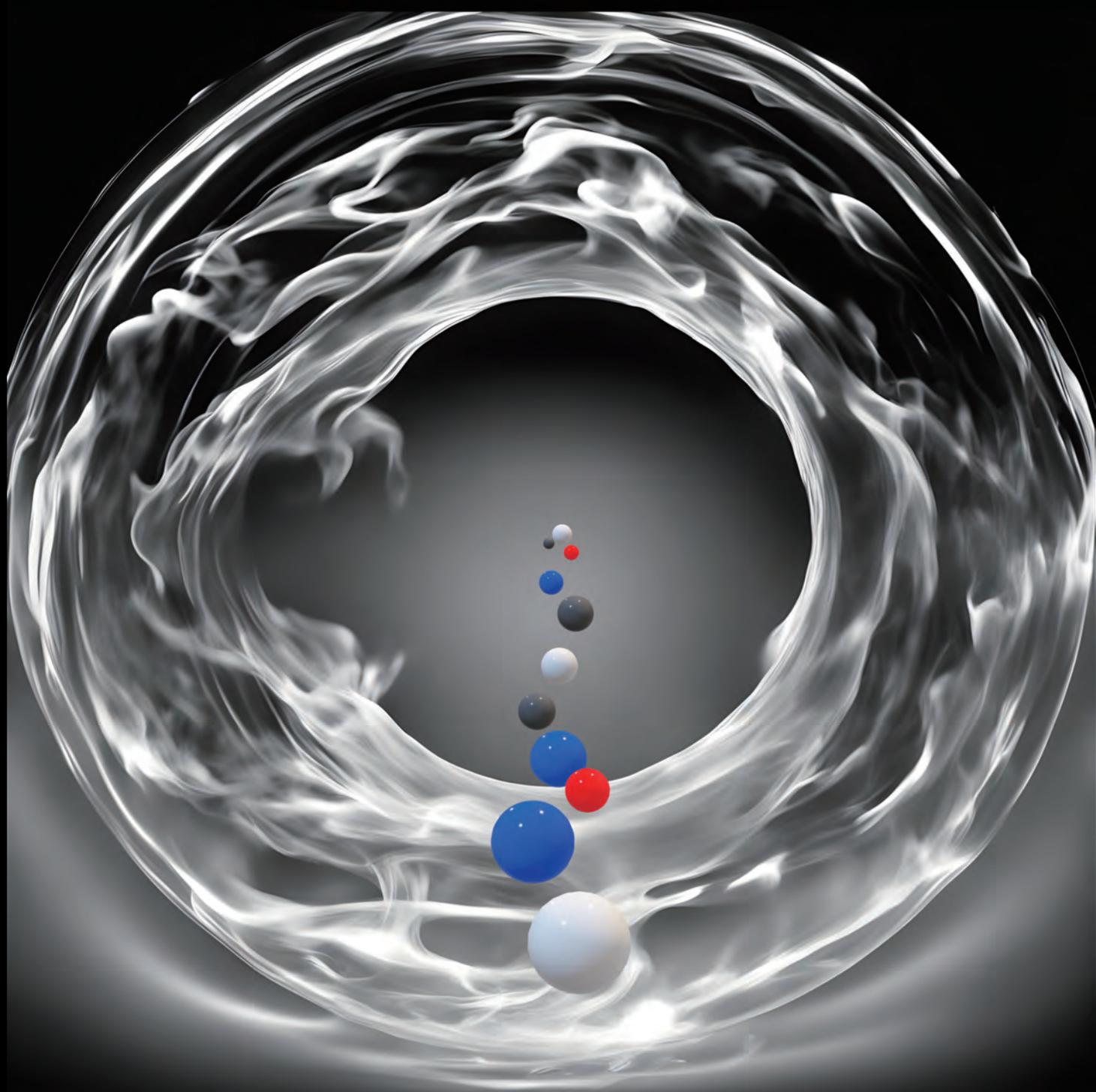


ぶんせき ⑥

Bunseki 2024

The Japan Society for Analytical Chemistry



日本分析化学会

<https://www.jsac.jp>

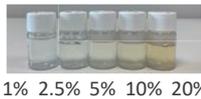
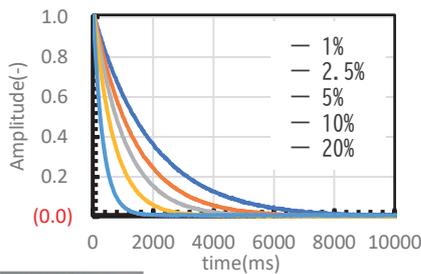
幅広いアプリケーションに対応したTD-NMR TD-NMR Spectrometer Spin Track



- 架橋状態、結晶状態など
分子レベルでの運動性の違いを数値化します。
- わずかな違いを数値化する事が可能なため、
品質管理にも適しています。
- 非破壊かつ短時間で測定でき、アイデア次第で
無限の可能性を秘めている評価法です。



ゼラチン濃度の異なるゲルの運動性評価

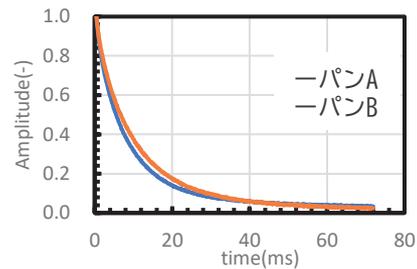


ゼラチンを濃度を変えて水に溶解させ、約4℃で30分冷却しゲル化させた。

1% 2.5% 5% 10% 20%

ゼラチン濃度が高くなるにつれ、緩和時間が短く得られた。ゼラチン濃度が高くなることでネットワーク構造が密になり、運動性が小さくなる事が示唆された。

食パンの柔らかさを比較



パンA パンB

パンA：角食パン(食感が固く分銅をのせてもあまり沈まない)
パンB：山型食パン(ふんわりとした食感で、分銅をのせると深く沈む)

食パンBが乗せた分銅が深く沈み、ふんわりとした食感を有する理由は、緩和時間が長い成分の存在割合が大きいためであることが原因であると示唆された。

TD-NMRの評価

- ゲル状物質の硬化過程
- セメントの凝結過程
- 固体(粉体等)の含水率
- APIの結晶性評価
- 脂肪類、オイル類、マーガリン中の個体脂肪の定量
- 種の中の水や油分の定量 (ISO 10565に準拠)
- チョコレートやカカオ中の脂肪、砂糖、水分の同時定量
- 粉ミルク中の水分、脂肪分の定量
- チーズ中の気孔率の評価
- 乳製品の個体タンパク質量の推定
- 食パンの柔らかさの評価
- 岩石コア (Rock Cores Analysis)
- ゴムタイプ材料の粘・弾性解析及び硬化度合い
- プロトン密度や移動度の分布
- 拡散係数

Mageleka マジェリカ・ジャパン株式会社

〒277-0882 千葉県柏市柏の葉5丁目4-6東葛テクノプラザ 512
TEL: 04-7189-8158 E-mail: info@mageleka-japan.com
Web: <https://www.mageleka-japan.com/>



HPへのリンク
装置原理、測定事例を掲載しております

ぶんせき Bunseki 2024 Contents 6

目次

とびら	学術雑誌の現状と学会誌投稿のお願い／久本 秀明 181
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 マススペクトル解析／高橋 豊 182
展 望	誘導結合プラズマ質量分析計を用いる 放射性同位体の迅速分析と今後の展開／松枝 誠・高貝 慶隆 195
ミニファイル	非破壊・固体分析 近赤外分光法／高松 利寛 201
話 題	自然界における同位体変動と原子量の不確かさ／谷水 雅治 203
技術紹介	TD-NMR による運動性の評価 ―身近な物質の違いを簡便に数値化― ／池田 純子・山根 衣寿美 205
トピックス	α 線放出核種の体内動態の解析を可能にするイメージング技術 ／宗兼 将之 212 光学イメージングによる単一粒子屈折率計測法／宮川 晃尚 212
こんにちは	(株)コーセー 研究所を訪ねて／四宮 一総・津越 敬寿 214
博士論文要録	キャピラリー分子ふるい電気泳動に基づく低分子標的 ―構造誘起型アダマー選抜／和田 将英 216
リレーエッセイ	行雲流水と七転八起に生きる／東海林 敦 218
ロータリー	219 談話室：学会活動への Webinar 活用の可能性／インフォメーション：理事会だより (2023 年度第 6 回)；第 29 回 LC & LC/MS テクノプラザ；第 393 回液体クロマト グラフィー研究懇談会；高分子分析研究懇談会第 418 回例会／執筆者のプロフィール

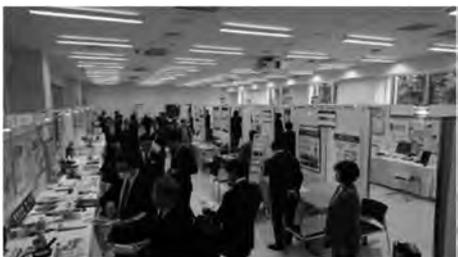
〔論文誌目次〕	223	〔広告索引〕	A7
〔お知らせ〕	M1	〔ガイド〕	A8
〔カレンダー〕	iii		

日本分析化学会第73年会

2024年9月11日(水)~13日(金)

名古屋工業大学

主催:公益社団法人 日本分析化学会



本年会では、下記の企業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 ￥ 100,000 (税別)

書籍販売1小間 ￥ 50,000 (税別)

●ランチオンセミナー 開催料

1枠 ￥ 150,000 (税別) ※お弁当等の経費は別途

詳しくは大会ホームページをご覧ください。

<https://confit.atlas.jp/guide/event/jsac73nenkai/top>

■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

ISO/IEC17043 に基づく分析技能試験

		「第 26 回ダイオキシン類分析（河川底質）技能試験」（申し込み受付中）……………(M 4)	
6 月	3～5 日	日本顕微鏡学会第 80 回学術講演会〔幕張メッセ・国際会議場〕……………(3 号 M4)	
	12～14 日	電子機器トータルソリューション展 2024〔東京ビックサイト東展示棟〕……………(3 号 M4)	
	13・14 日	界面コロイドラーニング第 40 回現代コロイド・界面化学基礎講座 東京会場 〔同志社大学東京オフィス〕……………(5 号 M5)	
	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〕……………(1 号 M7)	
	18 日	2024 年度液体クロマトグラフィー（LC）分析士初段認証試験 〔①東京会場：島津製作所東京支社；②京都会場：島津製作所本社研修センター〕……………(2 号 M2)	
	19・20 日	日本金属学会オンライン教育講座「電子顕微鏡と格子欠陥の基礎」〔オンライン〕……………(M 9)	
	21～7/4 日	電気化学セミナー A「初心者のための電気化学測定法－基礎編」〔オンデマンド配信〕……………(M 9)	
	26 日	第 396 回液体クロマトグラフィー研究懇談会 〔日立ハイテクサイエンスサイエンスソリューションラボ東京〕……………(5 号 M1)	
	27・28 日	界面コロイドラーニング第 40 回現代コロイド・界面化学基礎講座 大阪会場〔大阪産業創造館〕……………(5 号 M5)	
7 月	3 日	2024 年度「ぶんせき講習会」（基礎編その 2） 「化学分析の基礎講座～実験用ガラス器具、マイクロピペット、 電子天びん、および pH メーターの原理と使い方～」〔島津製作所関西支社〕……………(5 号 M1)	
	4 日	第 29 回 LC 研究懇談会特別講演会・見学会〔東京都農林水産振興財団・農業総合研究センター〕……………(4 号 M4)	
	4・5 日	ブラズマ分光分析研究会 2024 筑波セミナー ―ブラズマ分光分析法の基礎を確認しよう― 〔つくば国際会議場中会議室 202 およびオンライン〕……………(M 9)	
	5 日	第 42 回高分子表面研究会基礎講座〔東京理科大学森戸記念館第 1 フォーラム〕……………(M 9)	
	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 4)	
	12 日	北陸地区講演会〔福井大学文京総合研究棟 I 2 階総合大 2 講義室〕……………(5 号 M2)	
	17・18 日	第 6 回使えるセンサ・シンポジウム 2024（同時開催：第 6 回使えるセンサ・計測展 2024） 〔マイドームおおさか〕……………(5 号 M5)	
	17～19 日	第 34 回環境工学総合シンポジウム 2024〔高野山大学〕……………(3 号 M4)	
	19 日	2024 年度第 2 回近畿支部講演会〔大阪科学技術センター 7 階 700 号室〕……………(5 号 M3)	
	19 日	第 397 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)	
	19 日	第 36 回イオン交換セミナー「挑戦するイオン交換Ⅶ」〔上智大学四ツ谷キャンパス〕……………(M 9)	
	22～26 日	第 12 回対称性・群論トレーニングコース（英語講義） 〔高エネルギー加速器研究機構つくばキャンパス〕……………(M 10)	
	24～26 日	HPLC & LC/MS 講習会 2024〔島津製作所殿町事業所 MainHall（4 階）ほか〕……………(4 号 M4)	
	25・26 日	（一社）日本結晶学会講習会「粉末 X 線解析の実際」〔東京工業大学大岡山キャンパス西 9 号館〕……………(5 号 M5)	
	26・27 日	九州分析化学若手の会 第 37 回若手研究講演会および第 42 回夏季セミナー〔サンプラザ天文館〕……………(M 6)	
	29 日	2024 年度 LC/MS 分析士五段認証試験〔日本分析化学会会議室〕……………(M 6)	
	29～8/2 日	第 12 回対称性・群論トレーニングコース（日本語講義） 〔高エネルギー加速器研究機構つくばキャンパス〕……………(M 10)	
	30 日	24-1 高分子学会講演会 主題＝バイオプラスチックの最前線〔オンライン開催〕……………(5 号 M5)	
	31 日	2024 年度 LC/MS 分析士四段認証試験〔日本分析化学会会議室〕……………(M 7)	
8 月	22 日	2024 年度 LC/MS 分析士三段認証試験 〔①東京会場：五反田文化会館；②京都会場：島津製作所本社研修センター〕……………(M 7)	
	22・23 日	第 21 回次世代を担う若手のためのフィジカル・ファーマフォーラム（PPF2024） 〔レクトーレ葉山湘南国際村〕……………(M 10)	
	26 日	2024 年度イオン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〕……………(M 7)	
	28・29 日	第 36 回バイオメディカル分析科学シンポジウム ―創薬と医療を支える分析化学― 〔静岡県コンベンションアーツセンター〕……………(5 号 M5)	
	29・30 日	第 41 回分析化学中部夏期セミナー〔ゆーとりあ越中〕……………(M 8)	
9 月	4・5 日	第 13 回環境放射能除染研究発表会〔いわき市立中央公民館（いわき市文化センター）〕……………(M 10)	
	10 日	第 3 回標準化セミナー ―微小粒子の破壊・変形強度の測定方法とその応用展開― 〔ウイंकあいち〕……………(5 号 M5)	
	11～13 日	日本分析化学会第 73 年会〔名古屋工業大学〕……………(4 号 M1)	
	18 日	2024 年度 LC/MS 分析士二段認証試験〔①東京会場：島津製作所東京支社イベントホール； ②京都会場：島津製作所本社研修センター〕……………(M 8)	
	19・20 日	第 40 回シクロデキストリンシンポジウム〔東京大学駒場キャンパス 21KOMCEE West〕……………(5 号 M6)	
	26～28 日	第 60 回熱測定討論会〔京都府立京都学・歴史館〕……………(5 号 M6)	
10 月	16 日	第 253 回西山記念技術講座「最新シミレーション技術の進歩と鉄鋼業への展開」 〔CIVI 研修センター新大阪東 7 階 E705 会議室〕……………(5 号 M6)	
	21 日	2024 年度 LC/MS 分析士初段認証試験〔①東京会場：島津製作所東京支社イベントホール； ②京都会場：島津製作所本社研修センター〕……………(M 9)	
	23 日	第 400 回記念液体クロマトグラフィー研究懇談会〔機械振興会館・研修-1 会議室〕……………(5 号 M3)	
	23～25 日	第 46 回溶液化学シンポジウム〔千葉大学けやき会館〕……………(3 号 M5)	
	23～25 日	第 73 回ネットワークポリマー講演討論会〔近畿大学東大阪キャンパス〕……………(M 10)	
	30 日	第 254 回西山記念技術講座「最新シミレーション技術の進歩と鉄鋼業への展開」 〔鉄鋼会館会議室〕……………(5 号 M6)	
	31・11/1 日	第 29 回高分子分析討論会（高分子の分析及びキャラクタリゼーション）〔ウイंकあいち〕……………(5 号 M4)	
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〕……………(1 号 M7)	
	25～27 日	第 45 回超音波エレクトロニクスの基礎と応用に関するシンポジウム 45th Symposium on UltraSonic Electronics〔明治大学駿河台キャンパスアカデミーコモン〕……………(M 10)	
	21 日	第 75 回白石記念講座「データ駆動型材料開発の最前線とその適用例」〔鉄鋼会館会議室〕……………(5 号 M6)	

＜マグネシウム認証標準物質 7 種類の頒布開始＞

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

◇微量元素分析用 高純度マグネシウム認証標準物質◇

[JAC 0141～JAC 0143 (ディスク状 3種類)]

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

直径 50 mm 厚さ 20 mm のディスク状：表面を平滑に研磨仕上げ

単位 (µg/g)

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

◇汎用マグネシウム合金認証標準物質◇

[JAC 0151～JAC 0154 (ディスク状 4種類)]

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

直径 50 mm 厚さ 20 mm のディスク状：表面を平滑に研磨仕上げ

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

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



(a)



(b)

◇ 頒布価格：試料 1 ディスクにつき

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

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

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

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

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

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

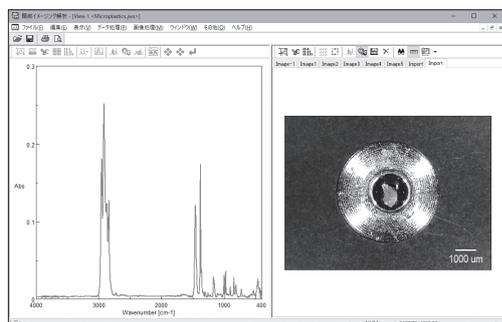
E-mail：crmpt@ml.jsac.or.jp, URL：https://www.jsac.jp/]

サンプル画像を ATRプリズム上で見る



USB顕微鏡セット

USB顕微鏡セットは、測定前のサンプル画像をATRプリズム上で取得し、スペクトルと画像データを一つのファイルに保存可能です。スペクトルマネージャーでサンプルサイズの計測も行え、小さなサンプルも拡大された観察画像で取扱えます。



スペクトルと画像をセットで保存

「スペクトル」、「ATRプリズムに密着したサンプル画像*」、「USB顕微鏡で取得した密着前のサンプル画像」を、一つのファイルに保存できます。

* ATR PRO 4X VIEW の場合



特長

- ・移動の手間削減：測定前に試料画像をATRプリズム上で取得
- ・作業が簡単：小さな試料も拡大された観察画像で取扱いが簡単
- ・確実な紐付け：スペクトルと画像データを1つのファイルに保存
- ・便利な機能：ソフトウェア上で試料サイズを計測

光と技術で未来を見つめる

日本分光

日本分光株式会社

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

日本分光の最新情報はこちらから

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

日本分光HP



JASCO

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



多彩な機能で品質管理や 研究開発をサポート

自動滴定装置

AUT-801



2系列同時滴定に対応
デュアルシステム



2系列の滴定画面を同時表示に対応

シングルシステム時は、
600データを本体にメモリー可能

各種滴定法に合わせた電極類をご用意

ターンテーブル(オプション)接続による
省力化を実現



広範な分野での分析ニーズにお応えします

食品分野

化学・分析分野

メッキ分野

電気・鉄鋼・金属分野

環境分野

石油分野

薬品・化粧品・香料分野



食品



石油



薬品・化粧品・香料

東亜ディーケーケー株式会社

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

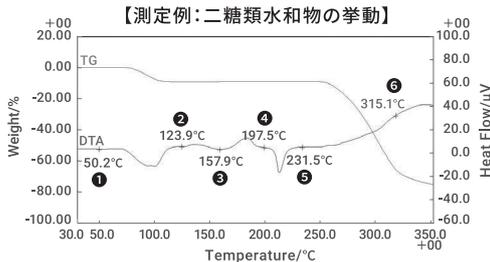
本社 / 〒169-8648 東京都新宿区高田馬場1-29-10 TEL.03(3202)0219

●東京:03(3202)0226 ●大阪:06(6312)5100 ●札幌:011(726)9859 ●仙台:022(353)6591 ●千葉:0436(23)7531
●名古屋:052(485)8175 ●広島:082(568)5860 ●四国:087(831)3450 ●九州:093(551)2727

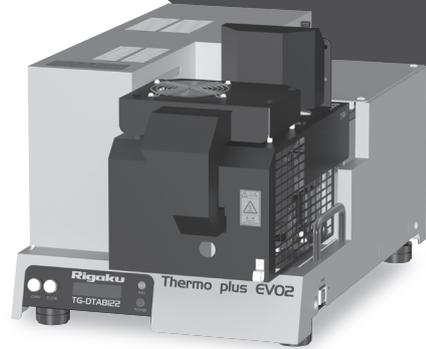


熱分析測定中の試料をリアルタイムに観察

- 1,000°Cまでの測定中の試料を明瞭に撮影
- 失透防止ユニットが視認性を確保
- 加熱中の試料の形状変化をリアルタイムに観察
- ASCでの連続測定に対応



① 初期状態 ② 脱水 (体積収縮) ③ 非晶化 (液状化) ④ 結晶化 (白色化) ⑤ 融解 (透明) ⑥ 燃焼 (黒色化・発泡)



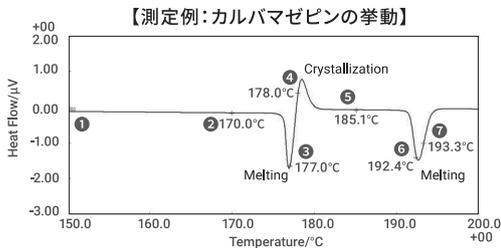
試料観察
TG-DTA 8122
示差熱 - 熱重量同時測定装置

試料観察測定
TG-DTAの動画はこちら ▶



業界最高クラスの測定温度範囲 (-180°C~725°C)

- 725°Cまでの試料観察・冷却・連続測定を同時に実現
- 冷却ユニットとの組合せでは、-70°Cまでの昇降温測定で 試料観察が可能
- 測定中の試料形状変化をリアルタイムに観察
- ASCでの連続測定に対応



① 初期状態 ② 170.0°C ③ 177.0°C ④ 178.0°C ⑤ 185.1°C ⑥ 192.4°C ⑦ 193.3°C



試料観察
DSCvesta2
超高感度示差走査熱量計

試料観察測定
DSCの動画はこちら ▶





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。

● 短時間で効率的に微粉碎

- ✓ パワフルな衝撃と剪断力で粉碎時間を数秒へ大幅短縮

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。

- ✓ 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。

● 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 (試料と粉碎子入りの試料容器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

通常会話を妨げない
静音設計

仕様

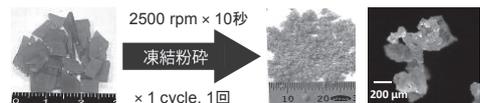
粉碎温度	室温あるいは冷媒（液体窒素等）を用いる試料冷却	
粉碎設定	回転数 (rpm)	50 から 最大 3000 (無段階設定)
	回転時間 (秒)	10 から 60 (10 秒毎)
	回転サイクル間の待ち時間 (秒)	10 から 600 (10 秒毎)
	回転サイクル数	1 から 10 (1サイクル毎)
安全装置	マイクロスイッチと手動ロック方式による誤動作防止	
本体寸法、重量	幅 270 × 奥行 340 × 高さ 300 (mm), 約 12 kg	
電源 (50/60 Hz)	AC 100/120 V あるいは 200/240 V (450 VA)	

高速上下ねじれ®運動



試料容器内における粉碎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碎します。

粉碎例：ポリイソブレン (0.53 g)



40種以上の粉碎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

ご導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

column

ムロマックミニカラムの使用例(公開論文・文献より)

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

ムロマック® ミニカラム

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

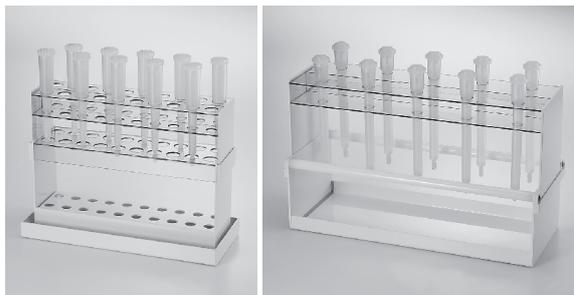


種類	内径(mm)	長さ(mm)	容量(mL)	液溜槽容量(mL)
S	5.0~5.5	50	1.0	8.0
M	6.5~8.5	5.8	2.5	10.0
L	10.0~11.0	118	10.0	5.0 ^{*1}

*1. 連結キャップを使って50ml注射器を接続すると便利です。

ムロマック® ミニカラムスタンド

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



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

ムロマック® ガラスカラム

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



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

ムロマック® 分液ロート

【各ガラスカラム対応】

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



種類	容量(mL)
S	500
M	1000

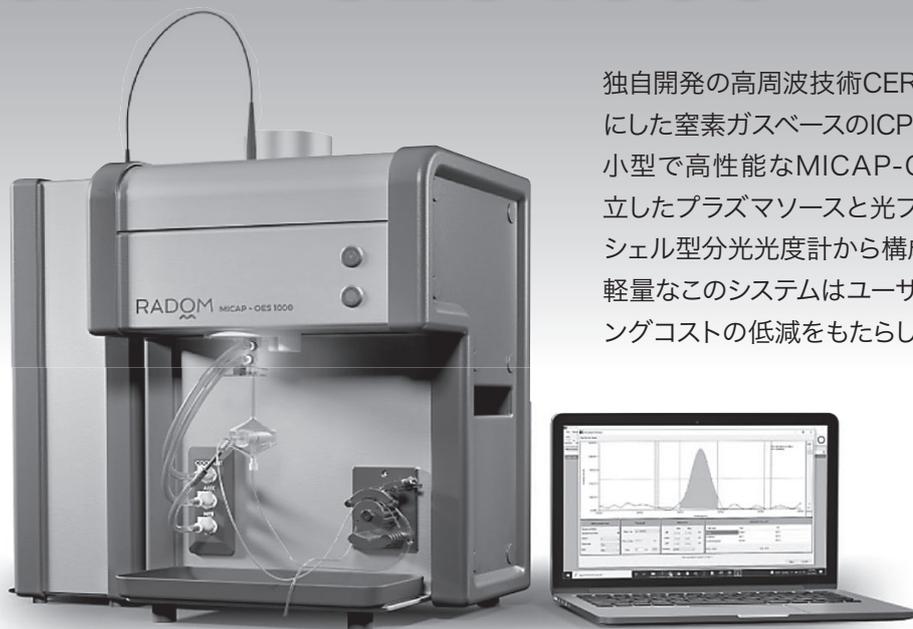
お問合せ先

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

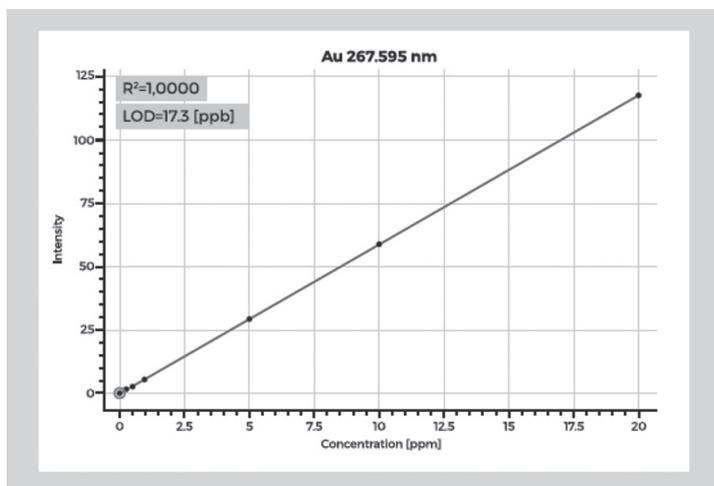
[東京] TEL. 03-3525-4792 [大阪] TEL. 06-6393-0007 [本社] TEL. 0944-41-2131

窒素ガスICP分析計 MICAP™-OES 1000

RADOM™



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



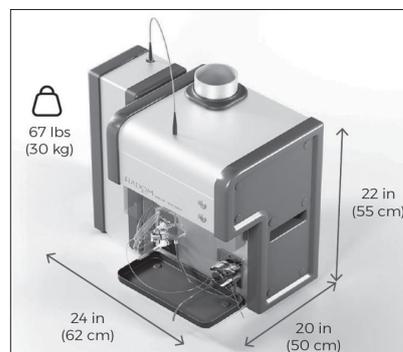
金の検量線 (0.025~20.00ppm)

特徴

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

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

光ファイバー接続のエシエル分光検出器



装置寸法・重量

輸入総販売元

株式会社 エス・ティ・ジャパン

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

東京本社 /

〒103-0014 東京都中央区日本橋蛸殻町1-14-10

TEL: 03-3666-2561 FAX: 03-3666-2658

大阪支店 /

〒573-0094 大阪府枚方市南中振1-16-27

TEL: 072-835-1881 FAX: 072-835-1880

ST.JAPAN INC.

学術雑誌の現状と学会誌投稿のお願い



久本 秀明

ここ数年、学術雑誌（ジャーナル）の編集にかかわることが多く、現在も本会誌「分析化学」の編集委員長を仰せつかっております。

ご存じのように、ジャーナルを取り巻く環境はこの数年で一変しました。Scopeの似通った新興ジャーナルが乱立し、会員の皆様も投稿先に迷うようになったのではないのでしょうか。一方、検索すればすぐに目的論文のPDFファイルにアクセスでき、投稿先がどこのジャーナルでも読まれる論文は読まれる、という状況で、むしろオープンアクセス（OA）かどうかが「読まれる論文」と「読まれない論文」を分けつつある側面もあります。英国王立化学会（RSC）がOA論文と通常論文で引用回数に差が出るかを毎年調査していますが、昨年・一昨年のデータでは有意な差はなかったものの、RSC自体が一昨年、「今後5年以内にすべてのRSCジャーナルをOA化する」と宣言しましたので、大きな流れとしてはどのジャーナルもこの方向に進むと思います。

また、多数のジャーナルを抱える出版社では同じ出版社内の別ジャーナルへのTransferを積極的に進め、論文（著者）の「囲い込み」も行われています。インパクトファクター（IF）もいろいろ言われてずいぶん経ちますが、ジャーナル各誌ともIF向上には躍起です。中にはIFの数値と掲載論文のクオリティが明らかにミスマッチと思われるジャーナルも散見されます。

言語についても翻訳ソフトの性能が急激に向上し、いまや学生は英語論文のPDFファイルを全翻訳してから日本語で読む時代になりました。書く方も日本語で書いた後に翻訳した方が早いという状況です。賛否は当然ありますが、これは逆に言えば「分析化学」が世界中で読まれる可能性が出てきた、とも捉えることができるPositiveな側面もあります。

このような状況の中、会員の皆様はご自分の論文をどの言語で書いてどのジャーナルに掲載したいと思われますか？もちろん自信作は昔から知られている一流ジャーナルに英語で、と考えるのは自然だと思います。ですが、新興ジャーナルに論文を出すのであれば、本会の学会誌への投稿をお考えいただきたいのです。

本会の学会誌は世界の分析化学関連ジャーナルの中では高評価を受けているとは言いがたい状況だと思います。ですが、「学会がジャーナルをもつ」ということは、「学会員の学術への考え方やマインドを形にする場を提供する」ことだと思います。本会の学会誌は本会構成員の“分析マインド”から形作られ、発展していくべきと思うのです。

本会にはオリジナルペーパーを掲載する学会誌として「Anal.Sci.」と「分析化学」があります。会員の皆様には投稿・引用含め、本会学会誌の発展にご協力賜れば幸いです。

〔Hisamoto Hideaki, 大阪公立大学大学院工学研究科, 「分析化学」編集委員長〕

マスペクトル解析

高橋 豊

1 はじめに

質量分析 (mass spectrometry, MS) は、原子や分子の質量を知ることができる機器分析法である。数ある機器分析の中で、高感度と高選択性を両立する特長をもつ。それらの特長のために、MSは、医学・薬学・環境・化学工業・有機合成化学、など様々な分野において定性・定量の両分析に多用されている。

しかし、MSは元々定性分析のための方法であり、データ解析と言う観点からも、定性分析の方が解説すべき事項が多い。よって本稿では、定性分析を中心に解説することとする。

2 MSによる定性

MSは気相イオンを分析する方法であり、測定試料に含まれる分析種は、何らかの方法で気相イオンに変換することで質量分析が可能である。MSのイオン化法は、分析種のような物理化学的性質に対応する為に、市販装置に搭載されているだけでも現在10種類以上存在し、イオン化法と生成し易いイオン種との間には密接な関係がある。

著者らはMSのデータ(マスペクトル)から、分析種の質量を知る(推測する)ことが出来る。マスペクトルは横軸 m/z 、縦軸強度で表される二次元チャートである。 m/z の m はイオンの質量を統一原子質量単位で割った値、 z はイオンの電荷数である。エム&スラッシュ&ゼットをイタリック体で表記し、「エム・オーバー・ジー」と発音する。

MSによる定性において、最初のステップは多くの場合分析種の質量を推測することである。マスペクトルから分析種の質量を推測する為には、分析種分子が壊れずに生成したイオンの m/z 値と、そのイオン種の情報が必要であり、どの様なイオン種が生成し易いかは、イオン化法によって異なる。

ところで、MSから得られる最も重要な情報は分子の質量情報であるが、これを分子量と勘違いされている

ケースが散見される。マスペクトルからは、分子の質量情報の他に、分子を構成する原子の同位体に関する情報や、分子の部分構造に関する情報も得られる。

ここでは先ず、マスペクトルから得られる情報として、分子の質量と分子量の違いについて、および同位体に関する情報について解説し、次いでガスクロマトグラフィー質量分析 (gas chromatography mass spectrometry, GC/MS) において用いられる電子イオン化 (electron ionization, EI) や化学イオン化 (chemical ionization, CI)、液体クロマトグラフィー質量分析 (liquid chromatography mass spectrometry, LC/MS) に用いられる代表的なイオン化法であるエレクトロスプレーイオン化 (electrospray ionization, ESI) に関して、マスペクトルから分析種分子の質量を推測する方法について述べる。

2.1 マスペクトルから得られる情報

2.1.1 分子の質量と分子量について

分子の質量と分子量は、それぞれ分子を構成する原子の質量と原子量の和である。元素には同位体が存在し、原子の質量とは同位体毎の質量を指す。水素の同位体を例にとると、天然存在比最大 (99.9885 %) の同位体である ^1H 原子の質量は 1.007825 Da であり、天然存在比 0.0115 % の ^2H 原子の質量は 2.014102 Da である。そして水素の原子量は、 ^1H と ^2H の質量に各同位体の天然存在比を重率として掛けて求めた加重平均値の統一原子質量単位に対する比であり、1.0079 となる。MSで用いる質量の単位は統一原子質量単位であり、記号は Da もしくは u で表す。原子量や分子量には単位はない。有機化合物を構成する主な元素には同位体が存在し、それぞれの原子質量・同位体の天然存在比・原子量などを表1に示す。

低分子においては、分子を構成する各元素が天然存在比最大の同位体である場合の分子の存在確率が最も高く、その分子の質量を整数で計算した場合はノミナル質量、精密質量で計算した場合はモノアイソトピック質量と言う。

それでは、分子の質量と分子量の違いを、実際の例で見よう。

表 1 主な元素の質量と天然存在比

原子番号	元素記号	質量数	質量	天然存在比 (%)	原子量
1	H	1	1.008	99.989	1.008
		2	2.014	0.012	
6	C	12	12	98.93	12.011
		13	13.003	1.07	
7	N	14	14.003	99.632	14.007
		15	15.000	0.368	
8	O	16	15.995	99.757	15.999
		17	16.999	0.038	
		18	17.999	0.205	
16	S	32	31.972	94.93	32.065
		33	32.971	0.76	
		34	33.968	4.29	
		36	35.967	0.02	
17	Cl	35	34.987	75.78	35.453
		37	36.966	24.22	
35	Br	79	78.918	50.69	79.904
		81	80.916	49.31	

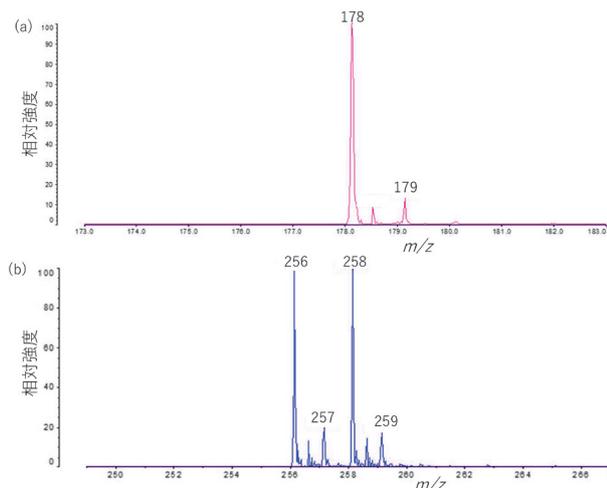


図 1 (a) アントラセンと (b) ブロモアントラセンの正イオン LD マススペクトル

アントラセンとブロモアントラセンの、レーザー脱離イオン化 (laser desorption ionization, LDI) により得られたマススペクトルを図 1 に示す。LDI については解説を省略するが、この例では 2・2・1 で解説する EI 同様、分子イオンが生成している。アントラセン ($C_{14}H_{10}$) のノミナル質量は 178 Da、モノアイソトピック質量は 178.07825 Da、分子量は 178.229 であり、3 者の数値にそれ程大きな違いは無い。アントラセンの水素の一つが臭素に置き換わったブロモアントラセン ($C_{14}H_9Br$) の場合、ノミナル質量は 256 Da、モノアイソトピック質量は 255.9887 Da、分子量は 257.125 であり、ノミナル質量あるいはモノアイソトピック質量と分子量との間に

は、1 以上の違いが生じる。

図 1 (a) においては m/z 178 イオンがメインピークとして観測されている。これは、C と H がすべて天然存在比細動の同位体 (^{12}C , 1H) で構成されるアントラセンの分子イオンである。また、 m/z 179 イオンが相対強度約 15 % で観測されている。これは、アントラセンに含まれる 14 個の炭素の中の 1 個が ^{13}C に置き換わったアントラセンの分子イオンである (2H を 1 個含む分子も混在している)。

図 1 (b) においては m/z 256 イオンと m/z 258 イオンがほぼ同じ強度で観測されている。この両イオンの m/z 差は、臭素の二つの同位体 ^{79}Br と ^{81}Br の質量差に相当する。つまり、 m/z 256 は ^{79}Br を含むプロモアントラセンの、 m/z 258 は ^{81}Br を含むプロモアントラセンの分子イオンである。

図 1 (a) の m/z 178 イオンと m/z 179 イオン、および図 1 (b) の m/z 256 イオンと m/z 258 イオン、これらは夫々分子を構成する原子の一つが異なっており、異なる質量をもつ分子由来のイオンと言うことになる。

m/z 178 イオンに対する m/z 179 イオン、および m/z 256 イオンに対する m/z 258 イオンは同位体イオン (ピーク) と呼ばれ、低分子で同位体イオンが分離されている限りにおいては、マススペクトルから得られるのは、分子の質量情報であることが分かる。

2・2 マススペクトルから得られる元素の情報

ここでは、図 1 を用いてマススペクトルから得られる分子を構成する元素の情報について解説する。それは、同位体ピークの強度比を見ることで判断出来る。

図 1 (a) において、 m/z 178 イオン (モノアイソトピックピーク) 強度を 100 % とした時の +1 (m/z 179 イオン) の相対強度から、分子に含まれる凡その炭素数を知ることが出来る。それは、表 1 より ^{13}C の天然存在比が 1.07 %、 2H のそれが 0.0115 % であることに依る。天然存在比最大の同位体 (^{12}C , 1H) に対して +1 の質量をもつ同位体の天然存在比が約 100 倍違うため、 m/z 179 イオンに寄与するのはほとんどが ^{13}C である。そして、その天然存在比が約 1.07 % であるために、 m/z 179 イオンの相対強度を 1.1 で割った値が、アントラセンに含まれる凡その炭素数となる。これは、他の元素 (酸素や窒素) を含む分子に関しても当てはまる。図 2 にロイシン・エンケファリン ($C_{28}H_{37}N_5O_7$, モノアイソトピック質量 555.2693 Da) の正イオンエレクトロスプレー (ESI) により得られたマススペクトルを示す。ESI については 2・2 で解説するのでここでは省略するが、プロトン付加分子が観測されている。 m/z 556.2760 イオンがモノアイソトピックピーク、 m/z 557.2789 イオンが主として ^{13}C を 1 一つ含む同位体ピークである。

図 2 より、目視で m/z 557.2789 イオンの相対強度を

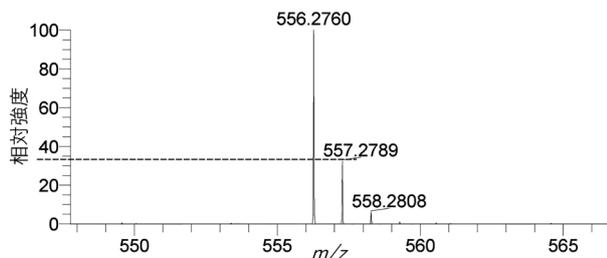


図2 ロイシンエンケファリンの正イオン ESI マスペクトル

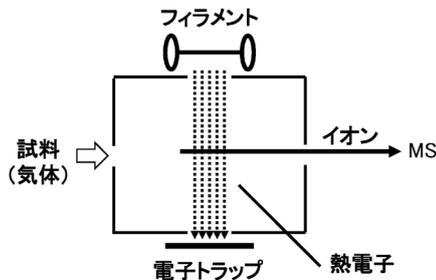


図3 EIのイオン源の概略

読むと 33 %, 1.1 で割ると 30 となり, ロイシン・エンケファリンの炭素数 28 にかなり近い. この差を近いと見るか遠いと見るかは意見が分かれるところではあるが, そもそも m/z 557.2789 イオンには ^{13}C 以外にも ^2H , ^{15}N , ^{17}O も含まれている. また, 測定誤差や目視における誤差も含まれる. 全く未知の分析種を構造推定する場合, 「炭素が大体何個あるか」という情報は, 実際のところ非常に重要である.

図1 (b) の m/z 256 イオンと m/z 258 イオンの強度比は, 臭素の二つの同位体 ^{79}Br と ^{81}Br の天然存在比を反映している. よって, この様に質量が二つ違いのイオンがほぼ同強度で観測された場合, そのマスペクトルが単一種の分子から得られたものであるなら, その分子には臭素が一つ含まれていることが分かる.

2.2 分子の質量を推測する

2.2.1 EI や CI の場合

EI は, 現在市販の MS 装置に搭載されている数あるイオン化法の中で, 最も伝統的なものの一つである. EI のイオン源の概略を図3に示す.

EI は, 加熱によって気化された分子に対して, 通常 70 eV の熱電子線を照射し, 分子から電子を一つ弾き飛ばすことで正イオンを生成させる方法である. イオン化は真空中で行われ, 分子が壊れずに電子を一つ放出して生成したイオンは分子イオンと呼ばれ, M^+ と表記される. ここで M は分子を示す. EI によって得られたアセトンのマスペクトルを図4に示す.

アセトンの分子式は $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$ であり, ノミナル質量は 58 Da である. ノミナル質量とは, “分子を構成する各元素の天然存在比が最大の同位体の質量に最も近い整数値を用いて計算したイオンまたは分子の質量” と定義されている²⁾. 図4で観測されている m/z 58 は, アセトンのノミナル質量に等しく, これはアセトンの分子イオンであることが分かる. 分子イオンの質量は, 厳密には元の分子より電子1個分少ないが, 電子1個の質量は約 0.0005 Da であり, イオンの m/z 値が整数や小数点以下2桁までで表示されているマスペクトルにおいては, 電子の質量は無視出来る. 図4においては, m/z 43, 15 のイオンも観測されており, これらはフラグメン

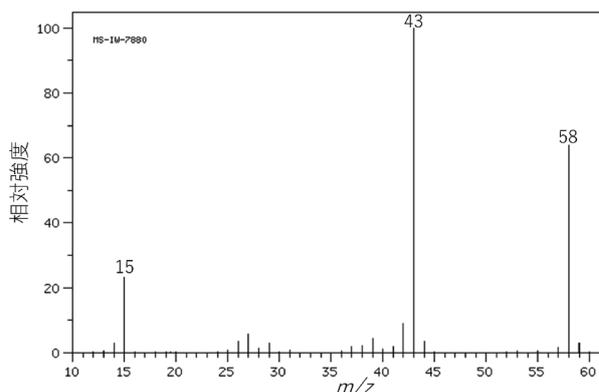


図4 アセトンの EI マスペクトル¹⁾

トイオンと呼ばれる断片化したイオンである. 質量分析計の内部でイオンが開裂して断片化する現象を, フラグメンテーションと呼ぶ.

EI で用いられる熱電子のエネルギーは通常 70 eV であり, これは多くの有機分子のイオン化ポテンシャル (10 eV 程度) より著しく高いため, 多くの物質で分子イオンのみならずフラグメントイオンが生成する. また, 分子イオンが全く観測されない場合もある. 図5にその例を示す.

EI により得られたマスペクトルで分子イオンが観測される場合, それは当然最も大きな m/z 値を示す. 図5 (a) では, m/z 320 に低強度のピークが確認できるが, これが分子イオンか否かははっきりしない. また, 図5 (b) では, m/z 441 イオンが明瞭に観測されている. これは分子イオンであると判断しがちであるが, 結論から言うとこれは分子イオンではなくフラグメントイオンである.

図5に示したのはほんの一例であるが, 分析種が未知の場合, EI マスペクトルから分子の質量を判断することは, 極めて困難である. 分子イオンが観測されているか否か判断が出来ないことが多いためである. その場合, CI などのソフトイオン化を併用することが有用である. CI は GC/MS に用いられる代表的なソフトイオン化であり, 多くの場合分子を壊さずにイオン化することが可能である. 図5で示した2種類の分子の, CI によるマスペクトルを図6に示す. CI は, メタン・

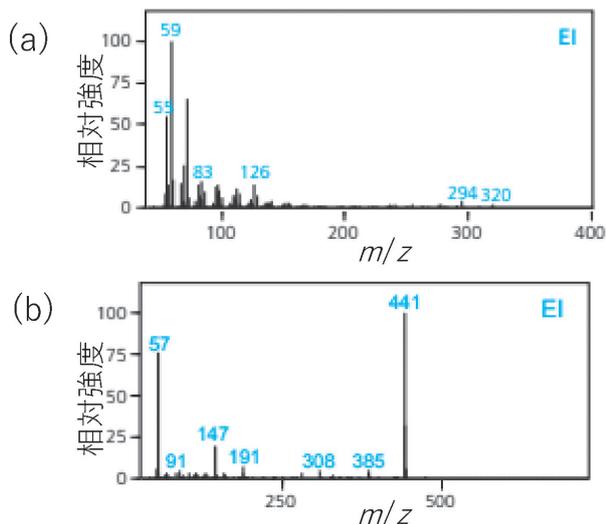


図5 分子イオンが観測されていないEIマススペクトル例
(a) エルカ酸アミドと (b) イルガホス 168 のEIマススペクトル
(資料ご提供：株式会社島津製作所)

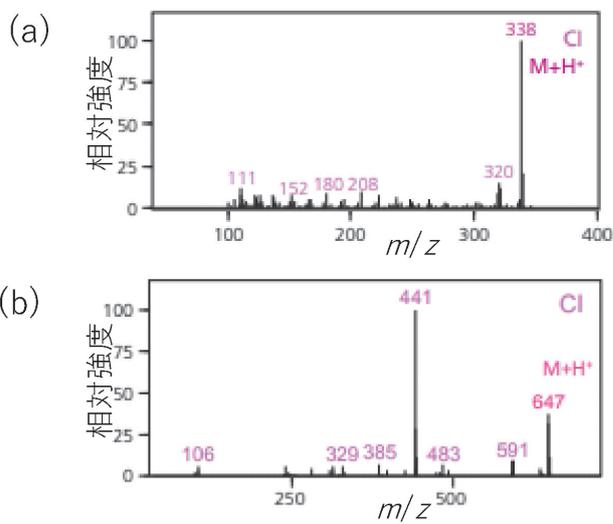


図6 (a) エルカ酸アミドと (b) イルガホス 168 のCIマススペクトル
(資料ご提供：株式会社島津製作所)

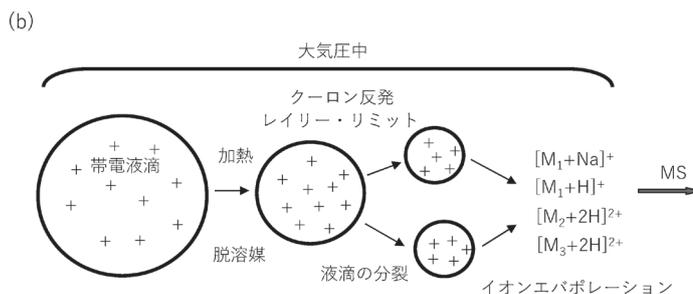
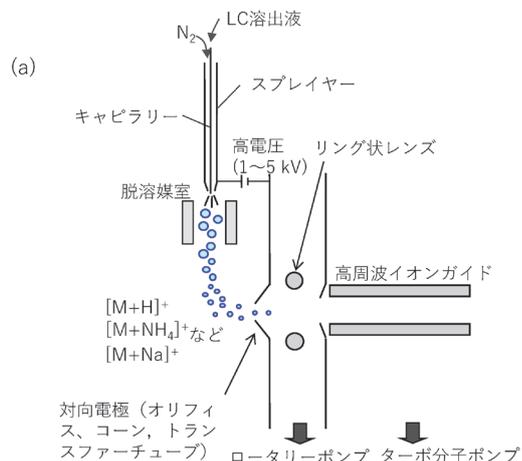


図7 (a) 市販のESIのイオン源概略と (b) ESIにおけるイオン生成イメージ

イソブタン・アンモニアなどの試薬ガスから生成したイオンと分析種分子との気相化学反応によって、分析種分子をイオン化させる方法であり、試薬ガスの種類による多くの場合プロトン付加分子 ($[M+H]^+$) が生成する。図6に示す例では両分子共にプロトン付加分子が観測されており、元の分子の質量を知ることができる。

2.2.2 ESI の場合

ESIは、現在LC/MSで最も汎用されているイオン化法である。LC/MSで分析可能な物質は、GC/MSより圧倒的に多いため、ESI以外に、分析種の物理化学的性質に応じて、大気圧化学イオン化 (atmospheric pressure chemical ionization, APCI) や大気圧光イオン化 (atmospheric pressure photo ionization, APPI) も用いられる。しかし、生成し易いイオン種に大きな差異はないため、ここではESIについてのみ解説する。

対向電極を近傍に置いた金属製のキャピラリーに電気伝導性の液体を流し、両者に高電圧を印加するとキャピラリーの先端から高度に帯電した液滴が生成する。これがエレクトロスプレーの原理であり、帯電液滴を加熱・脱溶媒して単一のイオンを生成させると質量分析が可能になる。市販のESIのイオン源の概略とESIにおけるイオン生成イメージを図7に示す。

ESIの分析対象となる分子の多くは中性であり、正イオン検出ではプロトン (H^+) やナトリウムイオン (Na^+)、アンモニウムイオン (NH_4^+) などが付加することで正イオンとなる。分子がESIによってイオン化するためには、分子内にプロトンなどが付加する場所が必要であり、酸素原子や窒素原子などの非共有電子対がそれにあたる。また、二重結合にも付加することがある。

負イオン検出では、分子からプロトンが脱離、あるいは分子にギ酸イオン ($HCOO^-$ 、移動相にギ酸が添加さ

表2 イオン化モード、移動相溶媒、生成しやすいイオン種の関係

イオン化法	極性	移動相溶媒	生成しやすいイオン種
ESI	+	メタノール	$[M+H]^+$, $[M+Na]^+$, $[M+K]^+$
	+	アセトニトリル	$[M+H]^+$, $[M+NH_4]^+$, $[M+Na]^+$
	+	含酢酸アンモニウム	$[M+H]^+$, $[M+NH_4]^+$
APCI	+	メタノール	$[M+H]^+$, $[M+H+CH_3OH]^+$
	+	アセトニトリル	$[M+H]^+$, $[M+H+CH_3CN]^+$
	+	含酢酸アンモニウム	$[M+H]^+$, $[M+NH_4]^+$
ESI	-	酸を含まない系	$[M-H]^-$, $[M+Cl]^-$
	-	含酢酸, 酢酸アンモニウムなど	$[M-H]^-$, $[M+CH_3COO]^-$
	-	含ギ酸	$[M-H]^-$, $[M+HCOO]^-$
	-	含酢酸アンモニウム	$[M-H]^-$, $[M+CH_3COO]^-$
APCI	-	酸を含まない系	
	-	含酢酸, 酢酸アンモニウム	$[M-H]^-$, $[M+CH_3COO]^-$
	-	含ギ酸	
	-	含酢酸アンモニウム	$[M-H]^-$, $[M+CH_3COO]^-$

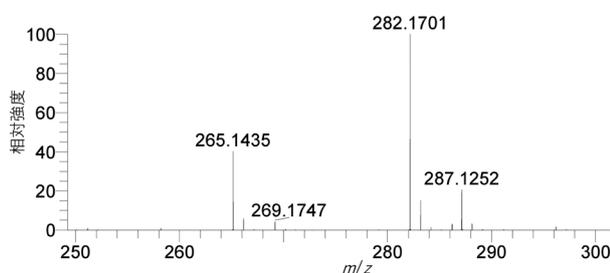


図8 正イオン ESI により得られるマスペクトル例

れている場合) や塩素イオン (Cl^-) が付加したイオンが生成しやすい。

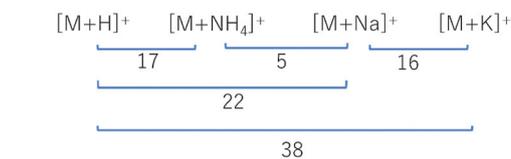
生成しやすいイオン種は、イオン化法・極性・移動相溶媒(添加剤)に密接に関係している。ESI と APCI において生成しやすいイオン種の一覧を表2に示す³⁾。

ESI によって得られるマスペクトルにおいては、一つの分子であっても複数の付加イオンが観測されることが多々あり、分子の質量を推測するためにはイオン種を正しく判断する必要がある。幾つかの例を見てみよう。

図8に示すマスペクトルは、正イオン ESI で得られた単一分子由来のものである。複数の付加イオンが観測されている典型的な例で、一見複雑そうであるが、複数の付加イオンが観測されているからこそイオン種を限定でき、元の分子の質量を推測することが出来る。着目するのは、 m/z 265, 282, 287 各イオンの m/z 差である。これは高分解能質量分析計で測定されたデータであるため、小数点以下4桁まで表示されているが、 m/z 差についてはまずは整数で考える。265 と 282 の差が17、そして282 と 287 の差が5、更に265 と 287 の差が22である。異なるイオン種と質量差(1価イオンの場合は m/z 差)の関係を、図9に示す。

図9を参考に図8のマスペクトルを解析すると、

正イオン



負イオン

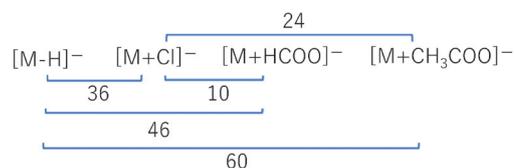


図9 ESI において生成しやすいイオン種と整数質量差

m/z 265, 282, 287 の各イオンは、それぞれ $[M+H]^+$, $[M+NH_4]^+$, $[M+Na]^+$ と推測することが出来る。そして、高分解能マスペクトルの場合には、各イオンの m/z 差を小数点以下まで確認すれば、より確実に付加イオンを帰属出来る。そして、元の分子の質量を計算するには、各イオンの m/z 値より付加しているイオンの質量を差し引けば良い。

図8は、単一の分子に対して複数の付加イオンが観測されているため、イオン種の帰属が容易である。次に、もう少し難しい例を見てみよう。ある天然物試料中成分の、正負両イオン検出 ESI によるマスペクトルを図10に示す。移動相には、0.1% 酢酸を添加した水とアセトニトリルを用いた。図10(a)において、 m/z 344.1715 イオンがメインピークとして観測されており、それ以外には高強度なイオンは観測されていない。このように、主として観測されているイオンが一つの場合、イオン種の帰属は非常に困難である。溶媒等の条件にも依るが、 $[M+H]^+$, $[M+NH_4]^+$, $[M+Na]^+$ のうちの何れのイオンも生成しやすいからである。この場合、正

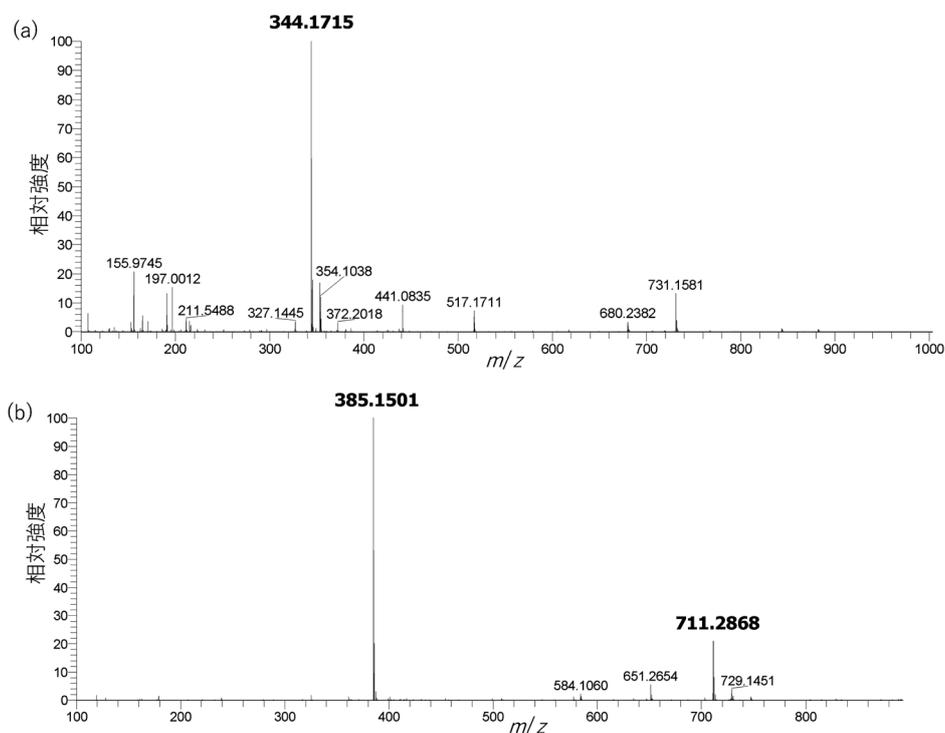


図 10 同一分子の (a) 正イオン検出および (b) 負イオン検出によるマススペクトル

イオン検出のマススペクトルのみから判断することはせず、負イオン検出によるマススペクトルを併せて解析すると良い。図 10 (b) においては、 m/z 385.1501 と 711.2868 に顕著なイオンが検出されている。711 は 385 の 2 倍に近い数値なので、 m/z 711.2868 が 2 量体由来のイオンと仮定して解析を進める。もし m/z 385.1501 イオンが $[M-H]^-$ であるなら、分子質量は 386.1574 Da となり、2 量体イオン ($[2M-H]^-$) の m/z 値は 771.3075 になるはずで、マススペクトルと一致しない。このマススペクトルは、移動相に酢酸を添加して得られているため、 m/z 385.1501 イオンを $[M+CH_3COO]^-$ であると仮定すると、分子質量は 326.1367 Da、そして $[2M+CH_3COO]^-$ の m/z 値は 711.2868 となり実測値と一致する。このことから、図 10 (a) で観測されている m/z 344.1715 イオンは $[M+NH_4]^+$ として帰属することが出来る。

GC/MS における定性：EI マススペクトルのライブラリー検索による解析

EI により得られた数十万にも及ぶマススペクトルは、古くからライブラリーデータベースとして登録されており、GC/MS における定性は、このデータベースを用いた検索が主な手段である。簡便且つ有用ではあるが、類縁化合物は似たようなスペクトルになるため、分子イオンが観測されていないマススペクトルを検索すると、違う物質がヒットすることがあるため、注意が必要である。ライブラリーサーチを過信するのは禁物である。

2・4 LC/MS における定性：MS/MS によるプロダクトイオンスペクトルの解析、構造推定および精密質量からの分子式推定

2・4・1 マススペクトルからの構造推定

LC/MS に用いられる ESI, APCI, APPI 等のイオン化法は、いずれもソフトイオン化であるため、多くの分子でフラグメントイオンは生成されない。そのため、構造情報を得るために、MS/MS が用いられる。MS/MS には、プロダクトイオン分析・プリカーサーイオンスキャン・コンスタントニュートラルロススキャン・コンスタントニュートラルマスゲインスキャン・選択反応モニタリングの 5 種類があり、構造推定に用いられるのはほとんどの場合プロダクトイオン分析である。プロダクトイオン分析とは、タンデム質量分析計を用いて行う分析であり、1 台目の質量分析部で注目するイオンを選択し、コリジョンセルに導入して希ガスなどと衝突させて断片化し（フラグメンテーション）、2 台目の質量分析部でその断片化イオンのマススペクトルを取得する方法である。特定のイオン（プリカーサーイオン）から生成したイオン（プロダクトイオン）を観測するため、プリカーサーイオンとプロダクトイオンの m/z （質量）差から、元の分子の構造推定を行うことが出来る。或る物質の正イオン ESI & 高分解能 MS/MS により得られたマススペクトルと、 $[M+H]^+$ (m/z 166 イオン) のプロダクトイオンスペクトルを図 11 に示す。

図 11 (a) においては、 m/z 166.0856 イオンがメインピークとして観測されており、他には非常に小さなピークが三つ観測されている。正イオン ESI によるマススペ

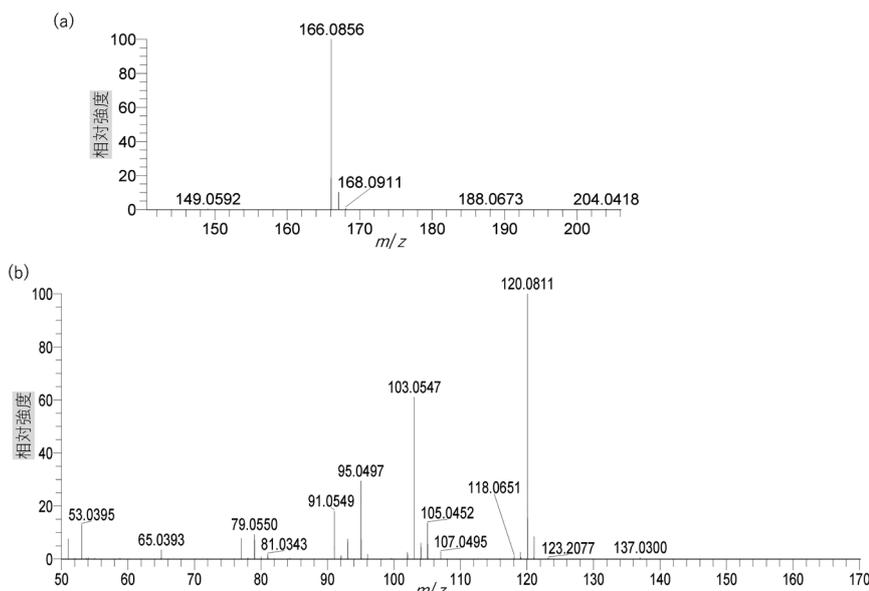


図 11 フェニルアラニンの正イオン ESI による (a) マススペクトルと (b) m/z 166 イオンのプロダクトイオンスペクトル

クトルでピークが 1 本しか検出されていない場合、イオン種の帰属は、図 10 (a) の例で示したように、実は結構難しい。今回のケースでは、わずかに検出されている m/z 188.0673 イオンとの m/z 差が 21.9817 であり、これはナトリウムイオンとプロトンの質量差に相当する。また、両イオンの m/z 値を用いて抽出イオンクロマトグラムを作成したところ、同じ保持時間にピークが確認された。よって、 m/z 166.0856 イオンは $[M+H]^+$ 、 m/z 188.0673 イオンは $[M+Na]^+$ として帰属することが出来た。分析種が未知の場合、この“イオン種の同定”は必須なので、“正イオン検出だから $[M+H]^+$ だろう”などで見切り発車をせず、他のイオン種を探す、負イオン検出のデータを確認する、などの対策を講じることを推奨する。

次に、 m/z 166.0856 イオンおよびプロダクトイオンスペクトルに観測されている主なイオンの分子式推定を行う。精密質量から分子式を推定するには、装置に付属のソフトウェアを使用する人が多いと思うが、Web 上のフリーで使えるツールもある。

イオン種の帰属をせずに、直接分子式推定を行い、その結果でイオン種を帰属することも可能ではあるが、必ずしも装置のスペック通りの質量精度が得られているとは限らないため、余り推奨は出来ない。また、マススペクトルの解析ソフトで、イオン種を判断してくれる機能をもつものもあるが、ソフトに 100 % 頼るのではなく、自分で解析できる方が良い。

$[M+H]^+$ である m/z 166.0856 イオンおよびプロダクトイオンとして主に検出されている m/z 120.0811, 103.0547, 91.0549 の各イオンの分子式はそれぞれ、 $C_9H_{12}NO_2$, $C_8H_{10}N$, C_8H_7 , C_7H_7 として推測される。各イ

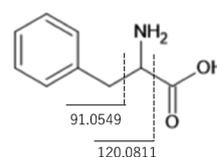


図 12 フェニルアラニンの構造と主なプロダクトイオンの帰属

オンの分子式の差異を見ると、 m/z 166.0856 イオンから m/z 120.0811 イオンが生成する過程では CH_2O_2 が脱離し、 m/z 120.0811 イオンと m/z 103.0547 イオンの差は NH_3 の脱離に相当する。また C_7H_7 はベンジル基の存在を示している。ベンジル基を元にして構造を組み立てると、図 12 に示すフェニルアラニンであると考えられる。

質量分解能が低く MS/MS 可能な装置（三連四重極質量分析計やイオントラップ（ポールトラップ）質量分析計）においては、検出されるイオンの m/z 値は通常整数あるいは小数点以下一桁程度の精度で得られる。この場合、上記のような分子式の推測は出来ないため、構造推測で出来ることはかなり限定される。未知試料中の成分の構造解析には、高分解能 LC/MS/MS の使用が強く推奨される。

2.4.2 電荷の位置や電子の動き、転位反応などを考慮した構造妥当性の確認

図 12 に示したようなプロダクトイオンを推定構造に対して帰属した後、更に詳細に構造妥当性を確認するには、電荷の位置や電子の動き、また転位反応などを考慮する方法がある。この方法で、上記フェニルアラニンの構造に対して主なプロダクトイオンを帰属した例を図

13に示す。この構造で最もプロトンが付加しやすい（プロトン親和力が最も高い）のは、アミノ基の窒素である。共有結合（単結合）は2個の電子から成り、電子は負の電荷をもつため、共有結合の電子が正電荷に向かって移動することで結合の開裂が起こる。同じ単結合であっても、結合の両側の元素の種類や環境によって、結合の開裂し易さ（結合エネルギー）は異なる。

カルボニル基の α 位は開裂し易いことが知られており、その結合の電子一つがアミノ基の正電荷に移動することで結合の開裂が起こる。この際、電子が一つだけ移動すると、電荷をもつ側とともたない側の両方にラジカルが残ることになるが、これらはエネルギー的に不安定であるため、ベンゼン環の隣の炭素に結合している水素が転位すれば、図13に示すような安定した構造となり、 m/z 120.0811イオンが生成すると考えられる。更に、プロトンが付加したアミノ基に対して隣の結合の電子が2個移動すれば、中性のアミノ基として脱離して m/z

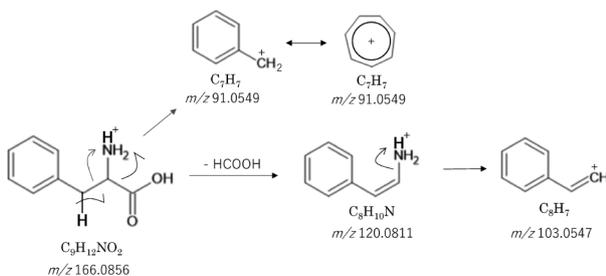


図13 フェニルアラニンの推定フラグメンテーション

103.0547イオンが生成する。一方、カルボニル基の β 位のC-C結合の開裂によってベンジルイオンが生成する。ベンジルイオンは可逆的にトロピリウムイオンに異性化することが知られている。

このように、電荷（プロトン）位置や電子の動きを考慮してプロダクトイオンを帰属することは、推定構造が妥当であるかどうかの判断に役立つと考えられる。

2.4.3 高分解能MS/MSにより得られたプロダクトイオンスペクトルの解析支援ツールの利用

図11に示す2種類のマススペクトルから分子構造を推定することは、ある程度マススペクトル解析の経験があれば、それ程難しくはない。分子が小さいこと、構造が単純であること、プロダクトイオンが構造を推測するために十分に検出されていること、が理由である。一方、もっと分子が大きくなる、構造が複雑になる、構造を推測できるだけの十分なプロダクトイオンが検出されていない、などの条件になると、如何に豊富なマススペクトル解析の経験があろうと、未知物質の構造を推測することは困難である。また、マススペクトルから未知物質の構造を組み立てるソフトウェアも、現在のところ存在しない。

では、そのような場合にはどうすれば良いか？ 筆者は無償で利用可能な解析支援ツールを使用しているので、紹介する。それは、以下のような機能を有する。

- ① プリカーサーイオン ($[M+H]^+$ や $[M+NH_4]^+$ など) の m/z 値とイオン種 (および m/z 値から

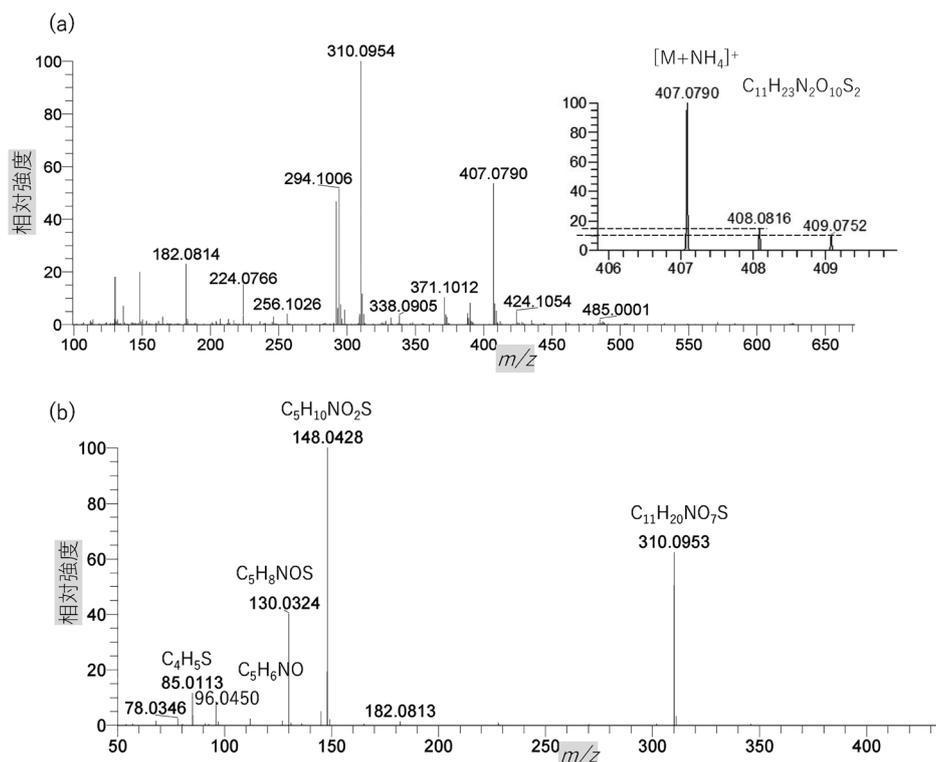


図14 花卉抽出液中の或る成分の正イオンESIによる (a) マススペクトルと (b) m/z 407イオンのプロダクトイオンスペクトル

推測した分子式), プロダクトイオンスペクトルで観測されたイオンの m/z 値と強度, 検索する際の質量幅, の各情報を入力する.

- ② 入力した情報を元に, インターネット上で閲覧可能な有機化合物データベースに検索をかけ, 該当する物質をピックアップする.
- ③ ピックアップされた物質の構造に対して, 開裂し易い結合を切断した仮想のプロダクトイオンスペクトルを In-Silico で生成する.
- ④ ③で生成した仮想スペクトルと①で入力したプロダクトイオンスペクトル情報を比較し, 近い順に物質がリストされる.

この機能をもつツールとして, 筆者は MS-FINDER⁴⁾ と MetFrag⁵⁾ を利用している. 両者は検索するデータベースが異なるため, 測定試料に応じてどちらが良いか使い分けている. 両方使う場合も多い. MS-FINDER を用いて未知成分の構造推定を行った例を紹介する.

道端で採取した紫色の花弁の抽出液を高分解能 LC/MSMS で測定し, 検出された未知成分の正イオン検出 ESI マススペクトルと, プロダクトイオンスペクトルを図 14 に示す.

マススペクトルで観測されている m/z 407.0790 イオンは, 同じ保持時間の負イオンマススペクトル (図 15) において m/z 388.0342 イオン ($[M-H]^-$) が検出されていることから, $[M+NH_4]^+$ であると帰属できる.

m/z 407.0790 (モノアイソトピックピーク) に対する +2 の同位体ピークの相対強度を見ると, 約 10 % である. このことから, この成分分子には硫黄が二つ含まれていると推測される. それは, 硫黄元素の天然存在比最大の同位体 ^{32}S に対して 2 番目の天然存在比を示す ^{34}S が約 4 % であることに依る. 図 15 (b) に示すプロダクトイオンスペクトルにおいて, m/z 96.9586 イオンが

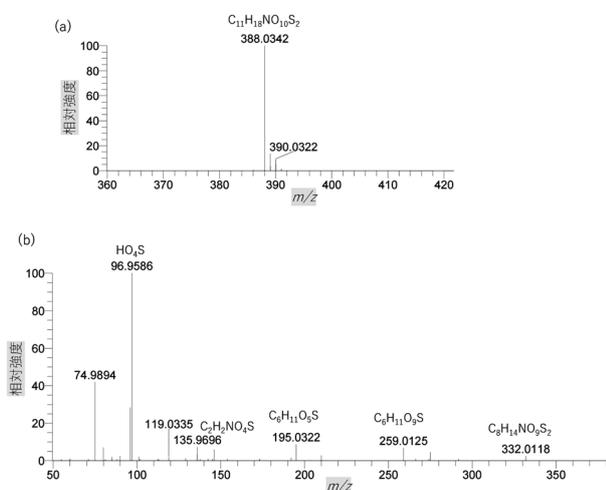


図 15 花弁抽出液中の或る成分の負イオン ESI による (a) マススペクトルと (b) m/z 388 イオンのプロダクトイオンスペクトル

観測されており, これは硫酸基 (HSO_4^-) の存在を示す典型的なイオンである. また, m/z 195.0322 イオンの分子式は $\text{C}_6\text{H}_{11}\text{O}_5\text{S}$ と推測でき, これはヘキソースと S が結合した状態の部分構造を示している. 図 14 (b) および図 15 (b) に示す様に, 正イオン/負イオンともに主なプロダクトイオンの分子式は推測出来たが, これらの情報を基に分子の構造を組み立てることは, 実際には簡単ではない. 有機化学の知識があればやって出来ないことはないが, 費用対効果を考えれば現実的ではない. そこで, 現実的な方法として, 筆者は前述した解析支援ツールを使用している. 図 14 に示した情報から MS-FINDER で解析した結果を図 16 に示す.

その結果, 図 17 に示すプロゴイトリンという物質がヒットした. 推測したように, 硫酸基およびヘキソースに S が結合した状態の部分構造をもっている. このことから, この成分はプロゴイトリンである可能性が高いが, 更に他の正負両プロダクトイオンを構造に対して帰属することで, 構造の妥当性を検証した. その結果を, 図 18 と 19 に示す.

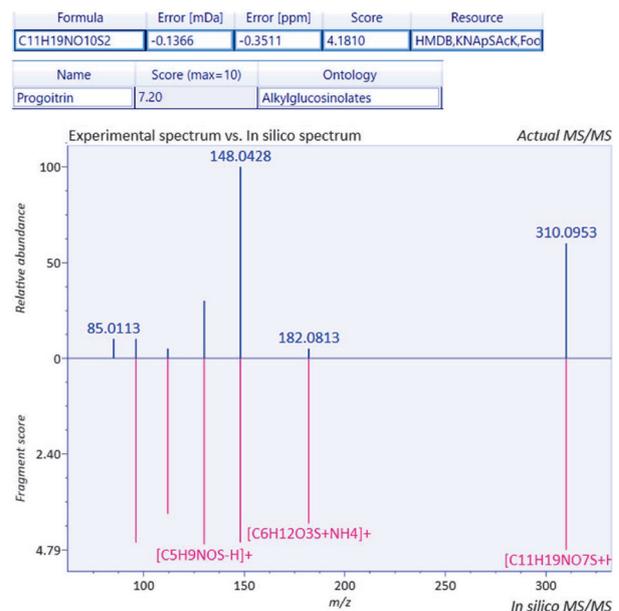


図 16 図 14 のデータを MS-FINDER によって解析した結果

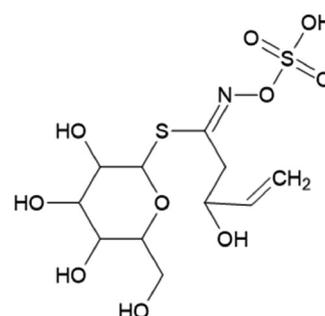


図 17 MS-FINDER の解析によって得られた候補物質の構造

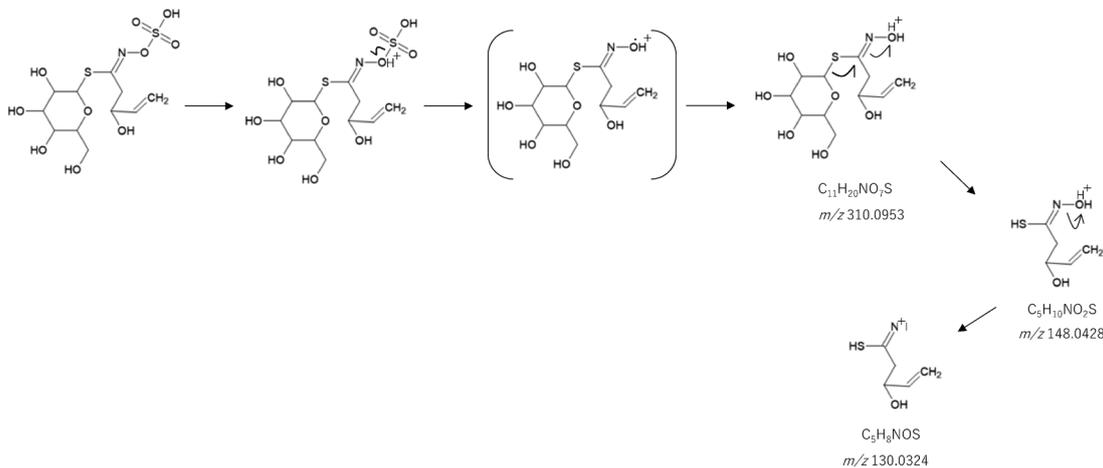


図 18 プロゴイトリンの正イオンにおける推定フラグメンテーション

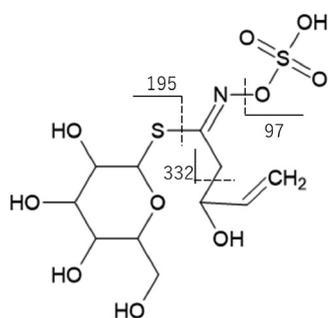


図 19 プロゴイトリンの構造に対する負のプロダクトイオンの帰属

図 18 で構造中に示した矢印は電子の動きを表しており、片矢印は一つの電子、両矢印は二つの電子が動くことを意味している。分子が正イオン ESI においてイオン化の際、付加するアンモニウムイオンやプロトンの位置は、それぞれの親和力に依存する。それぞれ窒素や酸素など非共有電子対をもつ元素や二重結合に付加することが可能で、プロトンは窒素にアンモニウムイオンは酸素に付加し易いという報告がある⁶⁾。プロトンの位置は分子内の何処か 1 か所に局在化している訳では無く、特に LC/MS/MS では低エネルギー衝突誘起解離 (collision induces dissociation, CID) の過程で移動すると考えられる。例えば図 18 の例においては、イオン化の際の電荷の位置は窒素であり、最初の m/z 310.0953 イオンが生成するフラグメンテーションの時に隣の酸素に移動すると考えられる。ここで、酸素と硫黄の間の結合の電子が一つ動いて開裂すると、ラジカルカチオンが生成するが、これは構造的に不安定であるため、脱離する中性フラグメントから水素を引き抜くことで m/z 310.0953 イオンとして安定化すると考えられる。

負イオンに関しては電子の動きまで推測することが困難だったため、主なプロダクトイオンを構造に対して帰属するに留めた。

図 18 において、実際のプロダクトイオンスペクトルが取得された際のプリカーサーイオンは $[M+NH_4]^+$ であったが、経験的にアンモニウムイオンがプロダクトイオンに残ることはほとんどないため、ここではプロトン付加として示している。

原子-原子間の電子が正電荷に向かって動くことによって結合が開裂する訳だが、一つ動くか二つ動くかは、フラグメンテーションの結果生成するイオンと中性フラグメントの両方の安定性に依ると考えて良い。例えば m/z 148.0428 イオンから中性の水分子が脱離することに寄って m/z 130.0324 イオンが生成すると考えられるが、これはプロダクトイオンと中性フラグメントの両方が安定で、典型的な例である。1 級のアミノ基にプロトンが付加してアンモニアとして脱離するフラグメンテーションも同様で、アミノ酸ではこの反応が頻繁に観測される。図 13 の m/z 120.0811 イオンから m/z 103.0547 イオンが生成する反応は、これにあたる。

このように、未知成分を高分解能 LC/MS/MS で測定して得られたマススペクトルから構造推定する場合、解析ツールを用いてデータベースから候補物質をピックアップし、フラグメンテーションに関する基礎知識を用いてプロダクトイオンと候補物質の構造との妥当性を確認する、という流れが現実的且つ有用であると考えられる。

3 ビッグデータ解析

質量分析計の性能や機能向上、および新たな分析法の開発によって、分析法としての MS の進歩は留まるところを知らない。様々な分野において MS の重要性が認識され、分析の検体数は増加の一途をたどっている。それと共に市場からの分析高速化の要求は高まり、データ取込や転送の高速化が進み、MS により得られるデータサイズは年々増加傾向にある。膨大な検体数を高速に分析した結果吐き出される、所謂ビッグデータを如何にして解析するか。それは、最近の MS における重要な課題の

一つである。比較的大きなデータを解析する方法として、主成分分析による差異解析と質量分析イメージングの解析例を紹介する。

3・1 主成分分析による差異解析

類似の複数の試料を GC/MS や LC/MS で測定し、そのデータを、主成分分析を用いることで試料間の差異を解析する方法は、材料・食品・化粧品・生化学など様々な分野で多用されている。ここでは同じウリ科の植物であるキュウリとゴーヤ（外側の皮部分と内側の綿部分）

を同濃度になるように水/メタノール混液で抽出し、高分解能 LC/MS (/MS) で測定、その3データを Signpost MS (ライフイクス) を用いて解析した。

まず、3試料の全イオンクロマトグラム (total ion chromatogram, TIC) を図 20 に示す。

ゴーヤの2試料は良く似ており、キュウリは異なるパターンを示すことが目視で確認できる。しかし、細かい違いまで目視でデータを確認するのは事実上不可能なので、主成分分析を用いて差異解析を行うのが常套手段である。Signpost MS を用いた解析結果を図 21 に示す。

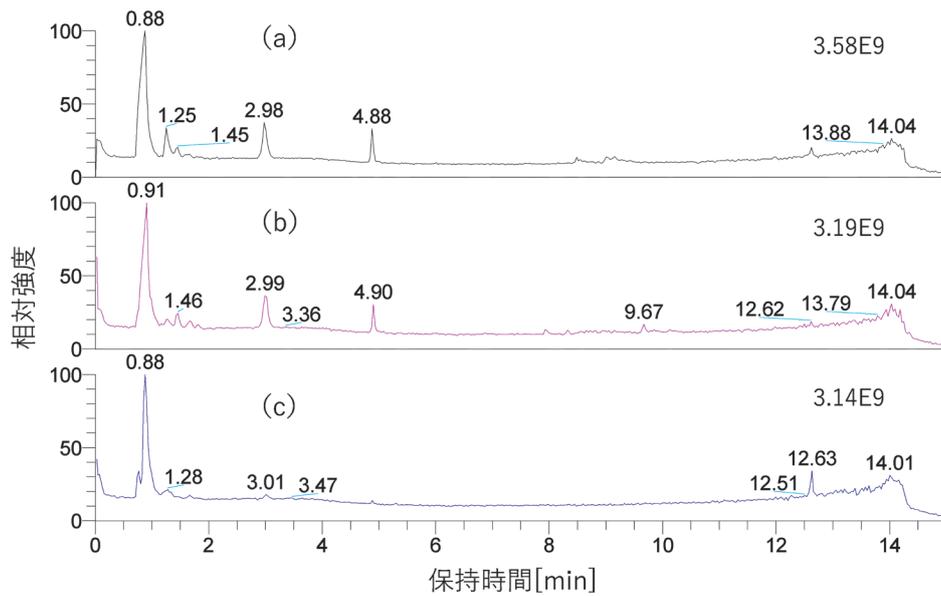


図 20 全イオンクロマトグラム：(a) ゴーヤ（内側）、(b) ゴーヤ（外側）、(c) キュウリ

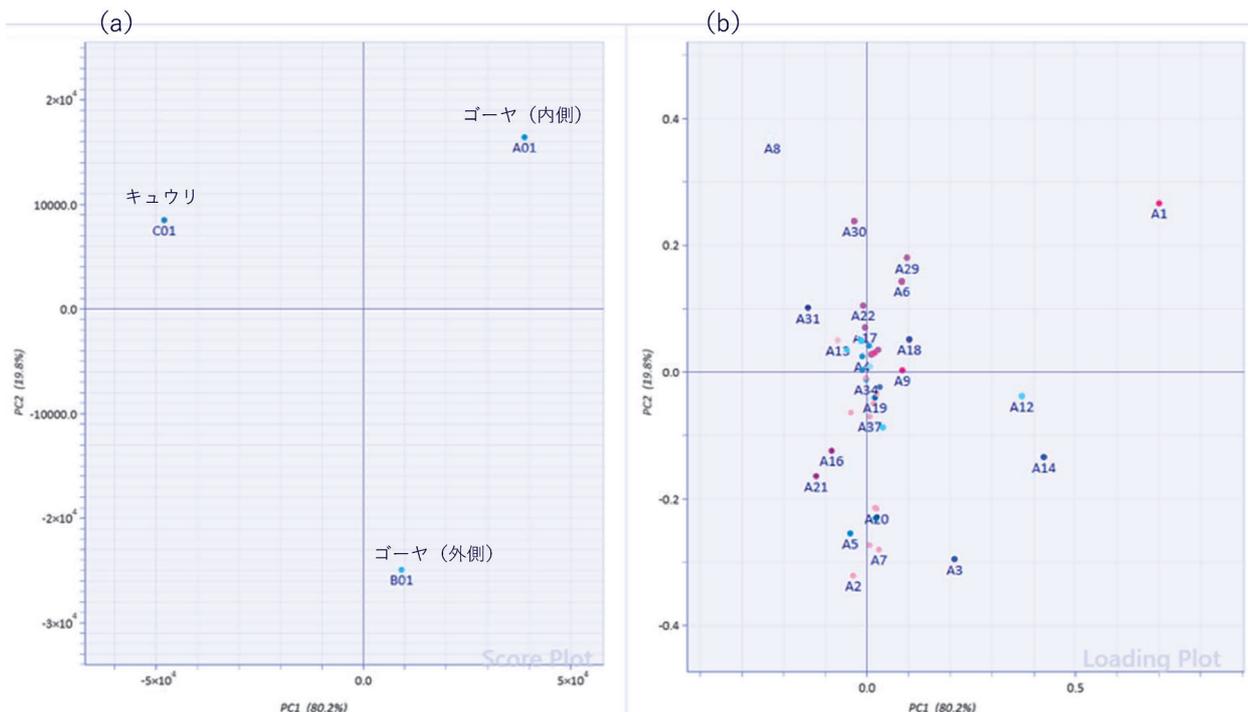


図 21 主成分分析結果、(a) スコアプロット、(b) ローディングプロット

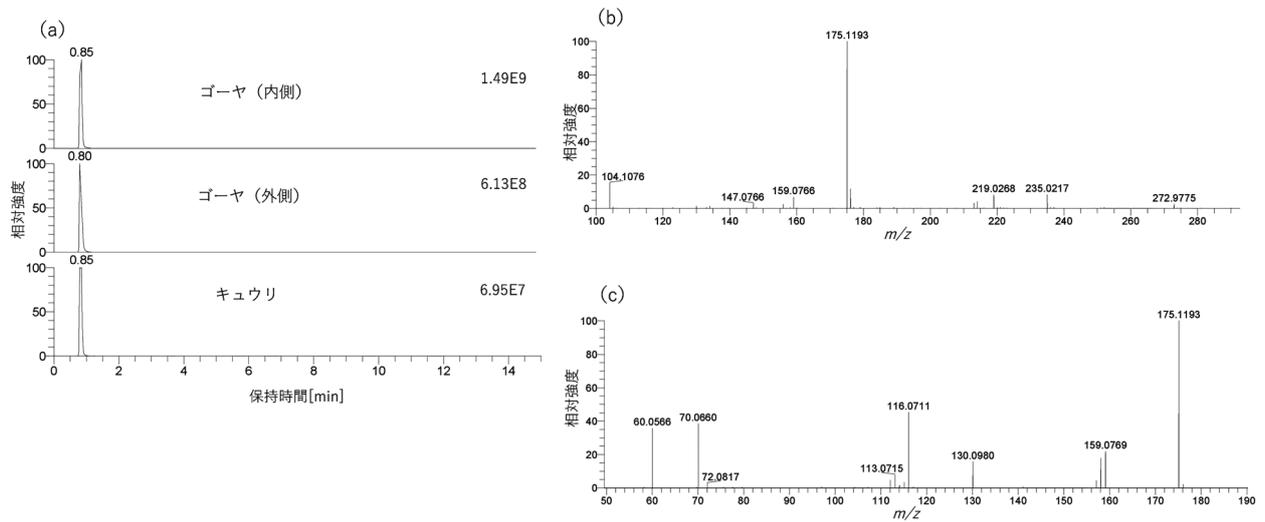


図 22 (a) m/z 175 イオンの EIC, (b) 保持時間 0.85 分のマススペクトル, (c) m/z 175 のプロダクトイオンスペクトル

TIC ではゴーヤの内側と外側のパターンは似ていたが, 図 21 (a) のスコアプロットでは, 3 試料は寄与率の高い PC1 の軸上ではっきり分離されている. アライメントの結果を確認すると, 3 試料で顕著な強度の差異があるイオンの一つとして m/z 175.1191 が挙げられた. その抽出イオンクロマトグラム (extracted ion chromatogram, EIC), マススペクトル, m/z 175 イオンをプリカーサーとしたプロダクトイオンスペクトルを図 22 に示す.

図 22 (a) の各 EIC 強度は, ゴーヤ (内側) とキュウリで 10 倍以上, ゴーヤの内側と外側でも 2 倍程度の有意な差異を示している. 主成分分析の結果差異があるとソフトが認識する場合, どの程度の強度差を差異とするかはソフトによって異なるが, 経験上測定誤差の範囲でも差異があると認識されることが多い. またその強度情報が, 正確なピーク検出によって得られていないこともしばしば起こる. そのため, 筆者はソフトの解析結果に頼らず, 必ず図 22 の様に EIC でピーク強度を確認するようにしている. m/z 175.1193 イオンの分子式推定の結果およびプロダクトイオンスペクトルの MS-FINDER

による解析結果から, この成分はアミノ酸の一つであるアルギニンであることが分かった.

3.2 質量分析イメージング

質量分析イメージング (mass spectrometry imaging, MSI) は, 平面上の試料に対して直径数 μm ~100 μm の微小領域から試料表面に存在する分子のイオンを発生させてマススペクトルを測定し, イオンの発生位置を少しずつ変えながら二次元的に万遍なく繰り返すことで, イオンの m/z 情報から試料中の分子の分布情報を可視化する技術である. 試料の大きさと空間分解能にも依るが, 測定は通常数十分から長い時には 24 時間以上にも及ぶことがあり, データサイズは膨大になる. MSI は MS の典型的なビッグデータ解析の一つである.

3.1 で示したゴーヤとキュウリについて, MSI 用の新しい転写プレート (浜松ホトニクス) を使ってそれぞれの輪切り断面を転写し, DESI-QTOFMS (Waters) により分析したデータを図 23 に示す. ターゲットのイオンは m/z 175.1192 (アルギニンの $[\text{M}+\text{H}]^+$) で, キュウリよりゴーヤで強く, またゴーヤの中では内側で強くシ



図 23 m/z 175.1192 イオンの MSI 画像

ゲナルが観測されている。これは、2・1 で示した LC/MS の結果と一致している。

4 おわりに

マススペクトルから得られる分子の質量情報や分子を構成する元素に関する情報について解説した。また、GC/MS や LC/MS により得られるマススペクトル、および低エネルギー CID MS/MS により得られるプロダクトイオンスペクトルを解析し、未知成分の定性分析などを行う方法について解説した。本稿が、質量分析を扱う研究者や技術者の皆様のお役に立てれば幸いである。

文 献

- 1) SDBSWeb : <https://sdb.sdb.aist.go.jp>, (National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 2023 年 10 月 27 日).
- 2) 日本質量分析学会用語委員会編, “マススペクトロメトリー関係用語集第 4 版 (WWW 版)”, 65 (2020).
- 3) 高橋 豊, 川畑慎一郎: ぶんせき (*Bunseki*), **2007**, 332.
- 4) H. Tsugawa, T. Kind, R. Nakabayashi, D. Yukihiro, W.

Tanaka, T. Cajka, K. Saito, O. Fiehn, M. Arita : *Anal. Chem.*, **88** (16), 7946 (2016).

〈<https://msbi.ipb-halle.de/MetFragBeta/>〉, (accessed 2023.10.27).

- 6) N. Sugimura, A. Furuya, T. Yatsu, Y. Igarashi, R. Aoyama, C. Izutani, Y. Yamamoto, T. Shibue : *Eur. J. Mass Spectrom.*, **23**, 4 (2017).



高橋 豊 (TAKAHASHI Yutaka)

エムエス・ソリューションズ株式会社/株式会社プレッパーズ/浜松医科大学。(〒187-0035 東京都小平市小川西町 2-18-13 (エムエス・ソリューションズ株式会社)). 群馬大学大学院工学系研究科博士課程前期. 博士 (工学), LC/MS 分析士五段, 液体クロマトグラフィー分析士二段. 《現在の研究テーマ》DESI をベースとする質量分析イメージング用新規イオン化法の開発. 《主な著書》“LC/MS 定量分析入門”, (情報機構). 《趣味》ランニング, スキー, テニス, ソフトボール, ソフトバレーボール, サッカー審判.

E-mail : tyutaka@sitsuryobunsekiya.com

会 員 の 拡 充 に 御 協 力 を !!

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

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

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

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

誘導結合プラズマ質量分析計を用いる 放射性同位体の迅速分析と今後の展開

原子力発電所の廃止措置によって生じる放射性廃棄物等に含まれる放射性同位体 (RI) の分析ニーズは増加の一途をたどっている。しかし、現行の RI 分析には、煩雑かつ時間のかかる手法が多く、分析法の迅速化・簡便化・自動化を進めていく必要がある。本稿では、近年発展している誘導結合プラズマ質量分析計を中心とした RI の迅速分析法について、現在の技術、課題、そして今後の発展性について述べる。

松 枝 誠, 高 貝 慶 隆

1 はじめに

放射性同位体 (RI) は、原子力発電をはじめ、研究開発・医療・農業・工業などの場において、幅広く利用され、我々の暮らしを支えている。その一方で、世界では、200 基以上の原子炉について廃止措置が進められている¹⁾。加えて、稼働中の約 420 基の大半が当初の設計寿命を迎えようとしており、2050 年までに約半分の原子炉が運転を終えると予想されている。見積もられている膨大な放射性廃棄物に対する安全かつ合理的な処理・処分方策の選定には、廃棄物中 RI の核種同定と濃度把握が重要である。これには RI 分析が重要な役割を担い、そこで得られたデータに基づき長期保管などの処理処分における RI の移行予測などへとつながっていく。

2023 年、東京電力福島第一原子力発電所 (1F) は、多核種除去設備 (ALPS) 処理水の海洋放出を開始した。その放出前には 69 種類の RI を計測する²⁾。この RI 分析は、核種ごとに分析方法、前処理方法が異なっており、非常に多くの時間がかかる。

このように増加する RI 分析のニーズに対して、分析人材の不足の問題が顕在化している。人材不足を補うため、人材確保・育成だけでなく、分析精度の向上のためにも、分析手法自体の迅速化・合理化・自動化の推進が求められている。本稿では、RI 分析における迅速化・合理化・自動化において、今後、積極的な活用が期待される誘導結合プラズマ質量分析計 (inductively coupled plasma — mass spectrometry, ICP-MS)、特に、汎用性の高い四重極型の ICP-MS による RI 分析について、現在抱える課題、研究開発の現状、そして今後の発展性について述べる。

2 ICP-MS による RI 分析の課題と実際

2-1 放射線計測と質量分析

現行の RI 分析は、放射線計測と質量分析が主流である。γ 線放出核種は、線スペクトルが得られるため、放射線計測の Ge 半導体検出器によって多核種を同時定量することが一般的である。一方で、α 線ならびに β 線放出核種は、複数の RI が混在すると放射線計測では識別ができない。そのため、放射線計測で定量するためには分析対象核種以外の RI を分離する必要がある。例えば、β 線放出核種である ⁹⁰Sr の場合、イオン交換、炭酸塩沈殿、蒸発乾固、鉄共沈などの化学分離工程を経て ⁹⁰Sr を単離する。この分離工程が煩雑で工程数も多く、時間がかかることが問題である。α 線放出核種に関しては、自己吸収を排除するための工夫などさらに試料調製に時間と手間が必要である。放射線計測では、この時間と手間が多検体処理の弊害となり、それに伴ってヒューマンエラーや被ばくリスクの増大が懸念されている。

RI 分析では検出感度も重要である。図 1 に RI の半減期と 1 Bq 当たりのグラム数の関係を示す。放射能は半減期と逆数の関係にあり、かつ、原子数と比例関係があるため $\left(\text{放射能} = \frac{0.693}{\text{半減期}} \cdot \text{原子数} \right)$ 、短半減期の核種は、長半減期の核種と比較して重量が同じでも相対的に放射能が高くなり、また、長半減期の核種は、短半減期の核種と比較して放射能が同じでも相対的に重量が多くなる。そのため、放射線計測では短半減期の核種の方が高感度となり、質量分析では長半減期の方が高感度となる。α 線ならびに β 線放出核種では、放射線計測と質量分析の優位性について、分析対象の核種の半減期や同重体、核種分離の観点を総合的に判断する必要があるだろう。しかし、近年では、質量分析の分析感度の飛躍的な向上、さらには後述する迅速分析法の進展により、短半減期の α 線ならびに β 線放出核種の分析例が増加してきた。

表例を示す。例えば、 ^{99}Tc 分析では、同重体の $^{99}\text{Ru}^+$ が主要な干渉となる。 $^{98}\text{MoH}^+$ や $^{59}\text{Co}^{40}\text{Ar}^+$ などの多原子イオンは生成率が比較的小さいが、試料中の含有量によって m/z 99 のバックグラウンド (BG) を上昇させる。Tc は安定同位体が存在せず、放射性同位体のみになるため、天然存在比の同位体パターンから識別することができない。RI 分析では、試料中の RI 濃度に比べて干渉物質が数千倍以上共存する場合が多い。干渉物質を MS が有する質量分解能だけで分離することは難しく、化学分離などを利用して除去する場合はほとんどである。

3 RI 分析の迅速化・合理化に向けた ICP-MS の研究開発

図 2 に筆者が考える ICP-MS による RI 分析の先進化に必要な技術進展と期待できる効果を示す。円の大きさは、いまだ発展途上の部分が多く、今後の技術開発の期待度を示す。その期待度は、RI 分析を利用する分野 (廃炉、環境調査、地球・宇宙科学、医学など) へと与える波及性の大きさを表すものでもある。これらの技術進展は、効率的な RI 分析体系の構築、検体処理速度の向上、今まで分析が難しかった試料の適用へつなげると考える。以下に、各技術開発の現状とこれからの展望について述べる。

3.1 同重体の分離

従来の RI 分析では、溶媒抽出、イオン交換、再結晶、共沈などが主流だったが、近年では、固相抽出 (solid-phase extraction, SPE) や ICP-MS 内のコリジョン・リアクションセル (CRC) における気相反応といった代替手法が開発され、ハンドリング操作の簡便化・省略化・迅速化が進んでおり、すでに ICP-MS による RI 分析において必須の技術となっており、さらなる改良・開発が求められている。

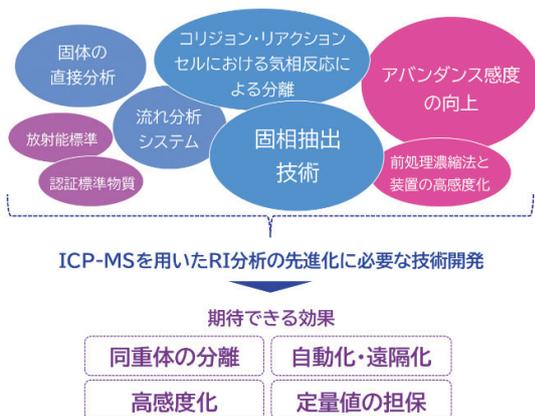


図 2 ICP-MS を用いた RI 分析の先進化に必要な技術開発と期待できる効果

3.1.1 固相抽出技術 (SPE)

SPE は、元素選択性を有する抽出剤を固体サポートに担持することで、RI 分析の分離工程の簡便化に多大な貢献をしている³⁾。SPE はカートリッジタイプ、ディスクタイプ、フィルタータイプなども開発されており、取扱いの容易さや、必要な濃縮倍率等、目的に応じて使い分けることができる。しかし、一部の樹脂は、マトリックス耐性、吸着容量、適応可能な試料量に難点がある。確立した技術が定まっていないこともあり、近年、RI 分析の SPE 樹脂の種類は飛躍的に増えている (放射線計測用、質量分析用、医療利用など)。これまでに ^{36}Cl , ^{90}Sr , ^{93}Zr , ^{94}Nb , ^{93}Mo , ^{99}Tc , ^{129}I , ^{137}Cs , ^{228}Ra , アクチノイドなど多くの RI に対する高選択性の SPE 樹脂が市販されている。更なるバリエーションならびに核種選択性の高い樹脂が求められ、今後の廃炉措置においても ^{79}Se , ^{107}Pd , ^{126}Sn など SPE 技術は大きな需要があり、研究の進展が期待される。

3.1.2 コリジョン・リアクションセル (CRC) における気相反応による分離

RI 分析では、測定対象に応じて様々なガス (He, Ne, Ar, Xe, H₂, CH₄, NH₃ など) 又はそれらの混合ガスを ICP-MS 内に搭載されている CRC に導入し、気相内で反応させて干渉除去に利用することが一般的である。今までにコリジョンによる運動エネルギー弁別、酸化反応、水素原子移動反応、クラスターイオン生成反応、電荷移動反応などを用いた RI 分離法が開発されている⁴⁾。これらは CRC 内にガスを導入するだけの簡便な操作性に加え、試薬・器具などの消耗品を使用しないため廃棄物抑制につながる。ある意味、化学分離よりも高効率で合理的な分離手法と言える。適応例として、 ^{241}Pu と ^{241}Am は同重体であるが、CO₂ ガスを用いて ^{241}Am を $^{241}\text{AmO}^+$ (m/z 257) に、他方、 ^{241}Pu を $^{241}\text{PuO}_2^+$ (m/z 273) に質量をシフトさせて分離検出する方法がある⁵⁾。このようにアクチノイド分析 (U, Pu, Am, Cm) において、O₂, CO₂, NO 等のガスを用いて金属酸化反応により質量分離する試みが多数行われている。当然、CRC 技術は RI 分析のみならず、多くの分野にとっても魅力的な技術である。

また、CRC の前段に四重極をさらに一つ兼備したタンデム型 ICP-MS (ICP-MS/MS) が登場して久しいが、その RI 分析における活躍も目覚ましい。例えば、 ^{129}I 分析の主要な干渉物質である ^{129}Xe は、CRC 内への O₂ ガス導入により除去できる。しかし、試料に Mo や Cd が含まれると、CRC で $^{98}\text{Mo}^{16}\text{O}_2^+$ や $^{113}\text{Cd}^{16}\text{O}^+$ が形成されて m/z 129 となり ^{129}I 分析を妨害する。Ohno らは、ICP-MS/MS を用いて Q1 により Mo および Cd を除去して CRC を併用した ^{129}I 分析に成功している⁶⁾。また最近、四重極のみならず、ICP-マルチコレクター型 MS

(MC-ICP-MS)にもCRCが兼備された装置が市販されるようになり、RI分析も近い将来、広がりを見せることが考えられる。

3.2 自動化・遠隔化

高濃度RIの取り扱い、手作業が制限され、グローブボックスや特殊なセル内でマニプレータによる遠隔操作で行われる。これには熟練の経験と技術が必要であり、スキルを有した技術者の人手と時間がかかる。それに対比して検体数や分析の需要が急増していることは冒頭でも記載した通りである。溶液試料の自動分析や固体試料の直接分析などといった手法は、これらの課題を解決する方法として有効となる。

3.2.1 流れ分析システム

フローインジェクション (flow injection, FI)、ラボオンバルブ (lab-on-valve, LOV) などの流れ分析装置は、SPE樹脂を充填したカラムを利用してICP-MSと接続し、ソフトウェア (送液プログラム) で制御することで迅速な自動計測システムを構築できる (ICP-MS内のCRCやMS/MSも組み込むことが出来る)。この流れ分析とICP-MSを連動させたシステムは、 U^{7} 、 Pu^{8} 、 $^{90}Sr^{9}$ といった単核種分析だけでなく、多核種同時分析法としても開発されている¹⁰。FI-ICP-MSの例として ^{99}Tc の全自動分析法を図3に示す¹¹。系内にSPE (^{99}Tc を選択的に捕捉する樹脂) とCRC内での酸化反応を組み込み、干渉物質 ($^{98}MoH^{+}$ 、 ^{90}Ru など) を効率的に分離する。本法は、溶液試料を1検体当たり30分以内で分析する (検出下限値 5.9 mBq/L)。

流れ分析は、耐圧や適応可能な溶媒の種類によりその発展の可能性が大きく変わる。脈流が小さいペリスタル

ティックポンプによる送液は、計測系のBGに正の効果を示すが、SPEカラムを接続した場合、高い送液圧力をかけることができない。このことは、小さな粒径の樹脂やカラムを長くするなどの工夫に制限が生じるため、鋭敏なピークや高い分離能が得にくい欠点がある。また、強酸、強塩基や有機溶媒を流せる利点があるが、摩耗するため頻繁に劣化する欠点もある。一方、プランジャーポンプやシリンジポンプの利用は、高い圧力で送液できるが、超微量分析では脈流の影響によりBGの制御において課題が生じる。プランジャーヘッドにフッ素樹脂を使用することで耐酸性を向上することができる利点もある。近年、送液ポンプの小型化、マイクロ流路、無脈流プランジャーポンプやダイヤフラム式送液ポンプなども市販されるようになり、ICP-MSのためのFIシステムとしての広がり期待でき、全体設計も更に発展することが期待出来る。

3.2.2 固体の直接分析

ICP-MSは一般的に液体試料を導入するため、金属、土壌、堆積物、生物試料などの固体試料は溶液にする必要がある。固体試料の分解工程は、灰化 (必要に応じて)、酸分解、アルカリ融解、蒸発乾固、メスアップ、フィルタリングなど、数時間から数日程度を必要とする。また、 ^{129}I など揮発しやすい元素は、前処理工程における損失に注意を払わなければならない。このように、ICP-MSに直接固体試料を導入できる手法はRI分析でも非常に魅力的な技術である。

直接分析として知られる方法として、エネルギー分散型X線分析、X線光電子分光分析、電子プローブマイクロアナライザーなどがあげられるが、微量元素の検出や定量は難しい。微量量の試料を数百~数千度まで加熱気化させて導入する電熱気化装置 (electrothermal vaporization, ETV)¹²や固体表面にレーザー (μm オーダーのスポット径) を照射して導入するレーザーアブレーション (LA)¹³は、ICP-MSにおける固体分析の導入系として広く研究されている。ETV-ICP-MSは、導入効率が高く、通常の溶液測定よりも高い感度が得られる。固体・液体標準を用いた定量や、加熱プログラムで異なる沸点を持つ物質の分離も可能である。LA-ICP-MSは、試料表面や深さ方向への元素・同位体分布を知ることができる。試料の表面状態による気化の変動や元素分別効果により、定量に課題を抱えるものの、放射性廃棄物などに含まれるRI・同位体比計測の迅速スクリーニング法として活用できる。

これらの技術では、干渉物質が含まれる場合、主にICP-MS内のCRCやMS/MSの性能に依存するため、干渉物質の共存量によっては分離が難しくなる。前処理による分離が出来ないため、今後のETVやLAにおける大過剰な干渉成分の分離手法の開発がRI分析において

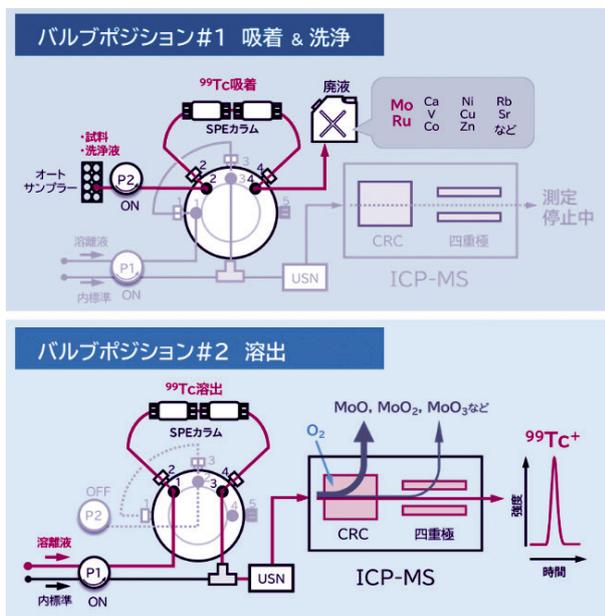


図3 ^{99}Tc のFI-ICP-MS分析システム

大きなテーマとなるだろう。

3・3 高感度化

環境や生体試料に含まれる RI は、極微量（アトグラム～ピコグラム）で存在していることが多く、ICP-MS では感度不足のため、前処理濃縮や装置の高感度化が必要となる。また、高いアバンダンス感度が求められる試料に対して、加速器質量分析装置（AMS）は非常に有効である。しかし、保有機関に限られ、占有してこれを使用することは現実的に難しい。ICP-MS の適用範囲を拡げ、AMS が担う試料の一部を測定することができれば有用である。

3・3・1 前処理濃縮法と装置の高感度化

海水に含まれる ^{90}Sr 、 ^{99}Tc 、 ^{129}I 、アクチノイドなどを検出するためには、100～1000 倍程度の試料濃縮が必要となる。これに対して、大容量試料（数 10 L～数 100 L）の採取・ろ過・濃縮プロセスは、取扱い、輸送、資機材の準備、試料の保管場所などで多くの制約や問題を抱えている。オンサイトでの濃縮技術¹⁴⁾は有用な手段であるが、多くの課題が顕在化しておりこれから研究開発が期待される分野である。現在、様々な大容量 RI 吸着カートリッジなど負担軽減の技術開発が進んでいる。

大量注入によるオンライン濃縮も RI 分析において魅力的な技術である。その反面、SPE による RI の高倍率濃縮は、共存する安定同位体を高倍率に濃縮することでもあり、ICP-MS に濃縮成分をオンラインで直接導入しても分析感度が向上せず逆に感度が低下する減感現象を生じる。オンライン濃縮における減感補正法などの対応策も報告されているが、この減感の抑制技術の開発も期待される。

また、ICP-MS 本体の高感度化も、試料量を抑える有効な手段である。例えば、脱溶媒による高感度化（2～10 倍程度）、 $\text{Ar}+\text{N}_2$ の混合プラズマ¹⁵⁾や有機溶媒の導入による増感効果（最大 3～4 倍程度）¹⁶⁾、インターフェースの真空度調整によるイオン透過率の向上、装置のパラメータ調整や CRC 内での気相反応による BG の低減などがあげられる。

3・3・2 アバンダンス感度の向上

分析対象の RI に対してその安定同位体が過剰に含まれる試料（ ^{36}Cl 、 ^{90}Sr 、 ^{129}I など）では、安定同位体由来のピークテーリング*注や水素化物が干渉となることが多い。この分析にはアバンダンス感度を向上させることが重要となる。例えば、 ^{90}Sr (m/z 90) を分析する場

*注 ピークテーリング：マスペクトルのピークの裾が隣接する m/z に重なること（例：大過剰の ^{88}Sr のイオンが ^{90}Sr の m/z として計測されること）

合、高濃度の ^{88}Sr のピークテーリングや水素化物（ $^{88}\text{SrH}_2^+$ ）の影響を受けるが、この時の ICP-シングル MS のアバンダンス感度は、 10^{-9} ～ 10^{-10} 程度である。これを ICP-MS/MS により 1 段目の四重極で ^{88}Sr を除去することで 10^{-11} ～ 10^{-12} 程度まで改善できる¹⁷⁾。また、ICP-MS の前段に ETV や脱溶媒装置を用いて脱水することで水素化物発生を抑制することも可能である。他方、CRC により水素化物を除去する技術なども報告されている¹⁸⁾。

質量分解能が高い MS を用いて干渉物質の影響を低減することも可能であろう。例えば、 $^{36}\text{Cl}^+$ (35.9683070) に対する $^{35}\text{ClH}^+$ (35.9766519) の干渉を除去するには、4310 以上の質量分解能が必要となるが、現行の二重収束型 ICP-MS やイオントラップ型¹⁹⁾やマルチターン飛行時間型²⁰⁾などの利用は改善が期待できる。

3・4 定量値の担保

新しい分析法はその性能や妥当性を評価して信頼性を確保する必要がある。その評価には、米国国立標準技術研究所（NIST）、国際原子力機関（IAEA）、日本アイソトープ協会などから入手できる放射能標準や認証標準物質を用いて定量値を確認する方法が一般的である。ICP-MS は、検量線による標準溶液との相対定量が主流であるため、放射能標準の準備が必要となる（安定同位体や代替元素を用いた例もある）。 ^{99}Tc や ^{226}Ra など安定同位体を持たない RI の収率評価には、トレーサーも必要である。例えば、 ^{99}Tc の収率トレーサーには、 $^{95\text{m}}\text{Tc}$ （半減期 61 日）がよく使用され、204 keV の γ 線計測により収率を比較的簡単に求められる²¹⁾。なお、RI 利用には基本的に管理区域を有する事業所の協力が必要だが、下限数量以下の非密封 RI は法的規制の対象外であり、管理区域を持たない事業所でも使用できる。また、環境試料・食品試料などの認証標準物質を測定して、定量値を確認する方法がある。しかし、一部の RI（ ^{94}Nb 、 ^{93}Zr 、 ^{93}Mo 、 ^{79}Se 、 ^{135}Cs など）は、放射能標準・認証標準物質の入手が難しく、今後の分析ニーズに沿って対応（放射能標準・認証標準物質の入手方法や作製）を考えていく必要がある。

4 ま と め

RI の利用分野の増加に伴い、分析対象の多様化が進み、様々なアプリケーション整備が必要になってきた。ICP-MS は、数日から数週間必要とした RI 分析（放射線計測）を大幅に短縮できる能力を有しており、今後の RI 分析体系を支える強力なツールになると思われる。また、ICP-MS は、元素分析・同位体比分析だけでなく、形態分析、微粒子分析、バイオ分析など多方面に拡がりを見せており、それらの RI 分野での更なる活躍が予想される。本稿では、RI の ICP-MS 分析において望まれ

ている技術開発とその課題，展望を記載した。その一方で，AMS，希ガス質量分析計，表面電離型質量分析計などを用いた技術開発も行われているが，ICP-MSにおける迅速性，普及率，拡張性を考慮するとその優位性は非常に大きい。計測技術に対する多変量解析や人工知能の機械学習によるビッグデータの活用も検討されている。多くの技術がRI分析における迅速化・合理化・高精度化に役立ち，高性能化が進むことを期待する。

文 献

- 1) IAEA: "Nuclear Decommissioning", (2023).
- 2) 東京電力ホールディングス株式会社: "ALPS 処理水海洋放出の状況について", (<https://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/decommissioning/committee/osensuitaisakuteam/2023/10/10/3-1-3.pdf>), (accessed 2024.1.21).
- 3) マカリスト ダニエル，黒崎 拓，ハッペル ステファン，ホーウィッツ E. フィリップ: *ぶんせき (Bunseki)*, **2020**, (44).
- 4) S. Diez-Fernández, H. Isnard, A. Nonell, C. Bresson, F. Chartier: *J. Anal. At. Spectrom.*, **35**, 2793 (2020).
- 5) M. Matsueda, T. Kawakami, K. Koarai, M. Terashima, K. Fujiwara, K. Iijima, M. Furukawa, Y. Takagai: *Chem. Lett.*, **51**, 678 (2022).
- 6) T. Ohno, Y. Muramatsu, Y. Shikamori, C. Toyama, N. Okabe, H. Matsuzaki: *J. Anal. At. Spectrom.*, **28**, 1283 (2013).
- 7) J. Avivar, L. Ferrer, M. Casas, V. Cerdà: *J. Anal. At. Spectrom.*, **27**, 327 (2012).
- 8) 文部科学省: 環境試料中プルトニウム迅速分析法 (平成14年改訂), (2002).
- 9) Y. Takagai, M. Furukawa, Y. Kameo, K. Suzuki: *Anal. Methods*, **6**, 355 (2014).
- 10) W. Wang, R. D. Evans, H. E. Evans: *Talanta*, **233**, 122507 (2021).
- 11) M. Matsueda, K. Yanagisawa, K. Koarai, M. Terashima, K. Fujiwara, H. Abe, A. Kitamura, Y. Takagai: *ACS Omega*, **6**, 19281 (2021).
- 12) M. Resano, F. Vanhaecke, M. T. C. De Loos-Vollebregt: *J. Anal. At. Spectrom.*, **23**, 1450 (2008).

- 13) J. S. Becker: *Int. J. Mass Spectrom.*, **242**, 183 (2005).
- 14) 産業技術総合研究所: 保高徹生, 川本 徹, 川辺能成, 佐藤利夫, 特許第 5354627 号, "水中の低濃度の放射性セシウムのモニタリング方法及びモニタリング装置" (2013. 9. 6).
- 15) M. Furukawa, M. Matsueda, Y. Takagai: *Anal. Sci.*, **34**, 471 (2018).
- 16) T. Ariga, Y. Zhu, K. Inagaki: *J. Anal. At. Spectrom.*, **34**, 1865 (2019).
- 17) T. Ohno, M. Hirono, S. Kakuta, S. Sakata: *J. Anal. At. Spectrom.*, **33**, 1081 (2018).
- 18) M. Matsueda, J. Aoki, K. Koarai, M. Terashima, Y. Takagai: *Anal. Sci.*, **38**, 1371 (2022).
- 19) T. Mohring: *ぶんせき (Bunseki)*, **2018**, (526).
- 20) 豊田岐聡, 新聞秀一, 青木 順, 石原盛男: *J. Mass Spectrom. Soc. Jpn.*, **60**, 87 (2012).
- 21) K. Tagami, S. Uchida: *Appl. Radiat. Isot.*, **47**, 1057 (1996).



松枝 誠 (MATSUEDA Makoto)

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構
廃炉環境国際共同研究センター (〒963-
7700 福島県田村郡三春町深作 10-2 福島
県環境創造センター研究棟)。福島大学大
学院共生システム理工学研究科博士後期課
程修了。博士 (理工学), 第 1 種放射線取
扱主任者。《現在の研究テーマ》環境中放
射性同位体の分析法開発。《趣味》サイク
リング。

E-mail: matsueda.makoto@jaea.go.jp



高貝 慶隆 (TAKAGAI Yoshitaka)

福島大学共生システム理工学類環境システ
ムマネジメント専攻, 福島大学環境放射
能研究所 (兼務) (〒960-1296 福島市金谷
川 1 番地)。茨城大学大学院理工学研究科
博士後期課程修了。博士 (工学)。《現在の
研究テーマ》濃縮分離法と高感度分析, ナ
ノ微粒子制御, 放射性核種の分析方法の開
発。《主な著書》"Agricultural Implications
of the Fukushima Nuclear Accident (III)",
(分担執筆), (2019), (Springer 社)。《趣
味》研・道・猫・庭・苔・釣・旅。

近赤外分光法

1 はじめに

近赤外分光法 (near-infrared spectroscopy, NIRS) は、化学、農業、食品、薬品、医学など様々な分野で基礎研究から応用までされている。近赤外波長域を用いた分光は透過性に優れ、分子振動の情報を捉えることができるといった特徴を持っているが、測定の際の試料の配置やスペクトル解析において考慮すべき点も多い。そこで、本稿では近赤外分光の特徴や測定手法、解析手法、発展的な近赤外分光法について紹介する。

2 近赤外分光の特徴

近赤外 (NIR) 光は一般に、800~2500 nm (波数 12500~4000 cm^{-1}) の波長領域のことを指す。この領域における物質の吸収スペクトルを分析する手法を特に近赤外分光法と呼ぶ。この分光法は赤外分光のように分子振動に由来するスペクトルや、紫外可視分光のように電子遷移に由来するスペクトルを取得できる手法として知られている。まず、分子振動分光法としては以下のような特徴がある。近赤外領域は調和振動近似の下では禁制遷移に相当するが、分子振動の非調和性から倍音・結合音に相当する波長域で、赤外領域に現れる基本準位のバンドと比べて 100 分の 1 程度の非常に微弱な光吸収が起こる。そのため、非調和性の大きい水素原子を含む官能基などの伸縮振動に由来する情報が取得できる。例えば、可視では透明な樹脂も図 1 に示すように、組成の違いが近赤外領域のスペクトルに現れる。また、赤外域では一般に吸収が大きく光路長を非常に短くする必要があるが、近赤外域は微弱な吸収であるため光路長を自由に扱うことができることから、試料の薄膜化、希釈等の前処理なく測定可能である。そして、可視・紫外光に

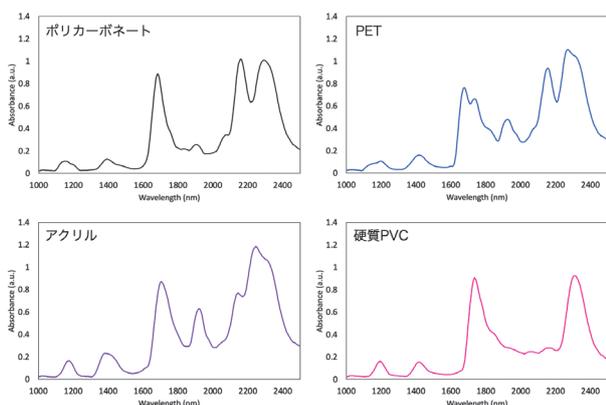


図 1 各種樹脂の近赤外吸収スペクトル

比べ 1 光子あたりの光エネルギーが弱く低エネルギーであるため、非破壊的な測定が可能であり、粉体、繊維、ペースト、溶液、気体などいろいろな状態にある試料に適用することができる。このような特徴から近赤外の吸収スペクトルを解析することで有機物の同定や濃度の推定が可能であるため、化学分析にかかわるさまざまな分野で研究、応用が行われている¹⁾。電子遷移分光法としては、800~1100 nm 程度に d-d 遷移や電荷移動遷移などが観測される領域がある。そのため、例えば酸素化型・脱酸素型ヘモグロビンの電子吸収スペクトルが見られるため、酸素飽和度を測定するパルスオキシメーターなど医学分野でも応用されている²⁾。

3 近赤外分光の測定手法

前述のように、さまざまな試料が測定対象となるため、対象物や測定場面に応じて適切な測定方法を選択する必要がある。具体的には、各近赤外波長における測定対象の吸光度を解析することになるため、照明、試料、検出器の配置が重要となる³⁾。代表的な試料の配置を、図 2 に示す。測定波長域で透明な対象に対しては図 2 (a) や (b) のように試料に透過または透過反射させて吸収特性を測定する分光法を選択することができる。また、含有成分が既知で溶液のように均一に分散した対象ではランベルト-ベールの法則が適用でき、各種濃度で検量線を作成して定量測定が可能である。透過しにくい対象や大型の試料に対しては図 2 (c) のように拡散反射した光を検出できる配置とすることで、入射された光が対象物内部に透過し、反射や拡散を繰り返した後に再度外へ出た光を分光計測することができる。また、散乱因子がすべて同一物質でサイズ・形状、分布が均一であ

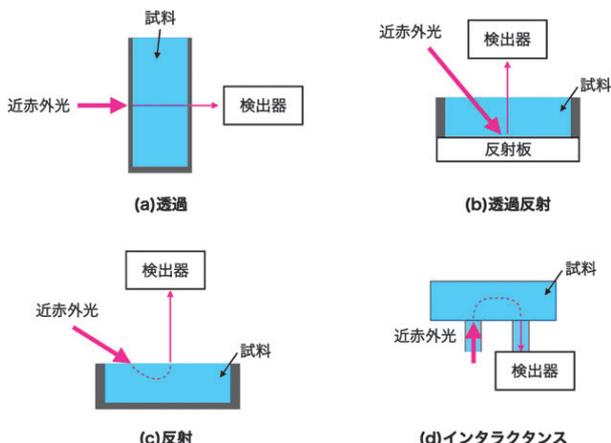


図 2 近赤外分光における代表的な試料の配置

るという仮定の下では、クベルカムシートの式によって散乱因子の濃度を定性・定量分析することができる。図2(d)のインタラクタンス方式は透過と反射の組み合わせであるが、主に固体試料で用いられる。この方式は試料表面に接触した光ファイバー等によって試料に光が入射され、試料内部を伝播し、透過、吸収、反射といった内部での相互作用を経て検出器に到達した光が分光される。この方式は、光源と検出器の両方が試料に接触するため、表面反射の影響を排除して透過深度を最大化して測定できるといったメリットがある。

4 近赤外スペクトルの解析手法

機器分析において、装置の仕様や測定条件、試料の状態などによって、ノイズやベースラインが本来得られるスペクトルに加わって分析精度を低下させることがある。そのため、積算回数を増やすなどして、それらの影響を小さくする手法が用いられるが、測定時間の制限や温度等の測定環境の揺らぎなどによって積算回数を増やせない、または増やしても有効でない場合もある。そのため、測定データを補正する前処理を行って解析を行うことで、分析精度の向上が可能になることが知られている。例えばノイズ除去方法として、単純移動平均(simple moving average, SMA)や加重移動平均(weighted moving average, WMA)などといった手法がある。これらの処理により、スペクトルを平滑化することができるが、ピークの情報を除去してしまう可能性もあるため、得られるスペクトルの形状を考慮しておく必要がある。ベースライン補正としては、複数本測定したスペクトルの標準偏差をとってばらつきを補正する standard normal validate (SNV) や乗算的散乱因子及び加算的散乱因子を最小二乗法により推定して補正する multiplicative scatter correction (MSC) がある。これらを用いる際の注意点としては、定量性にかかわるバンドの強度を強制的に補正する可能性もあるため、ベースライン補正する波長域を考慮しておく必要がある。

以上の前処理を検討し、定性・定量分析を行うこととなるが、近赤外分光では倍音や結合音バンドが互いに重なり合って多重共線性の影響を受けることがあるため、原スペクトルをそのまま利用することが難しい場合が多い。そのため、二次微分や差分スペクトルによって大きなスペクトルに隠れた小さなスペクトル変化の情報を読み取る方法や、統計学的な技法を用いたケモメトリックスを行う必要がある。ケモメトリックスには、定性分析として、主成分分析、クラスター分析等があり、定量分析の方法として、重回帰分析(multiple linear regression, MLR)、主成分回帰分析(principal component regression, PCR)、部分最小二乗法(partial least square, PLS)等がある¹⁾。

5 近赤外分光の発展的な利用法

これまでの近赤外分光法では、試料のある一点におい

て吸光度及び散乱強度のスペクトルを計測する手法が一般的であった。しかし、近年では、従来の分光情報に位置情報を付加した分光画像取得技術であるハイパースペクトラルイメージング(hyper spectral imaging, HSI)が注目されている。これはカメラの1画素ごとにスペクトルデータを格納して3次元データを構築する方法で、NIR領域でHSIを取得する方法を特にNIR-HSIと呼んでいる。1回の測定でカメラの画素分のスペクトルデータが取得されるが、近年のAI研究の流行に伴い、計算機のスペックが飛躍的に向上し、support vector machine (SVM) やニューラルネットワーク、その他高度な多変量解析などの計算コストが高い演算を比較的高速で行うことができるようになったため、NIR-HSI研究が盛んになってきている。

NIR-HSIは、食品分野で不透明な包装の中身を非破壊的に成分分析できることや、可視光では判別のつかない食肉の脂質成分分析が可能であることが報告されている⁴⁾。また、近赤外光は、生体内における水の吸収や短波長由来の光散乱による光損失が少なく、可視光や紫外光に比べて生体透過性が高いといった特徴も持っている。特に、1450 nm 及び 1900 nm 付近の水による吸収を避けた光損失が比較的少ない領域は、生体の窓(biological window)と呼ばれている。この生体の窓では生体深部の分光情報も取得できるため、正常組織に隠れた病変を正常組織領域と分類して可視化する研究も行われている⁵⁾⁶⁾。

6 おわりに

本稿では、近赤外分光法の特徴、測定・解析手法や考慮する点、発展的な利用方法について述べた。近赤外分光する機器の導入コストはまだ高額と言えるが、近年急速に近赤外の光源や検出器などのラインナップが増え、また、高性能かつ廉価になってきている。そのため、今後多くの研究者がこの分野に参入し、更なる基礎研究や応用の広がりを見せると考えられる。

文 献

- 1) Y. Roggo, P. Chaluz, L. Maurer, C. Lema-Martinez, A. Edmond, N. Jent : *J. Pharm. Anal.*, **44**, 3 (2007).
- 2) M. Nitzan, A. Romem, R. Koppel : *Medical Devices: Evidence and Research*, **2014**, 231.
- 3) J. T. Alander, V. Bochko, B. Martinkauppi, S. Saranwong, and T. Mantere : *Int. J. Spectrosc.*, **2013**, 341402.
- 4) G. ElMasry, D.-W. Sun, P. Allen : *J. Food Eng.*, **117**, 2 (2013).
- 5) D. Sato, T. Takamatsu, M. Umezawa, Y. Kitagawa, K. Maeda, N. Hosokawa, K. Okubo, M. Kamimura, T. Kadota, T. Akimoto, T. Kinoshita, T. Yano, T. Kuwata, H. Ikematsu, H. Takemura, H. Yokota, K. Soga : *Sci. Rep.*, **10**, 1 (2020).
- 6) T. Mitsui, A. Mori, T. Takamatsu, T. Kadota, K. Sato, R. Fukushima, K. Okubo, M. Umezawa, H. Takemura, H. Yokota, T. Kuwata, T. Kinoshita, H. Ikematsu, T. Yano, S. Maeda, K. Soga : *J. Biomed. Opt.*, **28**, 8 (2023).

[東京理科大学生命医学研究所 高松 利寛]

自然界における同位体変動と原子量の不確かさ



谷水 雅治

1 はじめに

質量の単位であるキログラムは、キログラム原器を基準としてきたが、2019年の改定により、プランク定数を基準とした値に変更されたことは本誌でも紹介されている¹⁾。一方、元素の原子量は1961年に「質量数12の炭素 (¹²C) の質量を12 (端数なし) としたときの相対質量とする」と決められた。今回の質量単位の改定では、物質量の基準単位モルはアボガドロ定数を用いて再定義されたことにより、従来の1モルの¹²Cが0.012 kgという定義は、不確かさを持つ量となった。ただしその相対不確かさは10⁻⁹未満であり、ほとんどの計測において無視できるとともに、原子量の定義自体に変更はない。それでは、ほとんどの場合、化学分野の基礎定数として利用されている原子量には、どの程度の不確かさが付いているのだろうか？ IUPACは2年ごとに原子量の改定を行っており、その改定作業で近年重要となっている、元素の安定同位体の自然界における同位体存在度の変動について解説する。

2 原子質量と同位体存在度

現在の原子量定義では、元素の原子量はそれぞれの元素の各安定同位体の原子質量と同位体存在度から決定される。元素Eの原子量A_r(E)は、各安定同位体ⁱEの原子質量A_r(ⁱE)と同位体存在度x(ⁱE)を用いて

$$A_r(E) = \sum [x(^iE) \cdot A_r(^iE)]$$

で表される。したがって、原子量表に記載されている各元素の原子量の値は、一つの安定同位体のみからなる単核種元素と、複数の安定同位体が存在する元素では、その元素を含む物質の起源や処理の仕方などによって変わり得る。

表1に示したのは、IUPACが2000年と2009年にまとめた原子量表のうち、第三周期元素の原子量を抜粋したものである²⁾³⁾。2000年の値では、原子量の数値をみると、陽子数つまり原子番号が偶数と奇数の場合で、有効数字の桁数に傾向があることが分かる。これは、安定同位体がひとつしか存在しない単核種元素のほとんどは

表1 IUPACから2000年と2009年に発表された原子量のうち、第三周期を抜き出して比較したもの

原子番号	元素記号	Review 2000			Review 2009		
		原子量	脚注		原子量	脚注	
11	Na	22.989770(2)			22.98976928(2)		
12	Mg	24.3050(6)			24.3050(6)		
13	Al	26.981538(2)			26.9815386(8)		
14	Si	28.0855(3)		r	[28.084; 28.086]		
15	P	30.973761(2)			30.973762(2)		
16	S	32.065(5)	g	r	[32.059; 32.076]		
17	Cl	35.453(2)	g	m r	[35.446; 35.457]		m
18	Ar	39.948(1)	g	r	39.948(1)	g	r

括弧内の不確かさは有効数字の最後の桁につけられる。脚注はそれぞれ、異なる理由により不確かさの範囲内に入らない例外が存在する元素 (g, m), 自然界での同位体組成変化が大きい元素 (r) を示している。

原子番号が奇数の元素であり (より正確には質量数が偶数と奇数の場合に応じて許容できる安定同位体の数が異なる)、これらの元素の原子量は、安定同位体の原子質量がそのまま原子量となるため、小さな不確かさが付いている。一方、複数の安定同位体が存在する元素は、同位体存在度に付随する不確かさが原子量の実効数字桁数を律則する。これには、同位体存在度が正確に決定しにくい場合と、天然での同位体存在度の変動が大きい場合がある。

2009年の原子量改定で大きく異なるのは、10元素について原子量が範囲で示されていることであり、第三周期の元素では、Si, S, Clが該当する。この改定により、知られているすべての試料の原子量が変動範囲内に含まれるように示され、原子量は一定でないことを明確にした。この変動範囲のなかで、試薬に含まれる元素の原子量の値の分布は元素によってさまざまであることから、変動範囲の中間点を原子量の値とすべきでないこと、変動幅の半分を不確かさとして表記すべきでないこと、などのいくつかの注釈が書かれている。なお、最新の日本化学会が出版する原子量表 (2023) では、14元素の原子量が変動範囲で示されている。

3 誘導結合プラズマ質量分析法を用いた同位体存在度の測定

複数の安定同位体が存在する元素の原子量の決定には、同位体存在度の正確な測定が必要であるため、質量分析装置を用いた同位体比測定が不可欠である。しかし、質量分析装置には、装置内での同位体差別効果を含めたさまざまな要因のため、試料そのものの同位体比rを求めることができない。質量分析装置により得られた測定値である同位体比Rとrとの間には単純には、

$$R = K \cdot r$$

で表される関係式がある⁴⁾。真の同位体比rを求めるには、両者の間の係数Kを決定する必要がある。この補正係数Kを決めるためには、同位体存在度既知の校正用試料が必要であり、そのために、一つの安定同位体のみを高度に濃縮した物質 (スパイク) から作製した溶液を複数混合する、ダブルスパイク法が利用されている。

Natural Isotopic Variation and Uncertainty of Standard Atomic Weight.

一つの安定同位体のみを含む物質では、単核種元素と同様に秤量値と原子質量の厳密な対応関係からモル量が正確に算出できるため、そのようにして作成した溶液を複数混合した溶液では、同位体比 r が計算から求められ、測定値 R との関係から、 K を決定することができる。この補正係数 K を実際の元素の同位体比測定に適用し、測定値 R' から真の値 r を求める。

このような補正法は、従来から表面電離質量分析法 (TIMS) を用いて実施されているが、測定中に K の値が時間とともに変化する性質をもつため、校正試料と実試料の間の測定条件を正確に合わせる必要があった。これに対して、誘導結合プラズマ (ICP) をイオン源とする二重収束型の同位体分析用質量分析装置では、真値 r と測定値 R の差である補正係数 K の大きさ自体は TIMS の場合よりも大きいものの、 K の値の時間的な変動が小さいために、とくに自然界での同位体存在度の変動の把握に威力を発揮している。その成果のうち、筆者の知る代表的な報告としては、マグネシウムの同位体標準物質である NIST-SRM 980 (金属 Mg 粉末) の容器中での同位体的不均質性の発見や⁵⁾、亜鉛の高純度精錬の過程での大きな同位体分別の報告などがある⁶⁾。

4 自然界での元素の同位体存在度の変動幅

自然界での安定同位体存在度の変動は、放射壊変に由来するものを除けば、基本的には同位体平衡反応と動的な同位体分別によって引き起こされる。従来は重元素については、その変化は小さいとされていたが、原子量が変動幅で表された 10 元素の中にタリウムが含まれているように、重い元素でも変動範囲で原子量が表されるほど、自然界のなかで同位体変動が起こることがある。同位体平衡反応における同位体分別係数 α は同位体の質量数 m に対して以下の式で示される⁷⁾：

$$\ln \alpha = \frac{1}{24} \cdot \left(\frac{h}{2\pi kT} \right)^2 \cdot \Delta a \cdot \frac{\Delta m}{m^2}$$

ここで、 h と k はプランク定数とボルツマン定数、 T は化学反応のケルビン温度、 Δa は反応の両辺における結合エネルギーの差である。もしも標準状態において、 Δa 項が周期表の元素すべてで一定の場合、 α は $\Delta m/m^2$ 変化に応じて、質量数に伴って単純減少するはずである。しかし実際には、 Δa 項が元素の反応前後の化学種変化によって異なることにより、重元素においても一定の分別が認められる。とくに、酸化還元反応を伴う反応では、 Δa 項が大きくなるため、単純な傾向との間にずれが生じる (図 1)。自然界で各元素がどのような化学種で存在し、どのような化学反応が起こっているか、元素ごとに置かれた状況が違うことが、重元素のタリウムについても、原子量が変動幅で表記されることとなった理由である。

原子量の不確かさが 0.015 % を超える元素として、1980 年代の終わりには 16 元素が挙げられており⁴⁾、技術的には、イオン化しにくい、理想的なダブルスパイク法が適用しにくい、などの要因があった。その後の分析装置の発展により、原子量数値の不確かさは小さくなる一方で、元素の同位体存在度の自然界でのわずかな変動幅も検出できるようになっている。このことは、複数の安定同位体が存在する元素の原子量の不確かさは、同位

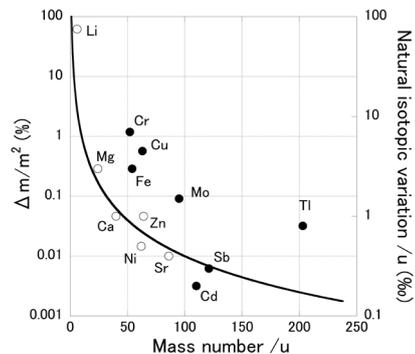


図 1 自然界での同位体変動幅の元素ごとの報告値 (右軸) と相対質量差 (左軸) と質量数との関係を示すグラフ

白丸は酸化数変化がない元素、黒丸は複数の酸化数が自然界で存在する元素 (谷水 (2011)⁸⁾ をもとに改変)。同様の試みが Wiederhold (2015)⁹⁾ などでもなされている。

体存在度の自然界での変動幅から計算される原子量不確かさよりも小さくできないことを示している。さらにいえば、市販試薬の各原料にどれだけの同位体存在度の不確かさ、つまりは原子量の不確かさが存在するのかを評価しないと、試薬の正確な分子量が決定できない。このような有効数字の不確かさが実際に必要な計測はほとんどないため、日本化学会原子量専門委員会では、実効的には十分な 4 桁の原子量を独自に出版している。それでも原子量を化学分野の基礎定数として信頼度高く扱えるよう、IUPAC 原子量および同位体存在度委員会では 2 年に一回、原子量の改定作業を行っている。日本化学会原子量専門委員会でも、その報告を受けて原子量表を毎年出版しており、ホームページから閲覧することが可能となっている。

文 献

- 1) 倉本直樹：ぶんせき (bunseki), **2019**, 193.
- 2) J. R. de Laeter, J. K. Böhlke, P. de Bièvre, H. Hidaka, H. S. Peiser, K. J. R. Rosman, P. D. P. Taylor : *Pure Appl. Chem.*, **75**, 683 (2003).
- 3) M. E. Wieser, T. B. Coplen : *Pure Appl. Chem.*, **83**, 359 (2011).
- 4) J. R. de Laeter : *Mass. Spectrom. Rev.*, **11**, 193 (1992).
- 5) J. Vogl, W. Printzkow, P. Klingbeil : *Anal. Bioanal. Chem.*, **380**, 876 (2004).
- 6) M. Tanimizu, Y. Asada, T. Hirata : *Anal. Chem.*, **74**, 5814 (2002).
- 7) J. Bigeleisen, M. G. Mayer : *J. Chem. Phys.*, **15**, 261 (1947).
- 8) 谷水雅治：地球化学, **45**, 129 (2011).
- 9) J. G. Wiederhold : *Environ. Sci. Tech.*, **49**, 2606 (2015).



谷水 雅治 (TANIMIZU Masaharu)

関西学院大学生命環境学部環境応用化学科 (〒669-1337 兵庫県三田市学園 2-1)。名古屋大学大学院理学研究科博士 (後期) 課程修了。博士 (理学)。《現在の研究テーマ》高精度同位体分析による元素の地球表層での物質循環の定量的把握。《主な著書》“質量分析活用スタンダード” (分担執筆)。(羊土社), (2023)。《趣味》サイクリング、トレッキング、古本屋 & DIY ショップ巡り。

E-mail : tanimizum@kwansci.ac.jp

TD-NMRによる運動性の評価

—身近な物質の違いを簡便に数値化—

池田 純子, 山根 衣寿美

1 はじめに

NMR（核磁気共鳴分光法）は主にケミカルシフトを計測し有機化合物の構造解析を行う評価装置として広く知られている。一般的には構造解析を行う NMR は、超電導磁石を用いており周波数域は数百 MHz である。大型で冷媒を必要とする。しかし、本稿では永久磁石を用いた卓上型で緩和時間を測定する TD-NMR の評価例を紹介する。評価対象はゲルやエラストマーなどが多く、運動性の違い（硬さの違い）の不均一性を数値化することが得意である。図 1 に TD-NMR Spin Track の外観図を示す。TD-NMR は日本語では時間領域核磁気共鳴分光法（=time domain NMR）であり、パルス NMR、低磁場 NMR と呼ばれたりもする。

2 測定原理

簡単に言うと緩和とは一旦吸収されたエネルギーが減衰していく過程のことである¹⁾。その時間を T1（縦緩和時間、スピン-格子緩和時間）、T2（横緩和時間、スピン-スピン緩和時間）として計測する。計測された緩和時間から分子の運動性に関する情報を得ることが可能である²⁾。特に T2 は材料の分子運動性と相関関係があり、溶液などの分子運動性が高い場合、緩和時間は長く、反対に固体などの分子運動性が低い場合は緩和時間が短く観測される³⁾。また分子運動が不均一である場合

には分子運動性が異なる成分の存在割合も比較可能である²⁾。測定対象や目的によりパルスシーケンスを設定する。固体の様に緩和時間 T2 が短い場合は Solid Echo 法、エラストマーのように人が指で押し変形する物質の場合は Spin Echo 法（Hahn Echo 法）、液体など分子の拡散が想定される試料の測定には CPMG（Carr-Purcell-Meiboom-Gill）法が用いられることが多い²⁾。本稿では CPMG 法による結果を紹介する。周波数域は数十 MHz であり、また低磁場であることから最も存在量の多い水素原子核を観測対象とすることが一般的である。試料管は 10 mm φ のものを用いることが多く、試料を細かく粉砕することや試料管に合わせて成形する必要がなくそのまま測定対象を試料管に入れ測定可能であることも大きなメリットであると考えられる。

3 測定事例

3-1 ゼラチン濃度の異なるゲルの運動性評価

市販のゼラチンを 1%、2.5%、5%、10%、20% の濃度で 60℃ 程に加温した水に溶解し、冷蔵庫にて約 4℃ で 30 分冷却しゲル化させた冷蔵庫から取り出し 10 mm φ の試料管に分取し直ちに測定に用いた。得られた緩和曲線から下記式を用いて緩和時間を算出した。

$$y = y_0 + \sum (A_n \exp(-t/T_2n)) \dots\dots\dots (1)$$

y: t 時間後の信号強度； A: 最初の信号強度； t: エコー時間（減衰に費やす時間）； T: スピン-スピン緩和時間； n: 成分の数



図 1 卓上型 TD-NMR（ドイツ Resonance Systems 社製 Spin Track）

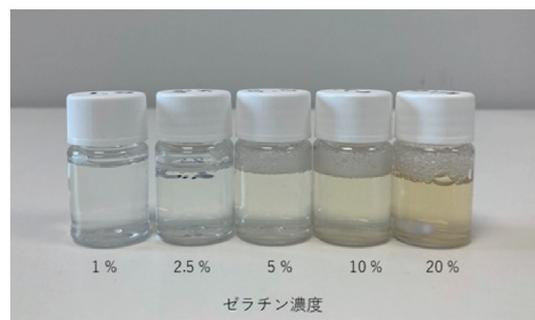


図 2 ゼラチン濃度を変えゲル化した試料外観

ゲル化後の試料外観を図2に示す。ゼラチン濃度が高くなるほどやや褐色であることが分かる。測定した緩和曲線を図3に示す。図3の緩和曲線より、ゼラチン濃度が高くなるにつれ緩和時間が短くなり1成分で得られた。つまりゼラチン濃度が高くなることで運動性が小さくなることが分かり、ゼラチン濃度が高くなることでネットワーク構造が密になることが示唆された。また、ゼラチン濃度1~20%の範囲においては加温した水に均一に溶解することが示唆され、均等な食感を有するゼリーが作成可能なゼラチンであることが予測される。

3.2 食パンの柔らかさを比較

スーパーで販売されている食パンを2種購入し柔らかさの比較が可能であるか確認を行った。2種の食パンの違いは図4に示す通りである。製造会社が異なるため、組成や製造方法が大きく異なるものの食パンAは分銅を乗せると食パンBより沈まないことが分かった。食パンはゴムと同じようなネットワーク構造を有しているが⁴⁾潰れやすく状態が変化しやすいため、ピンセット

を用いて剥がすように10mmφの試料管に分取した。測定に用いた食パンを分取した試料管を図5に示す。得られた緩和曲線から式(1)を用いて緩和時間を算出した。

測定した緩和曲線の結果を図6に示す。緩和時間は分銅を乗せると深く沈んだBの方が長く得られた。また緩和時間は表1に示す通り3成分で示された。式(1)

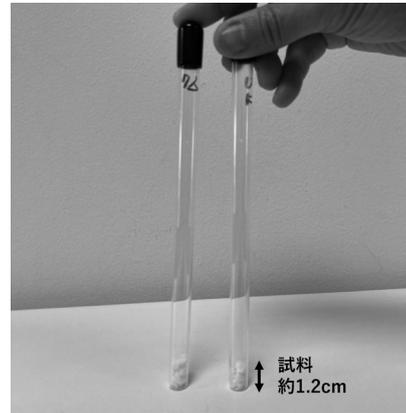


図5 測定に用いた食パンを分取した試料管

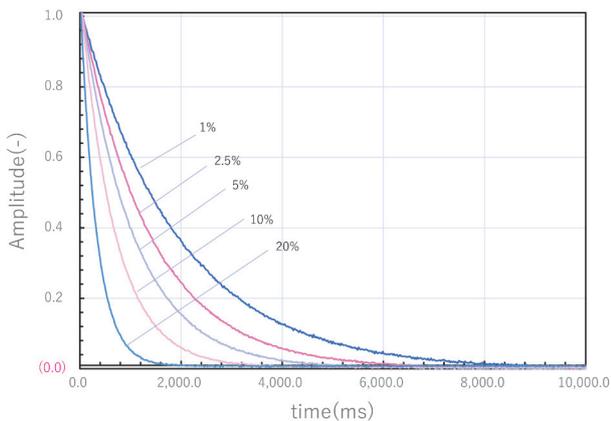


図3 ゼラチン濃度が異なるゲルの緩和曲線

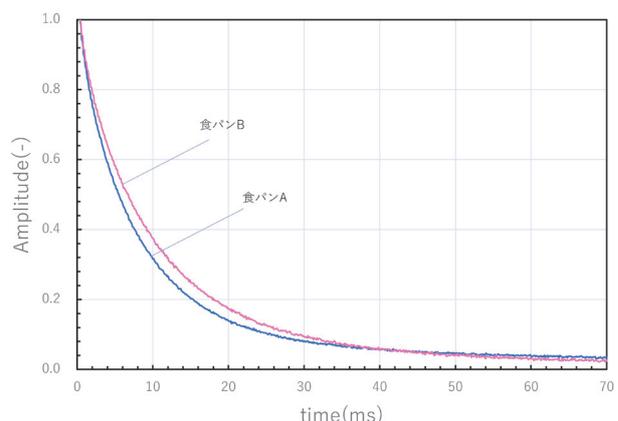


図6 2種の食パンの緩和曲線

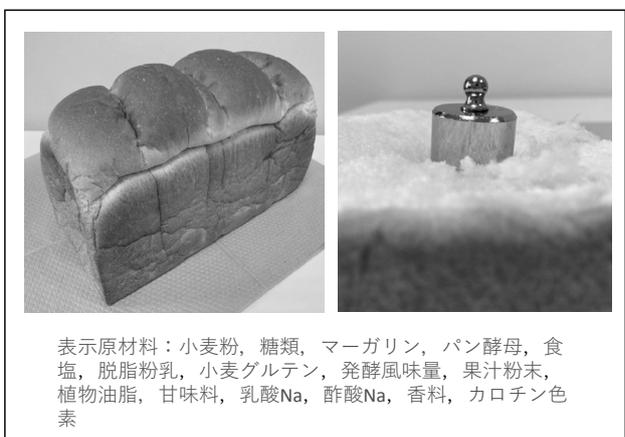
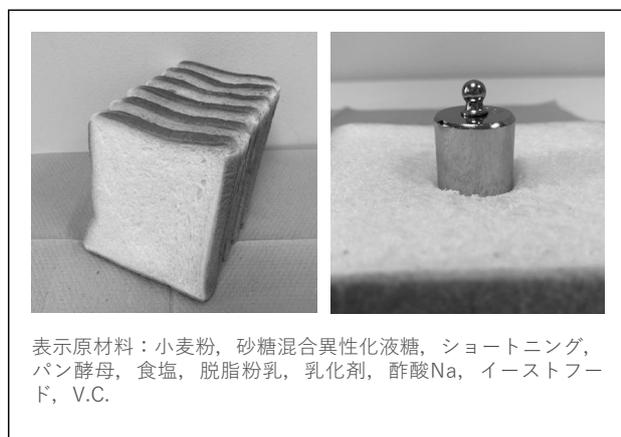


図4 2種の食パンの外観と表示原材料の違い
(左)食パンA (右)食パンB

の n が 1 および 2 であっても緩和時間を算出可能であるが、緩和曲線は $n=3$ の場合に最もフィッティングエラーが小さく得られたため、食パンは運動性が異なる 3 成分からなることが分かった。緩和時間と各成分の存在割合を表 1 に示す。食パン B の方が乗せた分銅が大きく沈み、ふんわりとした食感を有する理由は緩和時間が長い成分の存在割合が大きいことが原因であることが示唆された。市販されている食パンの場合、組成が複雑であり焼き方も異なるが、組成や焼き方の違いが既知であればどういった理由で異なる成分が存在したか考察することも可能であると考えられる。

表 1 2種の食パンの緩和時間測定結果

試料		長成分	中成分	短成分
パン A	緩和時間 [ms]	31.3	7.6	1.1
	存在割合 %	9.4	75.0	15.6
パン B	緩和時間 [ms]	24.3	8.8	1.1
	存在割合 %	16.0	70.1	13.9



図 7 Thermo Scientific™ HAAKE™ CaBER1

3.3 とうもろこしの比較

とうもろこしはデキストリンやでんぷん^{えんぷん}を主原料とし食品粘度を上げることで嚥下^{えんげ}困難者に摂取しやすい特性を持たせることが可能である。しかし、とうもろこしにはダマになりやすく嚥下がしにくい製品（とうもろこし A）、嚥下しやすく利用者からも評判の良い製品（とうもろこし B）が存在する。そこで違いを数値化する為、TD-NMR による緩和時間および伸張粘度計を用いての計測を行った。伸張粘度計の計測にはキャピラリー破断方式レオメーター Thermo Scientific™ HAAKE™ CaBER1（図 7）を用いた。10 mL の蒸留水にとろみ剤 0.1 g、0.2 g、0.3 g をそれぞれ加え、スパチュラにて攪拌し、10 mm φ の試料管に分取し測定を行った。測定温度は 30 °C である。伸張粘度測定結果を図 8 に示す。とうもろこし A はひずみ増加により伸張粘度が高い傾向が得られ、二つあるいは三つのコブのような波形が見受けられた。とうもろこし B はひずみ量や濃度が変化しても伸張粘度の変化は小さく得られた。TD-NMR による測定結果を図 9 に示す。また濃度と緩和時間の変化を図 10 に示す。緩和時間はとうもろこし A はとうもろこし B よりいずれの濃度においても短く得られた。濃度による緩和時間変化はとうもろこし A の

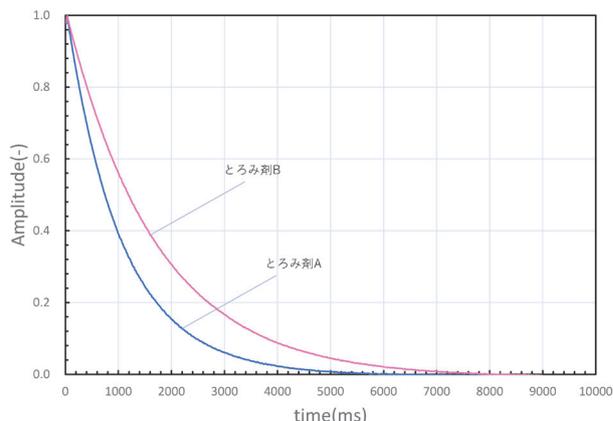


図 9 とうもろこし 1% の緩和曲線

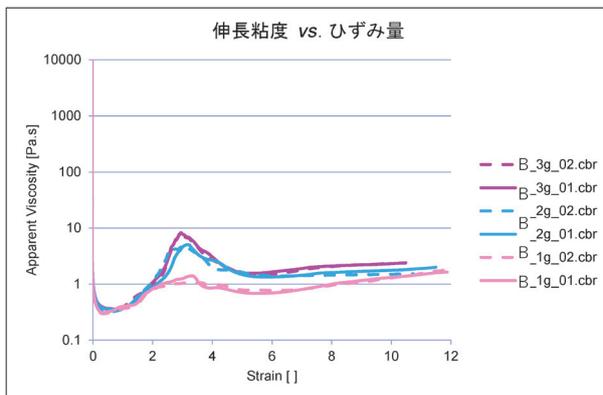
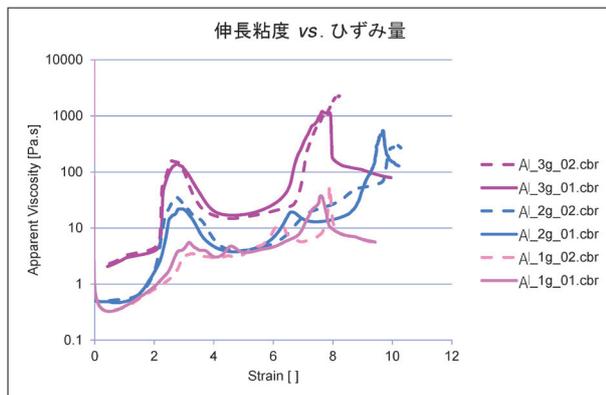


図 8 とうもろこしの伸張粘度測定結果
(左) とうもろこし A (右) とうもろこし B

方が大きかった。

とろみ剤 A は伸長粘度の結果から、ひずみ増加に伴い増粘していることより、嚙下時に飲料が引き伸ばされるに従いまとわりつくひっかかるなどの感触の要因となり、摂取のしにくさにつながっていると考えられた。更に粘度曲線のコブの数だけ緩和構造の存在が示唆され、サンプルの白濁物や、ダマの起因となっている可能性が考えられる。TD-NMR の結果からはゲルの構造化によるネットワークが多く存在することで嚙下しにくく且つダマを作りやすいとろみ剤であることが考えられた。とろみ剤 B は伸長粘度の結果からひずみ硬化が起きにくく、ニュートン流動に近いことを意味して得るため、嚙下時に飲料がまとわりつくひっかかるなどの感触が生じることが少なく飲みやすさにつながっていると考える。また伸長粘度においても緩和時間の測定結果においても、濃度による変化は小さく、目視にて粉体を溶解させる現場において調製濃度による人為差が小さくなることも原因ではないかと予測された。伸張・延伸によるイメージを図 11 に示す。伸長粘度および緩和時間測定結

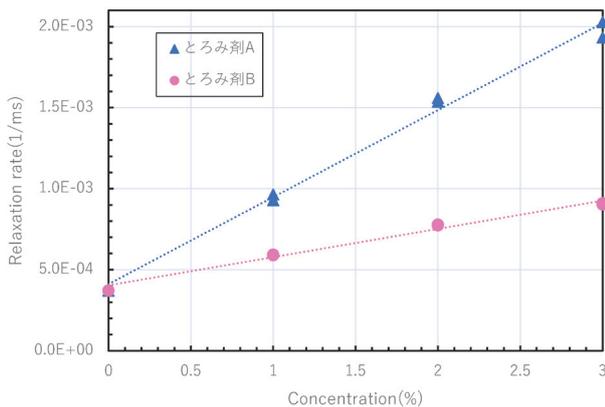


図 10 とろみ剤の濃度と緩和時間との関係

果とで相関関係が得られ、製品の違いを数値化し嚙下のしやすさが異なる原因を予測することが出来たと考える。

3・4 水の運動性を隠し持ったゲル

固体の様に手のひらに乗せることも可能であるが、僅かな力を加えると液状になる特性を有した化粧品材料として使用されるゲル状物質の緩和時間測定を行った。10 mm φ の試料管に分取し測定を行った。測定温度は 30 °C である。またレオメーター (MCR302 Anton-Paar 社製) を用いて粘度のせん断速度依存性測定を行った。せん断速度は 0.0001~2000 (1/s) である。比較対象としてグリセリン (富士フィルム和光純薬(株)製、一級、97.0%) および蒸留水の測定も行った。ゲルの特徴を理解しやすいよう図 12 の QR コード (<https://www.youtube.com/watch?v=cJBSUeOvJM8>) よりゲルおよびグリセリンをスパチュラで攪拌した動画を見ることが出来る。ゲルはスパチュラでかき混ぜるようなせん断では塊のような物質が生じている様子が分かる。グリセリンにはこのような挙動はみられない。得られた緩和曲線を図 13 に、緩和時間を表 2 に示す。ゲルの緩和時間は極端に異なる 2 成分にて得られ、約 12% の短成分と約 88% の長成分からなることが分かった。長成分は蒸留水の緩和時間に近い値であった。グリセリンはゲルの短成分よりも緩和時間は短かった。レオメーターによるゲ



図 12 ゲルおよびグリセリンを攪拌した動画の QR コード

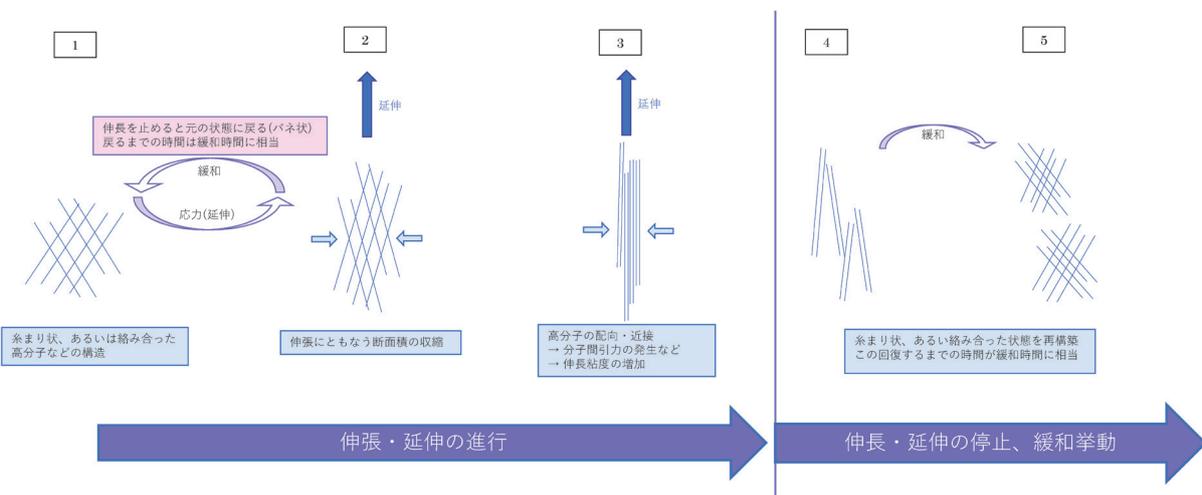


図 11 伸張・延伸によるイメージ図

表2 グリセリン，化粧品材料ゲル，蒸留水の緩和時間測定結果

	緩和時間 [ms]	
	短成分(存在割合 %)	長成分(存在割合 %)
蒸留水	2515.4 (100)	
グリセリン	27.7 (100)	
化粧品材料ゲル	109.8 (11.8)	2230.7 (88.2)

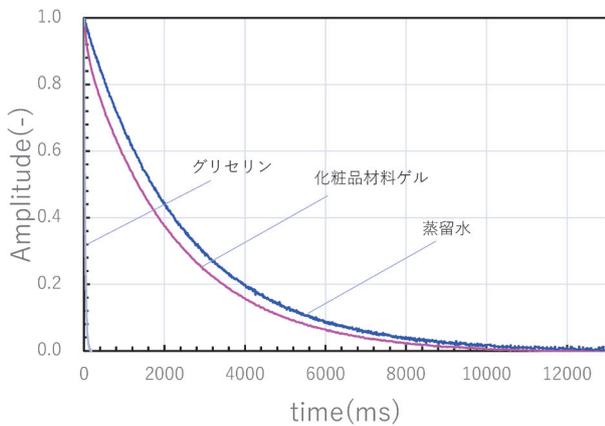


図13 グリセリン，化粧品材料ゲル，蒸留水の緩和曲線

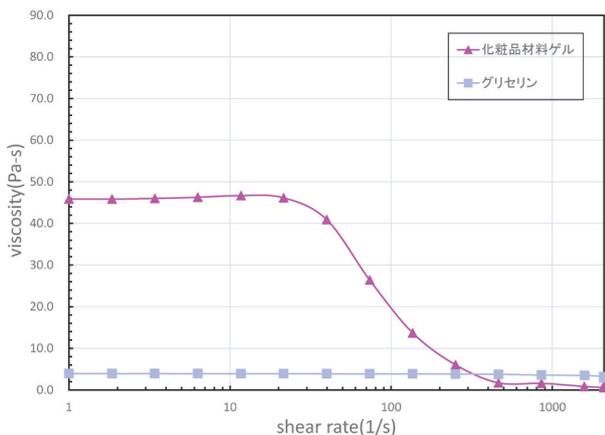


図14 グリセリン，化粧品材料ゲルのせん断粘度測定結果

ルとグリセリンのせん断粘度測定結果を図14に示す。低せん断域ではゲル粘度が高く，50 (1/s) 以上のせん断を加えることで極端な粘度の低下が見られた。その後，500 (1/s) 以降では約 1 mPa-s になり水とほぼ同一の粘度を有していることが分かった。グリセリンは約 4mPa-s でありせん断速度依存性は見られなかった。低せん断域で手に乗せることが出来るほどの粘度を有している理由は，12 % ほど存在した短成分の存在によるものと推測されつまり短成分はネットワーク構造を示しているだろう。せん断による極端な粘度の低下はネットワーク構造の破壊と考えられる。ネットワーク構造を有したまま，ほぼ水と同様の運動性を保持することが可能な本物質は，液体にハンドリングしやすい性質を持たせ

かつ，僅かな力により液体の特性も生じさせることが出来る。TD-NMR を用いた緩和時間測定により，せん断により極端に粘度が変化するゲルのメカニズムを数値化できたと考える。

3.5 セメントの凝結遅延剤の評価

セメントは水と混合し水和により凝結することが知られており⁵⁾，凝結の際に水和熱が発生するため，凝結時間をカロリメーターにて測定する方法が知られている⁶⁾。TD-NMR にて簡便に凝結時間の比較が可能か実験を行った。セメントが 50 wt % になる様に水を加えたもの，およびセメントの凝結遅延調整剤として用いられるセルロースエーテル (メトローズ 90SH-15000/信越化学工業(株)製) を加えた分散体の緩和時間 T_1 を測定した。 T_1 は飽和回復法を用いて測定し，下記式より緩和時間を算出した。

$$y = y_0 [1 - \exp(-t/T_1)] \dots\dots\dots (2)$$

y : t 時間後の縦磁化； y_0 : 100 % 回復時の縦磁化；
 t : 繰り返し時間 (縦磁化の回復に費やす時間)； T : スピン-格子緩和時間

測定温度は 60 °C にて行った。またメトローズの添加有無により初期粘度が大きく異なったため，粘度の測定を行った。粘度の測定にはレオメーター (ONRH 型共軸二重円筒形/株大業技研製) を用いた。図15に粘度とせん断速度の関係を示す。緩和時間 T_1 と経過時間の関係は図16に示す。60 °C での水の T_1 はおよそ 7200 ms である⁷⁾。水にセメントおよびセメントとメトローズを加えた両分散体の緩和時間は 70 ms 以下であり水よりもかなり短い。これはセメント表面に水が拘束されていることを示唆している。せん断速度と粘度の関係よりセメントと水のみ分散体よりもメトローズを添加した分散体のほうが低せん断域での初期粘度が 10 倍ほど大きいことが分かる。しかし初期の緩和時間はセメ

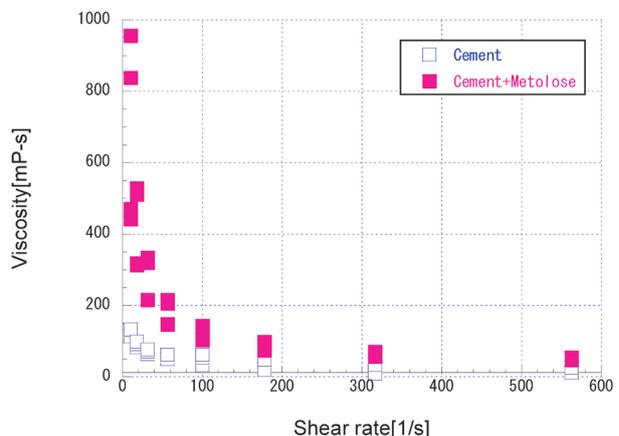


図15 セメントの初期粘度とせん断速度との関係

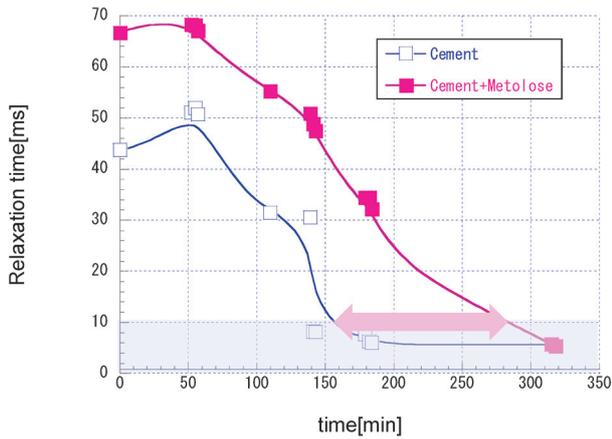


図 16 緩和時間と経過時間



図 17 硬化開始判断したセメント外観

ントと水のみ分散体のほうが短く得られた。粒子が含まれないゲル状の物質を測定した場合、ゲル強度が強いほど緩和時間は短く得られる。T₁とT₂では分子運動性に対する挙動が異なるため注意が必要ではあるが、今回測定した試料の領域ではT₁、T₂ともに分子運動性が小さくなると緩和時間が短く得られる⁸⁾。しかし粘度の低いメトローズを加えていないセメントと水のみ分散体のほうが緩和時間は短く得られた。これはセメントが多く水を拘束し緩和時間が短いことが考えられる。一方メトローズを添加した分散体はセメント粒子表面にメトローズが吸着し水が拘束されにくい状態にあると考えられる。この粒子が溶液中に存在する際に緩和時間が短くなる現象は運動性の比較時とは異なる。詳細は過去に本誌に寄稿した“パルスNMRによる粒子界面特性評価”を参照頂きたい。両分散体の緩和時間は継時とともに短くなった。セメントの凝結により水の分子運動性が小さくなったためと考えられる。緩和時間10ms以下では硬化開始と判断する硬さになった。セメントと水の場合は160分、メトローズを加えた分散体は280分から硬化が開始したといえるだろう。シンプルな実験によりメトローズによるセメントの硬化遅延のメカニズムと60℃における硬化遅延時間を予測することが出来た。

4 おわりに

本稿ではTD-NMRによる運動性評価の基礎を紹介した。セメントの評価に関しては当社の強みであるパルスNMRによる粒子界面評価を組み合わせた実験を行った。運動性の評価と分散体の評価を同一に考えると難しいと思われる方も多い様子だが、例えば粒子と溶媒、ポリマーなどが混在する場合、最初に溶媒のみを測定しどのような緩和曲線が得られるのか確認後、ポリマーを添加、更に粒子を加えてどのように曲線が変化していくか、ポリマー濃度を変える場合や硬化させた際、どのように変化していくか等シンプルな構成から実験することを勧める。特にレオロジーの評価を組み合わせることで緩和時間から得られた結果を裏付けることが可能になり考察が深まると考える。本評価法は非常に簡便で再現性も高く人為差もない。また緩和時間が変化する理由をきちんと把握したうえで利用することが出来れば応用性はかなり高い。本手法が多くの人々に認知され科学技術や産業の発展に僅かでも役に立てることを心から願っている。

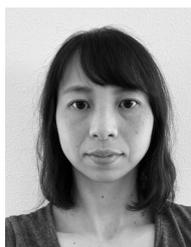
謝辞 本技術を紹介するにあたり、とろみ剤の伸長粘度測定および考察くださった小坂耕平氏、植村夕夏氏 (Surfgauge INSTRUMENTS)、セメントの凝結遅延評価において多大なるご助言をくださった早川和久博士 (早川ラボ) に心から感謝申し上げます。

文 献

- 1) 安藤喬志, 宗宮 創: “これならわかるNMR”, p.3, 45 (1997), (化学同人).
- 2) 岩路 仁: 日本ゴム協会誌, **87**, 195 (2014).
- 3) 原 英之: ぶんせき (*Bunseki*), **2021**, 737.
- 4) G. M. Bosmans, J. A. Delcour: *Modern Magnetic Resonance*, 1431 (2018).
- 5) 峰岸敬一: セメントの水和と熱, **22**, 5 (1984).
- 6) 早川和久: *Polymer Prepreprints, Japan*, **38**, 3705 (1989).
- 7) 中沢文子: 調理科学, **27**, 214 (1994).
- 8) C. L. Cooper, T. Cosgrove, J. S. van Duijneveldt, M. M. S. W. Prescott: *Soft matter*, **9**, 7211 (2013).



池田 純子 (IKEDA Junko)
 マジェリカ・ジャパン株式会社 (〒277-0882 千葉県柏市柏の葉 5-4-6 東葛テクノプラザ 512), 東北大学多元物質科学研究所 (〒980-8577 宮城県仙台市青葉区片平 2-1-1), 新潟大学博士後期課程, 博士 (工学). 《現在の研究テーマ》パルス NMR による粉体の濡れ性評価. 《主な著書》“NMR による有機材料分析とその試料前処理 データ解釈”, (共著), (技術情報協会). 《趣味》家庭菜園.
 E-mail : j.ikeda@mageleka-japan.com



山根 衣寿美 (YAMANE Izumi)
 マジェリカ・ジャパン株式会社 (〒277-0882 千葉県柏市柏の葉 5-4-6 東葛テクノプラザ 512), 横浜国立大学大学院修士課程. 《現在の研究テーマ》パルス NMR による分散性や運動性の評価. 《趣味》旅行, キャンプ, 水泳.
 E-mail : i.yamane@mageleka-japan.com

会社ホームページ URL :

<https://www.mageleka-japan.com/>

関連製品ページ URL :

<https://www.mageleka-japan.com/cont8/23.html>

原稿募集

「技術紹介」の原稿を募集しています

対象：以下のような分析機器、分析手法に関する紹介・解説記事

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

報など

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

お問い合わせ先：

日本分析化学会『ぶんせき』編集委員会

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

● α 線放出核種の体内動態の解析を可能にするイメージング技術

α 線は高い細胞傷害性を有する放射線の一つで、近年、 α 線を放出する放射性核種を含む抗がん剤が注目されている。2016年に α 線放出核種標識化合物の投与で完全寛解¹⁾が報告されて以来、 α 線放出核種を含む核医学治療薬の開発が活発に行われている。

放射性核種には様々な種類が存在し、 α 線や β^- 線等の高い細胞傷害性作用を示す放射線を放出する核種や、 γ 線のような高い生体透過性を示す放射線を放出する核種がある。これらの放射性核種を上手く活用すれば、放射性核種を変更するだけで核医学診断と核医学治療を実施することが可能である。この診断と治療を同時に実施する方法は、ラジオセラノスティクスと呼ばれ、個別化医療の体现を可能とする方法の一つとして注目されている。

核医学診断では、イメージング技術としてポジトロン放出断層撮像法 (positron emission tomography, PET) や単光子放出断層撮像法 (single photon emission computed tomography, SPECT) が臨床にて使用されている。しかしながら、画像化できる放射性核種は限られており、 α 線放出核種の多くはこれらの機器での撮像が困難である。それに対し近年、これまで検出困難であった様々な放射性核種を同時に画像化できる新たなイメージング技術の開発が進められている。Omataらは、従来のPETやSPECTの原理に加えて、宇宙線の検出等に使用されてきたコンプトンカメラの原理を組み合わせることで、様々なエネルギーの γ 線の同時検出に成功するとともに、我が国で活発に開発が進められている α 線放出核種であるAt-211のイメージングも達成している²⁾。またTakedaらは、位置検出能に優れた両面ストリップ型半導体検出器を用いることで、エネルギーの近い放射線を放出する放射性核種を高解像度で検出することに成功している³⁾。これらの技術は、開発段階であるものの近年使用されている治療用放射性核種の体内動態解析にも応用可能な優れた技術である。ハード及びソフトの両面の改善による感度や解像度、時間分解能等の向上により、これらのイメージング技術が核医学治療薬の開発をより一層推進することが期待される。

- 1) C. Kratochwil, F. Bruchertseifer, FL. Giesel, M. Weis, FA. Verburg, F. Mottaghy, K. Kopka, C. Apostolidis, U. Haberkorn, A. Morgenstern : *J. Nucl. Med.*, **57**, 1941 (2016).
2) A. Omata, M. Masubuchi, N. Koshikawa, J. Kataoka, H.

Kato, A. Toyoshima, T. Teramoto, K. Ooe, Y. Liu, K. Matsunaga, T. Kamiya, T. Watabe, E. Shimosegawa, J. Hatazawa : *Sci. Rep.*, **12**, 2546 (2022).

- 3) S. Takeda, T. Orita, A. Yagishita, M. Katsuragawa, G. Yabu, R. Tomaru, F. Moriyama, H. Sugawara, S. Watanabe, H. Mizuma, Y. Kanayama, K. Ohnuki, H. Fujii, LR. Furenlid, T. Takahashi : *IEEE Trans. Radiat. Plasma Med. Sci.*, **7**, 860 (2023).

[金沢大学医薬保健研究域薬学系 宗兼 将之]

● 光学イメージングによる単一粒子屈折率計測法

屈折率は光と物質の相互作用を示す一つの光物理的なパラメーターの一つである。屈折率を測定することで、単一の物質中の異なる成分を予測や特定できるため、材料科学や環境科学などの分野で有用である。これまでの屈折率測定には屈折率計¹⁾やレーザー回折計²⁾、Mie共鳴分光法³⁾などが用いられるが、これらの手法はバルクの液体系や浮遊液滴の平均的な屈折率の測定に適している。一方で、透明のサンプルや、光を散乱しやすいサンプルでは屈折率の測定できないため、単一粒子系の屈折率測定は困難であった。

Wangらは簡便かつ単一の粒子に対する屈折率測定法を提唱した⁴⁾。1-bromonaphthalene, *N,N*-dimethylformamide, 脱イオン水の混合溶媒で構成された屈折率標準溶液 ($n=1.3327\sim 1.6563$) をセルに充填し、シリカ粒子を沈降させ、明視野顕微画像を取得した。シリカ粒子によって散乱する光の強度を計測すると、屈折率差が大きいときには散乱光強度は大きくなり、シリカ粒子の屈折率と一致する標準液を用いた場合、散乱光強度は0に近づく。散乱光強度が0となるときの屈折率からシリカ粒子の屈折率を算出すると、 1.489 ± 0.002 と小さい誤差で定量できることがわかった。

光学倍率 (4 \times , 20 \times) を変えても、同様の結果を得ることができ、500 nm \sim 5 μ m のシリカ粒子に対しても同程度の屈折率が得られた。また、シリカ粒子をエッチング、超音波、酸素プラズマにより処理をし、表面形状の影響について検討した。いずれの結果も表面形状は屈折率測定に影響を与えないことがわかった。また、ポリスチレン (PS) とシリカ粒子のコアシェル型粒子 (PS@SiO₂) の屈折率の測定にも応用した。SiO₂ シェルの厚さを62.5 \sim 201 nmに変化させ、屈折率を測定した。得られた屈折率は、PSとSiO₂の屈折率の体積分率から計算される理論値と良い一致を示し、この手法がコアシェル型の粒子においても屈折率を算出できることがわかった。

以上のことから、簡便に単一粒子レベルで屈折率を計測する手法が確立された。画像解析を用いることで一度に数百粒子の解析も可能である。また、本手法の興味深いところは、「検出されない」ことを利用するところであると考えている。多くの分析化学者はシグナルを「検

出する」というところに着目するため、この発想はとても面白い。このような発想がますます増えていき、分析化学分野を盛り上げてくれることを期待している。

- 1) B. Liu, X. Lu, Z. Qiao, L. Song, Q. Cheng, J. Zhang, A. Zhang, Y. Huang, T. Chen : *Langmuir*, **34**, 13047 (2018).
- 2) R. Manda, S. Pagidi, Y. J. Heo, Y. J. Lim, M. S. Kim, S. H.

Lee : *Adv. Mater. Interfaces*, **7**, 1901923 (2020).

- 3) S. Kim, C. Y. Zheng, G. C. Schatz, K. Aydin, K.-H. Kim, C. A. Mirkin : *Nano Lett.*, **20**, 8096 (2020).
- 4) X. Zhang, J. Gao, X. Wang, S. Wang, B. Jiang, W. Wang, H. Wang : *Anal. Chem.*, **94**, 17741 (2022).

[筑波大学 宮川 晃尚]

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

本書は書籍化の第三弾として、「入門講座」から、質量分析・同位体分析の基礎となる記事、合計 42 本を再録しました。『ぶんせき』では、分析化学の初学者から専門家まで幅広い会員に向けて、多くの有用な情報を提供し続けています。これまで掲載された記事には、分析化学諸分野の入門的な概説や分析操作の基礎といった、いつの時代でも必要となる手ほどきや現役の研究者・技術者の実体験など、分析のノウハウが詰まっています。

〈2003 年掲載 1 章 質量分析の基礎知識〉

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

〈2009 年掲載 2 章 質量分析装置のためのイオン化法〉

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

〈2002 年掲載 3 章 同位体比分析〉

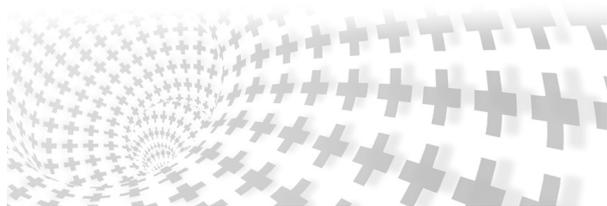
1. 同位体比の定義と標準
2. 同位体比測定の精度と確度
3. 同位体比を測るための前処理
4. 同位体比を測るための分析法
5. 生元素の同位体比と環境化学
6. 重元素の同位体比

〈2016 年掲載 4 章 精密同位体分析〉

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

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

こんにちは



(株)コーセー 研究所を訪ねて

〈はじめに〉

化粧品のメーカーであることは、おそらく社名を耳にただけで思い出す方も多いであろう。筆者の一人も、滞在したホテルのアメニティの中にその名を見つけ、合点がいったことを覚えている。

JR 王子駅に近く閑静な住宅街を通り過ぎた先にある(株)コーセー研究所を訪ねたのは、波乱の幕開けとなった新年の余韻が冷めない令和6年1月26日であった。研究所の玄関で同社研究員の安田純子さんが出迎えてくださった。因みに、安田さんは2023年度に本会の関東支部長を務めておられる。

(株)コーセーは、小林孝三郎氏が1946年に化粧品会社「小林合名会社」(その後「(株)小林コーセー」を経て「(株)コーセー」)を創業したことに始まる。社名の「コーセー」は創業者・小林孝三郎の「孝」と、誠実の「誠」から取ったものとされる。

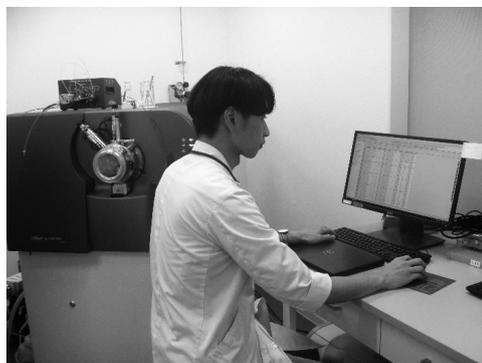


研究所を背にした津越氏

企業案内のビデオを見せながらご説明くださった安全性・分析研究室 分析グループ 主任研究員である田中さんによると、戦後の混乱期に粗悪な化粧品が流通している中で、創業者が品質を重視した化粧品の必要性を感じたためとのことである。この姿勢は、創業者の座右の銘である「正しきことに従う心」という言葉にも表れ、現

在も同社の行動憲章になっている。

まず拝見したMS(質量分析)室にはLC/MS/MSが置かれており、製品分析について菅さんにご説明いただいた。また、その隣の分析室にはシステム化されたHPLCが多数設置されており、その眺めは圧巻であった。それぞれ測定対象物質が決められているが、現在ではこの台数でも不足しているとのことであった。更に、同室にはMALDI-TOF-MSがあり、製品を使用した効果をビジュアライジングにより判定するのに用いていた。例えば、日焼け止めを皮膚に塗布した場合、時間が経過後や運動した後などで製品中の紫外線吸収剤の分布がどのように変化しているのかわかるそうで、色分けされドット状に示された成分の分布状態を実際に見せていただいた。なお、得られた分析結果は、新たな製品開発にも使われるとのことである。

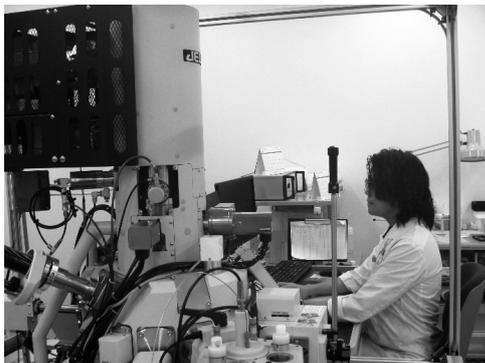


LC/MS/MS を操作する菅さん

続いて、X線室にご案内いただいた。この試験室では、主にエネルギー分散型蛍光X線分析装置による元素組成分析が行われており、ご担当の山口さんのご説明では、製品に含まれるペースト油、界面活性剤、タルクやその他無機物といった化粧品原料の分析に用いているとのことであった。また、同室には加熱気化水銀測定装置もあり、化粧品原料などに水銀が含まれていないことを確認するために使用しており、1ppbまで測定可能であるとお話だった。



蛍光X線分析装置を操作する山口さん



走査型電子顕微鏡を操作する太田さん

更に、電顕室を訪問し、ご担当の太田さんにご説明いただいた。同室には透過型（TEM）と走査型（SEM）の電子顕微鏡がそれぞれ1台ずつあり、いずれも磁場キャンセラー内に設置されていた。TEMは同社の代表的な商品にも含まれているリポソームを観察するのに用いているとのことであった。電子顕微鏡では、皮膚に化粧品がどの位の深さまで浸透しているかがわかるので、例えば、グリセリンの浸透具合で保湿効果なども判定できるようである。壁には、美容専門家と一般人とでファ

ンダーションを皮膚に塗布したときの化粧膜のSEM断面写真が掲示されていたが、美容専門家では皮膚に均一に塗布されて見事なラインを形成しているのに対し、一般人では化粧品が皮膚に不均一に局在化していたうえラインも乱れており、化粧技術の違いを感じさせた。なお、同社にはフランスのリヨンにも研究施設があり、皮膚科学についても研究を行っているとのことである。

最後に、多目的ホールで安全性・分析研究室分析グループの皆様と一緒に写真を撮影した。同室には多くの机と椅子が並べられていて会議も可能のようであったが、部屋の一角には専門的な学術雑誌の置かれているコーナーや開発・市販化された製品の展示コーナーもあり、研究員の皆様が時には雑誌に目を通しながら、また時には自社で開発した製品を見ながら研究に対する思考をめぐらしている様子が目に浮かぶようであった。

末筆であるが、今回の訪問をご許可いただいた(株)コーセーの安田さんをはじめとするご関係の方々、ご説明いただいた研究員の皆様に感謝を申し上げる。

〔日本大学薬学部 四宮 一総〕
〔産業技術総合研究所 津越 敬寿〕



安全性・分析研究室 分析グループの皆様と共に
(前列左から2人目が安田さん、前列右から1人目が田中さん)

キャピラリー分子ふるい電気泳動に基づく 低分子標的—構造誘起型アプタマー選抜

和田 将英

学位授与：大阪府立大学大学院工学研究科（2024年3月31日）

標的分子に対して特異的な相互作用を示す一本鎖核酸は「アプタマー」と呼ばれ、代表的な生体由来分子認識素子の抗体と比較して化学的に安定な点や化学合成可能な点から、近年では核酸医薬品やバイオセンシング分子への応用が特に期待されている。また、アプタマーは分子認識機構の違いから構造形成型アプタマーと構造誘起型アプタマーの2種類に大別される。特に、構造誘起型アプタマーは、標的分子結合時に大きな構造変化を起こし、安定な複合体を形成することが知られており、この構造変化を利用した様々なセンシングが提案されている。

近年、アプタマーの高効率選抜法として、Systematic Evolution of Ligands by EXponential enrichment (SELEX) 法が開発された。この手法は、核酸ライブラリーと標的分子の混合、形成された結合性核酸—標的分子複合体の分離、標的分子の溶離、PCRによる結合性配列の増幅の4段階からなり、増幅後の結合性配列核酸群を再度ライブラリーとして用いて同プロセスを繰り返すことで、より相互作用の強いアプタマーを選抜する。そのプロセスでは、結合性核酸—標的分子複合体と未結合のランダムDNAとの分離効率が、全体の選抜効率を大きく左右することが知られている。分離法の中でも、高分離能・省試料・短分析時間など優れた特徴をもつキャピラリーゾーン電気泳動 (CZE) は SELEX への適用に非常に有効であり、実際にタンパク質や細胞に対するアプタマーの選抜が報告されている。しかしながら、低分子を標的とした場合、核酸に対して標的低分子の分子量が小さいため、複合体形成時の泳動移動度変化が小さく、CZE 分離による選抜は困難であった。そこで本研究では、複合体形成時のアプタマーの立体構造変化に着目し、ポリマー溶液による分子ふるい効果を適用したキャピラリー分子ふるい電気泳動 (CSE) の利用を着想した。この方法で複合体分離が実現できれば、低分子を特異的に認識・結合する際にその構造を変化させるアプタマー (低分子標的—構造誘起型アプタマー) の新たな選抜法となり得ると考えた。

第1章は緒言であり、関連する先行研究を参照し、本研究の背景と目的を述べた。

第2章では、構造誘起型アプタマーを選抜するため

の構造非形成型サブライブラリー調製法について述べた。構造誘起型アプタマーは、複合体形成時に不安定な直鎖状構造から安定な立体構造へと変化すると考えられている。しかし、核酸ライブラリー中には各々の配列に基づいた不安定直鎖構造の核酸と安定立体構造の核酸が混在している。そのため、複合体形成で安定構造が誘起されたアプタマー候補と、もともと安定立体構造をもつ未結合核酸の識別・分離は困難であった。そこで、ランダム配列核酸ライブラリーに CSE を適用すれば、同鎖長核酸の立体構造の差異による分離・分取によって、比較的直鎖状の構造をもつ核酸群 (構造非形成型サブライブラリー) が調製できると考えた。本手法では、分子ふるい用ポリマーとしてヒドロキシプロピルセルロース (HPC) を選択し、キャピラリーに高濃度 HPC 溶液を充填して、DNA ライブラリーを導入後、CSE 条件で電気泳動・検出されたライブラリー由来のピークの前方と後方に含まれる DNA を分取した。得られた分画について配列解析とそれに基づく二次元構造解析を行ったところ、構造安定性を表す Gibbs 自由エネルギー変化の値に有意な差が確認され、ピーク前方部には構造形成型 DNA が、ピーク後方部には構造非形成型 DNA がそれぞれ多く含まれることが明らかとなった。このことは、構造形成型 DNA の方が見かけ鎖長が短いため、ポリマー鎖との絡み合いの影響が小さく、泳動速度が速くなることとも良く合致している。以上の結果から、DNA の安定立体構造の差異を利用して、CSE による構造非形成型サブライブラリーが調製できることを示した。

第3章では、既知の低分子標的—構造誘起型アプタマーを用い、構造変化に基づく複合体分離の原理を検証した結果について述べた。前述のように、低分子を標的とした場合には、複合体形成時の泳動移動度変化が小さく複合体の CZE 分離は困難であった。そこで、複合体形成時のアプタマーの立体構造変化に着目し、分子ふるい効果の適用による立体構造の差異に基づく複合体分離を検討した。本研究では、モデル標的低分子として L-チロシンアミド (Tyr-Am) と、それに対する既知のアプタマー (Apt) を用いて検証した。高濃度 HPC と Tyr-Am を含む泳動液を用いたところ、添加された Tyr-Am 濃度の増加に伴う Apt 検出時間の減少 (泳動移動度の増加) が観察された。さらに、類似構造のアミノ酸類をそれぞれ HPC 混合泳動液に添加して Apt を電気泳動させたところ、標的分子の Tyr-Am、相互作用が報告されている L-チロシン (Tyr) においてのみ Apt の泳動移動

E-mail: m_wada@rs.tus.ac.jp

現連絡先の機関 東京理科大学工学部工業化学科:

125-8585 東京都葛飾区新宿 6-3-1

学会受付 2024年4月10日

度の増加が観察された。以上の結果から、低分子標的—構造誘起型アプタマーの複合体形成時に立体構造変化が生じた場合、CSE 条件下でその構造変化を評価できることが示された。

第4章では、第2,3章で得られた知見を活かした低分子標的—構造誘起型アプタマーの選抜について述べた。高濃度 HPC と標的分子の Tyr-Am が添加された泳動液に、調製した構造非形成型サブライブラリーを導入して CSE 分離を行い、複合体が存在すると想定される核酸由来ピークの前方画分を分取して、PCR 増幅を行った。得られた PCR 産物を新たなライブラリーとして同様の操作を3回繰り返して、分取したラウンドごとに画分の配列解析・二次元構造解析を行った。得られた配列を解析した結果、6種類のアプタマー候補配列 (AC1~AC6) が推定された。それらを用い、分子ふるい条件下で結合実験を行ったところ、AC2 は第3章で検証した Apt と同様の泳動移動度増加の傾向を示した。さらに、類似構造のアミノ酸類を用いた検証を行ったところ、Tyr-Am 添加時にのみ顕著な泳動移動度増加が確認され、Tyr では確認されなかった。以上の結果から、Tyr とも応答した既知配列の Apt と比較して、本手法で得られたアプタマー候補 AC2 の Tyr-Am に対するより高い特異性が明らかとなった。また、得られたアプタマーの解離定数 (K_d)

を算出したところ、48~74 μM となり、Apt ($K_d = 45 \mu\text{M}$) と同程度の結合能も確認された。以上から、本法に基づく低分子標的—構造誘起型アプタマーの選抜が達成されたと判断した。

第5章では、本研究で得られた結果や知見を総括した。本研究では、低分子標的—構造誘起型アプタマーの構造変化に着目し、CSE による複合体の分離・選抜を行った。本法は、標的低分子固定化不要で、立体構造の違いに基づいて調製した構造非形成型サブライブラリーから、構造誘起型アプタマーを明確に分離・獲得できる有用な手法である。今後、構造形成型アプタマーのみが報告されている低分子に対して構造誘起型アプタマーを選抜できれば、それらのアプタマー配列・構造等の比較による分子認識機構の解明も期待できる。

公表論文

- 1) M. Wada, T. Endo, H. Hisamoto, K. Sueyoshi : *Anal. Sci.*, **37**, 799 (2021).
- 2) M. Wada, T. Endo, H. Hisamoto, K. Sueyoshi : *Anal. Sci.*, **40**, 773 (2024).

引用文献

- i) E. Vianini *et al.* : *Bioorg. Med. Chem.*, **9**, 2543 (2001).



Digest of Doctoral Dissertation

Selection of Structure-induced Aptamers Targeting Small Molecules Based on Capillary Sieving Electrophoresis

Masahide WADA

E-mail : m_wada@rs.tus.ac.jp

Tokyo University of Science

3-1, Nijjuku 6, Katsushika-ku, Tokyo 125-8585

(Awarded by Graduate School of Engineering, Osaka Prefecture University dated March 31, 2024)

Aptamers, which are single strand DNA/RNAs showing a strong and specific interaction with a target molecule, are expected to be applied to biosensors. Especially, structure-induced aptamers change their structures drastically in binding. In the general selection method of aptamers such as Systematic Evolution of Ligands by EXponential enrichment (SELEX), it is well-known that capillary zone electrophoresis (CZE) is very effective for separation of target-aptamer complexes from free DNAs with random sequences because of high resolution, small consumption of samples, and rapid analysis. However, when the target molecules are small, the separation by CZE is difficult due to their few changes in electrophoretic mobilities by binding. In our study, we focused on the changes in the DNA structures by binding, and capillary sieving electrophoresis (CSE) was applied to the isolation of small molecules-aptamer complexes from free DNAs. CSE was conducted by using a capillary filled with a background solution (BGS) containing hydroxypropyl cellulose (HPC). First, structure-not-preorganized (like straight chain) DNA sub-libraries were prepared by CSE to obtain structure-induced aptamer selectively. Next, separation of aptamer candidates toward the model target, L-tyrosinamide (Tyr-Am), was carried out by CSE and amplified by PCR (consecutively 3 rounds). Then, binding ability and specificity of aptamer candidates were measured by CSE. As a result, structure-not-preorganized DNA sub-libraries were prepared by fractionating back part of the peak containing DNA library in CSE and amplified the fraction by PCR. After Tyr-Am aptamer selection using the prepared sub-library, some aptamer candidates were obtained, and one of these candidates showed specific decrease in migration time in CSE conditions as the one previously reported sequence. The dissociation constant was calculated as 48~74 μM , which was equivalent to the reported aptamer. These results suggested that the proposed method can be applied to selection of structure-induced aptamers targeting small molecules.

(Received April 10, 2024)

Keywords : aptamer; capillary electrophoresis; SELEX; molecular sieving effect; structure-induced aptamer.



行雲流水と七転八起に生きる

慶応大学薬学部の長瀬健一先生よりバトンを受け継ぎました東京薬科大学薬学部の東海林敦と申します。私自身、若手というにはおこがましい年齢、かつベテランでもない中途半端な中堅世代です。中堅（おじさん）の生き様をリレーエッセイで！とは思いましたが、これまで流れに身を任せてきた私には難しいミッションであり、結局のところ、現在、思いつきで執筆させていただきました。お付き合いくださると幸いです。

唐突ですが、7,8年前からお城巡りをしています。100名城や続100名城を中心に、もうじき、訪れたお城は40か所くらいになりそうです。ちなみに多くのお城では、ボランティアの方々常駐されているので、ご案内していただくと、私のように知識が浅くとも十分に楽しむことができます。もともと歴史好きではあるけれど、40か所ともなると、100名城や続100名城の本に押印したスタンプを確認しないと、どこを巡ったかさえも定かではありません。もしかして、お城を巡るよりも、スタンプ集めが楽しいのでは？と勘繰られそうです。そんな私でも印象に残っているお城くらいはご紹介できます。それは高遠城です。景色がすばらしい！少しマニア好きなお城をご紹介しましたが（失礼ですね）、実は、近くのアルカリ温泉もおすすめです。好きなのは温泉かという突っ込みも聞こえそうです。一方、高遠城にとっては天敵のような存在ですが、ちょっと気になる戦国武将は織田信長です。このあたりはミーハーですが、「理想を持ち、信念に生きよ」という名言を残しているらしいです。この名言は、どの世代、どの職種にも当てはまる重要なことですが、これを実行するのは、なかなか大変です。

だいたい強引に“マジカルバナナ（連想ゲーム）形式”の展開ですが、「大変」と言ったら、光ファイバー表面プラズモン共鳴（SPR）センサーです。10年ほど前に、生体微小空間内の生体高分子をノンラベルかつリアルタイムでセンシングできるようにしたいと考え、光ファイバー SPR センサーに着目しました。光ファイバーのコアに金を50 nmの膜厚で被覆しなければいけません。スパッタリングや真空蒸着でナノ薄膜を被覆すればよいものの、こういった装置を共同機器としても所有していない状況でした。なんとか自分たちの研究室でセンサーを作製できるようにしたいと考えていましたが、幸運に

も、ある企業の方を紹介していただいたことで、溶液中の化学反応のみで金属微薄膜を形成する「無電解メッキ」と出会うわけです。薬学がバックボーンの私にとって、無電解メッキは新鮮であり、エジプト時代の錬金術を彷彿してしまいました。いざ、無電解メッキで光ファイバー SPR センサーを作製するとなると、苦難の連続です。メッキは水物、この研究テーマはメンタルが必要、などと言いながら、学生と共に、試行錯誤を繰り返してきました。その甲斐もあって、リアルタイムで膜厚を計測しながらメッキする発想にたどり着き、ようやくセンサーを安定して作製できるようになりました。その間、企業の方には随分とお世話になりましたし、学生の協力なしでは、成し遂げることができないものでした。

苦労が多かったものの、この経験から得られることは多く、特に、企業の優れた“ものづくりの技術”を活用させていただくことで、自らの研究の幅が広がるということを実感したことは大きな収穫です。“大学がシーズ”であり、“企業がニーズ”という従来の考え方とは全く異なります。一方、産官学ともに、お互いをよく知るためのツールや交流の場が少ないのが現状です。そんな中、上智大学の早下先生や千葉大学の藤浪先生がきっかけですが、東京大学の豊田先生や帝人化学の菅沼博士をはじめとし、多くの方々と一緒に“分析イノベーション交流会”や“ものづくり技術交流会”を発足させていただきました。本交流会が共同研究のきっかけとなった方もいらっしゃいます。企業、大学、国研および公設試験研究所が一体となって、国内の研究や産業の発展を目指していける土壌造りに貢献できればと思っています。

ここまです振り返ってみると、抗わずに流れに身を任せてきましたが、いつの間にか“信念”というものを大事にしたいと考えるようになったのだと思います。自分オリジナルの研究分野を確立させるといった大それた理想を掲げていますが、幸いにも仲間恵まれており、“信念”を曲げずに精進すれば、中堅世代でも一花も二花も咲かせることができるはずです。

さて、リレーエッセイは、ひとまず、おじさんからフレッシュな若手へと世代交代を図りたく、立教大学（佐々木研究室）で精力的に研究活動されている章逸汀先生にバトンをお預けします。宜しくお願い致します。

〔東京薬科大学 東海林 敦〕



談 話 室

学会活動への Webinar 活用の可能性

日本分析化学会の活動や運営にご尽力されている皆様には、日頃からとてもお世話になっております。この度、本会誌のロータリー欄に寄稿する機会を賜り、学会における Webinar 活用の可能性についてご紹介します。

Society5.0 の実現や新型コロナウイルス感染症対策等により、様々なデジタル・トランスフォーメーションが試行錯誤され、オンラインを利用する新しいテクノロジーが社会に広く浸透しました。その中の一つで、私が学びの手段としてとてもありがたく活用しているのが、アメリカ化学会 (ACS) が会員に配信している Webinar です。1 タイトル 1 時間弱のオンラインセミナーにおいて、最新の研究成果、プレゼンテーションのインパクト向上、実験室の安全管理、研究者のキャリア形成など、様々なトピックスが取り上げられます。月に 5、6 タイトルの Webinar がリアルタイムで配信されます。私には毎月 1 件は聞いてみたいタイトルがあり、専門知識の獲得だけでなく英語力のトレーニングの手段としても利用しています。時差の関係で日本の真夜中に配信されますが、録画版がオンデマンド配信されるので、時間を選んで聴くことができます。

さてここからが本題です。分析化学会を Webinar で活性化できないでしょうか。ACS の模倣ではなく、日本分析化学会オリジナルの内容でニーズ発掘の可能性があると思います。例えば、私が会員のメリットになると考えるコンテンツは、「大学・高専における分析化学の講義」、「分析機器・分析法のキモの伝授」、「分析化学の研究最前線」です。

一つ目の「大学・高専における分析化学の講義」は、分析化学の知識と面白さを伝える一連の講義です。分析化学会に所属する教員の多くは分析化学系の科目を担当しています。総本山である日本分析化学会からスタンダードとなる講義コンテンツが提供されたら、広く分析化学分野の講義の質向上につながると思います。会員が自らの講義と相互比較することが教授法の切磋琢磨の機会となります。また、講義の補助教材としてコンテンツの一部を学生にみせることも、分析化学の魅力を伝える一助になります。更に、YouTube のようなシステムでパスワード管理して、分析化学会会員の教員に学生が無料で視聴できるライセンスを提供できると、予習・復習用教材として活用でき

ます (そんなに熱心な学生は減多にいませんが)。このように、会員が講義準備に費やす時間を減らしつつ、分析化学分野の講義のクオリティを高め、学生の修得レベルを上げることが期待できます。

二つ目の「分析機器・分析法のキモの伝授」は、分析機器メーカーや学会分科会の専門家とコラボレーションして分析技術を表示するマニュアル動画です。機器メーカーや分析法の開発者が独自技術をアピールして世界に広める手段として活用していただくことができます。またユーザー側の会員には次のようなメリットがあります。信頼できる分析データを得るためには、適切な前処理と正しい操作の修得が不可欠です。先端機器には高度な機能が増えていますが、技術やノウハウの修得が不十分で、想定通りの性能が得られないことがあります。また熟練担当者が代わる際には技術伝承に悩みます。そのような現場の困りごとに対して、適切な実験法を教授する動画をシリーズで配信できると、大学・高専だけでなく企業の研究者・技術者にとってもメリットのある会員サービスになると思います。コンテンツの提供企業と利用企業の双方を維持会員に誘う会員特典パッケージに入れることができます。

三つ目の「分析化学の研究最前線」では、分析化学会会員の研究から最新トピックスを配信します。このコンテンツには、学会賞の受賞講演や年会における特別講演などが相応しいと思います。分析化学の研究の魅力や社会への貢献を広く社会に伝えることが期待されます。

最後に打ち明けると、私が ACS に入会したのは、みんな入っているよ (本当?) と上司に薦められたことがきっかけで、これまで続けてきたのは、ACS の論文誌の査読で有利になるという「うわさ」による消極的な理由でした。しかし、Webinar の利用を始めてから、専門知識・スキルの獲得やプレゼンテーション、化学英語のトレーニング等のためにサブスクリプション的に活用できるようになり、ACS 会員を更新することに積極的な意義を見いだしています。

以上は、本稿の寄稿に際して自らの体験から捻り出した拙いアイデアです。一部でも皆さんのご記憶に留まることがあったら幸いです。

〔金沢大学 長谷川 浩〕

インフォメーション

理事会だより (2023 年度第 6 回)

2023 年度から中部支部担当理事を務めております。富山大学の倉光と申します。各支部長が支部担当理事として理事会に参加しておりますが、大谷肇前会長の体制から、江坂幸宏前中部支部長が副会長・業務執行理事に就任されており、次期支部長であった私が支部担当理事を引受けるに至った次第です。本年度は、中部支部長として理事会に参加させて頂いており、この機会に微力ながら学会の発展に貢献したいと思っております。理事会では、学会活動と組織運営、広報事業、会員管理、

年会や討論会などの学術会合事業、学会各賞、学会誌、学術振興事業、産学・社会活動に関する諸事項を審議しており、予定している3時間を大きく超過することも度々です。本誌の「理事だより」では、毎回の理事会の内容が概説されており、理事会各メンバーの学会運営に関する所感を読み解くことができます。

2023年度最後の理事会である第6回理事会（2月27日オンライン開催）でも、多くの議題が報告・審議されました。【本部活動・組織運営】に関して、1月末のキャッシュフロー、2024年度事業計画案と収支予算案、2024年度会長・副会長・理事・監事候補者の選出、2024年度支部役員の報告、総会・2024年度第1回・2回理事会、第1回企画戦略会議スケジュール、定款（会長選出など）と代議員選挙規則の改定について審議されました。学会の財政状況を鑑み、ウェブ会議を前提とした、交通費を極力縮小した案が示され、承認されました。【会員・広報】に関しては、個人会員未払い者462人へ再請求書を郵送し、2022年分122人、2023年分117人、計約230万円の支払いがあったことが報告されました。学生会員の就職などに伴う会員資格喪失（以前は、「除名」でした）はこれまでも一定数ありましたが、本年度における会員数の大幅な減少の危機は、会費納入システムの変更にも起因すると考えられています。システムそのものはweb決済となり非常に便利になりましたので、各学会員の草の根活動的な周知が現状では重要であると感じました。【学術会合】に関しては、第84回分析化学討論会（京都）、第73年会（名古屋）の準備状況の報告があり、2025年Asianalysis XVIIが第74年会（北海道）に合わせて共同開催されることになりました。【学術振興】に関しては、ぶんせき・分析化学・Analytical Sciencesの各誌編集委員が承認され、奨励賞と女性Analyst賞の同時応募に関する規定が改定されました。【社会活動】に関しては、2024年度の標準物質委員会・技能試験委員会・分析士認証委員会の委員承認に加え、討論会での「産学界R&Dポスター」についてなど、本年度の産官学連携活動について説明がなされ、承認されました。

私が学生時代であった20年以上前は、会員数1万人を目指す規模の学会でしたが、会員数の減少傾向は未だ続いており、5千人を割るに至っています。少子化や景気といった社会背景など、様々な要因が関連していることではありますが、理・工・農・医・薬学のみならず法学・歴史などの人文科学まで広い領域に関連している分析化学は非常に間口の広い学問で、SDGsやカーボンニュートラルなどの推進においても根幹を支える領域です。本会の特色は、広範囲にまたがる学問領域をもつ会員が、分析化学を共通基盤として一体となって活動しているダイバーシティを具現化している点です（学会概要引用）。したがって、分析化学会の社会での役割が縮小するということは考え難く、むしろ、政策転換や産業構造の変化が急速に進められている現代社会におけるニーズは極めて高まっています。時代に適応した学会と企業との連携の在り方を考えながら、学会運営や本部・支部の各事業にも対応が求められていると考えています。また、コロナ禍で浸透したオンライン会議文化も便利で有難い反面、これを活用した予算節約は議論の深化とのトレードオフになっているのではないかと懸念しており、中部支部では、常任幹事会・総会ともに交通費の支給対象は従来通り

としてハイブリッドで開催しています。それでも、支給額はコロナ禍以前よりも大幅に抑えられています。節約する一方で、学会がより良いサービスを会員に提供し、会員数を増やすことが望ましいことは当然のことですが、会員の在籍年数を増やすシステムを考えることも効率的です。例えば、常に一定数見込まれる学生会員の会員資格喪失への対策や就職に伴って新たに分析業務に就く技術者などの勧誘です。また、留学生のほとんども退会しますが、格安の会費で*Anal. Sci.*が読めるといった動機付けは不純でしょうか。昨年からシニア会員制度が発足し、年齢によって設定された一定額を納めれば生涯にわたって会員資格を維持できるようになりました。どの程度の会員がこのシステムを利用しているのか、今後の精査が非常に重要で、早急な対応が求められる事案のひとつであると考えています。

〔中部支部担当理事 倉光 英樹（富山大学）〕



第29回 LC & LC/MS テクノプラザ

2024年1月18日（木）・19日（金）に横浜市金沢産業振興センターにおいて第29回 LC & LC/MS テクノプラザが開催された。対面での開催は、2020年1月に行われた第25回 LC & LC/MS テクノプラザ（横浜情報文化センター）から実に4年ぶりの開催となった。

本プラザの開催趣旨は、LCおよびLC/MSを日常的に利用しているオペレーター、技術者の方々の情報交換、問題解決・相互交流の場を提供することである。本プラザの特色は、従来の機器・カタログ展示や一般講演に加え、現場の共通の悩みをその都度「集中テーマ」として取り上げ、実例を材料として具体的に議論することにある。

集中テーマとして、(A) 前処理における諸問題、(B) 分離における諸問題、(C) 検出・データ解析における諸問題、(D) 未解決の諸問題、教訓的失敗例を取り上げた。また、一般テーマの他に、啓育講演（中村 洋実行委員長、東京理科大学）、LC/MS マイスター講演（竹澤正明氏、東レリサーチセンター）、現地世話人講演（川口 研、産総研）、CERIクロマトグラフィー分析賞受賞講演（合田竜弥氏、第一三共）、LC科学遺産認定講演（長江徳和氏、クロマニックテクノロジーズ）、POTY賞受賞講演（榎本幹司氏、栗田工業）、ベストオーガナイザー賞表彰（高橋 豊氏、エムエス・ソリューションズ）、第28回テクノプラザベストプレゼンテーション賞表彰が行われた。本プラザでは、口頭発表16演題、ポスター発表15演題の合計31演題が発表された。

1日目は、中村実行委員長の開会の辞からはじまり、ホールで、一般口頭発表、集中テーマに関する口頭発表、ポスター発表紹介が行われた。POTY賞受賞講演「リモート開催各種事業の円滑運営と対面開催に向けた新たな取り組みへの貢献」では、榎本氏から、コロナ禍での学会活動のオンライン開催に関する取組等が発表された。その後、記念撮影、表彰式が行われた。展示室では、ポスター発表コアタイムでさまざまな意見交換が行われた。また、大会議室で、情報交換会が開催され、多くの参加者が親睦を深めた。

2日目は、ホールで、一般口頭発表、集中テーマに関する口

頭発表が行われた。CERI クロマトグラフィー分析賞受賞講演「ペプチド吸着能のメカニズム解明及びペプチド吸着制御 LC の開発」では、合田氏からペプチドの有機溶媒比率を変化させることでペプチドの吸着を制御する LC に関する発表が行われた。液体クロマトグラフィー科学遺産認定講演では、長江氏から「新規エンドキャッピング技法：シラノール基の脱水縮合によるシロキサン結合化」が発表され、カラムの開発における新規エンドキャッピングに関する詳細な開発情報が報告された。現地世話人講演「認証標準物質及び試料前処理技術の開発」では、標準物質の開発に関する発表が行われた。また、LC/MS マイスター講演として、竹澤氏から「MS/MS を駆使した新たな医薬モダリティ解析への展開」として、最新の質量分析計を巧みに使用して、医薬分野への応用に関する最新の情報が提供された。中村実行委員長から啓育講演として、「理系人間の人生指針」が発表され、若い学生参加者にも大変好評であった。最後に、中村実行委員長の閉会の辞が行われた。

後日、本プラザにおける優秀プレゼンテーション賞が、参加者による投票の結果、以下の方々に決定された。

ベストオーラルプレゼンテーション賞：

「残留農薬分析のための迅速前処理手法の開発」

太田茂徳氏（ジーエルサイエンス）

ベストポスタープレゼンテーション賞：

「AI アルゴリズムによるグラジエント条件の自動最適化
～機能性成分一斉分析メソッド開発への適用～」

池田涼音氏（島津製作所）

ベストテーマ賞（集中テーマ A 部門）：

「PFOS, PFOA, PFHxS の分析検討事例」

榎本幹司氏（栗田工業）

ベストテーマ賞（集中テーマ B 部門）：

「HPLC 分離条件検討の短縮化～ソフトウェアを活用した事例～」

大貫隆史氏（味の素）

ベストテーマ賞（集中テーマ C & D 部門、一般テーマ）：

「代替食品のアミノ酸および金属元素の測定による栄養価と味の評価」

清水克敏氏（日立ハイテクサイエンス）

実行委員長特別賞：

尾崎日佳氏、黒澤由美氏、近藤妃奈乃氏（帝京大学薬学部）

最後に、ご多忙にもかかわらずご参加いただいたすべての皆様に御礼申し上げます。また、運営にご協力いただいた役員の方々に御礼申し上げます。

〔現地世話人、産業技術総合研究所 川口 研〕



第 393 回液体クロマトグラフィー研究懇談会

2024 年 3 月 22 日（金）に㈱日立ハイテクサイエンス サイエンスソリューションラボ東京において、「PFAS 分析の為の HPLC」を講演主題とした表記研究懇談会が開催された（オーガナイザー：筆者）。近年の有機フッ素化合物（PFAS）に対す

る注目度の高まり、環境規制が世界各地で強化されている。本例会においては、液体クロマトグラフィーを活用した PFAS 分析において注意すべきポイント、各社の最新の取り組みについて講演いただいた。

1 演題目は、メルク㈱の石井直恵氏より、「PFAS 分析における超純水の役割と超純水製造装置による PFAS 除去試験のご紹介」という演題で、PFAS 分析に使用する超純水の役割だけではなく、超純水製造装置自体で精製される過程における PFAS 除去能の結果について紹介いただいた。

2 演題目は、Restek ㈱の海老原卓也氏より、「超短鎖 PFAS とレガシー PFAS 分析におけるカラム選択アプローチの違い」という演題で、逆相カラムによる PFAS の分離及び、長短鎖 PFAS を分離するためのカラムについて紹介いただいた。

3 演題目は、日本ウォーターズ㈱の島崎裕紀氏より、「PFAS 分析におけるサンプル前処理の最適化」という演題で、試料前処理に必要な固相抽出の基礎、PFAS 分析に使用する固相抽出カラムおよび、機材について紹介いただいた。

4 演題目は、アジレント・テクノロジー㈱の城代 航氏より、「環境分野における PFAS 分析の最新情報」という演題で、PFAS の規制、土壌中の PFAS の分析例、ノンターゲット分析のワークフローについて紹介いただいた。

5 演題目は、栗田工業㈱の榎本幹司氏より、「環境水や水道水の PFAS 分析条件の検討」という演題で、実際の PFAS を含む試料の前処理、使用する機材の注意点について紹介いただいた。

6 演題目は、LC 研究懇談会の委員長である中村 洋先生（東京理科大学）より総括が行われ、各講演者へ補足や質問をされ、全体についてまとめていただき、PFAS 分析を行うための HPLC について理解をより深めることができた。

最後に、ご多忙にもかかわらずご講演いただいた講師の皆様には厚く御礼申し上げます。また、運営にご協力いただいた役員の方々に御礼申し上げます。

〔ジーエルサイエンス㈱ 太田 茂徳〕



高分子分析研究懇談会第 418 回例会

高分子分析研究懇談会第 418 回例会が 2024 年 2 月 15 日に F-プレイスおよび㈱バイオクロマトにおいて対面・Web のハイブリッド形式で開催された。特別講演 1 件を含む講演 4 件と、測定体験会が行われ、123 名の参加があった。測定体験会は懇談会初の企画であり、対面での参加は満員となった。

例会は午前 10 時 40 分より、菅沼こと運営委員長（帝人㈱）からの開会宣言に続き、講演が行われた。

1 件目の講演は、木田拓充先生（滋賀県立大学工学部物質化学科）による、「ラマン分光法を用いた高分子の構造・物性評価」を演題としたご講演であった。力学応答と光学量の同時測定を行うレオ・オプティクスという手法を組み合わせた、ラマン分光法による高分子の構造・物性評価事例について 2 件ご紹介があった。本手法の活用による、流動結晶化過程のコンフォメーション評価や、一軸延伸過程の分子配向挙動評価方法

について解説いただいた。

2 件目の講演は、山口秀幸先生（味の素㈱）による、「食品研究における成分分析と構造解析」を演題としたご講演であった。NMR を中心とした、食品の成分および構造に関する研究事例をご紹介いただいた。食品の風味はさまざまな成分の組合せによってもたらされるため、成分分離のほか、官能分析の結果を組合わせた回帰分析が有効であることを解説いただいた。

3 件目の講演は、森田成昭先生（大阪電気通信大学工学部基礎理工学科）による、「赤外分光とデータ解析を組み合わせた高分子分析」を演題としたご講演であった。本会で実施する測定体験会に向けて、ケモメトリックスの代表的な手法や、Python を用いた機械学習の概論、ATR-IR スペクトルを用いて劣化前後の PP の主成分分析を行った事例について解説いただいた。

4 件目は特別講演として、平岡賢三先生（山梨大学クリーンエネルギー研究センター）により、「気体、液体、固体試料の最新大気圧質量分析イオン化法：原理とその応用」を演題にご

講演いただいた。これまでに開発がなされてきた数々の試料の脱離法や、気体、液体、固体を対象とするイオン化法の原理解析と最新技術について解説いただいた。

測定体験会は、参加者が5グループに分かれ、㈱バイオクロマト内およびF-プレイス内で行った。また初の試みとして、Web参加者も含めて各グループの様子を体験できるようにVR投影も行った。測定体験会では実際にアンビエントMSの測定や、IRスペクトルを用いた多変量解析をその場で見学し、参加者同士で活発な議論が行われた。また、㈱バイオクロマトの研究施設も見学させていただき、測定装置や加工設備についてご紹介いただいた。

測定体験会終了後菅沼委員長から今後の高分子分析研究懇談会のイベントのご紹介があり、第418回例会は閉会された。

最後に、測定体験会にご協力いただいた㈱バイオクロマト様に御礼申し上げます。

〔出光興産㈱ 村上 祐子〕

執筆者のプロフィール

（とびら）

久本 秀明 (HISAMOTO Hideaki)

大阪公立大学大学院工学研究科応用化学分野 (〒599-8531 大阪府堺市中区学園町1-1)、慶應義塾大学大学院理工学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》高機能センシング材料・多機能集積マイクロ分析デバイスの基盤技術開発。《主な著書》“Capillary Array-Based Microanalytical Devices for Simple and Multiplexed Detection in Bioanalysis”, Food Biosensors, Chap.17, pp393-413, Edited by Minhaz Uddin Ahmed, Mohammed Zourob and Eiichi Tamiya © The Royal Society of Chemistry (2017), (Published by the Royal Society of Chemistry)。《趣味》テニス、ラーメンの食べ歩き。
E-mail : hisamoto@omu.ac.jp

（ミニファイル）

高松 利寛 (TAKAMATSU Toshihiro)

東京理科大学研究推進機構生命医学研究所医療機器材料開発部門国立がん研究センター

内視鏡機器開発分野 (〒277-8577 千葉県柏市柏の葉6-5-1 NEXT 棟2F内視鏡機器開発分野)、東京工業大学大学院総合理工学研究科創造エネルギー専攻博士課程修了。博士 (工学)。《現在の研究テーマ》近赤外ハイパースペクトラルイメージングを用いた医学応用。《趣味》ハンドボール、カメラ。
E-mail : takamatsu@rs.tus.ac.jp

（トビックス）

宗兼 将之 (MUNEKANE Masayuki)

金沢大学医薬保健研究域薬学系 (〒920-1192 石川県金沢市角間町)、岡山大学大学院医歯薬学総合研究科薬科学専攻博士後期課程。博士 (薬科学)。《現在の研究テーマ》高分子を基盤としたラジオセラノスティクスブロープの開発。《趣味》将棋。

宮川 晃尚 (MIYAGAWA Akihisa)

筑波大学数理工学系 (〒305-8571 茨城県つくば市天王台1-1-1)、東京工業大学理学院化学系博士後期課程。博士 (理学)。《現在の研究テーマ》粒子挙動に基づく微量計測、分子クラウドリングを利用した計測、粒子内拡

散挙動。《趣味》散歩。

E-mail : miyagawa@chem.tsukuba.ac.jp

（リレーエッセイ）

東海林 敦 (SHOJI Atsushi)

東京薬科大学薬学部 (〒192-0392 東京都八王子市堀之内1432-1)、東京薬科大学大学院薬学研究科薬学専攻博士後期課程修了。博士 (薬学)、薬剤師国家資格。《現在の研究テーマ》分子センシングと膜たんぱく質の配向制御包埋による細胞膜創製。《趣味》フットサル、呪術廻戦、鬼滅の刃。

（ロータリー・談話室）

長谷川 浩 (HASEGAWA Hiroshi)

金沢大学理工研究域物質化学系 (〒920-1192 石川県金沢市角間町)、京都大学大学院理学研究科修士課程化学専攻修了。博士 (理学)。《現在の研究テーマ》金属元素に関するスペシエーション分析と環境修復技術の開発。《主な著書》“Environmental Remediation Technologies for Metal-Contaminated Soils”, (Springer Japan)。《趣味》野菜作り。
E-mail : hhiroshi@se.kanazawa-u.ac.jp

特集：産業の発展に貢献する分析化学

目次

「産業の発展に貢献する分析化学」特集号の刊行に当たって	227
総合論文	
ポリ塩化ビフェニルオンライン迅速分析技術の開発と 無害化処理プラントへの社会実装	澤津橋徹哉 229
アミノ酸代謝酵素を用いるオンサイトアミノ酸分析法の開発 —立体構造情報に基づく酵素機能の改良—	高橋一敏・巽 萌美・山口浩輝 243
高分子材料のキャラクタリゼーションのための 多機能熱分解 GC/MS システムの開発	渡辺 壱 251
報 文	
Au マイクログリッドを電極として用いる誘電泳動デバイスによるナノ粒子の捕集	飯國良規・海老名美歩・定月友里・北川慎也・大谷 肇 265
塩基性溶離液を用いるイオンクロマトグラフィーによる水耕栽培用液体肥料中の イオン性栄養塩類の同時モニタリング	小崎大輔・久保野智尋・古賀十苅・光井優太・宇賀悠貴・佐合悠貴・藤原 拓 273
報 文 (若手初論文)	
グリシジル基を有するメタクリレート樹脂へのイミノ二酢酸の固定化条件	浦野恵悟・横田優貴・三輪竜也・堀野良和・源明 誠・井上嘉則・加賀谷重浩 281
技術論文	
高濃度界面活性剤含有試料中の香料の定量分析法開発 II —衣料用液体洗剤—	佐藤惇志・筒井拓也・埴原鉦行 289
熱分解—ガスクロマトグラフ / マルチ検出器の開発	熊谷将吾・山口颯斗・齋藤優子・吉岡敏明 297
技術論文 (若手初論文)	
EPMA による化成処理皮膜断面の高倍率マッピング分析法の検討	中島圭一・吉岡信明・後藤未来・田口秀之 305
アナリティカルレポート	
InertMask 処理金属部品の分析化学への応用	本川正規・秋武将俊・戸波翔太郎・村山 希・宮川浩美・宮木 協 313
アナリティカルレポート (若手初論文)	
LC-MS/MS を用いるヨーロッパイエコオロギ (<i>Acheta domesticus</i>) の 一次代謝物一斉解析	谷亀麻衣・相良昌寛・伊東有沙・ 汪 秋益・大田真也・松居佑典・長田 誠・渡辺 淳 319
「分析化学討論会」特集の論文募集	329
「分析化学」年間特集“環”の論文募集	330
“第23回若手研究者の初論文特集”募集のお知らせ	332
テンプレートによる投稿要領	333
「分析化学」に投稿される皆様へ	334

「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。

- ◇6月を迎え、新緑に包まれ、梅雨の雨に潤いを与えられた大地は美しい紫陽花が色とりどりの花を咲かせています。この季節の魅力を、湿度と戦う分析分野の皆様もお楽しみでしょうか？
- ◇今月号でも様々な分析技術の記事が掲載されています。例えば、「技術紹介」ではTD-NMRによる運動性の評価、「トピックス」ではイメージング技術を駆使した、核種の体内動態解析や単一粒子屈折率計測法について掲載されています。本誌は、専門的な分析に詳しくない方にも読んでいただけるよう努めております。新しい知識や視点を得るのにお役に立てば幸いです。
- ◇リレーエッセイでは、「お城巡り」から「光ファイバー表面プラズモン共鳴センサー研究」のお話まで、中堅世代で花を咲かせるための研究者としての成長や信念についての考えが紹介されています。
- ◇今月号はいかがでしたでしょうか？ 今後の本誌で取り上げる内容についてご要望やアイデアはありますか？ ぜひ、ご意見やご感想をお聞かせください。
- ◇今月号の制作にご尽力いただいた皆様に心から感謝申し上げます。引き続き、ご支援を賜りますようお願い申し上げます。
[K.M.]

- 〈とびら〉
変化と対応.....倉光 英樹
- 〈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
蛍光X線分析
一定性・定量データ解析とその応用.....森山 孝男
- 〈解 説〉
単一分子蛍光イメージングの材料分析・評価への応用
.....伊都 将司・宮坂 博
- 〈ミニファイル〉 非破壊・固体分析
ラマン分光法.....齋藤 広大
- 〈話 題〉
分析対象としての涙.....砂山 博文

◇ 編 集 委 員 ◇

〈委員長〉 四宮 一 総 (日 本 大 学)		
〈副委員長〉 市場 有 子 (ラ イ オ ン (株))		
〈理 事〉 津越 敬 寿 (産 業 技 術 総 合 研 究 所)		
〈幹 事〉 稲川 有 徳 (宇 部 宮 大 院 地 域 創 生 科 学)	糟 野 潤 (龍 谷 大 先 端 理 工)	久 保 田 哲 央 (ア ジ レ ン ト ・ テ ク ノ ロ ジ ー / イ ン タ ー ナ シ ョ ナ ル 職)
	橋 本 剛 (上 智 大 理 工)	
〈委 員〉 石橋 千 英 (愛 媛 大 院 理 工)	上 田 忠 治 (高 知 大 農 林 海 洋 科 学)	岡 崎 琢 也 (東 京 都 立 大 都 市 環 境 科 学)
	岡 林 識 起 (日 大 生 物 資 源 科 学)	勝 又 英 之 (三 重 大 院 工)
	古 賀 舞 都 (農 研 機 構)	坂 真 智 子 (株 エ ス コ)
	東 海 林 敦 (東 京 薬 科 大 薬)	末 吉 健 志 (北 里 大 理)
	高 橋 豊 (エ ム イ ー ソ ル ュ シ ョ ン 機 構)	谷 合 哲 行 (千 葉 工 業 大 先 進 工)
	原 田 誠 (東 工 大 理)	半 田 友 衣 子 (埼 玉 大 工)
	三 原 義 広 (北 海 道 科 学 大 薬)	盛 田 伸 一 (東 北 大 院 理)
	山 崎 由 貴 (国 立 医 薬 品 食 品 衛 生 研)	
		島 田 健 吾 (石 福 金 属 興 業 (株))
		北 牧 祐 子 (産 業 技 術 総 合 研 究 所)
		高 橋 幸 奈 (九 州 大 カ ー ボ ン ニ ュ ー ト ラ ン / 北 九 州 工 業 科 学 研 究 所)
		原 賀 智 子 (日 本 原 子 力 研 究 開 発 機 構)
		福 島 健 (東 邦 大 薬)
		山 口 浩 輝 (味 の 素 (株))

☑ 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6号（通巻594）

2024年6月1日印刷

2024年6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 年度日本分析化学会役員

会長（代表理事）	山本 博之							
副会長	平山 直紀	保倉 明子	手嶋 紀雄	江坂 幸宏	津越 敬寿			
庶務担当理事	坂入 正敏	大江 知行	安田 純子	倉光 英樹	山本 雅博	朝日 剛		
	井原 敏博	小澤 岳昌	早下 隆士	吉田 裕美	西本 右子			
会計担当理事	松浦 義和	本田 俊哉						
編集担当理事	加地 範匡	竹内 政樹						
常務理事	福井 俊司							
監事	宮野 博	長谷川 健						

2024 年度日本分析化学会支部役員

【北海道支部】	(〒060-8628 北海道札幌市北区北13条西8丁目 北海道大学大学院工学研究院内)							
支部長	坂入 正敏							
副支部長	(木村)須田廣美 南 尚嗣							
参 与	伊藤 慎二	伊藤八十男	片山 則昭	齋藤 健	神 和夫	高橋 一樹	高橋 英明	
田中 俊逸	長谷部 清	森田みゆき	横沢 龍朗					
監 事	渡慶次 学	嶋崎 悌司						
庶務幹事	佐藤 久	谷 博文						
会計幹事	真栄城正寿	山田 幸司						
幹 事	青柳 直樹	池田 敦子	石田 晃彦	今枝 佳祐	上野 貢生	宇都 正幸	大木 淳之	
大津 直史	岡 征子	奥田 弥生	川口 俊一	菅 正彦	工藤 英博	齋藤 徹	堺井 亮介	
佐々木隆浩	真田 哲也	高瀬 舞	高橋 徹	田原るり子	千葉 真弘	徳光 藍	富田 恵一	
中田 耕	中谷 暢丈	西村 一彦	沼田ゆかり	松井 宏之	三浦 篤志	三原 義広	村井 毅	
諸角 達也	吉村 昭毅	龍崎 奏	若杉 郷臣					
【東北支部】	(〒980-8578 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉6-3 東北大学大学院薬学研究科臨床分析化学分野)							
支部長	大江 知行							
副支部長	珠玖 仁	高貝 慶隆						
参 与	秋葉 健一	宇野原信行	大関 邦夫	大類 洋	尾形 健明	荻野 博	長 哲郎	
小田嶋次勝	後藤 順一	齋藤 紘一	佐藤 允美	南原 利夫	糠塚いそし	星野 仁	山崎 慎一	
四ツ柳隆夫								
監 事	西澤 精一	藤村 務						
庶務幹事	伊野 浩介							
会計幹事	李 宣和							
幹 事	赤坂 和昭	壹岐 伸彦	石川大太郎	伊藤 徹二	井上 賢一	岩田 吉弘	遠藤 昌敏	
大橋 弘範	小川 信明	押手 茂克	尾高 雅文	加藤 健	上條 利夫	唐島田龍之介	菊地 洋一	
菊池美保子	北川 文彦	熊谷 将吾	斎藤昇太郎	佐藤 勝彦	佐藤 健二	佐藤 雄介	猿渡 英之	
澤村 瞭太	志村 清仁	杉山 将司	高橋 薫	田副 博文	多田 美香	寺前 紀夫	照井 教文	
仲川 清隆	沼田 靖	野原 幸男	橋本 隆光	幡川 祐資	比嘉 勝孝	平野 愛弓	平山 和雄	
福山 真央	末永 智一	三浦 拓也	松村 洋寿	眞野 成康	盛田 伸一	山田 理恵	和久井喜人	
渡辺 亮	渡辺 健一	渡辺 忠一						
【関東支部】	(〒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)							
支部長	四宮 一総							
次期支部長	菅原 一晴							
副支部長	敷野 修	平山 直紀	宮下 隆					
参 与	梅澤 喜夫	大橋弘三郎	岡田 哲男	小熊 幸一	金澤 秀子	楠 文代	合志 陽一	
澤田 清	渋川 雅美	杉谷 嘉則	鈴木 康志	高田 芳矩	高村喜代子	田中 龍彦	津越 敬寿	
角田 欣一	中込 和哉	中村 洋	二瓶 好正	丹羽 修	早下 隆士	平井 昭司	藤浪 眞紀	
保母 敏行	本田 俊哉	前田 瑞夫	宮村 一夫	望月 直樹	安田 純子	矢野 良子	山崎 素直	

お知らせ

山根 兵	山本 博之								
監 事	津越 敬寿	安田 純子							
常任幹事	青木 寛	板橋 大輔	伊藤 彰英	稲川 有徳	植田 郁生	上野 祐子	梅林 泰宏		
岡村 浩之	勝又 啓一	桑田 啓子	坂元 秀之	島田亜佐子	東海林 敦	菅沼 こと	高橋由紀子		
高橋 豊	豊田 太郎	中村 圭介	西垣 敦子	西島 喜明	沼子 千弥	古庄 義明	南 豪		
山口 央									
支部幹事	吉川ひとみ	齋藤凛太郎	鈴木 悠希	田中 佑樹	半田友衣子	福原 学	南木 創		
森田耕太郎									

【中部支部】 (〒460-0011 愛知県名古屋市中区大須1-35-18 一光大須ビル7F (公財)中部科学技術センター内)

支 部 長	倉光 英樹								
次期支部長	巽 広輔								
副支部長	片野 肇	高田 主岳							
顧 問	板谷 芳京	一ノ木 進	井村 久則	上田 一正	太田 清久	小谷 明	北川 邦行		
酒井 忠雄	佐々木与志実	鈴木 正巳	田口 茂	柘植 新	津田 孝雄	寺田喜久雄	永長 幸雄		
中村 俊夫	野村 俊明	早川 和一	原 稔	樋上 照男	平出 正孝	舟橋 重信	三輪 智夫		
山田 真吉	山寺 秀雄	湯地 昭夫							
参 与	宇野 文二	竹内 豊英	田中 智一	遠田 浩司	中田 隆二	波多 宣子	服部 敏明		
馬場 嘉信									
監 事	江坂 幸宏	長谷川 浩							
庶務幹事	佐澤 和人	高橋 史樹							
会計幹事	間中 淳	植松 宏平							
常任幹事	石田 康行	植松 宏平	太田 一徳	甲斐 穂高	加賀谷重浩	北川 慎也	栗原 誠		
巽 広輔	西山 嘉男	村上 博哉	山本 拓平	湯川 博					
幹 事	青木賢一郎	伊神 裕善	石松 亮一	伊藤 雅章	奥山 修司	香川 信之	勝又 英之		
加藤 亮	金子 聡	菅野 憲	儀賀 義勝	北出 和久	木全 良典	金 継業	後反 克典		
斎藤 隆起	柴田 信行	鈴木 保任	高橋 史樹	立石 一希	轟木堅一郎	永谷 広久	丹羽 敏之		
古川 真衣	松宮 弘明	御子柴正明	三添 英明	宗兼 将之	森 敦	安井 孝志	山腰 亮子		
吉田 佳宏	四津 佳伸	リムリーワ							

【近畿支部】 (〒550-0004 大阪府大阪市西区靱本町1-8-4 (一財)大阪科学技術センター内)

支 部 長	山本 雅博								
次期支部長	森内 隆代								
副支部長	堀田 弘樹								
庶務幹事	岩月 聡史	岡本 行広							
会計幹事	宇田 亮子	山口 敬子							
参 与	荒川 隆一	池田 篤治	大塚 利行	大塚 浩二	尾崎 幸洋	垣内 隆	加納 健司		
木原 壯林	木村 恵一	木村 優	紀本 岳志	小島 次雄	佐伯 正夫	澁谷 康彦	田中 稔		
谷口 一雄	千熊 正彦	寺部 茂	中原 武利	萩中 淳	藤田 芳一	藤原 英明	松下 隆之		
八尾 俊男	横井 邦彦	渡會 仁							
常任幹事	大城 敬人	駒谷慎太郎	外間 進悟	椎木 弘	北隅 優希	中島 陽一	平原 将也		
許 岩	河野 七瀬	山本 茂樹	久保 拓也	下条晃司郎	金尾 英佑				
幹 事	青山 佳弘	浅川 大地	飯田 琢也	石切山一彦	石濱 泰	磯尾賢太郎	伊藤 滋之		
河野 慎一	上田 啓太	遠藤 達郎	奥田 浩子	高木 一好	小山 宗孝	糟野 潤	門 晋平		
川上奈津子	川崎 英也	川田 武史	杉山 彩代	川元 達彦	北山 紗織	木村 敦臣	久保埜公二		
倉内 奈美	桑本 恵子	小池 亮	小島 順子	小林 典裕	小林 宏資	坂本 英文	佐々木隆之		
作花 哲夫	下山 昌彦	白井 理	杉原 崇康	杉山 雅人	鈴江 崇彦	鈴木 哲	鈴木 雅登		
砂山 博文	諏訪 雅頼	瀬戸 康雄	宗林 由樹	宋和 慶盛	高木 達也	高野祥太郎	高橋 弘樹		
菱田 尚子	武上 茂彦	竹田さほり	谷田 肇	谷水 雅治	茶山 健二	塚越 一彦	塚原 聡		
塚本 効司	辻 幸一	壺井 基裕	角井 伸次	坪井 泰之	天満 敬	鳥羽真由子	土井 光暢		
床波 志保	豊田 岐聡	永井 秀典	中口 譲	中澤 隆	中田 靖	中原 佳夫	中村 稜雅		
中山 茂吉	西 直哉	西尾 友志	野田 達夫	萩森 政頼	橋田紳乃介	長谷川 健	張野 宏也		
東 昇	久本 秀明	藤居 義和	藤嶽 暢英	藤森 啓一	藤原 学	布施 泰朗	細矢 憲		

お知らせ

堀山志朱代	本間 秀和	前田 耕治	牧 輝弥	松本 明弘	丸尾 雅啓	三木功次郎	三戸彩絵子
宮崎 哲男	宮道 隆	向井 浩	村上 正裕	村松 康司	森澤 勇介	森田 成昭	八木 正浩
矢嶋 摂子	安井 裕之	安川 智之	山垣 亮	山口 英一	山根 常幸	山本佐知雄	吉田 裕美
渡邊 誠也							

【中国四国支部】 (〒739-8526 広島県東広島市鏡山 1-3-1 広島大学大学院先進理工系科学研究科 (化学プログラム) 分析化学研究室内)

支 部 長	朝日 剛							
次期支部長	高柳 俊夫							
副支部長	林 徹太郎							
支部参与	池田 早苗	伊藤 一明	今井 嘉彦	岩知道 正	奥村 稔	木卜 光夫	熊丸 尚宏	
善木 道雄	田頭 昭二	竹味 弘勝	中野 惠文	林 康久	平田 静子	廣川 健	藤原 照文	
北條 正司	真鍋 敬	宮田 晴夫	本仲 純子	本水 昌二	森田 秀芳	山崎 恒博		
支部監事	小園 修治 中山 雅晴							
庶務幹事	小崎 大輔 水口 仁志							
会計幹事	浅岡 聡							
常任幹事	安達 健太	石坂 昌司	今井 昭二	上田 忠治	上田 真史	金田 隆	紙谷 浩之	
北出 哲朗	北山 宏三	座古 保	高田 智明	竹田 一彦	田所 大典	田中 秀治	津村 徹	
西 博行	原 哲也	平岡 章二	藤井 健太	藤田 勉	森 勝伸	盛田啓一郎	森本 稔	
藪谷 智規	横山 崇 吉村 友宏							
支部幹事	浅野 比	井上 裕文	片岡 洋行	荻部 甚一	川村 邦男	小松原恒生	島崎 洋次	
管原 庄吾	竹内 政樹	竹永 史典	武安 伸幸	寺川 敦哉	永阪 文惣	西本 潤	西脇 芳典	
樋口 浩一	藤原 勇	瀧脇 雄介	松原 弘樹	門木 秀幸	山下 浩	山本 剛	山本 孝	
吉岡 徹	和田 光弘							

【九州支部】 (〒819-0395 福岡県福岡市西区元岡 744 九州大学大学院工学研究院)

支 部 長	加地 範匡							
次期支部長	井倉 則之							
副支部長	宮崎真佐也 馬渡 和真							
支部参与	石黒 慎一	今坂藤太郎	今任 稔彦	岩崎 正武	鎌田 薩男	河濟 博文	喜納 兼勇	
黒木 広明	合屋周次郎	財津 潔	下田 満哉	城 昭典	高館 明	谷口 功	田端 正明	
出口 俊雄	中島憲一郎	中村 博	肥後 盛秀	増田 義人	松本 清	山口 敏男	山口 政俊	
山田 淳	横山 拓史 吉村 和久 脇田 久伸							
監 査	井上 高教 浅田 泰							
庶務幹事	田中 充							
会計幹事	井手 幸子							
常任幹事	新垣 雄光	井倉 則之	大島 達也	栗崎 敏	佐藤しのぶ	佐藤 博	高椋 利幸	
戸田 敬	浜瀬 健司	原田 明	藤ヶ谷剛彦	松尾 隆司	松森 信明			
幹 事	安藤 功	石岡 寿雄	石川 洋哉	稲田 幹	伊藤 圭亮	井原 敏博	宇都宮 聡	
梅木 辰也	江藤真由美	王子田彰夫	大渡 啓介	大庭 義史	大平 慎一	恩田 健	片山 佳樹	
加藤 祐子	梶島 力	梶島 正美	上畑桂太郎	川上 健次	川畑 明	神崎 亮	北村 裕介	
岸川 直哉	木下 将和	栗原 龍	黒田 直敬	呉 行正	児玉谷 仁	佐藤 博	佐藤 正雄	
佐野 洋	澤津橋徹哉	塩路 幸生	清水 陽一	白土 英樹	末田 慎二	鈴木 絢子	宗 伸明	
北島 敏夫	竹中 繁織	高橋 浩司	高橋 幸奈	高橋 政孝	竹原 公	田中 充	手嶋 康介	
天日 美薫	富永 昌人	鳥羽 陽	中島 常憲	中園 学	中武 貞文	中野 幸二	中村 沙織	
中山 研一	新留 康郎	西田 正志	能田 均	能登 征美	野間 誠司	馬場 由成	巴山 忠	
原口 浩一	原田 明	原田 雅章	藤井 清永	前田 明広	増田 寿伸	真瀬田幹生	又吉 直子	
松井 利郎	松田 直樹	松本 篤彦	水城 圭司	満尾 良弘	満塩 勝	三宅 孝彰	村田 正治	
森 健	安田みどり	山下 将一	横山さゆり	吉田 亨次	吉田 秀幸	吉田 祐一	吉留 俊史	

—ISO/IEC 17043 に基づく分析技能試験— 第 26 回ダイオキシン類分析(河川底質)技能試験 参加試験所の募集

主催 (公社)日本分析化学会
協賛 (一社)日本環境測定分析協会

ダイオキシン類の分析は、排水、フライアッシュ、土壌など広範囲にわたっています。その分析には高度で複雑な前処理や測定技術の知識・経験が必要とされ、最新の便席技術・技術情報が求められます。分析の信頼性向上のためには試験結果を他所の試験結果と比較し、その差異を究明して対策をとっていく必要があります。ISO/IEC 17043 に基づく試験所間比較・技能試験はそのようなニーズを満たすものです。

本会技能試験委員会では、2000 年度より試験所間比較・技能試験を実施しています。参加試験所には標準物質と同様に均質な試験用試料をお送りします。分析結果を本会に返送されますと、参加試験所の測定結果を統計的に比較し、皆様の試験所の測定結果を全試験所と比較して評価し、報告書をお届けします。本試験に参加することにより、試験所のバイアスを把握でき、試験所の測定傾向や異状をいち早くキャッチでき、内部精度管理ではできない分析の信頼性向上を図ることができます。当技能試験では均質な河川底質試料を配布し、また QC からの分析技術情報なども報告書に掲載しますのでご利用いただけます。

ISO/IEC 17025 (JIS Q 17025) による試験所認定を受審される場合は、このような試験所間比較・技能試験を受けていることが必須条件の一つになります。奮ってご参加ください。

日程

参加申込締切：2024 年 8 月 16 日(金)
試験用試料の配付：8 月 27 日(火) 発送予定
分析結果の報告締切：11 月 15 日(金) 必着厳守
中間報告書の発行送付：12 月 20 日(金) 予定
最終報告書の発行送付：2025 年 1 月 30 日(木) 予定

対象事業所 ダイオキシン類分析を業務とする全ての試験所
目的 分析技能の維持向上を図り、分析試験所認定へ向けての試験所の技術レベルを確認するため。

分析試料 河川底質 約 30 g 1 瓶

結果報告の内容 参加試験所に対して、ISO/IEC 17043 に規定する統計的手法による集計結果とその試験所の Σ スコアを報告します。報告書は電子ファイルのみです。試験所名は番号で表示されます。したがって、自社の試験結果が全体のどこに位置するかを当事者のみが知ることができます。なお、本会が貴試験所提出データおよび試験結果情報を第三者に公開することはありません。参加試験所名の一覧表は掲載しません。但し、最終報告書の内容は、他機関の要求に応じてその全てまたは一部を提供または掲載することがあります。本会技能試験委員会が実施する当技能試験は ISO/IEC 17043 に従うものであり、試験所認定を受ける際にその旨評価されることが、試験所認定機関 [(独)製品評価技術基盤機構及び(公財)日本適合性認定協会] との間で合意されています。

参加料(税別) 日本分析化学会団体会員 50,000 円(税込価格:55,000 円)、協賛学協会会員 60,000 円(税込価格:66,000 円)、会員外 75,000 円(税込価格:82,500 円)

※会社、事業所単位での技能試験のため、本会団体会員または協賛学会に所属していない場合は、会員外扱いとなります(本会個人名義での申し込みについては、会員扱いはいたしません)。

参加受付試験所数 60 試験所

参加申込方法 日本分析化学会ホームページ (<http://www.jsac.jp>) → 上部の MENU 「各種事業」→ 「技能試験」→ 「2-1 ダイオキシン類分析」→ 「第 26 回ダイオキシン類分析技能試験」に進み、申込用 Excel ファイルをダウンロード後、必要事項

をご記入のうえ、下記の E-mail アドレスにファイル添付でお申込みください。

記入事項 (1) 試験所名(参加証に記載する試験所名称にも使用しますので、必要場合は部署名まで記入)、(2) 連絡先(氏名、所属、郵便番号、住所、電話、FAX、E-mail)、(3) 団体会員・会員外の別(団体会員番号を必ず記入)、(4) 参加料金額。

申込先

E-mail アドレス: pro.test@jsac.or.jp
メール件名: JSAC ダイオキシン PT 申し込み
ファイル名: dxn26-ptpmousikomi (試験所名).xls

送金方法 お申込受付後、受領通知とともに請求書をお送りしますので、2024 年 8 月 30 日までに指定口座に参加料をお振込みください(振込手数料は貴方でご負担願います)。なお、参加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。

問合せ先 〒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)日本分析化学会技能試験事務局 [電話: 03-3490-3352, FAX: 03-3490-3572, E-mail: pro.test@jsac.or.jp]

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

期日 2024 年 7 月 11 日(木)~13 日(土)

会場 岐阜大学講堂・工学部(岐阜県岐阜市柳戸 1-1)

プログラム

1 日目(11 日)

- 13.00~ 開会の挨拶
13.10~13.35 ポスタープレビュー(Poster Preview Presentation)(一般:PG-, 若手:PY-)
PG-01 実用化を目指した有機元素分析装置用還元銅長寿命化へのあくなき挑戦(大阪大学産業科学研究所)○松崎 剛
PG-02 JCSS はかり校正証明書書の活用について(ザルトリウス・ジャパン(株))○原 菜純、矢倉峰伯、五味 淳、松渕広一
PG-03 環状芳香族アミド三量体のキラリティーと結晶構造(千葉大学共用機器センター)○榊飛雄真、吉田知史、近藤 俊
PG-04 軟錠剤の硬さの測定(東京電機大学)○山崎敬則
PG-05 有機元素分析技術者として 50 年の記録—その 1 大学時代(静岡県立大学薬学部)○佐藤綾子
PY-01 キャピラリー液体クロマトグラフィーにおける有機ポリマー系コール酸結合型キラルモノリス固定相のワンプット調製(岐阜大学大学院自然科学技術研究所)○杉田匡弥、松山嗣史、リムリーワ
PY-02 Preparation and characterization of waste seashell derived CaCO₃ micro adsorbents(岐阜大学大学院工学研究科)○Lia Anggresani、松山嗣史、柘植研一、リムリーワ
13.40~14.10 口頭発表(Oral Presentation)
(一般:OG-, 若手:OY-)

OY-01 ベンゾイルピラゾロン誘導体の合成およびアルカリ金属イオン抽出特性の評価 (金沢工業大学大学院バイオ・化学専攻) ○山村 凜, 宮下拓海, 坂本宗明, 大嶋俊一, 鈴木保任

OY-02 センサフュージョンによる骨ノミ切削動作の姿勢および変位の計測手法の開発 (山梨大学医工学総合教育部工学専攻機械工学コース) ○笠井翔太, 李 信英, 野田善之

14.20~15.20 Plenary Lecture 1

PL-01 メタボロミクスとグライコプロテオミクスの微量化への取り組み (岐阜大学 iGCORE) ○中嶋和紀

15.30~15.50 有機微量分析研究懇談会創立 70 周年記念事業

創立 70 周年記念表彰式 他

15.50~16.30 Memorial Lecture

ML-01 核酸損傷体の ESI-MS による高感度分析法の開発 (岐阜薬科大学) ○江坂幸宏

16.30~ 工学部 111 番教室にて Free Discussion (企業プレゼンテーション)

2 日目 (12 日)

9.00~9.40 Poster Presentation Core Time

9.50~11.50 口頭発表 (Oral Presentation)

(一般: OG-, 若手: OY-)

OG-01 芳香族ジイミド部位をもつ環状化合物の多様包接による共包接結晶の作製と構造解析 (徳島文理大学香川薬学部解析化学講座) ○兵頭 直, 富永昌英, 山口健太郎

OG-02 炭素核定量 NMR 法によるメリット酸の純度測定法の性能向上に関する分析条件の検討 ((一財)日本食品分析センター) 水口恵美子, 山本佳奈, 阿部泰子, ○加藤 毅

OG-03 新しい 1 キログラムの作り方 ((国研)産業技術総合研究所) ○倉本直樹, 張ルウルウ, 藤田一慧, 狩野祐也, 大田由一, 大久保章, 稲場 肇, 東 康史

OG-04 多元素含有標準試料 (NAC-st4) を用いる有機ハロゲン・硫黄の一斉分析 ⁽¹⁾(株)ナックテクノサイエンス, ⁽²⁾日本大学理工学部) ○長嶋 潜¹⁾, 堀田哲男¹⁾, 吉川賢治²⁾, 萩原洋子²⁾, 萩原俊紀²⁾

OG-05 イオンクロマトグラフィーによる千葉県下の温泉水中のヨウ素の分析—UV 検出法による高感度分析— (日本大学理工学部) ○吉川賢治, 井上みどり, 遠山岳史, 長嶋 潜

OG-06 有機元素分析技術者として 50 年の記録—その 2 起業時代 (静岡県立大学薬学部) ○佐藤綾子

11.50~13.00 Exhibition booth / Lunch time

工学部 111 番教室に分析機器や消耗品等が展示されています。この機会に企業ブースにお立ち寄りください

13.00~14.00 Plenary Lecture 2

PL-02 食品加工におけるポリフェノールの化学変化 (岐阜大学応用生物科学部) ○柳瀬笑子

14.10~15.10 Panel Discussion

(仮題) 有機微量分析の未来

16.00~17.00 Plenary Lecture 3

PL-03 Current State of Analytical Chemistry in Indonesia (IPB University, Indonesia) ○ Prof. Mohamad Rafi

18.00~20.30 技術研修会

3 日目 (13 日)

8.30~ 見学会

参加登録費 主催・共催および協賛学会会員: 4,000 円 (6 月 14 日 (金) まで), 5,000 円 (6 月 15 日 (土) 以降), 非会員: 6,000 円, 学生: 2,000 円, 講演要旨集のみ (送料込): 3,000 円

技術研修会費 主催・共催および協賛学会会員, 非会員: 8,000

円

見学会会費 4,000 円 (会期中徴収)

申込・問合せ先 〒501-1193 岐阜県岐阜市柳戸 1-1 岐阜大学工学部 リムリーワ [電話・FAX: 058-293-2815, E-mail: orgmicro-sympo@jsac.ac.jp]

日本分析化学会有機微量分析研究懇談会創立 70 周年記念大会ホームページ

<https://www.jsac.or.jp/~orgmicro/sympo2024>

第 397 回液体クロマトグラフィー研究懇談会

主催 (公社)日本分析化学会液体クロマトグラフィー (LC) 研究懇談会

後援 (公社)日本薬学会 (申請中), (公社)日本化学会, (公社)日本農芸化学会, (公社)日本分析化学会, LC シニアクラブ

2015 年の国連サミットで採択された SDGs (Sustainable Development Goals, 持続可能な開発目標) は, 2016 年から 2030 年までの 15 年間で達成することを目的としており, 2024 年現在, すでにその後半戦に突入しています。SDGs で掲げられている 17 の目標の中には, 「7. エネルギーをみんなにそしてクリーンに」「9. 産業と技術革新の基盤をつくろう」「12. つくる責任つかう責任」などわれわれの業務に関連したものがああります。

今回, HPLC, LC/MS 関連で進化している技術という各論に留まらず, ラボ運用や業務全般についてなど, マクロな視点による内容を含む, 5 年後, 10 年後を見据えた SDGs 関連の取り組みについて紹介していただきます。

期日 2024 年 7 月 19 日 (金) 13.00~17.00

会場 栗田工業(株)/Kurita Innovation Hub 講堂 A [東京都昭島市拜島町 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 未来に繋がる SDGs ラボ・システム・アプリケーションづくり

講演

講演主題概説 (オーガナイザー) (13.00~13.10)

(日本分光(株)) 寺田明孝

(LC 分析士三段, LC/MS 分析士二段, IC 分析士初段)

1. サステイナブルに配慮した超純水・純水製造装置

(13.10~13.45)

(メルク(株)) 八木馨太

(LC 分析士初段)

2. 省溶媒製品を中心とした環境配慮型製品の開発とアプリケーション (13.45~14.20)

(ジーエルサイエンス(株)) 太田茂徳

(LC 分析士初段)

3. 効率的なラボ (クロマトグラフィー関連) を目指して (14.20~14.45)

(栗田工業(株)) 榎本幹司

(LC 分析士三段, LC/MS 分析士三段)

休憩 (14.45~15.05)

4. 生産性の向上と環境負荷の低減を両立する “Smart Eco Lab” のご紹介 (15.05~15.40)

(株)島津製作所) 松本恵子

(LC/MS 分析士初段)

5. 企業内分析サンプルの変遷から見た SDGs アプリケーション (15.40~16.15)

(味の素(株)) 岩畑大悟

(LC 分析士初段)

6. 総括「未来に繋がる SDGs ラボ・システム・アプリケー

ションづくり」(16.15~16.50)

(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(17.10~19.10)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 7月12日(金)(入金締切時刻: 15時まで)

申込方法

- 参加希望者は, 下記申込先にアクセスし, 氏名, 勤務先(電話番号), LC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.
- お申込みが完了した場合には, 登録されたアドレスに「第397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, ①入力したご自分のアドレスに間違いがないか, ②迷惑メールフォルダーをご確認のうえ, 世話人までお問い合わせください.
- 申込み受付のメールを受領後, 必ず期限内に研究懇談会参加費, 情報交換会費の納入を行ってください. 期限内に納入が確認できない場合, お申込みを無効とし参加URLを発行しませんので, 十分ご注意ください. 当日払いは受け付けません. なお, いったん納入された参加費は, 返金いたしません.
- 参加費の納入が確認できた方には, 2024年7月13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.

- 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)
- 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)
- 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/YoDdgZAFB8s3rACZA>

(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: 日本分光(株) 寺田明孝 [E-mail: akitaka.terada@jasco.co.jp]

九州分析化学若手の会 第37回若手研究講演会および 第42回夏季セミナー

主催 九州分析化学若手の会・(公社)日本分析化学会九州支部

期日 2024年7月26日(金)・27日(土)(1泊2日)

会場

サンプラザ天文館(ポスター発表, 依頼講演)

〔鹿児島市東千石町2-30-3F, 電話: 099-224-6639〕

<http://sunplaza-tenmonkan.com/>

温泉ホテル中原別荘(宿泊, 受賞講演, 総会)

〔鹿児島市照国町15-19, 電話: 099-225-2800〕

<http://nakahara-bessou.co.jp/>

内容 分析化学に関する若手研究者間の勉強会・講演会(詳細はウェブサイト <http://www.cb.kagoshima-u.ac.jp/lab/tome/wakate42/index.html> をご覧ください)

招待講演1: 「生体内の化学物質や微生物を検出する手法」

開発邦宏(株)ビズジョン)

招待講演2: 「ナノ粒子分散一両性分子を用いた丈夫な電気二重層の提案」

佐々木隆浩(北海道医療大学)

九州分析化学奨励賞授与式・受賞講演

九州分析化学ポスター賞受賞者模範ポスター発表

一般ポスター発表: (優秀ポスター発表者には九州分析化学若手賞が授与されます)

総会

情報・意見交換会

参加費 (宿泊費が別途必要となります)

一般: 5,000円, 日本分析化学会学生会員: 無料, 学生非会員: 3,000円

参加及び発表申込締切 2024年6月28日(金) 定員130名になり次第締め切ります.

要旨原稿送信締切 2024年7月12日(金)

詳細は夏季セミナーのウェブサイト

<http://www.cb.kagoshima-u.ac.jp/lab/tome/wakate42/index.html> をご確認ください.

問合先 〒890-0065 鹿児島市郡元1-21-35 鹿児島大学大学院理工学研究科化学プログラム 児玉谷仁 [電話: 099-285-8108, E-mail: kodama@sci.kagoshima-u.ac.jp]

2024年度LC/MS分析士五段認証試験 実施のお知らせ

下記要領で実施する予定ですので, お知らせいたします.

日時 2024年7月29日(月) 14時~15時30分

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

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

分析士五段認証試験 分析士五段試験では書類選考試験(事前提出), 筆記試験(記述式)および面接試験を総合して合否を決定します. 書類選考用資料(体裁は自由)には, ①氏名, ②生年月日, ③現職, ④学歴, ⑤職歴, ⑥LC/MSに関する研究・業務経験, ⑦論文発表(適當数), ⑧学位の有無, ⑨講習会・講演会における講師等の実績, ⑩論文査読の経験, ⑪学位論文審査の経験, ⑫組織委員・実行委員等の実績, ⑬国際会議における座長・依頼講演等の実績, ⑭LC/MS分析士四段の登録番号, ⑮その他, 特記事項, をこの順

で記載し、申込締切日までに下記資料送付先にお送りください（お送りいただいた資料は本認証試験以外の目的には使用しません）。筆記試験には、与えられた課題に対してご自身の考えを問う問題、が出題され45分以内に解答していただきます。面接試験は筆記試験後に30分程度行います。

受験料 9,900円（合格者は登録料6,600円を別途申し受けます）

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

申込方法 ①受験料を銀行振込後、②専用ホームページ（<https://forms.gle/661xjSRZjd3bkgXbA>）にアクセスして必要事項を入力し、③資料送付先に書類選考用資料をメールに添付して提出ください。

申込締切 7月19日（金）

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

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

2024年度LC/MS分析士四段認証試験 実施のお知らせ

下記要領で実施する予定ですので、お知らせいたします。

日時 2024年7月31日（水）14時～15時30分

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

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

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

受験料 8,800円（合格者は登録料5,500円を別途申し受けます）

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

申込方法 ①受験料を銀行振込後、②専用ホームページ（<https://forms.gle/gm4C5eLBV4woj43N7>）にアクセスして必要事項を入力し、③資料送付先に書類選考用資料をメールに添付して提出ください。

申込締切 7月19日（金）

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

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

2024年度LC/MS分析士三段認証試験 実施のお知らせ

標記につき、下記要領で実施する予定ですので、お知らせいたします。

日時 2024年8月22日（木）14時～16時

会場 ①東京会場：五反田文化会館〔東京都品川区西五反田1-32-2、交通：JR・都営地下鉄「五反田」駅より徒歩3分〕

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り、「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：西ノ京町町・金閣寺道ゆき」または「26系統：宇多野・山越ゆき」に乗り、「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>

三段資格のイメージ 各種分析士に共通するものとして、「新しい分析法を開発し、その妥当性確認（Method validation）を計画し、実施できるレベル。当該分析・測定技術に関連する学術的知識に詳しく、経験が深い。」と規程されます。LC/MS分析士においては「LC/MSを用いた試験に関連する前処理に関する知識が十分である。与えられた公定法や論文を正確に読みこなし、自らその試験を行うかSOPを作成することができる。」ことが求められます。なお、試験問題としては科学並びに分析化学一般に関する知識を問う内容が約30%含まれます。

受験料 7,700円（合格者は登録料4,400円を別途申し受けます）。入金確認後、受験番号をお知らせします。

受験資格 受験できる方はこれまでに行われたLC/MS分析士二段試験に合格し、登録された方に限ります。

申込方法 受験料の銀行振込後、専用ホームページ（<https://forms.gle/3Xh4amWke4wv5jtS8>）にアクセスして必要事項を入力してください。

申込締切 8月13日（火）

振込銀行口座 りそな銀行五反田支店普通預金0802349、口座名義：公益社団法人日本分析化学会液体クロマトグラフィー研究懇談会〔シヤ）ニホンブンセキカガクカイエキタイクロマトグラフィー〕。一度お振り込みいただいた受験料は返却しません。万一、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]

2024年度イオンクロマトグラフィー分析士 四段認証試験

標記につきまして、下記の要領で実施いたします。

日時 2024年8月26日（月）14時～15時30分

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

四段資格のイメージ 「学会発表、投稿を通して、技術的議論が行え、講習会の講師が務まるレベル。また、当該分析・測定技術に関する英語の文献を適切に理解し、博士の学位に相当する学識経験を有する。」イオンクロマトグラフィー（IC）分析士四段試験では書類選考試験（事前提出）と筆記試験（記述式）を総合して合否を決定します。

申込方法 イオンクロマトグラフィー研究懇談会のホームペー

ジ (<https://ionchromatography.studio.site/>) にアクセスしていただき、トップページの「IC 分析士受験申込フォーム 四段試験 2024 年 8 月 26 日 (月) 実施分」をクリックしてください。必要事項をご記入のうえ、送信いただきますと申込みが完了します。受験料の支払方法は申込みのフォームに記載されておりますので、ご確認ください。

受験料 13,530 円 (受験料, 登録料並びに登録カードの発行料を含みます。) なお, 受験料を複数名ご一括でお振込みの場合でもお申込みフォームは個別にご入力・送信いただきますよう, お願い申し上げます。

書類選考用資料 申込が完了しましたら, イオンクロマトグラフィー研究懇談会事務局から, 書類選考用資料がメールで送付されます。書類選考用資料には, ①氏名, ②生年月日, ③現職, ④学歴, ⑤職歴, ⑥ IC に関する研究・業務経験, ⑦論文発表 (適當数), ⑧口頭発表 (適當数), ⑨学位の有無, ⑩その他, 特記事項, を記載いただき, 指定された締切日までにイオンクロマトグラフィー研究懇談会事務局にお送りください (お送りいただいた資料は本認証試験以外の目的には使用しません)。

筆記試験 試験当日の筆記試験では, 1) 英文和訳問題 (1 題), 2) 与えられた課題に対してご自身の考えを問う問題 (2 題) が出題され, 90 分以内に解答していただきます。筆記用具をご持参いただきますようお願いいたします。

申込締切 2024 年 7 月 26 日 (金)

資料送付先・問合せ先 イオンクロマトグラフィー研究懇談会事務局 〒780-8520 高知県高知市曙町 2-5-1 高知大学理工学部 森 勝伸・森みかる
〔電話: 088-844-8306, E-mail: ic@jsac.jp〕

第 41 回分析化学中部夏期セミナー

主催 日本分析化学会中部支部

期日 2024 年 8 月 29 日 (木)・30 日 (金)

会場 ゆーとりあ越中 [富山県富山市春日 96-1, 電話: 076-467-5000, <https://www.yu-toriaettyu.co.jp/>, 交通: (車でお越しの場合) 上記 URL の地図を参考に直接会場へお越しください (富山 IC より車で約 20 分), (バスでお越しの場合) 電鉄富山駅 富山地鉄バス (5 番のりば)「笹津春日温泉行」のバスに乗車後, 「笹津春日温泉」下車 (時刻表: <https://www.navitime.co.jp/diagram/bus/00025673/00047002/1/>)]

目的 分析化学および関連分野に携わる産官学の研究者の交流と親睦を図るとともに, 若手研究者の育成と研究発展の一助とする。

プログラム

第 1 日目 (8 月 29 日 (木)) (13.00~17.30 頃)

招待講演 (富山大学学術研究部工学系・會澤宣一先生, 金沢大学環日本海域環境研究センター・長尾誠也先生), ポスドク・ブレイク講演, ポスターショートプレゼンテーション

第 2 日目 (8 月 30 日 (金)) (9.00~12.00 頃)

ポスター発表, 企業新製品紹介講演 (日本分光株, 株式会社, 株共立理化学研究所)

定員 80 名 (定員超過の場合は先着順)

申込先 日本分析化学会中部支部ホームページ (<http://www.jsac.or.jp/~chubu/>) から申込専用フォームにてお申し込みください (専用フォームは近日中に掲載予定)。

ポスター発表募集締切・参加申込締切 7 月 8 日 (月)

講演要旨集原稿締切 7 月 29 日 (月)

参加費払込締切 7 月 29 日 (月)

参加費 一般 12,000 円, 学生 9,000 円

送金先 三井住友銀行名古屋支店 (店番 481) 普通 8110057,

(口座名義) 公益社団法人日本分析化学会中部支部

なお, 2 人以上の参加費を一括送金される場合は, 内訳を下記申込先までお知らせください。

問合せ先 〒930-8555 富山県富山市五福 3190 富山大学 環境化学計測 1 研究室 佐澤和人 [電話: 076-445-6670, E-mail: sazawa@sci.u-toyama.ac.jp]

2024 年度 LC/MS 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。

日時 2024 年 9 月 18 日 (水) 14 時~16 時

会場

①東京会場: (株)島津製作所東京支社イベントホール [東京都千代田区神田錦町 1-3, 交通: (地下鉄) 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乘車, 「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: 西ノ京町町・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。」と規定されます。LC/MS 分析士においては「LC/MS 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。LC/MS 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)。先着 65 名。請求書と領収書の発行はいたしません。

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

申込方法 受験料の銀行振込後, 専用ホームページ (<https://forms.gle/KGvpDM2cdKjxWG6y9>) にアクセスして必要事項を入力してください。

申込締切 9 月 6 日 (金) 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。なお, 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]

2024年度 LC/MS 分析士初段認証試験 実施のお知らせ

標記につき、記要領で実施する予定ですのでお知らせいたします。

日時 2024年10月21日(月)14時~16時

会場

①東京会場：(株)島津製作所東京支社イベントホール〔東京都千代田区神田錦町1-3、交通：(地下鉄)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乘車、「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」に乘車。「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>

初段資格のイメージ 各種分析士に共通するものとして、「指示をすれば一人で分析できるレベル。当該分析・測定技術に関する基礎的知識および関連する法令に関する知識を有する。」と規定されます。LC/MS分析士においては「クロマトグラフィーやLC/MSに関する基礎的知識と原理に対する理解が十分にある」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50%含まれます。

受験料 5,500円(合格者は登録料2,200円を別途申し受けます)。先着65名。請求書と領収書の発行はいたしません。

申込方法 受験料の銀行振込後、専用ホームページ(<https://forms.gle/8pFbX8kNLoUrKai39>)にアクセスして必要事項を入力してください。

申込締切 10月11日(金)。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。なお、中止した2021年度のLC/MS分析士初段試験に受験料を納入された方の受験料は不要ですが、連絡事項に当時通知された受験番号を明記してください。

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〕

—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。

日本金属学会オンライン教育講座 「電子顕微鏡と格子欠陥の基礎」

主催 (公社)日本金属学会

期日 2024年6月19日(水)・20日(木)

会場 オンライン(Zoom)による講義

ホームページ <https://www.jim.or.jp/seminarsymposium/>

連絡先 〒980-8544 宮城県仙台市青葉区一番町1-14-32

(公社)日本金属学会 セミナー・シンポジウム参加係

〔電話：022-223-3685, E-mail:meeting@jim.jp〕

電気化学セミナー A

初心者のための電気化学測定法-基礎編

主催 (公社)電気化学会

期日 2024年6月21日(金)~7月4日(木)

会場 オンデマンド配信(Vimeo)による動画セミナー

ホームページ <https://www.electrochem.jp/seminar/>

連絡先 〒101-0065 東京都千代田区西神田3-1-6

日本弘道会ビル7階 (公社)電気化学会事務局

〔電話：03-3234-4213, E-mail:seminar@electrochem.jp〕

プラズマ分光分析研究会 2024 筑波セミナー —プラズマ分光分析法の基礎を確認しよう—

主催 プラズマ分光分析研究会

期日 2024年7月4日(木)・5日(金)

会場 つくば国際会議場中会議室202およびオンライン

ホームページ <http://plasma-dg.jp/>

連絡先 プラズマ分光分析研究会事務局 梅村知也

〔電話：042-816-3001, E-mail:office@plasma-dg.jp〕

第42回高分子表面研究会基礎講座

主催 高分子学会 高分子表面研究会

期日 2024年7月5日(金)

会場 東京理科大学森戸記念館第1フォーラム(現地および

Zoomによるハイブリッド開催)予定

ホームページ <https://member.spsj.or.jp/event/>

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 第42回高分子表面研究会基礎講座係

〔電話：03-5540-3770, E-mail:jigyospsj.or.jp〕

第36回イオン交換セミナー 「挑戦するイオン交換VIII」

主催 日本イオン交換学会

期日 2024年7月19日(金)

会場 上智大学四ツ谷キャンパス
 ホームページ <http://www.jaie.gr.jp/>
 連絡先 長岡技術科学大学量子原子力系 鈴木達也
 [電話：0258-47-9692, E-mail：tasuzuki@vos.nagaokaut.ac.jp]

第12回対称性・群論トレーニングコース (日本語講義・英語講義)

主催 日本結晶学会
 期日 (英語講義) 2024年7月22日(月)～26日(金)
 (日本語講義) 2023年7月29日(月)～8月2日(金)
 会場 高エネルギー加速器研究機構つくばキャンパス
 ホームページ <http://pfwww.kek.jp/trainingcourse/>
 連絡先 対称性・群論トレーニングコース事務局 高橋良美
 [E-mail：tyoshimi@post.kek.jp]

第21回次世代を担う若手のための フィジカル・ファーマフォーラム (PPF2024)

主催 日本薬学会 物理系薬学部会
 期日 2024年8月22日(木)・23日(金)
 会場 レクトーレ葉山 湘南国際村
 ホームページ
<https://sites.google.com/view/ppf2024hayama/%E3%83%9B%E3%83%BC%E3%83%A0?authuser=1>
 連絡先 〒192-0392 東京都八王子市堀之内1432-1 (公社)
 日本薬学会 物理系薬学部会 東海林敦 (東京薬科大学)
 [E-mail：ashoji@toyaku.ac.jp]

第13回環境放射能除染研究発表会

主催 (一社)環境放射能とその除染・中間貯蔵および環境再生のための学会
 期日 2024年9月4日(水)・5日(木)
 会場 いわき市立中央公民館 (いわき市文化センター)
 ホームページ <https://khjosensmoosy.atlas.jp/ja/kenkyu13>
 連絡先 〒305-0061 茨城県つくば市稲荷前24-10 A-102号
 室 (一社)環境放射能とその除染・中間貯蔵および環境再生
 のための学会事務局 丸山能生
 [電話：029-886-9227, E-mail：maruyama@khjosens.org]

第73回ネットワークポリマー講演討論会

主催 合成樹脂工業協会
 期日 2024年10月23日(水)～25日(金)
 会場 近畿大学東大阪キャンパス
 ホームページ <https://www.jtpia.jp/>
 連絡先 〒101-0044 東京都千代田区鍛冶町1-10-4
 丸石ビルディング6F 合成樹脂工業協会 ネットワークポ
 リマー講演討論会事務局
 [電話：03-5298-8003, E-mail：atsushi.otaki@jtpia.jp]

第45回超音波エレクトロニクスの 基礎と応用に関するシンポジウム 45th Symposium on UltraSonic Electronics

主催 超音波エレクトロニクス協会 USE シンポジウム運営
 委員会
 期日 2024年11月25日(月)～27日(水)
 会場 明治大学駿河台キャンパスアカデミーコモン
 ホームページ <https://use-jp.org/>
 連絡先 〒101-0062 東京都千代田区神田駿河台3 日本大
 学理工学部タワースコラ16階1614室 日本大学理工学部
 電気工学科 大隅 歩
 [電話：03-3259-0766, E-mail：use-sponsor-app@iuse.or.jp]

「分析化学討論会」特集の論文募集

「分析化学」編集委員会

「分析化学」誌では、毎年第12号に分析化学討論会特集号として、分析化学討論会の討論主題に関連した論文を掲載しております。第84回分析化学討論会では、「文化財をはかる、なおす、まもる分析化学」、「環境調和・資源循環型社会の創生と分析化学」、「ものづくりを支える分析化学」、「宇宙と分析化学」、「生命の活動を知る分析化学」の5テーマを討論主題として取り上げました。

2024年度の分析化学討論会特集号では、生成AIと一緒に考え、5つの討論主題を「フロンティアとしての分析化学：文化財から宇宙まで」としてテーマにしました。本テーマにおいて、第84回分析化学討論会で設けた5つの討論主題に関する論文を広く募集します。多数のご投稿をお待ちしております。詳細は「分析化学」73巻4・5号及びホームページをご覧ください。

特集論文の申込締切：2024年7月12日(金)
 特集論文の原稿締切：2024年8月9日(金)

「分析化学」年間特集「環」論文募集

「分析化学」編集委員会

2025年は「環」をテーマとすることと致しました。分析化学において「環」は、様々なスケールでの意味を持ちます。たとえば「環境」や「循環」のような大きなスケール、あるいは、多環芳香族炭化水素(PAHs)などの「環状化合物」という小さなスケールです。いずれにおいても、分析化学は重要な役割を果たしています。

本特集では「環」をキーワードとして、基礎・応用を含めた分析化学の“最新の知見”はもちろん、総合論文や分析化学総説といった形で現在の分析化学の“研究の背景”についても広く募集し、分析化学が担う役割を社会に向けて発信することを目的としています。本特集にかか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74巻(2025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、「環」にかかわる分析化学の研究・開発に従事されている多くの皆様方からの投稿をお待ちしておりますので、是非この機会をご活用ください。なお、詳細は「分析化学」誌の6号及びホームページをご参照ください。

特集論文申込締切：2024年7月21日(金) (第1期)
 特集論文原稿締切：2024年8月18日(金) (第1期)

【ア行】	【ナ行】	【ラ行】
(株)エス・ティ・ジャパン…………… A6	日本分光(株)…………… A1	(株)リガク…………… A3
【カ行】	【ハ行】	製品紹介ガイド…………… A8~9
関東化学(株)…………… 表紙 4	フロンティア・ラボ(株)…………… A4	図書案内…………… A10~11
【サ行】	【マ行】	
(株)島津製作所…………… 表紙 3	マジェリカ・ジャパン(株)…………… 表紙 2	
【タ行】	室町ケミカル(株)…………… A5	
東亜ディーケーケー(株)…………… A2		

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.alphasience.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 マルチビーズショッカー® ディスポ容器で岩石・樹脂・生体等の凍結粉碎も可能。 分析感度UP, 時間短縮, 経費節減に貢献。 安井器械(株) 商品開発部 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, 数量化, イメージング, スペクトルの解釈な ど。(SurfaceSpectra, Ltd.) (株)デジタルデータマネジメント 電話 03-5641-1771</p>
<p>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>

※価格はすべて税込です

<p>化学分析・化学実験</p>	<p>ToF-SIMS : Surface Analysis by Mass Spectrometry 2nd edition John C. Vickerman and David Briggs 著 B5 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など (Surface Spectra, Ltd.)</p>	<p>マデ ネジ ジタ メル デー ン トタ</p>
<p>粉末 X線解析の実際 第3版 中井 泉・泉 富士夫 編著 B5 308頁 定価6,490円(税込) 粉末回折法の全容を実践的に理解できる。[内容] 原理/データ測定・読み方・活用/特殊な測定法と試料/リートベルト法/RIETAN-FPの使い方/MEM・MPF解析/未知結晶構造解析/先端材料への応用/他</p>	<p>朝 倉 書 店</p> <p>放射化学</p>	
<p>図説 表面分析ハンドブック 日本表面真空学会 編 B5 576頁 定価19,800円(税込) 約120の手法を見開き形式で解説。実際の適用例を複数紹介し、その手法の特徴や主な適用先などをまとめ、一目で概要がわかるよう工夫。試料の種類や性質、目的により適切な手法を選択するためのリファレンス。</p>	<p>朝 倉 書 店</p> <p>放射化学の事典 日本放射化学会 編 A5 376頁 定価10,120円(税込) 生命科学・地球科学・宇宙科学等の基礎科学の基本概念である放射化学を約180項目・各1~4頁で解説した読む事典。[内容] 放射線計測/人工放射性元素/原子核プローブ・ホットアトム化学/分析法/環境放射能/原子力/宇宙・地球化学/他</p>	<p>朝 倉 書 店</p>
<p>蛍光 X線分析の実際 第2版 中井泉 編/日本分析化学会 X線分析研究懇談会 監修 B5 280頁 定価6,490円(税込) 試料調製、標準物質、蛍光 X線装置スペクトル、定量分析などの基礎項目を平易に解説し、食品中の有害元素分析、放射性大気粉塵の解析、文化財への非破壊分析など豊富な応用事例を掲載した実務家必携のマニュアル。</p>	<p>朝 倉 書 店</p> <p>化学一般・その他</p>	
<p>試料分析講座 ビタミン・ミネラル 公益社団法人 日本分析化学会 編 A5判 256頁 定価5,940円(税込) ビタミン・ミネラルの分析に携わる学生から、第一線で活躍する技術者・研究者まで活用できる実務書。実務に役立つ観点で詳細に解説。</p>	<p>丸 善 出 版</p> <p>触媒総合事典 触媒学会 編 A5判 548頁 定価14,300円(税込) 触媒の基礎から幅広い応用分野まで網羅する中項目事典。約250のトピックを通じて我々の豊かな生活を支える触媒を総覧できるレファレンス。</p>	<p>朝 倉 書 店</p>
<p>機器分析</p>	<p>機械学習による分子最適化 数理と実装 梶野 洸 著 A5 312頁 定価3,520円(税込) 機械学習を用いた新規分子構造の生成や最適化にまつわる技術について、基礎理論から実装まで一貫して解説。</p>	<p>オ ー ム 社</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 エルゼビア 2011刊 35,200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。パイログラム、生成物の帰属、相対生成率、保持指標、質量スペクトルと構造式など。昇温過程での生成物のサーモグラムとその平均質量スペクトルも収録。</p>	<p>マデ ネジ ジタ メル デー ン トタ</p> <p>不純物の分析法と化学物質の取り扱い 菊野 秩・橋本 光紀 ほか 60名 2024年1月刊 A4判 599頁 本体価格 88,000円(税込) 試読可 アカデミック割引価格 33,000円(税込) 試読可 微量金属元素、変異原性不純物など、様々な不純物の解析をまとめた1冊! 改正安衛法に向けた規制動向、社内教育、ラベル作成などの実務への活用!</p>	<p>技 術 情 報 協 会</p>
<p>Mass Spec: Desk Reference, 2nd edition 4,400円(税込) 質量分析に使われる用語の解説と誤用される用語例。質量分析の書誌情報の集積。(Global View Publisher)</p>	<p>マデ ネジ ジタ メル デー ン トタ</p> <p>キャピラリー電気泳動法・イオンクロマトグラフィーの分析テクニック 吉川 賢治・鈴木 望 ほか 77名 2023年12月刊 A4判 492頁 本体価格 88,000円(税込) 試読可 アカデミック割引価格 33,000円(税込) 試読可 ・生体試料、食品、環境汚染物質、工業材料の分析事例 ・サンプルの種類や目的に応じた最適な条件設定</p>	<p>技 術 情 報 協 会</p>
<p>Surface Analysis by Auger and X-Ray Photoelectron Spectroscopy David Briggs and John T. Grant 編 B5 51,700円(税込) 表面分析に欠かせない AES と XPS 法の原理、装置、試料の扱い、電子移動と表面感度、数量化、イメージング、スペクトルの解釈など (Surface Spectra, Ltd.)</p>	<p>マデ ネジ ジタ メル デー ン トタ</p>	

◆掲載図書発行所◆

図書購入・問い合わせなどは、下記発行所に直接ご連絡ください。

※価格はすべて税込です

(株)朝倉書店	URL : https://www.asakura.co.jp/ 〒162-8707 東京都新宿区新小川町 6-29	☎03(3260)7631
(株)才一ム社	URL : https://www.ohmsha.co.jp/ 〒101-8460 東京都千代田区神田錦町 3-1	☎03(3233)0641
(株)技術情報協会	URL : https://www.gijutu.co.jp/ 〒141-0031 東京都品川区西五反田 2-29-5 日幸五反田ビル	☎03(5436)7744
(株)デジタルデータマネジメント	URL : http://www.ddmcorp.com 〒103-0025 東京都中央区日本橋茅場町 1-11-8 紅萌ビル	☎03(5641)1771
丸善出版(株)	URL : https://www.maruzen-publishing.co.jp 〒101-0051 東京都千代田区神田神保町 2-17 神田神保町ビル	☎03(3512)3256

次回の図書案内は 2024 年 12 月号に掲載します。

分析化学教育用ビデオ(DVD版)

●好評をいただいたビデオシリーズをDVDとしました



**好評
発売中**

全4巻

監修：公益社団法人日本分析化学会

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

現在お持ちのビデオを返送いただいた方は
10,000円 (税別, 送料込)

**1巻
17分**

容量分析法

容量分析の原理	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



[1巻] 容量分析の原理



[2巻] 吸光度の測定方法と装置の操作方法は?

**2巻
22分**

吸光光度分析法

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



[3巻] クロマトグラフィーとは



[6巻] プラズマへの試料導入

**3巻
18分**

ガスクロマトグラフ分析法

クロマトグラフィーとは	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

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

ガスクロマトグラフ質量分析計
GCMS-QP2050

Excellence Redefined



分析業務を取り巻く事業環境やニーズは時代とともに大きく変わってきています。

GCMS-QP2050は、島津製作所が誇る技術を集約した、これからも時代をリードする新世代のガスクロマトグラフ質量分析計です。圧倒的な信頼性と安定性を誇るハードウェアと、優れた操作性と卓越した自動化技術を搭載したソフトウェアにより、新しい価値を提供します。

Minimum Maintenance, Maximum Progress

最小限のメンテナンスで最大限の成果

Simple Operation, Confident Results

シンプルな操作で確実な分析結果

One Instrument, Infinite Possibilities

1台の装置に無限の可能性

詳しい製品情報はこちら





食物アレルギー分析用 標準物質

食物由来アレルギー抽出物

LC-MS/MSを用いた食物アレルギー分析の
標準物質として利用可能

標準粉末(消費者庁通知法*を参考に調製)を
材料として採用

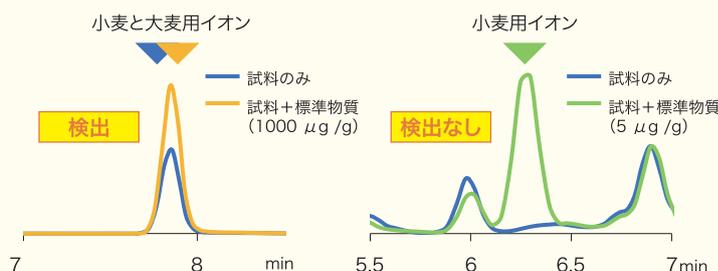
食物由来
アレルギー
抽出物として
特定原材料を
網羅

- 小麦
- 卵
- 乳
- そば
- 落花生
- 甲殻類
- 大豆
- New くるみ

※消費者庁通知法: 令和5年消費者庁次長通知消費
表第102号, "食品表示基準について(別添)アレ
ルゲンを含む食品に関する表示"(2023)

LC-MS/MSを用いた標準物質の分析例

例) 大麦入りパックご飯 小麦アレルギー分析



大麦検出(小麦不検出)
試料に大麦のみ含まれる

関連
製品

LC/MS用溶媒

- 金属不純物(14種)を保証*
- LC/MS適合性試験を実施

*金属(14種): Ba, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, Ni, Pb, Zn

【対応製品】

- ・アセトニトリル
- ・メタノール
- ・蒸留水



関東化学株式会社
試薬事業本部

〒103-0022 東京都中央区日本橋室町2丁目2番1号 (03)6214-1090
<https://www.kanto.co.jp>