

홍천강 유역의 하수고도처리를 적용한 마을하수처리 효율 및 기여율 평가

박수진^{1*}

¹강원대학교 산학협력단

Estimation of Contribution Ratio and Community Sewerage Treatment Efficiency by using Advanced Sewage Treatment in the Basin of Hongcheon-river

Soo-Jin Park^{1*}

¹University-Industry Cooperation Foundation, Kangwon National University

요 약 본 논문은 홍천군의 마을하수도를 대상으로 하여 하수고도처리효율 및 삭감오염부하량을 산정하여 마을하수도의 기여율을 평가하였다. A2/O와 SBR 공법의 경우 BOD, COD에서 95%와 94%의 높은 처리효율을 보였으며, SS는 80%의 처리효율을 보였다. 반면 T-N과 T-P는 56%와 66%로 다른 항목에 비하여 비교적 낮은 처리효율을 보였으나 SS의 경우 MBR 공법에서 96%로 높은 처리효율을 보이는 것으로 관찰되었다. 다음으로 마을하수도 방류하천인 홍천강의 수질 경년적 변화를 관찰한 결과, COD와 T-N, T-P에서 수질이 크게 악화되고 있는 것으로 관찰되었으나, 마을하수도 설치 운영으로 일반 수질항목에서 80%이상, T-N과 T-P는 58%와 68%의 높은 오염부하 삭감량을 보이고 있어 홍천강 수질 개선에 크게 기여할 것으로 보인다.

Abstract This paper calculated advanced sewage treatment efficiency and reduction pollution loads to estimation contribution ratio of for community sewerage in Hongcheon-gun County. The A2/O and SBR methods showed overall high treatment efficiency of 95% and 94% respectively, and SS was 80%. On the other hand, T-N and T-P showed relatively low processing efficiency of 56% and 60% respectively, but it was observed that SS showed high 96% in the MBR method. Next, by the result of yearly water change analysis on water quality of Hongcheon River which is the discharge river of community sewerage, it was observed that water quality was greatly deteriorated by COD, T-N and T-P. However, installation and operation of community sewerage showed high pollution load reduction in general water quality item by more than 80%, and in T-N and T-P by 58% and 68% respectively. It is expected that community sewerage will greatly contribute in water quality improvement of Hongcheon River.

Key Words : Advanced Sewage Treatment, Community Sewerage, Reduction Pollution Loads, Sewage Treatment Efficiency

1. 서론

농촌지역의 수질은 소득증대와 생활수준의 향상과 더불어 수세식 화장실 보급 확대 및 축산시설 증가 등으로 처리시설을 거치지 않은 하수는 소하천의 수질을 악화하

여 양질의 수자원 확보에 많은 영향을 초래하고 있다. 또한 주거환경 개선으로 인해 오수발생량은 지속적으로 증가하고 있는 추세이며, 이에 지자체 및 정부는 수계의 부영양화 방지를 위하여 방류수 수질 기준을 충족하기 위하여 시설을 지속적으로 확충하고 있다[1]. 따라서 본 논

*Corresponding Author : Soo-Jin Park(Kangwon National Univ.)

Tel: +82-33-250-6241 email: parksj@kangwon.ac.kr

Received April 10, 2013 Revised (1st May 23, 2013, 2nd May 29, 2013, 3rd June 4, 2013) Accepted July 11, 2013

문은 분류식 하수관거의 마을하수도를 대상으로 하여 오염물질 항목별 하수고도처리 효율 및 방류수의 오염부하 삭감량을 산정하고 기여율을 평가하여, 이를 정량적으로 밝히고자 하였다. 다음으로 수계의 수질 경년적 변화를 관찰하였다.

2. 대상지점 선정 및 하수처리 유형

2.1 대상지점

본 연구는 강원도의 중심부에 위치한 산간지대의 홍천군 지역을 대상으로 하였으며, 행정구역은 1개 읍과 9개 면으로 구성되어 있다. 이중 연구지점 마을 하수도의 행정구역은 서석면이 홍천군 전체면적의 12.4%를 차지하며, 화촌면은 11.6%, 동면은 8.2%, 남면은 6.6%를 차지한다. 토지 이용면적은 산지가 전체면적의 84.6%를 이루며, 농경작지가 9.2%를 차지한다.

2.2 하수배제방식 및 하수처리공법

본 연구는 하수처리공법별 수질처리효율 및 마을하수도의 삭감부하량을 산정하여 오염부하량의 기여율을 평가하는데 있다. 연구대상지점은 농어촌생활환경정비사업의 일환으로 2011년 마을하수도 정비 사업을 시행하여 오수와 우수를 완전히 분류하여 배제하는 분류식 마을하수도 시스템을 갖추고 있다. 대상지점별 하수배제 방식은 Table 1과 같다.

[Table 1] Sewage system of study target area[3]

Division		Past	Present	Note
Hongcheon-gun	Seusok-myeon	Combined	Separated	Run (2012)
	Hwacheon-myeon	Combined+ Separated	Separated	Run (2012)
	Nam-myeon	Combined	Separated	Run (2012)
	Dong-myeon	Combined	Separated	Run (2012)

최근 하수처리방식은 하수중의 질소와 인의 영양염류 제거를 위한 생물학적 처리공정이 개발되었다. 생물학적 질소와 인처리 방식은 크게 부유성 방식과 부착성 방식으로 구분 된다[2].

본 연구 대상지점의 경우 영양염류의 중점처리 및 상수도 보호구역 등을 고려하여, 대부분의 마을 하수도는

영양염류제거를 위한 부유성 방식의 고도처리인 A2/O 계열, SBR 계열, MBR 계열로 조사되었다. 연구지점의 대상 지역별 고도하수처리 공법 유형은 Table 2와 같다.

[Table 2] Type of sewage treatment method in the study target area[4]

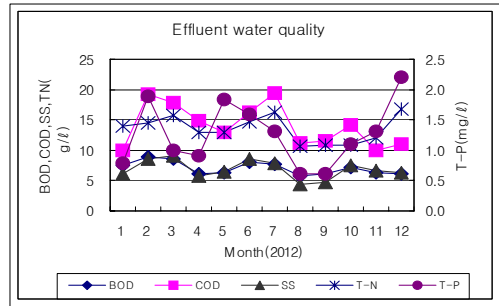
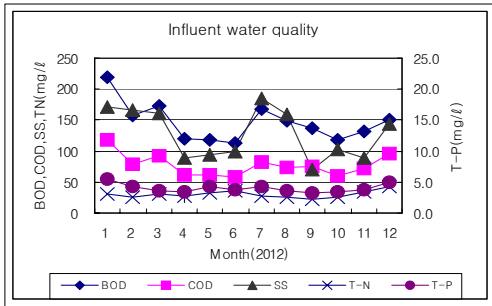
Division	Method	Main method	Apply area
Floating	A2/O	A2/O, DNR, 4stage BNR	Seong-san treatment plant Dong-myeon treatment plant
	Special microorganism	B3, HBR-II	-
	SBR	PSBR, Full scale air-vent SBR, ICEAS	Seoseok-myeon treatment plant
	MBR	NIX-MBR, HANT, KS-MBR	Nam-myeon treatment plant

3. 자료조사

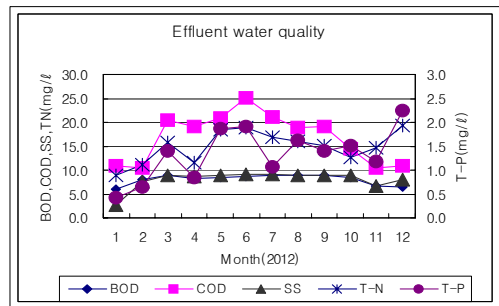
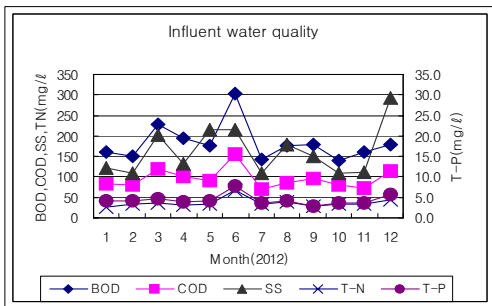
본 연구를 위하여 연구대상구역의 마을하수도 유입수 및 방류수 수질 자료를 조사하였으며, 자료는 홍천군 상하수도사업소의 마을하수도 시범운영기간(2011년)을 제외한 정상운영기간인 2012년 1월부터 12월까지의 자료를 본 연구 자료로 활용하였다. 각 마을하수도의 유입수 및 방류수 수질은 Fig. 1과 같다.

Fig. 1에서 보듯이 SBR 계열의 서석면 풍암리 마을하수도의 유입수 및 방류수 수질은 평균적으로 BOD 146.4 mg/l 를 COD는 77.4 mg/l, SS는 127.8 mg/l, T-N은 30.2 mg/l, T-P가 4.0 mg/l 를 보였으며, 방류수는 BOD 7.1 mg/l 를 COD는 14.0 mg/l, SS는 6.9 mg/l, T-N은 13.5 mg/l, T-P는 1.3 mg/l 를 보였다.

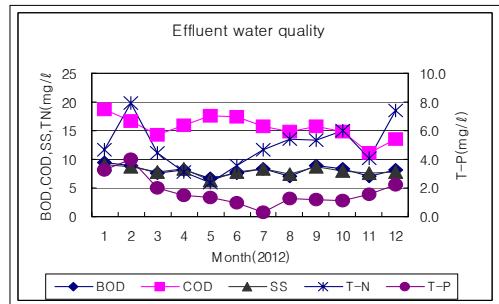
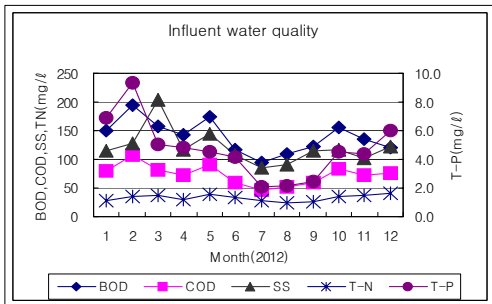
A2/O 계열의 화촌면 성산리 마을하수도 유입수 수질은 평균적으로 BOD 182.2 mg/l 를 COD는 96.0 mg/l, SS는 162.0 mg/l, T-N은 36.9 mg/l, T-P는 4.4 mg/l 를 보였다. 방류수 수질은 BOD 8.0 mg/l 를 COD는 16.8 mg/l, SS는 8.0 mg/l, T-N은 14.9 mg/l, T-P는 1.3 mg/l 를 보였다. 다음으로 동면 속초리 마을하수도의 유입수 수질은 평균적으로 BOD 139.4 mg/l 를 COD는 73.1 mg/l, SS는 120.5 mg/l, T-N은 32.8 mg/l, T-P는 4.7 mg/l 를 보였으며, 방류수 수질은 BOD 8.0 mg/l 를 COD는 15.5 mg/l, SS는 8.0 mg/l, T-N은 12.3 mg/l, T-P는 1.7mg/l 를 보였다.



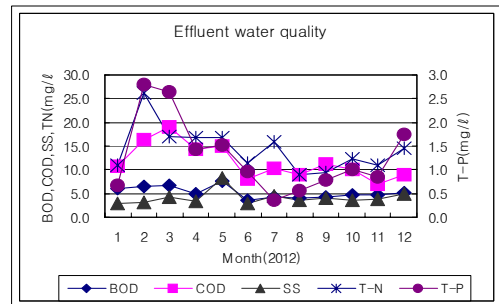
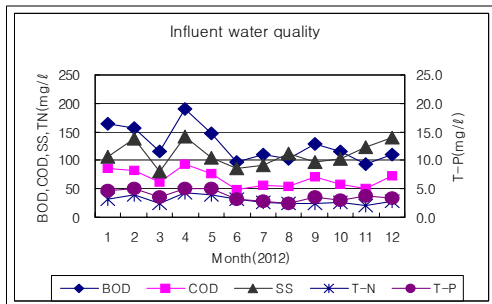
(a) Community Sewerage of Pungam-ri in Seoseok-myeon



(b) Community Sewerage of Seongsan-ri in Hwacheon-myeon



(c) Community Sewerage of Sokcho-ri in Dong-myeon



(d) Community Sewerage of Jisan-ri in Nam-myeon

[Fig. 1] Community sewerage influent and effluent water quality[5]

끝으로 MBR 계열의 남면 지산리 마을하수도 유입수 수질은 평균적으로 BOD 127.8 mg/ℓ를 COD는 67.5 mg/ℓ, SS는 110.1 mg/ℓ, T-N은 30.1 mg/ℓ, T-P는 3.8 mg/ℓ를 보였으며, 방류수 수질은 BOD가 5.2 mg/ℓ를 COD는 11.7 mg/ℓ, SS는 4.1 mg/ℓ, T-N은 14.3 mg/ℓ, T-P는 1.3 mg/ℓ를 보였다.

4. 분석 및 고찰

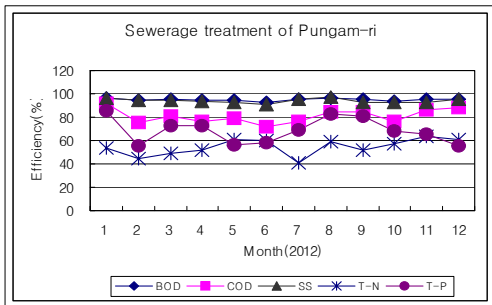
4.1 마을하수도의 수질처리효율

연구대상구역의 마을하수도 설치운영에 따른 수질처리효율을 평가하였다. 평가방법은 하수처리공법유형별로 하였으며, 처리효율은 식 (1)과 같이 산정하여 평가하였다.

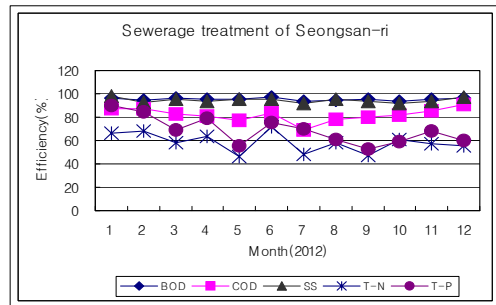
$$P_c = \left(\frac{I_q - O_q}{I_q} \right) \times 100 \quad (1)$$

여기서 P_c 는 수질처리효율(%), O_q 는 방류수 수질(mg/ℓ), I_q 는 유입수 수질(mg/ℓ)이다.

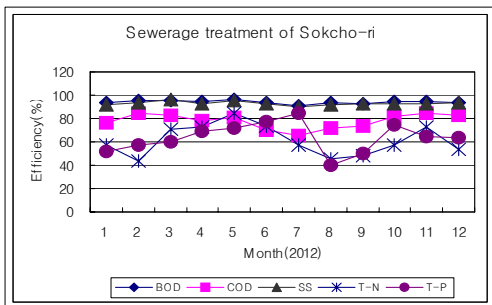
마을하수도의 공법유형별 수질처리효율은 Fig. 2에 도시하였다. Fig. 2에서 SBR 계열의 서석면 풍암리 마을하수도의 경우 평균적으로 BOD 95.1%를 COD는 81%, SS는 94.2%, T-N은 54.6%, T-P는 68.6%의 처리효율을 보였다. A2/O 계열의 화촌면 성산리 마을하수도는 BOD 95.4%, COD는 82.1%, SS는 94.6%, T-N은 58.6%, T-P는 68.7%를 보였으며, 동면 속초리 마을하수도는 BOD 94.1%, COD는 77.7%, SS는 93.1%, T-N은 61.6%, T-P는 63.7%를 보였다. MBR 계열의 남면 지산리 마을하수도는 BOD 95.8%, COD는 82.5%, SS는 96%, T-N은 52%, T-P는 66.4%를 보였다. 전체적으로 BOD와 COD의 경우 95%와 94%의 높은 처리효율을 보였으며, SS는 80%의 처리효율을 보였다. 반면 T-N과 T-P는 56%와 66%로 다른 항목에 비하여 비교적 낮은 처리효율을 보였다. MBR 계열의 경우 T-N과 T-P에서 동절기 기간의 처리효율이 낮은 것으로 관찰되었다. 이는 계절 간 포기조 내 미생물의 증식 변화에 기인한 것으로 판단된다.



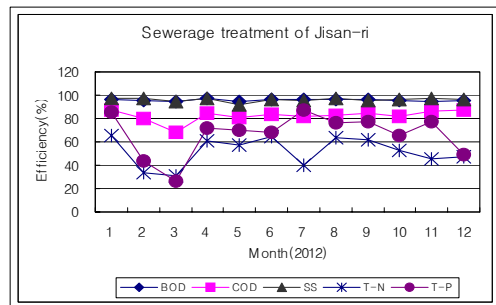
(a) Pungam-ri in Seoseok-myeon



(b) Seongsan-ri in Hwacheon-myeon



(c) Sokcho-ri in Dong-myeon

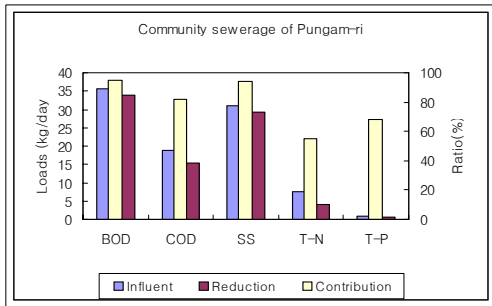


(d) Jisan-ri in Nam-myeon

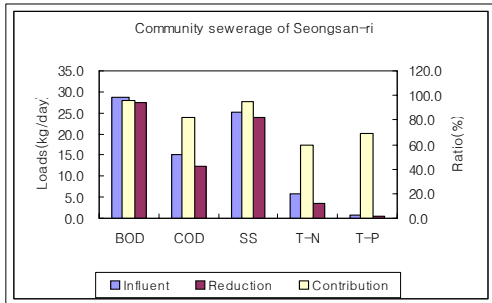
[Fig. 2] Sewage treatment efficiency of community sewerage

4.2 오염부하 삭감량 산정 및 평가

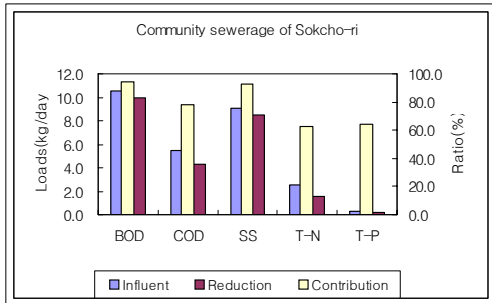
본 논문에서는 마을하수도 설치운영에 따른 하천수질의 개선을 관찰하고자 오염부하 삭감량을 산정하여, 홍천강 수질 개선의 기여율을 산정하였다. 각 마을하수도의 유입 및 삭감부하량은 Fig. 3과 같다.



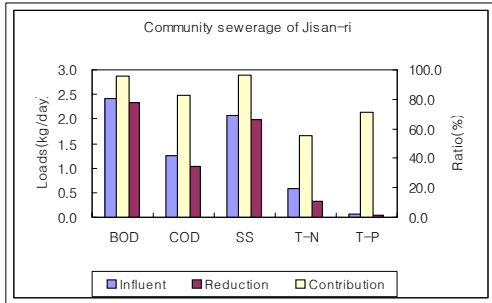
(a) Pungam-ri in Seoseok-myeon



(b) Seongsan-ri in Hwacheon-myeon



(c) Sokcho-ri in Dong-myeon



(d) Jisan-ri in Nam-myeon

[Fig. 3] Reduction pollution loads and contribution ratio of community sewerage

Fig. 3을 보면 서석면 마을하수도의 경우 BOD 35.6 kg/day 유입하여 33.8 kg/day 삭감되어 95%의 기여율을 보였으며, COD는 18.8 kg/day 유입되어 15.3 kg/day 삭감되어 81%의 기여율을 보였다. SS는 31 kg/day 유입하여 29.4 kg/day 삭감되어 95%의 기여율을 보였으며, T-N과 T-P는 각각 7.4 kg/day, 0.98 kg/day 유입되어 4.1 kg/day, 0.67 kg/day 삭감되어 55%와 68%의 기여율을 보였다.

화촌면 마을하수도는 BOD 약 29 kg/day 유입하여 27.5 kg/day 삭감되어 96%의 기여율을 보였으며, COD는 15.1 kg/day 유입하여 12.4 kg/day 삭감되어 82%의 기여율을 보였다. SS는 25 kg/day 유입하여 24 kg/day 삭감되어 95%의 기여율을 보였으며, T-N과 T-P는 각각 5.9 kg/day와 0.64 kg/day 유입되어 3.5 kg/day, 0.48 kg/day 삭감되어 62%와 65%의 기여율을 보였다.

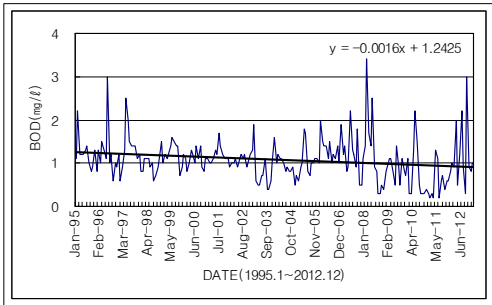
동면 마을하수도는 BOD 약 11 kg/day 유입하여 10 kg/day 삭감되어 94%의 기여율을 보였으며, COD는 5.5 kg/day 유입하여 4.3kg/day 삭감되어 78%의 기여율을 보였다. SS는 9 kg/day 유입하여 8.5 kg/day 삭감되어 93%의 기여율을 보였으며, T-N과 T-P는 각각 2.6 kg/day와 0.3 kg/day 유입되어 1.6 kg/day, 0.2 kg/day 삭감되어 62%와 65%의 기여율을 보였다. 끝으로 남면 마을하수도는 BOD의 경우 약 2.4 kg/day 유입하여 2.3 kg/day 삭감되어 96%의 기여율을 보였으며, COD는 1.3 kg/day 유입하여 1 kg/day 삭감되어 83%의 기여율을 보였다. SS는 2.1 kg/day가 유입하여 2 kg/day 삭감되어 96%의 기여율을 보였으며, T-N과 T-P는 각각 0.58 kg/day와 0.07 kg/day 유입되어 0.32 kg/day, 0.05 kg/day 삭감되어 55%와 71%의 기여율을 보였다.

4.3 홍천강 수질의 경년적 변화

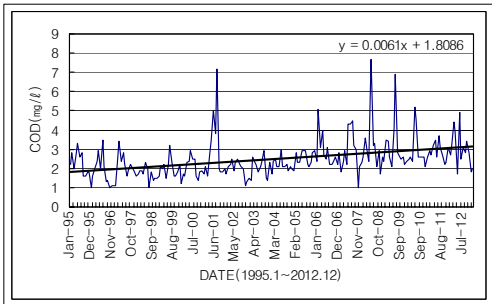
마을하수도 우수 방류하천인 홍천강 수질의 경년적 변화를 관찰하기 위하여 시계열 분석방법 중 하나인 추세 분석을 하였다. 1995년 1월부터 2012년 12월까지의 항목별 홍천강의 수질 추세 변화는 Fig. 4와 같다.

Fig. 4를 보면 BOD의 경우 음의 상관을 보이고 있어 수질이 예년에 비하여 개선되고 있는 것을 알 수 있으나 그 변화는 미미하였다. 다음으로 COD와 T-N, T-P의 경우 양의 상관을 보이고 있어 수질이 크게 악화되는 것을 알 수 있으며, SS의 경우 경년적 변화가 미미한 것을 보이고 있다. 이는 농촌지역의 인구증가 및 생활수준 향상으로 인한 유역 내 점오염원이 증가하여 수질이 악화되기 때문으로 판단된다. 다음으로 마을하수도 설치운영에 따른 효과가 미비하게 나타난 이유는 마을하수도 설치운영기간이 1년 정도로 그 기간이 매우 짧기 때문에 오염물질 처리에 대한 효과가 두드러지게 나타나지 않았기 때

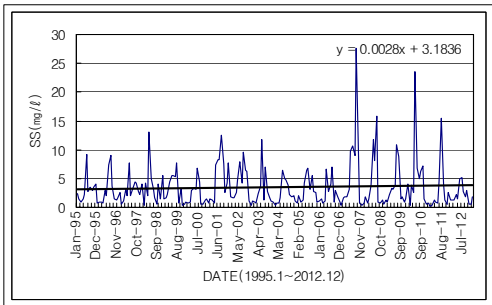
문으로 판단된다.



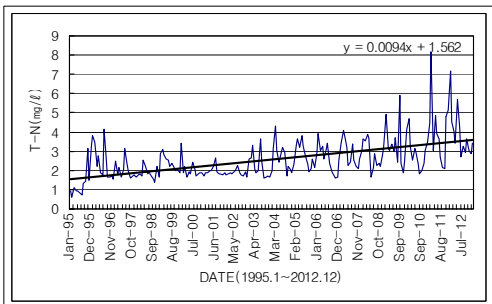
(a) BOD



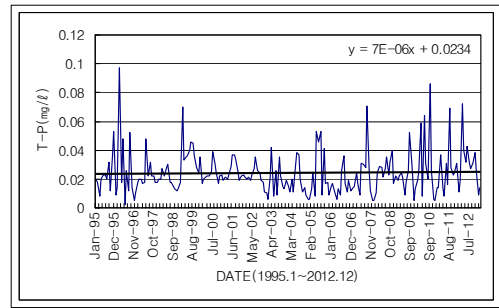
(b) COD



(c) SS



(d) T-N



(e) T-P

[Fig. 4] Yearly change of Hongcheon-river water quality[6]

5. 결론

본 논문은 홍천군 지역 마을하수도를 대상으로 하수고도처리효율을 평가하였다. 전체적으로 A2/O와 SBR 계열인 마을하수도의 BOD, COD, SS에서 80%~95%의 높은 하수처리효율을 보였으며, 반면 T-N과 T-P는 56%~66%로 비교적 낮은 처리효율을 보였다. 특히 SS의 경우 MBR 계열 유형에서 96%로 높은 처리효율을 보였다. 다음으로 마을하수 방류하천인 홍천강 수질의 경년적 변화를 관찰한 결과, COD와 T-N, T-P에서 수질이 크게 악화되고 있는 것으로 관찰되었다. 그러나 마을하수도의 설치운영으로 일반 수질항목에서는 80%이상을 T-N과 T-P는 58%와 68%의 높은 오염부하 삭감량과 수질환경보전법의 방류수 수질기준을 충족하고 있어 지속적인 오염원 관리를 통하여 홍천강 수질 개선에 크게 기여할 수 있을 것으로 보인다.

References

- [1] Jong Seop Ko, "Evaluation and Application Analysis on Sewage Treatment Method of Separated Sewer", Master's Thesis, Kang Won National University, 2012.
- [2] Cheol hwi Park, Jeong Won Seo and Jong Un Park, "Sewage Treatment Design", Dong-Hwa Technique, 2009.
- [3] Bo Hun Sim, "Evaluation of Pollutant Removal Effectiveness in the Community Sewage by using the Advanced Sewage Treatment", Master's Thesis, Kang Won National University, 2012.
- [4] Korea Environment Corporation, "This Work Was Supported by the Basic Plan of Sewerage Facilities in the Upstream of Soyang-Dam", 2005.

- [5] Hongcheon-gun, "Water and Sewer Offices : Water Quality Reports of Community Sewerage"
- [6] Ministry of environment, "Water information system : <http://water.nier.go.kr>"
-

박 수 진(Soo-Jin Park)

[정회원]



- 2011년 2월 : 강원대학교 대학원 토목공학과 (공학박사)
- 2006년 3월 ~ 현재 : 강원대학교 토목공학과 시간강사
- 2012년 3월 ~ 현재 : 강원대학교 산업기술연구소 특별연구원
- 2012년 9월 ~ 현재 : 강원대학교 산학협력단 박사후 연구원

<관심분야>
수공학, 하천환경