

# ぶんせき ③

**Bunseki 2021**

The Japan Society for Analytical Chemistry



日本分析化学会

<http://www.jsac.jp>

# RADIAN™ ASAP 超小型ダイレクトMS分析装置

## 「わずか10秒」の迅速分析

### 簡単4ステップで分析



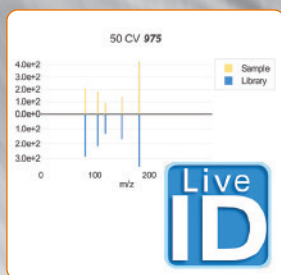
1. プローブを取り外す



2. プローブ先端のキャピラリーにサンプルを塗布



3. プローブにセットして、データ取得



4. リアルタイムでデータを可視化



**RADIAN**  
ASAP

### RADIAN ASAP

- ラボニーズに最適化
  - ・迅速、簡単、低コスト、高感度
  - ・最小限のサンプル調製
  - ・クロマトグラフィー分離必要なし
- 確かな同定能力
  - ・構造識別とライブラリ検索のためのソースフラグメンテーション機能
- 簡単な維持管理
  - ・一貫したデータ品質のために自動化された質量較正
- コンパクトサイズ
  - ・重さ：29kg
  - ・幅 34.4 cm × 奥行 73.0 cm × 高さ 27.1 cm
- どこでも設置可能な100 V 電源に対応
  - ・100-240 V (50/60 Hz)



RADIAN ASAP の詳細はこちらから  
[www.waters.com/RADIAN](http://www.waters.com/RADIAN)  
QRコードからもご覧いただけます。

**Waters**  
THE SCIENCE OF WHAT'S POSSIBLE.™

製薬 ■ ヘルスサイエンス ■ 食品 ■ 環境 ■ 化学工業

©2021 Waters Corporation. Waters および The Science of What's Possible は Waters Corporation の商標です。

日本ウォーターズ株式会社 [www.waters.com](http://www.waters.com)  
【東京本社】〒140-0001 東京都品川区北品川1-3-12 第5小池ビル  
【大阪支社】〒532-0011 大阪府淀川区西中島5-14-10 新大阪トヨタビル11F  
TEL 0120-800-299



Advanced

# i-Series

High Performance Liquid Chromatograph



## 新しい i-Series が実現する 新しい分析スタイル

業務効率化や働き方の柔軟性がより一層求められる中、LC 分析業務のあるべき姿も大きく変わり始めています。分析者がラボにいないでも、あるいは操作に不慣れな分析者が操作しても、等しく分析操作やデータ解析が実行され、同じ結果を得られる環境が必要となってきました。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、働く人、場所、スタイルが多様化する分析現場の要望に応え、常に信頼性の高い分析結果を提供します。

新しい分析業務の形を、新 i-Series と一緒に体験してください。

### 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、ラボ滞在時間の短縮を実現

### intelligent

ソフトウェアとの連携により、データ信頼性と分析業務効率化の両方を実現

### intuitive

直感的な操作性とメンテナンス性、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。

Analytical Intelligence ロゴは、株式会社島津製作所の商標です。



# アジレントが提供するハンドブック

ICP-MS、UV-Vis 分光光度計、消耗品など  
お役に立てる情報を掲載

## ICP-QQQ アプリケーションハンドブック

ICP-MS/MS テクノロジーを搭載した Agilent ICP-QQQ を 2012 年にリリースして以来 ICP-MS の可能性が飛躍的に広がりました。Agilent ICP-QQQ アプリケーションハンドブックでは、アジレントおよびお客様による 60 以上の様々なアプリケーション事例を 300 ページ以上にわたって紹介しています。Agilent ICP-QQQ 機器が登場してこの技術がどのようなラボでどのように利用されてきたかご覧ください。



8900 ICP-QQQ



## UV-Vis 分光光度計ハンドブック

UV-Vis 分光光度計を活用するための有用な情報と事例を満載しております。大学の教育ツールとして使用したり、分析ラボの新しい UV-Vis ユーザーのためにお役立てください。このハンドブックには、以下の内容が含まれます。

- UV-Vis 測定の基本的な原則
- 分光光度計の仕組み
- 測定パラメータを選択する方法
- 一般的な UV-Vis アプリケーション



Cary 3500 UV-Vis およびシッパ



## 分光分析消耗品ハンドブック

ラボの競争力向上と成功のために、アジレントの消耗品をぜひご活用ください。アジレントは部品と消耗品のほか、経験豊富なサービスエンジニアのグローバルネットワークによって幅広い点検サービス提供し、お客様のラボのすべてのシステムが最高の性能を発揮できるようにサポートします。



原子吸光、ICP-OES、ICP-MS、  
UV-VIS、FT-IR 消耗品と標準溶液を掲載



# NIST/EPA/NIH Mass Spectral Libraries NIST2020(EI & Tandem Libraries)

NIST2017からEI MSで約40,000スペクトル増加し、MS/MSでは17,000以上の化合物（70,000以上のプリカーサイオンの12,000スペクトル）が増加されました。新規に追加された物質にはヒトと植物代謝物、香料、医薬品とその代謝物、毒素、殺虫剤汚染物、工業化学品、石油化学品、界面活性剤、脂質などがあります。

## ライブラリーとデータ数

### ■NIST Mass Spectral Library (EI-MS)

350,643 EIスペクトル (306,869化合物)

### ■NIST Tandem Mass Spectral Library (MS/MS and MS/MS/MS)

1,300,000 MS/MSスペクトル (31,000化合物の186,000プリカーサイオン)

内訳：

[1,026,712件の低分子／高分解能、215,648件の低分子／低分解能]

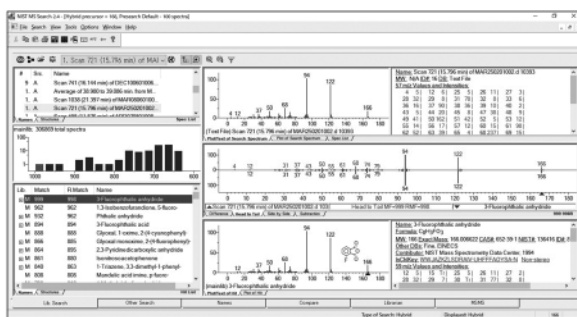
75% (+) 25% (-) / 32% MS2 In-source / 8% MS3 and MS4

### ■Tandem Library of Biological Peptide (MS/MS)

90,244スペクトル (ペプチド1,904種)

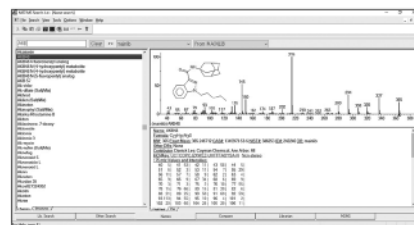
### ■NIST GC Retention Index Database

447,285 RI (139,498化合物)



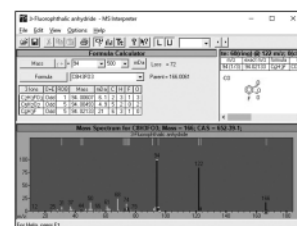
## 検索エンジンMSSearch.exeの機能

- Unknownマススペクトル (GC/MSファイルも) からの検索
- 化学名、一般名、同義語、整数分子量、精密質量数、CAS番号、NIST番号、ピークのm/z値での検索
- ニュートラルロス表示
- 127個までのライブラリーを同時に検索
- 化学構造式の類似検索
- 化学構造式のクリップボードコピー (MOLFileフォーマット)



## 検索用プログラムと付随するユーティリティソフトウェア

- MS Search Program, Version 2.4 (NISTフォーマットライブラリーの検索エンジン)
- MS Interpreter (スペクトル解釈支援ツール)
- Lib2NIST (NISTフォーマットのプライベートライブラリーを作成)
- AMDIS32 (ピークデコンボリューション、Agilent/Shimadzu/Micromass/netCDF 他の生データの読み込みとMS Searchの自動実行)



## 使用可能なシステム

### ■Windows 7/8/8.1/10

価格 (消費税別) 新規 ¥430,000 (1ライセンス)

(NIST 2017/2014/201108/05....からの) アップグレード ¥260,000)

装置メーカーのデータステーション用フォーマット (EI-MSのみ) \*追加料金が必要

(★Agilent MassHunter/ChemStation ★Shimadzu GCMS Solution ★Waters Masslynx)

# 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



## 米国 SPEX 社製 RoHS対応フタル酸エステル類分析用シート状標準物質

2019年7月よりRoHS規制に適用が開始される、フタル酸エステル類4物質が混合されたRoHS 2対応品と、それに3物質 (DIDP, DINP, DNOP) を加えてIEC 62321-8に対応した、7物質混合品の2タイプのシート状標準物質を販売しております。

本標準物質は、米国のA2LAより認定を受けISO 17025並びにISO Guide34を取得したSPEX社製で、ILAC-MRA (国際試験所認定協力機構の世界相互承認協定) にも対応しております。

また、標準物質には下記の様な保証書が付属し、濃度や純度以外にトレーサビリティや不確かさ等についても記載があり、製品が認証標準物質であることを証明しております。



[参考認証書]

### [標準物質仕様]

IEC62321-8 対応品：PVCシート状 30mm×30mm、4枚入 7物質認証 (ppm)

型番	DEHP	BBP	DBP	DIBP	DIDP	DINP	DNOP
SVO-STC-149	0	0	0	0	0	0	0
SVO-STC-150	100	100	100	100	100	100	100
SVO-STC-151	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000

RoHS 2 対応品：PVCシート状 30mm×30mm、4枚入 4物質認証 (ppm)

型番	DEHP	BBP	DBP	DIBP
SVO-STC-146	0	0	0	0
SVO-STC-147	100	100	100	100
SVO-STC-148	1000	1000	1000	1000

**SEISHIN**

標準物質専門商社

**西進商事株式会社**

<http://www.seishin-syoji.co.jp/>

— 西進商事は日本分析化学会の販売総代理店です —

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 〒450-0003 名古屋市中村区名駅南1丁目24番地30(名古屋三井ビル本館)  
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



# こんなカラムの差について ご存知ですか？

## カラムサイズ選びのご提案

HPLCカラムには2φ、3φ、4.6φ、6φ、8φ、10φ、20φと内径に種類があります。カラム内径による使い分け方について、さまざまな選び方・活用法をご紹介します。

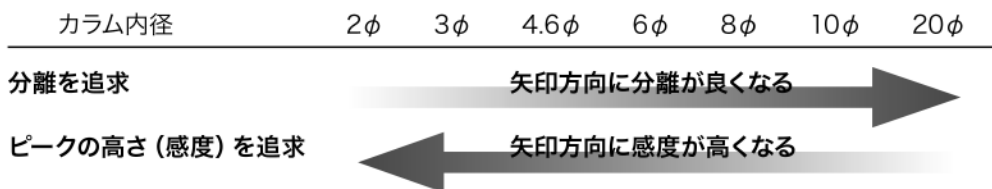
カラムの長さは、150mmより250mmの方が分離が良いのは当然です。内径4.6φと6φのカラムを体積比較すると、4.6φに比べて6φの体積は1.7倍になります。それは長さで表すと4.6φ×250mmに対して、**6φのカラムは4.6φ×425mm相当の体積**になりますので分離が優れていることが想像できます。

**サンプルの分離を良くするには**、カラム内径の大きさ4.6φより6φを選ぶ方が、またその上の8φを選ぶ方が良いです。

**感度を良くするには**、内径の小さい2φを選ぶとピークの高さ（感度）が上がります。

「えっ!？」カラムで感度が良くなるの？と思われるかもしれませんが、「分離を良くするか」「感度を良くするか」はカラム内径で選べます。弊社では30年前からさまざまなカラム内径の種類をそろえております。

### ■カラム内径と体積の比較（充填剤の粒径は同じ5μm）

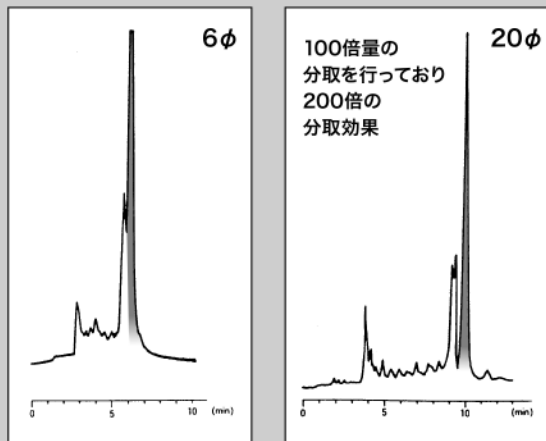


4.6φカラムの体積を「標準1」とした場合、2φは0.189、3φは0.425、6φは1.7、8φは3、10φは4.7倍となります。

あなたの仕事は、感度を優先しますか？分離を優先しますか？

・・・再現性を優先するならカラム恒温槽とオートサンプラーの使用がおすすめです。

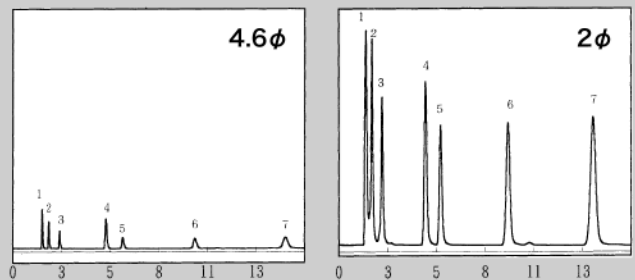
### ■6φと20φの分離と分取量比較



カラム：6φ×250mm  
サンプル：抗生物質0.2mg

カラム：20φ×250mm  
サンプル：抗生物質20mg

### ■4.6φと2φのピーク高さ（感度）比較



カラム：4.6φ×150mm  
サンプルサイズ：1μl

カラム：2φ×150mm  
サンプルサイズ：1μl

※ポンプ流速は、カラム内径倍率と比較し、ピークの溶出時間も同じになります。

くわしくは、弊社ホームページまたは下記までお問い合わせください。

センシュエ科学

検索

をクリック。

一歩進んだ仕事がしたい

**SSC 株式会社 センシュエ科学**

<http://www.ssc-jp.com>

東京本社 TEL(03)3395-3251(代) FAX(03)3395-3268  
E-mail: [tokyo@ssc-jp.com](mailto:tokyo@ssc-jp.com)

埼玉営業所 TEL(049)297-9807 FAX(049)297-9803  
E-mail: [saitama@ssc-jp.com](mailto:saitama@ssc-jp.com)

JASCO Corporation

# High Performance High Speed Imaging



NRS-4500は、コンパクトな筐体に異物分析などの一般分析に必要な機能・性能を搭載した画期的なラマン分光光度計です。4枚のグレーティング自動切替やQRI高速イメージング(Quick Raman Imaging)に対応し、広域から微細までの幅広い面分析を行うことができます。

## NRS-4500の特長

- 高速・高精度測定のためのQRI高速イメージングシステム
- EMCCD検出器との組み合わせによる高感度化、高速測定に対応
- ウィザード形式で測定を支援するアシスト機能
- レーザー3台、グレーティング4枚同時搭載可能
- 共焦点光学系による優れた空間分解能

レーザーラマン分光光度計 / Laser Raman Spectrometer

# NRS-4500

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仕様は、  
改修のため予告なく変更することがあります。



高速イオンクロマトグラフ

# IC-8100



ION CHROMATOGRAPH  
**IC-8100**

先進のセパレーションテクノロジーを継承、  
さらに進化したニューコンセプトIC…  
ますますの快適さと信頼性をお届けします。

## 高速多検体

### 測定時間5分のハイスループット分析を実現

高速分離カラムとの組み合わせで、陰イオン・陽イオンの測定がそれぞれ5分で終了。  
検体の測定時間を大幅に短縮できます。

### 測定時間10分で臭素酸を含む水道水質基準項目の分析を実現

水道水質分析用の高速高分離カラムと、高感度ポストカラム反応システムを用いる事で、  
臭素酸を含む水道水質基準項目が10分以内で測定できます。  
従来、複数の条件で行なわれていた分析を一度の測定で行うことが可能です。

## 高感度

### 自動交換型ゲルサプレッサー方式で高感度分析が可能

サプレッサーロータリーバルブとサプレッサーゲルを組み合わせた、自動交換型ゲルサプレッサー方式の採用により  
安定した高感度連続自動分析が可能です。

## 高機能 拡張性

### 自動希釈機能付きのオートサンプラーを標準搭載 (IC-8100EX)

高濃度イオン含有サンプルなどに対して希釈と注入を連続して行うことができます。

### IC-8100シリーズ専用紫外可視吸光光度検出器

フローセルの最適化及び温度変化を最小限に抑えた流路設計により、低ノイズ、低ドリフトのベースラインを実現しています。  
当社従来器に比べて感度がおよそ5倍向上しています(亜硝酸イオンのS/Nより算出)。

### IC-8100EX専用自動溶離液供給ユニット

新規開発した調製機構により安定的に溶離液を調製し、装置へ供給します。  
濃縮溶離液と純水をセットするだけで分析が可能となります。  
常に安定した組成の溶離液が供給されるため、経時変化による溶出時間の変動などがなく安定した分析が可能です。

### IC-8100シリーズ専用ポストカラム反応システム

イオンクロマトグラフIC-8100EXと紫外可視吸光光度検出器UV-8100との組み合わせにより  
水道水質検査法に準拠した臭素酸やシアン等の高感度分析を実現します。

※ "IC-8100" は日本における東ソー株式会社の登録ロゴです。



東ソー株式会社  
バイオサイエンス事業部

東京本社営業部 ☎(03)5427-5180 〒105-8623 東京都港区芝3-8-2  
大阪支店 バイオサイエンスG ☎(06)6209-1948 〒541-0043 大阪市中央区高麗橋4-4-9  
名古屋支店 バイオサイエンスG ☎(052)211-5730 〒460-0008 名古屋市中区栄1-2-7  
福岡支店 ☎(092)781-0481 〒810-0001 福岡市中央区天神1-13-2  
仙台支店 ☎(022)266-2341 〒980-0014 仙台市青葉区本町1-11-1  
カスタマーサポートセンター ☎(0467)76-5384 〒252-1123 神奈川県綾瀬市早川2743-1  
バイオサイエンス事業部ホームページ <https://www.separations.asia.tosohbioscience.com/>

# 材料劣化診断・油残渣定量・異物分析を 現場で可能にします!

## ハンドヘルド 4300FT-IR



日本語測定ソフトウェア



測定波数範囲	4,500~650cm <sup>-1</sup> (DTGS)
波数分解能	4, 8, 16cm <sup>-1</sup>
測定モード	Diamond ATR, Ge ATR, 正反射、 グレーティング反射、拡散反射
重量	2.2Kg (バッテリー込)
バッテリー駆動	3-4時間
使用温度範囲	0~50°C
オプション	非接触反射プローブ、顕微拡張アクセサリ



飛行機、自動車の塗膜劣化、CFRPの分析、樹脂劣化分析、絵画や岩石の分析、コーティング分析、  
金属表面の油残渣分析、ロール表面の有機物分析 etc,...


**ST.JAPAN INC.**

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

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



## 次世代イオンクロマトグラフで生産性の向上を

### Thermo Scientific™ Dionex™ Integriion™ HPICシステム

- 高圧対応システム (HPIC) による高分離・高感度な分析
- お客様のアプリケーションに合わせてアップグレードが可能
- 消耗品のメンテナンスに役立つ消耗品追跡機能
- 直観的で使いやすいユーザーインターフェース
- 日本語版Thermo Scientific™ Chromeleon™クロマトグラフィードータシステムによる一括制御
- インラインマトリックス除去にも対応

マトリックス除去に関するアプリケーションノートをQRコードよりダウンロードいただけます



研究用のみ使用できます。診断用には使用いただけません。

© 2021 Thermo Fisher Scientific Inc. All rights reserved.

All trademarks are the property of Thermo Fisher Scientific and its subsidiaries unless otherwise specified.

IC252\_A21020B

サーモフィッシャーサイエンティフィック株式会社

TEL.0120-753-670 FAX.0120-753-671

Analyze.jp@thermofisher.com [thermofisher.com](http://thermofisher.com)

**ThermoFisher**  
SCIENTIFIC



# 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	032	Alginic acid, sodium salt	51	184	Polyethylene, chlorinated, 25% chlorine
2	209	Butyl methacrylate/isobutyl methacrylate copolymer	52	185	Polyethylene, chlorinated, 36% chlorine
3	660	Cellulose	53	186	Polyethylene, 42% chlorine
4	083	Cellulose acetate	54	107	Polyethylene, chlorosulfonated
5	077	Cellulose acetate butyrate	55	041	Polyethylene, high density
6	321	Cellulose propionate	56	042	Polyethylene, low density
7	031	Cellulose triacetate	57	405	Polyethylene, oxidized, Acid number 16 mg KOH/g
8	142	Ethyl cellulose	58	136A	Poly(ethylene oxide)
9	534	Ethylene/acrylic acid copolymer, 15% acrylic acid	59	138	Poly(ethylene terephthalate)
10	454	Ethylene/ethyl acrylate copolymer, 18% ethyl acrylate	60	414	Poly(2-hydroxyethyl methacrylate)
11	939	Ethylene/methacrylic acid copolymer, 12% methacrylic acid	61	112	Poly(isobutyl methacrylate)
12	358	Ethylene/propylene copolymer, 60% ethylene	62	106	Polyisoprene, chlorinated
13	506	Ethylene/vinyl acetate copolymer, 9% vinyl acetate	63	037A	Poly(methyl methacrylate)
14	243	Ethylene/vinyl acetate copolymer, 14% vinyl acetate	64	382	Poly(4-methyl-1-pentene)
15	244	Ethylene/vinyl acetate copolymer, 18% vinyl acetate	65	391	Poly(p-phenylene ether-sulphone)
16	316	Ethylene/vinyl acetate copolymer, 28% vinyl acetate	66	090	Poly(phenylene sulfide)
17	246	Ethylene/vinyl acetate copolymer, 33% vinyl acetate	67	130	Polypropylene, isotactic
18	326	Ethylene/vinyl acetate copolymer, 40% vinyl acetate	68	1024	Polystyrene, Mw 1,200
19	959	Ethylene/vinyl alcohol copolymer, 38% ethylene	69	400	Polystyrene, Mw 45,000
20	143	Hydroxyethyl cellulose	70	039A	Polystyrene, Mw 260,000
21	401	Hydroxypropyl cellulose	71	046	Polysulfone
22	423	Hydroxypropyl methyl cellulose, 10% hydroxypropyl, 30% methoxyl	72	203	Poly(tetrafluoroethylene)
23	144	Methyl cellulose	73	166	Poly(2,4,6-tribromostyrene)
24	374	Methyl vinyl ether/maleic acid copolymer, 50/50 copolymer	74	1019	Poly(vinyl acetate)
25	317	Methyl vinyl ether/maleic anhydride, 50/50 copolymer	75	002	Poly(vinyl alcohol), 99.7% hydrolyzed
26	034	Nylon 6 [Poly(caprolactam)]	76	352	Poly(vinyl alcohol), 98% hydrolyzed
27	331	Nylon 6(3)T [Poly(trimethylhexamethylene terephthalamide)]	77	043	Poly(vinyl butyral)
28	033	Nylon 6/6 [Poly(hexamethylene adipamide)]	78	038	Poly(vinyl chloride)
29	156	Nylon 6/9 [Poly(hexamethylene azelamide)]	79	353	Poly(vinyl chloride), carboxylated, 1.8% carboxyl
30	139	Nylon 6/10 [Poly(hexamethylene sebacamide)]	80	012	Poly(vinyl formal)
31	313	Nylon 6/12 [Poly(hexamethylene dodecanediamide)]	81	102	Poly(vinylidene fluoride)
32	006	Nylon 11 [Poly(undecanoamide)]	82	132	Polyvinylpyrrolidone
33	045A	Phenoxy resin	83	103	Poly(vinyl stearate)
34	009	Polyacetal	84	494	Styrene/acrylonitrile copolymer, 25% acrylonitrile
35	001	Polyacrylamide	85	495	Styrene/acrylonitrile copolymer, 32% acrylonitrile
36	376	Polyacrylamide, carboxyl modified, low carboxyl modified	86	393	Styrene/allyl alcohol copolymer, 5.4-6.0% hydroxyl
37	1036	Polyacrylamide, carboxyl modified, high carboxyl modified	87	057	Styrene/butadiene copolymer, ABA block copolymer, 30% styrene
38	026	Poly(acrylic acid)	88	595	Styrene/butyl methacrylate copolymer
39	385	Polyamide resin	89	452	Styrene/ethylene-butylene copolymer, ABA block, 29% styrene
40	688	1,2-Polybutadiene	90	178	Styrene/isoprene copolymer, ABA block
41	128	Poly(1-butene), isotactic	91	049	Styrene/maleic anhydride copolymer, 50/50 copolymer
42	961	Poly(butylene terephthalate)	92	068	Vinyl chloride/vinyl acetate copolymer, 10% vinyl acetate
43	111	Poly(n-butyl methacrylate)	93	063	Vinyl chloride/vinyl acetate copolymer, 12% vinyl acetate
44	1031	Polycaprolactone	94	070	Vinyl chloride/vinyl acetate copolymer, 17% vinyl acetate
45	035	Polycarbonate	95	422	Vinyl chloride/vinyl acetate/maleic acid terpolymer
46	196	Polychloroprene	96	911	Vinyl chloride/vinyl acetate/hydroxypropyl acrylate, 80% vinyl chloride, 5% vinyl acetate
47	010	Poly(diallyl phthalate)	97	395	Vinylidene chloride/acrylonitrile copolymer, 20% acrylonitrile
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	113	Poly(ethyl methacrylate)	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](mailto:gsc@shibayama.co.jp)

# 業界最高クラスの測定温度範囲

Thermo plus EVO2

## DSCvesta/LR

電気冷却DSC

### -90~725°C

※LN2冷却の場合は-170~725°C



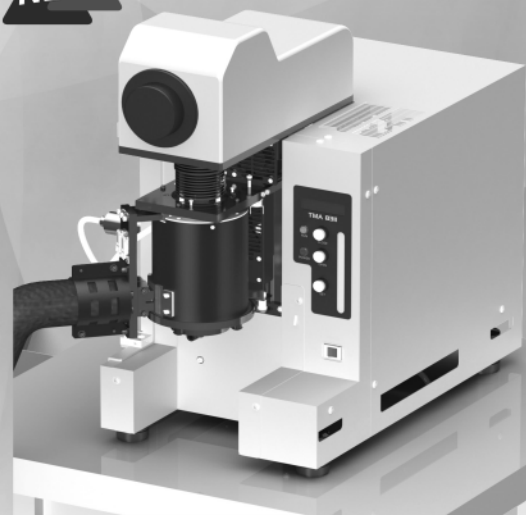
- ・低消費電力ながら効率的な冷却・加熱
- ・-90~725°Cの連続測定が可能
- ・試料観察ユニット取り付け可能(オプション)

Thermo plus EVO2

## TMA83II/LR

電気冷却TMA

### -70~600°C



- ・お使いのEVO2シリーズTMA装置にも追加可能

- 冷却ユニットの交換が容易
- 装置本体の電源スイッチ1つで電気冷却機・ガスの供給も同時にOFF可能(オプション)
- 測定前の待ち時間ゼロを実現(オプション)
- フロンガス規制法に該当しない電気冷却機

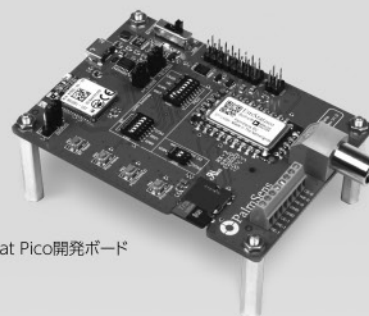
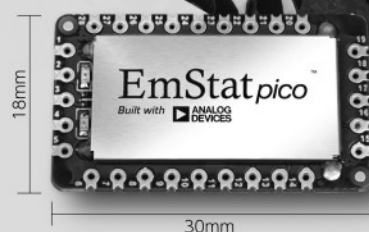


想像を超える可能性を  
AHEAD OF WHAT'S POSSIBLE™

# ポテンショスタットの 精度はそのままに、 小型化、低価格化を実現

EmStat Pico™は、アナログ・デバイセズとPalmSens社の協力により設計された小型ポテンショスタットモジュールで、ケミカル・センサー・インターフェース内蔵の高精度アナログ・マイクロコントローラADuCM355をベースとした電気化学センサーソリューションです。電気化学測定を非常にコンパクトに行なうことができ、超低消費電力設計のためポータブルでの利用も可能です。

- ▶ クロノアンペロメトリー機能 (CA)
- ▶ ポテンショスタットの機能 (OCP)
- ▶ 電気化学インピーダンス分光法 (EIS)
- ▶ 専用ソフトウェア使用
- ▶ さまざまな計測が可能
  - ・ スイープ電圧モード、パルス電圧モード、定電圧モード
  - ・ 微小な電流計測
  - ・ インピーダンス計測



EmStat Pico開発ボード

# EmStat *pico*™

Built with ANALOG DEVICES

PalmSens  
Compact Electrochemical Interfaces

お問い合わせ

**アナログ・デバイセズ株式会社** [analog.com/jp](http://analog.com/jp)

株式会社マクニカ アナログソリューション事業部  
<https://go.macnica.co.jp/m-adi.html>





Webで行く展示会

# ハイテクEXPO

# HITACHI

Inspire the Next

日立ハイテクのオンライン展示会サイト「ハイテクEXPO」がリニューアルオープン! 製品やプレゼンテーション、導入事例インタビューなど約250本の動画を掲載。展示会で掲示したパネルも100種類以上とオンラインでの情報発信力を大幅に強化しました。日立ハイテク製品の導入検討、情報収集の際には、ぜひ、アクセスください。  
※ご覧いただくためには、簡易登録が必要です。



圧倒的な製品情報量を誇るハイテクEXPOの各コンテンツ紹介。

## 操作性やメンテナンス方法がひと目でわかる「実感動画」

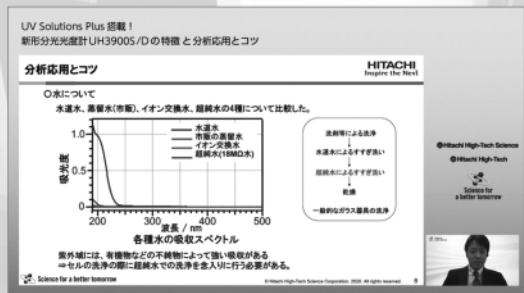


卓上顕微鏡の基本操作

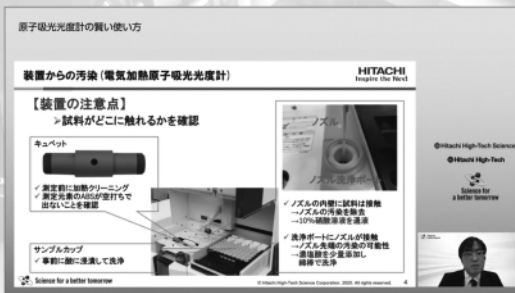


ICP発光分光分析装置の集光系メンテナンス

## 分析・観察のコツや製品の使い方などを解説「プレゼンテーション動画」

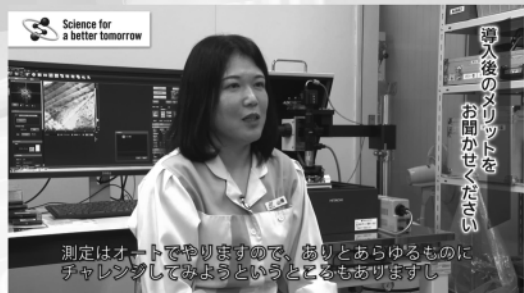


分光光度計の分析応用とコツ



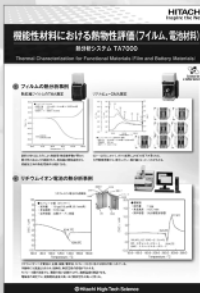
原子吸光度計の賢い使い方

## 導入メリットを知りたい方は「製品導入事例」



走査型プローブ顕微鏡導入事例

## JASIS2020で掲示した製品パネルもご覧いただけます



機能性材料における熱物性評価 (フィルム、電池材料)

オンライン打ち合わせも随時受付中! お気軽にハイテクEXPOにアクセスしお申し込みください。

オンライン打ち合わせは簡易登録不要ですが、所定のフォームよりお申し込みいただけます。



ハイテク EXPO 検索

# 強極性 マジックケミソーパーPEG

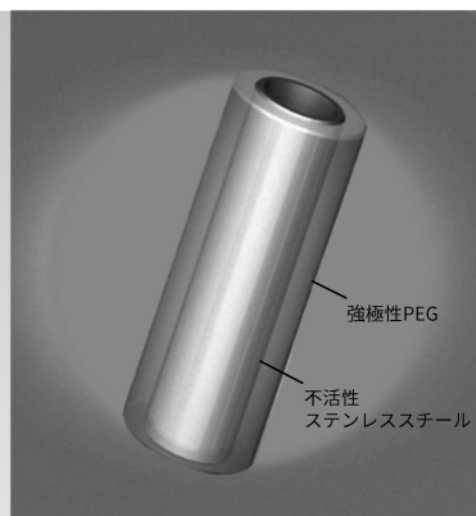
強極性のPEG（ポリエチレングリコール）を固定相とした熱脱着分析用の画期的な固相抽出素子です。アルコールやカルボキシル基を有する極性化合物に対して高い選択性を有します。

各社加熱脱着装置のサンプルチューブに対応する小型のマジックケミソーパーPEG（MC-PEG-S）を新たにご用意しました。

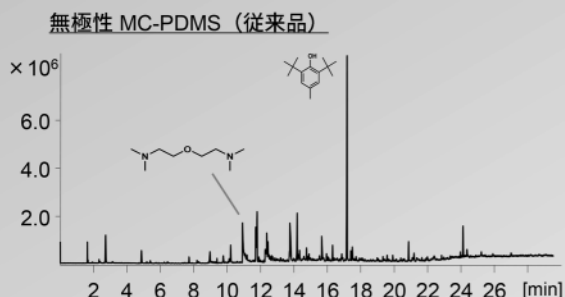
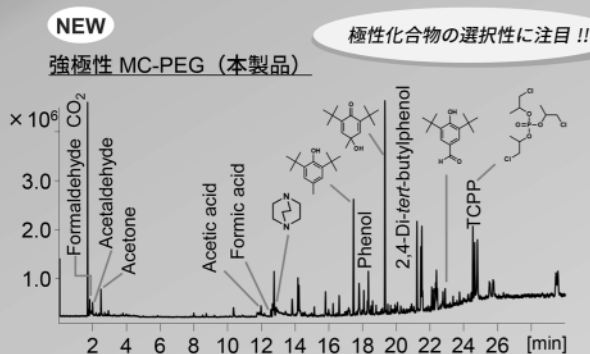
- 大容量の固相抽出素子
- 極性化合物への高い選択性
- 繰り返し使用可能
- 分析に応じた2種類のサイズ

【応用分野】

環境分析、食品分析、ポリマーの発生ガス分析 など



● 新車のおい分析例



仕様

	NEW MC-PEG-S	MC-PEG-L
長さ	10 mm	12.5 mm
外径	2.0 mm	3.2 mm
内径	1.4 mm	1.9 mm
膜厚	30 μm	
固定相	ポリエチレングリコール	
材質（芯）	不活性ステンレススチール	
最高使用温度	250 °C（He中）	

詳細情報はウェブサイトへ

- カタログ ●
- アプリケーション ●



フロンティア・ラボ 株式会社 [www.frontier-lab.com/jp](http://www.frontier-lab.com/jp) e-mail: [info@frontier-lab.com](mailto: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

**BAS**

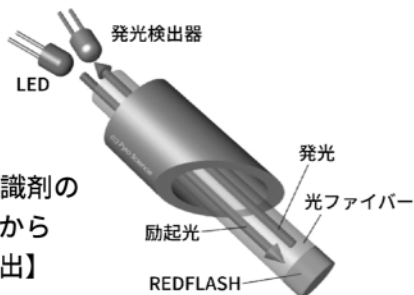
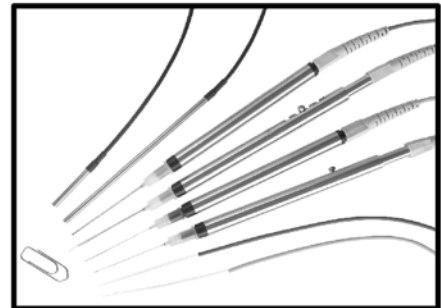
# FireSting 酸素モニター

気相・液相で安定した酸素濃度測定が可能なコンパクトで高精度な光学式酸素モニター

BAS FireSting



- 低濃度から高濃度までの測定が可能
- 長時間のモニタリングに最適
- チップ径：50 μm～3 mmのセンサーをラインナップ
- 非接触型など様々なタイプのセンサーをラインナップ



【REDFLASH標識剤の発光寿命検出から酸素濃度を算出】

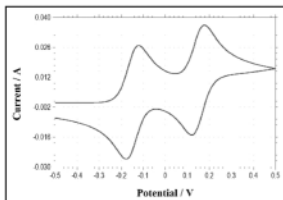
【センサー付きバイアル内部の酸素濃度を外側から測定可能】

## 分光電気化学測定

BAS SEC2020

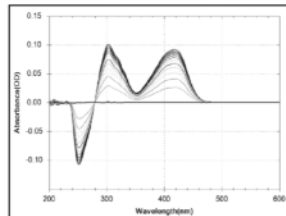


### CV測定



※測定データはイメージです。

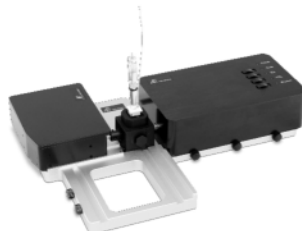
### 吸光度測定



+



ALS600Eシリーズ



SEC2020スペクトロメーターシステム

分光電気化学測定とは「分光法」と「電気化学的手法」を組み合わせた測定方法です。

同時に測定を行うことで、より正確な実験データが得られます。

測定装置からセルなどの消耗品まで、すべてBASの開発品のため初めてのお客様でも簡単に測定が行えます。

● 製品の外观、仕様は改良のため予告なく変更される場合があります。

### 予算申請などですぐ見積書が必要なときに!

インターネット環境があればいつでもご自身でご確認いただける

## WEB見積書サービスが便利です!!

**BAS** 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

実験用途に適したサンプリングアクセサリも豊富にラインナップしています。詳しくはホームページまで!!

BAS 光ファイバー



製品情報・技術情報などBAS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



# イオンクロマトグラフィー —分析技術の基礎と応用—

竹内 政樹

## 1 はじめに

1975年にSmallらが“Novel ion exchange chromatographic method using conductivity detection.”と題した論文を発表して以来、イオンクロマトグラフィー (ion chromatography, IC) は飛躍的な進歩を成し遂げ、今日では種々イオンの多成分同時分析法として広範囲な分野に普及している。無機陰イオンと陽イオンが主な測定対象であるが、有機酸やアミンなどの測定も可能である。本進歩総説では、2018年から2020年までの3年間に論文発表されたICの基礎/応用技術の進歩について紹介する。本誌には、ICの進歩総説が既に6報<sup>1)~6)</sup>掲載されているので、そちらも参考にしていきたい。

## 2 ICの総合論文・総説

ICに関する総合論文がいくつか発表されている。リン酸、 $\alpha$ -ヒドロキシ酸、ジアリルアミン-マレイン酸共重合体をそれぞれ修飾したジルコニアあるいは未修飾のジルコニアを固定相としたときの無機イオンの保持挙動<sup>7)</sup>、夾雑成分(マトリックス)を除去・低減することができるインライン中和、インラインダイアリシス、インラインマトリックス除去などの前処理法<sup>8)</sup>、ICとキャピラリー電気泳動法(capillary electrophoresis, CE)による海水中の微量ヨウ素(ヨウ化物, ヨウ素酸イオン)の測定<sup>9)</sup>に関する進歩が掲載されている。また、置換型IC、荷電化粒子検出器、電荷検出器、有機物の炭素量をとらえる検出器など、標準物質による校正を必要としないユニバーサル検出法に関する総説<sup>10)</sup>や溶離液の生成と精製、化学的あるいは電気透析による溶離液バックグラウンドの低減、溶離液pHの調整、緩衝液の生成など、イオン交換膜を用いたIC技術を幅広く網羅した総説<sup>11)</sup>も報告されている。

## 3 ICの基礎技術

ICシステムは、溶離液を送る送液ポンプ、試料導入部、目的イオンを分離する分離カラム、溶離液の導電性 Ion Chromatography —Fundamentals and Applications of Analytical Techniques—

イオンを除去するサブレッサー、分離されたイオン種を検出する検出部及びデータ処理部で構成され、必要に応じてこれらの要素が組み合わさった計測システムとなる。本節では、溶離液発生装置、分離カラム、サブレッサー及び検出器の進展と利用状況について紹介する。

### 3.1 溶離液発生装置

一般的に、ICの溶離液は分析するときその都度調製する。一方、溶離液をインラインで純水から自動調製することで、手間が省けるだけでなく、正確で高純度な溶離液が供給可能となる。バックグラウンドの低減による検出感度の向上やグラジエント分析が容易に行えるなどの利点もある。しかし、市販されている2相型の溶離液発生装置は、調製時に発生する水素ガスが溶離液ラインに流れるため、発生装置の下流に高圧デガッサーを取り付けて水素ガスを除去する必要がある。デガッサーを必要としないガスフリーの溶離液発生装置として、陽イオン交換膜、陰イオン交換膜及びバイポーラー膜などで溶離液ラインを隔てた3相型の水酸化カリウム発生装置<sup>12)</sup>と炭酸カリウム発生装置<sup>13)</sup>、内容積が僅か210 nLの中空キャピラリーICに適した3相型水酸化カリウム発生装置<sup>14)</sup>、2相型でガスフリーではないが口径の小さな分離カラムに適した水酸化カリウム発生装置<sup>15)</sup>が報告されている。これらの溶離液発生装置はいずれも電気透析を利用したものであるが、シリコーンラバー膜あるいはテフロンAF膜で隔てた溶離液ラインに二酸化炭素を高圧浸透させることにより、炭酸溶離液が自動調製可能な発生装置<sup>16)</sup>も報告されている。溶離液発生装置に超純水をインライン供給することでバックグラウンドが低減され、長時間連続分析時における安定性が維持される<sup>17)</sup>ことも報告されている。

### 3.2 分離カラム

多くの研究で市販のICカラムが用いられているが、新たな官能基を結合させた分離カラムの開発も行われている。ワンステップのエポキシ-アミン重合法により、直鎖状の第四級アンモニウム塩型高分子電解質を共有結合させた陰イオン交換カラムによる陰イオン(フッ化

物、塩化物、亜硝酸、臭化物、硝酸、硫酸、リン酸イオン) の分離<sup>18)</sup>、チオール-エン反応を用いて、アリルメタクリレート-ジビニルベンゼンあるいはエチルビニルベンゼン-ジビニルベンゼン粒子にシステアミン/システインを結合させた陰イオン交換カラムによる陰イオン(フッ化物、酢酸、ギ酸、亜塩素酸、塩化物イオン) の分離<sup>19)</sup>、ポリグリシジルメタクリレート-ジビニルベンゼン粒子にジメチルアミノエチルメタクリレートメチルクロリドを結合させた陰イオン交換カラムによる陰イオン(フッ化物、塩化物、亜硝酸、リン酸水素、臭化物、硝酸、硫酸イオン) の分離<sup>20)</sup>、ポリ1-ビニルイミダゾール-エチレンジメタクリレートのモノリス型キャピラリーカラムによる陰イオン(ヨウ素酸、臭素酸、亜硝酸、臭化物、硝酸、ヨウ化物イオン) の分離<sup>21)</sup>が報告されている。このほかに、シリカゲルに硝酸銀を結合させた銀カラムによるセスキテルペン位置異性体の分離<sup>22)</sup>、亜鉛シクレンレゾルシナレンキャピタンドカラムによる過レニウム酸イオンの分離<sup>23)</sup>が報告されている。また、2.5 μm の粒子を充てんしたカラムを70 MPaで稼働させたICと4 μm の粒子を充てんしたカラムを35 MPaの最高圧力で稼働させた従来型ICの比較<sup>24)</sup>において、前者は分離効率を低下させることなく、約2倍迅速に陰イオン(フッ化物、硫酸、チオ硫酸、ヨウ化物、チオシアン酸イオン) を分離・検出できることを報告している。

市販のICカラムの分離条件を検討することで、新たな分離機構を見いだす研究も行われている。陰イオン交換樹脂が充てんされたガードカラムに酸性溶離液(酒石酸、リンゴ酸)を適用した無機陰イオン(フッ化物、リン酸二水素、塩化物、亜硝酸、硝酸、硫酸イオン) の分離<sup>25)</sup>、イオン交換基をもたないジオール修飾シリカカラムに酸性溶離液(酒石酸、リンゴ酸)を適用した無機陰イオン(亜硝酸、リン酸二水素、塩化物、硝酸、フッ化物、硫酸イオン) の分離<sup>26)</sup>、残存シラノール基を有する逆相系C18シリカカラム(エンドキャップ未処理カラム)を用いることで、無機陰イオン(ヨウ素酸、臭素酸、臭化物、亜硝酸、硝酸、ヨウ化物イオン) の分離<sup>27)</sup>が報告されている。クリプタンド型カラムを用いた研究<sup>28)</sup>では、イオン交換平衡と錯体形成平衡を考慮することで、無機陰イオン(塩化物、臭素酸、亜硝酸、臭化物、硝酸、硫酸、リン酸水素イオン)、カルボン酸(ギ酸、酢酸、乳酸、プロピオン酸、ピルビン酸、シュウ酸、マロン酸、コハク酸、アジピン酸、ピメリン酸、フマル酸、マレイン酸、酒石酸、クエン酸イオン)、トリフルオロ酢酸、ブロモクロロ酢酸、安息香酸イオン、フタル酸イオンの保持挙動を予測できることが示されている。

### 3.3 サプレッサー

サプレッサーは、溶離液のバックグラウンド電気伝導度を低減し、目的イオンの検出感度を高めるICの特微的なモジュールである。新規サプレッサーとして、バイポーラー膜を用いた電解再生サプレッサー<sup>29)</sup>が報告されている。陽イオン交換膜の代わりにバイポーラー膜と陰イオン交換膜を用いていること以外は、市販の電解再生サプレッサーと同様でサンドイッチ構造となっている。一般的に、バックグラウンドレベルの増加とともにノイズレベルも増加する。そのため、電解サプレッサーを用いた炭酸系溶離液のノイズレベルは水酸化物系溶離液よりも高くなる。炭酸系溶離液のノイズレベルの低減には、3電極型の電解再生サプレッサーが有用である<sup>30)</sup>と報告されている。

### 3.4 検出器

多くの研究で電気伝導度検出器(conductivity detector, CD)が用いられている。環境水(湖沼水、河川水、下水処理水)中の微量メチルホスホン酸の定量<sup>31)</sup>、水道水及び湧き水に含まれる除草剤(グリホサート)とその主要代謝物(アミノメチルホスホン酸)及び陰イオン(フッ化物、亜塩素酸、臭素酸、塩化物、亜硝酸、硝酸、硫酸、リン酸イオン)の同時定量<sup>32)</sup>、食品(肉製品、乳製品、海産食品)中のポリリン酸イオンの定量<sup>33)</sup>、稲(葉、茎、根)及び土壤に含まれる微量栄養素(ホウ酸、塩化物、モリブデン酸イオン)の同時定量<sup>34)</sup>、室内空气中ガス状及び粒子状物質に含まれる呼吸器疾患関連のイオン性化合物(酢酸、ギ酸、塩化物、亜硝酸、硝酸、硫酸、安息香酸、フタル酸イオン)の定量<sup>35)</sup>、都市部及び海岸域の大気エアロゾルに含まれるアミン(メチルアミン、ジメチルアミン、トリメチルアミン、エチルアミン、ジエチルアミン、プロピルアミン、ブチルアミン、エタノールアミン、トリエタノールアミン)と無機イオン(ナトリウム、アンモニウム、カリウム、マグネシウム、カルシウムイオン)の同時定量<sup>36)</sup>、都市部の大気エアロゾルに含まれるジカルボン酸(シュウ酸、マロン酸、コハク酸、グルタル酸、アジピン酸、ピメリン酸、アゼライン酸、マレイン酸)の定量<sup>37)</sup>、などにIC-CDが用いられている。また、デュアルキャピラリーIC-CDにより、南極氷床コア中の陽イオン(ナトリウム、カリウム、ルビジウム、セシウム、マグネシウム、カルシウム、ストロンチウム、バリウムイオン)及び陰イオン(フッ化物、メタンスルホン酸、塩化物、硫酸、臭化物、硝酸イオン)の同時定量<sup>38)</sup>が達成されている。

CDはほとんどのイオン種を検出することができるが、その選択性と検出感度を向上させるためにICに質量分析計(mass spectrometer, MS)を接続した手法も数多く報告されている。MSの併用により、ICで保持

時間が等しい多成分を質量/電荷比で分離・検出することが可能となる。小麦粉中の食品添加物(臭素酸イオン)の定量<sup>39)</sup>、2-ブチノイン酸試薬に含まれる微量な不純物(酢酸、プロピオン酸、ギ酸、酪酸、クロトン酸、吉草酸、プロピオール酸、ブチン酸、ペンチン酸)の定量<sup>40)</sup>、食肉製品中の親水性食品添加物(塩化物、リン酸、乳酸、酢酸、ギ酸、ソルビン酸、亜硝酸、硝酸、硫酸、リンゴ酸、コハク酸、シュウ酸、フマル酸、ピロリン酸)の定量<sup>41)</sup>にIC-MSが用いられ、有機酸、糖及びリン酸イオンを含む44種の陰イオン性代謝物の網羅的プロファイリング<sup>42)</sup>にキャピラリーIC-MSが使用されている。表層水に含まれる殺虫剤成分(グリホサート、グルホシネート)とその主要代謝物(アミノメチルホスホン酸、3-ヒドロキシメチルホスフィノイルプロピオン酸)の定量<sup>43)</sup>、飲料水中のハロ酢酸(モノクロロ酢酸、モノプロモ酢酸、ジクロロ酢酸、プロモクロロ酢酸、ジプロモ酢酸、トリクロロ酢酸、プロモジクロロ酢酸、ジプロモクロロ酢酸、トリプロモ酢酸)、臭素酸イオン及びダラポンの定量<sup>44)</sup>、堆積物中のイノシトール六リン酸塩の定量<sup>45)</sup>、果物(リンゴ、種なし白ブドウ、レモン)、野菜(トマト、アボカド)及び穀物(小麦)に含まれるホセチル及びホスホン酸の定量<sup>46)</sup>、果物(パイナップル、メロン)及び野菜(エンドウ豆、トウガラシ)に含まれる高極性陰イオン性農薬(塩素酸、エテフォン、ホセチルアルミニウム、グルホシネート、グリホサート、*N*-アセチルアミノメチルホスホン酸、*N*-アセチルグリホサート、過塩素酸、ホスホン酸)の定量<sup>47)</sup>、炭酸飲料及びビールに含まれる2-アセチル-4(5)-1,2,3,4-テトラヒドロキシブチル-イミダゾールの定量<sup>48)</sup>、大気エアロゾル中のレボグルコサンとその異性体の定量<sup>49)</sup>には、ICに2台のMSを接続したIC-MS/MSが用いられ、ヘキソースリン酸(ガラクトース-1-リン酸、フルクトース-1-リン酸、ガラクトース-6-リン酸、グルコース-6-リン酸、フルクトース-6-リン酸、マンノース-6-リン酸)の分離<sup>50)</sup>にキャピラリーIC-MS/MSが使用されている。低エネルギーの爆発物や銃弾残渣などのイオン性エネルギー物質の法医学的プロファイリング<sup>51)</sup>、飲料水中のハロ酢酸(モノクロロ酢酸、モノプロモ酢酸、ジクロロ酢酸、プロモクロロ酢酸、ジプロモ酢酸、トリクロロ酢酸、プロモジクロロ酢酸、ジプロモクロロ酢酸、トリプロモ酢酸)、臭素酸イオン及びダラポンの定量<sup>52)</sup>、土壌(耕地、草地、森林地帯)中のイノシトール六リン酸の定量<sup>53)</sup>、大腸菌に含まれるグアノシン5'-二リン酸3'-二リン酸及びグアノシン5'-三リン酸3'-二リン酸の定量<sup>54)</sup>には、質量分解能が数万を超える高分解能質量分析計(high-resolution mass spectrometer, HRMS)を併用したIC-HRMSが使用されている。米中のヒ素の定量<sup>55)</sup>、米中の六価クロムの定量<sup>56)</sup>、プルトニウム、ウラン、ネオ

ジウム及びガドリニウムの分離<sup>57)</sup>では、ICに誘導結合プラズマ質量分析計(inductively coupled plasma mass spectrometer, ICP-MS)を接続したIC-ICP-MSが用いられ、ヒ素化合物(アルセノコリン、アルセノペタイン、ジメチルアルシン酸、フェニルアルソン酸、ヒ素)の定量<sup>58)</sup>では、ICとCE-MSを組み合わせたIC-CE-MSが使用されている。

IC-CDやMS以外の検出法として、IC-パルスドアンペロメトリック検出法による溜池水中の除草剤(アミノメチルホスホン酸、グルホシネート、グリホサート)の定量<sup>59)</sup>、飲料水に含まれるシアン化物イオンの定量<sup>60)</sup>、生体試料(尿、唾液、母乳)中の微量シアンの定量<sup>61)</sup>、電気伝導度/紫外吸光度検出法による液体肥料中の無機イオン性栄養塩類(カリウム、アンモニウム、硝酸、亜硝酸、リン酸水素、塩化物、硫酸イオン)の定量<sup>62)</sup>、IC-DCアンペロメトリック検出法を用いた高濃度のアンモニア存在下におけるヒドラジンの定量<sup>63)</sup>が報告されている。

ICの新たな検出セルとして、3Dプリンタで造形されたものが報告されている。ポリジェット方式の3Dプリンタで造形されたラジアルフローセルによる尿あるいはコーヒー抽出試料中の過酸化水素の化学発光検出<sup>64)</sup>では、スパイラルフローセルを用いた場合に比べて、検出信号の強度がピーク高さ比で約60%、ピーク面積比で約90%の増大を達成している。ポリメチルメタクリレートの2層構造で設計されたZ字型セル(分析窓:紫外線透過性溶融シリカガラス)、235 nm発光ダイオード及びフォトダイオードで構成される小型の紫外吸光度検出器<sup>65)</sup>は、市販品に比べて低コストであり、低迷光かつ広ダイナミックレンジを達成している。さらに、この検出器と3Dプリンタを用いて作製した送液ポンプなどで構成される小型・軽量のICシステム<sup>66)</sup>による生活排水中陰イオン(亜硝酸、硝酸イオン)の定量が報告されている。

## 4 ICの応用技術

抽出、精製、希釈及び濃縮などの試料の前処理は、ICシステムの維持管理から測定精度や感度を向上させるうえで不可欠な操作である。また、ポストカラム部における処理も検出感度、選択性の改善に有効な手法となる。本節では、試料の前処理及びポストカラム処理の進展について紹介する。

### 4.1 前処理

バッチ式での試料の前処理とともにインラインで自動化された前処理法が数多く報告されている。食塩中の陽イオン(カリウム、マグネシウム、カルシウムイオン)及び陰イオン(フッ化物、臭化物、硫酸イオン)の定量<sup>67)</sup>では、純水による希釈のみでナトリウムイオンと



塩化物イオンによる妨害を受けることなく再現性の良い定量結果を得ている。水不混和性有機溶媒（酢酸エチル、メチルエチルケトン、メチルイソブチルケトン、ジエチルエーテル）中の陰イオン（フッ化物、塩化物、亜硝酸、臭化物、硝酸、リン酸、硫酸イオン）の定量<sup>68)</sup>では、試料を濃縮カラムに注入後、純水を通液して濃縮カラム中の水不混和性有機溶媒を洗い出し、続いて溶離液を流して捕捉されている目的イオンを溶出している。高濃度水酸化ナトリウム溶液中の陰イオン（塩化物、塩素酸、硫酸イオン）の定量<sup>69)</sup>では、強酸性陽イオン交換樹脂を充てんしたインライン中和デバイスに試料を通液してナトリウムイオンを除去してから、通過した目的イオンを濃縮カラムに濃縮している。重金属試薬（塩化コバルト六水和物、酢酸亜鉛二水和物）中の陰イオン（塩化物、塩素酸、硫酸イオン）の定量<sup>70)</sup>では、陽イオン交換樹脂を充てんしたインライン金属除去デバイスを用いることにより、塩化コバルト六水和物から臭化物イオン、硝酸イオン、硫酸イオンの検出を達成している。バイオディーゼル中の陰イオン（酢酸、塩化物、硝酸、リン酸、硫酸イオン）の定量<sup>71)</sup>では、逆相クロマトメンブレン抽出と呼ばれる手法が用いられている。この抽出法は、自作の疎水性テフロンと親水性ガラス繊維からなる多孔質セルに、純水と試料を順々に通液することで試料の水層のみを多孔質セルに保持させる。続いて純水を通液して目的イオンを含んだ親水性エマルジョンを溶出させ、下流の親水性膜を通過させて目的イオンを精製している。食品（バナナの皮、オレンジ、レモン、リンゴ、ナシ、モモ、サクランボ、マンゴー、スイカ、牛乳）中の植物成長調整剤（1-ナフチルアセトアミド、1-ナフタレン酢酸）の定量<sup>72)</sup>では、QuEChtERS（キャッチャーズ）法による前処理が行われている。QuEChtERS法とは、塩類や精製用の充てん剤を試料とともに攪拌・遠心分離する分散固相抽出の一つであり、その名称には、Quick（迅速）、Easy（簡単）、Cheap（安価）、Effective（効率的）、Rugged（堅牢性）、Safe（安全）の頭文字が使われている。植物油中の酢酸イオンとギ酸イオンの定量<sup>73)</sup>では、Doehlert デザインという多変量解析を用いて抽出要素（試料量、抽出時間、水酸化カリウム抽出液濃度、温度）の最適化が行われている。電子機器（パソコン用マウスのシェル、ケーブル）に含まれる臭素系難燃剤（ポリ臭化ジフェニルエーテル、ポリ臭化ビフェニル、テトラプロモビスフェノールA、ヘキサプロモシクロドデカン）の全臭素定量<sup>74)</sup>では、超音波支援抽出と銅触媒を用いる還元的脱臭素化処理が施されている。市販のフロースルー透析用プローブを用いた陰イオン（フッ化物、塩化物、亜硝酸、臭化物、硝酸、硫酸塩、リン酸イオン）の回収<sup>75)</sup>では、ストップフロー法を用いることで高い回収率が達成されている。

2台のICシステムを組み合わせた2次元イオンクロマトグラフィー（2D-IC）は、第1システムで不要なマトリックス成分を除去し、必要な成分のみを第2システムに導入することにより、高濃度マトリックスによる干渉を取り除き、第2システムで理想的な分離・検出を行う手法である。海水中の微量アンモニウムイオンの定量<sup>76)</sup>、ミネラルウォーターに含まれる陽イオン（リチウム、ナトリウム、アンモニウム、カリウム、マグネシウム、カルシウムイオン）と陰イオン（フッ化物、塩化物、亜硝酸、硫酸、臭化物、硝酸、リン酸イオン）の同時定量<sup>77)</sup>、弱酸（フッ化水素酸、ギ酸、酢酸、プロピオン酸、酪酸、吉草酸、カプロン酸、乳酸、コハク酸、アジピン酸、リンゴ酸、酒石酸、フマル酸、サリチル酸、クエン酸）及び過酸化水素に含まれる微量不純物（塩化物、臭化物、硝酸、リン酸水素イオン）の定量<sup>78)</sup>、硫酸ナトリウム試薬に含まれる微量な不純物（亜硝酸、硝酸イオン）の定量<sup>79)</sup>に2D-ICが使用されている。また、超高速液体クロマトグラフィー（ultra-high performance liquid chromatography, UHPLC）とICを組み合わせたUHPLC-ICが葉酸錠剤中の葉酸と無機陰イオン（フッ化物、塩化物、亜硝酸、硫酸、硝酸イオン）の同時定量<sup>80)</sup>に用いられている。

ICに燃焼前処理を組み合わせた燃焼イオンクロマトグラフィー（combustion ion chromatography, CIC）が報告されている。CICは、試料を高温で燃焼することで目的成分を気化して吸収液に捕集し、生成したイオンをICで分離・検出する手法である。炭化ケイ素粉末中のフッ素の定量<sup>81)</sup>、河川水中の吸着性有機ハロゲン（吸着性有機塩素、臭素、ヨウ素）の定量<sup>82)</sup>、環境水（地表水、生活排水、工場排水、地下水）中の吸着性有機フッ素の定量<sup>83)</sup>にCICが適用されている。

#### 4.2 ポストカラム処理

目的成分を分離カラムで分離後のポストカラム部における一般的な処理として、ポストカラム誘導体化法が挙げられる。この手法では、分離カラムからの溶出液に目的成分と反応する誘導体化試薬を加えて、生成した化合物を検出する。本法による海水中のケイ酸イオンの定量<sup>84)</sup>では、目的成分をイオン排除ICで分離したのち、モリブデンイエロー法を適用して発色させ、吸光光度検出を行っている。海水中の無機態窒素（亜硝酸、硝酸、アンモニウムイオン）の同時定量<sup>85)</sup>では、亜硝酸イオンと硝酸イオンをIC-紫外吸光光度検出で分離・定量したのち、ポストカラム部でアンモニウムイオンをガス拡散法により回収して*o*-フタル酸アルデヒド蛍光検出法で定量している。電気透析を利用した溶存イオン抽出デバイスにより、ポストカラム部で陰イオン（フッ化物、塩化物、硫酸、臭化物、硝酸イオン）をインライン濃縮する手法<sup>86)</sup>も報告されている。

## 5 おわりに

本稿では、過去3年間に発表された論文をもとにIC技術の進歩と利用状況について紹介した。近年のIC技術の発展とともに測定対象成分は拡大しており、ICは今後ますます広範囲な分野でイオン性成分の分離・検出に利用されることが期待される。

### 文 献

- 1) 及川紀久雄, 小泉範子, 野々村誠: *ぶんせき*, **1994**, 111.
- 2) 井上嘉則, 熊谷浩樹, 鈴木義仁: *ぶんせき*, **1997**, 302.
- 3) 野々村誠: *ぶんせき*, **1998**, 856.
- 4) 古月文志: *ぶんせき*, **2004**, 153.
- 5) 野々村誠, 竹内豊英: *ぶんせき*, **2007**, 192.
- 6) 竹内豊英: *ぶんせき*, **2014**, 169.
- 7) 森 勝伸, 増野友重, 金井朝子, 小崎大輔: *分析化学*, **68**, 241 (2019).
- 8) 鈴木清一, 山本喬久, 小林泰之, 井上嘉則: *分析化学*, **68**, 163 (2019).
- 9) 伊藤一明, 竹田一彦, 廣川 健: *分析化学*, **68**, 227 (2019).
- 10) 大平慎一, 戸田 敬: *分析化学*, **68**, 153 (2019).
- 11) P. K. Dasgupta, F. Maleki: *Talanta*, **204**, 89 (2019).
- 12) Y. Lu, L. Zhou, B. Yang, S. Huang, F. Zhang: *Anal. Chem.*, **90**, 12840 (2018).
- 13) Y. Lu, S. Lin, F. Zhang, Y. Sun, B. Yang: *J. Chromatogr. A*, **1622**, 461095 (2020).
- 14) B. Chouhan, C. P. Shelor, W. Huang, Y. Chen, P. K. Dasgupta: *Anal. Chem.*, **92**, 5561 (2020).
- 15) S. Huang, M. Gao, F. Zhang, Y. Lu, B. Yang: *J. Chromatogr. A*, **1596**, 54 (2019).
- 16) P. Sricharoen, N. Limchoowong, C. P. Shelor, P. K. Dasgupta: *Anal. Chem.*, **91**, 3636 (2019).
- 17) 黒木祥文, 山本喬久: *分析化学*, **68**, 259 (2019).
- 18) K. Zhang, C. Lou, Y. Zhu, M. Zhi, X. Zeng, D. Shou: *Talanta*, **194**, 485 (2019).
- 19) K. Zhang, C. Lou, Y. Zhu, M. Zhi, X. Zeng: *Talanta*, **184**, 491 (2018).
- 20) Z. Yang, M. Gao, Z. Li, F. Zhang, S. Zhang, B. Yang: *J. Chromatogr. A*, **1596**, 79 (2019).
- 21) S.-L. Lin, M.-R. Fuh: *Talanta*, **194**, 73 (2019).
- 22) Y. Yang, Y. Zhang, C. Wei, J. Li, W. Sun: *Talanta*, **187**, 252 (2018).
- 23) W. N. Chan, J. P. Warren, S. P. Krieger, B. L. Vestal, R. G. Harrison: *J. Chromatogr. A*, **1631**, 461588 (2020).
- 24) S. Wouters, J. L. Dores-Sousa, Y. Liu, C. A. Pohl, S. Eeltink: *Anal. Chem.*, **91**, 13824 (2019).
- 25) S. Yoshii, M. Mori, D. Kozaki, T. Hosokawa, H. Itabashi: *Anal. Sci.*, **35**, 1117 (2019).
- 26) 吉井咲夢, 小崎大輔, 細川堯志, 板橋英之, 森 勝伸: *分析化学*, **68**, 201 (2019).
- 27) 山根謙吾, 保元貴圭, 堀岡祐太, 竹田一彦, 伊藤一明: *分析化学*, **67**, 51 (2018).
- 28) D. Lukács, K. Horváth, P. Hajós: *J. Chromatogr. A*, **1621**, 461066 (2020).
- 29) L. Zhao, Y. Lu, F. Zhang, B. Yang: *J. Chromatogr. A*, **1603**, 422 (2019).
- 30) K. Srinivasan, B. K. Omphroy, R. Lin, C. A. Pohl: *Talanta*, **188**, 152 (2018).
- 31) 辻 一真, 丸尾雅啓, 小畑 元: *分析化学*, **68**, 275 (2019).
- 32) S. Dovidauskas, I. A. Okada, F. R. dos Santos: *J. Chromatogr. A*, **1632**, 461603 (2020).
- 33) M. Iammarino, N. Haouet, A. Di Taranto, G. Berardi, F. Benedetti, S. Di Bella, A. E. Chiaravalle: *Food Chem.*, **325**, 126937 (2020).
- 34) V. G. Mishra, M. K. Das, D. J. Shah, S. Jeyakumar, B. S. Tomar, K. L. Ramakumar: *J. Chromatogr. A*, **1532**, 144 (2018).
- 35) 南澤宏瑚, 吉川賢治, 松村年郎, 櫻川昭雄: *分析化学*, **68**, 657 (2019).
- 36) H. Feng, X. Ye, Y. Liu, Z. Wang, T. Gao, A. Cheng, X. Wang, J. Chen: *J. Chromatogr. A*, **1624**, 461234 (2020).
- 37) L. Čapka, P. Mikuška, K. Krůmal: *Atmos. Environ.*, **222**, 117178 (2020).
- 38) E. S. Rodriguez, C. Plummer, M. Nation, A. Moy, M. Curran, P. R. Haddad, B. Paull: *Anal. Chim. Acta*, **1063**, 167 (2019).
- 39) M. Aggrawal, J. S. Rohrer: *J. Chromatogr. A*, **1615**, 460765 (2020).
- 40) T. A. Corry, B. A. Jackson, A. D. Ray: *J. Chromatogr. A*, **1604**, 460470 (2019).
- 41) 李 卉, 鈴木隆弘, 三浦聡子: *分析化学*, **68**, 207 (2019).
- 42) A. Hirayama, S. Tabata, R. Kudo, M. Hasebe, K. Suzuki, M. Tomita, T. Soga: *J. Chromatogr. A*, **1619**, 460914 (2020).
- 43) R. B. Geerdink, M. Hassing, N. Ayarza, C. Bruggink, M. Wielheesen, J. Claassen, O. J. Epema: *Anal. Chim. Acta*, **1133**, 66 (2020).
- 44) X. Zhang, C. Saini, C. Pohl, Y. Liu: *J. Chromatogr. A*, **1621**, 461052 (2020).
- 45) C. Recknagel, P. Thelin, M. Abraham, D. Schulz-Bull, P. J. R. Sjoberg: *Talanta*, **188**, 192 (2018).
- 46) A. Bauer, J. Luetjohann, S. Rohn, J. Kuballa, E. Jantzen: *J. Agric. Food Chem.*, **66**, 346 (2018).
- 47) L. M. Melton, M. J. Taylor, E. E. Flynn: *Food Chem.*, **298**, 125028 (2019).
- 48) C. Wu, L. Wang, H. Li, S. Yu: *Food Chem.*, **292**, 260 (2019).
- 49) E. Sanz Rodriguez, M. M. G. Perron, M. Strzelec, B. C. Proemse, A. R. Bowie, B. Paull: *J. Chromatogr. A*, **1610**, 460557 (2020).
- 50) M. H. Stafsnes, L. M. Rost, P. Bruheim: *J. Chromatogr. B*, **1083**, 278 (2018).
- 51) M. D. Gallidabino, R. C. Irlam, M. C. Salt, M. O'Donnell, M. S. Beardah, L. P. Barron: *Anal. Chim. Acta*, **1072**, 1 (2019).
- 52) B. Huang, J. Rohrer: *J. Chromatogr. A*, **1630**, 461538 (2020).
- 53) C. A. McIntyre, J. J. L. Arkell, C. J. Arthur, P. G. Lawrence, C. P. Butts, C. E. M. Lloyd, P. J. Johnes, R. P. Evershed: *Talanta*, **210**, 120188 (2020).
- 54) C. Patacq, N. Chaudet, F. Letisse: *Anal. Chem.*, **90**, 10715 (2018).
- 55) S. H. Son, W. B. Lee, D. Kim, Y. Lee, S. H. Nam: *Food Chem.*, **270**, 353 (2019).
- 56) B.-H. Chen, S.-J. Jiang, A. C. Sahayam: *Food Chem.*, **324**, 126698 (2020).
- 57) N. N. Wanna, K. Van Hoecke, A. Dobney, M. Vasile, T.

- Cardinaels, F. Vanhaecke : *J. Chromatogr. A*, **1617**, 460839 (2020).
- 58) A. Beutner, S. K. Pendl, S. Wert, F.-M. Matysik : *Anal. Bioanal. Chem.*, **410**, 6321 (2018).
- 59) 鈴木清一, 山本喬久, 小林泰之, 井上嘉則 : 分析化学, **68**, 179 (2019).
- 60) A. K. Meher, N. Labhsetwar, A. Bansiwala : *Food Chem.*, **240**, 131 (2018).
- 61) E. Jaszczak, K. Koziol, B. Kiełbratowska, Ż. Polkowska : *J. Chromatogr. B*, **1110-1111**, 36 (2019).
- 62) 小崎大輔, 谷畑壯磨, 森 勝伸, 田中一彦, 山本 敦 : 分析化学, **68**, 253 (2019).
- 63) A. N. Koreshkova, V. Gupta, A. Peristyy, P. N. Nesterenko, T. Rodemann, B. Paull : *Talanta*, **205**, 120081 (2019).
- 64) V. Gupta, P. Mahbub, P. N. Nesterenko, B. Paull : *Anal. Chim. Acta*, **1005**, 81 (2018).
- 65) E. Murray, P. Roche, K. Harrington, M. McCaul, B. Moore, A. Morrin, D. Diamond, B. Paull : *J. Chromatogr. A*, **1603**, 8 (2019).
- 66) E. Murray, P. Roche, M. Briet, B. Moore, A. Morrin, D. Diamond, B. Paull : *Talanta*, **216**, 120955 (2020).
- 67) 今井隆太郎, 吉川賢治, 遠山岳史, 長嶋 潜 : 分析化学, **68**, 195 (2019).
- 68) 山本喬久, 鈴木清一, 小澤満美, 小林泰之, 井上嘉則 : 分析化学, **67**, 461 (2018).
- 69) 鈴木清一, 山本喬久, 小林泰之, 井上嘉則, 吉川賢治, 遠山岳史 : 分析化学, **69**, 305 (2020).
- 70) 鈴木清一, 山本喬久, 小林泰之, 井上嘉則, 吉川賢治, 遠山岳史 : 分析化学, **69**, 291 (2020).
- 71) A. Shishov, E. Stolarova, L. Moskvina, A. Bulatov : *Anal. Chim. Acta*, **1087**, 62 (2019).
- 72) N. Muhammad, Q. Subhani, F. Wang, C. Lou, J. Liu, Y. Zhu : *Food Chem.*, **241**, 308 (2018).
- 73) A. F. Campos, R. J. Cassella : *Food Chem.*, **269**, 252 (2018).
- 74) P. Dai, D. Hou, S. Guo, L. Zhu, M. Lei, H. Tang : *Anal. Chim. Acta*, **1082**, 49 (2019).
- 75) I. Markeviciute, W. Frenzel : *Talanta*, **186**, 576 (2018).
- 76) 福永真優, 鈴木清一, 山本喬久, 吉川賢治, 遠山岳史 : 分析化学, **68**, 865 (2019).
- 77) Y. Fa, Y. Yu, F. Li, F. Du, X. Liang, H. Liu : *J. Chromatogr. A*, **1554**, 123 (2018).
- 78) M. Ye, P. N. Nesterenko, Z. Yan, P. Xie, M. Chen : *J. Chromatogr. A*, **1588**, 169 (2019).
- 79) F. Akter, S. Saito, Y. Tasaki-Handa, M. Shibukawa : *Anal. Sci.*, **34**, 369 (2018).
- 80) F. Wang, M. Cao, N. Wang, N. Muhammad, S. Wu, Y. Zhu : *Food Chem.*, **239**, 62 (2018).
- 81) 南 秀明, 山梨眞生, 塩見昌平, 丸岡智樹 : 分析化学, **68**, 265 (2019).
- 82) A. Kinani, H. Salhi, S. Bouchonnet, S. Kinani : *J. Chromatogr. A*, **1539**, 41 (2018).
- 83) E. von Abercron, S. Falk, T. Stahl, S. Georgii, G. Hamscher, H. Brunn, F. Schmitz : *Sci. Total Environ.*, **673**, 384 (2019).
- 84) C. Cheong, Y. Yamauchi, T. Miura : *Anal. Sci.*, **34**, 477 (2018).
- 85) 小田純士郎, 林 宜明, 朝田悠太, 巽 健太, 樋口慶郎, 伊藤一明 : 分析化学, **68**, 189 (2019).
- 86) S.-I. Ohira, T. Sakaki, R. Miyachi, A. Otsubo, A. Umemoto, Y. Kuwahara, K. Toda : *Talanta*, **216**, 120989 (2020).



竹内政樹 (Masaki TAKEUCHI)

徳島大学大学院医歯薬学研究部 (〒770-8505 徳島県徳島市庄町1丁目78-1)。神奈川大学大学院工学研究科応用化学専攻博士後期課程修了。博士 (工学)。《現在の研究テーマ》流れ系を用いる分離・濃縮法の開発。《主な著書》“わかりやすい機器分析学 [第4版]”, (分担執筆), (廣川書店)。《趣味》剣道, 野球。  
E-mail : masaki.takeuchi@tokushima-u.ac.jp

## 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。原稿の送付および問い合わせは下記へお願いします。

〒141-0031 東京都品川区五反田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)