

GPS-X을 이용한 소규모 마을하수도처리시설의 고도처리개선 연구

구본우*, 오대민*, 이영신*, 최건열*, 양종운*, 이정철**

*한서대학교 환경공학과

** (주) ET solution

e-mail:bonukoo@hanseo.ac.kr

A study on the improvement for advanced wastewater treatment of rural community sewage treatment plant using GPS-X

Bon-Woo Gu,* Dea-Min Oh*, Young-Shin Lee*,

Gun-Youl Choi*, Jong-Woon Yang*, Jung-Chul Lee**

*Dept. of Environmental Engineering, Hanseo University

**ET solution Co.Ltd. All rights reserved

요 약

우리나라 농어촌 지역은 경제 발전과 함께 식생활의 개선 및 주택 개량, 수세식 화장실 보급 확대등으로 생활 오수 발생량이 크게 늘고 있는 실정이다. 이에 1994년부터 정부는 하수도법에 의한 수질개선 대책 사업등으로 마을 하수도 사업이 진행되어 왔으나, 현재 몇몇 농어촌 지역의 마을하수도 시설의 노후화 및 처리용량 부적합 등으로 현재 질소, 인의 처리효율이 방류수 수질기준에 적합하지 못하여 주변 수역의 수질개선을 위한 고도처리개선이 필요한 실정이다. 따라서, 본 연구는 소규모 마을하수도처리시설에 적용하고자 하는 고도처리개선공정을 GPS-X(General Purpose Simulator) 시뮬레이션으로 계획수질을 추정하여 대상시설에 적합한 고도처리개선공정을 설계하였다. 측정결과, 각 반응조별 시뮬레이션에서 혐기조, 무산소조, SBR1, SBR2 모두 일정한 처리형태를 보였으며, 시뮬레이션을 통한 유출수 예측결과, SS의 경우 97.3%, BOD 97.5%, TCOD 87.3%, TP 81.1%, TN 74.5%의 제거효율을 보여, 안정적인 고도처리효과를 나타내는 것으로 판단된다.

1. 서론

마을하수도(Rural Community Sewage Treatment Plant, RCSTP)는 소규모시설로 농어촌지역의 공공수역의 수질오염방지와 생활환경 개선을 위해 다양한 공법들이 적용되어 왔다. 기존 소규모 마을하수도시설에 도입된 공법은 접촉산화법, 고효율합병정화조시설, 모관침윤트렌치법으로 구분할 수 있으며, 지자체에서 마을하수도시설의 유지·관리를 순회관리를 통해 운영하고 있다.

이러한 소규모 마을하수도 시설은 관로시설의 미비, 오점함에 따른 불명수 유입, 저농도 하수의 유입, 처리시설 용량의 과대 또는 과소 산정, 유입농도의 변동에 관계없이 일률적인 운전방법의 적용 등의 문

제점이 발생하고 있으며, 기계적 결함이나 운전 장애요인이 발생할 시 즉각적 대처가 이루어지지 못하고 있으며, 제대로 검증되지 못한 공법의 적용으로 처리효율에 문제점을 발생시키고 있다.

본 연구대상이 되는 마을하수도 시설도 처리시설의 기계적 결함 및 운전 장애요인이 장기간 누적되고 현재 질소, 인의 처리효율이 방류수 수질기준에 적합하지 못하여 주변 수역의 수질개선을 위한 고도처리개선이 필요한 실정이다.

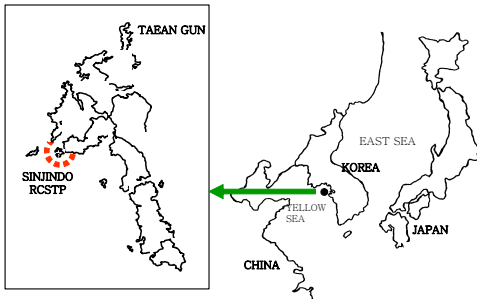
또한, 고도처리공정의 도입을 위해서는 파일럿 플랜트의 운영을 통해 설계 및 운전 조건을 도출하는 것이 좋으나 많은 시간과 비용이 소모되어 선진외국에서는 하수처리장 설계나 운영을 위해 수학적 모델을 사용하고 있다.

따라서, 본 연구는 기존 마을하수도시설의 현장조사를 통해 문제점을 파악한 후 소규모 마을하수도처리시설에 적용하고자 하는 고도처리개선공정을 GPS-X(General Purpose Simulator) 시뮬레이션으로 계획수질을 추정하여 대상시설에 적합한 고도처리개선공정을 설계하는데 목적이 있다.

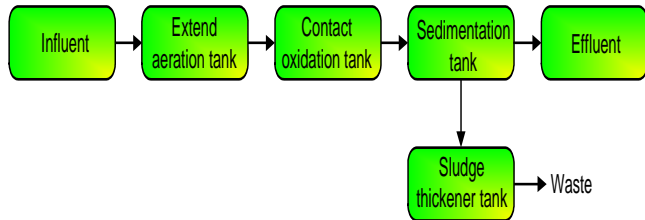
2. 연구방법

2.1 현장조사

본 연구대상시설은 충남 태안소재의 신진도마을하수도시설로 1차 가압부상+장기폭기법, 2차 접촉산화법, 3차 여과법을 적용하여 700m³/일로 처리하고 있다. 현재 마을하수도시설의 운영상 문제점을 파악하기 위해 각 반응조별 수질조사를 실시하였다.



[그림 1] 연구대상지역



[그림 2] 신진도 마을하수도처리시설 공정도

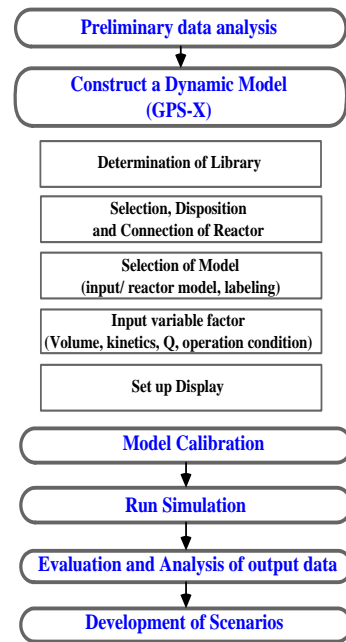
수질조사지점은 유입수, 포기조유입수, 포기조, 접촉산화조유입수, 접촉산화조, 슬러지조, 이차침전지유출수를 대상으로 조사하였으며, 각 반응조 유입수는 유량조사를 병행하여 실시하였다. 분석항목은 BOD, CODcr, SS, N계열, P계열을 수질오염공정시험법을 이용하여 분석하였다.

2.2 계획수질의 추정

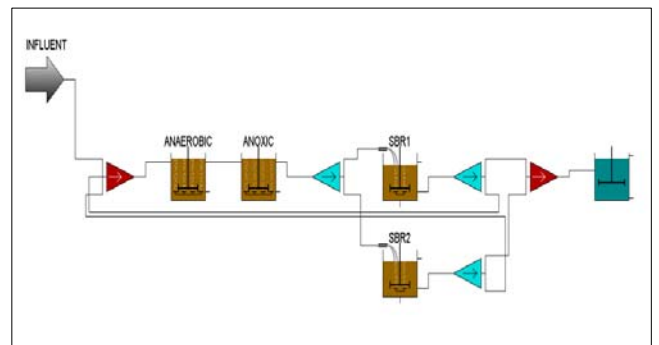
본 대상시설의 계획수질을 추정하기 위해 활성슬러지모델 (Activated Sludge Model, ASM)을 이용하였다. ASM은 화학양론적 정보와 동력학적 정보를 표현하기 위해 복잡한 구성요소간의 반응을 이해하고 물질수지식을 위해 반응조의 다양한 구성을 위해

사용하고 있다. 특히, ASM 중 GPS-X (General Purpose Simulator for expert)는 하·폐수 처리공정 분석용 다이나믹 모델로 생물학적 공정의 부유/부착 성장공정을 설계하고 검·보정함으로써 이상적인 플랜트를 설계할 수 있도록 하여 운전 문제점을 파악하는데 우수한 프로그램이다.

본 연구에서 사용된 GPS-X는 부유 및 부착성장공정 중 세부모델인 ASM2d 모델을 이용하였으며, 유기물질, 질소, 인을 제거하기 위한 고도처리공정의 계획수질을 모의하여 개선효율을 평가하였다.



[그림 3] 모델링 단계



[그림 4] GPS-X시뮬레이션 다이나믹 모델 흐름도

2.3 모델링 입력 자료 구성

2.3.1. 하수성상분석

유입수 수질조사는 Grit chamber에서 3차에 걸쳐 오전, 오후에 1회씩 채수하였다. S하수처리장의 유입수 수질분석은 Total COD, BOD₅, Ammonia, 유량, PO₄-P, Tatal-P, SS, MLSS, MLVSS, 등을 표준 분석방법에 의거하여 수행하였다.

분석결과, 평균 BOD₅는 134.4mg/l, COD_{Cr}은 425.6mg/l, MLSS 1355mg/l, MLVSS 703mg/l, TKN 39mg/l, TP 4.2mg/l, PO₄-P 1.16mg/l으로 나타났다.

[표 1] 하수처리장유입수 특성분석

항목	평균	범위
유량(m ³ /d)	495.3	656.6~380.2
수온(℃)	21.2	20.5~22.7
pH	6.9	6.57~7.14
DO(mgL ⁻¹)	1.6	1.5~1.75
BOD ₅ (mgL ⁻¹)	134.4	119.1~145.2
COD _{mn} (mgL ⁻¹)	95.6	84~110.6
COD _{Cr} (mgL ⁻¹)	425.6	403~456
SS(mgL ⁻¹)	140.8	104~208
MLSS(mgL ⁻¹)	1355	1289~1420
MLVSS(mgL ⁻¹)	703	670~735
T-N(mgL ⁻¹)	32.8	27.5~39.5
TKN(mgL ⁻¹)	39	35~49
T-P(mgL ⁻¹)	4.2	1.5~8.9
NH ₃ -N(mgL ⁻¹)	13.5	10.4~16.48
NO ₃ -N(mgL ⁻¹)	17.0	14.1~21.2
PO ₄ -P(mgL ⁻¹)	1.165	0.4~2.3
Alk.(mgL ⁻¹)	218.1	119.5~281.6
Cl-(mgL ⁻¹)	1051.2	986~1113

2.3.2 공정설계값

본 개선공정에 적용되는 계획수질을 통해 유입모 델 중 BODbased 공정에 사용되는 Influent advisor 을 이용하여 폐수 유기물 분율을 고려하였으며, 조사 결과 Si(용존성 난분해 유기물)가 16.5mg/L, Xi(입자 성 난분해 유기물)27.33mg/L, Ss(생물학적으로 분해 가 쉬운 유기물) 78.05mg/L, Xs(입자성으로 분해가 느린 유기물) 182.11mg/L로 계산되고 이를 이용하여 상태변수 및 합성 변수를 구성한 값들을 이용하여 수질예측을 하였다.

[표 2] ASM2d influennt advisor를 이용한 하수 특성 분석

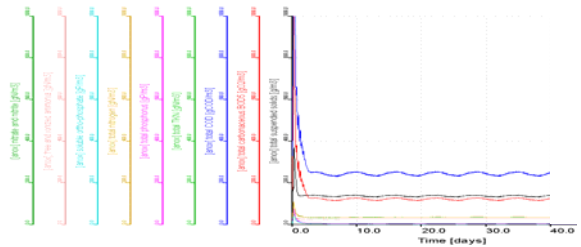
User Inputs			
bod	totalcarbonaceousBOD ₅	gO ₂ /m ³	169.1
x	totalsuspendedsolids	g/m ³	187.0
tkn	total TKN	gN/m ³	39.00
si	soluble inert organic material	gCOD/m ³	16.50
sp	soluble ortho-phosphate	gP/m ³	4.13
fss	solublesubstrate/BOD _{ultimate}	-	0.30
icv	XCOD/VSS ratio	gCOD/gVSS	1.60
ivt	VSS/TSS ratio	gVSS/gTSS	0.70

fbod	BOD ₅ /BOD _{ultimate} ratio	-	0.65
State Variables			
si	soluble inert organic material	gCOD/m ³	16.50
sf	fermentable readily biodegradable substrate	gCOD/m ³	78.05
slf	volatile fatty acids	gCOD/m ³	0.00
xi	particulateinertorganicmateri al	gCOD/m ³	27.33
xs	slowly biodegradable substrate	gCOD/m ³	182.1

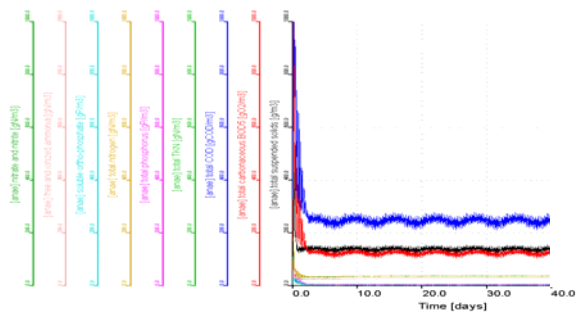
3. 결과 및 고찰

3.1 반응조별 시뮬레이션결과

[그림 5], [그림 6]는 시뮬레이션을 통한 혐기조, 무 산소조의 유출수 변화 및 용존 유기물의 제거 척도 인 heterotrophic biomass 변화를 나타내고 있다. 분석항목은 혐기조, 무산소조의 TN, TP, COD, BOD₅, SS, TKN등으로 예측결과, 모두 일정한 처리형태를 나타내고 있으며, SBR1, 2의 heterotrophic biomass의 경우, 유기물의 유입농도에 따라 비례적으로 증가와 감소를 반복적으로 나타내고 있어, 하수중의 용존 유기물 질을 효과적으로 처리하는 것으로 판단된다.



[그림 5] 혐기조 유출수 시뮬레이션 분석 결과



[그림 6] 무산소조 유출수 시뮬레이션 분석 결과

4. 결론

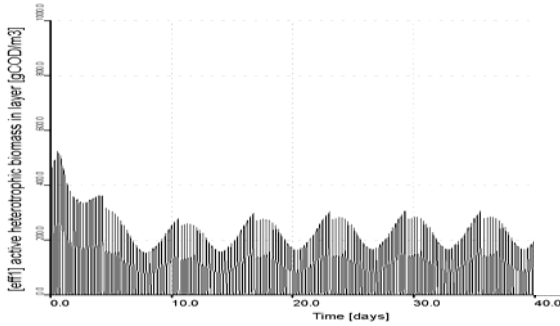
본 연구에서는 고도하·폐수처리 모델 시뮬레이션 시스템을 구축하여 이를 통한 소규모 마을하수도처리시설의 고도처리개선 방안을 모색하였으며, 또한, 이와 같이 검증된 고도 하·폐수처리공정 모델 시뮬레이션 시스템을 기반으로, 연구대상 공정의 주요 설계 및 운전 인자에 따른 처리특성을 파악함으로써 마을하수도처리시설의 최적화를 모색할 수 있었다. 각 반응조별 시뮬레이션 분석결과, 혐기조, 무산소조, SBR1, SBR2 모두 일정한 처리형태를 나타내고 있으며, SBR1, SBR2내의 heterotrophic biomass 경우, 유기물의 유입농도에 따라 비례적으로 증가와 감소를 반복적으로 나타내고 있어, 하수중의 용존 유기물질을 효과적으로 처리할 것으로 판단된다. 시뮬레이션을 통한 유출수 예측결과, SS의 경우 97.3%, BOD 97.5%, TCOD 87.3%, TP 81.1%, TN 74.5%의 제거효율을 나타내었다.

감사의 글

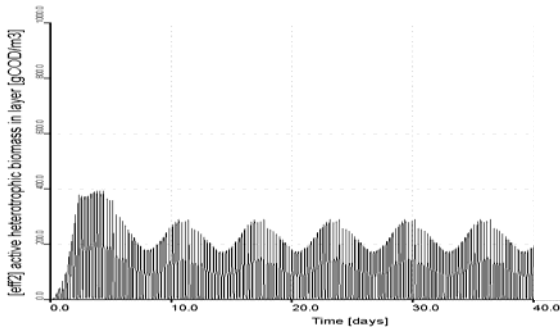
본 연구는 ET solution의 이정철님에 의해 이루어진 결과의 일부이므로 이에 감사의 뜻을 표합니다.

참고 문헌

- [1] Dupont, R., Ole Sinkjaer, Optimization of wastewater treatment plants by means of computer models. *Water Science and Technology*. 31(4) : 181, 1994.
- [2] Gujer, W., Henze, M., Activated sludge modeling and simulation. *Water Science and Technology*. 23:1011, 1991.
- [3] 남경식. 간헐폭기 BNR 공정의 시뮬레이션 및 실적결과 비교. 건국대학교 석사학위논문, 2004.
- [4] Makinia, J., Wsinarski, M. and Dobiegala, E., "Ewperiences with computer simulation at two large wastewater treatment plants in northern Poland", *Wat. Sci. Tech.*, 45(6), 209-218, 2002.
- [5] 진현진. GPS-X 모델을 이용한 석유화학폐수처리장 최적설계에 관한 연구. 전남대학교 석사학위논문, 2007.
- [6] GPS-X version 4.1 user's guide. Canada:JT Hydromantis Inc, 2003.



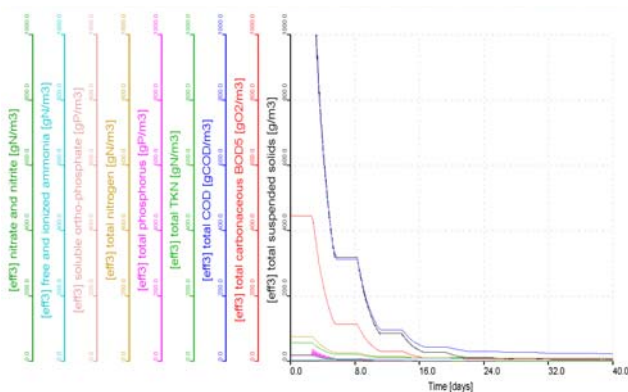
[그림 7] heterotrophic biomass 분석결과(SBR1)



[그림 8]heterotrophic biomass 분석결과(SBR2)

3.2 시뮬레이션을 통한 Effluent 결과

[그림 9]은 유입수수질 분석자료를 통하여 시뮬레이션 한 결과를 나타내었으며, 폐수 유입수에 대한 반응조별로 BOD, TCOD, SS, TN, TP의 유출 농도 및 제거율을 나타내었다. 유입유량을 700m³/day으로 공정을 구동하였을 때, 유출수질은 BOD₅ 4.092mg/L, COD 23.72mg/L, SS 4.885 mg/L, TN 10.67mg/L, TP 1.317 mg/L이었고, 처리율은 각각 97.5%, 87.3%, 97.3%, 74.5%, 81.1%로 나타나, 처리효율은 양호한 것으로 나타났다.



[그림 9] Effluent 시뮬레이션 분석결과