

11-15430
00-00181
8-01

발간등록번호
11-1543000-001818-01

가동보를 활용한 농업비점오염 저감기술 개발 최종보고서
Improvement of Agricultural Non-point Pollutant Reduce
Technology Using Movable Weir R&D Report

2017
농림축산식품부

가동보를 활용한 농업비점오염 저감기술 개발 최종보고서

2017. 07. 23.

주관연구기관/ (주)이티워터
협동연구기관/ (주)유일기연
상명대학교

농림축산식품부

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “가동보를 활용한 농업비점오염 저감기술 개발” (개발기간 : 2017. 04. 24 ~ 2017. 07. 23)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2017. 07. 23.

주관연구기관명 : (주)이티위터 (대표자) 이 한 필 (인)
협동연구기관명 : (주)유일기연 (대표자) 이 재 혁 (인)
: 상명대학교 (대표자) 김 기 봉 (인)

주관연구책임자 : 이 한 필
협동연구책임자 : 김 필 식
: 안 병 렬

국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의
합니다.

보고서 요약서

과제고유번호	817006-01 -1-CG000	해 당 단 계 연 구 기 간	2017.04.24.~ 2017.07.23. (3개월)	단 계 구 분	(해당단계)/ (총 단 계)
연구사업명	단 위 사 업	농식품기술개발사업			
	사 업 명	기술사업화지원사업			
연구과제명	대 과 제 명	(해당 없음)			
	세 부 과 제 명	가동보를 활용한 농업비점오염 저감기술 개발			
연구책임자	이한필	해당단계 참 여 연구원 수	총: 16명 내부: 16명 외부: -명	해당단계 연 구 개 발 비	정부: 20,000천원 민간: -천원 계: 20,000천원
		총 연구기간 참 여 연구원 수	총: 16명 내부: 16명 외부: -명	총 연구개발비	정부: 20,000천원 민간: -천원 계: 20,000천원
연구기관명 및 소속부서명	(주)이티위터			참여기관명: (주)유일기연 상명대학교	
위탁연구	연구기관명: 해당없음			연구책임자: 해당없음	
본 연구의 최종목표는 가동보를 활용한 수질개선시설을 개발하여 사업화 하는 것이며, 이는 기존 제품과는 다른 명확한 차별성을 지닌 국·내외 현황에 따라 하천수질 개선을 위해 가동보에 연계 적용이 가능한 수질개선기술을 설계하여 수처리통합시스템 개발의 기반을 다짐				보고서 면수 129페이지	

〈 국문 요약문 〉

	코드번호	D-01			
연구의 목적 및 내용	<p>○ 본 연구의 최종목표는 가동보를 활용한 수질개선시설을 개발하여 사업화 하는 것으로서, 연구목표는 다음과 같음</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 수처리 효율 제고를 위한 가동보 및 수질개선기술 개발 2. 가동보와 수질개선기술 연계를 위한 핵심 부품 개발 3. 수처리 효율 증대 및 제품상용화를 위한 가동보 및 수질개선기술의 운영 기술 개발 				
연구개발성과	<p>○ 국· 내외 현황에 따라 하천수질 개선을 위해 가동보에 연계 적용이 가능한 수질개선기술을 설계개선하고 기존제품에 설계 적용</p> <p>○ 신설 및 기 설치된 가동보에 수질개선기술을 연계할 수 있도록 가동보 기술을 설계개선하고 기존제품에 설계 적용</p> <p>○ 핵심부품의 설계를 완료하여 수처리통합시스템 개발의 기반 마련</p> <p>○ 시작품 장기운영을 위한 현장을 선정하고 기초자료 조사 및 분석을 통한 기대효과 및 경제성 분석</p>				
연구개발성과의 활용계획 (기대효과)	<p>○ 개별적인 기술의 융합으로 새로운 시장을 개척할 가능성이 높고, 국내 농업용수 및 개발도상국의 하천 수질 개선에 크게 이바지할 수 있어 수요가 높을 것으로 기대됨</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 기술적 : 가동보기술과 수질개선기술의 융합을 통하여 기존에 없던 새로운 기술을 개발함으로써 최근 대두되는 가동보의 다목적 수요에 부합하고 가동보의 선진화 및 첨단화를 야기 2. 정책적 : 하천 및 수자원 관리를 위한 토탈 솔루션을 제공함으로써 다원화된 하천관리를 일원화하고 효율성 제고하여 기존시장의 경쟁력 극대화 3. 경제적 : 소재변경, 기능개선을 통해 국내 타 가동보와 유사한 수준의 비용으로 수질개선기술을 추가할 수 있으며, 오염총량관리제도 상 지자체에서 T-P 1.5kg/년 감소 시 250세대 (4인)주택을 건축할 수 있는 개발권을 부여받게 됨 				
중심어 (5개 이내)	가동보	바이오필터	융합기술	농업용수	수질개선

< SUMMARY >

		코드번호	D-02			
Purpose& Contents	<ul style="list-style-type: none"> ○ Improvement and commercialization of agricultural non-point pollutant reducing technology using movable weir 1. Improvement of pollution reducing technology using movable weir 2. Development of key components for connection technology 3. Selection of operating skills and processes 					
Results	<ul style="list-style-type: none"> ① Technical : Matching multipurpose demands and advancement of movable weir by developing convergence technology ② Politic : Unification of river management by providing total solution for water quality ③ Economic : Maximizing market competitiveness with lower cost, high impact, and direct benefits at TMDL(total maximum daily loads) 					
Expected Contribution	<ul style="list-style-type: none"> ○ Raising market competitiveness by Convergence technology ○ Improvement of water quality at home and abroad 					
Keywords	Movable weir	Bio-filter	Convergence technology	Agricultural water	Improvement of water quality	

〈 Contents 〉

1. Overview of Research and Development	6
2. Current Status of Technology Development	16
3. Development results	25
4. Achievement and Contribution	118
5. Utilization plan	121
6. Foreign science and technology information	122
7. Security grades	122
8. Research facilities and equipment	122
9. Safeguard results	122
10. Representative research results	123
11. Others	125
12. References	129

〈 목 차 〉

1. 연구개발과제의개요	6
2. 국내외 기술개발 현황	16
3. 연구수행 내용 및 결과	25
4. 목표달성도 및 관련분야에의 기여도	118
5. 연구결과의 활용계획 등	121
6. 연구과정에서 수집한 해외과학기술정보	122
7. 연구개발성과의 보안등급	122
8. 국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비현황	122
9. 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전조치 이행실적	122
10. 연구개발과제의 대표적 연구실적	123
11. 기타사항	125
12. 참고문헌	129

1장 연구개발과제의개요

코드번호	D-03
------	------

1절 연구개발 목적

○ 본 연구개발의 목적은 가동보를 활용한 수질개선시설을 개발하여 사업화 하는 것으로서, 연구 목표는 다음과 같음

1. 수처리 효율 제고를 위한 가동보 및 수질개선기술 개발
 - 수처리 용량 및 처리 기준 결정
 - 수처리 용량 및 처리 기준에 따른 가동보 설계 기술 개발
 - 수처리 용량 및 처리 기준에 따른 수질개선기술 개발
 - 시작품 실험을 위한 최적 실험 설계 기술 개발
2. 가동보와 수질개선기술 연계를 위한 핵심 부품 개발
 - 하천유량 및 수처리 용량을 고려한 가동보개선 및 추가 Application 개발
 - 가동보에 적용 가능한 수처리 핵심 부품 개발
 - System의 패키지화
3. 수처리 효율 증대 및 제품상용화를 위한 가동보 및 수질개선기술의 운영 기술 개발
 - 가동보 연계 수처리 패키지의 현장 적용 및 운영
 - 현장 적용 및 운영을 통한 핵심 부품의 보완 개발
 - 수처리 효율 제고를 위한 운영 및 유지관리 기술 개발

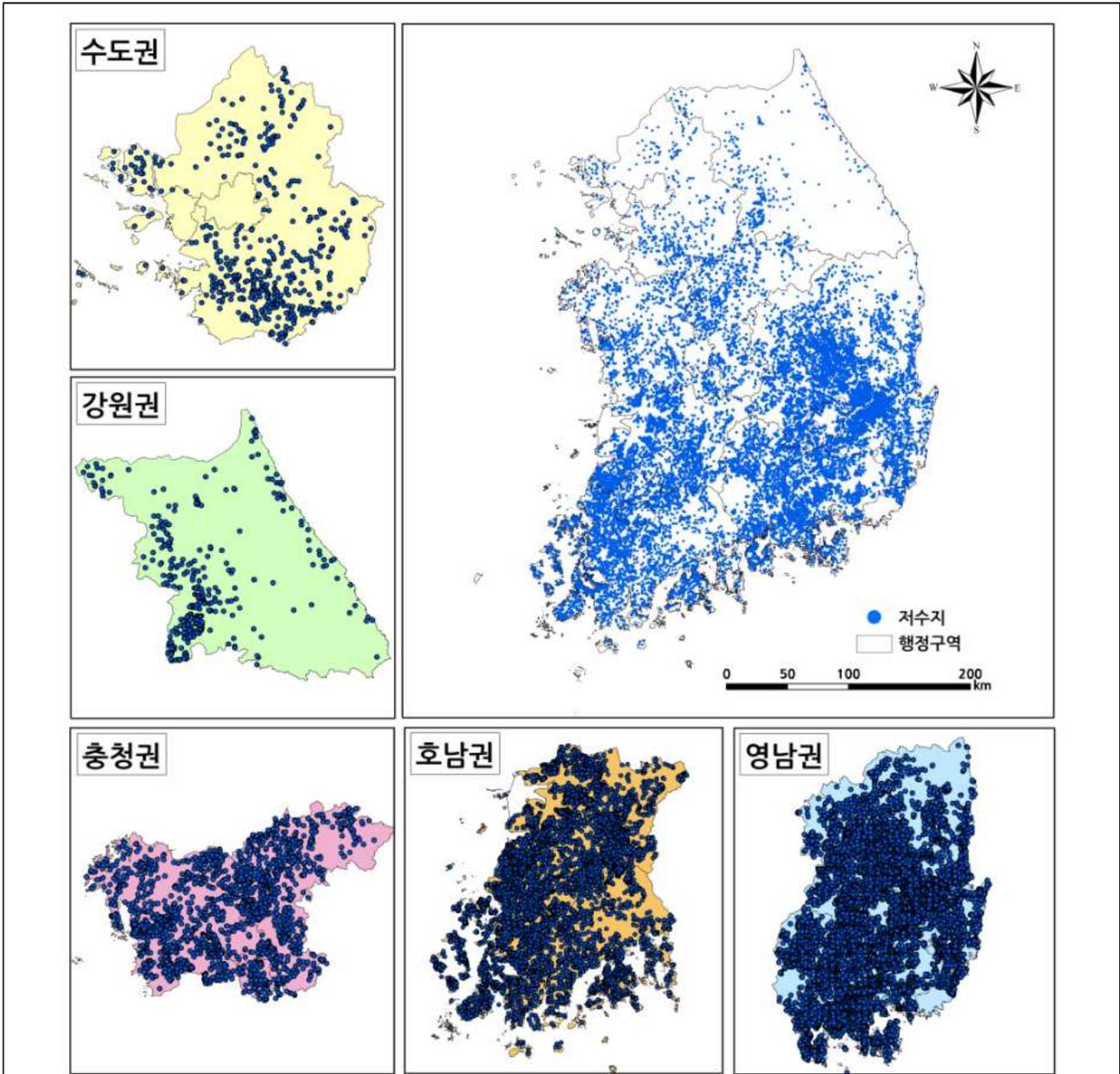


2절. 연구개발의 필요성

1. 국내 현황

가. 농업용수 현황

- 근래 우리나라는 생활수준의 향상과 소득증가로 인하여 삶의 질에 대한 관심이 높아지고 있으며, 이와 함께 생활환경 및 생명활동에 직접적인 물에 대한 사회적 인식이 매우 빠르게 변화되고 있음
- 지난 세기의 후반까지는 필요수량을 확보하고 재해를 방지하는 이·치수 차원의 수자원 관리가 주요한 관심사였으나, 최근 수자원의 효율적 관리로부터 한층 나아가 양질의 수자원 확보는 매우 중요한 사회적 이슈로 자리매김하게 되었음
- 국내 연간 수자원량 337억 m³중 농업용수가 차지하는 양은 160억 m³으로 전체 사용수자원의 47%를 차지하고 있으며, 이 중 약 80% 이상이 논농사를 위한 관개용수로 사용되고 있음
- 용수이용량이 가장 많은 농업용수 중에서 농업수리시설에 의해 공급되는 양은 연간 101억m³에 달하며, 이 중 저수지와 담수호에 의해 공급되는 양이 각각 47억m³과 20억m³으로서 67%를 차지하고 있어 우리나라의 농업용수는 저수지와 담수호, 특히 저수지에 대한 의존도가 대단히 높음
- 농업용 저수지는 전국에 총 17,516개소가 분포하며, 시도별 분포현황은 경북이 5,546개소로 가장 많은 분포를 보이고, 경남 3,199개소, 전남 3,236개소, 전북 2,260개소 순으로 나타남. 시도별 분포현황을 5개 권역별로 재분석해본 결과 영남권(9,415개소)과 호남권(5,636개소)에 약 86%의 농업용 저수지가 분포<그림 1-1>
- 농업용수 수질현황을 파악하기 위하여 농업용수 수질측정망 815개소(환경부 15개소, 농림수산식품부 800개소)의 5개년(2008~ 2012) 수질자료를 이용하여 분석한 결과 143개소(17.5%)가 호소의 생활환경기준의 농업용 저수지 ‘나쁨(IV)’ 등급을 초과함
- 최근 연평균 강수량의 감소로 갈수기에는 자연 하천유량 및 저수지 저수량의 부족을 초래하여 수질악화의 주요 원인이 되고 있으며, 비점오염원의 영향으로 인해 그 피해가 가중되고 있어 안전한 농업용수 공급, 우수농산물관리(GAP)와 쾌적한 생활환경에 지장이 우려됨
- 특히, 지류지천의 물 공급원 역할을 하는 농업용저수지 상당 부분이 농경지 비점오염원 등으로 오염되어 하류 수질을 악화시키는 요인으로 작용함에 따라 저수지 유입하천 및 하류하천의 수질개선기법이 요구되고 있는 실정임



<그림 1-1> 농업용 저수지 전국분포현황(17,516개소)

자료] 한국농어촌공사 농어촌연구원

나. 수리시설 현황

- 최근 기후변화로 인한 홍수와 가뭄의 빈도 변화는 가용 수자원량의 변화를 가져오고 있으며, 불안정한 유역 내 용수 공급을 야기함
- 이와 더불어 토지이용변화에 따른 수요공급의 변화에 대처할 수 있는 물 관리 방안이 요구되는 실정이며, 방안의 일환으로 갈수기에 대비하여 하천에 지속적으로 보가 설치되고 있음
- 하천을 횡단하여 설치되는 보는 평상시 하천을 저수하여 수자원을 확보하고 홍수시 충분한 통수 단면적을 확보해야 하는데, 기존의 고정보는 홍수시 상류측 홍수범람을 야기하고 토사

퇴적으로 인하여 하천통수능을 저하시키는 등의 문제점이 발생하여 기·도복이 가능한 가동보로 교체 및 신설되고 있음

- 가동보는 하천의 이·치수 목적뿐만 아니라 수자원 관리, 친수공간 조성, 소수력 발전 등과 같이 다양한 분야에서 요구되고 있으며, 국내의 경우 최근 시행된 4대강 사업, 저수지 증고사업, 지류하천 정비사업 등과 같은 국가사업에 있어서 하천 관리를 위한 토탈 솔루션으로 가동보의 수요가 급증하고 있음
- 하천에 설치되는 가동보는 크게 3가지 형식으로 분류되는데, 공기 급배기 방식의 고무보, 유압식 철판 전도게이트, 에어백과 철판 게이트를 혼용한 개량형 가동보로 분류되며 국내에서는 고무보 형식을, 선진국에서는 개량형 가동보 형식을 많이 적용하고 있음<그림 1-2>



고무보



전도게이트



개량형 가동보

<그림 1-2> 가동보의 종류

- 가동보에 의해 저류되는 하천수의 수질을 개선하여 깨끗한 농업용수 공급과, 농업비점오염원의 하천수질영향을 최소화 할 수 있도록 분산지역 수처리공법으로 사용되고 있는 바이오필터공법을 개선하여 가동보에 연계 적용이 가능한 수질개선기술을 개발하고 함

다. 국내 하천 현황

- 대부분의 가동보가 중소규모 하천에 설치되는 점을 고려하여 한국하천일람(2012, 국토부)에서 한강, 낙동강, 금강 권역별로 하천폭 20~30m의 하천을 분류
- 분석자료의 신뢰성 확보를 위해 국가수자원종합정보시스템(WAMIS)에서 제공하는 유황분석 자료를 활용하였으며, 하천폭으로 분류된 하천 중 WAMIS의 유황분석자료를 보유한 하천을 2차적으로 분류함
- 최종적으로 분류된 한강권역 하천 6개소, 낙동강 권역 6개소, 금강 권역 5개소 하천을 대상으로 자료를 수집·분석하여 일반적인 하천인자를 도출함
- 홍수 시 가동보는 완전도복됨에 따라 하천유량은 평수량, 저수량, 갈수량을 주요하게 검토하였

으며, 검토결과 갈수기 평균유량은 0.0409 m³/sec로 고농도 저유량의 수질개선기술을 적용하는 것이 바람직할 것으로 판단되며, 평수량과 저수량 평균유량은 0.05 m³/sec를 초과함에 따라 처리효율 다소 낮지만 처리용량이 많은 고속처리공법 적용이 요구됨<표 1-1>

<표 1-1> 하천의 기본정보 및 유황분석자료

유수 계통		하천정비기본계획				유역 정보			하상 경사	유황분석			
권역	하천명	빈도	홍수량 (m ³ /s)	홍수위 (EL.m)	하폭 (m)	유로 연장 (km)	유역 면적 (km ²)	평균 고도 (EL.m)		풍수량 (95)	평수량 (185)	저수량 (275)	갈수량 (355)
한강 권역	울현천	50	48	51.20	24	3.62	2.76	91.30	0.0068	0.0678	0.0463	0.0333	0.0259
	왕곡천	80	81	54.57	24	4.20	4.06	178.70	0.0182	0.0830	0.0429	0.0239	0.0109
	승두천	50	115	13.71	26	6.99	9.78	43.97	0.0028	0.2820	0.1600	0.0430	0.0110
	산하천	50	140	17.89	28	5.72	11.52	66.23	0.0045	0.3130	0.1950	0.1200	0.0270
	장등천	50	125	6.56	20	5.54	7.80	25.04	-	0.2066	0.1207	0.0582	0.0178
	남전천	50	195	3.77	30	6.60	16.80	46.00	0.0009	0.4673	0.1429	0.0734	0.0116
낙동강 권역	대석천	100	140	24.77	25	5.50	8.94	213.82	0.00885	0.0910	0.0450	0.0230	0.0080
	안태천	80	226	10.70	28	8.00	32.51	267.49	0.00465	0.5100	0.2390	0.1140	0.0390
	우동천	100	115	0.76	20	3.10	3.71	242.19	0.00200	0.0800	0.0400	0.0200	0.0100
	무림천	80	145	3.12	28	4.71	7.25	138.94	0.00130	0.2151	0.1133	0.0604	0.0230
	영지천	80	100	1.65	20	3.62	3.48	187.51	0.00741	0.2930	0.2020	0.1730	0.1370
	평천	80	203	13.20	30	3.67	7.42	228.09	0.01587	0.6250	0.4310	0.3680	0.2940
금강 권역	후창천	50	56	348.00	20	4.50	4.22	609.28	0.0277	0.1050	0.0550	0.0300	0.0120
	북고천	80	68	7.12	24	3.57	3.50	47.07	0.0012	0.0462	0.0215	0.0153	0.0121
	계양천	80	72	4.75	26	2.94	2.93	27.75	0.0008	0.0387	0.0180	0.0128	0.0101
	옥포천	80	90	3.62	25	4.92	4.69	26.63	0.0008	0.0863	0.0483	0.0327	0.0191
	지산천	80	90	155.19	25	2.88	4.07	650.00	0.0154	0.0890	0.0590	0.0430	0.0270
평균									0.2117	0.1165	0.0732	0.0409	

2. 국외 현황

가. 환경·보건적 측면

- 대부분의 개발도상국 국가에서는 환경제도 및 기술부족, 현지여건 등으로 인하여 생활하수와 축산폐수 등이 처리되지 않고 방류되어 식수원인 하천 및 호소 수질을 악화시키고 있음
- 유니세프의 통계자료에 따르면 전 세계 약 11억 명(20%)이 깨끗한 식수를 공급받지 못하고 있으며, 26억 명이(47%) 기본적인 공중 위생시설이 갖춰지지 않은 환경에 노출되어 있음
- 이로 인해 전 세계 5세 이하 어린이들이 수인성 질병으로 매 8초마다 죽어가고 있으며, 최악의 수질과 위생시설의 결여는 이질 등 장내질병으로 죽어가는 5세 이하 어린이 (연간 약 150만 명) 사망원인의 90%에 해당하고, 아프리카의 경우 매년 어린이 1,800만 명이 수인성질병으로

인해 사망하고 있다고 보고됨

- 선진국형 적용중인 수질개선기술은 자체의 설치비용이 많이 소요될 뿐 아니라, 관망 등의 인프라가 구축되어야하며, 운영을 위해 전문 인력이 상시 대기해야 한다는 점에서, 상대적으로 소득 및 교육수준이 낮고 생활지역이 분산되어 있는 개발도상국 국가에는 부적합함
- 동남아시아 개발도상국가들은 열대기후에 의한 건기와 우기가 발생함에 따라 강우의 분포가 일정하지 않기 때문에 안정적인 식수 및 농업용수 확보가 어려움
- 이에 용수확보를 위한 국내 가동보 건설 기술이 각광받고 있는 상황이며, 수출량이 점차적으로 증대되고 있으며, 현지 정부 및 기관에서 가동보의 이차수 기능과 더불어 추가적인 수질개선효과를 강력하게 요구하는 실정임
- 이러한 개발도상국의 상황에 따라, 가동보와 더불어 가동보에 연계 적용이 가능한 수질개선기술의 개발 및 사업화가 시급함

나. 국제정책적 측면

- 2000년 UN 밀레니엄 회담에서 채택된 MDGs 8개 분야의 국제개발 목표에 따르면, 193개 유엔의 모든 회원국과 최소한 23개의 국제기구들이 2015년까지 극심한 빈곤과 기아 퇴치, 초등교육의 완전 보급, 성 평등 촉진과 여권 신장, 유아사망률 감소, 임산부의 건강개선, 에이즈/말라리아/기타 질병의 퇴치, 환경의 지속 가능성 보장, 개발을 위한 글로벌 파트너십 발전을 이루고자 함
- '지속 가능한 환경개발을 이룬다'는 새천년 개발목표(MDGs) 제7항에 명시된 세부목표엔 2015년까지 안전한 물과 하수도보급을 포함하여 화장실을 이용하지 못하는 인구를 절반으로 줄이는 것이 포함
- 식수와 위생시설에 1달러를 투자하면 질병으로 인한 보건비용을 감소시켜 최소 3달러에서 최대 34달러까지 경제효과를 거둘 수 있다고 보고됨
- 국제적으로 경제협력개발기구(OECD), 개발원조위원회(DAC) 국가들이 아프리카에 원조하고 있으며, 2008년 OECD 개발원조위원회의 아프리카 원조규모 1044억 달러로, 한화 120조 5천억 원에 해당됨
- 국내적으로 한국국제협력단(KOICA), NGO단체 등이 공적개발원조(ODA) 활동을 하고 있으며, 2015년까지 ODA지출을 국민총소득(GNI)의 0.25%(대략 30억 달러)를 달성할 계획임
- KOICA 무상원조 협력대상국은 56국으로 이중 16개국이 동남아시아국가임 <표 1-2>

<표 1-2> KOICA 무상원조 협력대상국

구분	아시아	중남미	동구·CIS	중동	아프리카
56국	16국	11국	6국	5국	18국
중점 협력국 (19국)	라오스, 몽골, 방글라데시, 베트남, 필리핀, 스리랑카, 인도네시아, 캄보디아	과테말라, 파라과이, 페루	우즈베키스탄, 카자흐스탄	이라크	이집트, 에티오피아, 탄자니아, 세네갈, 나이지리아
	8국	3국	2국	1국	5국
일반 협력국 (37국)	네팔, 동티모르, 미얀마, 아프가니스탄, 중국, 파키스탄, 피지, PNG	니카라과, 도미니카(공), 볼리비아, 에콰도르, 엘살바도르, 온두라스, 자메이카, 콜롬비아	아제르바이잔, 우크라이나, 투르크메니스탄, 키르기스스탄	예멘, 요르단, 이란, 팔레스타인	모로코, 알제리, 앙골라, 잠비아, 짐바브웨, 카메룬, 튀니지, 가나, 케냐, 수단, 콩고(DRC), 코트디부아르, 마다가스카르
	8국	8국	4국	4국	13국

3. 사업의 필요성

- 주관기관인 (주)이티위터는 미국, 캐나다, 일본 등 국내외 수차례 검증된 바 있는 바이오필터 기술을 개선한 분산지역 수처리시스템을 개발하여, 남아프리카 스와질랜드 SCU (Swaziland Christian University)에 수출한 바 있으며, 남아프리카 현지 정부기관과 시범사업을 추진중에 있음
- 남아프리카 현지 정부 및 기관은 현지특성에 적합하고, 저전력과 태양광을 이용한 자가발전, UV 소독 및 산화시스템을 이용한 저렴한 유지관리비용 등을 분산지역 수처리시스템의 큰 장점으로 평가하고 있음
- 협동기관인 (주)유일기연은 가동보 전문업체로 250여개의 국내 시공실적을 보유중이며, 캐나다, 필리핀, 베트남 등에 수출하고 있음
- 특히, 베트남 현지 정부 및 기관은 가동보에 대해 지대한 관심과 긍정적인 반응을 보이고 있으며, 가동보의 이·치수 기능과 더불어 추가적인 수질개선효과를 요구하는 실정임
- 국내외 현황에 따라 하천수질 개선을 위해 가동보에 연계 적용이 가능한 수질개선기술과 기 설치된 가동보에 수질개선기술을 연계할 수 있는 가동보의 추가 Application의 개발이 요구되고 있으며, 이는 기존 제품과는 다른 명확한 차별성을 지님
- 개별적인 기술의 융합으로 새로운 시장을 개척할 가능성이 높고, 국내 농업용수 및 개발도상국의 하천 수질 개선에 크게 이바지할 수 있을 것으로 기대됨

3절. 연구개발 범위

1. 연구개발 대상 및 기술·제품의 개요

○ 본 사업으로 개발하고자하는 융합기술의 개념과 조건은 다음과 같음

- ① 가동보에 의해 저류되는 하천수의 수질개선
- ② 유량조건에 따른 수질개선방법의 개별적인 적용
 - 저유량 시기 : 영양물질 처리효과가 높지만 처리용량이 제한적인 바이오필터시스템
 - 고유량 시기 : SS 등 부유물질 처리효과만 예상되지만 처리용량이 큰 고속처리공법
- ③ 기 설치된 가동보에도 적용이 가능하도록 가동보 추가 Application 개발
- ④ 저유량시 수질개선시설 방류수를 어도에 방류하여 어도 유지수량 공급
- ⑤ 전력소모를 최소화 하고 유지관리가 용이하도록 설계
- ⑥ 하천 경관을 고려한 Design과 지역주민의 안전 고려
- ⑦ 운반 및 설치가 용이한 패키지화



<그림 1-3> 개발기술의 개념도

○ 본 사업으로 개발하고자하는 융합기술의 장점은 다음과 같음

- 가동보 고유 기능인 이수 및 치수 기능을 유지하며, 추가적인 수질개선 기능 확보
- 설치장소의 제약이 적어 어떠한 하천에도 설치가능
- 도복하여 하천수 전량 배제가 가능하여 준설의 필요가 없음
- 우수한 내구성으로 유지관리 용이
- 처리공정이 단순하여 설치 및 운영이 용이함
- 기계적처리 및 화학약품처리를 하지 않아 운영 및 유지관리비용이 낮음
- 태양광을 이용한 자체 전력시스템을 이용하기 때문에 시스템운영이 안정적이고 전력공급이 없는 지역에서도 운영가능
- 미생물분해로 인해 오폐수처리 후 가장 큰 문제점인 슬러지(폐기물) 발생량이 미미함

2. 기술사업화지원사업의 목표 및 범위

가. 연구개발 목표

- 주관연구기관((주)이티위터) : 수질개선기술 설계개선 및 기존제품 설계 적용
- 협동연구기관1((주)유일기연) : 가동보 설계개선 및 기존제품 설계 적용
- 협동연구기관2(상명대학교) : 최적 설계인자 및 고속처리공법 적용방안 도출

나. 연구개발내용 및 범위

- 주관연구기관((주)이티위터)
 - 운반 및 설치가 용이하도록 바이오필터 시스템 개선안 제시 및 설계적용
 - 고속처리공법 설계
 - 위탁연구 수행 : 기술가치평가 분석, 기술정보수집, 특허정보조사
- 협동연구기관1((주)유일기연)
 - 가동보로 저류된 하천수의 수질개선기술 유입을 위한 저류시설 및 유입시스템 설계
 - 고속처리시설 적용을 위한 유량분배시스템 설계
- 협동연구기관2(상명대학교)
 - 처리용량 및 수질처리 기준 설정
 - 기존기술조사 및 적용가능성 검토를 통한 고속처리공법 선정

3. 향후 과제 수행시 목표 및 범위

가. 연구개발 목표

- 주관연구기관((주)이티위터) : 수질개선 기술 개선, 융합기술 개발 및 상용화
- 협동연구기관1((주)유일기연) : 가동보 기술 개선, 융합기술 개발 및 상용화
- 협동연구기관2(상명대학교) : 시제품 운영에 따른 모니터링 및 검증

나. 연구개발내용 및 범위

- 주관연구기관((주)이티위터)
 - 운반 및 설치가 용이하도록 바이오필터 시스템 개선
 - 고속처리시설 개발
 - 시제품 제작 및 현장적용
 - 시제품 장기운영 및 모니터링을 통해 운영 및 유지관리 방안을 도출하고 제품의 설계보완 및 개선
- 협동연구기관1((주)유일기연)
 - 가동보로 저류된 하천수의 수질개선기술 유입을 위한 저류시설 및 유입시스템 개발
 - 고속처리시설 적용을 위한 유량분배시스템 개발
 - 수질개선기술 방류수를 활용한 어도 유지용수 공급 및 역류방지 시설 개발
 - 시제품 제작 및 현장적용
 - 시제품 장기운영 및 모니터링을 통해 운영 및 유지관리 방안을 도출하고 제품의 설계보완 및 개선
- 협동연구기관2(상명대학교)
 - 고속처리공법 개선
 - 시제품 장기운영시 모니터링을 통한 기술검증

2장 국내외 기술개발 현황

코드번호

D-04

1절 국내·외 개발기술동향

1. 가동보 기술

- 개량형 가동보는 1980년대에 일본과 미국에서 비슷한 시기에 개발되어 현재까지 하천사업에 활발히 적용되고 있으며 국내에는 2000년대 중반에 도입되어 그 수요가 증가하고 있음
- 국내에서는 1980년대까지 콘크리트 고정보를 설치해 왔으나, 고정보 상류측 유속감소로 인하여 토사가 퇴적되어 홍수시 통수능력 저하뿐만 아니라 수질 오염 등의 문제점이 발생하고 있는 실정임
- 기존의 콘크리트 고정보는 대부분 그 기능을 상실하여 철거되거나 가동보 형식으로 재설치되는 추세이며 1980년대 말 동북댐 여수로에 가동보 설치를 시작으로 가동보 설치 기술이 활발히 적용되고 있으며, 가동보 설치기술로는 대표적인 형식으로는 고무보, 유압식 전도 게이트, 개폐식 수문, 힌지식 자동 수문, S&R 가동보 등이 있으며 국내에서는 고무보와 개량형 가동보 설치기술의 수요가 증가하고 있는 추세임



고무보 설치 기술



개량형 가동보 설치기술



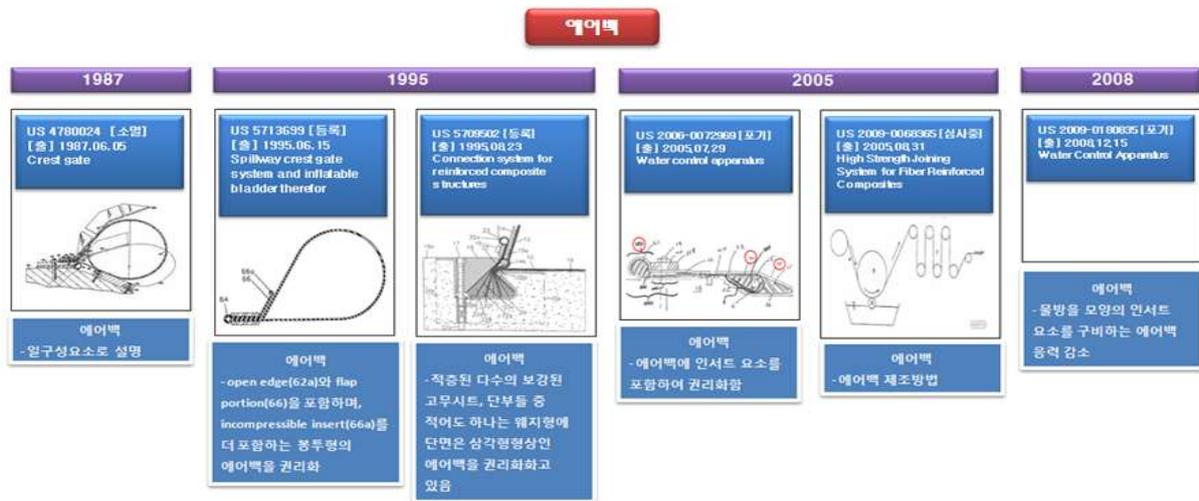
유압식 전도게이트 설치 기술



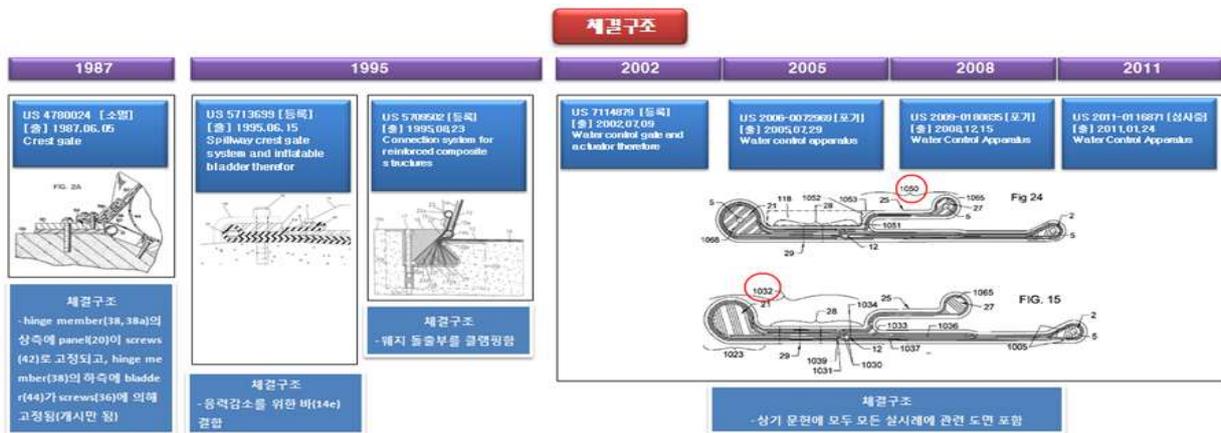
힌지식 자동수문 설치기술

<그림 2-1> 다양한 형식의 가동보 설치기술

- 기존의 개량형 가동보 설치기술은 편류현상이 발생하여 가동보 상류로 하천이 월류되지 못하는 부분은 부유물 정체로 인하여 경관이 훼손되고 수질 오염의 원인이 되는 문제가 발생함
- 가동보기술과 관련하여 개발 초기부터 현재까지 국내·외에서 진행되었던 연구 및 확보된 기술에 대하여 선행조사를 수행한 결과, 에어백의 경우에는 재질은 동일하나 그 모양과 구조가 변화되고 있으며, 체결구조는 철판패널과 기초에 체결되는 부분의 구조가 변경되고 있었으며, 역전도 방지 기술은 역전도 방지끈의 체결 위치를 변경하고 있는 것으로 조사되었음

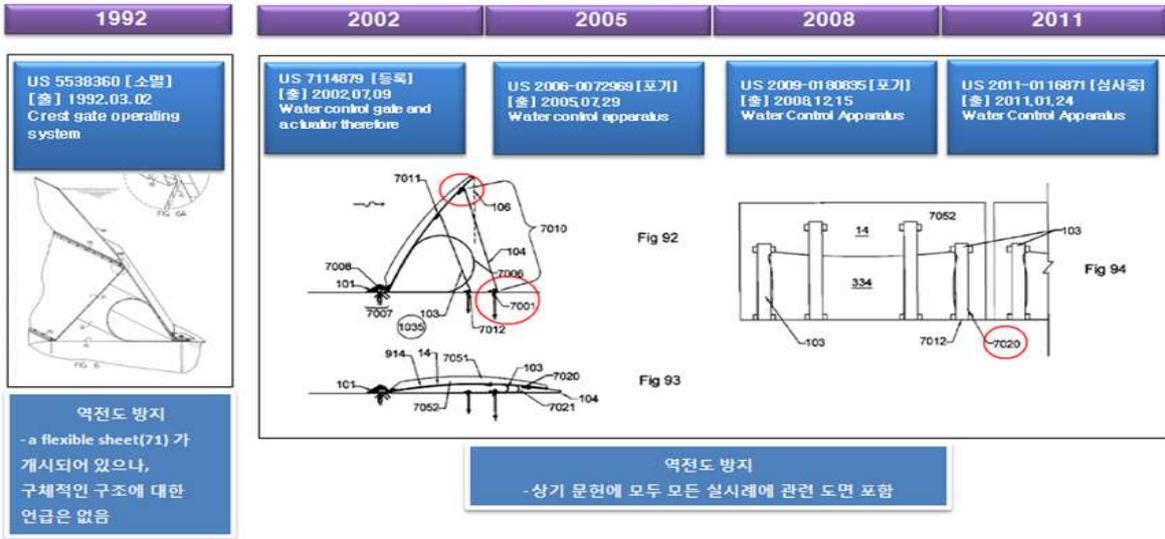


<그림 2-2> 에어백 기술 동향



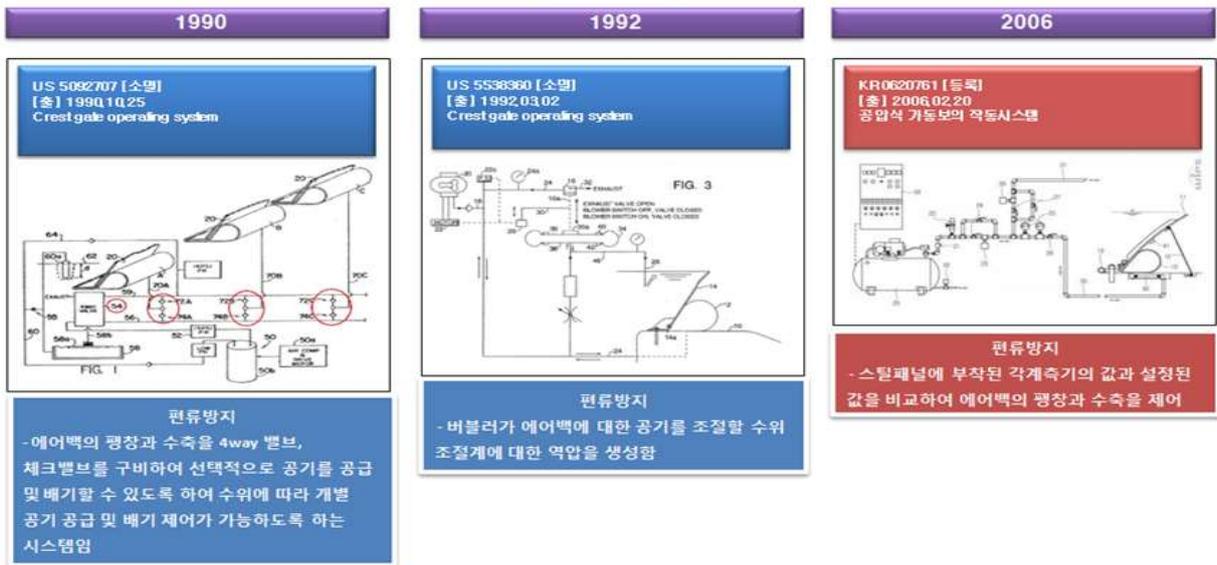
<그림 2-3> 체결구조 기술 동향

역전도 방지



<그림 2-4> 역전도 방지 기술 동향

편류방지



<그림 2-5> 편류방지 기술 동향

2. 수질개선기술

가. 국내현황

- 바이오 필터는 효소나 미생물을 이용하여 오염물질이나 독성물질을 제거하는 기술로서, 수처리
 - 탈취· 미생물 제거 등으로 세분화 되어, 화학· 의료· 환경분야에 널리 사용되고 있음
- 국내 바이오필터 기술은 상당히 높은 수준에 있으나, 주로 악취제거를 용도로 사용되고 있음

뿐, 국내 하수처리장 및 하수도보급률이 높아짐에 따라 소규모하수처리분야에서는 거의 사용되고 있지는 않은 실정이며, 하천수질개선에는 적용된바 없음

- 과거에는 바이오필터에 사용되는 여재의 경우 상당부분이 외국 선진사의 여재를 수입하여 적용하거나 단순 모방하여 적용한 경우가 적지 않았으나 최근에 들어 일부업체들은 자체개발 또는 기술도입을 통하여 중소규모의 하·폐수 처리시설에 적용하여 실적을 쌓고 있는 상황임
- 국내에서는 (주)자연과환경에서 ‘고친수성 여재를 이용한 바이오필터 하수 및 오수 처리방법’ 과 (주)테노바엔비타에서 ‘축산 폐수처리시스템’ 에 대한 특허를 보유하고 있으나, 국내시장의 수요가 없어 제품의 생산은 하고 있지 않음
- 효성에바라엔지니어링(주)에서 ‘접촉폭기 바이오리액터’ 와 ‘오폐수 처리용 미생물 접촉재’ 의 특허와 (주)미래지앤씨에서 ‘바이오필터를 이용한 오폐수처리장치’ 특허를 보유하고, 하수처리시스템의 처리단계중 하나로 개발하여, 대규모 하수처리장사업에 설치하고 있음
- 이외 바이오필터를 이용한 수처리시스템이 농촌산간 분산지역에 일부 설치, 운영되고 있으나 유지관리의 어려움 등의 문제점이 있고, 처리효율이 낮기 때문에 이에 대한 시스템의 개선이 필요함

<표 2-1> 국내 업체 및 기관 개발 현황

개발기관명	제품명	개발내용	비고
(주)자연과 환경	KN-NEWS공법	하수 및 오수처리용 바이오필터 시스템 개발	특허 보유
(주)테노바엔비타	축산 폐수처리시스템	섬유형태의 필터를 적용하여 폐수에 잘 적응하는 우수균주를 분리하여 고정화시키는 회전형 생물막필터를 이용한 축산 폐수처리시스템 개발	특허 보유
효성에바라 엔지니어링(주)	비씨플러스 바이오리액터 시스템	반응기(리액터·Reactor)에 다량의 미생물을 넣어 단시간에 오염물질을 제거하는 바이오필터 시스템	설치 및 유지관리 비용 고가
(주)미래지앤씨	BioMat공법	오폐수 속에 함유되어 있는 불용성고형물, 용존유기물, 질소를 물리적여과 및 생물학적분해를 통하여 제거	설치 및 유지관리 비용 고가

나. 국외현황

- 해외 기술 중 대표적인 바이오필터 시스템은 독일 Linde사의 Linpor공정과 일본 Biomaterial Co.의 Aquacel 공정임
- Linpor 공정은 일반적인 활성슬러지 공정에서 미생물을 고정화하기 위해 공극이 많은 약 10-12mm 크기의 폴리우레탄 스폰지가 포기조 안을 마음대로 움직일 수 있게 한 공정임

- Linpor 공정의 주요 장점은 고농도의 미생물을 유지할 수 있으므로 처리효율이 높고, 슬러지의 침강성이 좋으며, 유출수의 SS도 일반 활성슬러지공정에 비하여 낮다는 점이며, 단점은 소규모의 산업폐수에만 적용사례가 있어 실증사례가 많지 않다는 점임
- Aquacel 공정은 흡착에 의해 질산화, 탈질화 미생물을 고정시킨 양이온을 갖는 다공성 여재를 이용하는 공법으로 여재는 polyethyleneimine(PEI)로 처리하여 Ion Exchange Capacity가 0.8-1.3 meq/g 정도 되도록 만들고, 비표면적 3-7m²/g, 공극율 97%, 비중 1.06 g/cm³ 정도이며 정육면체 형태로 제조하여 사용하며, 질산화, 탈질화의 담체로 사용되는 경우 Aquacel을 작은 입자형태로 하여 질산화시 요구되는 산소전달 요구량의 문제를 저감시키며 이때 혼합설비 및 포기 설비가 필요함
- 이외에 풍부한 사업실적을 기반으로 하여 유럽 주요 시장을 차지하고 있는 OTV사와 Degremont사의 Biofiltration System 공법 등이 있음
- 국제적으로 바이오필터에 대한 선도적 연구 및 설치, 운영을 하는 업체들도 하천수질개선을 위한 기술개발은 고려하진 않는 상황이며, 이는 바이오필터만으로 하천수를 처리하기엔 용량이 부족한 문제점을 극복하지 못했고 개발 국가 혹은 개발도상국의 오폐수에만 관심을 지녀 고비용 고효율의 시스템 개발에만 초점을 맞추고 있기 때문임
- 따라서 가동보를 활용하여 하천수를 처리하도록 바이오필터 시스템을 개선하고 초과유량 처리를 위한 고속처리시설의 개발이 이루어질 경우, 가동보에 수질개선효과가 탑재되어 국·내외 시장의 선도적인 위치를 차지할 수 있을 것임

<표 2-2> 해외 업체 및 기관 개발 현황

개발기관명	제품명	개발내용	비고
Denka Eng.(일본)	Biodynactor	설계 및 시공기술 확보	여재위주
Biomaterial Co.(일본)	Aquacel 공정	설계 및 시공기술 확보	여재위주
Linde(독일)	Linpor공정	설계 및 시공기술 확보	여재위주
Kajima(일본)	Ring-lace	설계 및 시공기술 확보	여재위주
Munter(독일)	T/F process	설계 및 시공기술 확보	설치 및 유지 관리 비용 고가
OTV(프랑스)	Biofiltration System	설계 및 시공기술 확보	설치 및 유지 관리 비용 고가
Degremont(프랑스)	Biofiltration System	설계 및 시공기술 확보	설치 및 유지 관리 비용 고가

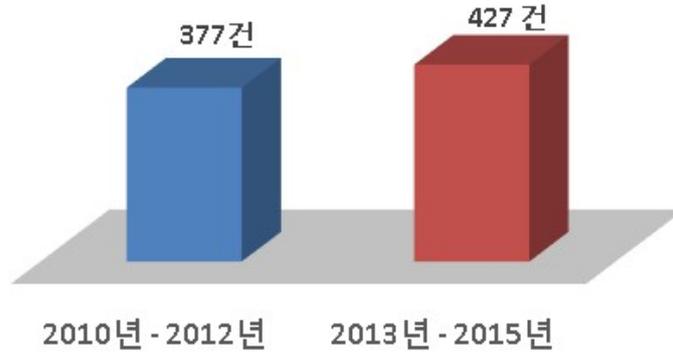
3. 국내외 경쟁·대체기술 동향

- 본 신청기술 개발에 있어 가장 중점을 둔 부문은 기존에 없는 융합기술의 개발로 인한 신기술(제품)의 출현임
- 기존 가동보의 수질개선기능을 강조한 기술 및 제품들은 대부분 가동보 자체기능인 가동보 월류시 DO폭기, 물리적 침전을 통한 부유물질 처리가 주를 이루며, 가동보로 인해 정체되어 있던 오염물질들을 가동보를 도복시킴으로서 하류부로 배출하여 수질개선을 한다는 허위/과장 광고가 전부인 실정임
- 가동보 고유 기능인 이수 및 치수 기능을 유지하며, 추가적인 BOD, T-N, T-P 등 영양염류의 수질개선 기능 확보할 수 있는 국내외 경쟁·대체기술은 없는 것으로 조사됨

2절 국내외 주요시장 동향

1. 국내시장 현황

- 한국농어촌공사의 자료에 의하면 현재 전국적으로 약 18,000여개의 보가 가동, 존치되고 있는데 그중 높이1m 이하의 보가 약 70%, 약 25%가 1 ~ 2m정도 높이의 보, 2m 이상인 보가 약 5%를 차지하고 있음
- 대부분의 보가 콘크리트로 설치된 고정보 이었으나 최근 생태계 단절, 퇴적에 의한 보 기능 상실, 홍수단면 축소 등의 문제로 철거 내지 가동보로 재설치가 이루어지고 있으며, 자연형 하천 복원을 위해 친수공간 확보 및 지역 특성화 축제를 위해 가동보의 설치가 다수 이루어지고 있음
- 과거의 가동보는 기본적인 이·치수 목적으로 사용되어 왔으나 현재는 소수력 발전, 대규모 취수보 펌프장 유입조절, 양수장, 유수지, 염해방지, 친수공간 조성 및 레크레이션 등 다양한 목적으로 사용되고 있으며, 국내에서는 ‘4대강 살리기 사업’ 을 시작으로 ‘저수지 독높이기 사업’, ‘고향의 강 살리기 사업’ 및 ‘하천환경 정비사업’ 등에 가동보를 반영하고 있으며 그 수요는 증가하고 있음
- 정량적인 시장현황 검토를 위해 나라장터의 ‘국내 가동보 입찰공고 건’ 조회 결과 2007년 39건, 2009년 105건, 2011년 175건, 2013년 182건으로 집계되는 것으로 보아 지속적인 증가추세에 있음
- 2011년 조달청 가동보 계약 금액 집계표에 따르면 국내 가동보 업체수는 26개 업체이며 시장규모는 440억원으로 조사되고 있음



<그림 2-6> 국내 가동보 입찰공고 건
(2010-2015, 나라장터(조달청))

- 가동보의 설치수가 지속적으로 증가하는 원인은 다목적성이 우수하여 하천 및 저수지뿐만 아니라 도심지의 우수차단막 등으로도 사용되어 그 설치수가 증가하는 것으로 판단됨



저수지 여수로 설치



펌프장 유입부 설치

<그림 2-7> 가동보의 다목적 활용

2. 국외시장 현황

- 전 세계적으로 깨끗하고 안전한 수자원 확보에 대한 관심은 점차적으로 증가하고 있는데, 선진국의 경우 기존 시설의 노후화에 따른 가동보 설치 사례가 증가하고 있어 가동보 시장은 세계적으로 급증하는 추세이며, 수자원이 부족한 국가는 수자원 확보를 위해 자연의 피해를 최소화 할 수 있는 가동보와 같은 소규모 수리시설물을 선호하고 있음
- 가동보 분야에서 세계적인 회사인 Bridgestone에 따르면, 전 세계적으로 1990년대 1,300여 개이던 고무보 설치수가 2000년대 약 3,000여개로 증가하였음
- 미국과 캐나다 등의 선진국에서는 과거 1980년대부터 계곡지역에서 낙차를 이용한 소수력 발전 사업을 활발히 진행하고 있으며, 최근 노후화된 기존 시설들을 대체할 수 있는 가동보 시장이 증가하고 있음. 주로 고무보와 스틸 소재의 게이트를 이용하고자 하고 있으며 경쟁의 우선권은 절대적으로 기술의 신뢰성과 경제성에 국한하고 있음

- 일본은 세계적으로 최다수의 가동보를 설치한 국가로 2001년 조사 결과 농업용수 취수용 보 326개를 시설 노후화, 취수 시설 통합의 이유로 철거를 실시하고 있으며, 철거된 시설물은 대부분 높이 15m 미만의 보/소규모 댐으로 단순 철거가 아닌 대체 가능한 가동보로 재설치를 실시하고 있음
- 중국은 근래 Wuhan에 캔버스와 네오프렌 등의 강화 합성수지를 재료로 한 높이 5.0m, 길이 213m의 고무보 시공을 계획하고 있으며, 이는 기존 철근콘크리트 댐에 비해 60%의 투자 절감 효과를 가져다줄 것으로 예상하고 있어, 현재 지속적인 수자원 확보 방안이 이루어질 국가로 가동보 시장 또한 무한정 확대 될 수 있는 잠재 국가임
- 네덜란드는 1958년부터 행해오고 있는 Delta Plan의 일환으로 Kampen시 Ramspol에 길이 240m의 세계에서 가장 높은 8.2m의 홍수피해 방지용 고무보를 계획하여 시공하였으며, bladder의 기복시 공기 채움 방식과 물 채움 방식을 혼합하여 운영되도록 설계되었지만 고무보의 응력집중현상과 거대 bladder의 기초 등 대형화에 따른 구조적, 기능적 검증 단계의 지연으로 2003년도에 완공됨
- 개발도상국의 경우 Korea Trade-Investment Promotion Agency (KOTRA)와 Korea International Cooperation Agency (KOICA)와 같은 국제협력기구를 통해 공적개발원조 (ODA ; Official Development Assistance)형태로 참여하고자 협력관계를 유지하고 있으며, 이는 시기별 수자원확보에 어려움이 있는 동남아시아 지역의 수자원 확보를 위해 큰 도움이 될 것이며, 이러한 지속적인 관계는 향후 관련 시장의 확대로 이어질 것으로 예상됨



<그림 2-8> 국제협력단 KOTRA 와 KOICA

○ 최근, 사업 초기 단계에 있는 태국 물관리 사업은 태국 정부에서 2016년까지 총 사업비 12조 4천억 원을 투입하여 저수지, 방수로, 홍수저류지, 하천보강 등 대규모 사업으로서, 홍수 예방 및 하천 정비를 위하여 가동보 설치사업이 포함되어 있으며, 본 연구에서 개발되는 가동보를 활용한 수질개선기술은 국내·외 최초 개발로 해외 시장에서의 기술 선호도가 우수할 것으로 예상됨

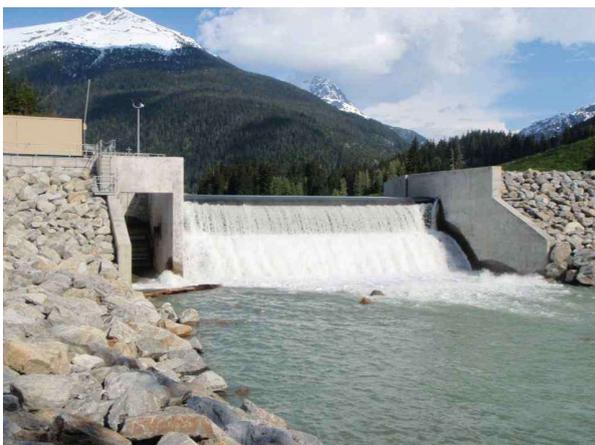


한국이 계약 예정인 태국 물관리사업	
주체	태국 홍수관리위원회
내용	방수로(홍수방지용 인공수로) 임시저류지(빗물저장소)
사업비	6조2000억원
건설사	현대·GS건설 등 5개
계약시기	오는 12월 말 이후

자료: 국토교통부

<그림 2-9> 태국 물관리 사업 관련 보도자료

○ 또한, 2000년대부터 기후변화 협약에 따른 환경문제와 신재생 에너지 이용의 중요성이 강조되면서 북미 및 유럽지역과 같은 선진국에서는 최근 하천의 소수력 발전을 위한 수량 확보 대책으로 가동보를 활발히 설치하고 있는데, 북미의 경우 2015년까지 약 35억 달러를 투입하여 하천 소수력 발전 사업을 진행하고 있음(한국수자원공사, 물관리센터, 2013)



캐나다 밴쿠버 East Toba



미국 메인 주 West Buxton

<그림 2-10> 북미지역 소수력 발전용 가동보 시공

3장 연구수행 내용 및 결과

코드번호

D-05

1절 수질개선기술 기존제품 설계개선 및 적용

1. 저속처리시설 (바이오필터 시스템) 개선

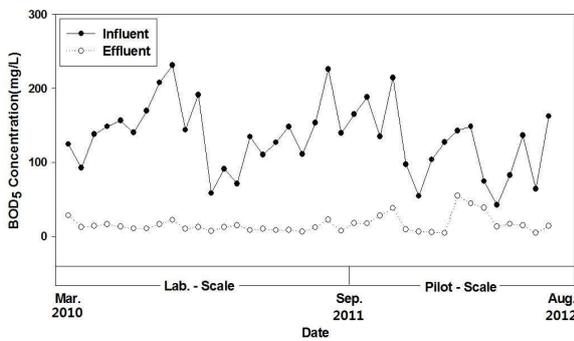
- 본 연구개발과제를 통하여 (주)이티워터의 바이오필터 시스템은 가동보가 설치된 하천의 갈수기 수질을 개선하는 것을 목표로 하여 운반 및 설치가 용이하고 주변경관에 어울릴 수 있도록 설계를 개선하였음
- 별도로 설치되던 기존 UV 처리조의 부피를 감소시켜 바이오필터와 일체형이 되도록 설계를 개선하였으며, 부피감소 및 체류시간 감소로 인한 살균·소독 효과의 저감을 보완하기 위하여 AOP램프의 직렬 연결을 통해 접촉면적을 극대화 하였고, Pilot test를 위한 모형을 제작함

가. 바이오필터의 개요

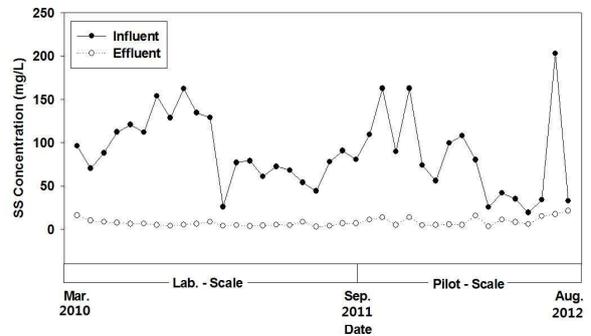
- 대부분의 기업이 보유한 수질개선기술과는 달리, (주)이티워터가 보유한 기술인 바이오필터 시스템은 수질개선효과가 높고, 유지관리가 용이하다는 장점이 있으며, 수출 측면에서도 상대적으로 소득수준이 낮고, 사회기반시설이 구축되지 않았거나 구축이 곤란한 개발도상국 현지 여건에 최적화 시킬 수 있다는 점에서 차별성을 지님
- 바이오필터를 이용한 생활하수처리 시스템의 장점은 다음과 같음
 - 처리공정이 단순하여 설치 및 운영이 용이함
 - 기계적처리 및 화학약품처리를 하지 않아 운영 및 유지관리비용이 낮음
 - 태양광을 이용한 자체 전력시스템을 이용하기 때문에 시스템운영이 안정적이고 전력공급이 없는 지역에서도 운영가능
 - 미생물분해로 인해 오폐수처리 후 가장 큰 문제점인 슬러지(폐기물) 발생량이 미미함
- 바이오필터, UV시스템과 Soil filter를 이용한 시스템을 기본구성으로 하며, 다양한 현장여건 및 처리대상을 고려하여 Soil filter를 어플리케이션 형태로 제품을 구성
- 국내 실험 결과, 바이오필터 시스템의 경우 BOD, TSS, NH₃-N에서 높은 제거율을 보이며, Soil filter를 통해 추가 처리할 경우 T-N과 T-P 역시 80%이상 처리할 수 있는 것으로 분석됨

<표 3-1> 분산형 하수처리 시스템의 처리효율

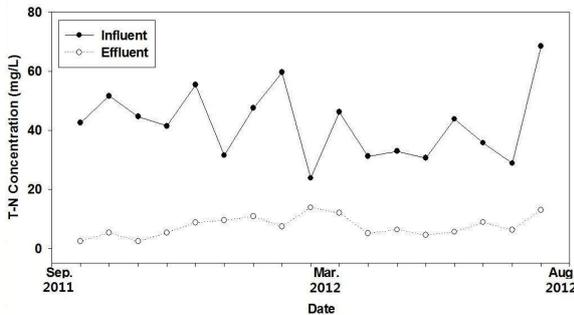
항목	유입수 농도 (mg/L)	바이오필터 하수처리시스템		바이오필터 +상하흐름형 습지	
		농도(mg/L)	제거율(%)	농도(mg/L)	제거율(%)
BOD	42.6~231.2	4.7~55.1	90.4	3.1~10.7	95.0
TSS	19.2~203.0	2.8~21.3	92.7	0.4~6.4	98.0
T-N	23.8~152.8	-	-	2.36~13.84	83.7
NH3-N	14.9~143.5	0.4~79.1	78.9	-	-
T-P	1.23~16.4	0.66~6.42	18.6	0.07~1.07	84.1



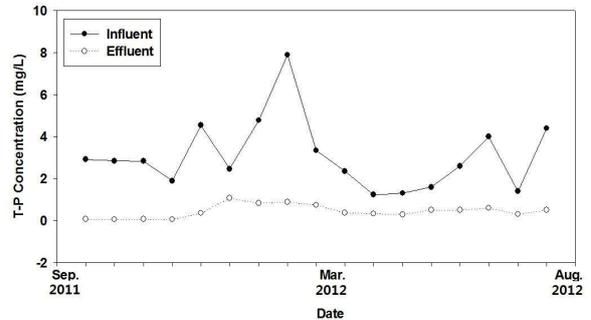
a) BOD 농도



b) SS 농도



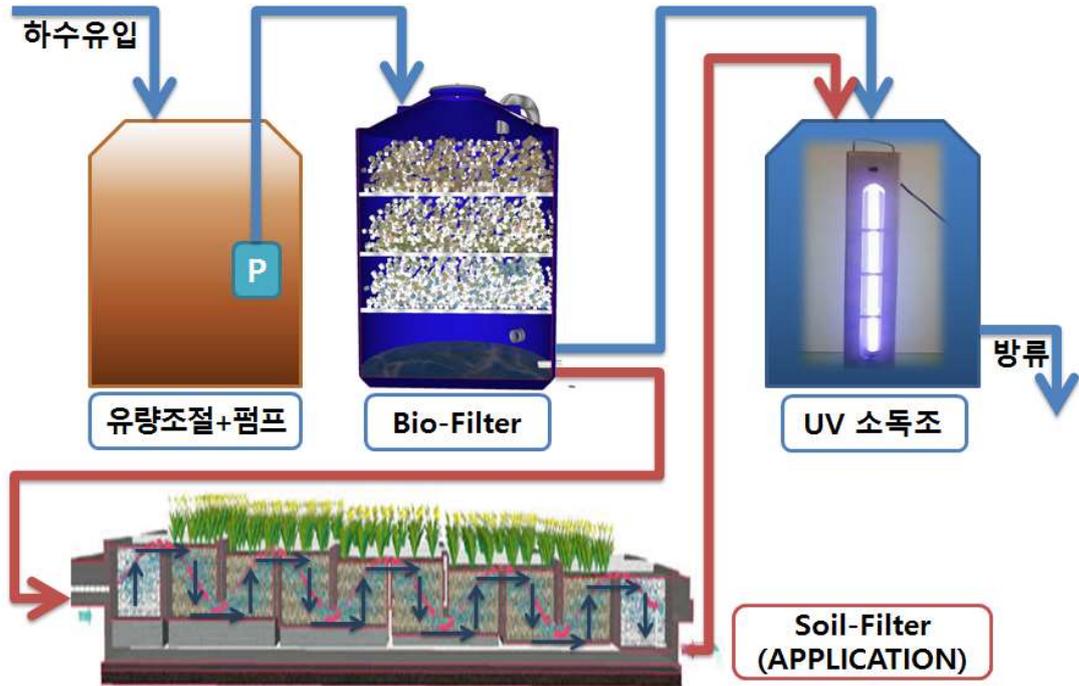
c) T-N 농도



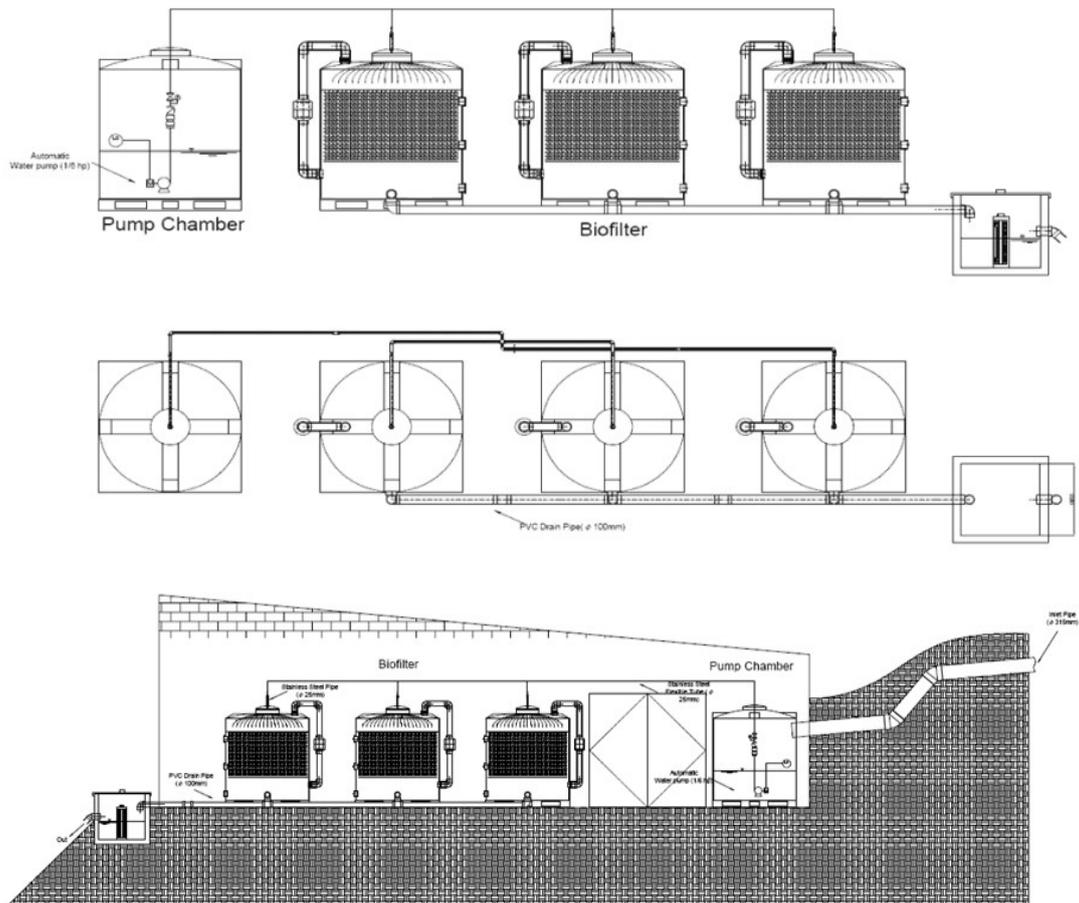
d) T-P 농도

<그림 3-1> 바이오필터의 처리효율

○ 바이오필터를 이용한 생활하수처리 시스템은 크게 3단계로 구분, 1단계 침전조에서 부피가 큰 고형물질들이 제거된 후, 2단계 바이오필터 반응조와 Soil filter에서 미생물에 의해 유기물질(TOC, TN, TP)의 분해가 이루어지고, 마지막 3단계 UV반응조에서 살균·소독됨



<그림 3-2> 바이오필터의 개념도



<그림 3-3> 바이오필터시스템 설계도

① 유량조정조 (Regulating chamber)

- 특정시간 유량이 집중되는 문제를 완화시키며, 일부 침전의 기능으로 인해 노즐의 파울링 현상을 사전에 예방 가능

② 펌프조 (Pump chamber)

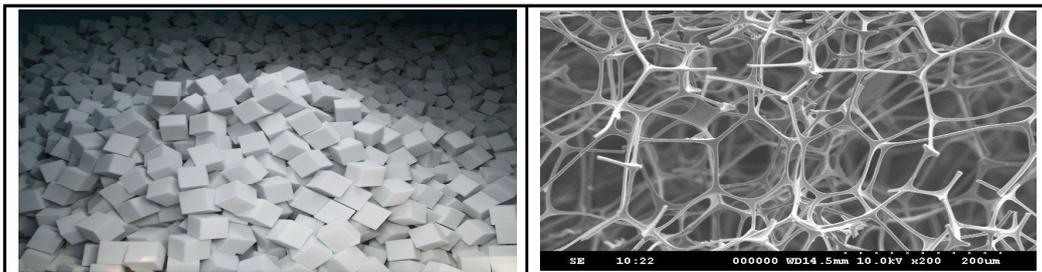
- 일정시간 간격으로 Bio-Filter로 하수를 공급하며, 저장된 하수가 설정수위 이하로 낮아질 경우 펌프작동을 자동으로 차단시킴



<그림 3-4> 펌프조 및 펌프 배전반 모습

③ Bio-Filter / 살수여상

- 흡수성 여재를 충전한 반응기 상부에서 노즐을 통하여 오폐수를 간헐적으로 살수하여 자연유하로 여재층을 통과 하면서 여재층에 형성된 임의성 미생물에 의해 산화분해되는 생물학적 처리방법
- 복잡한 기계나 설비가 없어 운전이 용이하며, 에너지 소비량이 적고, 슬러지 발생량이 적음
- 바이오필터의 여재로 고친수성 멜라민 폼과 폴리우레탄 폼을 병용하여, 미생물 부착생장공간을 제공함으로써 여과기능, 흡수, 수분 유지와 오염물 흡착·제거 기능을 향상시켰으며, 유입유량 변동의 영향과 미생물의 고사율을 감소시킴



<그림 3-5> 바이오필터에 적용된 여재 및 내부 확대 모습

- 짧은 시간동안 많은 양의 하수를 미립자로 분무되도록 운전하여 공기와 접촉시간이 길고 접촉면적을 크게 함으로써 미생물에 의한 유기물의 분해가 충분히 이루어져 슬러지가 발생이 최소화되도록 함



<그림 3-6> 살수여상 및 여재 모습

④ 공기순환시스템 (Air Circulation)

- 여재안의 호기성 균의 번식 및 성장을 돕기 위해 순환형 팬을 통해 외부의 공기를 유입

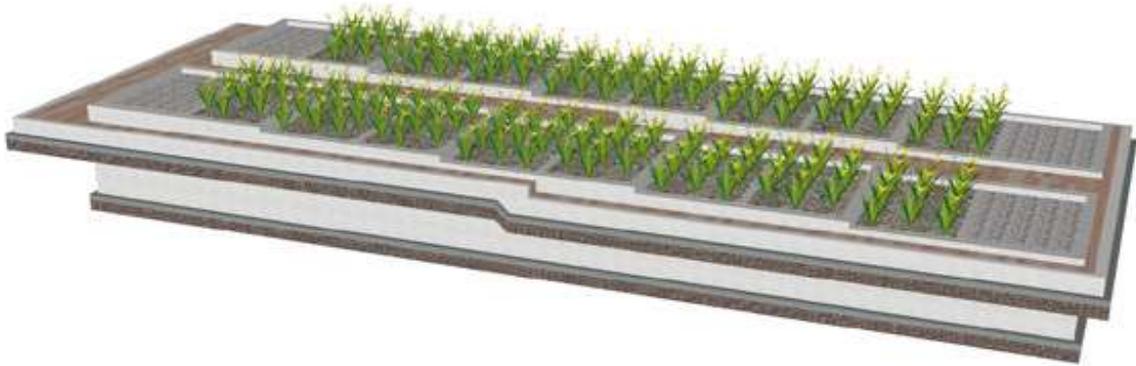


<그림 3-7> 순환형 에어팬과 적용 모습

⑤ Soil filter

- Soil filter는 방류수질을 추가적으로 개선하고 자연친화적인 경관을 조성할 수 있음
- Soil filter는 기존의 인공습지 식재기반재료 대신 수생정화식물의 성장, 오염물질의 여과, 영양물질의 흡착, 다량의 미생물 부착생장을 동시에 수행하는 입상 다공질의 NPS(News Process Substrate) 수질정화재를 개발 적용함 (바이오필터에서 미처리된 유기물 및 질소, 인제거가 이루어짐)

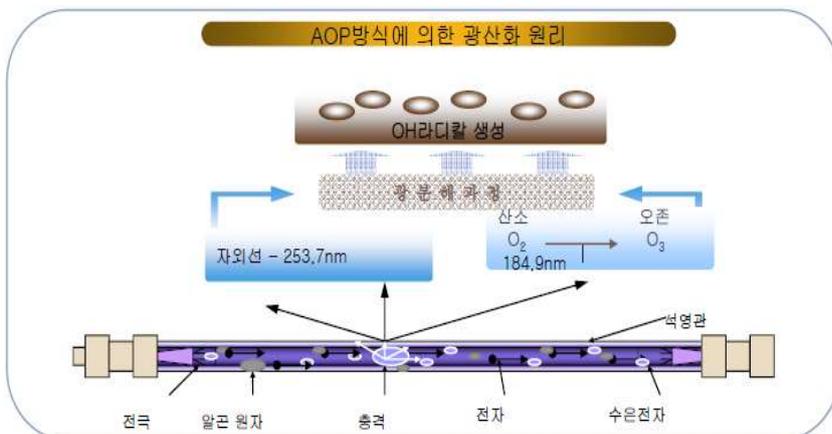
- Soil filter의 제거 기작은 식물에 의한 흡수, 식재기반재의 흡착 및 침전 그리고 식물 뿌리와 기반재료에 활동하는 미생물에 의한 분해와 탈질 등의 제거 기작을 가지며 이는 오래 세월 검증된 기작임
- 영양물질 중심의 처리로 장기적인 운전에도 안정적인 처리효율 유지
- 표면에 하수유출이 되지 않아서 해충(모기, 파리 등) 발생문제를 원천적으로 해결



<그림 3-8> Soil filter 모식도

⑥ UV 소독조

- 자외선 살균만 하는 기존 자외선(UV) 램프가 아닌 이중석영관 내에서 자외선파장 (254 nm) 과 오존 발생파장 (185 nm)을 동시에 발생시키는 AOP(Advanced Oxidation Process) 램프를 사용하여 OH⁻ 라디칼을 생성하여 자외선살균과 유기물산화를 동시에 수행함으로써 살균효과를 극대화함
- 살균범위가 높고 제거속도가 빠르며, 난분해성 유기물질도 산화가능
- 설치비용이 저렴하며, 램프의 사용기간은 2 ~ 3년으로 유지관리 및 보수가 용이함



<그림 3-9> AOP램프 및 살균원리

나. 컨테이너 타입 설계

(1) 설계방향

- 가동보가 설치된 하천의 갈수기 수질을 개선하는 것을 목표로 하여 기존의 수질개선효율을 확보할 수 있도록 내부부품을 구성
- 운반 및 설치가 용이한 컨테이너 타입 설계
- 바이오필터내 미생물 성장을 고려한 온도유지를 위해 공기순환장치 설계
- 유지관리 및 운영을 고려하여 자동개폐장치 추가
- 수변지역에 설치됨에 따라 주변경관에 어울릴 수 있도록 제품 디자인

(2) 설계 내용

(가) FRP 탱크

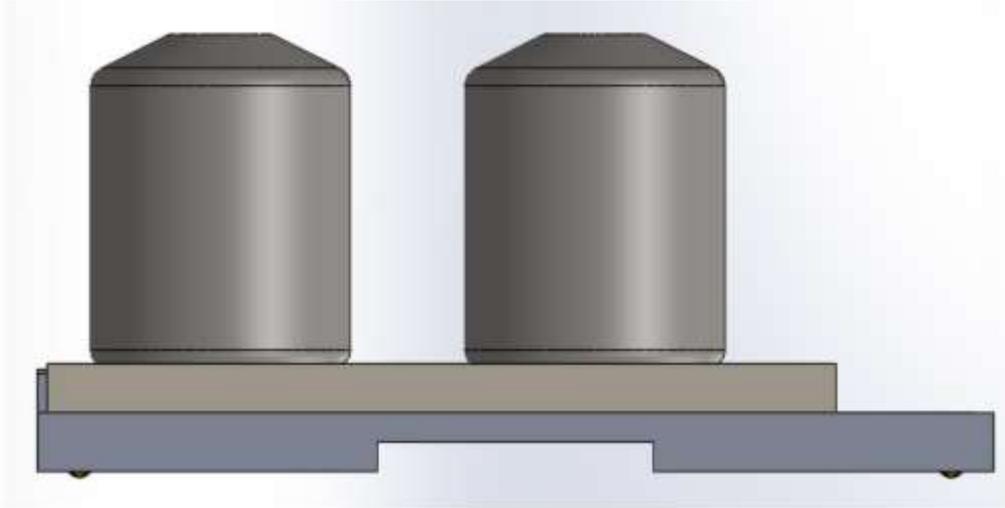
- 컨테이너 타입 제작을 위하여 기존 플렌트 타입 바이오필터에 적용되었던 3,000L와 동일한 탱크 2기 적용
- 처리용량 : 20ton/day

<표 3-2> FRP 탱크 제원

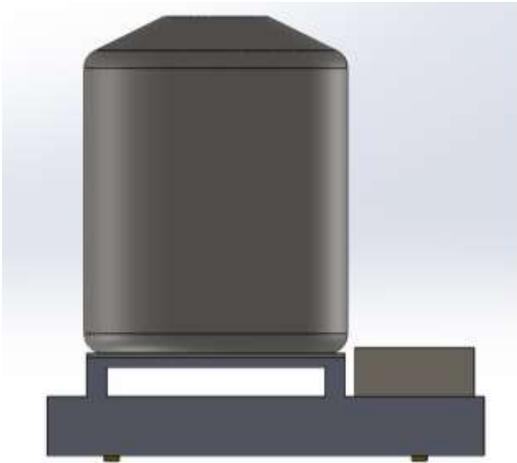
용량(KS TR)	총높이(mm)	수면고(mm)	지름(φ)	뚜껑내경(φ)	선정
원형 600리터	1100	930	912	380	
원형 1,000리터	1365	1160	1100	380	
원형 2,000리터	1715	1450	1325	380	
원형 3,000리터	1945	1620	1530	475	◎
원형 4,000리터	2200	1730	1700	475	

(나) Base Frame

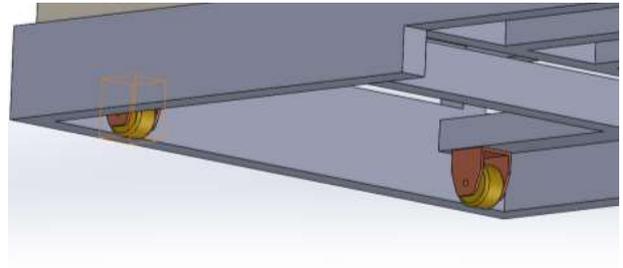
- 크기 : 2200(D) X 4850(W)
- 2,000L 탱크 2기를 직렬로 배치한 후 1,000mm 정도의 여유공간에 배전반, 배터리, 각종 제어장비 설치
- 1차 설계 시 설치, 운반 과정을 보다 쉽게 하기 위하여 하단에 바퀴를 고려하였으나 설치 후 이동이 없는 시설이기 때문에 2차 설계에선 제외
- 높이 조절을 위한 높이조절좌, 크레인 고리를 걸 수 있는 아이볼트 등 추가 설치 고려



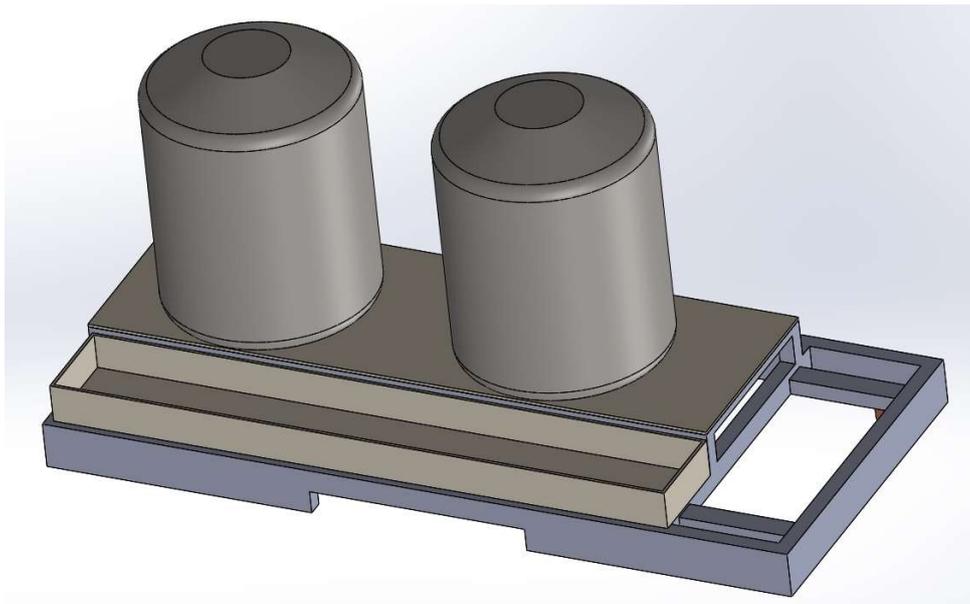
a) 정면도



b) 측면도

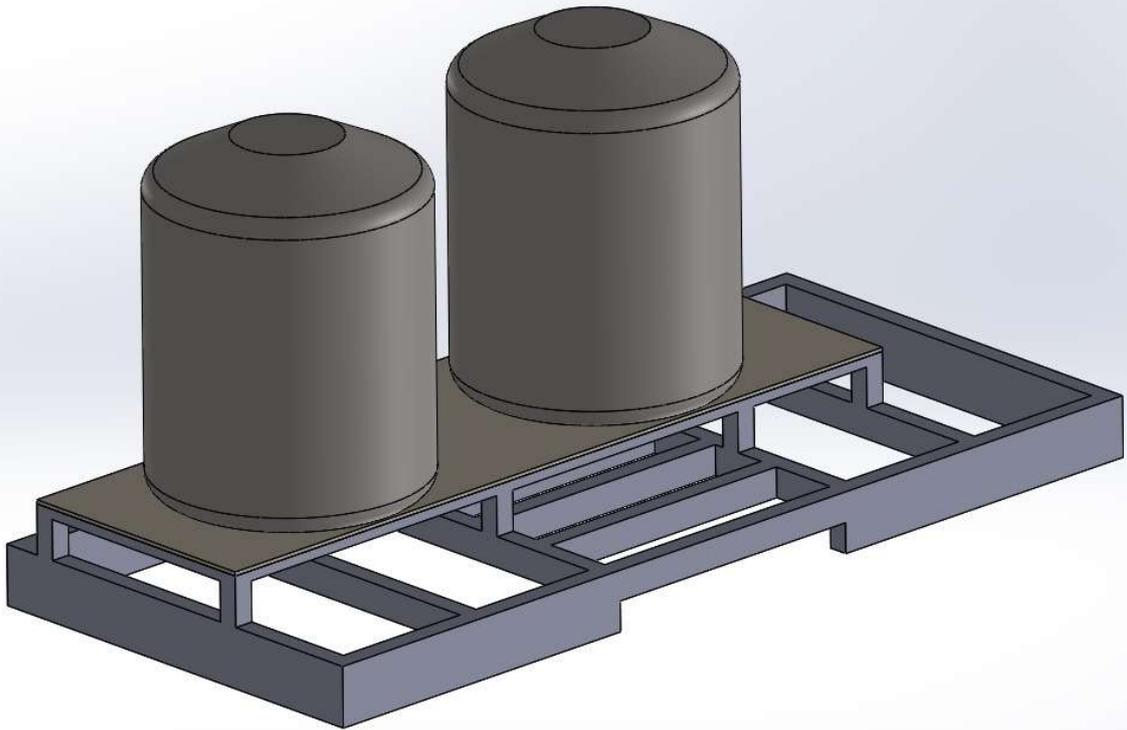


c) 하단부

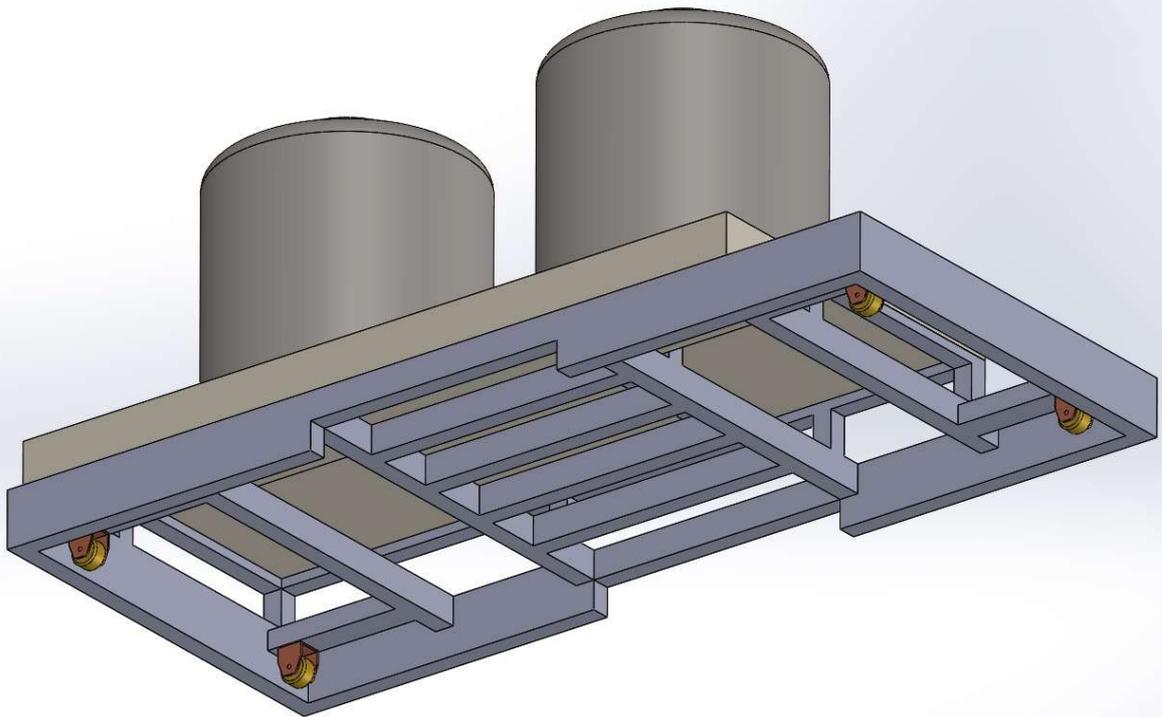


d) 상단부

<그림 3-10> Base Frame 3D 설계(1차)

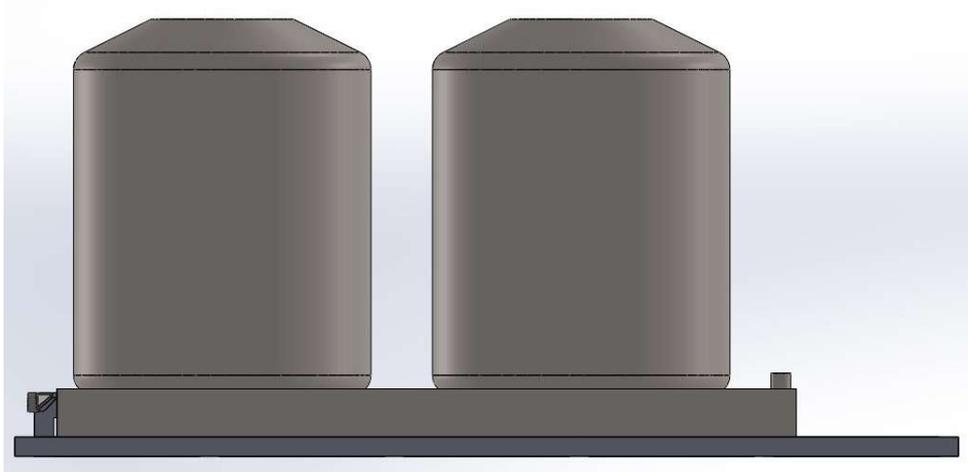


a) 상단부 (UV 소독조 제외)

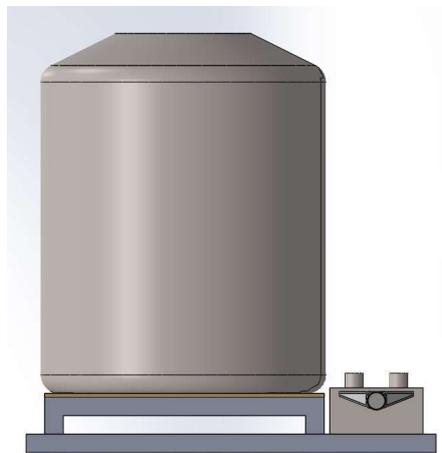


b) 하단부 (UV 소독조 제외)

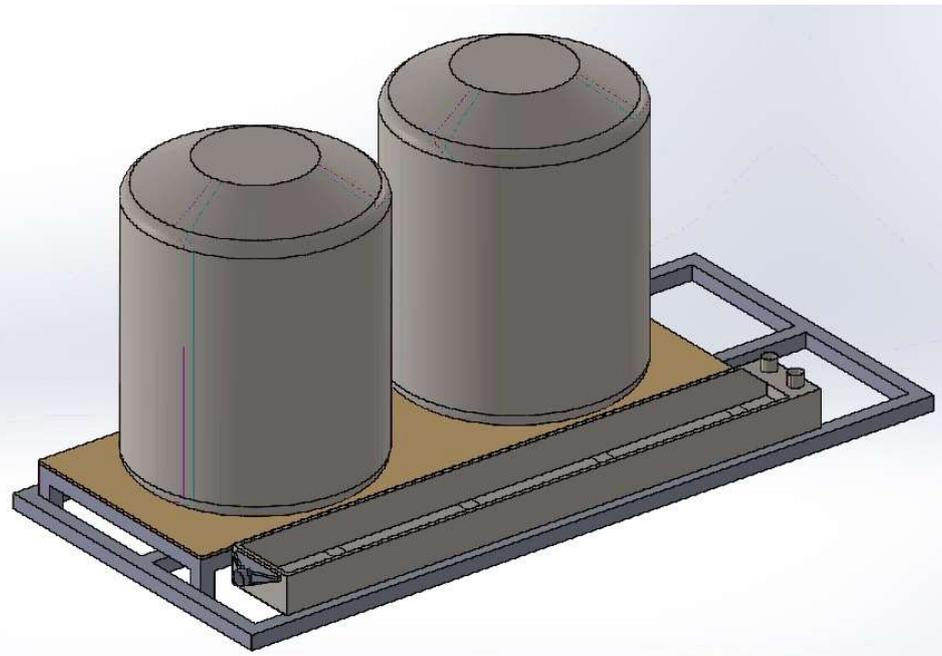
<그림 3-11> Base Frame 3D 설계(1차)



a) 정면도



b) 측면도

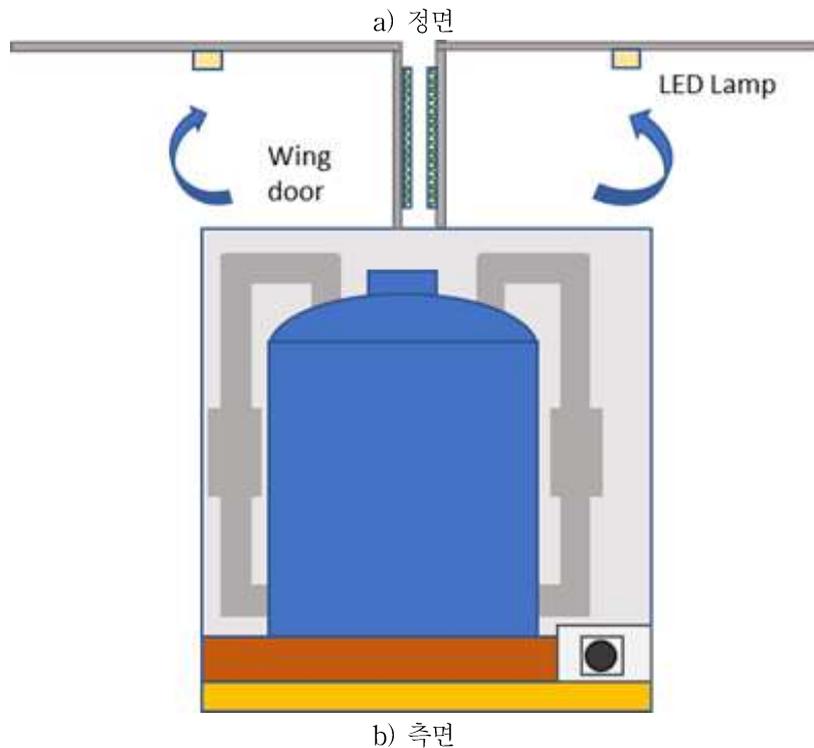
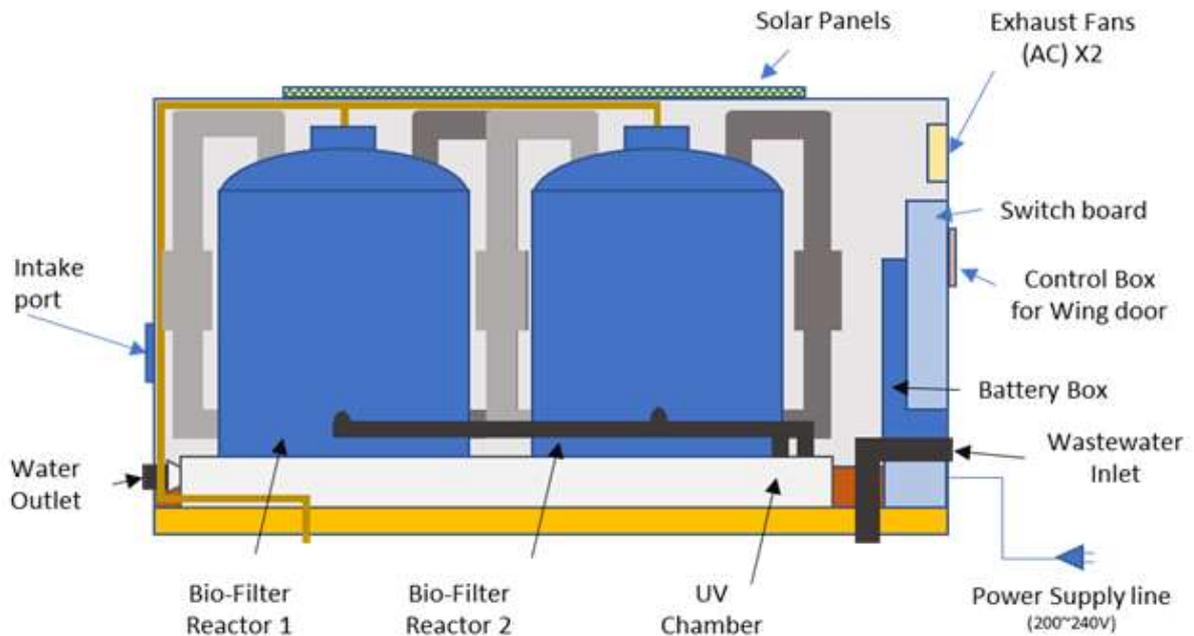


c) 상단부

<그림 3-12> Base Frame 3D 설계(2차)

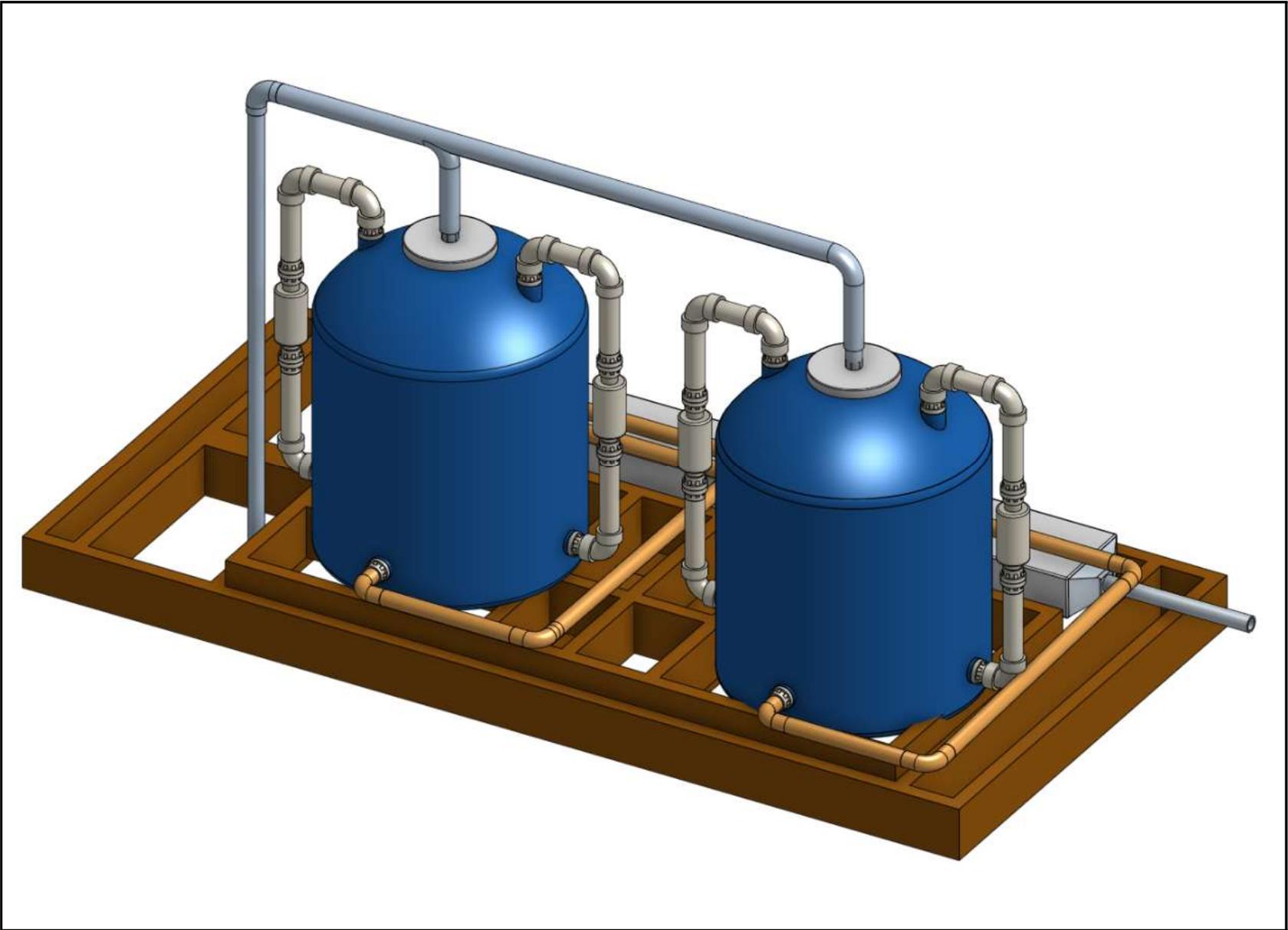
(다) 외부 컨테이너 (Wing Body)

- 컨테이너 벽면전체가 개폐되도록 외부벽체 설계
- 유압펌프를 적용하여 자동개폐가 가능하도록 설계반영
- 바이오필터의 주요부품을 Compact하게 배치
- 크기 : 2200(D) X 4850(W) X 2500(H)

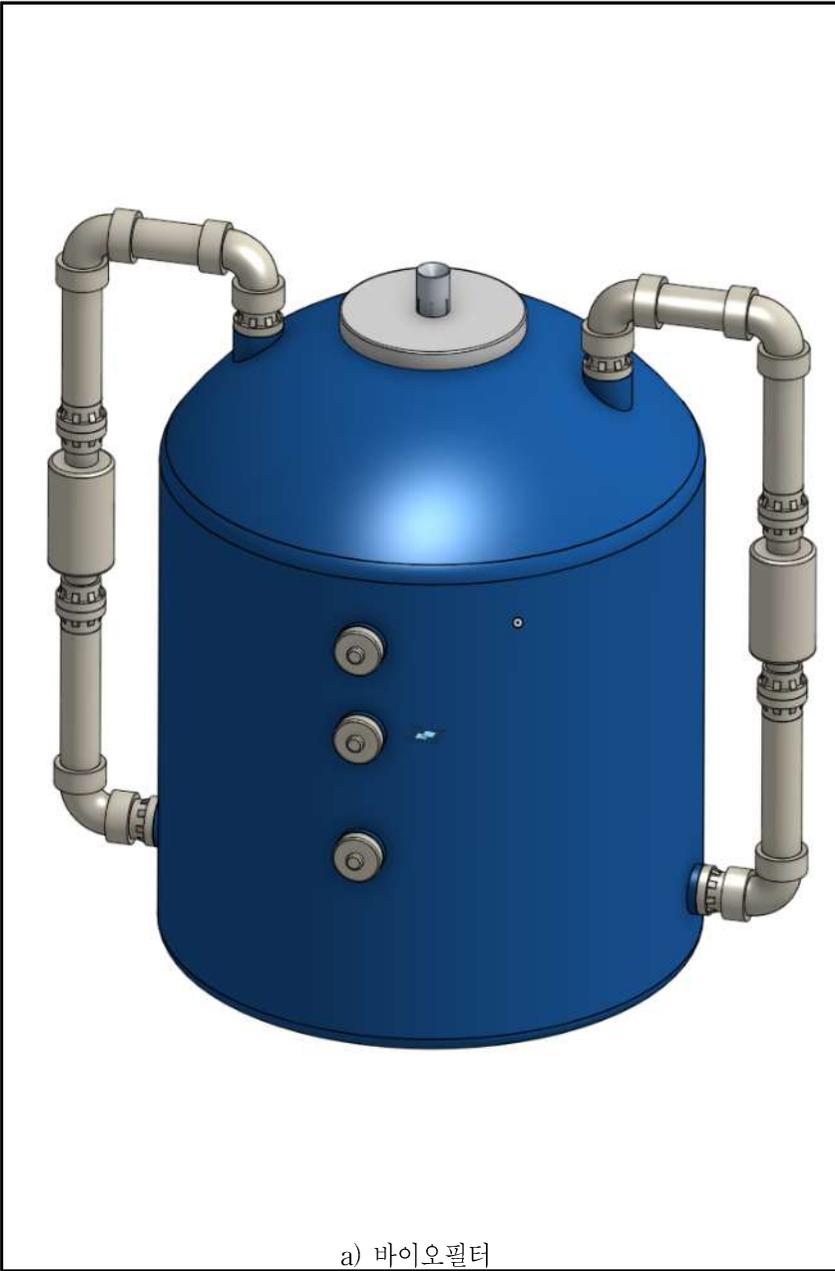


<그림 3-13> 바이오필터의 설계 개념도

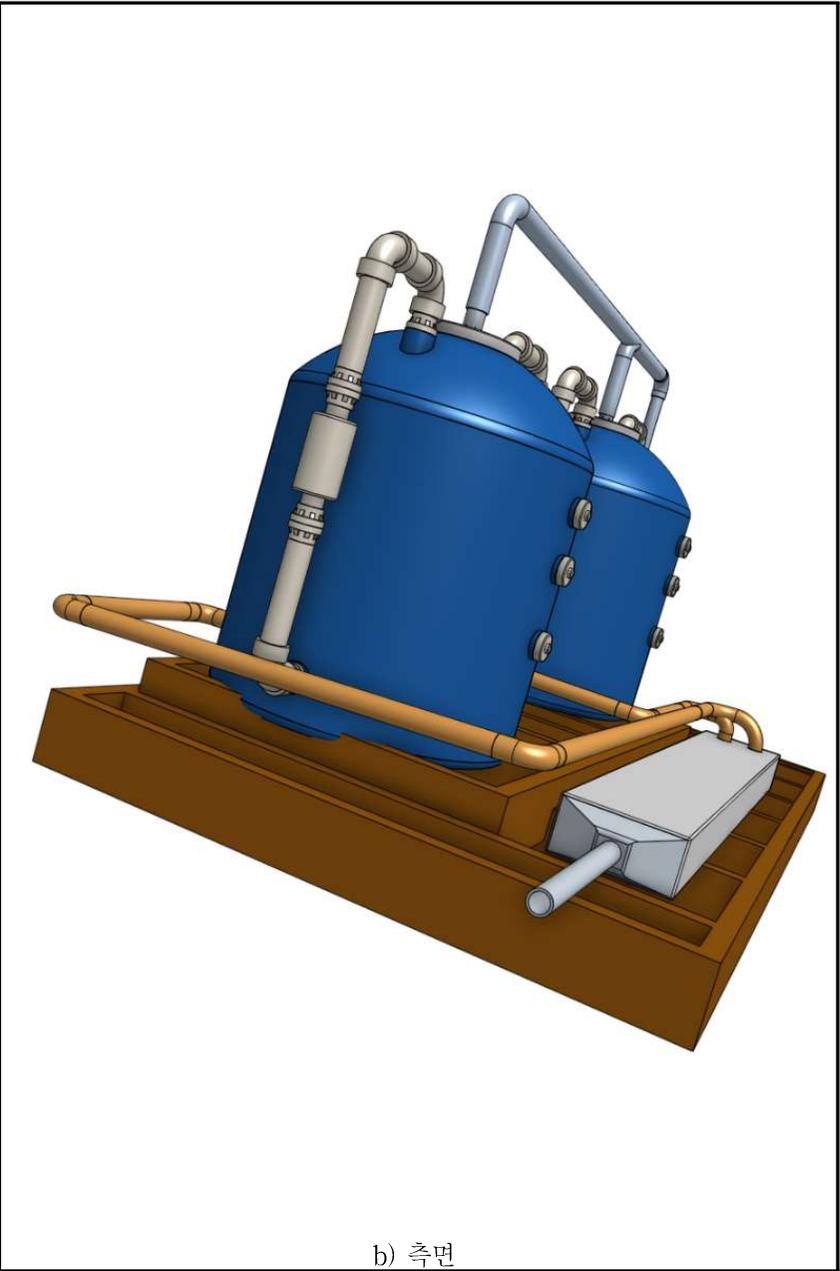
(3) 설계 도면



<그림 3-14> Base Frame 3D 설계

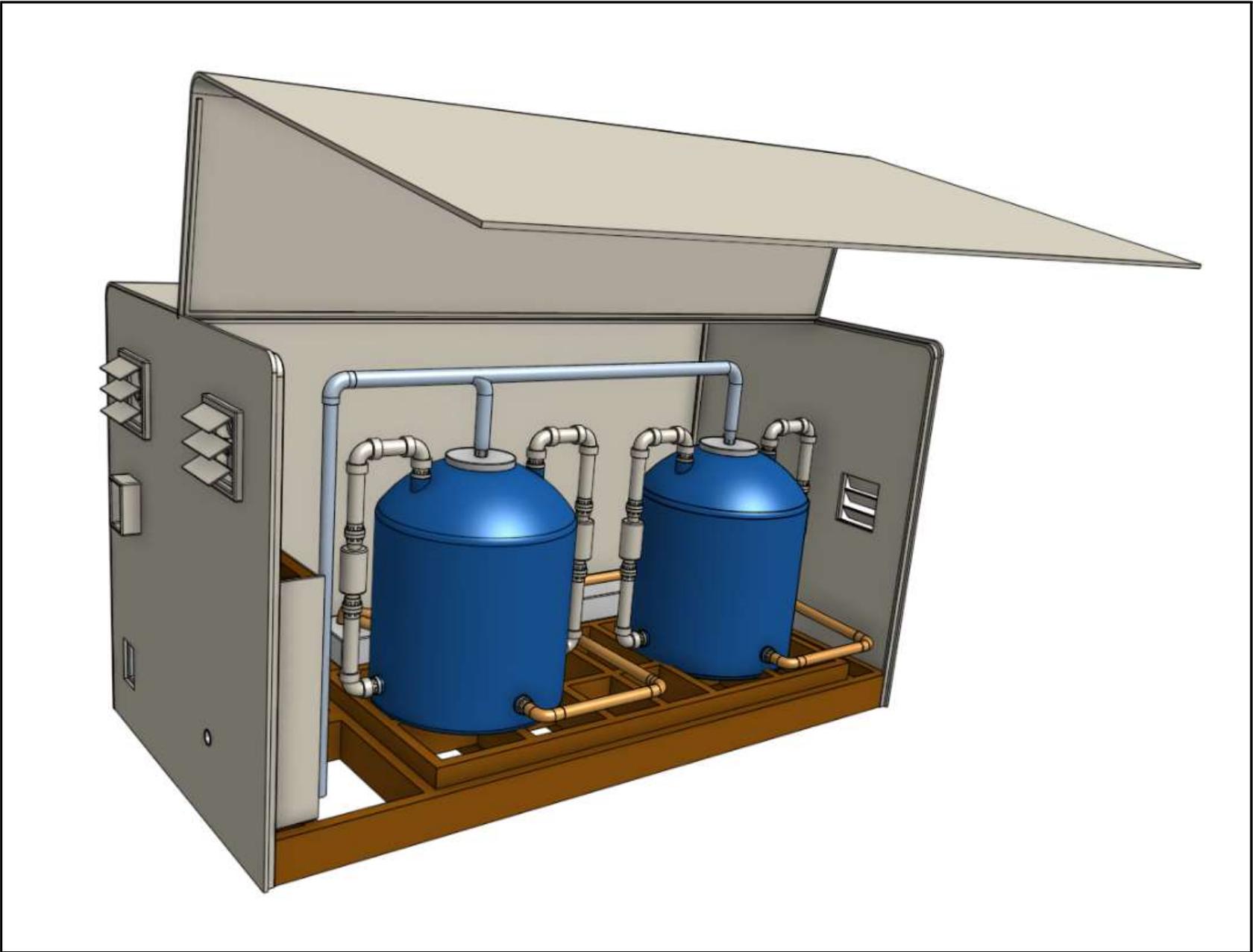


a) 바이오필터

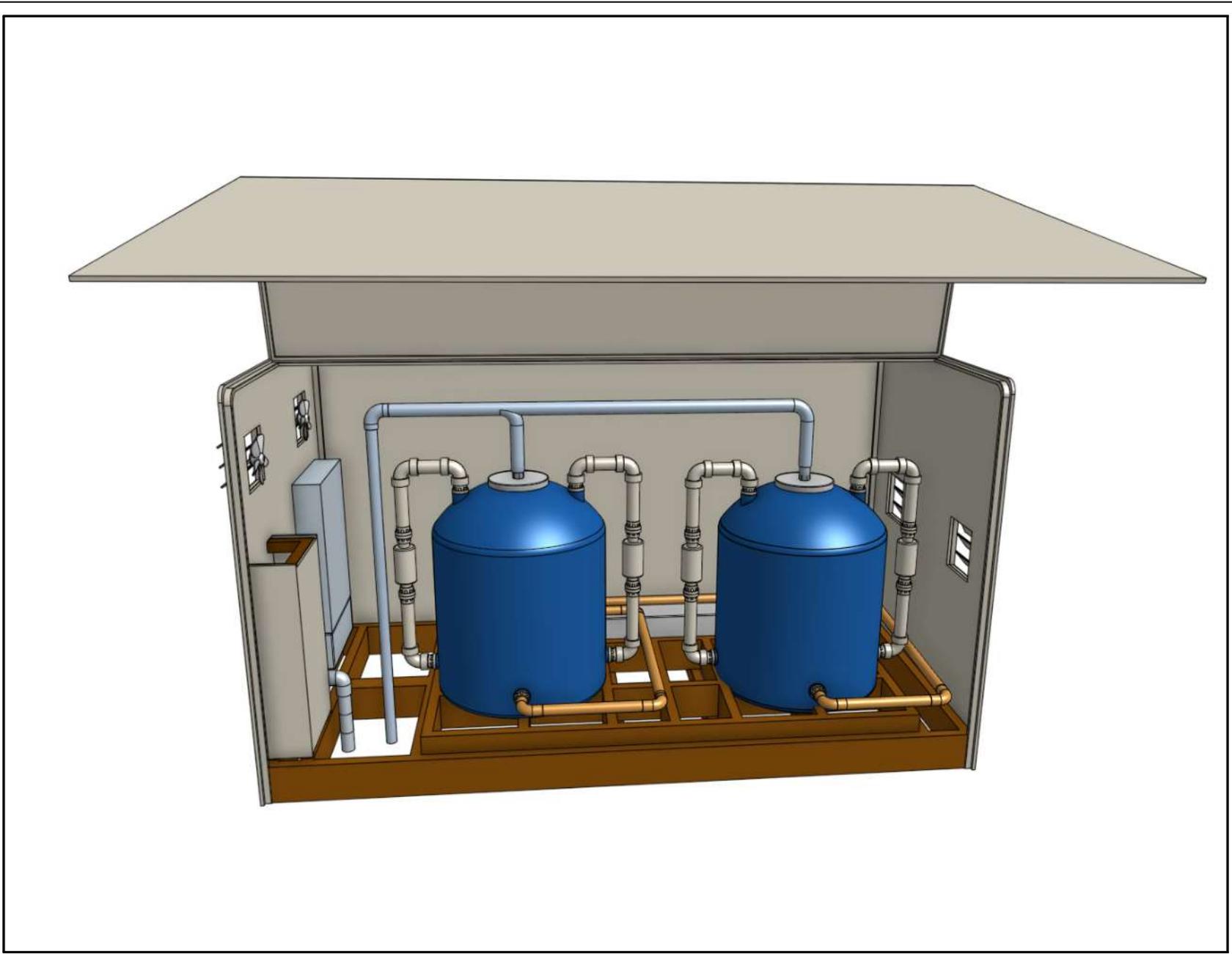


b) 측면

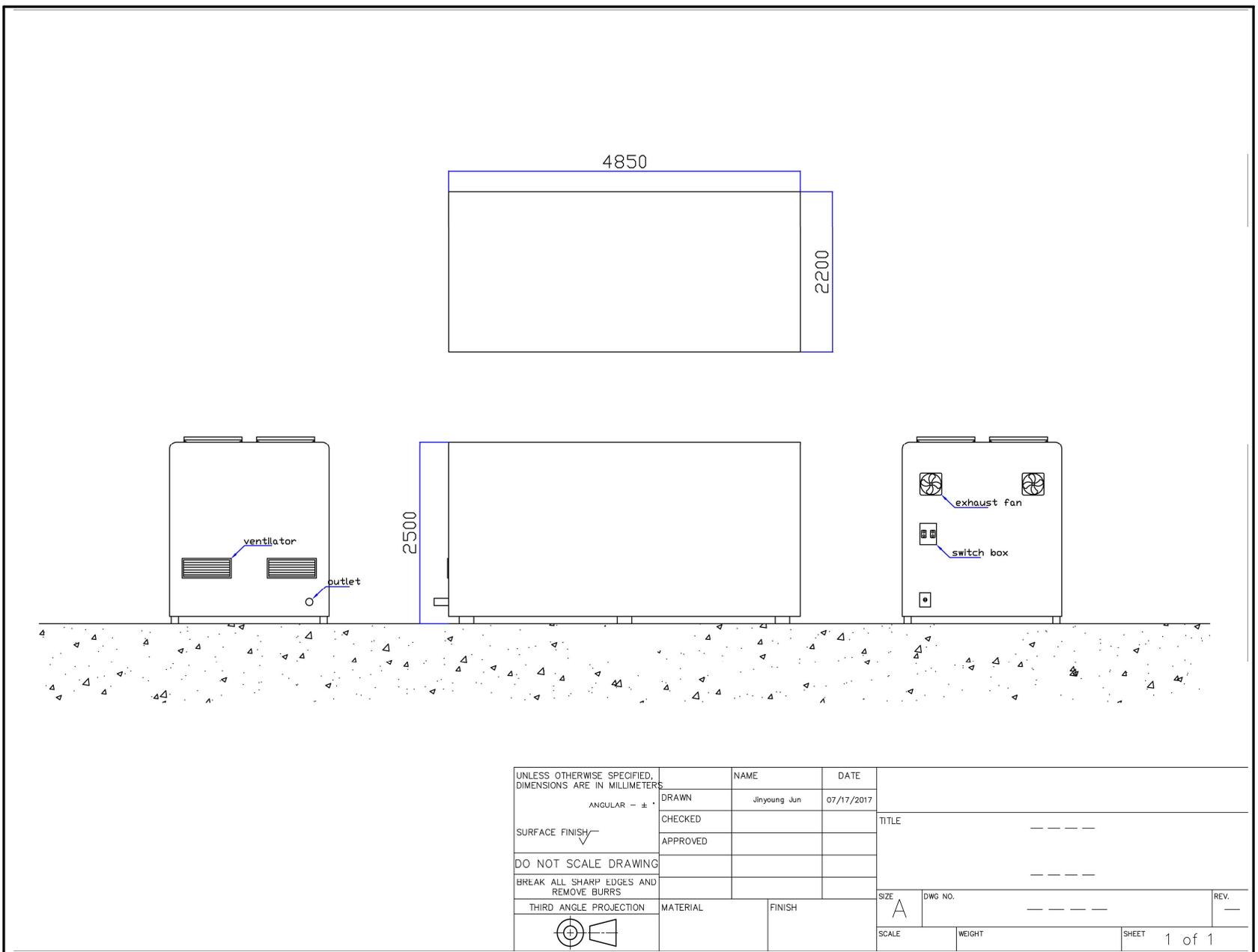
<그림 3-15> 바이오필터 3D 설계



<그림 3-16> Wing Body 3D 설계 (1)

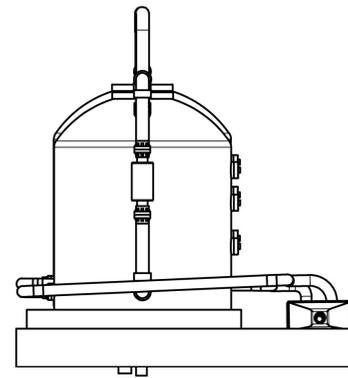
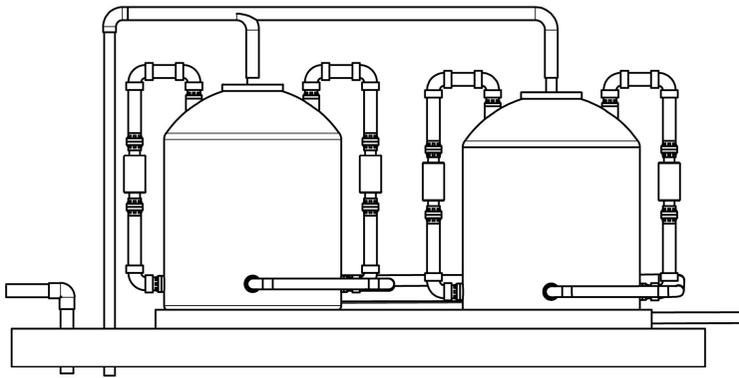
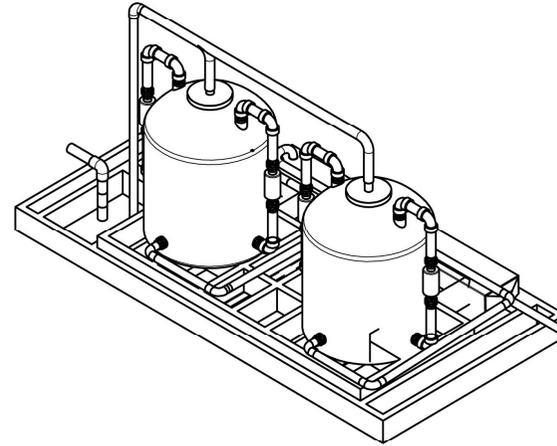
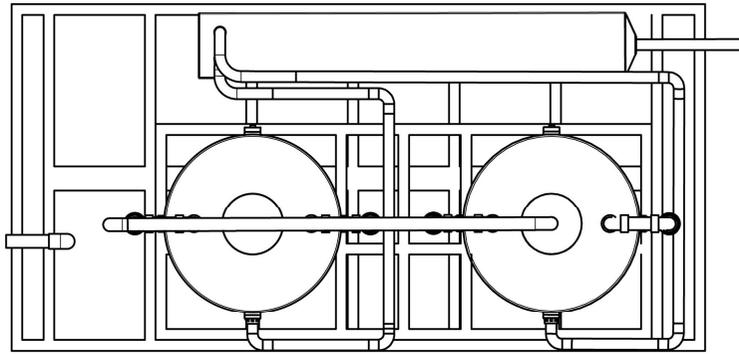


<그림 3-17> Wing Body 3D 설계 (2)



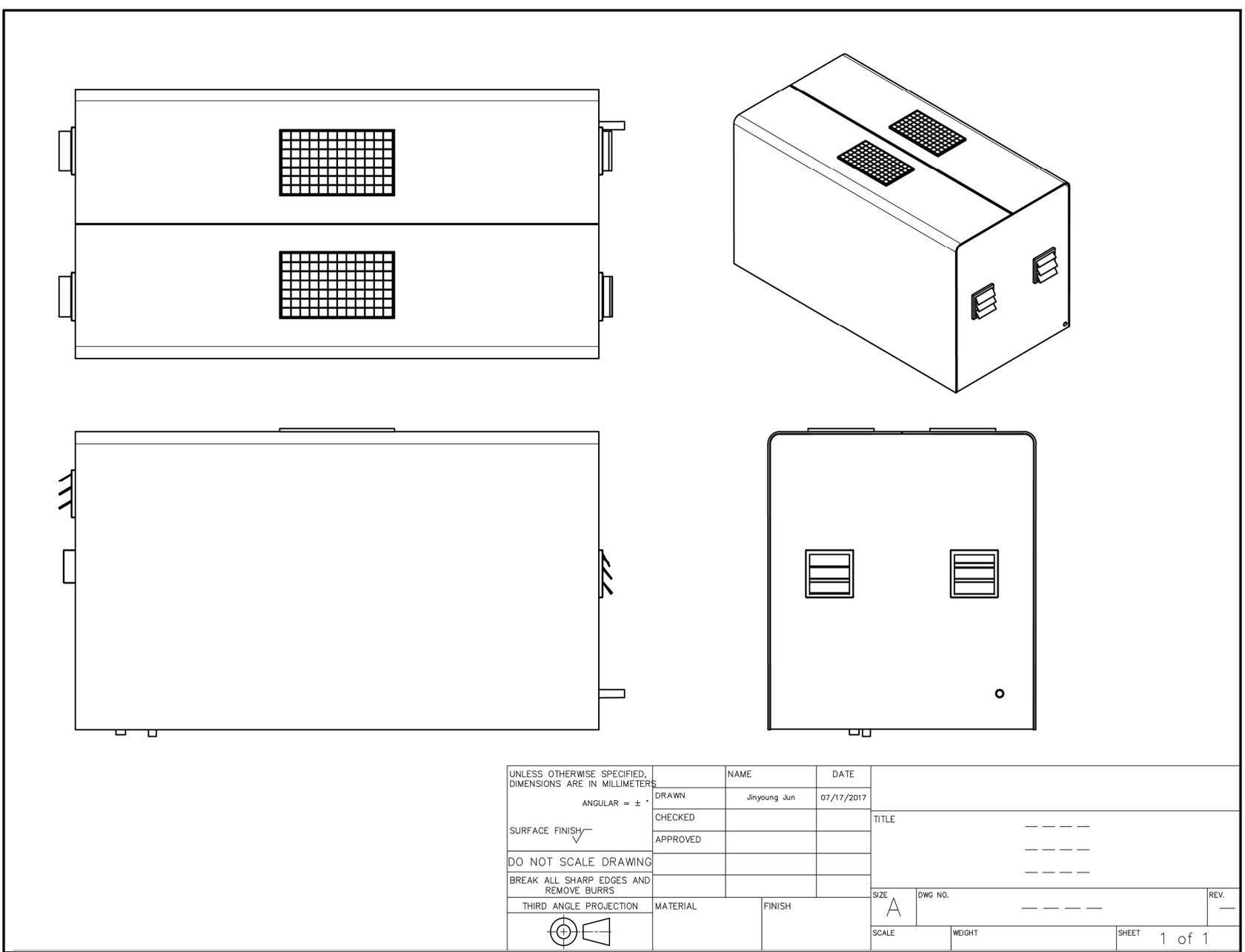
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED, DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS ANGULAR - ± 7 SURFACE FINISH ✓ DO NOT SCALE DRAWING BREAK ALL SHARP EDGES AND REMOVE BURRS THIRD ANGLE PROJECTION 	DRAWN	NAME	DATE	TITLE ----- ----- SIZE A DWG NO. ----- REV. --- SCALE WEIGHT SHEET 1 of 1	
	CHECKED	Jinyoung Jun	07/17/2017		
	APPROVED				
	MATERIAL	FINISH			

<그림 3-18> 바이오필터 외관 도면



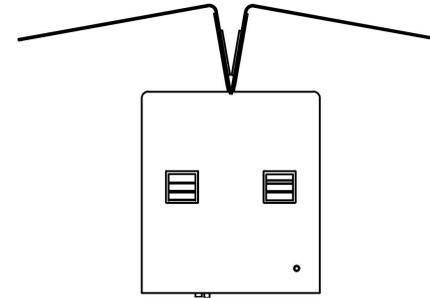
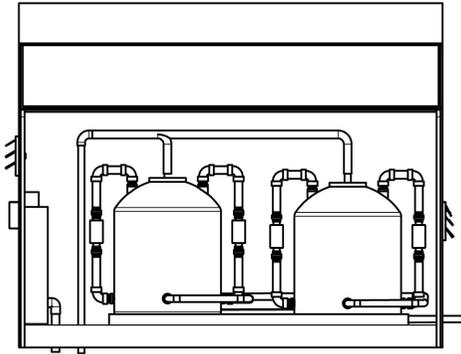
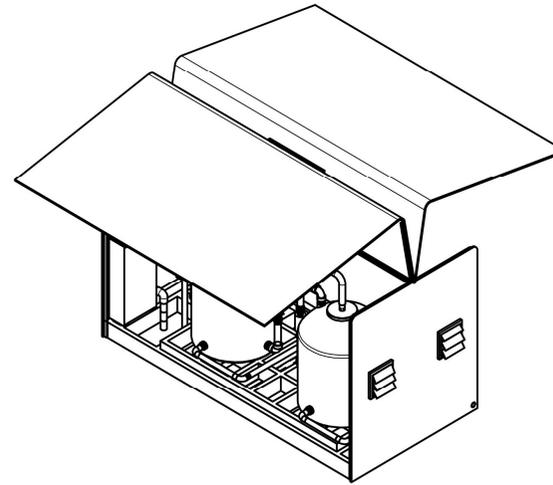
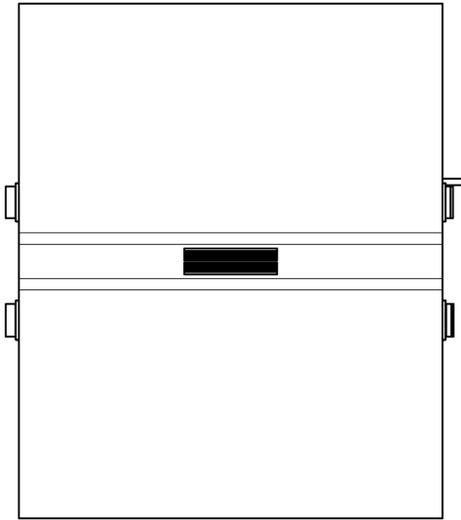
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED, DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS ANGULAR = ± ° SURFACE FINISH ✓ DO NOT SCALE DRAWING BREAK ALL SHARP EDGES AND REMOVE BURRS THIRD ANGLE PROJECTION 	DRAWN	NAME	DATE	TITLE CUBIO Inside SIZE A DWG NO. _____ REV. _____ SCALE _____ WEIGHT _____ SHEET 1 of 1
	CHECKED	Jinyeung Jun	07/17/2017	
	APPROVED			
	MATERIAL	FINISH		

<그림 3-19> 바이오필터 내부 도면



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED, DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS ANGULAR = ± ° SURFACE FINISH ✓ DO NOT SCALE DRAWING BREAK ALL SHARP EDGES AND REMOVE BURRS THIRD ANGLE PROJECTION 		NAME	DATE		
	DRAWN	Jinyoung Jun	07/17/2017	TITLE	
	CHECKED			-----	
	APPROVED			-----	
				SIZE	DWG NO.
				A	-----
	MATERIAL	FINISH		SCALE	WEIGHT
				SHEET	1 of 1
					REV. ---

<그림 3-20> 바이오필터 Wing Body 도면(단합)



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED, DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS		NAME	DATE		
ANGULAR = ± 1°		DRAWN	Jinyoung Jun	07/17/2017	
SURFACE FINISH ✓		CHECKED			TITLE
DO NOT SCALE DRAWING		APPROVED			CUBIO with container
BREAK ALL SHARP EDGES AND REMOVE BURRS					
THIRD ANGLE PROJECTION	MATERIAL	FINISH	SIZE	DWG NO.	REV.
			A		—
			SCALE	WEIGHT	SHEET 1 of 1

<그림 3-21> 바이오필터 Wing Body 도면(열림)

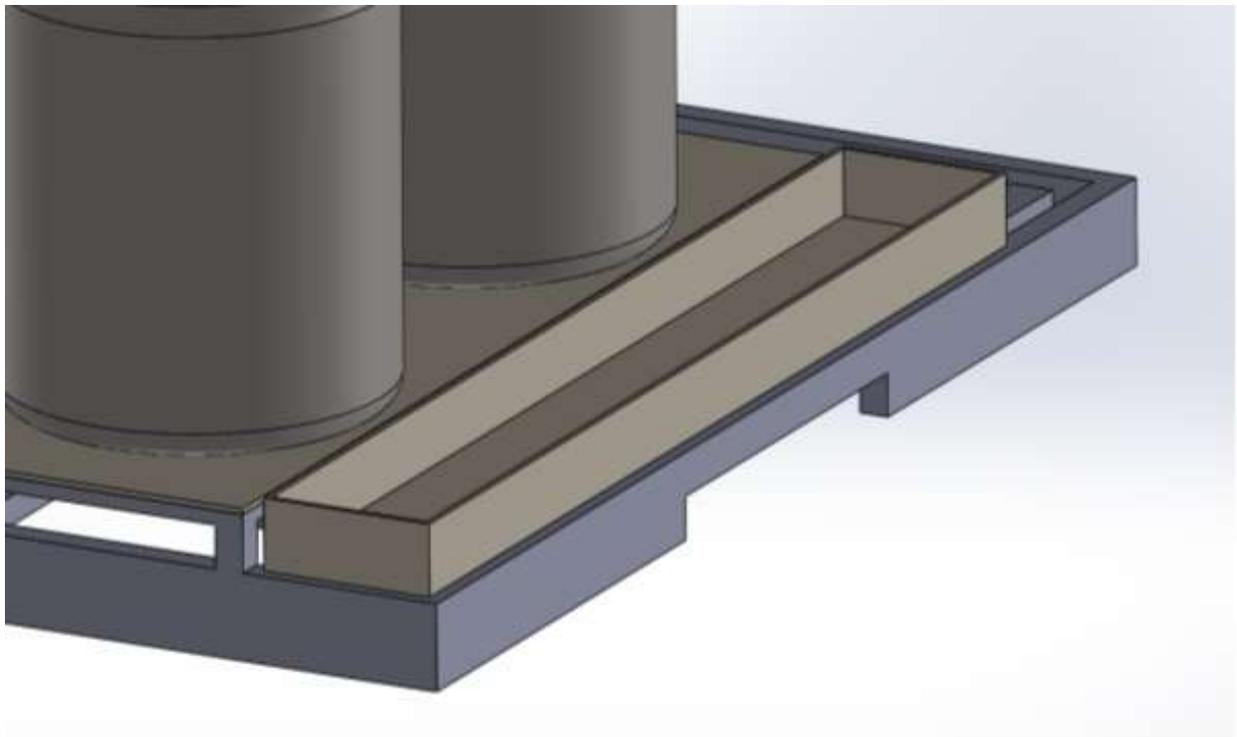
다. UV 소독조 개발

(1) 설계방향

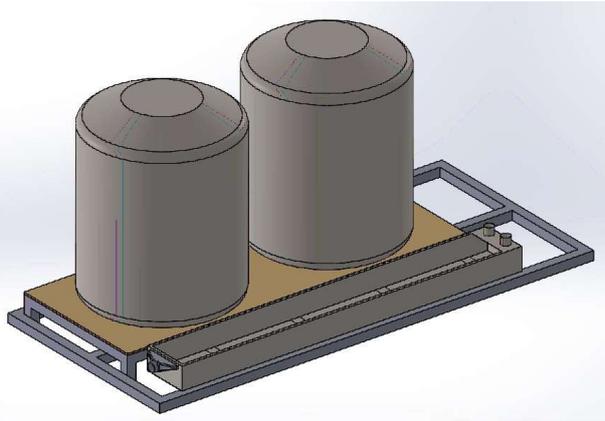
- 별도로 설치되던 기존 UV 처리조를 바이오필터와 일체형이 되도록 설계
- 부피감소 및 체류시간 감소로 인한 살균·소독 효과의 저감을 보완하기 위하여 AOP램프의 직렬 연결을 통해 접촉면적을 극대화
- 내구성 증대를 위해 스테인레스 재질의 외관 및 부품 설계
- Pilot test를 위한 모형 제작

(2) 설계 내용

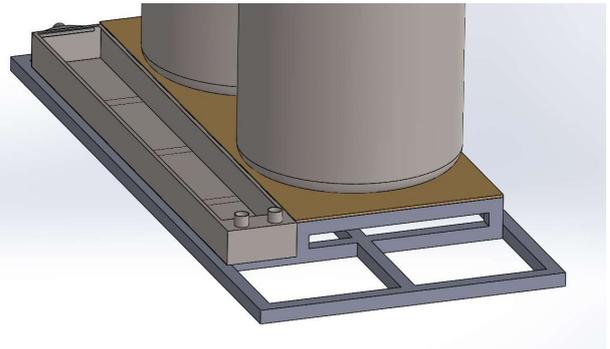
- 크기 : 600(D) X 4000(W) X 250(H)
- 용량 : 600L
- 재질 : 스텐 1.6T
- FRP 탱크보다 아래에 위치하여, 별도의 동력없이 자연유하로 유입됨
- 유지관리를 위해 뚜껑의 개폐 가능



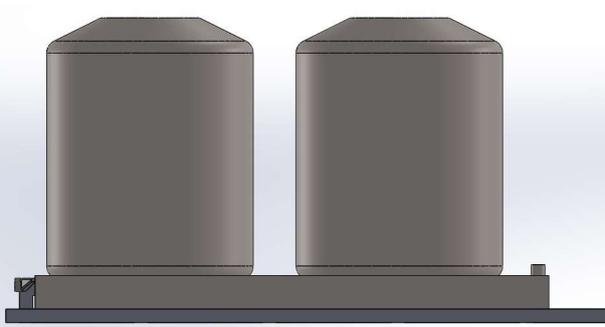
<그림 3-22> UV 소독조 3D 설계(1차)



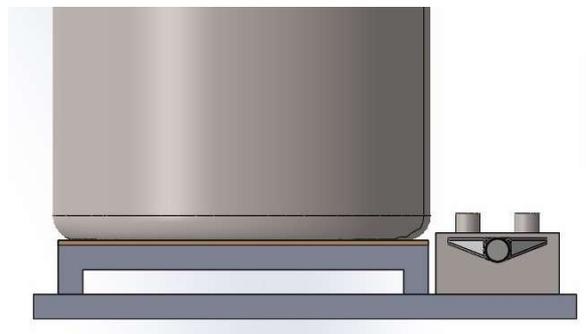
a) 배치도1



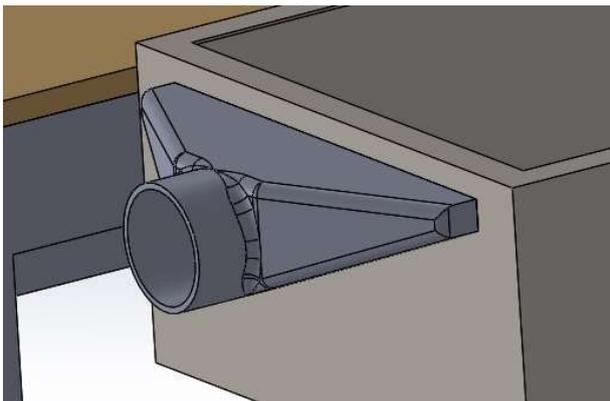
b) 배치도2



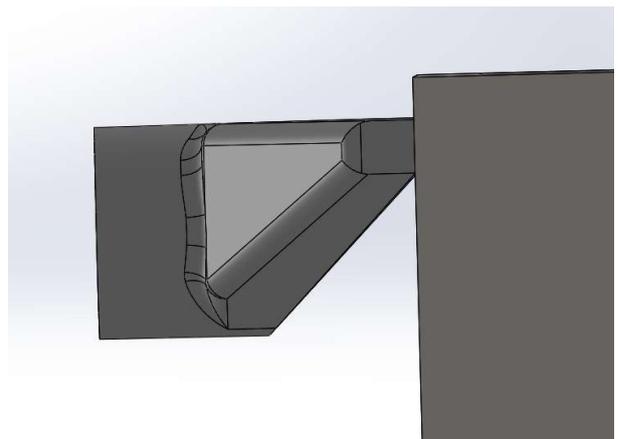
c) 정면



d) 측면



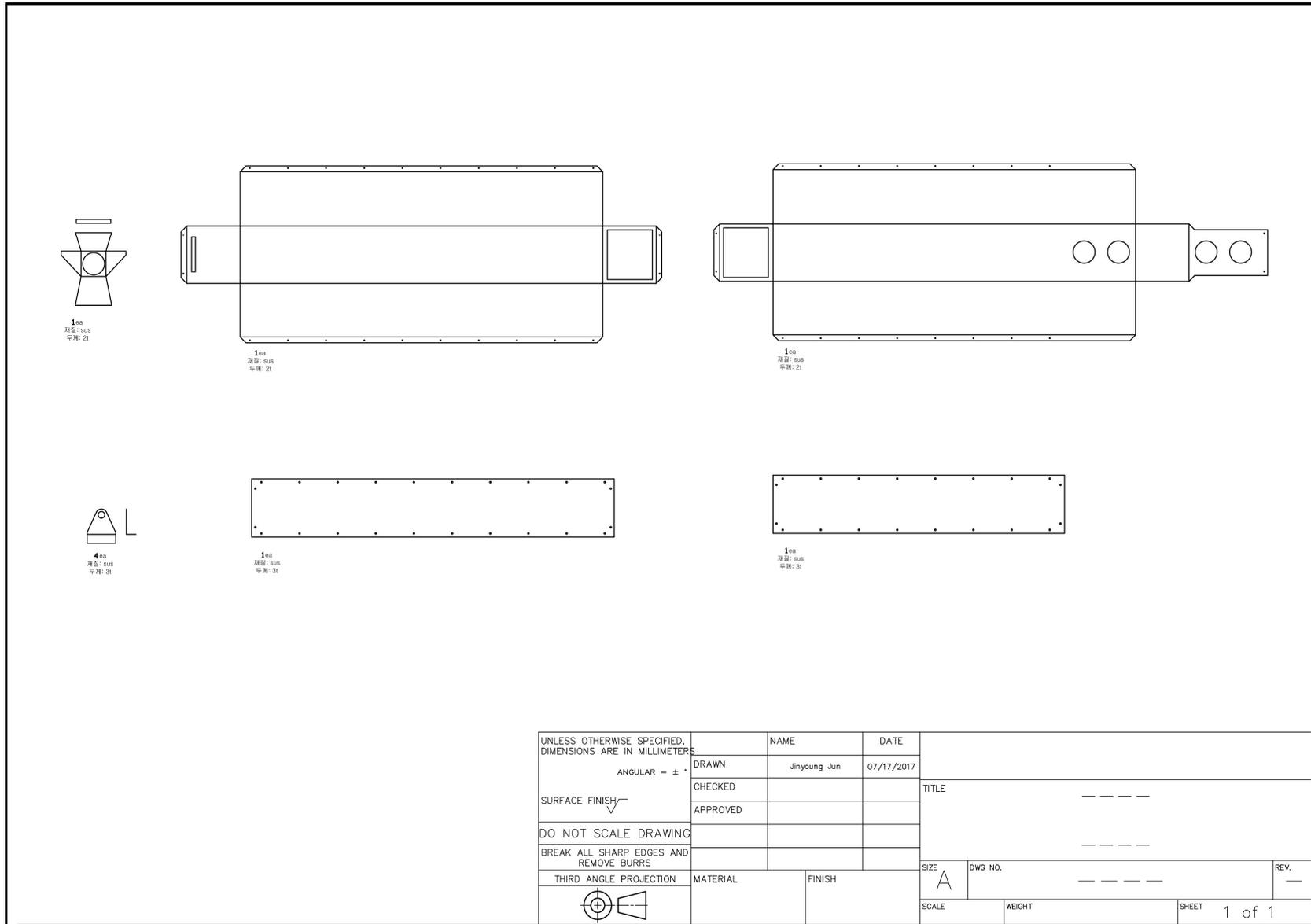
e) 유출부



f) 접속부

<그림 3-23> UV 소독조 3D 설계(2차)

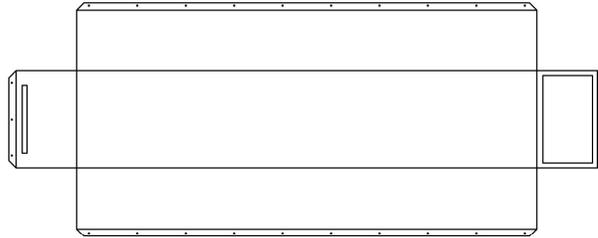
(3) 설계 도면



<그림 3-24> UV 소독조 도면(1차)



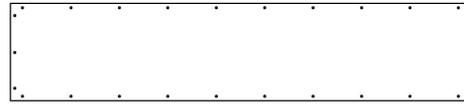
1ea
 材質: SUS
 厚薄: 2.4t



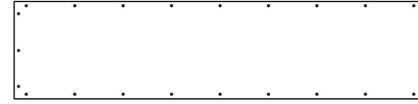
1ea
 材質: SUS
 厚薄: 2.4t



1ea
 材質: SUS
 厚薄: 2.4t



1ea
 材質: SUS
 厚薄: 4t



1ea
 材質: SUS
 厚薄: 4t

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED, DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS ANGULAR = ± ° SURFACE FINISH √ DO NOT SCALE DRAWING BREAK ALL SHARP EDGES AND REMOVE BURRS THIRD ANGLE PROJECTION 	DRAWN	NAME	DATE	TITLE ----- -----		
	CHECKED	Jinyoung Jun	07/17/2017			
	APPROVED					
	MATERIAL	FINISH	SIZE A	DWG NO.	REV. —	
				SCALE	WEIGHT	SHEET 1 of 1

<그림 3-25> UV 소독조 도면(2차)

(4) Pilot test를 위한 UV저류조 제작

○ 기존 UV 처리조는 바이오필터와 별도로 설치되었음



a) UV 소독조



b) AOP lamp

<그림 3-26> 기존 UV 소독조

○ 이에 별도로 설치되던 기존 UV 처리조의 부피를 감소시켜 바이오필터와 일체형이 되도록 설계를 개선

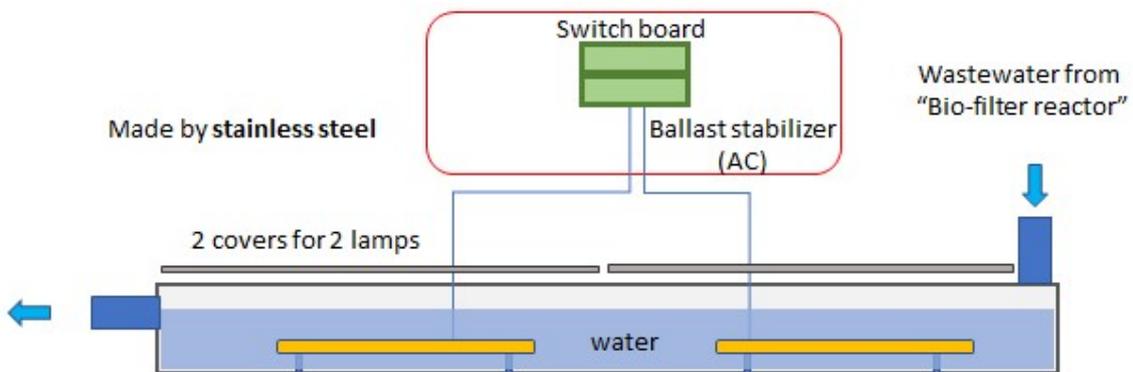
○ 부피감소 및 체류시간 감소로 인한 살균·소독 효과의 저감을 보완하기 위하여 AOP램프의 직렬 연결을 통해 접촉면적을 극대화 시킴

○ 정량적인 비교검토를 위해 Pilot test를 위한 UV저류조 제작하였으며, 제원은 다음과 같음

○ 크기 : 600(D) X 4000(W) X 250(H) ○ 용량 : 600L

○ 재질 : 스텐 1.6T ○ AOP lamp : 60W X 2개

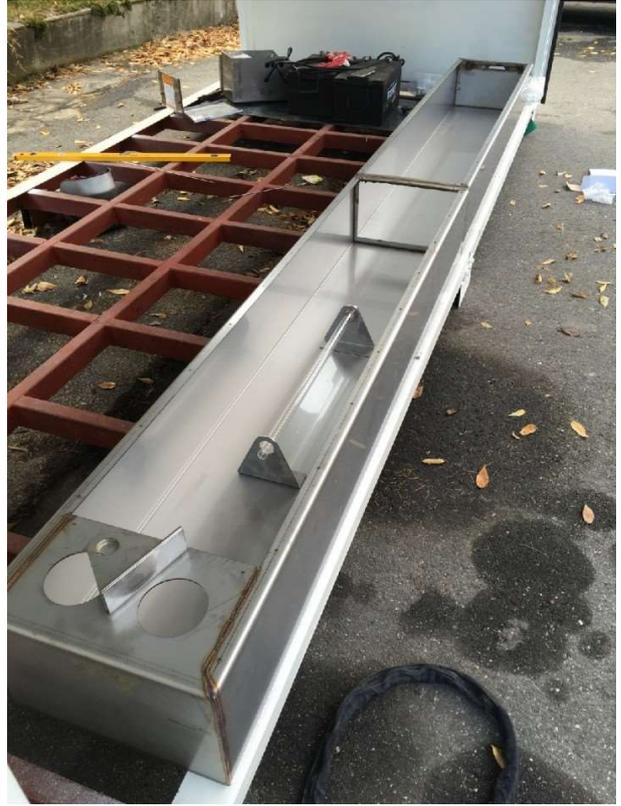
○ 본 연구개발과제에서 제작된 Pilot test용 UV 저류조를 이용하여 설계 개선된 UV 저류조의 살균·소독 효과를 정량적으로 도출하여 제품 보완에 활용할 계획임



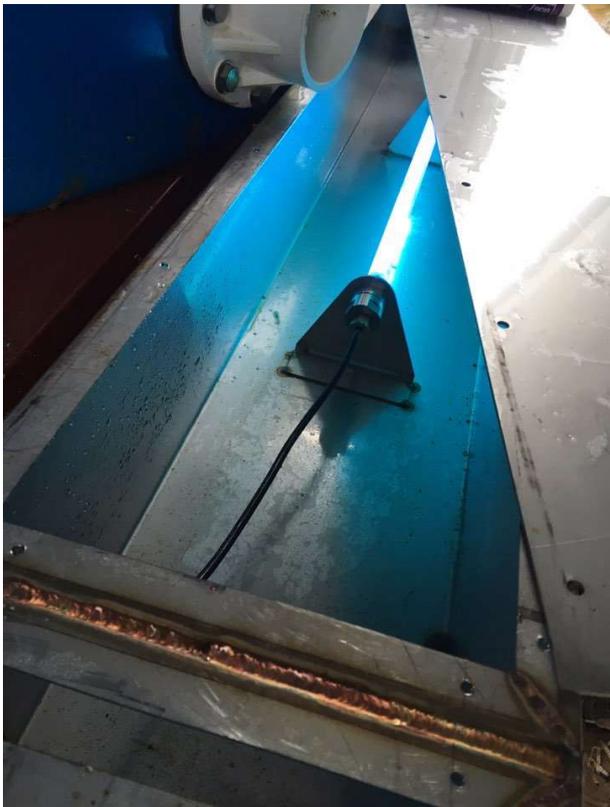
<그림 3-27> UV 소독조 개념도



a) UV 소독조 제작



b) AOP lamp 배치



c) 전기배선 완료

<그림 3-28> UV 소독조 제작

2. 고속처리시설 개발

가. 고속처리시설의 선정

- ㈜이티워터의 바이오필터 시스템은 고농도 저유량에 적합한 수질개선기술로 저수량과 평수량의 하천유량을 모두 처리하는 데는 한계를 지킴
- 이에 가동보에 의해 저류된 저층수는 우선적으로 저속처리시설(바이오필터 시스템)로 처리하고, 초과하는 유량에 대해 고속처리시설을 적용하도록 계획함
- 본 연구개발과제를 통하여 국내·외에서 다양하게 적용되어 처리효과를 검증받은 고속처리공법을 조사하고, 연구개발목표에 부합하는 최적의 고속처리공법을 선정하고 설계하였음

(1) 고속처리시설의 종류

- 「비점오염저감시설의 설치 및 관리 운영 매뉴얼(환경부, 2014)」에 따르면 저감시설은 크게 자연형 시설과 장치형 시설로 구분됨
- 장치형 시설은 물리·화학적 원리를 이용한 장치를 이용하여 비점오염물질을 저감하는 시설로서 협잡물, 부유물질, 일부 유기물질 등의 제거에 효과가 있으나, 용존유기물질, 영양염류, 중금속 등을 저감하는 데는 한계를 지님
- 하지만 부지면적을 상대적으로 적게 소요하여 고유량을 처리할 수 있다는 장점이 있으며, 바이오필터 시스템을 활용한 저속처리시설과 병행할 경우 저유량 시기 유기물의 농도가 높고 고유량 시기 우수유출에 의한 부유물질의 농도가 높은 국내 하천특성에 적합할 것으로 판단됨

<표 3-3> 비점오염저감시설의 비교

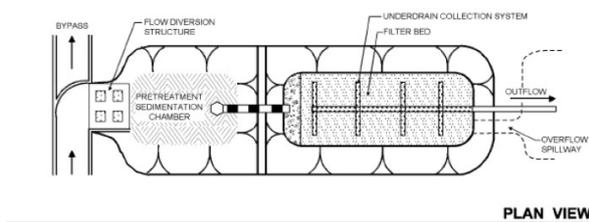
구분	자연형 시설	장치형 시설
시설의 종류	저류시설, 인공습지, 침투시설, 식생형 시설	여과형, 와류형, 스크린형
장점	상대적으로 유지관리 용이 영양염류 수질개선효과 높음 경관개선효과 (공원화, 생태습지 등)	고유량조건에 따른 설계 가능 부지면적 소요 적음 부유물질 수질개선효과 높음 설치비용 낮음
단점	고유량조건에 따른 설계 어려움 부지면적 소요 큼 설치비용 높음	주기적인 유지관리 필요 상대적으로 유기물 수질개선효과 낮음
선정		◎

○ 본 연구개발과제를 통하여 개발하고자하는 제품의 특성상 장치형 시설이 더욱 적합할 것으로 판단됨에 따라 장치형 시설에 대하여 집중적으로 검토하였음

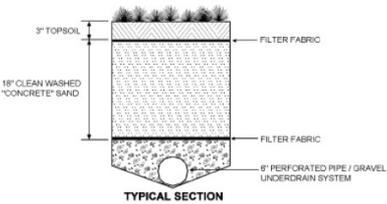
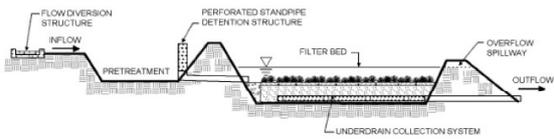
(가) 여과형 시설

○ 여과형 시설은 강우유출수를 여과효과를 가지는 다양한 형태의 여재를 통과시켜 비점오염물질을 저감하는 시설

○ 고형물의 여과가 가능한 다양한 형태의 여재로 구성된 여재층을 초기강우가 통과하면서 여재층의 공극이나 표면에 오염물질이 포획



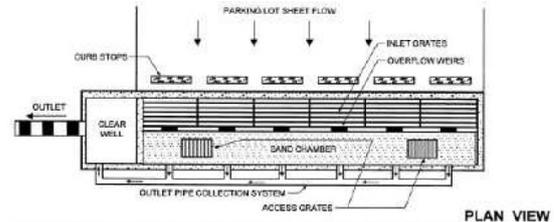
PLAN VIEW



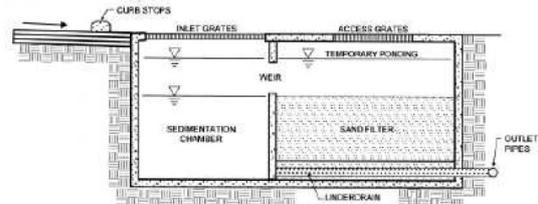
TYPICAL SECTION

PROFILE

Earthen Surface Sand Filter



PLAN VIEW

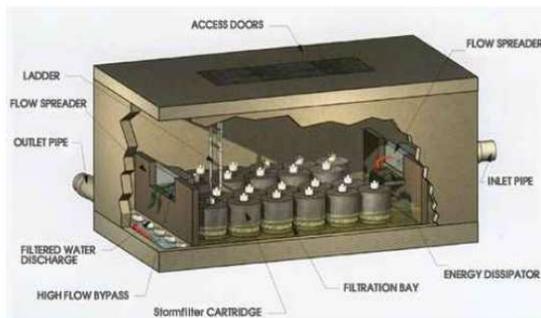


TYPICAL SECTION

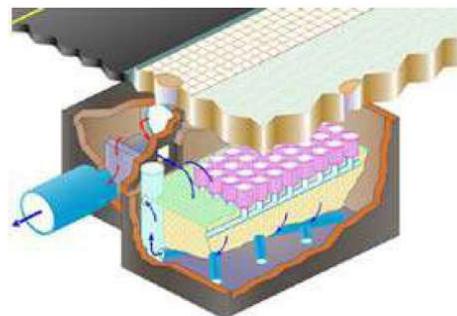
PROFILE

Perimeter (Delaware) Sand Filter

a) 모래여과시설



Stormfilter



M-Filter

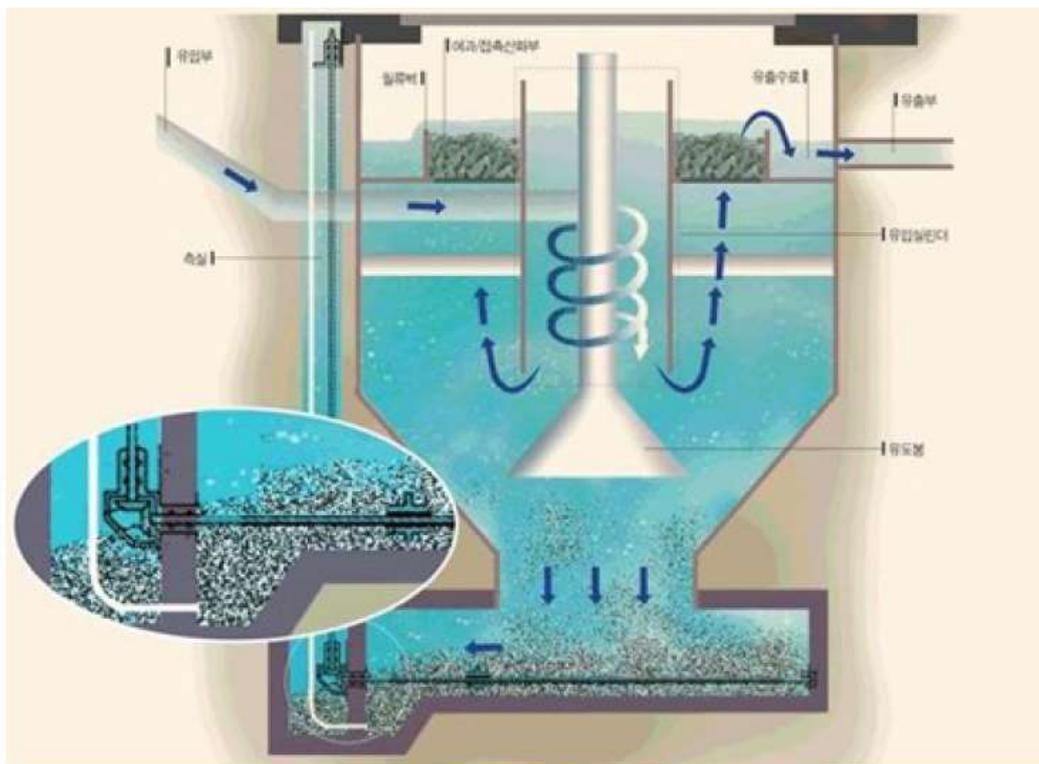
b) 제품형

<그림 3-29> 여과형 시설의 예시

- 주기적으로 전처리조 준설, 여재 교체, 부대 장비 수선 등을 수반하고, 강우가 종료된 후에는 여재층에 역세척 등을 통해 장기적이고 지속적인 강우유출수 처리가 가능토록 해야하며, 강우 종료 후 인위적인 구조물 내에 정체되는 정체수를 배수하여 다음 강우 시 정상적인 여과기능이 이루어질 수 있도록 해야하는 등 유지관리가 까다로움

(나) 와류형 시설

- 와류형 시설은 우수관으로부터 초기우수를 원형 와류조의 접선방향으로 유입시켜 와류를 형성시키고 와류에 의한 원심력을 이용하여 입자상물질의 급속침전을 유도하는 시설
- 일반적으로 와류형 시설은 기름·그리스, 부유협잡물 등은 상부로 분리되어 수거처리되고 침전가능한 입자상물질은 하부로 분리되어 수거처리됨
- 침전물의 저장능력을 고려하여 주기적으로 침전물을 제거하여야 함



<그림 3-30> 와류형 시설의 예시

(다)스크린형 시설

- 스크린형 시설은 망의 여과·분리 작용으로 비교적 큰 부유물이나 쓰레기 등을 제거하는 시설로서 주로 전처리에 사용하는 시설
- 망의 크기에 따라 처리효율이 달라지며, 정기적으로 고형물을 제거해 주어야 함

(2) 고속처리시설의 선정

- 본 연구개발사업에서 개발하고자하는 고속처리시설은 다음의 사항을 고려해야함
 - 고유량 시기 우수유출에 의한 부유물질의 농도가 높은 국내 하천특성을 고려하여 부유물질의 처리효율이 높아야함
 - 처리효율은 다소 낮지만 적은규모로 많은 용량을 처리할 수 있어야 함
 - 처리시간이 짧아 제한적인 저류공간이 부족하여 발생하는 위험이 최소화되어야함
 - 처리공정이 단순하여 설치 및 운영이 용이해야함
 - 별도의 기계적처리 및 화학약품처리를 하지 않아 운영 및 유지관리비용이 낮아야함
 - 일반적인 처리공법으로 특허 등 지식재산권의 침해가 없어야 함

- 와류형 시설은 부지면적을 상대적으로 적게 소요하여 고유량 시기 하천수를 처리할 수 있음
- 또한, 부유물질 및 협잡물 처리에 효과가 높아 고유량 시기 우수유출에 의한 부유물질의 농도가 높은 국내 하천특성에 적합하고, 처리속도가 높아 제한적인 저류공간의 월류나 침수의 위험이 매우 적음
- 와류형 시설의 처리원리는 원심력에 의한 급속침전이므로 별도의 기계적처리 및 화학약품처리를 요구하지 않기 때문에 본 연구개발사업에 최적일 것으로 판단됨
- 다만, 와류형시설은 침전물의 저장능력을 고려하여 주기적으로 침전물을 제거하여야 한다는 단점이 있으나, 침전물제거가 용이하도록 지속적인 제품개선을 수행할 계획임

<표 3-4> 고속처리공법의 선정

구분		여과형 시설	와류형 시설	스크린형 시설
처리원리		여재를 통한 여과	원심력에 의한 급속침전	망의 여과·분리 작용
처리 효율	영양염류	△ (일부효과)	X (미미함)	X (미미함)
	부유물질	○ (효과높음)	○ (효과높음)	△ (일부효과)
처리용량		△ (처리용량제한)	○ (처리용량무제한)	○ (처리용량무제한)
유지관리		X (유지관리어려움)	△ (유지관리 양호)	△ (유지관리 양호)
선정			◎	

나. 고속처리시설 설계

(1) 설계방향

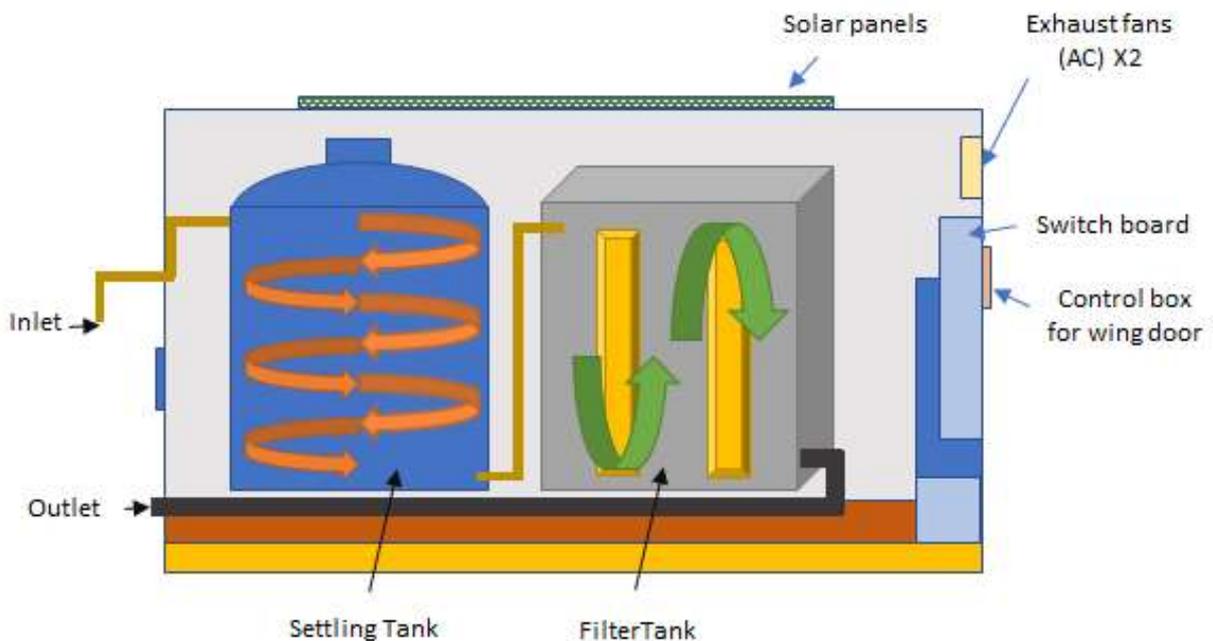
- 저속처리시설 컨테이너 타입 외관과 동일한 크기로 제작
- 와류형 침전조를 중심으로 추가 처리 고려
- 제한된 공간내 최적배치를 통한 처리용량 확보

(2) 설계 내용

- 외관크기 : 2200(D) X 4850(W) X 2500(H)
- 처리용량 : 1,500~2,500 ton/day

(가) 배치1안

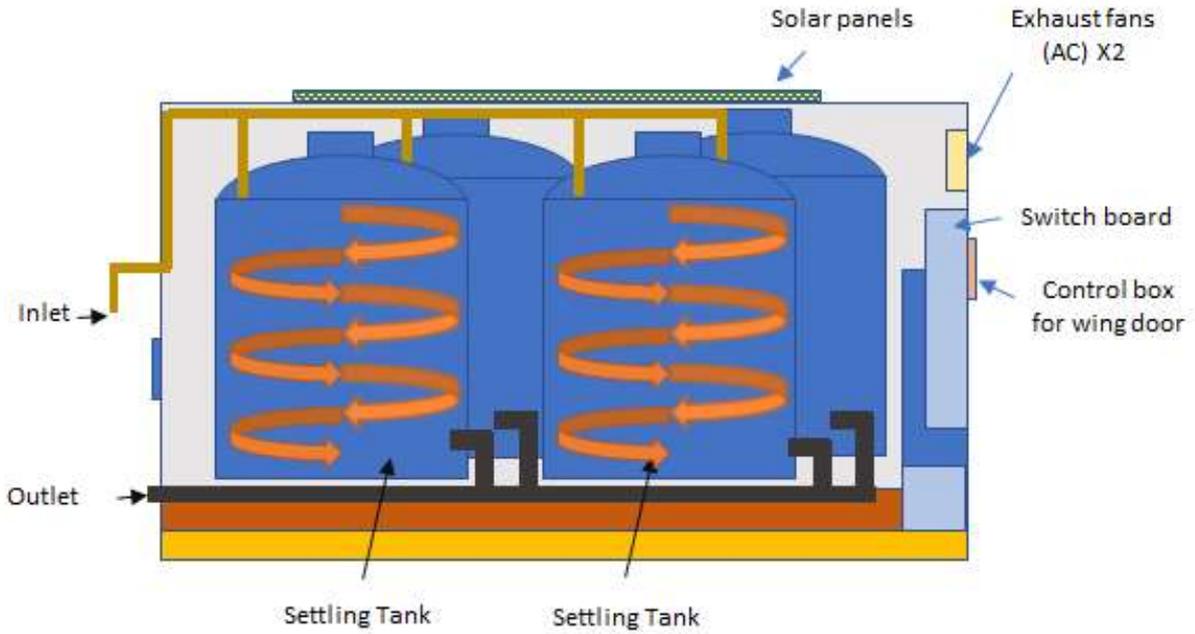
- 배치1안은 와류형침전조에서 처리된 처리수를 여과조에 추가로 유입시켜 처리하고자 하는 계획이며, 부유물질과 협잡물이외 영양물질 등 유기물 처리효율을 추가로 개선시키고자 함



<그림 3-31> 고속처리시설(배치1안)의 설계 개념도

(나) 배치2안

- 배치2안은 와류형침전조 4개를 병렬 연결하여 처리용량을 최대화하고자 하는 계획이며, 2,000L 탱크 4개를 지그재그로 배치하였음



<그림 3-32> 고속처리시설(배치2안)의 설계 개념도

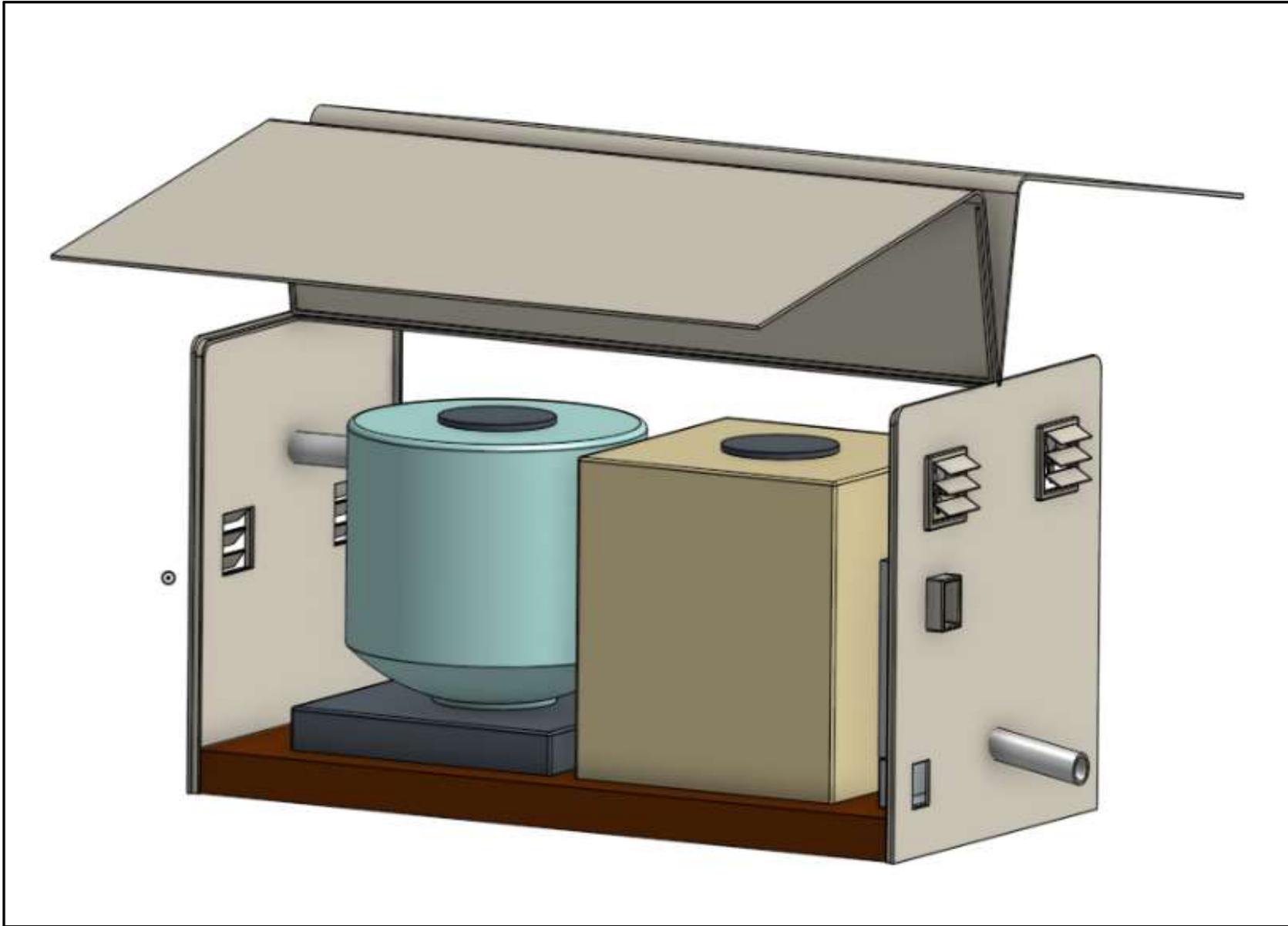
(다) 배치안 선정

- 배치1안에 비해 배치2안은 상대적으로 영양염류 등 유기물 처리효율이 낮을 수 있으나, 저속처리시설과 병행하여 설치·운영됨에 따라 크게 영향을 미치지 않을 것으로 판단됨
- 또한, 배치2안은 침전조 4개의 병렬연결로 인해 유량변동에 유동적이며, 별도의 유지관리가 필요하지 않다는 장점이 있어, 최종설계에 반영

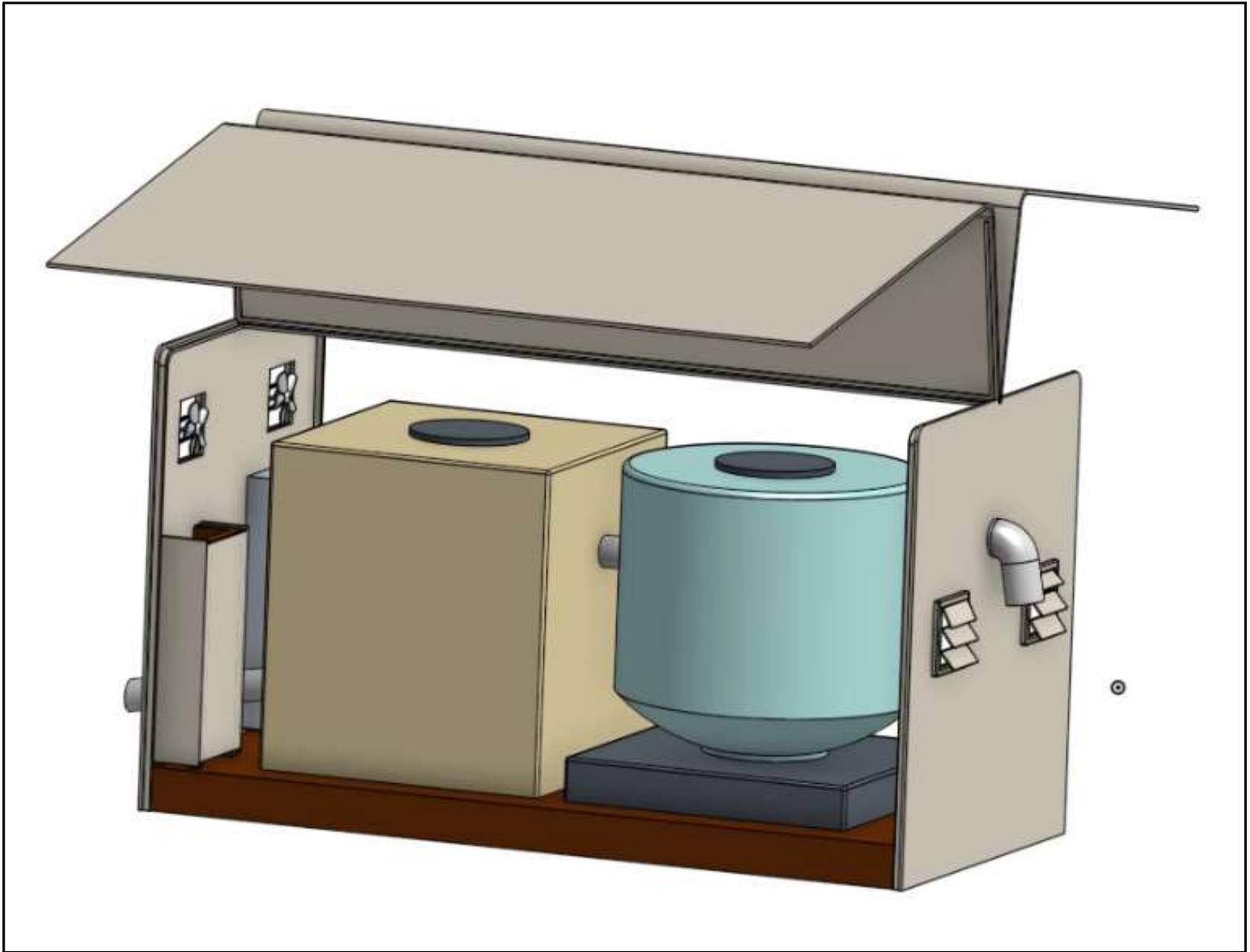
<표 3-5> 고속처리시설의 설계제원

구분	배치1안	배치2안
시설구성	와류형 침전조 : 3,000L X 1ea 여과조 : 3,000L X 1ea	와류형 침전조 : 2,000L X 4ea
저류용량	6ton	8ton
체류시간	1.5~3.0 min	4.5~8.0 min
특징	여과조 추가로 유기물 처리효율 개선 침전조와 여과조 직렬연결로 처리용량 제한 여과조 유지관리 필요	상대적으로 유기물 처리효율 낮음 침전조 4개의 병렬연결로 처리용량 제한없음 별도의 유지관리 필요없음
선정		◎

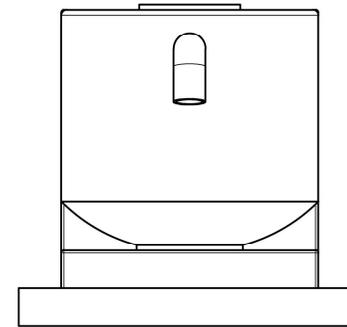
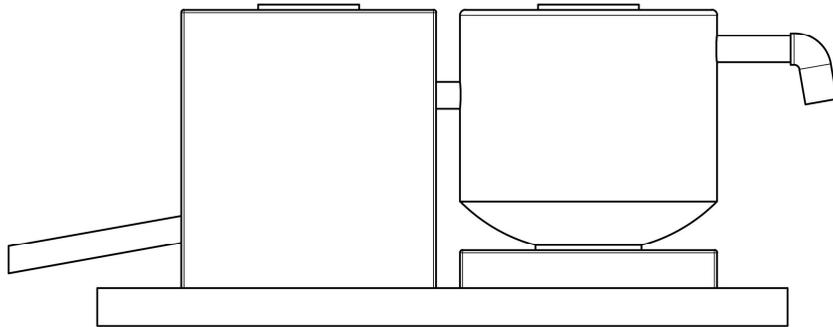
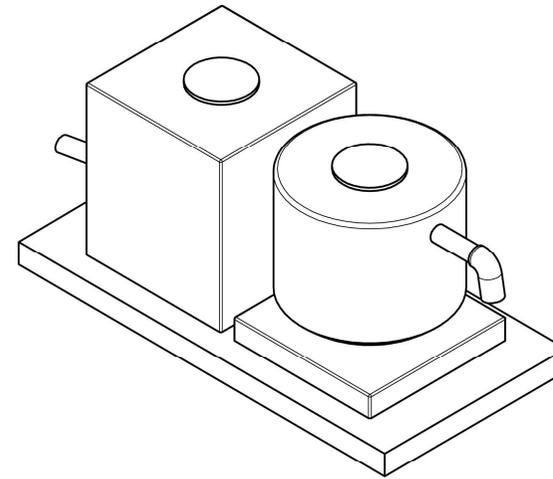
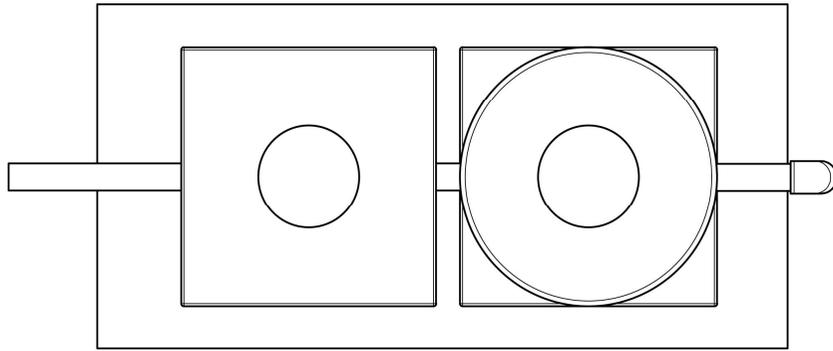
(3) 설계 도면



<그림 3-33> 고속처리시설 3D 설계 (배치1안-정면)

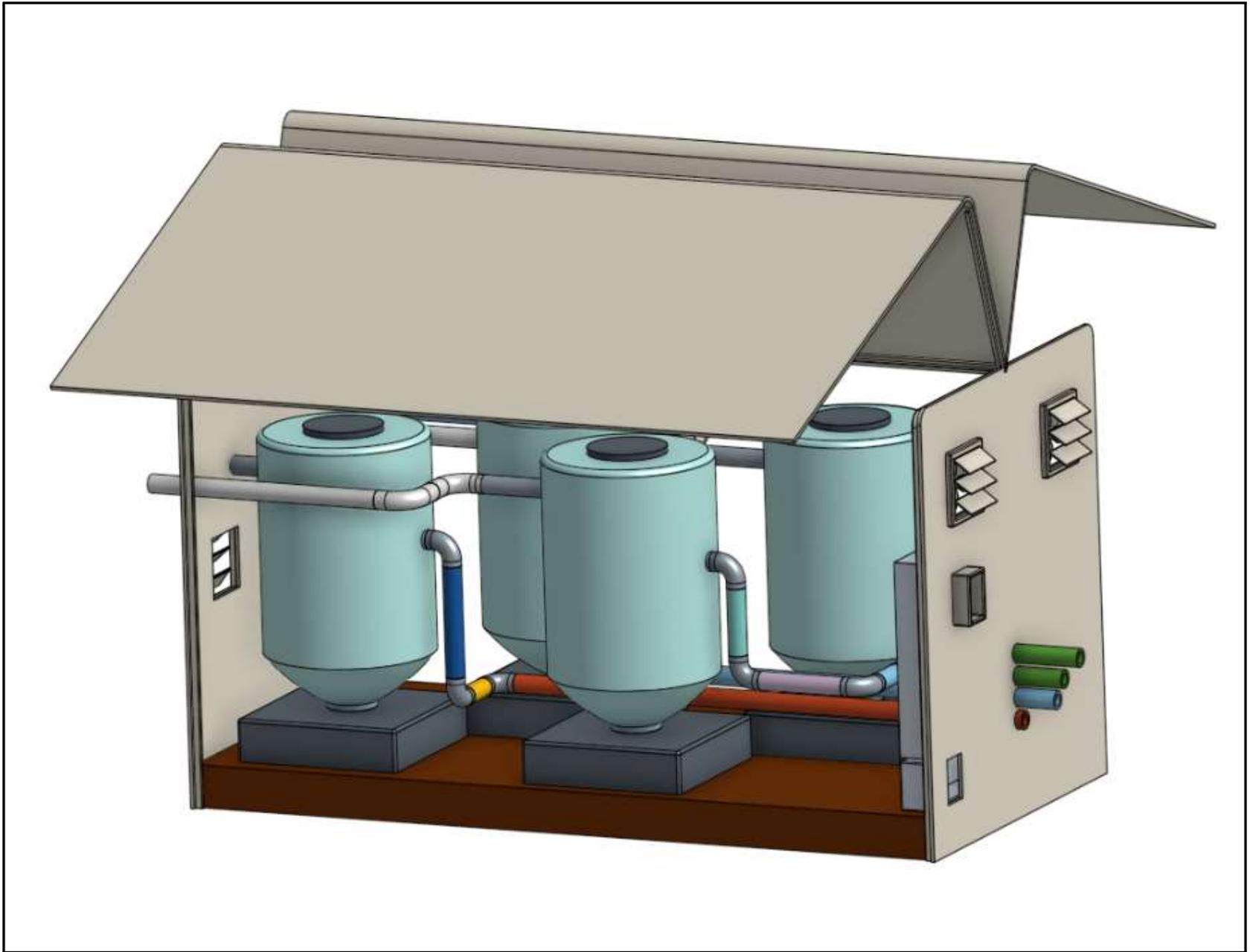


<그림 3-34> 고속처리시설 3D 설계 (배치1안-후면)

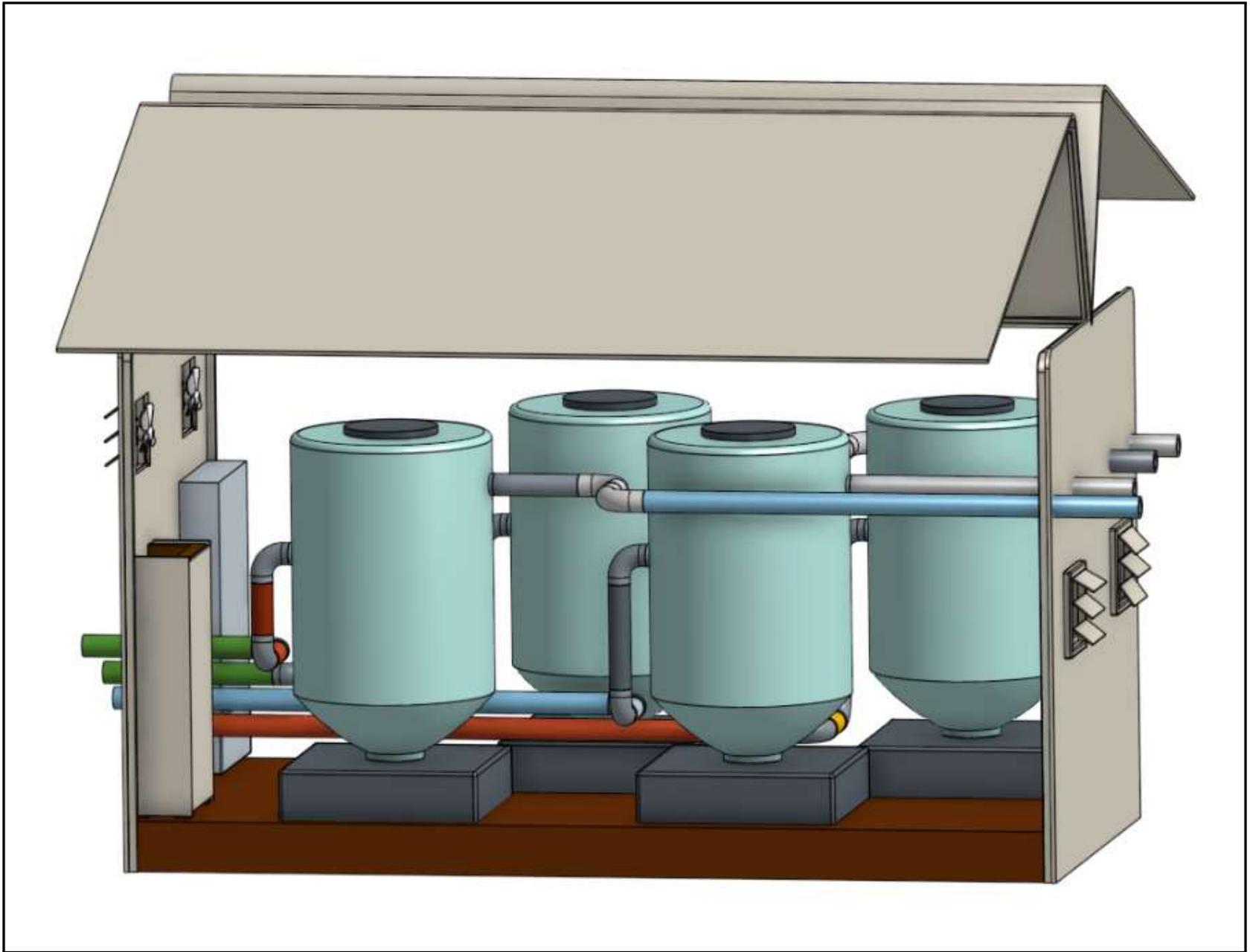


UNLESS OTHERWISE SPECIFIED, DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS ANGULAR = ± ° SURFACE FINISH ✓ DO NOT SCALE DRAWING BREAK ALL SHARP EDGES AND REMOVE BURRS		NAME	DATE		
	DRAWN	Jinyoung Jun	07/17/2017	TITLE	
	CHECKED			---	
	APPROVED			---	
THIRD ANGLE PROJECTION	MATERIAL	FINISH	SIZE	DWG NO.	REV.
			A	---	---
			SCALE	WEIGHT	SHEET 1 of 1

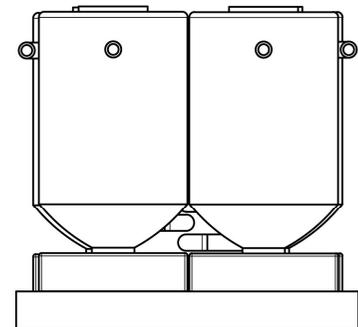
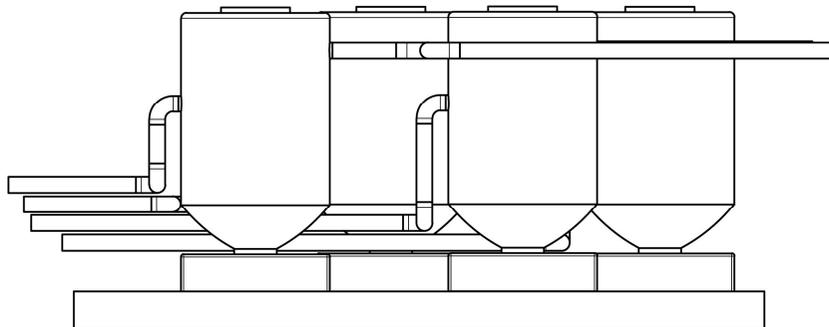
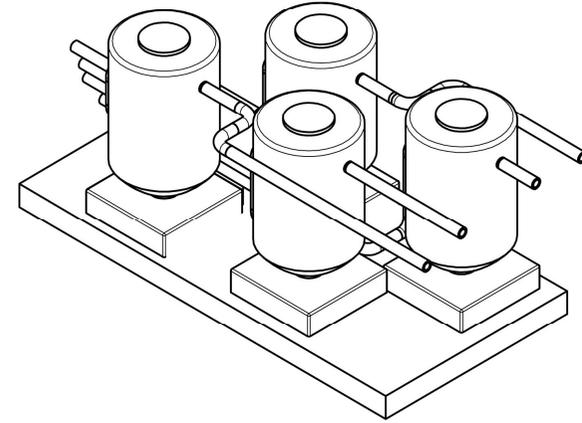
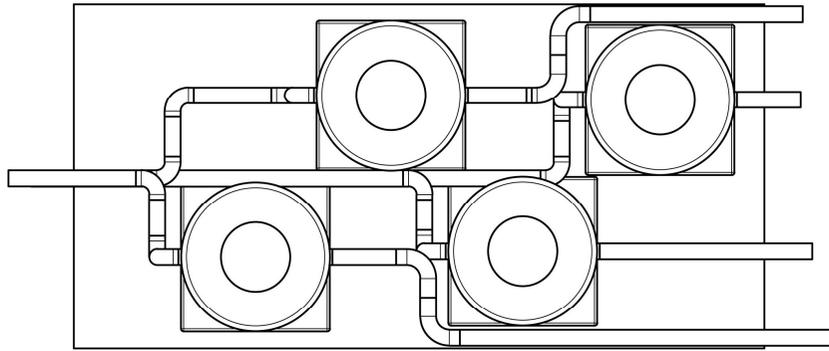
<그림 3-35> 고속처리시설 도면 (배치1안)

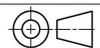


<그림 3-36> 고속처리시설 3D 설계 (배치2안-정면)



<그림 3-37> 고속처리시설 3D 설계 (배치2안-후면)



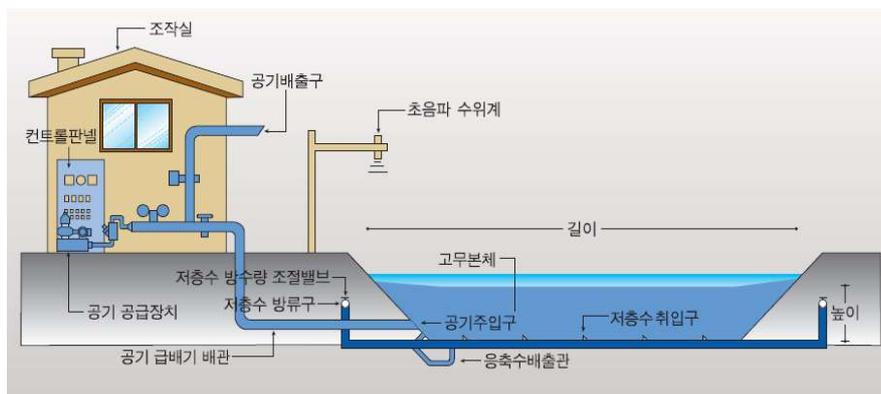
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED, DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS ANGULAR = ± * SURFACE FINISH DO NOT SCALE DRAWING BREAK ALL SHARP EDGES AND REMOVE BURRS THIRD ANGLE PROJECTION 	DRAWN	NAME	DATE		
	CHECKED	Jinyoung Jun	07/17/2017	TITLE	
	APPROVED			---	

	MATERIAL	FINISH	SIZE	DWG NO.	REV.
			A		---
			SCALE	WEIGHT	SHEET 1 of 1

<그림 3-38> 고속처리시설 도면 (배치2안)

2절 수처리 통합시스템 적용을 위한 가동보 설계 개선

- 가동보와 수처리 시설이 연계된 수처리 통합시스템을 개발하기 위해서는 가동보에 저류되는 수량이 수처리 시설로 유입될 수 있도록 기존 가동보의 개선이 필수적임
- 즉, 상류로부터 가동보에 유입되는 수량을 하류측으로 자연방류하는 기존 방식을 개선하여, 유입 수량이 실시간으로 수처리 시설에서 정화된 후 하류측으로 방류하기 위하여 가동보의 설계 구조를 개선하고자 함
- 기존의 가동보는 농업 관개기와 같이 수자원 확보가 필요한 시기에만 운영하고 비관개기인 겨울철에는 도복되어 있는 상태로 운영되고 있는 실정이지만, 여름철보다 상대적으로 수량이 적은 겨울철과 봄철에 수질이 악화되는 것으로 조사되고 있어 갈수기 때의 수질 개선에 대한 방안이 필요함
- 따라서, 본 연구에서는 우리나라 전역에 설치·운영되고 있는 가동보를 이용하여, 가동보와 수처리 시설이 연계된 수처리 통합시스템을 개발·적용하여 하천 수질을 개선하고자 함
- 이를 위해서는 갈수기 저유량 시기와 평수기 대유량 시기로 구분하여, 상대적으로 유량이 적은 갈수기에는 바이오필터시스템을 적용하고 평수기에 초과되는 유량은 고속처리시스템을 적용하여, 수량이 풍부한 여름철 홍수기를 제외한 실시간 하천 수처리 통합시스템을 개발하고자 함



<그림 3-39> 기존 가동보 (고무보) 구성 및 기립/도복 형상

1. 기존 가동보 기술 개요

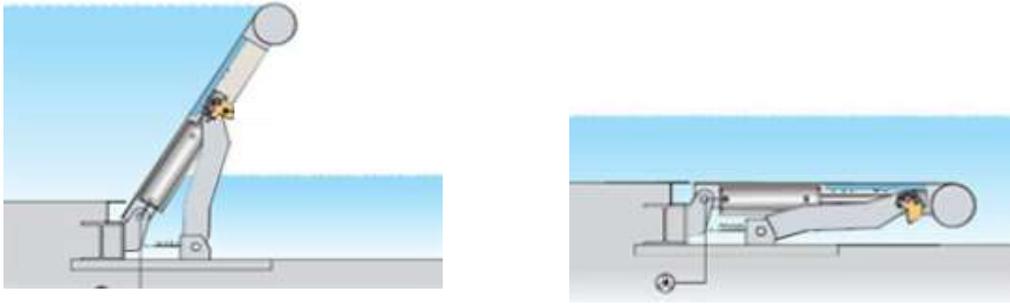
가. 가동보의 개념

- 보는 일반적으로 수위를 상승시켜 취수 목적으로 하천을 횡단하여 설치되는데, 현재 설치되어 있는 대부분의 보는 설치되는 지형 및 유량에 상관없이 유사한 형식으로 설치되어 있음
- 대부분의 보는 일반적으로 콘크리트로 설치된 고정보로 보 상단에 토사 퇴적 및 수질악화를 가져오며 보로서의 기능을 상실하고 있음
- 수자원의 안정적 확보와 환경에 대한 관심이 증가하면서 보를 추가적으로 설치할 때 기존 보의 수질악화문제를 보완하기 위한 가동보의 다양한 방식이 소개되고 개발되고 있음
- 그 중, 국내에 소개되고 설치되고 있는 가동보 주요 방식은 크게 유압식, 공압식(고무보, 고무철관 복합가동보), 무동력 가동보로 나뉨
- 유압식 가동보는 유압실린더의 수축/신장에 의해 철판 패널이 기립 및 전도하는 원리를 이용한 보임
- 공압식 중 고무보는 밀폐된 고무튜브에 공기를 공급/배출하여 기립 및 도복하는 원리를 이용한 보이며, 고무철관 복합가동보는 다수의 소형 고무 에어백에 공기를 공급/배출하여 상부 철판패널을 기립 및 도복하는 원리를 이용하여 설치된 보의 형상을 나타냄
- 무동력 가동보는 철판패널의 자중과 부력에 의해 작동하는 보의 형상을 나타냄

나. 가동보의 종류

(1) 유압식 가동보

- 유압식 가동보는 일반적으로 패널의 양 끝에 유압식 실린더를 설치하여 철판패널을 기립 및 전도하는 방식으로 주 소재는 철판으로 구성
- 하천수 유수방식은 상단 월류 방식이며, 수위조절이 가능하나 철판의 부식 및 유압 유출시 수질오염이 우려됨
- 유압식 가동보 설치시 유압식 실린더 사용으로 콘크리트 기초에 약 50cm 이상의 턱이 필요하며, 유압실린더의 용량에 따라 다수의 중간구조물이 필요하므로 홍수시 통수단면적을 축소시키는 단점이 있음



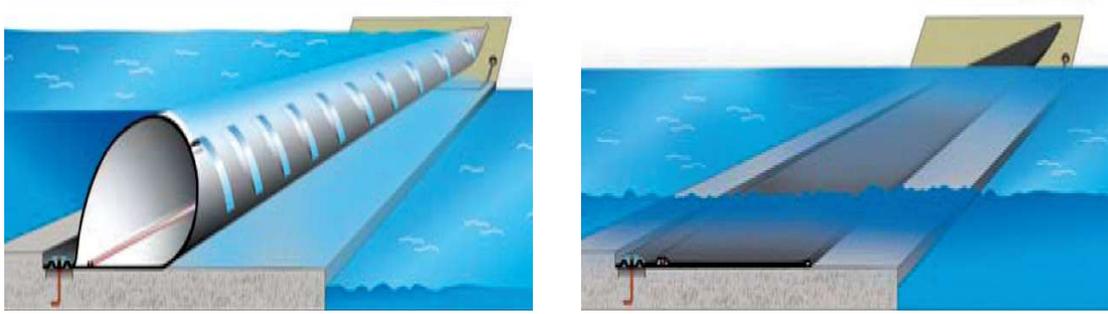
<그림 3-40> 유압식 가동보 작동 원리



<그림 3-41> 유압식 가동보 설치 전경

(2) 고무보

- 공압식 가동보는 공기를 급배기 하여 기립과 도복이 가능한 보이며, 그 종류는 고무보와 고무철판 복합가동보로 나뉜.
- 고무보는 중간구조물 필요 없이 일체형으로 제작된 밀폐형 고무튜브에 공기를 급배기하여 기립과 도복하는 방식
- 하천수 유수방식은 기립시 상단 월류방식으로, 기본 원리가 공기를 이용하므로 환경오염의 우려는 적은 것으로 나타남
- 타 가동보 대비 완전도복이 가능하고 중간구조물이 필요 없어 홍수시 수위상승이 발생하지 않는 것으로 보고되고 있으며, 고무보는 적용범위가 넓어 용수확보, 저수지 증고, 임시 가물막이, 위락시설 및 소수력 발전 등 다목적으로 활용되고 있음



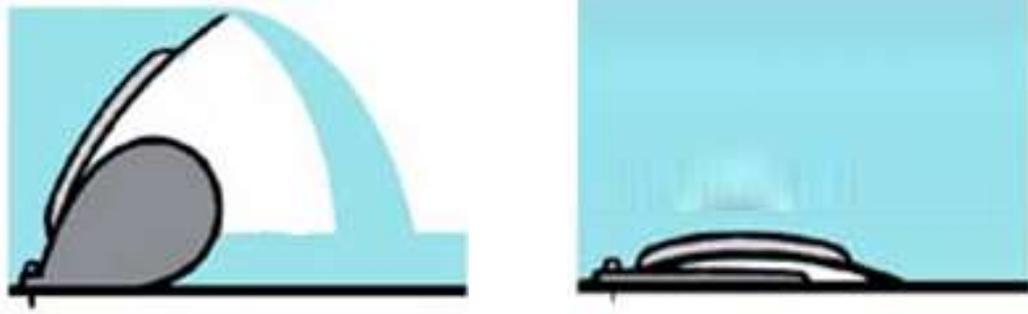
<그림 3-42> 고무보 작동 원리



<그림 3-43> 고무보 설치 전경

(3) 고무철관 복합가동보

- 고무철관 복합가동보는 다수의 소형 고무에어백에 고압의 공기를 급배기 하여 철관을 기립과 도복하는 원리로 작동하는 방식임
- 하천수 유수방식은 상단 월류 방식으로 철관의 부식으로 인해 수질오염이 우려됨
- 고무철관 복합가동보는 수위조절이 가능하나 지수에 어려움이 있고 완전도복이 가능하여 홍수시 수위상승이 발생하지 않는 것으로 나타남
- 고무철관 복합가동보는 미국에서 Spillway Gate로 개발 되어 사용되고 있으며 국내에서는 주로 하천에 적용되고 있음



<그림 3-44> 고무철판 복합가동보 작동 원리

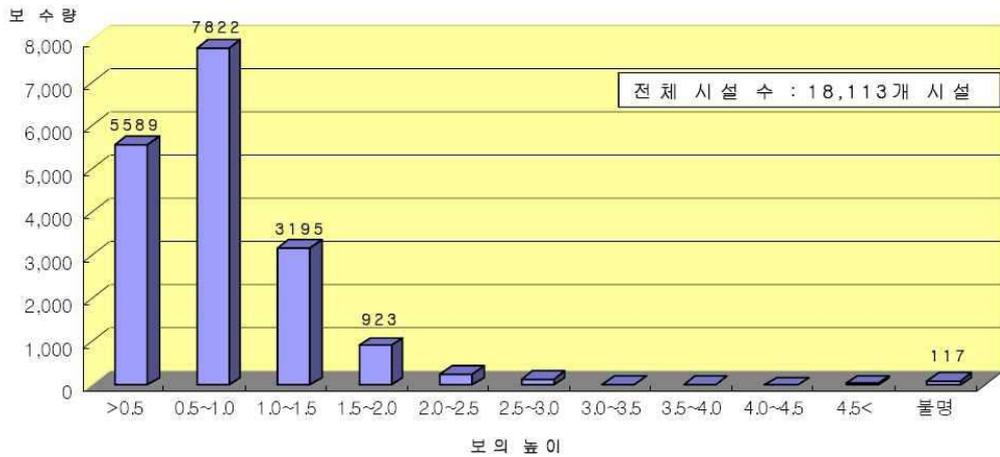


<그림 3-45> 고무철판 복합가동보 설치 전경

다. 국내·외 가동보 현황

(1) 국내 사례

- 한국농어촌공사의 자료에 의하면 현재 전국적으로 약 18,000여개의 보가 가동, 존치되고 있는데, 그 중 높이 1m 이하의 보가 약 70%, 약 25%가 1~2m 정도 높이의 보, 2m 이상인 보가 약 5%를 차지하고 있음
- 대부분의 보가 콘크리트로 설치된 고정보였으나, 최근 생태계 단절, 퇴적에 의한 보 기능 상실, 홍수단면 축소 등의 문제로 철거 내지 가동보로 설치가 이루어지고 있음
- 또한 자연형 하천 복원을 위해 친수공간 확보 및 지역 특성화 축제를 위해 가동보 설치가 다수 이루어지고 있음



<그림 3-46> 국내에 설치된 높이별 보의 수

- 국내에서는 1985년 동북댐을 시작으로 가동보 설치가 시작되었으며, 2012년 현재 약 1,140여개의 가동보가 운영 중에 있음
- 그 중 유압식 가동보의 수가 약 720여개로 가장 많으며, 대부분 농업용수로 및 소규모 하천에 설치되었다. 공압식 가동보는 약 250여개가 설치되었으며 안전성과 적용성이 뛰어나 대규모 하천 및 친수공간 확보를 목적으로 사용하고 있음
- 횡성군은 횡성읍 읍하리 섬강둔치에 수질개선을 위하여 상류에서 유하하는 토사 및 침전물 등의 오염물질을 주기적으로 방류하고자 기존에 설치되어 있는 콘크리트 낙차보(L=110m중 30m)를 가동보로 전환하고 있음
- 가동보 전환시 수위조절이 가능해 여름철 물놀이 안전사고를 미연에 방지할 수 있으며, 어류이동 통로를 기존 하천 바닥으로 복원 개방하므로 생태복원 효과가 클 것으로 예상됨
- 2008년 8월 고양시 장월평천 중간지점인 송포배수펌프장 유입수로 초입에 자동으로 보의 높이를 조절하는 가동보를 설치하였음
- 가동보가 설치된 곳은 지방2급 하천인 장월평천과 송포배수펌프장 유입수로가 분기되는 지점으로, 그동안 상류에서 내려오는 물이 하류로 흘러가지 않고 적은양의 비에도 송포배수펌프장으로 유입돼 배수펌프의 잦은 가동과 유입수로에 부유물과 토사 등이 쌓여 시설물 운영관리에 어려움이 있었음
- 가동보 설치에 따라 상시 수위조절이 가능하고 유수지 담수량이 증대돼 집중 호우 시 초기대응이 가능하고, 펌프 수시가동에 따른 전기요금 절약 및 퇴적물 등의 유입방지로 배수펌프장 적정운영에 매우 효과가 크게 나타나고 있음

- 아울러 장월평천 하류 쪽으로 상시 물이 흘러내려 한국농어촌공사에서 운영하는 구산양수장의 농업용수 확보가 용이해 송포, 송산, 가좌의 농업용수의 안정적인 공급에 크게 기여하고 있음
- 지난 1984년 준공돼 26년 동안 근남 수산들의 농업용수를 공급해오던 울진 왕피천의 수산보(洑)가 헐리고 가동보로 새로 설치되었음
- 수산보는 노후화에 따른 붕괴 위험과 함께 생태단절로 인해 이를 해결하기 위하여 250m에 이르는 가동보와 길이 150m의 생태어도 2곳을 설치하였음
- 신설된 가동보는 기존의 고정보와는 달리 우기에 배수기능으로 수량을 조절할 수 있어 홍수 예방 기능과 갈수기 퇴적물의 부패방지 기능을 겸하고 있어 수질 환경 개선에도 보다 능동적으로 대처할 수 있음
- 국내에서 시행되고 있는 '4대강 살리기 사업' 및 '저수지 독높이기 사업'은 가동보에 대한 새로운 패러다임을 알리는 중요한 사업이었음
- 4대강 본류에 16개의 가동보가 설치되었으며 지속적으로 '고향의 강 살리기' 및 '하천환경 정비사업'등 지류 하천정비를 위한 사업과 더불어 가동보의 시장은 확대 되고 있음
- 또한 '저수지 독높이기 사업'의 계획상 87개소의 저수지 증축이 계획 되었고 2011년 현재 총 42개소 증축에 가동보가 설치되어 운영 중에 있음



<그림 3-47> 4대강 사업에서 설치된 16개보

(2) 국외 사례

- 국외 가동보 설치 사례는 정량적으로 파악이 되지 않으나, 종류와 목적에 따라 가동보를 분류하고 있음
- 국외 가동보의 경우 용수 확보 목적보다 소수력 발전 및 선박 운항 목적의 수문 형식으로 주로 사용되며, 기립형 가동보(고무보)를 제외한 대부분의 가동보가 유압식으로 작동되고 있는 상태임
- 무동력식 가동보는 규모가 작고 운영방식이 안전하지 못하여 설치사례가 나타나지 않는 것으로 판단됨

(가) 만곡형 가동보

- 만곡형 가동보는 하천을 가로질러 중간구조물(교각)사이에 회전하는 세계의 힌지로 연결된 아치형 가동보임
- 네덜란드 Line강에 위치한 만곡형 가동보는 소수력 발전과 선박 운항을 위하여 설치되었으며, 일본 Aji강의 만곡형 가동보는 오사카의 폭풍해일로 부터 홍수방어를 목적으로 설치되었음



<그림 3-48> 만곡형 가동보

(나) 마이터 가동보

- 마이터 가동보는 전통적으로 홍수조절 보다는 선박 운항용 갑문으로 사용되지만, 영국의 Goole 지역에서는 운하 제방이 붕괴될 경우 정박해 있는 선박들의 2차 피해 방지를 위해 설치
- 마이터 가동보는 보 양쪽 수위가 동일 할 때만 가동되며 하천 양쪽에 힌지로 연결된 두개의 가동문으로 구성



<그림 3-49> 마이터 가동보

(다) 레디얼 가동보(Radial Gate)

- 레디얼 가동보는 양쪽 지지대에 의하여 원형 베어링 형태로 교대에 고정되어 있으며 개방형 구조의 철제틀에 방수막 처리가 되어 있음
- 레디얼 가동보는 흐름을 유지하기 위해 물속에 위치하고 있으며, 가동보를 상승하여 흐름을 차단하거나 완전히 수면위로 상승시켜 하천 흐름을 원활히 할 수 있음
- 벨기에 Meuse강 상류에 선박 운항과 수력발전을 위하여 레디얼 가동보를 사용하고 있으며, 독일 Schleswing-Holstein에 위치한 레디얼 가동보는 선박 운항 및 홍수방어 목적을 위해 사용되고 있음



<그림 3-50> 레디얼 가동보(Radial Gate)

(라) 회전식 가동보

- 회전식 가동보는 하천과 인접한 곳에 설치되며 선박운항을 위해 주로 사용되며 홍수가 예상될 때 가동됨
- 벨기에 Berendrecht의 회전식 가동보는 높이 22.6m, 길이 70.0m의 대규모로 홍수조절과 선박운항이 가능하도록 설치되었음



<그림 3-51> 회전식 가동보

(마) 부채꼴 가동보

- 부채꼴 가동보는 수직축이 고정되어 있어 하천중심으로 회전 이동함
- 가동보 상류측 철판을 원형으로 제작하여 수리학적 물의 흐름을 이용함으로써 약한 동력으로도 개폐가 가능한 가동보임
- 네덜란드 Maeslant에 위치한 부채꼴 가동보는 길이 360m로 하천 좌·우안에서 동력으로 움직이며 특별히 제작된 원형의 베어링으로 연결되어 회전하게 됨
- 일본 Amagasaki 가동보는 폭 17m로 선박운항 뿐만 아니라 폭풍해일 방지 목적으로도 사용되고 있음



<그림 3-52> 부채꼴 가동보

(바) 수직 리프트 가동보

- 수직 리프트 가동보는 수중에 위치하여 물의 흐름을 막기 위해 상승되거나 타워에 위치해 하강하는 원리이며, 주로 홍수방지용으로 사용됨
- 네덜란드 Spijkenisse에 위치한 수직 리프트 가동보는 높이 9.3m, 길이 147.3m의 경간을 가진 렌즈모양의 수직 리프트 가동보로 저수를 용이하게 가동보를 완전히 폐쇄하지 않고 홍수시에는 들어 올려 하천 흐름에 영향이 미치지 않도록 운영 하고 있음
- 일본 Kamihirai 가동보는 높이 9.5m, 길이 120.0m의 규모로 네덜란드 운영 방식과 달리 홍수 발생시 가동보를 폐쇄하여 홍수피해 방지 역할을 함



<그림 3-53> 수직 리프트 가동보

(사) 고무보

- 고무보는 국내·외에 가장 많이 설치되어 있으며 바닥 기초에 고무보를 고정하여 공기나 물에 의해 팽창되어 기립하는 원리임
- 캐나다 퀘벡 Chute Bell강에 위치한 고무보는 소수력 발전의 용수 확보와 하천유지유량을 조절하며, 네덜란드 램스폴 Kampenr강 고무보는 수압식 고무보로 높이 8.2m 길이 240m로 세계 최대의 고무보로 홍수조절을 위해 사용하고 있음
- 독일 Fussen 강, 체코 Loucna강의 고무보는 수압식 형태로 설치되어 있으며 수력발전을 위해 사용하고 있음
- 고무보는 타 가동보에 비해 소수력, 관개용수 확보, 물 공급, 저수지 증고 등 다목적으로 사용되며 그 사례는 다음과 같음



(a) Hydro Power
(USA, Rainbow Dam)



(b) Irrigation
(Philippine, Angat After Bay
Regurar Dam)



(c) Water Supply
(Indonesia, Gubeng Dam)



(d) Ground Recharging
(USA, Alameda)



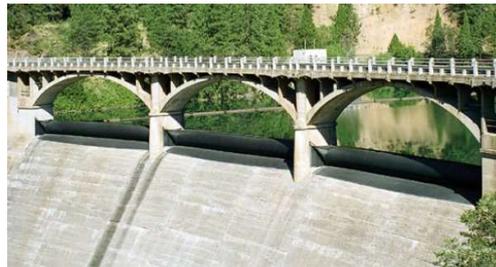
(e) Tidal Barrier
(Japan, Naruse River)



(f) Reservoir
(Thailand, Huay San Pad)



(g) Navigation
(Norway, Kjelda)



(h) Crest Rasing
(USA, Pit 3 Dam)

<그림 3-54> 고무보 적용 사례

2. 수처리 유입시스템 설계를 위한 유황 분석

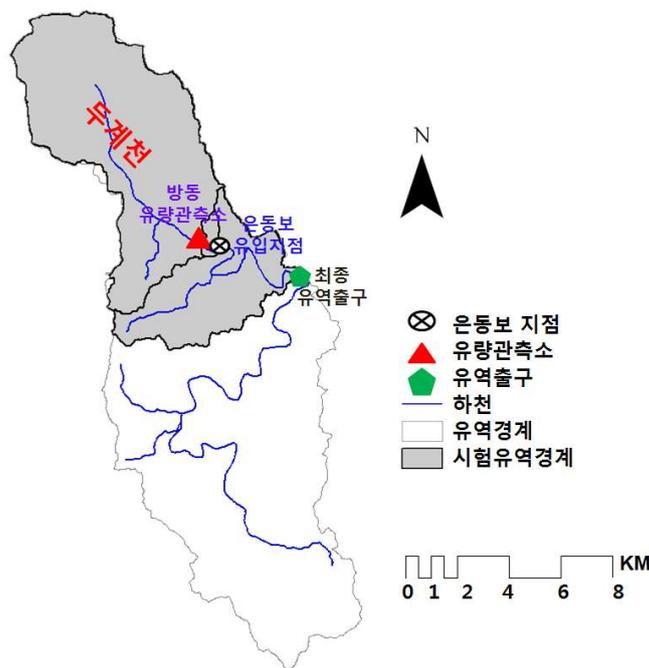
- 주관기관에서 보유하고 있는 바이오필터시스템 및 고속처리시스템으로의 유입시스템을 개발하기 위해서는, 적용 대상 지구의 하천유황을 분석하여 각각의 수처리 시스템의 적용 기간 및 유량을 결정이 필요함
- 하천유황 분석을 위해서는 하천 유량의 계측자료를 이용하여 유황 분석이 가능하지만, 대부분의 가동보가 설치된 지점에서는 하천 유량 계측자료가 없는 실정임
- 또한, 본 공동기관에서는 실시간 가동보 실시간 유량계측시스템 기술을 보유하고 있지만, 본 연구에서 개발하고자 하는 수처리 통합시스템은 가동보로 월류되는 유량을 처리하여 하류측으로 방류하는 기술이므로, 실시간 유량계측시스템을 사용하지 못하는 실정임
- 따라서, 하천 유량을 수처리 시설로 유도하는 유입시스템을 개발하기 위해 수리·수문 모델링을 이용한 유황 분석 자료로 하천 유량 산정이 필수적으로 선행되어야 함
- 본 공동기관에서는 우리나라에 약 250 여기의 가동보를 운영하고 있는데, 가동보 규모별로 대표 지역을 선정하여 하천 유황분석을 실시하였음

<표 3-6> 하천 유황분석을 위한 대표 가동보 선정

순번	명칭	제원	위치	준공일
1	은동보	0.5mH × 48.4mL	대전시 두개천	2006년 08월
2	서리보	0.8mH × 29.0mL	강원도 북천	2010년 11월
3	원통보	1.2mH × 161.2mL	강원도 북천	2010년 11월
4	영천 제1가동보	1.5mH × 179.6mL	경상북도 금호강	2011년 03월
5	하양보	2.0mH × 136.1mL	경상북도 금호강	2012년 10월
6	무태보	3.0mH × 263.7mL	경상북도 금호강	2012년 12월
7	안림천보	2.3mH × 61.8mL	경상북도 안림천	2012년 02월
8	선교보	1.3mH × 30.3mL	전라북도 강경천	2011년 06월

- 8개 가동보는 하천 유출량 자료가 확보되지 않은 미계측 유역으로서 기상 및 지형 자료를 SWAT 모형을 이용하여 하천 유출량을 산정하였음
- 모형의 보정 및 검증에 위해 은동보 인근 방동수위관측소의 유량자료에 대하여 2007년부터 2016년 까지의 10년간의 유출량 자료를 이용하여 민감도 분석을 수행하였음
- 이후 검증된 SWAT 모형을 은동보 유역에 적용하여 1986년부터 2016년까지의 시계열 유출량 자료를 생성하였음

- SWAT 모형의 보정 및 검증 수행하기 이전에 모형의 안정화를 위하여 1984년부터 2006년까지 선행 모의를 수행하였고, 모형의 보정은 실측 자료의 양과 질이 충분한 2011년부터 2016년까지 모의하였으며 2007년부터 2010년까지 검증을 실시하였음
- <그림 3-55>는 SWAT 모형의 보정 및 검증기간 동안 실측치와 모의치의 수문곡선을 비교한 것이며, <표 3-7>은 모형의 보정 및 검증에 따른 통계분석 결과를 정리하였음
- 통계분석은 모형효율성(NSE, Nash-Sutcliffe model Efficiency)과 결정계수(R^2 , Determination Coefficient)를 사용하였으며 R^2 가 0.5이상이고 NSE가 0.4이상이면 모형이 자연현상을 잘 모의 하는 것이라 보고되고 있음(Ramanarayanan, 1997)
- 방동관측소 지점에 대해 모형의 보정 및 검증을 실시한 후 연평균 일 유출량을 비교한 결과 보정기간 동안의 NSE 및 R^2 는 각각 0.40~0.72, 0.60~0.83으로 나타났으며, 검증기간의 NSE 및 R^2 는 각각 0.49~0.76, 0.40~0.74로 나타남
- 모의유출 및 실측유출이 비교적 일정한 경향으로 거동하였으며, 통계적으로도 안정된 상관성을 보이고 있어 모의값과 실측값 사이에 유사성이 있음을 확인하였음

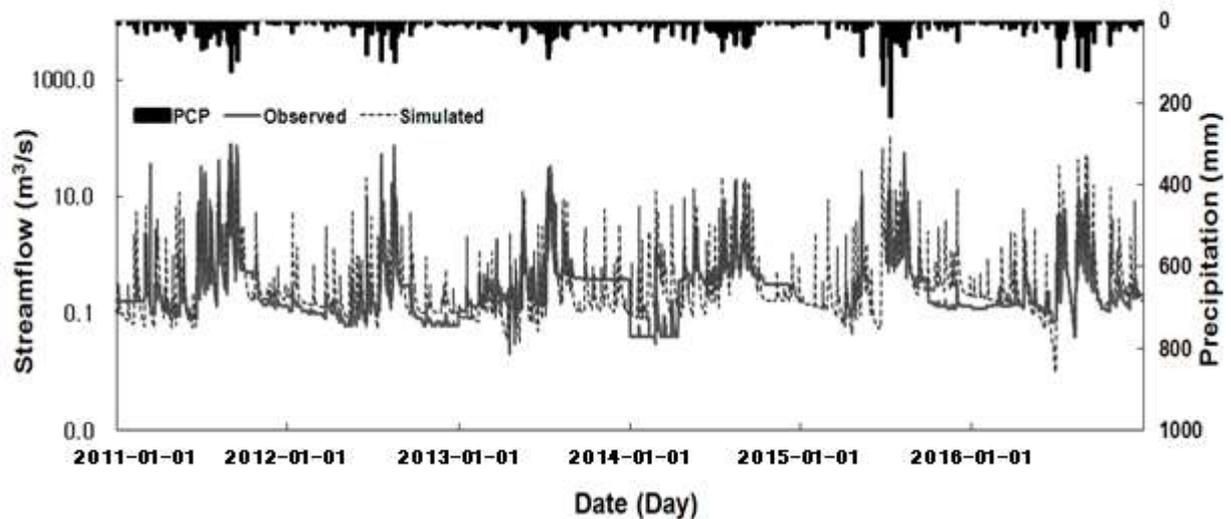


<그림 3-55> SWAT 모형의 보정 및 검증에 사용된 관측소 현황 (은동보)

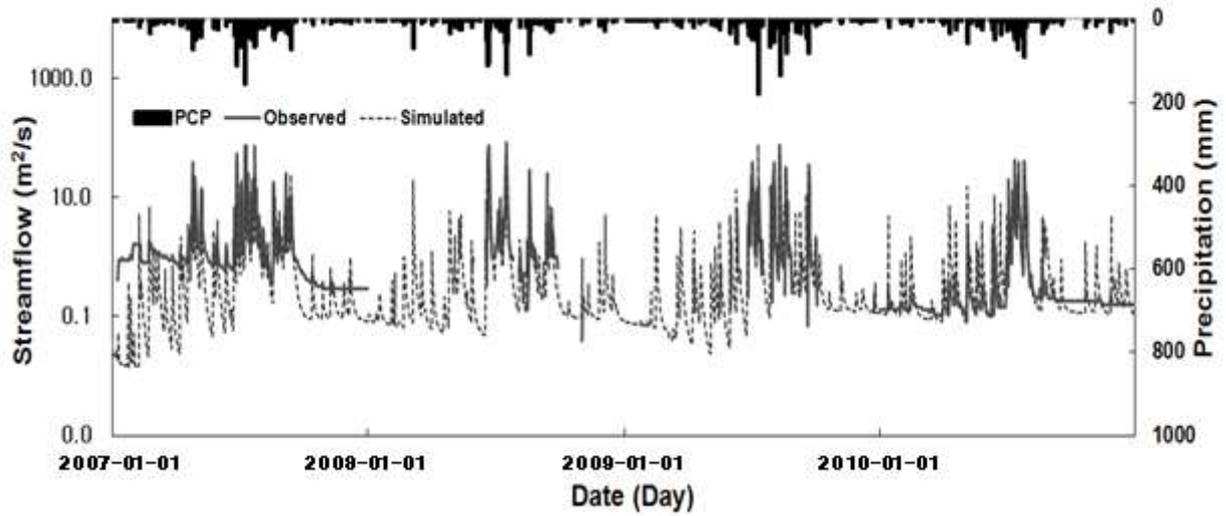
<표 3-7> 모형의 보정 및 검증 결과의 통계분석

년	강우량 (mm)	하천수위 (mm)		유출율 (%)		R ²	NSE	Note
		Obs	Sim	Obs	Sim			
2007	1747.8	1116.1	985.7	63.9	56.4	0.64	0.60	V
2008	1134.5	678.2	669.0	59.8	59.0	0.83	0.74	V
2009	1239.9	606.5	701.2	48.9	56.6	0.80	0.76	V
2010	1123.2	471.6	574.2	42.0	51.1	0.60	0.49	V
2011	1752.2	944.6	1001.5	53.9	57.2	0.57	0.53	C
2012	1037.6	458.0	537.9	44.1	51.8	0.74	0.72	C
2013	1090.4	447.9	518.4	41.1	47.5	0.72	0.51	C
2014	1402.9	649.1	742.2	46.3	52.9	0.55	0.40	C
2015	1216.0	649.1	730.9	53.4	60.1	0.52	0.40	C
2016	1409.4	631.2	817.1	44.8	58.0	0.40	0.54	C
Mean	1315.4	665.2	727.8	49.8	55.1	0.64	0.57	

C: Calibration, V: Validation

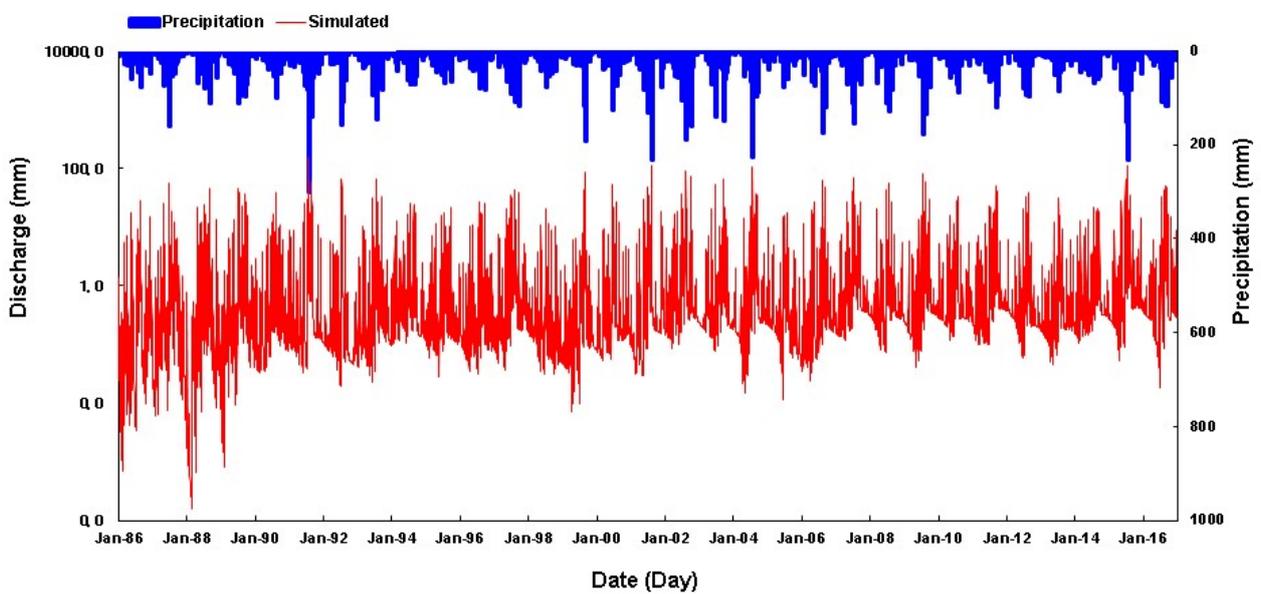


(a) 모형의 보정 (2011 - 2016)



(b) 모형의 검증 (2007 - 2010)

<그림 3-56> SWAT 모형의 보정 및 검증 (방동관측소)



<그림 3-57 > SWAT 모형을 이용한 하천유출량 생성 (은동보 유역)

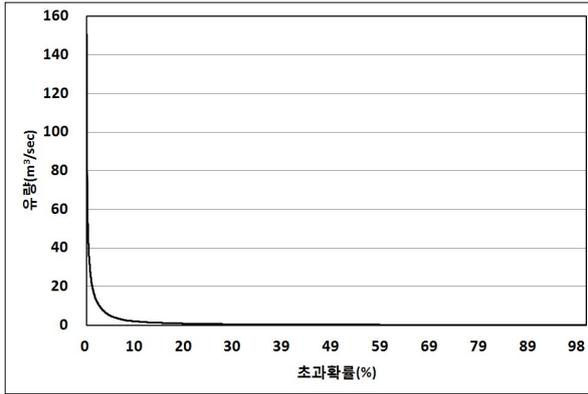
<표 3-8> 은동보 유역의 연평균 유출량

년 도	총강우량 (mm)	연평균 유출량 (CMS)	년 도	총강우량 (mm)	연평균 유출량 (CMS)
1986	1,008	0.68	2002	2,070	2.15
1987	1,229	0.90	2003	1,456	1.36
1988	1,319	1.01	2004	1,708	1.65
1989	1,692	1.42	2005	829	0.57
1990	1,244	0.94	2006	1,379	1.17
1991	1,881	1.88	2007	1,749	1.72
1992	921	0.76	2008	1,498	1.44
1993	1,538	1.32	2009	1,656	1.63
1994	1,496	1.23	2010	1,195	1.09
1995	1,182	0.88	2011	1,752	1.67
1996	1,037	0.73	2012	1,037	0.93
1997	1,533	1.36	2013	1,090	0.85
1998	858	0.57	2014	1,420	1.25
1999	1,136	0.98	2015	1,944	2.07
2000	1,279	1.07	2016	1,407	1.35
2001	1,766	1.79			

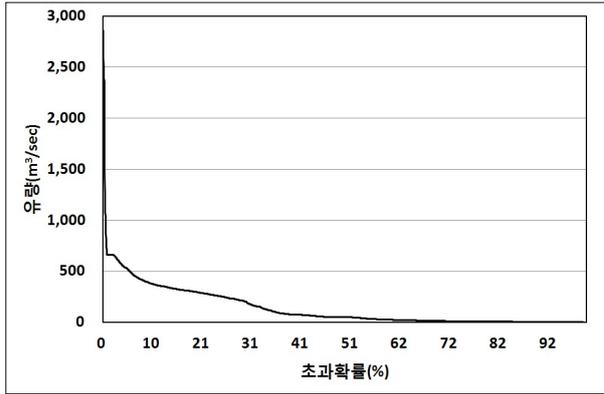
○ 은동보의 하천유출량 산정을 위해 위와 같이 수문모형을 이용하여 유출량을 산정하였으며, 7개 보 역시 은동보 유출량 산정 방법과 동일한 방식으로 유출량 산정 및 하천 유황 분석을 수행하였음

<표 3-9> 대표 지구별 하천유출량 산정 결과

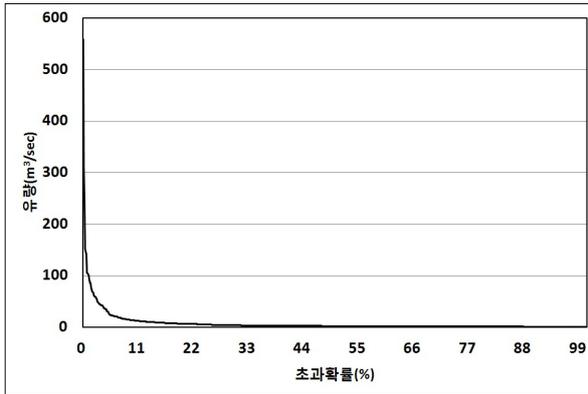
순번	명칭	평수량 (m ³ /s)	갈수량 (m ³ /s)	비고
1	은동보	0.25	0.0002	
2	서리보	50.4	0.005	
3	원통보	1.82	0.001	
4	영천 제1가동보	5.00	0.4	
5	하양보	26.00	1.81	
6	무태보	75.58	4.38	
7	안림천보	36.00	2.78	
8	선교보	0.40	0.002	



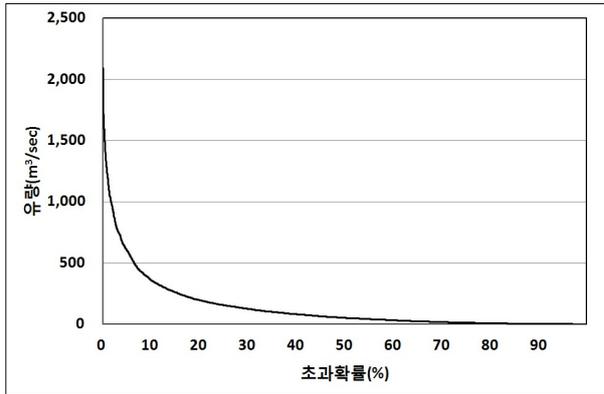
(a) 은동보



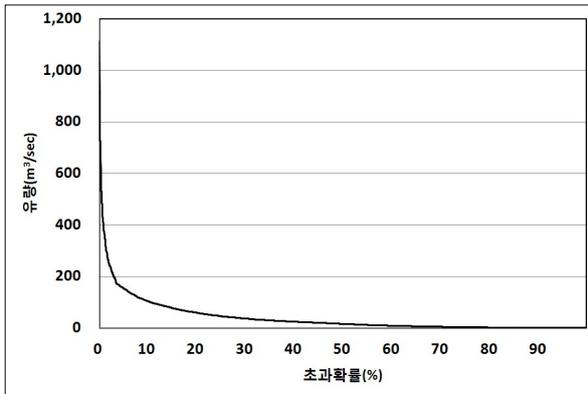
(b) 서리보



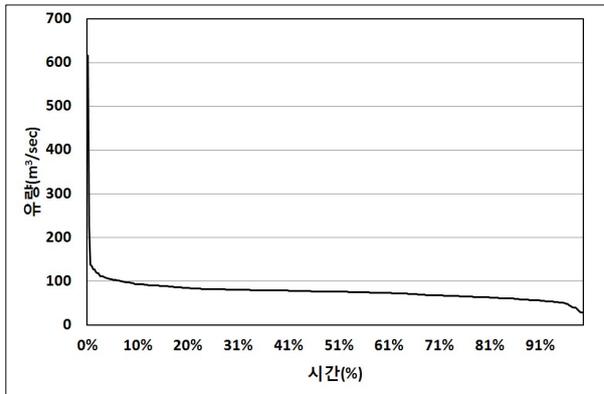
(c) 월동보



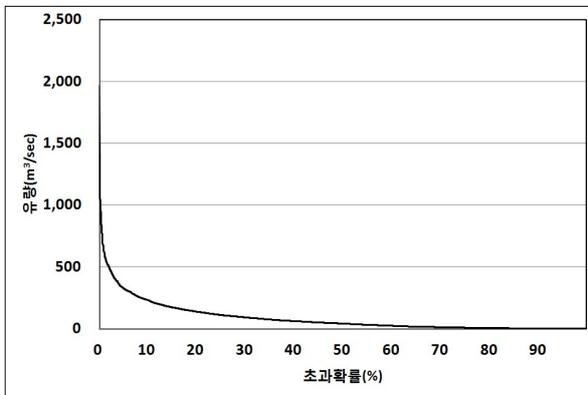
(d) 영천 제1가동보



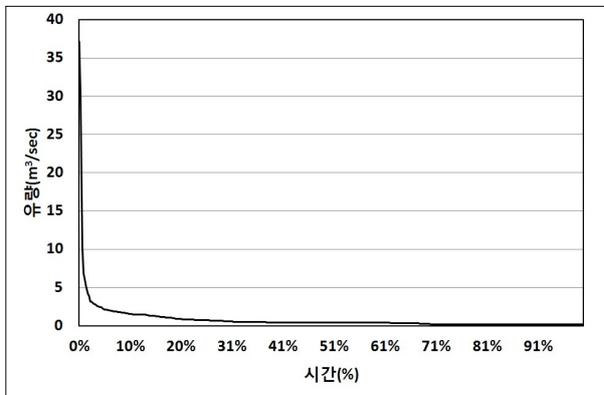
(e) 하양보



(f) 무대보



(g) 안림천보



(h) 선교보

<그림 3-58> 대표 지구별 유황곡선

- 8개 가동보의 하천 유황 분석결과 갈수량이 최저로 나타난 가동보는 0.0002m³/s 은동보이며, 최대로 나타난 가동보는 4.38m³/s 무태보로 나타남
- 8개 가동보의 하천 유황 분석결과 평수량이 최저로 나타난 가동보는 0.25m³/s 은동보이며, 최대로 나타난 가동보는 75.58m³/s 무태보로 나타남
- 각 보의 갈수량과 평수량은 가동보의 제원과 기상에 따라 차이가 나는 것으로 나타나며, 가동보의 제원 및 대상지역 여건에 따라 적합한 수처리 통합시스템을 설계하고자 함

3. 수처리 유입시스템 설계

- 본 공동기관에서 운영하고 있는 국내 가동보 대표 지역에서 분석된 유황 곡선을 바탕으로 수처리 유입시스템 개발하고자 함
- 주관기관에서 개발하고자 하는 수처리 시설은 갈수기에 적용될 수 있는 바이오필터시스템과 갈수기 이상의 유량을 처리할 수 있는 고속처리시스템으로 구분되어 있는데, 바이오필터시스템의 경우 20 ton/day의 처리 용량을 가지고 있어 그 이상의 유입량에 대해서는 고속처리시스템으로 유입되어야 함
- 따라서, 대표 지구의 하천 유황 분석 결과를 토대로 가동보 규모별 혹은 하천 규모별로 각각의 수처리 시스템 적용 기간을 설정하고, 기간별로 가동보 상부로 월류되는 양을 모두 각각의 수처리 시스템으로 유입될 수 있도록 설계하고자 함
- 상대적으로 처리 용량은 적지만 처리 효율이 우수한 바이오필터시스템의 적용을 위한 갈수기 저유량 유입시스템, 처리 효율을 저하되지만 처리 용량이 무한대인 고속처리시스템의 적용을 위한 평수기 대유량 유입시스템으로 구분하여 개발하고자 함

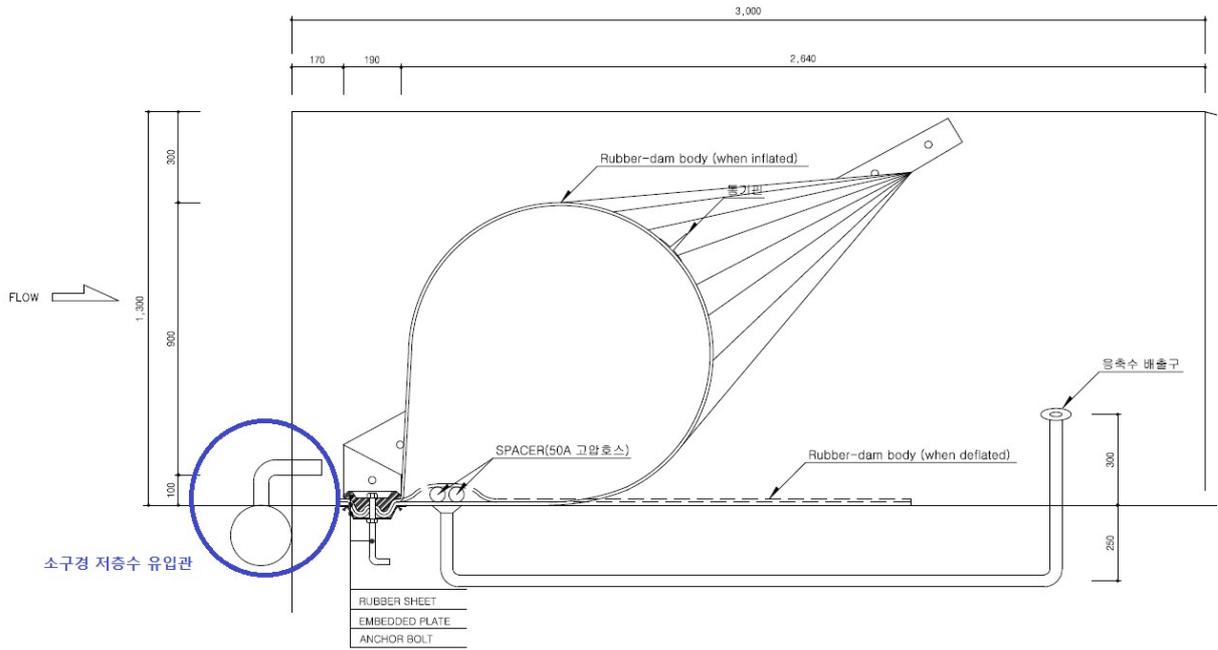
가. 갈수기 저유량 유입시스템 개발

- 1년중 상대적으로 유량이 적은 겨울철 혹은 봄철의 갈수기 수질 개선을 위해서, 가동보 상류측의 기초 바닥면인 에이프런 (apron) 바닥면으로부터 약 100~150mm 상부에서 저층수를 흡입하여 바이오필터시스템으로 유입될 수 있도록 개발하고자 함
- 주관기관에서 갈수기 저유량에 적합하도록 개발하고자 하는 바이오필터시스템의 처리용량은 20 ton/day인 것을 고려하여, 적용 대상 지구의 하천유황 분석 결과를 바탕으로 바이오필터시스템의 적용 기간을 결정하고 수처리 시설로의 유입시스템을 개발하고자 함

<표 3-10> 유황 분석을 통한 대상지구별 바이오필터시스템 적용 기간 및 유량

순번	명칭	적용 기간	수처리 유량	가동보 제원
1	은동보	64일 / year	1,106ton / year	0.5mH × 48.4mL
2	서리보	41일 / year	17,712ton / year	0.8mH × 29.0mL
3	원동보	38일 / year	3,283ton / year	1.2mH × 161.2mL
4	영천 제1가동보	8일 / year	276,480ton / year	1.5mH × 179.6mL
5	하양보	5일 / year	781,920ton / year	2.0mH × 136.1mL
6	무태보	0일 / year	0ton / year	3.0mH × 263.7mL
7	안립천보	36일 / year	720,576ton / year	2.3mH × 61.8mL
8	선교보	40일 / year	6,912ton / year	1.3mH × 30.3mL

- 유황 곡선에서 유량이 적은 갈수기에 수질이 악화되는 것을 방지하기 위하여, 가동보 직 상류 저층 부분의 물이 바이오필터시스템으로 유입될 수 있도록 소구경의 배관을 가동보 상류측 에이프런에 설치하고자 함
- 가동보 상류측 에이프런에 일정한 간격으로 직경 50mm의 소구경 저층수 흡입관을 배치하고, 가동보 기초 바닥면에 직경 약 100mm 배관을 매설하여 각 소구경 저층수 흡입관으로 유입된 물을 바이오필터시스템으로 유입될 수 있도록 설계하고자 함
- 수처리 시설은 기존에 설치되는 가동보 조작실에 위치하는 것으로 설계되었지만, 현장 여건에 따라 수처리 시설이 설치되는 위치는 달라질 수 있는데, 수처리 시설이 유입관과 동일한 높이 혹은 낮은 높이로 설치되는 경우에는 수두차에 의한 자연 유하로 유입되므로 유입관의 관경을 바이오필터시스템 처리 용량에 맞게 설계하여야 함
- 수처리 시설이 유입관보다 높은 곳에 위치될 경우에는 물을 흡입할 수 있는 펌프를 설치하여 펌프의 양수 용량을 조절함으로써 바이오필터시스템으로의 유입 유량을 조절할 수 있으며, 유입관의 관경은 경제성과 처리 용량을 고려하여 결정하고자 함
- 본 연구에서 개발한 소구경 저층수 유입시스템은 기초 바닥면으로부터 125mm 상부에서 저층수를 유입하고, 각각의 소구경 유입관으로부터 유입된 물을 바닥면 기초에 매설된 배관을 통해서 바이오필터시스템으로 유입되고, 펌프를 설치하여 유입 유량을 조절하는 시스템으로 설계하였음



<그림 3-59> 바이오필터시스템 적용을 위한 소구경 저층수 유입관 설계



<그림 3-60> 소구경 저층수 유입관 샘플 제작

- 본 연구에서 개발한 소구경 저층수 유입관은 가동보 상류측에 퇴적되는 저니질 혹은 토사 등의 이물질 유입이 우려되므로 유입부분에 스크린을 설치할 계획이며 또한, 콘크리트 바닥면에 설치되므로 효율적인 유지관리를 위한 이물질 배출 방안을 개발하고자 함
- 즉, ①가동보 기립에 사용되는 공기압을 이용하여 유입관에 퇴적되어 있는 이물질을 배출하는

방법, ② 수처리 시설로의 유입관 뿐만 아니라 수동으로 개폐할 수 있는 밸브를 설치하여 가동보 하류측으로 자연 배출이 가능하도록 배관을 설치하는 방법 등을 추가적으로 개발하여 제시하고자 함

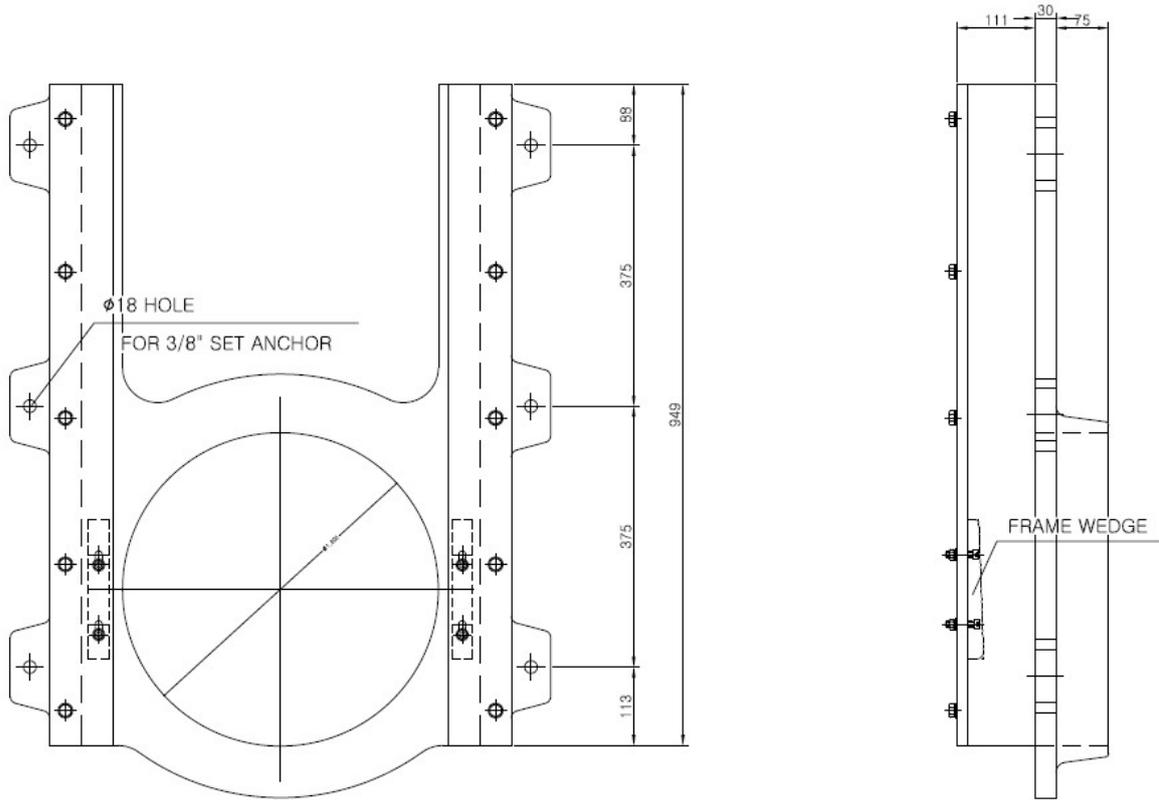
나. 평수기 대유량 유입시스템 개발

- 바이오필터시스템의 처리 용량을 초과하는 평수기 시기의 수질 개선을 위해서, 가동보 사면부에 직경 약 300mm의 대구경 배관을 설치하여, 하류측에는 수동으로 조절 가능한 밸브를 설치하고 대구경 배관을 통하여 평수기 유량이 고속처리시스템으로 유입될 수 있도록 개발하고자 함
- 주관기관에서 평수기 대유량에 적합하도록 개발하고자 하는 고속처리시스템은 처리 효율을 저하되거나 처리 용량이 제한이 없어, 적용 대상 지구의 하천유황 분석 결과를 바탕으로 고속처리시스템의 적용 기간을 결정하고 수처리 시설로의 유입시스템을 개발하고자 함

<표 3-11> 유황 분석을 통한 대상지구별 고속처리시스템 적용 기간 및 유량

순번	명칭	적용 기간	수처리 유량	가동보 제원
1	은동보	206일 / year	3백만ton / year	0.5mH × 48.4mL
2	서리보	229일 / year	894백만ton / year	0.8mH × 29.0mL
3	원통보	232일 / year	30백만ton / year	1.2mH × 161.2mL
4	영천 제1가동보	262일 / year	86백만ton / year	1.5mH × 179.6mL
5	하양보	265일 / year	515백만ton / year	2.0mH × 136.1mL
6	무태보	270일 / year	1,660백만ton / year	3.0mH × 263.7mL
7	안립천보	267일 / year	622백만ton / year	2.3mH × 61.8mL
8	선교보	230일 / year	4백만ton / year	1.3mH × 30.3mL

- 바이오필터시스템과 마찬가지로 고속처리시스템의 설치 위치에 따라 수압에 의한 자연 유입 혹은 펌프를 이용한 양수 흡입 방식을 결정할 것이며, 가동보가 설치된 하천의 유황 분석결과를 바탕으로 배관 및 펌프의 제원을 결정하고자 함



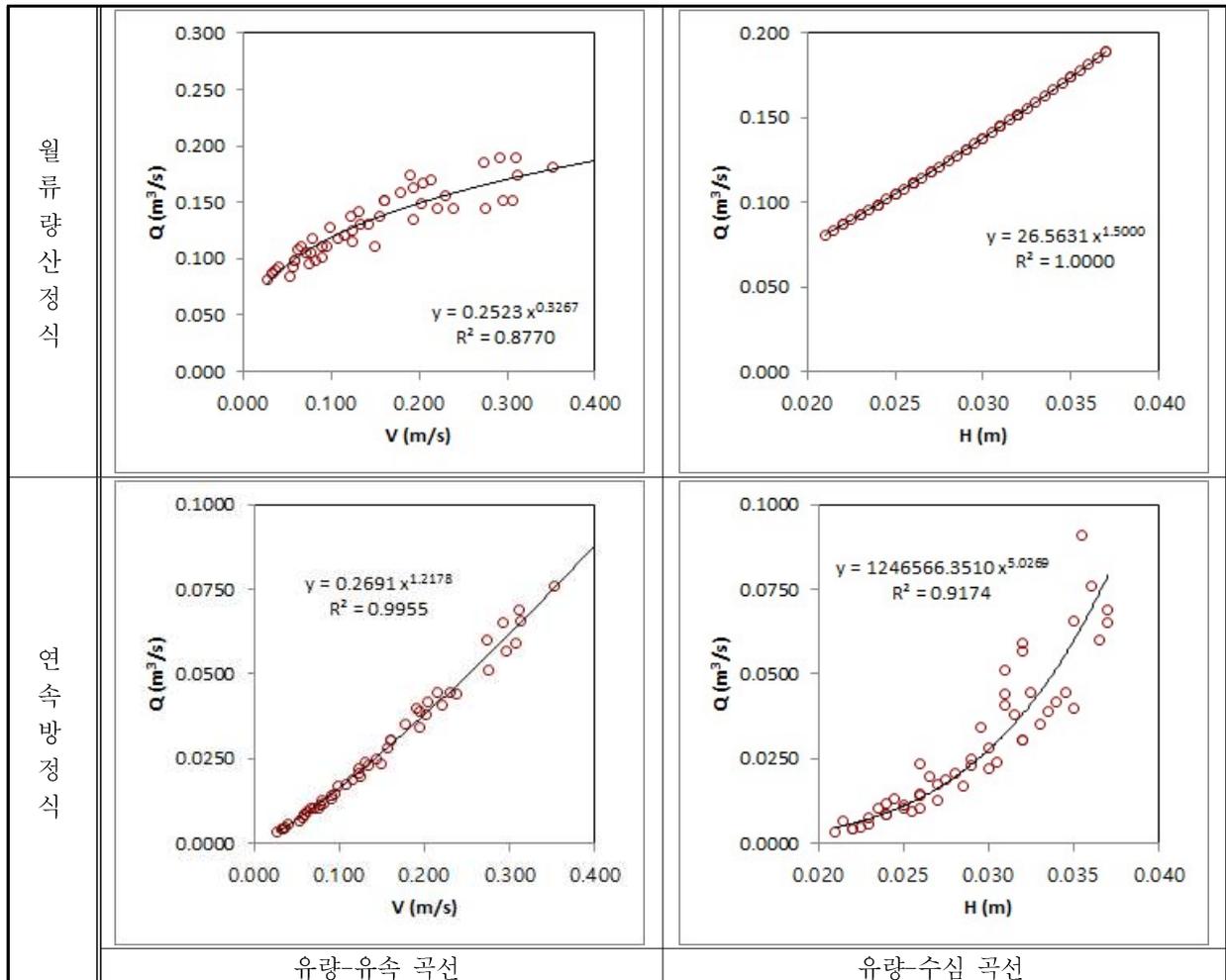
<그림 3-61> 고속처리시스템 적용을 위한 대구경 유입관 설계

4. 유입 유량 조절시스템 개발

- 본 연구에서 개발하는 수처리 통합시스템은 상류로부터 가동보로 유입되는 수량을 모두 실시간으로 처리하여 하류측으로 배출하는 것을 목표로 하고 있으나 이는 가동보가 기립되어 있는 기간 즉, 가동보를 운영하는 기간으로 한정하고자 함
- 여름철 장마기간 혹은 태풍과 같은 집중 호우가 발생하는 시기에는 가동보 상류측의 홍수 범람을 최소화하기 위하여 가동보를 도복하여 운영하고 있으며, 이러한 홍수기에는 수처리 효율을 기대할 수 없는 실정임
- 따라서, 하천 유황곡선에서 홍수기를 제외한 평수기, 저수기, 갈수기를 대상으로 수처리 통합시스템을 운영하여 상류로부터 유입되는 수량 모두를 실시간으로 처리하여 하류측으로 배출함으로써 하천 수질을 개선하고자 함
- 상류의 수량을 실시간 처리하여 하류로 배출하기 위해서는 가동보가 설치된 지점의 하천 유량을 실시간으로 파악할 수 있는 기술이 확보되어야 함.
- 즉, 가동보에 저류되는 수량 이상의 양을 처리하여 하류측으로 배출되는 경우에는 상류측 수위가 저하되는 현상이 발생할 것이며, 가동보에 저류되는 수량 이하의 양을 처리하여 배출하

는 경우에는 가동보 상부로 월류되는 수량이 발생하여 수질 개선 효과가 저하되는 문제가 발생할 수 있음

- 따라서, 상류로부터 가동보로 저류되는 수량을 실시간으로 산정하는 기술 확보가 필수적이며, 주관기관 및 공동연구기관의 선행연구 (GFRP와 스틸소재를 혼용하고 다목적 활용이 가능한 첨단 하이브리드 가동보 개발, 2016, 국토교통부)에서 개발한 “가동보와 연계한 실시간 유량 계측 기술”을 활용하고자 함
- “가동보와 연계한 실시간 유량 계측 기술”은 가동보의 기립높이에 따라 가동보 상류로 월류되는 유량을 실시간으로 계측하는 기술로서, 연속방정식과 베르누이 방정식으로 개발된 가동보 월류량 산정식을 개발하고 실측 월류량을 이용하여 반복적으로 보정함으로써 가동보 높이별 월류량을 산정하는 기술임



<그림 3-62> 실시간 하천유량 산정 결과 (선행보유기술)

<표 3-12> 가동보 월류량 산정을 위한 유량계수 보정 (선행보유기술)

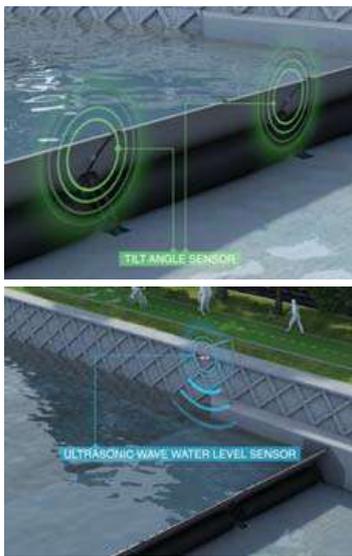
가동보 기립높이 (m)	측정시기	월류 수심 (m)	유량(m ³ /s)		유량계수 (C)
			상류하천 (현장계측)	가동보 월류량 (월류량 산정식)	
0.5	1차	0.022	0.085	0.087	0.86
	2차	0.024	0.083	0.099	
	3차	0.025	0.079	0.105	
	평균	0.024	0.082	0.097	
0.4	1차	0.023	0.100	0.093	0.87
	2차	0.026	0.096	0.111	
	3차	0.029	0.090	0.131	
	평균	0.026	0.095	0.112	
0.3	1차	0.024	0.110	0.099	0.89
	2차	0.027	0.105	0.118	
	3차	0.032	0.100	0.152	
	평균	0.028	0.105	0.123	
0.2	1차	0.026	0.129	0.111	0.97
	2차	0.030	0.142	0.138	
	3차	0.035	0.125	0.174	
	평균	0.030	0.132	0.141	
0.1	1차	0.026	0.127	0.111	0.89
	2차	0.031	0.133	0.145	
	3차	0.037	0.117	0.189	
	평균	0.031	0.125	0.148	
0.0	1차	0.031	0.134	0.145	0.90
	2차	0.032	0.161	0.152	
	3차	0.032	0.111	0.152	
	평균	0.032	0.135	0.150	

○ 이상과 같은 선행보유기술을 바탕으로 가동보 직상류에서 초음파 수위계로 계측된 수위값을 이용하여 가동보로 유입되는 실시간 유량을 산정하고, 유입 유량과 동일한 수량을 수처리 시설에서 처리하여 하류측으로 방류하고자 함

○ 즉, 바이오필터시스템과 고속처리시스템 유입부에 설치되는 펌프의 양수량을 가동보 유입수량

으로 설정함으로써 가동보 상부로의 월류량 없이 유입되는 모든 수량을 실시간으로 처리하여 하류측으로 방류가 가능함

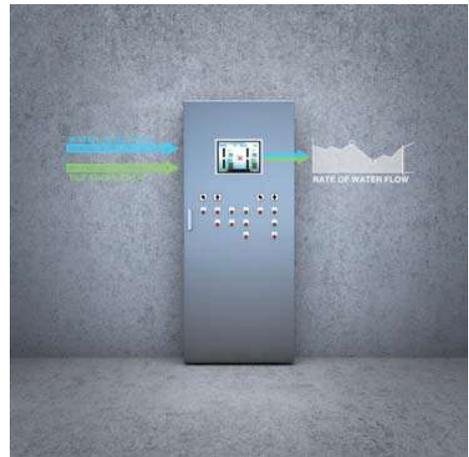
- 또한, 가동보 기립 높이와 초음파 수위계로 측정한 수위값을 비교하여, 담수위가 기립 높이의 90~95%를 유지할 수 있도록 펌프 양수량을 조절하여 상류측 수위가 저하되거나 가동보 상부로 월류되지 않도록 운영하고자 함



가동보
단면
상류측
수위

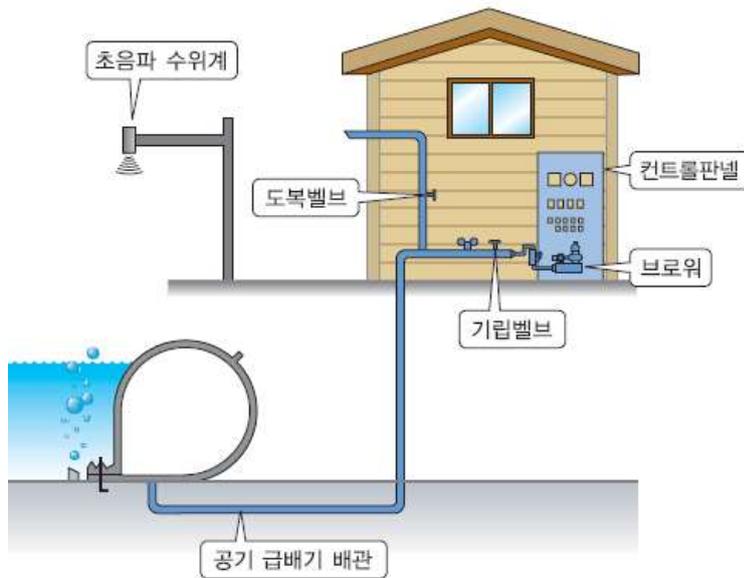


실시간
유량 산정
알고리즘 개발



실시간 유량 산정시스템

<그림 3-63> 가동보와 연계한 실시간 유량 산정시스템 (선행보유기술)



<그림 3-64> 유입 유량 조절시스템 개발 예시 (가동보 수위 조절시스템)

3절 수처리 통합시스템 설계

1. 수처리 통합시스템 설계 도면 작성

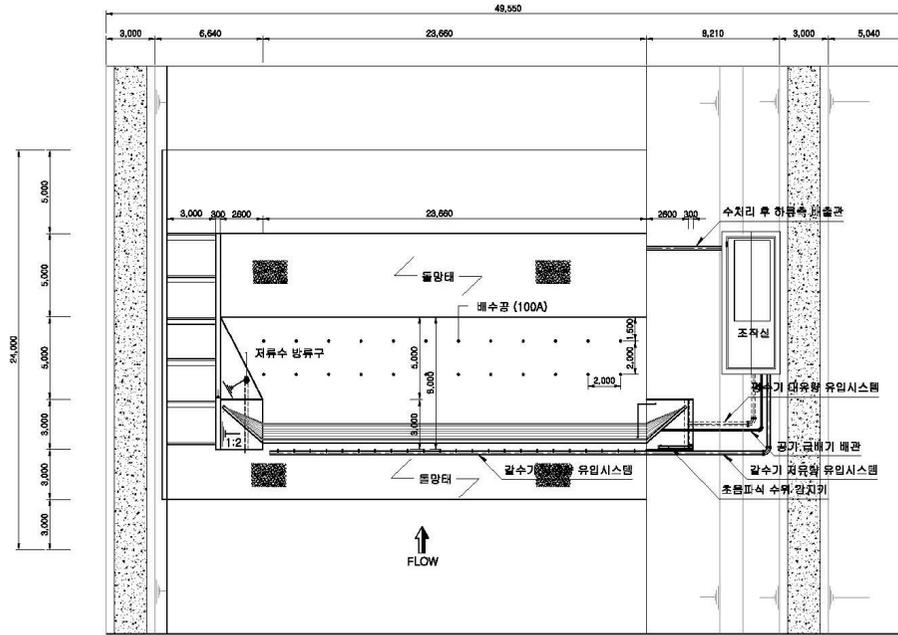
- 본 연구는 우리나라 전역에 설치·운영되고 있는 가동보를 이용하여, 가동보와 수처리 시설이 연계된 수처리 통합시스템을 개발·적용하여 하천 수질을 개선하고자 함
- 이를 위해 갈수기 저유량 시기와 평수기 대유량 시기로 구분하여 상대적으로 유량이 적은 갈수기에는 바이오필터시스템(저속처리)을 적용하여 수질을 개선하고 평수기에 초과되는 유량은 고속처리 시스템을 적용해 하천 수질을 개선하고자 함
- 이상과 같은 가동보와 수처리 시설이 연계된 수처리 통합시스템을 개발하기 위해 경안천 내의 가동보(고무보)에 바이오필터시스템과 고속처리시스템을 적용한 수처리 통합시스템 설계 도면을 작성하였음
- 고무보에 유입되는 저유량은 하상에 설치된 저유량 유입시스템을 통해 바이오필터시스템으로 이동하여 수처리 후 다시 하천으로 방류되며, 고무보에 유입되는 유량이 많을 경우 고무보 법면에 설치된 대유량 유입장치를 통해 고속처리시스템으로 이동하여 수처리 후 다시 하천으로 방류되는 시스템임
- 수처리 통합시스템 개발로 인해 수량이 풍부한 여름철 홍수기를 제외한 저유량과 평수기시에는 실시간 하천 수질 개선이 가능할 것으로 판단됨



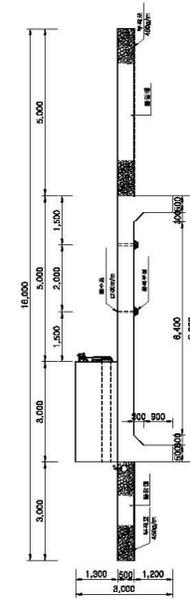
<그림 3-65> 수처리 통합시스템 예

고무보 일반도

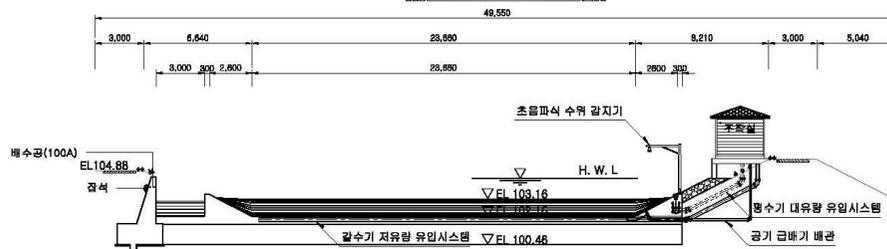
평면도



단면도



정면도



NOTES

△									
△									
△									
△									
	REV.	DATE	DESCRIPTION	DRN	CHK	APP			

PROJECT TITLE	경안지구
DRAWING TITLE	고무보 일반도



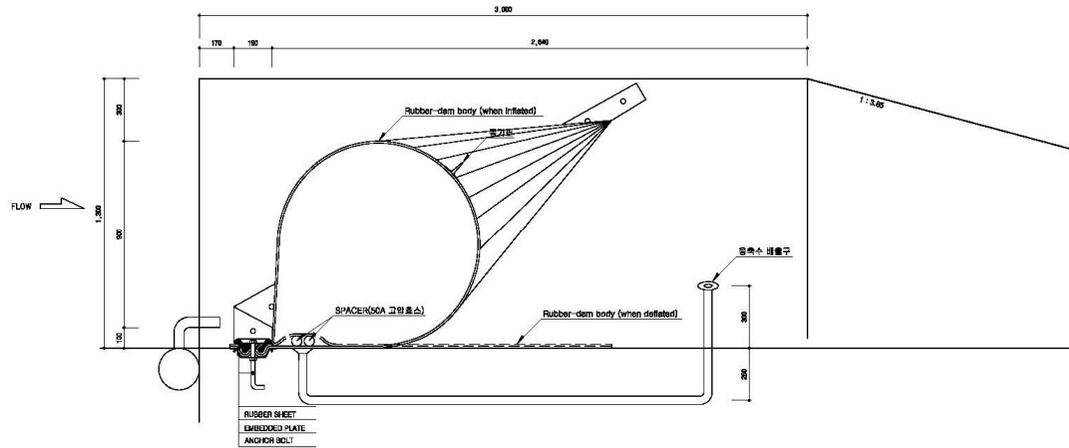
YOUIL ENGINEERING CO., LTD
#824 (LSAN-RO) 142, GOWANG CITY,
KYUNG-GI, KOREA
www.yoouileng.co.kr

APPROVAL DATE	APPROVED BY	PROJECT MANAGER
PROJECT NUMBER	CHECKED BY	DRAWN BY / DATE
SCALE	DRAWING NO.	REV.

<그림 3-66> 수처리 통합시스템 설계도(일반도)

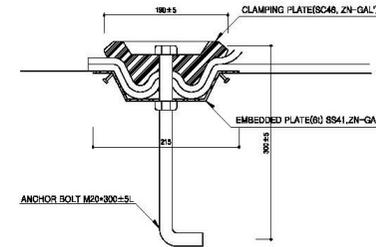
고무보 상세도

단면도



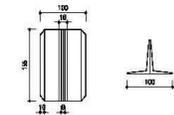
부품상세도

고정금구



통기판 상세도

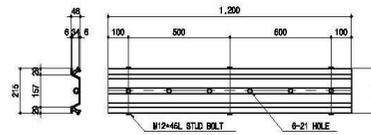
통기판 설치간격 : 1.0M



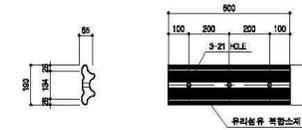
RUBBER SHEET



EMBEDDED PLATE



CLAMPING PLATE



NOTES

△									
△									
△									
△									
	REV.	DATE	DESCRIPTION	ENR	CHK	APP			

PROJECT TITLE	경안지구
DRAWING TITLE	고무보 상세도



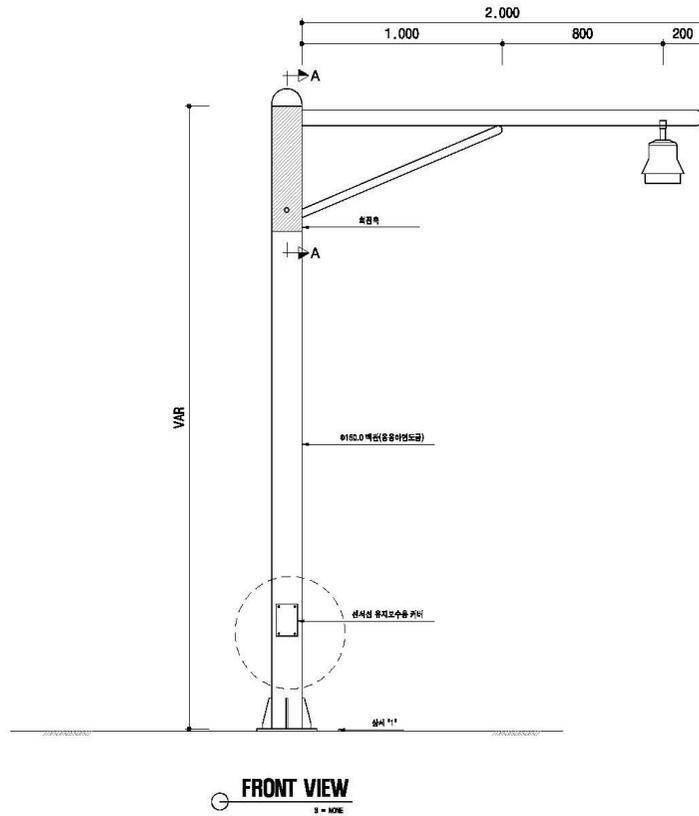
Y001L ENGINEERING CO.,LTD
#B24 ILSAN-RO 142, GOYANG CITY,
KYLING-GI, KOREA
WWW.Y001L.ENG.CO.KR

APPROVAL DATE	APPROVED BY	PROJECT MANAGER
PROJECT NUMBER	CHECKED BY	DRAWN BY / DATE
SCALE	DRAWING NO.	REV.

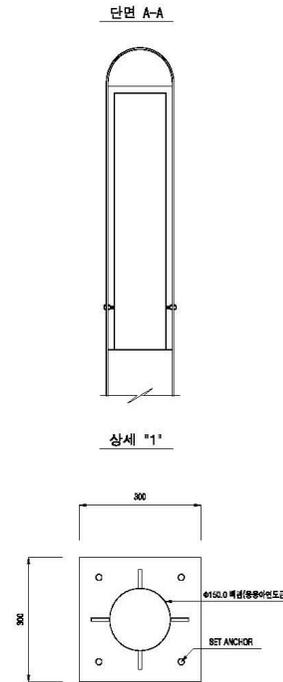
<그림 3-67> 수처리 통합시스템 설계도(상세도)

고무보 POLE 설치 상세도

단면도 S=1:10



상세도



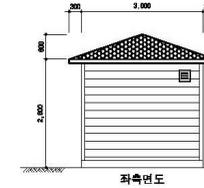
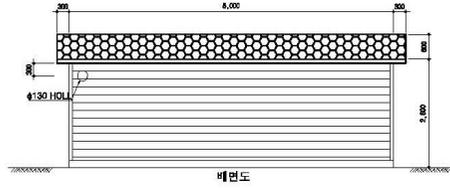
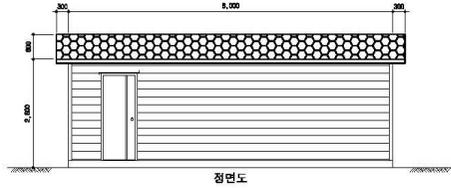
NOTE
- 현장에 대한 관리 감독과 협의 후 반영

NOTES	△		△					PROJECT TITLE	YOIL ENGINEERING CO.,LTD #824 ILSAN-PO 142, GUYANG CITY, KYUNG-GI, KOREA www.yoileng.co.kr	APPROVAL DATE	APPROVED BY	PROJECT MANAGER
	△		△					DRAWING TITLE		PROJECT NUMBER	CHECKED BY	DRAWN BY/ DATE
	△		REV.	DATE	DESCRIPTION	ENR	CHK	APP		SCALE	DRAWING NO.	REV.

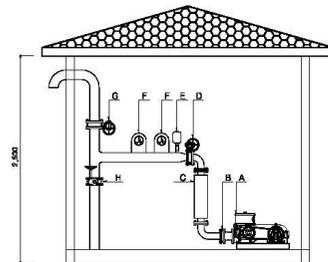
<그림 3-70> 수처리 통합시스템 설계도(수위계)

조작실 일반도

조작실 외함도 SCALE=1:50

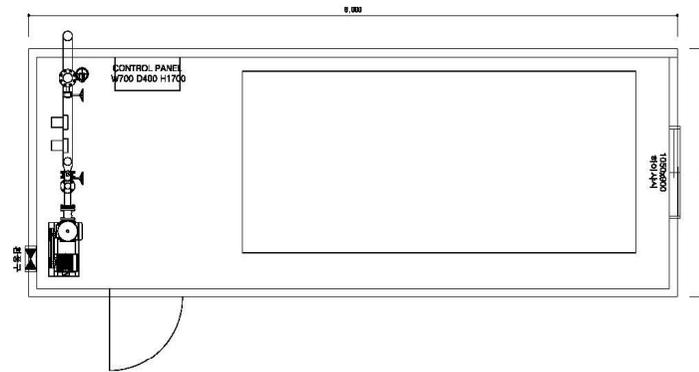


조작실 기기배치 단면도 SCALE=1:25



기호	명칭	규격
A	BLOWER & MOTOR	ROD'S TYPE(S0A, 1.87m ³ /min, 2.2kw)
B	CHECK V/V	판체크밸브
C	조출기	
D	기밀 V/V	50A
E	AIR TANK	
F	일렉트릭	아나로그 타입, 디지털 타입
G	도트 V/V	100A
H	주동 V/V	100A BUTTERFLY V/V

조작실 기기배치 평면도 SCALE=1:25



NOTE

- 조작실 및 조차기기 배치는 현장이전에 따라 관측권의 승인하에 변경가능

NOTES

REV.	DATE	DESCRIPTION	DRN	CHK	APP

PROJECT TITLE	경안지구
DRAWING TITLE	조작실 일반도

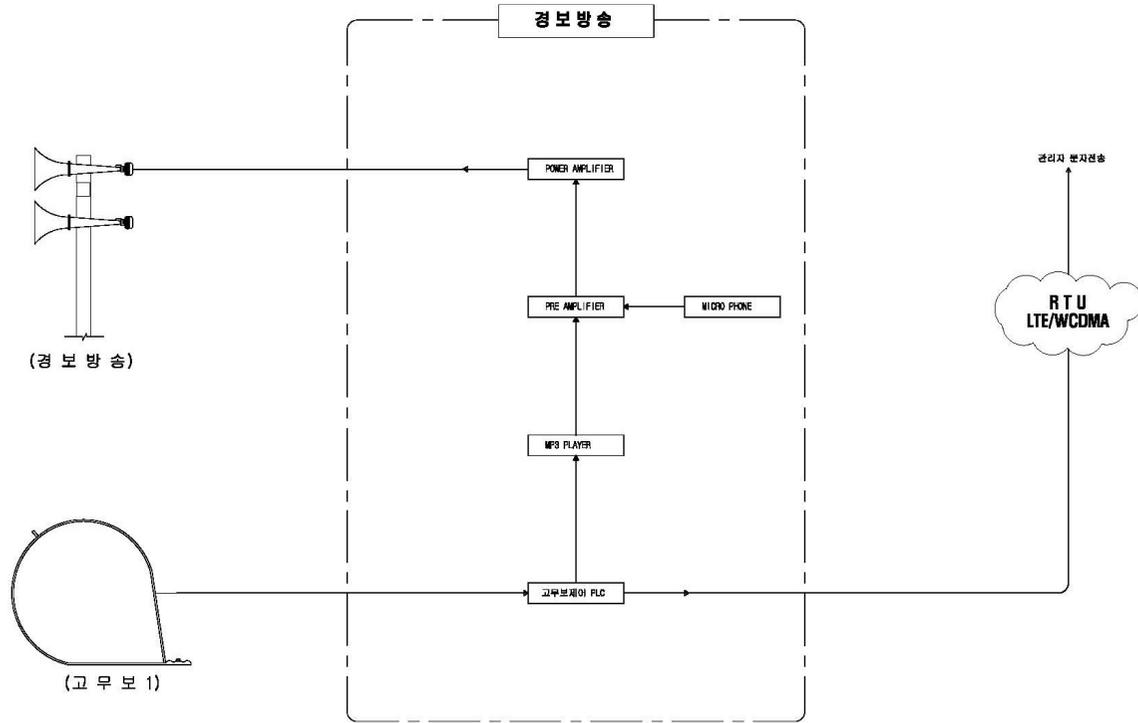
YOOIL ENGINEERING
 YOOIL ENGINEERING CO., LTD
 #824 ILSAN-RO 142, GOYANG CITY,
 KYUNG-GI, KOREA
 www.yoileng.co.kr

APPROVAL DATE	APPROVED BY	PROJECT MANAGER
PROJECT NUMBER	CHECKED BY	DRAWN BY/ DATE
SCALE	DRAWING NO.	REV.

<그림 3-71> 수처리 통합시스템 설계도(조작실)

고무보 경보시스템 계통도

고무보 기초도

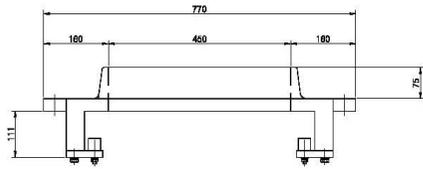


특기사항	시행처 영덕군	승인 _____	설계자 _____	회사 설계 제도	사업명 연안녹색길 조성사업 기본 및 실시설계용역	도면내용	도면번호 일자: 2017.
------	-------------------	-------------	--------------	----------------	-------------------------------	------	-------------------

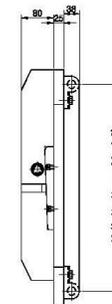
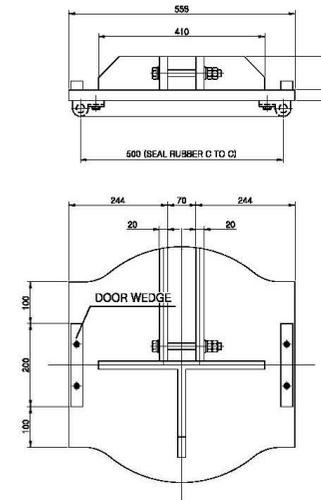
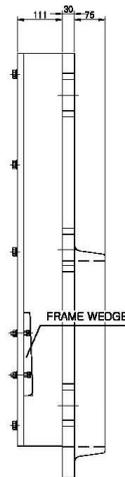
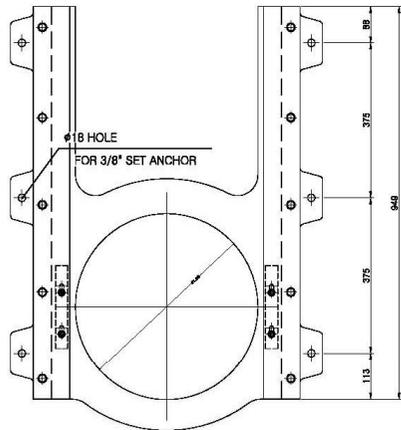
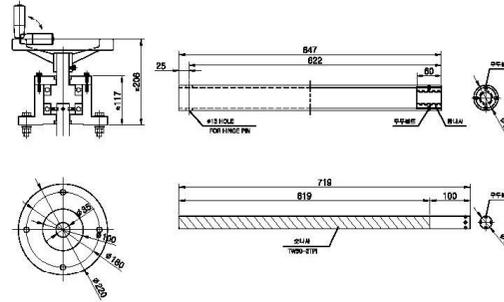
<그림 3-72> 수처리 통합시스템 설계도(경보시스템)

대구경 저층수 배출장치

수문 상세도 S=1:5



스핀들 상세도 S=1:5



NOTES

△											
△											
△											
△											
REV.	DATE	DESCRIPTION	CHK	APP							

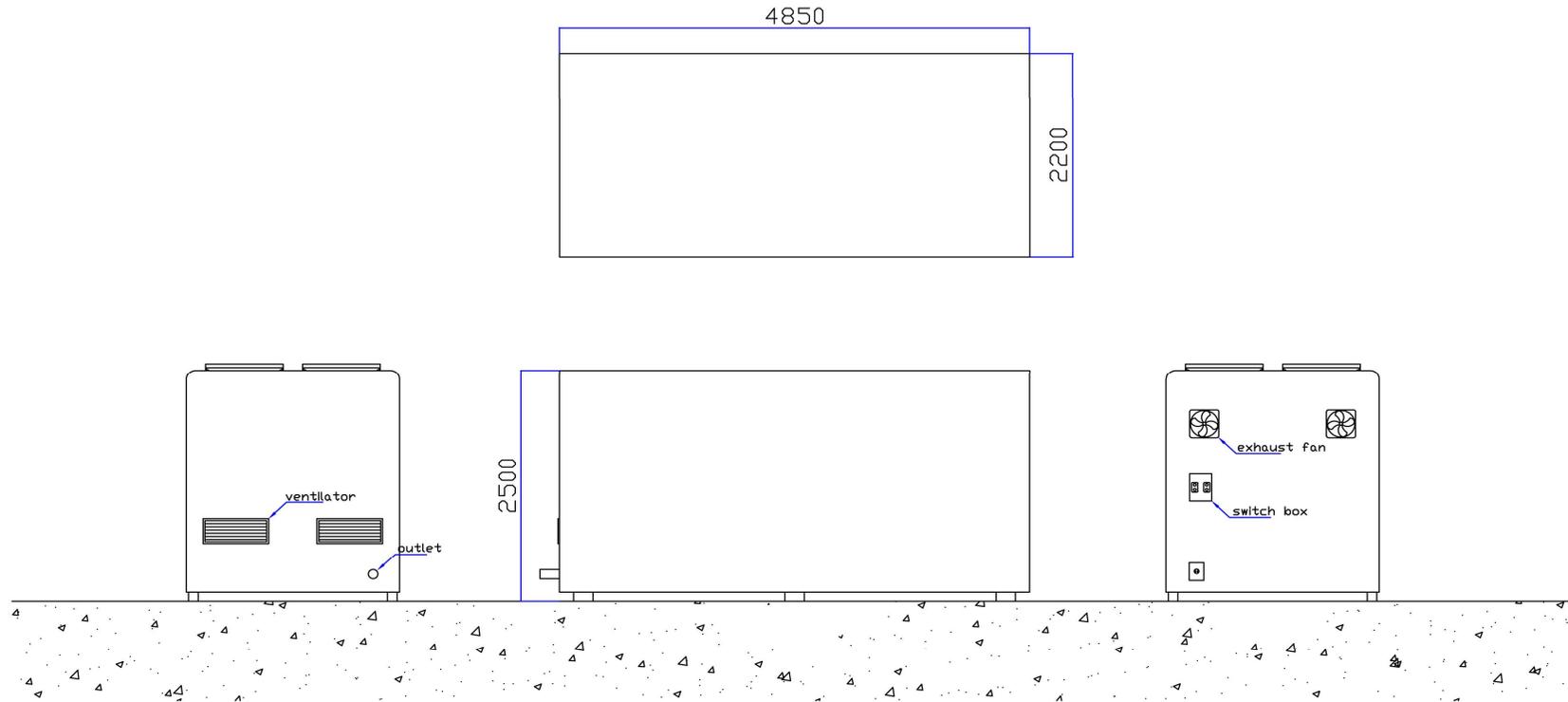
PROJECT TITLE
경안지구
DRAWING TITLE
대구경 저층수 배출장치



YOSIL ENGINEERING CO., LTD
#824 ILSAN-RO 142, GOYANG CITY,
KYLING-GI, KOREA
www.yosileng.co.kr

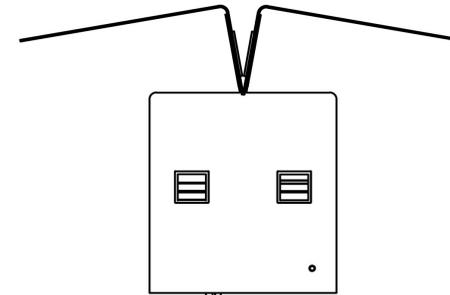
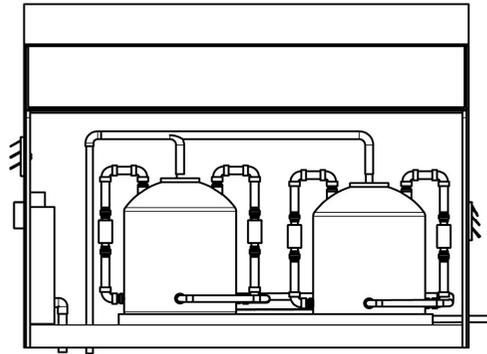
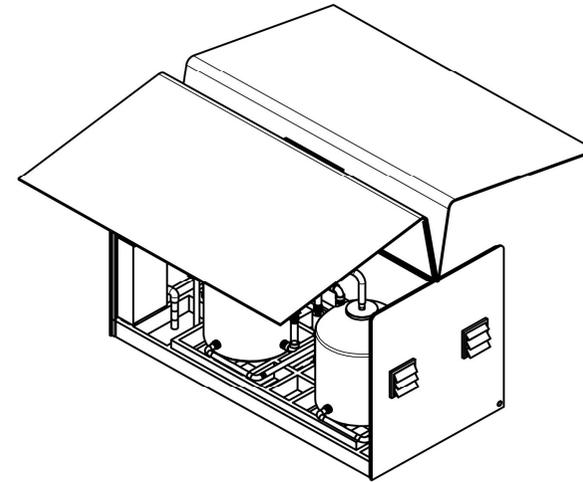
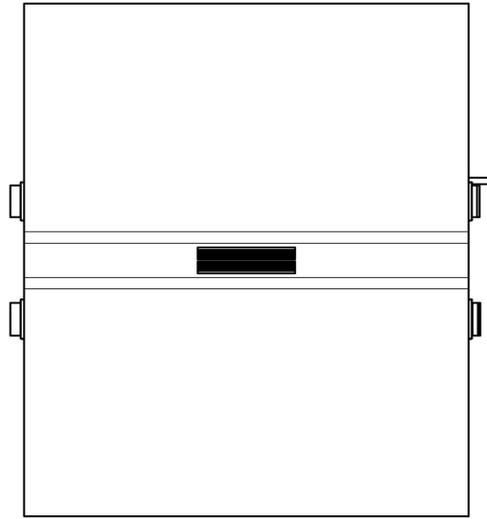
APPROVAL DATE	APPROVED BY	PROJECT MANAGER
PROJECT NUMBER	CHECKED BY	DRAWN BY / DATE
SCALE	DRAWING NO.	REV.

<그림 3-73> 수처리 통합시스템 설계도(대구경 유입장치)



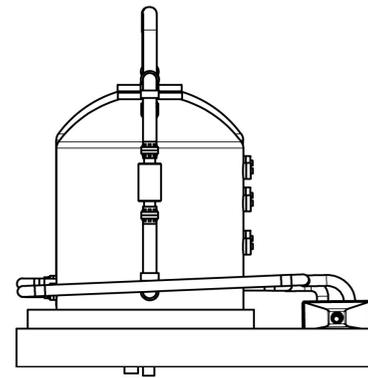
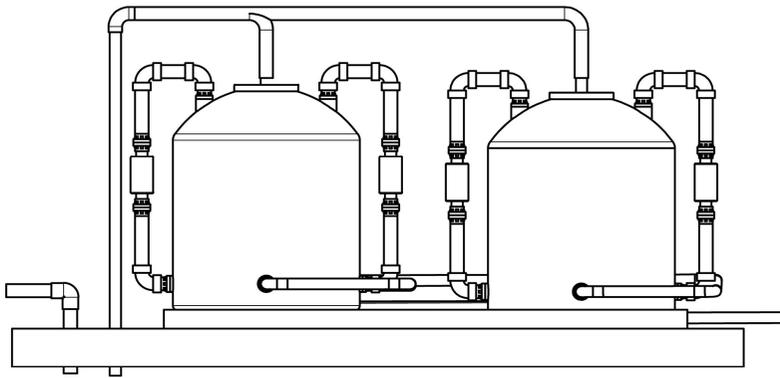
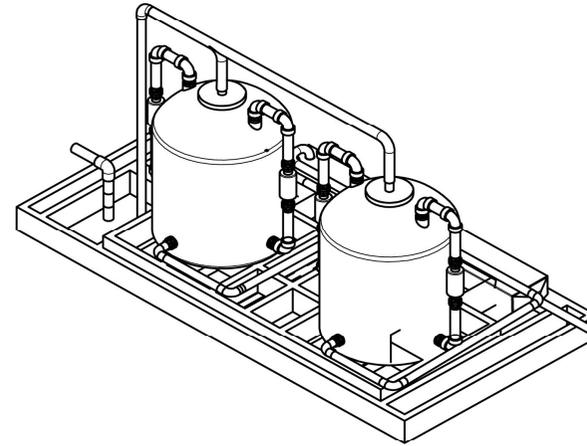
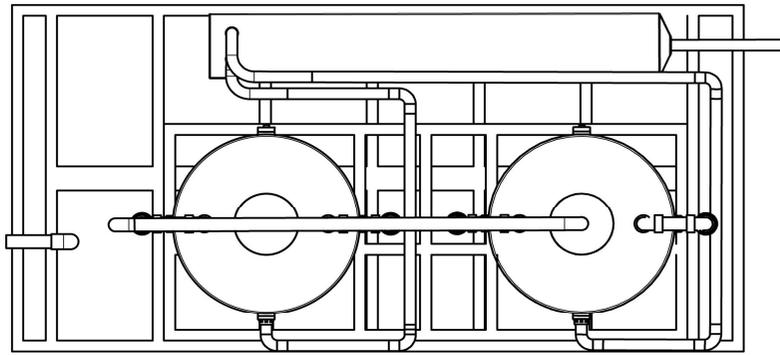
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED, DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS ANGULAR - ± 1° SURFACE FINISH ✓ DO NOT SCALE DRAWING BREAK ALL SHARP EDGES AND REMOVE BURRS	DRAWN	NAME	DATE	TITLE ----- ----- -----	
	CHECKED	Jinyoung Jun	07/17/2017		
	APPROVED				
THIRD ANGLE PROJECTION	MATERIAL	FINISH		SIZE A	DWG NO. -----
				SCALE	WEIGHT
					SHEET 1 of 1

<그림 3-74> 수처리 통합시스템 설계도(바이오필터 외관)



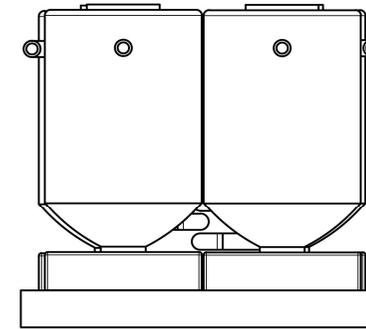
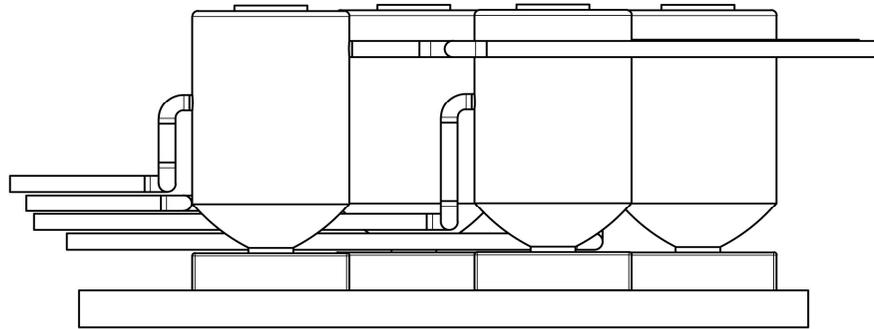
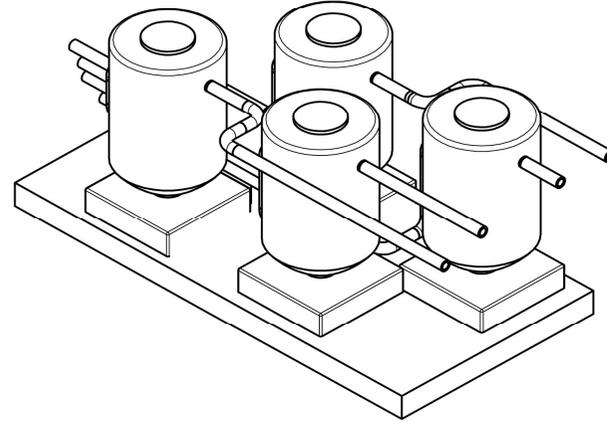
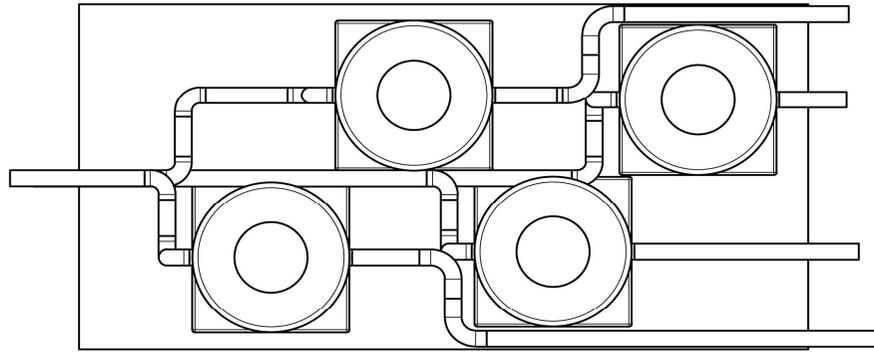
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED, DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS		NAME	DATE		
ANGULAR = ±	DRAWN	Jinyoung Jun	07/17/2017	TITLE	
SURFACE FINISH ✓	CHECKED			CUBIO with container	
DO NOT SCALE DRAWING	APPROVED			---	
BREAK ALL SHARP EDGES AND REMOVE BURRS				SIZE	REV.
THIRD ANGLE PROJECTION	MATERIAL	FINISH		A	---
				DWG NO.	---
				SCALE	WEIGHT
					SHEET 1 of 1

<그림 3-75> 수처리 통합시스템 설계도(바이오필터 Wing Body)



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED, DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS		NAME	DATE		
ANGULAR = ±		DRAWN	Jinyoung Jun	07/17/2017	TITLE ----- CUBIO Inside -----
SURFACE FINISH		CHECKED			
DO NOT SCALE DRAWING		APPROVED			
BREAK ALL SHARP EDGES AND REMOVE BURRS					SIZE
THIRD ANGLE PROJECTION		MATERIAL	FINISH		DWG NO.
					REV.
					SCALE
					WEIGHT
					SHEET 1 of 1

<그림 3-76> 수처리 통합시스템 설계도(바이오필터 내부)



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED, DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS ANGULAR = ± ° SURFACE FINISH ✓ DO NOT SCALE DRAWING BREAK ALL SHARP EDGES AND REMOVE BURRS THIRD ANGLE PROJECTION 	DRAWN	NAME	DATE	TITLE	
	CHECKED	Jinyoung Jun	07/17/2017		
	APPROVED				
					SIZE
				A	---
	MATERIAL	FINISH		DWG NO.	---
				SCALE	WEIGHT
					SHEET 1 of 1

<그림 3-77> 수처리 통합시스템 설계도(고속처리시설)

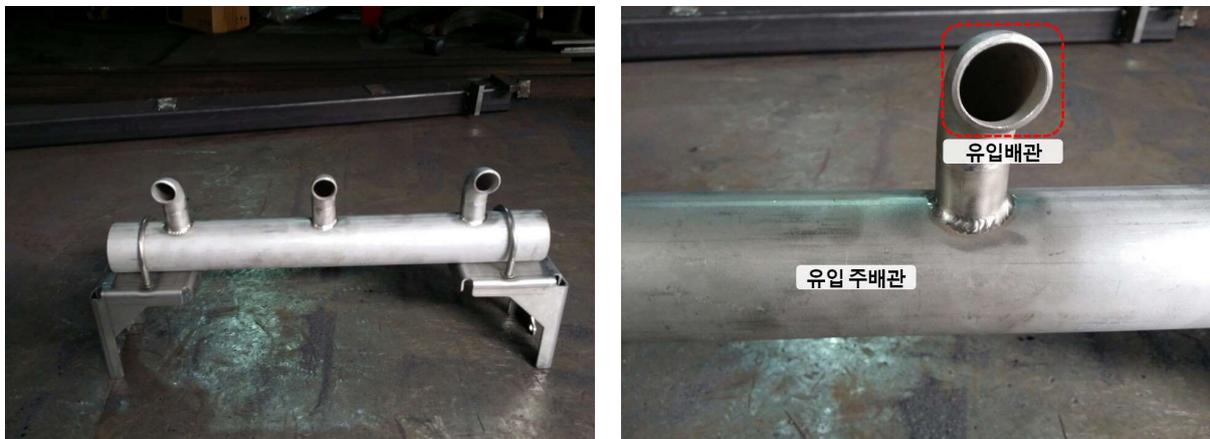
2. 수처리 통합시스템 모형 제작

- 본 연구의 이해와 해외 업체 MOU 및 구매의향 협약 등의 목적으로 가동보와 수처리 시스템이 통합된 모형을 제작하였음
- 수처리 통합 시스템 모형 규격은 300mm × 400mm × 100mm으로 제작하였음
- 수처리 통합시스템 모형 형상은 자연하천 내에 가동보(고무보)와 수처리 시스템이 통합하여 제작하였으며, 차년도 연구개발을 고려하여 수처리 시설에 스크린 시설과 우회수로 등을 추가 하였음



<그림 3-78> 수처리 통합시스템 모형 제작

- 수처리 유입시스템 중 저유량 유입장치는 하상에 매설되어 설치되므로 형상을 육안으로 확인하기 어려워 샘플 제작하였음
- 저유량 유입장치 샘플 규격은 유입배관 STS 304 20A를 사용하였으며, 유입 주배관 STS304 50A와 연결하였음



<그림 3-79> 저유량 유입장치 샘플 제작

4절 기대효과 분석

1. 시작품 장기운동을 위한 현장선정

- 본 연구개발과제에서 설계된 가동보를 활용한 수처리통합시스템을 제품화하기 위하여 시작품을 실제 가동보가 설치된 현장에 적용하고, 약 2년에 걸쳐 장기적인 운영 및 모니터링을 통해 개발기술의 수질처리효율을 검증하고 개선사항 도출할 예정임
- 또한, 수처리 효율 증대 및 제품상용화를 위한 가동보 및 수질개선기술의 운영 기술을 개발하고자 하며, 현장적용의 목표는 다음과 같이 정리됨
 - 현장 적용 및 운영을 통한 핵심 부품의 보완 개발
 - 수처리 효율 제고를 위한 운영 및 유지관리 기술 개발
- 시작품 적용을 위한 현장은 향후 제품상용화 완료시 적용될 다양한 종류의 하천 형태를 고려하였으며, 연구진 실무회의를 거쳐 크게 일반 중소하천을 대표할 수 있는 고유량 저농도 지점과 오염원이 직접적으로 유입되는 저유량 고농도 지점 2가지 경우로 구분함
- 문헌조사 및 인터넷 조사를 통해 고유량 저농도 지점과 저유량 고농도 지점을 대표할 수 있는 후보지를 각각 10여 개소씩 1차 선발한 후 현장조사를 수행하였음
- 대상 지구의 가동보 설치 현장 파악 즉, 가동보 운영 현황, 상·하류 하천 공사 현황, 기존 조작시스템 작동 현황, 수질개선기술 적용 가능성 등 시작품 현장적용을 위한 사전 조사를 선행하여, 다음의 조건을 검토 하였음
 - ① 수처리통합시스템 시작품 설치가 용이한 지점(설치부지 확보여부, 부지사용 허가절차)
 - ② 가동보 설치 지점 상류유역 현황자료(토지이용, 오염원 자료 등)가 취득가능한 지점
 - ③ 가동보 설치 지점 하천에 유량이 연중 일정량 이상 유지되어 시작품의 지속적인 장기운영이 가능한 지역
 - ④ 가동보 설치 지점 상·하류에 하천 및 수로 등의 합류 혹은 배수가 없어 하천유량 및 수질 모니터링이 용이한 지점
- 현장조사 결과를 바탕으로 고농도 축산폐수가 유입되는 저수지 유입하천 1개소, 일반 중소하천을 대표할 수 있는 하천 1개소를 선정하여 총 2개소에 현장 적용을 계획함

가. 홍성호 지점

○ 시작품 적용을 위한 현장 중 저유량 고농도 지점은 충남 홍성군 결성면 홍성호 내 설치된 2호 고무보로 최종선정 하였음



<그림 3-80> 홍성호 지점 위치도

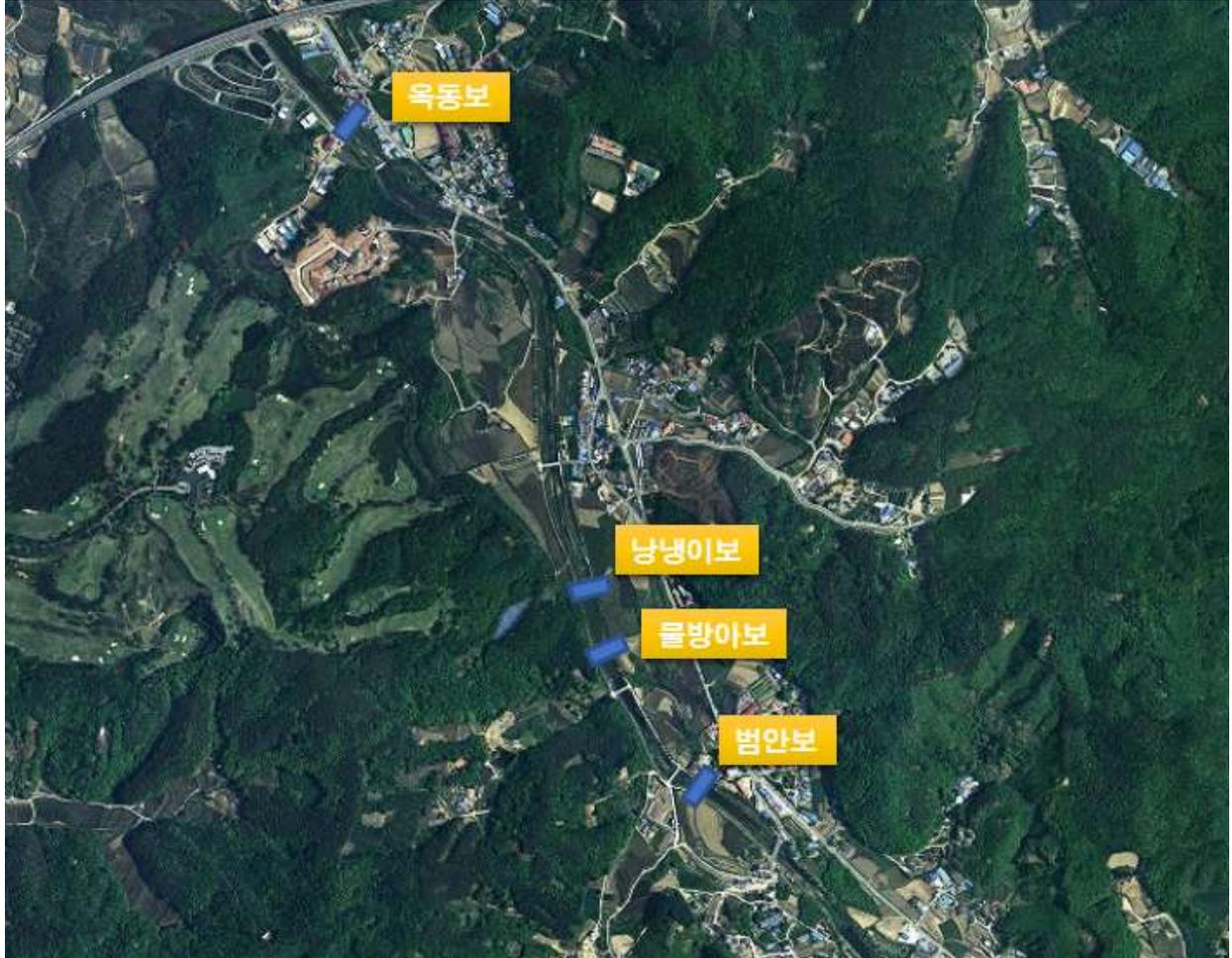
○ 홍성호 지점 가동보는 축산오염원의 유입이 많은 홍성호 내 수질개선을 목적으로 사용되고 있으며, 인근 용수 확보와 홍수 등 자연재해 피해를 최소화하기 위해 운영 중

<표 3-13> 시작품 현장 적용을 위한 최종 선정 대상지구(저유량 고농도)

대상지구	제원	위치
홍성호 지점	1.5mH x 21.4mL	충남 홍성군 결성면 성호리 1161 (홍성호 내)
		
a) 기립형상		b) 도복형상

나. 경안천 지점

- 시작품 적용을 위한 현장 중 고유량 저농도 지점은 경기도 용인시 처인구 경안천 상류에 설치된 고무보로 최종선정 하였음



<그림 3-81> 경안천 지점 위치도

- 경안천 지점 가동보는 총 4개로 인근 용수 확보와 홍수 등 자연재해 피해를 최소화하기 위해 운영 중
- 일반 중소하천을 대표할 수 있는 지점으로 선정된 경안천 상류의 4개 고정보는 시작품 현장 적용시 지자체 협조 및 인허가 절차를 수반하기 때문에 지자체 협의를 거쳐 4개 중 1개 가동보를 최종적으로 선정하도록 할 계획임
- 경안천 지점 : 경기도 용인시 처인구 운학동 636-3 (경안천 상류)

<표 3-14> 시작품 현장 적용을 위한 최종 선정 대상지구(고유량 저농도)

구조물명	현장사진	수계특성
범안보		<ul style="list-style-type: none"> - 하천의 좌안은 주로 농경지이며, 우안은 택지가 자리잡고 있음 - 하천 좌안의 농경지로부터 농지 배수가 유입되는 관로가 설치되어 있음
물방아보		<ul style="list-style-type: none"> - 범안보로부터 물방아보 위치 지점의 좌안과 우안은 주로 농경지로 구성되어 있으며, 우안의 논으로부터 물꼬가 트여 있어 농번기에 농지배수 유입이 될 것으로 판단됨
낭녕이보		<ul style="list-style-type: none"> - 물방아보로부터 낭녕이보까지의 거리는 약 150 m 이며, 좌안은 산림, 우안은 농경지로 구성되어있음 - 범안보 및 물방아보 구간과 달리 농경지로부터 유입되는 관로는 존재하지 않음
옥동보		<ul style="list-style-type: none"> - 낭녕이보-옥동보 구간의 좌안은 주로 농경지와 산림으로 구성되어 있으며, 우안은 농경지, 공원, 주택 등이 위치함 - 공원 주변으로는 배수도가 설치되어 있으며, 강우 배수는 하천으로 유입되지 않음

2. 수질정화효과 분석

가. 설계용량 산정

(1) 홍성호 지점 유량·수질 현황

(가) 유황현황

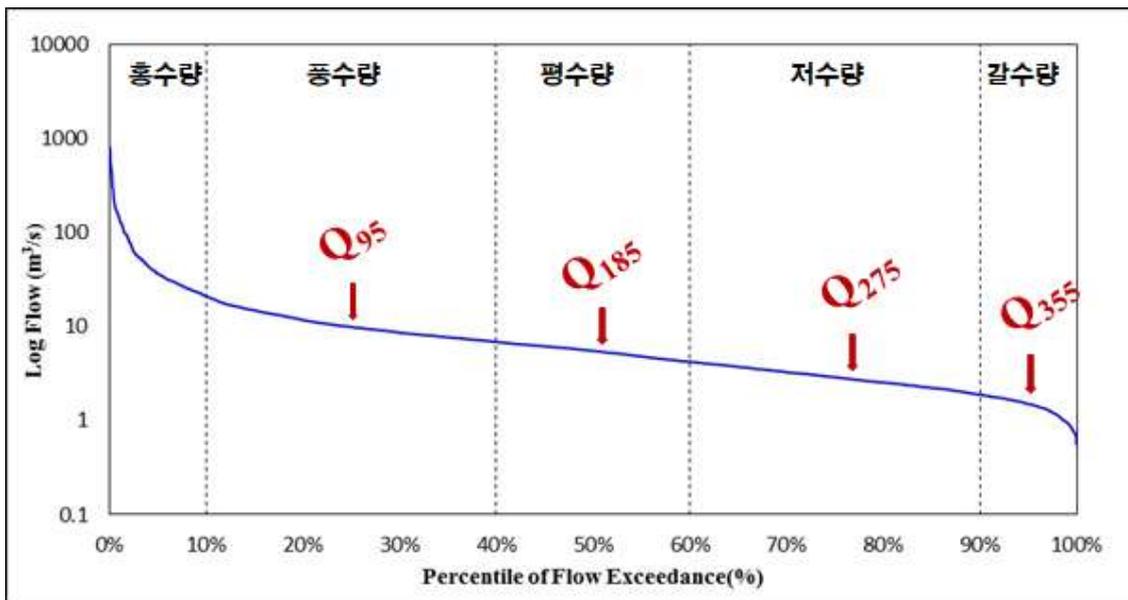
- 「홍성호 수질보전대책 사업계획서(한국농어촌공사, 2009)」에서 제시된 홍성호 지점의 유역 유출량은 7,975.3m³/일로 제시되고 있으며, 한국농어촌공사 DIROM 모형으로 산정된 유출량은 일반적으로 풍수량 유량에 해당하는 것으로 분석됨

<표 3-15> 년평균 유출량(DIROM 모형) 산정결과

유역 면적 (ha)	유출량(mm/년)			유출율 (%)	유입량(천m ³ /년)			일평균 유입량(m ³ /일)		
	총 유출	일25mm 이상	일30mm 이상		총 유입	일25mm 미만	일30mm 미만	총 유입	일25mm 미만	일30mm 미만
558.50	521.22	26.70	18.15	43.03	2,910.99	2,761.88	2,809.60	7,975.30	7,566.80	7,697.54

출처: 홍성호 수질보전대책 사업계획서(한국농어촌공사, 2009)

- 하천의 유황분석 시 연중변화하는 유량자료를 유량 크기에 따라 나열한 뒤 유량지속곡선(FDC : Flow Duration Curve)을 작성하여 유량 구간 0~10%는 홍수량, 10~40%는 풍수량(Q95), 40~60%는 평수량(Q185), 60~90%는 저수량(Q275), 90~100%는 갈수량(Q355)으로 구분하여 분석함



<그림 3-82> 유량지속곡선(FDC)를 통한 유황분석

- 홍성호 지점의 풍수량 7,975.3m³/일은 0.0923m³/sec로 단위환산되며, 국가수자원관리종합정보시스템(www.wamis.go.kr)에서 제공되는 낙동강권역의 대석천은 풍수량이 0.0910m³/sec으로 홍성호 지점과 매우 유사하기 때문에 대석천의 평수량, 저수량, 갈수량 분석 자료를 적용하였음

<표 3-16> 홍성호지점 하천유황

구분	갈수량(Q355)	저수량(Q275)	평수량(Q185)	풍수량(Q95)
m ³ /sec	0.0080	0.0230	0.0450	0.0923
ton/day	691	1987	3888	7975

(나) 수질현황

- 「홍성호 수질보전대책 사업계획서(한국농어촌공사, 2009)」에는 홍성호 지점의 BOD, T-N, T-P의 유역부하량이 제시되어 있음

<표 3-17> 홍성호지점 하천수질

항 목	강우유입량 (m ³ /day)	유역부하량 (kg/일)
BOD	7,975	230.0
T-N		150.4
T-P		19.2

출처: 홍성호 수질보전대책 사업계획서(한국농어촌공사, 2009)

- 강우유입량은 7,975.3m³/일로 제시됨에 따라 부하량과 유량관계식에 따라 유입농도를 다음과 같이 추정하였음

<표 3-18> 홍성호지점 하천수질

항 목	BOD	T-N	T-P
유입수질(mg/L)	28.84	18.86	2.41

(2) 경안천 지점 유량·수질 현황

(가) 유황현황

- 「경안천수계하천정비기본계획(경기도, 2001)」에는 경안천의 유황분석결과와 경안천 유역의 단위면적당 유황비를 산정하여 다음과 같이 제시하였음

<표 3-19> 경안천 하천유황

구분	유역면적(km ²)	갈수량(Q355) (m ³ /sec)	저수량(Q275) (m ³ /sec)	평수량(Q185) (m ³ /sec)	풍수량(Q95) (m ³ /sec)
경안천	211.4	0.5623	1.2388	2.2345	4.3295
경안천 유황비(m ³ /sec/km ²)		0.00266	0.00586	0.01057	0.02048

출처: 경안천수계하천정비기본계획(경기도, 2001)

- 경안천 지점은 경안천 상류지역에 위치하며, 유역면적 9.22km²로 경안천 유황비를 적용하여 경안천 지점의 하천유황을 추정하였음

<표 3-20> 경안천지점 하천유황

구분	갈수량(Q355)	저수량(Q275)	평수량(Q185)	풍수량(Q95)
m ³ /sec	0.0245	0.0540	0.0975	0.1888
ton/day	2119	4668	8420	16315

(나) 수질현황

- 「GFRP와 스틸소재를 혼용하고 다목적 활용이 가능한 첨단 하이브리드 가동보 개발((주)유일기연, 2016)」에서 총 6회에 걸쳐 조사된 수질모니터링 결과의 지점별 평균값은 다음과 같음

<표 3-21> 경안천 가동보 지점 수질

항목 (mg/L)	범안보		물방아보		낭녕이보		옥동보	
	월류 전	월류 후						
DO	11.0	11.6	11.3	11.9	11.2	11.6	11.4	11.8
BOD	1.5	1.3	1.1	1.0	1.2	0.9	1.4	1.2
T-N	3.955	3.897	3.798	3.690	3.822	3.753	3.802	3.738
T-P	0.037	0.032	0.042	0.030	0.032	0.027	0.033	0.030

출처: GFRP와 스틸소재를 혼용하고 다목적 활용이 가능한 첨단 하이브리드 가동보 개발((주)유일기연, 2016)

- 수질항목별 지점간 수질변화의 유의성은 크지 않은 것으로 판단되며, 표준편차는 BOD 0.2mg/L, T-N 0.08mg/L, T-P 0.004mg/L로 분석되어 평균값을 적용하는 것이 합리적일 것으로 판단됨

<표 3-22> 경안천지점 평균하천수질

항 목	BOD	T-N	T-P
유입수질(mg/L)	1.20	3.81	0.03

(3) 설계용량 산정

- 본 연구개발과제에서 설계된 저속처리공법(바이오필터시스템)의 용량은 20ton/day이며, 고속처리공법(와류형시설)의 용량은 2,200ton/day임을 고려할 때 홍성호지점은 저수량 기준으로 경안천지점은 갈수량 기준으로 설계용량을 선정하여 수처리통합시스템 시작품을 설계함

<표 3-23> 설계용량 선정

구분	홍성호 지점		경안천지점	
	갈수량(Q355)	저수량(Q275)	갈수량(Q355)	저수량(Q275)
m ³ /sec	0.0080	0.0230	0.0245	0.0540
ton/day	691	1987	2119	4668
선정		◎	◎	

- 수처리통합시스템의 소구경 유입장치는 저속처리시설로 연결되며, 대구경 유입장치는 고속처리시설로 연결됨에 따라 별도의 펌프를 설치하도록 계획하였으며, 저속처리시설에는 0.75 HP×1대, 고속처리시설에는 10.0 HP×2대로 설계하였으며, 각각 예비용 펌프 1대씩을 추가로 설치할 계획임
- 각 처리시설의 체류시간과 펌프 내구성 고려하여 저속처리시설은 시간당 10분 가동, 고속처리시설은 시간당 40분 가동하는 초기운영계획을 수립하였으며, 향후 시작품 장기운영을 통해 최적화된 운영방안을 도출하도록 할 계획임

<표 3-24> 펌프설계

구분	펌프용량	양수량 (L/min)	가동시간 (min/hr)	펌프유입량 (ton/day)	홍성호지점	경안천지점
저속처리시설 (바이오필터시스템)	10.0 HP	1,200	40	1,152	10.0 HP×3대 (예비용 1대)	
고속처리시설 (와류형시설)	0.75 HP	95	10	22.8	0.75 HP×2대 (예비용 1대)	

나. 수질정화효과 분석

- 본 연구개발과제에서 설계된 수처리통합시스템의 수질정화효과를 예측하기 위하여 저속처리 시설(바이오필터시스템)과 고속처리시설(와류형 시설)의 처리효율에 대한 문헌조사 수행

<표 3-25> 수질개선시설의 처리효율

항 목	BOD 처리효율(%)	T-N 처리효율(%)	T-P 처리효율(%)
저속처리시설 ¹⁾ (바이오필터시스템)	95.0	83.7	84.1
고속처리시설 ²⁾ (와류형시설)	16.0	11.0	22.0

출처: 1) 분산지역 및 농촌마을 하수처리를 위한 자연정화 고도처리 공법 개발(권태영, 2006)
2) 수질오염총량관리기술지침(국립환경과학원, 2014)

- 수질정화효과 예측은 유량가중 부하량 산정방법에 따라 각각의 수질개선시설의 유입부하량을 산정하여 처리효율을 적용한뒤 유출부하량을 유량에 따라 농도로 환산하였음

○ $L = Q \times C$, 여기서 L= 부하량(kg/day), Q=유량(m³/sec), C=농도(mg/L)

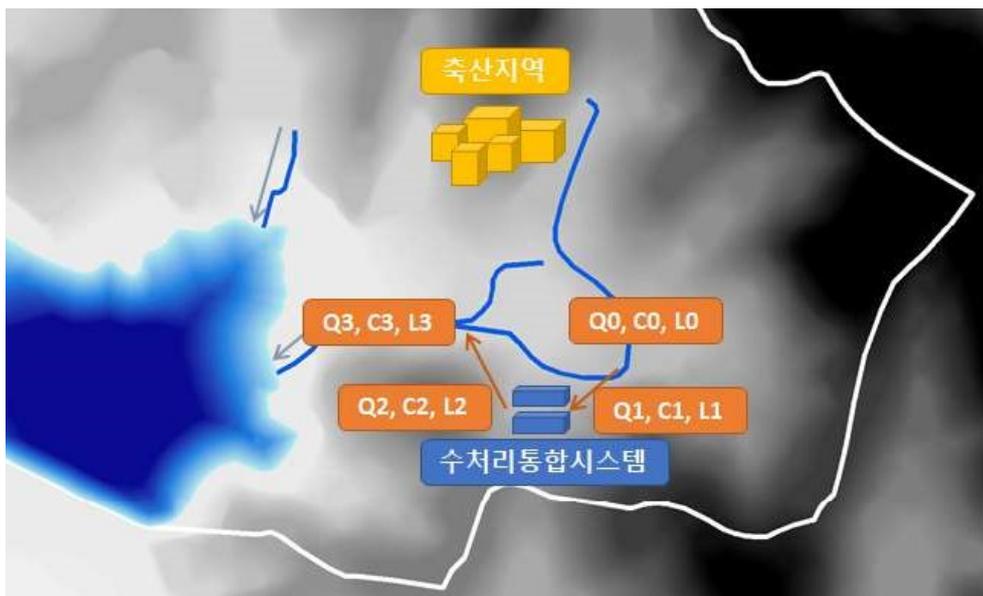
$$○ C_3 = \frac{L_3}{Q_3} = \frac{(L_0 - L_{1_1} - L_{1_2}) + L_{2_1} + L_{2_2}}{(Q_0 - Q_{1_1} - Q_{1_2}) + Q_{2_1} + Q_{2_2}} = \frac{((Q_0 - Q_{1_1} - Q_{1_2}) \times C_0) + (Q_{1_1} \times C_{1_1}) + (Q_{1_2} \times C_{1_2})}{(Q_0 - Q_{1_1} - Q_{1_2}) + Q_{2_1} + Q_{2_2}}$$

여기서, Q₀ = 상류유량(m³/sec), C₀=상류농도(mg/L), L₀=상류부하량(mg/L)

Q_{1₁}, C_{1₁}, L_{1₁}=저속처리시설 유입, Q_{1₂}, C_{1₂}, L_{1₂}=고속처리시설 유입

Q_{2₁}, C_{2₁}, L_{2₁}=저속처리시설 유출, Q_{2₂}, C_{2₂}, L_{2₂}=고속처리시설 유출

Q₃ = 하류유량(m³/sec), C₃=하류농도(mg/L), L₃=부하량(mg/L)



<그림 3-83> 수질정화효과 예측 개념도

- 수질개선효과 예측결과 홍성호 지점의 BOD 농도는 28.84mg/L에서 24.00mg/L로, T-N 농도는 18.86mg/L에서 16.65mg/L로, T-P 농도는 2.407mg/L에서 1.863mg/L로 감소하는 것으로 예측됨
- 경안천 지점의 BOD 농도는 1.20mg/L에서 1.00mg/L로, T-N 농도는 3.81mg/L에서 3.36mg/L로, T-P 농도는 0.033mg/L에서 0.025mg/L로 감소하는 것으로 예측됨

<표 3-26> 수처리통합시스템에 의한 수질변화 예측결과

구분		유입				유출			
		유량 (m ³ /sec)	BOD (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)	유량 (m ³ /sec)	BOD (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)
홍성호 지점	하천	0.02300	28.84	18.86	2.407	0.02300	24.00	16.65	1.863
	저속처리시설 (바이오필터)	0.00023	28.84	18.86	2.407	0.00023	1.44	3.07	0.383
	고속처리시설 (와류형시설)	0.02277	28.84	18.86	2.407	0.02277	24.22	16.78	1.878
경안천 지점	하천	0.02453	1.20	3.81	0.033	0.02453	1.00	3.36	0.025
	저속처리시설 (바이오필터)	0.00023	1.20	3.81	0.033	0.00023	0.06	0.62	0.005
	고속처리시설 (와류형시설)	0.02429	1.20	3.81	0.033	0.02429	1.01	3.39	0.026

- 홍성호 지점과 경안천 지점의 설계유량이 비슷해 처리효율은 비슷한 수준으로 분석되었으나, 대상하천 내 오염물질 농도가 크게 차이남에 따라 삭감부하량은 경안천지점 대비 홍성호지점에서 매우 높을 것으로 예측됨
- 향후 시작품 현장적용 후 장기운영 및 모니터링을 수행하여 좀 더 명확하고 정량적인 수처리통합시스템의 수질개선효과를 검증할 예정임

<표 3-27> 수처리통합시스템의 수질개선효과

구분	삭감부하량(kg/day)			처리효율(%)		
	BOD	T-N	T-P	BOD	T-N	T-P
홍성호 지점	9.62	4.40	1.08	16.8	11.7	22.6
경안천 지점	0.43	0.94	0.02	16.7	11.7	22.6

5절 경제성 분석

1. 경제성 분석 방법

- 「대체비용법을 이용한 하천 수질개선편익 산정(여규동 등, 2009)」에 따르면 하천 수질개선의 경제적 가치는 ‘수질개선’이라는 행위 내지 무형적 재화에 내재되어 있는 본질적 가치에 대한 이론적 근거를 제시한 것이지만, 수질과 같은 환경재는 시장에서 거래되는 성질의 것이 아니며, 공공재적인 성격도 가지지 때문에 가격이 존재하지 않거나 존재하더라도 정확한 가치라 판단하기는 어려움
- 따라서 본 연구개발과제에서는 수처리통합시스템에 의한 수질개선편익을 산정하기 위하여 공급측면의 접근방식인 대체비용법을 이용하였음
- 대체비용법은 수자원을 개발하거나 활용함에 있어 그 기능을 다른 기술적 방식으로 대체할 때 소요되는 비용을 대상 수자원의 가치로 평가하는 방법임. 일반적으로는 특정 수자원 개발사업의 편익 산정을 위해 대체할 수 있는 시설물을 선정하여 그 비용을 편익으로 산정하기 때문에 '대체시설비용법'으로 불리기도 함
- 그러나 개인의 효용극대화 행위 등을 감안하지 않으므로 경제학적 편익개념을 따르는 분석법이 기보다는 공학적 방법에 가까움
- 대체비용법은 수자원이 담당하는 역할을 인공적인 대체재로 대신한다고 할 때 발생하는 비용을 대상 수자원이 가지는 경제적 가치로 보기 때문에 대체비용법을 사용하기 위해서는 대상 수자원을 대체할 수 있는 방법이 반드시 존재해야 하며, 이러한 대체재의 투자비용과 운영비용이 대체비용 계산시 포함되어야 함
- 대체비용법의 적용 절차는 수처리통합시설에 의한 수질개선효과를 분석하고, 이와 동일한 효과를 나타낼 수 있는 수질개선시설의 용량을 결정한 후, 이에 대한 사업비를 계상하였음
 - ① 대체시설의 규모(용량) 결정, ② 비용산정, ③ 경제성분석 적용

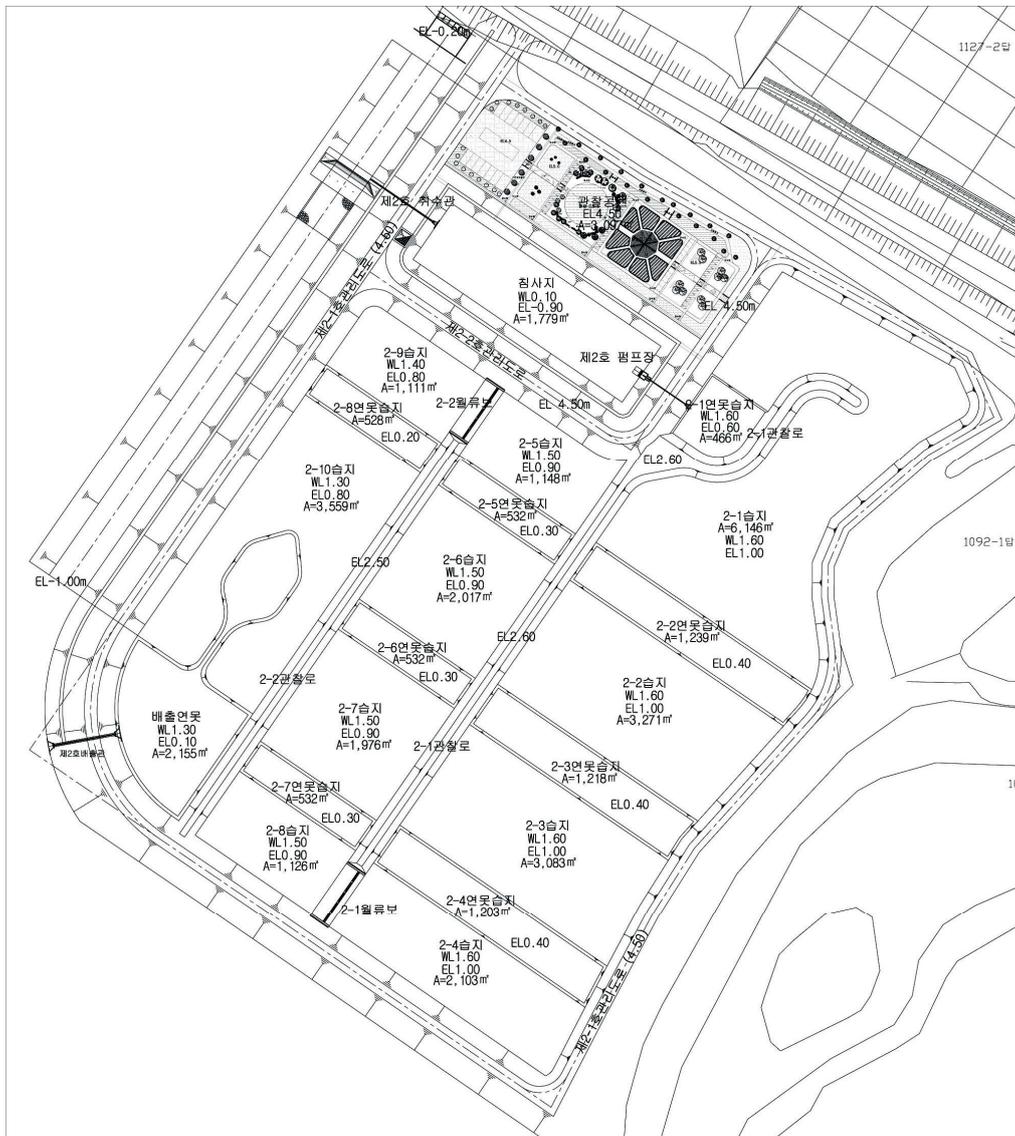
2. 홍성호지점 경제성 분석

- 홍성호 지점에는 현재 수질처리를 위한 인공습지가 조성되어 있어, 향후 시작품 적용후에도 직접적인 비교가 가능함에 따라, 경제성 분석을 위한 대체시설로 선정하였음
- 또한, 「홍성호 수질보전대책 사업계획서(한국농어촌공사, 2009)」에 정량적인 BOD, T-N, T-P 개선효과가 제시되어 있기 때문에, BOD, T-N, T-P 항목에 대해 경제성 분석 수행
- 홍성호 지점 인공습지 현황은 다음과 같음

<표 3-28> 홍성호 인공습지 조성현황

구분	규모	계획면적(A) (m ²)	계획수심(d) (m)	내용적(V) (m ³)	수면고 (W.L) (m)	비고	
습지	침사지	1개소	1,779	1.0	1,779.0	0.10	홍성호관리수위 (+)1.0m
	인공습지	3개소	25,540	0.6	15,324.0	1.60~1.40	
	연못습지	8개소	6,250	1.2	7,500.0	1.60~1.40	
	배출연못	1개소	2,155	1.2	2,586.0	1.30	
	소계		35,724		27,189.0		
기타	소계		22,339.7		-		
계			58,063.7		27,189.0		

출처: 홍성호 수질보전대책 사업계획서(한국농어촌공사, 2009)



<그림 3-84> 인공습지 계획평면도

- 홍성호 인공습지의 조성비용을 순수 인공습지 면적인 35,724㎡에 대하여 추정하였음
- 「기흥저수지 수질오염방지 및 수질개선 종합대책연구(환경부, 2014)」에서 제시된 약 30,000㎡의 면적비율로 적용하였으며, 토지매수비는 홍성호 인근 답의 토지매매가를 적용하였을 경우 홍성호 인공습지 조성비용은 약 21.8억원으로 추정됨

<표 3-29> 홍성호 인공습지 조성비용 추정

항 목	총계	인공습지	토지매수비	유지관리비
사업비(원)	2,179,859,000	1,286,759,000	893,100,000	77,253,000

출처: 기흥저수지 수질오염방지 및 수질개선 종합대책연구(환경부, 2014)
홍성호 인근 토지매매가 2,5000원/㎡ (답) 적용(매경부동산, 2017.07)

- 홍성호 인공습지의 오염물질 삭감량은 「홍성호 수질보전대책 사업계획서(한국농어촌공사, 2009)」에 제시된 인공습지 처리율을 적용하여 수처리통합시스템 설계용량과 동일한 1,987ton/day를 적용하여 산정함

<표 3-30> 홍성호 인공습지 삭감부하량 산정

구 분	항 목	유입량 (ton/day)	유입부하량 (kg/day)	처리율(%)	삭감부하량 (kg/day)	비 고
2호 인공습지	BOD	1,987	57.30	26.8	15.36	
	T-N		37.47	39.9	14.95	
	T-P		4.78	34.4	1.65	

출처: 홍성호 수질보전대책 사업계획서(한국농어촌공사, 2009)

- 홍성호 지점의 대체비용을 추정하기 위하여 단위소요비용(단위삭감부하량당 설치비용)을 산정하였으며, 인공습지 대비 수처리통합시스템이 BOD기준 2.97배, T-N 기준 1.39배, T-P기준 3.12배 낮은 것으로 분석됨

<표 3-31> 홍성호 지점 단위소요비용 분석결과

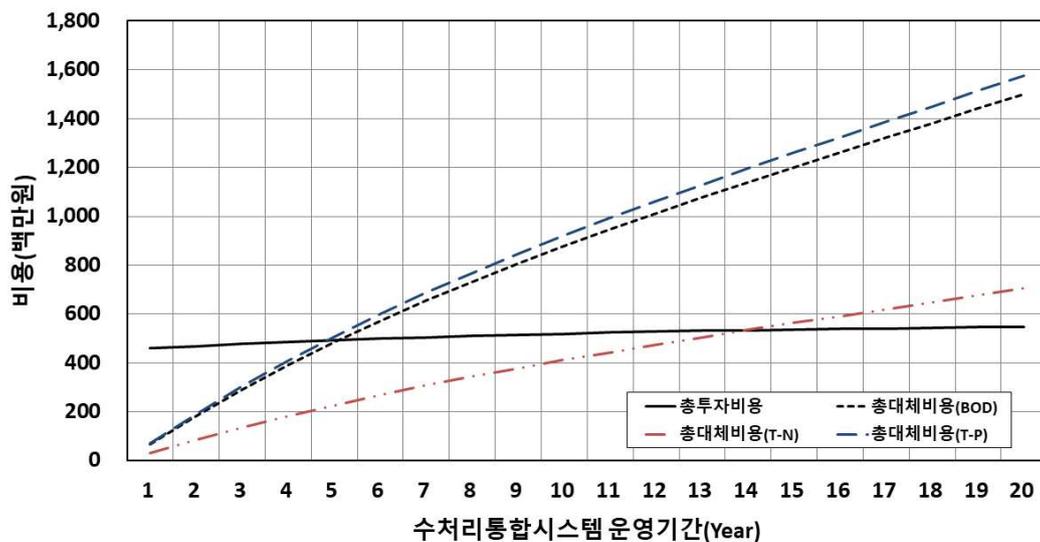
구분		인공습지	수처리통합시스템
설치비용(원)		2,179,859,000	460,000,000
BOD	삭감부하량(kg/년)	5,605	3,513
	단위소요비용(원/kg/년)	388,886	130,949
T-N	삭감부하량(kg/년)	5,457	1,605
	단위소요비용(원/kg/년)	399,451	286,684
T-P	삭감부하량(kg/년)	601	395
	단위소요비용(원/kg/년)	3,629,318	1,164,456

- 본 연구개발과제로 설계된 수처리통합시스템은 20년간 운영을 가정하여 경제성 분석을 수행
- 수처리통합시스템의 투자비용은 가동보 설치비용 대략 3억6천, 수질개선시설 1억 정도로, 총 설치비용 4억6천으로 예상하고 있으며, 유지관리비용은 이자율을 적용하여 20년간 8,745만원으로 추정
- 대체비용은 수처리통합시스템의 삭감부하량에 단위소용비용 적용한 후 20년간 균등분할 하였으며, 이자율 10.0%와 유지관리비율 5.0%를 적용하여 추정함
- 홍성호 지점 수처리통합시스템의 편익비용비(B/C : Benefit-Cost ratio)는 BOD기준 2.742, T-N기준 1.287, T-P기준 2.877로 도출됨에 따라 본 연구개발과제로 설계된 수처리통합시스템이 상용화 될 경우 충분한 시장경쟁력을 확보할 수 있을 것으로 예상됨

<표 3-32> 홍성호 지점 편익비용비 분석결과

구분	초기 투자비 (백만원)	유지 관리 비율 (%)	이자율 (%)	운영 기간 (년)	총 투자비 (백만원)	연간 삭감 부하량 (kg/년)	단위 소요 비용 (원)	유지 관리 비율 (%)	총 대체 비용 (백만원)	B/C Ratio
BOD	460	2.5	10.0	20	547	3,513.0	388,886	5.0	1,501	2.742
T-N	460	2.5	10.0	20	547	1,605.0	399,451	5.0	704	1.287
T-P	460	2.5	10.0	20	547	395.0	3,629,318	5.0	1,575	2.877

- 홍성호 지점의 수처리통합시스템의 경제성 분석결과 BOD와 T-P기준으로 운영 후 5년 이내에 손익분기점을 넘을 것으로 예상됨



<그림 3-86> 홍성호 지점 경제성 분석결과

3. 경안천지점 경제성 분석

- 경안천 지점에는 본 연구개발과제에서 개발된 수처리통합시스템과 직접적인 비교가 가능한 대체시설이 존재하지 않기 때문에, 현재 국내에서 주로 사용되고 있는 수질개선 공법들을 대체시설로 선정하였음
- 수질정화로 인한 공익적 효과는 정량적으로 가늠하기 어려운 부분이기 때문에, 정량적으로 계산이 가능한 오염총량관리제도의 개념을 적용
- 「3 단계 강원도 낙동강 수질오염총량관리 기본계획(강원도, 2015)」에 따르면 지자체에서 T-P 1.5kg/년 감소 시 250세대 (4인)주택을 건축할 수 있는 개발권을 부여받게 됨
- 또한, 수체 내 녹조발생의 제한인자가 T-P임을 고려하여 T-P 항목에 대해 경제성 분석 수행
- 「기흥저수지 수질오염방지 및 수질개선 종합대책연구(환경부, 2014)」에서 제시된 수질개선대책들의 설치비용을 그대로 적용하였으며, 삭감효과(%)를 토대로 경안천 지점에서 수질개선대책별 삭감부하량을 산정함
- 경안천 지점의 대체비용을 추정하기 위하여 단위소요비용(단위삭감부하량당 설치비용)을 산정하였으며, 단위소요비용은 수처리통합시스템에 비해 기타 수질개선대책이 1.2~5.5배까지 높은 것으로 분석됨

<표 3-33> 경안천 지점 단위소요비용 분석결과

수질개선대책	설치비용 (원)	유지관리비용 (원)	T-P삭감부하량		단위소요비용 (원/kg/년)
			kg/day	kg/년	
하수관거정비	41,200,000,000	2,060,000,000	0.58	211.7	194,615,021
여과시설	1,817,000,000	90,850,000	0.02	6.9	264,668,088
생태하천복원	56,600,000,000	2,830,000,000	0.35	127.8	443,052,838
침강지	2,882,000,000	144,100,000	0.03	9.2	314,848,692
인공습지	1,316,000,000	65,800,000	0.03	9.2	143,768,521
하수처리장총인처리시설	18,150,000,000	907,500,000	0.50	182.5	99,452,055
수처리통합시스템	460,000,000	16,100,000	0.02	5.7	80,098,893

출처: 기흥저수지 수질오염방지 및 수질개선 종합대책연구(환경부, 2014)

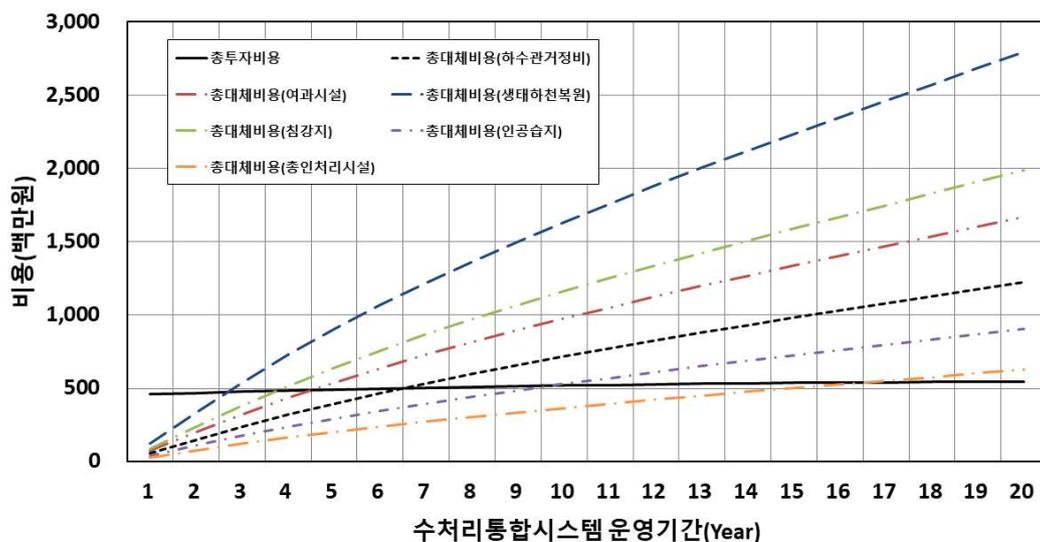
- 본 연구개발과제로 설계된 수처리통합시스템은 20년간 운영을 가정하여 경제성 분석을 수행
- 수처리통합시스템의 투자비용은 가동보 설치비용 대략 3억6천, 수질개선시설 1억 정도로, 총 설치비용 4억6천으로 예상하고 있으며, 유지관리비용은 이자율을 적용하여 20년간 8,745만원으로 추정

- 대체비용은 수처리통합시스템의 삭감부하량에 단위소용비용 적용한 후 20년간 균등분할 하였으며, 이자율 10.0%와 유지관리비율 5.0%를 적용하여 추정함
- 경안천 지점 수처리통합시스템의 편익비용비(B/C : Benefit-Cost ratio)는 대체시설별 1.146~5.106으로 도출됨에 따라 본 연구개발과제로 설계된 수처리통합시스템이 상용화 될 경우 충분한 시장경쟁력을 확보할 수 있을 것으로 예상됨

<표 3-34> 경안천 지점 편익비용비 분석결과

구분	초기 투자비 (백만원)	유지 관리 비율 (%)	이자율 (%)	운영 기간 (년)	총 투자비 (백만원)	연간 삭감 부하량 (kg/년)	단위 소요 비용 (백만원)	유지 관리 비율 (%)	총 대체 비용 (백만원)	B/C Ratio
하수관거정비	460	2.5	10.0	20	547	5.7	194.615	5.0	1,228	2.243
여과 시설	460	2.5	10.0	20	547	5.7	264.668	5.0	1,670	3.050
생태하천복원	460	2.5	10.0	20	547	5.7	443.053	5.0	2,795	5.106
침강지	460	2.5	10.0	20	547	5.7	314.849	5.0	1,987	3.629
인공 습지	460	2.5	10.0	20	547	5.7	143.769	5.0	907	1.657
총인처리시설	460	2.5	10.0	20	547	5.7	99.452	5.0	627	1.146

- 경안천 지점의 수처리통합시스템의 경제성 분석결과 하수관거정비와 여과시설, 생태하천복원 기술 기준으로 운영 후 4년 이내에 손익분기점을 넘을 것으로 예상되었으며, 그 외 대체기술 기준으로도 운영 후 10년 이내 투자비를 회수할 수 있을 것으로 판단됨



<그림 3-87> 경안천 지점 경제성 분석결과

4장 목표달성도 및 관련분야 기여도

코드번호 D-06

1절 목표달성도

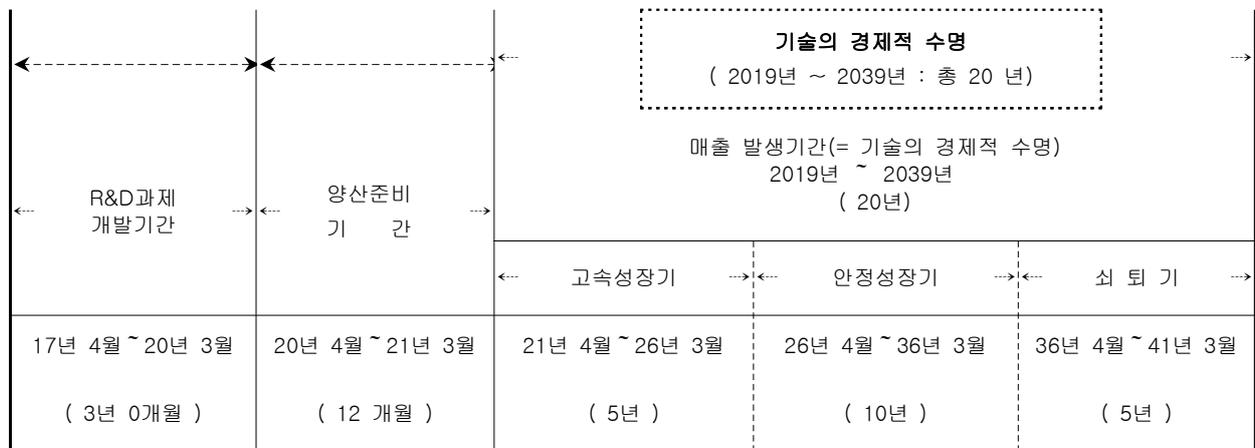
- 본 연구개발과제의 최종목표는 수처리 효율 제고를 위한 가동보 및 수질개선기술을 통합한 수처리통합시스템을 개발하고, 수처리 효율 증대를 위한 가동보 및 수질개선기술의 운영 기술을 개발하여 상용화하는 것임
- 본 기술사업화지원사업은 과업기간이 3개월로 짧기 때문에 정량적 평가지표의 달성이 어려움
- 주관기관 및 협동기관은 과업기간내 연구개발목표를 달성을 위해 성실히 연구개발을 진행하였으며, 연구 및 분석결과, 설계도서 등의 연구개발 성과품을 토대로 연구개발 성과를 평가한 결과 모두 달성한 것으로 판단됨

<표 4-1> 목표달성도 평가

구분	연구개발계획	달성여부	달성도 (%)
연구 목표	○ 농업비점오염 저감을 위한 가동보를 활용한 수질개선기술의 상용화	-	-
세부 내용	○ 주관연구기관((주)이티위터) - 운반 및 설치가 용이하도록 바이오필터 시스템 개선안 제시 및 설계적용 - 고속처리시설 적용을 위한 유량분배시스템 설계 - Pilot test를 통한 수질개선효과 검증 - 위탁연구 수행 : 기술가치평가 분석, 기술정보수집, 특허정보조사	○ 주관연구기관((주)이티위터) - 운반 및 설치가 용이하도록 바이오필터 시스템 개선안 제시 및 설계적용 - 고속처리시설 설계(초과달성) - Pilot test를 통한 UV 소독조 제작 - 위탁연구 수행 : 기술가치평가 분석, 기술정보수집, 특허정보조사	100
	○ 협동연구기관1((주)유일기연) - 가동보로 저류된 하천수의 수질개선기술 유입을 위한 저류시설 및 유입시스템 설계 - 수질개선기술 방류수를 활용한 어도 유지용수 공급 및 역류방지 시설 설계 - 3차원 수치해석 모형(EFDC)를 활용한 어도 및 역류방지 시설 설계 검토	○ 협동연구기관1((주)유일기연) - 가동보로 저류된 하천수의 수질개선기술 유입을 위한 저류시설 및 유입시스템 설계 - 수처리 통합시스템 모형 제작 - 저유량 유입장치 샘플 제작 (연구진행상 대체) -모델링을 활용한 유황검토 (연구진행상 대체)	100
	○ 협동연구기관2(상명대학교) - 최적설계인자 (처리용량 및 수질처리 기준/목표) 설정 - 기준기술조사 및 적용가능성 검토를 통한 고속처리공법 선정	○ 협동연구기관2(상명대학교) - 최적설계인자 (처리용량 및 수질처리 기준/목표) 설정 - 기준기술조사 및 적용가능성 검토를 통한 고속처리공법 선정	100
	합계		100

2절 관련분야 기여도

- 국내외 현황에 따라 하천수질 개선을 위해 가동보에 연계 적용이 가능한 수질개선기술과 기 설치된 가동보에 수질개선기술을 연계할 수 있는 가동보의 추가 Application의 개발이 요구되고 있으며, 이는 기존 제품에서는 찾아볼 수 없는 명확한 혁신성을 지님
- 개발기술의 혁신성은 기존에 없는 융합기술의 개발로 가동보 고유 기능인 이수 및 치수 기능을 유지하며, 추가적인 수질개선 기능 확보할 수 있다는 점에 있음
- 개별적인 기술의 융합으로 새로운 시장을 개척할 가능성이 높고, 향후 20년간 국내 농업용수 및 개발도상국가의 하천 수질 개선에 크게 이바지할 수 있을 것으로 기대됨



- 본 개발기술은 하천의 기본적인 이·치수 목적 이외에 수질개선시설을 활용하여 하천의 수자원 확보는 물론이고 하천수질을 개선하여, 수자원 및 하천관리를 위한 토탈 솔루션으로 활용이 가능하기 때문에 다양한 분야에 활용이 가능한 기술로서 「4대강 살리기 사업」의 일환으로 진행되고 있는 「농업용 저수지 뚝높이기 사업」에서 저수지 여수로의 증고를 위하여 활용이 가능함
- 또한, 하천 인근 지역의 다양한 문화축제를 위한 친환경적 친수공간 조성의 목적으로 활용이 가능하고 뿐만 아니라 도심지 빗물펌프장의 역류 방지를 위하여 활용이 가능함
- 최근 이상기후, 기후변화, 석탄자원의 고갈 등으로 천연에너지 생산을 위한 소수력 발전 분야에 대한 관심이 고조되고 있으며, 선진국을 중심으로 활발히 그 사업이 진행되고 있어 하천의 소수력 발전수량 확보를 위하여 활용이 가능함



<그림 4-1> 개발기술의 다목적 활용 분야

- 본 연구에서 사용하는 부품소재는 경량의 특성을 지니고 있으며, 패키지화 하여 운송 및 시공성이 향상되어 현장에서 신속하게 설치가 가능하고, 현장작업을 최소화하여 공기단축 효과는 물론 공사비를 절감할 수 있어 그 활용성이 증가할 것으로 예상됨
- 현재 국내 부처별(농림부, 국토부, 환경부)로 다원화된 수질개선사업과 가동보 설치 사업을 일원화함으로써 국가적인 예산 절감은 물론 첨단기술이 융합된 신산업의 창출이 가능할 것임
- 수입에 의존하는 기존 개량형 가동보에 사용되는 모든 소재의 국산화뿐만 아니라 국내 하천환경에 적합한 가동보 설치 및 유지보수 기술의 발전으로 수입대체 효과가 기대되며, 지속적인 연구개발을 통해 국내뿐만 아니라 해외에서도 내구성 및 경제성에서 우위를 선점할 계획임

5장 연구결과의 활용계획

코드번호

D-07

- 본 연구개발과제(기술사업화지원사업)에서 주관연구기관인 (주)이티위터는 수질개선기술 설계개선 및 기존제품 설계 적용을 완료하였으며, 협동연구기관인 (주)유일기연은 가동보 설계개선 및 기존제품 설계 적용, 상명대학교는 최적 설계인자 및 고속처리공법 적용방안 도출을 완료하였음
- 본 연구개발과제 결과를 활용하여 수처리 효율 제고를 위한 가동보 및 수질개선기술을 통합한 수처리통합시스템을 개발하고, 수처리 효율 증대를 위한 가동보 및 수질개선기술의 운영 기술을 개발하여 상용화할 수 있도록 향후 연구개발을 지속적으로 수행 할 계획임
- 향후 연구개발 수행 시 연구개발 내용 및 범위는 다음과 같음
- 주관연구기관((주)이티위터)
 - 운반 및 설치가 용이하도록 바이오필터 시스템 개선 및 고속처리시설 개발
 - 시작품 제작 및 현장적용
 - 시작품 장기운영 및 모니터링을 통해 운영 및 유지관리 방안을 도출하고 제품의 설계보완 및 개선
- 협동연구기관1((주)유일기연)
 - 가동보로 저류된 하천수의 수질개선기술 유입을 위한 저류시설 및 유입시스템 개발
 - 고속처리시설 적용을 위한 유량분배시스템 개발
 - 수질개선기술 방류수를 활용한 어도 유지용수 공급 및 역류방지 시설 개발
 - 시작품 제작 및 현장적용
 - 시작품 장기운영 및 모니터링을 통해 운영 및 유지관리 방안을 도출하고 제품의 설계보완 및 개선
- 협동연구기관2(상명대학교)
 - 고속처리공법 개선
 - 시작품 장기운영시 모니터링을 통한 기술검증
- 이러한 개발 기술을 토대로 사업의 극대화를 위하여 각종 기술인증 즉, 건설신기술이나 방재신 기술 등을 획득하여 기술의 우수성을 검증함과 동시에 시장성을 확보할 계획임

6장 연구과정에서 수집한 해외과학기술정보

	코드번호	D-08
○ 해당 없음		

7장 연구개발결과의 보안등급

		코드번호	D-09
보안등급 분류	보안	일반	
		○	
결정 사유	「국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정」 제24조의4에 해당하지 않음		

8장 국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비 현황

○ 해당 없음

					코드번호	D-10		
구입 기관	연구시설/ 연구장비명	규격 (모델명)	수량	구입 연월일	구입 가격 (천원)	구입처 (전화번호)	비고 (설치 장소)	NTIS장비 등록번호

9장 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전조치 이행실적

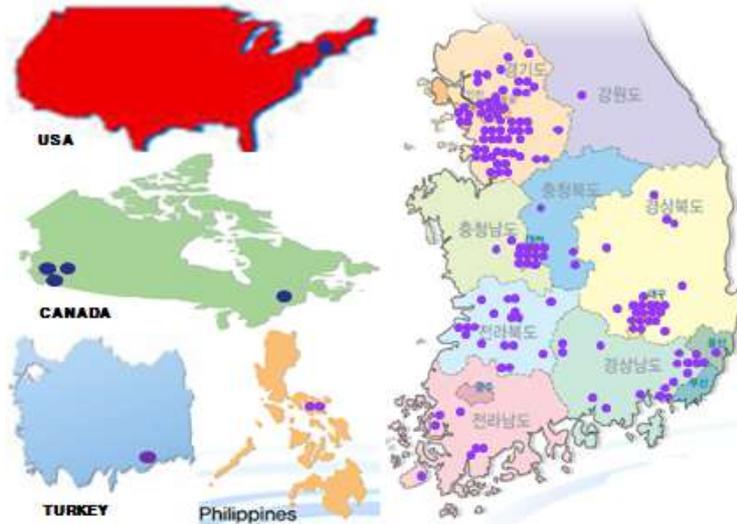
	코드번호	D-11
○ 해당 없음		

11장 기타사항(수행기관 사업화 능력)

코드번호 D-13

1절 국내·외 사업화 능력 및 실적

- 공동기관인 (주)유일기연은 가동보 중 고무보 제작 및 설치 전문업체로 1989년부터 2017년 현재까지 국내 250여기를 설치 및 운영 중에 있으며, 국내 최대 실적을 보유하고 있음
- 또한 세계적으로 고무보 기술력을 인정받아 북미지역, 유럽, 동남아 등에 수출하여 40여기를 운영 중에 있음



<그림 11-1> 국내·외 고무보 설치현황(유일기연)



아킨시, 터키



스태이브리버, 캐나다



서울 망원 유수지



부산 괴정천

<그림 11-2> 국외 고무보 설치 사례



아킨시, 터키



스태이브리버, 캐나다



캄턴, 홍콩



레인보우, 미국

<그림 11-3> 국외 고무보 설치 사례

- (주)유일기연은 국내 시장 뿐만 아니라 해외시장의 가동보 분야에서 우위를 선점하고 있으며, 다수의 국내 및 해외 전시를 통하여 활발한 홍보활동과 동시에 연구개발에 의한 지속적인 기술개발이 이루어고 있어 그 효과가 극대화 되고 있음
- 개발도상국의 경우 Korea Trade-Investment Promotion Agency(KOTRA)와 Korea International Cooperation Agency(KOICA)와 같은 국제협력기구를 통해 공적개발원조(ODA ; Official Development Assistance)형태로 참여하고자 협력관계를 유지하고 있으며, 이러한 해외 판로를 이용한 수행기관의 수출 실적을 토대로 본 개발 기술의 해외 진출을 도모하고자 함



<그림 11-4> 해외 기술 설명회



<그림 11-5> 국제전시참석

2절 연구개발 수행 및 기술인증 실적

○ 공동기관인 (주)유일기연의 기술연구소는 2011년 한국산업기술진흥협회(KOITA)에 등록된 기술연구소로 환경, 토목 및 수자원 분야의 다양한 연구/개발 및 다수의 기술인증을 취득하였습니다.

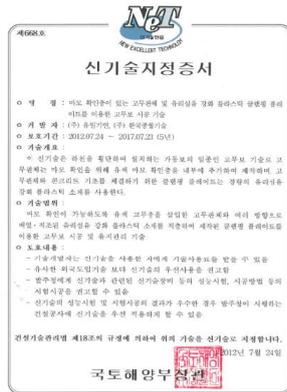
<표 11-1> 유일기연 연구개발 수행 실적

구 분	연구기간	과제명	지원기관
1	2012.07 - 2012.12	실시간 유량 모니터링 시스템을 구비한 개량형 가동보 개발	특허청
2	2012.10 - 2013.03	침수피해 방지를 위한 이동식 다목적 차수막 개발 (Pocket Dam)	중소기업청
3	2012.12 - 2015.12	농촌용수 관수로 시스템의 수요/공급량 선정 및 최적 운영방안 개발	농림축산식품부
4	2013.03 - 2013.05	침수피해 방지를 위한 이동식 다목적 차수막 개발 (Pocket Dam)	특허청
5	2013.08 - 2017.08	농촌용수 정보제공 알고리즘 개발	농림축산식품부
6	2013.10 - 2014.06	안전한 하천관리를 위한 가동보 방류제어 및 경보시스템 개발	중소기업청
7	2014.06 - 2016.06	GFRP와 스틸소재를 혼용하고 다목적 활용이 가능한 첨단 하이브리드 가동보 개발(ARS Gate)	국토교통부
8	2014.12 - 2015.08	재이용이 가능한 저수지 증고 및 하천용 가물막이 개발	중소기업청
9	2016.05 - 2018.12	기후변화 시나리오에 의한 농업용수량 분석	농림축산식품부

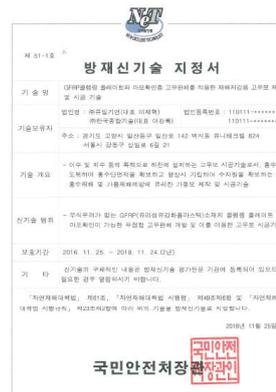
○ 그 중 (주)유일기연의 고무보 기술은 우수한 기술성 및 안정성을 인정받아, 건설신기술(NET) 제668호, 성능인증(EPC) 제25-128호, 방재신기술(NET) 제51-1호 등을 취득하였음

<표 11-2> 유일기연 기술인증 실적

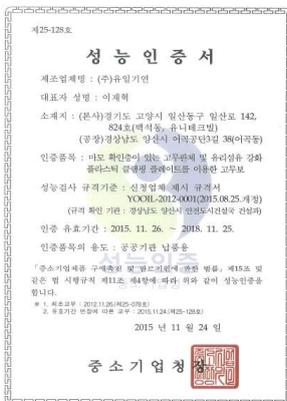
구 분	지정일	인증내용	기술명
1	2012. 07	건설신기술(NET) 제668호	실시간 유량 모니터링 시스템을 구비한 개량형 가동보 개발
2	2012. 11	성능인증(EPC) 제25-078호	침수피해 방지를 위한 이동식 다목적 차수막 개발 (Pocket Dam)
3	2013. 11	방재신기술(NET) 제51호	농촌용수 관수로 시스템의 수요/공급량 선정 및 최적 운영방안 개발
4	2013. 12	방재신기술(NET) 제54호	침수피해 방지를 위한 이동식 다목적 차수막 개발 (Pocket Dam)
5	2015. 07	성능인증(EPC) 제15-1298호	농촌용수 정보제공 알고리즘 개발
6	2015. 11	성능인증(EPC) 제25-128호	안전한 하천관리를 위한 가동보 방류제어 및 경보시스템 개발
7	2015. 12	우수제품(EP) 제2015211호	GFRP와 스틸소재를 혼용하고 다목적 활용이 가능한 첨단 하이브리드 가동보 개발(ARS Gate)



건설신기술



방재신기술



성능인증



우수제품

<그림 11-6> 유일기연 기술 인증서

12장 참고문헌

코드번호	D-14
○ 강원도, 2015. 3 단계 강원도 낙동강 수질오염총량관리 기본계획	
○ 경기도, 2001. 경안천수계하천정비기본계획	
○ 국립환경과학원, 2014. 수질오염총량관리기술지침	
○ 권순국, 윤춘경, 1999. 흡수성 Biofilter를 이용한 농촌 소규모 오수처리 시설의 성능, 한국환경농학회지, 18(4), pp.310-315	
○ 권태영, 2006. 분산지역 및 농촌마을 하수처리를 위한 자연정화 고도처리 공법 개발, 건국대학교 박사학위 논문	
○ 여규동, 이충성, 김길호, 심명필, 2009. 대체비용법을 이용한 하천 수질개선편의 산정	
○ 전기설, 권순국, 2003. 재순환에 의한 한국형 Biofilter System의 질소·인 제거, 한국농공학회 학술발표회 논문집, pp.611-614	
○ ㈜유일기연, 2016. GFRP와 스틸소재를 혼용하고 다목적 활용이 가능한 침단 하이브리드 가동보 개발	
○ ㈜케이씨리버텍, 2016. 와류와 여과/접촉산화를 결합한 2단계 비점오염저감공법, 특허정보검색서비스	
○ 한국농어촌공사, 2009. 홍성호 수질보전대책 사업계획서	
○ 환경부, 2014. 기흥저수지 수질오염방지 및 수질개선 종합대책연구	
○ 환경부, 2014. 비점오염저감시설의 설치 및 관리 운영 매뉴얼	

주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 기술사업화지원사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 농림축산식품부에서 시행한 기술사업화지원사업의 연구 결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.