

알루미늄의 부식으로 발생한 알루미늄 이온에 의한 인 제거

정 경 훈 · 정 오 진
조선대학교 환경공학부
(1999년 8월 11일 접수)

Phosphorus Removal by Aluminium Ion Generated with the Pitting Corrosion of Aluminium

Kyung-Hoon Cheong and Oh-Jin Jung
Division of Environmental Engineering, Chosun University
(Manuscript received 11 August, 1999)

The fundamental experiments on the phosphorus removal from water were carried out by the batch and continuous reactors which used aluminium and copper plate. In this systems, the phosphorus was removed by aluminium ion generated with the electrochemical interaction (pitting corrosion) of aluminium and copper. In the batch experiments, the efficiencies of phosphorus removal increased when the surfaces of aluminium and copper plate were brushed. The phosphorus removal by aluminium ion was affected the copper plate and NaCl in this system. The optimal pH values were 5 and 6 for the phosphorus removal. The efficiency of phosphorus removal increased with increasing NaCl concentration, surface area of aluminium and copper plate. The $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ instead of copper plate could be used as Cu source. The effluent $\text{PO}_4\text{-P}$ concentration as low as $2 \text{ mg}/\ell$ could have been obtained during the continuous experiment at HRT of 48 hrs.

Key words : phosphorus removal, aluminium ion, pitting corrosion.

1. 서 론

최근의 수질오염은 생활하수에서 주로 기인하며 오염 부하율이 높은 편으로, 호소 내만 등의 폐쇄성 수역이나 대도시를 흐르고 있는 중·소하천 등에서도 생활하수 등의 오염물질이 대량으로 유입되어 부영양화 현상이 발생하고 있다. 그 결과 각종 용수로서의 이용가치가 크게 낮은 실정이다.

생활하수 처리대책의 하나로서 분뇨와 생활 배수를 같이 처리하는 오수정화시설과 합병처리 정화조를 들 수 있으나, 수질오염이 활발하게 진행되고 있는 하천이나 호소 내만 등에서는 현재의 수질 규제치인 BOD, COD의 저감대책만으로는 수질환경을 개선하기가 어렵기 때문에 질소와 인 등의 영양염을 제거할 수 있는 고도의 처리시설이 필요하다.¹⁻³⁾ 소규모 처리시설의 고도화를 위해서는 유량조정기능을 덧붙인다든지 혐기여상 생물여과법, 혐기·호기 순환 여상법 등의 다양한 처리 과정이 여러 연구자들에 의해 연구 개발되어 BOD, SS 및 질소 제거율을 향상시켰으며, 특히 최근에는 질산화 순환형의 생물학적 탈질법을 응용한 연구가 진행되는 등 생물학적 탈질소 기술이 확립되어 있다.⁴⁻⁷⁾ 한편, 인 제거에 있어서는 응집 침전법, 생물학적 탈인법, 정석법, 이온교환법, 흡착법 등이 있지만 현재 가장 널리 이용되고 있는 것은

생물학적 탈인법과 알루미늄 및 철염에 의한 응집 침전법이다. 이 방법은 대·중규모의 하수 및 폐수처리에는 적합하지만 시설비 및 슬러지량의 증가와 그 처분에 따른 유지관리비의 부담 등의 문제점을 안고 있다.⁸⁾

이러한 문제점을 해결하기 위해서 최근에는 소규모 오수처리시설에 적합한 인 제거 기술로서 응집제 성분인 알루미늄제나 철제를 이용한 연구 개발이 수행되고 있다.⁹⁻¹⁵⁾ 그러나 철제나 알루미늄의 전기분해를 이용한 인 제거법을 사용하게 됨으로써 전력비용이 증가하는 등의 문제를 초래할 수 있다. 이를 해결하기 위하여 近藤 등^{16,17)}은 폐알루미늄캔을 호기성 여재로 사용하여 오수 중의 인을 제거하는 연구를 수행하였는데, 폐알루미늄캔을 부식시켜 용출되는 알루미늄 이온을 인 제거에 이용하고 있다.

본 연구에서도 전기를 사용하지 않고 알루미늄판에서 알루미늄이온을 용출시켜, 이를 이용하여 인을 제거하는 실험을 행하였다. 즉, 이온화 경향이 다른 금속을 염화물이 존재하는 수용액에 넣었을 때 일어나는 국부적 또는 점상태의 부식(孔蝕 : pitting corrosion) 원리를 이용하였다.¹⁸⁾ 공식이 일어날 때 용출되는 알루미늄 이온은 수중의 인과 반응하여 응집 침전하게 되며, 이러한 원리에 의해 수용액 중의 인을 제거할 때 볼 수 있는 제거 특성

에 관한 기초자료를 도출하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 회분식 실험

회분식 실험장치의 개요는 Fig. 1과 같으며, 반응조로서 1 l 용량의 비이커를 사용하였고, 금속판으로는 일반 상업용으로 시판되고 있는 구리판(세로 3 cm × 가로 5 cm)과 알루미늄판(세로 3 cm × 가로 5 cm)을 반응 용기 내에 실험에 따라 일정 갯수를 설치하였으며, 공기공급을 위하여 반응조 아래부분에 공기확산기를 설치하였다.

실험은 700 ml의 수용액($PO_4\text{-P}$: 2.5~2.0 mg/l)을 반응조에 넣었으며, 염화물질로서는 NaCl을, 인성분으로서는 KH_2PO_4 를 증류수에 녹여 일정 농도로 조제하여 사용하였다. 실험에 사용한 수용액의 pH는 4~9이며, 반응은 $30 \pm 2^\circ\text{C}$ 의 항온실에서 수행하였다.

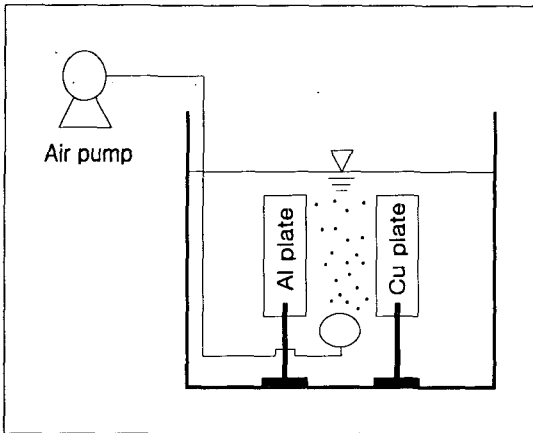


Fig. 1. Schematic diagram of the batch experimental apparatus for phosphorus removal by aluminium ion generated with the pitting corrosion of aluminium.

2.2. 연속식 실험

연속실험 장치는 5 l 용량(실험용량 4 l)의 아크릴 수지로 제작한 원통형 용기를 사용하였으며, 회분식 실험장치와 마찬가지로 용기내에 알루미늄판(세로 6 cm × 가로 10 cm), 구리판(세로 6 cm × 가로 10 cm)을 실험초기에 각각 8개와 3개를 설치하였고, 실험장치 아래부분에 공기확산기를 설치하였다.

실험은 KH_2PO_4 와 NaCl을 각각 5 mg/l ($PO_4\text{-P}$ 로서)와 0.4 g/l 이 되도록 수용액을 조제하고 pH를 조절한다음, 수리학적 체류시간(HRT)을 48시간으로 하여 연속적으로 흘려보내면서 반응시켰다. 실험은 $30 \pm 2^\circ\text{C}$ 의 항온실에서 하였다.

2.3. 분석방법

pH는 pH meter(TOA, pH meter, HM-20S)를 사용하여 측정하였으며, $PO_4\text{-P}$ 는 수질오염 공정시험방법¹⁹⁾에 따라 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 알루미늄판 및 구리판 표면상태의 영향

Pitting corrosion(공식)에 의해 금속이 부식될 때 금속 재료의 표면에 안정한 보호피막이 되어있는 경우에는 피막의 결함부분에서부터 먼저 부식이 일어나며 이것이 구멍(점)형태로 성장한다.¹⁸⁾ 본 실험에서는 알루미늄판과 구리판의 보호피막을 철재 브러쉬로 제거한 것과 제거하지 않은 경우에 있어서의 인 제거효율을 조사하였다. 실험결과를 Fig. 2에 나타내었다. 실험조건으로서 (A)는 알루미늄판과 구리판 모두 브러쉬한 것이며, (B)는 알루미늄판만, (C)는 구리판만 브러쉬한 것이고, (D)는 알루미늄판과 구리판 모두 브러쉬하지 않은 것이다. 또한, 알루미늄판의 표면적은 120 cm^2 이고 구리판 표면적은 30 cm^2 이며, pH는 6이고, NaCl 농도는 0.4 g/l이다. 5 mg/l의 인을 제거하는데 A는 약 22시간, (B)는 35시간, (C)는 약 46시간 소요되었으며, (D)인 경우에는 4.5 mg/l의 인을 제거하는데 약 52시간이 걸렸다. 알루미늄판과 구리판 모두를 브러쉬한 쪽에서 가장 빠르게 인이 제거되었으며, 구리판보다는 알루미늄판 표면을 브러쉬한 쪽이 인 제거에 효율적임을 알 수 있었다.

이것은 본 실험에서 사용한 알루미늄판의 표면에 보호피막이 형성되어 있어서 부식되기 어려우나 일단 보호피막을 제거하면 수용액 중의 인과 반응할 수 있는 알루미늄이온이 쉽게 용출되기 때문인 것으로 사료된다. 한편, 반응이 끝난 후의 알루미늄판 표면에는 공식에 의한 작은 구멍이 형성되었으며, 또한 백색의 작은 돌기도 형성되었다. 이것은 알루미늄판 표면이 공식에 의해 부식될 때 생성되는 알루미늄 이온과 수중의 인이 반응하여 흡착된 것으로 생각된다.

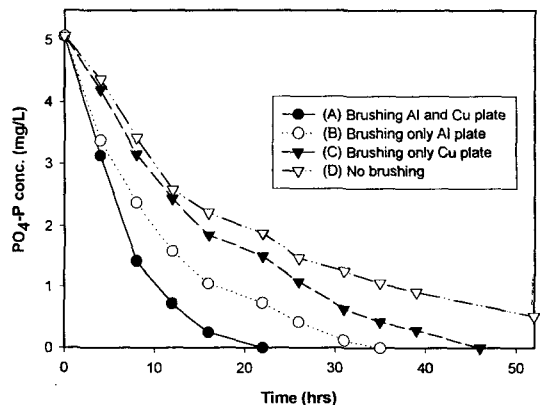


Fig. 2. Effect of surface condition of Al and Cu on $PO_4\text{-P}$ removal.

Reaction conditions ; initial $PO_4\text{-P}$ concentration : 5 mg/l, NaCl concentration : 0.4 g/l, Al and Cu plate surface area : 120 cm^2 and 30 cm^2 , pH : 6.

3.2. 구리판 및 NaCl의 영향

본 실험은 알루미늄의 공식을 일으키는 Cu^{2+} 와 Cl^- 의 이온 영향을 조사하기 위한 것이며, 그 결과는 Fig. 3과

같다.

실험방법은 3.1절과 같으며 실험조건으로서는 알루미늄판에 구리판, NaCl을 첨가한 계, 구리판만을 첨가한 계, NaCl만을 첨가한 계, 구리와 NaCl을 첨가하지 않은 계이다.

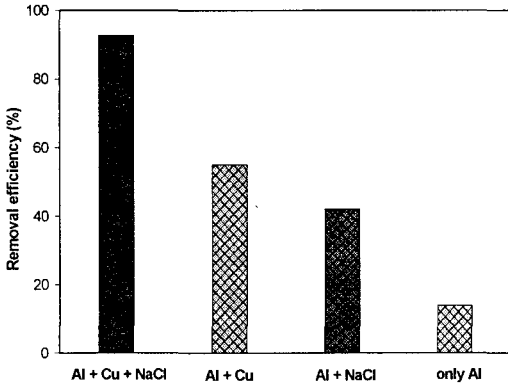


Fig. 3. Effects of Cu and NaCl on PO₄-P removal efficiency.

Reaction conditions ; initial PO₄-P concentration : 5 mg/l, NaCl concentration : 0.4 g/l, reaction time : 24 hrs, Al and Cu plate surface area : 120 cm² and 30cm², pH : 6.

24시간 반응 후의 인 제거효율을 보면 구리판과 NaCl 첨가계에서는 92%이나 구리판만을 첨가한 계에서는 55%, NaCl만을 첨가한 계에서는 42%, 구리판과 NaCl을 첨가하지 않은 계에서는 13%이었다. 따라서 구리판과 NaCl을 모두 첨가한 계에서 인 제거효율이 가장 높았고, 그 다음으로 구리판 첨가계, NaCl 첨가계 순이었다. 이와 같이 알루미늄판을 부식시키는 데에는 구리판과 NaCl을 모두 첨가하는 것이 가장 바람직하나 구리판 또는 NaCl만 첨가하더라도 인이 제거되는 것으로 나타났다.

공식이 일어나기 위한 조건으로는 국부적으로 파괴하는 작용을 가진 음이온의 존재이며, 이와 같은 음이온으로서 Cl⁻이 일반적으로 고려되지만 不動態(passive state)를 강화시키는 음이온과 Cl⁻만으로는 공식이 일어나지 않으며, Cl⁻만으로 공식이 일어나도록 하려면 산화제를 가하여 Al의 전위를 상승시키는 것이 필요하다. 전위가 상승되면 부동태 피막의 국부에 Cl⁻이 치환 침입하여 그 보호성을 저하시키고, Cl⁻가 있으면 AlCl₃이 만들어지게 되는데, 이 때문에 피막의 보수가 일어나지 않아 일단 부식이 시작되면 계속 진행되어 결국에는 커다란 공식에 이르는 것으로 알려져 있다.²⁰⁾ 그러나 본 실험에서 Cl⁻만으로도 인이 제거되는 것은 실험초기에 알루미늄판의 피막을 브러쉬로 제거하였기 때문인 것으로 생각된다. 한편, Cu²⁺이 없어도 공식은 일어나며, Cu²⁺는 Al위에 석출되어 공식의 원인이 되므로 미량이라도 문제가 되는 것으로 알려져 있다.²⁰⁾ 본 실험에서 구리판만을 첨가하더라도 인이 제거되는 것은 이러한 사실에 기인되

며, 또한 NaCl이 동시에 첨가되면 보다 효율적으로 인이 제거되는 것으로 생각된다.

3.3. pH의 영향

금속 인산염의 용해도는 pH에 의존하기 때문에 인 제거 반응을 원활히 일어나도록 하기 위해서는 pH를 제어할 필요가 있다. 小川²¹⁾은 분뇨의 탈인에서 알루미늄에 의한 응집분리법은 pH 5.5 ~ 6.5의 범위에서 수행하는 것이 효과적임을 나타낸 바 있다.

Fig. 4는 인 제거에 미치는 초기 pH의 영향을 나타낸 것으로서 각각의 pH에 있어서의 인 제거효율은 반응 24시간 후의 결과이다.

초기 pH는 3~9이며, pH 5일 때 제거효율은 95.5%로서 가장 높았고 그 다음으로 pH 6일 때 92.5%, pH 4일 때 83.6%, pH 3일 때 47.3%의 순이었다. 또한, pH 7, 8, 9에서의 인 제거효율은 각각 43.0, 35.3, 38.3%이었다. 따라서 pH 5와 6일 때 90%이상의 매우 높은 제거효율을 나타내었다. 官崎 등¹⁰⁾은 전기분해를 이용한 인의 고도처리에서 알루미늄 이온과 인산 이온과의 응집에 있어서 최적 pH는 6부근이며, 효율적으로 인을 제거하기 위해서는 pH를 조절할 필요가 있음을 보고한 바 있다. 그리고 近藤 등¹⁶⁾은 페알루미늄 겐을 점착제로 사용한 인 제거에 관한 기초 실험에서 pH가 4~5일 때 수중의 인이 AlPO₄의 형태로 침전되어 제거된다고 보고하였다.

본 실험에서도 알루미늄염 또는 알루미늄체에 의한 다른 연구자들의 연구에서와 같이 비슷한 pH 범위에서 인 제거율이 매우 높음을 알 수 있었다.

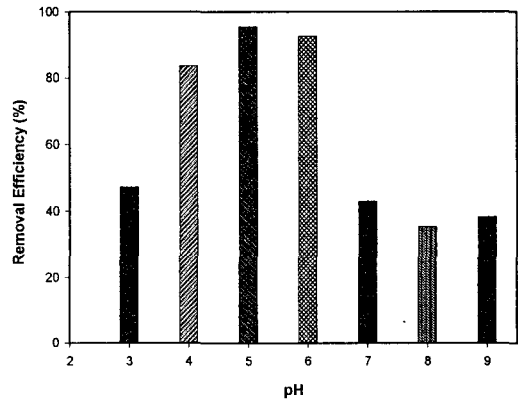


Fig. 4. Effect of pH on PO₄-P removal efficiency.

Reaction conditions ; Initial PO₄-P concentration : 5 mg/l, NaCl concentration : 0.4 g/l, reaction time : 24 hrs, Al and Cu plate surface area : 120 cm² and 30cm².

3.4. 염화물 농도의 영향

부식이 진행되는 조건으로서는 용존산소 농도, pH, 온도 및 염화물 농도 등을 들 수 있다.²⁰⁾ 본 실험에서는 염화물로서 NaCl의 농도를 달리하였을 때 그 농도에 따른 인 제거 효율을 조사하였으며, 그 결과는 Fig. 5와 같다.

실험조건은 3.1절과 같으며 수용액 중의 NaCl농도는 각각 0.08, 0.16, 0.4, 1.0, 2.0 g/l 이다. NaCl농도 2.0 g/l 에서는 5 mg/l 의 인을 제거하는데 5시간정도 걸렸으나 NaCl농도 1.0, 0.4, 0.16, 0.08 g/l 에서는 각각 12시간, 24시간, 26시간, 34시간 정도 소요되어, NaCl농도가 높을수록 수용액 중의 인이 빠른 시간내에 제거됨을 알 수 있었다. 한편, NaCl을 첨가하지 않은 계에서도 인이 제거되었으나 5 mg/l 의 인을 제거하는데는 약 39시간 걸렸다. 이와 같이 염화물 농도가 높을수록 인 제거 시간이 빠른 것은 임 등²⁰⁾의 보고에서와 같이 수용액의 전도도 증가에 따른 부식반응의 가속화 및 Cl⁻에 의해 알루미늄 피막이 파괴되기 때문인 것으로 사료된다.

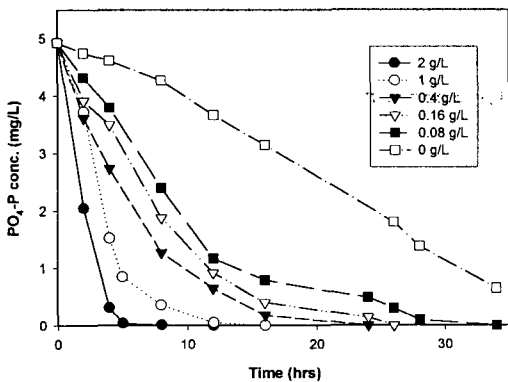


Fig. 5. Effect of NaCl concentration on PO₄-P removal. Reaction conditions ; initial PO₄-P concentration : 5 mg/l , Al and Cu plate surface area : 120 cm² and 30 cm², pH 6.

3.5. 알루미늄판 표면적의 영향

알루미늄판 표면적이 인 제거효율에 미치는 영향을 조사하고자 행한 실험은 3.1절과 같으며, 표면적이 각각 15, 60, 120, 180cm² 인 알루미늄판을 반응조내에 넣었다. 실험결과는 Fig. 6에 나타내었다. 알루미늄판 표면적이 120, 60 cm²일 때 수중의 인은 각각 24, 28시간만에 완전히 제거되었다. 표면적이 30 cm²와 15 cm²인 알루미늄판을 사용하였을 때에는 반응 36시간 동안 각각 약 4.7 mg/l 와 2.5 mg/l 이 제거되었으며, 알루미늄판의 표면적이 넓을수록 수용액 중의 인이 빠르게 제거되었다. 한편, 알루미늄판의 단위 표면적당, 단위 시간당의 인 제거를 보면 알루미늄판 표면적이 120, 60, 30, 15cm² 일 때 각각 1.74, 2.98, 4.35, 4.63 μg/cm² · hr로서 알루미늄판 표면적이 작을수록 단위 표면적당, 단위 시간당 인 제거속도는 빨랐다.

3.6. 구리판 표면적의 영향

Al을 강하게 하는 합금원소로서는 Cu, Mg, Zn, Si 등이 있다. 이들 중 Cu가 가장 강력한 합금을 만들며, 내식성을 가장 나쁘게 하는 원소도 Cu여서 공식을 심화시키기도 한다. 또한 알루미늄의 부식을 일으키는데 주의를

요하는 이온으로는 양이온으로 Cu²⁺와 Hg²⁺, 음이온으로 OH⁻, Cl⁻가 있으며, 이 중 Cu²⁺는 Al위에 석출되어 공식의 원인이 되는 것으로 알려져 있다. 본 실험에서는 구리판 표면적을 달리하였을 때의 인 제거효율을 조사하였으며, 결과는 Fig. 7과 같다.

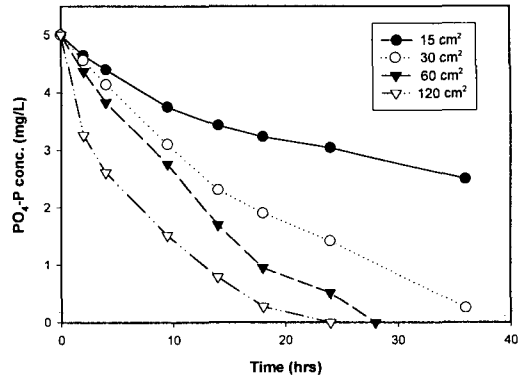


Fig. 6. Effect of surface area of Al on PO₄-P removal. Reaction conditions ; Initial PO₄-P concentration : 5 mg/l , NaCl concentration : 0.4 g/l , Cu plate surface area : 30 cm², pH : 6.

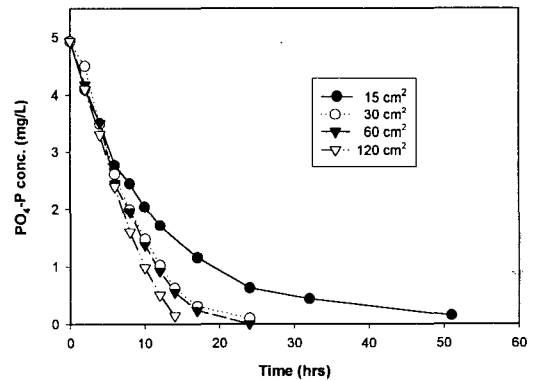


Fig. 7. Effect of surface area of Cu on PO₄-P removal. Reaction conditions ; initial PO₄-P condition : 5 mg/l , NaCl concentration : 0.4 g/l , Al plate surface area : 120 cm², pH : 6.

실험조건은 3.1절과 같으며 단, 구리판의 표면적은 각각 120, 60, 30, 15cm²이다. 표면적이 각각 120, 60, 30, cm²인 구리판을 사용하였을 때 5 mg/l 의 인을 제거하는데 각각 14시간, 24시간, 24시간 정도 소요되었으나, 표면적이 15cm²인 경우에는 51시간 동안 약 4.8 mg/l 정도의 인이 제거되어 구리판 표면적이 넓을수록 짧은 시간내에 인이 제거되었다. 본 실험 조건에서는 구리판 표면적이 30cm²이상이면 24시간 이내에 수용액 중의 인(5 mg/l)을 제거할 수 있는 것으로 판단되며, 이는 구리판 표면적이 넓으면 수중에 구리 이온이 많이 용출되어 알루미늄

농도의 부식을 가속시키기 때문인 것으로 사료된다.

3.7. 황산구리용액의 영향

구리판 대신에 황산구리($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)용액을 투여하였을 때 그 농도에 따른 인 제거효율을 조사하였으며, 그 결과는 Fig. 8에 나타내었다. 실험조건은 3.1절과 같으며 구리판 대신에 황산구리용액을 각각 Cu농도로서 0.1~5 mg/l 이 되도록 투여하였다.

Cu농도를 5.0, 2.5, 1.0, 0.5 mg/l로 투여하였을 때 수용액 중의 인이 완전히 제거되는 시간은 각각 16, 18, 26, 32시간이었으며, Cu농도가 0.1 mg/l일 때는 반응 75시간에 약 4 mg/l의 인이 제거되었다. 구리판을 넣었을 때와 마찬가지로 수용액 중의 구리 농도가 높을수록 인 제거 속도가 빨랐으나, 투여된 Cu농도에 비례하여 인이 빨리 제거되지는 않았다. 따라서 구리판 대신에 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 로 조제한 구리용액을 사용하더라도 인이 제거될 수 있음을 알 수 있었다.

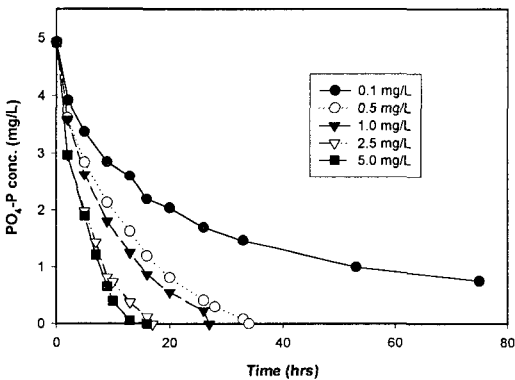


Fig. 8. Effect of Cu concentration on $\text{PO}_4\text{-P}$ removal. Reaction conditions ; initial $\text{PO}_4\text{-P}$ concentration : 5 mg/l, NaCl concentration : 0.4 g/l, Al plate surface area : 120 cm^2 , pH : 6.

3.8. 인 농도의 영향

실험조건 NaCl 0.4 g/l, pH 6.0, 구리판 표면적 30 cm^2 , 알루미늄판 표면적 60 cm^2 에서 인 농도에 따른 인 제거 효율을 조사하였으며, 그 결과는 Fig. 9와 같다.

수용액 중의 인 농도가 2.5 mg/l와 5 mg/l일 때에는 각각 12시간과 24시간만에 완전히 제거되었으나, 인 농도가 10 mg/l와 20 mg/l일 때는 반응시간 100시간일 때까지 인이 완전히 제거되지 않았으며 각각 0.40, 1.90 mg/l가 수용액 중에 남아 있었다. 한편, 단위 시간당의 인 제거량은 초기 인 농도 2.5, 5, 10, 20 mg/l일 때 각각 0.146, 0.146, 0.067, 0.127 mg- $\text{PO}_4\text{-P/hr}$ 로서 5 mg/l까지는 수중의 인이 완전히 제거되기 때문에 단위 시간당 인 제거량이 일치하지만 10 mg/l 이상에서는 수중의 인이 완전히 제거되지 않았기 때문에 단위시간당 인 제거량이 다르게 나타난 것으로 생각된다.

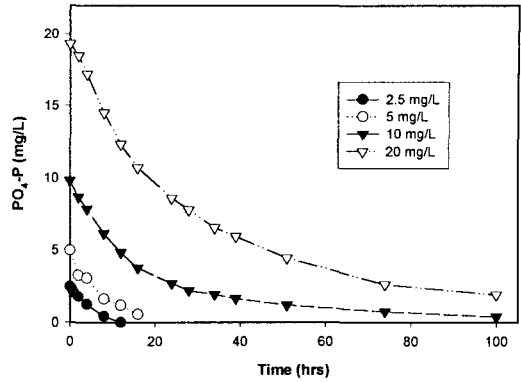


Fig. 9. Effect of $\text{PO}_4\text{-P}$ concentration on $\text{PO}_4\text{-P}$ removal.

Reaction conditions ; NaCl concentration 0.4 g/l, Al and Cu surface plate area :120 cm^2 , 30 cm^2 , pH : 6.

3.9. 연속식 실험에 의한 인 제거

Fig. 10은 연속식 실험에 의한 인 제거를 나타낸 것이다. HRT는 실험기간 동안 48시간으로 하였으며 실험초기에는 알루미늄판 8개와 구리판 3개를 넣고 실험하였다. 실험개시 후 17일 동안 유출수의 $\text{PO}_4\text{-P}$ 농도는 0.69~1.9 mg/l까지 변동하였으나, $\text{PO}_4\text{-P}$ 농도가 2 mg/l을 넘지지는 않았다. 이 때의 $\text{PO}_4\text{-P}$ 평균 농도는 약 1.23 mg/l로서 제거효율은 약 75.4%를 나타내었다. 실험 18일째에는 반응조 안에 알루미늄판 1개를 더 첨가하였으며 이때 유출수의 평균 인 농도는 0.24 mg/l까지 떨어졌으나 약 1주일 후에는 다시 인 농도가 증가하는 경향을 보였다. 반응 27일째는 알루미늄판에 형성된 백색의 소형물질을 제거하였는데, 이로 인해 인 농도가 약간 낮아지는 경향을 나타내었으며, 이 때 유출수의 평균 인 농도는 1.2 mg/l

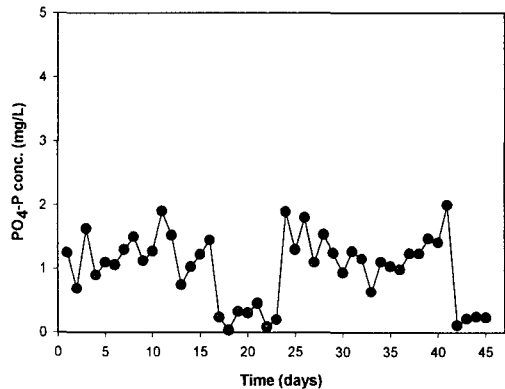


Fig. 10. Variation of $\text{PO}_4\text{-P}$ concentration in effluent during the continuous treatment.

Reaction conditions : influent $\text{PO}_4\text{-P}$ concentration : 5 mg/l, NaCl concentration : 0.4 g/l, pH : 6, initial HRT : 48hrs.

(평균 제거효율은 76%)이었다. 반응 41일째에는 반응조 안에 알루미늄판과 구리판을 각각 1개씩을 첨가한 결과, 유출수의 인 농도는 0.1 mg/l 까지 낮아졌으며, 이 때의 평균 인 농도는 약 0.21 mg/l 로서 평균 제거효율은 95.8%를 나타내었다.

이와 같이 유입수의 인 농도 5 mg/l 를 연속식으로 처리하면 적어도 유출수의 인 농도 2 mg/l 까지는 제거할 수 있으며, 알루미늄판 또는 구리판을 첨가하면 인 제거효율이 훨씬 증가함을 알 수 있었다. 또한 반응 중에 알루미늄판에 형성되는 백색의 소형물질(인 침전물질로 추정)을 제거하면 반응면적이 증가하여 인 제거효율을 다소 증가시킬 수 있을 것으로 예상된다.

4. 결 론

알루미늄과 구리의 전기 화학적 작용(공식)으로 발생하는 알루미늄 이온을 이용하여 수중의 인을 제거하기 위한 기초실험을 회분식과 연속식으로 수행하였다. 철재 브러쉬로 알루미늄판 표면의 보호피막을 제거하였을 경우에 인이 효율적으로 제거되었으며, 알루미늄판이 들어 있는 반응조에 구리판과 NaCl을 함께 넣었을 때 역시 인 제거효율이 증가하였다. 인을 제거하기 위한 최적 pH는 5와 6이었다. NaCl의 농도가 증가할수록 또한 알루미늄판과 구리판의 표면적이 넓을수록 인 제거효율이 높았고, 구리판 대신에 Cu원으로서 $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ 를 사용할 수 있었다. 연속실험에서는 약 45일 동안 HRT 48시간에서 유출수의 PO_4-P 농도 2 mg/l 를 얻을 수 있었다.

감사의 글

이 연구는 1998년도 조선대학교 교수해외파견 연구비의 지원을 받아 연구되었으며, 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- 1) 大森英昭, 1996, 浄化槽に適用された 汚水 処理技術の 變遷と 課題, 水環境學會誌, 19(3), 8~12.
- 2) 北尾高嶺, 1996, 小型 合併處理 浄化槽の開發經緯と その技術, 水環境學會誌, 19(3), 13~19.
- 3) 稻森悠平, 須藤隆一, 1996, 高度處理 對應型 浄化槽の 開發, 水環境學會誌, 19(3), 20~30.
- 4) 稻森悠平, 須藤隆一, 1981, 小規模 合併處理 浄化槽における 流量調整機能の 重要性について, 月刊生活排水, 11(1), 1~7.
- 5) 小川雄比古, 田所正晴, 大野 茂, 1995, 小型 合併處理 浄化槽の 處理機能の 高度化, 用水と廢水, 37(11), 10~15.
- 6) 山本泰弘, 廣野一郎, 1994, 流量調整 自動制御 方式

嫌氣ろ床・生物ろ過法の 實施設における BOD, 窒素 除去特性の評價解析からみた 高度處理能, 第28回 日本 水環境學會年會講演集, 672~673.

- 7) 井村正博, 佐藤吉彦, 鈴木榮一, 後藤雅司, 1994, 流量 調整 嫌氣好氣 循環ろ床方式 小型 合併浄化槽による 高度處理, 浄化槽研究, 6(1), 23~33.
- 8) 稻森悠平, 松重一夫, 須藤隆一, 1988, 嫌氣性條件を 組み込んだ 小規模 合併處理 浄化槽における脱窒・脱リン, 用水と廢水, 30(4), 54~60.
- 9) Grøterud, O. and L. Smoczyński, 1986, Phosphorus removal from water by means of electrolysis, Water Res., 20(5), 667~669.
- 10) 宮崎 清, 吉村 廣, 山本淳, 近藤基一, 1993, 電氣分解 を利用した リンの 高度除去, 資源環境対策, 29(11), 1044~1056.
- 11) 伊与 亨, 吉野常夫 大野 茂, 關 幸雄, 1996, アルミニウム 接觸材を用いた 接觸 曝氣法の 基礎性能, 用水と廢水, 38(8), 24~29.
- 12) 伊与 亨, 吉野常夫 大野 茂, 關 幸雄, 1996, アルミニウム 接觸材を用いた 小型 合併處理 浄化槽の 處理性能, 用水と廢水, 38(9), 24~32.
- 13) 伊与亨, 吉野常夫, 大野茂, 關幸雄, 1996, アルミニウム 接觸材の 組込みによる 既存小型合併 浄化槽の リン除去 性能向上, 用水と廢水, 38(12), 27~34.
- 14) 伊与 亨, 島村匡, 山海敏弘, 稻森悠平, 1998, アルミニウム 電解法の リン 除去 特性に 及ぼす 電解装置の 仕様 および 操作條件の 影響, 用水と廢水, 40(3), 38~44.
- 15) 황규대, 김민호, 조철휘, 1997, 철의 전기분해를 이용한 활성슬러지 공정에서 돈사폐수의 인 제거 및 질 산화, 대한환경공학회, 19(10), 1333~1344.
- 16) 近藤基一, 山本淳, 熊成一男, 松永和義, 森忠繁, 1992, 廢アルミニウムを接觸材として用いた リン 除去に 關する 基礎的實驗, 浄化槽研究, 4(2), 15~21.
- 17) 近藤基一, 山本淳, 熊成一男, 松永和義, 森忠繁, 1996, 好氣ろ床ろ材に廢 アルミニウムを用いた硝化液循環方式による有機物, 窒素, リンの同時除去, 浄化槽研究, 8(2), 3~12.
- 18) 日本化學會編, 1987, 腐蝕と防蝕, 日本圖書, 82pp.
- 19) 김중택, 1997, 수질오염공정시험법해설, 신광출판사, 276pp.
- 20) 임우로, 양락희, 인현만, 이진열, 1990, 부식과 방식, 원창출판사, 24~39pp.
- 21) 小川雄比古, 1980, し尿の 脱リン, 用水と廢水, 22(8), 96~107.