



강우시 하수처리장 일차침전지 월류수 처리를 위한 고효율응집시스템의 적용성 평가 A Performance Evaluation of the Highly Efficient Coagulation System for the Treatment of Overflows from Primary Clarifier in WWTP

권은미¹ · 오석진¹ · 김흥섭¹ · 조성주¹ · 이승철² · 하성룡^{2*} · 임채환³ · 박지훈³ · 강선홍³

Eunmi Gwon¹ · Seokjin Oh¹ · Heungseup Kim¹ · Seungju Cho¹ · Seungchl Lee² · Sungryong Ha^{2*}
CheaHoan Lim³ · Jihoon Park³ · Seon-Hong Kang³

1 신강하이텍(주), 2 충북대학교 도시공학과, 3 광운대 환경공학과

(2011년 4월 11일 접수 ; 2011년 6월 10일 수정 ; 2011년 6월 14일 채택)

Abstract

This study is to develop highly efficient coagulation system(HECS) that runs treatment with a short retention time to cover the overflow in the rain, which coagulation, mixing and settling are contacted in a single reactor and to estimate the applicability.

Setting up 100ton/day-size pilot scale plant, the results of continuous operation in case of runoff, maintaining 20 minute-retention time at optimum chemical injection condition(Alum 100mg/L, Polymer 1.0mg/L) shows the highest removal efficiency(Turbidity 93.1%, TCODcr 80.6%, BOD 81.8%, SS 92.5%, TN 72.3% and T-P 87.3%).

It was estimated that the large amount of cost for separate sewage system and the size of area for system instruction can be reduced if the HECS is applied for CSOs treatment because the HECS is so compact and quickly.

When we see the results, HECS from this study could be able to treat the pollutant quickly within a short retention time only with coagulant and polymer, which could show high applicability.

Key words : Overflows from Primary Sediment in WWTP, High Efficiency Coagulation System, CSOs

주제어 : 일차침전지 월류수, 고효율 응집시스템, 합류식하수관거유출수

제 1 장 서 론

우리나라는 수질오염물질에 대한 관리가 하수 및 공장폐수 등 점오염원 관리에 치중되어 이루어져 왔고, 그간의 노력으로 수질이 많이 개선되었으나 정부가 추진하는 맑은 물 공급 계획을 달성하는 데는 한계가 있는 것으로 평가되고 있다. 이는 비점오염원의 관리미비가 주요 원인인 것으로 밝혀지고 있어 이에 대한 대책 마련이 필요하다(한강수계 관리위원회, 2008). 도시지역의 경우 비점오염원에 의한

수계오염기여도가 40%를 넘을 것으로 전망되는 가운데 4대강 수질을 획기적으로 개선하기 위해서는 다양한 경로의 오염원 하천유입을 원천적으로 차단할 필요성이 높아지고 있다.

우리나라의 경우 강우가 집중적으로 발생하는 특성을 가지고 있으며, 전국의 48.2%(2008년 기준)를 차지하고 있는 합류식 하수관거에서의 강우시 발생하는 월류수는 발생원이 비점오염원 특성을 지니고, 유해물질이 단시간에 급격한 오염부하를 야기하기 때문에 하천수질 및 생태

* Corresponding author Tel:+82-11-387-7062, Fax:+82-43-261-2497, E-mail: simplet@chungbuk.ac.kr(Ha, S.)

계의 악영향을 미칠 수 있다는 문제점을 지니고 있다(환경부, 2007).

특히 초기 합류식하수관거 월류수의 수질농도는 월류를 전·후로 급격히 증가한 후 서서히 감소하는 특성을 보이고 있다. 이러한 현상을 초기세척효과(First Flushing Effect)라 한다. 수질농도가 가장 최고조인 시점과 침투월류량간의 시간지체현상을 초기 세척에 기인한다고 볼 수 있으며, 초기세척현상은 강우 초기에 불투수성 표면에서 발생한 표면 유출수의 전단력 등으로 인한 퇴적물질이 물을 거스르는 현상으로 설명할 수 있다(Sansalone, 1997, Deletic, 1998). 지표면뿐만 아니라 하수관거내에 퇴적침전되어 있던 오염물질이 일시에 유출하게 되므로 농도가 나타나는 원인이 된다(김준현, 2006, Kim., 2003).

우리나라 하수처리장 용량은 계획하수발생량(1Q)을 기준으로 설계되며 청천시에는 발생하는 하수를 전량 처리하고 있다. 그러나 강우시에 용량을 초과한 하수처리장 월류수가 하수와 혼합되어 2Q에 해당되는 양이 1차 침전지에서 월류되어 하천으로 방류되고 있는 실정이다. 일부지역의 강우시 하수처리장에서 월류되는 오염부하량은 전체유역에서 발생하는 미처리 하수처리장 월류수의 31%를 차지하는 것으로 나타나 이 월류수가 적합한 방법으로 처리될 경우 오염부하량의 상당량을 감소할 수 있는 것으로 나타났다(금강물환경연구소, 2008, 한국환경공단, 2005).

이를 위한 대책으로는 저류조를 설치하여 일시적으로 발생하는 하수처리장 월류수를 저류하였다가 나중에 처리할 수 있는 방안을 고려하고 있으나 월류수의 양이 많아서 저류조의 용량이 커지고 이를 설치하기 위한 부지, 공사비 등의 부담이 발생하고 있다(환경부, 2006, 2007).

이를 해결하기 위한 방법으로 오염물질을 급속하게 처리할 수 있는 공정을 저류조와 병행하여 설치·운전하면 저류조의 용량을 감소시키고 일시적으로 발생하는 하수처리장

월류수를 효과적으로 처리할 수 있다.

본 연구에서는 강우시 하수처리장으로 유입되는 하수 중 하수처리장 용량을 초과하여 유입된 후 1차 침전지에서 이 처리만 거친 후 방류되는 물을 신속하게 처리할 수 있는 시스템을 개발하여 적용성을 평가하고자 하였다.

본 연구에서 개발된 고효율응집시스템은 급속효과를 극대화한 구조물을 내장한 Inline mixer와 완속교반조와 침전조 일체형 구조의 반응조로 구성되는 시스템으로 에너지 효율을 극대화한 시설이다. 처리용량은 100톤/일이며, 실제 강우시 하수처리장 1차 침전지 월류수를 대상으로 강우시 오염물질 연속 제거 특성을 파악하였다. 도출된 결과를 종합적으로 평가하여 본 연구에서 개발된 고효율응집시스템의 적용성을 평가하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 Pilot plant의 설계

본 연구에서는 Pilot plant의 운전효율을 최적으로 도출하고자 선행연구(Gwon, 2010)에서 진행된 Jar-test, 실험실규모 실험결과에서 도출된 결과와 CFD모사를 통해 평가된 수리학적 요인을 최대한 고려하였다.

시설의 규모는 처리용량 최대 100m³/d이며, 인라인 믹서가 설치되었고 응집반응조가 침전지에 침지된 형태의 단일 반응조를 가지며 각 반응조에서 체류시간은 응집반응조에서 5분, 침전지에서 10 ~ 15분으로 전체 시스템내 체류시간은 15 ~ 20분이었다. 침전지에는 경사관을 침지시켜 침전효율을 높였다. 체류된 체류시간에서 경사관 침전지의 표면부하율은 96m³/m²·day였다. 또한 응집반응조에서 혼화처리된 물이 침전지로 유입되는 수로에 배플을 설치하여 침전지에서의 난류형성을 최소화하도록 하였다.

파일릿 플랜트의 제원과 계통도는 다음 Fig. 1.과 같으며 인라인 믹서의 구조는 Fig. 2.와 같다. 고효율응집시스템의 구성은 반응조 본체 1식과 Inline mixer 및 배관으로 구성

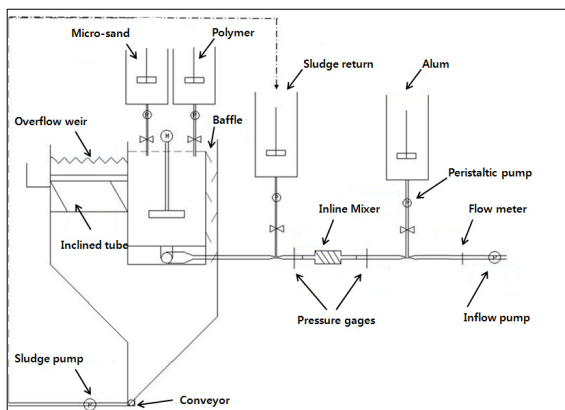


Fig. 1. Schematic diagram of pilot plant



Fig. 2. View and structure of inline mixer

되며, 응집제, 응집보조제, 가중응집제를 주입하기 위한 약품 탱크와 약품주입펌프가 3조씩 설치되어 있다. 반응조에는 인라인믹서를 통과하면서 응집제와 급속 혼합된 원수가 완속교반조 하부로 유입되어 완속교반 되면서 플러이 형성된다. 형성된 플러이를 포함한 물은 배플이 설치된 수로를 통하여 침전조하부로 이송되고 고액분리가 일어나서 상등수는 경사관을 통과한 뒤 최종방류되고 하부에 침전된 슬러지는 인발된다.

2.2 운전 및 실험방법

본 연구에서는 시설의 체류시간이 20min임을 감안하여, 시설 운전을 시작한 이후 1시간에서 최대 2시간의 안정화 시간을 두어 시설이 안정화된 이후에 원수유입부와 최종처리수를 채취하여 pH, 탁도, CODcr, SS, 총질소, 총인 등을 분석하였다. 2010년 8월부터 10월까지 총 7회의 강우시 발생한 하수처리장 월류수를 대상으로 모니터링 하였다.

pH 측정은 pH meter(Thermo Orion model 420 A⁺)를 사용하였으며, 탁도의 측정은 Turbidimeter(2100P, HACH Co.)를 사용하여 측정하였다. CODcr은 Standard methods의 closed reflux법으로 측정하였으며, SS 및 T-N, T-P는 Standard methods에 준하여 측정하였다.

1) 최적 응집제 주입량

이 연구에 앞서 진행되었던 Jar-test 결과에서 Alum(고상 17%, 신원무역상사, 대한민국)의 주입량이 150mg/L일 때 최적의 처리효과를 나타냈으므로(Gwon, 2010), 이 값을 참고로 Pilot Plant에는 Alum주입량은 75~250mg/L 범위에서 단계적으로 증가시켰다. Alum은 Inline mixer전단에 주입하였고, 폴리머는 완속교반조에 1mg/L를 주입시킨 후 유출수의 Turbidity와 SS를 분석하여 최적 응집제 주입량을 결정하였다.

2) 폴리머 최적주입량

알림의 최적 주입량인 100mg/L를 Inline mixer전단에 주입한 후 응집반응조에서 폴리머(음이온계, 이양(주) 대한민국),의 주입량을 0.6~1.6mg/L로 주입하면서 완속교반조 체류시간을 5분으로 운전하였다. 원수와 유출수의 Turbidity와 SS를 분석하여 최적 폴리머 주입량을 결정하였다.

3) Micro Sand의 주입효과

Lab-test를 통한 Micro Sand의 최적주입량은 20mg/L로 나타났었는데, 이 결과를 바탕으로 Pilot plant의 주 처리대상수인 하수처리장 월류수를 처리함에 있어서 Micro

Sand가 어떠한 효과를 보이는지 밝히고자 하였다.

비강우시 하수원수와 강우시 하수처리장 월류수를 대상으로 파일럿 플랜트를 운전하면서 Micro Sand의 주입에 따른 오염물질 처리효과를 분석하였다. 하수원수를 대상으로 응집제 주입량 100mg/L, 폴리머 1mg/L 및 Micro Sand를 20mg/L 주입하는 조건과 주입하지 않는 조건으로 구분하여 운전하였으며, 하수처리장 월류수를 대상으로도 Micro Sand 주입조건을 변화하여 결과를 분석하였다.

4) 최적 HRT의 검증

Lab-test를 통해 도출된 최적의 HRT는 20min이었으므로, 응집제 주입량을 100mg/L와 150mg/L 바꿔가면서, 하수원수를 대상으로 HRT를 각각 20, 15, 10분으로 조정하면서 Pilot장치의 탁도와 SS, CODcr, TP의 처리효율을 분석하였다.

5) 연속운전에 따른 처리효율 분석 및 적용성 검토

위 단계에서 도출된 최적의 운전조건에서 실제 강우시 하수처리장 일차 침전지 월류수를 대상으로 연속운전을 실시하였다. 또한 알림과 폴리머의 주입량을 변경하면서 오염물질의 처리특성을 관찰하여 가장 경제적인 공정의 운전조건을 알고자 하였다. 또한 시스템에서 발생한 슬러지를 일부 재순환하면서 슬러지의 반송이 시스템의 운전에 미치는 영향을 분석하고자 하였다.

3. 결과 및 토의

3.1 운전조건 도출

1) 최적 응집제 주입량

Fig.3에서 나타난 바와 같이 하수처리장 월류수를 원수로 했을 때 최적의 Alum주입량은 100mg/L로 실험실 실험에서보다 낮았다. 이것은 하수처리장 월류수 중 입자성 물질의 농도가 높아서 실험실 실험에서 사용된 하수보다 적은 응집제 주입량만으로도 응집침전반응이 잘 일어났기 때문

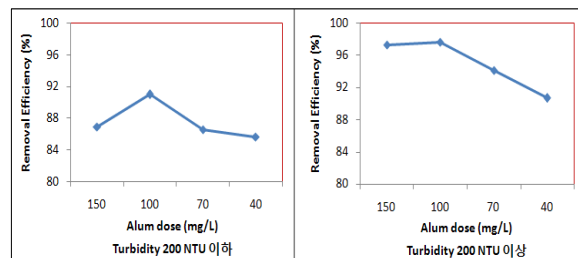


Fig. 3. Turbidity removal efficiency with respect to alum dose

Table 1. Comparison of Quality of Influent Water used in Each Test

Parameter	Influent water quality was used in lab test	Influent water quality was used in pilot test
pH	7.24(7.05~7.45)*	7.09(6.14~7.50)
Turbidity (NTU)	98.6(79.0~137.0)	247.7(36.9~1000.0)
TCODcr (mg/L)	132.1(20.2~311.0)	150.9(26.0~501.0)
BOD ₅ (mg/L)	73.7(30.9~159.7)	80.0(11.9~211.6)
SS (mg/L)	59.1(18.0~172.0)	146.5(10.0~683.0)
T-N (mg/L)	29.3(11.2~42.7)	26.2(8.3~42.6)
T-P (mg/L)	2.06(0.98~3.18)	1.43(0.35~3.33)

* : Average(minimum value~ maximum value)

으로 생각된다(Table 1). 즉, 월류수에 포함된 조대 입자성 물질의 침전속도가 빨라서 낮은 약품주입량에서도 실험실에서와 동일한 처리효율을 보인 것으로 생각된다.

2) 폴리머 최적 주입량

폴리머의 최적 주입량은 Lab-test에서는 0.8mg/L이었으나, Pilot-test에서는 Fig. 4와 같이 1.0mg/L의 주입량부터 형성된 플러크의 크기가 매우 컸으며 처리수 중 탁도가 가장 낮았다.

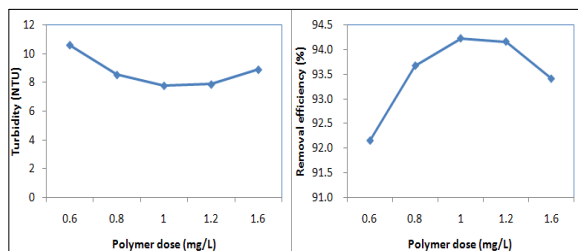


Fig. 4. Optimum polymer dose in pilot-test

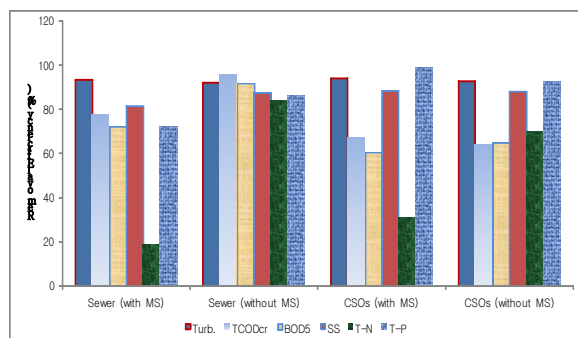


Fig. 5. Comparison of removal efficiency with respect to micro sand addition

3) Micro Sand의 주입효과

Micro Sand의 주입여부에 따른 오염물질 제거효과를 관찰한 결과, 하수나 하수처리장 월류수를 원수로 했을 경우 모두 항목에 따라 일정한 경향이 나타나지 않았다(Fig. 5). 이것은 기존의 하수처리장 월류수 처리를 목적으로 할 경우에 하수처리장 월류수내에는 Micro Sand와 비슷한 응집효율을 이끄는 입자성 물질이 이미 포함되어 있어 추가적인 Micro Sand의 주입이 처리효율에 영향을 주지 않는 것으로 해석될 수 있다.

4) 최적 HRT의 검증

Fig. 6과 같이 탁도, SS의 경우에는 응집제 주입량 100mg/L와 150mg/L에서 모두 HRT가 20분 이하로 감소하면 처리효율이 감소하는 결과를 나타냈다. 체류시간이 20분일 경우 약품주입량이 감소하더라도 오염물질에 따른 처리효율은 70 ~ 90%(CODcr 은 55%)를 나타냈으나 체류시간이 더 짧아질 경우 오염물질별 처리효율이 20 ~ 60%로 감소하는 것으로 나타났다. 이것은 약품주입량이 낮아짐에 따라 생성된 플러크의 상태가 불량해지면서 침전이 양호하게 나타나지 않았기 때문인 것으로 해석된다.

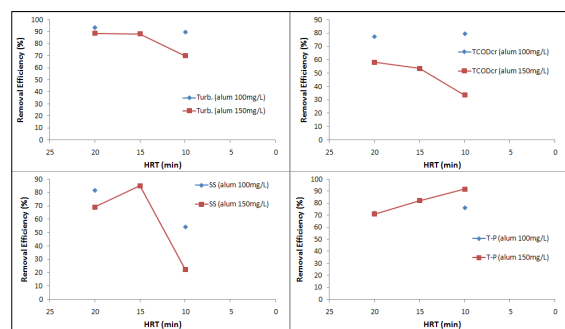


Fig. 6. Comparison of treatment efficiency with respect to HRT

3.2 연속운전에 따른 처리효율 및 적용성 평가

1) 강우시 하수처리장 월류수 대상 연속운전 효율평가
 탁도가 1000 NTU까지 증가하는 강우월류수를 대상으로 한 연속운전결과가 Fig. 7. 에 제시되었다. 운전시간에 따른 원수의 수질은 전형적인 강우유출수의 특성을 나타냈다. 항목별 수질은 탁도 495.6NTU(114NTU ~ 1000NTU), BOD 107.9mg/L(81.5mg/L ~ 154.2mg/L), TCODcr 196.28mg/L (141.0mg/L ~ 281mg/L), SS 110.6mg/L (14mg/L ~ 248.0mg/L), TN 27.56mg/L (23.0mg/L ~ 31mg/L), TP 1.45mg/L(0.81mg/L ~ 2.68mg/L)였다. 운전시간에 따른 수질변화폭은 항목에 따라 경향은 다르게 나타났지만 대체로 유입수의 수질과 무관하게 일정한 수준이하를 유지하는 것으로 나타났다(Fig. 7.). 처리수의 수질은 탁도 18.58NTU (7.79NTU ~ 24.5NTU), BOD 21.25mg/L (5.4mg/L ~ 41.6mg/L), TCODcr 39.9mg/L(8.5mg/L ~ 86.0mg/L), SS 3.33mg/L (3.00mg/L ~ 6.00mg/L), TN 8.19mg/L(5.19mg/L ~ 15.72mg/L), TP 0.16mg/L (N.D. ~ 0.35mg/L)로 항목별 처리효율은 Turbidity 93.1%, TCODcr 80.6%, BOD 81.8%, SS 92.5%, TN 72.3% 및 TP 87.3%로 우수한 것으로 나타났다.

경제적인 운전조건을 찾기 위하여 Alum주입량을 150mg/L에서 100, 70, 40mg/L로 변화시켜 가면서 운전한 결과는

Fig. 8.과 같다. Fig. 8.에서 볼 수 있듯이 유입수의 수질변화폭이 컸어도 처리수의 수질은 일정수준이하로 처리되었다. 또한 알럼의 주입량을 100, 70, 40mg/L으로 감소시켜도 처리수질이 크게 변하지 않는 것으로 나타났다.

운전기간동안 유입된 원수의 수질은 탁도 185.2NTU (42.3NTU~447NTU), BOD 42.6mg/L (25.8mg/L~119.2mg/L), CODcr 83.6mg/L(41.0mg/L~208.5mg/L), SS 52.25mg/L(10mg/L~218 mg/L), TN 32.73mg/L (24.12mg/L~39.58mg/L), TP 1.348mg/L (0.66mg/L ~2.86mg/L)였으며 처리수의 수질은 탁도 12.28NTU (5.05NTU~24NTU), BOD 16.05mg/L(10.2 mg/L~27.4mg/L), CODcr 28.7mg/L(16.0mg/L~48.5mg/L), SS 4.15mg/L (0mg/L~12mg/L), TN 8.589mg/L (4.22mg/L~15.14mg/L), TP 0.095mg/L (0.01mg/L~0.3mg/L)로 나타났다.

처리효율 측면에서 Alum 주입량이 줄어들면서 처리효율이 약간 감소하는 추세를 보였으나 원수의 수질도 동시에 감소하는 경향을 나타냈기 때문에 처리효율이 약품주입량에 의한 것인지 원수의 수질차이에서 오는 것인지는 뚜렷하게 구분될 수 없었다. 강우사상의 특성상 원수의 수질을 일정하게 유지시킬 수 없는 실험상의 여건 때문에 명쾌한 해석이 어려운 부분도 있었지만 정해진 조건에서 처리수의 수질은 항상 방류수 수질기준을 만족하고 있었던 것은 확인할 수 있었다.

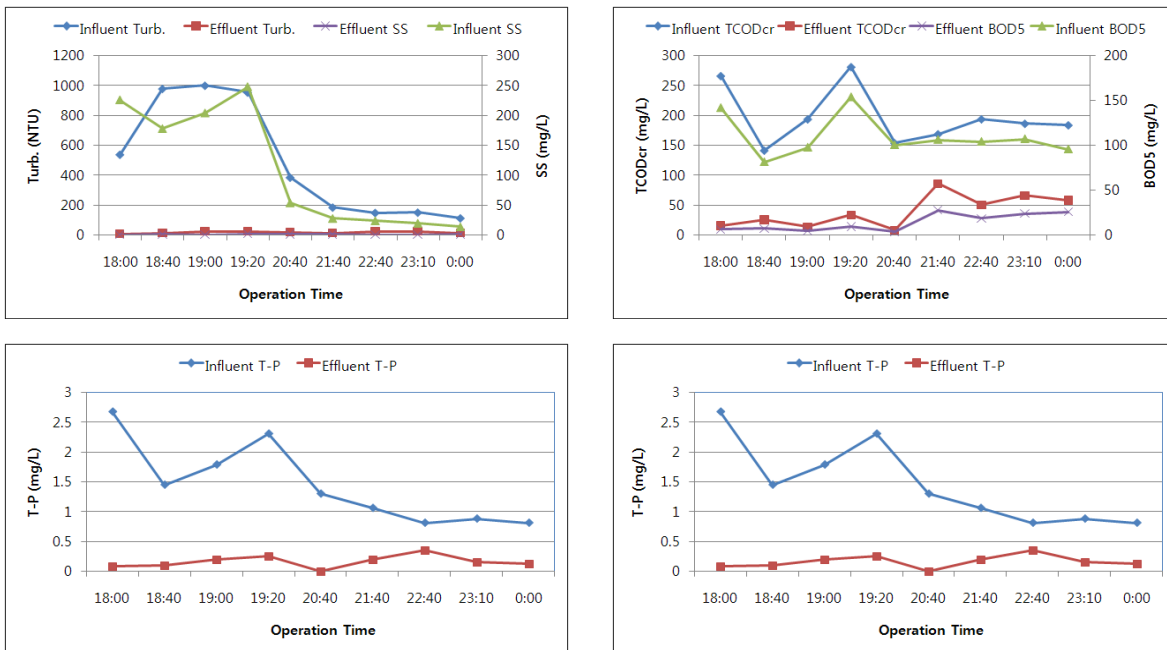


Fig.7. Continuous operation of HECS by using overflows from primary clarifier (2010.09.05~06)

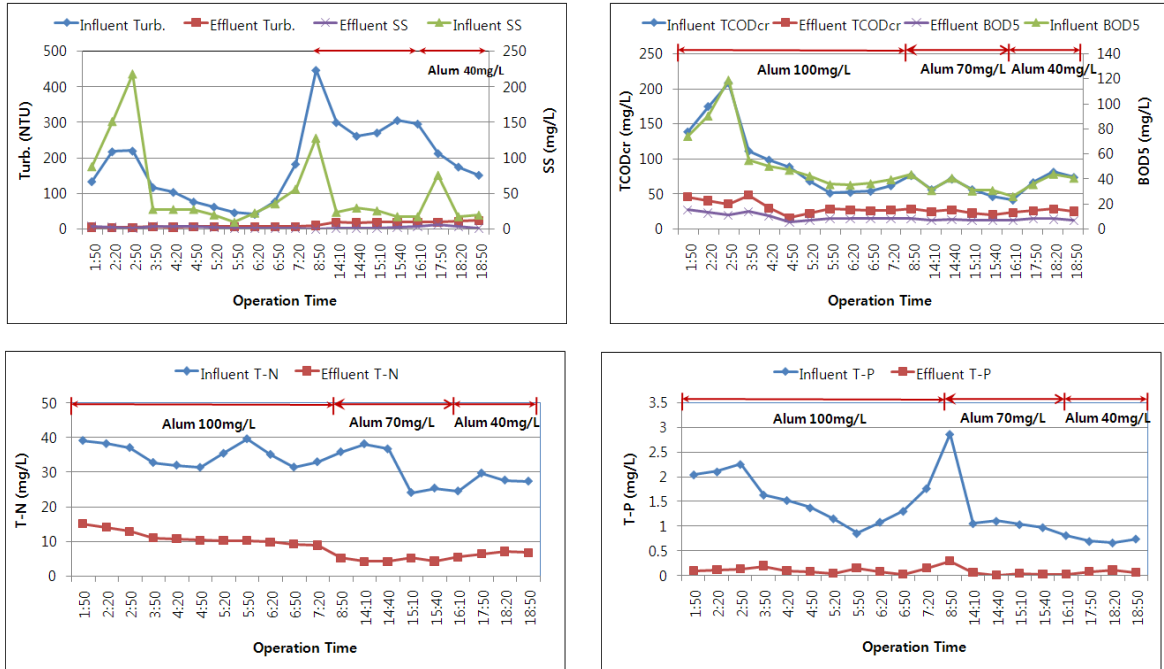


Fig.8. Water quality of influent and effluent water with respect to alum dose (2010.09.011~12)

2) 슬러지 인발 및 반송에 따른 처리효율 변화

슬러지 반송을 통한 연속실험에서는 알립주입량을 70mg/L로 하였고, Polymer는 1mg/L를 주입하였다. 먼저 2시간동안 운전한 후 발생하는 슬러지부피를 측정된 결과 91.5L가 생성되어 동시간에 유입유량 8,400L에 대하여 1.08%의 슬러지가 쌓이는 것을 확인할 수 있었다. 이를 바탕으로 초기 슬러지 인발량을 유입유량(70L/min)의 1%인 700mL/min로 정하였다. 또한 Pilot시설 하부에 일정한 슬러지 층을 유지시켜 슬러지의 농축을 유발하기 위해서는 슬러지 인발량이 슬러지 발생량을 넘지 않아야 함을 고려하여 초기 슬러지 반송량을 0.5%로 설정하여 연속운전을 수행하였다.

Fig.9.에서와 같이 운전초기에는 슬러지 인발과 반송을 하지 않고 생성되는 슬러지를 침전시켰으며, 일정시간 후에 슬러지 인발과 반송을 시작하면서 슬러지의 반송여부에 따른 오염물질 처리효율을 관찰하였다. 슬러지 반송전후의 유입수의 수질이 낮아지는 시점이었기 때문에 슬러지반송 전과 후의 처리효율변화가 뚜렷하지는 않았지만, 처리수의 수질이 양호해지는 결과를 보였다.

슬러지 인발 및 반송비를 각각 1%와 0.5%로 운전한 결과, 운전시간이 2시간을 넘어서게 되면 인발되는 슬러지의 양이 거의 없어지는 현상이 관찰되었다. 이는 발생한 슬러지가 충분히 침전되는 시간을 갖기 이전에 슬러지가 인발되

었기 때문에 판단되는 바, 슬러지 인발과 반송비를 각각 0.5%, 0.25%로 변경하여 재운전 하였다. 슬러지 인발과 반송비를 각각 0.5%, 0.25%로 운전한 결과 반송을 하지 않았을 때에 비해 0.25%를 반송하였을 때 탁도와 SS의 처리효율이 뚜렷하게 증가하는 것을 알 수 있었다. 이 실험을 통해 발생한 처리수의 수질은 Turbidity 7.4NTU 및 TCOD 4.3mg/L, BOD 2.6mg/L, SS 8.5mg/L, T-P 0.113mg/L 그리고 T-N 18.73mg/L까지 낮아져 방류수 수질기준을 만족하는 것으로 나타났다.

3.3 정책제언

최근 우리나라는 하수처리장 월류수의 처리에 대한 관심이 높아지고 있다. 하수처리시설과 하수관거의 설치 및 운영이 정착된 현 시점에서 하천수의 보전을 위해 도시 및 농촌의 비점오염원에서 초기 강우시 발생하는 하수처리장 월류수에 대한 선제적 대처가 무엇보다 시급한 과제로 떠오르고 있다. 또한 우리나라의 하수도 정책방향도 하수처리장 중심에서 하수관거 위주로 전환함에 따라 발생한 오염원을 처리시설까지 적정하게 이송함으로써 미처리 상태로 유출되는 것을 방지하고자 하는데 정책의 주안점을 두고 있다.

특히 합류식하수도 시설의 특성상 불가피하게 발생하는 하수처리장 월류수를 적정하게 관리, 통제함으로써 방류수역 수질보전의 안정성을 확보하기 위하여 다양한 연구를 통

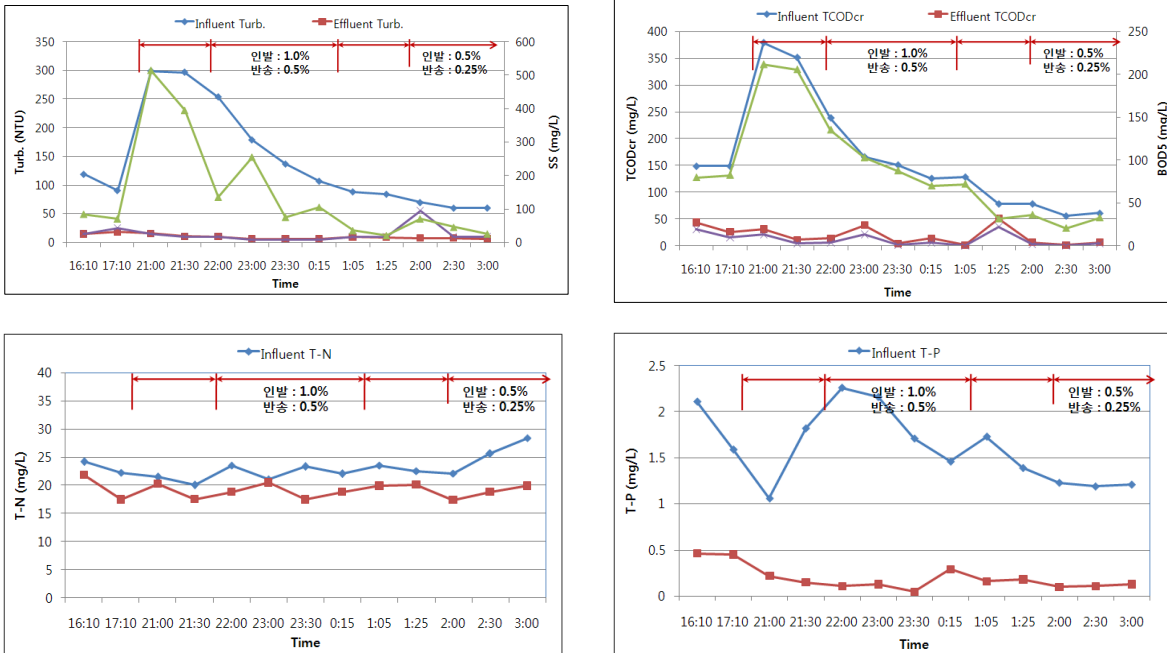


Fig.9. Water quality of influent and effluent water with respect to sludge return rate (2010.10.2.~3)

한 적정방안이 검토되어 오고 있다.

강우시 3Q의 계획하수량을 처리할 수 있도록 1차 침전지를 설치 운영하고 있으나 대부분의 경우 강우시 생물반응조 (일최대 0.75Q) 시설용량 만큼만 유입처리하고 있는 실정인 것으로 나타나 하천수질을 개선하는 효과가 반감되고 있는 실정이다.

이를 개선하기 위해 하수처리장 초기우수의 처리유무에 대한 철저한 지도관리가 가능한 초기우수의 수질 및 수량 등에 대한 구체적인 유지관리대책 마련이 시급하다.

또한, 강우시 하수처리장의 초기우수에 대한 적정처리농도, 처리시간 등 처리목표를 설정하고 하수처리장에서 효율을 높일 수 있는 저류시설과 고속응집침전시설 등을 시범도입하는 등 초기우수처리의 실효성을 제도적으로 확보할 필요가 있다.

본 연구에서 제시한 고효율응집시스템을 적용할 경우에는 합류식 하수도를 그대로 유지하면서 하수처리장 월류수의 오염부하량을 효과적으로 제어할 수 있기 때문에 분류식 관거로 개선하는 설치비를 상당히 저감할 수 있는 경제적 효과를 볼 수 있게 된다. 또한, 작은 부지에 설치할 수 있는 고효율응집시설을 적용할 경우 저류지의 설계용량을 감소시킬 수 있기 때문에 부지면적을 절감할 수 있는 효과도 얻을 수 있을 것으로 사료된다.

4. 결론

본 연구에서는 하수처리장에서 강우시 발생하는 설계용량 이상의 월류수를 신속하게 처리할 수 있는 방법으로 단일 반응조내에서 응집, 혼화, 침전이 이루어지며 매우 짧은 체류시간만으로도 오염물질이 처리될 수 있는 고효율응집시스템을 개발하고 그 적용성을 평가하였다.

1. 100톤/일 규모의 과일릿을 제작하여 실제하수처리장에서 하수와 하수처리장 월류수를 대상으로 운전조건을 실험한 결과, Alum 100mg/L, 폴리머 1.0mg/L에서 가장 크고 침전성이 좋은 플러키 생성되었다. Micro Sand 주입에 따른 오염물질 제거효과를 분석한 결과, 하수의 경우에는 침전효과가 주입하지 않았을 때 비해 더 좋아지는 것이 관찰되었으나 하수처리장 월류수의 경우에는 Micro Sand를 주입해도 처리효율에 큰 변화가 없었다. 이것은 하수처리장 월류수에는 침전속도가 빠른 조대 입자상물질의 농도가 높기 때문인 것으로 분석되었다.
2. 최적 약품 주입조건(Alum 100mg/L, 폴리머 1.0mg/L, Micro Sand 20mg/L)에서 체류시간 20분에서 최적효율을 나타냈으며, 하수를 대상으로 연속운전을 실시한 결과 Turbidity 98.7%, TCODcr 88.2%, BOD 88.4%, SS 97.4%, T-N 27.8% 및 T-P 98.2%의 높은 처리 효율을 나타냈다. 원수의 수질이 1000NTU까지 상승하

는 하수처리장 월류수를 대상으로 Alum 100mg/L, 폴리머를 1.0mg/L만은 주입하고 연속운전한 결과 처리효율은 Turbidity 93.1%, TCODcr 80.6%, BOD 81.8%, SS 92.5%, T-N 72.3% 및 T-P 87.3% 로 나타나 하수처리장 월류수를 원수로 할 경우 Micro Sand의 주입이 없이도 우수한 처리효율을 보이는 것으로 나타났으며, 이 실험을 통해 발생된 처리수의 수질은 Turbidity 7.4NTU 및 TCOD 4.3mg/L, BOD 2.6mg/L, SS 8.5mg/L, T-P 0.113mg/L 그리고 T-N 18.73mg/L 까지 낮아져 방류수 수질기준을 만족하는 것으로 나타났다.

3. 본 연구에서 제시한 고효율응집시스템을 적용할 경우에는 분류식 관거로 개선하는 설치비를 상당히 저감할 수 있으며, 설치부지면적을 절감 할 수 있고 그 처리효율이 우수하여 강우유출수를 처리하기위한 시설로의 적용성이 우수한 것으로 생각된다.

이상의 결과로 보아 본 연구에서 개발된 고효율응집시스템은 원수수질에 따라 응집제, 폴리머 등을 조합하여 사용할 경우 짧은 체류시간만으로도 신속하게 오염물질을 처리할 수 있는 것으로 나타나 그 적용성이 매우 높을 것으로 평가된다

사 사

본 연구는 수생태복원 사업단의 연구비지원으로 수행되었기에 이에 감사드립니다.

5. 참고문헌

- 권은미·오석진·조성주·이승철·하성룡·임채환·박지훈·강선홍(2010), 강우유출수의 신속한 처리를 위한 고속응집시스템의 성능 평가-실험실 규모 장치를 중심으로-, *대한상하수도학회지*, **24(5)** p629-639
- 금강물환경연구소(2008), 하수관거유입오염물질의 배출경로에 오염부하 조사분석
- 김준현, 함광중, 허범녕, 최지용, 김영진(2006), 유역의 불투수성에 따른 강우유출특성 비교, *환경영향평가학회지*, **15(2)**, pp 157-163
- 한강수계관리위원회(2008), 주요비점오염원 장기유출모니터링 및 저감기법연구(2)
- 한국환경공단(2005), 도심지내 초기강우 비점오염원 처리를 위한 지하우수 저류시설 설치시범지역 전성을 위한 타당성 조사 보고서
- 환경부(2006), 기존유수지를 이용한 CSOs대책 타당성 조사
- 환경부(2007) 합류식하수도 월류수(CSOs) 오염부하 저감시설 설치 타당성 조사결과.
- Kim, L.H(2003), "Determination of Event Mean Concentrations and First Flush Criteria in Urban Runoff, *Environ. Eng. Res.*, **8(4)**, pp163-176
- Brooth, D.(1991), Urbanization and the Natural Drainage System - Impact, Solutions, and Prognoses, *Northwest Environ. J.*, **7**, pp93-118
- Deletic, A.(1998), The First Flush Load of Urban Surface Runoff, *Wat. Res.*, **32(8)**, pp2462-2470
- Sansalone, J.J., S.G. Buchberger(1997), Characterization of Solid and Metal element Distributions in Urban Highway Stormwater, *Wat. Sci. Tech.*, **36**, pp155-160