

【5RFb-1201】マグネシウム化合物を吸着剤として利用するほう素、ふっ素の処理技術の開発 (H24～H26；累計予算額 15,045 千円)

亀田 知人 (東北大学)

## 1. 研究実施体制

(1) マグネシウム化合物を吸着剤として利用するほう素、ふっ素の処理技術の開発 (東北大学)

## 2. 研究開発目的

本研究では、経済的に安価で、処理後に大量のスラッジが生成しない、マグネシウム化合物を吸着剤として、ほう素及びふっ素の処理に適用するプロセスを開発する。現在、ほう素の排水基準は 10 mg/L、ふっ素の排水基準は 8 mg/L に設定されている。これは、現在の処理技術に合わせた排水基準である。本研究では、マグネシウム化合物を用いて、初濃度 10～100 mg/L のほう素又はふっ素含有水溶液を処理し、1 mg/L 以下まで残留濃度を下げる技術を開発する。この技術の普及に伴い、将来的に排水基準が低く設定されることが期待される。

本研究では、Mg-Al 系層状複水酸化物 (LDH) 及び Mg-Al 酸化物 (LDO) による、ほう素及びふっ素除去実験を行った。Mg/Al 比、層間アニオン、溶液初期 pH、化学量論比、共存アニオンの除去率に及ぼす影響を調査した。また、ほう素及びふっ素除去に対して速度論的、平衡論的解析を行った。加えて、LDH 及び LDO の循環利用の実現可能性を考察するため、LDH 及び LDO からのほう素及びふっ素の脱着及び再生後の LDH 及び LDO を用いたほう素及びふっ素除去実験を行った。さらに、MgO によるほう素及びふっ素除去実験を行った。また、速度論的、平衡論的解析を行った。加えて、MgO の循環利用の実現可能性を考察するため、MgO からのほう素及びふっ素の脱着及び再生後の MgO を用いたほう素及びふっ素除去実験を行った。最後に、マグネシウム化合物を利用した実排水の処理を検討した。

## 3. 本研究により得られた主な成果

### (1) 科学的意義

本研究では、経済的に安価で、処理後に大量のスラッジが生成しない、マグネシウム化合物を吸着剤として、ほう素及びふっ素の処理に適用するプロセスを開発する。具体的には、Mg-Al 系層状複水酸化物 (LDH)、Mg-Al 酸化物 (LDO)、及び MgO による、ほう素及びふっ素の処理技術の開発を行った。また、得られた反応について速度論的、平衡論的解析を行った。さらに、マグネシウム化合物の循環利用の実現可能性を検討するため、マグネシウム化合物からのほう素及びふっ素の脱着、及び再生後のマグネシウム化合物を用いたほう素及びふっ素の除去実験を行った。最後に、マグネシウム化合物を利用した実排水の処理を検討した。

種々のマグネシウム化合物で、ほう素及びふっ素を水溶液から除去することができた。それぞれの場において、排水基準以下を満たすために必要な最適条件を見出した。平衡論的解析によって、ほう素及びふっ素吸着は Langmuir 型に一致することがわかった。また、速度論的解析によって、反応初期は擬一次及び二次式で表されることがわかった。また、反応が化学吸着に分類されることを確認した。さらに、ほう素及びふっ素を吸着したマグネシウム化合物からのほう素及びふっ素の脱着、そしてマグネシウム化合物が吸着剤として再利用可能であることを見出した。また、得られたデータを用いて処理コストを概算し、従来法よりもマグネシウム化合物が有用であることを明らかにした。さらに、ほう素含有温泉排水の処理を行い、Mg-Al 酸化物の循環利用プロセスが有用であることを提案した。

### (2) 環境政策への貢献 (研究者による記載)

<行政が既に活用した成果>

特に記載すべき事項はない。

<行政が活用することが見込まれる成果>

本研究成果は、水質汚濁防止法に基づく排水規制の対象となっている、ほう素及びふっ素について排水基準を満たすための経済的な処理技術の開発に貢献することができる。

現在、ほう素の処理技術として、Al 塩と Ca(OH)<sub>2</sub> を併用する凝集沈殿法が行われているが、ほう素の排水基準を満たすためには多量の薬剤を要し、スラッジ発生量も大量となる側面がある。ほう素選択吸収樹脂を用いるイオン交換処理法、溶媒抽出法も検討されているが、高価であることや環境二次汚染の問題もあり実用的ではない。一方、ふっ素は含有排水に Ca 化合物を添加して CaF<sub>2</sub> として沈殿処理するが、残留濃度を下げるためにさらに Al 塩を添加する水酸化物共沈法による高度処理を行う。しかし、この方法もやはり多量の薬剤を要し、低濃度のふっ素で汚染された極めて大量のスラッジの生成という問題を抱える。ふっ素吸着樹脂が開発されているが、従来樹脂は高度処理のために使用されるものであるため高価であり、また高濃度の排水処理には実用的ではない。

本研究では、マグネシウム化合物を吸着剤として利用する吸着法を開発するため、凝集沈殿法と異なり多量の薬剤が必要とならず、吸着剤を循環利用できるメリットもある。ほう素やふっ素を吸着したマグネシウム化合物を最終処分する場合においても、凝集沈殿法に比べスラッジ発生量の低減が期待できる。ほう素処理のための凝集沈殿法、ふっ素処理のための CaF<sub>2</sub> 法&水酸化物共沈法は、まず排水基準を満たすことが容易ではないが、マグネシウム化合物による吸着法は排水基準を満たすことが容易である。また、多量の薬剤にかかるコストに比べ、マグネシウム化合物の吸着剤は安価である。当然、ほう素選択吸収樹脂やふっ素吸着樹脂よりも安価である。

本研究成果は、容易にほう素及びふっ素の排水基準を満たすことができ、安価で、環境二次汚染を引き起こさないため非常に優位性がある。

#### 4. 委員の指摘及び提言概要

温泉排水という実排水の実験もあるものの、基本的なデータの収集と速度論・平衡論に基づく基礎的成果の部分が多い。共存イオンの影響などについての検討が残されており、処理コストもまだまだ改良の余地が残されているものの、一応の成果は上げたと言えるが、実用に至る見通しはあまり見えない。温泉排水の処理技術に関する先行研究で獲得された実証データと比較する必要もあると思われる。

#### 5. 評点

総合評点：B