

희토류원소의 여러 가지 용리형태의 이온교환 메커니즘에 관한 연구 (II)

車基元[†] · 洪性旭

인하대학교 이과대학 화학과
국립과학수사연구소 이화학 2과
(1991. 4. 30 접수)

Study on the Ion Exchange Mechanisms of Rare Earth Elements in Several Elution Types (II)

Ki-Won Cha[†] and Sung Wook Hong

[†]Department of Chemistry, College of Science, Incheon 402-751, Korea
Forensic Science Div. II, National Institute of Scientific Investigation,
Seoul 158-094, Korea

(Received April 30, 1991)

요 약. NH_4^+ retaining 이온으로 치환된 양이온교환 수지관에서 흡착시키는 희토류원소이온의 양, 수지관의 내경, 수지관의 길이 및 용리액의 pH 등을 변화시켜 용리시킨 후 용출액 중의 각 화학종을 분석하여 희토류원소이온의 용리 mechanism과 monazite 광에 포함된 희토류원소들의 분리에 관해 연구하였다. 인접한 희토류원소간의 분리능은 수지의 교환용량 이내에서는 흡착시키는 희토류원소이온의 양을 증가시킬수록 증가하였고, 내경이 같으면 수지관의 높이는 희토류원소이온의 분리능 및 분리시간에 영향을 미치지 않으며 희토류-EDTA 착물은 NH_4^+ 형 수지에 흡착되지 않음을 알 수 있었다. 용리액의 pH는 수지관 내에서 희토류원소이온과 EDTA와의 반응성에 영향을 미쳐 분리에 큰 영향을 미쳤으며 pH가 낮을수록 분리능은 향상되나 분리시간이 길어짐을 알 수 있었다.

ABSTRACT. The elution characteristics of rare earth elements in NH_4^+ form cation exchange resin had been investigated. Elution were performed varying the loading amount, column diameter, column length and eluent pH. Analysing the chemical species contained in each effluent, elution mechanisms of rare earth elements and the separation of rare earth elements in monazite could be understood. The resolution values of adjacent rare earth elements were improved increasing rare earths adsorption amount with the same column within it's exchange capacity. With NH_4^+ resin form, column length does not affect on the resolution values and retention time of rare earth elements and the rare earth-EDTA complex were not adsorbed on NH_4^+ resin form. pH of eluent affected on the reactivities between rare earth elements and EDTA. Decreasing eluent pH, resolution values of adjacent rare earth elements were increased while increasing elution time.

서 론

양이온교환 수지관 내에서 희토류원소이온의 용리 메커니즘은 여러 학자들에 의해 연구되어 왔으며¹⁻⁵ 저자들은 지금까지 Zn^{2+} , NH_4^+ 및 Al^{3+} 으로 치환시킨 양이온교환 수지관에 희토류원소이온 혹은 희

토류원소-EDTA 착물을 흡착시키고, EDTA 용액으로 용리한 후 용출액 중에 포함된 각 화학종을 분석함으로써 희토류원소의 용리 mechanism을 연구하여 왔다⁶⁻⁹. 저자들의 연구결과에 의하면 흡착된 희토류원소이온이 EDTA와 반응하여 수지에서 이

Table 1. Elution characteristics of rare earths and retaining ions in various types of elution system of cation exchanger

Retaining ions	Adsorption forms	Elution range (mV)		Resolution values
		Retaining ions	Rare earths	
Zn ⁺	Ln ³⁺	0~1330	1160~1500	0.6
	Ln-EDTA	0~1340	1260~1500	0.6
Al ³⁺	Ln ³⁺	0~1300	980~1400	0.4
	Ln-EDTA	0~1230	1000~1400	0.3
NH ₄ ⁺	Ln ³⁺	0~840	0~300	0.5

탈된 후 그 하단의 금속 retaining 이온으로 치환된 수지에 다시 흡착되는 구동력은 금속 retaining 이온과 EDTA와의 결합력이고, 이 때 EDTA에서 유리되는 수소이온의 영향으로 수지관 내의 pH가 감소한다는 것을 알았다. 따라서 NH₄⁺를 retaining 이온으로 사용하면 희토류원소-EDTA 착물이 retaining 이온과 더 이상의 교환반응을 거치지 않고 용출되므로 Zn²⁺이나 Al³⁺를 retaining 이온으로 사용한 경우에 비하여 훨씬 빨리 용출되었으며 수지관 내의 pH가 감소하는 현상을 어느 정도 방지할 수 있었다.

Table 1은 저자가 전보에 발표한 La₂O₃ 0.2 g과 CeO₂ 0.2 g을 산으로 녹여 조제한 희토류원소 용액 혹은 희토류원소-EDTA 착물용액을 3.14 × 1 cm² × 20 cm의 Zn²⁺, NH₄⁺ 및 Al³⁺형 수지에 흡착시킨 후 2.69 × 10⁻² M EDTA 용액(pH 8.4)으로 용리시켜 얻은 결과를 요약한 것이다.⁸ 이 때 각 인접 희토류원소의 분리능은 (1)식에 의해 계산하였다.

$$R = \frac{2(t_2 - t_1)}{W_1 + W_2} \quad (1)$$

이 때 t₁과 t₂는 용질 1과 용질 2의 봉우리의 위치이고 W₁과 W₂는 각 봉우리의 밑변의 길이이다.

본 연구에서는 흡착시키는 희토류원소이온의 양, NH₄⁺로 치환시킨 수지의 양, 수지관의 내경 및 EDTA 용액의 pH를 변화시켜 용리하여 희토류원소이온 및 기타 화학종의 용리현상을 관찰하여 retaining 이온의 수지관 내에서의 역할과 이온교환 mechanism을 밝혔으며, 그 결과를 이용하여 monazite광 중의 희토류원소를 효율적으로 분리할 수 있었다.

실 험

시약 및 기구

희토류원소 산화물은 Merck계 특급시약을 사용하였고 기타 시약은 일제 특급시약을 사용하였으며, 용매는 이온교환수지를 통과시킨 탈염수를 사용하기 전에 끓여 CO₂를 제거한 후 식혀서 사용하였다.

양이온교환수지는 교환용량이 4.0 meq/g인 DO-WEX50W-X8(100~200 mesh)를 사용하였다. 용출액(effluent)은 Mitamura Riken의 fractional collector를 사용하여 일정 부피씩 분취하여 분석하였다. pH meter는 Toyo계 TD-19R을 사용할 때마다 완충용액으로 보정하여 사용하였고 UV/VIS spectrophotometer는 Perkin Elmer 201을 사용하였으며 atomic absorption spectrophotometer는 Shimadzu AA670을 사용하였다.

실험방법

희토류원소 흡착용액의 조제. 각 희토류원소 산화물을 110°C에서 3시간 건조시킨 후 정확히 달아 과염소산(60%) 10 ml와 과산화수소(30%) 1 ml를 가하고 열판 위에서 시계접시를 덮고 가열하여 완전히 용해시킨 후 시계접시를 제거하고 계속 가열하여 산과 과산화수소를 증발, 건조시켰다. 이렇게 준비한 희토류원소-과염소산염에 탈염수를 가하고 묽은 NaOH 용액을 pH가 1.0이 되도록 가하여 희토류원소 용액을 조제하였다.

또한 희토류원소 산화물 일정량을 달아 만든 희토류원소-과염소산염 용액에 희토류원소와 같은 mole수의 EDTA(disodium salt)를 가하고 탈염수를 가해 녹인 후 NaOH 용액을 pH가 8.4가 되도록 가해 희토류원소-EDTA 착물용액을 제조하였다.

모나자이트 흡착용액의 조제. 모나자이트광(Mo-

nazite sand) 50 g 정도를 약 100 mesh 분말로 분쇄하여 pyrex제 비이커에 넣고 진한 황산 약 50 ml를 가하고 열판에서 가열하여, 희토류원소를 추출해 낸다. 용액을 완전히 식힌 후 탈염수 300 ml를 서서히 가하고 식힌 다음 NaOH를 가해 pH를 1.0 부근으로 맞추어 Th(Thorium) 침전을 만든다.

이 용액을 걸러 Th 및 Si 화합물을 제거한 후 옥살산 포화용액을 가해 희토류원소 침전을 만든 후 거르고 800°C에서 회화하여 희토류원소 산화물의 혼합물을 제조한다.

이와 같이 하여 모나자이트광에서 추출한 희토류원소 산화물 일정량을 달아 과염소산과 과산화수소를 가해 열판 위에서 용해, 전고시킨 후 탈염수와 NaOH 용액을 가해 모나자이트 흡착용액을 조제하였다.

용리액의 조제. 105°C에서 3시간 건조시킨 EDTA (disodium salt) 10.0 g을 달아 1000 ml들이 용량 플라스크에 넣고 탈염수 약 980 ml를 가해 녹인 후 NaOH 용액으로 pH를 조절하고 탈이온수를 표시까지 채워 $2.69 \times 10^{-2} M$ EDTA 용리액을 제조한 후 표정하지 않고 사용하였다.

수지관. 양이온교환수지 일정량을 탈염수에 24 시간 이상 담가둔 후 잘저어 수면에 뜨는 미세입자를 제거한다. 이 수지를 하단에 유리거르개와 유속을 조절할 수 있도록 stopcock가 부착된 유리관에 기포가 발생하지 않도록 조심스럽게 부여준 후 0.5 N HCl 및 0.5 N NaOH 용액으로 순차적으로 씻어주고 다시 HCl과 탈염수로 씻어 RH형 수지로 채워진 수지관을 준비 하였다. 이 때 R은 양이온교환수지의 골격을 나타낸다.

이렇게 준비된 수지관에 0.5 M NH_4Cl 용액을 0.5 ml/min의 유속으로 통과시켜 수지를 RNH_4 형으로 바꾸어 준 후, 탈염수 100 ml로 씻어 흡착되지 않고 남아 있는 양이온 및 음이온을 제거하였다.

용리 및 분석. NH_4^+ 이온으로 치환된 수지관 상단에 pH를 조절한 희토류원소이온 혹은 희토류원소-EDTA 착물용액을 0.5 ml/min의 유속으로 흘려 넣어 흡착시킨 후 EDTA 용액으로 0.5 ml/min의 유속으로 용리하였다. 이 때 용리액 용기 상단에는 soda lime으로 충전시킨 CO_2 흡수관을 연결하여 대기중의 CO_2 의 영향으로 용리액의 pH가 감소하는

Table 2. Analytical conditions of each rare earth elements

Elements	Wavelength	Flame	Slit
Lanthanum	550.1 nm	$N_2O-C_2H_2$	0.30 nm
Praseodymium	495.1 nm	$N_2O-C_2H_2$	0.30 nm
Neodymium	492.4 nm	$N_2O-C_2H_2$	0.30 nm
Samarium	429.7 nm	$N_2O-C_2H_2$	0.30 nm
Yttrium	410.2 nm	$N_2O-C_2H_2$	0.30 nm

것을 방지하여 주었다.

용출액은 fractional collector로 40 ml씩 분취하여 먼저 pH를 측정한 후, 두 부분으로 나누어 1/2 fraction은 유리상태의 EDTA 농도 및 NH_4^+ 이온농도 측정에 사용하였고, 나머지 1/2 fraction은 희토류원소이온의 농도 측정에 사용하였다.

이 때 유리 EDTA의 농도는 EBT(Eriochrome Black T)를 지시약으로 하여 pH 10에서 Mg 표준 용액으로 적정하여 결정하였고, NH_4^+ 는 Nessler 시약으로 발색시킨 후 420 nm에서의 흡광도를 측정하여 정량하였으며¹⁰, 전체 Ce의 농도는 자외선 분광광도계로 253.6 nm에서 흡광도를 측정하여 정량하였다. 또한 Lanthanum, Praseodymium, Neodymium, Samarium 및 Yttrium의 전체농도는 원자흡수분광광도계로 정량 하였으며 이 때의 기기조건은 Table 2에 나타내었다.

각 이온에 대한 검량선은 일정농도의 각 이온의 용액에 같은 mole수의 EDTA를 넣어 조제한 용액을 표준용액으로 사용하여 작성하였다. EDTA와 착물을 이룬 금속이온의 농도는 원자흡수분광광도법 및 자외선분광광도법으로 측정된 전체금속의 농도로부터 결정 하였다.

결과 및 고찰

희토류원소이온 흡착량의 변화. Fig. 1은 희토류원소이온 흡착량의 변화에 따른 용리현상의 변화를 관찰하기 위해 NH_4^+ 형 수지관에 La_2O_3 1.5 g과 CeO_2 1.5 g을 산으로 녹여 pH를 1로 조절한 용액 10 ml를 흡착시킨 후 EDTA 용액으로 용리시킨 결과이다.

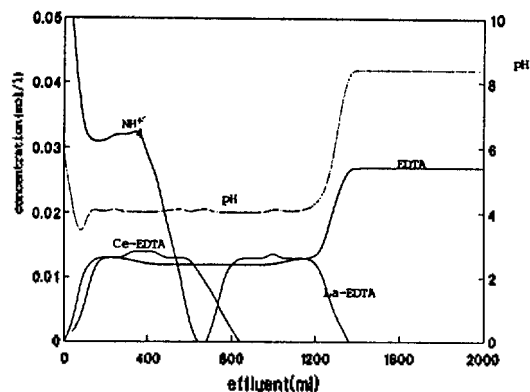


Fig. 1. Elution behaviors of rare earth elements and NH_4^+ retaining ions in cation exchange resin. Resin: Dowex 50W-X8 (100~200 mesh), NH_4^+ form, column: $3.14 \times 1 \text{ cm}^2 \times 20 \text{ cm}$, loading: 10 ml of rare earths solution (La_2O_3 1.5 g and CeO_2 1.5 g), flow rate: 0.5 ml/min, eluent: $2.69 \times 10^{-2} \text{ M}$ EDTA (disodium salt) solution, pH: 8.4.

Fig. 1에서 보면 La_2O_3 0.2 g과 CeO_2 0.2 g을 녹여 흡착시킨 후 용리시킨 경우에 비해 NH_4^+ 는 용리 초기에 대단히 많이 용출되었고 640 ml 이내에서 모두 용출되었다.

용출액의 pH는 NH_4^+ 의 가수분해 및 희토류원소 이온과 EDTA와의 반응에 의해 유리된 H^+ 의 영향으로 감소하기는 하였으나, EDTA와 착물을 이룰 수 있는 금속이온을 retaining 이온을 사용한 경우 보다는 높게 유지되었다.

희토류원소이온은 모두 EDTA와 착물을 이룬 형태로 용출되었고 유리 EDTA의 농도는 희토류원소 이온이 용출되는 구간에서 일정한 값을 유지하다가 희토류원소이온이 모두 용출된 후 증가하여 용리액의 농도와 같아짐을 볼 수 있다. 이 경우에 La와 Ce는 La_2O_3 0.2 g과 CeO_2 0.2 g을 흡착시킨 후 용리시킨 경우와 달리 40~1600 ml에 걸쳐 용리되었으며, 분리능은 0.8로서 Table 1의 0.5에 비해 크게 증가하였고 거의 대부분의 순수한 La와 Ce를 회수할 수 있었다. 따라서 NH_4^+ 형 수지관에서는 흡착시키는 희토류원소이온의 양에 따라 분리능이 달라짐을 알 수 있고 이는 흡착시킨 희토류원소이온끼리의 경쟁교환반응에 의한 결과로 해석된다.

모나자이트광 중의 희토류원소의 분리. NH_4^+ retaining 이온으로 치환된 양이온교환 수지관에 모

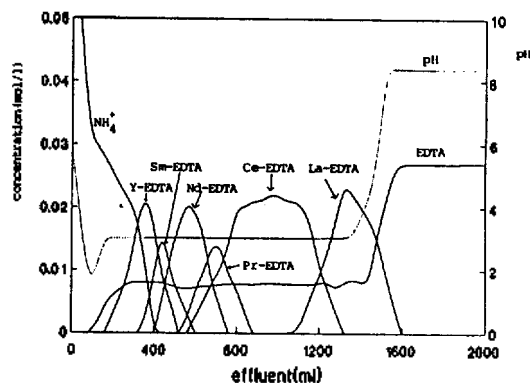


Fig. 2. Elution behaviors of rare earth elements in NH_4^+ substituted cation exchange resin. Resin: Dowex 50W-X8 (100~200 mesh), NH_4^+ form, column: $3.14 \times 1 \text{ cm}^2 \times 20 \text{ cm}$, loading: 60 ml of rare earths solution (5 g of rare earth elements oxide mixture extracted from monazite sand), flow rate: 0.5 ml/min, eluent: $2.69 \times 10^{-2} \text{ M}$ EDTA (disodium salt) solution, pH: 8.4.

나자이트광 중에서 추출한 희토류원소이온을 흡착시킨 후 EDTA 용리액으로 용리시키면 희토류원소물 효율적으로 분리할 수 있을 것으로 예상된다.

Fig. 2는 모나자이트광에서 추출한 희토류원소산화물 5g을 녹여 pH를 1로 조절한 후 부피를 60 ml로 조절된 용액을 NH_4^+ 형 수지관에 통과시켜 흡착시킨 후 EDTA로 용리한 결과이고, Table 3은 이 때 얻은 인접한 희토류원소의 분리능을 나타낸 것이다. 그림을 보면 pH, NH_4^+ 및 유리상태의 EDTA의 농도곡선은 La와 Ce만을 분리한 경우와 유사한 경향을 보이고 있음을 알 수 있다.

Yttrium을 제외한 희토류원소들은 EDTA와의 안정도상수가 클수록 먼저 용출되었고, Yttrium이 예외인 것은 Yttrium이 4d 껍질에 전자가 채워진 전이원소(transition element)이기 때문이다⁶.

수지관크기 변화의 영향. Fig. 3은 수지관의 내경 및 높이 변화에 따른 용리현상의 변화를 관찰하기 위하여 내경이 1.0 cm인 수지관에 앞서 사용한 수지를 전량 옮겨 채워 제작한 $7.85 \times 10^{-1} \text{ cm}^2 \times 78.0 \text{ cm}$ 수지관에 Fig. 2에서와 같은 양의 모나자이트광에서 추출한 희토류원소이온을 흡착시켜 얻은 용리곡선이다. Fig. 3을 2와 비교하여 보면 용리액의 pH, 유리상태의 EDTA의 농도 및 분리에 소요되는 시

같은 수지관의 높이가 변했음에도 불구하고 유사한 경향을 보이고 있음을 알 수 있다. 그러나 인접한 희토류원소끼리의 분리능은 Table 3에서 보이는 바와 같이 현저하게 증가하였다. 이와 같이 같은 양의 NH_4^+ 형 수지를 내경이 상대적으로 좁은 수지관에 충전시키면 수지관의 이론단수가 증가하여 분리능이 향상되고, 흡착되었던 희토류원소이온이 EDTA와 착물을 만들어 음의 하전을 갖는 LnY^- 로 되면 하단의 NH_4^+ retaining 이온층과는 아무런 교환반응을 거치지 않고 희토류원소끼리의 교환반응만을 거쳐 용출되기 때문에 분리시간이 일정하게 유지된다고 해석할 수 있다.

Fig. 4는 3과 동일한 NH_4^+ 형 수지관 2개를 직렬로 연결하고, 같은 양의 희토류원소를 흡착시킨 후 EDTA로 용리한 결과로서 수지의 양이 2배로 증가

하여 이론단수가 2배로 증가하였음에도 불구하고 Fig. 3의 경우에 비해 용리시간이 길어지지 않고 Table 3에서 보이는 바와 같이 분리능도 향상되지 않은 것을 볼 수 있다. 따라서 NH_4^+ 형 양이온교환 수지관에서의 분리능은 수지관 전체의 이론단수가 아니라 희토류원소이온으로 치환된 수지층에 해당하는 이론단수의 함수임을 알 수 있다.

용리액의 pH 변화. 전보⁹ 및 앞서의 용리실험에서 용리액의 pH를 8.4로 조절하였음에도 불구하고 용출액의 pH는 EDTA와 금속이온과의 착물형성반응에 의해 유리된 H^+ 의 영향으로 감소하는 현상을 관찰할 수 있었다. 이와 같이 수지관 내의 pH가 낮아지면 수지관 내에서 수지에 흡착되어 있는 희토류원소이온과 EDTA와의 반응속도에 변화가 발생할 것으로 예측되므로 용리액의 pH를 변화시켜

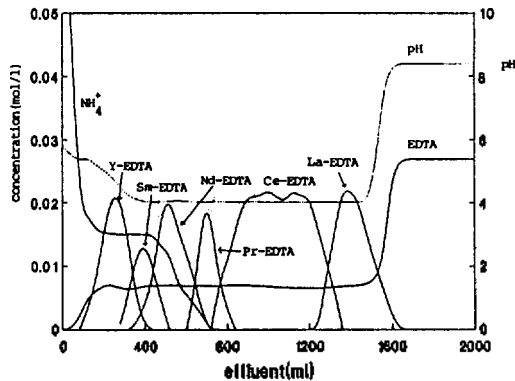


Fig. 3. Elution behaviors of rare earth elements in NH_4^+ substituted cation exchange resin. Resin: Dowex 50W-X8 (100~200 mesh), NH_4^+ form, column: $3.14 \times 0.25 \text{ cm}^2 \times 79.96 \text{ cm}$, loading: 60 ml of rare earths solution (5 g of rare earth elements oxide mixture extracted from monazite sand), flow rate: 0.5 ml/min, eluent: $2.69 \times 10^{-2} M$ EDTA (disodium salt) solution, pH: 8.4.

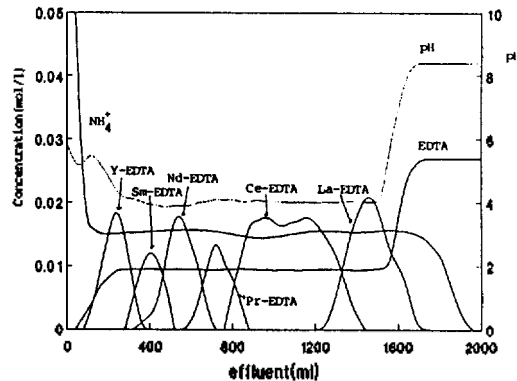


Fig. 4. Elution behaviors of rare earth elements in NH_4^+ substituted cation exchange resin. Resin: Dowex 50W-X8 (100~200 mesh), NH_4^+ form, column: $3.14 \times 0.25 \text{ cm}^2 \times 79.96 \text{ cm} \times 2$, loading: 60 ml of rare earths solution (5 g of rare earth elements oxide mixture extracted from monazite sand), flow rate: 0.5 ml/min, eluent: $2.69 \times 10^{-2} M$ EDTA (disodium salt) solution, pH: 8.4.

Table 3. Resolution values of adjacent rare earth elements

Rare earths	Columns pH	$3.14 \times 1.00 \text{ cm}^2 \times 20.0 \text{ cm}$		$3.14 \times 0.25 \text{ cm}^2 \times 78.0 \text{ cm}$		$3.14 \times 0.25 \text{ cm}^2 \times 78.0 \text{ cm} \times 2$	
		pH 8.4	pH 10.4	pH 8.4	pH 6.4	pH 8.4	
Y/Sm		0.39	0.47	0.82	0.91	0.80	
Sm/Nd		0.38	0.33	0.49	0.65	0.54	
Nd/Pr		0.48	0.68	0.59	0.84	0.61	
Pr/Ce		0.43	-	0.79	0.89	0.79	
Ce/La		0.64	0.44	0.70	0.87	0.68	

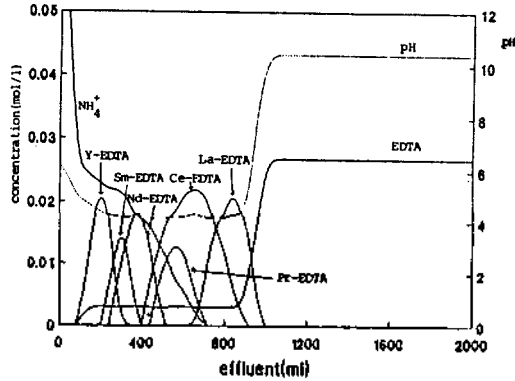


Fig. 5. Elution behaviors of rare earth elements in NH_4^+ substituted cation exchange resin. Resin: Dowex 50W-X8 (100~200 mesh), NH_4^+ form, column: $3.14 \times 0.25 \text{ cm}^2 \times 79.96 \text{ cm}$, loading: 60 ml of rare earths solution (5 g of rare earth elements oxide mixture extracted from monazite sand), flow rate: 0.5 ml/min, eluent: $2.69 \times 10^{-2} \text{ M}$ EDTA (disodium salt) solution, pH: 10.4.

그 때의 용리거동을 관찰하였다.

Fig. 5는 3과 동일한 NH_4^+ 형 수지관에 같은 양의 희토류원소이온 용액을 같은 조건으로 흡착시킨 후, 묽은 NaOH 용액으로 pH를 10.4로 조절한 $2.69 \times 10^{-2} \text{ M}$ EDTA 용액으로 용리하여 얻은 용리곡선이다. 그림을 보면 용리액의 pH를 높여준 결과 용출액의 pH는 증가하였음을 알 수 있고 NH_4^+ 는 Fig. 3의 경우와 같은 용리현상을 보이고 있다. 희토류원소이온은 용리액의 pH가 8.4인 경우에 비해 좁은 구간인 50~1050 ml 이내에서 Ln-EDTA의 형태로 용출되었고 분리능도 Table 3에 보인 바와 같이 Nd/Pr을 제외하고는 현저히 감소하였다. Nd/Pr의 분리능이 비정상적으로 크게 나타난 것은 Nd와 Pr이 용출되는 영역에서 Ce이 같이 용출되기 때문이라고 생각된다. 또한 희토류원소-EDTA 착물이 용출되는 구간에서 유리 EDTA의 농도는 100 ml 용출액부터 0.003 M 이하로 현저히 감소하였음을 볼 수 있는데, 이는 용리액의 pH를 높여준 결과 수지에 흡착되었던 희토류원소이온이 EDTA와의 반응하여 LnY^- 로 되는 반응속도가 증대되었기 때문이고 따라서 용리시간과 용리범위도 Fig. 3의 경우에 비해 단축되었음을 알 수 있다.

Fig. 6은 용리액의 pH를 6.4로 조절하여 용리시킨

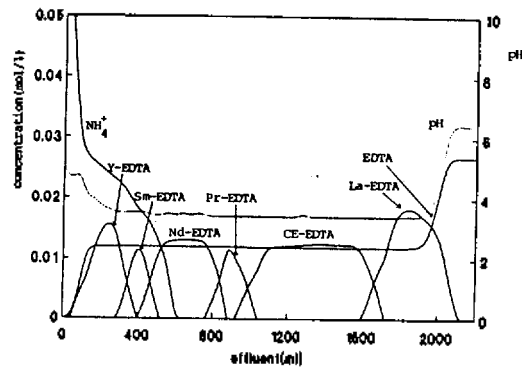


Fig. 6. Elution behaviors of rare earth elements in NH_4^+ substituted cation exchange resin. Resin: Dowex 50W-X8 (100~200 mesh), NH_4^+ form, column: $3.14 \times 0.25 \text{ cm}^2 \times 79.96 \text{ cm}$, loading: 60 ml of rare earths solution (5 g of rare earth elements oxide mixture extracted from monazite sand), flow rate: 0.5 ml/min, eluent: $2.69 \times 10^{-2} \text{ M}$ EDTA (disodium salt) solution, pH: 6.4.

경우의 용리곡선이다.

용리액의 pH를 낮추어 용리한 결과 용출액의 pH는 상대적으로 감소한 것을 볼 수 있고, 희토류원소이온은 대단히 넓은 구간에 걸쳐 용출되었으며 분리능 또한 Table 3에서 보이는 바와 같이 향상된 것을 볼 수 있다. 또한 각 분액중의 Ln-EDTA 화학종의 농도는 감소하였고 희토류원소-EDTA 착물이 용출되는 구간에서 유리 EDTA의 농도는 0.012 M 정도로 현저히 증가된 것을 볼 수 있다. 이러한 현상은 수지관 내의 pH가 감소함에 따라 수지에 흡착되었던 희토류원소이온이 EDTA와 반응하는 반응속도가 감소되었기 때문이고 따라서 용리범위도 Fig. 3의 경우에 비해 2100 ml까지 넓은 범위에 걸쳐 용리되고 분리능이 증가됨을 알 수 있다. Fig. 5와 6의 결과들로부터 용리액의 pH 변화는 희토류원소이온의 용리순서에는 영향을 미치지 않고 EDTA와 희토류원소이온과의 반응성에만 영향을 미쳐 분리능, 분리속도 및 유리 EDTA의 농도만 변화시킴을 알 수 있었다.

결 론

1. NH_4^+ 형 수지에서 분리능은 수지의 교환용량 이내에서는 수지관에 흡착시키는 희토류원소이온의

양이 증가할수록 향상되었다.

2. 같은 양의 NH_4^+ 형 수지로 회토류원소이온을 분리할 경우 분리능은 수지관의 내경이 좁을수록 향상되었으며, 내경과 흡착시키는 회토류원소이온의 양이 같은 경우 수지관의 높이는 분리 및 용리시간에 영향을 미치지 않았다.

3. 용리액의 pH를 낮추어 주면 수지관 내에서 수지에 흡착되었던 금속이 EDTA와 착물을 만드는 과정에서 회토류원소이온과 EDTA가 착물을 형성하는 반응속도가 감소하여 용리시간이 길어지고 분리능이 향상되었으며 유리 EDTA의 농도는 증가되었다.

인 용 문 헌

1. R. Turse and W. Rieman, *Anal. Chem.*, **65**, 1821 (1961).
2. Z. Hagiwara, *J. Phys. Chem.*, **73**, 3102 (1969).
3. J. E. Powell, F. H. Spedding, and D. B. Janes, *J. Chem Educ.*, **37**, 629 (1960).
4. Z. Hagiwara, I. Terashima, and Y. Koyama, *J. Inorg. Nucl. Chem.*, **32**, 3091 (1970).
5. Z. Hagiwara and H. Oki, *J. Inorg. Nucl. Chem.*, **32**, 291 (1970).
6. K. W. Cha, S. W. Hong, and K. W. Kim, *J. Korean Chem Soc.*, **30**, 63 (1986).
7. K. W. Cha, W. J. Seo, and S. W. Hong, *Bull. Inst. Basic Sci. Inha Univ.*, **8**, 95 (1987).
8. K. W. Cha and S. W. Hong, *J. of Korean Chemical Society*, **33**(2), 232 (1989).
9. K. W. Cha, O. J. Jung, I. D. Kim, and G. S. Lee, *J. Korean Chem. Soc.*, **28**, 47 (1984).
10. A. I. Vogel, "Textbook of quantitative inorganic analysis", 4th Ed., p. 730, Longman Inc., New York, (1978).