

금강수계 내 환경기초시설 운영실태에 관한 연구

이재운¹ · 박동기² · 권영호²

국립환경과학원 금강물환경연구소¹ · 서남대학교 환경화학공학과²

A Study of Actual Condition on Operation and Management of Environmental Infrastructure in the Geum River System

Jae-woon Lee¹ · Dong-gi Park² · Young-ho Kwon²

¹*Geum River Environment Research Centers, The National Institute of Environmental Research*

²*Department of Environmental & Chemical Engineering, Seonam University*

Abstract

The various environmental problems that we face on today are basically about environmental quality. Since early 1960s affluent material was produced because of remarkable economic growth by many cooperations. However, for the lack of environmental policy, environmental pollutions has been serious.

The central government should transfer the producing and consuming structure to environmental affinity through the regulations for developing Korea as a model of environmental nation which takes an active part in global environmental programme and in which the environment and economy are well harmonized. Moreover, the central government should take the lead in prevention of environmental pollution through the direct policies such as strengthening the discharge limit or setting up environmental basic institutions by securing budget for conserving environment.

This thesis emphasize on the public institution among many environmental basic institutions for environmental anti-pollution project. It will find the problems with running those institutions, and will suggest the preview of improvement.

Also, it is necessary to investigate of variation trend for inflow and pollutant loading to environmental infrastructure as increased of the diffusion rate as established and maintenance of sewer system.

The purpose of this study is to investigate for inflow and pollutant loading to environmental infrastructure, and also to provide the method of efficiently maintenance and management.

The results obtained were summarized as follows;

1. Survey of actual condition on operation and management of environmental infrastructure was evaluated the propriety of treatment process and problem of plant management.

2. Analysis of pollutant loading contribution for river system of environmental infrastructure with data analysis of water quality measuring network.

3. To investigate on case study for efficiently maintenance and management of environmental infrastructure.

The result on this study was provide the method of efficiently maintenance and management with survey for establish and repair of sewer system and survey of actual condition on operation and management of environmental infrastructure in the water area of discharge to Geum River System. Application as guideline for establish and management of environmental infrastructure, and management of Geum River System. Also, application for preliminary data for fulfill-assess of total effluent regulation of water pollution.

Key words : Environmental Infrastructure, maintenance and management Geum River System

I. 서론

하수도 보급률이 증가하고 하수관거를 보강 및 정비함에 따라 환경기초시설에 유입되는 유량이 늘어나고 오염부하량도 증가하는 한편 N, P처리를 위한 3차 처리시설의 도입필요성이 대두되고 있다. 따라서 환경기초시설의 노후화, 처리공법의 적정성, 처리능력의 검토 및 처리효율 제고 등을 위한 검토와 평가가 필요하다.

더구나 대부분 환경기초시설에서는 하수관거의 보강 및 정비계획을 수립하는 과정에 유입수량과 수질변화에 대한 조사를 실시하지 않고 강우 시 하수처리시설의 하수배제량과 배제부하량에 대한 실태도 파악되지 않고 있는 실정이다.

본 연구에서는 금강 수계 환경기초시설에 대한 하수관거 보강, 정비실태 및 처리장 운영실태, 강우로 인한 하수 증가량 및 수질 모니터링 실태 등을 조사하고, 하천수의 부하기여도를 분석하여 환경기초시설의 효율적 관리방안을 제시하고자 한다.

II. 내용 및 방법

1. 연구대상 환경기초시설

조사대상 시설은 금강·동진강·만경강으로 이루어진 금강수계의 대전시, 충남, 충북, 전북 등 4개 시도에서 운영하는 하수처리장 84개소(마을하수도 제외) 중 32개소(대전 1, 충북 15, 충남 8, 전북 8), 축산폐수 공동처리장 19개소 중 10개소(충북 3, 충남 2, 전북 5), 분뇨처리장 41개소 중 20개소(대전 1, 충북 6, 충남 5, 전북 7)를 선정하였다.

일반운영실태 조사는 전수조사를 실시하고, 정밀운영 실태조사는 하수처리장의 경우 시도를 대표할 만한 대규모 시설을 선정

하고, 축산폐수처리장은 지역을 고려하여 단독처리시설을 선정하였으며, 분뇨처리장은 지역과 시설규모에 따라 선정하였다.

2. 하수관거 실태 조사

기존 환경기초시설의 처리구역 내 하수관거의 연장 및 정비 실태를 조사하고, 처리수량과 유입수질의 상관관계를 파악하였다.

3. 환경기초시설 운영실태 조사

하수처리장, 축산폐수처리시설 및 분뇨처리시설에 대하여 설문조사하고 시설을 방문하여 운전, 관리 등 운영 실태를 조사·분석하였다.

4. 처리공법 조사 및 적정성 검토

조사대상 시설의 처리공법을 조사하고, 처리수량과 수질변화에 따른 적정성을 평가하고, 문제점을 파악하여 적절한 대응 방안을 모색하였다.

5. 유입·유출수의 수량 및 수질 모니터링 실태조사

환경기초시설의 유입수와 유출수의 유량 및 수질을 조사하고 수질모니터링의 운영실태를 파악하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 하수관거 실태 조사

(1) 하수관거 현황

하수관거 보급률은 2007년 말 기준으로 대전시 91.6%, 충남 57.5%, 충북 72.2% 및 전북 60.2%이고, 연도별로는 충남, 충북 및 전북은 2007년도에 2006년보다 증가하였으나, 대전시는 약간 감소하였다.

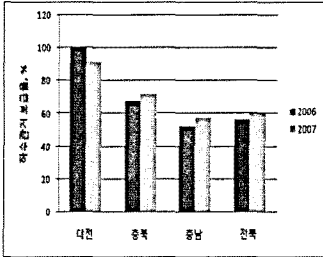


Fig. 1. 시도별 하수관거 보급률.

하수배제 방식별 하수관거 보급률은 대전과 충남은 합류식이 57%와 52%로서 분류식보다 높고, 충북과 전북은 분류식이 54%와 58%로서 합류식보다 높게 나타났다.

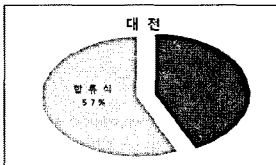


Fig. 2. 대전시 하수관거 현황(2007년).

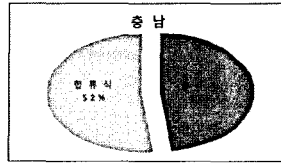


Fig. 3. 충청남도 하수관거 현황(2007년).

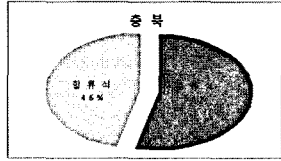


Fig. 4. 충청북도 하수관거 현황(2007년).

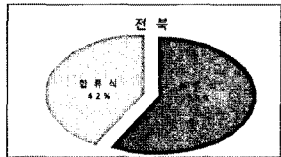


Fig. 5. 충청북도 하수관거 현황(2007년).

Table 1. 시도별 하수관거 설치현황

시도	2006년			2007년		
	계획연장 (m)	시설연장 (m)	보급률 (%)	계획연장 (m)	시설연장 (m)	보급률 (%)
대전	2,558,968	2,558,595	99.9	3,137,284	2,875,230	91.6
충북	5,511,736	3,727,794	67.6	5,381,325	3,887,137	72.2
충남	7,665,892	4,000,758	52.2	7,781,630	4,471,348	57.5
전북	8,752,861	4,949,144	56.5	8,754,575	5,266,824	60.2

(2) 하수관거 정비효과

하수관거가 부실하면 하수가 누수되어 지하수 및 하천수가 오염되거나 불명수가 유입되어 처리수량이 증가하고 설계수질보다 낮게 유입되어 하수처리장 운영이 어려워진다. 특히 고도처리시설이 설치된 처리장에 저농도의 유입수가 유입되면 빈부하로 인하여 처리효율이 현저히 저하하기 때문에 하수관거를 개보수하여 누수 및 불명수의 유입을 차단하지 않으면 안 된다.

하수관거 정비사업이 하수처리장의 유입수량에 미치는 영향은 관거를 신설할 경우 유입수량이 증가하고, 관거를 개보수하여 불명수 유입을 차단할 경우 유입수량이 감소하게 된다.

전국 하수처리량은 2007년 말에 10,293천 ton/day로서 2005년 대비 약 4% 증가하였고, 하수관거의 개보수로 인하여 불명수의 유입량이 감소되어 하수처리장의 유입수질(BOD기준)은 2005년 계획수질의 76%에서 2007년에는 88%로 개선되었다.

하수처리장의 유입수질이 계획수질보다 50% 이상 낮게 유입되는 처리장의 경우 유입수질을 증가시키기 위한 처리장 운영계획을 수립하여야 한다. 또한 분뇨, 축산폐수, 침출수 등을 유입시켜 연계 처리하는 하수처리장에서는 연계 처리수의 과부하로 인하여 처리효율이 저하하고 방류수의 수질이 불안정해지지 않도록 유량조정조에서 수

질을 균등화하거나 전처리시설을 설치하여 보완하여야 한다.

(3) 관거정비에 따른 하수 유입 및 유입수질의 변화

하수관거를 연장하거나 개보수하면 하수 유입량과 수질이 달라진다. 2007년도 전국 하수처리장의 운영현황을 분석한 결과 시설용량 대비 유입하수량은 89.4%, 계획수질(BOD기준)에 대한 유입수의 수질은 79.3%로서 많은 하수처리장의 시설용량이 과대 설계되어 유입부하량이 낮은 것으로 나타났다.

금강수계 하수처리장의 시설용량 대비 유입수량은 89.6%로서 전국비율과 비슷하고, 시설용량을 초과하는 시설은 약 30%이었다. 대전시의 경우 유입수량은 2006년 69.1%에서 2007년 71.5%로 증가하고 유입수질은 2006년 180%에서 2007년 125.6%로 감소하였다.

조사대상 시설의 설계수질 대비 2006년의 유입수질은 78.6%로서 전국 평균값보다 낮고, 설계수량 대비 2007년 유입수량은 89.4%로서 크게 증가하고, 유입수질은 65.0%로서 다소 감소하였다.

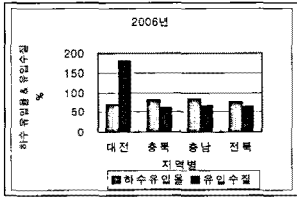


Fig. 6. 2006년 시도별 유입량 및 BOD.

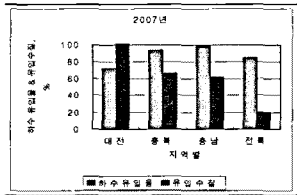


Fig. 7. 2007년 시도별 유입량 및 BOD.

(4) 계절별 유입성상 및 처리효율의 변화

하수관거를 연장하여 하수량이 증가하고, 관거를 정비함으로써 불명수나 침입수량이

감소하면 유입수량이 감소하고 수질농도는 증가할 것으로 예상된다. 그러나 보통 하수 관거 연장과 관거정비사업을 동시에 추진하기 때문에 유입수량 및 수질예측에 어려움이 있다.

조사대상 시설 중 처리용량이 큰 처리장의 유입하수량은 7월과 8월에 증가한 후 차츰 감소하는 경향을 보이고, 유입수질(BOD)은 7월에 가장 낮은 농도를 나타내었다.

하수처리장의 처리효율은 계절별로 유입하수량 편차가 크기 때문에 처리장별로 다양한 패턴을 나타내었다. 유기물(BOD, COD)과 SS의 제거율은 계절에 따라 큰 변화가 없으나 영양염류인 T-N, T-P는 계절에 따른 편차가 크고 특히 겨울철에는 제거율이 매우 저조하였다. 이와 같이 겨울철에 N, P제거율이 낮은 이유는 대부분 처리장이 생물학적 공정으로 처리하고 있으며, 온도저하로 인하여 미생물이 불활성화되기 때문이다. 따라서 방류수 수질을 안정적으로 유지하고 N, P제거율을 제고하기 위하여 고도처리공법의 도입을 검토하여야 할 것으로 판단된다.

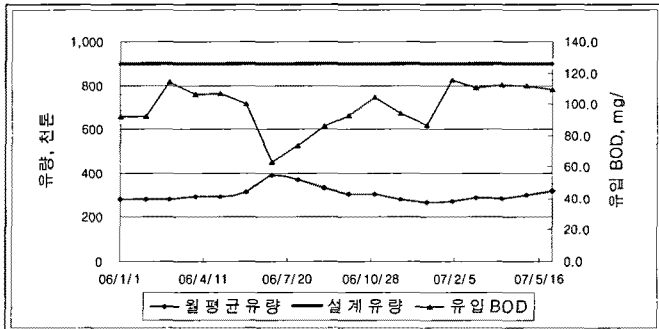


Fig. 8. D 하수처리장의 유입하수량 및 수질 변화.

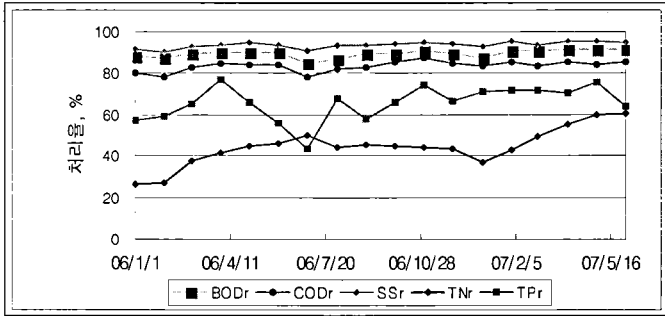


Fig. 9. D 하수처리장의 월별 처리효율.

3. 환경기초시설 운영실태

폐수처리장 등 시설별로 설문조사를 실시하여 전수조사하고, 정밀운영 실태는 대상시설의 설문조사 및 방문조사를 통하여 운영 및 관리상의 문제점을 파악하였다. 많은 분뇨처리장의 설문지가 회수되지 않아 수거율은 70%로 저조하였다.

3.1 조사방법

운영실태는 하수처리장, 분뇨처리장, 축산

Table 4. 환경기초시설에 대한 설문조사 내용

	하수처리장	축산폐수처리장	분뇨처리장
대 상	32개소	10개소	20개소
기 간	2007년 4월~7월	2007년 4월~7월	2007년 4월~7월
수거율	94% (30개소)	90% (9개소)	70% (14개소)
항 목	<ul style="list-style-type: none"> • 시설개요 • 설계 및 운영수질 • 처리공정도 • 연계처리현황 • 처리시설 제원 • 주요시설 운영현황 • 소독시설현황 	<ul style="list-style-type: none"> • 시설개요 • 시설운영현황 • 처리공정도 • 시설개선 추진현황 • 처리장 문제점 및 개선방향 	<ul style="list-style-type: none"> • 시설개요 • 시설운영현황 • 처리공정도 • 시설개선 추진현황 • 처리장 문제점 및 개선방향

3.2. 적용공법의 적정성

하수처리공법은 시설규모에 따라 다른데 처리용량 10,000 m³/day 이상의 중, 대규모 하수처리장에는 주로 표준 활성슬러지공법이 설치되고, 처리용량 10,000 m³/day 미만의 소규모 하수처리장에는 장기공기공급법과 산화구법이 설치되어 운전되고 있다. 조사대상 하수처리장 중에서 표준활성슬러지 공정을 도입한 곳은 34 %이고, 고도처리시설을 도입한 처리장은 4곳이었다.

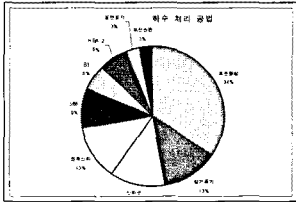


Fig. 10. 하수처리장 적용공법.

축산폐수처리장은 액상부식법을 도입한 곳이 40 %로서 가장 많고, 그 밖에 몇 가지 처리공법들이 적용되어 운전되고 있다. 이 중 3곳은 시설노후화로 인하여 처리효율의 저하되어 하수처리장에 연계처리하고 있으나 영양염류 과부하의 요인이 되고 있다.

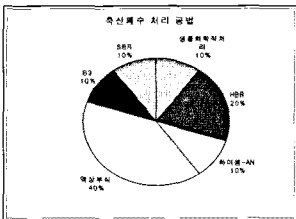


Fig. 11. 축산폐수처리장 적용공법
분뇨처리장은 전처리하여 혐잡물을 제거

한 후 하수처리장에 유입시켜 연계처리하는 곳이 45 %이고, 액상부식법으로 처리하는 곳이 32 %이었다.

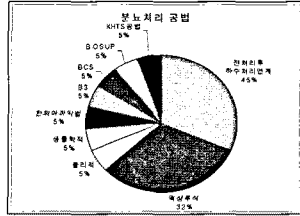


Fig. 12. 분뇨처리장 적용 공법

처리효율은 하수처리장 32개소의 평균 BOD제거율은 2007년에 90.7 %로서 2006년 88.8 %보다 약간 증가하였으나 일부처리장은 강화된 방류수 수질기준인 BOD 10 mg/L를 초과하여 방류하고 있었다. 또 T-N과 T-P제거율은 각각 44.5 %와 65.5 %로서 제거율이 저조하다.

축산폐수처리장의 BOD제거율은 99 % 이상으로서 매우 높으며, 연계처리하는 처리장도 방류수 수질이 양호한 것으로 나타났다.

분뇨처리장은 대부분 전처리시설이나 액상부식법으로 처리한 후 하수처리장에 유입시키고 있으나, 일부 처리장은 시설용량 이상으로 처리하고 있었다.

3.3. 환경기초시설의 하천오염부하량

3.3.1. 분석방법

하수처리장 방류수가 방류하천에 미치는 영향을 분석하기 위하여 유입량과 방류수의 수질자료를 분석하였다. 환경기초시설의 방류수역에 대한 유입량 및 수질자료는 유량 측정망과 수질측정망 자료를 수집 분석하여 가장 근접한 위치의 자료를 이용하였고, 이

들 자료로부터 하천에 배출하는 부하량을 산정하였다.

오염원별 부하기여율은 유역의 배출부하량과 유달율을 산정하지만 범위가 너무 광범위하여 본 연구에서는 환경기초시설 방류수의 배출부하량을 산정하였다.

3.3.2 환경기초시설의 하천오염 부하량

하수처리장 유입량과 방류수의 BOD를 이용하여 배출부하량을 산정한 결과 대전시 하수처리장은 56.087 ton/d, 청주하수처리장은 36.294 ton/d로서 두 곳의 오염기여도가 매우 높은 것으로 나타났다. 금강수계의 목표수질을 유지하기 위해서는 오염총량관리의 측면에서 이와 같이 오염기여도가 높은 대형처리장의 방류수질을 낮추는 것이 선결과제라고 판단된다.

Table 5. 하수처리장의 방류수에 의한 방류수역의 분석

시·도		하수처리장 BOD부하량(ton/d)	방류수역		
			방류 하천	유량 (m ³ /d)	BOD (mg/L)
대전		56.087	갑천	215,118	8.4
충북	청주시	36.294	미호천	223,141	9.9
충남	계룡시	3.899	두계천	15,545	5.3
전북	정읍시	3.631	정읍천	455,683	3.2

3.3.3. 시설개선 방안

수질오염총량관리제가 시행됨에 따라 방류하천의 목표수질을 유지하기 위하여 하수처리장 방류수가 할당부하량을 초과할 경우에는 시설을 보완하거나 고도처리공법의 도입필요성을 검토하여야 한다.

3.4. 환경기초시설의 운영관리 분석

처리공법별 BOD제거율은 B3공법이 99%로서 가장 높고 다음은 SBR, 산화구 순으로 높으며, 표준활성슬러지법이 90.5%로서 가장 저조하였다. COD제거율은 B3공법이 91.37%로서 가장 높고 다음은 산화구, 접촉산화, 회전원판 순으로 높으며, 표준활성슬러지법은 66.17%로서 가장 저조하였다.

또한 SS제거율은 SBR공법이 97.98%로

서 가장 높고 다음은 산화구, B3공법 순으로 높으며, 표준활성슬러지법이 85.17%로서 가장 저조하였다. T-N제거율은 SBR공법이 77.12%로서 가장 높고 다음은 산화구, 표준활성슬러지법, B3공법 순으로 높으며, 회전원판법이 38.16%로서 가장 저조하였다. T-P제거율은 회전원판법이 78.66%로서 가장 높고 다음은 산화구, SBR, HBR, 접촉산화공법 순으로 높으며, 표준활성슬러지법이 52.50%로서 가장 저조하였다.

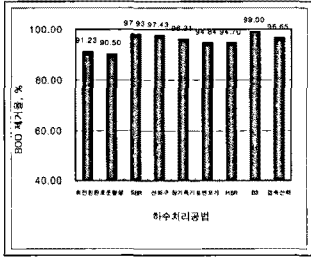


Fig. 13. 하수처리공법별 BOD제거율.

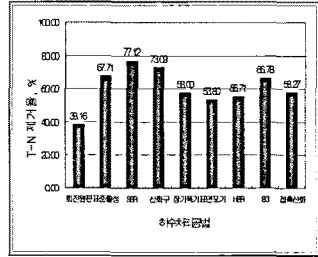


Fig. 16. 하수처리공법별 T-N제거율.

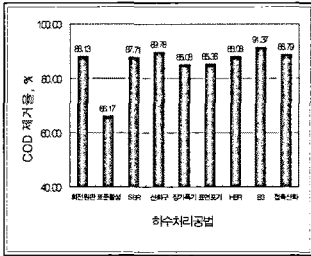


Fig. 14. 하수처리공법별 COD제거율

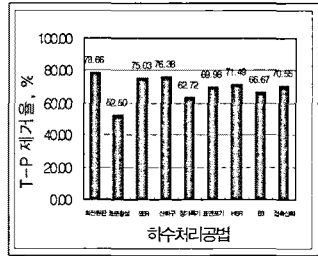


Fig. 17. 하수처리공법별 T-P제거율 .

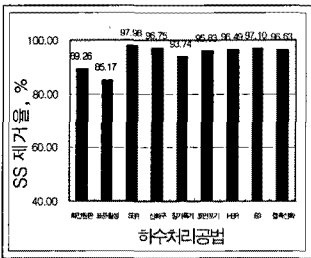


Fig. 15. 하수처리공법별 SS제거율.

IV. 결론

금강 수계 환경기초시설에 대한 하수관거 보강, 정비실태 및 처리장 운영실태, 강우로 인한 하수 증가량 및 수질 모니터링 실패 등을 조사하고, 하천수의 부하기여도를 분석하여 얻은 결론은 다음과 같다.

1. 금강수계 하수처리장의 시설용량 대비 유입수량은 89.6 %이고, 시설용량을 초과하는 시설은 약 30 %이었다. 유입량이 시설용량을 초과하는 곳이 7개소, 50~100 % 미만은 21개소이며 50% 미만은 4개소이었다. 설계 유량 대비 2007년 유입수량은 89.4 %이고, 유입수질은 65.0 %이었다. 처리용량이 큰 처리장의 유입하수량은 7월과 8월에 증가한

- 석사학위논문, p.129, 2000.
12. 안철우, 기존 하수처리장에서의 처리효율 개선에 관한 연구, 동아대학교 석사학위논문, p.46, 1997.
 13. 윤태상, 하수처리장 유입수의 특성이 처리공정에 미치는 영향에 관한 연구, 순천대학교 석사학위논문, p.32, 2000.
 14. 이경수, 하수종말처리장과의 분뇨 및 정화조폐액 연계처리에 관한 연구, 아주대학교 석사학위논문, p.56, 1995.
 15. 이용표, 하수종말처리장의 효율 증대를 위한 개선방안, 한양대학교 석사학위논문, p.53, 1998.
 16. 이재운, 소규모 오수처리를 위한 처리단위별 특성에 관한 연구, 연세대학교 박사학위논문, p.176, 2000.
 17. 조석래, 유역별 수질 현황에 따른 하수처리장 건설의 문제점 및 그 대책에 관한 기초 연구, 동의대학교 석사학위논문, p.60, 2002.
 18. 조장훈, 하수처리장의 분뇨축산폐수의 연계처리 사례분석, 전남대학교 석사학위논문, p.42, 2002.
 19. 조한원, 소규모 하수오수처리시설의 실태조사 및 개선방안에 관한 연구, 전북대학교 석사학위논문, p.146, 2003.
 20. 환경부, 下水道施設 運營·管理業務處理 統合指針(改正), 2001.
 21. 환경부, 2006년 운영결과보고서, 2007.
 22. 환경부, 오수·분뇨 및 축산폐수처리 통계, 2007.
 23. 환경부, 하수도통계(2006), 2007.
 24. 환경부, 수질측정망 운영계획 2006.
 25. 환경부, 2007 하수관거 예산총괄.