

鹽酸溶液中 PC88A에 의한 Nd의 溶媒抽出

李光燮 · 李珍榮* · 金聖敦* · 金俊秀* · *李晩承

木浦大學校 新素材工學科, *韓國地質資源研究院 資源活用素材研究部

Solvent Extraction of Nd from Chloride Solution with PC88A

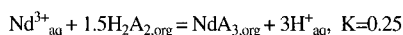
Gwang-Seop Lee, Jin-Young Lee*, Sung-Don Kim*, Joon-Soo Kim* and *Man-Seung Lee

Dept. of Advanced Materials Science & Engineering, Mokpo National Univ., Chonnam 534-729, Korea

*Division of Minerals Utilization and Materials, Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources, Taejeon 305-350, Korea

요 약

염산용액에서 PC88A에 의한 Nd의 용매추출에 관한 연구를 하였다. 추출조건과 실험결과에 이온평형을 적용하여 Nd과 PC88A의 추출반응식 및 평형상수 값을 얻었다.

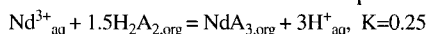


본 연구에서 구한 Nd의 추출반응의 평형상수를 초기 추출조건에 적용하여 예측한 Nd의 분배계수와 측정값은 서로 잘 일치하였다. PC88A의 비누화가 Nd의 추출 및 평형 pH 변화에 미치는 영향을 조사하였다. 비누화된 PC88A는 단위체로 추출반응에 참여하여 Nd의 추출율을 증가시켰다. 수상의 초기 pH에 대한 평형 pH의 변화는 Nd과 PC88A의 초기농도비에 크게 의존했다.

주제어: NdCl₃, PC88A, 비누화, 평형상수

Abstract

Solvent extraction experiments of Nd from chloride solution were studied with PC88A. Solvent extraction reaction of Nd with PC88A and the equilibrium constant were evaluated from the extraction experimental data and extraction conditions.



The predicted distribution coefficients of Nd agreed well with the experimental results. The effect of saponification of PC88A on the extraction of Nd and on the change of equilibrium pH was investigated. Saponified PC88A present as a monomer in the organic reaction and enhanced the distribution coefficient of Nd. The initial extraction conditions had a great effect on the equilibrium pH.

Key words: NdCl₃, PC88A, Saponification, Equilibrium constant

1. 서 론

희토류금속은 4f의 궤도에 전자가 채워지는 특성으로 인해 형광체 및 고성능 자석의 소재로 활용도가 높다. 또한 에너지 저장을 위한 수소저장 합금을 이용한 충전지, 촉매, 초전도체, 의학, 농업 등 다분야의 응용에 대한 연구가 진행 중이다.¹⁾ 희토류금속 중 Nd는 Nd-Fe-B 계 영구자석으로 널리 쓰이고 있으며, 이 영구자석은

높은 최대에너지적(BHmax)의 장점을 지녀 이동통신, 정보통신, 가전등 응용기기의 소형경량화, 고성능화에 가장 적합한 재료이다.

이와 같이 수요가 급증함에 따라 희토류 원광으로부터 희토류금속을 추출 하기위해 많은 노력을 하고있다. 최근에는 고순도 희토류금속을 분리, 정제하기위한 방법으로 mixer-settler를 이용한 용매추출방법이 각광을 받고있다. 하지만 희토류금속의 유사한 화학적 성질로 인해 mixer-settler 이용시 분리에 많은 추출단수가 필요하다. PC88A와 D2EHPA는 양이온 추출제의 일종으로 비

* 2004년 7월 5일 접수, 2004년 8월 16일 수리

* E-mail: mslee@mokpo.ac.kr

철금속뿐만 아니라 희토류 금속의 용매추출에 널리 이용되는 추출제이다. 최근에는 D2EHPA보다 추출 및 탈취능력이 우수한 PC88A에 의한 많은 연구가 행해지고 있다.²⁾ 지금까지 연구 결과를 종합하면 D2EHPA에 비해 PC88A로 추출시 희토류금속간의 분리계수가 증가하였다.

PC88A와 같은 양이온추출제로 mixer-settler를 이용한 연속공정으로 희토류금속을 분리하는 경우, 유기상으로 추출된 희토류금속과 이온교환되는 수소이온으로 인해 수상의 pH가 낮아지면서 추출의 구동력이 감소한다. 따라서 희토류금속과 같이 분리가 어려운 금속의 경우 금속성분들을 분리하기 위한 mixer-settler 추출단수가 증가하게 된다. 이러한 문제를 해결하는 방안으로 양이온추출제를 비누화시킨 다음 추출제로 사용하는 방법이 연구되어 왔다.^{3,6)}

본 연구에서는 염산용액으로부터 Nd를 PC88A로 추출시 추출조건과 실험결과로부터 추출반응식과 추출반응의 평형상수를 구했다. 또한 이와 같이 구한 추출반응의 평형상수를 이용하여 초기 추출조건으로부터 Nd의 분배계수를 예측하는 방법을 제시하고, 분배계수의 예측값과 측정값을 비교하였다. 또한 PC88A의 비누화가 Nd의 추출에 미치는 영향을 조사하였다. 이러한 연구를 바탕으로 폐2차 전지로부터 희토류 원소의 회수에 적용 될 수 있다.

2. 실험재료 및 방법

고순도 Nd₂O₃(99.9%)를 진한 염산용액으로 용해시킨 다음 과잉의 염산을 증발시키고 증류수를 첨가하여 NdCl₃용액을 준비하였다. 추출제인 PC88A는 kerosene에 희석하여 유기상으로 사용하였다. 이때 PC88A와 kerosene은 모두 시약급으로 정제하지 않고 그대로 사용하였다.

PC88A를 비누화시키기 위해 반응 표면적을 넓게 하여 1000 mL 비이커에 PC88A를 일정량 넣은 다음 40%만큼 비누화시키는데 필요한 NaOH를 첨가하였다. 교반기를 이용하여 PC88A와 NaOH 혼합물을 60 rpm의 속도로 48시간 교반하여 PC88A를 비누화시켰다.

100 ml 분액여두에 Nd용액 20 ml와 PC88A용액 20 ml를 넣고 상온에서 wrist action shaker를 이용하여 30분간 교반하였다. 수상과 유기상의 혼합물을 분액깔대기에서 2시간 정치하여 수상과 유기상을 분리하였다. 수상의 pH는 pH미터(Fisher Accumet pH model 620)

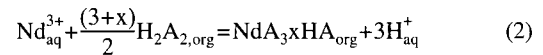
로 측정하였으며, 추출반응 후 수상에 존재하는 Nd의 농도는 ICP-AES (Spectroflame EOP)로 분석하였다. 유기상으로 추출된 Nd의 농도는 물질수지로 구했으며, 식(1)로 Nd의 분배계수(D, distribution coefficient)를 계산하였다.

$$D = \frac{\text{Nd concentration in organic phase after extraction}}{\text{Nd concentration in aqueous phase after extraction}} \quad (1)$$

3. 결과 및 고찰

3.1. PC88A에 의한 Nd 추출반응

PC88A는 이합체로 추출반응에 참여한다고 알려져 있다.⁴⁾ 이러한 경우 산성용액에서 PC88A에 의한 Nd의 추출반응을 다음과 같이 나타낼 수 있다.



상기식에서 H₂A₂는 PC88A의 이합체를, 하첨자 aq와 org는 각각 수상과 유기상을 나타낸다. 상기 추출반응의 평형상수에 Nd의 분배계수 정의를 대입하여 정리하면 (3)식을 얻을 수 있다.

$$\log D - 3\text{pH} = \frac{(3+x)}{2} \log [\text{H}_2\text{A}_2] + \log K \quad (3)$$

식(3)에서 [H₂A₂]¹는 추출 후 유기상에 존재하는 PC88A의 평형농도로 다음 식을 이용하여 구할 수 있다.

$$[\text{H}_2\text{A}_2] = [\text{H}_2\text{A}_2]^1 + \log K \quad (4)$$

상기 식에서 [H₂A₂]¹는 PC88A 이합체의 초기농도를 나타낸다.

Nd의 초기농도가 0.1 M인 수용액의 pH를 0.73부터 2.11까지 변화시키며 여러 PC88A농도에서 추출실험한 결과를 Fig. 1에 나타냈다. 수상의 평형 pH가 증가함에 따라 Nd의 분배계수가 증가하였다. 초기 PC88A의 농도가 2.0, 3.0 M인 경우 Fig. 1에서 평형 pH에 따른 Nd 분배계수 대수치의 기울기는 3으로 식(3)과 잘 일치하였다. 그러나 1.0 M의 경우에는 기울기가 1.7로 이론 기울기인 3보다 매우 낮았으며, 이는 PC88A의 초기농도가 충분히 높지 않기 때문이다. Nd의 초기농도가 0.1 M이고 초기 pH가 0.75인 조건에서 PC88A의 농도를 0.5 M부터 3.0 M까지 변화시키며 추출 실험한 결과를 Fig. 2에 나타냈다. PC88A의 농도가 증가함에 따라 Nd의 분배계수가 급격히 증가하였다.

초기 추출조건([NdCl₃]¹, [PC88A]¹, pH¹)과 Fig. 1,

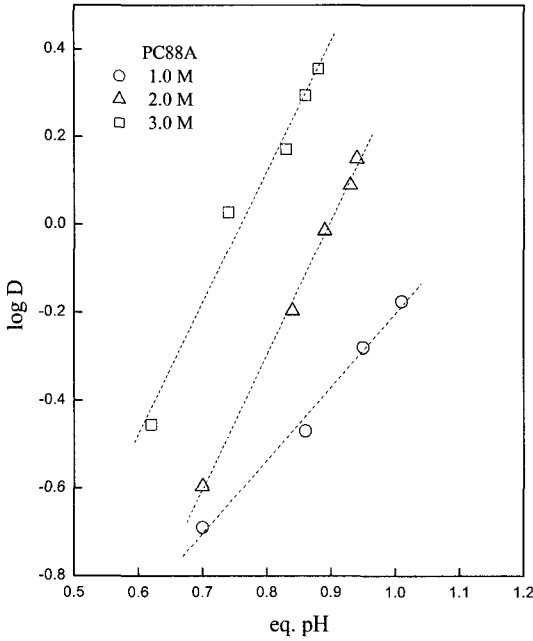


Fig. 1. Effect of equilibrium pH on the extraction of Nd at different PC88A concentrations. $[\text{NdCl}_3]^\text{I} = 0.1 \text{ M}$

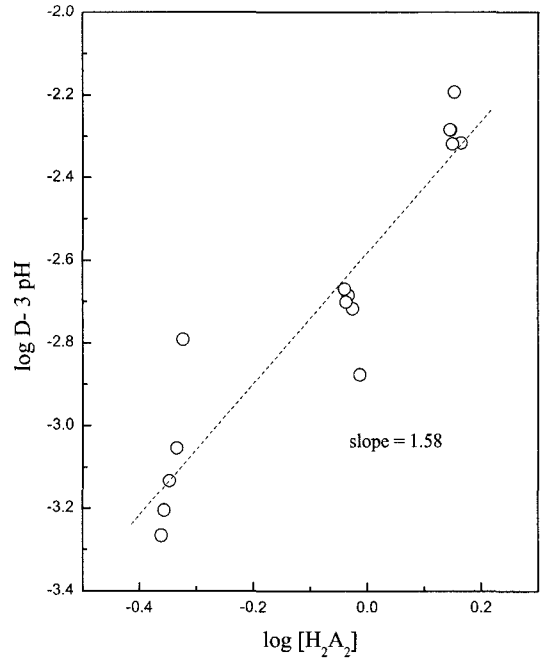


Fig. 3. Equilibrium plot of $\log D - 3\text{pH}$ against the logarithm of equilibrium concentration of PC88A.

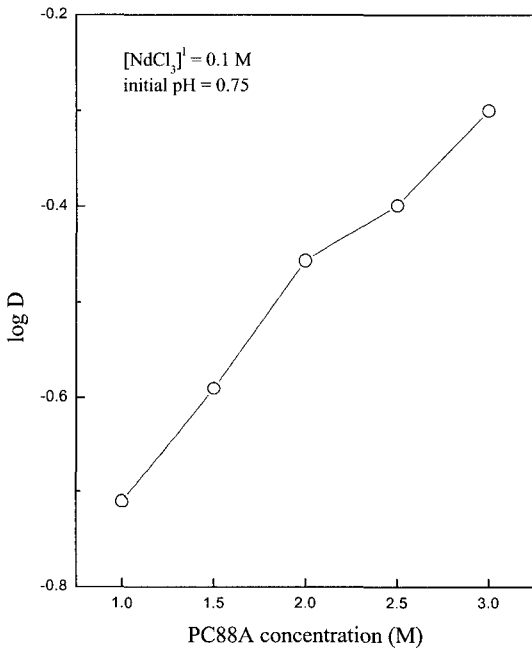
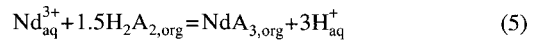


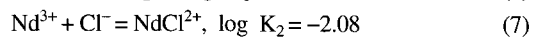
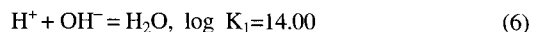
Fig. 2. Effect of PC88A concentration on the distribution coefficient of Nd.

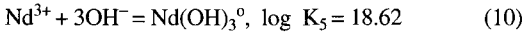
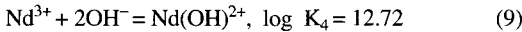
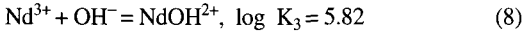
2에 나타난 추출실험자료로부터 추출반응을 다음과 같이 결정하였다. 먼저 식 (4)에 PC88A의 초기농도와 유

기상으로 추출된 Nd농도를 대입하고 x를 0, 1, 2, 3으로 변화시키며 각 x값에 따른 추출반응 후 PC88A의 평형농도를 구했다. 이와 같이 구한 PC88A의 평형농도의 대수치와 $\log D - 3\text{pH}$ 의 그림에서 기울기를 구하여 x 값에 따른 기울기 $(3+x)/2$ 의 일치 여부를 조사하였다. 그 결과 x값이 0인 경우 PC88A의 평형농도의 대수치와 $\log D - 3\text{pH}$ 의 기울기가 1.58으로, 예상기울기 값인 1.5와 잘 일치하였으며 이를 Fig. 3에 나타냈다. 따라서 본 연구의 실험조건에서 PC88A에 의한 Nd의 추출반응을 다음과 같이 나타낼 수 있다.



상기 추출반응의 평형상수를 구하기 위해서는 추출실험자료로부터 화학종의 농도와 활동도계수를 구해야 한다. 화학종의 농도를 구하기 위해서는 양이온과 음이온 사이의 착물생성반응을 고려할 필요가 있다. 염산용액에 존재하는 Nd에 대해 본 연구에서 고려한 화학반응과 25°C, 이온강도 0인 조건에서 각 반응의 평형상수를 다음에 나타냈다.⁷⁾





추출반응 후 수상과 유기상에는 10종의 화학종이 존재한다(Nd³⁺, NdCl²⁺, NdOH²⁺, Nd(OH)²⁺, Nd(OH)₃⁰, H⁺, Cl⁻, OH⁻, NdA₃, H₂A₂). 따라서 10종의 화학종의 농도를 구하기 위해서는 10개의 독립식이 필요하다. 이때 필요한 10개의 식은 상기 5개의 화학반응식과 다음에 나타낸 3개의 물질수지와 1개의 전기적 중성식 및 평형 pH로부터 구할 수 있다.

$$[\text{Nd}]_{\text{aq,t}} = [\text{Nd}^{3+}] + [\text{NdCl}^{2+}] + [\text{NdOH}^{2+}] + [\text{Nd(OH)}_2^{+}] + [\text{Nd(OH)}_3^0] \quad (11)$$

$$[\text{Nd}]_{\text{org,t}} = [\text{NdA}_3] \quad (12)$$

$$[\text{H}_2\text{A}_2]^{\text{I}} = [\text{H}_2\text{A}_2] + 1.5[\text{NdA}_3] \quad (13)$$

$$[\text{H}^+] + 3[\text{Nd}^{3+}] + 2[\text{NdCl}^{2+}] + 2[\text{NdOH}^{2+}] + [\text{Nd(OH)}_2^{+}] = [\text{Cl}^-] + [\text{OH}^-] \quad (14)$$

상기식에서 하첨자 t는 전체농도를 나타낸다.

평형 pH로부터 수소농도를 구한다면 Nd의 물질수지인 식 (11)에서 Nd³⁺의 농도를, 전기적 중성식인 식 (14)으로부터 염소이온의 농도를 구할 수 있다. 이와 같이 구한 Nd³⁺, H⁺ 및 Cl⁻의 농도를 식 (6)부터 (10)까지의 화학반응식에 대입하여 OH⁻, NdCl²⁺, NdOH₂, Nd(OH)²⁺ 및 Nd(OH)₃⁰의 농도를 구할 수 있다. 한편 유기상으로 추출된 Nd농도를 식 (12)와 (13)에 대입하면 NdA₃와 H₂A₂의 농도를 구할 수 있다.

수상에 존재하는 화학종과 달리 유기상에 존재하는 화학종의 활동도계수를 구할 수 있는 일반적인 식은 아직 발표되지 않았다. 따라서 유기상에 존재하는 추출제와 금속 추출종의 활동도 계수는 1로 가정하면 추출반응 (5)의 평형상수를 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$K = \frac{[\text{NdA}_3][\text{H}^+]^3}{[\text{Nd}^{3+}][\text{H}_2\text{A}_2]} \times \frac{(\gamma_{\text{H}^+})^3}{\gamma_{\text{Nd}^{3+}}} \quad (15)$$

본 연구에서는 수상에 존재하는 용질의 활동도계수와 용매의 활동도를 구하기 위해 Bromley식을 이용하였다.⁸⁾ 추출실험자료로부터 구한 화학종의 농도와 Bromley식으로 계산한 활동도계수를 식 (15)에 대입하여 구한 추출반응의 평형상수는 0.25 이었다.

3.2. PC88A에 의한 Nd의 분배계수 예측모델

PC88A에 의한 Nd추출시 초기추출조건으로부터 Nd의

분배계수를 예측하기 위해서는 추출반응 후 수상과 유기상에 존재하는 화학종 개수만큼의 독립식이 필요하다. 추출반응 후 평형상태에서 10종류의 화학종이 존재하므로 10개의 독립식이 필요하다(Nd³⁺, NdCl²⁺, NdOH²⁺, Nd(OH)²⁺, Nd(OH)₃⁰, H⁺, Cl⁻, OH⁻, NdA₃, H₂A₂). 이때 필요한 식들은 식 (6)부터 (10)까지 5개의 화학반응식, 추출반응식 (5)와 Nd, Cl 및 PC88A에 대한 3개의 물질수지 및 1개의 전기적 중성식으로 구성된다. PC88A의 물질수지는 식 (13)과, 전기적 중성식은 식 (14)와 같으며 Nd와 Cl의 물질수지를 다음에 나타냈다.

$$[\text{Nd}]^{\text{I}} = [\text{Nd}^{3+}] + [\text{NdCl}^{2+}] + [\text{NdOH}^{2+}] + [\text{Nd(OH)}_2^{+}] + [\text{Nd(OH)}_3^0] + [\text{NdA}_3] \quad (16)$$

$$[\text{Cl}]^{\text{I}} = 3[\text{NdCl}_3]^{\text{I}} + [\text{HCl}]^{\text{I}} = [\text{Cl}^-] + [\text{NdCl}^{2+}] \quad (17)$$

염소의 물질수지인 식 (17)를 이용하기 위해서는 Nd 용액 제조시 첨가된 염산의 초기농도가 필요하다. 일반적으로 산화물을 염산에 용해시켜 염화물용액을 제조하는 경우 과잉의 염산으로 산화물을 용해시킨 다음 염산을 증발시키므로, 용액제조 후 염산농도는 용액제조 준비단계에서 용액에 첨가한 염산농도와 다르다. 따라서 수용액의 초기 pH와 Nd의 초기농도로부터 염산의 초기 농도를 다음과 같이 구했다. 먼저 Nd용액에는 8개의 화학종이 존재한다(Nd³⁺, NdCl²⁺, NdOH²⁺, Nd(OH)²⁺, Nd(OH)₃⁰, H⁺, Cl⁻, OH⁻). 이때 이 화학종들의 농도를 구하는데 이용할 수 있는 식은 5개의 화학반응식과 Nd

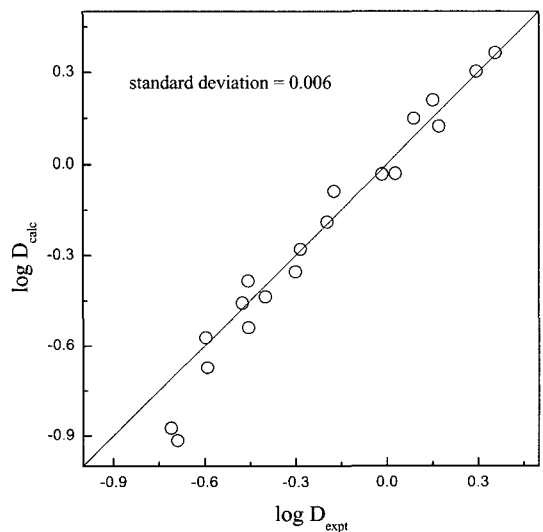


Fig. 4. Comparison of Nd distribution coefficients between measured and calculated in this study.

Table 1. Measured and calculated data for the extraction of Nd with PC88A

Initial condition			Measured values			Calculated values		
N	[Nd] ¹	[PC88A] ¹	pH ¹	LogD	pH _{eq}	[HCl] ¹	pH _{eq}	LogD
1	0.1	1.0	0.75	-0.710	0.73	0.251	0.69	-0.874
2	0.1	1.5	0.75	-0.591	0.72	0.251	0.66	-0.674
3	0.1	2.0	0.75	-0.456	0.71	0.251	0.64	-0.538
4	0.1	2.5	0.75	-0.399	0.68	0.251	0.62	-0.436
5	0.1	3.0	0.75	-0.300	0.66	0.251	0.60	-0.353
6	0.1	1.0	0.73	-0.689	0.70	0.262	0.68	-0.915
7	0.1	1.0	1.03	-0.475	0.86	0.134	0.82	-0.457
8	0.1	1.0	1.24	-0.284	0.95	0.0835	0.88	-0.279
9	0.1	1.0	1.71	-0.174	1.01	0.0285	0.93	-0.087
10	0.1	2.0	0.73	-0.597	0.70	0.262	0.63	-0.572
11	0.1	2.0	1.03	-0.196	0.84	0.134	0.74	-0.189
12	0.1	2.0	1.24	-0.016	0.89	0.0835	0.79	-0.031
13	0.1	2.0	1.71	0.089	0.93	0.0285	0.83	0.149
14	0.1	2.0	2.11	0.151	0.94	0.0114	0.85	0.209
15	0.1	3.0	0.73	-0.456	0.62	0.262	0.60	-0.383
16	0.1	3.0	1.03	0.028	0.74	0.134	0.69	-0.029
17	0.1	3.0	1.24	0.171	0.83	0.0835	0.73	0.123
18	0.1	3.0	1.71	0.294	0.86	0.0285	0.78	0.303
19	0.1	3.0	2.11	0.356	0.88	0.0114	0.79	0.364

Unit of concentration : molarity

의 물질수지 및 전기적 중성식이 있다. 따라서 수상의 초기 pH로부터 수소이온의 농도를 구한다면, Nd의 물질수지에서 Nd³⁺의 농도를, 전기적중성식에서 염소이온의 농도를 구할 수 있다. 이와 같이 구한 Nd³⁺, H⁺ 및 Cl⁻의 농도를 식 (6)부터 (10)까지의 화학반응식에 대입하여 OH⁻, NdCl²⁺, NdOH²⁺, Nd(OH)²⁺ 및 Nd(OH)₃⁰의 농도를 구할 수 있다. 식 (17)에 Cl⁻와 NdCl²⁺의 농도를 대입하면 염소의 초기농도를 구할 수 있다.

Nd, Cl 및 PC88A의 물질수지와 전기적 중성식에 착물형성반응을 대입하면 Nd³⁺, Cl⁻, H⁺ 및 H₂A₂의 농도항으로 표현되는 비선형 연립방정식을 얻을 수 있다.⁹⁾ 본 연구에서는 4개의 비선형 연립방정식의 해를 구하기 위해 Newton-Raphson법을 이용하였다. Table 1에는 본 연구에서 수행한 추출실험조건 및 Nd의 분배계수와 상기 방법으로 예측한 Nd의 분배계수를 같이 나타냈다. 본 연구에서 예측한 Nd의 분배계수와 측정값을 비교하기 위해 Fig. 4에 두 값을 같이 나타냈다. 예측값과 측정값간의 표준편차는 0.006로 두 값이 서로 잘 일치하였다.

3.3. 비누화 PC88A에 의한 Nd 용매추출

Nd농도가 0.1, 0.5, 0.8 M인 조건에서 수상의 초기 pH를 0.3부터 1.56까지 변화시키며 40% 비누화된 PC88A로 추출실험한 결과를 Fig. 5에 나타냈다. Nd농도가 0.1 M인 경우 수상의 초기 pH가 높아짐에 따라 추출율이 증가하는 것을 알 수 있다. 이에 반해 Nd농도가 0.5, 0.8 M인 경우에는 초기 pH에 무관하게 일정한 추출율을 보였다. 이는 Nd의 농도에 비해 추출제의 농도가 충분하지 않기 때문이다.

동일한 추출조건에서 Nd용액의 초기 pH와 평형 pH를 Fig. 6에 같이 나타냈다. 일반적으로 양이온교환 추출제에 의한 추출시 금속이온과 교환되는 수소이온으로 인해 수상의 평형 pH가 감소한다. 하지만 Nd의 초기농도가 0.5, 0.8 M인 경우 초기 pH가 낮은 조건에서는 평형 pH가 증가하였고, Nd의 초기 농도가 0.1 M인 경우에는 실험을 행한 pH범위에서 평형 pH가 증가하였다. 이와 같이 평형 pH가 Nd의 초기농도와 초기 pH에 의존하는 것은 다음과 같이 생각 할 수 있다. 먼저 0.5 M의 PC88A를 40% 비누화 시켜 0.1M의 Nd를 추

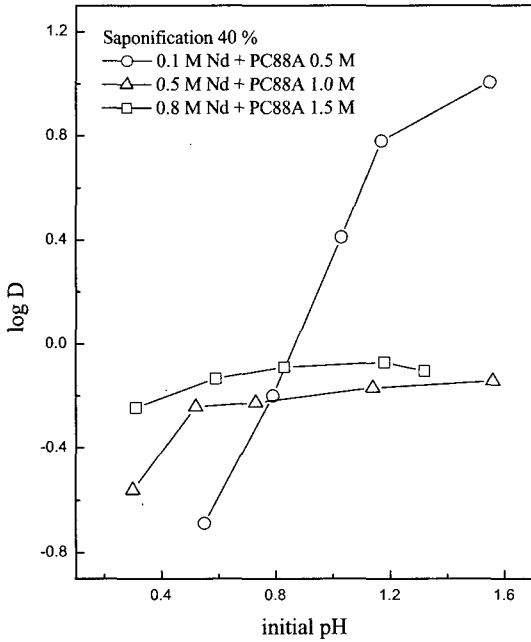


Fig. 5. Effect of the saponification of PC88A on the extraction of Nd at different extraction conditions.

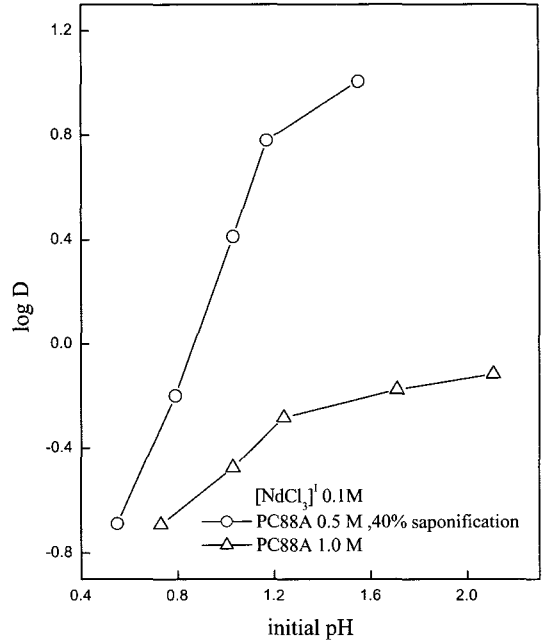


Fig. 7. Effect of the saponification of PC88A on the extraction of Nd.

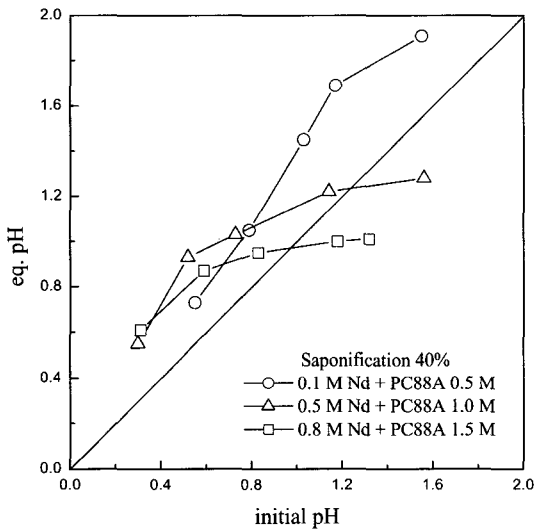
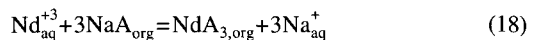


Fig. 6. Variation of equilibrium pH with the extraction conditions.

출하면 과잉의 PC88A로 인해 주로 비누화 PC88A에 의해 추출이 일어난다. 이러한 경우 유기상으로 추출된 Nd이온에 대해 나트륨이온이 수상으로 이온교환 되므로 수상의 평형 pH가 증가하게 된다. 그러나 Nd의 농

도가 0.5, 0.8 M이고 PC88A의 농도가 1.0, 1.5 M인 추출조건은 Nd를 모두 추출하기에는 PC88A의 농도가 낮은 조건이다. 이러한 경우 수상의 초기 pH가 낮은 조건에서는 수소이온의 농도가 높기 때문에 PC88A에 의한 추출은 일어나기 힘들다. 따라서 비누화 PC88A에 의해 Nd이 추출되므로 수상의 평형 pH가 증가한다. 그러나 수상의 초기 pH가 증가하면 비누화 PC88A뿐만 아니라 PC88A에 의해서도 Nd이 추출되므로 평형 pH가 감소하게 된다.

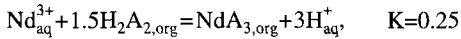
PC88A의 비누화가 Nd의 추출반응에 미치는 영향을 조사하기 위해 0.1 M의 Nd를 1.0 M의 PC88A와 40% 비누화된 0.5 M의 PC88A로 실험한 결과를 Fig. 7에 나타냈다. 비록 PC88A의 농도가 다르지만 40% 비누화된 0.5 M의 PC88A가 1.0 M의 PC88A에 비해 Nd의 추출능력이 큰 것을 알 수 있다. 이와 같이 추출제의 농도가 낮음에도 불구하고 40% 비누화된 추출제의 추출능력이 더 큰 이유는 다음과 같이 설명할 수 있다. PC88A는 이합체로 추출반응에 참여하지만, 비누화된 PC88A는 단위체로 추출반응에 참여하며 추출반응식은 다음과 같다.⁴⁾



즉, PC88A를 NaOH로 비누화시키면 단위체로 추출 반응에 참여하므로 실제 추출반응에 참여할 수 있는 추출제의 유효농도가 증가하는 효과가 있다.

4. 결 론

염산용액에서 Nd농도가 0.1 M이하인 조건에서 수상의 pH와 PC88A의 농도를 변화시키며 추출실험을 행하고 추출반응식을 구했다. 또한 추출실험자료와 이온평형 해석자료를 이용하여 추출반응의 평형상수를 다음과 같이 구했다.



본 연구에서 구한 PC88A에 의한 Nd추출반응의 평형상수를 초기 추출조건에 적용하여 예측한 Nd의 분배계수와 측정값은 서로 잘 일치하였다.

비누화된 PC88A는 단위체로 추출반응에 참여하여 Nd의 추출율을 증가시켰다. 수상의 초기 pH에 대한 평형 pH의 변화는 Nd과 PC88A의 초기농도비에 크게 의존했다. 초기 Nd에 대해 PC88A의 농도가 낮은 경우 초기 pH가 낮은 조건에서는 비누화 PC88A에 의해 Nd이 추출되나, pH가 증가하면 비누화 PC88A뿐만 아니라 PC88A에 의해 추출되므로 초기 pH에 비해 평형 pH가 감소하였다.

감사의 글

본 연구는 에너지관리공단 에너지자원기술개발 중대형 사업의 일환으로 지원되었으며, 이에 감사드립니다.

李 珍 榮

- 현재 한국지질자원연구원 자원활용소재연구부 선임연구원
- 본 학회지 제11권 2호 참조

金 俊 秀

- 현재 한국지질자원연구원 자원활용소재연구부 책임연구원
- 본 학회지 제11권 2호 참조

참고문헌

1. 이태섭, 2003: 희토류 소재개발 방향 및 공급방안, 제4회 희토류 소재개발 및 응용 심포지엄, pp. 14-15, 서울.
2. Abdeltawab, A.A., et al., 2002: Separation of La and Ce with PC-88A by counter-current mixer-settler extraction column, Separation and Purification Technology, 26(2), pp. 265-272.
3. 안종관 등, 2001: 고농도 니켈 침출액으로부터 Na-PC88A에 의한 Co, Mn 및 Zn의 분리에 관한 연구, J. Kor. Inst. Met. & Mater, 39(12), pp. 1455-1460 .
4. Devi, N.B., Nathsarma, K.C., and Chakravorty, V., 1998: Separation and recovery of cobalt(II) and nickel(II) from sulphate solutions using sodium salts of D2EHPA, PC 88A and Cyanex 272, Hydrometallurgy, 49(1), pp. 47-61.
5. Sarangi, K., Reddy, B.R., and Das, R.P., 1999: Extraction studies of cobalt (II) and nickel (II) from chloride solutions using Na-Cyanex 272.: Separation of Co(II)/Ni(II) by the sodium salts of D2EHPA, PC88A and Cyanex 272 and their mixtures, Hydrometallurgy, 52(3), pp. 253-265.
6. Devi, N.B., Nathsarma K.C., and Chakravorty, V., 2000: Separation of divalent manganese and cobalt ions from sulphate solutions using sodium salts of D2EHPA, PC 88A and Cyanex 272, Hydrometallurgy, 54(2), pp. 117-131.
7. Pettit, L.D., and Powell, K.J., 1997: Stability Constants Database, IUPAC and Academic Software.
8. Bromley, L.A., 1973: Thermodynamic properties of strong electrolytes in aqueous solutions, AIChE Journal. 19(2), pp. 313-320
9. 이광섭 등, 2004: 염산용액에서 PC88A에 의한 Gd 용매추출의 평형, J. of Korean Inst. of Resources Recycling, 13(2), pp. 24-32.

李 光 燮

- 목포대학교 신소재공학과 졸업
- 현재 목포대학교 일반대학원 신소재공학과 재학

金 聖 敦

- 현재 한국지질자원연구원 자원활용소재연구부 선임연구원
- 본 학회지 제11권 2호 참조

李 晚 承

- 현재 목포대학교 신소재공학과 교수
- 본 학회지 제11권 1호 참조