

Lnレジンシリーズ(Ln, Ln2, Ln3レジン)

他のEichrom Technologies社製品と同様、Lnレジン
は、選択的有機溶媒抽出剤を抽出クロマトグラフィーレジン
に変換して作られました。Lnレジンでは、di(2-ethylhexyl)
orthophosphoric acid (HDEHP) を抽出剤にしていま
す。HDEHPを用いたクロマトグラフィーシステムは30
年以上前から文献があり、Eichrom社ウェブサイト www.eichrom.com
内のBibliographyよりご覧になれます。

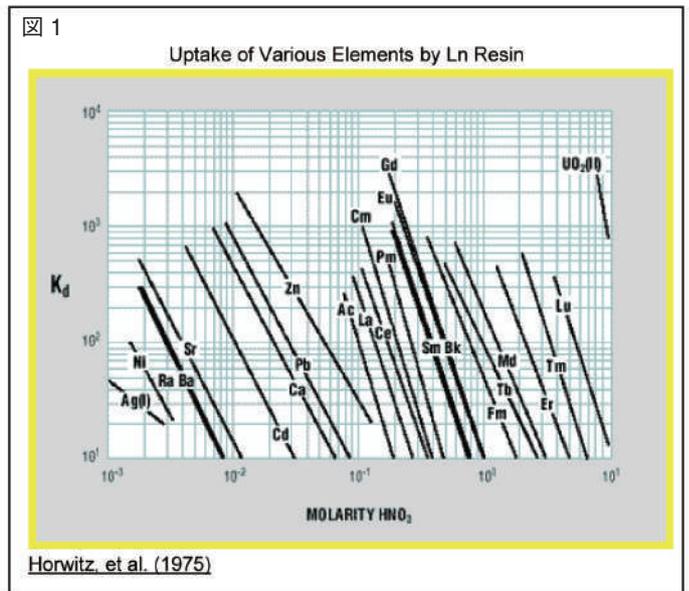
1975年、Horwitz氏らは、初期の研究で、疎水性支持体
上でHDEHPを用いて、様々な金属イオンにおける硝酸に
対する分配係数(K_d)を求めました。このデータは図1と
して使用されており、今日用いられている数々の放射化学分離
の最初の手順を考える上で使用されています。ここで留意す
べき点は、Lnレジンでは、 K_d を4.33で割ることによって、分
配係数' k' ' 値(ピーク最大値に対するFCVの近似値)に変換で
きます。Lnレジンでは、Ra、Nd、Pmの分析へ利用され、図
1が示すように、さらに多くの分析応用が可能として、すでに利用されています。

1995年、Bill Burnett氏らは、Lnレジンを使用した ^{228}Ra の測定に関する優れた論文を発表しました。この論文は、 ^{228}Ra
をそのベータ線放射娘核種である ^{228}Ac から分離するのに、TRUレジンが使用できることを示しています。それだけでなく、米
国環境保護庁(EPA)の混合有機廃棄物を発生させない科学物質分析法Ra-05-1 (EPA Procedures Manual 520/ 5-84-
006)で使用されているものと同じHDEHP抽出剤に頼っていることから、Lnレジンがアメリカの規制当局から支持されている
ことも分かります。図2はBill Burnett氏らの分析法の概要です。硫酸バリウムを沈殿後、炭酸バリウムへ変換した後、0.095M
硝酸(10ml)にサンプルをLnレジンの充填済カラム(0.7g)に加え、アルカリ土類、鉛や他の妨害元素を除去するため、濃
度が同じ0.095M硝酸(15mL)でカラムを洗浄します(通水後フラクションとリンスフラクションを採取して、ラドン放射能濃
度によって ^{226}Ra を分析することができます)。最後に、0.035M硝酸(10mL)を使用し、Acを定量的に溶出します。この
溶液を用いて比例計数管用の線源を調製することができます。ルーチン作業では、30分以内の測定、Ba回収率80%の条件で、
2Lのサンプルでは1.0pCi/L (0.037Bq/L)以下の検出下限値を得ることができます。この分析法は、米国環境保護庁の研究所
の ^{228}Ra サンプルの比較試験でも用いられ、すべての結果が期待値
の95%の信頼区間に一致しました。

Eichrom Technologies社では、この分析法を改良し、陽イオン
交換濃縮法を硝酸バリウム沈殿/カーボネート転換に変更しました。
アルファ線スペクトロメトリーは、短半減期の ^{224}Ra と同様に ^{226}Ra
に用いられます。この分析法は「RAW03 Radium in Water」と
して発表され、www.eichrom.com内のMethodよりご覧になれ
ます。その他の実施データは、2002年5月に開かれたEichrom
Technologies社の北米ユーザーズグループミーティングで紹介さ
れました。

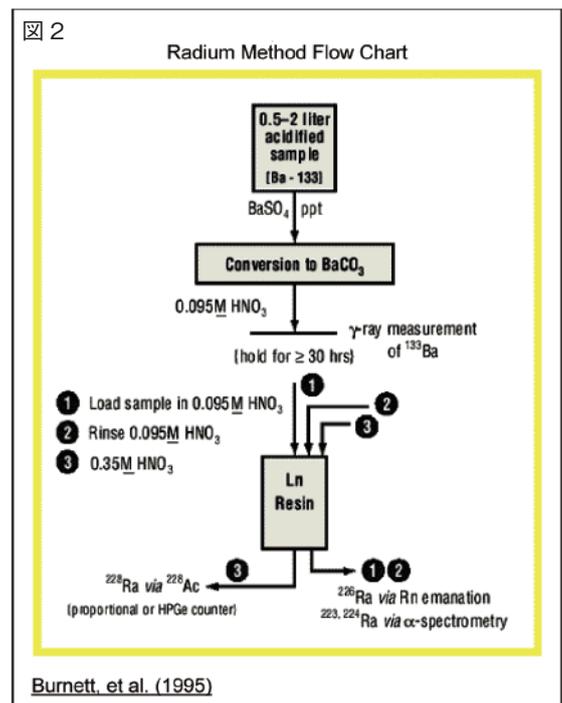
Lnレジンでは、 ^{147}Pm の分析においても有能です。原子力施設か
らの環境サンプルもしくは廃棄物サンプルを分析する際、他の核分
裂生成物とアクチノイドからPmを分離させなければ、正確な測定
はできません。水サンプルの分析法は、Cable氏らによって1997
年に概説されています。0.5 ~ 2Lの水サンプルから、リン酸水素
カルシウムの共沈もしくは蒸発で濃縮されます。得られた濃縮物は、
アスコルビン酸存在下で0.2M硝酸に溶解します。アスコルビン酸
は、Fe(III)をFe(II)に還元させます。55mgのFe(II)を含む
溶液を用いたテストでは、0.2M硝酸35mLを通過させても、Pm

図 1



Horwitz, et al. (1975)

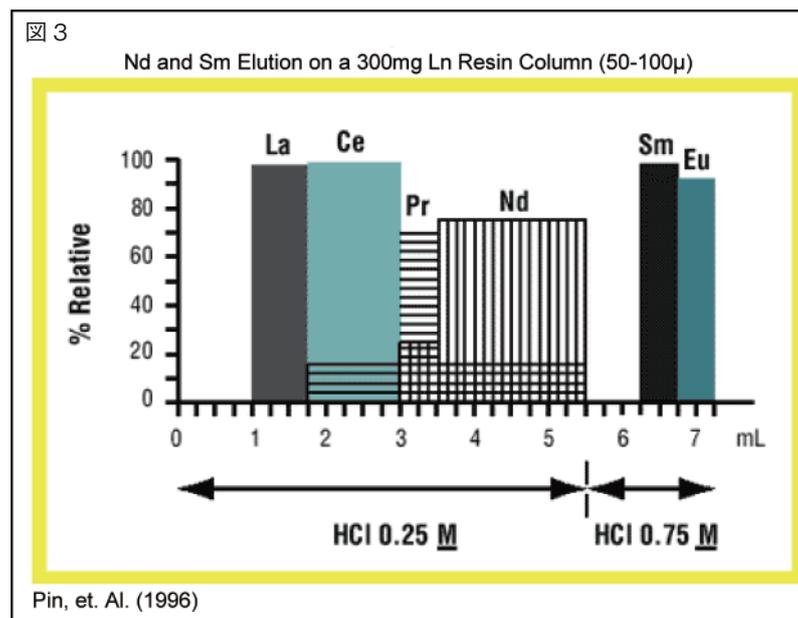
図 2



Burnett, et al. (1995)

の溶出はありませんでした。一般的な手順において、Lnレジンの標準的な充填済カラムを導入する場合、洗浄には合計で18～20mLの硝酸が必要です。潜在的に干渉となるAmは、Srと共にカラムから洗い流されます。Pmは、Bi、Y、そしてトレーサーとして用いられるSmもまたはGdとともにレジンに抽出され、保持されます。Pmは、SmまたはGdのトレーサーと共に1M硝酸(5mL)で溶離することができます。あるテストによると、¹⁴⁸Gdを取率トレーサーとして使用した場合の¹⁴⁷Pmの補正回収率は88%以上でした。⁶⁰Co、^{134/137}Cs、そして^{89/90}Srの極めて高い汚染除去を達成することができました。もう一つの潜在的干渉物質はベータ線とガンマ線放射体である¹⁴⁴Ceです。ガンマ線スペクトロメトリーを用いて、潜在的偽陽性としての¹⁴⁴Ceを除去することができます。

図3



Pin, et. Al. (1996)

Pr、Nd、Sm、Euの溶出挙動を示しています。La、Ce、Pr、Ndを抽出するのに0.25M塩酸を計5.5mL使用して溶離しますが、ここに含まれるSmは、ID-TIMS分析法で検出されない程度です。0.75M塩酸0.75mLを通過した後、次の0.5mLでSmは溶出され、Euはさらに次の0.75M塩酸0.5mLにおいて最後に回収されました。ケイ酸塩岩の15種類の国際的な標準物質を用いて比較を行ったところ、十分に一致しました。元素濃度のレベルはmg/gから μ g/gです。

LnレジンのNdの最大容量は約22mg/mLと算出されています。実際の分析過程において、この量の10～20%を超えることは好ましくありません。そのため、Lnレジンの実容量はNd/mLが2～4mL、または2mLの充填済カラムかカートリッジで4～8mgです。

Dan McAlister氏とHorwitz氏は、新たな2種類のLnレジンのLn2 -2-ethyl-1-hexyl (2-ethyl-1-hexyl) phosphonic acid (HEH[EHP]) およびLn3 -bis (2,4,4-trimethyl-1-pentyl) phosphonic acid (H[DTMPP]) の特性データを2007年に発表しました。次のページの図4をご覧ください。エステル酸素が除去されるにつれ、抽出剤のイオン性陽子の酸度は低下します。そのため、エステル酸素が2つのLN抽出剤が最も酸性が強く、エステル酸素が1つのLN2とエステル酸素がないLN3がそれに続きます。結果として、このLnシリーズのレジンの抽出基は比較的弱いので、目的元素の保持や溶離の条件を様々な系の水溶液で適切に調整することができます。

Christian Pin氏らは、1996年にケイ酸塩岩内のSm、Nd、Th、Uの一連の分離の分析法を発表しました。この分析法は、LnレジンのTRUレジンを使用して行うものです。玄武岩質サンプル等の鉄を多く含むサンプルの場合、50W×4の強酸性陽イオン交換レジンのカラムをまず使用します。サンプルを溶解し、陽イオン交換レジンをういて可能な限り処理した後、このサンプルを1M硝酸の入ったTRUレジンのカラムに流し込みます。不要な陽イオンは同じ濃度の硝酸ですすぐことによって溶離・除去することができます。その後、軽希土類元素(LREE)は0.05M硝酸で溶離します。TRUレジンのカラムからこのフラクションをLnレジンのカラムへ直接導入することで、LREEを抽出することができます。Pin氏らの方法では、Sグレード(50～100 μ)のLnレジンを0.3g用いてカラムを作成します。図3は、La、Ce、

The LN Series of Resins

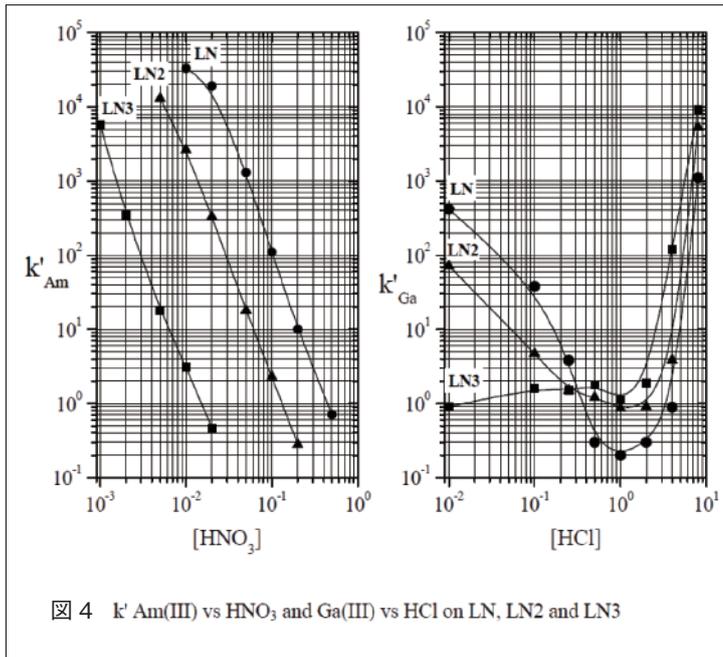
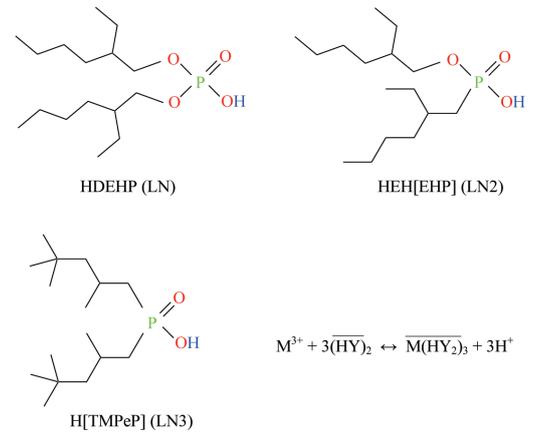
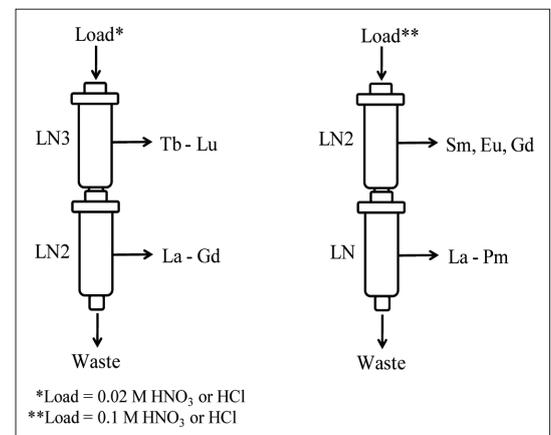


図4 $k'_{Am(III)}$ vs HNO_3 and $Ga(III)$ vs HCl on LN, LN2 and LN3

右のランタノイド元素の例が示すように、Lnレジンシリーズのカートリッジを重ねて、異なる種類のランタノイドを同じ導入試料溶液から別々のカートリッジ内に抽出することができます。



Lnレジン			
粒径	容器	数量	商品番号
100 ~ 150 μm	ボトル	25g	LN-B25-A
		50g	LN-B50-A
		100g	LN-B100-A
		200g	LN-B200-A
	2ml カラム	20個入 50個入	LN-C20-A LN-C50-A
50 ~ 100 μm	ボトル	25g	LN-B25-S
	ボトル	50g	LN-B50-S
	2ml カートリッジ	50個入	LN-R50-S
20 ~ 50 μm	ボトル	10g	LN-B10-F
Ln2レジン			
100 ~ 150 μm	2ml カラム	20個入	L2-C20-A
		50個入	L2-C50-A
50 ~ 100 μm	ボトル	10g	L2-B10-S
	2ml カートリッジ	50個入	L2-R50-S
	2ml カラム	20個入	L2-C20-S
		50個入	L2-C50-S
20 ~ 50 μm	ボトル	10g	L2-B10-F
Ln3レジン			
50 ~ 100 μm	1ml カートリッジ	50個入	L3-1ML-R50-S
	2ml カートリッジ	50個入	L3-R50-S