

汚染水から Sr を吸着・除去する 新技術

小野 俊朗
Ono Toshiro

1. はじめに

福島第一原子力発電所事故により環境中に放射性 Cs や放射性 Sr が大量に放出された¹⁾。放射性 Cs については γ 線放出核種であり、測定あるいは解析が容易であることからそれによる汚染状況や除染の評価について広く行われてきている。しかし、その一方で環境中に放出された放射性 Sr に関する除染法を含む調査、研究開発は進んでいない。放射性 Sr は β 線核種であることで、測定評価のためには複雑な分離、分析過程が必要となることがこのことを困難にしている。

筆者らは骨の主成分から成るヒドロキシアパタイト (HAP: Hydroxyapatite, $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$) を用いて汚染水から効果的に放射性 Sr を吸着・除去する新規技術を開発した²⁾。本研究成果により、分離・測定が困難なために遅れていた放射性 Sr の除去及び環境汚染の調査、研究が進展することが期待される。

2. HAP

HAP はリン酸カルシウムより成るセラミックであり、骨の主成分と同一である。このために生体親和性があり、このため骨補填材などの臨床材料のほかに生活用品の材料としても広く使用されてきている³⁾。環境に対して低負荷であることが大きな特徴である。さらに、脂質やタンパク質の吸着剤として生化学分野でも使用されてきた⁴⁾。

筆者らは焼成温度 (200~900℃) 及び粒径

(0.25~0.50 mm) の異なる 5 種類の HAP を入手し (図 1) (太平化学産業(株)), Sr の吸着に最も効果的な HAP を選別した。さらに、組成が類似のトリリン酸カルシウム (TCP) 焼成体 9 種類についても検討した。

3. HAP の Sr 吸着能

HAP の Sr 吸着効果の検証は、非放射性 Sr 水溶液を HAP に添加してバッチ法により行った。反応終了後の上澄液中の Sr 濃度を原子吸光度法で測定して HAP への吸着率を評価した。5 種類中 4 種類の HAP について 80% 以上の吸着効果を示した。一方で TCP の Sr 吸着能は HAP よりは低く、3 種類の TCP で効果は限定的であった。本法の実用化を視野に入れると、カラム法による処理が操作性等の面から優れている。HAP をカラムに充填し汚染水を添加すると、Sr は効果的に HAP に吸着された。さらに、少量の高濃度のカルシウムイオン (100 mM) で吸着された Sr は溶離可能であった。放射性 Cs の分離除去に広く用いられている

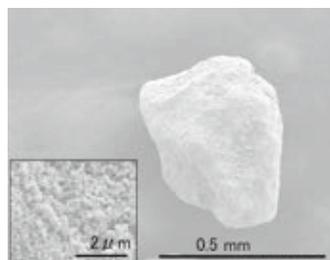


図 1 HAP 粒子

オライトも Sr 吸着能を有していた。しかし、ゼオライトに吸着された Sr の溶離は不可能であった。Sr を溶離した HAP カラムは洗浄後に再利用、すなわち繰り返し Sr を吸着処理することが可能であった (図 2)。

4. 天然水 (Sr 汚染水) への効果

次に放射性 Sr (^{90}Sr) 汚染水を HAP カラムで処理してその効果を検証した。4 種類の HAP 全てで 90% 以上の吸着率を示した。ゼオライトに比し優位な吸着率であった。

天然水 (河川水) 中には同族のアルカリ金属

であるカルシウム及びマグネシウムイオンが大量に存在している。特にカルシウムは HAP の構成金属であり、Sr の HAP への吸着に競合、妨害することが十分考えられた。

筆者らは放射性 Sr 溶液 (210 Bq) に 0.1~100 mM のカルシウムイオン及びマグネシウムイオンを加えた模擬汚染水を作成して、その影響を検討した。その結果、カルシウムイオンは 1 mM までは Sr の HAP への吸着には影響しなかった。また、マグネシウムイオンは全濃度で影響はなかった (図 3)。我が国の河川水中のカルシウムイオン濃度は高い所でも 0.5 mM を

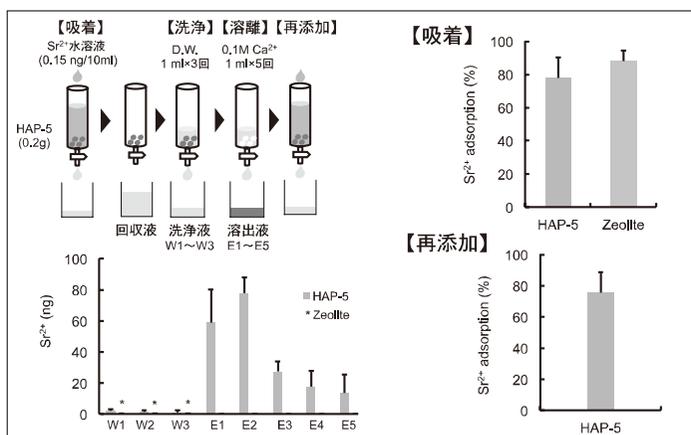


図 2 HAP カラムによる Sr イオンの吸着と溶離

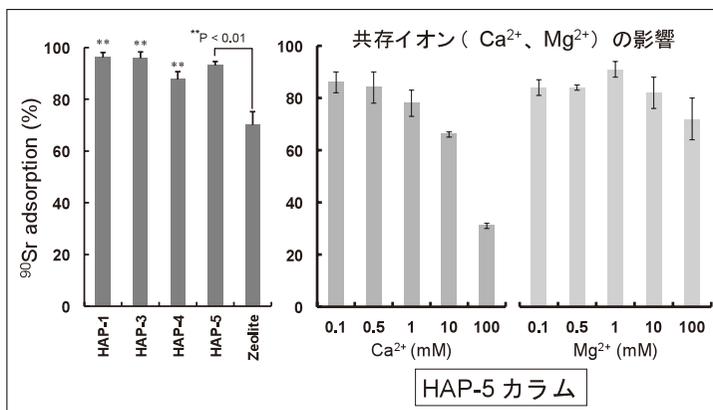


図 3 ^{90}Sr の吸着効果の実証

^{90}Sr 汚染水 (全 β 放射能 : 210 Bq, pH 6) をカラム処理

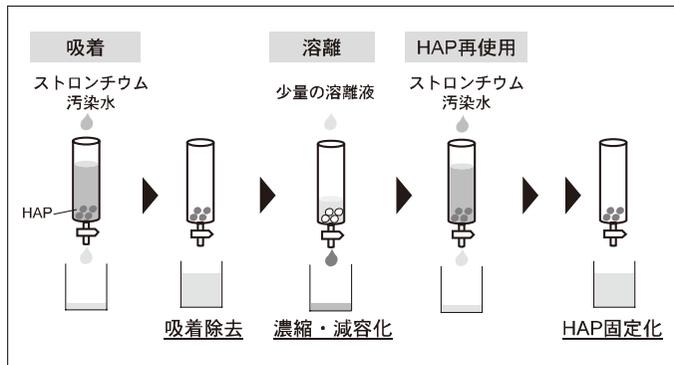


図4 放射性 Sr 汚染水の濃縮・減容と放射性 Sr の固定化処理技術

超えることはない⁵⁾。このことから、HAP カラムにより汚染水からの放射性 Sr の吸着除去は実用レベルで可能であることが示唆された。

5. おわりに

汚染水を HAP カラムで放射性 Sr を吸着した後、少量の溶離液で溶離することにより、汚染水の減容化が図れる。放射性 Cs に対する HAP の吸着効果はほとんど認められなかった。最終的には汚染水を繰り返し HAP カラムで処理することにより、選択的に放射性 Sr を HAP に固定化して安全に、しかも安定的に固体廃棄物として保管廃棄する技術の確立に道が開

けた (図 4)。

参考文献

- 1) The Fukushima Daiichi Accident, Technical Volume 4/5, Radiological Consequences, IAEA, (2015)
- 2) Nishiyama, Y., *et al.*, *J. Radioanal. Nucl. Chem.*, DOI 10.1007/s10967-015-4228-9 (2015)
- 3) Zhou, H. and Lee, J., *Acta Biomater.*, **7**, 2769–2781 (2011)
- 4) Kawasaki, T., *et al.*, *Eur. J. Biochem.*, **152**, 361–371 (1985)
- 5) 中口譲, 他, 大阪市立自然史博物館業績, **67**, 45–81 (2013) (岡山大学 自然生命科学研究支援センター)