# プロジェクト名：核廃棄物中のランタノイドおよびアクチノイドイオン群の電気泳動法による新規濃縮－分離－検出－分取システムの開発

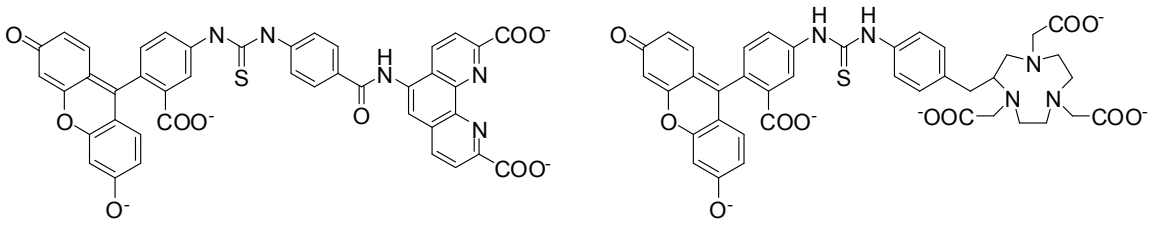
代表者：齋藤伸吾（理工学研究科・准教授）

## 1　目的

福島原発の汚染水の問題もある中，安全・高速な放射性廃棄物の分析法の開発は，廃棄物管理の点で喫緊の課題の一つである。放射性廃棄物を安全に管理・処分する際には，多数の廃棄試料中の微量なランタノイド（Ln）やアクチノイド（An）イオンをハイスループットに分析することが望まれるが，現行法では，煩雑な操作のため分析に長時間（数週間）かかり，多量の二次廃棄物（十数 L）による被ばくリスクが高いことが問題である。

一方，キャピラリー電気泳動法（CE）は，極微量の試料を高速・高効率で分離可能であり，核燃料廃棄物中の Ln および An イオン群に対しても高度な分離が期待できる。従来，CE は低感度である点がボトルネックであったが，これまで，我々は非蛍光物質である Ln および An イオンを超高感度な CE-レーザー励起蛍光検出法（LIF）で検出するために Ln・An 系列に適合した CE 用蛍光プローブを世界で初めて開発し，簡便・高速（～20 分）・微小試料量（nL）かつ検出感度 ppt レベルの分離検出法の開発に成功した。

本研究の最終目的は，１．キャピラリー内で試料を濃縮する方法を開発して更なる高感度分析を目指すこと，２．CE-LIF でスクリーニングした濃縮分画を分取し，放射線測定することで核種測定にも適用可能な方法とすることである。本プロジェクトでは，この前段階として，ウラニルイオンを特異的に CE-LIF 検出できることが分かっているプローブ L1（図 1）を用い，$UO_2^{2+}$-L1 錯体をキャピラリー内で濃縮する緩衝溶液系を探索した。また，分取を行うと試料が大幅に希釈されてしまうことが知られる CE 法（導入体積は nL レベルであり，分取バイアルは数十μL であるため）において，オンキャピラリー濃縮と CE 分取を組み合わせることによって希釈されずに分取が出来る方法を開発し，Nd イオン検出蛍光プローブ L2 をモデルとして CE 分取による試薬精製を行った。




L1　　L2

図１．CE-LIF 用 $UO_2^{2+}$検出用蛍光プローブ（L1）および $Nd^{3+}$検出用蛍光プローブ（L2）

## 2　結果と考察

等速電気泳動法（ITP）による濃縮とゾーン電気泳動法（CZE）による分離手法を組み合わせ，過渡的に ITP 濃縮を行う過渡的等速電気泳動法（tITP）を An イオン検出用蛍光プローブに適用し，濃縮-分離が可能な条件を見出した。これにより，An-蛍光プローブ錯体を 100 倍程度，キャピラリー中で濃縮できる可能性がある。実際に $UO_2^{2+}$-L1 錯体を 40 倍程度濃縮することに成功した。今後，この方法の

検出限界等の性能を試験し，実際の海水や汚染水中の超高感度分析へ応用する予定である。

さらに，ITP 濃縮した試料ゾーンを圧力印加によって注入側に戻し，もう一度，試料を導入して ITP 濃縮を行ったところ，二つのゾーンが融合し，一つのバンドに濃縮されることを見出した。この工程を繰り返せば，濃縮限界まで試料を狭いゾーンに濃縮できる。その後，泳動液を変えて tITP を適用すれば，濃縮後の CZE 分離が可能であることも分かった。この方法を用い，低濃度試料を ITP 濃縮により高濃度とした後，CZE 分離し，目的のバンドだけを分取すれば，大きく希釈されず分取が可能であると考えた。通常の CE では，分取により試料は数千倍の希釈がかかってしまうことが知られている。本プロジェクトで開発した複数回の ITP 濃縮を用いる分取法（複数回スタッキング分取 CE, MSP-CE）を用い，蛍光プローブ L2 の精製を行ったところ，10 倍程度の希釈がかかるものの，純度 95%以上のプローブ溶液を調整できることが分かった（図 2）。これまで，An および Ln イオン用蛍光プローブの純度が低く（60%程度），多くの不純ピークが検出されていたことが問題であったが，本法による精製が An イオンの CE-LIF 検出に有用であることが示された（特許出願）。

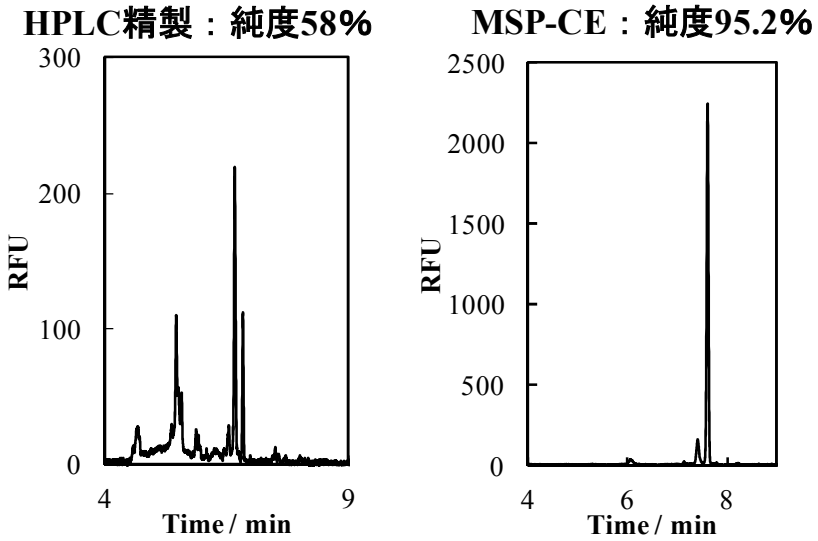



**図2 HPLC精製とMSP-CE精製後の電気泳動図**. [L] = $1.0 \times 10^{-6}$M, [borate] = 20 mM.