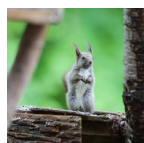


新設 大阪大学大学院理学研究科共通施設 質量分析センターの紹介



夢はバラ色

三宅 ゆみ^{*}, 和泉 自泰^{**}, 豊田 岐聡^{***}

Introducing the newly established Mass Spectrometry Center of the University of Osaka

Key Words: 質量分析, コアファシリティ, 研究支援, 研究力強化, 産学共創

はじめに

質量分析は、物質を原子・分子レベルで分析し、高感度かつ高精度に同定・定量できる基盤技術です。基礎科学にとどまらず、医薬・食品・環境・先端材料開発・文化財分析など幅広い分野で不可欠な手法となっています。一方で、測定対象の多様化に伴い、多種多様な装置が開発されてきました。さらに装置の高性能化に伴い価格も高額となっており、研究室単位で多種類かつ高性能な装置を保有・運用することは困難な状況となっています。このような課題は、質量分析に限らず研究設備全般に共通します。こうした状況を背景に文部科学省は2011年より「設備サポートセンター事業」、ならびに「先端研究基盤共

促進事業」¹⁾を推進してきました。大阪大学ではこれらの事業のもと、現在のコアファシリティ機構(旧科学機器リノベーション・工作支援センター)²⁾の主導によって共用機器の利用申請や問い合わせなどを一元管理する研究設備・機器共通予約システムを導入し³⁾、質量分析装置を含む学内の多様な研究機器の共用化を進めてきました^{4) 5)}。この機器予約システムを通じて部局横断型の共用体制が構築され、当初は化学分野から始まった共用の仕組みは、最近ではバイオ分野へと広がっています。

質量分析分野においては、装置の共用化とともに、学内に点在する共用機器保有施設や質量分析支援人材を結びつける連携体制の構築へと発展しています。これにより、研究者自ら質量分析装置を保有しない場合でも多様な質量分析装置にアクセスできる環境が整備されつつあります。一方で、質量分析装置および分析・解析手法は極めて多岐にわたるため、質量分析を専門としない研究者が先端的な質量分析技術を十分に活用するには、依然として多くの課題が残されています。本稿では、このような背景のもと、豊中キャンパスに新設された大阪大学大学院理学研究科共通施設「質量分析センター」⁶⁾について紹介します。



* Yumi MIYAKE

大阪市立大学 理学研究科 化学専攻博士前期課程修了(1993年)、サントリーホールディングス(株)安全性科学センター(2008)
現在、大阪大学コアファシリティ機構 共創利用支援部門 特任助教 理学博士(2003年)
TEL:06-6850-8248
E-mail: miyake.yumi.corefc@osaka-u.ac.jp



** Yoshihiro IZUMI

1980年4月生まれ
大阪大学 大学院工学研究科 博士後期課程修了(2009年)
現在、大阪大学 大学院理学研究科 質量分析センター 教授 博士(工学)
TEL:06-6850-8067
E-mail: izumi.yoshihiro.sci@osaka-u.ac.jp



*** Michisato TOYODA

1972年1月生まれ
大阪大学 大学院理学研究科 博士後期課程物理学専攻退学(1996年)
現在、大阪大学 大学院理学研究科附属フォアフロント研究センター 教授・質量分析センター長・フォアフロント研究センター長 博士(理学)
E-mail: toyoda.michisato.sci@osaka-u.ac.jp

質量分析の応用範囲と機器共用における課題

質量分析は原子・分子を気相中でイオン化し、電場や磁場の中で運動させることで、イオンの質量電荷比およびイオンの量(強度)を計測する分析手法です。現在では、高質量分解能で、0.01-0.001 Daの差を識別可能な飛行時間(TOF)型やOrbitrap型、1Da差を識別する四重極型など、用途に応じた様々な装置が市販されています。精密質量情報は化合物の元素組成式推定や、同一整数質量を持つ化合物の識別に有効であり、強力な化合物同定手段となります。また、質量分析はNMRや分光分析と比較して

極めて高感度であり、ナノグラムからピコグラムレベルの試料量で分析が可能です。さらに、二段の質量分離部を組み合わせたタンデムマスマスペクトロメトリー(MS/MS)では、第一段で化合物固有のイオン(プリカーサーイオン)を選別し、不活性ガスとの衝突により分解・生成するイオン(プロダクトイオン)を第二段で検出することで、化学構造解析や同一整数質量化合物の識別が可能です。加えて、ガスクロマトグラフィー質量分析(GC-MS)や液体クロマトグラフィー質量分析(LC-MS)では、クロマトグラフィーによる分離と質量分析を組み合わせた多成分一斉分析が可能です。創薬、バイオ、材料、環境分析分野で広く利用されています(図1)。



図1 質量分析の応用範囲

一方で、試料の分子量や極性、溶解性、準備できる試料量などに応じてイオン化法やクロマトグラフィー条件を適切に選択する必要があります。また、装置汚染やイオン化阻害の原因となる夾雑物の除去、取得すべき情報(精密質量、構造情報、定量情報)に応じた質量分解能やMS/MS測定を選択も重要です。したがって、共用質量分析装置による高度な研究支援を実現するためには、装置の共用化に加え、分析相談から測定・解析まで伴走して支援できる高度専門人材の配置が必要不可欠となります。

大阪大学大学院理学研究科共通施設質量分析センターの新設

大阪大学豊中キャンパスに位置する理学研究科および基礎工学研究科では、技術部分析機器測定室や質量分析室が管理する共用質量分析装置に加え、研究室から共用化された装置が各部局内に点在していました。単一部局で全ての分析ニーズに対応することは困難であり、部局間の相互利用を通じて互いに補完していました。一方、理学研究科附属フォアフ

ロント研究センター先端質量分析学研究プロジェクトは、研究室で開発した装置を含め数々の質量分析装置を共用化しています。さらには、日本発の高分解能磁場型質量分析装置をはじめ、スパイラル軌道や多重周回型イオン光学系を有する高分解能飛行時間型質量分析装置を装置メーカーと協働して開発、実用化してきた実績を有しています⁷⁾。これらの装置・人材・研究基盤を有機的に結びつけることで、研究支援にとどまらず、研究課題創出や装置開発までを包含する新しい形の「共用・共創」の場を構築できるのではないか、という発想が生まれました。そこで、2025年4月、理学研究科、基礎工学研究科、コアファシリティ機構の三部局が連携し、共用質量分析装置、支援スタッフ、ならびに質量分析の応用研究・装置開発を専門とする研究者グループを集約した質量分析センターを、理学研究科の共通施設として設置しました。本センターは、機器共用部門、研究推進部門、連携協力部門の三部門から構成されています(図2)。

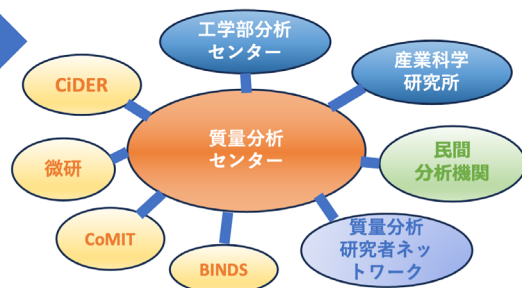


図2 質量分析センターの構成および役割

主な設置場所は理学研究科と基礎工学研究科の間に位置する理学研究科教育研究交流棟(理学J棟)としました。機器共用部門は理学J棟1階に設置し、研究者や学生による自主分析に利用される装置と依頼分析に用いる装置群を配置しています。研究推進部門では、装置メーカーと協働して装置開発や質量分析応用研究に取り組む部屋(理学J棟4階)を新たに設置しました。なお、機器共用部門と同一フロアには日本電子YOKOGUSHI協働研究所質量分析オープンイノベーションプロジェクトも設置されており、装置開発などの研究活動のみならず、質量分析セミナーの企画開催、実機を用いた質量分析技術人材のスキルアップ機会の提供など、質量分析センターの力強いパートナーとして協働しています。



学内外に広がる質量分析ネットワーク



CiDER：大阪大学感染症総合教育研究拠点 共用実験室
微研：大阪大学微生物病研究所 中央実験室
CoMIT：大阪大学医学研究科附属最先端医療イノベーションセンター 共同利用機器室
BINDS：大阪大学大学院薬学研究科 創薬サイエンス研究支援拠点

工学部および産業科学研究所を含め、上記学内施設はいずれも吹田キャンパスに設置

図3 分析相談・依頼分析に対するワンストップサービス・最適ソリューションの提供

質量分析センターの三部門の機能と役割

○機器共用部門

機器共用部門では、研究者や学生自身による自主分析(学内者のみ)と依頼分析(学内外)の双方に対応しています。機器操作講習会を受講して自主分析のライセンスを取得した後、機器予約システムを通じて機器を予約、利用することができます。測定内容に応じて、支援スタッフが試料調製や測定条件の検討を支援します。依頼分析の場合は、事前に分析相

談を行い、目的に即した測定・解析手法について議論した上で測定を実施します。なお、機器共用部門で保有する装置や手法に限定することなく、測定試料の性質や依頼者の要望に応じて、学内外の最適な施設を紹介するワンストップサービスを提供しています。図3に示すように、これまでに共用事業で構築してきた質量分析ネットワークを通じて、プロテオミクスに特化した施設や高度な質量分析イメージング質量分析装置を有する施設とも連携しています。

表1 機器共用部門の主な測定例

測定実績のある化合物
有機合成化合物、天然物由来有機化合物、有機金属錯体、合成ポリマー、生体化合物(天然型・非天然型)
分析の目的・種類
分子量確認、元素組成解析、分子構造解析、定量分析、未知化合物同定
装置
<ul style="list-style-type: none"> ・ 四重極-Orbitrap質量分析計(ESI) ・ 四重極-TOF質量分析計(ESI, APCI)UPLC装備 ・ SpiralTOF-TOF質量分析計(MALDI) ・ TOF-TOF質量分析計(MALDI) ・ 磁場型質量分析計(EI,CI,FAB,FD,ESI,APCI)パイロライザー付きGC装備 ・ TOF質量分析計(MALDI)

また、試料の前処理法の確立や特殊な解析が必要な場合は、論文作成に至るまで共同研究として取り組む場合もあります⁸⁾⁹⁾。表1には機器共用部門に集約した装置および主な測定例を示します。本部門では、機能的有機化合物やペプチドなどの生体化合物、有機金属錯体、合成ポリマー、化成品などを対象に、分子量確認、精密質量測定、構造解析、定量分析、未知化合物の構造推定などに対応しています。

機能的化合物の中には熱などに不安定な化合物や、溶媒に溶けにくい化合物も多く、よりマイルドなイオン化法の検討や、国内でも希少な電界脱離イオン化法(FD)の適用などにより、幅広い化合物に対応できる測定環境を整えています。また、2026年8月には高分解能ICP-MSの導入を予定しており、無機元素分析についても測定環境の整備を進めています。ICP発光分析装置や低分解能ICP-MSでは同時分析できなかった元素の分析や、超高感度微量定量分析

が可能となります。なお、機器共用部門には三部局の特徴ある装置を担当するスタッフが在籍しており、先端的な質量分析手法を提供できるよう、それぞれの質量分析技術の水平展開やスキルアップにも継続して取り組んでいます。

○研究推進部門

研究推進部門は、宇宙地球科学、食品と健康科学、糖鎖・糖タンパク質構造解析のための質量分析手法開発や応用研究、高空間分解能質量分析イメージングや次世代高感度質量分析装置の開発を専門とした研究者で構成されています。各研究グループでは、自ら開発した独自の装置や、高性能な装置を用いてプロジェクト研究を推進しています。宇宙地球科学プロジェクトが所有する高感度高分解能マイクロイオンプローブ(SHRIMP)は、10 μ mレベルの空間分解能で固体試料中の元素濃度や同位体比を高感度に分析でき、学内外からの利用に対応しています。さらに、2026年1月からはメタボロミクス・プロテオミクス手法開発グループが新たに加わり、研究推進部門の中核を担うとともに、機器共用部門と連携する役割を果たしています。質量分析センターは、分析相談や機器利用を通じて多様な分野の研究者や試料、測定データ、分析知見、分析ニーズが集積する場でもあります。研究推進部門では、これらの蓄積から見えてくる課題や多様な研究者の分析ニーズを新たな研究テーマとして議論し、質量分析の応用研究や次世代の質量分析装置の開発に取り組んでいます。

また、理学研究科および基礎工学研究科では主に化学分野の化合物や試料を対象として扱ってきましたが、質量分析センターにバイオ分野の試料調製、測定・解析手法が本格的に加わることで、化学・バイオ分野それぞれで高度に発展した分析技術を相互に活用することも試みます。

○連携協力部門

連携協力部門は、産学連携を強化する役割を担っています。機器共用部門および研究推進部門と連携し、民間企業からの分析相談や分析依頼に対応することで、民間企業の製品開発や研究課題の解決に貢献します。さらに、大学が有する装置開発に関する知見と高度なモノづくりの技術を最大限に活かし、装置メーカーと連携した質量分析応用研究や新規装

置開発を推進します。

おわりに

本稿では、2025年に大阪大学豊中キャンパスに新設された質量分析センター設立の経緯と、三部門から成る体制およびその機能について紹介しました。質量分析センターには、アカデミアおよび産業界の研究者、市販されていない新規化合物や貴重な試料、幅広い用途に対応可能な装置、高度専門人材、分析知見、測定データが集積されます。これらの分析ニーズと技術シーズを丁寧に議論しながら開発された測定技術や装置は、研究者の研究活動にフィードバックされ、新たな知見創出へと繋がる好循環を生み出すことが期待されます。また、共用の場を通じて高度な質量分析手法を自在に活用できるユーザー研究者や技術者を育成していくことで、分野横断的な研究成果の創出にも寄与すると考えられます。質量分析センターは、日常的な質量分析から挑戦的な測定まで幅広く支えるとともに、新しい質量分析技術に挑戦できる「実験場」として、分野を超えた研究の発展に貢献していきたいと考えています。

参考文献, URL

- 1) 先端研究基盤共用促進事業(コアファシリティ構築支援プログラム)
<https://www.jst.go.jp/shincho/program/corefacility.html>
- 2) 大阪大学コアファシリティ機構
<https://www.corefc.osaka-u.ac.jp>
- 3) 大阪大学研究設備・機器共通予約システム
<https://www.opf.osaka-u.ac.jp/home>
- 4) 古谷浩志：阪大に必要なモノ・ヒト・コトを結びつける全学機器共用：阪大コアファシリティ構想, 生産と技術, 74 (1), (2022), 93-99
- 5) 稲角直也, 戸所泰人, 伊藤彰厚, 飯島憲一：「所有からシェアへ」～分析機器と技術のコアファシリティ化～, 生産と技術, 73 (1), (2021), 78-82
- 6) 大阪大学大学院理学研究科共通施設質量分析センター <https://www.msc.sci.osaka-u.ac.jp>
問い合わせ：ri-msc@office.osaka-u.ac.jp
- 7) 豊田岐聡：これまで見るができなかったモノを観る～独創的な質量分析装置開発とそれらを用いた応用研究～, 生産と技術, 70 (2) (2018), 54-60

- 8) Jun-ichi Akagi, Ryota Yamaguchi, Yumi Miyake, Masayuki Yokoi, Kaoru Sugasawa, Shigenori Iwai : Chemical and biological characterization of glycidamide-adducted adenine in DNA, *J. Biol. Chem.*, 301 (12) (2025), 110898
- 9) Yumi Miyake, Sachie Kusaka, Isao Murata, Michisato Toyoda : Matrix-Assisted Laser

Desorption/Ionization (MALDI) Mass Spectrometry Imaging of L-4-Phenylalanineboronic Acid (BPA) in a Brain Tumor Model Rat for Boron Neutron Capture Therapy (BNCT), *Mass spectrometry (Tokyo, Japan)* 11 (1) (2022), A0105

