

ESIイオン源一体型 マイクロチップ・キャピラリー電気泳動装置

ZipChip™

お使いのMSが高速CE-ESI/MSになります！

ZipChip™プラットフォームは、キャピラリー電気泳動 (CE) とエレクトロスプレーイオン化 (ESI) を一つのマイクロ流体チップに統合し質量分析計にスプレーするシステムです。

広範囲の生体試料の調整、分離、イオン化を迅速に行い試料を質量分析計へ直接導入可能です。

CE/ESIチップはユニット内にクリップで装着するだけです。分析時間は通常3分程度で完了し、ほとんどのLCよりも短時間でより良い分離品質を得ることができます。

シンプルなワークフローと複数のキットオプションにより、多数のバイオセラピー、メタボローム、およびプロテオミクスのアプリケーションをサポートします。



ZipChip™の特徴

- 迅速な分析時間 (ほとんどの分析時間は2~3分)
- 高感度・高安定のナノレベルスプレー
- 少ない試料消費 (ピコグラム~ナノグラム)
- オンラインの脱塩により、サンプル調整が最小限

アプリ別に便利な分析キットが用意されています。

- ペプチド用
- インタクトタンパク質用
- ネイティブタンパク質用
- 代謝物 (アミノ酸) 用
- オリゴ核酸用

下記メーカーの質量分析計でご使用いただけます。

- ThermoFisher Scientific社
- Bruker社
- SCIEX社

(対応モデル名・型式につきましては別途ご照会ください。)



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

フーリエ変換赤外分光光度計
Fourier Transform Infrared Spectrophotometer

IRXross



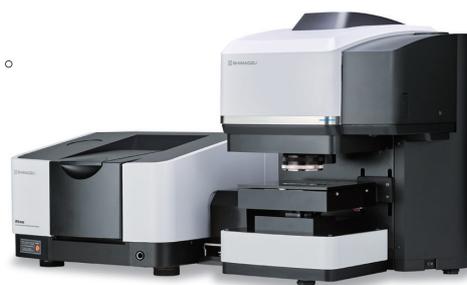
IR, Xross over

Performance × Operability

IRXrossは、新たな赤外分光分析の概念を創造します。
多様な用途が求められる新しい時代に、最適なソリューションを。

様々なニーズを満たす卓越した性能
簡単操作と解析を実現する独自機能
安心の規制対応

 ANALYTICAL
INTELLIGENCE



赤外顕微鏡システム



Muromac[®]

イオン交換・吸着・濾過

MUROMACHI CHEMICAL

column

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、リークやテー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。

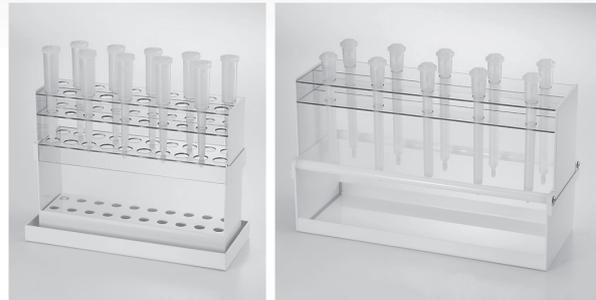


種類	内径(mm)	長さ(mm)	容量(mL)	液溜槽容量(mL)
S	5.0~5.5	50	1.0	8.0
M	6.5~8.5	58	2.5	10.0
L	10.0~11.0	118	10.0	5.0*1

*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のピ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、ライフ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】



種類	容量(mL)
S	500
M	1000

お問合せ先

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

【東京】TEL. 03-3525-4792 【大阪】TEL. 06-6393-0007 【本社】TEL. 0944-41-2131



MUROMACHI CHEMICALS INC.
室町ケミカル株式会社

分散体評価に最適化された
コンパクトなNMR



MagnoMeter

**ワンクリック
20秒**

粉体の濡れ性
濃厚分散体を原液で
簡単に数値化

パルスNMRによる粒子界面評価

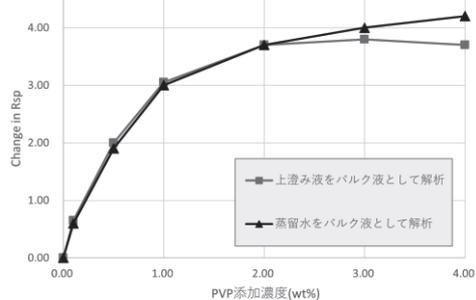
緩和時間を測定する事で短時間でも再現性良く粒子界面の
僅かな違いを数値化可能です。
緩和時間の測定は難しいと思われがちですが
粒子径分布測定装置の様にどなたでも簡便にご使用いただけます。

濃厚分散体をそのまま評価

- 分散・凝集状態の評価
- 粉体の濡れ性・界面評価
- 分散剤の吸着特性の評価
- 比表面積の相対比較・分散終点の決定に
- ハンセンパラメーター(HSP)の算出に



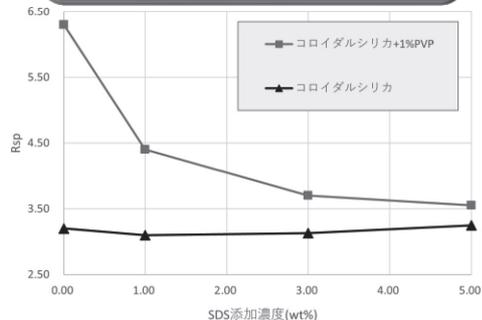
1. 分散材の最適量の決定



分散質: コロイダルシリカ
分散媒: 水、上澄み液
濃度: 10wt%
分散材: PVP
超遠心機: himac CS-FNX

* 上澄み液をバルク液として測定しRsp値を算出する事で、分散剤の最適濃度をより明確にとらえる事ができた

2. 競争吸着を簡易に数値化



分散質: コロイダルシリカ
分散媒: 水
濃度: 10wt%
分散剤: PVP
界面活性剤: ドデシル硫酸ナトリウム

* 1%PVPを吸着させた実験1の試料にSDSを添加した
* SDSがPVPをシリカから脱着させることが示唆された

微粒子分散系での応用例

- セラミックス 電池材料: 湿式分散における解砕 分散性の工程管理
- ナノテクノロジー: 粒子の表面修飾状態の把握
- インク: 無機・有機顔料の解砕 分散 分散剤吸着状態
- 製剤: ロット差による濡れ性の違い 親水性の違い
- その他: 濃厚系分散粒子系全般 アスペクト比の大きい試料 (ナノファイバー カーボンナノチューブ等)



携帯のバーコードリーダーでQRコードを読み取ることで、Youtube 動画へアクセスできます

マジエリカ・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609
TEL: 04-7189-8158 E-mail: info@mageleka-japan.com
Web: https://www.mageleka-japan.com/

ICDD (JCPDS) 粉末回折データベース

(Release 2023/Full File 2023/Minerals 2023/Organics 2023)関連商品

PDF-2 Database (Release 2023)

ICDDで収集された有機物/無機物約124,000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約204,000件、米国NISTで収集された無機物約10,000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。

付属のソフトウェア ■PDF2plusX for Windows (X-Search) ■DDViewer+Sieve ■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とXML形式での表示
- データカードから物質材料研究機構(NIMS)のAtomWorks (Pauling FileのNIMSバージョン)へのリンクで結晶構造の表示も可能
- 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



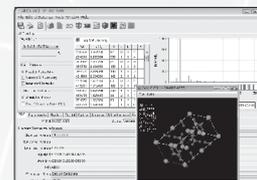
新規購入：¥2,024,000(一般)/¥1,707,000(教育) 更新：¥493,000(一般)/¥373,000(教育)

PDF-4 Database (Full File 2023)

ICDDで収集された有機物/無機物約124,000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約91,000件、米国NISTで収集された無機物約2,800件に加え、Pauling Fileの無機物約260,000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 Fileの結晶データ(プロトタイプ)ほか約480,000件の結晶座標データでは結晶構造のグラフィック表示も可能。

付属のソフトウェア ■X-Search ■DDViewer+ (Sieve+はオプション) ■X-Viewer

- XRDパターンマッチング検索(X-Search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
- データカードから物質材料研究機構(NIMS)のAtomWorks (Pauling FileのNIMSバージョン)へのリンク
- 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)
- 1年間ライセンス(複数年契約も可能)



新規購入：¥2,024,000(一般)/¥1,707,000(教育) 更新：¥493,000(一般)/¥373,000(教育)

PDF Statistics (2023)

Data Entry Source

	PDF-4+2023 PDF-4+Web 2023	PDF-4/ Minerals 2023	PDF-4/ Organics 2023	PDF-2 2023
00-ICDD	124,022	12,959	43,759	124,022
01-FIZ	91,967	14,449	20,818	204,591
02-CCDC	0	0	488,484	0
03-NIST	2,838	230	283	10,067
04-MPDS	260,613	23,237	0	0
05-ICDD Crystal Data	869	75	55,405	869
Total No. of Entries	480,309	50,950	608,749	339,549
Subfile Distribution:				
Inorganics	426,021	50,323	15,093	2878,307
Organics	55,812	764	597,307	53,557
New Entries	19,355	154	48,554	11,925
Rietvelt-No. with atomic coordinates	369,558	42,064	204,252	0
Reference Intensity Ratio (RIR)- I/Io	376,391	39,269	573,756	235,654
Experimental Digital Patterns	18,238	191	19,728	0

PDF-4 Minerals 2023

ICDDで収集されたMinerals Subfile約12,900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約14,000件、米国NISTで収集された鉱物約230件に加え、Pauling Fileの鉱物約23,000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。

付属のソフトウェア ■DDViewer+

- 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：¥442,000(一般)/¥316,000(教育)

更新：¥265,000(一般)/¥240,000(教育)

PDF-4 Organics 2023

ICDDで収集されたOrganics Subfile約43,000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有機物約20,000件、英国Cambridge Crystal Data Centerで収集された有機金属の結晶データから計算で作成された532,000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。

付属のソフトウェア ■DDViewer+

- 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：¥2,024,000(一般)/¥1,707,000(教育)

更新：¥493,000(一般)/¥373,000(教育)

PDFデータベースに関する注意事項

- PDF-4のユーザーライセンスには1年用ライセンスでは1年限り、3年用ライセンスでは3年限りとなっており、ライセンスを継続更新しない限りタイムロックがかかり、データベースにアクセスできなくなります。
- ICDDのライセンスは現在、同一の建物内でのみ使用が認められています。同じ建物内であれば、追加ライセンス更新が前提です。なお、AXIONには更新がなく、追加ライセンスも2つ(合計3つ)までです。
- PDF-2のライセンス期限は5年です。この期間内に更新があれば、そこからさらに5年となります。

※表示価格は税込みです

株式会社 デ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

TOA DKK

ポータブル水質計 P40シリーズ

mylana
マイラナ



マイラナちゃん

pH

ORP

電気伝導率

光学式溶存酸素

ポータブルで使えるマルチ水質計



MM-42DP
2chタイプ

各chにつなぐプローブの
組み合わせは自由

MM-41DP
1chタイプ

新型
デジタル
プローブ採用

プローブ情報を
自動で識別



pHプローブ、
ORPプローブは
各々電極部のみの
交換が可能



pH、ORP、
各種イオンの
測定が可能な
普及型も
用意



ポータブルpH・
イオン・ORP計
HM-40P

電池寿命は
最大約2000時間



Mylana(マイラナ)
詳細ページ

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)0218

●東京:03(3202)0226 ●大阪:06(6312)5100 ●札幌:011(726)9859 ●仙台:022(723)5734 ●千葉:0436(23)7531
●名古屋:052(324)6335 ●広島:082(568)5860 ●四国:087(831)3450 ●九州:093(551)2727



JASCO

リサーチグレードでありながら、 ダウンサイジングを追求

Debut

FT/IR-4Xは、高い拡張性とS/N比・分解能を保持したまま、従来比40%のサイズダウンを実現したリサーチグレードの赤外分光光度計です。大型機同等の20cm幅の試料室は、サードパーティ製を含む各種大型付属品を使用することが可能で、赤外顕微鏡接続、検出器拡張、近中赤外・中遠赤外への波数拡張にも対応可能です。モノコック構造の干渉計は高い密閉性と堅牢性を誇り、NISTトレーサブルフィルムによる自動バリデーション機構内蔵により、永きに渡る信頼性を担保いたします。

Fourier Transform Infrared Spectrometer
フーリエ変換赤外分光光度計

FT/IR-4X



New

ラマン測定を、手の中に。

PR-1s/PR-1wは、手のひらに収まる超小型ラマン分光光度計です。測定波数範囲とレーザー出力の異なる2つのモデルをラインアップしています。測定対象の自由度が高く、専用試料室やバイアルホルダーも用意しており、シンプルで手軽なラマン測定を実現します。



Palmtop Raman Spectrometer
パームトップラマン分光光度計



PR-1s/PR-1w

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



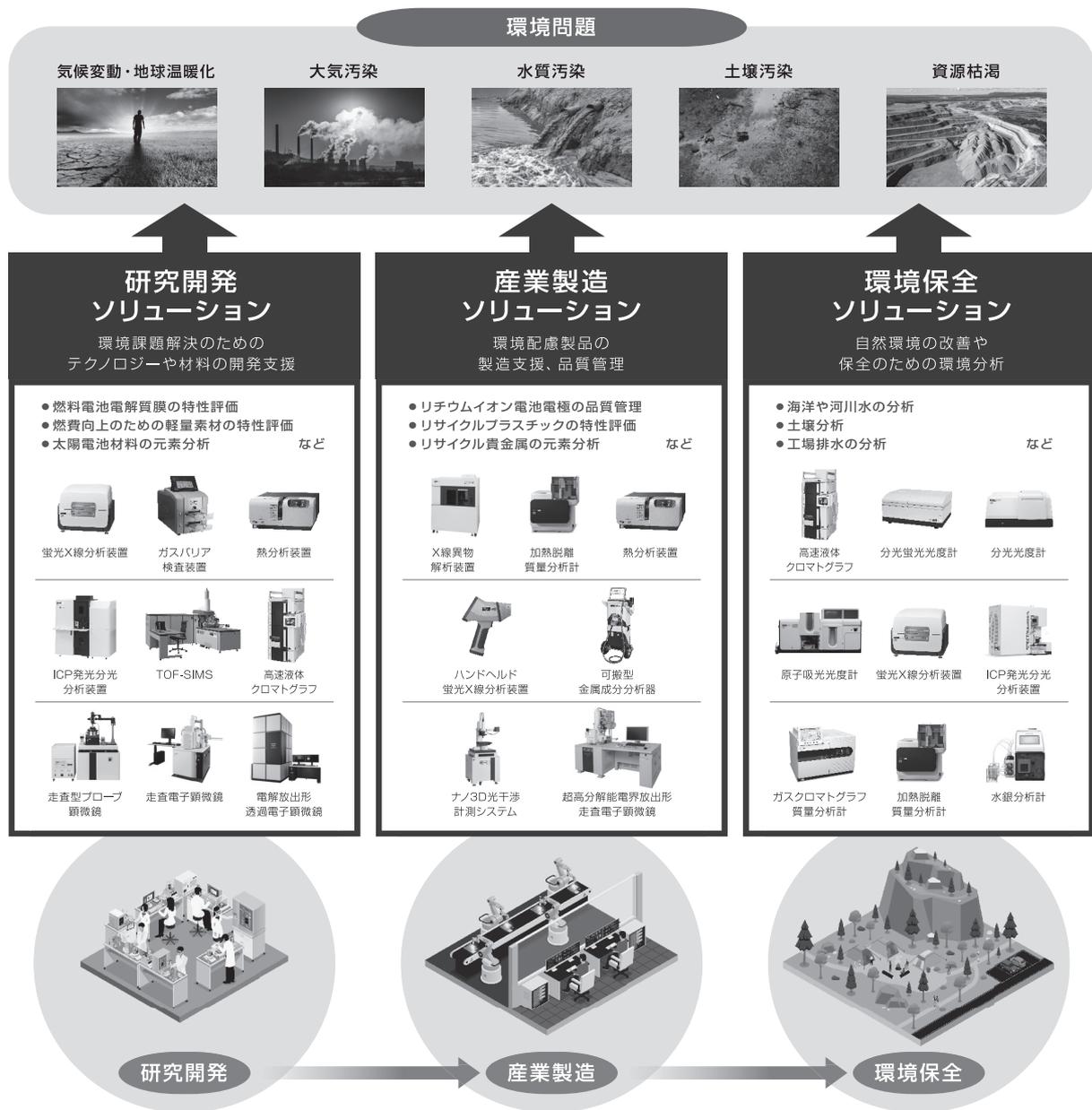
JASCO

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。

持続可能な将来を支える日立ハイテクの先端機器

HITACHI High-Tech's advanced instruments support sustainable future.

自然環境と社会発展が共存するサステナブル社会の構築を目指し、
私たち日立ハイテクは、機器分析で、
“研究開発”、“産業製造”、“環境保全”を支援します。



◎ 株式会社 日立ハイテク ◎ 株式会社 日立ハイテクサイエンス

本社 〒105-6409 東京都港区虎ノ門一丁目17番1号 虎ノ門ヒルズ ビジネスタワー 電話03-3504-6111

インターネットでも製品紹介しております。

URL www.hitachi-hightech.com/jp/science/

CAS Analytical Methods



分析方法の調査にかかる時間を大幅短縮

CAS が保有する膨大な文献コレクションから、分析手法に特化した情報を抽出し、15 万件以上の分析情報データを蓄積。各分析手法は表形式で表示して簡単に比較できます。

HPLC、UV-Vis、GC/MS のデータや抽出方法など、物質のあらゆる分析法をカバーしています。

HPLC

UV-Vis

CAS Analytical Methods

GC/MS

Extraction

Information

- イベント開催のお知らせ -

CAS SciFinder フォーラム 2022 年 11 月 29 日 (火) 開催決定！

🔍 詳細はホームページでお知らせします。ぜひご参加ください。

CAS
A division of the
American Chemical Society

JAICI
化学情報協会

情報事業部
〒113-0021 東京都文京区本駒込6-25-4 中層ビル
TEL: 0120-151-462 FAX: 03-5978-4090
URL: www.jaici.or.jp



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、待ち時間のみです。回転ノブとタッチパネルで簡単に設定が可能です。

● 短時間で効率的な粉碎

- ✓ 同一プログラムで最大3サンプルの同時粉碎が可能

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。

- ✓ パワフルな衝撃と剪断の粉碎力で 粉碎時間を大幅短縮

高弾性ベルトを用いた高速立体8の字運動による粉碎方式*を採用しており、短時間での試料粉碎が可能です。

*特許第7064786号

● 液体窒素での予冷方式

- ✓ 粉碎前に冷媒（液体窒素等）を用いて試料容器を予冷

液体窒素の最小消費量は300 mL程度と省エネです。製品には予冷用キットが付属します。

- ✓ 冷媒を使わずに室温でも粉碎可能



迅速粉碎凍結装置
IQ MILL-2070

主な仕様

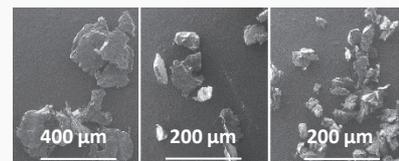
粉碎温度	室温あるいは冷媒（液体窒素等）を用いる試料冷却	
粉碎設定	回転数 (rpm)	50 から 最大 3000（無段階設定）
	回転時間 (sec)	10 から 60（10 sec毎）
	回転サイクル間の待ち時間 (sec)	10 から 600（10 sec毎）
	回転サイクル数	1 から 10（1サイクル毎）
安全装置	2つのマイクロスイッチと手動ロックの組合せ	
本体寸法、重量	幅 270 x 奥行 340 x 高さ 300 (mm)、約 12 kg	
電源 (50/60 Hz)	AC 100/120 V あるいは 200/240 V (450 VA)	

ポリスチレン (20 ペレット, 約 500 mg)

2000 rpm x 60 sec x 1 サイクル

前処理温度

25 °C 0 °C -196 °C



粉碎温度 25 °C

フロンティア・ラボ 株式会社

ご購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

高感度でロバストな 新しい四重極型 ICP 質量分析装置の開発

—基礎研究と理論から得た革新的思考—

Iouri Kalinitchenko (日本語訳 松野京子)

1 はじめに

誘導結合プラズマ質量分析法 (ICP-MS) は、最も強力で一般的な多元素分析技術の一つである。誘導結合プラズマと質量分析計を組み合わせた最初の ICP 質量分析装置は、1980 年に米国 (アイオワ大学) の Houk らによって発表された¹⁾。この装置は 1983 年にパーキンエルマー/Sciex によって市販化された。現在では、アナリティクイエナ、アジレント、パーキンエルマー、サーモフィッシャー、島津製作所の 5 社が装置を市販している。

市販の ICP-MS 装置には、主に四重極型、飛行時間型、磁場集束型の 3 種類の質量分析計が使用されている。総合的な性能と経済性を考慮して、多くの分析ラボで四重極質量計を搭載した ICP-MS 装置を使用している。

本稿は、最新のアナリティクイエナの PlasmaQuant MS シリーズの上市に至るまでの、四重極ベースの ICP-MS の研究、革新的な方法による問題解決、および新しい質量分析技術の開発について紹介する。

2 ICP-MS 装置の研究と開発

開発の原点である UltraMass シリーズ ICP-MS 装置は、1993 年に発表された。発売当時は最先端の分析装置であったが、その性能はそれほど印象的ではなかった²⁾。UltraMass は非常に大きく (幅 164 cm, 奥行き 80 cm, 高さ 121 cm), 重い (530 kg) 装置であり、感度も高くなかった。製造コストが高く、チューニングが難しかった。アジレント 4500 シリーズやパーキンエルマー Elan シリーズ ICP-MS 装置と比較すると、最も大きくて重く、感度が低い装置であった。

1997 年に、世界で最も小さく、最高の性能を発揮する ICP-MS 装置の可能性と開発を研究するミニマス (Mini-Mass) という新しいプロジェクトが開始された。私は、キーウ国立大学とソビエト科学アカデミーで真空

科学、プラズマ物理学、質量分析の教育と実務経験を積んだことが評価され、1997 年 7 月よりこの ICP-MS 研究チームに加わった。

2.1 従来の装置の評価

最初に UltraMass の主要構成要素であるサンプル導入システムの効率、プラズマの特性、インターフェースでのプラズマ輸送効率、イオン抽出プロセス、イオン光学系の効率、四重極質量分析計の特性、検出器のイオンカウント効率、および信号ノイズの発生源などの特性評価から開始した。いくつかの理論的な計算と UltraMass を使用した基本的な実験の結果、私たちは次のような結論を得た。

- 1) サンプル導入システム：水分負荷の低減と酸化物生成比の低減を目的とした、冷却式ダブルパススコットスプレーチャンバーを検討。
- 2) プラズマ源：特許のターナーインターレースド誘導コイルプラズマにより、ホットプラズマおよびクールプラズマモードで極めて低いプラズマ電位を実現。金属シールドなしで動作。0.1 eV から 5 eV までの小さなイオン運動エネルギー幅。これはそのまま採用できる。
- 3) イオンエネルギーの拡散の測定：ICP-MS 装置におけるイオン運動エネルギーを、質量分析計の入口付近に設置した三つのメッシュグリッドを使用した遅延電位実験によって測定した。低質量のイオンは 0.1~1 eV, 中質量は 1~3 eV, 高質量は 2~5 eV の運動エネルギーであると結論付けた。
- 4) 離散型ダイノードを備えたパルスカウント検出器：計数効率 80 % 以上のポルスカウントディスクリットダイノード検出器が良い選択であるが、ダイナミックレンジを 6 桁から 9 または 10 桁に向上させることが望ましい。
- 5) 丸型ロッド四重極質量分析計：四重極内のイオン輸送をコンピューターでモデリングした結果、分解能 0.8 amu で 50~60 % の効率を示し、アバダンス感度は、低質量側で 10^{-6} 高質量側で 10^{-7} となった。これは既存の双曲型四重極質量分析計

に匹敵する性能であった。

- 6) インターフェース：インターフェースの特性について、理論的・実験的に研究する必要があった。界面を通過するプラズマの輸送効率ほどの程度か？ プラズマからどれだけのイオンを取り出せるか？ 新しい ICP-MS 装置に期待できる最大感度はどのくらいか？ これらは未解決の問題であった。
- 7) イオン抽出プロセス：スキマーコーン後方のプラズマからのイオン抽出プロセスは、これまで知られていなかった。UltraMass のレンズはダブルメッシュグリッドで作られており、サンプルにより汚染され、信号がドリフトしていた。新しいレンズの研究が必要であり、これにより新しい ICP-MS 装置の安定性と感度の向上が期待できた。
- 8) イオン光学系：UltraMass で使用していたフォトンストップは、より効率の良い新しいコンセプトの物に変える必要がある。フォトンストップの効率は悪く 1 % 程度であった。新しいイオン光学系にはフォトンストップ以外の機構が必要。

ミニマスプロジェクトでは、6) インターフェース、7) イオン抽出プロセス、8) イオン光学系の研究に重点を置いた。

2・2 インターフェースとイオン抽出効率

メインの課題は、インターフェースを介したプラズマ輸送の効率把握であった。1980 年に ICP-MS が発表されて以来¹⁾、二つのコーンインターフェース (“Carnegie”^{3)~5)}と呼ばれるサンプラー/スキマー) が伝統的に使用されている。プラズマ源からポストスキマー領域へプラズマと共に移動するサンプルイオンの数と、プラズマから抽出される可能性のあるサンプルイオンの数を確認する必要があった。それらすべてに焦点を合わせることができるか？ その課題により、新しい ICP-MS 装置の感度を予測することが可能になると考えた。

2・2・1 ラングミュアプローブによる実験

スキマーコーンの後ろに XYZ 方向に機械的に移動可能なマルチピン電気プローブ (図 1) を 60 mm の距離

に設置した。これはラングミュアプローブと呼ばれているプローブで、中央電極が一つあり、中央電極は 1 mm の距離にある六つの直径 1 mm の電極に囲まれている。すべての電極は独立して電位計に接続された。スキマーコーン後方の領域から抽出されたイオン電流は、二つの抽出レンズ E1 および E2 によってラングミュアプローブに集束される。ラングミュアプローブは上下、左右、前後にそれぞれ +/- 30 mm の範囲で移動することができ、総抽出イオン電流、イオンビーム径、および X、Y、Z 方向のイオンビームプロファイルに関する情報が得られた。

新たに提案した機械加工した金属製のリング状の抽出レンズ、E1 と E2 を UltraMass に取り付け実験を行った。実験は、1) CeO⁺/Ce⁺ が 3 % 以下となるように調整し、サンプラーコーンの前のトーチ位置をイオン信号が最大化するように最適化する、2) フォトンオプティックスと四重極質量分析計と検出器を取り外す、3) ラングミュアプローブを設置する、4) 手順 1) と同じプラズマパラメータを維持したまま、プラズマを点灯する、の順序で行った。1000 ppm (mg/L) のインジウムを含む高濃度の試験溶液を使用した。この実験からは以下の知見が得られた。

- 1) ブランク溶液から、直径 2~3 mm のイオンビームが検出され、0.5 μA のイオン電流が発生した。これは主に Ar プラズマイオンであった。
- 2) ブランク溶液の代わりに 1000 ppm のインジウム溶液を使用した場合、1.5 mA とはるかに高いイオン電流を検出した。さらに 1000 ppm のインジウムが 1.0 mA のイオン電流を発生させることは、1 ppb のインジウム濃度あたり 6×10⁶ 個/秒のイオンフラックスに相当すると結論付けた (!)。
- 3) E1 と E2 の電圧を調整することでイオンビームの集束点をコントロールすることができる。E1-80 V と E2-200 V では、直径 5 mm の平行イオンビームを形成することができた。E1-100 V、E2-300 V に設定するとラングミュアプローブの直径 1 mm のスポットにイオンビームを集束させることができた。

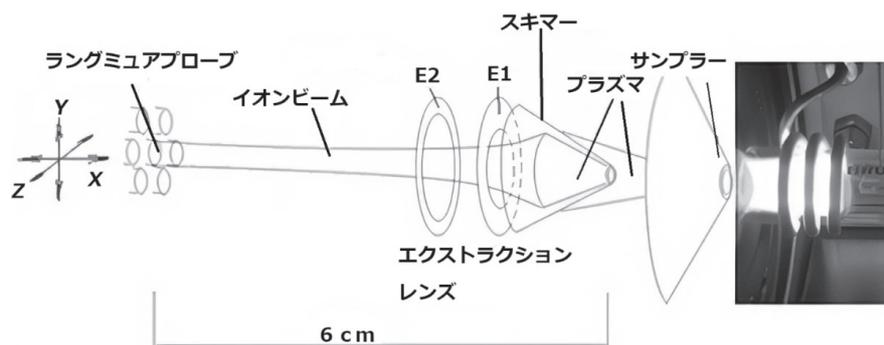


図 1 イオンビームの大きさと輸送効率を測定するための実験装置

私たちの測定では、従来のUltraMassのインターフェースで1 ppbのインジウムに対して 6×10^6 個/秒が得られることが実証された。しかし、UltraMassのインジウムに対する感度(cps/ppm)は、1/100~300程度低く、約 2×10^4 個/秒であった。そこで、どこでイオンが失われているのか、なぜUltraMassの感度が悪いのか、どうすれば感度を上げられるのか、という疑問が生まれた。

2.3 デュアルイオン抽出レンズ

軽いイオンと重いイオンの間には、0.1~5 eVの運動エネルギーの広がりがあり、色収差の影響でエネルギーの異なるイオンを一点に集束させることは困難である。しかし、白色光を色収差なく集光する必要がある場合、光学系では原理的に2枚のレンズが使われ、集束レンズと発散レンズを組み合わせれば、色収差の少ない集光システムができることは分かっていた。これは、ガリレオの望遠鏡の原理⁶⁾を思い起こさせるものであり、このガリレオシステムの原理をイオン抽出プロセスに応用した。

- 1) 第1レンズ(E1)は、スキマーコーン後方のプラズマジェットからイオンを抽出するプロセスを担当する。このレンズは、プラズマからイオンを引き出し、プラズマの電子を後方に押し、"イオンの像"を作る。これはイオンの供給源となる。
- 2) 第2レンズ(E2)は、色収差・球面収差を補正するためのレンズで、低エネルギーと高エネルギーのイオンビームを同時に生成するパラレルイオンビームを生成する。
- 3) 1 Torrの高圧は、イオンビーム引き出し・形成エリアでのイオンの密度を高め、より明確な"イオンの像"を生成する。圧力を上げるため、E1の内径を5 mmとした。また、レンズ周辺のガス排気を制限し、E1オリフィスのみにひきこむようにした。その結果、感度が20%向上し、酸化物比率 CeO^+/Ce^+ 比を3%から2%に低減することができた⁷⁾。

次のステップは、イオン光学系の原理を考えることであった。

2.4 イオン光学系

イオン光学は、抽出された目的のイオンを、プラズマ中に常に存在する不要な粒子である中性粒子(準安定または放出された中性粒子を含む)、光子、固体、液滴から分離する役割を担っている。不要な準安定中性粒子や光子は検出器のノイズの原因となる。試料中の不要な固体や液滴は質量分析計を汚染する可能性がある。

従来の方法では、抽出レンズと質量分析計の入口の軸上にフォトンストップを配置することで、バックグ

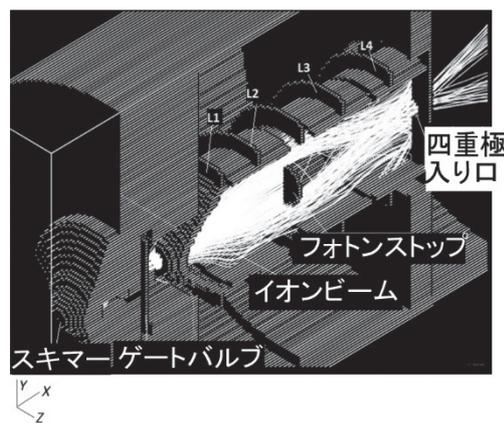


図2 SIMIONでモデリングしたイオンビームの軌道

ラウンドの低減と質量分析計の汚染を防いでいた。

私達は、フォトンストップを利用したイオン光学系におけるイオンの伝搬のコンピュータモデルを作成した(図2)。SIMIONプログラムを使用して、プラズマ/イオンビーム引き出し境界(イオンのイメージ)から質量分析計入口までのイオンビーム輸送をシミュレートした。その結果、フォトンストップは、99%以上のイオンを排除してしまうことが明らかになり、非常に残念な結果となった。

モデリングによると、スキマーコーン領域から抽出された3000個のイオンが伝播した結果、四重極オリフィスに到達したイオンはわずか30個程度であった。大半のイオンはフォトンストップに衝突したが、フォトンストップを回避した多くのイオンは、エネルギー拡散より四重極の入口に集束することができなかった。フォトンストップイオン光学系の効率、1%程度と見積もられた。

ラングミュアプローブ実験では、1 ppbのインジウム溶液に対して、抽出されるイオンのフラックスが 6×10^6 個/秒であると示されていた。そこで、イオン輸送効率を考察した。イオン光学系の効率1%、四重極質量分析計の効率50%、イオン電子増倍管の効率80%。したがって、UltraMassの最高感度は、インジウム濃度1 ppbあたり30000 cps以下となる。実際、UltraMassで得られた最高の感度は、1 ppbあたり約30000 cpsであり、これはICP-MSの基本を理解し、予測する上で大きなブレークスルーとなった。フォトンストップを外してみると、試料があってもなくても約 1×10^7 cps以上のノイズが発生した。このノイズは、光子と励起された中性原子の束がスキマーコーンから四重極質量分析計を通り、軸に沿って検出器に到達することによって説明できる。そこで、フォトンストップを使用せず、かつイオンビームの輸送効率を最大限に高めた新しいイオン光学系が必要となった。

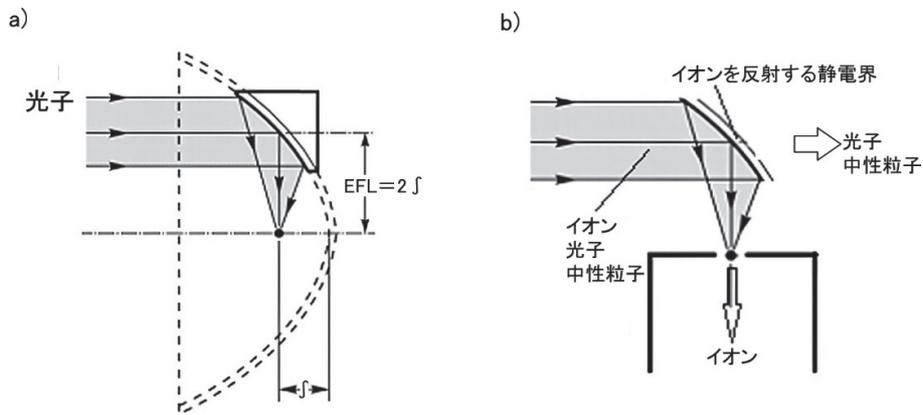


図3 a) 光子光学系と b) 90° 偏光イオン光学系

2.5 イオンミラー

2.5.1 イオンミラーの構想

次のステップでは、ガリレオ光学系と、光子光学系とイオン光学系の類似性を考えた(図3 a, b)。二つのレンズによるイオンビーム引き出し原理と、電界による“放物面鏡”を組み合わせることで、二つの引き出しレンズで作られた平行イオンビームを、フォトンストップなしで非常に小さな焦点に集めることができる(図3 b)。

図3のb)を見ると、すべてのイオンが質量分析計に集束されることがわかる。これは、Campargue インターフェースの基礎から受け継いだ ΔE イオンのエネルギー分布を扱う際に非常に重要なことであった。最終的な構想は、図4に示すものとなった。

これが成功すれば、最も高感度なICP-MS装置がで

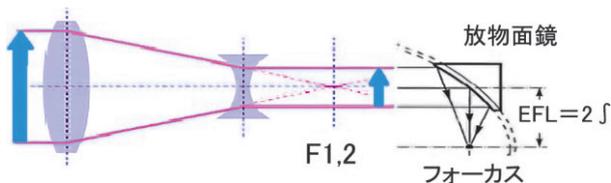


図4 イオン反射光学系とガリレオ平行ビームレンズを組み合わせたアイデア

きあがる！ 抽出されるイオンは、インジウム溶液濃度1 ppbあたり約 6×10^6 個/秒となり、光子/中性原子から完全に分離できる。ビームはイオンミラーによって100%の効率で集束でき、イオンカウントの損失は、四重極(イオン輸送効率50~60%)と検出器(イオンカウント効率80%)だけである。そのため、スキマーコーンから検出器までの伝搬で失われるイオンは1/2程度と予想された。新しいICP-MS装置の感度は、1 ppbあたり約 3×10^6 cpsで、UltraMassより100~200倍高いと予想された。これは、新しいICP-MS装置の感度の理解と予測における大きな進歩となった。

3.5.2 イオンミラーデザイン

SIMIONのモデリングの結果に基づいて、イオンミラーを製作した(図5)。このイオンミラーは、四つのセグメント/電極を持ち、イオンビームをX, Y, Z方向に多次的に制御することができる⁸⁾。左側がスキマーコーン、下側が四重極入口である。

イオンミラーセグメントにはプラス電圧のみが印加され、セグメントへのイオンの付着を防止する。大きな中空構造により、光子、中性粒子、粒子がイオンミラー電極を汚染することなく、まっすぐ通過することができる。イオンミラーの直径は、それを通して効率的なポンピングを可能にするのに十分な大きさである。

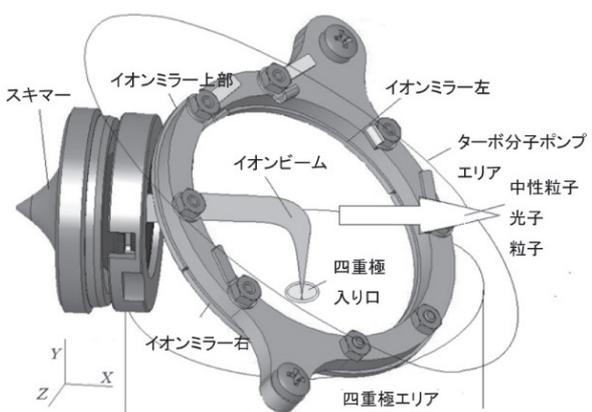
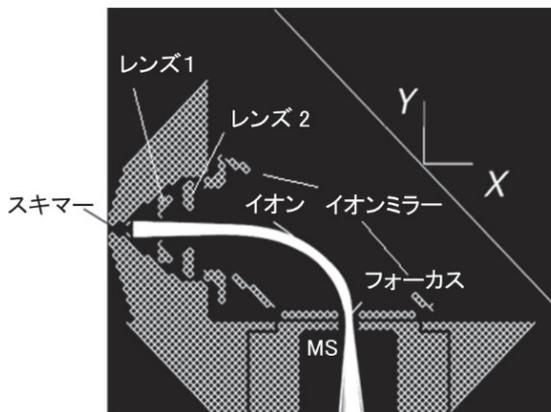


図5 SIMIONのイオンミラー集束特性のモデリングとイオンミラー

SIMION のイオンビーム輸送のモデリングによると、イオンの 1~5 eV の運動エネルギーの広がりに対して、質量分析計入口で 1 mm の集束点が容易に達成できることがわかった。

4 まとめと今後の展開

イオンミラーは、最高の感度、低い検出限界、メンテナンスフリーのイオン光学系のために開発された。ミニマスプロジェクトの研究開発を元にした最新機種、PlasmaQuant MS シリーズ ICP-MS 装置は、中質量で 1 ppb あたり 3×10^9 cps の感度を達成している。さらに改良したメンテナンスフリーの四重極型質量分析計⁹⁾も採用し、装置サイズもベンチトップレイアウト¹⁰⁾と小型化にも成功した。

一方、E1、E2 の抽出レンズはフラットな形状で、スキマーコーンからのプラズマの伝搬経路上に位置している。このため、地質、土壌、海水などの高濃度マトリックスを含む試料で汚染される可能性がある。マトリックス濃度の高いサンプルの測定後に再び低濃度のサンプルを測定する場合、E1、E2 抽出レンズの洗浄が必要となる。

私たちは現在、より堅牢で、より高いマトリックス耐性、同時に高感度で洗浄の必要性を低減する、新しい E1、E2 レンズの組み合わせに焦点を当てて研究を行っている。

文 献

- 1) R. S. Houk, V. A. Fassel, G. D. Flesch, H. J. Svec, Alan. L. Gray, C. E. Taylor : *Anal. Chem.*, 52, 2283 (1980).

- 2) T. Nham : *American Laboratory*, 30, 17A-17D (1998).
 3) D. J. Douglas, J. B. French : *Spectrochim. Acta*, 41B, 197 (1986).
 4) D. J. Douglas, J. B. French : *J. Anal. At. Spectrom.*, 3, 743 (1988).
 5) R. Campargue : *Rev. Sci. Instrum.*, 35, 111 (1964).
 6) Sven Dupré : “Galileo, the Telescope, and the Science of Optics in the Sixteenth Century”, (2002), (Universiteit Gent, Gent).
 7) Varian Australia Pty. Ltd : Iouri Kalinitchenko, US 7119330, “Plasma mass Spectrometer”, (2006. 10. 10).
 8) Varian Australia Pty. Ltd : Iouri Kalinitchenko, US 6614021, “Ion optical system for a mass Spectrometer”, (2003. 9. 2).
 9) Varian Australia Pty. Ltd : Iouri Kalinitchenko, US 7351962, “Electrode for mass spectrometry”, (2008. 4. 1).
 10) Analytik Jena AG : Iouri Kalinitchenko, US 9006646, “Mass spectrometry apparatus”, (2015. 4. 14).



ユーリ カリニチェンコ

(Iouri Kalinitchenko)

Analytik Jena GmbH+Co. KG. (Konrad-Zuße-Straße 1, Jena, 07745, Germany, コンラード 1, イエナ, 07745, ドイツ). Academy of Science of Ukraine, Dr : analytical chemistry. 《現在の研究テーマ》 ICP 質量分析システムの研究開発。《趣味》自転車、スキー、ヨット、チェス。

E-mail : Iouri.Kalinitchenko@analytik-jena.com



松野京子 (Kyoko MATSUNO)

株式会社アナリティクイエナ ジャパン (〒240-0005 神奈川県横浜市保土ヶ谷区神戸町 134 横浜ビジネスパークイーストタワー 11 階)。《現在の研究テーマ》 ICP-OES, ICP-MS 機器を使用した分析手法の研究。

E-mail : kyoko.matsuno@analytik-jena.com

原 稿 募 集

創案と開発欄の原稿を募集しています

内容：新しい分析方法・技術を創案したときの着想、新しい発見のきっかけ、新装置開発上の苦心と問題点解決の経緯などを述べたもの。但し、他誌に未発表のものに限ります。

執筆上の注意：1) 会員の研究活動、技術の展開に参考になるよう、体験をなるべく具体的に述べる。物語風でもよい。2) 従来の分析方法や装置の問題点に触れ、記事中の創案や開発の意義、すなわち主題の背景を分かりやすく説明する。3) 図や表、当時のスケッチなどを用いて理解しやす

くすることが望ましい。4) 原稿は図表を含めて 4000~8000 字 (図・表は 1 枚 500 字に換算) とする。

◇採用の可否は編集委員会にご一任ください。お問い合わせは下記へお願いします。

〒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「ぶんせき」編集委員会

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