

적니를 이용한 무기응집제의 개발 및 응집성능 평가

이재록 · 황인국 · 배재흠

수원대학교 화학공학과

Development of the Inorganic Coagulants Using Red Mud and Evaluation of Its Coagulation Performance

Jae-Rok Lee · In-Gook Hwang · Jae-Heum Bae

Department of Chemical Engineering, The University of Suwon

요 약

적니는 보오크사이트로부터 수산화알루미늄/일루미나를 제조하는 공정에서 발생하는 부산물이다. 본 연구에서는 적니 10g을 100ml의 5M H₂SO₄과 85℃에서 반응시키거나 100ml의 9 M HCl과 25℃에서 반응시켜 무기응집제인 적니응집제를 제조하였다. 이렇게 제조한 적니응집제의 응집성능은 실제폐수에 투입량을 변화시켜 투입한 후 여러 pH 값에 대하여 오염물질 제거효율로써 조사하였고 시판용 무기응집제(FeCl₃)의 제거효율과도 비교하였다. 생활하수(탁도, 인)와 도금폐수(탁도, Pb²⁺, Cd²⁺, Cu²⁺, Zn²⁺, Cr³⁺)의 실제폐수를 처리한 결과 적니응집제의 응집성능은 우수하였다. 그리고 적니응집제를 이용한 석유화학폐수중의 COD를 처리한 결과, 제거효율은 다소 낮았으나 시판용 무기응집제보다는 우수하였으며 응집보조제로서 양이온 고분자응집제 첨가시 가장 효과적인 것으로 확인되었다.

ABSTRACT : Red mud is generated as a by-product during the production of aluminum hydroxide from bauxite ore. In this study the red mud coagulants were prepared by reacting 100 ml of 5 M H₂SO₄ solution with 10g of red mud at 85℃ or by reacting 100ml of 9M HCl solution with 10g of red mud at 25℃. The prepared red mud coagulants were tested for their coagulation performance of pollutants in the municipal and industrial wastewater. In addition, the coagulation performance was compared with that of a commercially available coagulant (FeCl₃). As a result, the red mud coagulants were found to have a good removal efficiency of pollutants in the municipal wastewater (turbidity, phosphate phosphorus) and in the plating wastewater (turbidity, Pb²⁺, Cd²⁺, Cu²⁺, Zn²⁺, Cr³⁺). In the experiment to remove COD in the petrochemical wastewater, the COD removal efficiency by the red mud coagulants was a little poor, but it was better than that by FeCl₃.

1. 서 론

산업폐기물인 적니는 수산화알루미늄/알루미나 ($Al(OH)_3/Al_2O_3$) 제조공정인 Bayer process에서 부산물로 발생된다¹⁾. 적니는 보오크사이트를 NaOH로 용해시킨 후 수산화알루미늄 용액을 분리시키기 위한 여과공정에서 붉은 색을 띤 슬러지상태로 발생하는 강알칼리성 무기폐기물이다. 이러한 적니는 알루미나 1톤당 약 1~2톤 가량 발생되며, 우리 나라에서는 연간 100,000톤 가량의 많은 양이 발생된다. 대부분의 적니는 매립처분되고 있으며 이러한 매립은 적니의 강알칼리성으로 인하여 주변환경에 악영향을 끼친다. 따라서 적니의 재활용을 위한 기술적인 연구가 필요하다. 적니의 재활용 기술로는 현재 적벽돌 생산 기술이 있으나 이 기술은 적니를 적벽돌 원료로 사용하기에 앞서 적니를 중화시켜야하는 전처리공정이 요구되므로 경제적 문제 및 품질 저하 문제를 야기하는 것으로 알려져 있다²⁾. 국내에서도 한국종합화학(주)이 적니를 원료로 하는 전자재 공장을 건설하여 운전하였지만 위에서 언급한 제품의 품질, 경제성 문제로 인하여 가동이 중단된 상태이다. 현재 적니의 재활용 연구로는 스칸듐과 우라늄 회수 연구³⁾, 콘크리트의 원료 및 안료 활용연구⁴⁻⁵⁾, 그리고 촉매로의 활용연구⁶⁾ 등이 있으며 적니를 산업폐수처리용 흡착제로 이용하기 위한 연구가 있다⁷⁻¹⁰⁾. 그리고 건조된 적니를 황산 및 염산과 접촉시키고 이를 증류수로 세척 후 건조하여 인산염(PO_4^{3-})의 제거에 이용하는 연구가 보고 되었다¹¹⁻¹²⁾. 또한 김 등¹³⁾은 적니에 Al 및 Fe가 다량 함유되어 있는 점을 이용하여 적니를 황산 및 염산과 반응시켜 Al 및 Fe를 침출시켜 액상의 무기응집제를 제조하였다. 그러나 이들의 연구는 실험실용으로 제조한 시험폐수에 대한 적니응집제의 사용 가능성을 보였기 때문에 본 연구에서는 실제 하·폐수에 대한 적니응집제의 응집성능을 조사하기 위하여 생활하수, 석유화학폐수, 도금폐수 등을 채취하여 탁도, 인산염인($PO_4^{3-}-P$), COD, 중금속이온 등의 응집실험을 수행하였다. 그리고 응집공정을 이용한 COD 처리시에 COD의 제거효율 및 플럭의 침전속도를 향상시키기 위하여 응집 보조제로 이용되고 있는 고분자응집제를 사용한 응집실험을 수행하였다.

2. 실험 방법

2.1. 실험 재료

본 실험에 사용된 적니응집제는 대불공단에 있는 한국종합화학(주)의 수산화알루미늄 생산공장에서 발생하는 적니를 입수하여 김 등¹⁰⁾이 제시한 적니응집제 제조 조건에 준하여 제조한 액상의 무기응집제이다. 적니응집제 A는 적니 10g과 5M H_2SO_4 100ml를 300ml 용량의 유리병에 넣은 후 85°C에서 반응시켜 유리필터(입경: 5~10 μm)로 여과한 용액이며 적니응집제 B는 적니 10g과 9M HCl 100ml를 300ml 용량의 유리병에 넣은 후 25°C에서 반응시켜 유리필터(입경: 5~10 μm)로 여과한 용액이다. 반응기로는 진탕항온조를 이용하였으며 교반조건은 200rpm, 24hr으로 하였다. 적니응집제의 응집성능을 비교하기 위하여 사용한 시판용 무기응집제는 A사로부터 염화제이철($FeCl_3$, Fe: 10.5%)을 구입하여 사용하였다. 적니응집제 및 염화제이철의 Al 및 Fe 농도와 중금속이온 농도를 측정하여 Table 1에 나타내었다.

Table 1. Analysis of components in red mud coagulants and commercially available coagulant

	Al (%)	Fe (%)	Cr (ppm)	As (ppm)	Cd (ppm)	Hg (ppm)	Pb (ppm)	Se (ppm)
Red mud coagulant A	1.0	2.2	37.6	3	0.02	0.3	4.2	-
Red mud coagulant B	0.7	2.6	43.0	1.6	0.04	1.2	8.3	0
Commercially available $FeCl_3$	0.02	10.5	155.0	2.8	0.03	0.11	4.24	0.06

적니응집제의 COD 제거효율 향상을 위해 사용한 고분자응집제는 B사로부터 양이온, 비이온, 음이온의 입자형 고분자응집제를 구입하여 1%의 용액으로 제조한 후 사용하였다. 응집실험을 위해 사용된 시험폐수는 경기도 S군의 생활하수(탁도: 13.7 NTU, 인산염인: 10mg/L), H사의 석유화학폐수(COD: 1250~1350mg/L), D사의 도금폐수 등이다. 도금폐수는 2회에 걸쳐 채취하였으며, 이들의 오염물질 농도를 측정하여 Table 2에 나타내었다.

Table 2. Concentration of pollutants in plating wastewater

	turbidity (NTU)	Zn ²⁺ (ppm)	Cr ³⁺ (ppm)	Cu ²⁺ (ppm)	Pb ²⁺ (ppm)
Wastewater 1	158	445	145.2	222.5	15.4
Wastewater 2	140	327	171.7	39.3	30.2

2.2. 응집실험

최적의 응집성능을 위한 pH를 구하기 위하여 실험폐수에 적니응집제 및 시판용 무기응집제(FeCl₃)를 일정량 투입한 후 5~10N HCl과 5~10N NaOH를 사용하여 pH를 변화시켜 응집실험을 수행하였다. 그리고 응집제의 투입량 영향을 알아보기 위하여 실험폐수에 응집제의 투입량을 변화시킨 후 최적 pH로 조절하여 응집실험을 수행하였다. COD 제거실험에서는 제거율 및 플럭의 침전속도를 향상시키기 위하여 적니응집제 B가 1100mg/L 투입된 석유화학폐수에 음이온, 양이온, 비이온 고분자응집제를 10~30mg/L 첨가한 후 pH를 6으로 조절하여 수행하였다. 적니응집제에는 Al과 Fe가 포함되어 있는데 적니응집제 A를 사용한 응집실험에서는 Al의 농도를 기준으로 투입량을 정하였고 적니응집제 B를 사용한 실험에서는 Fe의 농도를 기준으로 투입량을 정하였다. 응집실험은 500ml의 실험폐수에 응집제를 투입한 후 pH를 조절하여 jar tester에서 급속교반(150rpm, 5min), 완속교반(50rpm, 20min), 침전(30~120min)의 순서로 수행하였다. 그리고 상등액을 채취하여 오염물질들의 농도를 측정하였다.

탁도는 폐수 및 처리수를 채취하여 탁도계(PCCOMPACT, PC_H0607)를 사용하여 측정하였고 인산염인 농도는 수질환경오염공정시험법에 준하여 폐수 및 상등액을 착색시킨 후 UV-Vis spectrophotometer (HEWLETT PACKARD, HP8932A)를 이용하여 측정하였다. COD 측정은 수질환경오염공정시험법에 준하여 100℃에서 과망간산칼륨산성용액에 의한 시료수의 화학적 산소요구량을 측정함으로써 결정하였다. 중금속이온 농도는 AAS(GBC, GBC932AA)를 이용하여 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 생활하수 처리

생활하수의 탁도 제거에 대한 적니응집제의 응집성능을 알아보기 위하여 pH와 투입량을 변화시켜 응집실험을 수행하였다. 우선, 탁도 제거에 대한 pH의 영향을 알아보기 위하여 하수 500ml에 적니응집제 A(투입량: Al 농도 기준), B(투입량: Fe 농도 기준)를 각각 10mg/L씩 투입한 후 pH를 2~12로 조절하여 수행한 응집실험 결과를 Fig. 1에 나타내었다. 적니응집제 A를 사용한 응집실험의 경우 pH 6부터 10까지의 범위에서는 90% 이상의 탁도 제거율을 보였고, pH 12에서는 탁도 제거율이 10% 정도로 감소하였다. 적니응집제 B를 사용한 응집실험의 경우 pH 4에서부터 플럭이 생기기 시작하여 pH 8~10의 범위에서 90% 이상의 탁도 제거율을 보였고 pH 12에서는 탁도 제거율이 70%로 감소하였다. pH 12에서 탁도 제거율이 감소하는 이유는 Al(OH)₃, Fe(OH)₃의 플럭이 (-)전하로 하전되어 콜로이드 입자를 체거름(crushment)할 수 있는 Al(OH)₃, Fe(OH)₃ 등이 Al(OH)₄⁻ 및 Fe(OH)₄⁻ 등으로 용해되었기 때문인 것으로 추측된다. 따라서 pH 변화에 따른 탁도 제거율을 고찰한 결과, 적니응집제 A가 사용된 응집실험의 최적 pH는 6으로 결정되었고 적니응집제 B가 사용된 응집실험의 최적 pH는 8로 결정되었다.

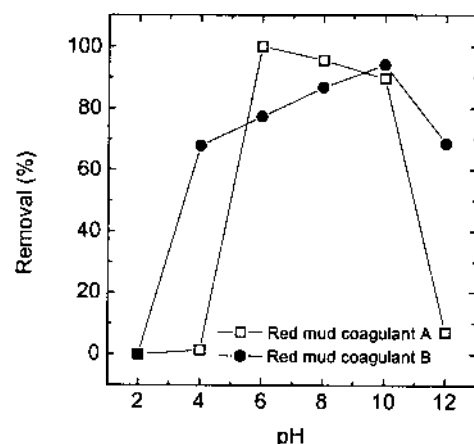


Fig. 1. Effect of pH on turbidity removal in municipal wastewater by red mud coagulants at 10mg/L dosage (initial turbidity = 13.7NTU).

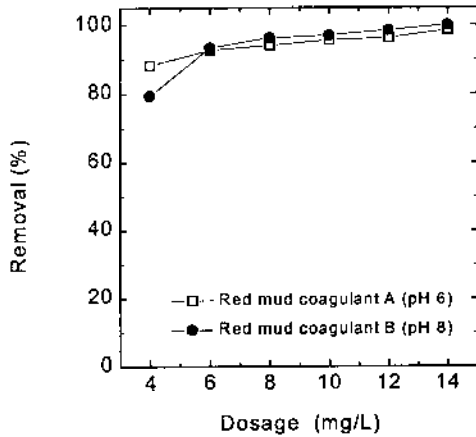


Fig. 2. Effect of dosage on turbidity removal in municipal wastewater by red mud coagulants at optimum pH (initial turbidity = 13.7NTU).

다음으로, 응집제의 투입량 영향을 알아보기 위하여 적니응집제 A(투입량: Al 농도 기준), B(투입량: Fe 농도 기준)를 각각 4~14mg/L로 변화시켜 투입한 후 최적 pH인 6, 8로 각각 조절하여 수행하였다. Fig. 2에 나타난 결과를 보면, 적니응집제 A, B 모두 6mg/L에서부터 90% 이상의 탁도 제거율을 보였다.

생활하수의 인산염인 제거에 대한 적니응집제의 응집성능을 알아보기 위하여 S군의 생활하수를 이용하여 pH와 응집제 투입량을 변화시켜 응집실험을 수행하였다. 500ml의 생활하수에 적니응집제 A(투입량: Al 농도 기준), B(투입량: Fe 농도 기준)를 각각 40mg/L를 투입한 후 pH를 2~12로 변화시켜 pH의 영향을 알아본 결과를 Fig. 3에 나타내었다. 적니응집제 A를 사용한 응집실험의 경우 pH 4~10의 범위에서는 95% 이상의 인산염 제거율을 보였고 pH 12에서는 인산염인 제거율이 90%로 다소 감소하였다. 적니응집제 B를 사용한 응집실험의 경우 적니응집제 A를 사용했을 때의 인산염인 제거율보다는 조금 낮으나 pH 변화에 따른 인산염인 제거율의 경향은 비슷하였다. 이와 같이 하수의 pH가 높아졌을 때 인산염인 제거율이 감소한 이유는 인산염이 적니응집제 중의 Fe^{3+} 과 Al^{3+} 과 결합하여 $FePO_4$ 와 $AlPO_4$ 로 응집·침전 되거나 $Fe(OH)_3$ 와 $Al(OH)_3$ 에 흡착되어 침전되지만 일부의 Fe 및 Al의 수산화물이 (-)전하로 하전되어 용해되었기 때문인 것으로 추측된다. 위의 결과들로부터 적니응집제를 사용한 생활하수의 인산

염인 응집실험의 최적 pH는 6으로 결정되었다.

생활하수의 인산염 제거시에 최적 pH에서 투입량의 영향을 알아보기 위하여 생활하수에 적니응집제 투입량을 변화시킨 후 pH를 6으로 조절하여 수행한 응집실험 결과를 Fig. 4에 나타내었다. 적니응집제 A를 사용한 경우, 투입량이 10mg-Al/L일 때부터 95% 이상의 인산염인을 제거하였다. 적니응집제 B의 경우, 투입량이 20mg-Fe/L 이상일 때부터 90% 이상의 인산염인을 제거하였다.

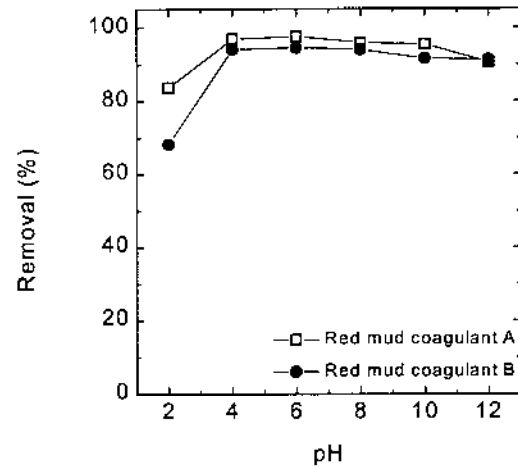


Fig. 3. Effect of pH on PO_4^{3-} -P removal in municipal wastewater by red mud coagulants at 40mg/L dosage (initial PO_4^{3-} -P concentration = 10mg/L).

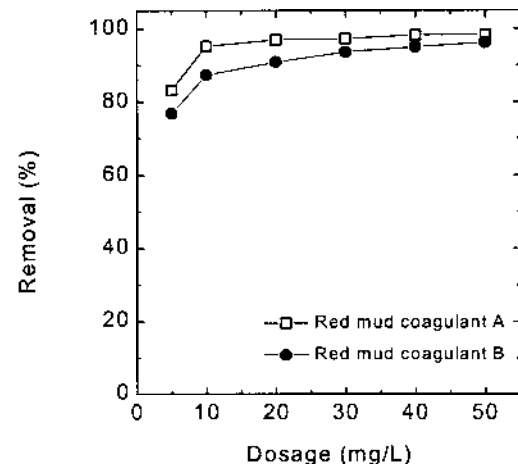


Fig. 4. Effect of dosage on PO_4^{3-} -P removal in municipal by red mud coagulants at pH 6 (initial PO_4^{3-} -P concentration = 10 mg/L).

3.2. 석유화학폐수 처리

COD 제거에 대한 적니응집제의 성능을 알아보기 위하여 COD가 1250~1300mg/L인 H사의 석유화학폐수를 채취하여 응집실험을 수행하였다. 또한 적니응집제의 응집성능을 FeCl₃의 응집성능 실험결과와 비교하였다. 적니응집제 A(투입량: Al 농도 기준), B(투입량: Fe 농도 기준) 및 FeCl₃를 각각 100mg/L 투입한 후 pH를 5~10으로 조절하였을 때 COD 제거율 변화를 나타낸 Fig. 5에서 보면 적니응집제와 FeCl₃ 모두 pH를 6에서 최대의 COD 제거율을 보였다. 그리고 Fig. 6은 적니응집제 A, B와 FeCl₃의 투입량을 100~1100mg/L로 변화시켜 각각 투입한 후 pH를 6으로 조절하여 응집실험을 수행하였을 때의 결과를 나타내었다. 적니응집제 A를 사용한 응집실험의 경우 응집제 투입량이 증가할수록 COD 제거율이 증가하였으며 투입량이 1100mg/L일 때 38%의 제거율이 나타났다. 적니응집제 B를 사용한 응집실험 역시 투입량이 증가할수록 COD 제거율이 증가하였으며 투입량이 1100mg/L일 때 30%의 제거율을 보였다. FeCl₃를 사용한 응집실험의 경우 응집제 투입량이 900mg/L일 때 최대 제거율인 27%를 보였으나, 응집제 투입량을 1100mg/L로 증가시켜 투입하여도 제거율의 변화는 1% 미만이었다.

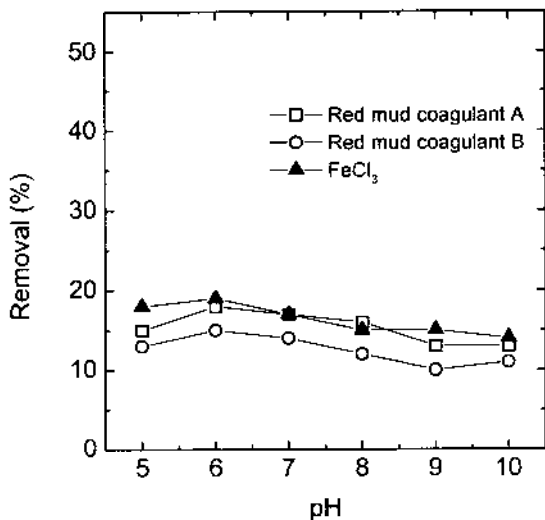


Fig. 5. Effect of pH on COD removal in petrochemical wastewater by coagulants at 10mg/L dosage (initial COD = 1250~1300 mg/L).

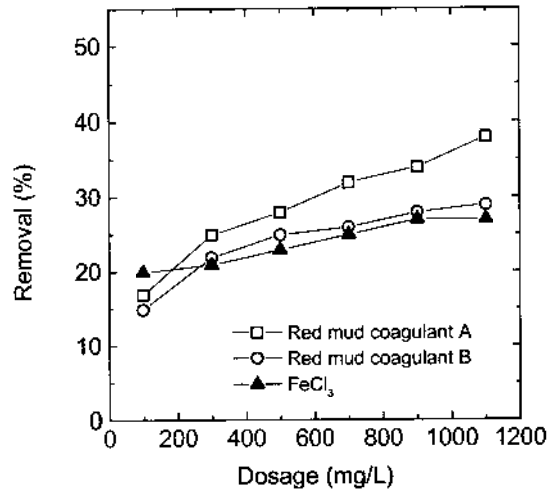


Fig. 6. Effect of dosage on COD removal in petrochemical wastewater by coagulants at pH 6 (initial COD = 1250~1300 mg/L).

적니응집제 B를 사용한 응집실험에서는 COD 제거율 및 플럭의 침전속도를 향상시키기 위하여 적니응집제 B를 1100mg/L를 투입한 폐수에 비이온, 음이온, 양이온 고분자응집제를 10~30mg/L로 변화시켜 첨가한 후 pH를 6으로 조절하여 실험을 수행하였다. 이 결과를 Fig. 7에 나타내었다. 비이온 고분자응집제를 첨가한 경우 첨가량이 20mg/L일 때는 적니응집제만을 투입했을 때 보다 6% 가량의 COD 제거율이 향상되었으며 첨가량이 30mg/L일 때는 COD 제거율이 감소되었다. 음이온 고분자응집제를 첨가한 경우 COD 제거율은 첨가량에 관계없이 적니응집제 B만을 투입하여 수행한 응집실험의 COD 제거율보다 감소하였으며 첨가량이 증가할수록 COD 제거율은 감소하였다. 또한 침전속도의 향상도 없는 것으로 관측되었다. 양이온 고분자응집제를 첨가한 경우 첨가량이 20mg/L일 때는 적니응집제만을 투입했을 때 보다 4% 가량의 COD 제거율이 향상되었으며 첨가량이 30mg/L일 때는 COD 제거율이 감소되었다. 그리고 플럭의 침전속도는 적니응집제 B만 투입, 비이온 및 음이온 고분자응집제 첨가한 경우보다 6배정도 빠른 것으로 관측되었다. 따라서 H사의 석유화학폐수처리에서 적니응집제 B를 투입한 후 고분자응집제를 첨가할 경우 양이온 고분자응집제가 가장 적합한 것으로 판단된다.

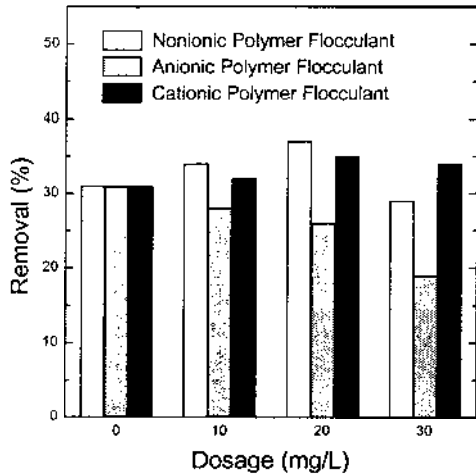


Fig. 7. Effect of polymer flocculants on COD removal in petrochemical wastewater with red mud coagulant B (initial COD = 1250~1300mg/L).

3.3. 도금폐수 처리

산업폐수의 탁도 및 중금속이온 제거에 대한 적니응집제의 사용 가능성을 알아보기 위하여 D사의 도금폐수에 대한 응집실험을 수행하여 FeCl₃의 응집성능과 비교하였다.

도금폐수 500ml에 적니응집제 A(투입량: Al 농도 기준), B(투입량: Fe 농도 기준) 및 FeCl₃를 각각 50 mg/L 투입한 후 pH를 변화시켰을 때의 응집실험 결과를 Fig. 5부터 7에 나타내었다. Fig. 8에서 적니응집제 A를 사용한 경우 탁도 제거는 pH 7 이상부터 100%에 가까운 탁도 제거율을 보였고 중금속이온들의 제거는 pH가 증가할수록 제거율이 향상되어 pH 7에서부터는 90% 이상의 제거율을 보였다. 그러나 Cu²⁺은 pH를 5로 조절하였을 때 최대의 제거율을 보였고, pH를 증가시킬수록 제거율이 감소하였으며 pH 7 이상부터는 제거율 변화가 없는 것으로 나타났다. 이러한 이유는 CN⁻가 존재하는 폐수에서 Cu²⁺는 Cr³⁺, Pb²⁺, Zn²⁺ 등의 중금속이온과 다르게 pH 6 이상에서 Cu(CN)₂의 용해성 화합물을 형성하기 때문인 것으로 추측된다¹⁴⁾. Fig. 9와 10에서 보는 바와 같이 적니응집제 B 및 FeCl₃를 사용한 도금폐수의 탁도, 중금속이온에 대한 응집실험에서의 pH 영향은 적니응집제 A와 비슷한 경향을 보였다.

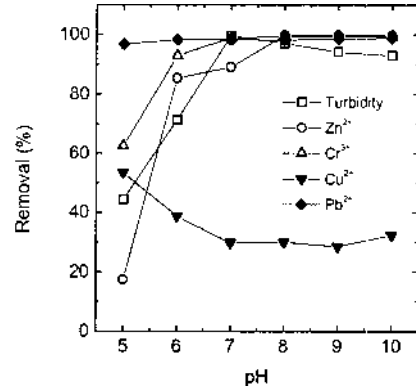


Fig. 8. Effect of pH on removal of heavy metal ions and turbidity in plating wastewater 1 by red mud coagulant A at 50mg/L dosage.

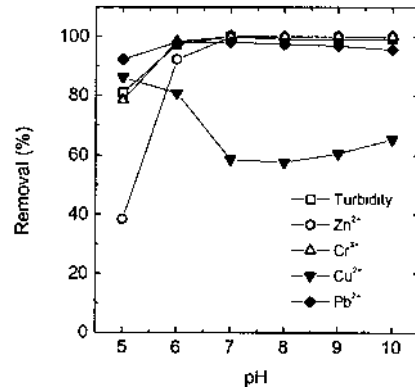


Fig. 9. Effect of pH on removal of heavy metal ions and turbidity in plating wastewater 2 by red mud coagulant B at 50mg/L dosage.

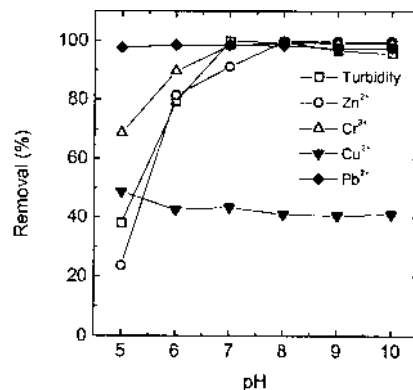


Fig. 10. Effect of pH on removal of heavy metal ions and turbidity in plating wastewater 1 by commercially available FeCl₃ at 50mg/L dosage.

따라서 탁도 및 중금속이온의 제거율을 고찰한 결과, 적니용집제 A, B와 FeCl₃가 사용된 응집실험의 최적 pH는 7로 결정되었다.

적니용집제 A(투입량: Al 농도 기준), B(투입량: Fe 농도 기준)와 FeCl₃의 투입량을 변화시킨 후 pH 7로 조절했을 때의 응집실험 결과를 Fig. 11부터 13에 나타내었다. 적니용집제 A, B와 FeCl₃를 사용한 도금폐수처리에서 탁도 제거의 경우, 투입량에 관계없이 100%에 가까운 제거율을 나타내었고 중금속이온 제거의 경우, Cu²⁺를 제외한 다른 중금속이온(Zn²⁺, Cr³⁺, Pb²⁺)에 대해서는 투입량에 관계없이 100%에 가까운 제거율을 보였다. 한편, Cu²⁺의 제거의 경우 적니용집제 B를 사용한 응집실험에서는 65% 정도의 제거율을 보였고 적니용집제 A와 FeCl₃를 사용한 응집실험에서는 최대 40% 정도의 제거율을 보였다.

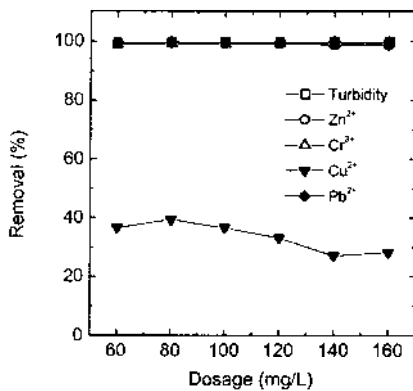


Fig. 11. Effect of dosage on removal of heavy metal ions and turbidity in plating wastewater 1 by red mud coagulant A at pH 7.

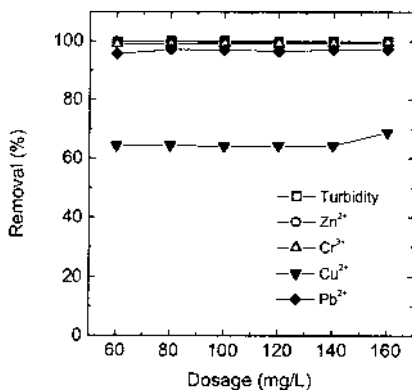


Fig. 12. Effect of dosage on removal of heavy metal ions and turbidity in plating wastewater 2 by red mud coagulant B at pH 7.

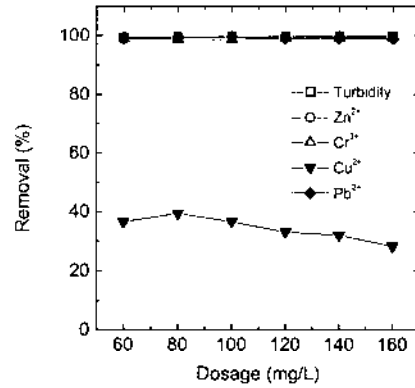


Fig. 13. Effect of dosage on removal of heavy metal ions and turbidity in plating wastewater 1 by commercially available FeCl₃ at pH 7.

4. 결 론

산업폐기물인 적니를 활용하기 위하여 적니를 H₂SO₄ 및 HCl과 반응시켜 제조한 적니용집제를 이용하여 실제 하·폐수에 대한 응집실험을 수행한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

생활하수내의 탁도 제거의 경우 적니용집제 A, B의 적용 가능한 pH 범위는 6~10인 것으로 얻어졌고 최적 pH 6에서 투입량 6mg/L부터 90% 이상의 제거율을 보였다. 적니용집제 B는 최적 pH 8에서 투입량 6mg/L부터 90% 이상의 제거율을 보였다. 인산염인 제거의 경우 적니용집제 A, B 모두 적용 가능한 pH 범위는 4~12인 것으로 얻어졌다. 최적 pH 6에서 적니용집제 A는 투입량 10mg/L부터 95% 이상의 제거율을 보였고 적니용집제 B는 투입량이 20mg/L부터 90% 이상의 제거율을 보였다.

COD 농도가 1250~1300mg/L인 석유화학폐수의 COD 제거실험에서 적니용집제의 최적 pH는 시판용 무기응집제인 FeCl₃의 최적 pH와 같은 pH 6인 것으로 나타났다. 최적 pH인 6에서 각 응집제의 투입량을 변화시킨 경우 적니용집제 A, B는 투입량이 증가할수록 제거율이 증가하였으며 1100mg/L의 투입량에서 각각 38%, 30%의 제거율을 보였고 시판용 무기응집제인 FeCl₃는 투입량이 900mg/L일 때 최대의 제거율인 27%로 나타났다. 적니용집제 B를 투입한 후 고분자응집제를 첨가할 경우 COD 제거율과 플럭의 침전속도 향상에 양이온 고분자응집제가 가

장 효과적임을 알 수 있었고 투입농도는 20mg/L인 것으로 나타났다.

적니응집제를 사용하여 도금폐수에 포함되어 있는 중금속이온과 탁도 처리의 경우 적용 가능한 pH 범위는 시판응집제인 FeCl₃의 적용 가능한 pH 범위와 같은 pH 6 이상이었고 최적 pH로 조절했을 때는 투입량에 관계없이 100%에 가까운 제거율을 보였다. 한편, Cu²⁺ 제거의 경우 산성범위에서의 제거율이 염기성범위보다 큰 것으로 나타났다.

위와 같은 실험 결과로부터 생활하수 및 도금폐수에 대한 적니응집제의 응집성능이 우수하다는 것을 확인할 수 있었고 석유화학폐수의 COD 처리에 대한 적니응집제의 응집성능은 시판용 무기응집제의 응집성능과 비슷함을 확인할 수 있었다. 따라서 적니응집제를 응집공정에 무기응집제로 사용할 수 있을 것으로 기대된다.

감 사

본 연구는 한국과학재단의 지역협력연구(환경청정기술연구센터, 수원대학교)와 산업자원부의 청정생산기술사업의 연구비 지원에 의해서 수행되었으며 이에 감사의 뜻을 표합니다.

참 고 문 헌

1. 한국종합화학(주), bulletin(1994)
2. 나춘기, 이무성 : 대한민국특허청, 1(1998)
3. Smirnov, D. I and Molchanova, T. V. : *Hydrometallurgy* 45, 249(1997)
4. Maneesh, S., Upadhayay, S. N. and Prasad, P. M. : *Cement and Concrete Research* 27(7), 1037 (1997)
5. Pera, J., Boumazze, R. and Ambroise, J. : *Cement and Concrete Research* 27(10), 1513(1997)
6. Jorge, A., Roberto, R., Herminio, S. and Fernando, V. D. : *Applied Catalyst: General* 167, 215(1998)
7. Namasivayam, C. and Arasi, D. J. S. E. : *Chemosphere* 34(2), 401(1997)
8. 배재흠, 김정식 : *대한환경공학회지* 20(4), 543 (1998)
9. Vinod, K. G., Monika, G. and Saurabh, S. : *Wat. Res.* 35(5), 1125(2001)
10. Altundogan, H. S., Altundogan, S., Tumen, F. and Bildik, M. : *Waste Management* 20, 761 (2000)
11. Koumanova, B., Drame, M. and Popangelova, M. : *Resources, Conservation and Recycling* 19, 14 (1997)
12. Weaver, D. M., and Ritchie, G. S. P. : *Environmental Pollution* 46, 163 (1987)
13. 김정식, 이재록, 한상원, 황인국, 배재흠 : *대한환경공학회지* 22(11), 2085(2000)
14. 정원증, 조순행 : *대한환경공학회지* 21(12), 1095 (1999)