

放射能分析技術の高度化



—放射性Sr及び非交換型有機結合トリチウム(非交換型OBT)の分析法—

福島環境安全センター 放射線計測技術グループ*1

核燃料サイクル工学研究所 放射線管理部 環境監視課*2

眞鍋 早知 *1、内海 あずさ*1、松原 菜摘*2、三枝 純*1、武石 稔*1

研究成果報告会

-ふくしまの環境回復に係るこれまでの取組-
2015年11月9-10日

はじめに

福島第一原発事故で放出された放射性核種¹⁾の中でも、⁹⁰Sr及び³Hは半減期が28.8年及び12.3年と比較的長い核種である。⁹⁰Srは生体内に取り込まれると骨に蓄積されやすく、事故当時、¹³⁷Cs等と同様に環境中に放出された事が報告されている。³Hは主に水(H₂O)の状態での汚染水中に含まれ、汚染水からの除去は困難である。また、³Hの実効線量係数は生体内の³Hの存在形態によって大きく異なるため、存在形態別に³H濃度を測定する必要がある。そのため、これらの核種に関しては継続的な監視が必要であるが、⁹⁰Sr分析及び生体組織中の³H分析共に、従来の分析法では非常に時間が掛かり、一度に処理できる試料数も限られている。

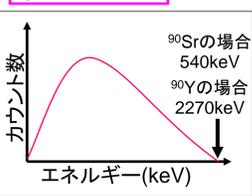
本件では、これらの分析法を導入・迅速化し、福島における環境試料の分析、特に農産物や海産物のモニタリングに適用する事を目的に、各分析法の検討を行っている。

放射性Sr迅速分析法

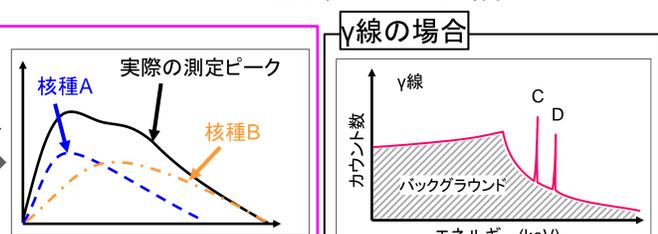
1. 通常の⁹⁰Sr分析法

・⁹⁰Sr(または⁹⁰Y)が放出するβ線を測定

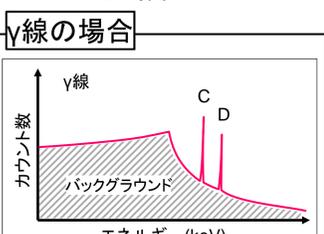
β線の特徴



エネルギーの大きさに幅がある(上限は決まっている)



2種類以上混ざっていると、個別に判別できない

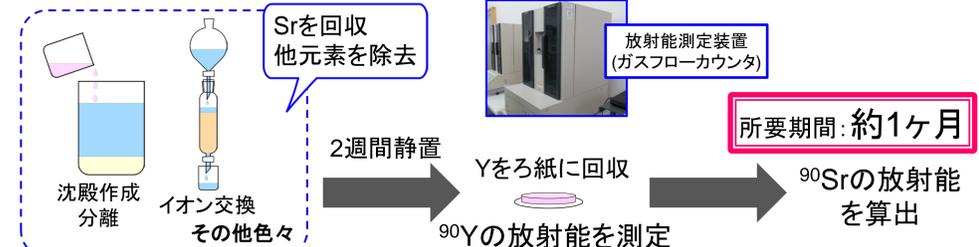


エネルギーが決まっているので、複数のγ線放出核種が混ざっていても判別できる

試料をそのまま測定可能

- ・⁹⁰Sr以外のβ線放出核種を除去する
- ・余計な安定元素も除去する(余計なものが多いと、β線が遮られてしまう)

《文科省マニュアル》²⁾

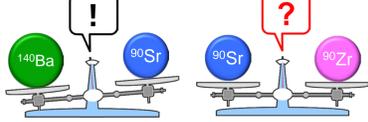


2. ICP-MSを用いた⁹⁰Sr迅速分析法

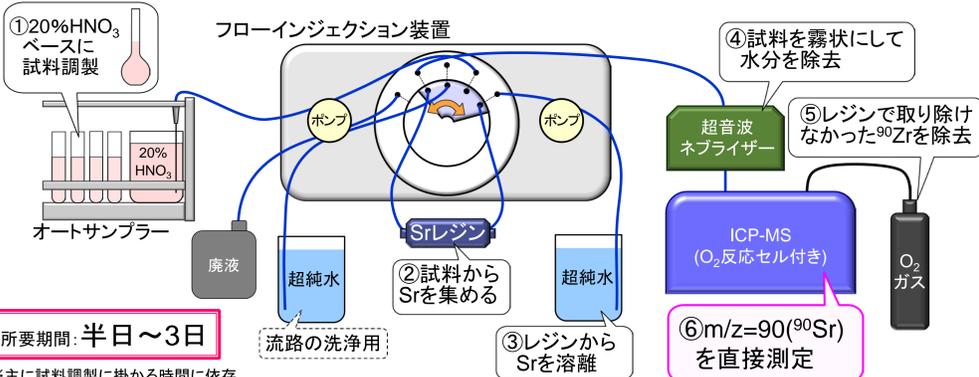
・β線ではなく、⁹⁰Srそのものを直接ICP-MSで測定する³⁾

ICP-MSの特徴

- ・原子の質量数(重さ)で種類を判別する
○⁹⁰Sr以外のβ線放出核種が入っていても、判別できる
×同じ質量数の別の種類の原子は判別できない
⁹⁰Zrが入っていると、判別できない
- ・普通の装置構成で対応可能な濃度は、数十ppt~100ppbくらい
×そのまま測定するには⁹⁰Srの濃度が低すぎる(環境試料の場合、この1000分の1以下の濃度)

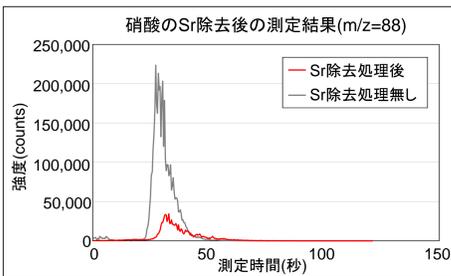


- ・Srを選択的に捕まえる『Srレジン』を装置に接続
⇒ Zr等を除去、Srを抽出・濃縮してICP-MSへ送る
- ・超音波ネブライザーを使用 ⇒ 水分を除去してICP-MSの感度を上げる
- ・ICP-MSの中で、Zrを酸素と反応させる ⇒ ⁹⁰Zr+¹⁶Oで、質量数106にする



所要期間: 半日~3日

※主に試料調製に掛かる時間に依存

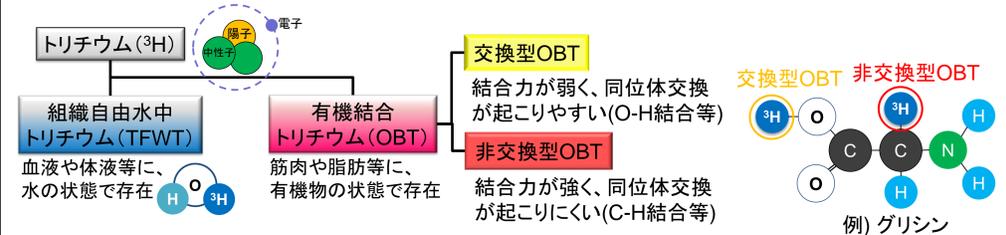


今後の予定

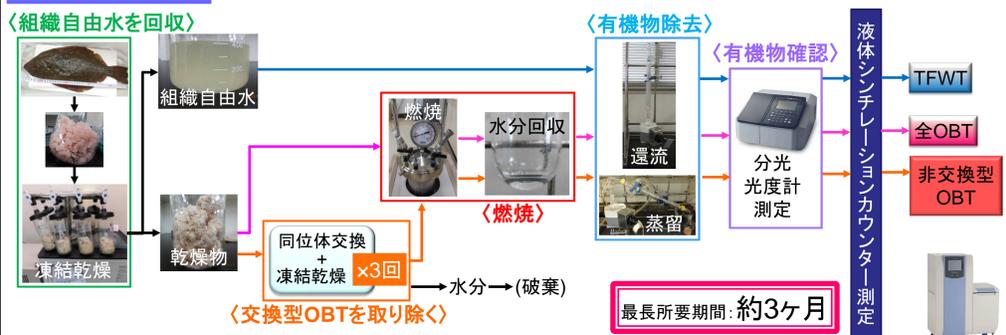
- ①極低濃度のSr溶液の試験測定
→どれくらい低濃度まで測定できるかを検討
- ②⁹⁰Sr濃度が分かっている試料の試験測定
→正しい値で測定できるかを検討
- ③環境試料(土壌・農産物・水等)の試験測定
→どのような試料に対応できるかを検討

非交換型OBT分析法

1. 存在形態による生体中の³Hの分類



2. 分析手順⁴⁾

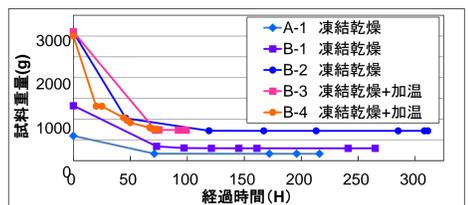


3. 恒量になるまでの乾燥時間の短縮

組織自由水を回収する工程では、測定に必要な組織自由水量さえ確保できれば良い

乾燥条件	乾燥時間 (H)	供試料量 (g)	乾燥重量 (g)	乾燥率 (%)	組織自由水回収量 (g)	回収率 (%)	
A-1	凍結乾燥	216	597.1	165.4	27.7	—	
B-1	凍結乾燥	265	1325.1	297.7	22.5	1029.1	100
B-2	凍結乾燥	311	3089.6	717.1	23.2	2370.0	100
B-3	凍結乾燥+加温	71+27(98)	3100.0	735.0	23.7	2310.4	97.7
B-4	凍結乾燥+加温	25+49(74)	3000.8	753.5	25.1	1789.1	79.6

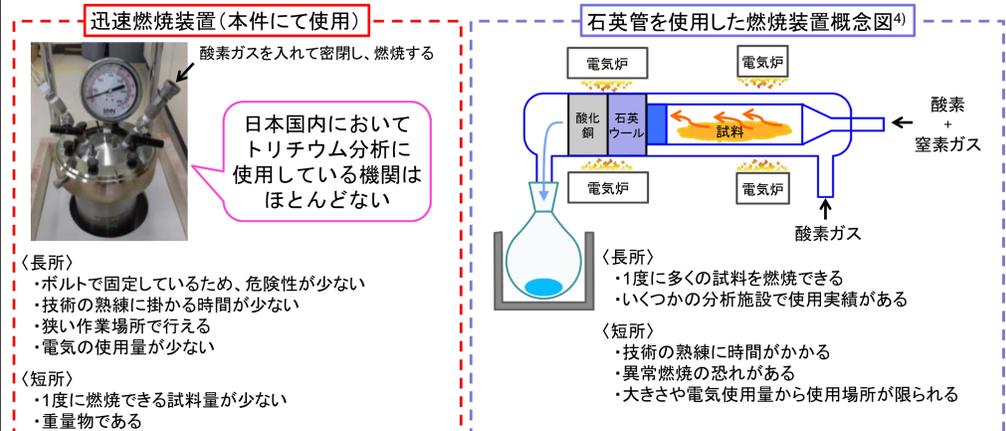
※B-1~B-4は同一試料を分割して使用



- 〈利点〉
- ・加温乾燥により、時間短縮が可能
- ・試料の凍結乾燥数の増加

- ・組織自由水回収に掛かる期間は**約3日間**
(供試料量3kg、組織自由水500mL確保できれば良い場合)
- ・恒量に掛かる期間は**約7日間**

4. 乾燥試料の燃焼

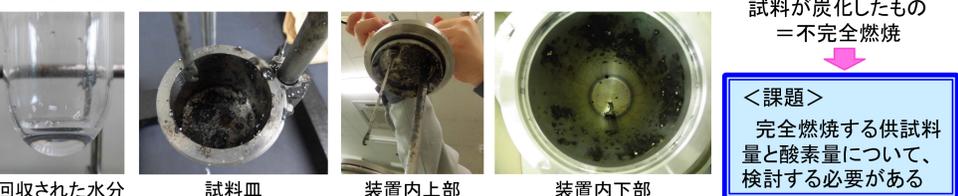


☆乾燥試料中の水素と酸素を反応させる ⇒ 水が生成される ⇒ コールドトラップで回収する

燃焼手順



《燃焼後の様子》



黒く見えるのは試料が炭化したもの=不完全燃焼

〈課題〉
完全燃焼する供試料量と酸素量について、検討する必要がある

引用文献
1) 文部科学省原子力災害対策支援本部、農林水産省農林水産技術会議事務局、第11回原子力委員会資料第1号「東京電力株式会社福島第一原子力発電所の事故に伴い放出された放射性物質の分布状況等に関する調査研究結果」の簡略版について、平成24年3月13日、<http://www.aec.go.jp/jicst/NC/iinkai/teirei/siryoy2012/siryoy11/siryoy1.pdf>
2) 文部科学省、放射能測定シリーズ2 放射性ストロンチウム分析法、平成15年改訂
3) 高見慶隆、古川真、尾藤裕、鈴木勝彦、ICP質量分析法による放射性⁹⁰Srの迅速分析とその適用事例、2014、Isotope News
4) 文部科学省、放射能測定シリーズ9 トリチウム分析法、平成14年改訂