

近年の産業活動の進展に伴い、世界各地で様々な微量元素汚染事例が報告されている。ヒトに対する微量元素曝露の影響を評価するには、入手可能なヒト組織を用いて曝露量を推定する必要がある。血液は、曝露量推定・リスク評価を実施するうえで最重要である。毛髪・尿は、比較的採取が容易で、微量元素の排泄率の推定に有効である。しかし、これら組織中の微量元素濃度を測定しても、体内動態を解明するために十分な情報は得られない。様々な毒性元素の体内での動態を明らかにする(毒物動態: toxicokinetics)には、各ヒト試料の特性をよく理解することが必要である。その為には、微量元素の組織内分布や化学形態の情報が必要であり、各種クロマトグラフィーに加え、放射光を用いた μ -XRF マッピングや XAFS 分析が有効である。本講演では、毛髪と血液を対象に、XAFS の応用例を示し、今後の展望を述べる。

(1) 毛髪

毛髪は体内異物の排泄経路の一つであり、微量元素が比較的高濃度に濃縮されているため、曝露のモニタリングに利用しやすい。また成長に時間を要するため、数か月オーダーの慢性的曝露の指標として利用できる。しかし、血液を介して排泄された内因性の金属と、周辺環境から付着した外因性物質の影響を区別できないという欠点もある。外因性物質は、洗浄により除去するのが望ましい

が、通常の洗浄法では除去できないケースも報告されている¹。XAFS 法を用いることで、毛髪と金属の化学的な結合を調べれば、毛髪に付着しやすい元素、ひいてはモニタリングに適する元素の体系的把握につながる事が期待できる。

(2) 血液

血中微量元素の形態を調べることは、体内での微量元素の分布、代謝を理解するうえで必須である。血中では様々なタンパク質が微量元素のキャリアとなる場合が多い。微量元素が結合しているタンパク質の種類は、サイズ排除クロマトグラフィー (SEC) や電気泳動法 (PAGE) を用いて分析される。しかし、これらの手法で同定できるのは結合タンパク質の種類であり、対象元素の酸化数や結合している官能基についての情報は得られない。SEC や PAGE を用いて金属結合タンパクをある程度分離した後に XAFS 法で分析すれば、タンパク質との結合状態を明らかにできる可能性がある。この手法はまだ応用例が少ないが^{2,3}、今後発展が期待される技術であり、実現にむけた課題について検討したいと考えている。

参考文献

1. Morton J, Carolan V. A, Bardiner P. H. E., 2002. Removal of exogenously bound elements from human hair by various washing procedures and determination by inductively coupled plasma mass spectrometry. *Anal. Chim. Acta* 455, 23-34.
2. Ortega, R., 2009. Synchrotron radiation for direct analysis of metalloproteins on electrophoresis gels. *Metallomics*, 1, 137-141.
3. Chevreux, S., Solari, P. L., Roudeau, S., Deves, G., Alliot, I., Testemale, D., Hazemann, J. L., Ortega, R., 2009. EXAFS analysis of a human Cu, Zn, SOD isoform focused using non-denaturing gel electrophoresis, *J. Physics*, doi: 10.1088/1742-6596/190/1/012205

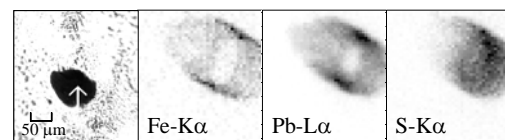


図1. 鉛に曝露した住民の毛髪断面の微量元素分布

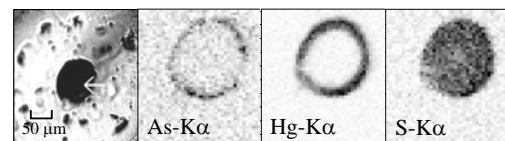


図2. 重金属を吸着させた毛髪断面の微量元素分布