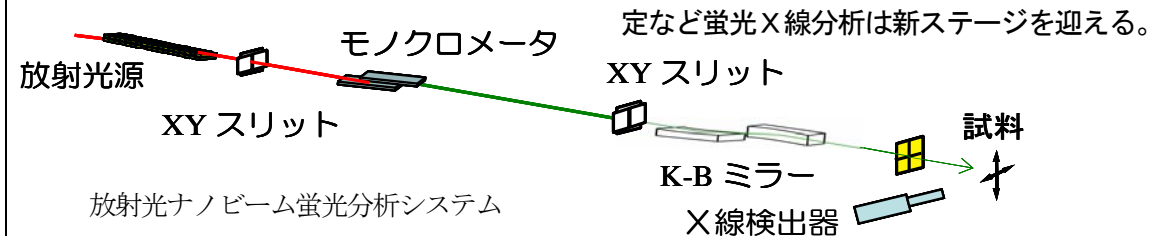


ディビジョン番号	10
ディビジョン名	分析化学

大項目	1. 分析化学
中項目	1-3. X線分析
小項目	1-3-1. 蛍光X線分析

概要（200字以内）

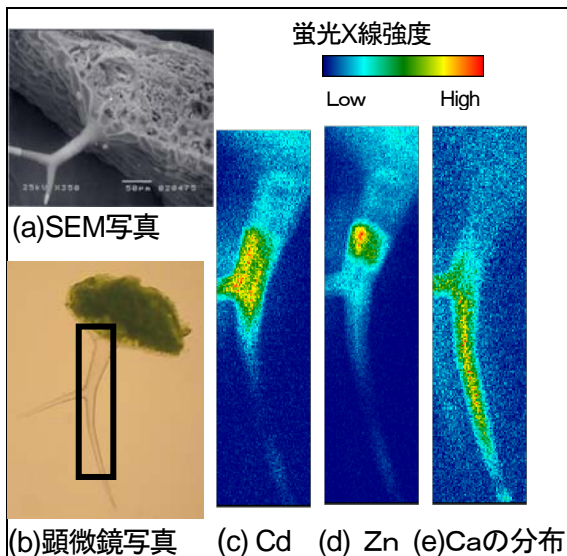
市販の装置は高感度化小型化が一層進み、重元素を数十 ppb レベルの感度で 10 μ m の空間分解能で分析可能となり、応用分野が一層拡大する。放射光利用では、集光技術の進歩により数十 nm サイズのマイクロビームによるルーチン分析が可能になる。また、次世代光源としてX線自由電子レーザーが5年後に実用化し、超高輝度コヒーレント光を使ったナノ分析や時分解測定など蛍光X線分析は新ステージを迎える。



現状と最前線

蛍光X線分析は、欧州における有害物質の規制である RoHS/ELV/WEE 指令や我が国の土壤汚染対策法との関連で、プラスチックや土壤中の Pb, Hg, As, Cd などのスクリーニングに適していることから、最近、市販の装置の普及が著しい。ICP-MS 等のように試料を溶液化する化学的前処理、化学実験施設が不要なことから、誰でも分析ができる簡便さがその理由である。高感度化が進み米の Cd 等の重元素が数十 ppb レベルの感度で定量できるようになった。また、小型化も進みハンドヘルド装置により鉱産資源取引現場や産業廃棄物処分場など従来は考えられなかった場所で気軽に分析がなされるようになった。一方、ポータブル装置は海外の遺跡で文化財の分析や環境試料のフィールド分析に用いられている。今後 10 年の展開として、現在主流の白色 X 線励起では感度の限界があり、モノクロメータまたは 2 次ターゲットを使った単色励起法、偏光光学系の採用が増えるであろう。また、従来の液体窒素を必要とした SSD からペルチェ冷却による SDD (シリコンドリフト検出器) の採用等による卓上装置の一層の小型化が進み、キャピラリーにより単色 X 線を 10 μ m 程度まで集光し微小部・マッピング分析できる小型装置が普及し、蛍光 X 線装置が極めて広い分野で活用されるようになるであろう。

一方、学術分野の蛍光X線分析の最前線は放射光利用である。SPring-8 に代表される第三世代の放射光の高輝度、高エネルギー、高平行性を利用したX線マイクロビームの形成が日進月歩である。現在、最高エネルギー75keV までの放射光X線を約 1 μ m の大きさまで集光し、ルーチン的にマイクロビーム蛍光X線分析が可能である。高エネルギー放射光を利用するとUまでの全元素をK線で分析でき、希土類元素やCdなどの高感度分析が可能となっている。一例と



して左図は、植物ハクサンハタザオのトライコームに濃集した元素の2次元分布を示す(図(b)―(e)の分析枠は1.6mmx6.8mm)

ミラー表面の超精密加工技術および高精度の形状計測技術の進歩により、集光ビームサイズが着実に小さくなってきている。現在のマイクロビームのチャンピオンは25nmに達している。このままいけば、5年後には10nmを切るビームサイズになることが期待され生体試料のオルガネラレベルの分析ができる。

放射光技術として今後、革新的な進歩が予想されるのは、X線自由電子レーザー(XFEL)

の開発である。XFELは第3期科学技術基本計画における国家基幹技術の1つに認定され、現在日本の国家プロジェクトとしてSPring-8サイトに建設が進められており、2010年の完成を目指している。XFELで発生する光は、波長0.06ナノメートル、100フェムト秒以下の極めて短いパルス光であり、その輝度はSPring-8の高輝度光の10億倍と明るく、コヒーレンスという優れた特徴から、様々な利用研究への応用が期待されている。蛍光X線分析においても、前述の高精度のミラーと組み合わせることで、高輝度のナノビームをつくることができるので、単一ナノマテリアルの分析が可能になるであろう。また、短パルス性を利用すると、高速反応の時間変化を追跡することができる。XFELの他に、筑波のフォトンファクトリーが中心となって、従来のリング型光源技術をさらに発展させたエネルギー回収型ライナック(ERL)の建設構想も進んでいる。XFELの利用範囲は、超先端的であり限られたユーザーにより新しい分野が構築される。それに対して、多くのユーザーが同時に利用可能な次世代のリング型光源としてERLは高い平均輝度、サブピコ秒のパルスが可能であり、XFELではカバーできない大部分の放射光分野を一層発展させ、多くのユーザーが同時に利用可能な光源として実現が期待されている。

将来予測と方向性

- ・5年後までに解決・実現が望まれる課題

蛍光X線分析のプローブとして10nmをきるナノビームの実現。生体細胞のオルガネラレベルの分析。XFELの発生と利用研究の開始。

- ・10年後までに解決・実現が望まれる課題 試料調製、観察技術を含むナノビームを使った蛍光X線分析による定量分析法の確立。ERLタイプのスーパーストレージリングの実現と、蛍光X線分析への広汎な応用。これら様々な蛍光X線分析技術の標準化と標準試料の開発。

キーワード

ナノビーム、X線自由電子レーザー、ERL、オルガネラレベル分析、ナノ分析

(執筆: 中井 泉)