Journal of Korean Society of Water and Wastewater
Vol.25, No.5, pp.659-666, October, 2011

상하수도학회지, 논문
25권 5호, pp.659-666, 10월, 2011

응집제 자동혼합형 미세기포 발생장치와 무동력 부상분리조를 이용한 하수의 처리

The treatment of sewage using DAF pump system with micro bubble and non-powered flotation tank

김동하[1] · 이수영[2] · 정의택[1]*

Dongha Kim[1] · Sooyoung Lee[2] · Euitaek Jung[1]*

1 국민대학교 건설시스템공학부, 2 (주)엔지에스티

(2011년 5월 16일 접수 ; 2011년 9월 16일 수정 ; 2011년 10월 4일 채택)

Abstract

Although DAF(Dissolved Air Flotation) has been successfully accepted for water and wastewater treatment, the fundamental characteristics of the process have not been fully investigated. Water is saturated with compressed air to dissolve the air into the water at high pressure in saturation tank. Then the water containing dissolved air is released into a floatation tank at a lower pressure, generating micro-bubbles that rise gently through the water and carry the suspended matter to the surface. This study investigated the removal of sewage using automatic mixture type DAF pump and non-powered flotation tank. Characteristics of two devices were compared and analyzed with samples.

The results showed that the PAC exhibited higher performance than other coagulants. When air dosage was 2.5ml/l/min, treatment was stable in operation. In the DAF pump with a pressure of 4 atm., the average size of bubbles was 36.2㎛. Removal efficiency of SS was 80%. At this time removal efficiency of COD was about 80%, of T-N was 30% and T-P was 70% in stable operation. It was concluded that DAF pump system with micro bubble performed higher efficiencies compared to general DAF system for treating wastewater.

Key words : DAF pump, Non-powered flotation tank, Micro bubble

주제어 : DAF펌프, 무동력부상분리조, 미세기포

1. 서 론

미세기포 및 부상분리기술(Dissolved Air Flotation, DAF)은 1960년대 이래 상수 및 하수처리에 있어서 기존의 침전공정을 대체하는 공정으로 성공적으로 적용되어왔다. 최근 들어 우리나라에서도 원주나 전남 남부권의 대규모 정수장에서 이 공정을 채택하고 있으며, 전 세계적으로도 조류나 색도유발물질과 같이 가벼운 입자를 제거하는데 효과적으로 사용되고 있다(J.C Bourgeois et al., 2004; 한무영 등, 2002).

DAF는 과포화 용해된 순환수가 대기압까지 감소되면서 발생되는 기포가 응집처리에서 형성된 플럭과 접촉, 부착하고 표면으로 떠오르면서 오염물질이 제거된다. 그러므로 단위 기술 자체로도 응용할 분야가 많으며 환경 분야의 경우

* Corresponding author Tel:+82-2-910-5060, Fax:+82-2-910-8597, E-mail: etjung@kookmin.ac.kr(Jung, E.)

상수, 하수, 폐수, 해수 등에 이르기까지 그 적용처가 넓다. 특히 정수처리의 경우, 조류 제거, 맛 냄새 제거, 소독부산물 제거, 철 · 망간제거, 강우 고탁도 제어에 사용되어지고 있다. 제지 및 펄프 제조공정에서 고형물 함량이 높은 슬러지의 부상 및 플록 제거 등에 도입되어 사용되고 있다(Zabal T,, 1985; Rubio et al., 2002).

기존의 DAF공정은 고압순환수펌프, 공기압축기, 공기/순환수 접촉탱크(가압수조)로 구성되어 있어 장치가 복잡하고 운전이 어렵고 각종전자동밸브에 의한 제어 등으로 복잡하여 산업 전반으로의 활용도가 낮은 수준에 있다. 가압 및 기포 발생 장치는 DAF공정 설치 비용의 12%를 차지하며, 이 때 기포 발생효율은 에너지 소비량에 직접적으로 영향을 주게 된다. 실제로 가압 및 기포발생장치는 운전비용의 약 50%정도를 차지하고 있다(Rees 1980). 이에 비해 DAF pump공정은 순환수 pump의 기능과 공기 압축기, 공기/순환수 접촉탱크의 모든 기능이 pump 내에서 함께 실현되도록 설계되어 보다 간단한 구조의 DAF 공정을 구성할 수 있다(안대명 등, 2002). 이러한 DAF pump공정은 아직 국내의정수시설에 도입된 사례가 처리효율, 설계인자 등이 많이 부족한 실정이다(안갑환 등, 2011).

기존의 부상분리조는 부상된 물질을 걷어내는 스키머와 침전된 침전물질을 긁어내는 스크레이퍼가 고장과 부식 등의 문제를 일으킬 수 있다. 스컴과 처리수의 배출이 한 반응조에서 구분되어 있지 않고 상부로 스컴이 배출되고 하부에서 처리수가 배출되는 단점이 있다. 하지만 무동력부상분리조의 경우 스컴배출구와 처리수 배출구를 분리하여 반응기가 비정상적으로 운전될 경우에도 안정적으로 처리효율을 높일 수 있다.

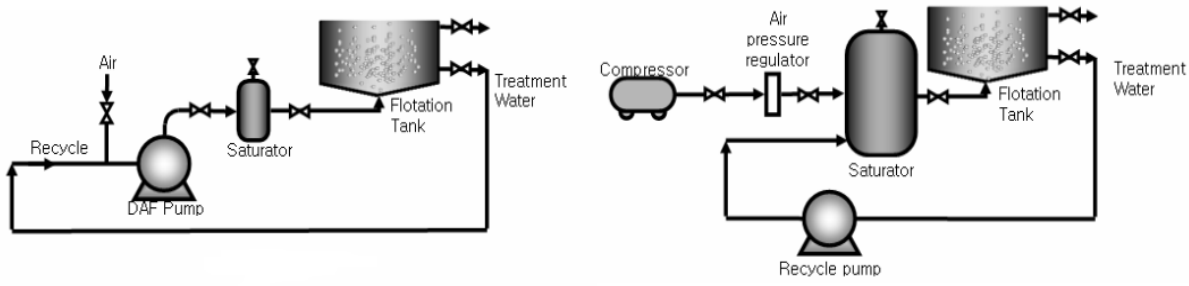
미세기포 발생을 위해서만 사용하는 해외의 DAF pump는 국산에 비해 5~10배나 고가이나 일부현장에서는 유지관리가 용이하고 컴팩트 하기 때문에 고가의 비용을 지불하고 사용한다. 그러나 저렴하고 안정된 기술의 장치가 공급, 제작된다면 다양한 분야에 적용이 가능하므로 경제적이고 산업적 효과가 클 것으로 예상되며 컴팩트형 자동흡입 약품주입 혼화, 미세기포 발생 일체형 장치는 국내외적으로 개발된 사례까지 없어 표준화하여 상품화 할 경우 국내외적으로 상품 가치가 크다.

본 연구실에서는 컴팩트형 미세기포 발생, 정량펌프가 필요 없는 자동흡입 약품주입, 혼화지 및 급속교반기가 필요 없는 펌프혼화 등을 채택한 자동화된 미세기포 발생 및 혼화일체형의 장치(DAF pump)와 무동력 부상분리조를 개발하였다. 본 연구는 응집제 자동혼합형 미세기포 발생장치와 무동력 부상분리조를 이용하여 하수의 제거 특성 및 최적 운전조건을 파악하는데 그 목적이 있다.

2. 재료 및 방법

2.1 실험장치

Fig. 1에서와 같이 본 실험에서 사용된 DAF 펌프는 와류터빈펌프의 특성을 이용하여 기체와 액체 등을 효과적으로 혼합 · 용해하여 압송할 수 있는 펌프로 기존의 DAF 시스템의 compressor, saturator, recycle pump, air pressure regulator 등을 소형 · 간소화한 것이다. 본 실험에 사용된 DAF 펌프는 기존의 펌프보다 향상된 미세기포 발생능력을 지니고 있다. 미세기포 발생 원리는 펌프내의 좌우 대칭인 임펠러(impeller)의 많은 날개(blade)가 회전하면서 와류(vortex)가 발생하여 유입하는 물과 같이 회전하면서 서로 혼합된다. 또한 펌프내에서 임펠러가 고속으로 회전하여 펌프내 원심력(centrifugal force)과 마찰력(friction force)이 발생한다. 이 두 힘에 의해 펌프를 통과하는 물(water)에 공기(air)가 가압되며 펌프내 이 가압수가 토출되면서 기포가 발생되는 것이다. DAF 펌프 내부에 설치 되어 있는 스프링형 자동개폐기는 상단에 스프링이 설치되어 있어 유입 유동 압력과 동일하거나 다소 적은 탄성계수를 가지고



(a) DAF pump　　(b)DAF 시스템

Fig. 1 DAF pump와 기존의 DAF 시스템 비교

상하수도학회지, 논문
25권 5호, pp659-666., 10월, 2011

Table 1 미세기포 발생장치의 특징

	미세기포 발생장치의 구성
특징	· 발생용량: 10L/min. · 전 력: 0.2kW, 220V, 2pole · 재 질: 임펠러 포함 SUS304이상 · 입토출경: 20A/20A · 표 시 계: 압력계, 공기유량계 및 조절계 · 조절밸브: 반송수밸브(액체유량 조절계), 압력조절밸브, 공기량조절밸브 · 유입구밴츄리: 내화학성, 내오존성 · 압력조건: 3.5~4.0kg/㎠ · 기체량조절계: 1.5~3.5l/min.

Table 2 약품주입펌프의 특징

Max flow (L/hr)	Maxpress (bar)	Max imp/min	Output (ml/stroke)	Stroke (mm)	Suction height (m)
2	6	120	0.28	0.80	2.0

있으므로 자동적인 개폐에 의해 감압이 형성된다. 이 결과 자연스럽게 다량의 미세기포가 발생된다.

DAF 펌프를 이용한 실험에서는 최적의 운전을 유지하기 위해서 DAF 펌프의 토출부에 압력계를 설치하였다. 펌프내의 임펠러 회전수를 제어하여 압력을 4 기압으로 일정하게 유지하였으며 펌프내로 유입되는 공기량은 공기주입량계를 사용하였다. 또한 일정한 순환율을 유지하기 위해 처리수의 일부를 펌프내로 반송시켰다. 미세기포 발생장치의 장치 구성에 대한 설명은 Table 1에 나타낸 바와 같다.

유입원수의 부상분리 시에 안정적으로 처리효율을 높이기 위하여 Fig. 2와 같은 무동력 부상분리조를 제작하여 하수처리장내에 설치하였다. 분리조 용량은 400l이고 전체 체류시간은 40분으로 운전하였다. 무동력부상분리장치의 구조상 먼저 반응조 중간부분에 고액분리장치를 통과하여 하부로 유입되고 하부(탈착형 여재)를 거쳐 상부(스컴배출구와는 완전분리)로 배출되어지게 된다. 즉, 기존의 부상분리와는 달리 스컴배출구와 처리수배출구가 완전히 분리되어져 있고 처리수의 수리학적 유체궤적이 기존 부상분리조 보다 길게 되며 하부공간을 탈착가능한 여재를 통과하기에 처리수효율을 높게 유지하고 안정적으로 배출이 가능하다. 스컴의 배재와 농도조절은 반응조와 구분된 처리수 배출쪽의 조절위어의 상하 이동에 의해 조절이 가능하다. 본 연구에서 사용된 약품주입펌프(PKX사 the genuine compact dosing, 2~6bar)의 특징은 Table 2와 같다.

DAF pump의 미세기포 발생용량을 5~10L/min 규모로 제작하였으며 혼화강도 G 값은 310s^{-1} 로 하여 일반적인

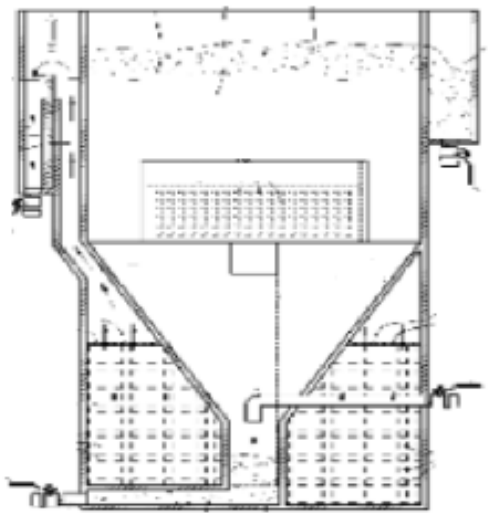


Fig. 2 무동력 부상분리조

설계혼화 강도인 G=300~350^{-1} 범위에 포함되게 하였다. 응집제는 PAC, PAHCs(poly aluminium hydroxy chloro sulfate)를 사용하였다.

2.2 오염물질 제거특성 실험

본 연구에서는 수원과 원수에 따른 미세기포장치의 효율을 알아보기 위해 경기도 소재 K시 하수처리장에서 채취한

Table 3 처리용 희석액의 성상

Item	raw water
SS (mg/l)	100
COD_{cr} (mg/l)	96
T-N (mg/l)	32
T-P (mg/l)	6.2

Table 4 미세기포 발생장치의 실험 조건

Run number		실험조건
하수	Run C1	PAC(Al_2O_3 0.1%) 14~20mg/l
	Run C2	PAHCs(Al_2O_3 0.1%) 14~20mg/l
	Run C3	공기주입량2.5~10$ml/l/\min.$ (Al_2O_3 0.1% PAC 20mg/l)
	Run C4	공기주입량2.5~10$ml/l/\min.$ (Al_2O_3 0.1% PAHCs 20mg/l)

2차 슬러지 상등액을 희석하여 실험을 수행하였다. 본 연구에 사용된 희석액의 분석 결과는 Table 3에 나타낸 바와 같다.

Table 4와 같이 실험조건에 변화를 주어 부상분리 처리효과에 대한 실험을 실시하였다. 처리유량은 10l/min.으로 하였으며, 응집제 주입량은 Al_2O_3 0.1% 14~20mg/l 범위로 운전하였으며, 공기주입량은 2.5~10$ml/l/\min.$로 변화를 주어 운전하였다. 분석 실험은 동일시료에 대하여 3회 이상 실시하여 평균값을 제시 하였다.

본 연구에서 실시한 실험에서 처리수의 채취는 반응조가 안정화된 다음 채취하여 분석을 실시하였으며 분석방법은 수질오염공정시험법에 준하여 실험을 하였다. 수질분석 항목으로는 CODcr, T-N, T-P, SS 등으로서 항목별 실험방법은 pH/Ion meter와 Hach DR4000을 이용하여 흡광광도법으로 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 발생 미세기포의 입경측정 결과

미세기포발생장치의 입경측정 on-line particle counter(chemtrac Model PC 2400 D, USA)를 이용하여 측정하였다. 이 측정장치는 센서부를 통과하는 기포들에 의해 반사 또는 흡수되는 빛의 강도변화를 감지하여 그 수와 크기를 측정하는 것이다. DAF펌프 내의 압력이 4기압일 때 토출되는 기포의 크기를 측정하였을 때 크기별 백분위와 발생기포 누적 백분위는 Fig. 3 및 Fig. 4와 같다.

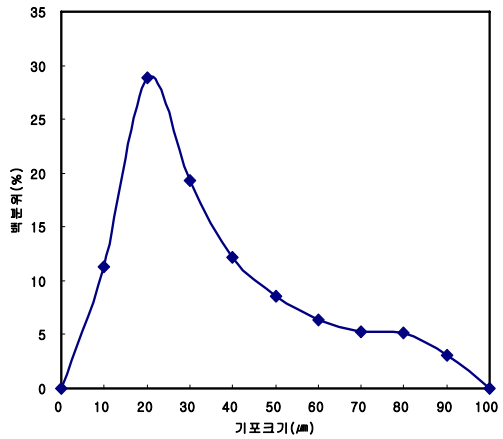


Fig. 3 DAF pump의 기포크기별 백분위(펌프내 압력 4기압)

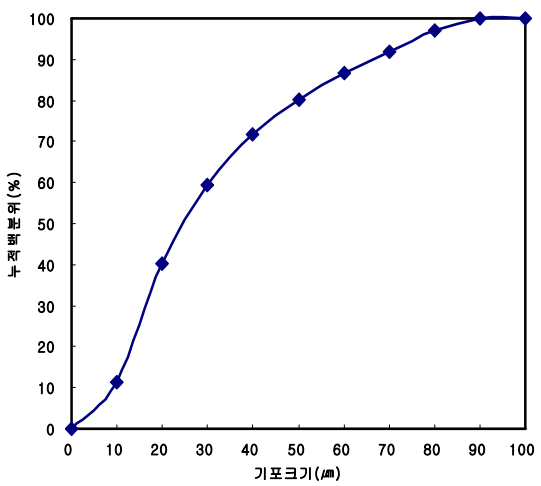


Fig. 4 DAF pump의 기포크기별 누적백분위(펌프내 압력 4기압)

DAF 펌프에서 미세기포의 크기는 가중산술평균(weighted arithmetic mean)으로 측정하였으며 평균크기는 36.2 ㎛로 산출되었다. 이 결과는 DAF 펌프내 압력이 4 기압일 때 산출되는 크기이다. De Rijk(1994)과 한무영(2002), 그리고 안대명(2002)은 DAF 펌프의 적정한 운전 조건을 5기압, J. Rubio(2007)는 4기압으로 제시하였다. J. Rubio(2007)과 R. B. MoruZZi(2010)는 DAF 공정 에서의 미세기포의 크기를 평균적으로 50㎛ 산출하였고 일반적으로 4~6기압 하에서 약 40㎛ 크기의 기포가 발생하는 것으로 알려져 있다(Edzwald, 1995). 본 연구에서 개발된 DAF 펌프는 4기압의 조건에서 더욱 미세한 기포를 발생시킬 수 있었다. 그러므로 더욱 경제적이며 효율적인 운전이 가능하다고 판단된다.

상하수도학회지, 논문
25권 5호, pp659-666., 10월, 2011

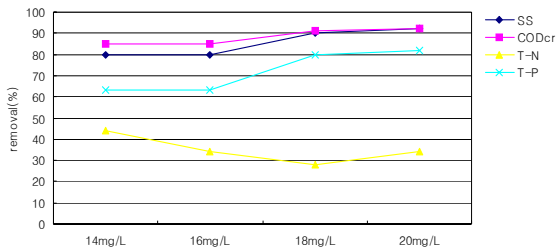


Fig. 5 하수의 응집제(Al_2O_3 0.1% PAC) 주입량에 따른 처리효율

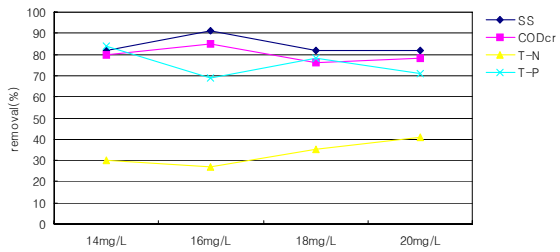


Fig. 6 하수의 응집제(Al_2O_3 0.1% PAHCs) 주입량에 따른 처리효율

기존의 DAF 시스템의 경우 전자동밸브나 스프링개폐 등에 의해 미세기포를 발생시키지만 본 연구실에서 개발된 펌프는 유입 이전 관성력을 이용하여 기체가 유입되고 펌프 토출 측에 압력조절이 가능한 노즐을 설치하였기 때문에 안정적이고 효율적인 미세기포를 발생시킬 수 있었다.

3.2 응집제 종류와 주입량에 따른 오염물질 제거효율

본 실험에서는 하수를 원수로 하여 응집제의 종류(PAC, PAHCs) 및 응집제 주입량의 변화(14~20mg/l, Al_2O_3 0.1%)에 따른 처리효율을 측정하였다. 미세기포 발생장치의 공기주입량은 2.5$ml/l/\min$으로 고정 하였다. 처리수의 온도는 약 18℃이고 미세기포 발생장치를 작동하였을 때 부상조에서 반응시간은 각각 10분으로 하였다. 미세기포 발생장치의 압력은 4기압으로 일정하게 유지하였다.

Fig. 5는 Al_2O_3 0.1% PAC의 주입량에 따른 하수의 제거효율을 나타낸 것이다. 응집제를 14mg/L를 주입했을 때 CODcr의 처리효율은 85% 이었으며, 20mg/l 주입했을 때 92%의 가장 높은 처리효율을 보였다. SS의 처리효율은 응집제를 14mg/l를 주입했을 때 80%, 20mg/l를 주입했을 때 92%의 처리효율을 보였다. T-N의 처리효율은 응집제를 14mg/l를 주입했을 때 처리효율이 44%로 가장 높았다. T-P의 처리효율은 응집제를 14mg/l를 주입했을 때 63% 이었고, 20mg/l를 주입했을 때 82%로 응집제를 20mg/l를 주입했을 때 처리효율이 가장 높았다.

Fig. 6은 응집제 Al_2O_3 0.1% PAHCs 주입량에 따른 하수의 처리효율을 나타낸 것이다. 응집제를 14~20mg/l 범위로 주입하였을때 CODcr 제거효율은 80% 정도로 일정하게 나타났다. SS의 처리효율은 응집제를 16mg/l를 주입했을 때 90%로 가장 높았고, T-N의 처리효율은 응집제를 20mg/l를 주입했을 때 처리효율이 40%로 가장 높았다. T-P의 처리효율은 응집제를 14mg/l를 주입했을 때 84%로 처리효율이 가장 높았다.

하수의 응집제 종류와 주입량에 따른 처리효율을 정리하면 SS와 COD가 80% 이상 제거 될 때 T-N 30%, T-P 70% 이상의 높은 제거가 가능하였다. 전반적으로 응집제 PAHCs 보다 PAC의 효율이 다소 높았으며, 응집제의 주입량 증가에 따른 처리효율의 변화는 미미 하였다. 응집처리 없이 단독으로 공기주입만 할 경우의 처리효율과 비교하면 대략 COD는 50%p, SS 50%p, T-N 20%p, T-P 40%p 처리효율이 향상하는 것으로 나타났다. 응집제와 공기주입을 병합할 경우 하수 처리에 보다 효과적일 것으로 판단된다.

3.3 미세기포 발생장치의 공기주입량에 따른 처리효율

본 실험에서는 하수를 원수로 하여 미세기포 발생장치의 공기주입량에 따른 처리효율 결과이다. 응집제는 Al_2O_3 0.1%PAC와 Al_2O_3 0.1% PAHCs를 주입하여 비교실험하였고, 응집제 주입량은 20mg/l으로 하였다. 처리수의 온도는 약 18.5℃이고 부상조에서의 반응시간은 10분으로 하였으며 압력은 4기압으로 일정하게 유지시켰다.

Fig. 7은 응집제가 Al_2O_3 0.1%PAC일 때 공기주입량에 따른 하수의 처리효율을 보여준다. 공기주입량이 5ml/l/min.일 때의 CODcr의 처리효율이 85%로 가장 높게 나타났고 SS의 처리효율은 공기주입량이 10ml/l/min.일 때 89%, T-N의 처리효율은 공기주입량이 10ml/l/min.일 때 처리효율이 44%로 가장 높았다. T-P의 처리효율은 공기주입량이 5ml/l/min.일 때 88%로 가장 높았다.

Fig. 8은 응집제로 Al_2O_3 0.1% PAHCs를 사용 하였을 때 공기주입량에 따른 하수의 처리효율을 보여준다. CODcr 의 처리효율은 공기주입량이 5$ml/l/\min$. 이상일 때 87%로 가장 높게 나타났다. SS의 처리효율은 공기주입량이 10ml/l/min.일 때 99%, T-N의 처리효율은 공기주입량이 5ml/l/min.일 때 처리효율이 40%, T-P의 처리효율은 공기주입량이 10ml/l/min.일 때 82%로 가장 높았다. 공기주입량이 2.5$ml/l/\min$.에서는 80%이상의 양호

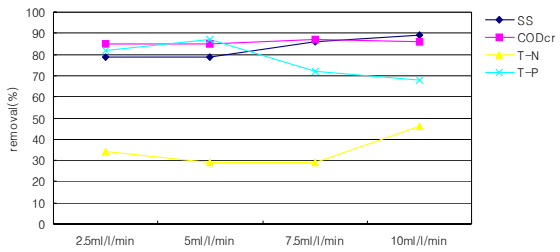


Fig. 7 하수의 공기 주입량에 따른 처리효율(Al_2O_3 0.1% PAC 20mg/L)

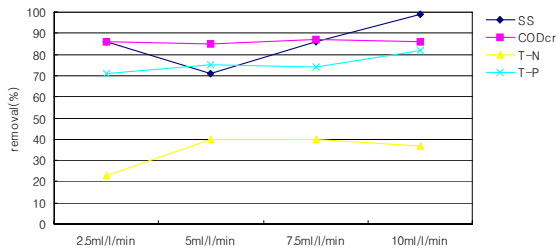


Fig. 8 하수의 공기 주입량에 따른 처리효율(Al_2O_3 0.1% PAHCs 20mg/L)

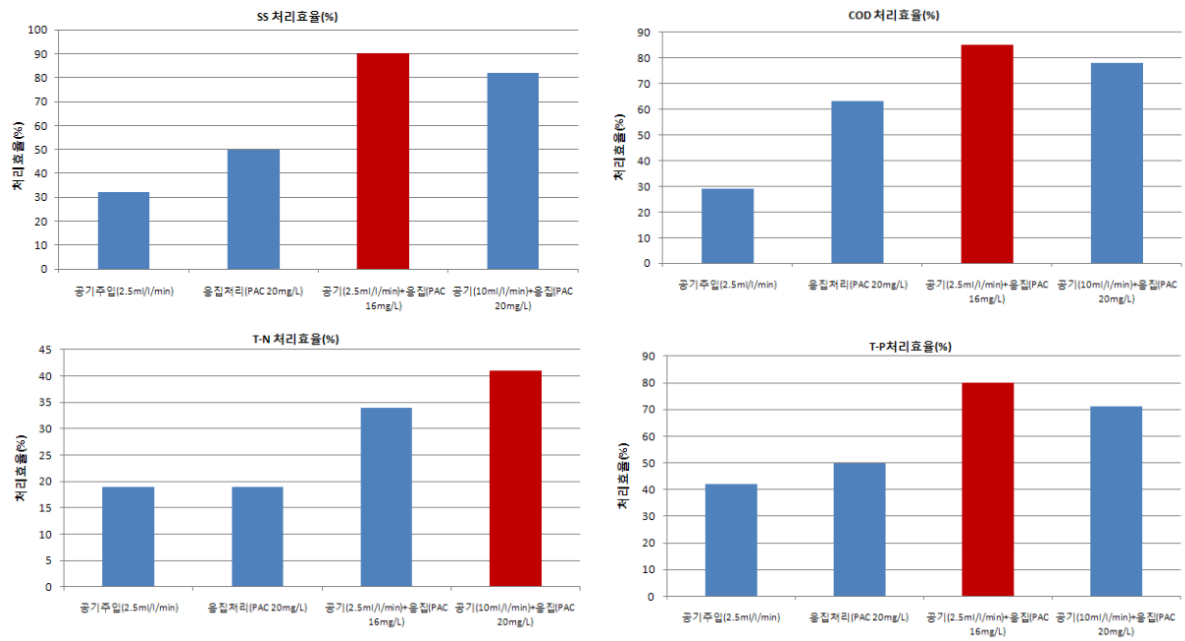


Fig. 9 하수의 조건별 처리효율 비교

한 오염물질 제거효과를 얻었는데 이는 다른 연구에서의 일반적인 운전조건인 10~20$ml/l/\min$.(이진형, 2006) 값과 비교하여 1/10 해당하는 적은 값이다.

응집제의 종류(PAC, PAHCs) 및 공기 주입량의 변화(2.5~10$ml/l/\min$)에 따른 CODcr, SS, T-N, T-P의 처리효율 결과는 응집제로 Al_2O_3 0.1% PAC 사용 하였을 때 공기주입량에 따른 SS의 처리효율은 공기주입량이 7.5 $ml/l/\min$.일 때 86% 정도로 나타났다. T-N의 처리효율은 공기주입량이 10$ml/l/\min$.일 때 46%로 가장 처리효율이 높았다. T-P의 처리효율 공기주입량이 5$ml/l/\min$.일 때 87%로 가장 처리효율이 높았다.

응집제 종류와 공기주입량의 변화에 따른 처리효율의 변화는 크지 않은 것으로 나타났다. 단독으로 공기주입만 한 경우의 처리효율과 비교하면 대략 CODcr 는 45%p, SS 45%p, T-N 13%p, T-P 45%p 향상하는 것으로 나타났다. 응집제와 공기주입을 병합할 경우 높은 제거효율로 하수 처리에 효과적일 것으로 판단된다.

3.4 처리 조건별 처리효율의 비교

Fig. 9는 하수를 여러 가지 조합으로 처리하였을 때의 처리효율을 비교한 그래프이다. COD 처리효율은 공기만 주입 했을 때 29%지만 공기주입과 응집처리를 병행 하였을 때 85%로 약 50%p가 향상 되었다. T-N의 처리효율은 공기만 주입 했을 때 19%이었지만, 공기주입과 응집처리를 병행 하였을 때에는 41%의 처리효율로 약 20%p가 향상 되었다.

상하수도학회지, 논문
25권 5호, pp659-666., 10월, 2011

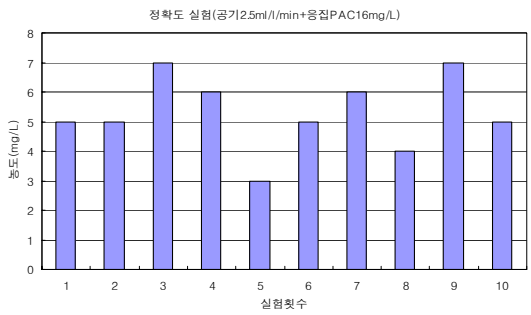


Fig. 10 공기2.5ml/l/min, 응집PAC16mg/L 일때의 CODcr 결과의 정확도 평가

T-P의 처리효율은 공기만 주입 했을 때 42%, 공기주입과 응집처리를 병행 하였을 때에는 85%로 약 40%p가 향상 되었다. 하수의 SS의 처리효율은 공기만 주입 했을 때의 처리효율은 32%였고 공기주입과 응집처리를 병행 하였을 때에는 90%로 약 60%가 향상 되었다.

공기주입량이 2.5ml/l/min, 응집제는 Al_2O_3 0.1%PAC의 동일한 조건에서 10회 반복 실험하여 수질 데이터의 신뢰도를 측정하였다. Fig. 10은 10개의 CODcr값의 평균을 보여준다. CODcr의 평균은 5.3mg/L이고 표준편자는 ±1.22로 신뢰성이 높은 장치로 판단된다.

Table 5은 DAF pump를 이용시 기존의 장치의 효율과 개발된 장치의 효율 결과의 비교를 보여준다. 일반적인 부상처리(이진형, 2006)와 비교하여 무동력 부상분리조의 처리효율이 SS는 대략 5%p이상, T-N은 대략 10%p이상, T-P는 대략 5%p 이상 높은 처리효율을 보여준다. 특히 COD의 처리효율은 기존의 결과 값보다 대략 50%p 이상 큰 차이를 나타낸다. 본 연구에서 사용된 컴팩트형 미세기포 발생장치는 기존의 오존미세기포장치보다 공기 용해율을 극대화 시킬수 있어서 오염물질을 제거하는데 더욱 뛰어난 것으로 판단되고, 무동력부상분리조의 경우 기존의 부상분리조와 달리 스컴배출구와 처리수배출구가 완벽히 구분되어져 있어 안정적인 운전과 동시에 처리효율을 높일 수 있었던 것으로 판단된다. 오존미세기포장치(최동진, 2006)와 공기미세기포장치의 처리효율의 비교에서는 공기미세기포 발생장치를 이용할 때 오존미세기포장치 보다 높은 처리효율을 얻을 수 있었다. SS 처리시 10%p 이상, T-N은 대략 8%p 이상, T-P는 대략 25%p 이상, COD는 40%p 이상의 높은 처리효율이 나타났다. 이러한 결과는 공기미세기포가 오존 미세기포의 크기보다 더욱 미세하고 오염물질 흡착과 스컴 농축 현상이 더욱 잘 일어나기 때문에 나타난 것으로 판단된다.

4. 결 론

본 연구에서는 응집제 자동혼합형 미세기포 발생장치와 무동력 부상분리조를 이용한 하수내 오염물질 제거효율을 알아본 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1) DAF 펌프내 압력이 4atm일 때 발생되는 기포의 평균 크기는 36.2㎛ 정도로 기존의 발생 장치보다 4㎛ 이상 작은 것으로 측정되었다. 응집처리시 PAC와 PAHCs 비교실험을 한 결과 PAC의 응집처리 효과가 뛰어난 것을 알 수 있었다.
2) 하수처리 시 SS와 COD가 80%이상, T-N이 30%, T-P가 70% 이상의 높은 제거효율이 나타났다. 공기주입과 응집처리를 병행하면 공기주입 단독보다 COD 50%p, SS 60%p, T-N 20%p, T-P 40%p 정도의 제거효율이 향상하는 것으로 나타난다. 응집처리시 미량의 공기주입은 처리효율을 높이는 데에 효과적인 것으로 나타났다.
3) 미세기포 발생 및 약품혼합 일체형 장치는 혼화지와 급속교반기가 필요 없는 간단한 구조로 미세기포의 주입으로 응집제 약품주입량을 절감할 수 있으며, 처리 원수를 부상분리함으로써 침전처리와 비교하여 체류시간을 단축시킬 수 있다.
4) 미세기포의 크기가 작을 수록 오염물질 흡착과 스컴 농축 현상이 더욱 잘 일어나 오염물질 제거에 더욱 유리하

Table 5 오존미세기포장치와 공기미세기포장치의 처리효율 결과 비교

	기존의 장치의 효율		개발된 장치의효율	
	오존미세기포장치	일반 부상공정	공기미세기포	무동력 부상분리조
SS	80~90%	85~90%	95%	92%
COD	40~50%	35~45%	87%	92%
T-N	35~40%	30~35%	46%	44%
T-P	50~65%	70~80%	85%	84%

다. 본 미세기포 발생장치를 사용하면, 공기주입조건 $2.5ml/l/\min$.에서 매우 양호한 오염물질 제거효과를 얻을 수 있다. 이는 기존의 일반적인 운전조건인 $10\sim20ml/l/\min$. 값과 비교하여 1/10에 해당하는 적은 값이다.

약품주입, 약품혼화, 미세기포발생 및 농도에 따른 약품주입 일체형 장치와 무동력 부상분리장치의 조합 및 응용은 향후 컴팩트하고 과학적인 처리장치로 국내외적으로 응용 및 상품화될 가치가 높다고 생각한다.

감사의 글

본 연구는 국민대학교 교내 연구비 지원으로 수행된 연구결과이며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

안갑환, 이창한 (2011) 상수원수의 혼화 및 응집 조건에 따른 DAF pump 장치의 부상분리효율, *한국환경과학회지* **20**(5) pp. 639-645

안대명, 이창한, 최윤찬, 조석호, 안갑환, 김성수 (2002) 국산 DAF 펌프의 기포특성, *상하수도학회지* **16**(4) pp. 411-416.

왕창근, 이승근 (2002) 대청호 상수원수 중의 탁도, 유기오염물질, 조류 및 투입분말활성탄 제거를 위한 DAF 공정 응용, *상하수도학회지* **16**(5) pp. 553-561.

이진형, 2006, 부상공정시 미세기포발생 특성에 따른 비점오염물질 제거능 분석, 단국대학교 석사학위논문

최동진, 2006, 오존미세기포부상공정에 의한 비점오염물질 처리특성, 단국대학교 석사학위논문

한무영, 박용호, 이준, 심재수 (2002) DAF에서 압력에 따른 미세기포의 크기특성, *상하수도학회지* **16**(2) pp. 177-182.

환경부, 최지용, 신창민, (2002) 비점오염원 유출저감을 위한 우수유출수 관리방안, 한국환경정책평가연구원.

Anold, Steven R., Grubb, Thomas P, and Harvey, Peter J (1995) Recent application of dissolved air flotation pilot studies and full scale design, *Water Science and Technnology*, **31**(3-4), pp.327-340.

Edzwald, J.K. (1995) Principles and applications of dissolved air flotation: Flotation processes in water and sludge treatment, *Water Science and Technnology*, **31**(3-4), pp. 1-23.

J.C. Bourgeois, M.E. Walsh, G.A. and Gagnon, (2004) Treatment of drinking water residuals:comparing sedimentation and dissolved air flotation performance with optimal cation ratios, *Water Research*, **38** (5) pp. 1173-7782.

R.B. Moruzzi, M.A.P. Reali (2010) Characterization of micro-bubble size distribution and flow configuration in DAF contact zone by a non-intrusive image analysis system and tracer test, *Water Science and Technnology*, **61**(1) pp. 253-262

J. Rubio, M.L. Souza, R.W. Smith (2002) Overview of flotation as a wastewater treatment technique, Minerals Engineering 15 pp. 139-155

J. Rubio, E. Carissimi, J.J. Rosa (2007) Flotation in water wastewater treatment and reuse: recent trende in Brazil, *Int. J. Environment and Pollution*, **30**(2) pp. 193-207

Rees, A.J., Rodman, D.J. and Zabel, T.F. (1980) Evaluation of Dissolved air Flotation Saturator Performance, WRC Technical Report TR143, *Water Research Cemtre, Medmenham Laboratory*, UK

Sander E. De. Rijik, jaap H.J.M Van Der Graaf and Jan G. Den Blanken(1994), Bubble Size in Flotation Thickening, *Wat. Res.*, **28**(2), pp. 465-473.

Zabel, T. (1985), The Advantages of Dissolved-Air Flotation for Water Treatment, *Journal of AWWA*, **77**(5), pp 42-45.