

計測技術セミナー

(公社)日本分析化学会と共催

分析化学における不確かさ研修プログラム

楽しく！ 簡単に！ わかりやすく！

オンライン参加もOK!

受講者全員に目が届く
少数定員

講義と演習を
繰り返すので
確実に身に着く！

確認テストを行い
合格証明書を発行！
能力評価にも
利用できる！

未経験者でも
簡単に不確かさの計算が
できるようになる

複数の講師が対応

受講者全員に
受講証明書を発行

質問
しやすい！

受講者一人一人の
理解度を確認しながら
進めるので安心！

社員教育として
活用できる！

難しい数式や
偏微分は
使いません！

その他、JEMICで開催しているセミナー

「知っておきたい不確かさの評価法 応用編」
「不確かさ評価に必要な統計的手法」
「事例で学ぶ不確かさ：電気編」
「事例で学ぶ不確かさ：温度編」
「ISO/IEC 17025：2017内部監査員研修」

「ISO/JIS Q 10012計測器管理規格の解説と活用」
「質量計の校正と不確かさ評価」
「一次元寸法測定器の校正と不確かさ評価」
「温度測定の基礎」 「抵抗温度計の校正」
「熱電対の校正」 「放射温度計基礎講座」 など



問い合わせ先

日本電気計器検定所 (JEMIC) セミナー事務局

〒108-0023 東京都港区芝浦4-15-7

TEL：03-3451-1205 / E-Mail：kosyukai-tyk@jemic.go.jp

セミナー詳細はこちら https://www.jemic.go.jp/gizyutu/j_keisoku.html



標準器・計測器の校正試験については下記へお問い合わせください

日本電気計器検定所

<https://www.jemic.go.jp/> JEMIC

- JEMIC は、電気、磁気、温湿度、光、時間、長さ、質量、圧力、トルク、力のJCSS校正を行っています。
- JEMIC が発行する国際MRA対応JCSS認定シンボル付き校正証明書は、品質システムの国際規格ISO 9000S、自動車業界の国際的な品質マネジメントシステム規格IATF 16949の要求に対応できます。

お客さまのニーズに応えるネットワークと、永年にわたる研究を基盤とする実績。校正試験のことなら、JEMICにご相談ください。

校正試験実施・窓口

- 本社
〒108-0023 東京都港区芝浦4-15-7
Tel.03-3451-6760 Fax.03-3451-6910
- 中部支社
〒487-0014 愛知県春日井市気喰町3-5-7
Tel.0568-53-6336 Fax.0568-53-6337
- 関西支社
〒531-0077 大阪市北区大淀北1-6-110
Tel.06-6451-2356 Fax.06-6451-2360
- 九州支社
〒815-0032 福岡市南区塩原2-1-40
Tel.092-541-3033 Fax.092-541-3036

JEMICのネットワーク・代表電話

- 本社
03-3451-1181
- 北海道支社
011-668-2437
- 東北支社
022-786-5031
- 中部支社
0568-53-6331
- 北陸支社
076-248-1257
- 関西支社
06-6451-2355
- 関西支社京都事業所
075-681-1701
- 中国支社
082-503-1251
- 四国支社
0877-33-4040
- 九州支社
092-541-3031
- 沖縄支社
098-934-1491



JEMICイメージキャラクター「ミクちゃん」

高速液体クロマトグラフ

i-Series

Integrated High Performance Liquid Chromatograph



Sustainability in Every Separation

近年、地球温暖化により世界中で様々な異常気象が発生し、各国政府は2050年までに温室効果ガスの排出を全体としてゼロにする「カーボンニュートラル」の達成を掲げています。業務効率化がより一層求められる一方で、分析業務のあるべき姿も大きく変わり始めています。脱炭素社会の実現に向けて、

Smart：多様な働き方によるやりがいと生産性の向上

Eco：環境負荷の低減

を両立するソリューションを提供します。

新しい一体型LCシステムi-Seriesは従来の卓越した性能を継承しながら、安定してご使用頂ける堅牢性と環境負荷低減に寄与する機能を備え、常に信頼性の高い分析結果を提供します。

intelligent

診断・予防・復旧の3機能が分析の堅牢性の維持をサポートし
データ信頼性の向上と分析業務効率化の両方を実現



innovative

装置の遠隔操作・モニタリングによりラボ外からでも
分析業務を実施し、ラボ滞在時間を短縮

intuitive

直感的な操作とメンテナンス性、卓越した装置性能で
常に安定した分析を提供



Analytical Intelligenceは、島津製作所が提案する分析機器の新しい概念です。システムやソフトウェアが、熟練者と同じように操作を行い、状態・結果の良し悪しを自動で判断し、ユーザーへのフィードバックやトラブルの解決を行います。また、分析機器に対する知識や経験の差を補完し、データの信頼性を確保します。



詳しい製品情報はこちら

MassWorks™ Version 7.0

質量分析計の性能を限界まで引き出します

これまでのバージョンで築き上げられた実績をさらに進化させ、MassWorks™ 7.0 は、取得後のデータ処理に特化した使いやすいソフトウェアパッケージとして登場しました。本製品は、Cerno社が特許を取得している TrueCal™ 技術を採用し、ユニット質量分解能の一般的な質量分析計においても、高い質量精度とスペクトル精度を実現し、CLIPSTM フォーミュラサーチ機能により元素組成の同定を可能にします。さらに、MassWorks の sCLIPSTM および BestScan™ sCLIPS 機能は、標準物質を使用することなく正確なピーク形状補正を行うことで、高いスペクトル精度を提供します。

CLIPS検索により、ユニット分解能のGC及びLC/MS機器で正確な質量式検索が可能になります。

CLIPS (Calibrated Line-shape Isotope Profile Search) は、比類のない質量精度と最高のスペクトル精度を組み合わせ、四重極 MS を最大限に活用します。

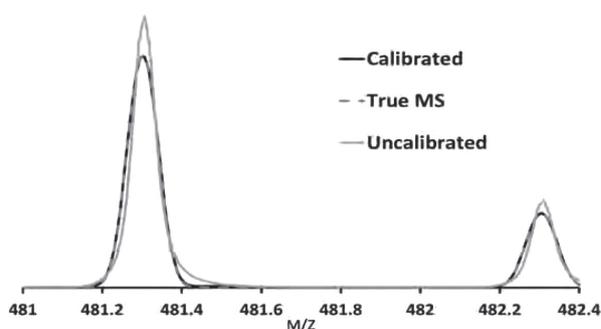
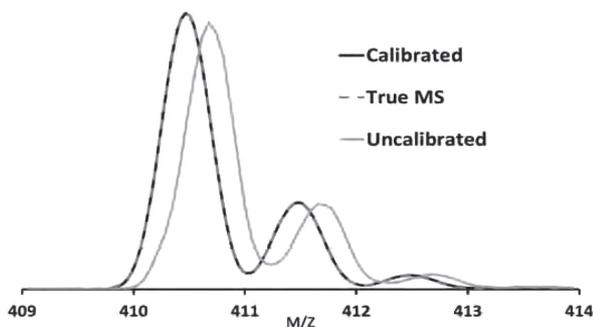
- 質量精度が 0.x Da から 0.00x Da まで 100 倍向上
- クロマトグラフィー時間スケールで 99% を超えるスペクトル精度を実現
- 低分解能の装置でも正確な 化学式ID が可能
- 未分離 MS 信号の強力な混合分析

MassWorks は、強力な TrueCal キャリブレーション技術を搭載しており、ユニット分解能システムにおいて質量精度を最大100倍向上させることができます。さらに、高分解能およびユニット分解能の両方のシステムで、最大99.9%のスペクトル精度 (Spectral Accuracy) を実現します。この高速かつ柔軟なMSアプリケーションソフトウェアパッケージは、質量精度とスペクトル精度を組み合わせることで、あらゆる種類のMSデータ (高分解能・低分解能の両方) に対し、Cernoの解析手法によって大幅な改善をもたらします。

高分解能MSのsCLIPS検索では、校正化合物を必要とせず、化学式IDのスペクトル精度を大幅に向上させます。

sCLIPS (自己校正線形同位体プロファイル検索) を使用すると、高解像度の TOF、Orbitrap、または FT-ICR を最大限に活用できます。

- 独自の特許取得済みセルフキャリブレーションプロセス
- 数学的に正確な同位体モデリング
- 適切に設計および運用されたシステムで達成可能な 99% 以上のスペクトル精度
- 化学式ID の質量精度を超える
- 最大 95~99% の誤った式を排除可能
- 未解決の MS 信号による強力な混合物分析



New for MassWorks Version 7

MassWorks バージョン 7 は、処理速度が向上し、安定性も高まった 64 ビット Windows アプリケーションとして新たに登場しました。更新されたファイルリーダーにより、MassWorks はほとんどの主要ベンダーのデータを直接読み込むことが可能になり、さらに業界標準の NetCDF 交換形式にも対応しました。また、多くの新機能の一つとして、「MassLab™」アプリが追加されました。これらのカスタムアプリは Python または Matlab により作成でき、たとえば高分子特性評価用の新しい機能「SAMMI™」を MassWorks に追加することができます。SAMMI™ は、従来の四重極アルゴリズムに比べて最大 30 倍の高精度を実現し、高分解能機器に匹敵する精度を提供します。

cerno
BIOSCIENCE

ST.JAPAN INC.

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

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

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

Explore with Confidence

マルチチャンネル赤外顕微鏡 IRT-7X は、圧倒的な観察画質の向上と高速化されたリニアアレイ検出器の高次元デジタル処理により、より高速で高精細な赤外イメージングを実現しました。異物解析や材料研究における“観る・測る・解析する”を次の次元へ導きます。

- Fast IR Imaging - 高精度なケミカルイメージを高速に -
- High Quality Observation - 高品質の観察画像 -
- Automation & Usability - 自動化と使いやすさの追求 -
- Unique Technique - 日本分光独自のソリューション -
- Various Analysis - 多様な解析ツール -

New

Multichannel Infrared Microscope
マルチチャンネル赤外顕微鏡

IRT-7X



光と技術で未来を見つめる

日本分光

日本分光株式会社

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

日本分光の最新情報はこちらから

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

JASCO

日本分光HP



高分子材料分析の強力な戦力！
マルチショット・パイロライザー

EGA/PY-3030D

未知試料へ多面的にアプローチ

発生ガス分析や瞬間熱分析などの組み合わせにより
未知試料を多面的に熱分解GC/MS分析

前処理なしで迅速に分析

あらゆる形態のポリマー試料を煩雑な前処理なしで
簡単・迅速に分析

高性能で高信頼

サーモグラムとパイログラムの高い再現性を保証

豊富な周辺装置

目的に合わせて選べる周辺装置で分析業務をサポート



微量ポリマーの検出感度が大幅向上！
スプリットレス熱分解用オプション装置
MFS-2015E



キャピラリーGC分析における中・高沸点領域の
ピーク形状を大幅改善！
スマートプレカラム **NEW**



試料水中のマイクロプラスチックを簡単に捕集！
捕集から測定までスムーズな操作を実現
Smart 微粒子コレクター **NEW**



迅速凍結粉碎装置 IQ MILL-2070

簡単操作！扱いやすい卓上型の粉碎装置

静かな作動音 … 周辺での会話が可能（粉碎時の騒音参考値 55 dB）

短時間 & パワフルに粉碎 … 高速上下ねじれ運動による効率的な粉碎

試料に合わせた細かな条件設定 … 粉碎速度/時間/サイクル数の設定
種類豊富な粉碎子と容器

液体窒素消費量が少なく省エネ … 液体窒素の最小消費量は約300 mL

DNA抽出用に細胞破碎を効率化する専用モデルもございます

高分子材料や生体試料などの
粉碎・攪拌・分散に最適



製品情報

フロンティア・ラボ株式会社

www.frontier-lab.com/jp info@frontier-lab.com

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

ポリマー分析用試料キット

ポリマーサンプルキット205

<1セット 100本入・10-20g/1本>

100本の構成ポリマーは汎用性ポリマー試料だけでなくエンブラ試料も含まれておりますのでIR分析等のライブラリーへの収録にご利用いただけるポリマー分析試料キットです。

スペックとして：引火点・平均分子量・屈折率・ガラス転移点・融解温度等の情報がございます。

100種類の試料の一部試料については入れ替えも可能です。

詳しくはお問い合わせ下さい。



Cap No.	Cat No.	Polymer	Cap No.	Cat No.	Polymer
1	053	Acrylonitrile/butadiene copolymer - 22% acrylonitrile	51	107	Polyethylene, chlorosulfonated
2	054	Acrylonitrile/butadiene copolymer - 22% acrylonitrile	52	042	Polyethylene, low density
3	530	Acrylonitrile/butadiene copolymer - 51% acrylonitrile	53	405	Polyethylene, oxidized
4	209	Butyl methacrylate/isobutyl methacrylate copolymer	54	491	Poly(ethylene glycol)
5	660	Cellulose	55	136A	Poly(ethylene oxide) - Approx Mw 100,000
6	083	Cellulose acetate	56	136E	Poly(ethylene oxide) - Approx Mw 400,000
7	077	Cellulose acetate butyrate	57	113	Poly(ethyl methacrylate)
8	321	Cellulose propionate	58	414	Poly(2-hydroxyethyl methacrylate) - Approx Mw 300,000
9	1078	Cellulose triacetate	59	815	Poly(2-hydroxyethyl methacrylate) - Approx Mw 1,000,000
10	459	Ethyl cellulose - Viscosity 4cp (5% solution @ 25°C)	60	112	Poly(isobutyl methacrylate)
11	464	Ethyl cellulose - Viscosity 22cp (5% solution @ 25°C)	61	106	Polyisoprene, chlorinated
12	460	Ethyl cellulose - Viscosity 300cp (5% solution @ 25°C)	62	037B	Poly(methyl methacrylate) - Approx Mw 75,000
13	534	Ethylene/acrylic acid copolymer - 15% acrylic acid	63	037D	Poly(methyl methacrylate) - Approx Mw 540,000
14	455	Ethylene/ethyl acrylate copolymer - 18% ethyl acrylate	64	382	Poly(4-methyl-1-pentene)
15	939	Ethylene/methacrylic acid copolymer - 12% methacrylic acid	65	391	Poly(p-phenylene ether-sulphone)
16	243	Ethylene/vinyl acetate copolymer - 14% vinyl acetate	66	090	Poly(phenylene sulfide)
17	244	Ethylene/vinyl acetate copolymer - 18% vinyl acetate	67	130	Polypropylene, isotactic
18	316	Ethylene/vinyl acetate copolymer - 28% vinyl acetate	68	1024	Polystyrene, Mw 1,200
19	246	Ethylene/vinyl acetate copolymer - 33% vinyl acetate	69	039A	Polystyrene - Approx Mw 260,000
20	326	Ethylene/vinyl acetate copolymer - 40% vinyl acetate	70	574	Polystyrene sulfonated, sodium salt
21	784	Ethylene/vinyl acetate copolymer - 45% vinyl acetate	71	046	Polysulfone
22	959	Ethylene/vinyl alcohol copolymer - 38% ethylene	72	203	Poly(tetrafluorobutylene)
23	143	Hydroxyethyl cellulose	73	166	Poly(2,4,6-tribromostyrene)
24	401	Hydroxypropyl cellulose	74	347	Poly(vinyl acetate) - Approx Mw 150,000
25	423	Hydroxypropyl methyl cellulose - 10% hydroxypropyl, 30% methoxyl	75	1040	Poly(vinyl acetate) - Approx Mw 500,000
26	144	Methyl cellulose	76	336	Poly(vinyl alcohol), 88% hydrolyzed
27	374	Methyl vinyl ether/maleic acid copolymer - 50/50 copolymer	77	352	Poly(vinyl alcohol), 98% hydrolyzed
28	317	Methyl vinyl ether/maleic anhydride - 50/50 copolymer	78	361	Poly(vinyl alcohol), 99% hydrolyzed
29	034	Nylon 6 Poly(caprolactam)	79	043	Poly(vinyl butyral)
30	033	Nylon 6/6 Poly(hexamethylene adipamide)	80	038	Poly(vinyl chloride)
31	313	Nylon 6/12 Poly(hexamethylene dodecanediamide)	81	353	Poly(vinyl chloride), carboxylated - 1.8% carboxyl
32	006	Nylon 11 Poly(undecanoamide)	82	102	Poly(vinylidene fluoride)
33	044	Nylon 12 [Poly(laurylactam)]	83	840	Poly(4-vinylpyridine), linear
34	045A	Phenoxy resin	84	416	Poly(4-vinylpyridine-co-styrene)
35	009	Polyacetal	85	132	Polyvinylpyrrolidone - Approx Mw 360,000
36	001	Polyacrylamide	86	494	Styrene/acrylonitrile copolymer - 25% acrylonitrile
37	1036	Polyacrylamide, carboxyl modified, high carboxyl content	87	495	Styrene/acrylonitrile copolymer - 32% acrylonitrile
38	026	Poly(acrylic acid) - Approx Mw 450,000	88	393	Styrene/allyl alcohol copolymer
39	599	Poly(acrylic acid) - Approx Mw 4,000,000	89	057	Styrene/butadiene copolymer, ABA block
40	134	Polyacrylonitrile	90	595	Styrene/butyl methacrylate copolymer
41	385	Polyamide resin	91	453	Styrene/ethylene-butylene copolymer, ABA block
42	128	Poly(1-butene), isotactic	92	1067	Styrene/isoprene copolymer, ABA block
43	962	Poly(butylene terephthalate)	93	457	Styrene/maleic anhydride copolymer
44	111	Poly(n-butyl methacrylate)	94	049	Styrene/maleic anhydride copolymer - 50/50 copolymer
45	1029	Polycaprolactone	95	068	Vinyl chloride/vinyl acetate copolymer - 10% vinyl acetate
46	954	Polycarbonate - Approx Mw 36,000	96	063	Vinyl chloride/vinyl acetate copolymer - 12% vinyl acetate
47	035	Polycarbonate - Approx Mw 45,000	97	911	Vinyl chloride/vinyl acetate/hydroxypropyl acrylate - 80% vinyl chloride, 5% vinyl acetate
48	126	Poly(2,6-dimethyl-p-phenylene oxide)	98	058	Vinylidene chloride/vinyl chloride copolymer - 5% vinylidene chloride
49	324	Poly(4,4'-dipropoxy-2,2'-diphenyl propane fumarate)	99	369	n-Vinylpyrrolidone/vinyl acetate copolymer - 60/40 copolymer
50	558	Polyethylene	100	021	Zein, purified

ここに記されている他にも数千種類のポリマー試料を取り揃えております。 カタログ・資料ご希望およびお問い合わせ等は下記へご連絡下さい。

GSC 株式会社 ゼネラルサイエンスコーポレーション

〒170-0005 東京都豊島区南大塚3丁目11番地8号 TEL.03-5927-8356 (代) FAX.03-5927-8357

ホームページアドレス <http://www.shibayama.co.jp> e-mail アドレス gsc@shibayama.co.jp

YASUI KIKAI

SINCE 1953

再現性、精度、信頼性。

36年以上の実績と公定法と学術論文。



立体8の字®

商標登録第 6576850号

秒速粉碎機

マルチビーズショッカー®

Multi-beads Shocker®



MB3000シリーズ

☑️ 卓上型・省スペース ❌ 極静音設計 40dB以下

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

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

©2025 Yasui Kikai Corporation, all rights reserved.

251007

BAS

光学式酸素モニター



FireSting O2-C 酸素モニター(4ch)

接続するセンサータイプを入れ替えることで、基本機能の光学式酸素モニタリング測定の外に光学式温度測定、および(一部機種のみ)pH測定が可能な測定装置です。

- 一台で最大4チャンネル対応。項目の組合せは自由
- 気相および液相での測定に利用できます
- 酸素濃度測定用のセンサーには通常用と低濃度用があります
- 非接触型など様々なタイプのセンサーをラインナップ

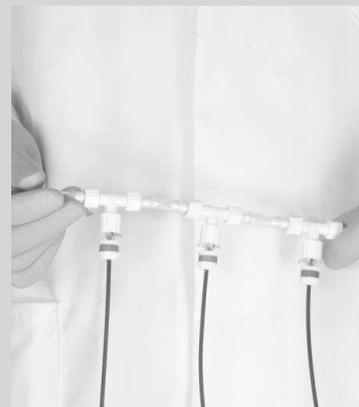
ミニプローブを溶液に挿して...



密閉容器内の酸素濃度や温度の測定に...



フローセルタイプで流体の測定に...

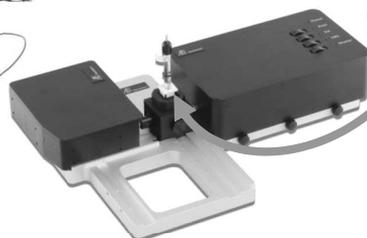


BAS

分光電気化学システム



モデル3325
バイポテンショスタット



SEC2020
スペクトロメーターシステム



SEC-CT
石英ガラス製光電気化学セルキット+参照電極

電気化学的な挙動と分光スペクトル変化を同時に測定できるシステムです。

● 製品の外觀、仕様は改良のため予告なく変更される場合があります。

BAS ビー・エー・エス株式会社

光学式センサーをはじめ各種のアクセサリーについては弊社ホームページでご確認下さい!!

本社 〒131-0033 東京都墨田区向島 1-28-12
東京営業所 TEL: 03-3624-0331 FAX: 03-3624-3387
大阪営業所 TEL: 06-6308-1867 FAX: 06-6308-6890

セミナー講演内容などビー・エー・エス株式会社の最新情報はメールニュースで随時配信しております。配信ご希望の方はお気軽にお問い合わせ下さい⇒ E-mail: sp2@bas.co.jp

JAIの熱分解装置、全9種類。用途に合わせてお選びください。

全機種で試料管とニードルの交換が容易。コンタミのお悩み解消!!

Curie Point Injector JCI-77 for GC, GC/MS

インジケータ
動作状況を表示します。

スタートボタン
ワンタッチで導入が完了します。

本体
片手で持てるコンパクトサイズ。
手軽にGCへの注入が可能です。

パイロホイル
160~1040°Cの加熱温度選択。

試料管(又はmini-PAT)
試料を包んだパイロホイルを入れて、
本体にセットします。

ニードル
GCのインジェクターへ挿入して
注入します。

据え付けいらず、
GC/MSを選ばない。

熱分解-GC/MS、
VOC分析で活躍!!



JHP-10



キューリーポイントPY

JHP-10+APS-50



JHP-10
+パイロホイルサンプラー

JPI-15/07



キューリーポイントインジェクター
オートサンプラー

JHP-2200 NEW!!



熱分解・
発生ガス分析装置

JHI-08



キューリーポイントPY
+抵抗加熱PY

JHI-08+APC-50



JHI-08
+カップサンプラー

JHI-08+APS-50



JHI-08
+パイロホイルサンプラー

実機でのデモンストレーションさせていただきます。お持ちのGC/GCMSでご評価ください。
デモのご希望は下記までお願いします。なるべく早く対応させていただきます。

JAI 日本分析工業株式会社 <https://www.jai.co.jp/>

■本社・工場 〒190-1213 東京都西多摩郡瑞穂町武蔵 208 TEL 042-557-2331
■大阪営業所 〒532-0002 大阪市淀川区東三国 5-13-8-303 TEL 06-6393-8511
■名古屋営業所 〒451-0045 名古屋市西区名駅 2-23-14 VIA141-321 TEL 052-446-6696



製品情報

【ア行】

(株)アmenaテック…………… A8
 (株)エス・ティ・ジャパン…………… 表紙 2

【サ行】

(株)島津製作所…………… 表紙 3
 西進商事(株)…………… カレンダー裏
 (株)ゼネラルサイエンス
 コーポレーション…………… A3

【ナ行】

日本電気計器検定所…………… 表紙 4
 日本分光(株)…………… A1
 日本分析工業(株)…………… A10

【ハ行】

ビー・エー・エス(株)…………… A9
 フリッチュ・ジャパン(株)…………… A5
 フロンティア・ラボ(株)…………… A2

【ヤ行】

安井器械(株)…………… A4
 製品紹介ガイド…………… A6~7

分析試料の前処理作成用粉碎機

FRITSCH GERMANY



ドイツ フリッチュ社製

ミニミル P-23



- ナノ粒子を1-2分で作成
- 処理量0.1-5mlの少量試料作製に最適
- 重量7kg、寸法20×30×30cmと極めて小型
- 容器。ボールの材質はジルコニア、ステンレス、プラスチック
- 研究室だけでなく、DCを使って外部での使用も
- 更に、グローブボックス内での使用も可能
- マイクロチューブにも対応。Max 2ml×6個

ドイツ フリッチュ社製

遊星型ボールミル
Classic Line P-7



- Fritsch 伝統の遊星型ボールミルの小型タイプ
- 容器のサイズは45ml、または12ml。2個搭載可能
- 容器、ボールの材質はメノウ、ジルコニア等7種類
- ポット回転数はMax1,600rpmの強力パワー
- 試料作製だけでなく、本機目的の研究開発用機器としてもご使用いただけます

カタログおよび価格表は弊社にお問い合わせください

フリッチュ・ジャパン株式会社

本社 〒231-0023 横浜市中区山下町252
 大阪営業所 〒532-0011 大阪市淀川区西中島7-2-7
 福岡営業所 〒819-0022 福岡市西区福重5-4-2

info@fritsch.co.jp <https://www.fritsch.co.jp>

Tel (045)641-8550 Fax (045)641-8364
 Tel (06)6390-0520 Fax (06)6390-0521
 Tel (092)707-6131 Fax (092)707-6131

高周波溶融装置

AmenaTech

ビード&フューズサンブラ

高周波誘導加熱を利用した、蛍光X線分析用ガラスビードの作成や
ICP/AA分析のアルカリ融解を行う試料前処理装置



オートサンブラ機能付タイプ AT-5300

【高周波誘導加熱】

電気炉とは違い、るつぼ自体が発熱するので加熱効率が良く、短時間で溶融処理ができます。また、コイルに流れる電流値を精度良くコントロールすることで、るつぼの発熱温度を微調整することができるので、試料と融剤が激しく反応して試料が飛散することを抑えることができます。

【主な特徴】

- ・ 8種類の溶融レシピを自由に設定
加熱温度・加熱時間・るつぼの揺動回転
- ・ 色々な材質のるつぼの使用が可能
白金・ジルコニウム・ニッケル
特殊アダプタをセットするとアルミなるつぼも使用可

卓上型タイプ AT-5000



株式会社アメナテック

〒224-0003

神奈川県横浜市都筑区中川中央 2-5-13 メルヴューサガノ 401

TEL : 045-548-6049 e-mail : info@amena.co.jp <https://www.amena.co.jp>

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

ゼオライトにおける超秩序構造と高機能化へ向けた制御の検討

伊與木 健太

1 はじめに

ゼオライトは分子サイズのマクロ孔 (< 2 nm) を有する結晶性の無機多孔質材料であり、主としてアルミノケイ酸塩骨格を有する。その特徴を活かして、触媒や吸着材、イオン交換材などとして広く用いられており、分析化学分野においても、種々の充填材や抽出材などとして用いられている。ゼオライトの結晶構造は現在 250 種類以上が知られており、各結晶構造は国際ゼオライト学会により定められているアルファベット 3 文字の構造コード (FAU 型, MFI 型, MOR 型など, 図 1) により表す¹⁾。結晶構造が同一であってもその骨格の原子組成が異なれば特性が変わり、別のゼオライトとして扱われることも多い。この種類の多さや、様々な表記の存在がわかりにくいかもしれないが、異分野の方にもぜひゼオライトを知っていただきたく、本稿を執筆する次第である。

ゼオライトの合成は主に水熱合成法が用いられるが、その生成過程においては非晶質のアルミノケイ酸塩種が生成し、非古典的な結晶化挙動が見られることが知られている。この非晶質中において、order-in-disorder といえる微細構造が存在することが知られているが、その詳細は研究途上である。一方、結晶化したゼオライトにおいても、骨格中のアルミニウムや骨格外カチオンの位

置、複数の結晶構造のインターグロースといった disorder-in-order といえる構造が多くある。筆者が参加していた学術変革領域研究 (A) 「超秩序構造が創造する物性科学」内において、これらを超秩序構造として捉える研究を遂行してきた²⁾。超秩序構造の制御がなされれば、ゼオライトの精密合成、触媒活性や吸着特性の向上などが可能になると期待されるが、超秩序構造を実際に観測することは容易ではなく、分析化学分野の方とぜひ情報交換を行いながら、発展する技術を積極的に適用していきたいと考えている。

2 ゼオライト中の欠陥制御と超耐久/超疎水性ゼオライトの創出

ゼオライトの骨格構造は、Si や Al 原子を始めとする 4 配位原子 (tetrahedral から T 原子と呼ばれることが多い) と、O 原子を始めとする 2 配位原子からなっている。様々な欠陥構造が知られているが、ハイシリカ (アルミニウムが比較的少ない) ゼオライトにおいてよく存在していると考えられるものに、T 原子が欠損し、シラノール基が四つ集まったシラノールネストと呼ばれるものがある (図 2)。このシラノール欠陥の存在により、耐久性や疎水性といった性質が影響を受ける。

始めに紹介する研究では、ハイシリカゼオライトを対象として、シラノール欠陥を極限まで低減させ、耐久性を飛躍的に向上させる手法を開発した。これまでもシラノール欠陥低減の方法としてはシリル化剤の添加や低温スチーミングといった手法がよく知られていたが、細孔容積の低下や欠陥の残存といった課題があった³⁾⁴⁾。これに対して、本研究では、追加のシリル化剤を必要と

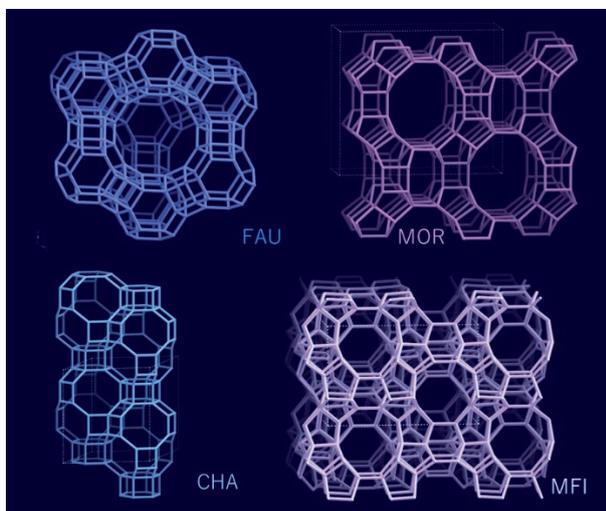


図 1 代表的なゼオライト構造¹⁾

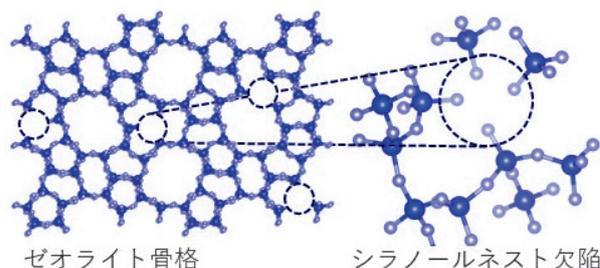


図 2 ゼオライト中のシラノールネスト

青: T 原子, 灰色: 酸素原子, 水素原子は省略されている。

せず簡便な液相での水熱処理により可能であることを見いだした⁵⁾。具体的には、市販されている ZSM-5 ゼオライト (Si/Al=750) を処理溶液に加え、40~170℃にて3~24時間水熱処理を行った。処理溶液としては、水酸化テトラエチルアンモニウム (TEAOH) とフッ化アンモニウム (NH₄F) を用い、TEAOH : NH₄F : H₂O=0-1 : 0-1.14 : 15 (標準条件: 0.1 : 0.1 : 15) の組成とした。水熱処理を行ったサンプルは洗浄、乾燥し白色粉末を得た。スチーム耐久試験は自作した試験装置を用いて、10 vol % 水蒸気雰囲気下、3時間、900~1150℃にて行ったところ、処理前においては900℃において結晶性を大きく失い非晶質化したのに対して、処理後のサンプルでは1150℃においても高い結晶性と細孔容積を保つことが分かった (図3 (a))。

非晶質シリカや通常のゼオライトなどの他のシリカ系材料と比較して特異的に高い耐久性を有する材料であると言える。耐久性の向上はシラノール欠陥の低減によると考えられ、²⁹Si MAS NMR スペクトルにおいて、高耐久化したサンプルは欠陥に由来するシグナルが観測されず、検出不可能なほど低減していることが確かめられた。同様に欠陥の低減の様子は FTIR スペクトルにおいても、シラノール基が極端に減少している様子が観察された。また、シラノール欠陥の低減は、耐久性の向上のみならず疎水性の向上にも効果的である。処理前後のサンプルにおいてマイクロ孔容積は変化していないが、水の吸着量が処理後のサンプルにおいて大きく低下し、極めて疎水性の高いサンプルが得られていることが分かっている (図3 (b))。

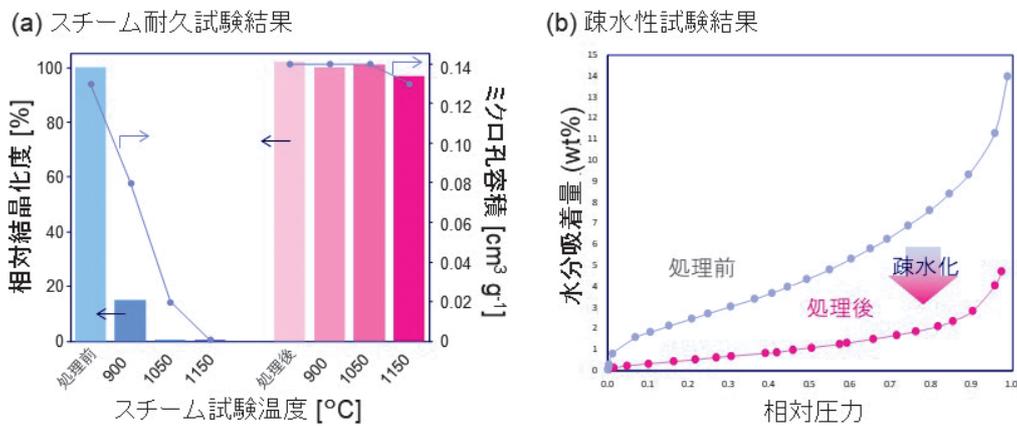


図3 欠陥修復による (a) 耐久化と (b) 疎水化

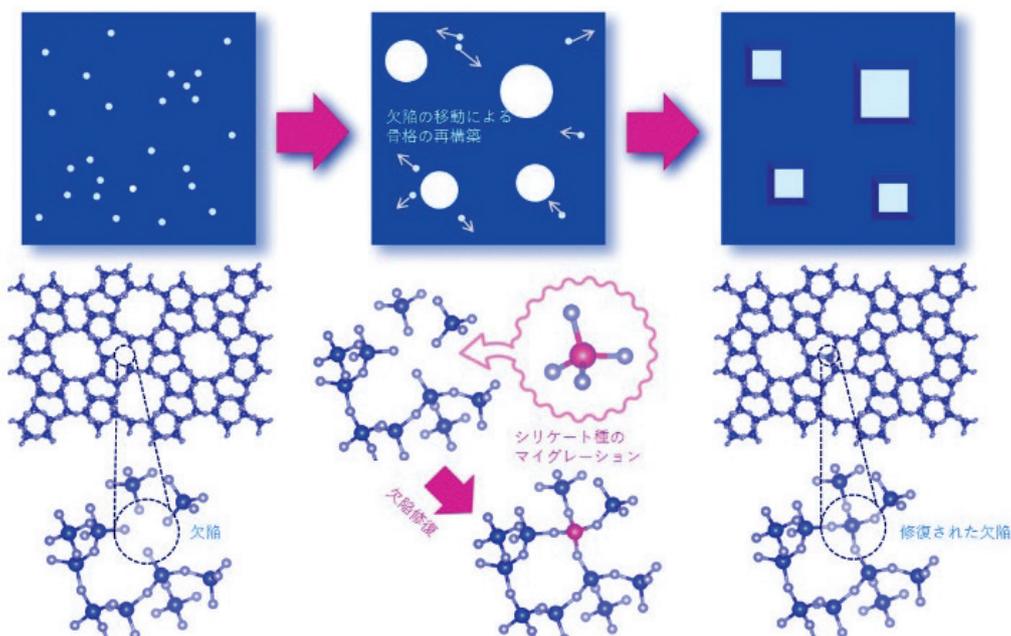


図4 提案した Self-defect healing メカニズム

本処理条件は、高 pH かつフッ化物イオンが存在する水熱処理条件であることから、ゼオライト骨格を形成しているシロキサン結合は、容易に開裂と再縮合を繰り返す、骨格の再構築が起これると考えられる。このとき、細孔内に TEAOH（もしくは TEA カチオン）が存在することにより骨格構造が安定化され（“Pore-filler” 効果）、崩壊せずに構造を保つことができていると考えられる。実際に、TEAOH を用いずに NH_4F のみを用いて処理した場合には結晶化度が大きく低下し、 NH_4F を用いずに TEAOH のみを用いて処理した場合にはゼオライトが溶解することを確認している。ゼオライト合成においては、所望の構造のゼオライトを得るために細孔構造の“鑄型”となる有機構造規定剤（OSDA）を利用することが多いが、処理後のゼオライト中の有機物量は 2 wt %（MFI 型ゼオライトユニットセルあたり 1 分子に相当）程度であり、通常の合成後に含まれている OSDA による有機物量と比較しても 1/4 程度と少ない。TEAOH は骨格を安定化させながらも細孔を完全には満たしておらず、シリケート種がゼオライトの細孔内を拡散することができると考えられる。追加のシリル化剤なしに欠陥を修復するメカニズムについて、“Self-defect healing” として報告している（図 4）が、水熱処理中の結合の形成やシリケート種の移動の様子を直接観察することは難しく、さらなる測定技術の発展に期待している。

3 小細孔ゼオライトに対する脱アルミニウム

欠陥のみならず、ゼオライトの水熱安定性や疎水性に寄与する重要なパラメーターとして組成、特に骨格中の Al 原子の含有量がある。ゼオライト骨格において Al 原子の周囲の酸素原子は負に帯電しており、これをプロトンまたは種々のカチオンの正電荷が補償している。骨格中の Al 原子は、触媒、吸着、イオン交換などゼオライトの多様な能力の源泉となっている一方で、Al-O-Si 結合の加水分解が骨格構造崩壊の引き金となるという問題がある。このため、場合により後処理を行うなどの手法により Al 原子の含有量を適度に減らすことが高機能なゼオライトを得る上で必要となる。しかしながら、現時点で提案されている後処理による Al 量制御が適用できない系として小細孔ゼオライトがある。小細孔ゼオライトとは、酸素 8 員環を最大の細孔としてもつゼオライトの総称であり、AFX 型、CHA 型などこれまでに約 50 種類の結晶構造が報告されている。小細孔ゼオライトの脱 Al を試みた研究としては Ji らによる CHA 型ゼオライトのスチーミング及び酸処理による脱アルミニウム⁶⁾などがあるが、結晶性を保ったまま骨格 Al を除去するのは困難である。これは、小細孔ゼオライトの小さな細孔径と骨格外 Al 種のサイズの関係で説明できる。ゼオライトから Al を除去するためには、骨格から Al が

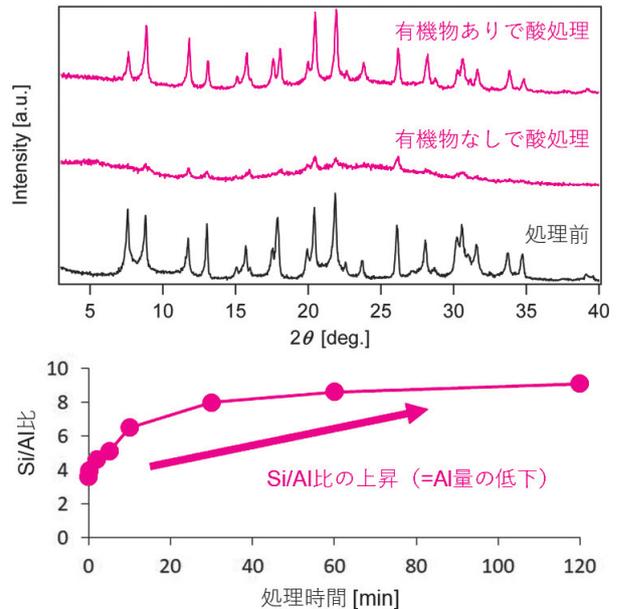


図 5 AFX 型ゼオライトに対する酸処理

脱離して生成した骨格外 Al 種（大きさ 4.5 Å 以上）がゼオライトの細孔を通り抜け骨格外に溶出する必要がある。一方、小細孔ゼオライトの細孔径は 3~4 Å 程度であり、骨格構造にダメージを与えることなく細孔を通じて Al を除去するのが難しい。

ここで、前項にて紹介した欠陥修復処理における“Pore-filler”効果のコンセプトが生きてくる。本研究ではこれに着想を得て、ゼオライト細孔中の有機分子の構造安定化効果を利用しながら脱 Al 処理を行うことを考えた⁷⁾。ゼオライト合成時には、有機物である OSDA の周りにアルミノシリケート骨格が組みあがっていき、そのまま細孔内に取り込まれた OSDA は合成直後のゼオライト中にも存在している。本研究では、この OSDA の構造安定化効果を利用しながらゼオライトを酸処理し、結晶性を保ったまま骨格 Al の除去を行うことにした。まず、合成後に焼成して OSDA を除去した AFX 型ゼオライトについて硫酸溶液を用いた酸処理を実施した。酸処理はゼオライト 0.5 g を 5 mL の純水に分散し、5 mL の 1 M 硫酸を加えたのち 80 °C で 2 時間攪拌したところ、XRD パターンにおいて、結晶に由来するピークの強度が著しく減少し、非晶質に由来するブロードなピークが観測された（図 5、有機物なしで酸処理）。計算された相対結晶化度は 8 % となり大きく低下していることがわかる。

このことから、酸処理により Al が骨格から脱離し液相へと溶出する過程でゼオライトの骨格構造が崩壊したことを示している。続いて焼成を行っていない、すなわち細孔内に OSDA を含んでいる AFX 型ゼオライトの脱アルミニウムを実施した。2 時間の酸処理後も結晶化度は大きく損なわれず、非晶質や不純物相に由来するピークも見られなかった。一方、Si/Al 比は 3.6 から 9.1 に上

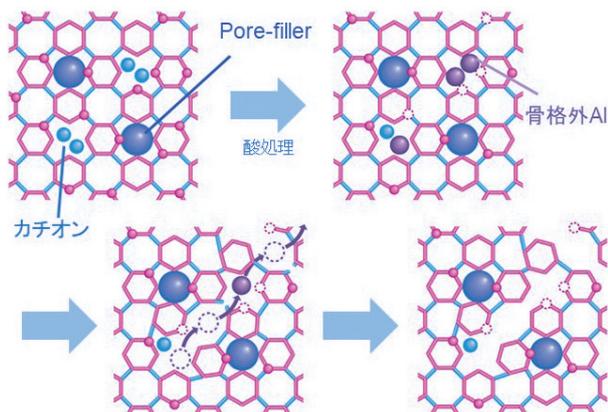


図6 提唱した細孔拡大移動プロセス

昇し、結晶性を保ったまま脱 Al が進行したことが確認された。この Si/Al 比は直接合成では得ることが困難な組成である。断面 SEM-EDS 画像からは、粒子の外側だけでなく内部からも Al 原子が除去されていることが示された。本研究では考えられるスキームとして細孔拡大移動プロセス (pore-opening migration process, POMP) を提唱した (図 6)。

このスキームでは、まず骨格 Al の負電荷を補償していた無機カチオンの一部が溶出し、これに伴い電荷がバランスしていた骨格 Al が骨格から脱離し、骨格外 Al 種となる。この反応は酸処理開始直後の数分間の間に急速に進行する。続いて、骨格外 Al 種は部分的に拡大した細孔を通り抜けて徐々に除去される。そして、最終的に Al 含量の少ないゼオライトが得られる。

4 原子位置の制御へ向けた展開

これまでに述べてきた後処理手法が示唆しているのは、ゼオライト骨格の再構築に伴い超秩序構造が変化している可能性である。その可能性を示す興味深い実験結果として、OSDA フリー法で合成されたハイアルミニウムなゼオライトベータへの適用事例⁸⁾がある。ハイシリカゼオライトに対する欠陥修復処理と同様の条件でハイアルミニウムゼオライトベータを処理しても、各種のキャラクタリゼーションにおいて大きな変化は見られず、同じゼオライトのように見える。しなしながら、処理後のゼオライトベータに鉄イオンをイオン効果により導入し、アンモニアを用いた脱硝反応 (NH₃-SCR) 試験を行うと、低温活性が有意に向上する。活性向上の詳しいメカニズムは分かっておらず、投稿論文においても“Unexpected Low Temperature Activity”として発表したが、活性点である鉄イオンに影響を与える骨格内アルミニウムの配置が変わっている可能性が考えられている。

アルミニウム配置の追跡のために、MOR 型ゼオライトを用いて検討を行った⁹⁾。MOR 型ゼオライトに対し

て、これまで用いてきた液相法による欠陥修復処理、スチーム処理、酸処理の後処理を組み合わせを行った。スチーム処理や酸処理では、骨格からアルミニウムが脱離する一方、欠陥修復処理においては骨格外にある 6 配位のアルミニウムが 4 配位となり骨格に挿入されることが見いだされた。このことは本処理が、アルミニウムの脱離と再挿入によって骨格内アルミニウム配置の変化をもたらしている可能性を示唆するものである。欠陥となるシラノール基と、アルミニウムの位置関係について NMR を用いて詳細に分析することでこれらが近接している可能性を示した。しかしながら、不等価な 4 配位原子が 4 種類存在している MOR 型骨格においては、スペクトルの重複から、不等価な 4 配位原子ごとに完全に分離した解析は困難であることも分かった。最近、筆者らは、不等価な T 原子が 2 種類である MAZ 型ゼオライトをさらなるモデル材料として、後処理によるアルミニウム原子の移動を追跡した結果を得ている¹⁰⁾。

5 おわりに

結晶構造が同一のゼオライトであってもその組成や欠陥の有無、さらには原子の配置といった、disorder-in-order な超秩序構造に由来する差異により応用時の性能が大きく異なってくる。特に最近ではより過酷な反応条件にて働く触媒や、極低濃度の物質を対象とした吸着材など、求められる性能が上がっている。このような中で、超秩序構造の観察や制御の重要性が増している。完全な制御へ向けては多くの検討が必要であるが、様々な分野の方との協業も行いながら貢献していきたい。本研究は、多くの共同研究者のご尽力と、研究費 (主として、ERCA JPMEERF20242M01, JST JPMJSC22C5, NEDO JPNP14004) によるご支援によるものであり、ここに謝意を示す。

文 献

- 1) Ch. Baerlocher, Darren Brouwer, Bernd Marler, L. B. McCusker : *Database of Zeolite Structures*, (<https://www.iza-structure.org/databases/>).
- 2) K. Hayashi (Ed) : “*Hyperordered Structures in Materials Disorder in Order and Order within Disorder*”, (2024), (Springer Nature).
- 3) S. Prodingler, M. A. Derewinski, A. Vjunov, S. D. Burton, I. Arslan, J. A. Lercher : *J. Am. Chem. Soc.*, **138**, 4408 (2016).
- 4) J. Shin, N. H. Ahn, M. A. Cambor, S. J. Cho, S. B. Hong : *Angew. Chem. Int. Ed.*, **53**, 8949 (2014).
- 5) K. Iyoki, K. Kikumasa, T. Onishi, Y. Yonezawa, A. Chokkalingam, Y. Yanaba, T. Matsumoto, R. Osuga, S. P. Elangovan, J. N. Kondo, A. Endo, T. Okubo, T. Wakihara : *J. Am. Chem. Soc.*, **142**, 3931 (2020).
- 6) Y. Ji, J. Birmingham, M. A. Deimund, S. K. Brand, M. E. Davis : *Microporous Mesoporous Mater.*, **232**, 126 (2016).
- 7) T. Yoshioka, K. Iyoki, Y. Hotta, Y. Kamimura, H. Yamada, Q. Han, T. Kato, C. A. J. Fisher, Z. Liu, R. Ohnishi, Y. Yanaba, K. Ohara, Y. Sasaki, A. Endo, T. Takewaki, T. Sano, T.

Okubo, T. Wakihara : *Sci. Adv.*, **8**, eabo3093 (2022).

- 8) J. Yu, K. Iyoki, S. P. Elangovan, H. Fujinuma, T. Okubo, T. Wakihara : *Chem. Eur. J.*, **e202303177**, (2023).
- 9) Y. Fujikawa, T. Yoshioka, K. Iyoki, T. Ohkubo, T. Okubo, T. Wakihara : *J. Phys. Chem. C*, **128**, 9331 (2024).
- 10) Y. Yoshida, K. Yamashita, K. Muraoka, M. Hasumi, R. Osuga, Y. Yanaba, K. Nakajima, A. Nakayama, T. Wakihara, T. Okubo, K. Iyoki : under revision.



伊與木 健太 (IYOKI Kenta)

東京大学大学院新領域創成科学研究科
(〒277-8563 千葉県柏市柏の葉 5-1-5).
東京大学大学院工学系研究科化学システム
工学専攻博士課程修了. 博士 (工学). 《現
在の研究テーマ》多孔質材料の合成と応
用.

E-mail : iyoki@edu.k.u-tokyo.ac.jp

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

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

本書は下記の二章だてとなっています。

〈1 章 分析における試料前処理の基礎知識〉

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

〈2 章 分析試料の正しい取り扱いかた〉

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

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