

# 동절기 마을하수처리장 영양염류 제거에 관한 연구

임지열\* · 길경익\*\*\*

\* 고려대학교 건축사회환경공학과

\*\* 서울과학기술대학교 건설시스템디자인공학과

## A Study of RCSTP Nutrient Removal Efficiency in Winter Season

Jiyeol Im\* · Kyungik Gil\*\*\*

\* School of Civil, Environmental and Architectural Engineering, Korea University

\*\* Department of Civil Engineering, Seoul National University of Science and Technology

### 요 약

농촌 지역 마을하수도 보급률은 도시 지역에 비해 38% 정도 수준밖에 되지 않는다. 농촌 지역은 상수원 인근에 위치하여 농촌지역에서 발생하는 하수는 상수원 오염의 원인으로 알려져 있다. 그래서 정부에서는 마을하수도 관리에 많은 노력을 기울이고 있다. 본 연구에서는 동절기 마을하수도 영양염류 제거 효율을 분석하였으며, 안동·임하댐 인근에 위치한 봉화, 영양 그리고 안동의 신설된 마을하수도를 연구 대상으로 선정하였다. 동절기 마을하수도 영양염류 제거 효율은 체류 시간과 미생물 농도에 영향을 받는 것으로 나타났다. 따라서 마을하수도 운전 시 영양염류 처리를 위해 운전 조건 조절 및 유지관리가 필요하다는 것을 의미한다.

**핵심용어** : 마을하수도, 질소, 인, 영양염류, 생물학적 영양소 제거

### Abstract

Sewage distribution rate in rural area is only 50% level than urban area. Normally, rural area sewage is focused on the reason of water source pollution owing to rural areas were located in near water source. The Korea government is effort to manage the rural community sewage for protect the water source. In this study conducted analysis on rural community sewage treatment plant(RCSTP) nutrient treatment efficiency using operation results on winter season. Research areas are newly constructed in Bong-hwa, Yeong-yang and An-dong areas which are located in near An-dong-Im-ha Dam. Based on operation result, sludge retention time(SRT) and mixed liquer suspended solid(MLSS) were effected on RCSTP nutrient treatment efficiency. Thus, it is necessary to manage of operation condition for nutrient treatment efficiency in RCSTP during the winter season.

**Keywords** : RCSTP, Nitrogen, Phosphorus, Nutrient, BNR

## 1. 서 론

국내 농촌 지역의 하수도 보급률은 38%로 도시 지역의 하수도 보급률에 비해 50%도 미치지 못하는 수준이다(MOE, 2012). 농촌 지역의 경우 인구 수, 인구 밀도 등이 도시지역에 비해 현저히 낮아 하수도 보급에 많은 어려움이 있지만, 주민들이 식수원 및 상수원으로 사용하는 수질보호구역 인근에 위치하는 경우가 많아 농촌 지역 하수도 보급률 문제는 상수원 수질 보호를 위해 직면한 문제이다(GRI, 2007).

정부 기관 및 다수의 연구 기관에서는 상수원 수질 관리에 많은 노력과 비용을 들임에도 불구하고, 상수원의 수질이 지속적으로 악화되고 있다는 내용의 연구 결과들이 보고되고 있다. 상수원 수질을 악화시키는 원인으로 하수처리장 방류수, 비점오염원, 축산 폐수 및 내부생성물질 등이 여러 연구진들로부터 제시되었다(Cho *et al.*, 2009; Gil *et al.*, 2011; Gil and Kim, 2011; Jang *et al.*, 2009; Jung and Kim, 2012; Lee *et al.*, 2009). 또한 일부 연구 결과에 따르면, 상류 지역에서 논, 밭등의 인간 활동을 위해 사

+ Corresponding author : kgil@seoultech.ac.kr

용되는 토지가 증가할수록 미개발된 자연상태보다 오염물질의 발생량이 증가된다는 연구 결과가 보고되기도 하였다(NEIR, 2011). 이러한 결과들은 상수원 인근 지역을 포함하여 상류 지역에 위치하고 있는 농촌 지역의 인간 활동으로 인해 상수원 수질 오염에 영향을 줄 수 있다는 것을 의미한다. 하지만 이러한 농촌 지역의 하수도 보급률이 38%에 지나지 않는다는 것은 농촌 지역에서 발생하는 하수가 미처리되어 인근 상수원으로 유입될 수 있음을 시사하며, 이는 상수원 수질 악화의 원인으로 작용할 수 있다(Gil *et al.*, 2011; Gil and Kim, 2011).

마을하수도(RCSTP, Rural Community Sewage Treatment Plant) 보급을 위한 정부의 적극적인 노력은 1995년 농어촌 개발을 위한 농어촌 특별세를 재통합으로부터 시작되었다고 볼 수 있다. 이 후 ‘농어촌 하수도사업 및 오염 소하천정화사업’과 ‘마을하수도 사업통합지침’을 통해 마을하수도 관리가 이루어지게 되었다. 특히 2009년 환경부에서 발표된 ‘농·어촌 지역 하수도정비 종합계획’에 따르면, 2015년까지 농·어촌지역의 하수도 보급률을 75%까지 올리고자 하는 내용을 포함하고 있다(Choi, 2012; Kim, 2010; Moon *et al.*, 2010). 이러한 정부의 계획은 마을하수도 보급을 확대하고자 하는 것만 아니라, 상수원 인근에 위치한 농촌 지역에서 발생하는 하수 관리를 통한 안정적인 상수원 수질을 확보하고자하는 의지를 반영하고 있다.

일반적으로 농촌 지역에서는 농업용수, 상업용수, 생활용수 및 가축분뇨 등 다양한 하수가 발생하는 것으로 보고되고 있다. 하지만 2010년 기준의 소규모 및 면규모 지역의 마을하수도 보급률은 38%로 발생하는 하수가 처리되지 않고 수계로 유입되는 지역이 많다. 특히 소규모 가축 사육 시설의 경우 가축분뇨를 가축분뇨 처리장 혹은 인근 하수처리장으로 연계 처리하기에는 많은 어려움이 있는 실정이다(Im and Gil, 2011a, 2011b; Koh, 2002). 또한 마을하수도의 경우 처리 대상 면적이 작기 때문에 그 처리 대상 지역 특성에 따라 지역 별 유입 하수 내 오염물 농도가 다소 차이를 보이며, 유입 하수 특성에 맞는 처리 공법을 도입해야한다는 연구 결과가 발표되기도 하였다(Im *et al.*, 2012).

하수처리장은 기본적으로 생물학적 처리를 바탕으로 오염물질을 제거하는 시스템을 가지고 있다. 생물학적 처리는 미생물을 이용하여 수중의 오염물질을 제거하는 것으로, 이것에 있어서 가장 중요한 사항은 미생물의 안정적인 성장을 도모하는 것이다. 하지만 안정적인 미생물 성장에 있어서 온도, 체류시간, 오염

물질 농도, MLSS 등 다양한 조건들이 고려되어야 하며, 유지관리에 많은 관심을 기울여야 한다(Kwon *et al.*, 2013). 특히 동절기 하수처리장의 경우 외부온도가 낮아짐에 따라 미생물 활성 및 성장에 영향을 미쳐 제거 방류수 수질 기준 만족에 어려움이 있다.

본 연구에서는 경상북도 봉화, 영양 그리고 안동 지역에 신설된 마을하수도 동절기 운전 결과 분석을 실시하였다. 이를 토대로 각 지역 유입하수의 특징, 동절기 안정적인 질소 제거 효율 확보를 위한 운전조건 등에 관한 연구를 수행하였다.

## 2. 연구방법

### 2.1 대상 지역

연구 대상지역은 경상북도 봉화(10개소), 영양(5개소) 그리고 안동(11개소)에 신설된 총 26개 마을하수도로 구미·대구·부산 등 낙동강 인근 지역의 주요 상수원이자 상수원 보호 구역에 위치하고 있다. 각 지역은 서울, 부산 등의 도시지역과 다소 다른 지역 내 대다수의 인구가 농업 및 축산업 등의 1차 산업에 종사하고 있는 지역이다. 하수처리대상 지역의 면적은 봉화 (6.06 km<sup>2</sup>), 영양(2.52 km<sup>2</sup>) 그리고 안동(2.78 km<sup>2</sup>)이었으며, 지역 내 인구는 봉화지역이 약 6,000 명으로 가장 많은 것으로 나타났다. 하지만 전체지역의 농지 면적과 가축 사육 두수는 안동 지역이 각각 약 210,00 km<sup>2</sup>과 약 112,000 마리로 가장 넓은 농지 면적과 대규모의 가축 사육이 이루어지는 것으로 조사되었다. 각 지역의 면적, 인구 등은 아래의 Table 1 을 통해 확인 할 수 있다.

Table 1. Characteristic of Bong-Hwa, Yeong-Yang and An-Dong area

Parameter	Bong-Hwa (air-vent SBR)	Yeong-Yang (AOSB)	An-Dong (BCS-2)
Total Area (km <sup>2</sup> )	1,002.85	815.09	1,517.77
Total Population (person)	37,420	20,349	22,247
Agriculture area (km <sup>2</sup> )	125.09	67.07	209.36
Number of livestock (head)	28,833	5,664	111,774
Sewage treatment area (km <sup>2</sup> )	6.06	2.52	2.78
Population in sewage treatment area (person)	6,070	2,626	5,217

## 2.2 각 지역 마을하수도 공법

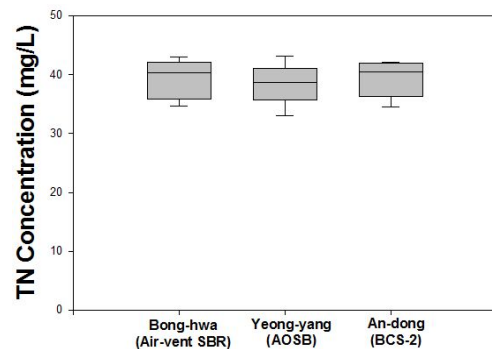
봉화, 영양 그리고 안동 지역에 신설된 마을하수도는 각각 선회와류식 SBR (air-vent sequencing batch reactor) 공법, AOSB (anoxic oxic sludge blanket) 공법 그리고 BCS-2 (bio-ceramic sequencing batch reactor) 공법이 도입되었다. 각 공법의 특징으로는 선회와류식 SBR 공법의 경우 단일반응조로 구성되어 있으며 유입, 호기, 무산소, 침전 및 배출의 cycle을 통해 운전된다. 반응조 내 포기와 교반을 동시에 수행하는 일체형 부유식 표면포기기를 통해 운전 조건이 조절된다. AOSB 공법은 단일반응조 내에서 무산소, 호기 조건을 유지하며, 가장 큰 특징으로는 V자형 sludge blanket과 가변웨어를 이용하는 점을 들 수 있다. Sludge blanket 하단으로 호기조의 활성슬러지가 유입되어 sludge blanket을 상향류로 통과하며, 미세부유물질이 여과·흡착되는 과정이 반복된다. 이를 통해 고액 분리된 상등수는 웨어를 통해 방류되게 된다. BCS-2 공법은 SBR 형태로 대표적인 특징으로는 media의 한 종류인 bio-ceramic과 부유식 decanter를 들 수 있다. bio-ceramic을 이용하여 반응조 내 고농도 미생물을 확보하여 안정적인 질산화를 유도 할 수 있고, 상등수는 수면에 설치한 decanter를 이용하여 수직하강 배출하여 추가적인 오염물질 제거 효과를 기대 할 수 있다. 각 공법의 동절기 효율 분석을 위해 주 1회 샘플을 채취하여 COD, TN 그리고 TP를 분석하였다. 분석 방법은 수질오염공정시험법(MOE, 2008)에 의거하여 분석하였다.

## 3. 연구결과 및 고찰

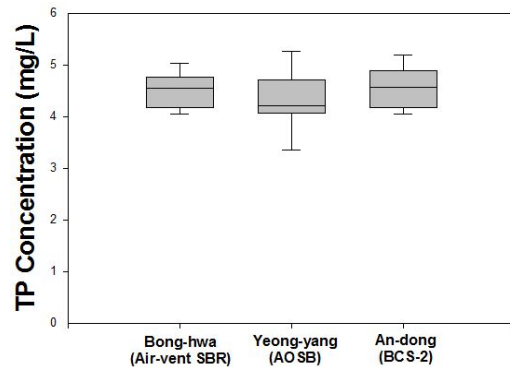
### 3.1 동절기 마을하수도 영양염류 유입 특성

Fig. 1에서는 각 지역의 동절기 (1 ~ 2월)의 유입수 내 영양염류의 농도를 나타냈다. 각 지역 마을하수도 유입수는 지역에 신설된 전체 마을하수도 유입수를 통계분석 하여 동절기 각 지역의 유입수 특성을 파악하고자 하였다. Table 2는 운전 기간 동안 유입된 유입수 내 영양염류의 농도 범위와 median 값을 나타내고 있다. 조사 대상 기간 인 동절기 마을하수도 유입수 내 TN 농도는 30 ~ 45 mg/L, TP 농도는 3 ~ 5 mg/L의 값을 보였다. 지역 별 유입수 내 TN과 TP의 median값은 약 40 mg/L와 4 mg/L로 조사되었다. Fig. 2는 유입수의 carbon / nitrogen (C/N)과 carbon / phosphorous (C/P)을 보여주고 있다. C/N과 C/P는 고도처리 효율에 영향을 주는 주요 인자로 일반적으로

C/N과 C/P이 클수록 고도처리에 유리하다는 보고가 있다. Fig. 2를 통해 확인할 수 있듯이, 안동지역에서 가장 큰 C/N과 C/P를 보였으며, 봉화지역에서 가장 낮은 값을 보였다. 유입수 정상 분석 결과 봉화와 안동 지역의 유입수 내 영양염류의 농도는 유사한 것으로 나타났다. 안동지역의 경우 봉화 지역에 비해 넓은 농지 면적과 대규모 가축 사육이 이루어지고 있는 것으로 조사되었다. 기존에 발표된 자료에 따르면 지역 내 농지 면적이 넓고, 가축 사육 두수가 많을수록 발생하는 하수 내 영양염류 농도가 높은 것으로 알려져 있다. 하지만 두 지역의 하수 내 영양염류의 농도가 유사한 이유는 동절기에 전체 농지면적에서 농작이 이루어지지 않아 발생하는 영양염류 부하가 낮은 것으로 판단된다. 안동 지역의 경우 봉화 지역에 비해 농지 면적이 넓어 동절기 휴작의 영향이 비교적 크게 나타나 유입수 내 영양염류 농도가 봉화 지역과 유사하게 조사된 것으로 사료된다. 반면 영양 지역의 경우 다른 지역에 비해 하수 내 영양염류의 농도가 낮은 것으로 조사되었는데, 이는 영양 지역이 다른 지역에 비해 농지 면적과 가축 두수가 적은것에 영향을 받았을 것으로 보인다.



(a) TN



(b) TP

Fig. 1. Characteristic of influent nutrient concentration in Bong-hwa, Yeong-yang and An-dong: (a) TN and (b) TP

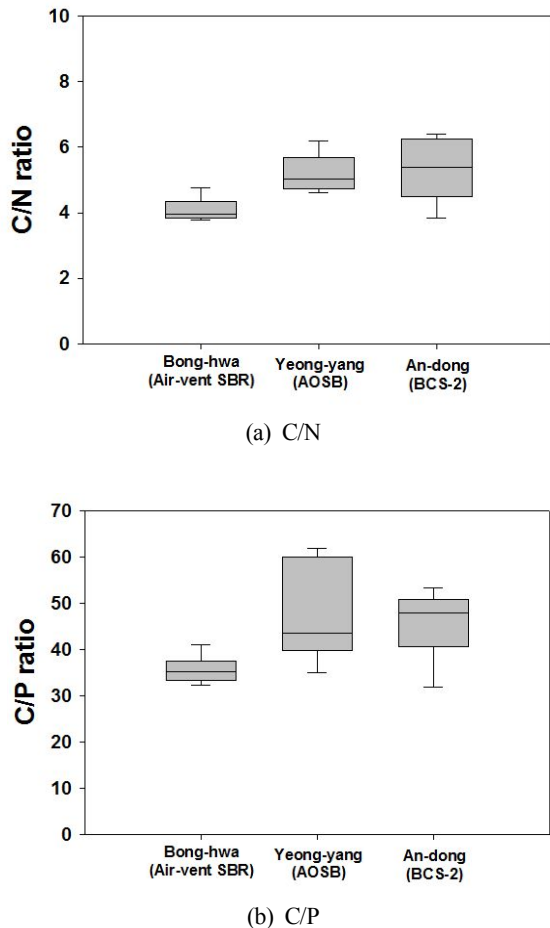


Fig. 2. Characteristic of influent C/N and C/P ratio in Bong-hwa, Yeong-yang and An-dong: (a) C/N and (b) C/P

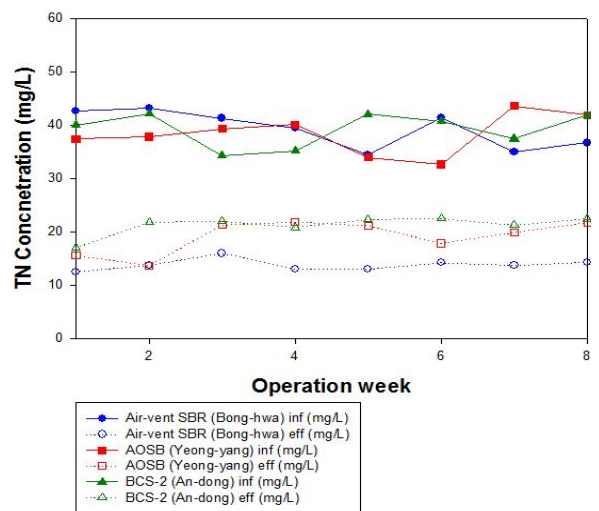
Table 2. Influent concentration of TN in Bong-hwa, Yeong-yang and An-dong

Area	TN		TP	
	Range (mg/L)	Median (mg/L)	Range (mg/L)	Median (mg/L)
Bong-hwa	34.5 ~ 43.2	40.4	4.1 ~ 5.2	4.5
Yeong-yang	34.3 ~ 42.2	40.4	4.0 ~ 5.3	4.6
An-dong	32.7 ~ 43.7	38.6	3.1 ~ 5.3	4.2

### 3.2 동절기 마을하수도 운전 결과

Fig. 3은 동절기 봉화, 영양 및 안동 지역의 신설 마을하수도 유입수와 방류수의 영양염류의 농도를 보여주고 있다. 운전 자료는 주 단위로 측정하였으며, 각 지역의 마을하수도 유입수와 방류수의 농도를 대

표할 수 있는 median 값으로 정리하였다. 운전 기간 동안 유입수 내 영양염류 농도는 다소 변화를 보인 반면, 방류수의 영양염류 농도는 안정적으로 유지되었다고 보인다. 방류수의 경우에는 ‘공공하수처리시설의 방류수 수질 기준’에 따라 운전 자료 수집 기간 동안 방류수 수질 기준을 모두 만족한 것으로 나타났다. 하수 내 오염물처리를 위해서는 주로 생물학적 처리 기반의 공법들이 사용된다. 생물학적 처리는 수중의 오염물질을 미생물의 대사를 이용하여 처리하는 방법으로, 미생물에 의해 운전 효율이 큰 영향을 받는다. 그렇기 때문에 안정적인 효율을 유지하기 위해서는 안정적으로 미생물을 배양·유지시킬 수 있는 운전 조건을 관리하는 것이 매우 중요하다. 일반적으로 미생물들은 종류에 따라 다소 차이를 보이지만, 30℃ 정도에서 가장 높은 활성을 나타내는 것으로 알려져 있다. 겨울철 외부 기온이 영하와 가깝게 내려가기 때문에 동절기 미생물의 활성이 감소하여 하수처리장 효율이 낮아진다는 연구 결과도 발표되었다(Gil *et al* 2008). 따라서 동절기에 기온이 낮아짐에 따라 안정적인 질소 제거 효율을 유지하기 어려운 경우가 발생하기에 이에 대한 대책이 필요하며, 마을하수도 유지 관리가 매우 중요하다. 봉화, 영양 및 안동 지역에 신설된 동절기 마을하수도 질소 농도를 보면, 방류수 수질에 다소 변동이 있었지만 방류수 수질 기준을 만족하는 것으로 나타났다. 이는 도입된 공법들이 동절기에도 안정적인 질소 제거 효율을 보이는 것으로 판단된다.



(a) TN

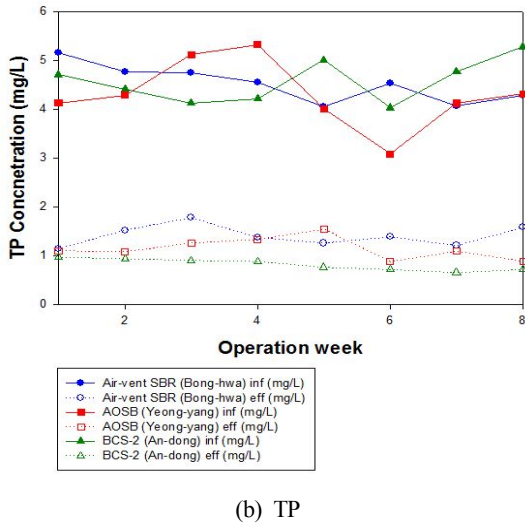


Fig. 3. Concentration of influent and effluent nutrient in Airvent, BCS-2 and AOSB process: (a) TN and (b) TP

### 3.3 체류시간의 영향

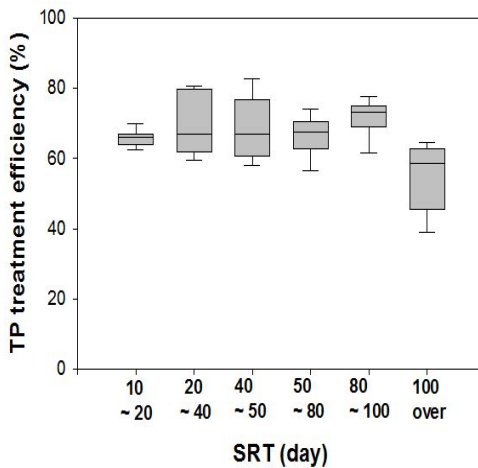
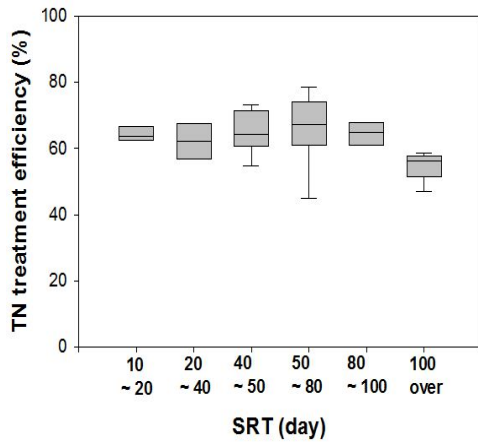


Fig. 4. Nutrient removal efficiency and SRT:

(a) TN and (b) TP

Fig. 4는 SRT에 따른 질소 별 제거 효율을 나타내고 있다. 운전 기간 중 전체 SRT 조건에서 영양염류의 제거 효율은 약 60% 정도로 나타났고, 특히 TN의 경우 SRT 50 ~ 80 일 구간, TP의 경우 SRT 80 ~ 100 일 구간에서 가장 높은 제거 효율을 보였다. 하지만 SRT 100 일 이상으로 운전하면 영양염류 제거 효율이 다소 감소하는 것으로 조사되었는데, 이는 미생물 중 활성미생물 비율 및 미생물의 활성도가 감소하여 초래된 결과로 판단된다. 마을하수도 영양염류 제거 효율이 SRT에 따라 다소 변화하는 것은 미생물 배양, 안정화, 운영 및 유지관리 상태 등에 의해 처리 효율이 영향을 받은 것으로 사료된다.(Choi, 2009; Gil and Im, 2011; Im and Gil, 2011a, 2011b; Joo *et al.*, 2011). 마을하수도의 경우 도시 지역의 대규모 하수처리장과 달리 소규모 시설로 계절에 따라 처리대상 지역의 토지이용에 따라 유입수가 변화한다(Im *et al.*, 2012). 유입수의 성상이 변화함에 따라 계절 별 안정적인 효율을 위해 필요로 하는 운전조건이 변화할 것으로 보여지며, SRT 변화에 따라 영양염류 제거 효율이 변화하는 것으로 보아 안정적인 영양염류 제거를 위해서는 SRT의 관리가 필요한 것을 알 수 있다.

### 3.4 MLSS의 영향

생물학적 처리에 있어서 MLSS는 미생물량의 지표로 매우 중요한 운전 인자이다. Fig. 5에서는 동절기 마을하수도 제거 효율과 MLSS 간의 관계를 파악하기 위해 MLSS에 따른 영양염류 제거 효율을 나타냈다. 운전 기간 동안 마을하수도 반응조 내 MLSS 농도는 약 1,500 ~ 8,000 mg/L 넓은 범위를 보였다. 영양염류 제거에 있어서 운전 기간 동안의 유지된 MLSS 농도 범위에서는 영양염류 제거 효율에 큰 영향을 미치지 않고, 60% 이상의 효율을 보이는 것으로 나타났다. 하지만 3000 mg/L 이하에서는 영양염류 제거 효율의 변화폭이 다른 구간에 비해 큰 것으로 나타났다. 3000 mg/L 이상에서는 영양염류 제거 효율의 변화폭이 작아지는 것을 확인할 수 있다. 본 연구 대상 지역의 경우 생물반응조 내 최소 MLSS 3000 mg/L 이상으로 유지시켜 주어야 안정적인 영양염류 제거가 가능할 것으로 판단된다. 이는 동절기 안정적인 영양염류 제거 효율 유지를 위해 MLSS 농도에 대한 조절이 필요하다는 것을 의미한다.

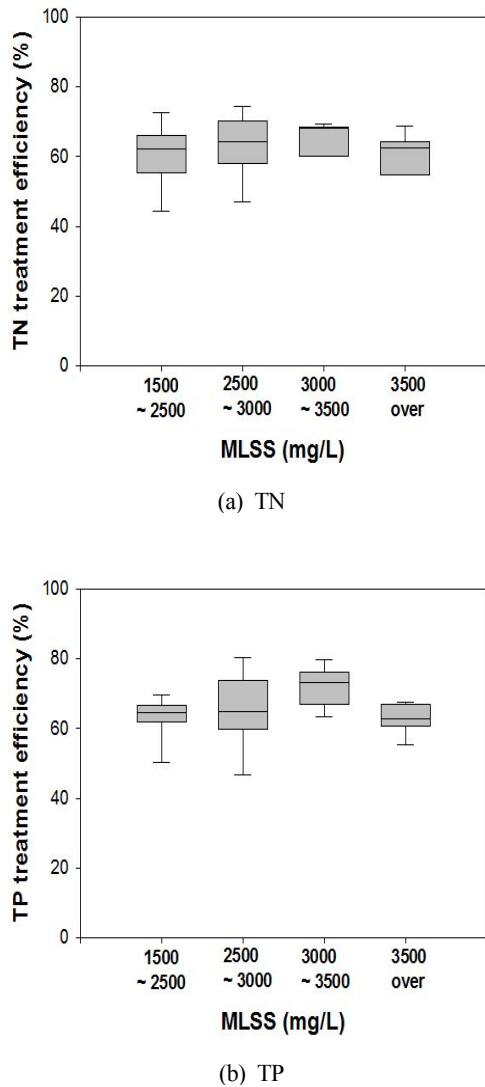


Fig. 5. Nutrient removal efficiency and MLSS concentration

### 3.5 동절기 영양염류 처리 효율

Fig. 6에서는 동절기 (1월 ~ 3월)에 나타난 마을하수도 운전 결과 (봉화:10개소, 영양:5개소, 안동:11개소)를 종합하여 신뢰구간 95% 범위에서 기대되는 처리 효율을 정리하였다. 이를 통해 동절기의 전반적인 영양염류 처리 효율을 파악할 수 있다. TN의 경우 각 지역의 처리 효율의 median 값은 약 60% 정도, TP의 경우에는 70% 이상의 값을 보였다. 전반적으로 TN의 효율이 낮은 것으로 나타났는데, 이는 마을하수도 유입수 내 TN의 농도 변화가 TP의 농도 변화보다 크게 변동한 것에 영향을 받을 것으로 사료된다. 마을하수도의 경우 소규모시설이기 때문에 유입수 농도에 따라 오염부하가 급격히 변화하며, 동절기 낮은 외부온도가 질산화 미생물 활성에 영향을 미쳐 전반적인 마을하수도 TN 처리 효율에 영향을 미쳤을 것으로 판

단된다. 하지만 동절기 영양염류 제거 효율이 60% 이상을 보인 것은 동절기에도 안정적인 질소와 인의 처리가 이루어졌다는 것을 의미한다. 즉, 연구 대상 지역에 적용된 공법들은 운전 조건 관리 및 유지관리가 수행될 경우 동절기에도 안정적인 영양염류 처리가 가능할 것으로 판단된다.

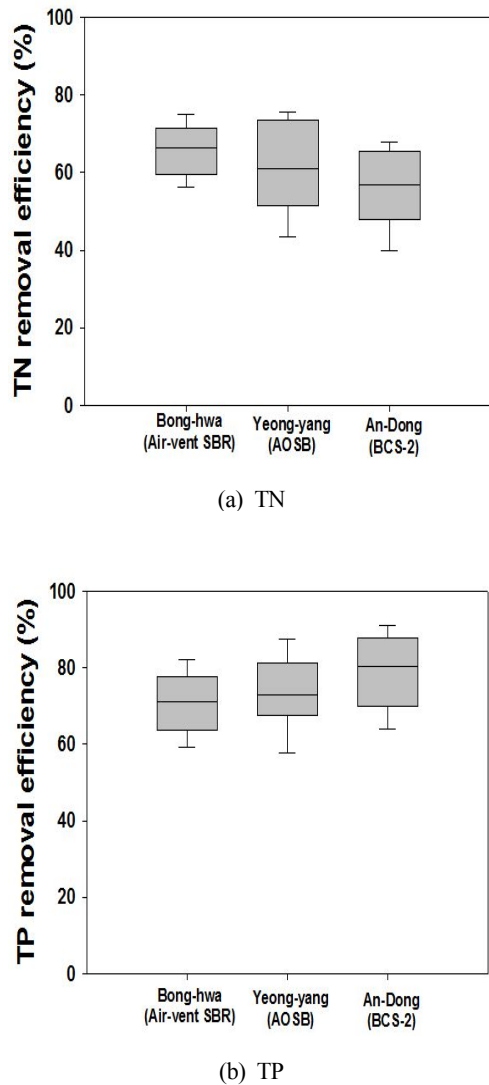


Fig. 6. Nutrient removal efficiency in winter season

## 4. 결론

봉화, 영양 및 안동 지역에 설치된 마을하수도의 동절기 운전 결과 분석을 바탕으로 다음과 같은 결론을 도출하였다.

- 1) 봉화, 영양 및 안동 지역 중 영양 지역의 유입하수 내 영양염류 농도가 가장 낮은 것으로 분석되었



다. 이는 농지 면적과 가축 두수에 영향을 받은 것으로 판단된다. 하지만 봉화와 안동 지역의 경우 유입 하수 내 영양염류 농도가 유사한 것으로 조사되었는데, 동절기 전체 농지면적에서 농작이 이루어지지 않아 유입수 내 영양염류 부하에 영향을 미친 것으로 판단된다. 특히 안동 지역의 경우 봉화 지역에 비해 농지 면적이 넓어 동절기 휴작에 큰 영향을 받는 것으로 사료된다.

2) 봉화, 영양 및 안동 지역에 신설된 동절기 마을 하수도 영양염류 농도를 살펴보면, 방류수 수질에 다소 변동이 있었지만 방류수 수질 기준을 만족하는 것으로 나타났다. 동절기 영양염류 제거는 마을하수도 운전이 있어서 반드시 고려해야 할 사항으로 이 지역들에 도입된 공법들을 이용하면, 동절기에도 안정적인 영양염류 제거 효율을 기대할 수 있을 것으로 판단된다.

3) 봉화, 영양 및 안동 지역에 신설된 동절기 마을 하수도의 영양염류 제거 효율은 SRT에 큰 영향을 받는 것으로 나타났다. 특히 100 일 이상의 긴 SRT로 운전하면 영양염류 제거 효율이 감소하는 경향을 보였다. 이는 동절기 영양염류 제거를 위해 적절한 SRT로의 운전이 필요하다는 것을 의미한다. 본 연구 대상 지역의 경우 TN: SRT 50 ~ 80 일 TP: SRT 80 ~ 100 일에서 가장 높은 영양염류 제거 효율을 보이는 것으로 나타났다.

4) 봉화, 영양 및 안동 지역에 신설된 동절기 마을 하수도의 영양염류 제거 효율은 운전 기간 중 MLSS 농도에 큰 영향을 받지 않는 것으로 나타났다. 하지만 일정 MLSS 구간에서 영양염류 제거 효율의 변동 폭이 크게 나타났다.

5) 마을하수도에서 동절기 영양염류 제거 효율이 60% 이상을 보인 것은 매우 고무적인 일이 될 수 있을 것이며, 다른 농촌 지역에 Air-vent SBR, AOSB 그리고 BCS-2 공법을 적용할 경우 동절기에도 안정적인 영양염류 제거 효율을 기대할 수 있을 것이다.

## 사 사

이 연구는 서울과학기술대학교 교내 학술연구비 지원으로 수행되었습니다.

## 5. 참고문헌

- Bong-hwa gun (2012) *Statistical year Book of Bonghwa 52th* [Korean Literature]
- Cho, DH, Kim, JS and 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]
- Choi, MY (2012). *A study on the characteristics of wastewater treatment using package(biokube) for small scale sewage works*. Master's Thesis, University of Seoul. Seoul, Korea. [Korean Literature]
- Gil, K and Kim, T (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]
- Gil, K, Kim, T and Jung, MS (2011). Runoff characteristics of refractory organic matters from South-Han river watershed during rainfall event and dry season, *J. of Korean society on water environment*, 27(3), pp. 306-313. [Korean Literature]
- Gil, K, Lee, U and Rho, H (2008). A study on optimum HRT combination for efficient nitrogen removal at WWTP in winter days, *Korean society of Hazard Mitigation*, 8(3), pp. 165-169. [Korean Literature]
- Gyeonggi Research Institute (GRI). (2007) *Geographical Information of Pollutant in Paldang Area* [Korean Literature]
- Hong, CU (2002). *Evaluation of interaction between sewer and treatment plant during storm event*. Master's Thesis. Hanyang University. Seoul, Korea. [Korean Literature]
- Im, J and Gil, K. (2011a). Effect of anaerobic digestion on the high rate of nitrification, treating piggery wastewater, *J. of Environmental Sciences*, 23(11), pp. 1794-1800.
- Im, J and Gil, K. (2011b) Evaluation of nitrification of high strength ammonia with variation of SRT and temperature using piggery wastewater, *J. of Korean society on water environment*, 27(5), pp. 563-571. [Korean Literature]
- Im, J, Jung, D and Gil, K (2012) Analysis of RCSTP sewage characteristics and treatment efficiency in rural area, *J. of Korean society on water environment*, 28(6), pp. 851-858. [Korean Literature]
- Jang, JH, Yoon, CG, Jung, KW and Lee, SB (2009).

- Characteristics of pollution loading from Kyongan stream watershed by BASIN/SWAT, *Korean J. of Limnology*, 42(2), pp. 200-211. [Korean Literature]
- Joo, JY, Kim, JS, Lee, HI, Nam, DH, Jung, IH and Park, CH (2011). Effect of HRT and temperature on sludge reduction in anaerobic endogenous respiration, *J. of Korean Society of Urban Environment*, 11(2), pp. 215-222. [Korean Literature]
- Jung, Y and Kim, S (2012). Characteristics of stormwater runoff from urban areas with industrial complex, *J. of Wetlands Research*, 14(1), pp. 131-137. [Korean Literature]
- Kim, YH (2010). *A study of the operation and maintenance in small scale sewage works*. Master's Thesis, Dongshin University. Naju, Korea. [Korean Literature]
- Koh, JK (2002). Articles of general interest : a study of government failure in livestock wastewater management, *J. of The Korean Association for Policy Studies*, 11(3), pp. 137-165. [Korean Literature]
- Kwon, K, Kim, S, Jung, Y and Min, K (2013). The recovery of carbon source from municipal primary sludge using pilot scale elutriated acidogenic fermentation, *J. of Wetlands Research*, 15(2), pp. 165-170. [Korean Literature]
- Lee, SY, Marla, C, Maniquiz, Choi, JY and Kim, LH (2009). Determination of EMCs for rainfall ranges from transportation landuses, *J. of Wetlands Research*, 11(2), pp. 67-76. [Korean Literature]
- Ministry of Environment (MOE) (2008) *Certified Analytical Methods of Water Quality* [Korean Literature]
- Ministry of Environment (MOE) (2012) *Statistics of Sewage* [Korean Literature]
- Ministry of Environment (MOE) and Korea Environment Corporation (KECO). (2013) *The Korea Environmental Technology Verification Summary* [Korean Literature]
- National Institute of Environmental Research (NIER). (2011). *Increasing Trend of Refractory Organic Matters and the Management Plans for the Han River Basin*. [Korean Literature]

○ 논문접수일 : 2014년 04월 15일

○ 심사의뢰일 : 2014년 04월 21일

○ 심사완료일 : 2014년 06월 20일