

海産生物と放射性物質

—ベータ線計測による放射性ストロンチウムの定量—

ベータ線のみを放出する放射性ストロンチウムを分析するためには、長い分析工程が必要で、結果を得るまでに時間がかかります。今回は、この点について解説したいと思います。

原子核に電子が入り出る現象を総称してベータ(β)壊変と呼びます(注1)。原子炉内で生じた核分裂生成核種の多くは、中性子の数が陽子に比べて過剰で、主に原子核内で中性子が陽子へと変化すると同時に核外に電子(この電子を「 β 線」と呼ぶ)を放出する「 β -壊変」が起こります(注2)。 β 線の正体は電子ですが、ガンマ線(電磁波)のように固有のエネルギーではなく、「連続エネルギーを持つ」ので、互いに区別ができず、 β 線測定で放射性核種を定量するには化学分析により目的核種を単離する必要があります。

【放射性ストロンチウム】

ストロンチウム(Sr)は原子番号38番、少なくとも23種の同位体が確認されており¹⁾、うち質量数84、86、87、88の4核種が安定同位体です。なかでも、ストロンチウム90(^{90}Sr 、半減期28.78年)は、セシウム137(半減期30年)と同様、原子炉の運転で多量に生成し、かつ半減期が長いので、環境放射能分野において重要視されています。 ^{90}Sr は、イットリウム90(^{90}Y 、半減期64.1時間)を経て、ジルコニウム90(^{90}Zr 、安定核種)に壊変します(図1)。

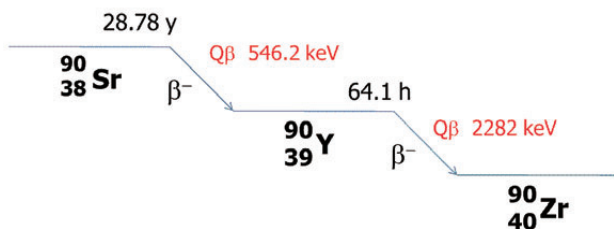


図1 ストロンチウム90の壊変図(概略)¹⁾
(赤字は壊変に際して放出される β 線の最大エネルギー)

特徴的なのは、この壊変に際しては β 線しか放出されない点で、当然ながらガンマ線計測の主流であるゲルマニウム半導体検出器では測定することができません。

【放射化学分析】

例えば、魚肉等の試料は灰化し、酸抽出・分解、イオン交換分離、沈殿分離などを駆使し最終的にストロンチウムを精製した酸性試料溶液を得ます。

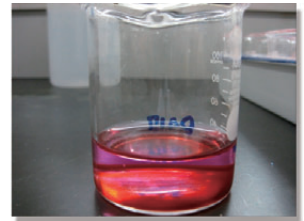


写真1：水酸化第二鉄沈殿

ここに、鉄担体(Fe^{3+})を入れ、アンモニア水を加えると水酸化第二鉄沈殿が生じます(写真1)。この時、 ^{90}Sr は溶液に残りますが、 ^{90}Y は水酸化第二鉄沈殿に吸着(共沈現象)するので、ろ過により分離できます。その結果、図1の壊変が途切れて、溶液には純粋に ^{90}Sr のみが存在することになります。この操作をスカベンジ(掃除するということ)と呼びます。この溶液を放置しておくと、 ^{90}Sr から ^{90}Y が生長してくるので、再度水酸化第二鉄沈殿を作ることによって新たな ^{90}Y を分離することができます。ちょうど、牝牛(カウ)(^{90}Sr)から繰り返しミルク(^{90}Y)を搾ることに似ているので、この操作を“ミルクング”と呼んでいます。スカベンジから一定時間経過してミルクングした ^{90}Y を水酸化第二鉄に共沈させ、ろ紙上にマウントして測定用試料を作ります(写真2)。



写真2：マウント線源

【ベータ線計測】

β 線計測にはガイガーミュラー計数管を基本原理としたガスフロー型測定装置が用いられます。ここで、測定用試料には ^{90}Sr はなく、「 ^{90}Y 」のみがあることに注目してください。実は、 ^{90}Sr を定量する際には、既知の一定時間内で成長してきた ^{90}Y を β 線測定で求め、その ^{90}Y から逆算して ^{90}Sr を定量します。すなわち、「 ^{90}Sr 分析において、 ^{90}Sr は測定しない」のです。

(注1) 核種が別の核種に変わることを「壊変」と呼びます。
(注2) β 線放出と同時に反ニュートリノも放出され、原子番号が一つ大きく質量数が同じ核種(同重体)になります。

1) R. B. Firestone, *et al.* Table of Isotopes, 8th Edition, 1996.

(事務局 研究調査グループ 及川 真司)