

マイクロプラグ流抽出に基づくアルファ核種の分離性能評価

Evaluation of Separation Ability of Alpha-Nuclides by Micro-Plug Flow Extraction

*設楽 尚暉¹, Brandt Aileen², 塚原 剛彦^{1,2}

¹東工大・環境社会理工学院, ²東工大・ゼロカーボンエネルギー研究所

マイクロプラグ流抽出と質量分析法とを統合したアルファ核種用のマイクロ分析デバイスを構築し、ウラン、トリウム、ジルコニウムの分離性能について明らかにした。

キーワード: マイクロ流体, アルファ核種, 溶媒抽出, 微量分析

1. 緒言 東京電力福島第一原子力発電所事故に伴い発生した多種多様な放射性廃棄物を安全に管理、処理処分していくには、廃棄物の性状把握が欠かせない。特に、ウラン等のアルファ線放出核種は生体影響や環境影響が極めて大きいため、極微量な試料で迅速簡便にアルファ核種を分離分析できる手法の確立が望まれる。本研究では、マイクロプラグ流抽出と質量分析等から成る新規マイクロ分離分析システムを構築し、その性能を評価することを目的とした。対象核種には、6価ウラン(U(VI))、プルトニウム(Pu)の模擬として4価トリウム(Th(IV))、比較として4価ジルコニウム(Zr(IV))を選択した。

2. 実験 有機相として抽出剤テトラオクチルジグリコールアミド(TODGA, 0.1M)を含むドデカンを、水相としてU(VI)、Th(IV)、Zr(IV)を含む硝酸溶液(0.1, 1, 3M)をそれぞれ調製し、それらをT字型のマイクロキャピラリーチューブ(内径500 μ m)内ヘシリンジポンプにて導入することで油水プラグ流を形成させた。油水プラグ流による抽出を行った後、抽出後の水相を誘導結合プラズマ質量分析法(ICP-MS)に導入して各元素の濃度を測定し、抽出率の硝酸濃度及び滞在時間依存性を調べた。滞在時間は、キャピラリーの長さを変えることにより10~40秒の間で調整した。また、比較のため1時間のバッチ抽出実験も実施した。

3. 結果と考察 マイクロ抽出試験において、0.1M硝酸ではTh(IV)のみ滞在時間10秒で99%以上の抽出が達成され、Zr(IV)とU(VI)はいずれの滞在時間においてもそれぞれ30%及び20%の抽出率に留まった。硝酸濃度を増加すると、Th(IV)のみならずZr(IV)もほぼ抽出率100%となるが、U(VI)は最大でも80%であり、酸濃度依存性が異なることが分かった(図1)。4価イオンTh(IV)とZr(IV)はTODGAと速やかに安定な錯体を形成できることが要因と考えられる。また、いずれの元素の抽出率も滞在時間に依存しなかったため、マイクロでは10秒以内に抽出平衡に到達し、バッチより約360倍高速な抽出速度を持つことが明らかとなった。また、分離後の溶液を熱レンズ顕微鏡に接続することで、抽出過程のリアルタイムモニタリングも可能になる。

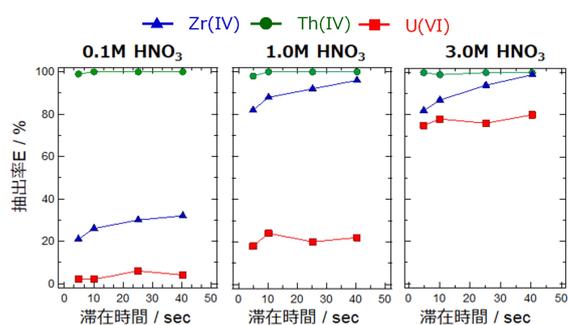


図1 マイクロプラグ流抽出結果

参考文献

[1] A. Brandt, et al., ACS Earth Space Chem., 5, 588 (2021).

[2] T. Tsukahara, et al., Microfluid Nanofluid, 14, 989 (2013). [3] Y. Sasai, Sol. Ext. Res. Dev., 24, 113 (2017).

*Naoki Shitara¹, Brandt Aileen², and Takehiko Tsukahara^{1,2}

¹School of Mater. Chem. Tech., Tokyo Institute of Technology, ²Laboratory for Zero-Carbon energy, Tokyo Institute of Technology