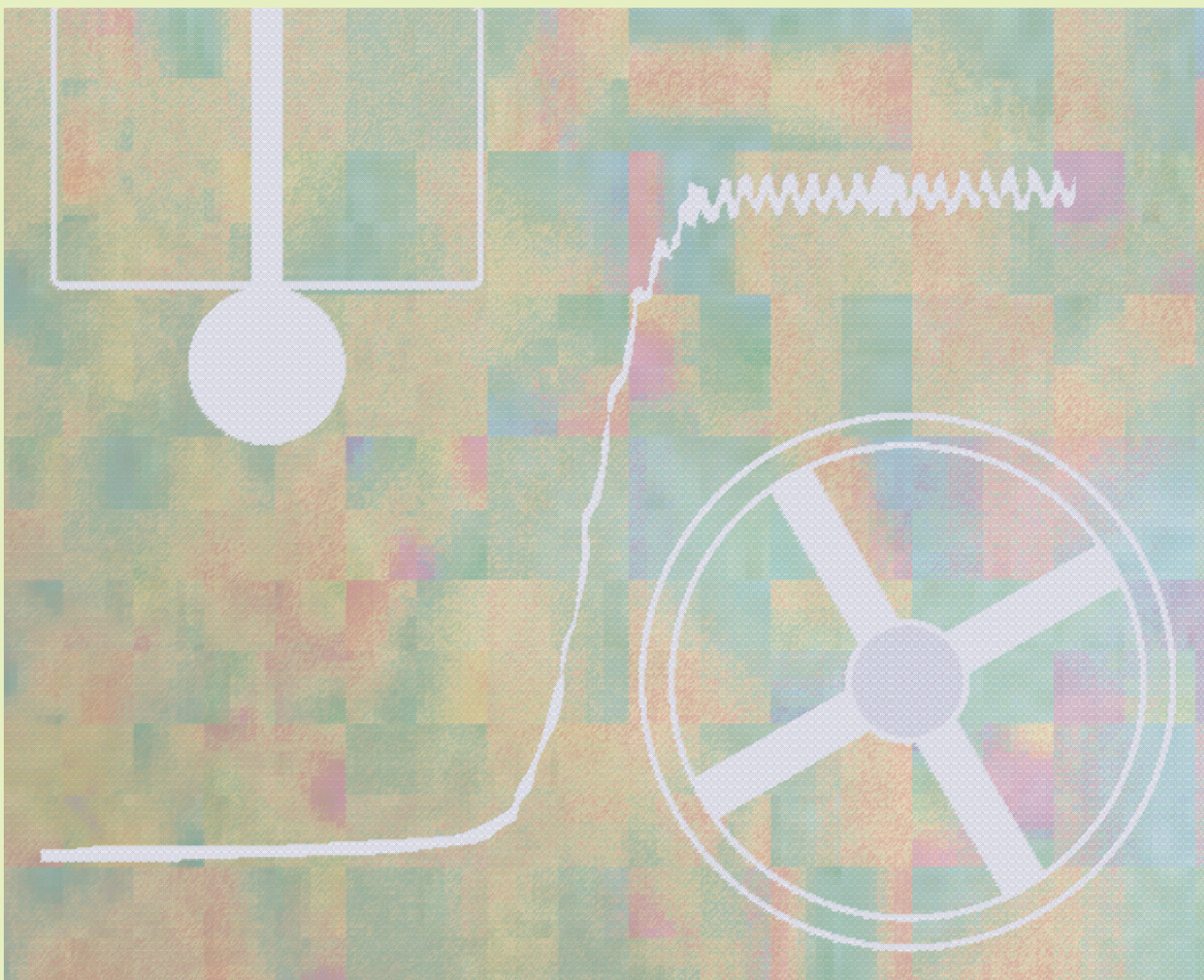


ぶんせき ⑥

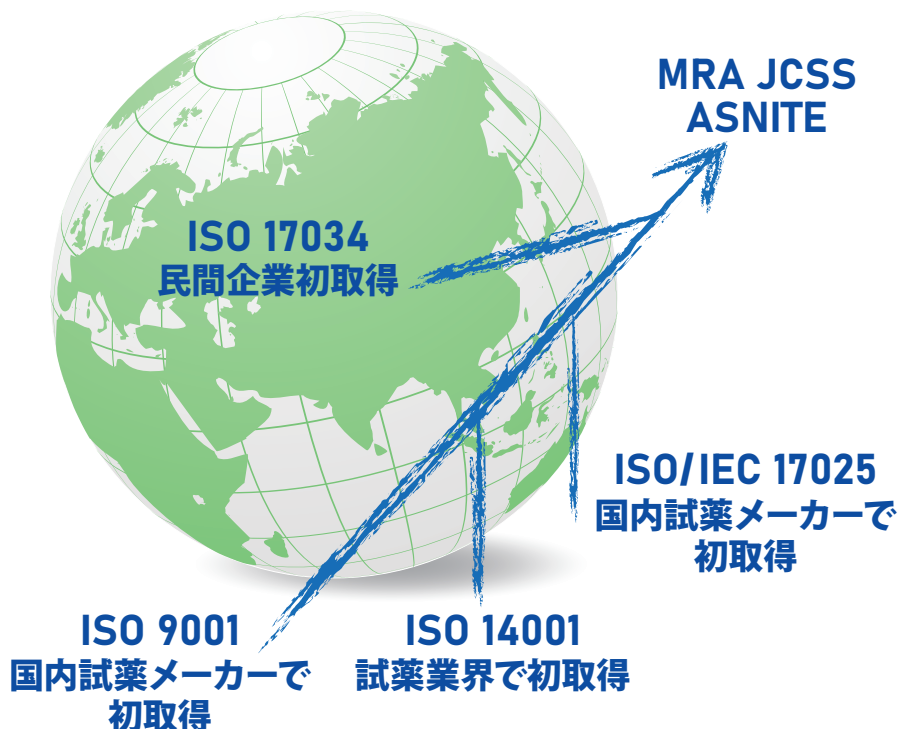
Bunseki 2023

The Japan Society for Analytical Chemistry



認証標準物質 (CRM)

～グローバルレベルの分析技術～



関東化学 認証標準物質

検索



[認定概要] MRA JCSS

種別	品目数	製品数	認定業者
pH標準液 (第1種)	2	2	伊勢原工場 (認定番号: 0015)
pH標準液 (第2種)	6	12	
金属標準液	36	63	草加工場 (認定番号: 0014)
金属混合標準液	1	1	
非金属イオン標準液	12	16	
有機化合物標準液	3	3	
有機化合物混合標準液	5	5	

ASNITE認定 認証標準物質

認定概要 容量分析用標準物質 : 10品目
定量NMR用標準物質 : 2品目
電気伝導率測定用標準液 : 1品目

認証書 (COA)

ILAC MRAマーク・IA Japan認定シンボル入りの認証書

ISO/IEC 17025対応 容量分析用滴定液

適用品目 20品目

試験報告書 (COA)

ILAC MRAマーク・JAB認定シンボル入りの試験報告書
※試験報告書は有料でご提供しております。



関東化学株式会社

〒103-0022 東京都中央区日本橋室町2丁目2番1号 (03)6214-1090

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。

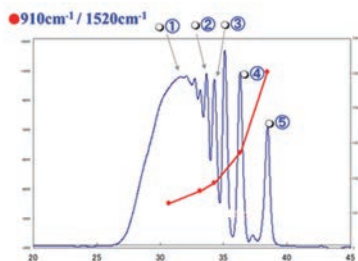


応用例

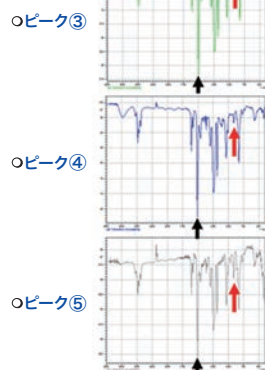
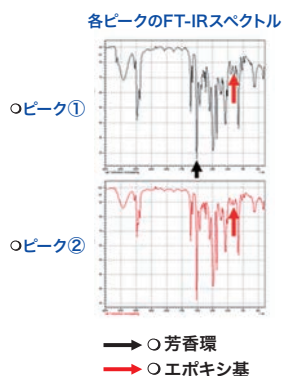
- 混合物の分離と各成分の簡単に迅速な構造解析
- 分子量分布における、共重合体の組成変化
- 微細構造解析および樹脂の混合系の判別
- 樹脂の末端や内部構造の推定
- 分子量が近似した物質の分子構造の区別
- 簡易分取装置としての利用

GPC-IR測定

BPA型エポキシ樹脂のFTIRによる組成分析



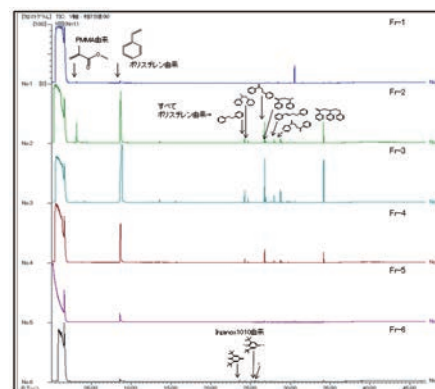
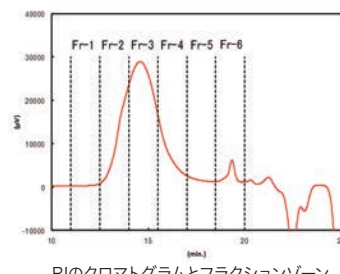
本システムでは、GPCフラクション毎の赤外スペクトルを測定可能です。得られたスペクトルから官能基の比等をクロマトグラムにオーバーラップさせた解析も可能です。



GPC-PyroGC/MS測定

ポリマーブレンドと添加剤の測定

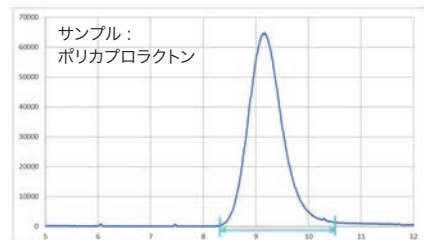
GPCからのフラクションを熱分解装置用試料カップにトラップする事で、GPCの溶出時間ゾーン毎にPyroGC/MS測定が可能となります。得られたスペクトルの解析により、使用されているポリマーの種類や割合が解ります。また、数%程しか使用されていない添加剤の特定も可能です。



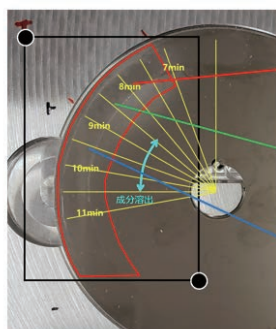
各分取フラクションの熱分解GC/MS結果

GPC-MALDI-MS測定

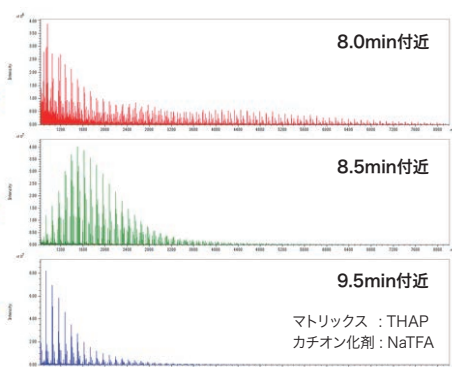
MALDI-MSイメージング測定



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



マトリックス : THAP
カチオン化剤 : NaTFA

赤外ラマン顕微鏡

Infrared / Raman Microscope

AIRsight



Raman and FTIR microscopy In perfect harmony

赤外分光法とラマン分光法

相補的な分子情報を得る2つの分析手法を融合した赤外ラマン顕微鏡
観察から解析まで簡単に行えるシンプルなシステムで効率的な分析作業をサポートします。

Same position

サンプルを移動させることなく、
極微小部の同一箇所における観察、
赤外およびラマン測定が可能

Smart software

ソフトウェア上で
赤外測定とラマン測定を
簡単に切り替え可能

Single system

1台分の設置スペースで
赤外測定とラマン測定が可能



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

FT/IR-4X は、小型の筐体でありながら堅牢性を誇り、性能、機能、拡張性はリサーチグレードクラスであり、高分解、高 S/N、高感度検出器、測定波数拡張、マルチチャンネル顕微鏡、ラビッドスキャンに対応しています。試料室は大型装置と変わらない幅 200 mm あり、サードパーティー製を含む大型付属品も使用できます。



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

FT/IR-4X

「複合分析」が手軽に

赤外 × ラマン複合分析システム

異物の定性分析に効果的な FTIR とラマン分光光度計の複合分析が、低価格でコンパクトになりました。
赤外／ラマン測定ともに前処理は不要で、試料を動かさずに簡単な操作で測定手法を切換えることができます。



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 (内)
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、
改訂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

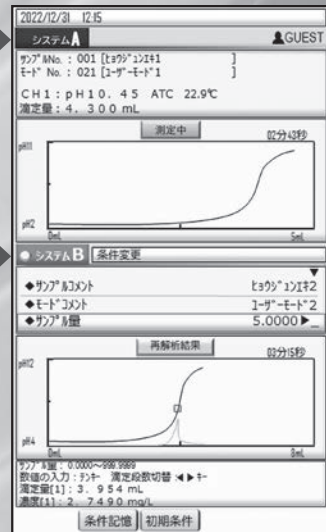


2系列同時滴定に対応

デュアルシステム



2系列の滴定画面を同時に表示



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

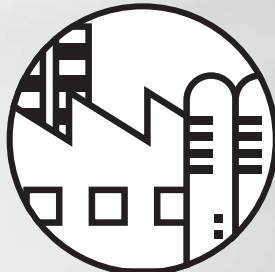
環境分野

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





視るチカラで、世界を変える

 **Rigaku**



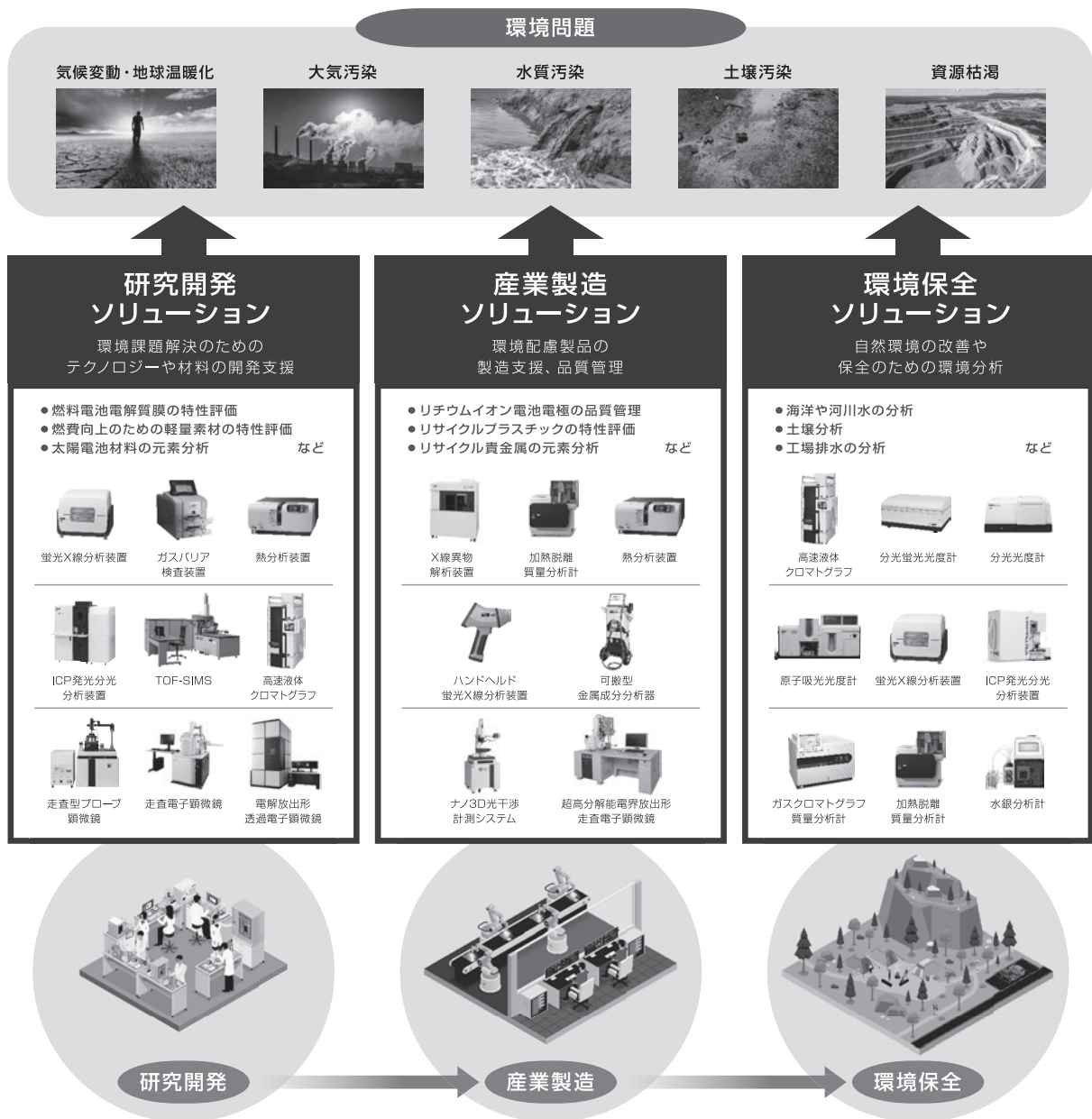
株式会社 **リガク**
www.Rigaku.com

- 本社 〒196-8666 東京都 昭島市 松原町 3-9-12
代表電話案内 (042)545-8111 FAX.(042)544-9795 e-mail : info-gsm@rigaku.co.jp
- 東京 : (03)5312-7077 ●東北 : (022)264-0446 ●大阪 : (072)696-3387
- 名古屋 : (052)931-8441 ●九州 : (093)541-5111

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/

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。

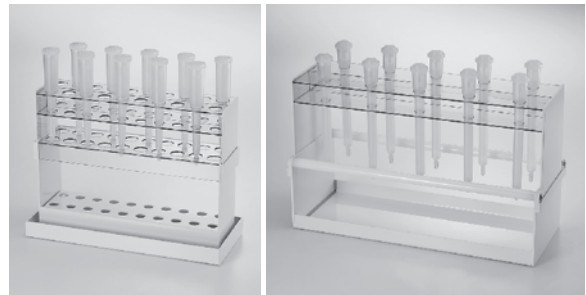


種類	内径(mm)	長さ(mm)	容量(mL)	液溜槽容量(mL)
S	5.0~5.5	50	1.0	8.0
M	6.5~8.5	5.8	2.5	10.0
L	10.0~11.0	118	10.0	5.0*1

*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、ライブ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

高速イオンクロマトグラフ

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。

ION CHROMATOGRAPH

IC-8100



高速分析

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。
分析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ことで、
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、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)

高濃度イオン含有試料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。

試料濃縮機能を追加搭載可能

オプションの試料濃縮機能を追加すれば、最大1200 μ Lの試料を濃縮カラムを用いて濃縮し、
自動でイオンクロマトグラフ測定を行うことが可能です。試料のマトリックスの影響を抑え、より高感度な測定をすることが可能です。

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がなく安定した分析が可能です。

IC-8100EX専用自動前処理ユニット

専用前処理用陽イオン交換ゲルを用いて、自動で試料を前処理してからイオンクロマトグラフに注入することが可能です。
試料の中和処理や、カラム寿命に影響を与える可能性のある過剰に含まれる対イオンや金属の除去ができます。
自動処理が可能であるとともに、前処理にかかるコストは約50円/分析と前処理コストの削減にも寄与します。

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/>

M2204GD.B

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

- 室温から1050°Cまでの幅広い温度領域を任意設定
- 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分析

前処理なしで迅速に分析

- あらゆる形態のポリマー試料を煩雑な前処理なしで簡単・迅速に分析

高性能で高信頼

- サーモグラムとパイログラムの高い再現性を保証



豊富な周辺装置

新製品

目的に合わせて選べる周辺装置で分析業務をサポート

メンテナンス性が向上！
より使いやすくなった

自動分析用オートサンプラー AS-2020E

ライブラリー登録数が大幅増！
ポリマー・添加剤を瞬時に同定できる
マススペクトル検索ソフトウェア F-Search

簡単操作でパワフル！
各種試料の粉碎・攪拌・分散に最適な
卓上可搬型 凍結粉碎装置 IQ MILL-2070

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



製品情報

最新のアプリケーション

300報を超える多彩なアプリケーションでユーザーをサポート

- Py-GC/MS分析における水素キャリアガスの影響
- 微量マイクロプラスチックの分析 ほか



テクニカルノート

フロンティア・ラボ 株式会社

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>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 ルメ ルデー ンデー 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>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 ルメ ルデー ンデー トタ</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>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 ルメ ルデー ンデー トタ</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>機器分析</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>光と物質の量子相互作用ハンドブック 荒川泰彦/監修 B5 992 頁 77,000 円 (税込) 900 ページを超える体系的かつ網羅的なハンドブック。前半では, 光と物質の量子相互作用について, 量子力学の一般的基礎事項から, 各物質・構造に特有な基礎について論じる。後半では量子相互作用とデバイス, システムへの応用, 計測・分光技術としてまとめている。</p>	<p>エ ヌ ・ テ イ ・ エ ス</p>	<p>化学一般・その他</p>	
<p>スピントロニクスハンドブック~基礎から応用まで~ 佐橋政司・湯浅新治・遠藤哲郎/監修 B5 760 頁 77,000 円 (税込) 今まさに応用上重要な位置づけにある MRAM を中心に, 磁気ストレージ, 磁気センサ, 高周波デバイス, 新機能デバイスへの応用展開を視野に, 関連する基礎現象, 材料物性, 先端計測技術について, 重要なデータを網羅。</p>	<p>エ ヌ ・ テ イ ・ エ ス</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>Python で始める機器分析データの解析とケモメトリックス 森田 成昭 著 A5 216 頁 定価 3,300 円 (本体 3,000 円 + 税) Python によるデータ解析の入門書, 化学に計量学を取り入れたケモメトリックスと, その機器分析データへの応用についても言及。</p>	<p>オ ー ム 社</p>	<p>生産プロセスにおける IoT, ローカル 5G の活用 三瓶政一・阪田史郎 ほか 70 名 2023 年 6 月刊 A4 判 約 500 頁 本体価格 88,000 円 (税込) 試読可 アカデミック割引価格 33,000 円 (税込) 試読可 ローカル 5G の最新動向, 歩留まり改善, 要因分析, 機械学習に向けたデータ処理など, スマートプラント, 工場に向けたデータの取得・収集と, 活用事例を総説。</p>	<p>技 術 情 報 協 会</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 31,900 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, バイログラム, 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 タ ル メ ル デー ン デー ト タ</p>	<p>Primary 大学テキスト これだけはおさえたい化学 改訂版 大野公一・村田 滋・齊藤幸一 ほか著 B5 判 248 頁 2,530 円 (税込) 理論化学を高校で学習する基礎から学べるテキスト。フルカラー印刷で物質の状態や色の変化を写真で見られ, 概念図・モデル図も理解しやすい。「物質の構造」「物質の状態」「物質の変化と平衡」の章配列。</p>	<p>実 教 出 版</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)エヌ・ティー・エス	URL : http://www.nts-book.co.jp/ 〒102-0091 東京都千代田区北の丸公園 2-1 科学技術館 2階	☎03(5224)5430
(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)0853
(株)技術情報協会	URL : https://www.gijutu.co.jp/ 〒141-0031 東京都品川区西五反田 2-29-5 日幸五反田ビル	☎03(5436)7744
実教出版(株)	URL : https://www.jikkyo.co.jp/ 〒102-8377 東京都千代田区五番町 5	☎03(3238)7765
(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

次回の図書案内は 2023 年 12 月号に掲載します。

実験室の安全（リスクと対策）

実験室の安全確保やリスクの低減は、創造的、効率的な研究や検査を推進していく上での前提条件である。換言すれば安全に不安のある実験室は研究・検査の妨げになるような事象が起こる確率が高いことになる。本講では主に火災予防を中心に化学物質や実験機器の取り扱いなどにも触れながら、実験者や検査者の安全（怪我や火傷の予防）や健康障害の防止といった観点からその対策を含めて述べる。

町田 基

1 はじめに

2011年に「ぶんせき」誌の入門講座で「安全な実験のしかた(1)：実験室における一般的な安全確保」といった題名で実験室の安全について基本的なことがらを広く浅く述べた¹⁾。前回と少し重複するところもあるが、今回は講義欄ということもあり少しポイントを絞った内容で、実験室の安全について一般社会の関連する事例なども交えて述べてみたい。化学実験室ではさまざまな操作や反応を行うので、多様なトラブルが発生してきた。これまでの事故事例などを踏まえて、発生頻度の高い具体的な事故事例を集めた書籍もいくつか発行されており²⁾³⁾、以前と比べると実験室の事故防止などの安全対策も進んでいると感じられる。また、実験者あるいは実験室の安全に関する一般的な書籍も多数出版されている⁴⁾⁵⁾。少し自己紹介になるが筆者はこれまで石油会社の研究所などで15年以上、大学の研究室で20年以上、主に分離分析、定量分析を主体に実験に携わってきた。石油会社では燃料の水素化精製に関する触媒反応の研究をしていたため主に有機溶剤や油を、大学では活性炭などの炭素系材料による水質汚染物質の吸着除去について検討してきたため水（水中の汚染物質の分離・定量分析）を扱ってきた。分析化学の専門家ではないが、業務として費やした時間は分析実験が圧倒的に多い。具体的にはフーリエ変換赤外分光光度計（FT-IR）、X線光電子分光（XPS）、走査型電子顕微鏡（SEM）などの触媒や吸着剤の表面を分析するための機器の他、ガスクロマトグラフィー、液体クロマトグラフィー、イオンクロマトグラフィー、誘導結合プラズマ（ICP）、原子吸光分析など油および水関連の分析機器およびそれらに付随する周辺装置を扱ってきた。今回は筆者のこれまでの経験を振り返りながらいかに効果的に実験室の安全の維持を

図っていったらいいかについて筆者の見方で述べる。少し偏りがあるかも知れないが、読者の皆さんにインパクトのある内容にできればと思う。

2 実験室のリスクとその対策

2-1 実験室に要求される構造

一口に化学実験室と言っても、分析化学、物理化学、無機化学、有機化学、高分子化学、生化学などその分野は多岐に渡るため、化学実験室にはさまざまな設備が必要である。まず、全国的にみても頻繁に発生する火災についてであるが、実験室の構造の観点からは、火災に伴い大量の煙が発生することを想定して排煙窓が必要である。火災で逃げ遅れるのはほとんどの場合、煙に巻かれて発生した煙をできる限り屋外に放散させるために排煙窓の役割は重要である。実験室及び廊下には消火器や消火栓、さらには防火扉が必要となる。火災の発生初期に検知可能な煙感知器も重要である。また、実験室には2か所以上の逃げ道（出入口）も必要である。特に2階以上の階では屋内に出入口が2か所あっても火災時に実験棟全体が煙突の役割をしてしまう可能性（屋内に煙が充満することを）も想定して、1か所はマンションやホテルのように屋外バルコニーや屋外の非常階段があることが望ましい。そうすれば一つの実験室が煙で充満してしまってもバルコニーを伝って煙の充満していない隣の実験室や屋外の非常階段に逃げることも可能になる。バルコニーがない場合は窓に折りたたみ式の非常用梯子などを設置しておく方法もある。

また、実験室ではさまざまな試薬を使用するので、実験台や床は耐薬品性で実験専用の堅牢な構造のものを設置すべきである。実験室にある備品で地震の際に転倒の恐れのあるものは、床や壁にアンカーボルトで強固に固定しておく。それが無理な場合にはワイヤーや鎖を使用して地震時に実験台などからズレ落ちないようにする方法もある。高圧ガスボンベも実験室に設置する場合に

は、実験台にボンベ固定ベルトなどをつけてしっかり固定する。また、実験室の雰囲気（空気）を良好な状態に維持できるよう局所排気設備（ドラフト）は必須である。大学などそれほど大量の試薬を使用していない実験室・検査室でも労働安全衛生法に基づく作業環境測定をすると第二管理区分（なお改善の余地があると判断される状態）あるいは件数は少ないが第三管理区分（作業環境管理が適切でない）となる場合も毎年のように報告されている。試薬のなかには毒劇物のように毒性（急性毒性）がはっきりしているものもあるが、反応中間体や新たな化合物で思わぬリスク（爆発・発火、健康障害、慢性毒性）がある可能性もあるので、それら未知の物質の取り扱い時には安全第一でドラフトの中で操作することが望ましい。筆者の知りうるケースでは、塩化ビニル管の炭素化について熱分解反応を調べたところ昇温中に発生するガスをGC-MSにかけてみると、ダイオキシン類が検出されたため、直ぐに検討を中止している。この時は炭素化で発生するガス類は全てドラフトから屋外に排気させていたので、実験室のダイオキシン汚染を防ぐことができたと思われる。

2・2 火災と防火設備

火災は日本国内だけでも毎日のように発生している。発生件数は民間家屋が多いが、大学などの研究機関でも毎月、ときに毎週のようにどこかで火災あるいは小火（ボヤ）が発生している。民間の家屋の場合には、就寝中に発生するケースが多いため、逃げ遅れて命を落とす場合もあるが、研究機関の火災・小火は、ほとんどが昼間の実験中に発生している。特に多いのが実験をしている当事者が別室や買い物、食事に出かけて実験室をはなれて無人状態のまま反応や加熱操作をしている場合である。筆者が現場検証に立ち会ったケースでは、紫外線ランプを使用して引火点が12℃程度の溶媒中で光反応をドラフト中で行っていたが、紫外線ランプを覆う純正品のカバーが割れてしまったため、メスシリンダーを代替品として使用した。ところが紫外線ランプの熱で歪を生じてメスシリンダーが割れて、紫外線ランプと溶媒が接触して発火してしまった。この時、実験室は無人状態で、実験していた大学院生は学生の居室でデスクワークをしており、反応時間が4時間以上かかるため30分に1回の割合で反応させている浴槽の様子を見に行っていた。そして、特に異常がなければ居室に戻っていたとのことであった。一般的に、火災は発火から2~3分程度で炎が天井などに達してしまい初期消火が困難になると考えられている。したがって、火災も早期発見と早期処置（初期消火）が肝要ということになるが、30分に1回状態を見に行くだけでは29分以上の時間は無監視状態となってしまう。これは大学の研究室などで起こる火災・小火の典型例であるが、無人状態での反応や加熱操

作は極力避けなければならない。火災が発生する恐れのある反応操作や加熱をする場合には、実験室に直ぐに気づける場所に必ず誰かが在室するようにすべきと思われる。そうすれば臭いや炎は比較的気づきやすいので初期消火に成功して小火程度で鎮火させられる確率が高まる。また、学生の集合実験でやはり指導・監督者の教員が実験中に外出して火災が発生し、該当教員が諭旨解雇を受けた例もある。筆者の場合、昼食時に学生が実験を仕掛けたままで外出することが多いので、学生の昼食時間などはできるかぎり研究室のスタッフは在室するようにしている。

防火設備としては、先に述べた防火扉、煙感知器などがあるが、廊下の防火扉の傍に実験室に置ききれない装置などを放置したり、わざわざ敷物をしいたりして、緊急時に防火扉が閉まらないような状態になっているところもあるので定期的な点検も必要である。煙感知器も有用な防火設備ではあるが、通常実験室の天井についており、頻繁に煙などが発生するドラフト内には設置されていないので、ドラフト内は気づきにくい発火源として見落としがちな死角となっている（危険性のある空間である）。また、消火器や消火栓も点検の他に、いざという時に学生も含めた建屋の構成員の誰でもが使用できるように最低年1回程度の防火訓練や消火訓練が必要である。

消火器や消火栓については、横浜国大の小柴らが化学系と機械系の教員および学生を対象にアンケート調査をして、興味深い結果が報告されているので紹介したい⁶⁾。この調査では対象者に消火器および屋内消火栓の位置を認識しているか否かを無記名で記入してもらっている。その結果、約半数しか自身の研究室周辺の消火設備の位置を認識していなかったとのことである。このことは少なくとも日本国内でも他の大学や研究機関でも大同小異と思われる。筆者も学内の実験棟で構成員の学生に消火器と消火栓の位置について口頭で質問してみたところ、

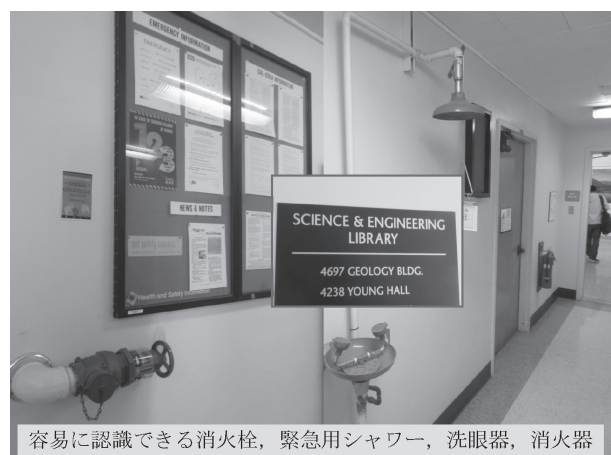


写真 米国カリフォルニア州立大学ロサンゼルス校（UCLA）の廊下に設置されている緊急用設備

廊下などに消火器が置いてあるところは即答できたが、エレベーターの横のスペースで普段は通り過ぎてしまう陰の部分に設置されている消火器や消火栓は大きな扉に非常ベルの鳴動ボタンと共に明記されているにもかかわらず答えられなかった。日本は欧米など他の先進国と比較すると明らかに消化設備などの視認性が悪い。写真に米国カルフォルニア州立大学ロサンゼルス校 (UCLA) で筆者が撮影した消火器、洗眼器、緊急用シャワーなどの緊急設備の写真を示す。ここは理学 (科学) と工学の図書館棟であるが廊下に消火栓や消火器が一目で分かるように設置されており、ビジターでも容易に操作ができるようになっている。筆者はこれまでに北米の大学や研究機関には 10 か所以上訪れているが、例外なく消火設備などの緊急設備が判然と認識できるように設置されていた。これに対して日本では、消火栓をはじめとした緊急用設備は目立たないように設置する傾向があり、中には白い廊下の壁に白い扉をつけた消火栓などもあり遠くからみると同じ色なので一見して認識することが困難な場合もある。消火設備に注目して駅ビルや百貨店などの商業施設を歩いてみても、日本国内ではどこへ行っても目立たないように設置されている。ある商業施設の婦人服売り場では部屋の角に上から見てみると直角三角形のステンレスのカバーを置いて、その中に消火器を入れておくといった具合である。もちろんカバーの外側には消火器と白色の文字で記載されていたが、視認性の観点からは不十分に思え、定期的に訓練をしておかないと、客はもちろんのこと店員でさえもいざという時に探すのが困難と思われる状態である。日本と海外では文化的背景も異なるという側面もあるが、我々日本人特有の盲点をみる思いがする。実験室のことに話題を戻すが、消火設備などの緊急設備が既に設置されているのであれば、年度初めなど研究室に多くの新人が配属される機会を使って、研究室員に消火器や消火栓の位置の確認、さらには火災や小火が発生したときは、可能な限り周辺から初期消火ができるように消火器などを集合させる必要があるなど基本的認識やその訓練などしておくのも一法と思われる。

2・3 実験室での試薬の取り扱い

ここでは実験室で試薬を使用する学生、研究者、検査者などの健康障害の防止といった観点から試薬の取り扱いについて述べる。実験室では有機溶剤や無機試薬などさまざまな試薬を使用するが、それらには法律によって様々な規制がかけられている。消防法では発火性、引火性、爆発性などの観点から、毒物及び劇物取締法 (毒劇物取締法) では薬品を摂取してしまった場合での急性毒性の観点から、また、有機溶剤中毒予防規則 (有機則) では有機溶剤による中毒の観点から、特定化学物質障害予防規則 (特化則) は主に発がん性の観点から、そして

化学物質排出移動量届出制度 (PRTR 制度) では環境中に排出した時の主に生態系へのハザードの観点から、それぞれ取り扱い時や廃棄時の規制や注意義務あるいは届出が課せられている。試薬の使用、保管、廃棄に関しては関連法規に則って取り扱う必要があるが、市販の試薬には安全データシート (SDS, safety data sheet; 旧名称は MSDS) の提供が義務づけられているので、SDS を見れば、購入した試薬について遵守すべき項目がわかるようになっている。但し、例えば実験装置にプラスチックや段ボール板などを使った場合には、可燃物であるので加熱や漏電による発火などにも十分に注意する必要がある。毒劇物、特に毒物については保護具などを適切に使って皮膚や経口摂取をしないよう注意する。誤って飲み込んでしまった場合などは、直ちに吐き出すあるいは医療用活性炭などを使って消化器管内で吸収させる処置をとる。処置が直ぐにわからない場合には「つくば中毒 110 番・電話サービス⁷⁾」などに連絡して応急処置などの緊急情報の提供を受ける方法もある。緊急時以外では、毒物等に関する正しい予備知識をもっておく必要がある。たびたび引用される内容であるが、毒性学の父と呼ばれるスイス出身の医師であるパレケルスス (1492 ~ 1541 年) の名言「すべてのものは毒であり、毒でないものなど存在しない、その服用量こそが毒であるか、そうでないかを定めるのだ」。実際に私たちが常日ごろ食している食塩や砂糖もその使用を誤ると急性毒性で人を死に至らしめる。2015 年の真夏に起こった事例であるが、保育施設であずかり中であつた幼児 (当時満 1 歳の女兒) が食塩中毒で死亡している。病院に搬送された幼児の食塩の体内摂取量は血中濃度から推定して 5 g 程度とのことで、専門家によると 1 歳児では 5 ~ 6 g 程度の食塩を摂取すると死に至る恐れがあるとのことでほぼ致死量相当の食塩を摂取させられた疑いがある。当時、保育施設には保育士と幼児の二人だけで、保育士は乳幼児用のイオン飲料を容器に入れ、さらに食塩を混ぜてスプーンで与えたとみられ、幼児の背中には多量の食塩が付着していて、嘔吐もした可能性がある。この不幸な事例では、おそらく保育士は幼児が夏の暑さで塩分不足にならないよう食塩を追加して加えたとみられている。通常、食塩では体重 60 kg の成人が摂取した場合に個人差はあるものの 30 ~ 300 g が致死量であると言われており 30 g 程度であれば摂取可能な量である。砂糖では食塩より多く 1 kg が致死量と言われているが、一度に砂糖を 1 kg 食べるのは不可能と思われるので、一般に砂糖には急性毒性はないと思われる訳である。もう一つ硝酸銀 (劇物) を例にとると、硝酸銀は少量であれば怪我や火傷の治療薬としてかさぶたの形成を促進する役割を果たすので硝酸銀希釈液が皮膚科などで外用薬として使用されている。以前は少量の硝酸銀を経口摂取 (内服) して胃潰瘍の潰瘍部分の回復を促進させるの

にも使われていたこともある。この治療法は明治期にドイツで確立して⁸⁾、日本でも病院などで試され、胃潰瘍になやまされた文豪の夏目漱石も硝酸銀を服用させられて耐え難い苦さに辟易したという記録が残っている⁹⁾。食塩のように劇物に指定されていなくても致死量を摂取してしまう恐れのあるものもあれば、劇物に指定されていても少量では薬になるものの極めて経口摂取が困難なものもある。ここでは食塩も砂糖も食べ物の味を良くするために有用であるが、一度に摂りすぎれば致死量の毒になりうるということでパレケルススの名言を裏付ける具体的な例として紹介した。また、先にも述べたが毒劇物取締法で規制されている薬品は急性毒性に焦点を当てて定められている。有機合成実験などで生成する反応中間体やカーボンナノチューブ（アスベストと同様に中皮腫の原因物質になる可能性も指摘されている）など、いまだその急性毒性はもちろんのこと慢性毒性や発がん性について分かっていない物質も多数存在するので¹⁰⁾、健康障害防止のためグローブをつけてドラフト内で取り扱うよう心がけたいものである。有機則の観点からはトルエンなどの溶媒をドラフトなどの排気設備を使わずに、短期であるが大量（18 L 缶で数本）に使用した学生が倦怠感を訴えたため検査したところ尿からトルエンの代謝物である馬尿酸が検出された例もある。また、酸を取り扱う実験に携わる人々の健康診断に歯牙酸蝕症（酸蝕歯とも）の項目があるが、これは作業環境中で酸の蒸気やミストによって歯が溶けてしまう現象である。筆者も歯科医から酸蝕歯が進行しているとの指摘を受けて、実験室内に保管していた酸、特に濃塩酸や濃硝酸などのガロン瓶の定常的な保管場所を実験室内から施設可能で比較的通風のよい屋外倉庫に移した。以上述べたようなことから健康障害防止の観点から試薬や新たに生成した化学物質等を扱うときは、できる限り手袋などの保護具を装着し、ドラフト内で操作をすべきであることを改めて認識してもらえたいことを期待したい。

次に試薬による火災の防止という観点からすると、単なる加熱ばかりでなく、混触による発火や爆発に注意することが大切である。1978年に発生した宮城県沖地震では、薬品棚から試薬が飛び出し異種の化合物が混じりあうことにより数か所の実験室から火災が発生した¹¹⁾。例えば、濃硝酸と可燃性のトルエンを同じ劇物だからと言って隣り合わせに置いて保管するのは危険である。濃硝酸はそれ自身不燃性であるが、その強い酸化力により可燃性物質の燃焼を助長する。1973年の出来事であるが、濃硝酸をドラム缶に充填して航空貨物で運ぶためにドラム缶のクッションとして貨物室内におが屑を敷いた。飛行輸送中に濃硝酸の一部がドラム缶から漏れ出し、おが屑が発火、火災となり航空機は墜落してしまった（パンアメリカン航空 160 便墜落事故）。このように試薬は関連する法規に則って管理することはもちろんの

こと、取り扱い、保管、廃棄の各段階において、混触による発火や爆発の危険性や歯牙酸蝕症（酸蝕歯）などにも注意を払う必要がある。また、新たに合成した毒性などが未知の物質についても高い毒性をもっている可能性があるので取り扱い時には適切な保護具やドラフトを有効に使うべきである。

2・4 実験装置やガラス器具の取り扱い

筆者の学生の頃は熱伝導度検出器（TCD）付のガスクロマトグラフなどは手作りであったが、現在は信頼性の高いオートサンプラーやキャピラリーカラム、およびPCによる制御が普及しており、迅速な分離定量分析データが容易に得られるようになってきた。装置自身もフルプルーフ（fool proof、装置を故障させたり発火させたりするような「誤った操作ができないようにする」）やフェールセーフ（fail safe、間違えた操作をしても装置に異常が生じないよう「安全側に作動する」）といった設計思想が活かされており、さらにフォールトトレランス（fault tolerance、「一部の機能が失われても他の機能がバックアップする」、航空機などに採り入れられており、例としてはジェット機で片側のエンジンが停止しても暫定的にもう一方のエンジンだけで飛行を続けることができる）といったいわゆる冗長系（バックアップ機能）も組み込まれている場合もあり安全性や信頼性もますます向上している。但し、装置の部品を取り換えたり、ユーザーができる簡単な修理をしたりするときは必ず装置の元電源を切って（OFFにして）から作業をすることが必ず守らなければならない。これまでに感電や突然の回転機の作動による事故が数多く報告されている。また、電気火災を防止するために年1回以上は電源コンセント周りの綿ぼこりなどを除去する必要がある。コンセントに綿ぼこりが付着して水分を吸収すると電気ショート（トラッキング現象）が起こりコンセント付近から出火するリスクが高まる。

ガラス器具の取り扱いではガラス管のゴム栓への取り付け時などに、ガラス管の根本（ゴム栓と接続する方）をもってゴム栓に取り付けるとガラス管が割れにくく、装着が比較的楽である。それでもゴム栓に通しにくい時はガラス管を水に濡らして挿入すると比較的スムーズに入れることができる。反対にガラス管のゴム栓から遠い方をもって装着しようすると、容易にガラス管が割れて手に負傷を負いやすい。ホールピペットを安全ピペッター（ゴムピペッター）に取り付ける際も同様の注意が必要である。ガラス器具の取り扱いでは上記のミスによる負傷が最も多いと言われている。

2・5 ヒューマンエラーの防止

人間はミスをする動物である。どんなに安全設備が整っていても、実験者・検査者が不慣れであったり、べ

テランでも疲れていたりするとミスが起きやすい。ミスにも「物を直ぐに落とす」あるいは「ガスをつけっぱなしにして忘れてしまう」といった個々人に特有のものがある。心理学の用語で言うと「内的必然性」というが、このような個人の癖ともいうものは本人が自覚すれば改善できる。電動回転ノコギリを扱う時は、長い髪は束ねてから回転体に近づくようにするといったことである。一方、多くの人が余り危険と思っていない、むしろ安全と思っている操作などが危険を招くこともある。例えば、材木に穴をあける電動ドリル（回転体）などを使ったり、シリコンオイル浴などで試験管を温めたりするときには、軍手などの保護具をした方が一見安全に思えるが、実はこれまでに使用中に手袋が巻き込まれて指を痛めたり、オイルに手袋が浸ってしまい手に火傷を負ったりする事例が多数報告されている。このような意外と思われる事例を集めると、より安全な操作とはどのような操作かが分かるので有効である。しかしこのような危険性の芽を摘んでいくためには、実験室で長く作業や操作をしているベテランの研究者・検査者、あるいは教員・技官がヒヤリハット事例などを整理して、新人等に対して危険箇所や気をつけるべき操作などを教育・訓練していく必要がある。

3 おわりに

実験室での安全確保はそこで研究・検査などを行う人たちが、身体の安全を確保し快適な環境で創造的な研究や迅速で精度の高い検査ができるようにするためには必須である。再現性のある高精度のデータを迅速、効率的に出すといった「実験効率」といったものは「安全確保」の上に成り立っているため、「実験室の安全」は研究・検査を含める上での前提条件である。実験室や検査室によって異なるがポイントを押さえた合理的な安全確保をしたいものである。今回は多くの実験室・検査室に共通した安全項目の内、火災や小火の防止を主体に、試薬を取り扱う上での心構えなどにもふれながら述べた。少し乱雑な内容になってしまったかも知れないが、最後に筆者の研究室（実験室）で学生向けに掲示している「実験を安全に行うために」（下記（1）～（7）の箇条書きの内容）を紹介して本講義のまとめとしたい。

- (1) 一人で実験しないようにします。特に深夜や休日などは実験中に負傷した場合に、助けを呼べる確率が急激に低下します。
- (2) 適切な安全保護具を身に着け“自分の身は自分で守る”ことを念頭において実験をします。万一に備えて常に保護メガネ、白衣、グローブなど適切な保護具を装着しすべし履物で実験をします。
- (3) 新しい実験、不要薬品の処理、あるいは、常日

ごろ扱っている試薬でも高濃度での使用、試料量の増加などに伴い、思わぬ発火や爆発を招くことがあります。必ず教員や先輩など経験者に相談してから、注意深く、よく観察しながら操作を行います。

- (4) 万一、発火、火災などが発生してしまったときは、まず大声を出して助けを呼び、可能であれば消火器などで初期消火に努めます。但し、有毒ガスの発生や延焼の食い止めに困難と判断したときは即座に避難して119番通報で消防署へ火災発生の連絡をします。
- (5) 不幸にも実験で負傷してしまったときに備え、学生諸君は「学生教育研究災害障害保険（学研災）」に加入します。留年してしまった場合には5年目以降、毎年単年度契約で申し込みが必要となります。
- (6) どんなに安全設備が整っていても、卒論や学会発表の追い込みなどで疲れが蓄積し、寝不足などになると、実験者の心身の状態も悪化します。このとき、事故やミスの発生リスクは急激に上昇します。
- (7) 普段から早めに登校して早めに実験を終了するように、一人ひとりが心がけることが大切です。こういった日々の習慣が、危険を遠ざけ環境負荷の低減にも結びつくことを認識できるようにしましょう。

文 献

- 1) 町田 基：ぶんせき (*Bunseki*), 2011, 636.
- 2) 奥田 欽之助：“事故から学ぶ化学災害の防止対策”，(2000)，(日刊工業新聞社)。
- 3) 鈴木仁美：“有機化学実験の事故・危険一事例に学ぶ身の守り方”，(2004)，(丸善)。
- 4) 日本化学会編：“安全な実験室管理のための化学安全ノート”，第3版，(2016)，(丸善)。
- 5) 研究実験施設・環境安全教育研究会編：“研究室に所属したらすぐ読む 安全化学実験ガイド”，(2010)，(講談社)。
- 6) 小柴祐介，鈴木雄二：環境と安全，6, 135 (2015)。
- 7) 日本中毒情報センター，〈<https://www.j-poison-ic.jp/110serviece/>〉，(accessed 2023. 1. 12)。
- 8) 丹羽寛文：日本消化器内視鏡学会誌，53, 2963 (2011)。
- 9) 夏目漱石：“漱石全集”，第9巻解説，小宮豊隆編，(1956)，(岩波書店)。
- 10) 中村 修：ぶんせき (*Bunseki*), 2022, 252.
- 11) 大津康祐：安全工学，20, 76 (1981)。



町田 基 (Motoi MACHIDA)

千葉大学総合安全衛生管理機構 [兼] 大学院工学研究院 (〒263-8522 千葉市稲毛区弥生町 1-33). 北海道大学理学部化学科卒. 博士 (工学), 技術士 (化学部門). 《現在の研究テーマ》炭素系材料によるイオン性水質汚染物質の吸着除去. 《主な著書》“The Handbook of Environmental Chemistry, Chapter 10”, (Springer Nature), (2023), 分担執筆, 10 章 “Preparation and Modification of Activated Carbon Surface and Functions for Environments” [DOI: 10.1007/978-94-007-698-2020_673]. 《趣味》ウォーキング, 山歩き, 写真.
E-mail : machida@faculty.chiba-u.jp

『ぶんせき』再録集 vol. 1 出版のお知らせ

ぶんせき誌の過去記事の有効利用の一環として、『ぶんせき』再録集 vol. 1 が出版されました。2011 年から 2020 年まで、10 年間分の〈ミニファイル〉の記事が詰まっています。

下記 10 章からなり、それぞれ 12 から 14 の話題が集められています。

1. 実験器具に用いられる素材の特徴, 2. 分析がかかわる資格, 3. 顕微鏡と画像データ処理, 4. 最新の web 文献検索データベース, 5. ポータブル型分析装置, 6. 分析化学と材料物性, 7. 分析化学者のための多変量解析入門, 8. 土壌分析, 9. サンプルング, 10. 前処理に必要な器具や装置の正しい使用法。

本書はアマゾンオンデマンド出版サービスを利用して出版した書籍ですので、書店には並びません。アマゾンサイトからのネット注文のみとなりますので、ご注意ください。詳しくは「ぶんせき」誌ホームページをご確認ください。