

陰イオン交換樹脂を充填するためのマイクロチャンネルの設計と性能評価

Design and Performance Evaluation of Microchannel for Packing with Anion-Exchange Resins

*大内 和希¹, 塚原 剛彦², Aileen Brandt², 武藤 由樹², 生田目 望³, 駒 義和¹, 北辻 章浩¹

¹JAEA, ²東工大, ³茨城大

放射性廃棄物分析における被ばくリスクや二次廃棄物の低減のため、微小スケール分離に適した陰イオン交換樹脂充填用マイクロチャンネルを設計した。マイクロチャンネルの深さ及び幅方向に約 10 個以上の樹脂を配列することで適正なウラン分離性能が得られ、一般的なカラムサイズの約 1/5000 の微小化に成功した。

キーワード: マイクロチップ, 樹脂充填マイクロチャンネル, ウラン分離, ICP-MS, 海水

1. 緒言

福島第一原子力発電所の廃止措置をはじめとする放射性廃棄物の分析では、高い被ばくリスクや多量の二次廃棄物の発生などが問題となっている。本研究では、これらの課題に対し分離スケールの微小化による解決を着想し、微小スケール分離に適した陰イオン交換樹脂充填マイクロチャンネルの設計とそのウラン分離性能を評価した。

2. 実験

陰イオン交換樹脂は平均粒径 11 μm のものを使用し、マイクロチャンネルはチャンネルの断面積を同程度とし外周の長さを変化させた 2 つの形状を設計した。マイクロチャンネル 1 は、チャンネル外周を大きくした、深さ $30 \pm 1.5 \mu\text{m}$ 、幅 $1000 \pm 50 \mu\text{m}$ の矩形断面、外周 $2060 \pm 70 \mu\text{m}$ 、断面積 $3.0 \pm 0.2 \times 10^4 \mu\text{m}^2$ (深さ方向 2 個、幅方向約 90 個の樹脂が配列、長さ 8 mm) とした。マイクロチャンネル 2 は、チャンネル外周を小さくした、内径 $300 \pm 30 \mu\text{m}$ の半円形断面、外周 $771 \pm 33 \mu\text{m}$ 、断面積 $3.5 \pm 0.5 \times 10^4 \mu\text{m}^2$ (深さ方向約 13 個、幅方向約 30 個の樹脂が配列、長さ 11 mm) とした。ウランの吸着・溶出条件はそれぞれ 9 M、0.1 M 塩酸とした。

3. 結果と考察

樹脂を充填したマイクロチャンネル 1 のウラン吸着率は約 60 % で、吸着したウランの溶出率は 30 % と全体のウラン回収率は 20 % と低かった。一方、マイクロチャンネル 2 の吸着率、溶出率、回収率はすべて 95 % 以上と定量的な吸着・溶出が可能であった。よって、95 % 以上の分離性能を得るにはマイクロチャンネルの深さ及び幅方向にイオン交換樹脂を 10 個以上配置することが望ましい。また、マイクロチャンネル 2 を福島第一原子力発電所の原子炉建屋滞留水[1]と同程度の濃度のセシウムを添加した海水試料に適用したところ、ウラン濃度として $2.85 \pm 0.07 \text{ ppb}$ が得られ、認証値 ($2.81 \pm 0.16 \text{ ppb}$) とよく一致した。また、このフラクション中のセシウム濃度は初期濃度の 1/1000 以下まで低減できた。

4. 結論

陰イオン交換樹脂を充填するためのマイクロチャンネルは、その深さ及び幅方向に約 10 個以上の樹脂を配列することが望ましいという設計指針を得た。また、このマイクロチャンネルは一般的なカラムサイズの約 1/5000 まで微小化し、操作時間を 2~13 倍速く、二次廃液量を 100~800 倍低減可能である。

参考文献

[1] Examination status for alpha nuclide removal, Compilation prepared by Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc. (TEPCO), <https://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/decommissioning/committee/osensuitaisakuteam/2021/01/index.html>.

*Kazuki Ouchi¹, Takehiko Tsukahara², Aileen Brandt², Yoshiki Muto², Nozomi Nabatame³, Yoshikazu Koma¹, and Yoshihiro Kitatsuji¹

¹ JAEA, ² Tokyo Tech, ³ Ibaraki Univ..