

環境中放射性ストロンチウムの分析技術

環境創造研究所 環境リスク研究センター 環境化学部 服部 達也

放射性ストロンチウムの分析は、非常に複雑で長い処理過程が必要であり、多大な労力を要するため多検体分析が困難となっています。そのため放射性セシウムのように食品、飲料水などを含め大規模な調査分析が行えない状況にあります。ここでは放射性ストロンチウムの特徴と、現在研究されている迅速分析技術について紹介します。

放射性物質の種類とその危険度

—警戒すべき内部被ばく

原子力発電所の事故によって発生する放射性物質は多くの種類があり、特に環境や人体にとって影響の大きいものは下記の特徴をもつ物質になります。

- 1)生成量が多い
- 2)半減期がある程度長い(数年～数10年程度)
- 3)生物内に吸収、蓄積されやすい

2)に関しては、事故直後などには危険な対象物質であっても、比較的早く減衰して持っている放射能を失ってしまうものもあり、長期的なモニタリングの必要性は薄れます(例えば、事故直後に問題になったヨウ素131は危険な放射性物質ですが、半減期が約8日であるため、2013年9月現在では事故時の 10^{32} 分の1以下というレベルになっています)。

逆に半減期が数万年にわたるような物質は長期にわたって放射能が減少しないため、人間の生涯にばく露される放射線の量を考慮する必要があります。

3)については、放射性物質が体外にある限りは、汚染が見つかった時点で避難・隔離・除染などの手段を講じることでそれ以上の被ばくを防ぐことができますが、放射性物質が体内に吸収されてしまった場合、長期間の被ばくを避けることは困難です。放射線は線源から離れるに従ってその強さを大きく減らしますが、内部被ばくの場合、臓器への影響は大きなものになります。

これら2)と3)の特徴をもつ放射性物質が放射性セシウム(主にセシウム134: ^{134}Cs およびセシウム137: ^{137}Cs)、放射性ストロンチウム(ストロンチウム90: ^{90}Sr)です。これらはある程度の長さの半減期を持ち(^{134}Cs :約2年、 ^{137}Cs :約30年、 ^{90}Sr :約29年)、もし呼吸や飲食等によって体内に摂取されるとカリウムと同族のセシウムは全身の細胞に、カルシウムと同族のストロンチウムは骨に吸収され、代謝によって排出されるか、放射線の物理的減衰を待つほか対処手段がなくなってしまいます。

セシウムは体外への排出が比較的早い(生物学的半減期で約100日)のに対し、骨に蓄積するストロンチウムは

体内の残留期間が長く(同約50年)、一度摂取してしまうと長期間にわたり、粒子線(β 線)の影響を受け続けることとなってしまいます(図1)。また生物体内に長く蓄積する、ということは環境中に放出された放射性物質が食物連鎖によって濃縮される危険性が考えられるため、放射性ストロンチウムについては生態系を含めた詳細な調査研究が求められています。

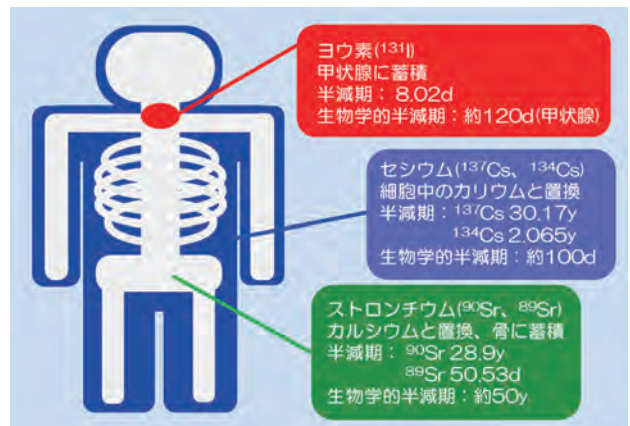


図1 特に人体に危険な放射性物質とその特性※1

煩雑で技術を要する放射性ストロンチウム分析

前述のように、放射性セシウムおよびストロンチウムにはほかの放射性物質以上の危険が認められながら、ストロンチウムについてはセシウムほどの調査が進んでいません。その理由は放射性ストロンチウムの分析が非常に煩雑であり、長い分析時間と高いコストを必要とするためです。

^{134}Cs および ^{137}Cs は γ 線を放出します。 γ 線は電磁波の一種で、特徴として「物質の透過性が高い」「特定のエネルギーであり、放射性物質毎の分離がしやすい」という点があります。物質の透過性が高いため、試料の内部にある放射性物質も問題なく検出することができ、また特定のエネルギーレベルに着目して、多種の放射性物質が存在する試料でも対象の放射性セシウムだけを分離して測定することができます。このため放射性セシウムは試料に特別な処理を施すことなく測定ができ、結果として迅速な測定が可能です。また比較的解析が容易であるため、

測定機関は全国に多く存在します。

これに対し、放射性ストロンチウムはセシウムと異なり、 β 線を放出しつつ、崩壊します。このため β 線によってその放射能を分析しますが(写真1)、 β 線は物質の透過性が低く、またエネルギーが連続的であるため、セシウムと同じように測定しても試料のほぼ表面にある放射性ストロンチウムしか検出できず、また検出シグナルをほかの放射性物質と分離することも困難です。このため放射性ストロンチウムの分析を行うには対象の試料に対して化学的前処理を施し、試料からストロンチウムだけを分離する必要があります。



写真1 放射線(β 線)測定装置

ストロンチウムはカルシウムと物性が類似しているため、試料からカルシウムを分離し、また環境中に自然に存在する放射性カリウムや放射性鉛等も分離する必要があるため、放射性ストロンチウム分析では図2に示したような操作を行います。これには静置期間を含め、長期間(2ヶ月程度)を要します。また上記のようにストロンチウムを分離して十分な回収を得るには熟練した技術を必要とします。さらに、水であれば100L、食品等では1kg程度の試料を酸等で処理するため、測定装置に加えて、適切な排気、排水設備を備えた実験設備が必要になります。

これらの事情により、現在でも放射性ストロンチウム分析が可能な機関がセシウムほどは増えず、結果として十分な調査を行いにくい現状となっています。

当社では事故直後よりこの現状を鑑み、いち早く放射性ストロンチウム分析の体制を整えてまいりました。大容量の試料に対応する設備、機材の整備と人材の育成により、環境中の水底質、生物試料他の分析を行っています。

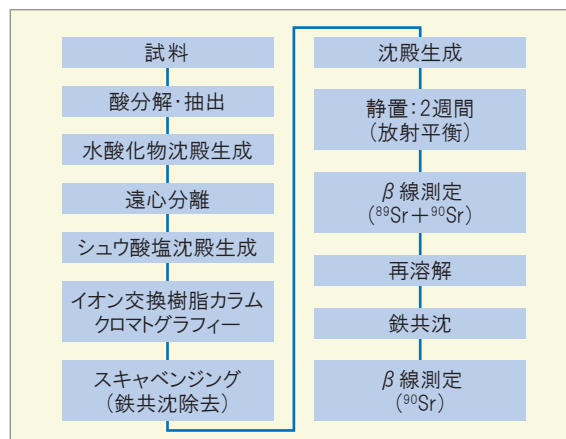


図2 放射性ストロンチウム分析フロー※2

放射性ストロンチウムの迅速分析

現在放射性ストロンチウムの分析に用いられている分析法は非常に複雑とはいえ高い検出能力をもち、バックグラウンドレベルの水質、土壌などの放射能濃度を定量することが可能です。しかしその分析期間とコストのため大規模な調査は難しく、また食品検査等に用いることも非常に困難です。こういった課題に対処するため、現在以下のようないくつかの迅速分析技術が考案、試験されています。

- 1) ストロンチウムを選択吸着する固相ディスクによる迅速捕集技術
- 2) 液体クロマトグラフ等によるストロンチウム分離技術
- 3) β 線エネルギー分離による放射性ストロンチウム選択測定技術

当社でも、これらの迅速測定技術について現在検討・開発を行っています。これまで50年以上にわたって続けられている環境調査では従来の公定法が用いられているため、今回の事故による汚染レベルの評価を迅速分析技術を用いて行うためには公定法とのデータの整合性の確保が不可欠です。当社ではこれらの迅速分析技術の開発とともに、公定法とのデータ比較等による手法評価も併せて進め、迅速分析技術の有効な利用方法についても研究を進める予定です。

〔参考資料〕

※1「アイトープ手帳 11版」(平成22年3月 公益社団法人日本アイトープ協会)

※2「放射性ストロンチウム分析法」

(平成15年改訂 文部科学省 科学技術・学術政策局原子力安全課防災環境対策室)