

SR-XRF による生物試料中ウランの測定 Determination of Uranium in biological samples by SR-XRF

武田 (本間) 志乃^a、サファー・サラタ・クマール^a、上野俊治^b、
吉富友恭^c、柳沼尚紀^c、西村義一^a、西村まゆみ^a、島田義也^a、寺田靖子^d
Shino Homma-Takeda^a, Sahoo Sarata Kumar^a, Yoshikazu Nishimura^a, Shunji Ueno^b,
Tomoyasu Yoshitomi^c, Naoki Yaginuma^c, Yoshikazu Nishimura^a, Mayumi Nishimura^a,
Yoshiya Shimada^a, and Yasuko Terada^d

^a放射線医学総合研究所、^b北里大学獣医畜産学部、^c東京学芸大学、^dJASRI

^aNational Institute of Radiological Sciences,

^bSchool of Veterinary Medicine & Animal Sciences, Kitasato University,

^cTokyo Gakugei University, ^dJASRI

近年、ウラン汚染地域などの健康影響や環境汚染に対する関心が高まっており、生物試料中の微量ウランの簡便な分析手法が求められている。本研究では、高エネルギー領域シンクロトロン放射光蛍光 X 線分析 (SR-XRF) により動物組織や環境生物試料におけるウラン分析を試みた。動物組織ではルビジウムがウランの主要ピークである U L α 線の妨害元素となるものの、U L β 線の検出により明確な組織中ウラン分布が得られた。

Concerns about health effects for populations as well as environmental contamination in uranium (U)-polluted areas have been increased and novel methods for determination of trace U in biological samples have been required. In the present study, we applied high energy SR-XRF for detection of U in animal tissues and aquatic insects. The XRF spectrum of rubidium (Rb), which interferes with the main peak of U (U L α -line), was detected in animal tissues but clear U maps of tissues were obtained when XRF measurements detecting U L β -lines were performed.

はじめに

近年、劣化ウラン弾汚染地域やウラン鉱山伏流水を飲用する地域などの健康影響や環境調査についての報告が増加している。自然界に存在するウラン (天然型ウラン) や劣化ウランは放射線毒性よりも重金属としての化学毒性が優勢とされ、カドミウムや水銀様の腎臓の尿細管障害を引き起こすことが知られて

いる。ウランの腎毒性発現機序の解明や予防対策には腎臓のウラン挙動と標的細胞との関係を理解することが重要である。しかしながら、ウランは α 線放出核種であるため、 β 線や γ 線核種のように感光フィルムやイメージングプレートにより組織分布を明らかにすることが困難であった。一方、環境研究においても環境生態系におけるウラン動態を知る上

で生物試料中微量ウランの分析ニーズが高まってきている。

我々はこれまでに、ナノビームを利用した高エネルギー領域シンクロトン放射光蛍光X線分析 (SR-XRF) ¹⁾ に取り組んできた。通常の励起光が 20 keV 以下の蛍光X線分析では、組織中に数 ppm ~ 数十 ppm 程度含まれるウランスペクトルは生体多量元素に埋没し検出は困難であるが、高エネルギー領域の蛍光X線分析では、生体多量元素に影響を受けないエネルギー領域のウランスペクトルを検出することが可能である。

そこで本研究では、高エネルギー領域 SR-XRF による生物試料中のウラン分析を試みた。

実験

環境生物試料として水生昆虫 (ヒゲナガカワトビケラ)、および動物組織試料 (腎臓、膵臓等) を測定対象とした。それぞれ凍結切片 (20 μm 厚) を作成し、ポリプロピレン薄膜に付着して SR-XRF 測定試料とした。対象試料中の微量元素濃度は ICP-MS により測定した。

高エネルギー領域 SR-XRF は BL37XU の蛍光X線測定システムを用いて行った。試料からの蛍光X線の検出には Si (Li)-SSD を用い、大気中で測定した。

結果および考察

37 keV の励起光を用いて SR-XRF 点分析を行ったところ、動物組織では、ウランの主要ピーク (U L α , keV) の妨害元素となるルビジウムが検出された (Rb K α , keV)。一方水生昆虫では、明確なルビジウムピークは観察

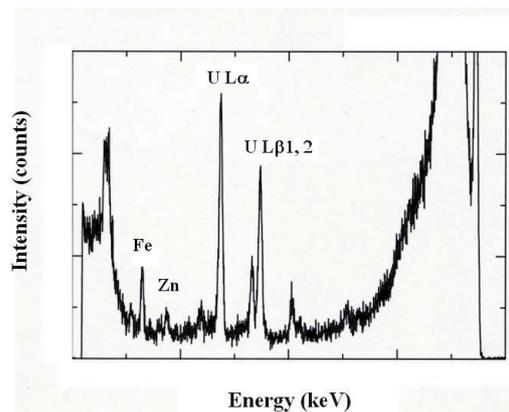


図1 ウランをばく露したラット腎臓のSR-XRFスペクトル。

SR-XRF 点分析は以下の条件で行った。励起X線エネルギー、37 keV；ビームサイズ、1 μm^2 ；計数時間、600 秒。この腎臓試料中ウラン濃度は 47.3 $\mu\text{g/g}$ であった。

されなかった。これらの試料中のルビジウム濃度を測定したところ、動物組織は 7 $\mu\text{g/g}$ 、水生昆虫では 0.4 $\mu\text{g/g}$ 程度であった。従って動物組織中ウランの測定を行う際には、ルビジウムの影響を考慮する必要がある。

そこで、ルビジウムの影響を受けない U L β 線の検出によりウランばく露ラット腎臓のウラン分布を調べた。腎臓の皮質部分では、近位尿細管でウラン蓄積が高かった。近位尿細管の横断面の径は 60 ~ 100 μm である。1 μm^2 の微小ビームを用いることにより任意の近位尿細管上皮の詳細なウラン分布が得られ、尿細管上皮にもウランが取り込まれていることがわかった。

今後の課題

微小ビーム高エネルギー蛍光X線分析は腎臓のウラン動態と毒性発現の関係を調べる上で有効である。組織中ウランの細胞選択的測定を効率よく、かつ、組織構造との対応を正確に行うため、今後 XRF と組織染色法と

の組み合わせ法などを検討していく必要がある。

参考文献

- 1) Homma-Takeda, S., *et al.*, Nucl. Instr. Meth. Phys. Res. B 2005; **231**: 333-337.

論文発表状況

- [1] 武田志乃 サファー・サラタ・クマール
上野俊治 西村義一 西村まゆみ 島田義也：微小ビーム高エネルギー蛍光X線分析による腎臓中ウランの測定．第77回日本衛生学会（発表予定）