

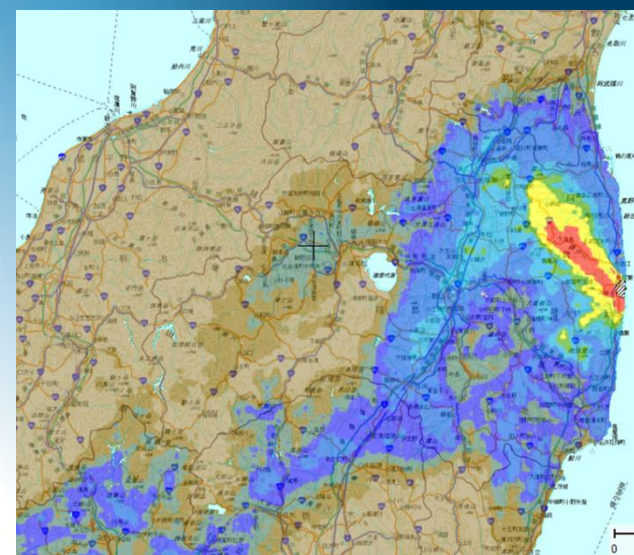
カスケード型ICP-MSによるストロンチウム90分析

# ICP-MSによるSr-90のオンライン分離分析と 福島第一原子力発電所事故に関わる汚染調査

(福島大理工) 高貝 慶隆



Radioactivity concentration in soil <sup>1)</sup> (Iitate Warabidaira)		
Nuclide	Half-life (day)	Concentration (Bq/g)
<sup>110m</sup> Ag	249.95	
<sup>129m</sup> Te	33.6	39.7 ± 0.7
<sup>129</sup> Te	33.6	23.7 ± 0.4
<sup>131</sup> I	8.021	123 ± 0.2
<sup>132</sup> Te	3.204	222±1
<sup>132</sup> I	3.204	182±1
<sup>134</sup> Cs	754.2	28.0±0.05
<sup>136</sup> Cs	13.16	5.97±0.05
<sup>137</sup> Cs	10,958	31.3±0.06
<sup>140</sup> Ba	2.894	1.76±0.17
<sup>140</sup> La	2.894	±



放射性セシウムによる土壤汚染  
航空機モニタリングマッピング  
(文部科学省 2011/11/05現在)より

## 社会的な問題

- 骨に蓄積
- 強い $\beta$ 線エネルギー
- 胎児・幼児が影響大
- ハンディー線量計では計測できない

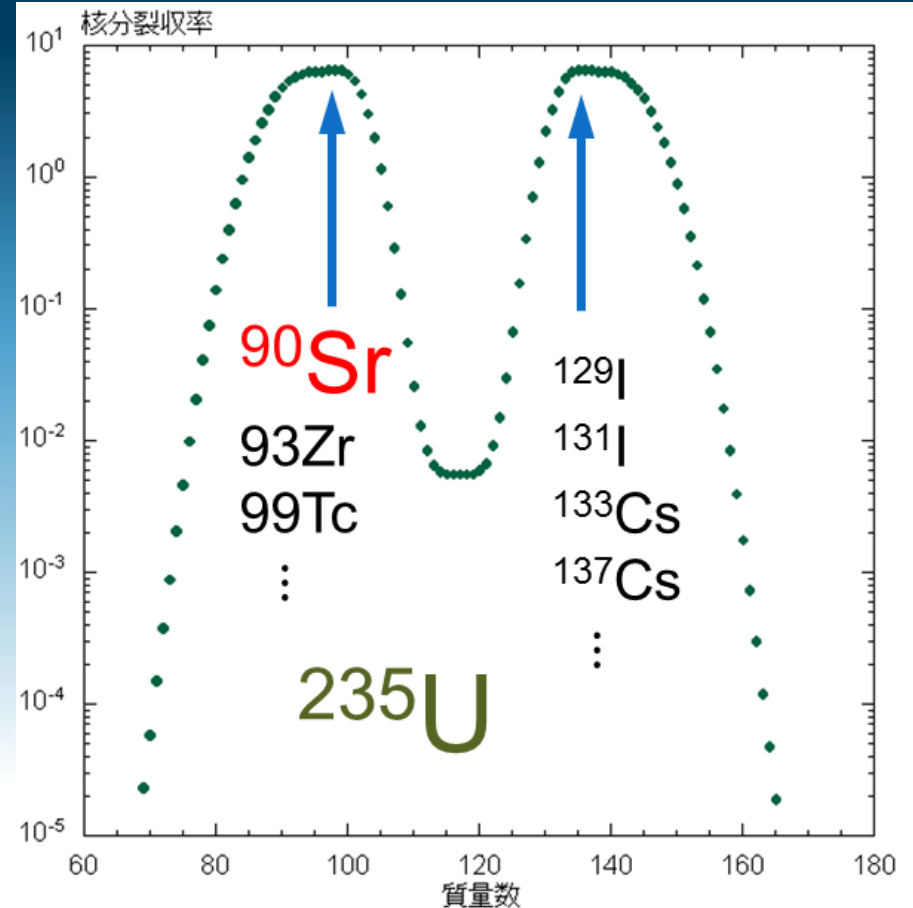


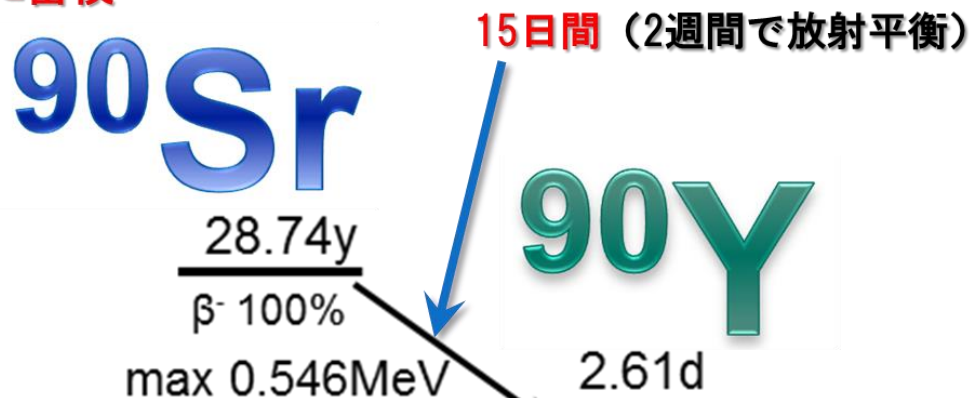
図5 核分裂生成物の収率

(ウラン235が熱中性子で核分裂を起こした場合の例)

[出典] T. Nakagawa et al. (編), "Curves and Tables of Neutron Cross Sections in JENDL-3.3, JAERI-Data/Code 2002-020(2002)

# 放射線分析／質量分析における問題点

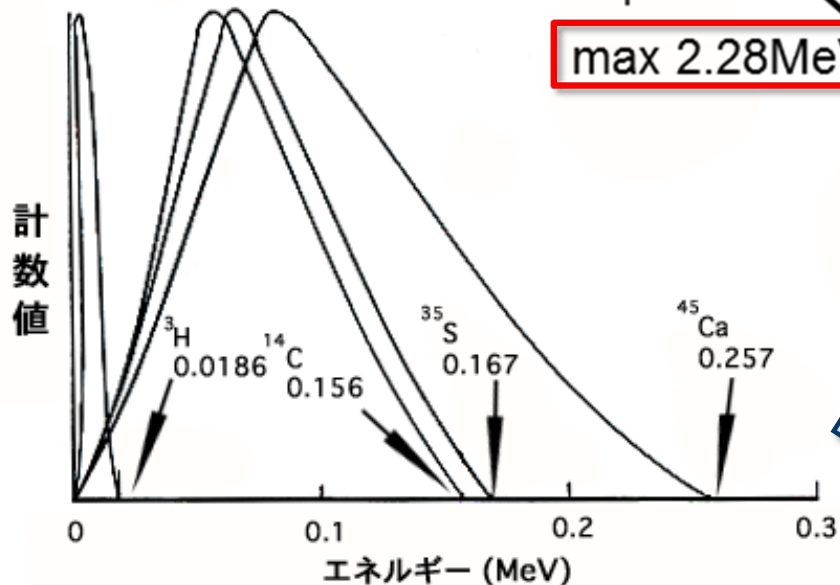
骨に蓄積



分析上の問題

- ・長い分析時間
- ・単離操作  
→ 熟練のスキル必要
- ・同重体の分離

→ 質量分解能の高い質量分析計の使用  
 AMS, TIMS, GD-MS, ICP-SFMS



代表的核種のβ線エネルギースペクトル

**$^{90}\text{Zr}$**  天然に豊富に存在

$^{137}\text{Cs}$ : max 0.514MeV( $\beta^-$ ), max 1.176MeV( $\gamma$ )  
 $^{134}\text{Cs}$ : max 0.605MeV( $\gamma$ ), max 0.796MeV( $\gamma$ )

放射線分析では、緊急時における分析が間に合わない。

# 高周波誘導結合プラズマ質量分析計(ICP-QMS)



- ・短時間(数分)で金属イオンを分析できる。
- ・多くの分析機関が保有している。  
⇔ AMS, TIMS, GDMS, ICP-SFMS
- ・RI資格がいない。
- ・マイクロウェーブ分解装置と併用することで、  
液体, 固体に関わらず分析できる。
- ・試料の密度や自己吸収を考慮する必要がない。



放射線分析機器に比べてメリットが多い  
→ 一般的な分析機関ですでに保有。

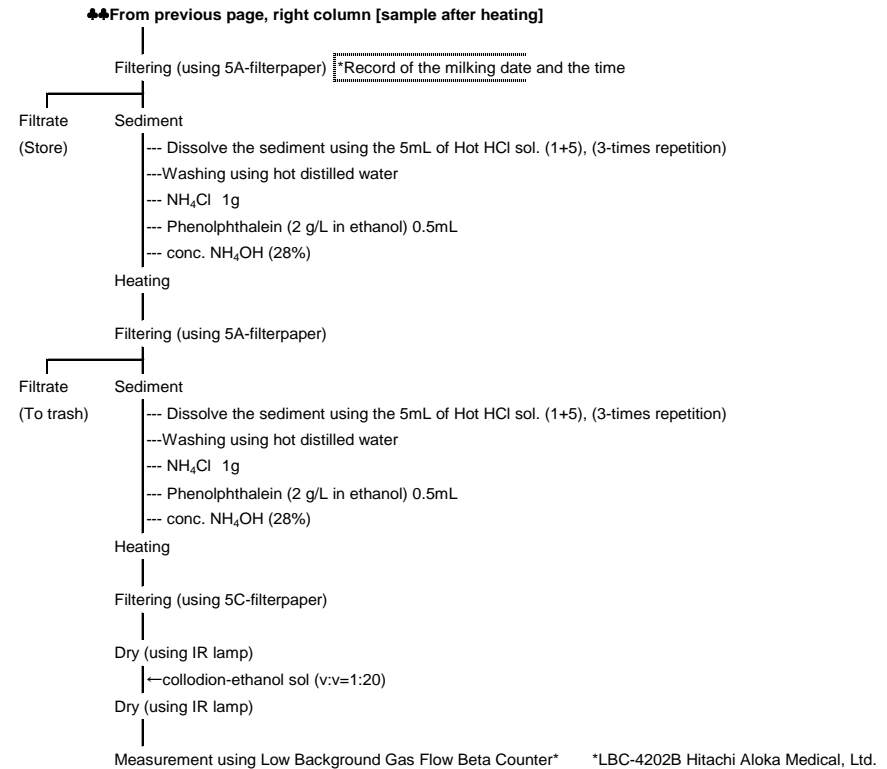
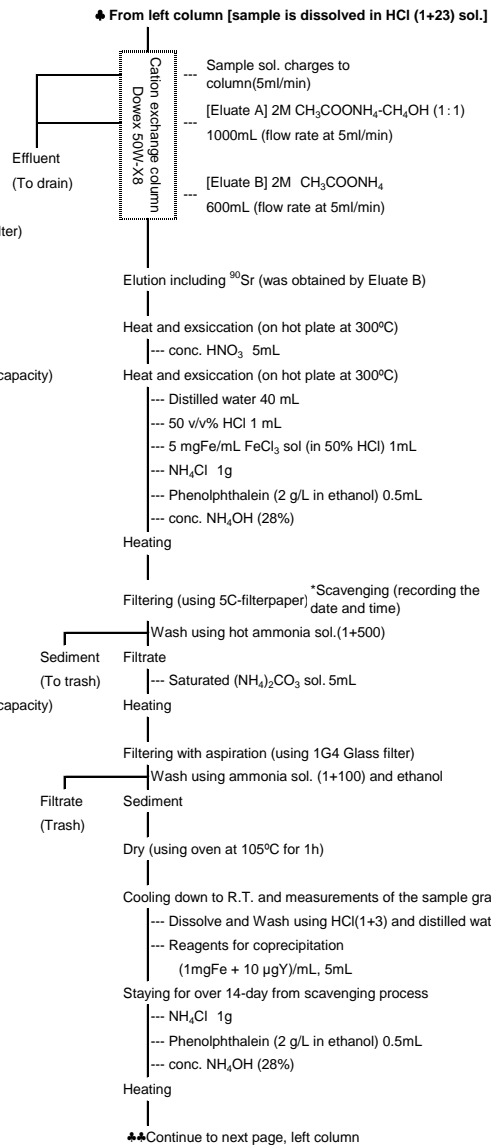
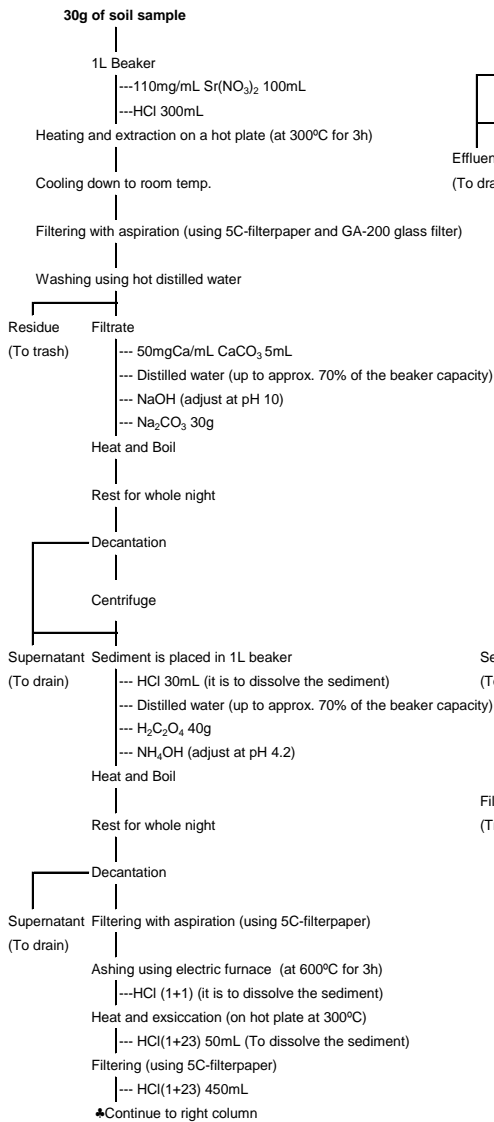
## 問題点

- ・同重体の分離(質量分解能)
- ・放射性Sr分析における分析感度不足

そこで・・・

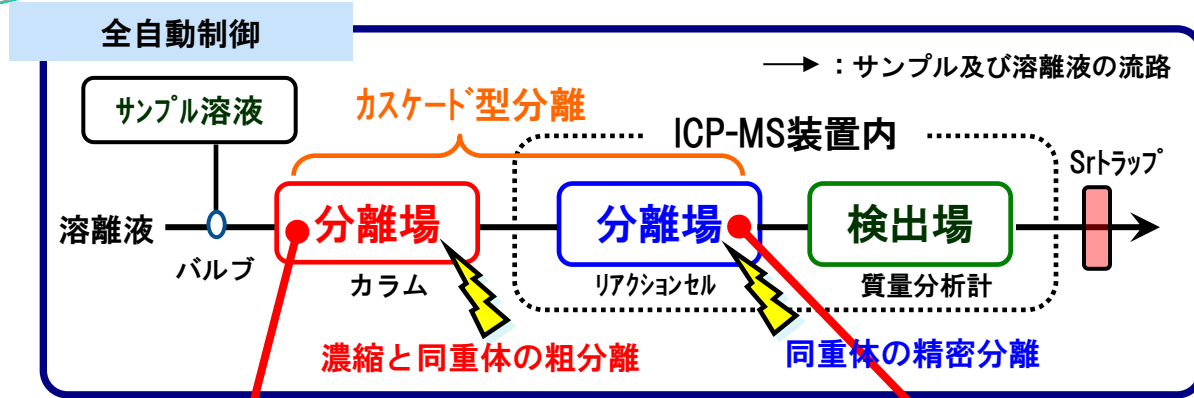
# 非常に煩雑で、経験やスキルを要する公定法

<sup>90</sup>Sr conentional analytical protocol for soil



最短で2週間, 通常1か月の  
前処理時間

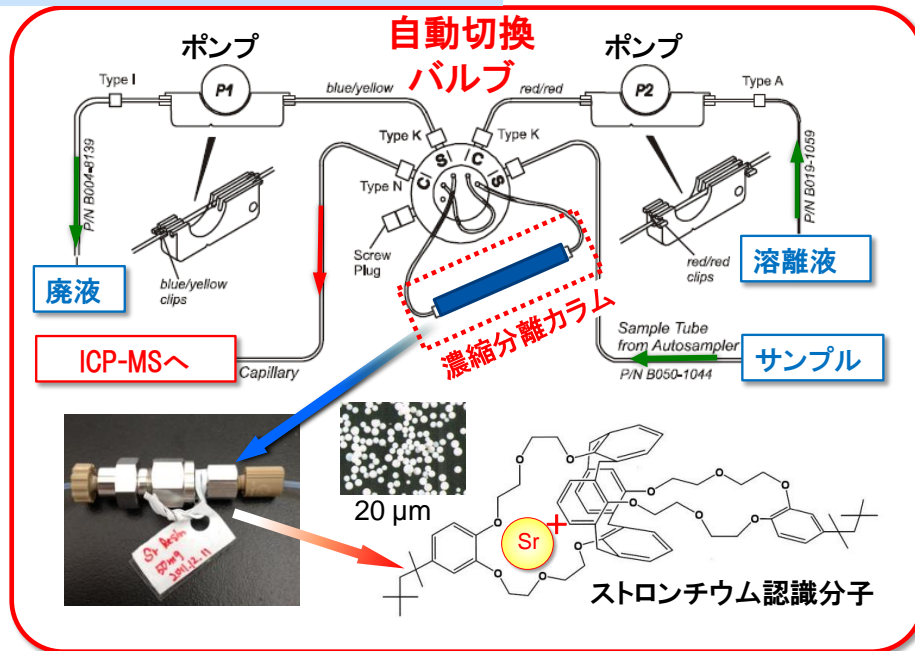
# カスケード濃縮分離内蔵型ICP-QMSシステムの概要



## 本法の優位性

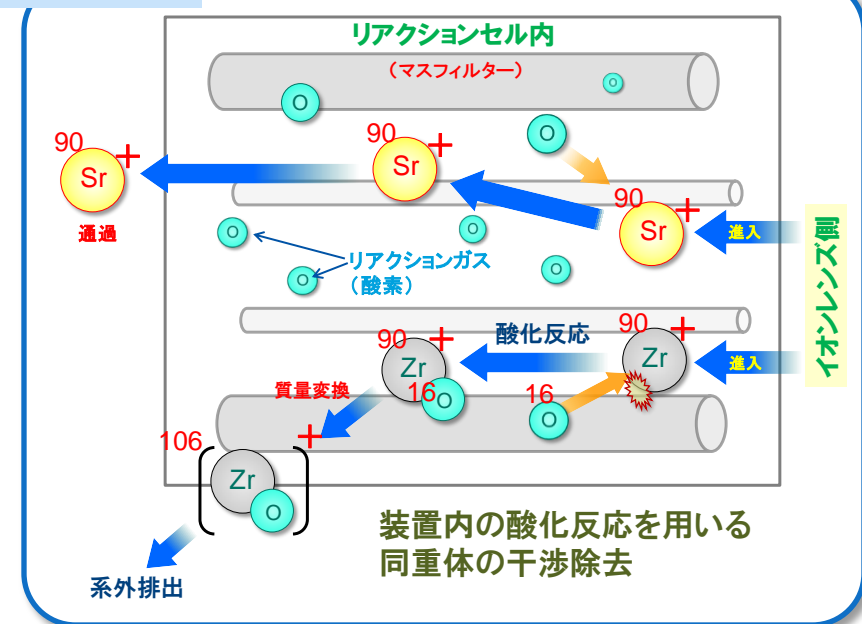
- 約15分/ 試料の測定
- 高選択性(多段分離)
- 高感度化(自動濃縮)
- 安全性確保(全自動)
- RI 標準液が不要

## マトリックス除去・濃縮・粗分離



## オンラインカラム濃縮分離 (双方向回転型8系統ダブルポンプ)

## 精密分離



## 金属酸化反応による分離

# 装置外観と各部でのアプローチ

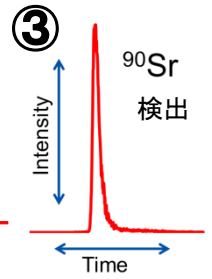
マイクロウェーブ加熱  
溶出装置

ICP-QMS

超音波  
ネブライザー

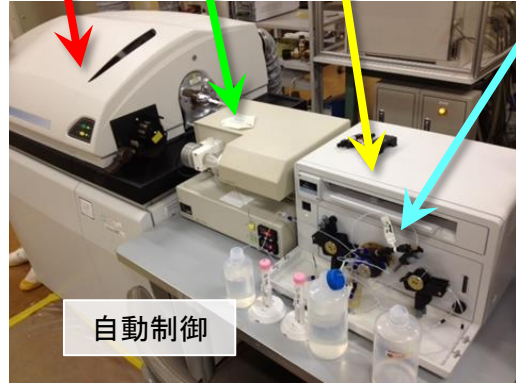
双方向回転型  
8系統ポンプ

Sr濃縮分離カラム



スクラバ付排気装置

MW加熱溶出



自動制御

システム概観(写真)

マスバイアス調整  
(セルパス電圧)

レンズ

四重極マスフィルター

検出器

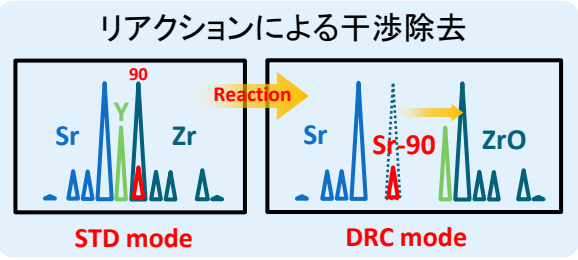
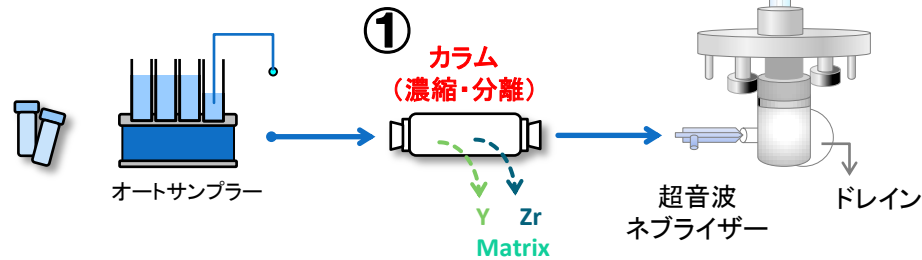
プラズマ  
トーチ

② リアクションセル  
(四重極マスフィルター)

Microwave

例:  
← 試料 0.5 g  
← HNO<sub>3</sub>  
← H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>

分解容器(4~48本)



— Sr-90  
— Zr-94  
— Y-89

check { Sr-88の検量線で Sr-90を定量する

前処理装置

カラム分離濃縮部

ICP-MS部(分離・検出)

マイクロウェーブ  
(MW)加熱溶出

自動制御・計測システム(システム内で連動)



## まとめ

- $^{90}\text{Sr}$ 分析に特化したカスケード濃縮分離型の高周波誘導結合プラズマ質量分析(ICP-MS)システムを開発した。
- 従来法は、2週間から1か月の分析時間を要したが、本法は1時間以内で分析することができる。
- 土壌、水質などへ応用できる。
- 福島県内の放射線量の高い地域の土壌を測定して、公定法と本法に有意差がないことを実証した。
- 福島県内の土壌、海底土測定を行う。
- 東京電力福島第一原子力発電所内での稼働を目指す。