

# イオン交換法 (溶存態濃縮)

筑波大学アイソトープ環境動態研究センター  
末木啓介

20151021 第1回放射能測定分析技術研究会 (RAD1研) セミナー

## 概要

- 河川中の溶存態放射性セシウムを、Na型の陽イオン交換樹脂に吸着させて回収する方法である。
- 本方法は既存の軟水化技術をそのまま応用しており、用いる陽イオン交換樹脂も工業用に市販されているものである。通水後の水はそのまま河川に戻すことが可能であり、現場で採水することを目的に組み立てたセットアップである。
- 特徴は、99%以上の放射性セシウムを2.0 L/minの通水速度で回収することが可能であり、100 Lの濃縮が50分程度で達成する。

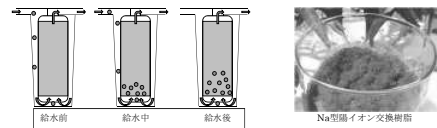
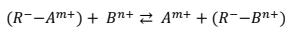


図 カートリッジ内の放射性セシウム回収の概念図

2

## イオン交換法の原理



$$K_A^B = \frac{[A]_{aq}^m [B]_R^n}{[A]_R^m [B]_{aq}^n}$$

陽イオン交換樹脂 ゲル型 8%架橋度

$$K_{Na}^X = \frac{[Na]_{aq} [X]_R}{[Na]_R [X]_{aq}}$$

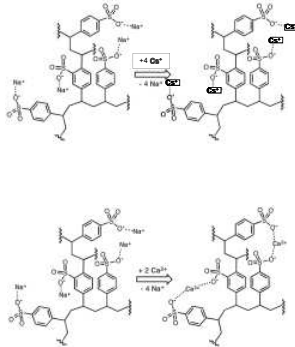


表 陽イオン交換平衡係数(ゲル型 8%DVB)

X	$K_{Na}^X$
K <sup>+</sup>	1.67
Cs <sup>+</sup>	1.80
Mg <sup>2+</sup>	1.67
Ca <sup>2+</sup>	2.60

「イオン交換入門」 垣花秀武、森芳弘共著 広川書店、pp51 表3.1より計算しなおした

3

## 今回用いた器具等

- 吸着材用ハウジング  
Interlifil 9.75"X2.75" bottle in KEMFLO
- 陽イオン交換樹脂  
住化ケムテック 型番:KC210 Na型
- 給排水用ポンプ
- 流量計
- 前処理用のフィルター  
0.4 μmセディメントフィルター  
多段階式フィルター(懸濁態回収)

## 溶存態放射性セシウムの回収率

<sup>137</sup>Cs約35 Bqを20 Lの純水に添加して吸着実験を行った。陽イオン交換樹脂、プルシアンブルー (ANFEZH、MCピーズ)の3種類の吸着材は100 mL毎に層状にハウジング内に入れておき、それぞれをU8容器に入れてガンマ線測定で定量した。

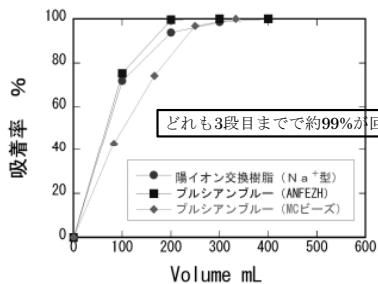


写真 装置のハウジング例

5

## 溶存態放射性セシウムの回収率

陽イオン交換樹脂に対して、<sup>137</sup>Cs約35 Bqを20 Lの純水および水道水に添加して吸着実験を行った。樹脂は100 mL毎に層状にハウジング内に入れておき、それぞれをU8容器に入れてガンマ線測定で定量した。

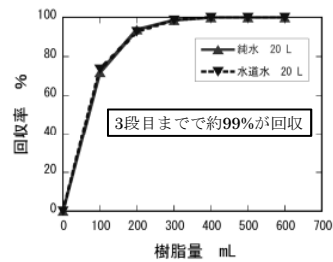


写真 装置のハウジング例

つくば市上水  
カルシウム・マグネシウム 70-80 mg/L

6

## 700 mLマリネリ容器によるGe測定

検出限界(相対検出効率40%のGeの場合)  
500 L、 5000秒 0.70 mBq/L  
50000秒 0.15 mBq/L



測定試料  
700mLマリネリ容器に収納した放射性セシウムを濃縮した陽イオン交換樹脂

容積標準試料は、日本アイソトープ協会より購入した<sup>134</sup>Cs、<sup>137</sup>Cs標準溶液をもとに700 mLマリネリ容器に自作したものを使用した。

容積標準試料  
700 mLマリネリ容器  
質量705.62 g、密度1.0 g  
<sup>137</sup>Cs(662 keV) 0.0182 cps/Bq  
<sup>134</sup>Cs(605 keV) 0.0197 cps/Bq  
<sup>134</sup>Cs(796 keV) 0.0142 cps/Bq

問題点  
700 mL均一に放射性セシウムは吸着していないので、マリネリ容器に入れる前にどれだけ均一に混ぜ合わせられるかが測定の精度を決める。  
カルシウム、マグネシウムの濃度が容量超過に関係する。海水は無理。

## 操作手順

- (1)通水前
  - ① 陽イオン交換樹脂は純水で2度洗浄して使うこと。
  - ② ハウジングにセット後 約10 Lの純水でコンディショニングする。
- (2)通水時
  - 給水はポンプ等で、2.0 L/分の通水速度で通水を行う。
- (3)通水終了後
  - 通水重量測定:通水終了後、水容器の重量を測定し、1)で測定した水重量との差分から、通水重量を計算する。また、排水を全量回収し、排水の重量を測定してもよい。河川から直接給水する場合には給水量は計算で求める。
  - ハウジングからカートリッジを取り出す。一旦ポリ袋に移してよくかき混ぜてから保管しておく。

## 南相馬市原町区農業用水での現地試験



右から  
0.4μmセディメントフィルタ  
陽イオン交換樹脂(700ml)  
陽イオン交換樹脂(700ml)  
通水は右から順に直列通水

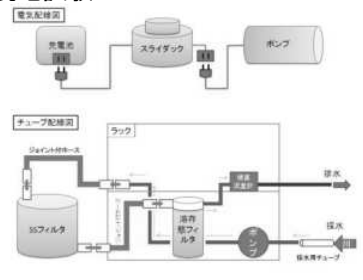


農業用水を2 L/min  
で500 Lを流し捕集

用水への設置及び通水の排水 設置状況

## 阿武隈水系河川での現地試験

ポンプの位置と水面の高低差が2m程度は問題ないが、それ以上になるとポンプの変更を要求  
橋上からの試料採取への工夫が必要



★2014年11月22日 水境川(川根町)  
213.57 L (約2時間) AMP法: 21.3 L

★2014年11月22日 口太川下流(二本松)  
183.12 L (約1.5時間) AMP法: 21.4 L



## 淡水中セシウム回収セットのコンパクト化

旅行鞆に収納し、持ち運びを少しラクに



ポンプの揚水量を上げる場合は別途発電機が必要



## 河川等における現地試験

- 南相馬市原町区農業用水  
初段に懸濁物質を取り除くための0.4ミクロンセディメントを導入して、その後段に陽イオン交換樹脂カートリッジを2段導入して、農業用水を2 L/minで500 Lを流し捕集を行った。測定は700 mLマリネリ容器に移して測定した。この結果は1段目に99%回収できることを確認した。(<sup>137</sup>Cs 100 mBq/L)
- 阿武隈水系河川  
初段に福島大学開発の多段式フィルタ0.45 μmを導入し懸濁物質を取り除いたのちに、その後段に陽イオン交換樹脂カートリッジを1段導入した。河川水を2 L/minで約200 Lを流し捕集を行った。同時に採取された河川水20 LからAMP法で<sup>137</sup>Csを求め比較した。若干のずれは生じているが、ほぼ一致している。

	イオン交換法 mBq/L	AMP法 mBq/L
水境川	11.8±0.2	10.3±0.4
口太川下流	1.10±0.07	1.25±0.07