

16TBIP-C
110606-01

질소·인 제거효율을 증가시킨 하폐수 고도처리장치의

실용화개발 최종보고서

Ministry of Land Infrastructure and Transport R&D Report

보안과제(), 일반과제(O)/공개(O), 비공개()

2016년 국토교통기술사업화 제1차년도 최종보고서

R&D / 16TBIP-C110606-01

질소인 제거효율을 증가시킨 하폐수 고도처리장치의 실용화개발
최종보고서

2017. 05 .18.

주관연구기관 / 지우인포텍(주)

국 토 교 통 부

국토교통과학기술진흥원

제 출 문

국토교통부장관 귀하

‘질소.인 제거효율을 증가시킨 하폐수 고도처리장치의 실용화개발(연구개발 기간 : 2016 .04 .27 ~ 2017 .02 26.) 과제의 최종보고서 10부 를 제출합니다.

2016. 05. 18.

주관연구기관명 : 지우인포텍(주) (대표자) 임 주 환 (인)

주관연구기관책임자: 조 경 재

국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제38조에 따라 최종보고서 열람에 동의합니다.
--

보고서 요약서

과제 고유 번호	16TBIP-C1106 06-01	해당 단계 연구 기간	2016.04.27. ~ 2017.02.26	단계구분	(1)/(1)
연구사업명	중사업명 세부사업명	2016년 국토교통기술사업화 지원사업			
연구과제명	대과제명 세부과제명	질소.인 제거효율을 증가시킨 하폐수 고도처리장치의 실용화개발			
연구책임자	조경재	해당단계 참여 연구원 수	총: 4 명 내부: 4 명 외부: 0 명	해당단계 연구개발비	정부: 90,000천원 기업: 60,000천원 정부 외: 천원 계: 150,000천원
		총 연구기간 참여 연구원 수	총: 4 명 내부: 4 명 외부: 0 명	총 연구 개발비	정부: 90,000천원 기업: 60,000천원 정부 외: 천원 계: 150,000천원
연구기관명 및 소속 부서명	지우인포텍(주)			참여기업명	
국제공동연구					
위탁연구					
요약					4

우리회사가 보유한 하폐수고도처리장치(특허 제10-1160970)를 사업화하고 하.폐수 처리 현장에 활용할 수 있는 구조로 개선하기 위하여 탈인. 탈질반응이 진행되는 수직배치 구조의 탈질 통합반응조 및 추가 질소, 인을 처리 할 수 있는 침전조 와 유입수공급라인을 포함한 연구시작품(PILOT PLANT)을 응용. 개량 제작

- 설치 공간을 줄이며, 교반기의 설치 및 가동에 따른 에너지 소요량을 감소시키고, 종래와 동등수준 이상의 질소.인 제거효율을 기대할 수 있는 하폐수고도처리장치의 실용화
- 실용화를 위한 설계이론의 적립, 설계도서의 제작 및 운영이론의 적립
- 질소.인등의 제거효율을 A20시스템의 발표 평균 처리효율보다 좋은 효율의 달성.
- 당 연구를 토대로 제품 상용화를 진행하며 향후 이연구의 결과로 신기술등의 신청으로 매출 우위를 확보하여 회사의 이익증대, 신규시장의 확보 및 기존시장 점유율 확대와 해외수출에 기여하고 신규 고용창출의 증대 및 투입 재화와 에너지를 감소시키기 위하여 “질소.인 제거효율을 증가시킨 하폐수 고도처리장치의 실용화개발” 연구를 진행하였음.

국문 요약문

연구의 목적 및 내용	1. 당사 보유특허인 “하폐수 고도처리장치”의 설계, 제작, 운영기술을 확보하여 기존의 질소·인 처리효율 이상의 처리효율이 나오는 “질소·인 제거효율을 증가시킨 하 폐수고도처리장치”의 연구시작품(PILLOT-PLANT)을 제작 설치 2. 이의 실용화를 위한 제작·설계·운영 기술을 확보 3. 간헐교반식 수직구조의 통합반응조의 설치 및 유입분배조, 내부·외부 반송 비율의 시험 경험치를 확보하여 설치비 및 운영비등의 절감비율의 정량화를 도출 4. 이의 연구 결과를 보완 개선하여 신기술 등의 추가적인 지식재산권을 확보하며 국내 및 해외 신규 시장을 확보 5. 사업화가 극대화 될수 있도록하고 그 결과로 본 연구주관사 및 관련 업체의 이익을 증진시키고 신규고용을 창출하며 투입재화와 에너지를 감소시켜 사회에 기여를 한다.				
연구개발성과	1. 질소·인 제거효율을 증가시킨 하 폐수 고도처리 장치 연구시작품(PILLOT PLANT) 제작 설치, 운영 2. N 제거효율 68.9%이상, P 제거효율 70.1% 이상 달성 (2012년도 환경공단 발표 하수처리장 방류수질 평균 현황) 3. 현장시험 12회 이상 실시 및 공인시험성적서 4. 생물학적 동시 질소·인 처리시의 적정DO 농도범위 도출 5. 생물학적 동시 질소·인 처리시의 적정 내부반송율, 외부 반송율의 도출 6. 설계도면·설계계산서, 유지관리지침서, 외 설계도서 7. A20공법대비 투입비율 10% 이상 절감 달성 예상. 8. 기술(특허공법)사용협약 체결 실적 2건 달성(설계 및 시공협약) 9. 연구인력 신규채용 1명(2016년 4월) 10. 연구인력 양성교육 지원 1명 (2016년 4월~2017년 8월) 11. 연구인력 석사논문 작성 발표 예정1건 (2017년 2월~2017년 8월)				
연구개발성과의 활용계획 (기대효과)	1. 하수처리시설의 처리시간 단축 및 투입경비를 감소시킨 본 과제인 “질소·인 제거효율을 증가시킨 하폐수 고도처리장치”의 기술을 적용 시 경제적 활용가치가 높고 2. 생물학적 처리에 있어서 하수의 처리시간을 단축, 질소·인 처리 효율을 A20공법 대비 향상시켰고 시설물의 관리가 쉬울 뿐 만 아니라 3. 전문 인력 또한 기존 수처리 기술보다 양성하기가 쉬우며 4. 국내 및 해외 경쟁력 향상에 기여할 수 있고, 국·내외의 매출을 확대하여 신규 고용창출에 일조 5. 외국기술 도입에 따른 기술 사용료 감소와 관련 장비 수입대체효과, 6. 수생태계 부영양화 저감대책 등 에 응용하는 기술 개발이 가능할 것으로 예상				
핵심어 (5개 이내)	통합반응조	용존산소	질소·인	고도처리공법	하폐수

Report Summary

Assignment Number	16TBIP-C1106 06-01	Period of Research	2016.04.27. ~ 2017.02.26	Step Classification	(1)/(1)
Project Name	PJT Name	2016 land transport technology commercialization support PJT			
	Detail Name				
Research Name	Major				
	Detail	Development of practical application of wastewater advanced treatment system with increased removal efficiency of T-N and T-P.			
Director	Cho,Kyoung-Jae	Number of researchers in this step	Total: 4 Inside: 0 Outside: 4	R & D Expenses in this step	Government: 90,000,000 won Enterprise: 60,000,000 won Others: - Total: 150,000,000 won
		Number of researchers in total research period	Total: 4 Inside: 0 Outside: 4	Total R&D Expenses	Government: 90,000,000 won Enterprise: 60,000,000 won Others: - Total: 150,000,000 won
Research institution of department name	JIU INFOTECH CO.,LTD			Participated company name	
International joint research					
Commissioned Research					
Summary				4	

In order to commercialize the wastewater treatment equipment (patent No. 10-1160970) owned by JIUINFOTECH and to improve the structure that can be applied to the wastewater treatment site, the denitrification integrated reaction tank with vertically arranged structure in which the denitrification reaction proceeds, Application of research project (PILOT PLANT) including sedimentation tank and inflow water supply line that can process additional nitrogen and phosphorus.

- . It is possible to reduce installation space and reduce energy consumption due to the installation and operation of the agitator and to realize a wastewater treatment system capable of expecting nitrogen and phosphorous removal efficiency equal to or higher than the conventional level.
- . Earning design theories for practical use, making design books and earning operating theories.
- . The removal efficiencies of nitrogen and phosphorous are better than the announced average treatment efficiency of the A2O system.
- . Research of "development of practical application of the wastewater advanced treatment system with increased nitrogen and phosphorus removal efficiency" was carried out. As a result of this study, we will increase the profit of the company by securing the sales advantage by application of new technology, securing the new market, expanding the existing market share, contributing to overseas export and increasing the creation of new employment In order to reduce the input goods and the energy.

Summary in English

Purpose and contents of research	1. We design, manufacture and operate technology of "Wastewater Advanced Treatment System" which is our company's patent, and manufacture and install research prototype (PILLOT-PLANT) which shows processing efficiency higher than conventional nitrogen and phosphorous treatment efficiency. 2. Obtain design and operation technology for practical use. 3. Installation and operation costs are reduced through the installation of the intermittently agitated vertical structure tank and the experience of the internal and external return rates. 4. Obtaining additional intellectual property rights through improvement to results of the study and securing domestic and overseas new markets. 5. As a result, it will contribute to the society by increasing the profit of the research company and related companies, creating new employment, reducing input goods and energy.
R&D achievement	1. Installation and operation of (PILLOT PLANT), an advanced wastewater treatment plant with increased nitrogen and phosphorus removal efficiency. 2. Removal efficiency of T-N : Over 68.9%, Removal efficiency of T-P : Over 70.1% (Environmental corporation announcement figures) 3. Performed at least 12 times of test and certified test report 4. Derivation of the appropriate DO concentration range for biological treatment of T-N, T-P 5. Derivation of proper internal and external return rate at the time of biological treatment of T-N, T-P. 6. Design drawings, design bills, maintenance manuals, etc. 7. Achieved over 10% reduction in input ratio compared to A20 method. 8. Achieved 2 contracts for technology (patent law) agreement (design and construction agreement) 9. Recruitment of one researcher (April 2016) 10. Support for training of researcher (April, 2016~August, 2017) 11. Master' s Thesis of researcher will be announced (Feb.2017~Aug.2017)
Utilization plan of R&D achievement (Benefit)	1. Applying the technology of "wastewater advanced treatment system with increased removal efficiency of N and P", which has reduced processing time and input cost of wastewater treatment facility, it has high economic utility value. 2. In the biological treatment, the treatment time is shortened and the N, P treatment efficiency is improved compared to the A20 method, and the facility management is easy. 3. Expert personnel are also easier to train than existing water

	treatment techniques 4. Contributing to the improvement of domestic and overseas competitiveness and expanding domestic and overseas sales, finally contributing to the creation of new jobs. 5. Reduction of technical fee for use of foreign technology and substitution of imported equipment. 6. It is anticipated that it will be possible to develop technologies that apply to eco-system eutrophication mitigation measures.				
Keyword	Anaerobic & Anoxic tank	Dissolved Oxygen	Nitrogen, Phosphorus	Advanced treatment system	Sewage, Wastewater

< CONTENTS >

1. Summary of R&D project	12p
2. Status of domestic and overseas technology development	13p
3. Research performance and achievements	30p
4. Achievement goal and contribution to related field	88p
5. Plan to utilize R &D achievements	90p
6. References	91p
7. Correction and Complement Table	92P

〈 목 차 〉

1. 연구개발과제의 개요	11p
2. 국내외 기술 개발 현황	12p
3. 연구 수행 내용 및 성과	29p
4. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도	87p
5. 연구개발성과의 활용 계획	90p
6. 참고 문헌	91p
7. 수정,보완 대비표	92P

제1장. 연구개발과제의 개요

1. 연구개발 목적

- 1) 당사 보유특허인 “하폐수 고도처리장치”의 설계, 제작, 운영기술을 확보하여 발표된 하수처리장 방류 기준 의 질소.인 처리효율 이상의 처리효율이 나오는 “질소.인 제거효율을 증가시킨 하폐수 고도처리장치”의 연구시작품(PILLOT-PLANT)을 제작 설치 운영 시험 하여
- 2) 이의 실용화를 위한 제작.설계.운영 기술을 확보 하고
- 3) 간헐교반식 수직구조인 통합반응조의 설치 및 유입분배조, 내부.외부 반송 비율의 시험 경험치를 도출하며
- 4) 이의 연구 결과를 보완 개선하여 신기술 등의 추가적인 지식재산권을 확보하는 동시에 국내 및 해외 신규 시장을 확보하여
- 5) 사업화를 극대화 시켜서 본 연구주관사 및 관련업체의 이익을 증진시키고 신규고용을 창출하며 투입재화와 에너지를 감소시키며 관련기술 사용료 및 장비 수입대금 등의 비용을 감소시킨다.

2. 연구개발의 필요성

- 1) 국내의 시장이 한정적이고 환경 산업시장 성장속도가 저조한 상황에서 국내의 중소 기업들은 환경 시설 투자에 소극적인 반응을 보이고 있고 일부 건설사들의 저가 건설공사 수주로 환경 설비의 적정시공(도급) 금액은 낮아 본 기술을 실용화하여 원가 절감에 기여하고
- 2) 당사는 좋은 특허를 보유하고 있으나 “질소.인 제거효율을 증가시킨 하 폐수 고도처리 장치의 실용화개발”을 아직 상용화 하지 못했으며, 더불어 다양한 홍보를 할 수 없는 상황으로 기술 실용화를 하여 마케팅 전략에 보완을 하여야 할 시점이며
- 3) 금번 “국토교통기술사업화 지원사업” 시행과 때를 같이하여 해외 신흥시장 규모의 증가와 대기업 및 대형 종합 건설사의 해외 플랜트공사의 활성화에 부응하여
- 4) 당사는 회사 보유 특허인 “질소.인 제거효율을 향상시킨 하폐수 고도처리장치의 실용화개발”로 시스템 제품을 실용화하여 시설투자비에 시달리는 산업체의 설비 투자에 기여하고 국, 내외 설계에 직접 참여하여 우리 설비가 시공 수출 될 수 있도록 하여 동종 기업과의 차별화 , 해외 기술료 지급 축소, 자재수입의 감소 및 당 실용화 제품 개발에 관련된 당사의 협력업체와 우리회사의 매출증대, 이익의 증대, 신규 고용의 확대로 사회에 이바지 하고자 한다.

3. 연구개발 범위

- 1) 기존 A20 공법 의 질소.인 처리효율 이상의 처리효율이 나오는 “질소.인 제거효율을 증가시킨 하 폐수 고도처리장치”의 연구시작품(PILLOT-PLANT)을 제작 설치하고
- 2) 이 시작품을 운용 검사 시험하여 실용화를 위한 제작.설계.운영 기술을 확보하며
- 3) 간헐교반식 수직구조인 통합반응조의 설치 및 유입분배조의 용존산소율, 내부.외부 반송 비율의 효율적인 시험 경험치를 도출 하여 설치비 및 운영비등의 정량화를 도출하고
- 4) 이의 연구 결과를 토대로 제작 시공에 필요한 설계도서를 작성하고자 한다.

제2장. 국내외 기술 개발 현황

1. 관련 이론

1) 생물학적 질소 제거

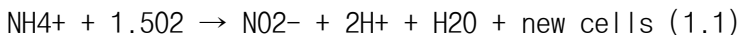
하·폐수 내에 존재하는 질소는 단백질, 펩타이드, 아미노산, 요소 등 현탁 고형물 상태의 유기성 질소와 그 산화환원 상태에 따라 암모니아성 질소, 아질산성 질소 및 질산성 질소 등 이온 상태의 무기성 질소로 구분되며, 가정하수, 축산폐수, 공장폐수, 음식물 찌꺼기 및 소화슬러지의 탈리액 등과 같이 그 발생원이 매우 다양하다.

질소화합물이 하·폐수 내에서 암모니아 형태로 존재 시, 암모니아자체의 독성과 산화되는 과정에서 발생하는 용존산소의 소모 등으로 인하여 수중 생태계에 영향을 끼친다. 또한, 아질산성 질소 및 질산성 질소 함량이 높은 물을 어린 아이가 섭취했을 경우, 적혈구 내의 산소를 소모하여 청색증을 일으킬 수 있고, 특히 아질산성 질소는 N-니트로소 화합물을 형성하여 소화기계통에 암을 유발하기도 한다. 그리고 질소를 포함하는 영양염류 물질은 최근 큰 문제로 대두되고 있는 수질의 부영양화를 일으키는 대표적인 물질이기도 하다. 이와 같이 질소함유 폐수는 수중 생태계에 영향을 끼칠 뿐 만 아니라 인간 건강 및 생활환경에 위해성을 갖기 때문에 이에 대한 처리가 필수적이며 다양한 질소제거 방안이 대두되고 있다.

일반적으로 하·폐수 내의 질소 제거 방법은 물리화학적 처리와 생물학적 처리로 구분할 수 있다. 물리화학적 처리 방법으로는 염소 주입에 의한 화학반응을 이용해 질소가스로 제거하는 파괴점 염소주입법, 물의 pH를 높여 수중 질소성분을 암모니아 가스 상태로 변환하여 탈기시키는 암모니아 탈기법, 또는 선택적인 이온교환 수지를 사용하여 흡착제거하는 이온교환법 등이 있다. 반면, 생물학적 질소 제거 방법은 하·폐수 내 질소성분을 미생물의 산화환원 과정을 통하여 질소가스 형태로 변환시키는 과정으로, 주로 질산화 및 탈질 과정에 의해 진행된다. 특히 생물학적 질소제거 방법은 약품을 투입하여 질소를 제거하는 화학적인 방법과는 달리 미생물의 대사과정을 이용하기 때문에 2차적인 오염발생이 적은 환경 친화적인 방법이며 경제성에서 유리한 장점을 지니고 있다.

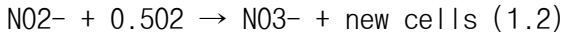
2) 생물학적 질산화

생물학적 질산화 과정은 하·폐수 내 암모니아성 질소가 독립영양 박테리아에 의하여 질산성 질소로 산화되는 것을 말한다. 우선 첫 단계반응으로 *Nitrosomonas* sp., *Nitrococcus* sp., *Nitrospira* sp. 등의 미생물에 의해 암모니아성 질소가 아질산성 질소로 산화되는 반응이 선행되고 그 화학양론식은 식(1.1)과 같이 나타낼 수 있다.

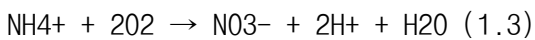


위 식에서와 같은 질소의 산화과정에서 암모니아성 질소 1몰 당 58~84 kcal의 자유에너지(Gibbs free energy)가 발생하고 이를 미생물의 성장에 이용하게 된다. 암모니아 산화균의 증식계수(Y)는 약 0.1로 종속영양균일 경우 0.45인데 반하여 매우 낮기 때문에 SRT(Solids Retention Time)를 길게 하는 것이 유리하다. 또한 식(1.1)에서 보는 바와 같이 암모니아성 질소 1.5몰당 1.5배의 산소를 소모하므로 용존 산소가 충분히 존재할 시에 반응은 효율적으로 일어난다. 두 번째 단계로 *Nitrobacter* sp., *Nitrospira* sp., *Nitrocystis* sp. 등의 미생물에

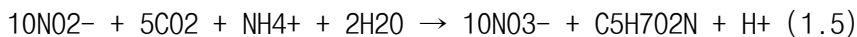
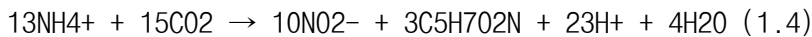
의해 아질산성 질소가 빠른 속도로 질산성 질소로 변환되는 과정이 일어나며, 그 화학양론식을 식(1.2)에 나타내었다.



이 반응은 정상적인 상태에서 아질산성 질소 물 당 15.4~20.9 kcal의 에너지가 발생하는데, 첫 번째 단계에 비하여 낮은 양의 에너지를 얻게 되는 것이다. 미생물의 양이 성장 에너지 발생량에만 비례한다고 가정하면, 산화된 질소의 물 당 Nitrobacter보다 Nitrosomonas의 세포 증식량이 더 우세하여 1단계 반응이 월등하게 나타나게 된다. 그러나 상대적으로 Nitrobacter의 최대 성장속도가 더 크기 때문에 1단계 반응의 생성물인 아질산성 질소가 축적되기는 어렵다. 이 두 가지 미생물 그룹에 의한 암모니아성 질소의 전체 산화반응은 위의 두 식의 합으로 표현될 수 있고 그 식을 식(1.3)에 나타내었다.

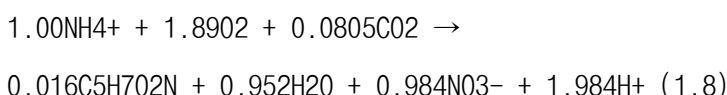
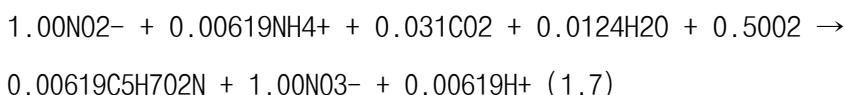
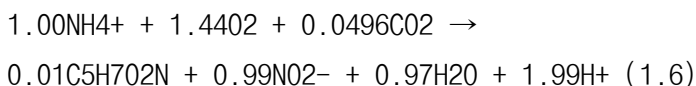


한편, 질산화 미생물의 합성은 식(1.4) 및 식(1.5)와 같이 나타낼 수 있다. 여기서 미생물은 반적인 경험식으로 $\text{C}_5\text{H}_7\text{O}_2\text{N}$ 을 가정하였다.



미생물은 식(1.1), 식(1.2)의 에너지 공급반응과 식(1.4), 식(1.5)의 세포합성 반응의 연결을 통해 성장반응을 일으킨다. 그러므로 미생물의 합성은 에너지 수율과 세포 합성에 대한 반응식을 결합시켜 묘사될 수 있다. 방출된 에너지가 미생물로 전환되는 효율은 이 식들의 결합 형태에 의해 표현될 수 있다. 그 전환 효율은 사용된 기질량에 대해 생산된 미생물량으로 표현되는 수율(Y)에 의해 측정된다. 이는 보통 산화된 암모늄 이온의 양에 대하여 생산된 VSS(Volatile Suspended Solids)의 양으로서 나타난다. 이러한 증식계수(Y)는 이론상으로 각각 0.29 gVSS/g NH_4^+-N 와 0.084 g VSS/g NO_2^--N 이지만, 실제 실험상으로는 0.04~0.13 g VSS/g NH_4^+-N 와 0.02~0.07 g VSS/g NO_2^--N 으로 이론값보다 낮은 값을 나타내어 발생된 총 에너지는 미생물의 성장이외에 미생물의 활동 유지를 위해서 사용되었음을 유추할 수 있다.

질산화 과정을 통한 질산화 박테리아의 합성에 관한 식을 이론적인 증식계수 값을 이용하여 식(1.6), 식(1.7) 및 식(1.8)에 나타내었다.



위의 식(1.8)은 생물학적인 질산화 과정에 대해 미생물의 성장을 고려한 총괄 반응식을 나타낸다. 질산화 과정의 전체적인 도식을 그림 1에 나타내었다.

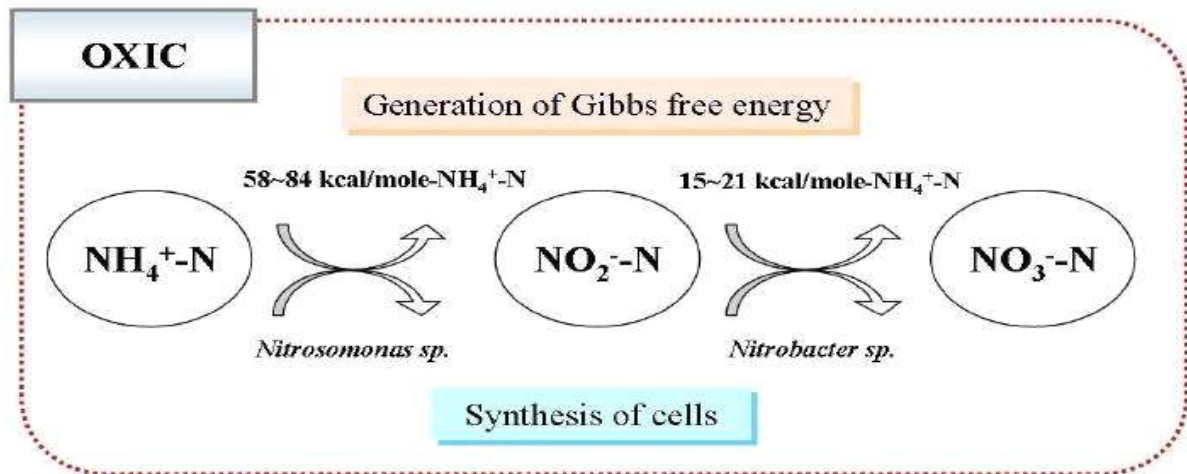


그림 1. 질산화 과정에 있어 셀 성장 및 에너지 생성

질산화 반응의 영향인자로 pH, 온도, D0농도, C/N비를 비롯한 폐수 내 독성 물질의 유입, FA(Free Ammonia) 등이 있다.

우선 질산화 반응의 적정 pH는 7~8로 알려져 있는데 반응이 진행됨에 따라 H^+ 의 생성으로 pH가 감소하는 현상이 나타나게 됨으로써 적정 pH 이하의 조건이 형성된다. 이 경우 질산화 속도가 현저히 감소하게 되므로 적정 pH 유지를 위한 알칼리도 공급은 효율적인 질산화 공정을 위해 매우 중요한 운전인자가 된다.

질산화 반응에서 온도 또한 중요한 영향인자로 작용하는데, 질산화 미생물은 중온성 미생물로서 *Nitrosomonas*는 약 35°C , *Nitrobacter*는 약 $35\sim42^\circ\text{C}$ 에서 원활한 대사 작용이 일어난다. 또한 높은 D0농도가 유지될수록 질산화율이 증가하며, Hanaki 등이 보고한 바와 같이 일반적으로 질산화 반응이 일어날 수 있는 최소 D0농도는 2.0 mg/L 로 알려져 있다. 한편, 질산화 반응을 위한 최소 D0농도로서 Downing과 Scagg는 0.3 mg/L 이상, Scholberl와 Engel은 $1\sim2 \text{ mg/L}$ 이상이 필요한 것으로 보고하였다.

C/N비도 질산화 반응에 대한 영향 인자의 하나로서, 일반적인 질산화조 내에는 독립영양미생물인 질산화균과 종속영양미생물이 공존하기 때문에 C/N비가 25 g BOD/g TKN 이상으로 매우 높으면 오히려 종속 영양미생물의 증식속도가 증가하여 질산화에 필요한 독립영양미생물이 외부로 배출되는 현상이 나타나 질산화의 저해인자로 작용한다.

또한, 하폐수 내 음이온성 계면활성제, 중금속 또는 염소계 유기화합물 등 독성물질의 유입시 질산화 미생물의 활성을 저하시키므로 질산화에 저해영향을 끼친다. 이에 대한 대처 방안으로서 PAC(Powdered Activated Carbon) 등을 첨가하여 흡착 제거하는 방법이 있다.

FA의 존재에 의해서도 질산화 미생물에 저해영향을 끼친다. Anthonisen은 $10\sim150 \text{ mgFA/L}$ 에서 암모니아 산화균에 대한 저해가 시작되고, $0.1\sim1.0 \text{ mgFA/L}$ 에서 아질산 산화균에 저해를 일으키기 시작한다고 보고하였다.

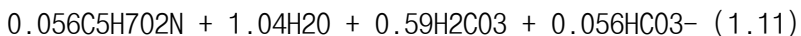
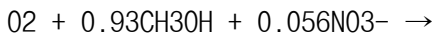
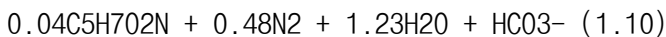
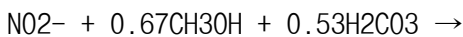
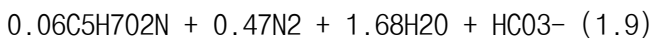
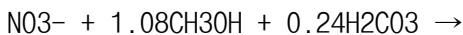
3) 생물학적 탈질

가) 종속영양 탈질

종속영양탈질은 하폐수 내 유기물을 전자공여체로 사용하여 질소산화물을 질소가스로 환원시키는 방법으로 무산소 조건에서 반응이 활발히 진행된다. 그러나 하폐수 내 질소는 상당부분

유기성 질소 형태(TKN)를 띄고 있기 때문에 탈질공정 전단에서 질산화 공정과의 연계가 필요하다.

종속영양미생물은 대부분 그람음성균으로 *Pseudomonas* sp., *Microscopics* sp. 및 *Acromobacter* sp. 등의 종류가 있으며 이들은 일반적으로 유기성 전자공여체를 이용한다. 탈질 공정 이전에 질산화 과정에서 유기물이 대부분 소모되기 때문에 종속영양 탈질공정에서는 전자공여체로서의 유기탄소원이 부족하고, 이는 주로 메탄올을 주입하거나 기타 아세트산이나 글루코스, 유기성 폐수, 식품가공폐수 등을 사용하여 보충해 준다. Modified Ludzack Ettinger(MLE), A2/O 등의 공정에서는 유입 폐수에 포함된 유기물을 탄소원으로 활용하기 위해 유출수 반응이나 내부반응을 이용하기도 한다. 외부탄소원 중 가장 경제적으로 알려진 메탄올을 사용한 경우에 대하여 종속영양 탈질 반응식을 세워보면 다음과 같다.



식(1.9)에 의하면 1 g의 질산성 질소를 탈질 시키는데 2.47 g의 메탄올이 소모되고, 이는 3.7 g의 COD값으로 환산된다. 그러나 식(1.11)에서와 같이 산소의 영향에 의해 메탄올의 소모량이 이론식에 의한 요구량보다 증가하게 된다. 따라서 실제 현장에서 완전한 탈질을 위해 요구되는 C/N비는 4~15 g/g NO_3^- -N이며 최소한 3.5~4 g/g NO_3^- -N을 필요로 하는 것으로 보고되고 있다. 그리고 1 g의 질산성 질소의 제거 시 3.57 g의 알칼리도가 생성된다. 종속 탈질 과정에서 알칼리도의 생성은 질산화 과정에서 소모되는 양의 절반 정도를 보충할 수 있는 양이다. 따라서 수중의 질소 제거를 위한 질산화 및 종속영양 탈질 공정의 연계 시 질산화 과정에서 소모되는 알칼리도를 탈질공정에서 어느정도 보완할 수 있다.

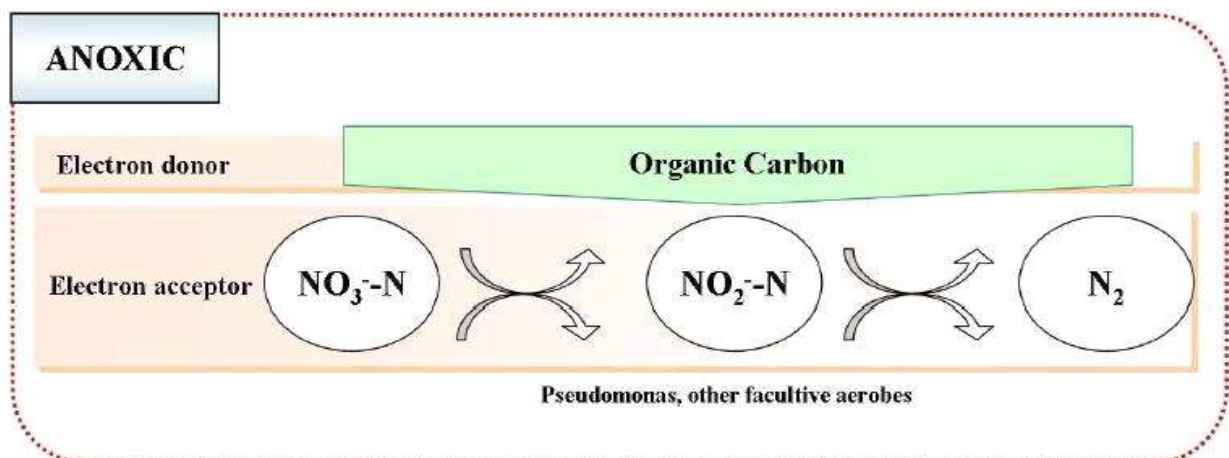


그림 2. 종속영양 탈질 반응을 위한 전자 공여체과 수용체

종속영양 탈질 반응에 대한 영향 인자로는 pH, 온도 및 독성물질의 유입 등이 있는데, 적정 pH는 6~8로 질산화 반응과 같이 중성영역의 pH를 요구하지만 종속탈질균은 다양한 종들이 공존하기 때문에 질산화 반응보다 pH에 대한 민감도가 낮다. 독성물질에 대한 영향 또한 질산화 반응에서보다 크지 않다. 온도는 20℃ 이하일 때 탈질효율이 크게 감소한다고 보고되고 있다. pH 6.0 이하 및 pH 8.0 이상에서 탈질율이 떨어지지만 종속영양 탈질균은 질산화균보다 우점으로 작용하여 pH 민감도는 질산화에서보다 낮고, 같은 이유로 중금속 등의 독성물질에 대해 덜 민감하다고 알려져 있다.

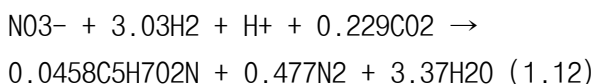
그러나 종속영양 탈질 시, 안정적인 질산성 질소의 제거를 위해 과량 주입된 탄소원이 잔류하여 질산화 공정에 저해를 초래할 수 있고, 유출수의 잔류 COD 제거와 잉여슬러지의 처리를 위한 후처리 시설이 필요하기도 하므로, 이에 대한 단점을 보완하기 위하여 독립영양탈질에 대한 관심이 증대되고 있다.

나) 독립영양 탈질

종속영양 탈질은 과량으로 주입된 외부탄소원으로 인한 질산화 공정의 저해 작용을 일으킬 수 있으며, 유출수의 잔류 COD와 잉여슬러지 처리를 위한 후처리 시설의 필요성이라는 한계를 갖는다. 최근에는 이러한 한계 때문에 수소-이용 탈질, 철-이용 탈질 및 황-이용 탈질 등의 독립영양 탈질공정에 대한 관심이 증대되고 있다. 독립영양 탈질은 종속영양 탈질의 질산화 공정 저해 및 후처리 시설 필요성 등의 문제점을 갖지 않는다.

독립영양 탈질은 무기탄소원을 이용하며, 수소(H₂), 철(Fe⁰), 황(S⁰, S²⁻, S₂O₃²⁻, S₄O₆²⁻, S₃O₆²⁻) 등을 전자공여체로 이용하여 질소산화물을 환원시켜 처리하는 공정이다.

수소(H₂)를 이용한 독립영양탈질은 식(1.12)와 같은 반응식을 갖는다.



수소이용 탈질(Autohydrogenotrophic denitrification)은 화학양론적으로 유기물을 이용했을 경우에 비하여 상대적으로 우수한 전자공여체의 역할을 하고 깨끗한 공정을 실현할 수 있으며, 미생물 생성량이 낮아 폐슬러지량이 감소하는 이점을 가지고 있다. 그러나 수소는 낮은 용해도와 폭발성, HA(hydroxyl-amine)과 같은 독성물질 생성 등의 단점을 갖는다. 따라서 수소의 낮은 용해도를 향상시키기 위한 방법으로서 Lee와 Rittmann은 중공사막(hollow fiber membrane)을 이용하여 주입되는 수소가스의 크기를 감소시켜 물과의 접촉면을 높여주는 방법을 제시하기도 하였다. 철(Fe⁰)을 이용한 탈질은 철이 물과 반응하여 수소 가스를 발생시킴으로써 이후 반응은 수소이용 탈질과 같게 된다. 철 이용 탈질 반응식은 식(1.13)과 같다.



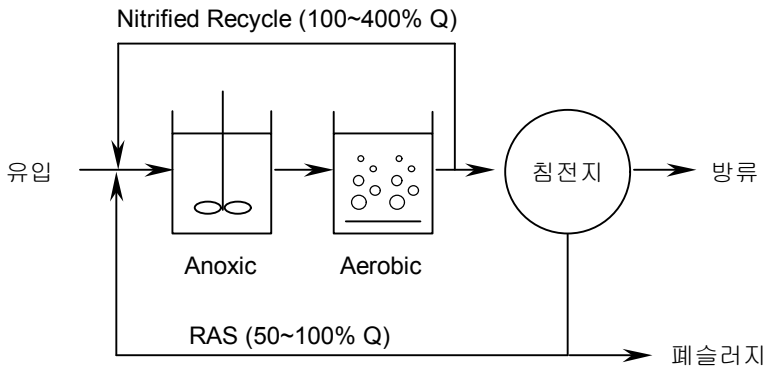
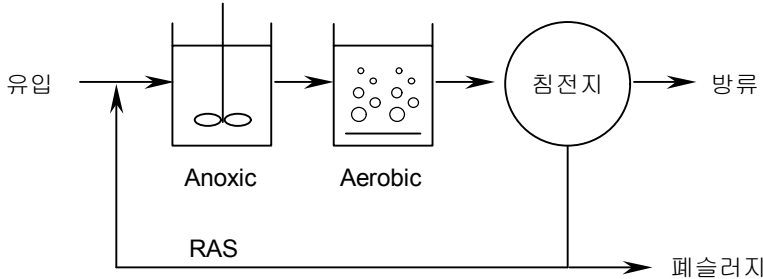
위 반응은 제거된 질산성 질소의 몰 당 6배의 OH⁻가 발생되므로 빠른 속도로 수중의 pH가 증가하게 된다. 따라서 이에 대하여 적절한 대안이 강구되지 않을 경우, 수중의 pH 증가에 의해 역반응이 진행될 가능성이 있다. 또한, 탈질 반응에 대해 이론적으로 요구되는 양의 철을 주입하더라도 반응정도에 따라 잔류하는 철 이온이 수중에 용해된 상태로 유출될 수 있는 문제점을 가진다.

2. 유사공법과 비교(A²/O 공법, M.L.E(M.L)공법 과의 비교 분석

1) A²/O 공법

구 분	A ² /O (Anaerobic / Anoxic / Aerobic) 공법	비 고
처리공정 개요	·A/O 공법을 개량하여 질소 및 인을 제거하기 위한 공법으로 반응조는 혐기성조(Anaerobic Tank), 무산소조(Anoxic Tank), 호기성조(Aerobic Tank)로 구성되며 질산성 질소를 제거하기 위한 내부반송(Nitrifier Recycle)과 침전지 슬러지 반송으로 구성되어 있음. ·혐기성조에서는 혐기성조건에서 인을 방출시켜 호기성조에서 미생물이 과잉섭취할 수 있도록 하며, 무산소조는 호기성조의 내부반송수의 Nitrate를 탈질시키는 역할을 함.	
공정구분	·혐기·무산소·호기성 부유성장 처리공법	
처리효율	·유기물질 : BOD : 90% 이상, SS : 90% 이상 ·영양염류 : T-N : 40~70%, T-P : 60%	
설계인자	·HRT : 5~8시간 (혐기성조 : 0.5~1.0시간, 무산소조 : 0.5~1.0시간, 호기성조 : 3.5~6.0시간) ·SRT : 4~27일 ·F/M 비 : 0.1~0.3kgBOD/MLVSS/d ·MLSS : 3,000~5,000mg/L , ·BOD / TN 비 : 12 이상 ·슬러지반송율(RAS) : 25~50% ·내부반송(Nitrifier 반송) : 100~200%	
장 단 점	·기존하수처리장의 고도처리공정으로 변경 시 적용이 용이함. ·건설비는 표준활성슬러지법과 유사하거나 약간 높은(5~10%↑) 수준임. ·반송슬러지내 질산성질소(Nitrate)로 인하여 혐기성 조건에서 인방출이 억제됨으로서 인 제거효율이 낮음. ·BOD/TN 비가 12이상 요구되므로 유입수중의 BOD/TN 비가 낮은 국내 하수의 처리에 부적절하며 처리시에는 외부탄소원(Carbon Source)를 주입하여야 함. ·수온이 저하하는 겨울철에 질소·인 제거효율이 다소 저하함. ·대규모 하수처리시설(50,000~100,000m³/일)의 국내 적용실적이 없음	
처리공정 모 식 도		

2) M.L.E(M.L.) 공법 및 기타 유사공법

구 분	M.L.E (M.L.)공법 및 Wuhrmann 공법	비 고
MLE 공법 및 Wuhrmann 공법	·공법개요 : 표준활성슬러지를 개량한 공법으로서 인 제거보다는 질소 제거가 주목적임. 인 제거 효율은 표준활성슬러지법과 유사한 수준임. ·적용 : 인 제거효율이 낮으므로 단일공정으로서의 적용실적은 줄어들고 있음. 단, Dual Sludge 법 또는 DeN&P 공법 등의 전 단계 처리로서 적용되는 사례는 있음.	
	 MLE(Modified Ludzack-Ettinger) Process  Wuhrmann Process	1차 침전지 필요

3) (당사공법)질소.인 제거효율을 증가시킨 하 폐수 고도처리 장치(NPRAS)

구 분	(당사공법)질소.인 제거효율을 증가시킨 하 폐수 고도처리 장치	비 고
처리공정 개요	·간헐교반식 탈인.탈질반응이 진행되는 수직배치 구조의 탈질통합반응조 와 우류형 용존산소 저감장치(유입분배장치) 및 추가 질소,인을 처리 할 수 있는 침전조 와 유입수 및 유기물과 미생물을 상향류 및 하향류로 극대화 접촉케 하는 내.외부 공급라인을 포함한 시스템으로 구성.	
공정구분	·간헐교반식 통합형 혐기·무산소조.폭기조(호기조).침전조	
처리효율	·유기물질 : BOD : 96.8 %, SS : 97.9 % ·영양염류 : T-N : 78.1 %, T-P : 88.9 %	시험결과(평균)
설계인자	·HRT : 1~8HR (통합반응조:1~3HR, 폭기조 :4~8HR) ·SRT : 5 ~ 25일 ·F/M 비 : 0.1 ~ 0.3kgBOD/MLVSS/d ·MLSS : 3,000 ~ 4,000mg/L , ·BOD / TN 비 : 5.0이상 ·슬러지반송율(RAS) : 25 ~ 100% ·내부반송(Nitrifier 반송) : 100 ~ 300%	시험결과로 보정
장 단 점	·유입 BOD가 200~450 PPM 의 판내 및 영업시설,소규모 마을하수처리시설 등에 적용 가능할것으로 판단. ·설치 면적의 축소로 건설비는 A20 공법 대비 10% 정도 저렴한 수준임. ·유입분배조와 통합반응조 및 내.외부 반송의 적절한 운영으로 A20 공법 처리효율 이상 의 질소.인 제거 효율이 가능할것으로 판단됨. . ·BOD/TN 비가 5~16.1에서 질소 인. 처리효율이 양호한 시험 결과로 유입 수중의 BOD/TN 비가 낮은 국내 대규모 하수의 처리시에도 보완 적용 가능할것으로 판단됨..	시험결과
처리공정 모 식 도 (시작품 도면)		

4) 유사공법(A20 / M.L.E)비교 결론

- 가. 생물학적 질소.인 처리기술로써 처리효율이 비교적 높은 공법으로서
- 나. 유입분배조를 포함한 간헐교반식 통합협 혐기 무산소조를 수직배치하여 용존산소 저감 및 내.외부 슬러지 반송과 정류벽을 통한 하향류 및 유입분배장치를 통한 상향류 유입으로 직접 접촉 하도록 하여 고농도의 미생물을 유지하여 유입부하 변동 대응이 가능.
- 다. 통합형 혐기 무산소조와 유입분배조의 수직배치 구조로 설치면적 축소 및 비용감소.
- 라. A20 공법대비 BOD/TN 비가 12이하 에서도 양호한 질소.인 처리 결과가 나왔으며
- 마. 국내의 소규모 마을 하수처리 시설은 물론 대규모 하수처리장에도 응용 보완하여 적용 가능할것으로 판단됨.
- 바. M.L.E (M.L)공법 의 질소인 처리 효율보다는 효율이 좋으며 통합된 혐기 무산소조를 운용하는 당 공법과는 차별성 이 있는 것으로 판단됨.

3. 국내외 기술 개발 현황

1) 국내 기술개발현황

가. 하수처리 기술

1998년말 기준으로 우리나라에 건설, 운영되고 있는 하수종말처리장은 114개소이며 전체의 시설용량은 1,662만톤에 달하고 있다. 전국 인구 4,717만명에 대한 하수처리 인구는 3,110만명으로서 하수도보급률은 65.9%이며, 정부는 2005년까지 하수도 보급률을 80%까지 향상시킬 계획으로 있다.

국내 하수처리시스템은 스크린, 침사지, 최초침전지, 생물학적 처리, 최종침전지, 살균 등으로 구성되어 있는데, 생물학적 처리로는 84개소가 활성슬러지 공법을 채택하고 있으며 그 이외에는 장기폭기법이 14개소, 회전원판법이 5개소, 산화구법을 채택한 곳이 5개소, 1차처리 2개소, 접촉산화 1개소, 토양접촉 1개소, 고도처리인 혐기호기가 1개소 등이다

1998년말 현재 하수관거는 62,330km가 설치되어 있으며 하수관거의 대부분(65%)은 합류식이다. 우수 배제를 주목적으로 하여 설치되어온 하수관거는 하수처리장 건설과 병행하여 개량 또는 신설되어야 하나 막대한 시설비 소요와 거미줄처럼 얽힌 지하매설물을 파헤쳐야 하는 시공상의 난점 및 지방자치 단체의 재정부담 능력 부족 등으로 인하여 체계적인 정비가 이루어지지 못하고 있다. 하수관망 체계의 미비로 관거 내로 흐르는 하수가 지하로 침투되거나 지하수가 하수관내로 역류함으로서 건기에는 설계치보다 적은 하수량이 하수관거 내를 흐르고 우기에는 많은 양이 흐르게 된다. 또 지하수의 유입으로 하수처리장 유입하수의 유기물 농도가 낮아져 하수처리 효율이 떨어지고 있다. 외국의 것을 기준으로 하여 설계된 유입하수의 BOD가 200mg/L인데 비하여 국내 하수처리장의 경우, 유입수가 그나마 100mg/L이상으로 유입되는 하수처리장은 29개소, 전체처리장의 25%에 불과하여 전반적으로 정상적인 운전이 크게 어려운 상황이다. 경우에 따라서는 하수관내에 지하수가 다량 유입되어 처리장에 유입되는 하수의 오염물질 농도가 방류기준에 이르는 경우도 있다.

국내 하수처리장의 설계지침서는 선진국인 미국과 일본의 설계지침서를 이용하고 있는 실정으로, 낮은 유입농도 등의 특수 상황은 전혀 고려되지 않고 있는 형편이다.

그러므로 일차적으로 유기물의 제거만이라도 효율적으로 달성하기 위해서는 국내의 상황에 적합한 처리방법의 선정 또는 개량과 운영지침 등의 마련이 시급하다고 하겠다. 또한 하수처리장 방류지역의 수계 부영양화를 방지하기 위하여 질소 및 인의 규제와 하수의 고도처리가 필연적으로 요구되고 있어 이에 대비한 추가 시설투자가 고려되어야 할 것이다.

나. 국내 관련 주요 기술 개발 현황.

** 동부건설:

질소·인 동시제거 미생물(Denitrifying PA0)을 이용한 4-stage 무산소 MBR 공정 (DB-MBR Process)

본 기술은 혐기조, 제1무산소조, 제2무산소조, 호기조의 4-stage로 이루어진 하수고도처리 공정으로 질소·인 동시제거 미생물 (Denitrifying PA0)을 이용하여 생물학적 질소·인 제거의 효율을 높이고 안정적인 처리수질을 확보할 수 있는 기술임. 또한 반응조 내부 가스순환 공기 세정시스템을 적용하여 무산소조에서 분리막 운전을 가능하도록 하며 유출수 내 질산성 질소의 농도를 최소화시킬 수 있으며, 고강도/내약품성을 지닌 PTFE 소재와 fouling 저감형 멤브레인 모듈 사용으로 막오염을 최소화하여 장기적으로 안정적인 수량과 처리수질을 확보하는 기술이며 질소·인 동시제거 미생물 (dPA0)을 이용하여 생물학적 질소·인 제거의 효율을 높이고 안정적인 처리수질을 확보할 수 있는 기술임

** 현대산업개발(주) | 블랙앤드비취인터내셔널코리아(유)

혐기, 무산소, 호기공정의 유동적 변환에 의한 질소인 제거 고도처리공정 으로 혐기·무산소 공정의 유동적 변환에 의한 하수 중의 질소·인 제거기술(HIBNR: High Integrated Biological Nutrient Removal)

** 삼성엔지니어링(주)

Step Feed System을 이용한 5-stage BNR공정(PADD0 Process)로써 전무산소조-혐기조-제1무산소조-제2무산소조-호기조의 5-Stage로 구성되어 있으며, 유입수의 , Step Feed System 방식 이송으로 고농도로 미생물 유지하여 처리공정의 유입부하 변동 대응이 가능한 하수중의 질소, 인을 처리하는 기술

** 코오롱워터앤에너지(주) | (주)오에치케이

(Aerobic solids retention time Control System) ACS공법

단일반응조에서 가변주파수 제어방식이 수중교반기를 이용한 연속적인 교반과 간헐적인 공기 공급에 의해 혐기 호기시간을 조절하여 질소, 인을 처리하는 기술

** 죽암건설(주)

* 액이송·교반·폭기장치를 이용해 반응조들간의 교대 완전혼합을 유도한 에너지 절감형 하·폐수 고도처리 기술 (JASSFR-MBR)

* 본 JASSFR-MBR 공정은 혐기조, 공유조, 막분리조의 순서로 구성되며, 서로 인접한 2개 반응조간의 교대 완전혼합을 저 에너지로 유도하여 질소와 인 제거의 안정성을 확보하고 액이송·교반·폭기 기능을 동시에 갖춘 그린 에너지형 단일장치를 통해 동력비와 장치 설비비를 절감한 하·폐수 고도처리 기술.

* 반응공정이 혐기조, 공유조, 막분리조의 순서로 구성되고 서로 인접한 2개 반응조들간의 교대 완전혼합을 저에너지로 유도하여 생물학적 탈질·탈인 반응을 극대화시킴으로써 질소와 인 제거의 안정성을 확보한 기술(특허 제 10-1157064호).

* 물질 이송(주입·반송)펌프, 교반기 및 폭기장치의 3가지 기능을 단일장치에서 수행할 수 있

는 그린 에너지형 액이송·교반·폭기장치를 이용하여 막분리조에서 포집된 잉여공기를 공유조에 재이용함으로써 에너지와 장치 설비비를 절감시킨 기술(특허 제 10-1205883호).

**** 쌍용건설(주) | ㈜에코니티**

- * 2단탈질 및 반송조합과 2단포기 막분리조를 이용한 에너지절감형 하폐수 초고도처리 MBR 기술 (e-MBR)
- * 혐기조, 제1무산소조, 전호기조, 제2무산소조, 중공사 정밀여과막이 침지된 막분리조 및 3단 반송라인으로 구성되고, 막분리조의 2단 포기 방식과 전호기조 DO 제어를 이용한 하폐수 초고도처리 MBR 기술
- * 혐기조, 제1무산소조, 전호기조, 제2무산소조, 중공사 정밀여과막이 침지된 막분리조 및 3단 반송라인의 조합으로 구성되어 질소, 인의 처리효율을 향상시키고, 필요시 약품투입으로 처리효율을 극대화시킨 기술
- * 막분리호기조의 2단포기(미세기포/거대기포) 방식과 막분리호기조에서 전호기조로의 자연유하 반송으로, 송풍량을 절감하고, 막오염을 저감시킨 기술
- * 전호기조의 DO 제어를 통해, 저농도 하수에서도 안정적인 질소, 인의 처리가 가능한 기술

**** 삼창기업(주) | 삼창엔텍(주) | 남양주시**

- * 2단 연속흐름식 폭기/교반의 독립적 교번운전 반응조를 이용한 하수고도처리기술 (STS3-BNR PROCESS)
- * 각 반응조 내에서 폭기/교반시간 제어를 통해 전단의 제1반응조는 혐기/무산소(-300mV/-50mV), 후단의 제2반응조는 호기/준호기(250mV/70mV)조건을 구현하여 각 반응조에서 독립적 질소제거기전과 낮은 내부반송 만으로 높은 질소제거효율을 달성하고, 교번운전 및 연계운전으로 높은 인 제거효율을 달성하는 하수고도처리기술
- * 2개의 간헐폭기식 연속흐름 반응조를 연계시킨 단순구조의 시간 및 공간분할 병합방식의 생물반응조로서 낮은 내부 반송율과 구조 및 공정의 단순화를 구현하여 부지소요, 부대설비비, 유지관리비를 절감하고 처리효율을 극대화함으로써 중소규모 고도처리시설의 신설 및 재래식시설 개선에 최적화한 기술

2) 해외 기술개발현황

가.외국의 환경 신기술 지정제도 현황

<표 1-9 외국의 환경신기술지정제도 현황>

구분	캐 나 다	미 국	일 본		
	ETV Canada Inc.	국립유해관리연구소 (NRMRL)	하수도사업단 (JSWA)	(재)하수도신기술 추진기구(JIWET)	(재)폐기물연구재단 (JWRF)
도입 년도	1994	1995	1987	1992	1993
도입 배경 및 목적	- 신기술개발 및 보급의 활성화 - 개발기술의 국내·외 기술이전 - 지방정부간 환경시설설치 및 허가권 조정 - 평가시설은 허가 취득으로 인정	- 세계환경기술 및 환경산업의 주도권 확보 - 자국 환경기술진흥 및 환경시장 육성	민간개발 하수처리기술을 지방공공단체에서 안심하고 도입할 수 있도록 기술내용, 심사 증명제도 도입	각 기업에서 개발된 신기술을 자치단체에서 현장사용없이 사용하기 때문에 이 문제를 해결하기 위하여 하수관거기술을 중심으로 신기술 평가사업 추진	- 우수한 폐기물처리기술개발 및 보급 촉진 - 민간기업이 기술개발을 주도하여 연구한 결과를 공정하게 제3의 기관을 통하여 평가
평가 대상 분야	- 환경보전 및 환경현안문제 해결을 위한 환경시설(제품) 또는 공정기술 - 환경오염방지 - 환경오염측정 및 모니터링 - 환경과 연관된 인간의 건강보호 - 에너지의 효율적 관리 - 환경오염 사고시 방대비체계 - 유·무해성 폐기물 관리 - 토양 및 자연정화 관리	- 사용화된 환경신기술로서 EPA에서 설정한 12개 분야 기술 - 음용수처리기술 - P2/폐기물처리기술 - 현장 특성 및 모니터링 기술 - 실내 공기정화기술 - 불특정기술(환경기술 평가센터) - P2/도금장치기술 - P2/대기오염방지기술 - 모니터링 시스템 연구 - 기류 이용기술 - P2/금속처리기술 - 원수보존기술 - 기후변화에 관한 기술	- 하수도 기본계획, 설계 및 시공기준 작성을 위한 과제 - 기계·설비·기구·공사재료 등 하수도사업에 사용되는 기계장비 제작 및 개량기술 - 하수도관련 신기술 또는 개량기술 중 실용화기술 개발 ※ 하수도사업에 일반적으로 보급되지 않은 신기술을 중점평가 ※ 경제적 이익, 도입효과가 없는 경우는 심사대상에서 제외	- 국토교통성 소관의 하수도 사업중 하수관거에 관계하는 기술분야 - 하수도 관거에 관계하는 조사, 건설, 시공 및 관리의 방법에 관련한 기술 - 하수도 관리 시공에 관한 기계, 설치, 기구 재료에 관계하는 기술	- 폐기물처리시설에 관한 시설, 설비, 장치, 기기, 자재 및 시공방법, 기타 폐기물처리에 사용되는 기술 가운데 사용실적이 없거나 혹은 적은 기술 - 개량기술 가운데 실용화 가능성이 높은 기술분야 - 처리효율화, 환경보존 등 공익에 이바지하는 기술 - 국가시책 및 정책방향에 일치하는 기술

구분	캐 나 다	미 국	일 본		
	ETV Canada Inc.	국립유해관리연구소(NRMRL)	하수도사업단(JSWA)	(재)하수도 신기술추진 기구(JIWET)	(재)폐기물연구 재단(JWRF)
평가 결과 활용 및 지원	- 평가기관 주관으로 평가기술 홍보 - 전시회, 지방의 세미나, 회의, 국제규모 행사장, 화물차 등에 부착 등 - 지방정부에 평가결과 인정, 국고보조금 또는 융자지원금우선지원, 별도심사절차 없이 허가승인 지원	- 평가결과에 대한 분야별 평가보고서 발행 - 지방정부간 평가 기술을 상호 인종토록 조정	- 기존기술과 평등의 원칙, 인센티브 내용 없음. - 평가보고서는 출판물로 간행하여 판매 - 하수도 설계기준 개정시 반영(국토교통성) - 평가기술 적용시 국고보조 - 평가기술에 대한 하수도 모델사업 실시	(재)일반건설 정보센터의 정기간행물에 게재·공개 - 국고보조금 우선 지원	- 재단 기술심사 완료 여부를 전문잡지 등에 공개(기술 내용 보완) - 신청인 평가기술에 대한 공개여부를 결정 ※ 신청인 이외에는 기술 내용을 공개할 수 없음.
유효 기간	3년 ※ 현장에 적용된 기술을 평가하되 성능이 저하된 경우 평가결과 취소	별도로 정하지 않음.	- 별도로 정하지 않음. ※ 성능이 저하되는 경우 평가결과 취소	5년 ※ 필요시 심사증명서 갱신	좌 동
평가 수수료	- 사전심사비 : 무료 - 평가비용 : \$10,000 ~ 20,000 ※ 시험·측정비 별도 - Annual fee 징수 : \$1,250 ~ 10,000 ※선전·홍보비로 이용	- 현재 정부예산으로 운용 중 - 향후 평가수수료 징수예정	- 사전심사 : 10만엔 - 심사·증명 : 350만엔(심사·측정비용 별도)	- 사전심사 : 10만엔 - 심사·증명 : 350만엔 (심사·측정비용 별도)	기본 50만엔 + 소요경비 (Case by Case 계약)

나. 외국의 기술개발 및 도입 현황

- * 생물학적 영양성분 제거공정의 효시는 1914년 Arden과 Lockett에 의해 개발된 간헐주입방식의 활성슬러지공정 이었다.
- * 그러나 이 방법은 폐수의 연속주입에는 부적합하여 1919년 Josbolten에 의해 연속주입이 가능한 활성슬러지공정이 처음 개발되었으며, 1940년 Eckenfelder와 Mckinney에 의해 이론적 체계가 마련된 연속 완전혼합형 반응조가 출현함으로써 다량의 하폐수처리가 가능하게 되었다
- * 생물학적 방법에 의한 하폐수 중 인의 제거에 대한 개념은 Greenburg등3이 활성슬러

지 공정에서 미생물들이 성장에 필요한 양 이상의 인을 섭취할 수 있다는 것을 제안한 것으로부터 시작한다.

이후 Srinath와 Alarcon⁴은 하수처리장 슬러지로부터 생물학적 인제거 현상을 처음으로 보고하였으나 이에 관한 현상을 설명하지 못했다.

- * 1965년 Levin과 Shapiro는 미국 Columbia 지역의 활성슬러지 처리장으로부터 생물학적 인제거가 증진되는 것을 관찰한 후 인의 과잉섭취(Luxury Uptake)란 용어를 처음으로 사용하였다. 인의 과잉섭취를 이용한 혐기-호기공법은 Phoredox공정을 시발로 Bardenpho, UCT 등의 공정이 개발되었다
- * 생물학적 질소제거는 미생물의 동화작용에 의한 제거방법과 유입 폐하수내의 암모니아와 유기질소 등이 일정조건하에서 질산성 질소와 아질산성 질소로 산화되는 질산화과정과 질산화를 거친 질산성 질소 등이 처리시스템에서 환원되어 대기중에 질소가스로 배출됨으로써 질소화합물을 제거하는 과정인 탈질소화과정으로 구분된다.
- * 이와 같은 생물학적 처리방법을 이용한 질소제거연구는 Ludzack과 Ettinger, Wuhrmann, McCarty 등에 의해 보고된 이래로 계속 발전되어 반응조 수에 따라 Single sludge process, Dual sludge process, Triple sludge process 등이 개발된 바 있으며, 이외에도 4단 Bardenpho process, Oxidation ditch process 등이 있다
- * 최근에는 활성슬러지공정에 혐기성 및 무산소 공정을 적절히 조합한 A2/O, Five-Stage Bardenpho, UCT, VIP, SBR 등의 공법과 이들을 변형한 처리공법이 개발되어 질소와 인 제거에 사용되고 있다.
- * 국내에서도 1980년 후반부터 전술한 공법들을 응용한 DNR, P/L-II, KSBNR[®], HDF, P/L-II, KIDEA, HBR-II 등의 공법들이 개발되어 적용되고 있는 실정이다.

**** 일 본**

- * 하천, 저수지 등 표류수를 주된 상수원수로 사용하고 있어, 저수지의 부영양화로 맛, 냄새가 발생되고
- * 하천의 암모니아성질소의 농도가 증가되는 등 수질문제가 발생되어 20년전부터 고도정수처리시설의 도입을 검토하여 왔음
- * 지자체별로 오존, 입상활성탄 및 생물활성탄처리시설에 대한 실증실험을 실시하고 있으며,
- * 동경의 가네마찌 정수장 등에 고도정수처리시설을 설치·운영하고 있음

**** 유 럽**

- * 프랑스, 독일 등 유럽에서는 맛, 냄새 문제를 해결하기 위해 100여년전부터 오존처리를 실시하여 왔으며, 최근에는 입상활성탄처리시설이 도입되었고, 또한 활성탄의 수명을 연장시키기 위하여 생물활성탄처리시설(BAC)의 도입이 증가되고 있음

**** 미 국**

- * 상수원의 60 - 70%가 지하수를 사용하고 있으나, 최근에 지하수의 오염으로 유해물질이 수돗물에 검출되면서 캘리포니아주, 오하이오주 등에서 오존 또는 활성탄처리시설이 도입되고 있음.

- * 특히, 염소가스로는 살균되지 않는 크립토포리디움 등 병원균이 상수원수에 유입됨에 따라 오존처리시설을 강화하고 있음
- * 환경보호청 주도로 최적처리기술(BAT)을 선정하는 등 원수의 수질 변화에 대응하는 고도정수처리기술의 연구 개발이 적극적으로 시행되고 있음

다. 주요 기업 매출현황 및 시장동향

다-1) 전세계 주요 상하수도 처리시설 기업매출 현황

[표 2-7] 전세계 주요 상하수도 처리시설 기업 매출 현황

기업명	물분야 매출액(추정)
Acciona Agua	2012년 \$656백만
Abengoa	2012년 \$320억
ACS Cobra Tedagua /Drace	Cobra and Tedagua 2011년 \$1,946백만 Drace 2011년 \$5,135백만
AECOM	2012년 \$919백만
Aqualia	2012년 \$11.2억
Beijing Enterprises Water Group	2012년 \$176백만
Biwater	2012년 \$122.5백만
Black & Veatch	2012년 \$787백만
CH2M Hill	2011년 \$15억
Degrémont	2012년 \$80억
GS건설	2011년 \$841.3백만
Hyflux	2012년 \$465.7백만
Keppel Seghers	2010년 총 매출 €74억
Metito	2010년 \$350백만
Odebrecht Infraestruturas	2012년 \$300백만
Ranhill Utilities Bhd	2012년 \$236백만
Salcon Bhd	2011년 \$153.9백만
삼성엔지니어링	2011년 \$400백만
United Engineers	2012년 \$82백만
VA Tech Wabag	2012년 \$266.3백만
Veolia Water Solutions and Technologies	2012년 \$49억
Waterleau	2011년 \$97백만

출처: Global Water Market 2014, GWI

다-2) 국내 기업 동향 및 시장 현황

- * 최근 수처리 플랜트사업에 경쟁력을 갖춘 대기업들이 계열사들을 통해 소재 개발 · 공급 · 시공 · 운영까지 수직계열화하면서 시너지 창출을 위해 노력 중
 - **GS건설**: GS건설은 정유, 가스등 그동안 강세를 보여 온 분야를 넘어서 향후 핵심 신성장동력사업으로써 물사업을 선정
 - 하 · 폐수처리시설, 해수담수화(R0), 물재이용, 수처리 운영사업을 중심으로 사업 포트폴리오를 편성
 - R0(역삼투압방식) 담수플랜트 세계 10위권의 업체로 담수 시설뿐 아니라 슬러지(침전물) 건조분야에서 세계적인 기술력을 보유하고 있는 스페인의 이니마(Inima OHL)를 인수하여 해외시장 공략에 박차를 가하고 있음
 - **코오롱**: **코오롱FM(소재분야)**, 코오롱생명과학(수처리제사업), 코오롱환경서비스, 코오롱인더스트리(멤브레인사업), 코오롱건설(수처리 설비 건설) 등 자회사를 통해 물 산업 관련 소재, 시공, 운영 등 수처리 통합 솔루션을 구축함
 - **삼성엔지니어링**: 하 · 폐수, 정수 처리사업에서 초순수, 해수담수화 사업까지 확대하였고, 계열사인 제일모직은 올해 초 의왕 연구개발(R&D)센터에 분리막 파일럿 생산설비를 구축함으로써 소재 사업에도 진출2011년 2월 아부다비투자공사(Invest AD), 영국 유나이티드 유틸리티스(United Utilities)와 공동으로 바레인 건설부(Ministry of Works : MoW)로부터 5억5천만 달러 규모의 하수처리사업을 수주 · 계약
 - **LG전자**: LG하우시스, LG전자 홈엔터테인먼트(HE)사업본부 등 LG 각 계열사에서 개별적으로 진행하던 관련 사업을 LG전자 홈어플라이언스(HA)사업본부 내로 한데 모아 시너지를 높일 예정
 - 2020년까지 글로벌 수처리 시장에서 7조원의 매출을 올려 글로벌 톱10 종합수처리 전문기업을 목표로 향후 10년간 5,000억원 이상을 투자할 계획
 - **웅진그룹**: 웅진코웨이(오폐수처리 엔지니어링 시스템)를 비롯해 웅진케미칼(필터), 극동건설(수처리 설비건설), 그린엔텍(수처리 엔지니어링) 중심으로 물산업을 진행
 - 수처리용 분리막 매출실적 2007년 511억원, 2008년 645억원, 2009년 1,205억원 수출 비율 47.8%에 이어 2012년 1,547억원을 예상
- * 고부가가치의 수처리 소재 사업에 제일모직, 웅진케미칼, 도레이첨단소재, **SK케미칼** 등 소재 · 화학 전문기업이 새로 뛰어들거나 공격적으로 사업을 확장하고 있음
 - **제일모직**: 2010년 3월 분리막을 활용한 친환경 수처리 사업에 진출함을 공표하고 경기도의 왕 연구개발(R&D)센터에 멤브레인 관련 설비를 구축
 - **SK케미칼**: 수처리제 생산 경험을 살려 2010년 하 · 폐수처리장 위탁운영업체인 엔텍의 지분 25%를 취득하여 물산업에 진출
 - **도레이첨단소재**: 일본 도레이의 분리막 기술을 도입해 필터류 생산과 해수담수화 등 수처리 사업에 진출
- * 국내 · 외 기업과의 컨소시엄 및 M&A를 통한 시장 진출 경쟁력 확보
 - **두산중공업**: 2005년 말 분리막 원천기술을 보유한 미국 AES사의 수처리부문을 60억 원에 인수해 두산하이드로테크놀로지'를 설립, 관련 기술을 확보하고 시장

공약에 박차

- 2008년 미국 최대 수처리 엔지니어링 업체인 카를로(Carollo)와 기술협약을 체결하여 수처리 사업 진출기반 구축

3) 향후 전망 및 결론

- 가. 국내의 시장이 한정적이고 환경 산업시장 성장속도가 저조한 상황에서 국내의 중.소 기업들은 환경 시설 투자에 소극적인 반응을 보이고 있고 일부 건설사들의 저가 건설 공사 수주로 환경 설비의 적정시공(도급) 금액은 낮아지고 있는 상황이고
- 나. 당사는 좋은 특허를 보유하고 있으나 “질소.인 제거효율을 증가시킨 하 폐수 고도처리장치의 실용화개발” 을 아직 상용화 하지 못했으며, 더불어 다양한 홍보를 할 수 없는 상황으로 마케팅 전략에 문제가 있는 시점이나
- 다. 금번 “국토교통기술사업화 지원화사업” 시행과 때를 같이하여 해외 신흥시장 규모의 증가와 대기업 및 대형 종합 건설사의 해외 플랜트공사의 활성화에 부응하여
- 라. 당사는 “국토교통기술 사업화지원사업” 의 연구에 주관사로 참여하고 회사 보유 특허인 “질소.인 제거효율을 향상시킨 하폐수 고도처리장치의 실용화 개발” 로 시스템 제품을 실용화하여 시설투자비에 시달리는 산업체의 설비 투자에 기여하고 국, 내외 설계에 직접 참여하여 우리 설비가 시공 수출 될 수 있도록 하여 동종 기업과의 차별화 및 당 실용화 제품 개발에 관련된 당사의 많은 협력업체와 우리회사의 매출증대,이익의 증대, 신규 고용의 확대로 사회에 이바지 할 준비가 되어 있다.

1-6. 설계수질

구분	유입수		처리수		처리 효율(%)	법적수질	비고
	mg/l	kg/day	mg/l				
BOD ₅	250	1.3	5	mg/l	98.0%	10 mg/l	
SS	200	1.0	5	mg/l	97.5%	10 mg/l	
T-N	80	0.4	20	mg/l	75.0%	20 mg/l	
TKN	80	0.4	20	mg/l	-	- mg/l	
NH ₄ -N	80	0.4	0.5	mg/l	-	- mg/l	
NO ₃ -N		-	19.5	mg/l	-	- mg/l	
T-P	8	0.04	1.7	mg/l	78.8%	2 mg/l	
알카리도				mg/l		-	
대장균	20000		500	개/ml	97.5%	3000 개/ml	

1-7. 설계조건

구분	범위			적용	단위	비고
고형물체류시간(SRT)	10	~	30	20	day	
호기조 용존산소(DO)	2		5	2	mg/l	
호기조 pH	6.5		7.2	7.2		
호기조 설계수온	15	~	20	15	℃	
폭기조 MLSS농도	2,000		4,500	4000	mg/l	
무산소조 MLSS농도	4,000	~	8,000	5000	mg/l	
헤파조 MLSS농도	4,000	~	8,000	5000	mg/l	
반송슬러지 MLSS농도	6,000	~	12,000	9000	mg/l	
슬러지반송율(R)	50	~	100	80	%	외부반송
내부반송율(ir)	50	~	350	314	%	내부반송
F/MBI	0.01	~	0.30	0.111	kgBOD/kgMLVSS.d	
MLVSS 농도비 (VSS/TSS)	0.6	~	0.8	0.7		MLVSS/MLSS
Y (세포합성계수)	0.3	~	0.8	0.55	g VSS/g BOD	활성미생물증식계수
k (최대 기질 비소비율)				0.23	d ⁻¹	
k _d (내생감소계수)				0.05	d ⁻¹	
U (비기질 소모율)				0.205	g TBOD5 removed	
SNR(비질산화율)				0.04	g TKN removed	호기조 기준
q _{an} (SDNR), 비탈질율	1.25	~	5.0	0.122	g NO ₃ -N removed	
Q _{o release}				0.060	d ⁻¹	
Anoxic Tank DO				0.2	mg/l	무산소조
Anaerobic P release, Conc.				6	mg/l	
BOD/NOxNrem	2.0	~	3.0	2.86	mg/l	1.5~3.0 탈질시
BOD/Prel	1.5	~	3.0	2.36	mg/l	2.0~2.5 인방출시
K _O , O ₂ 반포화속도상수	0.2	~	1.0	0.5	O ₂ mg/l	
SPRR	2.0	~	2.4	2.1	O ₂ mg/l	
U _{ML} , 질산화 미생물 최대성장속도	0.3	~	0.6	0.47	mg/l	0.3~3.0 (day ⁻¹)

1) 반응조 용량

혼합 MLSS 농도	구분	설계기준 (hr)	적용 (hr)	폭(W) (m)	길이(L) (m)	높이(H) (m)	지수 (m ³)	용량(Ve) (m ³)
	말인/탈질용량반응	2.00이상	2.9	0.6	0.60	1.60		0.6
	폭기조	2.50이상	10.7				1	2.2
	전체	4.50이상	13.5				2	2.8

2) 당초 도입 설계계산서

질소.인 제거효율을 증가시킨 하폐수고도처리 장치의 실용화 개발

고도처리장치 시작품 설계계산서 (수처리시스템)

2016 년 국토교통기술 사업화 지원 사업

지우인포텍주식회사

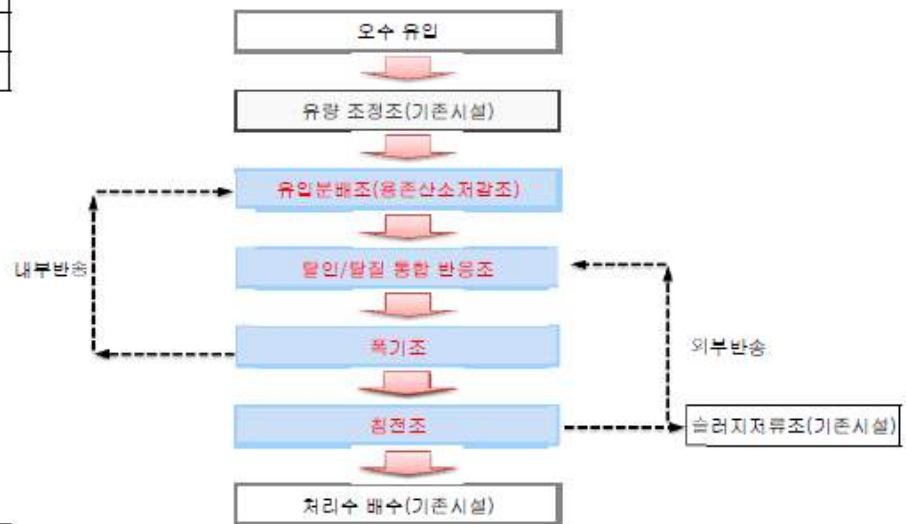
서울특별시 서초구 효령로 54, 202호

TEL : 02-6304-1002 FAX : 02-6000-8388

1. 설계기초

- 1-1. 건물 용도 : 시작품(PILOT PLANT)
- 1-2. 처리 대상 인원 : 인
- 1-3. 계획 오수량 : 5 m³/day (오수량산정서 참조)
0.21 m³/hr
0.003 m³/min
- 1-4. 처리 방법 : 질소,인 제거효율을 증가시킨 하폐수 고도처리장치
- 1-5. 처리 계 통 도

구분	유입수
BOD ₅	250 mg/ℓ
SS	200 mg/ℓ
T-N	80 mg/ℓ
T-P	8 mg/ℓ
대장균	20000 개/ml



구분	처리수	
BOD ₅	5	mg/ℓ
SS	5	mg/ℓ
T-N	20	mg/ℓ
T-P	1.7	mg/ℓ
대장균	500	개/ml

1-6. 설계수질

구분	유입수		처리수		처리 효율(%)	법적수질	비고
	mg/l	kg/day	mg/l				
BOD ₅	250	1.3	5	mg/l	98.0%	10 mg/l	
SS	200	1.0	5	mg/l	97.5%	10 mg/l	
T-N	80	0.4	20	mg/l	75.0%	20 mg/l	
TKN	80	0.4	20	mg/l	-	- mg/l	
NH ₄ -N	80	0.4	0.5	mg/l	-	- mg/l	
NO ₃ -N		-	19.5	mg/l	-	- mg/l	
T-P	8	0.04	1.7	mg/l	78.8%	2 mg/l	
알카리도				mg/l		-	
대장균	20000		500	개/ml	97.5%	3000 개/ml	

1-7. 설계조건

구분	범위			적용	단위	비고
고형물체류시간(SRT)	10	~	30	20	day	
호기조 용존산소(DO)	2		5	2	mg/l	
호기조 pH	6.5		7.2	7.2		
호기조 설계수온	15	~	20	15	℃	
복기조 MLSS농도	2,000		4,500	4000	mg/l	
무산소조 MLSS농도	4,000	~	8,000	5000	mg/l	
헤파조 MLSS농도	4,000	~	8,000	5000	mg/l	
반송슬러지 MLSS농도	6,000	~	12,000	9000	mg/l	
슬러지반송율(R)	50	~	100	80	%	외부반송
내부반송율(ir)	50	~	350	314	%	내부반송
F/MBI	0.01	~	0.30	0.111	kgBOD/kgMLVSS.d	
MLVSS 농도비 (VSS/TSS)	0.6	~	0.8	0.7		MLVSS/MLSS
Y (세포합성계수)	0.3	~	0.8	0.55	g VSS/g BOD	활성미생물증식계수
k (최대 기질 비소비율)				0.23	d ⁻¹	
k _d (내생감소계수)				0.05	d ⁻¹	
U (비기질 소모율)				0.205	g TBOD5 removed	
SNR(비질산화율)				0.04	g TKN removed	호기조 기준
q _{an} (SDNR), 비탈질율	1.25	~	5.0	0.122	g NO ₃ -N removed	
Q _{o release}				0.060	d ⁻¹	
Anoxic Tank DO				0.2	mg/l	무산소조
Anaerobic P release, Conc.				6	mg/l	
BOD/NOxNrem	2.0	~	3.0	2.86	mg/l	1.5~3.0 탈질시
BOD/Prel	1.5	~	3.0	2.36	mg/l	2.0~2.5 인방출시
K _O , O ₂ 반포화속도상수	0.2	~	1.0	0.5	O ₂ mg/l	
SPRR	2.0	~	2.4	2.1	O ₂ mg/l	
U _{lim} 질산화 미생물 최대성장속도	0.3	~	0.6	0.47	mg/l	0.3~3.0 (day ⁻¹)

1) 반응조 용량

혼합 MLSS 농도	구분	설계기준 (hr)	적용 (hr)	폭(W) (m)	길이(L) (m)	높이(H) (m)	지수 (m ³)	용량(Ve) (m ³)
	말인/탈질용량반응	2.00이상	2.9	0.6	0.60	1.60	1	0.6
	복기조	2.50이상	10.7				1	2.2
	전체	4.50이상	13.5				2	2.8

2) F/M비 검토

$$F/M\text{비} = \frac{\text{유입BOD부하량}}{\sum \text{MLSS농도} \times V_{\text{전체}}} = \frac{1.25 \text{ kg} \cdot \text{BOD}/\text{일}}{4,000 \text{ mg}/\ell \times 2.82 \text{ m}^3} = 0.111 \text{ kg} \cdot \text{BOD}/\text{kg} \cdot \text{MLS} (0.01 \sim 0.3)$$

3) C/N비 검토

$$C/N\text{비} = \frac{\text{BOD유입농도}}{T-N\text{유입농도}} = \frac{250}{80} = 3.13$$

4) C/P비 검토

$$C/P\text{비} = \frac{\text{BOD유입농도}}{T-P\text{유입농도}} = \frac{250}{8} = 31.25$$

5) Soluble BOD₅ (유출수)

$$\text{유출수} = \text{SBOD}_5 + \left[5 \times \frac{VSS}{TSS} \times \frac{BOD_5}{VSS} \times (1 - e^{-kt}) \right]$$

$$\text{SBOD}_5 = 5 \times 0.7 \times 1.42 \times 0.68336$$

$$5 = 3.40 \text{ mg}/\ell$$

$$= 1.60 \text{ mg}/\ell$$

$$\text{여기서, Soluble BOD}_5(\text{유출수}) = 5 \text{ mg}/\ell$$

$$(1 - e^{-kt}) = 0.68336$$

$$VSS/TSS = 0.7$$

$$BOD/VSS(\text{BOD계수}) = 1.42$$

6) yield of Biological solids (고형물 생산량)

$$P_x = \frac{YQ(S_0 - S)}{1 + k_d \theta_c}$$

$$P_x = \frac{0.55 \times 5 \text{ m}^3/\text{d} \times (250 \text{ mg}/\ell - 1.60 \text{ mg}/\ell)}{1 + (0.05 \text{ d}^{-1} \times 20 \text{ d})}$$

$$P_x = \frac{0.55 \times 5 \text{ m}^3/\text{d} \times (0.250 \text{ kg}/\text{m}^3 - 0.00160 \text{ kg}/\text{m}^3)}{1 + (0.05 \text{ d}^{-1} \times 20 \text{ d})}$$

$$= 0.34 \text{ kg}/\text{d} \text{ sludge Produced}$$

여기서, P_x : 고형물 생산량(kg/d)

$$Y : \text{세포합성계수} = 0.55$$

$$Q : \text{유입 오수량} = 5 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$S_0 : \text{유입수 BOD}_5 = 250 \text{ mg}/\ell$$

$$S : \text{유출수 Soluble BOD}_5 = 1.6037 \text{ mg}/\ell$$

$$k_d : \text{내생감소계수} = 0.05 \text{ d}^{-1}$$

$$\theta_c : \text{고형물 체류시간(SRT)} = 20 \text{ d}$$

7) The Amount of Nitrogen used for cell synthesis(세포합성에 사용되는 질소량)

$$\text{C}_5\text{H}_7\text{O}_2\text{N} = 113 \times \frac{14}{113} = 12.4\%$$

$$0.34 \text{ kg}/\text{d} \times 12.4\% = 0.04 \text{ kg}/\text{d} \quad (\text{removal for cell synthesis})$$

$$\frac{0.04 \text{ kg}/\text{d}}{5 \text{ m}^3/\text{d}} = 1,000 = 8.46 \text{ mg}/\ell \quad (\text{TKN in influent for cell synthesis})$$

8) 질산화 요구량

$$\begin{aligned} \text{유입질소량} &= \text{세포합성에 사용되는 질소량} - \text{유출 질소량} \\ 80.00 \text{ mg/l} &= 8.46 \text{ mg/l} - 0.50 \text{ mg/l} = 71.0 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

9) 실제 탈질에 사용 가능한 BOD

-유입수 BOD중 세포합성에 사용되는 BOD

$$\begin{aligned} &= \frac{P_x \times 1.42 \times (1 - e^{-k_d})}{Q} \\ &= \frac{0.34 \text{ kg/d} \times 1.42 \times 0.6834}{5 \text{ m}^3/\text{d}} \times 1000 = 66.3 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

-실제 탈질에 사용 가능한 BOD

$$\begin{aligned} &= \text{유입수 BOD} - \text{세포합성에 사용되는 BOD} \\ &= 250 \text{ mg/l} - 66.29 \text{ mg/l} = 184 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

10) 실제 탈질에 사용 가능한 BOD에 따른 최대 탈질량

$\text{COD}_{\text{reg}} = 3.71 \text{NO}_3^- - \text{N} + 2.3 \text{NO}_2^- - \text{N} + 1.3 \text{DO}$ ($\text{NO}_2^- - \text{N} = 0$ 으로 가정)

$$\therefore \text{NO}_3^- - \text{N} = \frac{184 \text{ mg/l}}{3.71} = 49.52 \text{ mg/l} \quad \text{가 제거 가능 (최대 탈질량)}$$

$\therefore$ 약 30.48 mg/l 의 질산성 질소는 미처리 방류됨.

11) 내부반송율검토

$$\begin{aligned} \text{-내부반송비} &= \text{무산소조내의 NO}_3\text{-N 농도} = (Q_{\text{RAS}})N_e \\ \text{IR} &= \frac{\text{NO}_x}{N_e} - 1.0 - R = \frac{80 \text{ mg/l}}{19.5 \text{ mg/l}} - 1 - 0.80 = 2.30 \end{aligned}$$

여기서, $(Q_{\text{RAS}})N_e$ = 유출 $\text{NO}_3\text{-N}$ 농도, c = 19.5 g/m³ (mg/l)

IR = 내부반송비

$$\begin{aligned} \text{-슬러지반송비} &R = \frac{X}{X_r - X} = \frac{4000}{9000 - 4000} = 0.80 \end{aligned}$$

여기서, X = 폭기조 MLSS농도 = 4000 mg/l

X_r = 반송슬러지 MLSS농 = 9000 mg/l

R = 슬러지반송비

$$\begin{aligned} \text{-무산소조 유량} &= \text{IR} \cdot Q + RQ \\ &= 2.34 \times 5 \text{ m}^3/\text{d} + 0.80 \times 5 \text{ m}^3/\text{d} \\ &= 15.7 \text{ m}^3/\text{d} \end{aligned}$$

유입량 대비 314 %에서의 내부반송율에서 목표 수질 달성 가능

여기서, Q = 유입유량 = 5 m³/day

IR = 내부반송비 = 2.34

R = 슬러지반송비 = 0.8

12) 약품주입검토(외부탄소원)

$$\text{- 유입 SBOD농도(유입BOD의 80\%)} = 200.0 \text{ mg/l}$$

- 소요 BOD 농도

= 인방출에 소모되는 BOD농도 + 탈질에 소모되는 BOD농도

$$= 0.00 \text{ mg/l} + 66.29 \text{ mg/l} = 66.29 \text{ mg/l}$$

여기서, 인방출에 소모되는 BOD농도 = 0.00 mg/l

탈질에 소모되는 BOD농도 = 66.29 mg/l

$$\begin{aligned}
C &= \text{인방출에 소모되는 BOD농도} \\
&= 26.4 \text{ mg/L} \\
\text{여기서, 미생물당 인방출량} &= 2.1 \text{ mgPO}_4/\text{gMLVSS.hr} \\
\text{인방출농도} &= 3.10 \text{ mg/l} \quad (\text{체류시간 } 0.5 \sim 2.7) \\
\text{인방출시 BOD 소모율(BOD/P}_{\text{rel}}) &= 2.36 \text{ mgBOD/mgPO}_4\text{-P} \\
\text{인방출에 소모되는 BOD량} &= 0 \text{ kg/day} \\
\text{인방출에 소모되는 BOD 농도} &= 7.3 \text{ mg/l}
\end{aligned}$$

- 유입 BOD 농도 > 소요 BOD 농도 → 불필요

- 필요 BOD 농도

$$\begin{aligned}
&= \text{소요 BOD농도} - \text{유입 BOD 농도} \\
&= 66.29\text{mg/l} - 250.00\text{mg/l} \\
&= -183.71\text{mg/l}
\end{aligned}$$

- 필요 메탄올 투입량

$$\begin{aligned}
&= -183.71\text{mg/l} \text{ mg/} * 5 \text{ m}^3/\text{d} = -0.9 \text{ kg/d} \\
&= -1.2 \text{ l/d} \quad (\text{메탄올 비중 } 0.7928)
\end{aligned}$$

2. 세부설계

2-1. 탈인/탈질 통합 반응조

- ☞ 기능 : 유입수와 함께 용존산소가 고갈된 슬러지가 유입되어 유입수의 쉽게 분해가능한 유기물 (RBDCOD)을 이용하여 인의 방출 유도한다.
- 용존 산소가 존재하지 않는 상태에서 질산성 질소를 질소 가스로 환원하여 유입된 총질소 성분을 제거한다.
- 교반기를 설치하여 침전을 방지하고 질산화가 원활히 진행되도록 유도한다.

☞ 질산화조 유효용량

- 질산화조 유효용량(m^3) = 유입 오수량(m^3/d) $\times$ $\theta(d)$ 이상

$$Q = 5 \text{ } m^3/\text{일}$$

- HRT에 의한 용량산정

$$V = Q \times \text{HRT}$$

$$= 5 \text{ } m^3/\text{일} \times 3\text{시간} = 0.63 \text{ } m^3$$

- 탈질을 고려한 용량산정

$$q_{DN} = \frac{\Delta \text{Nitrient max Removal}}{\theta X} \Rightarrow \frac{\Delta \text{Nitrient max Removal}}{q_{dq} X}$$

여기서, θ : 폭기조 체류시간(d)

$\Delta \text{Nitrient max Removal}$: 최대 탈질 요구량(mg/l)

= 질산화 요구량(mg/l) - 설계목표 방류 질소량(mg/l)

$$= 71.04 \text{ } mg/l - 20.00 \text{ } mg/l = 51.04 \text{ } mg/l$$

$$q_{DN} : \text{비탈질율(SDNR)} = 0.122 \text{ } d^{-1} = 0.122 \text{ } d^{-1}$$

$$X : \text{혼합액의 휘발성 부유물질 농도(MLVSS)} = 5000 \text{ } mg/l$$

$$\theta = \frac{51.04 \text{ } mg/l}{\text{### } d^{-1} \times 5,000 \text{ } mg/l} = 0.084 \text{ } d$$

. 질산화조 유효용량(m^3) = 유입 오수량(m^3/d) $\theta(d)$ 이상

$$= 5 \text{ } m^3/d \times 0.084 \text{ } d = 0.42 \text{ } m^3 \text{ 이상}$$

- 탈질대상 $\text{NO}_3\text{-N}$ 량

= 질산화대상 총 질소량 - 유출되는 $\text{NO}_3\text{-N}$ 량

$$= 71.0 - 19.5 = 0.258 \text{ } kg/day$$

- 탈질대상 $\text{NO}_3\text{-N}$ 농도

$$C = \text{탈질대상 } \text{NO}_3\text{-N} \times 2.86 \text{ } g\text{BOD}/g\text{NO}_3\text{-N}$$

$$= 0.26 \times 2.86$$

$$= 0.74 \text{ } kg/day = 147.40 \text{ } mg\text{BOD}/l$$

여기서, 탈질대상 $\text{NO}_3\text{-N}$ 량 = 0.3 kg/day

$$\text{BOD-req}/\text{NO}_3\text{-red} = 2.86 \text{ } mg\text{BOD}/mg\text{NO}_3\text{-N}$$

$$\text{☞ 설계 용량} : V = 0.6 \times 0.6 \times 1.60 = 0.58 \text{ } m^3 \text{ ---- ok}$$

2-2. 접촉폭기조

- ☞ 기능 : 폭기조는 산소공급을 통한 유입원수의 산화반응이 일어나는 반응조이며, 이 반응조에서는 유입원수 중의 유기물의 분해역할과 동시에 $\text{NH}_3\text{-N}$ 을 산화하여 최종 $\text{NO}_3\text{-N}$ 으로 변환하는 역할을 수행한다.

- 질산화에 필요한(SRT)도출

$$\begin{aligned}\mu_N &= \mu_{N,max} e^{0.098(T-15)} \times \frac{[NH_4N]}{[NH_4N]+K_N} \times \frac{DO}{DO+K_O} \times [1 - 0.833(7.2 - pH)] \\ &= 0.47 e^{0.098(T-15)} \times \frac{1}{1+0.413} \times \frac{2}{2+0.5} \times [1 - 0.833(7.2 - pH)] \\ &= 0.266 \text{ day}^{-1} \quad (15 \text{ } ^\circ\text{C})\end{aligned}$$

여기서, $\mu_{N,max}$ (질산화 미생물 최대성장율) = 0.47
 $[NH_4]$ (NH_4N 목표농도) = 1
 $K_N = 10^{(0.051T-1.148)}$ = 0.413
 T = 15
 DO = 2
 K_O (O_2 반포화속도상수) = 0.5
 pH = 7.2

-폭기조 SRT산정

$$\theta_c^m = \frac{1}{\mu_{nmax}} = \frac{1}{0.266\text{day}^{-1}} = 3.76 \times S \cdot F \times P \cdot F$$

여기서, $S \cdot F = 2.0$ $P \cdot F = 1.2$

$$\theta_c^m = \frac{1}{\mu_{nmax}} = \frac{1}{0.266\text{day}^{-1}} = 3.76 \times 2.0 \times 1.2$$

$$\theta_c = 9.02\text{d} < 20.0$$

growth Rate based on = 20 day

$$\mu_n = \frac{1}{20\text{d}} = 0.05\text{d}^{-1}$$

☞ 유기물 산화의 경우 폭기조 유효용량

. 폭기조 유효용량(m^3) = 유입 오수량 θ (d)이상

$$\theta = \frac{(S_o - S)}{U \times X}$$

여기서, $U = \frac{1 / SRT_{aero} + k_d}{Y}$ (유기물산화에 대한 설계기질 소모계수)

$$SRT_{aero} = 9.023 \text{ day}$$

$$Y \text{ (활성미생물 증식계수)} = 0.55 \text{ gVSS/gBOD}$$

$$K_d = 0.5(1.04)^{T-15} = 0.05 \text{ gVSS/gVSS.day}$$

$$X: \text{혼합액의 휘발성 부유물질 농도(MLVSS)} = 4,000 \text{ mg/l}$$

$$S_o: \text{유입수 BOD}_5 \text{ 농도} = 250 \text{ mg/l}$$

$$S: \text{유출수 Soluble BOD}_5 = 1.60 \text{ mg/l}$$

$$\theta = \frac{(250 - 1.60)}{0.200 \times 4,000} = 0.31\text{d}$$

. 폭기조 유효용량(m^3) = 유입 오수량(m^3 /d) $\times \theta$ (d)이상

$$= 5 \text{ m}^3/\text{d} \times 0.31\text{d} = 2 \text{ m}^3 \text{ 이상}$$

☞ 질산화의 경우 폭기조 유효용량

. 폭기조 유효용량 (m³) = 유입 오수량 (m³/d) θ (d) 이상

$$\theta = \frac{\Delta N}{SNR \times X}$$

여기서, θ : 폭기조 체류시간 (d)

$$\Delta N : \text{질산화 요구량} = 71.04 \text{ mg/l}$$

$$SNR : \text{비질산화율} = 0.04 \text{ d}^{-1}$$

$$X : \text{혼합액의 휘발성 부유물질 농도 (N)} = 4000 \text{ mg/l}$$

$$\theta = \frac{71.04 \text{ mg/l}}{0.04 \text{ d}^{-1} \times 4,000 \text{ mg/l}} = 0.44 \text{ d}$$

. 폭기조 유효용량 (m³) = 유입 오수량 (m³/d) θ (d) 이상

$$= 5 \text{ m}^3/\text{d} \times 0.44 \text{ d} = 2.2 \text{ m}^3 \text{ 이상}$$

☞ 두가지 방법중 큰 값을 선정

(유기물산화) 1.55 m³ < 2.22 m³ (질산화) ----- ok

☞ 설계 용량

폭기조 #1	=	1.20W	×	1.20L	×	1.60He	=	2.30 m³	level조정
						V	=	2.30 m³	

☞ 필요 공기량

① 생물학적 반응에 필요한 산소 요구 = 0.13 m³/min

$$OD = OD_1 + OD_2 + OD_3 + OD_4 \text{ 에서}$$

$$= 0.19 + 0.52 + 1.83 + 0.01 = 2.55 \text{ kg} \cdot \text{O}_2 / \text{일}$$

OD : 공정의 총 산소요구량 (kg·O₂ /일)

OD₁ : BOD산화에 필요한 산소요구량 (kg·O₂ /일) OD₂ : 내생호흡에 필요한 산소요구량 (kg·O₂ /일)

OD₃ : 질산화에 필요한 산소요구량 (kg·O₂ /일) OD₄ : 유출수로 나가는 산소량 (kg·O₂ /일)

$$OD_1 = a \cdot (\text{BOD제거량} - k \cdot \text{탈질량}) \text{ 에서}$$

$$= 0.5 \times (1.225 - 2.86 \times 0.3) = 0.19 \text{ kg} \cdot \text{O}_2 / \text{일}$$

a : 제거BOD당 필요한 산소량 0.3 ~ 0.6 (kg·O₂/kg·BOD)

[적용 기준 0.5 kg·O₂/kg·BOD]

k : 탈질시 소모되는 BOD량 (kg·BOD/kg·N) [적용 기준 2.86 kg·BOD/kg·NO₃ -N]

$$OD_2 = b \cdot Sa \text{ 에서}$$

$$= 0.08 \times (2.30 \div 1000 \times 4000 \times 70\%) = 0.52 \text{ kg} \cdot \text{O}_2 / \text{일}$$

b : 단위 MLVSS당 내생호흡에 의한 산소소비량 0.05 ~ 0.15 (kg·O₂/kg·MLSS·day)

[적용 기준: 0.08 kg·O₂/kg·MLSS·day]

Sa : MLVSS량 (kg) (폭기조 혼합액의 유기성 슬러지)

(MLSS의 약 70% MLSS : 2,000 ~ 4,500 mg/l)

[MLSS 적용 기준 4,000 mg/l]

$$OD_3 = 4.57 \cdot \text{질산화된 질소량} \text{ 에서}$$

$$= 4.57 \times 0.4 = 1.83 \text{ kg} \cdot \text{O}_2 / \text{일}$$

4.57 : 질산화에 필요한 산소량 환산계수 (kg·O₂ /kg·NH₄ -N)

$$OD_4 = DO_{aerobic} \times Q \div 1000$$

$$= 2 \times 5 \div 1000 = 0.01 \text{ kg} \cdot \text{O}_2 / \text{일}$$

DOaerobic : 호기조의 용존산소농도 (mg·O₂ /ℓ, 적용 기준 2 mg·O₂ /ℓ]

필요 공기량 : $Q = \frac{OD}{0.277 \times 5\%} = \frac{2.55}{0.277 \times 5\%}$

$$= 184.12 \text{ m}^3/\text{일} = 0.13 \text{ m}^3/\text{min}$$

여기서, 표준 상태에서 산소량 : 0.277 (kg·O₂/m³)

표준 상태에서 산소이용율 : 5%

2-3. 침전조

- ☞ 기능 : 하수를 생물화학적인 방법으로 처리할 때 활성슬러지와 부유물질을 연속적으로 침강 분리시키는 중요한 처리 공정으로 활성슬러지는 슬러지 인출조로 부유물질은 스크럼제거장치로 제거된다.
- ☞ 설치기준 : 표면부하(m³/m²·d) 15 ~ 30 m³/m²·d (15)
- 고형물 부하율(kg/m²·d) 40 ~ 125 kg/m²·d (100)
- 월류 부하(m³/m·d) 50 m³/m·d
- 침전시간 (SRT) 3 ~ 6 hr

☞ 표면부하율에 의한 침전조 표면적 산출

$$L_v = \frac{Q}{A} \Rightarrow A = \frac{Q}{L_v} \quad \begin{matrix} \text{m}^3/\text{d} \\ \text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d} \end{matrix} \quad A = \frac{5}{15} \frac{\text{m}^3/\text{d}}{\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}} = 0.33 \text{ m}^2$$

여기서, A : 침전조 표면적(m²)

$$Q : \text{유입오수량}(\text{m}^3/\text{d}) = 5 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$L_v : \text{표면부하율} = 15 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$$

☞ 고형물부하율에 의한 침전조 표면적 산출

- 반송슬러지 유량(m³/d)

$$\frac{Q_R}{Q} = \frac{X}{X_R - X} \Rightarrow Q_R = \frac{QX}{X_R - X}$$

여기서, Q_R : 반송슬러지 유량(m³/d)

$$Q : \text{유입오수량}(\text{m}^3/\text{d}) = 5 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$X : \text{폭기조 혼합액 부유 고형물, M} = \text{##### mg/ℓ}$$

$$\text{MLVSS} = 0.7 \text{ (MLVSS/MLSS)}$$

$$\text{MLSS} = 4,000 \text{ mg/ℓ}$$

$$= \text{MLVSS}/0.7$$

$$= \frac{4000}{0.7} \text{ mg/ℓ} = 5,714 \text{ mg/ℓ}$$

$$X_R : \text{반송 활성슬러지 부유물질} = 9,000 \text{ mg/ℓ}$$

$$Q_R = \frac{QX}{X_R - X} = \frac{5 \text{ m}^3/\text{d} \times 5,714 \text{ mg/ℓ}}{9,000 \text{ mg/ℓ} - 5,714 \text{ mg/ℓ}}$$

$$= 9 \text{ m}^3/\text{d}$$

- 침전조 표면적

$$A = \frac{(Q+Q_R)(X)}{SLR}$$

여기서, A : 침전조 표면적(m²)

$$Q : \text{유입오수량(m}^3/\text{d)} = 5 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$Q_R : \text{반송슬러지 유량(m}^3/\text{d)} = 9 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$X : \text{폭기조 혼합액 부유 고형물, M} = 5,714 \text{ mg}/\ell$$

$$SLR : \text{고형물부하율(kg/m}^2 \cdot \text{d)} = 100 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{d}$$

$$A = \frac{(5 \text{ m}^3/\text{d} + 9 \text{ m}^3/\text{d}) \times 5,714 \text{ mg}/\ell}{100 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{d}}$$

$$A = \frac{(5 \text{ m}^3/\text{d} + 9 \text{ m}^3/\text{d}) \times 5,714 \text{ kg/m}^3}{100 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{d}}$$

$$= 0.78 \text{ m}^2$$

☞ 두가지 방법중 큰 값을 선정

$$(\text{표면부하율}) 0.33 \text{ m}^2 < 0.78 \text{ m}^2 \quad (\text{고형물부하율}) \text{ ---- ok}$$

$$\text{☞ 침전조 직경(m)} \quad D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} \text{ 이상}$$

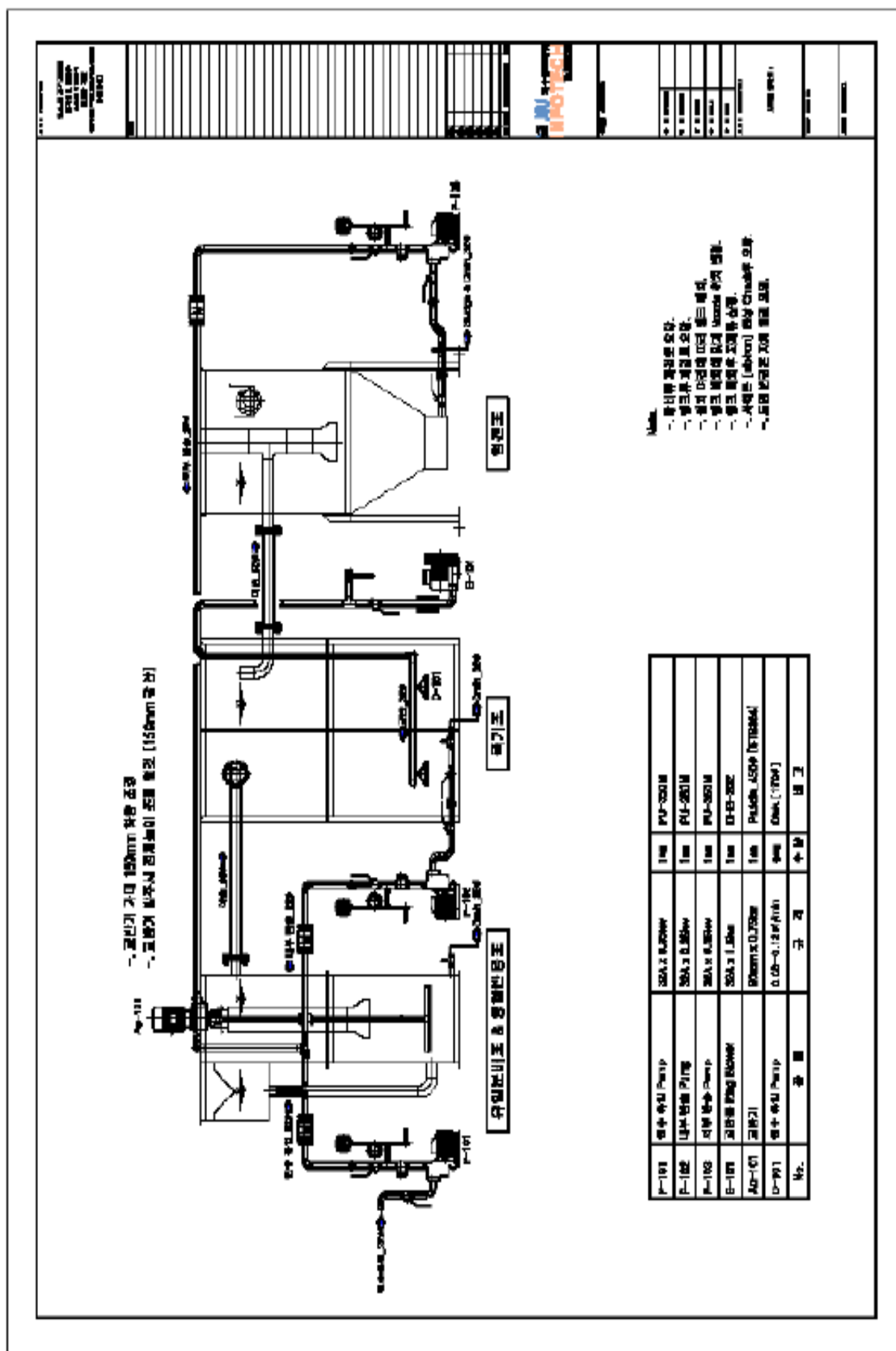
여기서, D : 침전조 직경(m)

$$A : \text{선정된 침전조 표면적(m}^2) = 0.78 \text{ m}^2$$

$$= \sqrt{\frac{4 \times 0.78 \text{ m}^2}{\pi}} = 1.0 \text{ m 이상}$$

$$\begin{aligned} \text{☞ 설계 용량} : V &= 1.00W \times 1.00L \times 0.87 \text{ H} = 0.87 \text{ m}^3 \\ V &= \frac{0.55 \times (1 + 1 \times 0.365 + 0.365 \times 0.365)}{3} = 0.27 \text{ m}^3 \\ V &= 0.365W \times 0.365L \times 0.15 \text{ H} = 0.02 \text{ m}^3 \\ \text{합계 } V &= 1.16 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

3) 당초 도입 설계도면



4) 당초 연구 시작품 운영 결과

- 가. 기존 오수 처리시설에 연결하여 연구시작품(PILOT PLANT)을 적용 운영시 기존 유량 조정조의 수위 변동으로 간헐적 펌프 가동시 정상 오수량 유입에 문제 발생 (보조탱크 보완)
- 나. 당초 설계 반송율 적용시 정상 처리수의 효율을 얻기가 어려움(많은 시험 및 운용으로 적정 내.외부 반송율 도출)
- 다. 당초 스크럼 및 슬러지 처리의 자동화 미흡으로 자동운영과 정상 처리수의 확보가 어려움 (스크럼처리기 보완,자동 슬러지 처리 장치 보완,)
- 라. 당초 A20설계 인자 반영 설계로 유입수의 농도 변화,시간대별 농도 변화에 유효적절히 대응치 못하여 목표수질을 도출치 못함(많은 시험과 운영으로 적정 설계인자 도출)

2. 보완 설계

1) 보완설계 인자

구분

설계 계산서

♣설계 조건

▣ 처리 방법 : 질소, 인 제거효율을 증가시킨 하폐수 고도처리장치

▣ 설계 유량 Q : 5 $\text{m}^3/\text{일}$
0.21 m^3/hr

▣ 설계 수질

항 목	계획 유입 수질		계획 방류 수질		처리 효율
	농도 (mg/ℓ)	부하량 ($\text{kg}/\text{일}$)	농도 (mg/ℓ)	부하량 ($\text{kg}/\text{일}$)	
BOD	250	0.88	2	0.01	99.2 %
COD _{Mn}	200	0.7	1.6	0.01	99.2 %
SS	250	0.88	5	0.02	98 %
T-N	30	0.11	8	0.03	73.3 %
T-P	6	0.02	1.3	0.005	78.3 %
대장균	20000 마리/ $\text{m}\ell$		500 마리/ $\text{m}\ell$		97.5 %

▣ 설계 인자

SRT (고형물 체류시간) → 5 ~ 25 일 [적용 : 14.4 day]

HRT (수리학적 체류시간) → 통합반응조 : 1 ~ 3hr [적용 : 3 hr]

점속폭기조 : 4 ~ 8hr [적용 : 6 hr]

F/M 비 → 0.1 ~ 0.3 $\text{kg-BOD}/\text{kg-MLVSS}\cdot\text{d}$

[적용 : 0.12 $\text{kg-BOD}/\text{kg-MLVSS}\cdot\text{d}$]

통합반응조 MLSS 농도 → 3000 ~ 4000 mg/ℓ [적용 : 4000 mg/ℓ]

점속폭기조 MLVSS 농도 → 2400 ~ 3200 mg/ℓ [적용 : 3200 mg/ℓ]

MLVSS농도비 (MLVSS/MLSS) → 0.6 ~ 0.8 [적용 : 0.8]

내부 반송율 → 100 ~ 400 % [적용 : 212 %]

외부 반송율 → 25 ~ 100 % [적용 : 94 %]

T (수온) → 15~20℃ [적용 : 15℃]

▣ 처리 계통도

```

graph TD
    A[오수 유입] --> B[유량 조정조(기존시설)]
    B --> C[유입분배조(용존산소저감조)]
    C --> D[탈인/탈질 통합 반응조]
    D --> E[폭기조]
    E --> F[침전조]
    F -- 내부반송 --> C
    F -- 외부반송 --> G[러지저류조(기존시설)]
    F --> H[처리수 배수(기존시설)]
  
```

2) 보완설계 계산서

질소,인 제거효율을 증가시킨 하폐수 고도처리장치의 실용화 개발

고도처리장치 시제품 설계계산서(수처리시스템)

2016년 국토교통기술 사업화 지원 사업



지우인포텍 주식회사

서울특별시 서초구 효령로 54, 202호

TEL : 02-8833-0102 FAX : 02-8000-9396

구 분	설계 계산서
1. 탈인/탈질 통합 반응조	■ 설치 목적 폭기조에서 반송되는 오수와 침전조에서 반송되는 슬러지의 미생물을 이용하여 인의 방출을 유도하고, 동시에 질산성 질소를 질소 가스로 환원하여 유입된 총질소 성분을 ■ 설치 기준 통합반응조 체류시간 HRT는 1.8~3.0hr로 설계한다. 교반기를 설치하여 침전을 방지하고 인방출 및 탈질이 원활히 진행되도록 유도한다. ■ 필요 용량 ▶ HRT에 의한 용량산정 $V_1 = \frac{Q}{24} \times \text{HRT} = \frac{3.5}{24} \times 2 = 0.29 \text{ m}^3$ 1) Q : 생물반응조 유입유량(반송량 포함) → 3.5 m³/day 2) HRT : 체류 시간 → 2 hr ▶ TCOD:TP비에 의한 용량산정 (총인제거에 필요한 용량산정) $V_p = \frac{Q}{24} \times \text{필요 HRT} = \frac{3.5}{24} \times 0.873 = 0.13 \text{ m}^3$ 1) Q : 생물반응조 유입유량 → 3.5 m³/day 2) 필요 HRT (hr) = 0.290 x TP 제거량(mg/l) - 0.49 [TCOD:TP = 20~43] 필요 HRT (hr) = 0.799 x TP 제거량(mg/l) - 2.10 [TCOD:TP = 42~68] = 0.29 x 4.7 - 0.49 = 0.873 hr -. TCOD:TP 비 = $\frac{\text{반응조 유입 COD농도}}{\text{반응조 유입 T-P농도}} = \frac{200}{6} = 33.3$ ① 반응조 유입 COD농도 → 200 mg/l ② 반응조 유입 T-P농도 → 6 mg/l -. T-P 제거량 = 반응조 유입 T-P농도 - 반응조 방류 T-P농도 = 6 - 1.3 = 4.7 mg/l ① 반응조 유입 T-P농도 → 6 mg/l ② 반응조 방류 T-P농도 → 1.3 mg/l ▶ 탈질을 고려한 용량산정 (총 질소 제거에 필요한 용량산정) $V_n = \frac{\text{탈질대상 NO}_3\text{-N량} \times 1000}{\text{SDNR}_{(T)} \times \text{MLVSS}} = \frac{0.05 \times 1000}{0.05 \times 3200} = 0.31 \text{ m}^3$ 1) 탈질대상 NO₃-N량 = 질산화 대상 총 질소량 - 유출되는 NO₃-N량 = 0.075 - 0.025 = 0.05 kg·T-N/일 -. 질산화 대상 총 질소량 (질산화 요구량) = 유입 질소량 - 세포합성에 소모되는 질소량 - 유출수 TKN량 = 0.11 - 0.03 - 0.005 = 0.075 kg·T-N/일 = 21.43 mg/l ① 유입 질소량 (Influent T-N) : 0.11 kg·T-N/일 ② 세포합성에 소모되는 질소량(kg·T-N/일)

구 분	설계 계산서
	$= Y(\text{net}) \times (\text{유입 BOD량} - \text{유출 BOD량}) \times M = 0.03 \text{ kg} \cdot \text{T-N/일}$. $Y(\text{net})$: 활성미생물 증식계수 [Range : 0.3~0.8] → 0.55 mg·VSS/mg·BOD . 유입 BOD량 → 0.88 kg·BOD/일 . 유출 BOD량 → 0.01 kg·BOD/일 . M_N : 미생물 내 N 함량(N/VSS) [Range : 0.02~0.12] → 0.07 g·N/g·VSS ③ 유출수 TKN량 : 0.005 kg·T-N/일 -. 유출되는 $\text{NO}_3\text{-N}$량 : 0.025 kg·T-N/일 2) $\text{SDNR}_{(T)}$: $T^\circ\text{C}$의 비탈질율 $= \text{SDNR}_{(20)} \times 1.09^{(T-15)} \times (1-\text{DO}) = 0.05 \text{ 일}^{-1}$ ① $\text{SDNR}_{(20)}$: 20°C의 비탈질율 [Range : 1.25~5.0] → 3.5 mg·$\text{NO}_3\text{-N}$/g·VSS·hr → 0.084 kg·$\text{NO}_3\text{-N}$/kg·VSS·일 ② T : 수온 → 15 $^\circ\text{C}$ ③ DO : 통합반응조 용존산소농도 → 0.4 mg/ℓ 3) MLVSS농도 = $X_v \times X_{ia} = 0.8 \times 4000 = 3200 \text{ mg/}\ell$ ① X_v : MLVSS 농도비(MLVSS/MLSS) → 0.8 ② X_{ia} : 통합반응조 MLSS농도 → 4000 mg/ℓ ∴ $V_p (= 0.13 \text{ m}^3)$, $V_n (= 0.31 \text{ m}^3)$ $V_p + V_n = 0.44 \text{ m}^3 > V_1 = 0.29 \text{ m}^3$ 따라서 필요 용량 (V_p+V_n) = 0.44m^3 이상으로 설계함. ■ 설계 용량 (V3) $V_3 = W \times L \times H_e$ $= 0.6 \times 0.6 \times 1.6 = 0.58 \text{ m}^3$ W : 폭 m → 0.6 m L : 길이 m → 0.6 m H_e : 유효수심 m → 1.6 m ■ 설계 검토 ∴ 필요 용량 (V2) 0.44 m^3 < 설계 용량 (V3) 0.58 m^3 ----- ok

구 분	설계 계산서
2. 폭기조	설치 목적 접촉폭기조는 산소 공급을 통한 유입 원수의 산화반응이 일어나는 반응조이며, 이 반응조에서는 유입 원수 중의 유기물의 분해역할과 동시에 NH₃-N을 산화하여 최종 NO₃-N으로 변환하는 역할을 수행한다. 설치 기준 접촉폭기조 체류시간 HRT는 3.5 ~ 6.0hr로 설계한다. 필요 용량 (V1, V2, V3) HRT에 의한 용량산정 $V1 = \frac{Q}{24} \times \text{HRT} = \frac{3.5}{24} \times 6 = 0.88 \text{ m}^3$ 1) Q : 생물반응조 유입유량 → 3.5 m³/day 2) HRT : 체류 시간 → 6 hr 질산화에 의한 용량산정 $V2 = \frac{Q}{24} \times \text{질산화에 필요한 HRT} = \frac{3.5}{24} \times 2.823 = 0.41 \text{ m}^3$ 1) Q : 생물반응조 유입유량 → 3.5 m³/day 2) 질산화에 필요한 HRT = $\frac{(N_o - N_e)}{(U \times X_N)} \times 24 = 2.823 \text{ hr}$ -. N_o : 유입 질소농도 → 30 mg/ℓ -. N_e : 유출 NH₄-N농도 → 1 mg/ℓ -. U : 암모니아에 대한 설계기질 소모계수 $U = \frac{1 / \Theta^d + k_{dN}}{Y_N} = 0.963 \text{ 일}^{-1}$ ① Θ^d : SF를 고려한 호기조의 설계 SRT . Θ^d = Θ^M × SF = 12.74 일 Θ_M : 질산화를 위한 최소 SRT → 6.369 일 SF : Safty Factor [Range : 1.5~2] → 2 . Θ_M : 질산화를 위한 최소 SRT $\Theta_M = \frac{1}{(\mu_N - k_{d(T)})} = 6.369 \text{ 일}$. μ_N : 보정된 질산화 미생물의 최대 비성장 계수 $\mu_N = \mu_{N, \max} \times e^{0.098(T-15)} \times \frac{[NH_4N]}{[NH_4N] + K_N} \times \frac{DO}{DO + K_O} \times [1 - 0.833 \times (7.2 - pH)] = 0.202 \text{ 일}^{-1}$ μ_{N, max} : 질산화 미생물 최대 비성장 계수 [Range : 0.3~0.7] → 0.47 일⁻¹ [NH₄N] : NH₄ 반포화 속도 상수 → 1 mg/ℓ K_N : 질산화 속도 상수 = 10^(0.051T-1.148) → 0.413 mg/ℓ T : 수온 → 15 ℃

구분	설계 계산서
	DO : 접촉폭기조 용존산소농도 → 2 mg/ℓ K_O : DO 보정 상수 → 1.3 mg/ℓ pH : 접촉폭기조 pH [Range : 7.0~8.0] → 7.2 . K_{d(T)} : T °C에서 질산화균의 자산화상수 = K_{d(20)} × (1.022)^(T-20) = 0.045 일⁻¹ K_{d(20)} : 20 °C의 질산화균 자산화상수 → 0.05 일⁻¹ T : 수온 → 15 °C ② k_{dN} = 0.08 × (1.04)^{T-20} = 0.066 g·VSS/g·VSS·day T : 수온 → 15 °C ③ Y_N : 질산화 미생물 증식계수 [Range : 0.05~0.21] → 0.15 g·VSS/g·NH₄-N -. X_N = MLVSS × 0.08 (assumed fraction of nitrifiers) = 256 mg/ℓ ① MLVSS농도 → 3200 mg/ℓ ▶ 유기물 산화에 의한 용량산정 V3 = $\frac{Q}{24}$ × 유기물산화에 필요한 HRT = $\frac{3.5}{24}$ × 5.868 = 0.86 m³ 1) Q : 생물반응조 유입유량 → 3.5 m³/day 2) 유기물산화에 필요한 HRT = $\frac{(S_o - S_e)}{(U \times X_v)}$ × 24 = 5.868 hr -. S_o : 유입 BOD농도 → 250 mg/ℓ -. S_e : 유출 BOD농도 → 2 mg/ℓ -. U : 암모니아에 대한 설계기질 소모계수 U = $\frac{1 / \theta^d + k_d}{Y}$ = 0.317 일⁻¹ ① θ^d : SF를 고려한 호기조의 설계 SRT → 12.74 일 ② k_d = 0.12 × (1.04)^{T-20} = 0.099 g·VSS/g·VSS·day T : 수온 → 15 °C ③ Y : 활성 미생물 증식계수 [Range : 0.3~0.8] → 0.56 g·VSS/g·BOD -. X_v = MLVSS농도 → 3200 mg/ℓ ∴ 따라서 필요 용량 (V1) = 0.88 m³ 이상으로 설계함. ■ 설계 용량 (V4) V4 = W × L × He = 1.2 × 1.2 × 1.6 = 2.3 m³ W : 폭 m → 1.2 m L : 길이 m → 1.2 m He : 유효수심 m → 1.6 m ■ 설계 검토 ∴ 필요 용량 (V3) 0.88 m³ < 설계 용량 (V4) 2.3 m³ ----- ok

$$\therefore F/M \text{ 비} = \frac{\text{유입 BOD 농도} \times Q}{MLVSS \times V} = 0.119 \text{ kg} \cdot \text{BOD} / \text{kg} \cdot \text{MLVSS} \cdot \text{d}$$

- 1) 유입 BOD 농도 → 250 mg/ℓ
 2) Q : 생물반응조 유입유량 → 3.5 m³/day
 3) MLVSS 농도 → 3200 mg/ℓ
 4) V : 접촉폭기조 용량 → 2.3 m³

$$F/M \text{ 비} : 0.1 < 0.119 < 0.3 \text{ kg} \cdot \text{BOD} / \text{kg} \cdot \text{MLVSS} \cdot \text{d} \text{ ----- ok}$$

$$\therefore SRT = \frac{V \times X}{Q_w \times X_w} = 14.4 \text{ 일}$$

- 1) V : 접촉폭기조 용량 → 2.3 m³
 2) X : 폭기조 MLSS 농도 → 4000 mg/ℓ
 MLVSS 농도 → 3200 mg/ℓ
 MLVSS 농도비(MLVSS/MLSS) → 0.8

- 3) Q_w : 잉여슬러지 발생량

$$Q_w = \frac{a \cdot S_o \cdot Q + b \cdot Q \cdot S_{ss} - c \cdot V \cdot X}{X_w} = 0.08 \text{ m}^3 / \text{day}$$

- Q : 반응조 유입 유량 → 3.5 m³/day
 - S_o : 반응조로 유입되는 유입수의 용해성 BOD 농도
 → 200 mg/ℓ [용해성 BOD(SBOD) 농도 = 유입 BOD × 80%]
 - S_{ss} : 반응조로 유입되는 유입수의 SS 농도
 → 250 mg/ℓ
 - V : 접촉폭기조 용량 m³ → 2.3 m³
 - X : 반응조 MLSS 농도 → 4000 mg/ℓ
 ① MLVSS 농도 → 3200 mg/ℓ
 ② MLVSS 농도비(MLVSS/MLSS) → 0.8
 - a : 용해성 BOD에 의한 슬러지 전환율 [Range : 0.4~0.6]
 → 0.4 g·MLSS/g·BOD
 - b : 유입 SS에 의한 슬러지 전환율 [Range : 0.9~1.0]
 → 0.9 g·MLSS/g·SS
 - c : 활성슬러지 미생물의 내생 호흡에 의한 자기분해속도
 [Range : 0.03~0.05] → 0.05 g·MLSS/g·MLSS·일
 - X_w : 잉여슬러지의 평균 SS 농도 [Range : 6000~12000] mg/ℓ
 → 8000 mg/ℓ

- 4) X_w : 잉여슬러지의 평균 SS 농도 [Range : 6000~12000] mg/ℓ
 → 8000 mg/ℓ

$$SRT : 5 < 14.4 < 25 \text{ 일} \text{ ----- ok}$$

■ 필요 공기량

▶ 생물학적 반응에 필요한 산소 요구량

$$q_1 = \frac{OD}{0.277 \times 5} = \frac{1.473}{0.277 \times 0.05}$$

$$= 106.36 \text{ m}^3 / \text{일} = 0.08 \text{ m}^3 \cdot \text{O}_2 / \text{min}$$

- 1) 표준 상태에서 산소량 : 0.277 kg·O₂/m³
 2) 표준 상태에서 산소이용율 : 5 %
 3) OD = OD₁ + OD₂ + OD₃ + OD₄ 에서

구분	설계 계산서
	$= 0.37 + 0.736 + 0.36 + 0.007$ $= 1.473 \text{ kg} \cdot \text{O}_2 / \text{일}$ OD : 공정의 총 산소요구량 ($\text{kg} \cdot \text{O}_2 / \text{일}$) OD₁ : BOD산화에 필요한 산소요구량 ($\text{kg} \cdot \text{O}_2 / \text{일}$) OD₂ : 내생호흡에 필요한 산소요구량 ($\text{kg} \cdot \text{O}_2 / \text{일}$) OD₃ : 질산화에 필요한 산소요구량 ($\text{kg} \cdot \text{O}_2 / \text{일}$) OD₄ : 유출수로 나가는 산소량 ($\text{kg} \cdot \text{O}_2 / \text{일}$) - OD₁ = a x (BOD제거량 - k x 탈질량) 에서 $= 0.5 \times (0.87 - 2.86 \times 0.05) = 0.37 \text{ kg} \cdot \text{O}_2 / \text{일}$ ① a : 제거BOD당 필요한 산소량 [Range : 0.5~0.7] → 0.5 $\text{kg} \cdot \text{O}_2 / \text{kg} \cdot \text{BOD}$ ② BOD 제거량 = 유입 BOD농도 - 유출 BOD농도 = 0.87 $\text{kg} \cdot \text{BOD} / \text{day}$. 유입 BOD농도 → 0.88 $\text{kg} \cdot \text{BOD} / \text{day}$. 유출 BOD농도 → 0.01 $\text{kg} \cdot \text{BOD} / \text{day}$ ③ k : 탈질시 소모되는 BOD량 → 2.86 $\text{kg} \cdot \text{BOD} / \text{kg} \cdot \text{NO}_3\text{-N}$ ④ 탈질량 → 0.05 $\text{kg} \cdot \text{T-N} / \text{일}$ - OD₂ = $\frac{b \times \text{Sa} \times V}{1000}$ 에서 $= \frac{0.1 \times 3200 \times 2.3}{1000} = 0.736 \text{ kg} \cdot \text{O}_2 / \text{일}$ ① b : 단위 MLVSS당 내생호흡에 의한 산소소모 [Range : 0.05~0.15] → 0.1 $\text{kg} \cdot \text{O}_2 / \text{kg} \cdot \text{MLSS} \cdot \text{day}$ ② Sa : MLVSS량 (폭기조 혼합액의 유기성 슬러지) → 3200 mg / ℓ ③ V : 접촉 폭기조 설계용량 → 2.3 m^3 - OD₃ = C x 질산화대상 T-N량 에서 $= 4.75 \times 0.075 = 0.36 \text{ kg} \cdot \text{O}_2 / \text{일}$ ① C : 질산화 반응에 따라 소비된 산소량 → 4.75 $\text{kg} \cdot \text{O}_2 / \text{kg} \cdot \text{N}$ ② 질산화대상 T-N량 → 0.075 $\text{kg} \cdot \text{T-N} / \text{day}$ - OD₄ = $\frac{\text{DOaerobic} \times Q}{1000}$ 에서 $= \frac{2 \times 3.5}{1000} = 0.007 \text{ kg} \cdot \text{O}_2 / \text{일}$ ① DOaerobic : 호기조의 용존산소농도 → 2 $\text{mg} \cdot \text{O}_2 / \ell$ ② Q : 생물반응조 유입유량 → 3.5 m^3 / day ▶ 접촉폭기조 운전에 필요한 공기량 q₂ = 폭기 설계 공기량 $= 0.48 \text{ m}^3 \cdot \text{air} / \text{min}$ 1) 폭기 필요 공기량 $= \text{폭기조 용량} \times \text{폭기 공기량}$ $= 2.3 \times 1 = 2.3 \text{ m}^3 \cdot \text{air} / \text{hr} = 0.04 \text{ m}^3 \cdot \text{air} / \text{min}$ ① 폭기조 용량 : 2.3 m^3 ② 폭기 공기량 : 1m^3당 0.5 ~ 1 $\text{m}^3 \cdot \text{air} / \text{h}$ → 1 $\text{m}^3 \cdot \text{air} / \text{hr} \cdot \text{m}^3$ 2) 폭기 설계 공기량 $= q_2 \times N = 0.12 \times 4 = 0.48 \text{ m}^3 \cdot \text{air} / \text{min}$

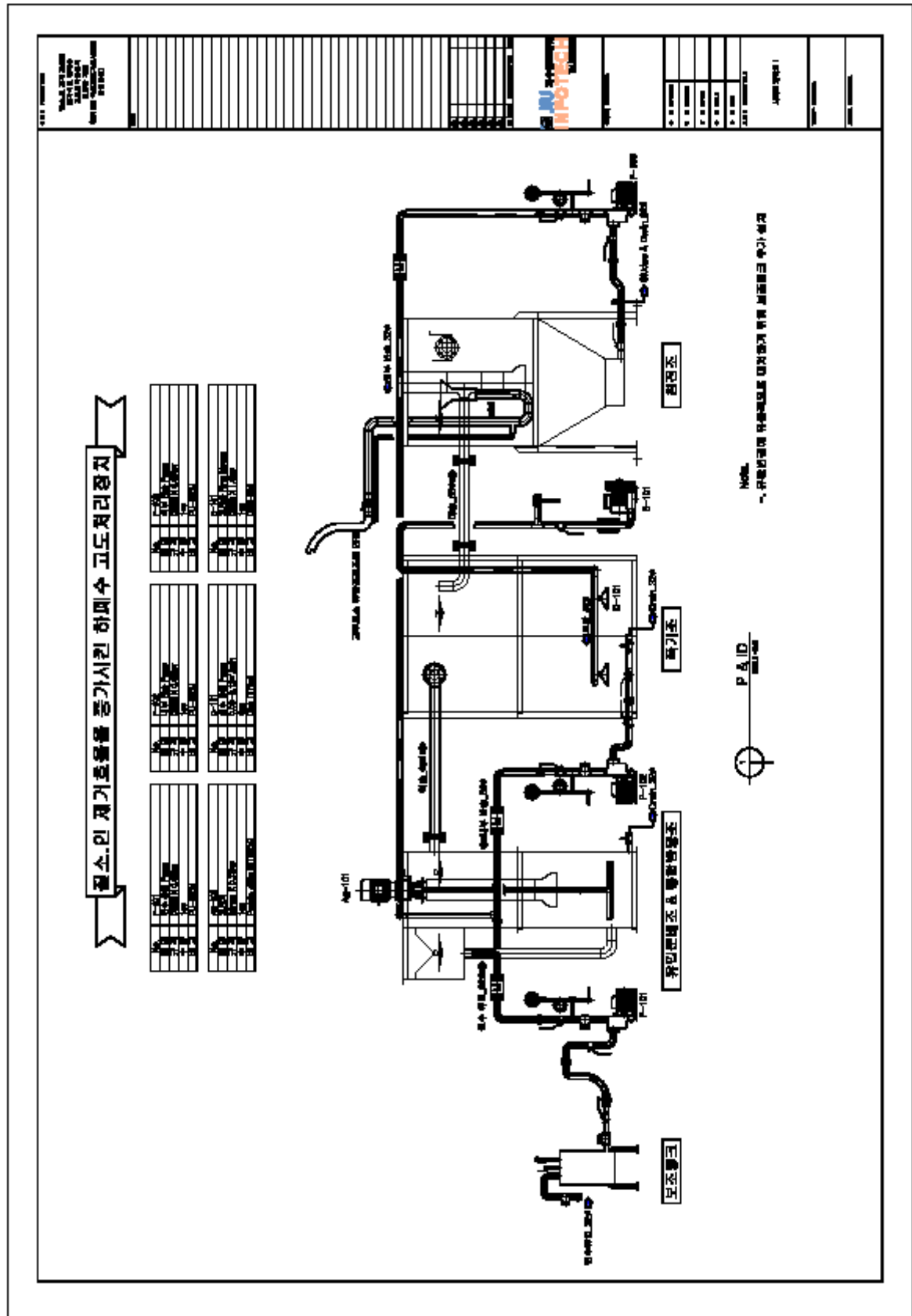
구분	설계 계산서
	q2 : 산기관 공기량 → 0.12 m³·air/min N : 산기관 수량 → 4 ea ∴ 접촉폭기조 운전에 필요한 공기량이 생물학적 반응에 필요한 산소 요구량 보다 많으므로 0.48m³/min 이상 적용 ▶ R : 내부반송율 (Internal recycle rate) [Range : 100 ~ 300%] → 212 % ----ok $R = \frac{N_o - N_e}{N} - r - 1 = \frac{30 - 1}{7.14} - 0.94 - 1 = 2.12$ ① N_o : 유입 질소농도 → 30 mg/ℓ ② N_e : 유출 NH₄-N농도 → 1 mg/ℓ ③ N : 처리수 질소농도(유출NO₃농도) → 0.025 kg·T-N/일 → 7.14 mg/ℓ ④ r : 외부 반송율 [Range : 25 ~ 100%] → 94 % ---- ok $r = \frac{Ca - S}{Cr - Ca} = \frac{4000 - 250}{8000 - 4000} = 0.94$. Ca : 폭기조 MLSS 농도 → 4000 mg/ℓ MLVSS농도 → 3200 mg/ℓ MLVSS 농도비(MLVSS/MLSS) → 0.8 . S : 유입 SS농도 → 250 mg/ℓ . Cr : 반송 슬러지 농도 [Range : 6000 ~ 12000]mg/ℓ → 8000 mg/ℓ 3. 침전조 ■ 설치 목적 하수를 생물화학적 방법으로 처리할 때 활성슬러지와 부유물질을 연속적으로 침강 분리시키는 중요한 처리 공정으로 활성슬러지 및 부유물질을 제거한다. ■ 설치 기준 표면부하율 → 15 ~ 25 m³/m²·day [적용 : 15 m³/m²·day] 고형물 부하율 → 40 ~ 125kg/m²·day [적용 : 100 kg/m²·day] 월류 부하 → 50~190m³/m·day [적용 : 50 m³/m·day] 침전시간 (SRT) → 3 ~ 5hr [적용 : 4 hr] 슬러지 반송율은 94%로 설계한다. 슬러지 흡퍼 구배는 60°이상 으로 한다. [유효수심은 수심 2/3으로 한다.] 슬러지 수집기를 설치할 경우 흡퍼(Hopper)의 기울기는 8°~12°로 한다. ■ 필요 표면적 (A1, A2) ▶ 표면부하율에 의한 침전조 표면적 산출 $A1 = \frac{Q}{Lv} = \frac{3.5}{15} = 0.23 \text{ m}^2$ 1) Q : 고액분리조 유입유량 → 3.5 m³/day 2) Lv : 표면 부하율 → 15 m³/m²·day ▶ 고형물부하율에 의한 침전조 표면적 산출

구분	설계 계산서
	$A2 = \frac{(Q + Q_R) \times X}{SLR \times 1000} = 0.27 \text{ m}^2$ 1) Q : 고액분리조 유입유량 → 3.5 m³/day 2) Q_R : 반송슬러지 유량 = Q x r = 3.29 m³/day ① Q : 고액분리조 유입유량 m³/day → 3.5 m³/day ② r : 외부 반송율 → 94 % 3) X : 반응조 MLSS 농도 → 4000 mg/ℓ ① MLVSS농도 → 3200 mg/ℓ ② MLVSS 농도비(MLVSS/MLSS) → 0.8 4) SLR : 고형물 부하율 [40 ~ 125kg/m²·day] → 100 kg/m²·day ∴ 따라서 필요 표면적 (A2) = 0.27m² 이상으로 설계함. ■ 필요 월류 길이 (L1) $L1 = \frac{Q}{L'} = \frac{3.5}{50} = 0.07 \text{ m}$ 1) Q : 고액분리조 유입유량 → 3.5 m³/day 2) L_v : 표면 부하율 → 50 m³/m·day ■ 설계 용량 (V) $Va = 1 \times 1 \times 0.87 = 0.87 \text{ m}^3$ $Vb = \frac{0.55 \times (1 + 1 \times 0.365 + 0.365 \times 0.365)}{3} = 0.27 \text{ m}^3$ $Vc = 0.365 \times 0.365 \times 0.15 = 0.02 \text{ m}^3$ 합계 = 1.16 m³ ■ 설계 표면적 (A3) $A3 = W \times L = 1 \times 1 = 1 \text{ m}^2$ ■ 설계 월류 길이 (L2) $L2 = \text{웨어 길이} = 1 \times 1 \text{ 면} = 1 \text{ m}$ ■ 설계 검토 ∴ 필요 표면적 (A2) : 0.27m² < 설계 표면적 (A3) : 1m² ----- ok 필요 월류 길이 (L1) : 0.07m < 설계 월류 길이 (L2) : 1m ----- ok 필요 침전시간 : 4 hr < 설계 침전시간 : 8 hr ----- ok

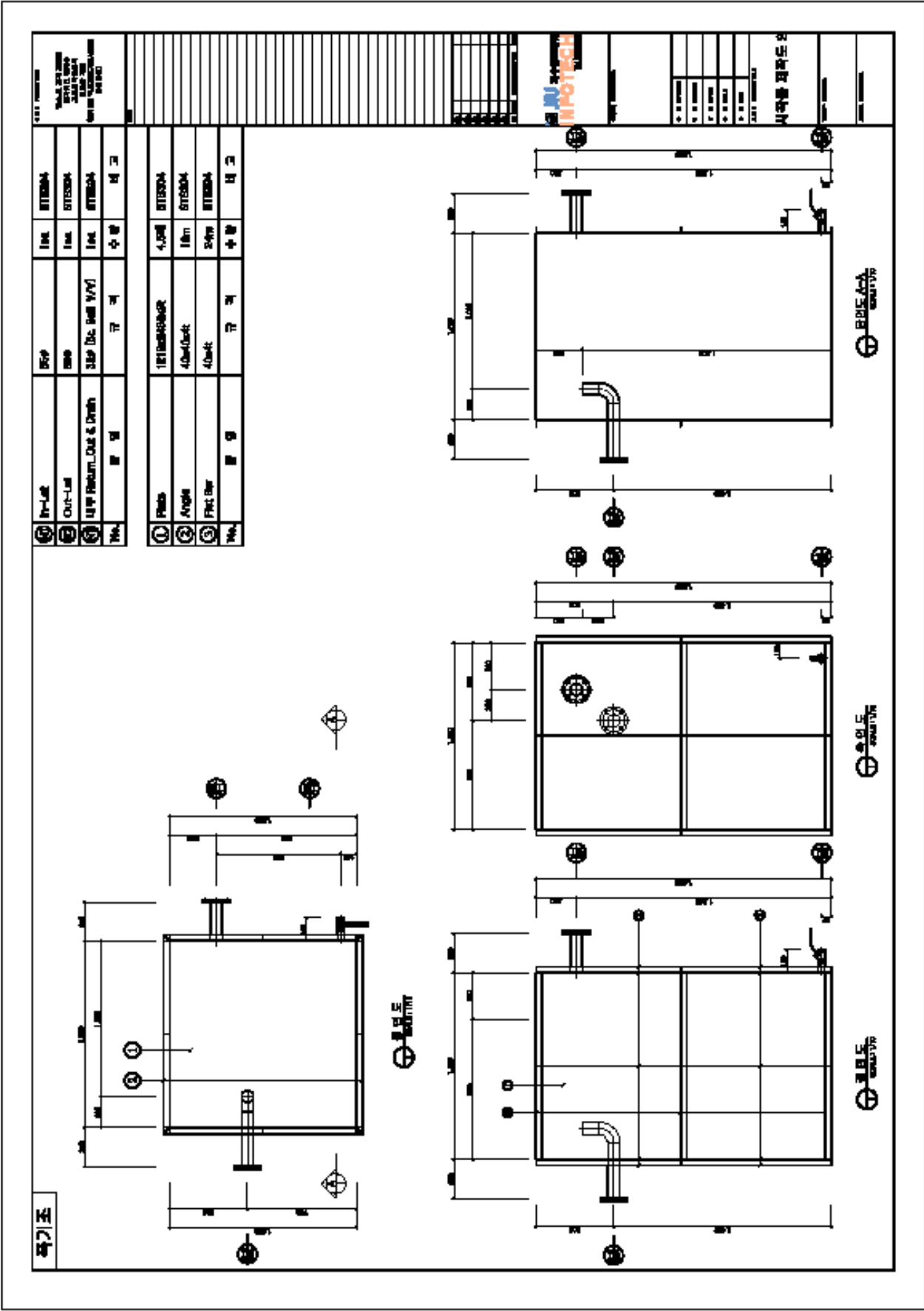
구분	설계 계산서
슬러지저류조 (C-113)	■ 설치 목적 농축된 슬러지를 수거하기 위해 수집 집적하는 조이다. 농축저류된 슬러지를 위탁처리한다. ■ 설치 기준 슬러지 저장 기간 → 15 일 슬러지 함수율 → 99 ~ 99.2% [적용 : 99 %] 고형물 회수율 → 75 ~ 100% [적용 : 95 %] 슬러지의 혐기성을 방지하기 위하여 필요한 공기를 주입한다. ■ 필요 용량 (V1) $V1 = Q_w \times T = 0.08 \times 15 = 1.2 \text{ m}^3$ 1) Q_w : 잉여슬러지 발생량 → 0.08 m³/day 2) T : 슬러지 저장 기간 → 15 일 ■ 설계 용량 (V2) $V2 = W \times L \times H_e$ $= 1.5 \times 1.5 \times 1.6 = 3.6 \text{ m}^3$ W : 폭 m → 1.5 m L : 길이 m → 1.5 m H_e : 유효수심 m → 1.6 m ■ 설계 검토 ∴ 필요 용량 (V1) 1.2 m³ < 설계 용량 (V2) 3.6 m³ ----- ok 필요 체류시간 : 15 일 < 설계 체류시간 : 45 일 ----- ok ■ 필요 공기량 $q = 2) \text{ 산기장치 설계 공기량} + 3) \text{ 상등수 이송펌프(Air-Lift Pump) 필요 공기량}$ $= 0.08 + 0.08 = 0.16 \text{ m}^3 \cdot \text{air}/\text{min}$ 1) 산기장치 필요 공기량 $= \text{슬러지저류조 용량} \times \text{공기 주입량}$ $= 3.6 \times 0.5 = 1.8 \text{ m}^3 \cdot \text{air}/\text{h} = 0.03 \text{ m}^3 \cdot \text{air}/\text{min}$ ① 슬러지저류조 용량 3.6 m³ ② 공기 주입량 : 1 m³당 0.5 ~ 1 m³·air/h → 0.5 m³·air/hr·m³ 2) 산기장치 설계 공기량 $= q_2 \times N = 0.08 \times 1 = 0.08 \text{ m}^3 \cdot \text{air}/\text{min}$ q_2 : 산기관 공기량 → 0.08 m³·air/min N : 산기관 수량 → 1 ea 3) 상등수 이송펌프(Air-Lift Pump) 필요 공기량 $= \text{Air-Lift Pump 수량} \times \text{Air-Lift Pump 공기량}$ $= 1 \times 0.08 = 0.08 \text{ m}^3 \cdot \text{air}/\text{min}$ ① Air-Lift Pump 수량 : 1 set ② Air-Lift Pump 공기량 : 0.08 m³·air/set·min

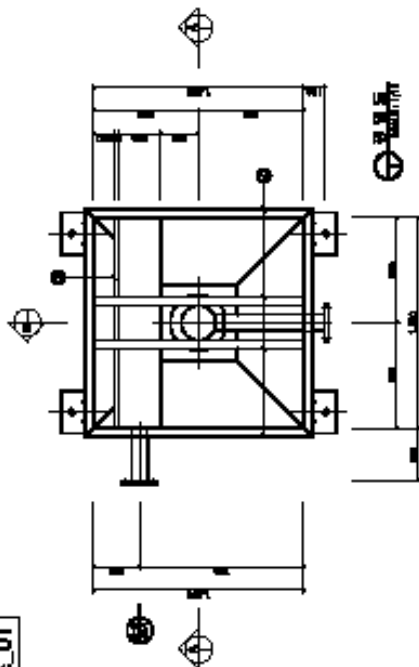
구 분	설계 계산서	
	부대 시설	
	구 분	제 원
	번 호	M-1302
	명 칭	상등액 이송펌프
	형 식	Air-Lift
	용 량	0.08 m ³ ·air/min
	수 량	1 set
	구 분	제 원
	번 호	M-1303
	명 칭	산기장치
	형 식	Rubber Disk
	용 량	0.12m ³ /min
	수 량	1 ea

3) 보완설계 도면



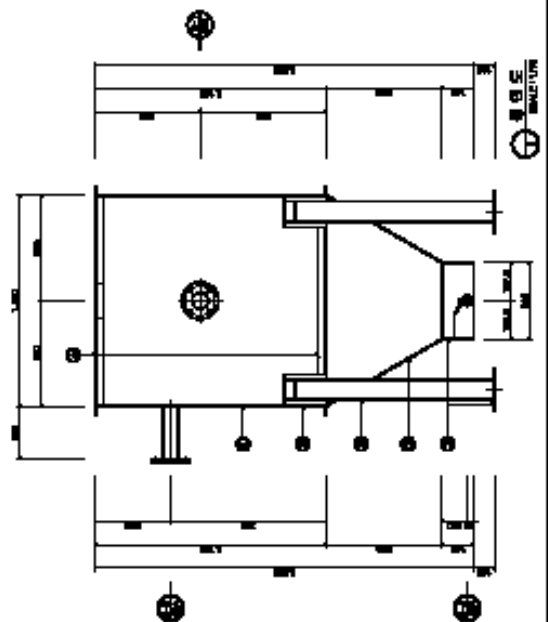
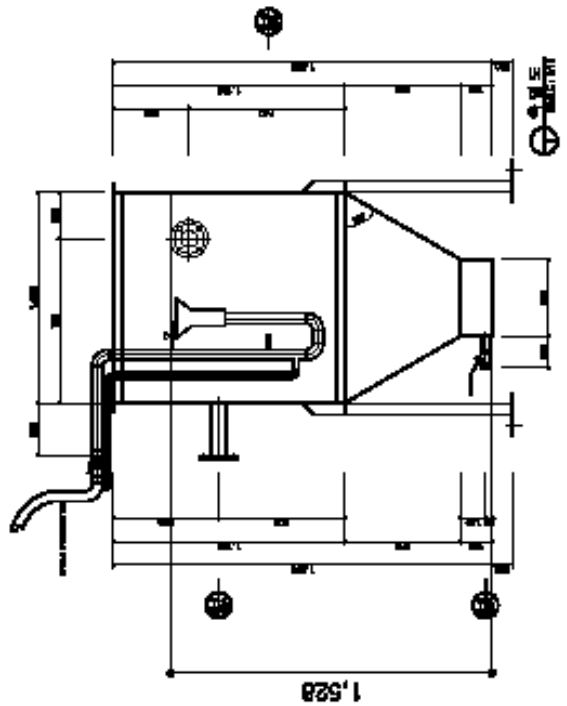


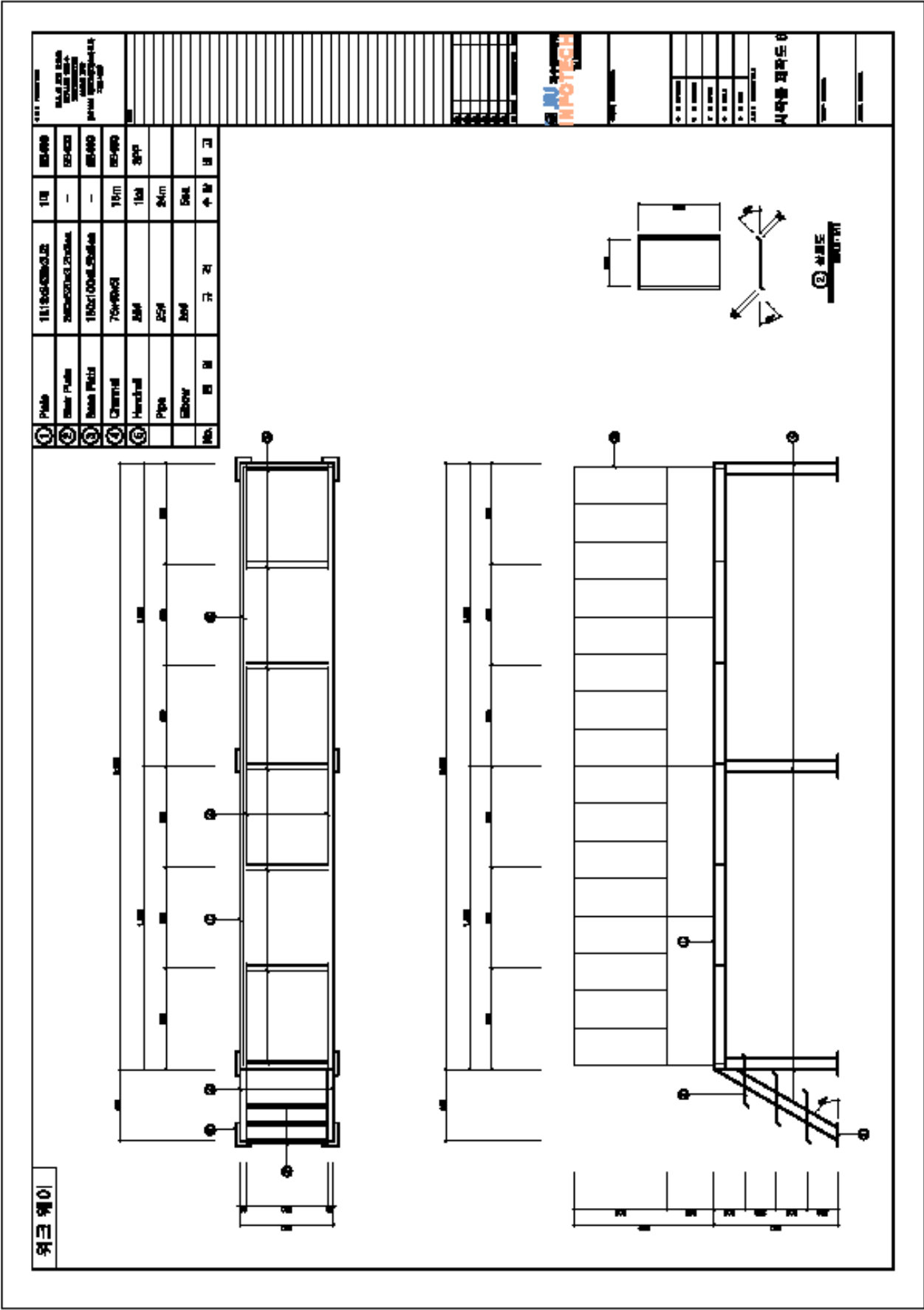




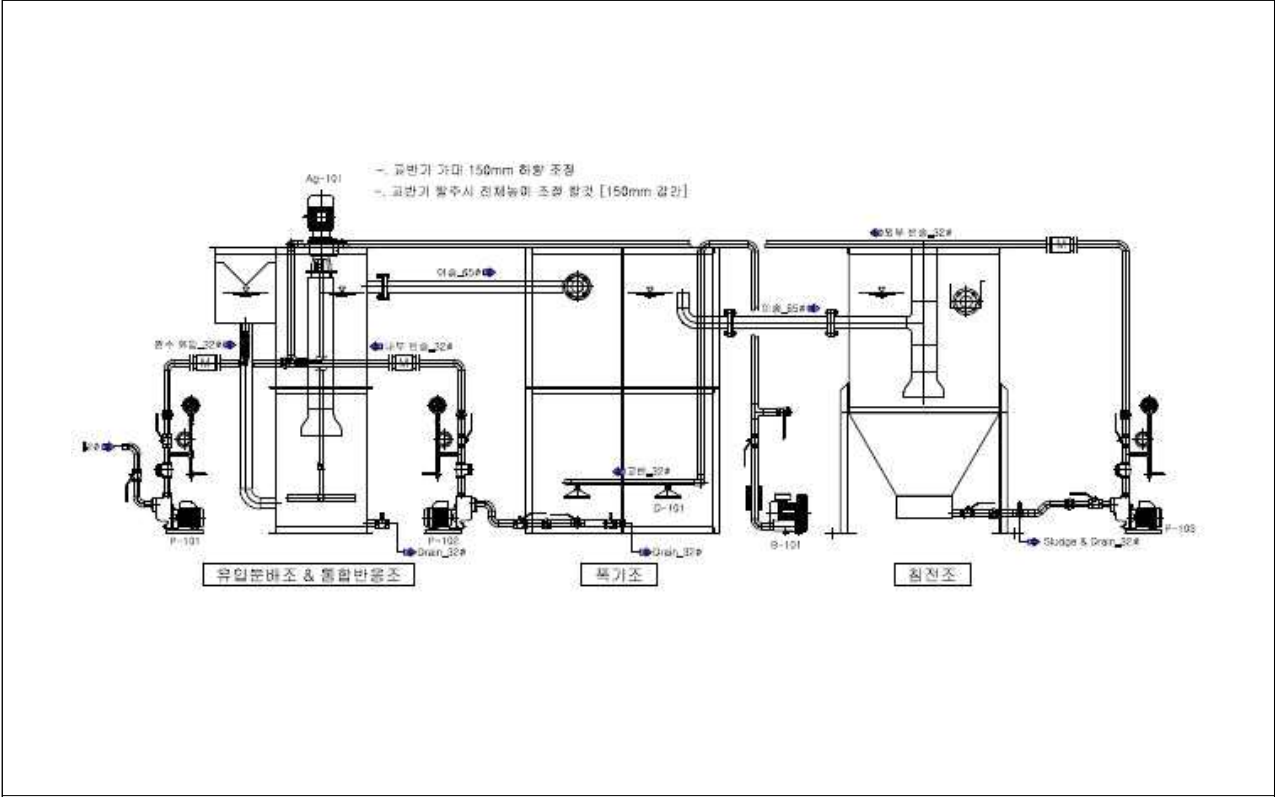
項目	単位	計測	評価
① 試験	合格	合格	合格
② 試験	合格	合格	合格
③ 試験	合格	合格	合格
④ 試験	合格	合格	合格
⑤ 試験	合格	合格	合格
⑥ 試験	合格	合格	合格
⑦ 試験	合格	合格	合格
⑧ 試験	合格	合格	合格
⑨ 試験	合格	合格	合格
⑩ 試験	合格	合格	合格
⑪ 試験	合格	合格	合格
⑫ 試験	合格	合格	合格
⑬ 試験	合格	合格	合格
⑭ 試験	合格	合格	合格
⑮ 試験	合格	合格	合格
⑯ 試験	合格	合格	合格
⑰ 試験	合格	合格	合格
⑱ 試験	合格	合格	合格
⑲ 試験	合格	合格	合格
⑳ 試験	合格	合格	合格
㉑ 試験	合格	合格	合格
㉒ 試験	合格	合格	合格
㉓ 試験	合格	合格	合格
㉔ 試験	合格	合格	合格
㉕ 試験	合格	合格	合格
㉖ 試験	合格	合格	合格
㉗ 試験	合格	合格	合格
㉘ 試験	合格	合格	合格
㉙ 試験	合格	合格	合格
㉚ 試験	合格	合格	合格
㉛ 試験	合格	合格	合格
㉜ 試験	合格	合格	合格
㉝ 試験	合格	合格	合格
㉞ 試験	合格	合格	合格
㉟ 試験	合格	合格	合格
㊱ 試験	合格	合格	合格
㊲ 試験	合格	合格	合格
㊳ 試験	合格	合格	合格
㊴ 試験	合格	合格	合格
㊵ 試験	合格	合格	合格
㊶ 試験	合格	合格	合格
㊷ 試験	合格	合格	合格
㊸ 試験	合格	合格	合格
㊹ 試験	合格	合格	合格
㊺ 試験	合格	合格	合格
㊻ 試験	合格	合格	合格
㊼ 試験	合格	合格	合格
㊽ 試験	合格	合格	合格
㊾ 試験	合格	合格	合格
㊿ 試験	合格	合格	合格

①	Probe	1.8196442628	240	8718304
②	Probe	1.0000000000	250	8718304
③	Wear & Scarce Probe	1.5600001180000028	-	8718304 [mm]
④	Angle	40.000000	11mm	8718304
⑤	Channel	1.00000000 [mm]	-	8718304 [mm]
⑥	Crosser Width	1.8064411900	1mm	8718304
	Pin	1.5999	0.8mm	
	Toe	1.80644096	1mm	
	Reducer	25200011600	1mm	
NO.	圖 名	分 類	寸 法	出 処

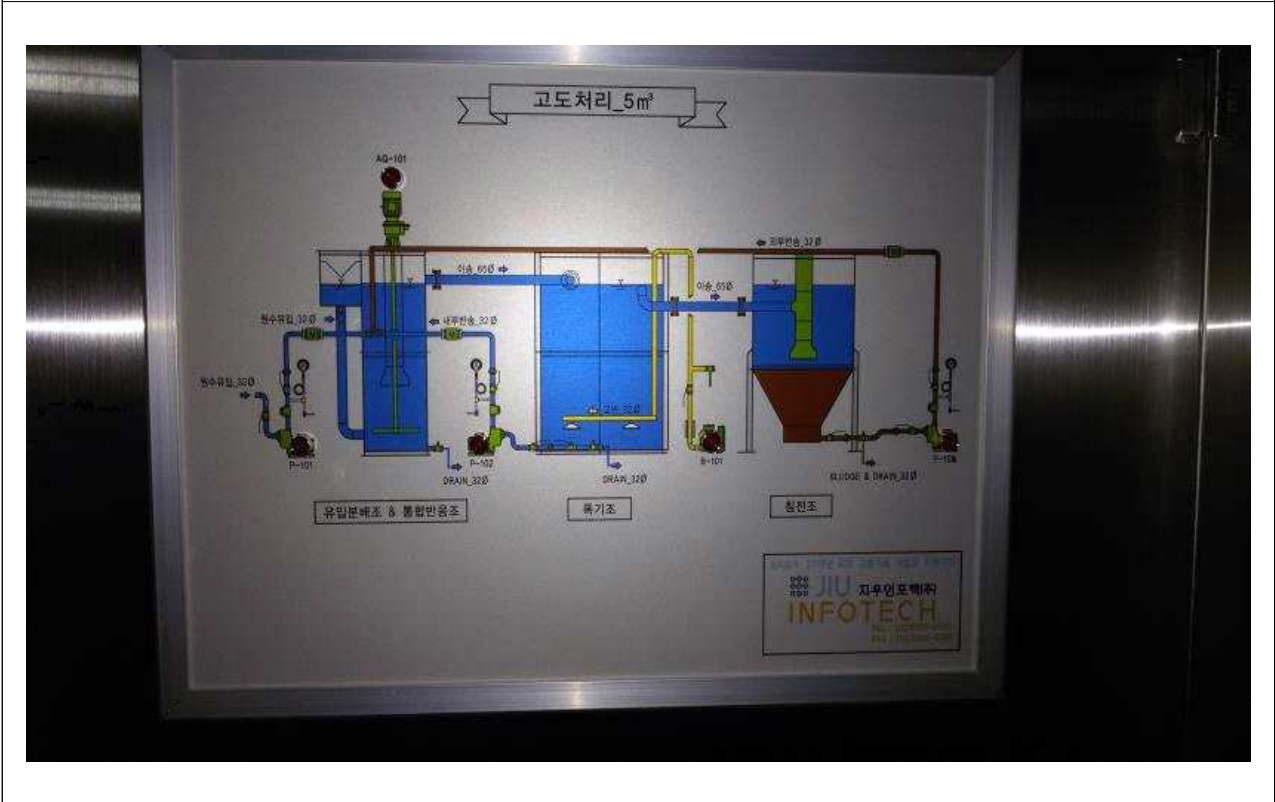




4) 보완설계 시공 및 시험.운영 사진



연구시작품 설계 도면



그래픽 제어 판넬



시스템 LAY-OUT



WALK WAY



통합반응조 교반기



유입분배조



포기조 내부 미세기포 발생 산기관



보조압력탱크



시스템 제어 패널 설치



스컴제거기 설치



침전조 스킴제거기 설치



스킴제거기 설치 작업



침전조 잉여슬러지 자동 배출장치



원수 채수



처리수 침전시험 (SV30)



처리수 침전시험 (SV30)



유입분배조 채수



처리수 채수



자체시험1



자체시험2



폭기조 운영상태



침전조 처리 유출수



유입분배조 운영상태



통합반응조 운영상태

5) 보완설계, 시공 후 연구 시작품 운영 결과

- 가. 보조탱크 시공 후 원수의 유량 변동에도 상시 원 오수 유입이 정량적으로 유입되어 일정한 유입수와 반송 비율을 확보가 가능하였다.
- 나. 수정된 내/외부 반송율에 따라 시스템 운영 후 처리수의 상태가 양호해졌다.
- 다. 스킴의 상시 처리와 일정량의 슬러지를 침전조에서 정기 배출함으로써 처리수의 수질이 좋아지고 용존 산소의 변동으로 인한 수질 저하 상태가 감소하였다.
- 라. 유입수의 농도변화 및 시간대별 수량 변화에도 비교적 대처 가능한 하폐수 고도 처리장치의 운용이 가능하였다.

3. 수행(실험)내용

1) 실험의 목표

- 가. A20공법의 질소인 제거 효율 이상의 제거 효율을 도출키 위함.
- 나. 유입분배장치 와 통합형 혐기 무산소조의 수직적 배치로 효율적인 질소.인의 제거 효율 도출.
- 다. 아울러 BOD,COD,SS등의 양호한 처리효율의 도출.
- 라. 질소,인 제거 효율을 증가시킨 하폐수 고도처리장치의 실용화를 위한 다소의 유입 부하 변동에도 대처가능한지 여부 판단.
- 마. 질소,인 제거 효율을 증가시킨 하폐수 고도처리장치의 실용화를 위한 PILOT PLANT 가 개인하수 처리시설, 소규모 마을하수처리장, 대규모 하수처리장 등에 적용 가능한지의 여부 판단.

2) 시험결과 집계표 및 그래프

질소(N) 시험집계표						인(P) 시험집계표				
NO	일 시	T-N(유입)	T-N(처리)	처리효율	환경공단방류수질	일 시	T-P(유입)	T-P(처리)	처리효율	환경공단방류수질
1	1/20	47.688	7.555	84.2	68.9	1/20	9.139	0.34	96.3	70.1
2	1/24	9.689	3.768	61.1	68.9	1/24	1.306	0.169	87.1	70.1
3	2/3	23.751	5.843	75.4	68.9	2/3	3.31	0.183	95.1	70.1
4	2/10	37.813	8.369	77.9	68.9	2/10	5.314	0.278	94.8	70.1
5	2/23	40.573	7.28	82.1	68.9	2/23	5.45	0.407	92.5	70.1
6	2/24	32.048	6.541	79.6	68.9	2/24	3.137	0.636	79.7	70.1
7	3/2	45.744	7.068	84.5	68.9	3/2	5.371	0.378	93.0	70.1
8	3/8	37.108	10.874	70.7	68.9	3/8	4.319	1.057	75.5	70.1
9	3/10	54.851	9.779	82.2	68.9	3/10	4.622	0.841	81.8	70.1
10	2017-03-17 (10:00)	20.557	6.087	70.4	68.9	2017-03-17 (10:00)	4.563	0.465	89.8	70.1
11	2017-03-17 (14:00)	32.393	6.187	80.9	68.9	2017-03-17 (14:00)	3.974	0.468	88.2	70.1
12	3/20	39.358	4.377	88.9	68.9	3/20	3.097	0.222	92.8	70.1

질소.인 시험집계표



T-N 처리그래프



T-N 처리효율



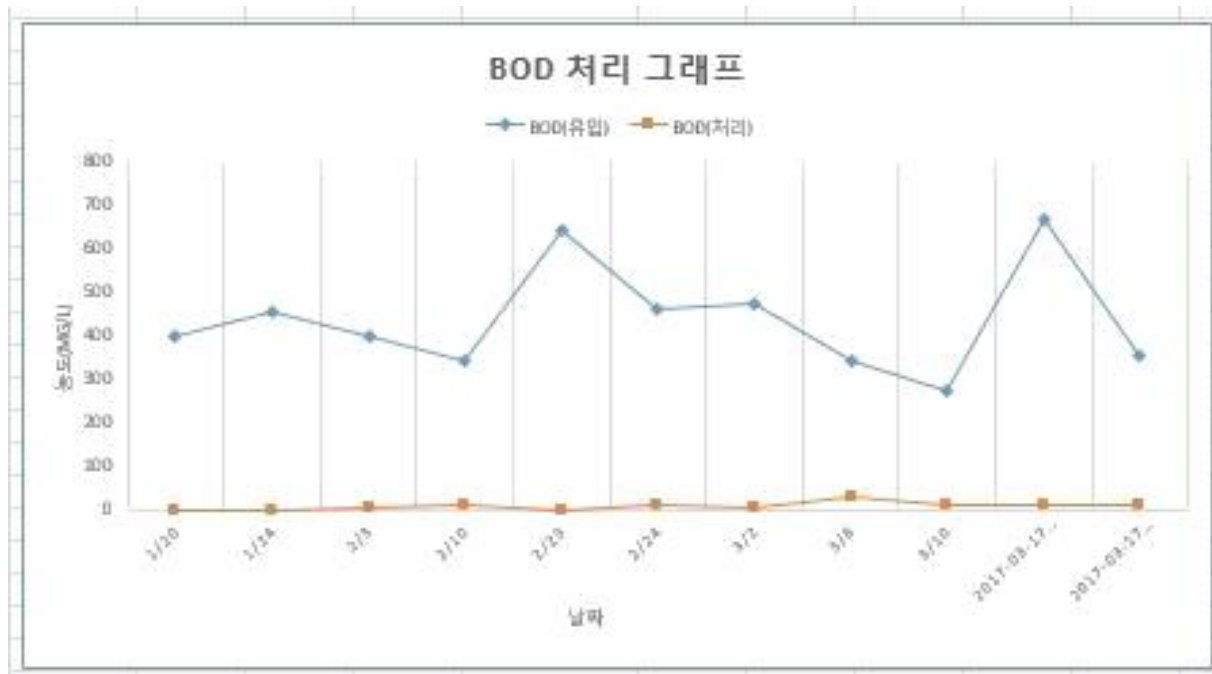
T-P 처리그래프



T-P처리효율

BOD 시험집계표						SS 시험집계표					COD 시험집계표				
NO	일 시	BOD(유입)	BOD(처리)	처리효율	환경공단발표수질	일 시	SS(유입)	SS(처리)	처리효율	환경공단발표수질	일 시	COD(유입)	COD(처리)	처리효율	환경공단발표수질
1	1/20	404.2	4.5	98.9	97.1	1/20	1020	8.4	99.2	97.8	1/20				
2	1/24	458	2.9	99.4	97.1	1/24	850	11.3	98.7	97.8	1/24				
3	2/3	401.05	0.5	98.4	97.1	2/3	751.85	12.8	98.3	97.8	2/3				
4	2/10	344.1	15	95.6	97.1	2/10	653.3	25.2	96.1	97.8	2/10				
5	2/23	643.7	4.2	99.3	97.1	2/23	830	3.6	99.6	97.8	2/23	345	20.8	94.0	88.3
6	2/24	482.2	18.2	96.5	97.1	2/24	446.7	15.6	96.5	97.8	2/24	210	23.7	88.7	88.3
7	3/2	478.5	11.1	97.7	97.1	3/2	640	18.4	97.1	97.8	3/2	350	21	94.0	88.3
8	3/8	343.2	32.8	90.4	97.1	3/8					3/8	283	43	83.7	88.3
9	3/10	278.3	15.3	94.5	97.1	3/10					3/10	174	38.5	77.9	88.3
10	2017-03-17 (10:00)	667.9	12.1	98.2	97.1	2017-03-17 (10:00)					2017-03-17 (10:00)	306.7	25.1	91.8	88.3
11	2017-03-17 (14:00)	361.4	13.7	96.2	97.1	2017-03-17 (14:00)					2017-03-17 (14:00)	182.5	26.9	85.3	88.3
12	3/20					3/20					3/20				

BOD,COD,SS 시험집계표



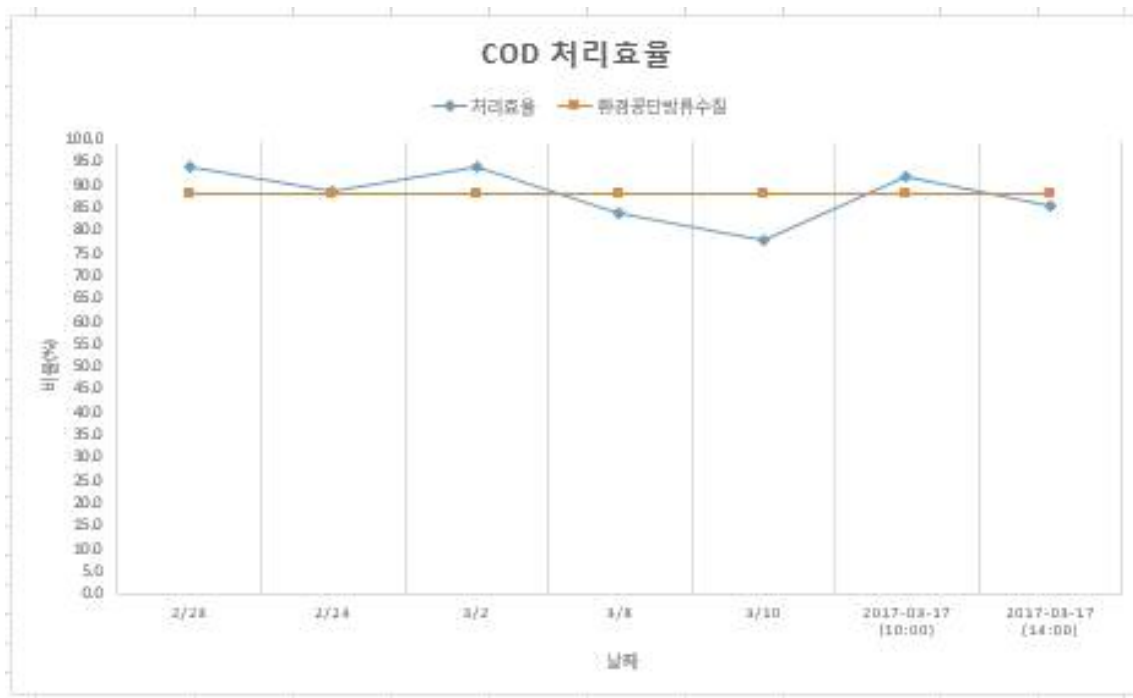
BOD 처리그래프



BOD 처리효율



COD처리그래프



COD처리 효율



SS 처리 그래프



SS 처리효율

4. 성 과

1) 기술적성과

가) 설계인자

당사 연구 시작품 운용 결과 다음과 같이 설계 및 운용 인자를 도출하였다.

- HRT : 1~8HR (통합반응조:1~3HR, 폭기조 :4~8HR)
- SRT : 5 ~ 25일 ·F/M 비 : 0.1 ~ 0.3kgBOD/MLVSS/d
- MLSS : 3,000 ~ 4,000mg/L , ·BOD / TN 비 : 5.0이상
- 슬러지반송율(RAS) : 25 ~ 100%
- 내부반송(Nifrifier 반송) : 100 ~ 300%

나) 시작품(PILOT PLANT) 운용 조건

- HRT : 1~8HR (통합반응조:1~3HR, 폭기조 :4~8HR)
- SRT : 5 ~ 25일 ·F/M 비 : 0.119 kgBOD/MLVSS/d
- MLSS : 3,000 ~ 4,000mg/L , ·BOD / TN 비 : 5.0 ~ 16.1
- 외부 슬러지반송율(RAS) : 87~94 %
- 내부반송(Nifrifier 반송) : 212 %

다) 시험성과

- 다-1. 2012년도 하수처리장 평균 방류수질 발표자료 이상의 제거 효율 도출(질소.인)
- 다-2. 유입분배장치 와 통합형 혐기 무산소조의 수직적 배치로 효율적인 질소.인의 제거 효율 도출.
- 다-3. 아울러 BOD.COD,SS등의 양호한 처리 효율의 도출.
- 다-4. 질소.인 제거 효율을 증가시킨 하폐수 고도처리장치의 실용화를 위한 다소의 유입부하 변동에도 대처 가능(BOD/T-N비: 5.0-16)
- 다-5. 질소.인 제거 효율을 증가시킨 하폐수 고도처리장치의 실용화를 위한 PILOT PLANT가 개인하수 처리시설,소규모 마을 하수 처리장 적용 가능할 것으로 판단되며 대규모 하수 처리장 등에 적용키 위하여 큰 규모의 시설에 추가 실험 실시 및 시스템의 전자동화를 보완하여 적용가능 할 것으로 판단됨.
- 다-6. 수직적 배치 구조의 통합 반응조 구성으로 설치 면적을 줄이고 1대의 교반기로 간헐교반을 시켜 운영비를 절감하였으며 내.외부 반송방법 및 반송비율, 가동 간격조정으로 장비의 전체적인 효율성이 있음을 확인하였다.

라) 시험효율 결과 및 발표기준 처리효율과의 비교

시험항목	T-N	T-P	BOD	COD	SS	비고
시험효율 (%)	78.1	88.9	96.8	87.9	97.9	12회시험결과(평균)
환경공단 발표기준	68.9	70.1	97.1	88.3	97.8	2012년 환경공단방류수질평균

2) 경제적성과

가) 시장 확보계획

가-1. 신기술 인증 후 적극적인 관공사 시장 확보

가-2. 건축 설계사 와 협조로 개인 하수처리시설 설계 및 시공 시장의 확보

가-3. 관공사, 군공사 오수처리시설의 설계 입찰 참여

가-4. 대형 건설 엔지니어링사 의 해외 플랜트 공사 중 오,폐수 처리분야 설계 시공에 참여

가-5. 유사환경 관련사와 기술사용 협약 체결 후 용역료 및 시공 시장 의 확보.

(2개사 와 설계기술 사용 협약 체결)

나) 매출목표 및 수익계획 (당사 기술분): (단위:십만원)

연 도 별		2017 년	2018 년	2019 년	2020 년	2021 년
매출	국내	300	450	1100	1800	2250
	해외		50	100	150	200
합계		300	500	1200	1950	2450
수익	국내	45	67.5	165	270	337.5
	해외		10	20	30	40
합계		45	77.5	185	300	377.5

다) 신규고용목표

다-1. 2017년: 3명 / 2018년: 5명 / 2019년 : 7명

제4장. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

1. 목표 달성도

- 1) 시작품 제작 : 1건 완료
- 2) 시험 : 12 회 실시 및 2012년도 환경공단 발표기준의 방류하수처리효율 이상 결과 도출
- 3) A20공법대비 투입비 10% 원가 달성

(가) 당사기술-A20공법 비교-5ton/day(단위:천원)

(A)비교조건

- 가)수직적 배치 구조로 A20공법의 경우 생물반응조 1기 면적으로 6m2추가함.
- 나)같은 조건으로 비교하기 위해 당사기술을 기본으로 유사장비는 같은 단가를 적용함.
- 다)직접공사비로 적용함.
- 라)토공비용은 지하터파기 및 지하구조물 공사비만 적용함.
- 마)전력비 단가는 산업용(갑1.4kw이상 300kw미만) 단가를 적용함.
- 바)전력량은 역율 및 효율을 적용치 않음.
- 사)소요 부지단가는 평당 200만(60만원/m2)을 적용함.

(B)비교결과

- 가)당사공법(NPRAS)이 A20공법 대비 89%(11%절감)의 투입비로 산정함.

(단위:천원)

공 종 명	당사기술(NPRAS)	A20 공법	비 고
소요부지비용	5m*3m=15m2*600= 9,000	6m*3.5m=21m2*600= 12,600	71%
장비비 및 설치비	32,949	34,090	96%
구조물,토공 공사비	7,902	9,404	84%
전력비/년	1,285	1,423	90%
계	51,136	57,517	당사공법/A20 = 89%

투입원가 비교 집계표

공 사 비 비 교 내 역 서

공 사 명 : 지우 질소,인 고도처리 공법 및 A2O공법 비교

JIU INFOTECH 지우인포텍 주식회사

서울특별시 서초구 효령로 54, 202호
 代表 理 事 : 임 주 권
 TEL : 02-6933-0102 FAX : 6000-93
 e-mail : jiuitf@daum.net
 오·중·우·폐·경수처리 설계 및 시공



제 출 처 : 貴中

제출 일자 : 2017년 05월 18일

아래와 같이 見積 합니다.

품 명	지우 질소,인 고도처리공법(NPRAS)5톤					A2O공법					대비
	규 격	단위	수량	단 가	금 액	규 격	단위	수량	단 가	금 액	
1. 소요부지비용	3M*5M	M2	15	600,000	9,000,000	3.5*6M	M2	21	600,000	12,600,000	71%
2. 장비비및 설치비		lot	1		32,949,033		lot	1		34,089,695	97%
3. 구조물및 토공비용		lot	1		7,901,680		lot	1		9,404,000	84%
[금액합계]					49,850,713					56,093,695	89%

** 비교 조건 **

1. 부가세 별도.
2. 1차전원 인입 및 연결공사 제외.
3. 유입라인 인입 및 연결공사 제외.
4. 처리장 외부 배수 및 막트라인공사 제외
5. 지하 토공및 골조만 계상.

2. 관련 분야 기여도

1) 과학기술적 측면

하수처리시설 등 시설 관리자가 특정되지 않은 현장에 적용 시 일상 점검만으로 시설 운영이 가능해 활용 효과가 높다. 본 기술의 특징인 탈인·탈질반응이 진행되는 수직 배치 구조의 탈질통합반응조 및 추가 질소, 인을 처리 할수 있는 침전조 와 유입수 공급라인을 응용.개량 제작하고 혐기조와 무산소조를 수직흐름식 배치구조로 통합 하여 설치 공간을 줄이며, 또한 교반기의 설치 및 가동에 따른 에너지 소요량을 감소 시키고, 종래와 동등 수준 이상의 질소, 인 제거효율을 기대할 수 있는 하폐수 고도처리 장치인 기술적 측면에서 활용가치가 매우 높고 기존 수처리 기술의 분야에서 파급 효과 및 기술의 확산 효과가 기대되며 수처리 기술의 경쟁력 향상에 파급효과 또한 기대된다.

2) 사회·경제적 측면

시설 공사비의 큰 비중을 차지하는 설치공간을 줄이고 장비의 수를 줄이며 유지 관리비가 기존의 시스템에 비해 높은 비율로 절감되며 유지관리의 편리성으로 인한 부가적인 경제적 파급 효과를 기대할 수 있다.

외국기술 도입에 따른 기술 사용료 및 2차 처리과정인 막 등의 수입대체 효과가 있으며 국내 및 해외 경쟁력 향상을 기여할 수 있고 신규 고용 창출을 할 수 있는 여력이 기업에게 부여 되므로 경제적인 실익이 기대된다.

3) 정책적 측면

사업화 과제인 본 기술의 특징인 탈인·탈질반응이 진행되는 수직배치 구조의 탈질통합 반응조 및 추가 질소, 인을 처리 할수 있는 침전조 와 유입수공급라인을 응용. 개량 제작하고 혐기조와 무산소조를 수직흐름식 배치구조로 통합 하여 설치 공간을 줄이며, 또한 교반기의 설치 및 가동에 따른 에너지 소요량을 감소시키고, 종래와 동등 이상의 질소, 인 제거효율을 기대할 수 있는 하폐수 고도처리장치인 기술적 측면에서 활용가치가 매우 높고 기존 수처리 기술의 분야에서 파급 효과 및 기술의 확산 효과가 기대되며 수처리 기술의 경쟁력 향상에 파급효과 또한 기대된다. 생물학적 처리에 있어 보다 효율적인 접촉의 단계구성을 통해 하수의 처리시간을 단축시키면서, 처리 효율을 향상시켰고 시설물의 관리가 쉬울 뿐 만 아니라 전문 인력 또한 기존 수처리 기술보다 양성하기가 쉽다. 또한 이 기술의 활성화로 산업현장의 설치 필요성에 대한 경제적으로 보완할 수 있는 공법이므로 시장을 키워 국.내외의 매출 증대를 기대할 수 있다.

제5장. 연구개발성과의 활용계획

1) 현황:

상수원 보호구역이 확대, 고층건물의 중수도 시설 의무화에 따라 점차 국내에서도 하수처리시설에 대한 고도처리 시설의 수요가 증가되고 있는 반면, 현재 국내 적용된 기존의 수처리 기술의 일부 문제점을 보완할 필요가 있다.

본 과제인 “질소.인의 제거효율을 증가시킨 하폐수고도처리장치”는 기존의 수처리 기술의 문제점을 보완한 기술로서 하수처리시설에 본 기술을 적용 시 경제적 활용가치가 높을 뿐 아니라 설계 및 현장적용 그리고 환경신기술 인증을 진행 하여 환경신기술 인증 후 관공서 수처리설비로 사업화를 확대 등 활용성이 다양할 것으로 확신 합니다.

2) 개인 하수처리 시설,소규모 마을 하수 처리 시설에의 적용.

가. 건축 설계사와 협조하여 **개인 하수 처리 시설**의 설계 및 시공으로 판로 개척

나. 환경 관련 회사 와의 **기술 공급 계약 체결** : 2개 회사 기술 사용협약 체결 완료
(향후 설계에 반영 하여 기술료 및 시공시 매출 발생 예정)

다. 관공사 또는 군부대의 **소규모 마을 하수 처리시설**의 참여의향서 제출로 판로 개척.

라. **신기술 인증 및 유지관리** 보완 후 하수처리시설 등 적극적인 국내 판로 개척 예정.

마. 대형 건설 엔지니어링사와 협조로 **해외 플랜트 시장** 중 오.폐수 처리부분 설계에

제6장. 참고 문헌

- * 폐수처리공학.김동민 김선희 외 공저(동화기술)
 - * 폐수처리공학. 1.2 고광백 김영관외 공저(동화기술)
 - * 상하수도 기술사 개론.조영덕 지음(세진사)
 - * 하수도법령, 물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률등
 - * 생물학적질소제거<DICER Report, 토픽리뷰, 2009년 9월>, 포항공과대학 환경공학부
김영모
 - * 생물학적 질소 제거
 - * 환경경영정보포탈
-

제7장. 국토교통기술 최종보고서 수정,보완 대비표 (평가위원 의견사항 보완대비표)

- 시 행 처 : 국토교통부(국토교통과학기술진흥원)
- 사 업 명 : 국토교통기술사업화 지원사업
- 지원품목 : 중소기업-건설-플랜트-폐기물 및 수처리기술
- 과 제 명 : 질소,인 제거효율을 증가시킨 하폐수 고도처리장치의 실용화 개발

2017. 05. 18

주관기관 : 지우인포텍(주)

목 차

- 1) 최종보고서 수정·보완 대비표
- 2) 종합의견에 대한 증빙자료
- 3) 평가위원별 의견에 대한 증빙자료

1. 최종보고서 수정·보완 대비표

○ 과 제 명 : 질소·인 제거 효율을 증가시킨 하폐수 고도처리장치의
실용화 개발

○ 연 구 기 관 : 지우인포텍(주)

○ 연구책임자 : 조 경 재

○ 평가결과 종합의견

구분	수정·보완의견 (요구사항)	반영여부 (√ 표기)	주1) 수정·보완의견 (요구사항) 반영내용 요약	주2) 관련 페이지	주3) 비고
수정·보완 사항	질소·인 제거 효율에 대한 실험 데이터의 신뢰성이 떨어져 과학 적인 실험결과 제시 필요	☒ 보완 ☐ 보완불가	일부 시험성적서를 대체 제시 하였고 향후 시설 을 SCALE UP 하여 과학적 시험 결과 제시 예정	4 page 7 page 85 page 첨부자료	
	수행중인 Pilot Plant가 연속 운전으로 수행한 것이 아니므로 설계자료 제시가 수정되거나 연속운전 기준의 설계자료 작성필요	☐ 보완 ☒ 보완불가			각조의 체류시간 을 오수량 으로 통제 하 였고 유량조정조로 보 완 가능하나 향후 녹 색기술 인증신청 시 SCALE UP 하여 설계 자료 보완예정.
	투입원가, 경제성 평가에 관한 정량적인 계산 근거자료 제시	☒ 보완 ☐ 보완불가	수정` 투입원가 대비표 첨부	87 page 첨부자료	
기타의견 (권고사항)	사업화진행을 위해 녹색기술 인증 등을 추진하여 객관적인 성능인증 자료를 확보할수 있도록 추진 필요	☐ 보완 ☒ 보완불가			향후 녹색기술 신청 시, 시설규모를 크게 하여 성능인증 보완예정
	제출한 성능보증서의 수질 농도가 일반적인 생물학적 처리 수질(방류수질) 보다 너무 낮으므로 향후 재검증 필요	☒ 보완 ☐ 보완불가	2012년도 환경공단 발표 평균 방류 수질 로 기준 변경 하였고 일부 시험 성적서 대체	4 page 7 page 79 ~ 84 page	

○ 전문기관 의견

구분	수정 · 보완의견 (요구사항)	반영여부 (√ 표기)	주1) 수정 · 보완의견 (요구사항) 반영내용 요약	주2) 관련 페이지	주3) 비고
수정·보완 사항	○ 기술 홍보를 위한 SMK 작성 및 제출 ※ 샘플 참고	☒ 보완 ☐ 보완불가	브로슈어 및 SMK자료 첨부	별첨	

○ 평가위원별 의견(지우인포텍(주))

구분	수정 · 보완의견 (요구사항)	반영여부 (√ 표기)	주1) 수정 · 보완의 견 (요구사항) 반영내용 요약	주2) 관련 페이지	주3) 비고
A위원	- 국내외 판매시장이 많이 있어 판로개척 가능성이 있으나, 유사기술이 많이 있으므로 시장점유 가능성이 높지 않음 - 제출된 성능 보증서 수질중 BOD, T-P 농도는 일반적인 오수의 생물학적 처리수질(방류수질) 보다 너무 낮음(향후 재검증 필요)	☒ 보완 ☐ 보완불가	2012년도 환경 공단 발표 평균 방류수질 로 기 준 변경하였고 일부 시험성적서 대체	4 page 7 page 79~84 page 별첨자료	향후 녹색기술 신청시 시설규모를 크게 하여 성능인증 보완 예정
B위원	- 시설의 복지가 협소한 경우에 유리한 기술로써 적용 성이 높으며, 사업화를 위해 추가로 세부 연관 분 야에 대한 기술의 정립 필요	☐ 보완 ☒ 보완불 가			향후 시설규모를 크게 하여 세부 연관분야 기술 보완 예정
C위원	- 기존기술에 비해 질소와 인의 높은 처리효율이 얻 어진 기술로서 유지비용을 감소시킬 수 있는 기술 로 판단됨	☐ 보완 ☐ 보완불가			
D위원	- 실험 방법면에서의 착오 때문이지 몰라도 데이 터의 신빙성이 떨어짐 본 기술의 사업화를 위 해서는 규모면이나 데이터의 신빙성을 증가시 키는 노력이 필요할 것으로 보임	☐ 보완 ☒ 보완불가			짧은 기간의 시험으로 애로 사항 많았으나 사업화를 위한 큰 규모로 데이터 보완예정
E위원	- 실험 결과에 대한 신뢰성이 떨어져있고, 수익 성, 시장성 등에 대한 구체적인 데이터 제시가 필요	☒ 보완 ☐ 보완불가	시장성.수익성 목표는 제시되어 있음	86 page 87 page	향후 녹색기술 신청 시 시설규모를 크게 하여 시험 결과 신뢰성을 높일 예정
F위원	- 질소 · 인 제거 효율이 타공법에 비해 높은것에 대한 과학적인 메커니즘 및 실험 결과를 제시할 필요가 있음	☐ 보완 ☒ 보완불가			효율이 좋은공법 으로 판단되나 녹색기술 신청시 시설규모를 크게 시험하여 과학적 실험결과를 제시 할 예정임
G위원	- 사업화 실적 제시가 필요하며, 수질기조를 제시하 고 이를 달성할 수 있는지 여부를 제시해야 함	☒ 보완 ☐ 보완불가	2012년도 환경부 발표 하수처리장 방류 수질 현황 제시	4 page 7 page 79~84 page 86 page	사업화 실적 연도별 목표를 달성할 예정 임

2. 종합의견에 대한 증빙자료

(1) 시험성적서

 (주)청룡환경 서울특별시 구로구 구로3동 197-22 Tel:02-851-3811 Fax:02-851-0668		시험성적서		 ISO 14001 인증 페이지 수 (1 / 1)		
1. 의뢰자 0 시료번호 : CEC-14-17-01-119 ~ CEC-14-17-01-120 0 기 관 명 : 지우인포텍 0 주 소 : 서울특별시 서초구 효령로 54 (방배동, 대양빌딩) 202호 0 의뢰일자 : 2017년 01월 20일 2. 시 료 품 명 : 이전 하폐수 고도처리장치 원수 외 1개 항목 3. 시 형 기 간 : 2017년 01월 20일 ~ 2017년 01월 26일 4. 시 형 방 법 : 수질오염공정시험기준 (환경부고시 제 2016-65호) 5. 시 형 결 과 :						
분석항목	구 분	기 준	측 정 결 과		단 위	비 고
			이전 하폐수 고도처리장치 원수	이전 하폐수 고도처리장치 처리수		
수소이온농도	-	-	6.69	7.04		
생물화학적산소요구량	-	-	404.2	4.5	mg/L	
부유물질	-	-	1,020.0	8.4	mg/L	
총질소	-	-	47.686	7.555	mg/L	
총인	-	-	9.139	0.340	mg/L	
탁도	-	-	270.00	2.40	NTU	
- 이 하 여 백 -						

상기사항은 (주)청룡환경에 의뢰한 측정분석의 성적입니다.

분석담당자 성명 오 혜 리 (인) 기술책임자 성명 이 재 훈 (인)

2017년 01월 26일

青 龍 環 境 代 表 理 事


* 본 성적서는 제출된 시료에 국한하고, 분정해결이나 법정소송용으로 사용될 수 없습니다.



(주)청룡환경

서울특별시 구로구 구로3동 197-22
Tel:02-851-3811 Fax:02-851-0668

시험성적서



ISO 14001 인증

페이지 수 (1 / 1)

1. 의뢰자

- 0 시료번호 : CEC-14-17-01-128 ~ CEC-14-17-01-129
- 0 기 관 명 : 지우인포텍
- 0 주 소 : 서울특별시 서초구 효령로 54 (방배동, 대양빌딩) 202호
- 0 의뢰일자 : 2017년 01월 24일

2. 시 료 품 명 : 이천 하폐수 고도처리장치 원수 외 1개 항목

3. 시 형 기 간 : 2017년 01월 24일 ~ 2017년 02월 01일

4. 시 험 방 법 : 수질오염공정시험기준 (환경부고시 제 2016-65호)

5. 시 험 결 과 :

분석항목	구 분	기 준	측 정 결 과		단 위	비 고
			이천 하폐수 고도처리장치 원수	이천 하폐수 고도처리장치 처리수		
생물화학적산소요구량	-		458.0	2.9	mg/L	
부유물질	-		850.0	11.3	mg/L	
총질소	-		9.689	3.768	mg/L	
총인	-		1.306	0.169	mg/L	
- 이 하 여 백 -						

상기사항은 (주)청룡환경에 의뢰한 측정분석의 성적입니다.

분석담당자 성명 오 해 리 (인)

기술책임자 성명 이 재 훈 (인)

2017년 02월 01일

青龍環境 代表理事



* 본 성적서는 제출된 시료에 국한하고, 부정해결이나 법적소송용으로 사용될 수 없습니다.



(주)청룡환경

서울특별시 구로구 구로3동 197-22
Tel: 02-851-3511 Fax: 02-851-0568

시험성적서



ISO 14001 인증

페이지 수 (1 / 1)

1. 의뢰자
 - 0 시료번호 : DEC-14-17-02-177 ~ DEC-14-17-02-178
 - 0 기 관 명 : 지우민포텍
 - 0 주 소 : 서울특별시 서초구 효령로 54 (방배동, 대양빌딩) 202호
 - 0 의뢰일자 : 2017년 02월 03일
2. 시 료 용 명 : 슬러지 처리전 방류수 외 1개 항목
3. 시 업 기 간 : 2017년 02월 03일 ~ 2017년 02월 10일
4. 시 형 방 법 : 수질오염공정시험기준 (환경부고시 제 2016-85호)
5. 시 형 결 과 :

분석항목	구 분	기 준	측 정 결 과		단 위	비 고
			슬러지 처리전 방류수	슬러지 처리후 방류수		
생물화학적산소요구량	-	8.6	8.6	6.5	mg/L	
부유물질	-	7.2	7.2	12.8	mg/L	
총질소	-	4.040	4.040	5.843	mg/L	
총인	-	0.494	0.494	0.183	mg/L	
- 이 하 예 목 -						

상기시험은 (주)청룡환경에 의뢰한 측정분석의 성적입니다.

분석담당자 성명 오 해 리  기술책임자 성명 이 재 훈 

2017년 02월 10일

靑 龍 環 境 代 表 理 事



- 본 성적서는 최후의 시료에 대한 것이고, 변경불가능하며 영장4승봉으로 사용될 수 있습니다.



(주)청룡환경

서울특별시 구로구 구로3동 197-22
Tel: 02-851-3811 Fax: 02-851-0668

시험성적서



ISO 14001 인증

페이지 수 (1 / 1)

1. 의뢰자

- 0 시료번호 : CEC-14-17-02-209 ~ CEC-14-17-02-211
- 0 기 관 명 : 지우인포텍
- 0 주 소 : 서울특별시 서초구 효령로 54 (방배동, 대양빌딩) 202호
- 0 의뢰일자 : 2017년 02월 10일

2. 시 료 품 명 : 슬러지 처리전 방류수 외 2개 항목

3. 시 험 기 간 : 2017년 02월 10일 ~ 2017년 02월 17일

4. 시 험 방 법 : 수질오염공정시험기준 (환경부고시 제 2016-65호)

5. 시 험 결 과 :

분석항목	구 분	기 준	측 정 결 과			단 위	비 고
			슬러지 처리전 방류수	슬러지 처리후 방류수	NC백화점 고도처리 유입수		
생물화학적산소요구량	-	-	27.2	15.0	344.1	mg/L	
부유물질	-	-	27.2	25.2	653.3	mg/L	
총질소	-	-	6.185	8.369	37.813	mg/L	
총인	-	-	1.107	0.278	5.314	mg/L	
- 이 하 어 백 -							

상기사항은 (주)청룡환경에 의뢰한 측정분석의 성적입니다.

분석담당자 성명 모 헤 리 (인) 기술책임자 성명 이 재 훈 (인)

2017년 02월 17일

靑龍環境 代表理事



* 본 성적서는 최종된 시료에 국한하고, 부정확하거나 법령소용없음으로 사용될 수 없습니다.



(주)청룡환경

서울특별시 구로구 구로3동 197-22
Tel: 02-851-3811 Fax: 02-851-0668

시험성적서



ISO 14001 인증

페이지 수 (1 / 1)

1. 의뢰자

- 0 시료번호 : CEC-14-17-02-343 - CEC-14-17-02-344
- 0 기 관 명 : 지우인포텍
- 0 주 소 : 서울특별시 서초구 효령로 54 (방배동, 대양빌딩) 202호
- 0 의뢰일자 : 2017년 02월 23일

2. 시 료 품 명 : 이천 하폐수 고도처리장치 유입수 외 1개 항목

3. 시 형 기 간 : 2017년 02월 23일 ~ 2017년 03월 03일

4. 시 형 방 법 : 수질오염공정시험기준 (환경부고시 제 2016-65호)

5. 시 형 결 과 :

분석항목	구 분	기 준	측 정 결 과		단 위	비 고
			이천 하폐수 고도처리장치 유입수	이천 하폐수 고도처리장치 처리수		
생물화학적산소요구량	-	-	643.7	4.2	mg/L	
화학적산소요구량	-	-	345.0	20.6	mg/L	
부유물질	-	-	830.0	3.6	mg/L	
총질소	-	-	40.573	7.280	mg/L	
총인	-	-	5.450	0.407	mg/L	
- 이 하 여 백 -						

상기사항은 (주)청룡환경에 의뢰한 측정분석의 성적입니다.

분석담당자 성명 오 해 리

기술책임자 성명 이 재 훈

2017년 03월 03일

靑 龍 環 境 代 表 理 事



* 본 성적서는 제출된 시료에 국한하고, 분쟁매질이나 법정소송용으로 사용될 수 없습니다.



(주)청룡환경

서울특별시 구로구 구로3동 197-22
Tel: 02-851-3811 Fax: 02-851-0668

시험성적서



ISO 14001 인증

페이지 수 (1 / 1)

1. 의뢰자

- 0 시료번호 : CEC-14-17-02-358 - CEC-14-17-02-359
- 0 기관명 : 지우인포텍
- 0 주소 : 서울특별시 서초구 효령로 54 (방배동, 대양빌딩) 202호
- 0 의뢰일자 : 2017년 02월 24일

- 2. 시 료 품 명 : 아천 하폐수 고도처리장치 유입수 외 1개 항목
- 3. 시 험 기 간 : 2017년 02월 24일 - 2017년 03월 06일
- 4. 시 험 방 법 : 수질오염공정시험기준 (환경부고시 제 2016-65호)
- 5. 시 험 결 과 :

분석항목	구 분	기 준	측 정 결 과		단 위	비 고
			이전 하폐수 고도처리장치 유입수	이전 하폐수 고도처리장치 처리수		
생물화학적산소요구량	-	-	482.2	16.2	mg/L	
화학적산소요구량	-	-	210.0	23.7	mg/L	
부유물질	-	-	446.7	15.6	mg/L	
총질소	-	-	32.048	6.541	mg/L	
총인	-	-	3.137	0.636	mg/L	
- 이 하 여 백 -						

상기사항은 (주)청룡환경에 의뢰한 측정분석의 성적입니다.

분석담당자 성명 오 해 리 (인)

기술책임자 성명 이 재 훈 (인)

2017년 03월 06일

青 龍 環 境 代 表 理 事



* 본 성적서는 제출된 시료에 국한하고, 분장해결이나 법정소송용으로 사용될 수 없습니다.



(주)청룡환경

서울특별시 구로구 구로3동 197-22
Tel: 02-851-3811 Fax: 02-851-0668

시험성적서



ISO 14001 인증

페이지 수 (1 / 1)

1. 의뢰자

- 0 시료번호 : CEC-14-17-03-401 ~ CEC-14-17-03-402
- 0 기관명 : 지우인포텍
- 0 주소 : 서울특별시 서초구 효령로 54 (방배동, 대양빌딩) 202호
- 0 의뢰일자 : 2017년 03월 02일

2. 시 료 품 명 : 이천 하폐수 고도처리장치 유입수 외 1개 항목

3. 시 형 기 간 : 2017년 03월 02일 ~ 2017년 03월 09일

4. 시 형 방 법 : 수질오염공정시험기준 (환경부고시 제 2016-65호)

5. 시 형 결 과 :

분석항목	구 분	기 준	측 정 결 과		단 위	비 고
			이천 하폐수 고도처리장치 유입수	이천 하폐수 고도처리장치 처리수		
생물화학적산소요구량	-		476.5	11.1	mg/L	
화학적산소요구량	-		350.0	21.0	mg/L	
부유물질	-		640.0	18.4	mg/L	
총질소	-		45.744	7.068	mg/L	
총인	-		5.371	0.378	mg/L	
- 이 하 여 백 -						

상기사항은 (주)청룡환경에 의뢰한 측정분석의 성적입니다.

분석담당자 성명 오 해 리 (인)

기술책임자 성명 이 재 훈 (인)

2017년 03월 09일

青龍環境 代表理事



* 본 성적서는 제출한 시료에 국한하고, 분쟁해결이나 법적소송용으로 사용할 수 없습니다.



(주)청룡환경

서울특별시 구로구 구로3동 197-22
Tel: 02-851-3811 Fax: 02-851-0668

시험성적서



ISO 14001 인증

페이지 수 (1 / 1)

1. 의뢰자

- 0 시료번호 : CEC-14-17-03-479 ~ CEC-14-17-03-480
- 0 기 관 명 : 지우인포텍
- 0 주 소 : 서울특별시 서초구 효령로 54 (밤배동, 대양빌딩) 202호
- 0 의뢰일자 : 2017년 03월 08일

2. 시 료 품 명 : 미천 하폐수 고도처리장치 유입수 외 1개 항목

3. 시 험 기 간 : 2017년 03월 08일 ~ 2017년 03월 15일

4. 시 험 방 법 : 수질오염공정시험기준 (환경부고시 제 2016-65호)

5. 시 험 결 과 :

분석항목	구 분	기 준	측 정 결 과		단 위	비 고
			미천 하폐수 고도처리장치 유입수	미천 하폐수 고도처리장치 처리수		
생물화학적산소요구량	-	-	343.2	32.8	mg/L	
화학적산소요구량	-	-	263.3	43.0	mg/L	
총질소	-	-	37.108	10.874	mg/L	
총인	-	-	4.319	1.057	mg/L	
- 이 하 여 백 -						

상기사항은 (주)청룡환경에 의뢰한 측정분석의 성적입니다.

분석담당자 성명 오 해 리 (인)

기술책임자 성명 이 재 훈 (인)

2017년 03월 15일

青 龍 環 境 代 表 理 事



본 성적서는 제출된 시료에 국한하고, 분정해결이나 법정소송용으로 사용될 수 없습니다.



(주)청룡환경

서울특별시 구로구 구로3동 197-22
Tel:02-851-3811 Fax:02-851-0668

시험성적서



ISO 14001 인증

페이지 수 (1 / 1)

1. 의뢰자

- 0 시료번호 : CEC-14-17-03-538
- 0 기 관 명 : 지우인포텍
- 0 주 소 : 서울특별시 서초구 효령로 54 (방배동, 대양빌딩) 202호
- 0 의뢰일자 : 2017년 03월 10일

2. 시 료 품 명 : 이천 하폐수 고도처리장치 원수

3. 시 형 기 간 : 2017년 03월 10일 ~ 2017년 03월 17일

4. 시 형 방 법 : 수질오염공정시험기준 (환경부고시 제 2016-65호)

5. 시 형 결 과 :

분석항목	구 분	기 준	측 정 결 과	단 위	비 고
			이천 하폐수 고도처리장치 원수		
생물화학적산소요구량	-	-	276.3	mg/L	
화학적산소요구량	-	-	174.0	mg/L	
총질소	-	-	54.851	mg/L	
총인	-	-	4.622	mg/L	
- 이 하 여 백 -					

상기사항은 (주)청룡환경에 의뢰한 측정분석의 성적입니다.

분석담당자 성명 오 해 리 (인) 기술책임자 성명 이 재 훈 (인)

2017년 03월 17일

青 龍 環 境 代 表 理 事



* 본 성적서는 제출된 시료에 국한하고, 부정해결이나 합성수출용으로 사용될 수 없습니다.



(주)청룡환경

서울특별시 구로구 구로3동 197-22
Tel: 02-851-3811 Fax: 02-851-0668

시험성적서



ISO 14001 인증

페이지 수 (1 / 1)

1. 의뢰자

- 0 시료번호 : CEC-14-17-03-539
- 0 기 관 명 : 지우인포텍
- 0 주 소 : 서울특별시 서초구 효령로 54 (방배동, 대양빌딩) 202호
- 0 의뢰일자 : 2017년 03월 10일

2. 시 료 품 명 : 이천 하폐수 고도처리장치 방류수

3. 시 형 기 간 : 2017년 03월 10일 ~ 2017년 03월 17일

4. 시 형 방 법 : 수질오염공정시험기준 (환경부고시 제 2016-65호)

5. 시 형 결 과 :

구 분 분석항목	기 준	측 정 결 과	단 위	비 고
		이천 하폐수 고도처리장치 방류수		
생물화학적산소요구량	-	15.3	mg/L	
화학적산소요구량	-	38.5	mg/L	
총질소	-	9.779	mg/L	
총인	-	0.841	mg/L	
용존산소	-	1.4	mg/L	
- 이 하 여 백 -				

상기사항은 (주)청룡환경에 의뢰한 측정분석의 성적입니다.

분석담당자 성명 오 해 리 (인)

기술책임자 성명 이 재 훈 (인)

2017년 03월 17일

靑 龍 環 境 代 表 理 事



· 본 성적서는 제출된 시료에 국한하고, 부정해결이나 법정소송용으로 사용될 수 없습니다.



(주)청룡환경

서울특별시 구로구 구로3동 197-22
Tel: 02-851-3811 Fax: 02-851-0668

시험성적서



ISO 14001 인증

페이지 수 (1 / 1)

1. 의뢰자

- 0 시료번호 : CEC-14-17-03-699 ~ CEC-14-17-03-700
- 0 기 관 명 : 지우인포텍
- 0 주 소 : 서울특별시 서초구 효령로 54 (방배동, 대양빌딩) 202호
- 0 의뢰일자 : 2017년 03월 17일

2. 시 료 품 명 : 10시 이전하폐수 고도처리장치 원수 외 1개 항목

3. 시 형 기 간 : 2017년 03월 17일 ~ 2017년 03월 24일

4. 시 형 방 법 : 수질오염공정시험기준 (환경부고시 제 2016-65호)

5. 시 형 결 과 :

분석항목	구 분	기 준	측 정 결 과		단 위	비 고
			10시 이전하폐수 고도처리장치 원수	14시 이전하폐수 고도처리장치 원수		
생물화학적산소요구량	-	-	667.9	361.4	mg/L	
화학적산소요구량	-	-	306.7	182.5	mg/L	
총질소	-	-	20.557	32.393	mg/L	
총인	-	-	4.563	3.974	mg/L	
용존산소	-	-	0.8	0.7	mg/L	
- 이 하 여 백 -						

상기사항은 (주)청룡환경에 의뢰한 측정분석의 성적입니다.

분석담당자 성명 오 해 리 (인)

기술책임자 성명 이 재 훈 (인)

2017년 03월 24일

靑 龍 環 境 代 表 理 事



* 본 성적서는 제출된 시료에 국한하고, 본형제표나 법정소송용으로 사용할 수 없습니다.



(주)청룡환경

서울특별시 구로구 구로3동 197-22
Tel:02-851-3811 Fax:02-851-0668

시험성적서



ISO 14001 인증

페이지 수 (1 / 1)

1. 의뢰자

- 0 시료번호 : CEC-14-17-03-703 ~ CEC-14-17-03-704
- 0 기 관 명 : 지우인포텍
- 0 주 소 : 서울특별시 서초구 효령로 54 (방배동, 대양빌딩) 202호
- 0 의뢰일자 : 2017년 03월 17일

2. 시 료 품 명 : 10시 이전하폐수 고도처리장치 처리수 외 1개 항목

3. 시 험 기 간 : 2017년 03월 17일 ~ 2017년 03월 24일

4. 시 험 방 법 : 수질오염공정시험기준 (환경부고시 제 2016-65호)

5. 시 험 결 과 :

구 분 분석항목	기 준	측 정 결 과		단 위	비 고
		10시 이전하폐수 고도처리장치 처리수	14시 이전하폐수 고도처리장치 처리수		
생물화학적산소요구량	-	12.1	13.7	mg/L	
화학적산소요구량	-	25.1	26.9	mg/L	
총질소	-	6.087	6.187	mg/L	
총인	-	0.465	0.468	mg/L	
- 이 하 여 백 -					

상기사항은 (주)청룡환경에 의뢰한 측정분석의 성적입니다.

분석담당자 성명 오 해 리 (인)

기술책임자 성명 이 재 훈 (인)

2017년 03월 24일

靑 龍 環 境 代 表 理 事



* 본 성적서는 제출한 시료에 국한하고, 분할해결이나 법정소송용으로 사용될 수 없습니다.

 (주)청룡환경 서울특별시 구로구 구로3동 197-22 Tel:02-851-3811 Fax:02-851-0668	시험성적서	 ISO 14001 인증 페이지 수 (1 / 1)																																																																																			
1. 의뢰자 0 시료번호 : CEC-14-17-03-728 0 기 관 명 : 지우인포텍 0 주 소 : 서울특별시 서초구 효령로 54 (방배동, 대양빌딩) 202호 0 의뢰일자 : 2017년 03월 20일 2. 시 료 품 명 : 이천 하폐수 고도처리장치 원수 3. 시 험 기 간 : 2017년 03월 20일 ~ 2017년 03월 27일 4. 시 험 방 법 : 수질오염공정시험기준 (환경부고시 제 2016-65호) 5. 시 험 결 과 :																																																																																					
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">분석항목</th> <th rowspan="2">구 분</th> <th rowspan="2">기 준</th> <th colspan="2">측 정 결 과</th> <th rowspan="2">단 위</th> <th rowspan="2">비 고</th> </tr> <tr> <th colspan="4">이천 하폐수 고도처리장치 원수</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>총질소</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>39.358</td> <td></td> <td>mg/L</td> <td></td> </tr> <tr> <td>총인</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>3.097</td> <td></td> <td>mg/L</td> <td></td> </tr> <tr> <td>인산염인</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>1.635</td> <td></td> <td>mg/L</td> <td></td> </tr> <tr> <td>용존산소</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>0.8</td> <td></td> <td>mg/L</td> <td></td> </tr> <tr> <td>- 이 하 여 백 -</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	분석항목	구 분	기 준	측 정 결 과		단 위	비 고	이천 하폐수 고도처리장치 원수				총질소	-	-	39.358		mg/L		총인	-	-	3.097		mg/L		인산염인	-	-	1.635		mg/L		용존산소	-	-	0.8		mg/L		- 이 하 여 백 -																																													
분석항목				구 분	기 준			측 정 결 과		단 위	비 고																																																																										
	이천 하폐수 고도처리장치 원수																																																																																				
총질소	-	-	39.358		mg/L																																																																																
총인	-	-	3.097		mg/L																																																																																
인산염인	-	-	1.635		mg/L																																																																																
용존산소	-	-	0.8		mg/L																																																																																
- 이 하 여 백 -																																																																																					
상기사항은 (주)청룡환경에 의뢰한 측정분석의 성적입니다. 분석담당자 성명 오 혜 리 (인) 기술책임자 성명 이 재 훈 (인) 2017년 03월 27일 青 龍 環 境 代 表 理 事  * 본 성적서는 청룡원 시도에 국한하고, 변경해결이나 법정소송용으로 사용될 수 없습니다.																																																																																					



(주)청룡환경

서울특별시 구로구 구로3동 197-22
Tel: 02-851-3811 Fax: 02-851-0668

시험성적서



ISO 14001 인증

페이지 수 (1 / 1)

1. 의뢰자

0 시료번호 : CEC-14-17-03-728

0 기관명 : 지우인포텍

0 주소 : 서울특별시 서초구 효령로 54 (방배동, 대양빌딩) 202호

0 의뢰일자 : 2017년 03월 20일

2. 시 료 품 명 : 이천 하폐수 고도처리장치 처리수

3. 시 형 기 간 : 2017년 03월 20일 ~ 2017년 03월 27일

4. 시 형 방 법 : 수질오염공정시험기준 (환경부고시 제 2016-65호)

5. 시 형 결 과 :

분석항목	구 분	기 준	측 정 결 과	단 위	비 고
			이천 하폐수 고도처리장치 처리수		
총질소	-	-	4.377	mg/L	
총인	-	-	0.222	mg/L	
- 이 하 여 백 -					

상기사항은 (주)청룡환경에 의뢰한 측정분석의 성적입니다.

분석담당자 성명 오 해 리

기술책임자 성명 이 재 훈

2017년 03월 27일

靑 龍 環 境 代 表 理 事



* 본 성적서는 제출된 시료에 국한하고, 분장해결이나 법정소송용으로 사용될 수 없습니다.

(2) 투입원가 집계표

(가) 당사기술-A20공법 비교-5ton/day(단위:천원)

(A)비교조건

- 가)수직적 배치 구조로 A20공법의 경우 생물반응조 1기 면적으로 6m²추가함.
- 나)같은 조건으로 비교하기 위해 당사기술을 기본으로 유사장비는 같은 단가를 적용함.
- 다)직접공사비로 적용함.
- 라)토공비용은 지하터파기 및 지하구조물 공사비만 적용함.
- 마)전력비 단가는 산업용(갑1.4kw이상 300kw미만) 단가를 적용함.
- 바)전력량은 역율 및 효율을 적용치 않음.
- 사)소요 부지단가는 평당 200만(60만원/m²)을 적용함.

(B)비교결과

가)당사공법(NPRAS)이 A20공법 대비 89%(11%절감)의 투입비로 산정함.

(단위:천원)

공 종 명	당사기술(NPRAS)	A20 공법	비 고
소요부지비용	5m*3m=15m ² *600=9,000	6m*3.5m=21m ² *600=12,600	71%
장비비 및 설치비	32,949	34,090	96%
구조물,토공 공사비	7,902	9,404	84%
전력비/년	1,285	1,423	90%
계	51,136	57,517	당사공법/A20 = 89%

투입원가 비교 집계표

(3) 사용전력 비교표

(나) NPHAS 전력비(사용전력)

구분	기기 명칭	대수 (예비)	소요동력 (kW)	동력부하 (kW)	문건시간 (hrs)	사용전력 (kWh)	단가 (원/kWh)	전력비 (천원/년)	비고
생물 반응조	통합반응조 교반기	1	0.35	0.35	12	4.2	89.6	137,356	
	송풍기	1	0.93	0.93	24	22.3	89.6	729,299	
최종 침전지	슬러지 수집기	1	0.2	0.2	1	0.2	89.6	6,540	
반송시설	내부 반송펌프	1	0.35	0.35	12	4.2	89.6	137,356	
	슬러지 반송펌프	1	0.35	0.35	12	4.2	89.6	137,356	
	슬러지 인발펌프	1	0.35	0.35	12	4.2	89.6	137,356	
총계				계산식 계산식				1,285,263	

주 1. 전력비는 평가대상시설에 대한 사용량으로 산정

주 2. 전력비산출 = 소요동력(kW) × 문건시간(hr) × 역률(75%) × 인버터(75%) ÷ 효율(80%) × 단가(원/kWh) × 365일/년

(나) A2O공법 전력비(사용전력)

구분	기기 명칭	대수 (예비)	소요동력 (kW)	동력부하 (kW)	문건시간 (hrs)	사용전력 (kWh)	단가 (원/kWh)	전력비 (천원/년)	비고
생물 반응조	헤파무산소 교반기	2	0.35	0.35	24	8.4	89.6	274,713	
	송풍기	1	0.93	0.93	24	22.3	89.6	729,299	
최종 침전지	슬러지 수집기	1	0.2	0.2	12	0.2	89.6	6,540	
반송시설	내부 반송펌프	1	0.35	0.35	12	4.2	89.6	137,356	
	슬러지 반송펌프	1	0.35	0.35	12	4.2	89.6	137,356	
	슬러지 인발펌프	1	0.35	0.35	12	4.2	89.6	137,356	
총계				계산식 계산식				1,422,620	

(4) 산업용 전기 요금표

산업용(갑) I

광업, 제조업 및 기타사업에 전력을 사용하는 계약전력 4kW 이상 300kW 미만의 고객에게 적용

적용일자 : 2013년 11월 21일

구분		기본요금 (원/kW)	전력량 요금(원/kWh)		
			여름철(6~8월)	봄·가을철(3~5, 9~10월)	겨울철(11~2월)
저압전력		5,550	81.0	59.2	79.3
고압A	선택 I	6,490	89.6	65.9	89.5
	선택 II	7,470	84.8	61.3	83.0
고압B	선택 I	6,000	88.4	64.8	88.0
	선택 II	6,900	83.7	60.2	81.9

산업용(갑) II

광업, 제조업 및 기타사업에 전력을 사용하는 계약전력 4kW 이상 300kW 미만의 고객에게 적용

적용일자 : 2013년 11월 21일

구분		기본요금 (원/kW)	전력량 요금(원/kWh)			
			시간대	여름철(6~8월)	봄·가을철(3~5, 9~10월)	겨울철(11~2월)
고압A	선택 I	6,490	경부하	60.5	60.5	67.9
			중간부하	86.3	65.3	84.8
			최대부하	119.8	84.5	114.2
	선택 II	7,470	경부하	55.6	55.6	63.0
			중간부하	81.4	60.4	79.9
			최대부하	114.9	79.6	109.3
고압B	선택 I	6,000	경부하	57.3	57.3	64.5
			중간부하	84.9	63.9	82.5
			최대부하	118.7	82.7	111.2
	선택 II	6,900	경부하	52.8	52.8	60.0
			중간부하	80.4	59.4	78.0
			최대부하	114.2	78.2	106.7

공사비비교내역서

- 113 -

공 사 명 : 지우 질소 인 고도처리 공법 및 A2O공법 비교

품 명	지우 질소 인 고도처리공법(NPRAS)5톤					A2O공법					비 고
	규 격	단위	수량	단 가	금 액	규 격	단위	수량	단 가	금 액	
1-1. 장비설치공사											
원수 유입 PUMP	DN32 x 0.35KW	set	1	250,000	250,000		set	1	250,000	250,000	
내부 반송 PUMP	DN32 x 0.35KW	set	1	250,000	250,000		set	1	250,000	250,000	
외부 반송 PUMP	DN32 x 0.35KW	set	1	250,000	250,000		set	1	250,000	250,000	
방류펌프 (SUB.) - 탈착장치포함	50A x 0.25 ^{m³} /min x 15m x 1.5kW	set	2	430,000	860,000		set	2	430,000	860,000	
유량계	Magnetic (DN32)	set	3	1,650,000	4,950,000		set	3	1,650,000	4,950,000	
복합나노광촉매탈취시스템	150MM(UV+O3)	set	1	5,500,000	5,500,000		set	1	5,500,000	5,500,000	
RING BLOWER	40x1.7 ^{m³} /min x 1300mm x 0.95kW	set	2	350,000	700,000		set	2	350,000	700,000	
교반기	60 rpm x 0.75KW	set	1	770,000	770,000		set	2	700,000	1,400,000	
MEDIA		m³	1.28	300,000	384,000		m³	1.28	300,000	384,000	
잡자재비		lot	1	402,440	402,440		lot	1	421,340	421,340	
장비설치공		인	4	156,492	625,968		인	5	156,492	782,460	
보통인부		인	2	102,628	205,256		인	2	102,628	205,256	
공구손료		lot	1	25,000	25,000		lot	1	25,000	25,000	
[소 계]					15,172,664					15,978,056	

공 사 명 : 지우 질소 인 고도처리 공법 및 A2O공법 비교

품 명	지우 질소 인 고도처리공법(NPRAS)5톤					A2O공법					비 고
	규 격	단위	수량	단 가	금 액	규 격	단위	수량	단 가	금 액	
1-2. 배관공사											
STS PIPE	DN150	m	1	300,300	300,300		m	1	300,300	300,300	
STS PIPE	DN65	m	1	135,720	135,720		m	1	135,720	135,720	
STS PIPE	DN32	m	5	74,100	370,500		m	5	74,100	370,500	
STS FITTING		lot	1	400,000	400,000		lot	1	400,000	400,000	
STS, GATE V/V	50A	ea	2	42,000	84,000		ea	2	42,000	84,000	
STS, BALL V/V	40A	ea	2	17,000	34,000		ea	2	17,000	34,000	
STS, CHECK V/V (스모렌스)	50A	ea	2	156,000	312,000		ea	2	156,000	312,000	
STS, CHECK V/V	40A	ea	2	39,000	78,000		ea	2	39,000	78,000	
산기관	DISK TYPE	ea	4	10,000	40,000		ea	8	10,000	80,000	
FLEXIBLE JOINT (RUBBER, FLANGE-STIS) 50A		ea	2	59,000	118,000		ea	2	59,000	118,000	
STS FLANGE	50A	ea	10	13,000	130,000		ea	10	13,000	130,000	
압력계	0~3kg/cm²	set	3	39,000	117,000		set	4	39,000	156,000	
STS BOLT&NUT&스프링와사		식	1	120,000	120,000		식	1	120,000	120,000	
STS ANGLE (지지철물)	40*4T	식	1	140,000	140,000		식	1	140,000	140,000	
잡자재비	알콘, 커터날, 스프레이 등	lot	1	77,046	77,046		lot	1	79,416	79,416	
배관공		인	5	137,910	689,550		인	5	137,910	689,550	
용접공		인	7	157,183	1,100,281		인	7	157,183	1,100,281	
보통인부		인	4	102,628	410,512		인	4	102,628	410,512	
공구손료		lot	1	35,000	35,000		lot	1	35,000	35,000	
[소 계]					4,691,909					4,773,279	

공 사 명 : 지우 절소,인 고도처리 공법 및 A2O공법 비교

품 명	지우 절소,인 고도처리공법(NPRAS)5톤					A2O공법					비 고
	규 격	단위	수량	단 가	금 액	규 격	단위	수량	단 가	금 액	
1-3. 잡철물공사											
유입,월류 T관	PVC, 150A	set	2	60,000	120,000		set	4	60,000	240,000	
유입분배조 및 통합반응조 철판	STS304	매	2.5	202,059	505,148		매	2.5	202,059	505,148	
유입분배조 및 통합반응조 Angle	40x40x4T	M	11	10,517	115,687		M	11	10,517	115,687	
목기조 철판	STS304	매	4.5	202,059	909,266		매	4.5	202,059	909,266	
목기조 Angle	40x40x4T	M	16	10,517	168,272		M	16	10,517	168,272	
목기조 Flat Bar	40x4T	M	24	4,290	102,960		M	24	4,290	102,960	
침전조 철판	STS304	매	4	202,059	808,236		매	4	202,059	808,236	
침전조 Weir & Scum plate	STS304	M	1	136,500	136,500		M	1	136,500	136,500	
침전조 Angle	40x40x4T	M	11	10,517	115,687		M	11	10,517	115,687	
침전조 Channel	100x50x4T	M	4	41,600	166,400		M	4	41,600	166,400	
WALK WAY	W700 x L4000 x H1000	set	1	500,000	500,000		set	1	500,000	500,000	
STS 볼트/너트	M16 x 75L	set	85	1,834	155,916		set	85	1,834	155,916	
STS 평와사	M16	EA	85	130	11,050		EA	85	130	11,050	
STS 세트양카		EA	100	429	42,900		EA	100	429	42,900	
잡자재비	알콘,커터날,스프레이 등	lot	1	155,641	155,641		lot	1	155,641	155,641	
잡철물공		인	3	156,492	469,476		인	3	156,492	469,476	
용접공		인	2	157,183	314,366		인	2	157,183	314,366	
보통인부		인	3	102,628	307,884		인	3	102,628	307,884	
공구손료		lot	1	32,752	32,752		lot	1	32,752	32,752	
[소 계]					5,138,139					5,258,139	

공 사 명 : 지우 절소,인 고도처리 공법 및 A2O공법 비교

품 명	지우 절소,인 고도처리공법(NPRAS)5톤					A2O공법					비 고
	규 격	단위	수량	단 가	금 액	규 격	단위	수량	단 가	금 액	
1-4. 내부막트공사											
PVC, PLATE	4T	매	6	48,000	288,000		매	6	48,000	288,000	
PVC, ANGLE	50Lx3T	m	12	3,200	38,400		m	12	3,200	38,400	
PVC PIPE	300A	m	4	120,000	480,000		m	4	120,000	480,000	
PVC PIPE	250A	m	4	80,000	320,000		m	4	80,000	320,000	
PVC, 용접봉	2.5A	kg	4	5,000	20,000		kg	4	5,000	20,000	
PVC, GRILL		ea	4	10,000	40,000		ea	4	10,000	40,000	
BACK 덮판		ea	1	200,000	200,000		ea	1	200,000	200,000	
CANVAS	3.2T	m²	4	30,000	120,000		m²	4	30,000	120,000	
STS SUPPORT		식	1	29,000	29,000		식	1	29,000	29,000	
소모자재		식	1	46,500	46,500			1	46,500	46,500	
막트공		인	6	156,492	938,952		인	6	156,492	938,952	
보통인부		인	3	102,628	307,884		인	3	102,628	307,884	
공구손료	노무비의 3%	식	1	21,700	21,700		식	1	21,700	21,700	
[소 계]					2,850,436					2,850,436	

공 사 명 : 지수 절소 인 고도처리 공법 및 A2O공법 비교

품 명	지수 절소 인 고도처리공법(NPRAS)5종					A2O공법					비 고
	규 격	단위	수량	단 가	금액	규 격	단위	수량	단 가	금액	
1-5. 전기공사											
CONTROL PANEL	이중도어 방습형 (STS)	set	1	1,500,000	1,500,000		set	1	1,500,000	1,500,000	
전등 (BL.등)	삼파장 전구(35W)	ea	3	60,000	180,000		ea	3	60,000	180,000	
레벨 스위치	Quick Float (오펜기)	set	1	220,000	220,000		set	1	220,000	220,000	
전선면(HI-PVC) 및 전선		lot	1	700,000	700,000		lot	1	800,000	800,000	
부속자재		lot	1	380,000	380,000		lot	1	400,000	400,000	
지지철물 (STS-304)		lot	1	140,000	140,000		lot	1	150,000	150,000	
소모자재		lot	1	94,500	94,500		lot	1	98,400	98,400	
내선전공		인	7	185,611	1,299,277		인	7	185,611	1,299,277	
계 장 공		인	3	183,803	551,409		인	3	183,803	551,409	
공구손료		lot	1	30,700	30,700		lot	1	30,700	30,700	
[소 계]					5,095,886					5,229,786	
1-6. 구조물공사											
CON.C타설	하부,상부,벽체	M3	15	70,000	1,050,000		M3	18	70,000	1,260,000	
터파기및 되메우기,잔토처리		식	1	3,000,000	3,000,000		식	1	3,500,000	3,500,000	
흙받		TON	1.0	750,000	750,000		TON	1.2	750,000	900,000	
거푸집		M2	32	15,000	480,000		M2	40	15,000	600,000	
감석		M3	1.5	40,000	60,480		M3	1.8	40,000	72,000	
강관등바리,비계		식	1	500,000	500,000		식	1	600,000	600,000	
소모자재		식	1	100,000	100,000		식	1	120,000	120,000	
CON.C타설		M3	15	26,000	390,000		M3	18	26,000	468,000	
흙받가공조립		TON	1.0	450,000	450,000		TON	1.2	450,000	540,000	
감석쌓기		M3	1.5	100,000	151,200		M3	1.8	100,000	180,000	
거푸집조립해체		M2	32	18,000	576,000		M2	40	18,000	720,000	
등바리,비계공임		식	1	300,000	300,000		식	1	350,000	350,000	
공구손료		식	1	94,000	94,000		식	1	94,000	94,000	
[소 계]					7,901,680					9,404,000	

3. 평가 위원별 증빙자료

(1) A 위원

(a) 방류수질현황

< 항목별 방류수질 현황 >

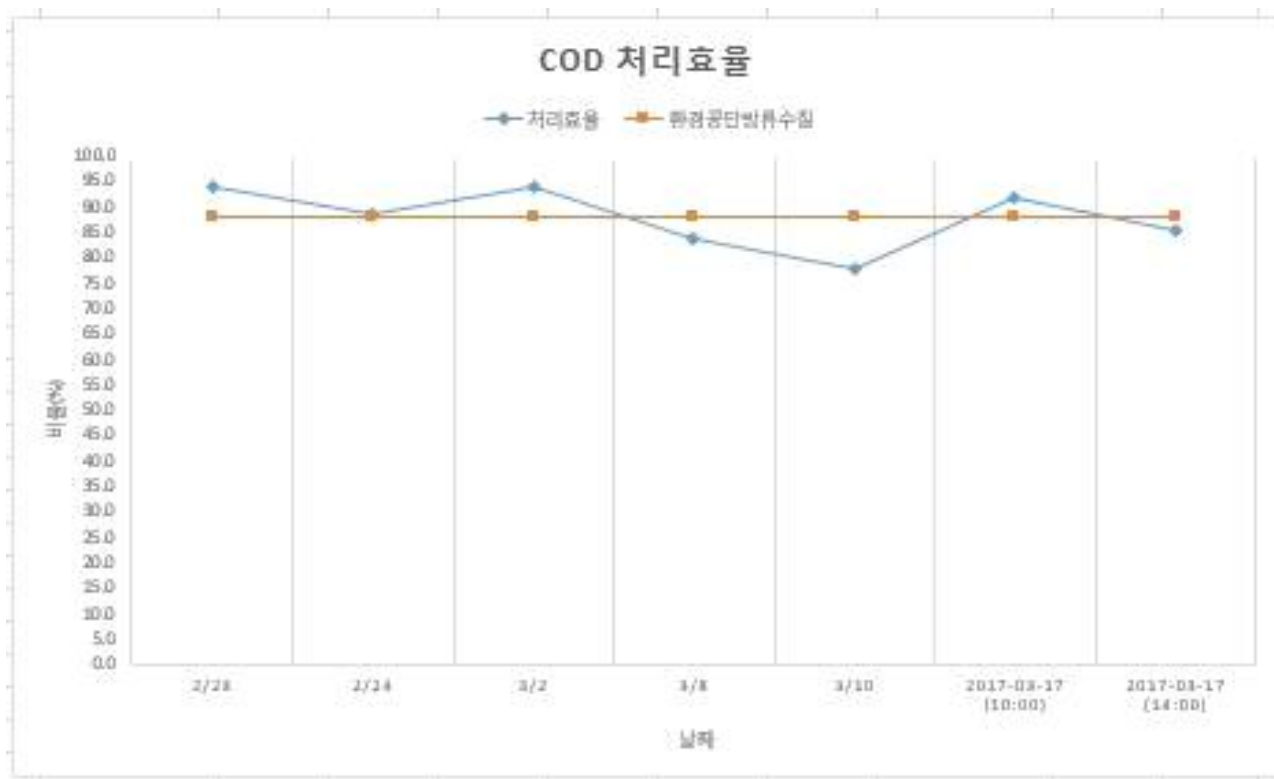
연도	구분	BOD	COD	SS	T-N	T-P
'12	유입수질(A)	148.0	84.6	144.9	35.0	3.9
	방류수질(B)	4.3	9.9	3.2	10.9	0.7
	제거율(A-B/A)	97.1	88.3	97.8	68.9	70.1
'11	유입수질(A)	143.3	82.3	141.3	36.7	3.8
	방류수질(B)	4.9	10.3	3.5	11.9	0.8
	제거율(A-B/A)	96.5	87.5	97.5	67.6	78.9

* 2012년 환경공단 발표 하수처리장 방류수질 현황

(b) 시험집계표 및 그래프

BOD 시험집계표						SS 시험집계표					COD 시험집계표				
NO	일 시	BOD(유입)	BOD(처리)	처리효율	환경공단방류수질	일 시	SS(유입)	SS(처리)	처리효율	환경공단방류수질	일 시	COD(유입)	COD(처리)	처리효율	환경공단방류수질
1	1/20	404.2	4.5	98.9	97.1	1/20	1020	8.4	99.2	97.8	1/20				
2	1/24	458	2.9	99.4	97.1	1/24	850	11.3	98.7	97.8	1/24				
3	2/3	401.05	8.5	98.4	97.1	2/3	751.85	12.8	98.3	97.8	2/3				
4	2/10	344.1	15	95.6	97.1	2/10	853.3	25.2	96.1	97.8	2/10				
5	2/23	843.7	4.2	99.3	97.1	2/23	830	3.8	99.6	97.8	2/23	345	20.8	94.0	88.3
6	2/24	482.2	16.2	96.5	97.1	2/24	448.7	15.8	96.5	97.8	2/24	210	23.7	88.7	88.3
7	3/2	478.5	11.1	97.7	97.1	3/2	840	18.4	97.1	97.8	3/2	350	21	94.0	88.3
8	3/8	343.2	32.8	90.4	97.1	3/8					3/8	283	43	83.7	88.3
9	3/10	278.3	15.3	94.5	97.1	3/10					3/10	174	38.5	77.9	88.3
10	2017-03-17 (10:00)	887.9	12.1	98.2	97.1	2017-03-17 (10:00)					2017-03-17 (10:00)	308.7	25.1	91.8	88.3
11	2017-03-17 (14:00)	381.4	13.7	96.2	97.1	2017-03-17 (14:00)					2017-03-17 (14:00)	182.5	28.9	85.3	88.3
12	3/20					3/20					3/20				







질소(N) 시험집계표						인(P) 시험집계표				
NO	일 시	T-N(유입)	T-N(처리)	처리효율	환경공단방류수질	일 시	T-P(유입)	T-P(처리)	처리효율	환경공단방류수질
1	1/20	47.686	7.555	84.2	68.9	1/20	9.139	0.34	96.3	70.1
2	1/24	9.689	3.768	61.1	68.9	1/24	1.306	0.169	87.1	70.1
3	2/3	23.751	5.843	75.4	68.9	2/3	3.31	0.163	95.1	70.1
4	2/10	37.813	8.369	77.9	68.9	2/10	5.314	0.278	94.8	70.1
5	2/23	40.573	7.28	82.1	68.9	2/23	5.45	0.407	92.5	70.1
6	2/24	32.048	6.541	79.6	68.9	2/24	3.137	0.636	79.7	70.1
7	3/2	45.744	7.068	84.5	68.9	3/2	5.371	0.378	93.0	70.1
8	3/8	37.108	10.874	70.7	68.9	3/8	4.319	1.057	75.5	70.1
9	3/10	54.951	9.779	82.2	68.9	3/10	4.622	0.841	81.8	70.1
10	2017-03-17 (10:00)	20.557	6.087	70.4	68.9	2017-03-17 (10:00)	4.563	0.465	89.8	70.1
11	2017-03-17 (14:00)	32.393	6.187	80.9	68.9	2017-03-17 (14:00)	3.974	0.468	88.2	70.1
12	3/20	39.358	4.377	88.9	68.9	3/20	3.097	0.222	92.8	70.1





주 의

1. 이 최종보고서는 국토교통부에서 시행한 국토교통기술사업의 연구보고서입니다.
2. 이 최종보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토교통부에서 시행한 사업의 연구개발성과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.