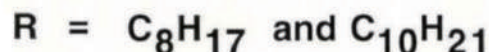
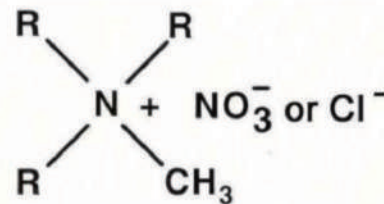


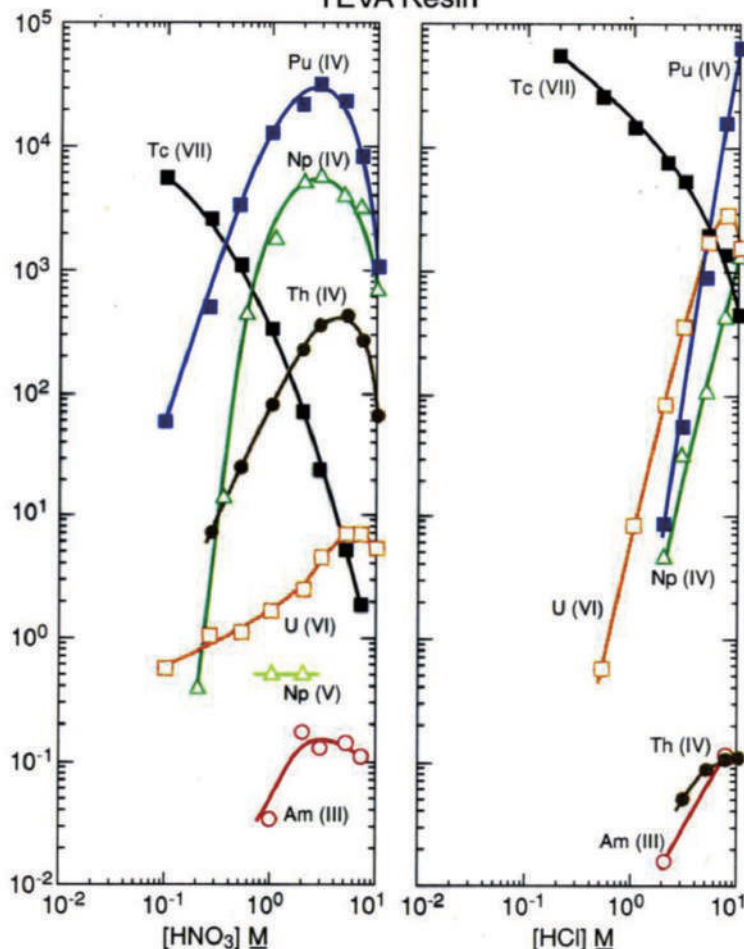
TEVA® レジン

Eichrom Technologies社の分析用製品の中で万能と言えるものの1つがTEVAレジンです。TEVAレジンは、Tcの分析や四価アクチノイドの測定、ランタノイドからAmの分離等、日常的に用いられています。単独での使用や、他のレジンと容易に組み合わせ使用できるため、より複雑なサンプルの分離を行うことができます。

TEVAレジンの活性成分は脂肪族第4級アミンです(右図)。それ自体は、典型的な強塩基陰イオン交換レジンと似た特性を有しています。しかし、官能基が液状であるため、ポリマー骨格(イオン交換レジンと同様に)に結合するよりは、むしろ目的となる陰イオンの周辺で配位するための高い柔軟性を保持します。このことは、多くの場合低い酸濃度において、これらのイオンに対する抽出力は概して高いことを意味します。



Acid dependency of k' for various ions at 23°C.
TEVA Resin



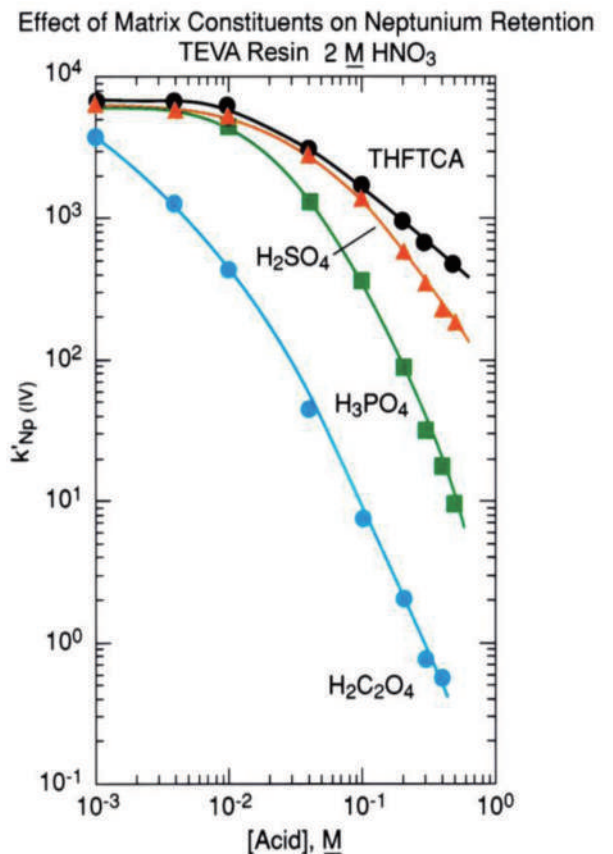
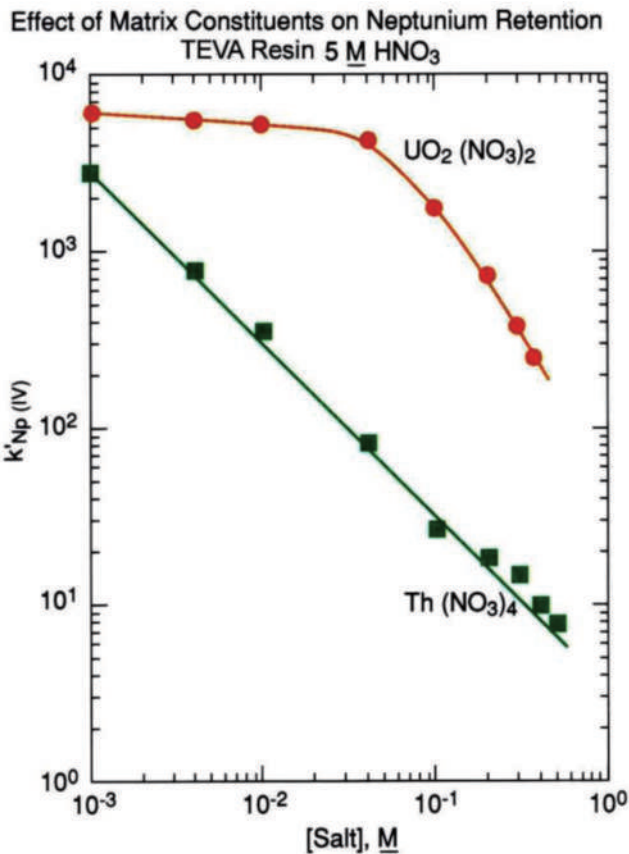
この性質は、左の図の硝酸と塩酸からのアクチノイドとTcに対するTEVAレジンの酸濃度依存性の分布曲線に示されています。四価のPu、Np、Thは2M ~ 4M硝酸において最も抽出されていることが分かります。この酸濃度の範囲内において、六価のUと三価のAmは十分に保持されないため、レジンは四価イオンをアクチノイドから分離することができます。この性能は幅広く活用されています。

2 ~ 4Mを超える硝酸濃度のような四価アクチノイドの k' の減少は、レジンの錯体形成部位における硝酸イオンとの競争関係に起因します。

硝酸と塩酸における抽出曲線の違いを利用して、特定のアクチノイドを他から分離することができます。例えば、すべての四価アクチノイドは、3M硝酸から取り込むことができます。アクチノイドが四価になるように、価数調整が必要になる可能性があります。その後6M塩酸に切り替えることで、Th(IV)は選択的に溶離され、一方でPu(IV)とNp(IV)はカラム内に留まります。

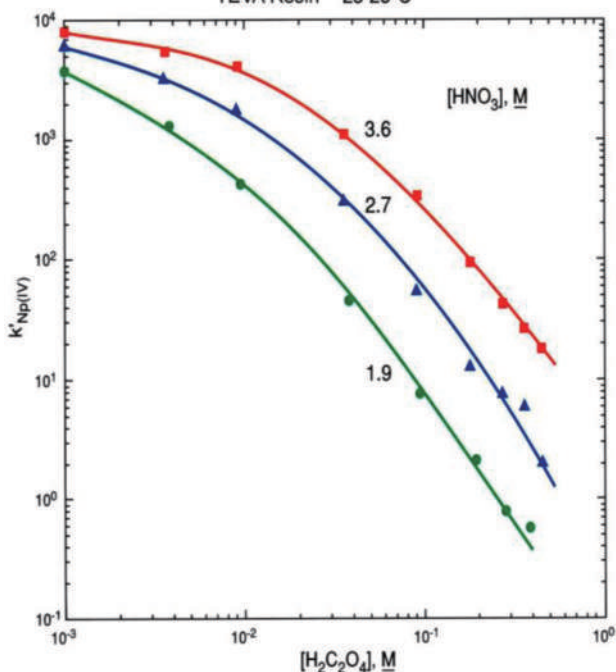
過テクネチウム酸(VII)のTc(VII)の分配係数についても左の図に示されています。レジンはこの陰イオンを低濃度の硝酸、または塩酸の溶液中からよく抽出します。上記では示されていませんが、中性溶液や塩基性溶液でも、Tcに対して強い抽出力を示します。Tc分析においてTEVAレジンの使用は業界基準になっています。TEVAレジンは、Tc分析で使用の際に流速200mL/分まで耐えることができるディスクでもご購入になれます。

オークリッジ国立研究所のK-25にあるDarrin Mann氏の研究室では、TEVAレジンが ^{99}Tc をアルカリ性溶液や中和後の酸を含む様々なマトリックスの溶液からの分離に使用できることを実証しました。www.eichrom.com内にある分析法MA193をご参照ください。



左上の図は、TEVAレジンによる5M硝酸からのNp抽出におけるサンプル中のUとThの含有量の影響について示したものです。Thの影響が著しく、かつ直線的である一方、Uは濃度が0.05Mに達するまではNpの保持に対してそれほど悪影響を及ぼしません。例えば15mLのロードサンプル溶液では、これは約180mgに相当します。

Effect of oxalic acid concentration on $k'_{Np(IV)}$ at various HNO_3 concentration.
TEVA Resin 23-25°C



右上の図が示しているのは、TEVAレジンによる2M硝酸からのNp抽出における様々な多原子陰イオンのマトリクスの影響です。シュウ酸塩はNp抽出において強い影響力を示しています。シュウ酸は四価アクチノイドと容易に錯形成され、これらの複合体はTEVAレジンによって抽出はされません。シュウ酸はTEVAレジンから四価アクチノイドを抽出する溶離液としてよく使用されます。

リン酸塩は、基本的に様々なサンプルマトリクスに含まれています。すべての四価アクチノイド (Pu, Th, Np) に対するその影響は似ていますが、ThはTEVAレジンによって最も保持されにくいため、サンプル中にある高濃度のリン酸塩によって最も影響を受けます。ロードサンプル溶液にAlを加えることで、この影響は低減します。リン酸塩はAlを選択的に複合するので、四価のアクチノイドはフリーになるため、ニトрат錯体を形成し、抽出することができます。

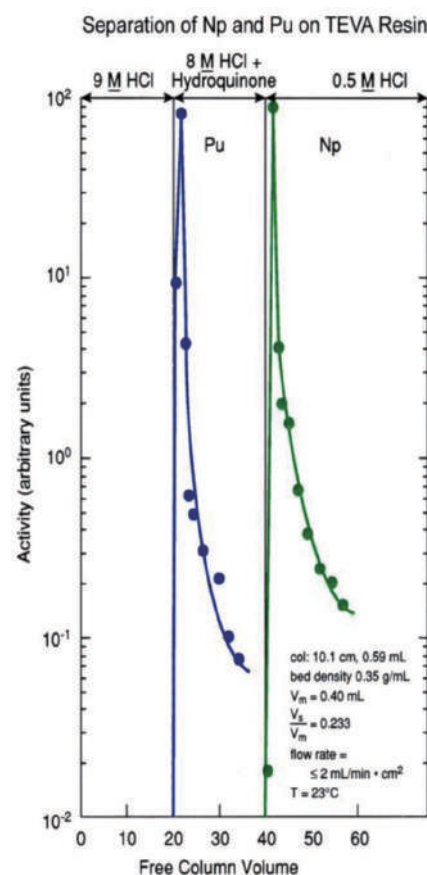
左の図は、干渉を引き起こすもう一つの陰イオンマトリクスを示します。シュウ酸塩の場合、ロードサンプル溶液の硝酸濃度を2Mから3.5Mに増加させると、Np抽出力は一行以上増加します。

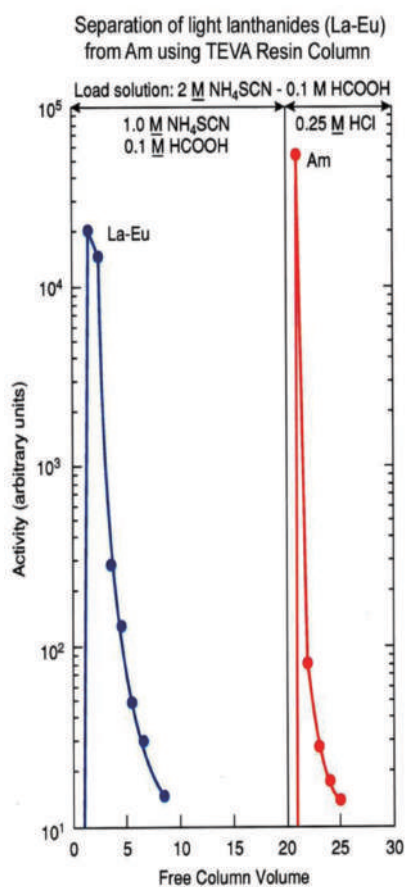
右の図は、TEVAレジンを用いてNpからPuの分離をした例です。四価のPuを選択的にPu(III)に還元することによってこの分離を行うことができます。この価数において、どの濃度の硝酸または塩酸下でも保持されないAmと同様の挙動を示します。右の図では、Puはヒドロキノンによって還元されていますが、ヨウ化アンモニウムやスルファミン酸鉄のような試薬が使用されることもあります。

下の表は、2M硝酸(FCV1 ~ 30)、4M塩酸(FCV31 ~ 40)、水中(FCV41 ~ 50)のTEVAレジンにおける様々な元素の溶出挙動を示しています。

*FCV = フリーカラムボリューム (カラムの空隙容量) 詳しくは、p.55をご覧ください。

Elution of Selected Elements from a TEVA column								
Element	2M HNO ₃						4M HCl	H ₂ O
	1-5	6-10	11-15	16-20	21-25	26-30	31-40	41-50
Li	100	--	--	--	--	--	--	--
Na	100	--	--	--	--	--	--	--
Mg	100	--	--	--	--	--	--	--
Al	100	--	--	--	--	--	--	--
K	100	--	--	--	--	--	--	--
Ca	100	--	--	--	--	--	--	--
Cr	100	--	--	--	--	--	--	--
Mn	100	--	--	--	--	--	--	--
Fe	100	--	--	--	--	--	--	--
Co	100	--	--	--	--	--	--	--
Ni	100	--	--	--	--	--	--	--
Cu	100	--	--	--	--	--	--	--
Zn	100	--	--	--	--	--	--	--
Rb	100	--	--	--	--	--	--	--
Sr	100	--	--	--	--	--	--	--
Y	100	--	--	--	--	--	--	--
Zr	100	--	--	--	--	--	--	--
Mo	100	--	--	--	--	--	--	--
Ag	100	--	--	--	--	--	--	--
Cd	100	--	--	--	--	--	--	--
Cs	100	--	--	--	--	--	--	--
Ba	100	--	--	--	--	--	--	--
La	100	--	--	--	--	--	--	--
Ce	100	--	--	--	--	--	--	--
Pr	100	--	--	--	--	--	--	--
Nd	100	--	--	--	--	--	--	--
Sm	100	--	--	--	--	--	--	--
Eu	100	--	--	--	--	--	--	--
Hg	4.1	52.5	45.6	23.5	--	--	--	--
Th	--	--	--	--	--	--	100	--
U	100	--	--	--	--	--	--	--





TEVAレジンは、希土類元素からのAmの分離にも有効です。左の図は、希土類元素が1.0Mチオシアン酸アンモニウムと0.1Mギ酸を含むロードサンプル溶液によって群分離されることを示しています。Amはこの状況下で保持され、後に塩酸で溶離されます。左の図は0.25M塩酸でのAm溶出の様子を示していますが、2M塩酸の方がTEVAレジンからAmの溶離に対してより効果的で再現性が高いことが後に明らかになりました。このアプリケーションの詳細は、www.eichrom.comの参考文献一覧の中に記載されています。

参考文献：Horwitz, E.P., Dietz, M.L., Chiarizia, R., Diamond, H., Maxwell III, S.L., and Nelson, M., "Separation and preconcentration of actinides by extraction chromatography using a supported liquid anion exchanger : Application to the characterization of high-level nuclear waste solutions", Analytica Chimica Acta, 310 (1995) 63-78 (HP195)

TEVA レジン			
粒 径	容 器	数 量	商品番号
100 ~ 150 μm	ボトル	25g	TE-B25-A
		50g	TE-B50-A
		100g	TE-B100-A
		200g	TE-B200-A
	2ml カラム	20個入	TE-C20-A
		50個入	TE-C50-A
		5ml-カラム	20個入
10ml-カラム	20個入	TE10-C20-A	
50 ~ 100 μm	ボトル	25g	TE-B25-S
		50g	TE-B50-S
		100g	TE-B100-S
		200g	TE-B200-S
	1ml カートリッジ	50個入	TE1ML-R50-S
	2ml カートリッジ	25個入	TE-R25-S
		50個入	TE-R50-S
20 ~ 50 μm	ボトル	10g	TE-B10-F
	ディスク	10個入	TE-D10-F
		50個入	TE-D50-F