

ナノ・フォレンジック・サイエンス・ニュース

Nano Forensic Science News

NFSN, vol.12



大型放射光施設

The world's largest
synchrotron radiation facility

真実を照らすナノの光“放射光”で 安全・安心な社会を守る 巨大な顕微鏡：SPring-8

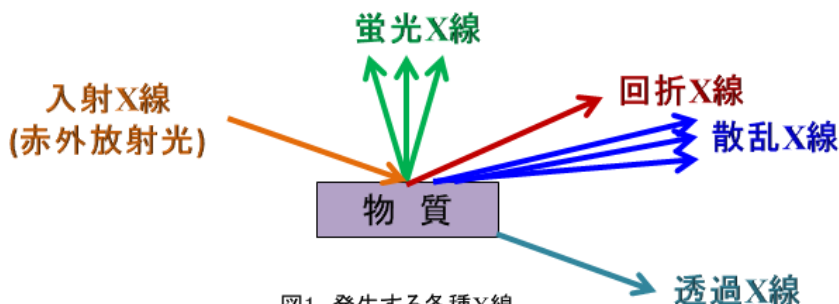
1. X線吸収微細構造 (X-ray Absorption Fine Structure: XAFS)解析
2. XANES(X線吸収端微細構造)分析の実施例
3. ナノ・フォレンジック・サイエンスグループの廃止及びナテクノロジー利用研究推進グループへの移設について

フォレンジック・サイエンス (Forensic Science):

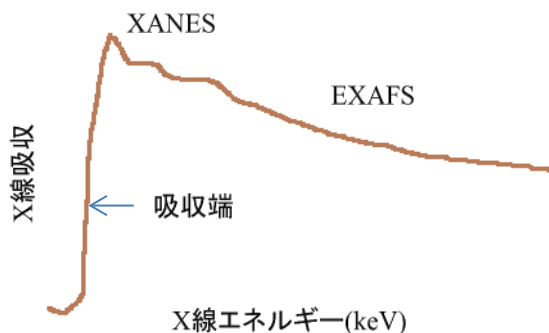
“法科学”と訳され、一般的に警察の科学捜査よりも広い意味を持ち、裁判(法)に関係するあらゆるサイエンス(科学)を扱う学問として欧米では定着しています。

1 X線吸収微細構造解析(X-ray Absorption Fine Structure: XAFS)

SPring-8によるX線を物質に照射した時、図1に示したようにさまざまなX線が発生しますが、これらを利用して微細試料の分析を行っています。これまでに蛍光X線、回折X線、散乱X線についてご紹介してきましたが、今回は吸収X線について触れてみます。



照射するX線のエネルギーを増加させていくと、図2で模式的に示したようなXAFSスペクトルが得られますが、X線が急激に吸収される部分が見られます。この領域を吸収端と呼び、元素によって固有の値です。吸収端付近の微細構造をXANES(X線吸収端微細構造)と呼び、吸収端よりかなり高エネルギー部分に見られる微細構造をEXAFS(広域XAFS)と呼びます。

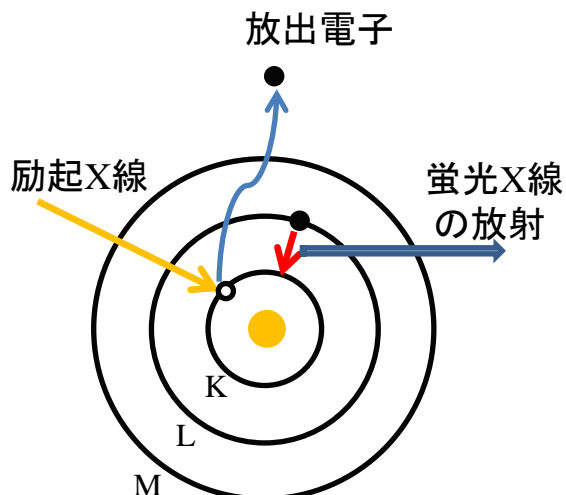


XANESの原理は、蛍光X線の発生を思い出していただければ容易に理解できます。物質にX線を照射したとき、原子のもっとも内側の電子が外にはじき出され、空孔という空席が生じます。この時に大きくX線が吸収されるのです。そして、エネルギー準位の高い外側の電子が安定化のために空孔を埋めようと移動するのですが、この時に余ったエネルギーが電磁波として放射されます。このエネルギー差は、物質により決まっています。これが蛍光X線(特性X線)と呼ばれるものです。このように、元素の吸収端エネルギーと特性X線には密接な関係があります。

XANESは、X線を吸収した元素の電子状態や結晶構造を反映したもので、電子状態および価数情報が得られます。さらに構造に敏感であるため、指紋のように識別要素として利用できます。

一方、EXAFSの方は、周囲の原子種、配位原子の数、原子間距離等の情報を特定の元素について得ることができます。

XAFSの測定法としては、透過X線(透過率)を測定する周防に加えて、蛍光X線強度のエネルギー依存性を測定する手法(蛍光法)もあります。



2 XANES (X線吸収端微細構造)分析の実施例

XANES分析の実施例を示します。図4は、1本のポリエステル繊維から検出したアンチモンについて、蛍光法によりXANES分析した結果です。図5には、金属アンチモン、三酸化アンチモン、五酸化アンチモンのXANES分析の結果ですが、これらを比較した結果、ポリエステル繊維に含まれていたアンチモンの価数は三価であることがわかりました。

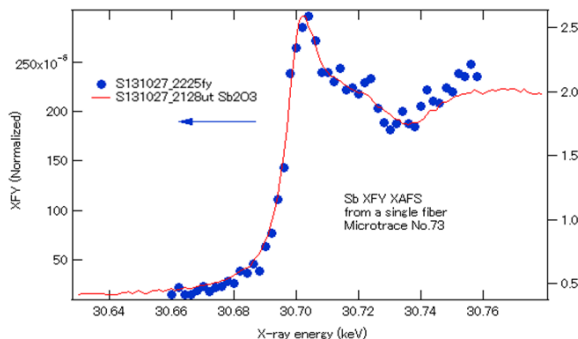


図4 1本のポリエステル繊維から検出したアンチモンのXANES分析例

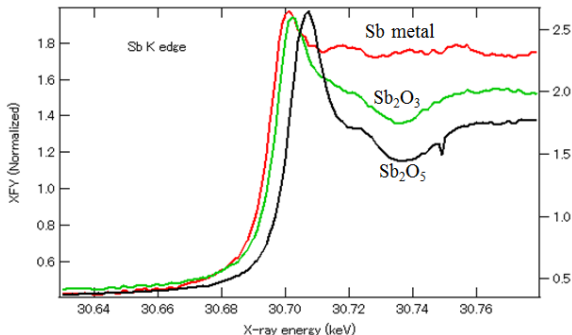


図5 金属アンチモン、三酸化アンチモン、五酸化アンチモンのXANES分析結果

図6はPETボトルの蛍光X線スペクトルの例です。Co、Geなどが検出されていますが、これらはいずれも触媒に由来する元素です。そこで、これらの元素がどのような化学状態でPET中に入っているかXANESで分析しました。

図7がCo K吸収端のXANESスペクトルです。標準物質である酸化コバルト(上から2段目)、酢酸コバルト4水和物(最上段)とペットボトル試料を比較しています。XANESスペクトルから、指紋的に比較することでPETボトルには酢酸コバルト4水和物として含有していることがわかります。

図8がGe K吸収端のXANESスペクトルです。標準物質である酸化ゲルマニウム(4価)(上から2段目)、Ge金属粉末(0価)(最上段)とペットボトル試料を比較しています。ペットボトル試料(上から3、4、5段目)は酸化ゲルマニウムとして含有するが、吸収端の立ち上がりが低エネルギー側にシフトしていることがわかりました。これは、1993年、ニシオウジらによって報告された結果と合致しました。一方、ペットボトル試料(上から6、7、8段目)は吸収端位置から価数はペットボトル試料(上から3、4、5段目)と一致するが、11.115~11.125 keVのスペクトル形状から、酸化ゲルマニウムとは異なる化学状態で含有することがわかります。

このようにXANESスペクトルを比較することで、化学状態を利用した異同識別が可能になります。

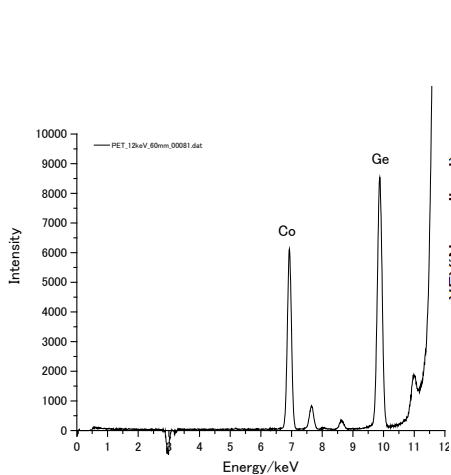


図6 PETボトルの蛍光X線スペクトル

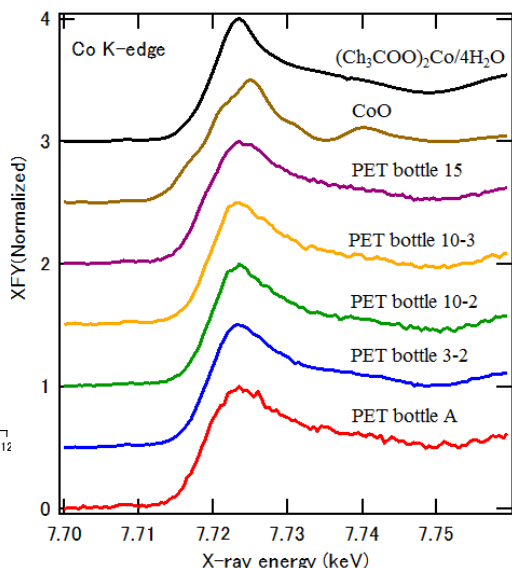


図7 Co K吸収端のXANESスペクトル

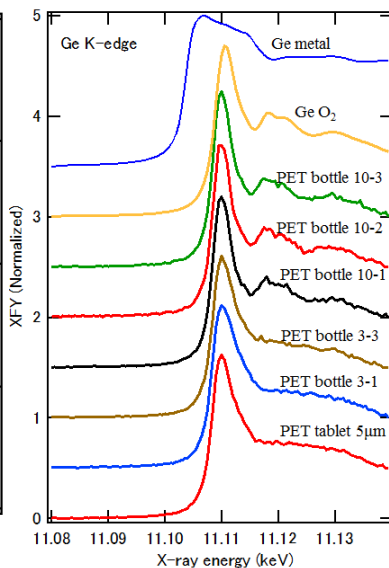


図8 Ge K吸収端のXANESスペクトル

3 ナノ・フォレンジック・サイエンスグループの廃止及びナノテクノロジー利用研究推進グループへの移設について

ナノ・フォレンジック・サイエンスグループは、平成27年3月31日に廃止され、ハードアプリケーションチーム及びソフトアプリケーションチームは、平成27年4月1日よりナノテクノロジー利用研究推進グループのナノフォレンジックハードアプリケーションチーム及びナノフォレンジックソフトアプリケーションチームとして移設されました。



岡田 薫
高輝度光科学研究
センターフェロー

・ナノフォレンジックハードアプリケーションチーム:

BL05SSビームラインにマルチモード蛍光X線分析システムを構築しており、その利用を含めた研究開発を担当します。



チームリーダー
早川 慎二郎
客員首席研究員
(広島大学教授)



西脇 芳典
客員研究員
(高知大学)



木村 滋
利用研究促進グループ副部門長
兼 ナノテクノロジー利用研究推進
グループリーダー

・ナノフォレンジックソフトアプリケーションチーム:

SPring-8の各種ビームラインを利用した研究開発を担当します。



チームリーダー
本多 定男
特別研究員



橋本 敬
特別研究員

犯罪捜査における証拠物の分析についての相談先:
公益財団法人 高輝度光科学研究センター
利用研究促進部門 ナノテクノロジー利用研究推進グループ
ナノフォレンジックハードアプリケーションチーム
ナノフォレンジックソフトアプリケーションチーム
〒679-5198 兵庫県佐用郡佐用町光都1-1-1

Tel: 0791-58-0877

Fax: 0791-58-0830

honda.sadao@spring8.or.jp

http://www.spring8.or.jp/ja/facilities/research_utilization/research_utilization/nanotech_group/