비와호 유역하수도 사례분석을 통한 일본 유역하수도계획의 소개 Introduction of the Basin Sewerage Plan in Japan through Case Studies of the Lake Biwa Sewerage System

한미덕^{*} · 박배경 · 박지형 · 김용석 · 류덕희

Mideok Han^{*} · Bae Kyung Park · Ji Hyoung Park · Yong Seok Kim · Doug Hee Rhew

국립환경과학원 물환경연구부

National Institute of Environmental Research

(Received September 3, 2015; Revised September 25, 2015; Accepted September 28, 2015)

Abstract : We investigate the Japan's Master Plan of Comprehensive Sewerage System (JMPS) and Lake Biwa basin sewerage and suggest future development direction of the Watershed Sewerage System Maintenance Plan in Korea enforced on February 2, 2013. The JMPS is designed for compliance with the environmental standard for water quality under the Environmental Policy Act. The effluent standards applied in the master plan of Lake Biwa's Sewerage Plan for the Lake Biwa is tougher than the national standards. Therefore the Lake Biwa Basin Sewerage System was the first in Japan to adopt facilities that perform advanced treatment for nitrogen and phosphorus removal. BOD, SS, T-N and T-P concentrations of discharge water of sewage are 0.9, 0.6, 5.5, 0.06 mg/L, respectively. Especially removal efficiency for BOD is 99.5 percent. It is necessary to study the diversification of the evaluation criteria, cost minimization approach, subsidy system improvement, economic concept of discharge load adjustment system and establishment of basin sewerage concept for the development of the basin sewerage plan in Korea.

Key Words : TMDL, Basin Sewerage, Effluent Standards, Lake Biwa, Sewage Treatment Process

요약 : 일본의 「유역별 하수도정비종합계획」(이하 ‘유충계획’) 및 비와호 유역하수도를 소개하고 이를 바탕으로 국내에서 2013년부터 수립 · 시행되고 있는 「유역하수도정비계획」의 발전방향 등을 제시하였다. 일본의 유충계획은 환경기본법에서 정하는 수질환경기준을 준수하기 위한 계획으로 비와호의 경우는 지자체의 조례에 의한 가중 배수기준보다 더 엄격한 기준을 적용하여 수립 · 시행하고 있는 것으로 분석되었다. 특히 비와호의 경우는 응집제첨가다단소화탈질법 등의 고도처리공법을 건설초기단계부터 적용하여 방류수의 수질항목별 농도가 BOD 0.9 mg/L, SS 0.6 mg/L, T-N 5.5 mg/L, T-P 0.06 mg/L였으며 BOD의 처리효율은 99.5%로 매우 높았다. 도입초기단계인 국내 유역하수도계획의 발전을 위해서는 평가항목의 다양화, 비용최소화, 건설 및 유지 보조금제도 개선, 경제적 개념의 배출부하량조정시스템의 도입, 유역하수도 개념 적립 등의 적용 방법 등을 장기적인 관점에서 연구할 필요가 있다.

주제어 : 수질오염총량제도, 유역하수도, 배출허용기준, 비와호, 하수처리공정

1. 서론

유역하수도(Basin Sewerage)란 동일 하천 유역내의 인접하는 지방 자치체가 협력하여 하수 처리를 도모하도록 설치되는 공공 하수도의 개념으로 정의되고 있다. 국내에서는 2013년부터 하수도법 제4조의2에 근거하여 공공하수도의 중복 설치 방지와 효율적인 운영 · 관리를 위하여 종합계획을 바탕으로 환경부령으로 정하는 권역별로 하수도의 설치 및 통합 운영 · 관리에 관한 20년 단위의 계획인 유역하수도정비계획을 수립하도록 하고 있다.¹⁾ 이에 따라서 2011년에 미호천권역을 시작으로 2013년 안성천과 서부경남 유역, 2014년에 한강분류 등 8개 유역에서 수립중으로 전국 30개 유역에 대한 유역하수도정비계획이 2016년까지 완료될 계획이다.²⁾

계획의 수립 주체, 범위, 절차 등은 환경부의 상하수도정책관실의 유역하수도 정비계획 수립지침에 따라서 진행되고

있으며 국가하수도 종합계획의 하위계획이면서 시 · 군이 수립하는 하수도정비 기본계획의 상위계획의 성격을 띠고 있으며 계획수립주체는 지방환경관서의 장을 원칙으로 하고 있다.³⁾ 초기 도입시에는 공공수역의 수질개선목표 및 방류수 수질기준 강화항목이 명확하지 않았으나, 2014년 11월 지침이 개정되면서 수질개선목표는 중권역 목표수질로, 방류수 수질기준 적용 대상항목은 BOD와 T-P로 목표를 분명히 하여 진행중이다.⁴⁾

이 글에서는 우리나라보다 앞서 유역하수도개념이 도입 · 적용되고 있는 일본의 「유역별 하수도정비종합계획」(이하 ‘유충계획’)을 소개하고 해당 계획이 선제적으로 수립되어 적용중인 비와호의 유역하수도를 사례로 하여 하수처리공법 및 운영 현황 등을 분석하여 소개하였다. 또한 우리나라의 「유역하수도정비기본계획」과 일본의 유충계획의 주요사항에 대한 비교 · 분석을 통해서 국내 유역 하수도 계획의 발전방향 등을 제시하고자 하였다.

^{*} Corresponding author E-mail: hanmd76@hanmail.net Tel: 032-560-7389 Fax: 032-560-7978

2. 비와호와 유역하수도

2.1. 일본의 유역별 하수도정비종합계획

일본의 유충계획은 환경기본법의 수질환경기준 유형이 지정되어 있는 수역에 대해서 하수도법에 근거한 하수도정비에 관한 종합적인 기본계획으로 하천, 호소, 해역 등의 공공수역의 수질환경기준을 달성·유지하기 위해서 필요한 가장 효과적인 하수도 정비를 실시하기 위해서 해당유역의 개별사업계획의 상위계획의 개념으로 도입되었다.⁵⁾

일본정부는 1970년 49수역, 1971년 34수역에 대해서 수역유형을 지정하고 수행하였으나 1970년 공해대책기본법 개정에 의해서 수질환경기준의 수역유형 지정 권한이 2개 이상의 도·도·부·현(都·道·府·県)이 걸쳐있는 현제(県際)수역 47수역을 제외하고 도·도·부·현(都·道·

府·県)지사에게 위임되었다.

이와 같은 사회정세의 변화에 의해서 하수도의 역할로서 배수를 개선하고 화장실을 수세화하는 등 이른바 거주환경을 개선하는데 그치지 않고, 하천, 호소, 해역 등의 공공용 수역의 수질오염을 방지하는 것이 요구되게 되었다.

공공수역의 수질보전은 광역적 행정사항 중에서도 특히 협동대책이 종합적이면서 효율적으로 실시될 필요가 있다. 특히 하수도정비는 배출수의 규제강화와 함께 가장 기본적인 대책이다. 즉, 공공수역의 수질오염방지를 위해서 각 해당유역 전역에 걸쳐 가장 합리적인 유충계획을 개별공공하수도계획 및 유역하수도계획의 상위계획으로 규정하고 이것에 근거하여 하수도정비를 추진하는 것이 공공수역의 수질오염방지대책으로서 불가결한 요건이 되었다.

이와 같은 배경으로 1970년 12월 하수도법 개정에 의해

Fig. 1. Overview of the Japan's Master Plan of Comprehensive Sewerage System (JMPS).

서 수질환경기준의 수역유형이 지정된 수역에 대해서는 그 수질오탁이 2개 이상의 시·정·촌(市·町·村) 구역의 오수에 의한 것으로서 주로 하수도의 정비에 의해서 해당 수질환경기준이 달성될 가능성이 있을 경우에는 도·도·부·현(都·道·府·県)은 각각의 수역별로 유충계획을 수립해야 하는 규정이 의무화되었다.

유충계획은 Fig. 1과 같은 절차에 따라서 각 절차별 내용을 포함한 종합계획을 수립하고 공표하도록 하고 있다. 해당계획을 수립함에 있어서는 개별공공하수도계획과 유역하수도계획 이외에도 총량삭감계획, 호소수질보전계획, 합류개선계획 등을 최대한 반영하고 있다.

2.2. 비와호 유역하수도 체계

비와호는 일본 혼슈 동남쪽의 시가현에 위치하며 호수면적이 670.25 km², 저수용량이 275억 m³에 이르는 일본의 최대의 호수로 알려져 있다. 유입은 약 460개의 크고 작은 하천에서 흘러들어오는 반면 배출은 세타천과 인공수로를 통해서 이루어지고 있다. 일본에서 가장 오래된 호수이기도 한 비와호에는 약 600종의 동물과 약 500종의 식물이 서식하고 있으며 용수목적은 주로 교토와 오츠시 등에 거주하는 1,400 만 명의 식수와 인근지역의 공업용수로 활용되고 있다.^{6,7)}

비와호 유충계획에는 시가현에서 수립하는 유역하수도계획과 관련 시·정(市·町)의 유역관련 공공하수도계획이 포함된다. 시가현에는 4개의 유역하수도와 6개의 단독공공하수도가 설치·운영 중이다. 유역하수도는 시가현에서 관리

Table 1. An overview of Lake Biwa regional sewerage system

Item	Lake Biwa Regional Sewerage System			
	Konan-Chubu	Kosei	Tohokubu	Taka-shima
Operation beginning date	1982.4.1	1984.11.1	1991.4.1	1997.4.1
Design treatment area (km ²)	284.3	34.29	139.8	25.01
Design population	795,000	122,000	345,000	46,000
Design capacity (m ³ /day)	487,000	67,500	206,000	29,400
Sewer system	Separate	Separate	Separate	Separate
Length of sewers (km)	185	16	153	27
Number of relay pump stations	7	3	6	4
Area of treatment plant site (km ²)	0.0637	0.0107	0.0641	0.0075
Number of municipalities concerned	9 cities and 2 towns	1 city	4 cities and 4 towns	1 city

하고 공공하수도는 시·정·촌(市·町·村)에서 관리한다. 단 유역하수도의 하수관거정비 사업의 경우, 차집관로(주간선관로)는 현에서 시행하고, 지선관로 및 배수설비 등은 시·정·촌(市·町·村)에서 시행하고 있다. 하수처리시설의 국고보조 비율은 공공하수도와 유역하수도가 차별적으로 적용되고 있는데, 관로에 대해서는 공공하수도와 유역하수도 모두 50%의 국고보조가 동일하게 지원되고, 하수처리 직접관여 시설에 대해서는 공공하수도 55%, 유역하수도 66.7%로 차등화되어 있다. 운영비에 대해서는 공공하수도와 유역하수도 모두 국비보조 없이 하수도요금 및 현예산 지원금에서 지원되고 있다.⁸⁾

시가현의 4개 유역하수도는 Fig. 2에서 나타내는 바와 같이 비와호의 남쪽 중앙처리구역은 코난쥬부(湖南中部) 정화센터, 남서처리구역은 코세이(湖西) 정화센터, 북동처리구역은 도호쿠부(東北) 정화센터, 북서처리구역은 다카지마(高島) 정화센터로 구분되어 운영중이다. 각 유역하수도의 개요는 Table 1에서 제시하였다.⁹⁾ 4개소 모두 분류식 배제방식으로 구성되어 있으며 처리용량, 처리인구, 처리시설 부지면적 모두 코난쥬부, 토호쿠부, 코세이, 다카지마 순으로 높았다.

2.3. 유역하수도의 처리공법 및 운영실적

2.3.1. 하수 처리공법(응집제침가다단소화탈질법)

4개 소의 유역하수도 정화센터 공통으로 수처리 방식은 Fig. 3과 같이 응집제침가활성오니순환변법 + 급속사여과법(이하 ‘순환변법’)과 응집제침가다단소화탈질법 + 급속사여과법(이하 ‘다단소화탈질법’)을 병행하여 사용중이다. 옹니는 중력농축 + 스크류형 프레스 + 탄화 + 유동상소각 + 순환 유동층소각 + 선회용유에 의해서 처리되고 있다.⁹⁾

순환변법(A2O계열)은 기본적으로 활성슬러지법과 설계 및 운영면에서 유사하며 유기물질과 영양물질을 동시에 제거할 수 있다. 유입하수 내 유기물질이 탈질과정에서 수소

Fig. 2. Comprehensive sewerage system and sewer district in Shiga.

Fig. 3. Flow diagram of Biwa sewage system.

공여체로 활용되므로 추가 유기탄소원(메탄올)의 절약효과가 있고 생성된 알칼리도는 질산화과정에서 활용될 수 있어 알칼리제(수산화나트륨)를 동시에 절약할 수 있는 특징이 있다.¹⁰⁾ 그러나 적극적인 비와호 수질개선을 위해서 T-N 제거효율이 더 높은 다단소화탈질법(MLE계열)을 비와호의 모든 유역하수도 정화센터에 적용·개량중이다.

2.3.2. 배수기준 및 목표처리수질

하수처리시설의 방류수 수질기준은 하수도법과 수질오탁방지법에 의해서 규정되고 있다. 하수도법의 방류수 수질기준은 공법별로 처리할 수 있는 기술적 수준에 따라서 구분되고, 수질오탁방지법상의 배수기준은 전국 일률적으로 사업장에 대해서 일률적으로 적용되는 기준이다. 그러나 배수기준의 경우는 대부분의 도·도·부·현(都·道·府·県)에서 조례제정을 통해서 전국 일률적인 기준보다 더 강화된 가중기준을 적용하고 있다. 비와호의 경우는 시가현 조례를 통해서 강화된 기준을 가지고 있으며 유충계획에 따라서 비와호의 수질환경기준인 AA기준을 만족하기 위한 별도의 방류수질이 계획되어 있다.

시가현 이외의 도·도·부·현(都·道·府·県)에서도 조례를 통한 가중배수기준 등을 제정하여 시행하고 있지만 시가현의 경우는 타 지자체 대비 비와호의 성격상 보다 엄격한 기준을 적용하고 있는 것으로 조사되었다. 국가기준 대비 BOD(생물화학적 산소요구량), COD(화학적 산소요구량)는 8배, SS(부유물질)는 약 3배, T-N(총질소)은 6배, T-P(총인)은 16배 강화된 기준을 설정하고 있다. 유충계획에서는 조례대비 BOD는 약 4배, COD는 약 3배, T-N은 약 7배, T-P는 25배로 강화된 수질계획이 적용되고 있다. 특히 호소의 부영양화 영양물질인 T-N과 T-P에 대해서 보다 엄격한 배수 및 방류기준이 적용되는 것으로 조사되었다(Table 2).

Table 2. Effluent standards and target effluent quality of Biwa sewage system

Item	Sewage law	Water pollution control law		Master plan of comprehensive sewerage system
		Nation uniform effluent standard	Shiga prefectural additional effluent standard	
BOD (mg/L)	4.8	160	20	4.8
COD (mg/L)	20	160	20	6.0
SS (mg/L)	40	200	70	-
T-N (mg/L)	10	120	20	3.0
T-P (mg/L)	0.25	16	1	0.04

하수도법의 방류수질이나 수질오탁방지법의 배수기준을 준수하지 않았을 경우에는 처벌규정이 별도로 마련되어 징역이나 벌금 등이 부과되지만 유충계획에 반영되어 있는 배수기준에 대한 처벌규정은 마련되어 있지 않다. 이와는 별개로 시가현 조례와 유충계획의 중간정도의 방류수질 엄수기준을 설정하여 해당 기준을 준수하지 않았을 경우 지정·관리함에 있어서 위탁금을 감액하는 등의 규정을 만들어 운영하고 있다.

2.3.3. 처리시설 공정별 운영실적

4개소의 유역하수도 정화센터의 경우 유사한 처리공법으로 운영중으로 처리시설별 운영실적도 유사할 것으로 판단되어 처리규모가 가장 큰 코난쥬부 정화센터의 2010년 4월부터 2011년 3월까지 운영결과를 이용하여 월별 수질항목별 처리현황을 분석하였으며 그 결과는 Fig. 4와 같다.⁹⁾

분석기간 동안의 강우패턴을 살펴보면, 7월에 일평균 강우량이 8.3 mm/day로 가장 높았고 11월부터 3월까지는 적은 경향을 보였다. 하수처리장 유입 및 방류유량은 강우의 영향을 다소 받기는 하지만 그 변동폭이 크지는 않게 나타

Fig. 4. Change in influent/effluent quality and remove efficiency.

났다. 배제방식은 오수와 우수가 분리되어 처리되는 분류식 방식이지만 7월과 같이 강우량이 많은 경우 우수가 관로로 유입되어 처리장 이송유량이 증가하는 경향을 보였다. 따라서 오수관로 오점, 하수차집 미흡 및 차집관로 시설 불량 등에 의해서 완전한 분류식 배제방식으로 단정하기에는 한계를 보였다.

이러한 강우 등의 영향에 의해서 수질항목별로도 월별 유입·방류농도 및 제거율에 변동이 있는 것으로 조사되었다. 모든 항목에서 처리장 유입유량이 가장 많았던 7월에 일평

균 방류농도는 가장 높은 반면 제거율이 가장 낮은 특징을 보였다. 항목별로 연평균 제거율은 각각 BOD (0.9 mg/L) 99.5%, COD 94.2% (5.2 mg/L), SS 99.7% (0.6 mg/L), TOC (총 유기탄소) 86.6% (4.1 mg/L), T-N 81.6% (5.5 mg/L), T-P 98.1% (0.06 mg/L)였다. 7월을 제외하고 BOD, COD, SS의 경우 제거율이 일정한 반면 TOC, T-N, T-P는 제거율의 월별 편차가 비교적 큰 것으로 나타났다.

각 수질 항목에 대해서 공법별로 처리공정단계에서의 제거율을 비교한 결과는 Fig. 5와 같다. BOD, COD, SS는 유

Fig. 5. Change in concentrations of BOD, COD, SS, T-N, TOC and T-P for each processing stages.

입이후 최초침전지를 거친 이후에 각각 50.5%, 44.7%, 69.3%로 제거되는 반면 TOC, T-N, T-P는 각각 1.2%, 17.4%, 29.7%로 제거율이 낮게 나타났다. TOC의 경우는 다단소화탈질법에 한하여 유입대비 농도가 높아지는 경향이 확인되기도 하였다. 생물반응조 및 최종침전지를 거친 이후에는 T-N과 TOC를 제외하면 수질항목별로 90% 이상의 높은 제거율을 보였으며, 처리공법별 차이는 크지 않았지만 순환변법 대비 다단소화탈질법의 제거효율이 높게 나타났으며 이러한 특징은 T-N에서 두드러지게 나타났다.

Fig. 6에서는 3개 처리공법별 TOC, T-N, T-P의 월별 방류수의 농도변화를 제시하였다. 생물반응조에서 최종침전지로 넘어 가기 전에 측정된 농도를 바탕으로 분석되었다. TOC

는 순환변법 < 응집제첨가혐기-무산소-호기법(이하 ‘혐기무산소호기법’) > 다단소화탈질법의 순으로 제거효율이 높게 나타났다. 계절별로는 순환변법의 경우 강우가 많았던 7월과, 수온이 낮아지는 동절기에 방류농도가 높아지는 특징을 보이며 변동 폭이 큰 반면 나머지 두 가지 공법의 경우는 비교적 안정적인 제거효율을 보였다. 단 동절기에는 순환변법과 마찬가지로 높아지는 경향을 나타냈다.

T-N은 다단탈질소화법이 타 처리공법에 비교해서 연중 월등하게 처리효과가 높은 것으로 나타났다. 또한 해당 공법의 경우 계절별 편차도 크지 않게 안정적으로 방류수내 T-N농도가 유지되었다. T-P 역시 다단탈질소화법이 가장 안정적이고 효과적인 제거율을 보였다. 그러나 전반적으로 T-

Fig. 6. Change in TOC, T-N and T-P concentrations for each treatment process.

N이나 TOC 대비 모든 공법에서 월별 편차가 크게 나타났다. 방류농도가 낮기 때문에 작은 차이에 의해서도 변동 폭이 크게 나타나는 것으로 파악된다.

3. 우리나라와 일본 유역하수도계획의 비교

3.1. 제도·구조적 측면

일본의 경우는 계획수립주체가 도·도·부·현(都·道·府·県)지사이며 관계도·부·현 및 관계시·정·촌의 의견을 취합하여 국토교통대신에게 협의신청을 하면 이에 대해 환경대신의 동의를 얻어 최종적으로 계획이 수립되는 구조를 가지고 있다.⁵⁾ 계획기간은 기준년도로부터 20~30년 정도를 원칙으로 하고 있다. 복수의 도·도·부·현(都·道·府·県)이 걸쳐져 있는 광역수역의 경우 유역을 관계도·도·부·현(都·道·府·県) 관할구역으로 분할하여 유충계획을 수립함에 따라서 유역전체에서 하수도를 통해서 삭감해야하는 오탁부하량의 목표를 명확히 할 수가 없고, 광역수역에서의 수질환경기준은 정부에서 설정함에도 불구하고 기준에 대한 달성·유지를 위해서 중요한 정책인 유충계획에 대해서는 사후적인 동의만을 얻어 시행함에 따라서 구조적인 개정을 시도하고자 하는 움직임도 있다. 이런 측면에서 국내의 유역하수도계획은 관할 지방환경관서의장이 계획안을 마련하여 환경부, 관계 시·도, 시·군, 타지방환경관서의장의 의견을 수렴하여 수립함에 따라서 유역별 목표의 명확성 및 수립주체에 대한 부분은 합리적인 방향으로 시행되고 있다 할 수 있으며 계획기간은 20년

으로 일본과 큰 차이는 없는 것으로 분석되었다.⁴⁾

제도 운영측면에서 일본과 우리나라 모두 계획수립 후 별도의 평가계획이 수립되어 있지 않기 때문에 계획에 포함된 사업의 추진 등에 대해서 감리할 수 있는 구조가 아님에 따라서 확실한 실시가 담보될 수 없는 상황이다. 따라서 이를 해결하기 위해서는 계획수립 및 수정변경, 계획내용에 대한 평가, 사업의 실시(계획수립자 보고, 사업주체 보고 포함) 등이 상호적으로 운영될 수 있는 체제가 필요하다.

각 계획에서 목표로 하고 있는 항목에 있어서 일본의 유충계획에서는 수질환경기준은 물론 이외의 항목에 대해서도 다양한 측면의 적용이 가능하도록 되어 있는 반면 우리나라는 T-N과 T-P를 포함하고 있는 단위유역도 있지만 BOD를 기준으로 대부분이 수립되어 있는 상태이다. 일본의 경우는 유충계획에서 BOD, COD, T-N, T-P 이외에 대장균군수, SS, 투명도, 투시도, 저층DO, 표층COD, 환경호르몬, 악취도, 냄새, 물색깔, 물거품 등 평가지표를 다양하게 설정하는 부분도 유도하고 있다. 이러한 부분은 계획을 처음 도입하여 수립하는 단계에서 적용하기는 어려움이 있을 것으로 판단되나 앞으로 점진적으로 도입하여 적용한다면 하천 및 유역에서의 실질적인 문제점 해결에 도움이 될 것으로 보인다.

3.2. 예산·비용적 측면

일본의 경우는 유충계획에 포함되는 공공하수도와 유역하수도를 구분하여 국고보조율이 다르게 적용되고 있으며 유역하수도의 경우 하수처리에 직접적으로 관련이 있는 시

설의 건설비의 대해서는 공공하수도 대비 11.7% 높은 국고보조율을 적용하고 있다.⁸⁾ 반면 운영비에 대해서는 국고보조금이 없이 우리나라의 하수도세 개념인 부담금과 지자체별 예산지원으로 운영되고 있다.¹¹⁾ 우리나라의 경우는 「보조금 관리에 관한 법률」에 따라서 하수처리장 확충 및 하수관로 정비 등으로 세분화하여 광역시, 도청 소재지, 시·군 등으로 구분하여 국고보조율을 차등화하여 지원하고 있다. 일본과 같이 복수의 지자체가 관계되는 처리장에 대해서 국고보조를 더 지원해 주는 등의 구조개선 등도 필요할 것으로 판단된다.

우리나라와 일본 모두 공통된 문제점으로는 고도처리의 수익은 광역유역에 미치는 반면 비용은 정비하는 측에서 부담함에 따라서 계획수립단계에서 고도처리시설의 추가설치 등을 문제로 각 자치단체간 이해대립으로 조정이 곤란한 상황이 발생하는 부분이다. 또한 처리장의 규모 및 처리방식 등을 충분히 고려하지 않은 일률적인 계획처리수준을 설정하는 등 경제합리성이 높은 계획이라고 보기 어려운 부분이 있다. 따라서 계획에 따른 고도처리 등을 실시하는 지자체를 위해서 타 지자체가 비용부담을 할 수 있는 경제적 개념의 배출부하량조정시스템의 도입 등이 필요하다.

3.3. 처리공법 · 운영적 측면

본 글에서는 일본의 비와호 유역하수도의 처리공법 및 운영실적 등을 구체적으로 살펴보았다. 유역하수도계획은 유충계획의 일부로 비와호의 경우 고도처리 및 사여과 등의 과정을 추가적으로 실시하여 T-N과 T-P의 방류수질 개선을 위해서 많은 비용 및 노력을 기울이는 것으로 확인되었다. 실제적으로 유역하수도라고 하여 공공하수처리시설 대비 특별한 공법이나 기법을 적용한다기보다는 유충계획에 따라서 수립된 방류수질 농도 및 자치단체의 조례 등에 의한 가중 배수기준을 적용함에 따라서 초기 하수도 및 처리시설 건설단계에서부터 운영까지 수질환경기준을 만족하기 위해서 다양한 측면에서의 시도가 이루어지고 있다는 점이 차별화된 부분이라 하겠다.

우리나라의 경우도 비와호 유역하수도 정도의 방류수질로 운영되는 시설들이 없는 것은 아니다.¹²⁾ 또한 국내에서도 PAC를 이용한 인제거,¹³⁾ A2O공법을 이용한 질소와 인제거,^{14,15)} MLE공법에 의한 고농도 질소제거¹⁶⁾ 등 다양한 적용 및 연구 등이 활발히 진행되고 있다. 다만 국내의 대부분의 고도처리 도입 시설의 경우 2002년부터 강화된 질소기준(20 mg/L) 준수를 위해서 기존 시설을 개량하여 고도처리공법을 도입하다 보니 가급적이면 설치 및 운영비용의 최소화를 위해서 콤팩트하게 설치하여 법정 방류수 수질기준 준수 정도에만 초점을 두고 운영하다 보니 처리효율에 한계를 보이고 있는 것으로 보인다. 따라서 현재 수립되고 있는 단위유역 유역하수도 정비계획 등에서는 기존의 공공수역 수질개선계획, 수질오염총량관리제도, 연안총량관리제도 등의 유역관리계획과 연계된 계획수립을 통해서 보다 강

화된 배출기준 및 처리공법별 배출기준의 차별화 등의 시도가 필요할 것으로 보인다.

4. 결론

일본의 유충계획은 1970년대부터 하수도법에 근거하여 수립·시행하고 있으며 대상항목의 다양성, 단계적 계획수립 및 유역하수도에 대한 지원제도 등을 통해서 비와호의 경우는 탁월한 방류수질을 배출하는 것으로 분석되었다. 하지만 일본의 경우도 수익에 대한 소요비용의 분배문제, 사후평가제도의 부재, 부적절한 제도시행체계 등 다수의 문제점 등이 학계 및 지자체 등으로부터 제기되고 있으며 문제해결을 위한 노력이 지속되고 있다.

국내의 경우 유역하수도가 도입초기인 점을 감안한다면 제도 정착에 필요한 다방면에 대한 개선방안 등을 적극적으로 도입할 필요가 있을 것으로 판단되며 유역단위의 수질 및 환경개선을 위한 유역하수도의 역할 및 개념정착을 우선적으로 유도할 필요가 있다. 또한 기존의 수질오염총량관리제도의 배출부하량 할당 및 배출량 지정, 통합환경관리제도에 적용되는 처리공법별 방류수질 차등화 등을 연계 도입할 수 있는 방안에 대한 적극적인 검토가 필요하다. 이러한 제도와의 연계성이 확보된다면 유역환경 개선에 미치는 유역하수도의 영향력을 더욱 높일 수 있을 것으로 기대된다.

KSEE

References

1. The Republic of Korea, "The Sewage Law," (2015).
2. The Korean National Institute of Environmental Research, "A Study on best available technologies of sewage treatment facilities for the planning of basin sewerage(II)," (2014).
3. The Ministry of Environment in Korea, "Guidelines for the planning of basin sewerage," (2013).
4. The Ministry of Environment in Korea, "Guidelines for the planning of basin sewerage," (2014).
5. The Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism in Japan, "Guidelines for the Master Plan of Comprehensive Sewerage System," (2015).
6. Shiga Prefectural Government in Japan, "Environment of Shiga Prefectural Government," (2012).
7. Shiga Prefectural Government and Kyoto Prefectural Government in Japan, "Conservation Program for Lake Biwa," (2012).
8. Shiga Prefectural Government in Japan, "Sewerage system in Shiga Prefectural Government," (2012).
9. Shiga Prefectural Sewage Works Corporation in Japan, "Annual report of maintenance and management for Lake Biwa sewerage system," (2011).
10. Shiga Prefectural Sewage Works Corporation in Japan, "Lake

- Biwa Sewerage System (Protecting our clean lake - for future generations),” (1997).
11. The Republic of Korea, “The Law for Subsidies Management,” (2014).
 12. Water Emission Management System (WEMS), <http://wems.nier.go.kr/>, Accessed 2014.
 13. Park, W. C., Lee, M. A. and Sung, I. W., “Phosphorus removal from advanced wastewater treatment process using PAC,” *J. Korean Soc. Environ. Eng.*, **36**(2), 96~102(2014).
 14. Kim, K. J. and Lee, G. R., “Nitrogen and phosphorus removal efficiency with HRT and sludge return ratio in A2/O process,” *J. Korean Soc. Environ. Technol.*, **3**(1), 31~38(2002).
 15. Yoon, H. S., Kim, D. J., Choi, B. H. and Kim, M. I., “Nutrients removal and microbial activity for A2O process using activated sludge models,” *J. Korean Soc. Water. Wastewater*, **26**(6), 889~896(2012).
 16. Joo, S. H., “Analysis and assessment of GPS-X scenarios to optimize operating condition for modified MLE process,” Master degree, Pusan National University, Republic of Korea (2012).