

## ICP-AES을 이용한 폴리아크릴아미드옥심 킬레이트樹脂의 金屬吸着特性

김완영 · 신희철 · \*맹기석

전북대학교 공과대학 화학공학과  
\*충남대학교 공업교육대학 화학공학과

(1983년 3월 2일 접수, 1983년 4월 16일 심사완료)

요약 : Divinylbenzene으로 架橋結合된 poly(acrylamidoxime) chelate樹脂의 Al(III), Ga(III), Si(IV), In(III), Sn(II), Sn(IV), Tl(III)과 錯化合物 形成에 關係되는 性質에 對하여 inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry를 利用하여 研究하였다. Si(IV), In(III), Sn(II), Sn(IV), Tl(III)은 이 樹脂와 錯化合物을 形成하였으나 Al(III), Ga(III)은 形成하지 않았다. 金屬이온의 吸着은 樹脂의 架橋結合도가 增加할수록 減少하였고 In(III), Sn(II), Sn(IV)는 樹脂와의 吸着速度가 대단히 빠르기 때문에 column法에 의한 吸着分離 및 field sampling에 利用될 수 있다. 또한 樹脂로부터 鹽酸 또는 窒酸에 依하여 樹脂에 吸着된 金屬이온의 抽出과 NH<sub>4</sub>OH에 依한 樹脂의 再生이 容易하므로 樹脂는 반복하여 使用될 수 있었다.

### 1. 緒 論

Chelate이온 交換樹脂는 特定 元素에 對하여 選擇성을 가지고 있어서 field sampling에 應用할 수 있는 微量元素의 分析方法으로 發展하여 왔으며 普通 機器로는 分析이 不可能한 nanogram 水準까지도 定量 前에 이온交換樹脂를 利用하여 복잡한 matrices로부터 微量의 成分을 濃縮分離하여 比較的 容易하게 定量할 수 있다.

Chelex 100과 같이 EDTA를 functional group으로 갖는 이온交換樹脂는 海水 中の 微量 重金屬 元素를 定量하는데 利用되고<sup>1,2</sup> 있으며 Pearse 등<sup>3</sup>은 dithio-oxamide와 hydroxylamine으로부터 oxamidoxime을 合成, 金屬이온의 定量에 利用하였다. Orf 등<sup>4</sup>은 amide group을 樹脂에 固定하여 U(VI), Th(IV) 및 Zr(IV)을 分離하였고 Frtiz 등<sup>5,6</sup>은 選擇성이 이미 알려진 chelating group을 樹脂에 固定시켜 豫測할 수 있는 選擇성을 갖는 chelate이온교환수지를 만들었다. Deratani 등<sup>7</sup>은

N,N'-methylene bis(acrylamide)로 架橋結合된 Poly[N-(acryloylamino) methyl] mercaptoacetamide樹脂를 金屬이온의 濃縮分離에 應用하였다. Vernon 등<sup>8-11</sup>은 N-substituted hydroxylamine functional group을 갖는 chelate이온交換樹脂를 合成하고 金屬이온의 吸着과 關係되는 特性에 對하여 記述하였다. 이와 같은 高分子 形態의 chelate樹脂(polymeric chelating resin) 以外에도 化學적으로 變造한 이온교환체(chemically modified ion-exchanger)도 많이 開發되어 利用되고 있다. Lee 등<sup>12</sup>은 dimethylglyoxime으로 處理한 polyurethane foam을 金屬이온의 選擇의 吸着 定量에 應用하였고 또한 濾紙에 이온交換樹脂를 吸着시켜 이온교환체로써 使用하고 있다.<sup>13,14</sup>

Sugawara<sup>15</sup>는 氣孔性 유리에 8-hydroxyquinoline chelate의 固定에 對하여 역시 報告한 바 있다.

本 實驗에서는 poly(acrylamidoxime) chelate

Table 1. ICP-AES Operating Conditions

	Al(III)	Si(IV)	Ga(III)	In(III)	Sn(II)	Sn(IV)	Tl(III)
Power, kw	0.9	0.9	0.9	0.8	1.0	0.9	0.85
Observation height, mm	14	14	14	14	14	14	14
Coolent flow, l/min	16.23	16.23	16.55	15.58	15.91	15.92	15.42
Nebulizer flow, l/min	0.98	0.98	0.74	0.77	0.55	0.55	0.43
Nebulizer backpressure, psig	30	30	18	18	18	18	22
Sample uptake, ml/min	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
Entrance slit height, mm	5	5	5	5	5	5	5
Entrance slit width, $\mu$ m	50	50	50	50	60	60	70
Exit slit width, $\mu$ m	50	50	50	50	60	60	70
Wavelength, nm	237.312	250.690	417.21	325.609	303.41	303.41	377.6

樹脂와 Al(III), Ga(III), In(III), Tl(III), Si(IV), Sn(II), Sn(IV)과의 金屬 chelate形成과 관계되는 性質 즉 架橋結合도와 金屬이온의 吸着, pH와 金屬이온의 吸着, 樹脂와 金屬이온과의 反應速度 등에 對하여 研究하였다.

## 2. 實驗方法

ICP-AES(inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry), 攪拌 裝置, pH meter等 機器는 前報<sup>16</sup>와 同一한 것을 使用하였으며 ICP-AES의 操作 條件은 Table 1과 같다.

또한 樹脂의 合成, pH와 金屬이온의 吸着, 金屬이온의 吸着能, pH와 微量 金屬이온의 吸着도 前報<sup>16</sup>와 同一한 方法으로 實施하였다.

### 2-1. 試藥

Al(III), In(III) 標準 溶液은 金屬 aluminium 및 indium(Aldrich Chemical)을 最少量의 1:1 HCl/DDW(distilled deionized water)에 각각 溶解한 다음 DDW로 稀釋하여 製造하였으며 Ga(III)標準 溶液은 金屬 gallium(Aldrich Chemical)을 最少量의 王水에 溶解한 後 DDW로 稀釋하여 만들었다. Tl(III), Sn(IV) 標準 溶液은  $Tl(NO_3)_3 \cdot 3H_2O$  (Aldrich Chemical)과  $SnCl_4 \cdot 5H_2O$  (Fisher)를 각각 DDW에 溶解하여 만들었으며 Sn(II)標準 溶液은 金屬 Sn(Aldrich Chemical)을 C-HCl에 溶解하고 DDW로 稀釋하여 만들었고, 또한 Si(IV) 標準 溶液은  $SiO_2$  (Fisher)를  $Na_2CO_3$ 와 熔融한 後 DDW에 溶解하여 만들었다. 그 外는 ACS 一級

試藥과 DDW를 使用하였다.

### 2-2. 架橋結合도와 金屬이온 吸着量

架橋結合도는 Chodák等<sup>17</sup>이 實施한 方法으로 求하였다. 즉, DVB(divinyl benzene)와 AN(acrylonitrile) 共重合體 中の DVB의 量을 달리하여 合成(다른 條件은 前報와 同一)한 試料 300mg을 室溫에서 MIBK(methyl isobutyl ketone)로 80時間 抽出한 다음 50°C로 維持된 眞空乾燥器에 依하여 恒量이 될 때까지 乾燥한 後 秤量하여 試料의 減少率로 부터 算出하였다.

金屬이온의 吸着量은 前報<sup>16</sup> 金屬이온의 吸着能(pH 5)과 同一한 方法으로 求하였다.

### 2-3. 樹脂와 金屬이온과의 吸着 速度

60/80mesh의 試料를 250ml Nalgene폴리에틸렌병에 넣은 다음 여기에 金屬 이온의 標準 溶液 100ml를 加하였다. 標準 溶液을 加하자마자 混合 攪拌하면서 一定 時間 간격으로 5ml씩 取한 後 遠心分離에 依하여 混合 溶液 中の 樹脂粒子를 分離하였다. 溶液 中에 남아있는 金屬 이온의 濃度는 ICP-AES에 依하여 測定하였다. 本 實驗은 樹脂의 量이 金屬이온의 濃度보다 過剩인 狀態下에서 實施하였으며 實驗 條件은 Table 2와 같다.

### 2-4. 樹脂의 再生

60/80mesh 樹脂 100mg을 Pasteur pipette에 充填하고 30ppm Nd(III) 溶液 2ml를 通過 吸着시켰다. 다음에 2ml의 1:1  $NHO_3$ /DDW를 column에 通하여 金屬 이온을 抽出한 後 5ml의 DDW를

**Table 2.** Resin-Metal Kinetics Conditions

Metal ions	Conc., ppm	Resin weight, mg	pH
Si(IV)	50	500	3-6
In(III)	20	500	3-6
Sn(II)	20	500	3-6
Sn(IV)	20	500	3-6
Tl(III)	50	500	3-6

통하여 column 内の樹脂를 洗滌하였다. 그리고樹脂를 再生하기 위하여 3M NH<sub>4</sub>OH 溶液 5ml를 column에 通한 다음 DDW 5ml로 洗滌하였다.

Nd(III)의 吸着量과 回收量을 每回 定量하면서 上記와 同一한 과정을 6回 반복하였다. 이와 同一한 方法으로 1:1 HCl/DDW에 對하여도 實施하였다.

### 3. 結果 및 考察

#### 3-1. 架橋結合도와 金屬이온 吸着量

Chelate樹脂는 될 수 있는대로 金屬 이온에 對한 吸着量이 크고 水不溶性이며 機械的인 性質이 우수해야 된다. 一般적으로 水不溶性和 機械的인 性質을 改善하기 위하여 架橋結合을 시키고 있는 바 本 實驗은 共重合體 中 架橋結合劑인 DVB含量과 PAA(poly (acrylamidoxime))樹脂의 金屬이온 吸着量과의 關係를 알기 위하여 實施하였다.

DVB含量을 2, 3.5, 5, 6.5 및 8%로 하여 얻은 DVB-AN 共重合樹脂의 架橋結合도를 測定하고 이 들로부터 유도된 PAA樹脂의 Cu(II)와 La(III)에 對한 吸着量을 測定하여 比較 考察하였다. Fig. 1에 依하면 DVB-AN共重合體 中の DVB含量이 5%인 PAA樹脂의 Cu(II)에 對한 吸着이 最大이며 또한 水不溶性이고 優秀한 機械的인 性質을 갖고 있어 column test에도 理想的이었다.

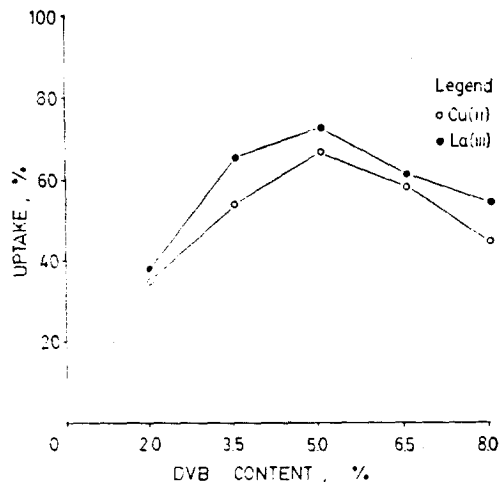
DVB含量이 낮은 경우는 水溶液 中에서 膨潤하는 傾向이 있고 水溶性 物質이 포함되어 있어 金屬 이온의 吸着量이 적은 것으로 생각된다. 한편 DVB 含量이 이보다 많은 DVB-AN共重合體에서 유도된 PAA樹脂는 機械的인 性質은 優秀하

지만 金屬 이온의 吸着量이 不足하였다. Table 3에서 볼 수 있는 바와 같이樹脂 試料의 減少率은 架橋結合도가 增加할수록 적어지고 架橋結合도가 減少할수록 높아진다. 즉 試料의 減少率과 架橋結合도는 反比例한다. 그리고 DVB-AN共重合體中 DVB含量이 增加할수록 架橋結合도가 增加하고 反面에 架橋結合도가 增加할수록 PAA樹脂의 金屬 이온의 吸着力이 다소 증가하다가 減少하였다. 이것은 amidoxime化時 DVB-AN共重合體의 單位 容積 當 hydroxylamine과 反應하는 AN의 量이 적고 架橋結合에 依한 立體障壁에 原因이 있다고 생각된다. TEPA(tetraethylene pentamine)를 TDI(toluene diisocyanate)로 架橋結合하여 만든樹脂와 PEI-18(polyethyleneimine)과 PAPI(polyethylene polyphenyl isocyanate)로부터 얻은 poly(dithiocarbamate)樹脂의 경우에도 TDI/TEPA 比 및 PEI/PAPI比가 增加할수록 架橋結合도가 增加하고 한편 金屬 이온 吸着量이 減少하였다<sup>18,19</sup>.

La(III)도 Cu(II)와 비슷한 傾向을 나타내었다

#### 3-2. pH와 金屬 이온 吸着

Poly(acrylamidoxime)樹脂와 어느 金屬 이온이 錯化合物을 形成하는가를 알기 위하여 하나의 豫備的인 選別 過程으로써 本 實驗을 實施하였다. 이 結果에 依하면 Al(III)과 Ga(III)은 pH



**Fig. 1.** DVB content in DVB-AN copolymer and metal ion uptake

Table 3. DVB Content and Degree of Crosslinking

DVB, %	Metal uptake, %		Deduction, %
	Cu(II)	La(III)	
2.0	35.2	38.6	3.8
3.5	53.1	65.4	2.4
5.0	67.3	72.2	2.9
6.5	59.4	61.4	1.0
8.0	45.3	54.1	0.7

\*The greater the deduction, the less the degree of crosslinking.

1~8의 範圍에서 전연 吸着되지 않았다. 그런데 Vernon等은<sup>20,21</sup> salicylic acid 또는 8-hydroxy-quinoline을 functional group으로 갖는 樹脂를 Al(III)의 濃縮分離에 應用하였다. 吸着 特性은 몇 가지 점과 관련하여 pH에 따라 變한다. 그 첫째는 樹脂-金屬 錯化合物의 安定度이다. Motekov<sup>22</sup>는 pK가 5.80일 때 Co(II)와 1-naphthamidoxime에 對한 2단계 生成 恒數를 發表하였고 Manolov<sup>23</sup>는 pK가 6.90일 때 Co(II)와 2,4-dimethylbenzamidoxime에 對하여 역시 2단계 生成 恒數를 報告하였다. 이와 같은 값은 PAA樹脂에 직접 적용은 되지 않지만 樹脂-金屬 錯化合物에 對한 安定度의 一般的인 參考는 될 수 있다. 둘째는 pH가 金屬 高分子 chelate를 이루는 配位子의 型에 對하여 pH가 미치는 영향을 고려하지 않으면 안 된다. 즉 amidoxime group은 兩性으로 RC(NOH)NH<sub>3</sub><sup>+</sup>Cl<sup>-</sup>  $\xrightleftharpoons[NaOH]{+HCl}$  RC(NOH)NH<sub>2</sub>  $\xrightleftharpoons[NaOH]{+HCl}$  RC(NO)<sup>-</sup>NH<sub>2</sub>Na<sup>+</sup>, 즉 낮은 pH에서는 amine group은 proton化 하여 金屬 錯化合物을 形成하지 못할 것이다. Pearse等은<sup>3</sup> amidoxime의 鹽基度和 그의 짝지은 酸의 酸度間에는 線形的인 關係가 있음을 報告하였으며 Wenger<sup>24</sup>등은 proton化된 oxamidoxime으로부터 proton이 放出할 때의 pK는 2.95라는 것을 밝혔다. 그리고 單一 分子와 高分子 形態의 amidoxime을 직접 比較하기에는 대단히 어려우나 acrylic acid와 propionic acid는 모두 oxalic acid보다 弱酸이므로 그들 두 酸의 상당한 amidoxime은 oxamidoxime보다 強鹽基임에 틀림없다. PAA는 구조상으로 poly(propionic

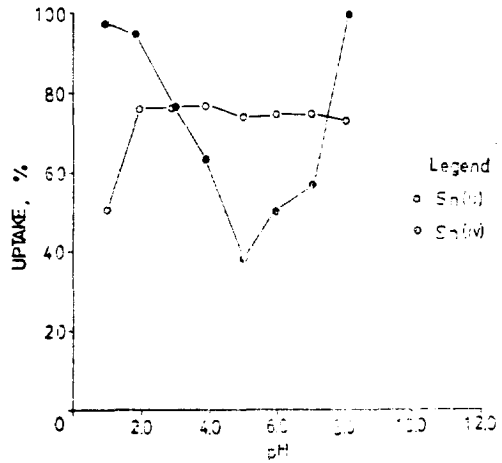


Fig. 2. pH dependence of metal ion uptake.

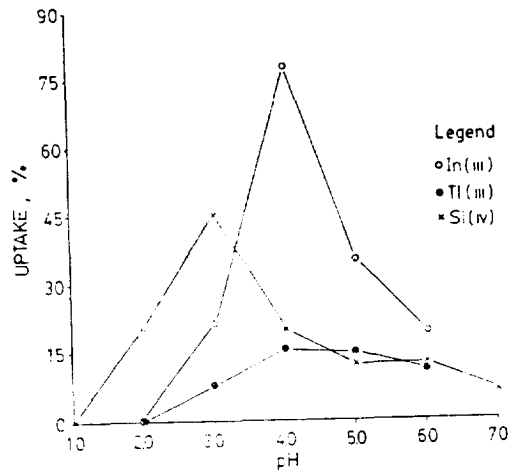


Fig. 3. pH dependence of metal ion uptake.

acid) 또는 poly(acrylic acid)를 amidoxime化한 것이라고 할 수 있다. 그러므로 PAA의 鹽基度は oxamidoxime의 鹽基度보다 크다고 예측되며 따라서 PAA樹脂는 oxamidoxime보다 높은 pH에서 金屬이온이 吸着되리라고 생각된다.

Fig. 2~3에서 表示하는 바와 같이 pH는 金屬 이온 吸着에 많은 영향을 주고있다. 그런데 試料 溶液의 pH調整의 必要性和 pH調整時 汚染 可能性을 덜어주기 위해서는 金屬 이온 吸着에 적합한 pH 範圍는 될 수 있는 대로 광범위한 것이 바람직하다.

In(III), Tl(III)은 pH 3으로부터 금속 이온의 흡착이 일어나며 pH 4에서 최대가 되고 그 이상에서는 점점 감소하였다. Si(IV)는 pH 2에서 흡착이 시작되어 pH 3에서 최대를 나타내었으며 그 이상에서는 역시 떨어졌다. Sn(II)는 pH 1에서 흡착이 일어나 pH 2~8에서 거의 같은 수준을 유지하였다. Sn(IV)도 역시 pH 1에서 흡착이 시작되었으나 그 이상에서는 점차로 감소하여 pH 5에서 최소를 나타내었고 다시 pH 6이상에서 점점 상승하였다. 이들 금속 이온의 종류에 따라 금속 이온을 흡착하는 pH 범위가 어느 정도의 차는 있지만 대체로 이들의 범위는 금속 이온을 농축 분리하는데 적합하다고 생각된다.

3-3. 수지의 금속이온 흡착능

Chelate 수지의 품질을評價하는 중요한 인자의 하나는 試料 中에 存在하는 어떤 特定 金屬 이온의 定量的인 吸着 分離에 必要로 하는 樹脂의 量이라고 할 수 있다. 그러므로 실제로 價値 있는 微量 分析에 活用할 수 있기 위해서는 보다 높은 金屬 이온의 吸着能을 갖는 樹脂를 合成하는 것이 대단히 重要하다.

중래의 이온交換體는 一般的으로 chelate 이온交換體보다 높은 吸着能을 갖고있다. 이와같이 chelate 이온交換體는 吸着能이 보다 낮은 대신 보다 높은 選擇性을 갖고있는 것이 長點이라 할 수 있다. chelate 수지의 金屬 이온 吸着能은 金屬 이온의 種類에 따라 다르며 각 金屬 이온에 對한 吸着能은 Table 4와 같다.

3-4. pH와 微量金屬 이온의 吸着

試料에 따라서는 金屬 이온의 含量이 대단히 적은 경우가 있다. 이와같이 微量일 때 金屬 chelate의 形成에 가장 적합한 pH以外的 範圍에

서도 吸着 分離가 可能한가를 알기 爲하여 本 實驗을 하였다. 實驗條件은 樹脂量이 金屬 이온 濃度보다 過剩인 狀態 下에서 進行하였다. Fig. 4~5에서와 같이 金屬 이온이 微量일 때는 pH가 金屬 이온 吸着에 거의 影響을 주지 않았다. 즉 In(III), Si(IV)은 pH 1을 除外한 2以上에서 85~100%의 吸着을 나타내었고 Tl(III)은 pH 1~2 以外の 3부터 역시 90~100%의 吸着을 하였다. Sn(II)과 Sn(IV)는 pH 1부터 85~100%의 吸着을 나타내었다. 結果的으로 이들 金屬은 앞에서 記述한 pH와 金屬이온의 吸着에서와 같이 吸着

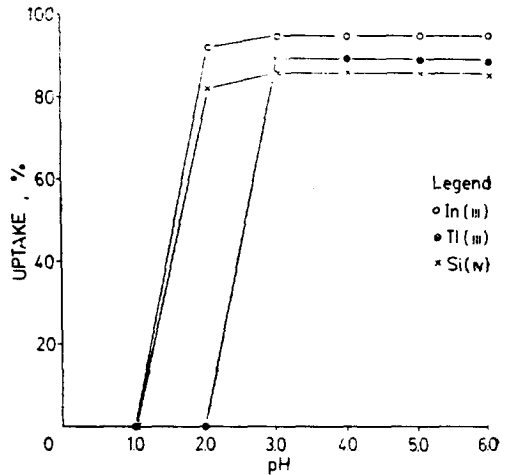


Fig. 4. pH-Dependence of trace metal ion uptake.

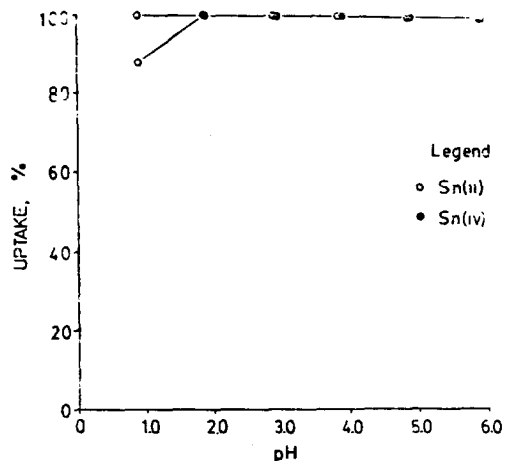


Fig. 5. pH-Dependence of trace metal ion uptake.

Table 4. Resin Capacity of Poly(acrylamidoxime)

Metals	Capacity, mg M <sup>n+</sup> /g resin	pH
Si(IV)	24.6	4
In(III)	78.9	4
Sn(II)	94.2	4
Sn(IV)	78.8	4
Tl(III)	19.3	4

을 전연 하지않는 pH가 아닌 範圍에서는 광범위 하게 定量的으로 吸着되었다. 그러므로 微量의 金屬을 포함하는 試料의 경우는 거의 별도의 pH 調整없이 應用할 수 있다고 생각된다.

3-5. 樹脂와 金屬 이온과의 吸着速度

Chelate樹脂가 金屬 이온과 吸着하는 速度는 樹脂를 充填한 column에 試料 溶液을 通過케 하는 動力學的인 系에 있어서 대단히 重要하다. 어떤 溶液을 1ml 容積의 樹脂를 充填한 column에 1ml/min의 速度로 通過케 한다면 이 때 金屬 이온은 樹脂와 단 1分 동안 直接 接觸하게 된다. 따라서 吸着 速度가 充分히 빠르지 않으면 溶液中에 存在하는 金屬 이온이 짧은 接觸 時間으로 因하여 모두 吸着되지 못할 것이다. 이와 같은 경우 試料의 通過 速度를 더욱 느리게 하지 않으면 안 되는데 이것은 試料가 試料 容器에 보다 오래 머물러 있는 것을 意味하는 것으로 용기 벽에 吸着으로 因하여 分析할 物質이 損失될 可能性을 增加시켜 주는 結果가 된다. 그러므로 可能한 한 分析 時間을 短縮시키기 爲해서는 보다 빠른 通過 速度가 利用되는 것이 理想的이다.

또한 反應 速度가 느리면 보다 큰 充填 column과 보다 많은 量의 溶媒를 必要로 하므로 感度の 低下를 초래하게 된다. Fig. 6에 依하면 Si(IV)는 pH 3~6의 範圍에서 3分 以內에 90% 以上 除去되었고 In(III), Sn(II), Sn(IV)은 pH 3~6의

範圍에서 1分 以內에 90% 以上 除去되었다. (Fig. 7~9) Tl(III)은 pH 3~5에서 5分, pH 6에서는 10分이 되어야 90% 以上 除去되었다(Fig. 10).

上記에서 In(III), Sn(II), Sn(IV)와 같이 1分 以內에 90% 以上 除去되는 경우에는 column法에 應用할 수 있으나 Si(IV), Tl(III)과 같이 1分 以上을 必要로 하는 때에는 column法 보다는 回分式 平衡法에 依하여 金屬이온을 吸着시키는 것이 合理的이라고 생각된다. 回分式 平衡法의 경우 장기간 平衡을 維持해야 하므로 除去 效率은 樹脂와 試料 溶液의 混合 攪拌 狀態에 따라서도 다르다.

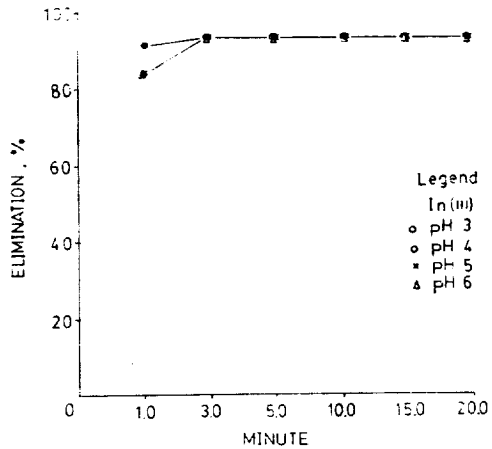


Fig. 7. Adsorption velocity of In(III).

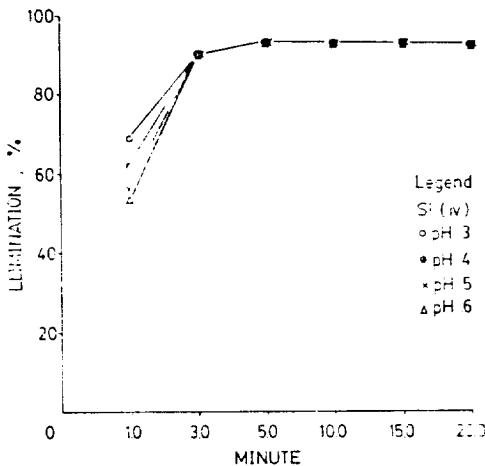


Fig. 6. Adsorption velocity of Si(IV).

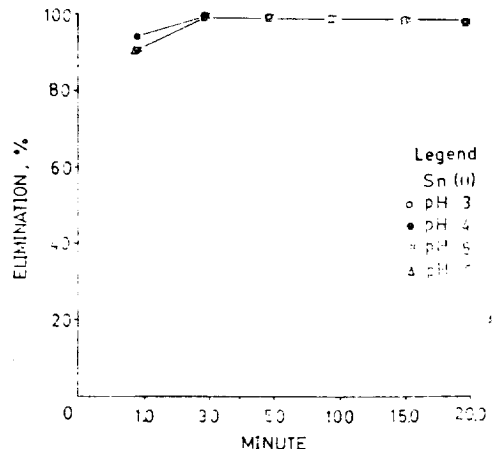


Fig. 8. Adsorption velocity of Sn(II).

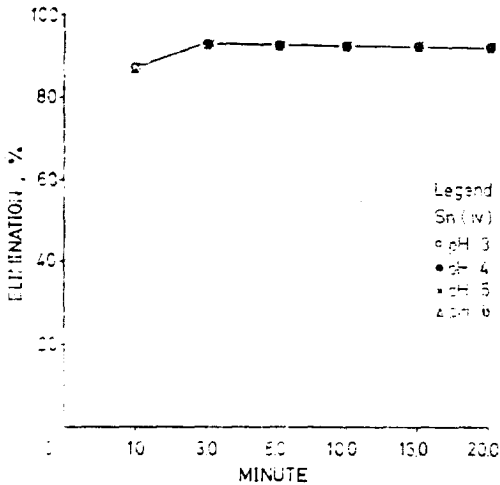


Fig. 9. Adsorption velocity of Sn(IV).

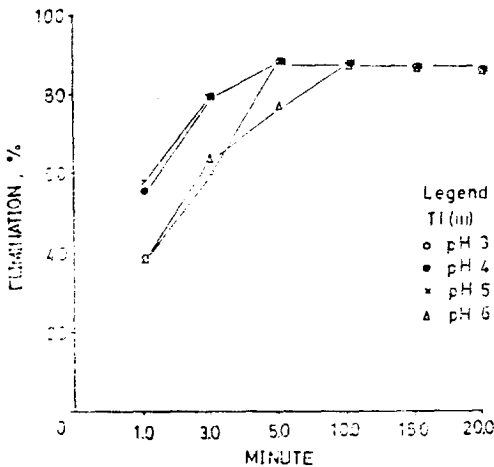


Fig. 10. Adsorption velocity of Tl(III).

### 3-6. 樹脂의 再生

PAA樹脂를 再生시켜 1回 以上 定量에 使用할 수 있는지를 알기 위해 本 實驗을 하였다. 만약 再生이 可能하다면 다시 樹脂를 合成하지 않고도 같은 量의 樹脂를 반복하여 使用할 수 있기 때문에 이것은 이 樹脂의 큰 長點이라 하지 않을 수 없다. 樹脂를 充填한 column을 利用하여 溶液으로부터 Nd(III)을 吸着 回收한 다음 酸을 通過시켜 吸着된 Nd(III)을 抽出하였다.

다음에 column에 3M NH<sub>4</sub>OH를 通過시키므로써 再生될 수 있음을 確認하였다. 이와같이 酸

Table 5. Regeneration of Resin

Repetition	1 : 1 HNO <sub>3</sub> -DDW		1 : 1 HCl-DDW	
	Uptake, %	Recovery, %	Uptake, %	Recovery, %
1	100	90.1	100	94.3
2	100	93.3	100	96.6
3	96.6	82.7	100	93.6
4	100	93.6	96.6	100
5	100	96.5	96.6	100
6	98.3	93.2	100	93.6

에 依한 抽出과 鹽基에 依한 再生을 6回 반복하여 實施한 결과 溶液으로부터 Nd(III)의 回收과 樹脂로부터 吸着된 金屬 이온의 抽出에 있어서 그 效率의 低下가 거의 없었다.

Table 5에서 보는 바와 같이 1 : 1 HNO<sub>3</sub>/DDW 나 1 : 1 HCl/DDW 모두 93~100%의 抽出效果를 나타냈으며 試料 溶液으로부터 回收도 모두 定量的이어서 樹脂의 再生은 대단히 效果的인 것을 알 수 있었다.

### 4. 結 論

PAA樹脂는 金屬 이온의 定量的인 濃縮 分離에 利用할 수 있다. Si(IV), In(III), Sn(II), Sn(IV), Tl(III)은 錯化合物을 形成하는 반면에 Al(III), Ga(III)은 形成하지 않았다.

보다 높은 金屬 이온의 吸着과 우수한 機械的 性質을 갖는 樹脂의 合成에서 架橋結合劑인 DVB의 量은 重要한 因子로서 이것은 DVB의 量을 適宜 調整함으로써 해결될 수 있다고 생각된다.

In(III), Sn(II), Sn(IV)은 吸着速度가 빠르기 때문에 column法에 依한 吸着 分離를 할 수 있을 뿐만 아니라 이 樹脂는 이들 金屬 이온에 對하여 field sampling이 可能한 長點을 갖고 있고, Si(IV), Tl(III)은 吸着 速度가 느려서 回分式 平衡分離法을 利用하는 것이 合理的이라고 생각된다. 또한 樹脂의 再生에 있어서 PAA는 1 : 1 HNO<sub>3</sub>/DDW와 1 : 1 HCl/DDW에 依한 樹脂에 吸着된 金屬 이온의 回收과 3M NH<sub>4</sub>OH에 依한 再生이 定量的이며 반복 사용시 그 效率의 低下가 거의 없었다.

감사: 본 研究는 文교부의 지원에 依하여 이루어진 것으로 文교부 당국에 심심한 謝意를 표한다.

References

1. J.P. Riley and D. Taylor, *Anal. Chim. Acta*, **41**, 175 (1968).
2. J.P. Riley and D. Taylor, *Anal. Chim. Acta*, **40**, 479 (1968).
3. G.A. Pearse and R.T. Pflaum, *Anal. Chem.*, **32**, 213-215 (1960).
4. G.M. Orfer and J.S. Fritz, *Anal. Chem.*, **50**, 1328-1330 (1978).
5. J.S. Fritz, R.K. Gillette and H.E. Mishmash, *Anal. Chem.*, **38**, 1869 (1966).
6. E.M. Moyers and J.S. Fritz, *Anal. Chem.*, **48**, 1117 (1976).
7. Andre Detani and Bernard Seville, *Anal. Chem.*, **53**, 1742-1746 (1981).
8. F. Vernon and H. Eccles, *Anal. Chim. Acta*, **77**, 145-152 (1975).
9. F. Vernon and H. Eccles, *Anal. Chim. Acta*, **79**, 229-236 (1975).
10. F. Vernon and H. Eccles, *Anal. Chim. Acta*, **82**, 359-375 (1976).
11. F. Vernon and H. Eccles, *Anal. Chim. Acta*, **83**, 187-193 (1976).
12. D.W. Lee and M. Halmann, *Anal. Chem.*, **48**, 2214 (1976).
13. W.J. Campbell, E.F. Spicco and T.E. Green, *Anal. Chem.*, **38**, 987 (1966).
14. C.W. Blount, D.E. Leyden, T.L. Thomas and S. Guill, *Anal. Chem.*, **45**, 1045 (1973).
15. K.F. Sugawara, *Anal. Chem.*, **46**, 489 (1974).
16. W.Y. Kim and K.S. Maeng, *Polymer (Korea)*, **6**, 119-126 (1982).
17. J. Chodák and R. Rado, *J. Polymer Sci. Symposium*, **53**, 133-140 (1975).
18. J. Dingman, S. Siggia, C. Barton and K.E. Hiscock, *Anal. Chem.*, **44**, 1351 (1972).
19. D.S. Hackett and S. Siggia, *Environmental Analysis*, Academic Press, New York, Sanfrancisco and London, 253-265 (1977).
20. F. Vernon and H. Eccles, *Anal. Chim. Acta*, **63**, 403-414 (1973).
21. F. Vernon and H. Eccles, *Anal. Chim. Acta*, **72**, 331-338 (1974).
22. N. Motekov and K. Manolov, *Anal. Chem.*, **48**, 272 (1974).
23. K. Manolov, *Mikrochimica Acta (Wien)*, 231 (1974).
24. P.E. Wenger, D. Monnier and I. Kapetanidic, *Helvetica Chim. Acta*, **11**, 1456 (1957).

Complexation Characteristics of Poly(acrylamidoxime) Chelating Resins Using Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectroscopy

Wan-Young Kim, Hong-Chul Shin and \*Ki-Suk Maeng

Department of Chemical Engineering, Jeonbuk National University Jeonju 520, Korea

\*Department of Chemical Engineering, Chungnam National University Daejeon 300, Korea

(Received March 2, 1983; Accepted April 16, 1983)

**Abstract**: The complexation characteristics of divinylbenzene-crosslinked poly(acrylamidoxime) chelating resin with Al(III), Ga(III), Si(IV), In(III), Sn(II), Sn(IV) and Tl(III) were studied by inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry. Si(IV), In(III), Sn(II), Sn(IV) and Tl(III) complexed with this resin, whereas Al(III) and Ga(III) did not. Metal uptake decreased with resin crosslinking. The adsorption rate was rapid and could be adopted for use in field sampling, and in concentration and separation of metal ions by column method. The extraction of uptaken metal ion with HCl or HNO<sub>3</sub> and the resin regeneration with NH<sub>4</sub>OH were possible.