

봉화군에 도입된 마을하수도 하수 특성 및 처리 공법 분석

임지열* · 길경익**†

* 고려대학교 건축사회환경공학과

** 서울과학기술대학교 건설시스템디자인공학과

Analysis of RCSTP Wastewater Characteristics and Installed Treatment Process in Bong-Hwa Gun

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

소규모 농촌 지역 하수도 보급률은 도시지역의 약 40% 이하 수준이다. 농촌지역의 낮은 하수도 보급률은 상수원의 수질 악화의 원인으로 보고되고 있다. 안동댐과 임하댐 상류에 위치하고 있는 봉화군에 신설된 마을하수도 11개소의 운전 결과를 분석하였다. 운전결과를 바탕으로 봉화군 마을하수도 특성과 도입된 처리 공법에 관한 분석을 실시하였다. 봉화군 유입 하수는 도시지역에 비해 고농도의 유기물과 영양염류를 함유하고 있다. 마을하수도에 도입된 처리 공법은 전체적으로 안정적인 처리 효율을 보였다. 하지만 영양염류의 경우 처리 효율의 변화가 크게 나타났다. 이는 마을하수도 운전 시 영양염류 처리에 있어 운전 조건 관리에 관심을 기울여야 한다는 것을 의미한다.

핵심용어 : 마을하수도처리시설, 마을하수도, 하수, 농촌지역, 하수처리공법

Abstract

Rural area sewage distribution rate is 40 % less than urban area. Previous research results announced that one of the reason in water resource pollution was caused of low rural area sewage distribution rate. Analysis on operation result of 11 RCSTP in Bong-hwa area which is located at the upper region of An-dong Dam and Im-ha Dam. Based on operation result, an analysis on characteristics of wastewater in Bong-hwa and treatment efficiency of installed treatment process was conducted. The wastewater influent of Bong-hwa contained high organic matter and nutrient than those of urban area. Treatment process showed totally stable treatment efficiency. But, The treatment efficiency for nutrient showed high fluctuation. This result means which is need to operation condition control of nutrient treatment when operating RCSTP.

Keywords : Rural Community Sewage Treatment Plant, RCSTP, Wastewater, Rural area, Wastewater treatment process

1. 서론

국내 소규모 및 면규모 지역의 하수도 보급률은 2010년 기준으로 38%로 조사되었다. 이는 서울시를 포함한 6대 광역시의 하수도 보급률인 99%의 약 38% 정도의 수준이며, 시 지역의 평균 하수도 보급률인 88%의 약 43% 정도 수준이다(MOE, 2012). 하수도 보급률이 도시 지역에 비해 낮은 소규모 지역은 주민 대다수가 1차 산업에 종사하는 농·어촌 지역이며, 도시 지역에 비해 인구수 및 인구 밀도가 낮아 하수도 계획 및 보급에 어려움이 따른다. 특히 농촌 지역의 경우 팔당댐, 낙동강댐, 임하댐 및 안동댐 등 시민들의 상수원으로 사

용하고 있는 지역 인근에 위치하고 있는 경우가 많으며, 그 상류에 이르기까지 분포되어 있다. 특히 상류 지역으로 갈수록 농업 및 축산업으로 사용되는 토지의 비율이 증가하는 경향을 보인다(GRI, 2007).

팔당호 등에서 수행된 BOD와 COD의 수질 변화에 관한 연구에 따르면, 수질 관리에 많은 노력을 기울임에도 불구하고, 상수원의 COD는 지속적으로 증가하고 있다는 내용의 연구 결과들이 보고되고 있다(Gil et al, 2011). 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). 또한 일부

† Corresponding author : kgil@seoultech.ac.kr

연구 결과에 따르면, 상류 지역에서 논, 밭 등의 인간 활동을 위해 사용되는 토지가 증가할수록 미개발된 자연상태보다 오염물질의 발생량이 증가된다는 연구 결과가 보고되기도 하였다(NEIR, 2011). 이러한 결과들은 상수원 인근지역을 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 재정합으로부터 시작되었다고 볼 수 있다. 이후 ‘농어촌 하수도사업 및 오염 소하청정화사업’과 ‘마을하수도사업통합지침’을 통해 마을하수도 관리가 이루어지게 되었다. 특히 2009년 환경부에서 발표된 ‘농·어촌지역 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.

소규모 가축 사육 시설의 경우 가축분뇨를 가축분뇨 처리장 혹은 인근 하수처리장으로 연계 처리하기에는 많은 어려움이 있는 실정이다(Im and Gil, 2011a, 2011b; Kim et al, 2012; 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).

본 연구에서는 경상북도 봉화군에 신설된 마을하수도 11개소의 운전 결과 분석을 실시하였다. 이를 토대로 대상 지역 유입하수의 특징, 마을하수도에 도입된 공법의 효율 확보를 위한 운전조건 및 타 공법과의 효율 분석을 통한 적용성에 관한 연구를 수행하였다.

2. 연구방법

2.1 대상 지역

연구 대상지역은 경상북도 봉화군으로 구미·대구·부산 등 낙동강 인근 지역의 주요 상수원이자 상수원 보호 구역인 안동·임하댐 상류에 위치하고 있으며, Fig. 1을 통해 봉화군 및 신설된 마을하수도의 위치를 확인 할 수 있다.

봉화군은 총 면적 1,201km²으로 토지 이용 현황은 임야(82.6%, 991.95 km²), 밭(7.3%, 87.78 km²), 논(3.8%, 45.78 km²) 그리고 과수원(0.7%, 8.02 km²)로 구성되어 있다. 총인구는 34,440명으로 이 중 약 43%인 14,963명이 농업에 종사하고 있으며, 약 30,000 마리의 소·돼지가 사육되고 있다. 봉화군의 하수도 보급률은 소규모 및 면규모 지역보다 다소 높은 53%로 집계되었다(Bong-hwa gun, 2012). 신설된 마을하수도 처리 대상 지역 면적은 6.06km²이며, 인구는 6,070명으로 조사되었다.

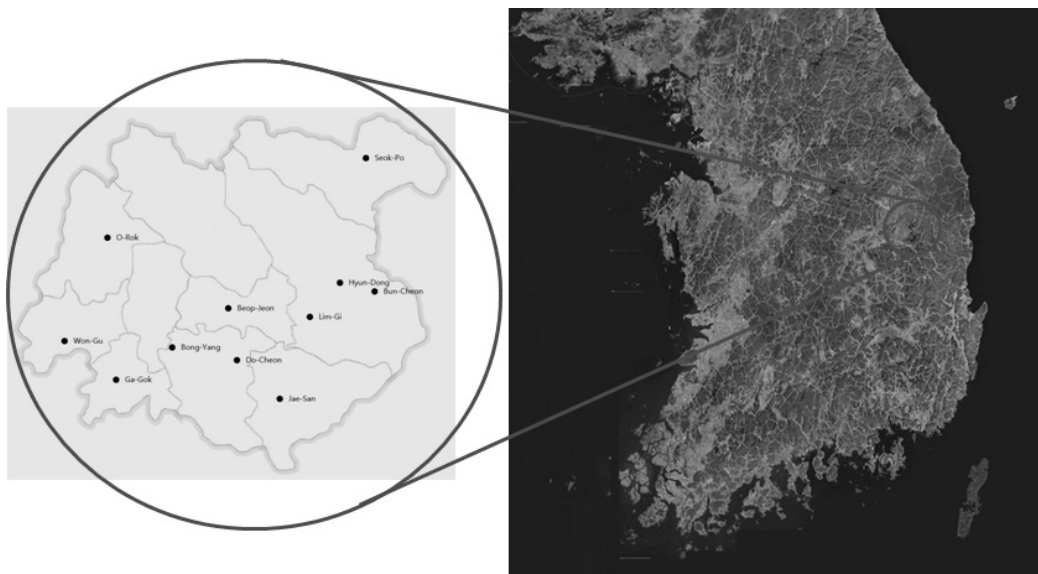


Fig. 1. Location of the study area (Bong-hwa)

Table 1. Characteristic of Bong-hwa and sewage treatment area

Parameter	Target area
Total area (km ²)	1,201
Total population (person)	34,440
Sewage distribution rate (%)	53
Sewage treatment area (km ²)	6.06
Population in sewage treatment area (person)	6,070

2.2 봉화군 마을하수도 도입 공법

봉화군 내 신설된 마을하수도에 도입된 공법은 유량 조절조, SBR반응조, 슬러지저류조 그리고 처리조로 구성되어 있다. SBR반응조에서는 시간에 따라 유입, 혐기상태, 무산소상태, 호기상태, 침전 그리고 유출의 cycle로 운전된다. 이 후 air-vent식의 유출장치로 처리된 유출수가 유출되게 된다. 일반적으로 알려진 공법의 특징으로는 완전 혼합 및 산소 전달력이 우수하여 수질 및 수량 변동에 강하다. 그리고 포기과 교반이 운전 cycle에 맞게 자동제어 되고 구조 및 유지관리가 매우 간단하다. 운전 인자로는 F/M ratio 0.03 ~ 0.1, MLSS 1,500 ~ 5,000 mg/L 그리고 SRT 15 ~ 35일이 적정 운전인자로 알려져 있다. Fig. 2에서는 봉화군 마을하수도에 도입된 공법의 모식도를 확인 할 수 있다. 수질 분석은 각 마을하수도

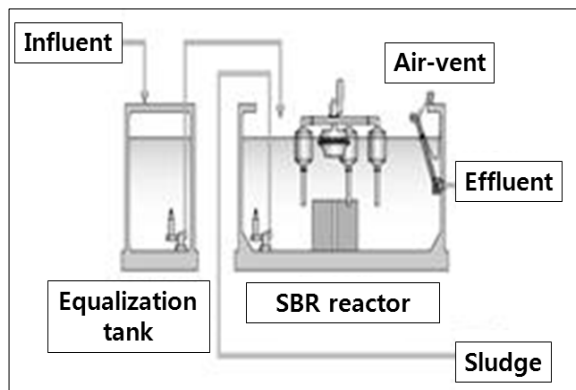


Fig. 2. Schematic diagram of sewage treatment process in Bong-hwa

의 유입수와 방류수를 주 1회 채취하였으며, 모든 수질 항목은 수질오염공정시험법에 의거하여 분석하였다.

3. 연구결과 및 고찰

3.1 마을하수도 유입하수 특성

Fig. 3에서는 유입하수의 특성을 파악하기 위해 운전 결과 수집 기간 동안 봉화군 신설 마을하수도와 2012년 하수도통계를 통해 제공된 대표적인 도시지역인 서울시 그리고 대표적인 농촌지역인 김제군 유입하수의 COD, BOD, TN, TP 및 SS 농도를 나타내었다. 봉화군 신설 마을하수도 유입하수 오염물질 농도는 COD: 81.2 ~ 362.3 mg/L, BOD: 50.0 ~ 172.0 mg/L, TN: 13.7 ~ 69.3 mg/L, TP: 1.5 ~ 8.9 mg/L 그리고 SS: 46.0 ~ 704.0 mg/L의 범위로 유입되었다. 서울시의 평균 유입하수의 농도는 COD: 136 mg/L, BOD: 66 mg/L, TN: 31 mg/L, TP: 3 mg/L 그리고 SS: 109 mg/L, 김제군의 경우 COD: 84 mg/L, BOD: 43 mg/L, TN: 38 mg/L, TP: 4 mg/L 그리고 SS: 85 mg/L로 조사되었다(MOE, 2012). 봉화군의 유입하수 농도는 모든 항목에서 도시지역에 비해 높았으며, 다른 농촌지역에 비해서는 COD, BOD 그리고 SS가 높고, TN과 TP는 유사한 것으로 나타났다. 유기물과 영양염류가 도시지역보다 높은 이유는 고농도의 유기물과 질소를 함유한 농업용수와 가축분뇨의 유입에 의한 것으로 판단된다.

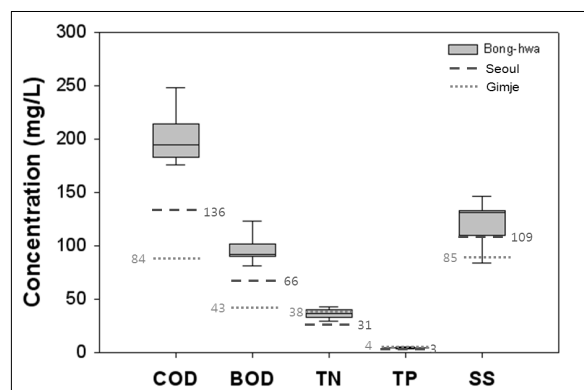


Fig. 3. Characteristic of influent sewage in Bong-hwa, Seoul and Gimje

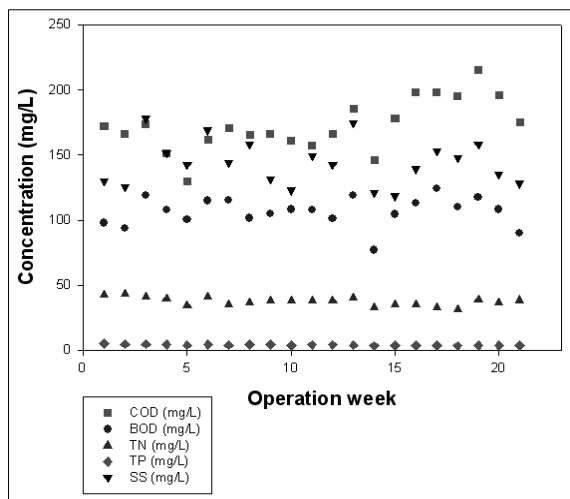
Table 2. Concentration of sewage in Bong-hwa, Seoul and Gimje

Parameter	Bong-hwa		Seoul (mg/L)	Gimje (mg/L)
	Range (mg/L)	Median (mg/L)		
COD	81.2 ~ 362.3	175.0	136	84
BOD	50.0 ~ 172.0	106.3	66	43
TN	13.7 ~ 69.3	37.0	31	38
TP	1.5 ~ 8.9	4.1	3	4
SS	46.0 ~ 704.0	142.9	109	85

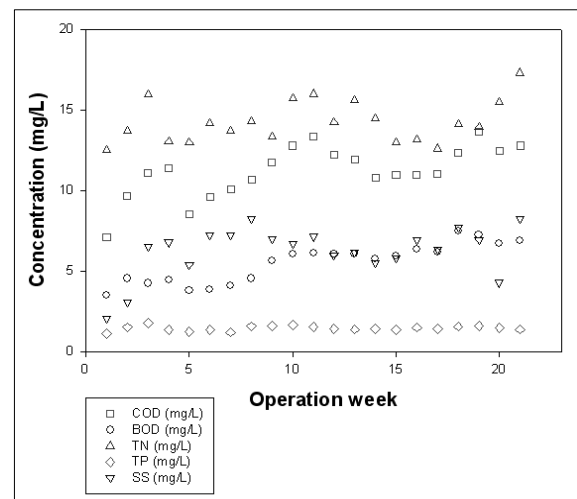
3.2 마을하수도 운전 결과

Fig. 4는 봉화군 신설 마을하수도 운전 자료가 수집된 기간 동안 주별로 마을하수도 11개소의 유입수와 방류수의 농도를 대표성을 가질 수 있는 median 값으로 정리하여 나타내었다. 운전 기간 동안 유입하수의 농도는 변동을 보인 반면 방류수의 농도는 안정적으로 유지되었다고 판단된다. 2012년 5월인 20주를 전 후로 하여 유입하수의 농도가 감소하는 경향을 보였는데, 이는 해빙과 강우에 의해 희석현상이 발생한 것으로 사료된다 (Hong, 2002). 방류수의 경우에는 ‘공공하수처리시설의 방류수 수질 기준’에 따라 운전 자료 수집 기간 동안 방

류수 수질 기준을 모두 만족한 것으로 나타났다. 일반적으로 하수처리시설은 생물학적 처리를 기반으로 오염물질을 처리하는 system을 가지고 있다. 이는 수중의 미생물을 이용하여 오염물질을 처리하게 되는데, 미생물에 의한 안정적인 효율을 기대하기 위해 운전조건 유지가 매우 중요하다. 특히 겨울철 기온이 낮아짐에 따라 영양염류의 처리 효율을 유지하기 어려운 경우가 발생하기에 이에 대한 대책이 필요하며, 이 시기에는 생물반응조의 유지관리가 중요해진다. 봉화군 신설 마을하수도 운전 결과를 살펴보면 겨울철인 2012년 1월 ~ 2월인 8주까지 방류수 수질에 변동이 있었지만 방류수 수질 기준을 만족하는 것으로 나타났다.



(a) Influent



(b) Effluent

Fig. 4. Median concentration of influent and effluent in Bong-hwa

3.3 체류시간의 영향

Fig. 5에서는 SRT(Solid Retention Time, 고형물체류시간)에 따른 오염항목 별 제거 효율을 분석하였다. 초기 운전 SRT는 실시설계 시 수행한 하수모형실험결과와 동일한 공법으로 타 지역에서 운전 중인 마을하수도 운전 결과를 참고하여 결정하였다. COD는 운전 기간 중 SRT 조건에서 80%이상, BOD는 95% 이상 그리고 SS는 90%의 안정적인 고효율을 보였다. 하지만 영양염류의 경우 마을하수도 별 처리효율이 다소 차이를 보이는 것으로 나타났으며, TN의 경우 60%, TP의 경우 70% 정도의 효율을 보였다. 특히 SRT 100일 이상으로 운전된 경우 처리 효율이 감소하는 것을 확인 할 수 있다. 마을하수도 별 처리효율에서 유기물에 비해 큰 차이를 보이는 것은 미생물 배양, 안정화, 운영 및 유지관리 상태 등에 의해 처리효율에서 차이를 나타낸 것으로 판단된다(Choi,

2009; Gil and Im, 2011; Im and Gil, 2011a, 2011b; Joo et al., 2011). SRT 변화에 따른 처리효율 변화는 유기물보다 영양염류에서 크게 나타난 것으로 보아 본 공법에 있어서 안정적인 영양염류 처리를 위해서는 SRT에 대한 관리가 필요하다. 운전 자료 수집 기간 동안 운전 SRT는 10 ~ 140일 정도로 나타났으며, 이는 본 공법의 적정 SRT로 알려진 인 15 ~ 35일 보다 긴 SRT로 운전되었다. 전체적으로 운전 된 SRT를 10일, 20일 간격의 그룹으로 나누어 각 운전 결과를 분석하였다. 그 결과 COD, SS와 BOD의 경우 운전된 전체 SRT에서 약 80% 이상의 고효율을 보이는 것으로 나타났다. TN과 TP의 경우 SRT가 100일 이상일 때, 처리 효율이 40%로 낮게 나타나기도 하였지만, 평균 60% 이상의 제거 효율을 보인 것으로 분석되었다. 이는 전체적인 운전 기간 동안 유기물, 부유물질 그리고 영양염류는 안정적인 처리 효율을 보인 것으로 사료된다.

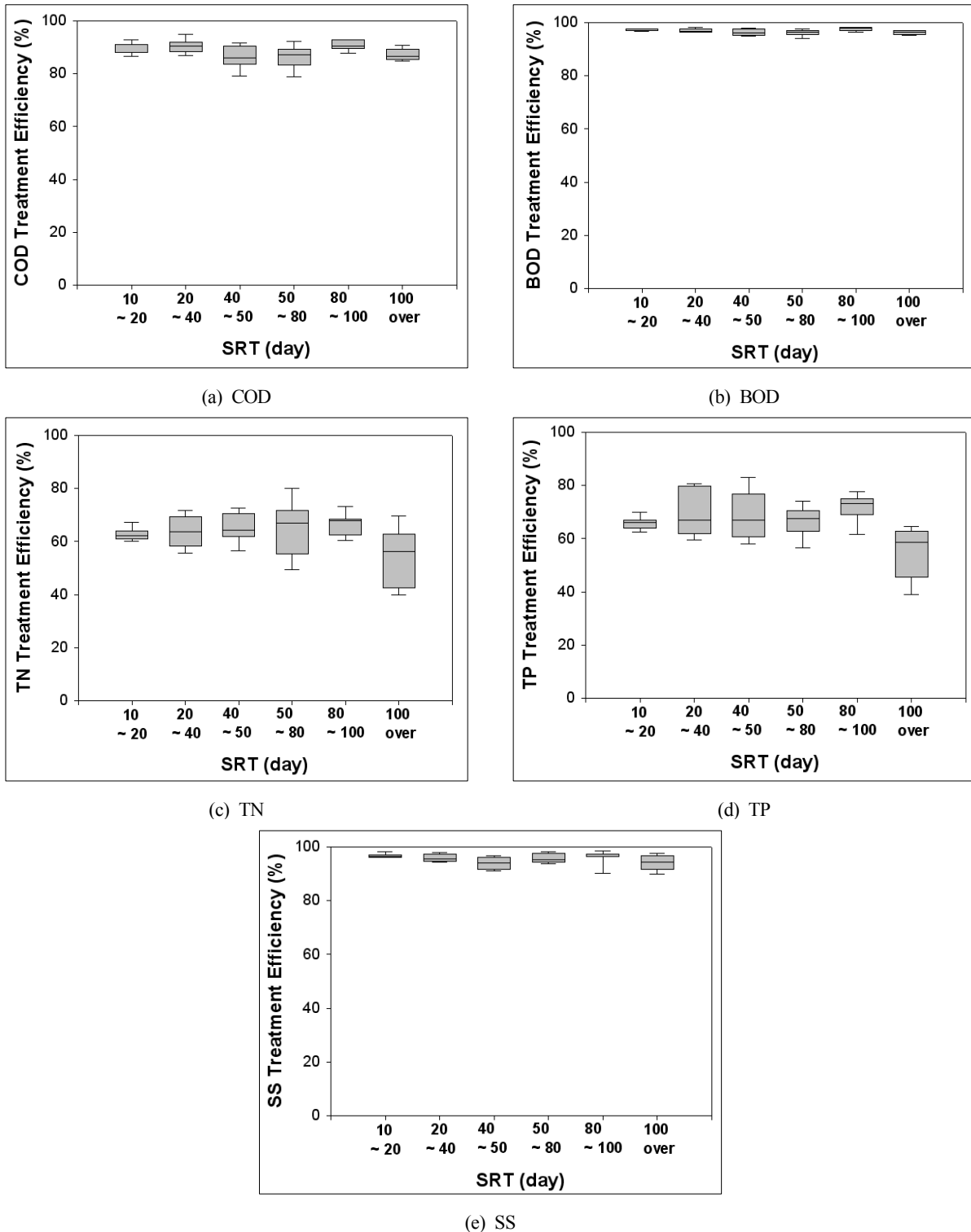


Fig. 5. Result of treatment efficiency with various SRT condition

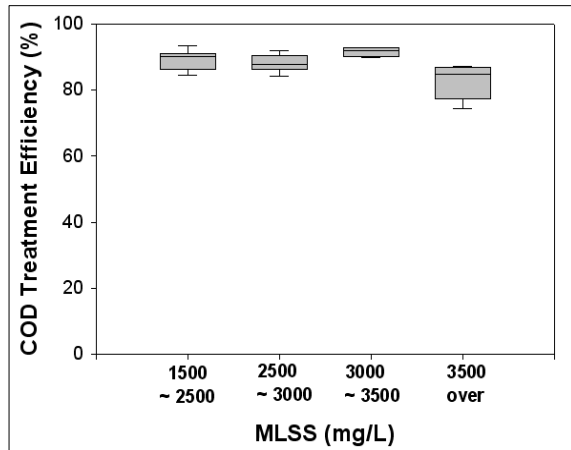
3.4 MLSS의 영향

MLSS(Mixed Liquer Suspended Solid)는 생물학적 처리가 기반인 하수처리에서 있어서 반응조 내 미생물량의 지표로 매우 중요한 운전 인자이다. Fig. 6에서는 본 공법에서 반응조 내 MLSS 농도에 따른 유기물과 영양

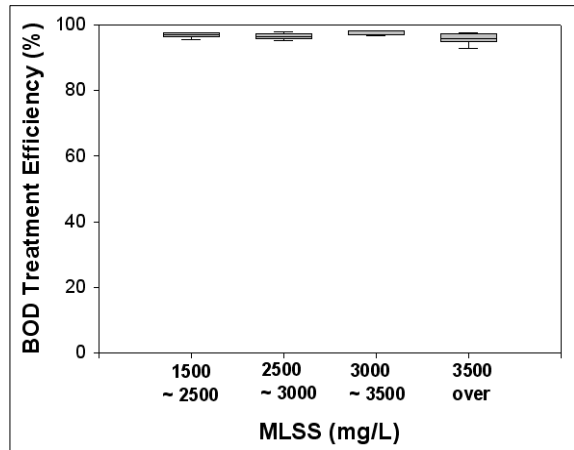
염류의 처리 효율을 분석하였다. 운전 기간 동안 마을하수도 반응조 내 MLSS 농도는 1,500 mg/L ~ 14,000 mg/L 넓은 범위를 보였으며, 적정 MLSS 범위로 알려진 1,500 mg/L ~ 5,000 mg/L 범위로 유지되었다. COD의 경우 MLSS 3500 mg/L 이상에서 다소 효율이 감소하는 것으로 나타났는데, 긴 SRT로 인해 MLSS가 증가하게

되고 미생물의 활성도에 영향을 받은 것으로 보인다. BOD, TN 및 TP의 경우에는 운전 기간 동안의 MLSS 농도 범위에서는 큰 영향을 받지 않는 것으로 나타났다. 전체적으로 운전 된 MLSS 농도를 500mg/L 간격의 그룹으로 나누어 각 처리 효율을 분석하였다. 그 결과 COD와 BOD의 경우 운전된 전체 SRT에서 약 80% 이상의 고효율을 보이는 것으로 나타났으며, TN과 TP의 경우에도 평균 60% 이상의 제거 효율을 보인 것으로 분석되었

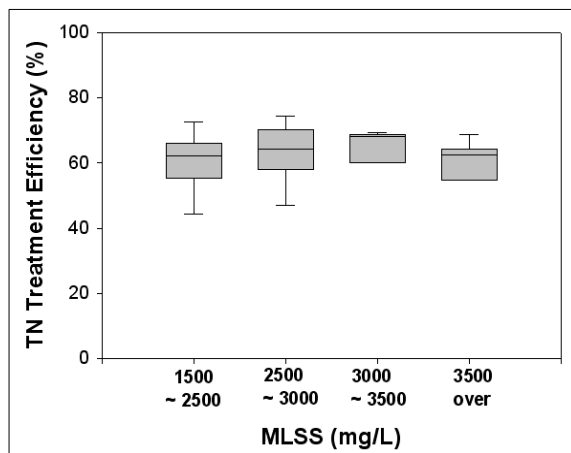
다. 전체적인 운전 기간 동안 MLSS의 농도에 큰 영향 없이 유기물, 부유물질 그리고 영양염류는 처리 효율에 큰 변동을 보이지 않았다. 특히 TN과 TP의 경우 MLSS 농도에 의한 영향 보다는 SRT에 의한 영향이 큰 것으로 판단된다. 전체적으로 COD 80%, BOD 95%, TN 60% 그리고 TP 70% 이상의 처리 효율을 보인 것으로 보아 반응조 내 MLSS농도가 적절하게 유지된 것으로 판단된다.



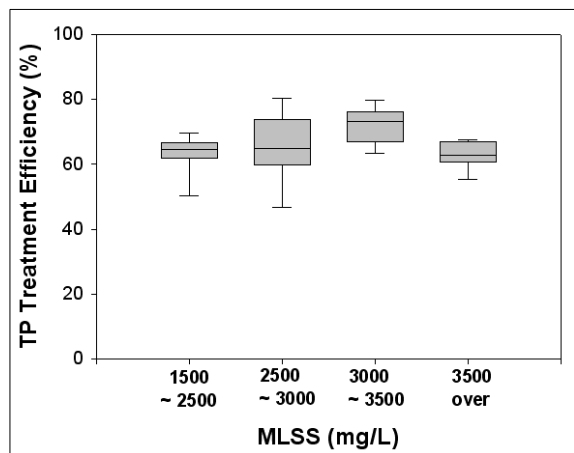
(a) COD



(b) BOD



(c) TN



(d) TP

Fig. 6. Result of treatment efficiency with various MLSS concentration

3.5 처리효율 분석

Fig. 7에서는 봉화지역 신철마을하수도 도입 공법의 효율을 비교하기 위해 환경부신기술로 지정된 A, B, C, D 공법의 평균 처리 효율을 나타내었다. 비교에 사용된 공법들은 마을하수에 적용 가능한 하수도처리공법들로 현재 마을하수에 도입되었거나 도입될 예정인 공법들이다(MOE and KECI, 2013). 오염 항목 중 유기물 및 부유물질의 경우 환경부에서 제시된 타 공법들이 평균 처리 효율들과 유사한 처리 효율을 보이는 것으로

나타난 반면, 영양염류의 경우에는 타 공법들에 비해 다소 낮은 처리효율을 보였다. 하지만 봉화지역의 경우 유입하수 농도, SRT 및 MLSS 농도 등 운전 인자 변화들로 인해 미생물의 활성도가 다소 감소하여 처리 효율이 감소한 것에 의한 것으로 판단된다. 하지만 운전 결과 수집 기간 동안 고효율을 보인 운전 조건을 유지할 경우 타 공법들에 비해 떨어지지 않는 오염물질 처리 효율을 보일 것으로 사료된다. 이는 마을하수도 도입 후 운전 및 유지관리의 중요성을 나타내는 것으로 해석될 수 있다.

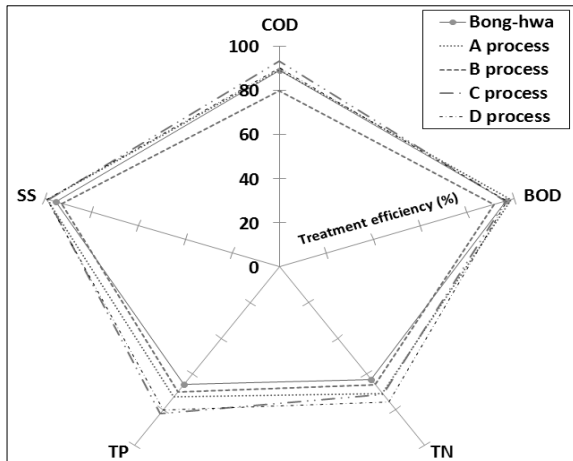


Fig. 7. Comparison of treatment efficiency available to install process in RCSTP

4. 결론

봉화군에 신설된 마을하수도 11개소의 운전 결과 분석으로 도출된 결론은 다음과 같다.

- 1) 봉화군의 마을하수도 유입 특성을 분석하였을 때, 도시지역에 비해 고농도의 오염물질이 유입되며, 다른 농촌 지역과 비교하였을 때 유기물의 농도가 높은 것으로 나타났다. 이는 봉화지역에서 발생하는 농업용수 및 가축 분뇨의 영향으로 분석되었으며, 나아가 농촌 지역 하수 관리를 위해서는 농업용수 및 가축 분뇨의 관리가 필요할 것으로 판단된다.
- 2) 봉화군의 마을하수도 처리 효율 분석 결과 COD 80%, BOD 95%, TN 60%, TP 70% 그리고 SS 95% 이상의 처리 효율을 보이는 것으로 나타났다. 이는 환경부에서 신기술로 지정된 타 공법들의 처리 효율과 비교하였을 때, 유기물 및 부유물질의 경우 유사하였으며, 영양염류의 경우에는 다소 낮은 효율을 보였다. 이는 마을하수도 운전 및 유지관리 정도에 영향을 받은 것으로 판단되며, 마을하수도 처리 효율을 높이기 위해서는 운전 및 유지관리에 각별한 관심을 기울여야 할 것으로 보인다. 특히 본 공법의 경우 동절기에도 적절한 유지관리가 이루어지면, 안정적인 효율을 기대할 수 있을 것으로 판단된다.
- 3) 봉화군 마을하수도에 적용된 공법에서 운전 기간 중 SRT에 따른 영향은 유기물 및 부유물질의 경우 크게 영향을 받지 않은 것으로 나타났다. 하지만 영양염류의 경우 SRT 100일 이상으로 운전하였을 때, 긴 SRT로 인해 미생물 활성도가 떨어져 효율이 감소하는 것으로 판단된다. MLSS의 경우

COD를 제외한 오염 항목들은 영향이 다소 미비한 것으로 판단된다. 하지만 MLSS 3,000 mg/L ~ 3,500 mg/L로 운전하였을 때, 효율이 가장 높게 나타났다. 본 공법을 마을하수도에 적용하여 운전할 경우 운전 시 SRT 및 MLSS 조절이 필요하며, 특히 영양염류의 경우에는 SRT 조절에 각별한 관심을 기울여야 할 것으로 판단된다.

- 4) 마을하수도 공법 선정 및 도입 시 마을하수도 유입 특성을 고려하여 가장 적합한 공법을 도입해야 한다고 판단된다. 봉화군에 신설된 마을하수도 11개소에 도입된 공법의 경우 처리 효율적인 측면에서 접근하였을 때, 방류수 수질 기준을 모두 만족하였으나 운전 및 유지관리에 각별한 관심을 기울여야 할 것으로 생각된다.

사 사

이 연구는 서울과학기술대학교 교내 학술연구비 지원으로 수행되었습니다.

Reference

- 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, *Journal 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, *Journal 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, *Journal of Korean society on water environment*, 27(3), pp. 306-313. [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, *Journal of Environmental Sciences*, 23(11), pp. 1794- 1800. [English Literature]
- Im, J and Gil, K. (2011b). Evaluation of nitrification of high strength ammonia with variation of SRT and temperature using piggery wastewater, *Journal 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, *Journal 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 Journal 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, *Journal of Korean Society of Urban Environment*, 11(2), pp. 215-222. [Korean Literature]
- Kim, YH (2009). *A study of the operation and maintenance in small scale sewage works*, Master's Thesis, Dongshin University, Naju, Korea. [Korean Literature]
- Kim, KJ, Kim JS, Kim LH and Yang KC (2012). Characteristics of nutrient uptake by aquatic plant in constructed wetlands for treating livestock wastewater, *Journal of Wetlands Research*, 14(1), pp. 121-130. [Korean Literature]
- Koh, JK (2002). Articles of general interest : A study of government failure in livestock wastewater management, *Journal of The Korean Association for Policy Studies*, 11(3), pp. 137-165. [Korean Literature]
- Lee, JY, Kang CG, Lee SY and Kim LH (2011). Application of free water surface constructed wetland for NPS control in livestock watershed area, *Journal of Wetlands Research*, 13(3), pp. 481-488. [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*, National Institute of Environmental Research. [Korean Literature]
- 논문접수일 : 2013년 05월 30일
- 심사의뢰일 : 2013년 06월 10일
- 심사완료일 : 2013년 07월 12일