ぶんせき　2025年 第5号(通巻第605号)　令和7年5月5日発行(毎月1回5日発行)　ISSN 0386-2178

ぶんせき⑤

Bunseki 2025

The Japan Society for Analytical Chemistry

日本分析化学会
https://www.jsac.jp

ELGA VEOLIA

PFAS分析に最適な超純水が装置から直接採水できます

- 今お使いの超純水製造装置では PFOS や PFOA が検出されてしまってブランク水として使えない
- PFOS/PFOAフリー超純水を購入して使うのはコストがかかるし、面倒だ

…こんなことでお困りの分析者の方へ

GOOD DESIGN
ピュアラボディスペンサーが
2021年度
グッドデザイン賞 受賞!!

エルガ・ラボウォーターの PURELAB Chorus 1 Analytical Research なら 超純水をそのまま使えます

超純水中のPFOS、PFOA、PFHxSの分析例

	PURELAB Chorus 1 水
PFOS	< DL (0.02 ng/L)
PFOA	< DL (0.02 ng/L)
PFHxS	< DL (0.02 ng/L)

分析：株式会社アクアパルス (2022)
試験方法：
PFOS、PFOA；令和 2 年環水大水発第 2005281 号 / 環水大土発第 2005282 号 付表 1 固相抽出 LC-MS/MS 法
PFHxS ；令和 2 年環水大水発第 2005281 号付表 1 準用

エルガの超純水製造装置は採水口フィルターからのコンタミの心配がありません

より詳細な情報をご希望の方は下記までお問い合わせください。

ヴェオリア・ジェネッツ株式会社　エルガ・ラボウォーター事業部

お問い合せ　〒108-0022 東京都港区海岸 3-20-20 ヨコソーレインボータワー 3F
e-mail : jp.elga.all.groups@veolia.com　https://jp.elgalabwater.com

ELGA は Veolia Water Technologies の実験室用水の国際的ブランド名です。PURELAB は ELGA LabWater の商標および技術です。【禁無断転載・複写】

SHIMADZU
Excellence in Science

走査型プローブ顕微鏡
Scanning Probe Microscope

SPM-9700HT Plus

ナノの世界を身近に

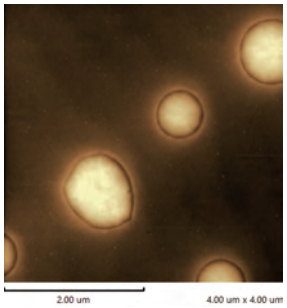
ANALYTICAL INTELLIGENCE

最新のユーザー支援技術「Analytical Intelligence」を備えたシステムとソフトウェアが、分析から解析までのワークフロー全体を最大限サポートします。

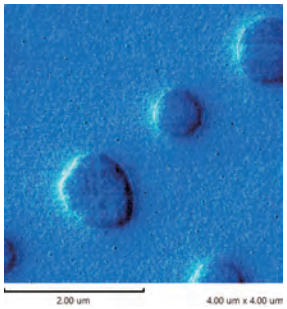
NEW ナノ3Dマッピング Fast（オプション）

従来機（SPM-9700HT）より、物性マッピングの時間を大幅に短縮。マッピング時間が短くなったことにより、安定した物性評価が実施できます。

ブレンドポリマー　観察時間 約27分



形状像

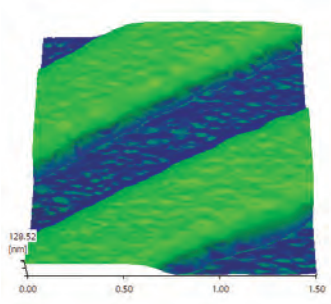


吸着力像

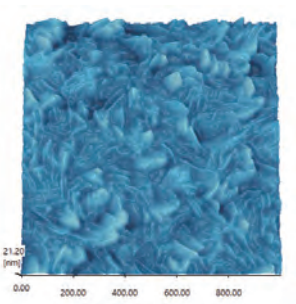
NEW 観察条件の最適化 NanoAssist

設定するのは観察範囲のみ。そのほかの観察条件設定を自動で行います。オペレーターに依存しない観察を実現します。

NanoAssistで取得した形状像



回折格子



ニオブ（Nb）薄膜

株式会社 島津製作所　分析計測事業部

詳しい製品情報はこちら

標準物質の取り扱い専門商社　**～各種標準物質　取り扱っております～**

各種標準物質（RM, CRM）

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

ICP-OES/ICP-MS AAS/IC	固体発光分光分析 蛍光X線／ガス分析	物理特性／熱特性	有機標準物質
・無機標準液／オイル標準液 ・鉄・非鉄各種金属 ・工業製品 （石炭、セメント、セラミックス等） ・環境物質 （土壌、水、堆積物、岩石等） ・乳製品、魚肉、穀物等	・鉄・非鉄各種金属 ・工業製品 （石炭、セメント、セラミックス等） ・環境物質 （土壌、水、堆積物、岩石等） ・（乳製品、魚肉、穀物等）	・X線回折装置用 Si powder, Si nitride,等 ・粒度分布計用 ・熱分析用 DSC（In,Pb,等） ・粘度測定用 ・膜厚分析用	・製薬標準物質 SPEX,LGC,EP,USP, TRC,MOLCAN ・認証有機標準液 ・ダイオキシン類／PCB ・有機元素計用標準物質 ・Cayman Chemical

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

凍結粉砕機（Freezer／Mill）
粉砕容器にインパクター（粉砕棒）とサンプルを一緒に入れ、液体窒素にてサンプルを常時凍結させて運転を開始します。
インパクターを磁化させ、往復運動させる事による衝撃でサンプルを粉砕します。
やわらかいサンプルや熱に弱い生体サンプルに最適です。

〈サンプル例〉プラスチック、ゴム、生体サンプルなど、
〈使用例〉ICP, XRF, GC, LCの前処理　DNA/RNAの抽出の前処理

ボールミル（Mixer／Mill）
SPEX独自の８の字運動により、効率的な粉砕、混合が可能。
サンプルに合った粉砕容器、ボールを選択可能。

〈サンプル例〉岩石、植物、錠剤、合金など
〈使用例〉ICP, XRFの前処理　メカニカルアロイイング

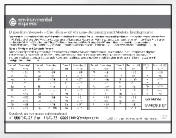
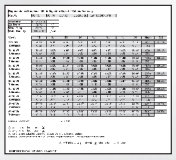
Environmental Express社　不純物証明＆目盛つき容器 50mL

environmental express
an antylia scientific company

Environmental Express社製ポリプロピレンチューブの特長

CertiTube
・不純物濃度証明書と公差証明書が付属
　⇒メスアップや保存容器として使用でき容器の移し替えをする作業(手間、時間)を削減できます。
・ガラス器具由来の金属コンタミリスクも軽減できます！
　110℃の耐熱性があり分解容器としても使用できます。
　※130℃以上の温度では使用できません。
・容器本体とキャップの材質が同じ商品です。
・Certi Tubeはディスポーサブルで使用可能な価格設定です。

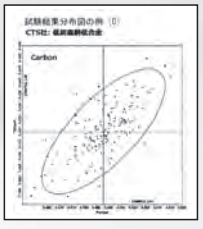
UltiTube
・超高純度UltiTubeは、68元素ppbおよびpptの低濃度が保証され、より低ブランクの測定を実現します。

海外技能試験輸入代行サービス

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

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



YouTubeチャンネル【西進商事公式】　弊社取り扱い製品の情報を公開中です。（順次アップロード予定）

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

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

「未来へ繋げる」信頼と技術の
JEMIC

JEMIC

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

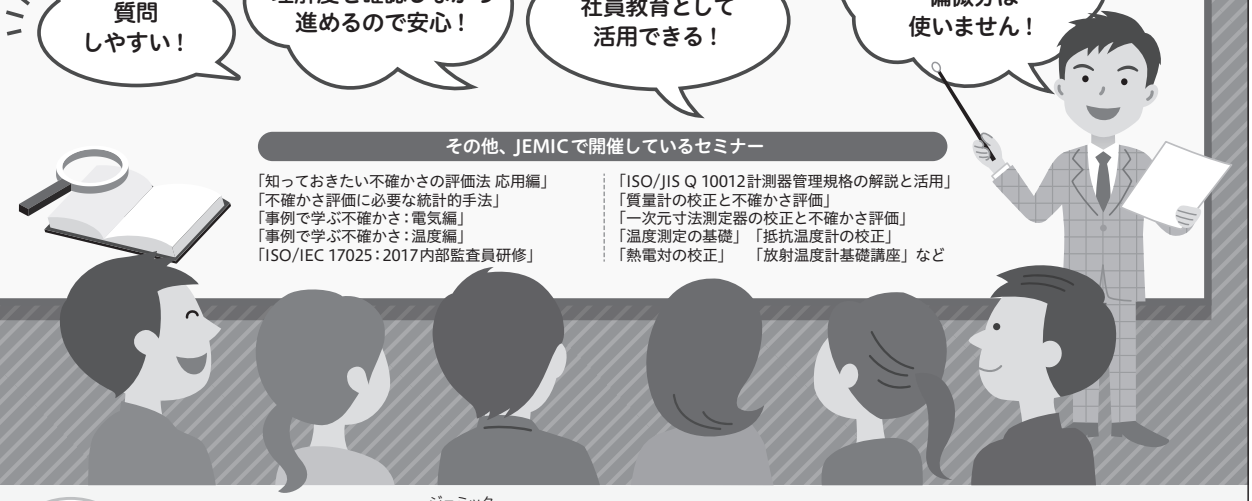
質問しやすい！

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！

受講者全員に受講証明書を発行

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-tky@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。

JEMICイメージキャラクター
「ミクちゃん」

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 愛知県春日井市気噴町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

標　準　物　質

標準物質とは

分析機器の校正、性能向上
分析技術の進歩、確立
分析対象物の値づけ

に用いられます。

より正確な分析データを求めるには、高い信頼性のある標準物質を御使用下さい。

標準物質は以下の分野に数多くあります。

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

☆世界の代表的な標準物質製造・作成者一覧☆

NIST(NBS)／NATIONAL INSTITUTE OF STD. & TEC. ……標準物質一般
LGC／LABORATORY OF THE GOVERMENT CHEMIST. ……標準物質一般
BCR／COMMUNITY BUREAU OF REFERENCE ……標準物質一般
BAS／BUREAU OF ANALYSED SAMPLES LTD ……金属
SP²／SCIENTIFIC POLYMER PRODUCTS INC. ……ポリマー
PL／POLYMER LABORATORIES LTD. ……ポリマー
μM／MICRO MATTER CO. ……けい光Ｘ線用薄膜
IAEA／INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY ……生体・環境
NANOGEN／NANOGENS INTERNATIONAL ……農薬(溶液、原体)
CANMET／CANADA CENTRE FOR MINERAL & ENERGY TEC. ……鉱石・鉱物
NRCC／NATIONAL RESEARCH COUNCIL CANADA ……水質環境用標準物質
ONL／OAK RIDGE NATIONAL LABORATORY ……安定同位体
KENT／KENT LABORATORYS ……抗血清
DSC／DUKE SCIENTIFIC CORPORATION ……球型、表面積
EP／EUROPEAN PHARMACOPOEIA ……医薬品
USP／U.S.P. REFERENCE STANDARDS ……医薬品
BP／BRITISH PHARMACOPOEIA ……医薬品
NIES／国立環境研究所 ……環境・生体

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

GSC 株式会社　ゼネラル サイエンス コーポレーション

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

窒素ガスICP-OES
MICAP™-OES1000

RADOM社独自の高周波技術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ェル型分光光度計から構成されます。小型で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。

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
- 全波長同時測定
- 省スペース設計

高性能GPCインターフェース
LC-CollectIR

LC-CollectIR は、GPCで分離された成分から高い効率で移動相溶媒を蒸発させ、溶質成分のみを「FTIR」「PyroGCMS」「MALDI-MS」の各分セル装置にインターフェースする装置です。より簡単で迅速な分子量分布における共重合体の組成変化解析や、PGC/MS による構造解析の研究に最適です。
さらに簡易分取装置として使用できるため、従来の分取法と比べ、大幅な時間短縮とコストの削減が可能になります。

応用

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

S.T.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蛎殻町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

光学式酸素モニター

FireSting O2-C 酸素モニター(4ch)

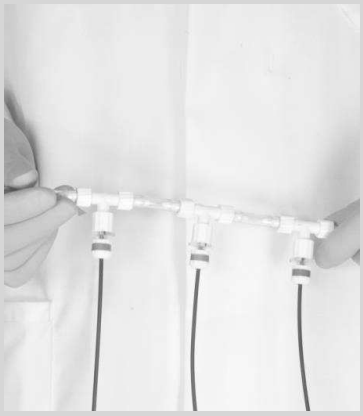
接続するセンサータイプを入れ替えることで、
基本機能の光学式酸素モニタリング測定の他に
光学式温度測定、および (一部機種のみ)
pH測定が可能な測定装置です。

- 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

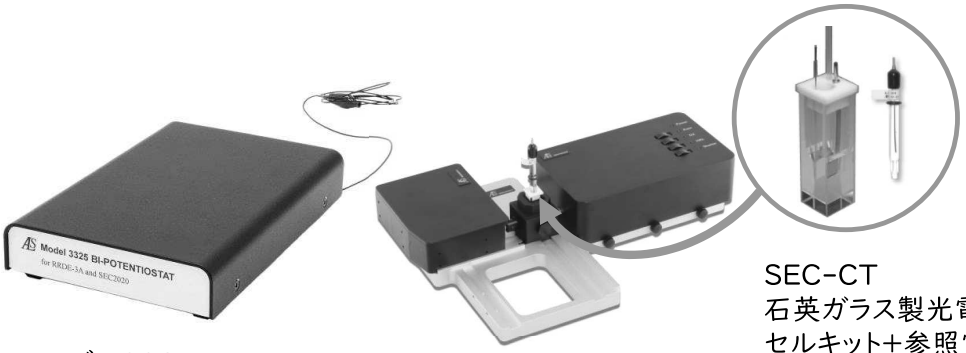
ミニプローブを
溶液に挿して･･･

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･･･



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。

● 製品の外観、仕様は改良のため予告なく変更される場合があります。

BAS ビー・エー・エス株式会社

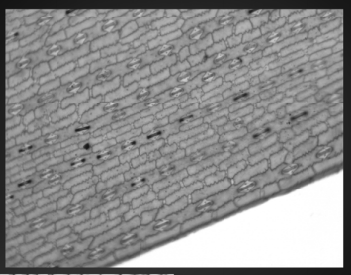
光学式センサーをはじめ各種のアクセサリーについては
弊社ホームページでご確認下さい!!

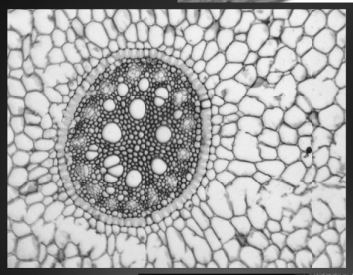
本社 〒131-0033 東京都墨田区向島 1-28-12
東京営業所 TEL: 03-3624-0331 FAX: 03-3624-3387
大阪営業所 TEL: 06-6308-1867 FAX: 06-6308-6890

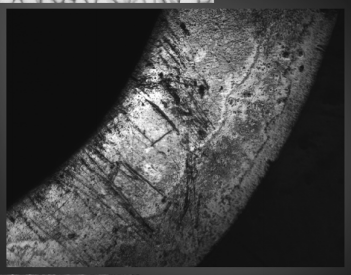
セミナー講演内容などビー・エー・エス株式会社の最新情報はメールニュースで随時配信しております。配信ご希望の方はお気軽にお問合せ下さい ⇒ E-mail: sp2@bas.co.jp

Welcome to the Next Generation

赤外顕微鏡における「観る」、「測る」、「使う」を再構築、
顕微赤外測定に新たなイノベーションを創出します。







「観る」

- 500 万画素の高解像度カメラを搭載
- 光学系の改良と電動アイリス機構による高品位な観察画像
- オートフォーカス標準搭載
- スマートモニターによる観察・測定の同時実行
- 各種観察オプションを用意

「測る」

- 自動 XYZ ステージによる顕微測定の効率化
- スマートマッピングによる革新的な測定
- 光学系及びミッドバンド MCT 検出器の改良による感度向上
- 2in1MCT 検出器による高空間分解能・高感度測定
- ４検出器搭載可能

「使う」

- シンプルで使い易く、初心者でも使える UI
- IQ IR NAV による自動試料認識
- 集光鏡スライドイン方式の採用
- 40mm 厚試料の反射測定対応
- 設置スペースのダウンサイジング

FT/IR-4X＋IRT-5X システム

画像は ×16 カセグレイン鏡で観察

IRT-5X について

詳しくはこちらから

IRT-5X

赤外顕微鏡 / Infrared Microscope

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 ㈹

日本分光の最新情報はこちらから

https://www.jasco.co.jp

日本分光HP

JASCO

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

分析業界のコストカッター

ディスポチューブでもらくらく粉砕!!

MB3000シリーズ

立体8の字®
商標登録第 6576850 号

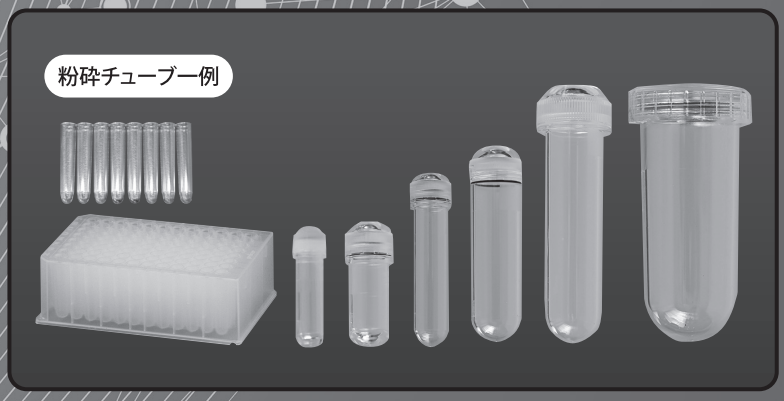
秒速粉砕機

マルチビーズショッカー®

卓上型・省スペース　極静音設計 40dB以下

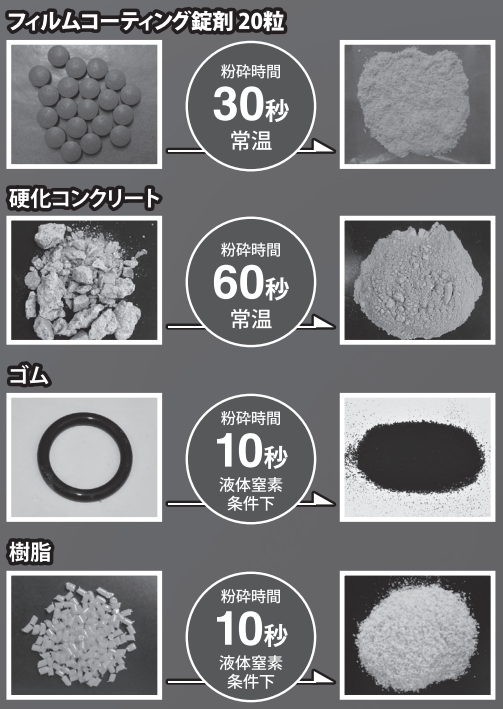
豊富な種類の粉砕用ディスポ容器

96well ～最大 100ml チューブまでラインナップ!!



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

更新キャンペーン実施中!
※詳しくは、お問合せ下さい。



テスト粉砕 と **デモ** は、
アプリケーションラボで **無料** で実施しています。
遠慮なくお問合せ下さい!

お陰様で2023年に創業70周年を迎えました。

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.

250326

FRONTIER LAB

マイクロプラスチック分析用

熱分解GC/MSシステム

フロンティア・ラボのマイクロプラスチック分析用熱分解GC/MSシステムは ASTM D8401-24「熱分解GC/MSを用いた水中のマイクロプラスチックの標準試験法*」に準拠しています。

*Standard Test Method for Identification of Polymer Type and Quantity of Microplastic Particles and Fibers in Waters with High to Low Suspended Solids Using Pyrolysis - Gas Chromatography/Mass Spectrometry

システム紹介

Advance your microplastics research with Frontier Lab's system

迅速凍結粉砕装置 IQ MILL-2070

簡単操作！扱いやすい卓上型の粉砕装置

静音設計

- **静かな作動音** … 通常会話を妨げないレベル（粉砕時の騒音参考値55 dB）
- **短時間 & パワフルに粉砕** … 高速上下ねじれ®運動による効率的な粉砕
- **試料に合わせた細かな条件設定** … 粉砕速度/時間/サイクル数の設定
種類豊富な粉砕子と容器
- **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

40種以上の粉砕応用例をウェブサイトから閲覧可能！ 製品情報

マススペクトル検索ソフトウェア F-Search 3.8

ポリマー・添加剤を瞬時に同定！

- **検索ソフトウェアと4つのライブラリー** … 目的に応じたライブラリーを選択可能
- **独自アルゴリズムで検索** … 異なる分析条件のデータも信頼性ある推定が可能
- **ライブラリー登録数大幅増** … 前バージョン比約650種類のポリマーを追加

30日間トライアル版をウェブサイトからダウンロード可能！ 製品情報

フロンティア・ラボ 株式会社

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

ぶんせき５月号　掲載会社　索引

【ア行】
㈱アメナテック……A10
ヴェオリア・ジェネッツ㈱……表紙４
㈱エス・ティ・ジャパン……A3
【サ行】
㈱島津製作所……表紙２
西進商事㈱……表紙３
㈱ゼネラルサイエンス
コーポレーション……A2
【ナ行】
日本電気計器検定所……A1
日本分光㈱……A5
【ハ行】
ビー・エー・エス㈱……A4
フリッチュ・ジャパン㈱……A7
フロンティア・ラボ㈱……A12
【ヤ行】
安井器械㈱……A6

製品紹介ガイド……A8～9

分析試料の前処理作成用粉砕機

FRITSCH GERMANY

FRITSCH

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ー、ジルコニア等7種類
- ポット回転数はMax1,600 rpm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

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

本　　社　〒231-0023 横浜市中区山下町252　Tel (045)641-8550　Fax (045)641-8364
大阪営業所　〒532-0011 大阪市淀川区西中島7-2-7　Tel (06)6390-0520　Fax (06)6390-0521
福岡営業所　〒819-0022 福岡市西区福重5-4-2　Tel (092)707-6131　Fax (092)707-6131

RENEWAL

AmenaTech

高周波溶融装置

ビード＆フューズサンプラ AT-5000

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

従来の TK-4100 とプロコンを一体化し
操作パネルをタッチパネルにしてリニューアル！

【主な機能】
- 多段階加熱
- 昇温スピードをコントロール
- るつぼ揺動回転 (るつぼ内溶液の攪拌) 時の角度や
  回転スピードを自由に設定
- 流量計を新たに搭載 (冷却水の流れを目視)

株式会社アメナテック

〒224-0003
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　http://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

シクロデキストリン超分子分析試薬

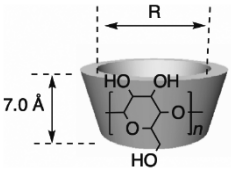
1　はじめに

アミノ酸の一つ一つには優れた機能はないが，これらが集合したペプチドやタンパク質には新しい生体機能が現れる．この様に複数の分子が集まることによって，それぞれの分子のもつ機能の和を越えた新しい機能が生まれ，これらの概念を「超分子」と呼ぶ研究領域が誕生している．本稿では，これら超分子の概念を分析試薬の設計に導入した超分子分析試薬として，特に天然由来の包接化合物であるシクロデキストリンと分子認識プローブを組み合わせた超分子シクロデキストリン複合体を用いる超分子分析試薬について，筆者らの研究を中心に解説する[1)~3)]．

2　シクロデキストリンを用いる超分子分析試薬

2･1　シクロデキストリンの機能

シクロデキストリン（CD）は，グルコースがα-1，4結合で繋（つな）がった環状オリゴ糖であり，環を構成するグルコースの数により，6個のα-CD，7個のβ-CD，8個のγ-CDが知られている．図1に示すように，外側が親水的な水酸基からなり水に可溶で内側に炭化水素からなる疎水空洞を有しているために，様々な有機化合物を疎水性相互作用で空洞内に取り込み，水に可溶化する機能を有している．筆者らはこの包接機能に着目し，CDが包接可能な様々な分子認識プローブを開発し，CD空洞内での分子認識プローブの包接構造変化や修飾CDとの多点認識，天然由来のCD空洞が有するキラル環境に基づく新規な超分子分析試薬の開発を行っている．



種類	空洞直径 n	空洞直径 R / Å
α-CD	6	4.5
β-CD	7	7.0
γ-CD	8	8.5

図1　シクロデキストリンの種類

2･2　二量体形成に基づく分析試薬

空洞の最も大きなγ-CDと分子認識プローブの複合体では，情報変換部位にピレンやアントラセンなどの蛍光団を用いることにより，分子認識反応に基づくγ-CD内でのプローブの二量体形成により蛍光色の異なる二量体発光（エキシマー）に情報変換できる．例えば，ベンゾ−15−クラウン−5エーテル（B15C5）はK^+イオンとサンドイッチ錯体を形成することから，認識部位にB15C5を用いたピレン型プローブ（**1a**）とγ-CDの複合体では，水中でK^+イオン選択的なダイマー発光を示す分析試薬となる（図2）．同様に認識部位をポダンド骨格（**1b**）にすると，Pb^{2+}イオン選択的な蛍光応答が得られる．金属錯体の未配座を用いると，水中でのリン酸誘導体との相互作用が期待できる．認識部位をジピコリルアミン（dpa）のZn^{2+}錯体（**2**）にすることで，リン酸誘導体であるピロリン酸やトリリン酸に選択的なダイマー発光が得られる（図3）．フェニルボロン酸は，シスジオールを有する有機化合物と水中でエステルを形成する．したがって認識部位にフェニルボロン酸を有するピレン型プローブ（**3a**）では，単糖類の中でも分子内で2か所にフェニルボロン酸が結合できる*D*−グルコースに対して，選択的な蛍光応答を示す分析試薬となる．興味深いことに，蛍光団をピレンからよりスリムな骨格のアントラセンに代えたプローブ（**4**）では，*D*−ガラクトースに選択的な応答を示す．またピリジルボロン酸を有するピレン型プローブ（**3b**）との複合体では，γ-CD空洞のキラリティーに基づき，グルコースのD体とL体を識別し，*D*−グルコースのみに応答するキラルな糖の識別にも成功している．これらの選択性は，γ-CD空洞内での二量体構造の安定性に強く依存した機能と言える．

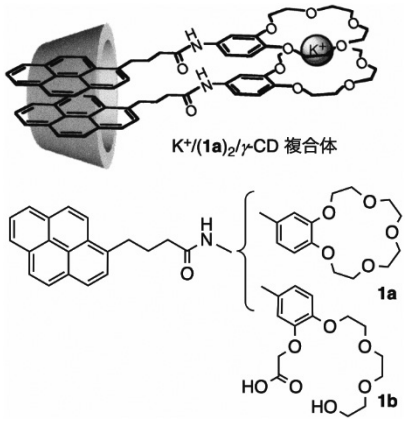


図2　二量体形成に基づく分析試薬

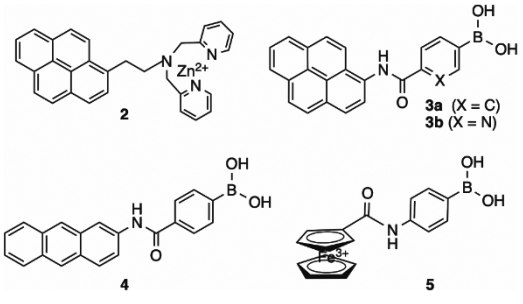


図3　分子認識プローブの構造

2･3　多点認識に基づく分析試薬

シクロデキストリンの二級水酸基側に分子認識部位を導入した修飾 CD と分子認識プローブとの複合体では，多点認識に基づく分析試薬の開発が可能となる．例えば，クマリン型の蛍光部位を有する dpa-Cu^{2+} 錯体を *β*-CD に化学修飾したプローブ **6** では，CD の空洞でアデニン部位を認識し，錯体部分でリン酸部位を認識する多点認識により，アデノシン三リン酸（ATP）の選択的認識が可能になる（図 4a）．プローブ **6** の ATP に対する 1：1 型の結合定数は，$3.3\times10^{3}\ M^{-1}$ であった．一方，3–フルオロフェニルボロン酸を化学修飾した修飾 *γ*-CD（**7**）と dpa-Zn^{2+} 錯体を認識部位に有するピレン型蛍光プローブ（**8**）の複合体では，より高度な多点認識により，ATP に対する 1：1 型の結合定数は，さらに 2000 倍増加し，$6.2\times10^{6}\ M^{-1}$ に達する（図 4b）．

修飾 *β*-CD（**7** の *β*-CD 体）とアントラセン型蛍光プローブ（**4**）の複合体では，*D*–グルコースに対する 2 点認識が可能となり，*D*–グルコース認識時に複合体構造が剛直になる．このため蛍光団の無輻射失活が減少し，*D*–グルコース選択的な発蛍光型の分析試薬を得ることができる．同様に，電気化学応答を示すフェロセン部位を有するフェニルボロン酸型プローブ（**5**）とフェニルボロン酸修飾 *β*-CD との複合体を用いることで，*D*–グルコース選択的な電気化学応答を示す分析試薬の設計も可能である[2]．

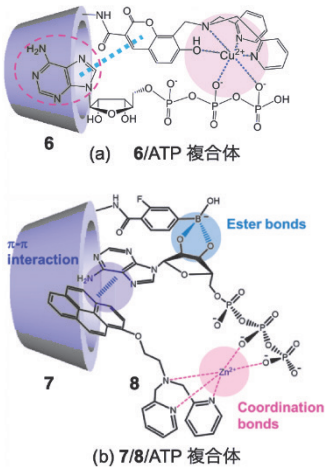


図 4　多点認識に基づく分析試薬

2･4　超分子キラリティーを用いる分析試薬

超分子の特徴として，異なる複数の要素がそろった時にのみ，分子間相互作用が強まり特異的な複合体が得られる場合がある．例えば筆者らは，クラウンエーテル部位とジピコリルアミン部位の二つの認識部位を持つジトピック型アゾプローブ（**9**）を設計している．水中でアゾプローブ **9** を大きな空洞を有する *γ*-CD に二分子包接させることで，誘起円二色性スペクトル（ICD），および紫外・可視吸収（UV-Vis）スペクトル測定により各カチオン種，各アニオン種存在下における超分子複合体の特異な応答挙動を明らかにしている．**9a**/*γ*-CD 複合体では，B15C5 部位とサンドイッチ錯体を形成する K^{+} イオン，dpa と結合する Zn^{2+} イオン，そして 2 か所の dpa-Zn^{2+} 錯体を架橋する CO_3^{2-} イオンが存在するときのみ，アゾプローブ二量体が CD 空洞内で時計回りにねじれる．このため ICD スペクトルが特異的なスプリット型のコットン効果を示し，UV-Vis スペクトルが顕著な短波長シフトを示すことを確認している（図 5）．興味深いことに，スペーサーをブチレン鎖にした **9c**/*γ*-CD 複合体は，水中において重金属イオン選択性が Zn^{2+} から Cu^{2+} へ変化し，アニオン選択性も CO_3^{2-} から OH^{-} へ変化する．中間のプロピレン鎖の **9b**/*γ*-CD 複合体では，Zn^{2+} および Cu^{2+} の両方に応答するが，そのねじれ方向が反転することも明らかとなっている．このように超分子キラリティーを示す分析試薬では，同じ認識部位であっても複合体構造の安定性により，全く異なる応答選択性が得られる．超分子ならではの機能と言える．

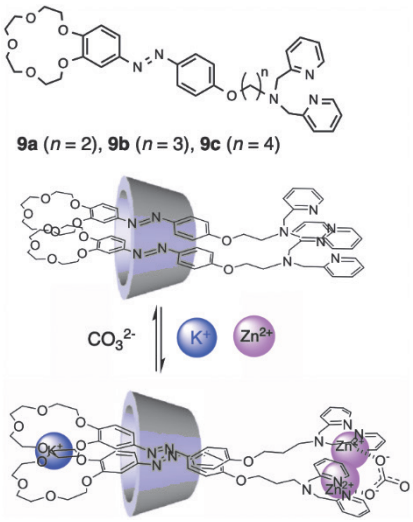


図 5　超分子キラリティーを用いる分析試薬

3　おわりに

以上のように，本稿では分子認識プローブと CD の複合体による新しい超分子分析試薬の機能を解説した．超分子形成を用いることにより，1：1 型の分子認識反応では予想のできない応答機能を創発できる．1：n 型の分子認識反応では，カスケード反応のような生体認識に類似した応答の増幅効果が期待できる．超分子形成の活用は，高性能な分析試薬の開発に不可欠な要素となることが予見できる．

文　献

1）早下隆士：*Glycoforum*, **27**, A14 (2024).
2）鈴木陽太，橋本 剛，早下隆士：オレオサイエンス，**23**, 367 (2023).
3）T. Hayashita : *J. Ion Exchange*, **34**, 34 (2023).

〔上智大学理工学部　早下 隆士〕