

## 산악지역 소규모하수처리시설의 특성 및 동절기 운영방안에 관한 연구

채희준 · 이지원 · 길경익<sup>†</sup>

서울과학기술대학교 건설시스템공학과

## A Study on the Characteristics of Small-scale Sewage Treatment Plants in Mountain Area and Operation Plan for Winter Season

Heejun Chae · Jiwon Lee · Kyungik Gil<sup>†</sup>

*Department of Civil Engineering, Seoul National University of Science and Technology, Korea*  
(Received : 04 May 2021, Revised : 21 May 2021, Accepted : 21 May 2021)

### 요약

소규모 하수처리장의 경우 유입수량의 변동폭이 크고 하수관거 노후화로 인한 불명수 유입 등에 의해 하수처리 운영이 어려운 것으로 보고되고 있다. 특히, 동절기 수온저하로 인한 전반적인 운영문제가 많아 본 연구에서는 산악지역에 위치한 소규모 하수처리시설의 운영현황과 온도에 따른 수질변화를 분석하였다. BOD, COD, SS의 경우 온도에 따라 방류수 수질 농도가 크게 변화하는 것으로 나타났으며, 특히 COD가 많은 영향을 받는 것으로 나타났다. 이에 한시적으로 동절기 수온 저하 대책을 적용하고자 생물반응조 수위를 0.4m 상승시켰으며, 생물반응조 덮개를 설치하고 운영하였을 때 결과를 비교 분석한 결과 유의미한 개선효과가 발생하였다. 이외 동절기 생물반응조 처리효율 저하에 대한 개선방안을 생물반응조 체류시간 연장하는 방안으로 생물반응조 규격을 확대하는 방안, 유량조정조를 신설하고 외부반송하는 방안, 무산소에 산기장치를 설치하여 동절기 비상시 호기조로 사용하는 개선방안을 제시하였다. 본 연구결과는 동절기 소규모 하수처리시설 운영방안에 대한 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

핵심용어 : 소규모 하수처리시설, 동절기, 생물반응조, 유량조정조, 산기관

### Abstract

In the case of small-scale sewage treatment plants, it is reported that the amount of inflow fluctuates and it is difficult to operate the sewage treatment due to the inflow of unknown water due to the aging of sewage pipes. In particular, there are many overall operational problems due to the decrease in water temperature in winter. In this study, the operation status of small-scale sewage treatment facilities located in mountainous areas and water quality changes according to temperature were analyzed. It was found that the concentration of BOD, COD, and SS in effluent water was greatly changed depending on the temperature, and it was found that COD was particularly affected. Accordingly, the water level of the bioreactor was raised by 0.4m in order to temporarily apply measures to lower the water temperature in winter. As a result of comparing and analyzing the results when the bioreactor was covered and operated, a significant improvement effect occurred. In addition, a plan to improve the treatment efficiency of the bioreactor in winter is to extend the residence time of the bioreactor, a plan to expand the bioreactor specification, a new flow control tank and transport it to the outside, and an oxygen-free air diffuser to be used as an aerobic tank in case of an emergency in winter. The improvement plan was suggested. The results of this study are expected to be used as basic data for the operation plan of small-scale sewage treatment facilities in winter.

Key words : Small-scale sewage treatment facility, winter season, bioreactor, flow control tank, diffuser

<sup>†</sup>To whom correspondence should be addressed.

Department of Civil Engineering, Seoul National University of Science and Technology  
E-mail: [kgil@seoultech.ac.kr](mailto:kgil@seoultech.ac.kr)

• Heejun Chae Department of Civil Engineering, Seoul National University of Science and Technology, Korea / Master's course ([ha383@hanmail.net](mailto:ha383@hanmail.net))  
• Jiwon Lee Department of Civil Engineering, Seoul National University of Science and Technology, Korea / Ph.D. candidate ([abcjeewon@seoultech.ac.kr](mailto:abcjeewon@seoultech.ac.kr))  
• Kyungik Gil Department of Civil Engineering, Seoul National University of Science and Technology, Korea / Professor ([kgil@seoultech.ac.kr](mailto:kgil@seoultech.ac.kr))

# 1. 서 론

최근 일부 농촌 지역은 아파트단지나 산업단지 등이 건설되는 경우 대개 하수처리인구가 증가하게 되면서 유입수의 C/N비(carbon/nitrogen ratio)가 커짐에 따라 오염물질의 제거효율이 높아지게 되었다(Rho and Gil, 2007; Eom and Kim, 2018). 그러나 산악지대의 일부 농촌 지역의 하수도 보급이 되어 있지 않은 경우 오염원이 수계에 직접 유출됨으로써 수계의 비점오염원 문제를 증대시키고 있다.(Im and GIL, 2011a, 2011b; Koh, 2002; Park, et. al. 2017). 더불어 하수도 보급이 이루어졌더라도 농촌 지역의 인구 감소 및 거주인구의 고령화로 인해 운영자체의 어려움이 있어 제대로 처리되지 못한 생활하수 등에 의해서 유기물이나 영양염류 등이 농촌지역의 낮은 하수도 보급으로 인해 상수원 수질 악화의 원인이 되고 있다(Cho et al., 2009; Gil and Kim, 2011; Jung and Kim).

또한, 하수관거 노후화로 인하여 침입수/유입수(II, infiltration/inflow)가 증가하면서 C/N비 감소 등 하수처리공정 운영에 어려운 것으로 보고되고 있다(Choi and Choi, 2016; An and Song, 2011). 노후화된 하수관거를 통한 불명수의 증가는 유입 부하변동으로 인해 하수처리 운영에 어려움을 발생시킴으로 도시특성, 기후변화 등에 대응할 수 있는 하수처리시스템의 최적인 방안이 필요하다. 이에 따라, 환경부는 2000년 후반부터 상수원 보호구역의 수질저하 방지 및 수질개선을 목적으로 댐 상류지역에 하수처리시설을 확충하여 운영해오고 있다. 하지만, 농촌지역의 인구 감소 및 거주인구의 고령화에 따라 하수발생량이 감소하고 있으며, 처리시설의 신설시 실제 필요용량 대비 과다한 용량이 건설되는 경우 건설비의 과다투자에 따른 경제적 손실과 운영관리 측면에서 비효과적인 문제가 발생하고 있다.

따라서, 하수도보급률이 낮거나 하수관거 노후화로 인한 운영이 어려움이 상수원 지역의 수계에 대한 악영향으로 이어지는 소규모 하수처리시설에 대한 적극적인 운영방안이 필요한 시점이다. 이에, 본 연구에서는 유입수 특성변화에 따른 소규모 하수처리공정의 처리특성을 비교분석 하고자 실제 산악지역의 소규모 하수처리장의 운영자료를 검토하여 수질 개선 및 최적의 소규모 하수처리시설 운영방안을 도출하고자 하였다.

# 2. 연구방법

## 2.1 연구대상 및 적용공법

본 연구는 유입수 특성변화에 따른 소규모 하수처리공정의 최적 운영 방안을 도출하기 위하여 경기도 Y군에 산악지역에 위치한 소규모 하수처리시설 A처리장을 연구대상으로 선정하였으며, 해당처리장의 생물반응조 규모와 운전조건을 Table 1에 나타내었으며, 처리공정의 모식도를 Fig. 1에 나타내었다. Y군의 공공하수처리시설은 P/L- II (Pung Lim - II) 공법으로 Main Stream과 Side Stream으로 구성되어 있으며 평균 유입하수량은 468m<sup>3</sup>/d이다. Main Stream은 무산소조와 호기조로

Table 1. Bioreactor facility status

Reactor	Facility scale and operating factors
Anoxic tank	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Size : W 2.5 m × L 2.8 m × H 4.0 m</li> <li>• Stirrer : propeller type</li> <li>• HRT : 3.0 hr</li> </ul>
Oxic tank	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Size : W 2.5 m × L 6.0 m × H 4.0 m</li> <li>• HRT : 6.4hr</li> <li>• F/M ratio : 0.194kgBOD/kgMLSS·day</li> <li>• MLSS : 3,063mg/L</li> </ul>

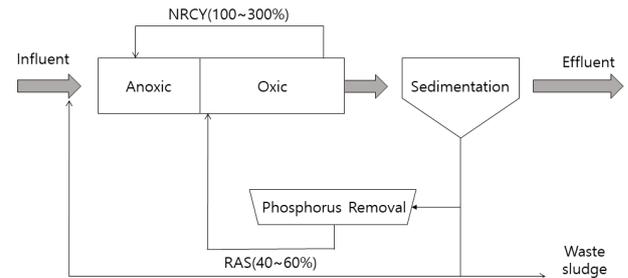


Fig. 1. Schematic diagram of P/L- II process.

무산소조는 DO농도 0.5 mg/L 이하로 유지하고 있으며 유입원수를 미생물 성장에 필요한 탄소원으로 이용되고 있다. 호기조의 수리학적체류시간(hydraulic retention time, HRT)은 6.4 hr, F/M비(food to microorganism ratio)는 0.194 kgBOD/kgMLSS·day, MLSS농도는 3,063 mg/L로 운영되고 있다. 또한 내부반송(100~300%)에 의해 탈질 및 질산화 반응을 통해 질소를 제거하며, Side Stream의 탈인조는 유입수의 수질조건에 관계없이 별도의 운전체제를 갖기 때문에 유입하수의 유기물 농도에 관계없이 처리수 중 인 농도를 낮게 유지할 수 있으며 부하변동에 강한 특징을 가지고 있다.(KCIT, 1994)

PL-2(Plung lime II)공법은 무산소 전단계에 산소를 제어하는 혐기조가 없으므로 고농도 DO를 함유한 유입하수가 무산소조로 바로 유입되어 탈질반응을 다소 저해시킬 수 있다는 특징이 있다. 따라서, 외부탄소원을 주입하지 않으면 질소제거율이 낮을 수 있으며, 질소제거율이 낮아질 경우 고농도 질산성질소가 탈인조로 유입되어 인방출 저해현상까지 일으킬 수 있다.

## 2.2 연구방법

본 연구는 Y군 공공하수처리시설의 4년간(2017년~2020년) 운영 자료를 이용하여 하수도보급률이 낮거나 하수관거 노후화로 인해 운영이 어려운 소규모 하수처리시설에 대한 적극적인 운영방안을 도출하기 위하여 강우에 따른 유입하수 특성 변화 및 동절기 수온 변화에 따른 유기물질 및 영양염류의 처리특성을 분석하였다.

첫째, 강우량에 따른 유입하수 특성 분석을 위해 기상청의 2017년~2020년 강우량 자료를 이용하여 강우유출수에 따른 유입하수량 특성변화를 분석하였다. 둘째, 동절기 수온저하에 따른 처리특성 분석하기 위해 3개월간(12~2월)의 데이터를 샘플링하여 분석하였고, 동절기 미생물활성 저하 저감 및 처리 성능 안정화를 대안으로 보온덮개 설치(2019년 12월) 전후 영

양염류처리특성 비교분석하였다.

분석항목은 BOD, COD, SS, T-N, T-P 5개 항목을 분석하였으며, 모든 항목은 Standard Methods 23th(AWWA, 2017) 과 수질오염공정시험기준(환경부, 2017)에 의거하여 분석하였다.

### 3. 연구결과 및 고찰

#### 3.1 유입하수량 특성

Table 2는 4년간 연도별 월평균 유입하수량을 나타내었다. 2017년에는 386~439m<sup>3</sup>/일이 유입되어 평균 551m<sup>3</sup>/일이 유입되는 것으로 나타났다. 2018년에는 442~488m<sup>3</sup>/일이 유입되어 평균 521m<sup>3</sup>/일이 유입되었으며 2019년과 2020년도 각각 545m<sup>3</sup>/일, 541m<sup>3</sup>/일이 유입되어 4년간 유입된 유입량은 유사한 것으로 나타났다. 월별 유입하수량을 조사한 결과 7월달과 8월달이 가장 높은 것으로 나타났으며, 이는 계절특성이 반영된 것으로 사료되었다. A처리장의 설계용량이 500 m<sup>3</sup>/일인 것을 감안했을 때 4년간 평균유입량은 461 m<sup>3</sup>/일로 시설 용량 대비 92.2%로 가동율이 높은 것으로 나타났다.

Fig. 2에서는 4년간 유입하수량과 강수량을 비교한 결과를 나타내었다. 그래프 중간에 위치한 검정색 선은 유입하수량을 나타내었으며, 바닥에 위치한 파란색 막대그래프는 강수량을 나타내었다. 그래프에서 확인할 수 있듯이 여름철 강수 시 강우량에 따른 유량증가가 뚜렷하게 나타나 설계용량(500 m<sup>3</sup>/일)으로 표현한 빨간 점선을 초과하는 경우가 빈번하게 일어나고 있는 것을 확인할 수 있다. 2017년 7월, 8월, 2018년 5월, 5월, 2019년 8월, 2020년 8월, 9월에 시설용량을 초과한 경우가 많이 나타났으며, 이는 하수관로 노후화에 따라 우천시 불명수 유입으로 인한 유입하수량 증가로 판단되었다.

Table 2. Average monthly inflow sewage for 4 years

Year		2017	2018	2019	2020
Inflow (m <sup>3</sup> /day)	Average	439	488	457	468
	Max	551	521	545	541
	Minimum	386	442	405	399
Average monthly inflow (m <sup>3</sup> /day)	Jan.	435	476	405	483
	Feb.	432	483	419	434
	March	389	502	424	440
	April	408	521	496	410
	May	460	504	438	460
	June	386	442	425	399
	July	551	501	457	512
	Aug.	464	482	545	528
	Sep.	454	486	479	541
	Oct.	431	493	474	483
	Nov.	415	512	466	462
	Dec.	444	454	450	461

#### 3.2 온도에 따른 유기물질의 수질분석

4년간 유기물질로 대표되는 BOD, COD, SS 항목의 방류수질 평균은 BOD 1.3~5.8mg/L, COD 5.3~14.2mg/L, SS 1.7~9.3mg/L로 안정적으로 운영되고 있는 것으로 나타났다. Fig. 3에서는 수온이 방류수 수질에 미치는 영향을 그림으로 나타내 보았으며, 4년간의 수온변화와 방류수질 변화를 함께 나타내었다. 분석결과 수온이 낮을 때, 즉 동절기에 대체적으로 방류수질이 높게 배출되는 것으로 나타났으며, 수온이 올라가는 여름철에는 방류수질이 준수한 경향을 나타냈다. 특히,

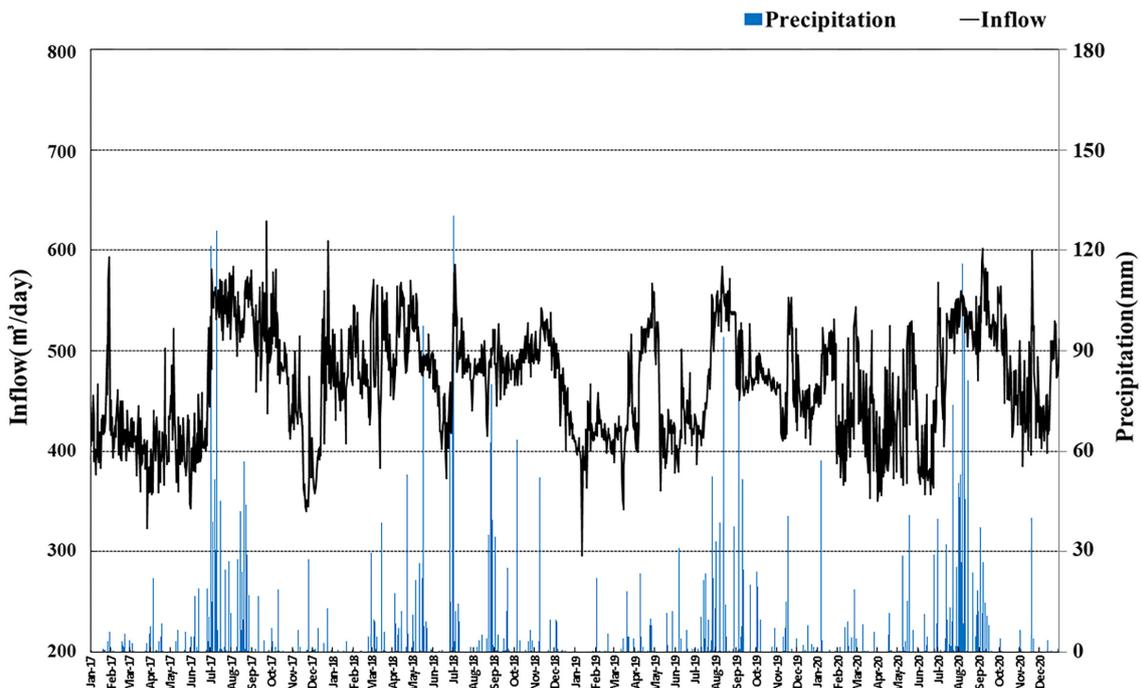


Fig. 2. Precipitation and inflow for 4 years

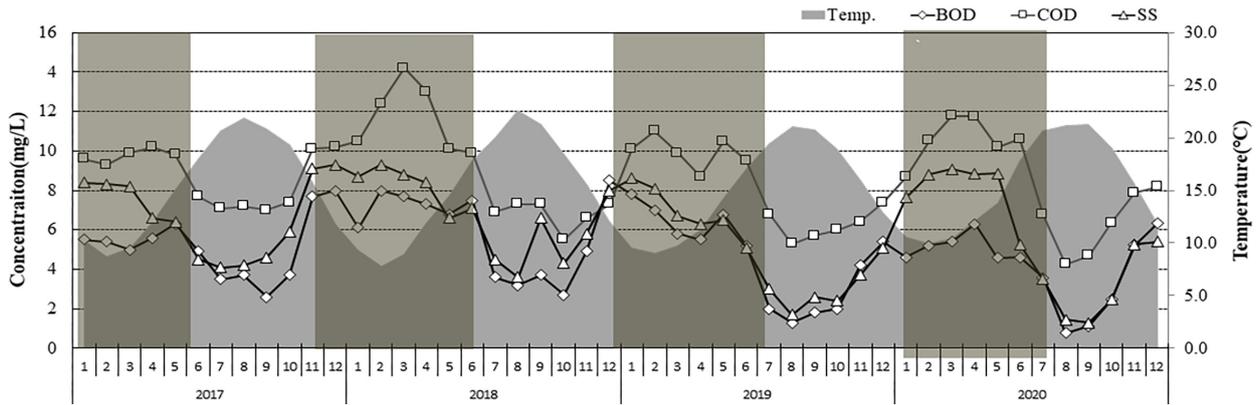


Fig. 3. Effluent concentration by temperature

세가지 오염물질중에서는 COD가 가장 수온에 영향을 많이 받는 것으로 나타났으며 SS가 비교적 영향을 적게 받는 것으로 나타났으나 세 오염물질 항목 모두 수온에 영향을 크게 받는 것으로 나타났다. 이는 미생물의 활성도가 온도에 영향을 받기 때문으로 판단되며 동절기 하수처리장의 적절한 운영이 필수적임을 나타낸다고 볼 수 있다.

### 3.3 온도에 따른 동절기 생물반응조 내 질소수질 및 처리효율 분석

Table 3은 최근 4년간 동절기 수온과 유입수질, 방류수질 그리고 질소제거율을 정리하였다. 수온의 경우 7.3~14.4°C로 낮은 편으로 나타났으며, 특히 2018년 2월에 평균 T-N제거율이 35.4%로 동절기 질소제거율이 매우 낮은 것으로 나타났다. T-N 유입수질은 18.021~51.074mg/L로 유입되어 C/N비 변화가 큰 것으로 나타났으며, T-N 방류수질은 9.645~19.995mg/L로 법정방류수질인 20mg/L에 가깝게 유출되는 경우가 많은 것으로 나타났다. 2020년에는 동절기 질소제거율을 확보하기 위해 한시적으로 생물반응조 수위를 0.4m 높여서 운영하고, 생물반응조에 덮개를 설치하여 온도에 영향을 최소화하여 운영을 하였다. 그 결과 T-N 방류수질 최대값이 17.858mg/L~

18.459mg/L로 처리되어 1,536mg/L~2,137mg/L만큼 추가제거 되는 것으로 나타났다. 특히 2020년 1월 유입수질이 81.129mg/L로 높게 유입되었는데도 방류수질이 17.945mg/L로 제거율이 83.8%인 것은 생물반응조 운영수위를 높게 하고 덮개를 설치한 효과가 있는 것으로 판단할 수 있다.

Fig. 4에서와 같이 최근 3년간 2월 수온이 7.8~9.0°C로 낮았으나 생물반응조 덮개를 설치한 2020년 2월 수온이 9.6~10.6°C로 다소 상승한 것으로 나타났다. 또한, 최근 3년간 2월의 방류수 농도가 17.399~18.698mg/L 수준으로 운영되고 있었으나, 2020년 2월 방류수질은 14.126~18.459mg/L로 상당히 개선되었던 것을 확인하였다. 이는 동절기 적극적인 현장 운영으로 수온상승 및 질소제거율 개선을 유도하였다고 판단하였다.

A하수처리장은 산악지역으로 동절기 수온 저하로 인해 T-N 방류수질이 법정방류수질에 근접하게 운영하였으나 생물반응조 수위를 0.4m 상승과 생물반응조 덮개를 설치하고 운영하였을 때 개선 효과가 있는 것으로 나타났다. 항구적인 개선을 위해 유량조정조를 동절기에 가변적으로 혐기+무산소조로 변경하여 운영하는 방안이 안정적인 효과가 있을 것으로 판단된다.

Table 3. T-N Operation Status in winter

Year		Temp.(°C)			Influent_Con.(mg/L)			Effluent_Con(mg/L)			T-N removal(%)		
		Dec.	Jan.	Feb.	Dec.	Jan.	Feb.	Dec.	Jan.	Feb.	Dec.	Jan.	Feb.
2017	Max	13.6	11.4	9.1	51.074	36.790	41.202	19.902	19.995	19.502	61.0	45.7	52.7
	Min.	10.4	8.9	8.4	21.829	18.021	19.465	18.038	9.645	9.921	17.4	46.5	49.0
	Aver.	11.7	10.2	8.7	29.033	24.386	26.180	19.241	17.617	17.399	33.7	27.8	33.5
2018	Max	14.0	10.4	8.3	33.920	52.577	64.914	17.492	19.877	19.899	48.4	62.2	69.3
	Min.	10.2	8.2	7.3	20.522	22.558	21.043	12.488	16.625	15.178	39.1	26.3	27.9
	Aver.	12.1	9.3	7.8	26.335	29.850	28.273	14.567	18.889	18.253	44.7	36.7	35.4
2019	Max	14.3	10.3	9.4	38.894	35.891	39.225	18.876	19.296	19.815	51.5	46.2	49.5
	Min.	11.3	9.1	8.8	22.944	21.439	25.234	12.678	14.433	16.755	44.7	32.7	33.6
	Aver.	12.9	9.5	9.0	30.433	27.333	30.822	14.812	17.350	18.698	51.3	36.5	39.3
2020	Max	13.7	11.6	10.6	37.806	81.129	37.806	17.858	17.945	18.459	59.9	83.8	61.5
	Min.	10.2	9.9	9.6	20.207	14.654	17.695	11.879	11.024	14.126	29.1	18.8	13.3
	Aver.	11.8	10.5	10.0	27.853	26.563	26.429	14.349	13.615	16.835	47.8	44.5	34.7

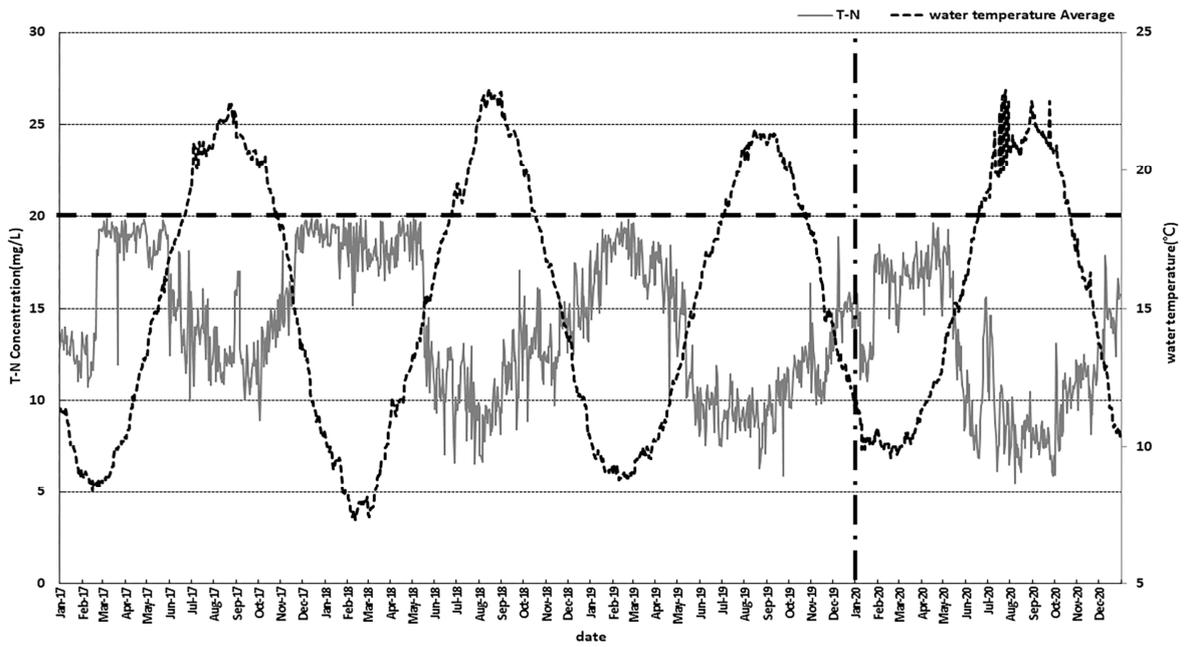


Fig. 4. Water temperature and T-N discharged water quality for 4 years

### 3.4 동절기 생물반응조 MLSS농도 개선

Fig. 5는 4년간(2017~2020) 수온에 따른 호기조 MLSS농도 변화추이를 나타내었는데, 처리시설의 평균 수온은 15.2 °C(7.3 °C~23.0 °C), 호기조 MLSS농도는 평균 3,345 mg/L(1,490 mg/L~5,180 mg/L)로 운영하고 있으며 2017년, 2019년 동절기가 MLSS농도를 높게 운영하고 하절기에는 유지되었으며, 호기조 MLSS 농도 기준(3,500mg/L) 이하로 운영되고 있는 실정으로 생물반응조 처리효율이 저하된 현상이 나타나고 있다.

동절기 수온 저하 시 생물반응조 처리효율이 저하되는 현상

이 나타나고 있으며 원인으로서는 낮은 수온에 따른 미생물 활성 저하로 인한 질산화율 감소(T-N농도 상승), 미생물 활성 저하에 따른 흰거품 발생(SS농도 상승), 낮은 수온에 따른 사상균 이상 번식으로 인한 슬러지 팽화(SS농도 상승) 등을 들 수 있다. 동절기 MLSS 농도 적정수준으로 확보하기 위해 생물반응조 체류시간 연장하는 방안으로 생물반응조 규격을 확대하는 방안, 또는 유량조정조를 신설하고 외부반송하는 방안, 무산소에 산기장치를 설치하여 동절기 비상시 호기조로 사용하는 개선방안이 필요하다.

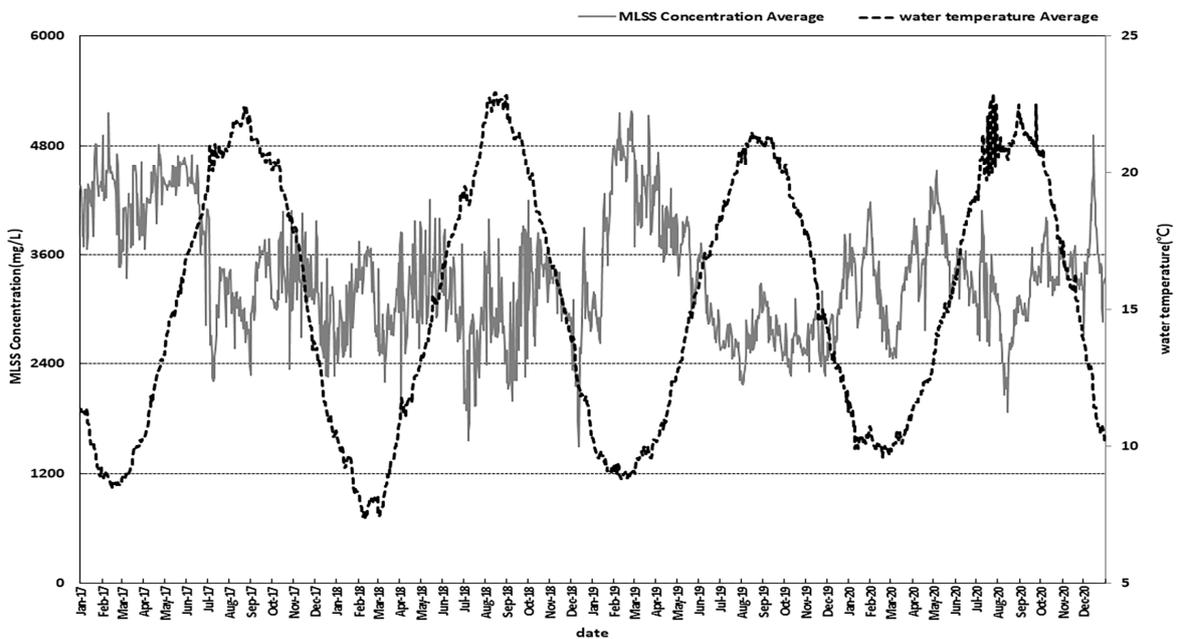


Fig. 5. Changes in water temperature and MLSS concentration in aerobic tank

## 4. 결 론

본 연구는 최근 이상 기후 변화에 의해 소규모하수처리시설 운영에 미치는 영향에 대해 연구하여 소규모하수처리시설 개선안을 제시하고자 한다.

1) 유입하수량 운영 특성을 분석한 결과 시설용량을 초과하여 운영되고 있는 경우가 여름철 우천시가 많이 있었으며 이는 하수관로에 I/I에 의한 불명수 유입으로 예상되며 하수관로에 대한 기술진단을 통해 개량계획을 수립하는 것이 타당할 것으로 판단되었다.

2) 수온이 방류수질에 미치는 영향을 분석한 결과 높은 상관관계가 있음을 파악하였으며, 2020년 2월 한시적으로 동절기 수온 저하 대책으로 생물반응조 수위를 0.4m 상승과 생물반응조 덮개를 설치하고 운영한 결과 수온상승과 더불어 방류수질 개선 효과가 있는 것으로 나타났다. 항구적인 개선을 위해 유량조정조를 동절기에 가변적으로 혐기 및 무산소조로 변경하여 운영하는 방안도 바람직할 것으로 판단된다.

3) 동절기 수온 저하 시 생물반응조 처리효율이 저하되는 현상이 나타나고 있으며 원인으로서는 낮은 수온에 따른 미생물 활성 저하에 의하며 이에 따라 동절기 MLSS 농도 적정수준으로 확보하기 위해 생물반응조 체류시간 연장하는 방안으로 생물반응조 규격을 확대하는 방안, 무산소조에 산기관을 설치하여 동절기 호기조로 전환하여 질소제거 효율 향상이 기대할 수 있을 것이다.

## 감사의 글

이 논문은 2017년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No.2017R1D1A1B06035481)

## References

Im, JY, Gil, KI(2011a). Evaluation of nitrification of high strength ammonia with variation of SRT and temperature using piggyback wastewater, *J of Korean society on water environment*, 27(5), pp. 563-571. [Korean Literature]

Im, JY, Gil, KI(2011b). A study of nutrient removal efficiency in winter season, *J of Wetlands Research*, 16(3), pp. 363-370. [Korean Literature]

Cho, DH, Kim, JS, Jung, YH(2009). Management Plan for the Control of Eutrophication in the Paldang Lake, *J of Korean Society of Water and Wastewater*, 23(6), pp.693-699. [Korean Literature]

Gil, KI, Kim, TW(2011). Runoff Characteristics of Refractory Organic Matters from Kyongan River Watershed during Rainfall Event and Dry Season, *J of Korean society on water environment*, 27(4), pp. 397-404. [Korean Literature]

Jung, YJ, Kim, SW(2012). Characteristics of stormwater runoff from urban areas with industrial complex, *J of Wetlands Research*, 14(1), pp. 131-137. [Korean Literature]

Kim, SJ, Lee, JW, Gil, KI(2019). The effect of sewer pipe retrofit on the operation of sewage treatment plant in rural area, *J of Wetlands Research*, 21(2), pp. 147-151. [Korean Literature]

Rho, HY, Gil, KI(2007). Optimization of Operational Conditions of Existing BNR Process with Various C/N Ratio using Simulation Method, *J. of Korean Society on water Quality*, 23(3), pp. 367-370 [Korea Literature]

Eom, HK, Kim, SC(2018). A study on the denitrification and microbial community characteristics by the change of C/N ratio of molasses and nitrate nitrogen, *Korean J. of Microbiology*, 54(2), pp. 105-112 [Korea Literature] [<https://doi.org/10.7845/kjm.2018.8013>]

Choi, IH, Choi, KS(2016). A Comparative Study on Sewage Unit Load with I/I and RDII, *J. of Korean Society of Environmental Technology*, 17(3), pp. 222-228 [Korea Literature]

An, BM, Song, HM(2011). Analysis on the result of I/I calculation by the exiting method and the standardized manual method, *J. of Korean Society of water and Wastewater*, 25(2), pp. 213-221 [Korea Literature]

Lee, JH, Yang, SK, Kim, CM(2015). Runoff Analysis of Climate Change Scenario in Gangjung Basin, *J of Environmental Science International*, 24(12), pp. 1649-1656 [<http://dx.doi.org/10.5322/JESI.2015.24.12.1649>]

Park, MS, Im, JY, Gil, KI(2017). Analysis of RCSTP And MWTP Pollutants Treatment Efficiency in Bong-Hwa Gun. *J of Wetlands Research*, 19(1), pp. 69-79 [Korea Literature]

Ministry of Environment(2015). Public Sewerage Technology Diagnosis Business Regulations [Korean Literature]