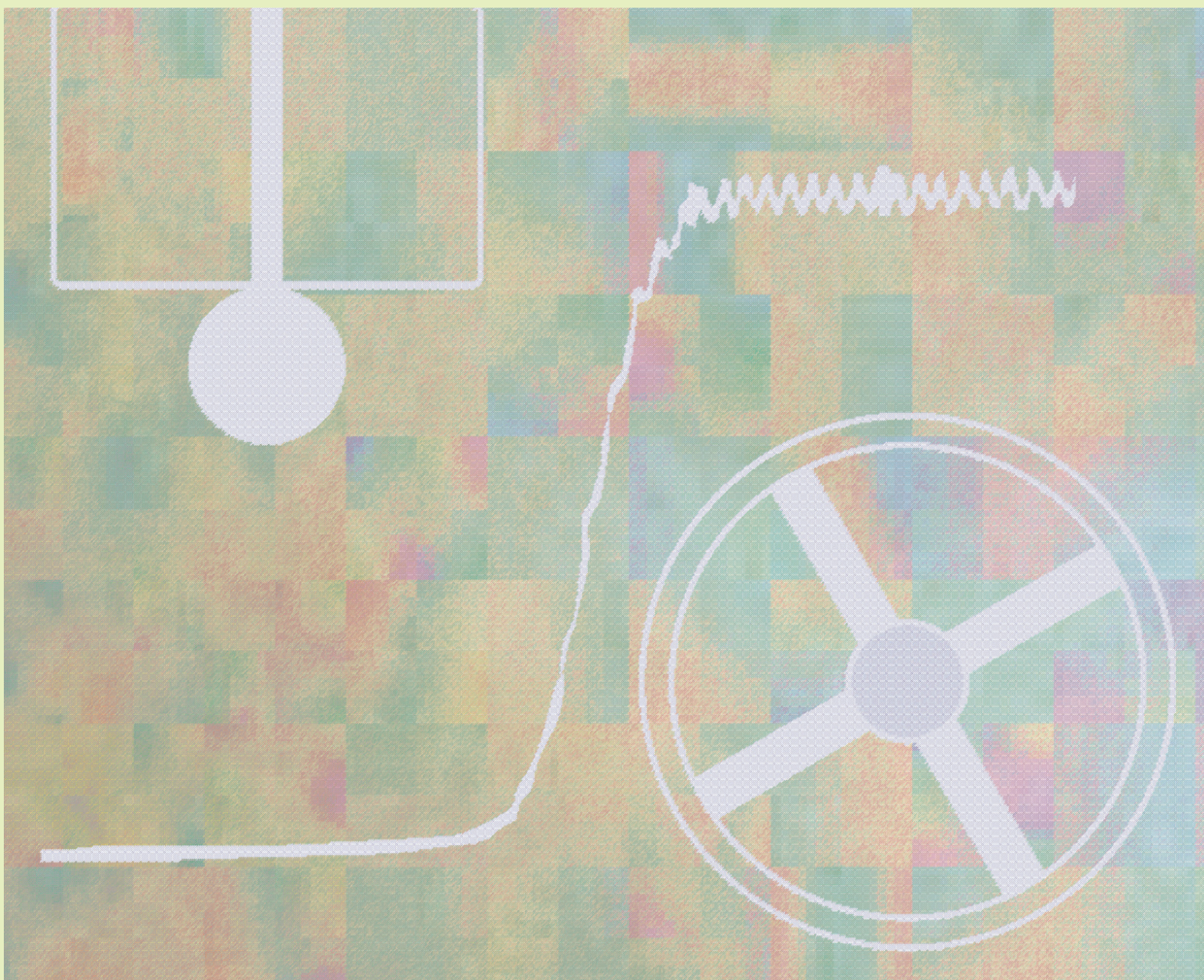


ぶんせき 12

Bunseki 2023

The Japan Society for Analytical Chemistry



示差走査熱量計

DSCvesta2

業界初・自己判断機能搭載



- ▶ 業界最高クラスの温度範囲 (-180～725℃)
- ▶ 低ノイズ&新型センサーで小さな変化も見逃さない
- ▶ 測定中の試料をリアルタイム画像で観察可能
- ▶ 新機能vestaeye®で装置状態をいつも自己診断

DSCvesta2

詳細はWEBページへ



iMT 株式会社アイ・モーショントクノロジー

業界初 指示薬法の滴定画像自動化装置

HIPPO SCAN

特許出願中

滴定を**手動**で行う場合…

分析者の不足
目視判断の
ストレス

入力漏れ・
入力ミスの
リスク

経験が必要で
判別に個人差



滴定の課題をすべて解決



HIPPO SCAN
ヒッポスキャン

〈装置構成〉



- ① 滴定画像自動化装置
- ② 電動ビュレット (別売)
- ③ マグネチックスターラ (別売)
- ④ パソコン (ご用意ください)

自動化

人手不足の解消
精神的・身体的
負担の解消

DI

試験結果を
自動で記録保存
改ざん・不正防止

難しい試験が
誰でも正確にできる

画像による判断のため
特別なトレーニングの
必要がない

製造元

iMT

株式会社アイ・モーショントクノロジー <https://www.i-motion.co.jp/>
〒020-0857 岩手県盛岡市北飯岡2-4-23 ヘルステック・イノベーション・ハブ内 TEL: 019-601-8016

販売元

FREUND

フロイント産業株式会社 <https://www.freund.co.jp/> Email: cssp@freund.co.jp
〒160-0023 東京都新宿区西新宿6丁目25-13 フロイントビル TEL: 03-6890-0769

製品の詳細
お問い合わせは
こちらから



ガスクロマトグラフ
Gas Chromatograph

Brevis GC-2050



Small but Mighty



「より小さく、よりシンプルで使いやすく、しかし、分析性能は落とすことなくラボ分析が確実にこなせれば…」
そんなニーズから生まれた島津のGC Brevisは、ラテン語でスリム/コンパクトを意味します。省スペースながら
妥協のない分析性能を実現し、フラッグシップのNexis™シリーズと共に、多岐にわたるラボの分析ニーズに応えます。

01 Compact without Compromise

妥協のないコンパクト設計

03 Best-in-Class Performance

クラス最高レベルの性能

02 Built-in Analytical Intelligence

最新のユーザー支援技術

詳しい製品情報はこちら



LC-CollectIR

LC-CollectIRは、高い効率にGPCで分離された成分から移動相溶媒を蒸発させ溶質成分のみをFTIR用の「Geディスク」、PyroGC/MS用の「熱分解試料カップ」またはMALDI-MS用「ステンレスディスク」に捕集するシステムです。GPCにより分離された混合物の各成分についてオフラインでの測定が可能になります。FT-IR分光測定やMALDI-MSにより簡単に迅速な分子量分布における共重合体の組成変化解析や、PGC/MSによる構造解析の研究に最適です。さらに簡易分取装置として使用できるため、従来の分取法と比べ、大幅な時間短縮とコストの削減が可能になります。

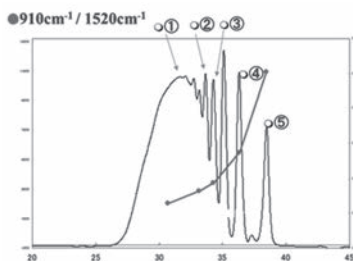


応用例

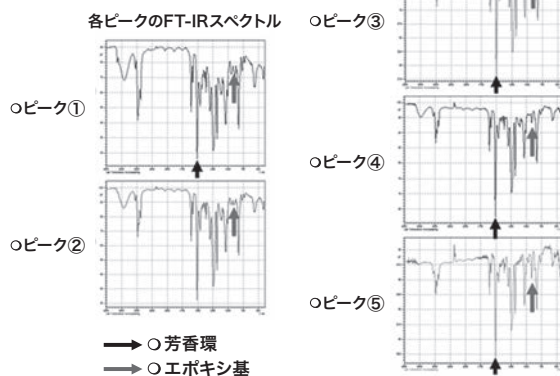
- 混合物の分離と各成分の簡単に迅速な構造解析
- 樹脂の末端や内部構造の推定
- 分子量分布における、共重合体の組成変化
- 分子量が近似した物質の分子構造の区別
- 微細構造解析および樹脂の混合系の判別
- 簡易分取装置としての利用

GPC-IR測定

BPA型エポキシ樹脂のFTIRによる組成分析



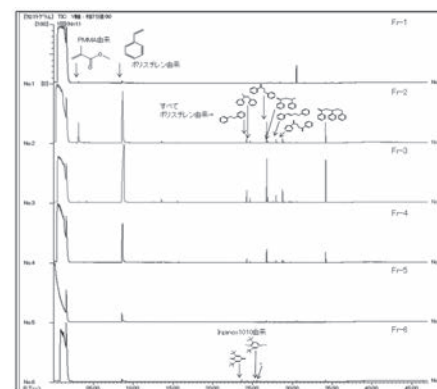
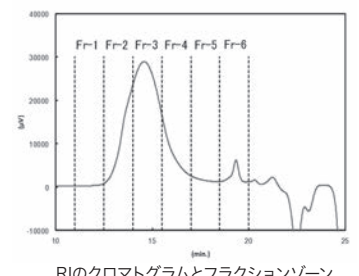
本システムでは、GPCフラクション毎の赤外スペクトルを測定可能です。得られたスペクトルから官能基の比等をクロマトグラムにオーバーラップさせた解析も可能です。



GPC-PyroGC/MS測定

ポリマーブレンドと添加剤の測定

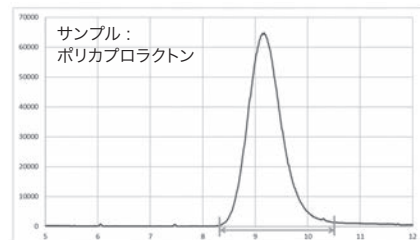
GPCからのフラクションを熱分解装置用試料カップにトラップする事で、GPCの溶出時間ゾーン毎にPyroGC/MS測定が可能となります。得られたスペクトルの解析により、使用されているポリマーの種類や割合が解ります。また、数%程しか使用されていない添加剤の特定も可能です。



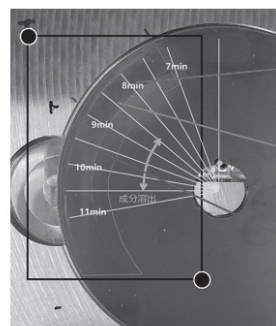
各分取フラクションの熱分解GC/MS結果

GPC-MALDI-MS測定

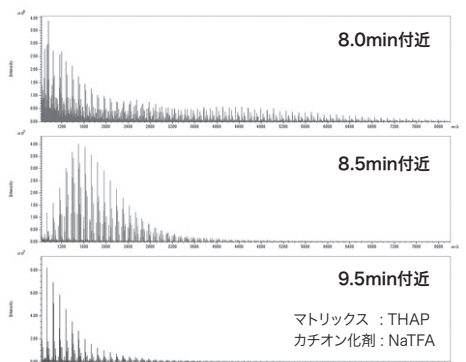
MALDI-MSイメージング測定



GPCからステンレスプレートに直接サンプリングした上からマトリックス溶液とカチオン化剤溶液を混合してスプレーし、MALDI-TOFMSによりマスマイミメージング測定を実施しました。



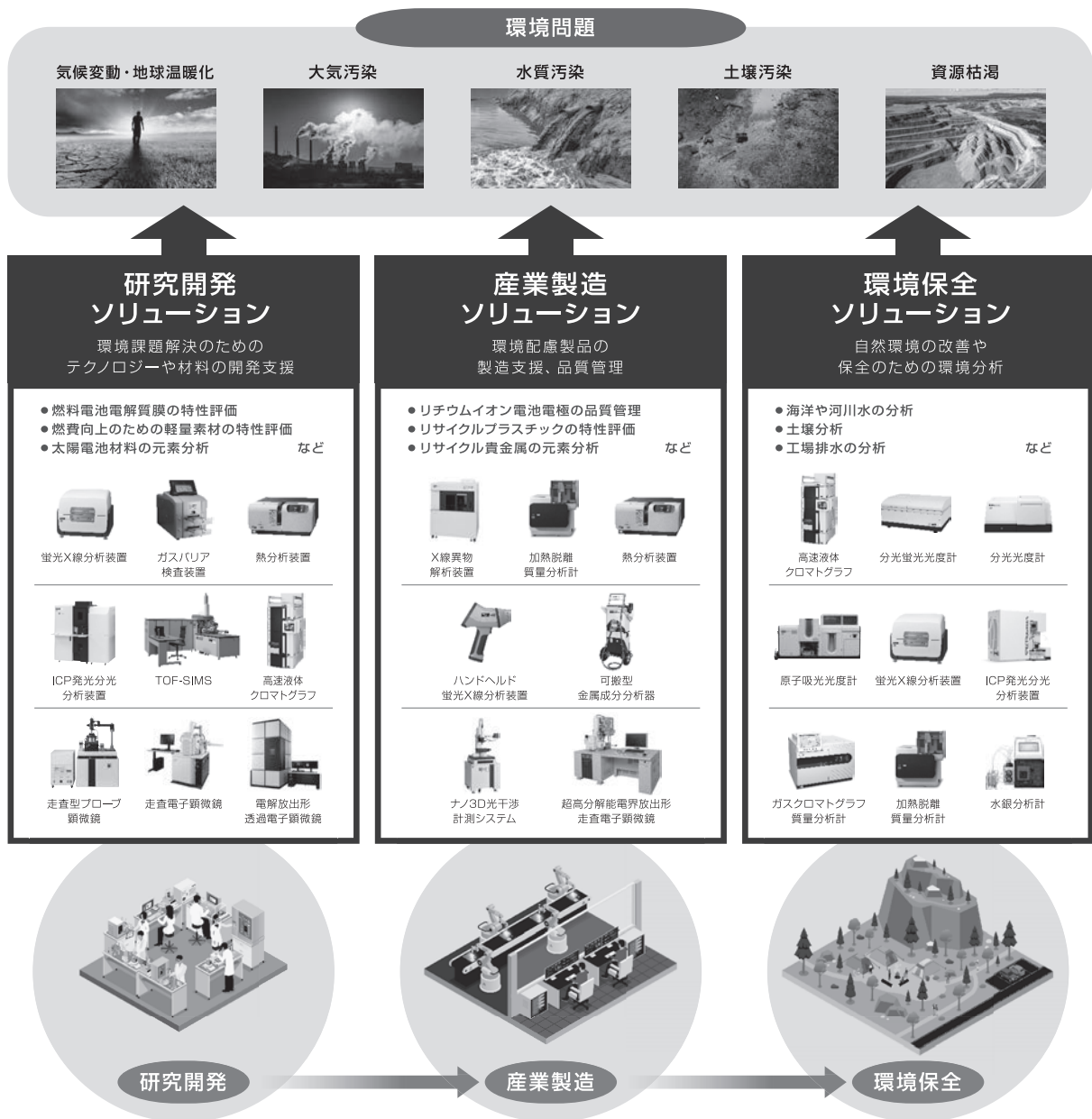
データは日本電子製JMS-S3000にて取得



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/

EXTREMA

HPLC System

高速液体クロマトグラフィーシステム



EXTREMA 高速液体クロマトグラフ

- 広い流量範囲で安定した送液が可能なポンプ群
- UHPLC/RHPLCによる高速分析に対応した100Hzの高速データ出力の検出器群
- SFC・イナート・分取・LC-MSシステムも構築できる拡張性が高いモジュールタイプ
- 前面から作業ができてメンテナンスが容易なフロントアクセス



EXTREMA 4500Model

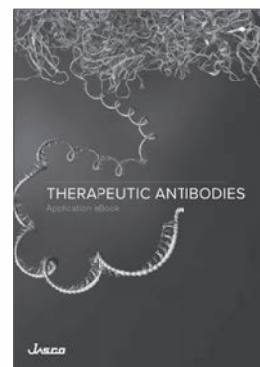
- コンベンショナルHPLCに最適
- 幅15cmのコンパクトモジュール
- グラジエント送液やプレカラム誘導体化が可能で多様な測定に対応
- テンキー付操作パネルにより単体操作が容易



抗体医薬品 eBookのご紹介

抗体医薬品は共有結合に加え多数の非共有結合を駆動力として高次構造 (Higher Order Structure : HOS) を形成することで活性を発現します。そのため、安全性や有効性に影響を及ぼす重要品質特性として HOS を総合的に評価することが必要です。本 eBook では、円二色性分散計、フーリエ変換赤外分光光度計、レーザラマン分光光度計、高速液体クロマトグラフィーを用いて抗体医薬品の HOS を評価したソリューションを紹介いたします。

右のQRコードよりダウンロードできます。



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。



多彩な機能で品質管理や 研究開発をサポート

NEW

自動滴定装置

AUT-801



2系列同時滴定に対応

デュアルシステム



7インチカラー液晶採用
2系列の滴定画面を同時に表示に対応

シングルシステム時は、
600データを本体にメモリー可能

各種滴定法に合わせた電極類をご用意



広範な分野での分析ニーズにお応えします

食品分野

化学・分析分野

メッキ分野

電気・鉄鋼・金属分野

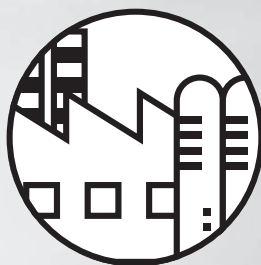
環境分野

石油分野

薬品・化粧品・香料分野



食品



石油



薬品・化粧品・香料

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)0219

●東京:03(3202)0226 ●大阪:06(6312)5100 ●札幌:011(726)9859 ●仙台:022(353)6591 ●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



ムロマックミニカラムの使用例 (公開論文・文献より)

1. 環境分野：海水、雨水など環境試料の分析用途
2. 鉱業分野：岩石、鉱物、石英などの組成分析
3. 農業分野：植物などの分析
4. 生化学分野：タンパク質、生体などの精製研究
5. 原子力分野：高レベル廃棄物の処理法研究 (詳細はお問い合わせください)

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。

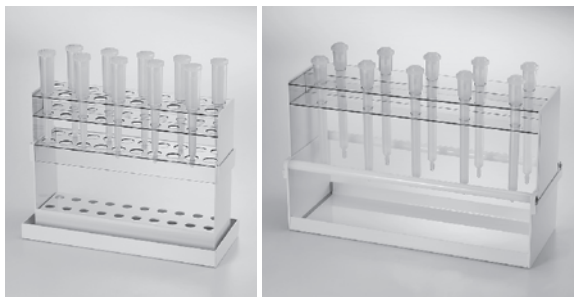


種類	内径(mm)	長さ(mm)	容量(mL)	液溜槽容量(mL)
S	5.0~5.5	50	1.0	8.0
M	6.5~8.5	5.8	2.5	10.0
L	10.0~11.0	118	10.0	5.0*1

*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のビ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]

ムロマック®分液ロートはガラス製で耐薬品性に優れ、ムロマック®ガラスカラム(S・M・ロング各種)に互換性のあるすり合わせ規格を有しています。



種類	容量(mL)
S	500
M	1000

お問合せ先

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

[東京] TEL. 03-3525-4792 [大阪] TEL. 06-6393-0007 [本社] TEL. 0944-41-2131

ICDD (JCPDS) 粉末回折データベース

(PDF-2 Release 2024/PDF-5 2024/PDF-4 Minerals 2024)

PDF-2 Release 2024

ICDDで収集された有機物/無機物約125,400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213,300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



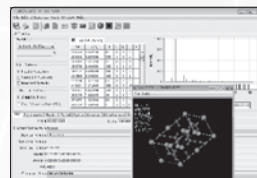
新規購入: ¥2,125,200 (一般) / ¥1,790,250 (教育) 更新: ¥519,750 ~ (一般) / ¥392,700 ~ (教育)

PDF-5 2024

昨年までのPDF-4 Full FileとPDF-4 Organicsを統合してPDF-5の名称になりました。ICDDで収集された有機物/無機物約125,400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96,400件、米国NISTで収集された無機物約2,800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509,900件に加え、Pauling Fileの無機物約271,000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/FIZ/Cambridge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+ ■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: ¥2,125,200 (一般) / ¥1,799,250 (教育) 更新: ¥519,750 ~ (一般) / ¥392,700 ~ (教育)

PDF-4 Minerals 2024

ICDDで収集されたMinerals Subfile約13,100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14,700件、米国NISTで収集された鉱物約200件に加え、Pauling Fileの鉱物約23,700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+/Sieve+

- 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: ¥462,000 (一般) / ¥334,950 (教育) 更新: ¥277,200 ~ (一般) / ¥242,550 ~ (教育)

●PDFデータベースに関する注意事項

- PDF-4/5のユーザーライセンス1年間ライセンスでは1年間限りで、更新しない限り、タイムロックが働き使用できなくなります。
- PDF-2のライセンス期間は5年です。5年後にタイムロックが働きます。この期間内更新すれば、そこから5年間使用できます。
- ICDDのライセンスは使用場所として建物を特定しています。2nd、3rdなどの追加ライセンスはこの条件のもとで認められます。
- 追加ライセンスの価格は新規/更新とも基本価格の目安は1/5強です。
- 納入媒体としてDVD、USB、ダウンロードの選択があります。USBは安定性に欠けるため、保管メディアとしてあまり適切ではないと考えます。ダウンロードの場合、ダウンロードの有効期間が30日に制限されており、なによりも源泉所得税支払いの負担 (20%) がかかるため価格に転嫁しなければなりません。そこで弊社では特別な事情がない限りDVDを納入媒体とします。

PDF Statistics 2024

Data Entry Source	PDF-5+2024 PDF-5+/Web 2024	PDF-4/ Axiom 2024	PDF-4/ Minerals 2024	PDF-2 2024
00-ICDD	125,448	38,031	13,114	125,448
01-FIZ	96,440	13,569	14,788	213,378
02-CCDC	509,918	0	0	0
03-NIST	2,827	379	229	10,067
04-MPDS	271,047	56,060	23,733	0
05-ICDD Crystal Data	56,218	0	75	869
Total No. of Entries	1,061,898	108,039	51,939	349,762
Subfile Distribution:				
Inorganics	442,671	95,694	51,300	295,931
Organics	632,058	12,483	776	55,228
New Entries	42,081	2,761	989	10,213
Rietveld-No. with atomic coordinates	586,704	78,592	42,772	0
Reference Intensity Ratio (RIR) - I/I ₀	956,655	77,567	40,111	244,553
Experimental Digital Patterns	19,434	8,984	203	0

※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

新製品

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、サイクル間の停止時間です。回転ノブとタッチパネルで簡単に設定できます。

● 短時間で効率的な粉碎

- ✓ 同一プログラムで最大3試料の同時粉碎が可能
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* 高速上下ねじれ運動による粉碎方式を採用しており、試料の迅速粉碎が可能です。 *特許第7064786号
- ✓ 粉碎時の静かな作動音
粉碎時に発生する音は55 dB程度で通常会話を妨げません。

● 省エネの試料冷却キット付属

- ✓ 液体窒素の消費量は 300 mL程度 (試料と粉砕子入りの試料容器1個の場合)
標準付属の試料冷却キットには冷媒容器、 tong、試料冷却ホルダーが含まれます。
- ✓ 冷媒を使わない室温粉碎も可能

静音設計



仕様

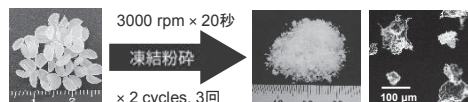
粉碎温度	室温あるいは冷媒（液体窒素等）を用いる試料冷却	
粉碎設定	回転数 (rpm)	50 から 最大 3000 (無段階設定)
	回転時間 (秒)	10 から 60 (10 秒毎)
	回転サイクル間の待ち時間 (秒)	10 から 600 (10 秒毎)
	回転サイクル数	1 から 10 (1サイクル毎)
安全装置	マイクロスイッチと手動ロック方式による誤動作防止	
本体寸法、重量	幅 270 × 奥行 340 × 高さ 300 (mm)、約 12 kg	
電源 (50/60 Hz)	AC 100/120 V あるいは 200/240 V (450 VA)	

高速上下ねじれ運動



試料容器内における粉砕子の高速上下ねじれ運動により、試料を短時間で効率的に粉砕します。

粉砕例：高密度ポリエチレン (0.48 g)



40種以上の粉砕応用例をウェブサイトから閲覧可能！

フロンティア・ラボ 株式会社

ご購入検討時にテスト粉砕を承ります。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

※価格はすべて税込です

<p>化学分析・化学実験</p>		<p>ToF-SIMS : Surface Analysis by Mass Spectrometry 2nd edition John C. Vickerman and David Briggs 著 B5 51,700 円 (税込) 二次イオン質量分析法の装置と試料の取扱い, 二次イオン形成のメカニズム, データ解析アプリケーション例など (Surface Spectra, Ltd.).</p>	<p>マデ ネジ ジタ メル デー トタ</p>
<p>粉末 X 線解析の実際 第 3 版 中井 泉・泉 富士夫 編著 B5 308 頁 定価 6,490 円 (税込) 粉末回折法の全容を実践的に理解できる。[内容] 原理/データ測定・読み方・活用/特殊な測定法と試料/リートベルト法/RIETAN-FP の使い方/MEM・MPF 解析/未知結晶構造解析/先端材料への応用/他</p>	<p>朝 倉 書 店</p>	<p>有機化学・有機分析</p>	
<p>図説 表面分析ハンドブック 日本表面真空学会 編 B5 576 頁 定価 19,800 円 (税込) 約 120 の手法を見開き形式で解説。実際の適用例を複数紹介し, その手法の特徴や主な適用先などをまとめ, 一目で概要がわかるよう工夫。試料の種類や性質, 目的により適切な手法を選択するためのリファレンス。</p>	<p>朝 倉 書 店</p>	<p>有機化学 改訂 3 版 奥山 格・石井昭彦・箕浦真生 著 B5 456 頁 定価 5,500 円 (税込) 日本の大学のカリキュラムに合った, 1~2 年間の有機化学コースに対応できるようにコンパクトにまとめられた教科書。</p>	<p>丸 善 出 版</p>
<p>蛍光 X 線分析の実際 第 2 版 中井泉 編/日本分析化学会 X 線分析研究懇談会 監修 B5 280 頁 定価 6,490 円 (税込) 試料調製, 標準物質, 蛍光 X 線装置スペクトル, 定量分析などの基礎項目を平易に解説し, 食品中の有害元素分析, 放射性大気粉塵の解析, 文化財への非破壊分析など豊富な応用事例を掲載した実務家必携のマニュアル。</p>	<p>朝 倉 書 店</p>	<p>放射化学</p>	
<p>誤差がわかれば実験データがいきる 技術者と科学者のための不確かさ解析 重川秀実・吉村雅満・重富千紘 訳 A5 356 頁 定価 5,280 円 (税込) 実験の測定値の信頼性を高めるために必要不可欠な不確かさ (誤差) 解析を, 様々な実験例題を通して原理と応用を体系的に学ぶ。</p>	<p>丸 善 出 版</p>	<p>放射化学の事典 日本放射化学会 編 A5 376 頁 定価 10,120 円 (税込) 生命科学・地球科学・宇宙科学等の基礎科学の基本概念である放射化学を約 180 項目・各 1~4 頁で解説した読む事典。[内容] 放射線計測/人工放射性元素/原子核プローブ・ホットアトム化学/分析法/環境放射能/原子力/宇宙・地球化学/他</p>	<p>朝 倉 書 店</p>
<p>機器分析</p>		<p>化学一般・その他</p>	
<p>Pyrolysis-GC/MS Data Book of Synthetic Polymers 合成高分子の熱分解 GC/MS ハンドブック Tsuge, Ohtani, Watanabe 著 エルゼビア 2011 刊 35,200 円 (税込) 163 種の合成高分子の熱分解 GC/MS, また 33 種の縮合系高分子には反応熱分解 GC/MS も測定したデータ集, パイログラム, 生成物の帰属, 相対生成率, 保持指標, 質量スペクトルと構造式など, 昇温過程での生成物のサーモグラムとその平均質量スペクトルも収録。</p>	<p>マデ ネジ ジタ メル デー トタ</p>	<p>触媒総合事典 触媒学会 編 A5 判 548 頁 定価 14,300 円 (税込) 触媒の基礎から幅広い応用分野まで網羅する中項目事典。約 250 のトピックを通じて我々の豊かな生活を支える触媒を総覧できるレファレンス。</p>	<p>朝 倉 書 店</p>
<p>Mass Spec: Desk Reference, 2nd edition 4,400 円 (税込) 質量分析に使われる用語の解説と誤用される用語例。質量分析の書誌情報の集積。(Global View Publisher)</p>	<p>マデ ネジ ジタ メル デー トタ</p>	<p>機械学習による分子最適化 数理と実装 梶野 洗 著 A5 312 頁 定価 3,520 円 (税込) 機械学習を用いた新規分子構造の生成や最適化にまつわる技術について, 基礎理論から実装まで一貫して解説。</p>	<p>オ ー ム 社</p>
<p>Surface Analysis by Auger and X-Ray Photoelectron Spectroscopy David Briggs and John T. Grant 編 B5 51,700 円 (税込) 表面分析に欠かせない AES と XPS 法の原理, 装置, 試料の扱い, 電子移動と表面感度, 数量化, イメージング, スペクトルの解釈など (Surface Spectra, Ltd.).</p>	<p>マデ ネジ ジタ メル デー トタ</p>		

◆掲載図書発行所◆

図書購入・問い合わせなどは、下記発行所に直接ご連絡ください。

※価格はすべて税込です

(株)朝倉書店	URL : https://www.asakura.co.jp/ 〒162-8707 東京都新宿区新小川町 6-29	☎03(3260)7631
(株)オーム社	URL : https://www.ohmsha.co.jp/ 〒101-8460 東京都千代田区神田錦町 3-1	☎03(3233)0641
(株)デジタルデータマネジメント	URL : http://www.ddmcorp.com 〒103-0025 東京都中央区日本橋茅場町 1-11-8 紅萌ビル	☎03(5641)1771
丸善出版(株)	URL : https://www.maruzen-publishing.co.jp 〒101-0051 東京都千代田区神田神保町 2-17 神田神保町ビル	☎03(3512)3256

次回の図書案内は 2024 年 6 月号に掲載します。

ペルおよびポリフルオロアルキル化合物 (PFAS) の包括管理に向けて



三宅 祐一

1 はじめに

ペルおよびポリフルオロアルキル化合物 (Per- and polyfluoroalkyl substances, PFAS) は、撥水・撥油性、熱・化学的安定性などの物性を示すことから、1940年代に製造が開始されて以降、界面活性剤、半導体用反射防止剤、水成膜泡消火剤などの幅広い産業分野や消費者製品において用いられてきた。これら PFAS は安定性が高い点で多用されてきた反面、環境残留性、生体蓄積性およびヒトへの有害性があることが2000年頃から指摘され始めた。一部のPFASについては、難分解性、高蓄積性、生物や環境への有害性、長距離移動性のすべての性質を満たすことが科学的に明らかとなり、2009年にペルフルオロオクタンスルホン酸 (PFOS) とその塩が残留性有機汚染物質 (POPs) に指定された。また、2019年にはペルフルオロオクタン酸 (PFOA) とその塩及びPFOA関連物質がPOPsに指定され、さらに2022年にはペルフルオロヘキサンスルホン酸 (PFHxS) とその塩及びPFHxS関連物質が新たにPOPsに指定にされた。現在においても、長鎖ペルフルオロカルボン酸とその塩及び関連物質について、POPsへの指定に関する議論が進められている。POPsに指定されているPFASだけでも数百種類の化合物が含まれており、液体クロマトグラフ-タンデム質量分析法 (LC-MS/MS) などで個別の化合物を同定・定量していくことに関して多くの課題がある。本稿では、数多くの関連物質を有するPFASに関する包括的な分析方法の動向について紹介する。

2 PFAS の定義

有機フッ素化合物の一部であるPFASは、現時点では国際的に統一された定義が存在しない。2011年にBuckらが提案した定義では、「PFASとは、分子構造中にペルフルオロアルキル基 ($-C_nF_{2n+1}$, $n \geq 1$) を有する、

高い割合でフッ素化された脂肪族化合物」とされていた¹⁾。しかし、Buckらの定義では、異性体など構造的性質の近い化合物間で、定義を満たす物質、満たさない物質が分かれてしまう事例があり、より一貫性のある論理、表現が必要であった。そこで、経済協力開発機構は、2018年にBuckらの定義を修正する形で、「一つ以上のC原子を含む高度にフッ素化された脂肪族物質であり、すべてのH置換基 (非フッ素化類似体) がペルフルオロアルキル部分 ($-C_nF_{2n+1}$) を含むようにF原子に置き換えられているもの²⁾」とし、CAS番号が存在する4730種の化合物をPFASとしてリストアップした。その後、官能基に芳香環が含まれる場合などを考慮し、2021年に新たなPFASの定義として「PFASとは、ペルフルオロメチル基 ($R-CF_3$) またはペルフルオロメチレン基 ($R'-CF_2-R''$) を構造中に少なくとも1つ以上有する、有機フッ素化合物の総称 (R, R', R'' に H, Cl, Br, I 原子が対応する化合物は除く)³⁾」を提案した。ただし、2021年の定義改訂後に具体的な化合物のリストは示されていない。また、米国環境保護庁 (USEPA) の「PFAS Master List of PFAS Substances⁴⁾」では、12000種類を超える化合物がPFASとしてデータベースに登録されている。このように、PFASは定義の仕方に違いがあるものの、数千から数万にも及ぶ対象化合物が存在することから、個別化合物の管理だけでなくPFASをグループで包括的に管理する必要がある。

3 PFAS の包括的分析方法

化合物ごとに同定・定量を行うPFAS個別分析法について、様々な分析方法が提案されている。これらPFAS個別分析法では、数十種程度のPFASを対象として、試料を弱陰イオン交換系の固相カラムを用いて抽出した後、対象化合物をLC-MS/MSで測定する流れが一般的である⁵⁾。対象化合物を個別に高感度で定量できる利点がある一方で、標準物質が存在する化合物しか評価できない欠点がある。そこで、近年、数千種以上存在するPFASを包括的に評価するために、個別分析法と異なる視点の包括的な分析方法が提案されてきた。それぞれの包括的分析法の概要と課題について以下に示す。

3・1 吸着可能有機フッ素分析法

吸着可能有機フッ素 (adsorbable organic fluorine, AOF) 分析法は、液体試料中の活性炭に吸着可能な有機フッ素を測定する手法である。AOF分析法については、2022年にUSEPA Draft Method 1621が提案されており、水質試料を (粒状) 活性炭カラムに通液して対象化合物を吸着させ、硝酸ナトリウム水溶液で無機フッ素化合物を除去した後、その活性炭を燃焼イオンクロマトグラフィ (combustion ion chromatography, CIC) で測定する方法である。AOF分析法は、対象化合物1種ずつに

Control for Per- and Polyfluoroalkyl Substances.

着目した PFAS 個別分析法と異なり、吸着可能な幅広い対象化合物中の有機フッ素総量を測定することができるため、数千種以上存在する PFAS のスクリーニング法としての活用が期待される。一方で、吸着・分析可能な対象化合物は活性炭の性能に依存すること、短鎖 PFAS は活性炭に吸着しにくいことなどが課題である。また、PFAS 以外の有機フッ素化合物（フッ素系農薬・医薬品等）も活性炭に吸着し、AOF として検出される点には留意すべきである。加えて、活性炭自体のフッ素ブランクが高いことから定量下限は比較的高く、欧州の飲料水指令などの極低濃度の PFAS 管理への対応は難しい。

3.2 抽出可能有機フッ素分析法

抽出可能有機フッ素（extractable organic fluorine, EOF）分析法は、土壌や堆積物などの固体試料や液体試料中において、有機溶媒へ抽出可能な有機フッ素を測定する手法であり、2007 年に著者らが開発した方法である⁶⁾。EOF 分析法では、固体試料や液体試料を溶媒抽出法や固相抽出法により抽出し、抽出できた対象化合物を CIC などで測定する。EOF 分析法における抽出操作は、無機フッ素化合物を除去し、対象の有機フッ素化合物を抽出するための重要な操作である。EOF 分析法は、AOF 分析法と同様に幅広い対象化合物中の有機フッ素総量を測定できる方法であり、低コストで比較的容易に測定可能であることから、PFAS のスクリーニング法として活用できる。近年では、フッ素のマスマランスという概念が広く適用され、EOF により有機フッ素全体を把握しながら PFAS 個別の定量結果と比較することで、個別分析だけでは評価しきれない多数の未知 PFAS を含めた PFAS 全体の管理方法として期待されている。一方で、EOF 分析法は AOF 分析法と同様の課題を有しており、化合物の種類・構造は特定できない。また EOF 分析法では、試料の性状等に応じて抽出方法を選択することは可能であるが、抽出溶媒の種類や抽出方法により抽出される対象化合物や抽出効率が異なるため、抽出方法の妥当性については検討が必要である。

3.3 全酸化可能前駆体分析法

全酸化可能前駆体分析法（total oxidizable precursor assay, TOPA）は、ペルフルオロアルキル酸（PFAA）の前駆体化合物を測定する手法である。TOPA では、酸化分解により試料中の PFAA 前駆体化合物はカルボン酸（PFCA）やスルホン酸（PFSA）などの安定な PFAA に変換され、分解後の PFAA を LC-MS/MS などで測定する。前駆体化合物は、一般的に安定なペルフルオロアルキル基と比較的不安定な非フッ素化アルキル基を持ち、酸化分解の際に非フッ素化アルキル基から酸化される。TOPA により、対象化合物以外の様々な前駆体化合物を、検出可能な対象化合物に変換することで、対象化

物以外の PFAS（前駆化合物）の存在を明らかにできる。また、酸化分解前後で PFAA 濃度の差分を取ることで PFAA 前駆体化合物の総量を定量・評価可能であり、PFAA のみを評価対象とすれば良い点で従来の個別分析法より簡易的に測定可能である。一方で、PFAA 濃度の増加に寄与した前駆体化合物が特定できないことが問題点として挙げられる。また、分解生成物を個別に定量・評価することから、AOF や EOF 分析法と比較すると、比較的煩雑かつ高コストな手法である。さらに、TOPA は試料マトリックスの影響を受けやすく、試料の性状に応じて pH や酸化剤の量を調整する必要がある、再現性のある結果を得るのが難しい。

4 おわりに

現在、環境省では「PFAS に対する総合戦略検討専門家会議」を設置し、PFAS に関して当面对応すべき候補物質の整理、存在状況に関する調査の強化（水環境中の調査、化学物質の人への曝露モニタリング調査対象物質の検討）、調査結果を踏まえた対応（適正な管理の在り方の検討、物質群としての評価手法の検討）に関する議論を進めている。主に、特定の PFAS のみに焦点を当てた議論が行われている。個別の PFAS を分析することは重要であるが、本稿で示したような包括的な分析方法を組み合わせることで、今まで見えなかった事実が見えるようになり、PFAS 全体の管理が進むことを期待したい。

文 献

- 1) R. Buck, J. Franklin, U. Berger, J. Conder, I. Cousins, P. Voogt, A. Jensen, K. Kannan, S. Mabury, S. Leeuwen : *Integr Environ Assess Manag*, 7, 513 (2011).
- 2) OECD, Series on Risk Management No. 39, (2018).
- 3) OECD, Series on Risk Management No. 61, (2021).
- 4) USEPA, PFAS Master List of PFAS Substances, (2021).
- 5) ISO 21675: 2019, (2019).
- 6) Y. Miyake, N. Yamashita, P. Rostkowski, M. So, S. Taniyasu, P. Lam, K. Kannan : *J. Chromatogr. A*, 1143, 98 (2007).



三宅 祐一 (Yuichi MIYAKE)

横浜国立大学大学院環境情報研究院
(〒240-8501 神奈川県横浜市保土ヶ谷区
常盤台 79-7)。横浜国立大学大学院環境
情報学府博士後期課程修了。博士 (工学)。
《現在の研究テーマ》残留性有機汚染物質
の環境汚染調査、環境動態解析、曝露・
リスク評価。《主な著書》“室内環境の事
典—快適で健康な暮らしを支える科学—”,
分担執筆, (朝倉書店), (2023)。
《趣味》国内外でのサッカー観戦。