

STXM-NEXAFS を用いた炭素の X 線顕微分析の 優位性・重要性：環境科学を例に

高橋 嘉夫（東京大・院理）

<分子地球化学>

我々の研究グループでは、地球惑星科学や環境科学の試料に含まれる様々な元素の化学種を主に XAFS 法で調べ、その化学素過程を知ることで、環境中で我々が目にするマクロな現象を分子レベルから理解することを目指した研究を「分子地球化学」と呼び、大気圏・水圏・土壌・岩石圏に渡る様々な対象について研究を進めている。その中から、本講演では「放射光のオンリーワン計測と産業利用展開」に合致するテーマを選んでお話しをしたい。

地球化学や環境化学では周期表の全ての元素を対象にするが、各元素の位置づけは、それぞれの試料中における各元素の濃度や性質によって異なる。水素や酸素を除くと、炭素、窒素、マグネシウム、アルミニウム、ケイ素、硫黄、塩素、カリウム、カルシウム、鉄などは、地球化学・環境化学試料中で概して存在度が高く、主要な鉱物を構成する主要元素であり、他の元素の挙動を規定する。それ以外の微量元素は、天然での存在度は低いが、生体に必須か有毒か、産業的に利用価値が高いかなどの観点から、生命や人間の生活に様々に関わってくる。

<炭素の官能基マッピング：どんな炭素がどこにあるか？>

このうち炭素は、生物やそれを主な起源とする有機物として環境中に広く存在し、多くの元素の挙動に影響を与える。元素の分布や化学種を調べる上で、重元素であればマイクロ XRF-XAFS 法が有効であるが、炭素の場合実験的な制約のため、透過法での検出が主になる。特にゾーンプレートで 30 nm 程度まで集光した X 線を用いた走査型の測定により、炭素の分布さらには官能基のマッピングを得られる手法が、STXM (Scanning Transmission X-ray Microscopy) である。我々のグループでは、PF の小野グループと共同で PF BL-13A において STXM の開発と運用を進めている。本講演では、「放射性セシウムの粘土鉱物への吸着に及ぼす腐植物質の影響」(東大・高橋グループ)、「微生物による硫化鉄の溶解における細胞外有機物の役割」(愛媛大・光延グループ)などの研究例を紹介する。STXM の利用は世界的にはかなり進んでいるが、日本では UVSOR と PF が主であり、それぞれ測定可能なエネルギー範囲が異なるなどの特徴があり、対象元素に応じて使い分けていく必要がある。

<微量な元素はどこまで見えるか？>

微量元素は、微量であるため、その環境中での挙動は主要な元素の影響を受ける。この微量元素の挙動は、有害である場合や資源として有用な場合、人間にとって関心のあるテーマとなる。濃度は微量でも有害であったり、資源として有用かつ価格の高い元素は鉱石中でも低濃度しか含まれていないなどから、これらの元素を研究対象とする場合、高感度な手法の利用が重要である。そのような場合、信号強度を増やすこと以上に、バックグラウンド (S/B 比) を下げるのが重要な意味を持つ。例えば、資源として重要な白金が濃集した試料として、我々はマンガクラストの研究を進めている。マンガクラストには白金が 1~2 ppm ほど含まれている一方で、白金の L α 線が、高濃度の亜鉛 (1000 ppm 以上) の L β 線と干渉している。この 2 つの蛍光 X 線を分光結晶で分離し、S/B 比を上げて白金 L α 線を測定したところ、白金の L3 吸収端 XANES を得ることができた。講演では、この結果から、海水中での白金の濃集過程について解析した結果を示す。