

9415 選択的リチウム吸着剤の示すリチウム同位体分離特性

助成研究者：大井 隆夫 (上智大学 理工学部)

吸脱着法によるLi同位体分離に関連し、優れたLi同位体分離性能を有する吸着剤の開発を行っている。本研究では、アルカリ金属の中でLiあるいはNaに対して選択性を有する4種の吸着剤を取り上げた。それらは、1) LiMn_2O_4 からLiを抽出して得られるマンガン酸化物系吸着剤 ($\text{MnO}_2(\text{Li})$)、2) LiSbO_3 からLiをHとイオン交換して得られる単斜晶アンチモン酸 (HSbO_3)、3) 立方晶アンチモン酸 (IXE-300)、および 4) $\text{LiTi}_{0.5}\text{Zr}_{1.5}(\text{PO}_4)_3$ からLiをHとイオン交換して得られるリン酸ジルコニウム系吸着剤 (H-TZP(Li)) である。

IXE-300は市販品の提供を受けた。 $\text{MnO}_2(\text{Li})$ 、 HSbO_3 はアルカリ金属の中でLi選択性、IXE-300、H-TZP(Li)はNa選択性であった。

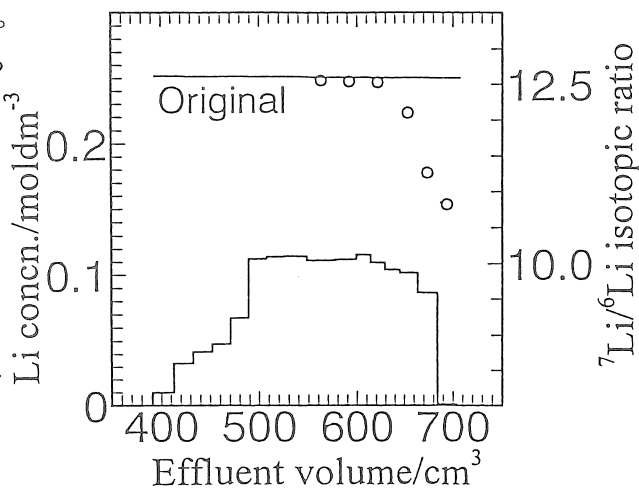
吸着剤と水溶液との間で観測されたLi同位体に関する分離係数を表にまとめた。分離係数値はいずれも1以上であり、 ^6Li が選択的に吸着剤に取り込まれた。25°CでLiOH水溶液の場合、IXE-300 > HSbO_3 > H-TZP(Li) > $\text{MnO}_2(\text{Li})$ の順であり、IXE-300の1.025は、現在まで報告されている無機・有機の吸着剤の中で、最も大きな値であった。

最も小さな $\text{MnO}_2(\text{Li})$ でも1.009であり、これは有機イオン交換体に比べ数倍大きな値である。これらの結果は、本研究で取り上げた吸着剤がいずれも優れたLi同位体分離剤となる可能性を有していることを示唆している。

IXE-300を充填剤として行ったクロマトグラフィーの結果を図に示す。吸着帯先端部境界は置換型ではなかったが、後端部分で ^6Li の濃縮がみられ、一段の分離効果が重畳されていることが分かる。

Values of the $^7\text{Li}/^6\text{Li}$ Separation factor obtained

Adsorbent	Solution phase		Temp. /°C	Separation factor
	Li compd.	Concn. /M		
$\text{MnO}_2(\text{Li})$	LiOH	0.10	25	1.0092
HSbO_3	LiOH	0.10	25	1.020
	LiOH	0.10	90	1.012
	LiCl	0.097	25	1.020
	LiCl	9.98	25	1.012
IXE-300	LiOH	0.10	25	1.025
	LiOH	0.10	70	1.013
H-TZP(Li)	LiOH	0.10	25	1.018
	LiOH	0.10	70	1.00



Resin bed; 140cm x 10mm φ
 Feed; 0.1M CH_3COOLi (pH = 2.4)
 Eluent; 0.1M CH_3COONa (pH = 2.7)
 Temperature; 25 °C

9415 選択的リチウム吸着剤の示すリチウム同位体分離特性

助成研究者：大井 隆夫 (上智大学 理工学部)

1. 序論

将来リチウムは、元素としてばかりでなく、単一の原子量をもつ純粋な同位体 (${}^6\text{Li}$, ${}^7\text{Li}$) としての利用増も見込まれており、 ${}^6\text{Li}$ と ${}^7\text{Li}$ との混合物から各々の同位体を経済的に分離する技術の確立が望まれている。吸脱着法 (イオン交換法) は有望なりチウム同位体分離法の一つと考えられているが、クロマトグラフィー操作を行う際の充填剤となるべき、優れたリチウム同位体選択能を持つ吸着剤が存在しないのが実状であり、そのような吸着剤の開発が強く望まれている。助成研究者は選択的リチウム吸着剤に着目し、それらが高いリチウム同位体分離能を持つのではないかと考え、それらの示す同位体効果を実測し、同位体効果の発現機構を解明する研究を行っている^{1,2)}。もしそれらの吸着剤が高いリチウム選択能と同時に高いリチウム同位体選択能を示せば、将来的にはそれらを用いて、海水等からリチウムを回収すると同時にリチウム同位体の分離も行えるというプロセス構築の可能性が出てくる。

本研究では、いくつかの研究機関で研究が進められている4種の吸着剤 (必ずしも全てがリチウム選択性ではない) を取り上げた。そして、それらの吸着剤としての特性を検討するとともに、それらの示すリチウム同位体効果を実測し、リチウム同位体分離剤としての可能性を相互比較することを目的とした。

2. 実験

2.1 吸着剤の調製

本研究で取り上げた吸着剤は、i) 本報告書中で $\text{MnO}_2(\text{Li})$ で表される立方晶系スピネル構造を有するマンガン酸化物系の吸着剤1種、ii) HSbO_3 (単斜晶アンチモン酸) 並びに iii) IXE-300 (立方晶アンチモン酸) で示されるアンチモン酸系の吸着剤2種、および iv) $\text{H-TZP}(\text{Li})$ で表されるリン酸ジルコニウムチタン系の吸着剤1種である。前駆物質および生成物の確認は文献を参照しながら、粉末X線回折により行った。また必要に応じて、成分元素の定量を行った。

2.1.1 MnO₂(Li) Li₂CO₃とMnCO₃とを十分混合した後、電気炉中で酸素を吹き込みながら加熱し、前駆物質であるLiMn₂O₄を合成した³⁾。この前駆物質よりペルオキシ二硫酸アンモニウム水溶液によりリチウムを抽出し、MnO₂(Li)を得た。当該吸着剤に関しては、ソルト・サイエンス研究財団からの助成を受けた2年目の研究となるので、前駆物質調製時のリチウムとマンガンとの混合割合（Li/Mnモル比：Li/Mn = 0.4, 0.5, 0.7, 0.8）、焼成温度（400, 600, 850°C）を変え、調製条件の異なったMnO₂(Li)を用意し、前駆物質調製時の条件の違いが吸着剤の示すリチウム同位体選択性にどのような影響を及ぼすかをも調べた。

2.1.2 HSbO₃（単斜晶アンチモン酸） 市販の五塩化アンチモンの塩酸溶液に窒素雰囲気下で水酸化リチウム水溶液を滴下し、生成する白濁色の混合溶液を60°Cで二日間以上放置し、結晶粒の成長したLiSb(OH)₆を得た。このLiSb(OH)₆を1100°Cで焼成し、前駆物質であるLiSbO₃を調製した。結晶粒径の非常に細かい部分をふるい分けして除いた後、1M硝酸を酸処理剤としてLiSbO₃からリチウムイオンを水素イオンとのイオン交換により抽出し、HSbO₃を得た。なお、この合成方法は文献⁴⁾に従った。

2.1.3 IXE-300（立方晶アンチモン酸） IXE-300は東亜合成化学工業（株）より試料の提供を受けた。粉末X線回折⁵⁾によりIXE-300は組成式 (Na, H)₁₄Sb₁₄O₂₁(OH)₄₂ で表される水素の一部がナトリウムで置き代わった立方晶アンチモン酸であることがわかった。なお、2.3、2.4で述べる実験での使用に際しては、希塩酸で処理しナトリウムの一部を水素に置換した。ただし、酸処理し過ぎると当該吸着剤は分解してしまうので、酸処理には十分の注意を要する。また、予備実験により、酸処理した場合としない場合とでクロマトグラフィーの充填剤としての特性に大きな違いがなかったため、2.4のクロマトグラフィー実験では未酸処理のものを使用した。

2.1.4 H-TZP(Li) 文献⁶⁾の方法に従い、Li₂CO₃、ZrO(NO₃)₂・2H₂O、TiO₂、H₃PO₄ をモル比1:3:1:6の割合で十分に混合し、混合物を1000°Cで10時間焼成することにより前駆物質であるLiTi_{0.5}Zr_{1.5}(PO₄)₃を得た。この前駆物質より1M硝酸で酸処理してリチウムを抽出し、リチウムを水素でイオン交換した組成式HTi_{0.5}Zr_{1.5}(PO₄)₃で表される吸着剤H-TZP(Li)を合成した。

2.2 吸着剤のイオン選択性

アルカリ金属、アルカリ土類金属をそれぞれ約1mM含む水溶液（0.2M NH₃aq - 0.2M NH₄Cl 緩衝溶液；pH = 9.18）中に吸着剤を入れ（通常、固液比 = 250cm³/gで実験を行った）、一定温度でバッチ法によりイオンを平衡吸着させた（25°Cの場合で一週間程度、時々かくはんしながら放置した）。平衡前後の溶液相中の金属イオンの濃度変化より吸着剤に取り込まれたイオン量を計算し、(1)式で定義される分配係数、 K_d (cm³/g)、を各イオンについて算出した。

$$K_d = \frac{\text{吸着剤中のイオン濃度(mol/g)}}{\text{溶液中のイオン濃度(mol/cm}^3\text{)}} \quad (1)$$

2.3 吸着剤のリチウム同位体選択性

含リチウム水溶液に吸着剤を入れ、一定温度でリチウムをバッチ法により平衡吸着させた(通常、固液比 = 100 cm³/g)。平衡達成後(25°Cの場合で一週間程度時々かくはんしながら放置)、溶液相と吸着相とを吸引ろ過により分離し、各相からリチウムを単離・抽出した。吸着相の場合は、吸着剤ごと分解し、イオン交換によりリチウムを他の陽イオン成分から分離した。抽出したリチウムは陰イオン交換等を経てヨウ化リチウムに変換した後、質量分析用試料(0.15M ヨウ化リチウム水溶液)とした。溶液相の場合は、分解を行わないこと以外は吸着相の場合と同様の処理をした。試料のリチウム同位体比、⁷Li/⁶Li、は表面電離法による質量分析により決定した⁷⁾。2相の同位体比より吸着剤の示すリチウム同位体効果の大小を分離係数、*S*、により評価した:

$$S = (^7\text{Li}/^6\text{Li})_{\text{solution}} / (^7\text{Li}/^6\text{Li})_{\text{adsorbent}} \quad (2)$$

(2)式において、(⁷Li/⁶Li)_{solution}、(⁷Li/⁶Li)_{adsorbent}はそれぞれ溶液相、吸着相におけるリチウム同位体比である。定義より*S*値が1より大きいとき、吸着剤は⁶Li選択性であり、1より小さいとき⁷Liが選択的に交換体に吸着する。なお、II-TZP(Li)では吸着剤の分解が難しく、吸着相からリチウムを高収率で単離することができなかつたため、吸着前後の溶液相のリチウム同位体比の変化から計算により分離係数を算出した。分離係数値をより精度よく求めるために、今後II-TZP(Li)を分解しリチウムを高回収率で単離する方法を検討する必要がある。

2.4 カラムクロマトグラフィーによるリチウム同位体分離

IXE-300は造粒されたかたち(粒径 = 70 μm)で供給されているため、これを充填剤とするリチウムのバンドカラムクロマトグラフィーを試み、リチウム吸着帯の溶離・展開状況並びに吸着帯内でのリチウム同位体の分離状況を観測した。短いカラム(30cm)を用いて何度か予備実験を行った結果、以下の実験条件で150cmのカラムを用いた本実験を行うこととした:

温度: 25°C; 吸着剤柱: 140cm x 10mmφ(カラム: 150cm x 10mmφ); 流速: 19.5cm³/h;

リチウム供給液: 0.11M CH₃COOLi + 2.4M CH₃COOH (pH = 2.4; 300cm³);

溶離液: 0.1M CH₃COONa + 0.58M CH₃COOH + 0.058M HCl (pH = 2.68)

当該吸着剤は、低pH領域でイオン吸着能がほとんどなくなる。従って、クロマトグラフィーが成り立つためには、リチウム供給液、溶離液とも緩衝性をもたせる必要がある(リチウムイオンとのイオン交換により増加する水素イオンを減少させる必要がある)。そのため本研究では、対イオンとして酢酸イオンを用いることとした。

3. 結果と考察

3.1 吸着剤の合成

3.1.1 $MnO_2(Li)$ 前駆物質からのリチウムの抽出剤としてペルオキシ二硫酸アンモニウム水溶液を使用した。焼成温度400、600°Cの場合、リチウムの抽出率はほぼ100%であった。焼成温度850°Cの場合、抽出率は80 - 90%強とやや悪くなったが、その原因の一つとして不純物である Li_2MnO_3 の生成をあげることができよう。マンガン溶出率はいずれの場合も0.2%以下であった。一方、塩酸、硝酸等の酸を用いると、マンガン溶出率は20-30%程度になる。以上のようにペルオキシ二硫酸アンモニウムはマンガンの溶出を抑えつつ、リチウムの抽出率を高く保つことができ、良好な酸処理剤であるといえる。ただし、水溶液中でペルオキシ二硫酸アンモニウムは、酸処理剤としての劣化が起るため、使用の直前に溶液を調製することが重要である。また、抽出条件によってはスピネル以外の構造をもつマンガン酸化物を生じるので、抽出条件の設定には注意が必要である。

3.1.2 $HfSbO_3$ （単斜晶アンチモン酸） 文献⁴⁾に従い前駆物質からのリチウム抽出剤として1M硝酸を用いた。最終的な抽出率は97%であった。またその際のアンチモンの溶出率は約5%であった。1M硝酸に代わる他の酸処理剤、例えば0.5-2M塩酸等、も試みたが、リチウム抽出率を上げることはできなかった。また、抽出に要する時間も非常に長い。当該吸着剤に関しては、今後より穏和な条件で、且つより短時間でリチウムの高抽出率を達成できる条件を探ることが必要であろう。

3.1.3 $H-TZP(Li)$ 文献⁶⁾に従い、前駆物質からのリチウムの抽出剤として1M硝酸を用いた。抽出温度、酸処理剤の交換期間等を改善すること、すなわち90°Cで酸処理剤を二日おきぐらいに交換することにより、文献のデータ⁶⁾より短時間で高リチウム抽出率を達成できた。最終的に3.2以下の実験に用いた吸着剤のリチウム抽出率は98.5%であった。なお、前駆物質からのジルコニウム、チタンの溶出は観測されなかった。

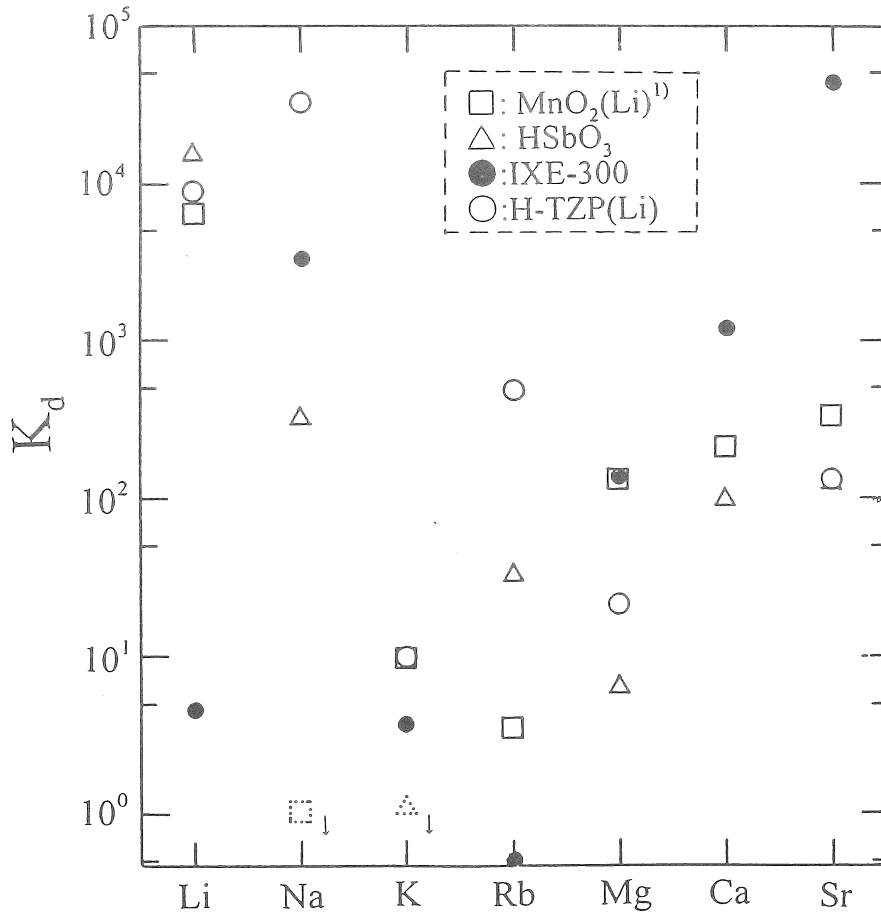
3.2 イオン選択性

4種の吸着剤の25°Cにおけるイオン選択性（ K_d 値）を図1に示す。アルカリ金属イオンに着目すると、 $MnO_2(Li)$ と $HfSbO_3$ とはリチウム選択性、IXE-300と $H-TZP(Li)$ とはナトリウム選択性であり、文献^{4, 6, 8, 9)}に与えられている結果と定性的に一致した。 $MnO_2(Li)$ 、 $HfSbO_3$ および $H-TZP(Li)$ はリチウムに対して同程度の K_d 値を示している。なお、温度を上げると吸着剤の K_d 値は一般的に大きくなった。

単斜晶構造をもつ $HfSbO_3$ では、リチウムあるいはナトリウムの吸着量を増加させると、結晶構造が変化することが観測された。すなわち、リチウム吸着量を増加させると、前駆物質である $LiSbO_3$ のもつ斜方晶の構造をとるようになる。また、ナトリウム吸着量を増加させるとIXE-300と同様の立方晶構造をとるようになる。これらの実験結果は、単斜晶ア

ンチモン酸が室温であまり安定でないことを示唆している。

図2には特に $MnO_2(Li)$ について、焼成温度を一定(400°C)にしてLi/Mn比を変えて合成した吸着剤の25°Cにおけるイオン選択性を示す。焼成温度400°Cのいずれの場合もリチウム選択性ではあるが、Li/Mn比が高い(= 0.7, 0.8)吸着剤ではアルカリ金属の中でナトリウムに対してもある程度の選択性を示すことが分かる。事実、これらの吸着剤のナトリウムイオン吸着量はリチウム吸着量の1/3程度であった。これは吸着剤内部にナトリウムイオンが入り込める程度の大きな吸着サイトが一部形成されていることを示唆する。焼成温度が600, 850°Cの場合もLi/Mn比の値に関わらずリチウム選択性であった。



1) The preparation conditions of the precursor: Li/Mn molar ratio = 0.499; Burning temp. = 400°C.

Figure 1 Plots of $\log K_d$ of alkali and alkaline earth metal ions for the adsorbents examined.

3.3 リチウム同位体選択性

4種の吸着剤に関して得られた S 値を表1にまとめた。いずれの吸着剤でも S 値は1より大きく、従っていずれの吸着剤も ${}^6\text{Li}$ を選択的に取り込む傾向のあることがわかる。 S 値の大きさの順は、 25°C で溶液相に 0.1M LiOH 水溶液を用いた場合、IXE-300 (立方晶アンチモン酸) > HSbO_3 (単斜晶アンチモン酸) > H-TZP(Li) (リン酸ジルコニウムチタン系吸着剤) > $\text{MnO}_2(\text{Li})$ (マンガン酸化物系吸着剤) の順であった。IXE-300の場合に得られた $S = 1.025$ という値は、現在までに有機・無機の吸着剤に関して報告されている内で最も大きな値である。しかし一番小さな分離係数值しか得られなかった $\text{MnO}_2(\text{Li})$ の場合でも、市販の有機イオン交換体に較べると ($S = 1.002$ 程度⁷⁾)、数倍大きなリチウム同位体効果を示しており、分離係数の観点からは、本研究で取り上げた吸着剤はいずれも優れたリチウム同位体の分離剤となる可能性を秘めているといえる。分離係数の温度依存性についてみると、測定点は少ないものの、いずれも負の依存性を示しており、通常の温度依存性が観測されているといえる¹⁰⁾。

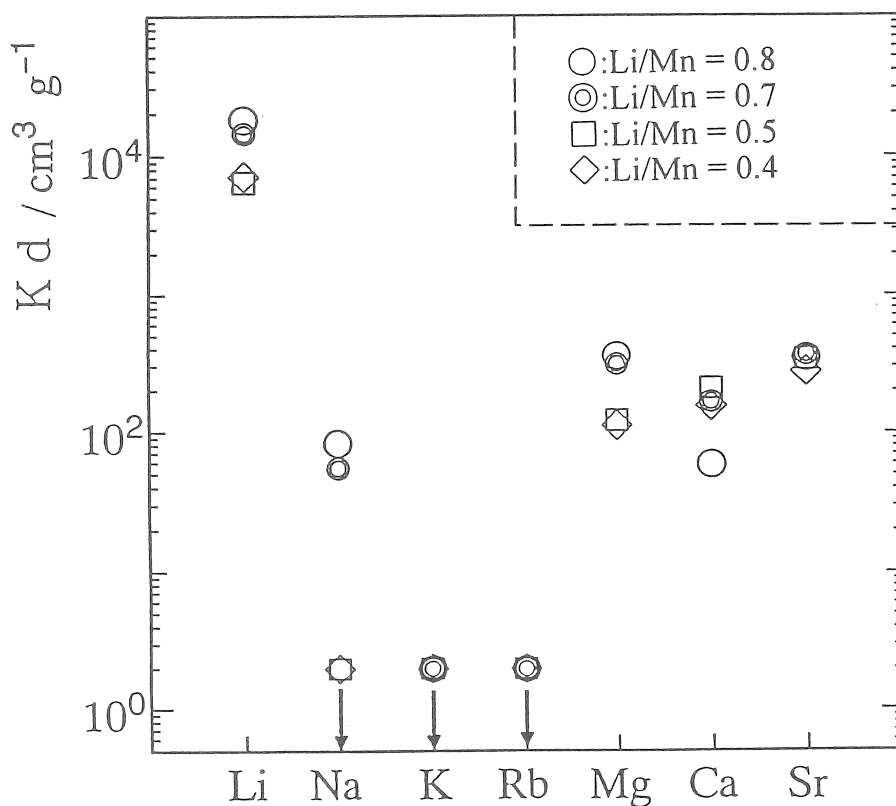


Figure 2 Plots of $\log K_d$ of alkali and alkaline earth metal ions for $\text{MnO}_2(\text{Li})$'s.

図3に様々な条件で調製された $MnO_2(Li)$ の示す分離係数を図示する。分離係数の焼成温度依存性はあまり明確ではないが、 Li/Mn 比依存性は比較的明確であり、 Li/Mn 比が高くなるほど S 値は小さくなる傾向がある(Li/Mn 比 = 0.4 の場合の方が0.5の場合より S 値が小さいことがある。これは、 Li/Mn 比 = 0.4がスピネル構造以外の構造を不純物として含んでいるためと考えられる。当該吸着剤がスピネル型構造のみを取るためには、 Li/Mn 比は0.5 - 0.8の間の値でなければならない¹¹⁾)。

3.4 カラムクロマトグラフィー

溶離曲線並びにリチウム吸着帯内でのリチウム同位体比の変化を図4に示す。先端部で溶離曲線が置換型から大きく乱れてしまったため(すなわち、シャープな境界が得られなかったため)、後端部のみで同位体比を測定した。後端では ${}^7Li/{}^6Li$ 値がリチウム供給液のそれ(図のoriginalの線)より小さくなっている。これは、 6Li の方が吸着剤に対する親和性が高いため吸着剤内に長い間留まる傾向があるためで、前節の結果と対応している。また、後端にいくほど ${}^7Li/{}^6Li$ 値が小さくなり一段の同位体分離効果が重畳されていることが観測される。

溶離曲線は後端は比較的理想的な置換型の Li/Na 境界が形成されたが、先端部はリーディングをおこし、同位体分離に最適とされる置換型バンドクロマトグラフィーは実現できなかった。この最大の原因はリチウム供給液と溶離液の化学組成が大きく違う(そうせざるをえなかった訳ではあるが)ことであると考えられる。今後2液の化学組成をできるだ

Table 1 Values of the ${}^7Li/{}^6Li$ Separation factor obtained

Adsorbent	Solution phase		Temp. /°C	Amount of Li adsorbed /mmol g^{-1}	Separation factor
	Li compd.	Concn./M			
$MnO_2(Li)^*$	LiOH	0.10	25	3.64	1.0092
HSbO ₃	LiOH	0.10	25	3.33	1.020
	LiOH	0.10	90	5.74	1.012
	LiCl	0.097	25	2.29	1.020
	LiCl	9.98	25	2.97	1.012
IXE-300	LiOH	0.10	25	3.96	1.025
	LiOH	0.10	70	5.36	1.013
H-TZP(Li)	LiOH	0.10	25	1.53	1.018
	LiOH	0.10	70	5.91	1.00

*The preparation conditions of the precursor:
Li/Mn molar ratio = 0.499; Burning temp. = 400 °C.

け近づけ、先端でも後端でもシャープな境界をもったクロマトグラムが得られる条件をさがす必要がある。また今回の実験ではpH = 2.4とpH値の低いところで実験を行った。この条件ではリチウムの吸着量があまり多くなく、吸着サイトが有効に使われていない。従って、pH値の高いところでのクロマトグラフ実験も今後の研究課題であり、高pH領域での置換型バンドクロマトグラフィーの実現が目標となろう。

4. 結語

アルカリ金属の中でリチウムあるいはナトリウムに選択性を示す4種の吸着剤について、リチウム同位体に関する分離係数を測定した。いずれの吸着剤も⁶Li選択性を示し、分離係数値は溶液相に0.1M水酸化リチウム水溶液を用いた場合、25°Cで1.009~1.025であった。これらは市販の有機イオン交換体に較べて数倍大きな効果であり、本研究で取り上げた吸着剤が、いずれも潜在的には優れたリチウム同位体分離剤となりうる可能性を秘めていることを示唆している。

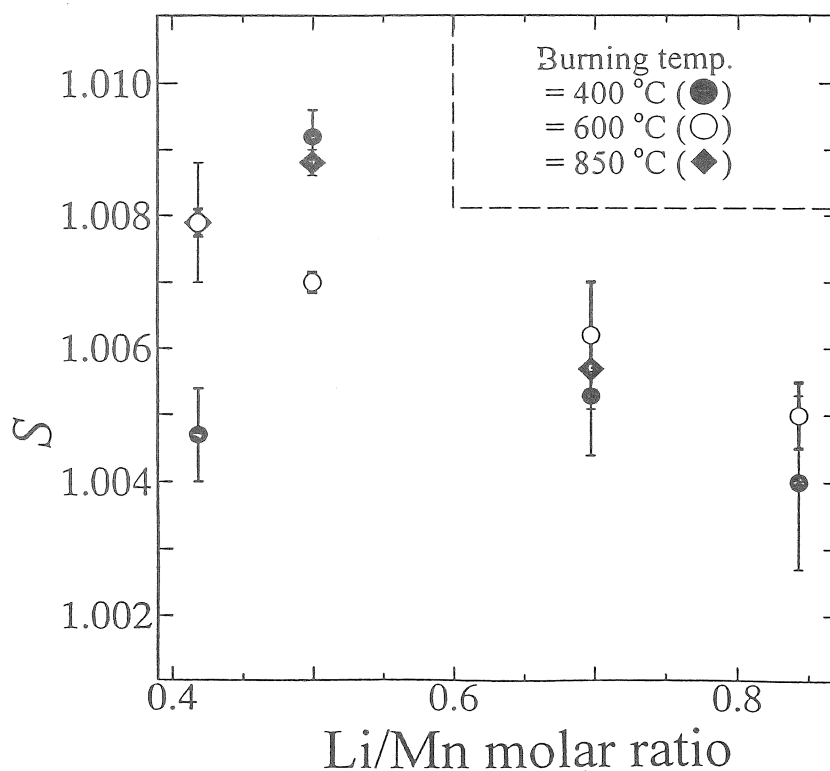


Figure 3 Plots of S against the Li/Mn molar ratio for $MnO_2(Li)$.

立方晶アンチモン酸を充填剤とするカラムクロマトグラフィーにより一段当たりのリチウム同位体効果が重畳されていることが確認された。しかし、置換型バンドクロマトグラフィーの実現には到らなかった。

4.1 今後の課題

本報告書の結果を含めて、現在まで数種の無機吸着剤の示すリチウム同位体効果を測定してきた。その結果、大きなリチウム同位体分離係数を示すものが必ずしも（アルカリ金属イオンの中で）リチウムイオン選択性が高いとは限らないことが明かとなってきた。しかし、カリウムイオンより大きいイオンに対して選択性を示す吸着剤は大きなリチウム同位体分離係数を示すことはない¹²⁾、という結果も得られている。これらのことより、リチウムあるいはナトリウム選択性である吸着剤により高いリチウム同位体分離能を有するものがある可能性が高く、今後そのような吸着剤を合成し、それらのリチウム同位体分離係数を数多く測定していく必要がある。当然ながら各吸着剤について、その調製条件とそれの示すリチウム同位体効果を詳細に検討していく必要がある。また、リチウム同位体分離プロセスの構築のためには、吸着剤をカラム充填剤とするための造粒化が不可欠とな

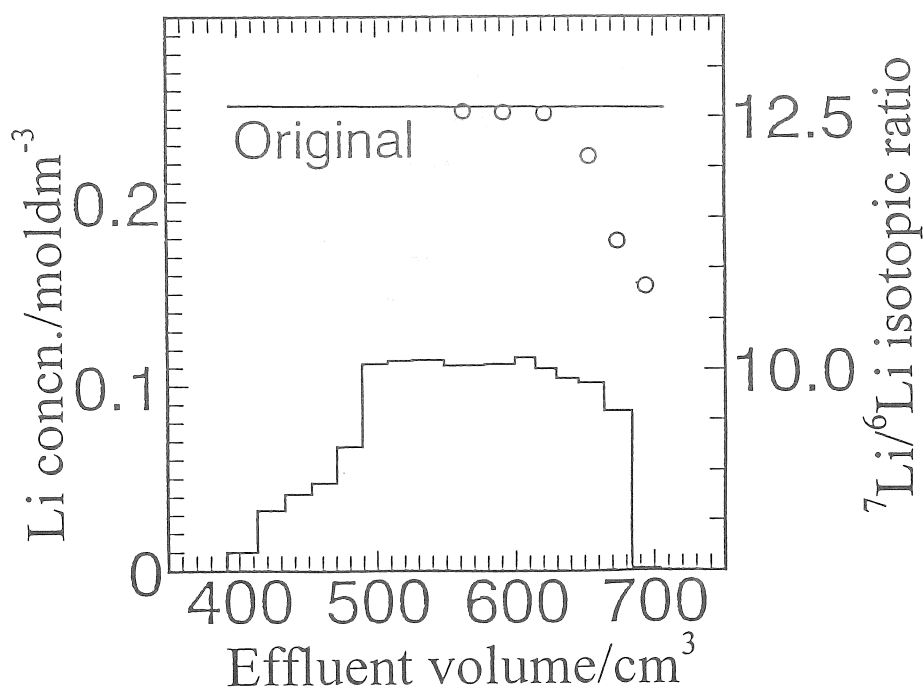


Figure 4 Chromatogram and the ${}^7\text{Li}/{}^6\text{Li}$ isotopic ratios of the chromatographic experiment. The experimental conditions are given in Section 2.4.

るし、吸脱着の反応速度も重要な研究対象であろう。さらに、吸着量を増大させること(交換容量を有効に使うことを含む)、リチウムの脱着を容易にすること等も検討する必要がある。このように、検討すべき課題が山積みしている。今後それらの課題を一步一步解決してゆく方針である。

参考文献

1. 大井隆夫、ソルト・サイエンス研究財団平成5年度助成研究報告書、理工学・生物学編、ソルト・サイエンス研究財団、1995年3月、pp. 221 - 231.
2. 大井隆夫、瀧口彰子、*海水誌*、47, 67 (1993).
3. K. Ooi, Y. Miyai, S. Katoh, H. Maeda and M. Abe, *Langmuir*, 5, 150 (1989).
4. R. Chitrakar and M. Abe, *Mat. Res. Bull.*, 23, 1231 (1988).
5. JCPDSカード No. 34-1262.
6. Y. Mizuhara, K. Hachimura, T. Ishihara, N. Kubota, T. Hano, F. Hori and Y. Takita, *Chem. Lett.*, 1992, 1271.
7. T. Oi, K. Kawada, M. Hosoe and H. Kakihana, *Sep. Sci. Technol.*, 26, 1353 (1991).
8. 大井健太、博士論文、東京工業大学、1989.
9. 東亜合成化学(株)、無機イオン交換体製品カタログ.
10. J. Bigeleisen and M.G. Mayer, *J. Chem. Phys.*, 15, 261 (1947).
11. 大井健太、阿部光雄、*セラミックス*、27, 401 (1992).
12. 大井健太、宮井良孝、広津孝弘、加納博文、Feng Qi、大井隆夫、垣花秀武、日本原子力学会1993秋の大会予稿集、神戸、p. 434 (1993).

Lithium Isotope Separating Characteristics of Specific Lithium Adsorbents

Takao OI

Department of Chemistry, Sophia University

Summary

Lithium isotope effects were measured between lithium taken up by adsorbents and lithium in aqueous solutions in equilibrium with each other. The adsorbents studied were: 1) a manganese-oxide-based adsorbent with the spinel structure, derived by extracting lithium from LiMn_2O_4 and designated as $\text{MnO}_2(\text{Li})$; 2) monoclinic antimonite acid obtained by extracting lithium from LiSbO_3 and designated as HSbO_3 ; 3) cubic antimonite acid donated by Toagosei Chemical Industry Co. and designated as IXE-300, and 4) a titanium-zirconium-phosphate-based adsorbent with the chemical formula of $\text{HTi}_{0.5}\text{Zr}_{1.5}(\text{PO}_4)_3$, derived by extracting lithium from $\text{LiTi}_{0.5}\text{Zr}_{1.5}(\text{PO}_4)_3$ and designated as H-TZP(Li). $\text{MnO}_2(\text{Li})$ and HSbO_3 showed the highest selectivity for the lithium ion among alkali metal ions, whereas IXE-300 and H-TZP(Li) had the highest selectivity for the sodium ion.

The four adsorbents examined were all isotopically ^6Li -specific; that is, the lighter isotope, ^6Li , was preferentially fractionated into them rather than aqueous solutions. The values of $^7\text{Li}/^6\text{Li}$ isotopic separation factors, S , observed between them and 0.1M lithium hydroxide solutions were 1.009 - 1.025 at 25 °C, and the decreasing order of the S values was IXE-300 > HSbO_3 > H-TZP(Li) > $\text{MnO}_2(\text{Li})$. The value of $S = 1.025$ obtained for IXE-300 is the largest ever observed for organic and inorganic adsorbents (ion exchangers) in aqueous systems at 25 °C. Even the smallest value of 1.009 obtained for $\text{MnO}_2(\text{Li})$ was several times larger than those observed for organic ion exchangers. These results suggest that the four adsorbents examined all have the potential of becoming excellent lithium isotope separators. The temperature dependence of the lithium isotope effects was normal.

A band displacement chromatography of lithium acetate with IXE-300 as packing material was attempted to examine the chromatographic behavior of the lithium isotopes. Although a leading phenomenon, which is usually unfavorable for isotope separation systems using chemical exchanges, occurred at the front boundary of the lithium adsorption band, ^6Li was found depleted in the rear part of the band and accumulation of the single-stage isotope separation effect was clearly observed.