

というようにときである。これであれば、正規分布を用いた母平均の区間推定を行っても十分意味のある結果を得ることができる。言い換えると、顧客から預かった測定対象物について5回繰返し測定を行った、というようにときには使うことはできない。なぜなら5個のデータで母標準偏差を推定することになるが、その推定はデータの個数が少なすぎ、あまりうまくいかないことが考えられるからである。このようなときにはt分布を用いた母平均の区間推定を行う。これに関しては後述する。

もう一つの問題は、測定の母集団が正規分布に従っていない場合はどうするのか？ というものである。確かに今回はまず図4で示した正規分布に従った測定の母集団が存在し、そこからn個データを取得して標本平均を算出したときの母平均の区間推定であった。そうであれば、測定の母集団が正規分布に従っていなければここで論じた母平均の区間推定に関しては全く使えなくなってしまう気がするが、実はそのようなことはない。それは「中心極限定理」が存在しているからである。

中心極限定理とは簡単に言うと、「一般的に、測定の母集団がどのようなものであっても、そこからいくつかのデータをサンプリングし、標本平均を求めた場合、標

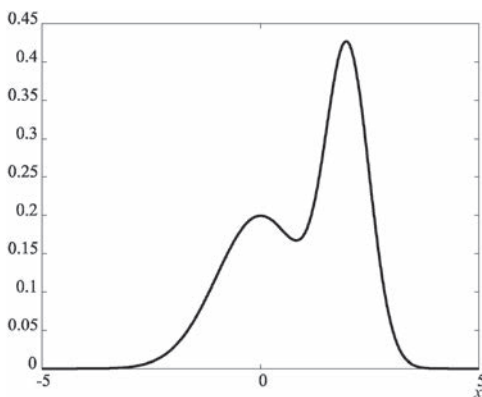


図8 ある測定データの確率分布

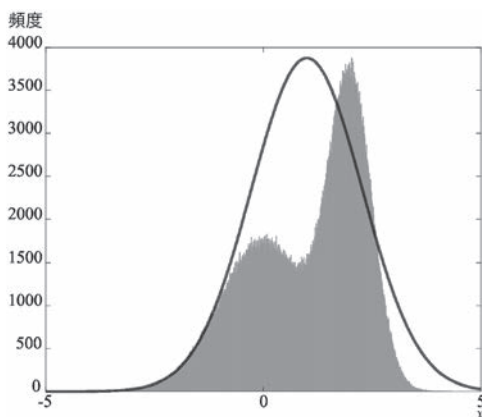


図9 サンプリング1回ときのヒストグラム
正規分布の縦軸はヒストグラムにスケール済み。

本平均の確率分布は、標本平均を求めるためのサンプリング数が多くなるにつれて、正規分布に近づいていく。」というものである。例を見てみよう。

図8にある測定データの確率分布を示す。この確率分布は見て分かるように二つの山があり、正規分布から大きくかけ離れたような分布になっていることが分かるだろう。

この母集団から一つデータをランダムにサンプリングする、という手続きを1000000回繰返ししたときのヒストグラムと、その分布の母平均、母標準偏差を持つ正規分布を重ねて表記したグラフを図9に示す。

サンプリング数が1回なので当然ヒストグラムは元の確率分布と同じ形になる。また同じ母平均、母標準偏差を持つ正規分布とも全く形が異なることが分かる。

次に測定データの確率分布から2個、3個、4個、5個サンプリングし、それぞれ平均値を求める、という手続きを1000000回繰返ししたときのヒストグラムと、その分布の母平均、母標準偏差を持つ正規分布を重ねて表記したグラフを図10(a)~(d)に示す。

これを見ると、繰返し数が2回のときはまだ山が2つ見えているが、繰返し数が3回になれば山が一つになり、ほぼ同じ母平均、母標準偏差を持つ正規分布と変わらない分布になっていることが分かる。さらに繰返し数が4回、5回と増えていくにつれて正規分布との一致度が高くなる。繰返し数が5回的时候はほぼ正規分布と区別がつかなくなっていることが分かるだろう。

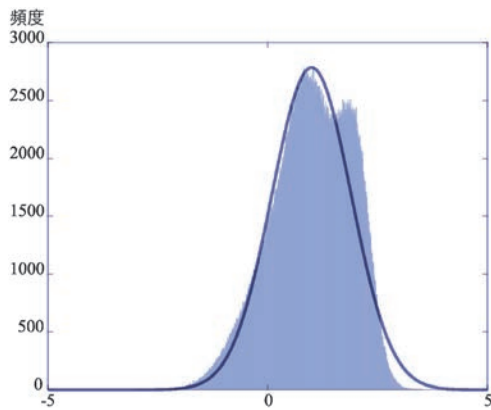
このように中心極限定理は図8で示したような変わった分布であっても強気に働き、繰返し数が3、4回くらいになるとほとんど正規分布とみなしても問題ないくらいになる。この中心極限定理の成立条件は、測定データの分布の分散（標準偏差）の値が有限、というものである。通常分布であれば、ばらつきの値が有限であることは当然であるので成立条件を満たす*2。

このように、通常の測定結果であれば、中心極限定理の成立条件は満たしていると考えられ、標本平均は正規分布に従っていると考えても差し支えない。

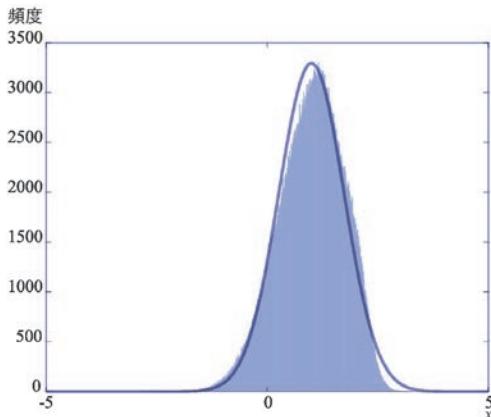
6 t分布を用いた母平均の区間推定

さて先ほど説明したように、正規分布を用いた母平均の区間推定は十分質の良い母標準偏差の推定値を知っているということが前提になっていた。しかし、このような前提条件はいつもクリアできるようなものではない。例えば、顧客から持ち込まれたサンプルを測定する場合は、多くの繰返しを行うことは難しいだろう。そのよう

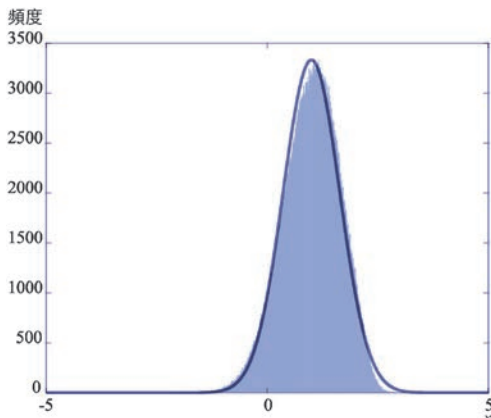
*2 中心極限定理の成立条件を満たさない例外的な分布の例としては、後述する自由度が1のときのt分布が相当し、特にこの分布のことをコーシー分布と呼ぶ。コーシー分布は分散が存在しないだけでなく、平均値（厳密には期待値）も存在しない。



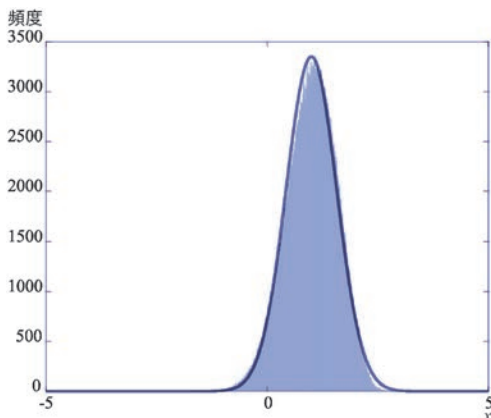
(a) 繰返し 2 回



(b) 繰返し 3 回



(c) 繰返し 4 回



(d) 繰返し 5 回

図 10 標本平均のヒストグラム
正規分布の縦軸はヒストグラムにスケール済み。

な場合は、標本標準偏差を求めることはできても、その標本標準偏差を母標準偏差の質の良い推定値と考えるのは無理がある。そのような場合はどうすればよいのだろうか？

それは、先ほどの正規分布を用いた推定の際は、母標準偏差を用いて正規化し、母平均 0、母標準偏差 1 の正規分布に変形したが、今回の場合は、標本標準偏差を用いて正規化を行えばよい。つまり、

$$\frac{\bar{x} - \mu}{s(x)/\sqrt{n}} \dots\dots\dots (12)$$

の値を求めればよい。

正規分布のときは、正規化した値は標準正規分布に従っていたが、式 (12) にて正規化した値は、自由度 $n-1$ (繰返し回数から 1 を引いた、標本分散、標本標準偏差を算出する際に用いる自由度と同じもの) の t -分布に従うということが知られている。 t -分布を図示したものを図 11 に示す。

図 11 に表記されている線は、最も色の薄いものは自由度が 3、色が濃くなるにつれて自由度が大きくなり、最も色の濃いものが自由度無限大 (正規分布) のものである。つまり、自由度が小さい場合は正規分布と比べ幅が広い、つまり算出された標本標準偏差にもばらつきが存在し、それが反映されて分布の幅が広がっている。そして自由度が大きくなるにつれて正規分布に近づいていく。最後に自由度が無限大になるとデータをすべて知っているという状態になるため、そうすると自由度が無限大の t -分布と正規分布が一致するのは当然である。

t -分布は先ほどの正規分布とは違い、自由度が必要となる。自由度が決定すれば一意に t -分布は決定する。

t -分布を母平均の区間推定に用いるためには次式を用いる。

$$-t(p, \nu) < \frac{\bar{x} - \mu}{s(x)/\sqrt{n}} < t(p, \nu) \dots\dots\dots (13)$$

式 (13) を正規分布のときと同様に式を変形すると、

$$\bar{x} - t(p, \nu) \frac{s(x)}{\sqrt{n}} < \mu < \bar{x} + t(p, \nu) \frac{s(x)}{\sqrt{n}} \dots\dots\dots (14)$$

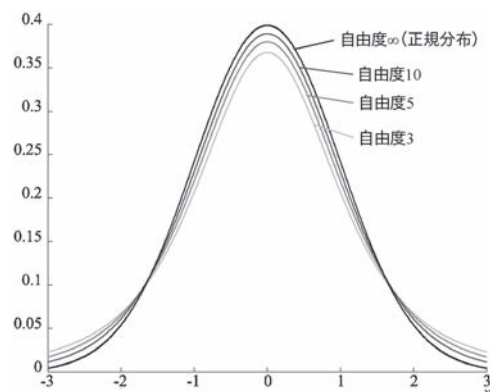


図 11 t -分布
自由度 $\nu = 3, 5, 10, \infty$ [正規分布].

表 1 t -分布表

自由度： ν	確率： p		
	0.95	0.99	0.999
1	12.706	63.657	636.619
2	4.303	9.925	31.599
3	3.182	5.841	12.924
4	2.776	4.604	8.610
5	2.571	4.032	6.869
6	2.447	3.707	5.959
7	2.365	3.499	5.408
8	2.306	3.355	5.041
9	2.262	3.250	4.781
10	2.228	3.169	4.587
20	2.086	2.845	3.850
50	2.009	2.678	3.496
100	1.984	2.626	3.390

となる。つまり、母平均が含まれる確率 p と $s(x)$ を算出したときの自由度 ν を求め、そこから $t(p, \nu)$ の値を求めればよい。 $t(p, \nu)$ の値は数表やソフトウェアで簡単に求められる。一例を表 1 に示す。

例えば、データを 10 個取得し、標本平均と標本標準偏差を算出した場合、95 % の確率で母平均が含まれる区間を求めたいとすると、この場合自由度は 9 となるため、表 1 の「自由度：9」「確率：0.95」の欄にある、 $t(0.95, 9) = 2.262$ を採用して式 (14) に代入すれば母平均の区間推定を行うことができる。

7 最後

ここまで駆け足で統計の基礎から母平均の区間推定まで説明したが、最初に述べたように重要な点も大きく省いて説明を行っている。例えば、母平均、母分散にかかわる期待値の議論や、確率分布にかかわる確率密度関

数、累積分布関数等の議論を行っていない（例えば、本稿での確率分布を表したグラフの縦軸については全く触れていない）。もっと詳細を知りたい方は統計の教科書等で勉強していただきたい。とりあえず本稿の内容が分かれば、初級程度の統計の教科書は読むことができるだろう。

統計はデータを解釈するうえで非常に重要なものである。しかし測定データを取得し、その後そのデータを解釈しようとしたときにはじめて統計をどうしようかと考える人がいる。しかしそれは是非やめてほしい。なぜなら、測定データは統計的手法に合わせて取得法を決めることができるからである。つまり、データを取得する前にデータ処理方法を決めておけば、そのデータ処理方法を適用しやすい測定データを取得する方法を考えることができる。そのようなデータであれば非常に単純な統計的手法を適用するだけでも質の良い結果を得ることができる。

測定を行う前にはもちろんその測定の定義、測定方法、測定手順を決定し測定を行うだろうが、それとともに取得したデータにどのような統計的手法を適用するのか、ということも併せて決定し、そのあとに測定を行っていただきたい。

文 献

- 1) 田中秀幸：“分析・測定データの統計処理”，(2014)，(朝倉書店)。



田中 秀幸 (TANAKA Hideyuki)

産業技術総合研究所計量標準総合センター
工学計測標準研究部門データサイエンス研究グループ (〒305-8563 茨城県つくば市梅園 1-1-1 中央事業所 3 群)。筑波大学大学院工学研究科修了。博士 (工学)。《現在の研究テーマ》測定における不確かさ評価に関する研究。《主な著書》分析・測定データの統計処理。

NMR スペクトルの多変量解析を活用した 高分子の一次構造解析

核磁気共鳴分光法 (NMR) は一次構造解析のための有力な手段であるが、実用的な高分子材料に代表される多成分共重合体では解析が難しいことが多い。本稿では二元共重合体の NMR スペクトルを帰属せずに、多変量解析の中でも基本的な主成分分析 (PCA) や部分最小二乗 (PLS) 回帰を活用した定量的な構造情報の取得について解説する。また、二次元 NMR スペクトルの多変量解析、他の回帰手法による構造解析、PCA による NMR スペクトルのノイズリダクションについても解説する。

百瀬 陽

1 はじめに

実用的な高分子材料の多くは2種類以上のモノマーを用いた多成分共重合体であり、その一次構造は高分子材料の性能に影響を与える主要因となることが多い。高分子の一次構造を精密に制御することが材料性能の向上や新しい機能の発現に直結するため、材料性能の鍵となる一次構造だけに着目した解析が近年ますます求められている。

高分子の一次構造を解析する最も有力な手段の一つに NMR 法がある。1957年に Gutowsky らによって初めて高分子へ NMR 法が適用されたのを皮切りに¹⁾、3 連子立体規則性 (アイソタクチック *mm*、ヘテロタクチック *mr* およびシンジオタクチック *rr*) (図 1)、モノマー連鎖、末端基、分岐構造など、NMR 法による一次構造解析が進められてきた。しかし、これらの多くは、モノマーを一つだけ用いた単独重合体や、モノマー構造が単純な共重合体を対象としたものである。

図 2 は、メタクリル酸メチル (M) とメタクリル酸 *n*-ブチル (B) の二元共重合体のカルボニル炭素の ¹³C NMR スペクトルである²⁾。わずかに2種類のモノマー単位で構成された共重合体であっても、その NMR スペクトルはブロードで複雑な形状になる。これは、種々存在

するモノマー連鎖 (M-M-M, M-M-B など) と立体規則性 (*rrrr*, *mmmr* など) が複雑に組み合わせられた結果を反映している。そのため、特殊なモデルポリマーを合成したり、二次元 NMR を駆使したり、より高分解能な NMR 装置を用いたとしても、個々の信号の帰属と定量には多大な時間と労力を要する。さらに3種類以上のモノマーを用いた共重合体の場合、一次構造の定量的な情報を取得することは非常に難しい。このような場合に、スペクトルの多変量解析が有用である。

著者らは、多変量解析の標準的な方法である主成分分析 (PCA) と部分最小二乗 (PLS) 回帰を合成高分子の ¹³C NMR スペクトルへ応用することで、複雑な信号の帰属をせずとも、共重合体の組成、モノマー連鎖、立体規則性などに関する定量的な情報の取得に成功した。本稿前半では、実用的な高分子材料に近いモデルアクリル系共重合体の ¹³C NMR スペクトルへ多変量解析を適用した事例を紹介する。また、これらの検討を進める中で、多変量解析が NMR シグナルの帰属を行う手段として有用であることも紹介する。後半では最近の文献から、二次元 NMR の一つである DOSY スペクトルの PLS 回帰で平均分子量を推定した事例、機械学習の分野で知られている LASSO 回帰を用いて、共重合体混合物の ¹H NMR スペクトルからそれらの混合比率を推定した事例や、応用として PCA のローディングと寄与率を活用して固体 NMR スペクトルのノイズリダクションした事例について、それぞれ紹介する。なお PCA や PLS 回帰の原理や詳細については他書に譲る³⁾⁴⁾。また、多変量解析用のソフトウェアや Python でのパッケージやライブラリも豊富に提供されている。

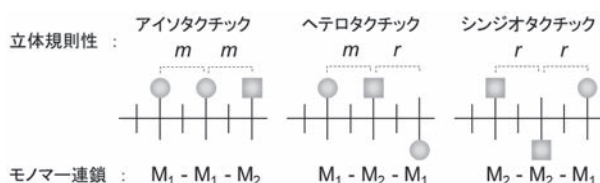


図 1 立体規則性とモノマー連鎖の表し方

2 二元共重合体の共重合組成と異種モノマー連鎖解析⁵⁾⁶⁾

著者らは、メタクリル酸メチル (MMA) とメタクリル酸 *t*-ブチル (TBMA) の2種類のモノマー単位からな

Primary Structure Analysis of Polymers Utilizing Multivariate Analysis of NMR Spectra.

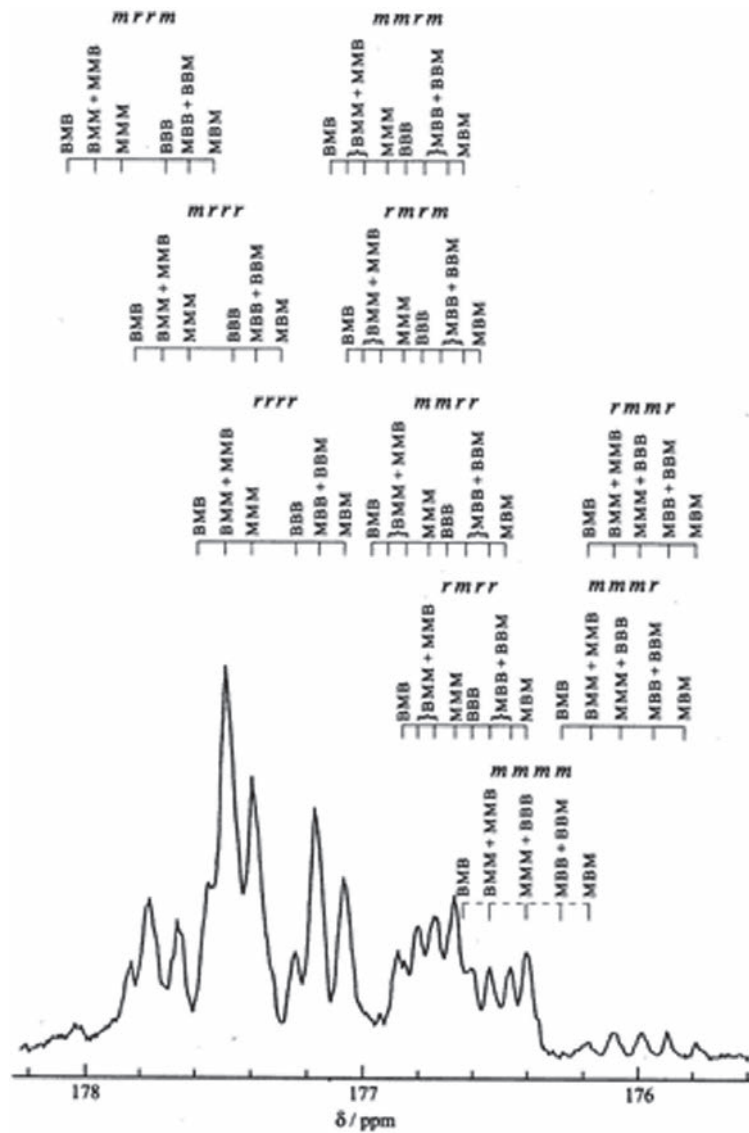


図2 メタクリル酸メチル-メタクリル酸 *n*-ブチル共重合体のカルボニル炭素の ^{13}C NMR スペクトル (CDCl_3 中 55°C , 125 MHz)²⁾

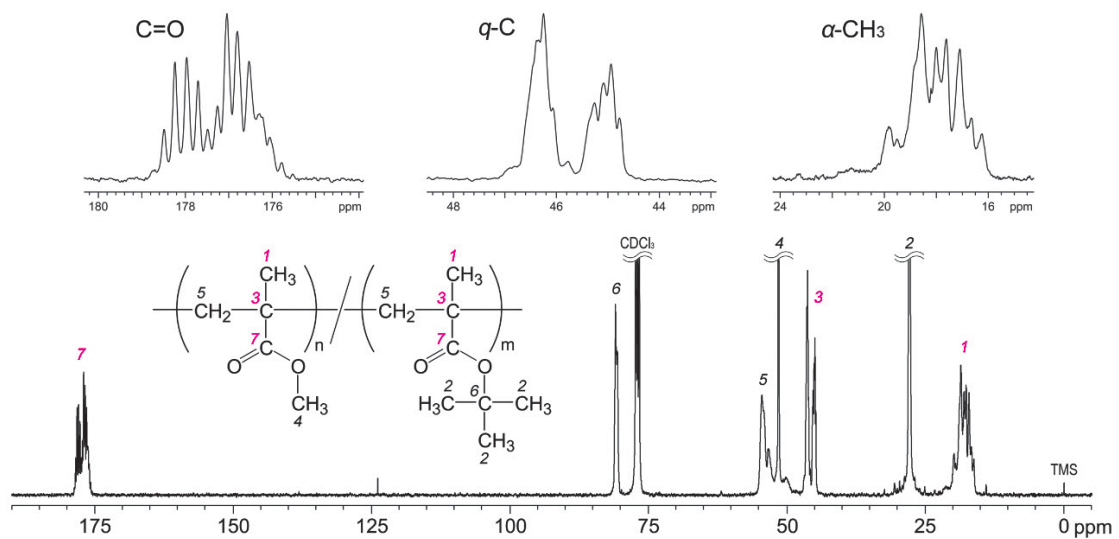


図3 メタクリル酸メチル (MMA)-メタクリル酸 *t*-ブチル (TBMA) 共重合体の ^{13}C NMR スペクトル (TBMA 組成 $55.5\text{ mol}\%$, $8\text{ wt/vol}\%$, CDCl_3 中 55°C , 100 MHz)

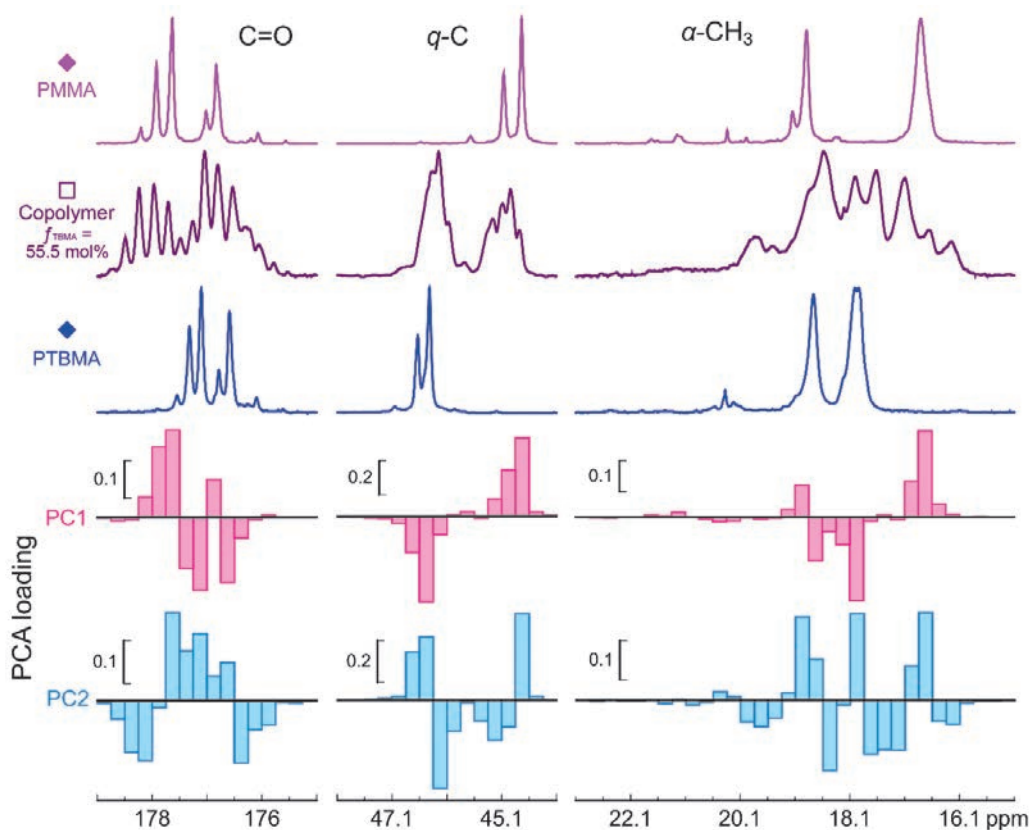


図4 PMMA, PTBMA, MMA-TBMA 共重合体 (TBMA 組成=55.5 mol%) の¹³C NMR スペクトルと、それらに対応する第1主成分 (PC1) および第2主成分 (PC2) ローディング

る共重合体の¹³C NMR スペクトルの多変量解析から検討を始めた。

フリーラジカル溶液重合で合成した MMA と TBMA の各単独重合体 (PMMA, PTBMA), 組成が異なる PMMA と PTBMA の混合物 9 種, 組成や収率が異なる MMA-TBMA 共重合体 16 種の合計 27 種の試料を準備した。共重合体には, 重合率を 10 % 未満に抑えた初期共重合体 9 種と, 重合率の高い共重合体 7 種の 2 グループを準備した。

これら 27 種の試料について, 試料濃度, 測定温度, 積算回数などの条件を同一にして, ¹³C NMR スペクトルを得た (図 3)。このスペクトルの中で, 二つのモノマー単位の共通骨格であるカルボニル炭素 (175.0~179.0 ppm), 主鎖 4 級炭素 (44.1~48.1 ppm) および α -メチル炭素 (15.1~23.1 ppm) の各共鳴領域を 0.25 ppm の等間隔で機械的に積分を行い (これを「バケット積分」と言う), データの中心化と規格化処理を行った後, PCA を行った。PCA を行うと, 二つの情報が得られる。一つはローディングであり, それぞれの主成分が持つ純スペクトルと考えてよい。そのため, ローディングが理解できれば, 各主成分がどんな情報に基づいているかがわかる。もう一つはスコアであり, それぞれの主成分で表されるローディング (純スペクトル) の濃度に対応する値である。スコアをプロットすると各サンプル

間の差異が可視化できる。

まず, ローディングについて考える。単独重合体 (PMMA, PTBMA) および TBMA 組成 55.5 mol% の共重合体のカルボニル, 主鎖 4 級および α -メチル炭素領域の¹³C NMR スペクトルと, それらに対応する PCA ローディングを図 4 に示す。第 1 主成分 (PC1) ローディングは, PMMA のシグナルが観測される位置に正として, PTBMA のシグナルが観測される位置に負として, それぞれ現れた。また, 第 2 主成分 (PC2) ローディングは, PMMA と PTBMA のシグナルが観測される位置に正, 共重合体に特有なシグナルが観測される位置に負として, それぞれ現れた。

つぎに, スコアプロットを図 5 に示す。単独重合体とこれらの混合物の PC1 スコアは TBMA 組成の増加とともに単調に減少した。共重合体の PC1 スコアも同様の傾向を示した。そこで, PC1 スコアと TBMA 組成の相関を調べたところ, 決定係数 $R^2=0.998$ の直線となることから, PC1 スコアは組成を反映することがわかった。一方, 共重合体の PC2 スコアは組成が等モル付近で最小となり, 組成が偏るにつれて単独重合体に近づいた。PC2 ローディングの結果と併せて, PC2 はモノマー連鎖の不連続性を反映していることが示唆された。これを定量的に表す指標として, 2 連子の異種モノマー連鎖 f_{MT} を採用し, PC2 スコアと f_{MT} の関係を調べた。 f_{MT}

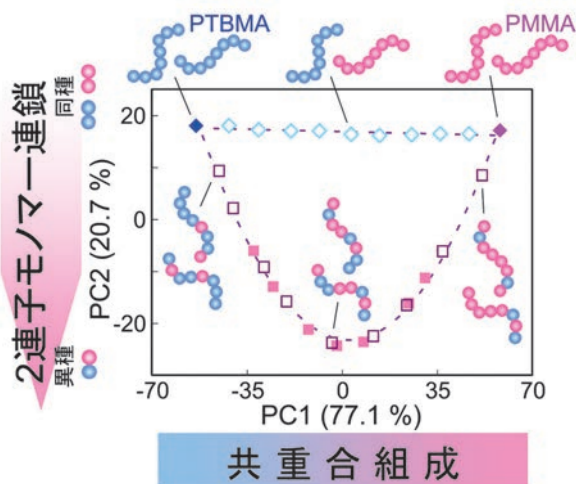


図5 PMMA (◆), PTBMA (◆) およびそれらの混合試料9種 (◇), 組成の異なる MMA-TBMA 共重合体 16 種 (□: 初期共重合体, ■: それ以外) の ^{13}C NMR スペクトルの PCA スコアプロット

は、初期共重合体9種の共重合組成とモノマー反応性比 ($r_{\text{MMA}}=0.81\pm 0.06$ と $r_{\text{TBMA}}=1.26\pm 0.03$) から、理論値⁷⁾ が求められる。その結果、初期共重合体9種の f_{MT} と PC2 スコアは良い相関 ($R^2=0.996$) を示し、PC2 スコアは f_{MT} を反映していることが確かめられた。

そこで、単独重合体2種とこれらの混合物9種を検量用データとした PLS 回帰を行い、共重合体16種の TBMA 組成を推定することを試みたところ、別途 ^1H NMR 測定から求めた TBMA 組成に対して、 $R^2=0.999$, 相対標準偏差 (RSD) = 3.4 % で一致した。この結果から、単独重合体とこれらの組成既知の混合物を準備すれば、各モノマー単位に由来する NMR スペクトルを帰属しなくても、共重合体の組成を推定できることがわかった。

さらに、単独重合体2種と初期共重合体9種を検量用データとした PLS 回帰により、初期共重合体の混合試料の2連子モノマー連鎖分布の推定を試みた。その結果、理論式⁷⁾ から求めた同種2連子モノマー連鎖 f_{MM} , f_{TT} および f_{MT} に対して、 $R^2=0.995$, $RSD=2.6\%$ で一致した。実際の高分子材料における共重合体のモノマー連鎖分布は、共重合体の精製工程や混合工程を経る場合が多いため、初期共重合体の理論式から算出されたものと異なる。本手法を用いると、理論値と実験値が一致する初期共重合体での ^{13}C NMR スペクトルとモノマー連鎖分布を検量用データとしているため、どのような操作や工程を経た共重合体であろうとも、より正確なモノマー連鎖分布を推定することができる。

著者らは、組成とモノマー連鎖分布に関して MMA と TBMA の2成分にメタクリル酸2-ヒドロキシエチル (HEMA) を加えた三元共重合体へ拡張し成功を収めているが⁸⁾, この紹介は別の機会に譲ることとした。

3 二元共重合体の立体規則性解析への展開⁹⁾

共重合体の一次構造の中でも、組成とモノマー連鎖とともに重要な立体規則性に関する解析を試みた。モデルポリマーとして、重合温度を $-40\text{ }^\circ\text{C}$ から $80\text{ }^\circ\text{C}$ に5水準、TBMA 組成を 10 mol% から 90 mol% の5水準それぞれ変化させた MMA-TBMA 共重合体25種を準備した。以下、バケット積分間隔を 0.05 ppm とした以外は、先述した手順と同様にして PCA を行った。図6に PC1-PC2 スコアプロットを示す。TBMA 組成の増大にともない、PC1 スコアが増大したため、PC1 は共重合組成が反映されていることがわかった。一方、PC2 スコアは、重合温度が低下するにつれて増大した。一般に、メタクリレートモノマーのラジカル重合では、重合温度の低下とともに、シンジオタクチシター (m 連鎖に対する r 連鎖の割合) が増大することが知られている¹⁰⁾。また、モノマーの種類によらず、 r 連鎖を含む NMR シグナルが正の PC2 ローディングとして観測された。これらの結果から、PC2 はシンジオタクチシターを反映していることがわかった。

そこで、図6の網掛けで示した16種の共重合体を検量用データとした PLS 回帰を行い、残り9種の共重合体を「未知試料」として、シンジオタクチック3連子の立体規則性 (rr) の推定を試みた。なお、共重合体の rr は、TBMA 単位を酸加水分解の後、メチルエステル化することにより PMMA へと変換した試料の ^{13}C NMR スペクトルから求めた。その結果、PLS 回帰で予測した rr は実測値に対して $R^2=0.825$, $RSD=4.3\%$ で一致した。

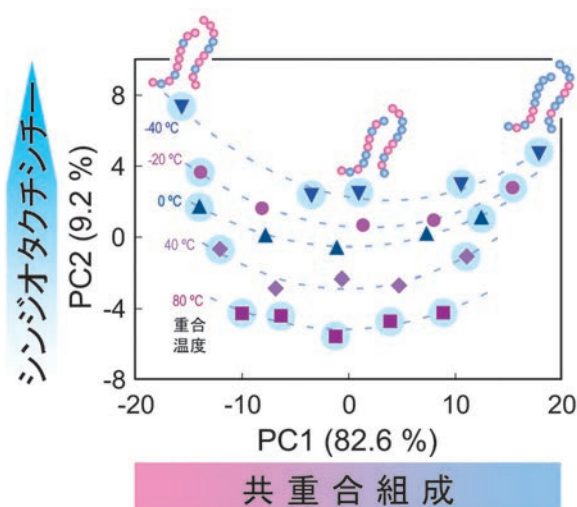


図6 重合温度と組成の異なる MMA-TBMA 共重合体 25 種の ^{13}C NMR スペクトルの PCA スコアプロット

■: $80\text{ }^\circ\text{C}$, ◆: $40\text{ }^\circ\text{C}$, ▲: $0\text{ }^\circ\text{C}$, ●: $-20\text{ }^\circ\text{C}$, ▼: $-40\text{ }^\circ\text{C}$.

4 共分散行列を活用した立体規則性とモノマー連鎖のスペクトル帰属¹¹⁾

これまで述べてきたように、スペクトルの帰属を必要とせずとも、共重合体の組成、モノマー連鎖、立体規則性の差異の可視化や定量的な情報が取得できることが、今回の主題である NMR スペクトルを多変量解析する「売り」であった。しかし、やはりスペクトルを帰属したくなるのが研究者や技術者の性である。

そこで、Barton II らによって提案された統計的二次元相関スペクトルの原理¹²⁾を応用し、複雑な形状の NMR スペクトルを帰属することを試みた。統計的二次元相関スペクトルでは 2 群のスペクトルで構成される行列の共分散行列を解くことになる。この解は相関係数

に相当するので、-1 から 1 の間の値を取る。図 7 に示すように、共分散行列の解が正の値、つまり正の相関を持つ場合は元の信号強度の増減が同調（いずれも増加あるいは減少）し、逆に負の相関の場合は、元の信号強度の増減は非同調（一方が増加すると、もう一方は減少）となる。

立体規則性の解析で用いた一連の MMA-TBMA 共重合体のうち、重合温度を -40 °C から 40 °C に 4 水準、TBMA 組成を 30, 50, 70 mol% の 3 水準（以下、T3, T5, T7 シリーズと呼ぶ）それぞれ変化させた MMA-TBMA 共重合体 12 種と、これらを加水分解とメチルエステル化により PMMA へ変換した試料の ¹³C NMR スペクトル 2 群で構成される行列の共分散行列から得られたカルボニル炭素領域の統計的二次元相関スペクトルを図 8 に

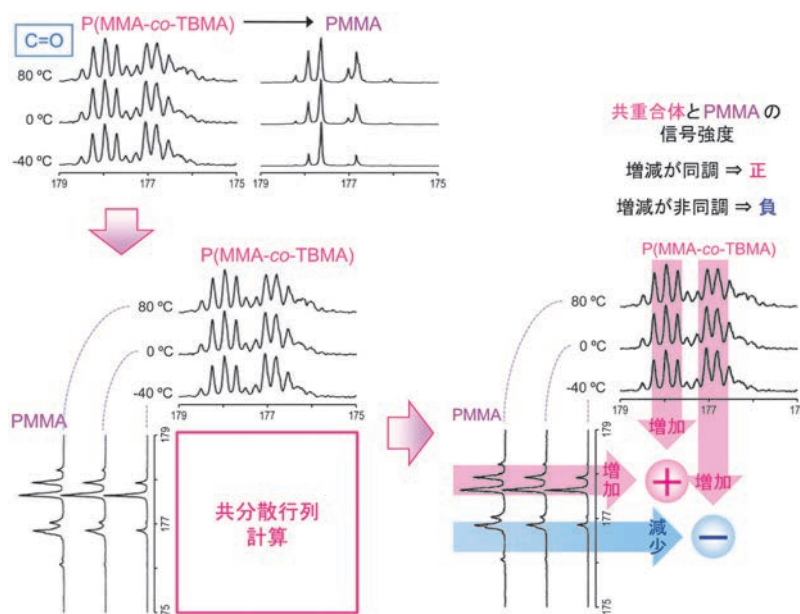


図 7 重合温度と組成が異なる MMA-TBMA 共重合体を例にした統計的二次元相関スペクトルの概要

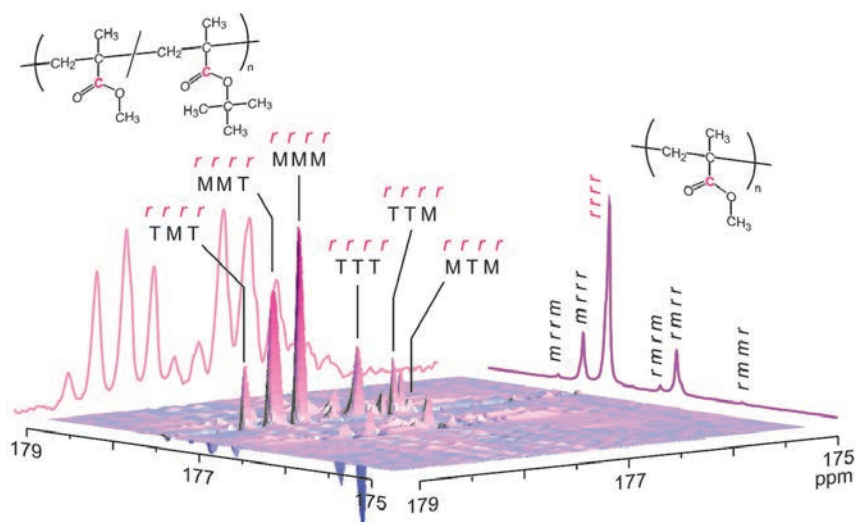


図 8 重合温度と組成が異なる MMA-TBMA 二元共重合体 12 種とそれらから誘導して得られた 12 種の PMMA とのカルボニル炭素領域における統計的二次元相関スペクトル

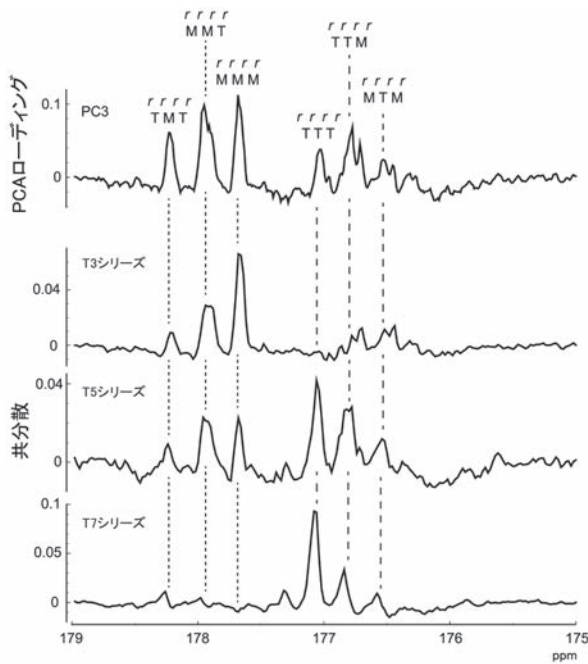


図9 ^{13}C NMR スペクトルのカルボニル炭素領域において、共重合組成の近い試料ごとの二次元相関スペクトルをPMMAの rrr に対応する共鳴信号でスライスした相関スペクトルとPC3ローディングとの比較

示す。PMMAの rrr に帰属される177.51~177.79 ppmの共鳴信号と、共重合体の一部の共鳴信号とが、比較的大きな正の値として表された。PMMAの立体規則性は、元の共重合体の立体規則性を保持しているため、共重合体の正の相関を示した信号は、 rrr に対応する共鳴信号であると考えられる。

PMMAの rrr に対応する共鳴信号でスライスしたカルボニル炭素領域のスペクトルとPC3ローディングとは、ほぼ同じ形状であったことから、PC3には主として rrr の情報が反映されたと考えられる。なお、前項ではPC2に表現されていたシンジオタクチシチーが本項でPC3となったのは、変換PMMAの試料準備の都合上、解析に用いた試料数が減少し、スペクトル全情報量の中で、立体規則性に関する情報量よりもモノマー連鎖に関する情報量が多くなったことが原因である。

上記仮説を検証するために、比較的共重合組成に近いT3、T5およびT7のシリーズごとに共分散行列解析を行い、PMMAの rrr 信号でスライスした各シリーズの相関スペクトルと、PC3ローディングとを比較した(図9)。T3およびT7シリーズの相関スペクトルに、低磁場側と高磁場側に強度の強いそれぞれ三つの正の相関が表れた。T5シリーズの相関スペクトルには、T3およびT7シリーズで観測された正の相関が六つすべて現れた。シンジオタクチックなメタクリル酸エステル二元共重合体(モノマー単位： M_1 、 M_2)のカルボニル炭素領域の ^{13}C NMRスペクトルでは、 M_1 単位が中心 $M_1-M_1-M_1$ 、 $M_1-M_1-M_2$ 、 $M_2-M_1-M_2$ と、 M_2 単位が中心の

$M_2-M_2-M_2$ 、 $M_2-M_2-M_1$ 、 $M_1-M_2-M_1$ の6種類が観測される¹³⁾。共重合体の組成と、PMMAおよびPTBMAの rrr に帰属される共鳴周波数を考慮すると、六つの信号は、すべて rrr であり、低磁場側から、T-M-T、M-M-T、M-M-M、T-T-T、T-T-M、M-T-Mの3連子モノマー連鎖に対応していると考えられる。一連のモデルポリマーのNMRスペクトルのPCAローディングと、共分散行列で得られた統計的二次元相関スペクトルから、シンジオタクチック5連子と3連子モノマー連鎖構造を反映する信号を帰属することができた。

5 多変量解析を活用した一次構造解析などの事例紹介

ここからは、最近の文献から応用範囲が広いと思われる三つの事例を紹介する。

5.1 DOSY スペクトルのPLS回帰による平均分子量の推定¹⁴⁾

溶液NMRで混合物の構造解析を行う際の有効な方法の一つとしてDiffusion Ordered Spectroscopy (DOSY)がある。Johnson Jr.らによって提唱されたDOSYは、パルス磁場勾配を利用して分子の拡散現象を観察する二次元NMRの一種であり、それぞれの分子種に応じた自己拡散係数(D)が測定できる¹⁵⁾。Stokesの法則とEinsteinの理論を組み合わせて高分子に拡張すると、 $D=k_B T/6\pi\eta R_H$ (k_B はボルツマン定数、 T は温度、 η は溶媒の粘性率)によって高分子鎖の流体力学的半径 R_H が定義される。分子量(MW)の十分大きな屈曲性高分子の希薄溶液では、 R_H は MW の0.5~0.55乗に比例するので、 D は MW の測定法として利用できる¹⁶⁾。

血液を固まり難くする作用(抗凝固性)を持つヘパリンの分子量をDOSYスペクトルのPLS回帰によって精度良く推定できることが報告された。ヘパリンはD-グルコサミンと β -D-グルクロン酸あるいは α -L-イブロン酸の交互共重合体であり、ヒトを含む動物の肝臓で生成される。工業的な合成高分子や他の天然多糖類と同様、分子量分布を持ち、平均分子量や分子量分布の違いで抗凝固性が異なると言われている。

さてDOSYのような化学シフトと拡散係数の2軸に展開されたスペクトルにおける多変量解析データセットの作成方法について解説する。DOSYスペクトルを化学シフト S_1 に対してスライスし、拡散係数分布曲線 D_1 を得る。化学シフトを少しずらして同様の操作を繰り返し、 n 個の化学シフトに対する拡散係数分布曲線のデータセットを取得し、これらを直列に結合することで、図10のデータセットを得ることができる。

分子量範囲が1.2~1.5万のヘパリン32種類について、DOSYスペクトルを0.01 ppmの化学シフト幅で500分割、拡散係数側を21分割して得たデータセットを説明

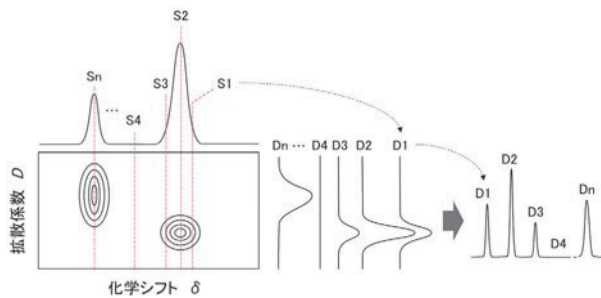


図 10 DOSY スペクトルの多変量解析データセットの作成方法

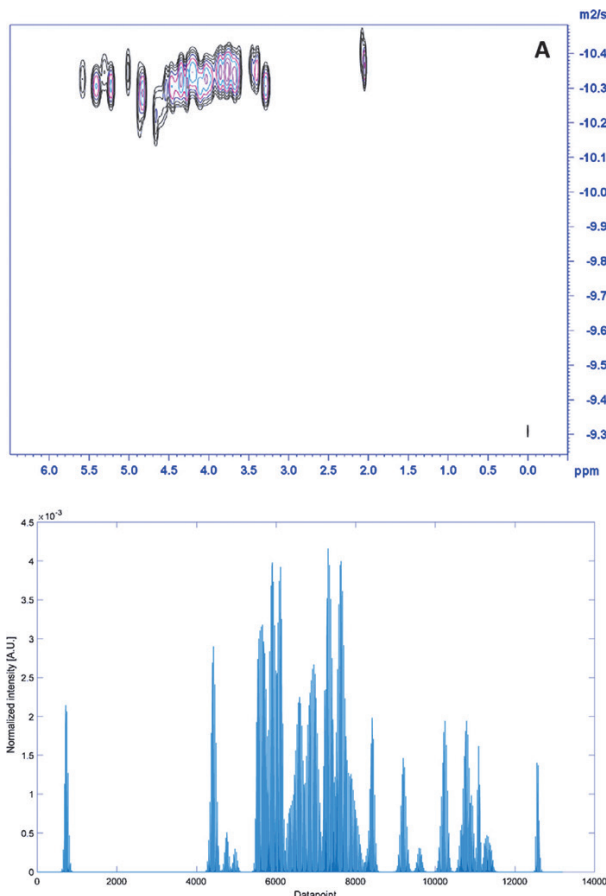


図 11 ヘパリンの DOSY スペクトル (上) と多変量解析用データセット (下)¹⁴⁾

変量とし (図 11), SEC で得られた平均分子量を目的変数とした PLS 回帰を行った. その結果, 推定分子量の二乗平均平方根誤差 (RMSEP) が 498 Da, 平均変動係数 (CV) が 2.5 % 未満の予測モデルが得られた.

本手法は NMR 測定を行うだけで, 不純物や結合状態などの化学種に加えて平均分子量の情報を取得できることから, ヘパリンなどの天然高分子を用いた医薬品の品質管理に活用できると考える.

5.2 LASSO 回帰による共重合体の混合比率の推定¹⁷⁾

これまで述べてきた PLS 回帰は, 正確な言い方ではないが大雑把には, 説明変数と目的変数をそれぞれ主成分分析して得られたスコアどうしを最小二乗して回帰式

を得る方法である. そのため, 説明変数の間で相関関係がある場合に発生する多重共線性を回避できる. 予測誤差が最小となる潜在変数を用いれば, 過学習も回避できる. またローディングが表現されることで, それぞれの潜在変数の意味が解釈できることも利点である.

最近発展している機械学習の分野で良く知られている LASSO 回帰を適用することで, PLS 回帰より精度良く目的変数を推定できることがある. 線形回帰では目的関数 E を最小化する手段として最小二乗法を用いるが, LASSO 回帰では式 (1) で示されるように, 最小二乗項に加えて, 回帰モデルの複雑さに対してペナルティーを加える正則化項を E に導入することで過学習を抑制することができる. ここで, y は目的変数, x は説明変数, b は回帰係数のデータセットをそれぞれ示し, b_i は i 番目の回帰係数, λ は正則化パラメータをそれぞれ示す.

$$E = \|y - xb\|^2 + \lambda \sum_{i=0}^m |b_i| \dots\dots\dots (1)$$

アクリロニトリル, スチレン, α -メチルスチレンのうち任意の 2 種からなる共重合体 8 種と, これらの混合物 45 種の ^1H NMR スペクトルから共重合体の混合比率を推定した例では, PLS 回帰での $R^2 = 0.89$ に対して, LASSO 回帰では正則化項の寄与を加えることで, $R^2 = 0.97$ に向上させることに成功した. LASSO 回帰では正則化項の b_i がゼロになりやすいことから, 重回帰における多重共線性を結果的に回避できる. 推定精度を追求する場合は LASSO 回帰などの機械学習の手法を活用することも一考に値する.

5.3 PCA のローディングと寄与率を活用した NMR スペクトルのノイズリダクション¹⁸⁾

固体 NMR 測定は, 溶液 NMR 測定と異なり, 溶媒に不溶な高分子の一次構造に加えて分子運動性などのダイナミクス情報を得ることができる. 一方で, 一部の測定では長時間の積算が必要であったり, ^{13}C などの天然存在比が低い核種においては感度の低さが難点である. そのため, 例えば固体 NMR を用いて高分子のダイナミクスを解析する場合, コンタクトタイム (CT) などのパラメータを可変させて NMR 測定するため, パラメータの可変数と一つのパラメータ当たりの測定時間 (積算回数) のせめぎ合いでしばしば苦勞することがある. ここでは PCA を用いてパラメータの可変数と積算回数のトレードオフを打破した例を示す.

CP/MAS 法を用いたエチレン/1-ヘキセン共重合体 (モル比 94/5) の固体 ^{13}C NMR 測定において, CT と信号強度の関係を調べた. 実験 A では CT を 0.1 ms から 10 ms まで指数関数的に増加させ, 積算を 1000 回として 10 個のスペクトルを取得した. 実験 B では CT を実験 A と同様に可変させて 100 個のスペクトルを得たが,

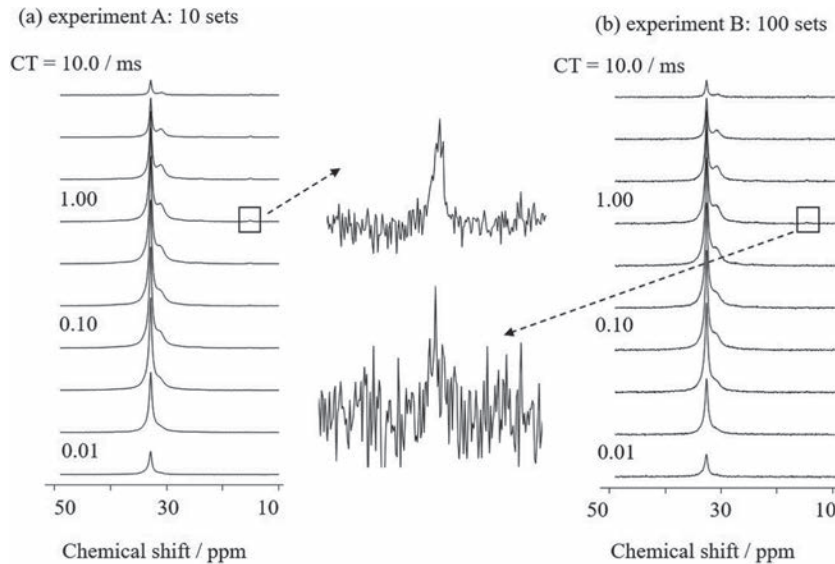


図 12 固体 NMR における CP/MAS アレイ測定のコントラクトタイム (CT) の違いによる NMR スペクトル¹⁹⁾
 実験 A : CT が異なる 10 個のスペクトルで積算回数 1000 回, 実験 B : CT が異なる 100 個のスペクトルで積算回数 100 回. 100 個のスペクトルのうち 10 個が示されている. CT が 1 ms での CH₃ 基領域の拡大を中央に示す.

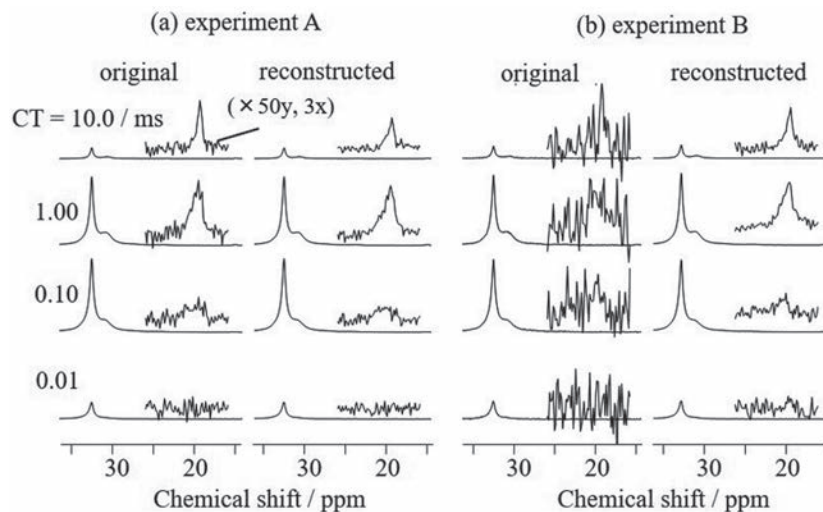


図 13 固体 NMR の CP/MAS アレイ測定で得られたオリジナルスペクトルと, PCA の第 5 主成分までを再構成したノイズリダクションスペクトルの比較¹⁹⁾
 メチル基由来の信号を縦に 50 倍, 横に 3 倍に拡大して表示した. 実験 A と B の結果をそれぞれ (a) と (b) に示す.

積算は 100 回とした. つまり両実験とも同じ測定時間 (14 時間) となるように条件設定した. 当然, 実験 A と比較すると実験 B のスペクトルの S/N は良くなく (図 12), 16.1 ppm に観測される 1-ヘキセンの側鎖末端メチル由来の信号はノイズに埋もれた. そのため, このままだと CT と信号強度の関係が明らかになれない.

実験 A および B で得られた ¹³C NMR スペクトル (図 13 の original) の PCA から得られたローディングスペクトルと各主成分の固有値から, 第 6 主成分以降の情報はノイズと判断し, 第 5 主成分までの情報を再構成して ¹³C NMR スペクトルを得た (図 13 の reconstructed). 実験 B の短い CT でのスペクトルを比較すると, 実験 A

と遜色なく original スペクトルでノイズに埋もれていた 1-ヘキセンのメチル由来の信号が見事に観測できた. また CT 可変数が 10 倍になったことで, より高解像度で CT と信号強度の関係を把握できた. さらにこの PCA ノイズリダクション法を ¹³C スピン-格子緩和時間 (T_{1c}) 測定へも応用し, 1-ヘキセンのメチルの T_{1c} が 0.5 s と 10.7 s の 2 種類あることを明らかにした.

飽和回復測定における τ や, DOSY 測定における δ など, パラメータを可変するような NMR 測定へ本手法の応用が期待できる.

6 おわりに

本稿ではアクリル系モデルポリマーの¹³C NMR スペクトルを帰属することなく、PCAを用いることで共重合組成、モノマー連鎖構造、立体規則性の差異を可視化するとともに、これらの定量的な情報をPLS回帰により高精度で推定することに成功した例を紹介した。この勝因はひとえに、難しくない方法で、素性の分かっているモデルポリマーを準備できたことに寄るところが大きい。サンプルの素性が分かっているからこそ、PCAで得られるローディングに対して確信を持った意味付けが可能となった。これらの検討によって多変量解析で得られた情報や結果を安心して利用できる素地ができたと言えるであろう。

一方で課題もいくつかある。より確からしい定量的な化学構造情報を得るには、PLS回帰では難しい場合がある。この点については、本項で紹介した機械学習で用いられているLASSO回帰などの方法のほか、ニューラルネットワーク、さらに進んでディープラーニングのような方法を取り入れることが必要である。ただし、高度な学習方法を採用するほど学習や予測の過程がブラックボックス化されて、得られた結果に対する理由付けができなくなることに留意すべきである。

また、常に最新かつ高感度・高分解能な機器を使って測定することができない場合の方が多いからこそ、解析や予測の元となるスペクトルやデータの質の確保も大切である。この点については、最後で紹介したPCAを用いたノイズリダクション法が一つの突破口になり得る。本手法がNMRをはじめ、様々な機器へ展開されることを期待したい。NMRの場合に限っては、異なる磁場強度の装置で得られたスペクトルは、その分解能が異なるため、一つのデータセットに組み入れて多変量解析することが現状では難しい。データ補間手法などを組み合わせて見掛けの分解能を揃えたスペクトルが準備できれば、この課題の克服に近づくことになり、今後の検討に期待したい。

謝辞 本稿前半で紹介した¹³C NMR スペクトルを用いたアクリル系ポリマーの一次構造解析の基礎研究は徳島大学大学院理工学研究科にて実施した。終始多大なご指導を賜った右手浩一教授および平野朋広教授と、多くの測定と解析に尽力下さっ

た当時の学生諸子に深く感謝いたします。またNMRスペクトルのPCAおよびPLS回帰の実施にあたり、日本電子株式会社の有福和紀様に多大なるご協力を賜りました。ここに厚く御礼申し上げます。

文 献

- 1) H. S. Gutowsky, A. Saika, M. Takeda, D. E. Woessner : *J. Chem. Phys.*, **27**, 534 (1957).
- 2) T. Nishiura, T. Kitayama, K. Hatada : *Int. J. Polym. Anal. Charact.*, **5**, 401 (2000).
- 3) 尾崎幸洋, 宇田明史, 赤井俊雄 : “化学者のための多変量解析”, (2002), (講談社).
- 4) 長谷川健 : “スペクトル定量分析”, (2005), (講談社).
- 5) H. Momose, K. Hattori, T. Hirano, K. Ute : *Polymer*, **50**, 3819 (2009).
- 6) H. Momose, T. Maeda, K. Hattori, T. Hirano, K. Ute : *Polym. J.*, **44**, 808 (2012).
- 7) K. Ito, Y. Yamashita : *J. Polym. Sci. A: General Papers*, **2**, 2165 (1965).
- 8) T. Naono, H. Momose, T. Hirano, K. Ute : *Int. Symp. Polym. Anal. Char.*, **2011**, 98 (2011).
- 9) R. Sakao, T. Naono, S. Asakawa, H. Momose, T. Maeda, T. Hirano, K. Ute : *Polym. Prep. J.*, **60**, 837 (2011).
- 10) H. Yuki, Y. Okamoto, Y. Shimada, K. Ohta, K. Hatada : *J. Polym. Sci. Polym. Chem. Ed.*, **17**, 1215 (1979).
- 11) 百瀬 陽 : “NMR スペクトルの多変量解析によるアクリル系共重合体の一次構造解析” 博士論文, (2011), (徳島大学). (<https://repo.lib.tokushima-u.ac.jp/82227>).
- 12) F. E. Barton, II, D. S. Himmelsbach, J. H. Duckworth, M. J. Smith : *Appl. Spectrosc.*, **46**, 420 (1992).
- 13) T. Kitayama, K. Ute, M. Yamamoto, N. Fujimoto, K. Hatada : *Polym. J.*, **22**, 386 (1990).
- 14) Y. B. Monakhova, B. W. K. Diehl, T. X. Do, M. Schulze, S. Witzleben : *J. Pharm. Biomed.*, **149**, 128 (2018).
- 15) C.S. Johnson : *Prog. Nucl. Magn. Reson. Spectrosc.*, **34**, 203 (1999).
- 16) 高分子学会編 : “基礎高分子科学”, (2006), (東京化学同人).
- 17) R. Kamiike, T. Hirano, K. Ute : *Polymer*, **256**, 125207, (2022).
- 18) Y. Kusaka, T. Hasegawa, H. Kaji : *J. Phys. Chem. A*, **123**, 10333 (2019).



百瀬 陽 (MOMOSE Hikaru)

三菱ケミカル株式会社 Science & Innovation Center 分析物性研究所 (〒227-8502 神奈川県横浜市青葉区鴨志田町1000)。名古屋大学大学院工学研究科応用化学専攻博士前期課程修了。徳島大学大学院先端技術科学教育部環境創生工学専攻博士後期課程修了。博士(工学)。「現在の研究テーマ」機器分析による高分子材料の評価解析全般。
E-mail : hikaru.momose.mk@mccg.com

非破壊分析は、試料の成分・品質特性をありのままの状態で行う技術であり、特に希少試料に対しては非常に有効な分析手法です。機器分析の多くが破壊分析で前処理を必要としますが、非破壊分析には複雑な前処理が不要なものもあり、分析の簡便化・迅速化が図られています。産学官で積極的に使用されており、その需要は今後さらに拡大するものと考えられます。そこで、2024年のミニファイルでは、固体試料を中心に、非破壊分析で活躍している代表的な分析技術を取り上げていきます。

〔「ぶんせき」編集委員会〕

蛍光 X 線分析

1 はじめに

蛍光 X 線分析は、金属をはじめセメント、ガラス、地質学試料などの組成分析に幅広く利用されている。濃度が ppm (mg/kg) レベルから 100 % までの多元素について、簡便に非破壊でそのまま分析できるという特長があり、美術品の鑑定や犯罪捜査、塗料や陶磁器の釉薬中の鉛、石油中の硫黄¹⁾、粉じん中の有害元素などの定性、定量分析に威力を発揮している。またシリコンウェーハ上の不純物分析²⁾や食品・製薬の工程管理分析としても用いられている。最近では分析装置の高性能化により、ppm レベルの微量元素についても定量が可能となり、汚染土壌、汚泥、焼却灰、プラスチックなどに含まれるカドミウムや鉛などの有害重金属の迅速な分析法としても注目を集めている。また厚みの非破壊分析が可能であり、メッキなどの多層膜における構成層の厚みと組成の同時分析ができる。最近のトピックとしては、2020年12月に「はやぶさ2」が持ち帰った小惑星リュウグウ試料にも蛍光 X 線分析が適用され、平均組成の定量に重要な役割を担った³⁾。

2 蛍光 X 線分析の原理と装置構成^{4)~7)}

X 線は波長が 0.01~10 nm 程度の電磁波の一種で、物質に X 線を照射すると、さまざまな相互作用が起こる。照射された X 線の一部は散乱や回折を生じ、一部は吸収されて蛍光 X 線やオージェ電子が生じる。オージェ電子の放出と蛍光 X 線の発生は競合する過程であり、原子番号が小さい場合にはオージェ電子の放出が多い。³⁰Zn の K 殻の場合、蛍光 X 線とオージェ電子の放出の割合はおよそ 1 : 1 である。原子番号が約 10 以下の元素では、蛍光 X 線分析はあまり感度のよい方法とはいえない。K 殻に生じた空孔に L 殻の電子が遷移して生じた蛍光 X 線を K α 線、M 殻の電子が遷移して生じた蛍光 X 線を K β 線とよぶ (シーグバーン表記)。

蛍光 X 線の波長 (エネルギー) は元素に特有なので、発生した蛍光 X 線の波長 (エネルギー) を調べることで、物質を構成する元素の情報を知ること (定性分析) ができる。また発生する蛍光 X 線の強度は、物質中の原子の数に依存するため、元素の含有量を調べること (定量分析) もできる。

蛍光 X 線分析装置は、X 線発生部、分光・検出・計数部、制御部から構成される。装置の構成要素によって、測定仕様 (検出可能な元素や濃度範囲) が大きく異なるため、新規に装置を導入する際には、どんな分析をしたいのか必要な条件を明確にしてから、機種選定をする必要がある。

X 線発生部は、高圧電源回路や X 線管球などからなる。X 線管球の陽極 (anode) の材質として、ロジウム (Rh) やパラジウム (Pd) が汎用されている。分析の対象元素に応じて、銀 (Ag) や Pd/コバルト (Co) 合金、チタン (Ti)、ガドリニウム (Gd)、スカンジウム (Sc)/タングステン (W) デュアルターゲットなどの管球を搭載した機種もある。管球からの X 線のエネルギーが K 殻や L 殻など内殻電子の結合エネルギーを上回るとき、これらの電子が叩き出されて蛍光 X 線が生じるため、原理的に目的元素の励起エネルギーよりも高いエネルギーの X 線を照射しないと、目的元素の蛍光 X 線を得ることはできない。対象が重元素で K 線の励起が難しい場合には、L 線を分析対象とする。管球からの X 線はコリメーターを介して成形されるので、このコリメーターを選択することで、X 線照射領域を 1~5 mm ϕ 程度に調整できる。

個々の元素からの蛍光 X 線をそれぞれ測定するためには、試料から発生した X 線をスペクトル分離する必要がある。波長分散分光器 (WDS, wave dispersive spectrometer) とエネルギー分散分光器 (EDS, energy dispersive spectrometer) という 2 種がある。

WDS は分光結晶を用いて、空間的に X 線を分光する。装置は大型となるが分解能が高く、各元素からのピークの重なりはほとんどなく、スペクトルの評価は非常に簡単である。短所は、分光に回折を用いており、光学系において試料から検出器までの距離が遠いため、全体としての検出効率がよくないことである。これをカバーするため、X 線管球は高出力・高フラックスとなり、試料によっては X 線照射ダメージを受けることもある。分光された蛍光 X 線の検出には、ガスフロー型比例計数管やシンチレーション計数管が用いられる。

EDS では、X 線検出器自身がエネルギー分解能を有

する半導体検出器とマルチチャンネルアナライザー (MCA) を併用するので、試料からの蛍光 X 線は分光結晶を介さずに検出器で直接検出される。したがって装置の小型化が可能である。ただしエネルギー分解能が WDS より劣るので、スペクトルの重なりには注意が必要である。最近普及しているシリコンドリフト検出器 (SDD) では、Mn K α (5.9 keV) の半値幅から算出するエネルギー分解能は 128~135 eV であり、液体窒素による冷却を必要とする、リチウムをドーブしたシリコン半導体検出器の 130~140 eV よりも向上している。シリコンの X 線吸収係数は 20 keV 以上で減少するため、高エネルギーの X 線を検出する場合には、ゲルマニウム半導体検出器を用いる必要がある。いずれの検出器も受光面積が広いほど、蛍光 X 線の検出には有利である。また、半導体検出器により得られたスペクトルから試料の定性分析をする際には、エスケープピークやサムピークなど、試料起因ではない特殊なピークに注意が必要である。

高感度な蛍光 X 線分析を実現するため、あるいは分析目的に特化するため、工夫を凝らした装置が開発されている。たとえば、分析する際の試料室雰囲気を真空やヘリウムガスにすると、大気成分による X 線強度の減衰を抑えることができる。特に低エネルギー領域では効果が大きい。また、シグナル強度とバックグラウンド強度の比 (SB 比) を向上させるためには、X 線管球からの光路に金属薄膜 (一次フィルター) を入れるフィルター法や、偏光光学系 (X 線管球、二次ターゲット、試料、半導体検出器を直交軸上に配置するカルテシアン配置) の採用が有効である。

X 線管球からの一次 X 線をキャピラリー (光導波路) で集光した 10~100 μm 程度の X 線を用いると、試料の微小部分分析が可能となる。試料を二次元に走査し、元素の二次元分布を得ることのできる X 線顕微鏡 (走査型蛍光 X 線分析装置) が実用化されている。

3 定量法

蛍光 X 線の強度は含有量の関数になっており、強度を測定すれば含有量を知ることができる。測定元素の蛍光 X 線強度を含有量に変換する方法として、検量線法とファンダメンタル・パラメーター (fundamental parameter, FP) 法がある。

高濃度試料や合金などの場合には、目的元素から発生した蛍光 X 線が、共存する元素によって吸収される効果や、共存元素から発生した蛍光 X 線が、さらに試料内の別の目的元素を励起して、本来よりも高い濃度の分析値を与える現象 (それぞれ吸収効果と励起効果、両方を合わせてマトリックス効果とよぶ) が無視できなくなる。マトリックス効果の他に、粉体試料では鉱物組成や粒度による不均一効果 (鉱物効果) もあるため、検量線

作成のためには、分析試料と主成分組成や粒度などがほぼ同一の標準物質を用いる必要がある。そのような標準物質として、認証標準物質、あるいは別の方法により分析値が得られている試料が使われる。

一方、FP 法では、蛍光 X 線の発生原理に基づく理論式によって、測定条件とファンダメンタル・パラメーター (物理定数) を用いて定量する。FP 定量法を用いると、標準試料なし (リファレンスフリー) で定量分析ができるため、マトリックスが類似の標準試料の入手が難しい試料についての定量法として重要である。EDS で使用されている FP 法の計算の一例では、理論計算によるスペクトルと、実測した蛍光 X 線スペクトルを比較し、生じたずれを補正するように理論計算を何度も繰り返し、最終的に実測スペクトルと理論スペクトルが一致するようになったときの元素濃度が求める定量値となる。FP 法はあくまで理論的に X 線強度を計算し、分析値を求める手段であるので、試料が均一であること、試料が十分に厚いこと、全元素を定量 (トータル 100 %) することを条件としている。これを満足する条件で分析操作を行わないと正しい分析値は得られないので、十分注意が必要である。また FP 法では標準物質なしに定量できるが、濃度既知の標準物質を測定して組成を入力することで、より正確な理論強度の計算を行うことができる。一方、多層膜を含む薄膜の場合には、薄膜 FP 法により、各層の厚みと各層の組成の計算が可能である。

4 おわりに

近年、X 線検出器・電子デバイスの要素開発およびバックグラウンド軽減化技術等によって、従来よりも低濃度・微量の元素分析が実現している。食品やメイクアップ化粧品⁸⁾などへの適用も報告されており、今後も多様な分野への応用が期待される。

文 献

- 1) JIS K 2541-7, 石油及び石油製品—硫黄分試験法 (2003).
- 2) JIS K 0148, 表面化学分析—全反射蛍光 X 線分析法 (TXRF) によるシリコンウェーハ表面汚染元素の定量方法 (2005).
- 3) T. Yokoyama, 他 148 名, *Science*, **379**, 786 (2023).
- 4) 中井 泉 編: “蛍光 X 線分析の実際”, 第 2 版, (2016), (朝倉書店).
- 5) 桜井健次 編著: “リファレンスフリー蛍光 X 線分析入門”, (2019), (講談社サイエンティフィク).
- 6) 辻 幸一 編著: “X 線分光法”, (2018), (講談社サイエンティフィク).
- 7) 大谷 肇 編著: “機器分析”, (2015), (講談社サイエンティフィク).
- 8) 村上志帆, 津越敬寿, 三島有二, 保倉明子: X 線分析の進歩, **54**, 217 (2023).

[東京電機大学工学部 保倉 明子]

ワイヤレス給電システムを利用した電気化学分析技術



高橋 史樹

1 はじめに

「ワイヤレス給電 (wireless power transfer, WPT)」技術が近年注目されている。WPT は駆動部分と受電部分 (各種デバイス) がリード線などの電気的な接続を必要とせずに給電できる特長を有する技術である。我が国においても総務省が発表した 2030 年代を視野に入れたワイヤレス分野の技術ロードマップにおける重要な施策として WPT が上位に位置付けられており¹⁾、近年では走行中の自動車にワイヤレスで充電するシステムが研究・開発されるなど社会的に大きな興味を持たれている²⁾。

WPT 技術による給電システムは、数十 kHz から数十 MHz の高周波の磁界または電界を介して電力伝送を行う結合型 WPT と、数百 MHz から数百 GHz の電磁波を介する空間伝送型給電に大別されることが多い。それぞれ電磁界または電磁波を介してワイヤレスで電力供給するものであり²⁾、どちらの給電方法にも電力供給効率や伝送距離の面などで特長がある。目的とする応用分野に適した方式が選択されているが、送受電間の伝送効率、システム設計および法令上の取り扱いの関係から結合型 WPT システムが日常生活で触れる機会が多い傾向がある。代表的な結合型 WPT システムとして高周波磁界を用いた電磁誘導型が知られており、その構成の略図を図 1 に示した。電磁誘導による WPT システムはパワー・エレクトロニクスにおけるトランスの原理に対応しており、ファラデーの法則に基づいている。駆動コイルである一次コイルに交流を通電したときに発生する磁界が、受電側である二次コイルを貫く際に発生した起電力を利用するものである。この一次コイルと二次コイルの間には空間的な隔たり (エアギャップ) があるため、リード線などのコネクタを用いたときのような電気的な接続を必要とせずに二次コイル側の回路に「非接触で給電」で

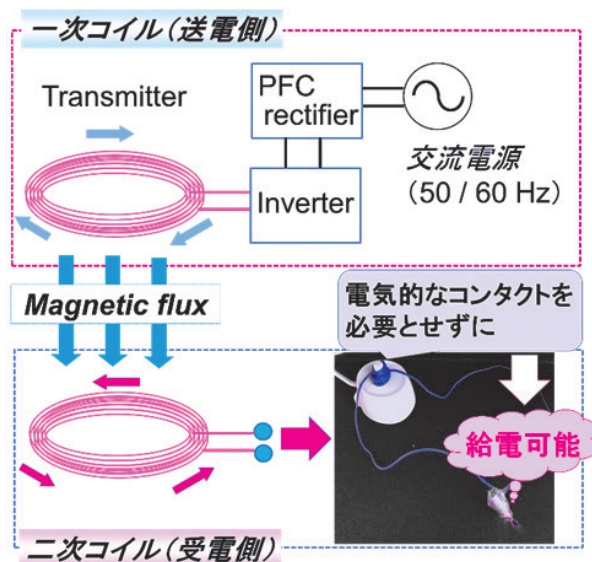


図 1 電磁誘導方式による WPT の概念図

きる。ただし、二次コイル側で生じる起電力はコイルに導かれた磁束密度の時間変化分に対応しており、その電流信号は比較的複雑となるため、分析化学デバイスとしての適用例は限定的であった。特に電極に印加される電位と、対応する電流を観測する電気分析化学の分野では、WPT システムをそのまま適用することは基本的に困難であった。

2 WPT を利用した電気化学分析

WPT 技術を電気化学分析に適用するため、得られた誘導電流をポテンシostatの駆動用電源として用いたシステムが報告された³⁾⁴⁾。代表的な電気化学分析法であるクロノアンペロメトリーの測定では、市販のポテンシostatとほぼ同等の結果が得られた。設計されたポテンシostatは WPT によって非接触で給電されているため、電源ソケットなどへの接続や駆動用のバッテリーの搭載は必ずしも必要とせず、小型化が可能なポータブル分析システムとして現場分析への展開が期待された。

また WPT によって受電側で生じた誘導電流を任意の波形に整流・制御した電気化学分析法も設計されている。受電コイルの両端で生じた交流をプリント基板上の集積回路によって三角波などに整流し、直接電極に印加させることでボルタンメトリーを実行し、ビタミン類の分析やイムノセンサーなどに応用された⁵⁾。受電コイルとともにプリントされた電極を組み込んだ基板は、WPT 技術を利用した電気化学分析法の簡便性が改善されており、密閉されたボトル内の溶液に対する電解合成反応に応用されるなどの試みが行われている⁶⁾。

3 WPT を利用した電気化学発光分析

WPT によって得られる二次コイル側の誘導電流を直接電気化学測定システムに適用すると、駆動コイルであ

An Electrochemical Analytical Approach Coupled with Wireless Power Transfer Technique.

る一次コイルの周波数に対応した交流の誘導電流が電極に印加される。その電気化学測定への応答はファラデー電流成分や充電電流成分による寄与に加えて、高周波の印加に対応した電解生成物の再酸化または還元が組み合わされた非常に複雑なものとなる。そのため、WPT技術を用いた電気化学測定では、上述した給電としての利用、電極に印加される電位の制御としての利用のいずれの場合においても、受電コイル側の回路には比較的複雑な機構を組み込む必要があった。その結果、測定システムが煩雑化するため、簡便な分析方法として展開するには課題が残っていた。

そこで測定システムの簡略化を目的として、電気化学発光 (electrochemiluminescence, ECL) 原理と WPT 技術と組み合わせた分析法が提案された⁷⁾。近年、WPT によって生じた二次コイル側の起電力 (誘導電流) を直接、電極に接続し、ECL 測定を行った実験が行われた。図 2 に WPT 技術と組み合わせた ECL 測定用の分析デバイスの概念図を示した。受電側で生じた誘導起電力をそのままプリント電極へ印加させたところ、僅かな強度ではあるがルミノール / 過酸化水素系の ECL が観測された。このシステムに安価な整流用のダイオードのみを組み込むことで、ECL 強度が 10000 倍以上増強した結果が得られており、溶液中の過酸化水素を定量的に分析できることが報告された^{7)~9)}。

WPT によって生じる受電コイル側の起電力は、駆動コイル側の印加波形条件に強く影響される。ルミノール系の ECL 反応は比較的低い電位で反応を引き起こすことが出来る一方で、薬効成分として医薬品などに含まれるアミン類やビタミン類を高感度に検出できるルテニウム錯体などを ECL エミッターとして用いるためには、より高い電位を電極に印加する必要があった。誘導起電力を増強させるため、より高い周波数帯である 13.56 MHz の近距離無線通信 (near field communication, NFC) 技術を利用した WPT-ECL デバイスが設計され、代表的な ECL 反応の共反応物であるトリプロピルアミ

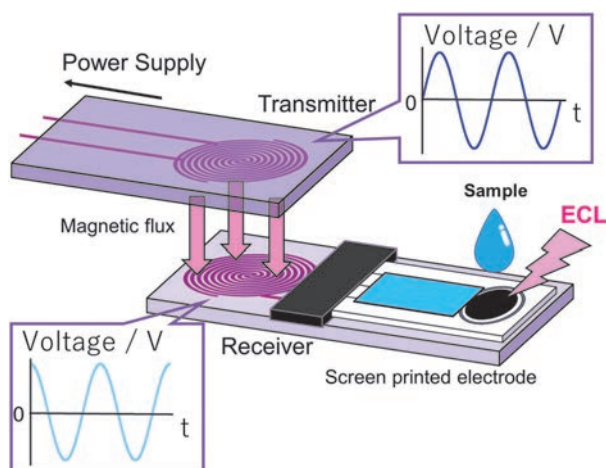


図 2 WPT を利用した電気化学発光分析デバイスの概念図

ンの検出に応用されるなど、種々の分析対象物への適用の可能性が示された¹⁰⁾。

4 おわりに

これまで報告されている分析システムで用いられている結合型のワイヤレス給電では供給できる電力伝送の空間的距離は比較的短い (約数 cm) 上、受電コイルの位置も起電力に影響するため²⁾、分析の再現性や操作の容易性には課題が残されている。2007 年に Massachusetts Institute of Technology の Marin Soljačić 氏らの研究グループが約 2 m 離れた位置に設置した 60 W の電球を点灯させた実験¹¹⁾を皮切りに、空間的な制御が可能な WPT 技術が急速に発展している。このような WPT 技術と組み合わせたユーザーフレンドリーな電気化学分析デバイスが「非接触で給電・分析」できる簡便なシステムとして幅広い分析化学分野への展開に繋がると考えられる。

文 献

- 1) 総務省：“ワイヤレス分野の技術ロードマップ (令和 2 年 1 月)”, (https://www.soumu.go.jp/main_content/000669891.pdf/), (accessed 2023. 10. 12).
- 2) 田野倉保雄編：“ワイヤレス給電のすべて 電気自動車/スマートフォンの非接触充電, エネルギー・ハーベスティング, 宇宙太陽光発電まで”, (2011), (日経エレクトロニクス).
- 3) P. Teengam, W. Siangproh, S. Tontisirin, A. Jirasereeamornkun, N. Chuaypen, P. Tangkijvanich, C. S. Henry, N. Ngamrojanavanich, O. Chailapakul : *Sens. Actuators B Chem.*, **326**, 128825 (2021).
- 4) K. Krorakai, S. Klangphukhiew, S. Kulchat, R. Patramanon : *App. Sci.*, **11**, 392 (2021).
- 5) Y. Jung, S. Shrestha, N. Lim, H. Park, N. Lim, J. Sun, J. Park, S. Parajuli, K. Shrestha, S. Kim, G. Cho : *Adv. Eng. Mater.*, **24**, 2100896 (2022).
- 6) J. Chen, Y. Mo : *ACS Cent. Sci.*, **9**, 1820 (2023).
- 7) W. Qi, J. Lai, W. Gao, S. Li, S. Hanif, G. Xu : *Anal. Chem.*, **86**, 8927 (2014).
- 8) L. Qi, Y. Xia, W. Qi, W. Gao, F. Wu, G. Xu : *Anal. Chem.*, **88**, 1123 (2016).
- 9) X. Ma, L. Qi, W. Gao, F. Yuan, Y. Xia, B. Lou, G. Xu : *Electrochim. Acta*, **308**, 20 (2019).
- 10) J. Toticaguena-Gorriño, M. Dei, A. F. Alba, N. Peřinka, L. R. Rubio, J. L. Vilas-Vilela, F. J. Campo : *ACS Sens.*, **7**, 1544 (2022).
- 11) A. Kurs, A. Karalis, R. Moffatt, J. D. Joannopoulos, P. Fisher, M. Soljačić : *Science*, **317**, 83 (2007).



高橋 史樹 (TAKAHASHI Fumiki)

信州大学理学部理学科化学コース (〒390-8621 長野県松本市旭 3-1-1)。信州大学大学院総合工学系研究科物質創成科学専攻。博士 (理学), 甲種危険物取扱者, 中学校・高等学校教諭専修免許状 (理科), 車両系建設機械運転技能者 (整地等, 解体)。《現在の研究テーマ》電気化学および電気化学発光法を利用した分析デバイス開発に関する研究。《趣味》錦鯉鑑賞, ドライブ, スキーおよびスノーボード。

E-mail : takahashi@shinshu-u.ac.jp

リチウムイオン電池のグラファイト 負極上に生成された SEI 被膜の XPS 分析と深さ方向分析

渡 邊 俊 祐

1 はじめに

リチウムイオン電池 (LIB) はモバイル機器や電気自動車など様々なところで用いられている。LIB の電池特性は、負極上に生成される SEI (solid electrolyte interphase) 被膜に大きく左右される。SEI 被膜は初回充電時に負極上に生成され、その構造や厚みが電池性能に大きな影響を与えることが知られている¹⁾。SEI 被膜は LIB の充放電に必要な不可欠なものであるが、必要以上に厚みが増すと電池性能の低下につながる。このため、LIB のさらなる性能向上には、SEI 被膜の構造を解析し、SEI 被膜を制御することが重要である。SEI 被膜は数 nm と薄いことや大気暴露で変質することから²⁾、真空中で表面分析が可能な XPS (X 線光電子分光法: X-ray photoelectron spectroscopy) での分析事例が多く報告されている³⁾。本稿では、ラボ用 HAXPES (hard X-ray photoelectron spectroscopy) である単色化 Ag L α 線と従来から使用されている単色化 Al K α 線を用いて、LIB 負極上に生成された SEI 被膜を非破壊で深さ方向に分析した事例を紹介する。また、SEI 被膜を Ar ガスクラスタライオンでスパッタエッチングし、深さ方向に分析することで、SEI 被膜の構造と厚みの解析を試みた事例も紹介する。

2 実験方法

作製したコインセル型 LIB の構成を表 1 に示す。充放電にともなう SEI 被膜の変化を調べるために、初期 (組み上げ後、充放電なし)、初回充放電、100 サイクル充放電の 3 条件の分析試料を準備した。電池の解体作業は、アルゴン雰囲気グローブボックス内 (O₂ :

表 1 作製したコインセル型の LIB

負極	天然球状黒鉛
正極	NCM523 (LiNi _{0.5} Co _{0.2} Mn _{0.3} O ₂)
負極のバインダー	CMC-Na, SBR
電解液	1M/L-LiPF ₆ +EC/DEC/EMC (1:1:1)
セパレータ	ポリオレフィン系 25 μ m

0.28 ppm, 露点: -86.8 °C) で行い、取り出したグラファイト負極表面は、電解液の成分であるジメチルカーボネート (DMC) で洗浄した後、紙テープで試料台に固定した。SEI 被膜は大気中で変質するため、エアセンシティブサンプルトランスポーターを用いて大気非暴露で XPS に試料を導入した。

XPS 装置は、KRATOS ULTRA2 (Kratos Analytical 社製、英国名 AXIS Supra) を用いた。

3 ラボ用 HAXPES (単色化 Ag L α 線) と単色化 Al K α 線を用いた SEI 被膜の測定

3.1 測定条件

測定は、試料上の同一箇所において、単色化 Al K α 線 (1486.6 eV) と単色化 Ag L α 線 (2984.2 eV) を用いて行った。従来から使用されている単色化 Al K α 線は、表面から約 10 nm の深さまで、ラボ用 HAXPES の単色化 Ag L α 線は、表面から約 20 nm までの情報が得られる。この分析深さの違いを利用して、非破壊で SEI 被膜の深さ方向の構造を考察した。また、測定時は帯電中和機構を使用した。

3.2 単色化 Al K α 線での測定結果

単色化 Al K α 線で測定した C 1s スペクトルを図 1 に示す。初期 (組み上げ後、充放電なし) では負極のグラファイトがメインとなっているが、初回充放電では、SEI 被膜の成分とみられる、C-H, C-O, COO, CO₃ が増加し、負極のグラファイトのピーク強度が減少している。100 サイクル充放電では、さらに SEI 被膜とみられる成分が増加しており、グラファイトのピークはわずかに検出される程度となった。

図 2 に、単色化 Al K α 線で測定した F 1s スペクトルを示す。初期と充放電後では大きな形状の違いが見られた。充放電後は、LiF と思われるピークがメインとなっている。

3.3 単色化 Ag L α 線での測定結果

図 3 に単色化 Ag L α 線で測定した C 1s スペクトルを示す。単色化 Al K α 線の結果と比較すると、充放電後の

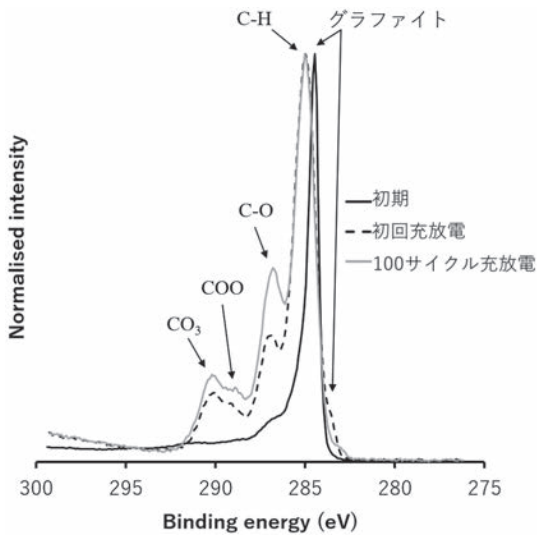


図1 充放電サイクル数の異なる LIB のグラファイト負極の C 1s スペクトル (単色化 Al K α 線)

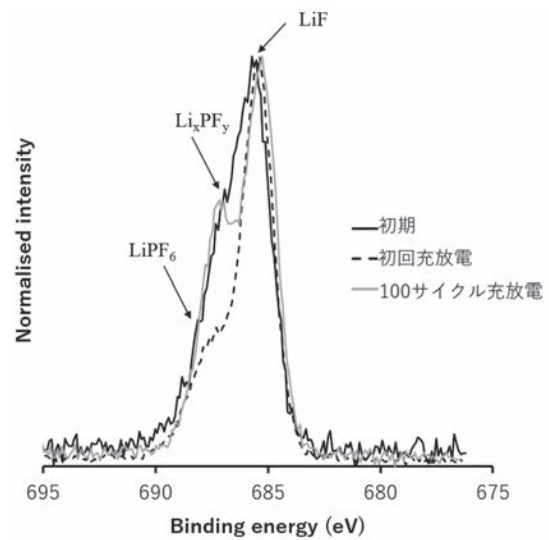


図4 充放電サイクル数の異なる LIB のグラファイト負極の F 1s スペクトル (単色化 Ag L α 線)

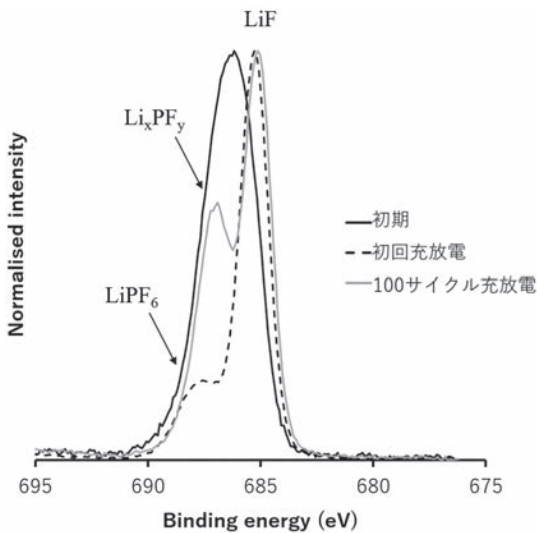


図2 充放電サイクル数の異なる LIB のグラファイト負極の F 1s スペクトル (単色化 Al K α 線)

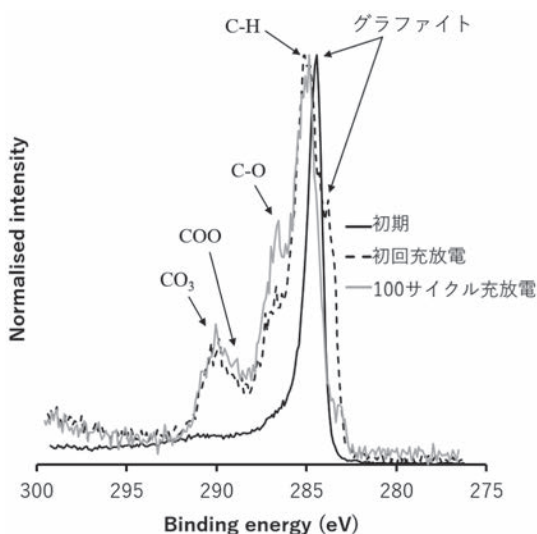


図3 充放電サイクル数の異なる LIB のグラファイト負極の C 1s スペクトル (単色化 Ag L α 線)

グラファイトのピーク強度が大きくなっていることがわかる。図4に単色化 Ag L α 線で測定した F 1s スペクトルを示す。単色化 Al K α 線の結果と同様に、初期と充放電では大きな形状の変化が見られた。

3.4 考 察

図1より、初期(組み上げ後、充放電なし)では、グラファイトのピークがメインであるが、充放電後では、SEI被膜由来と推測される成分(C-H, CO₃など)が増加して、グラファイトのピーク強度が大きく減少していることから、SEI被膜は初回充放電で負極上に生成されたと考えられる。また、初期と充放電後でグラファイトのピーク位置が異なっているのは、充放電により、グラファイトの層間にLiイオンが入り込んだためであると考えられる⁴⁾。充放電にともなうSEI被膜の増減を確認するため、負極のグラファイトに対する、SEI被膜とみられる成分の比率をグラフにした。グラファイト、C-H, C-O, C=O, COO, Shake-up(不飽和結合による $\pi-\pi^*$ 遷移由来), Li₂CO₃はC 1sの波形分離から、LiFはF 1sの波形分離から定量値を求めて、グラファイトに対する各成分の比率を算出した。図5に単色化 Al K α 線の測定結果から比率を算出したものを示す。充放電回数の増加とともに、ほとんどの成分が増加傾向であるのに対し、LiFは初回充放電から100サイクル充放電で減少していることがわかった。図5と同様に、単色化 Ag L α 線による測定結果から、負極のグラファイトに対する各成分の比率をグラフにしたものを図6に示す。充放電回数が増えるに従い、すべての成分の比率が増加していることがわかった。図5と6の結果より、SEI被膜とみられる成分は充放電を繰り返すことにより、増加することが示唆された。また、分析深さの異なる2種類のX線を用いた測定結果の比較により、SEI被膜の成分

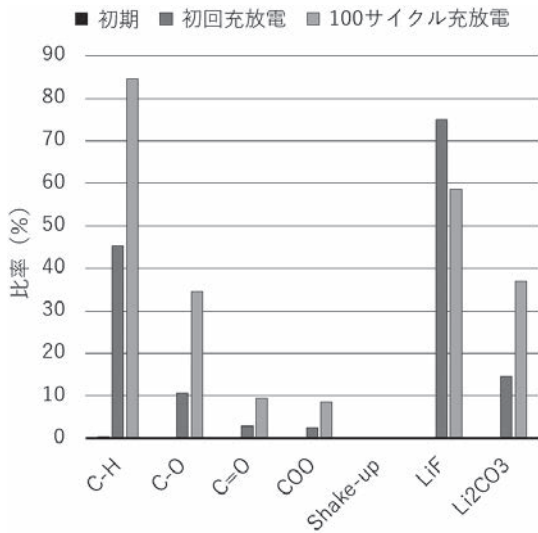


図5 グラファイト成分に対するSEI被膜成分の比率の変化 (単色化 Al K α 線)

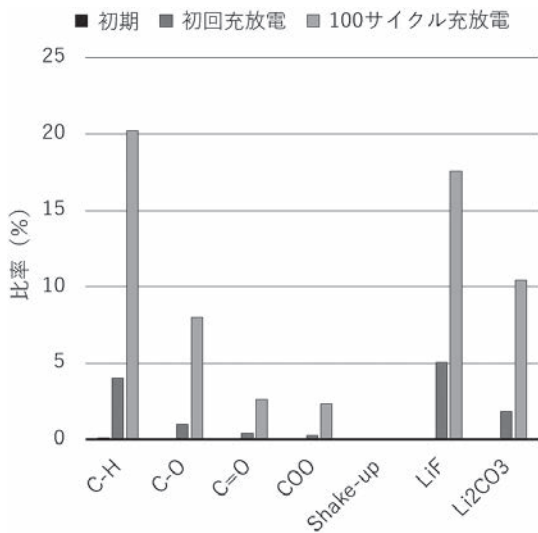


図6 グラファイト成分に対するSEI被膜成分の比率の変化 (単色化 Ag L α 線)

とみられる LiF は、Li₂CO₃ よりも内部 (グラファイトに近いところ) で多くなっていると推測される。

4 Ar ガスクラスターイオンによる SEI 被膜の XPS 深さ方向分析

4.1 測定条件

作製した試料のうち、100 サイクルの充放電を行った LIB のグラファイト負極を Ar ガスクラスターイオンでスパッタエッチングし、深さ方向分析を行った。Ar ガスクラスターイオンは、無機物である SiO₂ のスパッタエッチングが可能かつ、有機物への損傷が少ない、加速電圧 10 kV、クラスターサイズ 500 を用いた。また、スパッタエッチングは SiO₂ 換算で約 25 nm まで実施し、1 回にスパッタエッチングする深さとスパッタエッチングの回数は、表 2 の通りとした。XPS 測定は、単色化

表 2 1 回あたりのスパッタエッチング深さとスパッタエッチングの回数

SiO ₂ 換算 (nm)	エッチング回数
約 0.1	30
約 1.0	10
約 2.0	5

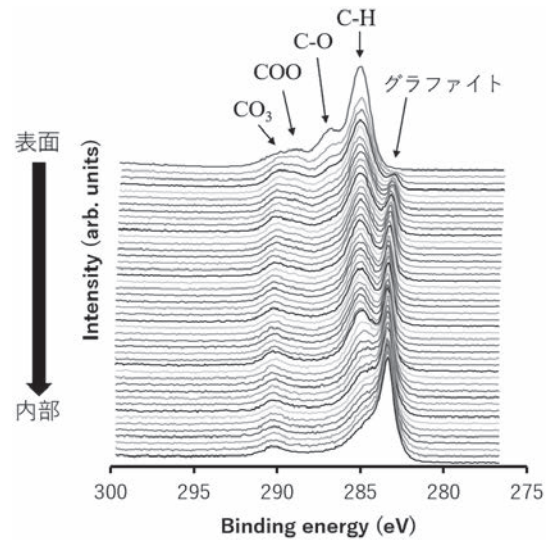


図7 Ar ガスクラスターイオン (10 kV Ar₅₀₀⁺) の深さ方向分析による C 1s スペクトル形状の変化

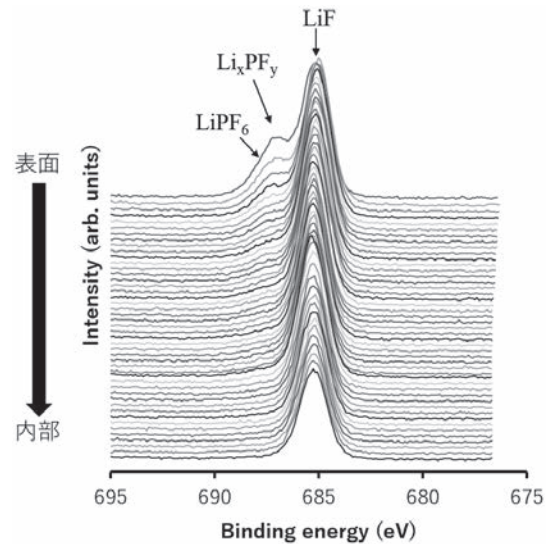


図8 Ar ガスクラスターイオン (10 kV Ar₅₀₀⁺) の深さ方向分析による F 1s スペクトル形状の変化

Al K α 線 (1486.6 eV) と帯電中和機構を使用した。

図 7 に深さ方向分析で得られた C 1s スペクトルの重ね書きを示す。エッチングするにつれて、SEI 被膜の成分とみられる C-H (285.0 eV), C-O (286.7 eV), COO (288.9 eV), CO₃ (290.1 eV) のピークが減少し、負極のグラファイトの層間に Li イオンが入り込んだと思われるピーク (283 eV) が確認された。

図8に深さ方向で得られたF 1sスペクトルの重ね描きを示す。電解液の成分とみられるLiPF₆とLi_xPF_yは、数回のエッチングで無くなり、内部ではLiFのピークのみが確認された。

4.2 Depth Profile

図9に深さ方向分析で得られた元素別のDepth profileを示す。試料内部に進むにつれて、F, Oが減少し、Liが増加している。図10にC 1sの波形分離から算出した、化学結合状態別のDepth profileを示す。図中の点線①はC-Hのプロファイルの上部プラトー、②は下部プラトー、③は①と②の濃度50%位置、④は③とC-Hのプロファイルの交点でのSiO₂換算の深さを示している。このようにして、SEI被膜の有機層の厚みをC-Hのプロファイルから見積もった結果、表面から約

3 nmであると推測された。

図11にC 1sの波形分離から算出したLi₂CO₃のDepth profileを示す。グラフより、Li₂CO₃は表面から約5 nmの深さまで分布していると推測される。図12にF 1sの波形分離から算出したLiFのDepth profileを示す。グラフより、LiFは表面から約7 nmの深さまで分布していると推測される。

4.3 考察

図13にAr ガスクラスターイオンのDepth profileから推測されるSEI被膜の構造と厚みを示す。LIBのグラファイト負極上に形成されたSEI被膜は、表面が有機成分で覆われており、その下に無機成分のLi₂CO₃とLiFが存在すると推定される。また、Li₂CO₃はLiFよりも表面側に多く存在することが示唆された。これは、同一

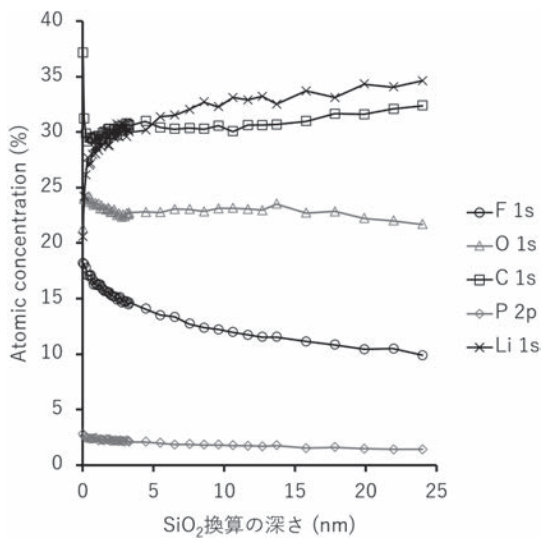


図9 Ar ガスクラスターイオン (10 kV Ar₅₀₀⁺) を用いた元素別のDepth Profile

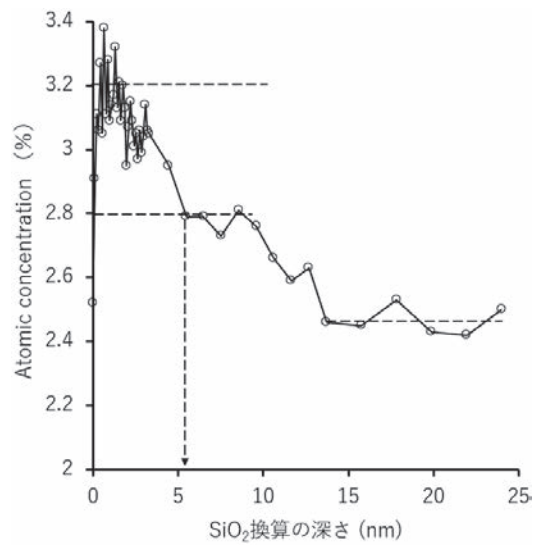


図11 Ar ガスクラスターイオン (10 kV Ar₅₀₀⁺) を用いたLi₂CO₃のDepth Profile

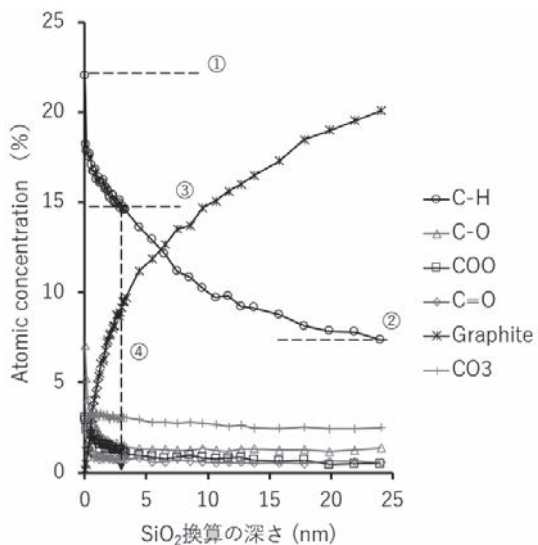


図10 Ar ガスクラスターイオン (10 kV Ar₅₀₀⁺) を用いたC 1s化学結合状態別のDepth Profile

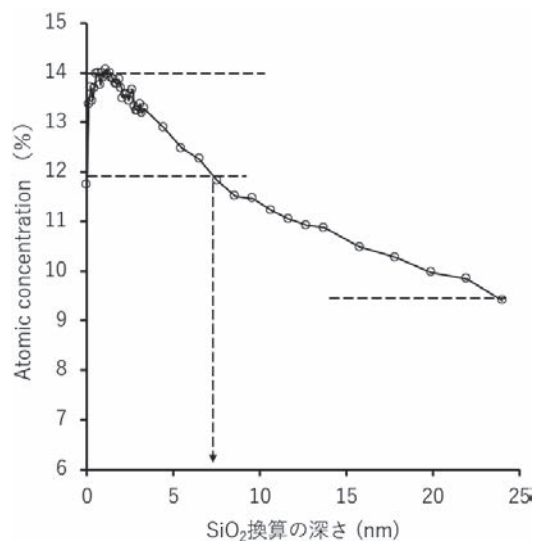


図12 Ar ガスクラスターイオン (10 kV Ar₅₀₀⁺) を用いたLiFのDepth Profile

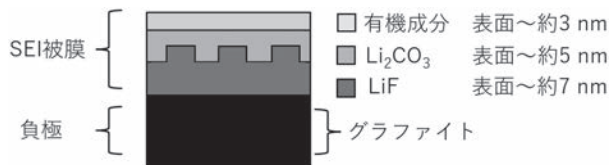


図 13 Ar ガスクラスターイオンを用いた深さ方向分析の結果から推測される SEI 被膜の構造と厚み

試料を分析深さの異なる 2 種類の線源 (Al K α 線と Ag L α 線) を用いて非破壊で深さ方向に分析した結果とよく一致している。このことから、Ar ガスクラスターイオンによる SEI 被膜の深さ方向分析の結果は、妥当であると考えられる。

5 ま と め

XPS でグラファイト負極上に生成された SEI 被膜を分析した事例を紹介した。XPS のオプションであるラボ用 HAXPES の単色化 Ag L α 線や Ar ガスクラスターイオンを用いることで、SEI 被膜の構造や厚みを算出することが可能である。本内容が、LIB の分析に携わる方々の参考になれば幸いである。

謝辞 分析した試料は、株式会社ダイネンマテリアルよりご提供頂きました。感謝申し上げます。

文 献

- 1) 安部浩司：FB テクニカルニュース, **75**, 1 (2019).
- 2) 吉野彰：ぶんせき (*Bunseki*), **2013**, 580.
- 3) H. Zhang, D. Wang, C. Shen : *Appl. Surf. Sci.*, **507**, 145059 (2020).
- 4) H. Zhang, Y. Yang, D. Ren, L. Wang, X. He : *Energy Storage Mater.*, **36**, 147 (2021)

本稿は、表面分析研究会が発行する Journal of Surface Analysis に投稿した以下の二つを編集して作成したものである。

- [1] 渡邊俊祐： *J. Surf. Anal.*, **29**, 2, 111 (2022).
 [2] 渡邊俊祐： *J. Surf. Anal.*, **30**, 1, 44 (2023).



渡邊 俊祐 (WATANABE Shunsuke)

株式会社島津製作所分析計測事業部 Solutions COE (〒604-8511 京都市中京区西ノ京桑原町1). 奈良先端科学技術大学院大学物質創成科学研究科博士前期課程修了。《現在の研究テーマ》XPS のアプリケーション開発 (主に LIB 関連)。《趣味》ランニング。

E-mail : w-shun@shimadzu.co.jp

会社ホームページ URL :

<https://www.an.shimadzu.co.jp/>

関連製品ページ URL :

<https://www.kratos.com/>

●——パラ水素誘起偏極法を用いた NMR による アミノ酸の高感度キラル分析

D-アミノ酸はこれまで生物学的に重要視されてこなかったが、生体内での役割や疾病との関連性が明らかになるにつれ、近年大きな関心を集めている。さらに、特定の疾患においては D-アミノ酸の含有量を臨床診断に応用できる可能性が示唆されており、様々な D-アミノ酸分析法が開発されている¹⁾。優れた分析技術が報告されている一方で、分析時間や煩雑な操作などに課題があり、簡便な D-アミノ酸分析技術が今日求められている。

このような背景のもと、Tessari らはパラ水素誘起偏極 (parahydrogen-induced polarization, PHIP) 法を用いた NMR 分析技術を開発し、簡便かつ高感度に D-および L-アミノ酸の識別および定量分析が可能であることを実証した²⁾。なお、PHIP 法はパラ水素 (構成する 2 個の水素原子核のスピンの向きが互いに逆向きになった水素分子) を活用した NMR における高感度化の手法である³⁾。

鍵となる化合物はイリジウム錯体である。このイリジウム錯体は二原子の水素を有する水素化物であり、パラ水素の存在下では交換が生じ、高感度化をもたらす。また、系内にキラル配位子である (S)-ニコチンを加えることで、キラル錯体が可逆的に構築される。分析対象であるアミノ酸はアミノ基とカルボキシル基の部分でイリジウムに二座配位する。この際、(S)-ニコチンが配位しているため、D-アミノ酸から得られる錯体と L-アミノ酸のそれはジアステレオマーとなるため、識別が可能になる。

著者らは初めに、単一のアミノ酸を用い、ヒスチジン、メチオニン、システイン以外の 16 のタンパク質構成アミノ酸について、D-体と L-体のシグナルが明瞭に区別できることを証明した。次に、これら 16 種のアミノ酸が混在したサンプルに対しても、2 次元 NMR 測定を利用することで分離精製等を行うことなくキラル識別できることを明らかにした。また、積分値を用いることで D-体と L-体のそれぞれの濃度および組成比を定量化できることを実証した。さらに、本手法をコーヒーや尿中に含まれる D-アミノ酸分析に応用し、高感度であること、夾雑物等が存在しても利用できることを実験的に証明した。

本分析技術は、イリジウム錯体の分子設計により多種多様な化合物の定量分析に適用可能である。感度に優れ、複雑な混合物に対しても分離精製が不要であるという特徴を活かし、臨床分析を初めとする様々な分析対象

に今後応用されることが大いに期待される。

- 1) C. Ishii, A. Furusho, C. L. Hsieh, K. Hamase : *Chromatography*, **41**, 1 (2020).
- 2) L. Dreisewerd, R. L. E. G. Aspers, M. C. Feiters, F. P. J. T. Rutjes, M. Tessari : *J. Am. Chem. Soc.*, **145**, 1518 (2023).
- 3) R. Fraser, F. P. J. T. Rutjes, M. C. Feiters, M. Tessari : *Acc. Chem. Res.*, **55**, 1832 (2022).

〔旭川工業高等専門学校 塚井 亮介〕

●——共有結合性有機フレームワークの設計と 環境分析への応用

共有結合を介して有機リンカーユニットで構築された共有結合性有機フレームワーク (covalent organic framework, COF) は、高い安定性、利用しやすい機能性、構造の高い自由度などの特性により、吸着材や蛍光センシング等を用いた環境分析において有望なものとなっている。

環境中の分析物は常に微量であり、複雑なマトリックスや構造類似体からの干渉を受けることが想定される。そのため、分析システムには高い感度や選択性を求められる。COF は構造の自由度が高いため、用途に合わせた COF をデザインすることで蛍光や高い吸着能力や選択性等の特性を付加すること様々な分析対象物への応用が可能になる (図 1)。

Cheng らはウランの固相抽出のための吸着材として COF を用いた際、ポリアリールエーテルをベースとした COF にウランと特異的な結合性と配位パターンを示す開鎖アミドキシム官能基を導入することで、妨害物質であるバナジウムに対するウランの選択的吸着能力を向上させた¹⁾。天然海水中のウランに対する吸着容量は 5.12 mg/g に達し、これはバナジウムに対する吸着容量の 1.61 倍であった。

蛍光体として COF を用いる際に、Vanessa らは、トリホルミルグルシノール (Tp) とベンジジン (BD) にメ

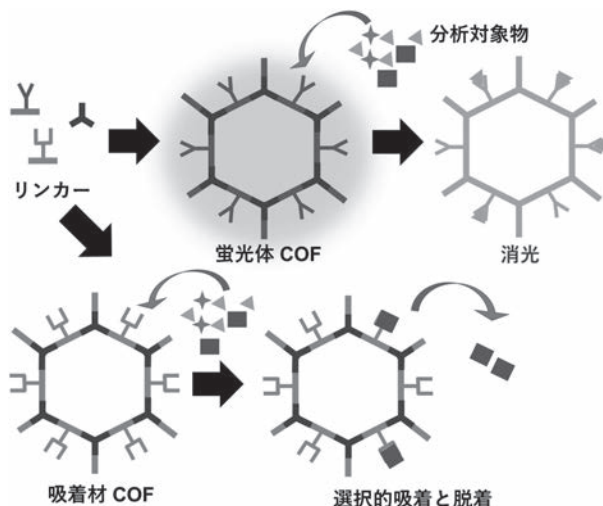


図 1 COF のデザインにおける分析への応用の概念図

チル基 (Me) を導入した TpBD-Me₂COF を調製し、細孔径と官能基の変性を利用した抽出手順により、内分泌かく乱作用を持った合成ムスクである 1,3,4,6,7,8-ヘキサヒドロ-4,6,6,7,8-ヘキサメチル-シクロペンター(γ)-2-ベンゾピラン (HHCB), と 7-アセチル-1,1,3,4,4,6-ヘキサメチルテトラリン (AHTN) の蛍光測定に固有の選択性を持たせた²⁾。両分析物について吸着率は 91.2~97.8 % を示し、検出限界 (LOD) は、AHTN と HHCB についてそれぞれ 0.082 μg L⁻¹ と 0.070 μg L⁻¹ であった。回収率は 90.4~101.2 %, 相対標準偏差は 5.8 % であった。この結果は、適切な官能基を導

入した COF が蛍光検出と組み合わせて多環式香料の選択性に大きな能力を発揮することを示唆する。

分析化学への COF の応用については、今後、合成化学、トポロジカルデザイン、材料化学の進歩により、2D から 3D へ、単一細孔から階層細孔等、COF の構造の自由度は大きく進化しており、それに合わせて、環境分析における COF の性能が向上していくと考えられる。

- 1) G. Cheng, A. Zhang, Z. Zhao, Z. Chai, B. Hu, B. Han, Y. Ai, X. Wang : *Sci. Bull.*, **66**, 1994 (2021).
- 2) V. Romero, I. Lavilla, A. Álvarez, C. Bendicho, B. Espiña, L. M. Salonen : *Anal. Chim. Acta*, **1191**, 339293 (2022).

〔三重大学 立石 一希〕

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]

こんにちは



株式会社島津製作所 Shimadzu Tokyo Innovation Plaza を訪ねて

〈はじめに〉

早くも猛暑となった2023年7月中旬の午後、株式会社島津製作所の新拠点 Shimadzu Tokyo Innovation Plaza（以下 STIP；写真1）を取材させて頂いた。STIPは、川崎市川崎区が多摩川河口のそば、首都高大師JCT近くの「殿町国際戦略拠点 キングスカイフロント」に位置する4階建て、総面積約10000 m²の建物で、開所式からまだ半年という最新の開発拠点である。今回は編集委員2名（市場・橋本）のほか、関東支部ぶんせき編集委員のオルガノ高橋さん、同行の武田さんの計4名で訪問し、島津製作所殿町事業所の粉川良平様と、分析計測事業部 Solutions COE 副センター長の平岡敬朗様にご案内頂き、STIPの設立経緯・業務内容を伺うとともに、実験室など建物の中ほぼすべてを見学させて頂いた。

〈沿革・組織・活動〉

島津製作所は1875年に京都で創業した150年近くの歴史を持つ会社であり、多くの分析機器を上市していることや、2002年ノーベル化学賞を受賞した田中耕一先

生が在籍していることでも有名である。創業以来、理化学器械の輸入・製造を行い、“なんでも制作します”という精神を発揮し、蓄電池、レントゲン装置、分光器、てんびん天秤、ガスクロマトグラフ等様々な機器の製作を始め、現在に至っている（これらの歴史は1Fの入口付近に博物館的に展示）。我々には分析機器メーカーのイメージが圧倒的であるが、事業規模としての分析機器は全体の2/3程で、残り1/3は医療用機器、産業機器、航空機器と多様である。これらの部門について、京都・秦野・神田の開発拠点で行っていた先端分析手法開発・顧客への技術サポート・社外連携機能を集約したSTIPは、「魅せて、繋げる Innovation Plaza」という新しいコンセプトのもと、これまでの機器種別による縦割りではなく、利用者の目線から見た装置横断的なショールームを目指している。立地にもこだわりがあり、自動車工場跡地の40 haを再開発した「キングスカイフロント」に入居している川崎市生命科学・環境研究センターやナノ医療イノベーションセンター・国立医薬品食品研究所などライフサイエンスにかかわる多数の研究機関との連携と共に、羽田空港に近い（多摩川を挟んですぐ、第3ターミナルからタクシーで5分位）特徴を生かして、海外からのみならず日本各地（特に東京に飛行機で行くことが前提となる地方都市）からの利便性を図っている。開所半年ですでに3500人ほどの利用者がいるとのことであった。

〈研究所見学を通して〉

最初に2Fの会議室で会社概要やSTIPの設立経緯・事業内容について説明を受けた後、四つのフロアのほぼすべてを見学させて頂いた。以下、当日の見学順通り2F→3F→4F→1Fの順に紹介する。

【2F】 STIPには全部で四つのLabがあり、2FにはそのうちのHealthcare Science Lab. およびOptics Science Lab. があった。Healthcare Science Lab. にはLC（液体クロマトグラフ）を中心とする最新機器が約30台、



写真1 Shimadzu Tokyo Innovation Plaza (STIP) 外観



写真2 ショールームの様な Healthcare Science Laboratory

ゆったりと背中合わせに配置されていた。裏側同士の間は1 m 近い空間があり、ここに配管・配線が集約されているため変更やメンテナンスが容易である。また隣接する前処理室や廊下を隔てる壁はガラス張りで、背の高い棚もなく、非常に開放的な雰囲気であった。Optics Science Lab. (写真2) にはFT-IR, EDX, ICPなどの多数の汎用機器が同じくオープンな環境でまとめて配置されていた。さらに共同研究実験室が3室、BSL-2レベルの実験室も別途用意されており、多様な目的に応じた設備の充実ぶりは目を見張るものであった。

【3F】 Green Science Lab. とオフィスがあった。Green Science Lab. には主にガスクロマトグラフ (GC) が設置されていた。こちらも2F同様、フィンガー型の曲線を多用した実験台の両側に多数のGCが配置され、その裏側は1 m 程度の間隔があり、共用ガスの配管や電気配線が中心の柱から水平に伸びていた (写真3)。共用ガスは7種類 (アルゴン、窒素、ヘリウム、空気、水素、メタン、イソブタン) あり、フロアごとに集中管理した高圧ガス室から配管が伸びているのは大変興味深かった。排気についても柱付近に設置されている排気口に配管を挿せば外部へ排気できるようになっており、すっきりとしながらも作業者の安全をとっても考えているように感じた。また、LCとGCでフロアを分けたのはLCからのコンタミを避けるためだそう。VOC (揮発性有機成分) を徹底的に除去して測定精度を高めるため、最大のVOC発生源である床材をVOCの無いリノリウムにしているとも聞き、そのこだわりに感動さえ覚えた。

オフィスはフリーアドレス制で、個室ブースや島式、カウンター型など様々なタイプがあるのは一般的かもしれないが、所員数の倍以上の席数を確保し、結果的に固定席になることを防ぎつつ、その日の気分による席替えに対応しているという余裕は普通ではないと感じた。

【4F】 中央の階段を上ると球体 (Globe) の外壁が見え、



写真3 メンテナンスのし易さまで考えられた実験台
奥から、平岡氏、粉川氏、橋本委員

そこにレーザー光線によるアニメーションが常時投影されていた。Globeは島津製作所のグローバルな事業や地球環境への貢献を象徴するほか、創業者の島津源蔵が明治10年に成功させた日本初の有人水素気球の飛揚にも着想しているそうである。Globeの内側はICHIHANA (一端) ホールといい、円筒形の中に30名程度が座って会議ができるほか、動画撮影用スタジオとして、床や壁の色、防音や反響が工夫されていた。その向かいにはメインホールがあり、186名がゆったり座れるように座席が階段状に配置されていた (写真4)。座席間にある広々とした棚では荷物を入れたり棚上にPCなどを広げたりでき、モバイル機器の充電ができるコンセントも設置されている。正面には136インチの自発光式大型モニターが3台あり、画面裏から日光が差込む状況でもはっきりと画面が見えるのには感心した。また、天井には会場内の様子やモニター画面を撮影できるカメラがあり、会場外とのリモート中継にも対応している。ホールは1:2の比率で仕切れるようにパーティションも設置しており、2会場の同時開催も可能である。隣にはポスター発表可能なラウンジがあり、椅子や机、バーカウンターもあって、懇親会の開催が大変便利になっている。隣接していくつかある応接室の一つには、立礼でのお茶席に備えて和風の内装と可動式のお茶棚が設えてあるのが京都の企業らしくて素敵であった (写真5)。



写真4 メインホールの座席



写真5 お茶室の様子

【1F】 STIP 全体に全部で四つ存在する Lab. の一つ、Material Science Lab. は、天井まで 5 m の高さがあり、とても広々とした空間であった。ここでは材料の強度や性質を測る装置がまとめてあり、中央に X 線を使用する CT 装置、その横に熱分析装置や粉粒体の試験機等があり、窓際には硬度計や引張試験機などの材料評価試験機が配置されていた。床は大型装置の為に 5 t/m^2 の重量に耐えられる設計になっており、窓際にあるいくつかの装置の床は振動が周りに伝わらないよう、あるいは周囲の影響を受けないよう、基礎が縁切り（四方に溝を切って独立した基礎にすること）されていた。印象的だったのは、多数の装置の脇に付属品も実際の使用イメージを模して展示のように収納されていた（写真 6）ことだ。特に引張試験機に使う様々な形の治具を収めた棚は、実機使用時を模した高い位置に 10 kg 近い重量の治具を固定するためのウインチを内蔵するという凝りようであった。

一方、奥側の電子線プローブマイクロアナライザ（EPMA）装置では、付近の東海道貨物線を電気機関車等の鉄の塊が通過することにより変動する外部磁場を遮蔽するため、高透磁率のパーマロイを 10 t 使用し二重に部屋を覆った磁気シールドルーム（株オータマ製）は圧



写真 6 展示の様に収納された治具



写真 7 パーマロイを張り巡らせた磁気シールドルーム

巻であった（写真 7）。ここでも前処理室は装置の近傍にオープンな形で配置され、前処理の過程も共有できるようにになっていた。

さらに大変印象的だったのは、排水管理を常時モニタリングする TOC 測定装置が展示されていることであった。STIP では雨水・トイレ排水と実験排水の系統は完全に分かれており、その実験排水について、川崎市基準よりも十分に低く定めた管理濃度を満たしているか、排水タンク内の TOC をリアルタイム計測して所内の誰もがわかるように表示されていた。もし、基準を超える結果が検出された際には、警報装置が鳴動するとともに下水への排水を中止し緊急事態用のタンクに排水を移送するようになっていて、周囲への影響を止めると共に原因追及を容易にしているそうである。

最後に、階段で 2F に戻ったが、その途中の踊り場（高さ 3 m）からは Material Science Lab 全体が見渡せるようになっていて、とても開放感にあふれていた。

〈おわりに〉

13 時過ぎにお邪魔し、40 分程の説明の後に各フロアを見学するとあっという間に夕方になっていた。パンフレットにあった「魅せて、繋げる」のコンセプトどおり、訪問してそのきれいさ、開放感、充実した環境に圧倒された見学であった。開発拠点として多くの最新の装置をベストな環境で実働させながら、それを外からもすべて見えるようにすることで、活きたショールームとしての機能を兼ね備えている点に感銘を受けた。また 4 階の会議施設は 200 人規模の国内/国際会議の会場として何もかもが理想的と感じた。ここで日本分析化学会の何らかの分科会を開催すれば、成功間違いないように思う（特に若手の会なんていかがでしょうか?）。

STIP の内壁の大部分がガラス張りであることは、中で働いている皆さんの意識にも影響するであろう。研究活動の幅を広げるにあたり「どこで何をしているかが何となく分かる関係」というのは大変重要である。STIP 内で働いている所員の皆様にとっても、建物・設備が持つ開放的な雰囲気あるいは立地による周囲の研究所との物理的な近さにより、専門の垣根を超えた交流が自然と生まれる自由闊達な雰囲気が醸成され、イノベーションの源がこれまで以上に生まれる理想的な環境であると感じられた。

最後になりましたが、ご多忙の中長時間にわたり案内を引き受けて下さいました粉川様、平岡副センター長に改めてこの場を借りて厚く御礼申し上げます。

〔上智大学理工学部 橋本 剛〕
〔ライオン株式会社 市場有子〕



先んずる者として

あけましておめでとうございます。大阪公立大学の末吉健志先生からバトンを託されました。立教大学の佐々木直樹と申します。私は生まれも育ちも北海道で、そのうち高校の3年間は寮生活でした。私が入学した1995年当時、高1寮の寝室は100人部屋と呼ばれ、大部屋に二段ベッドが50台並んでいました。一人になれるのはトイレの個室だけです。極めて特殊な、しかし毎日が修学旅行状態のとても楽しい環境でした。分析化学という分野を知ったのもこの頃で、高校の化学の先生が「化学を学ぶなら分析化学の研究室を選べ」と仰っていました。ただ、その後に「有機はキツイ。分析はマシンタイムだけ行けば良いから楽だぞ。」と続くのですが…

さて、私が所属する立教大学理学部化学科では、他大学と一線を画すと思われる教育上の取り組みがありますので、まずはそれらを紹介したいと思います。

1つ目は「レポート面接」(通称レポ面)です。学生実験のレポートというと、私が学生の頃はABCなどの評価のみが記されて返ってくるものであったように思います。この場合、自分のレポートがなぜその評価なのかを知るすべはありません。一方、当学科の学生実験では、レポートを提出するごとにレポ面が設定され、学生へのフィードバックの機会が設けられます。私のレポ面では、個人面接を一人当たり15分かけて行います。これによって、レポートの内容を学生がどの程度理解しているかが明らかになります。たとえレポートのページ数が多くても、内容を理解できていない学生は、すぐに答えに詰まります。逆に、内容をよく理解している学生には、そのことを褒めつつ、より高度な(その場で答えられないレベルの)質問をします。つまり、下にも上にも合わせる指導をするわけです。こうして新たな宿題を抱えた学生は、期日までに再レポートを作成して提出することが求められます。教員の負担は決して軽くありません(というか大変です)が、学生が自ら調べ深く考える姿勢を身につける良い機会となっています。

二つ目は「研究実験」です。当学科では研究実験を履修することで、3年生の春から研究室で研究に取り組むことができます。研究室にもよりますが、実質的に2年かけて卒業研究に取り組めることとなります。時間的な余裕が生まれますので、学部生のうちに学会発表や論文執筆の機会を得やすくなります。

さて、レポ面は学生と1対1で話す良い機会でもあります。1・2年生に「あなたは将来どうしたいのか」と問いかけると、「わからない」と答える学生が一定数います。そう答える理由の一つとして、高校化学と大学化学との違いがあるようです。前任校で熱力学の講義を担当していましたが、毎年必ず「先生これ物理じゃないですか」と言ってくる学生がいました。現任校では機器分析を主に担当していますが、やはり物理化学的な内容になると、苦手意識を持つ学生が増えるように感じます。授業内容がわからないので、自分が成長しているという実感もなく、将来も見えないのかもしれない。

我々大学教員は、将来に迷える学生をどのように導いていくべきでしょうか。分析化学の研究室であれば、研究室教育がキャリア教育にもなると思います。ご存知のように、分析化学は企業や社会との接点が多い分野です。分析機器のメーカーは数多く存在しますし、卒業研究において社会的課題の解決を意識したテーマが設定されることも多いと思います。学生には、しっかりと研究に取り組み、学会発表等を通して社会と将来に目を向け、自らの道を見つけてほしいと切に願っています。

私の研究室には、2枚の絵を飾っています(図)。主題は、左は錬金術師、右は善き羊飼いです。化学の先駆者として、かつ学生の先導者として、今年もしっかりと歩んでいこうと思います。



図 研究室に飾られている絵(もちろん複製)

次号の執筆者は、東京電機大学の武政誠先生にお願いしました。理研時代の同僚であり、糖鎖の1分子解析から食品の3Dプリントに至るまで、挑戦的で将来性の高いテーマに取り組まれてきています。

[立教大学理学部化学科 佐々木 直樹]

JASIS 2023 見聞録

(Japan Analytical & Scientific Instruments Show)

「『測る』が支える未来の社会」のサブタイトルのもと、最先端科学・分析システム&ソリューション展「JASIS 2023」は、2023年9月6日(水)~8日(金)の3日間、幕張メッセ(千葉市美浜区)で開催されました(写真1)。

筆者は7日の午前におおよそ全体の展示を巡って営業担当者との打合せを済ませ、14時から他の編集委員2名と共にJAIMA本部のJASIS委員会 生野朗委員長、技術委員会 杉沢寿志委員長、長谷川武義事務局長とHall5の1Fにある本部会議室にて取材を致しました。

2012年にJASISの名称になってから12年目を迎えた本展示会は、日本分析機器工業会(JAIMA)と日本科学機器協会(JSIA)が主催する日本最大規模の分析機器・科学機器の展示会であり、本展示会を目安に新製品を発表する企業も多いそうです。JASISの歴史については昨年の見聞録(「ぶんせき」2022年11月号掲載)に詳細がございますのでそちらの記事を是非ご参照下さい。

本年度の出展社数は345社、小間数は1,096小間と、昨年度に比べそれぞれ7%、11%ほど増えて入るものの、コロナ禍前の478社(2019年)に比べると依然回復途上だそうです。これは出展締切時にまだコロナの扱いが5類移行前で、状況が読めなく躊躇する企業もあったためと考察しているそうです。

参加者数は2019年までは例年23,000~24,000人程度でしたが、2020年はコロナ禍の影響で7,299人となり、その後2021年は8,490人、昨年2022年は12,465人と堅調に回復し、今回は20,000人を目標としているとのこと。取材時点の初日来場者速報値が約6,600人と目標通りでありましたが、8日に接近した台風による大雨の影響もあり、最終的には合計16,115人となったそうです(会期中途中で中止が危惧されましたが、実際はほぼすべてのプログラムが予定通りに実施されました)。



写真1 JASIS 2023 展示会場の様子

コロナ対策の制限がほぼ完全に撤廃されて初となる今回の開催にあたり、前回JASIS 2022来場者のアンケートをキーワード解析した結果、JASISの魅力は「直接の会話」「実機に触れられる」という言葉が浮かび上がってきたということです。そこでJASIS 2023では『Come Touch JASIS』を合言葉とし、『見て・触って・実感・体験』ができるように、出展される企業に出来るだけ実物の展示と説明員の数を増やすようお願いしたそうです。実際、見学したほとんどのブースで実物(や模型)等立体物の展示があり、バーチャルではできないことに各社力を入れていることを実感しました。

展示会場はHall4~Hall6の3ホール分で、コロナ前に最大5ホール使用していた時よりは狭めですが、全部を見て回るには十分な広さでした。休憩スペースも最小限にして、びっしりと各ブースを配置し「にぎわい」感を演出したそうです。各企業ブースのレイアウトもよく考えられており、集客力がある大きな企業ブースやアンケートコーナー、JASISスクエアを一番奥に配置し、できるだけ多くの人が回遊して多くの展示に「気づく」ことができるように、また小規模の出展や初めての出展社が疎外感を味わうことが少ないように工夫されていると筆者は感じました。

本部企画としては、①トピックスセミナー、②新技術説明会、③WebExpo、④JASISスクエアの四つがあり、取材ではそれぞれについて詳細な説明を下さいました。

①のトピックスセミナーは「ライフサイエンス」「先端材料」「環境」「DX(デジタルトランスフォーメーション)」「食品」「教育」の六つのテーマに関する19の講演が開かれました。中でも最も参加者の多かった初日朝一番の「日本薬局方セミナー」(登録者数355名)と、最終日の「世界に広がる化学物質規制の最新動向(PFAS)」(登録者数321名)は、早い段階で事前予約は満席、当日はキャンセルを待つ人の列が出来ていました(写真2)。



写真2 トピックスセミナー会場前の様子

②の新技术説明会は 69 社 261 テーマの発表がありました。今年は例年会場としている隣接のホテルは使用せず、展示会場から 2 階の屋内連絡通路で濡れずに行ける国際会議棟の 1~3 階の会議室を会場としていました。これは展示会場との一体感および待機列のスペース確保を考えてのことだそうで、特に 8 日（金）の大雨下では威力を発揮したと思います（ただし来年は発表件数が増えそうで、再びホテル等を使用する可能性がある、とのことです）。新技术説明会では各分野の最新情報の紹介も勿論ですが、「いまさら聞けない〜」シリーズなど新人やこの分野に初めて取り組む人のための講座が特に人気だそうで、会社の若手参加者も多い大規模展示会ならではの魅力だと思いました。JASIS 本部としては JASIS の教育的側面を今後さらに重視していきたいようで、参加者の裾野を広げる試みとしてはとても有用に感じました。

③の WebExpo は今年も会期前から 11 月末まで開催され、会場に来られない方や見逃した方々のニーズを補完しています。WebExpo はコロナ禍前から行われていた試みであり、昨年よりアクセスが減っているものの今後も続けていくそうです。

④の JASIS スクエアについては、事務局本部での説明後現地で見学させて頂きました。JASIS スクエアは海外の関係団体が参加する International organization area や国内の研究機関・学協会コーナーのほか、ラボ DX 展示コーナーやヒトゲノム特別企画コーナー、ステージエリアで構成されていて、その一通りを見て回りました。特に DX 展示コーナーでは各メーカーからの機器の出力結果を表現する国際統一フォーマットの作成が進んでおり、これは人間に対するユーザインターフェイス（UI）の問題だけではなく、近い将来実現が見込まれるロボットによる自動実験/測定への対応を考えてとのこと（写真 3）。ロボットによる実験のオートメーション化の展示は今回いくつかあってどれも非常に多くの方が見学しており、新しい時代の研究のあり方を考えられました。一般の企業ブースを見てもコロナ禍前に比べると、「前処理の自動化」の実機展示が多くなったように思います（写真 4~6）。また 2003 年に完了し

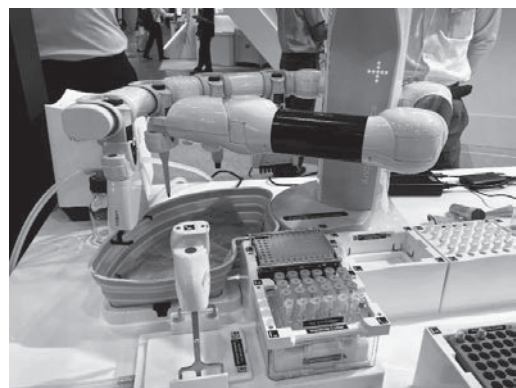
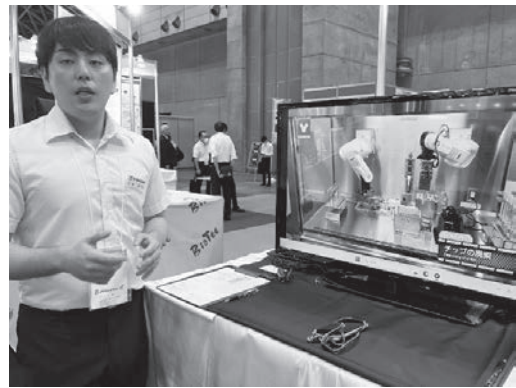


写真 4（上）前処理自動化の説明の様子
 写真 5（中）前処理自動化の展示
 写真 6（下）ロボットアームによる実演

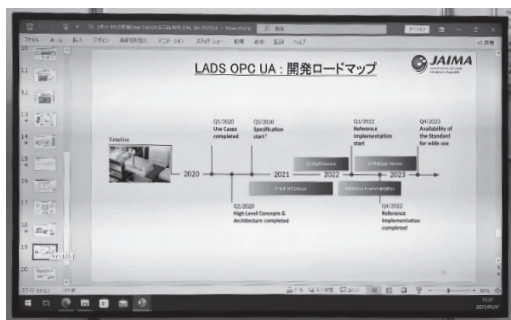


写真 3 DX を見越した開発ロードマップ

たヒトゲノム解析に関する特別展では、ヒトゲノム解析の主役となったシーケンサーの実機が展示されており、詳細な説明で当時のことを学べると共に、「今世紀の出来事が歴史的に扱われている」という事実への流れを感じました。

JASIS スクエアの隣には韓国研究産業協会のブースがあり、韓国企業が 10 社まとまって出展していました。このような形での韓国からの出展は今年が初めてだそうです。

幹事企業である日本電子のブースを訪ねました。島津製作所に次ぐ広さを誇るブースにはもちろん多数の装置が展示されていますが、その中で二つのことが印象に残りました。一つは装置の種類ごとの展示ではなく、半導体や食品など分析機器利用者の専門分野に対応したイメージの展示をしていることで、日本電子ではこれに



写真7 日本電子の展示



写真8 Rigaku 社によるコラボ展示

「YOKOGUSHI」という名称を付けてイメージを統一していました(写真7)。もう一つは Rigaku 社とのコラボレーションによる電子線回折による微結晶構造解析装置(単結晶 X 線構造解析よりはるかに小さな粉末結晶で同様の分子構造解析ができる)で、このブースと共に Rigaku 社のブースにも実物大のモックアップが展示されていました(写真8)。

また、国際会議棟では JASIS もスポンサーとなっている国際会議 RSC Tokyo International Conference 2023 (RSC-TIC2023) も開催されました。RSC-TIC の名称になってから 12 回目となる今年は、4 年ぶりに JASIS 本体との同時日程・会場に戻り、「Data Processing and the Use of Smartphones for Analytical Chemistry」というテーマのもと、9 件の国際色豊かな招待講演と 70 件近くの Poster 発表がすべて英語で行われました。今年は JASIS の登録があれば国際会議の事前登録無しに会場に入ることができ、Lunch Break も 2 時間と長めに取って

あるなど、JASIS 2023 と親和性が高いことも特徴の学会です。筆者(橋本)も参加しましたが、講演・ポスター共にレベルが高くかつ興味深い内容で、非常に刺激になりました。こちらも参加/発表共無料ですので、関連する企業の皆様・先生方には是非次回のご参加をご検討していただきたいと思います。

来年も例年どおり、2024 年 9 月 4 日(水)～6 日(金)の日程で幕張メッセにて開催予定です。会員の皆様、上記関連国際学会(RSC-JASIS-Tokyo 2024)も含め、是非ご予約をお願い致します。

最後になりましたが、ご多忙の中長時間にわたり案内を引き受けて下さいました JASIS 事務局の杉沢様・生野様、長谷川様に改めてこの場を借りて厚く御礼申し上げます。

〔上智大学理工学部 橋本 剛〕
〔オルガノ株式会社 高橋 あかね〕



談 話 室

はじめに分析あり

20世紀後半、化学の世界は日進月歩だった。化学の新分野(=キレート、クラウンエーテル、フラーレンなど)を開拓したのが分析機器(=ポーラログラフ、原子吸光分析、発光分析、クロマトグラフ、質量分析、X線分析、NMR、ESRなど)だった。分析機器は更にDNAの二重らせん構造などの発見に貢献した。化学の世界では「はじめに分析ありけり！」の感があった。

化学は天然物(=薬物、毒物、鉱物、海洋、温泉水など)から人工物(ナイロン、DDT、EDTAなど)の合成へと発展した。新分野の錯塩(錯体)や金属有機化合物(金属-炭素結合を含む化合物)などは医・薬・生化学や環境化学の発展に多大な貢献をした。とにかく分析機器は合成化学、天然物、考古学、天体・宇宙学など様々な分野で絶大な威力を発揮した。近年の例を挙げると、田中耕一氏が開発した質量分析法を用いた考古学におけるプロテオミクスがある。奈良女子大の有機化学者の中澤隆教授はその分野で業績をあげている。

さて、筆者はWeak complexの生成定数の決定にはじまり、過硫酸($H_2S_2O_8$)や過リン酸($H_4P_2O_8$)の化学(=硫酸ラジカルやリン酸ラジカルを含む反応機構)などの研究を行ったが、分析機器として用いたポーラログラフには、その威力を実感した。ポーラログラフは過硫酸と過リン酸イオンの定量では

精度と正確さ及び簡便さにおいて最適な機器で、これがなかったら、筆者の研究はなかった¹⁾。また、Four-Nine(=99.99%)の高純度金属中の微量元素の濃縮定量の研究²⁾、および海水や河川水などの水中の微量元素の捕集濃縮と定量の研究³⁾⁴⁾では原子吸光分析(AAS)を用いた。しかし、多元素同時定量機器としては発光分析や蛍光X線分析なども有効である。

わが国で最初に錯塩化学が登場したのは、1942年(昭和17年)の日本化学会の討論会だった。

1992年に奈良女大で開催した錯体化学討論会では、上記資料にある飯沼氏、大八木氏、久保田氏、山崎氏に対して50周年を祝って記念品が贈呈された。

戦後の第1回目の錯塩討論会は1950年だった。錯塩の研究は、当時、主として旧帝大、東工大、金沢大、広島大、阪市大などの理学部の分析化学者が行っていた。1989年には討論会の名称が錯体討論会に変更され、2002年に錯体化学会(2020年8月現在の総会員数933名)が発足したようである。錯塩は当初から機能性が予測され、応用化学(医・薬・農・生化学など)への発展・展開が期待された。これからの分析機器には新たな分析機能の創出が求められる。化学(Chemistry)の世界は、まさに「はじめに分析あり」である。

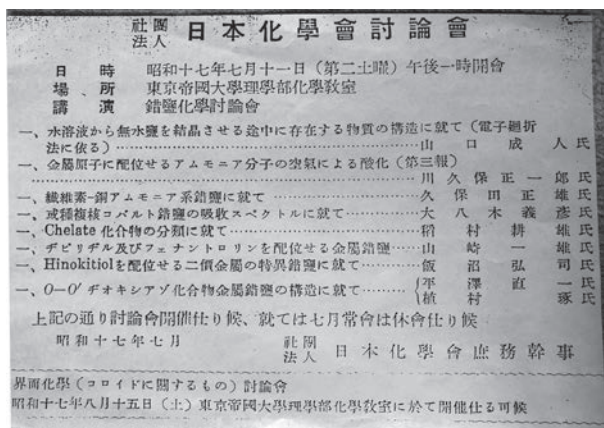
追補と結語：錯体(complex)には配位子(ligand)が解離しない不活性型(inert)(たとえば $K_4[Fe(CN)_6]$)と活性型(labile型)(たとえば $K_2[Cu(edta)]$)などがある。これらは配位結合化合物(Coordinated compound)またはLewis酸塩基型・ウエルナー型の(錯)塩にあたる。なお、labileで生成定数が小さなものはweak complexと称される。その他、配位子側の電子構造による

カルボニル錯体、ニトロシル錯体などもある。また、キレート錯体、ヘム錯体、パイ錯体などもある。なお、配位子が籠形の場合、包接化合物あるいはホストゲスト錯体などと呼ばれる。同様に、クラウンエーテルやフラーレン(サッカーボール C_{60})に金属イオンが内包した化合物も錯体と呼ぶことがある。また、金属クラスター、水素結合やファンデルワース結合による集積化合物、スタッキングやソフト化合物(ソフトクリスタルやクラスターなど)なども錯体と呼ぶことがある。したがって、錯体は結合形式に限らず、さまざまな遷移金属化合物に対する総称だといえよう。

- 1) 木村 優：ぶんせき (*Bunseki*), 2018, 464.
- 2) 木村 優：ぶんせき (*Bunseki*), 1981, 297.
- 3) 木村 優：公害と対策, 19, 341 (1983).
- 4) 木村 優：表面, 25, 109 (1987).

〔日本分析化学会名誉会員

奈良女子大学・奈良学園大学名誉教授 木村 優〕



わが国の錯塩化学の最初の講演者と演題

インフォメーション

理事会だより (2023年度第4回)

2023年度から東北支部支部長を仰せつかっております、東北大学大学院薬学研究科の大江と申します。東北支部担当理事

として理事会に参加しております。宜しくお願ひします。思い返せば、1988年に学生会員として分析化学会へ入会以来35年にもなりましたが、数年間のAnalytical Sciencesの編集委員と支部内に留まる僅かな活動しかしておらず、反省しきりです。この機会に新米理事ではありますが、学会の発展に微力ながら貢献したいと思ひます。

さて今回は、直近の第4回理事会（9月28日オンライン開催）に関して、個人的な感想を交えた会議内容や経過を報告させていただきます。毎回の「理事会だより」でご承知のように、理事会では学会の現状・将来を毎回高いレベルで報告・審議されております。大谷肇会長ご逝去に伴う緊急臨時理事会で山本博之筆頭副会長を新会長、平山直紀副会長を新筆頭副会長に選任されたため、新体制での初の定例理事会となりました。

会は第3回理事会（7月3日開催）と臨時理事会（8月22日開催）の議事録の承認に始まり、以下の議案が各担当理事から報告後、確認・承認されました：本部活動・組織運営関連（キャッシュフローと上半期決算、更新した役員名簿・役員職務分担表・各種委員会委員表、2024～25年度副会長・監事選出スケジュール、支部別代議員推薦者数、2024年度支部費配分額、職員年末賞与、次期常務理事・事務局長採用の件）、会員・広報関連（HP更新、会員現況・入退会状況）、学術会合関連（第83回討論会・第72年会の収支報告、第84回討論会・第73年会の進捗報告、第85回討論会のスケジュール確認、近畿支部70周年記念事業の内容・収支、他学協会からの協賛等名義申請）、学術振興関連（2024年度学会賞等審査委員選出の進捗状況、化学情報協会賞への本会奨励賞受賞者の推薦）、社会活動関連（産官学連携委員会の取り組み）、その他報告事項（関係学協会との費用・関係性、本部事務局のウィルス対策、インボイス制度への対応、役員等候補者推薦委員会の選出方法の問題点）が議論され、14時に始まった会議は17時近くまでと長時間にわたりました。

今回は通常の議題に加え、大谷肇前会長のご逝去に伴う新体制の確認および2024年度以降の議案が早々と動き出した印象でした。私自身、まだオンライン理事会しか経験していませんが、移動時間や開催費用の軽減などの良い面もあると感じました。しかし、発言時しか顔を見せない参加者が多い（私もですが）・議論に割って入りにくいなど、参加者全体の雰囲気・ニュアンスが伝わらず、議論が深まりにくい印象も受けました。また、年会・討論会が対面に戻ってきたものの、間口の広い分析化学会では専門や立場の異なる会員の接点も限られており、失礼ながら「お名前は聞いたことが有るけど、専門や人となり良く分からない」理事もおられ（御免なさい）、対面プラス懇親会の重要性も痛感している所です。10数年前のAnalytical Sciences編集委員会では、専門の違う先生方とも知り合うことが出来、委員会後の懇親会で会員数の増加・インパクトファクター向上など学会や会誌の発展を忌憚なく熱く語り合ったのが懐かしく思い出されます。新型コロナも5類に引き下げられましたので、年に一回程度は対面で集まり、懇親会で各理事や事務局との情報交換が出来ればと考えております。

最後になりますが、大谷肇前会長のご遺志を引き継ぎ、山本博之新会長のもと各理事・事務局も一丸となって頑張っております。会員の皆様も分析化学会の更なる発展を後押しして頂

ければ幸いです。

〔東北支部担当理事 大江 知行（東北大学）〕

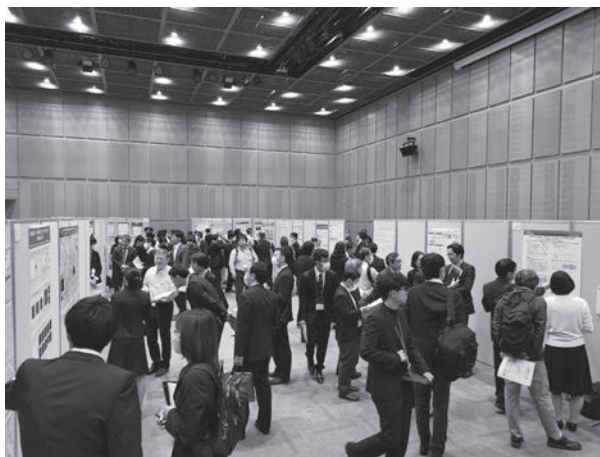
第28回高分子分析討論会

2023年11月9日（木）と10日（金）の2日間の日程で、つくば国際会議場において、日本分析化学会高分子分析研究懇談会の主催により、第28回高分子分析討論会が開催された。4年ぶりのつくばでの現地開催で、前年の名古屋国際会議場での開催ではオンライン配信だった2分半のポスター講演は口頭発表とし、初日終了後には懇親会も復活、コロナ前と同じ形式での実施となった。

今回の討論会には305名が参加し、特別講演2件とポスター発表94件が行われ、協賛企業のうち20社が展示を行った。ポスター発表や企業展示では活発な討議や相談が行われ、高分子分析に携わる者同士の発見や課題を共有でき、あらためて現地開催の意義を感じる事ができた。

初日午前は実行委員長である橋本知美（ニチアス）の挨拶で開会し、ポスター講演Iおよび企業講演Iの口頭発表後、ポスター会場に移動して、ポスター発表I（写真）が行われた。昼休みを挟み午後は特別講演Iとポスター講演IIおよび企業講演IIの口頭発表、ポスター発表IIが行われた。初日最後には135名の参加による懇親会もあり、それぞれの交友を深める事ができた。特別講演Iは九州大学の高原淳先生により「先端分析手法による環境プラスチックのキャラクタリゼーション」と題した講演が行われた（写真）。実際のマイクロプラスチック（MP）の試料を用いた網羅的な分析を実施し、MPがどのように生成されていくのか解明する、現在進行形の研究であり、我々企業も注目しなければいけないと改めて感じた。

2日目は1日目同様、ポスター講演（Ⅲ、Ⅳ）とポスター発表（Ⅲ、Ⅳ）が、午前、午後に行われ、午後には特別講演IIも行われた。特別講演IIは徳島大学の右手浩一先生により「溶液NMRによる合成高分子のモレキュラーキャラクタリゼーション—平均値から分布の知見へ」と題した講演が行われた。高分子の分布（分子量依存性）情報も得られるSEC-NMRとDOSYについて研究内容、さらに多分散ポリマー試料など種々のポリマーに対するDOSY技術の深化と共有を目指す企業8社と徳



島大学が参画した「高分子 DOSY コンソーシアム」の成果を紹介いただいた。ポリマーキャラクタリゼーションにおいて DOSY から今後も新たな情報を得られることが期待される。

最後は高分子分析研究懇談会の運営委員長である菅沼こと氏(帝人)の閉会の挨拶で、2日間の日程を盛会のうちに終えた。

94 件の研究発表に対して審査委員の選考による「審査委員賞」と参加者全員の投票による「ポスター賞」はそれぞれ各日 2 件選出され、1 日目は懇親会、2 日目は閉会式で表彰と副賞が授与された。以下に受賞した研究発表の演題と演者を記す。

◆審査員賞

「次世代型 NMR システムを活用した新規高分子解析手法の提案」

山田 和彦 (高知大)

「海洋生分解試験を行ったポリエステルフィルム表面近傍の自由体積サイズ解析」

萩原 英昭 (産総研)

「GC-MS および GC-FID と RI-plot 法を用いた炭化水素系高分子材料の構造解析」

海野 祐馬 (住友ゴム工業)

「多元系共重合ポリマー質量分析データの自動データ分離法」

松浦 さつき (旭化成)

◆ポスター賞

「エステル結合に特異的な分解を用いたアクリル系ポリマーの分析」

長尾 竜平 (日東分析センター)

「ラマン分光法によるエポキシ接着剤/金属界面の残留応力評価」

安孫子 勝寿 (豊田中研)

「超臨界メタノール分解法を用いたポリイミドのモノマー配列解析」

大橋 竜 (日産化学)

「GPC 及び化学収束 ESCA による液晶ポリマーの劣化解析」

中西 健太 (東ソー分析センター)



次回、第 29 回高分子分析討論会は 2024 年 10 月 31 日 (木) と 11 月 1 日 (金) の 2 日間の日程でウインクあいちにおいて開催する予定です。今年 8 月、本討論会を長年支えられた大谷肇先生がご逝去されました。今回のポスター発表のうち 14 件の発表においても共同研究者でした。本討論会に対する先生の多大なご功労に報いる意味でも、今後も高分子分析の発展に貢献できるよう継続していく所存です。皆様のご参加、ご協力いただければ幸いです。

最後に、本討論会の開催にあたり、企業協賛いただいた、i-NEAT (株)、アジレント・テクノロジー(株)、伊勢久(株)、インフォコム(株)、エーエムアール(株)、(株)エス・ティ・ジャパン、(株)島津製作所、スペクトラ・フォーラム、(株)デジタルデータマネジメント、東ソー(株)、(株)豊田中央研究所、日本ウォーターズ(株)、日本電子(株)、日本分析工業(株)、NETZSCH Japan (株)、(株)バイオクロマト、浜松ホトニクス(株)、(有)ヒューズ、プルカー・ジャパン(株)、フロンティア・ラボ(株)、LECO ジャパン合同会社の各社に深く感謝いたします。

[ニチアス 橋本 知美]



2024 年の表紙デザインについて

本年の表紙デザインは以下のとおりです。制作者から寄稿いただいた文面もあわせて掲載いたします。

表題「分析技術の転換点」

原案製作：アジレント・テクノロジー・

インターナショナル株式会社 久保田 哲央

元素分析で広く用いられる ICP (誘導結合プラズマ Inductively Coupled Plasma) は、元素の発光スペクトルを測定する高温の励起源として 1960 年代に利用され始めました。堅牢なマトリックス耐性や光源交換なしでの多元素分析ができるといった特長は、当時主流だった原子吸光光度法や炎分析法の課題を克服するものでした。その後、ICP のイオン化効率の高さが評価され、より高感度な ICP 質量分析装置 (ICP-MS) のイオン源にも利用されるようになりました。こうしたことから、ICP の登場は元素分析技術の転換点だったといえます。2024 年は、1964 年に Greenfield らにより ICP 発光分析の最初の論文が発表されてからちょうど 60 周年となるため、本表紙デザインでは、ICP の中心部で励起される単原子イオンを表現しました。

ICP は、アルゴンの黒体放射およびアルゴンイオンと電子の再結合に基づく連続放射によって白く呈色した炎です。本表紙デザインでは商用利用が可能な AI (人工知能) のモデル (Stable Diffusion, SDXL) を使用して白い炎の像を自動生成しました。AI の登場もまた、自動化や深層学習といったアプローチを通じて分析技術に進歩をもたらす革命的な転換点といえます。「ぶんせき」では分析技術の転換点となり得る新たな方法を紹介し、読者の皆様に魅力ある記事をお届けしていきたいと思っています。

[「ぶんせき」編集委員会]

執筆者のプロフィール

(とびら)

山本 博之 (YAMAMOTO Hiroyuki)

量子科学技術研究開発機構量子技術基盤研究部門高崎量子応用研究所 (〒370-1292 群馬県高崎市綿貫町 1233). 東京理科大学大学院理学研究科化学専攻博士課程修了. 理学博士. 《現在の研究テーマ》量子ビームを用いた分析技術の開発. 《趣味》クラシック音楽, 旅行, お酒とともに漫然と過ごす時間.

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

(ミニファイル)

保倉 明子 (HOKURA Akiko)

東京電機大学工学部 (〒120-8551 東京都立区千住旭町 5). 東京理科大学大学院理学研究科化学専攻博士課程. 博士 (理学). 《現在の研究テーマ》X線分析及びプラズマ分光分析を用いる環境中の重金属動態解明. 《主な著書》小熊幸一ら編著, “これからの環境

分析化学入門改訂第2版”. (2023). (講談社サイエンティフィク). 《趣味》料理.

E-mail : hokura@mail.dendai.ac.jp

(トビックス)

堺井 亮介 (SAKAI Ryosuke)

旭川工業高等専門学校 (〒071-8142 北海道旭川市春光台 2 条 2 丁目 1-6). 北海道大学大学院工学研究科博士後期課程修了. 博士 (工学). 《現在の研究テーマ》共役高分子を活用した化学センサの創製. 《趣味》旅行, キャンプ.

E-mail : r_sakai@asahikawa-nct.ac.jp

立石 一希 (TATEISHI Ikki)

三重大学国際環境教育研究センター (〒514-8507 三重県津市栗真町屋町 1577). 三重大学工学研究科材料科学専攻博士後期課程. 博士. 公害防止管理者水質関係第一種. 《現在の研究テーマ》光触媒を用いた水質浄化法の開発. 《趣味》大食い.

(リレーエッセイ)

佐々木 直樹 (SASAKI Naoki)

立教大学理学部化学科. (〒171-8501 東京都豊島区西池袋 3-34-1). 東京大学大学院工学系研究科応用化学専攻博士課程修了. 博士 (工学). 《現在の研究テーマ》マイクロ流体デバイスを基盤とする構成的生命分析化学. 《趣味》男声合唱, 西洋古楽 (特にマドリガーレ), アイスホッケー観戦.

E-mail : n_sasaki@rikkyo.ac.jp

(ロータリー・談話室)

木村 優 (KIMURA Masaru)

奈良女子大学・奈良学園大学名誉教授. 東北大学理学研究科博士課程修了. 理学博士. 《現在の研究テーマ》分析化学・錯体化学. 《主な著書》“分析化学の基礎”, 木村優, 中島理一郎著. 《趣味》散歩.

E-mail : mkimu.1936@docomo.ne.jp

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

本書は書籍化の第二弾として, 「入門講座」から分析試料の取り扱いや前処理に関する記事, 合計 36 本を再録しました. 『ぶんせき』では, 分析化学の初学者から専門家まで幅広い会員に向けて, 多くの有用な情報を提供し続けています. これまで掲載された記事には, 分析化学諸分野の入門的な概説や分析操作の基礎といった, いつの時代でも必要となる手ほどきや現役の研究者・技術者の実体験など, 分析のノウハウが詰まっています.

本書は下記の二章だてとなっています.

〈1章 分析における試料前処理の基礎知識〉

- | | |
|----------------------------------|-----------------------------------|
| 1. 土壌中重金属分析のための前処理法 | 11. 大気中揮発性有機化合物分析のための前処理 |
| 2. 岩石試料の分析のための前処理法 | 12. 放射性核種分析のための前処理法 |
| 3. プラスチック試料の分析のための前処理法 | 13. 脂質分析のための前処理法 |
| 4. 金属試料分析のための前処理 | 14. 糖鎖分析のための試料前処理 |
| 5. 分析試料としての水産生物の特徴と取り扱い | 15. イムノアッセイのための前処理法 |
| 6. 食品分析のための前処理法 | 16. 加速器質量分析における超高感度核種分析のための試料前処理法 |
| 7. Dried blood spot 法による血液試料の前処理 | 17. 生元素安定同位体比分析のための試料前処理法 |
| 8. 生体試料のための前処理法 (液-液抽出) | 18. セラミックス試料分析のための前処理法 |
| 9. 生体試料のための前処理法 (固相抽出) | |
| 10. 環境水試料の分析のための前処理法 | |

〈2章 分析試料の正しい取り扱いかた〉

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

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

分析化学

第73巻第1・2号
2024年1月

目 次

年間特集「分」：総合論文

微量金属イオンの簡易目視検出を支援する化学システムと関連技術 水口仁志 1

年間特集「分」：ノート（若手初論文）

前処理用カラムによりバックグラウンドノイズを低減した高速液体クロマトグラフィー/
質量分析法による陰イオン界面活性剤の定量 石井恭子・小黑かく・佐々木和実 11

年間特集「分」：アナリティカルレポート

SDS-PAGEによる白餡の原料豆判別に向けた予備的検討
..... 鈴木彌生子・佐藤里絵・澤田桂子・高嶋康晴 17

報 文

酸化グラフェン被覆膜を利用する金蒸着ガラス棒 SPR センサーによる
カフェインの高感度検出 満塩 勝・吉留俊史 23

技術論文

液状活性炭注入による黒ボク土中 PFAS 安定化技術の ISO21675 を用いた評価
..... 山崎絵理子・谷保佐知・羽成修康・三木芳恵・金子蒼平・山下信義 31

ノ ー ト

表面を粗くした銀箔を用いる表面増強ラマン散乱法による微量フェルラ酸分析
..... 野口穂乃花・国村伸祐 39

アナリティカルレポート

最近の国内市販植物油に含まれるトランス脂肪酸組成の調査
..... 飯田泰浩・高木繁行・深澤 透・重松康彦・板橋 豊 45

「分析化学」特集“流れ分析—40年の歩みとこれから”の論文募集 53

「分析化学」年間特集“分”の論文募集 54

“第23回若手研究者の初論文特集”募集のお知らせ 56

テンプレートによる投稿要領 57

「分析化学」に投稿される皆様へ 58

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

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

- ◇明けておめでとうございます。抱負に満ちた新年を迎えられたことと思います。「ぶんせき」誌も今年の干支である“辰”のように上昇志向で一層充実させていきたいと思っておりますので、益々のご愛顧をお願いいたします。
- ◇「とびら」では、本会会長の山本博之先生が『「改革」に希望を添えて』と題し、改めて学会の目的を考えると共に、「会う」、「話す」、「互いを理解する」ことの必要性を述べられています。まさに学会発展の行動の原点のように思います。今年も京都で討論会、名古屋で年会が予定されています。ぜひご参加ください。
- ◇「リレーエッセイ」では、立教大の佐々木直樹先生が教育上の取り組みとして、レポート面接と研究実験を行っていることを述べられています。また、先生の研究室には「錬金術師」と「善き羊飼い」の2枚の絵が飾られているとのこと、私共は「先んずる者として」どのように後進を育成するべきか考えるときも多く、示唆に富む内容と思います。
- ◇今月号から表紙デザインが新しくなりました。表題は「分析技術の転換点」で、作成した久保田哲央委員のコメントでは、誘導結合プラズマ (ICP) の炎の中を通過するイオンをイメージしたものとのこと。私共も「困難」という炎の中をくぐり抜けていくイオンのようでありたく、何だか勇気もらえるような素敵なデザインです。
- ◇今年が皆様にとって実り多き1年となりますよう祈念しております。 [K.S.]

- 〈とびら〉
「半導体」と「食料基地」と「分析化学」と「教育」と
..... 木村・須田 廣美
- 〈入門講座〉 データ解析：定量・定性からビッグデータの解析まで
化学分析における不確かさの評価 鈴木 俊宏
- 〈講義〉
分析化学における行列の活用と先端計測への応用
..... 稲川 有徳
- 〈ミニファイル〉 非破壊・固体分析
X線光電子分光法 山本 博之
- 〈話題〉
土壌中の多成分 PFAS 暫定分析法の開発 殷 照洙

◇ 編 集 委 員 ◇

〈委員長〉 四宮 一 総 (日 大 薬)		
〈副委員長〉 東海林 敦 (東京薬科大薬)		
〈理事〉 津越 敬 寿 (産業技術総合研究所)		
〈幹事〉 市場 有 子 (ライオン(株))	稲川 有 徳 (宇都宮大院地域創生科学)	坂 牧 寛 (化学物質評価研究機構)
村居 景 太 (株共立理化学研究所)		
〈委員〉 岩井 貴 弘 (株日立製作所)	糟野 潤 (龍谷大先端理工)	久保田 哲央 (アジレント・テクノロジーズ)
古賀 舞 都 (農研機構)	坂 真 智子 (株エスコ)	島田 健 吾 (石福金属興業(株))
末吉 健 志 (大阪公立大院工)	高橋 あか ね (オルガノ(株))	谷 合 哲 行 (千葉工業大先進工)
永谷 広 久 (金沢大院自然科学)	野間 誠 司 (佐賀大農)	橋 本 剛 (上智大理工)
原賀 智 子 (日本原子力研究開発機構)	福 島 健 (東邦大薬)	松 神 秀 徳 (国立環境研究所)
三浦 篤 志 (北大院理)	宮下 振 一 (産業技術総合研究所)	森 勝 伸 (高知大理工)
盛田 伸 一 (東北大院理)	森山 孝 男 (株リガク)	山 崎 由 貴 (国立医薬品食品衛生研)

☑ 複写される方へ

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

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

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

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

ぶんせき 2024年 第1号 (通巻589)

2024年1月1日印刷

2024年1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

© 2024, The Japan Society for Analytical Chemistry

購読料は会費に含まれています。

2024年1月5日

2024～2025年度代議員候補者について

公益社団法人日本分析化学会
役員等候補者選考委員会

日本分析化学会の代議員は、総会を構成し、定款に定められた事項（理事および監事の選任または解任、貸借対照表及び損益計算書の承認等）について審議、決定します。代議員候補者の選考は、定款第14条に基づき、日本分析化学会の正会員（名誉会員、永年会員並びにシニア会員は正会員に含まれます）、教育会員及び維持会員の代表者の投票によりこれらを決定することになっております。別紙記載の2024～2025年度代議員候補者は、公益社団法人日本分析化学会代議員選挙規則により各支部長及び正会員、教育会員並びに維持会員から推薦された候補者について役員等候補者選考委員会の審議を経て選定されたものです。

つきましては、日本分析化学会正会員（含名誉会員、永年会員、シニア会員）、教育会員、維持会員代表者各位には、別紙投票用紙により漏れなく投票をお願いします。候補者全員に賛成の場合は、そのままお送りいただければ有効投票となります。不適任と思われる候補者がいる場合はその氏名を消してください。

投票は無記名投票です。一つの封筒に1投票を入れ、封筒には「投票在中」と朱記し、勤務先（又は現住所）、氏名または維持会員代表者名を明記のうえ下記宛にお送りください。

投票締切日 1月31日（消印有効）

投票送付先 〒141-0031 東京都品川区西五反田1-26-2 五反田サンハイツ304号
(公社)日本分析化学会 役員等候補者選考委員会

代議員選考に関する規程抜粋

定款

第14条 学会の社員は、正会員、教育会員及び維持会員の中から選出された90名以上130名以内の代議員をもって「一般法人法」の社員とする。

2 代議員を選出するため、正会員、教育会員及び維持会員による代議員選挙を行う。代議員選挙を行うために必要な細則は理事会において別に定める。

3 代議員は、正会員、教育会員及び維持会員の中から選ばれることを要する。正会員、教育会員及び維持会員は、前項の代議員選挙に立候補することができる。

代議員選挙規則

(選挙権)

第2条 選挙権は、選挙が行われる年度の1月1日現在における正会員、教育会員及び維持会員が、これを有する。

(代議員の選出)

第3条 代議員は、学会の正会員、教育会員及び維持会員の全有権者による投票により選出する。

2 別に定める役員等候補者選考委員会（以下選考委員会と略記する）において、選挙が行なわれる年度の11月30日までに代議員候補者を募り、翌年1月発行の機関誌により候補者を会員に通知し、2月の理事会以前に選挙を実施する。

3 選考委員会は、再選挙にあつては、これを行うべき事由を生じてから3か月以内に選挙が終了するよう選挙を実施する。

(代議員選挙の管理)

第4条 代議員選挙は、選考委員会の管理のもとで行う。

(代議員支部推薦候補者の選考)

第5条 支部は、支部所属の正会員、教育会員及び維持会員の中から候補者を推薦できるものとする。

お知らせ

- 2 支部は前項の推薦をするにあたっては、広く支部所属の正会員、教育会員及び維持会員に推薦希望の有無を募らなければならない。
- 3 支部長が、会長に推薦する代議員候補者中には、当年度の役員及び支部長であって退任する者及び次期支部長を含むことができる。

(代議員支部推薦以外の立候補者の届け出)

第6条 正会員、教育会員及び維持会員のうち、代議員に立候補しようとする者は、自薦または正会員、教育会員、維持会員の推薦により、選考委員会に、その定める締切日までに届け出る。

(代議員選挙の方法)

- 第7条 各支部の推薦候補者数は、当該支部に所属する年度初めの正会員、教育会員及び維持会員の数を勘案の上、選挙の都度理事会が決定し、選考委員会に通知する。
- 2 選考委員会は、正会員、教育会員及び維持会員に対して機関誌による広告により代議員選挙を案内し、立候補者を募集する。選考委員会は、各支部に代議員選挙を案内する。
 - 3 選考委員会は支部推薦候補者を機関誌の広告により各支部の正会員、教育会員及び維持会員に周知させ、支部推薦以外の立候補者を同様の方法により全正会員、教育会員及び維持会員に周知させる。
 - 4 支部推薦によって選出された代議員が、その選出された支部から別の支部に所属を変更した場合でも、選出された支部の定数に含まれるものとする。

(代議員選挙の投票)

第8条 選挙は有権者の郵便投票によって行う。

- 2 選挙期日までの消印のある場合で開票前に到着したものは有効とする。
 - 3 投票に際して、投票者本人が有権者であるかどうかを選考委員会が確認するために封筒外側に氏名を記入するものとする。
 - 4 投票に際して投票者を確認するためにとられた措置による個人情報投票の有効性を確認する以外にはこれを用いてはならない。
-

2024 年度有功賞候補者推薦について

日本分析化学会は、毎年、多年にわたって分析の実務に従事した方々や、分析に欠くべからざる機械、器具、試薬などの製造等の実務に従事した方々を表彰して「有功賞」を贈呈してまいりました。

本年も下記の有功賞規程により 2024 年度有功賞候補者を募集します。各関係機関におかれましては、適任者がおられましたら 1 名（維持会員の場合は 1 口に付き 1 名）を推薦くださいますようお願い申し上げます。

『有功賞規程』

第 1 条 本会に有功賞を設け、多年にわたり分析の実務に従事し、又は分析に欠くべからざる機械、器具並びに試薬などの製造等の実務に従事して功労のあった者に、これを贈呈する。

第 2 条 有功賞は、賞記並びに賞牌とし、年会において贈呈する。

第 3 条 会長は、毎年会誌「ぶんせき」1 号に有功賞候補者の推薦に関する会告を掲載する。

第 4 条 有功賞候補者の推薦者は、維持会員代表者、公益会員代表者及び支部長とする。

(1) 維持会員代表者及び公益会員代表者は、その機関に所属する者を推薦することができる。

(2) 支部長は、維持会員及び公益会員に所属しない会員歴 5 年以上の正会員を推薦することができる。

第 5 条 前条によって推薦される者は、受賞する年の 1 月 1 日現在において満 50 歳以上であり、かつ休職期間を除いて満 25 年以上第 1 条の実務に従事している者とする。

第 6 条 候補者の推薦に際しては、次の (1)～(3) に規定する書類正、副各 1 通を 4 月 30 日までに本会に提出するものとする。

(1) 推薦書 (2) 推薦理由書 (3) 被推薦者履歴書（いずれも本会所定の用紙に記入すること）

第 7 条 有功賞候補者の選考は、有功賞審査委員会において行う。

審査委員は、理事会が本会会員中より 11 名を選考し、会長がこれを委嘱する。

委員長は、委員の互選による。

(以下省略)

☆

☆

1) 2024 年度有功賞授賞式は、9 月 12 日（木）第 73 年会（名古屋）において行う予定です。

2) 被推薦者の学歴制限はありませんが、被推薦者は本年 1 月 1 日現在において第 1 条の実務に従事されていることが必要ですので、ご注意ください（上記第 5 条）。

3) 有功賞候補者推薦書の維持会員代表者氏名は、本会に登録されている代表者氏名を記入してください（代表者氏名が異なる場合は返却します）。

4) 推薦理由書の所属部課係名、実務内容並びに期間は、できるだけ詳細に記入してください。

5) 推薦書類（推薦書、被推薦者履歴書、推薦理由書：本会所定の用紙）は、正 1 通、副 1 通（コピーでも可）を下記期限までに提出してください。

6) 推薦期限：4 月 30 日（郵送の場合は、当日の消印のあるものまで受理します）

7) 推薦書類提出先：〒141-0031 東京都品川区西五反田 1-26-2 五反田サンハイツ 304 号
公益社団法人日本分析化学会有功賞係（メールでの送信は shomu@jsac.or.jp）

8) 所定の書類を入用の場合は、<https://www.jsac.jp/applications/> からダウンロードしてください。

第41回分析化学における不確かさ 研修プログラム

—受講者募集—

主催 日本電気計器検定所、(公社)日本分析化学会
測定結果の信頼性の指標としての不確かさの評価がますます重要となってきています。日本分析化学会においてもエキスパートワークショップやセミナー等によりその普及と教育に努めてきました。

また、日本電気計器検定所(JEMIC)は、「計量標準等トレーサビリティ導入に関する標準化調査研究委員会」と「計測標準フォーラム人材育成WG」が共同で開発した不確かさ研修プログラムにより不確かさの研修を実施してきました。

日本電気計器検定所と日本分析化学会は、これらの不確かさ研修を参考に2006年、「楽しく・簡単に・解かり易く」をテーマとして、不確かさの計算が分かりやすく理解できるように演習を多く取り入れた「分析化学における不確かさ研修プログラム」(2日間コース)を開発しました。

この研修では、

- ・受講者1人1人が理解することを最優先に考えたセミナー
- ・「楽しく簡単に解かり易く」不確かさの計算方法を解説
- ・多くの演習問題を解くことで講義内容を十分理解できる
- ・複数の講師が演習問題を通して、各受講者の理解のお手伝いをする。

ことを特徴としています。講師が一方的に説明や講義を行うのではなく、受講者の理解度を確認しながら対話方式を進めていきます。

今回から、ハイブリッド型で開催しますので、オンライン参加も可能となりました。遠方のお客様もお気軽にご参加ください。

※ハイブリッド型の詳細は、日本電気計器検定所のホームページをご覧ください。

https://www.jemic.go.jp/gizyutu/j_keisoku.html

期日 2024年3月7日(木)・8日(金)

会場 日本電気計器検定所本社〔東京都港区芝浦4-15-7、電話：03-3451-1205、交通：JR「田町」駅芝浦口(東口)から徒歩約13分または都営浅草線・都営三田線「三田」駅A4(JR田町駅方面)出口から徒歩約15分〕

https://www.jemic.go.jp/kihon/m_honsha.html

対象者

- ・不確かさの計算方法を初歩から学びたい方
- ・不確かさの計算方法を社内教育等の参考にしたい方

講義内容

第1日(9.30~16.30)

1. イントロダクション
2. 演習：温度の測定
3. 不確かさとは何か？(不確かさの概要や必要性など)
4. 用語について1(JIS K 0211:2013 分析化学用語(基礎部門)の説明)
5. 不確かさ評価の概要(タイプAとタイプBの不確かさの違いなど)
6. タイプAの不確かさ評価(タイプAの標準不確かさの求め方)
7. 演習：タイプAの不確かさ評価(タイプAの標準不確かさを求める演習)
8. 確率分布について1(タイプBの評価に用いられる様々な確率分布について)
9. タイプBの不確かさ評価(タイプBとしてどのような不確かさの要因があるかと具体的な数値化の説明)
10. 演習：タイプBの不確かさの要因(タイプBの要因

を考察するグループ演習)

11. 確率分布について2(確率分布に応じた除数の説明)

第2日(9.30~16.30)

12. 初日のおさらい
13. 用語について2(不確かさの評価/計算に必要な用語の説明)
14. 不確かさの合成と拡張(タイプAの標準不確かさとタイプBとして評価した不確かさの合成とその拡張の説明)
15. 演習：不確かさの合成と拡張(合成標準不確かさと拡張不確かさを求める演習)
16. 実際の不確かさ評価の事例紹介(水道水中のナトリウムの測定)
17. 演習：間違い探し
18. 総合演習：拡張不確かさまでの計算
19. 不確かさの利用について(ILACの示す不確かさを考慮した適合性表明の指針の説明と実際に適合性表明に不確かさを用いている例と技能試験の紹介)
20. まとめ
21. 確認テスト

募集定員 24名(定員に達し次第、締め切ります)

参加方法 会場参加またはオンライン参加の何れかを選択できます。

申込締切 2024年2月29日(木)

受講料 会員64,900円(日本分析化学会会員、JEMIC計測サークル会員)、会員外75,900円

※テキスト代、消費税を含みます。

受講証明書の発行 受講者には「分析化学における不確かさ研修プログラム」を受講し、講習を受けたことを受講証明書を主催団体から発行します。

合格証明書の発行 確認テスト合格者には、日本電気計器検定所から合格証明書を発行します。

申込方法 日本電気計器検定所のホームページ

https://www.jemic.go.jp/gizyutu/j_keisoku.html から「分析化学における不確かさ研修プログラム」用の受講申込書をダウンロードし、必要事項を入力の上、E-mailに添付してお申し込みください。なお、電話での申込は受け付けません。

送金方法 受講申込みをいただきますと、日本電気計器検定所から受講票と請求書をお送りしますので、指定口座に受講料をお振込みください。振込手数料は貴方でご負担ください。なお、受講料の返金はいたしませんので、あらかじめご了承ください。

個人情報 本セミナーの受講申込みにより取得したお客様の個人情報は、本セミナーに係る連絡に利用するほか、次の目的のために利用することがあります。なお、お客様のお申出により、これらの取扱いを中止させることができます。① JEMIC計測技術セミナーに関するお知らせ、②各種校正試験業務、検定業務、基準器検査業務等に関するお知らせ、③ 定期刊行物の発送、購読期限及び会員の集いに関するお知らせ

喫煙に関するお願い 日本電気計器検定所では、健康増進法「受動喫煙の防止」の趣旨に従い、全館禁煙となっておりますので、ご了承ください。

申込・問合せ 〒108-0023 東京都港区芝浦4-15-7 日本電気計器検定所JEMIC計測技術セミナー事務局(担当：長谷川)〔電話：03-3451-1205、E-mail：kosyukai-ky@jemic.go.jp〕

第 391 回液体クロマトグラフィー 研究懇談会

主催 (公社)日本分析化学会液体クロマトグラフィー (LC) 研究懇談会

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

機能性材料の分析では、より複雑な組成を含む合成高分子やそれに含まれる添加剤の解析等に LC は欠かせない技術となっております。

このような材料分析においては、さまざまな検出器を駆使し、定性から定量まで幅広く対応することが求められております。

今回は、本分野に関連する方々にお集まりいただき、材料分析における検出器の選定のポイントや活用方法、実際の分析事例についてご講演いただきます。

期日 2024 年 1 月 24 日 (水) 13.00~16.40

会場 栗田工業(株)/Kurita Innovation Hub 講堂 A [東京都昭島市拝島町 3993-15, 交通: JR「昭島」駅より徒歩 7 分]

https://www.kurita.co.jp/aboutus/pdf/KIH_accessmap_jp.pdf

講演主題 材料分析における検出器の有効活用

講演

講演主題概説 (オーガナイザー) (13.00~13.10)

(出光興産(株) 村上祐子 (LC 分析士二段)

1. 有機材料分析における検出器選択のポイント

(13.10~13.40)

(日本ウォーターズ(株) 島崎裕紀

(LC 分析士三段, LC/MS 分析士二段)

2. 添加剤/界面活性剤分析における検出器の使い分け

(13.40~14.10)

(アジレント・テクノロジー(株) 飯室龍之介

(LC 分析士初段)

3. 高分子材料/製品分析における HPLC の活用事例

(14.10~14.40)

(東ソー(株) 伊藤誠治

(LC 分析士五段, LC/MS 分析士二段)

休憩 (14.40~15.10)

休憩時間中に講堂 A に隣接するコーナーで、模型や AR、ジオラマを通じてクリタグループの水と環境に関する基盤・適用技術及びソリューションを紹介する展示の見学が可能です。

4. 材料分析における高分解能質量分析計と KMD 解析の最新動向 (15.10~15.40)

(日本電子(株) 佐藤貴弥

(LC/MS 分析士初段)

5. PFAS 分析条件の検討事例 (15.40~16.10)

(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「材料分析における検出器の有効活用」

(16.10~16.40)

(東京理科大学) 中村 洋

(LC マイスター, LC/MS マイスター)

情報交換会 (17.00~19.00) 申込者のみ

参加費 ① LC 研究懇談会・個人会員, 学生: 1,000 円, ② LC 研究懇談会・団体会員: 2,000 円, ③ 後援学会・個人会員: 3,000 円, ④ 後援学会・団体会員: 4,000 円, ⑤ その他: 5,000 円。参加申込締切後の受付はできませんので、ご了承ください。

情報交換会 終了後、講師を囲んで情報交換会を開催します(会費 5,000 円)。参加申込締切後のご参加はできませんので、ご了承ください。

申込締切日 1 月 17 日 (水) (入金締切時刻: 15 時まで)

申込方法

1. 参加希望者は、下記申込先にアクセスし、氏名、勤務先(電話番号)、LC 研究懇談会・個人会員、協賛学会・個人会員、その他の別および情報交換会参加の有無を明記のうえ、お申込みください。なお、参加者名と振込者名が違う場合は、参加申込書の連絡事項欄に振込者名を明記してください。

2. お申込みが完了した場合には、登録されたアドレス欄に「第 391 回液体クロマトグラフィー研究懇談会申込み受付(自動返信)」のメールが届きます。メールが届かない場合は、世話人までお問い合わせください。

3. 申込受付のメールを受領後、必ず期限内に研究懇談会参加費、情報交換会費の納入を行ってください。期限内に納入が確認できない場合、お申込みを無効とし参加 URL を発行しませんので、十分ご注意ください。当日払いは受け付けません。なお、一旦納入された参加費は、返金いたしません。

4. 参加費の納入が確認できた方には、2024 年 1 月 18 日以降に要旨集をメールにてお送りいたします。必要に応じてプリントアウトしてご参加ください。なお、請求書の発行はいたしておりません。

液体クロマトグラフィー研究懇談会(例会)参加費送金時のご注意

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

1. 複数例会の参加費の同時振込

(→例会ごとに振り込んでください)

2. 複数参加者の参加費の同時振込

(→参加者ごとに振り込んでください)

3. 年会費や他の費用との合算振込

(→費目ごとに振り込んでください)

申込先 <https://forms.gle/n9FjQeb3qwXGP8E48> (学生申込者は、所属欄に大学名、学部、学年を記載)

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

問合先 (公社)日本分析化学会液体クロマトグラフィー研究懇談会 世話人 出光興産(株) 村上祐子

[E-mail: yuko.murakami.7750@idemitsu.com]

2024 年度液体クロマトグラフィー (LC) 分析士二段 認証試験実施のお知らせ

標記につき、下記要領で実施する予定ですのでお知らせいたします。各会場へのお問い合わせは、ご遠慮ください。

期日 2024 年 5 月 30 日 (木) 14 時~16 時

会場

①東京会場: (株)島津製作所東京支社 [東京都千代田区神田錦町 1-3, 交通: 都営新宿線「小川町」駅, 東京メトロ千代田線「新御茶ノ水」駅, 東京メトロ丸の内線「淡路町」駅の B7 出口より徒歩 6 分, 東京メトロ銀座線「神田」駅より徒歩 10 分, JR「神田」駅西口より徒歩 10 分。]

<https://www.shimadzu.co.jp/aboutus/company/access/tokyo.html>

②京都会場: (株)島津製作所本社研修センター [京都府京都市中京区西ノ京桑原町 1, 交通: (地下鉄)京都市営地下鉄烏丸線「京都」駅より国際会館方面に乗車、「烏丸御池」駅にて下車し、京都市営地下鉄東西線「太秦天神川」方面に乗り換え、「西大路御池」駅下車, 4 番出口より南へ徒歩 3 分。(市バス)京都駅烏丸中央口北側のバス乗り場より「205 系統: 西ノ京円町・金閣寺道ゆき」または「26 系統: 宇多野・

山越ゆき」に乗車。「西大路三条」で下車後、三条通りを西へ徒歩3分(北側)京都駅からの所要時間約35分。

<https://www.shimadzu.co.jp/aboutus/company/access/sanjo.html>

二段資格のイメージ 各種分析士に共通するものとして、「手順書、作業マニュアル、規格を見れば、自分で計画して業務を遂行できるレベル。当該分析・測定技術に関連する物理、化学、生物、電気、機械等の基礎知識を有し、装置等の日常点検、保守等も行える。」と規程されます。液体クロマトグラフィー分析士においては「HPLC装置とそれぞれのパーツの内容や原理の理解が十分にある。HPLCを用いた試験について、正確な操作を行うことができる。簡単な部品の交換が自分でできる。」ことが求められます。なお、試験問題としては科学の各分野並びに化学・分析化学一般に関する知識を問う内容が約40%含まれます。

受験料 6,600円(合格者は登録料3,300円を別途申し受けます)。請求書の発行はいたしません。入金確認後、受験番号をお知らせします。

受験資格 受験できる方はこれまでに行われた液体クロマトグラフィー分析士初段試験に合格し、登録された方に限りません。

申込方法 受験料の銀行振込後、専用ホームページ(<https://forms.gle/k8mKrS2o11vF2Wit9>)にアクセスして必要事項を入力してください。

申込締切 5月20日(月)15時。会場に定員制限がありますので、入金順に受験番号を発行します。

振込銀行口座 りそな銀行五反田支店普通預金0802349、口座名義：公益社団法人日本分析化学会液体クロマトグラフィー研究懇談会(シヤ)ニホンブンセキカガクカイエキタイクロマトグラフィー)。一度お振り込みいただいた受験料は返却しません。万一、コロナ禍等で試験が中止された場合には、次回の受験料を免除します。

問合せ先 (公社)日本分析化学会・LC研究懇談会・分析士認証専門部会[E-mail:nakamura@jsac.or.jp]

14日(金)まで)、5,000円(6月15日(土)以降)、②非会員：6,000円、③学生：2,000円

申込・問合せ先 〒501-1193 岐阜市柳戸1-1 岐阜大学工学部 リムリーワ

[電話：058-293-2815、E-mail:lim.lee.wah.u7@f.gifu-u.ac.jp]

詳細は、日本分析化学会有機微量分析研究懇談会のHP(<https://www.jsac.or.jp/~orgmicro/>)にも掲載予定です。

有機微量分析研究懇談会

創立70周年記念大会シンポジウム

第91回日本分析化学会有機微量分析研究懇談会

第125回計測自動制御学会力学量計測部会

第41回合同シンポジウム

主催 (公社)日本分析化学会有機微量分析研究懇談会

共催 (公社)計測自動制御学会力学量計測部会

協賛 (公社)日本分析化学会、(公社)日本化学会、(公社)日本薬学会(申請中)

期日 2024年7月11日(木)~13日(土)

会場 岐阜大学講堂・工学部他〔岐阜市柳戸1-1〕

内容 特別講演・一般講演(口頭発表、ポスター発表)

発表申込締切 2024年3月15日(金)必着

発表申込方法 ①講演形式(口頭・ポスター発表)、②申込区分(一般or若手(30歳以下))、③申込者氏名、④会員番号(有機微量分析研究懇談会会員の場合)、⑤郵便番号・連絡先住所(所在地)、⑥電話番号、⑦FAX番号、⑧メールアドレス、⑨所属機関(和文名および英文名)、⑩講演題目(和文題目および英文題目)、⑪発表者氏名(講演者の前に○印)、⑫発表者英文氏名、⑬講演の概要(和文100字程度)を、封書またはE-mail(件名:合同シンポジウム講演申込)にて下記の申込先宛にお送りください。

講演要旨原稿締切 2024年5月10日(金)必着

事前参加登録締切 2024年6月14日(金)必着

参加登録費 ①主催・共催及び協賛学会会員：4,000円(6月

—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。

腐食防食部門委員会第 352 回例会

主催 (公社)日本材料学会
 期日 2024年1月23日(火)
 会場 大阪府教育会館たかつガーデン2階コスモス
 ホームページ <http://www.jsms.jp>
 連絡先 〒606-8301 京都府京都市左京区吉田泉殿町 1-101
 (公社)日本材料学会 [E-mail: jimu@office.jsms.jp]

第 289 回ゴム技術シンポジウム

「基礎から応用技術で見るゴムのトライボロジー V」

主催 (一社)日本ゴム協会トライボロジー研究分科会
 期日 2024年1月17日(水)
 会場 東部ビル5階とオンライン併用によるハイブリッド
 ホームページ
https://www.srij.or.jp/newsite/schedule/view_detail.php?gno=6364&keepThis=true&TB_iframe=true&height=550&width=680
 連絡先 〒107-0051 東京都港区元赤坂 1-5-26 東部ビル1階 (一社)日本ゴム協会 第289回ゴム技術シンポジウム係 [電話: 03-3401-2957, E-mail: kenkyuubukai@srij.or.jp]

23-2 高分子表面研究会

マテリアルズインフォマティクスと
計算化学を用いた表面・界面設計

主催 (公社)高分子学会高分子表面研究会
 期日 2024年1月26日(金)
 会場 東京理科大学森戸記念館第1フォーラム
 ホームページ
<https://member.spsj.or.jp/event/index.php?id=545>
 連絡先 〒104-0042 東京都中央区入船 3-10-9 新富町ビル 6F (公社)高分子学会事業課 23-2 高分子表面研究会係 [電話: 03-5540-3771, E-mail: jigyo@spsj.or.jp]

プラズマ分光分析研究会第 121 回講演会

材料開発や生体・環境動態解析に
資するプラズマ分光分析

主催 プラズマ分光分析研究会
 期日 2024年3月13日(水)
 会場 東京電機大学東京千住キャンパスおよび Zoom による
 オンライン
 ホームページ <https://plasma240322.peatix.com/>
 連絡先 192-0392 東京都八王子市堀之内 1432-1 東京薬科大学生命科学部分子生命科学科生命分析化学研究室内 プラズマ分光分析研究会 事務局 大関杏子
 [電話: 042-816-3001, E-mail: office@plasma-dg.jp]

みる・はかる・未来につなぐ科学機器展
東海サイエンスパーク 2024

主催 東海科学機器協会, (一社)愛知県計量連合会, (株)産業
 経済新聞社
 期日 2024年6月13日(木)~15日(土)
 会場 名古屋国際会議場
 ホームページ <https://miruhakaru.jp/>
 連絡先 〒100-8125 東京都千代田区大手町 1-7-2 産経新
 聞社事業本部コンベンション事業部
 [電話: 03-3273-6180, E-mail: miruhakaru@sankei.co.jp]

第 9 回実用表面分析国際シンポジウム
9th International Symposium on
Practical Surface Analysis (PSA-24)

主催 (一社)表面分析研究会
 期日 2024年11月17日(日)~22日(金)
 会場 Paradise Hotel Busan (パラダイスホテル釜山)
 ホームページ
<https://surfaceanalysis.kr/PSA/PSA24/>
 連絡先 PSA-24 実行委員会事務局 高橋和裕 (株)島津製作所
 [E-mail: secretary-psa24@sasj.jp]

「分析化学」年間特集“分”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、節目の15年目に当たる2024年は「分」をテーマとすることと致しました。

本特集では「分」をキーワードとして、基礎・応用を含めた分析化学の“最新の知見”はもちろん、総合論文や分析化学総説といった形で現在の分析化学の“研究の背景”についても広く募集し、分析化学が担う役割を社会に向けて発信することを目的としています。本特集に関わる論文はすべての論文種目で年間を通じてご投稿いただくことが可能で、審査を通過した論文は単行の特集号を除く「分析化学」第73巻(2024年)合併号の冒頭に掲載する予定です。国内外、産学官を問わず、「分」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10・11号及びホームページをご参照ください。

特集論文の対象:「分」に関連した分析化学的な基礎・応用研究に関する論文。例を以下に示します。

- 1) 環境水や体液といった液体試料を分析するための前処理分離に関する研究、2) さまざまな物質中から測定対象物質を分離抽出する技術に関する研究、3) 環境からの有害物質の除去・有用物質の回収に関する研究、4) クロマトグラフィーに関する基礎・応用研究、5) 分離のシミュレーションを活用した分析化学的研究、6) 生体サンプル中のバイオマーカー検出に関する研究。

特集論文原稿締切: 2024年4月26日(金) (第3期)

「分析化学」特集

“流れ分析—40年の歩みとこれから”の論文募集

「分析化学」編集委員会

「分析化学」編集委員会は、フローインジェクション分析研究懇談会と共同で「流れ分析—40年の歩みとこれから」と題した特集を企画しました。フローインジェクション分析研究懇談会は、1984年に設立され、2024年に40周年を迎えます。この間、様々な流れ分析のプラットフォームが開発され、発展してきました。また、JISにおいて規格化され、臨床、産業、環境をはじめとする様々な分野で活用されるようになりました。本特集号では、流れ分析のこれまでの発展に関する総合論文、流れ分析法の未来を切り開く新しいプラットフォームの開発、新しい検出法や流れの特性を活かした検出反応、溶液のハンドリングを自動化し様々な測定器への直接導入を可能とした前処理法などの分析法をはじめ、流れ分析の迅速かつ高感度である特徴を活かしたアプリケーションの展開などについて報文などの投稿をお待ちしております。奮ってご投稿ください。詳細はホームページをご確認ください。

特集論文申込締切：2024年2月20日（火）

特集論文原稿締切：2024年4月12日（金）

初めて書く論文は母語の日本語で！

“第23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、2024年（第73巻）に第23回「若手研究者の初論文特集」を企画します。卒研究生、修士・博士課程院生並びに若手研究者の方々にとって、ご自分の研究成果を日本語で投稿できるよい機会です。なお、2019年より本特集を年間特集とし、都合の良いときに執筆して投稿できるようにしました。年間を通して論文原稿を受け付け、審査を経て掲載可になり次第随時掲載いたしますので、奮ってご投稿ください。

なお、詳細は「分析化学」誌HPをご参照ください。

「分析化学」の掲載料についてのお知らせ

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

掲載料金計算式（P：印刷ページ数）（単位：円）

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

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

*上記に消費税がかかります。

「お知らせ」欄原稿について

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

ておりますのでご注意ください。

本会外から掲載をご希望の場合は以下をご参照ください。

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

国際会議以外の共催、協賛、後援に関する規程抜粋（共催）

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

【ア行】	【ナ行】	【ヤ行】
(株)エス・ティ・ジャパン…………… A1	日本分光(株)…………… 表紙 4	安井器械(株)…………… A4
【サ行】	【ハ行】	製品紹介ガイド…………… A6~7
(株)島津製作所…………… 表紙 2	ビー・エー・エス(株)…………… A2	
西進商事(株)…………… 表紙 3	(株)日立ハイテクサイエンス…………… A9	
(株)ゼネラルサイエンス	フロンティア・ラボ(株)…………… A10	
コーポレーション…………… A3		

新規会員募集中!!

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

公益社団法人 **日本分析化学会** 会員係

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

原子スペクトル分析

各種水銀測定装置

日本インスツルメンツ(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

複数の手法で同一試料を測定できる「複合分析」が手軽に
フーリエ変換赤外分光光度計FT/IR-4X+
パームトップラマン分光光度計PR-1
日本分光(株) <https://www.jasco.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

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 E-mail: LA-LIBS@hakuto.co.jp
<https://www.process.hakuto.co.jp/product/2562/>

質量分析

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

MALDI-TOF (/TOF), 迅速微生物同定, ESI-QTOF,
FT-ICR, LC-MS/MS, GC-MS/MS
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>

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@cerij.jp

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/>

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>

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>

XRF分析用ガラスビードの作製及びICP分析のアルカリ融
解処理には、高周波溶融装置ビード&フューズサンブラ
(株)アmenaテック
<http://www.amena.co.jp>

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

高性能 HPLC/GPC-FTIR インターフェースシステム
新型 LC-CollectIR
(株)エス・ティ・ジャパン
東京 03-3666-2561 大阪 072-835-1881
<https://www.stjapan.co.jp/>

モジュール式ラマンシステム RAMAN-QE
高感度の小型ファイバ分光器、励起用レーザー、各種ラ
ンプローブを組み合わせたコンパクトなシステムです。
励起レーザー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) <https://www.oceanphotonics.com>

電位差自動滴定装置・カールフィッシャー水分計・密
度比重計・屈折計・粘度計・水銀測定装置・熱計測機
器・大気分析装置・水質分析装置・排ガス分析装置
京都電子工業(株) 東京支店 03-5227-3151
<https://www.kem.kyoto/>

<p>高品質・高精度・高耐圧 NSプランジャーポンプシリーズ 日本精密科学(株) 電話 03-3964-1198 https://nihon-exa-sci.com</p>
<p>オンライン・プロセス分析計 滴定・水分・イオンクロマト・近赤外・VA/CVS メトロームジャパン(株) ※デモ機あります。 https://www.metrohm.jp</p>
<p>秒速粉碎機 マルチピースショッカー® 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 https://www.yasuikikai.co.jp/</p>
<h2>研究室用設備機器</h2>
<p>分析用超純水のことなら何でもエルガにご相談ください 世界第2位のラボ用超純水装置メーカー エルガラボウォーター ヴェオリア・ジェネッツ(株) エルガ・ラボウォーター事業部 e-mail: jp.elga.all.groups@veolia.com https://www.elgalabwater.com</p>
<p>グローブボックスシステム MBRAUN 社製 有機溶媒精製装置 MBRAUN 社製 (株)ブライト 本社 048-450-5770 大阪 072-861-0881 https://www.bright-jp.com E-mail: info@bright-jp.com</p>
<h2>試薬・標準試料</h2>
<p>認証標準物質 (CRM), HPLC・LC/MS 関連 超高純度試薬 (Ultrapur, Primepure®) 関東化学(株) 電話 03-6214-1090 https://www.kanto.co.jp</p>
<p>研究・産業用の金属/合金/ポリマー/ガラス等 8 万点 取扱サプライヤー GOODFELLOW CAMBRIDGE LTD 日本代表事務所 電話 03-5579-9285 E-mail: info-jp@goodfellow.com https://www.goodfellow-japan.jp</p>
<p>X線/中性子解析向けタンパク質結晶作成をあなたのラボで 『C-Kit Ground Pro』XRD:¥50,400 (税抜), ND:¥151,200 (税抜) (株)コンフォーカルサイエンス 電話 03-5809-1561 http://www.confsci.co.jp</p>
<p>標準物質は当社にお任せください! 海外 (NIST, IRMM, BAS, MBH, Brammer, Alcoa 等) 国内 (日本分析化学会, 産総研, 日環協等) 各種標準物質を幅広く, また, 分析関連消耗品も各種取り 扱っております。是非, ご相談ください! 西進商事(株) https://www.seishin-syoji.co.jp</p>
<p>RESEARCH POLYMERS (株)ゼネラルサイエンス コーポレーション 電話 03-5927-8356(代) FAX 03-5927-8357 https://www.shibayama.co.jp E-mail: gsc@shibayama.co.jp</p>
<p>お求めの混合標準液を混合成分から検索できる! 農薬・動物用医薬品 混合標準液検索 WEBページで「和光 農薬 検索」で検索! 試薬でお困りの際は当社HPをご覧ください。 富士フイルム和光純薬(株)</p>

<h2>書籍</h2>
<p>Pythonで始める 機器分析データの解析とケモメトリックス 森田成昭 著 A5判 216頁 定価3,300円 (税込) (株)オーム社 https://www.ohmsha.co.jp</p>
<p>基本分析化学 —イオン平衡から機器分析法まで— 北条正司, 一色健司 編著 B5判 260頁 定価3,520円 (税込) 三共出版(株) 電話 03-3264-5711 https://www.sankyoshuppan.co.jp/</p>
<p>Primary大学テキスト これだけはおさえたい化学 改訂版 大野公一・村田滋・齊藤幸一 他著 B5判 248頁 フルカラー 定価2,530円 (税込) 大学初年次での化学を想定。高校の復習から大学に必要な知識へのテキスト。 実教出版(株) 電話03-3238-7766 https://www.jikkyo.co.jp/</p>
<p>Pyrolysis-GC/MS Data Book of Synthetic Polymers 合成高分子の熱分解 GC/MS ハンドブック Tsuge, Ohtani, Watanabe 著 定価31,900円 (税込) 163種の合成高分子の熱分解 GC/MS, また33種の縮合系 高分子には反応熱分解 GC/MSも測定したデータ集。 (株)デジタルデータマネジメント 電話 03-5641-1771</p>
<p>TOF-SIMS: Surface Analysis by Mass Spectrometry John C. Vickerman and David Briggs 著 B5・定価51,700円 (税込) 二次イオン質量分析法の装置と試料の取扱い, 二次イオン 形成のメカニズム, データ解析アプリケーション例など (株)デジタルデータマネジメント 電話 03-5641-1771</p>
<p>Surface Analysis by Auger and X Ray Photoelectron Spectroscopy David Briggs and John T. Grant 著 B5・定価51,700円 (税込) 表面分析に欠かせない AES と XPS 法の原理, 装置, 試料の扱い, 電子移動と表面感度, 数値化, イメージング, スペクトルの解釈な だ。(SurfaceSpectra, Ltd.) (株)デジタルデータマネジメント 電話 03-5641-1771</p>
<p>第3巻「永久磁石の保磁力と関連する技術課題」 徳永雅亮, 山本日登志 著 B5判・118頁, 定価: ¥2,300+送料 ネオジコンサル 電話 090-2204-7294 https://hitoshiad26.sakura.ne.jp</p>
<p>改訂6版 分析化学データブック 日本分析化学会編 ポケット判 260頁 定価1,980円(税込) 丸善出版(株) 電話 03-3512-3256 https://www.maruzen-publishing.co.jp</p>
<h2>セミナー・試験</h2>
<p>海外技能試験の輸入代行サービス 西進商事(株) 神戸 078-303-3810 東京 03-3459-7491 https://www.seishin-syoji.co.jp/</p>
<p>演習中心で解り易いと評判の「不確かさ」セミナー開催。 オンラインでの参加も可能になりました! 日本電気計器検定所 (JEMIC) 電話 03-3451-1205 https://www.jemic.go.jp E-Mail: kosyukai-tky@jemic.go.jp</p>
<p>「本ガイド欄」への掲載については下記にお問合せください。 (株)明報社 電話 03-3546-1337 E-mail: info@meihosha.co.jp</p>

分析化学教育用ビデオ(DVD版)

●好評をいただいたビデオシリーズをDVDとしました



**好評
発売中**

全4巻

監修：公益社団法人日本分析化学会

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

現在お持ちのビデオを返送いただいた方は
10,000円 (税別, 送料込)

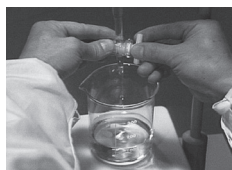
- 1巻 17分 容量分析法**

容量分析の原理	中和滴定の操作方法
標準溶液の作り方	酸化還元滴定の操作方法
器具の操作方法	滴定の応用
- 2巻 22分 吸光光度分析法**

溶液の色は、溶けているものと どんな関係?	精度の高い吸光光度定量を 行うための留意点は?
吸収の大きさ、溶液濃度 及びセルの厚さとの関係は?	吸光光度法の特徴は? どのような所で使われているのか?
吸光度の測定方法と 装置の操作方法は?	
- 3巻 18分 ガスクロマトグラフ分析法**

クロマトグラフィーとは	ガスクロマトグラムの構造
クロマトグラフィーの原理	分析操作
クロマトグラムの読み方	定性分析と定量分析
- 6巻 27分 ICP 発光分光分析法**

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



[1巻] 容量分析の原理



[2巻] 吸光度の測定方法と装置の操作方法は?



[3巻] クロマトグラフィーとは



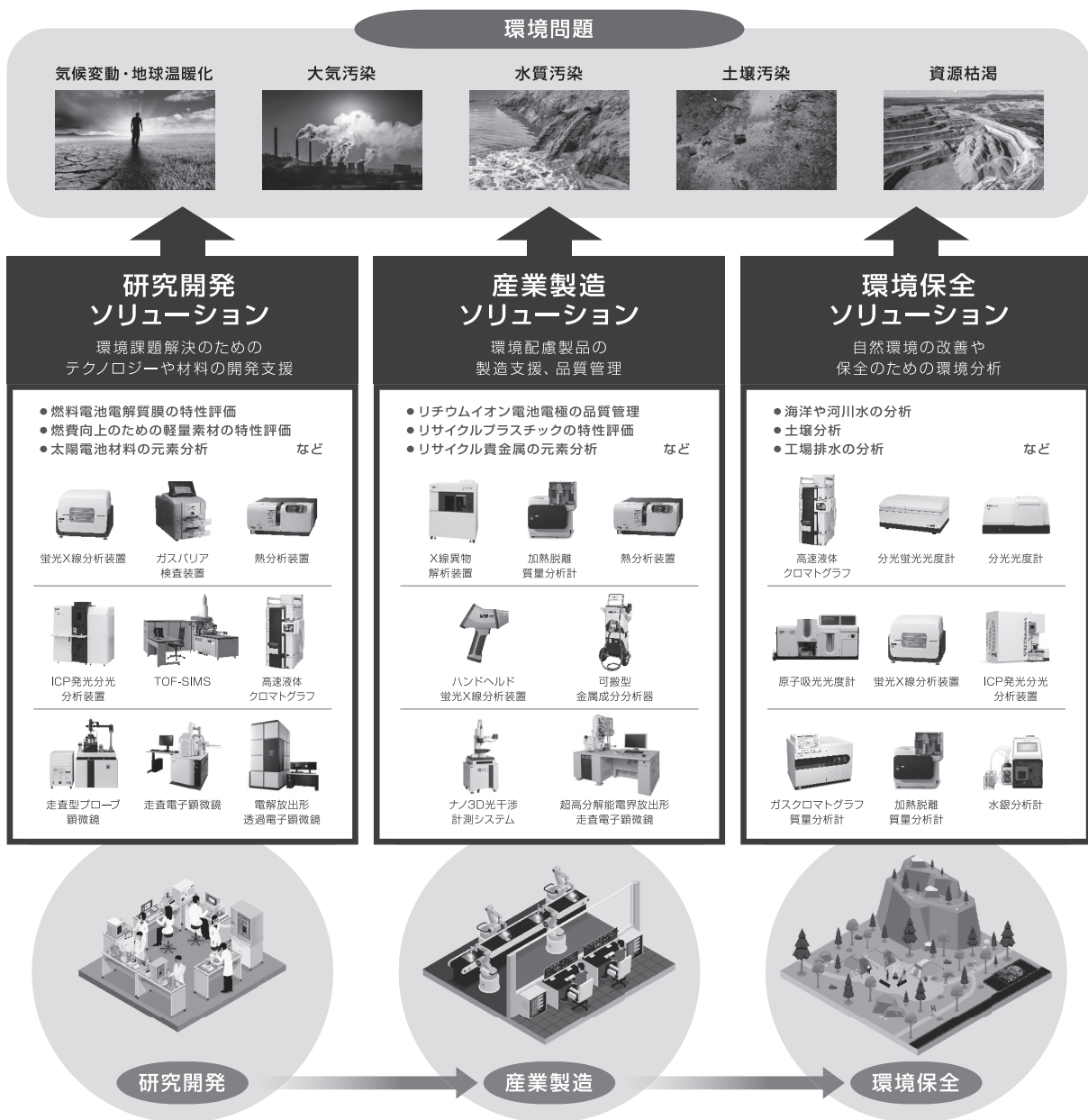
[6巻] プラズマへの試料導入

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

持続可能な将来を支える日立ハイテクの先端機器

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

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



◎ 株式会社 日立ハイテク ◎ 株式会社 日立ハイテクサイエンス

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

インターネットでも製品紹介しております。

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



新製品

迅速凍結粉碎装置 IQ MILL-2070

機器分析の試料前処理に最適 - 各種試料の粉碎・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、サイクル間の停止時間です。回転ノブとタッチパネルで簡単に設定できます。

● 短時間で効率的な粉碎

- ✓ 同一プログラムで最大3試料の同時粉碎が可能
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
高弾性ベルトを用いた* 高速上下ねじれ運動による粉碎方式を採用しており、試料の迅速粉碎が可能です。 *特許第7064786号
- ✓ 粉碎時の静かな作動音
粉碎時に発生する音は55 dB程度で通常会話を妨げません。

● 省エネの試料冷却キット付属

- ✓ 液体窒素の消費量は300 mL程度 (試料と粉砕子入りの試料容器1個の場合)
標準付属の試料冷却キットには冷媒容器、 tong、試料冷却ホルダーが含まれます。
- ✓ 冷媒を使わない室温粉碎も可能

静音設計



仕様

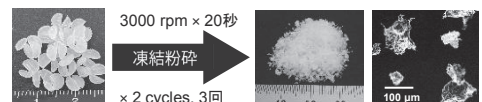
粉碎温度	室温あるいは冷媒 (液体窒素等) を用いる試料冷却	
粉碎設定	回転数 (rpm)	50 から 最大 3000 (無段階設定)
	回転時間 (秒)	10 から 60 (10 秒毎)
	回転サイクル間の待ち時間 (秒)	10 から 600 (10 秒毎)
	回転サイクル数	1 から 10 (1サイクル毎)
安全装置	マイクロスイッチと手動ロック方式による誤動作防止	
本体寸法、重量	幅 270 × 奥行 340 × 高さ 300 (mm), 約 12 kg	
電源 (50/60 Hz)	AC 100/120 V あるいは 200/240 V (450 VA)	

高速上下ねじれ運動



試料容器内における粉砕子の高速上下ねじれ運動により、試料を短時間で効率的に粉砕します。

粉砕例：高密度ポリエチレン (0.48 g)



40種以上の粉砕応用例をウェブサイトから閲覧可能！

フロンティア・ラボ 株式会社

ご購入検討時にテスト粉碎を承ります。お気軽にお問い合わせください。
www.frontier-lab.com/jp info@frontier-lab.com



高性能の熱分解装置と金属キャピラリーカラムの開発・製品化に専念して、洗練された製品をお届けしています

各種標準物質 (RM, CRM)

PFAS関連 (EPA 1633対応など)、RoHS (MCCPs、TBBPA)、REACH規則 (PAHs) など取り扱っております。
核燃料関連 (ウラン、トリウム、プルトニウム)、環境中放射能標準物質などもございます。

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

Cole-Parmer 社 (旧 SPEX 社) 前処理機 (フリーザーミル・ボールミル)

凍結粉碎機 (Freezer / Mill)
 粉碎容器にインパクトター (粉碎棒) とサンプルを一緒に入れ、液体窒素にてサンプルを常時凍結させて運転を開始します。
 インパクトターを磁化させ、往復運動させる事による衝撃でサンプルを粉碎します。
 やわらかいサンプルや熱に弱い生体サンプルに最適です。
 〈サンプル例〉プラスチック、ゴム、生体サンプルなど、
 〈使用例〉ICP, XRF, GC, LCの前処理 DNA/RNAの抽出の前処理

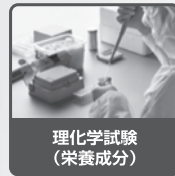
ボールミル (Mixer / Mill)
 SPEX独自の8の字運動により、効率的な粉碎、混合が可能。
 サンプルに合った粉碎容器、ボールを選択可能。
 〈サンプル例〉岩石、植物、錠剤、合金など
 〈使用例〉ICP, XRFの前処理 メカニカルアロイニング



日本バイオテクノロジー認証機構 (JBCO) 技能試験



(一社) 日本バイオテクノロジー認証機構 (JBCO) ではISO / IEC 17043 (技能試験提供者認定) に準じて各種技能試験を開催しております。全ての技能試験についてフォローアップセミナーが開催されるのが大きな特色で、試験結果に対する追跡が可能です。また理化学試験、リアルタイムPCR試験については余剰試料の頒布を行っており、その後の精度管理及びメソッド開発などへ活用できます。

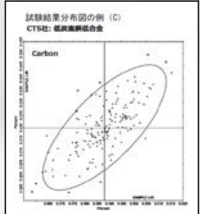


〈現在頒布中の余剰サンプル〉
 理化学試験：栄養成分・ヒスタミン
 さばしょう油煮：(プルトップ缶、容量約80g)
 さば水煮：(プルトップ缶、容量約80g)
 ・リアルタイムPCR (DNAコピー数の測定) プローブ法 or インターカレータ法

海外技能試験輸入代行サービス

技能試験 (外部精度管理) とは・・・
 技能試験提供機関が提供する未知サンプルを分析することによって、分析者の分析技能を測るテストです。
 分析能力に関して中立的な評価が得られ、国内外の参加試験所と分析能力の比較が出来ます。

- 〈メーカー/サンプル例〉
- ・LGC (ドイツ)：環境・食品・飲料・アルコール・微生物・化粧品・製薬・オイル・飼料
 - ・CTS (アメリカ)：鉄鋼・非鉄・樹脂
 - ・iis (オランダ)：ポリマー (化学試験) ・繊維・化粧品
 - ・NIL (中国)：ポリマー (化学試験・物性試験) 鉄鋼原料
 - ・NSI (アメリカ)：飲料水・環境・食品・微生物・製薬
 - ・PTP (フランス)：非鉄関連・航空宇宙関連試験
 - ・TESTVERITAS (フランス)：食品・食肉・野菜



YouTubeチャンネル [西進商事公式]

弊社取り扱い製品の情報を公開中です。(順次アップロード予定)

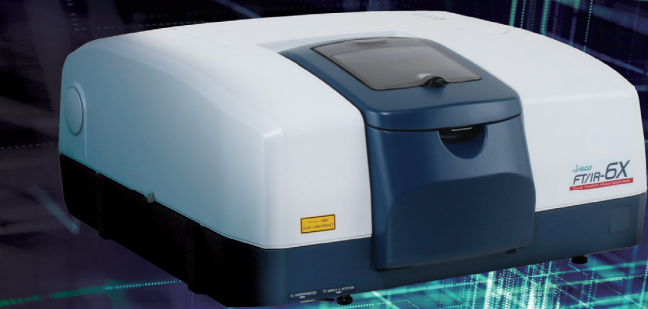


SEISHIN
 標準物質専門商社
西進商事株式会社
<https://www.seishin-syoji.co.jp/>

本社 〒650-0047 神戸市中央区港島南町1丁目4番地4号
 TEL.(078)303-3810 FAX.(078)303-3822
 東京支店 〒105-0012 東京都港区芝大門2丁目12番地7号 (RBM芝パークビル)
 TEL.(03)3459-7491 FAX.(03)3459-7499
 名古屋営業所 〒450-0002 名古屋市中村区名駅4丁目2番25号 (名古屋ビルディング桜館4階)
 TEL.(052)586-4741 FAX.(052)586-4796
 北海道営業所 〒060-0002 札幌市中央区北二条西1丁目10番地 (ピア2・1ビル)
 TEL.(011)221-2171 FAX.(011)221-2010

全てがアップグレードした 最新のFTIR

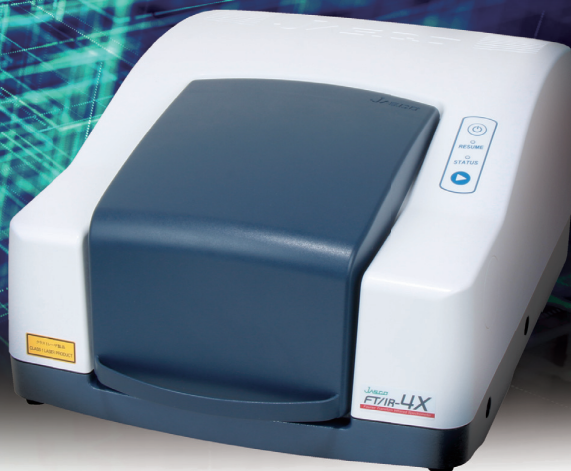
FT/IR-Xシリーズは、日本分光の最新技術を投入したFTIRです。
高感度化はもとより、安定性、操作性においても最高レベルを追求しました。



FT/IR-6X



FT/IR-8X



FT/IR-4X

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

FT/IR-X series

FT/IR-X seriesの特徴

- リアルタイムデータ処理やサムネイル表示などの機能に加え、ナビゲーション機能を新たに搭載
- ハイスループット光学系により、55000:1の高S/Nを実現(8X)
- クラストップの0.07 cm⁻¹分解に対応(8X)
- 自動BS交換ユニットと自動窓交換ゲートバルブユニットを組み合わせマルチレンジ測定に対応(6X/8X)
- 環境へ配慮しダウンサイジングを追求 面積比40%、消費電力30%の従来機比減を達成(4X)

光と技術で未来を見つめる

日本分光

日本分光株式会社
〒192-8537 東京都八王子市石川町2967-5
TEL 042(646)4111(代)
FAX 042(646)4120

日本分光の最新情報はこちらから

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

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名称および各仕様は、
改善のため予告なく変更することがあります。