

액체막법에 의한 중금속이온의 분리 및 회수

曹文煥* · 丁學績[†] · 李相麟 · 金振浩 · 金始中[‡]

강원대학교 자연과학 화학과

[†]동신대학교

[‡]고려대학교 이과대학 화학과

(1993. 8. 5 접수)

Separation and Recovery of Heavy Metal Ion using Liquid Membrane

Moon Hwan Cho*, Hak Jin Jung[†], Sang In Lee, Jin Ho Kim, and Si Joong Kim[‡]

Department of Chemistry, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea

[†]Dong Shin University, Na Joo 520-714, Korea

[‡]Department of Chemistry, Korea University, Seoul 136-701, Korea

(Received August 5, 1993)

요 약. 거대고리 리간드는 금속이온과 선택적으로 결합하는데, 이를 이용하여 에멀전 액체막을 통한 금속이온의 이동에 관하여 연구를 수행하였다. 금속이온은 유기층에 있는 운반체에 의하여 source phase에서 receiving phase으로 이동한다. 운반체로는 거대고리 리간드인 DBN₃O₃를 사용하였다. 여기에서 에멀전 액체막을 통한 금속이온의 이동에 관한 요인과 어떤 금속이온의 선택적 분리에 관하여 검토하였다. 금속이온과 거대고리 리간드 그리고 금속이온과 receiving phase내에 있는 음이온에 대한 안정도 상수를 금속이온의 선택적 이동에 대한 척도로 조사하였다. 납이온이 혼합 용액에서 다른 금속이온보다 높은 이동속도를 나타내었다. Receiving phase내의 음이온이 금속이온의 이동에 중요한 역할을 한다. Receiving phase내에 있는 NO₃⁻을 S₂O₃²⁻ 대체하면 이동량이 증가함을 보였는데 이는 Pb²⁺-S₂O₃²⁻ 상호작용이 Pb²⁺-NO₃⁻ 상호작용보다 크기 때문이다.

ABSTRACT. Macrocyclic ligand has been known to selectively bind with metal ions so that ability applied for the transport of metal ions across the emulsion liquid membrane in this study. The metal ions are transported from the source phase to the receiving phase by the carrier of the organic phase. Several factors involved in the transport of metal ions across the emulsion membrane we reported here and these factors provided the informations for the selective separation of some metal ion. Stability constants for cation-macrocyclic ligand and metal ion-anion receiving phase interaction are examined as parameters for the prediction of metal ion transport selectivities. Pb²⁺ was transported higher rates than the other metal ions in the mixture solution. The interaction of metal ion to anion in receiving phase is important. S₂O₃²⁻ in replacement of NO₃⁻ in the receiving phase enhances the transport of Pb²⁺ since Pb²⁺-S₂O₃²⁻ interaction is greater than Pb²⁺-NO₃⁻ interaction.

서 론

거대고리 리간드(macrocyclic ligand)을 운반체(carrier)로 이용한 액체막(liquid membrane)에서 화학종들의 이동에 관한 연구는 주로 거대고리 리간드의 합성, 여러가지 막(membrane)의 연구, 그리고

화학종과의 선택성에 많은 연구가 진행되어 왔다¹⁻⁵.

액체막의 연구에 있어서는 3가지 유형으로 나눌 수 있는데, 첫째로 수용액과 유기물이 서로 섞이지 않음을 이용하여 두층의 막을 형성한 액체막(bulk

liquid membrane)⁶⁻⁸, 둘째로 미소한 다공성질(microporous)의 얇은 막을 사용하는 지지 액체막(supported liquid membrane)^{9,10}, 셋째로 수용액과 유기물을 격렬하게 혼합하여 수용액층-유기층의 형태를 만들어 사용한 에멀전 액체막(emulsion liquid membrane)들을 예로 들 수 있다. bulk liquid membrane을 이용할 경우에는 막의 안정성이 좋아 높은 정밀도를 얻을 수 있으나 이동시간이 길고 이동량이 다소 적은 단점을 가지고 있다. 또한 지지 액체막을 이용할 경우 거대고리 리간드의 소모가 적어 경제적이기는 하지만 각 실험치의 정밀도가 낮고 이동시간이 길며 이동량에 있어서도 한계가 있다는 단점을 가지고 있다. 이에 반하여 에멀전 액체막을 사용할 경우 거대고리 리간드와 이동 화학종간의 접촉면이 다른 액체막의 경우에서 보다 증가하여 이동시간을 짧게 하여주는 동시에 이동거리 또한 매우 짧아 화학종의 이동이 보다 효율적으로 되어 있다¹¹.

화학종들을 분리하는 대표적인 예는 에멀전 액체막을 사용하여 유기물의 캐놀, 탄화수소¹² 그리고 아민¹³ 등을 분리하였고 무기물인 금속이온의 분리에도 많은 연구가 진행되어져 왔다. R. M. Izatt와 그의 공동 연구자^{6,7}들은 거대고리 리간드와 금속이온과의 선택성을 이용하여 액체막을 통한 금속이온의 선택적 분리에 관한 많은 연구를 하였다. 거대고리 리간드는 고리내의 공동의 크기(cavity size)를 가지고 있어 운반체 역할을 하는데 이 공동의 크기와 금속이온의 크기가 비슷할수록 안정한 착물을 형성한다. 또한 거대고리 리간드의 치환체가 있을 경우, 그 치환체의 성격에 따라 착물형성에 영향을 미치는데 전자의 도움여부, 구조적 유연성 입체장해의 효과 등이 착물형성에 영향을 준다.

위와 같은 리간드와 금속이온과의 착물형성에 미치는 요인들은 금속이온을 선택적으로 분리하는데 커다란 정보를 줄 수 있기 때문에 중요하다. 이밖에도 거대고리 리간드와 금속이온과의 특성적 결합을 이용한 것으로서 거대고리 리간드를 silica gel과 결합시켜 안정도에 따라 금속이온을 분리하는 chromatography의 모델이 제기되었고 유기합성 및 금속이온의 추출에도 많은 연구가 진행되어져 왔다.

본 연구에서는 공동의 크기가 비교적 큰 거대고리

리간드인 1,15,18-triaza-3,4:12,13-dibenzo-5,8,11-trioxacycloeicosane(DBN₃O₃)을 운반체로 이용하여 에멀전 액체막을 통한 전이금속이온들의 이동현상을 고찰하였는데 주로 리간드의 농도에 따른 이동량의 변화 receiving phase내 여러 음이온 존재하의 이동현상, 그리고 이들로부터 적당한 조건하에서의 납이온의 선택적인 분리를 보고하였으며 각각의 실험 조건 변화에 따른 금속이온의 이동을 비교 보고하였다. 또한 금속염중 음이온의 형태가 금속이온의 이동에 영향을 주는가를 알아보기 위하여 금속염의 종류에 따른 금속이온의 이동에 관한 연구 결과를 보고하였다.

실 험

본 연구에 사용된 거대고리 리간드는 1,15,18-Triaza-3,4:12,13-Dibenzo-5,8,11-Trioxacyclo-eicosane를 Fig. 1에 나타내었고 주개원자가 산소 질소 각 3개로 이루어져 있어 앞으로 DBN₃O₃의 약어로 나타내기로 하였다. 또한 본 실험에서 사용된 에멀전 액체막의 구조는 전 논문¹⁴에 기술하였다.

시 약. Source phase로 사용된 금속염들은 Pb(NO₃)₂(Junsei Chem. E.P), Cu(NO₃)₂·6H₂O(Karto Chem. Co. E.P), Ni(NO₃)₂·6H₂O(Hayashi Chem. Co. E.P), Cd(NO₃)₂(Junsei Chem. Co. E.P), Sr(NO₃)₂(Junsei Chem. Co. E.P), Co(NO₃)₂(Junsei Chem. Co. E.P), Mn(NO₃)₂·6H₂O(Junsei Chem. E.P)이고 금속염들이 금속이온의 이동에 미치는 영향을 보기 위해서 시약으로 Zn(NO₃)₂·6H₂O(Hayshi Chem. Co.

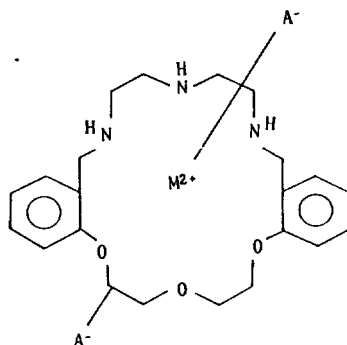


Fig. 1. Schematic representation of an M²⁺-DBN₃O₃-A²⁻ complex.

E.P), $ZnCl_2$ (Hayashi Chem. Co. G.R), $ZnBr_2$ (Kanto Chem. Co. E.P), $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ (Junsei Chem. Co. E. P), $Zn(CH_3COO)_2 \cdot 2H_2O$ (Hayashi Chem. Co. G.R), ZnI_2 (Hayashi Chem. Co. E.P)을 사용하였으며, 이들의 농도를 0.001 M으로 하였다. Receiving phase 내의 음이온은 $Na_4P_2O_7 \cdot 10H_2O$ (Sigma Chem. Co. G. R), $NaNO_3$ (Junsei Chem. Co. G.R), $NaCl$ (Junsei Chem. Co. E.P), $Na_2S_2O_3$ (Hayashi Chem. Co. E.P), $NaOH$ (Kanto Chem. Co. E.P)의 염을 각 농도에 따라 사용하였으며, Organic phase의 용매로 toluene (Hayashi Chem. Co. E.P)을 사용하였고, 계면활성제로서 span 80(Hayashi Chem. Co. G.R)을 사용하였다. DBN_3O_3 는 L.F. Lindoy 등¹⁶이 합성한 방법에 따라 합성하여 사용하였다.

실험과정. 운반체인 DBN_3O_3 을 각 농도에 따라 toluene에 녹이고 계면활성제인 span 80을 부피 퍼센트로 3% 첨가한다. 여기서 음이온의 포함된 같은 양의 수용액(receiving phase)을 첨가하여 약 30,000 rpm으로 격렬하게 저어주면 에멀전이 형성된다.

이 에멀전 1.8 ml를 취해서 0.001 M의 금속이온이 포함된 수용액 9 ml가 있는 반응용기에 넣고 저어주면 금속이온은 source phase로부터 organic phase를 지나 receiving phase로 이동하게 된다. 반응후 30초간 방치하면 다시 에멀전과 수용액층으로 분리되어 수용액층(즉 source phase)의 금속이온의 양을 측정하여 원래 넣어준 금속이온의 양에서 빼어주면 이동한 금속이온의 양이 된다.

이 금속이온의 양을 측정하기 위하여 원자흡수 분광광도계(atomic absorption spectrophotometric Perkin Elmer model 2380)로 측정하였다. 또한 각각의 시간에 따라 항온된($25 \pm 1^\circ C$) 곳에서 실험하였으며 최소한 3개의 시료를 실험하여 평균값을 얻었다.

결과 및 고찰

리간드의 농도에 따른 금속이온의 이동. 리간드의 농도에 따라 이동하는 금속이온의 효과를 보고자 실험하였는데 리간드의 양을 최소로 하여 선택성이 있는 금속이온을 분리하고자 하였다. Fig. 2에 나타난 바와 같이 DBN_3O_3 는 납이온과의 선택성이 좋아

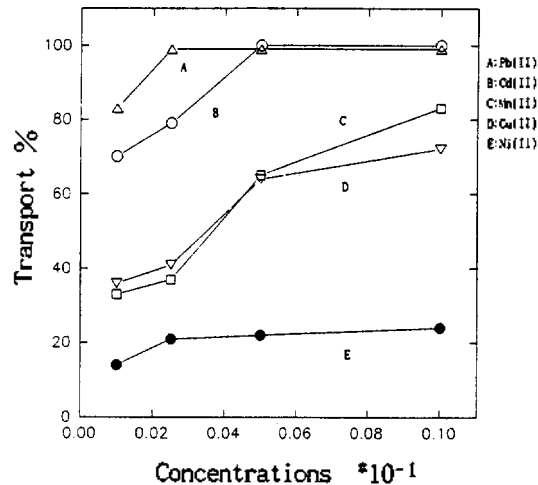


Fig. 2. Single transport of M(II) according to the concentrations of DBN_3O_3 across the emulsion membrane. (a) After 5 min, (b) The concentration of anion in the receiving phase was 0.282 m $S_2O_3^{2-}$, (c) The concentration of M(II) in the source phase was 0.001 M $M(NO_3)_2$.

0.0025 M의 리간드 농도하에서 거의 이동하였다. 본 연구에서는 납이온을 선택적으로 분리하고자 DBN_3O_3 의 농도를 Fig. 2에서 실험적으로 적당한 0.0025 M로 택하였다. Fig. 2에서 다른 금속이온들은 리간드의 농도가 증가될수록 증가되는 경향을 보이는 반면, Pb^{2+} 는 선택성이 좋아 리간드의 농도가 낮은 상태에서도 높은 이동량을 보였다.

Receiving phase내의 음이온에 따른 금속이온의 이동. Fig. 2로부터 리간드의 농도를 0.0025 M로 고정하고 receiving phase내의 음이온의 종류에 따른 금속이온의 이동량을 Table 1에 보고하였다. 금속이온의 이동에 미치는 이동의 추진력을 살펴보면 첫단계에서는 금속이온이 수화된 상태를 벗어나 DBN_3O_3 와 결합할 수 있도록 결합의 힘이 수화된 힘보다 커야 한다. 이 결합의 힘을 나타내는 금속이온과 DBN_3O_3 와의 안정도 상수를 보면 구리이온이 가장 큼을 알 수 있다. 그러나 상대적으로 납이온보다 안정도 상수가 큼에도 불구하고 이동량이 작게 나타났다. 이는 Cu^{2+} - DBN_3O_3 간의 결합력이 커서 유기층에 있을 가능성이 크다. 따라서 Cu^{2+} 는 Receiving phase로 이동이 용이하지 못하게 되어 DBN_3O_3 는 운반체의 역할을 감소시킨다고 할 수 있다. 또한

Table 1. Single transport of M^{2+} with anions in receiving phase

Ligand and anions (log K)	Pb	Cu	M^{2+} Cd	Mn	Ni
DBN ₃ O ₃ (log K ^e)	0.05	14.27	6.88	e	9.65
P ₂ O ₇ ⁴⁻ (log K ^b)	5.30	9.00	e	e	7.40
Transport (%)	99.54 ± 2.04	44.09 ± 7.35	85.89 ± 7.50	74.34 ± 8.90	0
S ₂ O ₃ ²⁻ (log K ^b)	5.13	12.22	6.44	e	e
Transport (%)	93.84 ± 3.06	42.76 ± 6.38	27.45 ± 1.14	18.42 ± 3.36	0
OH ⁻ (log K ^b)	10.85	13.68	8.33	e	8.55
Transport (%)	99.44 ± 2.78	75.36 ± 5.65	99.20 ± 3.34	78.94 ± 8.61	15.21 ± 7.24
NO ₂ ⁻ (log K ^b)	e	e	e	e	e
Transport (%)	20.20 ± 3.19	16.57 ± 9.39	29.41 ± 7.41	9.21 ± 2.79	0
Cl ⁻ (log K ^b)	2.44	0.69	2.50	e	e
Transport (%)	18.18 ± 1.41	13.26 ± 7.41	18.95 ± 2.06	15.79 ± 2.06	0

Transport (%) of metal ion after 5 min; The log K^a values are 1:1 complex of M^{2+} and DBN₃O₃; The log K^b values are 1:2 complex of m^{2+} and anions (Lange's Handbook of Chemistry); e We have not found these data.

Ni²⁺인 경우 Ni²⁺-DBN₃O₃간의 안정도 상수는 크나 수화에너지¹⁵가 커서 거의 이동하지 못하는 것으로 예측된다.

첫단계에서 금속이온과 거대고리 리간드와의 안정도 상수를 검토하여 보면 안정도 상수(log K)값이 8 정도일 때 source phase로부터 금속이온을 receiving phase으로 넘겨주는 데 적당하다는 사실을 알 수 있다. 두번째 단계에서는 거대고리와 결합한 금속이온이 receiving phase내의 음이온과의 결합으로 인해 receiving phase으로 이동하는 단계인데, 이 단계에서는 첫단계에서 적당한 안정도 상수를 가진 Pb²⁺인 경우에는 Cu²⁺, Cd²⁺에 비하여 Pb²⁺와 음이온과의 안정도 상수가 다소 낮은 S₂O₃²⁻의 존재에도 높은 이동량을 나타냈다. 반면에 Cu²⁺인 경우에 첫단계에서 DBN₃O₃와의 결합의 세기가 강하열 음이온(P₂O₇⁴⁻, S₂O₃²⁻, OH⁻)과의 결합의 세기가 Pb²⁺에서 보다 크지만 이동량은 작게 나타나는 것을 예측할 수 있다.

위 사실은 금속이온이 막을 통하여 쉽게 이동하기 위해서는 첫단계에서 리간드와의 적당한 결합의 세기를 가져야 한다는 사실을 나타내어 준다. Cd²⁺의 경우 다른 금속이온보다 거대고리 리간드와의 안정도 상수값이 다소 작다(log K=6.88). 그러나 receiving phase내의 OH⁻가 존재할 때 Cd²⁺과 OH⁻간의 안정도가 증가되어 보다 많은 Cd²⁺의 이동을 나타

낸다.

Mn²⁺의 경우, 적절한 열역학적 실험치를 찾지 못해 어려움이 있으나, receiving phase내의 P₂O₇⁴⁻와 OH⁻가 존재했을 경우보다 많은 이동량을 나타냈다. 위의 실험으로부터 receiving phase내의 음이온과 금속이온과의 안정도가 큰 P₂O₇⁴⁻, S₂O₃²⁻, OH⁻일 때 금속이온의 이동량이 많았다. 그러나 OH⁻인 경우 모든 금속이온과 결합력이 좋아 선택적인 분리에 어려움이 있고 Cl⁻와 NO₂⁻는 모든 금속이온과의 결합이 약해 금속이온의 이동에 어려움이 있어 본 연구에서는 receiving phase내의 음이온을 P₂O₇⁴⁻와 S₂O₃²⁻로 하여 납이온의 선택적인 분리를 하고자 적당한 조건을 찾아 실험하였다.

Receiving phase내의 P₂O₇⁴⁻ 존재하에 Pb²⁺의 분리. Fig. 3과 4은 receiving phase내의 음이온이 P₂O₇⁴⁻일 때 적당한 시간 및 농도의 조건을 찾고자 실험한 결과이다. 위 그림으로부터 P₂O₇⁴⁻의 농도는 0.025 M일 때가 최적이며 이때의 시간은 3분이었다. 위의 실험결과를 토대로 얻은 조건하에서 금속이온의 단일이동 및 경쟁이동을 Table 2에 보고하였다. Table 2에서 Pb²⁺는 단일 및 경쟁 이동에서 이동량이 많았으나 Cu²⁺와의 결합력이 강해서 운반체인 DBN₃O₃의 운반체 역할을 감소시키기 때문이다.

Receiving phase내의 음이온을 P₂O₇⁴⁻로 하였을

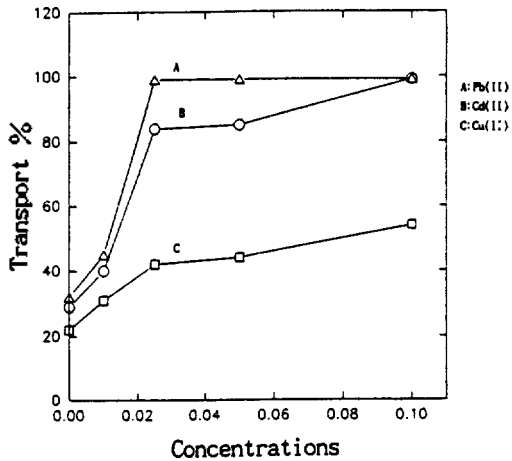


Fig. 3. Single transport of M(II) according to the concentrations of $P_2O_7^{4-}$ in the receiving phase. (a) Concentration of DBN_3O_3 : 0.0025 M, (b). After 5 min.

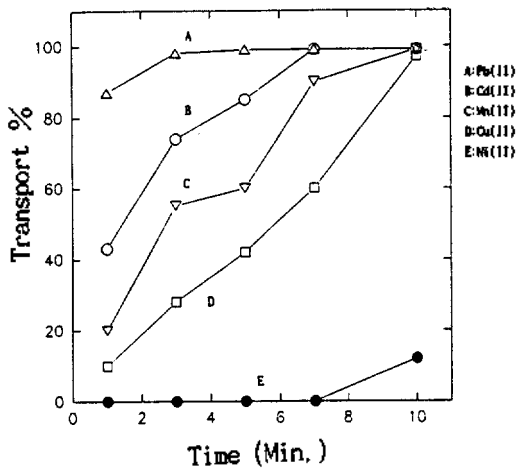


Fig. 4. Single transport of M(II) with $P_2O_7^{4-}$ in receiving phase as a function of time. The anion, $P_2O_7^{4-}$, and DBN_3O_3 were 0.025 M and 0.0025 M respectively.

경우 모든 금속이온과의 결합성이 좋아 Ni^{2+} 과의 경쟁이동을 제외한 모든 경쟁이동에서 Pb^{2+} 을 선택적으로 분리하는데 어려움이 있다. 또한 금속이온의 단일이동과 경쟁이동을 비교하여 보면 Zn^{2+} 및 Cu^{2+} 가 경쟁이동에서 이동량이 감소하였을 뿐 대부분의 금속이온의 이동량은 거의 변화가 없다.

이는 경쟁이동에서 Pb^{2+} 와 다른 금속이온이 서로의 이동에 크게 영향을 주지 못하기 때문이라 생각된다. Ni^{2+} 의 경우 앞에서 언급했듯이 강하게 수화

Table 2. Single and competitive transport of M^{2+} in emulsion liquid membrane

M^{2+}	Single	$P_2O_7^{4-}$	
		M^{2+}	Pb^{2+}
Pb	99.06 ± 2.30	—	—
Cd	74.14 ± 2.02	62.53 ± 8.25	98.27 ± 2.21
Mn	54.75 ± 1.95	50.97 ± 9.51	99.15 ± 1.28
Zn	62.38 ± 2.16	38.03 ± 2.21	97.24 ± 2.24
Cu	28.61 ± 4.26	11.28 ± 2.26	19.51 ± 4.89
Co	26.31 ± 5.71	20.55 ± 6.21	98.92 ± 1.37
Sr	14.28 ± 2.54	17.36 ± 1.22	98.87 ± 1.44
Ni	0	0	98.56 ± 1.35

Transport (%) of metal ion after 3 min; The concentration of $P_2O_7^{4-}$ and DBN_3O_3 and 0.025 M and 0.0025 M.

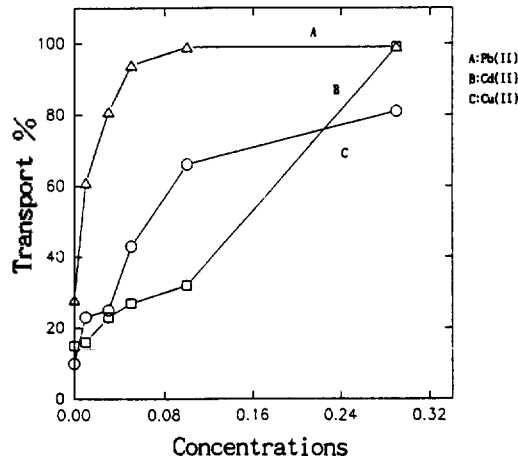


Fig. 5. Single transport of M(II) according to the concentrations of $S_2O_3^{2-}$ in the receiving phase. (a) After 5 min, (b) Concentration of DBN_3O_3 : 0.0025 M.

되어 있어 운반체와의 결합이 어려움으로 이동이 없었다. 따라서 receiving phase내의 $P_2O_7^{4-}$ 존재하의 경쟁이동에서 Pb^{2+} 의 선택적인 분리는 어려움이 있다.

Receiving phase내의 $S_2O_3^{2-}$ 존재하에 Pb^{2+} 의 분리. Fig. 5와 6은 receiving phase내의 $S_2O_3^{2-}$ 존재하에 Pb^{2+} 의 선택적인 분리를 위한 조건을 찾고자 농도 및 시간에 따른 금속이온들의 단일이동을 비교하였는데 위의 실험으로부터 $S_2O_3^{2-}$ 의 농도 및 시간에 따라서 그 이동량이 서서히 증가하고 Pb^{2+} 의

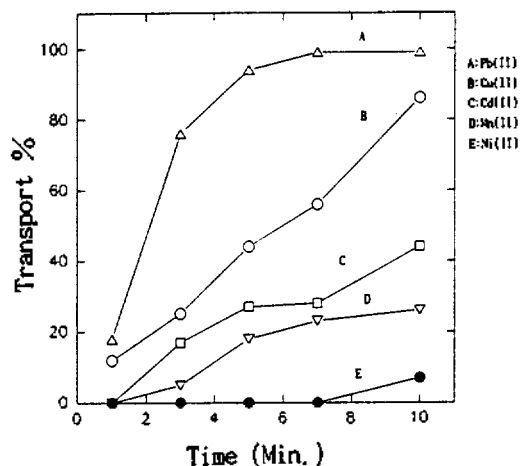


Fig. 6. Single transport of M(II) with $S_2O_3^{2-}$ in receiving phase as a function of time. The anion, $P_2O_7^{4-}$, and DBN_3O_3 concentrations were 0.025 M and 0.0025 M respectively.

이동량은 $S_2O_3^{2-}$ 의 농도가 0.05 M일 때 거의 모두 이동하여 그 조건하에서 시간에 따른 이동량을 보면 5분 후에 그 이동의 거의 완료되어 $S_2O_3^{2-}$ 의 농도는 0.05 M, 시간은 5분을 택하여 금속이온들의 단일이동 및 경쟁이동을 하였다.

$S_2O_3^{2-}$ 의 존재하에서 선택되어진 조건에서 Pb^{2+} 의 이동량이 다른 금속이온보다 $P_2O_7^{4-}$ 존재하에서의 이동량에 비해서 상대적으로 크다. 따라서 위의 조건으로부터 Pb^{2+} 의 선택적 분리가 가능하리라 예상된다. Table 3에서는 Pb^{2+} 의 단일이동 및 경쟁이동의 결과가 다른 금속에 비하여 상대적으로 큼을 알 수 있다.

단일이동에서 나타난 여러 금속이온의 이동량은 Pb^{2+} 와의 경쟁이동에서 감소되었고 Pb^{2+} 는 Cu^{2+} 및 Zn^{2+} 와의 경쟁이동을 제외한 다른 금속이온 Cd^{2+} , Mn^{2+} , Sr^{2+} , Ni^{2+} 과의 경쟁이동에서 선택적으로 분리되었다.

이연염의 염 형태에 따른 Zn^{2+} 의 이동. 앞의 실험에서 $M(NO_3)_2$ 의 금속염을 사용하였는데 이러한 금속염의 형태에 다른 금속이온의 이동에 어떻게 영향을 미치는가를 Table 4에 보고하였다. Table 4에서 보는 바와 같이 이연염에 따른 Zn^{2+} 의 이동이 다소 변화됨을 볼 수 있다.

그 이유는 source phase내의 이온 상태로 녹아

Table 3. Single and competitive transport of M^{2+} in emulsion liquid membrane

M^{2+}	Single	$S_2O_3^{2-}$	
		M^{2+}	Pb^{2+}
Pb	93.84 ± 2.31	—	—
Cd	27.45 ± 1.14	6.38 ± 4.26	86.41 ± 1.88
Mn	18.42 ± 3.36	0	96.38 ± 2.92
Zn	22.27 ± 1.71	20.27 ± 6.05	94.64 ± 1.38
Cu	42.76 ± 4.83	40.16 ± 2.11	34.43 ± 2.72
Co	0	0	92.68 ± 2.81
Sr	0	0	97.08 ± 2.99
Ni	0	0	91.91 ± 3.68

Transport (%) of metal ion after 3 min; The concentration of $S_2O_3^{2-}$ and DBN_3O_3 and 0.025 M and 0.0025 M.

Table 4. Transport of Zn^{2+} under zinc salts

Zn^{2+} Salts	Transport (%)	Zn^{2+} Salts	Transport (%)
Cl^-	44.70 ± 6.55	Br^-	34.01 ± 3.88
SO_4^{2-}	33.32 ± 4.22	CH_3COO^-	29.62 ± 4.81
NO_3^-	22.27 ± 1.71	I^-	20.20 ± 3.21

Transport (%) of metal ion after 3 min; The concentration of $S_2O_3^{2-}$ and DBN_3O_3 and 0.05 M and 0.0025 M.

있는 염을 이루었던 음이온이 금속이온의 이동시 상호작용으로 이동에 영향을 준다고 예측되며 음이온의 크기에 따라 도는 전하에 따라 변화되는 것으로 보아 금속염의 형태가 역시 금속이온의 이동에 영향을 주는 것으로 생각된다.

결 론

본 연구에서는 공동의 크기가 다소 큰 DBN_3O_3 을 운반체로 이용하여 에멀전 액체막을 통한 금속이온의 이동에 미치는 요인들을 주로 Pb^{2+} 를 선택적으로 분리하기 위한 조건으로 살펴보았는데 그 결과는 다음과 같았다.

첫째, DBN_3O_3 의 농도는 Pb^{2+} 와의 선택성을 가지기 위하여 최적조건을 가져야 하며 그 농도는 0.0025 M이었다.

둘째, 거대고리 리간드와 금속이온과의 안정도 상수는 적당한 값($\log K=8$)을 가져야 하고 Pb^{2+} 와 선택성을 갖는 음이온은 $S_2O_3^{2-}$ 그 농도는 0.05 M

시간은 5분이였다.

셋째, 위 조건으로부터 여러 금속이온($M^{2+} = Cd, Mn, Ni, Co, Sr$) 중에서 Pb^{2+} 을 선택적으로 이동이 많이 되었다.

넷째, 여러 실험조건하의 실험으로부터 receiving phase내의 음이온의 역할, 유기층내의 운반체 역할이 중요하다는 사실이 알 수 있었다.

다섯째, Receiving phase내의 음이온이 금속이온의 이동에 미치는 서열은 다음과 같다.



본 연구는 91년도 교육부 학술연구조성비인 국내 교류교수연구비 및 교육부 기초과학육성연구비(RSRI-92-392)의 일부에 의하여 이루어진 것입니다.

인 용 문 헌

- Biehl, M. P.; Izatt, R. M.; Lamb, J. D.; Christensen, J. J. *Sep. Sci. Technol.* **1982**, *17*, 289.
- Lamb, J. D.; Brown, P. R.; Christensen, J. J.; Bradshaw, J. S.; Garrick, D. J.; Izatt, R. M. *J. Membr. Sci.* **1983**, *13*, 89.
- Izatt, R. M.; Lamb, J. D.; Dearden, D. V.; Brown, R. R.; Christensen, J. J. *J. Am. Chem. Soc.* **1983**, *105*, 1758.
- Charewicz, W. A.; Bartsch, R. A. *Anal. Chem.* **1982**, *54*, 2300.
- Izatt, R. M.; Bruening, R. L.; Geng, Wu; Cho, Moon. H.; Christensen, J. J. *Anal. Chem.* **1987**, *59*, 2405.
- Izatt, R. M.; Eblerhardt, L.; Dark, G. A.; Bruening, R. L.; Bradshaw, J. S.; Cho, Moon. H.; Christensen, J. J. *Sep. Sci. Technol.* **1987**, *22*, 701.
- Izatt, R. M.; Lindn, G. C.; Bruening, R. L.; Huszty Peter; Mcdaniel, C. W.; Bradshaw, J. S.; Christensen, J. J. *Anal. Chem.* **1988**, *60*, 1694.
- Mcbride, D. W.; Izatt, R. M.; Lamb, J. D.; Christensen, J. J. Academic Press: New York, in press.
- Flett, D. S.; *Ion Exchange Membrane*, 1st ed.; Ellshwood Publisher: **1983**, 55.
- Stolwijk, T. B.; Rshdholter, E. J.; Reinhoudt, D. H.; *J. Am. Soc.* **1987**, *109*, 7042.
- Li, N. N.; Shrier, A. L. *Recent Development in Separation Science*; Crc Press: Ratom florida. 1972; Vol. 1, p 163.
- Li, N. N. *AICHE, J.* **1971**, *17*, 459.
- Teramoto, M.; Takihana, H.; Chibutani, M.; Yuasa, T.; Miyake, Y.; Teranishi, H. *J. Chem. Eng. Jpn.* **1981**, *14*, 122.
- Cho, Moon. H.; Chun, H. S.; Kim, J. H.; Rhee, C. H.; Kim, S. J. *Korean Chem. Soc.* **1991**, *12*, 5.
- Christensen, J. J.; Christensen, S. P.; Biehl, M. P.; Lowe, S. A.; Lamb, J. D.; Izatt, R. M. *Sep. Sci. Technol.* **1983**, *18*, 363.
- Adam, K. R.; Leong, A. J.; Lindoy, L. F.; Lip, H. C.; Skelton, B. W.; White, A. H. *J. Am. Chem. Soc.* **1983**, *105*, 4645.