

생물학적 처리공정에서 응집제 사용에 따른 미생물 활성화도 영향

Effect of Microbial Activity by Using the Coagulants in the Biological Treatment Process

한승우[†] · 천미희* · 박준민** · 강동효** · 강임석***
Seung woo Han[†] · Mi hee Chun* · Jun min Park** · Dong hyo Kang** · Lim seok Kang***

(주)수엔텍 · *울산과학대학 종합환경분석센터 · **부산환경공단 · ***부경대학교 환경공학과
SU En Tech Co., Ltd.

*Total Environmental Analysis Center, Ulsan College

**Environmental Research Center, Busan Environmental Corporation

***Department of Environmental Engineering, Pukyong National University

(2011년 12월 8일 접수, 2012년 1월 12일 채택)

Abstract : Alum contained dominantly the monomeric aluminum species, and PAC contained the polymeric aluminum species. Both Alum and PAC has been improved removal of TP with increasing coagulant dose. Coagulant used directly influenced the microbial activity. Impact on microbial activity, the PAC was smaller than Alum. And impact on microbial activity and population according to the return sludge appeared to be minor.

Key Words : Alum, PAC, Phosphorus, Microbial Acitivity

요약 : Alum은 단분자성 알루미늄이 주종이었고, PAC는 고분자성 알루미늄을 함유하고 있었다. Alum과 PAC 모두 응집제 주입에 따른 총인 제거는 향상되었다. 응집제 사용은 미생물 활성화도에 영향을 미치는 것으로 나타났다. Alum에 비해 PAC가 미생물 활성화도에 대한 영향을 적게 미치는 것으로 나타났다. 그리고 슬러지 반송에 따른 미생물 활성화도와 개체수에 대한 영향은 미미한 것으로 나타났다.

주제어 : Alum, PAC, 총인, 미생물 활성화도

1. 서론

하천수계내에서의 유기물질 증가는 생활하수 · 산업폐수 · 축산분뇨 등에서 발생하는 점오염원과 산림 · 농경지 · 도시 등에서 발생하는 비점오염원이 오염원 발생의 주원인이지만, 조류 및 수생식물이 생산하는 수계내에서의 자체 생산 유기물질량이 전체 발생유기물질 부하량의 약 25~30%로 추정되고 있다¹⁾. 그러므로 공공수역의 수질관리에 대한 문제점으로 나타나는 유기물질을 제어하기 위해서는 조류 성장 제한 인자인 총인에 대한 처리강화가 요구되고 있다. 이에 따라 우리나라 하천 및 호소에서 조류성장의 제한인자로 작용하고 있는 총인 관리를 위한 기존 하수처리시설에 총인 처리시설을 신규로 설치하여 공공수역 수질 개선 필요성의 제기에 따라 화학적 응집을 이용한 인의 화학적 처리에 대한 다양한 검토가 이루어지고 있다.²⁾

인은 비교적 용해도가 낮아 수중에서 침전물(precipitate)의 생성이 용이하다.³⁾ 따라서 생물학적인 처리공정에서 인의 처리는 미생물에 흡수된 형태로 제거되어 지며, 화학적인 처리공정에서는 응집제와 화학적 또는 물리적으로 결합된 침전물의 형태로 제거되어 진다.⁴⁾ 저농도의 인을 효과적으로 제거하기 위해서는 일반적으로 생물학적 처리공정보다는 물

리 · 화학적 처리공정인 응집-침전 또는 응집-여과 설비로 효과적인 인의 처리가 가능하며, 유입수질의 변동에 능동적으로 대처할 수 있는 특징을 가지고 있다.⁵⁾

대부분의 하수처리장에서는 생물학적인 고도처리를 통해 인을 제거하고 있으나, 계절의 변화에 따른 미생물 활동성의 변화가 심하여 인의 처리정도에 대한 대응이 어려운 실정이다. 이에 따라 인의 처리를 위해 응집제를 사용한 화학적 처리를 병행하여 사용하고 있다. 응집제의 주입위치는 생물학적 처리의 반응조와 생물학적 처리 후(최종 침전지 유입부)로 구분할 수 있으며, 대부분의 하수처리장에서는 생물학적 처리 후(최종 침전지 유입부)에 응집제를 주입하여 인을 처리하고 있다.

이와 같은 생물학적 반응조 및 최종 침전지 유입부에 응집제를 주입하는 경우에 있어서 응집제에 의한 처리효율 개선과 경제성이 높은 장점을 가지고 있으나, 미생물에 영향을 주는 문제가 발생할 수 있다. 최정수 외⁶⁾ 및 Liu 등⁷⁾의 연구에 따르면 생물학적 하수처리공정에서의 직접적인 응집제 사용에 따른 미생물 활성화도의 감소현상이 나타남을 알 수 있다. 하지만, 대부분의 하수처리장에서는 생물학적 처리 후(최종 침전지 유입부)에 응집제를 주입하여 사용하므로 최종 침전지에서 응집제 사용후 발생된 슬러지의 반송에 따른 미

[†] Corresponding author E-mail: wonidaddy@hanmail.net Tel: 051-624-6243 Fax: 051-624-6244

생물 활성도 등의 미생물 저해영향에 대한 연구는 전무한 실정이며, 이에 따른 연구가 필요하다 할 수 있다.

이에 따라 본 연구에서는 2012년부터 강화되는 하수처리 방류수의 수질기준을 만족하기 위하여 액체황산알루미늄(Alum)과 폴리염화알루미늄(PAC) 응집제를 사용하여 총인 제거효율에 따른 응집제 주입량을 결정하고, 총인의 수질기준을 만족하기 위한 응집제 사용에 따른 미생물 활성도 등에 미치는 영향을 분석하여 생물학적 하수처리공정 운영의 안정성을 확보하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 응집실험

응집실험에 사용된 응집제는 수처리 현장에서 일반적으로 사용되는 Alum과 PAC를 사용하였다. PAC는 Al (III) 용액에 염기를 첨가하여 알루미늄을 미리 가수분해시켜 제조된 제품이며, 고분자성 알루미늄을 다량 함유하고 있는 알루미늄계 응집제이다. 그리고 Alum은 수산화알루미늄과 황산을 이용하여 제조된 제품으로 주로 단분자성의 알루미늄이 주종을 이루고 있는 응집제이다. 이들 응집제에 대한 특성 분석은 수처리제의 기준과 규격 및 표시기준⁸⁾과 착화합제와 반응물에 기초한 Ferron 분석법⁹⁻¹⁴⁾을 이용하였다.

응집실험은 Jar tester를 이용하였으며, 응집실험에서의 응집제별 주입농도는 Alum과 PAC를 각각 30, 50, 70, 100 mg/L 주입하여 응집실험을 실시하였다. 응집실험에 사용된 교반속도는 급속혼합 250 rpm (평균속도경사, $G = 550 \text{ sec}^{-1}$)과 완속혼합 30 rpm ($G = 22 \text{ sec}^{-1}$)이었으며, 교반시간은 각각 1분과 30분으로 유지하였고 교반 후 침전시간은 1시간으로 하였다. 침전 후 수면아래 10 cm 지점의 채수구를 통하여 채수한 다음 T-P 분석을 실시하였으며, 총인에 대한 수질분석은 Standard methods¹⁵⁾에 준하였다.

본 연구에서 사용된 대상 시료는 부산시 A 하수처리장의 최종 침전지 유입 직전의 폭기조 물을 채수하여 침전시킨 후 상정수를 대상 원수로 하였으며, 대상 원수의 수질은 Table 1과 같다.

2.2. 미생물 활성도 영향

미생물에 대한 활성도 영향을 살펴보기 위하여 비산소소비율(SOUR, Specific Oxygen Uptake Rate)을 이용하였으며, 비산소소비율은 미생물 활성도에 미치는 영향을 객관적으로 판단할 수 있는 지표로서 활용이 가능하기 때문이다⁶⁾. 그리고 미생물에 대한 활성도 영향을 살펴보기 위해 응집제 직접 사용 및 응집 침전된 슬러지의 반송에 따른 미생물 개체

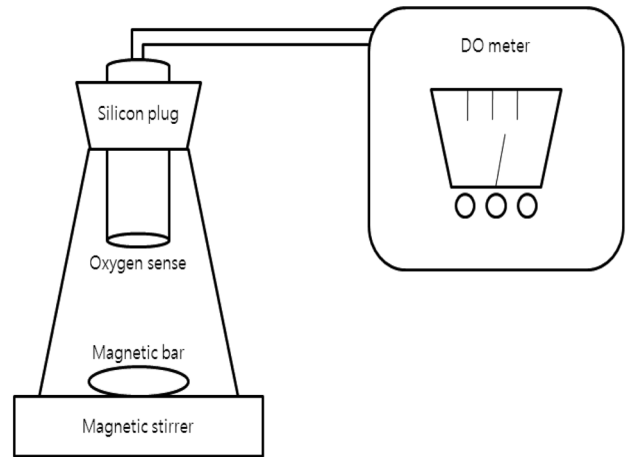


Fig. 1. Schematic diagram of oxygen consumption rate experiment.

수 분석을 이용하였다.

응집제 사용에 따른 미생물에 미치는 영향을 분석하기 위하여 Fig. 1과 같은 산소소비율 장치를 이용하였다. 산소소비율 측정은 우선 폭기조 혼합액 1 L를 삼각플라스크에 넣고 20분간 침전시킨 후 상등액을 분리하였다. 분리된 상등액은 용존산소가 약 5 mg/L 이상이 되도록 10분간 150 rpm으로 와동 혼합하고, 포화된 상등액과 침전 슬러지를 다시 혼합하여 300 mL 삼각플라스크에 채우고 DO 전극이 삽입된 실리콘마개로 공기가 들어가지 않도록 밀폐하였다. 마그네틱 스티를러를 이용하여 충분히 교반하면서 시간경과에 따른 용존산소 변화를 측정하였다. 이때 용존산소 변화에 따른 단위 시간당 이용되는 용존산소 농도를 산정하여 산소이용속도(r_t , $\text{mgO}_2/\text{L} \cdot \text{hr}$)를 구하고, 활성슬러지 미생물(MLVSS)에 대한 산소이용속도계수(K_r , $\text{mgO}_2/\text{g} \cdot \text{MLVSS} \cdot \text{hr}$)를 산출하여 비산소소비율(SOUR) 값으로 이용하였다. 산소소비율 측정에서 사용된 침전슬러지에 응집제를 직접 투입하여 응집제의 직접 사용에 따른 미생물의 산소소비율을 측정하였다. 또한 반송슬러지에 대한 영향을 살펴보기 위하여, 폭기조 혼합액에 응집제를 투입하여 응집시킨 슬러지를 25%와 50%를 침전슬러지에 투입하여 산소소비율을 측정하였다.

미생물 개체수 분석은 Colony counter (C-CO₃, Chang-shin scientific)를 이용하였으며, 활성슬러지 호기성 박테리아의 균수를 통해 응집제의 직접 영향과 응집 침전된 슬러지 반송에 따른 영향을 살펴보았다. 균수 측정은 시료를 10배수로 순차적으로 희석하여 각각 1 mL 취하여 2배 1조로 페트리 디쉬에 넣고 약 15 mL의 R2A배지를 무균적으로 부은 후 시료와 배지를 혼합한다. 배지가 응고된 후 $20 \pm 1^\circ\text{C}$ 에서 72 ± 3 시간 배양하여 집락수를 계수하여 응집제의 직접 영향과 응집 침전된 슬러지의 반송에 따른 영향을 살펴보았다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 응집실험

응집실험에 사용된 Alum과 PAC 응집제에 대한 특성 분

Table 1. Characteristics of effluent of aeration tank at a A sewage treatment plant in Busan

pH	Turbidity (NTU)	Alkalinity (mg/L)	T-P (mg/L)
6.9~7.2	1.5~3.0	100~120	2~3.5

석에서 수처리제의 기준과 규격 및 표시기준⁸⁾에 의한 Al₂O₃, pH, 염기도의 분석결과는 Table 2와 같으며, 착화합제와 반응물에 기초한 Ferron 분석법⁹⁻¹⁴⁾을 결과는 Table 3과 Fig. 2와 같이 나타났다.

Table 2의 결과에서 나타난 바와 같이 Alum의 경우 Al₂O₃ 함량이 8.1%를 함유하고 있으며, 염기도는 나타나지 않았다. 그리고 PAC는 Al₂O₃ 함량을 10.5%로 Alum에 비해 많은 Al 함량을 함유하고 있었으며, 염기도는 39.2%를 함유하고 있어 응집제내 고분자성 Al (III)종을 함유하고 있음을 알 수 있다. 이는 Table 3과 Fig. 2의 Ferron 분석⁹⁻¹⁴⁾에 따른 응집제내의 알루미늄 종 분포를 통해 확인할 수가 있다. Table 3과 Fig. 2에서 나타난 바와 같이 Alum의 경우 monomeric Al (III)종 98.0%, polymeric Al (III)종은 1.2%, precipitate Al (III)종 0.8%로 주로 단분자성의 알루미늄이 주종을 이루고 있는 응집제로 판단되었다. 그리고 PAC의 경우 monomeric Al (III)종은 66.7%, polymeric Al (III)종은 28.8%, precipitate Al (III)종은 4.5%로 나타나 고분자성 알루미늄을 함유하고 있는 알루미늄계 응집제임을 확인할 수 있었다.

Fig. 3은 Alum과 PAC 응집제를 이용한 응집제 주입량에 따른 응집실험결과를 나타낸 것으로, 응집제 주입량이 증가함에 따른 총인의 제거는 향상되는 것으로 나타났다. 응집제 주입량에 따른 총인의 제거는 응집제 주입량이 증가함에 따라 향상되는 것으로 나타났다. 그리고 Alum에 비하여 PAC

Table 2. Characteristic of Alum and PAC coagulants

Coagulant	Al Conc. (M)	Al ₂ O ₃ (%)	Basicity(%)	pH	Density
Alum	1.96	8.1	-	2.90	1.310
PAC	2.55	10.5	39.20	4.02	1.237

Table 3. Al species contents of Alum and PAC coagulants

Coagulant	Monomeric Al (%)	Polymeric Al (%)	Precipitate Al (%)
Alum	98.0	1.2	0.8
PAC	66.7	28.8	4.5

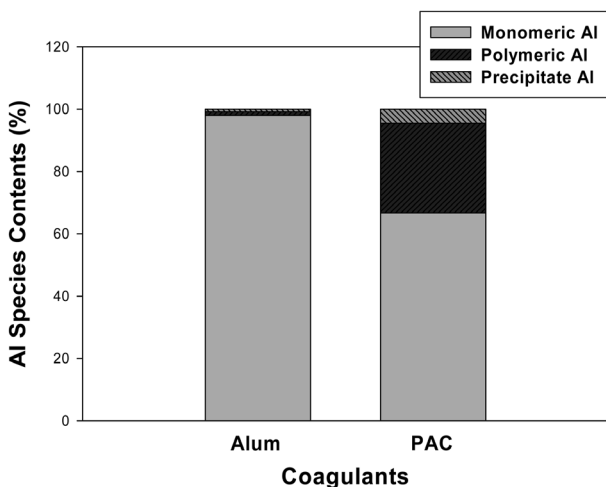


Fig. 2. Distribution of Al (III) species for hydrolysis products of Alum and PAC coagulants.

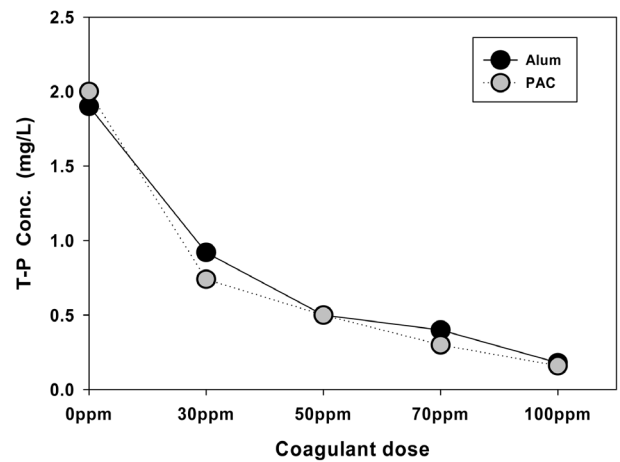


Fig. 3. Variation of T-P with coagulants (alum and PAC) and doses.

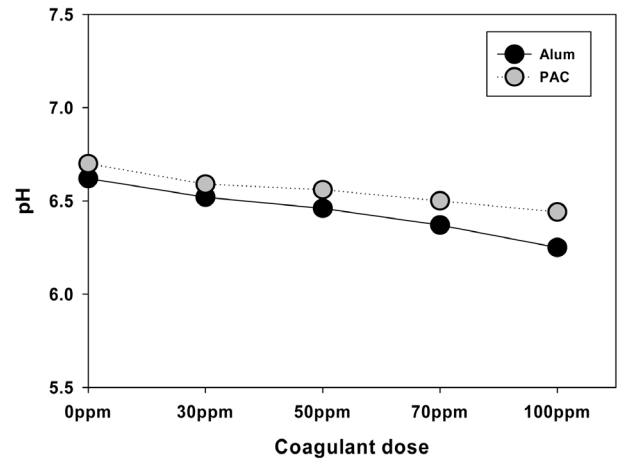


Fig. 4. Variation of pH with coagulants (alum and PAC) and doses.

응집제의 경우에서 비슷하거나 다소 나은 총인의 수질을 확보할 수 있는 것으로 나타났다. 이는 수중에 존재하고 있는 입자상 물질에 함유된 인 성분이 응집작용에 같이 작용된 것으로 판단된다.

Fig. 4는 응집제 주입량에 대한 pH의 변화를 나타낸 것으로, 사용되는 응집제는 산성의 액성을 유지함에 따라 응집제를 주입에 따라 pH가 낮아질 수가 있다. 응집제 주입량에 따른 pH 변화 정도를 살펴볼 필요성이 제기됨에 따라 Alum과 PAC 응집제에 대한 응집제 주입량에 대한 pH의 변화를 살펴 본 것이다. Fig. 4에서 나타난 바와 같이 응집실험에서 사용된 응집제 모두 주입량을 증가함에 따라 pH는 낮아졌다. Alum과 PAC 응집제를 비교하여 보면, PAC의 경우 Alum에 비하여 pH가 낮아지는 폭이 줄어들음을 알 수 있다. 이는 PAC 응집제 내에 함유되어 있는 염기도에 따른 것으로 제조과정에 있어 미리 가수분해 되어진 고분자성 알루미늄 응집제이기 때문인 것으로 판단된다.

Fig. 5는 응집제 주입량에 대한 탁도의 변화를 나타낸 것이다. 본 연구에서 사용된 대상 시료는 최종 침전지 유입 직

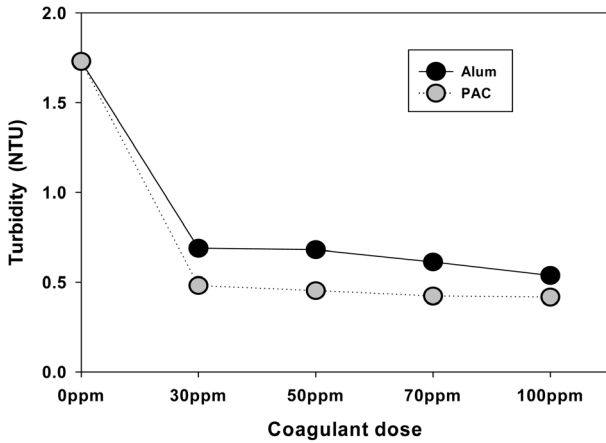


Fig. 5. Variation of turbidity with coagulants (alum and PAC) and doses.

전의 폭기조 물을 채수하여 침전시킨 후 상등수를 대상 원수로 사용하였으므로 상등수에 대한 응집 영향을 판단하기 위해 응집 후 탁도를 측정하여 Alum과 PAC 응집제에 대한 응집효율을 판단하였다.

Fig. 5에서 나타난 바와 같이 응집실험에서 사용된 응집제 모두 주입량을 증가함에 따라 탁도 개선 효과는 우수한 것으로 나타났다. Alum과 PAC 응집제를 비교하여 보면, PAC의 경우 Alum에 비하여 탁도 개선 효과가 우수한 것으로 나타났다. 이는 응집제 주입량에 따른 pH 변화폭이 적게 나타난 Fig. 4의 결과와 같이 PAC 응집제 제조과정에 있어 미리 가수분해 되어진 고분자성 알루미늄 응집제의 높은 전하중화와 sweep floc 형성 등으로 응집효율이 크게 나타나기 때문인 것으로 판단된다.

3.2. 응집제에 의한 미생물 활성도 변화실험

3.2.1. 응집제 직접 투입에 따른 미생물 활성도 변화

PAC와 Alum 응집제를 미생물에 직접 투입할 경우에 있어 응집제가 미생물에 미치는 영향을 살펴보았다. Fig. 6과 Fig. 7은 PAC와 Alum 응집제를 이용하여 응집제 주입량에 따른 DO의 변화를 각각 나타낸 것이다.

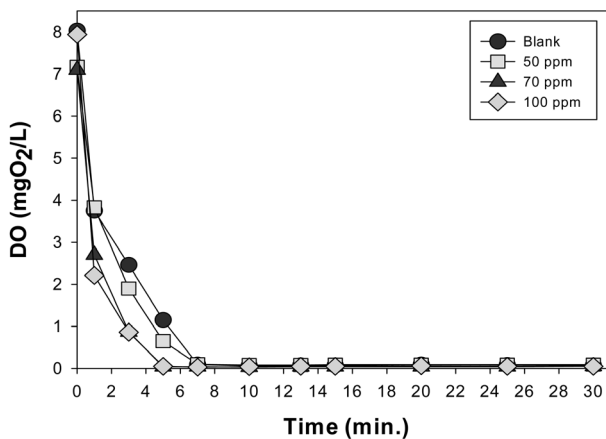


Fig. 6. Variation of DO by time with various PAC doses.

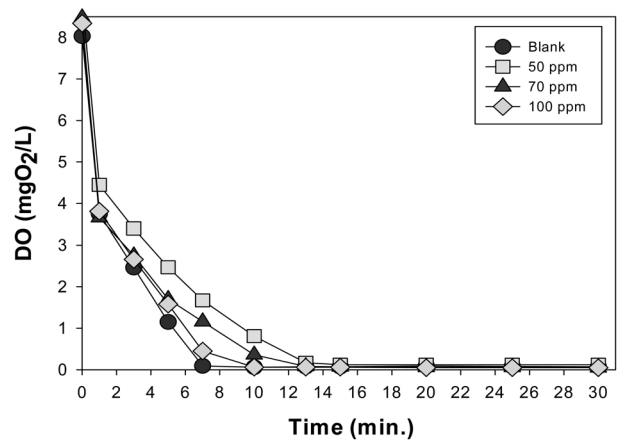


Fig. 7. Variation of DO by time with various Alum doses.

Fig. 6의 PAC 응집제를 사용한 경우에서 나타난 바와 같이 응집제를 투입하지 않은 경우와 응집제를 투입한 경우에 있어 시간 경과에 따른 용존산소 소모는 급격히 이루어지는 것으로 나타났으며, 7분 이내에 용존산소 소모가 다 이루어지는 것으로 나타났다. 또한 응집제를 투입하지 않은 경우 보다 응집제를 투입한 경우에 있어 용존산소 소모가 빨리 이루어졌으며, 응집제 주입량 증가에 따라 용존산소 소모가 빠른 것으로 나타났다.

그리고 Fig. 7의 Alum 응집제를 사용한 경우에서도 응집제를 투입하지 않은 경우와 응집제를 투입한 경우에 있어 시간 경과에 따른 용존산소 소모가 빠르게 이루어지는 것으로 나타났다. 또한 응집제를 투입하지 않은 경우 보다 응집제를 투입한 경우에 있어 용존산소 소모가 느리게 이루어졌으며, 응집제 주입량 증가에 따른 용존산소 소모는 빠른 것으로 나타났다.

활성슬러지 공정내 미생물은 폐수내 유기물을 섭취함에 따라 산소를 사용하게 된다. 미생물이 산소를 사용하는 율, 즉 산소소비율은 미생물의 활성도에 대한 척도로서 사용할 수 있는데, 높은 산소소비율 수치는 높은 미생물 활성도를 나타내며 낮은 산소소비율 수치는 낮은 미생물 활성도를 나타낸다.

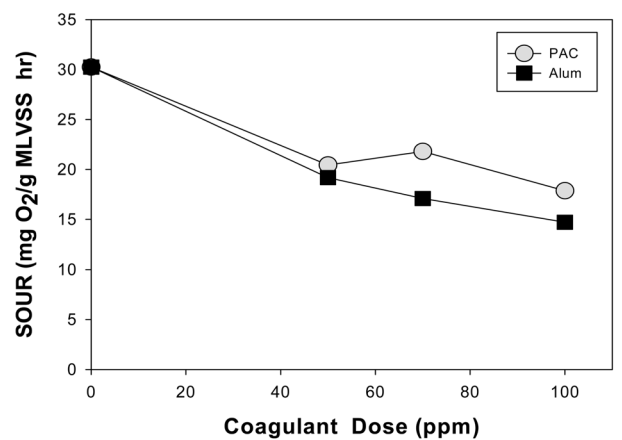


Fig. 8. Variation of SOUR with two coagulants (PAC and Alum) and doses.

타낸다.¹⁶⁾ 산소소비율을 미생물 농도(MLVSS)로 나누어 준 값을 비산소소비율(SOUR) 또는 호흡률(respiration rate)이라 한다. 비산소소비율은 단위시간 동안 단위 미생물에 의하여 소비된 산소의 양을 나타내며, mg O₂/g MLVSS/hr로 나타낸다.

PAC과 Alum 응집제를 이용하여 응집제 주입량에 따른 비산소소비율(SOUR)의 변화를 살펴본 결과 Fig. 8과 같이 나타났다. Fig. 8에 나타난 바와 같이 응집제를 주입한 경우 모두 응집제를 주입하지 않은 경우에 비해 낮은 비산소소비율(SOUR) 값을 나타내어 응집제에 의한 미생물 활성도 영향은 있는 것으로 판단된다. 응집제를 사용한 경우에 있어서는 PAC 응집제의 경우 Alum에 비하여 응집제 주입량에 따라 비산소소비율(SOUR) 값이 높게 나타나 Alum에 비해 PAC가 미생물 활성도에 대한 영향을 적게 미치는 것으로 판단된다.

3.2.2. 응집침전 슬러지의 반송(25%, 50%)에 따른 미생물 활성도 변화

PAC과 Alum 응집제를 이용하여 응집침전된 슬러지를 반송(25%, 50%)한 경우에 있어 슬러지에 함유되어 있는 응집제의 주성분인 알루미늄이 미생물에 미치는 영향을 살펴보았다. 우선, 응집침전된 슬러지를 반송(25%, 50%)에 따른 DO의 변화를 살펴보았는데 Fig. 9는 응집제를 사용하지 않은 경우에 있어서 응집침전된 슬러지의 반송(25%, 50%)에 따른 DO의 변화를 각각 나타낸 것이다. Fig. 9에서 나타난 바와 같이 반송률이 높은 경우에서 용존산소의 소모가 빨리 이루어짐을 알 수 있다. 이는 반송률 증가에 따른 미생물 농도가 많아짐에 따른 것으로 판단된다.

Fig. 10과 Fig. 11은 PAC 응집제를 사용하여 응집침전된 슬러지의 반송(25%, 50%)에 따른 DO 변화를 각각 나타낸 것이며, Fig. 12와 Fig. 13은 Alum 응집제를 사용하여 응집침전된 슬러지의 반송(25%, 50%)에 따른 DO 변화를 각각 나타낸 것이다. PAC와 Alum 응집제를 사용하여 응집침전된 슬러지 반송(25%, 50%)에 따른 DO 변화에서 모두 반송률이 높은 경우에서 용존산소 소모가 빨리 이루어짐을 알 수 있다.

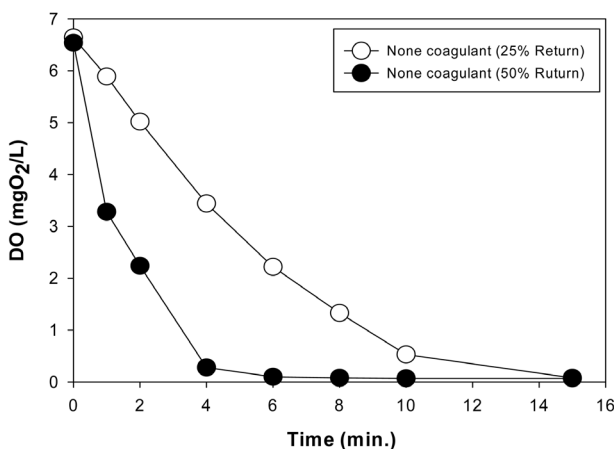


Fig. 9. Variation of DO by time with rate of return sludge (25% and 50%) for none coagulant dose.

이는 반송률 증가에 따른 미생물 농도가 많아짐에 따른 것으로 판단된다. PAC 응집제를 사용한 경우와 응집제를 사용하지 않은 경우, 모두 시간이 경과함에 따른 용존산소 소모가 비슷하게 나타나 응집침전된 슬러지의 반송에 따른 미생물에 대한 영향은 없는 것으로 판단된다. 또한 응집제의

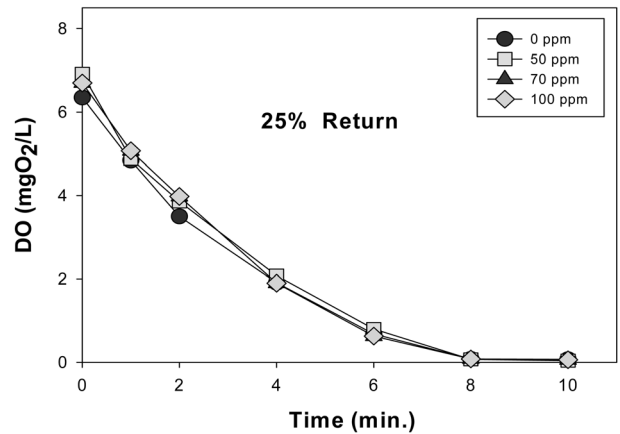


Fig. 10. Variation of DO by time with various PAC doses for 25% return sludge.

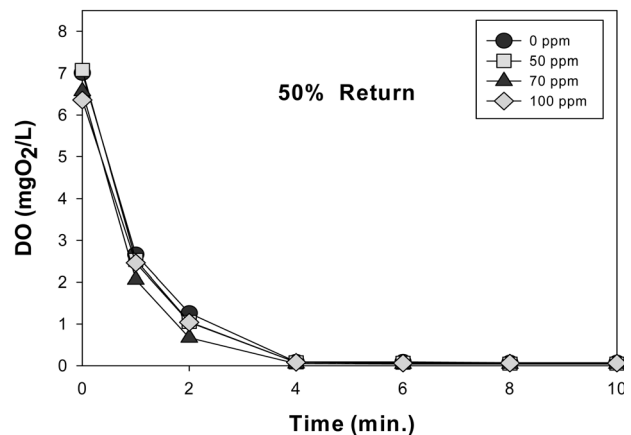


Fig. 11. Variation of DO by time with various PAC doses for 50% return sludge.

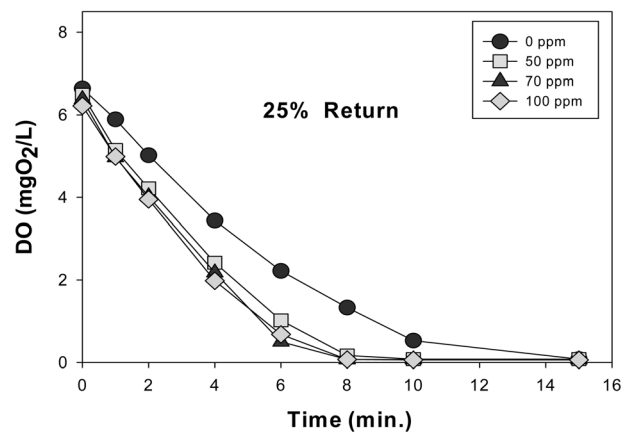


Fig. 12. Variation of DO by time with various Alum doses for 25% return sludge.

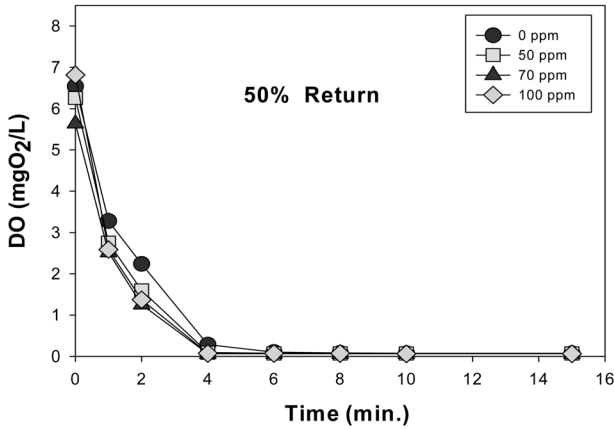


Fig. 13. Variation of DO by time with various Alum doses for 50% return sludge.

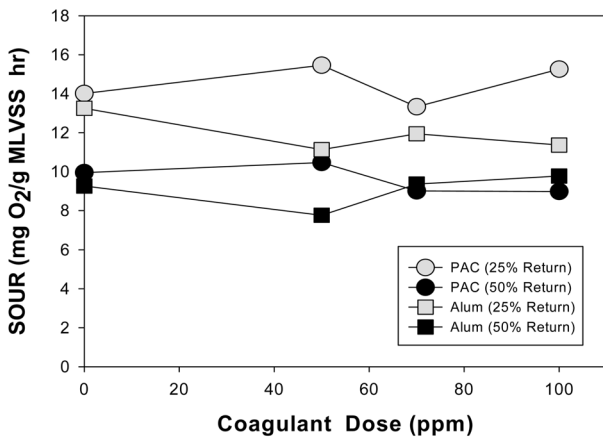


Fig. 14. Variation of SOUR with two coagulants (PAC and Alum) and doses for return sludge (25%, 50%).

영향도 나타나지 않는 것으로 판단된다. 하지만, Alum 응집제를 사용한 경우에 있어서는 반송 25%에 있어서 응집제 주입에 따른 산소 소모가 빠르게 나타난 응집제에 대한 영향이 다소 발생됨을 알 수 있었으며, 50% 반송의 경우는 반송률의 증가에 따른 미생물의 농도가 증가됨에 따라 응집제의 영향은 25% 반송에 비해 줄어들음을 알 수가 있다.

PAC와 Alum 응집제를 이용하여 응집제 주입량에 따른 응집 침전된 슬러지를 반송(25%, 50%)하였을 경우 비산소소비율(SOUR) 변화를 Fig. 14에 나타내었다. Fig. 14에 나타난 바와 같이 PAC 응집제의 경우 Alum에 비하여 응집제 주입량에 따라 비산소소비율(SOUR) 값이 높게 나타나 미생물 활성도에 대한 영향이 적게 미침을 알 수 있다. 그리고 반송률에 따른 비산소소비율(SOUR)은 반송률 25%와 50% 모두 응집제 주입량을 증가하여도 비슷한 비산소소비율(SOUR)을 유지하여 응집 침전된 슬러지의 반송에 대한 미생물 활성도에 대한 영향은 미미한 것으로 판단된다.

3.2.3. 응집침전 슬러지 반송(25%, 50%)에 따른 호기성 미생물 개체수 변화

PAC와 Alum 응집제를 이용하여 응집 침전된 슬러지를 반

Table 4. Microbial populations

Item	Microbial populations ($\times 10^4$)	Remarks
Aeration Tank	119~178	
Return Sludge	198~203	
At 25% Return sludge	116~121	
At 50% Return sludge	130~170	

Table 5. Variation of microbial populations according to the coagulant dose

Coagulants	Return sludge Rate(%)	Coagulant Dose (ppm)	Microbial populations ($\times 10^4$)	
PAC	25	0	121	
		50	146	
		70	117	
		100	126	
	50	0	130	
		50	153	
		70	162	
		100	149	
	Alum	25	0	121
			50	136
			70	103
			100	139
50		0	130	
		50	210	
		70	195	
		100	216	

송(25%, 50%)하는 경우 폭기조 내 호기성 미생물에 미치는 영향을 확인하기 위하여 산소소비율 측정 전후의 호기성 미생물 개체수를 측정하였다.

응집제가 사용되지 않은 경우에 있어서 폭기조, 반송슬러지, 25% 반송시와 50% 반송시 미생물 개체수는 Table 4와 같이 나타났다.

Table 5는 PAC와 Alum 응집제를 투입한 응집침전된 슬러지를 반송(25%, 50%)한 경우에 있어 미생물 개체수를 통한 폭기조내 미생물에 미치는 영향을 살펴본 것이다. Table 5와 같이 PAC와 Alum 응집제를 이용한 모두의 경우에서 산소 소비율 측정 전후의 호기성 미생물 개체수 변화는 거의 없는 것으로 나타났다.

이에 따라 PAC와 Alum 응집제를 이용하여 응집침전된 슬러지를 반송(25%, 50%)한 경우에 있어 미생물 개체수를 통한 폭기조내 호기성 미생물에 미치는 영향은 미미한 것으로 판단된다.

5. 결론

강화되는 하수처리 방류수 수질기준을 만족하기 위하여 액체황산알루미늄(Alum)과 폴리염화알루미늄(PAC) 응집제를 사용하여 총인 제거효율을 평가하고 응집제 사용에 따른 미

생물 활성도 등에 미치는 영향을 분석한 결과 다음과 같은 몇 가지 결론을 도출할 수 있었다.

1) 응집실험에 사용된 Alum의 경우 Al_2O_3 함량이 8.1%이었고 염기도는 나타나지 않았으며, monomeric Al (III)종 98.0%, polymeric Al (III)종은 1.2%, precipitate Al (III)종 0.8%로 주로 단분자성의 알루미늄이 주종을 이루고 있었다. 그리고 PAC는 Al_2O_3 함량은 10.5%이었고, 염기도는 39.2%를 함유하고 있었으며, monomeric Al (III)종은 66.7%, polymeric Al (III)종은 28.8%, precipitate Al (III)종은 4.5%로 나타나 고분자성 알루미늄을 함유하고 있는 것으로 나타났다.

2) Alum과 PAC 응집제를 이용한 응집실험결과에서 응집제 주입량이 증가함에 따른 총인 제거는 향상되는 것으로 나타났다. Alum에 비하여 PAC 응집제의 경우에서 비슷하거나 다소 나은 총인의 수질을 나타내었다. 그리고 응집제 주입량에 대한 pH 변화에서는 PAC 경우에서 Alum에 비하여 pH 폭이 적게 나타났으며, 탁도개선 효과가 우수한 것으로 나타났다.

3) PAC와 Alum 응집제를 이용하여 응집제 주입량에 따른 비산소소비율(SOUR) 변화에서 응집제를 주입한 경우에서 주입하지 않은 경우 보다 낮은 비산소소비율(SOUR) 값을 나타내어 응집제에 의한 미생물 활성도 영향은 있는 것으로 나타났다. 응집제를 사용한 경우에 있어서는 PAC 응집제의 경우 Alum에 비하여 응집제 주입량에 따라 비산소소비율(SOUR) 값이 높게 나타나 Alum에 비해 PAC가 미생물 활성도에 대한 영향을 적게 미치는 것으로 판단된다.

4) PAC와 Alum 응집제를 이용하여 응집침전된 슬러지를 반송(25%, 50%)하였을 경우 비산소소비율(SOUR) 변화에서 반송률에 따른 비산소소비율(SOUR)은 반송률 25%와 50% 모두 응집제 주입량을 증가하여도 비슷한 비산소소비율(SOUR)을 유지하여 응집침전된 슬러지 반송에 따른 미생물 활성도에 대한 영향은 미미한 것으로 나타났다.

5) PAC와 Alum 응집제를 이용하여 응집침전된 슬러지를 반송(25%, 50%)한 경우에 있어 미생물 개체수를 통한 폭기조내의 미생물에 미치는 영향은 미미한 것으로 판단된다.

사사

본 연구는 부산환경공단 연구개발(R&D) 사업에 의해 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

KSEE

참고문헌

1. 환경부, “하수처리시설 총인 처리강화 시범운영 연구,” p. 3 (2009).
2. 환경부, “하수처리장 인처리시설 설치 가이드북,” pp. 4(2011).
3. Rittmann, B. E. and McCarty, P. L., “Environmental Biotechnology,” McGraw-Hill Korea(한역판), pp. 579~590(2002).
4. John Bratby, “Coagulation and Flocculation in Water and Wastewater Treatment” 2nd. Ed., IWA Publishing, London·Seattle, pp. 119~149(2006).
5. 황응주, 천효창, “생물공정 처리수의 PAC (Poly Aluminum Chloride) 응집에 의한 고효율 인 제거 특성,” 대한환경공학회지, **31**(8), 673~678(2009).
6. 최정수, 주현중, “생물학적 처리공정내 Alum 주입에 따른 인 처리효율과 미생물 활성도 변화에 관한 연구,” 한국물환경학회지, **27**(2), 188~193(2011).
7. Yanchen liu, Hanchang Shi, Wenlin Li, Yanling Hou, and Miao He, “Inhibition of chemical dose in biological phosphorus and nitrogen removal in simultaneous chemical precipitation for phosphorus removal,” *Bioresour. Technol.*, **102**(5), 4008~4012(2011).
8. 환경부 홈페이지, <http://www.me.go.kr>, (2008).
9. Smith, R. M., “Relation among equilibrium and nonequilibrium aqueous species of aluminum hydroxy complexes,” *Nonequilibrium systems in natural water chemistry* (Gould, R. F. eds.), A.C.S. Advances in Chemistry Series No. 106, Washington, D.C., 250-279(1971).
10. Bersillon, J. L., Hsu, P. H. and Fiessinger, F., “Characterization of hydroxy-aluminum solutions,” *J. Am. Soc. Sci. Soil*, **51**, 825-828(1988).
11. David. R., Parker, “Identification and Quantification of the “ Al_{13} ” Tridecameric Polymeric Polycation Using Ferron,” *Environ. Sci. Technol.*, **26**(5), 908-914(1992).
12. 한승우, “수처리용 무기고분자 응집제의 제조 및 적용,” 부경대학교 환경공학과 박사학위논문(2000).
13. 한승우, 이철우, 강임석, “수처리용 Al (III)계 무기고분자응집제 제조시 물리적 영향,” 한국화학공학회지, **42**(5), 612-618(2004).
14. 한승우, 정철우, 강임석, “상수처리용 합성 무기고분자 Al (III)계 응집제의 화학적 특성,” 한국환경과학회지, **8**(6), 711~716(1999).
15. APHA-AWWA-WEF, “Standard methods for the examination of water and wastewater” 21th eds., APHA AWWA WEF., (2005).
16. 김성철, “생물학적 폐수처리 공정의 폭기조 설계를 위한 온도와 SRT에 따른 비산소소비율 상관관계에 관한 연구,” 경기대학교 환경공학과 박사학위논문(2006).