ぶんせき(6)

Bunseki 2022

The Japan Society for Analytical Chemistry



2022年3号から電子版に移行しました (団体会員除く) 詳細は 2021 年第 7 号挟み込み頁および ぶんせきホームページをご確認ください 日本分析化学会 https://www.jsac.jp

C-Collect

LC-CollectIRは、高い効率でHPLCや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」またはPyroGC/MS用の「熱分解試料カップ」へ 捕集するシステムです。

クロマトグラフィー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分光測定により簡単で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。

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

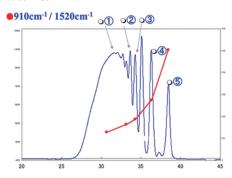
- ●混合物の分離と各成分の簡単で迅速な構造解析 ●樹脂の末端や内部構造の推定
- ●分子量分布における、共重合体の組成変化
- ●微細構造解析および樹脂の混合系の判別
- 分子量が近似した物質の分子構造の区別
- ●簡易分取装置としての利用

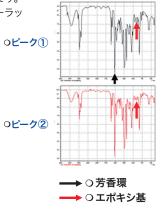


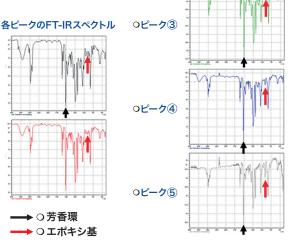
GPC-IR測定

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。



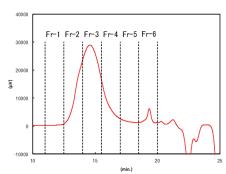




GPC-PyroGC/MS測定

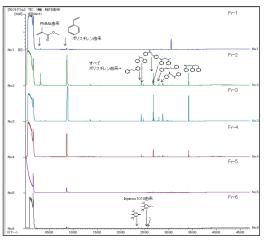
ポリマーブレンドと添加剤の測定

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。



RIのクロマトグラムとフラクションゾーン

各分取フラクションの熱分解GC/MS結果





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蛎殻町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

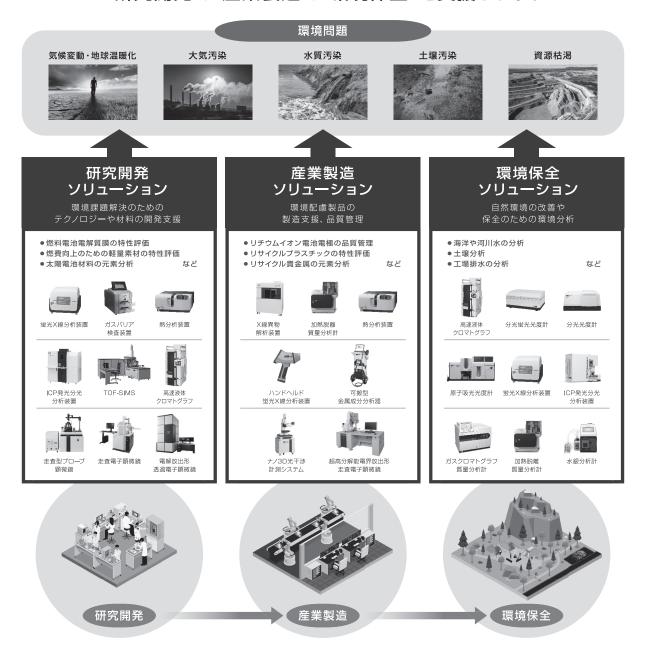


持続可能な将来を支える日立ハイテクの先端機器

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。



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/





高速液体クロマトグラフ質量分析計 Liquid Chromatograph Mass Spectrometer

LCMS-2050

SIMPLY EFFORTLESS

LCMS-2050は、装置サイズの大幅な小型化と、分析の高速化・高感度化の両立を実現したシングル四重極質量分析計です。極限まで小さくなったボディの中には、島津の技術が凝縮されています。LC検出器としての使いやすさとMSの優れた能力をかけあわせて、完璧なユーザビリティを追求した質量分析計、それがLCMS-2050です。

Seamless integration with LC by design LC検出器としての使いやすさを追求

Superior detection for added confidence 従来装置LCMS-2020の技術を継ぐMS検出器

Streamlined operation for cost efficiency 省エネ・省スペースでラボの生産性を最大化





Nexera シリーズとの構成例







リガク製薬セミナー

~ 創薬から品質管理まで、X線分析・熱分析・ラマン分光のご紹介~

■招待講演

薬品物理化学研究室 米持 悦生 教授 星薬科大学

一分子シミュレーションによる超分解能の分子状態分析 一

北里大学

薬学部 薬学科

加藤くみ子教授

- 中分子創薬に資する分析化学的アプローチー

明治薬科大学 分子製剤学研究室 深水 啓朗 教授

ー 携帯型ラマン分光装置を用いた医薬品類の分析 ー

■開催日時:7月6日水曜日 9:00~19:00

■開催方法:オンライン配信

■参加受付:WEB にて受付 ※申し込みはこちらから 🖒



https://www.Rigaku.com

〒196-8666 東京都昭島市松原町3-9-12 支店 :●東京支店 ●大阪支店

☎(042)545-8111〈代表電話案内〉 営業所:●東北営業所 ●名古屋営業所 ●九州営業所 株式 リガク (042) 545-8111(代表電会社 リガク e-mail:info@rigaku.co.jp

X線回折・蛍光X線分析・熱分析・発生ガス分析・分光分析・X線イメージング・非破壊検査



ポータブル水質計 P40シリーズ





マイラナちゃん

pН

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. 種イオンの 測定が可能な 普及型も



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 (ホームページ 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 ●干 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

- 当社ホームペー

JASER

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

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 20 cm 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-15/PR-1W

光と技術で未来を見つめる



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





→ 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。

FRONTIER LAB パワフル粉砕とシンプル操作の卓上可搬型



迅速凍結粉砕装置 IQ MILL-2070

機器分析の試料前処理に最適~各種試料の粉砕・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砕が可能 設定項目は、粉砕速度、粉砕時間、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砕

- √ 同一プログラムで最大3サンプルの同時粉砕が可能 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、 より効率的な粉砕が可能です。
- √ パワフルな衝撃と剪断の粉砕力で 粉砕時間を大幅短縮 高速立体8の字運動による粉砕方式を採用しており、短時間 での試料粉砕が可能です。

● 液体窒素での予冷用キットが付属

- √ 粉砕前に冷媒(液体窒素等)を用いる試料容器の予冷方式 液体窒素の最小消費量は300 mL程度と省エネです。
- √ 冷媒を使わずに室温でも粉砕可能



IQ MILL-2070

主な仕様

粉砕温度	室温あるいは冷媒(液体窒素等)を用いる試料冷却		
粉砕設定	回転数 (rpm)	50 から 最大 3000 (無段階設定)	
	回転時間(sec)	1 から 60(1 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 350 x 高さ 300 (mm) 、約 12 kg		
電源(50/60 Hz)	AC 100/120 V あるいは 200/240 V (400 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 ℃ 0°C -196 °C 400 μm 🎙 200 μm 粉砕温度 25 ℃

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



※価格はすべて税込です

※価格はすべて税込で					
化学分析・化学実験		ToF-SIMS: Surface Analysis by Mass Spectrometry 2 nd 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.).	マネジタルデータ		
粉末 X 線解析の実際 第 3 版 中井 泉・泉 富士夫 編著	朝				
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) 関係 まれま、活用(特殊な) 場合法と試	倉書	有機化学・有機分析			
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					
図説 表面分析ハンドブック 日本表面真空学会 編	朝	有機分子の分子軌道計算と活用 染川賢一 著 B5 218 頁 3,740 円 (税込)	九州		
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	倉	収録内容:原子と分子の理解の歴史/二原子分子,アルカンと 病結合/ 分子軌道 (MO) データと分子情報/光吸収と吸収スペクトル/芳香族と	大学出		
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。	書店	複素環の性質/有機反応の分類と MO 法による理解/分子の接近と遷移 状態および水素結合の解析/MO 演習問題と解答例/MOPAC ソフト添 付と利用マニュアル/https://kup.or.jp/booklist/ns/science/1089.html	出版会		
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	朝				
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	倉	生化学・農芸化学			
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	書	<u> </u>			
ど豊富な応用事例を掲載した実務家必携のマニュアル。	店	DNA origami 入門基礎から学ぶ DNA ナノ構造体の	オ		
機 器 分 析		設計技法 川又生吹, 鈴木勇輝, 村田智 共著 B5変 264頁 定価 4,730 円 (税込) 従来のものづくりの方法論を根底から変革する DNA origami について, 一から解説した入門書. "caDNAno" による設計方法も解説.	ーム社		
先端の分析法 第2版 澤田 嗣郎 監修	エヌ・				
B5 1072 頁 75,900 円 (税込) 18 年ぶりの大改訂! すぐに役立つ視点でまとめた! 図式, グラフ…圧倒的な情報量! 全産業分野をカバー! 分析研究&技術者必携の一書!	ティー・エス	放射化学			
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	マディ	放射化学の事典 日本放射化学会 編	朝		
Tsuge, Ohtani, Watanabe 著 エルゼビア 2011 刊 28,600 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	ネジタル	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	倉		
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.	メルデータ	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	書 店		
Mass Spec: Desk Reference, 2 nd edition	マディイ				
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	ネジタル	化学一般・その他			
例. 質量分析の書誌情報の集積. (Global View Publisher)	メントタ				
Surface Analysis by Auger and X-Ray Photoelec-	マデ	研究開発部門への DX 導入による R&D の効率化,実験	技		
tron Spectroscopy David Briggs and John T. Grant 編 B5 51,700円(稅込)	ネジタ	の短縮化 山本 修一郎,亀井 卓也 ほか 64 名	術情		
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.).	メルデータ	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 圧倒的な開発スピードとコスト削減を実現するデー タ駆動型 R&D の導入,運用の仕方とは!	報協会		

A8ぶんせき 2022 6

※価格はすべて税込です

ラマン分光スペクトルデータ解析事例集 片山 詔久, 森田 成昭 ほか 66 名 A4 405 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 分析担当者が困るような試料を解析しやすくするた めの前処理のコツ! 豊富なスペクトル, マッピング データが参考になる!	技術情報協会	導電性材料の設計, 導電性制御および最新応用展開 小長谷重次, 前野聖二 ほか 80 名 A4 984 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 導電性フィラー・ペースト・ポリマー・接着剤, 透明導 電膜, 伸縮性導体の形態。電気を通す, 遮る, 貯めるメカ ニズム, 電気特性のコントロールとその使い方までを解説.	技術情報協会
SDGs の経営・事業戦略への導入と研究開発テーマの 発掘,進め方 横田 浩一,中川 優 ほか 72 名 A4 681 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 17 の目標と事業を結び付ける着眼点,将来ビジョン の策定と研究開発テーマへの落とし込み方!	技術情報協会	データサーエンスリテラシー 応用事例と演習から学ぶ「誰も」が身につけたい力 高橋弘毅・市坪 誠・河合孝純・山口敦子 著 B5 240 頁 定価 2,530 円 (税込) 「数理・データサイエンス・AI (リテラシーレベル) モデルカリキュラム」に準拠した、大学・高専・企業 研修向けのデータサイエンス基礎テキスト.	実 教 出 版

◆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
㈱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
九州大学出版会	URL: https://www.kup.or.jp/ 〒814-0001 福岡県福岡市早良区百道浜 3-8-34 九州大学産学 官連携イノベーションプラザ 305	☎ 092(833)9150
㈱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㈱	URL: https://www.jikkyo.co.jp/ 〒102−8377 東京都千代田区五番町 5	☎ 03(3238)7765
㈱ディ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2022年12月号に掲載します.

A9 ぶんせき 2022 6

解説

食肉の非破壊品質評価の最前線

世界の食肉生産量は 2050 年までに倍になると予測され、来る Society 5.0 や Industry 4.0 においてはデータ統合により生産から消費に至る流れが把握可能になると言われている。食肉品質の非破壊評価技術は、この新しい社会の恩恵の最大化に貢献できるか?期待される分析技術について標準化の視点を交えながら解説する.

本 山 三知代

1 食肉の品質評価法の開発トレンド

食肉は重要なタンパク質源であり、様々な加工・調理法によりバラエティ豊富なメインディッシュとして食卓を豊かにしてくれている. 世界の食肉の消費量は、OECD-FAO(経済協力開発機構および国連食糧農業機構)によると最近10年間で約20%増加し、これからの10年間でさらに15%増加すると予測されている. 主に鶏肉生産の増加により、2050年までに食肉生産量は倍になるとも言われている.

Society 5.0 や Industry 4.0 など IoT やビッグデータの活用が今後不可欠な社会になると言われる中、今日の食品産業の課題の一つは、サプライチェーンのすべての段階のデータを統合してフードシステムの一連の流れを把握可能にすることである。具体的には、食肉産業では農場からのデータを食肉の生産歩留や品質と結び付けることであり¹⁾、同時に、安全性にかかわる問題が起きたときに各国政府からトレーサビリティが求められるという、食肉流通のグローバル化の要請に応えることにもつながる。また、持続可能な開発目標(SDGs)の達成に食肉生産が負うところも大きく、フードロス削減や循環型社会構築など SDGs への貢献度を数値で評価・証明する必要も出ている。これらの情報は、政府にとっても、食肉産業にとっても、消費者にとっても重要である。

そして、これらの課題解決に分析技術が貢献できるとしたら、食肉生産の川上から川下にいたる各重要管理ポイントにおける、品質や安全性の数値化・データ化と、それらの標準化だと考えられる。食肉生産と一口に言っても複雑で様々な要素からなり、分野としては家畜の育種に始まり、新規飼料資材を含む家畜飼養技術、と畜・枝肉生産技術、加工技術、保存技術(冷蔵、冷却等)に大別され、これらすべてが影響して食肉の品質が作られている。

食肉品質の指標も実に様々あるためすべてについて触れることはできないが、これからの社会の要請に応えるため活用が期待される計測技術という観点から、以下にその背景とともに紹介したい.

2 分光法による食肉品質評価

食肉の成分分析には、食品一般に共通する確立された 手法が広く用いられている。具体的には、一般成分(水 分・タンパク質・脂肪)の分析に加熱乾燥法、ケルダー ル法、エーテル抽出法など、ビタミン・ミネラル等は高 速液体クロマトグラフィーや原子吸光法など、アミノ酸 組成・脂肪酸組成にはクロマトグラフィーなどが用いら れ、どれも公定法として学会や民間団体などが認定して いる²⁾。また、微生物汚染やアレルギー物質検出には PCR 法やイムノアッセイなどが用いられる。

これら従来の分析技術は信頼性が高く、確定結果が得られる長所がある一方、サンプルの前処理が必要なことが多く時間も掛かるため、リアルタイムやオンラインで分析する必要がある全品検査などには向かない。生産されてから消費までの時間が短い生鮮品である食肉では、分析のための時間が取れないため、迅速、*in-situ*、非破壊といった長所がある分光技術が開発されている。

物質には、取り込みやすいエネルギーを持った波長の 光のみ吸収するという性質がある。分光法は、対象がど のような光を吸収するかを調べることで、様々な情報を 非破壊的に得ることができる。「光」としては、目に見 える可視光だけでなく、紫外光や近赤外光、赤外光など 幅広く用いることが出来る(図 1)。これらの光は持っ ているエネルギーが違うため、試料に当てたときに見え る情報が異なる。

これらのエネルギー領域の中でも、近赤外光を用いた技術は、広く食品分野で研究開発されてきた歴史がある。食肉分野では、牛肉のブランド化や品評会(全国和牛共進会)で品質指標になっている脂肪の構成オレイン酸含量等の迅速評価に近赤外分光が用いられている4.

Forefront of Non-destructive Quality Evaluation for Meat.

204 ぶんせき 2022 6

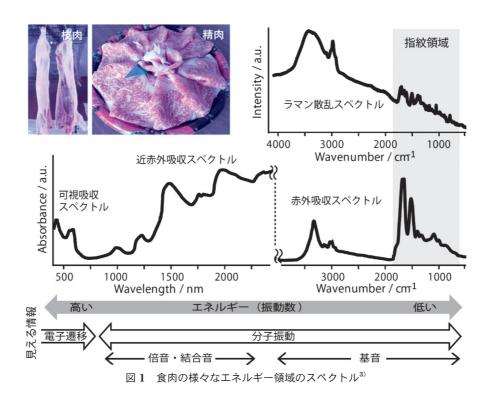




図2 近赤外分光を用いた牛肉脂肪の脂肪酸組成測定装置 (資料提供(株)相馬光学, https://somaopt.co.jp/products/s7040/)

光ファイバープローブを備えた専用ポータブル分光器と ケモメトリックスの利用により、食肉生産現場での非破 壊評価を可能にしている⁵⁾(図 2).

近赤外領域の光を使うと、食品に多く含まれる分子の官能基、特に C-H、N-H、O-H など H(水素原子)を含む官能基の振動の、倍音・結合音を観測することができる。「倍音・結合音」とは、「基音」(後出)の振動数を整数倍したり加算したりした振動の意味で、基音よりも振動数が 1~数オクターブ高いエネルギー範囲(波長 750~2500 nm)にある。ヒトの目では検出できないので、分光器と検出器を使ってスペクトルを取得し、そこから情報を得る。倍音・結合音の振動は複雑に重なっておりスペクトルのバンド構造ははっきりしないため(図 1)、スペクトルのなるべく広い範囲をケモメトリックスを用いたり多変量解析にかけて統計的に情報を得るのが一般的である。

2009年の「信州プレミアム牛肉」に始まり、2016

年までに七つの県において牛肉のブランド化にこの技術が貢献している⁶⁾. 日本固有の品種である黒毛和牛は脂肪の不飽和度が遺伝的に高く,加えて不飽和度を高めるような飼養管理がおこなわれることが多いため⁷⁾, この特長を数値化し他の牛肉と差別化して付加価値を付け輸出しようという動きもある。また,牛肉だけでなく豚肉においても同技術により脂肪の構成脂肪酸組成,一般成分等の迅速評価が可能になっており,豚肉のブランド化や高品質化への活用も期待されている⁸⁾.

食のグローバル化が進む中で日本からイスラム圏への「ハラール食肉」の輸出も増えている。ハラール食肉とは、一般的な食品衛生の確保に加えて、イスラム法に則って家畜をと畜し、「ナジス(イスラム法で禁忌とされているもの)」に触れないように品質管理された食肉である。食肉の畜種(牛、豚、馬など)の偽装は世界的な問題であるが、特にナジスである豚の検出法の開発は、イスラム圏の人口増加を背景に重要性を増している。

豚肉の検出には豚由来のタンパク質や DNA を ELISA 法や PCR 法で検出するのが一般的であるが、脂肪のスペクトル解析によっても可能である⁹⁾. 図 3 は、ラマン散乱スペクトルから得た「基音」の情報を用いて、豚の脂肪を特異的に見える化した結果である.

分子は原子と原子の結合でできているが、その結合はよくバネに例えられ、バネ両端にかかる重さや環境に応じて一番振動しやすい振動数で伸びたり縮んだり、横にゆれたりしている。その振動は「基音」あるいは「基準振動」と呼ばれ、赤外光のエネルギー範囲(波長 2500~25000 nm、波数に換算すると 4000~400 cm⁻¹)に

ぶんせき 2022 6 2*05*

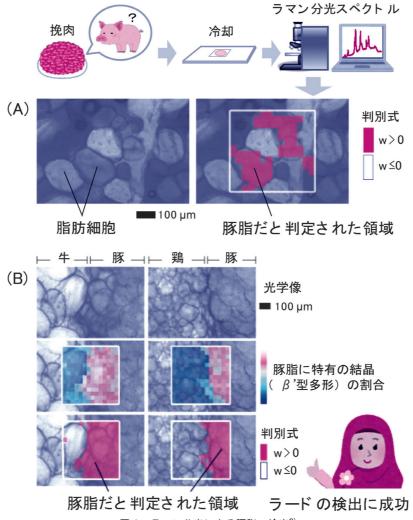


図3 ラマン分光による豚脂の検出9)

(A) 牛豚合挽肉試料,判別式 w は試料中の脂肪の結晶に占める $oldsymbol{eta}'$ 型多形の割合(ラマン分光計測値)が閾値より大きい場合に正となり豚脂と判定する。(B) 異なる畜種の脂肪を隣接させた標準試料における豚脂の検出結果。

ある (図 1). C-H, N-H, C-C, C=C, C=O…など結合のバネごとに固有の振動数があるので、スペクトルを調べると、どのグループがどの位どんな環境下にあるのか直接的に分かる. 先に紹介した近赤外光からは統計的な情報が得られる一方、赤外光のエネルギー範囲からは分子化学的な情報が得られる.

食肉の脂肪は冷蔵により一部が結晶化した状態にあり、豚の脂肪には、牛や鶏の脂肪にはあまり含まれないタイプの結晶多形(β '型多形)が多く含まれている。この結晶多形の結晶副格子構造に由来する基準振動のバンド強度を調べることで、豚の脂かどうかを判別したのが先の結果である(図 3).脂肪細胞の中の脂のスペクトルを顕微鏡下で取る必要があるため、オンラインでの利用はできないが、新しい豚肉検出法になりうる.

また、「分子の指紋」が得られる指紋領域(図 1)のスペクトルには、食肉の品質にかかわる沢山の情報が含まれている。例えば、ラマン散乱スペクトルの指紋領域の解析によりこれまで様々なアプリケーションが開発されており、上述した脂肪の結晶多形の定性・定量や畜種

の推定だけでなく、例えば、脂肪の過酸化度や不飽和度、cis 異性体含量の定量、筋肉内脂肪含量と構成脂肪酸の定量、などがある。コンピュータサイエンスの進歩により将来、1本の指紋領域のスペクトルからこれらの情報がすべて同時に、しかもサンプルの前処理なく得られるようになると考えられる。

特にラマン分光は、食品一般に含まれる水の妨害を受けずに指紋領域のスペクトルを測定できる長所があり、食肉も前処理なく計測可能で装置も低価格化と小型化が進んだことから、現場への展開が期待されている.

また、商品ロスの生じる破壊的な方法ではあるが、核磁気共鳴分光法などを応用した技術として、一般成分(水分・脂肪)を5分程度と迅速に計測可能なシステム(図4)が開発されており、食肉専用の比較的安価な装置も上市されている。国際規格化などの標準化も進められており、技術保持者が必要だったり有機溶媒を使用する人体・環境・コストの負荷が大きい従来法が、これらの迅速法に時代の要請を受けて置き換えられていくと思われる

206 ぶんせき 2022 6



図 4 食肉の一般成分の迅速分析システム (資料提供 CEM 社,https://cem.com/ja/oracle/)

以上のように、今後も分光法により多くの食肉品質が 迅速に評価可能になっていくだろう。ただ、分光法を用いる際に留意したいのは、検出対象となる分子の周囲の マトリックスの成分や構造の変動の影響が大きいこと と、それゆえ検出精度・再現性に問題が生じ確定法になり難いことである。マトリックスの変動は、個体差が常にある生物由来試料の分析に一般的な課題だが、分光においてはファントムや標品など装置キャリブレーション 技術や、ベースライン補正などのスペクトル処理技術など、標準化に必要な技術開発を適切におこなうことにより、越えられる壁であると考えている。

3 イメージングによる食肉品質評価

先述した分光法を応用した技術は、目に見えない食肉の品質を評価することが目的である一方、可視光域の色の情報を主に用いるコンピュータビジョンの利用も進んでおり、「霜降り」や形などの目に見える食肉品質の数値化・データ化のためのイメージング技術が開発されている。

和牛肉に特徴的な「霜降り」は、食肉流通においてロース芯と別名呼ばれる最長筋の、筋肉内脂肪の量と細かさの程度などで評価される。霜降りの評価基準の開発・導入とともに和牛肉も高度に発達し今日の世界的評価を獲得した歴史があり、その肉のやわらかさと霜降りの関係が広く認識され、現在では日本だけでなく食肉生産各国で独自の基準で評価されるようになっている。

霜降りは枝肉(部分肉に分割される前の食肉の形態)をロース芯が見えるように切開し、その切開面から評価する. これまで肉眼で評価されてきたが、狭い切開面に対して小角からの撮影にも対応した装置とアプリケーションの開発により、クラウド上でロース芯の自動検出と霜降り程度などの品質が数値化可能になっており(図5)、技術の国際標準化も目指されている.

また、グラフィックスプロセシングユニット (GPU) の開発など近年のコンピュータの画像処理性能の向上に



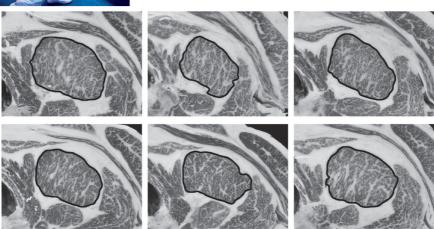


図 **5** 撮影風景とロース芯の自動検出 (資料提供(一社)ミート・イメージジャパン)

ぶんせき 2022 6 207



図 6 豚枝肉の 3D グラフィック

より、物体や空間を二次元のモニタ上に奥行き感(立体感)を持って視覚表現する三次元(3D)グラフィック技術は、様々なゲームやデジタル映像など我々の身近なものとなり、その作製と表示のための技術進歩と低価格化が目覚ましい。

食肉分野ではこれまでも、産業上最重要な品質である 歩留の予測と、ひいては流通取引の円滑化に貢献すると して、特に枝肉の立体形態の計測に関する技術開発がお こなわれてきた。しかし、既存技術は計測のために生産 ラインを流れている枝肉を一瞬でも止めなければならな いことや、得られるのは枝肉の撮影した片面の情報のみ で正確な体積や断面積は評価できない欠点があった。こ れが今日では、瞬時に撮影した大量の画像データを迅速 に処理できるようになり、生産ラインの流れを止めずと も枝肉の 3D グラフィックが簡単に得られるようになっ ている(図 6).

日本だけでなく、海外でも枝肉の 3D 計測技術がほぼ 同時に開発されているが、どちらも時間のかかるスキャン方式ではなく、写真計測を応用したものになっている。約40台の静止画カメラを用いて枝肉の全周から略同時に写真を撮り、それらから計算により枝肉の立体座標を求めている。枝肉表面のテクスチャも写真から合成された色で再現されている。

立体計測により、これまで取引にあまり活用できなかった形態や外観を新たに数値化できるようになっただけでなく、体積・断面積も正確に評価可能であるため、今後、家畜育種も含めた技術開発につながる可能性がある。歩留の予測という重要課題に対しても、赤肉部分とトリミングする脂肪の部分の色のコントラストが比較的はっきりしているので、カラーで提供される3Dグラフィックの貢献が期待できる。

3D グラフィックはそれ自体がリアルな品質表現とし

て広く活用が見込まれる. ICT 技術と組み合わせることで、スマートフォン等でまるで実物のような枝肉を自由視点で確認することが簡単に可能になり、オンライン化に対応した新しい品質データとして海外取引だけでなく、家畜伝染病まん延防止の観点から国内でも枝肉を直接確認することが難しくなってきていることへの対応策として利用できるかもしれない. このように広く活用が期待できるため、データム(幾何学的基準)や色校正など、データの比較時などに特に必要になる標準化のための技術開発も適切に進める必要がある.

4 展 望

昨今の COVID-19 で、世界では作業者から食品へのウイルス混入と操業停止が問題になり、プロセスの自動化による食品の安全性向上と通常操業を続けられるメリットが明確になった。しかし、食肉は生体組織でありやわらかく変形しやすく、また個体差も大きいことから自動化につながる計測技術を開発するには難しい対象である。

したがって、Society 5.0 や Industry 4.0 において食肉 分野でまず実用化が見られるのは、計測の必要が無く既 存データの統合で対応できる、トレーサビリティの確保、廃棄の削減、稼働率向上、消費期限等在庫管理などの分野と思われ、これらは SDGs 達成にも貢献すると 考えられる.

しかし、これらとは別に食肉の品質にこそ畜産農家をはじめ食肉生産者の努力が現れており、品質を適切に評価・格付する技術が、生産者と円滑な流通を根幹で支えている。分析技術は、食肉特有の個体差などの課題を超えて、この品質の数値化・データ化技術の開発と標準化を通じてフードシステムに統合できる品質情報を増やすことで、新しいオンライン化社会の恩恵の最大化に貢献できると考えられる。

データの統合にも必要とされる標準化は、その基準・評価技術・データの普及と利用を強力に推進し、近視眼的には食肉流通を円滑にするという分かりやすい利点がある。一方、標準化のやり方次第では技術漏洩や品質の差別化を難しくしてしまう恐れがあり、分かりやすい例に「霜降り」がある。霜降りの多いものほど等級が上になる基準が日本で開発・導入されたことにより、高い等級を得ようとする一般的な心理が生産者に働き、和牛の霜降り程度の上昇と輸入牛肉との差別化に貢献したが、もしもこの基準をそのまま国際化した場合、海外牛肉の霜降り程度が和牛に近づき将来的に和牛の国際市場における差別化が難しくなるものと推測される。

本稿では、食肉品質の最新の非破壊評価法を分光とイメージングの二つに大別して紹介したが、枝肉に付着した獣毛や最終製品に混入した軟骨の検出など、AI技術の応用も試みられている古くて新しい難題もあり、分光

とイメージングの両者を組み合わせたハイパースペクトルカメラやセンサーフュージョンなども、装置の低価格化とアプリケーション開発により実用化していくと思われる。食肉特有の個体差の問題解決にも貢献するかもしれず、今後の技術開発に期待したい。

文 献

- 1) S. Barbut: Anim. Front., 10, 38 (2020).
- 2) "AOAC Official Method, 39. Meat and Meat Products", (2012)
- 3) 本山三知代:化学と生物, 57, 395 (2019)
- 4) 入江正和:食肉の科学, 60,219 (2019).
- 5) S. Piao, T. Okura, M. Irie: Meat Sci., 137, 258 (2018).
- 6) 大倉 力:応用物理, 87,6 (2015).
- M. Motoyama, K. Sasaki, A. Watanabe: *Meat Sci.*, 120, 10 (2016).
- 8) (独)家畜改良センター プレスリリース, www.nlbc.go.jp/

pressrelease/210419press_honsyo.pdf (2021.4.19).

9) "農研機構技術パンフレット集. 9. 食品中の豚肉を光で直接検出する方法", (2019).



本山三知代(Michiyo Motoyama)

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構 畜産研究部門/同機構 知的財産部国際標準化推進室(〒305-0901 茨城県つくば市池の台 2. 東京大学理学系研究科化学専攻博士課程. 技術士 (農業部門),博士 (理学)《現在の研究テーマ》食肉の非破壊分析手法,特に光を使った評価法の開発. 《主な著書》M. Motoyama: Chapter 8, "Raman spectroscopy for meat quality and safety assessment", Advances in Meat Processing Technology. A.E.-D. (Bekhit. Boca Raton), (CRC Press) pp. 269-297 (2017). 《趣味》 肉料理を作って食べること,世界の珍料理食べ歩き.

E-mail: mmichiyo@affrc.go.jp

新刊紹介

理科年表 2022 ポケット版

国立天文台 編

本書は、大正14年(1925年)に創刊し、戦時中の数年の休刊を除き毎年発行され、2022年版が95冊目となる。目次から順に①暦部、②天文部、③気象部、④物理/化学部、⑤地学部、⑥生物部、⑦環境部の7部門と付録から成る。2005年に新設された環境部では、年平均気温の偏差、海面水温の長期変化傾向、オホーツク海の海氷域面積などの地球温暖化への移り変わりがデータで示される。日本の温室効果ガスの総排出量は2013年をピークに下がっているのは京都議定書の効果が発揮されたのではないかと安堵を覚える。

価格が手頃なので登山が趣味の友人にプレゼントをしてみたい、世界の高山や日本の山がリストアップされ、各地の日の出入や地域別降水量の月別平均値もチェック出来る。また、スマホの時代にあえて中学生の子どもへの手軽なプレゼントにもしてみたい、中学生にはまだ難しい漢字も多いが、WEBからコピペしてレポートを済ませてしまうことなく、データベースの宝庫である本書の中から、気になる分野をじっくり調べてレポートにまとめる、という基本学習を身につけさせてくれることを期待し、高校、大学でのサイエンスの探求に繋げてくれる書となることを期待させてくれる。

〔ISBN 978-4-621-30648-2・規格外・1204 ページ・ 1,500 円 + 税・2021 年刊・丸善出版〕

有機スペクトル解析入門

横山 泰, 石原晋次, 生方 俊, 川村 出 著

有機化合物のスペクトル分析は有機合成化学をはじめ、様々 な研究分野に対して基礎となる化学分析である. 本書は. 質量 分析法, 赤外分光法, 核磁気共鳴分光法, 紫外可視分光法につ いて順に解説した入門的な教科書となっている. これらの分析 法について、基本原理とその実例をバランスよく組合わせるこ とで、初学者であっても理解できる内容となっていることが特 長である. これらのスペクトル測定は広く一般的に利用されて いるため、その原理を深く学ぶというよりも如何に使い方を身 に付けるか、得られる結果をうまく読み解くかというところに 関心が向けられがちである. 本書では6章 構造解析へのアプ ローチでの実例の解説、7章 演習問題の章でそのようなニー ズに応えつつ、1~5章において基本原理を丁寧に解説されて いる。卒業研究を始めた学部学生から、既に構造解析の経験を 持つ大学院生や、新しい分野に挑戦することになった企業研究 者など、幅広い層の研究者にとって大いに参考になる入門書と なるであろう.

> (ISBN 978-4-8079-0973-5・B5 版・194 ページ・ 2.800 円+税・2022 年刊・東京化学同人)

ぶんせき 2022 6 209