

토양미생물을 이용한 하·폐수의 무취 고도처리공정의 개발 (HBR- II PROCESS)

Development of Odorless Advanced Treatment Process
for Wastewater using Microrroganisms

(주)한미 임동혁 대표이사

1. 기술개발 배경 및 목적

하·폐수처리장 주변의 악취문제는 대규모의 공공하수처리장이 건설되면서부터 시작되었으며 쾌적한 삶에 대한 욕구가 증대됨에 따라 더욱 민감한 사안으로 대두되기 시작하여 하수처리장의 주민친화형의 시설로의 개선이 요구되어진다. 최근에 건설되는 대부분의 하·폐수처리장에는 별도의 탈취시설이 포함되어 있으며, 악취유발 물질이 휘발되는 것을 차단하기 위하여 침사조나 포기조, 농축조와 같이 악취발생이 심한 시설물에 대해서는 상부를 밀폐시키거나, 지하구조물 형태로 건설하고 있다.

그동안의 탈취기술은 수처리기술과는 별개로 공장 등에서 배출되는 유해 배기가스를 처리하기 위하여 대기처리분야에서 주로 연구가 진행되어 왔으나, 최근 들어서는 하·폐수처리장의 악취에 대한 관심이 높아지면서 하·폐수처리 설비의 일부로 탈취설비가 개발되어 널리 적용되고 있다. 그동안 하·폐수처리장의 악취를 제어하기 위해 개발된 공정으로는 취기물질을 물리적으로 흡착하는 기술과 희석시키는 기술, 화학적으로 중화하거나 세정, Masking시키는 기술 등이 실제 적용되고 있다. 최근에는 미생물에 의해 악취 원인물질을 분해, 안정화시키는 토양탈취법, 포기조탈취법, 충전탑 탈취 등의 기술들이 개발되어 보급되고 있다.

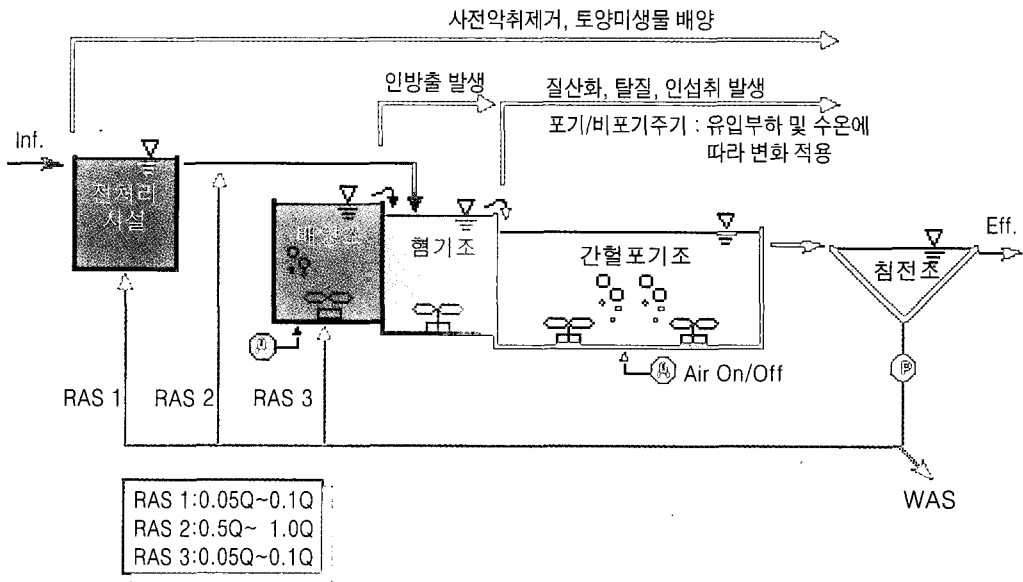
본 연구개발의 목표는 하·폐수의 악취제거와 함께 단일 수처리공정내에서 영양염류까지 처리할 수 있는 신공정을 개발하는 것이다. 생물학적 고도처리기술은 기본적으로 반응조의 조건을 혐기-호기-무산소 조건으로 교차시키면서 미생물이 선택적으로 활성을 발휘할 수 있도록 유도하는 고도처리기술이다.

2. HBR- II 공법의 기술

2.1 기술의 개요

본 공법은 유입된 하·폐수의 부유물 제거 등의 기능을 지닌 전처리장치, 유입 하·폐수의 고형물 입자를 침전제거 하기 위한 최초침전지, 하·폐수의 악취 및 영양염류를 제거하기 위해 토양미생물을 배양하는 배양조, 혐기성 상태에서 인을 방출하기 위한 혐기성조, 호기성 및 무산소 상태에서 질산화, 탈질소화, 인의 과잉섭취를 유도하기 위한 간헐포기조와 슬러지를 고액분리하는 최종침전조 등으로 구성되며 최종침전조에서 침강된 슬러지 일부를 배양조와 혐기조 그리고 사전 악취제거를 위해 전처리시설로 순환시키게 된다(그림 1).





<그림 1> HBR - II 공정도

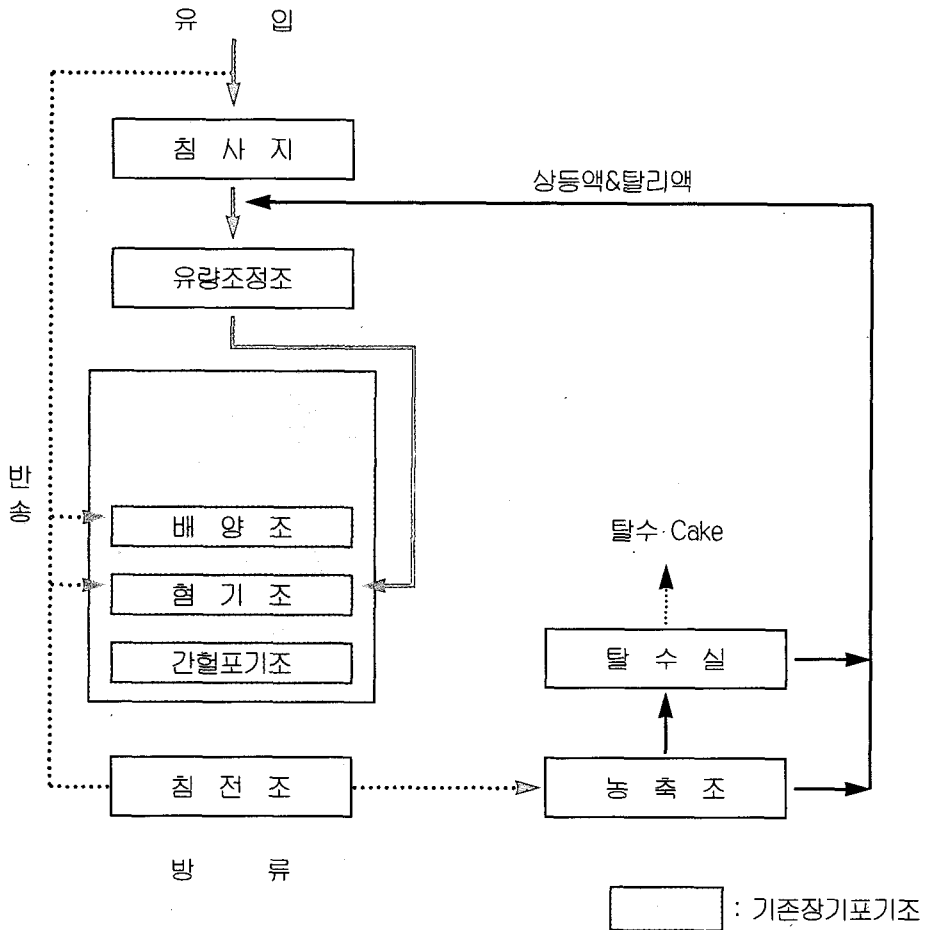
2.2 HBR- II 공정의 운전조건

구 분	단 위	HBR- II	비 고
F/M 비	gBOD/gMLVSS/day	0.1 ~ 0.3	
수리과학적 체류시간(HRT)	hr	혐기조	1 ~ 2
간헐포기조		4 ~ 6	
배양조		24 ~ 48(0.1Q 유입시)	
고형물 체류시간(SRT)	day	15 ~ 30	
외부반응율	%	혐기조	50 ~ 100
배양조		5 ~ 10	
전처리시설		5 ~ 10	
슬러지 농도(MILSS)	mg/l	간헐포기조	2,500 ~ 5,000
배양조		5,000 ~ 8,000	
용존산소 농도(DO)	mg/l	혐기조	0.1 이하
간헐포기조		0.1(비포기) ~ 0.2(포기)	
배양조		0.5 이하	
포기/비포기주기	hr	0.5 ~ 1.5	

3. 개발 기술 실증 PLANT

3.1 실증PLANT의 개요 및 공정도

- 소재지 : 경기도 광주시 매산리하수처장
- 매산리하수처리장의 장기포기조(593m³)를 HBR-II 공법인 혐기조, 간헐포기조, 배양조로(총225m³-포기조용적의 38%이용) 활용



<그림 2> 실증 PLANT 공정도

3.2 신기술평가

- 기술 분야 : 하수처리기술 분야
- 시설 용량 : 500m³/일
- 대상처리수 : 경기도 광주시 오폐수 매산리 생활하수



- 형 식 : 연속식
- 시설 구분 : 실증시설

(1) 평가기간 중 운전조건

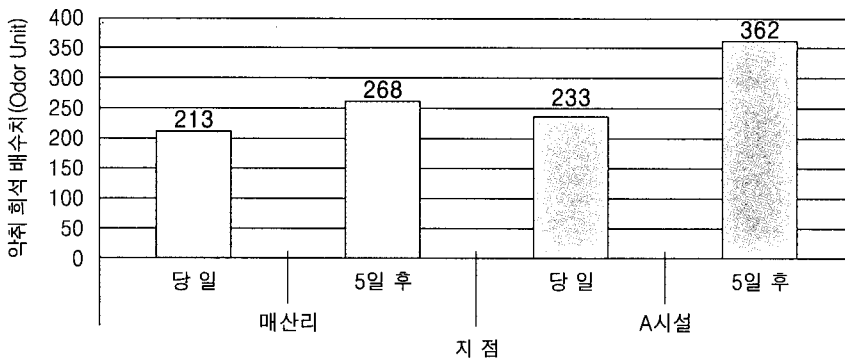
구 분	협 기 조	간헐포기조	배 양 조	최종침전지	비 고
DO(mg/l)	0.12	2.43	0.3	0.76	
MLSS(mg/l)	2,839	2,970	6,381	-	
HRT(hr)	2.4	6	27.7	6	
슬러지반송물(%)	61	-	11.5	유량조정조12.2	
F/M비 (gBOD/gMLSS/d)	0.145				
SRT(day)	10.9				

(2) 수처리효율

- 평균 유 량 : 444m³/일
- 분석 기간 : 2000. 8 ~ 2001. 7(동절기, 우기 포함)

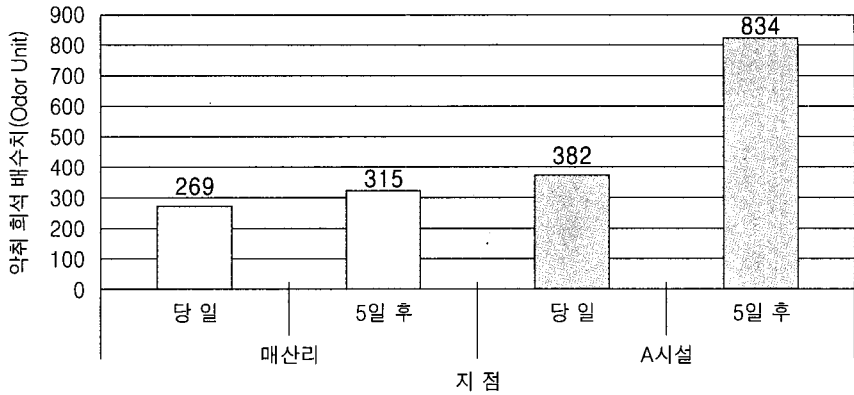
항 목	유입수(mg/l)	유출수(mg/l)	제거효율(%)	비 고
BOD	148.0	10.0	92	
COD	70.2	9.8	84	
SS	85.8	6.4	92.5	
T-N	37.8	12.2	64	
T-P	3.5	0.32	87	

(3) 슬러지의 부패로 인한 악취발생 정도 평가



<그림 3> 농축슬러지 부패 악취 대조실험

● ENVEX2002 국제환경기술세미나 시리즈

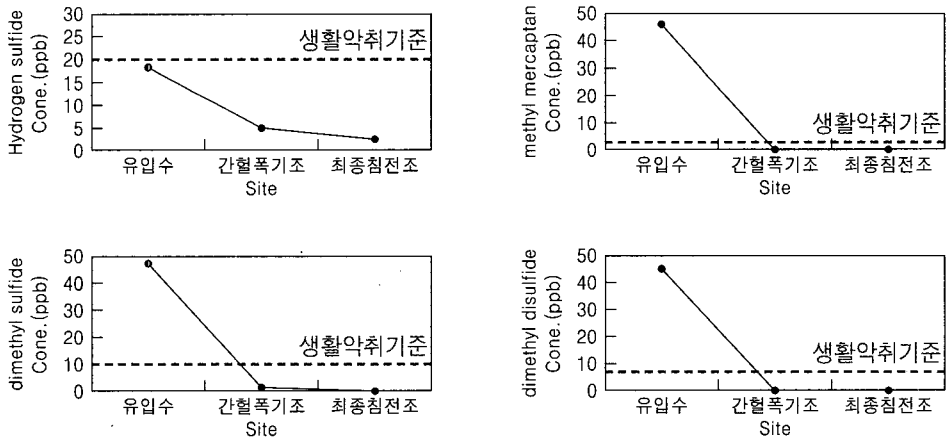


<그림 4> 탈수케익 부패 악취 대조실험

(4) 사전악취 비교분석

구 분	생활악취기준(ppb)	슬러지 반응시	슬러지 무반응시	비 고
황화수소	20 이하	127	283	
메틸메르캡탄	2 이하	N. D	23.5	
황화이메틸	10 이하	N. D	112	
이황화이메틸	9 이하	121	242	
암모니아	1,000 이하	1,220	3,737	
트리메틸아민	2 이하	N. D	N. D	
아세트알데히드	50 이하	N. D	442	
스틸렌	400 이하	10.50	554.3	

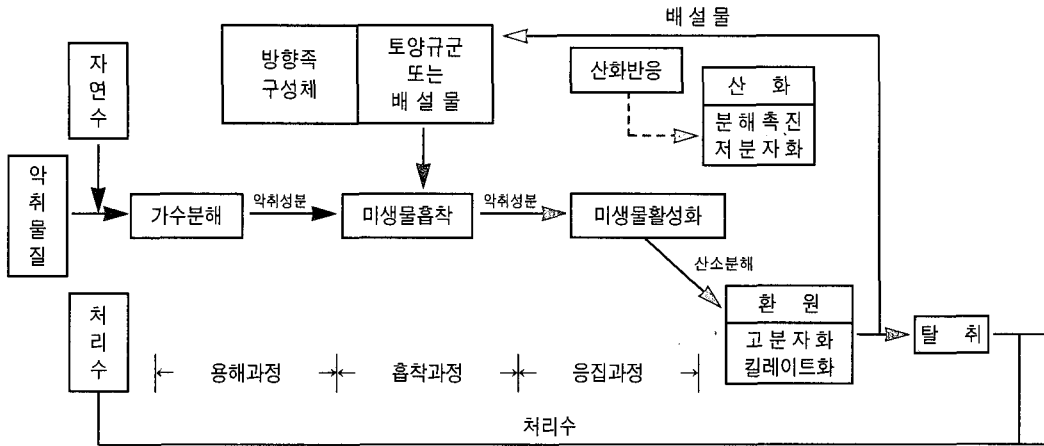
(5) 실증 PLANT 악취분석결과



<그림 5> 실증 PLANT 악취 분석 결과

(6) 미생물에 의한 탈취 FLOW

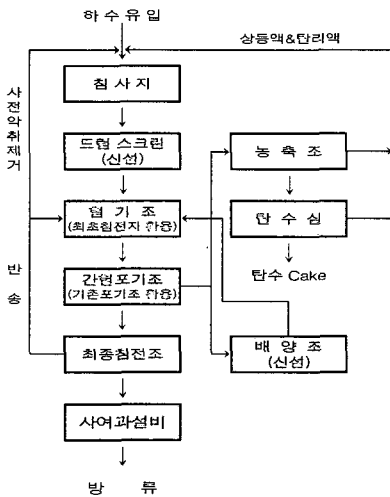
본 공정에서 우점종으로 점유하고 있는 토양미생물(통성 혐기성균류)중 세균류인 Bacillus, Pseudomonas, Alcaligenes, Beggiatoa류 등과 방사선균류인 Streptomyces, Actinomyces 등과 효모 등의 미생물에 의한 악취 제거 flow는 다음과 같다.



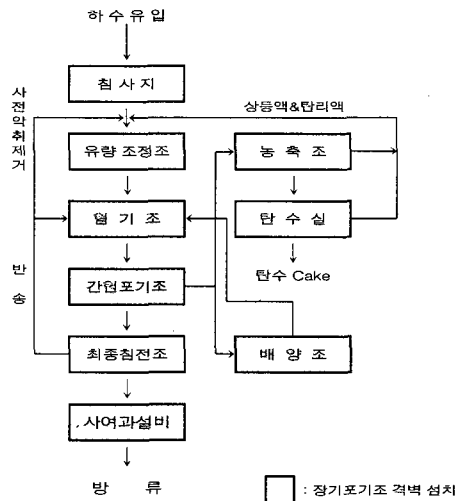
<그림 6> 미생물에 의한 탈취 FLOW

4. 기존 시설의 고도처리 개량 방안

4.1 공법별 개량 방안



<그림 7> 활성슬러지 공법의 개량

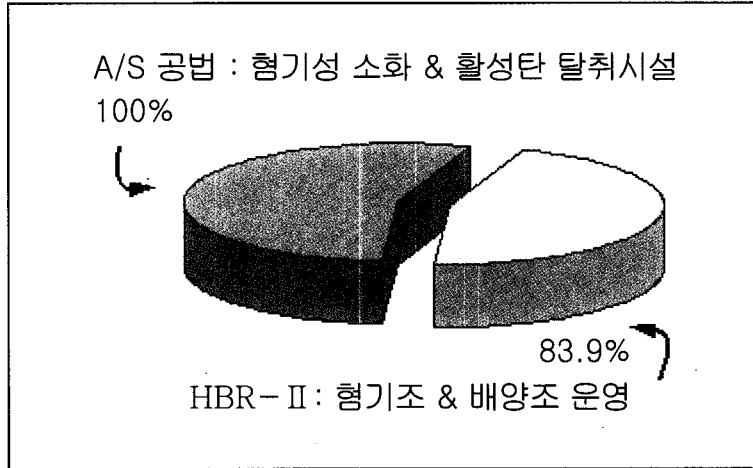


<그림 8> 장기포기법의 개량

● ENVEX2002 국제환경기술세미나 시리즈

4.2 기존시설 개량시 경제성 비교

- 기존처리장의 소화조를 배양조로 활용
- 기존처리장 포기조 일부를 혐기조로 활용



<그림 9> 유지관리비용 비교(55,000m³/일 기준)

5. HBR-II 공법의 신기술 범위

5.1 환경신기술 인증 범위(환경부 신기술지정서 제29호, 검증서 제31호)

❖ 혐기-간헐포기-배양조 공정으로 배양조에 고농도 MLSS를 유지하여 유입수질의 변동에도 안정적인 처리수질을 유지하는 하수 고도처리기술

- 혐기조는 포기없이 교반만을 실시하여 인제거 미생물들이 유입되는 원수 내의 유기물을 이용하여 인방출이 가능토록 하며, 간헐포기조는 공기를 간헐적으로 공급(포기시 DO 2 mg/L, 비포기시 DO 0.5 mg/L 이하)하고 비포기시에는 교반만을 실시하므로써 포기시는 질산화 및 인의 과잉섭취, 비포기시는 탈질화 및 인방출을 유도하여 질소 및 인의 고도처리를 가능케 하는 기술이다. 또한 기존 공법(A₂O, UCT, VIP 등)의 100 ~ 400 %에 달하는 내부반송을 실시하지 않음으로서 내부반송 설비비 및 전력비의 절감이 가능한 기술이다.
- 배양조에는 유입수의 유입없이 반송슬러지의 일부(5~10%)가 유입되어 24~48시간동안 체류된 후 혐기조로 이송된다. 따라서 배양조의 MLSS는 반송슬러지의 농도와 유사한 5,000~8,000mg/L가 유지되므로 유입부하의 급격한 변동으로 인해 F/M비를 낮추거나 독성물질 유입으로 인해 시스템 악화시에는 배양조의 미생물을 투여하여 시스템 회복 시간을 단축시킬 수 있어 유입부하에 대해 안정적인 유출수질을 유지할 수 있는 기술이다.

❖ 미생물배양조 슬러지를 유량조정조에 일부 반송하여 사전에 악취를 저감하고 후단공정에서도 슬러지부패를 억제하여 악취발생을 감소시키는 기술

- 하수처리시설에서 악취가 유발될 수 있는 부분 중 하나인 전처리시설(침사지, 유량조정조, 최초침전조 등)로 슬러지를 유입유량의 10%정도 반송하므로써 악취를 사전에 분해·제거하여 처리시설내에 발생 가능한 악취를



저감하는 기술이다.

- 배양조에는 유입수의 유입없이 용존산소농도 0.5mg/L 정도를 유지하는 저부하·저산소 상태가 유지되므로 원생동물들의 성장이 억제되어 개체수가 감소하게 되어 슬러지 안정화가 진행되므로써 농축슬러지의 부패가 억제되어 처리시설 내에 발생 가능한 악취를 감소시키는 기술이다.

5.2 건설신기술 인증 범위(건교부 신기술지정서 제256호)

전처리시설, 혐기조, 간헐포기조, 최종침전조 및 배양조로 구성되어 생물학적으로 유기물, 질소와 인을 동시에 제거하고 악취제거가 가능한 기술

- 1) 전처리시설로 반송슬러지의 2~10%를 반송시켜 사전악취제거를 가능하게 하는 기술
- 2) 유입유량의 5~10%에 해당하는 반송슬러지를 배양조에서 배양하여 전체공정에 공급하므로써 악취제거가 가능한 기술

6. 국내외 특허 및 인증사항

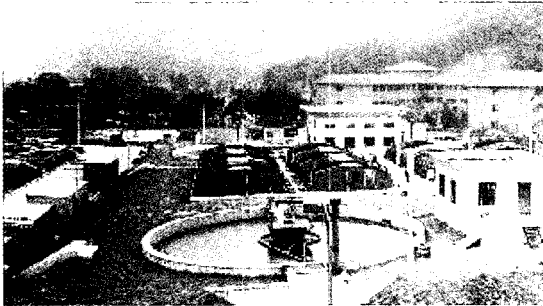
- ◎ 국내 특허 특허 제117423호 등록 (1997. 7. 2)
 - 오폐수의 정화처리방법 (HBR)
- ◎ 국내 특허 제0277597호 등록 (2000. 10. 11)
 - 토양미생물을 이용한 하폐수의 무취고도처리방법 (HBR-II)
- ◎ 건설교통부 신기술 제13호 지정 (1998. 11. 9)
 - 특수미생물을 이용한 하수처리공법 (HBR)
- ◎ 건설교통부 신기술 제256호 지정 (2000. 12. 14)
 - 특수 BIO REACTOR를 이용하여 하폐수 처리공정에서 악취제거 및 고도처리를 하는 공법 (HBR-II)
- ◎ 환경신기술 제29호 지정 및 환경기술검증서 제31호 (2001. 10. 19.)
 - 혐기/간헐포기/배양조를 이용한 하수고도처리기술 (HBR-II)
- ◎ 국외 특허 출원 (1999. 11)
 - 토양미생물을 이용한 하폐수의 무취고도처리방법 (HBR-II)
 - 대상국가 : 중 국

7. 국내외 적용실적

7.1 하수 적용사례

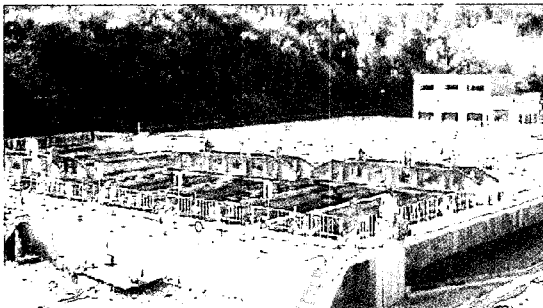
● ENVEX2002 국제환경기술세미나 시리즈

(1) 광주 STP 적용사례(Q=25,000m³)



항 목	유 입 수 (mg/l)	방 류 수 (mg/l)	처 리 효 율 (%)
BOD	153.0	1.8	99
COD	71.1	7.5	90
SS	146.0	6.0	96
T-N	26.8	10.4	61
T-P	3.1	0.6	81
약 취	처리장내 관능법 1도 이하		

(2) 원주 STP 적용사례(Q=55,000m³)



항 목	유 입 수 (mg/l)	방 류 수 (mg/l)	처 리 효 율 (%)
BOD	207.5	7.1	97
COD	112.0	6.9	94
SS	320.0	2.5	99
T-N	33.0	7.4	78
T-P	8.1	0.7	91
약 취	처리장내 관능법 1도 이하		

(3) HBR 공법 하수처리장 실적

위 치	처리장명	처리용량(m ³ /일)	구분	목 적	비 고
경기 광주시	광주 환경사업소	25,000	증	수질, 악취	운영중
강원 원주시	원주 하수종말처리장	55,000	증	수질, 악취	운영중
경기 의정부시	의정부 하수종말처리장	60,000	증	수질, 악취	시운전중
경남 거제시	신현 하수종말처리장	15,000	신	수질, 악취	시공중
충남 공주시	공주 하수종말처리장	30,000	신	수질, 악취	시공중
강원 강릉시	주문진 하수종말처리장	12,000	신	수질, 악취	시운전중
기 타	동두천 SIP 외 10개 하수처리장 개설·시공 중				

7.2 축산폐수 적용사례

(1) 담양축산폐수처리장의 개요

- 위 치 : 담양군 담양읍 강쟁리 1294번지
- 처리방법 : ◆ 하 수 - 산화구법
 - ◆ 분 뇨 - 전처리(하수연계)
 - ◆ 축산폐수 - HBR 공법 처리 후 하수연계
- 처리용량 : ◆ 하 수 - 1단계(2001년) 7,000m³/일
 - ◆ 분 뇨 - 50kl/일
 - ◆ 축산폐수 - 50kl/일



(2) 처리시설 제거효율

구 분	유 입 수 (단위 : mg/L)				방 류 수 (단위 : mg/L)	
	하 수	분 뇨	축 산		기 준 치	방 류
			유 입	처 리 수		
BOD	60	7,000 ~ 12,000	25,000 ~ 45,000	60 ~ 100	20	5 이하
COD	40	4,500 ~ 7,000	15,000 ~ 18,000	200 ~ 400	40	14
SS	30	7,000 ~ 25,000	25,000 ~ 50,000	60 ~ 100	20	6
T-N	15	2,000 ~ 4,500	4,000 ~ 8,000	50 ~ 90	60	22
T-P	4	250 ~ 500	500 ~ 800	20 ~ 45	8	2.1

※ 약취 : 전 공정내 생활약취기준 이하

(3) 단독처리와 하수연계처리와 경제성 비교

첫째는 경제성으로서 별도처리를 하여 법적 방류수질까지 처리하는데 소요되는 시설 및 부지 경비에 비해 종합적으로 동일 시설 내에서 연계처리 함으로써 소요부지 절감은 물론 이에 소요되는 시설비용 및 유지관리비용의 절감이 가능하다. 또한 HBR- I PROCESS의 경우 수처리는 물론 약취절감이 가능하기 때문에 별도의 약취제거시설이 설치되지 않아 약취시설에 소요되는 시설비 및 유지관리비용의 절감이 가능하다.

둘째는 지역사회적인 환경개선효과로서, 혐오시설로 인식되고 있는 분뇨 및 축산, 하수처리시설의 종합처리가 가능함으로써 혐오시설의 축소가 가능하고 약취 저감으로 인해 수처리시설에 대한 인식의 변화가 가능하여 사회에 만연된 NIMBY 현상을 해소시킬 수 있다.

구 분		연계처리 (단위 : 백만원)	단독처리 (단위 : 백만원)	비 고
시 공 비	축산폐수	2,580	4,000	
	분 뇨	350	2,500	
운 영 비		550	950	
절 감 액	시 공 비	▽ 3,570		
	운 영 비	▽ 400		

※ 연계처리수(축산, 분뇨 등)의 총질소 유입오염부하량이 하수를 포함한 전체 설계유입오염부하량의 10% 이내로써 연계처리 운영.(2001.12 환경부자료)

7.3 중수도 적용사례(해운대 그랜드 호텔)

(1) 중수도의 용도

수도물로 공급되는 다양한 용도 중에서 음용수와 같은 청정도를 필요로 하지 않는 용도에 대하여 각각의 용도에 알맞은 물을 공급하는 시설을 말한다.

- ◎ 수세식 화장실 용수
- ◎ 냉각용 보급용수
- ◎ 청소용수
- ◎ 세척용수
- ◎ 조경 용수(연못, 분수 등)
- ◎ 소방용수
- ◎ 공업용수

● ENVEX2002 국제환경기술세미나 시리즈

(2) 중수도의 수질기준

항 목	중수 용도	수세식 변소용수	살 수 용 수	조 경 용 수	세차·청소용수
대 장 균 군 수		검출되지 아니할 것	검출되지 아니할 것	검출되지 아니할 것	검출되지 아니할 것
잔류염소 (결합)		0.2mg/l 이상일 것	0.2mg/l 이상일 것	-	0.2mg/l 이상일 것
외 관		이용자가 불쾌감을 느끼지 아니할 것	이용자가 불쾌감을 느끼지 아니할 것	이용자가 불쾌감을 느끼지 아니할 것	이용자가 불쾌감을 느끼지 아니할 것
탁 도		2NTU를 넘지 아니할 것	2NTU를 넘지 아니할 것	2NTU를 넘지 아니할 것	2NTU를 넘지 아니할 것
생물학적 산소 요구량 (BOD)		10mg/l를 넘지 아니할 것	10mg/l를 넘지 아니할 것	10mg/l를 넘지 아니할 것	10mg/l를 넘지 아니할 것
냄 새		불쾌한 냄새가 나지 않을 것	불쾌한 냄새가 나지 않을 것	불쾌한 냄새가 나지 않을 것	불쾌한 냄새가 나지 않을 것
pH		5.8 ~ 8.5	5.8 ~ 8.5	5.8 ~ 8.5	5.8 ~ 8.5
색 도		20도를 넘지 아니할 것	-	-	20도를 넘지 아니할 것
화학적 산소 요구량 (COD, Mn기준)		20mg/l를 넘지 아니할 것	20mg/l를 넘지 아니할 것	20mg/l를 넘지 아니할 것	20mg/l를 넘지 아니할 것

(3) 상수도 절감액

수도 사용량 (m ³ /년)	수도요금 (천원/년)	중수도 생산량 (m ³ /년)	상수도 사용대비 절감량(%)	운 영 비(천원)				톤당단가 (원/톤)	상수도 절감액 (천원)
				약품비	전력비	인건비	소 계		
126,480	200,690	76,707	57.4	3,600	8,040	15,600	27,240	568	43,570 (▼16,330)

- * 1. 절감액은 시설재투자, 직원 인센티브 등에 활용
- 2. 부산시 주관 '에너지 10% 줄이기 운동' 성공사례 선정

(4) 투자회수기간

(단위 : 천원)

구 분	감가상각 (15년)	유지관리비 (중수생산비)	상수도 요금	연간중수 절감금액	투자회수기간
일일중수도생산 250m ³ /일 기준	14,000	62,100	145,800	69,700	210,000/69,700 =3.01년

8. HBR- II 공법 적용 기대 효과

- ⊙ 질소, 인 제거는 물론 약취 제거가 동시에 이루어져 환경친화적인 시설로의 개선 가능
- ⊙ 기존 활성슬러지법, 장기포기법, 산화구, RBC 등의 공법을 약취제거 및 고도처리공법으로 개량이 용이
- ⊙ 시설비 및 유지관리비용 절감 (전력비, 약품비, 인건비 등의 절감 및 탈취설비 불필요)
- ⊙ 최종처리수의 중수활용이 가능하므로 상수도 절감 가능
- ⊙ 처리시설의 운전 및 유지관리가 용이함
- ⊙ 축산폐수 및 분뇨의 연계처리를 통해 시설투자비 및 유지관리비 절감 가능
- ⊙ 미생물의 평균 작용으로 인해 대장균이 제거되므로 소독설비 없이 강화되는 수질기준(대장균군수 : 3,000마리/ml)의 만족 가능

* 보다 자세한 사항은 (주)한미 (TEL : 02-597-1311)로 문의하시기 바랍니다.

