

「質量分析技術（マスペクトロメトリー）」の技術概要

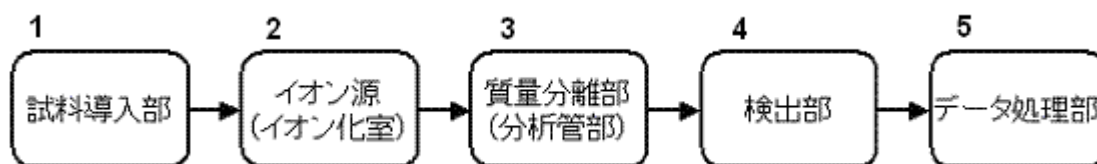
1. 質量分析技術の動向と調査対象

◆ 質量分析技術とは

質量分析技術（マスペクトロメトリー）は、原子や分子の質量電荷比（ m/z ）を測定することでそれらが構成する物質の種類や性質を調べるための分析法である。原子、分子レベルの質量を測定するため、重量計のようなハカリとは全く異なるさまざまな技術が必要とされる。

◆ 質量分析装置の構造と原理

質量分析装置は、試料導入部、イオン源（イオン化室）、質量分離部（分析管部）、検出部およびデータ処理部から成り立っている。



質量分析は、質量と電荷によって運動性が異なるというイオンの性質を利用しており、測定の流れは次の通りである。試料の性質に合った分画処理を試料導入部で行い（上図 1）、得られた目的の化合物を何らかの方法でイオン化する（上図 2）。生成したイオンを静電力によって装置内を飛行させて電氣的・磁氣的な作用等により質量電荷比に応じてイオンを分離し（上図 3）、その後それぞれを検出する（上図 4）ことで、質量電荷比を横軸、イオンのシグナル強度を縦軸とするデータ（マスペクトル）を得る。マスペクトルは化合物固有のピークパターンを示し、それによって既知物質の同定や未知物質の構造決定が可能となる（上図 5）。

◆ 質量分析技術の動向

質量分析技術はイオン源をはじめとする装置の各部分ごとに改良が進められ、それらの組み合わせにより測定の目的と対象試料に最も適した方法が選ばれる。

特にイオン源（イオン化室）部分については、技術発展により分析できる試料の種類が広がると言える。たとえば、近年の ESI 法や MALDI 法といったイオン化技術の開発により、それまでの EI 法、FAB 法などではイオン化できなかったタンパク質などの高分子量分子のイオン化が可能となり、ライフサイエンス分野に取り入れられ、質量分析は現在では欠くことのできない分析法のひとつとなっている。

イオン源の開発以外にも、質量分離部や排気系の小型・軽量化により、持ち運び可能な質量分析装置が開発され、オンサイト分析などにも利用可能となった。また、質量分析装置に付随する周辺機器の技術開発についても、例えば、より大量の試料を処理するために試料前処理の自動化装置が開発されハイスループット化が進められるなど、質量分析の需要は広がっている。

◆ 調査対象

本標準技術集では、質量分析装置を中心とした根幹技術とその周辺技術が相まって質量分析の発展の原動力となっているという観点に立ち、質量分析の装置、手法、応用という3つの側面を調査対象とした。

2. 本技術集の構成

大分類として以下の3項目を設定し、その中をさらに中分類、小分類、技術名の階層構造で整理した。3つの大分類で以下の範囲の技術分野を取り上げた。

大分類	対象とした技術分野	中分類
1 質量分析関連機器	主に装置などハード面について。試料導入部からデータ処理まで、分析の流れに沿って技術を分類。最後に、質量分析と連結して用いられる液体クロマトグラフなどについてもハイフネーテッド技術として取り上げた。	1-1 試料導入部
		1-2 イオン源
		1-3 イオン導入部
		1-4 質量分離部
		1-5 イオン検出器
		1-6 その他の装置
		1-7 データ処理
		1-8 ハイフネーテッド技術
2 質量分析全般技術	より目的に合った分析を行うための手法について。試料調製、データ解析、ハイスループット化など、様々な点について開発された技術を取り上げた。	2-1 マトリックスの取り扱い
		2-2 イオン種
		2-3 フラグメンテーション
		2-4 データ処理
		2-5 測定方法
		2-6 定量分析
		2-7 帯電補正
		2-8 分布測定
		2-9 ユーザビリティ
3 試料・目的別技術	質量分析の応用分野について。アプリケーションの観点から、測定試料の前処理方法、主に用いられる分析法などを取り上げた。	3-1 有害物質（公定法による分析方法）
		3-2 金属・セラミックス・半導体・工業材料
		3-3 地球化学・宇宙化学試料
		3-4 セキュリティ
		3-5 医薬
		3-6 生体試料

なお、複数の項目にまたがる技術分野もあり、それらについては本文中でその都度言及している。さらに巻末の技術対応表を参照されたい。

3. 各中分類の技術概要

(ア) 大分類 1 質量分析関連機器

【技術分類】 1－1 試料導入部

中分類	小分類1	小分類2	技術名、関連技術
試料導入部	脱離	光脱離	レーザーアブレーション
		蒸気化	クヌーセンセル
	スプレー	溶液連続噴霧	ニューマティックネブライザー(同軸型、直交型)
			バビントンネブライザー
		超音波噴霧	超音波ネブライザー
	その他の試料導入法	フローインジェクション	フローインジェクション
		マイクロチップ	マイクロ総合分析システム(μTAS)
		メンブレンインレット	メンブレンインレット
		グローブ導入	グローブ導入

試料を質量分析装置内に導入する部位。試料が気体、液体、固体もしくは、揮発性物質、難揮発性物質であるかにより導入方法は異なる。試料の様々な形状・性質への対応や、導入効率を上げるために工夫・改良がなされている。中分類は試料の導入形態で分類し、光脱離や蒸気化を利用して試料を気化する「脱離」、スプレー法を用いて試料を霧状にする「スプレー」とした。

なお、GC-MS や LC-MS など、他の分離機器と質量分析計を連結し、質量分析計を検出器として用いる場合のインターフェースについては、【技術分類】 1－8 ハイフネーテッド技術の項目でまとめた。

【技術分類】 1－2 イオン源

中分類	小分類1	小分類2	技術名、関連技術
イオン源	電子相互作用	電子イオン化(ED)	電子イオン化(ED)
			脱離電子イオン化(DEI)
	化学反応	化学イオン化(CI)	化学イオン化(CI)
			脱離化学イオン化(DCI)
	スプレー	サーモスプレー(TSP)	サーモスプレー(TSP)
		エレクトロスプレーイオン化(ESI)	エレクトロスプレーイオン化(ESI)
			脱離エレクトロスプレーイオン化(DESI)
		ソニックスプレーイオン化(SSI)	ソニックスプレーイオン化(SSI)
		コールドスプレーイオン化(CSI)	コールドスプレーイオン化(CSI)
		大気圧化学イオン化(APCI)	大気圧化学イオン化(APCI)
		大気圧光イオン化(APPI)	大気圧光イオン化(APPI)
		レーザースプレーイオン化(LSI)	レーザースプレーイオン化(LSI)
		Direct Analysis in Real Time (DART)	Direct Analysis in Real Time (DART)
	粒子衝撃	イオン衝撃	二次イオン質量分析(SIMS)
			マッシュクラスタ衝撃(MCI)
			エレクトロスプレー液滴衝撃(ELDI)
		原子衝撃	高速原子衝撃(FAB)
	レーザー照射	レーザー脱離イオン化	マトリックス支援レーザー脱離イオン化(MALDI)
		光イオン化	光イオン化
			多光子イオン化
	電場	アーク放電	アーク放電
		グロー放電(GD)	グロー放電(GD)
		誘導結合プラズマ(ICP)	誘導結合プラズマ(ICP)
		マイクロ波誘導プラズマ(MIP)	マイクロ波誘導プラズマ(MIP)
		熱表面イオン化(TSI)	熱表面イオン化(TSI)
		電界脱離イオン化(FDI)	電界脱離イオン化(FDI)
		電界イオン化(FI)	電界イオン化(FI)
	イオン付着	イオンアタッチメント(IA)	イオンアタッチメント(IA)
	放射線	α 線、 β 線	α 線、 β 線

試料のイオン化を行う部位。質量分析計は原子や分子の質量を測定する装置であるが、それらの質量は大変軽く、重力を利用して直接測定する事は不可能なため、電磁場の力を利用して測定する。電磁場の力を利用するためには、原子や分子に電荷を与える事（イオン化）が必要になる。イオン化法はこれまで多くの方法が開発・実用化されてきており、分析の目的や試料の性質に応じたイオン化法を選択する事が、質量分析において非常に重要である。

中分類はイオン化方法の違いにより、電子との相互作用による「電子相互作用」、試薬ガスとの化学反応による「化学反応」、試料溶液をスプレーする「スプレー」、イオンや原子を衝撃させる「粒子衝撃」、レーザーを照射する「レーザー照射」、電場を利用する「電場」、アルカリ金属イオンの付着反応による「イオン付着」、放射線を利用する「放射線」という分類を行った。

【技術分類】 1－3 イオン導入部

中分類	小分類1	小分類2	技術名、関連技術
イオン導入部	脱溶媒	脱溶媒器	加熱型
			冷却型
		液滴遮蔽部材	カーテングス
	イオン流制御系	スプレー方向	直交型、同軸方向型、Z型等
		オリフィス	オリフィス
		イオンレンズ・電極	引き出し電極
			遅延引き出し
			イオンレンズ
		イオンガイド	イオンガイド

イオン源で生成したイオンを質量分析部に導入するまでの部位。スプレーで生成した荷電液滴の溶媒を乾燥・除去する「脱溶媒」と、イオン源から差動排気を利用してイオンを引き込み、イオンの運動エネルギーを均質化し収束させて質量分離部へ導入する「イオン流制御」に分類した。

【技術分類】 1－4 質量分離部

中分類	小分類1	小分類2	技術名、関連技術
質量分離部	基本型	磁場型	単収束扇形磁場型
			二重収束扇形磁場型
		四重極型(Q)	四重極型
		飛行時間型(TOF)	リニア型
			リフレクトロン型
			周回型
		イオントラップ型(IT)	イオントラップ
			リニアイオントラップ
			オービットラップ
		フーリエ変換イオンサイクロトロン共鳴型(FT-ICR)	フーリエ変換イオンサイクロトロン共鳴型(FT-ICR)
	連結型	タンデム型	三連四重極型(QqQ型)
			4セクター型(EB/EBまたはBE/BE型)
			タンデムTOF型(TOF/TOF型)
		ハイブリッド型	磁場型-四重極型(BE/qQ型)
			四重極-飛行時間型(QqTOF型)
			四重極イオントラップ-飛行時間型(QIT/TOF型)

電磁場の力を利用してイオンを質量分離する部位。イオンを真空中で加速し電場や磁場の中を飛行させると、質量電荷比（質量 m /電荷数 z ）によって、振幅の違い（四重極型、イオントラップ型）、飛行時間の違い（飛行時間型）、軌道の違い（磁場偏向型）といった運動の違いが起こる。質量分離部では、この違いを利用してイオンを質量電荷比（ m/z ）で分離を行う。

中分類は、「基本形」とMS/MSを行うために基本形を直列に組み合わせる「連結型」に分類し、さらに「連結形」を、同じ質量分離原理の装置を組み合わせる「タンデム型」と、異なる質量分離原理の装置を組み合わせる「ハイブリッド型」に分類した。

【技術分類】 1－5 イオン検出器

中分類	小分類1	小分類2	技術名、関連技術
イオン検出器	写真乾板	写真乾板	写真乾板
	ファラデーカップ	ファラデーカップ	ファラデーカップ
	二次電子増倍管	多段ダイノード型二次電子増倍管	多段ダイノード型二次電子増倍管
		チャンネル型二次電子増倍管	チャンネル型二次電子増倍管
		マイクロチャンネルプレート	マイクロチャンネルプレート
		ポストアクセル検出器	ポストアクセル検出器
	超伝導検出器	超伝導検出器	超伝導検出器

イオンを電気信号として検出する部位。検出器に到達するイオン流は微弱なため、高精度で検出できる性能が必要とされる。現在の検出器の主流は、イオン流を電子流に変換すると共にその増幅を行える「二次電子増倍管」である。また、研究開発段階であるが、既存の検出器では困難だった原子から巨大高分子まで 100%の粒子検出効率の実用化が期待される「超伝導検出器」についても紹介する。

【技術分類】 1－6 その他の装置

中分類	小分類1	小分類2	技術名、関連技術
その他の装置	真空・排気系	高真空ポンプ	ターボ分子ポンプ
			油拡散ポンプ
		低真空ポンプ	ロータリーポンプ
	衝突・反応部	コリジョン・リアクションセル	コリジョンセル
			ダイナミックリアクションセル
			オクタポールリアクションシステム
	加速器	イオン加速器	イオン加速器
	装置制御	装置制御	装置制御

この項目では、主構成要素に対する補助的構成要素についての記述に関してまとめた。イオンが自由な運動をするために必要な真空を保つための「真空・排気系」、不活性ガスとの衝突によるイオンのフラグメンテーションや干渉イオンを低減する「衝突・反応部」、加速器質量分析装置において超高電圧によりイオンを加速する「加速部」、質量分析計全体の電気系・真空系を制御する「装置制御」について紹介する。

【技術分類】 1－7 データ処理

中分類	小分類1	小分類2	技術名、関連技術
データ処理	ネットワーク接続	データ集中管理	実験室情報管理システム(LIMS)

この項目では、「ネットワーク接続」を用いて、得られたデータの集中管理を行い、ライブラリー検索などを通して化合物の照合や同定を行う情報管理システムを紹介する。

【技術分類】 1－8 ハイフネーテッド技術

中分類	小分類1	小分類2	技術名、関連技術
ハイフネーテッド技術	クロマトグラフィー	ガスクロマトグラフィー(GC-MS)	直接結合法
			オープンスプリット結合
			ジェットセパレーター
		液体クロマトグラフィー(LC-MS)	移動ベルト(MB)方式
			直接液体導入(DLI)方式
			サーモスプレー(TSP)
			大気圧化学イオン化(APCI)
			エレクトロスプレーイオン化(ESI)
			パーティクルビーム(PB)
		薄層クロマトグラフィー(TLC-MS)	連続フロー高速原子衝撃法(CF-FAB-MS、Frit-FAB-MS)
			薄層クロマトグラフィー(TLC-MS)
			高速向流クロマトグラフィー(HSCCC-MS)
	電気泳動	高速向流クロマトグラフィー(HSCCC-MS)	高速向流クロマトグラフィー(HSCCC-MS)
		超臨界流体クロマトグラフィー(SFC-MS)	超臨界流体クロマトグラフィー(SFC-MS)
	熱分析	ゲル電気泳動装置(SDS-PAGE+MS、2D-GEL+MS)	ゲル電気泳動装置(SDS-PAGE+MS、2D-GEL+MS)
		キャピラリー電気泳動装置(CE-MS)	キャピラリー電気泳動装置(CE-MS)
		熱重量分析装置(TG-MS)	熱重量分析装置(TG-MS)
		示差熱分析装置(DTA-MS)	示差熱分析装置(DTA-MS)
		示差走査熱量計(DSC-MS)	示差走査熱量計(DSC-MS)
	イオン移動度測定	熱分解装置(Py-GC-MS)	熱分解装置(Py-GC-MS)
		昇温脱離ガス分析装置(TDS-MS)	昇温脱離ガス分析装置(TDS-MS)
		イオン移動度計(IMS)	イオン移動度計(IMS-MS)
			High-Field Asymmetric Waveform Ion Mobility Spectrometry-Mass Spectrometry(FAIMS-MS)

ハイフネーテッドとは二つの測定装置をつなぐという意味で、両装置名の間にハイフン(－)を用いて表される。ただし、ゲル電気泳動装置のように直接結合できない技術に関しては、組み合わせて使うという意味で、両装置名の間にプラス(＋)を用いた。クロマトグラフィーをはじめとする各種分離機器と質量分析計を結合し、質量分析計を検出器として用いる事で、単独では不可能だった混合物中の極微量成分の分離・同定・定量が可能となる。この項では各インターフェース部分を中心に紹介する。

(イ) 大分類 2 質量分析全般技術

【技術分類】 2－1 マトリックスの取り扱い

中分類	小分類1	小分類2	技術名、関連技術
マトリックスの取り扱い	スポッティング	マトリックスと試料混合	Dried Droplet法
			Crash Crystal法
		マトリックス膜形成	薄膜法(Thin Layer法)
	マトリックスの種類	マトリックスの種類	二層法(Two-Layer法)
			マトリックスの種類
			マトリックスの種類
	プレートの種類	プレートの種類	表面増強レーザー脱離イオン化(SELDI)
			Desorption/Ionization On Silicon(DIOS)

この項は、測定試料のイオン化の際、混合マトリックスや特殊な試料支持基板を用いる技術についてまとめた。マトリックスを用いる場合には試料/マトリックスの均一な混合結晶を得る事が重要である。「スポッティング」の項では、均一な混合結晶を得るための手法を紹介する。

【技術分類】 2-2 イオン種

中分類	小分類1	小分類2	技術名、関連技術
イオン種	両極性測定	両極性高速反転	両極性高速反転
			安定同位体比質量分析(IR-MS: Isotope Ratio-MS)
		安定同位体	希ガス質量分析
			ガスクロマトグラフ燃焼炉質量分析(GC-C-MS)
	帰属、同定	放射性同位体	加速器質量分析(AMS)
		多価イオン	多価イオン
		世代	世代

質量分析はイオンを測定対象とした分析法であるので、測定対象とするイオンの種類に対応した最適の方法を選択することで、目的に合った測定結果が得られる。「両極性測定」は、正負どちらのイオンが生成するか分らない未知物質の分析などに用いられる。「同位体比」は、質量の違う同一元素の存在比を測定するものであり、年代測定や農産物の分析に用いられる。「帰属、同定」の多価イオンや世代（一次イオン、二次イオン）など、生体高分子などの測定で着目されるイオンとその測定方法についてまとめた。

【技術分類】 2-3 フラグメンテーション

中分類	小分類1	小分類2	技術名、関連技術
フラグメンテーション	フラグメント方法	ポストソース型	ポストソース分解(PSD)
			衝突誘起解離(CID)
			電子捕獲解離(ECD)
			赤外多光子吸収解離(IRMPD)
			電子移動解離(ETD)
	フラグメント予測	シミュレーション	分子軌道計算、分子動力学

フラグメンテーションは質量分析において構造情報を得るための非常に有用な手段である。通常 2 台の質量分離部間に置かれた衝突部で、イオンにエネルギーを与えて分解し、生じたMS/MSスペクトルについて解析を行う。イオントラップ型とフーリエサイクロトロン型については 1 台の装置で MS/MSスペクトルを得る事ができ、さらにMS/MSを複数回繰り返すMSⁿが測定できる。この項目では、イオン源以降で起こる「ポストソース型」のフラグメンテーションに着目し、イオン種自身の過剰内部エネルギーもしくは、外部エネルギーを加える事でイオンを分解する「フラグメント方法」と、その分解パターンを予測する「フラグメント予測」について紹介する。

【技術分類】 2－4 データ処理

中分類	小分類1	小分類2	技術名、関連技術
データ処理	スペクトル処理	ノイズ除去	ベースラインサブトラクト
		スムージング	Low-Pass、High-Pass、FFT、Gaussian
		ピーク検出	ピーク検出
		デコンボリューション	デコンボリューション
		キャリブレーション	クロスキャリブレーション、リキャリブレーション、外部標準キャリブレーション、内部標準キャリブレーション
		スペクトル、クロマトグラム表示	マススペクトル、マスコロマトグラム、全イオンクロマトグラム、三次元表示クロマトグラム、MS ⁿ スペクトル

質量分析で得られるスペクトルプロファイルには、測定対象以外の共存物質によるバックグラウンドや、装置の電氣的ノイズなどが現れる。「ノイズ除去」～「キャリブレーション」の項では目的物質のピーク検出を困難にする要因をいかにして除去するかというコンピュータ処理法を紹介する。「スペクトル、クロマトグラム表示」では質量分析で得られるデータの基本的な種類を紹介する。

【技術分類】 2－5 測定方法

中分類	小分類1	小分類2	技術名、関連技術
測定方法	MSモード	高感度測定	選択イオンモニタリング(SIM)
	MS/MS(MS ⁿ)モード	高感度測定	選択反応モニタリング(SRM)
		構造解析	プロダクトイオンスキャン
			プリカーサーイオンスキャン
			ニュートラルロススキャン

測定方法を、基本形の「MSモード」と連結型の「MS/MS(MSⁿ)モード」に分類した。さらに、スキャンを行わずに特定のイオンの質量に固定する事で高感度を実現する「高感度測定」や、フラグメンテーションの結果生じるイオンをスキャンする事で分子の構造情報を得る「構造解析」のモードに分類した。

【技術分類】 2－6 定量分析

中分類	小分類1	小分類2	技術名、関連技術
定量分析	検量線法	外部標準法(絶対検量線法)	外部標準法(絶対検量線法)
		標準添加法	標準添加法
		内部標準法	内部標準法
	同位体希釈法	同位体希釈法	同位体希釈法

試料中の測定対象物質の存在量を求めるために用いられる方法をまとめた。「検量線法」は測定対象物質と同一または類似物質の標準溶液を用いる方法であり、質量分析以外の機器分析でも広く一般に用いられる。「同位体希釈法」は試料中の測定対象物質が含んでいるある元素の同位体比に着目し、試料とは同位体比が異なるスパイクを加えて平衡状態に達した試料の同位体比を測定する方法であり、質量分析や放射線測定など限られた分析に用いられる。

【技術分類】 2－7 帯電補正

中分類	小分類1	小分類2	技術名、関連技術
帯電補正	絶縁体分析	チャージング	電子線照射
			負イオンビーム
			導電性膜の蒸着
			電子線と導電性膜の併用
			光照射

SIMS を用いた半導体や絶縁体など導電性の低い物質の分析では、一次イオンを照射すると試料に帯電現象（チャージング）が起こり測定を困難にする。この項では、帯電を回避または解消するための技術についてまとめた。

【技術分類】 2－8 分布測定

中分類	小分類1	小分類2	技術名、関連技術
分布測定	一次元	深さ方向	イオンスパッタリング、SIMS
	二次元	MSイメージング	MALDIによるイメージング
			SIMSによるマッピング
	三次元	三次元マッピング	SIMSによる三次元マッピング

質量分析では、測定対象物の検出や定量だけではなく、固体試料内の分布を調べることも行われている。主に金属や半導体など材料評価の分野で SIMS が用いられているが、最近では生体試料についても MALDI を用いて組織内の対象分子の分布を調べるなど、新たな分野でも応用されている。

【技術分類】 2－9 ユーザビリティ

中分類	小分類1	小分類2	技術名、関連技術
ユーザビリティ	自動化	コンビナトリアルケミストリー・ハイス ループットスクリーニング	GC-MS用オートサンプラー
			LC-MS用オートサンプラー
			MALDI-TOF-MS用オートサンプラー
			システム統合
	小型化	排気系	ポンプの連結
		電子増倍管	ゲッターポンプ
			ツイステッド技術

ユーザビリティの向上は、質量分析の応用分野を広げる推進力の一つである。「自動化」は受託分析やコンビナトリアルケミストリーなど、スピードを要する分野や実験者間の誤差を排除すべき分野で求められる技術である。従来技術では実験室まで試料を運ぶ必要があり時間や手間がかかったが、測定現場に持ち込み迅速かつ高感度な測定を可能にする「小型化」技術の開発が進められている。

(ウ) 大分類 3 試料・目的別技術

【技術分類】 3-1 有害物質（公定法による分析方法）

中分類	小分類1	小分類2	技術名、関連技術
有害物質（公定法による分析方法）	大気	有機物	容器採取-GC-MS
			固体吸着-溶媒抽出-GC-MS
			固体吸着-加熱脱離-GC-MS
			誘導体生成-溶媒抽出-GC-MS
			フィルター捕集-溶媒抽出-GC-MS
		金属類	フィルター捕集-圧力容器分解-ICP-MS
	水質	有機物	パーティトラップ-GC-MS
			ヘッドスペース-GC-MS
			固相抽出-GC-MS
			固相抽出-誘導体化-GC-MS
			溶媒抽出-誘導体化-GC-MS
		金属類	ICP-MS
	土壌	有機物、金属類	溶媒抽出-パーティトラップ/ヘッドスペース-GC-MS、溶媒抽出-ICP-MS
	食品	有機物	LC-MS(MS/MS)、GC-MS

法律によって規制される有害物質は、濃度や量の基準値とともに測定方法も定められている。それらの測定方法を公定法と言い、公定法に従ってあるいはそれと同等以上の測定法によって対象物質を測定する必要がある。一つの物質に対して、質量分析以外にも原子吸光法、吸光光度法など複数の測定法が定められているが、この項ではそれらの中から質量分析を用いた測定法について特に試料前処理方法に着目して紹介する。

【技術分類】 3-2 金属・セラミックス・半導体・工業材料

中分類	小分類1	小分類2	技術名、関連技術
金属・セラミックス・半導体・工業材料	金属材料	微量不純物分析	グロー放電-MS、ICP-MS
	半導体	微量不純物分析、深さ方向分析	ICP-MS、SIMS
		クリーンルーム内有機不純物測定	パーティトラップ-GC-MS
	有機合成高分子	主成分ポリマーの化学組成分析	熱分解-GC-MS、化学分解-誘導体化-GC-MS
	ファインセラミックス	微量不純物分析	圧力容器分解-ICP-MS
	表面分析	SIMS	ダイナミックSIMS、スタティックSIMS (TOF-SIMS)
			高速原子衝撃質量分析(FAB-SIMS)
			二次中性粒子質量分析(SNMS)

質量分析は、化学・工業製品の材料評価の分野でも用いられている。近年ますます高純度化が進む材料分野では極微量の不純物や大気中汚染物質も大きな問題となる。他の分析法と比較して数オーダー低い検出限界をもつ質量分析は、材料評価において高感度測定法として重要な役割を担っている。

【技術分類】 3－3 地球化学・宇宙化学試料

中分類	小分類1	小分類2	技術名、関連技術
地球化学・宇宙化学試料	気体試料	全体分析	電子イオン化質量分析法(EI-MS)
	固体試料	全体分析	表面電離型質量分析(TI-MS)
			プラズマイオン源質量分析(ICP-MS)
			加速器質量分析(AMS)
		局所分析	二次イオン化質量分析(SIMS)、レーザーアブレーションプラズマイオン源質量分析法(LA-ICP-MS)

地球化学・宇宙化学では、地質年代、化石年代、放射年代など様々な方法で年代を推定する。質量分析は放射性炭素年代法 (^{14}C 年代法) など、放射年代を求める方法の一つとして利用されている。また年代測定以外にも、岩石や化石試料中の元素分布などを測定するのに用いられている。この項では、測定試料の形状(気体・固体)により項目进行分类し、それぞれに用いられる質量分析法を紹介する。

【技術分類】 3－4 セキュリティ

中分類	小分類1	小分類2	技術名、関連技術
セキュリティ	薬物、毒物の鑑識	ドーピング検査	GC-MS、GC-HRMS
		一斉分析	前処理
		目的物質同定	識別イオン、診断イオン
	爆薬、危険物	試料採取	ふき取り型、蒸気採取
		リアルタイム検出	APCI-MS、IMS、逆流型APCI-MS、DART、DESI

薬毒物検査、危険物検査など、セキュリティ分野でも質量分析が用いられる。この分野では迅速に目的物質を検出することが求められ、複数の薬物を一回の測定で検出する一斉分析法や、試料前処理が不要なイオン化装置の開発が進められている。

【技術分類】 3－5 医薬

中分類	小分類1	小分類2	技術名、関連技術
医薬	医薬品	薬物動態	前処理-遠心分離
			前処理-液-液、固相抽出
			前処理-分画
			前処理-抗体精製
			LC-MS(MS/MS)
			GC-MS
	診断	マーカー探索	2D-GEL+MS、SDS-PAGE+MS、プロテインチップ+MS
		臨床検査	前処理、分離方法

医療分野では、質量分析は医薬品開発の薬物動態研究に欠かせない測定法として用いられている。1980年代までは主にGC-MSが使われていたが、エレクトロスプレー法など新たなイオン化法の開発により、1990年代からLC-MSが急速に用いられるようになった。それまでGC-MSでは測定が困難だった熱不安定・難揮発性の物質もLC-MSにより測定可能となった。薬物動態研究の測定対象は低分子量化合物であるが、MALDIなどによって生体高分子も質量分析で測定できるようになって以来、疾患のマーカータンパクの網羅的探索にも質量分析が使われるようになった。現在は質量分析による疾病診断法の実用化を目指した研究開発が盛んに行われている。

【技術分類】 3－6 生体試料

中分類	小分類1	小分類2	技術名、関連技術
生体試料	ゲノム	一塩基多型	PINPOINT法
			PROBE法
			VSET法
			Survivor Assay
			GOOD法
			DNAチップ
			Invader [※] 法
			hMC反応
		塩基配列決定	ジデオキシ法(サンガー法)
	プロテオーム	タンパク質同定	ペプチドマスフィンガープリント法(PMF法)
		アミノ酸配列解析	MS/MS-イオンサーチ(MIS)
			<i>de novo</i> sequencing法
		高次構造解析	H/D交換、化学修飾との組み合わせ
		発現・相互作用解析	プロテインチップ
			表面プラズモンセンサー(SPR-BIA)
		同位体標識	<i>in vitro</i> 同位体標識(ICAT [※] 法、ITRAQ [※] 法、H ₂ ¹⁸ Oラベル法)
			<i>in vivo</i> 同位体標識(SILAC法、CDIT法)
	メタボローム	糖鎖	同位体標識(IGOT法)
		脂質	グループ特異的解析、LC-ESI-MSIによる網羅的解析
		イオン性代謝物質	キャピラリー電気泳動-質量分析(CE-MS)

※ 「Invader」：サード・ウェーブ・テクノロジーズ・インクの登録商標

「ICAT」：ユニバーシティ・オブ・ワシントンの登録商標

「ITRAQ」：アプレラ コーポレイションの登録商標

生体試料を扱う研究において質量分析は、ゲノムを始め、プロテオーム、メタボロームの研究において主要な研究手段として重要な役割を担っている。ゲノム研究では一塩基多型(SNP：スニップ)の検出には蛍光色素法が多く利用されるが、よりスループットの高い検出法として質量分析が用いられている。プロテオーム研究、メタボローム研究では、タンパク質の同定、アミノ酸配列解析、タンパク質発現解析、糖鎖修飾部位同定など、様々な測定対象について目的に応じた技術が開発されライフサイエンス分野の推進力となっている。