

최 종
연구보고서

GOVP1200209557

628.1684
L2P3A
19

소규모 농어촌 오폐수정화처리시설 표준화 및 지하자연방류시스템 개발에 관한 연구

Individual and Small Wastewater Treatment and
Underground Disposal System in Slowly permeable
Soil for Rural Area

연 구 기 관
농 업 기 반 공 사

농 립 부

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “소규모 농어촌 오폐수정화처리시설 표준화 및 지하자연방류시스템 개발에 관한 연구” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2001년 12월 일

주관연구기관명 : 농업기반공사

총괄연구책임자 : 이기철

연 구 원 : 안중기

연 구 원 : 송성호

연 구 원 : 김정희

연 구 원 : 이주영

연 구 원 : 배광옥

연 구 원 : 서상기

연 구 원 : 송진석

위탁연구기관명 : (주)바투환경기술

위탁연구책임자 : 최상진

연 구 원 : 김태민

보 조 원 : 박종철

보 조 원 : 이윤경

요 약 문

I. 제 목 : 소규모 농어촌 오폐수정화처리시설 표준화 및 지하자연방류시스템 개발에 관한 연구

II. 연구개발의 목적 및 중요성

우리나라를 UN에서 미래 물부족국가로 분류하면서 청정한 수자원 확보 및 수질보전문제가 국민적 관심사가 되었다. 또한 시화호 문제 등 수질오염 문제가 날로 심각해지면서 하수도 보급율이 낮고 주택이나 건물이 산재한 형태로 부존하는 농어촌 지역의 소규모 오폐수 정화처리시설의 적정 개발 보급에 대한 관심도 증대되고 있다. 2000년 현재 환경부 자료에 의하면 오폐수 발생 원별로 볼 때 우리나라에서는 하루 19,724천톤의 오폐수가 발생하고 있으며 생활하수가 15,463천톤/일(78%)로 가장 많고, 산업폐수는 4,068천톤/일(21%), 축산폐수는 193천톤/일(1%)가 발생되고 있다.

이처럼 양적으로나 오염부하량으로나 가장 많은 부분을 차지하는 것이 생활하수이나 농촌지역의 기반시설은 아직 미흡한 형편으로 '99년 말 하수관거설비율이 특별시, 광역시를 제외한 도지역은 평균 50.4%이고 읍, 면지역은 이보다 훨씬 낮다. 하수관거 시설이 미흡한 농촌 읍면지역에서는 생활하수가 소하천으로 그대로 방류되고 있는 지역이 많으며, 농촌 복지와 생활환경은 급속하게 발전되어 생활하수의 양은 크게 늘어가고 있는 현실이다.

이러한 산재한 농가 가옥구조 특성을 감안하여 단독가구형 또는 소규모 오폐수 정화처리시설 개발을 위한 시설 표준화 및 지하자연방류 시스템을 개발에 관련된 연구

는 시의 적절하며, 연구결과의 실용화는 향후 신규 정화처리시설 공법 선정시 중요한 자료로 적극 활용하고자 하며 연구의 파급효과로서 농촌 소하천 생태계 복원을 통하여 농촌 수자원 수질보전 및 수자원 보호에 기여함으로써 생활환경개선 및 농민의 삶의 질 향상에 지대한 영향을 미칠 것으로 기대된다.

Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

정부에서는 그동안 중규모 이상 정화처리시설 개발 및 설치지원 그리고 신공법 개발 분야에는 꾸준한 관심과 지원을 하여 오고 있었으나 단독가구형과 1일 5톤 규모 이하 소형 처리공법에 대한 지원은 미흡하였다고 할 수 있다. 또한 중규모 이상 고효율 합병정화처리시설에 대하여도 공법 개발 및 설치지원에는 많은 지원을 지속하여 왔으나 실제 설치 이후 설계 효율대로 운영이 되고 있는지 여부에 대한 확인분야에는 관심이 미흡하였다. 선진국에서는 지속적으로 설치 이후 가동 효율을 점검하여 문제점을 도출하고 사후 효율 검증결과를 발표함으로써 신규지구 설치를 위한 공법 선정에 결정적인 자료로 활용하고 있으며 또한 단점을 개선 보완하여 보다 나은 공법개발을 독려하고 있다. 본 연구에서는 이처럼 신규 공법 개발이 목적이 아닌 기존 공법의 사후 효율검증 과정을 통하여 장담점을 비교하고 단독가구형 또는 소규모 고효율 합병정화처리시설을 표준화 하고자 하였다.

산재한 농촌지역에 단독가옥 또는 소규모 마을 단위에 신규 하수도시설은 막대한 예산이 소요되고 우리나라 산악지형 특성상 시공이 어려운 지역이 많아 오폐수를 발생 원지점에서 처리하여 방류하는 소형 고효율 정화처리공법이 필요하다. 기존 도입된 다양한 중규모 오수 정화처리공법은 설치이전에 사전검토 위주로 선정되었으며 사후 관리가 미흡하여, 일부 공법들은 운영중의 문제점 발생도 있고 운전기법도 복잡하여 농촌형으로 보급이 곤란하며 장기간 운영시 가동효율도 떨어지는 공법이 다수로 설치 이후 장기 모니터링이 필요하다.

단독가구형 및 소규모 고효율 오폐수 정화처리시설을 표준화함으로써 향후 농촌 지역 정화처리시설 기술 보급시 참고할 수 있도록 하고 소하천 생태계 복원으로부터 지표수와 지하수 수질보전에 기여하고자 다음과 같은 목적으로 본 연구를 수행하게 되었다.

목표 : 한국형 소규모 농어촌 오폐수 정화처리 및 지하자연방류시스템 개발

이러한 목표를 달성하기 위한 세부 연구개발 추진목표로서 다음과 같은 세부항목을 수립 추진하였다.

- 농어촌 오폐수정화시설 표준화 기술 개발
- 국내 현실에 맞는 오폐수정화시설 조사
- 각종 오폐수 정화기술 적용방법 등 실제 가동효과 분석
- 방류수 수질기준에 적합한 오폐수처리기법 도출
- 지하자연방류시스템 개발
- 기술보급 및 홍보

IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

1. 기존 공법별 설치이후 사후 효율검증 결과

본 연구수행과정에서 국내 기존 상용화된 다양한 중규모 정화처리공법에 대한 공공사업에서의 설치사례 및 설치이후 사후 효율검증 사례에 대한 기존자료 수집 및 수질을 직접 채취 분석한 결과를 수록하였다. 기본적으로 대부분의 공법에서 설계 효율보다 훨씬 못미치는 가동효율을 보이고 있었으며 다수는 유입수보다도 오염도가 높은 방류수를 방류하고 있었다. 기본적으로 사후 관리에 다양한 어려움과 해결해야할 문제점들이 파악되었다. 공통적인 문제점으로는 다음과 같은 사항들이 확인되었다.

- 대다수가 미생물을 이용하는 공법으로 운영자 또는 소유자가 공법에 대한 이해가 부족하다. 전기료 절약을 위하여 포기조 전원차단 등 인제 사고도 다수 확인되었다.
- 현장여건이 선정된 공법에 부적절한 경우. 일부 모관침윤트렌치 공법은 지하수위 조건등 현장여건이 부적절한 경우에도 설치되어 효율이 저하 될 경우 토양과 지하수 오염을 유발하고 있음이 확인되었다.
- 공법에 대한 이해와 전문 운영기술자가 없어 사고에 즉각적인 대응하지 못하고 있다. 미생물 몰살 사고 등 발생시 사후관리 미흡으로 처리가 지연된다.
- 유입수량, 유입수 농도가 하루에도 시간별 편차가 심하였으며 이에 대한 적응력이 미흡한 설계공법이 확인되었다. 현장 오수 발생특성에 대한 이해 없이 실험실에서 일정 수준하에서 설계 개발된 공법을 설치 함으로써 실제 가동효율이 낮다.

전체적으로 공법 운영조건이 일반인에게는 어려웠으며 따라서 현실적으로 전문기술자를 보유한 회사에 위탁운영케 하는 것이 바람직하다고 하겠다. 법률적으로도 이러한 위탁 운영방안은 규정되어 있다. 하지만 이러한 위탁운영도 위탁운영비에 대한 소유자의 인식 제고와 공법별로 다양한 운영기법, 그리고 제조사의 사후관리에 대한 열의 등이 함께 개선되어야 가능할 것이다. 현재 환경부로부터 제조인가를 받아 시중에 상용화된 공법이 아주 많으며 운영시 고려사항과 주의점 등도 공법별로 다르다는 것도 문제점이라 하겠다. 가장 중요한 설치 이후 사후 효율검증 자료가 없어 신규 설치시 공법선정에 대한 기준자료가 미흡하여 각 자치단체등 담당자의 어려움이 크다고 하겠다.

본 연구에서는 연구의 당초 목적 이외에도 선진국처럼 동일지구내 동일 유입수 조건에서 인가된 공법별로 시범시설을 설치하고 지속적으로 사후 효율 비교검증장을 설치하고자 노력하였다. 하지만 연구기간과 연구비등의 제약으로 제조사로부터 시범시설을 기증받는 과정에서 또한 효율 검증결과를 발표한다는 조건 때문에 4개 공법만이 기증 참여하여 목적을 이루지 못하였다. 제조사들은 효율검증자료가 발표될 경우 영업에 미치는 영향을 걱정하고 있었다. 하지만 국가적 차원에서 앞으로 이러한 소규모

합병정화처리시설 효율검증장 설치는 매우 절실한 사안이라 판단된다. 지속적인 효율 검증 결과를 매년 발표하고 보급하여 신규 설치시 공법선정 자료로 활용하고 장단점을 알 수 있는 제도가 필요하다.

본 보고서에 수록된 사후 효율검증결과는 기설치되어 운영되고 있는 공법들을 대상으로하여 지구별로 유입수 수량과 농도가 다른 조건에서 검토되었다는 점을 밝힌다. 따라서 공법별 효율 비교가 동일 조건에서 검토되지 못하였다는 점을 감안하고 활용하여야 한다. 하지만 대상지구는 각 공법 별로 제조 설치사가 직접 운영상태를 확인하고 전문가를 투입하여 효율점검을 수행하고 있는 기간 중이었다는 점 또한 고려 되어야 한다.

본보고서에는 정화처리공법의 기초이론을 약간 수록하였는바 이는 전문가를 위한 것이 아니고 기술보급차원에서 시설 운영자와 일반인들이 기초적으로 알아두어야 할 사항들로서 사후효율 검증에서 가장 큰 문제점으로 지적된 운영자 또는 소유주나 일반인들의 이해부족으로 인한 사고를 지양하기 위한 목적이다.

2. 단독가구형 또는 소규모 고효율 정화처리시설 표준화분야

본 연구에서 1일처리규모 1톤 이하의 농촌형 고효율 합병정화처리시설을 위한 공법으로는 생물막법 살수여상법을 제시하였다. 동 공법을 제시한 근거는 대부분의 기존 여타 공법들은 활성슬러지를 이용하는 포기조를 수반하기 때문에 소형화에 제한이 있다는 점 때문이었다. 실제 제조사측 기술진들과 협의한 결과 활성슬러지 공법으로는 1일 5톤 이하의 처리규모 시설 제작에는 어려움을 표명하였다. 물론 향후 또다른 신공법이 개발된다면 그때에는 재분석 되어야 한다. 본 연구 기간중에 검토된 공법을 기준으로 하였으며 물리적인 처리는 현재 주기적으로 막교체에 소요비용이 농촌형으로 제시하기에는 무리가 있다고 판단하였다. 또한 농촌 오폐수의 유입량과 농도편차가 심하여 유량조정조를 설치하고 전체 처리수를 유량조정조로 재 순환시키는 방안을 제시하였다. 유입량이 충분한 경우에만 유출되도록 설계안을 제시하였다. 생물막 살수여상식공법은 슬러지 발생량이 거의 없고 유량조정조의 찌꺼기만을 경우에 따라 다

르겠지만 1년에 1회 정도 제거해 주면 된다. 또한 포기조가 없어 전기료가 적게 들어 농촌형으로 적합한 것으로 판단하였다. 다만 기존 설치지구에서 도시인근에서 토지 이용측면에서 지하로 설치할 경우 펌프 설치등 약간의 운영상 불리한 점이 있는 것으로 판단되어 시범지구에서 지상 설치하고 외부를 간이막사로 보호하여 겨울철 기온에 대비하였으며 외견상 불쾌함도 제거되었다.

이러한 기준으로 1일 처리 1톤 규모로 생물막법 살수여상식 단독가구형 고효율 합병정화조를 시범 제작하여 대부도 소재 단독 농가에 설치하여 2년간 정밀 효율 검증하였다. 정화처리 효율은 단독농가의 유출수량 편차가 심한 것에 상관 없이 겨울철, 여름철 공히 BOD, COD 가 90% 이상 유출수 10ppm 이하를 2년간 유지하였으며, SS는 유입수 평균 119ppm 유출수 평균 13.6ppm 효율 97%를 유지하였다. 운영방법이 간단하여 설치 농민에게 1회의 간단한 교육과 주의사항 전달로 단 한번의 효율사고는 없었으며 전기료도 저렴하여 농민이 정화조로 인한 추가 부담을 느끼지 못하였다.

아직은 본격적으로 농촌에 단독가구형 고효율 합병정화조 설치 사업이 활성화 되는 않았으나 향후 시행된다면 우선적으로 적용이 가능하며 앞으로 추가로 신공법 개발도 기대된다.

자연방류시스템은 지하방류를 고려하였으나 만일의 사고시 토양과 지하수 오염 유발 사례가 되므로 지상방류형으로 선정하였으며 방류수 중의 잔류 오염물질을 재처리할 수 있는 여재를 설치하여 이를 통과시킨 후 하천으로 방류하는 공법으로 제시하였다. 여재로는 미생물 처리 효율이 높고 재료가격이 저렴한 우드칩, 스코리아가 적절한 것으로 판단되었으며 제올라이트도 효율은 비슷하나 재료가격이 다른 것에 비하여 비싼 것으로 파악되었다.

3. 기타 건의 사항

본 연구수행과정에서 기존사례 검토중 모지구에 설치된 모관침윤 트렌치 정화처리 시설이 낮은 효율로 운영되고 있음이 확인되었다. 동 공법은 최종 처리된 방류수를 토양층을 통하여 지하로 방류하기 때문에 만일의 사고시 토양/지하수를 직접 오염시키게 된다. 동 공법은 시설자체 구조보다도 설치 예정지구의 현장여건 즉 토양과 기반암 심도 및 조건, 지하수위, 경사도 등 제반 여건이 만족하는 경우에만 제한적으로 설치되어야 한다. 하지만 현행 우리나라에서는 이러한 제반 여건의 사전 검토가 미흡한 상태에서 설치되고 있어 공법선정 및 설치규정을 다시 한번 재고해야 할 것이다. 최근 지하수법과 토양환경오염 보전법 등 강화로 기존 모관침윤트렌치 시공지구에 대한 오염유발 가능성에 대하여 전면적인 확인조사가 시급하며 안전성이 확인될 때까지 설치 여건등을 엄격히 통제하거나 신규설치를 중단하는 것이 바람직하다고 하겠다

SUMMARY

I. Title : Individual and Small Wastewater Treatment and Underground Disposal System in Slowly permeable Soil for Rural Area

II. Objectives and Scope

People are get used to more frequently on environmental problem and used to have more interests on clean water protection after the united Nation classified our country as a water deficit nation in the 21 centuries. After Man made Lake Si-Hwa had met water pollution problem, the proper control of water quality for sewage effluent was highly emphasized. In rural area, where the sewage system was poor and the houses are scattered in widely, individual and small size wastewater treatment system has begin to increase their interest.

Proper management of household wastewater is an essential component of a healthy environment in rural area. According to the 2000 census data by the Ministry of Environment, 19,724 tons of wastewater was effluent daily and the 15,463 tons from it was originated from household wastewater, which marked 78 percent. Korean Government has been subsidized huge budget for small size wastewater treatment system installation and developing new technologies for decades, however no interest for individual treatment system.

Consumers report or long term effluent water quality monitoring data after treatment system installation has been reported in developed countries to compare which system is more effective and recommendable for new site. However in Korea, there are only few cases to compare its actual effectiveness during field operation of wastewater treatment systems. There is more than one hundreds of existing wastewater treatment systems in the market. Therefore it is really difficult to figure out which system is proper to a certain condition.

The most common type of the on-site wastewater treatment system in the Korea is a conventional biological activated sludge system. However, it has a

restriction to minimize its size for individual household system due to its blower mechanism.

The objectives of this study were: 1) to evaluate the effect of various existing wastewater treatment system during actual field operation. 2) standardized individual wastewater treatment system suitable for rural area. 3) develop on-site wastewater disposal system suitable in rural area.

III. Contents

More than hundreds model of wastewater treatment system got the permission of manufacturing in Korean market. They passed guide line regulation with their self test data gotten in their laboratory. However, there are no long-term performance levels after on-site installation has not been reported to establish as a proven technologies.

After comparing on-site operating effectiveness for six existing small size wastewater treatment system, and find out any kinds of problem which cause lower treatment, the best type of treatment system was decided suitable in rural area. The optimum individual wastewater treatment system was chosen on the base of high reducing rates of waste and suitable for rural area characteristics where the household are scattered in a wide range of areas and poor drainage system. Two years of monitoring work has made for water sampling and accumulate water quality data from laboratory analysis.

The waterloo bio-filter system was chosen as an optimum treatment system for individual household in rural area. The operation and maintenance of waterloo bio-filter system is also easy to handle by farmer who is not a specialist in wastewater treatment techniques. The Activated sludge system which is widely used and modify in hundreds of sub system, accompany with blower chamber has restriction to minimize its size.

Safe ground disposal system was also studied to enhance treat effluent water once more. The drain was filled with the bio-filter such as wood chips, scoria and zeolite. Wood chips and scoria are cheaper than the zeolite.

During this study, sand filter system which was installed several years ago,

has been operating in low efficiency and caused severe soil and groundwater pollution problems. Since effluent water was directly flows into the soil, if the system was not operate in high efficiency, it can become as a source of contamination. It is strongly suggested that pre-existing sand filter systems should be studied wether or not it is under control. And new sand filter system should be cease until it is proven to be safe.

IV. Conclusion

Individual household wastewater treatment system for rural area was standardized after field study. In rural area where has a poor drainage system and scattered households, the loading rates of nutrient and trace compounds in influent is fluctuates within days and weekly basis. The monitoring program was established to gather the long-term performance data for six on-site small size existing treatment systems. Effluent water was sampled from each system and analyzed monthly. The operating effectiveness of waterloo bio-filter treatment system is proven as superior in individual household size and small size. The operating cost and maintenance skill is also suitable for rural area. The result from pilot site in Daebu Island was satisfactory. The average concentration removal efficiencies for the waterloo bio-filter system were more than 90% for two years in pilot system.

The standard design for individual wastewater treatment system was prepared and safe ground disposal system was also.

CONTENTS

Chapter 1	Introduction	1
Section 1	Background	1
Section 2	Purpose and Scope	3
Section 3	Contents	4
Chapter 2	Regulation on effluent and characteristics of household wastewater in rural area	5
Section 1	Regulation on wastewater treatment system	5
Section 2	Characteristics of household wastewater in rural ara	11
Chapter 3	Small size Wastewater treatment system	19
Section 1	Biological treatment system	20
Section 2	Activated sludge system	25
Chapter 4	Comparing effectiveness for existing treatment system	31
Section 1	Existing wastewater treatment system	31
Section 2	Wastewater drainage program in village	36

Section 3	Culture village program	40
Section 4	High efficiency treatment system exchanging program	43
Chapter 5	Comparing on-site operating effectiveness for existing treatment system	47
Section 1	Individual household treatment system	49
Section 2	Small size wastewater treatment systeme	91
Section 3	Disposal System	151
Chapter 6	Conclusion and Application	161
Section 1	Conclusion	161
Section 2	Usage and application	167
Chapter 7	Standard design for individual treatment system ...	169
Appendixes	209

목 차

제1장 서 론	1
제1절 연구개발의 필요성	1
제2절 연구개발의 목적 및 중요성	3
제3절 연구개발 내용 및 범위	4
제2장 수질관련규정 및 농어촌 마을오폐수의 특성	5
제1절 관련규정	5
1. 수질관리	5
가. 수질환경기준	6
나. 수질환경기준의 역할	7
2. 오수분뇨 및 축산폐수처리에 관한 법률	7
3. 수질규제기준	8
가. 폐수배출허용기준	8
나. 방류수수질기준	9
제2절 농어촌 마을오폐수의 특성	11
1. 농어촌 마을오폐수 발생특성	14
2. 농어촌 마을오폐수 발생량	14
3. 농어촌 마을오폐수 일간 변동특성	15
4. 농어촌 마을오폐수 수질특성	16
5. 농어촌 마을오폐수 오염부하량	16
6. 다가구 혼합하수 발생특성	17

제3장 오폐수 정화처리 공법의 종류	19
제1절 생물학적 처리공법	20
1. 부유식	22
2. 부착식	22
가. 호기성 처리	22
나. 혐기성 처리(메탄발효공법)	24
제2절 활성슬러지 공법	25
1. 메커니즘	25
가. 하수와 활성슬러지가 접촉하여 생물흡착에 의한 제거(유기물산화)	25
나. 활성슬러지의 증식에 따른 제거(세포물질의 생성)	26
다. 내생호흡에 의한 세균물질 산화에 따른 제거(세포물질의 내생호흡)	26
2. 활성슬러지 생성	27
가. 플록분산기(제1단계)	28
나. 플록형성기(제2단계)	28
다. 플록해체기(제3단계)	28
제4장 정화처리시설공법 비교	31
제1절 기존 오폐수정화처리공법	31
제2절 마을 하수도 사업	36
제3절 문화마을 하수도 설치사업	40
제4절 Y군 합병정화조 교체사업	43
제5장 정화처리시설 설치 이후의 가동효율 검증	47
제1절 단독가구형 고효율정화처리시설	49
1. 처리방법	49

가. 살수여상식 생물막법	49
나. 살수여상(撒水濾床)	59
다. 흡수성 바이오필터 시스템	67
2. 현장 가동효율 검증시험	71
가. 단독가구형 현장 시범지구 선정	71
나. 단독가옥형 오폐수정화처리 시설 설치 및 가동효율 분석	71
제2절 중·소규모 오폐수정화처리시설	91
1. 검증사례	91
가. 외국의 설치 후 가동효율 검증 사례(미국)	91
나. 국내에서의 설치이후 처리효율 검증사례	95
2. 현장가동효율 검증시험	106
가. 연구대상공법 및 시범지구 선정	107
나. 정화 처리효율	109
제3절 자연방류시스템	151
1. 시범지구 선정	151
2. 대상공법 선정	151
3. 자연방류시스템 정기 모니터링 실시 및 지상방류와 지하방류의 장단점 분석	152
4. 자연방류시스템 여재별 효율 실험	152
5. 자연방류시스템 현장시험	154
6. 개발 방향	160
제6장 결론 및 실용화 방안	161
제1절 결론	161
1. 기존 공법별 설치 이후 사후 효율검증 결과	163

2. 단독가구형 또는 소규모 고효율 정화처리시설 표준화분야	165
3. 기타 건의 사항	166
제2절 기대효과 및 활용방안	167
제7장 단독가구형 소형 농어촌 고효율 합병정화조 표준화	169
제1절 서언	169
제2절 적용대상 및 설계를 위한 기본적인 조사	170
제3절 계획 설계	172
제4절 하수 처리시설	181
제5절 처리시설의 유지관리	197
참고문헌	205
부록	209

표 목 차

〈표 2.1〉 방류수 수질기준(환경부 수질환경보전법 제 52조관련)	9
〈표 2.2〉 오수처리시설 및 단독정화조의 방류수 수질기준	10
〈표 2.3〉 개별농가의 가정하수 발생량 특성	15
〈표 2.4〉 개별농가의 가정하수 수질 특성	16
〈표 2.5〉 개별농가의 가정하수의 원단위 오염부하량	17
〈표 2.6〉 혼합하수 발생량 및 BOD 오염부하량	17
〈표 3.1〉 호기성 처리와 혐기성 처리의 비교	25
〈표 4.1〉 처리공법별 일반적인 특성비교 (일본 농림성)	33
〈표 4.2〉 마을하수도법 적용 대상사업	36
〈표 4.3〉 마을하수도 사업지구에 설치된 오수정화처리공법 (2000. 12월 현재)	38
〈표 4.4〉 문화마을 사업추진현황 ('99년 11월 말 현재)	40
〈표 4.5〉 문화마을사업 추진지구 정화처리시설 사양 검토	40
〈표 4.6〉 문화마을 워크샵 (Y군 1999)	44
〈표 4.7〉 Y군 '98년 합병정화조 교체사업 추진 현황	45
〈표 5.1〉 생물막표면 Flux와 생물막내의 기질농도	55
〈표 5.2〉 살수여상의 분류와 설계 및 운전 파라미터	60
〈표 5.3〉 살수여상 여재의 종류	61
〈표 5.4〉 교란시료	75
〈표 5.5〉 토질시험 결과표	77
〈표 5.6〉 수질시료 채취지점	83
〈표 5.7〉 수질검사 결과 (호소수질기준)	84

<표 5.8> 수질검사 결과 (먹는물기준)	85
<표 5.9> 1차 수질분석 Data : BOD, SS	87
<표 5.10> 2차 수질분석 Data : BOD, COD, SS, TP	89
<표 5.11> 2차 수질분석 Data : TN	90
<표 5.12> 실 가동중인 접촉산화 공법에서의 오염 제거율	96
<표 5.13> 시간에 따른 군부대의 오수 농도 변화	97
<표 5.14> 군부대 오수정화처리공법 개선을 위한 공법별 평가 결과	99
<표 5.15> 소규모 마을오폐수처리시설 처리효율 조사 시설수	100
<표 5.16> 분석항목 및 분석방법	101
<표 5.17> 각 공법에 따른 소규모 오폐수처리시설의 BOD제거효율	101
<표 5.18> 각 공법에 따른 소규모오폐수처리시설의 T-N, T-P 및 SS 제거효율	103
<표 5.19> Y군 합병정화조 교체사업 방류수 수질검사 결과	105
<표 5.20> 연구 대상 공법 선정	107
<표 5.21> 2001년 현장 간이수질 측정자료	109
<표 5.22> 현장 간이 수질 검사 결과	118
<표 5.23> 정밀수질 검사 결과 정화처리 효율을 보인 회수	119
<표 5.24> pH	121
<표 5.25> EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	122
<표 5.26> COD (mg/ℓ)	123
<표 5.27> 각 업체별 처리시설의 COD 처리효율	125
<표 5.28> T-N (mg/ℓ)	126
<표 5.29> T-P (mg/ℓ)	128
<표 5.30> SS (mg/ℓ)	131
<표 5.31> 주요 4항목 공법별 평균 정화처리효율	148
<표 5.32> 주요항목 공법별 수질검사결과	149

<표 5.33> 자연방류시스템의 선정공법	151
<표 5.32> Scoria의 유입수, 처리수 오염물질 변화 및 제거효율	154
<표 5.34> 양평군 현장조사 수질분석 결과	157
<표 5.35> 경기도 양평군 일원 토양교란 시료	158
<표 5.36> 연립주택 흡수성 바이오필터 공법 수질검사 결과	158
<표 5.37> 지하수 수질검사 결과 (먹는샘물기준)	159
<표 7.1> 농어촌 생활계 오수의 원단위	173
<표 7.2> 오수처리방법의 분류의 특성	178
<표 7.3> BOD제거율 및 슬러지전환률	181
<표 7.4> 방류수수질기준(제6조제1항관련)	181
<표 7.5> 처리시설 설치방법의 분류와 특징	194
<표 7.6> 오염부하감소를 위한 가정에서의 유의사항	198
<표 7.7> 오폐수처리시설의 유지관리 주요내용	199
<표 7.8> 수질검사항목과 검사 회수	201
<표 7.9> 단독가구형 오폐수 처리시설의 단위장치운전상 기본적 고려사항	202
<표 7.10> 단독가구 처리시설 각종 기기류에 대한 점검 내용	203

그 립 목 차

〈그림 3.1〉 BOD원의 특성에 따른 BOD 제거량	27
〈그림 5.1〉 생물막내의 기질농도측단면곡선을 나타내는 모델	53
〈그림 5.2〉 생물막내에서의 기질의 확산이동과 제거반응을 나타내는 모델	55
〈그림 5.3a〉 한 구성기질에 있어서의 기질농도와 기질제거속도와의 이상적 관계	57
〈그림 5.3b〉 두 구성기질에 있어서의 제한기질의 변화	58
〈그림 5.4〉 흡수성 바이오필터 처리계통도	68
〈그림 5.5〉 질소 인 제거형 공정 개요도	70
〈그림 5.6〉 안산시 대부도 시범지구 위치	72
〈그림 5.7〉 토양 불교란 시료 채취지점 모식도	75
〈그림 5.8〉 바이오필터 오페수정화처리 시스템 구조도	78
〈그림 5.9〉 바이오필터 오페수정화처리 시설물 전극봉 및 전기배선 설치도	79
〈그림 5.10〉 흡수성바이오필터 현장설치	80
〈그림 5.11〉 흡수성바이오필터 유량조정조 설치	81
〈그림 5.12〉 흡수성바이오필터 구조물	81
〈그림 5.13〉 수질시료 채취지점	83
〈그림 5.14〉 1차 수질분석 결과(BOD)	88
〈그림 5.15〉 1차 수질분석 결과(SS)	88
〈그림 5.16〉 시간에 따른 군부대의 오수 유입량	98
〈그림 5.17〉 BJ사에서 운영하는 오수처리기의 현장수질분석 결과	112
〈그림 5.18〉 BT사에서 운영하는 오수처리기의 현장수질분석 결과	113

<그림 5.19> C사에서 운영하는 오수처리기의 현장수질분석 결과	114
<그림 5.20> H사에서 운영하는 오수처리기의 현장수질분석 결과	115
<그림 5.21> S사에서 운영하는 오수처리기의 현장수질분석 결과	116
<그림 5.22> D사에서 운영하는 오수처리기의 현장수질분석 결과	117
<그림 5.23> BJ사에서 운영관리하는 오수처리기의 항목별 처리효율	133
<그림 5.24> BT사에서 운영관리하는 오수처리기의 항목별 처리효율	136
<그림 5.25> C사에서 운영관리하는 오수처리기의 항목별 처리효율	139
<그림 5.26> H사에서 운영관리하는 오수처리기의 항목별 처리효율	142
<그림 5.27> S사에서 운영관리하는 오수처리기의 항목별 처리효율	145
<그림 5.28> 유입되는 질산성질소 농도별 pore volume에 따른 유출수의 질산성질소 농도 변화	153
<그림 5.29> 미생물을 배양한 후 질산성질소 40mg/l를 주입하였을 때 pore volume에 따른 유출수의 질산성질소 농도 변화	153
<그림 5.30> 양평군 시료채취 지점	156
<그림 5.31> C지점 모식도	156
<그림 7.1> 단독가구형 병렬구조 설치 개념도	179

제1장 서 론

제1절 연구개발의 필요성

우리나라를 UN에서 미래 물부족국가로 분류하면서 청정한 수자원 확보 및 수질보전문제가 국민적 관심사가 되었다. 또한 시화호 문제 등 수질오염 문제가 날로 심각해지면서 하수도 보급율이 낮고 주택이나 건물이 산재한 형태로 부존하는 농어촌 지역의 소규모 오폐수 정화처리시설의 적정 개발 보급에 대한 관심도 증대되고 있다. 농어촌지역 수자원을 위협하는 주요 오염원으로는 축산오폐수와 공장오폐수, 생활오수 및 기타 오염원으로부터의 방류수 등이 있으며 이러한 오염원으로부터의 오폐수를 처리하고자 정부 관련기관에서는 지속적으로 노력을 경주해오고 있다. 정부에서는 그동안 축산단지 오수 정화처리 공법 개발과 중규모 이상 오폐수 정화처리시설 보급을 위하여 농촌문화마을사업, 마을하수도 사업등을 통하여 많은 투자를 하여 오고 있다.

2000년도 초 현재 전국 133개소 정화조등 오수처리시설 제조업체가 환경부로부터 제조허가를 받고 있었으며 1999년 8월 오수·분뇨및축산폐수의처리에의한 법률의 처리시설 제조 관리를 강화하여 2000년 6월 성능검사에서 49.6%인 66개 업체가 낮은 효율로 불합격 판정을 받고 재검사 지시를 받은 바 있다. 하지만 이러한 시설도 중규모 처리시설로 단독가구형이나 소규모 시설은 아직은 경제적인 처리공법과 제조시 소형화에 어려움이 있어 활성화 되지 못하고 있으며 연구개발 실적도 적어 현재로서는 정부차원의 적극적인 지원이 어려운 형편이다. 이러한 중규모 처리공법들은 도시의 대규모 하수종말처리시설에서의 적용되고 있는 공법들을 축소한 것으로 소형화에는 제약요소가 많다.

또한 법률적으로도 오수처리시설 제조업체 아직은 제조인가 조항으로 설치 당시의 처리효율을 관리하고 있으나 실제 현장에 설치하고 운영하는 경우 발생하는 여러가지

현장여건과 환경조건 변화에 대처능력 등에 대한 사후 관리체제가 없어 시군 자치단체 등 신규설치를 위한 공법 선정시 어려움이 많다. 기존 시판중인 공법들은 미생물을 이용한 처리공법들이 대부분으로 설치이후 초기 효율은 높으나 약 1년 정도가 지나면 효율저하 현상을 일으키는 시설들이 있으나 이에 대한 장기 모니터링 및 사후 관리 체제 미흡으로 정보가 부족하여 동일 공법이 지속적으로 정부지원하에 설치되는 사례도 있어 보완이 시급하다고 하겠다.

우리나라의 오폐수 발생현황은 다음과 같다. 2000년 현재 환경부 자료에 의하면 오폐수 발생 원별로 볼 때 우리나라에서는 하루 19,724천톤의 오폐수가 발생하고 있으며 생활하수가 15,463천톤/일(78%)로 가장 많고, 산업폐수는 4,068천톤/일(21%), 축산폐수는 193천톤/일(1%)가 발생되고 있다. 오폐수중에 포함된 순수한 오염물질의 무게를 나타내는 지표인 발생오염부하량(polluting load)으로서 우리나라에서 발생하는 오폐수의 BOD부하량은 하루 6,696톤에 이르며 이중 생활하수 부하량이 가장 많은 3,516톤/일(53%), 산업폐수부하량은 2,629(39%), 축산폐수는 551톤/일(8%)를 차지하고 있다. 비점오염원에서 발생하는 오염부하량을 아직 정확한 조사가 이루어지지 못한 실정이다.

이처럼 양적으로나 오염부하량으로나 가장 많은 부분을 차지하는 것이 생활하수이나 농촌지역의 기반시설은 아직 미흡한 형편으로 '99년 말 하수관거설비율이 특별시, 광역시를 제외한 도지역은 평균 50.4%이고 읍, 면지역은 이보다 훨씬 낮다. 하수관거 시설이 미흡한 농촌 읍면지역에서는 생활하수가 소하천으로 그대로 방류되고 있는 지역이 많으며, 농촌 복지와 생활환경은 급속하게 발전되어 생활하수의 양은 크게 늘어나고 있는 현실이다.

이러한 산재한 농가 가옥구조 특성을 감안하여 단독가구형 또는 소규모 오폐수 정화처리시설 개발을 위한 시설 표준화 및 지하자연방류 시스템을 개발에 관련된 연구는 시의 적절하며, 연구결과의 실용화는 향후 신규 정화처리시설 공법 선정시 중요한 자료로 적극 활용하고자 하며 연구의 파급효과로서 농촌 소하천 생태계 복원을 통한

여 농촌 수자원 수질보전 및 수자원 보호에 기여함으로써 생활환경개선 및 농민의 삶의 질 향상에 지대한 영향을 미칠 것으로 기대된다.

제2절 연구개발의 목적 및 중요성

산재한 농촌지역에 단독가옥 또는 소규모 마을 단위에 신규 하수도시설은 막대한 예산이 소요되고 우리나라 산악지형 특성상 시공이 어려운 지역이 많아 오폐수를 발생 원지점에서 처리하여 방류하는 소형 고효율 정화처리공법이 필요하다. 기존 도입된 다양한 중규모 오수 정화처리공법은 설치이전에 사전검토 위주로 선정되었으며 사후 관리가 미흡하여, 일부 공법들은 운영중의 문제점 발생도 있고 운전기법도 복잡하여 농촌형으로 보급이 곤란하며 장기간 운영시 가동효율도 떨어지는 공법이 다수로 설치 이후 장기 모니터링이 필요하다.

단독가구형 및 소규모 고효율 오폐수 정화처리시설을 표준화함으로써 향후 농촌 지역 정화처리시설 보급시 참고할 수 있고 소하천 생태계 복원으로부터 지표수와 지하수 수질보전에 기여하고자 다음과 같은 목적으로 본 연구를 수행하게 되었다.

목표 : 한국형 소규모 농어촌 오폐수 정화처리 및 지하자연방류시스템 개발

이러한 목표를 달성하기 위한 세부 연구개발 추진목표로서 다음과 같은 세부항목을 수립 추진하였다.

- 농어촌 오폐수정화시설 표준화 기술 개발
- 국내 현실에 맞는 오폐수정화시설 조사
- 각종 오폐수 정화기술 적용방법 등 실제 가동효과 분석
- 방류수 수질기준에 적합한 오폐수처리기법 도출
- 지하자연방류시스템 개발
- 기술보급 및 홍보

제3절 연구개발 내용 및 범위

하수시설이 미흡하고 퇴적퇴염 산재한 농어촌 취락구조를 감안하여 단독가구형 또는 소규모 고효율합병정화조를 개발할 수 있는 기반을 마련하고, 농촌생활오폐수를 발생지에서 원천적으로 처리할 수 있도록 하여 소하천 수질보호 및 농촌지역 청정지하수 자원 보호를 통하여 청정 생태계를 복원하고자 설치 운영비가 저렴하고, 운전이 용이하며 효율이 높은 농촌형 오수정화처리기 표준화 및 유사 공법 선정 기준 지침 마련코자 다음과 같은 연구개발 내용 및 범위를 설정하고 추진 하였다.

- 우리나라 농촌 오폐수 정화처리시설 표준화 기술개발
- 국내 현실에 맞는 오폐수 정화처리 공법 조사
- 시범지구를 통한 수질오염문제 검토
- 기존 설치 정화처리 공법에 대한 기술검토 및 실제 가동효과 분석
- 방류수 수질기준에 적합한 오폐수 처리기법 도출
- 한국 농촌형 정화처리시설 표준화 개발
- Waterloo-Biofilter를 이용한 농어촌 오수정화처리시설 설계
- 지하자연방류시스템 개발

제2장 수질관련규정 및 농어촌 마을오폐수의 특성

제1절 관련규정

1. 수질관리

효과적인 수질관리는 수자원을 오염으로부터 방지하여 우리가 필요로 하는 양질의 물을 충분히 확보하고 그곳에서 인간을 포함하여 이용 및 서식하는 생물상에 피해가 없도록 하는 것이 목표이다.

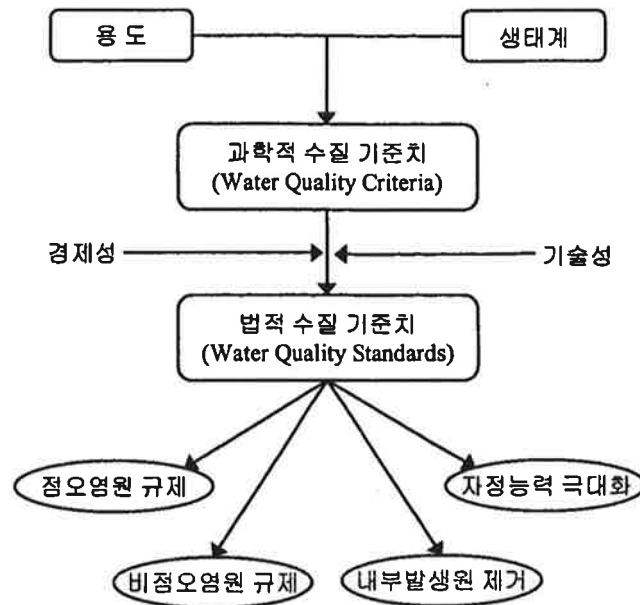
대상 수자원이 현재 또는 장래에 어떤 용도로 이용되고 있으며 그곳에 어떤 생태계가 유지되고 있는지가 파악되어야 하고 수자원의 용도와 생태계의 특성이 파악된 후 그곳에 적합한 수질기준치(Water Quality Criteria)를 과학적으로 설정하고 이를 달성하기 위한 경제적 여건과 기술 가능성을 고려한 후 법적 수질기준치(Water Quality Standards)를 설정하게 된다. 대상수자원이 유지해야할 법적 수질기준치가 결정되면 유입오염원에서 허용되어질 수 있는 배출기준치(Effluent Standards)가 결정되어진다.

배출기준치를 달성하기 위하여 모든 배출원은 수질오염 방지대책을 세우게 되며, 배출기준치 설정과 규제가 가능한 점오염원은 배출농도나 배출량 또는 총량규제 방법으로 관리될 수 있으나 배출규제가 어려운 내부발생원이나 비점오염원의 경우 특별한 관리대책이 요구된다.

수질기준이란 수역의 자연상태 또는 수자원을 적정하게 관리·보전하기 위해서 대상이 되는 수자원의 질을 평가하거나 또는 도달하고자 하는 목표 기준 설정이 필요하게 된다. 수질기준이란 이와 같이 평가 또는 목표의 기준이 되는 수자원의 질적 수준을 수질오염지표 또는 수질오염물질의 농도 값으로 설정해 놓은 수치이다.

수질기준은 크게는 환경행정의 목표가 되는 수질환경기준과 이 환경기준을 유지하

기 위하여 법적 구속력을 갖는 수질규제기준으로 분류할 수 있다



가. 수질환경기준

수질환경기준은 수질오염으로부터 사람의 건강을 보호하고 쾌적한 수 환경을 조성하기 위한 자연상태의 수역에 대하여 설정된 수질기준으로서, 수질관리에 있어서 달성하고자 하는 행정목표이자 이용자들의 요구수준이며, 우리나라에서는 수역 형태별로 하천, 호소, 지하수 및 해역에 대하여 설정되어 있다.

수질환경기준은 법적 구속력은 갖지 않으나 수질환경정책과 수질환경행정의 목표가 되며 이러한 수질환경기준은 각 나라마다 경제, 기술, 지역적 특성 및 사회적 요구수준에 따라 다르다.

총괄적인 의미는 자연생태와 인간의 건강 위해성을 최대한 배제하기 위한 수준으로서 과학기술과 경제적 상황을 감안하여 설정한 행정적 목표를 구체화한 것이다.

나. 수질환경기준의 역할

1) 행정상의 정책목표

- * 국가, 지방자치단체 등이 공해방지에 대한 시책강구 목표
- * 허용한도까지는 수인한도라는 성격이 아니고 보다 적극적으로 유지시키는 것이 바람직한 기준으로서 행정적인 목표로서 성격

2) 미래지향적인 정책목표

- * 국민의 건강과 쾌적한 환경을 조성하기 위한 사후 대처형이 아니라, 정책목표로서 적극적이고 미래 지향형

3) 간접적 규제역할

- * 환경기준을 달성하지 못했을 경우에는 각종 시책이 불충분한 것을 나타내므로 간접적으로 규제역할을 부과

우리나라 수질환경 기준의 구성내용을 보면 수역별, 항목별, 등급별로 구분하여 설정하고, 수역별로 보면 상수원수를 취급하는 수역은 하천/호소로 구분하고 있으며, 유기오염지표는 하천의 경우 BOD, 호소의 경우는 COD로 되어 있으며, 부영양화와 관련된 지표항목인 총인과 총질소는 호소 수질기준에만 적용됨.

항목별로 생활환경 기준인 pH, BOD, SS, DO, 대장균군수 등5개 항목과 사람의 건강보호 기준인 카드뮴, 비소, 시안, 수은, 유기인, PCB, 납, 6가 크롬, 음이온 계면활성제(ABS) 등 9개 항목을 규정하고 있음.

2. 오수분뇨 및 축산폐수처리에 관한 법률

농촌 오수 정화처리공법은 기본적으로 법률에 의한 관리대상에 포함되므로 소규모 농어촌 오폐수 정화처리시스템도 우선적으로 관련 규정을 검토하였다.

우리나라에서 정화처리시설은 법적으로 오수분뇨 및 축산폐수처리에 관한 법률에 의해 관리되고 있다. 동법 2조 제 7호 시행규칙 제 5조 [단독정화조의 오수정화방법]

에 의하면 단독정화조의 오수정화방법은 다음 각호와 같다고 하였다.

- 가. 호기성 생물학적 방법
- 나. 혐기성 생물학적 방법
- 다. 토양침투처리방법
- 라. 제 1호 내지 제 3호의 방법을 조합한 방법

정화처리 시설로서 처리 목표는 수질환경보전법 시행규칙에 규정된 방류수 수질기준을 따라야 한다. 방류수 수질기준에는 세가지 지역으로 구분하여 관리하고 있으며 정화처리시설 기술과 유입수 농도에 무관하게 방류수 농도를 규제하고 있다.

3. 수질규제기준

수질규제기준은 수질환경기준을 유지하기 위하여 법적 구속력을 갖는 규제수단의 하나로서 수질환경기준과 하천의 자정능력에 따라 정해지는 것이 원칙이나 경제적 및 기술적 여건을 감안하여 적용 가능한 수준으로 설정되며 대표적인 수질규제기준으로는 폐수배출허용기준과 방류수수질기준이 있음

가. 폐수배출허용기준

배출허용기준은 개별배출업소에 적용하는 규제기준으로서 환경기준과 하천의 자정능력을 감안하여 설정하고 있다. 우리나라는 수질환경보전법 제8조 및 동법 시행규칙 제8조에서 28개항목에 대하여 폐수배출허용기준을 설정하고 있고, 지역별로 4단계(청정, 가, 나, 특례지역)로 구분하여 적용하고 있으며, 또한 BOD, COD, SS의 경우 폐수배출량 2,000㎥/일 이상과 미만으로 구분 설정함으로써 폐수배출허용기준을 지역별, 규모별로 차등 적용하고 있다.

따라서 폐수배출량 2,000㎥/일 이상의 폐수 다량 배출시설은 더욱 엄격한 배출허용기준을 적용받게 되어 농도규제방식에 양적규제방식을 부분적으로 병행하고 있으며, 특례지역에 해당되는 공단이나 농공단지내에서 종말처리시설에 폐수를 유입하는 배출

업소에 대하여는 별도의 기준을 고시할 수 있도록 규정되어 있다.

배출허용기준은 수역 이용 상황 및 오염원분포 등을 감안하여 지역별로 차등을 두어 설정한다.

나. 방류수수질기준

폐수 배출허용기준이 개별배출시설에 적용되는 규제기준이라고 볼 때 방류수수질기준이란 하수·폐수 및 분뇨처리시설과 같은 종말처리시설에 적용되는 기준으로 방류수수질기준은 폐수배출허용기준보다 훨씬 엄격하게 설정되는데, 그 이유는 배출허용기준의 적용을 받는 개별시설의 배출수가 이 종말처리시설에서 다시 처리될 가능성이 있으며, 또한 이곳에서는 개별 배출업소의 배출량에 비해 상대적으로 매우 큰 하수, 폐수 또는 분뇨가 최종적으로 처리되어 공공수역(강, 하천, 바다 등)으로 직접 방류되기 때문이다.

<표 2.1> 방류수 수질기준(환경부 수질환경보전법 제 52조관련)

구 분		생물화학학적 산소요구량 (BOD, mg/l)	화학적 산소요구량 (COD, mg/l)	부유물질량 (SS, mg/l)	기 타 (mg/l)
하수 종말 처리 시설	특별대책지역 및 잠실수중보권역	10 이하	40 이하	10 이하	총질소: 20 이하 총 인 : 2 이하
	기타지역	20 이하	40 이하	20 이하	총질소: 60 이하 총 인 : 8 이하
폐수종말처리시설 (농공단지 오폐수종말 처리시설을 포함한다)		30 이하	40 이하	30 이하	총질소: 60 이하 총 인 : 8 이하

마을하수법에서는 현재 상기 기준에 대장균수 3,000개/㎖이하를 추가하고 있으며 상기 3개지역으로 서로 다른 기준에 대하여도 2008년 1월 1일부터는 기타지역도 모두 특정지역 기준을 적용할 것으로 계획되어 있다. 또한 현재 총질소, 총인에 대하여는 특정지역일지라도 겨울철(12월-3월)에는 기타지역기준을 적용한다. 대장균수 적용도

2003년 1월 1일 부터는 모든지역에 대하여 적용키로 계획하고 있으며 청정지역 등 특
정지역에서는 1000 개/㎥ 로 강화 적용키로 계획되어 있다.

오수처리시설 및 단독정화조의 방류수 수질기준은 다음과 같다.

<표 2.2> 오수처리시설 및 단독정화조의 방류수 수질기준

지역구분	항 목	단독정화조	오수처리시설
수변구역	BOD 제거율	65 % 이상	-
	생물화학학적 산소요구량 (BOD) (mg/l)	100 이하	10 이하
	부유물질량 (SS) (mg/l)	-	10 이하
특정지역	BOD 제거율	65 % 이상	-
	생물화학학적 산소요구량 (BOD) (mg/l)	100 이하	20 이하
	부유물질량 (SS) (mg/l)	-	20 이하
기타지역	BOD 제거율	50 % 이상	-
	생물화학학적 산소요구량 (BOD) (mg/l)	100 이하	20 이하
	부유물질량 (SS) (mg/l)	-	20 이하

※ 토양침투 처리방법에 의한 단독정화조의 방류수 수질기준으로는 1차 처리장치에의
한 부유물질 50 % 이상 제거와 토양침투 시킬 때의 부유물질량은 250mg/l 이하로 하
고 있다.

제2절 농어촌 마을오폐수의 특성

우리나라의 수질오염원 관리정책에 따르면 수질 오염원은 수질오염이 되는 물질을 배출하는 시설, 토지 등을 말하며 크게 점오염원과 비점오염원으로 대별 할 수 있다. 점오염원은 일정한 배출경로를 갖고 있는 오염원으로 통상 생활하수, 산업폐수, 축산폐수를 일컫는다.

- 생활하수 : 가정, 상업시설 등 가정생활 및 영업활동에 기인하는 오염원
- 산업폐수 : 공장 등 산업활동에 기인하는 오염원
- 축산폐수 : 소, 돼지 등 가축사육활동에 기인하는 오염원

비점오염원이란 불특정 배출경로를 갖는 오염원으로 양식장, 야적장, 산성 강우, 농경지배수, 도시노면배수 등이 이에 해당된다.

2000년 현재 환경부 자료에 의하면 오폐수 발생 원별로 볼 때 우리나라에서는 하루 19,724천톤의 오폐수가 발생하고 있으며 생활하수가 15,463천톤/일(78%)로 가장 많고, 산업폐수는 4,068천톤/일(21%), 축산폐수는 193천톤/일(1%)가 발생되고 있다.

오폐수중에 포함된 순수한 오염물질의 무게를 나타내는 지표인 발생오염부하량 (polluting load)으로서 우리나라에서 발생하는 오폐수의 BOD부하량은 하루 6,696톤에 이르며 이중 생활하수 부하량이 가장 많은 3,516톤/일(53%), 산업폐수부하량은 2,629(39%), 축산폐수는 551톤/일(8%)를 차지하고 있다. 비점오염원에서 발생하는 오염부하량을 아직 정확한 조사가 이루어 지지 못한 실정이다.

폐수량과 부하량의 관계 $C(\text{농도}) = \text{오염부하량}(L)/\text{폐수량}(Q)$

가장 일반적으로 활용되는 오염원관리제도는 수질오염물질을 배출하는 시설에 대한

배출시설 설치허가제도 이다. 생활하수를 배출하는 시설에 대한 배출시설허가제는 없지만, 산업폐수, 축산폐수를 배출하는 시설에 대해서는 배출시설 허가 또는 신고제를 운영하고 있다.

개별 오염배출시설의 오염방지시설 환경기초시설 확충제도로 관리하는데 비시가화 지역의 개별건축물, 폐수배출시설, 축산폐수배출시설을 설치하여 운영하는 자는 오염방지시설을 설치할 의무 규정을 두고 있다. 산업단지의 경우 개별 공장별로 오염방지시설을 설치하는 것 보다 폐수를 차집하여 종말처리할 수 있는 폐수종말처리시설을 설치하고 있다. 영세 축산농가의 축산폐수를 공동으로 처리할 수 있도록 축산폐수공공처리시설을 설치하여 운영하고 있다.

- 하수도 정비 및 하수종말처리시설 건설
- 분뇨종말처리시설 건설
- 산업폐수종말처리시설 건설
- 축산폐수공공처리시설 건설

생활하수가 우리나라 전체 오염원에서 차지하는 비율은 양적으로는 78%이며 오염부하량으로서는 53%를 차지하고 있다. 생활하수에 대한 수질관리는 시가화지역등 인구밀집지역에는 하수도법에 의하여 농어촌 등 인구산재지역은 오수, 분뇨및축산폐수의처리에관한법률에 의해 관리하고 있다.

오염물질 발생량 21%를 차지하는 산업폐수와 1%의 축산폐수 관리 역시 오수, 분뇨및축산폐수의처리에의한 법률에 의거하고 있다. 동법에서 일반적으로 활용되는 오염원관리제도는 수질오염물질을 배출하는 시설에 대한 배출시설 설치허가제도 이다. 생활하수를 배출하는 시설에 대한 배출시설허가제는 없지만, 산업폐수, 축산폐수를 배출하는 시설에 대해서는 배출시설 허가 또는 신고제를 운영하고 있다.

수질오염에 가장 크게 기여하고 있는 생활하수를 관리하기 위하여 하수시설이 완비된 도시지역 생활하수는 하수종말처리장에서 대부분 처리되고 있으며 농촌지역에는 마을하수도 사업을 추진하고 있다. 마을 하수도 사업은 일정규모 이상 집단화된 농촌 마을 지역을 우선적인 대상으로 추진되고 있다.

농어촌 생활하수 처리를 위하여 정부에서 1980년대 초부터 추진한 마을하수도사업은 농촌 문화마을을 중심으로 마을단위 정화처리시설 지원사업이다. 종말처리장 미설치 지역에 집단화된 농촌 마을을 대상으로 대부분 1일 처리용량 10톤이상의 합병정화처리시설을 그 지역의 특성에 맞는 정화처리 공법을 선정하여 설치 지원하는 사업이라 할 수 있다.

이처럼 집단화한 주거형태에 대한 하수 정화처리시설 추진 정책은 있었으나 산재한 단독가구형 농촌주택의 생활오수에 대한 지원은 정화처리는 미흡하다고 할 수 있다. 단독가구의 생활오수는 그동안 그리 심각한 수질오염원으로 대두되지 않았으나 농촌의 생활양식 향상에 따라 수세식 정화조 및 목욕시설 개량, 음식문화의 향상에 따라 그 발생량은 이제 무시할 수 없을 정도라 할 수 있다. 이러한 현상은 과거 청정지역이었던 심곡의 농촌지역 소하천 상류부를 가더라도 하천 오염의 심각성을 알 수 있게 되었다. 이러한 문제는 하류의 하천 수질오염 유발은 물론 하천 유지용수가 부족한 갈수기 기간 중에는 농촌의 지하수 오염문제로도 확대 되고 있다. 따라서 우리나라 하천수질 개선을 위하여는 상류부 소하천 수질개선이 가장 우선시 되어야 한다고 본다.

현재 도시 규모 또는 공단지역에는 종말처리장 설치사업을 축산폐수 처리를 위하여는 별도의 축산 폐수처리를 위한 합병 정화조 공법 개발 및 설치 지원을 위한 다양한 정책지원을 추진하고 있으며 농촌에는 문화마을 사업과 마을단위의 마을하수도사업을 설치 지원하고 있으나 1일 처리용량 5톤 이하의 단독가구형이나 소규모 처리시설에 대한 지원은 아직은 거의 미흡한 현실이다.

그동안 정부지원 정책이 미흡한 농촌지역의 산재한 단독가구의 생활오수를 이제는

정화처리후 방류하여 소하천 수질을 회복할 수 있는 방안 마련 차원에서 단독가구 및 소규모 오폐수 정화처리시설 표준화 개발을 목표로 1998년부터 3년간 본 연구를 수행하게 되었다.

1. 농어촌 마을오폐수 발생특성

농어촌지역에서 발생하는 오폐수의 발생특성은 기존자료를 활용키로 하였다. '96년부터 '97년까지 농림기술관리센타로부터 연구과제로 수행한 농어촌지역 상수보존 및 오폐수처리에 관한 연구 보고서에 따르면 농촌지역의 가정하수 발생특성은 다음과 같다. 동 연구에서의 조사방법은 계절의 영향을 고려하여 년3회 반복 조사하였다. 개별 농가의 발생특성은 도고, 북일, 천북지구를 대상으로 조사하였고, 다가구 농가의 혼합하수 특성은 24시간동안 시료를 채수하여 시간에 따른 하수발생 특성을 조사하였다. 현장에서 온도, 유량, pH, 용존산소, 전기전도도 및 BOD를 측정하였고, 신속하게 실험실로 운반하여 T-N, T-P, SS함량 등을 분석하였다. 각 분석항목에 대한 분석방법은 수질환경공정 시험방법을 근거로 하였다.

2. 농어촌 마을오폐수 발생량

3개 지구에서 연 3회 조사한 가정오폐수 발생량 범위를 비교해보면 <표 2.3>에서와 같이 100~200 l/인/일로 지역에 따른 큰 차이를 보여준다. 도시지역 일인당 가정하수 발생량은 200 l/인/일로서 도고, 천북지구의 발생량과는 비슷한 수준이나, 북일지역과는 상당한 차이가 나타났다. 가정오폐수의 발생량은 지역에 따라 다양하며, 충분한 수자원이 확보된 경우에는 도시지역과 큰 차이가 없는 것으로 추정할 수 있다. 그러므로 농어촌지역 오폐수처리시설의 용량을 결정할 때 해당지역 특성을 잘못 이해하고 발생량을 적정하게 산정해야 한다.

<표 2.3> 개별농가의 가정하수 발생량 특성

구 분	1가구당 1일 발생량 (ℓ/가구/일)	1인당 1일 발생량 (ℓ/인/일)
도고(6인가족)	1122	187
천북(3인가족)	615	205
북일(4인가족)	408	102

* 출처 : 농어촌지역 상수보존 및 오폐수처리에 관한 연구 최종보고서

3. 농어촌 마을오폐수 일간 변동특성

도고지역에서 연 3회 동안 2시간 간격으로 24시간 동안 발생량을 조사하여 계절과 시간의 변화에 따른 발생량, BOD, T-N 및 T-P양을 분석하였다.

8월 중 실시한 2차조사에서 오폐수 발생량이 타 조사시기에 비하여 많고, 하절기 등 용수수요가 많은 시기로서 계절적 편향이 심한 것으로 분석된다. 3회의 조사결과 가정하수는 아침과 저녁 식사시간에 집중적으로 발생되고 있음을 알 수 있고, 이러한 경향은 도시지역의 가정하수 발생특성이 오전 11시와 오후 9시에 최고점에 이르는 두 개의 정점을 갖는 완만한 곡선형태의 특징을 나타내는 것과 구별된다. 도고지구 2차 조사시 자정시간 발생량이 400 ℓ/hr으로 최고치를 기록하였으며, 이것을 일인당 발생량으로 환산하면 67 ℓ/hr/인으로서, 이것은 연간 일일평균발생량 187 ℓ/인/일의 35%가 한 시간 동안 발생하였음을 의미한다.

농어촌지역에서의 오폐수가 도시지역과 달리 특정시간대에 집중적으로 발생하므로 가정으로부터 오폐수처리시설에 이르는 하수관거의 직경은 하절기 최고 발생량을 감안하여 충분한 크기로 설계하여야 한다. 또한 발생량이 집중되어 있어 특정시간대에 많은 양의 오폐수가 발생한다는 것은 처리시설공급의 선정단계에서 고려되어야 하는 중요한 인자가 될 수 있다.

BOD, T-N 및 T-P 오염부하량도 아침, 저녁시간에 높은 경향을 보이니 하수발생량과

정비례하여 증가하지 않으므로, 비교적 처리효율이 낮은 수세식 정화조에서 발생하는 오수의 영향을 받았음을 알 수 있다.

4. 농어촌 마을오폐수 수질특성

개별농가에서 24시간동안 발생한 생활하수와 오수를 모두 수집하여 분석한 결과로부터 평균값을 취하여 비교하면 <표 2.4>와 같다.

<표 2.4> 개별농가의 가정하수 수질 특성

구 분	BOD(mg/ℓ)	T-N(mg/ℓ)	T-P(mg/ℓ)
도 고	202	30.6	3.54
천 북	157	25.0	3.77
북 일	242	32.3	5.92
평 균	200	29.3	4.41

* 출처 : 농어촌지역 상수보존 및 오폐수처리에 관한 연구 최종보고서

BOD는 157~242mg/ℓ으로 비교적 높은 수치였으며, 발생량이 가장 적은 북일지구에서 가장 높았다. T-N과 T-P도 북일지구에서 가장 높았으나 큰 차이는 없다. T-N과 T-P는 지역에 따라 다소의 차이는 있으나 유사한 값을 보였으며, 3개 지구 수질의 평균 BOD, T-N 및 T-P는 200.3mg/ℓ, 29.3mg/ℓ 및 4.41mg/ℓ이다.

5. 농어촌 마을오폐수 오염부하량

오염부하량은 발생량과 수질특성이 모두 고려되어지는, 하수처리시설의 설계시 중요한 인자이다. 3회의 조사에 의한 3개지구의 평균 오염부하량은 <표 2.5>와 같다. 이(1985)에 의해 보고된 농촌지역의 가정 오폐수 BOD부하량은 19.4±4.7g/인/일로 나타났다. 본 조사에서는 3개 지구 평균 오염부하량(BOD)이 29.2g/인/일로 비교적 높다. 이러한 현상은 처리효율이 낮은 수세식화장실의 영향이라 사료된다.

<표 2.5> 개별농가의 가정하수의 원단위 오염부하량

구 분	BOD(g/인/일)	T-N(g/인/일)	T-P(g/인/일)
도 고	32.9	5.59	0.66
천 북	30.6	4.91	0.76
북 일	24.2	3.13	0.53
평 균			

* 출처 : 농어촌지역 상수보존 및 오폐수처리에 관한 연구 최종보고서

6. 다가구 혼합하수 발생특성

하수관거 시설이 완벽하지 못한 농어촌지역에서 개별농가에서 발생한 하수가 소하천에 도달할 때 얼마만큼 가정하수가 유실 또는 희석 등에 의해 자정되는지 파악하기 위하여 다가구 혼합하수의 발생특성을 관찰하였다. 조사지점은 17가구의 가정하수가 모여서 소하천으로 유입되는 곳으로서 가장 먼 농가는 100m정도 떨어져 있고, 인근에 논이 산재해 있다. 5월과 7월 2회 조사결과는 <표 2.6>과 같다. 하천수와 가정하수의 혼합하수로 계산된 BOD오염부하량은 12.5g/人/日로 개별가구를 대상으로 측정한 가정하수의 BOD 오염부하량 29.2mg/ℓ보다 매우 낮게 나타났다. 흐르는 동안 계속수가 유입되어 희석되고 주변에 산재해 있는 담에 관개 또는 배수되는 동안 하천유지수의 희석으로 인해 유기물질 및 영양소의 오염부하량은 적어졌다.

<표 2.6> 혼합하수 발생량 및 BOD 오염부하량

구 분	1일 발생량 (ℓ/일)	1가구당 1일 발생량 (ℓ/가구/일)	평균 BOD (mg/ℓ)	1인당 BOD 오염부하량 (g/인/일)
현 도	59,140	3,479	16.2	12.5

* 출처 : 농어촌지역 상수보존 및 오폐수처리에 관한 연구 최종보고서

여 백

제3장 오폐수 정화처리 공법의 종류

오폐수를 정화처리하는 공법은 크게 세가지로 구분될 수 있는데 거름장치를 이용하는 물리적인 공법과 약품을 이용하는 화학적 처리 그리고 가장 많이 이용되고 있는 미생물 처리공법으로 분류할 수 있다. 최근까지도 학계와 연구계에서는 세가지 공법 분야에 대한 연구가 활발하지만 실제 국내 시판되고 있는 중소규모 정화처리공법은 거의 대부분 미생물 처리공법이 주종을 이루고 있다. 미생물 처리공법은 대량처리가 가능하며 부산물 처리가 다른 공법에 비하여 용이하다는 점을 장점으로 들 수 있으며 처리공법 관련 기술은 대부분 하수종말처리장에서 대용량 규모로 활용되고 있는 기술로서 이를 축소시켜 중, 소규모 시설로 개발 시판되고 있다.

폐수처리의 목적은 함유된 오염물질을 분리 또는 분해시켜 안정화 또는 무해 물질로 전환시켜 방류함으로써 수질보전을 꾀하는 방법이다. 산업발달과 인구과밀로 인하여 발생하는 하수와 오수는 자연력에 의한 자정작용으로 정화되기에는 한계를 넘었다고 할 수 있다. 이러한 하수와 오수의 무단방류는 1차적으로 지표수를 오염시키고 나아가 2차적으로 지하수와 생태계 먹이사슬 파괴, 부영양화, 가스발생 등을 유발시킨다. 이러한 오염피해를 방지하기 위하여 하수와 오수를 인공적으로 수처리하게 되며 가장 일반적인 것은 생물학적 처리공법인 활성슬러지, 살수여상법, 회전원판법, 산화지, 부패조 등이 있다.

본 연구의 기존 공법에 대한 사후 효율검증 시험과정에서 연구자는 정화처리공법의 실제 사용자인 농민이나 음식점 소유주 등 실제 가동을 책임지고 있는 운영자들이 정화처리공법에 대한 이해부족으로 전기료 등을 걱정한 나머지 또는 기타 요인으로 전원 스위치를 차단함으로써 포기가 중단되고 산소부족으로 미생물이 멸종되는 사고 경우가 다수 확인되었다. 대부분의 운영자들은 단순하게 기계적인 처리로 추정하고 있어 일시적으로 전기를 몇 일간 차단하다가 다시 전원을 연결하면 즉시 재 가동되고 높은 정화효율을 얻는 것으로 추정하고 있었다. 실제로 호기성 미생물 처리공법에서 미생물이 산소부족으로 몰살하면 공법과 구조에 따라 차이는 있지만 다시 설계된 정

화효율을 얻기 위하여는 정화처리조 내부를 청소하고 미생물이 새로이 주입하는등의 사고처리를 해야만 가능하며 미생물 하기 위해 2주로부터 두달 정도가 소요되는 공법도 있다. 따라서 가장 활용도가 높은 주요 미생물처리공법에 대한 기본적인 상식을 운영자에게 교육시킬 필요가 절실하다고 하겠다.

제1절 생물학적 처리공법

본 연구에서는 오수분뇨 및 축산폐수처리에 관한 법률과 관련하여 최근까지 가장 많이 활용되고 있는 생물학적 처리공법을 주 대상으로 하였다. 생물학적 처리공법에서 이용되는 미생물로는 원생동물, 조류, 박테리아 등이 있으며 이들의 생존 번식 환경에 따라 호기성과 혐기성으로 나뉘어 진다. 호기성 미생물은 자신들의 번식과정에서 산소를 필요로하며 그들의 먹이라 할 수 있는 탄소화합물을 탄산가스와 물로, 질소화합물은 암모니아 또는 질산염으로 변환시켜 정화처리 효율을 얻게 된다. 혐기성 처리공법에서는 미생물이 번식하며 유기물은 유기산, 알콜 등을 거쳐 최종적으로 탄산가스, 수소, 질소, 메탄 등으로 변환된다.

생물학적 처리를 기본으로 하는 정화처리공법의 표준화란 이러한 미생물의 생리작용 즉 증식활동에 필요한 조건들이 어떠한 것이 있으며 이를 얼마나 지속적으로 충족시켜 줄 수 있는가에 기본을 두고 작성되어야 한다.

미생물 생리작용에 기본이 되는 환경을 우리 사람들이 측정하기 편하고 과학적으로 입증되는 측정항목으로 표현하고 있으며 이러한 대표적인 항목으로 미생물, 영양분, 수온, 용존산소, pH, 체류(반응)시간 등을 들 수 있다.

다양한 정화처리 공법들은 상기 항목중 미생물을 흡착시켜 항시 공급해주기 위한 여재를 다양한 형태로 개발하여 각 제조사 별로 여재가 다르며, 영양분은 유입수 성분과 농도에 따라 설계기준이 달라지게 되며, 용존산소를 지속적으로 충분하게 공급

해주기 위하여 폭기조시설을 제조사별로 다양하게 설계하고 있으며, 처리조 내에서 체류시간 조절을 위하여 설계가 달라지고 있다. 또한 미생물 공급 및 처리효율 증대를 위하여 일정 처리수를 반송시키는 장치를 설계하는 공법들도 있으며 온도와 pH는 어느정도 허용한계치 내에 들도록 설계하고 있다.

다양한 공법별 제조회사 실험실에서 고효율을 검증된 정화처리시설임에도 실제 가동시 효율 저하 사례가 많았으며 주요 원인으로서는 다음과 같다. 기본적으로 다수의 공법이 유입수량과 유입수 농도가 일정하지 못하고 급변하는 상태에 적용하지 못하고 효율이 떨어지는 사례가 많았다.

- 공법상 적절한 설계 기준들이 고려되지 않아 잉여슬러지가 과잉 발생되어 처리조 내부가 잉여 슬러지로 채워져 실패한 사례,
- 사용자가 전기료를 걱정하여 전원을 차단함으로써 폭기조가 중단되고 산소부족으로 미생물들이 폐사하는 사고로 인한 효율 저하 사례
- 세제, 소독제 등 미생물을 죽게하는 성분들이 유입수에 포함되어 들어오는 경우
- 유입수량이 일정하지 않는 곳이 대부분이었으나 유입수량 감소시는 반송장치로 인하여 처리효율에 문제가 발생되지 않았으나 급작히 높은 농도의 많은 유입수가 들어올 경우 미생물 증식이 따르지 못하여 처리효율이 떨어지는 사례

생물학적 공법이란 미생물의 먹이가 되는 오수속의 유기물질을 미생물이 섭취 증식하게 하여 유기물질을 제거하는 방법이며 미생물 성장방식에 따라 부유식과 부착식이 있으며, 산소이용 여부에 따라 호기성 처리와 혐기성 처리로 구분할 수 있다.

또한 미생물을 수조내에서 부유시키는지와 여재를 넣어주고 여재 표면에 부착시켜 성장시키는지에 따라 부유식과 부착식으로 구분할 수 있다.

1. 부유식

폐수를 포기조에 유입시켜 미생물을 부유상태에서 유기물과 상호 접촉시켜 활성슬러지화 시키고 이에 의한 Floc 형성, 흡착 산화를 거쳐 잉여 미생물과 무해한 무기물질로 전환 시킨다. 잉여미생물은 침전조에서 고액분리후 일부는 반송 슬러지로 포기조에 반송되고 일부는 잉여슬러지로 폐기시키는 공법이다. 대표적인 처리공법으로 활성슬러지법이 있다.

2. 부착식

처리조에 미생물 흡착이 용이하고 흡착 표면적을 크게 하기 위하여 다양하게 개발된 여재를 넣고 이 여재 표면에 미생물이 흡착하여 점막을 형성케하고 미생물이 유기물과 접촉하여 점막으로부터 CO₂와 무기물질 등이 방출된다. 점막에서 물질대사가 활발한 부분은 계면부분으로 먹이가 과잉으로 존재하므로 지수성장을 할 수 있다. 내부로 갈수록 먹이부족으로 내호흡을 하게 된다. 점막이 너무 두터워지면 산소침투가 어려워 혐기성이 되기도 한다. 혐기성 상태가 심해지면 황화수소나 유기산 등이 발생되어 pH가 저하되어 점막에 악 영향을 미친다. 이러한 영향과 폐수의 전단력 등 때문에 과도하게 증식된 점막은 여재로부터 탈리되기도 한다.

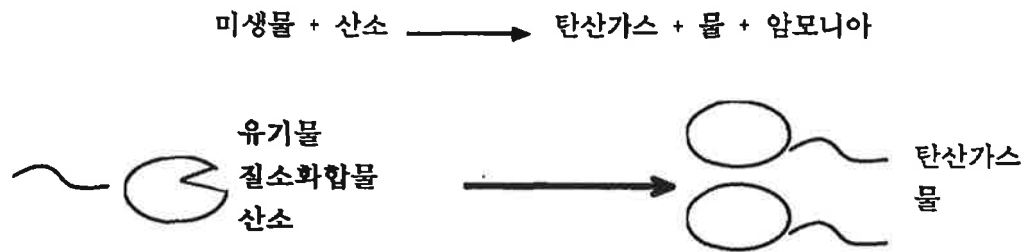
미생물에 산소공급 및 이용 여부에 따라 호기성 처리공법과 혐기성 처리공법으로 나뉘어지기도 한다.

가. 호기성 처리

호기성 미생물 대사작용시 이용된 유기물의 약 절반정도는 증식되는 미생물로 합성되지만 혐기성 미생물은 합성비율이 낮아 정화처리공법에서는 주로 호기성 미생물에 의한 처리에 크게 의존하고 있다. 이러한 이유로 대다수의 중규모 정화처리공법에서는 산소공급을 위한 포기시설을 설치하고 있다. 공기를 작은 기포형태로 주입하여 산소와 액체의 접촉면적을 늘려 산소 전달계수를 높이게 되며 이러한 포기장치로 인하

여 정화처리시설의 소형화에 제한이 되고 전기로 인한 운영비도 늘게 된다.

미생물이 과잉 생산되면 영양분이 모자라게 되고 미생물은 일부가 산화되고 산화되지 못한 잉여 미생물은 슬러지로 남게 된다.



- ① 합성반응 : 유기물이 미생물에 의해 섭취되고 일부는 산화분해 되어 CO₂와 물이 되고, 나머지는 미생물의 증식에 이용되는 과정이다.
- ② 내호흡 반응 : 잉여슬러지를 내호흡 단계에서 장시간 포기하면 호기성미생물에 의하여 CO₂, H₂O, NH₃ 등의 무기물로 감량화 하는 과정.
- ③ 산소의 공급이 필수적

오염성분인 유기물은 이와 같이 미생물의 증식에 필요한 양분으로서의 역할과 호흡시에도 소모된다.

BOD란 호기성 생물이 용존산소가 존재하는 물 속에서 유기물질을 산화 분해하는 경우에 소비하는 용존산소량을 말하며, 회석검수가 20℃에서 5일간 소비하는 산소량을 BOD₅라 한다. 또한 수질환경 분야에서 생물학적 산소요구량이라 하는 것은 어떠한 유기물을 미생물에 의하여 호기성 상태에서 분해 안정화하는데 요구되는 산소량을 ppm 단위로 표시한 것이며 BOD가 높으면 유기물의 오염도가 높은 것을 뜻한다. 생화학적 산소요구량이란 황화물, 아황산염, 제 1철염 등 무기물질의 화학반응에 의한 산소소비량까지를 포함하는 산소소비량을 뜻한다.

상기 미생물 처리 과정은 다양한 세균, 곰팡이류, 미생물들이 서로 먹이사슬을 형성하고 경쟁하는 복잡한 관계를 단순하게 설한 것으로 미생물사이의 경쟁, 포식, 공생작용등 생태학적 상호 작용에 의해 조절된다.

따라서 다양한 공법별 정화처리 시설내에서 유입원수의 특성과 수질성분, 농도와 물량 등의 변화와 미생물 작용의 변화까지 고려한다면 정화처리공법이 단순한 기P적인 처리과정으로 일정 처리효율을 지속할 수는 없다고 볼 수 있다. 미생물은 생명체이기 때문에 그 증식과정에 필요한 조건들이 일정하게 유지 되지 않는 상황에서 일정한 처리효율을 기대할 수가 없다고 볼 수 있다.

나. 혐기성 처리(메탄발효공법)

수중의 용존산소가 없는 경우 혐기성미생물에 의하여 유기물질이 분해되는 과정이다.

① 1단계 반응 : 유기산균에 의하여 유기물이 유기산과 알코올로 전환되는 반응.

② 2단계 반응 : 생성된 유기산이 메탄균에 의하여 최종 생성물인 CH_4 와 CO_2 로 전환되는 반응.

생물학적 처리공법은 구조 및 여재에 따라 기 시공되고 있는 공법이 다양하여 사용자에게 이해를 돕는 차원에서 본 연구에서 이러한 다양한 공법을 모두 검토하기 보다는 최근 가장 많이 활용되고 있는 호기성처리공법으로 부유식의 대표적 공법인 활성슬러지 공법과 부착식 처리공법의 하나인 생물막 공법의 기본적인 처리개념과 공정에 대하여 간단하게 검토하기로 한다.

<표 3.1> 호기성 처리와 혐기성 처리의 비교

구 분	호기성 처리	혐기성 처리	비 고
물질대사의 특성	유기물질이 미생물 세포로 전환되고 미생물 세포를 제거함으로써 달성됨	유기물질이 1단계로 유기산과 알코올로 전환되고 2단계로 CH ₄ 와 CO ₂ 로 전환되어 달성됨	호기성 처리에서는 단지 유기물을 미생물로 변환시킨 것이므로 완전한 유기물질 제거가 이루어진 것이 아님
미생물의 종류	호기성 박테리아, 원생동물, 후생동물	혐기성 박테리아인 산생성균과 메탄 생성균	
유입 기질의 농도	BOD 1,000mg/이하	BOD 10,000mg/이상	유입농도가 높을 시 산소전달율에 지장이 있으므로 혐기성 처리가 불가피함
체류시간	활성슬러지법 : 8~36시간	중온 혐기성처리 : 30~60일	반응속도의 차이
기질 제거율	높다	낮다	
잉여 슬러지량	많다	적다	세포생성계수의 차이

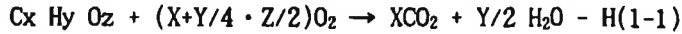
제2절 활성슬러지 공법

1. 메커니즘

활성슬러지에 의한 유기물 제거는 일반적으로 3단계로 구분할 수 있다.

가. 하수와 활성슬러지가 접촉하여 생물흡착에 의한 제거(유기물산화)

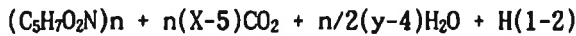
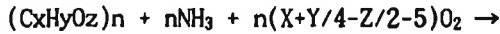
유기물은 Bacteria의 표면에 흡착된다. 흡착된 유기물 중 저분자 유기물은 그대로 박테리아 체내로 섭취되지만 고분자 유기물은 균체의 효소에 의해 1차 저분자화 된 후 균체로 섭취된다. 균체 내에 섭취된 유기물의 일부는 가수분해효소에 의해 산화 분해하여 무기물로 되는데, 이 반응식은 다음과 같으며



이 반응식을 호흡이라 한다. 이 반응에 의해 생성된 Energy - H는 세균류가 활동하기 위한 생활 Energy와 세포 합성 Energy에 사용된다.

나. 활성슬러지의 증식에 따른 제거(세포물질의 생성)

1)의 호흡작용에 의해 균체에 섭취되어 호흡에 사용된 나머지 유기물은 새로운 세포를 합성하기 위하여 사용한다.



상기 반응에 의하여 유입된 유기물의 대부분은 제거되나 폭기조의 체류시간 내에 세균류의 표면에 흡착되지 않은 유기물은 그대로 방류수중에 남게 된다.

다. 내생호흡에 의한 세포물질 산화에 따른 제거(세포물질의 내생호흡)

세균류는 증식하면서 일부 자기산화에 의해 산화분해 하는데 이 반응을 식으로 나타내면 다음과 같다.



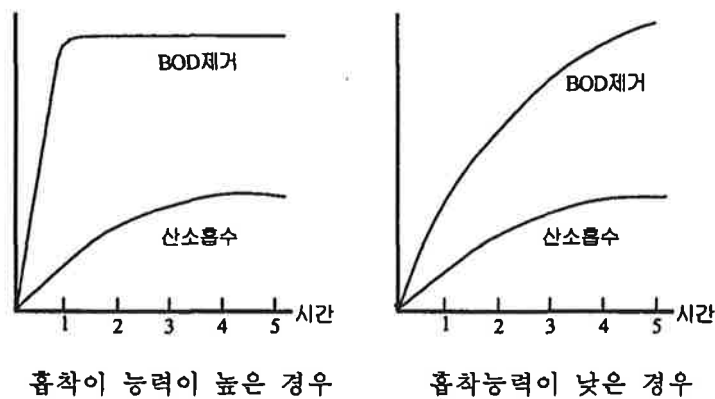
결과적으로 (1-1, 2, 3)식이 폭기조 내의 유기물과 세균류의 접촉산화, 분해와 합성의 Mechanism으로 $\pm \Delta H$ 는 반응에 이용되는 Energy를 말한다.

제거된 유기성 오탁물질이 최종적인 Energy와 생물체로 합성된 부분의 비율을 BOD로 표시할 경우 표준활성슬러지법에서 Energy원으로 산화된 부분이 57%, 생물체 혹은 저장물질로 전환된 부분이 43%가량 된다.

이상에서와 같이 활성슬러지에 의한 처리의 1단계는 하수중의 유기물질이 수중에서 제거되어 균체내로 흡수되는 것으로 이 기능은 현탁성 및 용해성 유기물이 미생물에 흡착, 미생물이 분비하는 각종 점액물질(효소)에 의해 미생물의 균체내로 흡수되기 쉬운 물질로 변환되어 흡수된다. 활성오니에 의한 유기물질의 흡착은 하수에 미생

물을 접촉시켜 빠른 시간에 오염물질의 일정량이 제거되는 현상을 말하며 생물흡착은 생물계면에 흡착된 유기물을 생물화학적인 세포내 저장물질로 전환하는 과정부터 이루어지는 것이 특징이며, 유기물이 생물계면에 흡착되는 과정은 물리화학적 흡착으로 생각되며 현탁성유기물은 30~60분, 용해성 물질로는 3~6시간에 평형상태가 되는데 이는 하수의 수질, Floc의 성장, 처리조건의 차이에 따라 다르다.

BOD 제거량은 하수중의 BOD원의 용해성, Colloid성, 부유성 또한 양적인 비율에 따라서도 달라진다.



<그림 3.1> BOD원의 특성에 따른 BOD 제거량

2. 활성슬러지 생성

포기조내 유입수 중에 존재하는 유기물은 간접적으로 BOD COD로 나타내고 그 일부가 처리수로 유출하나 대부분 세균류에 의해 제거된다. 그리고 그 결과 증식한 세균류는 처리수로 배출되거나 원생동물에 의해 섭취되어 Floc를 형성해서 포기조 중에 잔류하든가 혹은 잉여슬러지로 계외로 배출된다. 따라서 활성슬러지법에 의한 유기물 제거는 하수와 공기, 세균류의 효율적인 Balance라 할 수가 있다.

즉 세균류의 표면흡착과 산화의 조화를 유지하는 것이 중요한데 흡착과 비교해서 산화가 늦어지면 과부하 상태로 되어 Floc은 가벼워지고 침전성이 저하되며 반대로 흡착에 비교해서 산화가 빠르면 자기산화로 압밀성이 나빠지기 때문에 양호한 처리수

를 얻기가 힘들다. 하수가 포기됨에 따라 기질인 유기물은 주로 세균의 작용에 의해 처리되어 농도와 분해성이 변하는데 이에 따라 계의 생물상도 변화하며, 이러한 생물상의 변화를 천이라고 한다. 활성슬러지 생성단계를 미생물 측면에서 보면 포기시간의 경과에 따라 3단계로 분류할 수 있다.

가. 플록분산기(제1단계)

하수의 유기물은 생산자인 중속영양성세균과 원생동물에 의해 섭취되며, 이 기간은 하수중의 유기물의 농도에도 의존하며 보통 하루에서 수일간 영향을 끼친다. 이 기간을 대수증식기라고도 한다.

나. 플록형성기(제2단계)

플록형성기에서는 증식한 세균을 섭취하는 영양성미생물이 증식하는데 이것을 보통 소비자라고 하는데 생물종은 주로 원생동물이지만 초기에는 육질충이나 편모충 또는 유영성 섬모충이 많고 후기가 되면 플록부착성의 섬모충이 우점하는데, 이 기간은 10~20일간 계속되는 것으로 알려져 있다.

다. 플록해체기(제3단계)

결국 하수중의 유기물량이 매우 적게 되기 때문에 세균은 내부저장성영양물에 의해 겨우 생존하게 된다. 이 기간을 내생호흡기라고 한다.

그러나 내생호흡기가 오래 계속되면 결국 활성슬러지 플록은 응집력이 약해져서 해체, 분산된다.

원생동물종도 플록 의존성의 종이 감소되고 다시 유영성의 종이 우점하게 된다. 또 방선균류와 같이 증식속도가 느린 세균, 희박한 기질농도에서 자라는 세균류 및 질화세균 등 독립영양성 호기성세균의 증식이 진행된다.

이상의 미생물의 천이로부터 활성슬러지에 있어 미생물 종의 변화가 기본적으로는

경과시간에 의존하는 것을 알 수 있으며 따라서 포기시간을 적절히 조절하면 유용한 미생물종을 선택할 수 있게 된다.

활성 슬러지법의 정화 메커니즘이 밝혀진 이후 경제성과 유지관리의 용이성을 향상 시키고자 다양한 개량공법들이 개발되었으며 최근에는 포기효율 향상, 질소, 인 제거를 위한 개량공법들이 개발되고 있다. 이러한 개량 활성슬러지법에는 단계포기법, 접촉안정화법, 장기포기법, 개량포기법, 산화구법, 심층포기법, 질화 탈질법, 호스트립법, 혐기-호기법 등이 개발되어 활용되고 있다.

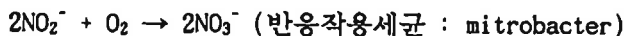
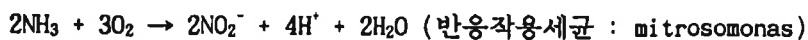
① 장기 포기법(Extended Aeration Process)

장기포기법은 표준법에 비해 포기탱크를 크게 하여 포기시간을 16~24시간까지 길게 하는 방법이다. 장기포기법에는 활성슬러지에 의한 유기물의 산화가 완전히 진행되기 때문에 잉여슬러지의 발생량이 적게 되지만 포기 시간이 너무 길게 되면 활성슬러지의 자기산화가 필요이상으로 진행되기 때문에 활성슬러지의 응집성이 낮아지고 플록이 미세하게 되어 처리수의 투시도가 나빠지는 경향이 있다.

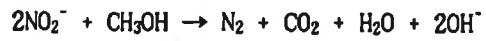
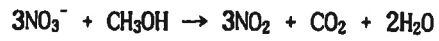
② 질화·탈질법

기존의 활성슬러지법이 유기물의 제거를 목적으로 실시하는데 비하여 질화(nitrification), 탈질(denit rification)법은 유기물 제거뿐만 아니라 동시에 질소의 제거를 목표로 설계되어 있다. 그 원리는 아래와 같은 반응식에 의해 오수중의 암모니아성 질소를 아질산 세균 및 질산세균에 의해 질산성 질소의 형태로 변환시킨 후 혐기성 조건에서 탈질세균을 작용시켜 질소가스로 변형시켜 제거하는 방법이다.

질화



탈질



질화반응을 진행하기 위해서는 많은 양의 산소가 필요하게 되고 질화세균을 증식시키기 위해서는 체류시간(STR)을 매우 길게 하여야 한다. 더욱이 질화반응에 의한 pH 저하를 방지하기 위한 연구가 과제로 남아 있다.

제4장 정화처리시설공법 비교

본 장에서는 국내외 기존 설치 오폐수 정화처리공법들에 대하여 공법선정을 위하여 설치 이전 사전 공법 비교검토 사례들을 조사하고 다음 5장에서는 설치 이후 가동시의 효율검증 사례들을 검토하고 본 연구에서 수행한 연구 결과를 수록하였다. 설치이전 공법 검토와 설치 이후 가동 효율확인 과정을 통하여 주요 문제점들을 도출하고 해결방안을 모색하여 우리나라 농촌지역 특성에 적합한 단독가구형, 소규모 정화처리시설을 표준화에 적합한 공법을 제시하고자 하였다.

제1절 기존 오폐수정화처리공법

정부에서는 그 동안 행정자치부와 지방자치단체, 환경부, 농림부, 건설부등 각 부문별 사업에서 중·소규모 오폐수 정화처리공법 개발을 위한 연구지원과 설치 또는 교체 지원사업을 시행하고 있다. 설치 지원사업으로는 마을하수도 사업, 농촌문화마을사업, 상수보호구역 정화처리시설 교체사업 등이 있으며, 2000년 현재 허가받은 약 130여 공법 중 주관부서에서 전문가 위촉 선정방식 또는 설계/감리 용역사에 위임하거나 자치단체에서 우수공법을 선정하여 설치되고 있다. 다수 설치된 공법이 효율도 우수한 것은 아니며, 그중 과거에 선호되던 공법과 최근 선호공법 경향을 볼 수 있으며 이 또한 효율이 비례하는 것은 아니다.

현재 우리나라에서 기존 설치하여 활용중인 하수처리공법 중 가장 일반화된 오수처리공법은 활성슬러지 공법이라 할 수 있으며, 최근 부착식 또는 고정식으로 콤팩트화한 생물막법 개발도 적극 추진되고 있다.

일본과 미국의 경우는 사후 효율 모니터링 자료에 의하여 장단점을 제시하고 있으

며 이또한 그나라의 기후조건과 토양, 생활하수 발생 특성이 우리나라와 다르다는 점도 고려하면서 참조해야 할 것이다. 일본과 미국의 경우는 다양한 정화처리공법별 효율검증을 위하여 사후 장기 효율 모니터링을 실시하고 있으며 여기서 제시되는 검증 결과를 토대로 비교 장단점을 제시하고 있어 고효율 공법들이 장려받고 있으나 우리나라에는 2000년 구리시에서 대규모 하수종말처리공법에 대한 효율검증을 시행한 바 있으나 중, 소규모 정화처리시설에 대한 사후 장기 효율검증제도는 시행된 바 없다. 매년 다수의 신공법이 개발되고 있고 정부와 자치단체 등에서는 지속적으로 설치하기 위한 사전 심사가 이루어지고 있으나 제조회사에서 제시하는 실내시험 자료를 기준으로 하는 판단하고 있어 우리나라에서도 지속적인 사후 효율 검증 모니터링 제도가 시급한 현실이다.

본 연구에서는 이러한 점에 착안하여 우선 기존 정부주관으로 설치된 공법에 대하여 사후 효율검증사례가 있는지 문헌조사를 벌였으며 또한 실제 정화효율을 확인하기 위한 모니터링을 실시코자 하였다. Y군 지역에서 기 설치된 공법별로 수질분석을 실시하였으며 연구기간과 관련되어 모니터링 기간이 짧고 또한 유입수 조건이 설치된 업소별로 달라 정확한 효율 검증 결과라 보기는 어렵더라도 우리나라에서는 다양한 공법별로 설치 이후 실제 가동상태에서의 효율검증이라는 차원에서는 의의가 크다고 할 수 있다. 현재 연간 수천여 시설이 공공사업으로 또는 개인적으로 설치되고 있으며 이때마다 공법선정에 대한 실증자료의 필요성이 제기 되고 있다. 본 연구결과만으로는 부족하고 선진국에서처럼 꾸준하게 효율검증을 할 수 있는 장소를 만들고 동일 유입수 조건에서 다양한 공법별 장기 효율 검증제도가 절실하다. 본 연구에서 이를 시도하였으나 연구비와 연구기간의 제약으로 어렵게 중단되었다. 설치 장소를 확보하고 3개의 다른 공법별 제조회사로부터 정화처리시설을 연구용으로 무상설치 받았으나 국내 도입된 다양한 공법을 기부받지 못하여 비교할 수 있는 충분한 자료를 얻지 못하였다.

● 일본 농림성의 효율비교

종합순위는 모관침윤트렌치 -산화지법-회전원판법-살수여상법-활성슬러지법 순으로 평가되어 있으나 이는 1980년대 자료로 이후 정화처리 기술 발전 및 공법 개선으로 이곳의 자료를 그대로 신뢰하기는 곤란하다. 각 여재를 포함하여 수많은 관련기술과 부품들이 개발되어 단점들이 개선되었다.

<표 4.1> 처리공법별 일반적인 특성비교 (일본 농림성)

구 분	활성슬러지장기폭기법	회전원판법	살수여상법	토양침윤트렌치법	산화지법
정화기능	호기성미생물 이용, 정화기능은 보통	호기성미생물 이용, 정화기능은 보통	여재 표면에 부착된 호기, 혐기성 미생물 정화	혐기성 미생물에 의한 소화 및 토양 미생물 호기, 혐기분해	순환수로에 산화 호기성 미생물 작용
수온저하대응성	중간	약간 작다	약간작다	매우크다	크다
기온저하대응성	중간	작다	작다	크다	약간크다
제거장치용량	용적비100%	40%	100%	100%	매우크다
부하변동대응성	보통	크다	크다	크다	크다
오니 침전특성	영김현상 자주발생	영김현상 거의 없다.	영김현상 거의 없다	영김현상 거의 없다	영김현상 거의 없다
잉여오니발생량	양비 100%	75%	100%	60%	60%
유지 관리	많다	적다	중간	불필요	적다
환경영향	크다	중간	크다	적다	크다
건설비	가장 고가	고가	중간	약간 저가	저가
유지관리, 운영	보통	용이	보통	매우 용이	용이
질소의 제거	곤란	곤란	곤란	상당량 제거	일부 제거
종합 점수	18	25	20	34	29
종합순위	5	3	4	1	2

* 자료출처 : 일본 농림성 "농촌정비 핸드북"

<표 4.1> (계속)

구 분	활성슬러지 장기폭기법	회전원판법	살수여상법	토양침윤 트렌치법	산화지법	
처 리 방 식	오수내에 공기를 폭기시켜 호기성 균의 활동을 촉진한 다음 침전, 분리하고 정화수 방류	오수중에 질반쯤 침적된 원판체를 회전하여 호기, 혐기 겸용처리	쇄석, 플라스틱으로 된 여재 표면에 부착된 호기, 혐기성 미생물막에 오수를 뿌려 유기물을 혐기화	1차 생물적, 물리적 처리 전후 토양 트렌치내에 통과시켜 토양미생물 호기, 혐기분해 정화	저부하에 의한 순환수로식 산화 호기성 미생물 작용	
특 성	전처리 장치	Communicator 침사, 조정조	Communi. 침사, 조정조	Communi. 침사, 조정조	불필요	참사지, 저수조
	BOD 제거율	(부하율: 0.2kg/톤, 일) 70 ~ 90 %	(부하율: 0.2kg/톤, 일) 85 ~ 95 %	(부하율: 0.2kg/톤, 일) 75 ~ 90 %	(부하율: 0.2kg/톤, 일) 90 ~ 98 %	(부하율: 0.2kg/톤, 일) 70 ~ 90 %
	오니발생량	제거BOD 40%	제거BOD30%	제거BOD40%	제거BOD20%	제거BOD25%
	질소제거장치	필요	필요	필요	불필요	불필요
	유지관리	필요	필요	필요	불필요	불필요
유 지 관 리	관리인 필요	필요	필요	필요	불필요	불필요
	전력 소모	많다	적다	중간	불필요	적다
	오니반송장치	필요	불필요	불필요	불필요	불필요
	공기량 조절	필요	불필요	필요	불필요	불필요
부하증대시 대책	규모 확대 고농도 질소	규모 확대	곤란, 비경제	용이, 경제적	규모 확대	
2 차 공 해	악취 유무	있다	있다	있다	없다	약간 있다
	포말비상유무	있다	없다	약간 많다	없다	약간 있다
	경관대책필요	필요	필요	필요	불필요	필요
영감사고 예상	있다	없다	없다	없다	없다	
부하변동 적응력	적다	크다	크다	크다	크다	
한냉기은 적응력	적다	적다	적다	크다	크다	
구 모	대규모 저가	대규모 저가	대규모 저가	소규모	대규모 저가	

* 자료 : 일본 농림성 "농촌정비 핸드북"

<표 4.1> (계속)

구분	부하 조건	BOD 제거율	실적, 용도	특징	결점
장기폭기법	BOD 용적부하 0.15~0.25kg/톤, 일 폭기시간 : 16~24시간 오니반송비 : 50~150%	70~90%	단지, 소규모 하수처리용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 잉여오니 발생량 적음 ○ 부하 변동에 강하고 운전관리가 용이 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 시설 용적 크다 ○ 처리수질이 활성오니법보다 떨어짐 ○ 표준활성오니법보다 폭기량 다량소모
회전원판법	BOD 용적부하 5~15 g/톤, 일	85~95%	소규모 하수처리용 중, 소규모 중농도 배수처리용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 부하 변동에 강하고 운전관리가 용이 ○ 잉여오니 적다 ○ 운영비용 저렴 ○ 잡음 없음 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 시설 면적이 크게 필요함
살수여상법	BOD 용적부하 0.15~0.25kg/톤, 일	75~90%	소규모 하수처리용 가정하수 처리용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 부하 변동에 강하고 운전관리가 용이 ○ 영감사고발생 없음 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 한냉기온에 약함 ○ 악취 발생
토양침윤 트렌치법	BOD 용적부하 0.15~0.3kg/톤, 일	90~98%	하수시설 없는 곳 기도원, 골프장 단독가옥	<ul style="list-style-type: none"> ○ 분뇨수 처리용 특별지면 필요 ○ 고도의 정화처리 ○ 처리수가 보이지 않음 ○ 기계 불필요 ○ 냉한기 강함 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 설치인건비 과다 ○ 미관작업 필요 ○ 시층 토양층과 경사도가 필요
산화지법	BOD 용적부하 0.1~0.02kg/톤, 일 체류시간 : 50~150시간	70~90%	실제 사례가 거의 없음	<ul style="list-style-type: none"> ○ 오니 발생 없음 ○ 운전요원 필요 없음 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 막대한 소요면적 필요 ○ 악취, 해충발생 ○ 처리효율 낮음 ○ 겨울철 효과없음

* 자료출처 : 일본 농림성 "농촌정비 핸드북"

제2절 마을 하수도 사업

정부에서는 '91년도부터 농림부, 내무부, 환경부 등 3개 부서에서 각기 별도의 예산과 시행체계로 사업을 추진하고 있으며, 농어촌지역의 소규모 분산마을(20~50호 규모의 마을)을 대상으로 하는 내무부 주관의 마을단위 하수도 정비사업은 농특세의 지원으로 가장 활발하게 사업이 추진되고 있다. 91년도부터 내무부에서 추진하고 있는 '농어촌 마을 단위 하수도 정비사업'은 '95년도에 제정된 '농어촌 주택개량 촉진법'을 근거로 하고 있으며, 사업 초기 1997년 말 까지 전국 500여개의 시설이 설치되었으며 이중 모관침윤트렌치공법이 60%의 가장 높은 비중을 차지하고 있으며, 강원도·경기도·전남을 중심으로 모관유공트렌치공법이 보급되어 있다. 96년부터 경기·충남·경북지역을 중심으로 고효율오수정화시설이 시공되기 시작하였다. 2000년에 가장 다양한 공법으로 설치되고 있으며 이중 초기 설치된 일부는 효율저하 등의 원인으로 교체 설치되기도 한 사례도 있다.

<표 4.2> 마을하수도법 적용 대상사업

사업명	농어촌주거 환경개선사업	농어촌생활 환경정비사업	일반하수도사업
주관부처	내무부	농림부	환경부
근거법	농어촌주택개량 촉진법	농어촌정비법	하수도법
개선사업 내용	자연마을 단위 농어촌 주거환경개선지구 시행	농어촌지역 신규 및 기 존마을 정비(문화마을조 성)를 위한 각종 생활정 비 사업 시행	일정 규모 이상의 하수 를 최종처리하기 위한 공공하수도시설설치사 업 시행
마을하수도 사업내용	농어촌주거환경개선 사업의 일환으로 시행	문화마을조성사업의 일 환으로 시행	기타 마을단위의 하수 도사업

1. 마을하수도사업 대상지 선정우선순위

당해 사업의 관계규정이 정하는 바에 따라 선정하되, 마을하수도 사업의 효율성 제고를 위하여 다음지역이 우선적으로 선정되도록 고려한다.

- 가. 수질오염방지사업이 시급한 지역 (상수원 보호구역 등 상수원에 영향을 미치는 지역, 생활하수로 인한 농업용수의 오염우심지역 등)
- 나. 수질오염방지효과가 큰 지역 (축산 위주의 집단마을, 관광지 주변 등)
- 다. 생활환경개선의 파급효과가 큰 지역 등

2. 하수처리공법

하수처리공법은 건설비, 방류수 기준 달성 여부, 유지관리의 용이성 등을 고려하여 가장 경제적이고 효율적인 처리공법을 선정

- 처리공법 선정시 필요한 경우 하수도분야 전문가 의견을 수렴

3. 선정된 하수처리공법에 따라 설계기준과 시설물의 종류 및 규모 결정근거를 제시하고, 인근 하수종말처리시설과 연계운영하거나 무인자동운전 방식으로 운영하는 등 운영인원을 최소화하는 방안으로 계획

4. 하수종말처리시설의 위치 결정 및 시설물 배치

방류지점 및 인근의 토지이용상황, 부지확보의 용이성, 장래 확장계획 등을 고려하여 위치를 결정하고, 수리계통도 및 조경계획 등이 포함된 계획 평면도를 첨부

5. 유지관리

하수종말처리시설을 시, 군에서 직접 관리하는 방안과 위탁관리하는 방안 등에 대하여 검토.

6. 마을하수도 방류수는 수질환경보전법 시행규칙 제 52조의 규정에 의한 방류수 수질기준 이하로 방류하여야 하고, 방류수 수질측정은 월 1회 이상 실시하여야 한다.

7. 기존의 간이오수시설 등을 마을하수도로 편입하여 운영한다.

<표 4.3> 마을하수도 사업지구에 설치된 오수정화처리공법 2000. 12월 현재

구분	공법	세부공법	시설용량별 개소수 (㎡/일)				
			10~20	20~50	50~100	100이상	계
고효율	고효율, 고농도처리공법	고농도오폐수처리방법, 고효율오수정화시설, 고효율오수합병정화시설, 고효율합병정화시설, 오폐수고도처리시스템	6	55	37	21	120
침운공법	모관침운공법	모관침운트렌치법, 자연여과접촉포기+모관침운	3	25	5	0	33
	산화침운공법	산화침운토양침운트렌치법, 산화침운토양피복접촉산화	0	14	6	0	20
활성슬러지	접촉산화/포기공법	접촉산화법, 접촉포기법, 장기포기법	2	48	24	75	149
	토양식정화처리공법	토양식오수(합병)정화시설, 토양피복형 접촉산화	3	22	21	17	63
	혐기, 호기성처리공법	혐기성접촉포기법, 무산소혐기간헐포기법, 혐기-호기 생물여과, 혐-호 접촉산화, 혐-호 접촉순환법, 현수미생물법,	6	51	23	6	86
	회분식 활성슬러지	회분식 활성슬러지, 연속회분식	0	17	14	10	41
생물막/살수여상	생물막 미생물처리공법	흡수성바이오피ilter방식, 발효침처리시스템, 살수여상법, 섬모상생물막법, 바실러스균이용공법,	4	13	11	2	30
자연정화	자연정화법	자연정화법	0	1	4	2	7
기타	활성슬러지 개선 및 복합	생물학적질소, 인제거, 질소, 인제거방식, 유기물및 질산화담체를이용한처리공법, 페비닐여재를 이용한 오, 폐수및 하수처리공법, 회기성미생물에의한 오폐수정화장치, 수직오폐수처리법, 유동성담체를이용한처리공법, BIOCUBE SYSTEM, HEET에의한 처리공법, KHST법, KSENR, KW BC plus막분리정화법, LEE CHANG정화법, SM오수처리공법, TWINCELL PCR 법	2	19	24	3	48
	계		26	265	169	137	597

* 자료 출처 : 환경부 홈페이지 6톤 : 1개소, 10톤 : 6개소

본 연구 현장조사 과정에서 '91년부터 '97년까지 시공한 모관침윤트렌치법과 산화침윤토양트렌치 공법 설치 일부지구에서 정화처리가 적절히 이루어지지 않아 미처리된 오폐수가 지하로 유입되는 오염 유발지구가 일부 확인되어 동 공법에 대한 전반적인 효율검증 및 사후 확인점검이 필요한 것으로 나타났다. 모관침윤 트렌치 공법은 공법 자체로만 볼 때는 처리효율이 높고 설치비와 운영비가 경제적으로 매우 양호한 단독가구형 정화처리공법으로 알려져 있다. 하지만 동 공법은 최종 처리된 방류수를 토양층을 통하여 지하로 방류하기 때문에 만일의 사고시 토양/지하수를 직접 오염시키게 된다. 동 공법은 시설자체 구조보다도 설치 예정지구의 현장여건 즉 토양과 기반암 심도 및 조건, 지하수위, 경사도 등 제반 여건이 만족하는 경우에만 제한적으로 설치되어야 한다. 하지만 현행 우리나라에서는 이러한 제반 여건의 사전 검토가 미흡한 상태에서 설치되고 있어 공법선정 및 설치규정을 다시 한번 재고해야 할 것이다. 현장조사과정에서 충북 J 읍의 경우와 강원도 W 군의 경우 지하수위 조건 및 주변 토양여건이 토양침윤트렌치 공법 설치 부적합 지구인 것으로 판단되나 동 공법이 설치되어 오폐수가 정화처리되지 않고 그대로 지하로 방류되어 주변지역 지하수를 오염시키고 있는 사례가 확인 되었으며 해당 군 담당자는 곧 정화처리시설 교체사업비를 마련하여 교체시킬 것이라 하였다. 동 공법은 감사에서도 한차례 지적되었으며 최근 지하수법과 토양환경오염 보전법 등 강화로 오염유발 소지에 대하여 확인조사가 시급하며 안전성이 확인될 때까지 설치 여건등을 전면 재검토 하는 것이 바람직하다고 하겠다. 해당군을 다시 방문한 결과 일부 모관침윤공법 설치 지구를 여타공법으로 교체설치하고 있었으나 이 역시 주변의 오염토양과 지하수를 정화처리하지 않고 처리시설만을 교체함으로써 지하에 오염원을 방치한 사례라 할 수 있다. 개정된 관련법에서는 토양/지하수 오염은 원인자 정화처리비 부담 원칙을 규정하고 있어 향후 모관침윤트렌치, 산화침윤토양트렌치 정화처리공법은 별도의 관리체제가 확보되지 않는한 신규 설치를 지양하는 것이 바람직하다고 판단된다.

제3절 문화마을 하수도 설치사업

'93년부터 시,군 주관으로 직접 시행하거나 농어촌진흥공사가 위탁 설계 시공한 농어촌 문화마을 사업지구에 설치된 중,소규모 오폐수 처리시설 공법은 다음과 같다.

<표 4.4> 문화마을 사업추진현황

'99년 11월 말 현재

구 분	계	완료지구	공사 중	설계 중	비 고
계	115 지구	73 지구	27 지구	13 지구	
시, 군 시행	18 지구	8 지구	6 지구	4 지구	
농진공 시행	97 지구	65 지구	21 지구	9 지구	

<표 4.5> 문화마을사업 추진지구 정화처리시설 사양 검토

구 분	토양피복형 접촉산화법	접촉산화법	고효율 오수 합병정화시설	회분식 활성슬러지법	흡수성 바이오 필터공법	3단 접촉포기공법
처리 방법	기존 접촉산화 의 처리공정 + 오수를 토양에 접촉시켜 토양 미생물에 의한 정화작용을 활 용 한 공법	접촉포기조에 접촉여재를 층진 여상 형 성, 포기교반 에 의해 산소 공급 오수를 순환 시켜 접촉재 에 부착된 생 물막과 반복 접촉	한국과학기술 원(KIST)에서 개발 미생물 조정조 를 이용하여 처리효율 및 처리안정성을 향상시킨 다중 정화방식	생활오수의 유 입, 폭기, 침 전, 배출 등의 처리공정이 하 나의 반응기에 서 각 처리공 정의 시간적 배분에 의하여 처리	생물학적 처리 방법의 일종 기존의 쇄석이 나 자갈대신 흡수성 발포재 를 여재로 사 용, 미생물의 비표면적을 극 대화시켜 처리	1차 혐기, 2차 호기, 생물학 적 처리후 고 도처리 병행하 지 않고 단일 공정으로 미생 물의 증식영역 을 극대화시켜 유기물을 소 화, 분해
환경부 수질 기준	BOD : 20mg/ℓ이내, SS : 20mg/ℓ이내, T-N : 60mg/ℓ이내, T-P : 8mg/ℓ이내					
방류수 수질 기준	BOD: 15 내외 SS : 15 내외	BOD: 20 내외 SS : 20 내외	BOD: 8 내외 SS : 8 내외	BOD: 10 내외 SS : 10 내외	BOD: 8 내외 SS : 8 내외	BOD: 10 내외 SS : 10 내외

<표 4.5> (계속)

구분	토양피복형 집축산화법	집축산화법	고효율 오수 합병정화시설	회분식 활성슬러지법	흡수성 바이오 필터공법	3단 집축포기공법
장점	<ul style="list-style-type: none"> · 달취효과 및 동결기 보존 효과를 기대할 수 있다. · 토양의 생태계와 미생물을 이용할 수 있다. 	<ul style="list-style-type: none"> · 비교적 큰 용량에 적용이 가능 · 현장 con'c 타설로 특 정제품을 사용할 필요가 없다. · 시설 open으로 유지관리가 용이 	<ul style="list-style-type: none"> · 처리효율이 좋다. · 유지관리비용이 비교적 적게 든다. · 시공이 용이하고 복잡한 운전기술이 필요치 않다. 	<ul style="list-style-type: none"> · 유입수질 및 유량 변동에 적용력 크다 · 대용량의 설치 가능. · 질소, 인의 제거가 가능 · 용량 클수록 공사비 저렴. 	<ul style="list-style-type: none"> · 유지관리비용이 저렴하다. · 시공이 용이하고 복잡한 운전기술이 필요치 않다. 	<ul style="list-style-type: none"> · 운영비용이 적게 든다 · 비교적 큰용량의 설치가 가능하다 · 질소, 인의 제거가 가능하다 · 용량 클수록 공사비 저렴
단점	<ul style="list-style-type: none"> · 시설의 지하매설로 보수점검이 곤란 · 비교적 넓은 시설면적 소요 · 유입수의 부하변동에 비교적 약하다. 	<ul style="list-style-type: none"> · 설계·시공에 고도의 기술이 요구. · 전문관리인이 필요하며 유지관리비용 과다. · 처리효율이 비교적 낮다. 	<ul style="list-style-type: none"> · 많은 용량을 처리 곤란. · 시설의 지상설치가 어렵다. 	<ul style="list-style-type: none"> · 고도의 유지관리기술이 필요 · 전기부하가 커 운전비용이 많이 든다. · 시설의 적용실적이 비교적 적다. 	<ul style="list-style-type: none"> · 대용량 시설 비용이 크다. · 많은 용량을 처리 곤란. · 시설의 적용실적이 비교적 적다. 	<ul style="list-style-type: none"> · 시설의 적용실적이 적다 · 시설의 지상설치가 어렵다
적용 실적	준 공 : 15 공사증 : - 설계완료 : - 계 : 15	준 공 : 18 공사증 : 4 설계완료 : 1 계 : 23	준 공 : 9 공사증 : 4 설계완료 : 3 계 : 16	준 공 : 4 공사증 : 2 설계완료 : 3 계 : 9	준 공 : - 공사증 : 1 설계완료 : - 계 : 1	준 공 : - 공사증 : - 설계완료 : 1 계 : 1
설계 적용 기간	'93.1 ~ '94.10	'94.10 ~ '97.12	'97.12 ~ 현재	'98.2 ~ 현재	'98.2 ~ 재	'99.2 ~ 현재
기술 개발	일반적 처리공법	일반적 처리공법	한국과학기술원 개발	(주) 경남기업 연구실	캐나다 개발공법 도입	(주)유성환경 기술개발
사용 방법	설계에 의한 시공	설계에 의한 시공	국내 제작생산	국내 제작생산	여재, 시스템의 일부 국내생산	국내 제작생산
사용자	제한없음	제한없음	(주) 동성하이테크	(주) 경우기업	(주) 비투환경기술	(주) 장호

<표 4.5> (계속)

구분	토양피복형 집축산화법	집축산화법	고효율 오수 합병정화시설	회분식 활성슬러지법	흡수성 바이오 필터공법	3단 집축포기공법
선택 사유	국내 소규모 오수처리 시 설의 본격적 인 기술개발 이전 적용 기존의 하수 처리장 공법 에 농어촌지 역의 소규모 오수처리에 적용 가능한 기술로서 채 택	토양피복형 집 축산화법의 유 지관리가 어려 워 준공 후 시·군에서 시 설물의 인수인 계를 기피하는 현상이 있어 다소 관리비용 이 많이 들더 라도 유지관리 가 용이한 집 축산화법으로 공법 변경함.	유지관리 용이. 관리비용 적다. 시공이 용이. 국내개발 기술. 현장적응성 비 교 -국가신기술인정 획득 -최우수조달물품 선정	기존의 현장 con'c 타설공 법보다 생산된 제품이 시공 성, 경제성, 유지관리 등에 서 유리하다고 판단 이에 따라 적 용가능한 처리 시설 등을 비 교검토하여 채 택하게 됨.	유지관리 용이. 관리비용적 다. 시공이용이. Sludge없음. 현장적응성 비교	유지관리용이. 관리비용 적다 시공이 용이. 국내개발기술 현장적응성 비 교 -국가신기술인 정 획득 -0마크 획득
기술료 지불			지불안함	지불안함	10㎡/일당 8만원 지불 (주) 바루 → 캐나다	지불안함
유지 비용 (100㎡/일)	140,000원/월 (전기료)	(인건비 과다)	149,000원/월	195,000원/월	51,000원/월	150,000원/일
시설비 (100㎡/일)			165백만원	164백만원	183백만원	165백만원

※ 자료 출처 : 농업기반공사

제4절 Y군 합병정화조 교체사업

상수원 수질 보호구역인 팔당호특별대책의 일환으로 경기도 Y군에서는 '99년 3월부터 군내 식품접객업, 숙박업, 목용탕업 등 중규모로서 과거 부패조 형식이나 불량시설이 설치된 사업장 지구에 BOD와 SS를 10ppm 이하로 정화처리할 수 있는 고효율합병정화조로 교체하는 정부지원 사업을 지속적으로 추진하고 있다.

적정 공법선정 기준은 다음과 같다.

- 처리수질의 안정성이 우수할 것. (BOD, SS 10ppm 이하)
- 초기투자비가 적게 들고 유지관리가 용이할 것.
- 부하변동이나 수질기준 강화시 개선, 개량이 용이할 것.

합병정화조로 허가된 기존 제품중 제조회사별 홍보물에 의하면 방류수(BOD, SS) 10ppm 이하로 처리 가능하다고 하나 객관성이 없고 설치 후 효율이 공인된 제품이 없어 참여희망업체, 환경부, 경기도, Y군 담당자, 학계전문가가 참여하는 워크샵을 개최하고 전문가에 의한 공법별 평가서를 작성하고 결과에 따라 공법을 선정하게 되었다.

Y군은 합병정화조가 경제적이면서도 군내 상수원 보호구역 수질을 보전할 수 있는 제품 여부를 평가하기 위해 공개 워크샵을 통하여 국내 시판 중인 100여개 기존 정화처리시설에 대한 심사 과정을 거쳐 20개 제품을 선발하고 이를 학계 전문가들로 구성된 심사위원으로 하여금 정밀 심사과정을 거쳐 5개 공법을 선정케 하였다. 설치조건은 설치 후 6개월간 방류수 수질검사에서 SS와 BOD 10ppm 이내 검증 이후, 성공시 설치비 지급이라는 조건으로 5개 공법을 6개 면에 시공토록 하였다. 이렇게 전문 평가위원들로부터 우수한 사전평가를 받은 공법에 대하여 책임 시공토록하여 '99년 10월 15일부터 12월 15일까지 시공하고 2000년 6월까지 방류수 수질시험을 실시하였다.

Y군 공개 워크샵에 의한 평가순위 및 업체에 대한 자료(Y군)는 다음 표와 같다.

<표 4.6> 문화마을 워크샵 (Y군 1999)

순위 구분	1	2	3	4	5
공법별	BCS / SBR 혐기여상접촉 폭기	흡수성바이오 필터	BioCube담체 이용 합병정화조	SM공법 현수미생물접 촉	BMS 활성촉매접촉
회사별	H	BT	BJ	S	C

하지만 이렇게 학계와 전문가에 의해 정밀심사 과정을 거쳐 엄선되어 설치된 5개 제품 중 H, BT, C 사의 3개 제품만이 설치 이후 6개월간 방류수 수질기준에 적합하였고 BJ, S 2개 공법은 부적합 판정을 받아 2001년 철거 및 타 공법으로 교체 설치키로 결정되었다. 5개사 중 2개 업체의 사후 6개월 효율검증 부적합 판정 과정에서 Y군 담당자의 어려움이 있었으며, 그럼에도 이러한 사후 효율검증 사례는 앞으로 우리나라 수질보전 정책의 발전을 위하여 지속적으로 추진되고 정착되어야 할 것으로 판단된다. Y 군의 사례에서 보듯이 제조회사에서 제시하는 효율은 모두 양호한 것으로 되어 있으나 실제 설치할 경우 다수가 설계효율에 미흡한 것으로 나타나고 있다. 특히 Y군의 경우 설치 이후 6개월 동안의 효율로서 일반적으로 정화처리시설들이 초기 1년간 높은 효율을 보이다가도 장기간 이용시 효율저하 현상을 보인다는 점을 감안하면 사후관리의 중요성을 다시 한번 깨닫게 한다.

본 연구사업에서는 Y군의 협조를 받아 위 업체들의 시공이 완료된 이후 중규모 오폐수정화처리 효율에 대한 장기 모니터링을 실시하여 수질규제기준(배출허용기준, 방류수 수질기준) 이외의 항목에 대하여도 처리효과에 대한 분석자료를 제시하여 우리나라 소규모 오폐수정화처리의 표준모델을 제시코자 하였다.

<표 4.7> Y군 '98년 합병정화조 교체사업 추진 현황

업체명	설치대수	주요공법	포기장치	설치비 (50인조 10㎥/일 기준)
H	39개소	현수미생물	포기	26,423 천원
B.T	30개소	Bio-filter	살수여상	27,600 천원
B.J	21개소	활성오니+ 생물막 담체	포기	22,660 천원
S	22개소	현수미생물	포기	22,033 천원
C	21개소	활성오니 + K2M	포기	27,634 천원
5개 업체	133개소			

설계기준 : 유입수 250-300ppm, 유출수 : 10ppm 기준, 용량 : 30인, 50인, 60, 70, 80인조

Y군에서는 그 동안 정화처리의 큰 문제점으로 대두되고 있는 사용자 운영기술 미숙 및 작동 중지시 처리 지연 등에 의한 수질오염악화를 예방하기 위하여 설치가 종료되면 위탁관리회사로 하여금 관리케 하여 정기적인 점검과 사고시 즉각 대응, 적정운영 방안 등을 도모할 계획이다. 기존 부패식 정화조와 합병정화조들의 운영상 문제점으로는 정전에 의한 펌프 멈춤 또는 미생물을 죽게하는 세제 다량유입 등 사고 발생시 미생물이 전멸할 수 있는 상황에 운영자들이 즉각 대처할 수 있는 능력이 부족하였고 일정기간별로 미생물을 주입하는 공법에서도 미생물을 구입 재투입하는 과정 등이 미숙하여 효율저하 현상이 많았다. 양평군의 이러한 위탁관리 체제 도입은 앞으로 전국적으로 확산될 것으로 추정된다. 하지만 위탁관리회사도 다양한 공법과 운영체제 및 소요 부속 등의 호환성 등 앞으로 해결해야 할 문제는 많다고 볼 수 있다.

여 백

제5장 정화처리시설 설치 이후의 가동효율 검증

앞 장에서는 국내 기존 설치된 정화처리공법들에 대하여 설치 이전 사전 공법 비교 검토 사례들을 조사하였고 본 5장에서는 설치 이후 가동시의 효율검증 사례들을 검토하고 본 연구에서 수행한 연구 결과를 수록하였다. 설치이전 공법 검토와 설치 이후 가동 효율확인 과정을 통하여 주요 문제점들을 도출하고 해결방안을 모색하여 우리나라 농촌지역 특성에 적합한 단독가구형, 소규모 정화처리시설을 표준화에 적합한 공법을 제시하고자 하였다.

본 연구에서는 국내에서 기존 중규모 정화처리시설이 100여종 이상 판매 시공되고 있는 현실을 감안하여 새로운 공법 개발을 목표로 하지 않고 기존 공법을 정밀 조사하여 향후 농어촌 생활오수나 소규모 축산폐수 등을 대상으로 하여 단독가구형과 소규모 정화처리공법 개발에 필요한 표준화된 기준을 개발하고자 하였다. 기존공법에 대한 실증시험이란 정화처리시설 설치 이후, 사후검증 차원의 실제 운영효율 및 제반 운영상황을 검증하는 과정으로 선진국에서는 보편화된 중요한 기술개발 상의 절차이나 우리나라에서는 미흡한 편이다.

실증조사 대상으로 국내 도입 시판된 기존의 전 공법을 대상으로 하지는 못하였다. 기존 공법들은 모두 실험실에서는 양호한 처리효율을 검증 받고 제조허가를 받았다는 점을 고려한다면 본 검증과정의 필요성 자체가 회의적이라 할 수 있다. 실증조사는 다양한 공법을 대상으로 장기간 조사 연구하여 정화처리효율을 비교하여야 하나 3년으로 제한된 연구기간과 설치 장소별로 유입수 조건이 모두 다르기 때문에 효율 비교가 제한적이라 할 수 있다. 그럼에도 본 연구에서는 실제 설치 이후 가동효율을 비교했다는 점에서 큰 의미가 있다고 하겠다.

본 연구과제에서 소규모 농어촌 오폐수정화처리시설이라 함은 단독가구형 (처리규모 1-2톤/일) 또는 1일 5톤 규모 이하 처리시설에 대한 표준화로 계획을 수립하였다. 우리나라에는 일반적으로 설치되고 있는 처리규모 10톤-50톤/일 규모는 중규모 시설로 분류하였다. 최근 대다수 처리공법은 바이오여재를 활용하여 접촉산화공법으로 포기조를 수반하는 공법을 사용하고 있어 1일 5톤 이하 규모 제조가 어렵고 또한 5톤 이하 규모는 수요 조차 크지 않아 상업화가 미흡한 상태이다. 이러한 점에 착안하여 하수시설이 미흡한 농어촌 수질환경 보전을 위하여 농어촌에 산재한 단독가옥 또는 2-3개 가구 단위로 농어촌 생활 오폐수 특성에 적합하고 시설비가 저렴하며 운용기술이 쉬운 오폐수 처리공법을 표준화하고자 목표를 설정하였다.

기존 설치된 공법에 대한 사후 검증은 단독가구형과 5톤 미만의 소형 규모가 거의 없는 관계로 기 설치된 중규모 시설을 통하여 기존 정화처리공법의 사후 검증을 통하여 한국형 농어촌 오폐수 정화처리 시설표준화방안을 강구하고 유지관리방안과 자연방류시스템 개발을 계획하였다.

이러한 목표달성을 위한 세부 추진항목으로서

- 1일 1톤 이하 처리규모의 단독가구형 고효율정화처리시설 개발 방향
- 1일 5톤 처리규모의 소규모 고효율정화처리시설 개발 방향
- 한국형 정화처리시설의 설계 및 유지관리방안 제시
- 자연방류시스템 개발

에 대하여 현장 조사를 실시하였다.

제1절 단독가구형 고효율정화처리시설

1. 처리방법

기존 중규모 처리공법의 대부분을 차지하고 있는 활성슬러지 공법은 포기조를 수반하기 때문에 1일 1톤 이하 처리규모로 소형화하기에는 무리가 있다. 물론 소형화를 최대화하여 1일 5톤 규모 정도를 제작하여 이를 단독가구형으로 공급할 수도 있으나 이는 경제성이 결여되어 문제점이 있다. 현재 1톤이하 규모로 소형화가 가능한 공법으로는 생물막 살수여상법, 반투막과 전기분해법 등이 있으며 이중 경제성이 있는 생물막 살수여상법을 본 연구에서는 실내시험 및 현장 설치 후 사후 검증과정을 통하여 정밀 연구하였다.

과거의 살수여상법은 미생물 부착 여재로 돌을 이용하여 규모가 대형이었으나 캐나다 Waterloo 연구소에서 '90년대 초에 연구개발한 흡수성 바이오필터를 이용할 경우 단독가구형 정화처리 시스템 제작이 가능하다. 처리기법은 살수여상식 생화학적 처리기법을 이용하며 흡수성 발포제를 여재로 이용하여 공기와의 접촉면을 극대화 시켜 슬러지가 발생되지 않는다는 최대 장점을 갖고 있는 것으로 되어 있다. 슬러지가 발생치 않음은 유지관리비가 거의 소요되지 않는 것으로 본 연구과제의 실제 시험대상 및 기술도입 기종으로 선정하게 되었다

단독가구형 정화시설의 필요성은 하수도 보급율이 낮은 농촌에 산재한 오지 단독가구와 최근 전원주택이 늘어나는 것에 대한 대책수립이 가능하다고 하겠다.

가. 살수여상식 생물막법

흡수성 바이오필터 공법은 살수여상식 생물막법의 일종으로서, 처리효율이 정부가 2004.1.1부터 시행하는 4대강 물관리대책에 의한 BOD/SS 10mg/L 이하, 총질소 20mg/L 이하, 총인 2mg/L 이하로의 처리가 가능할 뿐만 아니라, 유지관리가 현재까지 개발된 공법들과 비교하여 현저히 용이하다는 장점이 있어 농어촌 지역의 오수처리공법으로서 적합하다고 판단되며, 아래와 같은 특징이 있다.

1) 생물막 방법의 원리

가) 생물막의 특징과 형성

생물막은 주로 세균과, 세균이 분비한 고분자유기질로 구성되어 있다 (Characklis, 1981). 후자는 부착성이 있고, 서로 얽혀서 glycocalyx라는 세포간질을 형성하며, 세포외 효소를 간직하면서 기질 분해 및 섭취시키는 기능을 수행한다. 세포막의 표면은 전해질이고, 흡착성 강하다.

(1) 물리적 특징

일반적으로 생물막 두께는 2~3mm도 있지만(Characklis, 1981), 난류상태로 흐르는 물에서는 대체로 1000 μ m 미만이고(Zelver, 1979), 그 중에서도 유효두께, 즉 基質 제거에 기여하는 활성이 있는 막두께의 최대치는 200 μ m 전후인 것 같다(Hehn and Ray, 1973). 기질이 침투할 수 있는 살수여상의 경우, (1)오폐수 수량 (2)기질농도 (3)생물막에서의 기질의 분자확산계수 (4)미생물의 기질사용속도 등의 영향을 받으며, 대체로 오폐수의 유량과 농도가 증가하면 침투깊이도 커진다고 한다(Jank and Drynan, 1973).

생물막의 밀도는, (1)기질부하율 (2)세포의 증식단계 (3)난류의 강도 등에 따라서 달라지는 것으로 보고되고 있지만(Hehn and Ray, 1973; Trulear and Characklis, 1982), Characklis(1981)에 의하면 난류에서 10~50mg/cm³이다. 이들 보고에 따르면, 기질부하율이 클 때, 생물막과 접촉하는 액체의 난류도가 클 때, 그리고 세포가 가속증식단계에 있을 때 밀도가 크다고 한다. 이러한 밀도는 생물막속에서의 물질이동속도에 영향을 주는 것 같다.

(2) 화학적 특성

Hoehn(1970)에 의하면, 생물막의 총 고형물(TSS)농도는 막두께와 관련되는 데, 200 μ m 두께에서 최대치인 110mg TSS/cm³, 그리고 그 전후의 두께에서 20mg TSS/cm³까지 감

소된 값이 보고되고 있다. 이러한 값은 현탁증식하는 생물학적 플록에 있어서의 10mg TSS/cm²이하의 값(Laudenberger and Hartmann, 1971)에 비하면 상당히 크다. 그리고 이러한 점이 생물막프로세스의 잉여슬러지가 현탁프로세스의 그것에 비하여 밀실(密室)한 원인이 되고 있다.

(3) 생물학적 특성

생물막을 형성하고 있는 미생물집단은, 매체표면에 부착증식하면서 과도하게 증식된 부분만이 탈리(脫離)되므로, 세포물질이 끊임없이 유출되고 반송되는 현탁증식반응조의 MLSS와는 달리 안정되어 있다. 그리고, 생물막의 세포체류시간 또는 슬러지일령이 고정된 미생물을 바탕으로 하는 것에 반하여, MLSS의 그것은 죽은 세포와 새 세포의 체류시간평균치이다. 이러한 점들로 미루어 볼 때, 생물막프로세스는 안정된 미생물양을 확보할 수 있는 장점이 있다.

(4) 생물막의 형성

두께 80 μ m 이하인 초기 생물막의 형성은 유체의 마찰력이 크지 않을 때, 아래와 같이 진행된다고 한다(Wuhrmann, 1971).

- ① 용존유기물이 적은 표면에 부착 됨. 이 표면준비는 수시간이면 족하다.
- ② 미생물입자의 표면으로의 이동. 이 이동은 분자확산, 와류, 침전, 열영동(熱泳動) 등에 의거한다.
- ③ 미생물의 표면부착. 이 부착은 초기에 가역적이고 다음에 비가역적이다.
- ④ 생물막의 생산. 이것은 세포증식과 세포외 물질인 중합고분자의 생산결과이다.
- ⑤ 생물막의 부분적 탈리(脫離). 이 탈리(脫離)는 수력에 의한 연속적 및 부분적 손실로서 생물막이 산소나 기질의 부족 때문에 깊은 내부로부터 떨어져 나가는 박리현상과 구별된다. 생물막표면의 탈리(脫離)는 생물막 두께가 용액의 점성층(粘性層) 두께를 초과하면서 더 증대되는 것으로 알려져 있다.

그러나 기질부하율의 증가에 따라서 생물막의 생물막의 생산량이 증대되고, 두께도 커지는 데, 이때 산소나 기질의 확산이 미치지 못하는 막의 심부에서는 내호흡, 자기분해 및 혐기성분해 등이 진행되고, 생물막은 활성과 부착성을 잃으면서 박리된다 (Trulear and Characklis, 1982). 그리고 이 박리의 정도는 용액의 수력영향도 받는다. 한편, 막심부(膜深部)의 내호흡, 자기분해 및 혐기성분해는 잉여슬러지양을 감소시키는 데에 기여한다.

나) 생물막의 접촉과 반응

생물막과 기질을 호기성 상태에서 접촉시킬 때 일어나는 반응현상을 간추리면 다음과 같다.

(1) 물질의 이동과 대사전달

액체와 접하고 있는 생물막내외의 기질농도축단면도를 나타낸 것이 <그림 5.1>이다. 생물막 표면과 용액사이에 얇은 수막이 있고, 이 수막을 통과할 때 기질농도는 S로부터 S_s로 감소된다. Williamson과 McCarty(1976)는 수막은 효과적 교반으로 제거할 수 있는 층과 그렇지 않은 고정층이 있는 데, 고정층은 해면구조와 같은 생물막표면과 접하고 있기 때문이라고 한다.

그러나 일반적으로 수막은 하나의 층으로 간주되며, 그것을 통과하는 질량이동은 Ficks의 제1법칙에 의하여 표현된다. 즉,

$$\frac{\partial M_s}{\partial t} = N_t = -DA \cdot \frac{\partial S}{\partial Z} = -DA \cdot \frac{S - S_s}{L_t} \quad (1)$$

M_s = 기질의 질량 [M]

t = 경과시간 [T]

N_t = Z방향의 기질 flux [$M T^{-1}$]

D = 분자확산계수 [$L^2 T^{-1}$]

A	= 생물막의 표면적	[L ²]
S	= 용액의 기질농도	[ML ⁻³]
S _s	= 생물막표면의 기질농도	[ML ⁻³]
L _t	= 수막두께	[L]

위의 분자확산계수 D 와 수막깊이 L_t 을 질량이동속도계수 k_t 와 관련시키면,

$$k_t = \frac{D}{L_t} \quad (2)$$

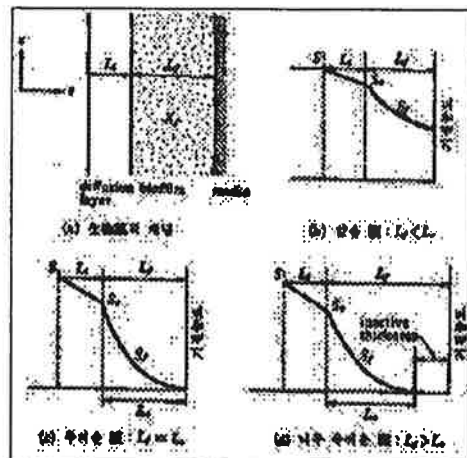
k_t = 질량이동속도계수 [LT⁻¹]

따라서, 질량의 대표면이동속도(對表面移動速度) N_s 는,

$$N_s = \frac{N_f}{A} = -k_f(S - S_s) \quad (3)$$

N_s = 생물막표면의 기질 flux [ML⁻²T⁻¹]

수막을 통과한 질량은 생물막표면으로부터 내부로 확산해 들어감에 따라, 저항으로 인하여 <그림 5.1>의 S_f 곡선과 같은 하향농도경사를 나타낸다.



<그림 5.1> 생물막내의 기질농도축단면곡선을 나타내는 모델

L_t = 수막두께 [L]

L_d = 생물막두께 [L]

- L_0 = 생물막내의 유효두께 [L]
- X_f = 생물막내의 세포농도 [ML^{-3}]
- S = 용액의 기질농도 [ML^{-3}]
- S_0 = 생물막표면의 기질농도 [ML^{-3}]
- S_f = 생물막내의 기질농도 [ML^{-3}]

기질의 농도가 영(0)이 될 때까지 확산해 들어갈 수 있는 생물막두께, 또는 기질 제거기능을 발휘할 수 있는 막두께의 한계인 유효두께를 L_0 라고 할 때, 생물막두께는 다음의 세 유형으로 구분된다.

- (a) 얇은 막 : $L_f < L_0$
- (b) 두꺼운 막 : $L_f = L_0$
- (c) 너무 두꺼운 막 : $L_f > L_0$

생물막속에서의 물질대사에 의한 기질제거농도는 Monod식에 따른다. 즉,

$$\left(\frac{\partial S_f}{\partial t}\right)_{\text{reac}} = -\frac{k_{\max} \cdot X_f S_f}{K_s + S_f} \quad (4)$$

- S_f = 생물막내의 기질농도 [ML^{-3}]
- k_{\max} = 기질제거속도최대치 [$MM^{-1}T^{-1}$]
- X_f = 생물막내의 세포물질농도 [ML^{-3}]
- K_s = 기질의 반포화농도 [ML^{-3}]

한편, 생물막속에서의 확산에 의한 기질의 이동속도는 Ficks의 제2법칙에 따른다.

$$\text{즉, } \left(\frac{\partial S_f}{\partial t}\right)_{\text{diff}} = -D_f \cdot \frac{\partial^2 S_f}{\partial Z^2} \quad (5)$$

- D_f = 생물막속에서의 기질의 분자확산계수 [L^2T^{-1}]
- Z = 기질침투방향의 길이 [L]
- diff = 확산

정상적인 기질농도측면단면곡($\frac{\partial S_f}{\partial t} = 0$)을 가정하고, (4)식과 (5)식을 합하면

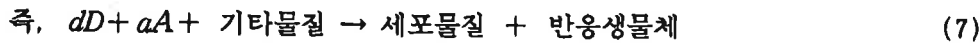
$$D_f \frac{d^2 S_f}{dz^2} = \frac{k_{\max} \cdot X_f S_f}{K_s + S_f} \quad (6)$$

(6)식은 비선형이므로 분명한 해법이 없지만, Williamson과 McCarty(1976)가 몇가지 가정하에 근사치방법으로 풀은 결과는 <표5.1>과 같다.

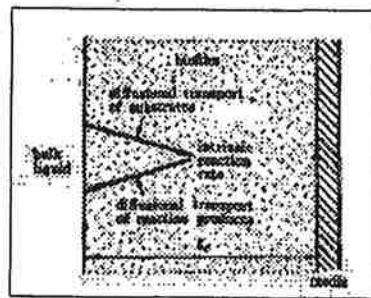
<표 5.1> 생물막표면 Flux와 생물막내의 기질농도 (Williamson and McCarty, 1976)

S_0 와 K_s 와의 비교	미분방정식	생물막표면의 Flux	생물막내의 기질농도
$S_0 \approx K_s$	$\frac{d^2 S_f}{dz^2} = \frac{k_{\max} \cdot X_f \cdot S_f}{D_f(K_s + S_f)}$	명백한 답이 없음	명백한 답이 없음
$S_0 \gg K_s$	$\frac{d^2 S_f}{dz^2} = \frac{k_{\max} \cdot X_f}{D_f}$	$N_s = A_f \cdot k_{\max} \cdot X_f \cdot L_f$	$S_f = S_0 - \frac{k_{\max} \cdot X_f}{D_f} (L_s \cdot Z - \frac{Z^2}{2})$
$S_0 \ll K_s$	$\frac{d^2 S_f}{dz^2} = \frac{k_{\max} \cdot X_f \cdot S_f}{D_f \cdot K_s}$	$N_s = A_f \cdot S_0 \left(\frac{D_f \cdot k_{\max} \cdot X_f}{K_s} \right)^{1/2}$	$S_f = S_0 \cdot \frac{\cosh[(k_{\max} \cdot X_f / D_f K_s)^{1/2} (L_s - Z)]}{\cosh[(k_{\max} \cdot X_f / D_f K_s)^{1/2} L_s]}$

호기성 상태에서의 기질의 제거는, 세균에 의한 전자공여체(電子供與體; 유기물질, D)의 산화와 電子受容體(산소, A)의 환원에 의한다.



생물막속에서의 위 반응은 (4)와 (5)식에서 보듯이, 물질(이 경우 D와 A)의 대사 속도나 확산속도의 제한을 받게 된다. 그런데, 한 물질의 확산부족은 세균의 대사속도 또는 생물막의 고유반응속도를 제한한다. 역으로 내부의 낮은 대사속도는 외부로부터의 확산속도를 제한하게 된다.



<그림 5.2> 생물막내에서의 기질의 확산이동과 제거반응을 나타내는 모델

Williamson 과 McCarty(1976) 에 따르면, 다음 부등식이 성립할 경우에는 전자수용체의 확산이동이 제한조건이 되며, 그렇지 않을 경우에는, 전자공여체(電子供與體)의 확산이동이 제한조건이 된다.

$$S_A < \frac{aD_{f,D}(MW)_A}{dD_{f,A}(MW)_D} \cdot S_D \quad (8)$$

S_A = 전자수용체의 용액농도 $[ML^{-3}]$

D_f = 생물막속에서의 기질의 분자확산계수 $[L^2T^{-1}]$

S_D = 전자공여체(電子供與體)의 용액농도 $[ML^{-3}]$

a = 전자수용체의 화학양론적 몰수

d = 전자공여체(電子供與體)의 화학양론적 몰수

A, D = 전자수용체와 전자공여체(電子供與體)

MW = 분자량 $[M]$

또한, 다음 부등식이 성립할 경우에는 전자수용체의 대사반응이 제한조건이 되며, 그렇지 않을 경우에는 전자공여체(電子供與體)의 대사반응이 제한조건이 된다.

$$S_A < \frac{K_{s,A}}{K_{s,D}} \cdot S_D \quad (9)$$

$K_{s,A}, K_{s,D}$ = A와 D의 반포화농도 $[ML^{-3}]$

(2) 물질이동과 대사반응의 차원

미생물의 물질대사에 의한 기질제거, 즉 생물막 자체의 고유반응은 Monod식을 따르지만, 대개는 K_s 의 값이 적으므로, X_f 를 상수로 간주할 때, (4)식은 영차반응이 된다. 즉,

$$r_f = -k_{max} \cdot X_f = -k_f \quad (10)$$

r_f = 생물막 고유의 기질제거속도 $[ML^{-3}T^{-1}]$

한편, 확산에 의한 생물막 내부로의 기질이동은 막표면에서 볼 때, 영차 아니면 1/2차 반응이라고 한다. (12)

즉, $\beta = \sqrt{(2D_f \cdot S_s)/(k_f \cdot L_f)}$ 라고 하면,

$$\beta \geq 1 \text{ 일 때, } r_{su} = -k_0 = -k_f \cdot L_f \quad (11)$$

$$\beta < 1 \text{ 일 때, } r_{su} = -k_{1/2} S_s^{1/2} = -\sqrt{2D_f \cdot k_f \cdot S_s^{1/2}} \quad (12)$$

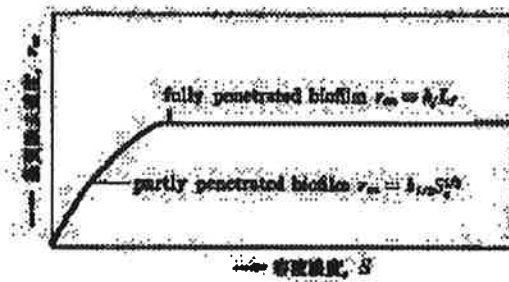
r_{su} = 단위생물막표면적당 기질제거속도 [ML⁻²T⁻¹]

k_0 = 영차 반응기질제거속도 상수 [ML⁻²T⁻¹]

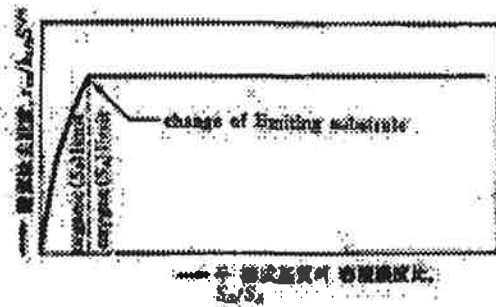
$k_{1/2}$ = 1/2차 반응기질제거속도 상수 [M^{1/2}L^{-1/2}T⁻¹]

위 (11)식의 영차반응은 기질이 생물막 심층까지 완전히 침투했을 때 ($L_s \leq L_e$)이며, (12)식의 1/2차반응은 낮은 기질농도에서 확산에 의한 침투가 완전하지 않을 때 ($L_s > L_e$), 기질제거율이 기질농도에 1/2차로 의존함을 뜻한다.

<그림 5.3a>는 기질농도와 기질제거속도와의 관계를 나타낸다. 용액의 기질농도가 낮은 초기에는 기질의 확산이 제한조건이 되어 그 제거율은 (12)식과 같은 1/2차반응으로 나타난다. 그 후 용액농도의 증가와 확산의 증가에 따라서 기질이 생물막심층까지 완전히 침투하면, 그때부터는 용액농도와 관계없이 (11)식과 같은 생물막 고유의 기질제거속도가 제한조건이 된다. <그림 5.3a>는 전자공여체(電子供與體)와 수용체중의 하나에 관한 것인데, 이 양자 중에서도 그러한 속도가 더 작은 것이 전반적인 기질제거속도를 제한하게 된다.



<그림 5.3a> 한 구성기질에 있어서의 기질농도와 기질제거속도와의 이상적 관계



<그림 5.3b> 두 구성기질에 있어서의 제한기질의 변화

(3) 생물막의 두께와 기질제거

(11)식은 기질이 생물막심층까지 완전히 침투했을 때 ($L_s \leq L_e$), 기질제거속도는 생물막두께에 비례하며, 외부의 용액농도와 무관함을 뜻한다. 그리고 그것은 <그림 5.3a>에 설명되어 있다.

한편 기질의 생물막 침투가 완전하지 않을 때 ($L_s > L_e$), 기질제거속도는 (12)식에서 보듯이 생물막표면의 기질농도에 1/2차로 의존한다. 이때 기질의 침투심(浸透深)은, (13).

$$L_e = (2D_f S_s / k_f)^{1/2} \text{ 이므로} \quad (13)$$

(12)식은 다음과 같이 된다. 즉,

$$r_{su} = -k_f L_e \quad (14)$$

(13)와 (14)식은 基質제거속도가 생물막의 유효두께에 비례하며, 유효두께는 생물막 표면의 기질농도에 1/2차로 의존함을 뜻한다. 그러나, 생물막 표면의, 또 나아가서 용액의 기질농도가 일정할 때, 기질제거속도는 생물막의 유효두께에 비례하며, 초과두께와는 무관함을 뜻하기도 한다.

나. 살수여상(撒水濾床)

1) 살수여상의 개요

살수여상은 가장 오래된 오폐수처리방법으로서 1893년에 영국에서 시작되었다. 이 방법은 여재를 둘러싼 생물막의 심층에 혐기성 부분이 있기는 하지만, 호기성 부착증식(생물막) 프로세스로 분류된다. 기질제거의 근본 원리는 활성슬러지법과 같으며, 다만 미생물의 서식형태와 산소공급방법이 다르고, 그에 따라서 반응변수와 반응조의 구조도 다르다. 이름과 달리 여과작용은 없다. 살수여상법은 역사적으로 처리수의 질이 BOD와 SS에 있어서 20~40mg/L 인 것으로 알려져 있으나, 최신의 기술로는 고도처리수준까지 처리가능하여 10mg/L 이하의 BOD와 SS, 또한 1mg/L 이하의 암모니아를 배출할 수 있는 것으로 알려졌다(건설부, 1992).

살수여상은 여재를 채운 여상(濾床)과 여상(濾床)위의 살수장치, 여상(濾床)바닥과 집수장치, 그리고 부대시설로 구성된다. 산소는 여재 사이를 자연순환하는 공기에 의하여 공급된다. 활성슬러지프로세스의 경우처럼, 살수여상 앞에는 현탁고형물을 제거하는 1차처리(침전조 또는 부패조)가 있고, 활성슬러지 프로세스와 달리, 세포물질의 반송은 없다.

가) 살수여상의 분류

살수여상은 수리적부하율과 기질부하율에 의해 다음과 같이 분류된다.

<표 5.2> 살수여상의 분류와 설계 및 운전 파라미터 (BOD, 제거율 외 : Metcalf and Eddy, 1979)

항 목	흡수성 바이오필터	저속 살수여상	중속 살수여상	고속 살수여상	초고속 살수여상
수리적 부하율 (m^3 오폐수/ $m^2 \cdot$ 일)	1~3	1~4	4~10	10~40	40~200
기질부하율 ($kgBOD/m^2 \cdot$ 일)	0.08~0.35	0.08~0.32	0.24~0.48	0.32~1.0	0.80~6.0
유효깊이	2.0	1.5~3.0	1.25~2.5	1.0~2.0	4.5~12
여재 종류	발포성 플라스틱	돌, 슬래그	돌, 슬래그	돌, 슬래그, 플라스틱	플라스틱, Red wood
수리적 재순환율(%)	0	0~1	0~1	1~3, 2~1	1~4
동력소요 ($kW/1000m^2$)	150	2~4	2~8	6~10	10~20
살수부하 간격	30분 (간헐식)	5분 미만 (간헐식)	15~60초 (연속식)	15초 미만 (연속식)	연속식
생물막의 탈리	간헐적	간헐적	간헐적	연속적	연속적
BOD 제거율	90~95%	80~85%	65~80%	65~80%	65% 미만
질산화반응	거의 완전하게 됨			낮은 부하율에서만 가능	

위의 <표 5.2>에서 알 수 있듯이 흡수성 바이오필터 공법은 저속살수여상 방법으로 분류될 수 있다. 이에 저속살수여상에 대한 내용만 기술한다.

(1) 저속살수여상

이것은 표준살수여상으로도 불리는 가장 간단한 방법이다. 운전하기 쉽고, 동력이 덜 들고, BOD 제거율이 높고, 질소(窒素)화질을 고도로 산화시킬 수 있다. 그러나, 수리적부하율이나 기질부하율이 낮으므로 넓은 부지면적이 필요하며, 살수여상에 특유한 Psychoda종의 파리가 번식할 수 있다.

여재로는 흔히 50mm 이하의 돌이나 쇠석을 사용한다. BOD 제거는 여재 상단의 0.6~1.2m 층에서 활발하게 수행되며, 따라서 윗층의 여재는 아래층에 비하여 생물막이 두껍다. 아래층에서는 독립영양계세균에 의하여 탈질화반응이 수행된다. 저속살수여상은 구조나 설비가 간단하고, 고도의 운전기술이 필요 없고, 슬러지 발생량도 비교적 적으므로 조금은 넓은 공간부지를 제공할 수 있는 촌락 등에 적합하다. 1차 침전지를 Imhoff조로 대체할 경우 운전은 더욱 쉬워지고 슬러지 처리문제도 해결된다.

나) 살수여상에서 사용되는 여재

살수여상의 여재에는 다음과 같은 것들이 있다.

<표 5.3> 살수여상 여재의 종류 (Metcalf and Eddy, 1979; Liptak, 1974; 洞澤勇編, 1982)

여재의 종류	공칭규격(mm)	단 위 중 량 (kg/m ³ 용적)	비 표 면 적 (m ² /m ³ 용적)	공극율(%)
화강암쇄석	25~75	1440	60	46
용광로 슬래그	50~75	1080	65	49
Bulk형 플라스틱	40x80	65	100~200	93~96
Module형 플라스틱	600x500x1000	35~60	80~200	94~97
redwood module	1200x1200x500	150~175	40~50	70~80
흡수성 바이오필터	500x500x500		120	100

흡수성 바이오필터 여재와 같은 종류는, 비표면적과 공극율이 크고 여상의 위층부

1) 흡수성 바이오필터 비표면적 계산

계당 표면적 : $0.05 \times 0.05 \times 6 = 0.015 \text{ m}^2$, 용적 1m³ 당 기수 = 8000기

비표면적 = $0.015 \text{ m}^2 \times 8000 \text{ 기/m}^3 = 120 \text{ m}^2/\text{m}^3\text{용적}$

터 바닥까지 고르게 생물상을 부착시킬 수 있으므로 전체적으로 미생물양을 크게 하고, 공기유통을 좋게 하며 나아가서 단위용적당 기질제거율을 증대시키는 효과가 있다.

다) 살수여상의 생물상

살수여상의 경우, 미생물은 생물막과 더불어 안정되어 있으므로, 활성슬러지조에 비하여 먹이연쇄의 종이 보다 더 넓게 분포되어 있으며, 그 활동도 안정되어 있다.

생물막은 주로 세균으로 구성되어 있는 데 그 중에서도 호기성세균이 우세하다. 생물막의 외부는 호기성층이지만 산소가 침투하지 못하는 심층은 혐기성이다. 생물막의 두께는 0.1~2mm 이다. 살수여상에서 발견되는 세균의 속(屬)에는 *Achromobacter*, *Flabobacterium*, *Pseudomonas*, *Alcaligenes* 등이 포함된다. 생물막의 환경이 이들에 불리할 때는, *Sphaerotilus*, *Natans*, *Beggiatoa* 등 사형(蘇形)세균이 번식할 수도 있다. 기질부하율이 낮은 살수여상의 아래층에는 *Nitrosomanas*, *Nitrobactor* 등의 질산화세균이 서식한다.

원생동물은 주로 *Vorticella*, *Opercularia*, *Epistylis* 등의 섬모충류와 *Amoeba* 등의 근족충류(根足虫類)인 데, 세균이나 미세한 유기질 입자를 섭식함으로써, 세균집단의 평형을 지키고 생물막표면의 활성을 유지하는 역할을 수행한다. 후생동물은 원생동물을 포식하거나 생물막 등을 섭식한다. 이외에도 살수여상에는 달팽이, 벌레, 곤충 등이 서식한다. 곤충 중에서 *Psychoda*속의 살수여상에 특유한 작은 파리도 있다.

라) 활성슬러지 프로세스와의 비교

활성슬러지프로세스와 비교할 때 살수여상의 장점은 다음과 같다.

- ① 쉬운 운전 : 살수여상은 미생물양을 조절하지 않으며, 복잡한 기계나 설비가 없으므로 운전하기가 쉽다.

- ② 낮은 유지관리비 : 살수여상은 폭기용 에너지가 불필요하고, 기타의 에너지소비량도 적다. 따라서, 년간에너지 소비량은 재래 활성슬러지법의 1/5~1/2 밖에 안 된다. (14) 고도의 운전기술이 필요하지 않으므로 인건비도 적게 든다.
- ③ 부하변동과 유해물질에 대한 내성(耐性) : 생물막은 분산 상태의 생물학적 플록과는 달리, 막표면만이 액체에 노출되어 있고, 막속으로의 물질이동속도나 열전도가 제한되어 있으므로 막표면의 충격이 막속으로 그대로 전달되지 않는다. 이러한 구조적 강점 때문에 살수여상은 충격부하나 부하변동, 유해물질 등에 대하여 적응력이 보다 더 크다.
- ④ 적은 슬러지 발생량 : 살수여상은 생물막심층의 내호흡, 혐기성대사, 그리고 광범위한 포식생물의 활동 때문에 슬러지발생량이 비교적 적다.

흡수성 바이오필터의 경우 단단한 표면을 갖고 있는 다른 여재와 달리 여재 내부로 무한한 공간이 있어, 생물막심층에서의 내호흡, 혐기성대사, 그리고 광범위한 포식생물의 활동이 장기간 지속 될 수 있는 특징에 의해 슬러지발생량이 거의 없고 보여 진다.

- ⑤ 유지기간에 대한 적응력 : 살수여상은 운전하지 않더라도 일정량의 미생물이 여상내에 있고 충격에 덜 민감하면서도 회복이 빠른 생물막이 있으므로 휴일에 기질부하를 정지하더라도 순환수만 지속적으로 유지하면 오랜 동안 견딜 수 있다. 기온은 낮은 겨울철에는 대사속도도 낮으므로 더욱 오랜 동안 견딜 수 있다.

한편, 활성슬러지프로세스와 비교할 때 단점은 다음과 같다.

- ① 냄새와 파리의 발생 : 생물막심층의 혐기성 대사와 각종 유기물과 H₂S등 기체가 나타내는 냄새는 구조적으로 불가피하다. Psychoda속 파리 번식도 발생한다.

기존의 살수여상은 Open 타입이나, 흡수성 바이오필터 공법은 PE Tank를 이용하여 Closed 타입으로 제작하여 냄새와 파리 발생의 단점을 제거하였다.

- ② 약간 낮은 처리효율과 처리수의 낮은 투시도 : 생물막이 유지되려면 막외부에 최저 농도의 수질이 있어야 한다는 이론(식 4)과, 생물막속으로의 기질이동속도, 생물막속의 기질농도, 기질반응속도 등이 생물막 외부의 기질농도에 의존한다는 이론(식3,4,1)은 생물막 외부, 즉 폐수 속에 일정 농도 이상의 잔류기질이 있어야 한다는 된다는 것을 뒷받침한다. 그것은 실수여상의 기질제거효율을 낮추는 원인이 된다. 또, 활성슬러지법의 생물학적 응집기능이 없다는 점과 유출수 중의 잔류기질은 살수여상처리수의 투시도를 저하시킨다.

흡수성 바이오필터는 처리효율에 있어 90% 이상을 유지하는 것으로 Pilot 실험과 현장에서 입증되었는 바, 이는 기존의 살수여상에 비해 미생물의 수가 많음으로써, 즉 생물막내의 세포물질농도(M_x)가 높음으로써 위와 같은 현상이 나타나지 않는다고 보여진다.

- ③ 비교적 큰 손실수두 : 살수여상은 오페수를 여상 위에서 살수하고 바닥 밑으로 모음으로서, 그 사이의 높이는 완전한 손실수두가 된다.
- ④ 비교적 큰 소요부지면적 : 단위면적당 오페수처리량이 활성슬러지법보다 크다.

흡수성 바이오필터는 미생물의 수를 많이 집적시킬 수 있는 여재를 사용함으로써, 1차 처리로 24시간 체류용량의 혐기성부패조를 포함해서도 활성슬러지법에 비해 소요부지 면적이 크지 않다.

2) 살수여상의 설계

가) 살수여상 반응조 설계

살수여상내의 미생물은 여재에 부착하고 있으므로 서식형태는 안정되어 있지만, 그 대사활동과 생물막의 증식 및 탈리 등은 유입오페수와 외부로부터의 환경조건에 순응하면서 자체적으로 조절하며, 인위적으로 일정하게 유지되기 어려우므로, 그 반응을 상사 적용할 수 있는 수학적 모델로 나타내는 것이 곤란하다. 또한, 반응에 기여하는 변수간의 관계가 단순하지 않고, 여상내의 미생물양과 영양인자를 정상상태로 조작할

수 없으므로 기질제거율을 반응이론식에 의하여 예측하는 데에는 어려움이 있다.

한편, 경험에 의한 설계 식들은 반응이론식이 연구되기 훨씬 전부터, 주로 생활하수를 처리하는 데 무리 없이 적용되어 왔다. 그 중에서도 가장 오래되었고, 가장 넓게 보급되고 있는 미국의 National Research Council (NRC(18))이 1946년 발표한 것이다.

NRC 공식은 들어재를 채운 병영의 살수여상운전자료를 분석하여 만든 것으로서

- ① 여재와 기질의 접촉량은 여상규격과 通過통과수에 의존하고,
- ② 접촉량이 많을수록 처리효율이 커지며,
- ③ 기질부하율이 클수록 처리효율이 낮아진다는 사실에 근거한 것이다.

즉, 처리효율이 부하율과 접촉의 결합에 의존한다고 본 것이다.

흡수성 바이오필터 방법과 같은 1단계 살수여상에 관한 NRC공식은 아래와 같다.

$$E_1 = \frac{1}{1 + 0.0085 \left(\frac{L}{V_1} F \right)^{1/2}} \quad (15)$$

$$F = \frac{1+R}{[1+(1-P)]^2} \quad (16)$$

E_1 = 여상의 후침전지의 BOD 제거효율

L = BOD 부하율(1b/day)

V_1 = 여상의 용적 (acre-ft)

F = 기질의 통과수

R = 재순환율

P = 가중계수, 보통 0.9

11b = 0.4536kg, 1acre-ft = 1233.2m³

위의 식들을 $P=0.9$ 로 가정하고, 여상용적을 기질의 제거효율과 유량, 농도 및 재순환율로 나타내도록 고치고(Benefield and Randall, 1980), 단위를 SI단위로 바꿔 쓰

면 다음과 같다.

$$V = 1.9674(10)^{-4}QS \frac{(1+0.1R)^2}{1+R} \left(\frac{E}{1-E}\right)^2 \quad (17)$$

V = 여상의 용적 (m³)

Q = 오폐수유입량 (m³/day)

S = 유입폐수의 기질농도 (mgBOD/L)

E = 여상에서의 기질제거율

R = 재순환율

이 식들을 보면, 필요한 여상용적은 기질제거율과 재순환율이 일정할 때, 기질의 유량과 농도, 즉 기질부하율에 비례한다. NRC 공식을 적용할 때 참작할 사항은 둘 여재를 사용하는 살수여상에는 무리 없이 적용할 수 있으나, 비표면적과 공극율이 큰 플라스틱 여재를 채운 살수여상에 적용하기에는 무리가 있다. 즉 플라스틱 여재를 채우는 경우, 여상의 소요 용적이 훨씬 줄어들 수 있다.

NRC 공식을 이용하여, 흡수성 바이오필터의 여상용적(BBF-10 Model 기준)을 계산하여 보면 다음과 같다.

Q = 오폐수유입량 = 10 m³/day

S = 유입원수의 기질농도 = 150 mg BOD/L (혐기성 부패조 유출수)

R = 재순환율 = 1 (재순환 하지 않음)

E = 기질제거효율 = 90%

식(17)에서,

$$V = 1.9674(10)^{-4} (10) (150) \frac{(1+0.1 \times 1)^2}{1+1} \left(\frac{0.9}{1-0.9}\right)^2$$

$$= 14.461 \text{ m}^3$$

14.461 m³의 여상용적이 필요하나, NRC 공식의 기준인 둘 여재 대신 사용하는 흡수성 여재의 비표면적이 2배인 점(표 5.3 참조)을 감안하면, 필요한 여상 용적은 14.461 ÷ 2 = 7.23 m³ 이다.

현재 사용중인 BBF-10 Model은 직경이 2.2m, 여상 높이가 2m 이므로,
 여상용적 = $\pi \times (1.1)^2 \times 2 = 7.6\text{m}^3$ 로써, NRC 설계 기준에 적합하게 설계
 되었음을 알 수 있다.

나) 산소공급

살수여상에서 미생물에의 산소공급은 외부와 여상 사이의 온도차이에 자연적인 환기방법을 사용하며, 적절히 설계된 재래식 살수여상의 경우, 자연환기에 의한 산소공급이 문제가 되는 일은 드물다.

한편, 흡수성바이오필터는 소동력(40W)의 Air Fan을 추가로 부착하여, 산소 공급을 강제순환식으로 함으로써 처리효율을 높였다.

다. 흡수성 바이오필터 시스템

1) 시스템 개요

흡수성 바이오필터는, 흡수성 여재를 충전한 반응기 상부에서 노즐을 통하여 오폐수를 간헐적으로 살수하여 자연유하로 여재 층을 통과하면서 여재층에 형성된 임의성(여재표면: 호기성, 여재 심층: 혐기성)미생물들에 의해 산화 분해되는 살수여상식 생물막법 오수처리기술이다.

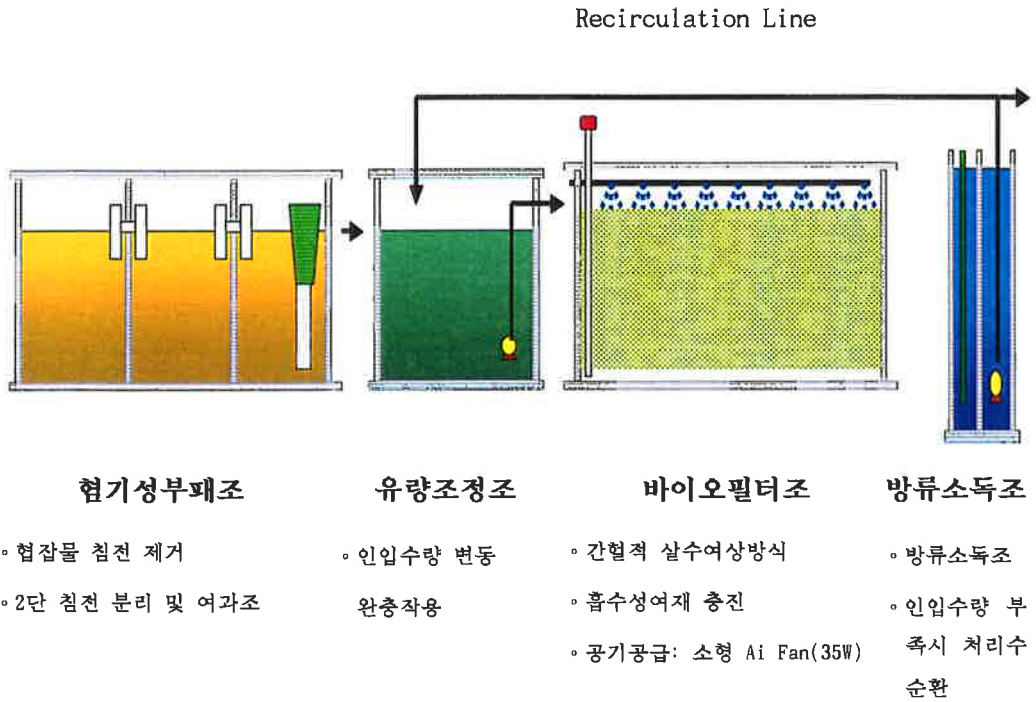
전처리 방법은 유지관리가 가장 간단하며, 기존의 정화조를 활용할 수 있는 "혐기성부패조"를 사용하여, 유입되는 협잡물 및 부유물질을 침전 분리시킨다.

심한 유입량 변동에 대응하기 위하여, 처리수의 반송 Line을 설치하여 지속적인 생물학적 처리 기능을 유지시킨다.

시스템의 가동 및 이상발생 상황을 모니터할 수 있는 시스템이 부착되어 있으며, 환경부 신기술평가에 의해 『국산신기술』로 인증 받은 기술이다.

2) 시스템 구성

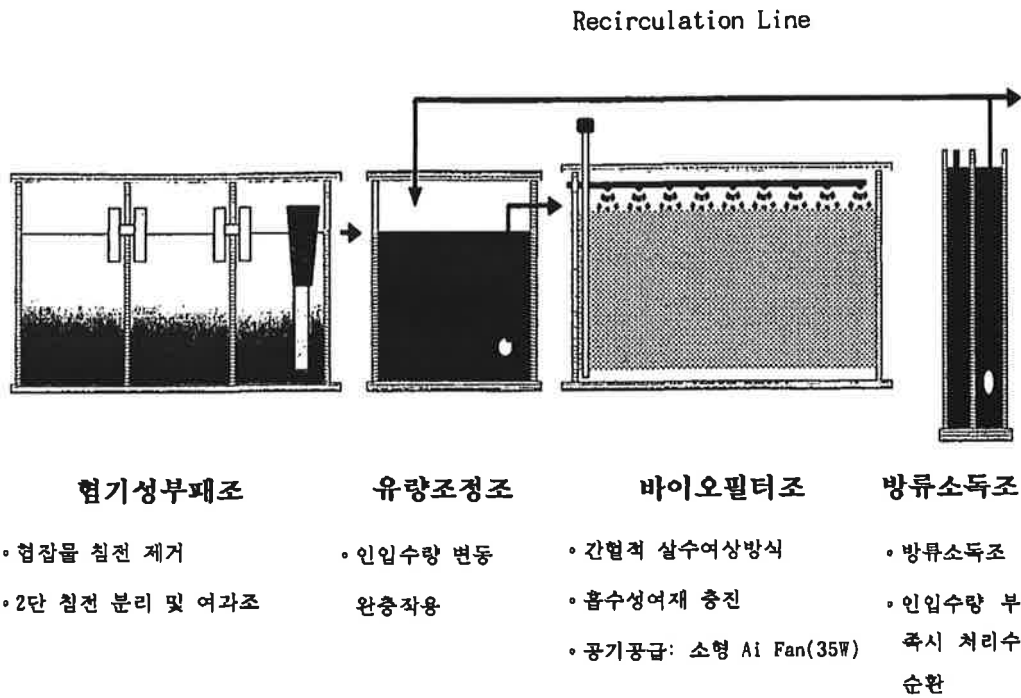
가) 처리계통도



<그림 5.4> 흡수성 바이오필터 처리계통도

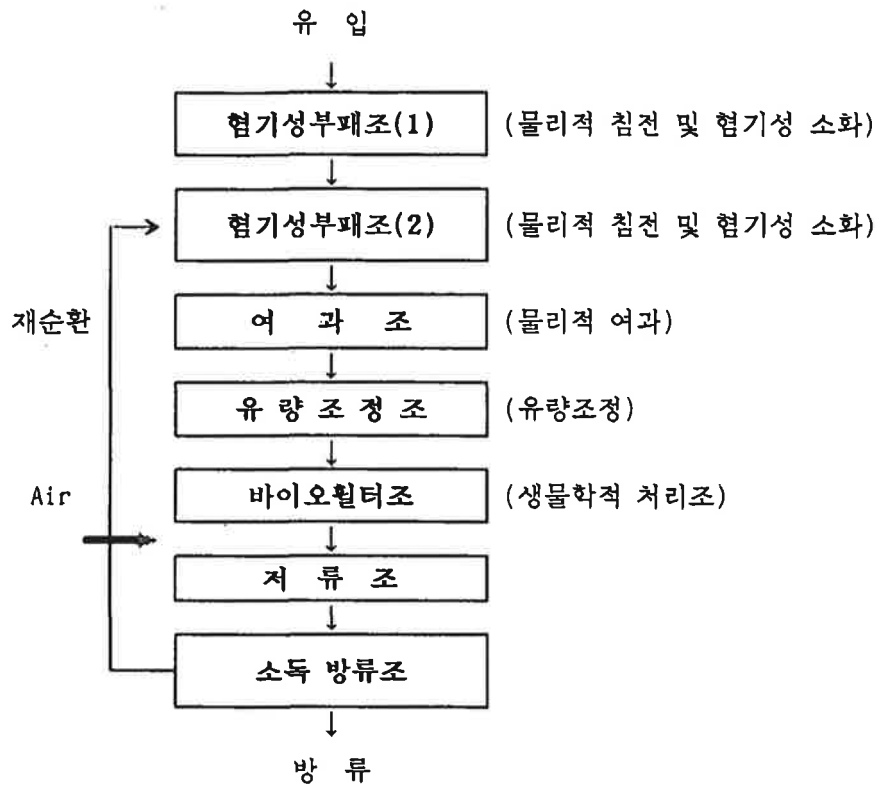
2) 시스템 구성

가) 처리계통도



<그림 5.4> 흡수성 바이오필터 처리계통도

나) 처리공정도

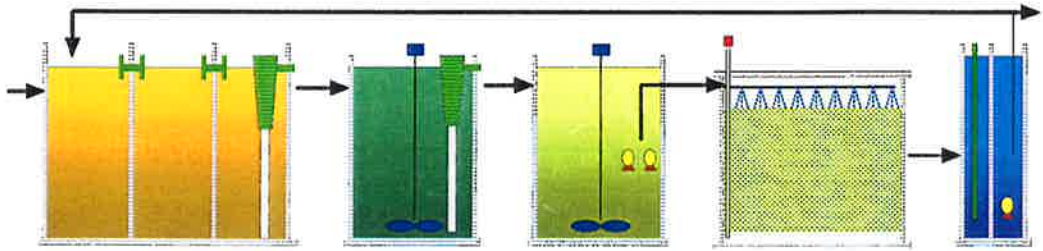


3) 공법의 장점

- ① 쉬운 운전 및 유지관리 : 미생물양을 조절하지 않으며, 복잡한 기계나 설비가 없으므로 운전하기가 쉽다.
- ② 낮은 유지관리비 : 폭기용 에너지가 불필요하고, 기타의 에너지소비량도 적으며, 고도의 운전기술이 필요하지 않으므로 인건비도 적게 든다.
- ③ 부하변동과 유해물질에 대한 내성 : 생물막법은 분산 상태의 생물학적 플록과는 달리, 막표면만이 액체에 노출되어 있고, 막속으로의 물질이동속도나 열전도가 제한되어 있으므로 막표면의 충격이 막속으로 그대로 전달되지 않는다. 이러한 구조적 강점 때문에 살수여상은 충격부하나 부하변동, 유해 물질 등에 대하여

적응력이 보다 더 크다.

- ④ 휴지기간에 대한 적응력 : 살수여상은 운전하지 않더라도 일정량의 미생물이 여상내에 있고 충격에 덜 민감하면서도 회복이 빠른 생물막이 있으므로 휴일에 기질부하를 정지하더라도 순환수만 지속적으로 유지하면 오랜 동안 견딜 수 있다.



협기조

- 고형물 침전 분리
- 2일 체류 용량
- 고형물 유출방지용 Zabel Filter 설치

무산소조

- 탈질
- 0.5Q Sludge
- 12hr 체류 용량

유량조정조

- 유량조정기능
- 12hr 체류 용량

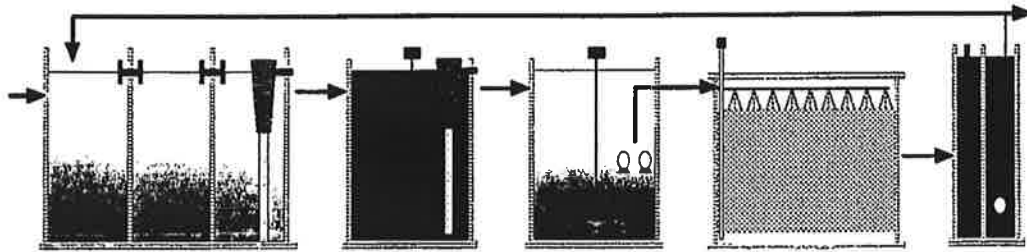
바이오필터조 (호기조)

- 유기물 분해
- 질산화
- 1일 체류용량

<그림 5.5> 질소 인 제거형 공정 개요도

적용력이 보다 더 크다.

- ④ 휴지기간에 대한 적용력 : 실수여상은 운전하지 않더라도 일정량의 미생물이 여상내에 있고 충격에 덜 민감하면서도 회복이 빠른 생물막이 있으므로 휴일에 기질부하를 정지하더라도 순환수만 지속적으로 유지하면 오랜 동안 견딜 수 있다.



협기조	무산소조	유량조정조	바이오필터조 (호기조)
<ul style="list-style-type: none"> 고형물 침전 분리 2일 체류 용량 고형물 유출방지용 Zabel Filter 설치 	<ul style="list-style-type: none"> 탈질 0.5Q Sludge 12hr 체류 용량 	<ul style="list-style-type: none"> 유량조정기능 12hr 체류 용량 	<ul style="list-style-type: none"> 유기물 분해 질산화 1일 체류용량

<그림 5.5> 질소 인 제거형 공정 개요도

2. 현장 가동효율 검증시험

가. 단독가구형 현장 시범지구 선정

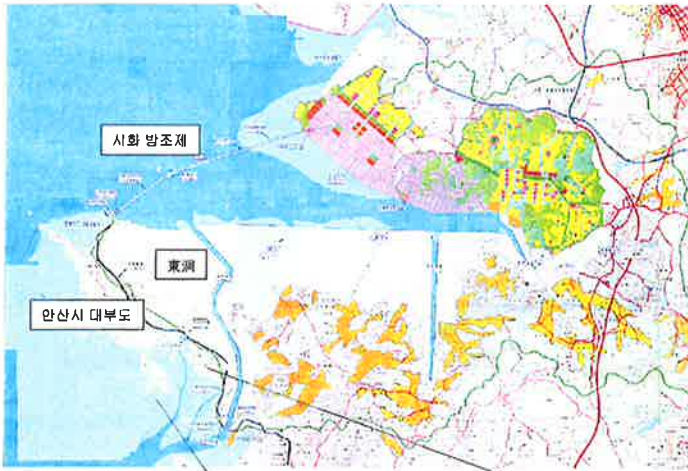
단독농가형은 하수도가 미흡한 농촌에 띄엄띄엄 산재한 농가를 위한 정화처리시설을 검토하기 위하여 선정하였다. 농촌의 단독가구에서는 오폐수가 간헐적으로 배출되기 때문에 일정농도의 유입을 전제로 제작된 정화시설에 대한 간헐적 유입수에서의 효율 검증과 오수의 일정 유입을 위한 별도의 시설을 설치하여 검증하고 미처리된 오수농도에 대한 자연방류 시스템에서의 추가정화처리 효율을 검증하고자 하였다.

시범지구 선정에는 일반 농촌지역보다는 현재 농업용수 개발을 위해 개발 중에 있는 새만금간척사업 상류부 농촌지역과 시화호 사업지구 상류부 농촌마을, 생수공장이 많은 충북 청원군, 그리고 청정한 자연을 자랑하고 있는 전북 무주군 상류부 농가마을을 답사하였다.

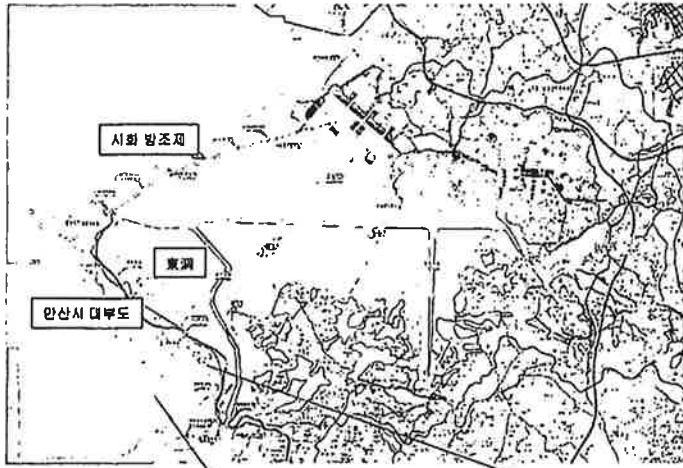
3개 답사 지역 모두에서 오폐수가 지표수와 지하수 자원에 오염부담을 크게 주고 있는 일반 농가와 축산농가가 산재해 있었으나 예산 제한성 등으로 조사시범지구는 한 개소만을 선정하였다. 시화호 지구 상류부 농가마을로 시범지구를 선정하였는데 이는 연구 초기에는 정화효과를 분석을 위한 시료 채취 등 모니터링 주기를 짧게 하려면 시료채취가 용이하고 분석실과 거리가 가까운 지역이 연구에 더 큰 효율을 얻을 수 있기 때문이었다.

나. 단독가옥형 오폐수정화처리 시설 설치 및 가동효율 분석

답사과정을 통하여 단독가구형 정화처리시설 위치를 경기도 안산시 대부동 동동농가로 선정하고, 자연방류 시스템까지를 연구하고자 주변지역에 대하여 설치이전 토양 조사와 수질조사를 실시하였다.



<그림 5.6> 안산시 대부도 시범지구 위치 (A-흡수성바이오필터, B-접촉산화식 합병정화조)에 위치한 우수정화처리시설 수질시료 채취 지역



<그림 5.6> 안산시 대부도 시범지구 위치 (A-흡수성바이오필터, B-접촉산화식 합병정 화조)에 위치한 오수정화처리시설 수질시료 채취 지역

1) 토양조사

오폐수의 배출은 그 농도에 따라 자연정화되거나 지표수 및 지하수 오염원이 될 수 있다. 모든 오염의 일차적인 해결은 오폐수를 완전 처리하여 배출하는 것을 목표로 하지만, 오염의 원인은 고 농도의 오폐수를 직접 하천이나 강으로 유출하거나 관리가 소홀한 관정내로 유입하는 1차적 원인과 2차적으로 토양이 오염되어 강우가 있을 때 마다 연속적으로 토양내에 유출되어 오염이 된다. 그러므로 현재 주변 토양 성분 및 투수성에 대한 자료를 파악하여 현재 오염의 정도를 파악하여야 한다.

조사지역은 흡수성바이오필터 설치 전·후의 토양성분과 그 변화를 연구기간동안 조사되어야 한다. 흡수성바이오필터 설치 이전에는 기존 혐기성부패조에서 1차적으로 분류가 된 분뇨와 생활오수가 2차적으로 작은 플라스틱 통을 경유하여 주름관을 농가에서 30m 떨어지 곳까지 설치하여 자연방류하고 있었다. 자연방류 된 지점으로부터 30m 간격으로 방류되는 유로를 따라 토양조사를 하여 토양의 자연정화능력에 의한 유기물의 감소량을 조사하였다.

비포화대에 존재하는 오염물질의 이송 및 변환과정을 살펴보기 위하여는 비포화대 내에서의 지하수의 흐름을 이해하는 것이 필수적이다. 지하수면 상부는 공극내에 공기와 물이 혼재하는 비포화대의 형태로 존재한다. 지하수의 흐름을 유발시키는 원동력은 총수두구배(total head gradient)로 수두가 높은 곳으로부터 낮은 곳으로 흐름이 발생되며, 이러한 관계를 나타내는 것이 Darcy의 법칙이다.

$q = -K \cdot \text{grad } H$ 여기서, $q = \text{Darcy의 flux(L/T)}$

K : 총수두(압력수두에 위치수두를 합한 값)(L)

$\text{grad } H$: 총수두구배(무차원)

비포화대 내에서의 지하수 흐름에도 동일한 원리를 적용할 수 있으나, 포화대 내에서의 흐름에 비하여 모세관력(capillary force)과 비선형적인 토양의 특성(non-linear soil characteristics) 등으로 인하여 여러 가지 면에서 차이가 있고 될

신 복잡하다.

지하수면에서의 압력은 정의상 대기압과 동일하며, 편의상 상대압으로 0이라 하면 지하수면 하부 포화대 내에서의 압력은(+)값을 지하수면 상부의 비포화대 내에서의 (-)값을 갖는다. 이와 같이 대기압보다 낮은 압력을 통상적으로 장력(tension) 또는 흡입력(suction)이라 하며, 비포화대내에 존재하는 물은 흡입력(모세관력)에 의해 유지되며 존재함을 알 수 있다. 포화대에서는 작용하는 압력이(+)값을 갖기 때문에 piezometer를 이용하여 압력수두를 측정할 수 있으나, 비포화대에서는 (-)값을 갖기 때문에 tensiometer를 이용하여 압력수두를 측정하여야 한다.

비포화대 내에서의 지하수 흐름에 있어 해석을 복잡하게 만드는 또 하나의 요소는 압력수두(壓力水頭)와 수리전도도 둘다 함수율과 상관관계를 갖고 있는 것이다. 압력수두와 함수율 간의 관계를 살펴보면 다음과 같다. 모세관대 상부로부터 토양의 표층으로 올라갈수록 함수율은 낮아지며, 함수율이 낮아지면 낮아질수록 흡입력은 커지고 압력수두는 작아진다(절대값은 커진다). 만약 2지점에서의 위치수두가 같다면 흡입력 구배(suction gradient)에 따라 흡입력이 낮은 곳(압력수두가 큰 곳)으로부터 흡입력이 높은 곳(압력수두가 작은 곳)으로 물이 이동하게 된다. 즉, 함수율이 큰 쪽으로부터 작은 쪽으로 이동하게 된다.

수리전도도 또한 토양의 함수율과 비선형적(非線型的) 상관관계를 갖고 있다. 토양이 포화되어 있을 때는 수리전도도가 앞서 언급한 바와 같이 최대치를 가지나, 함수율이 낮아짐에 따라 수리전도도 값 또한 작아진다. 비포화대에서의 수리전도도는 실제 현장에서 구하거나 실험실적인 방법으로 구한다.

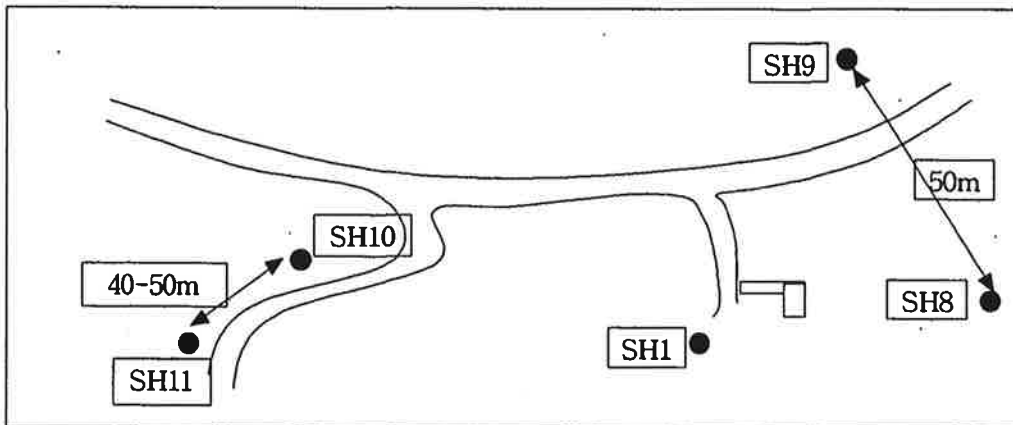
비포화대 내에서의 지하수의 흐름이 파악되면, 오염된 토양으로부터 유해 오염물질에 의해 지하수가 오염되는 과정은 다음과 같이 추측할 수 있다. 토양내 오염물질은 자체의 형태로 이동하기도 하지만, 통과하는 지하수에 용해되어 이동하기도 한다. 휘발성에 의해 정도의 차이는 있지만 기체상태로 이동하는 등 다상(multi-phase) 형태로 이동하게 된다. 비포화대로 이동하는 중 토양에 흡착·탈착되어 지연효과

(retardation effect)를 보이기도 하고, 자체적으로나 미생물의 작용에 의해 분해되어 다른 물질과 바뀌기도 한다. 게다가 단일물질로 존재하는 경우보다 여러 가지 물질이 복합적으로 존재하는 경우가 대부분이므로 보다 복잡한 과정을 거치며 비포화대로 이동하는 것으로 판단된다.

오폐수의 최종방류지점을 기점으로 30m 간격의 격자를 형성하여 동파이프(길이:50cm, 구경:6.5cm)를 이용하여 불교란 시료를 SH-1 ~ SH-11(11점)을 채취하였으며 기존 오폐수의 자연방류 지점으로부터 30m 간격으로 유로를 따라 토양시료를 전동 오거를 이용하여 심도별로 표토로부터 약 30cm씩 가능한 심도까지(약 1m) 시료를 채취(8점)하여 토양의 자연정화능력에 의한 유기물의 감소량을 조사 하였다.

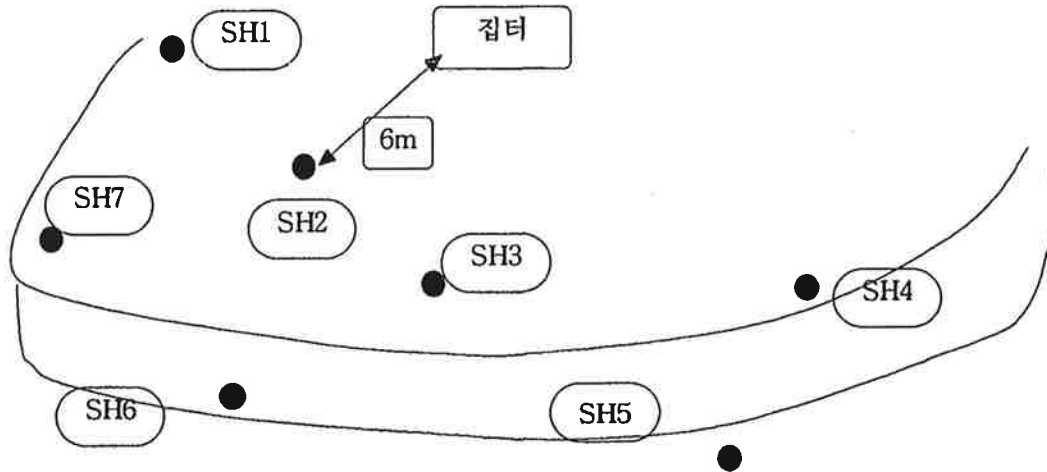
<표 5.4> 교란시료

시료번호	1	2	3	4	5	6	7	8
	30cm	30cm	60cm	약 1m	30cm	60cm	30cm	60cm
위 치	상류	중류 오수 방류지점 부근 (A)			중상류 A로부터 20m		하류 B로부터 30m	



<그림 5.7> 토양 불교란 시료 채취지점 모식도

SH 1번 시료채취위치를 확대하면 SH1 - SH7 위치가 있음



SH6: 낙차가 약 2.2m / SH5: 낙차가 약 2m

SH6-오수관로-SH5: 수평거리는 각각 약 1m와 35m

SH1-2-3-4 : 각각 30m 간격 / SH2-조개껍질 다량 함유, SH3-진흙

<그림 5.7> (계속)

2) 토양조사 결과

토양의 물리적 성질과 토양에 흡착된 성분 즉, 유기물의 함량을 산출하여 오수정화 시설의 설치 전·후의 변화를 비교 분석함으로써 토양의 자연정화 능력에 대한 검증과 오폐수정화시설 이후의 방류수가 지하수수질에 미치는 영향분석에 활용하였다.

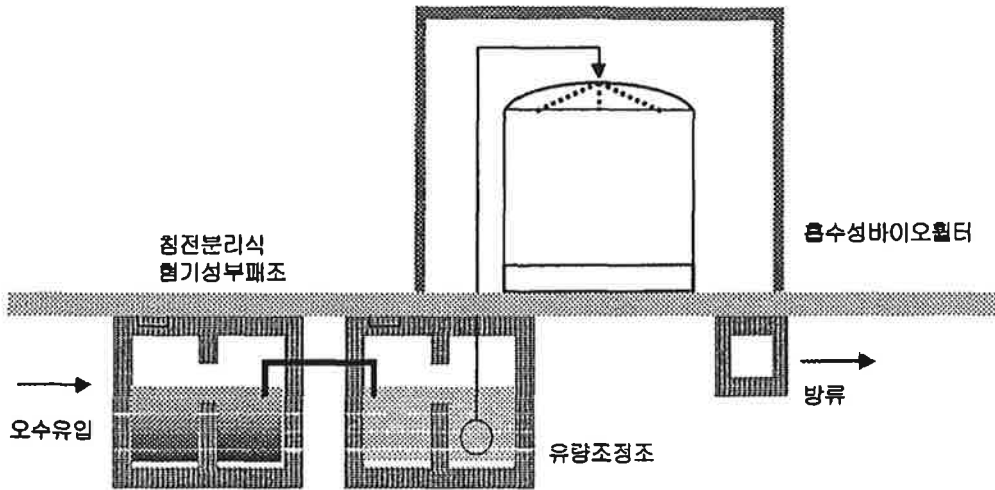
항목	토질분석	토양성분분석	계	비고
시료수	11 점	8 점	19 점	

<표 5.5> 토질시험 결과표

시료명		SH-1	SH-2	SH-3	SH-4	SH-5	SH-6	SH-7	SH-8	SH-9	SH-10	SH-11
입 도	자갈(%)	2.7	0.0	4.9	18.9	16.5	3.0	8.2	1.6	2.6	12.8	23.0
	모래(%)	31.6	8.2	23.1	36.8	45.7	23.6	26.9	44.1	31.5	18.2	41.7
	실트(%)	34.1	35.2	31.3	13.4	18.1	43.3	38.4	19.3	27.3	38.0	14.0
	점토(%)	31.6	56.7	40.8	31.0	19.6	30.0	26.4	34.9	38.7	31.1	21.3
통일분류(U.S.C)		CL	CH	CL	SC	SC	CL	CL	CL	CL	CL	SC
비중(Gs)		2.62	2.66	2.66	2.74	2.62	2.67	2.69	2.72	2.72	2.67	2.71
자 연 상 태	함수비(%)	23.6	27.5	25.3	23.0	22.9	22.8	25.7	16.5	23.1	31.2	15.3
	습윤단위중량 (gf/cm ³)	1.92	1.90	1.78	1.48	1.95	1.90	1.38	1.78	1.61	1.71	1.94
	간극비	0.68	0.78	0.86	1.27	0.64	0.72	1.44	0.77	1.07	1.04	0.61
	포화도(%)	90.3	93.6	77.7	49.5	92.5	84.3	48.1	57.9	58.2	79.7	68.0
투수계수 (cm/s)		1.2E-7	1.1E-7	1.5E-7	-	2.2E-7	1.3E-7	-	2.8E-7	-	1.0E-7	1.9E-6

흡수성 바이오필터(Waterloo Biofilter)를 이용한 중소규모 폐수처리시설은 앞서 기술한 미국의 설치 이후 효율검증 사례에서 인정받은 최신공법 기술로서 우리의 농어촌 상황에 적합성 여부를 검토하고자 하였다. 그러나 시범지구 선정 및 현장설치가 다소 늦어져 (7월말 가동 시작) 수질시료의 채취 및 분석자료가 미흡하여 분석결과에 대한 해석은 다음 년도(2년차)에 장기 모니터링에 의한 수질분석자료를 제시할 수 있을 것이다. 1차년도에는 자연방류 시스템 연구를 위하여 주변의 배경 토양 특성과 주변 지하수 수질 및 설치 농가의 방류수 원수 수질 등에 대한 분석을 위주로 시행하였다. 아래 그림은 현장에 설치한 Waterloo Biofilter 오폐수정화처리에 대한 구조도 및 현장사진이다.

시설 가동 시스템 구조도

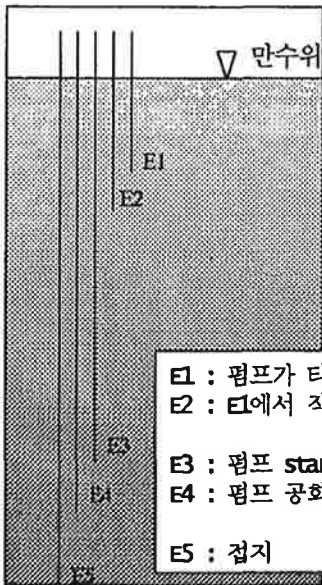


<그림 5.8> 바이오필터 오폐수정화처리 시스템 구조도

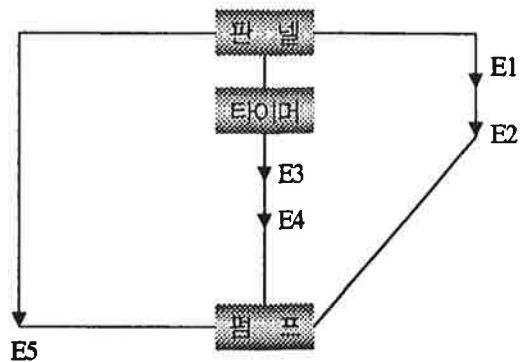
위 시설물 개념도에서 알 수 있듯이 분뇨 및 생활오수를 모두 침전분리식 혐기성부패조에서 체류 시킨 후 유량조정조로부터 일정량을 정화처리하여 방류하는 방식으로 일반적인 오수처리공법의 대부분이 이러한 개념도를 가지고 있다. 단지 방류직전 정화처리 단계에서 어떠한 방법을 이용하는가에 그 공법만의 특징, 효율, 경제성, 가동방법등의 장단점과 기존 시설물을 이용할 수 있는가 하는 범용성을 판단할 수 있다.

시설물 전극봉 및 전기배선 설치도

<전극봉 설치도>



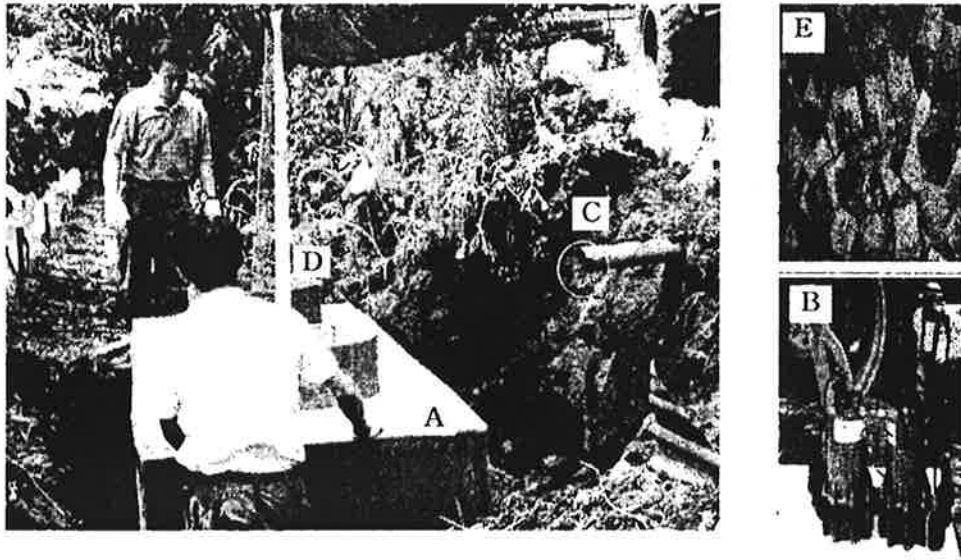
<전기 배선도>



- E1 : 펌프가 타이머에 관계없이 start.(Hold 상태)
- E2 : E1에서 작동하여 E1지점 이하로 떨어지면 stop.(Hold 풀어줌)
- E3 : 펌프 start 레벨.(Hold 상태)
- E4 : 펌프 공회전 방지를 위해 E4 지점 이하로 떨어지면 stop.(Hold 풀어줌)
- E5 : 접지

<그림 5.9> 바이오필터 오폐수정화처리 시설물 전극봉 및 전기배선 설치도

시범지구 내 흡수성바이오필터 설치는 기존의 혐기성부패조가 있으므로 이를 이용한 1차 처리하고 유량 조정조로 유입되는 오수를 처리하여 방류하도록 설계하였다.



<그림 5.10> 흡수성바이오필터 현장설치

- A: 흡수성바이오필터- 처리용량:1 m³/day
- B: 유량조정조 내 수중모터 펌프
- C: 공기 주입 FAN (소음 없음)
- D: 유입수 시료채취 밸브
- E: 흡수성바이오필터 여재
-Open Cell Type의 폴리에틸렌 발포제

흡수성바이오필터를 이용한 정화처리 시설물은 생물학적 정화처리기법(생물막법)으로 살수여상식 정화처리 방식이다. 이는 유량 조정조에서 일정시간 간격으로 오수를 펌프하여 뿌려줌으로 특수여재(흡수성 Biofilter)를 오수가 통과하여 정화처리 되는 것이다.



<그림 5.11> 흡수성바이오필터 유량조정조 설치

A: 오수 유입 (24시간 이상 체류)

B: A와 H관으로 연결 A로부터 오수 유입

○: 기존 오수 유출관

- 정화처리기 설치 이전에는 본 관을 통하여 논으로 직접 배출

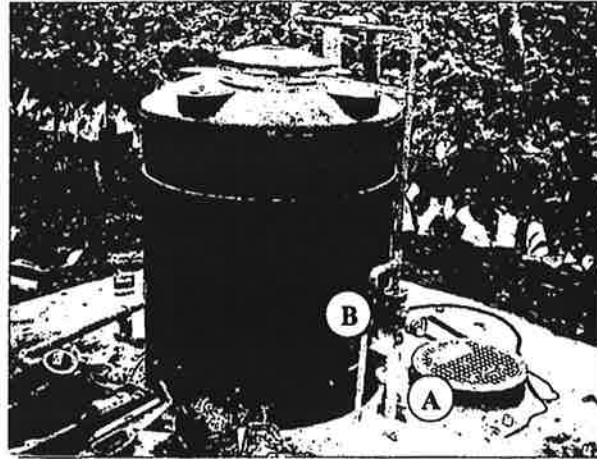


A: 흡수성바이오필터 구조물(미관/보온효과)

B: 오수분사 Control Box (Timer 가동)

C: Control Box 내부

<그림 5.12> 흡수성바이오필터 구조물



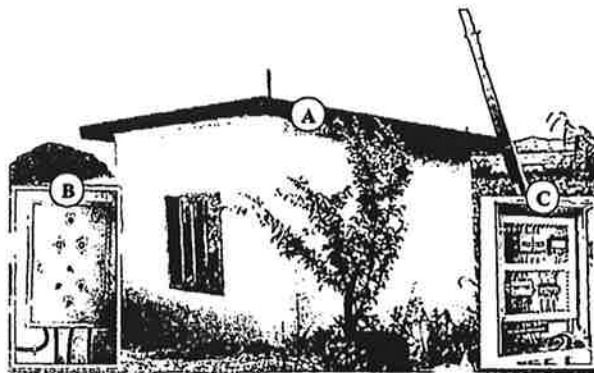
<그림 5.11> 흡수성바이오필터 유량조정조 설치

A: 오수 유입 (24시간 이상 체류)

B: A와 H관으로 연결 A로부터 오수 유입

○: 기존 오수 유출관

- 정화처리기 설치 이전에는 본 관을 통하여 논으로 직접 배출



A: 흡수성바이오필터 구조물(미관/보온효과)

B: 오수분사 Control Box (Timer 가동)

C: Control Box 내부

<그림 5.12> 흡수성바이오필터 구조물

이때 비표면적이 높은 흡수성여재에 부착한 미생물의 활동에 적절한 시간간격을 조정하여 오수를 뿌려주고 쉬어줌으로써 정화기능을 최상으로 유지할 수 있으므로 유량 조정조의 수위에 따라 오수를 뿌려줄 수 있도록 시스템을 구성하고 있다. 설치 가동 중인 시스템에서는 살수 1분간, 중지 20분간으로 setting 되어 가동 중이다. 실제 가동주기에 따른 정화기능은 경험식이므로 기종에 따라 차이가 있을 수 있으므로 그 기준을 하나로 정할 수는 없으나, 본 보고서에서는 시범지구 내에 설치 운영하고 있으므로 이에 대한 자료를 제시할 수 있도록 계획하고 있다.

3) 수질 조사

소규모 오수정화시설 주변의 지하수의 오염정도 및 하천수의 수질을 비교하기 위하여 지하수 및 하천수의 수질을 먹는물수질검사 기준으로 분석하고 오수정화처리시설을 거쳐 방류하는 수질은 방류지점에서 시료를 채취하였다.

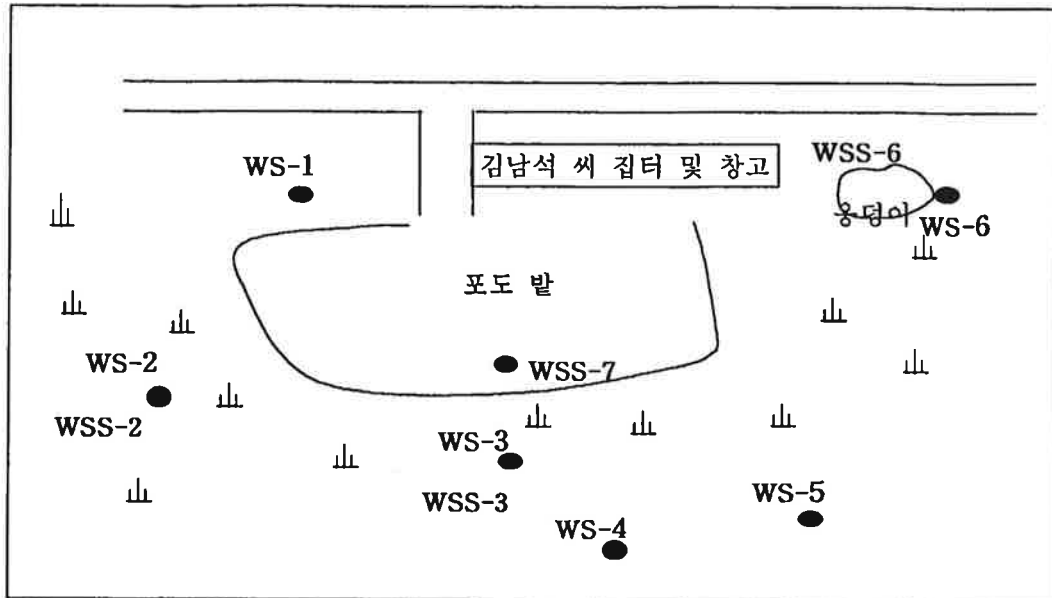
이때 소규모 오폐수정화시설의 인입수 및 방류수에 대한 정기적인 수질분석은 차기연도까지 분석이 있어야 수질분석의 경향을 제시할 수 있고,

항목	시료수	비고
먹는물 수질기준	6 점	
하천수 수질기준	10 점	
계	16 점	

기. 수질시료 채취 지점

(경기도 안산시 대부동)

- 기준점 선정 및 방향, 거리(point 간의 거리)



<그림 5.13> 수질시료 채취지점

<표 5.6> 수질시료 채취지점

시료명		위치	비고
SH 1		김남석씨 대 입구를 기준으로 좌측 지하수 관정	'99. 6.14 환경·담수연 구실 SH series - 먹는물기준 SSH series - 호소기준
SH 2	SSH 1	집 우측의 사선방향의 2 \emptyset 층적 관정	
SH 3	SSH 2	포도밭(가정집 앞)에서 직선거리로 가장 가까운 2 \emptyset 층적 관정	
	SSH 3	포도밭 끝으로 도출된 오수 관로에서 채취	
SH 4		집 좌측으로 치우 친 2 \emptyset 층적 관정	
SH 5		SH 4로부터 바다쪽으로 약 30 m	
SH 6	SSH 4	집 좌측 포도밭 끝 부근의 웅덩이	
	SSH 5	정읍식당 방류수	
	SSH 6	정읍식당 인입수	

<표 5.7> 수질검사 결과 (호소수질기준)

시료번호 시험항목	1999년 6월 14-15일						A		B	
	SSH 1 (지하수)	SSH 2 (지하수)	SSH 3 (지하수)	SSH 4 (지하수)	SSH 5 (지하수)	SSH 6 (웅덩이)	1999년 9월 27일			
							흡수성바이오필터 (대부도)		현수미생물합병정화조(대부도)	
							유입수	유출수	유입수	유출수
pH	6.4	6.5	6.7	7.2	7.4	7.9	6.3	7.3	6.2	6.9
EC (μ S/cm)	102	80	804	314	135	148	661	585	405	586
COD (mg/l)	0.4	0.4	115.2	24.0	9.4	18.4	37.4	15.8	14.5	17.9
T-N (mg/l)	1.657	0.946	57.218	2.185	0.530	2.548	39.824	28.418	25.813	28.495
NO ₂ -N (mg/l)	불검출	불검출	0.027	0.002	불검출	불검출	0.020	2.616	0.014	0.002
NO ₃ -N (mg/l)	1.604	0.915	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	4.729	불검출	불검출
NH ₄ -N (mg/l)	불검출	불검출	48.440	불검출	불검출	불검출	30.966	19.497	20.070	22.938
T-P (mg/l)	0.043	0.033	6.045	0.166	0.049	0.095	5.562	2.620	2.144	2.873
대장균수 (MPN/100ml)	0	0	1,300,000	4,000	2,400	240,000	500,000	50,000	160,000 이상	160,000 이상
Cd (mg/l)	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
As (mg/l)	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
CN (mg/l)	불검출	불검출	0.012	0.004	0.003	0.004	0.006	0.002	0.006	0.006
Hg (mg/l)	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
Pb (mg/l)	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	0.003	0.002	불검출
Cr ⁶⁺ (mg/l)	0.003	0.002	불검출	불검출	0.002	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
유기인(mg/l)							불검출	불검출	불검출	불검출
부유물질(SS)							156.0	20.0	27.2	12.0
PCB (mg/l)							불검출	불검출	불검출	불검출
ABS (mg/l)	0.120	0.140	3.725	0.150	0.230	0.400	6.38	0.35	0.66	0.67

분석기관 : 농어촌진흥공사 농어촌연구원 환경담수연구실

<표 5.8> 수질검사 결과 (먹는물기준)

검사항목	기준	SH- 1	SH- 2	SH- 3	SH- 4	SH- 5	SH- 6
채취일자		'99. 6. 15					
1. 일반세균	<100CFU/ml	0	0	0	0	0	0
2. 대장균군	음성 /50ml	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
3. 납	< 0.05	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
4. 불소	< 1.5	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
6. 비소	< 0.05	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
7. 세레늄	< 0.01	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
8. 수은	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
9. 시안	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
10. 6가크롬	< 0.05	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
11. 암모니아성질소	< 0.5	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
12. 질산성질소	< 10	1.6	1.6	1.3	1.4	1.3	1.0
13. 카드뮴	< 0.01	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
14. 페놀	< 0.005	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
16. 다이아지논	< 0.02	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
17. 파라티온	< 0.06	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
18. 말라티온	< 0.25	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
19. 페니트로티온	< 0.04	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
20. 카바릴	< 0.07	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
21. 1.1.1-트리클로로에탄	< 0.1	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
22. 테트라클로로에틸렌	< 0.01	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
23. 트리클로로에틸렌	< 0.03	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
24. 디클로로메탄	< 0.02		불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
25. 벤젠	< 0.01	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
26. 톨루엔	< 0.7	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
27. 에틸벤젠	< 0.3	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
28. 크실렌	< 0.5	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
29. 황산이온	< 200	4	4	4	4	4	5
30. 사염화탄소	< 0.002	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
31. 경도	< 300	50	55	48	51	50	38
32. 탁도	2도이하	적합	적합	적합	적합	적합	적합
33. 냄새	무취	적합	적합	적합	적합	적합	적합

<표 5.8> (계속)

34. 맛	무 미	적합	적합	적합	적합	적합	적합
35. 동	< 1	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
36. 색도	5도이하	1	1	1	1	1	1
37. 세계(ABS)	< 0.5	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
38. 수소이온농도	5.8~8.5	6.7	6.6	6.6	6.6	6.6	6.9
39. 아연	1	불검출	0.128	0.033	0.032	0.054	0.024
40. 염소이온	< 150	12	12	10	11	9	8
41. 증발잔유물	< 500	102	98	102	89	72	70
42. 철	< 0.3	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
43. 망간	< 0.3	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	0.357
44. 1,1-디클로로에틸렌	< 0.03	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
45. 과망간산칼륨소비량	< 10	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
46. 알루미늄	< 0.2	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
판 정		적합	적합	적합	적합	적합	부적합 (망간초과)

분석기관 : 경기도 보건환경연구원

가) 1차 수질분석결과

- 분석기간 : 2000.2 ~ 2000.7
- 실험장소 : 대부도내 농가 가정오수
- 정화공법 : 살수여상식 생물막법 단독가구형
- 수질Data :

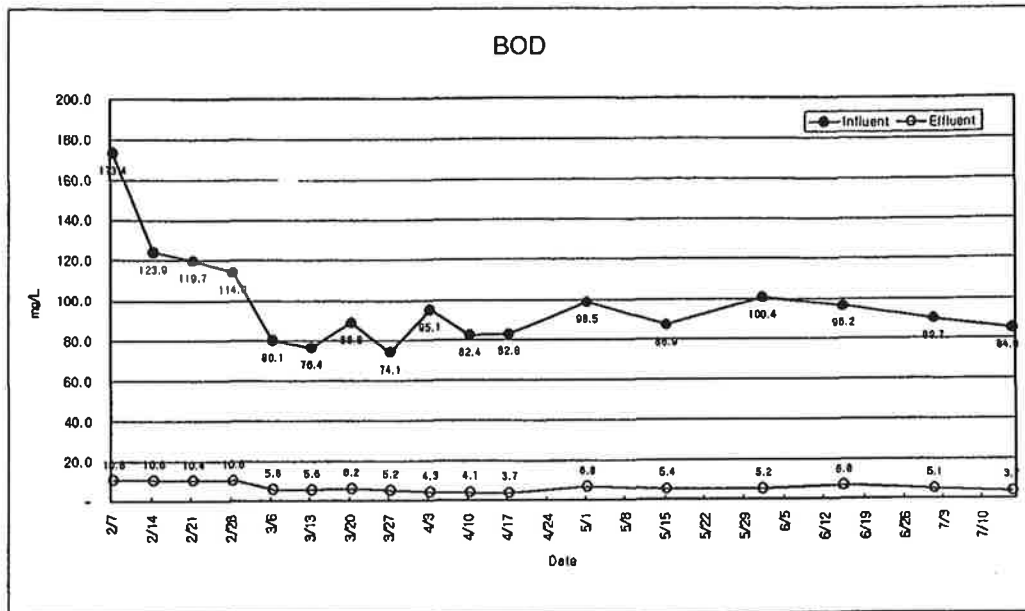
초기 1주일 간격, 5월부터 15일 간격으로 시료를 채취하여 분석한 결과, 부패소들 거쳐 Biofilter로 유입된 원수의 농도는 BOD 98.1mg/L, SS 46.0mg/L 이었으며, 처리 수 농도는 BOD 6.5mg/L, SS 7.5mg/L의 매우 양호한 처리결과를 나타내었다.

<표 5.9> 1차 수질분석 Data : BOD, SS

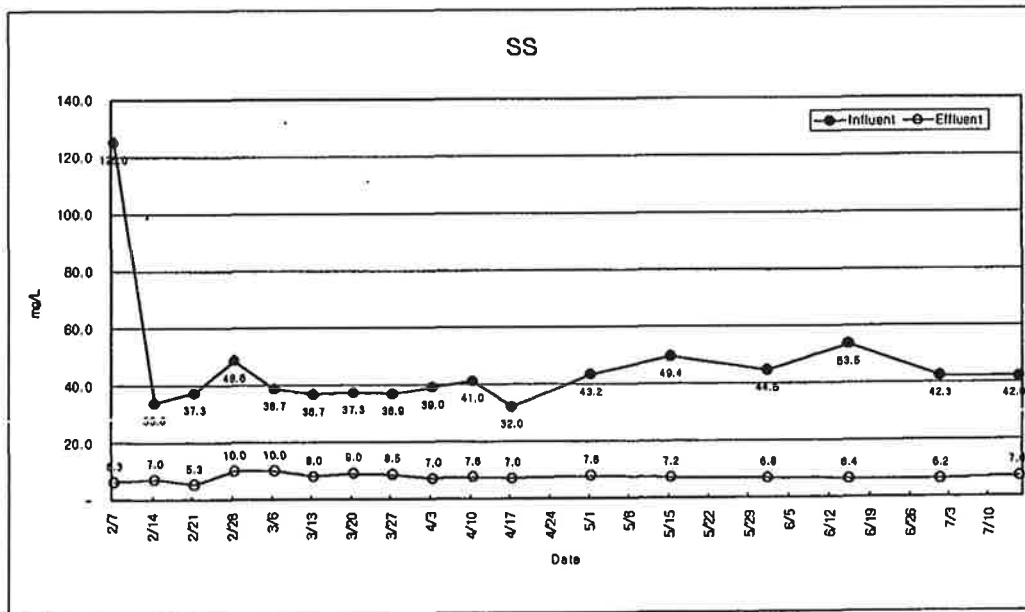
단위:mg/ℓ

분석일	BOD (mg/L)			SS (mg/L)		
	유입수	처리수	처리효율	유입수	처리수	처리효율
02월 07일	173.4	10.8	94%	125.0	6.3	95%
02월 14일	123.9	10.6	91%	33.8	7.0	79%
02월 21일	119.7	10.4	91%	37.3	5.3	86%
02월 28일	114.0	10.6	91%	48.6	10.0	79%
03월 06일	80.1	5.8	93%	38.7	10.0	74%
03월 13일	76.4	5.6	93%	36.7	8.0	78%
03월 20일	88.8	6.2	93%	37.3	9.0	76%
03월 27일	74.1	5.2	93%	36.9	8.5	77%
04월 03일	95.1	4.3	95%	39.0	7.0	82%
04월 10일	82.4	4.1	95%	41.0	7.6	81%
04월 17일	82.8	3.7	96%	32.0	7.0	78%
05월 01일	98.5	6.8	93%	43.2	7.8	82%
05월 15일	86.9	5.4	94%	49.4	7.2	85%
06월 01일	100.4	5.2	95%	44.5	6.8	85%
06월 15일	96.2	6.8	93%	53.5	6.4	88%
07월 01일	89.7	5.1	94%	42.3	6.2	85%
07월 15일	84.8	3.7	96%	42.0	7.0	83%
최대값	173.4	10.8	96%	125.0	10.0	95%
최소값	74.1	3.7	91%	32.0	5.3	74%
평균값	98.1	6.5	93%	46.0	7.5	82%

1차 연도에는 2월부터 7월까지 즉 겨울철부터 여름철까지 정기적으로 유입수와 유출수 농도를 분석하였다. 상기표에서 보는 바와 같이 처리수는 초기 2월에 BOD 10.6을 기록하였을 뿐 이후 10ppm 이하를 보여주었으며 효율도 상당히 높게 나타났다. SSsms 10 ppm 이하였으나 효율은 평균 82%로 산출되었다.



<그림 5.14> 1차 수질분석 결과(BOD)



<그림 5.15> 1차 수질분석 결과(SS)

나) 2차 수질분석 결과

- 총질소 총인 제거 효율 검증 실험
- 실험기간 : 2001년 7월부터 11월까지

<표 5.10> 2차 수질분석 Data : BOD, COD_{mn}, SS, TP

단위: mg/ℓ

시료	BOD			COD _{mn}			SS			T-P		
	원수	무산소조 유출수	호기조 배출수	원수	무산소조 유출수	호기조 배출수	원수	무산소조 유출수	호기조 배출수	원수	무산소조 유출수	호기조 배출수
1	115.8	44.4	7.8	90.6	34.3	9.7	117.8	14.7	5.8	5.9	4.6	3.2
2	128.4	47.1	4.3	98.7	36.0	7.9	120.6	13.7	3.3	5.3	3.2	1.9
3	132.6	47.9	3.1	96.1	35.5	8.6	120.8	13.5	2.9	5.4	3.5	2.0
4	113.7	41.6	3.7	80.9	29.6	6.6	100.6	11.4	2.7	7.0	3.1	2.0
5	132.0	47.2	2.0	95.6	34.3	6.5	123.8	14.4	4.0	5.8	2.9	1.7
6	134.1	47.9	2.0	97.3	35.4	7.5	124.4	14.0	3.1	8.0	3.1	1.5
7	129.6	46.9	3.2	93.7	33.9	7.0	115.9	12.7	2.2	6.5	3.0	1.6
8	127.8	46.8	4.1	110.2	39.4	7.2	122.3	13.3	2.2	5.8	2.7	1.3
9	129.9	47.7	4.4	93.9	34.3	7.5	119.9	13.6	3.3	5.4	2.9	1.5
10	108.9	39.8	3.4	97.1	34.6	6.1	105.3	12.1	2.9	7.0	2.4	1.1
11	134.4	49.1	4.2	97.5	34.0	4.7	143.6	16.3	3.8	6.1	2.2	1.3
12	142.8	52.1	4.3	104.2	36.6	5.4	124.5	14.1	3.2	5.6	2.7	1.3
13	126.0	45.7	3.1	100.8	36.0	6.5	116.2	12.7	2.3	5.7	2.8	1.2
14	145.2	52.5	3.4	110.2	39.9	8.2	125.8	14.1	2.9	5.8	2.8	1.3
평균	128.7	46.9	3.8	97.6	35.3	7.1	120.1	13.6	3.2	6.1	3.0	1.6
제거율	97%			92%			97%			73%		

<표 5.11> 2차 수질분석 Data : TN

단위:mg/l

시료	유기질소			NH ₄ -N			NO ₃ -N			NO ₂ -N			T-N		
	원수	무산소 유출수	호기조 배출수	원수	무산소 유출수	호기조 배출수	원수	무산소 유출수	호기조 배출수	원수	무산소 유출수	호기조 배출수	원수	무산소 유출수	배출수
1	13.25	2.03	0.84	22.05	9.86	0.51	0	7.51	8.21	0	0.47	0.13	35.30	19.87	9.70
2	11.83	1.12	0.44	19.19	9.62	0.47	0	3.60	9.91	0	0.33	0.15	31.02	14.67	10.97
3	8.75	1.05	0.49	14.41	7.20	0.36	0	1.71	9.28	0	0.54	0.15	23.16	10.50	10.28
4	9.02	1.30	0.60	12.51	6.45	0.33	0	4.35	9.27	0	0.29	0.12	21.53	12.39	10.32
5	9.44	1.28	0.56	15.19	7.79	0.38	0	1.93	9.27	0	0.32	0.10	24.63	11.32	10.31
6	8.61	1.27	0.46	14.62	7.44	0.34	0	3.89	8.26	0	0.31	0.10	23.23	12.91	9.16
7	9.29	1.32	0.62	15.14	7.40	0.38	0	1.08	4.45	0	0.35	0.11	24.43	10.15	5.56
8	11.63	1.30	0.55	19.03	9.30	0.49	0	2.73	7.90	0	0.34	0.12	30.66	13.67	9.06
9	8.88	1.40	0.62	14.97	7.66	0.35	0	3.04	9.13	0	0.35	0.11	23.85	12.45	10.21
10	10.62	1.64	0.77	17.62	8.76	0.44	0	2.97	9.21	0	0.20	0	28.24	13.57	10.42
11	9.22	1.35	0.64	14.98	7.52	0.36	0	1.93	9.82	0	0.23	0	24.20	11.03	10.82
12	10.68	1.78	0.80	17.27	8.43	0.48	0	2.17	8.68	0	0.12	0	27.95	12.50	9.96
13	12.48	1.28	0.57	20.31	9.25	0.44	0	0.65	8.89	0	0.21	0	32.79	11.39	9.90
14	10.32	1.65	0.73	17.22	8.49	0.45	0	1.16	8.62	0	0.22	0	27.54	11.52	9.80
평균	10.29	1.41	0.62	16.75	8.22	0.41	0	2.77	8.64	0	0.31	0.08	27.04	12.71	9.75
제거 효율	94%			97%			-212%			74%			64%		

2차 년도에는 9개 항목에 대하여 분석하였으며 BOD, COD, SS 항목은 90% 이상의 고 효율을 그대로 유지하였다. 나머지 항목에 대해서는 50-73% 까지의 평균 효율을 보였다. 이로서 농촌에 단독가구형 고효율 합병정화조로서 생물막법 살수여상법으로 시범 설치 운영은 성공적인 것으로 판단된다

제2절 중·소규모 오폐수정화처리시설

중·소규모 정화시설(5~20 m³/일 기준)은 당초 기설치된 공법에 대하여 가동중 상태를 장기모니터링을 통하여 정화처리 효율을 검증기로 계획하였었다. 연구수행 2년차 도중 설치 장소에 따라 유입수의 농도와 유입량이 달라 공법간 상호 효율비교 검증에 한계성이 있다고 판단하였다. 또한 다양한 유입수 변화 조건을 설정할 수 없어 정확한 환경 조건변화에 대응력을 판단하기도 어렵다고 보았다. 따라서 단일장소에 다양한 소규모 정화시설을 설치하고 좀더 충실히 연구하고자 농어촌연구원 부지내에 장소를 마련하고 제조 업체로 하여금 연구변경 계획에 동참을 제안하였다. 이러한 과정에서 많은 공법을 연구에 참여시키고자 노력하여 연구참여를 확약 받았다. 하지만 이미 제한된 연구비와 기간으로 제조사에게 정화처리 시설을 무상제공 받는 것으로 추진하였으나 3개 업체만 참여하고 여타 업체들은 약속을 이행치 않아 수행에 차질이 생겨 본 연구 당초 계획대로 Y군에 실제 설치된 지역에서 중·소규모를 동시에 효율검증하는 것으로 수행하였다.

1. 검증사례

가. 외국의 설치 후 가동효율 검증 사례(미국)

미국에서는 1994년 보건성 산하에 국가소형정화처리기구 NSFC(National Small Flows Clearinghouse)에서는 전국의 소형 정화처리시설 신규 설치시 공법 및 기종 선정에 관련한 전국조사를 시행한바 있다. 미국에서는 각 지방정부로 신규 정화처리시설 설치를 위한 신청이 있을 경우 각주 보건국에서 현장실사를 통하여 설치 허가 여부를 결정한다. 이는 우리나라도 유사한 처리과정을 거치고 있다.

미국에서는 이 경우 다수가 불허가 결정이 나고 있으며 주요 사유로는 다음과 같다. 정화처리 시설 규모 부적합, 설치 예정지역 토양심도가 얇은 경우, 주변에 지하수위가 높은 경우, 기반암 심도가 얇은 경우, 예정지가 경사도가 높은 지역일 경우,

하수종말처리구역에 포함된 지역일 경우였다. 기타 소수 경우 불허 사유로서 홍수 빈발 지역 내 신청, 방류 시스템 불량, 정화처리 공법상의 결함이 있었다. 전체 지방자치단체 별로 볼 때는 약 25%의 자치단체가 불허 사례가 없이 모든 신청을 허가해 주었다.

1990년 통계로 미국의 가옥 수는 약 102백만호였으며, 이중 단독가구형 부패조만을 설치한 경우가 약 24.6 백만호로서 약 24% 정도였으며, 1993년 보건성에 신고된 단독가구형 정화처리시설을 설치한 가옥이 11.8 백만호로서 약 12%였다..

단독가구형 정화처리시설 설치를 위한 자치단체별 심의신청 비용은 US\$ 75-200였으며, 정화처리시설은 100 - 2,040 US\$ 로 다양하였다. 각 공법별로 허가된 비율은 다음과 같다.

부패조 및 토양 침윤식 : 97%,	토양 침윤식 : 45 %
Mound system : 68 %	Package Plant : 28 %
호기성 슬러지법 : 49 %	

설치 허가가 취소된 사례는 총 87, 610개소였으며 Florida 주에서 19,117 개소로 타주에 비해 월등하게 많았다. 공법변경 및 보강 후 설치 사례로는 92,402 개소였으며 이중 공법 변경이 18,659 개소였다.

최근 정화처리기도 수많은 공법들이 개발되고 제품화되어 이에 대한 비교검증 절차의 일환으로 미국 메사츄주에서 '94년부터 '96년까지 8개 공법에 대한 비교검증 연구발표가 있었다. 이러한 비교 검증의 절차는 모든 공법을 비교할 수는 없으므로 우선 학계 전문가로 하여금 수십가지 공법에 대한 서류상 비교검토를 거쳐 우수한 공법 몇 가지를 선정하고 이에 대한 현장설치 및 장기 효율검토를 거치게 된다.

미국에서도 '90년대 초까지 농촌지역에서의 단독농가 오폐수 처리문제는 우리나라와 동일한 상황이었다. 예를 들어 미국 메시츄세츠주의 글로우세스터시-어촌마을

(12,000가구)에서 50%의 가옥은 하수종말처리장에 의해 처리되고 있으며, 나머지 가옥들은 구덩이나 기존의 정화조(분뇨정화조)에 의한 처리에 의존하고 있어서 기반암이 좁고 낮으며, 토양이 사질층인 가옥이 해안에 근접한 경우 해안 오염의 주원인이 되고 있다. 이러한 부적절한 단독정화조로 인한 오염누적으로 해안 조개어장이 폐쇄되는 등의 피해가 증폭되자 주 정부에서는 이를 해결하고자 하였으며 현장조사와 분석으로 하수관거의 연장 대신 고효율 현장정화 처리공법(Alternative On-Site System)을 선정 설치하기로 계획하였다.

먼저 주 환경부(DEP)는 우수한 소규모 혹은 단독가구형 정화처리 공법을 선정하고자 효율검증을 실시키로 하였으며, 선정기준은 중앙처리식 종말처리장 방류수수질 기준과 환경적으로 동일하며 경제성 있는 공법을 선정 평가하기 위하여 1993년 "단독주택과 소규모 마을 단위 현장 처리 기술 설치를 위한 검증 PROJECT"를 실시하였다. 1993년 이 프로젝트가 착수되면서 시범지구는 북부 글로우세스타 지역으로 정하였는데 이곳은 그동안 정화처리기 설치 없이 구덩이에 매립처리하던 지역으로 오염유발이 심각한 지역이었다. 동 효율검증 연구사업으로 시범지구에 설치된 정화처리공법은 최신 8가지 기종이었으나 '96년까지 3년간 정밀수질분석을 통하여 최종년도까지 가동되어 허용기준 내로 평가된 시스템은 6가지로서 공법별로 분류하면 다음과 같다.

- 순환형 Sand Filter(RSF)
- 간헐식 Sand Filter(ISF)
- Waterloo Biofilter(Biofilter)
- Ekofinn Bioclere(Bioclere)
- 순환형 살수여상법(RTF)

모든 시스템은 최종 배출수는 "고정식 생물막" 공법을 적용하여 처리한다. 즉, 정화조 배출수는 다양한 형태의 여재에 살수되며 여재 표면에 성장한 생물막을 통과하면서 생물학적 처리가 이루어진다. 각 시스템에 사용된 여재는 다음과 같다.

- Sand Filter - Sand(순환형과 간헐식 Sand Filter는 다른 규격의 Sand 사용)
- Bioclerer - 주름관 타입의 플라스틱 파이프
- RTF - 하니컴 타입의 플라스틱 구조물
- Biofilter - 흡수성 발포성 여재

각 Pilot 시스템은 3개의 단계로 ① 정화조(Septic Tank), ② 정화처리조 배출수를 처리하는 처리 장치 ③ 배수지로 구성되어 있다. 각 공법 별 처리효율 및 처리수의 환경 영향 평가를 위해 철저한 수질 분석을 시행 하였고 그 결과는 다음과 같다.

1) BOD (5ppm 이하) - TSS (15ppm 이하) ; 처리효율 95%이상이 허용 기준

- Sand Filter
- Waterloo Biofilter
- Bioclere (국내 접촉산화법 유사) - BOD 29ppm ~ 51ppm
- TSS 33ppm ~ 42ppm
- Bioclere 방법은 표준편차가 커, 처리수 농도 편차가 심함.

2) 총질소 제거

- 재순환형 살수여상법 : 제거율 71% 가장 높으나
FC(대장균수)는 67%로 다른 시스템(90% 이상)에 비해 가장 낮았다.
- 결론적으로 BOD 뿐 아니라 유출수의 TN, FC를 제거하기 위해서는
RTF/Bioclere 또는 Sandfilter/ Waterloo Biofilter의 조합 공법을 권장한다.
- Bioclere 방법은 표준편차와 처리수 농도 편차가 심하다.

미국 메시츄세츠주의 글로우세스터시에서의 단독가구형 고효율 오폐수 정화처리공법 사후 효율검증에서 특이한 점은 모든 공법이 최종 배출수를 고정식 생물막 공법으로 처리한 후 배출시키고 있다는 점이다.

나. 국내에서의 설치이후 처리효율 검증사례

국내에서 중규모 정화처리시설에 대하여 설치 이후 효율검증 사례에 대한 기존사례를 문헌을 통하여 검토하고 본 연구에서 조사 분석한 내용들 추가하여 농촌지역에 적합한 정화처리 공법 도출내 노력하였다.

1) 국방부용역연구사업

00 군부대 오수정화시설 최적 보완 방안 연구라는 연구사업이 1998년 국방부 과제로 수행된 바 있으며 동 연구에서는 4개 군부대에서 운영중인 접촉산화 생물막공법의 단점 보완과 효율 증대 방안에 대하여 위탁연구 시행한 바 있다.

동 연구 보고서에 따르면 4개 부대에서 공법 개선 이전에 운영되던 기존 접촉산화공법에서의 2개 월간 조사된 실제 정화효율은 <표 5.12> 와 같다. 조사한 4곳 모두 BOD 및 SS 배출기준을 초과하는 상태로 운영되고 있었으며 제거율은 지구마다 크게 차이가 있어 8%로부터 90%까지 변화가 심한 것으로 조사되었다. 또한 동 시설물들은 당초 설계 기준이 30 mg/l 였으며 이러한 당초 설계기준보다 상당히 초과하고 있었다.

동 보고서에서는 효율저하 원인으로 다음과 같은 사항을 지적하였다.

- 포기조에서 포기시설이 강하여 접촉여재 부착미생물 탈리 및 편중
- 침전조에서 간헐적 슬러지 인출로 scum 발생
- 농축조에서 비정기적 슬러지 인출로 부패된 scum 축적 및 악취 발생
- 농축저류조에서 부패한 슬러지가 접촉조로 상당히 월류함
- 침전조로부터 방류조로 월류한 scum 이 그대로 방류되고 있음

<표 5.12> 실 가동중인 접촉산화 공법에서의 오염 제거율

구 분		BOD	COD	SS	T-N	T-P	
1차 '98. 7.	A	유입수 농도	24.8	14.0	32.0	20.9	1.4
		제거율	증가	증가	증가	증가	증가
	B	유입수 농도	54.9	26.0	55.7	29.3	3.5
		제거율	8%	27%	증가	증가	6%
	C	유입수 농도	107.3	48.0	76.0	36.2	4.7
		제거율	18%	29%	증가	13%	30%
	D	유입수 농도	410.6	172	1,523.3	71.6	6.6
		제거율	88%	90%	98%	52%	47%
2차 '98. 8	A	유입수 농도	22.7	9.0	35.0	15.8	1.2
		처리효율	증가	증가	증가	증가	증가
	B	유입수 농도	100.6	42.9	75.0	27.8	3.9
		제거율	60%	42%	38%	23%	28%
	C	유입수 농도	103.1	48.2	74.0	33.8	4.3
		제거율	92%	36%	18%	40%	37%
	D	유입수 농도	172.6	76.3	122.5	21.9	3.4
		제거율	90%	88%	89%	23%	50%
3차, 9월	D	유입수 농도	160.6	72.4	65.0	35.9	
		제거율	75%	72%	40%	10%	

자료출처 : 1998.12 국방부 연구사업보고서

※ A부대는 지하수가 오수관로로 유입되고 있었으며, D부대는 7월 scum이 유입된 경우
우로 8월, 9월은 정상

※ 증가는 유입수보다 유출수 오염농도가 높은 경우

상기 효율저하 문제점에 대한 분석으로는

- 침전조 또는 슬러지 저류조에서 접촉산화조로 슬러지 반송설비가 고려되지 않거나 있더라도 사용치 않은 곳이 있다.
- 침전조에서 가라앉은 슬러지를 적절히 제거하기 위한 경사등 설계 부실로 슬러지가 싸여 부패하고 scum을 형성하였다.
- 유량조정조에서 접촉산화조로 유입되는 원수의 양이 시간별로 차이가 많아 처리 성능을 저하시킨다. 재순환 장치 등으로 유량 균등화 개선이 요구된다.
- 침전조에서 슬러지를 제거하지 않아 월류하고 있다.
- 포기조를 가동 중단하여 미생물을 사멸 부패시키거나 접촉여재 불량으로 미생물 부착상태가 불량하다
- 슬러지 적기 인출치 않아 농축 슬러지가 유량조정조로 월류

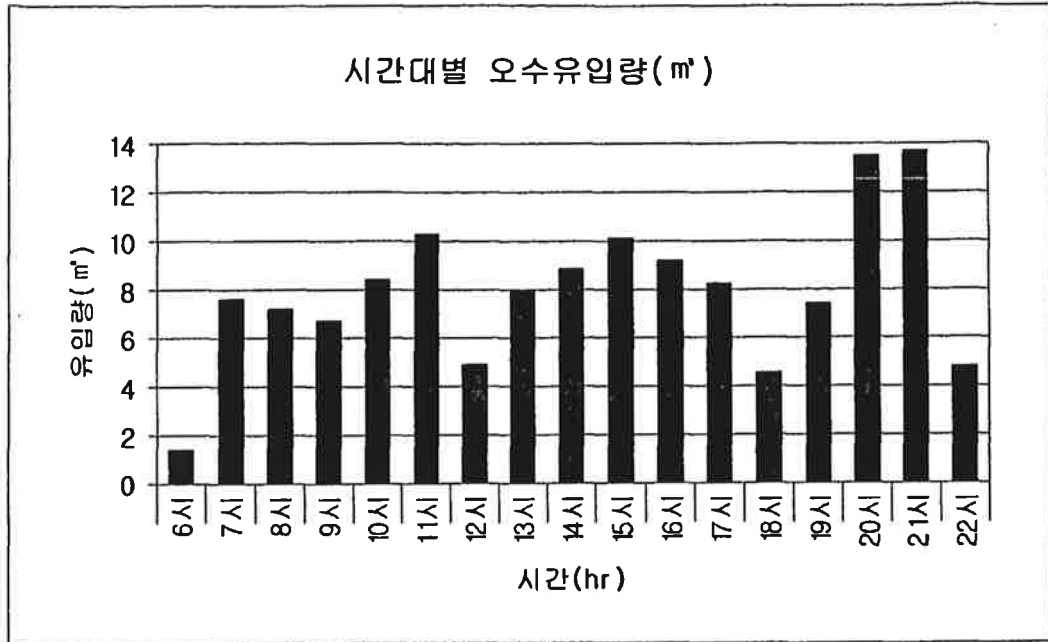
동보고서에 따르면 군부대에서 조사된 오수 유입량과 농도의 일변화는 다음과 같다.

<표 5.13> 시간에 따른 군부대의 오수 농도 변화

단위 : mg/ℓ

구분	06:00	08:00	10:00	12:00	14:00	16:00	18:00	20:00	22:00
BOD	56.3	49.3	63.5	62.3	106.1	103.4	115.4	108.8	129.5
SS	62	58	62	64	104	98	106	94	116

자료출처 : 1998.12 국방부 연구사업보고서



<그림 5.16> 시간에 따른 군부대의 오수 유입량

자료출처 : 1998. 12 국방부 연구사업보고서

동 연구에서 이러한 오수 농도 변화와 유입수량변화에 적합한 정화처리공법을 비교한 결과는 다음과 같다.

가) 공법 비교시 고려사항

- 군부대는 유역 상류에 위치하는 경우가 많아 처리효율이 우수해야 한다.
- 시간에 따른 유입수 유량 및 농도 변화가 크다
- 전문 정화처리 운영기술진 확보가 어려워 신속한 보수 및 복구가 불가능하므로 운전관리가 용이하고 자동화 관리가 바람직하다.
- 향후 방류수수질 기준 강화를 예상한다면 기본적인 BOD, SS 뿐만아니라 질소, 인 같은 부영양화 성분 제거 가능한 공법이 바람직하다.
- 가능한 경제적인 공법이 유리하다.

나) 보수공법 비교

공법비교는 처리효율과 운전관리, 경제성으로 나누어 각각 세부 특성 4개 항목씩을 설정하고 각 항목당 아주우수, 우수, 보통으로 각각 3, 2, 1 점씩 점수제로 전문가의 판단으로 점수화 하였으며 그 결과는 다음과 같다.

<표 5.14> 군부대 오수정화처리공법 개선을 위한 공법별 평가 결과

구 분	생물오존 및 여과	토양 미생물	산화 및 생물여과	PU 담체 생물산화	메디아 접촉산화	활성오니
처리수질	11	11	12	11	8	9
운전관리	12	10	10	10	9	8
경제성	10	11	12	12	12	10
점수 총계	33	32	34	33	29	27
순위	2	4	1	2	5	6

자료출처 : 1998.12 국방부 연구사업보고서

동 연구에서는 조사현장에서 당초 거의 정화효율이 없는 경우도 있었으며 정화처리 효율 저하 원인을 분석하고 이를 보수함으로서 높은 정화효율을 얻은 것으로 결론 짓고 있다. 지하수 유입과 같은 외부 요인 제거와 농축된 슬러지 제거, 반송장치 보수 등이 주요 보수사항이었으며 운전 요원에 대한 교육도 중요 사항이었다. 또한 짧은 연구기간으로 장기간 조사 연구하여 계절적인 저하 요인 분석을 하지 못한 점을 지적하고 있다.

2) 문화마을 오폐수처리시설 효율 검증

농림부에서는 농촌지역의 중심마을을 집중지원하여 현대적인 생활환경 기반을 조성하고 생산기반정비사업과 소득증대사업을 연계추진함으로써 생활환경과 소득이 조화

된 활력있는 미래지향적 농촌마을로 정비하고자 문화마을사업을 추진하고 있다. 농어촌정비법 제2조, 제29조 내지 제42조에 의거 시장·군수를 시행주체로 시행하지만 농업기반공사에 위탁시행도 하고 있다.

동 문화마을조성시 인근 기존마을 상·하수도시설 병행추진으로 농촌환경개선에 기여하고 있으며 중규모 합병정화조를 설치하고 있다.

가) 처리효율 조사방법

농어촌지역에 보급되어 있는 소규모오폐수처리시설의 각 공법에 따른 처리효율을 조사하기 위하여 경기·강원지역과 우리공사에서 추진한 문화마을의 오폐수처리시설을 중심으로 처리효율을 조사하였다. 현장조사결과 시공자와 관리자 및 주민의 지속적인 관심으로 원활하게 운영·관리되는 시설도 있었으나 전기시설이 가동되지 않는 상태로 방치한 시설도 있었으며, 관리자의 전문기술수준이 미흡하여 관리상 어려움도 있었다. 하수관거 정비는 처리시설의 효율만큼 중요한데 일부지역에서는 가정하수가 유실되거나 우수가 유입되는 현상이 보여 문제점으로 지적되었다.

<표 5.15>에서와 같이 접촉산화법, 모관침윤트렌치, 모관유공트렌치법의 조사시설수는 총 34개의 오폐수처리시설을 대상으로 현장에서의 처리효율을 조사하였다. 시료채취는 처리효율을 구하기 위해 처리시설로 유입되는 유입수와 처리시설에서 방류되는 방류수를 채취하였으며, 현장에서 pH, EC, DO, BOD 등을 측정하였고, 신속하게 실험실로 운반하여 T-N, T-P, SS 등을 분석하였다. 분석항목과 각각의 분석방법은 <표 5.16>과 같다.

<표 5.15> 소규모 마을오폐수처리시설 처리효율 조사 시설수

구 분	모관침윤 트렌치	모관유공 트렌치	토양피복형 접촉산화	접촉산화	고효율 오수정화	장기폭기	기타	계
조사시설수	7	7	13	3	3	1		34
전국시설수	321	39	46	10	34	11	12	473

<표 5.16> 분석항목 및 분석방법

분석항목	단위	분석방법
pH	-	직접측정법
EC	$\mu\text{mhos/cm}$	직접측정법
용존산소(DO)	mg/ℓ	윙클러-아지드화나트륨 변법
BOD	mg/ℓ	표준회석법
T-N	mg/ℓ	환원중류-킬달법
T-P	mg/ℓ	아스코르빈산환원법
SS	mg/ℓ	유리섬유여지법

(1) 처리효율 조사결과

34개의 시설로 유입되는 유입수의 평균 BOD는 $67.0 \pm 55.1 \text{mg/ℓ}$ 로서, 2절에서의 실험 결과에 비해 오염부하량은 낮고 편차는 큰 것으로 조사되었다. 농어촌지역 오폐수 처리시설은 생활하수와 정화조에서 발생하는 오수를 한꺼번에 처리하는데, 유입수 BOD가 50이하인 경우는 15개로서, 오염부하가 높은 오수가 많은 양의 생활하수에 의해 희석되어 유입수의 BOD가 낮은 것으로 보이나, 우수 등의 유입 가능성도 배제할 수 없음을 보여준다.

<표 5.17> 각 공법에 따른 소규모 오폐수처리시설의 BOD제거효율

구 분	접촉산화	토양피복형 접촉산화	모관침윤 트렌치	모관유공 트렌치	장기포기
방류수 BOD(mg/ℓ)	9.6 ± 7.3	8.6 ± 2.0	5.7 ± 4.0	26.2 ± 15.9	5.6
BOD 제거율(%)	85.7 ± 11.6	79.1 ± 0.5	80.5 ± 12.9	65.3 ± 24.9	71.4

시설별 방류수의 BOD와 BOD제거율은 <표 5.17>과 같다. 접촉산화공법 13개 시설에서 시료를 채취하여 분석하였는데 유입수와 방류수의 수질분석 및 BOD 제거율을 검토한 결과 2개의 시설은 정상적으로 가동되지 않음을 알 수 있었다. 2개의 시설을 제외한 정상적으로 가동되는 11개의 시설에서 발생하는 방류수의 평균 BOD는 9.6mg/ℓ이며 BOD 제거율은 85.7%로서 접촉산화공법이 타공법에 비해 BOD 처리효율이 가장 높았다. 접촉산화공법의 시설은 비교적 적은 부지에 전기로 가동되는 기계시설을 중심으로 건물과 지하에 설치된 처리조로 구성된다.

동보고서에 의하면 모관침윤트렌치공법 설치지구 조사시 불쾌할 정도로 악취가 심각하였으며 정상적으로 운영되고 있는지도 파악이 어려운 것으로 되어 있다. 정상여부 파악이 어려운 사유는 방류수를 지하로 방류하기 때문에 시료 채취가 용이하지 않았기 때문이다. 따라서 동 공법은 현장에서 운영의 정상여부를 판단할 수 있는 다른 지표가 필요하다.

가동중인 소규모 오폐수처리시설의 효율을 BOD제거 관점에서 평가하면, 접촉산화법, 토양피복형접촉산화법, 모관침윤트렌치, 장기폭기법의 경우 방류의 평균BOD가 모두 10mg/ℓ 이하이고, BOD제거효율도 70%이상이므로 BOD제거효율이 높다고 판단된다. 모관유공트렌치공법의 경우 방류수의 BOD가 6~42mg/ℓ로서 범위도 넓고 비교적 높은 수치이며, BOD제거효율은 모두 모든 공법에서 편차가 크다고 생각되며 이것은 현장에서의 시공 및 관리의 차이에 공법에서 편차가 크다고 생각되며 이것은 현장에서의 시공 및 관리의 차이에서 기인한다고 생각된다. 관리가 소홀하여 정상적으로 가동되지 못하고 있는 시설수가 34개중 5개의 시설이었으며 관리에 용이하지 않은 시설도 많아 현장에서 문제점으로 지적된다.

각 공법에 따른 소규모 오폐수처리시설의 T-N, T-P 및 SS의 제거율은 <표 5.18>과 같다. T-N제거율은 전체적으로 편차가 매우 크나 모관유공트렌치의 경우 약40%정도로 가장 낮고, 나머지 공법은 70~80%의 수준이었다. T-P제거율은 모관침윤트렌치공법과 장기폭기법의 경우 80%정도로 비교적 높았고, 나머지 공법들은 30~50%로서 효율이 매우 저조하였다.

<표 5.18> 각 공법에 따른 소규모오폐수처리시설의 T-N, T-P 및 SS 제거효율

구분	접촉산화	토양피복형 접촉산화	모관침윤 트렌치	모관유공 트렌치	장기폭기
T-N제거율(%)	70.7±23.8	68.6±27.5	69.3±34.7	39.6. ±35.6	85.9
T-P제거율(%)	48.2±25.4	54.3±19.8	82.2±17.2	34.4±19.6	86.3
SS 제거율(%)	78.7±19.3	79.2±21.6	69.3±24.4	77.1±17.9	76.9

SS제거율은 나머지 공법들은 70~80%수준으로 큰 차이가 없었다. BOD제거와 배출되는 소규모오폐수처리시설 방류수에 의해 부영양화가 야기될 가능성을 시사하는 결과로서, 농어촌지역 소규모오폐수처리시설에 있어 T-N 및 T-P의 처리도 고려되어야 한다.

효율이 높은 결과 순으로는 접촉산화법, 토양피복형접촉산화법, 모관침윤트렌치, 장기폭기 순이었다.

3) Y군 중소규모 정화처리교체사업 설치 이후 사후 효율검증

Y 군에서 '98년도부터 팔당호특별대책 인근의 식품접객업, 숙박업, 목용장업 등에서 발생하는 다량의 고농도 오수를 기존의 저효율 단독정화조에서 년차적으로 고효율 합병정화조로 정착하여 안정적인 상수원 확보 대책을 추진하기로 하였다.

합병정화조 교체사업은 오수분뇨 및 축산폐수 처리에 관한 법률 제 9조의 2, 제 4항 및 47조의 준해야 하며 중점 사항으로는

- 처리수질은 10ppm 이하로 안전성이 우수할 것
- 초기 투자비가 저렴하고 유지관리가 용이할 것
- 부하변동이나 수질기준 강화시 개선, 개량이 용이할 것

동 사업 추진 초기 Y군 조사자료에 따르면 기존 합병정화조로 등록된 제품 중 방류수(BOD,SS) 10 ppm 이하로 처리 가능한 것으로 공인된 제품이 없는 것으로 파악되었

다. 당시 제조 회사별 홍보물에 의하면 대부분 10ppm 이하로 처리 가능하다고 되어 있었으나 Y 군에서는 객관성 있는 자료제시가 없었다고 하였다. Y 군에서 전문가에 자문을 구한 바 생물학적 처리공법으로는 현 기술상 일시적으로 10ppm 이하 처리가 가능하나 지속적으로 년중 10ppm 이하 처리는 매우 어렵다는 견해를 받았다. 물론 물리학적, 화학적 처리방법으로는 10ppm 이하가 처리 가능하나 지속적인 막 교체 및 화학약품 처리로 일반인들이 사용하기에는 경제성과 운영상에 문제점이 있는 것으로 판단되었다.

Y군에서는 좀더 공정성 있는 방법으로 우수 제품을 선정 설치 하고자 '99년 워크샵을 개최하고 전문가와 행정부서 관련인들이 참관한 가운데 전문가들로 하여금 공법별 평가를 시행하였다. 워크샵에서 우수한 평가를 받은 5개 업체에 책임시공을 발주의뢰하고 시공완료후 6개월간 처리 방류수를 확인 검증하여 합격되는 제품을 준공처리하는 성공불 제도를 도입하였다. 이는 유입수의 농도 여하를 불문하고 일률적으로 방류수 수질이 일정 기준에 들어야 한다는 조건으로서 향후 합병정화조 시설 공법개발 및 설계기중에도 고려가 되어야 할 사항이다.

'98년도에 5개업체에서 ???개소에 <표 5.19>에서와 같이 공법별로 합병정화조를 설치 하였으며, 2000년 3월부터 9월까지 일부 사고 등이 있는 위치만 재검으로 11월까지 방류수 수질검사를 실시하였다. 이중 3개 업체가 설치 이후 수질검사 결과가 매우 양호한 것으로 판명되고 나머지 2개 업체 제품은 6개월간 수질 검증에 부적합한 것으로 판명되었다.

Y 군에서는 '99년도에는 처리효율이 양호했던 3개 업체 제품중 2개 공법을 추가로 설치 하였으며 이도 역시 6개월간 수질검사에 합격을 전제로 하는 조건이었다. 동 Y 군의 협조를 얻어 6개월간의 수질검사 결과를 총괄하면 다음과 같다.

<표 5.19> Y군 합병정화조 교체사업 방류수 수질검사 결과

구 분	C 사	H 사	BT 사	BJ 사	S 사	계
'98년도 설치	21 개소	39 개소	30 개소	21 개소	22 개소	133 개소
6개월 수질 BOD 10 ppm 이상 부적사례	5/154회	10/302회	8/225회	58/129회	42/125회	123/935
	3.2%	3.3%	3.6%	45.0%	33.6%	13.1%
SS 10 ppm 이상 부적사례	2/154회	4/303회	2/225회	49/129회	48/125회	105/936
	1.3%	1.3%	0.9%	38.0%	38.4%	11.2%
'99년도 설치	53 개소	57 개소				110 개소
6개월 수질 BOD 10 ppm 이상 부적사례	1/286회	1/318회				2/604회
	0.3%	0.3%				0.3%
SS 10 ppm 이상 부적사례	0/286회	1/318회				1/604회
	0%	0.3 %				0.16%
설치 합계	74 개소	96 개소	30 개소	21 개소	22 개소	243 개소

상기표에서와 같이 '98년도 설치한 5개 업체의 133개소 시설에서 설치하고 미생물의 안정화가 완료된 이후부터 방류수 수질검사를 실시한 결과 3개 업체의 제품이 BOD 10ppm 기준치에 부적합 사례가 평균 3.4%이고 나머지 2개 업체 제품은 45%와 33.6%였다. SS 역시 3개 업체 제품과 나머지 2개 업체의 결과는 크게 차이를 보였다. Y군에서는 5가지 제품 중 3개 제품을 적합 시설로 선정하고 '99년도에는 이중 2개 제품을 110개소에 추가 설치하였다. '99년 설치한 제품도 사후 방류수 기준 검사를 실시하였으며 부적 사례가 0.3 % 미만으로 나타났다.

Y군의 고효율 합병정화처리시설 교체사업 사례에서 고려해야 하는 점은 '98년도 5개 업체 제품을 설치 할 당시 설치 이후 6개월 간 방류수 수질검사가 10ppm 이하 성공 준공제로 계약되어 5개 업체는 설치 이후에 준공을 받기 위하여 각 회사에서 담당자가 지속적으로 설치장소를 순회하며 미생물 사고에 대비하고 최적가동을 위해 노력

하고 있었던 상황에서의 결과라는 점이다. 즉 설치 이후 일반 비전문가에 의해 운영 점검을 받아온 것이 아니고 각 제조사들은 전문가에 의해 확인 점검 등 최선의 운영을 유지하는 상태에서 상기와 같은 결과를 얻은 것이다.

이러한 상황을 고려해 볼 때 시기적으로 아직은 비전문가에게 운영을 맡길 상황은 아닌 것 같으며, 좀 더 자동화 또는 단순공정 제품이 개발되기까지는 전문가에게 위탁 운영하는 것이 바람직하다는 의견이 수렴되어 해당군에서는 이를 추진 중이라 하였다. 상기 설치된 장소는 대개가 음식점으로 Y군의 위치 특성상 주말에 손님이 많고 주중엔 거의 손님이 없는 업소가 대부분이며 일부업소는 한적한 곳에 신규업체로 주말에도 손님이 거의 없어 유입수의 농도가 높지 않은 곳이 많았다. 이러한 사실은 Y군에서 방류수 수질만을 분석한 결과와 본 연구에서 다음절에서 유입수 유출수를 동시에 점검한 사례를 비교한다면 알 수 있다. 이러한 점에서 기타 일반지역보다 상당히 운영조건이 양호한 상태였다는 점을 염두에 두어야 한다.

2. 현장 가동효율 검증시험

국내사례 검토에서와 같이 oo 군부대 사례는 공법은 다양치 않았지만 점축산화 공법에 대한 정밀 효율검증사례라 할 수 있고 문화마을사업지구에서는 6개 공법중 점축산화공법이 가장 효율이 높은 것으로 나타났다. Y군 사례는 5개 기종에 대하여 방류수 만을 분석하였다.

본 연구에서는 100여종이 넘는 국내 시판 중의 모든 기종을 대상으로 하기는 현실적으로 불가능하고 상기 2개 정부주도 국내 사례지구에서 적용된 공법을 대상으로 다음과 같은 내용을 목적으로 효율검증을 실시하였다.

- 유출수 수질 장기 모니터링을 통하여 정화처리 공법별 설치 후 효율검증을 실시
- 유입수 부하변동이나 세제 유입 변화에 따르는 공법별 특성을 분석

- 설치비 및 운영비 비교 및 가동사고시 문제점 해결방안 등 운영기법의 용이성을 검토
- 유출수에 잔여한 오염성분을 추가로 제거할 수 있는 지하 자연방류 시스템 개발을 연구하기 위하여 시범대상 공법과 연구대상지구를 선정하였다.

가. 연구 대상 공법 및 시범지구 선정

효율검토 대상 정화처리 공법으로는 동일 또는 가까운 지역환경에서 다양한 공법이 기 설치된 지구를 선정하기로 하였다. 따라서 Y군 고효율 합병정화시설 교체 사업지구를 시범지구로 선정하게 되었으며, Y군 지역에는 '98년 사업지구에서 선정된 5개 공법이 동일지역에 동시에 신규 설치되어 있었으며 또한 동일지역 내에 국내 개발된 우드칩 공법도 포함하여 6개공법을 대상공법으로 선정하였다.

<표 5.20> 연구 대상 공법 선정

구 분	사례지구	공 법 명	선정 여부	비고	
소규모 오폐수 정화처리 시설	농어촌 문화마을 하수도 설치사업	토양피복형 접촉산화법		초기설치	
		접촉산화법		초기설치	
		고효율 오수 합병정화시설			
		회분식 활성슬러지법			
		흡수성 바이오 필터공법			
			3단 접촉폭기공법		
	Y군 합병정화조 교체사업	BCS / SBR 혐기여상접촉폭기 현수미생물접촉	0		
		흡수성바이오필터	0		
		BioCube담체를 이용한 합병정화조	0		
		SM공법, 현수미생물접촉법	0		
			BMS 활성축매접촉	0	
기타 추가 공법	발효칩 이용 살수여상법	0	국내개발		
소 계	정화처리공법	6개 공법			

앞서 기술한 바와 같이 전국적인 규모로 많은 국가예산과 개인 부담액이 투자되는 정화처리시설에 대한 설치 이후 효율 검증절차를 거쳐 우리농촌에 적합하고 효율성이 높은 정화처리시설 표준화를 제시하는데 본 연구의 주안점을 두었다.

이러한 목적을 갖고 본 연구에서 시범지구 선정시 고려한 사항은 다음과 같다.

- 정화처리 효과 장기관측 및 효율성 검증이 가능해야 한다.
- 납품업체가 동의해야 한다 (효율 검증 결과 공표).
- 설치비, 운영비, 운영기술의 용이성을 검토 할 수 있어야 한다.
- 유입수 농도변화, 세제 농도 변화, 겨울철 기온변화에 대한 정화효율 연구가 가능해야 한다.
- 규격과 유입수 등 유사 또는 동일조건에서 효율을 검토할 수 있어야 한다.

Y군의 합병정화조 교체사업은 본 연구 1차 년도부터 계획하였으나 군과 업체간 계약 및 설치 지연으로 2000년 4월에야 설치 완료되었으며, 미생물이 안정화되는 소요기간 이후 6개월간 5개사 제품에 대하여 군자체적으로 최종 처리된 방류수에 대하여 BOD, TN, TP, SS 4개 항목에 대한 수질검사를 실시하였으며 본 연구에서는 한 업체당 3개 지구씩 선정하여 유입수와 유출수에 대하여 7월부터 17개 항목에 대하여 수질검사를 실시하였다. 5개 업체에서 각각 30개소 이상의 합병정화조 가운데 무작위로 3개소씩을 추출하여 총 15개 시설에 대하여 유입수와 유출수를 각각 무균채수병에 채수하여 농어촌연구원에서 수질분석을 실시하였다.

선진국에서는 정부 또는 소비자 단체에서 각종 제품에 대한 사후 비교검증을 통하여 좋은 제품을 선정하고 소비자와 관계자들에게 알림으로서 기술발전을 이루고 있어 우리나라에서도 이러한 제도 활용이 아쉬운 형편이다. 따라서 사후 효율검증 분석자료는 국익보호 차원과 향후 신규설치시 발주담당자에 정보제공 그리고 우수기술 보호 및 발전차원에서는 필수적인 과정이라 하겠다.

본 연구에서 조사한 실제 설치된 현장에서의 공법별 처리효율 분석이 공법별로 유

입량과 농도가 일정치 않고 정화처리시설 규모, 설치여건 등이 제 각각으로 체계적인 효율비교가 될 수 없고 따라서 신뢰성이 떨어진다고 지적할 수도 있다. 하지만 완벽한 조건을 갖추지 못 하였다고 미루기만 한다면 이 또한 요원한 일일 것이다. 현재의 여건에서 최선의 방법을 선정하여 공법당 다수의 사례를 장기간으로 조사하면서 실제적인 상황변화에 적응력이 강하고 장기적으로 안정적 효율을 보이는 공법을 위주로 분석하였다. 동 연구에서 기존 시중에 판매 시공되고 있는 모든 공법을 대상으로 조사한다는 것은 예산과 기간 상으로 불가하므로 공공기관에서 기종 선정을 위하여 전문가들을 초빙하여 심사과정을 거쳐 선정되고 설치된 공법을 대상으로 실시하였다. 수질분석은 현장간이 측정과 시료채취 및 실험실 분석을 병행하였다.

나. 정화처리 효율

1) 현장수질분석

<표 5.21> 2001년 현장 간이수질 측정자료

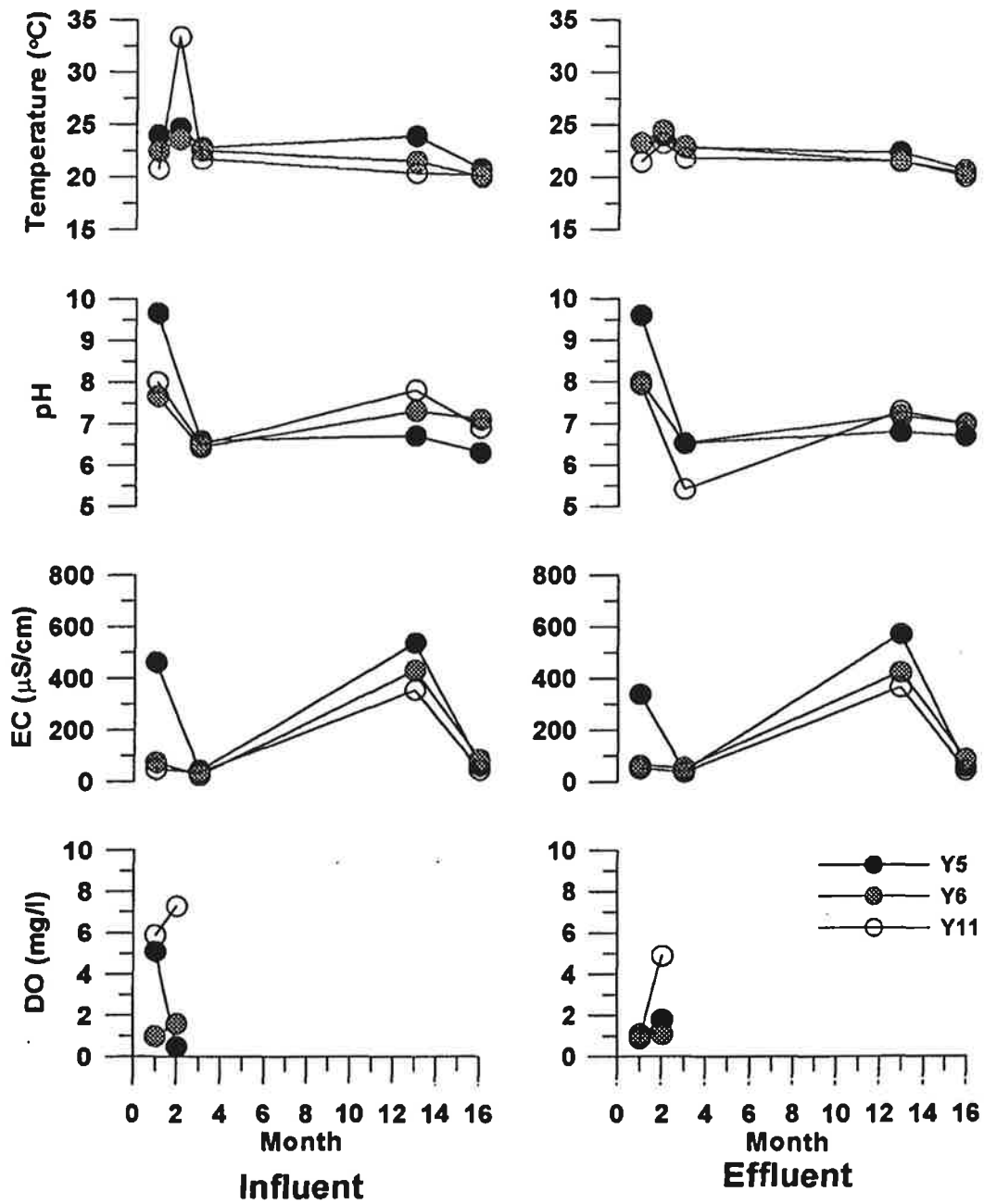
업체 및 공법	시료번호	규격	구분	7월 6일 - 7일				8/10-11		9/7 -9/8		
				온도	EC	pH	DO	온도	DO	온도	EC	pH
H : BCS/ SBR 협기여상 접촉폭기 현수미생물	Y 7	20	유입	24.3	168	8.11	4.0	33.2	4.6	33.4	28.3	6.2
			유출	23.8	74	6.7	3.5	31.4	2.9	27.0	99.2	2.36
	Y 15	60	유입	20.2	60	6.1	9.4	23.5	1.2	19.1	34.8	6.78
			유출	21.4	58	6.27	2.15	22.7	2.0	20.2	29.2	7.13
	Y 12	80	유입	22.3	22	7.52	6.5	26.0	1.5	23.3	37.5	7.45
			유출	22.7	22	7.44	5.5	24.9	4.6	22.8	41.8	7.3
C : BMS 활성촉매접촉	Y 16	50	유입	23.0	49	7.58	4.87	23.9	7.2	22.8	31.6	6.3
			유출	22.8	46	7.54	3.8	23.8	4.8	23.1	32.4	6.3
	Y 8	30	유입		45	7.36	7.5	27.5	0.2	23.7	62.1	6.3
			유출		64	7.93	5.5	25.4	1.9	23.3	67.1	6.8
	Y 20	50	유입		52	7.74	7.8	19.0	5.4	18.4	52.8	6.54
			유출		66	7.62	5.1	19.8	4.6	18.3	52.8	6.60

<표 5.21> (계속)

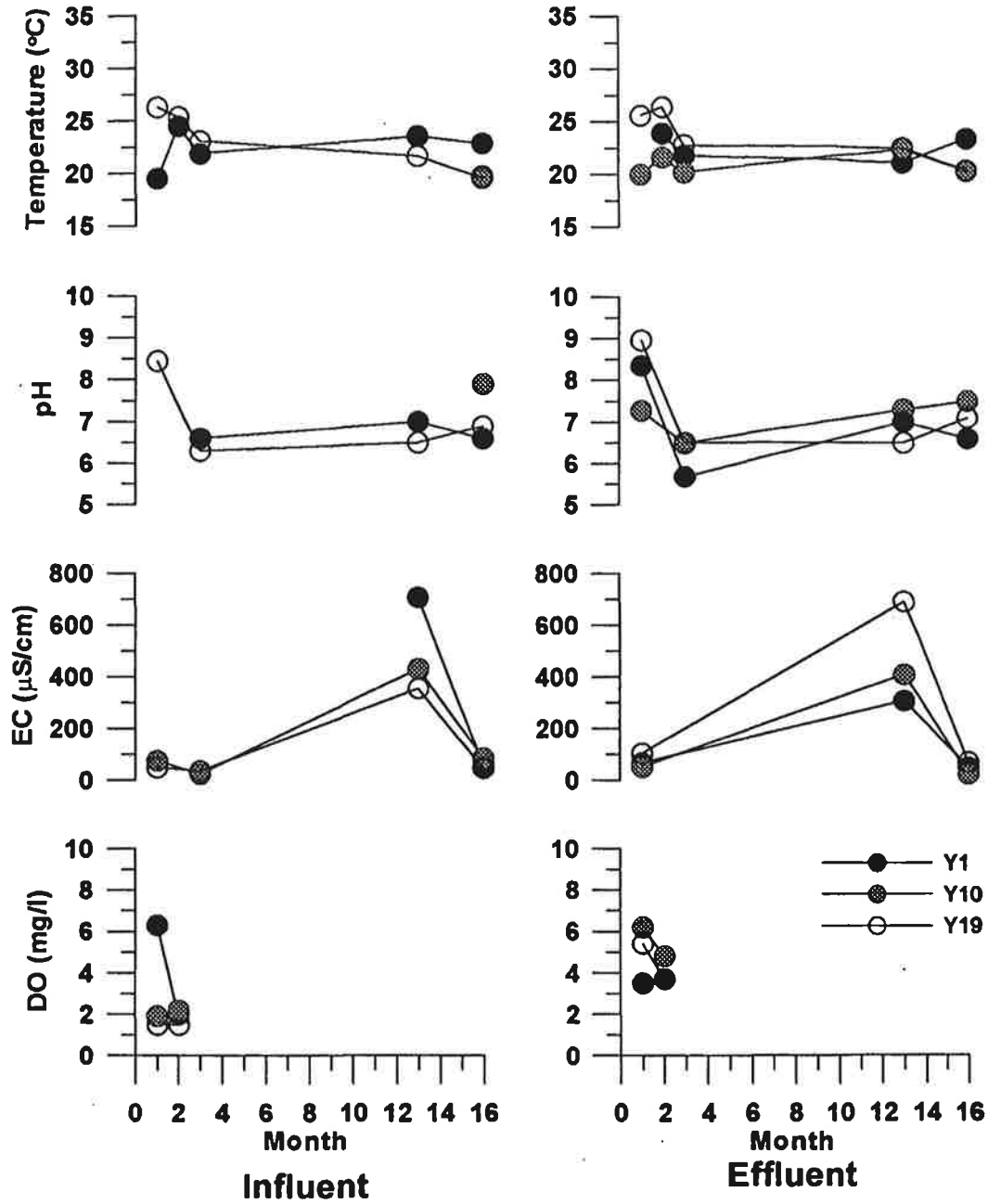
업체 및 공법	시료번호	규격	구분	7월 6일 - 7일				8/10-11		9/7 -9/8		
				온도	EC	pH	DO	온도	DO	온도	EC	pH
BT : 흡수성 바이오필터	Y 10	60	유입	20.8	57	7.62	1.9	21.8	2.2	20.6		6.7
			유출	20.0	51	7.27	6.2	21.6	4.8	20.2		6.48
	Y 2	70	유입	19.5	59	8.8	6.3	24.5	2.0	23.1		6.3
			유출	25.7	68	8.35	3.5	23.9	3.7	22.8		6.5
	Y 19	60	유입	26.3	104	8.45	1.5	25.4	1.5	21.9		6.6
			유출	25.6	104	8.96	5.4	26.4	3.7	21.8		5.68
BJ : BioCube 담체이용 접촉 폭기	Y 11	50	유입	20.8	49	8.02	5.9	23.4	7.2	21.7	36.7	6.5
			유출	21.5	52	7.94	0.9	23.3	4.9	21.9	38.0	5.42
	Y 6	60	유입	22.5	75	7.67	1.0	23.6	1.6	22.5	25.1	6.44
			유출	23.3	63	8.01	1.1	24.5	1.1	23.0	54.5	6.52
	Y 5	55	유입	24.0	463	9.67	5.1	24.7	0.5	22.8	43.8	6.6
			유출	23.6	339	9.61	0.9	24.0	1.8	22.9	43.8	6.53
S : SM공법, 현수미생물접 촉법	Y 3	60	유입	23.2	56	7.2	1.8	22.2	1.5	22.8	46.4	5.44
			유출	22.6	63	7.8	4.0	22.7	1.1	22.4	44.7	6.12
	Y 14	60	유입	22.2	44	7.1	1.1	23.9	0.5	19.4	60.4	6.13
			유출	20.8	49	7.53	0.7	22.9	1.6	21.2	67.7	6.28
	Y 18	50	유입	21.7	27	7.0	0.1	22.1	1.6	20.7	19.06	6.0
			유출	22.1	33	7.4	5.9	22.1	6.2	21.5	18.59	6.78
D : 우드칩	전주관	70	유입					22.0	2.7	22.3	87.6	6.31
			유출					23.1	6.03	23.3	72.7	6.33

<표 5.21> (계속)

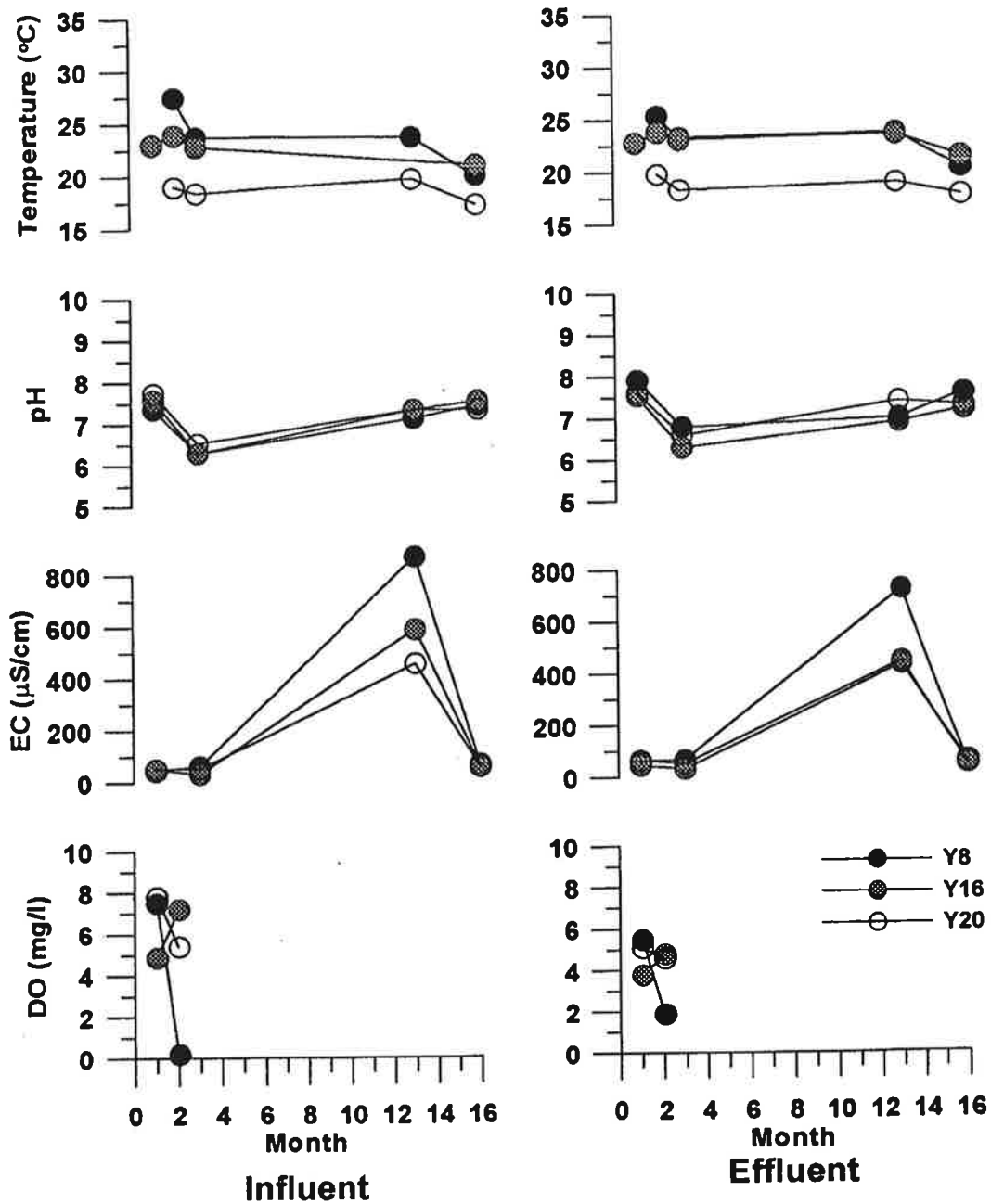
업체명	시료명	규격	구분	7/11			10/8		
				온도	EC	pH	온도	EC	pH
H : BCS/ SBR 협기여상 접촉폭기 현수미생물	Y 7	20	유입	22.4	448	7.2	21.4	26.5	7.0
			유출	22.6	790	5.8	22.0	24.7	6.9
	Y 15	60	유입	19.7	523	7.7	10.8	44.6	7.1
			유출	20.8	554	5.6	21.8	53.9	7.1
	Y 12	80	유입	20.2	533	6.3	20.9	53.0	6.9
			유출	19.6	356	6.6	21.2	49.7	7.1
C : BMS 활성촉매접촉	Y 16	50	유입		588	7.3	21.0	56.3	7.5
			유출	23.5	435	6.9	21.4	61.0	7.2
	Y 8	30	유입	23.7	868	7.1	20.0	64.4	7.4
			유출	23.7	726	7.0	20.3	49.8	7.6
	Y 20	50	유입	19.7	456	7.3	17.2	53.9	7.3
			유출	18.9	446	7.4	17.7	50.8	7.3
BT : 흡수성 바이오필터	Y 10	60	유입	19.6	452	7.6	19.8	20.3	7.9
			유출	22.4	409	7.3	20.3	22.7	7.5
	Y 2	70	유입	23.6	708	7.0	22.9	56.3	6.6
			유출	21.1	307	7.0	23.4	49.6	6.6
	Y 19	60	유입	21.7	720	6.5	19.6	73.9	6.9
			유출	22.5	692	6.5	20.4	69.5	7.1
BJ : BioCube 담체이용 접촉 폭기	Y 11	50	유입	20.4	356	7.8	20.1	46.6	6.9
			유출	21.6	367	7.3	20.1	46.1	7.0
	Y 6	60	유입	21.5	432	7.3	20.0	85.3	7.1
			유출	21.5	425	7.2	20.4	88.0	7.0
	Y 5	55	유입	23.9	538	6.7	20.8	62.9	6.3
			유출	22.4	573	6.8	20.7	59.1	6.7
S : SM공법, 현수미생물접촉법	Y 3	60	유입	21.4	503	6.3	23.2	63.7	6.0
			유출	22.4	401	7.1	21.7	49.6	7.1
	Y 14	60	유입	24.3	916	6.4	22.7	73.3	6.4
			유출	23.6	644	7.2	22.3	58.0	7.4
	Y 18	50	유입	21.8	668	6.8	19.1	45.6	6.9
			유출	21.3	461	7.2	19.9	41.0	6.8
D : 우드칩	전주관	70	유입	22.1	752	6.7	21.2	82.0	6.2
			유출	22.8	726	6.6	21.1	74.1	6.2



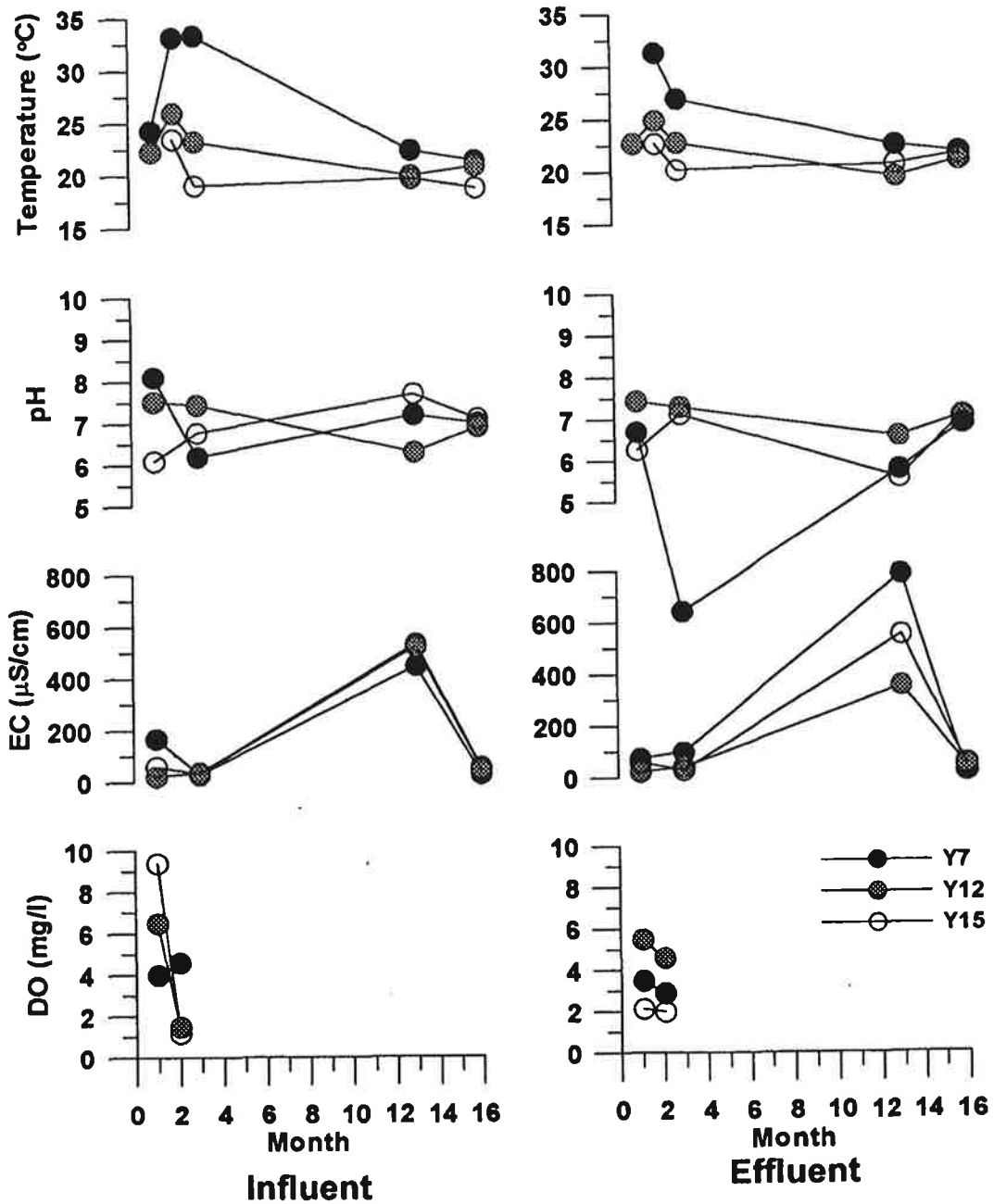
<그림 5.17> BJ사에서 운영하는 오수처리기의 현장수질분석 결과(2000.7~2001.9)



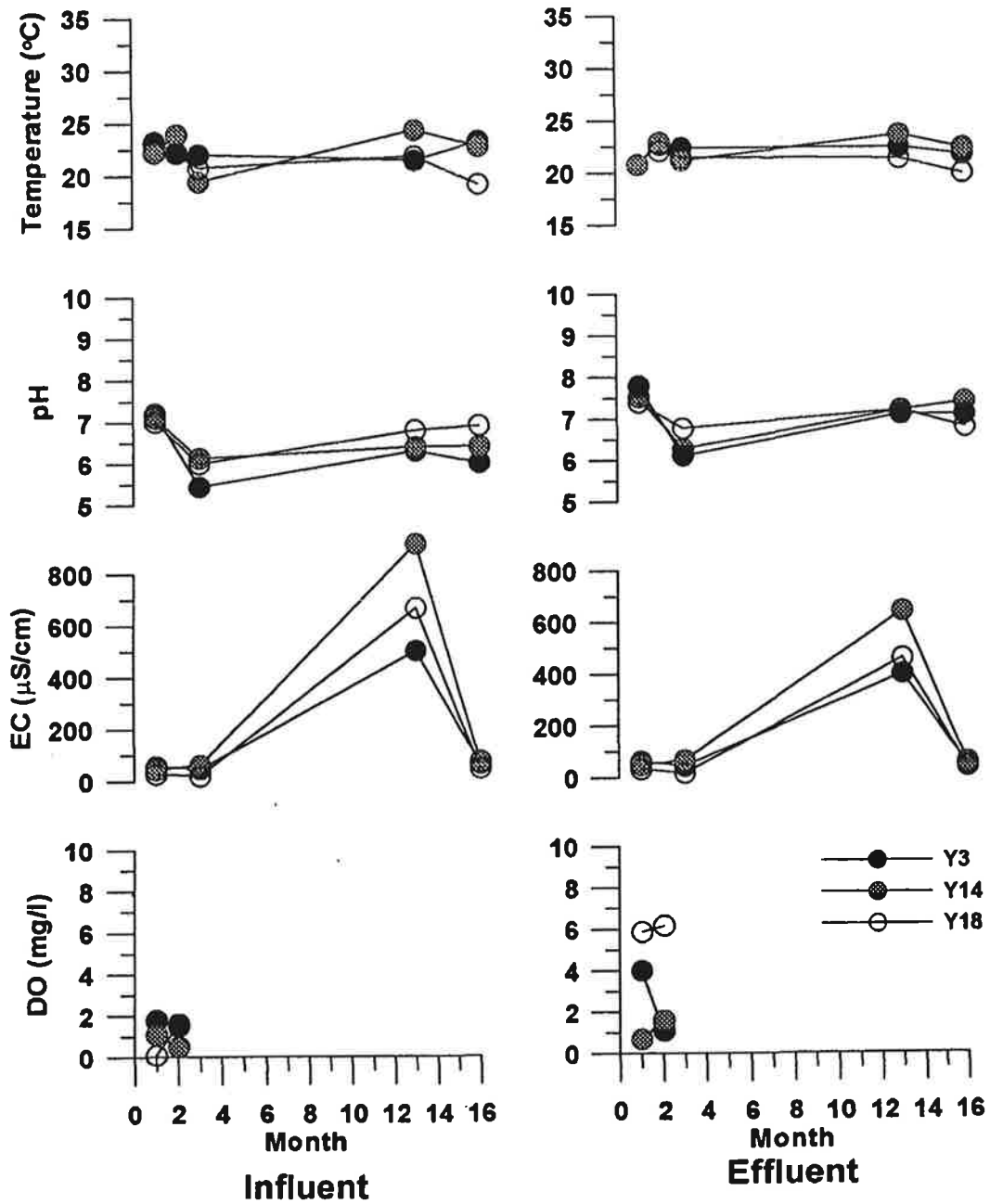
<그림 5.18> BT사에서 운영하는 오수처리기의 현장수질분석 결과(2000.7~2001.9)



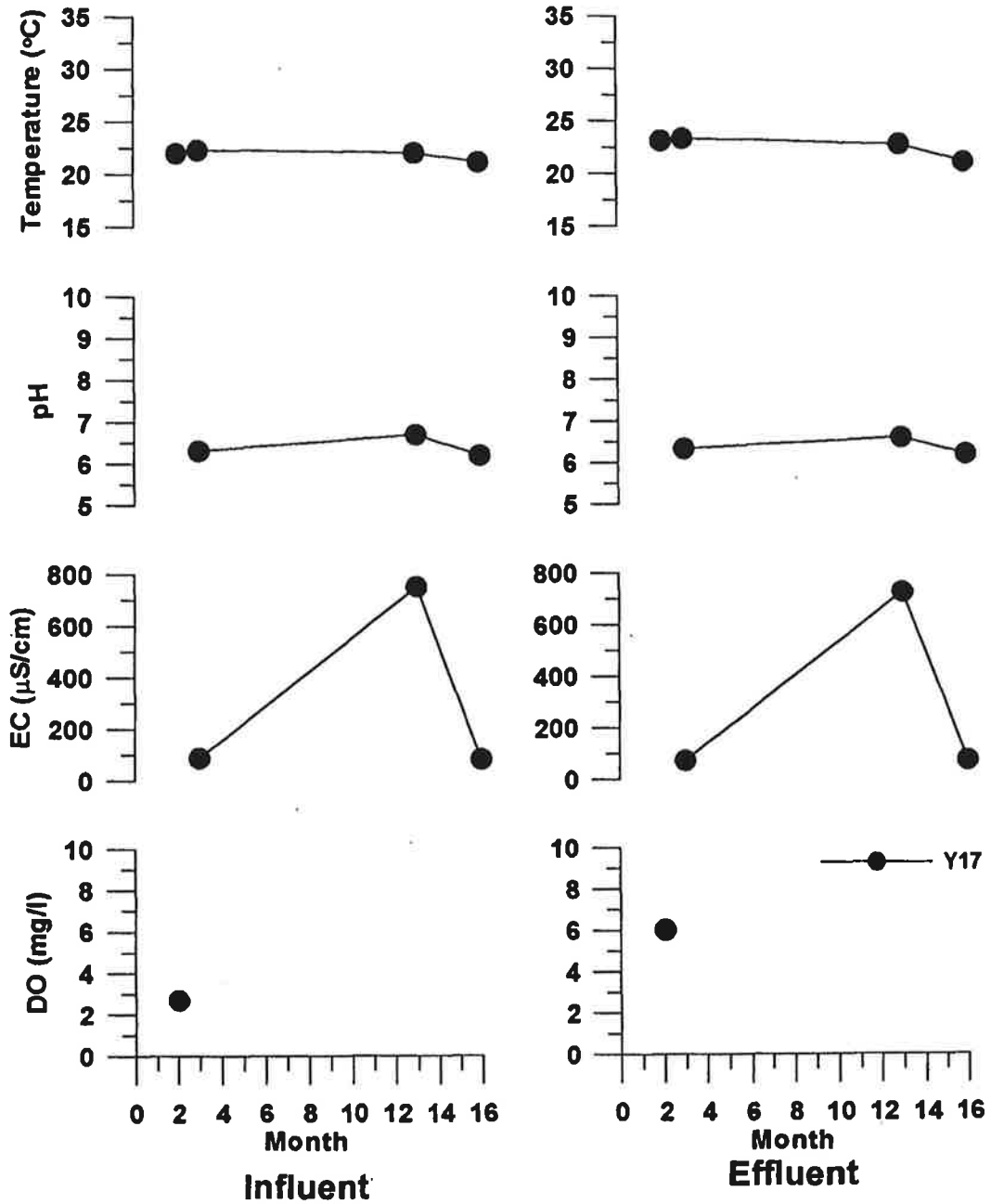
<그림 5.19> C사에서 운영하는 오수처리기의 현장수질분석 결과(2000.7~2001.9)



<그림 5.20> H사에서 운영하는 오수처리기의 현장수질분석 결과(2000.7~2001.9)



<그림 5.21> S사에서 운영하는 오수처리기의 현장수질분석 결과(2000.7~2001.9)



<그림 5.22> D사에서 운영하는 오수처리기의 현장수질분석 결과(2000.7~2001.9)

현장 간이 수질측정결과 표와 그래프에서 보는 바와 같이 6개 사 제품 공히 특별하게 정화효율이 높은 공법은 없었다. 그래프를 통하여 정화효율을 알아 볼 수는 없는 정도라 할 수 있다. 유입수 유출수간 DO증가과 EC감소율을 보인 회수는 다음과 같다.

<표 5.22> 현장 간이 수질 검사 결과

공법	DO 증가 증가회수/측정 회수	EC 감소 감소회수/측정 회수	비 고
H	2회/ 6회	4회/12회	
C	1회/6회	6회/12회	
BT	5회/6회	6회/9회	
BJ	1회/6회	3회/12회	
S	4회/6회	8회/12회	
D	1회/1회	3회/3회	
계	14회/31회	30회/60회	

상기표에서 볼 수 있듯이 현장 간이 수질 측정 결과에서 수치적으로 정화처리효과가 나타난 회수를 모두 산정한 것이다. 즉 정화효율이 있는 곳이 50%이하이고 나머지는 유입수보다도 유출수가 더 깨끗하지 않았다는 간접적인 결과이다. 그중 실제 유입수와 유출수의 측정값이 25% 이상 정화효율을 보여주는 회수는 전체 공법에서 EC 감소가 60회 측정 중 7회 뿐이며, DO 25%이상 증가는 31회 측정 중 13회 정도였다. 실험실 분석결과를 통하여 보다 정밀 결과를 보기로 한다.

2) 실험실 수질 분석 및 효율 분석

실험실에서 수질분석한 세부 자료표와 그래프는 덧붙임에 수록하였다. 여기서는 각 업체별 3개소씩에서 채취 분석한 유입수 유출수간의 처리효율을 분석하였다. 12개~17개 항목에 대하여 5회에 걸쳐서 매회 약간씩 항목을 변경하며 분석하였다.

유입수보다 유출수에서 오염물질량이 증가한 경우가 많아 우선 정화처리 효율의 높고 낮은 보다는도 효율이 있느냐 없느냐를 보기로 하였다.

<표 5.23> 정밀수질 검사 결과 정화처리 효율을 보인 회수

공법	H	C	BT	BJ	S	D
COD	10회/12회	14회/15회	13회/14회	12회/15회	15회/15회	3회/3회
TKN	5회/11회	14회/15회	11회/13회	9회/14회	10회/15회	3회/3회
T-P	4회/12회	10회/15회	10회/14회	10회/15회	10회/15회	2회/3회
SS	11회/12회	15회/15회	12회/14회	10회/15회	10회/15회	3회/3회
Cl	5회/11회	5회/13회	11회/12회	9회/14회	2회/15회	1회/3회
ABS	7회/7회	9회/9회	9회/9회	7회/8회	7회/9회	1회/1회
NO ₂ ⁻ -N	4회/4회	3회/6회	1회/5회	4회/6회	1회/6회	2회/2회
NO ₃ ⁻ -N	1회/4회	2회/6회	0회/6회	3회/6회	1회/6회	0회/2회
NH ₄ ⁺ -N	1회/4회	4회/6회	5회/5회	1회/6회	4회/6회	2회/2회
PO ₄ -P	0회/4회	1회/6회	1회/5회	2회/6회	2회/6회	1회/2회
계	48회/81회 (59%)	77회/106회 (73%)	73회/97회 (75%)	67회/105회 (63%)	62회/108회 (57%)	18회/24회 (75%)

상기표는 유입수보다 유출수의 농도가 낮은 경우 즉 그 크기를 무시하고 정화 효과가 1%라도 나타나는 회수를 나타낸 것이다. 즉 상당수의 경우가 유입수보다 유출수가 더욱 오염된 것으로 나타났다. 유입수 농도의 변화가 큰 것에도 기인한다고 볼 수

있으며 정화효율 자체가 없는 경우도 있다고 볼 수 있다.

좀 더 정밀하게 분석하기 위하여 공법별로 매회 3개소씩의 유입수 농도 합계와 유출수 농도 합계를 산출해 보았다.

경기도 Y군에 설치한 오수정화처리시설 설치업체는 H, C, BT, BJ, S, D 6개 업체의 제품에 대한 효율 분석 결과이다.

각각의 업체에서 설치된 오수정화처리시설의 유입수 및 유출수의 pH를 측정한 결과 H에서 설치한 미천식당, 울드캐슬의 경우 낮은 수치를 나타내고 있으며, BT에서 설치한 고야, S에서 설치한 구름에 달가듯이 에서도 낮은 수치가 보였다. 또한 BJ에서 설치한 들가마집의 경우 pH 9로 높게 측정되었다. 이는 정화처리시설의 폭기조가 정상적인 운전이 되고 있지 않음을 유출할 수 있다. 그러나 고야, 구름에 달가듯이의 경우 네 번의 취수중 한번만 있으므로 일시적인 현상으로 생각된다. 이외의 처리시설의 적절한 pH 6.5 ~ 8.5 range사이에 있으므로 pH의 측정치로는 적절하게 운전되고 있다고 생각된다.

각각의 업체에서 설치된 오수정화처리시설의 유입수 및 유출수의 분석결과 EC의 경우 미천식당, 한우리, 들가마집 등에서 높은 값이 측정되었다. EC에 대한 수질 항목상의 기준치가 없어 정확한 분석을 하기는 힘들다고 할 수 있다. 다만 EC 측정치는 수중에 이온성 물질이 높다는 것을 의미하므로 EC값이 높다는 것은 정화처리시설에서 유기물질, 질소성분 등의 이온성 물질의 농도가 높을 가능성이 있을 것으로 생각된다.

<표 5.24> pH

업체명	시료번호	구분	00-05-12	00-07-06	00-08-10	01-07-11	01-09-11
H 사	Y 7	유입	7.5	6.9	6.8	7.2	7.8
		유출	5.2	6.3	2.9	5.8	7.6
	Y 15	유입	4.8	5.6	6.4	7.7	7.2
		유출	5.4	5.1	6.4	5.6	6.0
	Y 12	유입	7	6.7	6.2	6.3	7.4
		유출	7.1	6.9	5.7	6.6	7.2
C 사	Y 16	유입	6.6	6.8	6.5	7.3	7.5
		유출	6.6	6.8	6.7	6.9	7.2
	Y 8	유입	6.3	6.9	6.8	7.1	7.2
		유출	7	6.4	6.4	7	7.4
	Y 20	유입	6.9	6.8	6.6	7.3	7.2
		유출	7	6.9	7.1	7.4	7.4
BT 사	Y 10	유입	7	7	6.8	7.6	9.2
		유출	6.6	6.9	6.5	7.3	8.8
	Y 2	유입	8.3	6.8	6.8	7	7.2
		유출	8	6.5	5.5	7	7.6
	Y 19	유입	7.6	6.7	6.9	6.5	7.5
		유출	8.3	7	6.7	6.5	7.2
BJ 사	Y 11	유입	6.9	7.1	7.2	7.8	7.2
		유출	6.8	7	6.8	7.3	7.3
	Y 6	유입	6.8	7	6.8	7.3	7.7
		유출	6.9	6.9	7	7.2	7.7
	Y 5	유입	9.2	6.9	6.6	6.7	6.4
		유출	9.1	6.9	6.9	6.8	7.0
S 사	Y 3	유입	6	4.8	6.8	6.3	5.4
		유출	6.9	7	6.6	7.1	7.3
	Y 14	유입	6.3	6.2	6.5	6.4	6.5
		유출	6.9	7	6.7	7.2	7.0
	Y 18	유입	6.4	6.5	6.4	6.8	6.8
		유출	6.6	6.8	6.9	7.2	6.8
D 사	DJ	유입		6.7	6.6	6.7	6.5
		유출		6.5	6.4	6.6	6.5

<표 5.25> EC ($\mu\text{S/cm}$)

업체명	시료 번호	구분	2000년			2001년	
			7/6- 7일	8/10-11일	9/7 -8일	7/11일	9/11일
H 사	Y 7	유입	1690	321	285	448	273
		유출	725	365	1031	790	252
	Y 15	유입	659	571	358	523	455
		유출	617	576	279	554	562
	Y 12	유입	242	221	392	533	545
		유출	228	206	433	356	509
C 사	Y 16	유입	517	425	329	588	567
		유출	479	342	329	435	621
	Y 8	유입	476	762	690	868	656
		유출	502	595	630	726	508
	Y 20	유입	614	608	536	456	541
		유출	733	531	527	446	513
BT 사	Y 10	유입	611	598	412	452	216
		유출	559	548	378	409	232
	Y 2	유입	654	685	761	708	582
		유출	659	636	646	307	510
	Y 19	유입	1001	726	795	720	752
		유출	1007	706	739	692	723
BJ 사	Y 11	유입	526	471	371	356	473
		유출	550	463	367	367	460
	Y 6	유입	788	801	254	432	857
		유출	630	451	552	425	885
	Y 5	유입	4776	574	444	538	643
		유출	3457	588	439	573	591
S 사	Y 3	유입	559	605	482	503	672
		유출	654	675	451	400	493
	Y 14	유입	458	505	619	916	742
		유출	526	655	687	644	581
	Y 18	유입	291	187	197	668	456
		유출	350	216	194	461	413
D 사	DJ	유입		808	903	752	826
		유출		733	743	726	723

<표 5.26> COD (mg/ℓ)

업체명	시료번호	구분	00-05-12	00-07-06	00-08-10	01-07-11	01-09-11
H 사	Y 7	유입	149	24.5	11.6	106	10.2
		유출	30.4	26.3	22.2	18.4	5.0
		효율	79.6%	-7.3%	-91.4%	82.6%	51.0%
	Y 15	유입	35.2	27	82	29	59.0
		유출	25.6	14.8	16.4	20	17.2
		효율	27.3%	45.2%	80.0%	31.0%	70.8%
	Y 12	유입	7.5	18.4	66	14.4	5.5
		유출	3.3	12.2	26.4	6.6	4.9
		효율	56.0%	33.7%	60.0%	54.2%	10.9%
C 사	Y 16	유입	111	93	93	84	52.0
		유출	16	9.6	7.2	8.8	15.8
		효율	85.6%	89.7%	92.3%	89.5%	69.6%
	Y 8	유입	7.15	94	108	40	142.0
		유출	8.2	14	10.2	132	10.0
		효율	-14.7%	85.1%	90.6%	-230.0%	93.0%
	Y 20	유입	22.6	43	20	22.4	29.6
		유출	5.7	5.4	4.8	4.6	3.8
		효율	74.8%	87.4%	76.0%	79.5%	87.2%
BT 사	Y 10	유입	30	39.5	37	26.5	3.6
		유출	13.6	20	16.6	12.4	6.8
		효율	54.7%	49.4%	55.1%	53.2%	-88.9%
	Y 2	유입	12.2	37.5	30.4	44.9	23.0
		유출	16.2	20	14.4	24.4	11.4
		효율	-32.8%	46.7%	52.6%	45.7%	50.4%
	Y 19	유입	25.6	44.5	62	54	30.0
		유출	18	27.3	17.4	18.8	13.2
		효율	29.7%	38.7%	71.9%	65.2%	56.0%

<표 5.26> (계속)

업체명	시료번호	구분	00-05-12	00-07-06	00-08-10	01-07-11	01-09-11
BJ 사	Y 11	유입	27	21.3	13.6	6.4	63.0
		유출	16.9	17.3	24.5	12.6	8.4
		효율	37.4%	18.8%	-80.1%	-96.9%	86.7%
	Y 6	유입	20.2	16.2	9.2	16	10.8
		유출	9.5	6.2	7.2	14.4	22.4
		효율	53.0%	61.7%	21.7%	10.0%	-100.0%
	Y 5	유입	78	82.5	36.4	58	106.0
		유출	60.5	42.5	26.3	43	34.5
		효율	22.4%	48.5%	27.7%	25.9%	67.5%
S 사	Y 3	유입	70.5	128	24.5	76	348
		유출	13.7	44.5	15.5	35	13.2
		효율	80.6%	65.2%	36.7%	53.9%	96.2%
	Y 14	유입	60.4	136	74	92	49.0
		유출	45.5	48	33.5	8.8	11.2
		효율	24.7%	64.7%	54.7%	90.4%	77.1%
	Y 18	유입	54	19	15.6	56	60.0
		유출	16	6.2	4.8	8.4	9.6
		효율	70.4%	67.4%	69.2%	85.0%	84.0%
D 사	DJ	유입		51.5	64	71	50.0
		유출		35	60.4	34.5	26.0
		효율		32.0%	5.6%	51.4%	48.0%

각각의 업체에서 설치된 오수정화처리시설의 유입수 및 유출수의 분석결과 COD의 경우 법적 기준이 40mg/l 이하이다. C에서 설치한 이포나루, BJ에서 설치한 들가마집의 경우 최근에 분석결과 유출수의 COD 농도가 법적 기준을 초과하고 있다. 이 중 이포나루의 경우 유입수의 COD 40mg/l 인데 반하여 유출수의 COD 120mg/L로 증가된 것으로 측정되었으며, 이는 처리시설 폭기조의 미생물들이 사멸하여 유출되어 COD 농도

가 증가된 것으로 생각된다. 돌가마집의 경우 네 번의 수질분석시 정화처리효율은 평균 약 30%정도를 나타내지만 유출수의 COD 농도가 한번을 제외하고는 법적기준치를 초과하므로 적절한 운전을 위하여 지속적인 유지관리가 필요한 것으로 생각된다. S사에서 설치한 구름에 달 가듯이, 언덕위에 하안집의 경우 5월과 7월에 분석한 시료의 경우 법적기준을 초과하는데 유입수의 변동에 의한 미생물 충격부하에 의한 것으로 생각된다.

D사에서 설치한 전주관의 경우 8월에 분석한 경우 유출수 COD가 법적 기준을 초과하였는데 이는 여름철 기온상승으로 인한 일시적이 폭기조내 온도 증가로 미생물의 활성이 떨어진 결과로 생각된다.

<표 5.27> 각 업체별 처리시설의 COD 처리효율

업체별	H	C	BT	BJ	S	D	비 고
COD 처리효율	27-80%	75-90%	30-70%	10-70%	25-85%	6-51%	

각각의 업체별 처리시설의 유기물질 처리효율을 살펴보면 H사 27%~80%, C사 75%~92%, BT사 30%~70%, BJ사 10%~70%, S사 25%~85%, D사 6%~51%로 나타났다. 처리효율에서 보면 C사에서 설치한 시설의 처리효율이 전반적으로 좋다. H사의 경우 미천식당에 설치한 시설에 문제가 있는 것 같으며, 다른 곳도 처리효율이 약 50%정도이다. C의 경우 이포나루를 제외하고는 적절한 처리효율을 보이고 있다. BT사의 경우 평균적으로 50%정도의 처리효율을 보이고 있다. BJ사의 경우 평균 40%정도의 처리효율을 보이고 있으며 S사의 경우 정우촌을 제외하고는 낮은 처리효율을 보이고 있다.

<표 5.28> T-N (mg/ℓ)

업체명	시료번호	구분	00-05-12	00-07-06	00-08-10	01-07-11	01-09-11
H 사	Y 7	유입	131.57	7.701	8.066	19.694	9.282
		유출	55.142	13.934	56.616	48.12	4.810
		효율	58.1%	-80.9%	-601.9%	-144.3%	48.2%
	Y 15	유입	63.941	47.935	17.875	38.35	19.274
		유출	55.623	49.538	6.338	38.448	37.674
		효율	13.0%	-3.3%	64.5%	-0.3%	-95.5%
	Y 12	유입	3.643	6.65	28.721	32.313	18.954
		유출	2.975	6.976	26.122	14.89	11.683
		효율	18.3%	-4.9%	9.0%	53.9%	38.4%
C 사	Y 16	유입	29.179	28.152	23.436	29.216	30.430
		유출	11.165	1.876	1.898	17.326	29.351
		효율	61.7%	93.3%	91.9%	40.7%	3.5%
	Y 8	유입	11.5	42.171	36.314	51.693	41.322
		유출	2.326	22.665	21.219	39.837	1.940
		효율	79.8%	46.3%	41.6%	22.9%	95.3%
	Y 20	유입	18.643	20.042	13.765	16.754	10.863
		유출	7.175	6.951	14.061	5.858	7.363
		효율	61.5%	65.3%	-2.2%	65.0%	32.2%
BT 사	Y 10	유입	23.552	34.422	16.985	26.525	2.973
		유출	22.797	30.288	17.955	21.669	2.695
		효율	3.2%	12.0%	-5.7%	18.3%	9.4%
	Y 2	유입	15.194	26.886	31.664	36.417	20.346
		유출	1.061	25.147	29.294	30.041	18.149
		효율	93.0%	6.5%	7.5%	17.5%	10.8%
	Y 19	유입	12.531	17.595	24.918	20.504	15.264
		유출	12.16	12.241	23.104	15.91	19.899
		효율	3.9%	30.4%	7.3%	22.4%	-30.4%

<표 5.28> (계속)

업체명	시료번호	구분	00-05-12	00-07-06	00-08-10	01-07-11	01-09-11
BJ 사	Y 11	유입	11.915	13.319	10.816	14.043	19.093
		유출	8.258	13.245	12.092	12.502	8.927
		효율	30.7%	0.6%	-11.8%	11.0%	53.2%
	Y 6	유입	31.34	41.06	9.596	6.068	50.012
		유출	17.238	5.899	13.165	7.042	47.071
		효율	45.0%	85.6%	-37.2%	-16.1%	-223.1%
	Y 5	유입	880.805	29.678	11.238	23.768	32.894
		유출	522.345	18.893	8.204	37.387	39.321
		효율	40.7%	36.3%	27.0%	-57.3%	53.9%
S 사	Y 3	유입	30.659	34.139	26.647	17.833	34.261
		유출	17.546	29.827	6.297	7.29	3.309
		효율	42.8%	12.6%	76.4%	59.1%	10.6%
	Y 14	유입	26.597	31.67	28.667	43.823	34.246
		유출	26.495	36.763	31.102	21.288	14.439
		효율	0.4%	-16.1%	-8.5%	51.4%	57.8%
	Y 18	유입	12.689	5.891	17.272	28.428	26.641
		유출	20.057	8.129	11.346	8.882	20.863
		효율	-58.1%	-38.0%	34.3%	68.8%	21.7%
D 사	DJ	유입		23.052	23.654	21.578	19.392
		유출		14.72	16.66	16.669	11.563
		효율		36.1%	29.6%	22.8%	40.4%

각각의 업체에서 설치된 오수정화처리시설의 유입수 및 유출수의 분석결과 T-N의 경우 법적기준이 60mg/ℓ이다. 법적 기준치를 초과한 것은 백제에서 설치한 돌가마집이다. 이때의 질소농도를 살펴보면 유입수 T-N 880mg/ℓ로 대단히 높은 값으로 이는 일시적인 고농도의 질소를 함유한 물질의 유입으로 인한 것으로 생각된다. 각각의 처리시설의 처리효율을 보면 시설에 따른 차이가 있지만 처리효율이 그리 높지 않음을

알 수 있다. 현재의 법적기준에는 만족하는 유출수 수질을 보이지만, T-N 20mg/ℓ로 법적기준의 강화시 그 기준을 맞추기 힘들 것으로 생각된다.

<표 5.29> T-P (mg/ℓ)

업체명	시료번호	구분	00-05-12	00-07-06	00-08-10	01-07-11	01-09-11
H	Y 7	유입	19.845	2.567	2.214	2.009	0.676
		유출	11.33	6.683	18.069	5.611	0.746
		효율	42.9%	-160.3%	-716.1%	-179.3%	-10.4%
	Y 15	유입	6.116	4.755	2.922	4.461	3.151
		유출	8.148	5.444	1.222	5.394	4.590
		효율	-33.2%	-14.5%	58.2%	-20.9%	-45.7%
	Y 12	유입	0.658	1.084	4.853	3.682	2.169
		유출	0.432	1.034	4.277	2.976	2.327
		효율	34.3%	4.6%	11.9%	19.2%	-7.3%
C	Y 16	유입	8.547	9.644	5.041	5.721	5.132
		유출	11.309	5.085	1.428	5.982	5.190
		효율	-32.3%	47.3%	71.7%	-4.6%	-1.1%
	Y 8	유입	2.309	7.891	5.279	14.815	7.451
		유출	0.983	4.461	4.267	6.523	5.015
		효율	57.4%	43.5%	19.2%	56.0%	32.7%
	Y 20	유입	1.392	2.213	1.152	0.994	1.298
		유출	1.552	1.493	0.754	1.068	1.192
		효율	-11.5%	32.5%	34.5%	-7.4%	8.2%

<표 5.29> (계속)

업체명	시료번호	구분	00-05-12	00-07-06	00-08-10	01-07-11	01-09-11
BT	Y 10	유입	3,418	3,407	2,231	2,217	0,506
		유출	3,158	3,708	2,638	1,993	0,627
		효율	7.6%	-8.8%	-18.2%	10.1%	-23.9%
	Y 2	유입	1,169	3,681	4,999	3,79	3,366
		유출	0,686	3,281	4,588	3,416	3,668
		효율	41.3%	10.9%	8.2%	9.9%	-9.0%
	Y 19	유입	1,082	2,146	2,66	2,964	2,072
		유출	1,022	1,285	2,13	2,735	2,147
		효율	5.5%	40.1%	19.9%	7.7%	-3.6%
BJ	Y 11	유입	3,744	2,632	1,649	1,974	5,304
		유출	3,56	2,714	3,316	2,148	7,742
		효율	4.9%	-3.1%	-101.1%	-8.8%	-46.0%
	Y 6	유입	12,209	12,524	2,07	0,817	13,580
		유출	6,632	1,577	2,037	0,975	4,356
		효율	45.7%	87.4%	1.6%	-19.3%	67.9%
	Y 5	유입	9,648	5,542	2,892	3,008	5,105
		유출	9,32	3,592	2,333	3,67	3,956
		효율	3.4%	35.2%	19.3%	-22.0%	22.5%
S	Y 3	유입	4,094	4,482	3,781	2,423	4,996
		유출	3,727	4,392	2,91	4,588	2,875
		효율	9.0%	2.0%	23.0%	-89.4%	42.5%
	Y 14	유입	3,703	5,637	3,305	6,109	3,970
		유출	2,318	3,294	2,658	5,942	5,304
		효율	37.4%	41.6%	19.6%	2.7%	-33.6%
	Y 18	유입	2,161	1,208	0,876	5,451	3,450
		유출	3,764	1,352	1,139	1,902	2,789
		효율	-74.2%	-11.9%	-30.0%	65.1%	19.2%
D	DJ	유입		3,445	4,387	3,684	4,271
		유출		2,9	4,343	3,208	3,214
		효율		15.8%	1.0%	12.9%	24.7%

각각의 업체에서 설치된 오수정화처리시설의 유입수 및 유출수의 분석결과 T-P의 경우 법적기준이 8mg/l이다. H사에서 설치한 미천식당, C사에서 설치한 용골가든,

백제에서 설치한 돌가마집이 법적기준을 초과하였다. 미천식당을 제외하고는 일시적인 현상으로 생각되며, 미천식당의 경우 초과한 시점의 측정치를 살펴보면 유출수의 pH가 낮거나, 유입수보다 높은 COD값을 나타낸다. 이는 적절한 운전이 되지 않아서 발생한 문제로 생각된다. 각각의 처리시설의 처리효율을 보면 시설에 따른 차이가 있지만 처리효율이 그리 높지 않다.

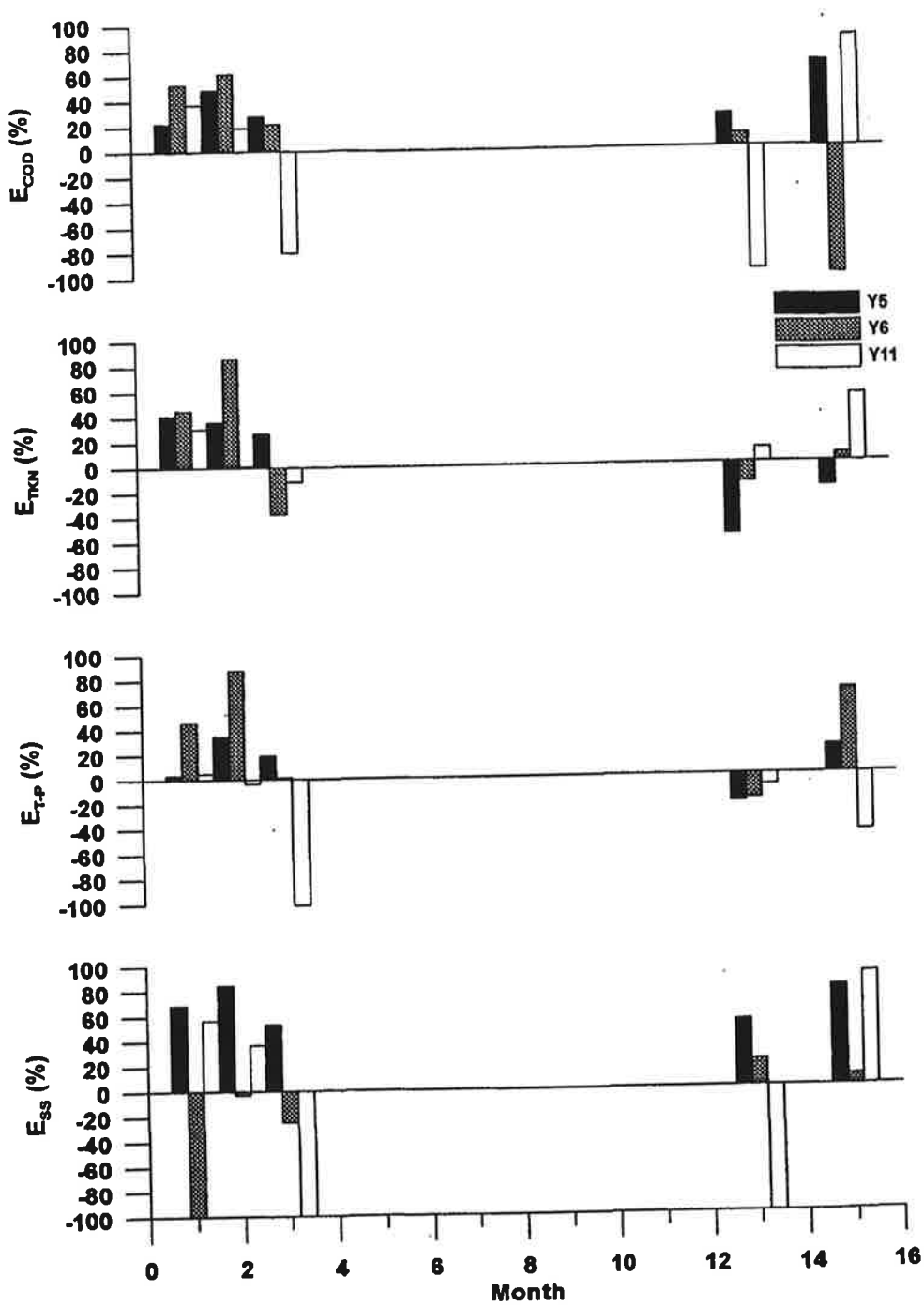
각각의 업체에서 설치된 오수정화처리시설의 유입수 및 유출수의 분석결과 SS의 경우 법적기준이 20mg/l이다. 각각의 처리업체시설을 살펴보면 H사의 경우 미천식당의 유출수 분석결과 5월, 8월에 기준을 초과하였다. 8월의 경우 유입수에 비해 높게 측정되었는데 이는 앞에서 언급한 바와 같이 유출수의 pH가 낮아 슬러지 부상이 일어난 것으로 생각된다. 울드캐슬의 경우 일시적인 현상으로 판단되며, H사의 전반적인 SS 처리효율을 양호한 것으로 생각된다. C사의 경우 이포나루의 7월 유출수가 법적기준을 초과하였다. 이는 앞선 COD분석표에서 알 수 있듯이 유입수의 COD농도가 낮아져 빈부하가 일어나고 이로 인해 폭기조내 미생물의 활동성이 떨어져서 유출수내 SS농도가 높게 측정된 것으로 생각된다. BT사의 경우 산아래 8월 측정치, 고야 7월 측정치가 법적 기준을 초과하였다. BJ사의 경우 모르진의 7월 측정치가 법적기준을 초과하였다. '채수시 시설의 문제가 있어 적절한 운전이 되고 있지 않았기 때문이라 생각된다. S사의 경우 3곳의 7월 측정치가 모두 법적기준을 초과하였다. 정우촌의 경우 유입수의 농도가 전에 비해 급격히 증가하여 과부하에 의해서 유출수내 농도가 증가한 것 같다.

<표 5.30> SS (mg/ℓ)

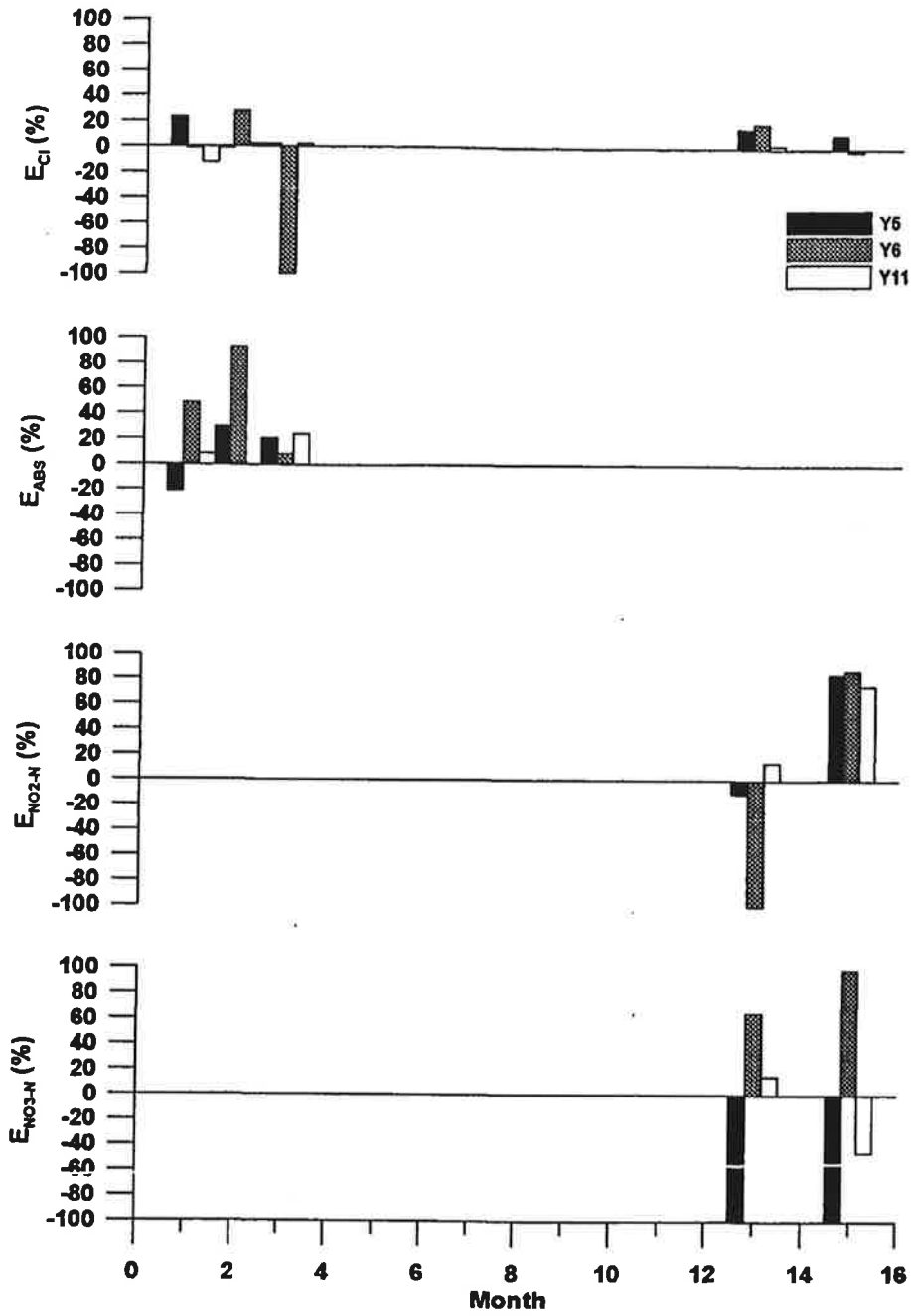
업체명	시료번호	구분	00-05-12	00-07-06	00-08-10	01-07-11	01-09-11
한스	Y 7	유입	198	27	7.6	41.9	42.8
		유출	31	19	29.3	8.2	6.0
		효율	84.3%	29.6%	-285.5%	80.4%	86.0%
	Y 15	유입	59	49	104	100	28.0
		유출	7	5.3	2	36.6	3.2
		효율	88.1%	89.2%	98.1%	63.4%	88.6%
	Y 12	유입	14	13.3	122	60.4	4.2
		유출	1.2	10	18	2.2	1.8
		효율	91.4%	24.8%	85.2%	96.4%	57.1%
청우	Y 16	유입	46	84	88	186.3	84.0
		유출	12.5	1.3	1.6	5.2	21.2
		효율	72.8%	98.5%	98.2%	97.2%	74.8%
	Y 8	유입	47	124	70	37.7	306.0
		유출	3.6	4	3.2	32.3	4.8
		효율	92.3%	96.8%	95.4%	14.3%	98.4%
	Y 20	유입	20.7	22	10	30.2	21.6
		유출	2	3.2	2.4	6.2	3.4
		효율	90.3%	85.5%	76.0%	79.5%	84.3%
바투	Y 10	유입	11	16	4.8	23.2	2.8
		유출	5	8	3.2	5.2	3.4
		효율	54.5%	50.0%	33.3%	77.6%	-21.4%
	Y 2	유입	2.5	20	16	43.4	14.5
		유출	11	7.3	2.2	19.2	2.8
		효율	-340.0%	63.5%	86.3%	55.8%	80.7%
	Y 19	유입	3	29.3	9.2	56	20
		유출	7.3	16	3.2	14	4.9
		효율	-143.3%	45.4%	65.2%	75.0%	75.5%

<표 5.30> (계속)

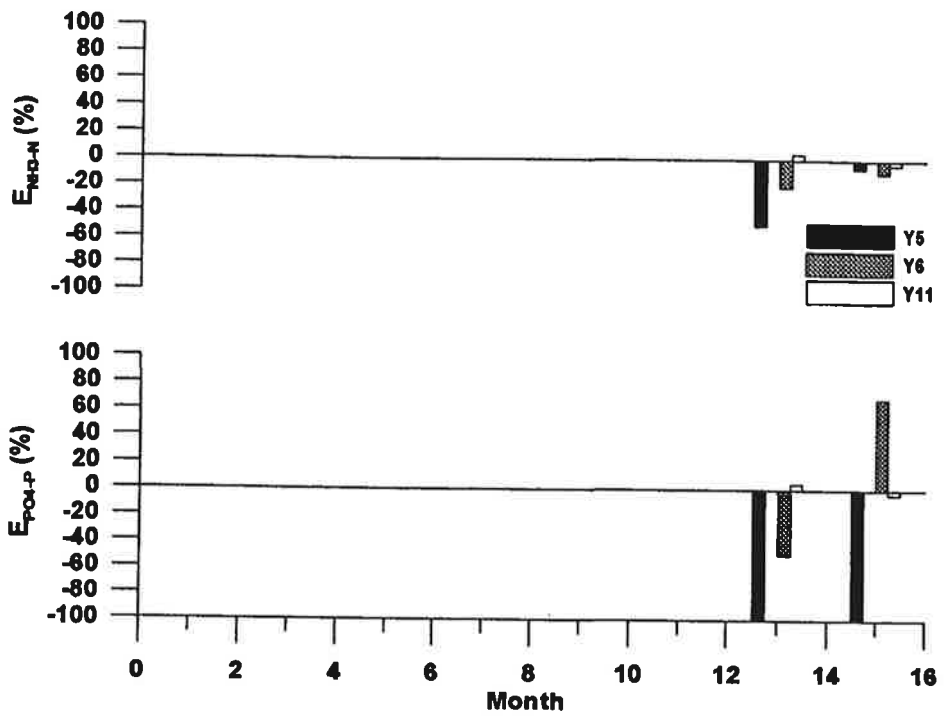
업체명	시료번호	구분	00-05-12	00-07-06	00-08-10	01-07-11	01-09-11
백제	Y 11	유입	17.3	8.7	4.4	4	115.7
		유출	7.5	5.5	38.7	41.7	12
		효율	56.6%	36.8%	-779.6%	-942.5%	89.6%
	Y 6	유입	3.3	16	4.4	9.6	14.4
		유출	10	16.5	5.5	7.6	13.2
		효율	-203.0%	-3.1%	-25.0%	20.8%	8.3%
	Y 5	유입	90	262	28	53.3	71
		유출	28	40	13	25	14.8
		효율	68.9%	84.7%	53.6%	53.1%	79.2%
승원	Y 3	유입	46	124	59	58.3	733.3
		유출	3.3	16	54	62.7	46.0
		효율	92.8%	87.1%	8.5%	-7.5%	93.7%
	Y 14	유입	68	174	43	108.3	114.0
		유출	36	18	34	70.2	74.0
		효율	47.1%	89.7%	20.9%	35.2%	35.1%
	Y 18	유입	21.5	4	3.1	78.2	24.5
		유출	14.5	7.2	6	83	69.5
		효율	32.6%	-80.0%	-93.5%	-6.1%	-183.7%
동해산업	DJ	유입		68	26	85.7	21.0
		유출		30	16	22.8	6.0
		효율		55.9%	38.5%	73.4%	71.4%



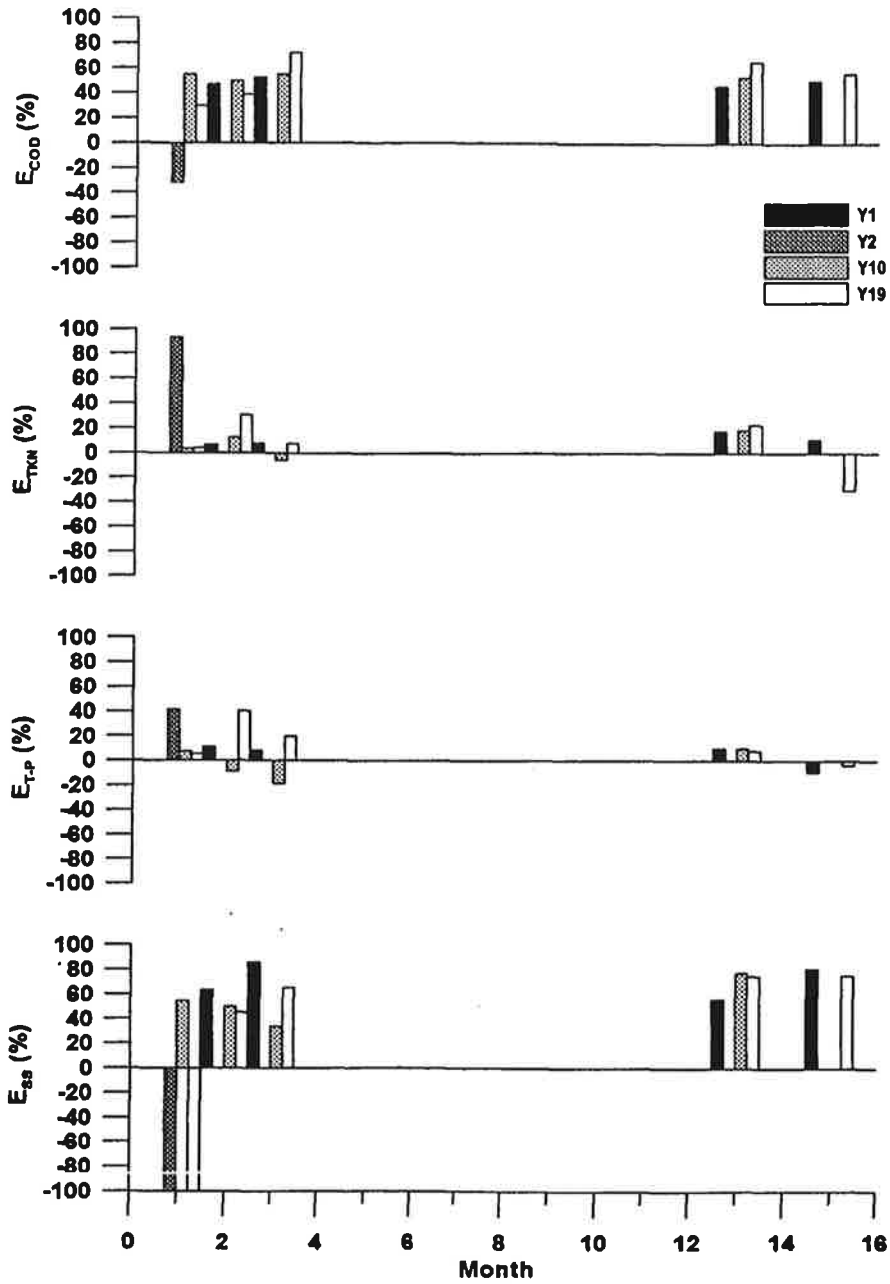
<그림 5.23> BJ사에서 운영관리하는 오수처리기의 항목별 처리효율
(기간 : 2000년 7월 ~ 2000년 9월)



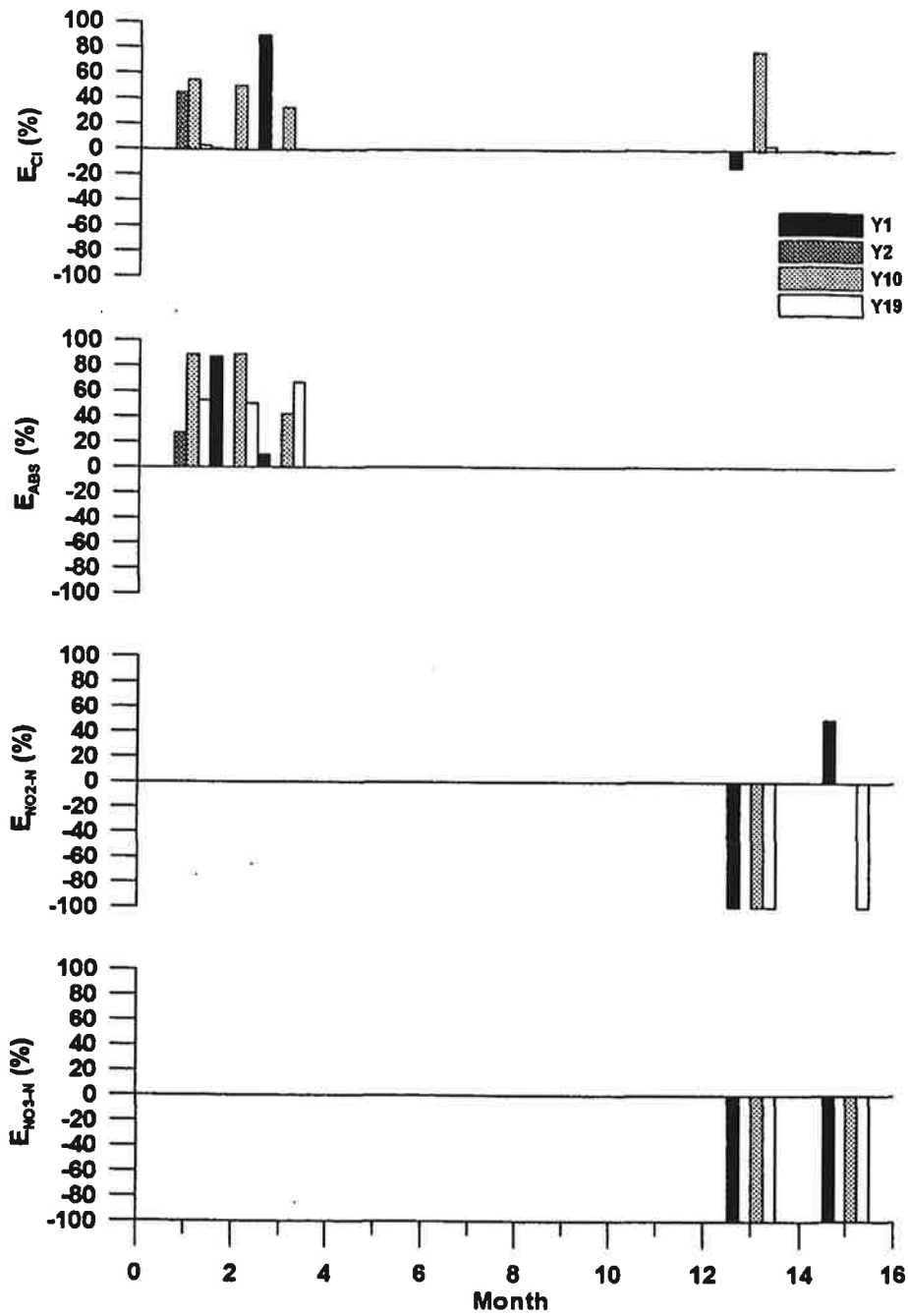
<그림 5.23> 계속



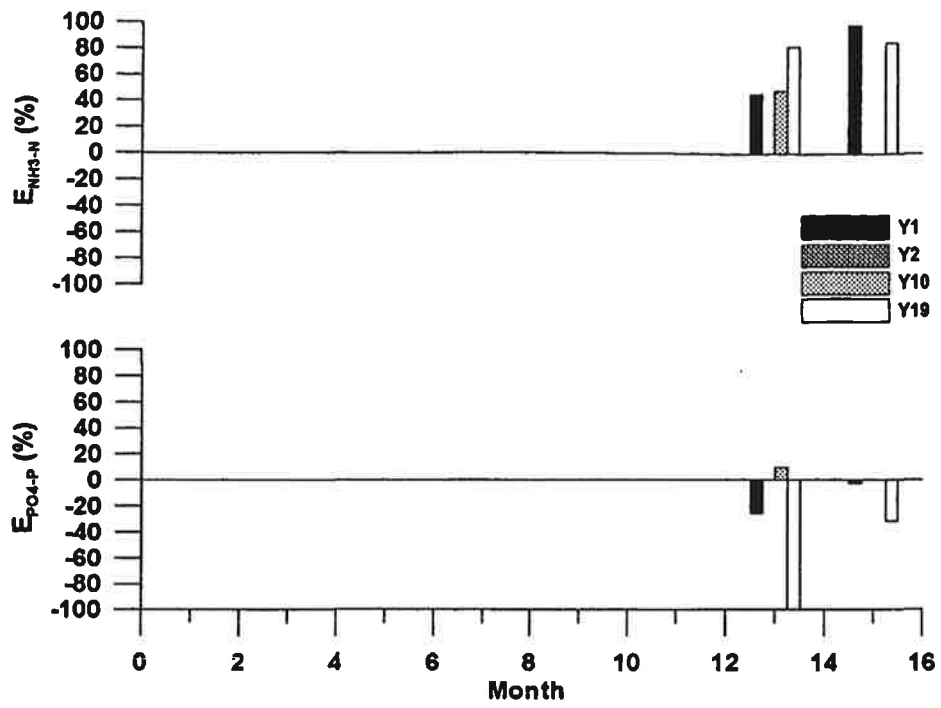
<그림 5.23> 계속



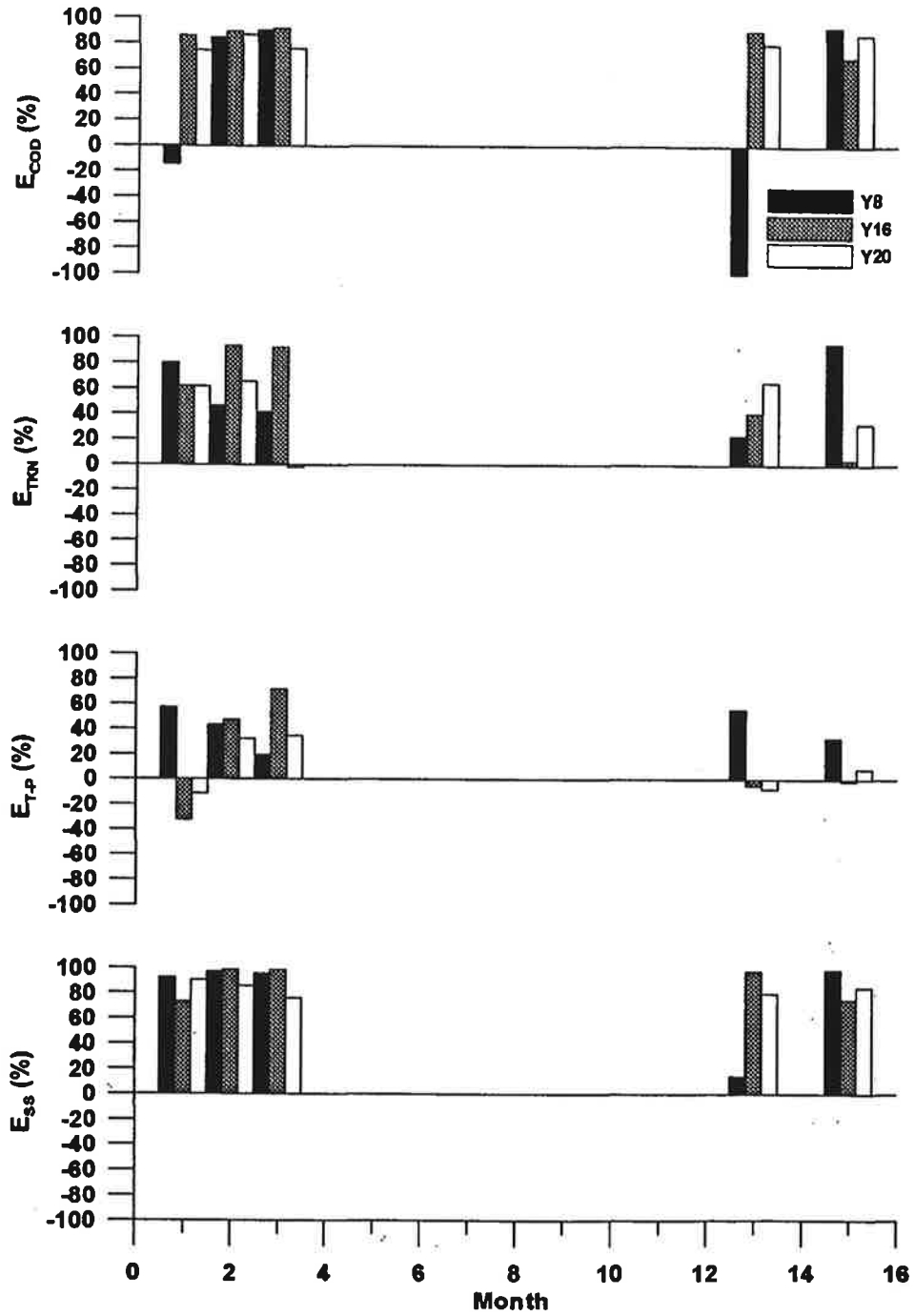
<그림 5.24> BT사에서 운영관리하는 오수처리기의 항목별 처리효율
(기간 : 2000년 7월 ~ 2000년 9월)



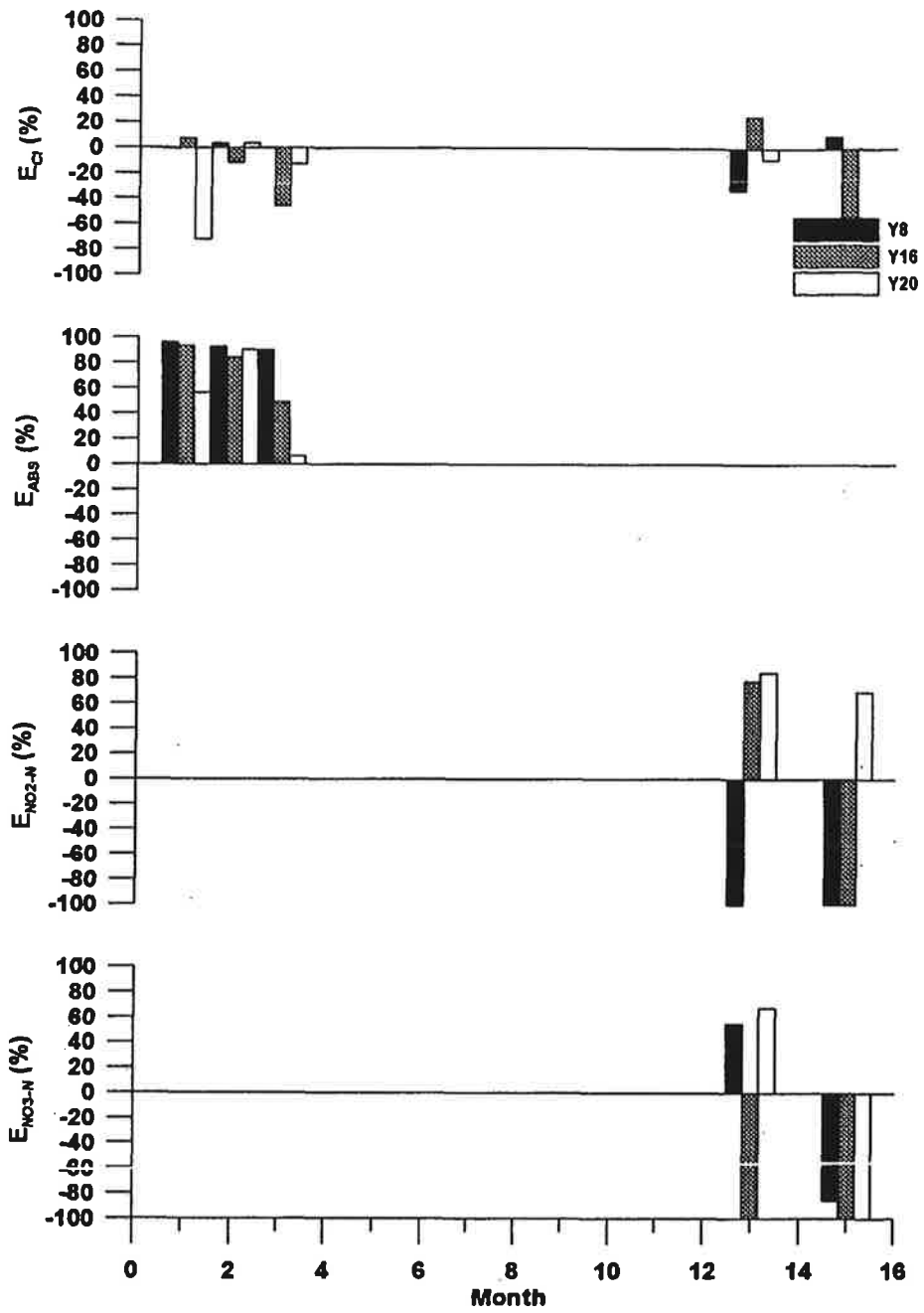
<그림 5.24> 계속



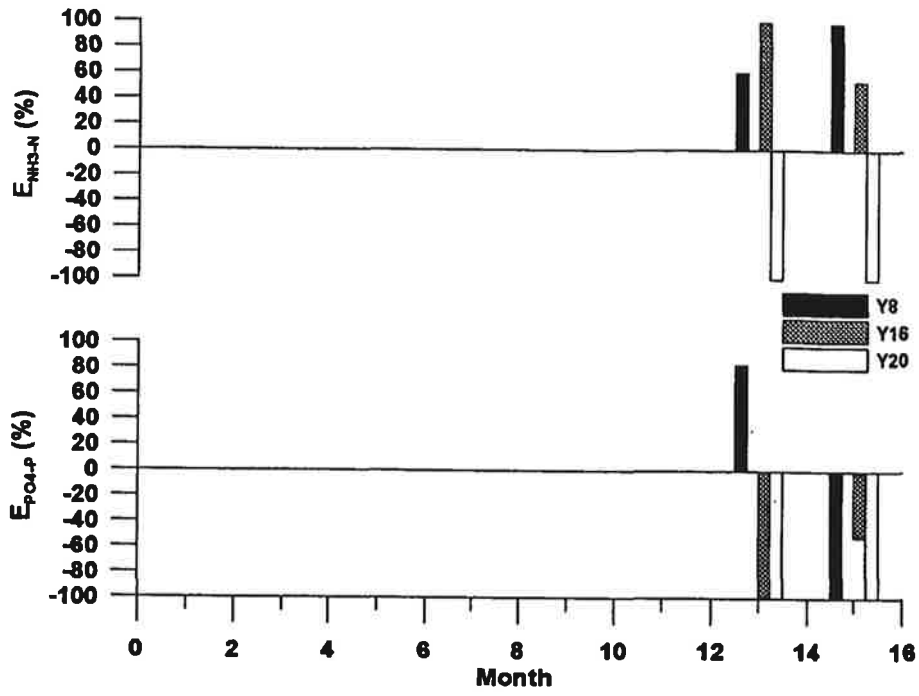
<그림 5.24> 계속



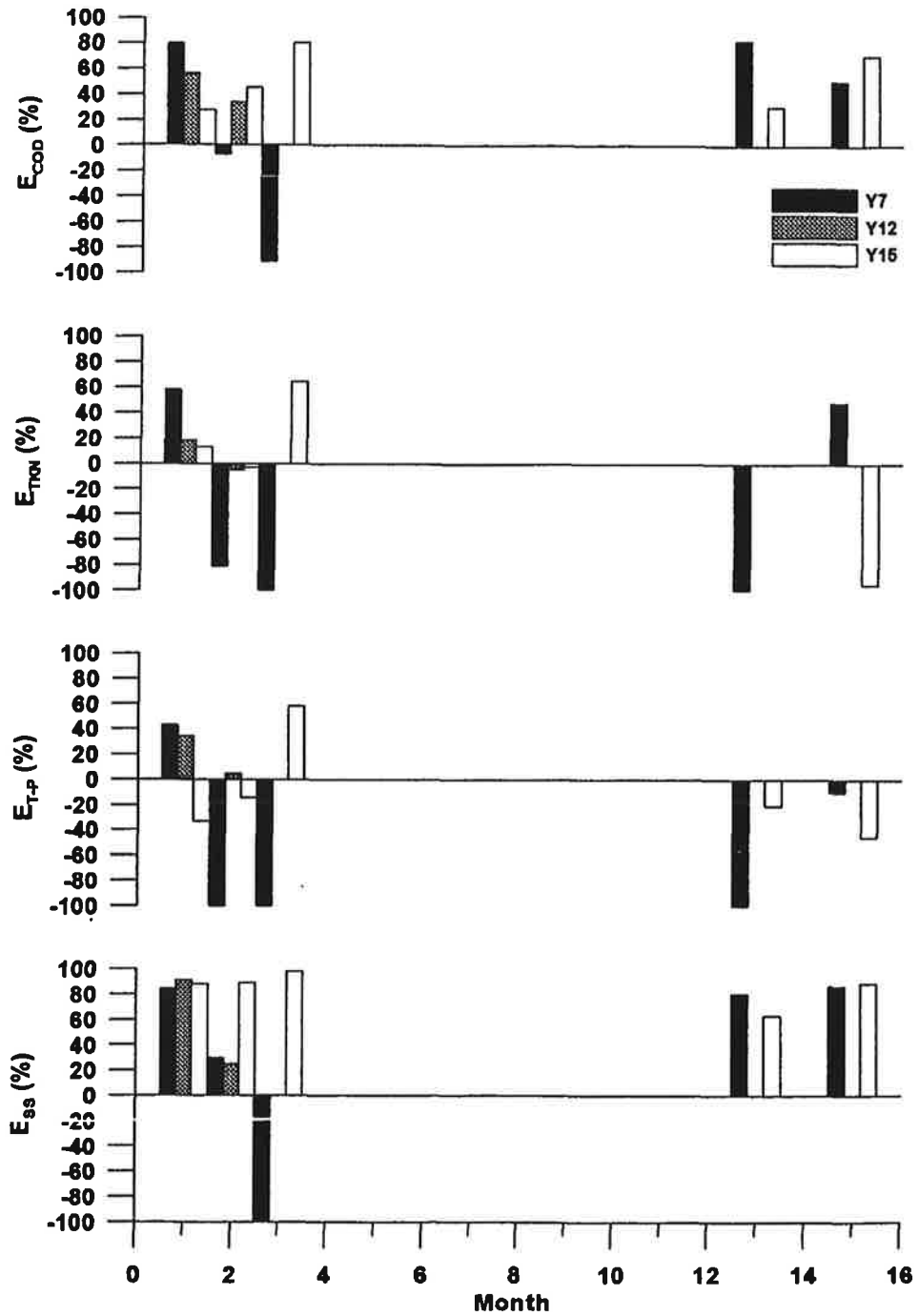
<그림 5.25> C사에서 운영관리하는 오수처리기의 항목별 처리효율
(기간 : 2000년 7월 ~ 2000년 9월)



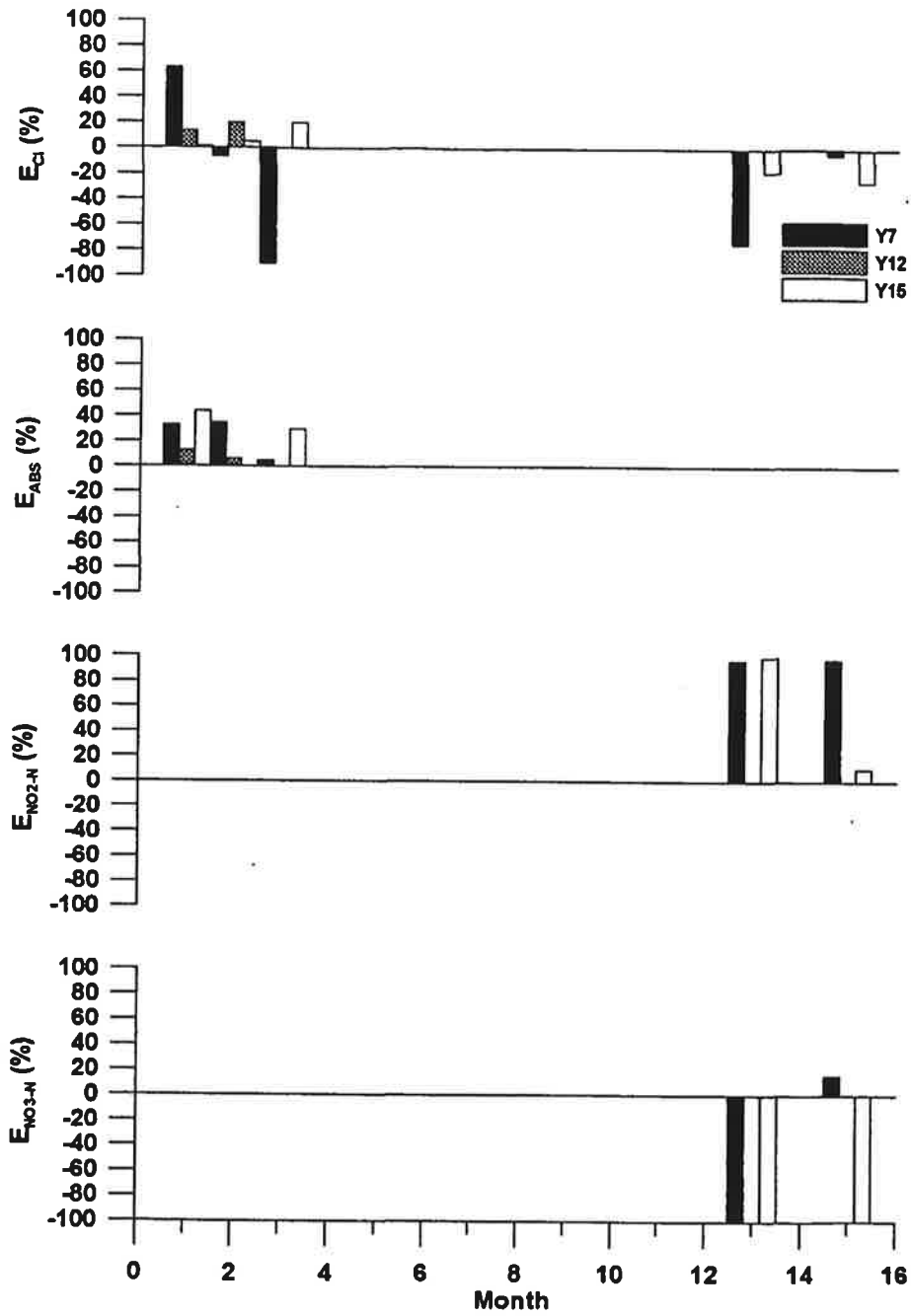
<그림 5.25> 계속



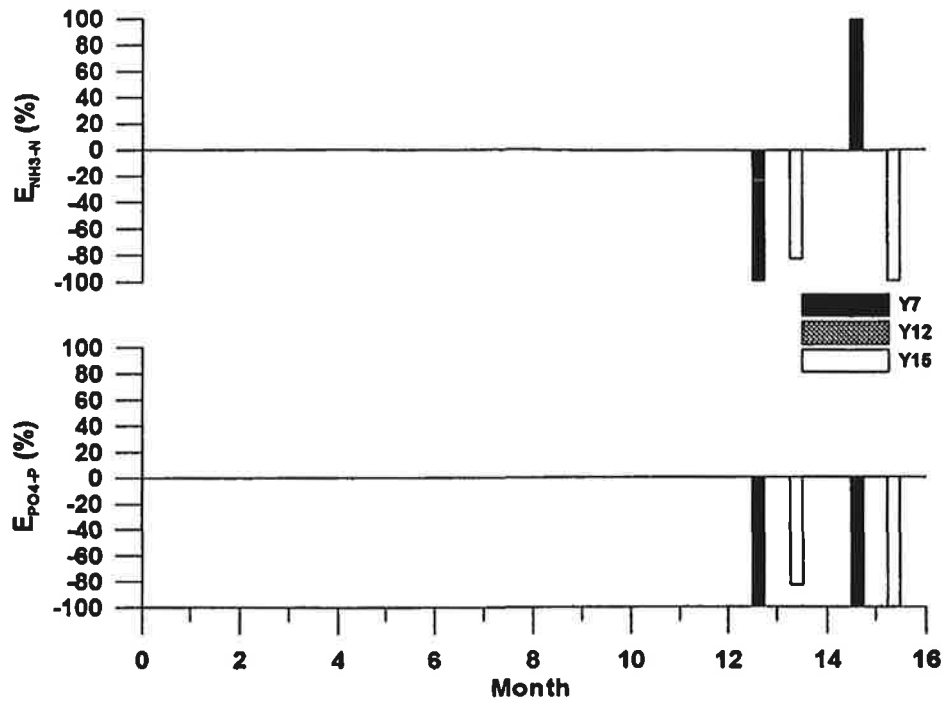
<그림 5.25> 계속



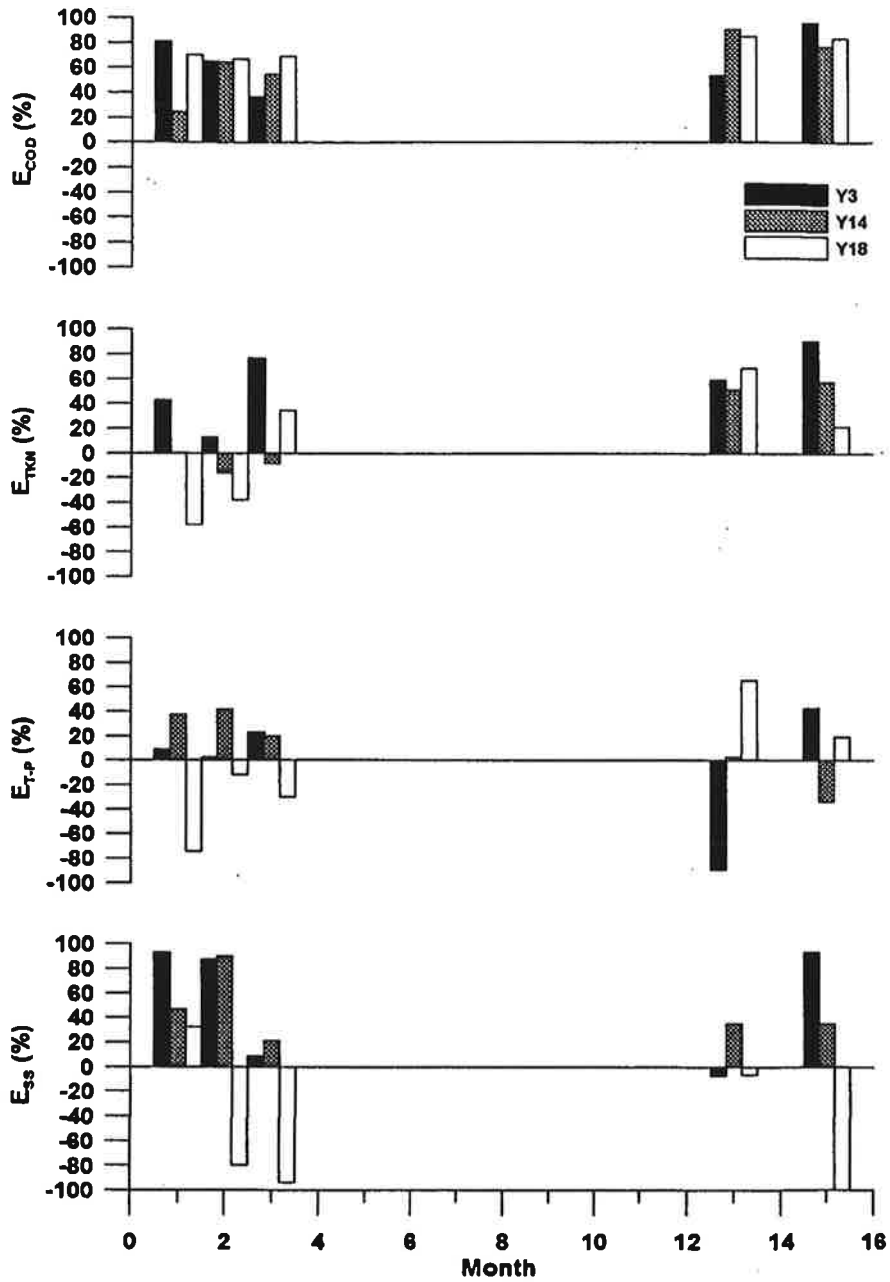
<그림 5.26> H사에서 운영관리하는 오수처리기의 항목별 처리효율
(기간 : 2000년 7월 ~ 2000년 9월)



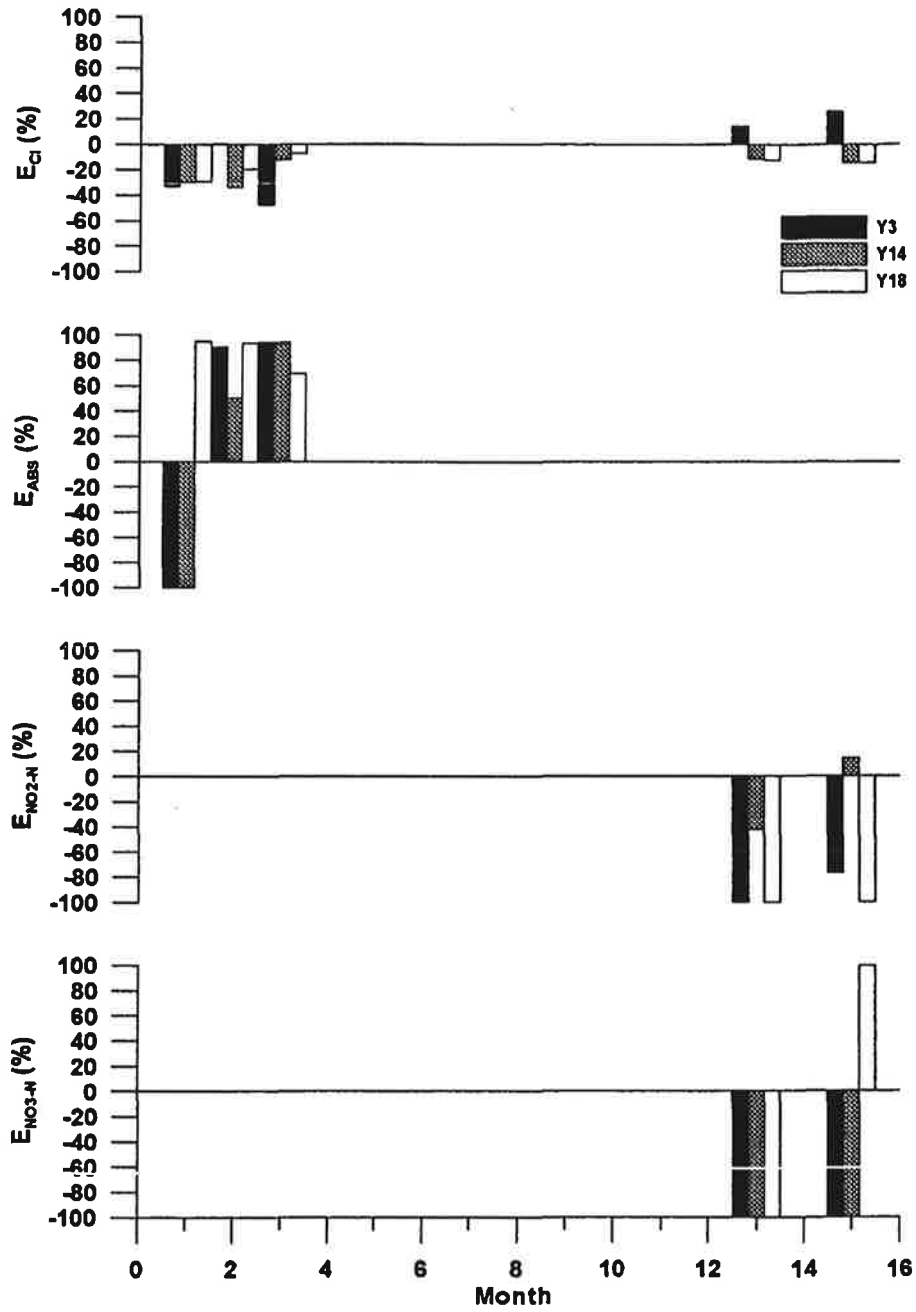
〈그림 5.26〉 계속



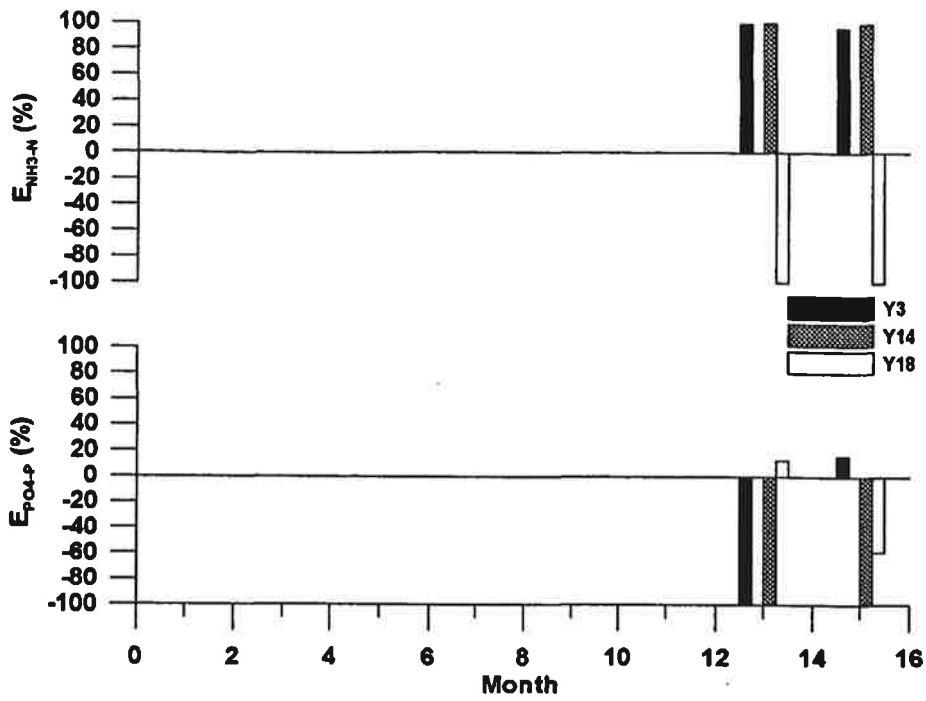
· <K그림 5.26> 계속



<그림 5.27> S사에서 운영관리하는 오수처리기의 항목별 처리효율
(기간 : 2000년 7월 ~ 2000년 9월)



<그림 5.27> 계속



<그림 5.27> 계속

<표 5.31> 주요 4항목 공법별 평균 정화처리효율

공법	구분	온도	DO	EC	COD (ppm)	TN (ppm)	TP (ppm)	SS (ppm)
H	유입평균	25	5	617	44	44	6	60
	유출평균	24	3	453	19	31	4	12
	처리효율				39 %	0 %	33 %	68 %
C	유입평균	23	5	567	73	25	5	57
	유출평균	23	4	530	10	9	4	4
	처리효율				85 %	68 %	23 %	89 %
BT	유입평균	23	3	623	32	22	2	14
	유출평균	24	5	604	19	17	2	9
	처리효율				31 %	25 %	16 %	-45 %
BJ	유입평균	25	4	1,323	41	168	8	66
	유출평균	23	2	1,024	25	98	5	12
	처리효율				40 %	40 %	29 %	9 %
S	유입평균	23	1	434	78	24	4	73
	유출평균	22	3	513	129	23	3	16
	처리효율				62 %	-2 %	1 %	-24 %
J	유입평균	22	2.7	808	51	23	3	68
	유출평균	23	6	733	35	15	3	30
	처리효율				32 %	36 %	16 %	56 %
평균	유입평균	23.7	3.3	716	53	55	5	54
	유출평균	23.4	3.5	628	21	35	4	11
	처리효율				51 %	26 %	20 %	34 %

※정화처리 효율은 유입 및 유출량 평균으로 산출하지 않고 매회 효율 평균임.

상기표에서와 같이 전체 정화처리율 평균은 COD 51 % 제거율, SS는 34%제거율을 보이고 있다. C공법만이 COD 와 SS 감소율이 85%를 유지하였으며 나머지 공법들은 정

화처리 효율이 극히 불량한 것으로 분석되었다. COD 처리효율은 50 % 이상이 2개 공법, TN 1개공법, TP 없음, SS는 3개 공법으로 나타났다.

설치 장소별 편차가 심한 점을 고려하여 상기표 자료중 처리효율이 높았던 횟수를 파악하면 다음과 같다. 공법별 3개소 X 2회 = 6회의 검사결과 중 상수보호구역 방류수 수질기준 SS 10 ppm 이하로 처리된 횟수와 일반지역 방류수 수질기준 COD 20 ppm 이하로 처리된 횟수 그리고, COD, TN, TP, SS 4개 항목 처리효율 80 % 이상인 경우의 분석 횟수는 다음과 같다. 단 유입수 농도 자체가 10ppm 또는 20ppm 미만으로 저농도로 유입된 후 정화처리 효율 없이 그대로 유출될 경우 회수는 제외하였다.

<표 5.32> 주요항목 공법별 수질검사결과

공법	COD 처리결과			TN 처리결과			TP 처리결과			SS 처리결과		
	10ppm<	20ppm<	80%>	10ppm<	20ppm<	80%>	10ppm<	20ppm<	80%>	10ppm<	20ppm<	80%>
H	1	2	1	0	0	0	0	0	1	4	0	4
C	4	2	5	4	1	2	4	0	0	5	1	5
BT	0	4	0	1	0	1	2	0	0	3	1	0
BJ	2	2	0	2	2	1	3	0	1	3	0	1
S	1	2	1	0	1	0	2	0	0	1	2	3
계	8/30	12/30	7/30	7/30	4/30	4/30	11/30	0	2/30	16/30	4/30	13/30

전체적으로 30회의 분석 중 COD 20 ppm 미만이 20회, SS 10 ppm 이하는 16회 였으며 공법별 평균 유출수 성분에서 COD 20ppm 이하와 SS 10ppm 이하인 공법은 H, C, BT 3개 였다. 유입수 농도에 따른 제거율 80% 이상은 COD 7회, TN 4회, TP 2회, SS 13

회로 매우 불량한 결과를 보이고 있으나 아직은 설치 초기로 좀더 장기적인 관측이 필요하다.

공법별로는 C 공법이 4개 항목에서 골고루 높은 정화처리 효율을 보여 우수한 성능을 보이고 있고, H와 BT는 양호한 수준, 나머지 3개 공법에서는 6회 분석 중 전항목 2회 미만의 낮은 처리효율을 보였다. 이것은 해당 공법의 합병정화조가 거의 처리효과가 없음을 보여주는 것으로 좀더 장기적인 분석을 위하여 지속적인 관찰이 필요하다.

2차년도 분석결과로는 국내 우수한 합병정화조 공법중 6개 공법에 대한 처리효율을 분석하였으나 C, H, BT 공법을 장기관측 해야 할 대상으로 선정되었으며 이중 C 공법을 위주로 중, 소규모 오폐수시설 1차 설계기준을 작성하고 2000년 7월 환경부와 학계전문가를 초빙하여 중간평가를 하였던 바 아직은 이르고 좀 더 장기관측 시행 후 공법을 선정할 것으로 지적받았다. C공법은 중규모 시설을 대상으로 설계된 공법으로 마을단위나 문화마을 단위 정도의 규모에 적합하다. 단독 가구형에 대하여는 2년차에 분석한 다양한 공법별 효율분석과 운영비, 운용기법의 용이성들을 토대로 흡수성 바이오 필터형과 발효우드칩 공법을 표준화하는 것으로 잠정 결정하고 설계하였으며, 표준 설계기준과 운영지침을 마련하였다. 결론으로 도출된 공법에 대하여 잠정적으로 설계 지침과 유지관리방안을 보류하고 장기관측 결과를 보완하고 운영비와 전기료 유지관리비 등을 검토한 후 전문가의 의견을 수렴하여 우리나라 농어촌에 적합한 정화처리공법을 도출하여야 하나 현재까지의 결과만으로 다음과 같은 결론을 도출하였다.

제3절 자연방류시스템

자연방류시스템은 정화처리시설에서 처리된 방류수에 잔류된 오염물질(세균 등)을 물리적, 생물학적인 처리과정을 거치면서 방류시켜 수질개선 효과를 증대시키기 위한 목적으로 연구하였다.

본 연구에서는 기존 모래침윤식 공법과 흡수성 바이오필터등 정화처리시설에서 활용되는 정화 기작을 혼합 개조하여 정화처리시설에서 방류되는 처리수를 간단하게 재처리 하는 방법으로 효율을 증대시키고자 하였다.

1. 시범지구 선정

자연방류시스템 개발은 시료채취와 여재 연구가 용이하도록 농어촌진흥공사 농어촌 연구원내 소규모 오폐수시설 정화처리 시범연구지구를 선정하였으며 양평군에서는 자연방류후 하천과 주변 토양 등에서의 수질검사를 실시하며 모니터링을 시행하였다.

2. 대상공법 선정

자연방류시스템은 정화처리시설에서 방류되는 유출수 방류지점에 사용할 여과 및 정화효율이 높은 여재개발이 주목적이다.

공법선정으로는 과거부터 정화처리기법에서 사용되고 있는 모래와, 최근 정화처리 기법에서 사용되고 있는 Zeolite, 우드칩 및 Scoria 여재를 연구대상으로 선정하고 시범지구에 설치 하였다.

<표 5.33> 자연방류시스템의 선정공법

구 분	선 정 공 법	비 고
자연방류시스템	Scoria	
	우드칩 공법	
	Zeolite	

1차년도에는 3가지 공법에 대한 설치를 완료하였고 2차년도에 정화처리시설 가동과 함께 효율을 검토하며 효율 높은 방류시스템을 개발할 계획이다.

3. 자연방류시스템 정기 모니터링 실시 및 지상방류와 지하방류의 장단점 분석

정화처리시설로부터 방류되는 방류수는 지상방류가 안전한 것으로 조사되었다. '90년도부터 95년까지 내무부 주관으로 마을단위하수도 사업중 321개소가 모관 침윤식으로 지하 방류공법을 채택 시공한바 있다. 이러한 지하 방류시스템은 정화처리기의 사고시 오폐수를 그대로 지하수로 유입시켜 해당지역 지하수를 오염시키는 결과를 초래하게 된다. 따라서 정화처리시설의 방류수는 반드시 지상 방류가 안전하다고 조사되었다. 실제로 '94년 모관침윤식을 시설한 JP 지구 조사결과 마을 지하수가 광범위하게 오염된 사실을 확인할 수 있었다.

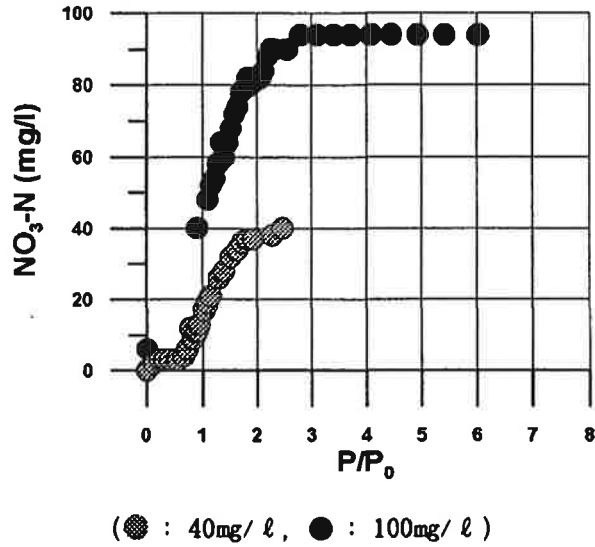
따라서 정화처리 방류수는 지상 방류식을 택하여 하전으로 유입케 하되 자연방류시스템과 같은 2차 안전장치를 통하여 방류하는 것이 바람직하다. 소규모 정화시설 설치 지연으로 농어촌연구원에 설치한 3가지 공법의 자연방류시스템에 대하여 2차년도에 8월 현재 수질검사를 1회 실시하였으며 2차년도 말까지 모니터링을 수행하여 고효율 적정 여재를 도출하고 방류수 지점에 겨울철 동결방지에 대처할 수 있도록 설계를 하였다.

4. 자연방류시스템 여재별 효율 실험

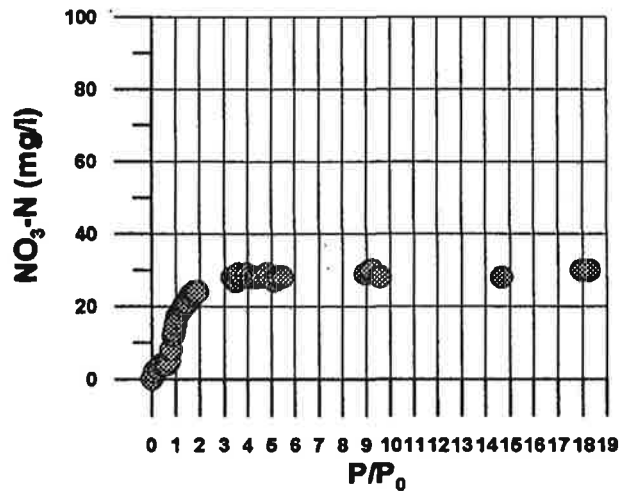
자연방류시스템의 여재충진방법에 따른 효율성을 비교·분석하여 적정 운전조건을 결정한 후, 자연방류시스템의 필터로서의 효율과 미생물에 의한 정화처리 효율을 동시에 연고자 수행하였다. 실내에서 Column test를 통하여 유기물질(BOD_5 , COD_{cr} , SS) 및 영양염류(T-N, T-P)의 제거효율을 유입수와 유출수의 수질을 분석하여 자연방류시스템의 효율을 검증하였다.

자연방류시스템은 정화처리시설에서 처리된 방류수에 잔류된 오염물질(세균 등)을

물리적, 생물학적인 처리과정을 거치면서 방류시켜 수질개선 효과를 증대시키기 위한 공법 연구이다.



<그림 5.28> 유입되는 질산성질소 농도별 pore volume에 따른 유출수의 질산성질소 농도 변화



<그림 5.29> 미생물을 배양한 후 질산성질소 40mg/ℓ를 주입하였을 때 pore volume에 따른 유출수의 질산성질소 농도 변화

나무토막(wood chips)을 매질로 질산성질소에 대하여 column test를 한 결과 <미생물이 활동하지 않는 경우 <그림 5.28>에는 유입되는 질산성질소 농도가 차이가 나더라도 2~3 pore volume이 유출된 이후부터는 유입되는 농도 그대로 유출되지만, 미생물을 배양한 후 40mg/l의 질산성질소를 주입한 경우 <그림 5.29>에는 3~4 pore volume에서 평형상태에 도달하여 18 pore volume이 배출된 이후에도 질산성질소 농도가 30mg/l 정도로 낮다. 이는 질산성질소 용액이 나무토막매질을 통과할 때 미생물이 없는 환경에서는 농도에 관계없이 거의 흡착, 분해되지 않고 배출되지만, 미생물이 활동하는 환경에서는 미생물의 작용에 의한 탈질작용(denitrification)¹⁾에 의해 질산성질소가 10mg/l 정도 분해되고 나머지 30mg/l가 배출되는 것으로 사료된다.

5. 자연방류시스템 현장시험

우드칩으로 실험한 필터는 실내 및 현장시험의 처리수의 BOD₅, COD_{Cr}, SS의 농도가 주처리공정인 접촉산화조의 처리수보다 높아 오히려 수질이 악화되어 배출되는 현상을 보였다.

<표 5.32> Scoria의 유입수, 처리수 오염물질 변화 및 제거효율

구분 항목	10월 21일			10월 21일			10월 21일			10월 21일			10월 21일		
	유입 수 mg/l	처리 수 mg/l	제거 효율 mg/l	유입 수 mg/l	처리 수 mg/l	제거 효율 mg/l	유입 수 mg/l	처리 수 mg/l	제거 효율 mg/l	유입 수 mg/l	처리 수 mg/l	제거 효율 mg/l	유입 수 mg/l	처리 수 mg/l	제거 효율 mg/l
BOD ₅	52	20	62	47	20	58	42	16	62	46	17	63	48	15	69
COD _{Cr}	400	115	71	350	115	67	350	72	79	350	78	78	400	85	79
SS	26	12	54	27	9	66	23	8	65	24	7	70	41	12	70
T-N	8.2	7	15	15	7.1	14	11.3	9.5	16	8.2	6.8	17	9	7.5	17
T-P	35.4	27.7	22	30	23	23	30.4	20.4	20.4	32	21.2	34	34.2	22.5	34

그러므로 이를 개선하기 위하여 필터여재를 상부로부터 Scoria 로 충전하였으며,

- 1) 탈질작용(denitrification) : 질산염제거의 중요 반응기작(mechanism)으로 유기 탄소가 존재하는 혐기성 환경 하에서 NO₃⁻가 N₂ 기체로 변화 환원되는 것은 열역학적 반응.



CH₂O : pseudomonas 그룹 박테리아에 의해 축전되는 유기 탄소의 간단한 형태로, 여기서 박테리아는 NO₃⁻를 산화된 유기 탄소에서 전자 수용체로 사용한다. 유기탄소(organic carbon)로는 톱밥(sawdust), 나무토막(woodchips), 나뭇잎과 짚 섞은 것(leaf mulch), 퇴비(compost) 등이 있다.

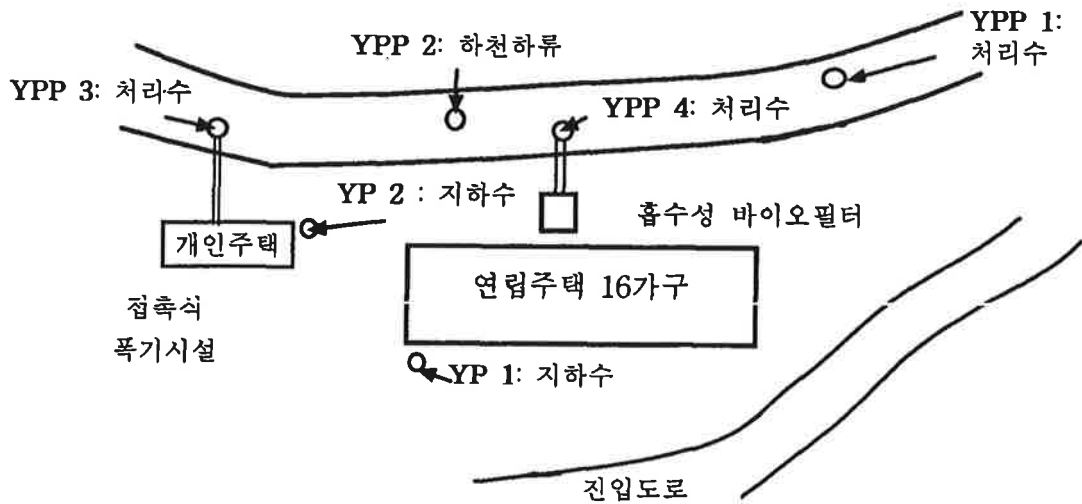
주 처리공정시스템의 접촉산화조에서 1차 처리된 처리수의 BOD₅ 농도를 50mg/ℓ 이하의 처리수를 분당 500mg/ℓ로 여재필터내로 유입시켰다. 다음의 <표 6.1>는 여재필터를 재설계하여 효율개선 실험한 결과이다.

유입수의 BOD₅농도는 42~52mg/ℓ이었으며, 토양필터를 거친 처리수는 15~20mg/ℓ로 나타나, 제거효율이 현저하게 개선되었다. 또한 시간이 경과하면서 제거효율도 증가하여 62, 63, 69%로 매일 1~6%의 증가가 관찰되었다. 이는 Scoria를 충전하여 Scoria 입자와 오수간의 생물막이 형성되어 시간의 변화에 따라 미생물의 부착이 증가된 것으로 판단된다. COD_{cr}의 경우, 유입수의 농도가 350~400mg/ℓ이었으며, 토양필터를 거친 처리수는 72~115mg/ℓ로 나타났다. 제거효율은 67~79%수준으로 나타났다. COD_{cr}도 BOD₅와 마찬가지로 시간이 경과하면서 효율이 더 좋아지는 것을 볼 수 있었다. SS의 경우, 유입수의 SS농도는 23~41mg/ℓ이었으며, 토양필터를 거친 처리수는 7~12mg/ℓ로 나타났다. 평균 65%이상의 제거효율을 나타내었다. T-N의 경우, 유입수의 T-N농도는 8.2~11.3mg/ℓ이었으며, 토양필터를 거친 처리수는 6.2~9.5mg/ℓ로 나타났으며, 제거효율은 평균 16.5%정도로 다른 변수에 비해 낮지만 시간의 경과에 따라 제거효율이 약간씩 증가하는 경향을 보였다. T-P의 경우, 유입수의 T-P농도는 30~35.4mg/ℓ이었으며, 여재를 거친 처리수는 20~27mg/ℓ로 나타났다. 30%정도의 제거효율로 T-N보다 높게 나타났다. 이는 우드칩에서 탈질보다 Scoria에 의한 흡착이 더 효율적으로 일어나고 있음을 의미한다. 시간이 경과함에 따라 충전재의 흡착력저하로 인한 처리수질이 악화되는 현상은 관찰되지 않았으며, 오히려 시간이 경과함에 따라 처리효율이 증가하였다. 이는 앞에서도 언급하였듯이 미생물 부착밀도 증가에 원인이 있는 듯하다.

- 유입수 농도변화에 따른 정화처리 효율 검토
- 세제 농도 변화에 따른 정화처리 효율 검토
- 겨울철 기온변화에 대한 정화효율 연구
- 설치비, 운영비, 운영기술의 용이성 검토



<그림 5.30> 양평군 시료채취 지점



<그림 5.31> C지점 모식도

<표 5.34> 양평군 현장조사 수질분석 결과

시료번호 시험항목	1999년 6월 15일					1999년 9월 27일		
	호소수질기준		하천수수질기준			호소수질기준		
	YPP 1	YPP 2	YPP3	YPP4	YPP5	YPP 4	YPP 5	
	하천상류	하천하류	유출수	유출수	유출수	유출수	유입수	유출수
pH	7.2	7.0	7.0	6.3	7.7	4.7	6.7	6.8
EC (μS/cm)	84	97	-	-	-	474	866	798
COD (mg/l)	1.8	2.6	1.1	18.4	22.7	12.4	17.1	16.3
T-N (mg/l)	4.585	5.885	3.782	34.452	11.898	36.800	10.126	-
NO ₂ -N (mg/l)	0.006	0.067	-	-	-	0.010	0.097	0.004
NO ₃ -N (mg/l)	4.247	5.820	2.949	20.756	7.802	26.518	8.058	6.760
NH ₄ -N (mg/l)	불검출	불검출	0.133	4.937	1.975	1.434	3.154	-
T-P (mg/l)	-	-	0.155	3.338	1.799	3.783	1.799	-
대장균수 (MPN/100ml)	300	1,300	17,000	5,000	8,000	50,000	90,000	90,000
Cd (mg/l)	불검출	불검출	-	-	-	불검출	불검출	불검출
As (mg/l)	불검출	불검출	-	-	-	0.020	0.024	0.027
CN (mg/l)	0.002	0.002	-	-	-	0.001	0.004	0.003
Hg (mg/l)	불검출	불검출	-	-	-	불검출	불검출	불검출
Pb (mg/l)	불검출	불검출	-	-	-	불검출	0.002	불검출
Cr ⁶⁺ (mg/l)	불검출	불검출	-	-	-	불검출	불검출	불검출
유기인 (mg/l)	-	-	-	-	-	불검출	불검출	불검출
부유물질 (SS)	-	-	2.3	5.5	1.0	10.0	2.2	-
PCB (mg/l)	-	-	-	-	-	불검출	불검출	불검출
ABS (mg/l)	0.19	0.17	불검출	0.071	0.031	0.45	0.33	0.37
BOD (mg/l)	-	-	1.5	8.9	12.8	-	-	-

C : YP 1 - 지하수 ; 옥천면 용천 2리 505 번지 (관정심도 35m)

: YP 2 - 지하수 ; 옥천면 용천 2리 447-2 번지 조남재

: YPP 1 - 상류 하천수 (흡수성 바이오 처리이전 하천수)

: YPP 2 - 하류 하천수 (흡수성 바이오 처리이후 하천수)

: YPP 3 - 농가 2호 접촉폭기법 처리 방류수

: YPP 4 - 연립주택 16호 흡수성 바이오 필터 처리방류수

D : YPP 5 (전주관)(Wood chip 처리수)

<표 5.35> 경기도 양평군 일원 토양교란 시료

시료명	주 소	비 고	
YP 1	양평군 옥천면 용천2리 505번지	먹는샘물기준	'99. 6. 15
	이정화		
YPP 1	하천 상류부	하천수 (보건환경연구원)	
흡수성바이오필터에 의한 처리수와 하천수 합류			
YPP 2	하천 하류부		
YPP 3	옥천면 용천2리 447-2번지	옆집 방류수 - 가정에서 물을 사용할 때만 물이 흐름	
	조남재 (0338-774-7980)		
접촉폭기방법			
YPP 4	흡수성바이오필터 처리수	발포식 여재	
YPP 5	양평군 강하면 운심리 237-2호	wood chip 여재	
	한식전문 전주관(0338-72-9006)		

시료번호	1	2	3	4	5	6	7	8
위 치	30cm	30cm	60cm	약 1m	30cm	60cm	30cm	60cm
	상류	중류			중상류		하류	
		오수 방류지점 부근 (A)			A로부터 20m		B로부터 30m	

<표 5.36> 연립주택 흡수성 바이오필터 공법 수질검사 결과

시료채취일	분석결과 (mg/l)								평균 제거율 (%)
	'99. 10. 26		'99. 10. 27		'99. 10. 28		99. 10. 29		
구 분	유입수	방류수	유입수	방류수	유입수	방류수	유입수	방류수	
BOD	80.1	5.8	76.4	5.6	88.8	6.2	74.1	5.2	92.8
SBOD	68.0	4.8	58.5	5.0	73.8	5.5	50.1	4.9	91.9
COD	44.6	13.8	49.8	14.0	48.7	14.4	48.1	14.7	70.24
SCODmn	36.1	12.4	35.8	13.8	38.7	13.3	31.9	11.1	64.49
SS	38.7	10.0	36.7	8.0	37.3	9.0	36.9	8.5	76.27
CODcr	160.0	35.0	150.0	32.0	154.0	31.3	142.0	35.5	77.92
T-N	44.52	39.12	43.44	37.58	44.76	36.84	47.04	36.96	16.27
NH ₃ -N					35.4	3.69			89.5
NO ₂ -N					0.129	0.004			96.9
NO ₃ -N					0.087	8.585			+
T-P	3.88	3.64	3.97	3.74	4.303	3.926	3.989	3.787	6.5
Cl -	56.7	56.7	62.7	62.0	62.0	61.3	52.8	54.9	0

* 출처 : 환경관리공단 증부지사 자료

<표 5.37> 지하수 수질검사 결과 (먹는샘물기준)

검사항목		기준	YP1	YP2
1. 일반세균	저온	<20CFU/ml	0	0
	중온	<5CFU/ml		
2. 대장균군		음성 /50ml	불검출	불검출
분원상연쇄성구균		불검출/250ml	불검출	불검출
녹농균		불검출/250ml	불검출	불검출
아황산환원혐기성포자균		불검출/250ml	불검출	불검출
살모넬라		불검출/250ml	불검출	불검출
쉬겔라		불검출/250ml	불검출	불검출
총트리할로메탄		0.1mg/l 이하	불검출	불검출
3. 납		< 0.05	불검출	불검출
4. 불소		< 1.5	0.1	불검출
6. 비소		< 0.05	불검출	불검출
7. 세레늄		< 0.01	불검출	불검출
8. 수은		불검출	불검출	불검출
9. 시안		불검출	불검출	불검출
10. 6가크롬		< 0.05	불검출	불검출
11. 암모니아성질소		< 0.5	불검출	불검출
12. 질산성질소		< 10	3.8	2.7
13. 카드뮴		< 0.01	불검출	불검출
14. 페놀		< 0.005	불검출	불검출
16. 다이아지논		< 0.02	불검출	불검출
17. 파라티온		< 0.06	불검출	불검출
18. 말라티온		< 0.25	불검출	불검출
19. 페니트로티온		< 0.04	불검출	불검출
20. 카바릴		< 0.07	불검출	불검출
21. 1,1,1-트리클로로에탄		< 0.1	불검출	불검출
22. 테트라클로로에틸렌		< 0.01	불검출	불검출
23. 트리클로로에틸렌		< 0.03	불검출	불검출
24. 디클로로메탄		< 0.02	불검출	불검출
25. 벤젠		< 0.01	불검출	불검출
26. 톨루엔		< 0.7	불검출	불검출
27. 에틸벤젠		< 0.3	불검출	불검출
28. 크실렌		< 0.5	불검출	불검출
29. 황산이온		< 200	8	5
30. 사염화탄소		< 0.002	불검출	불검출
31. 경도		< 300	-	-
32. 탁도		2도이하	적합	적합
33. 냄새		무취	적합	적합

34. 맛	무 미	적합	적합
35. 동	< 1	불검출	불검출
36. 색도	5도이하	1	1
37. 세제(ABS)	< 0.5	불검출	불검출
38. 수소이온농도	5.8~8.5	5.9	6.4
39. 아연	1	0.031	0.112
40. 염소이온	< 150	6	6
41. 중발잔유물	< 500	-	-
42. 철	< 0.3	-	-
43. 망간	< 0.3	-	-
44. 1,1-디클로로에틸렌	< 0.03	불검출	불검출
45. 과망간산칼륨소비량	< 10	0.6	0.3
46. 알루미늄	< 0.2	불검출	불검출
판 정		적합	적합

6. 개발 방향

근래에 선진국에서는 오염된 지하수를 처리하는 신공법으로 투수성 정화처리벽을 지중에 설치하고 오염된 지하수가 이벽을 통과하게 되면 자연정화처리되는 공법을 개발 보급하고 있다. 본 연구에서는 이러한 신공법들을 검토하여 자연방류시스템 개발에 활용하고자 한다.

이러한 신공법에서 활용되는 투수성 지중벽에 사용되는 여재로는 Zeolite, 우드칩 등이 활용되고 있으며 본 연구에서는 이러한 재료와 우리나라 제주도에 분포하는 쇠설성 토양인 Scoria 대하여 실험하였다. 연구결과 여재가 정화효율이 있을 경우, 정화처리공법으로 사용될 수도 있지만 자연방류시스템으로 활용하여 정화처리 설비의 효율 증대 및 수질개선에 기여할 수 있을 것이다.

제6장 결론 및 실용화 방안

제1절 결론

우리나라를 UN에서 미래 물부족국가로 분류하면서 청정한 수자원 확보 및 수질보전 문제가 국민적 관심사가 되었다. 또한 시화호 문제 등 수질오염 문제가 날로 심각해지면서 하수도 보급율이 낮고 주택이나 건물이 산재한 형태로 부존하는 농어촌 지역의 소규모 오폐수 정화처리시설의 적정 개발 보급에 대한 관심도 증대되고 있다. 2000년 현재 환경부 자료에 의하면 오폐수 발생 원별로 볼 때 우리나라에서는 하루 19,724천톤의 오폐수가 발생하고 있으며 생활하수가 15,463천톤/일(78%)로 가장 많고, 산업폐수는 4,068천톤/일(21%), 축산폐수는 193천톤/일(1%)가 발생되고 있다.

이처럼 양적으로나 오염부하량으로나 가장 많은 부분을 차지하는 것이 생활하수이나 농촌지역의 기반시설은 아직 미흡한 형편으로 '99년 말 하수관거설비율이 특별시, 광역시를 제외한 도지역은 평균 50.4%이고 읍, 면지역은 이보다 훨씬 낮다. 하수관거 시설이 미흡한 농촌 읍면지역에서는 생활하수가 소하천으로 그대로 방류되고 있는 지역이 많으며, 농촌 복지와 생활환경은 급속하게 발전되어 생활하수의 량은 크게 늘어가고 있는 현실이다.

이러한 산재한 농가 가옥구조 특성을 감안하여 단독가구형 또는 소규모 오폐수 정화처리시설 개발을 위한 시설 표준화 및 지하자연방류 시스템을 개발에 관련된 연구는 시의 적절하며, 연구결과의 실용화는 향후 신규 정화처리시설 공법 선정시 중요한 자료로 적극 활용하고자 하며 연구의 파급효과로서 농촌 소하천 생태계 복원을 통하여 농촌 수자원 수질보전 및 수자원 보호에 기여함으로써 생활환경개선 및 농민의 삶의 질 향상에 지대한 영향을 미칠 것으로 기대된다.

정부에서는 그동안 중규모 이상 정화처리시설 개발 및 설치지원 그리고 신공법 개

발 분야에는 꾸준한 관심과 지원을 하여 오고 있었으나 단독가구형과 1일 5톤 규모 이하 소형 처리공법에 대한 지원은 미흡하였다고 할 수 있다. 또한 중규모 이상 고효율 합병정화처리시설에 대하여도 공법 개발 및 설치지원에는 많은 지원을 지속하여 왔으나 실제 설치 이후 설계 효율대로 운영이 되고 있는지 여부에 대한 확인분야에는 관심이 미흡하였다. 선진국에서는 지속적으로 설치 이후 가동효율을 점검하여 문제점을 도출하고 사후 효율 검증결과를 발표함으로써 신규지구 설치를 위한 공법 선정에 결정적인 자료로 활용하고 있으며 또한 단점을 개선 보완하여 보다 나은 공법개발을 독려하고 있다. 본 연구에서는 이처럼 신규 공법 개발이 목적이 아닌 기존 공법의 사후 효율검증 과정을 통하여 장단점을 비교하고 단독가구형 또는 소규모 고효율 합병정화처리시설을 표준화 하고자 하였다.

단독가구형 및 소규모 고효율 오폐수 정화처리시설을 표준화함으로써 향후 농촌 지역 정화처리시설 기술 보급시 참고할 수 있도록 하고 소하천 생태계 복원으로부터 지표수와 지하수 수질보전에 기여하고자 다음과 같은 목적으로 본 연구를 수행하게 되었다.

이러한 목표를 달성하기 위한 세부 연구개발 추진목표로서 다음과 같은 세부항목을 수립 추진하였다.

- 농어촌 오폐수정화시설 표준화 기술 개발
- 국내 현실에 맞는 오폐수정화시설 조사
- 각종 오폐수 정화기술 적용방법 등 실제 가동효과 분석
- 방류수 수질기준에 적합한 오폐수처리기법 도출
- 지하자연방류시스템 개발
- 기술보급 및 홍보

연구결과로서 도출된 결론은 다음과 같다

1. 기존 공법별 설치이후 사후 효율검증 결과

본 연구수행과정에서 국내 기존 상용화된 다양한 중규모 정화처리공법에 대한 공공 사업에서의 설치사례 및 설치이후 사후 효율검증 사례에 대한 기존자료 수집 및 수질을 직접 채취 분석한 결과를 수록하였다. 기본적으로 대부분의 공법에서 설계 효율보다 훨씬 못미치는 가동효율을 보이고 있었으며 다수는 유입수보다도 오염도가 높은 방류수를 방류하고 있었다. 기본적으로 사후 관리에 다양한 어려움과 해결해야할 문제점들이 파악되었다. 공통적인 문제점으로는 다음과 같은 사항들이 확인되었다.

- 대다수가 미생물을 이용하는 공법으로 운영자 또는 소유자가 공법에 대한 이해가 부족하다. 전기료 절약을 위하여 포기조 전원차단 등 인제 사고도 다수 확인되었다.
- 현장여건이 선정된 공법에 부적절한 경우, 일부 모관침윤트렌치 공법은 지하수위 조건등 현장여건이 부적절한 경우에도 설치되어 효율이 저하 될 경우 토양과 지하수 오염을 유발하고 있음이 확인되었다.
- 공법에 대한 이해와 전문 운영기술자가 없어 사고에 즉각적인 대응하지 못하고 있다. 미생물 몰살 사고 등 발생시 사후관리 미흡으로 처리가 지연된다.
- 유입수량, 유입수 농도가 하루에도 시간별 편차가 심하였으며 이에 대한 적응력이 미흡한 설계공법이 확인되었다. 현장 오수 발생특성에 대한 이해 없이 실험실에서 일정 수준하에서 설계 개발된 공법을 설치 함으로써 실제 가동효율이 낮다.

전체적으로 공법 운영조건이 일반인에게는 어려웠으며 따라서 현실적으로 전문기술자를 보유한 회사에 위탁운영케 하는 것이 바람직하다고 하겠다. 법률적으로도 이러한 위탁 운영방안은 규정되어 있다. 하지만 이러한 위탁운영도 위탁운영비에 대한 소유자의 인식 제고와 공법별로 다양한 운영기법, 그리고 제조사의 사후관리에 대한 열

의 등이 함께 개선되어야 가능할 것이다. 현재 환경부로부터 제조인가를 받아 시중에 상용화된 공법이 아주 많으며 운영시 고려사항과 주의점 등도 공법별로 다르다는 것도 문제점이라 하겠다. 가장 중요한 설치 이후 사후 효율검증 자료가 없어 신규 설치시 공법선정에 대한 기준자료가 미흡하여 각 자치단체등 담당자의 어려움이 크다고 하겠다.

본 연구에서는 연구의 당초 목적 이외에도 선진국처럼 동일지구에 동일 유입수 조건에서 인가된 공법별로 시범시설을 설치하고 지속적으로 사후 효율 비교검증장을 설치하고자 노력하였다. 하지만 연구기간과 연구비등의 제약으로 제조사로부터 시범시설을 기증받는 과정에서 또한 효율 검증결과를 발표한다는 조건 때문에 4개 공법만이 기증 참여하여 목적을 이루지 못하였다. 제조사들은 효율검증자료가 발표될 경우 영업에 미치는 영향을 걱정하고 있었다. 하지만 국가적 차원에서 앞으로 이러한 소규모 합병정화처리시설 효율검증장 설치는 매우 절실한 사안이라 판단된다. 지속적인 효율 검증 결과를 매년 발표하고 보급하여 신규 설치시 공법선정 자료로 활용하고 장단점을 알 수 있는 제도가 필요하다.

본 보고서에 수록된 사후 효율검증결과는 기설치되어 운영되고 있는 공법들을 대상으로 하여 지구별로 유입수 수량과 농도가 다른 조건에서 검토되었다는 점을 밝힌다. 따라서 공법별 효율 비교가 동일 조건에서 검토되지 못하였다는 점을 감안하고 활용하여야 한다. 하지만 대상지구는 각 공법 별로 제조 설치사가 직접 운영상태를 확인하고 전문가를 투입하여 효율점검을 수행하고 있는 기간 중이었다는 점 또한 고려되어야 한다.

본보고서에는 정화처리공법의 기초이론을 약간 수록하였는바 이는 전문가를 위한 것이 아니고 기술보급차원에서 시설 운영자와 일반인들이 기초적으로 알아두어야 할 사항들로서 사후효율 검증에서 가장 큰 문제점으로 지적된 운영자 또는 소유주나 일반인들의 이해부족으로 인한 사고를 지양하기 위한 목적이다.

2. 단독가구형 또는 소규모 고효율 정화처리시설 표준화분야

본 연구에서 1일처리규모 1톤 이하의 농촌형 고효율 합병정화처리시설을 위한 공법으로는 생물막법 살수여상법을 제시하였다. 동 공법을 제시한 근거는 대부분의 기존 여타 공법들은 활성슬러지를 이용하는 포기조를 수반하기 때문에 소형화에 제한이 있다는 점 때문이었다. 실제 제조사측 기술진들과 협의한 결과 활성슬러지 공법으로는 1일 5톤 이하의 처리규모 시설 제작에는 어려움을 표면하였다. 물론 향후 또다른 신 공법이 개발된다면 그때에는 재분석 되어야 한다. 본 연구 기간중에 검토된 공법을 기준으로 하였으며 물리적인 처리는 현재 주기적으로 막교체에 소요비용이 농촌형으로 제시하기에는 무리가 있다고 판단하였다. 또한 농촌 오폐수의 유입량과 농도편차가 심하여 유량조정조를 설치하고 전체 처리수를 유량조정조로 재 순환시키는 방안을 제시하였다. 유입량이 충분한 경우에만 유출되도록 설계안을 제시하였다. 생물막 살수여상식공법은 슬러지 발생량이 거의 없고 유량조정조의 찌꺼기만을 경우에 따라 다 르겠지만 1년에 1회 정도 제거해 주면 된다. 또한 포기조가 없어 전기료가 적게 들어 농촌형으로 적합한 것으로 판단하였다. 다만 기존 설치지구에서 도시인근에서 토지 이용측면에서 지하로 설치할 경우 펌프 설치등 약간의 운영상 불리한 점이 있는 것으로 판단되어 시범지구에서 지상 설치하고 외부를 간이막사로 보호하여 겨울철 기온에 대비하였으며 외견상 불쾌함도 제거되었다.

이러한 기준으로 1일 처리 1톤 규모로 생물막법 살수여상식 단독가구형 고효율 합병정화조를 시범 제작하여 대부도 소재 단독 농가에 설치하여 2년간 정밀 효율 검증 하였다. 정화처리 효율은 단독농가의 유출수량 편차가 심한 것에 상관 없이 겨울철, 여름철 공히 BOD, COD 가 90% 이상 유출수 10ppm 이하를 2년간 유지하였으며, SS는 유입수 평균 119ppm 유출수 평균 13.6ppm 효율 97%를 유지하였다. 운영방법이 간단하여 설치 농민에게 1회의 간단한 교육과 주의사항 전달로 단 한번의 효율사고는 없었

으며 전기료도 저렴하여 농민이 정화조로 인한 추가 부담을 느끼지 못하였다.

아직은 본격적으로 농촌에 단독가구형 고효율 합병정화조 설치 사업이 활성화 되지는 않았으나 향후 시행된다면 우선적으로 적용이 가능하며 앞으로 추가로 신공법 개발도 기대된다.

자연방류시스템은 지하방류를 고려하였으나 만일의 사고시 토양과 지하수 오염 유발 사례가 되므로 지상방류형으로 선정하였으며 방류수 중의 잔류 오염물질을 재처리할 수 있는 여재를 설치하여 이를 통과시킨 후 하천으로 방류하는 공법으로 제시하였다. 여재로는 미생물 처리 효율이 높고 재료가격이 저렴한 우드칩, 스코리아가 적절한 것으로 판단되었으며 제올라이트도 효율은 비슷하나 재료가격이 다른 것에 비하여 비싼 것으로 파악되었다.

3. 기타 건의 사항

본 연구수행과정에서 기존사례 검토중 모지구에 설치된 모관침윤 트렌치 정화처리 시설이 낮은 효율로 운영되고 있음이 확인되었다. 동 공법은 최종 처리된 방류수를 토양층을 통하여 지하로 방류하기 때문에 만일의 사고시 토양/지하수를 직접 오염시키게 된다. 동 공법은 시설자체 구조보다도 설치 예정지구의 현장여건 즉 토양과 기반암 심도 및 조건, 지하수위, 경사도 등 제반 여건이 만족하는 경우에만 제한적으로 설치되어야 한다. 하지만 현행 우리나라에서는 이러한 제반 여건의 사전 검토가 미흡한 상태에서 설치되고 있어 공법선정 및 설치규정을 다시 한번 재고해야 할 것이다. 최근 지하수법과 토양환경오염 보전법 등 강화로 기존 모관침윤트렌치 시공지구에 대한 오염유발 가능성에 대하여 전면적인 확인조사가 시급하며 안전성이 확인될 때까지 설치 여건등을 엄격히 통제하거나 신규설치를 중단하는 것이 바람직하다고 하겠다

제2절 기대효과 및 활용방안

농어촌 생활오수처리를 위한 경제적이고 효율적인 한국형 농어촌형 소규모 정화처리시설을 개발하고 축산폐수 및 공장폐수 처리를 위하여 수처리 공법을 이용하는 국내 적용 각종기법을 검토하여 경제적이고 효율높은 농어촌 오폐수 처리시설 표준화를 이루고자 본 연구를 수행하였다. 연구결과로서 단독가구형 고효율 합병정화시설을 표준화하였다.

본 단독가구형 정화처리기법은 중·소규모로 확대 생산하는 것은 무리가 없으나 중·소규모 시설을 소형화하는 것은 연구개발이 필요하다

본 연구에서 개발된 기술을 활용하면 농어촌의 생활하수를 발생원지에서 완전처리하여 지표수와 지하수를 오염위험으로부터 해방시키고 하천의 생태계를 복원시키려면 오염발생량의 가장 많은 부분을 차지하는 생활오폐수를 처리할 수 있게 될 것이다. 즉 하천 상류부 또는 산간오지 농가와 음식점, 숙박업소 등의 폐수를 완벽한 처리로 청정수자원 보호가 가능하다. 기대효과로서는 산재한 농어가의 하수도시설 사업을 하지 않아도 되며, 농공단지 입주업체별로 설치할 수 있도록 지원할 수 있다.

더욱이 본 연구결과를 정책사업으로 추진할 경우 4,000여개 농어촌 중심마을에는 중규모시설로 마을 단위로 시설이 가능하고 독립가옥은 가구별로 설치하여 지역단위 개발계획 수립시 환경오염 부담없이 발전이 가능하다.

본 연구추진과정에서 도출된 기존 중·소규모 고효율 합병정화처리시설의 설치 이후 운영상에서 도출된 문제점들은 향후 공법개선의 자료로 활용이 가능하며, 신규설치를 위한 공법 선정시 중요한 기초자료로서 활용이 가능하다.

또한 현재로서는 일반인이나 전문지식이 없는 사람들이 처리시설을 운영하기에는 역부족인 점이 많으며 이는 향후 공법의 단순화와 자동화 기술 개발과 함께 해결될 수 있지만 당분간은 위탁 운영하는 방안이 바람직하다.

여 백

제7장 단독가구형 소형 농어촌 고효율 합병정화조 표준화

제 1 절 서 언

농촌지역은 하수시설 보급율은 물론 상수도 보급율도 낮으며 지하수를 상수로 사용하는 지역도 많아 수질오염 문제는 이제 국민 건강과 직결된 문제라 할 수 있다. 날로 심각해지는 수질오염문제는 산재한 농촌 단독가구의 생활오수와 소규모 축산폐수 등을 공동처리하는 고효율 합병정화처리시설의 필요성이 증대되고 있으며, 이는 농어촌의 생활환경개선과 농어촌용수의 수질보전을 위하여 중요한 사업으로 인식되고 있다. 그러나 우리나라의 단독가구 또는 소규모 정화처리사업은 초보단계로서 처리기술 및 시설의 유지관리 그리고 제도적인 면에서 개선되어야 할 점이 많은 실정이다.

2000년 현재 환경부 자료에 의하면 오폐수 발생 원별로 볼 때 우리나라에서는 하루 19,724천톤의 오폐수가 발생하고 있으며 생활하수가 15,463천톤/일(78%)로 가장 많고, 산업폐수는 4,068천톤/일(21%), 축산폐수는 193천톤/일(1%)가 발생되고 있다.

본 연구결과로 제시되는 단독가구형 정화처리시설은 향후 신규 정화처리시설 공법 선정시 중요한 자료로 적극 활용 가능하며 연구의 파급효과로서 농촌 소하천 생태계 복원을 통하여 농촌 수자원 수질보전 및 수자원 보호에 기여함으로써 생활환경개선 및 농민의 삶의 질 향상에 지대한 영향을 미칠 것으로 기대된다.

본 표준화는 기본적으로 1일 처리규모 1톤 미만의 농촌에 산재된 단독가구형 고효율 합병정화조 설계를 목적으로하여 본 연구에서 시범 제작 및 2년간 시범 운영하여

성공적으로 처리효율을 유지한 생물막 살수여상식 공법 한가지에 대하여 제시하고자 한다. 단일 공법을 제시하는 이유는 보고서에서 언급된 바와 같이 물리적 처리공법은 경제성을 이유로, 활성슬러지 공법은 소형화에 제한이 있어 본 연구에서 제외된 것으로 근본적으로 공법을 제한하는 것은 아니다. 향후에라도 공법 개선 및 신공법 개발 등으로 추가가 가능하다.

설계기준은 오수분뇨 및 축산폐수에 관한 처리규정을 기본으로 하고 동법 제 2조 제 7호 시행규칙 제 5조 단독정화조의 오수정화방법에 제시되는 공법 중 일부로서 수질환경보전법 방류수 수질기준에 적합하도록 제시되었다. 또한 중소규모 정화처리시설 표준화지침이라 할 수 있는 환경부 마을하수도 시설기준 및 효율적 관비방안을 기본으로 하여 본 단독가구형 정화처리시설이 별도 규정되어야 하는 경우를 위주로 본 표준화지침을 작성하였다.

자세한 단독가구형 정화처리시설 설계 및 시범 설치 와 운영 방법등은 본보고서 제5장에 수록되어 있으므로 중복성은 피하며 기본적인 방안만 제시하고자 한다.

제 2절 적용대상 및 설계를 위한 기본적인 조사

1. 조사의구분

농어촌 단독가구 합병정화처리시설의 계획설계에 관계되는 조사는 다음과 같다.

가. 대상은 산재한 농촌 단독가구를 주 대상으로 한다.

나. 각종 관련법규에 적합한 계획을 수립하는데 필요한 조사(처리수 배출허용기준, 시설의 구조기준 등)

다. 기본설계에 필요한 조사(오수유입관의 바닥높이, 처리장부지의 형상과 면적, 방류하천, 기상조건, 기타 주변상황 등)

라. 세부설계에 필요한 조사(기초지반의 지질조건, 슬러지 처리·처분방법, 시설

유지 관리 시스템 등)

마. 시공계획수립에 필요한 조사(도로상황, 공사용 부지 등)

2. 조사내용

- 가. 예비조사 : 계획내용의 확인점검과 아울러 지금까지 조사된 내용과 수집된 자료를 확인하여 앞으로의 조사내용과 조사 진행 방법등을 결정한다.
- 나. 현지답사 및 자료수집 : 처리장부지 주변, 오수배출원 및 방류수 방류하천 등을 답사하여 자연적·사회적 여건을 파악함과 동시에 필요한 각종자료를 수집 정리한다.
- 다. 측량조사 : 처리장 부지와 그 주변, 방류관로 및 방류구주변에 대한 지형측정과 종횡단 측량을 실시하여 처리시설의 배치와 시공계획수립등에 필요한 자료로 이용한다.
- 라. 지질조사 : 처리시설 부지내에서 보어링 등에 의하여 지질 및 지하수위를 조사하여 기초공법의 검토자료로 이용한다.
- 마. 오수배출원 및 방류하천 조사 : 처리구역내 오수배출원 및 방류하천 현황을 조사하여 계획 오염부하량, 오수의 유입패턴, 방류시설 등의 검토자료로 이용한다.
- 바. 슬러지의 처리·처분조사 : 잉여 슬러지의 농지환원 가능성, 인근 분뇨처리시설 및 하수종말처리시설의 수용능력 등을 조사하여 슬러지 처리·처분계획의 검토자료로 이용한다.
- 사. 관련법규 조사 : 마을오수 처리시설의 설치·운영과 등 관련법규를 파악하여 계획설계시 이를 준수하여야 한다.

제 3절 계획설계

1. 제원의 설정

처리시설의 규모와 능력은 계획인구, 오수원단위, 계획오수량, 계획수질 등의 제원에 의하여 정해진다. 따라서 계획 설계 제원은 시설이 장기간에 걸친 여러 변동에 대응하여 적절한 성능을 발휘함과 동시에 경제적이 되도록 설정하여야 한다. 마을 배수 처리시설의 계획에서는 일반적으로 10년 정도의 장래를 예측하여 제원을 설정하고 있다.

가. 계획인구

계획처리대상 인구는 정주민과 유입인구로 구성되며 10인 단위로 절상한 수치를 적용한다. 축산폐수는 전처리를 전제로 포함시킬 수 있으며, 이 경우에는 장래의 가축사육추세등을 예측하고 가축별 오수배출량과 오수농도를 이용해서 인구로 환산하여 계획처리대상 인구에 가산하도록 한다.

나. 오수 원단위 및 계획오수량

오수 원단위의 결정은 일반적인 마을의 경우 BOD,SS에 대하여 결정하지만 수질규제나 지역특성에 따라 T-N, T-P에 대해서도 결정하도록 한다. 오수원단위는 생활오수, 축산폐수, 영업오수로 구분하여 결정한다. 현재 우리나라 농어촌지역의 생활오수량은 최대치가 250 ℓ/cd(평균치 200 ℓ/cd)정도이지만, 장래 생활오수량의 증가와 수세식 화장실의 보급등을 감안하여 목표년도의 오수량과 오수원단위를 정하되 처리구역의 특성을 고려해서 증감하여 적용토록 한다.

오수원단위의 결정은 일반적인 마을의 경우 BOD, SS 등에 대하여 결정하지만, 수질규제나 지역특성에 따라 COD, T-N, T-P등에 대해서도 정하도록 한다. 생활오수원단위는 생활계오수, 축산폐수로 구분하여 결정한다. 생활계 오수는 일반적으로

1인 1일 평균오수량이 150~220 ℓ /c.d정도이지만 장래 생활오수량의 증가와 수세화장실의 보급등을 감안하여, 목표년도(10년후)의 오수 원단위는 표 7.1을 표준으로 하며, 마을의 특성을 고려해서 증감하여 적용할 수 있도록 한다.

<표7.1> 농어촌 생활계 오수의 원단위

1인 1일 최대오수량		250 ℓ
1인 1일 평균오수량		200 ℓ
배출오염부하량	BOD	50g/c. d
	SS	50g/c. d
	T-N	13g/c. d
	T-P	2g/c. d

다. 계획유입수질

마을오수처리시설에 유입되는 오수의 오염부하는 주로 유기물에 의하기 때문에 계획유입 수질은 BOD와 SS에 대하여 설정하여, 필요에 따라서 COD, T-N, T-P등의 항목을 추가하도록 한다. 유입수의 수질은 생활오수, 영업오수, 축산폐수 등 발생원에 따라서 다르기 때문에 발생원별로 검토하여 계획유입수질을 설정토록 한다. 생활계 오수의 계획유입수질의 표준치는 BOD 200mg/ℓ, ss 200mg/ℓ로 한다.

라. 오수처리계획

오수처리계획은 수질환경기준을 고려하여 정한다. 수질환경기준이 설정되어 있는 수역의 하수도계획은 해당수역의 수질환경기준 달성을 전제로 하여 정한다. 한편 수질환경기준이 설정되어 있지 않은 수역의 하수도계획은 물이용 상황에 따른 수질환경기준을 예상하여 기준 설정수역에 따라 정한다.

마. 슬러지처리·처분계획

슬러지처리·처분에 관한 계획은 발생하는 슬러지성상과 지역실정에 따라 슬러지가 가지고 있는 자원적 가치를 충분히 이용할 수 있도록 수립한다.

1) 계획오수량

계획오수량은 생활오수량(가정오수량 및 영업오수량), 가축폐수량, 지하수량으로 구분해 다음 사항을 고려하여 정한다.

가) 생활오수량

오폐수처리시설 계획의 기준이 되는 계획오수량은 마을의 규모, 계획인구, 영농형태 등의 특성에 따라 다르기 때문에 상수도사용 실적, 오수량실측치 등을 기초로하여 적절히 정하며 다음을 표준으로 한다.

- 1인 1일 최대 오수량 : 250 ℓ/인·일을 표준으로 하며, 급수계획에 의한 1인 1일 최대급수량을 고려하여 실정에 맞게 증감한다.
- 불명수량 : 불명수량은 1인 1일 최대오수량에 계획인구를 곱한 값의 10~15%를 표준으로 한다.
- 계획 1일 최대오수량 : 계획 1일 최대오수량은 1인 1일 최대오수량에 계획인구를 곱한 후 불명수량을 합한 것으로 한다.
- 계획 1일 평균오수량 : 1인 1일 최대오수량의 80%에 계획인구를 곱한 후 불명수량을 합한 것으로 한다.
- 계획시간 최대오수량 : 1인 1일 최대오수량의 2.5배에 계획인구를 곱한 후 불명수량을 합한 값의 시간상당량을 표준으로 한다.

나) 가축폐수량

소 2두, 돼지 1두를 기준으로 가축폐수 원단위를 적용한다.

다) 지하수량

지하수량은 1인1일 최대생활오수량의 10~20%로 한다.

라) 계획 1일 최대 오수량

계획1일최대오수량은 1인1일최대오수량에 계획인구를 곱한 후 여기에 지하수량 및 가티 가축폐수량을 더한 것으로 한다.

마) 계획1일 평균오수량

계획1일 평균오수량은 계획1일최대오수량의 50~70%를 표준으로 한다.

바) 계획시간 최대오수량

계획 시간 최대오수량은 계획 1일 최대오수량의 1시간당 수량의 2.0~2.5배를 표준으로 한다.

2) 계획유입수질

계획유입수질은 생활오수 및 가축폐수 등으로 구분하여 다음 사항을 고려하여 정한다.

가) 계획유입수질은 원칙적으로 BOD 및 SS에 관하여 정하며 필요에 따라 기타 항목을 추가한다.

나) 생활오수의 계획유입수질은 실측자료 또는 1인당 오염부하량 원단위를 기초로 하여 정한다.

다) 가축폐수의 계획유입수질은 가축폐수오염부하량 원단위를 적용하여 추정한다.

바. 슬러지처리·처분계획

1) 계획슬러지량

발생하는 슬러지의 영 및 질의 파악은 처리·처분방법의 결정이나 시설계획에서 중요하기 때문에 계획슬러지량의 산정이나 추정시에 특히 신중을 기해야 한다. 슬러지처리·처분계획의 기본이 되는 계획 발생슬러지량은 계획1일최대오수량을 기본으로 하여 하수중의 SS농도, BOD농도, 제거율 및 슬러지의 함수율을 정하여 산정한다.

2) 처리방법

슬러지의 처리방법은 발생하는 슬러지의 양과 성상, 최종처분방법, 처리량의 입지조건, 유지관리상의 조건 및 경제성 등을 충분히 검토하여 정한다.

3) 처분방법

슬러지최종처분방법의 선정시에는 마을의 지역특성을 살리면서 지속적이고 장기적인 처분방법을 선정한다.

4)설계기준

가) 시설의 일반구조

단독가구형 고효율합병정화처리시설에 설치하는 시설의 일반구조는 다음 사항을 고려하여 정한다.

- 시설은 자중, 적재하중, 수압, 토압, 풍압, 지진력, 적설하중 및 연약지반의 부파찰터 등에 대하여 구조상 안전하고 내구성이 있어야 한다.
- 시설은 누수 또는 지하수 침입의 염려가 없어야 한다.
- 내마모 및 내부식성인 것으로 한다.
- 지하수위가 높은 지점에 축조하는 구조물은 내부가 비어있을 때에도 부력에 대하여 안전하여야 한다.

나) 시설의 설계에 적용되는 기준

시설의 설계에 적용되는 기준은 다음 사항을 고려하여 정한다.

- 시설의 구조내력의 설계에 쓰이는 단위중량, 허용응력도, 토압, 지진력, 적설하중, 풍압력, 부력, 수압, 빙압, 온도응력 및 지내력 등은 건축법 및 동시행령, 그리고 정부에서 제정한 해당법령 및 각종 구조물의 설계기준과 기타 일반적으로 인정되고 있는 사항에 의한다.
- 전기시설의 설계에 있어서는 전기사업법, 소방법 및 이와 관련된 시행령, 법칙 및 조례 그리고 전기시설과 관련있는 각종 KS, 상공부, 전기학회 및 한국전기공학협회 등이 기타 정한 각종 규격과 기타 일반적으로 인정되고 있는 사항에 의한다.
- 기계시설의 설계는 근로기준법, 소방법, 환경정책기본법, 고압가스 취급법 및 이와 관련된 시행령, 규칙 및 조례와 기계시설과 관련 있는 각종 KS 및 기타 일반적으로 인정되고 있는 지식에 의한다.

2. 처리방식의 선정

가. 오수처리 방식의 분류와 특성

기 언급한 대로 본 연구에서는 농촌 단독가구형 오폐수 처리공법으로 다음과 같은 사항들을 고려하여 생물막공법 중 살수여상식 공법을 선정하였다.

농촌지역 산재한 단독가옥 오수처리에 적합한 처리방식을 선정하기 위해서는 우리나라 농어촌마을의 지역 특성을 고려하여 기술적, 경제적, 효율적 측면에서 우수한 것을 선정토록 한다.

1) 농어촌의 지역특성과 처리방식 선정기준

처리방식의 선정과 관련하여 우리나라 농어촌의 일반적인 지역특성은 다음사항을 들 수 있다.

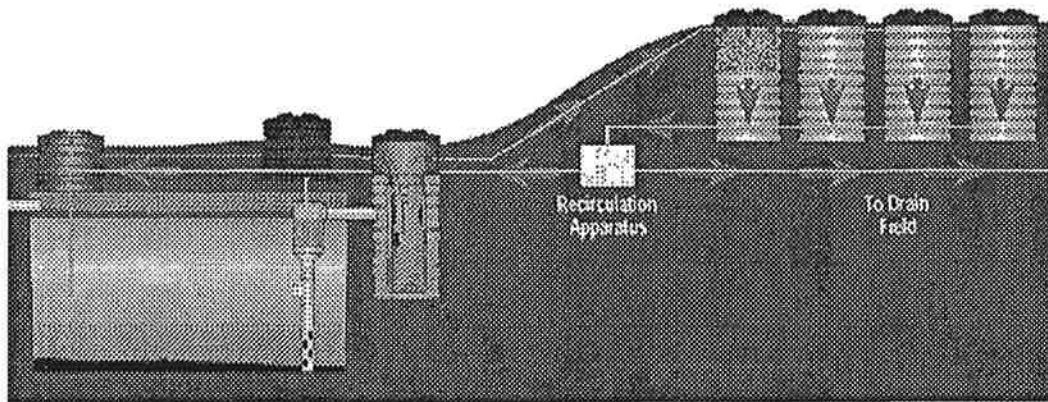
- 인구 밀집 형태가 다양하며, 가옥 분산 배치되어 있어 거주밀도가 작고, 유입 오수량의 변동이 크다.
- 주야간 또는 계절별로 대상지역의 인구가 크게 변화할 수 있으므로 유량 및 오염부하량의 변동이 크다
- 유지관리를 위한 전문기술인력의 상주가 곤란하여 주1~2회의 순회관리를 취하는 것이 바람직하므로, 유지관리가 용이하고 처리기능이 안정된 시설이 요구된다.
- 일반적으로 재정능력이 부족하므로 건설비와 유지관리비가 저렴한 처리방식을 선정하는 것이 바람직하다.
- 처리장부지의 확보가 도시지역에 비하여 용이한 편이며, 풍부한 자연정화기능을 갖고 있다.

<표 7.2> 오수처리방법의 분류의 특성

처 리 방 법	처 리 원 리 및 특 성	처 리 방 식
생물막법	<ul style="list-style-type: none"> ○ 미생물을 여재등에 부착시킨 상태에서 오수 접촉 및 폭기 ○ 슬러지발생량이 비교적 적고 역세장치 필요 ○ 유입오수변화에의 대응성이 높고 유지관리 비교적 용이 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 접촉폭기법 ○ 회전원판접촉법 ○ <u>살수여상법</u> ○ 역간접축산화법

본 연구에서는 Waterloo Biofilter의 흡수성여재를 사용하여, 살수여상식 생물막법을 활용하고, 반응용기는 소규모로 제작하여 병렬식으로 연결하여 지하에 1m 깊이 또는 지상식으로 설계할 수 있도록 하였다.

<그림 7.1> 단독가구형 병렬구조 설치 개념도



※ 단독가구형은 1조 설치 원칙이며 다가구, 마을단위, 공장등에 설치시 병렬구조

2) 처리장의 위치선정

처리시설의 위치는 일반적으로 처리구역내의 최하류에 설치하며 다음사항을 종합적으로 고려하여 선정토록한다.

- 가) 오수관로의 연장 및 오수유입관 바닥높이 등으로 볼 때, 용이하게 접속될 수 있는 지점일 것
- 나) 처리수의 방류장소가 확보될 수 있는 지점일 것
- 다) 침수의 우려가 없는 지점일 것
- 라) 지하수위 및 지내력 등의 기초지반 지질 조건이 양호한 지점일 것
- 마) 관리용 도로, 전력, 수도 등의 확보될 수 있는 지점일 것
- 바) 관리용 공간을 포함하여 필요한 처리장 부지면적이 확보될 수 있는 지점일 것
- 사) 지역의 환경에 조화되며, 지역주민의 이해를 구할 수 있는 지점일 것

3) 재료, 기계 및 기구

재료, 기계 및 기구는 다음 사항을 고려하여 정한다.

- 장기적인 사용에 견디는 것으로 한다.
- 유지관리가 쉬운 것으로 한다.
- 환경에 적응하는 것으로 한다.

3. 처리시설 방류수 수질기준

단독가구 고효율합병정화처리시설의 방류수 수질기준은 <표7.4>을 따른다.

가. 계획처리수질

계획수리수질은 BOD, SS에 대하여 설정하며, 필요에 따라COD, T-N, T-P등의 수질항목을 추가하도록 한다. 수질환경보전법에 규정된 방류수 수질기준은 표7.4에서 보는 것과 같다.

나. 계획 발생 슬러지량

계획발생슬러지량은 본 살수여상식 고효율 정화처리시설에서는 발생량이 미약하여 크게 고려하지 않아도 된다. 슬러지 발생량은 유입부하량, 처리방법, 처리시설내에서의 소화정도, 슬러지의 저류상태 및 수온 등에 영향을 받기 때문에 일률적으로 결정하기는 곤란하나 계획설계단계에서는 BOD 제거량에 슬러지 전환율을 곱하여 구하도록 한다. 단 슬러지 제거용량은 함수율에 따라 크게 달라질 수 있음을 유의하여야 한다.

$$\text{발생 슬러지량} = \text{BOD제거량} \times \text{슬러지전환율}$$

$$\text{발생슬러지 용량} = \text{건물중량}(t) / ((100 - \text{함수율}) / 100)$$

여기에서 BOD제거용 및 슬러지 전환율은 일반적으로 표7.3에 표시한 값을 사용한다.

함수율에 대해서는 슬러지 농축저류조등에서 98%정도로 제거하는 것을 목표로 하고

있으나 슬러지 이송방법, 슬러지 농축저류조의 관리방법, 슬러지 제거방법등에 따라 함수율이 변동하여 이것이 슬러지 용량에 크게 영향을 미치게 된다.

<표 7.3> BOD제거율 및 슬러지전환률

처 리 방 식	BOD제거율	슬러지전환율
생물막 살수여상식	90%	10~25%

<표 7.4> 방류수수질기준(제6조제1항관련)

구 분	생물화학적 산소요구량 (BOD) (mg/ℓ)	화학적 산소요구량 (COD) (mg/ℓ)	부유 물질량 (SS) (mg/ℓ)	총질소 (T-N) (mg/ℓ)	총 인 (T-P) (mg/ℓ)	대장균군수 (개/ml)
특정지역기준	10 이하	40 이하	10 이하	20 이하	2 이하	3,000 이하
기타지역기준	20 이하	40 이하	20 이하	60 이하	8 이하	

제 4 절 하수처리시설

단독가구형 고효율 합병정화처리시설에서의 하수처리방식은 본 연구에서 개발한 자연 방류시스템을 이용하여 하천으로 방류한다.

1. 하수처리

가. 계획하수량과 수질

계획하수량과 수질은 다음 사항을 고려하여 정한다.

- 1) 처리시설의 계획수량은 계획일 최대오수량을 표준으로 하고, 처리장내의 연결

- 관거에 대해서는 계획시간 최대오수량을 표준으로 한다.
- 2) 유입되는 하수의 수량과 수질은 사전에 충분히 조사하여 결정한다.
 - 3) 유입되는 하수의 수량과 수질 변동에 대처하기 위해서 필요에 따라 유량조정조를 설치한다.

나. 세부 설계 방법의 선정

농촌 단독가구형 합병정화처리 공법에서 생물막 살수여상식 공법의 세부설계시 고려 사항은 다음과 같다.

- 1) 유입하수량 및 수질
- 2) 처리수의 목표수질
- 3) 방류수역의 현재 및 장래 이용상황
- 4) 처리장의 입지조건, 건설비, 유지관리비, 운전의 난이도
- 5) 법규등에 의한 규제
- 6) 처리수의 재이용계획

다. 하수처리시설의 배열 및 구조

하수처리시설의 배열과 그 구조는 다음 사항을 고려하여 정한다.

- 1) 각 시설은 유지관리가 용이하고 기능이 충분히 발휘될 수 있어야 한다.
- 2) 처리시설의 수밀성과 내구성이 있는 구조로 한다.
- 3) 처리장의 주요시설은 2조 이상으로 설치한다.
- 4) 단계적 시공을 고려해서 정한다.
- 5) 주변의 환경을 고려해서 정한다.

라. 처리시설간의 수위차

처리시설간의 수위차는 각 시설의 손실수두를 고려하여 소요되는 수위차를 둔다.

2. 전처리시설

가. 침사지의 형상 및 지수

침사지는 일반적으로 하수중의 직경 0.2mm 이상의 비부패성 무기물 및 입자나 큰 부유물을 제거하여 방류수역의 오염 및 토사의 침전을 방지하고 또는 펌프 및 처리시설의 파손이나 폐쇄를 방지하여 처리작업을 원활히 하도록 펌프 및 처리시설의 앞에 설치한다.

파쇄장치는 하수중의 고형물류를 파쇄하여 유하시키는 장치로서 스크린 찌꺼기의 처리가 필요 없으며 악취 및 파리발생을 방지할 수 있으므로 주택단지나 농·어촌지역 등의 소규모시설에서 설치되고 있다.

침사지의 형상은 직사각형이나 정사각형 또는 원형등으로 하고, 지수는 2지 이상으로 하는 것을 원칙으로 한다.

나. 침사지의 구조

침사지의 구조는 다음 사항을 고려하여 정한다.

- 1) 수밀한 철근콘크리트구조로 한다.
- 2) 유입부는 편류를 방지하도록 한다.
- 3) 저부경사는 보통 1/100~2/100로 하며 제사설비에 따라서는 이 범위가 적용되지 않는다.
- 4) 합류식에서는 우수전용과 우수전용으로 구별하여 설치하는 것이 좋다.

다. 침사지의 평균유속

침사지의 평균유속은 0.3m/s를 표준으로 한다.

라. 침사지의 체류시간

체류시간은 30~60초를 표준으로 한다.

마. 침사지의 수심

수심은 유효수심에 침사유적고를 더한 것으로 한다.

바. 침사지의 표면부하율

침사지의 표면부하율은 오수침사지의 경우 $1,800\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$ 정도로 하고 우수침사지의 경우 $3,600\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$ 정도로 한다.

사. 폭기침사지

폭기침사지는 다음 사항을 고려하여 정한다.

- 1) 형상 및 침사지수는 가. 항에 따른다
- 2) 구조는 나 항에 따른다
- 3) 체류시간은 1~2분으로 한다.
- 4) 유효수심은 2~3m, 여유고는 50cm를 표준으로 하고 침사지의 바닥에는 깊이 30cm 이상의 모래퇴적부를 설치한다.
- 5) 송기량은 하수량 1m^3 에 대하여 $1\sim 2\text{m}^3/\text{h}$ 의 비율을 표준으로 한다.
- 6) 필요에 따라 소구장치를 설치한다.

아. 게이트(gate)

침사지의 조작, 불시의 정전 및 펌프장의 수리 등을 위하여 침사지 유입구에 게이트를 설치하고 유출구에도 게이트 또는 스톱로그를 설치한다. 게이트의 개폐장치는 동력식 또는 수동식으로 하고 동력식의 경우는 예비로 수동조작을 할 수 있는 방식이나 자동강하식으로 하는 것이 좋다.

자. 스크린 (screen)

스크린은 다음 사항을 고려하여 정한다.

- 1) 조목 스크린은 침사지 앞에 세목 스크린은 침사지 뒤에 설치하는 것을 원칙으로 한다.
- 2) 전후의 수위차 1.0m 이상에 대하여 충분한 강도를 가지는 것을 사용한다.
- 3) 찌꺼기 제거장치는 오수용 및 우수용으로 구분하며 찌꺼기의 양 및 성상 등에 따라 적절한 방식을 사용한다.

차. 제사설비

침사지에는 제사설비를 설치하는 것이 좋다.

카. 침사 및 스크린 찌꺼기 처리

오수펌프장에서는 필요에 따라 침사 세정장치 및 스크린 찌꺼기 처리장치를 설치한다.

타. 파쇄장치

파쇄장치를 설치하는 경우에는 다음 사항에 유의하여 설치한다.

- 1) 설계하수량은 설계시간 최대 오수량으로 한다.
- 2) 파쇄장치는 침사지의 하류측 및 펌프설비 상류측에 설치하는 것을 원칙으로 한다.
- 3) 파쇄장치에는 반드시 스크린이 설치된 측관(by pass)수로를 설치하여야 한다.
- 4) 파쇄장치는 철근콘크리트제로 하고 상류 및 하류측에 게이트(gate)를 설치하는 것을 표준으로 한다.
- 5) 파쇄기의 설치대수는 1~2를 표준으로 하나 유량이 큰 경우에는 대수를 증가시킬 수 있다.

파. 보안설비

침사지 및 스크린에는 다음 사항을 고려하여 보안설비 및 환경보전설비를 설치한다.

- 1) 보수점검용 통로 및 작업상 위험한 장소에는 원칙적으로 위험방지용 난간 또는 울타리를 설치한다.
- 2) 실내에 침사지를 두는 경우에는 환기에 충분히 유의한다.

3. 유량조정조

유량조정조는 유입하수의 유량과 수질의 변동을 흡수해서 균등화함으로써 처리시설의 처리효율을 높이고 처리수질의 향상을 도모할 목적으로 설치하는 시설로서 소규모 처리장의 경우 유입수량과 수질의 변동이 크므로 필요시에 설치할 수 있다. 주택단지과 같이 처음부터 큰 변동이 예상되는 경우에는 경제성, 부지확보 가능여부 등을 고려하여 설치한다

유입하수의 유입방법(조정방법)으로는 직렬(in-line)방식과 병렬(side-line)방식이

있다. 직렬방식에는 유입하수의 전량이 유량조정지를 통하므로 수량 및 수질 모두를 균일화하는 효과가 있지만 병렬방식에서는 1일 최대 하수량을 넘는 양만 유출조정지에 유입하므로 수질의 균일화는 직렬방식만 못하다. 직렬방식과 병렬방식중 그 선택은 유입하수의 변동형태, 유량조정조에서의 송수량, 송수방식, 제어방식등을 검토해서 경제성, 유지관리의 난이도 조정효과 등을 평가하여 선정한다. 유입하수량의 조정에는 완전한 균등화를 피하는 방법과 어느정도 변동을 두는 방식이 있지만 전자의 방식은 비경제적이므로 유입하수 조정 후 변동비를 1.3~1.5로 유지하는 것을 표준으로 한다.

유량조정조는 24시간 균등하게 조정되도록 하는 것이 이상적이지만 이런 경우 조의 용량이 커지고 건설비도 늘어나 비경제적이 되므로 조의 용량은 계획 1일 최대오수량을 넘는 유량을 일반적으로 저유해서 시간최대 오수량이 계획 1일 최대오수량에 대하여 1.5배 이하로 되도록 처리장의 특성과 건설비 등을 고려하여 정한다.

가. 크기

조의 크기는 계획 1일 최대오수량을 넘는 유량을 일반적으로 저유하도록 정한다.

나. 조의 형상 및 수

조의 형상 및 수는 다음 사항을 고려하여 정한다.

- 1) 형상은 직사각형 또는 정사각형을 표준으로 한다.
- 2) 조수는 원칙적으로 2조 이상으로 한다.

다. 구조 및 수심

- 1) 조는 수밀한 철근콘크리트 구조로 하고 부력에 대해서 안전한 구조로 한다.

2) 유효수심은 3~5m를 표준으로 한다.

4. 침전지

하수처리장에서 사용되는 침전지는 침전 가능한 SS를 침전·제거해서 오수를 정화하는 시설로서 주로 최초침전지와 최종침전지로 나눈다.

단독가구형 정화처리 자연방류에서는 저부하로 하수를 처리할 경우에는 최초침전지를 생략할 수 있다.

가. 최초침전지

1)형상 및 지수

침전지의 형상 및 지수는 다음 사항을 고려하여 정한다.

(가)형상은 원형, 직사각형 또는 정사각형으로 한다

(나) 직사각형인 경우에 길이와 폭의 비는 3:1~5:1 정도로 하는데 폭과 깊이의 비는 1:1~2.25:1 정도로 한다.

(다) 침전지 지수는 최소한 2지 이상으로 한다.

2) 구 조

침전지의 구조는 다음 사항을 고려하여 정한다.

(가) 침전지는 주로 수지성 구조로 하여 부력에 대해서도 안전한 구조로 한다.

(나) 슬러지를 제거시키기 위한 적절한 제거기가 설치될 수 있는 구조로 한다.

(다) 슬러지제거기를 설치하는 경우의 침전지 바닥 기울기는 직사각형에서는 1/100~1/50으로, 원형 또는 정사각형에서는 1/20~1/10으로 한다.

(라) 슬러지 제거를 위해서 조의 바닥에 호퍼(hopper)를 설치하며 그 측벽의 기울

기는 60 °이상으로 한다.

3) 표면부하율

표면부하율은 계획 1일 최대 오수량에 대하여 $25\sim40\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$ 로 한다.

4) 유효수심

유효수심은 2.5~4m를 표준으로 한다.

5) 침전시간

침전시간은 계획 1일 최대 오수량에 대하여 표면부하율과 유효수심을 고려하여 정하며 일반적으로 2~4시간으로 한다.

6) 여유고

침전지 수면의 여유고는 40~60cm 정도로 한다.

7) 정류설비

정류설비에 대하여 다음 사항을 고려한다.

(가) 직사각형 침전지와 같이 하수의 유입이 평행류인 경우에는 저류판 혹은 유공 정류벽을 설치한다.

(나) 원형 및 정사각형 침전지에서와 같이 하수의 유입이 방사류인 경우에는 유입구의 주변에 원통형 저류판을 설치한다.

8) 유출설비 및 스킵제거기

유출설비 및 스킴 제거장치는 다음 사항을 고려하여 설치한다.

- (가) 유출하부에는 월류웨어와 스킴저류판(scum baffle)을 설치한다
- (나) 스킴저류판의 상단은 수면위 10cm, 하단은 수면아래 30~40cm 가량되도록 설치한다.
- (다) 월류웨어의 부하율은 일반적으로 $250\text{m}^3/\text{m} \cdot \text{d}$ 이하로 한다.

9) 슬러지제거기(collector)

- (가) 직사각형지의 경우에는 연쇄(chain-flight)식이 좋다
- (나) 침전된 슬러지가 교란되지 않을 정도의 속도로 제거한다.

10) 슬러지배출설비

침전지내의 슬러지제거기에 의하여 모아진 슬러지는 다음 사항을 고려하여 제거한다

- (가) 슬러지를 뽑아 내기 위해서는 수위차를 이용하거나 혹은 펌프를 사용한다.
- (나) 슬러지배출관은 주철관 또는 이와 동등이상의 기능을 갖는 재질의 관이어야 하며 최소한 직경이 200mm 이상으로 한다.
- (다) 배출관은 폐쇄되기 쉬우므로 배관에 특히 유의하며 적당한 곳에 청소구를 설치한다.

나. 최종침전지

1)형상 및 지수

침전지의 형상 및 지수는 다음 사항을 고려하여 결정한다.

- (가) 형상은 직사각형, 원형 또는 정사각형으로 한다.

(나) 직사각형인 경우 길이와 폭의 비는 3:1~5:1 정도로 하는데 덮개를 설치할 경우 8:1 정도까지 할 수 있으며 폭과 깊이의 비는 1:1~2.25:1 정도로 한다.

(다) 침전지는 최소한 2지 이상으로 한다.

2) 구조

침전지의 구조는 다음 사항을 고려하여 정한다.

(가) 침전지는 주로 수밀성 구조로 하여 부력에 대하여도 안전한 구조로 한다.

(나) 슬러지를 제거시키기 위한 적절한 제거장치가 설치될 수 있는 구조로 한다.

(다) 슬러지제거기를 설치하는 경우 침전지 바닥의 기울기는 직사각형의 경우에는 1/100~1/50으로 원형 또는 정사각형인 경우에는 1/20~1/10으로 한다.

(4) 슬러지제거기가 설치된 조의 바닥에는 호퍼(hopper)를 설치한다.

3) 표면부하율

최종침전지의 표면부하율은 계획 1일 최대오수량에 대하여 $20\sim 30\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$ 로 한다.

4) 고형물부하율

최종침전지의 고형물부하율은 $150\sim 170\text{kg}/\text{m}^2 \cdot \text{d}$ 로 한다.

5) 유효수심

유효수심은 2.5m~4m를 표준으로 한다.

6) 침전시간

침전시간은 계획 1일 최대 오수량에 대하여 정하며 일반적으로 3~5시간으로 한다.

7) 여유고

침전지 수면의 여유고는 40~60cm 정도로 한다.

8) 정류설비

정류설비에 있어서는 다음 사항을 고려한다.

- (가) 직사각형 침전지에서와 같이 하수의 유입이 평행류인 경우에는 저류판 혹은 유공정류벽을 설치한다.
- (나) 원형 및 정사각형 침전지에서와 같이 하수의 유입이 방사류인 경우에는 원통형 저류판을 설치한다.

9) 유출설비 및 스킴제거기

유출설비 및 스킴제거기는 다음 사항을 고려하여 설치한다.

- (가) 유출부분에는 월류웨어(weir)나 스킴저류판(scum baffle)을 설치한다.
- (나) 스킴저류판(scum baffle)은 수면에서 위로 10cm 수면에서 아래로 30~40cm 가량되도록 설치한다.
- (다) 월류웨어의 부하율은 $150\sim190\text{m}^3/\text{m}\cdot\text{d}$ 정도로 한다.

10) 슬러지제거기

슬러지제거기는 다음 사항을 고려하여 정한다.

- (가) 직사각형지의 경우에는 연쇄(chain-flight)식, 주행사이펀식을 이용하는 것이 좋다.
- (나) 원형자 또는 정사각형지의 경우에는 회전식으로 한다.

(다) 슬러지제거기의 속도는 침전된 슬러지가 교란되지 않을 정도로 한다.

11) 슬러지배출설비

침전지내의 슬러지제거기에 의하여 모아진 슬러지는 다음 사항을 고려하여 배출하도록 한다.

(가) 슬러지를 배출하기 위해서는 수위차를 이용하거나 펌프 또는 주행사이편을 사용한다.

(나) 슬러지를 배출하기 위한 관은 주철관 또는 이와 동등이상의 기능을 갖는 재질의 이거나 최소한 직경이 200mm 이상으로 한다.

(다) 배출관은 폐쇄되기가 쉬우므로 배관에 특히 유의하며 적당한 곳에 청소구를 설치한다.

5. 처리시설의 설계

처리시설은 토목, 수질, 환경, 생물, 기계, 전기, 건축 등 다양한 기술의 집합체이므로, 처리시설의 설계에 있어서는 폭넓은 지식을 필요로 한다. 처리시설의 일반적인 설계순서는 그림-2와 같다.

가. 처리Flow-sheet의 작성

처리 Flow-sheet의 작성에 있어서는 먼저 계열분할지 여부를 결정하여야 하며, 계열분할은 시설규모나 사용율등에 따라서 결정된다. 일반적으로 200톤/일 이상 규모의 처리시설에서는 주요처리공정을 2계열로 분리하는 방법을 택하는 것이 시설의 운영관리상 유리하다. 또한 원수펌프설비와 방류펌프설비의 설치여부를 판단하여야 하며,

이러한 설비들은 처리시설의 설치높이와 처리시설 전후 오수관 높이와의 상대관계에 의해서 설치여부를 결정하게 된다. 그러므로 처리시설의 설치높이도 이 때 함께 결정되어야 한다.

<표7.5> 처리시설 설치방법의 분류와 특징

구 분	설 치 방 법	특 징
지 상 식	처리수조가 지상에 노출	<ul style="list-style-type: none"> ○ 공사비가 고가이다. ○ 외관상 문제가 되는 경우가 많다. ○ 악취, 비사등의 2차 공해의 우려가 있다. ○ 유지관리의 작업성에 약간 어려움이 있다.
반지하 식	수조의 1/2정도를 지하에 매설	<ul style="list-style-type: none"> ○ 공사비가 비교적 저렴하다. ○ 외관상 문제가 되는 경우가 있다.
지하식(1층 슬라브)	수조를 지하에 매설	<ul style="list-style-type: none"> ○ 공사비가 비교적 고가이다. ○ 외관상 문제가 적다 ○ 2차 공해가 적다 ○ 유지관리의 작업성이 좋다.
지하식(2층 슬라브)	수조는 지하2층에, 기계실은 지하1층에 매설	<ul style="list-style-type: none"> ○ 공사비가 고가이다. ○ 외관상 문제가 적다. ○ 2차 공해가 적다. ○ 상부토지의 유효이용이 가능하다. ○ 유지관리의 작업성이 비교적 어려바.

처리시설의 설치방법으로는 지하식, 반지하식, 지상식 등의 설치방법이 있으며, 주변 환경과의 조화성과 경제성을 고려하여 적절한 것을 선택하게 된다. 처리시설의 설치 방법별 특징은 표-8에서 보는 바와 같으며, 일반적으로 오수를 처리시설의 지하부로 자연 유입시킨 후 스크린 등의 전처리 설비를 경유해서 원수 펌프로 양수하는 방식이 많이 사용되고 있다.

나. 처리수조의 용량·형상의 결정과 배치

처리방식에 따라서 각 수조의 설치기준이 되는 체류시간 및 부하량이 결정되면 여기에 기초해서 각 처리수조의 용량을 결정한다. 용량계산에 따라서 필요용량을 산출하고 주어진 여건에 따라서 각 수조의 형상을 결정토록 한다. 각 처리수조의 형상 및 배치의 결정에는 여러 제약조건이 많으므로 치수 및 형상의 선택 폭이 적은 수조를 먼저 확정토록 하여야 하며, 경제성 및 처리장 부지의 형상, 오수의 유입·유출 방향 등에 적합하도록 결정하여야 한다.

침전분리조, 호기성 접촉조, 침전조 등의 아래 부분에는 슬러지의 퇴적과 발취작업을 고려하여 경사각도를 주는 것이 필요하며, 이 경우에는 슬러지 침강을 고려한 유효수심을 결정하여야 한다. 한편, 슬러지 및 탈리액을 이류시키기 위해서는 적절한 기울기를 가진 배관이 필요하다. 상부 슬라브에 설치되는 개구부는 유지관리상 처리조 내부를 충분히 볼 수 있도록 설치하여야 하며, 처리조의 형상을 고려해서 그 크기와 위치를 결정하도록 한다.

다. 부대설비의 결정

처리조의 용량 및 형상에 적합하도록 오수이송펌프, 부로와 등 기기류의 구성을 결정한다. 이 외에도 오수처리의 부대설비로는 탈취설비, 슬러지 처리설비 등이 있으며, 이들의 설치에 대해서도 경제성과 주변환경, 슬러지 처분계획 등에 기초하여 충분히 검토하여야 한다. 유입오수량의 계속은 처리시설 전체의 유지관리에 중요하므로 유입부에 자동적산 기록장치를 설치할 필요가 있다.

라. 시설배치도의 작성

처리장 부지의 형상에 맞추어서 시설을 배치하여야 하며, 이 때 오수의 유입·유출

방향, 슬러지의 장외 반출작업, 유지관리의 편리성 등에 유의하여야 한다.

1) 오수의 유입·유출방향

오수의 유입경로와 처리수의 유출경로를 고려하여 시설을 배치한다.

2) 슬러지의 장외 반출작업

슬러지의 발취작업을 고려하여 바류차 등이 슬러지 저류설비에 용이하게 접근하고 회전하는데 필요한 공간을 확보하여야 한다.

3) 유지관리의 관리성

유지관리작업의 순서를 고려하여 작업의 효율성을 확보함과 동시에 안전성을 위한 충분한 공간을 확보한다.

마. 건물(관리동)의 설계

처리시설의 관리동은 주변환경과 조화되고 기능성을 겸비하도록 한다. 이를 위해서는 다음사항에 유의하여 설계하여야 한다.

1) 유지관리의 작업성·안전성 확보

조명 및 환기가 적절하게 시행되어 유지관리 작업이 원활히 수행되도록 하여야 하며, 조명설비나 환기설비는 관련기준에 따라 설치되어야 한다.

2) 기구류의 보관 공간 확보

슬러지의 이송작업등에 사용되는 가반식 (Potable)펌프 및 호스류, 기타 유지관리에 필요한 기구의 보관 공간을 확보한다.

3) 급수설비 및 위생설비

처리시설의 유지관리에는 수돗물을 사용하는 작업이 많으므로 급수시설을 갖추는 것이 필요하다.

제 5절 처리시설의 유지관리

단독가구형 오폐수처리시설의 유지관리는 각 시설의 기능을 적절히 유지하고 고장을 방지함으로써 그 효과를 발휘하도록 합과 아울러 시설환경을 양호하게 보전함으로써 시설의 안정성과 쾌적성을 확보함을 목적으로 한다. 따라서 계획적이고 효율적 유지관리가 되도록 합리적인 유지관리 계획을 수립시행 하는 것이 중요하다.

1. 유지관리의 기본

처리시설의 유지관리는 넓은 의미로는 시설의 유지관리(보수점검, 청소, 수질관리, 안전관리 등) 및 운영관리(시설의 수리개량, 회계관리, 재산관리 등)를 의미하나 좁은 의미로는 시설의 유지관리만을 의미한다.

여기서는 좁은 의미로의 유지관리에 대하여 기술한다.

일반적으로 단독가구형 오폐수처리시설은 유지관리를 위해서 전문기술자를 상주시키기에는 경제적으로 곤란할 때가 많다. 따라서 유지관리업무 중 전문기술을 요하는 보수점검은 전문기술자가 순회관리하고 일상적인 관리는 마을 주민이 담당하는 방안을 고려할 필요가 있다.

한편 처리시설에 유입되는 오염부하를 줄이기 위해서는 각 가정에서의 오염배출을 감소시키는 것이 중요하며 오염배출량 감소를 위한 가정에서의 유의사항은 표 7.6과 같다.

〈표 7.6〉 오염부하감소를 위한 가정에서의 유의사항

장 소	내 용
부 욕	(i) 조리찌거기와 음식찌꺼기의 회수 (ii) 식기, 냄비 등의 기름은 종이로 닦아내고 씻는다 (iii) 찌개 등은 남아서 버리지 않을 정도만 만든다. (iv) 쓰지 못하게 된 기름은 흘려보내지 않는다. (v) 세제는 생분해성이 높은 것을 적정량만 사용한다.
세 탁 실	(i) 세탁은 생분해성이 높은 세제를 적정량만 사용하다 (ii) 세탁기는 필터를 부착한다.
목 욕 실	(i) 모발, 쓰레기 등은 회수하고 흘려보내지 않는다. (ii) 오수처리의 정상적 기능을 방해하는 약품 등은 사용하지 않는다.
화 장 실	(i) 수세식 변소의 물의 양을 적정량으로 한다. (ii) 오수처리의 정상적 기능을 방해하는 약품 등은 사용하지 않는다. (iii) 물에 용해되기 쉬운 화장지를 사용한다. (iv) 위생용품, 종이기저귀 등은 흘려보내지 않는다.
택 지 내	(i) 물받이에 지표수, 지하수, 토사 등의 유입을 방지한다. (ii) 우물물, 빗물의 유입을 방지한다. (iii) 택지내 배관의 오점합을 하지 않는다.

2. 유지관리의 내용

적절한 유지관리를 위해서는 합리적인 유지관리지침을 마련함과 동시에 평상시 및 긴급시의 유지관리체제를 명확하게 하여 계획적이고 효율적으로 관리할 필요가 있다.

처리시설에 대한 평상시 유지관리의 주요내용은 표 7.7에서 보는 바와 같다.

한편 기계설비의 고장이나 정전 등 예측할 수 없는 이상사태에 대비하기 위하여 사고내용에 따른 비상연락체제와 연락방법 등을 확립해 둘 필요가 있다. 기계설비의 광 또는 정전 등으로 처리시설의 운전이 정지될 경우는 오수의 월류를 방지하는 것이 중요하며 이를 위해서 가반식 설비 등을 준비할 필요가 있다.

<표 7.7> 오폐수처리시설의 유지관리 주요내용

항 목	내 용
점 검	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 단위장치 및 기기류의 작동상태와 시설 전체의 운전상황을 조사하고 이상이나 고장의 유무를 확인 ◦ 점검결과 이상이나 고장발견시 대책을 강구 ◦ 단위장치나 기기류의 기능유지나 내구성 보전 도모 ◦ 시설 전체가 정상적으로 작동되도록 관리 ◦ 스크린 찌꺼기 및 침사등의 제거·처리를 포함하는 시설전체 청소
수 질 관 리	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 시설기능의 정상여부를 수질측정결과로부터 판단하고 조정하는 일련의 작업
공 해 대 책	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 악취, 소음, 농어업피해 등에 대한 대책
시 설 대 장	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 집수구역 및 처리구역, 관거 및 토구의 위치, 관거연장, 관로시설물의 종류 및 개수, 처리장의 위치 및 부지면적, 처리시설의 구조 및 능력에 관한 조서 및 도면
기 록	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 보수점검, 운전상황, 수질관리 등의 기록
안 전 대 책	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 관리작업 시의 사고방지, 유해가스 대책, 위험위치의 표시, 맨홀 뚜껑의 고정 등
위 생 관 리	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 소독 및 기타의 위생장치 설치, 정기건강진단 등
연 구 지 도	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 관리기술자의 자질향상, 주민의 이해 증진 등
기 타	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 불법배수의 감시 등

3. 처리시설이 보수점검 및 청소

오폐수처리시설의 보수점검 및 청소 등에 있어서는 유입부하에 대응한 적절한 운전, 수질관리 및 오니관리방법, 청소에 대한 계획적이고 효율적인 계획을 수립하는 것이 중요하다.

가. 처리시설의 운전

처리시설의 운전에 대해서는 설계도서 및 기계설비의 취급설명서 등을 숙독하고 시설의 처리원리나 능력에 대하여 정확히 파악하고 유지관리 지침에 따른다. 기계설비 및 처리수조는 소정의 설계부하에 적합한 능력으로 되어있기 때문에 현장의 부하 조건과의 관계를 파악함과 동시에 이에 대응한 운전을 해야한다.

운전은 현장에서 수질측정(자동계측데이터 등을 포함)결과 및 육안에 의한 판단등에 따라 다음 사항에 대하여 운전, 조정, 관리를 한다.

- 유 량
- 미생물량, 오니량, 스크럼량
- 공기량
- 펌프, 송풍기, 소독기 등의 기계설비
- 환기량
- 기 타

나. 보수점검

단독가구형 오폐수처리시설에서는 장기간 안정된 처리기능이 발휘하고, 또 적합한 방류수질이 유지되며, 이상의 조기발견을 위한 보수점검을 실시하도록 한다.

일상관리외의 보수점검은 순회관리로 하고, 그 횟수는 일반적으로 생물막법에서는 1회/2주정도 하는 것이 바람직하다.

다. 수질검사

수질검사는 처리시설의 기능을 점검하기 위하여 실시하며, 수질검사결과 이상이 있다고 판단될 경우에는 기능회복을 위하여 필요한 조치를 강구해야 한다. 수질정기검사는 관계 법령에 따라 실시하도록 하고, 검사의 정확도를 높이기 위하여 현장측정 및 시료채취가 용이하도록 배려한다. 또한 관계법령에 의한 수질검사(예:오수정화시설 방류수에 대하여 1회/6월)를 실시하는 외에 안정된 처리기능을 유지하기 위하여 수질검사 항목과 검사횟수를 독자적으로 설정하는 것이 필요하며, 그 표준적인 목표

는 표 7.8와 같다.

여기서 T-N, T-P는 탈질, 탈인의 고도처리 시설의 경우에 적용된다.

<표 7.8> 수질검사항목과 검사 회수

수 질 검 사 항 목	검 사 횟 수	채 수 위 치
BOD	1회/2개월	유입수, 처리수
SS	1회/2개월	유입수, 처리수
대장균 군수	1회/6개월	방류수
T-N	1회/2개월	유입수, 처리수
T-P	1회/2개월	유입수, 처리수

주) 처리수 : 침전조 유출수, 방류수 : 소독후 유출수

이 외에는 순회관리에 의한 보수점검시 필요에 따라 pH, 루시도, 수은 DO(용존산소량), SV30(오니침전율), 잔류염소농도, 오니계면, 생물막 두께, 스크, 산화환원전위 등을 조사하여 운전관리 및 청소 등의 기준으로 하는 것이 중요하다.

라. 안전위생관리

오폐수처리시설의 특수성 때문에, 유지관리담당자와 시설을 방문하는 지역주민의 안전위생에 대하여 각별히 유의하지 않으면 안된다. 여기에는

- 점검덮개의 밀폐와 시건 장치의 확인
- 전기설비와 기계설비 등의 점검 및 운전시의 안전성
- 오수나 오니 저류조에서의 전락방지
- 가스발생 및 산소부족대책 ○ 환기 ○ 약품의 취급시 안전성

따라서 다음과 같은 대책이 필요하다.

- 환기, 조도(밝기) 등의 안전기준 준수 ○ 주의사항 게시
- 관계자이외의 출입금지 ○ 낙하방지 및 안전구출 대책
- 작업, 청소시의 세면, 세정, 소독 등의 위생대책

마. 슬러지(오니)관리 및 청소

각 처리수조에서의 오니 발생량은 유입부하, 처리방식, 시설의 구조, 운전상황(폭기량, 오니제거 상황, 반송오니량, 역세척 상황, 오니농축 저류조의 관리상황 등에 따라서 크게 달라진다. 따라서 시설별로 오니관리의 방법과 청소의 시기 등에 대하여 검토할 필요가 있다. 일반적으로는 스킴, 오니계면의 상황, 처리 수질등의 지표를 기초로 신속한 오니제거 및 역세척 등 치밀한 관리가 중요하다. 또 오니가 과잉으로 축적되면 오수의 체류시간이 단축되어 교반, 침전, 산소공급 등의 조건이 변화하여 처리기능의 안전성을 상실할 우려가 있다. 따라서 각 처리공정의 상황에 맞추어 적절히 오니를 제거하고, 청소한다는 것은 시설의 기능을 유지하는 데에도 필수조건인 것이다. 그리고 오니의 제거량은 오니의 함수율에 따라 크게 변화하기 때문에 오니농축저류조 등의 관리에 대하여 주의하여야 한다.

<표 7.9> 단독가구형 오폐수 처리시설의 단위장치운전상 기본적 고려사항

단 위 장 치	운전상의 기본적 고려사항
(폭기)침사조	- 오수에 혼입된 토사, 분괴 등이 과잉축적되지 않도록 충분히 교반 세정하고, 세정된 토사는 신속히 처분
침전분리조	- 유입오수중의 고형물등 침전분리된 오니를 배출시기까지 저류할 수 있고 후단에 고형물이 이류하지 않도록 유입특성 및 오니축적량에 유의함
유량조정조	- 폭기교반으로 적절한 수류를 형성시키고 용존산소를 공급하여 오탁물질의 호기성분해를 수행 - 생물막의 비후화에 의하여 접촉재가 막히게 되므로 역세척조작을 실시하고, 제1실의 폭기강도 및 역세척 빈도를 증가시킴

<표 7.10> 단독가구 처리시설 각종 기기류에 대한 점검 내용

점검 항목	작업 내용	비고
1. 침전분리조(보수점검) ◦ 이상수위상승의 흔적 유무확인 ◦ 스킴 및 오니퇴적상황의 점검 ◦ 현장수질검사	◦ 이상수위상승 및 유출수 무시도의 현저한 저하시에는 청소를 실시한다. ◦ 침전분리조내의 스킴 및 퇴적오니를 오니농축조로 이송한다. ◦ 필요시 외관, 수온, 악취, 무시도, pH등의 검사를 실시한다.	
2. 유량조정조(보수점검) ◦ 펌프 및 레벨 스위치의 작동상황 및 이상 수위상승의 흔적 유무 ◦ 조정조내의 교반상황의 확인 ◦ 부상물 및 오니퇴적상의 점검 ◦ 현장수질검사	◦ 유량조정조의 수위가 낮을 때에는 레벨스วิต치를 수동으로 조작하여 펌프운전최저수위까지 오수를 흡상하고 퇴적오니를 확인한다. ◦ 균일한 수류의 형성을 확인하고, 교반장치를 점검 조정한다. ◦ 펌프가동의 장애나 악취발생우려가 있을 경우는 청소를 실시하고, 부상물과 퇴적오니는 오니농축저류조에 이송한다. ◦ 필요시 외관, 악취, pH등의 검사를 실시한다.	
3. 침전조(보수점검) ◦ 월류웨어의 수평확인 ◦ 오니 제거기의 구동상황 확인 ◦ 스킴의 생성상황 및 스킴 스키머의 작동상황 점검 ◦ 오니의 퇴적상황 및 오니 펌프의 작동상황 점검 ◦ 현장수질검사	◦ 월류웨어에서의 균등월류를 확인하여 불균등 월류의 경우에는 월류웨어 높이를 조정한다. ◦ 감속기의 진동, 발열, 회전음 등을 점검 확인한다 ◦ 월류러프너 또는 월류웨어 등에 오니, 스킴 등이 부착하여 있을 경우는 이를 제거한다. ◦ 스킴의 이상발생 또는 오니의 과잉축적이 인정될 경우는 침전조의 오니제거펌프의 작동간격을 조정한다. ◦ 필요시 외관, 수온, pH, 무시도, 아질산반응 등에 대하여 검사를 실시한다.	

5. 환경보전

가. 소음 및 악취의 방지

처리장의 위치 결정에 있어서는 소음이나 악취 때문에 마을 주거지역에서 멀리 떨어진 곳에 설치하는 경우가 적지 않으나 경제적인 시설을 건설하기 위해서는 되도록

록 주거지역 가까운 곳에 설치하는 것이 바람직하다.

소음이나 악취는 시설의 불비, 기계의 고장 외에도 건축물의 파손, 맨홀의 완전밀폐 등에 의하여 발생한다. 따라서 이에 대한 정기적인 점검을 시행하는 동시에 문제가 발생하였을 때에는 신속히 조치를 취하도록 한다.

나. 경관 보전

처리장이나 그 주변은 항상 청결한 외관을 유지하고 주변 경관을 보전하도록 배려하여야 한다. 경관을 보전하려면 다음 2가지 사항에 대한 대응책이 요구된다.

○ 시설의 외관 보전

시설의 외관은 시설의 파손 및 도장의 열화에 의해서 악화된다. 따라서 이에 대비한 정기점검과 철저한 보수작업 필요하다.

점검대상	점검사항	점검요령
1. 펌프설비	<ul style="list-style-type: none"> ○ 운전음, 발열, 진동 ○ 양수량 및 양정 ○ 막힘, 분해검사(6개월) ○ 절연도, 베어링, 임펠러, 오일(6개월) 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 이상소음 및 발열여부 ○ 적정여부량 ○ 분해, 청소, 급유, 부품교체등 ○ 절연시험기 및 육안관찰
3. 기 타 ○ 배관 ○ 산기관 ○ 전기설비	<ul style="list-style-type: none"> ○ 누수, 균열, 막힘 ○ 막힘, 파손 ○ 조작반점검, 누전 및 절연 불량여부, 케이블 노후화 여부 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 점검 교환

○ 주변경관의 보전

주변경관의 보전에는 주위 조경(식재 등)이나 경관시설 등의 유지관리, 잡초, 방제, 청소작업 등이 있다. 이와 같은 작업들은 지역주민들로부터 협조와 지원을 받아 수행하는 것이 바람직하다.

참고문헌

- 국립환경연구원, 1998, 먹는물 수질관리기술 개발에 관한 연구(II), NIER No. 98-13-528, 153p.
- 국방부, 1998, 군 오수정화시설 최적보완 방안 연구, 광운대학교 환경연구실, 용역연구 사업, 139p.
- 김남천, 강명규, 김명운, 김복현, 박철희, 안기섭, 여환구, 하태욱, 2000, 환경시리즈 21 : 환경미생물제어공학, 도서출판 동화기술, 543p.
- 김상석, 이태영, 2001, Vision 21C 수질오염 방지 기술, 도서출판 삼보, 333p.
- 농림부, 1996, 축산분뇨 및 액비처리를 위한 연속발효 시스템 개발, (주)과학축산, 연구보고서, 77p.
- 농림부, 1997, 소규모 또는 겸업양축농가를 위한 재택형 간이축산폐수처리 시스템 개발, 서울대학교 농업생명과학대학, 연구보고서, 59p.
- 농림부, 1999, 수생생물에 의한 수질개선기법 연구, 농업기반공사 농어촌연구원, 248p.
- 농림부, 1999, 수질개선을 위한 수처리조 배열기법 연구, 농업기반공사 농어촌연구원, 264p.
- 농어촌진흥공사, 1993, 농업 수자원 종합 관리 시스템 개발, 충남대학교 농업과학연구소, 연구보고서 93-05-10, 269p.
- 농어촌진흥공사, 1994, 농어촌마을배수 처리시스템에 관한 연구 : 농어촌 마을오폐수 처리시설 계획설계 지침서(안), 연구보고서 94-05-21, 283p.

농어촌진흥공사, 1996, 농어촌 오·폐수처리시설 업무편람, 342p.

수질오염·폐기물·토양오염 공정시험방법, 2001, 편집부 편, 도서출판 동화기술, 669p.

(주)한미, 자연정화법 : 한미 BIO-REACTOR SYSTEM

최영길, 김치경, 민경희, 한홍의, 이기성, 김병태, 조관형, 조홍범, 1999, 현대 환경미생물학, (주)교학사, 449p.

하·폐수의 고도처리, 1995, 김오식 편저, 동화기술, 502p.

한국자원재생공사, 1995, 사용종료매립지의 적정사후관리 방안, 한국폐기물학회, 431p.

한국환경과학협회의, 1993, 지하수 환경기준 및 지하수 오염 판단기준 설정에 관한 연구, 연세대학교 환경공해연구소, 178p.

한정상, 2001, 제17회 국회환경포럼 : 국내 지하수관리 및 제도상의 문제점과 개선방안

현대토양정화주식회사, 토양식 오수정화 공법 이해를 돕는 설명서

환경오염공정시험법, 2000, 환경교육연구회 편, 도서출판 대학서림, 509p.

2000년 공무원 기술교육 자료 : 환경시설관리실무교재, 128p.

On-Site Wastewater Treatment : Proceedings of the 8th Symposium on Individual and Small Community Sewage Systems, 1998, Sievers, D.M. ed., American Society Agricultural Engineers, 544p.

Characklis, W.G. "Fouling biofilm development: A process analysis"

- Biotechnology and Bioengineering*, vol.23(1981) pp. 1923~1960
- Schulz, K.L. "Experimental vertical screen trickling filter," *Sewage and Ind. Wastes*, vol.29(1957) p.458
- Zelver, N., *Biofilm development and associated energy losses in water conduits*, M.S. thesis, Rice University (1979)
- Hehn, R.C. and Ray, A.D., "Effect of thickness on bacterial film," *J. Water Pollut. Control Fed.* Vol.45(1973) p.2308
- Jank, B.E. and Drynan, W.R., "Substrate removal mechanism of Trickling filters", *J. ㅉ. Eng. Div., ASCE*, EE3(1973) p187
- Trulear, M.G. and Characklis, W.G., "Dynamics of biofilm process," *H. Water Pollut. Control Fed.* vol54(1982) pp.1288~1301
- Hoehn, D.C., The Effect of thickness on the structure and metabolism of bacterial films, Ph.D. thesis, University of Missouri(1970)
- Laudenberger, G and Hartmann, C., "Physical structure of activated sludge in aerobic stabilization," *Water reaserch*, vol.5(1971) p.335
- Wuhrmann, K., "Stream purification," *Water Pollution Micrbiology*, Mitchell, R. Ed., Wiley(1971)
- Williamson, K. and McCarty, P.L., "A model of substrate utilization by bacrteial films," *J. Water Pollut. Control Fed.*, vol48(1976) pp.9~24
- Williamson, K. and McCarty, P.L., "Verification studies of the biofilm model for bacterial substrate utilization," *J. Water Pollut. Control Fed.*, vol48(1976) pp.281~296
- Jansen. J. la C. and Harremose, P., "Removal of soluble substrates in fixed

- films," Water Science Technology, vol17(1984) pp.1~4
- LaMotta, E.J., "Internal diffusion and reaction in biological films,"
Environmental Science and Technology, vol.10(1976) p.266
- METCALF & EDDY, Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, Reuse,
McGraw-Hill(1979)
- Liptak, B.G., Environmental Engineer's Handbook, vol.1, Chilton Book Co. (1974)
- 洞澤勇編著, 「生物膜法」, 思考社 (1982) p.20
- Eckenfelder, W.W. Jr., "Trickling Filtration Design and Performance," Trans.
ASCE, vol128(1963)
- National research Council, "Sewage Treatment at Military Installation," Sew.
Works Jour., vol18(1946) p.787
- Benfield, L.D. and Randall, C.W., Biological Process Design for Wastewater
Treatment, Prentice-Hall (1980)
- 건설부, 「하수도시설기준」, (1992.10) p.4-139

부 록

부록 I. 하수종말처리시설 고도처리 공법 비교	210
부록 II. 오폐수처리 관련 법규	229
부록 III. 문화마을 조성사업 지구선정 현황	285
부록 IV. 합정정화조 방류수 수질검사 결과 현황	291
부록 V. 현장수질분석자료	309
부록 VI. Y군 소규모 오폐수시설의 유입수, 배출수의 수질 및 처리효율 변화	323

부록 I. 하수종말처리시설 고도처리 공법 비교

(자료출처 : 환경부)

1. 표준활성슬러지법 + 3차처리 (물리화학적 처리)

구분	표준활성슬러지법 (Conventional Activated Sludge)	비고
처리공정 개요	<ul style="list-style-type: none"> 1차 침전된 하수와 반송 활성슬러지가 폭기조의 앞부분으로 주입되고 산기식 또는 기계식 폭기에 의하여 혼합됨 일반적으로 공기는 폭기조 길이로 균등하게 주입되고 포기시간동안 혼합, 응결(flocculation), 산화가 일어나면서 유기물은 생물학적 활성슬러지(MLSS, mixed liquor suspended solid)로 변환되며 일정 체류시간 동안 반응한 활성슬러지는 2차 침전지에서 침전 분리됨. 	
공정구분	<ul style="list-style-type: none"> 호기성 부유성장 처리공법 + 물리·화학적처리(선택) 	
처리효율	<ul style="list-style-type: none"> 유기물질 : BOD : 85~90%, SS : 85~90% 영양염류 : T-N : 20~30%, T-P : 10~25% (응집제 첨가시 : 70~80%) 	
설계인자	<ul style="list-style-type: none"> HRT : 4~8시간 · SRT : 5~15일 · F/M.비 : 0.2~0.6kgBOD/MLSS/d MLSS : 1,500~3,000mg/L · 반송율(RAS) : 50~100% 	
장 단 점	<ul style="list-style-type: none"> 국내 적용실적이 가장 많으며 처리시설 건설 및 운전에 따르는 기술 축적이 충분히 되어 있다. 또한 BOD, SS와 같은 유기물질의 경우 비교적 안정적인 방류수질을 유지할 수 있으며 약품을 사용하지 않기 때문에 유지관리비가 저렴한 편이며 다양한 변형공정이 연구·개발되어 있어 조건에 따라 다양하게 적용할 수 있음. 공정제어에 융통성이 있으며 거의 모든 생물학적 처리문제에 적용할 수 있으며 공정변형 또는 추가를 통하여 고도처리시설로의 확장이 가능함. 반면 운전에 따르는 유지관리 기술이 요구되며 발생하는 슬러지의 처분에 비용이 많이 소요됨 질소의 제거효율이 낮아 장래 수질기준 강화시 추가로 고도처리시설의 신설 또는 증설이 요구됨. 3차 처리로 응집침전시설을 추가할 경우 약품슬러지의 발생량이 많으며 사여과 또는 활성탄을 사용할 경우 부지면적 및 유지관리비의 증가가 예상됨. 	
처리공정 모식도	<p>※ 3차처리로 화학적 응집침전 또는 사여과 및 활성탄 등을 적용할 수 있음</p>	

2. 연속회분식 반응조 (SBR) 공법

구 분	연속회분식 반응조 (SBR, Sequencing Batch Reactor) : 간헐유입식	비 고																																																	
처리공정 개요	<ul style="list-style-type: none"> • 단일 반응조에서 오·폐수의 유입 및 처리수의 유출이 일어나는 공정으로 정해진 시간의 배열에 따라 각 단위공정이 연속적으로 일어난다. 즉, 유입(Fill)공정 → 반응(React)공정 → 침전(Settle)공정 → 배출(Draw)공정 → 휴지(Idle)공정의 순으로 반응이 진행된다. 																																																		
공정구분	<ul style="list-style-type: none"> • 호기성 부유성장 처리공법 (공법에 따라 연속유입 또는 간헐 유입됨) 																																																		
처리효율	<ul style="list-style-type: none"> • 유기물질 : BOD : 85~90%, SS : 85~90% • 영양염류 : T-N : 30~85%, T-P : 30~70% 	영양염류 제거 효율은 운전방법에 따라 다소 차이가 남																																																	
설계인자	<ul style="list-style-type: none"> • 운전시간(3~24시간) 및 제어방법 • MLSS : 2,000~3,000mg/L • F/M 비 : 0.15~0.50kgBOD/MLSS/d • 반송율 : 반송없음 • 혐기지속시간 : 1.8~3.0hr • 호기지속시간 : 1.0~4.0hr 																																																		
장 단 점	<ul style="list-style-type: none"> • 포기조내 MLSS(Mixed Liquor Suspended Solids)는 모든 공정을 통하여 반응조 내에 있게 되므로 침전지 및 반송이 필요 없는 것이 장점이며 현재 여러 종류의 특허화된 연속회분식공정이 개발되어 있음 (ICEAS, KIDEA, CASS, OmniFlow 등) • 반응조건을 조절함에 따라 질소와 인의 제거가 가능 • 별도의 2차 침전지 및 슬러지 반송설비가 필요 없으며, 특허화된 공법에 따라 연속적으로 원수유입이 가능함. • 충격부하(Shock load)에 비교적 강하며, 사상균을 제어할 수 있는 운전의 융통성이 있으며 시설이 간단하여 운전이 용이함. • 토지가 부족한 소규모 하수처리에 주로 적용(주로 20,000~30,000m³/일 이하)되며, 국내에는 대규모 하수처리시설에 적용된 사례가 적음. 																																																		
처리공정 모 식 도	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>hrs</td> </tr> <tr> <td>F</td><td>FM</td><td>FMR</td><td>R</td><td>S</td><td>D</td><td>I</td> </tr> <tr> <td colspan="6"></td> <td>800. SS 제거</td> </tr> <tr> <td>F</td><td>FM</td><td>FMR</td><td>R</td><td>S</td><td>D</td><td>I</td> </tr> <tr> <td colspan="6"></td> <td>800. SS 제거 및 질산화</td> </tr> <tr> <td>F</td><td>FM</td><td>FMR</td><td>R</td><td>S</td><td>D</td><td>I</td> </tr> <tr> <td colspan="6"></td> <td>800. SS, N 및 P 제거</td> </tr> </table> <p>공법에 따라 연속유입가능</p> <p>F : Fill Only, FM : Fill Mixed, R : React, D : Decant FMR : Fill Mixed and Aerated, S : Settle, I : Idle</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p>채움 Anaerobic Aerobic Anoxic 침전 배출</p> </div> </div>	0	1	2	3	4	5	hrs	F	FM	FMR	R	S	D	I							800. SS 제거	F	FM	FMR	R	S	D	I							800. SS 제거 및 질산화	F	FM	FMR	R	S	D	I							800. SS, N 및 P 제거	처리수 배출을 위한 Decanter 시설이 설치됨
0	1	2	3	4	5	hrs																																													
F	FM	FMR	R	S	D	I																																													
						800. SS 제거																																													
F	FM	FMR	R	S	D	I																																													
						800. SS 제거 및 질산화																																													
F	FM	FMR	R	S	D	I																																													
						800. SS, N 및 P 제거																																													

3. 연속회분식 반응조(SBR) 변형공법(1) : 연속유입식

구 분	KIDEA 공법	비 고
처리공정 개요	<ul style="list-style-type: none"> • SBR 공법과 유사하나 하수가 연속적으로 유입되는 상태에서 포기, 침전, 처리수 배출의 3단계 과정을 하나의 사이클(Cycle)로 하여 무산소/혐기성 상태에서 호기성 상태로 미생물들이 적응하는데 소요되는 Lag-Time을 이용하여 질소 및 인을 제거함. 	
공정구분	<ul style="list-style-type: none"> • 호기성 부유성장 처리공법 (연속유입) 	
처리효율	<ul style="list-style-type: none"> • 유기물질 : BOD : 90~95%, SS : 90~95% • 영양염류 : T-N : 70~90%, T-P : 80~90% 	
설계인자	<ul style="list-style-type: none"> • MLSS : 2,000~6,000mg/L • HRT : 10~24hr • SRT : 20~45일 • F/M 비 : 0.02~0.10kgBOD/MLSS/d • 반송율 : 반송없음 • 포기시간 : 45~90분 • 침전시간 : 60~90분 • 배출시간 : 20~45분 	
장 단 점	<ul style="list-style-type: none"> • 포기조내 MLSS(Mixed Liquor Suspended Solids)는 모든 공정을 통하여 반응조 내에 있게 되므로 침전지 및 반송이 필요 없는 것이 장점임. • 반응조건을 조절함에 따라 질소와 인의 제거가 가능 • 별도의 2차 침전지 및 슬러지 반송설비가 필요 없음. • 연속적으로 원수유입이 가능하므로 탈질에 소요되는 Carbon Source를 충분히 공급할 수 있게 되어 질소제거효율이 우수함. • 충격부하(Shock load)에 비교적 강하며, 사상균을 제어할 수 있는 운전의 융통성이 있으며 시설이 간단하여 운전이 용이함. • Decanter 설비의 국산화가 이루어짐 • 동절기에 수온이 저하될 경우 처리효율이 불확실함. • 토지가 부족한 소규모 하수처리에 주로 적용(주로 20,000~30,000m³/일 이하)되며, 국내에는 대규모 하수처리시설에 적용된 사례가 없음. 	
처리공정 모식도	<p>원수</p> <p>침전</p> <p>포기상태 (Anoxic, Aerobic 상태로 운전)</p> <p>침전</p> <p>배출</p>	처리수 배출을 위한 Decanter 시설이 설치됨

4. 연속회분식 반응조 (SBR) 변형공법(2) : 연속유입식

구 분	ICEAS (Intermittent Cycle Extended Aeration System) 공법	비 고
처리공정 개요	<ul style="list-style-type: none"> • SBR 공정을 변형하여 한 개의 반응조를 이용하는 동안에 연속적으로 하수 또는 폐수를 유입할 수 있음. • 처리공정은 동일한 반응조내에서 생물학적 산화, 질산화, 탈질 및 고액분리가 이루어지는 포기, 침전, 처리수 유출의 3단계로 운전되어지므로 채움(Fill)과 슬러지 배출(Idle) 시간이 필요 없음. • 주반응조 전단에 설치되어 있는 전처리 반응조에서는 높은 F/M 비를 유지하여 유기적 선택자(Organic Selector)로서의 역할을 하며, 이는 슬러지 별킹의 원인이 되는 사상균의 성장을 억제하는 역할을 함. 	
공정구분	• 호기성 부유성장 처리공법 (연속유입)	
처리효율	<ul style="list-style-type: none"> • 유기물질 : BOD : 90%, SS : 90% • 영양염류 : T-N : 80% 이상, T-P : 50~70% 	
설계인자	<ul style="list-style-type: none"> • MLSS : 2,000~8,000mg/L • HRT : 18~36hr • SRT : 10~30일 • F/M 비 : 0.04~0.30kgBOD/MLSS/d • 반송율 : 반송없음 • Air-Off : 72분, Air-On : 96분, Settle : 60분, Decant : 60분 • Total Cycle time : 4.8시간 	
장 단 점	<ul style="list-style-type: none"> • 반응조건을 조절함에 따라 질소와 인의 제거가 가능 • 별도의 2차 침전지 및 슬러지 반송설비가 필요없음. • 자동제어설비에 의한 운전자동화가 가능하며, 운전방식을 다양하게 할수 있음. • 충격부하(Shock load)에 비교적 강하며, 사상균을 제어할 수 있는 전처리 반응조의 설치로 슬러지 별킹현상을 억제할 수 있음. • 토지가 부족한, 소규모 하수처리에 주로 적용(주로 20,000~30,000m³/일 이하)되며, 국내에는 대규모 하수처리시설에 적용된 사례가 적음. 	
처리공정 모 식 도		처리수 배출을 위한 Decanter 시설이 설치됨

5. A²/O 공법

구분	A ² /O (Anaerobic / Anoxic / Aerobic) 공법	비고
처리공정 개요	<ul style="list-style-type: none"> A/O 공법을 개량하여 질소 및 인을 제거하기 위한 공법으로 반응조는 혐기성조(Anaerobic Tank), 무산소조(Anoxic Tank), 호기성조(Aerobic Tank)로 구성되며 질산성 질소를 제거하기 위한 내부반송(Nitrifier Recycle)과 침전지 슬러지 반송으로 구성되어 있음. 혐기성조에서는 혐기성조건에서 인을 방출시켜 호기성조에서 미생물이 과잉섭취할 수 있도록 하며, 무산소조는 호기성조의 내부반송수의 Nitrate를 탈질시키는 역할을 함. 	
공정구분	• 혐기·무산소·호기성 부유성장 처리공법	
처리효율	<ul style="list-style-type: none"> 유기물질 : BOD : 90% 이상, SS : 90% 이상 영양염류 : T-N : 40~70%, T-P : 60% 	
설계인자	<ul style="list-style-type: none"> HRT : 5~8시간 (혐기성조 : 0.5~1.0시간, 무산소조 : 0.5~1.0시간, 호기성조 : 3.5~6.0시간) SRT : 4~27일 F/M 비 : 0.1~0.3kgBOD/MLVSS/d MLSS : 3,000~5,000mg/L BOD / TN 비 : 12 이상 슬러지반송율(RAS) : 25~50% 내부반송(Nitrifier 반송) : 100~200% 	
장 단 점	<ul style="list-style-type: none"> 기존하수처리장의 고도처리공정으로 변경시 적용이 용이함. 건설비는 표준활성슬러지법과 유사하거나 약간 높은(5~10%↑) 수준임. 반송슬러지내 질산성질소(Nitrate)로 인하여 혐기성 조건에서 인방출이 억제됨으로서 인 제거효율이 낮음. BOD/TN 비가 12이상 요구되므로 유입수중의 BOD/TN 비가 낮은 국내 하수의 처리에 부적절하며 처리시에는 외부탄소원(Carbon Source)를 주입하여야 함. 수온이 저하하는 겨울철에 질소·인 제거효율이 다소 저하함. 대규모 하수처리시설(50,000~100,000m³/일)의 국내 적용실적이 없음 	
처리공정 모식도		

6. 5단계 Bardenpho 공법

구 분	5단계 Bardenpho 공법 (5Stage-Bardenpho 또는 수정 Bardenpho)	비 고
처리공정 개요	<ul style="list-style-type: none"> Bardenpho 공법은 혐기-무산소-호기-무산소-호기조로 구성되어 있으며, 전단의 혐기-무산소-호기는 질소, 인 및 유기물을 제거하며, 2번째 무산소조에서는 내생탈질과정을 통하여 미처리된 질산성 질소를 제거하며, 마지막 호기성 단계에서는 폐수내 잔류 질소 가스를 제거하고 최종 침전지에서 인의 용출을 방지하기 위하여 사용됨. 	Phoredox 공법이라고도 불리어짐
공정구분	• 혐기·무산소·호기성 부유성장 처리공법	
처리효율	<ul style="list-style-type: none"> 유기물질 : BOD : 90% 이상, SS : 85% 이상 영양염류 : T-N : 90%, T-P : 50~90% 	
설계인자	<ul style="list-style-type: none"> HRT : 10~24시간(혐기성조 : 1.0~2.0시간, 무산소조 : 2.0~4.0시간, 호기성조 : 4.0~12.0시간, 무산소조-2 : 2.0~4.0시간, 호기성조-2 : 0.5~1.0시간) SRT : 10~40일 F/M 비 : 0.1~0.2kgBOD/MLSS/d MLSS : 2,000~4,000mg/L BOD / TN 비 : 7~10 이상 슬러지반송율(RAS) : 100% 내부반송율 : 400% 	
장 단 점	<ul style="list-style-type: none"> 4단계 Bardenpho 공법에 비하여 인 제거효율이 높으며 다른 생물학적 질소제거 공법에 비하여 질소제거효율이 높고, A²/O 공법에 비하여 긴 체류시간을 사용하므로 유기성 탄소산화 능력이 높음. 저부하 운전 및 긴 체류시간(10~24시간)으로 인하여 건설비 표준활성슬러지법에 비하여 다소 큼. 유입원수내의 RBD COD의 농도가 낮거나 수온이 저하하는 겨울철에 질소·인 제거효율이 저하함. 대규모 하수처리시설(50,000~100,000m³/일)의 국내 적용실적이 없음 	
처리공정 모 식 도		

7. VIP 공법

구분	VIP (Virginia Initiative Plant) 공법	비고
처리공정 개요	<ul style="list-style-type: none"> 표준활성슬러지 공법을 변형한 공법으로 혐기성조(Anaerobic Tank), 무산소조(Anoxic Tank), 호기성조(Aerobic Tank)로 구성되며 질산성 질소를 제거하기 위한 내부반송(Nitrifier Recycle)과 무산소조에서 혐기성조로의 내부반송 및 침전지 슬러지 반송으로 구성되어 있음. 공정 유입수내의 일부 유기물은 혐기성 지역에서 혐기성분해에 의하여 분해되어, 공정의 산소요구량을 감소시키는 효과가 있음. 	
공정구분	• 혐기·무산소·호기성 부유성장 처리공법	
처리효율	<ul style="list-style-type: none"> 유기물질 : BOD : 90% 이상, SS : 90% 이상 영양염류 : T-N : 50~75%, T-P : 80% 이상 	
설계인자	<ul style="list-style-type: none"> HRT : 5~8시간 (혐기성조 : 1.0~2.0시간, 무산소조 : 1.0~2.0시간, 호기성조 : 2.5~4.0시간) SRT : 5~10일 F/M 비 : 0.2~0.5kgBOD/MLSS/d MLSS : 1,500~3,000mg/L BOD / TN 비 : 5~7 이상 슬러지반송율(RAS) : 50~100% 내부반송(Nitrifier 반송) : 100~200% 내부반송(Anoxic 반송) : 100~200% 	
장 단 점	<ul style="list-style-type: none"> A²/O, UCT 공법보다 처리효율이 안정적이며 반응조 크기가 적으므로 경제적이다. 기존하수처리시설의 고도처리공정으로 변경시 적용이 용이함. 건설비는 표준활성슬러지법과 유사하거나 약간 높은(5~10%↑) 수준임. 내부순환을 위한 펌프사용량이 많아 유지관리비가 높으며 운전이 복잡함 BOD/TN 비가 낮은 국내하수의 처리에 대한 기술축적이 되어 있지 않으며, 수온이 저하하는 겨울철에 질소·인 제거효율이 다소 저하함. 대규모 하수처리시설(50,000~100,000m³/일)의 국내 적용실적이 없음 	미국 기술
처리공정 모식도		

8. MUCT 공법

구분	MUCT (Modified University of Cape Town) 공법	비고
처리공정 개요	<ul style="list-style-type: none"> • Bardenpho™ 공정을 단순화한 공법으로 VIP 공법과 유사하나 무산소조가 2조로 구성되어 있음. 반응조는 혐기성조(Anaerobic Tank), 2조의 무산소조(Anoxic Tank), 호기성조(Aerobic Tank)로 구성되며 질산성 질소를 제거하기 위한 내부반송(Nitrifier Recycle)과 무산소조에서 혐기성조로의 내부반송(Anoxic Recycle) 및 침전지 슬러지 반송으로 구성되어 있음. • 첫번째 무산소조는 반송슬러지중의 Nitrate를 제거하여 질산성 질소에 의한 혐기성 지역의 인방출 방해작용을 최소화 하며, 두 번째 무산소조는 호기성조의 내부반송수의 Nitrate를 탈질시키는 역할을 함. • 공정 유입수내의 일부 유기물은 혐기성 지역에서 혐기성분해에 의하여 분해되어, 공정의 산소요구량을 감소시키는 효과가 있음. 	
공정구분	• 혐기·무산소·호기성 부유성장 처리공법	
처리효율	<ul style="list-style-type: none"> • 유기물질 : BOD : 90% 이상, SS : 90% 이상 • 영양염류 : T-N : 50~70%, T-P : 70~80% 	
설계인자	<ul style="list-style-type: none"> • HRT : 5~8시간(혐기성조 : 1.0~2.0시간, 1차 무산소조 : 2.0~4.0시간, 2차 무산소조 : 2.0~4.0시간, 호기성조 : 4.0~12.0시간) • SRT : 10~30일 • F/M 비 : 0.1~0.2kgBOD/MLVSS/d • MLSS : 1,500~3,000mg/L • BOD / TN 비 : 7 이상 • 슬러지반송율(RAS) : 50~100% • 내부반송(Nitrifier 반송) : 100~200% • 내부반송(Anoxic 반송) : 100~200% 	
장 단 점	<ul style="list-style-type: none"> • 인 제거 공정이 최적화되어 있어 A²/O, UCT 공법보다 처리효율이 안정적이며, 기존하수처리장의 고도처리공정으로 변경시 적용이 용이함. • 건설비는 표준활성슬러지법과 유사하거나 약간 높은(5~10%↑) 수준임. • 내부순환을 위한 펌프사용량이 많아 유지관리비가 높으며 운전이 복잡함 • BOD/TN 비가 낮은 국내하수의 처리에 대한 기술축적이 되어 있지 않아 외부탄소원(Carbon Source)의 주입이 필요할 수 있으며, 수온이 저하하는 겨울철에 질소·인 제거효율이 다소 저하함. • 대규모 하수처리시설(50,000~100,000m³/일)의 국내 적용실적이 없음 	미국 기술
처리공정 모식도		

9. DNR 공법

구분	DNR (Daewoo Nutrient Removal) 공법	비고
처리공정 개요	<ul style="list-style-type: none"> 표준활성슬러지 공법을 변형한 공법으로 슬러지 탈질조(Pre-Anoxic Tank), 혐기성조(Anaerobic Tank), 무산소조(Anoxic Tank), 호기성조(Aerobic Tank)로 구성되며 질산성 질소를 제거하기 위한 내부반송(Nitrifier Recycle)과 침전지 슬러지 반송으로 구성되어 있음. VIP와 A²/O공법과 유사하나 슬러지 탈질조(슬러지 저장조)가 설치되어 있어 내생탈질에 의한 Nitrate(NO₃-N)를 제거함으로써 혐기성조에서 Nitrate에 의한 인 방출 저해작용을 억제할 수 있는 특징이 있음. 	
공정구분	• 혐기·무산소·호기성 부유성장 처리공법	
처리효율	<ul style="list-style-type: none"> • 유기물질 : BOD : 90% 이상, SS : 90% 이상 • 영양염류 : T-N : 75%, T-P : 85% 	
설계인자	<ul style="list-style-type: none"> • HRT : 6~8시간 (슬러지 저장조 : 0.5시간, 혐기성조 : 1.5~2.0시간, 무산소조 : 1.5~2.0시간, 호기성조 : 3.0~4.0시간) • SRT : 5~12일 • F/M 비 : 0.1~0.3kgBOD/MLSS/d • MLSS : 2,000~4,000mg/L • BOD / TN 비 : 3~4 이상 • 슬러지반송율(RAS) : 20~50% • 내부반송율 : 100% 	
장 단 점	<ul style="list-style-type: none"> • BOD/TN비가 낮은 유입원수에서 처리 가능하도록 개발되어 유입수내의 유기물농도가 낮은 국내 하수의 처리에 적합함. • VIP, MUCT 공법에 비하여 간단하며(내부반송펌프 Line이 1개 적음), 내부반송율이 낮아 경제적이며 운전이 용이하며 기존하수처리시설의 고도처리공정으로 변경시 적용이 용이함. • 건설비 및 유지관리비가 표준활성슬러지법과 유사한 수준임. • 유입원수내의 RBD COD의 농도가 낮거나 수온이 저하하는 겨울철에 질소·인 제거효율이 다소 저하함. • 대규모 하수처리시설(50,000~100,000m³/일)의 국내 적용실적이 없음 (5,000m³/일 규모의 실증플랜트 운전중, 98년 10,000m³/일로 확장). 	국내 개발 기술임
처리공정 모식도		

10. B3 공법

구분	B3(Bio Best Bacillus) 공법	비고
처리공정 개요	<ul style="list-style-type: none"> 표준활성슬러지 공법을 변형한 공법으로 하수의 질소·인 제거를 목적으로 개발되었음. 선택 배양된 바실러스(Bacillus) 균이 반응조로 주입되며 각각의 반응조의 DO를 점감포기로 조절하여 바실러스균을 포자화시켜 포자의 침강성을 향상시킴. 미생물 상태를 파악하여 처리조건을 최적화함. 	
공정구분	<ul style="list-style-type: none"> 호기성 부유성장 처리공법 : 주입 	
처리효율	<ul style="list-style-type: none"> 유기물질 : BOD : 90% 이상, SS : 90% 이상 영양염류 : T-N : 90%, T-P : 70% 	
설계인자	<ul style="list-style-type: none"> HRT : 4~9시간 (반응조는 4지로 구성되며 점감포기됨) F/M 비 : 0.05~0.45kgBOD/MLSS/d SRT : 5~15일 MLSS : 2,500~5,000mg/L 슬러지반송율(RAS) : 50~200% 내부반송율 : 100~300% 	
장 단 점	<ul style="list-style-type: none"> 부하변동에 비교적 강함 슬러지 발생량이 적고 탈수효율이 양호하여 슬러지 처리비용이 감소함. 악취제거 효과가 있으므로 냄새발생의 우려가 적음. 건설비 및 유지관리비가 표준활성슬러지법과 유사한 수준임. 약품주입(필라멘트의 성장을 위하여 규소포함물질 및 마그네슘 포함물질을 포기조 및 소화조에 주입) 및 다량의 내부순환으로 인한 유지관리비 증가. 대규모 하수처리시설(50,000~100,000m³/일)의 국내 적용실적이 적음. 	
처리공정 모식도	<p>내부순환 펌프필요</p>	호기성 소화조 또는 혐기성 소화조는 필요시 설치함

11. PhoStrip 및 PhoStripII 공법

구분	PhoStrip 및 PhoStripII 공법	비고
처리공정 개요	<ul style="list-style-type: none"> PhoStrip™ 공법은 생물학적 처리공정중 반송슬러지의 일부가 혐기성 인용출 탱크(탈인조, Stripper tank)로 유입된 후 혐기성 조건에서 용출된 인은 상등수로서 배출되고, 인이 거의 없어진 활성슬러지는 포기조로 반송됨. 인 농도가 높은 상정액은 석회(Lime)나 기타 응집제로 처리되어 일차 침전지로 이송되거나 응결/침전 탱크에서 고액 분리됨. PhoStripII™ 공법은 질소제거를 위하여 PhoStrip™ 공법을 변형한 것으로서 인 용출 탱크 앞에 전단 용출탱크(Pre-Stripper)를 설치하여 용출체류시간을 증가시킴으로서 Underflow의 용해성 BOD를 이용하여 유입슬러지중의 질산성 질소를 탈질시키게 됨. 	
공정구분	• 호기성 부유성장 처리공법 + 반류수(Sidestream) 처리공법	약품사용
처리효율	<ul style="list-style-type: none"> 유기물질 : BOD : 90% 이상, SS : 90% 이상 영양염류 : T-N : 20~30%(PhoStripII : 70~80%), T-P : 90% 이상 	
설계인자	<ul style="list-style-type: none"> 주처리공정 : 표준활성슬러지법과 비슷(HRT : 4~10시간, SRT : 10~30일, F/M 비 : 0.1~0.5kgBOD/MLSS/d, MLSS : 1,500~3,000mg/L, 반송율(RAS) : 20~50% 탈인조 : HRT 8~12시간, 슬러지 반송 : 10~20% 전단용출탱크(Pre-stripper tank)의 HRT : 약 2 시간 	
장 단 점	<ul style="list-style-type: none"> 년중 안정적인 방류수 수질유지가 가능함(수온, 유입수질의 변동에 영향이 적음) 건설비는 표준활성슬러지법 보다 약간 높음. 인 제거를 위하여 석회를 사용하므로 유지관리비가 높으며 석회 Scale의 방지대책이 필요함. 대규모 하수처리시설(50,000~100,000m³/일)의 국내 적용실적이 없음 	
처리공정 모식도		PhoStrip 공법은 Pre-Stripper 탱크가 없음.

12. P/L- II 공법

구 분	P/L- II 공법	비 고
처리공정 개요	<ul style="list-style-type: none"> • P/L- II 공법은 Main Stream에서 질소를 제거하고 Side Stream에서 인을 제거하는 공정으로 • Main Stream은 MLE공정과 같이 무산소조, 호기조로 구성되며 유입된 원수는 무산소조에서 미생물 성장에 필요한 탄소원으로 이용되고 내부반송에 의해 탈질, 질화가 반복되어 질소가 제거된다. • Side Stream에서는 반송슬러지의 일부가 탈인조(혐기성 인용출조)로 유입된 후 혐기성 조건에서 용출된 인은 상등수로서 배출되고, 인이 거의 없어진 활성슬러지는 호기조로 반송되어 인을 과잉섭취(Luxury Uptake)한다. 인 농도가 높은 상정액은 응집제로 처리되어 일차 침전지로 이송되어 고액 분리됨. 	
공정구분	• 호기성 부유성장 처리공법 + 반류수(Sidestream) 처리공법	약품사용
처리효율	<ul style="list-style-type: none"> • 유기물질 : BOD : 85~90%, SS : 85~90% • 영양염류 : T-N : 60~80%, T-P : 90% 이상 	
설계인자	<ul style="list-style-type: none"> • HRT : 6~8시간(무산소 : 1~2시간, 호기 4~8시간), SRT : 10~20일, F/M 비 : 0.05~0.2kgBOD/MLSS/d, MLSS : 2,000~4,000mg/L, 반송율(RAS) : 40~60%, 내부반송 : 100~300% • 탈인조 : SDT 10~15시간, 슬러지 반송 : 10~20% 	
장 단 점	<ul style="list-style-type: none"> • 년중 안정적인 방류수 수질유지가 가능함(수온저하로 질소제거효율 저하시에도 인 제거는 안정적으로 이루어짐) • 건설비는 표준활성슬러지법 보다 약간 높음. • 필요시에만 소량의 응집제를 사용함 • 표준활성슬러지법의 개조가 용이함 • 유입하수가 무산소조로 바로 유입되고, 탈인조는 내생호흡에 의해 운전되므로 유입하수의 수질이 낮아 미생물의 성장에 필요한 탄소원이 부족한 경우에 유리함 	
처리공정 모식도	<p style="text-align: center;">P/L-II Process</p>	

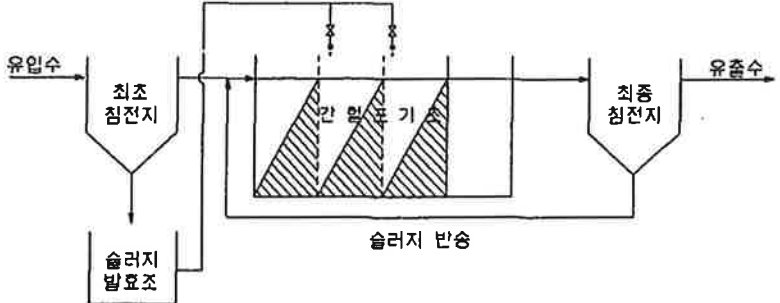
13. 산화구 공법

구 분	산화구(Oxidation Ditch) 공법	비 고
처리공정 개요	<ul style="list-style-type: none"> 산화구는 원형 또는 타원형의 수로로 구성되어 있으며 기계식 포기장치를 설비하고 있다. 걸러진(Screened) 하수가 산화구로 유입되어 포기되고 약 0.25~0.35m/sec의 속도로 순환된다. 산화구는 일반적으로 긴 체류시간 및 긴 고형물 체류시간(SRT)의 장기포기식으로 운전된다. 질소와 인을 제거하기 위하여 전형적인 산화구 공법을 개량한 공법이 외국에서 많이 개발되어있다. 	
공정구분	<ul style="list-style-type: none"> 호기성 부유성장 처리공법 	
처리효율	<ul style="list-style-type: none"> 유기물질 : BOD : 90% 이상, SS : 90% 이상 영양염류 : T-N : 30~80% 	
설계인자	<ul style="list-style-type: none"> HRT : 24~36시간 SRT : 15~50일 F/M 비 : 0.03~0.05kgBOD/MLSS/d MLSS : 3,000~6,000mg/L 반송율 : 75~150% 유속 : 10cm/sec~35cm/sec (평균 : 25cm/sec) 	
장 단 점	<ul style="list-style-type: none"> 수리학적 체류시간이 크기 때문에 부지면적이 많이 소요됨. Bardenpho 공법에 비하여 질소제거효율이 다소 낮음 건설비는 표준활성슬러지법과 유사한 수준임. 대규모 하수처리시설(20,000~50,000m³/일)의 국내 보급이 이루어지고 있음 	
처리공정 모 식 도	<p style="text-align: center;">Vienna-Blumenthal Wastewater Treatment Plant</p>	

14. PID 공법

구 분	PID (BioDenipho) 공법	비고
처리공정 개요	<ul style="list-style-type: none"> • 기존 산화구 공정을 개량한 것으로서 에너지와 비용절감을 위하여 수심이 깊은 산화구에 격벽이 설치되며 여러 대의 수직형 저속 표면 포기기를 사용함. • 기존 산화구 공법의 전단에 혐기성 선택조(Anaerobic Selector)를 설치하고, 산화구를 무산소조, 호기성조로 주기적으로 운전함으로써 질소 및 인을 제거함. 	
공정구분	• 호기성 부유성장 처리공법	
처리효율	<ul style="list-style-type: none"> • 유기물질 : BOD : 90%, SS : 90% • 영양염류 : T-N : 50~70%, T-P : 50~90% 	
설계인자	<ul style="list-style-type: none"> • HRT : 12~24시간 • SRT : 20~35일 • 반송율 : 0~100% • F/M 비 : 0.03~0.10kgBOD/MLSS/d • MLSS : 4,000~5,000mg/L 	
장 단 점	<ul style="list-style-type: none"> • 수리학적 체류시간이 크기 때문에 부지면적이 많이 소요됨. • Bardenpho 공법에 비하여 질소제거효율이 다소 낮음 • 건설비는 표준활성슬러지법과 유사한 수준임. • 중소규모 하수처리시설의 경우 덴마크, 유럽 및 미국 등지에 적용 실적이 많고, 대규모 하수처리시설(20,000~50,000㎥/일)의 국내 보급이 이루어지고 있음 	
처리공정 모식도	<p>Return Sludge Phase A</p> <p>Return Sludge Phase B</p> <p>Return Sludge Phase C</p> <p>Return Sludge Phase D</p> <p>Phase A & C (Main Operation Phases) : 60~90min Phase B & D (Intermediate Operation Phases) : 15~30min</p> <p> Rotor Mixing N : Nitrification Aeration DN : Denitrification S : Sedimentation </p>	

15. DeNiPho 공법

구 분	DeNiPho(후탈질 간헐포기) 공법	비고
처리공정 개요	<ul style="list-style-type: none"> DeNiPho 공법은 생물리활효액을 전자공여체로 이용하는 후탈질공법과 포기와 비포기교반을 반복하는 간헐포기방법이 함께 적용되는 고도처리공법임 간헐포기조에서는 유기물제거, 탈질, 탈인반응을 하며, 상시포기조에서는 유기물제거, 질산화, 탈인반응 및 슬러지침전성을 개선함 DeNiPho 공법은 탈질에 필요한 탄소원으로 생물리활효액을 이용하며, 발효액은 간헐포기조가 비포기교반조건일 때 주입함. DeNiPho 공법은 미생물의 증식형태에 따라 DeNiPho-A(후탈질간헐포기활성슬러지법)와 DeNiPho-B(후탈질간헐포기접촉산화법)로 구분됨 	
공정구분	<ul style="list-style-type: none"> 후탈질 간헐포기공법 	
처리효율	<ul style="list-style-type: none"> 유기물질 <ul style="list-style-type: none"> BOD : 93%이상 COD : 91%이상 SS : 93%이상 영양염류 <ul style="list-style-type: none"> T-N : 75%이상 T-P : 70%이상 	
설계인자	<ul style="list-style-type: none"> HRT : 7~13hr SRT : 10~20days MLSS : 2,000~4,000mg/L 슬러지반송비 : 50~100% 폭기/비폭기 주기 : 1hr/1hr 생물리활효조 체류시간 : 3~5days 	
장 단 점	<ul style="list-style-type: none"> 부하변동에 대한 대처능력이 우수하므로 처리수질이 안정됨 생물리활효를 발효시켜 탈질에 필요한 탄소원으로 이용하므로 슬러지발생량이 최소화됨 공정이 간단하고 내부반송설비 등이 불필요하므로 전탈질공법에 비해 건설비 및 유지관리비가 경제적임 국내 하수처리시설 적용실적 있음 기존의 활성슬러지공정을 보완한 공법으로 위험부담이 없음 슬러지발효조 설비가 추가됨 	국내 기술
처리공정 모 식 도		

16. 분리단계 질소·인 처리공법

구 분	분리단계 질소·인 처리공법 (Dual Sludge Process)	비 고
처리공정 개요	<ul style="list-style-type: none"> • 분리단계 질소·인 처리공법은 2~3단계로 나뉘어지는데 일반적으로 2단계로 구성된다. 1단계에서는 주로 유기물질 제거가 이루어지고, 2단계에서 인 제거 또는 탈질이 이루어진다. 1단계에서 탈질에 필요한 유기물질이 대부분 제거되므로 2단계에서 탈질을 위하여 메탄올과 같은 외부탄소원(Carbon Source)를 주입하여야 한다. • 공법에 따라서는 1단계에서 질소제거를 수행한 후 2단계에서 인 제거 및 잔류 질소를 제거하기도 한다. • 인 제거를 위하여 1단계 침전지(질산화 침전지)에 응집제를 투여하기도 한다. 	
공정구분	• 호기성 부유성장 처리공법	
처리효율	<ul style="list-style-type: none"> • 유기물질 : BOD : 90% 이상, SS : 90% 이상 • 영양염류 : T-N : 90~95%, T-P : 90~96% 	
설계인자	<ul style="list-style-type: none"> • 1단계 : HRT : 6~15시간 • SRT : 8~20일 • MLSS : 2,500~3,500mg/L • 반송율(RAS) : 20~50% • 2단계 : HRT 0.2~2시간 • SRT : 1~5일 • MLSS : 1,000~2,000mg/L • 슬러지 반송 : 50~100% 	
장 단 점	<ul style="list-style-type: none"> • 년중 안정적인 방류수 수질유지가 가능함(수온, 유입수질의 변동에 영향이 적음) • 질소·인 제거효율이 높음 (90% 이상) • 공정이 비교적 복잡함(배관설비 및 반송설비 등) • 건설비는 표준활성슬러지법 보다 다소 높음(침전지가 추가로 필요함) • 외부탄소원을 주입하여야 하므로 유지관리비가 높다. • 대규모 하수처리시설(50,000~100,000m³/일)의 국내 적용실적이 없음 	
처리공정 모 식 도		

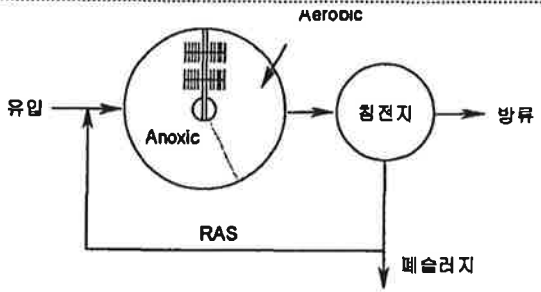
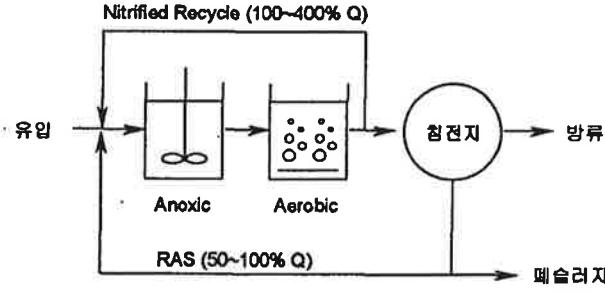
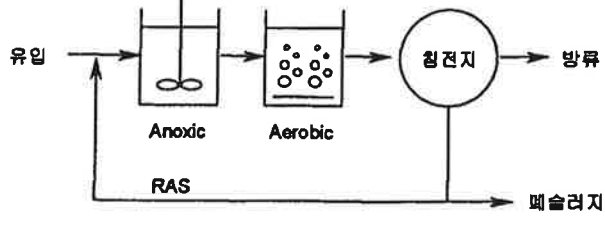
17. DeN&P 공법

구 분	DeN&P 공법	비 고
처리공정 개요	<ul style="list-style-type: none"> DeN&P 공법은 분리단계 질소·인 처리공법의 변법으로서 1단계에서는 MLE 공법을 적용하여 유기물질 및 질소제거가 이루어지고, 2단계에서는 잔류질소 및 인 제거가 이루어진다. 1단계에서 탈질에 필요한 유기물질이 대부분 제거되므로 2단계에서 탈질을 위하여 Acetate와 같은 외부탄소원(Carbon Source)가 주입된다. Model III의 의 경우 2단계의 전단에 혐기성조(Anaerobic Zone)가 설치되어 인 제거가 가능토록 되어 있다. DeN&P 공법은 제거효율에 따라 Model I, Model II, Model III의 3가지로 구분된다. 	분리단계 질소·인 처리공법의 변법
공정구분	<ul style="list-style-type: none"> 호기성 부유성장 처리공법 	
처리효율	<ul style="list-style-type: none"> 유기물질 : BOD : 90% 이상, SS : 90% 이상 영양염류 : T-N : 90~95%, T-P : 95% 이상 	
설계인자	<ul style="list-style-type: none"> 1단계 : MLE 공법과 동일 2단계 : 혐기성조 HRT 0.3~0.5시간, 호기성조 HRT 1.0~1.1시간 SRT : 1~5일, MLSS : 3,500~5,000mg/L, 슬러지 반송 : 100% Acetate 주입량 : 1.53~2.17kgCOD/일 	Model III 기준
장 단 점	<ul style="list-style-type: none"> 년중 안정적인 방류수 수질유지가 가능함(수온, 유입수질의 변동에 영향이 적음) 질소·인 제거효율이 높음 (90~95% 이상) 공정이 비교적 복잡함(배관설비 및 반송설비 등) 건설비는 표준활성슬러지법 보다 약간 높음(침전지가 추가로 필요함) 외부탄소원을 주입하여야 하므로 유지관리비가 높음. 대규모 하수처리시설(50,000~100,000m³/일)의 국내 적용실적이 없음 	
처리공정 모식도		

18. CNR 공법

구분	CNR (Cilium Nutrient Removal) 공법	비고
처리공정 개요	<ul style="list-style-type: none"> • A²/O 공법을 개량하여 질소 및 인을 제거하기 위한 공법으로 반응조는 A²/O 공법과 마찬가지로 혐기성조(Anaerobic Tank), 무산소조(Anoxic Tank), 호기성조(Aerobic Tank)로 구성되며 질산성 질소를 제거하기 위한 내부반송(Nitrifier Recycle)과 침전지 슬러지 반송으로 구성되어 있음. • 호기조에 섬모상 여재를 설치하여 미생물을 안정시키고 이로 인 해 인의 섭취와 질산화를 촉진함 	
공정구분	• 혐기·무산소·호기성 부착성장 처리공법	
처리효율	<ul style="list-style-type: none"> • 유기물질 : BOD : 85~90%, SS : 85~90% • 영양염류 : T-N : 40~70%, T-P : 60% 	
설계인자	<ul style="list-style-type: none"> • HRT : 4~8.5시간(혐기성조 : 0.5~1.5시간, 무산소조 : 0.5~2.0시간, 호기성조 : 3.0~5.0시간) • SRT : 부유미생물 8~10일, 부착성미생물 15일 이상 • F/M 비 : 0.1~0.3kgBOD/MLVSS/d • MLSS : 1,000~5,000mg/L • 슬러지반송율(RAS) : 30~50% • 내부반송(Nitrifier 반송) : 100~200% 	
장 단 점	<ul style="list-style-type: none"> • 호기조에 섬모상 생물막을 설치한 점 이외에는 A²/O 공법과 동일한 공정으로 볼 수 있으며, 필요에 따라 내부반송과 슬러지 반송을 호기조로 유입시킴 • 건설비는 A²/O 공법에 섬모상 여재를 설치하는 비용만큼 추가됨 • 반송슬러지내 질산성질소(Nitrate)로 인하여 혐기성 조건에서 인 방출이 억제됨으로서 인 제거효율이 낮음. • 섬모상 여재에 미생물이 부착하여 운전되므로 고농도 하수에 적용 가능성이 높은 장점이 있으나, 여재에 미생물 부착효율이 저하하거나 탈리현상이 심하게 발생하면 오히려 처리수질을 악화시킬 우려가 있음 • CNR공정을 개별 공정으로 해석하기보다는 섬모상 여재를 반응조 효율향상을 위한 보조장치로 보는 것이 타당함 • 대규모 하수처리시설(50,000~100,000m³/일)의 적용실적이 없음 	
처리공정 모식도		

19 기타공법

구 분	기타 생물학적 질소·인 제거공법	비 고
Schreiber 공 법	<ul style="list-style-type: none"> • 공법개요 : 표준활성슬러지법의 변법으로 원형 포기조내에 회전하는 산기장치를 설치하여 반응조내의 상태를 호기성-무산소로 유지시켜 질소제거를 도모하는 공법임. • 적 용 : 주로 소규모 처리시설에 설치 운영되고 있음. 	1 침전지 필요
MLE 공법 및 Wuhrmann 공법	<ul style="list-style-type: none"> • 공법개요 : 표준활성슬러지를 개량한 공법으로서 인 제거보다는 질소제거가 주목적임. 인 제거 효율은 표준활성슬러지법과 유사한 수준임. • 적용 : 인 제거효율이 낮으므로 단일공정으로서의 적용실적은 줄어들고 있음. 단, Dual Sludge 법 또는 DeN&P 공법 등의 전 단계 처리로서 적용되는 사례는 있음.  <p style="text-align: center;">MLE(Modified Ludzack-Ettinger) Process</p>  <p style="text-align: center;">Wuhrmann Process</p>	1차 침전지 필요

부록 II. 오폐수처리 관련 법규

시행령

[별표 1] 허가대상 축산폐수배출시설 (제11조관련)

배출시설의 종류	규 모
돼지 사육시설	면적 1,000㎡이상. 다만 수질보전특별대책지역 등에서는 면적 500㎡이상으로 한다.
소 사육시설 (젓소를 제외한다)	면적 900㎡ 이상. 다만 수질보전특별대책지역 등에서는 면적 450㎡ 이상으로 한다.
젓소 사육시설	축사면적 900㎡이상 또는 운동장 면적 2,700㎡이상 다만, 수질보전특별대책지역등에서는 축사면적 450㎡이상 또는 운동장 면적 1,350㎡이상으로 한다.
말 사육시설	면적 900㎡ 이상. 다만 수질보전특별대책지역 등에서는 면적 450㎡ 이상으로 한다.

- 비고: 1. “수질보전특별대책지역등”이라 함은 제2조의제2제1호내지 제7호 각목에 해당하는 지역 또는 구역을 말한다.
2. “운동장”이라 함은 휴식이나 운동을 목적으로 젓소가 일시적으로 머무르는 장소를 말한다.
3. 동일 사업장안에 같은 종류의 시설이 2이상 있는 경우에는 각 시설의면적을 합산한 것을 당해 시설의 규모로 한다.
4. 동일 사업장안에 다른 종류의 시설이 2이상 있는 경우에는 다음식에 의하여 산출한 수치의 합이 1이상이면 허가대상 축산폐수배출시설로 본다.

$$\frac{\text{제1축산폐수배출시설의 면적}}{\text{해당 축산폐수배출시설의 기준면적}} + \frac{\text{제2축산폐수배출시설의 면적}}{\text{해당 축산폐수배출시설의 기본면적}} + \dots$$

[별표 2] 신고대상 축산폐수배출시설 (제14조관련)

배출시설의 종류	규 모
돼지 사육시설	면적 50㎡이상 1,000㎡미만, 다만, 수질보전특별대책지역 등에서는 면적 50㎡ 이상 500㎡ 미만으로 한다.
소 사육시설 (젓소를 제외한다)	면적 100㎡이상 900㎡미만. 다만, 수질보전특별대책지역 등에서는 면적 100㎡이상 450㎡ 미만으로 한다
젓소 사육시설	축사면적100㎡이상 900㎡미만 또는 운동장 면적 300㎡이상 2,700㎡미만. 다만, 수질보전특별대책지역등에서는 축사면적 100㎡이상 450㎡미만 또는 운동장 면적 300㎡이상 1,350㎡ 미만으로한다
말 사육시설	면적 100㎡이상 900㎡미만. 다만, 수질보전특별대책지역 등에서는 면적 100㎡이상 450㎡미만으로 한다.
닭·오리·양 사육시설	면적 150㎡이상
사슴 사육시설	면적 500㎡이상

- 비고: 1. “수질보전특별대책지역등”이라 함은 제2조의2제1호 내지 제7호에 해당하는 지역 또는 구역을 말한다.
2. “운동장”이라 함은 휴식이나 운동을 목적으로 젓소가 일시적으로 머무르는 장소를 말한다.
3. 동일 사업장안에 같은 종류의 시설이 2이상 있는 경우에는 각 시설의 면적을 합산한 것을 당해 시설의 규모로 한다.
4. 동일 사업장안에 다른 종류의 시설이 2이상 있는 경우에는 다음식에 의하여 산출한 수치의 합이 1이상이면 신고대상 축산폐수배출시설로 본다.

$$\frac{\text{제1축산폐수배출시설의 면적}}{\text{해당 축산폐수배출시설의 기준면적}} + \frac{\text{제2축산폐수배출시설의 면적}}{\text{해당 축산폐수배출시설의 기준면적}} + \dots$$

[별표 3] 기본부과금 (제19조제2항관련)

배출기간	배출량(㎡/일)	
	소(젓소포함)·말 : 6미만 돼지 : 16미만	소(젓소포함)·말 : 6미만 돼지 : 16이상
20일 미만	30만원	40만원
20일 이상	40만원	50만원

[별표 4] 배출부과금 산정기준 (제19조제3항관련)

구분	오염물질 1Kg당 부과액	방류수수질기준초과율별부과계수							
		2%미만	20%이상 40%미만	40%이상 80%미만	80%이상 100%미만	100%이상 200%미만	200%이상 300%미만	300%이상 400%미만	400%이상
오염물질									
유기물질	250원	3.0	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0
부유물질	250원	3.0	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0

- 비고 : 1. 방류수수질기준초과율 = (배출농도 - 방류수수질기준농도) ÷ 방류수수질기준농도 × 100
 2. 유기물질의 오염측정단위는 생물화학적 산소요구량으로 한다
 3. 제20조제1항제2호 다목의 경우의 방류수수질기준초과율부과계수의 산정에 있어 방류수수질기준초과율의 적용은 회석수를 제외한 축산폐수의 배출농도를 기준으로 한다.

[별표 5] 일일초과배출량 및 일일유량 산정방법 (제20조제3항관련)

1. 일일초과배출량의 산정방법

$$\text{일일초과배출량} = \text{일일유량} \times \text{방류수수질기준초과농도} \times 10^4$$

- 비고 : 1. 방류수수질기준초과농도 = 배출농도 - 방류수수질기준농도
 2. 일일초과배출량은 소숫점이하 첫째자리까지 계산한다.
 3. 배출농도의 단위는 mg/l로 한다.

2. 일일유량의 산정방법

$$\text{일일유량} = \text{사육두수} \times \text{가축별 배출원단위}$$

비고 : 사육두수 및 가축별 배출원단위는 환경부장관이 따로 정하여 고시한다.

[별표 6] 분뇨등관련영업의 허가기준 (제27조관련)

1. 분뇨등수집·운반업

시 설 및 장 비	기 술 능 력
가. 사무실 나. 탈취시설을 갖춘 흡인식차량 1대 이상 (용량의 합계 3천 600리터 이상) 다. 차고(차량 1대당 당해 차량의 길이와 너비를 곱한 면적 이상)	분뇨 및 축산폐수의 수집·운반에 종사하는 인력 2인 이상

2. 분뇨등 처리업

시 설 및 장 비	기 술 능 력
가. 사무실 및 실험실 나. 분뇨처리시설 또는 축산폐수 처리시설 1식 이상 다. 다음 항목을 측정할 수 있는 실험기기 1조 이상 (1) 생물화학적 산소요구량 (2) 화학적 산소요구량 (3) 부유물질량 (4) 총질소 및 총인 (5) 대장균군수 (6) 잔류염소량 및 염소이온농도 (7) 수소이온농도 및 용존산소량	가. 수질환경기사 1인 이상 또는 환경기능사로서 당해 업종에서 2년 이상 실무에 종사한 자 1인 이상 나. 화공기사(화공·공업화학분야) 1인 이상 또는 화학 분석기능사로서 당해 업종에서 2년 이상 실무에 종사한 자 1인이상 다. 기계기사(일반·정밀·건설·공정설계분야) 1인 이상

3. 정화조청소업

시 설 및 장 비	기 술 능 력
가. 사무실 나. 탈취시설을 갖춘 흡인식차량 1대 이상(용량의 합계가 특별시 지역은 3만 리터 이상, 광역시 지역은 7천 500리터 이상, 기타 지역은 3천 600리터 이상) 다. 차고(차량 1대당 당해 차량의 길이와 너비를 곱한 면적 이상)	가. 수질환경기사·위생사·환경기능사 중 1인 이상 또는 고등학교졸업 이상자로서 당해 업종에서 4년 이상 실무에 종사한자 1인 이상 나. 오수처리시설 또는 단독정화조의 청소업종에 종사하는 인력 2인 이상

4. 오수처리시설등관리업

시 설 및 장 비	기 술 능 력
가. 사무실 및 실험실 나. 다음 항목을 측정할 수 있는 실험기기 1조 이상 (1) 생물화학적 산소요구량 (2) 부유물질량 (3) 총질소 및 총인 (4) 대장균군수 (5) 잔류염소량 및 염소이온농도 (6) 수소이온농도	가. 수질관리기술사 또는 상·하수도기술사 1인 이상 나. 수질환경기사 2인 이상

- 비고 : 1. 2개업종 이상의 분뇨등관련영업의 허가를 받고자 하는 경우에는 사무실·실험실 및 기술능력을 중복하여 갖추지 아니할 수 있다.
2. 분뇨등수집·운반업자가 분뇨와 축산폐수를 모두 수집·운반하는 경우로서 분뇨와 축산폐수의 처리시설이 다른 경우에는 분뇨를 수집·운반하기 위한 차량과 축산폐수를 수집·운반하기 위한 차량을 별도로 갖추어야 한다.
3. 수질환경보전법 제39조의 규정에 의한 방지시설업의 등록을 한 자, 법 제38조의 규정에 의한 분뇨처리시설등의 설계·시공업의 등록을 한 자 또는 법 제39조의 규정에 의한 오수처리시설등제조업의 등록을 한 자가 분뇨등관련영업의 허가를 받고자 하는 경우에는 시설·장비 및 공통되는 기술능력중 1인을 중복하여 갖추지 아니하여도 되며, 1인이 2종 이상의 자격증을 소지하고 있는 경우에는 2종의 자격에 한하여 기술능력을 갖춘 것으로 본다.
4. 임활동규제완화에관한특별조치법 제40조 및 환경관리대행기관의 지정등에관한규칙 제14조의 규정에 따라 수질환경관리대행기관으로 지정된 자가 오수처리시설등관리업의 허가를 받고자 하는 경우에는 공통되는 시설·장비 및 기술능력을 중복하여 갖추지 아니할 수 있다.
5. 수질관리기술사는 공학박사(환경공학 전공에 한한다) 또는 수질환경기사 1급자격을 취득한 후 분뇨처리시설 설계·시공업, 오수처리시설·단독정화조 및 축산폐수처리 시설 설계·시공업, 수질환경보전법 제39조의 규정에 의한 방지시설업, 동법 제23조의 규정에 의한 환경관리인, 분뇨처리시설·오수처리시설·단독정화조 또는 축산폐수처리시설의 기술관리인으로 4년 이상 종사한 자로 대체할 수 있다.
6. 설기술관리법 제2조제8호의 규정에 의한 건설기술자는 기술능력의 해당 자격을 갖춘

것으로 본다.

7. 각 측정항목에 대하여 환경기술개발및지원에관한법률 제8조의3의 규정에 의한 측정 대행업자와 대행계약을 체결한 경우에는 동 항목의 측정에 필요한 실험기기를 갖추지 아니할 수 있으며, 측정항목 전부에 대하여 대행계약을 체결한 경우에는 실험기기 및 실험실을 갖추지 아니할 수 있다.
8. 흡인식차량·차고 및 실험기기에 대하여 임차계약을 체결하여 사용하는 경우에는 해당 시설 및 장비를 갖춘 것으로 본다. 이 경우 흡인식차량·차고 및 실험기기는 당해 영업에 한하여 사용하여야 한다.

[별표 6의2] 분뇨처리등의 설계·시공업의 등록기준 (제29조의2관련)

1. 분뇨처리시설 설계·시공업

시 설 및 장 비	기 술 능 력
가. 사무실 및 실험실 나. 다음 항목을 측정할 수 있는 실험기기 (1) 수분·온도 (2) 대장균·일반세균 (3) 생물화학적 산소요구량 (4) 화학적 산소요구량 (5) 부유물질량 (6) 총질소 및 총인 다. 제도설비 3조 이상 또는 제도설계(CAD)를 할 수 있는 컴퓨터 1대 이상	가. 수질관리기술사 또는 상·하수도 기술사 1인 이상 나. 토목기사 또는 건축기사 1인 이상 다. 기계기사(일반·정밀·건설·공정설계분야), 전기기사 또는 전기공사기사중 1인 이상 라. 수질환경기사 또는 화공기사(화공·공업화학분야) 1인 이상

2. 오수처리시설·단독정화조 및 축산폐수처리시설 설계·시공업

시 설 및 장 비	기 술 능 력
가. 사무실 및 실험실 나. 다음 항목을 측정할 수 있는 실험기기 (1) 생물화학적 산소요구량 (2) 화학적 산소요구량 (3) 부유물질량 (4) 총질소 및 총인 (5) 잔류염소량 및 염소이온농도 다. 제도설비 1조 이상 또는 제도설계(CAD)를 할 수 있는 컴퓨터 1대 이상	가. 토목기사 또는 건축기사 1인 이상 나. 기계기사(일반·정밀·건설·공정설계분야), 전기기사 또는 전기공사기사중 1인 이상 다. 수질환경기사 또는 화공기사(화공·공업화학분야) 1인 이상

- 비고 : 1. 2개업종의 설계·시공업의 등록을 하고자 하거나 수질환경보전법 제39조의 규정에 의한 방지시설업의 등록을 한 자 또는 법 제39조의 규정에 의한 오수처리시설등제조업의 등록을 한 자가 분뇨처리시설등의 설계·시공업의 등록을 하고자 하는 경우에는 시설·장비 및 공통되는 기술능력중 1인을 중복하여 갖추지 아니하여도 되며, 1인이 2종 이상의 자격증을 소지하고 있는 경우에는 2종의 자격에 한하여 기술능력을 갖춘 것으로 본다.
2. 수질관리기술사는 공학박사(환경공학 전공에 한한다) 또는 수질환경기사 1급자격을 취득한 후 분뇨처리시설 설계·시공업, 오수처리시설·단독정화조 및 축산폐수처리시설설계·시공업, 수질환경보전법 제39조의 규정에 의한 방지시설업, 동법 제23조의 규정에 의한 환경관리인, 분뇨처리시설·오수처리시설·단독정화조 또는 축산폐수처리시설의 기술관리인으로 4년 이상 종사한 자로 대체할 수 있다.
 3. 건설기술관리법 제2조제8호의 규정에 의한 건설기술자는 기술능력의 해당 자격을 갖춘 것으로 본다.
 4. 각 측정항목에 대하여 환경기술개발및지원에관한법률 제8조의3의 규정에 의한 측정대행업자와 대행계약을 체결한 경우에는 동 항목의 측정에 필요한 실험기기를 갖추지 아니할 수 있으며, 측정항목 전부에 대하여 대행계약을 체결한 경우에는 실험기기 및 실험실을 갖추지 아니할 수 있다.
 5. 실험기기 및 제도설비에 대하여 임차계약을 체결하여 사용하는 경우에는 해당 장비를 갖춘 것으로 본다. 이 경우 실험기기 및 제도설비는 당해 영업에 한하여 사용하여야 한다.

[별표 6의3] 오수처리시설등제조업의 등록기준 (제29조의4관련)

1. 단독정화조

시 설 및 장 비	기 술 능 려
가. 공장 나. 제조시설 (1) 폴리에틸렌을 재료로 사용하는 경우 - 형틀 - 성형기 (2) 유리섬유강화플라스틱을 재료로 사용하는 경우 (가) 핸드레이업법 - 형틀 - 수지 교반기 - 경화설비 - 절단설비 (나) 스프레이업법 - 핸드레이업법의 설비 - 스프레이 기계 (다) 필라멘트와인딩법 - 형틀 - 절단설비 - 와인딩기계 (라) 압축성형법 - 형틀 - 절단설비 - 프레스성형기 (마) 레이진트랜스폴딩(RTM)성형 또는 진공성형법 - 형틀 - 절단설비 - 성형기 - 수지 투입기 다. 실험실 라. 실험기기 (1) 제품시험기기 (가) 폴리에틸렌을 재료로 사용하는 경우 - 재질의 인장강도·인장탄성율·수밀성·내약품성·두께·흡수율의 시험시설 - 소음측정기(뽀프류를 설치하는 정화조 제조의 경우에 한한다) (나) 유리섬유강화플라스틱을 재료로 사용하는 경우 - 비틀경도계·내약품성시험기·만능재료시험기·내압강도시험기·칸막이강도시험설비·접촉재강도시험설비·수밀성시험설비·강성시험설비·재하강도설비·용량계·소음측정기 - 흡수율·두께측정시험기기 및 시설 (2) 수질시험기기·장비 및 설비 - 생물화학적 산소요구량, 잔류염소량 및 염소이온농도 측정	가. 수질환경기사 1인 이상 나. 화공기사(화학·공업화학분야) 1인 이상 다. 품질관리기사 1인 이상

2. 오수처리시설

시설 및 장비	기술 능력
가. 공장 나. 제조시설 - 단독정화조의 제조시설 다. 실험실 라. 실험기기 - 단독정화조의 실험기기 - 부유물질 측정기기	가. 단독정화조의 기술능력 나. 토목기사 또는 건축기사 1인 이상

- 비고 : 1. 오수처리시설제조업 및 단독정화조제조업을 동시에 등록하는 때에는 사무실·실험실 및 기술능력을 중복하여 갖추지 아니할 수 있으며, 1인이 2종 이상의 자격증을 소지하고 있는 경우에는 2종의 자격에 한하여 기술능력을 갖춘 것으로 본다.
2. 품질관리기사는 산업표준화법에 의한 한국표준협회가 실시하는 품질관리담당자교육(100시간 이상)을 받은 자로 대체할 수 있다.
3. 건설기술관리법 제2조제8호의 규정에 의한 건설기술자는 기술능력의 해당 자격을 갖춘 것으로 본다.
4. 각 측정항목에 대하여 환경기술개발및지원에관한법률 제8조의3의 규정에 의한 측정대행업자와 대행계약을 체결한 경우에는 동 항목의 측정에 필요한 실험기기를 갖추지 아니할 수 있으며, 측정항목 전부에 대하여 대행계약을 체결한 경우에는 실험기기 및 실험실을 갖추지 아니할 수 있다.
5. 실험기기에 대하여 임차계약을 체결하여 사용하는 경우에는 해당 기기를 갖춘 것으로 본다. 이 경우 실험기기는 당해 영업에 한하여 사용하여야 한다.

**[별표 7] 과징금을 부과하는 위반행위의 종별 및 과징금의
금액기준 (제29조관련)**

(단위 : 만원)

위 반 행 위	해 당 조 항	과징금
1. 분뇨 또는 축산폐수의 수집·운반 및 처리기준을 위반한 때	법 제19조제2항 법 제32조제2항	
가. 분뇨 또는 축산폐수의 수집·운반기준의 위반		
(1) 수집·운반한 분뇨 또는 축산폐수를 고의 또는 중대한 과실로 처리장소외의 장소에 버린 때		2,000
(2) 기타 수집·운반기준을 위반한 때		800
나. 분뇨 또는 축산폐수의 처리기준의 위반		
(1) 분뇨 또는 축산폐수를 고의 또는 중대한 과실로 처리하지 아니하고 방류한 때		2,000
(2) 기타 분뇨 또는 축산폐수의 처리기준을 위반한 때		800
2 분뇨처리시설 또는 축산폐수 처리시설의 설치기준 또는 유지 관리기준을 위반한 때	법 제21조제1항· 법 제23조제2항· 법 제25조 제2항· 법 제28조 제3항	1,000
3. 사위 기타 부정한 방법으로 변경허가를 받거나 변경신고한 때	법 제35조제1항	1,000
4 변경허가 또는 변경신고를 하지 아니하고 허가사항을 임의로 변경한 때	법 제35조제1항	1,000
5. 허가받은 업종외의 분뇨등 관련 영업을 한 때	법 제35조제1항	1,500
6. 허가기준에 미달된 때	법 제35조제1항	
가. 기술능력이 허가기준에 미달된 때		800
나. 사무실 또는실험실이 없는 때		800
다. 구비하여야 할 실험기기가 허가기준에 미달된 때		800
라. 분뇨처리시설이 허가기준에 미달된 때		800
마. 흡인식차량이 허가기준에 미달된 때		800
7. 오수처리시설 또는 단독정화조 청소기준을 위반한 때	법 제35조제2항	800
8. 기준을 초과하여 처리요금을 받은 때	법 제35조의3제1항	400

위 반 행 위	해 당 조 항	과징금
9. 분뇨등관련영업자의 준수사항을 위반한 때(다른 사람에게 자기의 상호 또는 성명을 사용하여 영업을 하게 하거나 허가증을 대여한 때를 포함한다)	법 제35조의3제2항	800
10. 기술관리인 등을 정당한 사유없이 교육을 받게 하지 아니한 때	법 제43조	800
11. 장부를 기록·보존하지 아니하거나 허위로 기재한 때	법 제44조	800
12. 시설·사업장 등의 출입을 방해하거나 시설·장비 등의 검사를 방해한 때	법 제46조제1항	800

[별표 7의 2] 재질 및 성능검사대상 (제29조의5관련)

구 분	재질검사 대상	성능검사 대상	
		처 리 용 량 별 실제성능검사 대상	서면심사 대 상
오수처리 시 설	제조하고자 하는 오수처리시설 또는 제조·판매하고 있는 오수처리시설의 처리공법·형태·규격 및 처리용량별 재질	1㎡ 이하중 1개	실제성능검사를 받지 아니한 오 수처리시설
		1㎡ 초과 5㎡ 미만중 1개	
		5㎡ 이상 30㎡미만중 1개	
		30㎡ 이상중 1개	
단 독 정 화 조	제조하고자 하는 단독정화조 또는 제조·판매하고 있는 단독정화조의 처리공법·형태·규격 및 처리대상인원별 재질	제조하고자 하는 단독정화조 또는 제조·판매하고 있는 단독정화조의 처리공법·형태 및 처리대상인원별 성능(실제성능검사)	

- 비고 : 1. 재질검사를 받은 오수처리시설 또는 단독정화조의 규격을 변경하는 경우로서 처리공법·형태·처리용량과 구조물 본체의 직경 또는 높이가 동일한 경우에는 재질검사대상에서 제외한다.
2. 오수처리시설을 2 이상의 처리공법 및 형태로 제조하는 경우에는 각각의 처리공법 및 형태별로 별도의 실제성능검사를 받아야 한다.

[별표 8] 과태료의 부과금액 (제35조제3항관련)

부 과 대 상	과태료 금액(만원)		
	1차 위반	2차 위반	3차 이상 위반
1. 법 제5조의 규정에 의한 오수처리시설의 방류수수질기준을 위반한 자			
가. 처리용량 1㎡/일 이하			
(1) 방류수의 농도가 방류수수질기준의 1.1배 미만	20	40	70
(2) 방류수의 농도가 방류수수질기준의 1.1배 이상 1.3배 미만	30	50	80
(3) 방류수의 농도가 방류수수질기준의 1.3배 이상 1.5배 미만	40	70	100
(4) 방류수의 농도가 방류수수질기준의 1.5배 이상 2.0배 미만	50	80	120
(5) 방류수의 농도가 방류수수질기준의 2.0배 이상	70	100	150
나. 처리용량 1㎡/일 초과 5㎡/일 미만			
(1) 방류수의 농도가 방류수수질기준의 1.1배 미만	30	50	80
(2) 방류수의 농도가 방류수수질기준의 1.1배 이상 1.3배 미만	40	70	100
(3) 방류수의 농도가 방류수수질기준의 1.3배 이상 1.5배 미만	50	80	120
(4) 방류수의 농도가 방류수수질기준의 1.5배 이상 2.0배 미만	70	100	150
(5) 방류수의 농도가 방류수수질기준의 2.0배 이상	150	200	300
다. 처리용량 5㎡/일 이상 10㎡/일 미만			
(1) 방류수의 농도가 방류수수질기준의 1.1배 미만	40	70	100
(2) 방류수의 농도가 방류수수질기준의 1.1배 이상 1.3배 미만	50	80	120
(3) 방류수의 농도가 방류수수질기준의 1.3배 이상 1.5배 미만	70	100	150
(4) 방류수의 농도가 방류수수질기준의 1.5배 이상 2.0배 미만	100	150	220
(5) 방류수의 농도가 방류수수질기준의 2.0배 이상	200	300	400

부 과 대 상	과태료 금액(만원)		
	1차 위반	2차 위반	3차 이상 위반
라. 처리용량 10m ³ /일 이상			
(1) 방류수의 농도가 방류수수질기준의 1.1배 미만	50	80	120
(2) 방류수의 농도가 방류수수질기준의 1.1배 이상 1.3배 미만	70	100	150
(3) 방류수의 농도가 방류수수질기준의 1.3배 이상 1.5배 미만	100	150	220
(4) 방류수의 농도가 방류수수질기준의 1.5배 이상 2.0배 미만	150	200	300
(5) 방류수의 농도가 방류수수질기준의 2.0배 이상	300	400	500
2. 법 제5조의 규정에 의한 단독정화조의 방류수수질기준을 위반한 자			
가. 처리대상인원 10인 이하	20	40	70
나. 처리대상인원 10인 초과 30인 미만	30	50	80
다. 처리대상인원 30인 이상 50인 미만	40	70	90
라. 처리대상인원 50인 이상	50	80	100
3. 법 제6조제4항의 규정에 위반하여 토지의 출입 또는 사용을 거부하거나 방해한 자	50	70	100
4. 법 제9조제2항 또는 법 제10조제2항의 규정에 위반하여 신고를 아니한 자	30	40	50
5. 법 제12조 또는 법 제26조의 규정에 의한 준공검사를 받지 아니하고 오수처리시설·단독정화조 또는 축산폐수처리시설을 사용한 자	100	100	100
6. 법 제13조, 법 제13조의2제1항 또는 법 제27조의 규정에 위반하여 오수처리시설·단독정화조 또는 축산폐수처리시설의 설치 또는 변경을 당해 시설의 설계·시공업 등록을 하지 아니한 자 또는 수질환경보전법 제39조의 규정에 의한 방지시설업 등록을 하지 아니한 자에게 맡긴 자	100	100	100
7. 법 제14조제2항 또는 법 제28조제3항의 규정에 위반하여 오수처리시설·단독정화조 또는 축산폐수처리시설을 그 관리기준에 적합하지 아니하게 유지·관리한 자	20	30	50
가. 처리용량 1m ³ 이하의 오수처리시설 또는 처리대상인원 10인 이하의 단독정화조			

부 과 대 상	과태료 금액(만원)		
	1차 위반	2차 위반	3차 이상 위반
나. 처리용량 1㎡ 초과, 5㎡ 미만의 오수처리시설 또는 처리 대상인원 10인 초과, 30인 미만의 단독정화조	30	50	80
다. 가목 및 나목외의 오수처리시설 또는 단독정화조와 축산 폐수처리시설	50	70	100
8. 법 제14조제6항의 규정에 위반하여 운영기구를 설치하지 아니한 자	50	70	100
9. 법 제17조의 규정에 의한 명령을 위반하여 특정공산품을 사용한 자	50	70	100
10. 법 제20조제2항의 규정에 위반하여 신고를 하지 아니한 자	50	70	100
11. 법 제24조의2제2항 또는 제4항의 규정에 의한 변경신고를 하지 아니하고 축산폐수배출시설을 설치하여 사용한 자	30	40	50
12. 법 제24조의2제4항의 규정에 의한 신고 또는 변경신고를 한 자로서 법 제5조의 규정에 의한 축산폐수처리시설의 방류수수질기준을 위반한 자			
가. 방류수의 농도가 방류수수질기준의 1.1배 미만	50	70	100
나. 방류수의 농도가 방류수수질기준의 1.1배 이상 1.3배 미만	70	100	150
다. 방류수의 농도가 방류수수질기준의 1.3배 이상 1.5배 미만	100	150	220
라. 방류수의 농도가 방류수수질기준의 1.5배 이상 2.0배 미만	200	300	400
마. 방류수의 농도가 방류수수질기준의 2.0배 이상	300	400	500
13. 법 제24조의2제4항의 규정에 의한 신고를 하지 아니하고 축산폐수배출시설을 설치하여 사용한 자	50	50	50
14. 법 제30조제5항의 규정에 의한 명령을 이행하지 아니한 자	50	70	100
15. 법 제34조제1항 또는 제3항의 규정에 위반하여 가축을 사육한 자	50	70	100
16. 법 제35조제1항 또는 법 제38조제1항의 규정에 의한 변경신고를 하지 아니하거나 허위로 변경신고를 한 자	100	100	100
17. 법 제35조제3항의 규정에 의한 영업구역 기타 필요한 조건을 위반한 자	100	100	100

부 과 대 상	과태료 금액(만원)		
	1차 위반	2차 위반	3차 이상 위반
18. 법 제35조의3제1항의 규정에 위반하여 요금을 받은 자	100	100	100
19. 법 제38조제6항의 규정에 의한 분뇨처리시설 등의 설계·시공업자의 준수사항을 이행하지 아니한 자	100	100	100
20. 법 제39조제6항의 규정에 의한 오수처리시설등제조업자의 준수사항을 이행하지 아니한 자	100	100	100
21. 법 제39조의3제2항, 법 제46조제1항 또는 제2항의 규정에 의한 출입·조사 또는 검사 등을 거부·방해 또는 기피한 자	100	100	100
22. 법 제42조제3항의 규정에 의한 기술관리인의 준수사항을 이행하지 아니한 자	50	70	100
23. 법 제43조제1항의 규정에 위반하여 기술관리인 등의 교육을 받게 하지 아니한 자	50	70	100
24. 법 제44조의 규정에 위반하여 기록·보존을 하지 아니하거나 허위로 기재한 자	50	70	100
25. 법 제45조의 규정을 위반하여 신고를 하지 아니한 자	30	40	50
26. 법 제46조제1항의 규정에 의한 보고를 하지 아니하거나 허위의 보고를 한 자	50	70	100

- 비고 : 1. 다른 종류의 위반행위가 2 이상인 때에는 각 위반행위에 따라 과태료를 각각 부과한다.
2. 위반행위의 차수계산은 당해 위반행위가 있는 날 이전 최근 2년간 같은 위반행위로 과태료 처분을 받은 횟수를 적용하여 정한다.
3. 동일부지에 2 이상의 오수처리시설 또는 단독정화조가 설치된 경우에는 모든 시설의 처리용량 또는 처리대상인원을 합하여 과태료 부과금액의 기준이 되는 처리용량 또는 처리대상인원을 정한다.

시행규칙

[별표 1] 방류수 수질기준 (제9조제1항관련)

1. 오수처리시설 및 단독정화조의 방류수수질기준

지역	항목	구분	
		단독정화조	오수처리시설
수변구역	생물화학적 산소요구량 제거율(%)	65 이상	-
	생물화학적 산소요구량(mg/ℓ)	100 이하	10 이하
	부유물질량(mg/ℓ)	-	10 이하
특정지역	생물화학적 산소요구량 제거율(%)	65 이상	-
	생물화학적 산소요구량(mg/ℓ)	100 이하	20 이하
	부유물질량(mg/ℓ)	-	20 이하
기타지역	생물화학적 산소요구량 제거율(%)	50 이상	-
	생물화학적 산소요구량(mg/ℓ)	-	20 이하
	부유물질량(mg/ℓ)	-	20 이하
토양침투처리방법에 의한 단독정화조의 방류수수질기준은 다음과 같다. 가. 1차 처리장치에 의한 부유물질 50퍼센트 이상 제거 나. 1차 처리장치를 거쳐 토양침투시킬 때의 방류수의 부유물질량 250mg/ℓ 이하			
골프장 및 스키장에 설치된 오수처리시설의 방류수수질기준은 생물화학적산소요구량 10mg/ℓ 이하, 부유물질량 10mg/ℓ 이하로 한다. 다만, 숙박시설이 있는 골프장에 설치된 오수처리시설의 방류수수질기준은 생물화학적 산소요구량 5mg/ℓ 이하, 부유물질량 5mg/ℓ 이하로 한다.			

비고 : 1. 이 표에서 수변구역은 한강수계상수원수질개선및주민지원등에관한법률 제4조제1항의 규정에 의한 구역으로 하고, 특정지역은 영 제2조의2제1호·제2호 및 제4호 내지 제7호에 해당하는 구역 또는 지역으로 한다.

2. 수변구역 또는 특정지역이 하수도법 제6조의 규정에 의한 인가를 받은 하수종말처리시설, 동법 제6조의2의 규정에 의한 협의를 마친 마을하수도 또는 수질환경보전법 제26조의 규정에 의한 승인을 얻은 폐수종말처리시설의 예정처리구역에 해당되는 경우에는 당해 지역에 설치된 단독정화조에 대하여 기타지역의 방류수수질기준을 적용한다.

2. 분뇨처리시설 및 축산폐수공공처리시설의 방류수수질기준

가. 1998년 12월 31일까지 적용하는 기준

구분 \ 항목	생물화학적 산소요구량 (mg/l)	부유물질량 (mg/l)	대장균군수 (개수/mg)	기타(mg/l)
분뇨처리시설	30이하	30이하	3,000이하	총질소 : 120이하 총인 : 16이하
축산폐수공공처리시설	30이하	30이하	-	총질소 : 120이하 총인 : 16이하

나. 1999년 1월 1일부터 적용하는 기준

구분 \ 항목	생물화학적 산소요구량 (mg/l)	화학적 산소요구량 (mg/l)	부유물질량 (mg/l)	대장균군수 (개수/mg)	기타((mg/l)
분뇨처리시설	30이하	50이하	30이하	3,000이하	총질소 : 60이하 총인 : 8이하
축산폐수공공처리시설	30이하	50이하	30이하	3,000이하	총질소 : 60이하 총인 : 8이하

3. 축산폐수처리시설의 방류수수질기준

가. 1999년 12월 31일까지 적용하는 기준

지역	구분 항목	축산폐수배출시설의 설치허가를 받은 자가 설치한 축산폐수처리시설	축산폐수배출시설의 설치신고를 한 자가 설치한 축산폐수처리시설
		특정 지역	
	생물화학적 산소요구량 (mg/l)	50이하	350이하
	부유물질량 (mg/l)	50이하	350이하
기타 지역	생물화학적 산소요구량 (mg/l)	150이하	500이하
	부유물질량 (mg/l)	150이하	500이하

비고 : 1. 이 표에서 특정지역은 영 제2조의2제1호 내지 제7호 각목에 해당하는 지역 또는 구역으로 한다.

2. 다음 각목의 1에 해당하는 축산폐수배출시설의 설치신고를 한 자가 설치한 축산폐수처리시설의 방류수수질기준은 생물화학적 산소요구량 1,500mg/ℓ 이하로 한다.

- 가. 돼지 사육시설 : 면적 50㎡ 이상 140㎡ 미만
- 나. 소(젓소를 제외한다) 사육시설 : 면적 100㎡ 이상 200㎡ 미만
- 다. 젓소 사육시설 : 축사면적 100㎡ 이상 200㎡ 미만 또는 운동장 면적 300㎡ 이상 600㎡ 미만
- 라. 말 사육시설 : 면적 100㎡ 이상 200㎡ 미만
- 마. 닭·오리·양 사육시설 : 면적 150㎡ 이상 500㎡ 미만
- 바. 사슴 사육시설 : 면적 500㎡ 이상

나. 2000년 1월 1일부터 적용하는 기준

지역	구분 항목	축산폐수배출시설의 설치허가를 받은 자가 설치한 축산폐수처리시설	축산폐수배출시설의 설치신고를 한 자가 설치한 축산폐수처리시설
		특정 지역	생물화학적 산소요구량 (mg/ℓ)
	부유물질량 (mg/ℓ)	50이하	150이하
	총 질 소 (mg/ℓ)	260이하	-
	총 인 (mg/ℓ)	50이하	-
기타 지역	생물화학적 산소요구량 (mg/ℓ)	150이하	350이하
	부유물질량 (mg/ℓ)	150이하	350이하

비고 : 1. 이 표에서 특정지역은 영 제2조의2제1호 내지제7호 해당하는 지역 또는 구역으로 한다.

2. 다음 각목의 1에 해당하는 축산폐수배출시설의 설치신고를 한 자가 설치한 축산폐수처리시설의 방류수수질기준은 생물화학적 산소요구량 1,500mg/ℓ 이하로 한다.

- 가. 돼지 사육시설 : 면적 50㎡ 이상 140㎡ 미만
- 나. 소(젖소를 제외한다) 사육시설 : 면적 100㎡ 이상 200㎡ 미만
- 다. 젖소 사육시설 : 축사면적 100㎡ 이상 200㎡ 미만 또는 운동장 면적 300㎡ 이상 600㎡ 미만
- 라. 말 사육시설 : 면적 100㎡ 이상 200㎡ 미만
- 마. 닭·오리·양 사육시설 : 면적 150㎡ 이상 500㎡ 미만
- 바. 사슴 사육시설 : 면적 500㎡ 이상

[별표 2] 단독정화조의 생물화학적 산소요구량제거율

측정방법 (제9조제2항관련)

1. 시료는 수세식화장실에 유입되기전의 세정수와 정화조의 소독실로 유입되기전의 유출수를 채취하여야 한다.
2. 생물화학적 산소요구량제거율(%) 산정방법등

가. 생물화학적 산소요구량제거율(%) 산정방법

생물화학적 산소요구량제거율(%) =

$$\frac{\text{유입수의 생물화학적 산소요구량(mg/l)} - \text{유출수의 생물화학적 산소요구량(mg/l)}}{\text{유입수의 생물화학적 산소요구량(mg/l)}} \times 100$$

나. 유입수의 생물화학적 산소요구량(mg/l) 산정방법

유입수의 생물화학적 산소요구량(mg/l) =

$$\frac{\text{생분뇨의 생물화학적 산소요구량(mg/l)}}{\text{희석배율}}$$

이 경우 생분뇨의 생물화학적 산소요구량은 20,000mg/l로 한다.

다. 희석배율 산정방법

$$\text{희석배율} = \frac{\text{생분뇨의 염소이온농도}}{\text{유출수의 염소이온농도} - \text{세정수의 염소이온농도}}$$

이 경우 생분뇨의 염소이온농도는 5,500mg/ℓ로 한다.

[별표 3] 오수처리시설의 설치기준 (제15조관련)

1. 오수처리시설의 규모는 오수처리시설을 설치하고자 하는 건물 기타 시설물에서 발생하는 오수를 처리할 수 있는 규모이상이어야 한다. 이 경우 오수발생량의 산정은 환경부장관이 고시하는 건축용도별 오수발생량의 산정방법에 의한다.
2. 구조물의 윗부분이 밀폐되는 경우에는 뚜껑(직경 60cm이상)을 설치하되, 뚜껑은 밀폐할 수 있어야 하며 잠금장치를 설치하거나 뚜껑밑에 격자형의 철망 등을 설치하여 안전하게 설치하여야 한다.
3. 구조물의 천정, 바닥 및 벽은 방수재료로 만들거나 방수재를 사용하여 누수되지 아니하도록 하여야 한다.
4. 구조물은 토압·수압·자체중량 기타 하중에 견딜 수 있는 구조이어야 한다.
5. 부식 또는 변형의 우려가 있는 부분에는 부식 또는 변형이 되지 아니하는 재료를 사용하여야 한다.
6. 발생가스를 배출할 수 있는 배출장치를 갖추어야 하고, 배출장치는 이물질이 유입되지 아니하는 구조로 하며 방충망을 설치하여야 한다.
7. 유입량이 변동되더라도 기능수행에 지장을 받지 아니하는 구조로 설치하거나 유입량을 일정한 수준으로 유지할 수 있는 시설을 설치하되, 유입되는 오수를 최소한 6시간 이상 저류하거나 침전·분리시킬 수 있는 조정조를 설치하여야 한다.
8. 악취가 발산될 우려가 있는 부분은 밀폐하거나 악취를 방지할 수 있는 시설을 설치하여야 한다.
9. 기계류는 계속하여 가동될 수 있는 견고한 구조로 하되, 진동 및 소음을 방지할 수 있는 구조이어야 한다.

10. 오수배관은 폐쇄·역류 및 누수를 방지할 수 있는 구조이어야 한다.
11. 점검·보수 및 오니의 청소를 편리하고 안전하게 할 수 있는 구조이어야 한다.
12. 방류수수질검사를 위하여 시료를 채취할 수 있는 구조이어야 한다.
13. 유리섬유강화플라스틱(FRP)으로 구조물을 제작하는 경우에는 다음과 같이 하여야 한다.
 - 가. 지반 및 구조물 윗부분의 하중 등을 고려하여 구조물이 내려 앉거나 변형 또는 손괴되지 아니하도록 콘크리트로 기초공사를 하여야 한다.
 - 나. 구조물을 원형으로 제작하는 때에는 구조물이 수명을 유지할 수 있도록 구조물 본체에 1.5미터마다 받침대를 설치하여야 하고, 받침대는 구조물 윗부분의 하중 등을 고려하여 구조물이 내려 앉거나 변형 또는 손괴되지 아니하도록 충분한 강도를 갖추어야 하며, 받침대의 윗부분에는 구조물의 파손을 방지하기 위한 고무 쿠션 등을 설치하여야 한다.
 - 다. 지하수 등으로 인하여 구조물이 떠오르는 것을 방지하기 위하여 필요한 조치를 하여야 한다.
14. 기계·장비 등의 한국산업규격(KS)이 있는 경우에는 한국산업규격(KS) 표시의 인증을 받은 제품을 사용하여야 한다.
15. 전기제품중 전기안전관리법에 의하여 형식승인을 얻어야 하는 경우에는 승인을 얻은 제품을 사용하여야 한다.
16. 오수처리시설을 전원을 필요로 하는 처리방법으로 설치하는 때에는 전력사용량 및 전원의 공급·차단시간을 기록하여 판독할 수 있는 기기(이하 “가동상태확인기기”라 한다)를 설치하여야 한다. 이 경우 가동상태확인기기는 계량및측정에관한법률 제20조의 규정에 의한 전기시험분야의 공인시험·검사기관이 다음 각목의 요건에 적합한지를 검사한 것이어야 한다.(2000.5. 개정)
 - 가. 전원의 공급 및 차단여부를 기록할 수 있어야 한다.
 - 나. 일일 전력사용량을 적산하여 이를 1년 이상 저장할 수 있어야 하며, 전력사용량의 오차는 5퍼센트 미만이어야 한다.
 - 다. 가동상태확인기기는 자료를 외부로 전송하거나 출력할 수 있는 구조이어야 한다.
 - 라. 외부에서 자료를 변경할 수 없는 구조이어야 한다.

마. 가동상태확인기기의 외부에 접지용단자가 있어야 한다.

17. 오수처리시설의 운영중 일정기간동안 오수발생량이 현저히 감소할 것으로 예측되는 학교·연수원 등에 오수처리시설을 설치하는 경우에는 오수가 적게 발생하는 기간동안에도 오수처리시설이 적정하게 운영될 수 있도록 하여야 한다.

[별표 5] 단독정화조의 설치기준 (제21조관련)

1. 단독정화조의 규모는 처리대상인원을 기준으로 하여 산정한 규모 이상이어야 한다. 이 경우 처리대상인원의 산정방법은 환경부장관이 정하여 고시한다.
2. 구조물의 윗부분이 밀폐되는 경우에는 뚜껑(직경은 처리대상인원이 10인이하는 45cm이상, 20인이하는 50cm, 30인이하는 55cm이상, 31인이상은 60cm이상)을 설치하되, 뚜껑은 밀폐할 수 있어야 하며 잠금장치를 설치하거나 뚜껑밑에 격자형의 철망등을 설치하여 안전하게 설치하여야 한다.
- 2의2 유입량이 변동되더라도 기능수행에 지장을 받지 아니하는 구조로 설치하거나 유입량을 일정한 수준으로 유지할 수 있는 시설을 설치하여야 한다.
3. 별표 3 제3호 내지 제6호, 제8호 내지 제15호의 규정은 단독정화조의 설치기준에 관하여 이를 준용한다.

[별표 6] 분뇨 및 축산폐수의 재활용시설 설치·관리기준

(제40조관련)

1. 설치기준

- 가. 수집장비는 흡인식장비이어야 한다. 다만, 흡인식장비의 사용이 어려운 지역 또는 성상인 경우에는 수거식장비를 사용할 수 있다..
- 나. 수집장비에는 수집량을 계량할 수 있는 계기 등을 갖추어야 한다.
- 다. 수집장비는 분뇨 또는 축산폐수에 의하여 부식되지 아니하고, 운반도중에 분뇨 또는 축산폐수가 흘러나오거나 악취가 발산되지 아니하는 구조이어야 한다.

라. 저장시설은 분뇨 또는 축산폐수에 의하여 부식·손괴되지 아니하는 재질이어야 하며, 분뇨 또는 축산폐수가 흘러나오거나 악취가 발산되지 아니하는 안전한 구조이어야 한다.

마. 저장시설의 바닥 및 벽은 빗물·토사·지표수 등이 유입되지 아니하도록 방수 재료로 만들거나 방수재를 사용하여야 한다.

2. 관리기준

가. 분뇨 또는 축산폐수의 저장·처리장소에는 쥐 및 파리·모기등 해충이 발생·번식하지 아니하도록 약제의 살포 등 필요한 조치를 하여야 한다.

나. 분뇨 또는 축산폐수를 저장·처리함에 있어서는 처리시설·장비등으로부터 분뇨 또는 축산폐수가 흘러나오거나 악취가 발산되지 아니하도록 하여야 한다.

다. 분뇨 또는 축산폐수를 처리하는 과정에서 생산된 재활용 회수자원은 재활용(판매 등을 포함한다)되기 전까지는 보관시설 및 장비로부터 흘러나오거나 악취가 발산되지 아니하도록 하여야 한다.

라. 분뇨 또는 축산폐수를 처리하는 시설 및 장비 등은 기능이 정상적으로 유지될 수 있도록 수시로 점검 및 보수 등 필요한 조치를 하여야 한다.

마. 수탁처리계약을 체결한 경우에는 정당한 사유없이 수집·운반을 거부하거나 지연하여서는 아니된다.

바. 분뇨 또는 축산폐수를 저장시설이 아닌 곳에 저장하여서는 아니된다.

사. 운반차량은 항상 청결하게 관리하여야 한다.

[별표 7] 분뇨처리시설의 설치기준 (제41조관련)

1. 법 제30조의 규정에 의한 축산폐수공공처리시설 또는 하수도법 제2조의 규정에 의한 하수종말처리시설의 부지 또는 이에 인접한 장소에 설치함을 원칙으로 한다.

2. 관할구역안에 하수종말처리시설이 있거나 설치하고 있는 경우에는 하수종말처리시

설의 처리능력을 고려하여 분뇨전처리시설을 설치함을 원칙으로 한다.

3. 주요 처리과정의 구조물은 2계열이상이 되도록 하여 고장 등에 대비할 수 있도록 하여야 한다.
4. 각 처리과정을 관리하는데 필요한 실험을 할 수 있는 실험실을 갖추어야 한다.
5. 파리·모기 등 해로운 벌레가 발생하거나 시설 외부로 나오는 것을 방지하고 악취가 발산되지 아니하도록 시설을 갖추어야 한다.

[별표 8] 분뇨처리시설설치타당성조사서에 포함되어야 할 사항
(제42조제2항관련)

1. 일반 현황

- 가. 지리·지형
- 나. 기온 및 강우량(과거 5년이상)
- 다. 토지이용현황
- 라. 하천수계 및 이수현황(주요 취수장현황 포함)
- 마. 인구동태 및 연령별 구성(10년후 전망 포함)
- 바. 지역 재정 규모 및 제원

2. 지역의 분뇨처리 특성

- 가. 분뇨의 질적 특성
- 나. 분뇨·오수처리시설·단독정화조의 9나 수거 및 처리량(10년후 전망 포함)
- 다. 수세식화장실 인구 및 전망(10년후)

3. 분뇨처리체계

- 가. 분뇨처리실태
- 나. 연차별 분뇨처리계획
- 다. 분뇨처리 관련부서의 조직·체계

- 4. 기존 처리시설에 관한 사항
 - 가. 위치·시설용량 및 처리방식
 - 나. 유지관리 상황등
- 5. 설치장소에 관한 사항
 - 가. 위치·면적·지목·지역구분 등
 - 나. 입지여건(방류선·동력·용수확보관계 등)
 - 다. 주거지역과의 관계
 - 라. 도시계획 및 장래 증설계획과의 관계
 - 마. 운반거리등 기타 사항
- 6. 시설용량 및 처리방식에 관한 사항
 - 가. 시설의 적정용량
 - 나. 처리방식별 대안 비교(3개방식 이상)
 - (1) 소요부지면적
 - (2) 처리방식의 안전성·내구성
 - (3) 운영관리의 난이도
 - (4) 시설비 및 유지관리비 등
- 7. 방류지점 주변에 미치는 영향
 - 가. 방류지점 및 방류선 현황
 - 나. 시설설치후 주변환경에 미치는 영향
 - 다. 상수원·취수장·유원지 등과의 관계
- 8. 시설설치후 유지관리대책에 관한 사항
 - 가. 종사가 확보방안
 - 나. 유지관리비 확보방안
- 9. 소요재원 확보방안
 - 가. 사업비(시설비·보상비 등)의 계산

- 나. 자금조달방법
- 10. 하수종말처리장등 관련시설의 현황 및 설치계획
 - 가. 관련시설에 포함되어야 할 시설
 - (1) 하수종말처리장
 - (2) 축산폐수공공처리시설
 - (3) 폐수종말처리시설
 - 나. 관련시설의 위치·용량·처리방식·사업기간
 - 다. 관련시설에서의 연계처리 가능성
 - 라. 하수배제 방식 및 관망 설치계획
- 11. 관련법규에 대한 검토
 - 가. 환경영향평가법
 - 나. 국토이용관리법
 - 다. 농지법
 - 라. 도시계획법
 - 마. 기타 관련법규

[별표10] 축산폐수처리시설의 설치기준 (제53조제1항관련)

1. 구조물의 천정·바닥 및 벽은 누수되거나 빗물·지표수 등이 유입되지 아니하도록 방수재료로 만들거나 방수재를 사용하여야 한다.
2. 구조물은 토압·수압·자체중량 기타 하중에 견딜 수 있는 구조이어야 하며 부식 또는 변형되지 아니하는 재료를 사용하여야 한다.
3. 점검·보수·오니·스컴 및 찌꺼기의 청소를 쉽고 안전하게 할 수 있는 구조이어야 한다.
4. 펌프등 기계류는 계속하여 가동될 수 있는 내구성이 있는 구조로하되 소음 및 진

- 등을 방지할 수 있어야 한다.
5. 축산폐수의 배관은 막힘·역류 및 누수를 방지할 수 있는 구조이어야 한다.
 6. 가스배출장치는 이물질이 유입되지 아니하고 발생가스가 충분히 배출될 수 있도록 설치하여야 한다.
 7. 악취가 발산될 우려가 있는 부분은 밀폐하거나 악취를 방지할 수 있는 시설을 설치하여야 한다.
 8. 축산폐수의 유입량이 증감되어도 처리시설에는 일정량이 유입되어 처리기능에 지장을 주지 아니하는 구조로 설치하여야 한다(생물학적, 물리·화학적처리방법의 경우에 한함).
 9. 축산폐수배출시설에서 배출되는 축분을 1월이상(톱밥등 수분조절재를 사용하는 경우에는 2월이상) 건조·발효할 수 있는 퇴비화시설을 설치하여야 하며 발효시설 등은 수분의 증발이 쉬운 구조로 설치하여야 한다(퇴비화방법의 경우에 한함).
 10. 저장액비화방법의 축산폐수처리시설에는 축사에서 발생된 축산폐수를 6월 이상 저장할 수 있는 저장조를 설치하여야 한다. 다만, 교반장치가 설치되지 아니한 저장조를 설치하는 경우에는 저장조를 2단으로 설치하여 축산폐수가 1단계 저장조를 거쳐 2단계 저장조로 유입되도록 하여야 하며, 1단계 저장조는 축산폐수를 6월 이상, 2단계 저장조는 축산폐수를 1월 이상 저장할 수 있는 용량이어야 한다.
 11. 축산폐수의 처리방법상 축산폐수의 저장·보관이 필요한 경우에는 빗물로 인한 축산폐수의 유출이 없도록 비가림시설 또는 축산폐수 유출방지턱을 설치하여야 하고, 축산폐수배출시설중 운동장을 설치하는 경우에는 축산폐수 유출방지턱을 설치하여야 한다.

[별표 11] 축산폐수공공처리시설의 설치기준 (제65조관련)

1. 법 제21조의 규정에 의한 분뇨처리시설 또는 하수도법 제2조의 규정에 의한 하수

- 종말처리시설의 부지 또는 이에 인접한 장소에 설치함을 원칙으로 한다.
2. 신고대상축산폐수배출시설외의 소규모 축산폐수배출시설이 밀집되어 있는 곳으로 주변하천에 심각한 환경오염을 야기하거나 야기할 우려가 있다고 판단되는 곳에 설치함을 원칙으로 한다.
 3. 주요 처리과정의 구조물은 2계열이상이 되도록 하여 고장 등에 대비할 수 있도록 하여야 한다.
 4. 각 처리과정을 관리하는데 필요한 실험을 할 수 있는 실험실을 갖추어야 한다.
 5. 파리·모기 등 해로운 벌레가 발생하거나 시설 외부로 나오는 것을 방지하고, 악취가 발산되지 아니하도록 시설을 갖추어야 한다.
 6. 축산폐수관거는 도기·콘크리트·벽돌 기타 내구성이 있는 자재로하고 튼튼하고 내구력을 가진 구조로 하여야 하며 누수가 되지 아니하도록 하여야 한다.
 7. 축산폐수관거의 방향·경사도 또는 단면적이 변화하는 곳, 단층이 생기는곳, 축산폐수관거가 합하여지는 곳에는 반드시 맨홀을 설치하여야 한다.

[별표 12] 축산폐수공공처리시설의 설치타당성조사서에 포함되어야 할 사항 (제66조제2항관련)

1. 일반현황
 - 가. 지리·지형
 - 나. 기온 및 강우량(과거 5년이상)
 - 다. 토지이용 현황
 - 라. 하천수계 및 이수현황(주요 취수장현황 포함)
 - 마. 지역 재정 규모 및 자원
2. 축산 현황 및 전망
 - 가. 지역 축산폐수의 질적 특성

- 나. 축종별·사육규모별 가축사육 동태(10년후 전망 포함)
- 다. 축종별·사육규모별 축산폐수 발생량 및 처리량(10년후 전망 포함)
- 3. 축산폐수처리체계
 - 가. 축산폐수처리실태(축산폐수처리시설 설치현황 및 운영관리실태 포함)
 - 나. 연차별 축산폐수처리계획
 - 다. 축산폐수처리 관련부서의 조직·체계
- 4. 기존 처리시설에 관한 사항
 - 가. 위치·시설용량 및 처리방식
 - 나. 유지관리 상황등
- 5. 설치장소에 관한 사항
 - 가. 위치·면적·지목·지역구분 등
 - 나. 입지여건(방류선·동력·용수확보관계 등)
 - 다. 주거지역과의 관계
 - 라. 도시계획 및 장래 중설계획과의 관계
 - 마. 축산농가 밀집지역으로부터의 거리 및 운반거리 등 기타 사항
- 6. 시설용량 및 처리방식에 관한 사항
 - 가. 시설의 처리방식
 - 나. 처리방식별 대안 비교(3개방식 이상)
 - (1) 소요부지면적
 - (2) 처리방식의 안정성·내구성
 - (3) 운영관리의 난이도
 - (4) 시설비 및 유지관리비 등
- 7. 방류지점 주변에 미치는 영향
 - 가. 방류지점 및 방류선 현황
 - 나. 시설설치후 주변환경에 미치는 영향

- 다. 상수원·취수장·유원지 등과의 관계
- 8. 시설설치후 유지관리 대책에 관한 사항
 - 가. 종사자 확보방안
 - 나. 유지관리비 확보방안
- 9. 소요재원 확보방안
 - 가. 사업비(시설비·보상비 등)의 계산
 - 나. 자금조달방법
- 10. 분뇨처리시설등 관련시설의 현황 및 설치계획
 - 가. 관련시설의 위치·용량·처리방식·사업기간
 - 나. 관련시설에서의 연계처리 가능성
- 11. 관련법규에 대한 검토
 - 가. 국토이용관리법
 - 나. 농지법
 - 다. 도시계획법
 - 라. 기타 관련법규

[별표 15] 분뇨등관련영업자의 준수사항 (제84조관련)

1. 분뇨·축산폐수의 수거 및 오수처리시설·단독정화조의 청소를 의뢰받은 때에는 이를 거부하여서는 아니된다.
2. 법 제35조제3항의 규정에 의하여 허가조건을 붙인 경우에는 이를 준수하여야 한다.
3. 분뇨 및 축산폐수의 수집, 오수처리시설·단독정화조의 청소에 관한 일지, 오수처리시설·단독정화조 및 축산폐수처리시설의 관리일지를 각각 작성하고, 수수료의 징수내역 등 영업과 관련된 서류를 3년 이상 보존하여야 한다.

4. 영업자의 상호·영업소재지·전화번호 등이 변경된 경우에는 지역신문·방송 또는 엽서 등을 이용하여 주민에게 알리고 분뇨 또는 축산폐수의 수집 및 오수처리 시설·단독정화조의 청소를 의뢰하는 자와 오수처리시설·단독정화조 및 축산폐수 처리시설의 관리를 위탁하는 자에게 불편을 주지 아니하도록 하여야 한다.
5. 오수처리시설등관리업자는 처리시설의 가동상태를 주 1회 이상 점검하고, 처리시설을 정상적으로 가동하여야 하며, 방류수수질기준 및 시설의 설치기준 등을 준수하기 위하여 시설을 개선할 필요가 있는 때에는 지체없이 시설의 소유자 또는 관리자에게 시설을 개선하도록 필요한 조치를 하여야 한다.
6. 분뇨등수집·운반업자가 분뇨와 축산폐수를 모두 수집·운반하는 경우로서 분뇨와 축산폐수의 처리장소가 다른 경우에는 분뇨와 축산폐수를 동일한 차량으로 수집·운반하여서는 아니된다.

[별표 17] 분뇨처리시설등의 설계·시공업자의 준수사항

(제89관련)

1. 등록증을 영업소의 사무실에 게시하여야 한다.
2. 도급받은 공사에 대하여 직접 설계하여야 하며 설계의 하도급을 주어서는 아니된다.
3. 유리섬유강화플라스틱(FRP)으로 구조물을 제작하는 경우에는 다음과 같이 하여야 한다.
 - 가. 유리섬유 함유량이 25퍼센트 이상이어야 한다.
 - 나. 오수처리시설제조업자에게 그 제작을 의뢰하여야 한다. 다만, 단독정화조는 단독정화조제조업자에게 그 제작을 의뢰할 수 있다.
 - 다. 구조물의 본체에는 별표 20 제1호가목4)의 규정에 따라 보강띠를 설치하여야 한다.

라. 구조물의 직경 및 높이는 3미터를 초과하여서는 아니된다.

마. 구조물의 본체는 직경별로 다음의 두께 이상으로 제작하여야 한다.

직 경(mm)	두께(mm)
1,500 이하	9 이상
1,500 초과 1,900 이하	10 이상
1,900 초과 2,100 이하	11 이상
2,100 초과 2,600 이하	12 이상
2,600 초과	13 이상

4. 도급받은 공사의 전부를 하도급하여서는 아니되며, 하도급하고자하는 경우 건설 산업기본법에 의한 해당업종의 건설업자에게 하도급하여야 한다.
5. 분뇨처리시설 등의 설계·시공업을 성실하게 하여야 하며, 도급받은 공사의 일부를 하도급한 때에는 부실하게 시공되지 아니하도록 감독을 철저히 하여야 한다.
6. 당해 시설의 설계·시공을 완료한 때에는 시운전을 3월 이상 충분히 실시하여 시설이 적정하게 운영되도록 하여야 하고, 운전요령에 관한 책자를 소유자 또는 관리자에게 교부하여야 한다.
7. 설계·시공된 분뇨처리시설등이 정상적으로 유지·관리될 수 있도록 당해 시설의 소유자 또는 관리자의 기술자문에 협조하는 등 사후관리에 최선을 다하여야 한다.
8. 삭제(2000.5.)
9. 분뇨처리시설 등의 설계·시공등 영업에 관련된 각종 도면 및 서류를 3년이상 보관하여야 한다.
10. 펌프 등 기계부분은 1년 이상 품질이 보증되는 제품을 사용하여야 한다.

[별표 18] 성능 및 재질검사방법 (제92조의4제1항관련)

1. 성능검사

가. 성능검사의 시작

- 1) 제92조의3제2항의 규정에 의하여 성능검사를 위한 오수처리시설 또는 단독정화조를 설치한 자는 당해 오수처리시설 또는 단독정화조로 유입되는 생물화학적 산소요구량(이하 "BOD"라 한다)의 부하량이 설계치의 70% 이상이 된 경우 검사기관에 성능검사를 위한 시료의 채취를 신청하여야 한다.
- 2) 성능검사를 위한 시료의 채취신청을 받은 검사기관은 BOD 유입부하량이 설계치의 70% 이상이 되는 지를 확인하고, BOD 유입부하량이 설계치의 70% 이상이 되는 경우에는 성능검사를 실시하여야 하며, BOD 유입부하량이 설계치의 70% 미만인 경우에는 검사신청인에게 부적합통지를 하여야 한다.
- 3) 검사기관은 성능검사중 BOD 유입부하량이 설계치의 70% 미만으로 낮아져 성능검사를 하는 것이 곤란하다고 인정되는 때에는 성능검사를 중단하고 검사신청인에게 BOD 유입부하량이 설계치의 70% 이상이 된 후 다시 성능검사를 신청하도록 할 수 있다.

나. 검사기간 및 횟수

1) 검사기간

가) 오수처리시설

성능검사를 위하여 설치한 오수처리시설의 BOD 유입부하량이 설계치의 70% 이상이 된 날부터 6월간 실시하되, 12월부터 2월까지를 포함하여야 한다.

나) 단독정화조

성능검사를 위하여 설치한 단독정화조의 BOD 유입부하량이 설계치의 70% 이상이 된 날부터 5일간 실시한다.

2) 검사횟수

가) 오수처리시설

성능검사를 위한 시료의 채취 및 분석은 월 1회 실시하되, 마지막 달에는 3회(아침·점심·저녁) 시료를 채취하여 분석하여야 한다.

나) 단독정화조

성능검사를 위한 시료의 채취 및 분석은 1일 1회 실시한다.

다. 수질분석

1) 시료 채취

오수처리시설의 시료는 최종 방류구에서 채취하고, 단독정화조의 시료는 수세식화장실에 유입되기 전의 세정수와 단독정화조의 소독실로 유입되기 전의 유출수를 각각 채취한다.

2) 수질분석 항목

가) 오수처리시설 : BOD 및 부유물질

나) 단독정화조

(1) BOD제거율이 65% 이상인 단독정화조 : BOD 및 BOD제거율

(2) BOD제거율이 50% 이상 65% 미만인 단독정화조 : BOD제거율

3) 수질분석 방법

수질환경보전법 제7조의 규정에 의하여 환경부장관이 고시한 수질오염공정시험방법을 따른다. 다만, 단독정화조의 BOD제거율 산정방법은 별표 2의 규정에 의한 방법에 따르되, 희석배율은 30 내지 60배의 범위안에 있어야 한다.

라. 성능검사의 결과 판정

검사기관은 채취한 시료의 수질분석 결과가 모두 별표 1의 방류수수질기준 이내인 경우에는 적합판정을 하고, 동기준을 초과하는 경우에는 부적합판정을 하여야 한다.

마. 서면심사에 의한 성능검사

검사기관이 영 별표 7의2의 규정에 따라 서면심사에 의하여 성능검사를 실시하는 경우에는 성능검사대상이 되는 처리용량의 범위가 같은 오수처리시설에 대한

실제 성능검사 결과, 구조도 및 처리효율 산출자료 등을 검토하여 적합 또는 부적합의 판정을 하며, 검사를 위하여 필요한 경우에는 서면심사대상이 되는 오수처리시설 또는 단독정화조에 대하여 제92조의3제1항제4호의 규정에 의한 수질분석결과서의 제출을 요청할 수 있다.

2. 재질검사

가. 시험편의 제작

시험편은 재질검사를 신청한 자가 제조한 오수처리시설 또는 단독정화조중에서 검사기관이 임의로 지정한 오수처리시설 또는 단독정화조로부터 채취한다.

나. 재질시험방법

1) 폴리에틸렌(PE) 제품(재생 제품 포함)의 겉 모양은 눈으로 검사하고, 그밖의 항목에 대하여는 한국산업규격 KS M 3604(재생 폴리에틸렌제 정화조)가 정하는 방법에 따라 실시한다.

2) 유리섬유강화플라스틱(FRP) 제품의 겉 모양은 눈으로 검사하고, 유리섬유 함유량은 한국산업규격(KS) F 2244(유리섬유강화플라스틱의 섬유 함유율 측정방법)가 정하는 방법에 따라 실시하며, 그밖의 항목은 한국산업규격(KS) F 4803(유리섬유강화플라스틱제 정화조 구성부품)이 정하는 방법에 따라 실시한다.

다. 재질검사 결과 판정

검사기관은 재질검사의 결과가 별표 20 제2호의 오수처리시설·단독정화조의 재질기준에 적합한 경우에는 적합판정을 하고, 동기준에 적합하지 아니한 경우에는 부적합판정을 하여야 한다.

[별표 19] 오수처리시설등제조업자 준수사항 (제93조관련)

1. 등록증을 공장에 게시하여야 하며, 기술인력이 해당분야에 종사하도록 하여야 한다.
2. 오수처리시설 또는 단독정화조는 자신이 등록한 공장에서 제조한 구조물 및 부품을 사용하여 완제품을 제조하여야 한다. 다만, 부품중 자신이 등록한 공장에서 제조할 수 없는 것은 타인이 제조한 것을 사용할 수 있다.
3. 정화조를 제조·판매하는 때에는 다음과 같이 스스로 품질시험을 하여야 한다.
 - 가. 겉모양 및 수밀성 : 전량
 - 나. 기타 : 월1회 또는 300개당 1개이상
4. 정화조 품질시험 결과를 품질관리대장에 작성·보존하여야 한다.
5. 판매되는 오수처리시설 또는 단독정화조는 품질관리기사의 검사필증을 부착하여야 하며, 검사필증에는 출고일, 품질관리기사의 성명과 서명이 있어야 한다.
6. 제조 및 판매한 양을 종류별로 기록하고 최종 기재한 날부터 3년간 보존하여야 하며, 제조 및 판매실적을 다음해 1월 15일까지 시·도지사에게 제출하여야 한다.
7. 오수처리시설 또는 단독정화조를 판매하는 때에는 품질보증서(물체는 5년, 펌프등 기계부분은 1년)와 정화조의 주요 치수가 명시된 약식설계도서, 설치방법, 운용요령 등이 포함된 안내책자를 교부하여야 한다.
8. 제조·판매한 정화조에 대하여 연 1회이상 종류 및 호칭(용량)별로 각각 1개소 이상을 정화조의 소유자 또는 관리자와의 계약에 의하여 선정하여 방류수수질분석 등 기능이 정상적으로 유지되는지 여부를 조사·분석하고 그 결과를 작성·비치하여 3년이상 보관하여야 한다.
9. 자신이 제조한 오수처리시설 또는 단독정화조를 직접 설치한 때에는 당해 시설의 시운전을 3월 이상 충분히 실시하여 시설이 적정하게 운영되도록 하여야 한다.
10. 자신이 제조한 오수처리시설 또는 단독정화조를 건축주가 설치한 경우로서 준공검사 결과 방류수수질기준을 초과하는 때에는 그 원인을 조사하여야 하며, 조사 결과 제품의 하자로 인한 경우에는 당해 시설을 개선하여야 한다. (2000.5. 신설)

[별표 20] 오수처리시설·단독정화조의 구조·규격·성능 및 재질 기준 (제94조제1항관련)

1. 오수처리시설·단독정화조의 구조·규격 및 성능 기준

가. 오수처리시설

- 1) 제9조의 규정에 의한 오수처리시설의 방류수수질기준을 준수할 수 있는 처리 능력을 갖춘 구조·규격이어야 한다.
- 2) 제15조의 규정에 의한 오수처리시설의 설치기준에 적합한 구조·규격 및 부품을 갖추어야 한다.
- 3) 구조물 본체의 직경 또는 높이는 3미터를 초과하여서는 아니된다.
- 4) 구조물을 원형으로 제조하는 때에는 1.5미터마다 보강띠를 구조물의 본체와 일체형으로 성형하여야 하며, 보강띠의 단면은 안전성이 1보다 작고, 허용좌굴하중이 단위폭당 하중의 2배 이상이 되도록 하여야 한다. 이 경우 안전성 및 허용좌굴하중의 계산식은 다음과 같다.

가) 안전성 계산식 : $\sigma \div 420\text{kg/cm}^2 + \sigma_1 \div 700\text{kg/cm}^2$

나) 허용좌굴하중 계산식 : $3EI/r^3$

※ 응력(σ) = $Pr \div A$

굴곡응력(σ_1) = $0.84Pr^2 / bt^2$

P : 단위폭당 하중(P = 40.73kg/cm)

r : 반경

A : 보강띠의 단면적

b : 보강띠의 폭

t : 보강띠의 두께

E : 탄성율(80,000)

I : 보강띠의 단면2차 모멘트($I=bt^3 / 12$)

나. 단독정화조

- 1) 제9조의 규정에 의한 단독정화조의 방류수수질기준을 준수할 수 있는 처리능력을 갖춘 구조·규격이어야 한다.
- 2) 제21조의 규정에 의한 단독정화조의 설치기준에 적합한 구조·규격 및 부품을 갖추어야 한다.
- 3) 구조물 본체의 직경 또는 높이는 3미터를 초과하여서는 아니된다.
- 4) 처리공법별 구조·규격 및 성능 기준은 다음과 같다.

가) 부패탱크방법

구 분	구 조 및 규 격	성 능 기 준
침전 및 소화실 (부패실)	(1) 2실이상 4실이하로 구분하여 직렬로 접속하여야 한다. (2) 총유효용량은 1.5세제곱미터이상으로 하고, 처리대상인 원이 5인을 초과하는 때에는 5인당 0.5세제곱미터이상을 가산한 용량으로 한다.	생물화학적 산소 요구량을 50퍼센트 이상 제거할 수 있어야 한다.
	(3) 제1실의 유효용량은 2실형의 경우에는 총 유효용량의 3분의2, 3실형 및 4실형의 경우에는 2분의1로 하여야 하고, 최종실에는 여과장치를 설치하되, 해당장치의 아래로부터 오수가 통과하는 구조로 하여야 하며, 쇄석층 또는 이에 준하는 여재부분의 부피는 총유효용량의 5퍼센트 이상 10퍼센트이하로 하여 이를 해당 유효용량에 가산한다. (4) 각 실의 유효수심은 1미터이상 3미터이하이어야 하며, 유입관 개구부의 위치는 수면으로부터 유효수심의 3분의 1의 깊이로 하고, 유출관 또는 단층벽 하단 개구부의 위치는 수면으로부터 유효수심의 2분의 1의 깊이로 하거나, 각 실간의 벽의 동일 깊이에 적당한 수의 폭3센티미터의 세도구멍을 6센티미터 간격으로 설치하되, 부상물 또는 스크의 유출이 방지되는 구조이어야 한다. (5) 제1실의 유입관은 "T"자형 관으로 설치하되, 단층벽이나 "T"자형 관을 설치하는 경우에는 위에서 볼 수 있는 점검뚜껑을 두고, "T"자형 관의 지름은 10센티미터이상이어야 한다. (6) 오니를 제거할 수 있는 뚜껑을 설치하여야 한다.	

나) 폭기방법

구 분	구 조 및 규 격	성 능 기 준
부패실	유효용량은 0.75세제곱미터이상으로 하고, 처리대상인원이 5인을 초과하는 때에는 5인당 0.45세제곱미터이상을 가산한 용량으로 한다.	생물화학적 산소 요구량을 65퍼센트 이상 제거할 수 있어야 한다.
폭기실	(1) 유효용량은 0.45세제곱미터이상으로 하고, 처리대상인원이 5인을 초과하는 때에는 초과하는 5인당 0.3세제곱미터이상을 가산한 용량으로 한다. (2) 산기장치로 오수를 균등하게 섞어 용존산소를 0.3mg/l 이상으로 유지할 수 있도록 충분한 산소를 공급할 수 있는 구조로 하여야 한다.	
최 중 침전실	(1) 유효용량은 0.15세제곱미터이상으로 하고, 처리대상인원이 5인을 초과하는 때에는 5인당 0.1세제곱미터이상을 가산한 용량으로 한다. (2) 오수의 침전작용을 신속하게 할 수 있어야 하고, 침전된 오니 전부를 폭기실로 되돌려 보낼 수 있어야 한다. (3) 스크럼이 떠오르는 것을 적게 하고, 부상물의 유출을 방지할 수 있는 구조로 하여야 한다.	

다) 접촉폭기방법

구 분	구 조 및 규 격	성 능 기 준
부 패 실	폭기방법의 부패실의 구조 및 규격과 같다.	생물화학적 산소 요구량을 65퍼센트 이상 제거할 수 있어야 한다.
접촉폭기실	(1) 유효용량은 0.25세제곱미터이상으로 하고, 처리대상인원이 5인을 초과하는 때에는 5인당 0.125세제곱미터이상을 가산한 용량으로 한다. (2) 접촉재는 생물막등에 의하여 폐쇄상태가 발생되지 아니하는 형상으로 하고, 생물막이 부착하기 쉬운 구조로 하며, 유효용량에 대한 접촉재의 충전율은 50퍼센트이상으로 하여야 한다.	

구 분	구 조 및 규 격	성 능 기 준
접촉폭기실	(3) 산기장치로 오수를 균등하게 섞어 용존산소를 0.3mg/l 이상으로 유지할 수 있도록 충분한 산소를 공급할 수 있는 구조로 하여야 한다. (4) 응결된 오수를 부패실로 이송 할 수 있는 구조로 하여야 한다.	
최 종 침전실	(1) 유효용량은 0.15세제곱미터이상으로 하고, 처리대상인원이 5인을 초과하는 때에는 5인당 0.075세제곱미터이상을 가산한 용량으로 한다. (2) 오수의 침전작용을 신속하게 할 수 있어야 하고, 스크이 떠오르는 것을 적게하며, 부상물의 유출을 방지할 수 있는 구조로 하여야 한다.	

라) 살수여상방법

구 분	구 조 및 규 격	성 능 기 준
부패실	부패탱크방법의 부패실의 구조 및 규격과 같다.	생물화학적 산소요구량을 65퍼센트 이상 제거할 수 있어야 한다.
살수여상	(1) 여재부분의 부피는 0.75세제곱미터 이상으로하고, 처리대상 인원이 5인을 초과하는 때에는 5인당 0.25세제곱미터이상을 가산한 부피로 한다. (2) 여재의 깊이는 0.9미터이상 2미터이하로 한다. (3) 여재는 입자의 지름이 5센티미터이상 7.5센티미터이하의 경질쇄석 기타 이와 유사한 것으로서 호기성생물막을 생성할 수 있는 것을 사용하여야 한다. (4) 살수통을 사용하는 경우에는 살수통의 아랫면과 여재면과의 간격을 10센티미터이상으로 하여야 한다. (5) 쇄석을 받치는 아랫면과 조의 밑면과의 간격을 10센티미터 이상으로 하여 공기가 잘 통하는 구조로 하여야 한다. (6) 배기관 또는 송기공을 설치하는 등 통기설비를 설치하여야 한다. (7) 여재면에 대하여 균등하게 살수할 수 있는 구조로 하여야 한다.	

마) 변형접촉폭기방법

구 분	구 조 및 규 격	성 능 기 준
침 전 분리실	<p>(1) 유효용량은 0.75세제곱미터이상으로 하고, 처리대상인원이 5인을 초과하는 때에는 5인당 0.5세제곱미터이상을 가산한 용량으로 한다.</p> <p>(2) 소형실을 침전분리실안에 설치하되, 그 용량은 침전분리실 유효용량의 100분의 8이상, 폭은 침전분리실 폭의 3분의 1이상, 길이는 침전분리실 길이의 2분의1이상, 높이는 침전분리실 높이의 2분의 1이상의 규모로 유입구 하단의 침전분리실 바닥에 설치하여야 한다.</p> <p>(3) 유입관은 "T"지형관으로 설치하되, 상단 개구부의 위치를 수면으로부터 15센티미터이상의 높이로 하고, 하단 개구부의 위치를 수면으로부터 유효수심의 3분의1의 깊이로 하며, T지형관의 지름은 10센티미터이상 이어야 한다.</p> <p>(4) 유입관 바로 하단에 수면으로부터 유효수심의 2분의1의 깊이에 윗변 7.5센티미터, 아랫변 7.5센티미터, 길이 22.5센티미터, 내각60도의 "D"형의 턱을 설치하여야 한다.</p> <p>(5) 유출관은 폭10센티미터, 길이 5센티미터의 직사각형관으로 설치하되, 유입구의 대각선 방향에 설치하고, 유출관 하단의 위치는 수면으로부터 유효수심의 4분의1의 깊이로 하여야 한다.</p> <p>(6) 유출관 바로 하단에 깔대기 형태의 유출관분리벽(윗변은 폭 40센티미터, 길이 20센티미터, 아랫변은 폭 7센티미터, 길이 10센티미터, 높이는 25센티미터)을 설치하여야 한다.</p> <p>(7) 발생가스의 배출을 위하여 배기관을 설치하여야 한다.</p> <p>(8) 오니 및 스크의 제거를 위하여 상부에 뚜껑을 설치하여야 한다.</p>	<p>생물화학적 산소요구량을 65퍼센트이상 제거할 수 있어야 한다.</p>
폭기실	<p>(1) 유효용량은 0.25세제곱미터이상으로하고, 처리대상인원이 5인을 초과하는 때에는 5인당 0.125세제곱미터이상을 가산한 용량으로 한다.</p> <p>(2) 산기장치로 오수를 균등하게 섞어 용존산소를 0.3mg/l 이상으로 유지할 수 있도록 충분한 산소를 공급할 수 있는 구조로 하여야 한다.</p> <p>(3) 폭기실의 상태확인과 오니의 제거를 위하여 상부에 뚜껑을 설치하여야 한다.</p>	
최 종 침전실	<p>(1) 유효용량은 여재층을 합하여 0.15세제곱미터이상으로 하고, 처리대상인원이 5인을 초과하는 때에는 5인당 0.075세제곱미터이상을 가산한 용량으로 한다</p>	

구 분	구 조 및 규 격	성 능 기 준
	<p>(2) 오수의 침전작용을 신속하게 할 수 있어야 하고, 침전된 오수의 전량을 폭기실에 되돌려보낼 수 있어야 한다.</p> <p>(3) 스크럼이 떠오르는 것을 적게 하고, 부상물의 유출을 방지할 수 있는 구조로 하여야 한다.</p>	
여재층	<p>(1) 최종침전실의 상부에 설치하고, 여재층의 상단의 위치는 수면으로부터 15센티미터 깊이로 하며 여재층의 부피는 0.06 세제곱미터이상으로 하고, 처리대상인원이 5인을 초과하는 때에는 5인당 0.045세제곱미터이상을 가산한 부피로 한다.</p> <p>(2) 여재는 입자의 지름 2.5센티미터, 높이 1.9센티미터, 비표면적 280제곱미터/세제곱미터, 공극율 88퍼센트, 비중 0.89인 바이오레이트 기타 이와 동등이상의 특성을 지닌 것으로 하여야 한다.</p> <p>(3) 여재의 충전율을 50퍼센트이상으로 하고, 여재를 지지할 수 있는 받침대를 여재층의 상·하단에 설치하여야 한다.</p>	

바) 산화형협기성방법

구 분	구 조 및 규 격	성 능 기 준
부패실	<p>(1) 2실로 구분하여 직렬로 접속하여야 한다.</p> <p>(2) 총유효용량은 1.35세제곱미터이상으로 하고, 처리대상인원이 5인을 초과하는 때에는 5인당 0.5세제곱미터 이상을 가산한 용량으로 한다.</p> <p>(3) 제1실의 유효용량은 총유효용량의 3분의2로 하고, 제2실의 유효용량은 총유효용량의 3분의1로 한다.</p> <p>(4) 제1실에는 다음과 같은 장치를 설치하여야 한다.</p> <p>(가) 유입관은 "T"자형 관으로 설치하되 상단 개구부의 위치를 수면으로부터 15센티미터이상의 높이로 하고, 하단 개구부의 위치를 수면으로부터 유효수심의 3분의 1의 깊이로 하며, "T"자형관의 지름은 10센티미터이상이어야 한다.</p>	<p>생물화학적 산소요구량을 65퍼센트이상 제거할 수 있어야 한다.</p>

구 분	구 조 및 규 격	성 능 기 준
	<p>(나) 유입관 바로 하단의 수면으로부터 유효수심의 2분의 1의 깊이에 윗변 7.5센티미터, 아랫변 7.5센티미터, 깊이 22.5센티미터, 내각 60도의 “▷”형의 턱을 설치하여야 한다.</p> <p>(다) 유출관은 폭 10센티미터, 길이 5센티미터의 직사각형관으로 설치하되 유입구의 대각선 방향에 설치하고, 유출관 하단의 위치는 수면으로부터 유효수심의 4분의 1의 깊이로 하여야 한다.</p> <p>(라) 유출관 바로 하단에 깔대기형태의 유출관 분리벽(윗변은 폭 40센티미터, 길이 20센티미터, 아랫변은 7센티미터, 길이 10센티미터, 높이는 25센티미터)을 설치하여야 한다.</p> <p>(5) 발생가스의 배출을 위하여 배기관을 제1실의 상부에 설치하여야 한다.</p> <p>(6) 오니 및 스크의 제거를 위하여 제1실의 상부에는 뚜껑을 설치하고, 제2실의 상부 산화판에는 지름 9센티미터이상의 청소용관을 설치하여야 한다.</p>	
침전실	제1부패실 및 제2부패실에서 처리된 오수를 침전분리시켜 침전된 고형물은 제2부패실로 되돌려 보내고, 상등액은 산화실로 이송시킬 수 있는 구조이어야 하며, 유효용량은 최종침전실을 포함하여 0.12세제곱미터이상으로 하고, 처리대상인원이 5인을 초과하는 때에는 5인당 0.07세제곱미터이상을 가산한 용량으로한다.	
산화실	<p>(1) 부패실의 상부에 설치하되 유효량은 0.03세제곱미터이상으로 하고, 처리대상인원이 5인을 초과하는 때에는 5인당 0.03세제곱미터이상을 가산한 용량으로 한다.</p> <p>(2) 산화판표면에는 봉형돌출물(지름 4센티미터, 높이 15센티미터) 40개이상을 설치하여 호기성 생물막의 생성에 지장이 없도록 하고, 오수를 가능한 한 오랫동안 체류시킬 수 있는 구조로 하여야 한다.</p> <p>(3) 오니의 청소를 위하여 상부에 뚜껑을 설치하여야 한다.</p>	
최 종 침전실	산화실에서 처리된 오수를 침전분리시킨 후 유출관을 통하여 방류시킬 수 있는 구조이어야 하고, 유효용량은 0.02세제곱미터이상으로 하며, 처리대상인원이 5인을 초과하는 때에는 5인당 0.013세제곱미터이상을 가산한 용량으로 한다.	

사) 토양침투처리방법

구 분	구 조 및 규 격	성 능 기 준
부패실 (1차처리장치)	<p>연속부패실 또는 변형부패실 중 하나를 설치하여야 한다.</p> <p>(1) 연속부패실</p> <p>(가) 2실이상 4실이하로 구분하여 직렬로 접속하여야 한다.</p> <p>(나) 총유효용량은 1.5세제곱미터이상으로 하고, 처리대상인원이 5인을 초과하는 때에는 5인당 0.5세제곱미터이상을 가산한 용량으로 한다.</p> <p>(다) 제1실의 유효용량은 2실형의 경우에는 총유효용량의 3분의 2, 3실형 및 4실형이 경우에는 2분의1로 하여야 하고, 최종실에는 여과장치를 설치하되, 해당장치의 아래로부터 오수가 통과하는 구조로 하여야 하며, 쇄석층 또는 이에 준하는 여재부분의 부피는 총 유효용량의 5퍼센트이상 10퍼센트이하로하여 이를 해당 유효용량에 가산하여야 한다.</p> <p>(라) 각 실의 유효수심은 1미터이상 3미터이하이어야 하며, 유입관 개구부의 위치는 수면으로부터 유효수심의 3분의 1의 깊이로 하고, 유출관 또는 단층벽 하단 개구부의 위치를 수면으로부터 유효수심 2분의 1의 깊이로 하거나, 각 실간의 벽의 동일 깊이에 적당한 수의 폭 3센티미터의 세로구멍을 6센티미터 간격으로 설치하되 부상물 또는 스킴의 유출이 방지되는 구조이어야 한다.</p> <p>(마) 제1실 유입관은 "T"자형관으로 설치하되, 단층벽이나 "T"자형관을 설치하는 경우에는 위에서 볼 수 있는 락검뚜껑을 두고, "T"자형관의 지름은 10센티미터 이상이어야 한다.</p> <p>(바) 오니를 제거할 수 있는 뚜껑을 설치하여야 한다.</p> <p>(2) 변형부패실</p> <p>(가) 침전실 아래에 소화실을 설치하여 오수가 소화실을 거쳐 침전실로 유입하는 구조로 하여야 한다.</p>	<p>1차처리장치에 의한 부유물질 제거율은 55퍼센트이상, 부유물질량은 250mg / ℓ 이하이어야 한다.</p>

구 분	구 조 및 규 격	성 능 기 준																						
	<p>(나) 총유효용량은 1.5세제곱미터이상으로 하고 처리대상인원이 5인을 초과하는 때에는 5인당 0.5세제곱미터이상을 가산한 용량으로 한다.</p> <p>(다) 소화실의 유효용량은 부패실의 유효용량의 4분의3으로 하고 침전실에서 부상물 또는 스킴의 유출 등을 방지하는 구조로 하여야 한다.</p> <p>(라) 침전실 호퍼는 수평면에 대하여 50도이상의 기울기로 하고 오버랩부분은 수평거리에서 구멍의 폭 이상으로하여 소화실내안의 부상물이 침전실로 유입되지 아니하도록 하여야 한다.</p> <p>(마) 침전실 호퍼의 구멍의 폭은 3센티미터이상 10센티미터이하로 하고, 구멍이 막히지 아니하는 구조로 하여야 한다.</p>																							
토양침투지(2차처리 장치)	<p>(1) 토양침투부분은 지하수위가 지표면(토질이 불침투성인 경우에는 트렌치의 밑면)에서 1.5미터이상 깊은 곳에 위치하여야 하며, 우물 등의 수원에서 수평거리가 30미터이상 떨어진 곳에 설치하여야 한다.</p> <p>(2) 트렌치는 균등하게 살수될 수 있는 구조로서 폭은 50센티미터이상 70센티미터이하, 깊이는 산수관의 깊이에 15센티미터 이상을 가산하여 묻되, 모래 또는 자갈로 묻어야 한다.</p> <p>(3) 트렌치는 길이가 20미터이하이어야 하고, 산수관 상호 간격은 2미터이상으로 하여야 한다</p> <p>(4) 트렌치는 진흙·쓰레기·빗물등의 유입을 방지하기 위하여 지표면을 약 15센티미터정도 견고하게 복토하여야 한다</p> <p>(5) 처리대상인원 1인당 지하침투부분의 면적은 다음의 표의 수치이상으로 한다. 다만, 토양의 침투시간은 다음의 (가) 내지 (다)의 시험방법에 따라 측정된 것으로 하여야 한다.</p> <table border="1" data-bbox="384 1563 884 1832"> <thead> <tr> <th>토양침투 시간(분)</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>10</th> <th>15</th> <th>30</th> <th>45</th> <th>60</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>침투면적(제곱미터/인)</td> <td>1.5</td> <td>2.0</td> <td>2.5</td> <td>3.0</td> <td>3.5</td> <td>4.0</td> <td>4.5</td> <td>11.0</td> <td>15.0</td> <td>16.5</td> </tr> </tbody> </table>	토양침투 시간(분)	1	2	3	4	5	10	15	30	45	60	침투면적(제곱미터/인)	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	11.0	15.0	16.5	
토양침투 시간(분)	1	2	3	4	5	10	15	30	45	60														
침투면적(제곱미터/인)	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	11.0	15.0	16.5														

구 분	구 조 및 규 격	성 능 기 준
	<p>(가) 토양의 침투시간 측정방법은 3개 내지 6개의 시험공에 각각 측정한 침투시간의 평균치를 침투처리 예정지의 침투시간으로 한다.</p> <p>(나) 시험공은 토양침투처리 예정지 또는 그 주변에 직경 30센티미터, 깊이는 산수관의 깊이에 15센티미터를 가산하여 산정하고(시험공의 깊이가 지표면보다 40센티미터미만의 경우에는 40센티미터로 한다), 시험공의 바닥은 5센티미터 정도의 두께로 자갈을 채운다.</p> <p>(다) 침투속도의 측정은 강우시를 피하여 다음의 순서에 따라 행한다.</p> <p>1) 시험공 자갈위에 25센티미터정도 맑은물을 주입하여 수심이 10센티미터정도 하강되면 다시 물을 25센티미터정도까지 재주입을 반복하여 수심의 변동과 시간을 30센티미터 내지 50센티미터의 눈금자로 측정하여 침투수량이 일정할 때까지 반복한다.</p> <p>2) 침투수량이 일정하게 되면 20분 뒤 수위를 25센티미터가 되도록 맑은 물을 채운 후 토질이 점토질인 경우 10밀리미터, 기타의 경우에 있어서는 30밀리미터 수위가 하강되는데 필요한 시간을 측정하여 수위가 25밀리미터 하강하는데 소요되는 시간으로 환산하여 침투시간을 산정한다.</p> <p>(6) 침투면적이 산정되면 처리대상인원에 따라 토양침투지를 산정하여야 한다.</p>	

아) 무회석 가열식 부패탱크방법

구 분	구 조 및 규 격	성 능 기 준
부패실	<p>(1) 부패실은 3밀리미터 내지 5밀리미터 두께의 소재를 사용하여야 한다.</p> <p>(2) 부패실은 방수 및 방열이 될 수 있도록 바닥 및 양측면에 우레탄등과 같은 방수·방열재를 채워야 한다.</p> <p>(3) 부패실의 용량은 다음 식에 의하여 계산한다. 부패실용량(리터) = 9.5 × 사용횟수(가정용은 1인 1일 5회, 공중변소는 1인 1일 1회 사용기준)</p>	투입분전량이 부속되어야 한다.

구 분	구 조 및 규 격	선 능 기 준
혼합장치	(1) 부패실의 회전축을 중심으로 부식을 방지할 수 있는 철재 스크류장치를 설치하여 분뇨의 혼합을 원활히 하도록 한다. (2) 혼합장치는 일정한 주기(1일 4회, 6시간 간격)로 자동 작동될 수 있도록 자동제어장치를 설치하여야 한다. (3) 화장실 사용 직후 또는 필요시에 따라 수시 작동될 수 있도록 수동식 제어단추를 설치하여야 한다.	
가열장치	(1) 부패실 내부의 온도조절과 미생물의 활력을 돕기위하여 부패실 바닥과 양측면에 가열장치를 설치하여야 한다. (2) 부패실의 온도가 50도이상 유지되도록 하여야 한다.	
송풍장치	(1) 부패실안의 원활한 공기공급과 수분의 방출 및 악취제거를 위하여 송풍장치를 설치하여야 한다. (2) 송풍장치는 수시 또는 자동으로 작동될 수 있도록 제어단추를 설치하여야 한다.	

2. 오수처리시설·단독정화조의 재질기준

가. 오수처리시설 또는 단독정화조의 제조에 사용할 수 있는 재질 및 재질별 제조 가능한 규모는 다음 각호와 같다.

- 1) 폴리에틸렌(PE) : 단독정화조 10인용 이하
- 2) 유리섬유강화플라스틱(FRP) : 단독정화조 50인용 이하, 오수처리시설

나. 오수처리시설 및 단독정화조의 재질별 기준은 다음 각호와 같다.

- 1) 폴리에틸렌(PE) 제품(재생 제품 포함)의 겉모양은 부분적 형태의 불규칙성·비틀림·균열·흠·변형 등의 결함이 없어야 하고, 한국산업규격(KS) M 3604 (재생 폴리에틸렌계 정화조)의 제3호 및 제4호의 규정에 의한 품질기준 등에 적합하여야 한다.
- 2) 유리섬유강화플라스틱(FRP)으로 제조하는 제품은 다음의 기준에 적합하여야 한다.
 - 가) 제품의 겉모양은 부분적 형태의 불규칙성·비틀림·균열·흠·변형 등의

결함이 없어야 한다.

나) 유리섬유 함유량은 25% 이상이어야 한다.

다) 한국산업규격(KS) F 4803(유리섬유강화플라스틱제 정화조 구성 부품)의 제 2호 내지 제4호의 규정에 의한 품질기준 등에 적합하여야 한다.

라) 다음의 두께 기준에 적합하여야 한다. 다만, 처리용량이 5세제곱미터 이하 인 경우에는 두께기준을 적용하지 아니한다.

직 경(mm)	두께(mm)
1500 이하	7 이상
1500 초과 1700 이하	8 이상
1700 초과 2200 이하	9 이상
2200 초과 2700 이하	10 이상
2700 초과 2900 이하	11 이상
2900 초과	12 이상

3. 오수처리시설·단독정화조의 품질 표시

가. 오수처리시설 또는 단독정화조의 뚜껑에 제조자명·등록번호 및 호칭(또는 처리용량)을 각각 새겨야 한다.

나. 오수처리시설 또는 단독정화조의 몸체의 내·외부(내부에는 시설을 설치한 후에도 확인이 가능하도록 최상단부)의 보기 쉬운 위치에 잘 지워지지 아니하는 방법으로 다음의 표시를 하여야 한다.

오 수 처 리 시 설 (단독정화조)	
1. 처리공법 :	2. BOD 방류수질 : mg/l 이하
3. SS 방류수질 : mg/l	4. 호칭(처리용량) : 인용(m ³ /일)
5. 재 질 :	6. 제조자명 :
7. 등록번호 :	8. 제조일자 : 년 월
9. 제조자의 주소 및 전화번호 :	

[별표 21] 기술관리인의 자격기준 (제97조관련)

구 분	자 격 기 준
1. 분뇨처리시설 및 축산폐수공 공처리시설	<ul style="list-style-type: none"> ○ 다음의 1에 해당하는 자 가. 수질환경기사·폐기물처리기사·토목기사 또는 화공기사 (화공·공업화학분야) 나. 환경기능사 또는 화학분석기능사로서 해당 분야에서 2년 이상 실무에 종사한 자
2. 오수처리시설 및 단독정화조	<ul style="list-style-type: none"> ○ 다음의 1에 해당하는 자 가. 수질환경기사·폐기물처리기사·토목기사 또는 화공기사 (화공·공업화학분야) 나. 환경기능사 또는 화학분석기능사로서 해당 분야에서 2년 이상 실무에 종사한 자 다. 이공계 전문대학졸업이상의 학력을 가진 자로서 해당 분야에서 1년이상 실무에 종사한 자 라. 공업계 고등학교 졸업자로서 해당분야에서 3년이상 실무에 종사한 자 마. 용량이 1천㎥/일 미만인 오수처리시설 및 단독정화조에 한하여 오수처리시설 또는 단독정화서 설치신고를 한 자가 해당 분야에서 3년이상 실무에 종사한 피고용인 중에서 임명하는 자
3. 축산폐수처리 시설	<ul style="list-style-type: none"> ○ 다음은 1에 해당하는 자 가. 축산폐수배출시설 또는 축산폐수처리시설의 업무에 종사하는 피고용인중에서 축산폐수배출시설의 설치허가를 받은 자가 임명하는 자 나. 축산폐수배출시설의 설치허가를 받은 자

비고 : 건설기술관리법 제2조의 규정에 의한 건설기술자는 자격기준의 해당 자격을 갖춘 것으로 본다.

[별표 22] 지도·단속실적보고 (제107조제2항관련)

업 무 내 용	보고횟수	보고기일	보 고 자
1. 오수처리시설·축산폐수배출시설설치업소에 대한 지도·단속실적 및 오염물질 배출상황 검사결과	연 2회	매반기종료후 15일 이내	시·도지사
3. 재활용사업장에 대한 지도·단속실적 및 재활용실적 현황	연 2회	매반기종료후 15일 이내	시·도지사
4. 축산폐수위탁·유입처리 축산농가에 대한 지도·단속실적	연 2회	매반기종료후 15일 이내	시·도지사
6. 분뇨등관련영업자에 대한 지도·단속실적	연 2회	매반기종료후 15일 이내	시·도지사
7. 분뇨처리시설등 설계·시공업자 및 오수처리 시설등제조업자에 대한 지도·단속실적	연 2회	매반기종료후 15일 이내	시·도지사
8. 오수처리시설등제조업자의 정확조 제조·판매실적	연 1회	다음해 1월 이내	시·도지사
9. 오수·분뇨 및 축산폐수로 인한 수질오염사고발생 관련 지도·단속실적 및 조치사항	수 시	사고발생시	시·도지사

[별표 23] 허가 또는 등록의 수수료 (제108조제1항관련)

구 분	신 규	변 경
1. 축산폐수배출시설의 설치허가	10,000원	5,000원
2. 분뇨등관련영업의 허가	30,000원	15,000원
3. 분뇨처리시설등의 설계·시공업의 등록	23,000원	14,000원
4. 오수처리시설등제조업의 등록	23,000원	15,000원

[별표 24] 행정처분기준 (제109조관련)

1. 일반기준

가. 위반행위가 2이상인 때에는 각 위반행위에 따라 각각 처분한다.

나. 위반행위의 횟수에 따른 행정처분기준은 당해 위반행위가 있는 날 이전 최근 1

년간 같은 위반행위로 행정처분을 받은 경우에 적용한다.

다. 이 기준에 명시되지 아니한 사항으로서 처분의 대상이 되는 사항이 있을 때에는 이 기준중 가장 유사한 사항에 따라 처분한다.

2. 개별기준

가. 분뇨등관련영업자에 대한 행정처분기준

위 반 사 항	근거법령	행 정 처 분 기 준			
		1 차	2 차	3 차	4 차
1) 법 제36조제1호 내지 제3호 또는 제5호에 해당되는 때	법 제37조	허가취소			
2) 사위 기타 부정한 방법으로 허가를 받은 때		허가취소			
3) 부정한 방법으로 변경허가를 받거나 변경신고를 한 때		영업정지 3월	영업정지 6월	허가취소	
4) 변경허가 또는 변경신고를 하지 아니하고 허가사항을 임의로 변경한 때 가) 변경허가 사항을 임의로 변경한 때 나) 변경신고 사항을 임의로 변경한 때		영업정지 1월 경고	영업정지 3월 영업정지 1월	영업정지 6월 영업정지 3월	허가취소 영업정지 6월
5) 다른 사람에게 자기의 상호 또는 성명을 사용하여 분뇨등관련영업을 하게 하거나 허가증을 대여한 때		영업정지 6월	허가취소		
6) 허가를 받은 후 1년이내에 영업을 개시하지 아니하거나 정당한 사유없이 1년이상 계속하여 휴업한 때		허가취소			
7) 허가받은 업종의외분뇨등관련영업을 한 때		영업정지 6월	허가취소		

위 반 사 항	근거법령	행 정 처 분 기 준			
		1 차	2 차	3 차	4 차
8) 분뇨·축산폐수수집·운반 및 처리 기준을 위반한 때					
가) 분뇨·축산폐수수집·운반기준 위반					
(1) 수집·운반한 분뇨·축산폐수를 고의 또는 중대한 과실로 처리 장소외의 장소에 버린 때		영업정지6월	허기취소		
(2) 기타 수집·운반기준을 위반한 때		경 고	영업정지1월	영업정지1월	영업정지6월
나) 분뇨·축산폐수 처리기준 위반					
(1) 분뇨·축산폐수를 고의 또는 중대한 과실로 처리하지 아니하고 방류한 때		영업정지6월	허기취소		
(2) 기타 분뇨·축산폐수 처리기준을 위반한 때		경 고	영업정지1월	영업정지3월	영업정지6월
9) 법 제35호제1항의 규정에 의한 분뇨 등관련영업의 허가기준에 미달하게 된 때					
가) 기술능력이 허가기준에 미달하게된때		경 고	영업정지 1월	영업정지 3월	허기취소
나) 사무실 또는 실험실이 없을때		경 고	영업정지 1월	영업정지 3월	허기취소
다) 구비하여야할 실험기기가 허가기준에 미달하게 된 때		경 고	영업정지 1월	영업정지 3월	허기취소
라) 흡인식차량이 허가기준에 미달하게 된 때		경 고	영업정지1월	영업정지3월	허기취소
마) 분뇨처리시설 및 축산폐수처리시설이 허가기준에 미달하게 된 때		영업정지 1월	영업정지3월	영업정지 6월	허기취소
10) 분뇨처리시설 및 축산폐수처리시설의 유지·관리기준을 위반한 때		경 고	영업정지1월	영업정지3월	영업정지6월
11) 오수처리시설 또는 단독정화조의 청소기준을 위반한 때		경 고	영업정지1월	영업정지3월	영업정지6월

위 반 사 항	근거법령	행 정 처 분 기 준			
		1 차	2 차	3 차	4 차
12) 기준을 초과하여 요금을 받은 때		경 고	영업정지 1월	영업정지 3월	영업정지 6월
13) 분뇨등관련영업자의 준수사항을 위반한 때		경 고	영업정지 1월	영업정지 3월	영업정지 6월
14) 기술요원 등을 정당한 사유없이 교육을 받게하지 아니한 때		경 고	경 고	영업정지 1월	영업정지 3월
15) 장부를 기록·보존하지 아니하거나 허위로 기재한 때		영업정지 1월	영업정지 3월	영업정지 6월	허기취소
16) 서류·시설 또는 장비 등의 출입·검사를 방해한 때		경 고	영업정지 1월	영업정지 3월	영업정지 6월
17) 영업정지처분기간중 영업을 한 때		허기취소			

나. 분뇨처리시설등의 설계·시공업자에 대한 행정처분기준

위 반 사 항	근거법령	행 정 처 분 기 준			
		1 차	2 차	3 차	4 차
1) 법 제36조제1호 내지 제3호 또는 제5호에 해당되는 때	법 제40조	등록취소			
2) 사위 기타 부정한 방법으로 등록을 한 때		등록취소			
3) 부정한 방법으로 변경등록을 받거나 변경신고를 한 때		영업정지 3월	영업정지 6월	등록취소	
4) 변경등록 또는 변경신고를 하지 아니하고 등록사항을 임의로 변경한 때					
가) 변경등록사항을 임의로 변경한 때		영업정지 1월	영업정지 2월	영업정지 6월	등록취소
나) 변경신고사항을 임의로 변경한 때		경 고	영업정지 1월	영업정지 3월	영업정지 6월

위 반 사 항	근거법령	행 정 처 분 기 준			
		1 차	2 차	3 차	4 차
5) 등록후 1년이내에 영업을 개시하지 아니하거나 정당한 사유없이 계속하여 1년이상 휴업한 때		등록취소			
6) 등록된 업종외의 설계·시공업을 한 때		영업정지6월	등록취소		
7) 법 제38조제1항의 규정에 의한 등록기준에 미달하게 된 때					
가) 기술능력이 등록기준에 미달하게 된 때		경 고	영업정지1월	영업정지3월	등록취소
나) 사무실 또는 실험실이 없는 때		경 고	영업정지1월	영업정지3월	등록취소
다) 구비하여야 할 실험기기 또는 제도설비가 등록기준에 미달하게 된 때		경 고	영업정지1월	영업정지3월	등록취소
8) 다른 사람에게 자기의 상호 또는 성명을 사용하여 영업을 하게 하거나 등록증을 대여한 때		영업정지6월	등록취소		
9) 설계·시공업자가 설계 또는 시공을 부실하게 한 때		영업정지6월	등록취소		
10) 설계·시공업자가 도급받은 공사를 일괄하여 하도급한 때		영업정지6월	등록취소		
11) 설계·시공업자의 준수사항을 이행하지 아니한 때		경 고	영업정지1월	영업정지3월	영업정지6월
12) 기술요원을 정당한 사유없이 교육을 받게 하지 아니한 때		경 고	경 고	영업정지1월	영업정지3월
13) 서류·시설 또는 장비 등의 출입·검사를 방해한 때		경 고	영업정지1월	영업정지3월	영업정지6월
14) 영업정지처분기간중 신규계약에 의하여 영업을 행할 때		등록취소			
15) 법 제4조의2제1항의 규정에 의한 개선명령을 이행하지 아니한 자		영업정지6월	등록취소		

다. 오수처리시설등제조업자에 대한 행정처분기준

위 반 사 항	근거법령	행 정 처 분 기 준			
		1 차	2 차	3 차	4 차
1) 법 제36조제1호 내지 제3호 또는 제5호에 해당되는 때	법 제40조	등록취소			
2) 사위 기타 부정한 방법으로 등록을 한 때		등록취소			
3) 부정한 방법으로 변경등록을 받거나 변경신고를 한 때		영업정지1월	영업정지6월	등록취소	
4) 변경등록 또는 변경신고를 하지 아니하고 등록사항을 임의로 변경한 때					
가) 변경등록사항을 임의로 변경한 때		영업정지1월	영업정지2월	영업정지6월	등록취소
나) 변경신고사항을 임의로 변경한 때		경 고	영업정지1월	영업정지3월	영업정지6월
5) 등록후 1년이내에 영업을 개시하지 아니하거나 정당한 사유없이 계속하여 1년이상 휴업한 때		등록취소			
6) 등록된 제품외의 제품을 제조·판매한 때		영업정지1월	등록취소		
7) 법 제39조제1항의 규정에 의한 오수처리시설등제조업의 등록기준에 미달하게 된 때					
가) 기술능력이 등록기준에 미달하게 된		경 고	영업정지1월	영업정지3월	등록취소
나) 공장이 없는때		경 고	영업정지1월	영업정지3월	등록취소
다) 제조시설이 등록기준에 미달하게 된 때		경 고	영업정지1월	영업정지3월	등록취소
라) 구비하여야 할 실험기기가 등록기준에 미달하게 된 때		경 고	영업정지1월	영업정지3월	등록취소

위 반 사 항	근거법령	행 정 처 분 기 준			
		1 차	2 차	3 차	4 차
8) 다른 사람에게 자기의 상호 또는 성명을 사용하여 영업을 하게하거 나 등록증을 대여한 때		경 고	영업정지1월	영업정지3월	등록취소
9) 법 제39조의2제2항의 규정에 부적 합하게 오수처리시설 또는 단독정 화조를 제조·판매한 때					
가) 정화조의 성능기준에 부적합하 게 정화조를 제조·판매한 때		영업정지6월	등록취소		
나) 등록된 정화조의 구조·규격을 임의로 변경하여 제조·판매한 때		영업정지3월	영업정지6월	등록취소	
다) 재질기준에 부적합하게 제조· 판매한 때		영업정지3월	영업정지6월	등록취소	
라) 기계·장비등 부품을 기준에 부적합한 제품을 사용하여 제 조·판매한 때		영업정지3월	영업정지6월	등록취소	
마) 품질표시기준에 부적합하게 표 시하거나, 표시하지 아니하고 제 조·판매한 때		영업정지1월	영업정지3월	영업정지6월	등록취소
10) 자기가 등록된 시설·장비 및 공 장안에서 제조하지 아니한 때		경 고 영업정지6월	영업정지1월 등록취소	영업정지3월	등록취소
11) 기타 제조업자의 준수사항을 이 행하지 아니한 때		경 고	영업정지1월	영업정지3월	영업정지6월
12) 기술요원을 정당한 사유없이 교육 을 받게하지 아니한 때		경 고	경 고	영업정지1월	영업정지3월
13) 서류·시설 또는 장비 등의 출 입·검사를 방해한 때		경 고	영업정지1월	영업정지3월	영업정지6월
14) 영업정지처분기간중 영업을 한 때		등록취소			
15) 법 제14조의2제1항 또는 법 제28 조제5항의 규정에 의한 개선명령 을 이행하지 아니한 자		영업정지6월	등록취소		
16) 법 제39조제4항의 규정에 위반하 여 검사를 받지 아니한 자		등록취소			

부록 III. 문화마을 조성사업 지구선정 현황

(자료출처 : 농업기반공사)

<표1> 총괄표

도별	계	1991	1992	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
계	153 (22)	2	13	17 (2)	19 (4)	21 (2)	21 (2)	11 (4)	10 (2)	23 (5)	16 (1)
경기	11 (2)		양평 용문 이천 설성		<가평설악> 화성 우정	양평 옥천	평택 고덕 안성 일죽	<이천백사>	김포 하성	남양주진건	1양평 강화
강원	16 (3)	횡성 우천		<횡성둔대> 평창 대화 철원 외수	양양 손양 강릉 구정 삼척 근덕 안제 남면	원주 지정 화천 사내	<원주호저> 평창 도암 정선 북평			안제 북면 <강릉강동>	홍성 북방
충북	23		영동 심천 단양 대당	음성 대소 충주 동향 제천 금성 진천 이별 청원 북이	보은내곡리 괴산 사리	제천 청풍 청원 북일 옥천 이원 단양 가곡	제천 한수 충주 금가	음성 삼성	청원 강내 보은 미포	제천 송악 괴산 청안 음성 생극	괴산 도안 음성 감곡
충남	20 (11)	공주 계룡	서산 고북	공주 의당 <부여초촌>	금산 추부 <논산부곡> <청양목관>	<부여 석상> 천안 목원	홍성 홍북 <공주우성>	<부여구암> <연기송담>	<청양방납> 보령 주교	서천 마서 <아산둔포> <청양비룡>	보령 남포 <부여유산>
전북	25 (3)		군산 나포 고창 고수	익산 오산 김제 만경 완주 소양	진안 용담 장수 장계 남원 이백 고창 홍덕	정읍 입암 정읍 태인 진안 정천 진안 상천	남원 주천 군산 성산 군산 서수	군산 회현 남원 금지 <부안계화>	정읍 이명 <익산함타>	<부안동진> 군산 임피	군산 가정 임실 관촌
전남	19 (2)		함평 나산 순천 서면	고흥 과역	강진 군동 <영암군사>	나주 노안 여천 읍촌 순천 상사	담양 금성 함평 활야 영암 도포	담양 수북	장성 동화	장흥 유치 영암 신북 광양 진월 <함평학교>	순천 별량 해남 삼산
경북	19		김천 어모 구미 무읍	안동 의릉	의성 봉양	구미 도계	상주 공성 경산 남천 봉화 봉성 예천 갑천	영주 이산	봉화 춘양 군위 효령	영주 장수 문경 마성 영양 석보 영덕 강구	봉화 상운 김천 봉산 상주 월항
경남	17		창녕 도천 밀양 무안	고성 동해	사천 사남	마산 진전 하동 황천 산청 사천	김해 한림 창녕 갈곡	고성 상리		사천 곤평 합양 안의 창녕 이방 거창 남하	남해 삼동 합안 법수 고성 거류
제주	3(1)			남제주표선		<남제주안양>		북제주한림			

※ < > 시·군 직접 시행지구 (부분 위탁지구)

〈표2〉 도별 현황

착수 년도	지 구 명	사업비 (백만원)	처리용량 (m ³ /일)	인구 (인)	처리공법	준공일 ()예정일	추진현황	가동 현황
총 153지구		43,572	16,413	55,524	관로연결 : 9(2)	95(20)		
경 기 도		3,036	985	3,265	1	6(2)		
'92	이천 설성 금당	596	300	989	접촉산화법	'97.12.30	공사완료	가동
'92	양평 용문 광탄	230	160	350	광역처리장 연결	95.12.13	공사완료	가동
'95	<가평 설악 가일>	300	65	300	접촉산화법	'98.8.30	공사완료	가동
'95	화성 우정 주곡	400	142	593	접촉산화법	'98.4.30	공사완료	가동
'96	양평 옥천 옥천	330	50	160	살수여상법	'00.4.6	공사완료	가동
'97	안성 일죽 주천				하수처리시설없음			
'97	평택 고덕 해창	400	110	340	접촉산화법	'01.4.30	공사완료	가동
'98	<이천 백사 내촌>	380	90	288	고농도오폐수처리	'00.6.24	공사완료	
'99	김포 하성 봉성	400	68	245	살수여상법	('02.4.15)	공 사 중	
'00	남양주진건진관							
'01	양평 강화 향금							
강 원 도		5,616	3,290	10,278	1(1)	12(6)		
'91	<횡성 우천 우항>	500	660	2,700	토양피복식 접촉산화법	'94.7.7	공사완료	가동
'94	<평창 대화 대화>	422	250	917	토양피복식 접촉산화법	'96.9.25	공사완료	가동
'94	<철원 서면 외수>	391	150	335	접촉산화법	'97.8.23	공사완료	가동
'94	<횡성 둔내 방내>	740	650	1,887	기존하수처리장연결			-
'95	<강릉 구정 여찬>	290	110	360	접촉산화법	'99.10.18	공사완료	가동
'95	삼척 근덕 근덕	710	330	1,025	접촉산화법	'99.7.23	공사완료	가동
'95	<인제 남면 신남>	454	240	683	접촉산화법	'98.6.9	공사완료	가동
'95	양양 손양 수산	170	60	149	접촉산화법	'99.9.3	공사완료	가동
'96	화천 사내 사창	400	200	850	접촉산화법	'99.10.1	공사완료	가동
'96	원주 지정 신평	300	130	258	접촉산화법	'99.12.30	공사완료	가동
'97	정선 북평 남평	443	160	488	고효율 합병정화조	'00.9.16	공사완료	가동
'97	평창 도암 횡계	496	200	296	접촉산화법	'00.11.30	공사완료	미가동
'97	<원주 호저 주산>	300	150	330	접촉산화법		공사완료	
'00	인제 북면 용대						설 계 중	
'00	강릉 강동 대동						설 계 중	
'01	홍성 북방 능평						미 착 수	

<표2> (계속)

착수 년도	지 구 명	사업비 (백만원)	처리용량 (m ³ /일)	인구 (인)	처리공법	준공일 ()예정일	추진현황	가동 현황
충 청 북 도		6,901	2,585	9,441		16(2)		
'92	단양 대강 두움	330	150	706	토양피복식 집축산화법	'95.5.18	공사완료	가동
'92	영동 심천 초강	291	200	690	토양피복식 집축산화법	'95.3.30	공사완료	가동
'94	제천 금성 적덕	393	190	731	집축산화법	'96.9.3	공사완료	가동
'94	음성 대소 태생	477	140	594	집축산화법	'97.7.4	공사완료	가동
'94	충주 동량 용교	320	120	528	집축산화법	'96.9.10	공사완료	가동
'94	<청원 북이 내추>	380	140	575	집축산화법	'97.7.1	공사완료	가동
'94	진천 이월 내촌	397	190	810	집축산화법	'96.8.25	공사완료	가동
'95	보은내속리중앙	316	100	315	집축산화법	'98.3.23	공사완료	가동
'95	괴산 사리 사담	400	310	1,075	집축산화법	'98.4.11	공사완료	가동
'96	단양 가곡 가대	360	92	305	고효율 합병정화조	'99.7.17	공사완료	가동
'96	청원 북일 비중	400	220	860	회분식활성슬러지법	'99.7.29	공사완료	가동
'96	<옥천 이원 장화>	400	100	248	집축산화법	'99.2.28	공사완료	가동
'96	제천 청풍 물태	520	280	806	회분식활성슬러지법	'99.7.14	공사완료	가동
'97	제천 한수 송계	420	70	289	회분식활성슬러지법	'00.7.4	공사완료	가동
'97	충주 금가 도촌	309	60	190	고효율 합병정화조	'00.5.13	공사완료	가동
'98	음성 삼성 덕정	382	100	350	회분식활성슬러지법	'00.6.3	공사완료	미가동
'99	청원 강내 궁현	403	55	168	발효침처리시스템	('01.12.30)	공 사 중	
'99	보은 마로 송현	403	68	201	변형회분식활성슬러지법	('02.1.22)	공 사 중	
'00	제천 송악 시곡						설계완료	
'00	괴산 청안 읍내						설계완료	
'00	음성 생극 병암						설계완료	
'01	괴산 도안 화성						미 착 수	
'01	음성 감곡 오향							
충 청 남 도		5,185	1,515	4,333		11(4)		
'91	공주 계룡 월암	315	130	433	토양피복식 집축산화법	'94.12.23	공사완료	가동
'92	서산 고북 양천	196	100	335	토양피복식 집축산화법	'95.4.2	공사완료	가동
'94	공주 의당 청룡	400	150	520	토양피복식 집축산화법	'97.2.24	공사완료	가동
'94	<부여 초촌 웅령>	400	170	486	토양피복식 집축산화법	'97.1.10	공사완료	가동
'95	<청양 목면 대평>	300	69	150	고효율 합병정화조	'97.12.30	공사완료	가동
'95	논산부적마구명	400	170	412	고효율 합병정화조	'99.9.29	공사완료	가동
'95	금산 추부 추정	400	60	221	토양피복식 집축산화법	'98.9.4	공사완료	가동
'96	천안 목천 서흥	400	100	274	토양피복식 집축산화법	'98.11.10	공사완료	가동
'96	<부여 석성 증산>	400	120	191	토양피복식 집축산화법	'98.12.30	공사완료	가동

〈표2〉 (계속)

착수 년도	지구명	사업비 (백만원)	처리용량 (m³/일)	인구 (인)	처리공법	준공일 ()예정일	추진현황	가동 현황
충 청 남 도								
'97	홍성 홍북 증계	400	69	205	고효율 합병정화조	'99.12.10	공시완료	가동
'97	<공주 우성 단지>	400	95	235	토양피복식 집축산화법	'00.5.30	공시완료	가동
'98	<부여 규암 오수>	400	120	184			공사중	
'98	<연기 남 송담>	374	60	254			공사중	
'99	보령 주교 신대	400	102	262	고효율 합병정화조	('01.12.4)	공사중	
'99	<청양 청남 왕진>			171	고효율 합병정화조		설계완료	
'00	서천 마서 덕암						설계중	
'00	아산 둔포 신항						설계중	
'00	청양 비봉 장재						설계중	
'01	보령 남포 읍내						미착수	
'01	부여 옥산 안서							
전 라 북 도		8,406	2,609	10,254	2	19(2)		
'92	고창 고수 황산	256	150	509	토양피복식 집축산화법	'95.2.28	공시완료	가동
'92	군산 나포 옥근	500	150	468	토양피복식 집축산화법	'98.6.26	공시완료	가동
'94	김제 만경 몽산	472	175	363	집축산화법	'97.9.3	공시완료	가동
'94	완주 소양 대흥	384	175	319	집축산화법	'96.12.11	공시완료	가동
'94	익산 오산 신지	545	175	498	집축산화법	'97.8.25	공시완료	가동
'95	진안 용담 송풍	450	112	291	고효율 합병정화조	'98.9.30	공시완료	가동
'95	남원 이백 서곡	400	66	1,950	기존처리장 연결	'98.8.6	공시완료	-
'95	장수 장계 장계	400	106	359	고효율 합병정화조	'98.12.20	공시완료	가동
'95	고창 흥덕 흥덕	400	154	700	고효율 합병정화조	'98.8.17	공시완료	가동
'96	진안 상전 주명	375	110	320	고효율 합병정화조	'99.7.25	공시완료	미가동
'96	정읍 입암 접지	400	161	258	고효율 합병정화조	'99.9.19	공시완료	가동
'96	진안 정천 봉학	375	130	326	고효율 합병정화조	'99.7.25	공시완료	가동
'96	정읍 태인 낙양	400	115	415	고효율 합병정화조	'99.5.7	공시완료	가동
'97	군산 서수 서수	400	120	434	회분식 활성슬러지법	'00.8.30	공시완료	미가동
'97	남원 주천 송치	400	173	466	광역처리장 연결	'00.6.21	공시완료	-
'97	군산 성산 창오	400	92	320	회분식 활성슬러지법	'00.8.14	공시완료	미가동
'98	<부안 계화 양산>	396	150	793	회분식 활성슬러지법	'99.7.23	공시완료	미가동
'98	군산 회현 원우	342	90	421	고효율 합병정화조	'00.8.18	공시완료	미가동
'98	남원 금지 하도	311	74	347	회분식 활성슬러지법	'01.7.23	공시완료	미가동
'99	정읍 이평 창동	400	80	347	고효율 합병정화조	'01.7.30	공시완료	미가동
'99	<익산 함라 함열>	400	51	350	고효율 합병정화조	'01.9.20	공시완료	미가동

〈표2〉 (계속)

착수 년도	지 구 명	사업비 (백만원)	처리용량 (m ³ /일)	인구 (인)	처리공법	준공일 ()예정일	추진현황	가동 현황
전 라 북 도								
'00	부안 동진 정동						설계완료	
'00	군산 임피 영창						설계완료	
'01	군산 개정 통사						미 착 수	
'01	입실 관촌 관촌							
전 라 남 도								
		4,711	1,528	4,228	2	10(2)		
'92	함평 나산 삼축	287	100	470	토양피복식 접촉산화법	'95.12.20	공사완료	미가동
'92	순천 서면 동산	380	200	671	토양피복식 접촉산화법	'95.12.10	공사완료	미가동
'94	<고흥 과역 석봉>	242	120	450	접촉산화법	'97.4.30	공사완료	미가동
'95	강진 군동 호계	351	310	368	광역처리장 연결	'99.2.26	공사완료	-
'95	<영암 군서 월곡>	300	50	244	접촉산화법	'98.7.1	공사완료	가동
'96	순천 상사 응령	373	97	273	광역처리장 연결	'99.2.20	공사완료	-
'96	나주 노안 학산	400	60	224	고효율 합병정화조	'00.3.31	공사완료	가동
'97	담양 금성 대방	400	150	519	3단 접촉포기공법	'00.1.17	공사완료	가동
'97	영암 도포 덕화	400	136	233	고효율 합병정화조	'00.2.29	공사완료	가동
'97	함평 월야 월야	404	85	192	접촉산화법	00.12.20	공사완료	미가동
'96	여수 울촌 울촌	374	80	219	고효율 합병정화조	00.12.20	공사완료	미가동
'98	담양 수북 대방	400	90	121	고효율 합병정화조	'01.7.30	공사완료	미가동
'99	장성 동화 남산	400	50	244	고효율 합병정화조	('02.3.30)	공 사 중	
'00	장흥 유치 신동						설계완료	
'00	영암 신북 장산						설 계 중	
'00	광양 진월 마룡						설 계 중	
'00	<함평 학교 월산>						설 계 중	
'01	순천 별량 봉림						미 착 수	
'01	해남 삼산 평활							
경 상 북 도								
		3,736	1,368	5,459	3(1)	9		
'92	구미 무을 송삼	376	165	748	토양피복식 접촉산화법	'95.6.23	공사완료	가동
'92	김천 어모 중앙	500	390	1,742	접촉산화법	'95.11.30	공사완료	가동
'94	안동 와룡 가구	400	165	755	토양피복식 접촉산화법	'97.12.31	공사완료	가동
'95	의성 봉양 도원	400	130	540	토양피복식 접촉산화법	'98.9.5	공사완료	미가동
'96	구미 도개 궁기				광역처리장 연결	'97.12.31	공사완료	-
'97	경산 남천 삼성				광역처리장 연결	'99.12.30	공사완료	-
'97	예천 감천 덕을	300	80	244	회분식 활성슬러지법	'00.5.31	공사완료	가동
'97	봉화 봉성 금봉	300	80	259	회분식 활성슬러지법	'00.8.30	공사완료	가동
'97	상주 공성 이화	400	120	393	고효율 합병정화조	'00.12.31	공사완료	미가동
'98	<영주 이산 원>	400	110	300	기존하수처리장연결		공사완료	

<표2> (계속)

착수 년도	지 구 명	사업비 (백만원)	처리용량 (m ³ /일)	인구 (인)	처리공법	준공일 ()예정일	추진현황	가동 현황
경 상 북 도								
'99	봉화 춘양 서벽	340	70	276	고효율 합병정화조	'01.9.2	공사완료	미가동
'99	군위 효령 병수	320	58	202	고효율 합병정화조	'01.11.30	공사완료	미가동
'00	영주 장수 반구						설계완료	
'00	문경 마성 오천						설계완료	
'00	영양 석보 원리						설계완료	
'00	영덕 강구 하저						설계완료	
'01	봉화 상운 하늘						미 착 수	
'01	감천 봉산 예지							
'01	성주 월항 안포							
경 상 남 도								
		4,541	1,984	6,385		9(1)		
'92	창녕 도천 도천	643	280	1,271	접촉산화법	'96.1.31	공사완료	가동
'92	밀양 무안 무안	650	530	1,718	접촉산화법	'96.3.30	공사완료	가동
'94	고성 동해 봉암	400	150	477	토양피복식 접촉산화법	'97.9.25	공사완료	가동
'95	<사천 사남 죽천>	485	200	989	접촉산화법	'97.3.31	공사완료	가동
'96	산청 시천 내공	390	69	204	고효율 합병정화조	'99.8.29	공사완료	미가동
'96	마산 진전 오서	400	200	378	회분식 활성슬러지법	'99.8.29	공사완료	미가동
'96	하동 횡천 횡천	400	200	452	회분식 활성슬러지법	'99.8.31	공사완료	가동
'97	창녕 길곡 중산	400	135	496	고효율 합병정화조	'00.4.30	공사완료	가동
'97	김해 한림 장방	400	150	200	접촉산화법	'01.2.28	공사완료	미가동
'98	고성 상리 척정	373	70	200	접촉산화법	'01.12.4	공 사 증	
'00	사천 근명 정곡						설 계 증	
'00	함양 안의 하원						설 계 증	
'00	창녕 이방 현창						설 계 증	
'00	거창 남하 대야						설 계 증	
'01	남해 삼동 물길						미 착 수	
'01	함안 범수 우거							
'01	고성 거류 신용							
제 주 도								
		1,440	549	1,881		3(1)		
'94	남제주표선성읍	640	350	1,400	접촉산화법	'96.7.30	공사완료	가동
'96	<남제주안덕동광>	400	115	350	고효율 합병정화조	'98.5.5	공사완료	가동
'98	북제주한경판포	400	84	131	흡수성 바이오필터	'00.9.6	공사완료	미가동

부록 IV. 합정정화조 방류수 수질검사 결과 현황

(자료출처 : Y군청)

● 1998년도 합정정화조 교체사업 방류수 수질검사 결과 현황 (시료 채취 및 분석 2000년)

<표1> C사 정화처리시설 방류수 수질 분석 결과

업소명	용량	1차 (3/17)		2차(4/6)		3차(5/9)		4차(5/22)		5차(6/15)	
		BOD	SS	BOD	SS	BOD	SS	BOD	SS	BOD	SS
대동농장	25	6.0	3.7	4.7	2.7	1.2	2.7	1.2	1.0	14.6	9.7
동래횃집	25	4.5	2.3	6.5	1.7	1.2	0.3	3.1	1.3	2.0	0.7
화성순두부	50	3.8	2.0	2.5	1.7	2.3	3.0	1.6	1.7	7.3	7.0
등나무집	40	20.6	9.7	2.0	0.7	1.4	1.0	1.4	0.7	3.8	1.7
나들목가든	50	4.7	2.0	3.0	2.0	2.2	2.0	1.8	2.0	4.0	4.3
불곡가든	70	24.2	19.5	1.2	0.3	1.3	1.3	1.2	0.3	5.0	5.7
길흥가든	60	15.0	9.7	2.8	3.0	1.4	1.7	1.2	1.3	3.1	2.0
풍년가든	60	2.5	1.7	3.4	3.7	1.7	0.3	1.1	0.3	1.2	0.3
대화강	60	7.9	6.3	9.2	6.7	2.3	5.0	5.2	0.7	9.0	8.3
술입목	60	35.6	28.0	1.4	1.0	2.2	2.3	1.1	1.3	2.7	3.3
유통의국밥	60	8.9	5.0	1.8	0.3	7.3	9.5	1.1	1.7	8.4	5.7
명텅구리	60	4.3	2.3	1.2	0.3	1.5	0.3	3.8	7.0	2.1	2.0
방죽골산채	30	1.8	2.0	4.5	3.3	1.4	1.0	1.2	0.3	5.0	5.0
약수가든	100	미영업중		미영업중		미영업중		미영업중		미영업중	
후미개가든	25	1.4	1.0	1.4	1.0	1.2	0.7	1.2	0.7		
구미리가든	55	1.8	0.7	1.1	0.7	1.2	0.7	1.1	2.3	2.4	3.7
외가람	60	미영업중		미영업중		미영업중		미영업중		미영업중	
파사정	30	8.3	9.0	1.4	0.3	1.8	1.3	1.2	0.3	4.0	2.7
이토나무터	30	7.3	4.3	1.6	0.3	1.7	0.7	1.2	0.7	2.0	2.7
충청도생고기	50	8.6	4.3	14.3	2.7	1.2	1.0	1.1	0.3	3.8	3.0
용골가든	50	5.8	3.7	1.1	0.3	1.6	1.0	4.2	3.0	2.1	3.0

* 날자는 2000년 채수일

<표1> (계속)

업소명	용량	6차(7/20)		7차			8차			9차(9/5)		평균	
		BOD	SS	채수일	BOD	SS	채수일	BOD	SS	BOD	SS	BOD	SS
대동농장	25	1.8	1.7	9/5	3.2	6.7	10/6	1.5	5.0			4.3	4.2
동래횃집	25	2.9	2.3	7/28	2.4	3.0	8/2	1.2	3.0			3.0	1.8
화성순두부	50	3.7	2.7	7/28	3.2	4.3	8/2	3.6	2.7			3.5	3.1
등나무집	40	6.3	9.3	9/5	1.4	1.3	9/5	4.4	3.3	5.3	4.7	5.2	3.6
나들목가든	50	1.5	1.7	7/28	1.1	2.3	8/2	1.1	1.0			2.4	2.2
블록가든	70	1.5	2.3	9/5	1.6	0.7	9/5	1.7	1.7	3.8	4.7	4.6	4.1
길흥가든	60	1.8	0.7	9/5	3.4	2.3	9/5	4.7	3.0	4.4	2.7	4.2	2.9
풍년가든	60	3.0	0.7	7/28	1.2	1.7	8/2	2.6	9.0			2.1	2.2
대화강	60	2.6	4.3	7/28	8.5	3.3	8/2	2.5	2.3			5.9	4.6
솔잎목	60	2.1	2.7	9/5	1.5	2.3	9/5	2.2	2.0	2.0	1.7	5.6	5.0
유통의국밥	60	1.4	0.3	7/28	2.9	4.7	8/2	2.1	2.0			4.2	3.7
명칭구리횃	60	2.1	1.0	7/28	2.4	5.0	8/2	1.4	0.3			2.4	2.3
방죽골산채	30	2.2	2.7	7/28	3.9	9.3	8/2	5.0	3.7			3.1	3.4
약수가든	100												
후미개가든	25			9/5	1.1	0.3	10/6	3.4	8.7			1.6	2.1
구미리가든	55	1.7	2.3	7/28	1.9	2.7	8/2	1.3	1.0			1.6	1.8
외가람	60												
파사정	30	3.0	1.3	7/28	3.0	2.3	8/2	5.0	3.0			3.5	2.5
이토나루터	30	4.2	4.0	7/28	1.8	2.0	8/2	4.2	9.0			3.0	3.0
충청도생고기	50	4.6	2.3	9/5	3.5	0.7	10/6	3.3	2.0			5.1	2.0
용골가든	50	2.7	4.0	7/28	4.1	2.7	8/2	1.6	0.7			2.9	

<표2> H 사 정화처리시설 방류수 수질 분석 결과

업소명	용량	1차(3/10)		2차(3/29-31)		3차(5/12-13)		4차(5/23-5/24)	
		BOD	SS	BOD	SS	BOD	SS	BOD	SS
올드캐슬	60	5.7	4.0	2.9	1.0	14.9	6.3	1.3	1.0
갈색추억	60	2.8	2.5	2.3	1.3	1.1	2.7	2.4	4.0
밥악골가든	60	1.9	1.5	3.0	3.7	1.2	5.0		2.7
바위산가든	60	2.3	1.5	1.3	2.0	1.6	9.7	2.6	5.7
아미산가든	60	3.6	1.5	5.4	3.3	2.8	1.0	1.3	0.3
버들피리	80	2.5	2.0	1.6	1.7	1.5	5.7	1.0	2.0
DIPS(에터)	80	7.5	4.5	2.9	1.0	1.2	1.7	1.9	4.3
유래	40	14.2	19.5	1.2	1.3	1.3	0.7	1.1	0.3
들녘	25	3.4	4.0	3.9	2.0	1.3	1.3	1.0	1.0
예외골	50	2.0	6.0	1.4	1.7	1.6	4.3	1.0	1.0
가치네	50	3.1	2.5	1.6	0.3	1.5	3.3	2.0	2.7
아궁지	60	3.4	8.0	2.1	4.0	6.3	9.3	1.0	6.7
문창소리	60	2.1	2.0	8.7	9.3	1.2	4.0	1.3	1.7
시냇물가든	60	2.9	3.0	1.9	2.0	5.9	5.0	4.8	3.7
엔로제	70	2.7	1.5	5.3	2.7	1.1	0.7	1.3	4.7
산천초목	80	3.1	0.5	4.1	4.0	1.0	1.3	1.8	2.0
두레박	80	4.3	2.0	7.7	4.7	3.0	4.0	1.9	2.7
흑염소농장	110	3.6	2.0	6.0	2.7	1.7	2.7	2.4	1.7
추원	40	2.5	1.5	2.6	2.3	2.8	1.3	3.3	7.7
배나무집	50	4.2	2.5	5.4	9.7	1.4	0.3	0.7	0.3
고동산농원	50	3.9	6.0	1.5	0.7	2.1	0.3	3.9	1.7
다람쥐마을	50	2.0	4.0	4.0	1.3	3.8	9.3	2.4	2.3
통나무집	50	2.9	4.0	1.5	0.3	3.7	9.7	3.2	1.3
벽계마당	55	2.5	3.0	1.5	0.7	2.2	9.3	0.9	2.0
앞개울가든	60	5.5	3.5	3.1	3.7	1.2	4.7	0.9	3.0
캐빈	60	9.2	3.5	1.7	2.7	1.0	1.3	0.9	2.7
동굴레	60	32.0	18.5	9.1	16.7	4.0	5.3	1.6	2.3
시골여행	60	3.0	2.0	6.4	8.0	1.2	1.3	1.7	2.0
프로방스	60	4.2	2.0	4.9	1.7	4.8	3.0	5.2	9.7
산수목	60	5.7	3.0	2.1	1.0	1.1	2.3	5.1	8.0
산귀래식물원	75	4.4	2.5	2.1	1.7	3.0	2.0	1.4	2.3
미천식당	20	3.8	1.0	1.5	0.7	2.1	1.7	1.7	7.0
미르의정원	50	3.7	3.5	1.9	0.3	7.8	3.7	3.7	4.0
샤모니	50	4.0	3.0	1.1	1.3	1.4	2.0	3.3	5.3
왕성가든	60	5.2	2.5	6.2	3.0	2.1	3.3	2.8	6.7
바위산쉼터	60								
터(옛집)	60					1.3	2.0	1.2	2.7
연꽃마을	60								
영재마당	40					1.1	1.7	4.0	4.7

<표2> (계속)

업소명	용량	5차(6/21)		6차(7/27)		7차			8차(8/3)	
		BOD	SS	BOD	SS	채수일	BOD	SS	BOD	SS
올드케슬	60	8.4	3.3	4.3	7.7	9/4	4.1	0.3	4.7	6.7
갈색추억	60	1.8	4.0	3.3	6.0	7/31	3.4	5.0	1.2	4.7
밤약골가든	60	1.5	1.0	2.3	3.0	7/31	3.2	2.3	1.1	1.3
바위산가든	60	3.9	3.3	1.6	1.3	7/31	6.1	5.0	5.6	3.3
아미산가든	60	2.6	0.3	3.1	3.3	7/31	2.8	7.7	2.2	1.0
버들피리	80	1.2	2.3	3.1	3.0	7/31	1.3	5.3	3.5	8.3
DIPS(예터)	80	2.0	3.3	5.4	5.3	7/31	7.8	3.7	7.7	6.7
유래	40	3.3	3.7	1.1	0.7	9/4	1.3	1.3	1.5	2.0
들녘	25	1.6	1.7	2.0	4.0	7/31	1.2	4.0	2.2	3.0
예외골(운씨네)	50	3.0	5.7	3.0	2.0	7/31	2.3	2.3	2.7	4.0
까치네	50	3.8	5.0	6.4	6.0	7/31	8.1	9.0	6.1	8.7
아궁지	60	3.9	5.0	5.3	9.3	7/31	2.9	9.0	4.3	7.7
문창소리	60	2.9	4.7	2.6	1.3	7/31	1.2	1.0	2.4	4.3
시냇물가든	60	33.2	9.7	5.9	9.7	9/4	6.2	4.7	3.3	9.0
엔로제	70	2.5	1.7	9.2	7.7	7/31	1.6	1.7	4.1	2.7
산천초목	80	15.4	8.0	9.4	9.0	9/4	8.1	5.3	13.2	4.3
두레박	80	6.3	6.7	2.4	1.7	7/31	1.3	1.7	4.2	5.3
흑염소농장	110	9.5	1.7	1.8	3.7	7/31	1.1	0.7	1.2	3.0
추인	40	2.0	3.3	1.1	3.0	7/31	1.2	3.0	2.6	3.7
배나무집	50	1.9	0.7	1.2	1.0	7/31	1.2	0.7	1.4	1.0
고동산농원	50	4.9	9.3	1.4	5.3	7/31	1.6	1.7	6.0	4.0
다람쥐마을	50	1.2	1.3	1.6	0.3	7/31	3.2	1.7	1.6	1.0
통나무집)	50	1.5	1.7	2.2	1.7	7/31	1.2	1.7	1.4	1.7
벽계마당	55	1.7	3.3	1.8	2.7	7/31	1.1	2.0	1.4	1.7
앞개울가든	60	4.0	8.0	2.9	2.3	7/31	1.4	7.3	2.3	3.3
캐빈	60	1.1	7.3							
등골레	60	1.7	1.3	2.7	2.0	9/4	8.0	3.7	15.4	9.3
시골여행	60	1.9	2.3	2.9	3.3	7/31	2.8	5.3	2.9	3.3
프로방스	60	5.0	4.3	2.7	2.7	7/31	1.2	1.3	1.3	3.0
산수목	60	1.6	5.7	5.0	3.3	7/31	14.1	9.7	2.3	5.3
산귀래식물원	75	1.1	1.0	1.7	3.3	7/31	1.3	0.3	1.2	0.7
미천식당	20	1.3	1.7	2.2	5.7	7/31	1.8	3.7	1.5	5.7
미르의정원	50	1.8	2.7	4.9	3.0	7/31	9.1	4.7	1.0	4.3
샤모니	50	1.4	3.3	3.0	1.3	7/31	1.2	2.0	3.0	1.3
왕성가든	60	1.1	1.3	4.0	3.3	7/31	1.6	4.7	2.1	1.3
바위산쉼터	60			3.0	1.7	9/4	1.1	4.3	1.3	1.3
터(옛집)	60	34.7	9.3	6.2	3.7	9/4	1.9	6.3	2.8	18.3
연꽃마을	60									
영재마당	40			1.2	0.3	9/4	1.1	1.7	2.3	

<표2> (계속)

업소명	용량	9차			10차(11/23)		11차(21/7)		평균	
		채수일	BOD	SS	BOD	SS	BOD	SS	BOD	SS
올드캐슬	60								5.8	3.8
갈색추억	60								2.3	3.8
밤아골가든	60								2.0	2.6
바위산가든	60								3.1	4.0
아미산가든	60								3.0	2.3
버들피리	80								2.0	3.8
DIPS(에터)	80								4.6	3.8
유래	40	9/4	1.4	1.7					2.9	3.5
들녘	25								2.1	2.6
예외골(윤씨네)	50								2.1	3.4
까치네	50								4.1	4.7
아궁지	60								3.7	7.4
문창소리	60								2.8	3.5
시냇물가든	60								8.0	5.9
엔로제	70								3.5	2.9
산천초목	80	11/15	21.5	2.7	3.4	6.0	9.0	4.0	8.2	4.3
두레박	80								3.9	3.6
흑염소농장	110								3.4	2.3
추원	40								2.3	3.2
배나무집	50								2.2	2.0
고동산농원	50								3.2	3.6
다람쥐마을	50								2.5	2.7
통나무집(보고파)	50								2.2	2.8
벽계마당	55								1.6	3.1
앞개울가든	60								2.7	4.5
캐빈	60	12/7	6.2	9.0					3.4	4.4
등굴레	60	11/15	3.1	2.0	4.2	0.7			8.2	6.2
시골여행	60								2.9	3.4
프로방스	60								3.7	3.5
산수목	60	9/4	2.6	5.3					4.4	4.8
산귀레식물원	75								2.0	1.7
미천식당	20								2.0	3.4
미르의정원	50								4.2	3.3
샤모니	50								2.3	2.4
왕성가든	60								3.1	3.3
바위산쉼터	60								1.8	2.4
터(옛집)	60	12/7	1.8	2.3					6.4	5.7
연꽃마을	60	11/15	1.0	2.0	2.2	1.0				
영재마당	40								1.9	

<표3> BT 사 정화처리시설 방류수 수질 분석 결과

업소명	용량	1차(3/23)		2차(4/14-17)		3차(5/15-16)		4차(5/25-26)	
		BOD	SS	BOD	SS	BOD	SS	BOD	SS
초가집순두부	70	1.1	1.3	4.6	4.3	8.3	9.0	2.7	6.3
매종	60	1.0	8.0	7.0	4.0	7.2	2.3	9.5	4.0
정목	50	3.0	6.0	1.8	1.7	5.5	1.7	2.4	2.0
초동가든	60	미영업증							
한우리	60	미영업증							
토속가든	30	3.8	2.3	4.9	3.3	9.4	9.7	1.0	1.3
로그인	60	8.4	5.3	7.1	3.0	9.7	6.0	9.0	3.3
토방	60	2.7	9.7	7.9	4.7	7.4	5.7	6.1	5.7
청기와집	60	1.8	5.3	4.1	15.0	3.1	3.0	2.4	7.7
금방아가든	60	1.6	0.3	7.6	2.7	13.2	5.0	4.2	8.0
베니샤프	80	8.0	5.3	4.2	2.3	6.6	3.7	6.1	4.7
트윈스라이브홀	60	1.2	1.7	39.6	22.0	7.4	2.7	9.5	4.3
너와카페	60	2.6	1.7	2.2	1.0	9.6	4.3	9.0	4.3
트윈스노래방	60	6.6	9.0	9.2	5.0	2.0	1.0	2.0	1.3
또다른세상	60	1.0	6.7	3.2	1.3	1.9	0.7	7.0	4.7
누밀	60	1.1	1.7	17.0	4.3	15.7	6.7	8.0	5.3
헤인	40	1.5	3.7	4.0	3.3	1.2	2.0	2.4	2.3
고을밥상	30	1.4	2.7	4.3	1.7	3.2	1.0	7.7	6.3
향림	60	4.5	9.3	6.3	3.0	3.6	2.7	2.3	2.3
고모령	60	1.7	2.3	4.0	1.7	4.5	3.0	8.5	4.0
레드	65	2.6	3.0	8.2	5.7	8.5	2.3	4.4	5.0
산아래	60	7.7	9.7	2.8	1.7	5.8	3.0	1.2	0.7
카리브	120	미영업증							
길목	60	7.2	2.0	1.8	0.3	2.0	0.7	1.1	0.3
고아	70	미영업증							
사각하늘	60	5.1	9.0	2.3	2.0	1.7	1.3	5.5	5.7
브라더스	60	1.0	3.3	21.1	16.5	2.0	2.0	8.1	5.7
산모퉁이	60	1.2	5.7	4.9	2.3	15.0	7.0	7.5	4.3
화이트	60	미영업증							
꽃피는산골	60	1.0	2.7	5.3	6.3	7.3	7.5	1.6	

<표3> (계속)

업소명	용량	5차(6/17-19)		6차(7/21)		7차			8차		
		BOD	SS	BOD	SS	채수일	BOD	SS	채수일	BOD	SS
초가집순두부	70	1.2	4.3	2.9	2.3	7/28	1.2	1.3		3.2	2.7
메종	60	9.4	5.0	9.0	2.0	7/28	8.7	3.0	8/1	4.6	1.3
정목	50	5.1	3.3	2.7	2.0	7/28	2.5	2.0	8/1	2.6	1.0
초동가든	60	미영업중									
한우리	60	"		2.0	3.0	9/4	6.4	2.7	10/6	7.5	9.0
토속가든	30	9.2	13.0	4.7	3.3	9/4	2.6	5.0	10/6	1.7	2.0
로그인	60	5.2	5.0	5.0	1.7	7/28	9.2	4.0	8/1	7.9	3.7
토방	60	7.8	13.0	2.0	2.7	9/4	9.4	6.0	10/6	2.6	9.3
청기와집	60	4.1	4.7	6.8	5.3	9/4	4.7	2.3	10/6	7.1	3.3
금방아가든	60	2.5	4.0	5.8	3.0	9/4	2.8	1.7	10/6	6.3	2.0
베니샤프	80	2.9	2.7	4.2	1.3	7/28	3.0	1.3	8/1	2.8	1.3
트윈스라이브홀	60	9.7	6.7	5.5	5.0	9/4	7.9	2.3	10/6	8.2	4.0
너와카페	60	7.2	3.0	5.6	5.3	7/28	4.8	2.0	8/1	5.8	2.0
트윈스노래방	60	1.3	1.2	5.0	1.7	7/28	6.7	1.3	8/1	5.3	2.0
또다른세상	60	1.2	2.7	2.8	9.3	7/28	1.2	3.3	8/1	2.4	5.7
누밀	60	4.4	3.3	1.8	1.7	9/4	2.0	0.7	10/6	7.3	3.0
혜인	40	1.1	1.0	1.7	2.0	7/28	1.3	0.7	8/1	1.4	1.7
고을밥상	30	5.4	4.7	1.5	1.7	7/28	2.2	1.7	8/1	7.4	2.0
향림	60	2.2	2.0	3.2	3.7	7/28	3.3	1.7	8/1	6.1	3.3
고모령	60	9.0	8.7	1.8	0.7	7/28	2.0	0.7	8/1	2.5	0.3
레드	65	1.9	1.0	1.8	1.3	7/28	1.3	1.3	8/1	1.7	0.7
산아래	60	3.9	3.3	3.4	2.3	7/28	7.3	3.0	8/1	5.6	3.7
카리브	120	미영업중									
길목	60	1.6	2.3	1.5	2.3	7/28	1.0	2.0	8/1	1.1	2.7
고야	70	미영업중									
사각하늘	60	7.4	3.0	1.7	3.0	7/28	3.8	3.7	8/1	9.0	5.0
브라더스	60	2.5	1.7	7.8	6.7	10/6	9.2	9.3			
산모퉁이	60	4.3	2.7	1.3	1.3	9/4	7.6	1.0	10/6	8.2	5.0
화이트	60	미영업중									
꽃피는산골	60	3.6	6.0	7.8	6.7	7/28	9.0	5.0	8/1	16.0	16.3

〈표3〉 (계속)

업소명	용량	9차			10차(10/6)		평균	
		채수일	BOD	SS	BOD	SS	BOD	SS
초가집순두부	70						3.2	3.9
매종	60						7.1	3.7
정목	50						3.2	2.5
초동가든	60							
한우리(마법에진..)	60						5.3	4.9
토속가든	30						4.7	5.0
로그인	60						7.7	4.0
토방	60	11/15	22.1	9.7			7.6	7.4
청기와집	60						4.3	5.8
금방아가든	60						5.5	3.3
베니샤프	80						4.7	2.8
트윈스라이브홀	60						11.1	6.1
너와카페	60						5.9	3.0
트윈스노래방	60						4.8	2.8
또다른세상	60						2.6	4.3
누밀(산너머남촌)	60						7.2	3.3
혜인	40						1.8	2.1
고을밥상	30						4.1	2.7
향림	60						3.9	3.5
고모령	60						4.3	2.7
레드	65						3.8	2.5
산아래	60						4.7	3.4
카리브	120							
길목	60						2.2	1.6
고약	70							
사각하늘	60						4.6	4.1
브라더스(이리스)	60						7.4	6.5
산모퉁이	60						6.3	3.7
화이트	60							
꽃피는산골	60	9/4	9.5	4.0	9.5		7.1	

<표4> BJ 사 정화처리시설 방류수 수질 분석 결과

업소명	용량	1차(4/21)		2차(5/17)		3차(5/29)		4차(7/19)		5차(8/23)	
		BOD	SS	BOD	SS	BOD	SS	BOD	SS	BOD	SS
농금나무	30	14.9	7.3	3.8	2.7	2.6	7.0	8.6	9.3	2.6	3.0
돌가마집	60	48.4	47.1	59.1	26.9	50.8	56.4	5.0	6.0	8.9	6.0
동원가든	60	9.8	9.7	6.9	1.7	22.6	16.3	5.8	4.0	8.1	9.7
도치골가든	50	19.8	9.7	15.7	6.3	119.4	19.3	19.3	25.5	29.0	28.2
석촌	60	3.6	1.7	3.7	4.3	5.0	5.0	3.6	3.0	2.0	1.7
간이역	60	12.8	8.7	15.5	4.0	22.7	9.7	68.2	67.0	79.8	49.0
보광정	35	미영업중									
개울집	60	17.0	23.0	23.1	18.8	6.5	2.0	4.9	9.3	37.0	9.7
모로진	70	2.4	4.7	2.9	0.7	1.0	1.3	2.4	5.0	4.9	2.0
한국우렁촌	60	14.2	9.3	16.9	7.3	15.2	8.3	2.8	8.0	2.9	7.7
솔비알	60	41.5	37.0	198.5	97.1	221.1	72.2	271.2	112.5	159.4	35.3
용천가든	65	13.8	15.6	15.6	23.6	40.6	27.5	127.8	68.8	9.1	18.3
큰골가든	60	29.3	26.0	8.9	4.3	14.6	9.3	24.1	26.0	8.9	9.7
예사랑	60	3.5	9.7	1.2	0.7	1.8	2.3	2.1	1.3	2.7	6.0
발해를꿈구 며	60	2.1	9.3	3.6	2.0	21.2	25.0	14.0	17.0	6.2	5.7
사또촌	90	3.5	9.7	2.8	1.3	2.0	0.7	5.8	9.7	5.6	4.7
용천관광농 원	60	12.2	7.0	240.0	39.5	71.9	14.7	13.9	9.3	4.4	2.0
용천장	25										
용선네	60	13.0	19.7	4.3	6.0	4.4	4.3	9.2	9.3	6.4	4.7
용천해장국	75	33.5	18.3	3.6	3.3	9.4	6.3	8.8	23.7	3.4	6.3
나그네	50	19.3	19.2	9.1	4.0	111.2	15.3	25.0	37.8	9.2	9.3

<표4> (계속)

업소명	용량	6차(10/16)		7차(11/23)		평균	
		BOD	SS	BOD	SS	BOD	SS
농금나무	30	7.3	9.3			6.6	6.4
돌가마집	60	18.9	65.0	16.6	14.5	29.7	31.7
동원가든	60	13.4	15.7	7.9	4.0	10.6	8.7
도치골가든	50	26.4	24.0	9.2	6.3	34.1	17.0
석촌	60					3.6	3.1
간이역	60	33.0	79.0	37.4	34.0	38.5	35.9
보광정	35	5.4	5.3	4.1	6.3	4.8	5.8
개울집	60	8.7	48.6	38.6	45.5	19.4	22.4
모로진	70	13.2	19.0	1.7	0.3	4.1	4.7
한국우령촌	60	7.5	9.3			9.9	8.3
솔비알	60	135.0	63.8	230.1	144.0	179.5	80.3
용천가든	65	7.1	3.7	19.8	19.2	33.4	25.2
큰골가든	60	1.8	2.3	23.4	24.4	15.9	14.6
예사랑	60	오수량부족				2.3	4.0
발해를꿈구며	60	6.5	4.3	7.6	6.7	8.7	10.0
사또촌	90	4.1	4.3	7.9	7.7	4.5	5.4
용천관광농원	60	2.0	2.0	주인부재		57.4	12.4
용천장	25	14.2	9.3	주인부재		14.2	9.3
용선네	60	13.0	15.3	9.2	17.0	8.5	10.9
용천해장국	75	9.5	14.3	9.0	9.3	11.0	11.6
나그네	50	7.9	5.3	7.5	5.7	27.0	13.8

<표5> S 사 정화처리시설 방류수 수질 분석 결과

업소명	용량	1차(5/30)		2차(6/22)		3차(7/25)		4차(9/28)		5차(11/17)	
		BOD	SS	BOD	SS	BOD	SS	BOD	SS	BOD	SS
대감집	50	1.6	1.3	4.2	2.3	1.2	7.0	1.0	1.7		
각시건강원	30	1.2	2.7	2.5	3.3	1.6	3.3	1.9	2.7	3.0	4.0
구름에달가듯	60	15.1	19.4	8.4	9.3	4.9	2.7	15.8	9.3	2.3	5.7
췌시봉	60	8.9	9.3	5.2	2.7	14.2	48.3	6.3	16.0	6.3	7.7
밤벌가든	45	150.1	97.9	80.6	47.3	44.0	37.0	2.7	4.0	3.2	1.7
다래쉼터가든	40	1.9	5.7	2.6	4.3	9.4	9.3	1.8	2.3	8.6	9.3
다래골가든	35	3.6	6.3	5.6	4.3	57.4	39.4	5.2	2.3	3.1	2.7
맛과향이머무	60	34.2	34.2	9.1	8.0	9.7	19.7	1.5	4.7	31.4	19.0
세월산장	30	2.1	0.7	6.7	5.3	2.8	25.0	5.7	9.7	4.5	8.7
정우촌가든	50	5.8	8.5	1.6	2.0	1.5	5.0	1.5	9.7	2.4	4.7
언덕위하안집	60	22.3	28.4	61.8	39.2	61.6	33.3	3.3	2.7	3.6	5.7
방가로집	25	6.9	6.7	5.0	5.7	2.2	2.0	4.8	6.3	1.9	9.3
수수계끼	45	1.2	1.0	8.2	3.0	95.4	28.6				
음과양	60	90.4	65.3	84.8	84.5	26.7	29.0	1.6	1.7	48.4	49.0
좋은생각	30	92.4	58.3	87.8	39.5	83.6	85.0	9.5	19.3	35.7	38.3
몬티첼로	65	7.9	5.0	4.0	5.3	14.1	17.3	6.6	4.0	8.5	17.3
그린뉴시터	30	25.7	48.0	5.0	5.3	7.0	5.3	6.5	7.3	4.9	3.0
중미산막국수	90	340.1	211.3	233.7	136.4	29.6	95.8	82.0	48.0	93.4	62.0
우시장식당	90	1.6	2.0	2.5	3.7	1.6	0.3	5.6	2.0	76.9	9.3
동모루	70	8.9	25.8	1.8	2.7	1.0	2.0	1.4	0.7	1.8	0.7
명석갈비	80	21.2	38.7	16.7	19.4	9.8	19.7	1.5	0.7		
옥천타운	85	19.4	9.7	1.2	24.5	7.5	4.7	2.0	3.7	1.8	5.0

〈표5〉 (계속)

업소명	용량	6차(12/4)		평균	
		BOD	SS	BOD	SS
대감집	50			2.0	3.1
각시건강원	30	67.1	46.9	12.9	10.5
구름에달가듯이	60	1.9	8.0	8.1	9.1
췌시봉	60	8.9	16.7	8.3	16.8
밤벌가든	45	17.1	6.7	49.6	32.4
다래쉼터가든	40	5.8	9.7	5.0	6.8
다래골가든	35	9.1	9.3	14.0	10.6
맛과향이머무는	60	8.8	15.8	15.8	16.9
세월산장	30	88.1	34.5	18.3	14.0
정우촌가든	50	17.8	15.3	5.1	7.7
언덕위에 하얀집	60	4.6	19.7	26.2	21.5
방가로집	25	43.8	39.0	10.8	11.5
수수계끼	45			34.9	10.9
음과양	60	83.3	83.0	55.9	52.1
좋은생각	30	17.2	28.3	54.4	44.8
몬티첼로	65	23.0	27.0	10.7	12.7
그린낙시터	30	4.6	6.7	9.0	12.6
중미산막국수	90	99.6	74.4	146.4	104.7
우시장식당	90	14.8	7.8	17.2	4.2
동모루	70	7.2	4.0	3.7	6.0
명석갈비	80			12.3	19.6
옥천타운	85	2.3	4.7	5.7	8.7

● 1999년도 설치 정화처리시설 방류수 수질 검사
(시료 채취 분석 2001년)

<표1> H 사 정화처리시설 방류수 수질 분석 결과

업소명	용량	1차 (8/28-9/6)		2차 (9/19-24)		3차 (10/11-15)		4차 (10/22-26)		5차 (11/1-5)	
		BOD	SS	BOD	SS	BOD	SS	BOD	SS	BOD	SS
행량채	20	1.4	3.0	1.3	2.0	3.8	6.5	6.8	1.5	3.3	2.5
밤나무집	20	1.5	1.0	1.0	1.5	4.7	0.5	1.3	1.3	2.6	4.5
옥이네집	20	0.0	0.0	1.6	1.5	1.8	1.0	1.3	0.3	1.9	9.0
흙천골	20	1.2	2.0	2.8	2.5	2.0	1.0	2.5	3.0	1.2	1.5
오아시스	25	1.8	1.7	5.4	3.5	4.1	1.0	3.7	1.0	1.1	1.5
잔치마당	25	3.3	4.0	4.6	3.5	2.5	1.0	2.5	0.5	1.5	0.5
강원기사식당	30	3.0	2.0	1.1	3.5	5.6	1.0	3.6	1.0	1.3	0.5
동해식당	30	2.0	1.3	1.	2.0	3.4	0.3	1.5	0.5	1.2	1.0
등골낙시터	30	9.1	2.0	1.1	1.5	1.2	0.5	1.2	3.5	1.1	0.5
침읍산식당	30	1.4	1.3	1.1	1.5	4.5	0.5	4.4	0.5	1.1	1.3
가마솔영양탕	35	1.3	2.5	1.4	2.5	1.5	1.5	1.2	0.7	1.9	2.5
한터식당	35	1.1	1.3	5.3	5.3	2.0	0.7	3.4	1.0	1.0	0.5
장수가든	35	3.9	1.5	1.0	3.5	1.4	2.0	1.2	8.7	1.3	0.5
백동식당	40	1.7	1.3	3.1	2.5	2.4	1.0	1.6	0.5	1.2	1.0
수곡낙시터	40	2.3	1.7	2.3	1.5	1.5	0.5	1.3	1.5	1.6	1.5
상원골식당	40	2.3	1.0	1.1	1.5	3.8	1.0	4.3	4.3	1.2	1.0
중진식당	40	5.1	1.7	1.3	2.0	3.8	3.5	4.2	3.5	2.5	9.0
천리원정	40	4.1	2.0	2.3	2.0	4.3	1.0	1.7	0.5	3.2	2.0
산수가든	45	1.1	2.0	1.5	5.0	5.9	0.3	2.9	2.0	3.0	4.0
옥현휴게소	45	13.6	5.3	4.4	3.5	1.0	0.5	5.1	1.3	1.1	1.0
동촌전주들솔	45	8.0	4.3	3.4	2.0	1.1	0.5	1.2	1.0	5.6	5.0
삼호식당	45	1.2	2.0	1.2	1.5	1.3	7.0	3.7	9.3	3.2	2.0
아리랑가든	50	1.4	1.0	2.7	3.5	5.0	1.5	3.2	1.3	1.2	1.0
구슬고개쉼터	50	3.1	0.0	2.0	9.5	1.1	9.0	9.4	8.5	5.7	6.5
한울타리	50	2.1	3.7	1.7	3.0	1.6	1.3	2.8	7.0	3.9	5.0

<표1> (계속)

업소명	용량	1차 (8/28-9/6)		2차 (9/19-24)		3차 (10/11-15)		4차 (10/22-26)		5차 (11/1-5)	
		BOD	SS	BOD	SS	BOD	SS	BOD	SS	BOD	SS
시투와항아리	50	1.6	1.0	1.1	2.0	5.3	1.0	3.1	5.5	2.3	4.5
에스터데이	55	4.4	3.0	1.9	9.5	2.2	5.5	3.7	9.0	1.0	8.0
칠읍산양어장	55	1.0	1.7	1.9	2.0	2.9	1.0	3.4	1.0	2.1	6.0
광탄쉼터	60	1.3	2.7	1.1	1.0	4.0	0.7	1.1	0.5	1.0	1.5
평화식당	60	1.3	1.3	7.6	8.0	5.4	7.0	6.2	3.5	1.7	1.0
고향식당	60	1.3	1.0	1.0	2.0	1.6	0.5	6.2	3.3	1.0	1.0
숲속에빈터	65	3.0	4.0	2.8	6.0	1.8	0.5	4.8	7.0	1.2	9.0
전통보리밥집	65	3.2	2.0	8.4	2.0	2.4	0.5	6.0	1.0	1.6	1.5
황골가든	65	1.3	1.5	3.4	2.0	1.0	1.0	2.7	0.5	1.3	3.5
해토	65	1.2	1.3	1.0	4.5	1.3	0.7	1.8	1.0	1.1	1.5
테라	65	1.3	0.7	1.1	2.0	2.2	4.3	1.4	9.7	1.4	2.0
원가든	65	1.2	1.5	1.1	2.0	4.5	0.3	4.3	1.0	1.0	0.5
민예원	65	1.1	2.0	1.0	5.0	2.9	1.0	1.2	1.5	1.0	1.0
육미곰탕	65	1.3	2.5	1.1	2.5	1.0	2.7	8.3	2.0	3.5	3.0
도밀봉	65	1.1	1.3	1.0	5.5	1.1	1.0	1.1	0.3	3.1	6.0
자연농원	65	2.7	3.5	3.8	2.5	1.1	0.5	1.2	1.0	1.1	0.5
샘물횃집	65	1.6	2.7	4.8	9.5	4.7	3.0	3.8	0.7	1.2	1.5
섬바위식당	70	1.1	2.3	1.1	2.5	2.5	0.3	3.1	1.3	1.0	2.5
언덕너머	70	1.8	2.7	1.5	1.5	1.5	1.5	1.4	0.7	7.3	22.0
다오미가든	70	3.2	1.3	2.5	3.5	1.3	0.3	3.5	2.5	4.3	3.5
연수정	70	1.2	2.5	1.2	6.0	1.2	1.0	5.5	9.0	3.8	3.0
애화몽	75	1.4	3.0	2.1	3.5	1.7	0.5	1.2	1.0	1.6	2.5
칠보타운휴게	80	1.1	0.5	1.9	2.0	1.3	1.5	3.7	2.5	1.1	6.0
대동관	85	1.1	2.7	1.3	2.5	4.7	0.3	1.6	1.0	1.2	1.0
단일횃집쉼터	85	1.7	1.5	1.2	2.0	1.8	4.3	1.2	3.5	1.5	3.5
녹수청산	95	1.8	3.5	1.4	2.0	1.1	0.5	6.5	0.5	1.1	3.0
고갯마루	100	2.7	1.5	9.3	3.0	1.8	6.0	1.1	0.3	1.8	1.0
관광농원식당	120	1.1	3.5	1.2	2.0	1.0	0.5	1.5	1.5	1.2	2.0

<표1> (계속)

업소명	용량	6차 (11/913)		평 균		업소명	용량	6차 (11/913)		평 균	
		BOD	SS	BOD	SS			BOD	SS	BOD	SS
행랑채	20	3.8	2.5	3.6	3.0	시루와항아리	50	0.5	1.0	2.4	2.6
밤나무집	20	0.9	0.5	2.0	1.6	에스터데이	55	1.1	0.5	2.2	6.2
옥이네(진부령)	20	1.3	2.5	1.4	2.6	칠읍산양어장	55	0.5	1.5	2.1	2.2
흙천골	20	1.0	1.0	1.8	1.8	광탄쉼터	60	1.0	1.0	1.6	1.1
오아시스	25	0.5	1.0	2.9	1.6	평화식당	60	1.0	0.5	4.1	3.8
잔치마당	25	2.5	1.0	2.8	1.5	고향식당	60	1.1	1.0	2.1	1.5
강원기사식당	30	1.0	0.5	2.5	1.4	숲속에빈터	65	1.6	4.0	2.5	5.2
동해식당	30	1.0	6.0	1.7	1.9	전통보리밥집	65	1.0	1.0	3.8	1.3
등골낚시터	30	1.3	4.5	1.9	2.1	황골가든	65	1.7	1.0	2.0	1.6
취읍산식당	30	1.1	1.0	2.3	1.0	해토	65	0.8	1.7	1.2	1.8
가마솔영양탕	35	1.1	2.0	1.4	1.9	테라	65	0.5	1.0	1.3	3.5
한터식당	35	1.0	0.5	2.4	1.6	원가든	65	3.7	1.5	2.8	1.1
삼성가든	35					민예원	65	2.1	1.5	1.6	2.0
장수가든	35	1.3	1.0	1.5	3.0	옥미곰탕	65	5.6	0.5	3.7	2.2
백동식당	40	1.0	1.0	1.8	1.2	도밀봉	65	1.1	0.5	1.4	2.5
수곡낚시터	40	1.5	1.0	1.7	1.2	자연농원	65	0.5	1.0	1.6	1.3
목화가든	40					샘물횃집	65	0.6	0.5	2.9	3.0
상원골식당	40	1.6	1.0	2.4	1.7	섬바위식당	70	1.4	1.5	1.8	1.7
중진식당	40	7.4	5.5	4.0	4.4	언덕너머	70	3.2	9.0	2.9	6.6
천리원정	40	4.1	3.0	3.2	1.7	다오미가든	70	1.1	1.0	2.6	2.1
산수가든	45	2.4	2.5	3.0	2.7	연수정	70	1.1	2.5	2.4	4.1
옥현휴게소	45	1.8	1.5	3.7	1.9	애화봉	75	2.2	1.5	1.7	1.9
동촌전주돌술밥	45	9.1	7.0	4.4	3.2	칠보타운휴게	80	0.8	0.5	1.7	2.3
삼호식당	45	2.0	1.0	2.2	4.0	대동관	85	1.1	1.0	1.9	1.3
아리랑가든	50	1.2	1.5	2.5	1.7	단월횃집쉼터	85	1.6	0.5	1.5	2.6
구슬고개쉼터	50	0.5	0.5	3.7	6.2	녹수청산	95	0.5	1.5	2.1	1.7
구름속의 산책	50					고갯마루	100	1.5	5.0	3.1	2.9
한울타리	50	1.0	2.0	2.2	3.7	관광농원식당	120	2.0	5.0	1.4	

※ 미영업중 4개소 제외

<표2> C 사 정화처리시설 방류수 수질 분석 결과

업소명	용량	1차 (9/1-7)		2차 (9/19)		3차 (10/15-17)		4차 (10/25-27)		5차 (11/4-7)	
		BOD	SS	BOD	SS	BOD	SS	BOD	SS	BOD	SS
호산나식당	20	1.5	2.3	2.4	2.0	5.0	1.0	1.1	1.7	1.3	4.0
해송	35	1.4	2.0	2.4	2.5	1.0	1.0	1.0	3.0	1.1	1.5
봉안식당	35	1.1	1.0	1.2	2.3	1.4	0.5	1.0	1.5	1.3	1.0
산내들	35	2.0	3.7	1.7	4.0	1.2	0.7	1.6	1.0	1.1	1.5
곡달계곡오복집	35	1.3	1.3	1.3	3.7	3.7	5.7	1.4	1.0	1.1	1.0
산여울의늘봄	35	1.8	1.7	3.3	4.0	2.8	2.0	2.3	0.5	2.9	2.5
산마루	35	1.9	6.7	1.7	1.7	1.0	0.5	1.0	1.5	1.1	0.5
코모도	40	1.6	2.0	1.0	2.0	1.4	0.3	1.0	2.0	1.1	7.5
가마솔	45	1.1	0.7	1.7	3.0	1.3	1.0	1.3	0.3	2.9	1.5
청계산순두부집	45	0.0	4.0	1.5	1.5	2.4	1.3	1.9	5.3	2.8	3.5
몽촌농원	45	5.6	6.3	1.3	1.7	1.4	3.0	3.0	3.0	1.1	2.0
민보루산장	45	2.0	1.0	1.1	0.3	1.2	0.5	1.4	1.3	1.3	2.5
용마름	45	2.1	4.0	1.3	1.3	1.3	0.5	1.2	8.0	1.2	2.0
솔트레인	50										
도장계곡	50	1.5	2.7	1.4	0.3	2.9	8.5	4.6	2.7	1.3	1.5
미감	50	1.5	2.0	1.9	4.6	1.1	1.0	2.5	2.0	1.1	1.0
리스틱	50	3.4	0.3	1.1	2.7	1.0	0.5	1.1	1.5	1.5	1.5
서우정농원	50	2.2	2.3	1.1	0.7	1.2	2.5	1.1	0.7	1.2	1.5
블루힐	50	1.0	1.3	1.2	1.3	1.0	0.5	2.0	3.0	1.4	1.5
산마루	55	1.1	4.3	3.4	3.5	15.5	9.7	1.0	0.3	1.1	4.0
산마루II	55	1.4	2.0	1.4	1.1	1.2	3.0	1.2	1.0	1.2	0.5
별빛바다	55	3.4	1.3	1.7	1.0	2.1	5.0	2.2	4.0	1.1	1.0
미운오리새끼	55	9.2	13.0	3.6	1.7	1.1	1.0	1.0	2.0	1.4	2.0
춘천호반막국수	55										
개성김치손만두	60	3.8	1.3	1.9	2.5	2.9	1.3	1.0	5.0	2.3	6.0
송어사냥	60	3.8	2.3	5.7	9.3	1.5	6.5	1.9	1.5	1.9	4.0
국악음반박물관	60	2.3	1.0	2.7	3.3	2.3	2.5	1.2	1.0	1.2	1.0
신애숙	60	1.1	3.5	1.2	2.0	1.0	0.5	1.5	1.5	1.8	1.0

<표2> (계속)

업소명	용량	1차 (9/1-7)		2차 (9/19)		3차 (10/15-17)		4차 (10/25-27)		5차 (11/4-7)	
		BOD	SS	BOD	SS	BOD	SS	BOD	SS	BOD	SS
일출	65	1.7	1.7	1.2	2.5	1.0	2.3	1.0	3.0	1.8	5.0
대동막국수	65	2.3	2.0	2.3	5.5	2.5	0.7	4.9	3.7	1.2	2.5
빌리지52	65	1.7	2.3	1.0	4.0	2.6	9.5	6.0	5.7	3.2	9.0
물안개	65	1.4	1.0	1.8	1.0	2.5	0.3	2.4	2.3	1.1	1.0
서울농원	65	1.0	3.7	1.5	2.0	1.2	2.3	1.0	1.0	1.1	1.0
타이타닉	65	1.1	2.7	1.0	2.5	1.2	3.3	1.1	1.3	1.2	0.5
용수숯불갈비	65	1.2	2.3	1.3	1.5						
금산영양탕	65	1.0	1.0	1.3	3.0	1.7	1.7	1.6	3.0	1.6	1.0
산아래가든	65	1.3	4.3	3.5	6.7	1.6	4.5	4.5	5.5	1.3	1.0
내웃에내밥먹고	65										
부뚜막가든	65	2.2	5.0	1.2	1.7	1.3	3.0	1.1	0.5	1.1	0.7
숲속에	65	5.2	5.3	7.9	7.0	1.2	1.5	1.1	3.5	1.3	9.0
래성기사식당	65	9.5	6.3	1.4	7.0	1.0	1.3	1.1	4.5	1.2	1.5
테라스	65										
물레방아식당	65	2.3	1.7	2.4	1.3	1.3	0.7	1.0	0.5	5.4	2.0
숲을보는아이들	65	4.5	1.3	2.5	1.0	1.1	1.0	1.1	4.5	1.2	4.0
빨간돼지	65	1.3	1.3	2.3	6.0	2.9	7.0	1.2	4.0	1.1	0.5
예림원	70	5.5	3.3	3.1	3.3	1.2	0.5	1.5	1.5	1.5	3.0
이칠리아	75	1.8	7.0	9.6	8.7	1.0	0.5	3.0	1.7	4.4	2.0
하야로비	75	2.2	1.3	1.9	3.0	1.1	1.0	1.0	1.5	1.1	3.3
이동갈비양평점	80	2.1	5.0	1.1	1.5	1.2	1.0	1.0	0.3	1.2	1.5
배나무골한우가마	80	1.1	1.0	1.7	3.0	1.3	1.3	1.2	3.3	1.4	1.5
애니타임	85	1.0	1.0	1.3	7.0	1.1	5.0	1.4	3.7	1.1	6.5
동화부동산	90	1.0	1.3	3.0	2.0	1.0	1.7	1.0	2.3	1.1	3.5
잔디마당	115	1.1	2.7	1.1	1.3	6.0	2.7	3.8	3.3	2.0	

〈표2〉 (계속)

업소명	용량	6차 (11/913)		평 균		업소명	용량	6차 (11/913)		평 균	
		BOD	SS	BOD	SS			BOD	SS	BOD	SS
호산나식당	20	1.4	4.0	2.1	2.5	일출	65	2.1	7.0	1.5	3.6
해송	35	1.0	1.5	1.3	1.9	대동막국수	65	1.3	6.0	2.4	3.4
봉안식당	35	1.4	1.0	1.2	1.2	빌리지52	65	0.5	5.7	2.5	6.0
산내들	35	1.0	1.5	1.4	2.1	물안개	65	1.0	1.0	1.7	1.1
곡달계곡오복집	35	4.2	3.0	2.2	2.6	서울농원	65	3.7	5.5	1.6	2.6
산여울의늘봄	35	3.0	2.0	2.7	2.1	타이타닉	65	0.5	0.5	1.0	1.8
산마루	35	1.2	2.5	1.3	2.2	용수숯불갈비	65			1.3	1.9
코모도	40	1.1	1.0	1.2	2.5	금산영양탕	65	2.0	4.0	1.5	2.3
가마술	45	2.5	0.5	1.8	1.2	산아래가든	65	1.8	2.5	2.3	4.1
청계산순두부집	45	2.0	3.0	1.8	3.1	내웃에내밥먹고	65				
몽촌농원	45	1.9	0.5	2.4	2.8	부뚜막가든	65	8.8	7.5	2.6	3.1
민보루산장	45	1.3	1.5	1.4	1.2	숲속에	65	1.4	2.0	3.0	4.7
용마름	45	1.1	2.5	1.4	3.1	래성기사식당	65	1.1	1.5	2.6	3.7
솔트레인	50	0.8	6.5	0.8	6.5	테라스	65	4.1	1.3	4.1	1.3
도장계곡	50	1.7	3.5	2.2	3.2	물레방아식당	65	1.4	1.5	2.3	1.3
미감	50	1.6	1.0	1.6	1.9	숲을보는아이들	65	1.0	1.5	1.9	2.2
러스틱	50	1.5	3.0	1.6	1.6	빨간돼지	65	0.8	0.5	1.6	3.2
서우정농원	50	2.2	2.0	1.5	1.6	예림원	70	4.8	4.0	2.9	2.6
블루힐	50	2.0	1.0	1.4	1.4	이첼리아	75	2.1	1.5	3.7	3.6
산마루	55	2.3	3.5	4.1	4.2	하야로비	75	1.0	1.0	1.4	1.9
산마루II	55	1.9	1.0	1.4	1.4	이동갈비양평점	80	1.8	1.5	1.4	1.8
별빛바다	55	1.6	1.0	2.0	2.2	배나무골한우가 마	80	1.0	1.0	1.3	1.9
미운오리새끼	55	1.2	2.0	2.9	3.6	애니타임	85	1.5	1.0	1.2	4.0
춘천호반막국수	55					동화부동산	90	1.4	1.0	1.4	2.0
개성김치손만두	60	2.0	3.5	2.3	3.3	잔디마당	115	1.2	1.0	2.5	3.3
송어사냥	60	2.4	2.5	2.9	4.4						
국악음반박물관	60	2.2	1.5	2.0	1.7						
신애숙	60										

부록 V. 현장수질분석자료

◆ 경기도 대부도(SH1~SH6), 양평(YPP1, YPP2) 수질분석결과

<표1> 1999년 6월

항목	단위	기준	SSH1	SSH2	SSH3	SSH4	SSH5	SSH6	YPP1	YPP2
pH		5.8-8.5	6.7	6.6	6.6	6.6	6.6	6.9	5.9	6.4
NH ₄ -N	mg/l	≤0.5	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
NO ₃ -N	mg/l	≤10	1.6	1.6	1.3	1.4	1.3	1.0	3.8	2.7
Cl ⁻	mg/l	≤250	12	12	10	11	9	8	6	6
SO ₄ ²⁻	mg/l	≤200	4	4	4	4	4	5	8	5
F	mg/l	≤1.5	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0.1	nd
경도	mg/l	≤300	50	55	48	51	38	38	(분석제외)	(분석제외)
과광산칼륨소비량	mg/l	≤10	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0.6	0.3
중발잔류물	mg/l	≤500	102	98	92	89	72	70	(분석제외)	(분석제외)
세제	mg/l	≤0.5	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Fe	mg/l	≤0.3	nd	nd	nd	nd	nd	nd	(분석제외)	(분석제외)
Mn	mg/l	≤0.3	nd	nd	nd	nd	nd	0.357	(분석제외)	(분석제외)
Cu	mg/l	≤1.0	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Pb	mg/l	≤0.05	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Zn	mg/l	≤1.0	nd	0.128	0.033	0.032	0.054	0.024	0.031	0.112
Cr ⁶⁺	mg/l	≤0.05	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Cd	mg/l	≤0.01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Se	mg/l	≤0.01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Hg	mg/l	≤0.001	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
CN	mg/l	≤0.01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
페놀	mg/l	≤0.005	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
As	mg/l	≤0.05	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Al	mg/l	≤0.2	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
카바릴	mg/l	≤0.07	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
벤젠	mg/l	≤0.01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
에틸벤젠	mg/l	≤0.3	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
디크로로메탄	mg/l	≤0.02	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
톨루엔	mg/l	≤0.7	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
크실렌	mg/l	≤0.5	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
다이아지논	mg/l	≤0.02	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
파라티온	mg/l	≤0.06	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
말라티온	mg/l	≤0.25	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd

* 분석기관 : A 농업기반공사, B 경기도보건환경연구원, C

<표1> (계속)

항목	단위	기준	SSH1	SSH2	SSH3	SSH4	SSH5	SSH6	YPP1	YPP2
페니트로티온	mg/l	≤0.04	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
사염화탄소	mg/l	≤0.002	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
1,1-디클로로에틸렌	mg/l	≤0.03	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
1,1,1-트리클로로에탄	mg/l	≤0.1	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
테트라클로로에틸렌	mg/l	≤0.01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
트리클로로에틸렌	mg/l	≤0.03	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
탁도	도	≤2	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합
냄새		무취	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합
맛		무미	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합
일반세균	CFU/100ml	≤	0	0	0	0	0	0	0	0
대장균군		불검출/50ml	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성
분석일			1999.6.	1999.6.	1999.6.	1999.6.	1999.6.	1999.6.	1999.6.	1999.6.
분석기관			B	B	B	B	B	B	B	B

<표2> 1999년 6월

시료번호	SSH1	SSH2	SSH3	SSH4	SSH5	SSH6	YPP1	YPP2
pH	6.4	6.5	6.7	7.2	7.4	7.9	7.2	7.0
EC $\mu\text{S}/\text{cm}$	102	80	804	314	135	148	84	97
COD mg/L	0.4	0.4	115.2	24.0	9.4	18.4	1.8	2.6
T-N mg/L	1.657	0.946	57.218	2.185	0.530	2.548	4.585	5.885
NO ₂ ⁻ -N mg/L	nd	nd	0.027	0.002	nd	nd	0.006	0.067
NO ₃ ⁻ -N mg/L	1.604	0.915	nd	nd	nd	nd	4.247	5.820
NH ₄ ⁺ -N mg/L	nd	nd	48.440	nd	nd	nd	nd	nd
T-P mg/L	0.043	0.033	6.045	0.166	0.049	0.095	0	0
ABS mg/L	0.120	0.140	3.750	0.150	0.230	0.400	0.190	0.170
Cd mg/L	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Pb mg/L	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
As mg/L	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
CN mg/L	nd	nd	0.012	0.004	0.003	0.004	0.002	0.002
Hg mg/L	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Cr ⁶⁺ mg/L	0.003	0.002	nd	nd	0.002	nd	nd	nd
유기인 mg/L	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
PCB mg/L	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
대장균군수 MPN/100ml	0	0	1.3×10 ⁶	4.0×10 ³	2.4×10 ³	2.4×10 ³	3.0×10 ²	1.3×10 ³
분석일			1999.6	1999.6	1999.6	1999.6	1999.6	1999.6
분석기관			A	A	A	A	A	A

<표3> 1999년 8월

시료번호		YPP3	YPP4	YPP5
항목	단위			
pH		7.0	6.3	7.7
COD	mg/L	1.1	18.4	22.7
BOD	mg/L	1.5	8.9	12.8
T-N	mg/L	3.782	34.452	11.898
NO ₃ ⁻ -N	mg/L	2.949	20.756	7.802
NH ₄ ⁺ -N	mg/L	0.133	4.937	1.975
T-P	mg/L	0.155	2.228	1.799
SS	mg/L	2.3	5.5	1.0
ABS	mg/L	nd	0.071	0.031
대장균군수	MPN/100ml	1.7×10 ⁴	5.0×10 ³	8.0×10 ³

<표4> 1999년 8월

항목	유입수(I)	배출수(E)
암모니아성질소(mg/l)	20	13
SS(mg/l)	28	9
분석일	1999.8.	1999.8.

<표5> 1999년 9월

시료번호	SH1 유입수	SH2 유출수	SH3 유입수	SH4 유출수	YPP4 유출수	YPP5 유입수	YPP5 유출수
pH	6.3	7.3	6.2	6.9	4.7	6.7	6.8
EC μs/cm	661	585	405	586	474	866	798
COD mg/L	37.4	15.8	14.5	17.9	12.4	17.1	16.3
T-N mg/L	39.824	28.418	25.813	28.495	36.800	10.126	(분석제외)
NO ₂ ⁻ -N mg/L	0.020	2.616	0.014	0.002	0.010	0.097	0.004
NO ₃ ⁻ -N mg/L	nd	4.729	nd	nd	26.518	8.058	6.760
NH ₄ ⁺ -N mg/L	30.966	19.497	20.070	22.938	1.434	3.154	(분석제외)
T-P mg/L	5.562	2.620	2.144	2.873	3.783	1.799	(분석제외)
SS mg/L	156.0	20.0	27.2	12.0	10.0	2.2	(분석제외)
ABS mg/L	6.38	0.35	0.66	0.67	0.45	0.33	0.37

<표5> (계속)

시료번호	SH1 유입수	SH2 유출수	SH3 유입수	SH4 유출수	YPP4 유출수	YPP5 유입수	YPP5 유출수
Cd mg/L	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Pb mg/L	nd	0.003	0.002	nd	nd	0.002	nd
As mg/L	nd	nd	nd	nd	0.020	0.024	0.027
CN mg/L	0.006	0.002	0.006	0.006	0.001	0.004	0.003
Hg mg/L	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Cr ⁶⁺ mg/L	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
유기인 mg/L	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
PCB mg/L	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
대장균군수 MFN/100ml	5.0×10 ³	5.0×10 ⁴	1.6×10 ³	1.6×10 ³	5.0×10 ⁴	9.0×10 ⁴	9.0×10 ⁴
분석일	1999.9	1999.9	1999.9	1999.9	1999.9	1999.9	1999.9
분석기관	A	A	A	A	A	A	A

<표6> 1999년 10월

시료명	SSH1-1	SSH1-2	SSH2	SSH3	YPP1	YPP2
1차분석	138.9262	157.047	4.832215	77.01342	1.510067	1.510067
2차분석	144.9664	163.0872	7.701342		2.114094	1.35906
평균	141.9463	160.0671	6.266779	77.01342	1.812081	1.434564
분석일	1999.10.	1999.10.	1999.10.	1999.10.	1999.10.	1999.10.

◆ 경기도 양평군 일대 음식점의 우수처리기의 유입수, 방류수 수질분석결과

<표1> 2000년 7월

시료번호	Y2-I	Y2-E	Y3-I	Y3-E	Y5-I	Y5-E	Y6-I	Y6-E
pH	8.3	8.0	6.0	6.9	9.2	9.1	6.8	6.9
EC (μS/cm)	654	659	559	654	4776	3457	788	630
COD (mg/L)	12.2	16.2	70.5	13.7	78.0	60.5	20.2	9.5
T-N (mg/L)	15.194	1.061	30.659	17.546	880.805	522.345	31.340	17.238
T-P (mg/L)	1.169	0.686	4.094	3.727	9.648	9.320	12.209	6.632
SS (mg/L)	2.5	11.0	46.0	3.3	90.0	28.0	3.3	10.0
Cl (mg/L)	16.6	9.2	74.4	98.7	243.1	186.8	69.4	70.5
n-Hexane (mg/L)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
BTEX (mg/L)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
ABS (mg/L)	0.44	0.32	0.48	19.9	0.94	1.14	0.84	0.43
Cd (mg/L)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Fe (mg/L)	0.141	0.281	0.294	0.071	0.455	0.250	0.404	0.247
Cu (mg/L)	0.021	0.023	0.077	0.020	0.058	0.037	0.003	0.007
Pb (mg/L)	nd	0.001	nd	nd	nd	nd	nd	nd
유기인 (mg/L)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
일반세균 (CFU/ml)	4.5×10 ³	2.8×10 ⁴	5.6×10 ⁶	1.6×10 ⁶	2.5×10 ⁶	3.0×10 ⁵	2.0×10 ⁶	4.8×10 ⁴
분석일	2000.7	2000.7	2000.7	2000.7	2000.7	2000.7	2000.7	2000.7
분석기관	A	A	A	A	A	A	A	A

시료번호	Y7-I	Y7-E	Y8-I	Y8-E	Y10-I	Y10-E	Y11-I	Y11-E
pH	7.5	5.2	6.3	7.0	7.0	6.6	6.9	6.8
EC (μS/cm)	1690	725	476	502	611	559	526	550
COD (mg/L)	149.0	30.4	71.5	8.2	30.0	13.6	27.0	16.9
T-N (mg/L)	131.570	55.142	11.500	2.326	23.552	22.797	11.915	8.258
T-P (mg/L)	19.845	11.330	2.309	0.983	3.418	3.158	3.744	3.560
SS (mg/L)	198.0	31.0	47.0	3.6	11.0	5.0	17.3	7.5
Cl (mg/L)	222.0	82.1	91.3	92.3	92.3	91.6	63.4	71.2
n-Hexane (mg/L)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
BTEX (mg/L)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
ABS (mg/L)	0.80	0.54	9.0	0.72	6.10	0.65	0.70	0.64
Cd (mg/L)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Fe (mg/L)	1.744	0.302	1.854	0.128	0.097	0.074	0.169	0.081
Cu (mg/L)	0.151	0.036	0.015	0.013	0.043	0.036	0.013	0.011
Pb (mg/L)	0.006	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
유기인 (mg/L)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
일반세균 (CFU/ml)	4.8×10 ⁶	4.4×10 ⁴	3.5×10 ⁷	1.5×10 ⁵	8.1×10 ⁶	5.9×10 ⁵	3.7×10 ⁵	1.1×10 ⁵
분석일	2000.7	2000.7	2000.7	2000.7	2000.7	2000.7	2000.7	2000.7
분석기관	A	A	A	A	A	A	A	A

<표1> (계속)

시료번호	Y12-I	Y12-E	Y14-I	Y14-E	Y15-I	Y15-E	Y16-I	Y16-E
pH	7.0	7.1	6.3	6.9	4.8	5.4	6.6	6.6
EC (μS/cm)	242	228	458	526	659	617	517	479
COD (mg/L)	7.5	3.3	60.4	45.5	35.2	25.6	111.0	16.0
T-N (mg/L)	3.643	2.975	26.597	26.495	63.941	55.623	29.179	11.165
T-P (mg/L)	0.658	0.432	3.703	2.318	6.116	8.148	8.547	11.309
SS (mg/L)	14.0	1.2	68.0	36.0	59.0	7.0	46.0	12.5
Cl (mg/L)	29.2	25.4	43.3	56.4	57.4	56.7	75.4	69.8
n-Hexane (mg/L)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
BTEX (mg/L)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
ABS (mg/L)	0.32	0.28	1.97	18.6	0.97	0.55	8.70	0.56
Cd (mg/L)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Fe (mg/L)	0.452	0.096	0.155	0.234	0.363	0.272	0.494	0.127
Cu (mg/L)	0.034	0.008	0.023	0.020	0.021	0.024	0.013	0.012
Pb (mg/L)	nd	0.001	nd	nd	0.001	nd	0.002	0.002
유기인 (mg/L)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
일반세균 (CFU/ml)	2.1×10 ⁶	6.3×10 ⁴	2.0×10 ⁷	3.5×10 ⁷	1.3×10 ⁶	4.3×10 ⁷	3.5×10 ⁷	4.3×10 ⁶
분석일	2000.7	2000.7	2000.7	2000.7	2000.7	2000.7	2000.7	2000.7
분석기관	A	A	A	A	A	A	A	A

시료번호	Y18-I	Y18-E	Y19-I	Y19-E	Y20-I	Y20-E
pH	6.4	6.6	7.6	8.3	6.9	7.0
EC (μS/cm)	291	350	1001	1007	614	733
COD (mg/L)	54.0	16.0	25.6	18.0	22.6	5.7
T-N (mg/L)	12.689	20.057	12.531	12.160	18.643	7.175
T-P (mg/L)	2.161	3.764	1.082	1.022	1.392	1.552
SS (mg/L)	21.5	14.5	3.0	7.3	20.7	2.0
Cl (mg/L)	31.7	40.9	52.2	50.7	80.0	120.2
n-Hexane (mg/L)	nd	nd	nd	nd	nd	nd
BTEX (mg/L)	nd	nd	nd	nd	nd	nd
ABS (mg/L)	8.50	0.40	0.92	0.43	1.13	0.49
Ca (mg/L)	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Fe (mg/L)	0.309	0.429	0.116	0.151	0.081	0.039
Cu (mg/L)	0.034	0.020	0.019	0.020	0.005	0.004
Pb (mg/L)	nd	nd	nd	0.002	nd	nd
유기인 (mg/L)	nd	nd	nd	nd	nd	nd
일반세균 (CFU/ml)	3.2×10 ⁶	5.2×10 ⁴	1.6×10 ⁶	6.6×10 ⁶	5.2×10 ⁶	3.0×10 ⁷
분석일	2000.7	2000.7	2000.7	2000.7	2000.7	2000.7
분석기관	A	A	A	A	A	A

<표2> 2000년 8월

시료번호	Y1-I	Y1-E	Y3-I	Y3-E	Y5-I	Y5-E	Y6-I	Y6-E
pH	6.8	6.5	4.8	7.0	6.9	6.9	7.0	6.9
EC (μS/cm)	685	636	605	675	574	588	801	451
COD (mg/L)	37.5	20.0	128.0	44.5	82.5	42.5	16.2	6.2
T-N (mg/L)	26.886	25.147	34.139	29.827	29.678	18.893	41.060	5.899
T-P (mg/L)	3.681	3.281	4.482	4.392	5.542	3.592	12.524	1.577
SS (mg/L)	20.0	7.3	124.0	16.0	262.0	40.0	16.0	16.5
Cl (mg/L)	77.9	77.2	86.3	86.0	85.6	86.7	78.2	56.7
ABS (mg/L)	5.40	0.67	11.0	1.05	0.61	0.43	3.50	0.26
Cd (mg/L)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Fe (mg/L)	0.245	0.063	0.293	0.183	1.405	0.323	0.527	0.205
Cu (mg/L)	0.051	0.027	0.068	0.015	0.040	0.018	0.005	0.009
Pb (mg/L)	0.003	0.002	0.003	0.001	0.004	0.002	0.001	nd
분석일	2000.8	2000.8	2000.8	2000.8	2000.8	2000.8	2000.8	2000.8
분석기관	A	A	A	A	A	A	A	A

시료번호	Y7-I	Y7-E	Y8-I	Y8-E	Y10-I	Y10-E	Y11-I	Y11-E
pH	6.9	6.3	6.9	6.4	7.0	6.9	7.1	7.0
EC (μS/cm)	321	365	762	595	598	548	471	463
COD (mg/L)	24.5	26.3	94.0	14.0	39.5	20.0	21.3	17.3
T-N (mg/L)	7.701	13.934	42.171	22.665	34.422	30.288	13.319	13.245
T-P (mg/L)	2.567	6.683	7.891	4.461	3.407	3.708	2.632	2.714
SS (mg/L)	27.0	19.0	124.0	4.0	16.0	8.0	8.7	5.5
Cl (mg/L)	46.9	50.0	93.7	90.6	64.1	61.7	52.5	51.4
ABS (mg/L)	0.55	0.36	7.90	0.54	9.00	0.94	0.39	0.39
Cd (mg/L)	nd	nd	0.001	nd	nd	nd	nd	nd
Fe (mg/L)	0.135	0.240	2.461	0.079	0.195	0.165	0.117	0.110
Cu (mg/L)	0.013	0.039	0.015	0.015	0.057	0.036	0.016	0.012
Pb (mg/L)	0.001	0.001	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.001
분석일	2000.8	2000.8	2000.8	2000.8	2000.8	2000.8	2000.8	2000.8
분석기관	A	A	A	A	A	A	A	A

<표2> (계속)

시료번호	Y12-I	Y12-E	Y14-I	Y14-E	Y15-I	Y15-E	Y16-I	Y16-E
pH	6.7	6.9	6.2	7.0	5.6	5.1	6.8	6.8
EC ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	221	206	505	655	571	576	425	342
COD (mg/L)	18.4	12.2	136.0	48.0	27.0	14.8	93.0	9.6
T-N (mg/L)	6.650	6.976	31.670	36.763	47.935	49.538	28.152	1.876
T-P (mg/L)	1.084	1.034	5.637	3.294	4.755	5.444	9.644	5.085
SS (mg/L)	13.3	10.0	174.0	18.0	49.0	5.3	84.0	1.3
Cl (mg/L)	25.4	20.4	51.8	69.1	43.3	41.2	43.3	48.3
ABS (mg/L)	0.32	0.30	18.0	9.00	0.62	0.62	0.69	0.11
Cd (mg/L)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Fe (mg/L)	0.652	0.444	0.297	0.232	0.227	0.110	0.554	0.076
Cu (mg/L)	0.020	0.018	0.019	0.016	0.020	0.022	0.014	0.013
Pb (mg/L)	0.002	0.001	0.003	0.003	0.001	0.001	0.003	0.002
분석일	2000.8	2000.8	2000.8	2000.8	2000.8	2000.8	2000.8	2000.8
분석기관	A	A	A	A	A	A	A	A

시료번호	Y17-I	Y17-E	Y18-I	Y18-E	Y19-I	Y19-E	Y20-I	Y20-E
pH	6.7	6.5	6.5	6.8	6.7	7.0	6.8	6.9
EC ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	808	733	187	216	726	706	608	531
COD (mg/L)	51.5	35.0	19.0	6.2	44.5	27.3	43.0	5.4
T-N (mg/L)	23.052	14.720	5.891	8.129	17.595	12.241	20.042	6.951
T-P (mg/L)	3.445	2.900	1.208	1.352	2.146	1.285	2.213	1.493
SS (mg/L)	68.0	30.0	4.0	7.2	29.3	16.0	22.0	3.2
Cl (mg/L)	135.3	137.1	20.4	24.3	76.8	76.8	70.8	68.4
ABS (mg/L)	3.60	0.68	4.20	0.26	7.1	3.5	3.40	0.31
Cd (mg/L)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Fe (mg/L)	0.287	0.207	0.101	0.018	0.415	0.160	0.109	0.025
Cu (mg/L)	0.011	0.014	0.017	0.013	0.017	0.006	0.011	0.008
Pb (mg/L)	0.001	0.002	0.004	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003
분석일	2000.8	2000.8	2000.8	2000.8	2000.8	2000.8	2000.8	2000.8
분석기관	A	A	A	A	A	A	A	A

<표3> 2000년 9월

시료번호		Y1-I	Y1-E	Y3-I	Y3-E	Y5-I	Y5-E	Y6-I	Y6-E
pH		6.8	5.5	6.8	6.6	6.6	6.9	6.8	7.0
EC	($\mu\text{s}/\text{cm}$)	761	646	482	451	444	439	254	552
COD	(mg/L)	30.4	14.4	24.5	15.5	36.4	26.3	9.2	7.2
T-N	(mg/L)	31.664	29.294	26.647	6.297	11.238	8.204	9.596	13.165
T-P	(mg/L)	4.999	4.588	3.781	2.910	2.892	2.333	2.070	2.037
SS	(mg/L)	16.0	2.2	59.0	54.0	28.0	13.0	4.4	5.5
Cl	(mg/L)	105.4	105.4	53.2	78.6	63.4	62.0	19.0	61.3
ABS	(mg/L)	0.49	0.44	14.0	0.80	0.52	0.41	0.23	0.21
Cd	(mg/L)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Fe	(mg/L)	0.209	0.049	0.390	0.593	0.216	0.212	0.171	0.177
Cu	(mg/L)	0.040	0.066	0.131	0.016	0.016	0.011	0.002	0.005
Pb	(mg/L)	0.001	nd	0.009	nd	0.009	nd	nd	nd
분석일		2000.9	2000.8	2000.8	2000.8	2000.9	2000.8	2000.8	2000.8
분석기관		A	A	A	A	A	A	A	A

시료번호		Y7-I	Y7-E	Y8-I	Y8-E	Y9-I	Y9-E	Y10-I	Y10-E
pH		6.8	2.9	6.8	6.4	6.2	5.7	6.8	6.5
EC	($\mu\text{s}/\text{cm}$)	285	1031	690	630	392	433	412	378
COD	(mg/L)	11.6	22.2	108.0	10.2	66.0	26.4	37.0	16.6
T-N	(mg/L)	8.066	56.616	36.314	21.219	28.721	26.122	16.985	17.955
T-P	(mg/L)	2.214	18.069	5.279	4.267	4.853	4.277	2.231	2.638
SS	(mg/L)	7.6	29.3	70.0	3.2	122.0	18.0	4.8	3.2
Cl	(mg/L)	37.0	70.5	105.4	105.4	51.1	52.2	47.2	43.0
ABS	(mg/L)	0.57	0.54	4.9	0.47	0.50	0.44	0.59	0.34
Cd	(mg/L)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Fe	(mg/L)	0.046	0.193	1.544	0.055	0.933	0.211	0.179	0.140
Cu	(mg/L)	0.031	0.225	0.058	0.014	0.090	0.049	0.053	0.043
Pb	(mg/L)	nd	0.002	0.004	nd	0.004	0.008	0.005	nd
분석일		2000.9	2000.8	2000.8	2000.8	2000.9	2000.8	2000.8	2000.8
분석기관		A	A	A	A	A	A	A	A

<표3> (계속)

시료번호		Y11-I	Y11-E	Y14-I	Y14-E	Y15-I	Y15-E	Y16-I	Y16-E
pH		7.2	6.8	6.5	6.7	6.4	6.4	6.5	6.7
EC	($\mu\text{S}/\text{cm}$)	371	367	619	687	358	279	329	329
COD	(mg/L)	13.6	24.5	74.0	33.5	82.0	16.4	93.0	7.2
T-N	(mg/L)	10.816	12.092	28.667	31.102	17.875	6.338	23.436	1.898
T-P	(mg/L)	1.649	3.316	3.305	2.658	2.922	1.222	5.041	1.428
SS	(mg/L)	4.4	38.7	43.0	34.0	104.0	2.0	88.0	1.6
Cl	(mg/L)	31.0	30.3	79.3	88.8	55.7	44.4	39.8	58.1
ABS	(mg/L)	0.37	0.28	21.2	1.24	0.41	0.29	0.41	0.21
Cd	(mg/L)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Fe	(mg/L)	0.067	0.603	0.136	0.152	0.646	0.067	0.372	0.020
Cu	(mg/L)	0.019	0.050	0.015	0.072	0.028	0.006	0.008	0.004
Pb	(mg/L)	nd	nd	0.003	nd	nd	nd	0.004	nd
분석일		2000.9	2000.8	2000.8	2000.8	2000.9	2000.8	2000.8	2000.8
분석기관		A	A	A	A	A	A	A	A

시료번호		Y17-I	Y17-E	Y18-I	Y18-E	Y19-I	Y19-E	Y20-I	Y20-E
pH		6.6	6.4	6.4	6.9	6.9	6.7	6.6	7.1
EC	($\mu\text{S}/\text{cm}$)	903	743	197	194	795	739	536	527
COD	(mg/L)	64.0	60.4	15.6	4.8	62.0	17.4	20.0	4.8
T-N	(mg/L)	23.654	16.660	17.272	11.346	24.918	23.104	13.765	14.061
T-P	(mg/L)	4.387	4.343	0.876	1.139	2.660	2.130	1.152	0.754
SS	(mg/L)	26.0	16.0	3.1	6.0	9.2	3.2	10.0	2.4
Cl	(mg/L)	125.2	135.0	19.7	21.1	65.2	64.8	60.6	68.4
ABS	(mg/L)	0.81	0.58	0.95	0.29	1.32	0.43	0.31	0.29
Cd	(mg/L)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Fe	(mg/L)	0.142	0.128	0.117	0.129	0.262	0.068	0.032	0.019
Cu	(mg/L)	1.088	0.017	0.008	0.013	0.033	0.008	0.005	0.003
Pb	(mg/L)	nd	nd	nd	nd	nd	0.004	0.003	nd
분석일		2000.9	2000.8	2000.8	2000.8	2000.9	2000.8	2000.8	2000.8
분석기관		A	A	A	A	A	A	A	A

<표4> 2001년 7월

시료번호	Y1-I	Y1-E	Y3-I	Y3-E	Y5-I	Y5-E	Y6-I	Y6-E
pH	7.0	7.0	6.3	7.1	6.7	6.8	7.3	7.2
EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	708	307	503	400	538	573	432	425
COD (mg/L)	44.9	24.4	76.0	35.0	58.0	43.0	16.0	14.4
T-N (mg/L)	36.417	30.041	17.833	7.290	23.768	37.387	6.068	7.042
NO_2^- -N (mg/L)	0.022	1.514	0.016	0.041	0.019	0.021	0.002	0.005
NO_3^- -N (mg/L)	0.075	6.342	nd	2.667	nd	nd	0.178	0.062
NH_4^+ -N (mg/L)	34.500	18.711	10.703	0.065	22.700	34.059	5.532	6.669
T-P (mg/L)	3.790	3.416	2.423	4.588	3.008	3.670	0.817	0.975
PO_4 -P (mg/L)	2.236	2.813	0.332	3.381	1.056	2.217	0.417	0.626
SS (mg/L)	43.4	19.2	58.3	62.7	53.3	25.0	9.6	7.6
Cl (mg/L)	60.0	68.4	82.9	71.2	53.8	45.3	46.7	37.5
Chl-a (mg/m^3)	nd	nd	3.4	4.1	nd	nd	nd	nd
분석일	2001.7.	2001.7.	2001.7.	2001.7.	2001.7.	2001.7.	2001.7.	2001.7.
분석기관	A	A	A	A	A	A	A	A

시료번호	Y7-I	Y7-E	Y8-I	Y8-E	Y10-I	Y10-E	Y11-I	Y11-E
pH	7.2	5.8	7.1	7.0	7.6	7.3	7.8	7.3
EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	448	790	868	726	452	409	356	367
COD (mg/L)	106.0	18.4	40.0	132.0	26.5	12.4	6.4	12.6
T-N (mg/L)	19.694	48.120	51.693	39.837	26.525	21.669	14.043	12.502
NO_2^- -N (mg/L)	0.707	0.025	0.017	0.131	0.012	0.520	0.049	0.042
NO_3^- -N (mg/L)	16.175	46.130	0.355	0.159	0.202	10.866	13.050	11.085
NH_4^+ -N (mg/L)	0.065	2.563	46.230	18.562	24.515	12.719	0.058	0.071
T-P (mg/L)	2.009	5.611	14.815	6.523	2.217	1.993	1.974	2.148
PO_4 -P (mg/L)	1.279	5.217	13.162	2.271	1.833	1.663	1.795	1.721
SS (mg/L)	41.9	8.2	37.7	32.3	23.2	5.2	4.0	41.7
Cl (mg/L)	52.1	90.7	86.4	115.2	39.7	33.6	45.0	43.9
Chl-a (mg/m^3)	0.7	nd	2.3	77.5	nd	nd	nd	0.9
분석일	2001.7.	2001.7.	2001.7.	2001.7.	2001.7.	2001.7.	2001.7.	2001.7.
분석기관	A	A	A	A	A	A	A	A

<표4> (계속)

시료번호	Y13-I	Y13-E	Y14-I	Y14-E	Y15-I	Y15-E	Y16-I	Y16-E
pH	6.3	6.6	6.4	7.2	7.7	5.6	7.3	6.9
EC ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	533	356	916	644	523	554	588	435
COD (mg/L)	14.4	6.6	92.0	8.8	29.0	20.0	84.0	8.8
T-N (mg/L)	32.313	14.890	43.823	21.288	38.350	38.448	29.216	17.326
NO ₂ ⁻ -N (mg/L)	0.004	0.132	0.019	0.027	1.671	0.015	0.060	0.013
NO ₃ ⁻ -N (mg/L)	30.946	14.409	0.194	20.549	5.312	30.140	0.486	16.975
NH ₄ ⁺ -N (mg/L)	0.451	0.176	38.302	0.059	15.953	5.002	15.935	0.231
T-P (mg/L)	3.682	2.976	6.109	5.942	4.461	5.394	5.721	5.982
PO ₄ -P (mg/L)	2.947	2.901	1.815	5.578	2.686	4.922	2.294	5.618
SS (mg/L)	60.4	2.2	108.3	70.2	100.0	36.6	186.3	5.2
Cl (mg/L)	84.7	62.7	106.3	118.4	69.8	82.2	76.2	57.0
Chl-a (mg/m ³)	nd	nd	34.5	0.9	9.5	nd	nd	nd
분석일	2001.7.	2001.7.	2001.7.	2001.7.	2001.7.	2001.7.	2001.7.	2001.7.
분석기관	A	A	A	A	A	A	A	A

시료번호	Y17-I	Y17-E	Y18-I	Y18-E	Y19-I	Y19-E	Y20-I	Y20-E
pH	6.7	6.6	6.8	7.2	6.5	6.5	7.3	7.4
EC ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	752	726	668	461	720	692	456	446
COD (mg/L)	71.0	34.5	56.0	8.4	54.0	18.8	22.4	4.6
T-N (mg/L)	21.578	16.669	28.428	8.882	20.504	15.910	16.754	5.858
NO ₂ ⁻ -N (mg/L)	0.236	0.128	0.012	0.064	0.020	0.201	0.473	0.072
NO ₃ ⁻ -N (mg/L)	0.051	10.550	0.011	7.450	0.091	13.491	11.268	3.629
NH ₄ ⁺ -N (mg/L)	12.374	4.424	27.947	0.209	18.702	3.364	4.369	2.845
T-P (mg/L)	3.684	3.208	5.451	1.902	2.964	2.735	0.994	1.068
PO ₄ -P (mg/L)	1.967	2.507	2.147	1.874	0.324	2.234	0.230	0.936
SS (mg/L)	85.7	22.8	78.2	83.0	56.0	14.0	30.2	6.2
Cl (mg/L)	127.9	135.0	93.2	104.5	89.3	86.1	59.5	64.8
Chl-a (mg/m ³)	1.4	1.7	nd	nd	nd	nd	0.2	nd
분석일	2001.7.	2001.7.	2001.7.	2001.7.	2001.7.	2001.7.	2001.7.	2001.7.
분석기관	A	A	A	A	A	A	A	A

<표5> 2001년 9월

시료번호	Y1-I	Y1-E	Y3-I	Y3-E	Y4-I	Y4-E	Y5-I	Y5-E
pH	7.2	6.6	5.4	7.3	9.2	8.8	6.4	7.0
EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	582	510	672	493	216	232	643	591
COD (mg/L)	23.0	11.4	348.0	13.2	3.6	6.8	106.0	34.5
T-N (mg/L)	20.346	18.149	34.261	3.309	2.973	2.695	32.894	39.321
NO_2^- -N (mg/L)	0.096	0.048	0.043	0.076	0.022	0.008	0.045	0.007
NO_3^- -N (mg/L)	5.105	27.812	0.223	9.433	3.803	2.848	nd	0.097
NH_4^+ -N (mg/L)	18.439	0.244	1.918	0.069	0.018	0.085	29.697	31.591
T-P (mg/L)	3.366	3.668	4.996	2.875	0.506	0.627	5.105	3.956
PO_4 -P (mg/L)	2.967	3.057	2.737	2.303	0.449	0.551	1.599	3.179
SS (mg/L)	14.5	2.8	733.3	46.0	2.8	3.4	71.0	14.8
Cl (mg/L)	59.9	60.6	125.1	92.5	5.6	5.3	53.8	48.2
Chl-a (mg/m^3)	0.6	nd	29.8	0.9	0.2	4.4	6.8	nd
분석일	2001.9.	2001.9.	2001.9.	2001.9.	2001.9.	2001.9.	2001.9.	2001.9.
분석기관	A	A	A	A	A	A	A	A

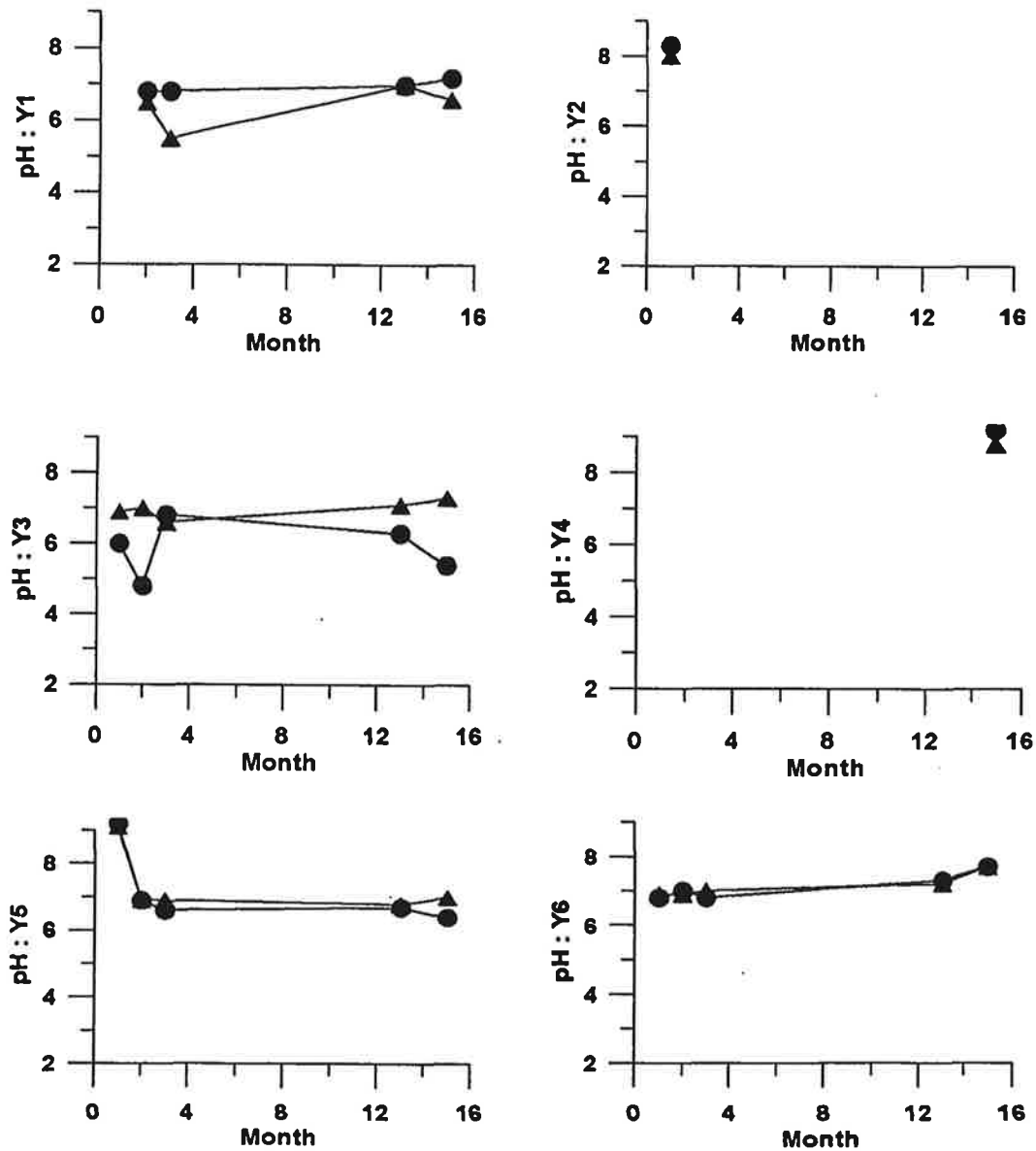
시료번호	Y6-I	Y6-E	Y7-I	Y7-E	Y8-I	Y8-E	Y11-I	Y11-E
pH	7.7	7.7	7.8	7.6	7.2	7.4	7.2	7.3
EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	857	885	273	252	656	508	473	460
COD (mg/L)	10.8	22.4	10.2	5.0	142.0	10.0	63.0	8.4
T-N (mg/L)	50.012	47.071	9.282	4.810	41.322	1.940	19.093	8.927
NO_2^- -N (mg/L)	0.079	0.010	0.105	0.003	0.005	0.019	0.241	0.060
NO_3^- -N (mg/L)	9.688	0.147	7.036	5.962	0.511	0.951	8.500	12.383
NH_4^+ -N (mg/L)	40.580	44.497	1.614	nd	15.423	0.270	2.566	0.424
T-P (mg/L)	13.580	4.356	0.676	0.746	7.451	5.015	7.742	1.138
PO_4 -P (mg/L)	12.866	4.018	0.309	0.677	2.160	4.543	0.938	0.970
SS (mg/L)	14.4	13.2	42.8	6.0	306.0	4.8	115.7	12.0
Cl (mg/L)	57.0	58.1	24.1	25.1	101.3	91.1	72.3	72.3
Chl-a (mg/m^3)	1.6	1.0	0.3	0.4	6.2	0.2	4.1	0.6
분석일	2001.9.	2001.9.	2001.9.	2001.9.	2001.9.	2001.9.	2001.9.	2001.9.
분석기관	A	A	A	A	A	A	A	A

<표5> (계속)

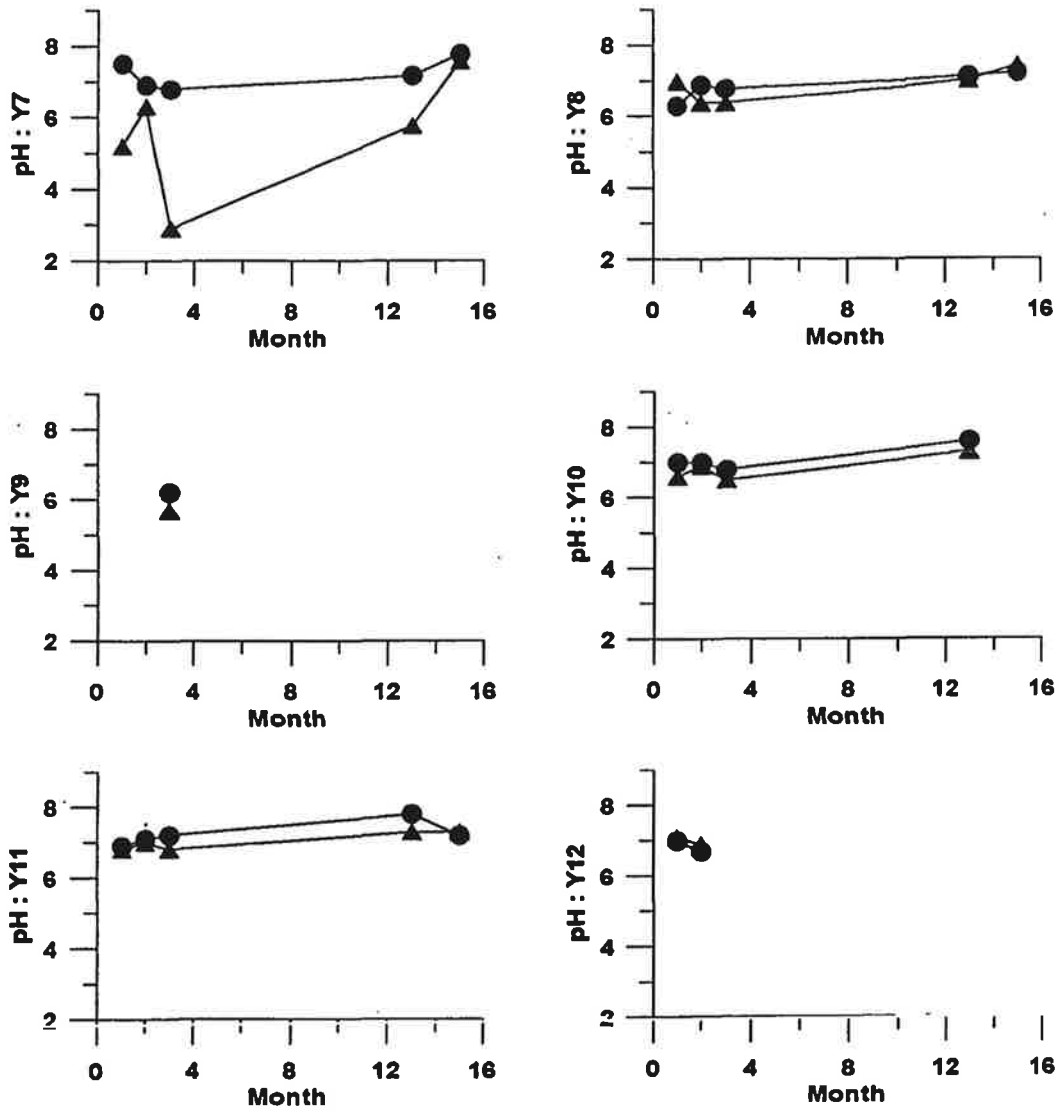
시료번호	Y13-I	Y13-E	Y14-I	Y14-E	Y15-I	Y15-E	Y16-I	Y16-E
pH	7.4	7.2	6.5	7.0	7.2	6.0	7.5	7.2
EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	545	509	742	581	455	562	567	621
COD (mg/L)	5.5	4.9	49.0	11.2	59.0	17.2	52.0	15.8
T-N (mg/L)	18.954	11.683	34.246	14.439	19.274	37.674	30.430	29.351
NO ₂ ⁻ -N (mg/L)	0.108	0.117	0.007	0.006	0.259	0.233	0.020	0.537
NO ₃ ⁻ -N (mg/L)	30.798	17.736	nd	21.933	0.174	42.822	0.071	23.136
NH ₄ ⁺ -N (mg/L)	0.240	nd	33.846	nd	9.949	9.802	28.699	13.387
T-P (mg/L)	2.169	2.327	3.970	5.304	3.151	4.590	5.132	5.190
PO ₄ -P (mg/L)	2.129	2.196	2.126	5.252	0.937	4.340	2.935	4.453
SS (mg/L)	4.2	1.8	114.0	74.0	28.0	3.2	84.0	21.2
Cl (mg/L)	78.6	76.9	96.0	109.8	56.7	70.9	55.3	88.9
Chl-a (mg/m ³)	nd	0.6	9.7	1.1	0.7	0.7	3.8	0.4
분석일	2001.9.	2001.9.	2001.9.	2001.9.	2001.9.	2001.9.	2001.9.	2001.9.
분석기관	A	A	A	A	A	A	A	A

시료번호	Y17-I	Y17-E	Y18-I	Y18-E	Y19-I	Y19-E	Y20-I	Y20-E
pH	6.5	6.5	6.8	6.8	7.5	7.2	7.2	7.4
EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	826	753	456	413	752	723	541	513
COD (mg/L)	50.0	26.0	60.0	9.6	30.0	13.2	29.6	3.8
T-N (mg/L)	19.392	11.563	26.641	20.863	15.264	19.899	10.863	7.363
NO ₂ ⁻ -N (mg/L)	0.197	0.016	0.045	0.135	0.010	0.402	0.150	0.046
NO ₃ ⁻ -N (mg/L)	5.383	15.726	22.844	0.073	0.127	26.997	0.236	8.867
NH ₄ ⁺ -N (mg/L)	13.235	0.121	21.243	5.794	14.165	2.236	8.172	0.698
T-P (mg/L)	4.271	3.214	3.450	2.789	2.072	2.147	1.298	1.192
PO ₄ -P (mg/L)	3.163	2.935	1.493	2.368	1.460	1.921	0.491	1.115
SS (mg/L)	21.0	6.0	24.5	69.5	20.0	4.9	21.6	3.4
Cl (mg/L)	127.6	120.5	53.1	60.6	60.2	59.2	64.5	64.1
Chl-a (mg/m ³)	1.7	1.5	1.7	nd	0.3	nd	0.4	nd
분석일	2001.9.	2001.9.	2001.9.	2001.9.	2001.9.	2001.9.	2001.9.	2001.9.
분석기관	A	A	A	A	A	A	A	A

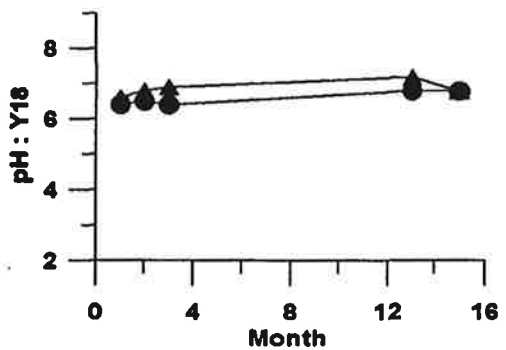
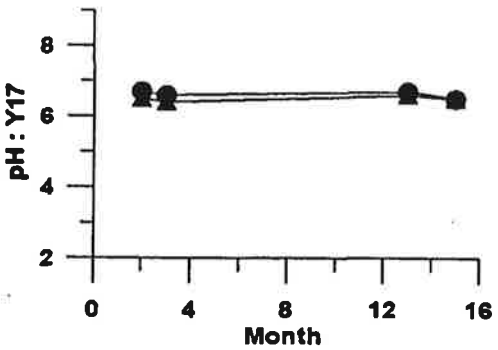
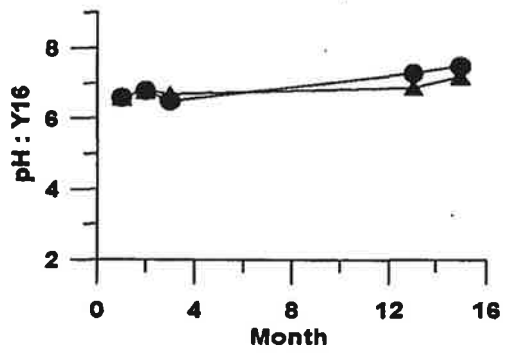
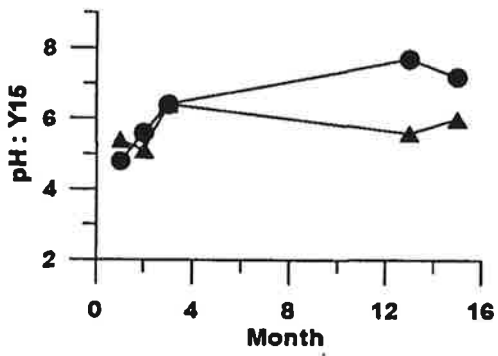
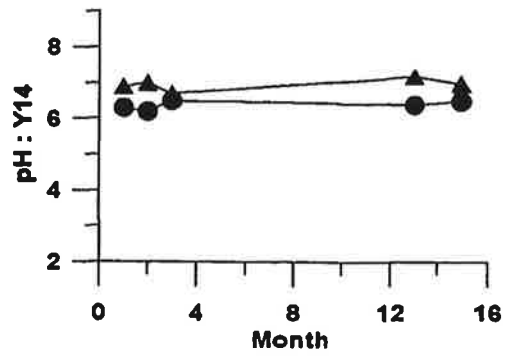
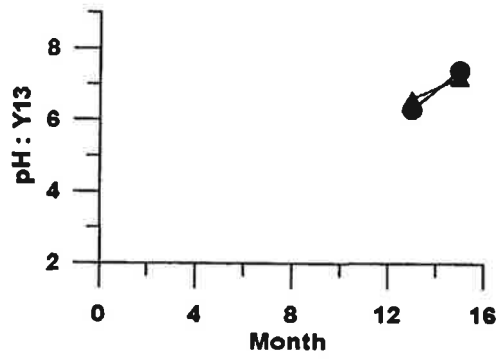
부록VI. Y군 소규모 오폐수시설의 유입수, 배출수의 수질
및 처리효율 변화 (2000년 7월 ~ 2001년 9월, 10개월간)



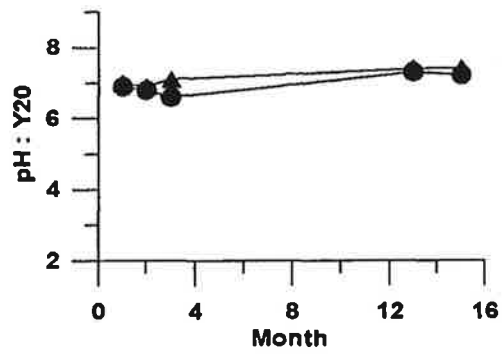
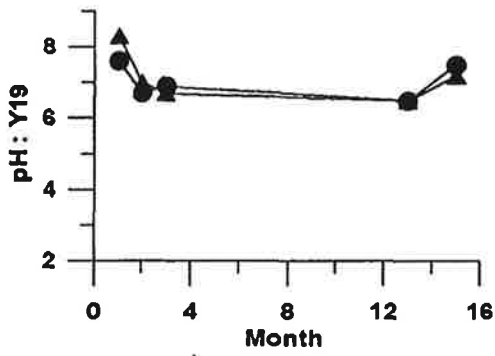
<그림1> pH 변화 (● : 유입수, ▲ : 배출수)



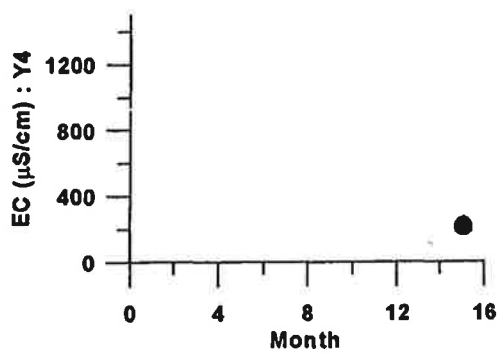
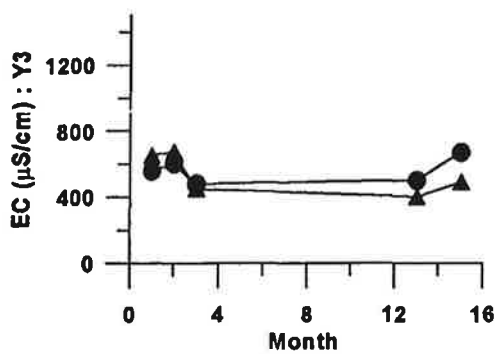
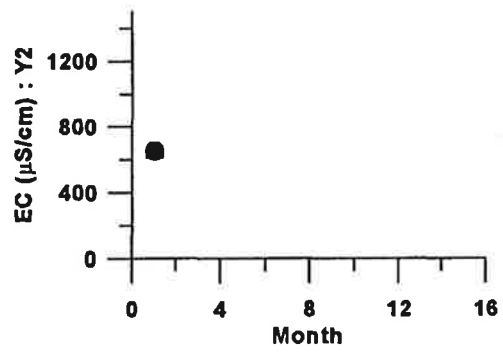
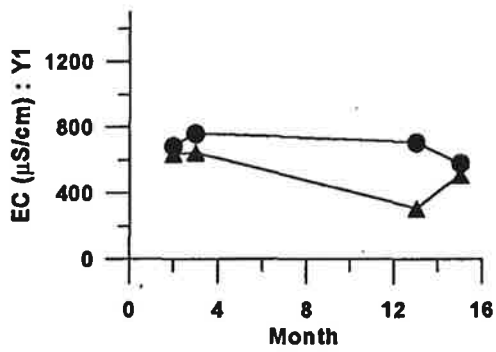
<그림1> (계속)



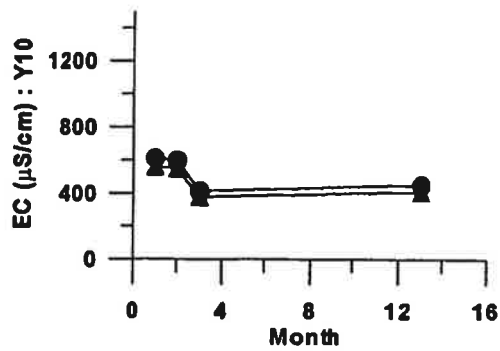
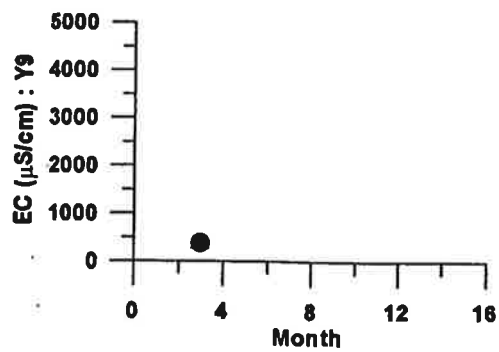
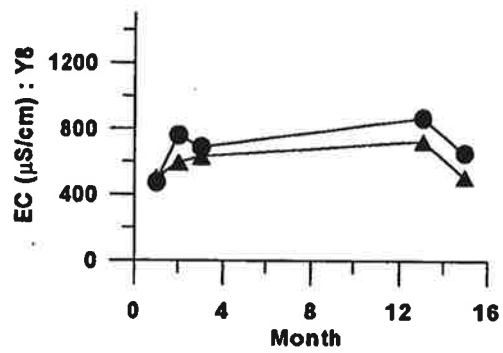
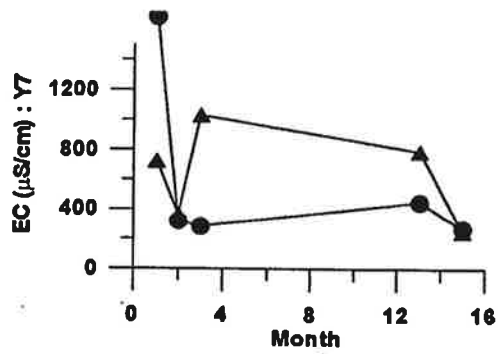
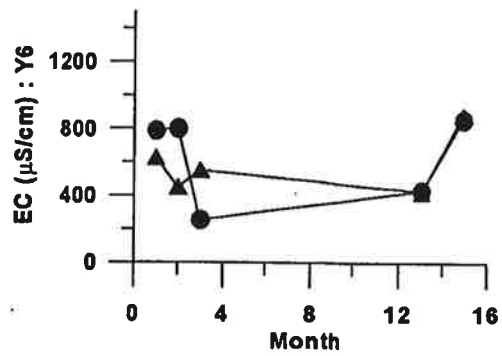
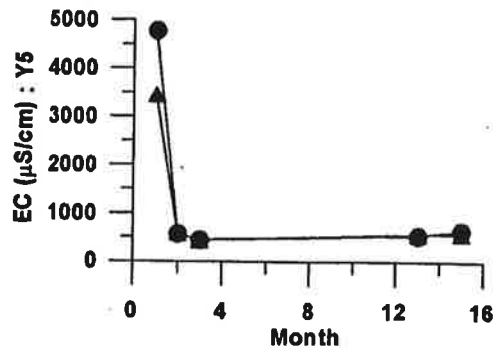
<그림1> (계속)



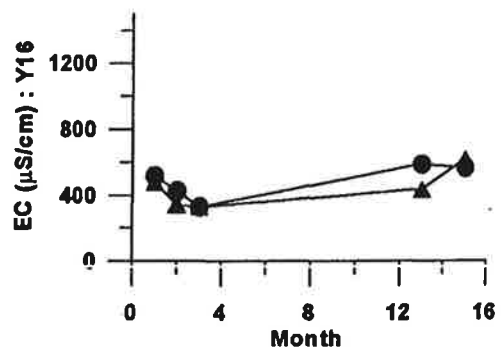
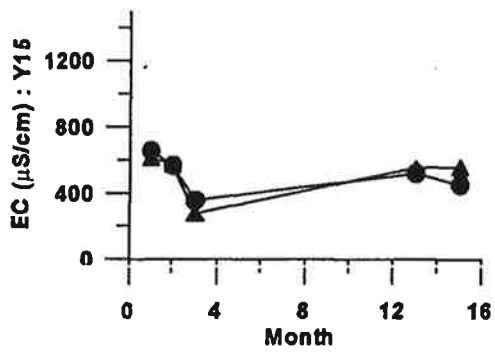
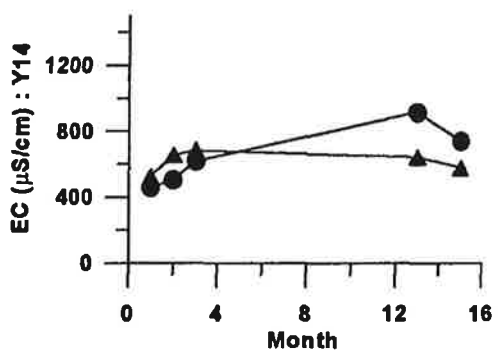
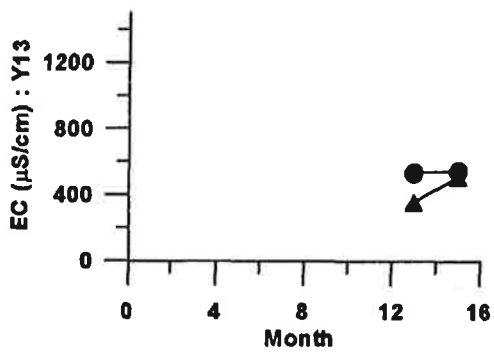
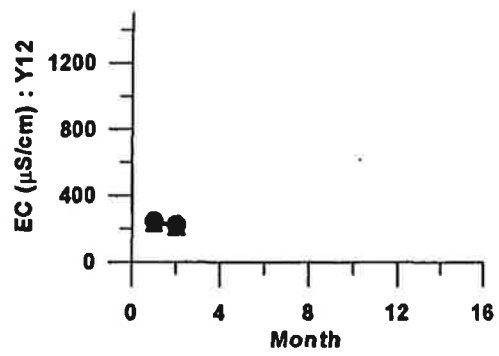
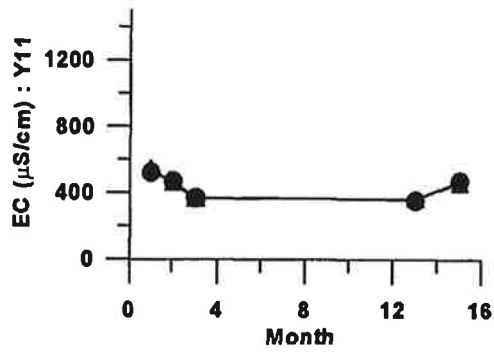
<그림1> (계속)



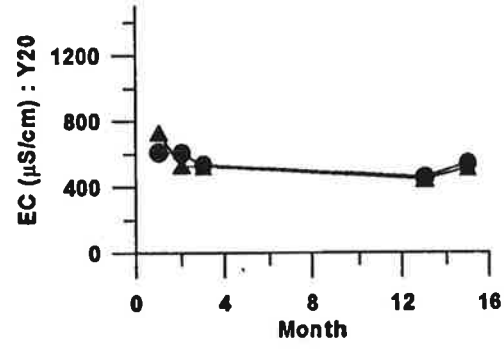
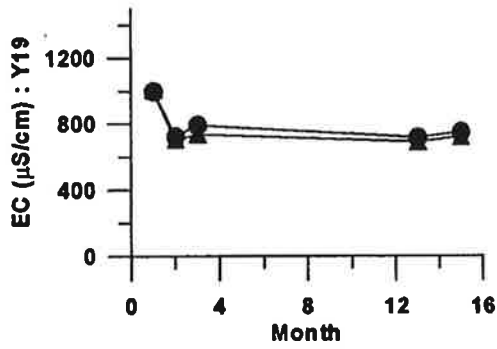
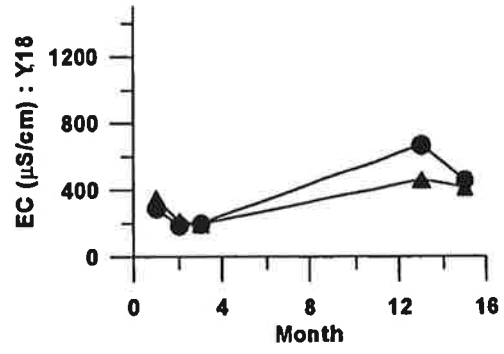
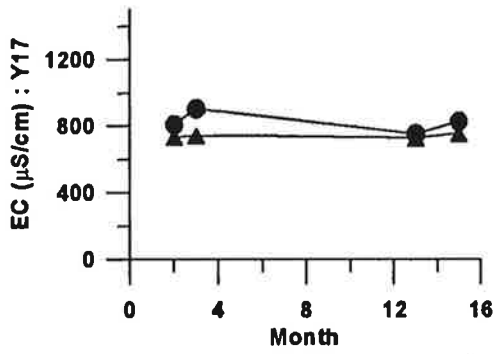
<그림2> EC 변화 (● : 유입수, ▲ : 배출수)



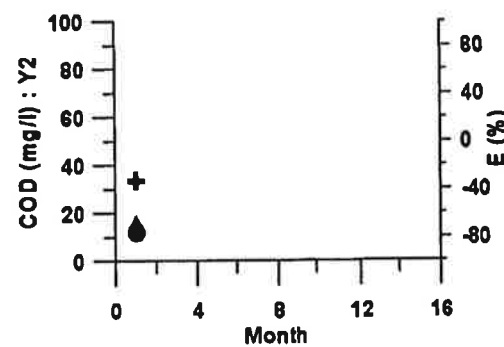
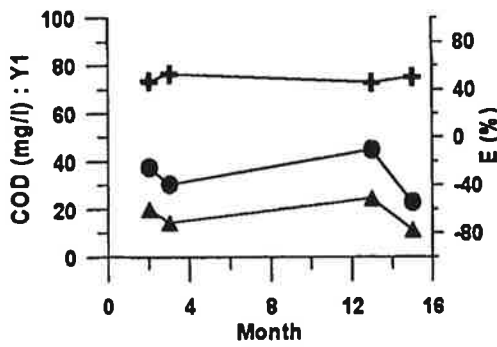
<그림2> (계속)



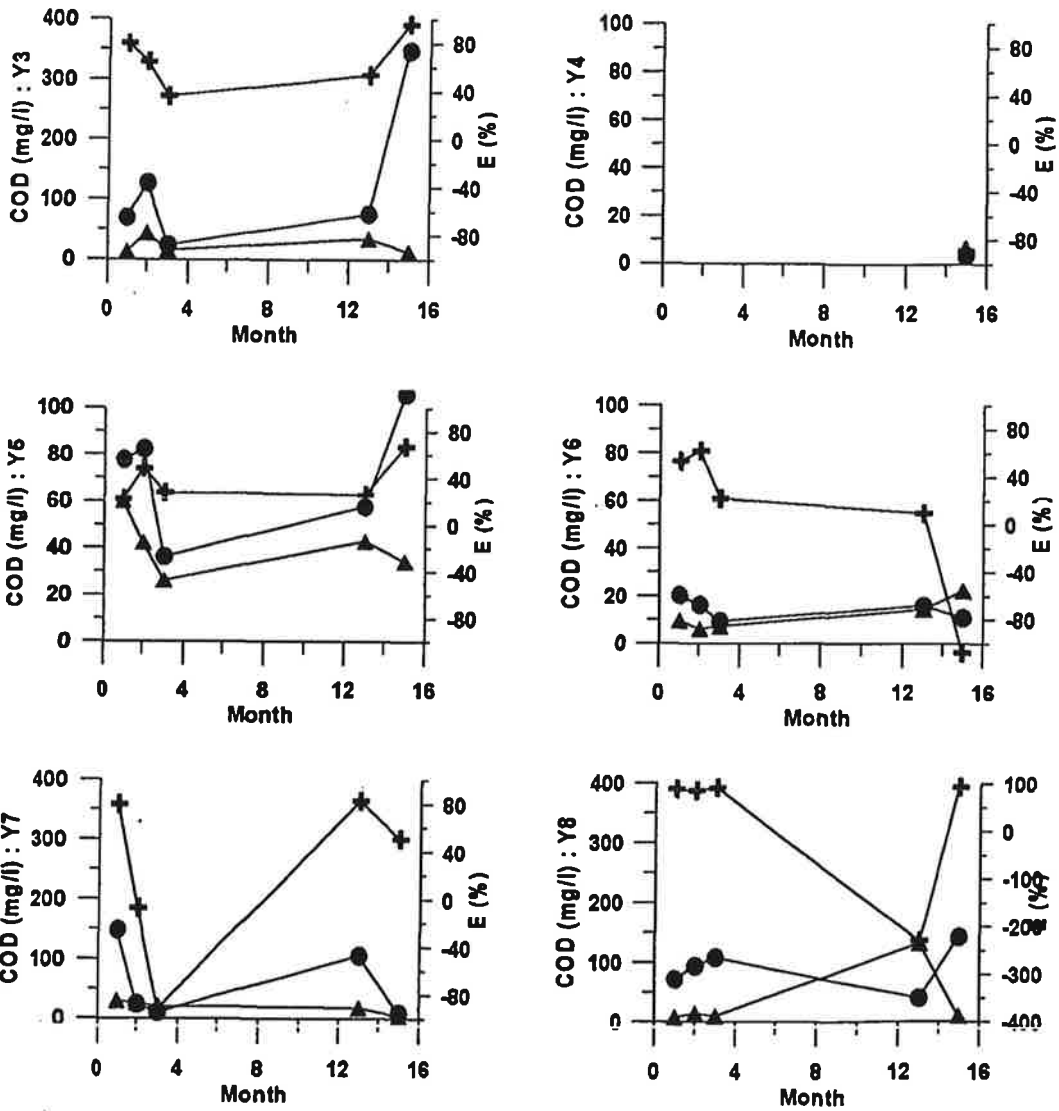
<그림2> (계속)



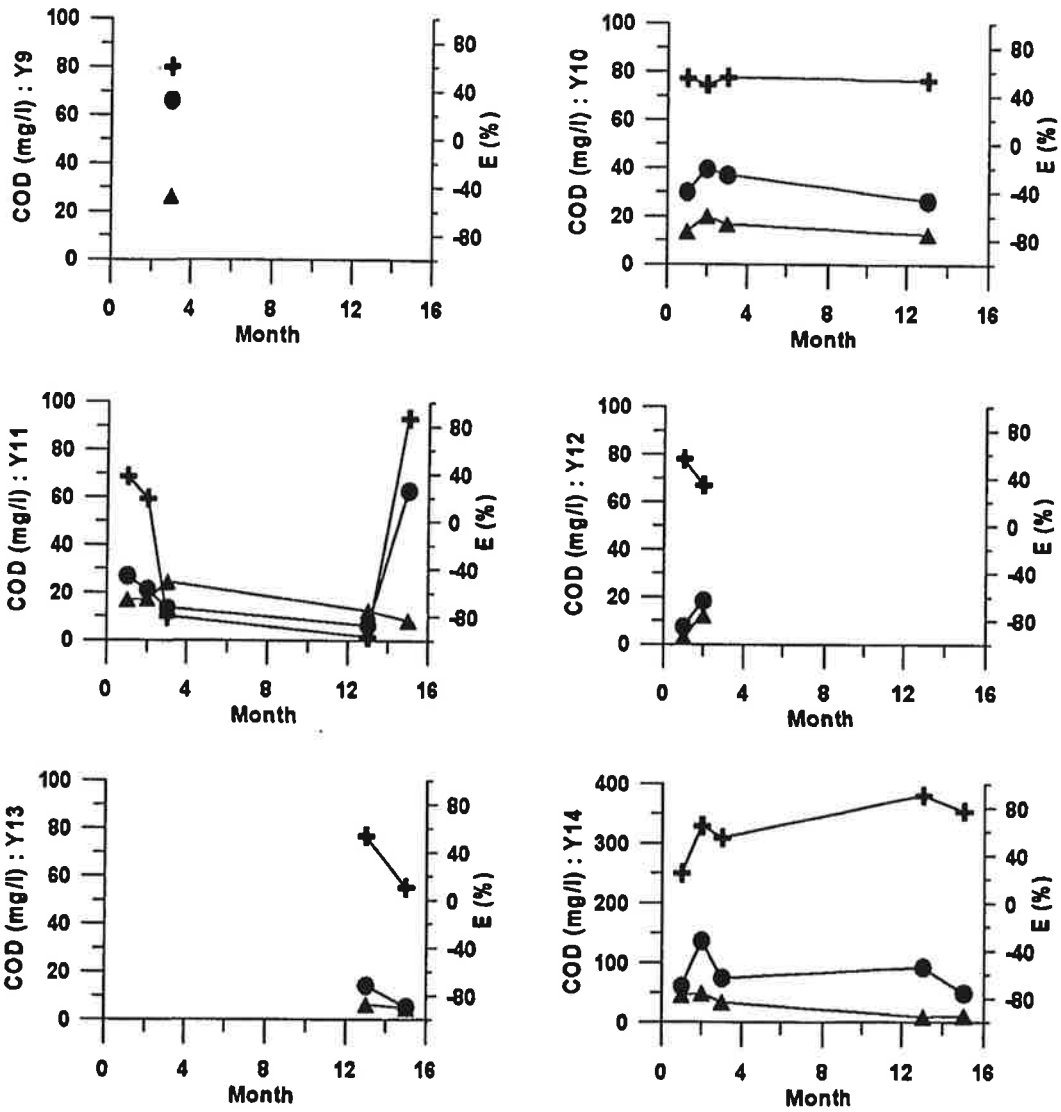
<그림2> (계속)



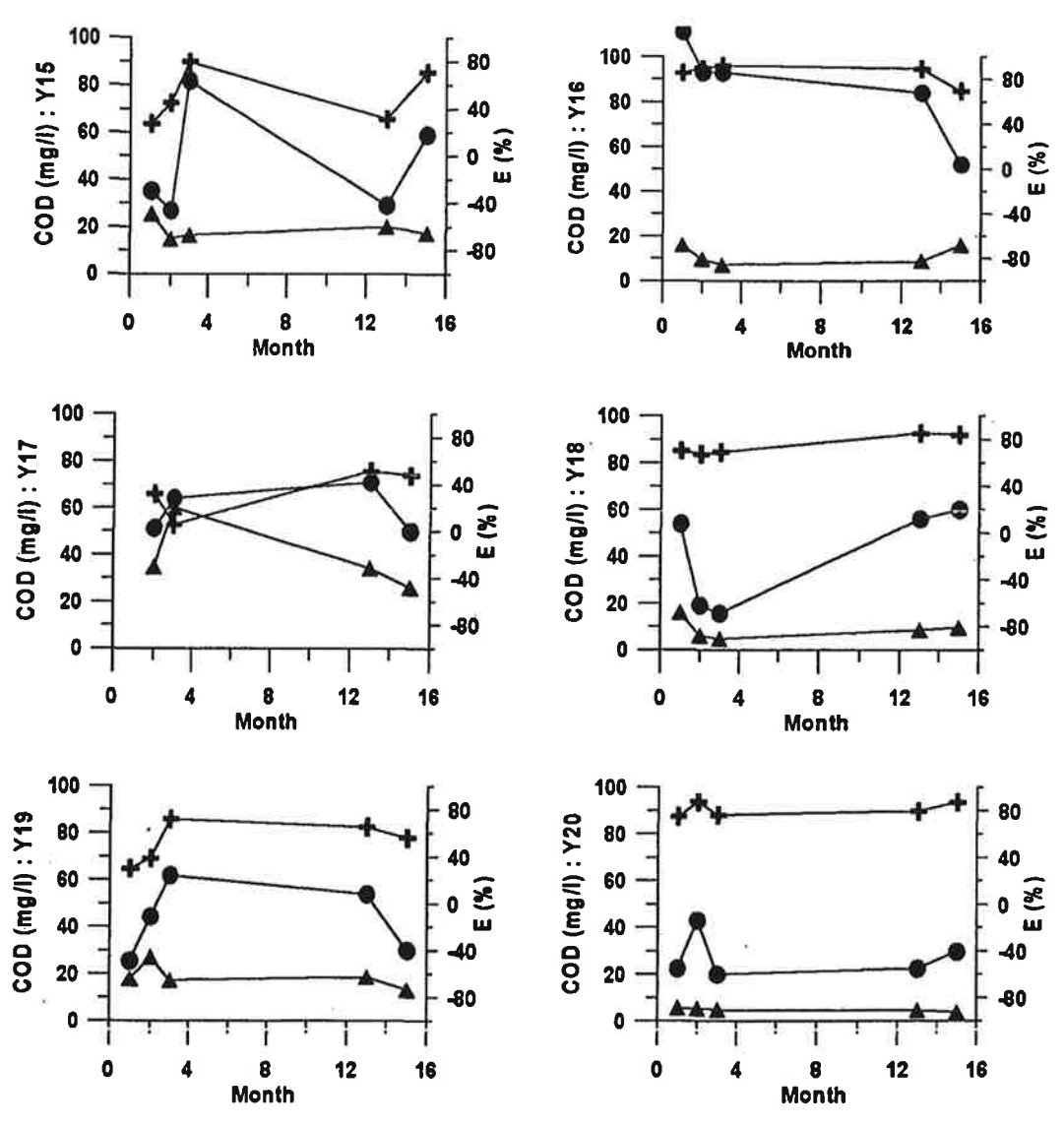
<그림3> COD 변화 (● : 유입수, ▲ : 배출수, + : 효율)



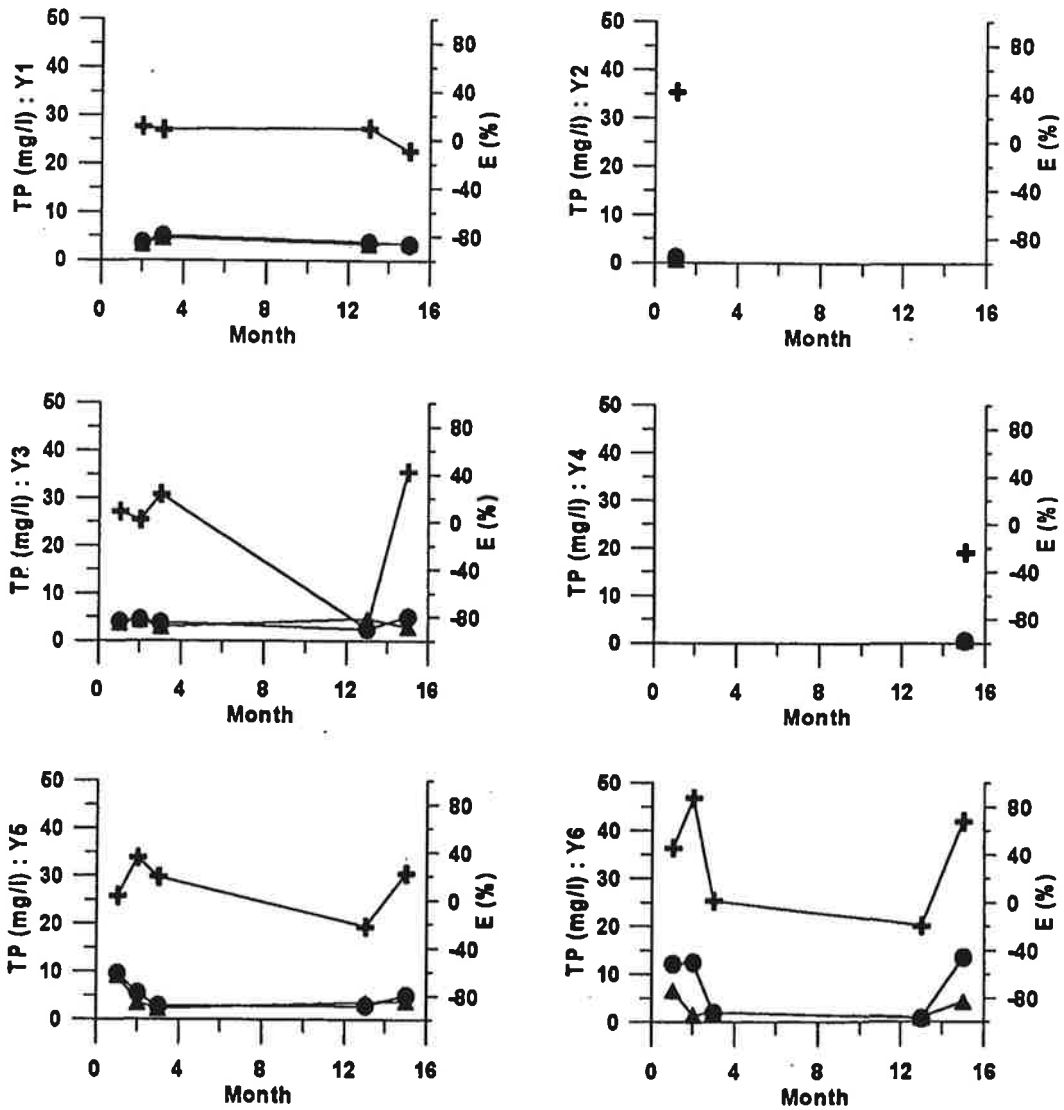
<그림3> (계속)



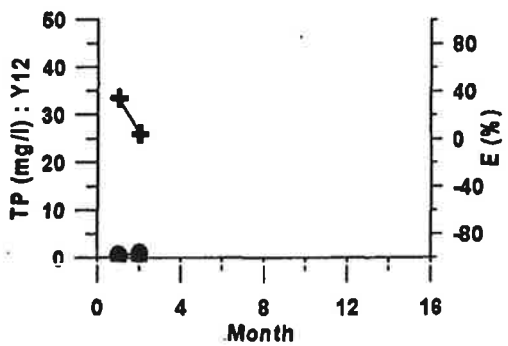
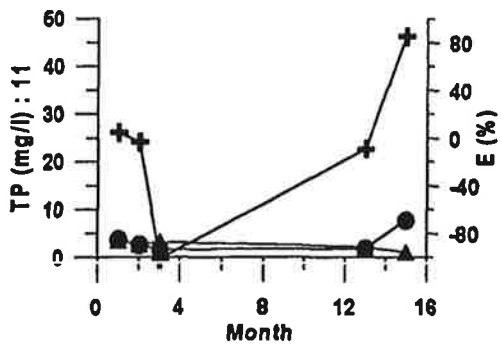
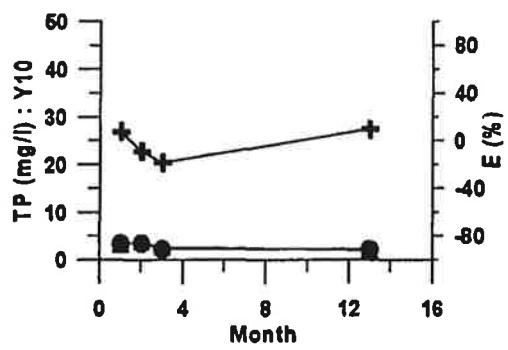
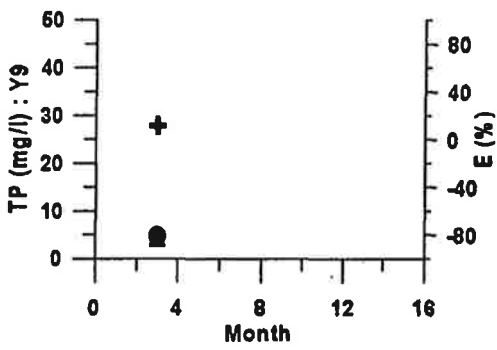
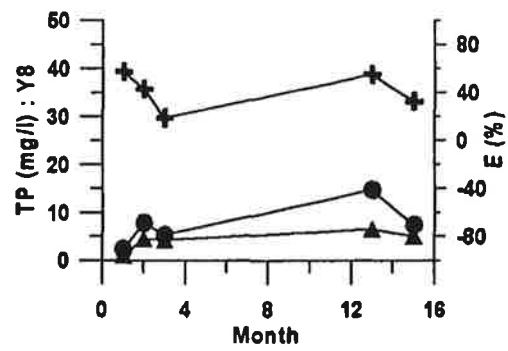
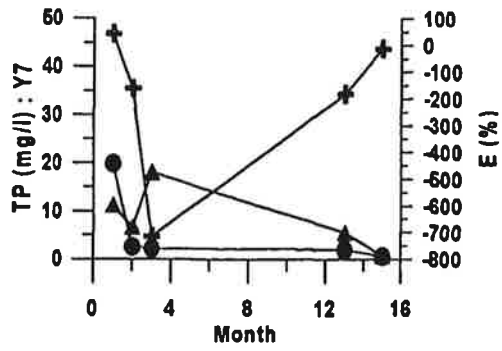
<그림3> (계속)



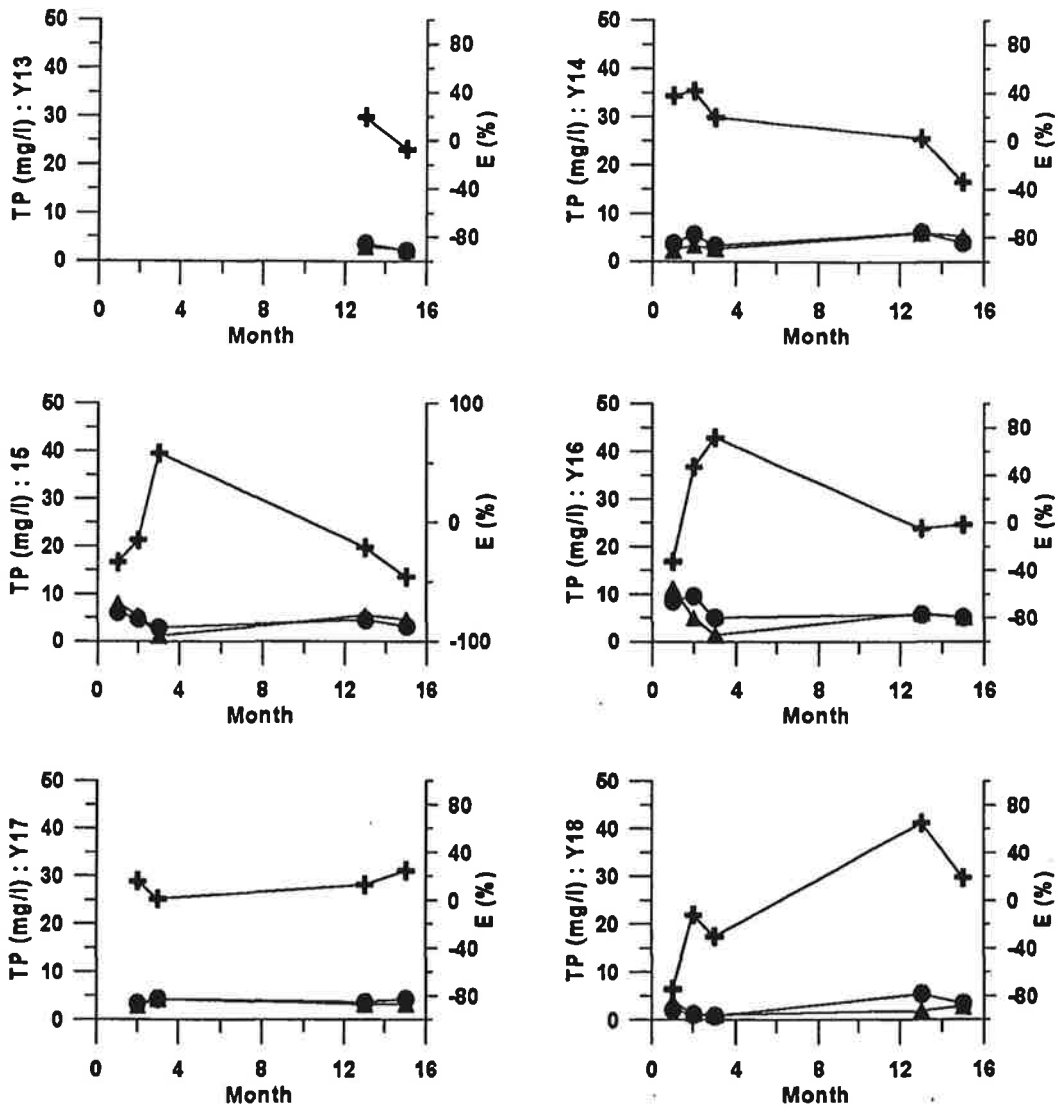
<그림3> (계속)



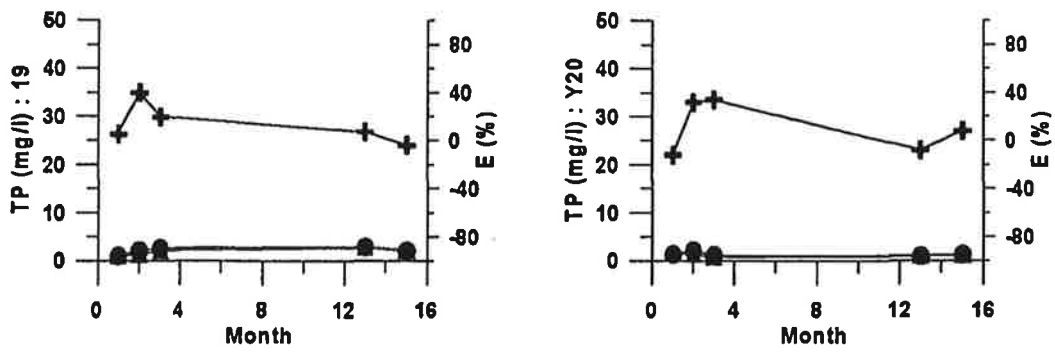
<그림4> T-P 변화 (● : 유입수, ▲ : 배출수, + : 효율)



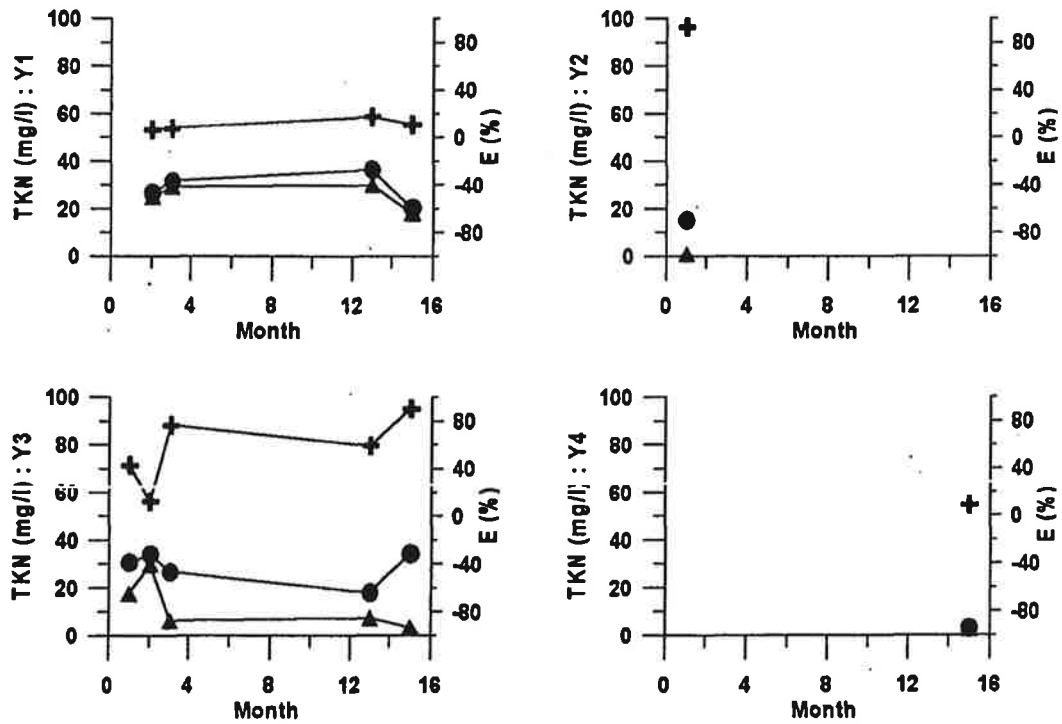
<그림4> (계속)



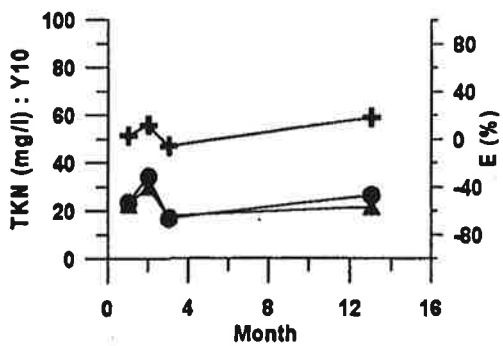
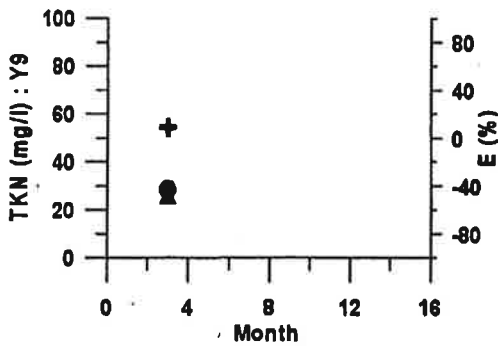
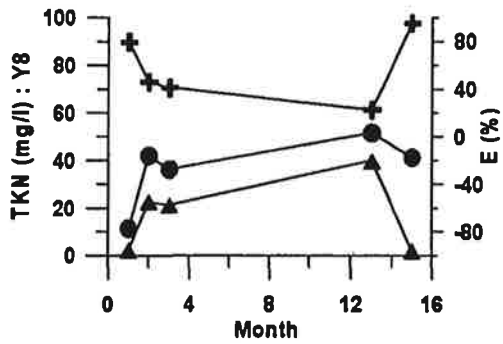
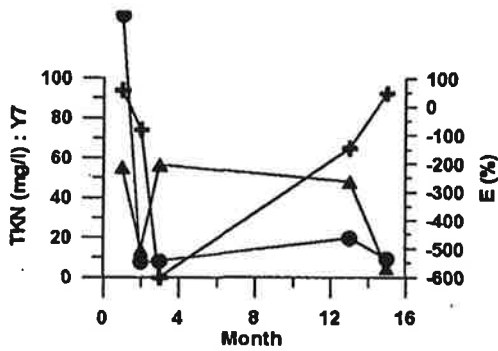
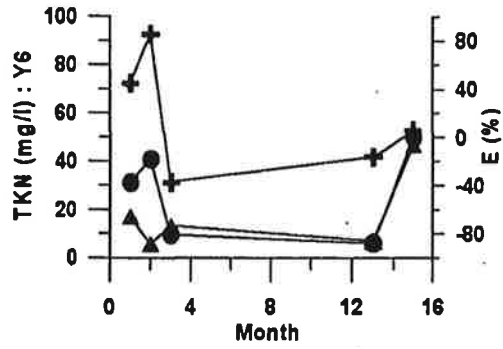
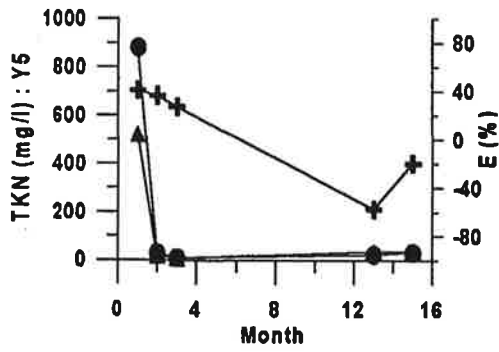
<그림4> (계속)



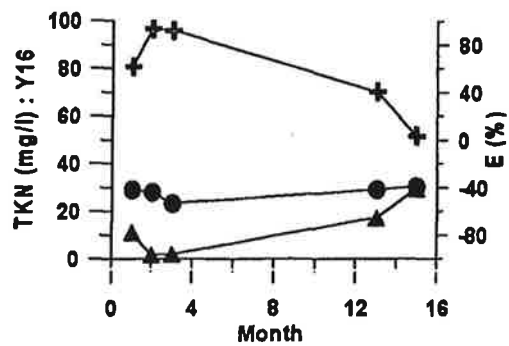
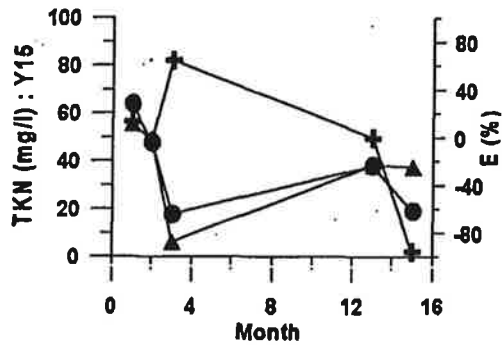
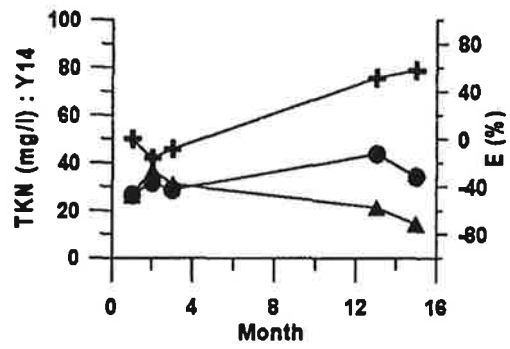
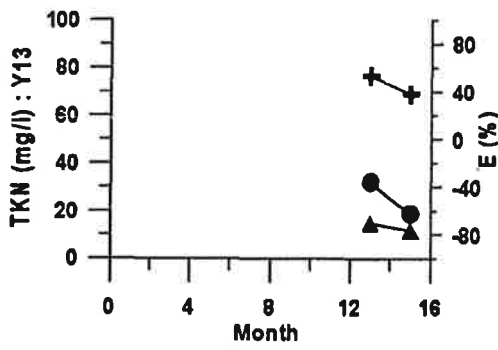
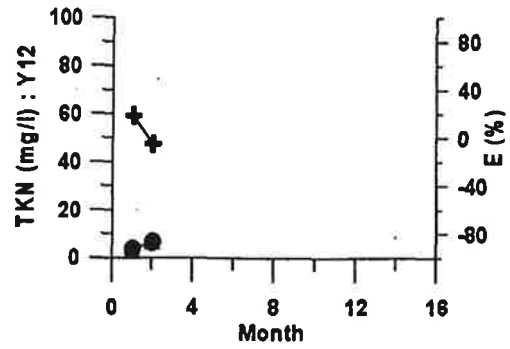
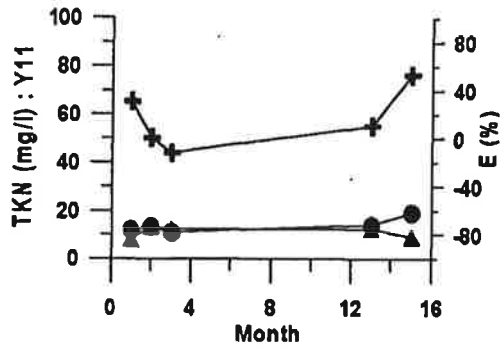
<그림4> (계속)



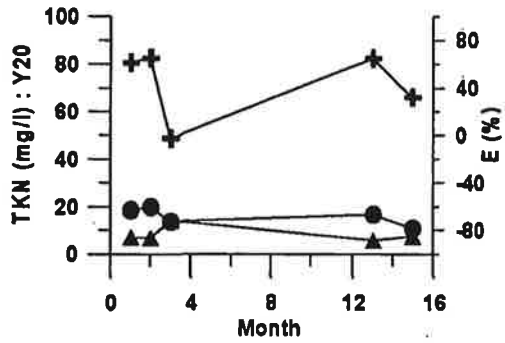
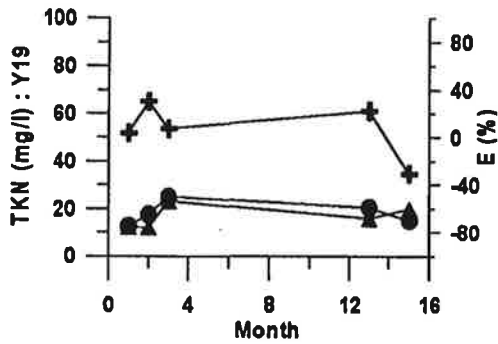
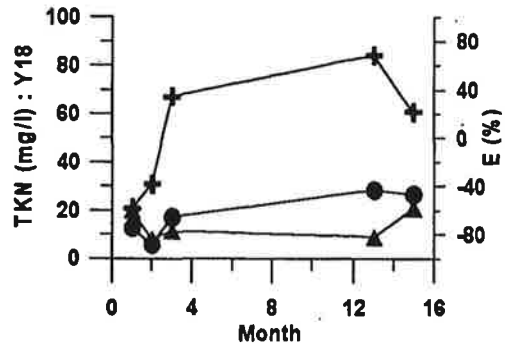
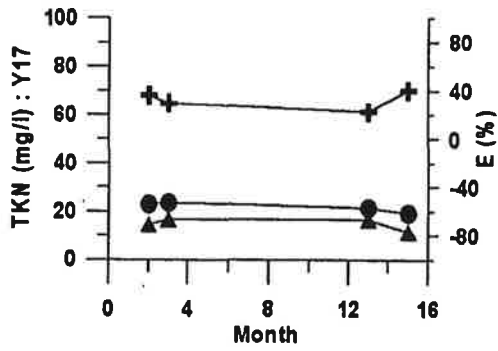
<그림5> TKN 변화 (● : 유입수, ▲ : 배출수, + : 효율)



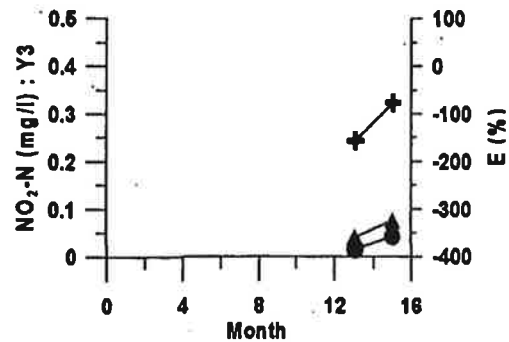
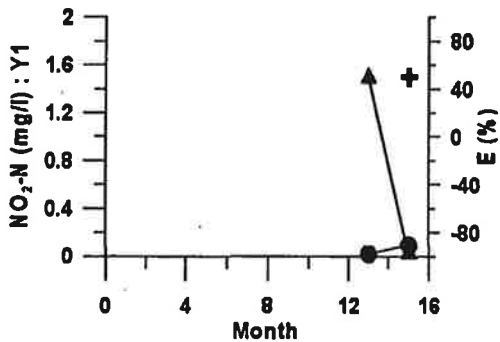
<그림5> (계속)



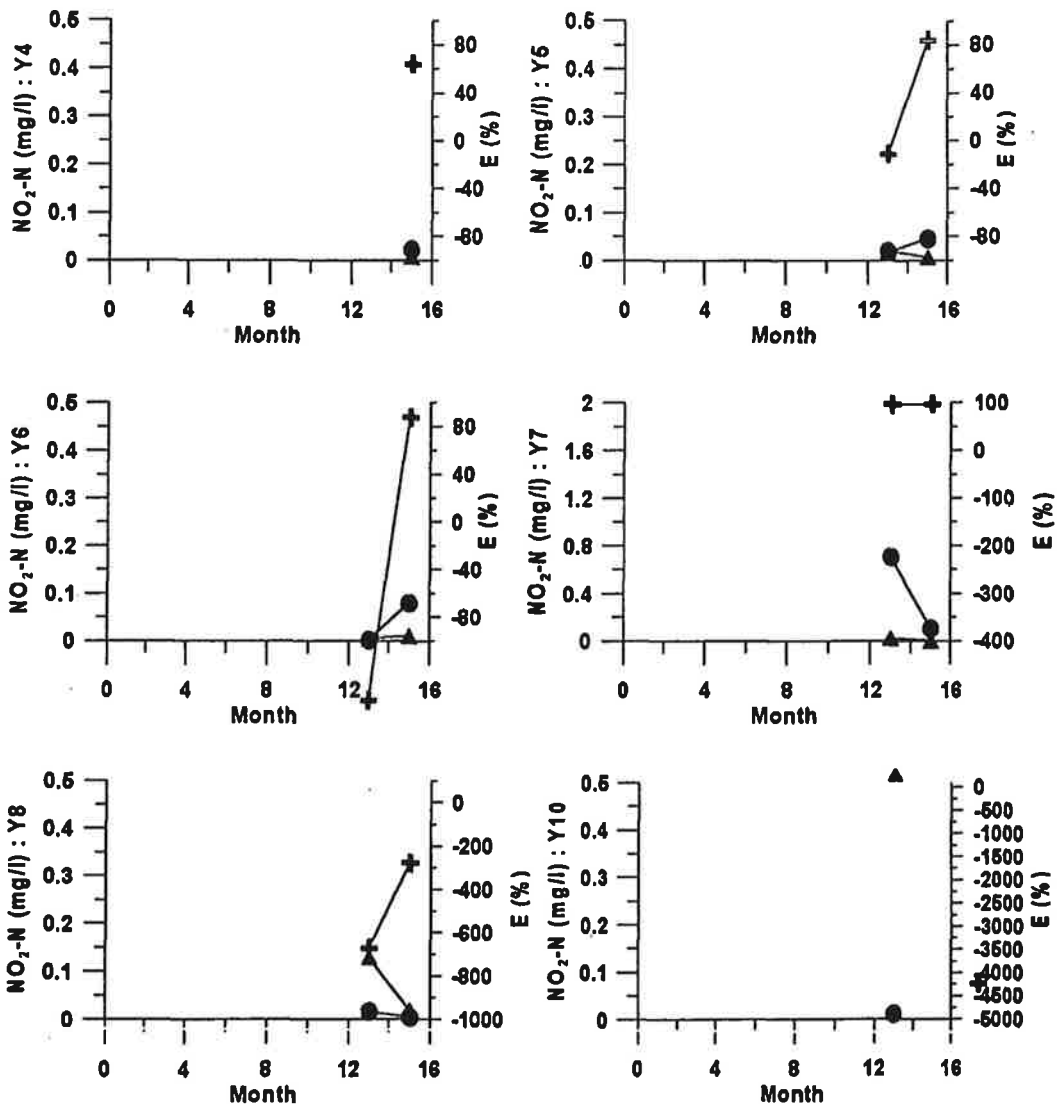
<그림5> (계속)



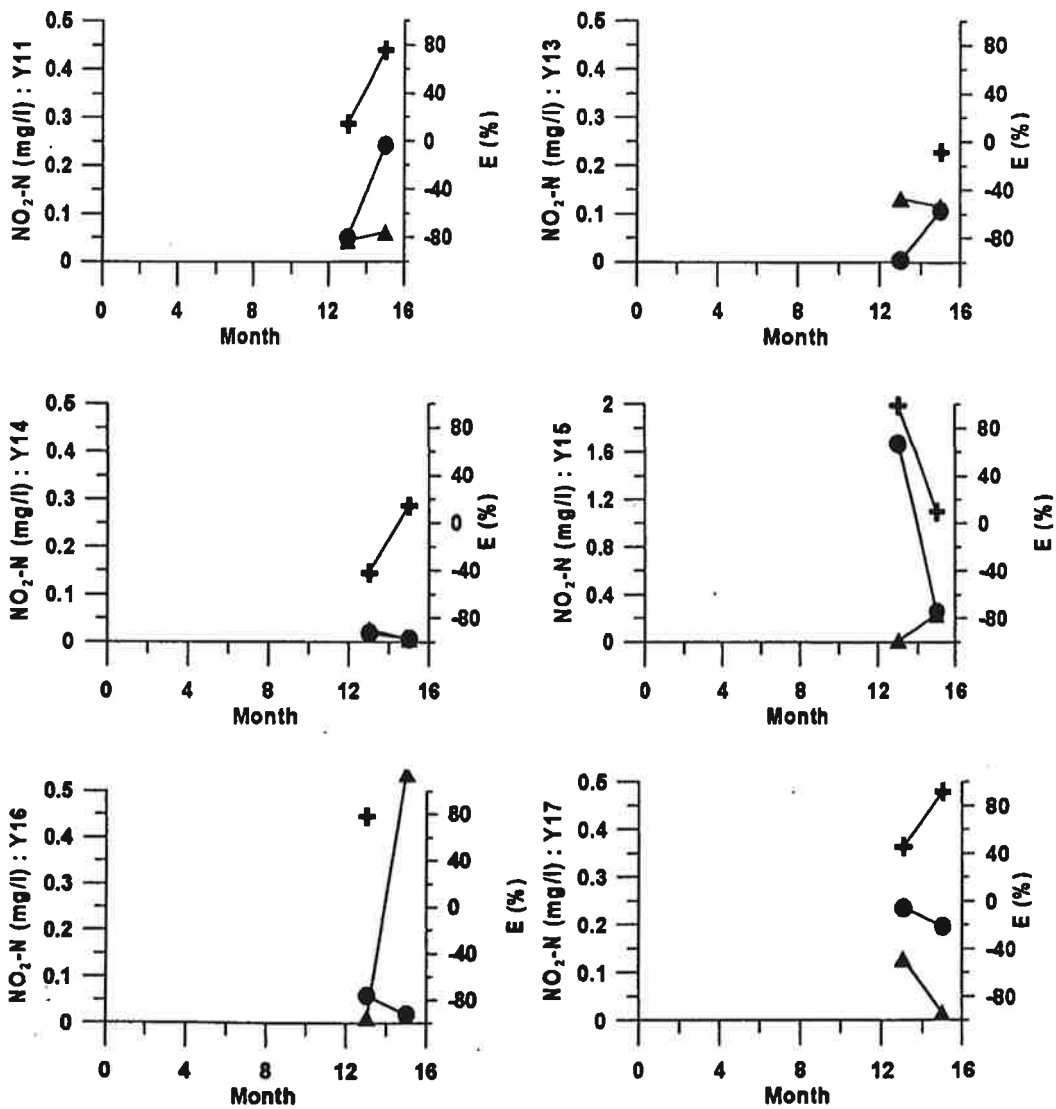
<그림5> (계속)



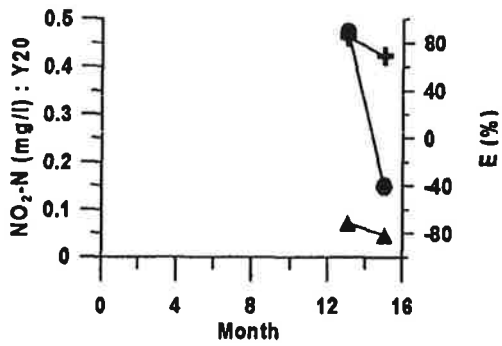
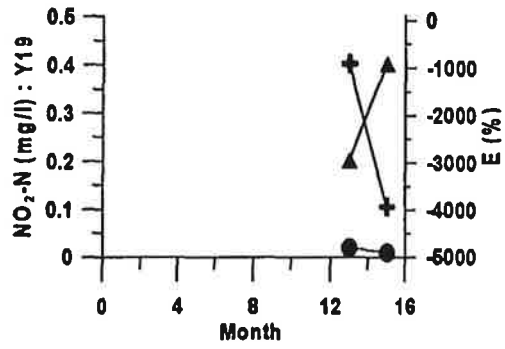
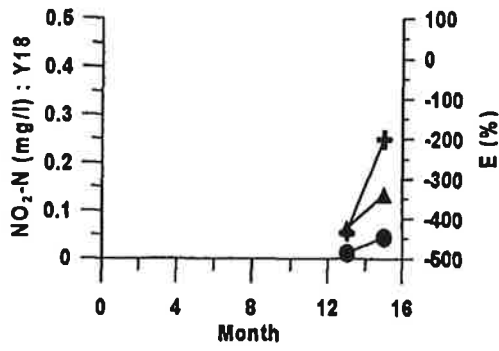
<그림6> NO₂-N 변화 (● : 유입수, ▲ : 배출수, + : 효율)



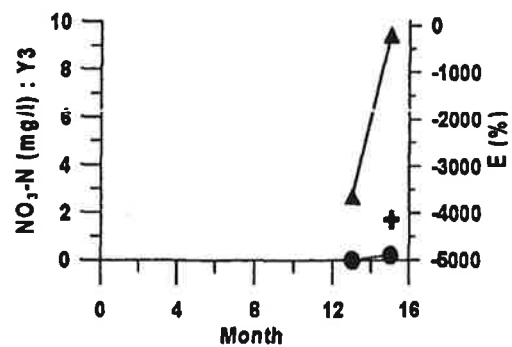
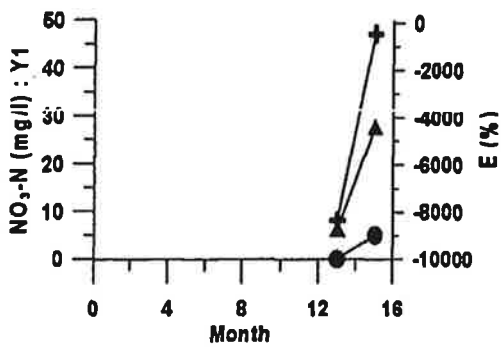
<그림6> (계속)



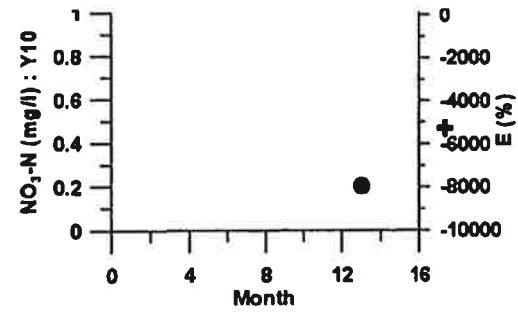
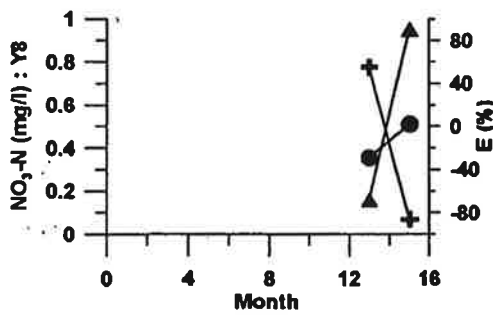
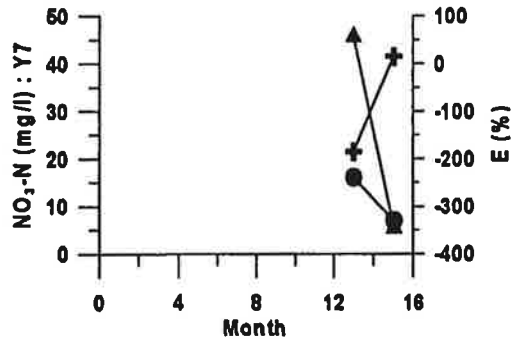
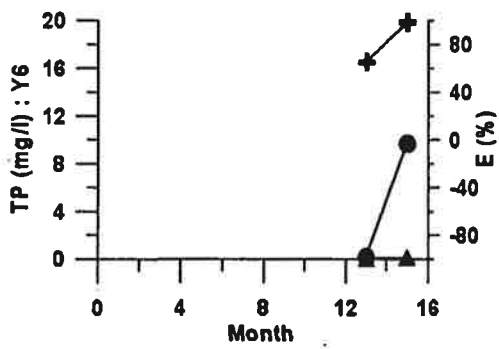
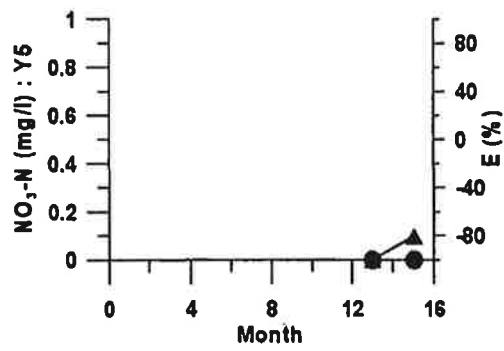
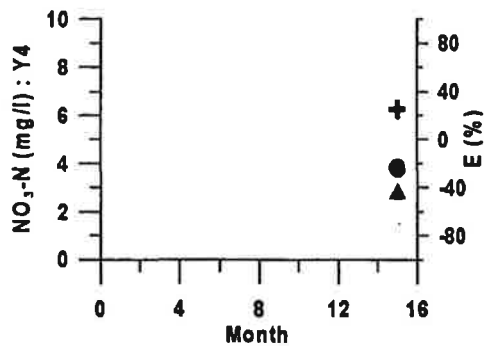
<그림6> (계속)



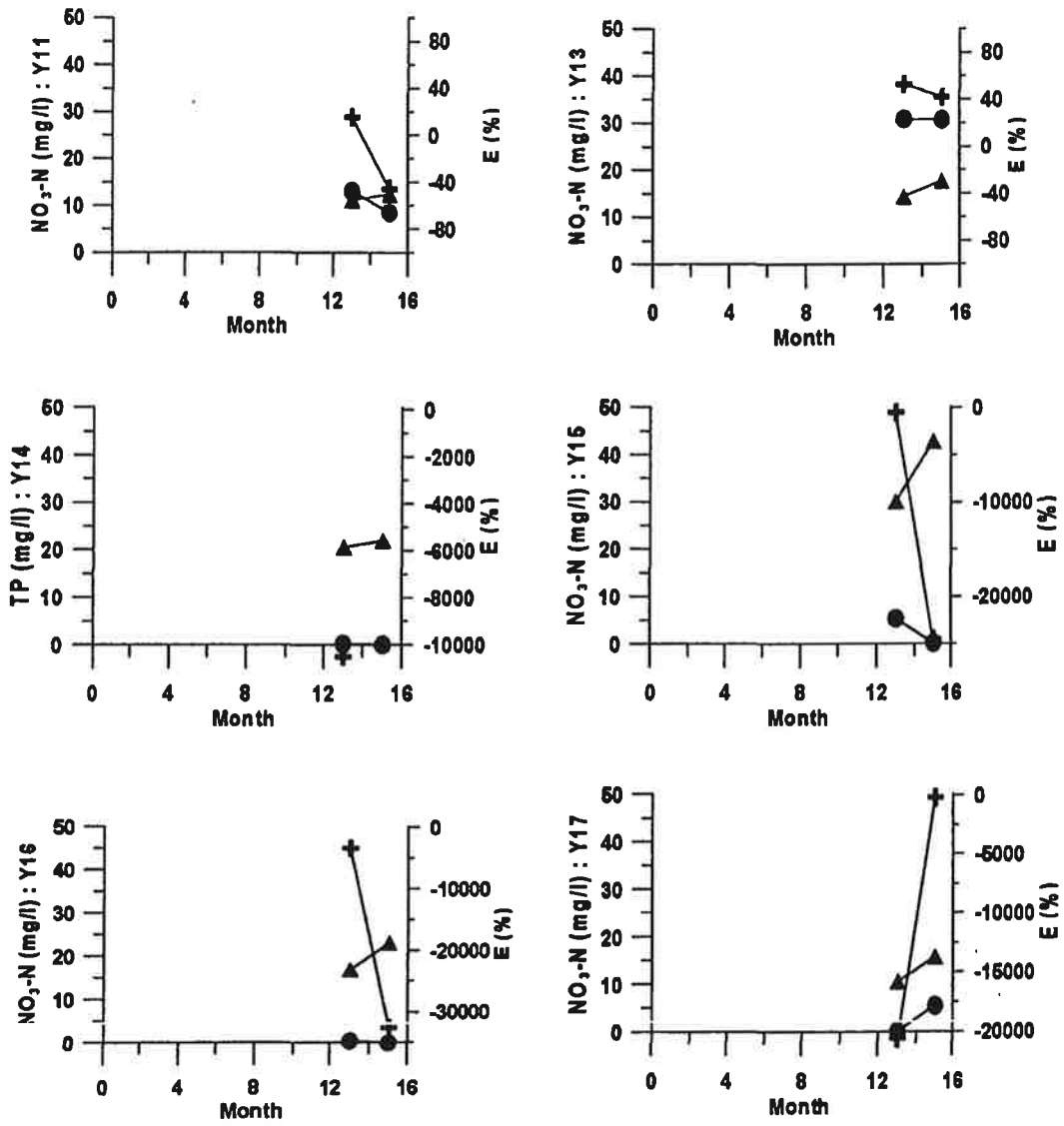
<그림6> (계속)



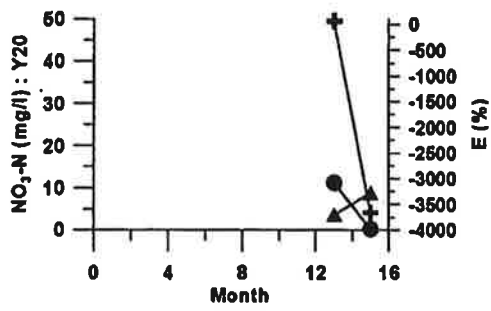
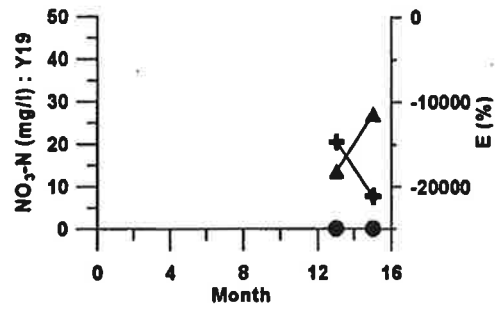
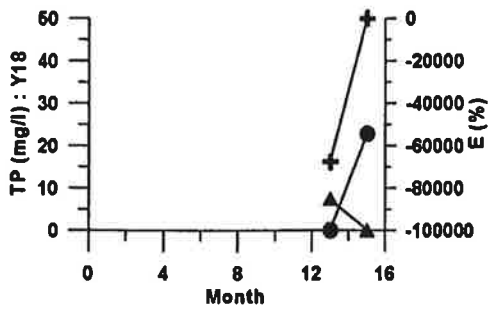
<그림7> NO₃-N 변화 (● : 유입수, ▲ : 배출수, + : 효율)



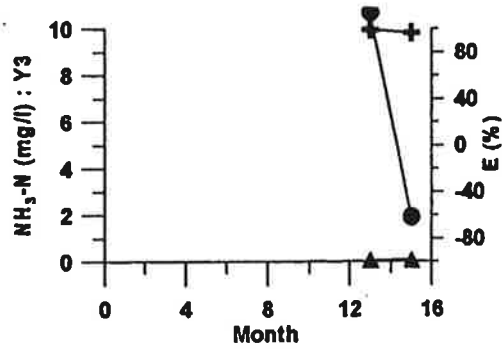
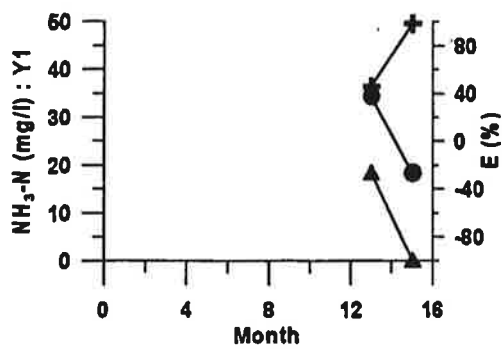
<그림7> (계속)



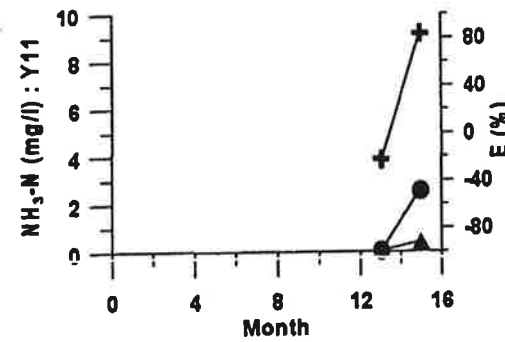
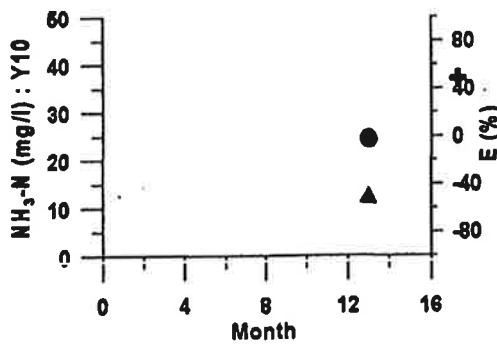
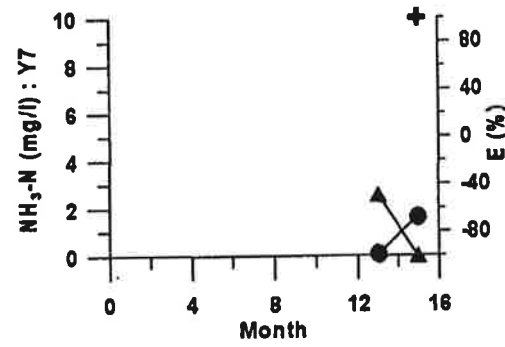
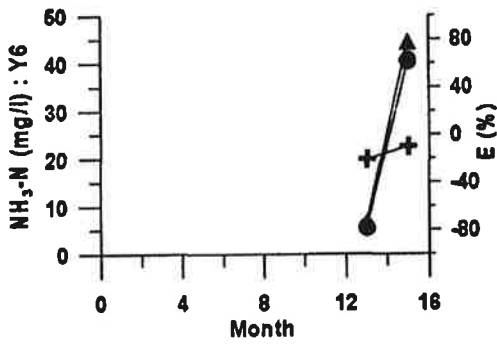
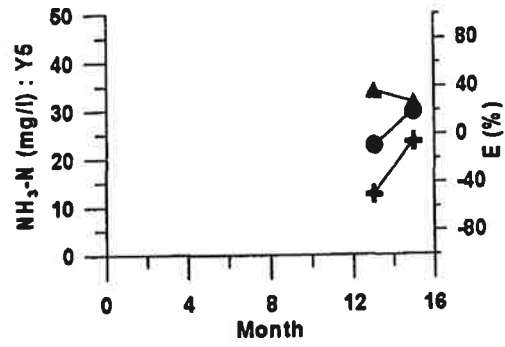
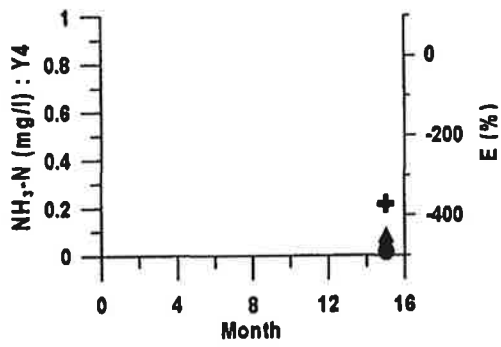
<그림 7> (계속)



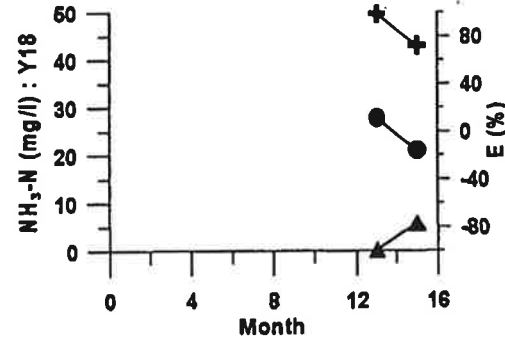
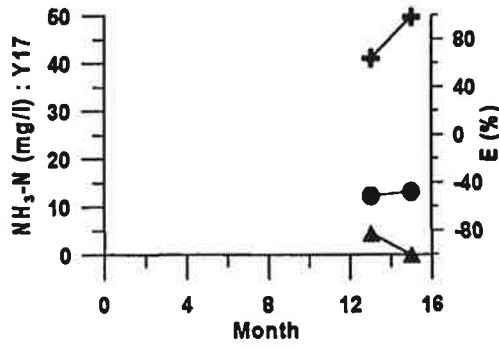
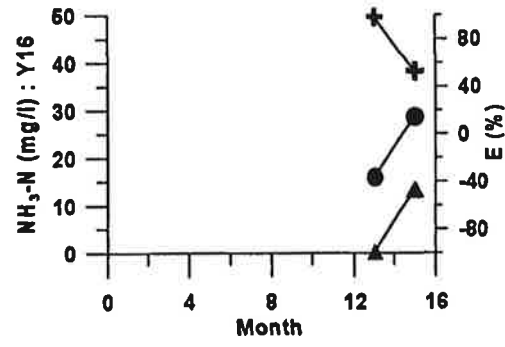
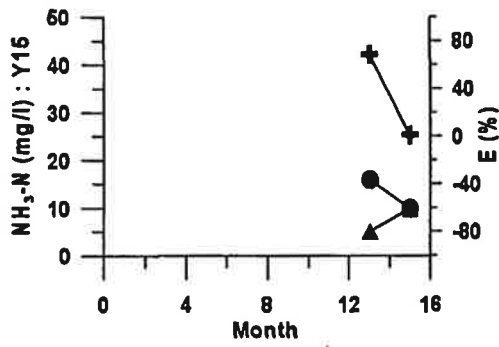
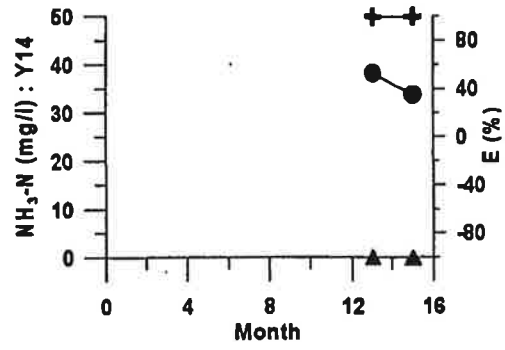
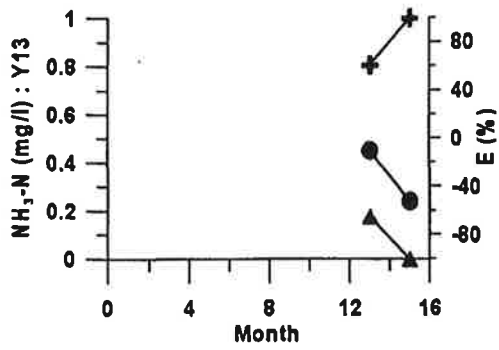
<그림7> (계속)



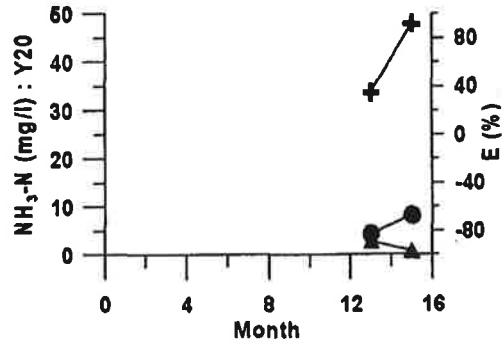
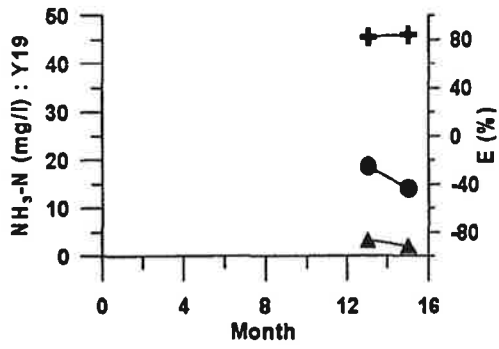
<그림8> NH₃-N변화 (● : 유입수, ▲ : 배출수, + : 효율)



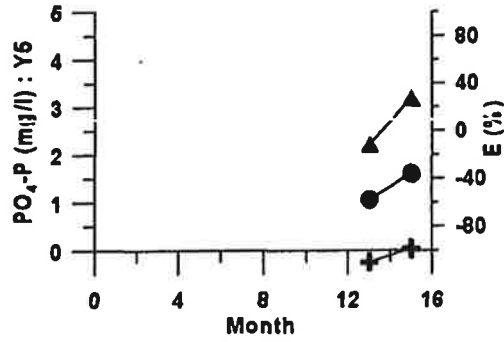
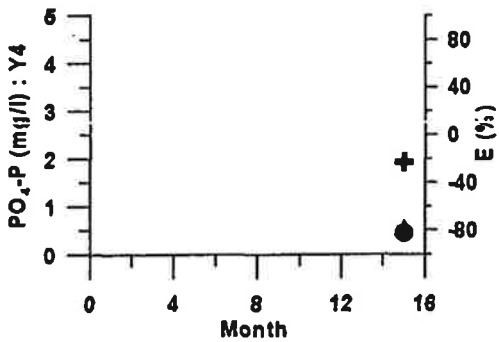
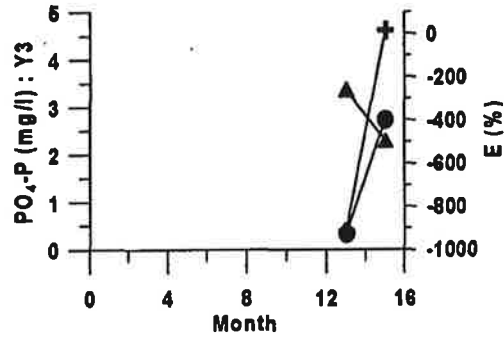
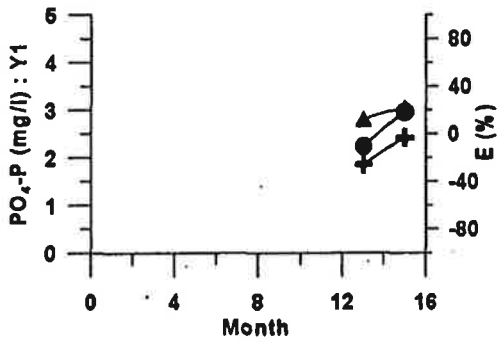
<그림8> (계속)



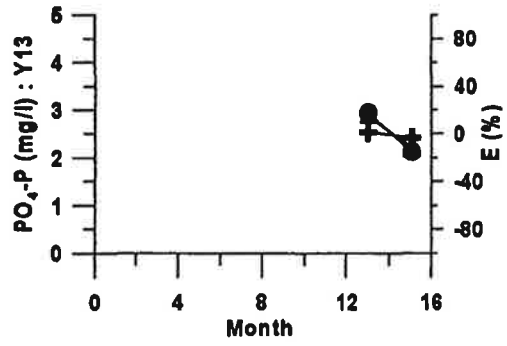
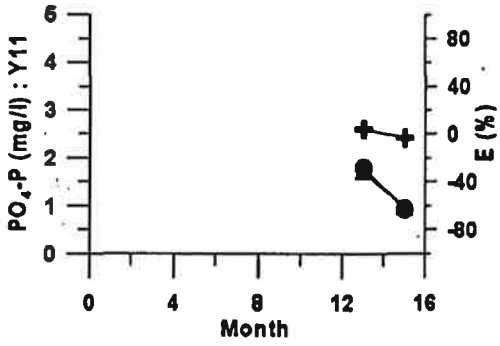
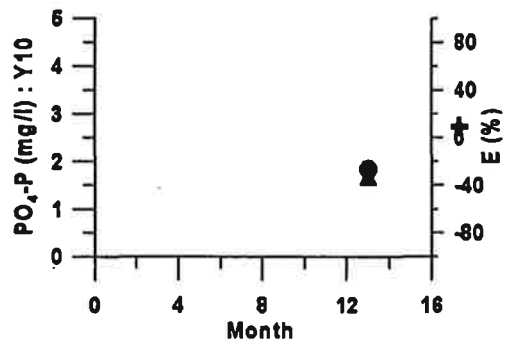
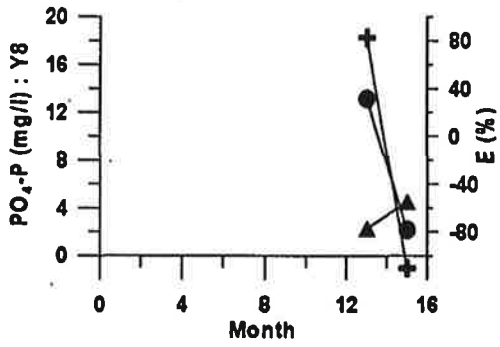
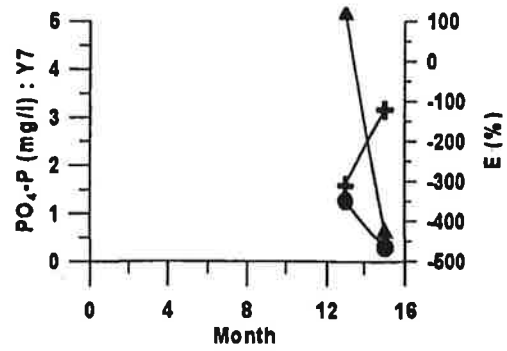
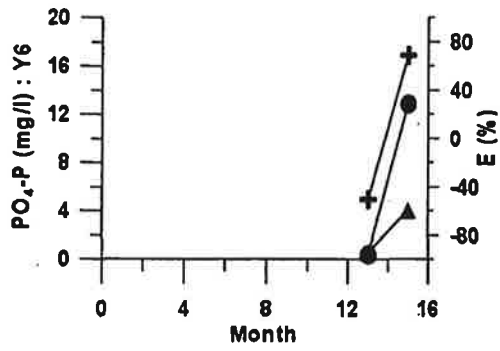
<그림8> (계속)



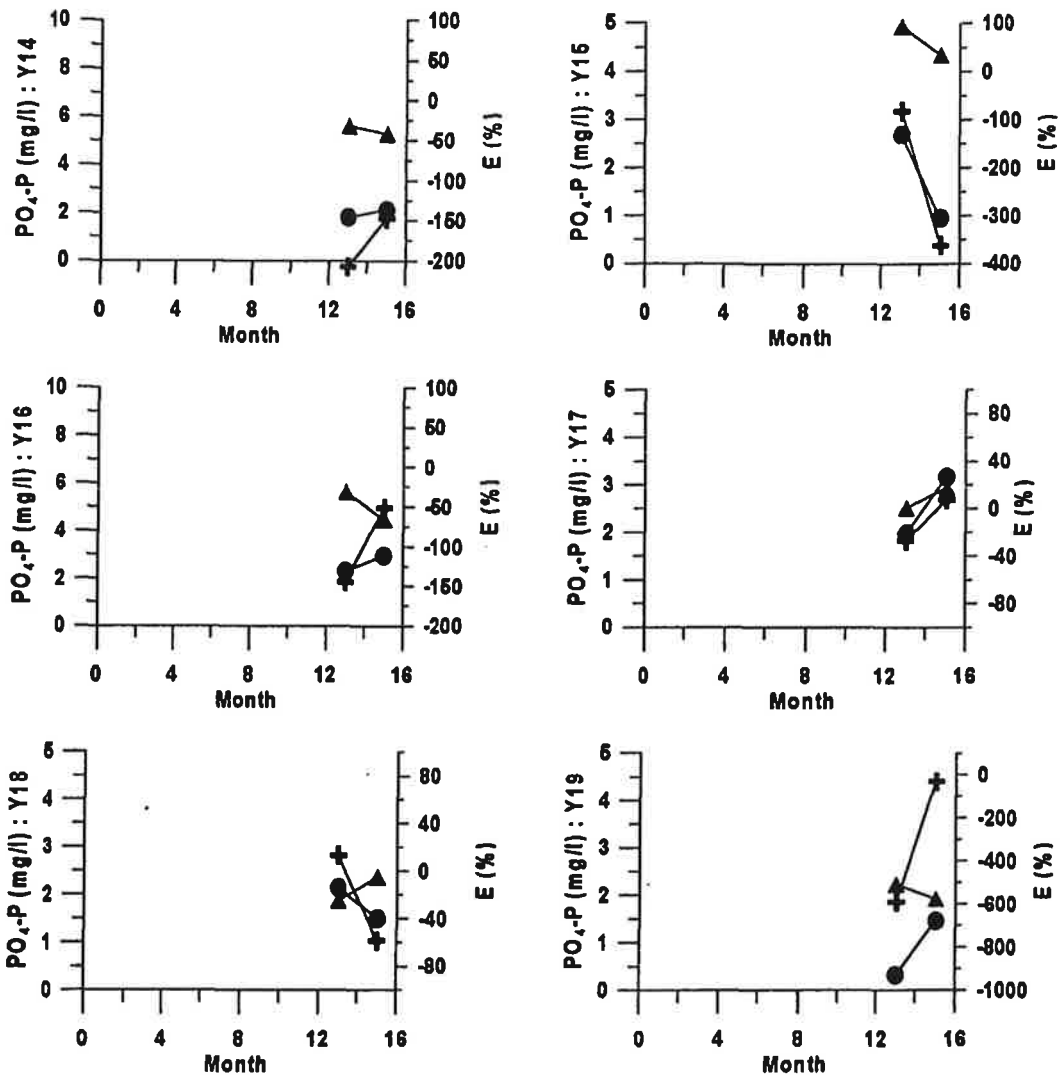
<그림8> (계속)



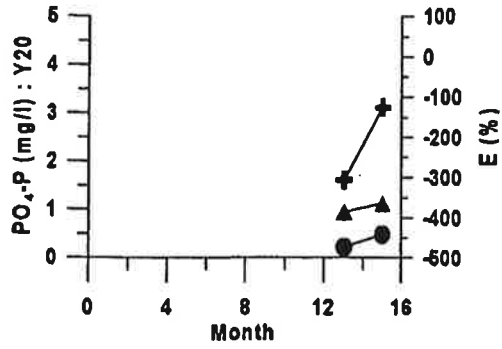
<그림9> PO₄-P 변화 (● : 유입수, ▲ : 배출수, + : 효율)



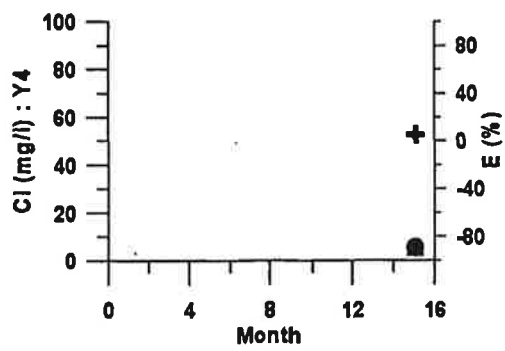
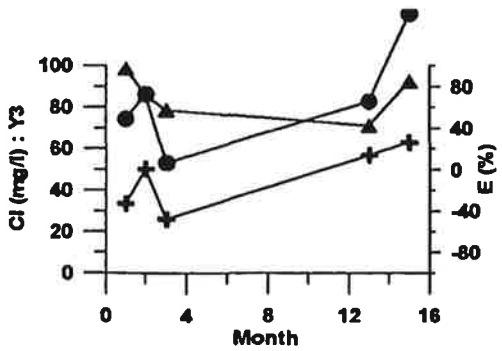
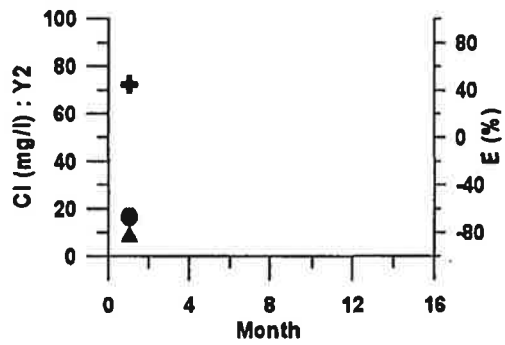
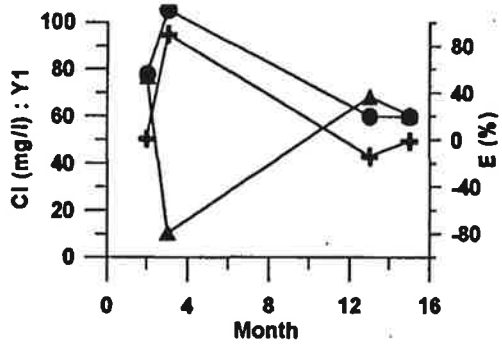
<그림9> (계속)



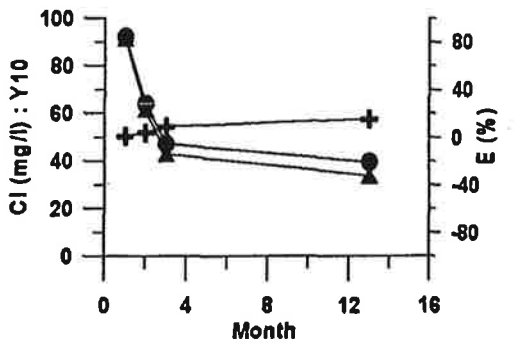
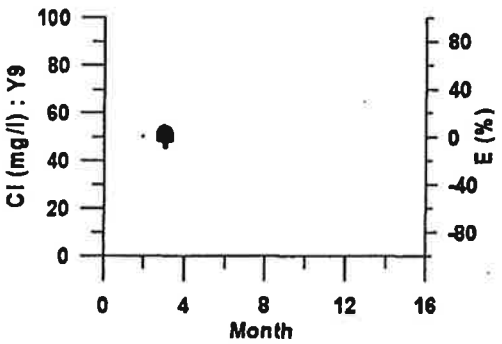
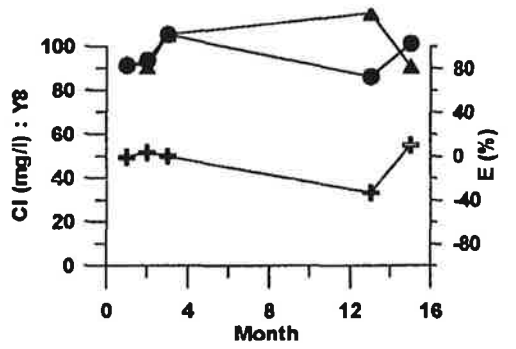
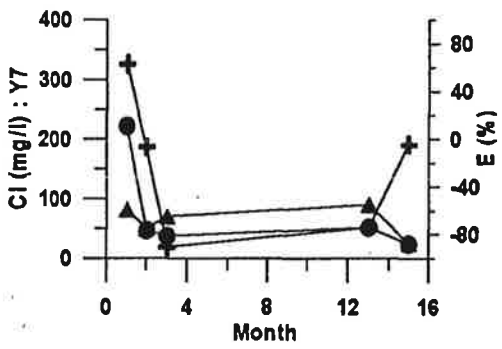
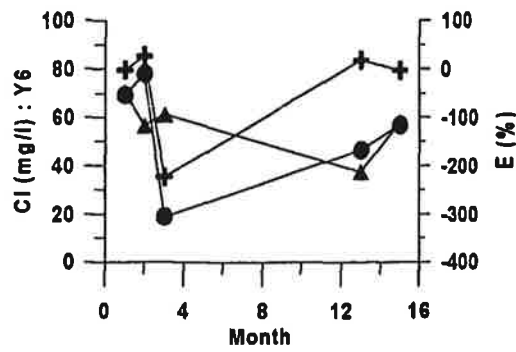
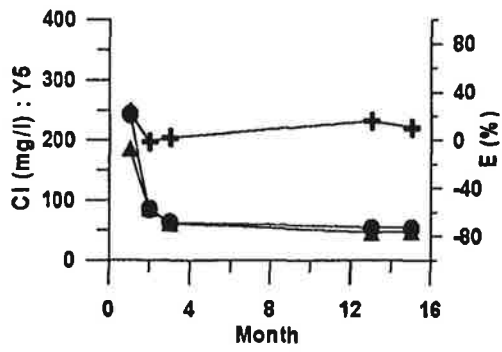
<그림9> (계속)



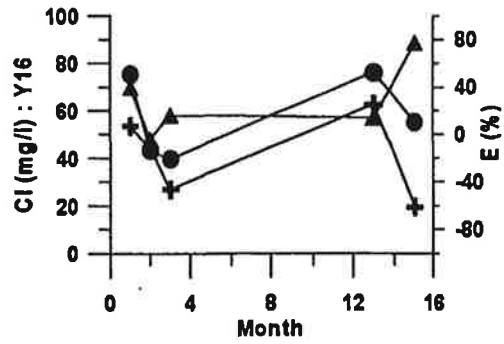
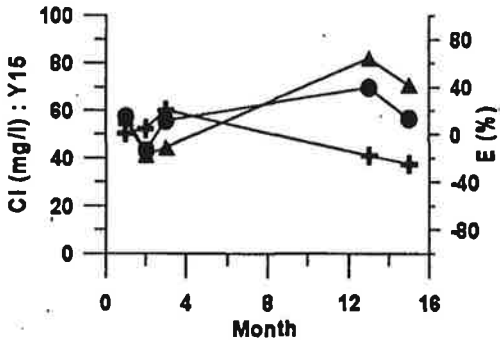
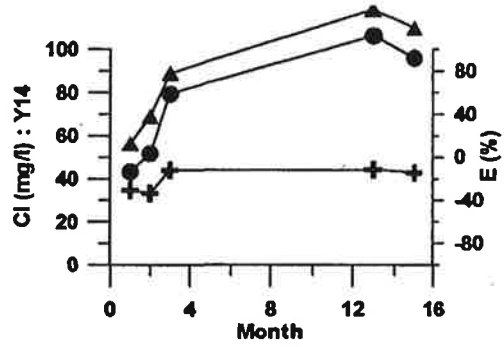
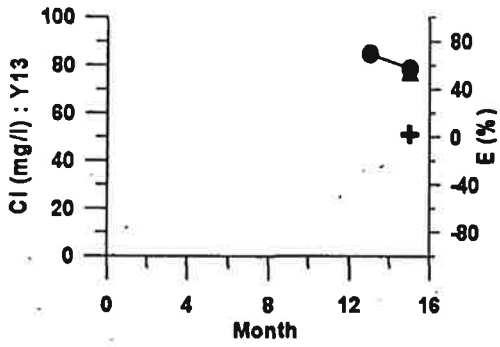
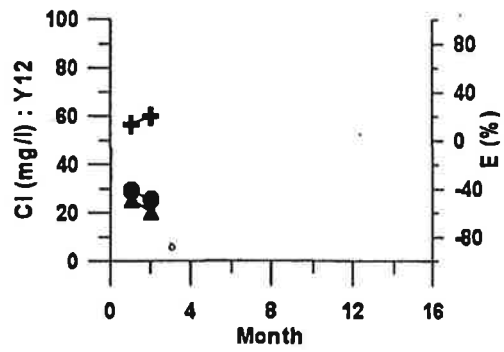
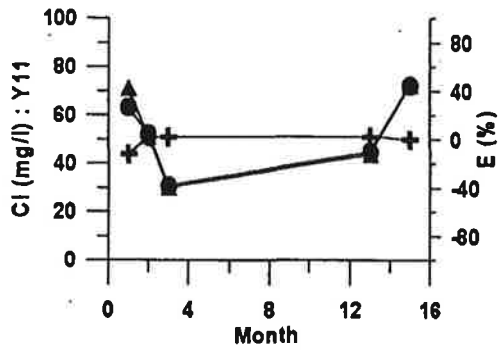
<그림9> (계속)



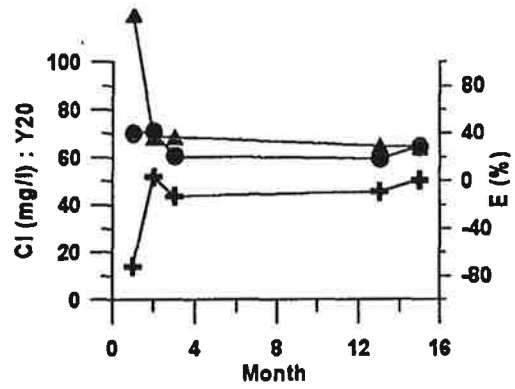
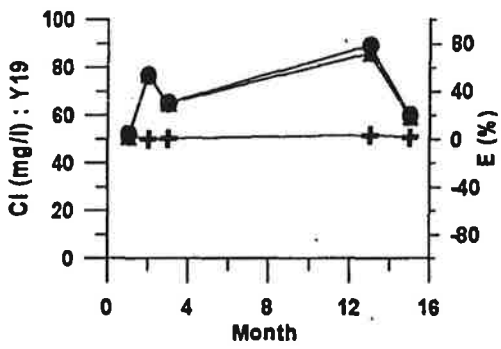
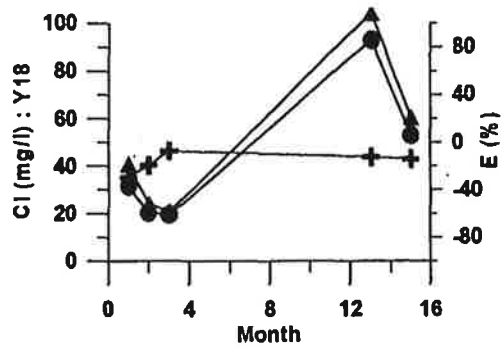
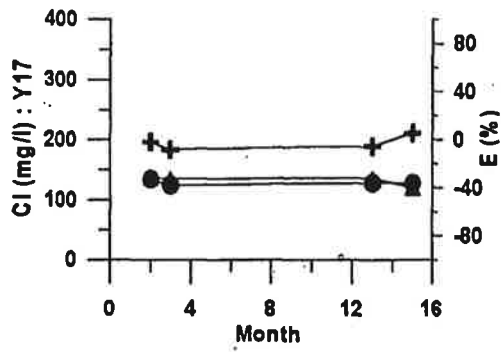
<그림10> Cl 변화 (● : 유입수, ▲ : 배출수, + : 효율)



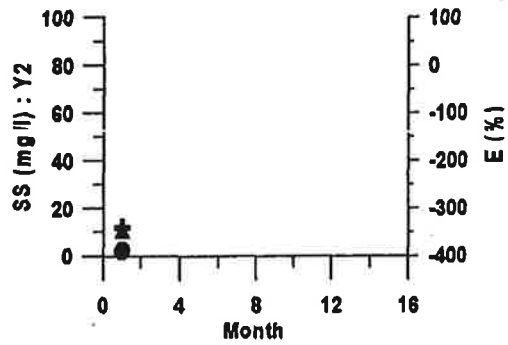
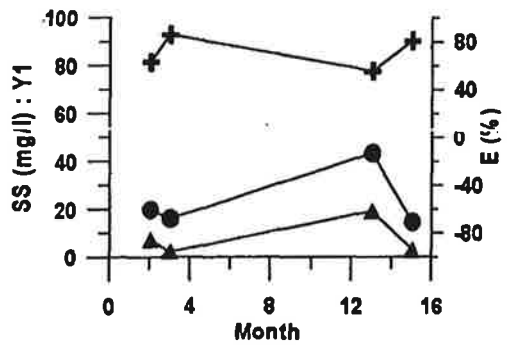
<그림10> (계속)



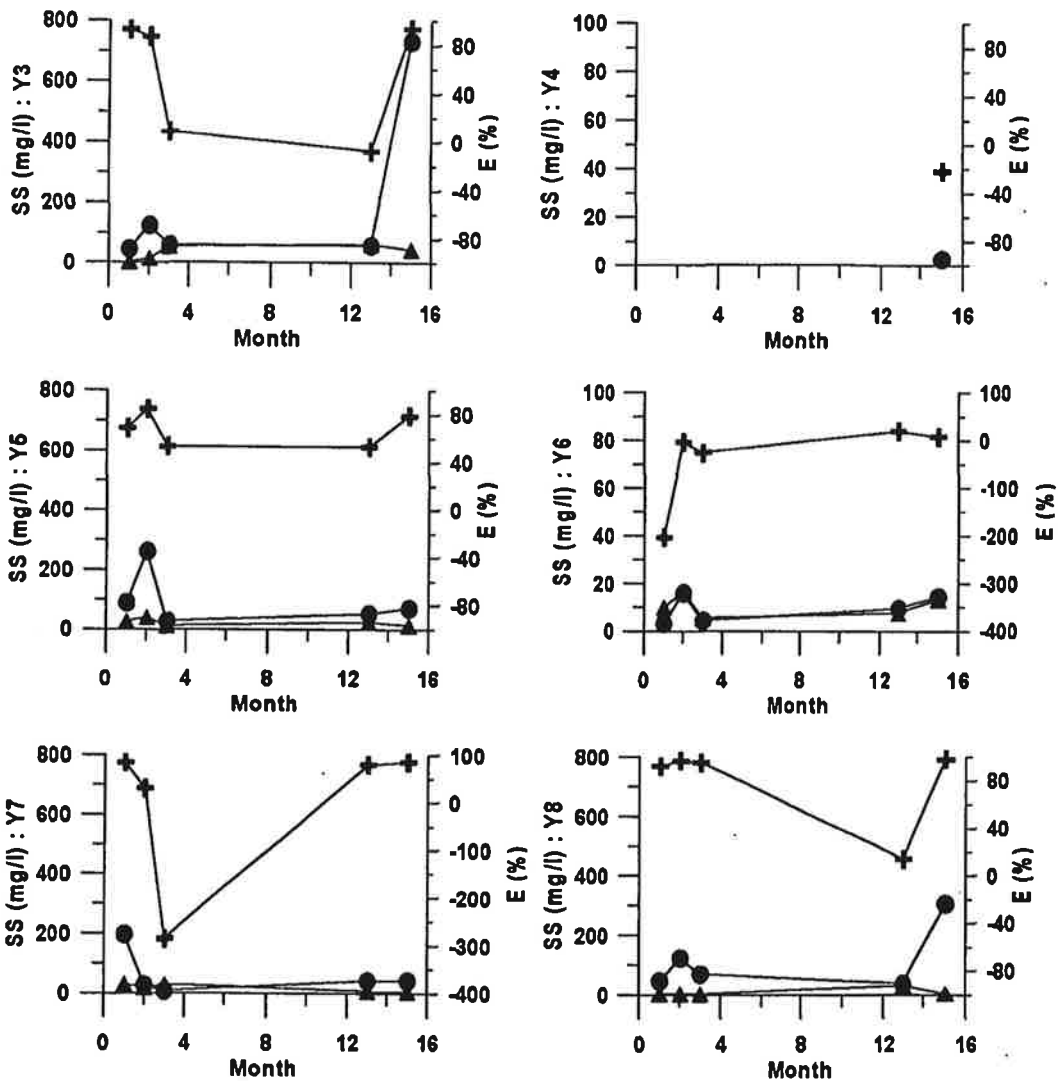
<그림10> (계속)



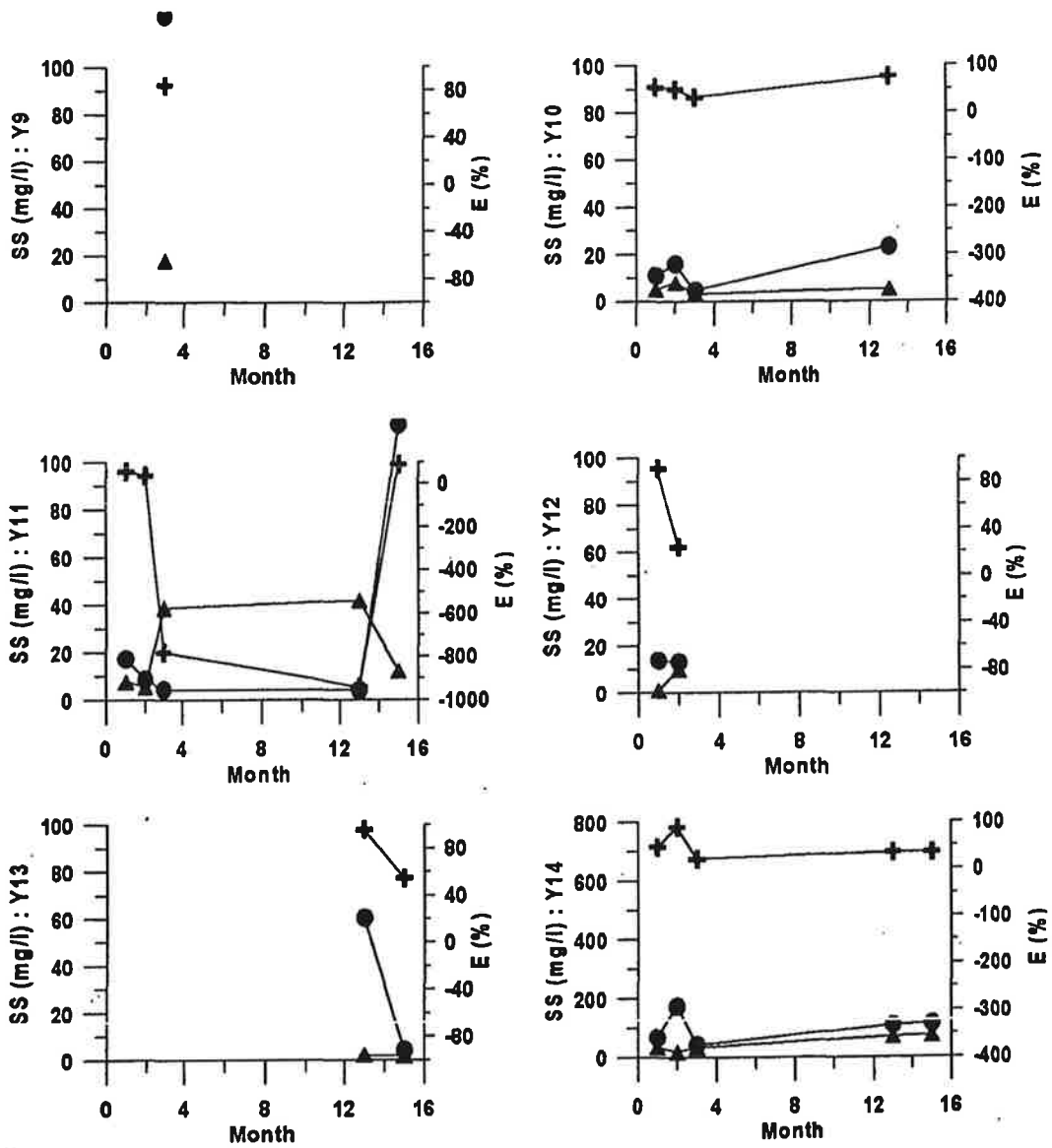
<그림10> (계속)



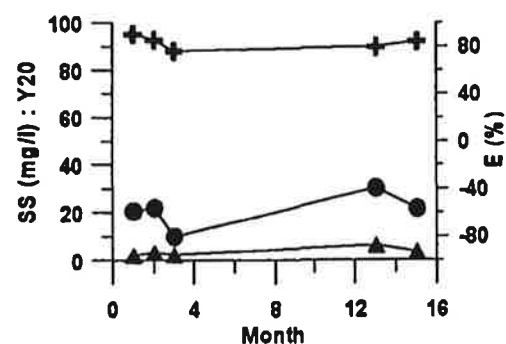
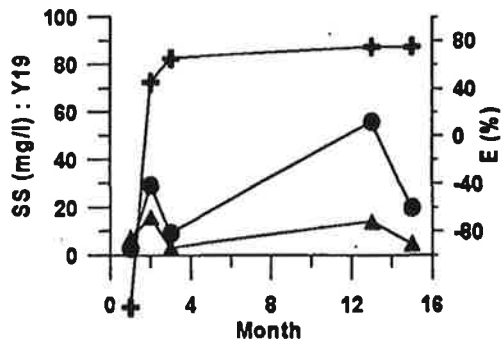
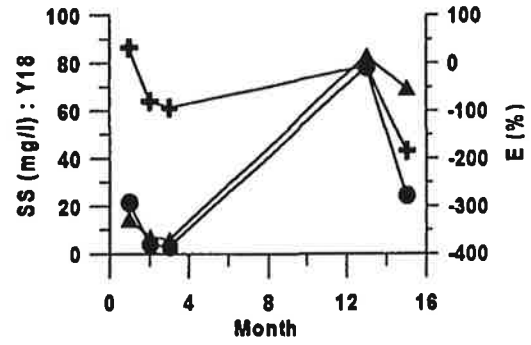
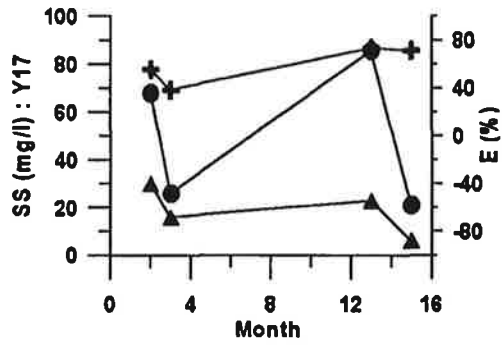
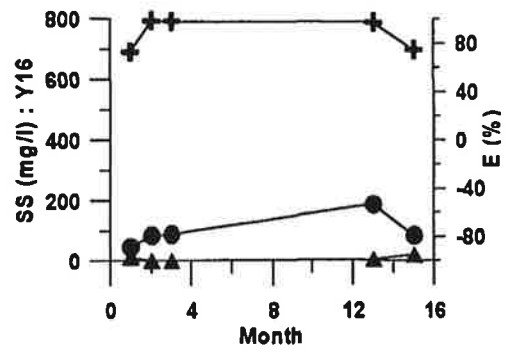
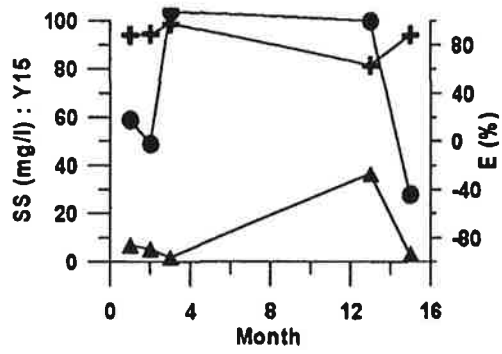
<그림11> SS 변화 (● : 유입수, ▲ : 배출수, + : 효율)



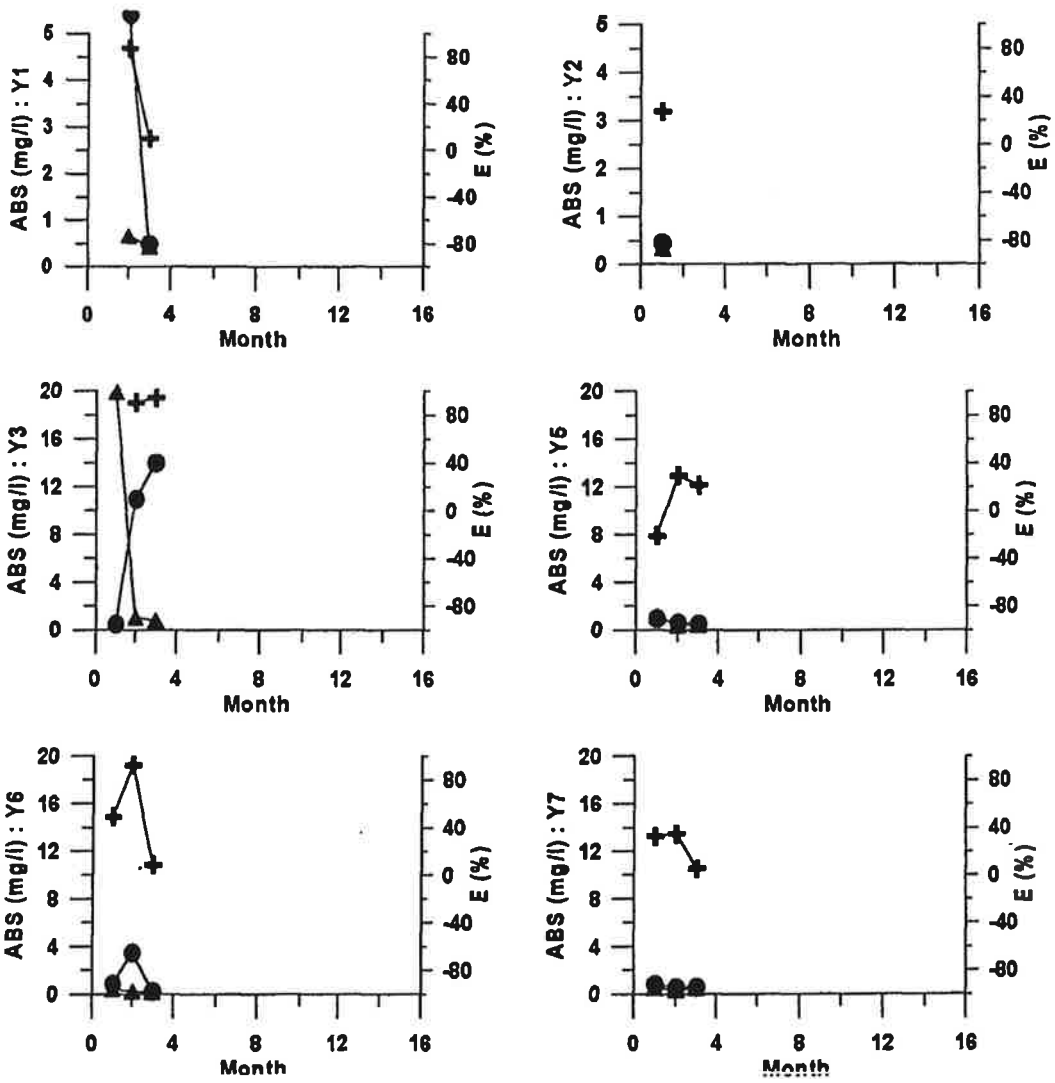
<그림11> (계속)



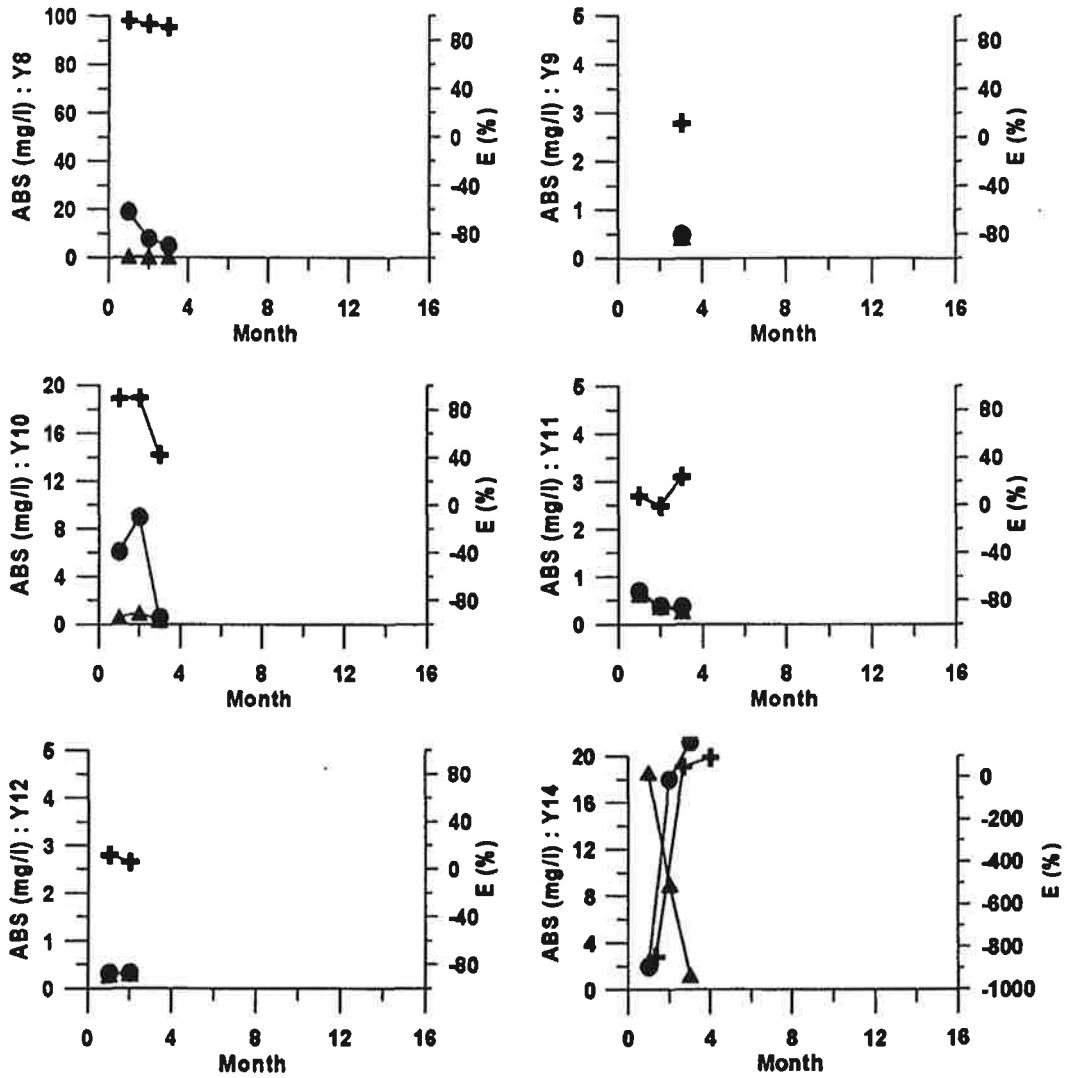
<그림11> (계속)



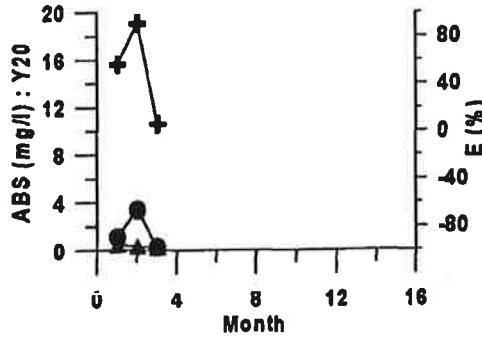
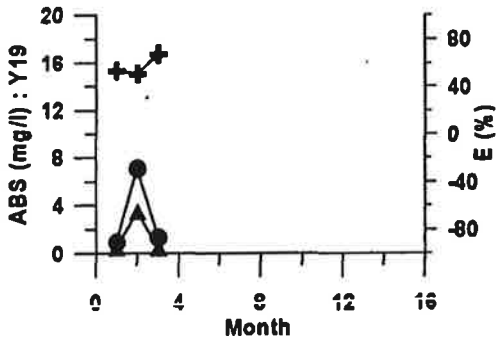
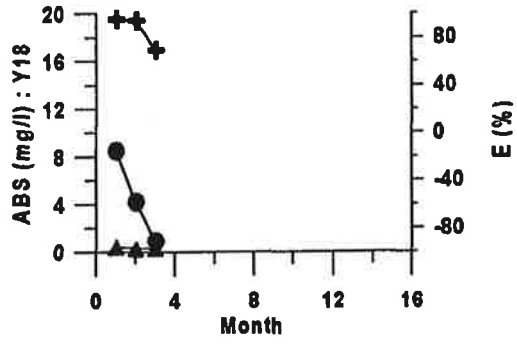
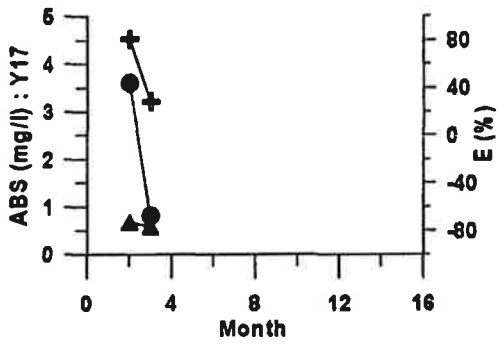
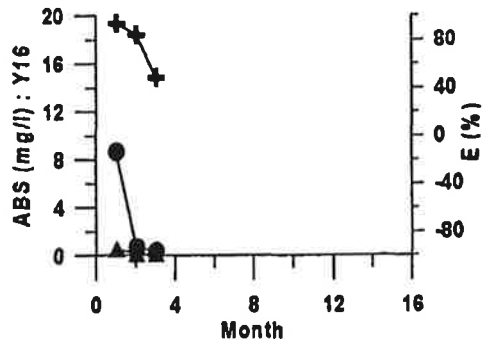
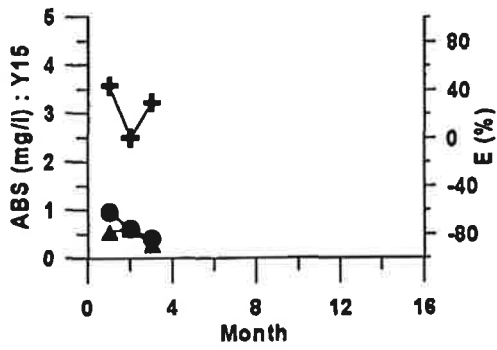
<그림11> (계속)



<그림12> ABS 변화 (● : 유입수, ▲ : 배출수, + : 효율)



<그림12> (계속)



<그림12> (계속)