

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	1-20. 材料分析・材料解析
小項目	1-20-5. その場分析技術

概要（200字以内）

材料分析・解析においては、いろいろな機能を発現または抑制させるメカニズムの解析が重要である。しかし、従来の分析技術は、主に現象が起こった後の試料を対象に行っていた（ex-situ 分析）ため、現象が起っている状態でのその場分析（in-situ 分析）は少なかった。近年、放射光を初めとする励起源の高出力化、検出器の高感度化により、その場分析が可能となってきた。

```

graph TD
    subgraph Step1 [ステップ1]
        A[材料評価実験  
(温度・雰囲気・時間  
などをパラメータ)]
    end
    subgraph Step2 [ステップ2]
        B[材料分析・解析  
(形態・組成・状態  
などを分析)]
    end
    A --> B
    C[別の場所] --> B
    D[同時に実施] --> E[その場分析  
(現象発現状態での  
分析・解析)]
  
```

現状と最前線

近年の分析機器の急速な進歩に伴い、温度、雰囲気、時間などをパラメータとして、現象がおこる状況での分析を行い、形態・組成・状態の変化を観測することが可能となった。分光分析装置を構成する励起源、分光器、検出器の進歩はいろいろな分析法の機能向上に貢献しているが、その場分析技術に関係する進歩に最も影響の大きい励起源の進歩の様子を示す。

励起源である電磁波（X線や光）を単色化し、高出力化することにより、高感度な分析が可能となり、その場分析の精度が格段に向上した。励起源の進歩で特筆されるのは、放射光の活用である。シンクロトロン放射光設備が新規に稼働したり、一般に開放されたりすることにより、高エネルギー研究所、播磨 Spring-8、立命館、佐賀放射施設などが広く研究に使われ、これを用いた X 線分析が大きな進歩を示した。X 線はその高い透過能を利用して、ガスセルや液体セルなどの反応セルを透過し、セル内での対象物の変化を計測可能である。図 1 に X 線を励起源に用いた代表的な分析法を示す。X 線分析法の中でも、X 線吸収微細構造分析法（X-ray Absorption Fine Structure）は、試料の電子状態を解析可能な X 線吸収端近傍構造分析法（X-ray Absorption Near Edge Structure）と原子配列を解析できる広域 X 線吸収微細構造分析法（Extended X-ray Absorption Fine Structure）に代表され、両方法の同時測定が可能であることから代表的その場分析技術として活用されている。

これまでの実験室レベルでの励起源（例えば回転対陰極 X 線発生装置）を用いた広域 X 線吸収分光分析においては、せいぜい第二近接原子の距離が議論出来るレベルであったものが、放射光（回転対陰極 X 線発生装置に比べ輝度約 8 桁アップ）を活用することにより、第 4 近接原子までの構造解析が可能となっている。

最近は、自動車、電気、化学メーカーなど各社が、材料研究開発の一環として放射光施設を利用し、機能の発現状況下での材料の電子状態や原子配列を計測し、機能発現メカニズムの解析を行うと同時に材料設計の方針検討に役立てている。図 2 に触媒などのガス反応実験用その場分析装置の願念図を示す。反応セル内に試料を設置し、そこに反応ガスを流しながら、温度をコントロールし、反応による構造変化を、時間をパラメータに取って計測することが可能である。この分析・解析により、触媒の組成・製法などによる機能向上の指針が得られる。

これまで、公開が原則であった放射光施設利用が非公開での使用が可能となり、各企業が積極的に材料分析への放射光活用が促進され、これにより放射光の利点を生かしたその場分析技術の発展も大いに促進されると考えられる。

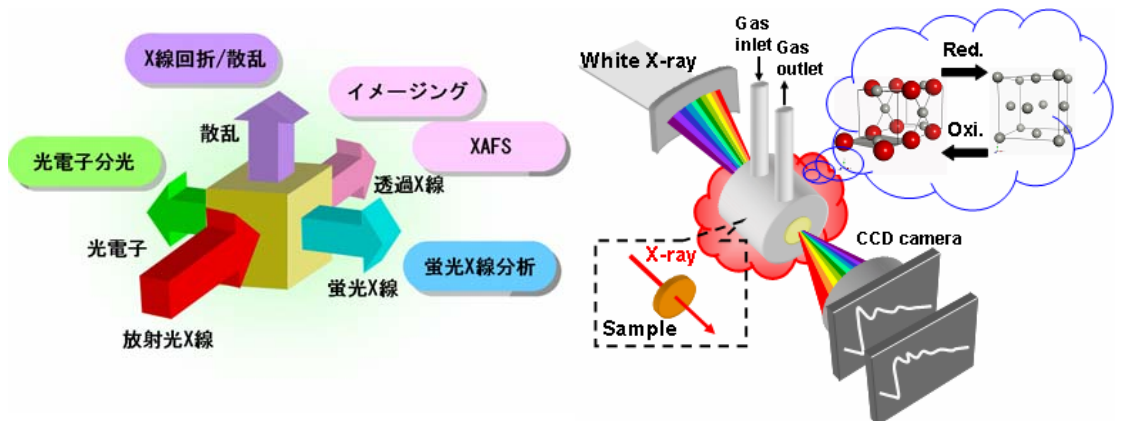


図 1 放射光 X 線を用いた分析法

図 2 ガス反応その場分析装置概念図

将来予測と方向性

分析機器の分光器の分解能および検出器の感度の向上により、極微量分析、超高感度分析が可能となる。その結果、時間分解能の高い分析が可能となり、各種の反応課程のその場分析がより可能となる。

- ・ 5 年後までに解決・実現が望まれる課題

顕微鏡内での応力付加状態でのその場観察技術、

- ・ 10 年後までに解決・実現が望まれる課題

顕微鏡観察、X 線吸収微細構造解析、時間分解測定技術などを複合化させたその場分析技術開発

キーワード

その場分析、in-situ 分析、放射光利用分析、

(執筆：志智 雄之)