

휴게소 개인하수처리시설의 슬러지 탈수공정 적용에 통한 고도처리 개선 연구

최유현 · 주현종^{*,†}

경기대학교 일반대학원 환경에너지공학과
^{*}경기대학교 환경에너지공학과

A Study on the Advanced Treatment Process Improvement through the Dewatering Application an Expressway Rest Area Individual Sewage Treatment Plant

Yoo Hyun Choi · Hyun Jong Joo^{*,†}

Department of Environmental Energy Engineering, Graduate of School Kyonggi University

^{*}Department of Environmental Energy Engineering, Kyonggi University

(Received 18 November 2016, Revised 1 January 2017, Accepted 11 January 2017)

Abstract

Small size privately owned wastewater treatment plants have been difficult to treat their wasted sludge and maintain steady effluent quality compared with publicly owned wastewater treatment plants. Therefore, this study has focused on treatment efficiency enhancement, specially nitrogen removal efficiency by recycling dewatering filtrate as an alkalinity additive from filter press using CaCO_3 . As the result, it was found that the optimal mixing ratio between the excess sludge and CaCO_3 was 1:2. The major operation parameters such as specific substrate utilization rate, specific nitrification rate, and specific denitrification rate were also improved 64% (0.048-0.079 mg $\text{BOD}_5/\text{mg MLVSS}\cdot\text{day}$), 35% (0.020-0.027 mg $\text{NH}_3\text{-N}/\text{mg MLVSS}\cdot\text{day}$) and 68% (0.051-0.086 mg $\text{NO}_3\text{-N}/\text{mg MLVSS}\cdot\text{day}$), respectively, after the adoption of new methods. Therefore, both the problem of sludge treatment at small scale plants and the need for efficiency improvement could be solved.

Key words : Advanced Treatment Process, CaCO_3 , Dewatering Sludge, Filter Press

1. Introduction

전국적으로 공공하수처리시설은 500 $\text{m}^3/\text{일}$ 이상 597개소, 500 $\text{m}^3/\text{일}$ 미만 3,160개소가 존재하고 있으며, 개인하수처리시설의 경우 444,237개소로써 공공하수처리시설에 비해 전국적으로 많은 개소수를 차지하고 있으며, 이에 따른 부하량(kg/day)이 큰 비중을 차지하고 있다(MOE, 2014). 이러한 개인하수처리시설의 경우 지역적으로 산재되어 있으며 방문관리 등의 제도적 한계에 의하여 법적 방류수 수질 기준 초과에 따른 문제점이 꾸준히 발생되고 있다(MOE, 2012). 또한 휴게소 내 개인하수처리시설 유입수의 경우 기존의 일반적인 하수처리장이나 오·폐수처리시설의 유입수 성장과는 달리 중요한 역할을 하는 C/N비가 낮고 이에 따라 방류수질 기준만족의 어려움을 겪고 있는 것으로 보고되고 있다(Lee, 2010).

현재 휴게소 개인하수처리시설의 슬러지 처리방법은 대부분 지자체에 위탁처리하고 있으며, 일부 개인하수처리시

설의 경우 슬러지 처리비용을 줄이기 위해 잉여슬러지 폐기의 미실시 및 유량조정조로 유입하여 운영하는 사례가 빈번하게 발생되고 있다. 이에 따라 처리공정 내 미생물 활성도 및 영양염류 제거효율 저하로 안정적인 수질관리가 어려운 실정이다(Lee, 2015). 또한 휴게소 오수처리시설 내 추가공정 도입을 위한 부지가 협소하여, 부대시설이 많은 슬러지 처리공정의 추가 도입은 어려운 실정이다. 그러나 필터프레스의 경우 기존 공정 내 슬러지 농축조의 이용이 가능하며, 부대시설이 적은 장점이 있어 소규모 오수처리시설 내 적용이 가능한 것으로 알려져 있다.

따라서 본 연구에서는 탄산칼슘과 필터 프레스를 이용한 슬러지 탈수 방법과 슬러지의 칼슘이온 흡착 반응에 따른 슬러지 변화 기작을 분석하고 회분식 실험을 통한 탄산칼슘의 최적 주입량 및 탈수계역 함수율을 도출하고자 하였다. 또한 실험실 규모의 반응기와 휴게소 오수처리시설 내 고도처리공정 운전을 통해 탈수공정 적용에 따른 탈수여액의 재활용 방안과 그에 따른 고도처리공정의 설계인자를 도출하고자 한다.

[†] To whom correspondence should be addressed.
hjoo@kyonggi.ac.kr

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

2. Materials and Methods

2.1. CaCO_3 주입에 따른 슬러지 탈수효율 평가

CaCO_3 주입에 따른 슬러지 탈수효율 평가를 위한 실험

Table 1. Experimental conditions of batch test

Item	Mode 1	Mode 2	Mode 3	Mode 4	Mode 5
CaCO ₃ Mixture rate (Sludge : CaCO ₃)	1:1	1:1.2	1:1.5	1:2	1:3
Sludge Conc. (mg/L)	10,000				
Mixing time (min)	20				
Dehydration time (hr)	2				

Table 2. Specifications of filter press

Equipment size (mm)	The number of filter (ea)	Filtration volume (L)	Compressor pressure (HP)
L1,100·W400·H500	7	10	2

조건 및 실험실 규모 필터프레스의 사양을 Table 1, 2에 나타내었다. 실험에 사용된 잉여슬러지의 농도는 개인오수처리시설 평균 농축 슬러지 MLSS 농도인 10,000 mg/L로 하였으며, CaCO₃ 주입비율을 1:1, 1:1.2, 1:1.5, 1:2, 1:3 (Sludge : CaCO₃, wt)로 설정하였다. 또한 Jar-tester를 이용하여 슬러지와 CaCO₃가 완전 혼합되도록 하였으며, CaCO₃ 주입에 따른 슬러지 변화를 분석하기 위하여 EPS (Extra-cellular polymeric substances)를 측정하였다. EPS는 미생물 표면 체외고분자 물질로써 미생물 흡착에 중요한 역할을 하며, EPS농도가 높을수록 막오염 현상이 발생하는 것으로 보고하고 있다(Kim, 2005). 따라서 본 연구에서는 칼슘흡착에 의한 EPS농도를 분석함으로써 슬러지 표면변화 여부와 필터프레스의 적용가능성을 확인하였다.

2.2. 탈수공정 적용에 따른 고도처리공정 개선 평가

탈수여액 주입에 따른 고도처리공정 개선평가를 위하여 Lab. scale A²/O 반응기를 제작하였으며, 설계인자 및 모식도를 Table 3 및 Fig. 3에 나타내었다. Lab. scale 반응기는 개인하수처리시설 내 설치하여 실 폐수로 운전하였으며, 탈수공정의 적용 전, 후로 고도처리공정 개선 여부를 평가하였다. 또한 Lab. scale 결과를 바탕으로 현장 적용성 평가를 위하여 경기도 내 위치한 휴게소 개인하수처리시설에 1 m³/day 처리용량의 필터프레스와 2 m³ 용량의 약품 혼합 농축조를 설치하여 운영하였으며, 탈수여액의 여액의 경우 알칼리도 보조제로 활용하기 위하여 무산소조로 주입하였다.

Table 3. Operational factors of A²/O process

Parameter	Unit	Value	
Volume	L	79	
Influent Flow	L/day	50	
Influent pH	-	7.0-7.5	
HRT	Anaerobic	hr	1.6
	Anoxic	hr	8.4
	Oxic	hr	28.0
DO	Anaerobic	mg/L	0.1-0.2
	Anoxic	mg/L	0.1-0.2
	Oxic	mg/L	2.0-3.0
SRT	day	20	
Reactor MLSS Conc.	mg/L	3,000	
Recycling Sludge MLSS Conc	mg/L	8,000	
MLVSS/MLSS	%	70	
Internal Recycle Flow	%	150	
External Recycle Flow	%	70	

2.3. 수질분석방법

시료 분석은 매일 동일한 시간에 실시하였으며, 시료의 항목별 분석 방법은 Standard Methods (APHA, 2012)를 참고하여 분석하였다. 또한 탈수액의 함수를 분석의 경우 105℃ 오븐을 이용한 무게분석으로 측정하였고, 48시간이상 건조하였다. EPS의 경우 Phenol-Sulfuric acid 방법을 이용하였으며, Glucose를 표준물질로 하여 흡광도 490nm에서 측정하였다(Dubois et al., 1956). 또한 CaCO₃ 주입에 따른 슬러지 표면변화 여부를 평가하기 위해 SEM(Scanning Electron Microscope)과 EDX(Energy Dispersive X-ray spectroscopy)를 이용하여 슬러지 표면특성을 측정하였다.

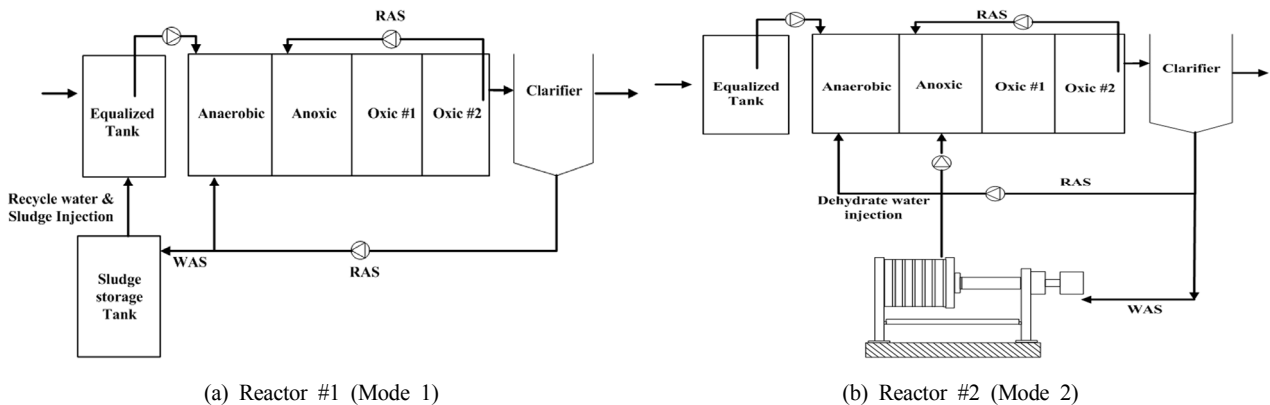


Fig. 3. Schematic diagram of process.

3. Results and Discussion

3.1. CaCO₃ 주입에 따른 슬러지 표면변화 및 탈수효율 평가

CaCO₃ 주입에 따른 슬러지표면 변화 및 탈수효율에 따른 실험결과를 Table 4와 Fig. 4에 나타내었다. 탄산칼슘 주입비율 증가에 따라 탈수케익의 함수율은 각각 86, 78, 64, 58, 54%로 감소하였고, 또한 EPS, SEM 및 EDX 결과 CaCO₃ 주입에 따라 EPS 감소와 슬러지 표면이 변화된 것으로 나타났으며, 이는 미생물 플록구조의 음전하와 무기성 입자 및 양이온에 대한 상호작용으로 인한 연구결과와 유사한 것으로 나타났다(Beveridge and Murray, 1980; Urbain et al., 1993).

Choi (2013)의 연구에 따르면 Ca²⁺이온이 미생물표면에 Bio-sorption되어 기질 및 영양염류 제거효율이 감소된다고 보고하고 있어 미생물에 의한 칼슘 흡착가능성을 제시하였다. 또한 Lee (2000)의 연구에서는 굴 폐각 내 존재하는 칼슘이온을 이용한 정수슬러지 탈수효율 평가 결과 굴 폐각 주입증가에 따라 슬러지 표면변화 및 탈수효율이 증가하는 결과를 보고하고 있으며, 또한 Lee (2009)의 연구결과 FeCl₃ + Ca(OH)₂ 주입에 따른 탈수케익 함수율 평가결과 Ca(OH)₂의 주입량이 증가할수록 함수율은 감소하는 것으로 보고하

Table 4. The result of EPS concentration and moisture content with CaCO₃ injection ratio

Parameter	Sludge MLSS Conc. : 10,000 mg/L Initial EPS Conc. 90mg/L				
	1:1	1:1.2	1:1.5	1:2	1:3
Sludge: CaCO ₃ mixture Rate (wt : wt)	1:1	1:1.2	1:1.5	1:2	1:3
Moisture content of dehydrate cake (%)	86	78	64	58	54
EPS Conc. (mg/L)	64	60	55	51	45

고 있다. 이러한 연구결과들은 칼슘주입에 따른 슬러지 표면 변화가능성 및 탈수효율 증가에 대하여 본 연구 결과와 유사한 경향을 보이고 있다. 폐수처리 과정에서 발생하는 슬러지의 탈수성은 슬러지의 종류 및 성상에 따라 다르게 나타나며, 주입약품의 종류, 주입량, 슬러지의 입도분포, 밀도, pH, 온도 및 혼합강도 등 운전조건에 따라 크게 좌우되므로 운전조건을 최적화 할 필요성이 있다(Yim and Jung, 1988; Yoon et al., 1992). 또한 본 연구결과에서 탈수공정에 적합한 최적 CaCO₃의 주입량을 도출하기 위하여 폐기물 관리법 내 탈수케익의 재활용 기준을 적용하였으며, 그 결과 CaCO₃의 최적 주입량은 1:2로 나타났다(MOE, 2015).

3.2. 반류수 및 탈수여액 평가

기존 휴게소 개인하수처리시설에서 발생하는 잉여슬러지와 화학슬러지는 슬러지 농축조에서 농축과정을 거치게 되는데 이때 발생하는 상등수는 대부분 유량조정조로 반송된다. 따라서 기존처리공정 내 발생하는 반류수와 탈수여액이 생물학적 처리공정 내 미치는 영향을 비교하였으며, 그 결과를 Table 5에 나타내었다.

반류수 수질분석 결과 알칼리도의 평균농도는 102 mg/L as CaCO₃로 나타났으며, BOD₅와 TSS의 평균농도는 각각 21.4, 54 mg/L로 분석되었다 또한 탈수여액의 평균 알칼리도 농도는 195 mg/L as CaCO₃로 분석되었으며 BOD₅와 TSS의 평균농도는 각각 29.8, 16 mg/L로 나타났다.

반류수와 탈수여액의 농도를 비교한 결과 알칼리도는 탈수여액이 반류수보다 평균 1.9배(102-195 mg/L) 높은 것으로 나타났으며, Kim (2013)의 연구결과 탈수여액과 하수를 1:1로 혼합할 경우 탈수여액 내 알칼리도(HCO₃⁻)에 의해 질산화 속도가 향상된 것으로 보고하고 있다. 이에 따라 탈수공정 적용을 통해 발생하는 탈수여액을 고도처리공정

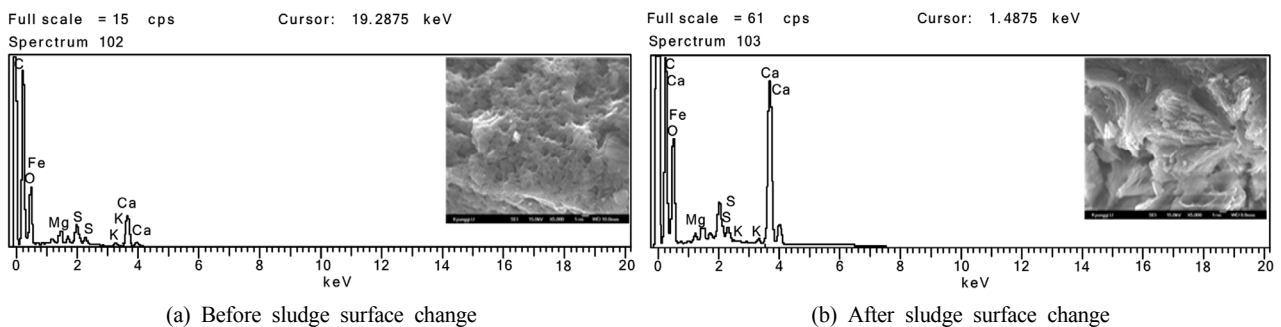


Fig. 4. Analysis result of sludge SEM and EDX.

Table 5. The characteristics of supernatant and filtrate

Parameter	Sludge supernatant (mg/L)			Filtrate (mg/L)		
	Max.	Min.	Ave.	Max.	Min.	Ave.
TBOD ₅	30.6	14.8	21.4	42.8	20.7	29.8
Alkalinity	138	80	102	314	120	195
NH ₃ -N	6.7	3.5	4.8	1.5	0.4	0.8
NO ₃ ⁻ -N	8.7	1.2	5.3	4.2	1.2	2.0
PO ₄ ³⁻ -P	10.2	5.3	8.2	10.2	6.3	8.0
TSS	81	32	54	24	9	16

내 유입함으로써 탈수여액 재활용 및 고도처리공정 개선방안으로 적용이 가능 할 것으로 판단된다. TSS의 경우 반류수가 탈수여액보다 3.2배(16-54 mg/L) 높은 농도를 보이고 있으며, 본 연구에서는 탄산칼슘 주입에 따른 슬러지 표면 변화와 필터프레스를 통해 탈수여액 내 TSS 농도를 감소 시킴으로써 기존 반류수에 대한 오염부하량을 감소시킬 수 있을 것으로 판단된다. 또한 TBOD₅의 경우 탈수여액과 반류수의 농도가 각각 평균 29.8 및 21.4 mg/L로써 유사한 값을 보이고 있다.

3.3. Lab. scale 탈수공정 적용에 따른 고도처리공정 개선 평가

3.3.1. 유입수 특성

처리공정 내 반류수 주입(Mode 1)과 탈수여액주입(Mode 2)에 따른 유입수 성상을 분석하였으며, 그 결과를 Table 6에 나타내었다. 유입수 BOD₅의 평균농도는 Mode 1에서 286.3 mg/L이며, Mode 2에서 398.9 mg/L로써 Mode 1 보다 39% 농도가 증가한 것으로 분석되었다. 또한 NH₃-N의 경우 Mode 1에서 평균 104.8 mg/L로 측정되었으며, Mode 2에서는 117.8 mg/L로써 Mode 1보다 12.4% 증가하는 것으로 확인되었다. TSS는 Mode 1에서 평균 117.9 mg/L의 농도를 보이고 있으며, Mode 2의 경우 평균 49.2 mg/L로써 탈수공정 적용에 따라 2.39배 감소하는 경향을 보이고 있다. 이는 기존공정 내 슬러지 저류조에서 발생하는 저류조 상등액 및 농축슬러지의 유량조정조 월류방지에 따른 유입수 회석효과와 유량조정조 내 농축슬러지에 의한 유기물 및 영양염류 제거 방지에 따른 농도증가로 판단된다.

3.3.2. 유기물 및 영양염류 제거특성 평가

Mode별 유기물 및 영양염류 제거특성을 평가하였으며, 그 결과를 Table 7 및 Fig. 5에 나타내었다. Mode 1의 유입수 및 방류수 BOD₅의 농도는 평균 286.3 mg/L와 5.7 mg/L로 측정되었으며, Mode 2의 경우 평균 398.9 mg/L로 유입되어 4.3 mg/L로 방류되는 것을 알 수 있다. 또한 Mode 1

에서의 NH₃-N의 제거특성은 104.8 mg/L로 유입되어 평균 1.9 mg/L로 방류되는 것으로 나타났으며, Mode 2에서는 평균 117.8 mg/L로 유입되어 0.8 mg/L로 방류되는 것으로 확인되었다. Mode 1의 질소제거효율 평가결과 방류수 내 잔류 암모니아성 질소가 존재하는 것을 알 수 있으며, 이는 유입수 내 알칼리도가 부족할 경우 질산화 효율이 저하되어 방류수 내 잔류 NH₃-N 농도가 존재하는 것으로써 Lee (2012) 연구결과와 유사한 경향을 보이고 있다. 또한 Mode 1의 NO₃⁻-N의 경우 무산소조에서 평균 5.3 mg/L를 보이고 있으며 포기조 내 평균 17.4 mg/L의 농도로 분석되었다. 또한 Mode 2에서는 무산소조 및 포기조에서 각각 평균 2.4 및 8.9 mg/L로 측정되어 Mode 2의 경우 Mode 1 보다 탈질반응이 원활하게 이루어진 것으로 판단된다.

3.4. 탈수공정의 현장적용에 따른 고도처리공정 평가

3.4.1. 유입수 특성

Lab. scale 결과를 바탕으로 고도처리공정 개선을 위해 Test bed 내 탈수공정을 적용하였으며, 운전기간에 따라 기존처리공정(Mode 1)과 개선공정(Mode 2)으로 나누어 운전을 실시하였다. 이에 따른 유입수 특성을 Table 8에 나타내었다. 운전기간 중 Mode 1에서 유입수 내 BOD₅의 평균농도는 359.8 mg/L로 분석되었으며, NH₃-N 및 TSS의 농도는 각각 평균 80.3, 95.1 mg/L의 값을 보이고 있다. 또한 Mode 2 유입수 BOD₅의 경우 평균 420.2 mg/L농도로 존재하고 있으며, NH₃-N 및 TSS의 평균 농도는 각각 88.0, 56.5 mg/L로 분석되었다. 탈수공정 적용에 따라 BOD₅ 및 NH₃-N의 값이 각각 16.7% 및 9% 증가하는 것으로 확인되었으며, TSS의 경우 평균 56.5 mg/L로써 개선공정이 기존처리공정 보다 60% 감소한 것으로 나타났다.

3.4.2. 유기물 및 영양염류 제거효율 평가

Mode 별 처리공정 내 유기물 및 영양염류 특성을 Table 9 및 Fig. 6에 나타내었다. Mode 1 유입수 내 BOD₅의 경우 평균 359.8 mg/L로 유입되어 평균 7.3 mg/L로 방류되는 것

Table 6. The characteristics of Lab. scale reactor influent concentration with varying mode

Parameter	Influent concentration (mg/L)					
	Mode 1			Mode 2		
	Max.	Min.	Ave.	Max.	Min.	Ave.
TBOD ₅	367.2	222.2	286.3	474.0	324.6	398.9
NH ₃ -N	124.2	84.6	104.8	160.2	94.4	117.8
NO ₃ ⁻ -N	3.6	0.5	1.7	1.9	0.3	1.1
PO ₄ ³⁻ -P	13.4	8.8	10.4	10.8	3.7	8.9
TSS	146.0	92.0	117.9	70.0	22.0	49.2

Table 7. The Characteristics of effluent concentration in lab. scale reactor

Parameter	Effluent concentration, mg/L					
	Mode 1			Mode 2		
	Max.	Min.	Ave.	Max.	Min.	Ave.
TBOD ₅	9.2	3.8	5.7	5.6	3.1	4.3
NH ₃ -N	2.8	1.3	1.9	1.6	0.4	0.8
NO ₃ ⁻ -N	19.9	14.9	17.4	11.2	8.0	8.9

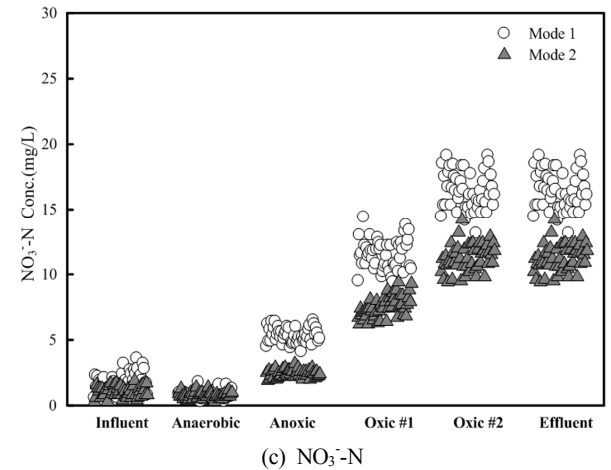
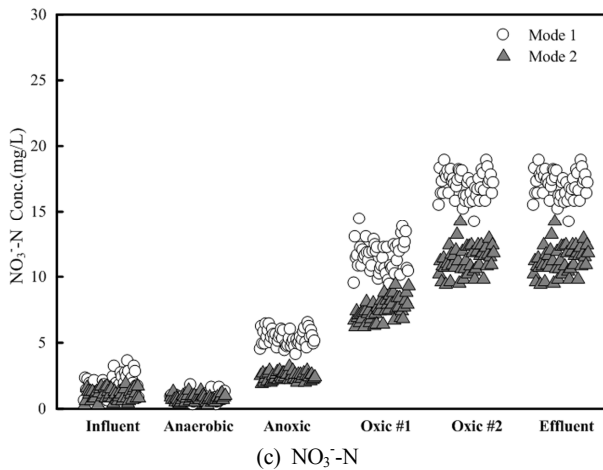
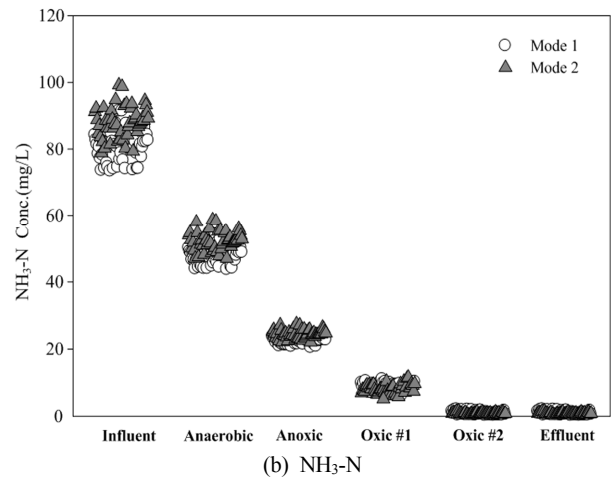
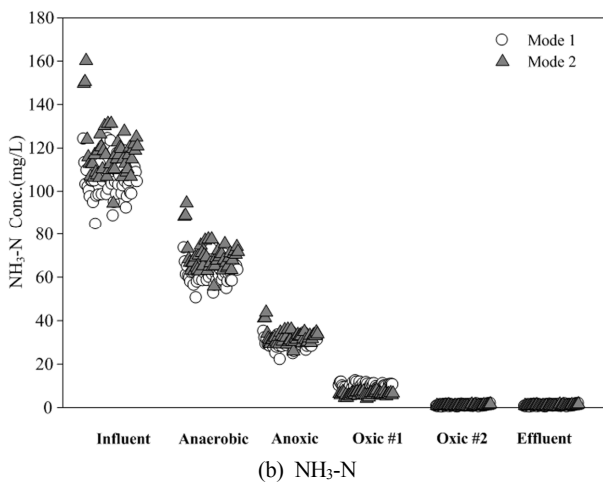
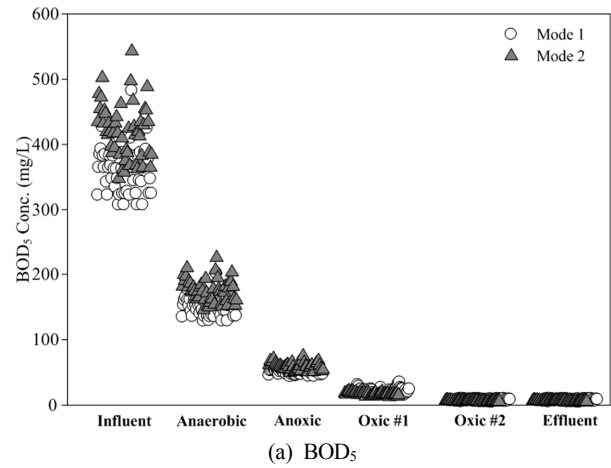
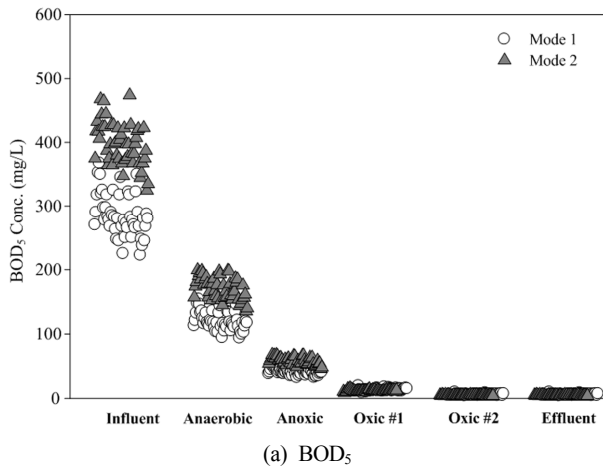


Fig. 5. Organic matter and nitrogen removal efficiencies in the lab. scale reactor.

Fig. 6. Organic matter and nitrogen removal efficiencies in a test bed.

Table 8. The characteristics of test bed influent concentration with varying mode

Parameter	Influent concentration (mg/L)					
	Mode 1			Mode 2		
	Max.	Min.	Ave.	Max.	Min.	Ave.
TBOD ₅	482.2	307.2	359.8	542.6	347.6	420.2
NH ₃ -N	91.4	73.4	80.3	99.2	78.8	88.0
NO ₃ ⁻ -N	3.2	0.4	1.4	3.2	0.4	1.5
PO ₄ ³⁻ -P	12.1	7.9	9.4	10.2	6.2	8.2
TSS	113.0	68.0	95.1	82.0	38.0	56.5

Table 9. The Characteristics of effluent concentration in a test bed

Parameter	Effluent concentration, mg/L					
	Mode 1			Mode 2		
	Max.	Min.	Ave.	Max.	Min.	Ave.
TBOD ₅	9.8	4.2	7.3	7.7	3.8	6.0
NH ₃ -N	3.0	1.3	1.7	1.5	0.2	0.8
NO ₃ ⁻ -N	19.4	16.4	18.9	10.9	7.1	9.0

으로 측정되었다. 또한 NH₃-N는 평균 80.3 mg/L로 유입되어 1.7 mg/L로 방류되었으며, 반응조 내 잔류 NH₃-N 농도가 존재하는 것으로 나타났다. 또한 무산소조 및 포기조 내 NO₃⁻-N의 평균 농도는 각각 6.2 및 18.9 mg/L로 나타났다.

Mode 2의 경우 평균 420.2 mg/L의 농도로 유입되었으며, 6.0 mg/L의 농도로 방류되는 것으로 확인되었다. 또한 유입수 및 방류수의 NH₃-N의 평균농도는 각각 88.0, 0.8 mg/L로 측정되었으며, NO₃⁻-N의 경우 무산소조 및 포기조에서 각각 평균 2.2 mg/L 및 9.0 mg/L로 나타났다.

3.4.3. 처리효율 및 설계인자 도출

고도처리공정 내 수질분석 결과를 토대로 Mode 별 물질수지를 작성하였으며, 도출된 설계인자 및 처리효율을 Table 10과 11에 나타내었다. Mode 1 조건에서 반응기 물질수지를 작성한 결과 BOD₅의 처리효율은 97.9%로 확인되었으며 이에 따른 비기질소모율(U)의 경우 0.048d⁻¹의 값을 보이고 있다. 또한 NH₃-N 및 NO₃⁻-N의 처리효율은 각각 99.8 및 82.7%로써, SNR과 SDNR값은 각각 0.020 및 0.059d⁻¹의 값을 보이고 있다. 또한 Mode 2의 물질수지 결과 BOD₅의 평균 제거효율은 98.9%이며, 이에 따른 U값의 경우 0.079d⁻¹로써 Mode 1과 비교할 경우 60%이상 증가하

였다. 또한 NH₃-N 및 NO₃⁻-N의 평균 제거효율은 각각 99.3, 90.4%로 측정되었으며, SNR과 SDNR 값은 0.027, 0.085d⁻¹의 설계인자 값이 도출되었다. 본 연구 결과를 통해 탈수공정을 적용할 경우 잉여슬러지의 원활한 처리와 반응조 내 일정한 SRT 유지가 가능해지며, 이에 따른 미생물 활성도 증가를 통해 설계인자 값이 기존공정보다 향상됨을 알 수 있다.

따라서 탈수공정이 적용된 개인하수처리시설을 설계할 경우 본 연구결과에서 도출된 설계인자 적용이 가능할 것으로 판단된다.

4. Conclusion

본 연구에서는 개인하수처리시설 내 탄산칼슘 및 필터프레스를 이용한 탈수공정의 적용가능성과 이를 통한 생물학적 처리공정 개선가능성을 평가하고자 하였다. 본 연구를 통해 도출된 결론은 다음과 같다.

- 1) 고도처리공정 내 슬러지 표면변화를 위해 탄산칼슘을 주입하였으며, 그 결과 최적혼합비율은 1:2로 나타났으며, 이는 미생물 내 생물흡착으로 인해 칼슘이온(Ca²⁺)이 흡착되고 슬러지의 표면이 개질되어 탈수공정에 적합한 슬러지 표면변화가 이루어진 것으로 판단된다.

Table 10. Operational factor and Design factors

Parameter		Unit	Mode 1	Mode 2	
Design factor	U	d ⁻¹	0.048	0.079	
	SNR q _n	d ⁻¹	0.020	0.027	
	SDNR q _{dn}	d ⁻¹	0.059	0.085	
Operation factor	F/M	mg BOD/mg MLVSS	0.051	0.086	
	MLVSS	mg/L	3,500	2,900	
	SRT	day	25.2	19.1	
	HRT	Anaerobic	hr	1.6	1.6
		Anoxic		8.4	8.4
		Oxic		28.0	28.0
Chemical injection	Na ₂ HCO ₃	kg/day	10	0	
	CH ₃ OH	kg/day	20	10	

Table 11. Removal efficiency of organic matter and nutrients

Parameter	Mode 1			Mode 2		
	Influent	Effluent	R.E.(%)	Influent	Effluent	R.E.(%)
TBOD ₅ (mg/L)	286.0	5.8	99.9	398	4.3	99.9
NH ₃ -N (mg/L)	104.8	1.8	99.8	117.8	0.8	99.3
NO ₃ ⁻ -N (mg/L)	103.0	17.8	82.7	117.0	11.2	90.4
PO ₄ ³⁻ -P (mg/L)	10.4	9.9	4.8	8.9	7.9	11.2
TSS (mg/L)	72.2	8.0	88.9	49.2	6.0	87.8

R.E : removal efficiency

- 2) 슬러지 탈수과정에서 발생하는 탈수여액의 경우 생물학적 처리공정 내 질산화 효율을 향상시키는 것으로 판단되며, 이에 따라 탈수여액의 주입은 알칼리도가 부족한 개인하수처리시설 내 생물학적 처리공정 개선이 가능할 것으로 사료된다.
- 3) 탈수공정이 적용된 개인하수처리시설을 설계할 경우 본 연구결과에서 도출된 설계인자의 사용이 가능할 것으로 판단되며, 탈수공정 적용에 따라 기존 공정 내 슬러지 저류조 및 농축조 미설치에 따른 경제적인 설계가 가능할 것으로 사료된다.
- 4) 잉여슬러지 폐기의 문제점에 따른 개인하수처리시설 내 탈수공정의 적용은 고도처리공정 내 개선효과를 통해 경제적이며 안정적인 방류수질 확보가 가능 한 것으로 나타났다. 또한 향후 탈수케익의 자원화 대책에 대한 추가적인 연구를 통해 개인하수처리시설 뿐만 아니라 공공하수처리시설에도 탈수공정 적용방안의 확대가 가능할 것으로 사료된다.

Acknowledgement

이 논문은 2015년도 경기대학교 연구년 수혜로 연구한 논문이며, 이에 감사드립니다.

References

American Public Health Association (APHA). (2012). *Standard methods for the examination of water and wastewater*, 21st Ed., New York.

Beveridge, T. J. and Murray, R. G. E. (1980). Sites of Metal Deposition in the Cell Wall of *Bacillus Subtilis*, *Journal Bacteriological*, 141, 876-887.

Choi, J. S. (2013). *Effects of Non-oxidizing Biocides (NOBs) and Total Dissolved solids (TDS) on Biological Treatment of Reverse Osmosis Membrane Process Concentrate*, ph. D. Dissertation, Kyonggi University, 186-196. [Korean Literature]

Dubois, M., Gilles, K. A., Hamilton, J. K., A.rebers, P., and Smith, F., (1956). Colormetric method for Determination of Sugars and Related Substances, *Analytical Chemistry*, 28, 350-356.

Kim, D. H. (2013). *The Study for Improving Nitrification Rate Using Rejection Water*, Master's Thesis, Korea University, 24-27. [Korean Literature]

Kim, H. Y. (2005). *Effect of Extracellular Polymeric Substances on Membrane Permeability in Membrane Bioreactor*, Master's Thesis, Seoul University, 4-34. [Korean Literature]

Lee, K. H. (2010). *The Study of Optimum Plan and Operational Characteristic for Field Application of A²O Process in the High-way Service Area*, Ph. D. Dissertation, Kyonggi University, 130-131. [Korean Literature]

Lee, K. H. (2012). *Standard by Efficiency Assessment for Advanced Treatment of Sanitary Sewage Facilities in the Highway Servic area -Focusing on A²O+Rolled Pipe System Process and MBR+Surfur-Oxidizing Denitrifying Process*, Master's Thesis, Konkuk University, 51-53. [Korean Literature]

Lee, K. H. (2015). *Effect on Efficiency of Biological A²O Process with Dewatering Filterate Added to CaCO₃*, Ph. D. Dissertation, Kyonggi University, 1-6. [Korean Literature]

Lee, S. S. (2009). *A Study on Optimum Coagulation Condition of Sludge Dehydration by Filter Press*, Master's Thesis, Yeungnam University, 101-105. [Korean Literature]

Lee, Y. K. (2000). *The Study on the Dewaterbility Improvement of Water Treatment Sludge using Powdered Oyster Shells*, Master's Thesis, Dong-A University, 26-29. [Korean Literature]

Ministry of Environment (MOE). (2012). *2030, Use of Planning in the Production of Weight loss and Biogas of Sewage sludge*, Ministry of Environment, 1-5. [Korean Literature]

Ministry of Environment (MOE). (2014). *Statistics of Sewerage*, Ministry of Environment, 1-8. [Korean Literature]

Ministry of Environment (MOE). (2015). *Waste Management law*, Ministry of Environment, 375-380. [Korean Literature]

Urbain, V., Block, J. C., and Manem, J. (1993). Bioflocculation in Activated Sludge: an analytical approach, *Water Research*, 27(2), 829-838.

Yim, S. S. and Jeong, Y. D. (1998). A Study on the Methods for Measuring Average Specific Resistance-A New Method : Suction Filtration-Permeametry Test, *Journal of Korean Society of Environment Engineers*, 10(3), 61-70. [Korean Literature]

Yoon, T. I., Kim, N. J., and Kim, C. G. (1992). Study on the Determination of Optimum Conditions for the Pretreatment of Sludge Dewatering, *Journal of Korean Society of Environment Engineers*, 14(4), 309-316. [Korean Literature]