

高エネルギー領域 SR-XRF による組織中ルビジウムの測定 Determination of rubidium in tissues by high energy SR-XRF

武田 (本間) 志乃^a、磯浩之^a、石川剛弘^a、及川将一^a、今関等^a 島田義也^a、寺田靖子^b

Shino Homma-Takeda^a, Miyuki Inoue^a, Shunji Ueno^b, Mayumi Nishimura^a,

Yoshiya Shimada^a, and Yasuko Terada^c

^a放射線医学総合研究所、^bJASRI

^aNational Institute of Radiological Sciences, ^bJASRI

近年のレアメタルの産業利用の増大で、将来的な環境汚染やこれに伴う生体影響に関心が高まっている。本研究では、リサイクル化が進んでおらず、組織蓄積性が高いルビジウムについて、高エネルギー領域微小ビームシンクロトロン放射光蛍光X線分析 (SR-XRF) における至適検出条件の検討ならびにラット腎臓等の組織分布の測定を試みた。微小ビーム分析により、部位特異的なルビジウムを検出した。

Rare metals have been used increasingly in industry. The environmental burden caused by mining and pollution due to illegally-dumped rare metal products are of recent concern. Rubidium is a rare metal that is found in various organs but its distribution in tissues is not well understood. In the present study, we attempted to determine the distribution of rubidium in tissues by synchrotron radiation X-ray fluorescence (SR-XRF) using high incident X-rays. Site-selective distribution of rubidium in tissues, such as pancreas, kidney, and testis, was obtained.

Keywords: Rubidium; Kidney; Pancreas, Imaging.

はじめに： レアメタル（希少金属）は、他の元素と合金がこれまでにない性能や機能を有することから、近年広く産業利用されている。レアメタルの利用増大に伴い、採掘による環境負荷やレアメタル製品の不法投棄による環境汚染が懸念される。しかしながら、レアメタルの体内挙動・代謝は十分に理解されておらず、安全性に資する科学的根拠は乏しい。詳細な元素分布の解析には微小ビームを用いた分析手法が優れている。しかし汎用の蛍光X線分析では、レアメタルのうちの4割近くは、これらの元素のマイナーピークがカ

リウムやカルシウムなどの生体多量元素に妨害され、組織中に微量に含まれるサンプルには対応できない。高エネルギー励起X線を用いたシンクロトロン放射光蛍光X線分析 (SR-XRF) では、生体多量元素の妨害を受けないエネルギー領域でこれらの元素のメジャーピークを検出することが可能である。

ルビジウムは光学レンズの添加剤[1]や陽電子放射断層撮影 (PET) のトレーサー[2]として利用されている。ルビジウムは様々な臓器に存在しており[3]、我々にとって必須元素の一つに考えられているが、組織分布につい

ては十分に理解されていない。そこで本研究では、リサイクル化が進んでおらず、組織蓄積性が高いルビジウムに着目し、ラット腎臓等の組織分布の測定を試みた。

実験： ルビジウムを添加した薄切 (20 μm) 分析標準[4]を作成し、これを用いて検出条件の検討を行った。ラット組織の凍結切片 (20 μm) を作成し、SR-XRF 測定試料とした。これに隣接する残りの一部組織 (150 mg) は高純度硝酸で灰化し誘導結合プラズマ質量分析法によりルビジウム濃度を測定した。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。

結果： ルビジウム (Rb $K\alpha = 13.37 \text{ keV}$) については励起 X 線エネルギー 20 keV の微小ビーム (1 $\mu\text{m} \times 1 \mu\text{m}$) を用いたところ、数 ppm 程度のルビジウムを百秒程度で検出できることがわかった。実験動物サンプルなどに十分対応できるものと考えられた。

次に無処置ラット組織について微小ビームを用い、元素マッピングおよび部位選択的な測定を行った。膵臓のルビジウム濃度は 7.95 $\mu\text{g/g}$ wet weight であったが、膵島にお

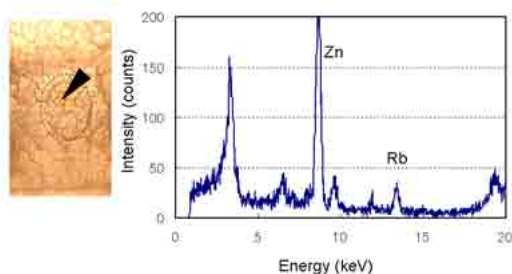


図1 ラット膵島における XRF スペクトル
(A) 膵臓切片。膵島を波線円で示した；(B) 矢印 1 における XRF スペクトル。SR-XRF 点分析は以下の条件で行った。励起 X 線エネルギー、20 keV；ビームサイズ、1 $\mu\text{m} \times 1 \mu\text{m}$ ；計数時間、300 秒。

いてルビジウムの明確なピークが検出できた (図 1)。腎臓ではルビジウムは一部の尿細管で蓄積が認められた。精巣ではライディッヒ細胞の一部や精細管上皮の外辺部などより限定された部位でルビジウムが確認された。

今後の課題： 今回、微小ビーム分析という新しい技術より、微細部位におけるルビジウム局在を得ることができた。ルビジウムは生体多量元素のカリウムと同族で類似の挙動をすると考えられてきた。一方で、例えば腎臓では両者のクリアランスや取り込み部位の違いが指摘されてきている[5]。細胞構造と対応した両者の分布の類似性に関するデータが取得できれば、生体元素認識メカニズム解明研究への展開が期待できる。

参考文献

- [1] Imre A. W., et al., J. Phys. Chem. B, **111**, 5301-5307, (2007).
- [2] Machac J, Semin. Nucl. Med., **35**, 17-36, (2005).
- [3] Yukawa M., et al., Arch. Environ. Health, **35**, 36-44, (1980).
- [4] Homma-Takeda S, et al., J. Radioanal. Nucl. Chem., **279**, 627-631, (2009).
- [5] Beck F-X, et al., Kidney Int. **34**, 455-462, (1988).

論文等発表状況

- [1] 武田志乃、磯浩之、石川剛弘、今関等、島田義也：腎臓におけるルビジウム分布。第 25 回 PIXE シンポジウム 群馬 2008.9.11. 口頭
- [2] 武田志乃、寺田靖子、磯浩之、石川剛弘、及川将一、小西輝昭、今関等、島田義也：高エネルギー領域放射光蛍光 X 線分析およびマイクロ PIXE 分析による腎臓の元素イメージング。第 20 回日本微量元素学会 東京 2009.7.2-3. ポスター (予定)