환경영향평가 Vol. 24, No. 5(2015) pp.397~406 J. Environ. Impact Assess. 24(5): 397~406(2015) ISSN 1225-7184
http://dx.doi.org/10.14249/eia.2015.24.5.397

Research Paper

유역하수도에서 강화된 방류수 수질 준수농도 적용을 위한 진위천수계 수질영향 평가

정동환 · 조양석 · 안기홍 · 류지철 · 안경희 · 정현미 · 권오상
국립환경과학원

A Study on Impact Assessment for Application of Strengthened Compliance Concentration of Effluent Limit from PSTWs in the Jinwee-stream Watershed

Dong-Hwan Jeong · Yangseok Cho · Ki-Hong Ahn · Jichul Ryu · Kyunghee Ahn · Hyen-Mi Chung · Ohsang Kwon
National Institute of Environmental Research

요 약 : 2013년 시행된 유역하수도정비계획에서는 유역별 수질상황을 고려하여 하수처리시설별 방류수 수질 준수농도(기준)를 별도로 적용하는 것이 가능하다. 유역의 중권역 목표기준 또는 수질오염총량관리 목표수질을 달성하기 위하여 유역하수도 제도 도입에 따라 유역 내 지역별 · 시설규모별 하수처리시설에 대한 방류수 수질 준수농도(안)을 설정하는 것이 필요하다. 유역환경청에서 수립하고 있는 유역하수도정비계획 수립 시 공공하수처리시설 방류수 수질 준수농도(기준)을 설정하는데 있어 II지역인 미호천유역의 경우 BOD 5 mg/L에서 3 mg/L, II · III지역이 혼재되어 있는 영산강 상류유역의 경우 BOD 5~10 mg/L에서 3 mg/L로, IV지역인 안성천유역의 경우 BOD 10 mg/L에서 5 mg/L로 일률적으로 강화하도록 계획하고 있다. 이렇게 일률적으로 정하고 있는 준수농도에 대해 하수 처리기술, 유역특성을 고려한 유역하수도 공공하수처리시설의 방류수 수질 준수농도를 설정하는 방법을 제시하는 것이 필요하다. 본 연구에서는 공공하수처리시설 방류수 수질 준수농도 강화(안)을 설정할 때 이 강화된 준수농도가 공공수역 수질에 미치는 영향을 평가하여 어떤 강화(안)이 유역관리에 좀 더 효과적인지 고찰하였다.

주요어 : 유역하수도, 방류수 수질 준수농도, 하수처리시설, 진위천수계, 영향평가

Abstract : The different compliance concentration of effluent limit is applied to effluent discharged from public sewage treatment works(PSTWs) in each watershed on the basis of water quality thereof in accordance with the enforced Watershed Sewer System Maintenance Plan in 2013. It is necessary to set the compliance concentration of effluent limit for PSTWs in watershed sewer system, in order to achieve water quality criteria for regional watersheds or target water quality under TMDL program.

Watershed Environmental Agencies establish the Watershed Sewer System Maintenance Plan

Corresponding Author: Dong-Hwan Jeong, Water Supply and Sewerage Research Division, National Institute of Environmental Research
Tel: +82-32-560-8346 E-mail: dwcheong@me.go.kr
Received: 11 June, 2015. Revised: 9 August, 2015. Accepted: 9 August, 2015.

and set the compliance concentration of effluent limit for PSTWs under the plan. The agencies have a plan to apply strengthened effluent BOD concentration limits for PSTWs in I to IV area grade, respectively. Effluent BOD concentration limits will be strengthened from 5~10 mg/L to 3 mg/L in II~III area grade, from 10 mg/L to 5 mg/L in IV area grade. Uniform application of effluent BOD concentration limits to PSTWs in the watershed sewer system need to be complemented considering type of sewage treatment technology employed and watershed characteristics. Therefore, this study presents assessment methodology which analyze for the compliance concentration of effluent limit to affect water quality of discharge watershed using simulation model for the Jinwee-stream watershed.

Keywords : Watershed sewer system, Compliance concentration of effluent limit, Sewage treatment works, Jinwee-stream watershed, Impact assessment

I. 서 론

2013년 유역별 하수도 관리체계가 도입되어 시 · 군이 수립하는 하수도정비기본계획의 상위계획으로 유역환경청이 유역하수도정비계획을 수립하도록 하였고, 유역하수도정비계획에서는 유역별 수질상황을 고려하여 하수처리시설별 방류수 수질 준수농도를 별도로 적용하는 것이 가능하다(환경부, 2008; 환경부, 2013). 환경부는 유역하수도의 해당 유역을 수질 및 수생태계 보전에 관한 법률의 115개 중권역을 대상으로 유역하수도정비계획에서 30개 세부 단위유역으로 구분하였다(환경부고시, 2013). 2011년 미호천유역을 시범권역으로 정하고 유역하수도정비계획을 수립하는 것을 출발점으로 하여 2013년 안성천 및 서부경남 유역에서 유역하수도정비계획을 수립하였고 2104년에는 한강본류 등 8개 유역에서 유역하수도정비계획을 수립 중에 있으며, 2016년까지 30개 세부 단위유역에 대해 모두 수립하는 것으로 추진하고 있다(환경부 · 한국상하수도협회, 2014).

유역하수도정비계획 수립 시 해당 유역에서 공공하수처리시설에 대해 방류수 수질 준수농도 강화 계획을 제시하도록 하고 있다. 2011~12년에 수립된 유역하수도정비계획 보고서를 검토한 결과 II지역 공공하수처리시설의 방류수 수질 준수농도는 5 mg/L에서 3 mg/L로 강화하고 III지역 방류수 수질 준수농도는 10 mg/L에서 5 mg/L로 강화하는 것으로 계획하고 있다(환경부, 2011; 영산강유역환경청, 2013; 환경부 · 한강유역환경청, 2014). 유역하수도정비계획 수립 시 이러한 강화된 방류수 수질 준수농도에 대한 산출 근거를 제시하지 않아 이에 대한 준수농도 산출 방법론을 검토할 필요가 있다. 즉, 유역의 수질환경기준(중권역 목표기준) 또는 수질오염총량관리 목표수질을 달성하기 위해서는 유역 내 지역별 · 시설규모별 하수처리시설에 대한 방류수 수질 준수농도(안)을 설정하는 것이 필요하다. 이를 위해 유역하수도정비계획 수립 시 일관성 있고 합리적인 처리기술계열 그룹 및 개별 하수처리시설의 수질 데이터를 간추리고 검토하여 유역하수도정비계획 수립 시 공공하수처리시설에서 준수해야 하는 방류수 수질 준수농도 강화(안)을 마련하고 이 준수농도 강화(안)이 공공수역의 수질에 미치는 영향을 분석하기 위하여 수질예측모델링을 수행하여 평가하는 연구가 필요하다.

미국 연방정부는 공공하수처리시설(POTW, Publicly owned treatment works)의 방류수에 대한 최소한의 항목과 수질기준 농도, 제거효율 가이드라인을 제시하고, 지방정부는 주별 특성을 반영하여 이 가이드라인과 같거나 보다 엄격한 가이드라인 제시, 또한 연방정부가 제시한 가이드라인 항목 외에도 유해물질에 대한 기준을 도입하고 있다. 방류수 배출허가 시 기술 및 수질에 근거한 방류수 기준(TBEL, Technology-based effluent limit; WQBEL, Water quality-based effluent limit)을 고려하고 하수처리시설 방류수 수질기준을 적용하는데 있어 처리기술 수준별 평균값(7일, 30일)을 고려한다

(EPA, 2010). 유럽의 경우에는 산업계 배출수 배출허용기준을 설정 시 최적처리기술(BAT, Best available treatment) 시설성능시험 누적분포의 95% 수준을 배출허용기준(ELVs, Emission limit values)로 산정하고 있으며, 또한 배출시설이 위치한 유역특성을 고려하여 결정한다(국립환경과학원, 2011; Frost, 2009).

따라서 본 연구에서는 2009~2013년까지 5년간 하수도통계 및 전국오염원조사 자료를 이용하여 진위천수계 500 m^3/일 이상 공공하수처리시설에 대해 처리기술계열 그룹 및 개별 하수처리시설으로 구분하고 일측정 및 월평균 BOD 수질 데이터로 나누어 데이터를 정리하였다. 그리고 미국과 유럽의 산업계 배출수 배출허용기준을 설정하는 방법을 적용하여 처리기술계열 그룹 및 개별 하수처리시설의 백분위수에 근거한 방류수 수질 준수농도 강화(안)을 도출하였고, 국립환경과학원에서 개발한 한국형 모델인 QUALKO2 모델을 이용하여 유역의 수리 · 수문, 오염원 배출부하, 하수처리시설 방류 등 유역특성을 고려하여 진위천수계에 대한 수질예측모델링을 수행하여 수질변동을 분석하고 방류수 수질 준수농도 강화(안)이 미치는 영향을 평가하였다.

II. 연구방법

1. 연구대상: 진위천수계 및 공공하수처리시설 현황

먼저 방류수 수질 준수농도(안)을 도출하기 위해 진위천수계 내 공공하수처리시설을 대상으로 정하였고, 이들 강화된 방류수 수질 준수농도(안)을 입력 데이터로 하여 진위천수계를 연구 대상지역으로 선정하여 수질예측모델링을 수행하였다. 이는 진위천수계 상위 단위유역인 안성천유역에 대해 가장 최근인 2014년 유역하수도정비계획을 수립하였고, 또 2009

Figure 1. Jinwee-stream watershed map and public sewage treatment works(△)

Table 1. The status of PSTWs in the Jinwee watershed over 500 m^3/day facility capacity in 2013

Number	PSTWs	Facility capacity (1,000 m^3/day)	Treatment capacity (1,000 m^3/day)	Treatment technology	Treatment technology group	Date of operation	Discharge watershed
1	Seoho**	47.0	39.0	4 stage-BNR	A_2O	2011.09.15	Seoho-stream
2	**Suwon(1st, 2nd)***	**520.0**	**491.0**	**TEC-, 4 stage-BNR**	**A_2O**	**1996.12.30**	**Hwangguji-stream**
3	Gugal	35.0	32.3	DNR	A_2O	2005.07.31	Osan-stream
4	Bugok(Gunpo)	4.5	2.4	HDF	A_2O	2010.02.09	Hwangguji-stream
5	Bugok (Euiwang)**	15.0	12.6	DNR	A_2O	1999.11.01	Hwangguji-stream
6	Jeongnam	17.0	8.7	ACS	A_2O	2012.09.06	Hwangguji-stream
7	Sanghyun	13.0	8.7	5 stage-BNR	A_2O	2008.12.17	Gasan-stream
8	**Gomae***	**6.2**	**4.8**	**SBR**	**SBR**	**2008.09.17**	**Osan-stream**
9	**Namsa***	**2.0**	**1.6**	**SBR**	**SBR**	**2009.09.11**	**Jinwee-stream**
10	Songjeon	2.3	2.0	SBR	SBR	2009.10.27	Songjeon-stream
11	Cheonri	9.0	3.2	SBR	SBR	2008.12.17	Songjeon-stream
12	Jangdang	65.0	55.4	S-BC	Media	1998.07.01	Jinwee-stream
13	Sema	8.3	4.7	DeNipho	Media	2010.06.15	Hwangguji-stream
14	Youngdeok	13.0	7.9	NPR	Media	2009.08.01	Woncheonri-stream
15	**Osan***	**140.0**	**118.0**	**B3, HANT**	**Others**	**2000.04.28**	**Osan-stream**
16	Giheung	50.0	34.8	B3	Others	2005.07.31	Osan-stream
-	Total	947.3	827.1	-	-	-	-

* These four PSTWs are used the determination for compliance concentration of effluent limitation
** These two PSTWs are to equip with the phosphorus treatment process.

년 진위천수계에 대해 수질오염총량관리 기본계획을 수립하여 별도의 검증 절차없이 수질예측모델링을 수행하는 것이 가능하기 때문이다. 그리고 진위천수계는 방류수 수질기준 IV지역에 해당하여 대부분 인처리시설을 도입하지 않고 있어 인처리에 따른 방류수 수질에 대한 영향이 다른 등급지역보다 상대적으로 작을 것으로 판단하였다. 개별 하수처리시설만 데이터를 정리하는 것보다 처리기술계열로 그룹화하는 것을 포함하여 데이터를 정리하여 백분위수, 변동계수 등 통계분석을 실시하는 것이 개별 하수처리시설에 따라 방류수 수질의 변동이 큰 경우 이를 보완하는 효과가 클 것으로 생각되었고, 또 동일 처리기술을 도입한 공공하수처리시설은 방류수 수질에 대해 유사한 처리효율을 갖는다고 보았기 때문에 동일 처리기술을 그룹화하여 데이터를 처리하였다. 본 연구에서는 진위천수계 내 고매공공하수처리시설(Figure 1 및 Table 1의 8), 남사공공하수처리시설(9), 수원공공하수처리시설(2), 오산공공하수처리시설(15)을 개별 하수처리시설로 설정하여 수질예측모델링을 수행하였는데, 이는 2009년 진위천수계 수질오염총량관리 기본계획 수립 시 단위유역 목표수질의 해석을 위한 수질예측모델링을 적용한 4개 공공하수처리시설이기 때문이다.

진위천수계 내 16개 공공하수처리시설을 A_2O 계열 7 개소, SBR 계열 4 개소, Media 계열 3개소, 기타 계열 2개소 등 처리기술계열별로 그룹화하여 정리하였다(Figure 1, Table 1). 이들 공공하수처리시설의 처리효율은 처리기술계열 그룹에서 BOD 처리율은 평균 97.8~98.6%의 범위로 처리기술에 따른 처리율이 높고 차이가 크지 않은 것으로 나타났다. 개별 하수처리시설의 경우 고매공공하수처리시설에서 처리효율이 모든 항목에서 높게 나타났으며, BOD의 처리효율은 미국의 하수처리시설 방류수 수질기준(2차)에서 정한 처리효율 85%보다 높았다(US EPA, 2010).

2. 공공하수처리시설 방류수 수질 준수농도 설정 방법

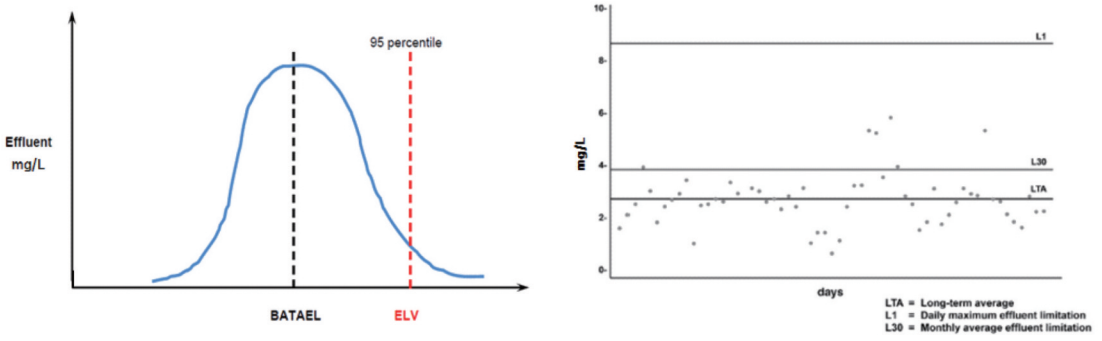
진위천수계 공공하수처리시설 중 수질오염총량관리 기본계획에 적용된 4개 공공하수처리시설에 대해 개별 하수처리시설 데이터를 이용하여 방류수 수질 준수농도(안)을 구하고, 개별 하수처리시설에서 극단적인 데이터의 오류가 발생하는 것을 배제하기 위해 16개 공공하수처리시설에 대해 처리기술계열로 그룹화하고 정상운영 시의 수질 데이터를 활용하여 방류수 수질 준수농도(안)을 산출하였다.

공공하수처리시설에서 방류수 수질 준수농도 설정을 위하여 외국의 사례를 살펴보면, EU에서는 95%가 준수할 수 있는 값을 배출허용기준(ELVs)으로 정하도록 하고 있다(Frost, 2009). 또한 미국의 산업폐수 폐수처리시설에서는 배출수 장기평균값(Long-term average, LTA)에 변동계수(Variability factor)를 곱한 값을 기술에 근거한 배출허용기준(Technical-based effluent limitation, TBEL)을 정하는 하나의 방법으로 제시하고 있다(Figure 2). 또한 미국의 폐수처리시설에서 일별 방류수 수질은 L1(일 측정농도의 99번째 백분위수)을 준수해야 하며, 월별 방류수 수질은 L30(월평균농도의 95번째 백분위수)을 준수하도록 하고 있다(EPA, 2010).

진위천수계 공공하수처리시설 처리기술계열 그룹(16 개소) 및 개별 하수처리시설(4 개소) 방류수 수질 데이터에서 유럽 방식의 ELVs(95번째 백분위수) 농도를 산출하여 방류수 수질 준수농도(안)을 구하였고, 이들 두 가지 수질 데이터에서 미국 방식의 L1, L30, 배출허용기준 등 세가지 방류수 수질 준수농도(안)을 구하였다. 여기서 배출허용기준은 처리기술계열 그룹의 수질 데이터에서 변동계수(VF)를 계산하고 개별 하수처리시설의 평균농도(LTA)를 구한 값을 곱하여 구하였다(EL1, EL30). 이렇게 구한 처리기술계열 그룹에서 3 가지 및 개별 하수처리시설 5 가지 등 준수농도 산출 방법을 고려하여 총 8 가지 방류수 수질 준수농도(안)을 도출하였다.

3. 진위천수계 공공하수처리시설 방류수 수질(BOD) 준수농도 강화(안) 도출

앞 절에서 설명한 미국과 유럽의 방류수 수질기준 설정 방법을 진위천수계의 공공하수처리시설을 대상으로 적용하여 방류수 수질 준수농도 강화(안)을 산출한 결과, A2O, SBR, Media 등 처리기술계열 그룹과 개별 하수처리시설으로 분류하여 Table 2와 같이 나타내었다. 유역하수도정비계획 수립 시 해당 공공수역의 수질 및 수생태계 보전에 필요한 환경용량에 맞게 공공하수처리시설 방류수 수질 준수농도(안)를 강화하기 위해 개별 하수처리시설에 대한 방류수 수질 준수농도를 산출할 수 있다. 시설용량이 작은 고



(a) EU type (b) USA type

Figure 2. Setting methods for effluent limit values of the public sewage treatment works in EU and USA

Source: Frost, 2009; US EPA, 2010.

※ Emission limit value(ELV, EU) = 95 percentile value of cumulative distribution, Effluent limit value(USA) = LTA × VF (Variability factor)

※ BATAEL = BAT associated emission level

Table 2. Calculation on compliance concentration of effluent limits of PSTWs in Jinwee-stream watershed (BOD, mg/L)

Treatment technology group		Calculation method	A_2O (Suwon)	SBR(Gomae · Namsa)	Media	Others (Osan)
Daily data	ELV	95 percentile	7.5	4.8	6.1	8.5
	L1	99 percentile	9.5	6.4	8.7	9.6
Monthly average data	L30	95 percentile	7.8	4.2	5.3	7.4
Each PSTW		Calculation method	Gomae	Namsa	Suwon	Osan
Daily data	ELV	95 percentile	5.8	5.2	9.6	9.1
	L1	99 percentile	6.6	6.4	9.9	9.8
	EL1	Each PSTW average × Daily treatment technology group VF1	7.1	7.1	19.8(10.0)	14.3(10.0)
Monthly average data	L30	95 percentile	5.5	4.5	9.2	7.7
	EL30	Each PSTW average × Monthly treatment technology group VF30	4.7	4.7	16.4(10.0)	11.0(10.0)

매 및 남사 공공하수처리시설의 방류수 수질이 낮아 시설용량이 큰 수원 및 오산 공공하수처리시설의 방류수 수질과 비교하여 전자와 같이 SBR 처리기술을 도입한 공공하수처리시설에 대해 좀 더 낮은 강화된 수질 준수농도를 적용하는 것이 가능하다.

수원과 오산 공공하수처리시설처럼 개별 하수처리시설의 수질 데이터를 이용하여 산출한 방류수 수질 준수농도(안)이 현행 하수도법 시행규칙의 방류수 수질기준(IV지역 BOD 기준 10 mg/L)을 초과하는 경우가 발생하는 경우 방류수 수질 준수농도는 기존의 방류수 수질기준을 적용한다. 그리고, 산출된 방류수 수질 기준준수 강화(안)이 공공수역에서 효율적으로 적용하는 것이 가능한지 판단하기 위해 진위천 수계에 대한 수질예측모델링을 통해 수질오염총량관리 기본계획의 목표수질 및 중권역 목표기준 등과 결과를 비교 평가하는 것이 바람직하다고 판단된다.

Table 3. Input data for effluent water quality of PSTWs in Jinwee-stream watershed

Classification	Effluent BOD (mg/L) of PSTWs (Treatment technology group)			
	Gomae PSTW (SBR)	Namsa PSTW (SBR)	Suwon PSTW (A_2O)	Osan PSTW (Others)
Effluent limit values in establishing TMDL watershed management basic plan	1.45	1.1	7.25	4.47

Table 4. Water qualities for validation and calibration in Jinwee-stream watershed

Sites of validation and calibration		BOD (mg/L) of the low-water level season in 2009
Jinwee-stream	Jinwee-stream H.W(Edongji2)	1.40
	Jinwee-stream1(Bongnam-bridge)	1.28
	Jinwee-stream2(Hoihwari Non-name-bridge)	4.98
	Jinwee-stream3(Gungan-bridge)	**7.59**
Osan-stream	Osan-stream H.W(Nongseo-bridge)	3.60
	Osan-stream2(Tabdong-great-bridge)	7.76
	Osan-stream3(Geumam-bridge)	5.79
Hwangguji-stream	Hwangguji-stream H.W(Hwasan-bridge)	6.20
	Hwangguji-stream2(Sema-bridge)	10.09
	Hwangguji-stream3(Sujik-bridge)	7.96

Ⅲ. 연구결과 및 고찰

1. 진위천수계 수질오염총량관리 기본계획의 공공하수처리시설 방류수 목표수질 및 모델 보 · 검증 농도

2009년 9월 수질오염총량관리 기본계획 수립 대상유역으로 지정 · 고시된 진위천수계(안성천유역 내 소유역)를 선정하여 수계 내 500 m^3/일 이상 공공하수처리시설의 방류수 수질기준 변화에 따라 진위천 수계 목표수질 변화 양상을 수질예측모델링을 수행하고 설정된 준수농도(안)을 분석하였다(환경부고시, 2009; 경기도, 2010).

수질오염총량관리 기본계획에서 모델에 직 · 유입되는 점오염원인 공공하수처리시설은 총 4개로 고매, 남사, 수원, 오산 공공하수처리시설이며 2009년 입력된 수질은 Table 3과 같다. 따라서 2009년 오염원을 기준으로 모델을 보정하였으며, 진위천수계 말단지점(진위천3: 궁안교)에서 기준년도 BOD 수질은 7.59 mg/L로 나타났다(Table 4).

2. 진위천수계 처리기술계열 그룹 및 개별 하수처리시설 방류수 수질 준수농도 강화(안)을 적용한 수질예측모델링

1) 대상유역 및 수질예측모델링

본 연구에서 사용된 수질 모델은 국립환경과학원에서 QUAL2E 모델에 WASP5 모델의 장점을 반영하여 개발한 QUALKO2 모델을 이용하여 수질예측모델링을 수행하였다. QUALKO2 모델은 Bottled BOD의 반응기작, 조류활동에 의한 유기물 증가, 탈질화 반응 등 하천의 정체수역에서 일어나는 기작을 국내 현실여건에 적합하게 반영하고 있다.

진위천수계(진위A 단위유역) 내 진위천, 오산천, 황구지천을 수질예측모델링 구간으로 선정하고 총 23개 Reach로 구분하여(Table 5, Figure 1) 공공하수처리시설 방류수 수질변화에 따른 수질예측모델링을 통한 단위유역에 대한 수질 변동을 해석하였다.

2) 수질모델 입력자료 구축

수질 모델에 이용되는 기준유량을 설정하기 위해 2009년에 수립한 진위천수계 수질오염총량관리 기본계획에 사용된 기준유량을 사용하였다. 수질 모델에서 진위천수계로 유입되는 점오염원인 공공하수처리시설은 총 4개로 고매, 남사, 수원, 오산 공공하수처리시설이며 입력된 2009년 방류유량 및 수질은 Table 6과 같다.

시나리오는 처리기술계열 그룹 및 개별 하수처리시설 방류수 수질 준수농도(안) 2 가지와 EU의 배출허용기준(ELVs, 일측정 자료의 95번째 백분위수 농도) 및 미국 NPDES의 L1(일측정 자료의 99번째 백분위수 농도), L30(월평균 자료의 95번째 백분위수 농도), 배출허용기준(Effluent limitation)을 고려하여 총 8가지 시나리오의 방류수 수질 준수농도(안)을 도출하였다. 즉, 방류수 수질기준 항목 중 BOD의 준수농도(안)에 대해 처리기술계열 그룹 일측정 데이터의 95번째 백분위수 농도를 시나리오 1, 이들 데이터에 99번째 백분위수 농도를 시나리오 2, 처리리기술계열 그룹 월평균 데이터의 95번째 백분위수 농도를 시나리오 3, 개별 하수처리시설의 일측정 데이터를 이용하여 구한 95번째 백분위수 농도를 시나리오 4, 이들 데이터의 99번째 백분위수 농도를 시나리오 5, 이들 데이터의 평균농도와 처리기술계열 그룹의 일측정 데이터의 변동계수를 곱해 구한 값을 시나리오 6, 개별 하수처리시설 월평균 데이터의 95번째 백분위

Table 5. Application of water quality modelling in Jinwee-stream watershed (Jinwee-A unit watershed)

Classification (Main/tributary stream)		Application segment	Segment distance(km)	Number of reach	Number of element
Jinwee-stream	Main	Edong-reservoir ~ End of down stream of Jinwee A watershed	35.0	12	176
Osan-stream	Tributary	Down stream of Singal-reservoir ~ Site before flowing through Jinwee-stream	15.8	6	80
Hwangguji-stream	Tributary	Hwangguji-stream after Woncheonri-stream flow through ~ Site before flowing through Jinwee-stream	16.2	5	82

수 농도를 시나리오 7, 마지막으로 이들 데이터의 평균농도와 처리기술계열 그룹의 월평균 데이터의 변동계수를 곱해 구한 값을 시나리오 8로 정하였다. 현재 하수도법 시행규칙에서 정하고 있는 방류수 수질기준(IV지역 BOD 10 mg/L)을 기본 시나리오로 하고 Table 6에 나타낸 이들 8개 시나리오를 합쳐 9가지 경우에 대해 수질예측모델링을 수행하였다. 여기에 2009년 진위천수계 수질오염총량관리 기본계획의 목표수질 설정 시 사용된 수질예측모델링 결과를 포함하여 비교 · 검토하였다.

Table 6. Input data of effluent water quality(BOD, mg/L) by scenarios for PSTWs

Classification			Scenarios	Gomae PSTW(SBR)	Namsa PSTW(SBR)	Suwon PSTW(A_2O)	Osan PSTW(Others)
Basic plan for TMDL watershed management (2009)			-	1.45	1.10	7.25	4.47
Effluent limits			Base	10	10	10	10
Treatment technology group	Daily data	**ELV**	**Scenario 1**	**4.8**	**4.8**	**7.5**	**8.5**
		L1	Scenario 2	6.4	6.4	9.5	9.6
	Monthly average data	**L30**	**Scenario 3**	**4.2**	**4.2**	**7.8**	**7.4**
Each PSTW	Daily data	ELV	Scenario 4	5.8	5.2	9.6	9.1
		L1	Scenario 5	6.6	6.4	9.9	9.8
		EL1	Scenario 6	7.1	7.1	19.8(10.0)*	14.3(10.0)*
	Monthly average data	L30	Scenario 7	5.5	4.5	9.2	7.7
		EL30	Scenario 8	4.7	4.7	16.4(10.0)*	11.0(10.0)*

* As EL1 and EL30 values, compliance concentration of effluent limitation on BOD, exceed 10 mg/L as to the effluent standard of PSTWs, these values apply 10 mg/L instead of these compliance concentration.

Table 7. Simulation results by BOD scenarios

Sites		Effluent limits	Treatment technology group			Each PSTW				
			Daily data		Monthly average data	Daily data			Monthly average data	
			Scenario 1 (ELV)	Scenario 2 (L1)	Scenario 3 (L30)	Scenario 4 (ELV)	Scenario 5 (L1)	Scenario 6 (EL1)	Scenario 7 (L30)	Scenario 8 (EL30)
Jinwee-stream	Jinwee-stream H.W (Edong-reservoir2)	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40
	Jinwee-stream1 (Bongnam-bridge)	1.18	1.17	1.18	1.17	1.17	1.18	1.18	1.17	1.17
	Jinwee-stream2 (Hoihwari Non-name-bridge)	4.61	3.73	3.80	3.66	3.77	3.81	3.82	3.68	3.82
	Jinwee-stream3* (Gungan-bridge)	**8.14**	**7.70**	**8.05**	**7.73**	**8.06**	**8.12**	**8.14**	**7.97**	**8.14**
Osan-stream	Osan-stream H.W (Nongseo-bridge)	3.60	3.60	3.60	3.60	3.60	3.60	3.60	3.60	3.60
	Osan-stream2 (Tabdong-great-bridge)	4.31	4.27	4.28	4.26	4.27	4.28	4.28	4.27	4.27
	Osan-stream3 (Geumam-bridge)	6.02	5.94	6.09	5.80	6.02	6.11	6.14	5.85	6.13
Hwangguji-stream	Hwangguji-stream H.W (Hwasan-bridge)	6.20	6.20	6.20	6.20	6.20	6.20	6.20	6.20	6.20
	Hwangguji-stream2 (Sema-bridge)	8.76	7.85	8.58	7.96	8.61	8.72	8.76	8.47	8.76
	Hwangguji-stream3 (Sujik-bridge)	8.89	7.94	8.64	8.04	8.67	8.78	8.81	8.53	8.81

* End point of Jinwee-stream watershed

3) 유역하수도 공공하수처리시설 방류수 수질 준수농도(안) 시나리오별 수질예측모델링을 통한 공공수역 수질영향 분석

방류수 수질 준수농도(안)에 대한 수질예측모델링 수행결과 처리기술계열 그룹을 고려한 시나리오 1과 시나리오 3을 적용하였을 때 진위천수계 말단지점인 진위천3 지점에서 BOD 농도가 각각 7.70 mg/L 및 7.73 mg/L로 가장 낮게 나타났으며, 나머지 시나리오에 대한 수질예측모델링 수행결과는 7.97~8.14 mg/L의 범위로 나타났다(Table 7). 이는 처리기술계열 그룹 일측정 자료의 95번째 백분위수 BOD 농도와 처리기술계열 그룹 월평균 자료의 95번째 백분위수 BOD 농도를 방류수 수질 준수농도로 하였을 때 공공수역에 미치는 영향이 가장 적음을 의미한다. 또한 진위천수계 이들 개별 공공하수처리시설의 방류수 BOD 수질이 처리기술계별 그룹보다 높게 나타난 것은 A_2O 공법을 도입한 같은 처리기술계열 그룹 내의 다른 공공하수처리시설보다 운영관리를 개선해야 할 점이 있다는 것을 나타낸다.

진위천수계 수질예측모델링 결과, 수질오염총량관리 기본계획에서 공공하수처리시설 방류수 농도값을 적용한 결과(BOD 7.6 mg/L)와 유역하수도 개념을 도입한 본 수질 준수농도(안)을 적용한 결과(BOD 7.7 mg/L)가 비슷하게 나타났다. 이는 처리용량이 적은 용인시 고매 · 남사 공공하수처리시설의 방류수 수질 준수농도를 높이고 처리용량이 큰 화성시 수원공공하수처리시설, 오산시 오산공공하수처리시설의 방류수 수질 준수농도를 낮추는 것이 방류되는 공공수역의 수질관리에 유리할 수 있음을 보여 준다. 즉, 진위천수계에서 처리용량이 하루 520,000 m^3로 가장 큰 수원공공하수처리시설의 방류수 수질이 공공수역에 미치는 영향이 가장 크다는 것을 나타내며 시나리오 1과 시나리오 3 중에서 월평균 자료의 95번째 백분위수 농도(L30)를 활용하는 시나리오 3의 경우가 대체적으로 낮은 방류수 수질 준수농도 값을 나타내었다.

IV. 결 론

유역환경청에서 수립하고 있는 유역하수도정비계획 수립 시 공공하수처리시설 방류수 수질 준수농도를 설정하는데 있어 II지역인 미호천유역의 경우 BOD 5 mg/L에서 3 mg/L, II · III지역이 혼재되어 있는 영산강 상류유역의 경우 BOD 5~10 mg/L에서 3 mg/L로, IV지역인 안성천유역의 경우 BOD 10 mg/L에서 5 mg/L로 일률적으로 강화하도록 계획하고 있다. 이렇게 일률적으로 정하고 있는 준수농도에 대해 하수 처리기술, 유역특성을 고려한 유역하수도 공공하수처리시설의 방류수 수질 준수농도를 설정하는 방법을 제시하는 것이 필요하다. 본 연구에서는 진위천수계 공공하수처리시설 방류수 수질 준수농도 강화(안)이 공공수역의 수질에 미치는 영향을 분석하여 준수농도 강화(안) 중 어떠한 시나리오가 공공수역 수질관리에 효율적인지 평가하였다.

미국과 EU 설정 방법 적용하여 산업폐수 배출시설의 배출허용기준 설정 방법을 유역하수도계획에 적용하여 진위천수계 공공하수처리시설의 방류수 수질(BOD) 준수농도 강화(안)을 마련하였고, 개별 하수처리시설 방류수 수질 준수농도로서 고매공공하수처리시설 4.2~7.1 mg/L, 남사공공하수처리시설 4.2~7.1 mg/L, 수원공공하수처리시설 7.5~10.0 mg/L, 오산공공하수처리시설 7.4~10.0 mg/L 범위에서 8가지 방류수 수질 준수농도 강화 시나리오를 마련하여 수질예측모델링을 수행하였다. 그 결과 유역하수도정비계획 수립 시 진위천수계 내 공공하수처리시설의 방류수 수질 준수농도를 조정하여 수질오염총량관리 기준년도 수질을 달성하는 것이 가능하다고 판단되었으며, 미국의 처리기술에 근거한 월평균 자료의 95번째 백분위수 농도(L30)를 적용한 수질 준수농도(안)가 공공수역 수질에 미치는 영향이 다른 안과 비교하여 더 좋은 결과를 나타내었다. 또한 진위천수계 내 공공하수처리시설에서 처리용량이 가장 큰 수원공공하수처리시설의 방류수 수질 준수농도를 처리용량이 작은 다른 공공하수처리시설의 방류수 수질 준수농도보다 낮추어 유역하수도정비계획 수립 시 방류수 수질 준수농도 강화(안)을 마련하는 경우가 공공수역의 수질관리에 보다 효과적인 것으로 판단되었다.

인용문헌

경기도. 2010. 진위천수계 수질오염총량관리 기본계획, 6-1~7-3.

국립환경과학원. 2011. 별도 배출허용기준(안) 설정을 위한 표준 기술평가 매뉴얼 개발연구, 3-10.

영산강유역환경청. 2013. 영산강상류 유역하수도정비계획 수립 용역보고서, 10-3~10-61.

환경부. 2008. 유역별 하수도정비 및 관리방안 마련을 위한 연구, 3-22.

환경부. 2011. 미호천 시범권역 유역하수도정비계획 보고서, 9-1~9-65.

환경부. 2013. 유역하수도정비계획 수립지침.

환경부 · 한강유역환경청. 2014. 안성천 단위유역 유역하수도정비계획 수립 용역보고서(안), 6-371~6-451.

환경부 · 한국상하수도협회. 2014. 하수도연찬회 자료집, 61-74.

환경부고시 제2009-246호. 2009.09.30. 수질오염물질 총량관리지역 지정(진위천수계).

환경부고시 제2013-10호. 2013.02.01. 유역하수도정비계획 세부 단위유역.

Frost RC. 2009. EU practice in setting wastewater emission limit values. http://wgw.org.ua/materials.php.

US EPA. 2010. NPDES permit writer's manual, 5-1~5-49.

References

Frost RC. 2009. EU practice in setting wastewater emission limit values. http://wgw.org.ua/materials.php.

Gyeonggi-Province. 2010. Basic plan of water pollution total load management in the Jinwee-stream watershed, 6-1~7-3.

Ministry of Environment. 2008. A study of management measures and maintenance for watershed sewer system, 3-22.

Ministry of Environment. 2009.09.30. Assignment of water pollution total load management area in the Jinwee-stream watershed, The notice of MOE No. 2009-246.

Ministry of Environment. 2011. Commission report to establish the Watershed Sewer System Maintenance Plan in the Miho-stream watershed, 9-1~9-65.

Ministry of Environment. 2013. Guidance manual for establishment of the Watershed Sewer System Maintenance Plan.

Ministry of Environment. 2013.02.01. Specified unit watershed of the Watershed Sewer System Maintenance Plan, The notice of MOE No. 2013-10.

Ministry of Environment · Han-River Basin Environmental Office. 2014. Commission report to establish the Watershed Sewer System Maintenance Plan in the Anseong-stream watershed, 6-371~6-451.

Ministry of Environment · Korea Water and Wastewater Works Association. 2014. Proceedings of sewer system conference, 61-74.

National Institute of Environmental Research. 2011. Manual of standard technological assessment for establishment of individual wastewater limitations of each industrial facility, 3-10.

US EPA. 2010. NPDES permit writer's manual, 5-1~5-49.

Youngsan-River Basin Environmental Office. 2013. Commission report to establish the Watershed Sewer System Maintenance Plan in the upper area of Youngsan-River, 10-3~10-61.