

吸着 膠質 泡沫浮選法에 의한 Cobalt Ion의 除去

鄭仁夏 · 李正元

韓國原子力研究所

Removal of Cobalt Ion by Adsorbing Colloidal Flotation

In Ha Jung and Jung Won Lee

Korea Atomic Energy Research Institute
P.O.Box 105, Yusong, Taejeon, Korea, 305-353

요 약

모의폐액으로 제조한 50 ppm의 코발트이온을 Fe(III) 및 Al(III)의 응집제와 sodium lauryl sulfate의 계면활성제를 사용하여 흡착 교질 포말부선법으로 제거하였다. 용액의 pH, 계면활성제 농도, Fe(III) 및 Al(III) 농도, 공급기체의 유속 등을 변수로 하여 실험한 결과, Fe(III)를 응집제로 사용한 경우 초기 코발트이온농도 50 ppm, pH 8.5, 공급기체유속 70 ml/min, 제거시간 15분 등의 조건에서 99.8%의 제거율을 나타내었다. 코발트이온 제거에 앞서 모의폐액에 35% H₂O₂를 첨가하여 폐액을 전처리하였다. 그 결과, 최적 pH 및 처리 후 잔존용액의 pH가 낮아졌고, 넓은 범위의 pH에서 높은 제거율을 나타내었다. Fe(III) 50 ppm을 사용하여 코발트이온과 공침시킨 후 20 ppm의 Al(III)를 첨가한 결과, Fe(III) 또는 Al(III)를 각각 단독으로 사용하였던 경우에 비하여 제거 가능한 pH 범위가 더욱 더 확대되었다. 이 현상은 zeta potential의 증가 및 공침효과의 상승요인으로 추측되었다. NO₃⁻, SO₄²⁻, Na⁺, Ca²⁺를 첨가하여 외부이온의 영향을 관찰하였으며, SO₄²⁻가 0.1M 함유된 코발트용액을 Fe(III) 및 Al(III)를 사용하여 처리한 결과 제거효율은 99%를 나타내었다.

주제어: 분리, 부유선별법, 침전 포말부선법, 방사성 폐액처리, 코발트이온

ABSTRACT

Simulated waste liquid containing 50 ppm cobalt ion was treated by adsorbing colloidal flotation using Fe(III) or Al(III) as flocculant and a sodium lauryl sulfate as a collector. Parameters such as pH, surfactant concentration, Fe(III) or Al(III) concentration, gas flow rate, etc., were considered. The flotation with Fe(III) showed 99.8% removal efficiency of cobalt on the conditions of initial cobalt ion concentration 50 ppm, pH 9.5, gas flow rate 70 ml/min, and flotation time 30 min. When the waste solution was treated with 35% H₂O₂ prior to adsorbing colloidal flotation, the optimal pH for removing cobalt shifted to weak alkaline range and flotation could be applied in wider range of pH as compared to non-use of H₂O₂. Additional use of 20 ppm Al(III) after precipitation of 50 ppm Co(II) with 50 ppm Fe(III) made the optimal pH range for preferable flotation wider. Foreign ions such as, NO₃⁻, SO₄²⁻, Na⁺, Ca²⁺ were adopted and their effects were observed. Of which sulfate ion was found to be detrimental to removal of cobalt ion by flotation. Coprecipitation of Co ion with Fe(III) and Al(III) resulted in better removal efficiency of cobalt ion in the presence of sulfate ion.

Key words: Separation, foam flotation, precipitate flotation, radwaste treatment, cobalt ion.

1. 서 론

흡착 교질 포말부선법(adsorbing colloidal flotation)은 용

액내에 응집력이 강한 다가 이온을 첨가하여 제거대상 물질과 함께 교질상으로 만든 다음 거품에 흡착시켜 제거하는 기술이다.

*1998년 4월 29일 접수, 6월 24일 수리

E-mail: nihjung@nanum.kaeri.re.kr

응집(coagulation)이란 서로 떨어져 있는 입자간의 반발력이 약해져서 서로 결합하는 것이라고 정의된다. 따라서, 용

집은 표면전하의 감소 및 수산화물의 생성 등이 동반되며, 이 과정에서 제거대상 물질과 함께 큰 덩어리로 응집되어 불용성 물질로 침전된다. 교질 상태로 용액 중에 존재하는 입자는 매우 작으며, 입자들이 서로 뭉치는 경우 flocculation이란 과정으로 침전물을 형성하게 된다. 여기서 응집은 주로 입자간 전기적 또는 이온적인 특성이 관계하며, flocculation은 화학적인 결합이나 물리적 엉킴을 동반하는 과정이 주로 관계한다. 응집과정 후에는 입자들의 재안정화가 이루어지며, flocculation 과정 후에는 입자들이 커지게 된다. La Mer⁶⁾에 의하면 flocculation이란 용어는 "floculare"라는 라틴어에서 왔으며 '숨털 모양의 덩어리를 만든다'라는 뜻을 지니고 있다. 다시 말해서 그물 모양의 구멍이 나 있는 구조의 생성과 관련이 있으며, 이때 생성된 숨털 모양의 침전물에 접촉하게 되는 입자들은 흡착되거나 걸리게 된다. 즉, 안정과괴는 coagulation, 덩어리를 크게 만든다는 것은 flocculation이란 용어가 사용된다. 흡착 교질 포말부선법은 교질의 이러한 특성을 이용하여 용액 속에 응집체를 가한 후 안정한 교질계를 파괴하여 floc 또는 덩어리 형태로 현탁물질을 뭉치게 한 다음 여기에 계면활성제를 흡착시켜 기포와 함께 용액으로부터 분리해 내는 기술이다. 흡착 교질 포말부선법에서 많이 사용되는 응집제는 Fe(III), Al(III)과 같은 다가 이온으로서, 이들 염은 중성 부근의 pH에서 가수분해가 되는 것들이다.¹⁻⁷⁾ 적당한 pH 범위에서 알카리도를 제공하는 이온(HCO_3^- , CO_3^{2-} , OH^- 등)이 존재하면, 용액중에 있는 거의 전량의 양이온이 불용성 수산화물로 침전된다. 이 침전물은 비표면적이 매우 크기 때문에 주변의 입자를 쉽게 흡착할 수 있으며, 하전의 중화에 의한 응집보다는 주로 걸림작용에 의해 금속이온들

을 흡착하게 된다.¹⁾

본 연구에서는 현재 원자력발전소 등에서 증발 또는 회석방류 등의 방법으로 처리하고 있는 방사능 농도가 매우 낮고, 세제와 같은 계면활성제를 포함하고 있는 극저준위 방사성 액체폐기물을 효율적으로 처리하기 위한 방법을 찾고자 하였다. 방사능 농도가 매우 낮으며 계면활성제가 함유된 폐액을 증발농축한다면 효율적인 면에서나 경제적인 면에서 적합하지 않다고 생각되며, 아울러 경제성과 관련되는 감용비를 높이기 위하여는 원하는 물질 혹은 핵종만을 선택적으로 제거하여야 한다. 본 연구에서는 극저준위 방사성 폐액 중에 함유되어 있는 코발트이온을 흡착 교질 포말부선법에 의해 제거해 보고자 하였다.

2. 실험방법

2.1. 시약

코발트 모의폐액의 제조를 위하여 95% $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 를 탈염한 증류수에 녹여서 사용하였다. 포수제는 시약급의 음이온 계면활성제인 99% sodium lauryl sulfate, 응집제로는 99%의 $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 와 $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 를 각각 사용하였다. 코발트의 산화처리를 위하여 35% H_2O_2 사용하였다. 외부이온의 영향을 관찰하기 위하여 양이온의 경우 99.5% $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 와 99.5% NaCl , 음이온의 경우 99% Na_2SO_4 와 99% NaNO_3 를 증류수에 용해시켜 사용하였다.

2.2. 실험 장치

Fig. 1은 본 실험에 사용한 장치의 개략도이다. 부선칼럼은 PYREX 유리로 내경 47 mm, 높이 100 cm로 제작하였

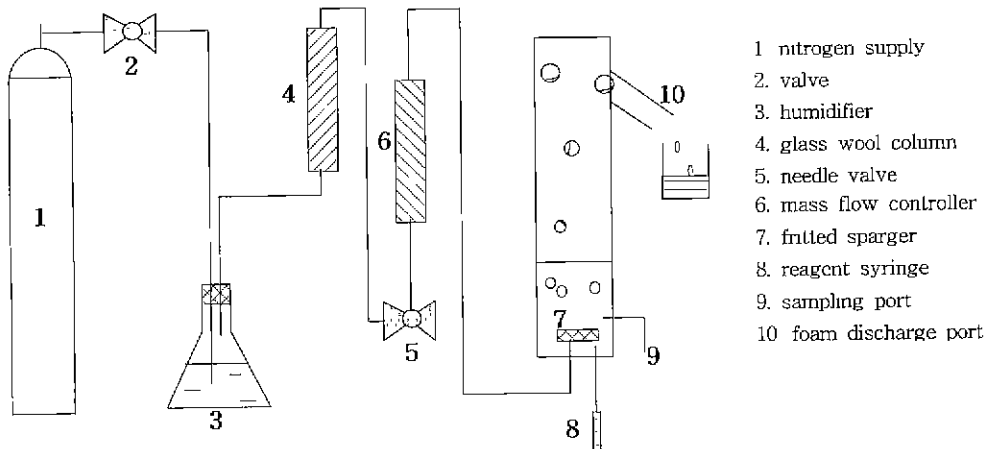


Fig. 1. Experimental apparatus.

다. 포말은 질소가스를 물로 포화시킨 다음 유리섬유층을 통과시켜 소결한 유리스파저(Buchner funnels, porosity F, 4~5.5 μm)를 통하여 생성시켰다. 균일한 유속으로 기체를 공급하기 위하여 PI 조절기가 부착된 Mass Flow Controller(Brooks Model 5850E)를 사용하였으며, 부선 후 용액 속에 잔존하는 코발트이온의 농도를 측정하기 위하여 별도의 시료채취구로 부터 샘플을 채취하여 Atomic Analyzer (PERKIN ELMER 1100B)로 부선 후 용액 내에 남아 있는 코발트이온의 잔존 농도를 측정하였다. Zeta potential의 측정은 DELSA440 Zeta Potential Meter(COULTER)를 이용하였다.

2.3. 실험방법

25~100 ppm 농도의 코발트 모의폐액은 1000 ppm의 모액을 사용하여 제조하였다. H_2O_2 로서 산화시키는 경우 알칼리성에서 반응이 잘 일어나므로 H_2O_2 를 가하기 전에 모의폐액의 pH를 먼저 알칼리성(pH 9.5)으로 한 다음 H_2O_2 를 첨가하고 충분한 시간동안 교반한 후 원하는 pH로 안정될 때까지 서서히 NaOH를 가하여 원하는 pH로 조절하였다. 부선을 위하여 H_2O_2 처리를 한 모의폐액에 $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 또는 $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 를 첨가하고 최종 pH를 조절하였으며, 계면활성제를 포함한 전체 시료의 양을 200 ml로 하였다. 부선실험은 먼저 칼럼 내부에 정해진 유속으로 질소가스를 공급한 다음, 모의폐액 200 ml를 희분식으로 칼럼 상부로 주입하였다. 폐액이 칼럼 내부에서 균일해지도록 5분 정도 기포로서 교반시킨 후 계면활성제를 주사기로 칼럼 하부에서 주입하였다. 계면활성제를 주입한 후부터 매 5분 간격으로 5 ml의 샘플을 채취하였다. 또, 코발트 용액의 pH에 따른 침전효과만을 관찰하기 위하여 0.22 μm cellulose filter로 침전물을 여과시킨 다음 잔존용액 중의 코발트 이온농도를 측정하였다. 채취된 샘플에는 코발트가 침전물 상태로 존재하므로 이온상태로 만들어 주기 위하여 1N HCl을 가하고 24시간 방치시킨 후 AA로 분석하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1. pH의 영향

Fig. 2는 Fe(III)를 응집제로 사용한 경우 pH의 영향이다. 점으로 연결한 선(a)은 Co(II)이온의 형태로 Fe(III)와 함께 부선실험을 한 경우인데 pH 10에서 최적조건을 나타내었으며, pH 9~10의 범위 내에서 대체로 양호한 제거율을 나타내었으나 그 밖의 pH에서는 제거율이 급격하게 감소되

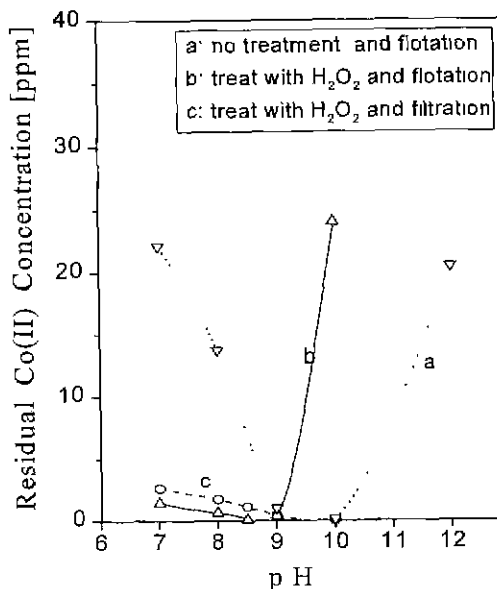


Fig. 2. Effect of pH on cobalt ion removal by the adsorbing colloidal flotation in addition of Fe(III) as a function of pH. Initial concentration of Co(II): 50 ppm, Fe(III): 50 ppm, flotation time: 15min, gas flow rate: 70 ml/min, and NLS: 75 ppm.

는 경향을 보였다. 삼각형으로 연결한 실선(b)은 코발트 모의폐액을 H_2O_2 로 처리한 후 응집제인 Fe(III)와 함께 흡착 교질 포말부선법으로 제거한 경우이다. pH 8.5에서 최적상태를 나타냈으며, pH 7~9의 넓은 범위에서 양호한 제거율을 나타내었다. 넓은 범위의 pH에서 제거가 가능하다는 것은 최적조건에 쉽게 접근할 수 있다는 것이므로 바람직하다. 흡착 교질 포말부선법의 최적 pH 8.5는 같은 조건으로 실험한 침전 포말부선법의 최적 pH 9.5보다 낮은 값인데,⁶⁾ 이것은 pH 2~3 정도부터 수화되기 시작하는 Fe이온으로 인해서 공침현상이 일어나기 때문이다.⁶⁾ 모의폐액에 H_2O_2 전처리를 한 경우 pH도 낮출 수 있고 제거율도 높일 수 있으므로 이후의 모든 실험에서는 H_2O_2 전처리를 적용하였다. 같은 그림에서 등근점으로 연결된 1점 쇄선(c)은 모의폐액에 H_2O_2 처리를 한 후 Fe(III) 응집제를 첨가하여 교질상으로 만든 다음 0.22 μm cellulose filter로 여과한 결과이다. pH 10 이상에서는 잔존 코발트이온이 검출되지 않았으므로 pH 10 이후에서는 이온으로 존재하는 코발트는 없으므로 추측되었다.

Fig. 3은 Al(III) 50 ppm을 교질제로 사용하여 코발트이온을 부선한 결과이다. 그림의 실선은 부선을 한 결과로서, pH 8.5 이후의 넓은 pH 범위에서 높은 제거율을 나타내었

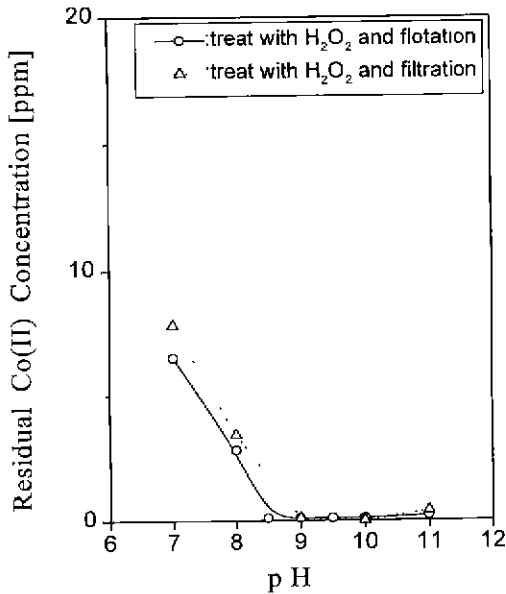


Fig. 3. Effect of pH on cobalt ion removal by the adsorbing colloidal flotation with Al(III). Initial concentration of Co (II): 50ppm, Al(III): 50 ppm, flotation time: 15 min, gas flow rate: 70 ml/min, NLS: 75 ppm.

다. 이것은 $Fe(OH)_3$ 보다 높은 등전점(pH 9.0)을 갖는 $Al(OH)_3$ 로 인하여 높은 pH에서도 응집물의 표면이 양전하를 유지하고 있기 때문으로 추측되며 계면활성제와의 화학적 친화력도 $Al(III)$ 가 높은 것으로 생각되었다.^{1,7)}

3.2. 초기 계면활성제 농도의 영향

계면활성제를 사용하여 부전을 할 때 안정된 포말을 형성할 수 있는 범위 내에서 최소한의 계면활성제의 양을 사용하여야 한다. Fig. 4에 $Fe(III)$ 를 응집제로 사용한 경우의 초기 계면활성제 농도 영향을 나타내었다. 계면활성제 50 ppm에서도 제거율은 양호하였으나 포말이 불안정하였으며, 75 ppm 정도의 계면활성제 양에서 안정된 포말을 형성하고 제거도 잘 이루어졌다.

Fig. 5는 $Al(III)$ 를 응집제로 사용한 경우 초기 계면활성제 농도 영향이다. 계면활성제 양 100 ppm에서 거품이 안정된 상태를 보였으며, 이때 0.1 ppm미만으로 코발트이온이 제거되었다.

$Fe(III)$ 를 응집제로 사용하는 경우 침전 포말부선법에 비하여 적은 양의 계면활성제 양에서 안정된 포말을 형성하였으며 제거속도도 2배정도 빨랐다. 흡착 교질 포말부선법에서 사용된 계면활성제의 양은 침전 포말부선법의 100 ppm 보다 적은 75 ppm에서 99.8%의 같은 제거율을 나타

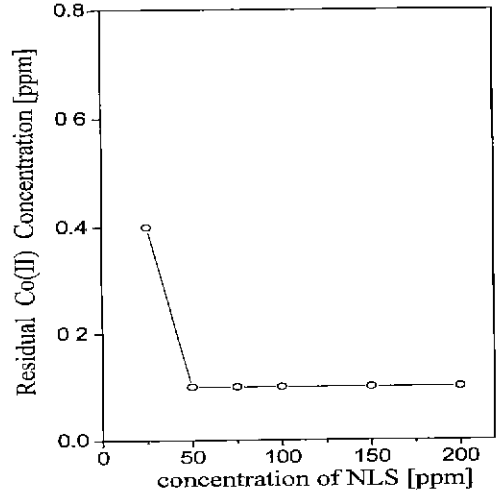


Fig. 4. Effect of sodium lauryl sulfate (NLS) concentration on cobalt ion removal by the adsorbing colloidal flotation with $Fe(III)$ at pH 8.5. Initial concentration of Co(II): 50 ppm, $Fe(III)$: 50 ppm, flotation time: 15 min, gas flow rate: 70 ml/min

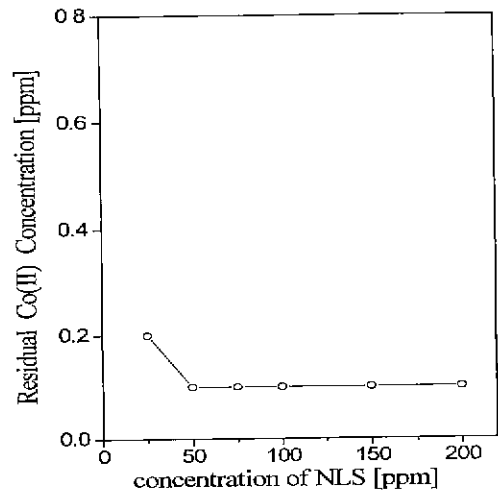


Fig. 5. Effect of sodium lauryl sulfate NLS concentration on cobalt ion removal by the adsorbing colloidal flotation with $Al(III)$ at pH 9.0. Initial concentration of Co(II): 50 ppm, $Al(III)$: 50 ppm, flotation time: 15 min, gas flow rate: 70 ml/min.

내었는데, 이것은 $Fe(III)$ 가 응집역할을 하기 때문에 침전물의 크기도 커지고 또, 침전물이 안정하여 부상 도중 재분산이 잘 일어나지 않기 때문인 것으로 생각된다.

3.3. 초기 $Fe(III)$, $Al(III)$ 농도의 영향

필요한 응집제의 농도에 가장 큰 영향을 미치는 것이 침

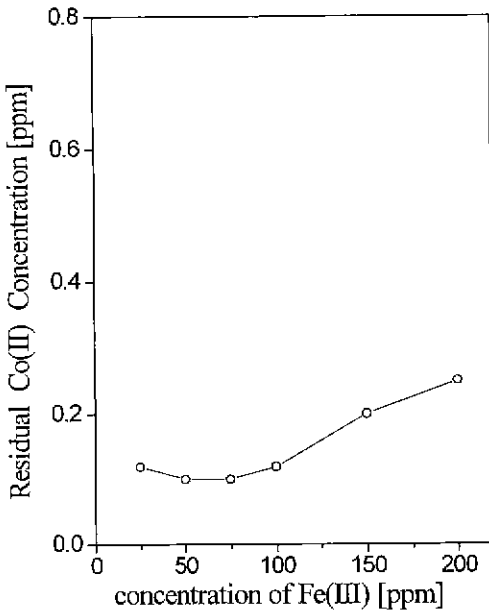


Fig. 6. Effect of Fe(III) concentration on cobalt ion removal by the adsorbing colloidal flotation with Fe(III) at pH 8.5. Initial concentration of Co(II): 50 ppm, flotation time: 15 min, gas flow rate: 70 ml/min. NLS: 75 ppm.

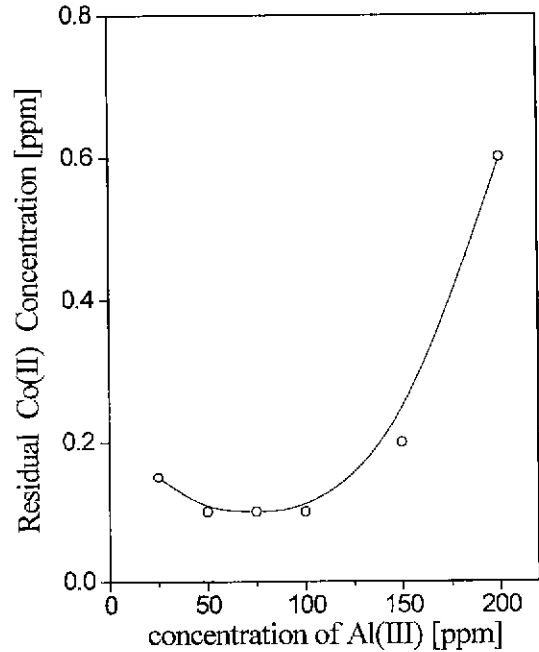


Fig. 7. Effect of Al(III) concentration on cobalt ion removal by the adsorbing colloidal flotation with Al(III) at pH 9.0. Initial concentration of Co(II): 50 ppm, flotation time: 15min, gas flow rate: 70 ml/min NLS: 100 ppm.

전물의 용해도이다. 예를 들면, 높은 효율의 침전이 일어나기 위해서는 응집제의 농도가 충분히 높아야 한다. 충분한 침전이 이루어지지 않은 경우 포말에 의한 부선표과는 좋지 못하다. 그러나 필요 이상 높은 응집제의 양은 다량의 계면활성제를 필요로 하므로 적절한 양의 응집제를 사용하여야 한다.

Fig. 6은 응집제로 사용한 Fe(III)의 농도 영향이다. 최적 조건인 50 ppm 이후에서는 제거율이 감소되었는데, 이것은 75 ppm의 계면활성제로 부상시킬 수 있는 Fe(III)의 양이 50 ppm이기 때문인 것으로 판단된다 Fig 7은 초기 Al(III) 농도의 영향이다. Al(III)의 경우 50 ppm의 코발트이온을 제거시킬 수 있는 최소 농도는 50 ppm 이었다.

3.4. 기체의 유속의 영향

Fig. 8은 Fe(III)를 응집제로 사용하는 경우 기체 유속의 영향이다. 최적 기체 유속인 70 ml/min 이외의 기체유속에서는 제거율이 감소되었는데, 그 이유는 최적 유속보다 낮은 기체 공급속도에서는 제거속도가 감소하기 때문이며, 또 높은 유속에서는 불균일한 포말의 발생 및 이들의 합체현상(coalescence) 때문에 제거효율이 감소되는 것으로 생각되었다.⁸⁾

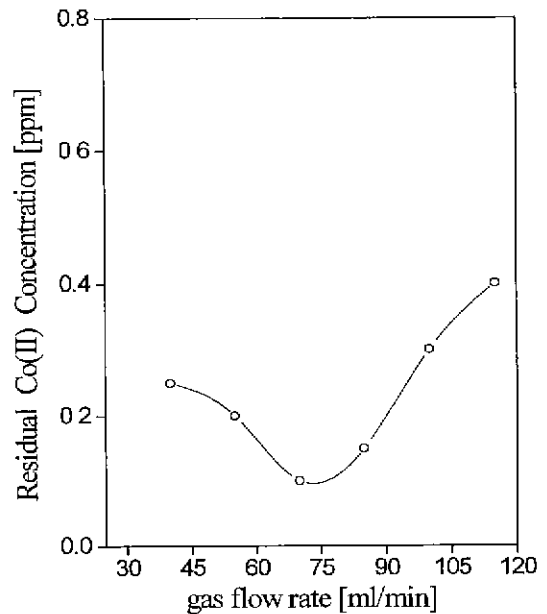


Fig. 8. Effect of gas flow rate on cobalt ion removal by the adsorbing colloidal flotation with Fe(III) at pH 8.5. Initial concentration of Co(II): 50 ppm, Fe(III): 50 ppm, flotation time: 15 min, NLS: 75 ppm.

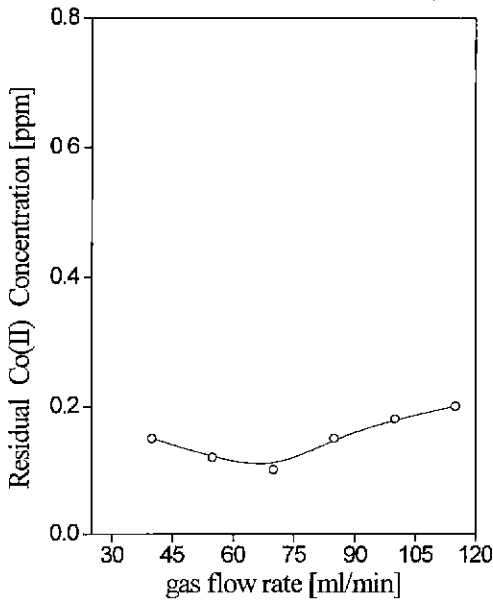


Fig. 9. Effect of gas flow rate on cobalt ion removal by the adsorbing colloidal flotation with Al(III) at pH 9.0. Initial concentration of Co(II): 50 ppm, Al(III): 50 ppm, flotation time: 15 min, NLS: 100 ppm.

Fig. 9는 Al(III)를 응집제로 사용하여 코발트이온을 제거하는 경우 기체 유속의 영향이다. 이 경우도 Fe(III)를 응집제로 사용하는 경우와 유사한 결과를 나타내었다. 두 경우 모두 기체 유속 70 ml/min, 부선시간 15분 정도에서 잔류 코발트 농도 0.1 ppm 미만으로 제거가 되었다

3.5. 외부이온의 영향

외부이온은 용액내에서 이온강도를 변화시킨다. 용액내의 외부이온은 계면활성제의 흡착을 방해할 뿐만 아니라, 응집물의 침전속도도 감소시킨다.¹⁰⁾

외부이온이 존재하는 경우 제거율의 감소 이유를 Finfold¹⁰⁾는 다음과 같은 내용으로 추측하였다.

1) 침전물에 계면활성제가 매우 불안정하게 흡착한다. 등전점 이하의 적당한 pH에서 침전물의 표면에는 포텐셜이 존재하게 되어 계면활성제를 잡아끌게 되는데, 외부이온의 ionic strength가 커짐에 따라 계면활성제 흡착력이 약해질 뿐만 아니라, 흡착 그 자체도 견고하지 못하게 된다

2) 계면활성제의 부상속도가 매우 빨라진다. 그 이유는 기포간 반발력의 감소로 인하여 포말 내에서 응집물의 재분산 현상이 생기기 때문이다.

3) 포말로부터 drainage가 증가한다. 포말의 안정은 기포

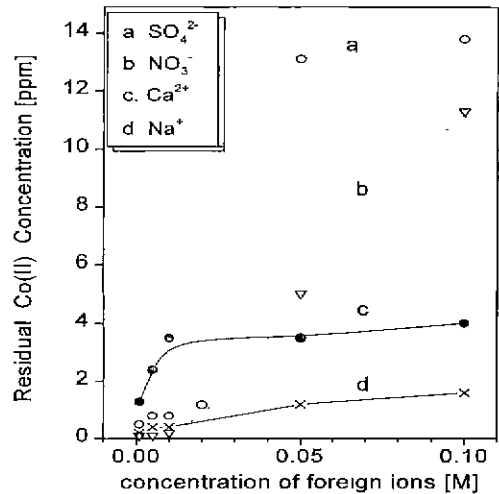


Fig. 10. Effect of foreign ions on cobalt ion removal by the adsorbing colloidal flotation with Fe(III) at pH 8.5. Initial concentration of Co(II): 50 ppm, Fe(III): 50 ppm, gas flow rate: 70 ml/min, flotation time: 15 min, NLS: 75 ppm.

막 내부 또는 외부에 흡착해 있는 계면활성제간의 반발력에 의해서도 좌우되는데, film에 외부이온의 농도가 증가함에 따라 반발력이 감소되어 막을 더욱 얇게 만든다. 따라서 포말은 쉽게 파괴되며, 이로 인하여 drainage가 증가하게 된다.

Fig. 10은 Fe(III)를 응집제로 사용하여 코발트이온을 제거하는 경우 외부이온에 대한 영향이다. SO_4^{2-} 와 NO_3^- 의 음이온은 sodium 형태(Na_2SO_4 , $NaNO_3$)로, Na^+ 와 Ca^{2+} 의 양이온은 chloride 형태($NaCl$, $CaCl_2$)로 용액 중에 각각 도입하였다. 침전 포말부선법과 비교하였을 때 흡착 교질 포말부선법의 제거율이 낮았다. 그 이유는 음이온의 경우, 양전하를 띠고 있는 침전물에 강하게 흡착함으로써 응집물간의 고분자화를 방해하기 때문이며, 또 양이온의 경우 계면활성제에 대하여 경쟁흡착, 특히 Ca^{2+} 의 경우에는 Fe(OH)₃의 응집특성을 매우 감소시키는 것으로 관찰되었다. SO_4^{2-} 의 음이온이 0.1M 존재하는 경우 제거율은 73%로 저조하였다.

Fig. 11은 Al(III)를 응집제로 사용하여 코발트 침전물 제거시의 외부이온의 영향이다. Al(III)를 응집제로 사용한 경우 Fe(III)보다 제거율이 양호하였다. 이러한 차이는 Fe(III)응집제의 경우, 첨가된 양이온이 계면활성제와의 경쟁흡착 뿐만 아니라 공침 침전입자의 응집특성도 방해하기 때문인 것으로 생각되었다. Al(III) 및 Fe(III)의 두 경우 모두, 1가 이온보다는 2가의 이온이. 또 외부 이온의 농도가 높을수록

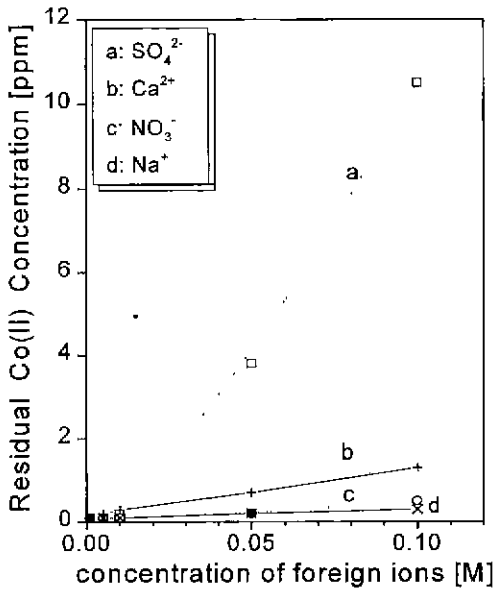


Fig. 11. Effect of foreign ions on cobalt ion removal by the adsorbing colloidal flotation with Al(III) at pH 9.0. Initial concentration of Co(II): 50 ppm, Al(III): 50 ppm, gas flow rate: 70 ml/min, flotation time: 15 min, NLS: 100 ppm.

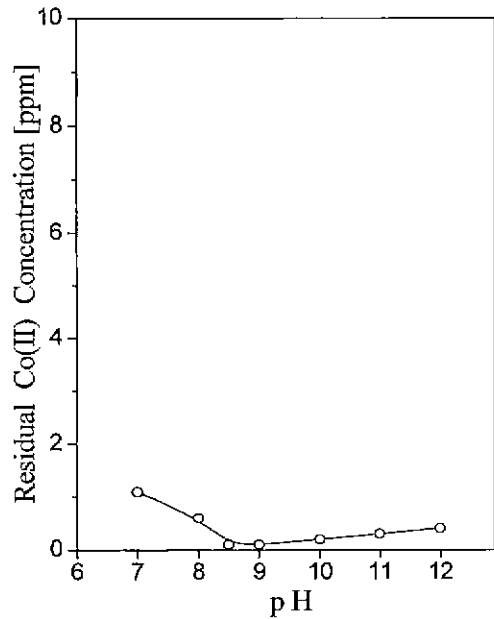


Fig. 12. Effect of adding Al(III) on cobalt ion removal by the adsorbing colloidal flotation with Fe(III). Initial concentration of Co(II): 50 ppm, Fe(III): 50 ppm, Al(III): 20 ppm, gas flow rate: 70 ml/min, flotation time: 15 min, NLS: 75 ppm.

제거율이 감소되는 결과를 나타내었다.

3.6. Al(III) 첨가의 영향

Fig. 12는 Fe(III) 50 ppm을 사용하여 코발트이온을 공침시킨 후 20 ppm의 Al(III)를 첨가한 결과인데, Fe(III) 및 Al(III)를 각각 단독으로 사용했던 경우(Fig. 2, 3)보다 더욱 넓은 pH에서 높은 제거율을 나타내었다. 그 이유는 Al(OH)₃나 Fe(OH)₃ 각각이 단독으로 침전할 때 보다는, 이들 혼합물과 코발트이온의 공침효과가 상승되었기 때문인 것으로 추측된다. 즉, Fe(III)와 함께 사용된 Al(III)가 activator로 작용한 것으로 생각되었다. Activator의 역할을 한 Al(III)는 응집물의 zeta potential을 상승시켰고, 음이온계 계면활성제와의 친화력도 증가시켰으며, 코발트와 응집물간의 공침도 증가시켜 결국 보다 넓은 범위의 pH에서 부선편효과가 좋게 나타난 것으로 추측되었다.¹²⁻¹⁴⁾

Fig. 13은 SO₄²⁻이온 존재시 20 ppm의 Al(III)를 activator로 첨가하여 부선편한 결과이다. Fe(III) 및 Al(III)를 각각 단독으로 사용하였을 때(Fig. 10, 11 참조)보다 두 응집제를 같이 사용한 경우가 더 높은 제거율을 나타내었다. 0.1 M SO₄²⁻ 첨가시 72%의 제거율을 나타내었으나, Al(III) 20 ppm을 첨가함으로써 99%까지 제거율이 향상되었다.

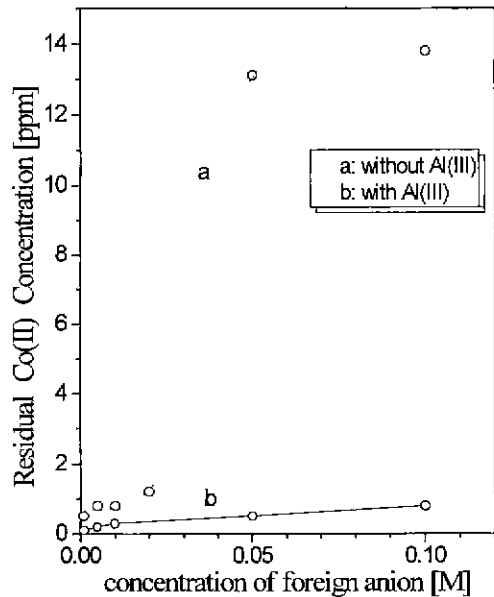


Fig. 13. Effect of SO₄²⁻ anion on cobalt ion removal by the adsorbing colloidal flotation with Fe(III) and Al(III) at pH 8.5. Initial concentration of Co(II): 50 ppm, Fe(III): 50 ppm, Al(III): 20 ppm, gas flow rate: 70 ml/min, flotation time: 15 min, NLS: 75 ppm.

4. 결 론

모의 방사성폐액에 함유된 50 ppm의 코발트이온을 음이온 계면활성제인 sodium lauryl sulfate를 사용하여 흡착 교질 포말부선법으로 제거하였다.

지금까지 발표된 실험결과는 대부분 처리 후 폐액의 pH가 높고, 최적 pH 범위가 좁아서 산업적으로 이용하는데 한계가 있었을 것을 예상되었다. 본 연구에서는 코발트이온을 거품으로 부선시키기 전에 H_2O_2 로 전처리함으로써 이러한 문제점을 개선하였다. 즉, H_2O_2 를 첨가함으로써 침전 또는 응집효과가 증대되어 처리수의 pH가 감소되었으며, 조업 pH범위가 넓어졌고(pH 7~pH 9). 제거율도 향상되었다.

50 ppm의 코발트이온을 함유한 모의폐액을 H_2O_2 로 전처리하고 Fe(III) 및 Al(III) 50 ppm을 응집제로 각각 사용한 결과 각각 pH 8.5 및 pH 9.0에서 99.8%의 제거율을 나타내었다.

외부이온으로서 NO_3^- , SO_4^{2-} , Na^+ , Ca^{2+} 를 첨가하여 영향을 관찰한 결과, 1가 이온보다 2가 이온이 제거효율에 미치는 영향이 심하였다. 특히, SO_4^{2-} 가 0.1M 함유된 코발트 용액을 흡착 교질 포말부선법으로 처리한 결과 제거효율은 72%로 저조하였으나, Al(III)를 Activator로 사용하였을 때 제거율은 99%까지 향상되었다.

이상의 결과를 종합해 볼 때 흡착 교질 포말부선법은 방사능 농도가 매우 낮고 특히 계면활성제를 포함하고 있는 세탁폐액이나 사워폐액과 같은 극저준위 방사성 폐액을 처리하는 한 예가 될 수 있을 것으로 생각된다.

참고문헌

1. M. La : "Coagulation Symposium Introduction", *Journal of Colloid Science*, 19, 291-298 (1964).
2. M. Sarker and D.J. Wilson : "Electrical Aspect of Adsorbing Solloid Flotation", *Separation Science and Technology*, 23(23), 661-686 (1988).
3. W. Abraham, T.M. Harris and D.J. Wilson : "Electrical Aspects of Adsorbing Colloid Flotation", *Separation Science and Technology*, 22(12), 2269-2279 (1987).
4. K. Gannon, and D.J. Wilson : "Removal of Antimony from Aqueous Systems", *Separation Science and Technology*, 21(5), 475-493 (1986)
5. S.D. Huang : "Recovery of Dodecylbenzene Sulfonate from Adsorbing Colloidal Flotation Foamates", *Separation Science and Technology*, 18(11) 1017-1022 (1983).
6. E.C. Graves, K.B. Schnelle and D.J. Wilson : "Initial Particle Growth Effect on Settling of Flocculation Slurry", *Separation Science and Technology*, 16(3), 263-274 (1981).
7. C.F. Bases and R.E. Mesmer : "The Hydrolysis of Cations", Robert E. Krieger Publishing Company, 226-237 (1986)
8. I.H. Jung, H.S. Park : "Removal of Cobalt ion by Foam Flotation(I): Precipitate flotation", *J. of the Korean Industry and Engineering Chemistry*, 심사중.
9. S.J. Choi and S.K. Jhm : "Removal of Cu(II) from Aqueous Solutions by the Foam Separation Techniques of the Precipitate and Adsorbing Colloid Flotation", *Separation Science and Technology*, 23(45), 363-374 (1988).
10. J.M. Rosen : "Surfactants and Interfacial Phenomena", 28-34, John Wiley Sons, New York (1978).
11. T.A. Pinfeld : "Ion Flotation", *Adsorptive Bubble Separation Techniques*, Lemlich, R.(ed.), Chapter4, 53-73, Academic, New York (1972).
12. S.D. Huang, J.J. Tzuoo, J.J. Gau, H.S. Hsieh and C.F. Fann : "Effect of Al(III) as an Activator for Adsorbing Colloid Flotation", *Separation Science and Technology*, 19(13-15), 1061-1072 (1984-85).
13. J.E. Kiefer, P.C. Sundareswaran and D.J. Wilson : "Electrical Aspect of Adsorbing Colloid Flotation. XIV, Adsorption of Lauryl Sulfate on $Fe(OH)_3$ and $Al(OH)_3$ ", *Separation Science and Technology*, 17(4), 561-573 (1982).
14. A.N. Clarke and D.J. Wilson : "The Adsorbing Colloid Flotation of Fluoride ion by Aluminum Hydroxide in Aqueous Media", *Separation Science and Technology*, 10(4), 417-424 (1975).