ぶんせき　2026年 第11号(通巻第623号)　令和８年11月５日発行(毎月１回５日発行)　ISSN 0386-2178

ぶんせき 11

Bunseki 2026

The Japan Society for Analytical Chemistry



日本分析化学会
https://www.jsac.jp

「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

複数の講師が対応

質問しやすい！

講義と演習を繰り返すので確実に身に着く！

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！

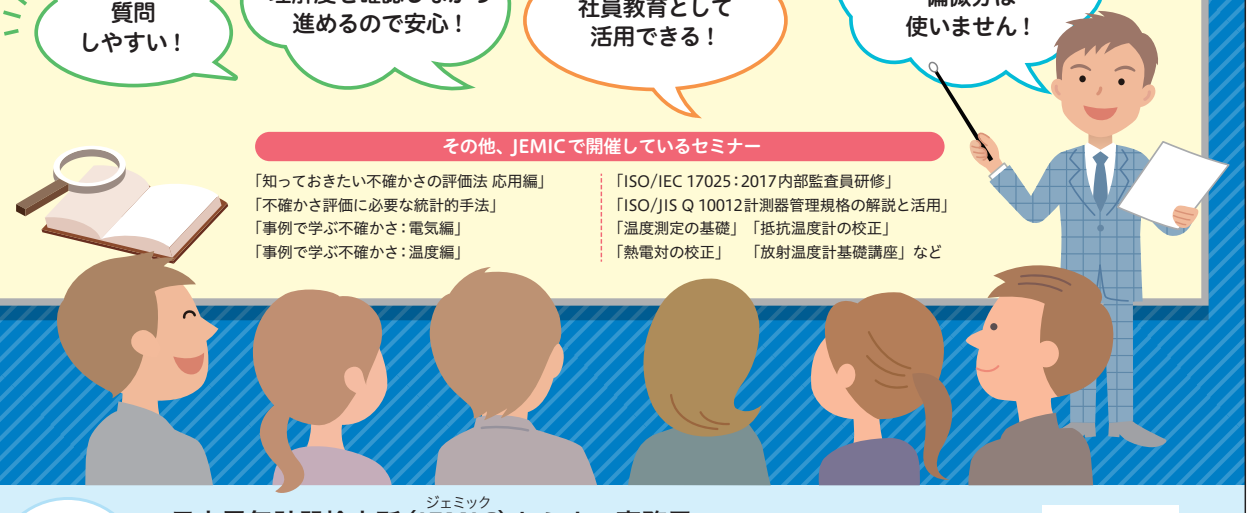
受講者全員に受講証明書を発行

社員教育として活用できる！

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

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

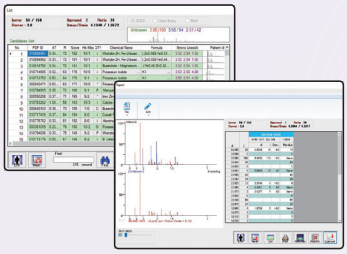
- **本社**　03-3451-1181
- **北海道支社**　011-668-2437
- **東北支社**　022-786-5031
- **中部支社**　0568-53-6331
- **北陸支社**　076-248-1257
- **関西支社**　06-6451-2355
- **関西支社京都事業所**　075-681-1701
- **中国支社**　082-503-1251
- **四国支社**　0877-33-4040
- **九州支社**　092-541-3031
- **沖縄支社**　098-934-1491

ICDD (JCPDS) 粉末回折データベース

(PDF-2 Release 2027/PDF-5+ 2027/PDF-4 Minerals 2027,Axiom)

PDF-2 Release 2027

ICDDで収集された有機物／無機物約130,460件、ドイツのFIZで収集された結晶データベースから計算で作成された無機物237,256件、米国NISTで収集された無機物10,067件のXRDピークデータ、ミラー指数、格子定数、空間群番号、ピアソン記号、結晶タイプ、ID情報など。



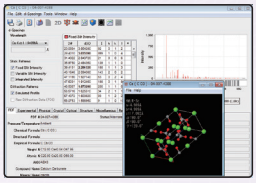
付属のソフトウエア ■PDF2plusX for Windows（X-Search） ■DDViewer/Sleve ■X-Viewer

- XRDパターンマッチング検索（X-Search機能）
- 強度の高いラインからの絞り込み検索（Any Peaks機能）とマッチング
- ブックフォームのようなカード表示
- XRD Rawデータのベースライン補正、スムージング、ピークピック（X-Viewer機能）
- 5年間ライセンス

新規購入：¥2,376,000（一般）／¥2,046,000（教育） 更新：¥577,500～（一般）／¥445,500～（教育）

PDF-5+ 2027

ICDDで収集された有機物／無機物130,460件、ドイツのFIZで収集された結晶データベースから計算で作成された無機物108,945件、米国NISTで収集された無機物2,822件、英国Cambridge Crystal Data Centerで収集された有機物／有機金属の結晶データから計算で作成された548,57件に加え、Pauling Fileの無機物302,095件のXRDピークデータ、ミラー指数、格子定数、空間群番号、ピアソン記号、結晶タイプ、ID情報など。Pauling/FIZ/Cambridgeデータでは結晶構造のグラフィック表示も可能、座標データを持つエントリーではCIFへのエクスポートが可能。



付属のソフトウエア ■X-Search ■DDViewer+/Sleve+ ■X-Viewer

- XRDパターンマッチング検索（X-Searchの機能）
- ブックフォームのようなカード表示とXML形式での表示
- XRD Rawデータのベースライン補正、スムージング、ピークピック（X-Viewerの機能）
- 1年間ライセンス（複数年契約も可能）

新規購入：¥2,376,000（一般）／2,046,000（教育） 更新：¥577,500～（一般）／¥445,500～（教育）

PDF-4 Minerals 2027

ICDDで収集されたMinerals Subfile13,712件、ドイツのFIZで収集された結晶データベースから計算で作成された鉱物15,685件、米国NISTで収集された鉱物232件に加え、Pauling Fileの鉱物26,458件を集めたデータベース。XRDピークデータ、ミラー指数、格子定数、空間群番号、ピアソン記号、結晶タイプ、ID情報など。Pauling Fileの結晶データ（プロトタイプ）では結晶のグラフィック表示も可能。

付属のソフトウエア ■DDViewer+/Sleve+

- XML形式でのカード表示
- 1年間ライセンス（複数年契約も可能）

新規購入：¥517,000（一般）／¥379,500（教育）
更新：¥313,500～（一般）／¥280,500～（教育）

PDF-4 Axiom + Match! + Diamond

基本的な鉱物、常温でのデータを中心にしたエントリー117,096件のパターンがあり、そのうち91,043件に座標データがあります。AxiomデータベースにはDDViewerが付いていませんが、検索ソフトウエアのMatch!と結晶構造可視化ソフトウエアのDiamondを組み合わせた3年、6年または9年間のICDD-PDFの固定ライセンスの商品です。（Match!とDiamondは永久ライセンスです。）

3年間ライセンスのセット価格：
¥1,595,000（一般）／¥1,155,000（教育）

6年間ライセンスのセット価格：
¥2,695,000（一般）／¥1,980,000（教育）

9年間ライセンスについてはお問い合わせ下さい。

PDF-2／PDF-5+プラグイン機能

ご使用中のX線回折装置のデータベース検索システムがICDDデータベースのプラグインに対応している場合
(Rigaku-PDXL/SmartLab Studio、Bruker-D2/D6、Crystal Impact-Match! など)
新規購入：¥2,376,000（一般）／¥2,046,000（教育）
更新：¥577,500（一般）／¥445,500（教育）
（サイトライセンスとしての2台目の新規／更新価格あり、お問い合わせ下さい。）

PDF-5+Scholar 2027：Academic

（大学向けの10年間ライセンス）

購入時から5年間毎年更新され、6年目のデータベースに5年間ライセンスが与えられ合計10年間のライセンスです。
価格：¥3,850,000

PDF Summeries (2027)
Data Entry Source

	PDF-5+ & PDF-5+ Server Edition 2027	PDF-4/ Axiom 2027	PDF-4/ Minerals 2027	PDF-2 2027
00-ICDD	130,460	40,859	13,712	130,460
01-FIZ	108,945	14,988	15,685	237,256
02-CCDC	548,576	0	0	0
03-NIST	2,822	358	232	10,067
04-MPDS	302,095	60,891	26,458	0
05-ICDD Crystal Data	56,218	0	75	869
Total No. of Data Sets	1,149,116	117,096	56,162	378,652
Subfile Distribution:				
Inorganic	486,125	103,904	55,494	320,124
Organic	667,134	13,358	799	60,156
New Entries	22,903	3,043	1,222	9,378
Rietvelt-No. with Atomic Coordinates	700,480	91,043	48,287	0
Reference Intensity Ratio (RIR)– I/Ic	1,043,897	86,981	44,436	273,467
Experiments Digital Patterns	23,789	11,342	370	0

※表示価格は税込みです

株式会社 ディジタルデータマネジメント
〒103-0025 東京都中央区日本橋茅場町1-11-8 紅萌ビル
TEL.03-5641-1771 FAX.03-5641-1772
E-mail:tech@ddmcorp.com URL:http://www.ddmcorp.com

SHIMADZU
Excellence in Science



The Next Industry Standard

ガスクロマトグラフ
Gas Chromatograph

Nexis GC-2060

01 Innovations Crafted Through Generations
時代を越えて受け継がれる革新性

02 Benchmark in Analytical Efficiency
分析効率の新たなスタンダード

03 Versatility Without Limits
限りなく広がる拡張性

ANALYTICAL INTELLIGENCE

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、熟練技術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

株式会社 島津製作所 分析計測事業部

水道法PFAS分析用3種混合内部標準物質

PFOS・PFHxS・PFOA

LGC | DR EHRENSTORFER™



DRE-A30000076MW

組　成

・Perfluorooctanesulfonic acid 13C8
（CAS:2265893-05-6）

・Perfluorooctanoic acid 13C8
（CAS:1350614-84-4）

・Perfluorohexanesulfonic Acid 13C3 (1,2,3-13C3)
（CAS:2708218-85-1）

濃度容量

2μg/mL均一　1ml×1本　※溶媒はメタノール96%・水4%の混合溶媒となります

特　徴

成績書に直鎖・酸濃度の記載

◆ 他PFAS関連の標準物質も取扱ございます

Native10種 ▶▶▶ 型番：DRE-Q60020429　容量：1mL×5本
Native3種 ▶▶▶ 型番：DRE-Q60020477　容量：1mL×5本
内標10種 ▶▶▶ 型番：DRE-Q35000170　容量：1mL×5本

全て2μg/mL (2ppm)均一）

◆ その他PFAS標準

短鎖・長鎖PFCA、EPA、ISO対応品、POPs条約対象（C15以上等）、FTOH誘導体、原体、マトリックス中PFAS等

鉄鋼認証標準物質 HORIBA CRMシリーズ

HORIBA TECHNO SERVICE | SEISHIN

■ 鉄鋼標準物質としては国内製初のCRMです

株式会社堀場テクノサービスは、ISO（国際標準化機構）の規格である17025、17034の認定を取得し、分析機器の校正や化学計測の測定値を決めるために必要とされる正確に値付けされた認証標準物質（CRM:Certified Reference Material）を提供しています。

品　名	O	N	C	S	形 状	容 量
HORIBA　CRM 1601-1A		0.0082%	0.0602%	0.545%	切削試料	100g
HORIBA　CRM 1602-1A	0.0054%	0.043%			1g ピン	100 個
HORIBA　CRM 1603-1A			0.072%	0.198%	1g ピン	100 個
HORIBA　CRM 1605-1A		0.025%		0.0044%	1g ピン	100 個
HORIBA　CRM 1606-1A	0.0047%	0.0294%	0.0992%	0.0017%	1g ピン	100 個
HORIBA　CRM 1607-1A NEW	0.0051%	0.0140%	0.0337%	0.0140%	1g ピン	100 個
HORIBA　CRM 1608-1A Soon	0.0026%	0.0805%	0.1789%	0.0007%	1g ピン	100 個

鉄鋼標準物質HORIBA CRMシリーズは、炭素・硫黄分析装置EMIAシリーズや酸素・窒素分析装置EMGAシリーズの日常管理試料としてもお使いいただけます。

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 西進商事株式会社
標準物質専門商社

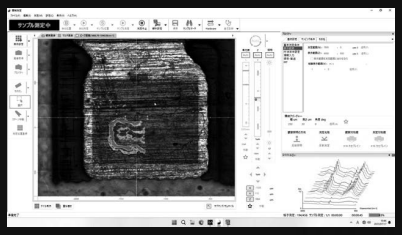
神戸本社　TEL：078-303-3810　名古屋営業所　TEL：052-586-4741
東京支店　TEL：03-3459-7491　北海道営業所　TEL：011-221-2171
https://www.seishin-syoji.co.jp / E-mail:info@seishin-syoji.co.jp

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。

■ 1 秒間に最大 160 スペクトルの測定とスペクトル・色分け図表示を同時に実行

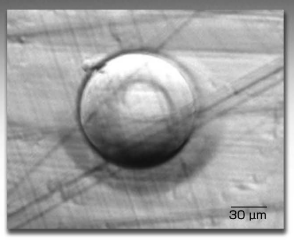
IRT-7X は 16 ch リニアアレイ検出器の各素子にデータ処理回路を備え、測定データを高速に並列処理します。目的成分の分布を測定しながら同時に把握できます。



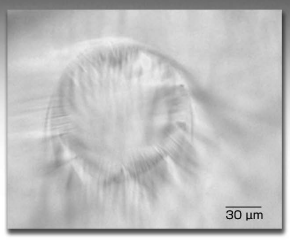
電子基板の電極上の異物測定

■ シリコーンオイル中の PMMA 粒子の ATR イメージング

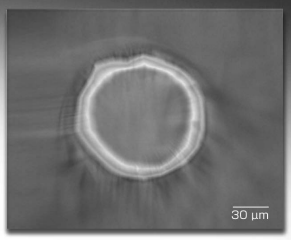
ステージを動かさずに光軸走査する日本分光独自の“スマートマッピング”により、プリズム密着時に試料が観察画像の中央以外に動いても、移動後の部位を測定エリアに指定できます。1 回のプリズム接触でケミカルイメージも取得可能です。



観察画像（ATR 密着前）



観察画像（ATR 密着後）



観察画像とケミカルイメージの重ね合わせ
（1718 cm^{-1} のピーク高さ）



Multichannel Infrared Microscope
マルチチャンネル赤外顕微鏡
IRT-7X

Infrared Microscope
赤外顕微鏡
IRT-5X

光と技術で未来を見つめる
日本分光

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

日本分光の最新情報はこちらから
https://www.jasco.co.jp
日本分光HP

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・5-10g／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プ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・平均重量分子量・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
1	053	Acrylonitrile/butadiene copolymer - 22% acrylonitrile
2	054	Acrylonitrile/butadiene copolymer - 22% acrylonitrile
3	530	Acrylonitrile/butadiene copolymer - 51% acrylonitrile
4	209	Butyl methacrylate/isobutyl methacrylate copolymer
5	083	Cellulose acetate
6	077	Cellulose acetate butyrate
7	321	Cellulose propionate
8	1078	Cellulose triacetate
9	459	Ethyl cellulose - Viscosity 4cp (5% solution @ 25°C)
10	463	Ethyl cellulose - Viscosity 10cp (5% solution @ 25°C)
11	464	Ethyl cellulose - Viscosity 22cp (5% solution @ 25°C)
12	460	Ethyl cellulose - Viscosity 300cp (5% solution @ 25°C)
13	534	Ethylene/acrylic acid copolymer - 15% acrylic acid
14	1083	Ethylene/ethyl acrylate copolymer - 19.5% ethyl acrylate
15	244	Ethylene/vinyl acetate copolymer - 18% vinyl acetate
16	316	Ethylene/vinyl acetate copolymer - 28% vinyl acetate
17	246	Ethylene/vinyl acetate copolymer - 33% vinyl acetate
18	326	Ethylene/vinyl acetate copolymer - 40% vinyl acetate
19	785	Ethylene/vinyl acetate copolymer - 50% vinyl acetate
20	786	Ethylene/vinyl acetate copolymer - 70% vinyl acetate
21	957	Ethylene/vinyl alcohol copolymer - 27% ethylene
22	143	Hydroxyethyl cellulose
23	401	Hydroxypropyl cellulose
24	423	Hydroxypropyl methyl cellulose - 10% hydroxypropyl, 30% methoxyl
25	144	Methyl cellulose
26	374	Methyl vinyl ether/maleic acid copolymer - 50/50 copolymer
27	317	Methyl vinyl ether/maleic anhydride - 50/50 copolymer
28	034	Nylon 6 Poly(caprolactam)
29	033	Nylon 6/6 Poly(hexamethylene adipamide)
30	313	Nylon 6/12 Poly(hexamethylene dodecanediamide)
31	044	Nylon 12 [Poly(lauryllactam)]
32	045A	Phenoxy resin
33	009	Polyacetal
34	001	Polyacrylamide
35	134	Polyacrylonitrile
36	385	Polyamide resin
37	128	Poly(1-butene), isotactic
38	111	Poly(n-butyl methacrylate)
39	1029	Polycaprolactone
40	1030	Polycaprolactone
41	1031	Polycaprolactone
42	954	Polycarbonate - Approx Mw 36,000
43	035	Polycarbonate - Approx Mw 45,000
44	126	Poly(2,6-dimethyl-p-phenylene oxide)
45	324	Poly(4,4'-dipropoxy-2,2'-diphenyl propane fumarate)
46	558	Polyethylene
47	107	Polyethylene, chlorosulfonated
48	041	Polyethylene, high density
49	042	Polyethylene, low density
50	405	Polyethylene, oxidized

Cap No.	Cat No.	Polymer
51	490	Poly(ethylene glycol)
52	491	Poly(ethylene glycol)
53	136A	Poly(ethylene oxide) - Approx Mw 100,000
54	136E	Poly(ethylene oxide) - Approx Mw 400,000
55	113	Poly(ethyl methacrylate)
56	414	Poly(2-hydroxyethyl methacrylate) - Approx Mw 300,000
57	815	Poly(2-hydroxyethyl methacrylate) - Approx Mw 1,000,000
58	112	Poly(isobutyl methacrylate)
59	106	Polyisoprene, chlorinated
60	037B	Poly(methyl methacrylate) - Approx Mw 75,000
61	037D	Poly(methyl methacrylate) - Approx Mw 540,000
62	382	Poly(4-methyl-1-pentene)
63	391	Poly(p-phenylene ether-sulphone)
64	090	Poly(pheneylene sulfide)
65	130	Polypropylene, isotactic
66	1024	Polystyrene - Approx Mw 1,200
67	039A	Polystyrene - Approx Mw 260,000
68	574	Polystyrene sulfonate, sodium salt
69	046	Polysulfone
70	203	Poly(tetrafluoroethylene)
71	166	Poly(2,4,6-tribromostyrene)
72	347	Poly(vinyl acetate) - Approx Mw 150,000
73	1040	Poly(vinyl acetate) - Approx Mw 500,000
74	336	Poly(vinyl alcohol), 88% hydrolyzed
75	352	Poly(vinyl alcohol), 98% hydrolyzed
76	361	Poly(vinyl alcohol), 99% hydrolyzed
77	043	Poly(vinyl butyral)
78	038	Poly(vinyl chloride)
79	353	Poly(vinyl chloride), carboxylated - 1.8% carboxyl
80	1091	Poly(vinyl formal)
81	102	Poly(vinylidene fluoride)
82	319	Poly(2-vinylpyridine-co-styrene)
83	1028	Poly(2-vinylpyridine-co-styrene)
84	312	Poly(4-vinylpyridine-co-butyl methacrylate)
85	658	Polyvinylpyrrolidone
86	494	Styrene/acrylonitrile copolymer - 25% acrylonitrile
87	495	Styrene/acrylonitrile copolymer - 32% acrylonitrile
88	393	Styrene/allyl alcohol copolymer
89	057	Styrene/butadiene copolymer, ABA block
90	595	Styrene/butyl methacrylate copolymer
91	453	Styrene/ethylene-butylene copolymer, ABA block
92	1067	Styrene/isoprene copolymer, ABA block
93	458	Styrene/maleic anhydride copolymer-75 mole% styrene
94	049	Styrene/maleic anhydride copolymer - 50/50 copolymer
95	1092	Vinyl chloride/vinyl acetate copolymer
96	063	Vinyl chloride/vinyl acetate copolymer - 12% vinyl acetate
97	911	Vinyl chloride/vinyl acetate/hydroxypropyl acrylate - 80% vinyl chloride, 5% vinyl acetate
98	058	Vinylidene chloride/vinyl chloride copolymer - 5% vinylidene chloride
99	369	n-Vinylpyrrolidone/vinyl acetate copolymer - 60/40 copolymer
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

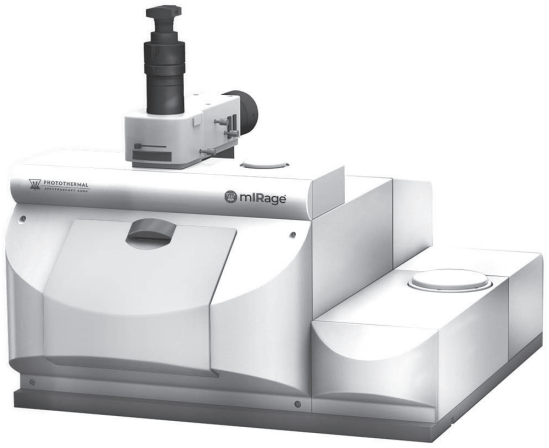
Photothermal Spectroscopy社

mIRage

PHOTOTHERMAL
SPECTROSCOPY CORP

光熱変換**赤外**顕微分光装置 (O-PTIR)

エス・ティジャパンがお届けします！



O-PTIRは、測定対象試料が赤外光を吸収した時に起きる体積の変化を可視レーザーのプローブ光を用いて、その散乱強変化を赤外スペクトルとして取得する装置です。

O-PTIRでは、従来の顕微FTIRでは測定が困難であった赤外光回折限界を超えた空間分解能 (>500nm) で赤外分析が可能となります。

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



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

YASUI KIKAI
SINCE1953

半世紀にわたり一貫して現場の精度を支え続ける、妥協なき品質。

コンピュータモータ制御による
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®
Multi-beads Shocker®

レアアース資源から惑星資源へ
探査・分析の最前線に挑む



MB3000シリーズ
- 卓上型・省スペース
- 極静音設計 40dB以下

安井器械株式会社

〒534-0027 大阪市都島区中野町2-2-8
TEL.06-4801-4831　E-mail:s@yasuikikai.co.jp

製品情報

©2026 Yasui Kikai Corporation, all rights reserved.

261005

A4

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
光学式温度測定が可能な測定装置です。
上位機種の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

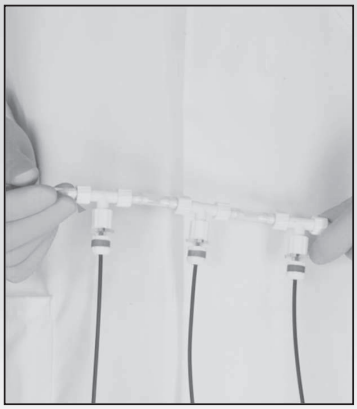
ミニプローブを
溶液に挿して・・・



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・・・



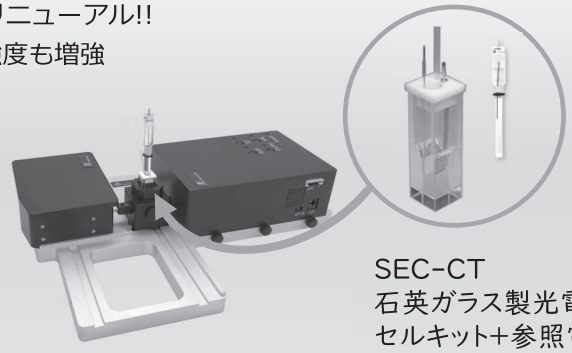
分光電気化学システム

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。

ビー・エー・エス株式会社

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

この他の電気化学測定装置や各種光学式酸素センサー
はホームページでご確認下さい!!

体験型セミナー告知や技術コラムなどビー・エー・エス株式会社
の情報を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

FRONTIER LAB

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

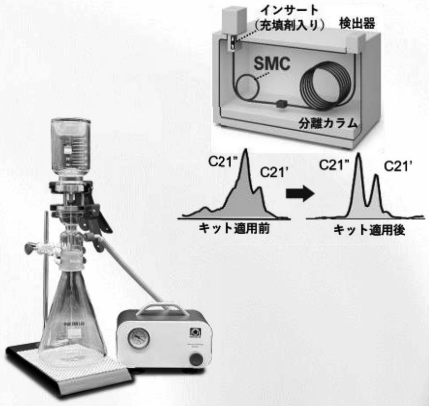
前処理なしで迅速に分析

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

用途に合わせて選べる関連製品



NEW 異常ピーク解消キット

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 Smart 微粒子コレクター

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 迅速凍結粉砕装置 IQ MILL-2075

高分子材料や生体試料などの
粉砕・攪拌・分散に最適

簡単操作！扱いやすい卓上型の粉砕装置



- **静かな作動音** … 周辺での会話が可能（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

DNA抽出用に細胞破砕を効率化する専用モデルもございます

製品情報　技術情報　お問合せ

フロンティア・ラボ 株式会社　www.frontier-lab.com/jp

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

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 http://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　〒812-0013 福岡市博多区博多駅東3-11-15 Tel (092)707-6131 Fax (092)707-6131

NS
NIHON SEIMITSU KAGAKU CO.,LTD

NS pump

High pressure plunger Pumps

高品質　高精度　高耐圧

日本精密科学のプランジャーポンプが、さらに使いやすくなりました！

KX型とNRX型がリニューアル！



- フロントパネルLEDが4桁表示に
- 流量設定が1/10000ステップに
- 最小流量、0.1μl/minに（KX204-001型）
- 高耐圧、最大60MPa（KX504-010型）
- USB接続でデジタル通信可能に
- 外部入出力信号がカスタマイズ可能に



KX504型　KX204型　NRX04型

日本精密科学株式会社

●詳細は… 日本精密科学 検索 http://www.nihon-exa-sci.com

〒173-0011 東京都板橋区双葉町25-10　TEL.03-3964-1198（代）FAX.03-3964-1199　e-mail:info@nihon-exa-sci.com

ICP-MS による網羅的元素分析
—測定・品質管理・元素プロファイル解析の基礎—

副田博文

1　はじめに

環境，食品，生体，医薬品及び材料には，多数の元素が広い濃度範囲で含まれる．本稿では，分析目的に応じて測定対象を広く設定し，試料の元素組成を可能な範囲で把握する分析を網羅的元素分析と呼ぶ．

誘導結合プラズマ質量分析法（ICP-MS）は，試料を構成する元素又は同位体を高感度に測定する．したがって，ここでいう網羅性は元素の種類と量に関するものであり，未知有機化合物の探索や，全元素を一条件で漏れなく測定することを意味しない．多元素測定から品質管理，元素プロファイルの解析及び追加検証までを，ICP-MS による網羅的元素分析の一連の流れとして解説する．

2　ICP-MS による網羅的元素分析の特徴

2･1　網羅的元素分析と元素プロファイリング

ICP-MS による網羅的元素分析は，個々の元素濃度の評価と，多元素の濃度パターンによる試料間比較に利用できる．本稿では，複数元素の濃度を試料ごとに整理したものを元素プロファイルと呼び，その比較・解析を元素プロファイリングとする．

分野別の目的と分析上の要点を表 1 に示す．材料・医薬品では規格値や管理値との比較，食品・環境・法科学・生体分野では元素プロファイルによる特徴把握や分類などが主な利用例である．

多数元素を測定しても，常に元素プロファイリングが必要なわけではない．個別濃度を評価するか，組合せを解析するかは分析目的によって決まる．網羅的測定で注目元素や測定上の問題を見いだし，対象を絞った確認定量へ進むこともできる．

2･2　ICP-MS で得られる情報

ICP-MS では，相対質量電荷数比ごとのイオン信号を測定し，標準溶液との比較によって測定液中の元素又は同位体の濃度を求める．通常の測定では，同一元素の酸化状態や化合物の違いまでは区別できない．化学形態別の情報が必要な場合には，高速液体クロマトグラフィー（HPLC）などの分離法と組み合わせる．

したがって，ICP-MS による網羅性は，主として元素の種類と量に関するものであり，化学形態や元の分子構造を直接網羅するものではない．

表 1　ICP-MS による網羅的元素分析の分野別の目的と測定結果の利用例

分野	主な目的	測定結果の利用	分析上の要点	参考文献
食品	地理的起源，真正性，原料・製造条件の評価	元素濃度・元素プロファイルによる試料群比較と未知試料の分類	品種，収穫年，栽培条件，加工法の交絡回避，独立試料によるモデル評価	2），3）
材料	不純物の定量と品質保証	規格値・管理値との比較，ロット間差・混入源の検討	マトリックス効果，スペクトル干渉，不完全分解，設備由来汚染の確認	4）
医薬品	原料・製剤中の不純物の評価	管理基準との比較，原料・製剤・ロット間差の確認	マトリックス効果，分解の完全性，回収率，真度の確認	5）
環境	地質的背景，自然変動，人為汚染の評価	元素濃度・元素プロファイルの空間的・時間的比較，汚染源の検討	採取・保存・前処理条件の統一，自然由来成分と人為的影響の区別	6）
法科学	未知試料と参照試料の識別，由来の関連性評価	元素組成の類似性・相違に基づく識別の補助	参照試料の代表性，試料内・試料間変動，測定不確かさ，汚染の考慮	7）
生体・医学	生理状態，疾患，処置に伴う元素濃度変化の探索	群間差および状態に関連する元素の探索	採取・保存条件，個体差，食事・薬剤などの交絡，因果的解釈の回避	8）

Fundamentals and Practice of Comprehensive Elemental Analysis by ICP-MS.

2･3　多元素一斉分析と広いダイナミックレンジ

ICP-MS は，多数の相対質量電荷数比を高速に逐次測定でき，微弱信号から強信号までを扱える．このため，主要元素から微量・超微量元素までを，同じ測定溶液又は少数の希釈条件で測定できる場合がある．元素ごとの測定を基本とする原子吸光法や，濃度差に応じて希釈条件を分けることの多い ICP 発光分光分析法と比べ，多元素の濃度範囲を広く把握しやすい．

ただし，実試料では検量線範囲，マトリックス効果，スペクトル干渉及び装置汚染の制約があるため，必要に応じて希釈倍率や測定条件を分ける．

3　ICP-MS の原理と装置構成

一般的な四重極 ICP-MS 装置は，試料導入部，プラズマ部，インターフェース部，イオンレンズ，コリジョン・リアクションセル，質量分析部及び検出部から構成される．基本構成を図 1 に示す．

試料溶液はネブライザーでエアロゾル化され，スプレーチャンバーで粗大な液滴が除去された後，トーチへ導入される．プラズマ中では，エアロゾル液滴からの溶媒の蒸発（脱溶媒），残った試料粒子の気化，原子化及びイオン化が進み，多くの元素が一価正イオンとなる．イオン化効率は元素や共存成分によって異なる．

試料導入法には，HPLC からの溶出液やレーザーアブレーションで生じたエアロゾルを導入する方法もあるが，プラズマ以降の基本構成は共通する[1)]．

プラズマ中で生成したイオンは，サンプリングコーン及びスキマーコーンを通して真空部へ導入される．これらのパーツは大気圧に近いプラズマと高真空の質量分析部を接続する部分としてインターフェースと呼ばれる．

イオンはイオンレンズで加速・収束され，コリジョン・リアクションセル及び質量分析部へ導かれる．イオンレンズは透過効率を高めるとともに，光子や中性粒子が検出器へ到達することを抑える役割を持つ．

コリジョン・リアクションセルでは，セルガスとの衝突又は反応を利用して，多原子イオンなどの干渉を低減する．効果は，測定元素，同位体，セルガス及び測定条件によって異なる．

四重極質量分析部では，4 本の電極に直流電圧と高周波電圧を印加し，設定した相対質量電荷数比のイオンのみを安定に通過させる．一般的な四重極型 ICP-MS の質量分解能は単位質量程度であり，同じ公称質量に現れる多原子イオン干渉を質量分解だけで除くことは難しい．一方，印加電圧を高速に切り替えることで，多数の元素・同位体を短時間に逐次測定できる．この高速走査性は，試料消費を抑えながら多元素の信号を取得できる点で，網羅的元素分析に重要である．

検出器には一般に二次電子増倍管が用いられ，弱い信号は個々のパルスを数えるパルス計数モード，強い信号は出力電流を測るアナログモードで測定される．両モードの組合せにより，一般的な四重極 ICP-MS では信号強度として約 9 桁以上，機種によっては 10〜11 桁のダイナミックレンジが得られる．これは主要元素から微量元素までを広く測定する基盤となる．ただし，検量線範囲，マトリックス効果，干渉及び試料導入系への負荷は別に評価する必要がある．

4　網羅的元素分析の計画と実施

4･1　分析目的と試料の選定

試料の選定や測定条件の設定に先立ち，網羅的元素分析によって何を明らかにするかを定める．目的には，組成概略の把握，想定外の不純物の探索，個々の元素濃度の評価，試料群の比較又は未知試料の分類などがある．目的に応じて，測定元素，必要な定量下限と精度，試料数及び品質管理方法を設定する．

試料群を比較する場合には，目的とする要因以外の条件が特定の群に偏らないようにする．例えば，食品の産地判別では，産地と品種や収穫年が重なれば，観測された差を地理的起源だけに帰属できない．

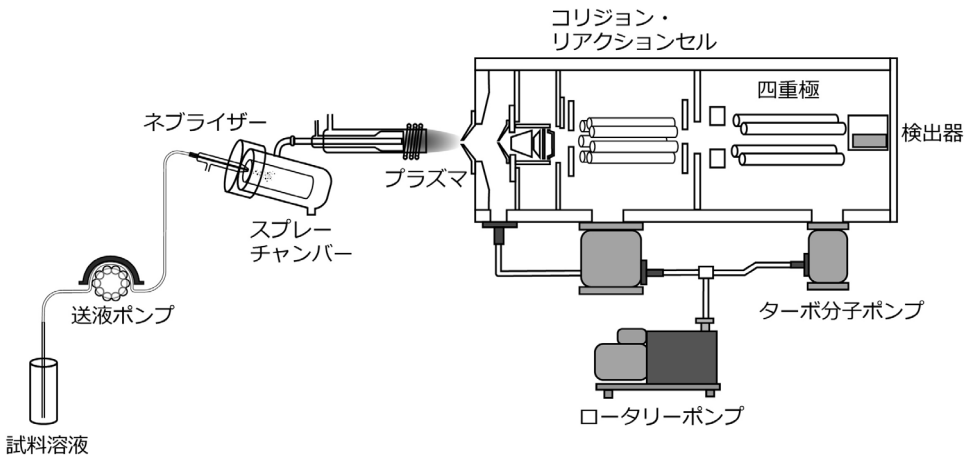


図 1　四重極型 ICP-MS の基本構成例

4･2　測定試料の調製

試料の選定から ICP-MS 測定溶液を調製するまでの流れを図 2 に示す．

分析前処理では，均質化不足，不完全分解及び不十分な抽出が，測定値のばらつきや過小評価につながる．また，揮散，沈殿又は吸着による元素の損失と，試薬，器具，容器及び分析環境からの混入にも注意する．

実際に評価できる元素と濃度域は，装置の感度だけでなく，前処理における元素の回収，汚染，測定溶液中での溶解状態，マトリックス効果及びスペクトル干渉によって制約される．特に微量元素や汚染の影響を受けやすい元素では，装置検出下限だけで実試料における検出能力を判断することはできない．操作ブランクを含む一連の分析操作のばらつきを考慮し，実試料に適用できる検出下限又は定量下限を元素ごとに評価する必要がある．

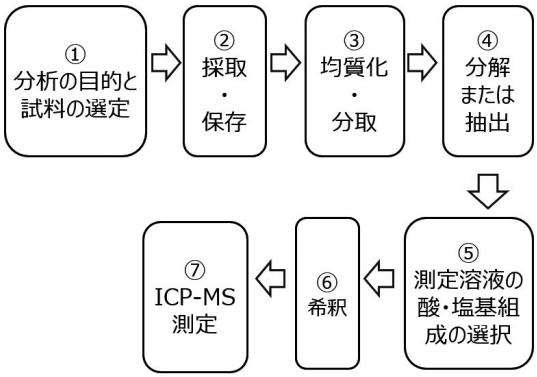


図 2　ICP-MS による網羅的元素分析の試料選定から測定までの流れ

4･3　測定溶液の酸・塩基組成

検量線用標準溶液，操作ブランク及び未知試料の測定溶液では，酸又は塩基の種類と濃度をできる限り一致させる．ICP-MS の測定溶液には硝酸酸性溶液が広く用いられるが，その組成は，分解又は可溶化に必要な条件，対象元素の安定性，予想される干渉及び試料導入系への影響を考慮して選択する．元素や試料によっては，塩酸の添加により溶解性，安定性又は洗浄性が改善する．テトラメチルアンモニウムヒドロキシド（TMAH）などによるアルカリ性可溶化も利用できるが，残存する有機物やアルカリ成分が測定に及ぼす影響を確認する．

4･4　測定条件と定量条件の設定

分析目的，試料情報及び測定液組成に基づき，測定元素，同位体，積分時間，セルモード，希釈倍率，検量線範囲及び内標準元素を設定する．一条件が全元素に適するとは限らないため，濃度範囲，共存元素，マトリックス効果及び干渉を元素ごとに検討する．

低信号域では計数統計による相対変動が大きくなるため，必要に応じて積分時間を増やす．高信号域では検出器の上限だけでなく，検量線範囲，マトリックス負荷及び残留を考慮し，希釈倍率や条件を分ける．

4･5　多元素定量と概略組成の確認

検量線法で多元素を定量し，濃度差が一つの条件で扱える範囲を超える場合には，複数の希釈倍率又は検量線範囲を用いる．

試料組成が不明な場合には，半定量機能で定量対象外の元素を含む概略組成を確認すると，高濃度共存元素によるマトリックス効果や干渉の検討に役立つ．半定量値は概略把握に用い，規格適合性や小さな群間差を評価する定量値とは区別する．

4･6　品質管理と測定値の確認

品質管理試料の許容範囲，ブランクの上限及び再測定条件は，可能な限り測定前に定める．操作ブランクで汚染，内標準信号で試料導入量や感度の変化，添加回収試料で試料調製とマトリックスの影響を確認する．検量線確認試料や認証標準物質も，測定の継続性や真度の評価に有用である．

測定値を確定する前に，試料群ごとの濃度分布と，測定順に沿った品質管理試料及びブランクの推移を確認する．確認例を図 3 に示す．

箱ひげ図では群内分布と極端に離れた値を，測定順プロットでは感度変化，汚染及びキャリーオーバーを確認する．外れ値候補は統計基準だけで除外せず，試料情

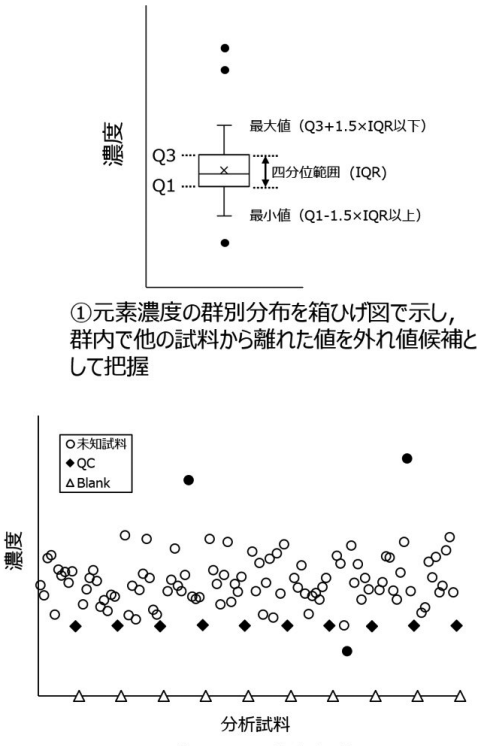


図 3　外れ値候補と測定異常の把握

報，前処理記録，内標準，ブランク及び品質管理結果を確認し，必要に応じて再測定する．

多数試料では試料群と測定順が重ならないように配置し，一定間隔で品質管理試料を測定する．品質基準を満たさない元素は利用対象から除外するか，試料調製，希釈倍率又は測定条件を見直す．

5　元素プロファイルの解析と応用

5･1　元素プロファイルの整理と探索的解析

品質基準を満たした濃度値について，定量下限未満値及び欠測値の扱いを定め，解析に用いる元素と試料を選ぶ．これらの処理方法は解析結果に影響するため，試料群によって変えず，一貫した基準を適用する．

全試料・全元素のパターンを比較する場合には，各元素の濃度から平均値を引き，標準偏差で割るオートスケーリングを行うと，各元素内の相対的な高低を同じ尺度で比較できる．図 4 の色は絶対濃度ではなく，オートスケーリング後の値を表す．ただし，分析精度の低い元素の変動も強調されることに留意する必要がある．

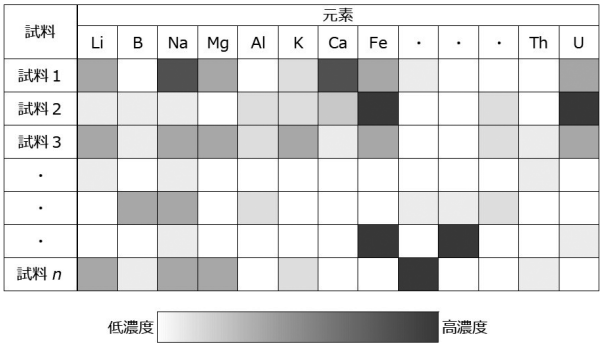


図 4　元素プロファイルのヒートマップによる試料間比較の例

主成分分析（PCA）は，多数の元素濃度を，試料間の変動を表す少数の主成分に要約する教師なし解析法である[9]．各試料を第 1 主成分や第 2 主成分の座標上に点として示した図を得点図といい，元素濃度のパターンが似た試料ほど近くに配置される．得点図から，試料群のまとまりや重なり，他の試料から離れた試料を把握できる．考え方を図 5 に示す．

PCA は群情報を用いず，データ全体の傾向を探索する方法であり，群分離や未知試料の分類を目的として最適化された方法ではない．得点図で群の違いがみられた場合，その配置に関係する元素は，違いを解釈する手掛かりとなる．ただし，ある元素が強く関係していても，その元素自体が差を生じさせた原因とは限らない．目的とする要因のほか，試料の種類や処理条件，他の元素と一緒に変動した影響，試料調製又は汚染の影響も考えられるため，元の濃度値，試料情報及び品質管理結果に戻って確認する必要がある．

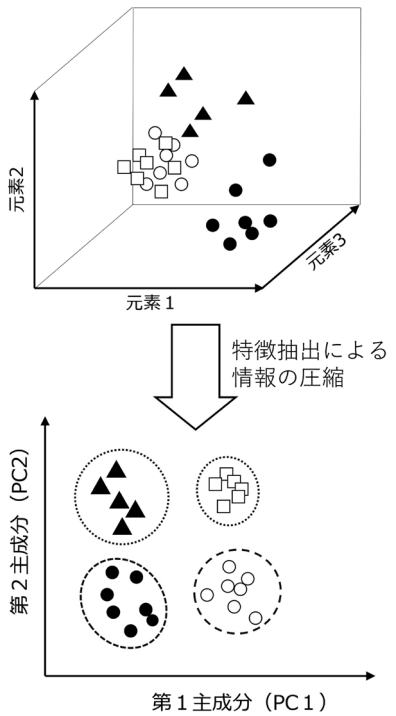


図 5　主成分分析（PCA）による多元素データの要約と得点図

5･2　教師あり解析による判別と予測

所属群が既知の試料から未知試料を分類する場合には，線形判別分析（LDA），サポートベクターマシン（SVM）又は直交部分最小二乗判別分析（OPLS-DA）などの教師あり解析を用いる．性能は，交差検証又はモデル構築に用いなかった独立試料で評価する[10]．

食品分野における適用例として，茶葉の地理的起源判別を示す．茶葉の元素組成は，土壌，水，施肥，品種及び製造工程などの影響を受けるため，多元素の濃度パターンを産地判別に利用できる．Kanrar らは，北東インド 8 地域の茶葉について 67 元素を測定し，選択した 18 元素を PCA，LDA，SVM 及び OPLS-DA で解析した[2]．

SVM 及び LDA では未知の 64 試料のすべてが正しく分類され，信頼度指標の平均値は，SVM で 0.9748，LDA で 0.8897 であった（図 6）．OPLS-DA でも 24 試

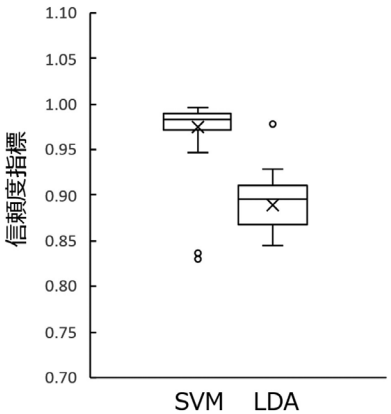


図 6　茶葉の地理的起源判別における SVM 及び LDA の信頼度指標の分布

験試料のすべてが正しく分類された[2]．これらの結果は，元素プロファイルが茶葉の地理的起源の判別に有用であることを示している．個々の元素だけでなく，多元素の濃度パターンを利用することで，試料群の特徴を捉えて未知試料の判別に結び付けられる点が本手法の利点である．

評価試料数や評価方法が異なるため解析法間の単純な比較はできないが，Cr，Mo，Rb，Mn 及び Ni など，判別に関係する元素を抽出できたことも重要な成果である．ただし，例えば Rb や Mn に地域間差がみられても，それが土壌，施肥，品種又は製造工程のどれに由来するかは，解析結果だけでは決められない．他の元素と一緒に増減したため，判別との関係が強く現れた可能性もある．また，Cr や Ni については，製造設備，粉砕器具，試料調製又は分析操作からの混入も検討する必要がある．

したがって，判別に関係する元素については，元の濃度値と品質管理結果を確認し，必要に応じて再測定又は他法による確認を行う．さらに，異なる年次や地域を含む独立試料によって検証することで，各元素の意味を明確にするとともに，判別モデルの適用範囲を広げることができる．このように，ICP-MS による網羅的元素分析は，試料の特徴把握から未知試料の判別，関連元素の抽出及び確認分析までを一連の流れとして進められる点に利点がある．

6 おわりに

ICP-MS による網羅的元素分析は，多数元素を広い濃度範囲で測定し，個別濃度又は元素プロファイルとして試料を評価する分析戦略である．広いダイナミックレンジが，主要元素から微量元素までの測定を支える．

信頼できる結果には，分析目的，試料選定，試料調製，測定条件，品質管理及びデータ解析を一体として設計する必要がある．広範な測定で注目元素や問題点を見いだし，確認定量，再測定及び追加検証へつなげることが重要である．

文　献

1）朱 彦北：ぶんせき（*Bunseki*），**2026**，179.
2）B. Kanrar, S. Kundu, P. Khan, V. Jain : *Food Chem. Adv.*, **1**, 100073 (2022).
3）Y.-F. Ren, C. Feng, Z.-H. Ye, H.-Y. Zhu, R.-Y. Hou, D. Granato, H.-M. Cai, C.-Y. Peng : *Food Control*, **133**, 108614 (2022).
4）L. Fu, S. Shi, X. Chen, H. Xie : *Microchem. J.*, **139**, 236 (2018).
5）E. Holmfred, A. Alrijjal, C. P. Chamberlain, K. Maher, S. Stürup : *Heliyon*, **10**, e23566 (2024).
6）M. R. Palomo Marín, E. Pinilla Gil, L. Calvo Blázquez, J. L. Capelo-Martínez : *Talanta*, **84**, 840 (2011).
7）T. Trejos, R. Koons, S. Becker, T. Berman, J. Buscaglia, M. Duecking, T. Eckert-Lumsdon, T. Ernst, C. Hanlon, A. Heydon, K. Mooney, R. Nelson, K. Olsson, C. Palenik, E. C. Pollock, D. Rudell, S. Ryland, A. Tarifa, M. Valadez, P. Weis, J. Almirall : *Anal. Bioanal. Chem.*, **405**, 5393 (2013).
8）T. Konz, C. Monnard, M. Rincón-Restrepo, J. Laval, F. Sizzano, M. Girotra, G. Dammone, A. Palini, G. Coukos, S. Rezzi, J.-P. Godin, N. Vannini : *Anal. Chem.*, **92**, 8750 (2020).
9）R. Bro, A. K. Smilde : *Anal. Methods*, **6**, 2812 (2014).
10）E. Szymańska, E. Saccenti, A. K. Smilde, J. A. Westerhuis : *Metabolomics*, **8**, 3 (2012).



田副 博文（TAZOE Hirofumi）
弘前大学被ばく医療総合研究所（〒036-8564 青森県弘前市大字本町 66-1）．東京大学大学院理学系研究科化学専攻．博士（理学）．第 1 種放射線取扱主任者．《現在の研究テーマ》放射性核種と微量元素を化学トレーサーとした海洋物質循環研究．《趣味》水泳・スキー．
E-mail : tazoe@hirosaki-u.ac.jp