

廃棄豚骨を活用した高性能吸着剤の開発

南川 卓也
Nankawa Takuya

関根由莉奈
Sekine Yurina

1. はじめに

原子力分野においては、放射性同位元素取扱施設内から施設外への漏洩を避ける目的から、RI除去技術や分離回収技術が発展してきた。しかし、比較的高価でも非常に高い放射性物質除去性能が求められるため、原子力分野で高度に発達した元素分離技術が一般産業や広範囲な有害元素除去に応用されることは少ない。

しかし、近年になり東日本大震災に伴う東京電力福島第一原発事故以降、放射性物質の流出及び広域拡散を防止する技術の重要性が益々認識されるようになった。また、環境中の重元素による汚染の問題も重要視されるようになり、放射性物質だけではなく健康を害する恐れのある重金属等による水汚染を防ぐ技術の確立が求められている。原子力分野で高度に発達した元素の分離技術を応用し、このような広範囲の汚染に対応するためには、安価で大量の材料が手に入りやすい元素除去剤の開発が必要である。

筆者らは上記課題の解決のため、食品廃棄物とし

て国内外で日々多量に排出される廃棄骨に着目した。骨の主成分は、**図1**に示すようにハイドロキシアパタイト (HAP) とコラーゲン等の有機物である。HAPは結晶構成成分にカルシウム (Ca) を含有するため、ストロンチウム (Sr) とイオン交換で吸着しやすい性質がある。また、HAPの構成成分であるリン酸はウラン (U) と結合しやすい性質を有するため、放射性物質の吸着剤としての利用に高いポテンシャルを有する。実際に放射性 Sr やウラン (U) は骨に吸着することが知られている。更に、生体由来の骨は人工合成した HAP よりも高い性能で Sr や有害金属を吸着することが知られている。

実際に米国では、牛骨を地中に埋めて U や Sr、また重金属を吸着させ、それらの地下水への拡散を防ぐ技術が検討されてきた。しかし、骨は、人工合成 HAP と比べて高い金属吸着性能を示すものの、一般的な吸着剤である天然ゼオライトと比べて低く、実用化には適していなかった (**表1**)。この現状を改善すべく、筆者らは安価に手に入る骨の HAP を利用し、吸着性能を上げる研究を行った。

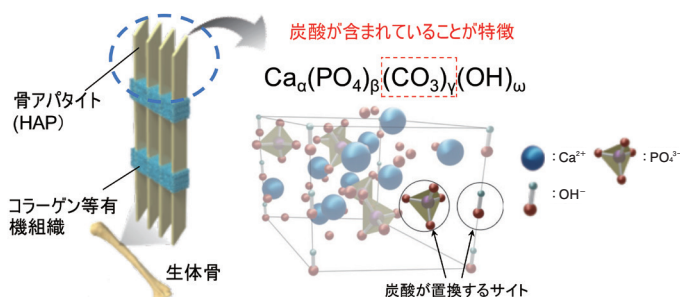


図1 骨と骨由来 HAP の概要図

表1 広範囲利用にむけた既存吸着剤の比較

吸着剤	吸着性能	コスト	供給力
合成ゼオライト	◎	×	△
酸化チタン	◎	×	×
天然ゼオライト	○	○	○
合成アパタイト	△	×	△
廃棄骨	△	○～◎※	◎

※現時点で廃棄骨の収集コストは不明

2. 廃棄豚骨の化学修飾による高性能化

筆者らは、以前より X 線吸収微細構造分析法を用いた研究により、人工合成 HAP 表面に形成された Ca 欠損サイトに Sr が高効率に吸着することを明らかにしていた。この経緯から、生体由来の骨が人工合成 HAP より吸着性能が高い原因も、陰イオンである生体内の炭酸が HAP 表面に導入され、陽イオンである Ca の欠損サイトが生成している可能性が高いと考えた。そこで本研究では、生体骨の表面に炭酸イオンを反応させることで吸着性能の向上を目指した。

安価で簡易、かつ無害な方法で廃棄骨由来の HAP 表面を炭酸イオンで修飾する手法を検討し、炭酸水素ナトリウム（重曹）（ NaHCO_3 ）水溶液中に廃棄骨を浸漬させて表面の溶解析出を進行させることを試みた（図 2）。 NaHCO_3 水溶液に一定時間以上浸漬させた骨由来 HAP の化学性状を評価したところ、浸漬させる NaHCO_3 の濃度増加に伴い、HAP 表面により多くの炭酸が導入されていることを確認した。また、導入された炭酸の量が増加するのに伴い、HAP 表面がマイナスの電荷を帯び（図 3）、構成元素から Ca が欠損した HAP が表面に形成されていることを確認した。

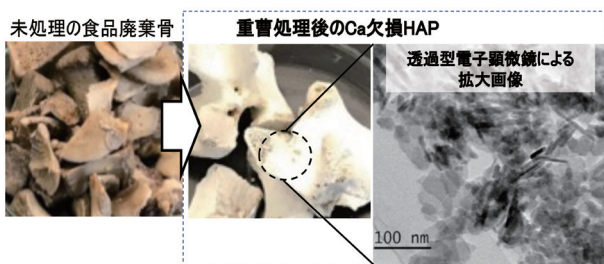


図 2 骨由来 HAP の写真と顕微鏡画像

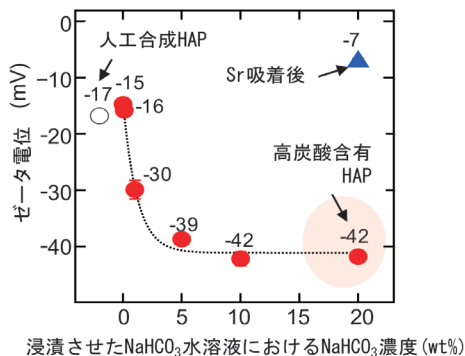


図 3 炭酸イオンの導入に伴う骨表面電荷の変化

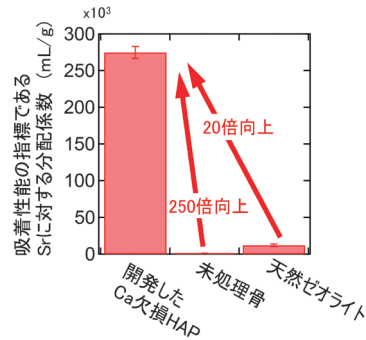


図 4 開発した Ca 欠損 HAP の吸着性能

3. 豚骨吸着剤の吸着性能

前述の廃棄骨から作製した Ca 欠損 HAP 材料の Sr 吸着性能を調べた。あらかじめ定めた濃度の Sr を含む水溶液に Ca 欠損 HAP 材料を添加し、Sr 吸着性能を評価した。結果、Ca 欠損 HAP 材料は元来の骨に比べて 250 倍以上、従来の吸着剤である天然ゼオライトと比較しても 20 倍以上の効率で Sr を吸着した（図 4）。Sr と同様に 2 価イオンであるカドミウム（Cd）に対しても骨由来の Ca 欠損 HAP 材料の吸着性能を評価した結果、天然ゼオライトと比較して 370 倍も高い性能を示すことを確認した。

以上のことから、本研究では生体骨が Sr や有害金属を吸着しやすい理由を検証することで、生体骨に金属が吸着するメカニズムを新たに解明した。また、生体内で起こる現象を利用して、製造コストと吸着性能の両面で、極めて高い吸着性能を持つ環境浄化材料を生み出した。

4. 今後の展開

今回、廃棄豚骨を原料として、簡易な方法で高い性能を有する吸着材料を開発した。今後も様々な有害金属除去技術の開発を行う計画である。また、吸着後の有用イオンの回収や有害イオンの安定的な固定化についても重要な課題である。このような技術も原子力分野では RI を閉じ込める観点から発展している。これらの原子力分野で独自に発展した既存技術を広範囲な除染に応用することで、安全な有害金属除去技術の確立を目指している。

((国研) 日本原子力研究開発機構

先端基礎研究センター／物質科学研究センター)