

多醚液-液萃取体系中各种因素 对锂的热力学同位素效应的影响

傅立安 方胜强

(兰州大学现代物理系, 兰州)

姚钟麟 高志昌 谭千祖

(兰州化学物理研究所, 兰州)

利用经验式 $e_p = (\alpha - 1) / [1 + 0.46(1 - P)]$, 处理含多醚液-液萃取体系的数据, 考察该类体系中冠醚的内结构、冠醚的侧基、冠醚浓度、有机溶剂、锂盐阴离子、锂盐浓度等因素对锂的热力学同位素效应的影响。

关键词 冠醚, 锂同位素, 同位素效应, 同位素分离, 液-液萃取。

一、引言

至今见报的关于多醚-锂盐液-液萃取体系的文章^[1-8]已多少论及有关因素对锂同位素效应(α 值)的影响, 但是对于影响 α 值的因素全面了解不足。根据该类体系的特点, 影响锂的热力学同位素效应的因素通常有: 1. 冠醚的内结构; 2. 冠醚的侧基; 3. 冠醚浓度; 4. 有机溶剂; 5. 锂盐阴离子; 6. 锂盐浓度; 7. 温度; 8. 相比。对于两种冠醚体系, 即使第2至第8种因素都相同, 也因冠醚的络合力差异大而不能维持相同量的条件, 因而用 α 来判别该两体系分离锂同位素的能力是难免失误的^[1]。根据先前提出的经验式^[9], 采用 e_p 值就有可能在相同条件下判别不同体系分离锂同位素的能力。该经验式是:

$$e_p = (\alpha - 1) / [1 + 0.46(1 - P)] \quad (1)$$

式中 α 为同位素分离系数, P 为萃取平衡后有机相的锂浓度与多醚原始浓度之比, e_p 为 $P=100\%$ 时的同位素富集系数。对于任一该类体系, 都可由一组实验的 α 和 P 值求得 e_p 值。一般情况下, 为了表征热力学同位素效应, 可以用 α , 也可以用 e_p 。但在比较两种不同冠醚体系分离锂同位素的能力时, 则采用 e_p 更妥。

本文汇集诸家的有关数据, 通过(1)式求其 e_p 值, 将各种因素对体系的 D (分配比), P , α 和 e_p 的影响列表对照, 侧重观察 e_p 的变化。其中温度和相比影响的数据, 均未见同时

1988年2月1日收到。

报道 D 值,无法计算 ϵ_P ,故不予讨论。

二、实验

本文的实验条件是:4-叔丁基苯并-15-冠-5,4-羟甲基苯并-15-冠-5,由本实验室合成纯化。 C_6H_5Br ,化学纯。 $C_6H_5NO_2$, C_6H_5I 和 $LiClO_4$,分析纯。 $LiSCN$,英国进口,试剂级。萃取相比为1:1, $25^\circ \pm 2^\circ C$,振摇1小时以上。有机相中的锂,用去离子水完全反萃下来测定。相分离均用离心机。用Y-2型原子吸收分光光度计测锂总量。用质谱法分析锂同位素丰度,精度 $\leq \pm 0.3\%$ 。

所引文献数据的实验条件详见原文;本文只摘其实验温度和萃取相比。根据(1)式的要求,只要温度和相比相同,不同体系的 ϵ_P 值就可以对比。

三、结果与讨论

1. 冠醚侧基的影响 将上述8种因素中的7种保持不变,只改变15-冠-5同系物的侧基,观察它的影响,结果列入表1。从表中可看出,随侧基的改变,体系的 D , P 和 α 也变,但 ϵ_P 却

表1 15-冠-5同系物的侧基对体系参数的影响*

序号	冠醚名称	D	P	α	ϵ_P	引用文献
1	15-冠-5	8.3×10^{-4}	0.011	1.025	1.7×10^{-2}	[3]
2	4-叔丁基环己基-15-冠-5	1.9×10^{-2}	0.25	1.028 ± 0.004	2.1×10^{-2}	[3]
3	环己基-15-冠-5	1.1×10^{-2}	0.14	1.030 ± 0.005	2.1×10^{-2}	[3]
4	苯并-15-冠-5	8.0×10^{-3}	0.11	1.033 ± 0.003	2.3×10^{-2}	[4]
5	4-溴苯并-15-冠-5	6.0×10^{-3}	0.080	1.032 ± 0.003	2.2×10^{-2}	[4]
6	4-羟甲基苯并-15-冠-5	1.2×10^{-2}	0.16	1.031 ± 0.003	2.2×10^{-2}	[4]
7	4-叔丁基苯并-15-冠-5	9.8×10^{-3}	0.13	1.032 ± 0.003	2.3×10^{-2}	[4]

* 冠醚- $C_6H_5NO_2$, 0.15mol/l; $LiCF_3COO-H_2O$, 2.0mol/l; $25^\circ \pm 2^\circ C$; 相比1:1。

保持不变。其中15-冠-5的水溶性太大,使体系的 D , P , α 和 ϵ_P 剧降,属于例外。

由于冠醚浓度和锂盐浓度的变化不改变体系的 ϵ_P 值(该结论证明于后),故将有关改变侧基的同时,也改变冠醚浓度和锂盐浓度,而其它因素不变的体系的数据列入表2和表3。该两表的结论与表1的结论相同。表1—3的 ϵ_P 值分别为 2.2×10^{-2} , 2.2×10^{-2} 和 8.8×10^{-3} (平均值)。

表2 15-冠-5同系物的侧基、冠醚的浓度和锂盐浓度同时改变对体系参数的影响*

序号	冠醚名称	冠醚浓度, mol/l	锂盐浓度, mol/l	D	P	α	ϵ_P	引用文献
8	15-冠-5	0.45	3.35	3.2×10^{-3}	0.024	1.024	1.7×10^{-2}	[4]
9	4-三苯基硅氧苯并-15-冠-5	0.63	3.35	1.2×10^{-1}	0.57	1.026 ± 0.003	2.2×10^{-2}	[4]
10	苯并-15-冠-5	0.186	2.0	5.40×10^{-3}	0.058	1.032 ± 0.002	2.2×10^{-2}	[7]

* 有机溶剂均为 $CHCl_3$, 锂盐为 $LiSCN$, $25^\circ \pm 2^\circ C$, 相比1:1。其中15-冠-5的水溶性太大,为特例。

表1的 ϵ_P 值有一定幅度($2.1 \times 10^{-2} - 2.3 \times 10^{-2}$)的涨落是由于数据来自不同作者,在实验上有附加的差异造成。冠醚侧基的改变对其分离锂同位素的能力(以 ϵ_P 表征)影响极微;它对体系萃取率的影响是主要的。

表3 三甘酰同系物侧基的改变对体系参数的影响*

序号	冠醚名称	冠醚浓度, mol/l	D	P	α	ϵ_P	引用文献
11	三甘酰双苯胺	0.205	9.8×10^{-3}	0.095	1.012	8.5×10^{-3}	[3]
12	三甘酰双苄胺	0.110	9.1×10^{-3}	0.163	1.013	9.4×10^{-3}	[3]
13	三甘酰双苄苯胺	0.166	1.3×10^{-2}	0.154	1.012	8.9×10^{-3}	[3]

* 有机溶剂均为 $C_6H_5NO_2$, 水相为 2.0 mol/l 的 $LiCF_3COO \cdot H_2O$, $25 \pm 2^\circ C$, 相比1:1。

2. 锂盐浓度的影响 在4-叔丁基苯并-15-冠-5/ C_6H_5I / $LiSCN$ 体系中,只改变锂盐浓度而固定其它7种因素不变,结果列入表4。体系的D, P, α 都随锂盐浓度的改变而改变,但 ϵ_P 却保持不变。

由于冠醚浓度的改变不影响体系的 ϵ_P 值(证明于后),故将锂盐浓度和冠醚浓度同时改变,而其它因素不变的体系的数据列入表5和表6。表4--6的结论相同,它们的 ϵ_P 分别为 2.4×10^{-2} , 1.7×10^{-2} 和 8.9×10^{-3} (平均值)。

表4 4-叔丁基苯并-15-冠-5/ C_6H_5I / $LiSCN$ 体系中锂盐浓度改变对体系参数的影响*

序号	LiSCN浓度, mol/l	D	P	α	ϵ_P	引用文献
14	1.0	3.0×10^{-2}	0.037	1.035 ± 0.003	2.4×10^{-2}	[9]
15	2.0	1.1×10^{-1}	0.26	1.031 ± 0.001	2.3×10^{-2}	[9]
16	3.0	1.6×10^{-1}	0.53	1.029 ± 0.002	2.4×10^{-2}	[9]
17	4.0	1.8×10^{-1}	0.77	1.026 ± 0.002	2.4×10^{-2}	[9]
18	5.0	1.7×10^{-1}	0.92	1.025 ± 0.003	2.4×10^{-2}	[9]
19	6.0	1.6×10^{-1}	1.08	1.022 ± 0.003	2.3×10^{-2}	[9]
20	7.0	1.5×10^{-1}	1.18	1.022 ± 0.003	2.4×10^{-2}	[9]
21	10.1	1.2×10^{-1}	1.36	1.018 ± 0.006	2.2×10^{-2}	[9]

* $[4\text{-叔丁基苯并-15-冠-5}]-C_6H_5I$ 的浓度为 0.78 mol/l , 温度 $25 \pm 2^\circ C$, 相比1:1。

表5 苯并-15-冠-5/ $CHCl_3$ / LiI 体系中锂盐浓度和冠醚浓度同时改变对体系参数的影响*

序号	冠醚浓度, mol/l	LiI浓度, mol/l	D	P	α	ϵ_P	引用文献
22	0.186	2.0	1.58×10^{-3}	0.017	1.026 ± 0.002	1.8×10^{-2}	[7]
23	1.0	1.5	5.9×10^{-2}	0.084	1.024 ± 0.003	1.7×10^{-2}	[9]

* $25 \pm 2^\circ C$; 相比1:1。

表6 苯并-15-冠-5/ $CHCl_3$ / $LiBr$ 体系中锂盐浓度和冠醚浓度同时改变对体系参数的影响*

序号	冠醚浓度, mol/l	LiBr浓度, mol/l	D	P	α	ϵ_P	引用文献
24	0.186	2.0	5.10×10^{-6}	5.48×10^{-4}	1.014 ± 0.002	9.6×10^{-3}	[7]
25	1.0	2.214	2.7×10^{-3}	6.0×10^{-3}	1.012 ± 0.003	8.2×10^{-3}	[9]

* $25 \pm 2^\circ C$; 相比1:1。

3. 冠醚浓度的影响 在4-叔丁基苯并-15-冠-5/ $C_6H_5I/LiSCN$ 体系中, 只改变冠醚浓度而固定其它7种因素, 结果列入表7。 D , P 和 α 都随冠醚浓度的改变而改变, 但 ϵ_p 能保持 2.4×10^{-2} 不变。

表7 4-叔丁基苯并-15-冠-5/ $C_6H_5I/LiSCN$ 体系中冠醚浓度改变对体系参数的影响*

序号	冠醚浓度, mol/l	D	P	α	ϵ_p	引用文献
26	0.10	1.2×10^{-2}	0.56	1.028 ± 0.003	2.3×10^{-2}	本文
27	0.20	3.3×10^{-2}	0.72	1.027 ± 0.003	2.4×10^{-2}	本文
28	0.35	6.6×10^{-2}	0.79	1.026 ± 0.003	2.4×10^{-2}	本文

* $LiSCN-H_2O$ 的浓度为 $4.5 mol/l$, 相比1:1, $25^\circ \pm 2^\circ C$ 。

前面已证明锂盐浓度的改变不影响体系的 ϵ_p 值(表4), 故表5和表6的数据也说明冠醚浓度的改变只影响 D , P 和 α , 而不影响 ϵ_p 。

4. 锂盐阴离子的影响 在苯并-15-冠-5/ $CHCl_3/LiA$ 体系中, 只改变盐的阴离子A而固定其它因素时, D , P , α 和 ϵ_p 都随之而变, 结果列于表8。

根据前面的结论, 冠醚浓度和锂盐浓度的改变, 不影响体系的 ϵ_p , 故将4-羟甲基苯并-15-冠-5/ $C_6H_5NO_2/LiA$ 体系和4-叔丁基苯并-15-冠-5/ C_6H_5I/LiA 体系中阴离子A和锂盐浓度同时改变, 而其它因素不变的数据分别列于表9和表10。两表中的 D , P , α 和 ϵ_p 也如表8的一样, 随阴离子A改变而改变。

表8 苯并-15-冠-5/ $CHCl_3/LiA$ 体系中阴离子A的改变对体系参数的影响*

序号	冠醚浓度, mol/l	锂盐	锂盐浓度, mol/l	D	P	α	ϵ_p	引用文献
29	0.186	$LiCF_3COO$	2.0	1.36×10^{-5}	1.46×10^{-4}	1.035 ± 0.002	2.4×10^{-2}	[7]
30	0.186	$LiSCN$	2.0	5.40×10^{-3}	5.8×10^{-2}	1.032 ± 0.002	2.2×10^{-2}	[7]
31	0.186	LiI	2.0	1.58×10^{-3}	1.7×10^{-2}	1.026 ± 0.002	1.8×10^{-2}	[7]
32	1.0	LiI	1.5	5.9×10^{-2}	8.4×10^{-2}	1.024 ± 0.003	1.7×10^{-2}	[9]
33	0.186	$LiCHF_2COO$	2.0	1.01×10^{-5}	1.09×10^{-1}	1.023 ± 0.001	1.6×10^{-2}	[7]
34	0.186	$LiBr$	2.0	5.10×10^{-3}	5.48×10^{-4}	1.014 ± 0.002	9.6×10^{-3}	[7]
35	1.0	$LiBr$	2.214	2.7×10^{-3}	6.0×10^{-3}	1.012	8.2×10^{-3}	[9]
36	0.186	$LiCl$	2.0	1.62×10^{-3}	1.74×10^{-4}	1.002 ± 0.002	1.4×10^{-2}	[7]

* $25^\circ C$, 相比1:1。

显然, 锂盐阴离子对锂同位素效应 α 和 ϵ_p 有影响。这种影响已有评论^[2,5-7]。通常, 阴离子的碱性越软, 越利于增大 D 和 α (包括 ϵ_p), 然而还有例外。例如表8中 I^- 离子的软度显然比 CF_3COO^- 的软度大, 论 D 值, 前者大于后者, 与软度次序一致; 但是论 α 和 ϵ_p , 却是后者大于前者, 与软度次序不一致。这说明阴离子的碱性软度对 D 起作用的主要的, 而对 α 和 ϵ_p 起作用的是相对次要的。

5. 溶剂的影响 在4-甲基苯并-15-冠-5/ $S/LiCCl_3COO$ 体系中, S 代表溶剂, 不包括能与锂盐反应的溶剂和水溶性太大的溶剂。当改变 S 而固定其它7种因素时, 体系的 D , P 和 α 都随之改变, 而 ϵ_p 按测定误差范围判定不变(见表11)。

考虑到冠醚浓度和锂盐浓度改变不影响体系的 ϵ_p 值, 故将苯并-15-冠-5/ $S/LiCF_3COO$

体系和4-叔丁基苯并-15-冠-5/S/LiSCN体系中S, 冠醚浓度和锂盐浓度同时改变对体系参数的影响分别列于表12和表13。表11—13所得结论相同。

表9 4-羟甲基苯并-15-冠-5/C₆H₅NO₂/LiA体系中阴离子A和盐浓度同时改变对体系参数的影响*

序号	锂盐	锂盐浓度, mol/l	D	P	α	ϵ_p	引用文献
37	LiCF ₃ COO	2.0	1.2×10^{-2}	0.16	1.031 ± 0.003	2.2×10^{-2}	[4]
38	LiSCN	1.68	1.1×10^{-2}	0.12	1.030	2.1×10^{-2}	本文

* [4-羟甲基苯并-15-冠-5]-C₆H₅NO₂的浓度为0.15mol/l, 25°±2℃, 相比1:1。

表10 4-叔丁基苯并-15-冠-5/C₆H₅I/LiA体系中阴离子A和盐浓度同时改变对体系参数的影响*

序号	锂盐	锂盐浓度, mol/l	D	P	α	ϵ_p	引用文献
39	LiSCN	4.0	1.8×10^{-2}	0.77	1.026 ± 0.002	2.4×10^{-2}	[9]
40	LiClO ₄	3.25	1.7×10^{-2}	0.59	1.022 ± 0.002	1.9×10^{-2}	本文

* 冠醚浓度0.78mol/l, 25°±2℃, 相比1:1。

表11 4-甲基苯并-15-冠-5/S/LiCCl₃COO体系中S改变对体系参数的影响**

序号	溶剂	D	P	α	ϵ_p	引用文献
41	CHCl ₃	2.2×10^{-2}	0.43	1.037	2.9×10^{-2}	[8]
42	1, 1, 1-三氯乙烷	2.0×10^{-3}	0.04	1.041-1.042	2.9×10^{-2}	[8]
43	1, 1, 2-三氯乙烷	3.2×10^{-2}	0.62	1.036	3.1×10^{-2}	[8]
44	1, 2-二氯乙烷	3.3×10^{-2}	0.64	1.038	3.3×10^{-2}	[8]

** 冠醚浓度0.1mol/l; 锂盐浓度2.0mol/l; 18°±1℃; 相比1:1。文献[8]中尚有甲基叔丁基酮和甲基异丁基酮的数据, 本文不予引用, 因为这两种溶剂对所用锂盐也有萃取作用。

* 原文的D值为0.133, 是印刷之误。

表12 苯并-15-冠-5/S/LiCF₃COO体系中, S和冠醚浓度同时改变对体系参数的影响*

序号	溶剂	冠醚浓度, mol/l	D	P	α	ϵ_p	引用文献
45	CHCl ₃	0.186	1.36×10^{-5}	1.46×10^{-4}	1.035 ± 0.002	2.4×10^{-2}	[7]
46	C ₆ H ₅ NO ₂	0.15	8.0×10^{-3}	1.1×10^{-1}	1.033 ± 0.003	2.3×10^{-2}	[4]

* LiCF₃COO-H₂O浓度为2.0mol/l; 25℃; 相比1:1。

表13 4-叔丁基苯并-15-冠-5/S/LiSCN体系中, S, 冠醚浓度和锂盐浓度同时改变对体系参数的影响*

序号	溶剂	冠醚浓度, mol/l	LiSCN浓度, mol/l	D	P	α	ϵ_p	引用文献
47	C ₆ H ₅ I	0.78	3.0	1.6×10^{-1}	0.53	1.029 ± 0.002	2.4×10^{-2}	[9]
48	C ₆ H ₅ Br	0.75	7.0	1.3×10^{-1}	1.09	1.022 ± 0.004	2.3×10^{-2}	本文

* 相比1:1; 25℃。

溶剂对 α 的影响是通过它对 \bar{D} (或 \bar{P}) 的影响引起的。在其它条件相同的情况下, 溶剂的极性越强, \bar{D} (或 \bar{P}) 也越大, 进而使 α 按(1)式变化。

6. 冠醚内结构的影响 前面已证明, 冠醚的侧基、冠醚的浓度、锂盐的浓度和溶剂改变, 不影响 ϵ_P 。故可以在相比、温度和锂盐阴离子不变, 而其它条件可以变的情况下观察冠醚内结构改变对体系参数的影响。冠醚内结构包括功能原子 (或称杂原子) 的种类、数目、对称性、是否成环、环腔径大小等。表14列出含氧功能原子单环冠醚的腔直径影响的情况。根据 ϵ_P 对

表14 单环冠醚腔直径对体系参数的影响*

序号	冠 醚	冠醚浓度, mol/l	腔直径, Å	\bar{D}	\bar{P}	α	ϵ_P	引用文献
49	四氢呋喃丙酮四聚物	0.15	1.4-1.7	2.3×10^{-1}	0.51	1.015 ± 0.004	1.2×10^{-2}	[4]
50	15-冠-5	0.45	1.7-2.2	3.2×10^{-1}	0.024	1.024 ± 0.004	1.7×10^{-2}	[4]
51	4-三苯基硅氧苯并-15-冠-5	0.63	2.2-2.7	1.2×10^{-1}	0.64	1.026 ± 0.003	2.3×10^{-2}	[4]
52	4,4'-二甲基二苯并-24-冠-8	0.28	>4.0	9.5×10^{-2}	0.11	1.019 ± 0.003	1.3×10^{-2}	[4]

* 有机溶剂为 CHCl_3 ; 料液为 3.35 mol/l 的 LiSCN 水溶液; 相比1:1; $25^\circ \pm 2^\circ \text{C}$ 。

腔直径的关系 (见图1) 可得, 冠醚的腔直径 $\sim 2.6 \text{ \AA}$ 时, 体系的锂同位素效应最大。

7. 采用 ϵ_P 的优越性 在判别冠醚体系分离锂同位素的能力时, 采用 ϵ_P 优于采用 α 之处是: (1) 要求控制一致的影响因素少。以上汇集的结果表明, 当相比和温度两因素固定时, 其余6种因素的改变均引起 α 改变。由于不同冠醚的络合力差异大, 即使这6种因素在反应前都控制一定, 也控制不住两个比较体系的反应量一致, 因而凭 α 的大小难以确切判断体系的分离能力^[1]。然而只有两种因素 (冠醚本体和锂盐阴离子) 的改变可引起 ϵ_P 改变。当比较不同冠醚分离锂同位素的能力时, 只需固定用同种锂盐阴离子, 测定不同冠醚体系的 ϵ_P 就有正确的结论。(2) 判出的结论中肯。冠醚体系分离锂同位素能力的大小, 应从同位素效应和提取率两方面综合考察。以往尚缺这种综合手段, 因而往往在考察体系的 α 时抛开 \bar{D} 或 \bar{P} , 造成判断失误。例如序号20和22两体系比较, 若看 \bar{D} (分别为 1.5×10^{-1} 和 1.6×10^{-2}), 前者优; 若看 α (分别为1.022和1.026), 后者优; 综合起来看哪个优? 实际是前者优 (ϵ_P 分别为 2.4×10^{-2} 和 1.8×10^{-2})。 (3) 可加速冠醚体系的筛选工作。由于影响 ϵ_P 的因素远较影响 α 的因素少, 所以当采用 ϵ_P 时, 只需进行比采用 α 时少得多的条件试验, 就能判明体系分离锂同位素能力的大小。

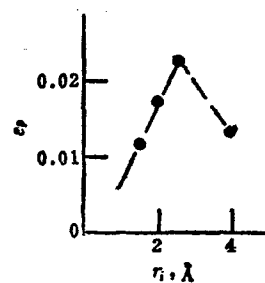


图1 ϵ_P 对腔直径 r 的关系

四、小 结

1. 当温度和相比固定时, 其余6种因素, 即冠醚内结构、冠醚侧基、冠醚浓度、有机溶剂、锂盐阴离子和锂盐浓度的改变都会影响体系的 \bar{D} , \bar{P} 和 α , 但只有两种因素, 即冠醚内结构和锂盐阴离子的改变可影响 ϵ_P 。

2. 在其它影响因素固定的条件下, 常见单环冠醚中, 以腔直径 $\sim 2.6 \text{ \AA}$ 的冠醚分离锂同位素的能力最强。

3. 锂盐阴离子对 $D(P)$ 和 $\alpha(\epsilon_p)$ 都有影响,说明它对两相中锂物种的结键状态有作用。

参 考 文 献

- [1] Jepson, B.E., Cairns, G.A., MLM-2622, UC-22 (1979) .
- [2] 支克正等, 原子能科学技术, (6), 686 (1982) .
- [3] 支克正等, 原子能科学技术, (3), 347 (1983) .
- [4] 方胜强等, 化物报导, 3 (1), 94 (1983) .
- [5] 盛怀禹等, 有机化学, (3), 217 (1984) .
- [6] 陈耀焕等, 原子能科学技术, 19 (5), 595 (1985) .
- [7] Nishizawa, K. et al., *J.Nucl.Sci.Technol.*, 21 (9), 694 (1984) .
- [8] 姜延林等, 原子能科学技术, 20 (1), 2 (1986) .
- [9] 方胜强等, 核化学与放射化学, 9 (2), 142 (1987) .

FACTORS INFLUENCING THE THERMODYNAMIC ISOTOPE EFFECT OF LITHIUM IN POLYETHER- LITHIUM LIQUID-LIQUID EXTRACTION SYSTEMS

FU LIAN FANG SHENGQIANG

(Department of Modern Physics, Lanzhou University)

YAO ZHONGQI GAO ZHICHANG TAN GANZHU

(Lanzhou Institute of Chemistry and Physics, Academia Sinica)

ABSTRACT

The published data up to now concerning polyether-lithium liquid-liquid extraction systems, can be summarized by the equation, $\epsilon_p = (\alpha - 1) / [1 + 0.46(1 - P)]$, where α denotes the isotope separation factor; P —the ratio of the lithium concentration in the organic phase to the initial concentration of crown ethers; ϵ_p , the enrichment coefficient as $P=100\%$. Based on the changes in ϵ_p , P , α and D (distribution ratio), the functions of factors such as polyether's structure, polyether's side group, polyether's concentration, organic solvent, negative ion of lithium salt and lithium salt's concentration, are discussed and reported.

Key words Crown ethers, Lithium isotopes, Isotope effect, Isotope separation, Liquid-liquid extraction.