

Daewoo Institute of Construction Technology

DNR(Daewoo Nutrient Removal)Process

DMBR(Daewoo Membrane Bio-Reactor)Process



대우건설 기술연구원

경기도 수원시 장안구 송죽동 60 우)440-210 60, Songjuk-dong, Jangan-gu,
Suwon-si, Gyeonggi-do,
전화 031-250-1134 440-210, Korea
팩시밀리 031-250-1133 82-31-250-1134 Phone
www.dwconst.re.kr 82-31-250-1133 Facsimile

DNR Daewoo Nutrient Removal
DMBR Daewoo Membrane Bio-Reactor

대우 하수고도처리공법

DNR(Daewoo Nutrient Removal) Process

DMBR(Daewoo Membrane Bio-Reactor) Process



대우건설 기술연구원

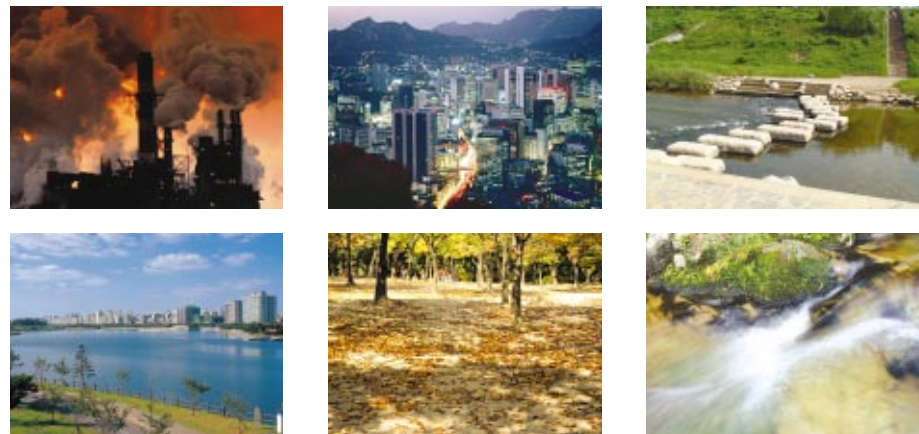
경제적인 하수 질소 · 인 제거를 위한

DNR(Daewoo Nutrient Removal)Process

> ▶ DNR [Daewoo Nutrient Removal] Process

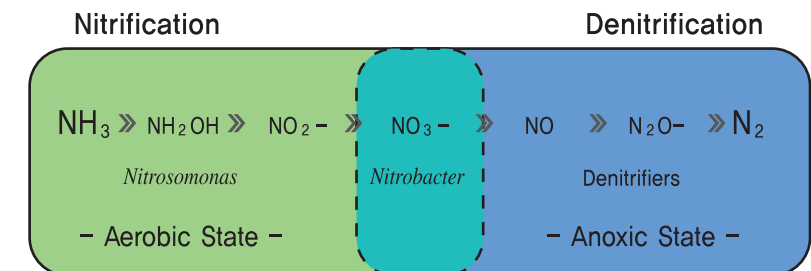
개발배경

- 급속한 경제 발전에 따른 공업화 및 도시화는 산업 폐수, 생활하수 등의 급격한 증가를 가져왔다. 이러한 오폐수가 미처리된 채 하천 및 호수로 유입됨으로써 전국의 주요 7개 호수 및 2, 3급 상수원으로 분류되는 호수들이 오염되고 있다.
- 1차적으로는 어류의 폐사 등 수중생태계의 파괴를 가져오며, 2차적으로는 그 물을 식수로 이용하는 인간 및 동물에게까지 문제를 야기시키고 있다.
- 정부에서는 상수원의 수질 보호를 위해 이미 팔당호와 대청호를 특별대책지역으로 지정하여 수질환경 기준 목표치를 설정하였다.
- 호수 근접 지역에서 호수로 유입되는 오폐수 중의 질소 및 인을 저감시키기 위해 질소와 인의 규제가 시작되었고, 점차 그 처리기준도 강화되고 있다.

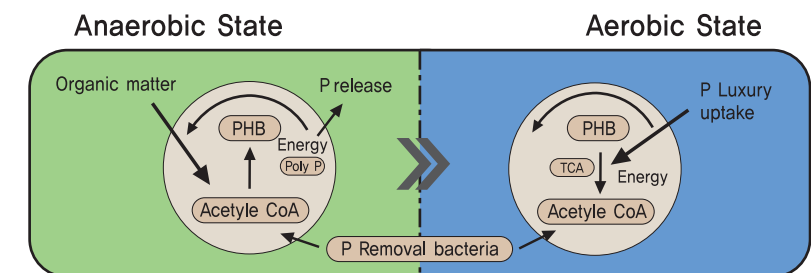


생물학적 질소 · 인 제거원리

- 호기상태에서 질산화반응을 유도하고 이를 무산소상태로 이송하여 다시 탈질반응을 통해 질소 제거
- 무산소상태에서 탈질반응시 분해 가능한 BDCOD 이용

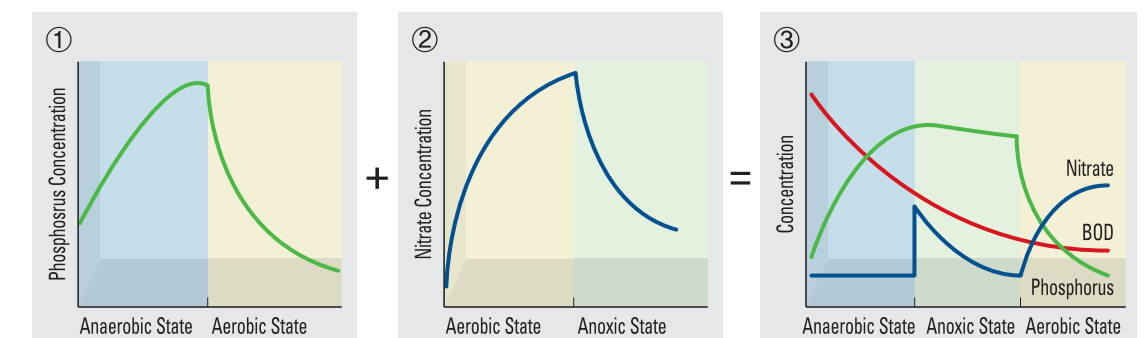


- 혐기상태에서 인 방출을 유도하고 호기상태에서 인 과잉흡수를 통해 하수내 인 제거
- 혐기조에서 인 방출시 분해되기 쉬운 RBDCOD를 이용

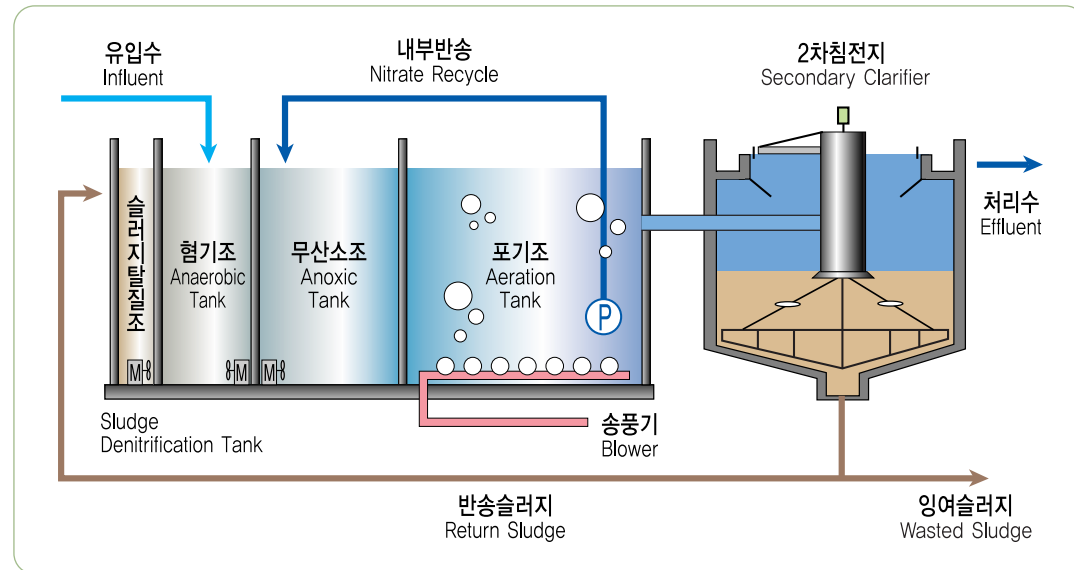


생물학적 질소 · 인 동시제거시 고려사항

- 질소 및 인을 생물학적으로 동시에 처리하기 위해 적절한 반응조 배치 필요
- 제한된 유기물의 효율적 이용을 위한 각 반응조건별 유기물 이용 특성의 고려가 필요
- 혐기상태에서 질산성 질소에 의한 인방출억제 방지 대책 필요



DNR 공법



검증된 국내신기술	<ul style="list-style-type: none"> • 효율적이고 안정적인 질소 인 · 제거 공법 <ul style="list-style-type: none"> → DNR 공법은 환경부 G-7 과제로 개발 → 건설교통부 신기술지정(제95호), 과학기술부 KT-Mark(제0177호) → 특허 제165630호외 6건 및 미국 특허 1건 → 슬러지 탈질조를 이용한 혐기조내 인방출 기능을 강화, 인제거효율 향상 • 국내 36개소의 공법 적용을 통하여 검증된 공법 <ul style="list-style-type: none"> → 국내 최대 용량 및 최대실적 보유(2007년 기준, 36개소 적용) → 설계적용 기술의 다양한 검증(규모별 하수처리장 적용실적 다수보유) • 기술자립화 및 기술이전 용이 <ul style="list-style-type: none"> → 순수 자체 기술로 설계 및 운전기술 자립화 확보 → 설계 및 운전기술 확보로 기술이전 용이
경제성	<ul style="list-style-type: none"> • 정상상태시 악취주입없이 연속운전 시스템 <ul style="list-style-type: none"> → 유지관리비 활성슬러지법과 거의 유사(2~3% 증가) • 외부기재 및 담체 필요없어 경제성이 뛰어남
운전 용이성	<ul style="list-style-type: none"> • 표준활성슬러지법의 운전기법과 유사하여 기존의 운전기술로 충분히 운영가능 <ul style="list-style-type: none"> → 연속운전시스템으로 기기 고장이 아닌 이상 크게 운전상태, 방법 변하지 않음 → 생물학적인 질소, 인 제거 시 중요한 운전인자인 고형물체류시간(SRT)을 적절히 조절하고 기 정립된 운전 지침에 따라 운전
운영시 예상문제점 및 대책	<ul style="list-style-type: none"> • 동결기 저부하 및 질산화억제물질 유입으로 질산화를 저하시 <ul style="list-style-type: none"> → 수표면에 직각인 외부 배플과 45°인 내부 배플 설치, 부상슬러지 유출억제 → 스크스커머 이용 스크 제거 • 동결기 긴 SRT에 의한 PinFloc 발생시 <ul style="list-style-type: none"> → 후단 여과시설 설치시 유출 SS 추가 제거로 안정적 수질 확보

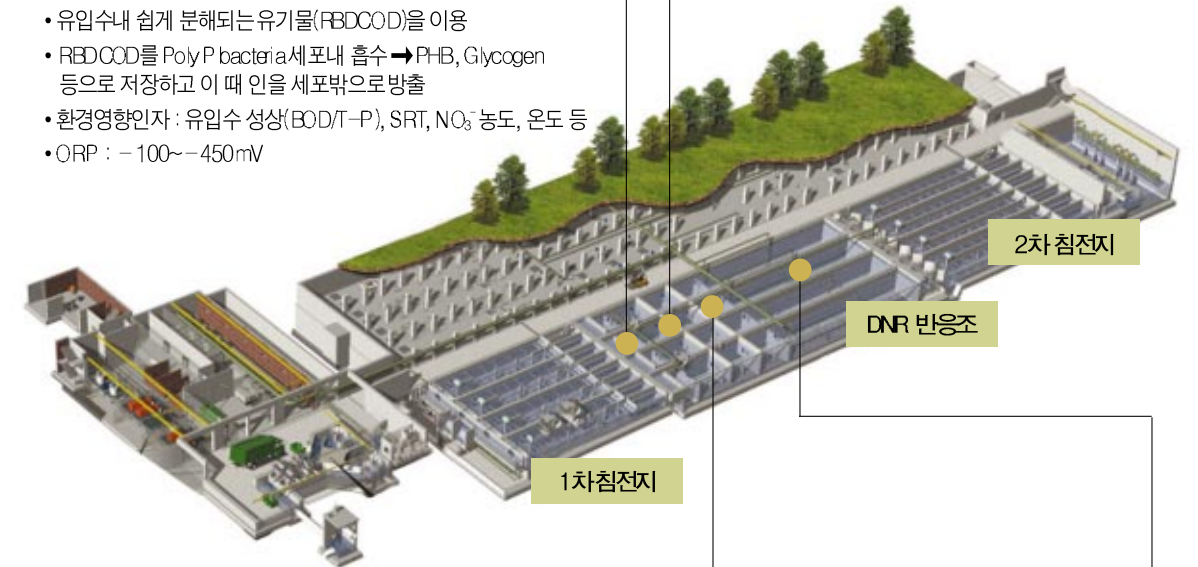
단위공정별 특성

혐기조

- 반송슬러지내 포함된 질산성 질소를 내생호흡시 발생하는 유기물을 이용하여 내생탈질시켜 혐기조에서 인방출을 향상
- 포기조에서 인과잉흡수에 의한 처리수의 인제거 효율향상

슬러지탈질조

- 유입수내 쉽게 분해되는 유기물(RBDOC/D)을 이용
- RBDOC/D를 Poly P bacteria 세포내 흡수 → PHB, Glycogen 등으로 저장하고 이 때 인을 세포밖으로 방출
- 환경영향인자 : 유입수 성상(BOD/T-P), SRT, NO_3^- 농도, 온도 등
- ORP : -100 ~ -450 mV



무산소조

- 포기조에서 질산화된 NO_3^- 로 탈질반응에 의해 N_2 가스를 제거
- 탈질반응 미생물은 Facultative Heterotrophic Bacteria로 탈질반응시 BDOC/D 이용
- 환경영향인자 : DO, pH, 온도, 유기탄소원 등
- 무산소조의 HRT : 고율, 저율 탈질율과 반응조내 MLVSS를 이용, 산출
- ORP : -100 ~ 0 mV

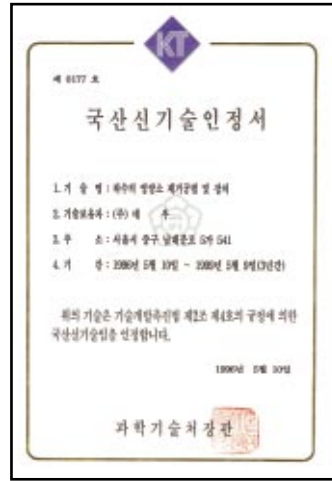
포기조

- 유입하수의 NH_4^+ 는 Nitrobacter와 Nitrosomonas (Autotrophic Bacteria)에 의해 NO_3^- 로 전환(질산화 반응)
- Poly P bacteria에 의한 인과잉흡수(인방출량의 3~5배 정도)
- 환경영향인자 : 유입수의 C/N비, DO, 온도, pH, SRT 등
- 포기조의 HRT : BOD 산화 및 질산화를 이용 산출
- 포기조의 용존산소 농도 2.0~3.0 mg/l 유지
- 포기조 유출부의 용존산소 농도 2.0 mg/l 이하로 억제
- 내부 반송시 과도한 용존산소의 무산소조로 반송억제
- 2차 침전지 내에서 혐기성 상태로 인한 인 재방출 방지

<2차 침전지 유출수 기준>

처리성능	BOD	COD _{Mn}	SS	T-N	T-P
처리수질(mg/l)	10	13	10	12	1.0
제거효율(%)	90	90	90	70	85

○ 산업재산권



• 국산신기술인정서



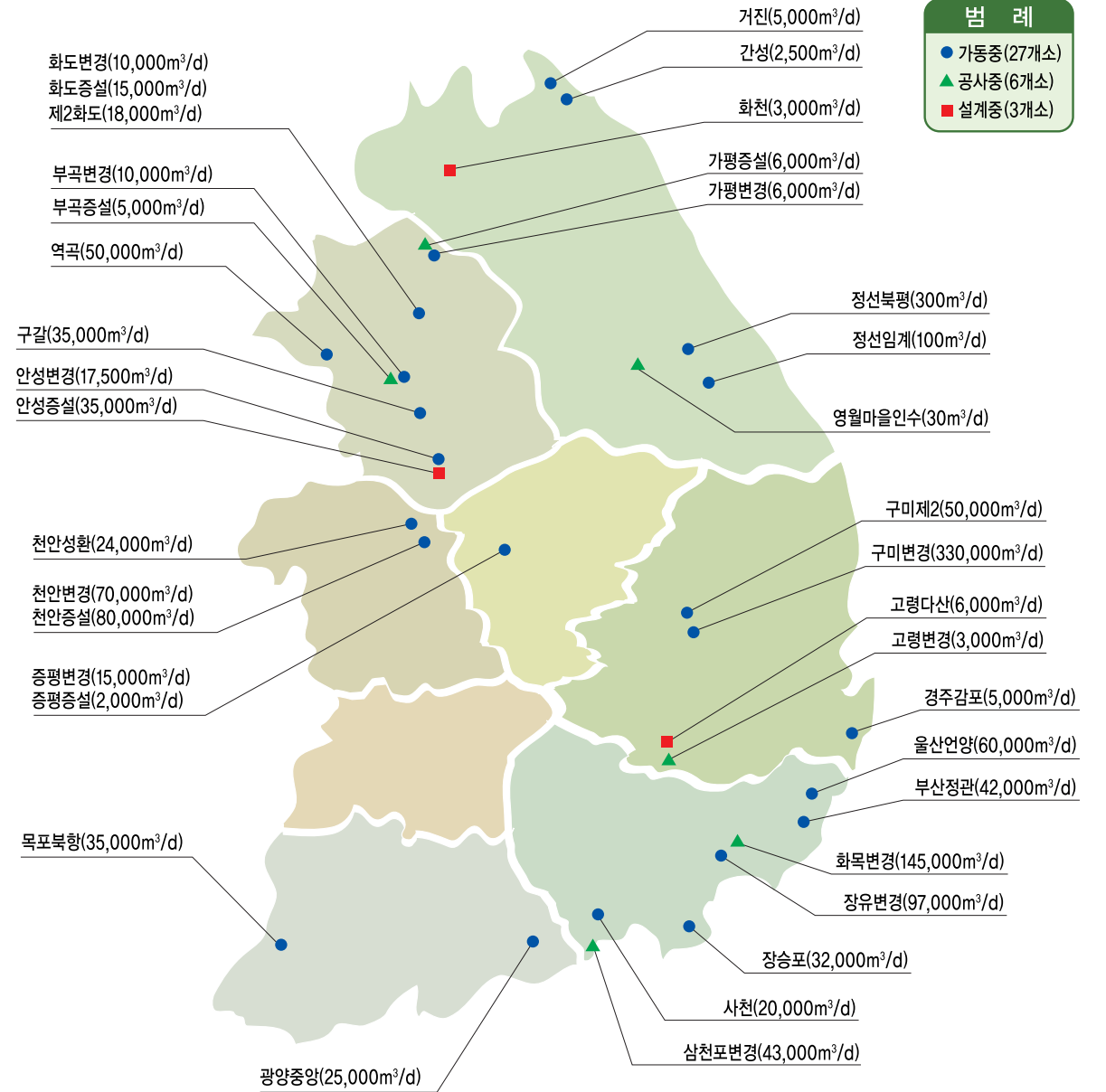
• 신기술지정증서



• 특허증

국산신기술 (KT 마크)	하수의 영양소 제거공법 및 장치	제 0177호
건교부 신기술	슬러지탈질조를 이용한 저농도하수 영양소 제거공법 (DNR 공법)	제 95호
특 허	하수의 질소, 인 고도처리장치 (DNR 공법)	제 165630호
	High Efficiency Process and Apparatus for Treating Nitrogen and Phosphorus Contained in Sewage	U.S Serial No.08/843,738 (미국)
	하수처리 방법 및 장치	제 153211호
	하수처리장치	제 140446호
	하수처리장치	제 164676호
	하수처리장치	제 164675호
의 장	하수의 질소, 인 고도처리방법 및 장치	제 0192143호
	최종침전지 유출수 배플	제 0215962호
	최종침전지용 배플	제 215444호
프로그램	최종침전지용 배플	제 215445호
	최종침전지용 배플	제 215446호
	DNR O/M 프로그램	제96-01-25-1591호
	WWT O/M 프로그램	제96-01-25-1594호

○ 적용실적



부곡하수처리장



천안하수처리장



화도하수처리장



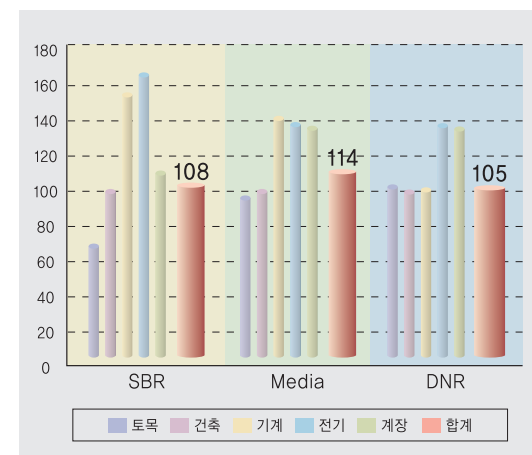
거진하수처리장

하수처리공법 비교

	공법개요	설계인자	장점	단점	운전용이성
DNR	<ul style="list-style-type: none"> 연속류식 하수처리 슬러지탈질조-혐기조 → 무산소조 → 포기조 	F/M비: 0.1~0.3 HRT: 6~8시간 MLSS: 2,000~4,000mg/ℓ PAS: 20~50% 내부반송: 100~200%	<ul style="list-style-type: none"> 슬러지탈질조설치로 인제거효율 증가 저부하, 저수온에도 가능 외자재 없음 	<ul style="list-style-type: none"> 체류시간이 여재공정 보다 다소 길 	<ul style="list-style-type: none"> 공정간단 기기간단 운전 Know-how 확보
표준활성슬러지법	<ul style="list-style-type: none"> 연속류식 하수처리 호기조로 구성 유기물만 제거 가능 	F/M비: 0.2~0.4 HRT: 4~6시간 MLSS: 1,500~3,000mg/ℓ PAS: 20~100%	<ul style="list-style-type: none"> 구조가 간단 운전이 용이 국내 운전기술능력 풍부 	<ul style="list-style-type: none"> 질소, 인 제거의 어려움 	<ul style="list-style-type: none"> 운전 및 유지관리가 용이
SBR	<ul style="list-style-type: none"> 비연속류식 하수처리 유입-반응-침전-방류-대기 	F/M비: 0.08~0.18 HRT: 6시간 MLSS: 3,000~4,000mg/ℓ	<ul style="list-style-type: none"> Bulking에 대비한 공정의 변화 가능 	<ul style="list-style-type: none"> 소형처리에 적합 중대형 처리장에 적용 불가능 	<ul style="list-style-type: none"> 운전이 어려움
Media	<ul style="list-style-type: none"> 여재를 이용한 연속류식 하수처리 혐기조 → 무산소조 → 포기조(여재설치) 	F/M비: 0.05~0.3 HRT: 6~8시간 MLSS: 3,000~5,000mg/ℓ PAS: 50~100% 내부반송: 100~200%	<ul style="list-style-type: none"> 고농도 MLSS 유지 가능 고농도 하수처리에 적합 	<ul style="list-style-type: none"> 인제거율이 낮음 소요공기량이 1.5~2.0배 정도 더 소요됨 여재설치 비용 추가 	<ul style="list-style-type: none"> 여재충진에 따른 운전기술 필요 부착미생물 관리가 어려움

경제성 검토

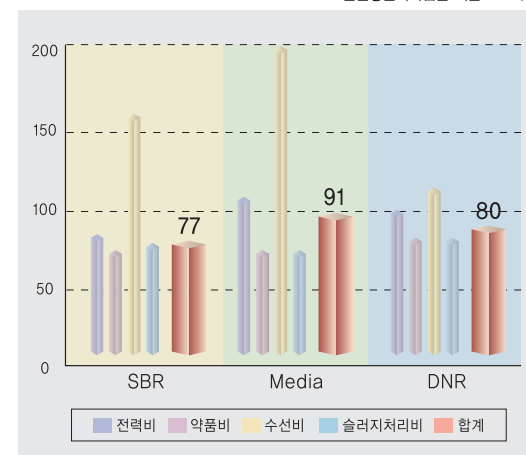
공사비



▶ 표준 활성슬러지 공법의 5% 공사비 추가로 하수 질소·인 제거 가능

유지관리비

표준활성슬러지법을 기준으로 작성



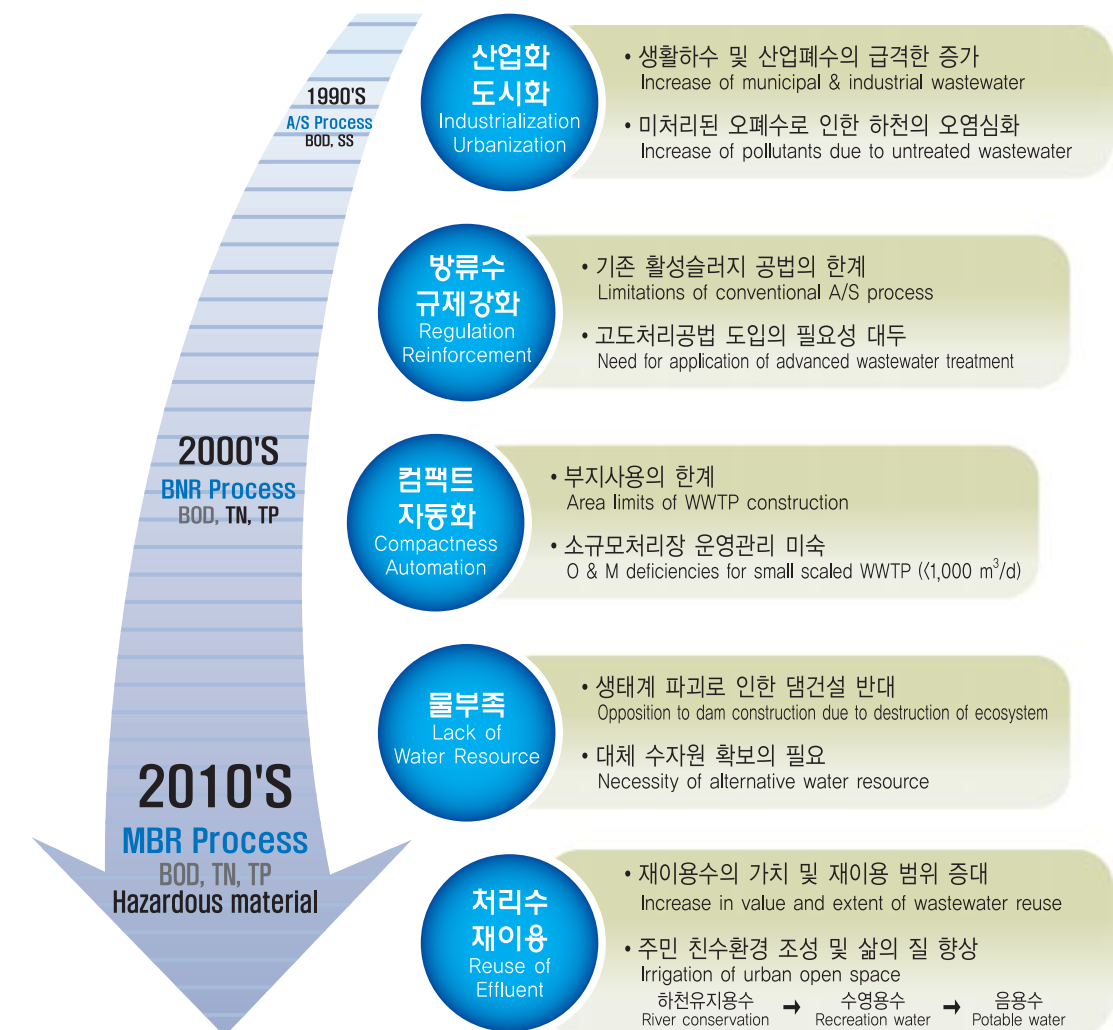
▶ 기존 표준 활성슬러지 80% 수준의 유지관리비 소요

하수 처리수 재이용을 위한

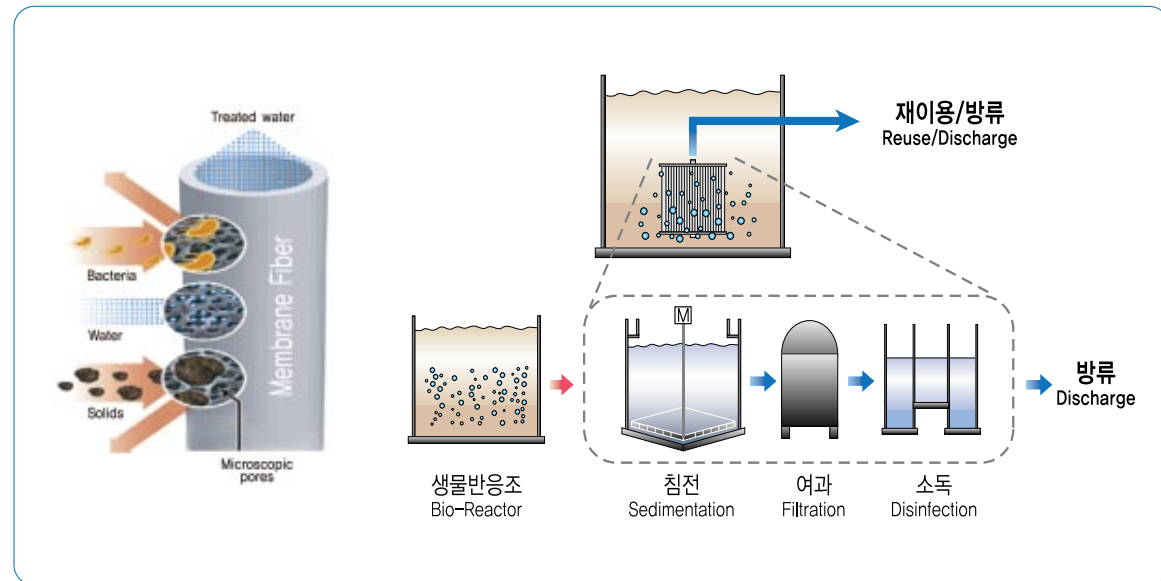
DMBR(Daewoo Membrane Bio-Reactor) Process

> ▶ DMBR [Daewoo Membrane Bio-Reactor] Process

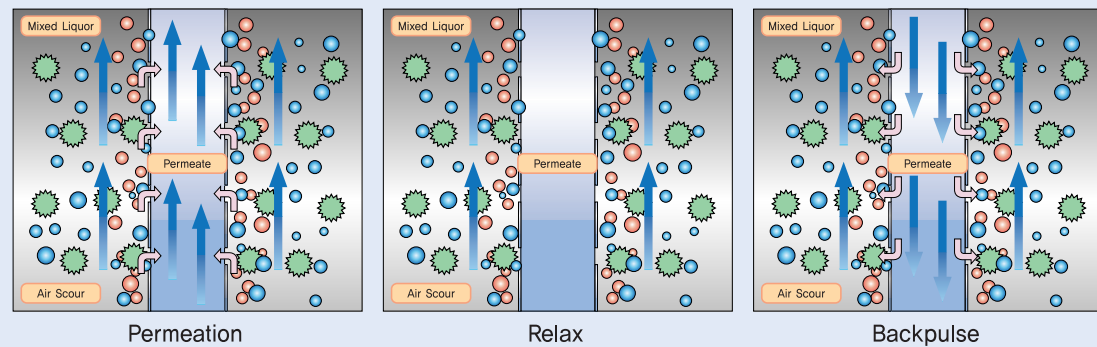
개발배경



MBR공법의 원리



운전 모드 Modes of Operation



여과 Permeation

- PLC와 여과펌프의 VFD에 의한 여과유량 제어
Permeate flow is controlled by the PLC and VFD on the permeate pumps
- 최대여과유량은 투과압력(TMP)의 상승에 의해 제한됨.
The maximum permeate flow setpoint is limited by transmembrane pressure(TMP)

휴지 Relax

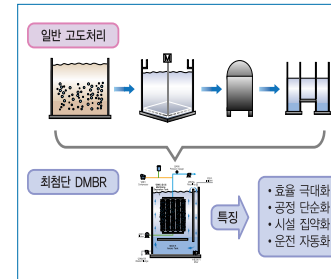
- 여과를 중지하고 공기세정만 수행함으로써 막 표면에 붙어있는 현탁물질 일부 제거
By aeration the membranes without permeating, some of the solids that have accumulated on the membrane surface are dislodged

역세 Backpulse

- 막 공극을 막고있는 입자를 제거하기 위해 여과 반대방향으로 주입
Reversing the flow of permeate through the membranes to flush trapped particles from the membrane pores and cavities

DMBR 공법 특징

소요부지 최소화



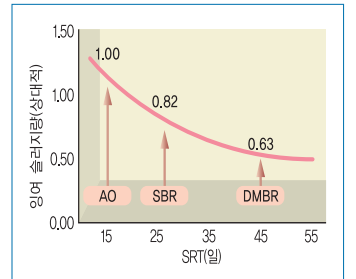
- 수처리 4개 공정 단일반응조로 집약
→ 소요부지 최소화
- 자동화 및 무인운전 용이

화학적 인제거



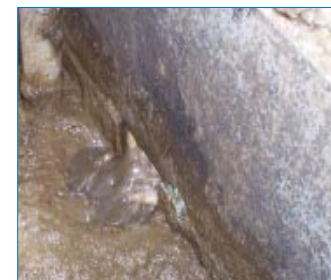
- 상시 안정적 처리수질

슬러지 발생 최소화



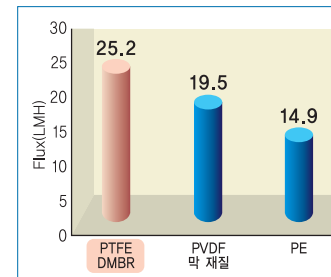
- 낮은 F/M비 운전
→ 부하대비 고농도 M.SS 유지
- 유입부하 변동의 영향 최소화

무동력 내부반송



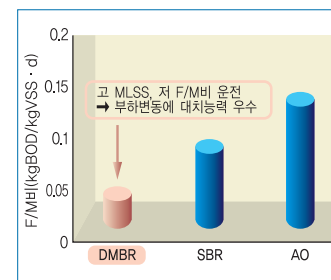
- 수류에 의한 무동력 내부반송
→ 막설비 최적배치로 수류 안정화
- 반송원료 물질로 전역비절감

높은 투과유속(Flux) 확보



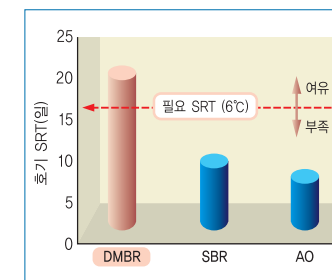
- 막 재질 중 Flux 최대
→ Flux: 25~40 LMH
- 소요 막면적 최소화

부하변동시 처리안정성



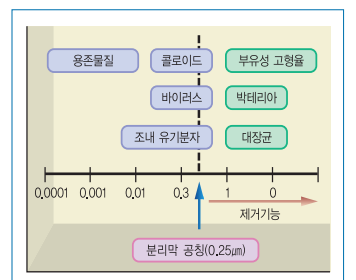
- 낮은 F/M비 운전
→ 부하대비 고농도 M.SS 유지
- 유입부하 변동의 영향 최소화

저수온 안정성 확보



- 충분한 SRT 적용(총 SRT : 45 일)
→ 6℃ 호기 SRT 20일 이상 확보
- BOD 5mg/l 이하 상시 보충

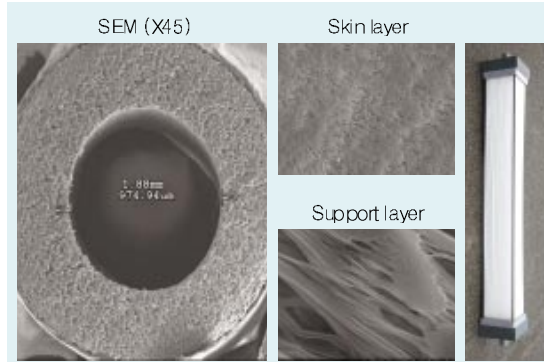
우수한 처리수질



- 공극 0.25μm 분리막(MF) 적용
→ 최강성 안화시에도 SS 완벽제거
- 대장균 제거율 우수(30개/ml 이하)

DMBR 분리막

분리막 구조 Configurations of Membrane



분리막 모듈 Membrane Module



Item	Specification
Material	PTFE
Pore size	0.25 μ m
O.D. / I.D.	2.0/1.0 (mm)
Intensity	80 N
Area	10 m ² /module
Flux	over 25 LMH

분리막 특징 Features of Membrane

Item	PTFE Membrane	Remarks
분리막 사양 Membrane Specifications	Type	Hollow Fiber
	O.D. / I.D.	2.0 / 1.0 (mm)
	Pore size	0.25 μ m (MF)
	Material	PolyTetraFluoroEthylene
	Area	5 / 10 m ²
	Clean water flux	1.25 m ³ /m ² · hr (at 100 kPa)
운전조건 Operation Conditions	TMP	≤ 50 kPa
	Flux	25 ~ 40 LMH
	Temperature	0~50 °C
	pH	1 ~ 14
	MLSS	7,000 ~ 12,000 mg/l
	Filtration	Out → In
분리막 세정 Membrane Cleaning	Air Scouring	
	Maintenance Cleaning	In-line CEB (Chemically enhanced backplushing) 500mg/l NaOCl, 1~2 times per two weeks
	Recovery Cleaning	Immersed Cleaning (Once a 6~12 Months)

• 높은 물리적 강도
(기존 중공사 막에 비해 8 ~ 10배 향상)
High physical durability

• 높은 투과 Flux
(기존 중공사 막에 비해 3배이상 향상)
High flux operation over 25 LMH

• 주기적인 유지세정을 통한
장기간 안정적인 운전
Long term operation by periodical
maintenance cleaning

• 내약품성, 내열성 우수
Highly resistant to chemicals
and Temperature

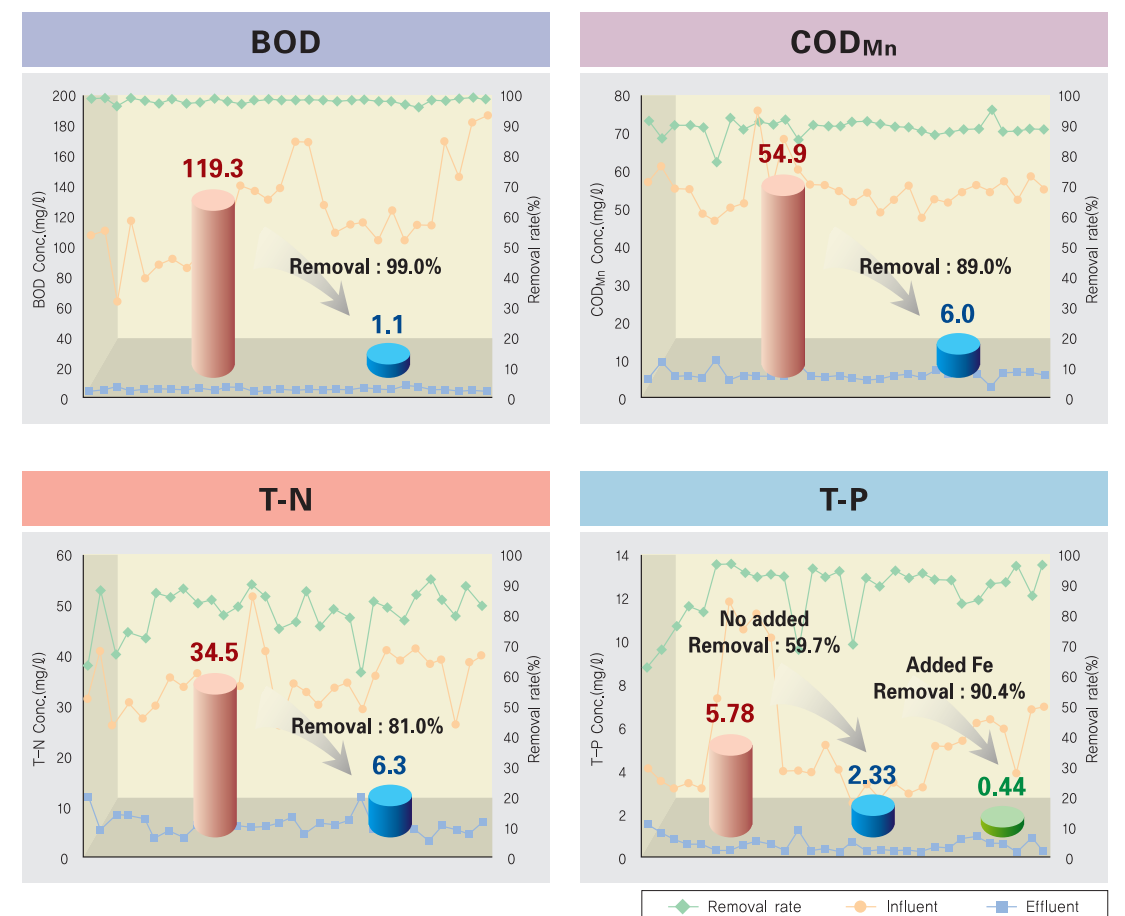
• Crossflow Filtration
• Constant Flow Filtration

DMBR 처리성능

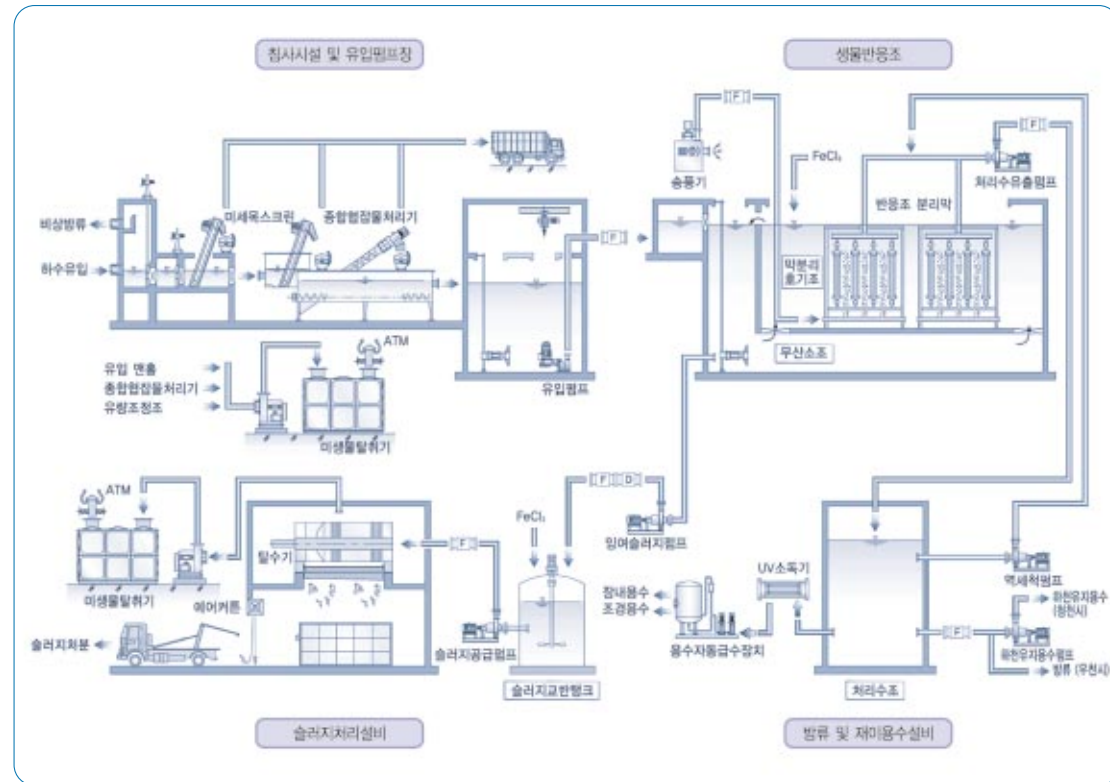
환경신기술 검증 평가 결과 Results of test for the new environmental technology by Ministry of Environment in Korea

Item	Influent (mg/l)		Effluent (mg/l)		Removal rate (%)	
	Range	Avg.	Range	Avg.	Range	Avg.
BOD	60.4 ~ 186.3	119.3	0.1 ~ 3.5	1.1	96.4 ~ 99.9	99.0
COD _{Mn}	46.3 ~ 75.5	54.9	27.1 ~ 0.1	6.0	78.2 ~ 95.0	98.0
SS	36.0 ~ 96.0	66.4	0.2 ~ 1.4	0.4	98.0 ~ 99.7	99.4
T-N	25.2 ~ 53.3	34.5	3.2 ~ 11.9	6.3	60.8 ~ 91.6	81.0
T-P	2.45 ~ 11.83	5.32	0.13 ~ 1.52	0.51	63.1 ~ 97.7	88.3
COD _{Cr}	94.8 ~ 235.9	156.9	7.1 ~ 30.5	14.7	80.3 ~ 96.3	90.3
TKN	20.3 ~ 38.7	28.5	0.15 ~ 2.37	0.83	93.1 ~ 98.7	96.7
<i>E.Coli</i> (CFU/ml)	4,600 ~ 91,000	26,250	N.D.	N.D.	—	100.0

※ 동절기 포함 6개월(04. 10 ~ 05. 3)간의 평균 수질임
Average concentration operated for 6 months including winter season (Oct. 04 ~ Mar. 05).



○ 처리계통도



○ 재이용 가능성 평가

Item		수세식변소용수 Toilet Flushing	살수용수 Agricultural Irrigation	조경용수 Landscape Irrigation	세차, 청소용수 Cleaning & Washing	DMBR 처리수 DMBR Effluent	Remarks
E.Coli.	CFU/ml	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	• 환경신기술검증 평가 기간(04.10~05.3)중 30회 분석결과 평균임. Average results of 30 times test during whole attention period for verification (Oct. 04 ~ Mar. 05) • 먹는 물 수질기준 53개 항목중 대장균군수 항목만 기준치 초과 Disqualified from only E.Coli. among 53 units of drinking water criteria
Residual chloride	mg/l	> 0.2	> 0.2	-	> 0.2	-	
Appearance	-	불쾌감을 주지 아니할 것 No unpleasantness to users					
Turbidity	NTU	< 2	< 2	< 2	< 2	0.2	
BOD	mg/l	< 10	< 10	< 10	< 10	1.1	
Odor	-	불쾌감을 주지 아니할 것 No unpleasantness to users					
pH	-	5.8 ~ 8.5	5.8 ~ 8.5	5.8 ~ 8.5	5.8 ~ 8.5	6.6 ~ 7.0	
Color	Pt-Co unit	< 20	-	-	< 20	2	
COD _{Mn}	mg/l	< 20	< 20	< 20	< 20	6.0	

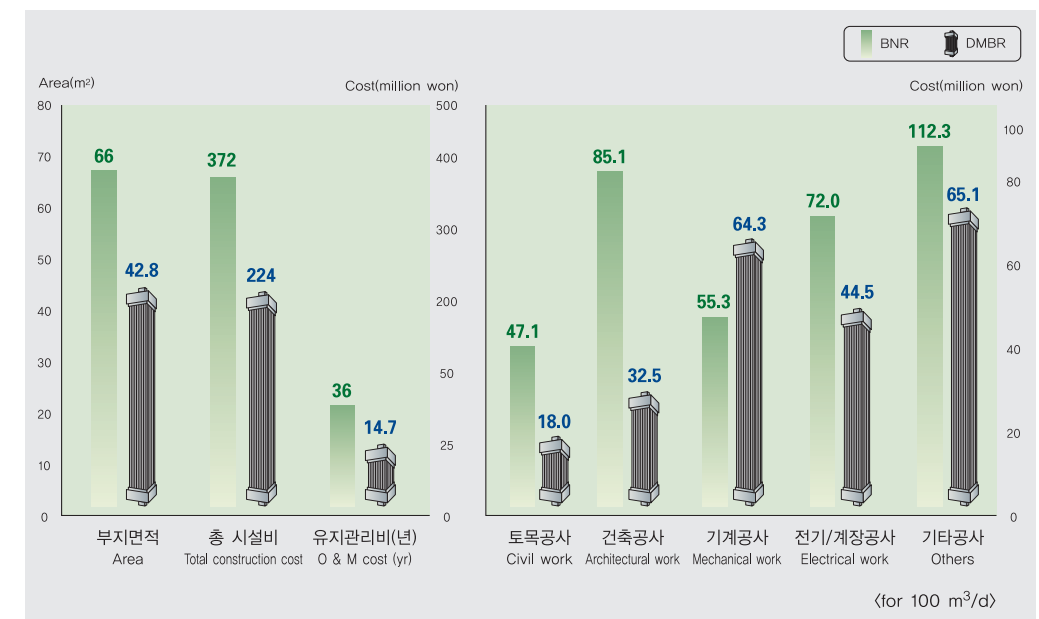
○ 산업재산권



○ 적용실적

사업명	처리장명(시설용량)
충주댐상류 하수도시설 확충공사(제2권역)	• 하 수 처 리 장 : 신니(800m³/d), 봉양(1,100m³/d), 덕산(500m³/d) • 마을하수처리시설 : 토산(290m³/d), 백운(210m³/d), 장림(220m³/d) 외 30개소
구미 산동 하수처리장 건설 및 관로설치공사	• 하 수 처 리 장 : 구미 산동(8,000m³/d)
당진(신평,송악,중흥) 하수종말처리시설 건설공사	• 하 수 처 리 장 : 신평(2,000m³/d), 송악(1,500m³/d), 중흥(700m³/d)

○ 경제성 평가



기존 BNR 대비 40% 이상 비용 절감
40% less cost than conventional BNR