

ぶんせき 5

Bunseki 2026

The Japan Society for Analytical Chemistry



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！

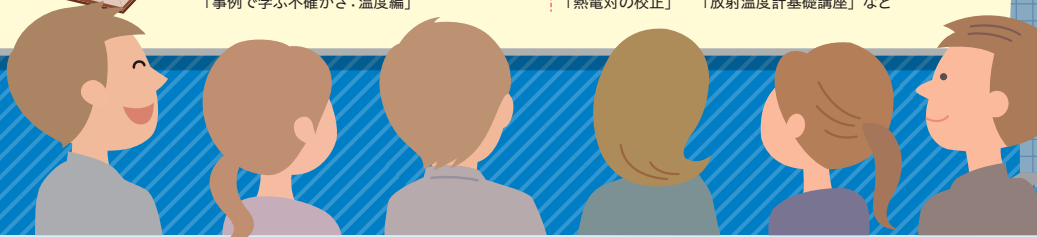
社員教育として
活用できる！

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」
「温度測定的基础」「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-ky@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 90005、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。

お客様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 愛知県春日井市気噴町3-5-7
Tel.0568-53-6336 Fax.0568-53-6337
- 関西支社
〒531-0077 大阪府北区大淀北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」

超高速液体クロマトグラフ
Ultra High Performance Liquid Chromatograph

Nexera X4

EXPERIENCE
NEW SEPARATION



Nexera™ X4は、島津製作所のNexeraシリーズで培われた技術を継承した、次世代超高速液体クロマトグラフ (UHPLC) システムです。業界最高レベル*の低拡散設計により、シャープなピークとこれまでにない高い分離性能を実現します。また、最先端の流体制御技術により、超高压下での高速分析においても抜群の送液安定性を実現し、信頼性の高い分析結果を提供します。UHPLCのハイエンド機種であるNexera X4は、最高レベルのパフォーマンスを求めるすべてのラボに、新たな価値をもたらします。

* カラム外拡散 (ECBB値) 7 μ L

Ultra-Sharp Peaks

ピーク拡散を低減し、優れたクロマトグラフィー分離を実現します

Ultra-Fast Analysis

超高速グラジエントの安定性を高め、生産性を向上させます

Ultra-Low Solvent Consumption

小内径カラムとの組み合わせにより、溶媒消費量を大幅に削減します

Best Partner for Mass Spectrometry

質量分析装置の性能を最大化するコンビネーション

Enhance Workflow Efficiency

ワークフローを効率化する独自のソリューション



詳しい製品情報はこちら

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

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

凍結粉碎機 (Freezer / Mill)

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

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

ボールミル (Mixer / Mill)

SPEX独自の8の字運動により、効率的な粉碎、混合が可能。サンプルに合った粉碎容器、ボールを選択可能。

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



Environmental Express社 不純物証明 & 目盛つき容器



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作業を削減できます。
- ガラス器具由来の金属コンタミリスクも軽減可能。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。
- 15, 50mL容器は容器本体蓋の素材が同じ商品です。
- Certi Tubeはディスプレイで設定可能な価格設定です。
- 時計皿、フィルターなどのオプションの取り扱いもございます。

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。



取扱容量：15, 50, 100mL

品名	規格	単位	在庫
...

品名	規格	単位	在庫
...

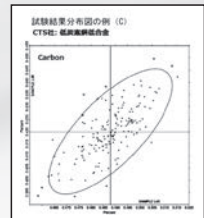
海外技能試験輸入代行サービス

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
- NIL (中国)：ポリマー (化学試験・物性試験) 鉄鋼原料
- PTP (フランス)：非鉄関連・航空宇宙関連試験
- iis (オランダ)：ポリマー (化学試験)・繊維・化粧品
- NSI (アメリカ)：飲料水・環境・食品・微生物・製薬
- 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)



標準物質専門商社

西進商事株式会社

https://www.seishin-syoji.co.jp/

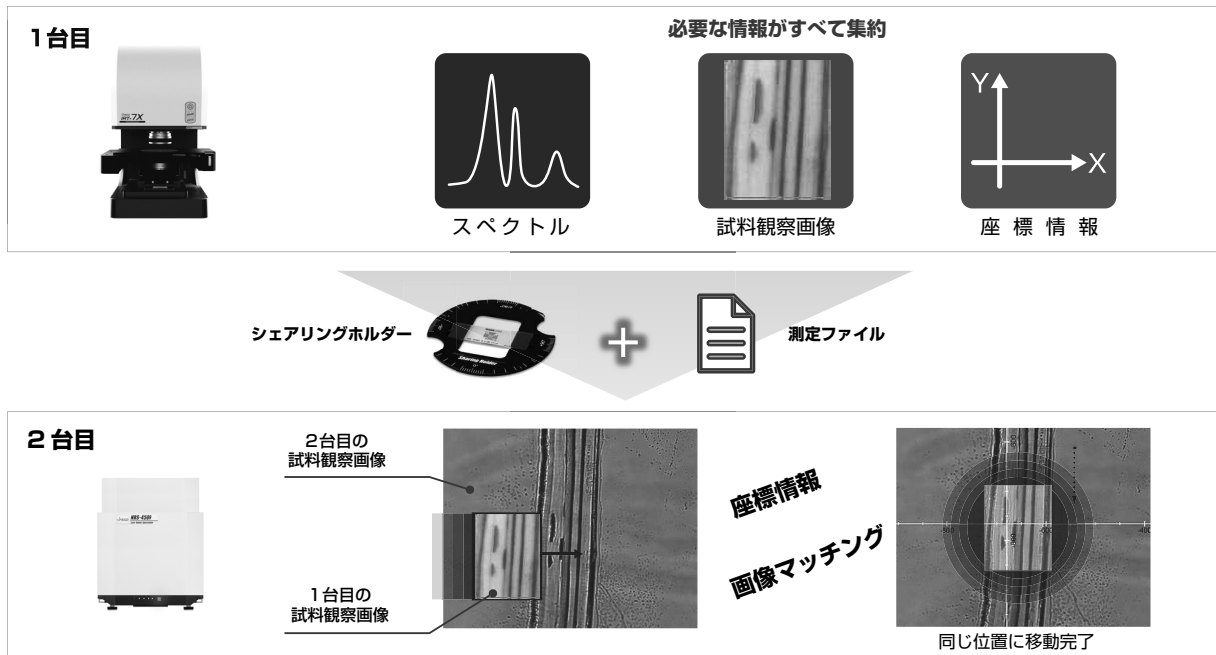
本社 〒650-0047 神戸市中央区港島南町1丁目4番地4号
TEL.(078)303-3810 FAX.(078)303-3822
東京支店 〒105-0012 東京都港区芝大門2丁目12番地7号 (RBM芝パークビル)
TEL.(03)3459-7491 FAX.(03)3459-7499
名古屋営業所 〒450-0002 名古屋市中村区名駅4丁目2番25号 (名古屋ビルディング桜館4階)
TEL.(052)586-4741 FAX.(052)586-4796
北海道営業所 〒060-0002 札幌市中央区北二条西1丁目10番地 (ピア2・1ビル)
TEL.(011)221-2171 FAX.(011)221-2010

同一点を複数の顕微分光システムで評価

- ・顕微赤外、顕微ラマン、顕微紫外可視近赤外で位置情報を共有し、再現性良く同じ位置を測定
- ・ワンクリックで画像マッチングによる正確な自動位置合わせが完了
- ・有機物と無機物を含んだ複合材料の評価に有効



□シェアリングホルダーによる位置情報の共有イメージ



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>



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。

標準物質



標準物質とは

分析機器の校正、性能向上
分析技術の進歩、確立
分析対象物の値づけ

に用いられます。

より正確な分析データを求めるには、高い信頼性のある標準物質を御使用下さい。

標準物質は以下の分野に数多くあります。

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

☆世界の代表的な標準物質製造・作成者一覧☆

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

Jupiter

Solid nebulizer

レーザーアブレーションの
“当たり前”を、もう一段上へ。

fsレーザー、ガルバノ光学系搭載により定量精度を確保したJupiter Solid nebulizer。
新たに機能をアップグレードしました。

新機能

1. 強化された撮像系による高解像度試料観察
2. 片手で試料交換可能な新型スライドセルによる、
位置再現性、メンテナンス性の向上
3. スポット径可変 (5~15 μm) *
4. オートローダーによる自動測定 *
5. 新開発2D・3Dソフトウェア (XQuant3D) *
6. 無機有機ハイブリッド分析

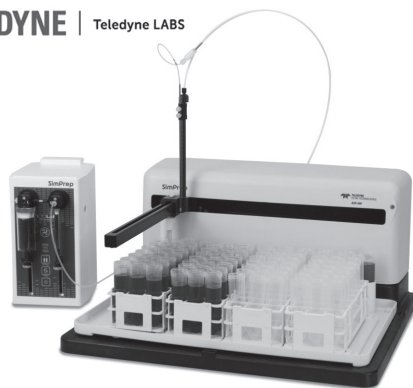
*オプション



SimPrep

精度と効率を両立する、前処理の新基準

TELEDYNE | Teledyne LABS



- 試料の希釈、混合、酸添加などの前処理を自動化し
作業時間を大幅に短縮
- オペレーターの手作業を減らし、人的ミスの低減
- オフラインによる装置稼働率の向上、メンテナンスの簡素化

MICAP

窒素が拓く、新世代のICP-OES

RADOM™



- 安価な窒素の使用によるランニングコストの低減
- Cerawave™技術によりチラー不要での運用を実現
- 小型化による省スペース設置が可能

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

 YASUI KIKAI

SINCE 1953



立体8の字®

商標登録第 6576850号

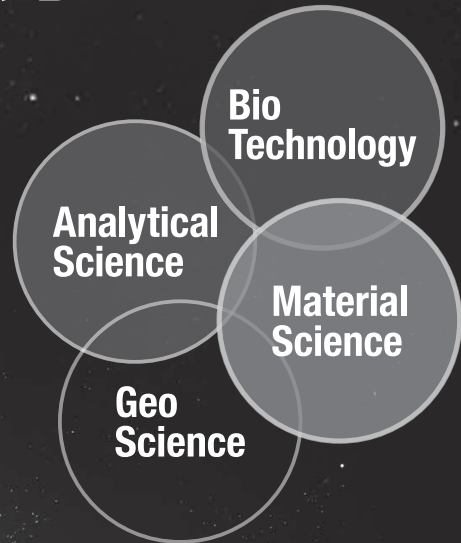
秒速粉碎機

マルチビーズショッカー®

Multi-beads Shocker®

各種分析の精度アップと
時間短縮に貢献

レアアース資源から惑星資源へ
探査・分析の最前線に挑戦中!



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>

©2026 Yasui Kikai Corporation, all rights reserved.

260407

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が可能な測定装置です。上位機種^①のFireSting Proは加えてpH測定も可能です。

- 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

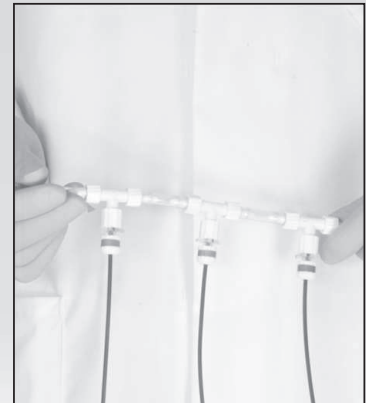
ミニプローブを
溶液中に挿して...



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

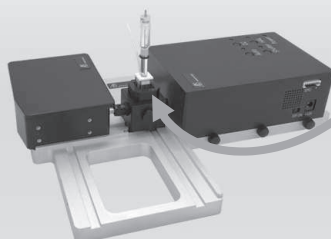


スペクトロメーターシステムがリニューアル!!

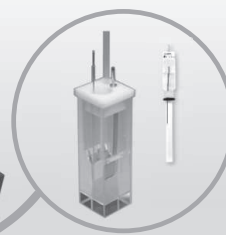
- 従来品より高感度、光源強度も増強



モデル3325
バイポテンショスタット



【新製品】SEC2120
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・イー・エス株式会社

各種光学式酸素センサーや光ファイバー等のアクセサリは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・イー・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

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

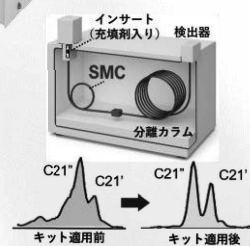


微量ポリマーの検出感度が大幅向上！
スプリットレス熱分解用オプション装置
MFS-2015E



キャピラリーGC分析における中・高沸点領域の
異常ピーク出現を解消！

NEW 異常ピーク解消キット



試料水中のマイクロプラスチックを試料カップに直接捕集！
捕集から測定までスムーズなプロセスを実現

NEW Smart 微粒子コレクター



NEW 迅速凍結粉碎装置 IQ MILL-2075

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/金属キャピラリーカラム/粉碎装置の開発・製品化に専念して、洗練された製品をお届けしています

【ア行】

(株)エス・ティ・ジャパン…………… A3

【サ行】

(株)島津製作所…………… 表紙 2

西進商事(株)…………… 表紙 3

(株)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…………… 表紙 4

日本分光(株)…………… A1

【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)…………… A10

【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Max1,600 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

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

検出素子としての転写因子と遺伝子回路構築による応答調節



木村 友紀

1 はじめに

センサといえば、電子部品を組み合わせて温度や湿度などの信号を検出し、人間の認識しやすいフォーマットに出力する装置を思い浮かべる。我々生物は、電子部品を用いることなく、様々な生理情報や環境情報を的確に検知し、うまく応答している。生物がもつこうした「検出素子」を取り出して改良し、「色の変化」といった人間や機械の解析しやすい出力へ対応づけることによって、望みの分子を特異的に検出するセンサを開発することができる。本稿では、遺伝子発現の第一段階である転写を調節する蛋白質、転写因子に注目し、これを用いたバイオセンサの構築とスペック改良方法の基本について整理する。

2 転写因子を用いたバイオセンサの構成

2.1 転写因子の生体内での役割

センサ応用可能な転写因子は、リガンド結合ドメイン (LBD) および DNA 結合ドメイン (DBD) をもつ蛋白質であり、多くの場合、二量体を形成している。転写因子が特異的に結合する DNA 配列はオペレータと呼ばれ、転写が開始される DNA 領域 (プロモータ) の近傍に位置している。生体内において、転写因子が制御する遺伝子は、自身のリガンドとなる分子を合成したり、分解したりする酵素の遺伝子であることが多い。

細胞内のリガンド濃度が高まって LBD がリガンドと結合すると、転写因子の構造が変化し、オペレータとの結合親和性が変化する。これに伴い、制御遺伝子の転写レベルが変動する (図 1a)。リガンド結合によって転写因子とオペレータとの結合が強まるか弱まるか、また、転写が亢進されるか抑制されるかは、転写因子に本来備わった機能によって決まる。

2.2 転写因子のバイオセンサ構築への転用

分子生物学技術の成熟により、遺伝子組換えは安価かつ簡便に実施できるようになった。転写因子が制御する遺伝子を、たとえば緑色蛍光蛋白質 (green fluorescent protein, GFP) や発光酵素 (ルシフェラーゼ) へと組換

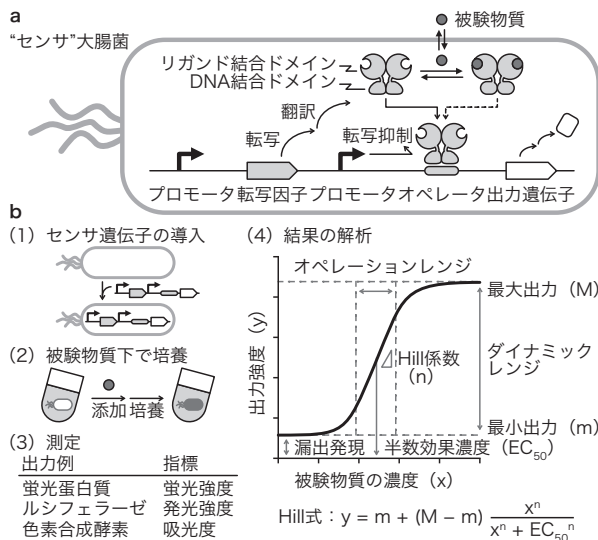


図 1 (a) 抑制型転写因子を用いたバイオセンサの大腸菌内での構築例; (b) バイオセンサを用いた被験物質の一般的な検出方法と解析。

えることによって、転写およびそれに伴う翻訳レベルを蛍光強度や発光強度として読み出すことができるようになる。この出力強度はリガンド濃度依存的に変化する転写因子の構造変化効率と対応するため、蛍光や発光の強さからリガンド濃度を決定できるのである。

こうした構成をもつ DNA を、大腸菌などの取り扱いの容易な微生物に導入し、リガンド分子 (被験物質) とともに培養すると、リガンド濃度に応じてセンサによる転写調節がなされ、最終的な出力強度が変化する (図 1b)。転写因子とリガンドの結合は化学平衡に基づくため、リガンド濃度と出力強度の関係は非線形的である。得られる関係すなわち用量応答の解析は、半数効果濃度 (EC₅₀) および傾き (Hill 係数) を決定できることから、シグモイド関数のひとつである Hill 式へとフィッティングすることが通例である。

3 新規センサの探索および開発

生物は遺伝子の宝庫である。測定したい被験物質に応答する転写因子を微生物が有している可能性があるため、自然界からの遺伝子スクリーニングやデータベースの活用によって、バイオセンサとして利用できる転写因子を同定できることがある。また、興味深いことに、転写因子へアミノ酸変異を導入することによってリガンド特異性を変えることができる。進化学やコンピュータ支援デザインにより、センサ開発事例は年々増えてきた。たとえば、ラクトース応答転写因子 LacI への変異導入によって、ラクチトールをはじめ種々の糖に応答するセンサが開発された¹⁾。また、アラビノース応答転写因子 AraC からは、サリチル酸やバニリンなどに応答する変異体が報告されている²⁾。さらに、多剤耐性に関与する転写因子 RamR からは、5 種類のアルカロイドを特異的に検出する変異体が取得されている³⁾。センサとして利用できるように転写因子を改変するためには、ただ結合界面をデザインすれば良いわけではなく、オペレータとの結合親和性変化をも考慮する必要がある。こうした変異体を峻別するためのスクリーニング技術の開発や

Using Transcription Factors as Sensing Devices and Tuning Responses by Constructing Genetic Circuits.

知見もまた課題となっている。

4 遺伝子回路構築による高性能化

転写因子、とりわけ自然界から得た転写因子は、生物自身が環境変化に应答できれば良い程度のスペックしか持ち合わせておらず、バイオセンサとして利用するためには性能不足であることも多い。検出素子として転写因子を用いることの利点は、制御する遺伝子を任意に設定できることにある。ここまで紹介してきたように、転写因子が出力蛋白質の発現を直接制御するのではなく、他の要素を仲介する遺伝子“回路”を微生物内に構築することによって、センサ性能を高めることができる。本節では、回路構築による (1) 線形応答範囲の向上および (2) ダイナミックレンジの向上に向けた最初の取組みについて紹介する。

4.1 回路構築による線形応答範囲の向上

転写因子のオペレータに対する結合親和性がリガンドとの結合によって変化するため、リガンド濃度が一定以上となった際に急峻な応答を見せることが多い。したがって、得られた出力強度からリガンド濃度を見積もることができる範囲は、せいぜい1桁程度である。

Nevozhayらは、センサとして働く転写因子 TetR の発現を、TetR 自身が負に制御する遺伝子回路を構築した (図 2 a)⁴⁾。リガンドであるテトラサイクリン (抗菌薬の1種) が低濃度 のとき、TetR 自身の発現量が低いため、極微量の添加量であっても蛍光出力が検出される。テトラサイクリンの濃度が高まるにつれて出力が高まってゆくが、TetR 自身の発現量も増えてゆくため、TetR がオペレータ (*tetO*) から完全に解離するために要求されるテトラサイクリン濃度が高くなる。結果として、0.1~60 ng/mL の範囲で線形的な応答を示すテトラサイクリン検出システムが構築された。

4.2 回路構築によるダイナミックレンジの向上

転写因子による転写変動は生物が環境変化に対応できる程度に調節されれば良いため、そのダイナミックレン

ジはたかだか数倍しかないことも珍しくはない。有意差をもって標的分子を検知するためには、微弱な入力信号を増強するための増幅器が遺伝子回路でも必要となる。

環境シグナルのひとつであるヒ素を検出するために、Wangらは転写因子 ArsR を用いたバイオセンサを構築した。そして、植物病原細菌の一種である *Pseudomonas syringae* の持つ転写亢進活性の高い転写活性化因子 HrpRS (HrpR および HrpS の複合体) およびその制御プロモータ P_{hrpL} に彼らは注目し、ArsR の制御遺伝子を *hrpRS* に、HrpRS の制御遺伝子を *gfp* とした (図 2 b)⁵⁾。ヒ素結合に連動した ArsR によるわずかな転写変動を HrpRS が増幅することによって、ヒ素応答を最大で 20 倍に拡大することに成功した。これに留まらず、彼らは、HrpS と結合して HrpR との複合体形成を阻害する蛋白質 HrpV の発現ユニットも回路に付け加えることによって、増幅度合いを 0.5 から 21 倍の範囲で任意に調節できることも示している。

5 おわりに

元来、特異的な応答を示す生体システムを抽出し、改良することによって、人間や装置と親和性の高いセンサを開発することができる。やや古典的な回路構築例をここでは取り上げたが、こうした基本構成を発展させることで、特異性を保ちながら高感度検出を実現するセンサおよび遺伝子回路の設計が試みられている。高い特異性、簡便な使用感、および実地利用可能性といった観点から、ニーズに合う転写因子を迅速に開発する技術、そして検出範囲に合う回路設計の自動化は、今後益々重要になってゆくであろう。

文 献

- 1) N. Taylor, A. Garruss, R. Moretti, S. Chan, M. Arbing, D. Cascio, J. Rogers, F. Isaacs, S. Kosuri, D. Baker, S. Fields, G. Church, S. Raman : *Nat. Methods*, **13**, 177 (2016).
- 2) C. Frei, S. Qian, P. Cirino : *Protein Eng. Des. Sel.*, **31**, 213 (2018).
- 3) S. d'Oelsnitz, W. Kim, N. Burkholder, K. Javanmardi, R. Thyer, Y. Zhang, H. Alper, A. Ellington : *Nat. Chem. Biol.*, **18**, 981 (2022).
- 4) D. Nevozhay, R. Adams, K. Murphy, K. Josić, G. Balázsi : *Proc. Natl. Acad. Sci.*, **106**, 5123 (2009).
- 5) B. Wang, M. Barahona, M. Buck : *Nucleic Acids Res.*, **42**, 9484 (2014).

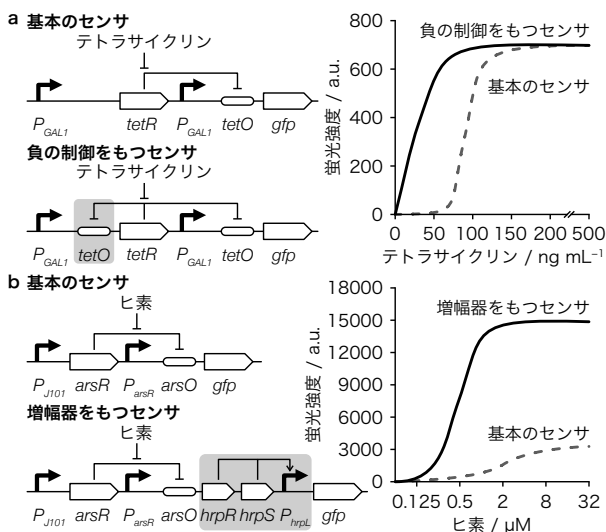


図 2 (a) 負の制御の導入による線形応答範囲の拡大⁴⁾; (b) 増幅器の導入によるダイナミックレンジの拡大⁴⁾



木村 友紀 (KIMURA Yuki)

神戸大学大学院科学技術イノベーション研究科 (〒657-8501 兵庫県神戸市灘区六甲台町 1-1) ; Imperial College London, Department of Life Sciences (Exhibition Rd, South Kensington, London, SW7 2AZ). 千葉大学大学院融合理工学府博士後期課程修了。博士 (工学)。《現在の研究テーマ》チューリングパターンを大腸菌で構築すること。《主な著書》“スマートセルインダストリー—微生物細胞を用いた物質生産の展望—”, (シーエムシー出版), 分担執筆。《趣味》一見合理的に思えて実は非合理的なもの探し。