

발간등록번호

11-1541000-000493-01

시설용수 및 영농편의용수 공급을 위한
FDA 시스템 개발

Development of FDA(Filter-Disinfection-Adsorption) System
for supply Agricultural facility and convenience water

연구기관
한국농어촌공사 농어촌연구원

농림수산식품자료실



0005111

농림수산식품부

제 출 문

농림수산식품부 장관 귀하

이 보고서를 “ 시설용수 및 영농편의용수 공급을 위한 FDA 시스템 개발 ”
과제의 보고서로 제출합니다.

2010 년 5 월 29 일

주관연구기관명 : 한국농어촌공사 농어촌연구원

주관연구책임자 : 이 광 야

연 구 원 : 김 해 도

연 구 원 : 조 진 훈

협동연구기관명 : 경북대학교

협동연구책임자 : 최 경 숙

연 구 원 : 최 신 열

연 구 원 : 이 춘 재

연 구 원 : 조 창 훈

참 여 기 업 : (주)블루인바이로먼트엔텍

연 구 원 : 홍 민

연 구 원 : 손 중 화

요 약 문

I. 제 목

시설용수 및 영농편의용수 공급을 위한 FDA 시스템 개발

II. 연구개발의 목적 및 필요성

2.1 연구의 배경 및 필요성

○ 정부 농정정책변화에 따른 용수공급정책의 변화

- 최근 친환경 안전농산물, 신선 기능성보존식품 등에 대한 국민적 수요가 증가하고 있으며 화훼, 채소, 과일 등 고품질 농산물과 친환경 농산물이 주로 재배되는 시설농업은 국제 경쟁력이 있는 미래 농업의 주역으로 성장
- 특히 부가가치가 높은 시설원예에 필요한 용수의 경우는 기존의 농업용수 수질보다 깨끗한 용수가 필요하고 농촌지역에서도 생활·공업·정원용수·레크레이션 등 다양한 용수수요처가 예상되기 때문에 수요처별로 적절한 용수의 공급방안 마련을 준비해야하는 시점에 도달
- 더욱이 향후 미래 물산업의 시장영향력 확대가 예상됨에 따라 농촌지역에서도 농업용수를 경제적으로 수처리할 수 있는 방안에 대한 수요가 증가함

○ 양질의 용수공급이 취약한 시설농업

- 우리나라 시설농업의 분야는 생산기반 미흡, 경영규모 영세, 시설의 낙후 그리고 유통구조 취약이라는 문제점이 있으며 이중에서 시설농업용 용수의 공급이 해결책 제시가 어려운 문제 중 하나임
- 현재 각 주산 단지 내에서 개별적으로 20m 내외의 천층 관정을 개발하여 용수원으로 사용하고 있으나 천층지하수의 고갈, 수질오염, 침수로 인한 누전, 동절기 수원변화 등 청정용수의 활용에 제약이 따르고 있음
- 특히 시설재배 면적이 증가 할수록 시설용수의 수요는 증가하는데 일부는 지하수로 용수를 공급하고 있으나 전체 적용에는 한계가 있기 때문에 기존 관개용수를 수처리하여 사용하는 것이 효과적 대안임
- 또한 지표수를 용수원으로 사용하고 있는 시설재배 지역은 수질오염이 심각하여 수질개선이 요구되고 있으나 기존의 수처리기술은 대부분 외산기술이고 음용수 등을 목표로 개발되었기 때문에 처리비용이 많이 소요됨
- 따라서 저렴한 비용으로 농업용 목적별로 공급이 가능한 농업용 수처리장치 개발시 많은 수요가 예상됨

○ **고품질 친환경농산물 생산을 통한 농가소득향상**

- 고품질의 친환경농산물은 일반농산물에 비해 약 2배가량의 농가소득이 예상되며 이를 생산하기 위해서는 품종선택, 시비, 환경제어 등 여러 요인이 있으나 그 중 청정용수 공급이야말로 가장 중요한 인자이며 그 수요는 계속 증가하고 있음
- 하지만 농촌지역도 도시화, 산업화로 인해 농업용수 수질이 계속 악화되고 있는 실정이고 개별적으로 시설재배하고 있는 지역은 양질의 관개용수를 찾기가 매우 힘든 상황에 직면하는 등 장소와 품종에 제약을 받고 있음
- 따라서 농산품의 단가를 최소로 하면서 고품질의 친환경 농산물 생산이 가능한 수처리시스템의 도입이 고품질 친환경농산물 확대의 방법 중의 하나이며 이를 위해서는 가능한 저비용의 시설용수 공급시스템의 개발이 필요함

○ **농촌지역의 다양한 목적의 용수수요 발생**

- 농가로 부터 원거리에 위치한 평야지대에서 농작업시 관개용수의 용수수요가 많이 발생하고 있으나 상수시설이 없어 많은 불편이 발생함
- 영농작업시 주로 농경지 주변의 용·배수로 또는 가까운 수리시설(양수장, 배수장) 주변에서 관개용수를 영농편의용수로 활용하므로써 작업자의 위해성 문제(발진 등 피부병, 세균감염, 전염병 매개체 등)와 농약, 비료 살포 후 농기구 세척으로 인한 수질오염이 유발 됨
- 따라서 농업용 용수목적별 수처리시스템을 개발하여 다양한 용수수요에 대처하고 건전한 친환경 농업기반을 조성할 필요 있음

III. 연구개발 내용 및 범위

1. 연구개발목표

- 우리나라 농촌현실에 적합하면서 고품질의 친환경 농산물 생산을 위한 청정용수 공급이 가능한 FDA용수공급시스템 개발
- 영농작업 및 기타 농촌지역에서 발생하는 용수목적별 수요에 대해 편의 및 위해성에 대한 안전을 확보할 수 있는 영농편의공급시스템을 개발

2. 연구내용 및 범위

- FDA 공급시스템 개발 :
 - 소규모 전용 FDA공급시스템 개발
 - 대규모 전용 FDA공급시스템 개발
- 요소기술을 활용한 응용시스템 개발
 - FDA시스템을 활용한 농업용수 공급시스템 개발
 - FDA시스템을 활용한 생활용수 공급시스템 개발

- FDA시스템을 활용한 농촌지역 인 제거시스템 개발
- 영농편의용수 장치 적용 :
 - 영농작업 및 기타 농촌지역에서 발생하는 용수수요에 대해 편의 및 위해성에 대한 안전을 확보할 수 있는 영농편의용수 공급시스템을 FDA 시스템에 적용
- 유형별 시스템 최적 조합 기법 개발
 - 각각의 요소기술을 모듈화 하여 필요에 따라 각 시스템을 결합하여 최적의 성능발휘가 가능토록 유형별 시스템 조합 기법을 개발

IV. 연구개발 결과

1. 국내·외 관련 기술개발 수준 조사

- 국내 필터시스템 종류 및 특성 분석
 - 섬유형 여과기 : 공극제어형여과기, SF여과기
 - 디스크 여과기 : 유천하이드로텍, 사여과기, 판개용여과기
- 해외 필터시스템 종류 및 특성 분석
 - 사여과기 : 자동역세여과기, 마이크로칩여과기
 - 디스크 여과기 : 아쿠아디스크필터, 마이크로디스크필터
 - 막 여과기 : 멤브레인(MF, UF, NF, RO)

2. FDA 공급시스템 개발

2.1 소규모 전용 FDA공급시스템 개발

- 개별농가단위 보급을 목표로 500m³/day 규모 이하의 소규모 전용 공급시스템을 개발함
- 시작품 제작은 1차인 수직형태의 시스템으로 제작하였고, 2차의 경우는 수평형태로 제작하여 경북 대구시내에 위치한 시설농가에 시범 설치하여 구동함
- 설치지역은 상시 지표수(하천)를 취수하는 지역이기 때문에 수질측면에 문제점이 상시 발생하는 지역으로 현장운영결과 기존의 용수보다 깨끗한 용수공급이 이루어짐
- 또한, 사용농민 설문조사결과 양질의 시설재배용수 공급에 대해 긍정적인 임
- 개발과정
 - 1차 및 2차 FDA공급시스템 구조계산 및 시스템 사양결정
 - 현장시작품 제작 및 설치
 - 현장가동 및 모니터링을 통한 개선점 도출
 - 시스템 특허등록

2.2 대규모 전용 FDA공급시스템 개발

- 대규모 전용의 FDA공급시스템은 양수장, 취입보 등 별도의 대규모 농업용수 공급시설과 연계하여 청정 농업용수 공급을 목표로 개발함
- 부유물질 및 미생물을 효율적으로 제거시켜 농작물 재배에 적당한 청정 농업용수를 제공할 뿐만 아니라, 영농작업 및 기타 농촌지역에서 발생하는 용수수요에 대해 편의 및 유해성에 대한 안전을 확보할 수 있도록 시스템으로 구성
- 연구과정 중에 이미 현장실용화가 되어 수원의 신설양수장(하천수 취수)내에 설치되어 양수장 가동시 FDA시스템을 통해 양질의 농업용수를 수혜지역에 공급하고 있음
- 개발과정
 - 대용량 FDA공급시스템 요소기술(여과필터) 개발
 - 현장적용을 위한 구조계산 및 시스템 조합
 - 개발기술 특허등록
 - 실내실험 모니터링을 통한 시스템 보완

2.2 요소기술을 활용한 응용시스템 개발

가. FDA시스템을 활용한 공업용수 공급시스템 개발

- FDA 요소기술을 활용하여 농촌지역에 필요한 공업용수 공급을 목적으로 시스템을 개발함(FDA-I 시스템)
- 농업용저수지를 유입수로 이용하여 농촌지역 산업단지에서 사용하기 위해 수중의 각종 부유물질 및 미생물, 바이러스, 탁도 등을 효율적으로 제거하여 청정 공업용수를 제공 및 유해성에 대한 안전을 확보함
- FDA-I 시스템은 현재 특허출원 중에 있으며, 충북의 산업단지 개발사업에 공업용수 공급장치로 실시설계에 반영됨

나. FDA시스템을 활용한 생활용수 공급시스템 개발

- FDA 요소기술을 활용하여 농촌지역에 필요한 생활용수(음용수) 공급을 목적으로 개발함(FDA-B 시스템)
- 지하수를 유입수로 이용하여 생활용수로 사용할 수 있는 용수공급 목적으로 각종 수중의 부유물질 및 미생물 바이러스, 탁도를 효율적으로 제거하여 청정 생활용수를 제공하므로써 유해성에 대한 안전을 확보할 수 있도록 함
- FDA-B 시스템은 현재 특허출원 중에 있으며, 충북의 산업단지 개발사업에 생활용수 공급장치로 실시설계에 반영됨

다. FDA시스템을 활용한 농촌지역 인 제거시스템 개발

- FDA 요소기술을 활용하여 농촌지역에 위치한 마을하수처리장 등에서 별도의 인처리가 필요할 경우 적용할 수 있는 시스템을 개발함

- FDA인 제거 시스템의 기본원리는 인을 물리적으로 처리방법으로 국내특허를 등록하였으며 기술권보호를 위해 현재 미국에 국제특허를 출원중에 있음
- 개발기술의 검정을 위해 현장시작품을 제작하여 경북 군위군 마을하수처리장에 시범설치하여 현재 운영중에 있음

V. 연구성과 및 성과활용계획

1. 연구성과

- 우리나라 농업·농촌의 현실 및 예산구조에 비추어 볼 때 농촌에 보급되는 제품의 성격은 우선 설치비가 저렴해야 하고 유지관리방법이 쉽고 비용이 적게 소요되는 제품이 환영받음
- 본 연구에서 개발한 FDA 용수공급시스템은 기존 고가로만 인식되어진 수처리기술을 국산화하고 농촌에 적합하도록 개발하는데 그 성과가 있음
- 또한, 본 연구에서 개발한 요소기술을 바탕으로 농촌지역에서 필요한 용수를 목적별로 처리할 수 있는 기술을 개발함에 따라 더욱더 많은 성과를 얻게 됨
- 본 연구를 통해 개발한 상용화 제품은 다음과 같음
 - FDA 공급시스템 개발 :
 - 소규모 전용 FDA공급시스템 개발
 - 대규모 전용 FDA공급시스템 개발
 - 요소기술을 활용한 응용시스템 개발
 - FDA시스템을 활용한 공업용수 공급시스템
 - FDA시스템을 활용한 생활용수 공급시스템
 - FDA시스템을 활용한 농촌지역 인 제거시스템

2. 성과활용계획

- 연구과정중에 참여기업과 기술계약을 체결하여 상용화 제품을 생산할 수 있는 기반을 갖추었음
- 최근 수도작위주에서 시설농업으로의 농정정책의 전환에 따라 농업용수 수처리분야가 새로운 농산업 분야로 자리 잡고 있음. 따라서 개발한 용수목적별 FDA공급시스템은 향후 더욱 각광받을 것으로 예상되며 이미 연구과정중에 현장에 적용되는 성과를 얻음.
- 현재의 농촌은 농촌지역과 도시지역이 구분되지 않고 혼합되어 있는 형태로 발전하고 있기 때문에 하천 취수 용수 중에서 농업용수로의 사용이 부적합한 용수가 취수되고 있음. 따라서 FDA시스템과 같이 수처리를 이용한 깨끗한 농업용수의 공급방안이 더욱 확대될 것으로 판단되며 현재 본 기술을 활용하여 새만금지역 농업용수 공급방안을 마련중에 있음

SUMMARY

1. Title

- Development of FDA Water Supply System for Agricultural Use

II. OBJECTIVES AND SIGNIFICANCE

- Agricultural policy's change as encouraging environment-friendly and high quality of agricultural product lead to the alternation of water supply system in rural area
- Lack of good quality of water for protected agriculture
 - There are many structural problems in protected agricultural field in Korea as, lack of infrastructures, small, old and so on.
 - Most of all, the amount of good quality of water supply is most important problem in that field.
- Providing the good quality of water supply system for producing the environment-friendly agricultural products.
 - Enable to improve farmer income by increasing the good production
 - But, in order to improve, the good quality of water supply system should be more chipper than any other fields as, dogmatic or industrial purpose. because of agricultural purpose.
- expanding agricultural demand for water

III. CONTENTS AND SCOPES OF THE STUDY

1. DEVELOPMENT OBJECTIVES

- This research is aim to develop the FDA System for supply agricultural facility that can supply with clean water. Moreover, it is expected to develop properly for rural areas.

2. CONTENTS

- 1) Development FDA system for supply agricultural facility
 - develop it for small and big scale respectively.
- 2) development an application system with using elementary technology.
 - by utilizing FDA system, develop the industrial water

- by utilizing FDA system, develop the water for living
- by utilizing FDA system, develop the removal system of P in rural areas
- 3) applying the convenient water equipment for farming

IV. RESEARCH this study and suggestions for their utilization

1. search in terms of the level of technique in domestic and abroad.

- 1) analysis a kind and features of domestic filter system
 - fiber filter
 - disk filter
- 2) analysis a kind and features of foreign filter system
 - disk filter
 - film filter

2. Development of FDA system

- 1) Development of FDA system for only small scale
- 2) Development of FDA system for only big scale

3. Development application system with using elementary technology

- 1) development the industrial water by utilizing FDA
- 2) development the water for living by utilizing FDA
- 3) development the removal system of P in rural areas

V. Outcomes of the study and suggestions for their utilization

1. outcomes of the study

- 1) in the light of budget structure of farming industry, characters of products provided to the rural areas have to be low price installation and easy handling for maintenance.
- 2) FDA system produce wonderful results about that localizaton of water treatment for rural districts.
- 3) in the study, needed water in the rural districts can handle purposely.

2. suggestions for their utilization

- 1) while on studying, we have contracted with a company; therefore, foundation is made to produce commercial products.
- 2) treatment water is being placed in new agricultural industry because of a

change of agricultural policy . So FDA system is expected to come into the spotlight.

3) this skill will be utilized to supply industrial water in the Sae Man Keum area.

목 차

제1장 연구개발과제의 개요	1
제1절 연구개발 배경 및 필요성	1
제2절 연구개발 범위 및 내용	5
제2장 국내·외 기술개발 현황	8
제1절 국내 기술개발 현황	8
제2절 해외 기술개발 현황	17
제3장 연구 개발수행 내용 및 결과	47
제1절 소규모 전용 시설용수공급시스템 개발	47
1. 1차 소규모전용 FDA시스템 개발	47
2. 2차 소규모전용 FDA시스템 개발	58
3. 유지관리지침서	74
제2절 대규모 전용 시설용수공급시스템 개발	80
1. 대규모 FDA시스템 개발 개요	80
2. 대규모 FDA시스템 현장적용 실용화	86
제3절 요소기술을 활용한 응용시스템 개발	96
1. FDA시스템을 활용한 공업용수 공급시스템 개발	96
2. FDA시스템을 활용한 생활용수 공급시스템 개발	114
3. FDA시스템을 활용한 농촌지역 인 제거시스템 개발	135
제4절 시설용수 공급시스템 현장적용성 평가	144
1. 1차 소규모전용 FDA시스템 설치 및 적용성 평가	144
2. 2차 소규모전용 FDA시스템 설치 및 적용성 평가	156
3. FDA 인 제거시스템 설치 및 적용성 평가	178
4. FDA 시스템 경제성 검토	191
제4장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도	192
제1절 연구개발의 목표 및 평가의 착안점	192
1. 당해연도 연구개발의 목표	192
2. 평가의 착안점 및 기준	192
제2절 연구범위 및 연구수행 방법	193
제3절 목표달성도 및 기술발전의 기여도	194

1. 연구개발목표의 달성도	194
2. 기술발전의 기여도	194
제5장 연구개발 성과 및 성과활용 계획	195
제6장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보	196
제7장 참고문헌	197
부 록	200
A. 1차 소규모전용 FDA 시스템 도면	201
B. 2차 소규모전용 FDA 시스템 도면	206
C. 대규모 전동 FDA 시스템 도면	212
D. 응용 FDA 시스템 도면	217
E. 전시회 카달로그 제작	240

표 목 차

<표 1-1> 일반농산물과 친환경 농산물 유통가격 비교	2
<표 1-2> 국내·외 농업용수 수질기준 비교	6
<표 1-3> 연차별·세부과제별 연구개발의 목표 및 내용	7
<표 2-1> 마이크로 디스크필터의 제품 사양	12
<표 2-2> 이동상 상향류식 사여과기 (Sandflo Filter) - Sample PS-55 모델 사양 ...	15
<표 2-3> 멤브레인 종류별 제거분리 성능	25
<표 2-4> 정유량 제어방식	29
<표 2-5> 정압 제어방식	29
<표 2-6> 멤브레인 모듈의 종류와 특성	34
<표 2-7> 막 여과법의 장단점	36
<표 2-8> 막여과기의 오염인자 제거율	37
<표 2-9> SMBR 공법과 기존 공법과의 운영 특징 비교	39
<표 2-10> 침지형 멤브레인 막 비교	41
<표 2-11> MBNR 공법 구조설계	43
<표 2-12> 중공사 한외여과막 모듈재질	44
<표 2-13> 기존 공법과 MBNR 공법의 비교	45
<표 3-1> 1차 FDA시스템 사양	48
<표 3-2> FDA 시스템 시작품의 사양 및 내용	55
<표 3-3> 2차 FDA시스템 사양	59
<표 3-4> 전력량요금표	65
<표 3-5> 2차 FDA 규격	66
<표 3-6> 2차 FDA 수량	67
<표 3-7> 디스크 필터 제원	68
<표 3-8> 시설동 현황	71
<표 3-9> 영농편의 공급시스템 시작품의 사양	72
<표 3-10> 도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명	79
<표 3-11> 도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명	84
<표 3-12> M-UF 모듈	103
<표 3-13> 펌프의 구성 및 재질	112

<표 3-14> 펌프의 구성 및 재질	133
<표 3-15> 처리효율 산출	139
<표 3-16> 대상지점 시설재배 및 관개 현황	146
<표 3-17> 시설동 현황	146
<표 3-18> 금호강 3지점 수질오염정도 (대구지방환경청, 2007)	147
<표 3-19> FDA 시스템 시작품의 사양 및 내용	149
<표 3-20> 수온과 전기전도도	151
<표 3-21> 제1차 수질분석결과 (2007년 12월 21일 실시)	152
<표 3-22> 제2차 수질분석결과 (2008년 2월 12일 실시)	152
<표 3-23> 제3차 수질분석결과 (2008년 2월 19일 실시)	153
<표 3-24> 제4차 수질분석결과 (2008년 3월 7일 실시)	153
<표 3-25> FDA시스템 문제점 및 결과조치	154
<표 3-26> 대상지점 시설재배 및 관개 현황	157
<표 3-27> 시설동 현황	158
<표 3-28> FDA 시스템 시작품의 사양 및 내용	159
<표 3-29> 금호강 5지점 수질오염정도 (대구지방환경청, 2008)	160
<표 3-30> 수질평가분석 결과	161
<표 3-31> FDA 시작품의 사용상 문제점 파악 및 개선사항	164
<표 3-32> 철판의 물성	180
<표 3-33> 인의 목표수질	181
<표 3-34> 수질평가분석 결과	184
<표 3-35> 여과기 유형별 톤당 소요되는 총비용	191

그림 목 차

<그림 1-1> 우리나라 농업용 수리시설 현황	3
<그림 2-1> 공극제어형 섬유여과기 형상	8
<그림 2-2> 침지식 진공 여과기 형상	9
<그림 2-3> 유천하이드로텍 디스크필터 형상	11
<그림 2-4> 마이크로 디스크 필터	12
<그림 2-5> 마이크로 디스크필터 수리계통도	12
<그림 2-6> Sandflo Filter 형상 및 구조	13
<그림 2-7> Sandflo Filter 처리 계통도	15
<그림 2-8> 관개용 여과기	15
<그림 2-9> 관개용 필터제품	16
<그림 2-10> 아쿠아 디스크필터 형상	17
<그림 2-11> 마이크로 디스크필터 형상 및 구조	19
<그림 2-12> 중력식 자동역세 사여과지 형상	20
<그림 2-13> 수직 압착식 마이크로필터 형상	21
<그림 2-14> 정밀여과막 여과특성	23
<그림 2-15> 멤브레인 종류별 여과대상	25
<그림 2-16> 여과 스펙트럼	26
<그림 2-17> 멤브레인 여과방식종류	28
<그림 2-18> 멤브레인 설치유형	29
<그림 2-19> 나권형 모듈의 구조	30
<그림 2-20> 중공사형 모듈의 구조	31
<그림 2-21> 관상형 모듈의 구조	32
<그림 2-22> 평판형 모듈의 구조	33
<그림 2-23> 모노리스형 모듈의 구조	34
<그림 2-24> SMBR (Submerged Membrane Bioreactor) 공법	37
<그림 2-25> SMBR 공법 수처리 계통도	38
<그림 2-26> SMBR 공법 투과모식도	38
<그림 2-27> SMBR 공법과 기존 수처리 공정과의 비교	39
<그림 2-28> 나권식 침지형 한외 여과막	39

<그림 2-29>	나권식 침지형 한외여과막 처리공법	40
<그림 2-30>	MBNR 공법	42
<그림 2-31>	MBNR 공법 처리계통도	42
<그림 2-32>	중공사 한외여과막 (MBNR) 모듈	43
<그림 2-33>	NanoCeram Filter	46
<그림 3-1>	여과필터	47
<그림 3-2>	자외선모듈 물탱크	47
<그림 3-3>	1차 시설용수 공급시스템 공정도	48
<그림 3-4>	여과장치	49
<그림 3-5>	여과장치내부(필터)	50
<그림 3-6>	살균장치(UV소독조)	51
<그림 3-7>	세척부품	53
<그림 3-8>	석영관 연결 부품	53
<그림 3-9>	자외선 모듈 부품그림	53
<그림 3-10>	자외선 모듈 물탱크 투시장	53
<그림 3-11>	자외선 모듈 부품	54
<그림 3-12>	시설용수 공급 Plate	54
<그림 3-13>	시설용수 공급 제어반	54
<그림 3-14>	시설용수 공급 자외선 가이드	54
<그림 3-15>	시설용수공급 오링 및 스냅링	54
<그림 3-16>	자외선 모듈 보스	54
<그림 3-17>	자동밸브	55
<그림 3-18>	여과필터	55
<그림 3-19>	기존에 모래여과기	56
<그림 3-20>	FDA시스템 시작품 설치	56
<그림 3-21>	FDA 시스템과 기존의 모래여과기의 연결된 상태	56
<그림 3-22>	원수 이송 펌프	58
<그림 3-23>	디스크 필터	58
<그림 3-24>	카트리지 PP	58
<그림 3-25>	2차 시설용수 공급시스템 공정도	59

<그림 3-26>	영농편의용수 공급시스템 시작품 구성도	66
<그림 3-27>	현장시작품 필터 가공	69
<그림 3-28>	자외선 모듈 몸체	69
<그림 3-29>	여과필터 모듈	69
<그림 3-30>	전처리 필터	69
<그림 3-31>	자외선 석영관 후랜지	69
<그림 3-32>	자외선 및 여과기 일치형	69
<그림 3-33>	자외선 전원 캡	70
<그림 3-34>	여과기 캡	70
<그림 3-35>	시스템 제어판	70
<그림 3-36>	시설동 배치도	71
<그림 3-37>	시작품 설치 전경	72
<그림 3-38>	도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명	79
<그림 3-39>	대규모 FDA시스템 개요	80
<그림 3-40>	대규모 FDA필터 개략도	82
<그림 3-41>	도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명	85
<그림 3-42>	대규모 FDA시스템 전경	86
<그림 3-43>	대규모 FDA설비 FLOW SHEET	87
<그림 3-44>	대규모 FDA시스템 처리계통도	89
<그림 3-45>	대규모 FDA시스템 구조명칭	90
<그림 3-46>	대용량 FDA 시스템 현장적용을 위한 제작과정	94
<그림 3-47>	대용량 FDA 시스템 계량화면	95
<그림 3-48>	대용량 FDA 시스템 현장전경	95
<그림 3-49>	공업용수 공급 시스템 원리	96
<그림 3-50>	FDA SYSTEM 공업용수 모식도	97
<그림 3-51>	생활용수 공급 시스템 원리	114
<그림 3-52>	FDA SYSTEM 생활용수 모식도	115
<그림 3-53>	지하수 관정 저장 탱크	115
<그림 3-54>	FDA 여과기 구조	116
<그림 3-55>	NF 구조	124

<그림 3-56>	인제거 시스템 모식도	135
<그림 3-57>	설치대상마을 (문화마을)	140
<그림 3-58>	오수처리시설 개요도	140
<그림 3-59>	설치지역 전경	140
<그림 3-60>	오수처리시설 전경	140
<그림 3-61>	설치대상 부지	140
<그림 3-62>	방류수로	140
<그림 3-63>	철전기 이온 모듈 시스템	141
<그림 3-64>	유입 (유량조)	141
<그림 3-65>	호기조	141
<그림 3-66>	종침조	141
<그림 3-67>	방류로	141
<그림 3-68>	Air 콤푸레샤	141
<그림 3-69>	림브로워	142
<그림 3-70>	철이온 모듈 세척 장치	142
<그림 3-71>	후레임	142
<그림 3-72>	반응조	142
<그림 3-73>	교반기	142
<그림 3-74>	종침조 교반 연결부분	142
<그림 3-75>	종침조 아래 호퍼	142
<그림 3-76>	유입펌프	142
<그림 3-77>	반송펌프 및 자동 인발 펌프	143
<그림 3-78>	호기조 산기기관 및 밸브	143
<그림 3-79>	시스템 현장설치 완료 후 모습	143
<그림 3-80>	FDA 현장 적용성 평가 대상지점	144
<그림 3-81>	FDA 시스템 현장 적용성 평가 대상지점 전경	145
<그림 3-82>	시설동 배치도	146
<그림 3-83>	금호강 3지점의 월평균 BOD	148
<그림 3-84>	금호강 3지점의 월평균 SS	148
<그림 3-85>	금호강 3지점의 월평균 총대장균군	149

<그림 3-86>	기존에 사용하고 있던 모래여과기	150
<그림 3-87>	FDA시스템 시작품 설치	150
<그림 3-88>	FDA 시스템과 기존의 모래여과기의 연결된 상태	150
<그림 3-89>	FDA 현장 적용성 평가 대상지점	156
<그림 3-90>	FDA 시스템 현장 적용성 평가 대상지점 전경	157
<그림 3-91>	시설동 배치도	158
<그림 3-92>	FDA시스템 시작품 설치	159
<그림 3-93>	BOD 수질분석 결과	161
<그림 3-94>	부유물질 수질분석 결과	162
<그림 3-95>	총대장균군 수질분석 결과	162
<그림 3-96>	탁도 수질분석 결과	163
<그림 3-97>	FES process 모식도	178
<그림 3-98>	철이온 모듈장치	180
<그림 3-99>	FDA 현장 적용 대상지점	182
<그림 3-100>	FDA 시스템 현장 적용성 평가 대상지점 전경	182
<그림 3-101>	FDA시스템 시작품 설치	183
<그림 3-102>	평가대상지점 수처리시스템 공정도	183
<그림 3-103>	T-P 수질분석 결과	185
<그림 3-104>	T-N 수질분석 결과	185
<그림 3-105>	BOD 수질분석 결과	186

제1장 연구개발과제의 개요

제1절 연구개발 배경 및 필요성

1. 연구개발 배경

최근 친환경 안전농산물, 신선 기능성보존식품 등에 대한 국민적 수요가 증가하고 있으며 화훼, 채소, 과일 등 고품질 농산물과 친환경 농산물이 주로 재배되는 시설농업은 국제 경쟁력이 있는 미래 농업의 주역으로 성장하고 있다. 전체 농업생산액에서 채소, 과일, 화훼 등 원예작물의 생산액 비중은 1990년 2.75%에서 2004년 32.7%(118.1천억원)으로 급격히 증가하고 있으며, 농가소득 구조도 원예작물이 37%로 가장 높고 식량작물이 33%, 축산 19%로 변화하였음. 재배면적 또한 '90년 25,450ha에서 '00년 52,189ha로 크게 증가하였다.

시설농업은 정밀농업 등 첨단농업기술을 접목한 장치산업으로서 사업소득의 경우 쌀에 비해 약 3~14배로 높은 반면 노동생산성은 쌀의 1/5 ~1/2수준으로 매우 낮은 장점을 가지고 있는 등 다른 농업분야에 비해 토지, 노동력 등 우리농업의 제약요인을 극복하고 노력여하에 따라 수출가능성도 높은 분야이다.

하지만 현재 우리나라 시설농업의 분야는 1가구당 재배면적이 600평(0.2ha) 이하가 전체의 51%, 900평(0.3ha)이하가 71%를 차지하는 등 경영규모가 영세하고, 생산기반 미흡, 시설의 낙후 그리고 유통구조 취약이라는 문제점 등이 있으며, 기반시설과 관련된 시설농업 목적의 고품질 용수 공급의 어려움 역시 시설농업 활성화의 가장 큰 장애요인이다. 특히, 온실의 74.6%가 기존 논에 설치되어 있기 때문에 논농사에 이용하던 용수시설을 그대로 이용할 경우 정밀농업에 제한이 있다.¹⁾

최근 정부가 추진하는 GAP(우수농산물관리제도) 인증을 받기 위해서는 오염된 물 또는 토양, 농약, 중금속, 유해생물 등 식품안전성에 문제를 발생시키는 요인을 관리해야 한다. 하지만 지표수를 용수원으로 사용하고 있는 지역은 수질오염²⁾이 심각하여 수질개선이 요구되고 있으나 간이 정수장 설치·운영 등 시설용수의 수질개선에는 많은 어려움이 따르고 있는 실정이며 저렴한 비용으로 청정용수의 공급이 가능한 정수장치의 개발이 필요하다. 또한, 신규로 시설농업지구를 확대하기 위해서는 안정적으로 공급할 수 있는 수원공의 개발이 필요하며 지하수로 용수를 공급하

1) 보통의 경우 농업용수는 저수지나 하천에서 취수하여 콘크리트 또는 토공수로를 통해 공급되고 있으며 그 특성상 부유물 유입이 많으며 오염원에 쉽게 노출되어 약액관개, 점적관개 등 시설농업에 많이 사용되는 첨단농업기술 적용에 부적합하다. 따라서 친환경 정밀농업기술을 적용하는 시설농업 농가는 지하수 이용을 선호하고 있는 실정이다.

2) 질소, 인 등 영양염류 문제보다, 부유물 증가에 따른 탁도 문제나 세균에 의한 위해성 증가가 친환경, 고품질 농산물을 생산하는 시설농업에 장애요소가 된다.

고 있으나 전체 적용에는 한계가 있으며 기존 관개용수를 정수하여 사용하는 것이 효과적 대안으로 제시되고 있으나 기존의 수처리기술은 농업용 목적으로 개발된 것이 아니기 때문에 비용 및 운영 측면에서 농산업에서 감당할 수 없을 것으로 판단된다. 따라서 농업용 목적이면서 비용적 경쟁력이 있는 농업용 국산 신기술의 개발이 필요한 시점이다.³⁾

2. 연구개발 필요성

가. 고품질 친환경농산물 생산을 통한 농가소득향상

고품질의 안전이 확보된 친환경 농산물을 생산하여 우리농산물의 경쟁력을 확보하는 것이 FTA를 대비해 농업분야의 가장 중요한 당면과제로 인식되고 있으며 깨끗하고 건전한 용수의 공급과 양질의 토양이야말로 이를 실현할 수 있는 가장 중요한 요소로서 <표 1-1>에서 보는 바와 같이 친환경농산물의 부가가치가 일반 농산물의 2배에 해당하는 등 농가소득 향상과 농업경쟁력 확보가 가능하다.

<표 1-1> 일반농산물과 친환경 농산물 유통가격 비교

부류	품목	일반상품(원)	친환경상품(원)	비율(%)
식량작물	쌀/20kg	43,000	85,600	199
과실류	배/1kg	2,493	4,803	192
채소류	풋고추/100g	804	1,616	200

※ 자료 : 농수산물유통공사(2007. 1. 평균소매가격기준)

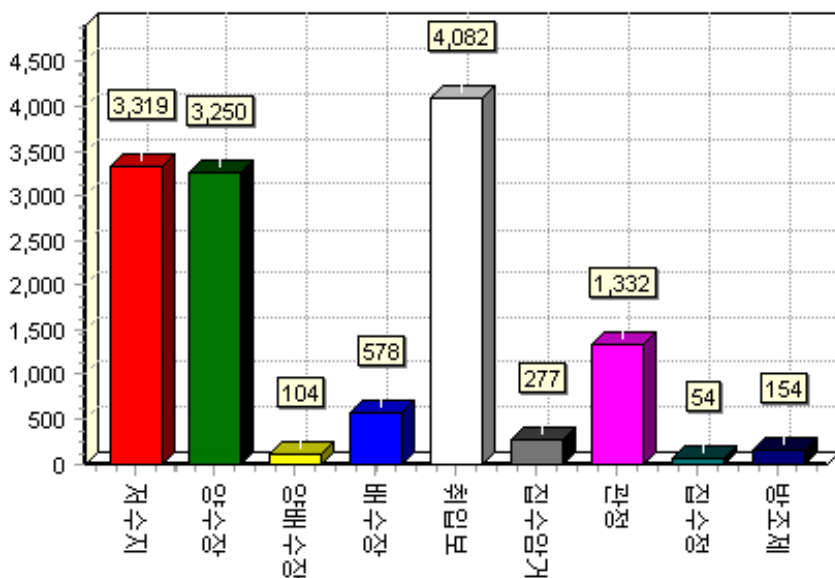
하지만, 농촌지역의 도시화, 산업화에 따라 비점원오염지역의 수질이 계속 악화되고 있는 실정이고 개인적으로 농사를 짓거나 특용작물을 재배하고 있는 지역은 양질의 관개용수를 찾기가 매우 힘든 상황으로 농경지내외에 확대되고 있는 화훼 및 특용작물단지(비닐하우스)는 현재 적절한 수원공의 확보가 어렵기 때문에 장소와 품종에 심한 제약을 받고 있다. 이를 해결하는데 있어서 기존의 정수처리방법은 비용이 상당히 많이 소요되기 때문에 경쟁력이 떨어지고 있으므로 농산품의 단가를 최소화 하면서 고품질의 친환경 농산물 생산이 가능한 시스템으로 구성하기 위해서는 가능한 저비용의 시설용수공급시스템의 개발·보급이 필요하다.

3) 청정용수가 필요한 시설재배 면적을 50,000ha로 추정하고 원단위 용수를 500mm/m²/yr를 가정하면 2.5억 m³/yr의 청정용수가 필요하며 50,000m³/yr 공급시설 가격을 2,000만원으로 추정할 때 전체 시장 규모는 1,000억원임

나. 영농편의용수 수요 증가 및 중요성

영농편의용수란 농촌지역에서 수리시설운영 및 영농작업시 손·발세정이나 농기구 세척 등에 필요한 용수 뿐만 아니라 농촌지역내에서 필요로하는 생활·공업용수 등 기타 용수를 말한다.

현재 농경지에는 영농작업시 필요한 공급시설(상수도)이 없기 때문에 주로 농경지 주변의 용/배수로 또는 가까운 수리시설(양수장, 배수장) 주변에서 관개용수를 영농편의용수로 활용하고 있다. 특히, 농가 등이 원거리에 위치한 평야지대에서 농작업시 관개용수의 용수수요가 많이 발생하고 있으나 상수시설이 없어 많은 불편이 발생하고 있다. 대부분의 농민은 농업용 수리시설 또는 논 주변에서 영농작업 후 손발 등을 세정하거나 농업용 기기의 세척이 필요한 경우 위해성 검증이 되지 않은 물을 그대로 사용하고 있어 피부병 같은 병원성 세균감염에 노출되는 등 농민의 심리적 부담이 지역에 따라 매우 크다. 따라서 농민이 직접사용하고 있는 영농용수의 부유물질 및 탁도, Total coliform, fecal coliform, escherichia coli는 미생물적 측면에서 수질오염의 평가기준이 되는 지표생물로서 미생물에 의한 오염으로부터 안정성 확보가 필요하며 이를 위해 영농편의 용수공급시스템 개발이 필요하다. 특히 상수시설 설치시 막대한 공사비(관 매설 등)가 소요되며 논 경지에서 제한적인 사용으로 상수시설 설치는 경제적 타당성이 없다. 그러나 위해성, 영농편의 환경 조성 등의 필요성을 고려할 때 영농편의 용수공급 시스템은 반드시 필요한 시설이다.



<그림 1-1> 우리나라 농업용 수리시설 현황

※자료 : 농업생산기반정비사업 통계연보(2005, 농림부, 한국농촌공사)

현재 농촌용수 이용량 중 35%정도가 회귀용수로서 상류지역에서 한번 사용한 용수를 하류에서 재이용하고 있는 방식으로 이용하고 있으나 농민이 비료나 농약이 묻은 신체를 세정하거나 농기구를 세척함으로써 오염원이 그대로 배수로를 통해 하천으로 방류되고 있으며 이를 하류에서 재이용함으로써 친환경농업생산기반에 저해요소로 작용하고 있다. 2006년도 농어촌연구원조사결과 전국 271개 하수처리장 중 127개소의 하수처리수가 주변 농촌용수에 직·간접적으로 영향을 주고 있는 것으로 조사되었으며 전국물관리요원 등의 여론조사결과에 따르면 농촌지역에서 농촌용수수질개선과 환경개선이 시급하다는 인식을 갖고 있다.

다. 시설농업 활성화를 위한 시설용수 공급 시스템 개발

고품질의 친환경농산물은 일반농산물에 비해 약 2배가량의 농가소득이 예상되며 이를 생산하기 위해서는 품종선택, 시비, 환경제어 등 여러 요인이 있으나 그 중 청정용수 공급이야말로 가장 중요한 인자이다.

현재 각 주산단지 내에서 개별적으로 20m 내외의 천층관정을 개발하여 용수원으로 사용하고 있으나 천층지하수⁴⁾의 고갈, 수질오염, 침수로 인한 누전, 동절기 수원변화 등 청정용수의 활용에 제약이 따르고 있다. 특히 지표수를 용수원으로 사용하고 있는 지역은 수질오염이 심각하여 수질개선이 요구되고 있으나 간이정수장 설치·운영 등 시설용수의 수질개선에는 많은 어려움이 따르고 있는 실정이며 저렴한 비용으로 청정용수의 공급이 가능한 정수장치 개발이 필요한 실정이다.

4) 암반대수층 윗부분의 지하수, 표토와 대수층 사이에서 이용하는 지하수로서 이용하기 쉬운 장점도 있지만 쉽게 고갈되고, 오염되는 특징을 가지고 있다.

제2절 연구개발 범위 및 내용

1. 기술개발의 주요내용

본 연구과제의 최종목표는 우리나라 농촌현실에 적합하면서 고품질의 친환경 농산물 생산을 위한 청정용수 공급이 가능한 시설용수 공급시스템 개발하고 영농작업 및 기타 농촌지역에서 발생하는 용수수요에 대해 편의 및 위해성에 대한 안전을 확보할 수 있는 영농편의용수 공급 시스템을 개발하는데 있다. 본 연구의 주요 개발 범위 및 내용은 다음과 같다.

- FDA 공급시스템 개발 :
 - 소규모 전용 FDA공급시스템 개발
 - 대규모 전용 FDA공급시스템 개발
- 요소기술을 활용한 응용시스템 개발
 - FDA시스템을 활용한 공업용수 공급시스템 개발
 - FDA시스템을 활용한 생활용수 공급시스템 개발
 - FDA시스템을 활용한 농촌지역 인 제거시스템 개발

다음은 주요 연구개발 제품 내에 포함된 개발 범위 및 내용이다.

- 영농편의용수 장치 적용 :
 - 영농작업 및 기타 농촌지역에서 발생하는 용수수요에 대해 편의 및 위해성에 대한 안전을 확보할 수 있는 영농편의용수 공급시스템을 FDA 시스템에 적용
- 유형별 시스템 최적 조합 기법 개발
 - 각각의 시스템을 모듈화 하여 필요에 따라 각 시스템을 결합하여 최적의 성능발휘가 가능토록 유형별 시스템 조합 기법을 개발

현재 우리나라의 농업용수 수질기준은 별도로 제정되어 있지 않고 환경정책기본법 제 10조에 근거한 환경정책기본법시행령 제2조 수질환경기준에서 이용목적별 적용대상으로 나누어 설정하고 있다. 하천과 호소의 경우 생활환경 IV등급에 농업용수를 분류하고 있으며, 지하수의 경우 먹는물관리법 제5조 및 수도법 제18조의 구정에 근거한 「지하수의 수질보전등에 관한 규칙」의 제11조 지하수의 수질기준에서 농업용수 수질기준을 제시하고 있다. 현행법상 수원별로 법령이 다름으로 인해 농업용수의 수질기준 항목 및 기준치가 서로 상이하며, 이것은 농업용수 수질기준이 관개용수로서의 기준이 아니라 수원관리의 목적으로 설정된 기준이기 때문이다. 본 연구에서는 별도의 수질기준 관련연구는 수행하지 않았으나 용수공급시스템의

목표수질 설정을 위해 시설농업용수의 경우는 기존의 문헌인 “새만금용수활용방안 연구(2009, 농림수산식품부)”에서 연구한 시설용수 수질기준과 “하수처리수 재이용 가이드북(2009, 환경부)”에서의 농업용수 재이용 수질 권고기준을 이용하여 목표수질을 설정하였고, 생활용수 및 공업용수의 경우는 기존의 법적 수질기준을 목표수질로 결정하였다. 다음 <표 1-2>는 국내의 농업용수 수질기준을 비교한 표로서 이를 통해 목표수질을 설정하였다.

<표 1-2> 국내·외 농업용수 수질기준 비교

항목	국내		FAO(권고기준)		일본	중국		캐나다	네덜란드
	호소	지하수	지표관개	스프링쿨러	호소수	밭작물	채소류		
pH	6.0-8.5	6.0-8.6	6.5-8.5		6.5-8.5	5.5-8.5	5.5-8.5		
BOD	-	-			5	150	80		
COD	8	8			-	300	150		
SS	15	-			15	200	100		
DO	≥2	-			5				
T-N	1	-							
T-P	0.1	-							
NO3-N	-	20	0-10						
Cl	-	250	0-1,065					100-700	53.3 53.3-106.5 106.5-159.8
			<142	<106					
			142-355	>106					
Cd	0.01	0.01			0.01	0.005	0.005	0.0051	
As	0.05	0.05			0.01	0.05	0.05	0.1	
Pb	0.1	0.1			0.01	0.1	0.1	0.2	
Cr6+	0.05	0.05			0.05	0.1	0.1	0.0049	
Hg	ND	ND				0.001	0.001		
Cn	ND	ND			ND				
유기인	ND	ND							
페놀	-	0.005				2.5	2.5		
ABS	0.5	-							
PCB	ND	-							
TCE	-	0.03			0.03				
TeCE	-	0.01			0.01				
EC			0-3						<0.5(시설제배) 0.5-1.0 1.0-1.5
			< 0.7, 0.7-3.0						
			>3.0						
TDS			0-2,000					500-3,500	
Ca2+			0-20						
Mg2+			0-60						
Na+			0-920						34.5 34.5-69 69-103.5
			<69	<69					
			69-207	>69					
CO32-			0-30						
HCO3-			0-610						
SO42-			0-960						
NH4+-N			0-5						
PO4-P			0-2						

2. 연차별 · 세부과제별 연구개발의 목표 및 내용

다음은 본연구의 연차 및 세부과제별의 연구개발 목표 및 내용이다.

<표 1-3> 연차별 · 세부과제별 연구개발의 목표 및 내용

구분	세부과제별	연구개발의 목표	연구개발의 내용
1차	소규모 전용 FDA공급시스템 개발	· 소규모 FDA 시스템 제작 및 현장설치	- 1차 소규모 FDA 시스템 개발 · 시스템 구조계산(여과장치, 살균장치) · 적정처리용량 결정 · 모듈 통합 기법 개발 · 기술권 인증 - 2차 소규모 FDA 시스템 구조계산 · 시스템 구조계산(여과장치, 살균장치) · 적정처리용량 결정 · 모듈 통합 기법 개발 · 기술권 인증 - 시작품 제작 및 현장설치
	시스템 현장 적용성 평가	· 현장 모니터링	- 현장 시작품 평가 분석 - 사용자 대상 설문조사 - 모니터링 및 개선방안 수립
2차	대규모 전용 FDA공급시스템 개발	· 대규모 FDA 시스템 제작 및 현장설치	- 대규모 FDA 시스템 개발 · 시스템 구조계산(여과장치, 살균장치) · 적정처리용량 결정 · 모듈 통합 기법 개발 · 기술권 인증 - 시작품 제작 및 현장설치
	시스템 현장 적용성 평가	· 현장 모니터링	- 현장 시작품 평가 분석 - 사용자 대상 설문조사 - 모니터링 및 개선방안 수립
3차	요소기술을 활용한 응용시스템 개발	· 생활용수 전용 FDA 시스템 · 공업용수 전용 FDA 시스템 · FDA를 이용한 인처리 시스템 개발	- 생활용수 및 공업용수 전용 FDA 시스템 및 인처리시스템 개발 · 시스템 구조계산(여과장치, 살균장치) · 적정처리용량 결정 · 모듈 통합 기법 개발 · 기술권 인증
	시스템 현장 적용성 평가	· 현장 모니터링	- 현장 시작품 평가 분석 - 사용자 대상 설문조사 - 모니터링 및 개선방안 수립

제2장 국내·외 기술개발 현황

제1절 국내 기술개발 현황

1. 국내의 관련기술

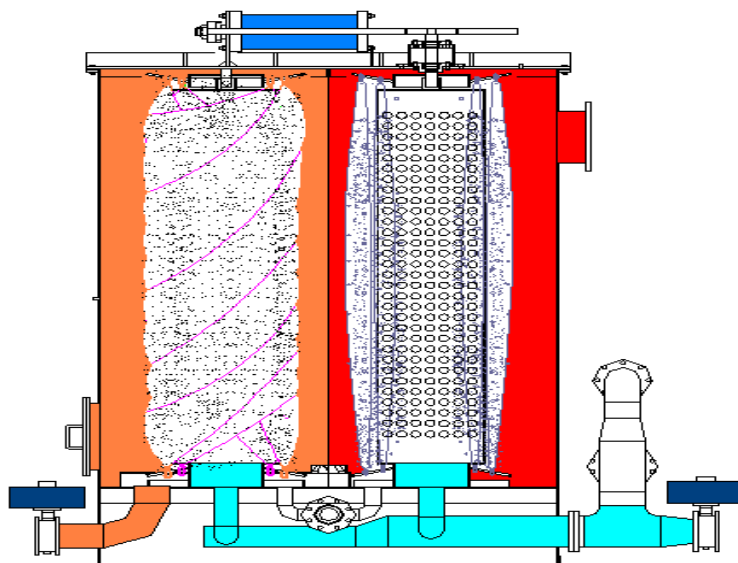
호수나 저수지의 물을 이용하여 친환경 관개용수 시 농민이 비료나 농약이 묻은 신체를 세정하거나 농기구를 세척에 필요한 농업 생활용수는 아직 국내에 적용이 없는 상태로서 국내에서는 H2L환경이나 (주)태영이 멤브레인을 이용하여 미생물의 제거하는 연구를 수행한 바 있으며 몇몇의 기업에서는 막분리를 이용한 고도처리를 수행한 바 있다. 그러나 미생물의 *fouling*의 문제와 고가격으로 살균시스템을 접목하여 공급하는 단일시스템은 개발되지가 않고 있다.

국내의 장치를 이용하여 용수를 처리하는 수처리시스템의 개발은 하수처리분야를 중심으로 이루어지고 있으며 매우 고가의 시설을 요구하고 있기 때문에 농업용으로 사용하기에는 부적합하다. 다만, 21C 프론티어 연구사업에서 추진중인 하수처리수의 농업용수 재이용 활용시스템 에서는 농업용 목적의 수처리시스템을 개발하였으며, 일부 지자체에서 이를 이용하여 농업용수로 하수처리수를 공급하고 있다.

2. 국내 필터시스템 종류 및 특성 분석

가. 섬유형 여과기

1) 공극제어형 섬유 여과기 (PCF-Filter)



<그림 2-1> 공극제어형 섬유여과기 형상

○ 여과형식 : 횡류 연속 중력식 또는 압력식

○ 특 징 :

여과는 내부스트레너를 감싼 섬유여층을 비틀어 압착하여 공극을 작게 하여 원수를 외부에서 내부로 중력여과하는 침지식과 펌프로 압력 여과하는 압력식 방식이 있음. 세척은 섬유압착을 이완하여 공극을 크게 하여 역세수와 공기로 포획입자를 탈리·역세하는 방법을 사용. 여기서 침지식은 여과역세를 동시수행 하는 반면 압력식은 유닛(Unit)별로 여과역세를 교대로 수행함.

○ 사용여재 :

폴리프로필렌 또는 나일론(P.P 또는 Nylon)사용. 여재의 수명은 5년 내외 임.

○ 여과방식 : 심층여과로서 압력식의 경우 여층두께는 30~100 m/m임.

○ SS제거효율 및 여과최소 입경 : 85~95 %, 평균 5 μ m

○ 여과속도 : 120~360 m/일

○ 역세수량 : 1~3 %

○ 손실수두 : 침지식의 경우 0.3 m이하, 압력식의 경우 7m 이하

○ 장 점 :

국내개발품으로 원리가 간단하고 막분리 방식을 제외하면 최고의 처리수질 (평균 1 mg/ℓ 이하)을 얻을 수 있고, 100 mg/ℓ 정도의 고부하에도 처리수질이 양호함. 지상 또는 침지형 등 자유로이 설치가 가능하고 고부하시 역세 빈도가 자동으로 높아져 대처되므로 매우 편리함. 소형경량으로 설치부지가 작으며, 시설비가 저렴하고 역세시간이 짧고 (1~3분) 역세수량이 소량임 (1~3%). 또한 여재수명이 길고 (5년), 교환이 간편하며, 양쪽고리형으로 유실이 불가능함. 고장시 Unit별로 대처가 가능하여 전체 설비가동에 영향이 없음.

○ 단 점 :

1대를 독립적으로 설치할 경우 여과와 역세가 교대로 일어남으로 역세시 UNIT별로 여과가 중단됨(다수 설치시 문제없음).

2) SF 여과기 (Submersable Filter System)



<그림 2-2> 침지식 진공 여과기 형상

- 여과형식 : 횡류 연속 진공식 또는 중력식
- 특징 :
 - 여과는 여재를 여재모듈결대에 걸고 모터의 회전력을 이용하여 회전시켜 여재를 Space Ring에 인장시킨 후 유출수를 여과함. 세척은 필터 여재를 수 초간 모터에 의해 회전시켜 세척함. 침지식의 경우는 중력에 의한 무동력 여과로 자동세척형식이며, 진공식은 펌프에 의한 여과로 자동세척형식의 자동밸브를 가짐.
- 사용여재 :
 - 테프론 또는 나일론 (Teflon 또는 Nylon, 광촉매 코팅 섬유) 사용. 여재의 수명은 5년 내외 임.
- 여과방식 : 심층여과로서 진공식의 경우 여층두께는 50~100 m/m임.
- SS제거효율 및 여과최소 입경 : 85~95 %, 평균 5 μ m
- 여과속도 : 130~360 m/일
- 역세수량 : 없음
- 손실수두 : 침지식의 경우 0.3 m 이하, 압력식의 경우 7 m 이하
- 장 점 :
 - 역세수량 없음. 모래여과 대비 부피는 1/5이며 무게는 1/10 정도로 송풍기와 역세펌프가 필요 없음. 유연성 연재 (테프론) 사용, 수명 3년 교체가 간편하며, 원수 수질변화에 대해 탁월한 적응력이 있음. 설정 압력 또는 설정 시간, 유량 변화에 전자동으로 세척가능. 세척 후 여과 공정으로 자동 복귀하며, 기존 방류수조를 이용함으로써 별도의 여과수조가 필요 없음. 호기조를 이용할 경우 방류수조가 불필요함.
- 단 점 : 가격이 고가임 .

나. 디스크 여과기

1) 유천하이드로텍 디스크필터 (Yucheon-Hydrotech Disk Filter)

- 여과형식 : 중력식 연속여과방식
- 여과공정 :
 - 유입수는 센터 드럼에서 디스크 필터 속으로 자연스럽게 유입되어 유입수 속의 입자는 디스크 필터 양쪽에 설치되어 있는 필터 엘리먼트 안쪽에 붙게 됨. 필터 엘리먼트 내부에 입자가 붙게 되면 디스크 탱크 내의 수위가 상승하게 되고 수위감지기가 작동하여 디스크 필터 회전과 세척장치를 작동시킴. 고압 세척수가 필터 엘리먼트에서 입자를 떼어내고 세정배수 집수통에 모아서 필터 외부로 배출함. 정상운전시 디스크의 약 60 %가 수중에 잠김. 수두손실이 300 mmH가 되면 레벨센스가 작동하여 필터 엘리먼트를 역세함. 또한 디스크

필터의 회전제어나 연속 운전 등은 자동 조절 됨.

○ 여과재료 :

스테인레스 STS304 또는 ABS 수지 프레임에 설치한 필터 엘리먼트로 구성,
필터 엘리먼트의 재질은 폴리에스텔 (PE), 스테인레스 STS304로 제작가능



<그림 2-3> 유천하이드로텍 디스크필터 형상

○ 특징 :

- 획기적인 구조에 의해 필터 엘리먼트를 간단하게 교환 가능
- 이동식 세척장치에 의해 보다 적은 세척수량으로 보다 완전하게 필터를 세척
- 필터의 수명이 오래감 (정상운전시 5년 이상의 수명지속)

○ 장점

- 높은 유연성 : 수질변경 경우 즉시 여과막 크기가 다른 필터 교환가능
- 연속운전가능 : 24시간 연속 운전 가능
- 컴팩트한 구조 : 설치부지가 적게 소요됨.
- 유지관리비 저렴 : 초기설치비가 비교적 저렴하고, 유지관리비가 적게 소요.
- 안정적인 처리효율 : SS, COD, BOD 등에 대한 처리효율이 높음

○ 처리수량 및 여과막

- 처리수량 : 아수처리장 방류수의 경우 1대당 최대 40,000 m³/일 (18 μ m)
- 여과막 : 통상 10~100 μ m
- 특별한 용도로는 300 μ m 까지 필터 사용 가능

○ 수두손실 : 통상 50~200 mmH

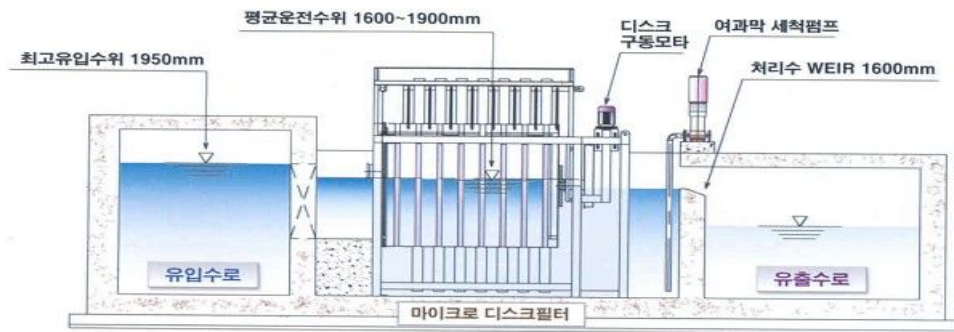
○ 세정수량 : 유입수량의 1~3 %



<그림 2-4> 마이크로 디스크 필터

○ 주요용도

- 하·폐수, 오수, 중수도의 부유물질의 고도처리 설비 (3차 설비)
- 상수원수 (정수장), 호수, 연못 및 양식장의 조류, SS 제거 설비
- 공업용수, 냉각수, 농업용수 등 용수처리 설비
- 약품주입 운전으로 COD, BOD, T-P고도처리 설비
- 우천시 합류식 하수의 월류수 (CSO) 처리 설비



<그림 2-5> 마이크로 디스크필터 수리계통도

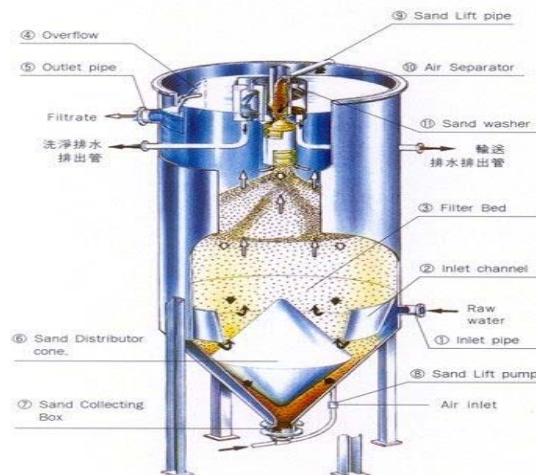
<표 2-1> 마이크로 디스크필터의 제품 사양

Filter Size	1704	1706	1708	2104	2106	2108	2110	2212	2214	2216	2218	2220
구동장치	0.55	0.55	0.55	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
8Bar에서의 세척수 유량(l/s)	1.4	2.2	2.9	1.9	2.9	3.8	4.8	6.2	7.8	9.0	10.1	11.2
60Hz에서의 펌프모터효능(kW)	2.2	3.0	4.0	3.0	4.0	7.5	7.5	7.5	11	11	11	11
최대여과면적(m2)	11.2	16.8	22.4	18	27	36	45	67.2	78.4	89.6	100.8	112
필터디스크의 최대수량	4	6	8	4	6	8	10	12	14	15	18	20

다. 사여과기

1) 이동상 상향류식 사여과기 (Sandflo Filter)

- 여과형식 : 이동상 상향류 연속여과
- 사용여재 : 모래 사용
- 장 점 : 응집, 침전, 여과의 기능을 동시에 행하므로 폐수의 3차 처리에 적합. 모래 이송관이 외부에 장착되어 모래 내부의 SS 부하 변화에 따른 운전상의 문제가 없으며, 유지보수가 간단함. 모래 이송속도가 기존보다 2배 이상 가능. 예비세정 길이가 길므로 인하여 예비세정이 우수. 기존의 제품보다 처리효율이 평균 30 % 이상 높음. 신형 세정조를 부착하여 SS 분리가 탁월함. Filter Bed의 아래 부분에 특수하게 설계된 원추형의 Sand Distributor는 모래를 여과기의 아래로 향해서 균일하게 하강시킴. Filter Bed 가운데에는 모래이동을 방해하는 원수의 분배장치가 없기 때문에 모래 이동이 정체되거나 Filter Bed가 막히는 경우가 없음.



<그림2-6> Sandflo Filter 형상 및 구조

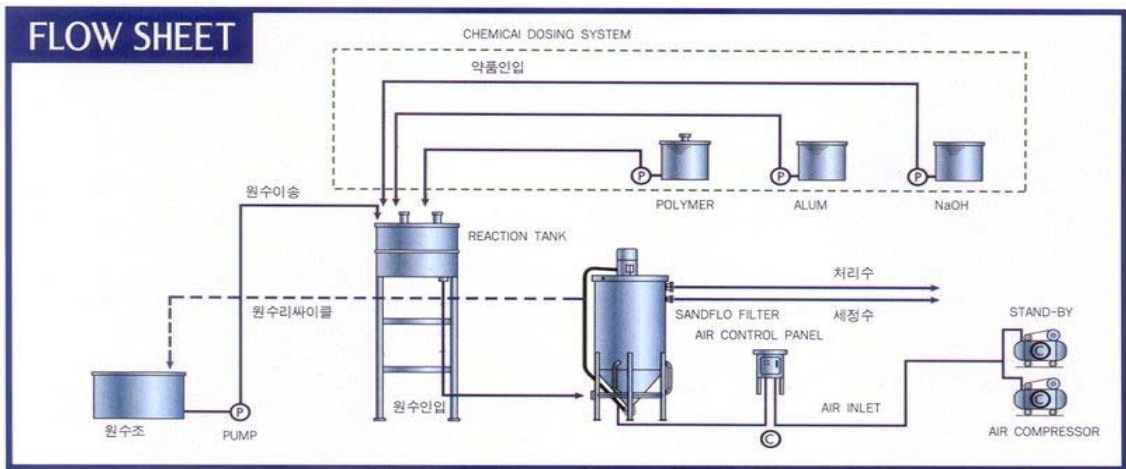
- 여과공정
 - 원수유입 : 부유물질(SS) 등 오염원을 포함한 유입원수는 사여과기 전단의 헤드 탱크에서 자연유하(중력식)로 사여과기 하부에 구성된 세 개의 원수분배관을 통하여 사여과기로 유입되며, 유입된 원수는 깔대기 모양의 디스트리뷰터 콘을 통해서 여과기 내부로 균등하게 공급되어야 한다. 유입된 원수는 여과기 내에서 상승하고 하강하는 세정된 모래에 의해 부유물질이 포집되어 처리된 여과수는 여과기 상부의 배출관을 통하여 배출된다.
 - 모래이송 : 부유물질을 포집한 오염된 모래는 원추형 디스트리뷰터 콘(Distributor Cone) 바깥측 통로를 통해 여과기 밑으로 하강하여 하부에 설치

된 집사박스로 들어간다. 오염된 모래는 집사박스로부터 외부 연결된 양사펌프에 의해 이송되어지며 양사관 관내를 상승 이동하는 과정에서 물과 공기에 의해 예비 세정되며 Air Separator에서 물과 공기는 분리되며 모래는 여과기 상부에 설치된 세정장치로 들어간다.

- 세정장치의 수송배수 및 세정배수 배출방법 : 집사박스 내부로 집결되어진 더러워진 모래는 양사펌프에 의해 사여과기 상부에 설치된 세정장치(오염된 여과사를 세척하는 장치)로 이송되어진다. 이 세정장치에서 배출되는 오염된 모래의 세척수는 수송배수와 세정배수로 이루어지며 수송배수는 원수조로 배출시키고 세정배수는 사여과기 인입수조로 재순환 시킨다. 수송배수량은 사여과기 유입원 수량의 10 % 이내로 배출되어야 한다.
- 세정장치 : 세정장치로 유입된 오염된 모래는 세정장치 하부쪽에 장착된 라비린스 통로를 지그재그로 하강하고 라비린스에 충돌되면서 오염물질이 분리되고, 분리된 오염 물질은 세정배수와 함께 별도의 배출관으로 배출된다.
- 구조 및 재질 : 사여과기는 원통형 본체에 양사펌프, 양사관, Air Separator, 세정장치, 에어 제어반으로 구성되며 양사관 및 양사펌프는 본체 외부에 취부 설치되어 있어서 운전 및 유지관리가 용이하도록 되어 있다.
 - ① 본체는 원통형으로 6.0mm 강판(SS400)을 사용하여 용접구조로 견고하게 제작되어 여과재인 모래의 흐름에 지장이 없도록 설계되어야 한다.
 - ② 양사관의 재질은 사용 특성상 자외선 및 열에 의한 열화 방지를 위하여 자외선 흡수제, 내열 안정제 및 내후제와 같은 특수한 약품을 첨가하여 내마모성 및 내열성에 우수한 초고분자 P.E (U.H.M.W PE)를 사용하여야 한다.
 - ③ 세정장치 내부의 모래 충격부분은 내마모성이 강한 U.H.M.W PE Pad를 부착하여야 하고 라비린스는 폴리우레탄으로 내마모성에 강해야 하며 모래에 포착된 오염물질의 분리가 잘 되고 부유물질을 포함한 세정수 상승이 원활하고 배출량 조절도 가능하도록 제작한다.
 - ④ 에어제어반은 양사펌프의 공기량을 조절할 수 있는 에어유량계, 압력스위치, 감압변 솔레노이드 밸브 등을 내장시켜 원활한 공기 공급이 이루어지도록 한다. 압축공기는 약 4 kg/cm²의 압력으로 지속적인 공기 공급이 되어져야 한다. 또한 공기 공급이 중단되었을 때는 유입원수 공급펌프를 중단시키고, 공기 공급이 이루어 질 경우만 공급 펌프를 가동시켜 원수 유입에 따른 자동운전이 되어야 한다.

<표 2-2> 이동상 상향류식 사여과기 (Sandflo Filter) - Sample PS-55 모델 사양

항 목	사여과기	비 고
형 식	이동상 상향류식 사여과기	중력식
여 과 면 적	5.5m ² /대	
규 격	Ø2,650mm x H6,610mm (H6,110mm)	
처 리 량	1,000m ³ /일/대	
여과사 입경	0.8mm~1.2mm	균등계수 1.4
운 전 방 법	연속식 자동운전	
수 량	1대	



<그림 2-7> Sandflo Filter 처리 계통도

라. 관개용 여과기

시설농업지역의 현장조사 결과 대부분의 농가에서는 <그림 2-8>에서 나타낸 바와 같이 간이필터기를 관수로나 양수기에 설치하여 사용하고 있는데 이는 깨끗한 용수의 공급을 위해서라기보다는 관개시설(관 또는 노즐)의 원활한 유지를 위해서 필터를 선 처리를 하는 경우가 대부분인 것으로 조사되었다.



<그림 2-8> 관개용 여과기

현재 우리나라 시설재배에 사용되고 있는 간이여과기 종류는 다양하다 <그림 2-9>. 간이 여과기를 양수기에 연결하여 사용하는 형태와 관경크기에 따른 여과기 종류 및 여과기에 내장된 스크린 혹은 디스크 타입의 필터 종류를 각각 보여주고 있다. 또한 시설용수에 많이 사용되고 있는 여과기의 종류별 관경크기와 사용압력, 시간당 유량, 메쉬크기에 대한 자료도 <그림 2-9>에 나타낸 바와 같다. 관경의 크기 (유량 결정)에 따른 여과되는 물질의 입경에 따라 필요한 여과기를 선택할 수 있도록 다양하게 제품이 생산되고 있다. 이러한 제품은 주로 스프링클러, 점적관개, 관비의 이물질 여과의 용도로 사용되고 있다. 제품의 특징은 특수 플라스틱재질로 제작되어 반영구적으로 사용가능하며, 상·하 탈부착으로 분해가 가능하고 여과부분이 디스크 형식으로 세척을 농민이 직접 주기적으로 해줌으로써 디스크 내에 쌓인 이물질을 제거해 주어야 한다. 시장 조사결과 국내에서 가장 많이 사용되고 있는 간이여과기 제품은 이스라엘 제품인 네파뎀 브랜드로 가격이 국내여과기의 3배 정도로 비쌌으나 농민들은 상대적으로 싼 국내산 제품보다는 이 제품을 선호하는 것으로 나타났는데, 가장 큰 이유는 네파뎀이 국내산보다 내구성이 우수하며 사용상 수압에 의해 디스크 여과기의 변형이 거의 일어나지 않는다는 점이였다.

세이프여과기 (Safe Filter)



(A) 40mm 여과기 (B)

(A) 50mm 여과기 (B)

(A) 75mm 여과기 (B)

스크린 120 디스크 100 디스크-120

특 징

- 특수 플라스틱 재질로 반영구적
- 간편한 상·하 탈부착으로 분해, 조립용이
- 여과 부분이 디스크식으로 청소가 용이함
- 내약품성이 뛰어남

용 도

- 미니스프링클러, 점적관수, 관비의 이물질 여과용

규 격

규 격	사용압력(bar)	유량(ℓ/h)	MESH
40mm(1 1/2")	10	12,000	120
50mm(2")	10	25,000	120, 100, 80
75mm(3")	10	40,000	120, 100, 80



[여과기 시설]

<그림 2-9> 관개용 필터제품

제2절 해외 기술개발 현황

1. 해외의 관련기술

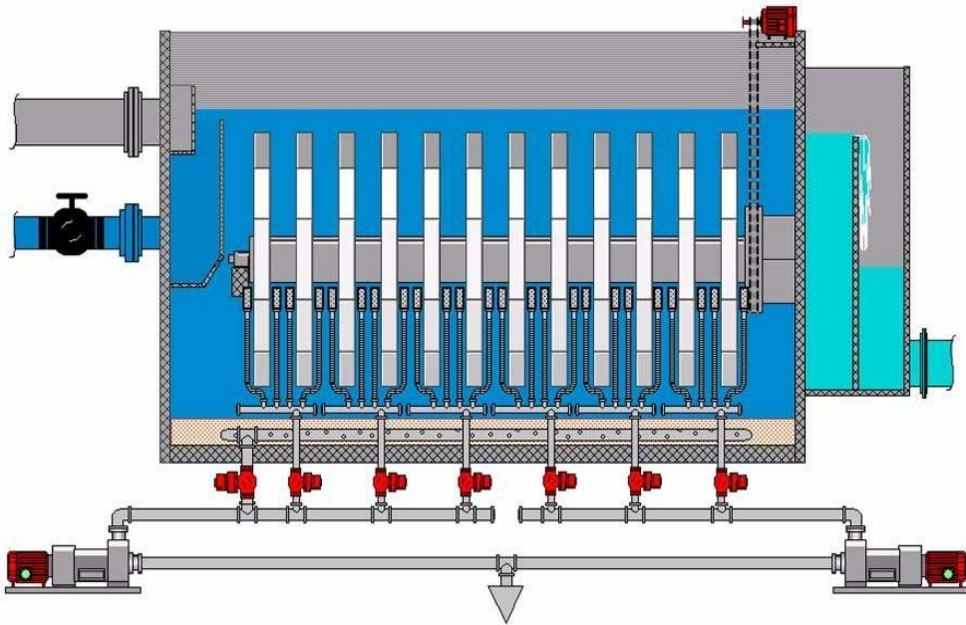
일본은 1991년에서 1993년까지 MAC21(Membrane Aqua Century 21)이라는 시스템에서 막분리를 이용하여 중수 및 정수시스템을 개발한 적이 있으며 미국의 경우는 UF와 UV를 별도로 이용하는 시스템을 적용하여 중수로 활용하는 연구가 진행되어 있다. 일본 건설성 주관 "BIOFOCUS PROJECT"11) "BIOFOCUS"프로젝트는 1985년부터 1990년까지 일본 건설성 주관으로 수행되었으며, 연구목적은 생물학적 처리로 현재와 미래의 하폐수처리 문제를 해결한다는 것이다.

네델란드는 "add-on"(사후 처리기술)이라 불리는 기술을 이용하여 오염물질 배출 수준을 상당히 감소시키고 있고 기술개발을 지속적으로 추진하고 있는 중이며 "RWZI 2000 (Future Treatment Techniques for Municipal Waste Water)"프로젝트 미래의 하수처리 기술개발을 목표로 국가에서 주관하여 수행하며 수처리와 관련된 기술을 개발하고 있다.

2. 해외 필터시스템 종류 및 특성 분석

가. 디스크 여과기

1) 아쿠아 디스크필터 (Aqua Disk Filter) :미국

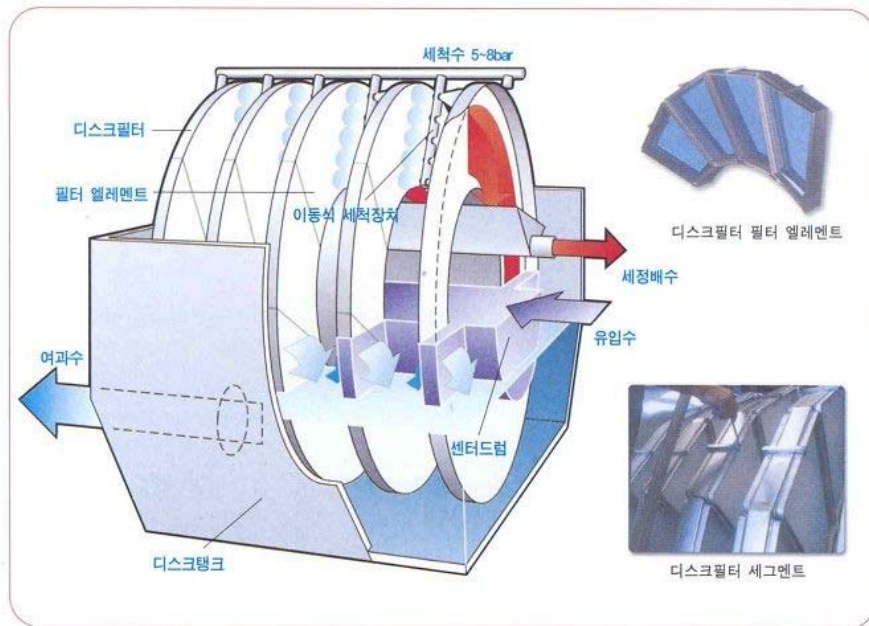


<그림 2-10> 아쿠아 디스크필터 형상

- 여과형식 : 횡류 연속 중력식
- 특 징 : 여과는 중력에 의한 저압수두방식으로 탱크 또는 수조로 유입되어 회전형 멤브레인 필터를 외부에서 내부로 통과하여 여과하는 방식. 역세는 드럼을 회전시키며 역세펌프로 필터안쪽에서 밀고 바깥쪽에서 빨아내는 흡인장치로 자동역세척하는 방식임. 여과와 역세를 동시에 수행함.
- 사용여재 : 폴리에스테르 루프 파일 (P.E Loop Pile, 카펫트 모양임) 사용. 여재의 수명은 5년 내외임.
- 여과방식 : 망(Strainer, 스트레너)과 일부 심층여과로서 여층두께는 13 m/입.
- SS제거효율 및 여과최소 입경 : 60~85 %, 평균 10 μ m
- 여과속도 : 205~420 m/일
- 역세수량 : 1~3 %
- 손실수두 : 0.3 m 이하
- 장 점 : 심층여과방식으로 처리수질이 우수하고 비교적 높은 SS 부하(약 80 mg/l)에 여과속도를 줄이는 등 대처가 가능함. 설치공간이 비교적 작아 소요부지 면적이 작음. 설비가 단위기기별로 제작되어 유지관리가 쉬움. 여과 및 역세가 동시에 일어남으로 역세로 인한 운전중단이 없음. 상부 Cover가 없어 운전감시가 용이함. 손실수두가 적어 자연유하로 여과가능. 하부로 Sludge 인탈기능이 있어 여과부하를 줄일 수 있고 일부 침전기능 수행가능.
- 단 점 : 유입수질 및 유량변동에 따른 개별기기의 대처가 어려움. 회전드럼의 회전수를 감소시키거나 디스크의 세척빈도를 줄이면 제거효율은 증가되나 처리용량은 감소됨. 예비기기(단일구동 방식)를 포함하지 않으므로 본체 및 부속설비의 고장시 처리불가. 각각의 디스크 세척시 고압사용으로 인한 필터엘러먼트의 수명감소와 파손우려. 여재가 수중에 위치하므로 교환이 용이치 않고 전체 배수 등의 번거로움이 있음.

2) 마이크로 디스크필터 (Micro Disk Filter) :스웨덴

- 여과형식 : 횡류 연속 중력식
- 특 징 : 여과는 가변저속의 연속회전 센터드럼에 부착된 미세망을 원수가 내부에서 외부로 통과하여 여과되는 방식임. 역세는 고압역세펌프(8 Bar)를 이용하여 고압수로 여재표면을 여과와 반대방향으로 쏘아 역세척하는 방식임. 여과와 역세를 동시에 수행함.
- 사용여재 : 폴리에스테르 또는 스테인레스 STS316 사용. 여재의 수명은 5년 내외임.

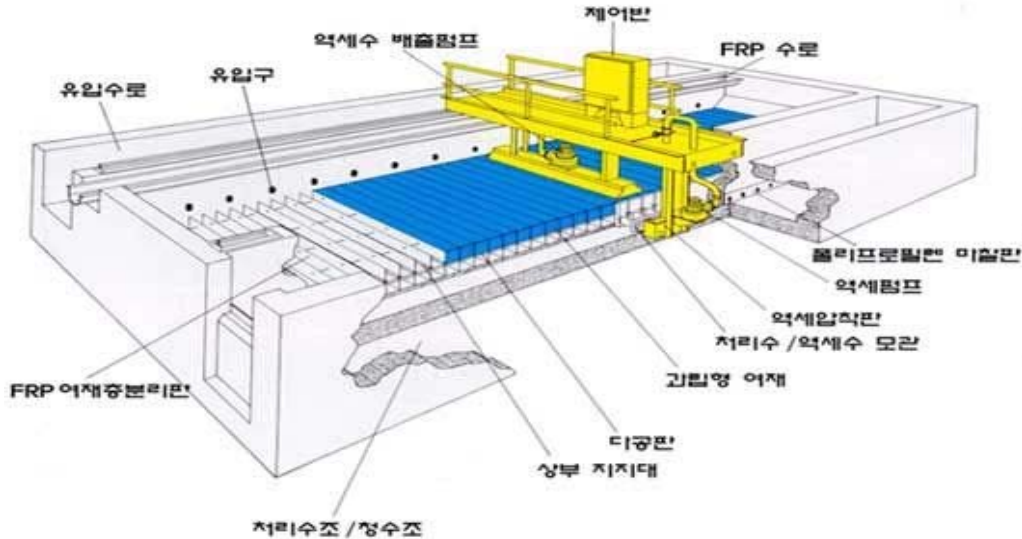


<그림 2-11> 마이크로 디스크필터 형상 및 구조

- 여과방식 : 망 (Strainer, 스트레너) 여과방식임.
- SS제거효율 및 여과최소 입경 : 50~80 %, 10~100 μm
- 여과속도 : 260 m/일 (18 μm)
- 역세수량 : 2~3 %
- 손실수두 : 0.3 m 이하
- 장 점 : 10 μm 여과망 사용시 처리수질이 비교적 우수함. 설치공간이 비교적 작아 소요부지 면적이 작음. 설비가 단위기기별로 제작되어 유지관리가 쉽고 여재교환이 매우 용이함. 여과 및 역세가 동시에 일어남으로 역세로 인한 운전중단이 없음. 손실수두가 적어 자연유하로 여과가능. 다양한 여과막 (10~100 μm)을 SS의 크기나 부하에 따라 교환사용이 가능함.
- 단 점 : 유입수질 및 유량변동에 따른 개별기기의 대처가 어려움. 회전드럼의 회전수를 감소시키거나 디스크의 세척빈도를 줄이면 제거효율은 증가되나 처리용량은 감소됨. 예비기기(단일구동방식)를 포함하지 않으므로 본체 및 부속설비의 고장시 처리불가. 각각의 디스크 세척시 고압사용으로 인한 필터 엘리먼트의 수명감소와 파손이 우려됨. 전체 SS가 여과망에 부착 후 탈리되므로 여과저항이 큼.

나. 사여과기

1) 중력식 자동역세 사여과지 (Automatic Backwash Filter) : 미국



<그림 2-12> 중력식 자동역세 사여과지 형상

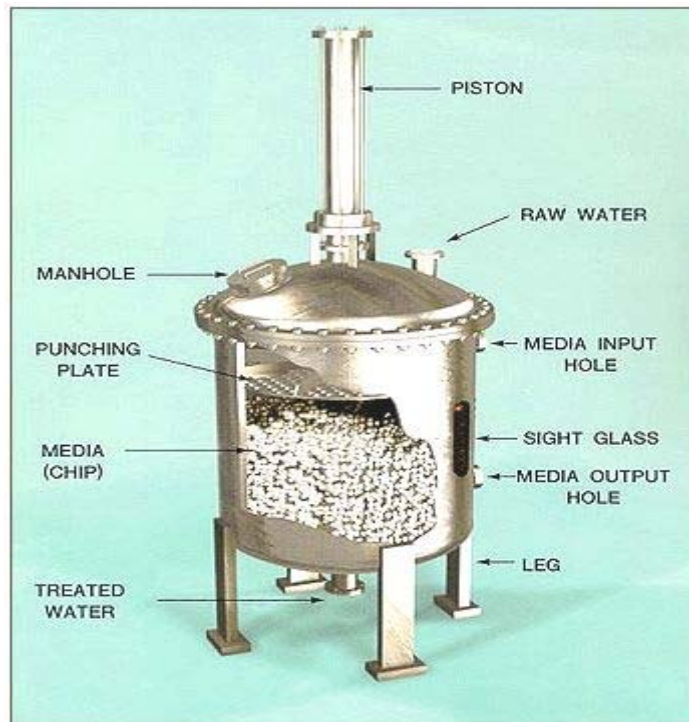
- 여과형식 : 하향류 연속 중력식
- 특 징 :
여과는 원수를 여재층 상부로 유입하여 여재층을 하향으로 통과한 후 하부 집수장치로 유출되는 중력식 여과방식으로 진행. 역세는 길이방향으로 분할된 셀단위 여재층을 수위차 및 타이머로 연속적으로 세척수를 공급하는 상향역세방식임. 여과와 역세가 동시 수행됨.
- 사용여재 : 모래 사용. 여재의 수명은 5년 내외 임.
- 여과방식 : 침층여과로서 여층두께는 300~1,200 m/m임.
- SS 제거효율 및 여과최소 입경 : 50~60 %, 평균 40 μm
- 여과속도 : 110~170 m/일
- 역세수량 : 5~10 %
- 손실수두 : 0.3~0.4 m
- 장 점 :
일개의 여과지에서 단위 셀별로 역세가 이루어지므로 여과와 역세가 동시에 이루어져 역세로 인한 운전중단이 없음. 별도의 역세척수조가 필요 없음. Mud Ball 등에 의한 여재 폐색이 발생하지 않음. 손실수두가 적어 자연유하로 여과가능.

○ 단 점 :

소요면적이 대단히 크고 초기 투자비가 많음. 설치시 숙련된 기술이 요구됨. 정확한 기계작동이 요구됨. 국내적용실적이 저조함. 예비지(단일구동방식)를 포함하지 않으므로 본체 및 부속설비 고장시 처리가 불가함. 태양광에 의한 조류성장 촉진 및 잦은 역세로 기능 저하가 우려됨. 역세수량이 많아 반송부하에 영향을 미치며 재처리 비용이 증가함. 여재의 양이 많고 교환이 매우 번거롭고 전체 배수 등의 문제점이 있음.

다. 마이크로 칩 여과기

1) 수직 압착식 마이크로필터 (Micro Chip Filter) : 일본



<그림 2-13> 수직 압착식 마이크로필터 형상

○ 여과형식 : 하향류 연속 압력식

○ 특 징 :

여과는 가공PP사 원형섬유여재를 피스톤으로 압착, 공극을 작게 하여 여재상부에서 하부로 하향 여과하는 방식. 역세는 피스톤의 압착을 해제, 여재를 이완하고 공기와 가압수로 여재 Chip에 붙은 SS를 탈리·역세하는 방식임. Unit별 여과와 역세를 교대로 수행 함.

○ 사용여재 : P.P사 가공칩 사용, 여재의 수명은 3년 내외 임.

- 여과방식 : 심층여과로서 압축시 여층두께는 450 m/m임.
- SS 제거효율 및 여과최소 입경 : 80~90 %, 평균 10 μ m
- 여과속도 : 720~1,200 m/일
- 역세수량 : 5 %
- 손실수두 : 7 m 이하
- 장 점 :
심층여과 방식으로 비교적 처리수질이 우수함. 압착시 일정한 압력으로 여재를 압축할 수 있음. 원수 및 SS 농도에 따라 폴리프로필렌사 가공 Chip을 선택적으로 사용할 수 있고 압축을 조절이 가능하여 처리효율을 임의로 조정가능 함. 고장시 Unit별로 대처가 가능하여 전체 설비가동에 영향이 없음.
- 단 점 :
소요면적이 비교적 크고 초기 투자비가 많음. 여재유실이 있을 수 있고 압축시 공간 (Channel)이 생길 수 있으며 이 경우 수질악화가 우려됨. 여재의 량이 비교적 많고 교환이 번거로우며 여재수명이 3년 내외로 짧음. 역세수량이 많아 반송부하에 영향을 미치며 재처리 비용 증가. 여과와 역세가 교대로 일어남으로 역세기 Unit별로 여과가 중단됨 (다수 설치 시에는 문제없음).

라. 멤브레인

멤브레인이란 막(Membrane)을 여재로 하여 여과하는 정수처리 공정을 말한다. 막여과 기술은 고액분리, 이온분리, 가스분리 등을 행하는 분리기술로써 정수처리, 해수담수화, 식품 및 의료분야 등 다양한 분야에서 사용되고 있다. 액체나 기체상태의 용해되지 않는 입자 분리의 일반여과(Filteration)뿐만 아니라 액체에 용해된 용존물질이나 혼합기체의 분리까지도 가능한 특수한 막을 의미하는 것으로 멤브레인의 반투과 성질을 이용하여 물질을 분리 혹은 전달시키는 것이다. 또한 단순하게 어떠한 크기 이상을 분리 혹은 전달하는 기능 외에도 전하 반발력, 용해도, 확산률 등의 성질을 이용하여 분리 혹은 전달을 강화시키기도 한다. 멤브레인의 여러 가지 분리기능은 다음과 같다.

- 분리·농축: 응집제 등 약품첨가 없이 고체/액체 분리, 액체/액체 분리, 가스 분리 가능
- 분 획: 용질 혹은 미립자를 분자량이나 크기에 대응해서 개별적으로 분리
- 격 리: 다른 성질의 액체 혹은 물질이 멤브레인 사이에서 양자가 혼합되지 않고 분리 상태로 있는 것
- 고정·흡착: 분리와 흡착을 동시에 행하는 것

1) 멤브레인 종류 및 특성

멤브레인은 제거되는 대상입자의 크기에 따라 4가지 종류로 분류된다.

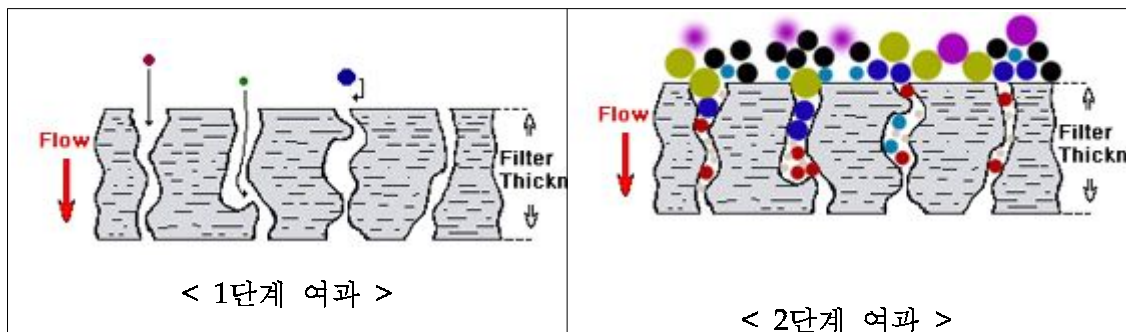
- 정밀여과막 (MF: Microfiltration Membrane)
- 한외여과막 (UF: Ultrafiltration Membrane)
- 나노여과막 (NF: Nanofiltration Membrane) 또는 저압역삼투막
- 역삼투막 (RO: Reverse Osmosis Membrane)

가) 정밀여과막 (MF: Microfiltration Membrane)

정밀여과막의 공경은 $0.025 \sim 20 \mu\text{m}$ 로써 용질입자의 크기와 분리막의 공극을 이용한 체걸음 작용에 의해 여과작용을 하며, 제거 대상 물질로는 콜로이드 입자, 현탁질, 조류, 박테리아 등으로 공칭분획경 (Pore Size)으로 분리 능력을 표시한다. 정밀여과막은 심층(Depth)형과 멤브레인형으로 나눌 수 있으며, 심층형은 마이크로필터로 불리고 멤브레인 형태는 말 그대로 멤브레인으로 불린다. 이들의 조작압력은 1 kg/cm^2 정도이다.

○ 심층여과 (Depth Filter)와 멤브레인 여과 (Membrane Filter)의 비교

심층여과는 여과체에 무질서한 기공구조를 가지고 있다. 기본원리는 일정한 두께를 가진 격자를 통한 기계적 입자제거와 흡착이며, 주로 많은 양의 이물질 제거에 사용되고 멤브레인 여과보다 가격이 상당히 저렴하다. 반면에 멤브레인 여과의 여과체에 기하학적으로 일정한 기공구조를 가지며, 여과막의 공경보다 큰 모든 입자 들이나 유기물들을 제거한다. 멤브레인 여과는 소량의 케이크(Cake) 여과에 적합하다.



<그림 2-14> 정밀여과막 여과특성

정밀여과막(MF)의 여과특성은 1단계에서는 여과체의 공경보다 큰 이물질(입자)만 여과되고, 2단계에서는 필터표면에 케이크가 형성됨으로써 필터에 의해 여과할 수 있는 입자보다 더 미세한 입자까지 여과된다<그림 2-14>. 정밀여과막의 특성은 다른 막분리 공정보다 높은 투과수량 (Flux)을 가지며, 재래식 응집, 침전 여과에 비하여 투과된 수질이 좋다. 또한 높은 투과수량, 용이한 세척, 적용의 유연성 및 경제성 등으로 적용범위가 넓고, 발전 속도가 빠르다. 그러나 정밀여과막의 공경은 다른 분리막에 비해 크기 때문에 공극 안으로 콜로이드가 들어가 내부 폐색을 일으킬 우려가 높은 단점이 있다. 이 공정은 해수담수화 전처리, 막여과 정수뿐만 아니라 식품산업, 화학공업, 제약산업 등 다양한 분야에 적용되고 있다.

나) 한외여과막 (UF: Ultrafiltration Membrane)

공경은 0.01~0.001 μm 로써 체거름 작용에 의해 여과가 되며 제거 대상 물질은 분자량 5,000~30만 정도의 세균, 콜로이드, 단백질, 고분자 유기물 등이다. 분리 능력 표시는 분획 분자량 (MWCO), 즉 분리해 낼 수 있는 분자량의 크기로 나타내며, 여기서 분획 분자량 (MWCO; Molecular Weight of Cut-Off)이란 한외여과막 (UF)에서 사용되는 단위로 멤브레인에서 90 % 이상 제거되는 표준 고분자물질의 분자량으로 표시한다. 조작압력은 2~5 kg/cm² 정도이다. 한외여과막의 특성은 세척을 통하여 반복 사용이 가능한 것이며 현미경으로 관찰해도 그 세공을 볼 수 없는 것이 정밀여과막 (MF)과 다른 점이다. 또한 일반적으로 비대칭성 구조로 선택분리기능을 가진 표면활성층 및 다공성의 지지층으로 구성되어 있다. 공경보다 큰 물질은 필터에 걸려 여과하고 공경보다 작아 막을 통과한 물질은 확산 작용에 의해 제거한다.

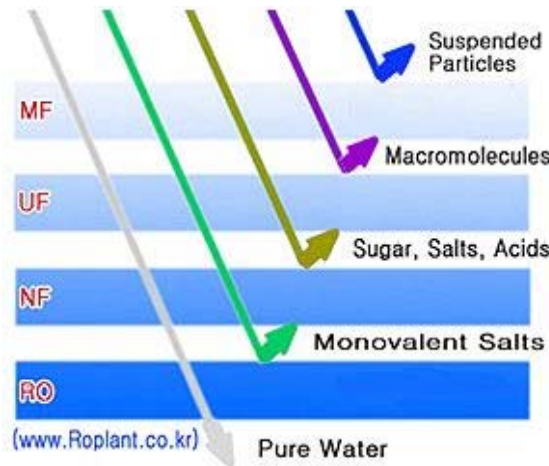
다) 나노여과막 (NF: Nanofiltration Membrane) 또는 저압역삼투막

나노여과막 (NF)의 공경은 0.005~0.001 μm 로써 체거름 작용과 확산 작용, 즉 삼투현상을 응용한 여과작용을 한다. 제거 대상물질은 분자량 5,000~300,000 정도의 세균, 콜로이드, 단백질, 고분자 유기물 등으로 분리 능력 표시는 분획 분자량 (MWCO)으로 나타낸다. 조작압력은 5~40 kg/cm² 정도이다.

나노여과막 (NF)의 특성은 분획분자량이 역삼투막(RO)막과 한외여과막(UF)의 중간적 특성을 가진다. 나노여과막은 일부 염을 저지하며, 유기물에 대해서는 분자량 200~500 정도의 분획분자량을 가진다. 나노여과란 용어는 이러한 분자량 (200~500)이 20Å의 가상 공극을 갖기 때문에 붙여진 명칭으로 주로 2가 이온이나 저분자 물질이 분리대상이다. 조작압력이 높아 경제성이 떨어지는 단점이 있다. 향후 증발법 등에서 스케일을 유발시키는 이온 물질을 제거하기 위한 전처리 등의 사용에 관한 연구가 진행되고 있다.

라) 역삼투막 (RO: Reverse Osmosis Membrane)

역삼투막 (RO)의 공경은 0.001~0.0001 μ m로써 체거름 작용과 확산 작용에 의한 여과작용을 한다. 삼투현상을 응용한 것으로 제거 대상물질은 무기성 이온류, 저분자 유기물 등으로 분리능력 표시는 분획분자량 (MWCO)으로 나타내며 조작압력은 40~100 kg/cm² 정도이다. 역삼투막 (RO)의 특성은 이온상태의 물질까지도 분리할 수 있어 주로 해수담수화, 펄프폐액정화, 도금폐수처리 등에 이용되고 있다. 향후 수질 오염 및 댐건설 등의 어려움으로 인한 해안지역 등에 광역상수도용 해수담수화 추진 및 심층수 개발에 이용될 수 있으므로 기대된다. 역삼투막의 구멍크기는 수 Å 정도로 알려져 있으며 반투막의 분리크기와 비교하면 분리대상으로 하고 있는 물질의 크기는 2 Å 정도이고, 식염이온의 크기는 4 Å 정도로 알려져 있다. 멤브레인 종류별 여과대상과 제거분리 성능은 각각 <그림 2-15>과 <표 2-3>과 같으며, 입경에 따른 제거대상물질, 수질정화처리방법, 멤브레인 (분리막)의 종류는 <그림 2-16>과 같다.



<그림 2-15> 멤브레인 종류별 여과대상

<표 2-3> 멤브레인 종류별 제거분리 성능

구분	분리 대상	멤브레인 구조(막형태)	조작압력(MPa)
MF	입자 지름 0.025~10 μ m	균질막/비대칭막	1Kgf/cm ² (감압~0.1)
UF	분획분자량 1,000~300,000Da	비대칭막	2~5Kgf/cm ² (0.2~0.5)
NF	분획분자량 350~1,000Da	복합막	5~40Kgf/cm ² (0.5~4)
RO	염류~분획분자량 350Da 이하	균질막, 비대칭막, 복합막	40~100Kgf/cm ² (4~10)

구 분	용 해 성 분				현 탁 입 자			
	이 온	분 자	고분자	미립자	조립자			
입 자 영 역								
입 경		0.001 μm	0.01 μm	0.1 μm	1 μm	10 μm	100 μm	1000 μm
제 거 대상 물질	이온(Ionic) 용해염류(Salt)		바이러스(Viruses)		세균(Bacteria) 대장균(Coli)		조류(Algae), 원생동물 모래입자(Sand)	
정 수 처 리 방 법	재래식처리+고도처리				침 전 여 과			
분 리 막 종 류	역삼투막(RO)		나노여과막(NF)		한외여과막(UF)		정밀여과막 (MF)	

www.Roplant.co.kr

<그림 2-16> 여과 스펙트럼

그 외에도 멤브레인은 멤브레인의 성질, 재질 및 모듈형태에 따라서 여러 형태로 분류된다. 멤브레인 성질에 따라서 다음과 같이 다양하게 분류할 수 있다.

- 생체막과 합성막 (인공막)
 - 생체막: 미생물과 각종 기관의 세포막 등 생체 내에 존재하는 막으로 기능은 분리보다는 물질전달에 관계함.
 - 합성막 (인공막: Synthetic (Artificial) Membrane): 인공막은 생체막 이외의 모든 막을 일컬으며 실질적인 수처리 용도에 사용되는 통상적인 막을 의미함.
- 다공질막과 비다공질막
 - 다공질막 (Porous Membrane): 막에 실제 세공이 많이 있는 막으로 세공의 크기는 수 나노마이크론 이상으로 세공수가 많고(높은 개공율), 균일한 공경을 가진 막이 가치 높음.
 - 비다공질막 (Non-Porous Membrane): 기체분자와 무기이온 등의 물질이 투과되는 세공경을 가진 막. 다공질막과 비다공질막 중간크기의 세공경을 가진 막은 미다공질막이라 부름.
- 대칭성막과 비대칭성막
 - 대칭성막: 막의 단면을 중심으로 세공이 대칭된 구조를 가지는 막
 - 비대칭성막: 막의 단면을 중심으로 표면과 내면이 다른 막으로 특수한 얇은 치밀층 (0.1~1 μm)과 이것을 지지하는 지지층, 즉 다공질 층으로 형성

○ 단일막과 복합막

- 단일막: 막 재질이 한 종류인 막
- 복합막: 막 재질이 2종류 이상으로 합성되어 만들어진 막. 복합막은 비대칭성 막의 일종으로서 분리 기능을 가진 특수한 얇은 치밀층과 재질이 다른 지지층으로 형성.

○ 균질막과 불균질막

- 균질막: 막의 단면이 균질한 막. 대칭막으로서 막이 두꺼워 여과저항이 큼.
- 불균질막: 막의 단면이 균질하지 않은 막. 기계적 강도를 보장하기 위하여 부직포 위에 분리기능을 형성시킨 막

○ 유기막과 무기막

- 유기막: PE (Polyethylene), PP (Polypropylene), PS (Polysulfone), CA (Cellulose Acetate), PAN (Polyacrylnitrile), PA (Polyamide) 등의 고분자 물질로 합성되어진 막. 고분자 물질로 합성되어 있기 때문에 사용되는 재질도 풍부하고 막형태도 다양함.
- 무기막: 세라믹이나 스테인레스 등의 무기물질로 만들어진 막으로 형태가 한정적이나 내고온성, 내산화성 등이 우수함.

○ 친수성과 소수성막

- 친수성막: 막표면의 물과 친화력을 보이는 소재의 막으로 CA (Cellulose Acetate), PVA (Polyvinylalcohol) 등이 있음.
- 소수성막: 막표면의 물과 친화성이 없는 막, 즉 방수성을 나타내는 막으로 PE (Polyethylene), PP (Polypropylene), PS (Polysulfone) 등이 있으며, 친화성을 위해 화학적 처리가 가능함.

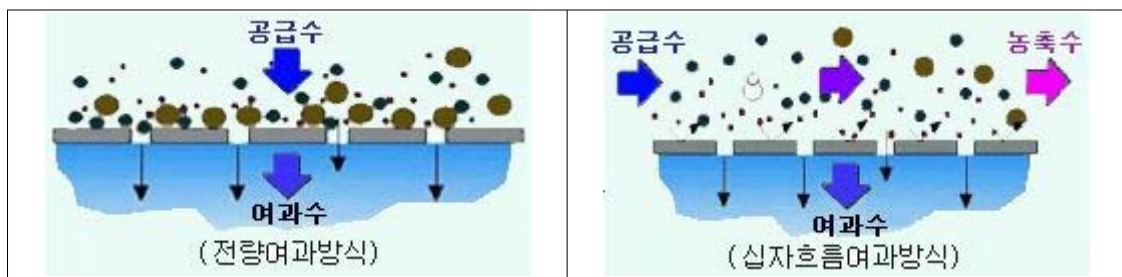
멤브레인 재질에 따라서는 CA (Cellulose Acetate)막, PA (Polyamide)막, 복합막 (Composite Membrane)으로 분류되며, 멤브레인 모듈형태에 따라서는 나선형 모듈 (Spiral-Wound Module), 중공사형 모듈 (Hollow-Fiber Module), 관상형 모듈 (Tubular Type Module), 평판형 모듈 (Plate & Frame Type Module), 모노리스형 모듈 (Monolith Type Module) 등으로 분류할 수 있다.

마) 멤브레인 여과방식 및 여과공정 제어방식

멤브레인 (막) 여과공정에서 운전방식은 유입원수 대부분을 여과하는 전량여과방식 (Dead-End Filtration Method)과 막표면에 투과되는 방향과 직각 방향으로 유속을 주어 여과하는 십자흐름여과방식 (Cross Flow Filtration Method)으로 구분된다

(그림 2.18). 전량여과방식 (Dead-End Filtration Method)은 막 표면에 대해 직각흐름을 만들어 종래의 모래여과와 같이 막 공급수의 전량을 여과하는 방식으로 정기적인 세정을 필요로 한다. 공급 원수 전량을 여과시키므로 펌프 용량이 작고 에너지 효율은 양호한 편이다. 그러나 공급 원수 전량을 여과시키므로 막 오염이 빨라 간헐 운전이 적합하며, 적기세정이 이뤄지지 않을 경우 통상 세정으로 회복 불가능한 경우를 초래하기도 한다.

십자흐름여과방식 (Cross Flow Filtration Method)은 막면에 대해 평행한 흐름으로 원수를 공급하여 막 공급수 중의 현탁물질이나 콜로이드가 막면에 퇴적하는 현상을 억제하면서 여과하는 방식으로 막 표면에 축적되는 불순물 양을 제한 할 수 있어 높은 투과수량의 유지가 가능하다. 막면 유속에 의해 여과저항을 일정하게 유지할 수 있어 연속 운전이 적합하다. 그러나 막면 유속유지를 위한 순환량이 많아 펌프 용량은 커지고 효율은 낮아진다.



<그림 2-17> 멤브레인 여과방식종류

한편, 멤브레인 여과 설비의 운전 제어 방식에는 투과수량을 항상 일정하게 유지하는 정유량 제어방식과 투과 구동압력을 항상 일정하게 유지하는 정압 제어방식이 있다. 정유량 제어방식은 여과유량을 항상 일정하게 유지하는 운전제어방식으로 운전경과시간에 따라 여과저항이 상승되기 때문에 막차압 (여과 저항)이 서서히 상승하므로 정량펌프나 유량계 등을 이용하여 여과수량을 일정하게 유지하면서 여과한다. 정압 제어방식은 공급수 압력을 일정하게 유지하여 여과하는 운전 제어 방식으로 운전경과 시간에 따라 여과저항이 상승되기 때문에 막투과 수량이 서서히 감소한다. 정유량 제어방식과 정압 제어방식의 다양한 조정방식은 <표 2-4>와 <표 2-5>에 각각 나타낸 바와 같다.

<표 2-4> 정유량 제어방식

조 정 방 식	운 전 방 식
정유량 밸브 방식	여과수 라인에 정유량 밸브를 설치
용적식 펌프 방식	용적식 펌프에 의한 정량 공급
펌프 회전수 제어 방식	원수 또는 여과수 유량을 계측하여 펌프 회전수 제어
조절밸브 제어방식	원수 또는 여과수 유량을 계측하여 펌프 토출측 조절 밸브 제어

<표 2-5> 정압 제어방식

조 정 방 식	운 전 방 식
조절압 탱크 방식	조절압 탱크에 압력 스위치 설치하여 펌프 On-Off 제어
수위차 이용 방식	고가수조나 사이폰 등의 수위차를 일정하게 유지하여 정압을 확보
펌프 회전수 제어 방식	펌프 토출측에 압력 스위치를 설치하여 펌프 회전수 제어
감압 밸브 방식	펌프 토출측에 감압밸브 설치하여 정압 확보

마) 멤브레인 설치유형별 특성

멤브레인의 설치는 침지형과 외장형으로 나눌 수 있다 <그림 2-18>. 침지형 멤브레인 시스템은 멤브레인을 원수 중에 침적시키고 막에 흡입력을 가하여 여과수만을 흡입 여과하는 형식으로, 막수명이 길고 시스템이 간단하여 공정자동화가 용이하다. 또한 전처리 공정이 불필요하며 세정 주기가 비교적 길고 고농도 및 고점도 용액처리가 가능하다. 외장형 멤브레인 시스템은 멤브레인을 압력베셀에 장착하고 원수를 막에 압송시켜서 여과하는 형식으로 대형화가 용이하고 세척이 쉬우며 공정자동화가 용이하나 전처리가 필요하다.



<그림 2-18> 멤브레인 설치유형

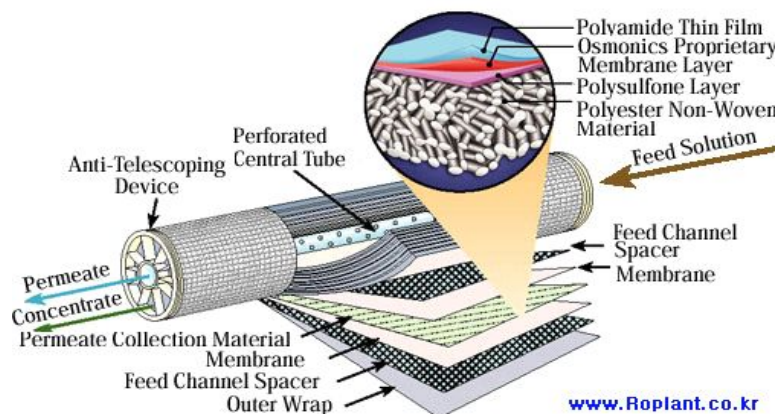
바) 멤브레인 모듈형태

분리막 공정은 제조된 막을 적당한 모양의 모듈을 만들어서 사용한다. 사용되는 모듈의 형태로는 나선형 (Spiral Wound Type), 중공사형(Hollow Fiber Type), 관형 (Tubular Type), 평판형 (Plate and Frame Type) 네 종류가 있다.

(1) 나선형 모듈

① 구조: 나선형 모듈은 입구가 한쪽인 봉투와 같은 형태의 평막 사이에 생산수가 흐를 수 있는 공간을 두었으며, 막과 막사이에는 Mesh Space를 두어 원수가 흐를 수 있도록 하였다. 막과 막의 표면 사이에 Polypropylene 재질의 메쉬 스페이서를 삽입하여 와류를 증대시켜 물질전달 촉진시키고 농도 분극 감소시킨다. 공급수가 각각의 모듈을 지나는 동안 분극 현상이 점차 증가로 압력 저하되고, 분리 구동력 감소 원인이 된다. 즉 Module은 2장의 평막 사이에 통수가 가능한 지지체를 넣고 막의 외면에는 그물형태의 Spacer를 적층시킨 후 Roll Cake 형태로 말아서 만든다.

② 원리: 모듈 유입부에서 유체에 압력을 가하게 되면 유입수는 모듈을 통과하면서 막에서 분리된 순수한 물은 중앙의 생산수 수집관으로 이동하게 되고, 막에서 배제된 유입수는 모듈의 반대쪽 끝에서 농축수가 되어 빠져 나간다. 공급수가 각각의 모듈을 지나는 동안 분극 현상이 점차로 증가하고 압력저하를 가져와 분리 구동력을 감소시키는 원인이 된다. 실제 공정에서 사용하는 경우에는 모듈을 압력베셀에 2~6개를 직렬로 연결하여 사용한다. 모듈은 보통 1m 정도의 길이에 8 Inch, 4 Inch 등의 직경을 가지며 통상 직경으로 8 Inch, 4 Inch 막이라 호칭한다.



<그림 2-19> 나선형 모듈의 구조

③ 특징: 나권형은 가장 Compact하고 가격이 싸기 때문에 가장 많이 사용되고 있다. 나권형 시스템은 중공사형 만큼 촘촘하지는 못하지만 형태가 정해져 있지 않아 여러 가지 환경과 공정에 다양 하게 적용할 수 있다. 막의 충진 밀도를 높이기 위해 막의 간격을 작게 함으로 SS 제거 등의 전처리가 필요하다. 원래 인공신장용으로 사용된 것이지만 Gulf General Atomic사에 의해 산업용으로 개발되었다.

(2) 중공사형 모듈

① 구조: 중공사형 모듈은 Pressure Vessel 속에 빈공간이 있는 섬유성 실을 수 천 개에서 수만 개씩 배열시킨 형태이다. 다른 모듈에 비해 부피당 막 표면적이 가장 넓으며, 고농도의 오염물질에 오염되기 쉽다. 투과방식에 따라 내압식과 외압식으로 분류된다. 내압식의 경우 막내부 유로 폐쇄 방지를 위해 확실한 전처리가 필요하다.

- 내압식 : 원수가 막 내부에서 흐르며 막 외부로 처리수를 흐르게 하는 형식
- 외압식 : 원수는 막 외부에 위치, 처리수는 막 외부에서 내부 흐르는 형식

② 원리: 중공사 모듈의 투과 방식은 막 내측에 유입하는 내압식과 막 외측에서 원수를 유입하는 외압식이 있다. 중공사형 막은 사람의 머리카락보다 직경이 작은 매우 미세한 방향성 폴리아미드로 만들어 지는데 섬유는 표면 위에 0.1 ~1 μm 사이의 매우 얇고 촘촘한 층을 가지는 비대칭적인 것인 반면, 외층아래는 상대적으로 두꺼운 20~30 μm 다공성층이 존재한다. 따라서 중공사형 막은 자기지지형이며 두꺼운 벽을 가진 실린더와 유사하다. 외경과 내경의 비가 2:1 정도가 되는 중공사는 파괴없이 높은 운전압력을 견딜 정도의 강도를 갖기 때문에 다른 시스템과 비교하여 극도로 뾰뾰하게 주어진 부피를 채울 수 있다. 소규모의 RO 장치에서는 관형의 외압형 모듈을 사용하는 것이 가장 바람직하며 대형화 할수록 단위용적당 투과량이 큰 중공사형을 사용하는 것이 바람직하다.



<그림 2-20> 중공사형 모듈의 구조

- ③ 특징: Fiber 다발 양쪽은 Epoxy로 접착하여 사용하므로 다른 Module과는 달리 막지지체가 없어 고압에서 사용 곤란- 단위 부피당 막면적이 넓어 처리액의 점도가 높지 않거나 Sludge 형성이 적은 물질을 분리하는 데는 성능이 우수하다. 막내부 유로폐색을 일으킬 수 있으므로 철저한 전처리가 필요하다. 고농도 현탁물질에 오염되기 쉽다. 중공사 모듈은 충전밀도가 높아 단위부피당 막 표면적이 가장 넓다. 만들기가 쉽고 경제적인 System으로 매우 큰 Fiber 막면적을 갖는다. 내압식은 막 내경이 작아 작은 유량으로 높은 유속이 가능하나 압력 손실 크고, 유로 폐색이 발생하기 쉽다. 외압식은 원수중에 현탁물질이 존재하는 경우에 사용하며, 중공사막 사이에 현탁물질 축적이 발생한다.

(3) 관상형 모듈

- ① 구조: 관상형 모듈은 내압용기 안에 파이프 형태의 분리막 Element를 여러 개 모아 놓은 형태이다. 분리막 Element란 파이프 형태의 다공질 지지단 안쪽에 분리기능을 갖는 분리막을 고정시키는 개별 파이프 형태 대부분 내압식으로 운전하며 스폰지블 세정이 용이하다. 관상형은 다른 모듈형식에 비해 공급액 유로 입구가 크고 공급액의 유속을 크게 할 수 있는 구조로 된다. 관상형 모듈은 Good Fluid Hydrodynamics로 인한 Fouling의 저항성이 크다는 장점이 있어서 비용이 높다는 문제를 극복하고 있지만 일반적으로 U/F에만 적용되고 있다.

- ② 원리: 관상형 시스템에서의 막은 직경 12~25 mm의 고압에서 견딜 수 있는 다공성 튜브내에 위치한다. 고압을 지닌 유입수가 튜브내로 유입되면 침투수는 막을 통과하여 막을 통해 외부로 나가고 튜브의 내부에 남은 농축수는 다른 쪽 끝에서 관 밖으로 유출된다. 이 시스템은 특히 부유 고형물의 농도가 높은 유입수에 대해 유효한데 예를 들면 치즈 생산공장이나 탈지유 생산 공장과 같은 낙농산물의 가공공장에서 탈수에 유용하다.



<그림 2-21> 관상형 모듈의 구조

- ③ 특징: 큰 입자만을 제거하는 정도의 단순한 전처리 용도로 막의 운전이 가능함. 유속을 크게 할 수 있으므로 막면상의 Scale 형성이 적음. 여러 가지 세정법의 적용이 가능하므로 세정이 용이함(Sponge Ball 세정 등). Module 구조가 간단하므로 막교환이 용이함(막교환 비용이 싸다). 막면적비 장치용량이 크기 때문에 설치공간이 많이 필요함. 보통 높은 유속으로 운전하므로 에너지 소비가 많음. 단위 부피당 막의 면적이 크지 않기 때문에 담수화의 경우 사용된 예가 적음. 충전밀도가 작으나 유로단면이 커서 고농도의 현탁입자 함유한 액체에 적용 가능함.

(4) 평판형 모듈

- ① 구조: 각 모듈 간격 조절 가능하며, 고농도의 현탁물질 함유한 원수에 적용 가능하다. 여과 면적을 넓게 하기 위하여 부채 형태로 접기도 한다. 평판형 Module은 지지판의 양면에 평막을 붙인 것이고 작은 공간을 경계로 일정한 간격으로 층을 이루어 모듈 화한 것이다. 현재는 일반적으로 Electrodialysis, Pervaporation System 또는 Small Ultrafiltration과 R/O System에 제한되어 사용하고 있다. R/O System이 적용되는 것은 보통 수평형 배열식을 쓰며, UF System에는 수직형 배열식을 사용한다.



<그림 2-22> 평판형 모듈의 구조

- ② 특징: 각 모듈의 간격 조절이 가능하여 고농도 현탁물질을 함유한 원수에 적용 가능하고 분해 조립이 가능하여 세정이 용이함. 각각의 평판막 자체만 교체 가능함.

(5) 모노리스형 모듈

유기막과 무기막이 있다. 충전밀도 작으나 유로면적 커서 고농도 현탁물질 함유한 원수에 적용 가능하다.



<그림 2-23> 모노리스형 모듈의 구조

<표 2-6>에는 각 모듈의 특성과 장단점이 비교되어 있다. 적당한 분리막 모듈을 선택하기 위해서 가장 관심을 기울여야 하는 부분은 분리할 용질의 입자 크기와 모듈의 표면적이다. 일반적으로 표면적이 큰 중공사형이나 나권형 모듈은 입자 크기가 크면 분리막 내부가 막히는 문제(Clogging)가 발생할 수 있기 때문에 모듈의 선택에 신중하여야 한다. 반면에 표면적이 작은 관형이나 평판형 모듈은 입자의 크기가 비교적 크다고 하더라도 큰 문제가 되지 않는다. 따라서 최적의 모듈을 선정하기 위해서는 분리 대상 용액 중의 입자 크기에 대한 고려가 우선되어야 한다.

<표 2-6> 멤브레인 모듈의 종류와 특성

형 태	특징	장점	단점
나권형 (Spiral Wound)	평판형 막 여러 장을 돌돌 말아서 하나의 모 듈화	-표면적이 큼 -Scale-up 용이	-입자크기가 큰 물질 은 막히기 쉬움
중공사형 (Hollow Fiber)	수 mm의 관경을 가지 는 속이 빈 실관 형태	-표면적이 큼 -다양한 형태의 응용 가능	-입자크기가 큰 물질 은 막히기 쉬움
관상형 (Tubular)	10 mm 이상의 관경을 가지는 관 형태	-용질의 입자 크기가 큰 경우에 중공사형보 다 적합	-표면적이 중공사형보 다 작음
평판형 (Plate and Frame)	판(Sheet) 모양의 모듈	-Scale-up 용이 -유지관리가 용이	-표면적이 작음 -입자크기가 큰 물질 에 불리

(6) 멤브레인 성질결정 인자

분리막(membrane) 자체의 성질을 결정하는 인자로는 막모듈의 형태(Configuration), 막의 재질(Material), 소수성(Hydrophobicity), 공극율(Porosity), 세공크기(Pore size)가 있다. 이들 인자가 서로 개별적으로 막 오염에 영향을 주기보다는 복합적으로 영향을 미친다고 보는 것이 타당하다. 소수성 정도와 공극율은 막의 재질과도 깊은 연관이 있다. 막의 소수성이 증가할수록 막표면과 활성 슬러지간의 소수성 상호작용 (Hydrophobic Interaction)에 의해 막오염은 증가하는 것으로 알려졌다. 그러나 상용화된 MBR에 사용되는 막은 모두 PP (Polypropylene), PE (Polyethylene), PS (Polysulfone), PES (Polyether-Sulfone), PVDF와 같은 소수성 재질의 분리막들이다. 친수성막은 막 오염은 덜하지만 기계적인 강도가 작아서 압력에 약한 단점이 있다. 따라서 상용화된 분리막들은 소수성막의 표면을 친수성으로 개질하여 사용하고 있다.

(7) 멤브레인 주요설계 항목 및 유지관리사항

① 주요설계항목

멤브레인 여과설비의 설계시 주요 고려사항은 막 투과 플럭스(Flux), 수온, 운전압력 및 회수율 등이 있으며, 막여과 공정의 효율성과 막 성능에 밀접한 관련이 있으므로 충분한 고찰이 필요하다. 설계기준은 운영방식에 따라서도 달라지는데 정압제어 운전일 경우는 최저 수온일 때의 투과수량을, 정유량제어 운전일 경우는 최저수온일 때의 막 차압을 기준으로 한다.

- 막 투과 플럭스(Flux) : 단위시간, 단위 막 면적당의 투과수량 (즉 Flux ($m^3/m^2/hr$) = 통과수량 (m^3/h) / 막의 면적 (m^2)) 임. 막 투과 플럭스의 지배인자는 막의 종류, 수온, 원수 수질 등이 있으며, 수온의 영향을 가장 크게 받는다.
- 수온: 수온에 따라 물의 점성계수가 변화하기 때문에 투과 플럭스에 많은 영향을 준다. 막여과 공정 설계 시는 연중 최저 수온에서의 생산량과 막의 온도 특성을 충분히 고려해야 한다.
- 운전압력: 운전압력(막차압)은 이론적으로 투과 플럭스와 비례관계를 가지고 있지만, 현실적으로는 막 차압을 크게 하면 투과 플럭스의 상승 비율이 작아지는 감소 증가 상태를 나타낸다. 막여과 공정 설계시 운전 압력(막차압)을 높게 하면 시설의 크기는 작아지고 투과 플럭스는 커지는 특징이 있다.

- 회수율: 공급수량에 대한 투과수량의 비로, 막 여과법에 있어서 양적인 처리 효율을 보여주는 지표임. 즉 회수율 (%) = (투과수량/공급수량) × 100 또는 (공급수량 - 농축수량) / 공급수량 × 100 이다. 막여과 공정에서 회수율은 막 오염 정도에 큰 영향을 받으며, 막 오염은 원수수질, 투과 플럭스, 세정 정도 등에 따라 달라진다. 해수담수화의 경우 35~40 %, 일반적인 막여과 정수인 경우 90 % 이상으로 설계한다.

② 유지관리사항

멤브레인기법의 적용시 유지관리사항에는 공급수 및 여과수 수질, 운전압력 및 멤브레인 전·후단의 차압 (여과저항), 투과 플럭스, 막모듈의 세정시기, 막모듈의 교환시기 등이 있다. 막분리 수처리 시설을 연속 운전하면 막의 성능 악화와 막 오염 (Fouling)이 발생하고, 장기간 사용시 기능 저하, 장기간 사용과 약품 등에 의한 손상으로 인한 막의 성능 악화는 불가역적인 노화로 회복이 불가능하다. 해수의 경우 오염물질은 용해성 염류 외에 미생물, 점토성 물질 및 콜로이드성 물질 등이 있으며, 칼슘과 마그네슘에 의한 스케일 및 미생물 번식으로 인한 막의 오염이 있다. 물리적 전처리 및 약품을 사용한 화학적 전처리로 오염물질을 제거 또는 억제시켜 막의 오염을 예방한다. 막여과법을 이용한 수처리 기법의 장단점은 <표 2-7>에 나타낸 바와 같으며, <표 2-8>은 막여과기의 오염인자 제거율을 나타내고 있다.

<표 2-7> 막 여과법의 장단점

장 점	단 점
<ul style="list-style-type: none"> · 원수에 포함된 일정 크기이상의 현탁 물질을 확실하게 제거할 수 있음. · 기계적으로 움직이는 부분이 적어 자동화가 간단함. · 시설 집약적이므로 넓은 면적을 필요로 하지 않음. · 응집제 없이도 운전이 가능하거나, 필요시에도 소량만 필요로 하여 운전관리가 간단함. · 공사기간이 오래 소요되지 않음. 	<ul style="list-style-type: none"> · 색, 냄새, 맛 등에 관계되는 용해성 물질을 제거하기 위해서는 재래식처리 방법과의 조합이 필요함. · 막 오염을 방지하기 위해 약품세정이 필요하고, 막의 수명이 짧아 교환비용이 많이 소요됨. · 건설 및 유지 관리비용이 많이 소요되고 농도의 농축수가 발생하므로 이를 처리하기 위한 시설이 필요함.

<표 2-8> 막여과기의 오염인자 제거율

수질항목	원 수		응집 침전수		막여과수	
	범위	평균	평균	제거율%	평균	제거율%
탁도(NTU)	3.36~51	14.1	1.39	89.9	0.00~0.17	98.9~100
색도(도)	7~22	11	4	68	1.6~4	60~84
KMnO4소비량	3.3~17.6	6.9	2.8	60	1.4~3.1	46~84
E260(50mmcel)	0.118~0.228	0.158	0.120	22	0.074~0.172	4~54
암모니아성 질소	0.01~0.60	0.17	0.16	10	0.01~0.30	0~84
망간	0.024~0.130	0.049	0.023	50	0.004~0.034	23~100
철	0.25~3.8	0.80	0.08	90	0.00~0.01	98~100
알루미늄	0.19~2.7	0.83	0.35	51	0.00~0.09	90~100
THMFP	0.030~0.057	0.042	0.026	38	0.017~0.045	0~66
	범위		범위		범위	범위
일반세균(개/ml)	4,100~160,000		220~38,000		230~9,700	(0/24~24/26)
대장균군(개/ml)	52~1,900		3~200		0~180	(0/26~3/24)

(8) 제품의 종류

① SMBR (Submerged Membrane Bioreactor) 공법



<그림 2-24> SMBR (Submerged Membrane Bioreactor) 공법

○ 공법개요 :

기존의 활성슬러지공법과 침지형 분리막을 결합한 공정으로 유기물 및 SS 제거가 완벽하며 질소·인 제거가 탁월. 중수도 처리 적용시 우수한 처리수 확보 가능

○ 특 징 :

유기물 및 SS, 질소·인 동시 제거, 처리공정 단순, 처리수질 안정, 유지관리 용이, 설치 면적 감소, 중수도 이용가능

○ 적용분야: 오·폐수, 합병정화조, 중수도, 지하수, 식품폐수, 고농도 유기성 폐수

○ BOD, SS, 탁도, 색도 제거율이 매우 높음.

○ 미세공직경: 0.25 μm

○ 표준 여과속도 : 0.3~0.5 m/일 (18 μm)

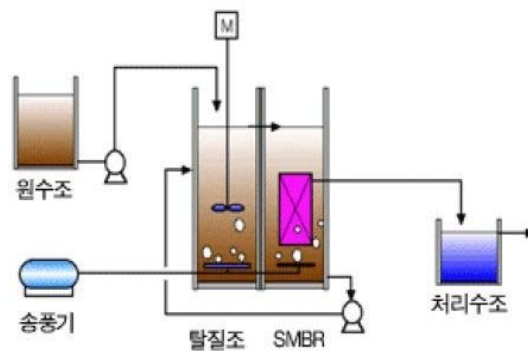
○ 여과재질 :

막은 합성수지, 공간은 폴리프로필렌과 폴리에틸렌, 보강들은 PVC·ABS

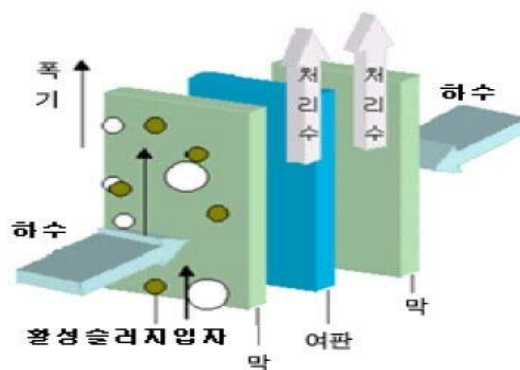
○ 사용온도 범위 : 2~38 $^{\circ}\text{C}$

○ 사용압력범위 : $-4.9 \times 10^4 \sim 0 \text{ Pa}$

○ 적용 pH범위 : 3~10



<그림 2-25> SMBR 공법 수처리 계통도

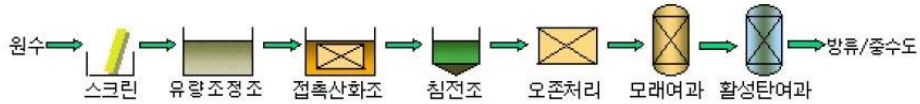


<그림 2-26> SMBR 공법 투과모식도

▶ SMBR 공정



▶ 기존 처리공정



<그림 2-27> SMBR 공법과 기존 수처리 공정과의 비교

<표 2-9> SMBR 공법과 기존 공법과의 운영 특징 비교

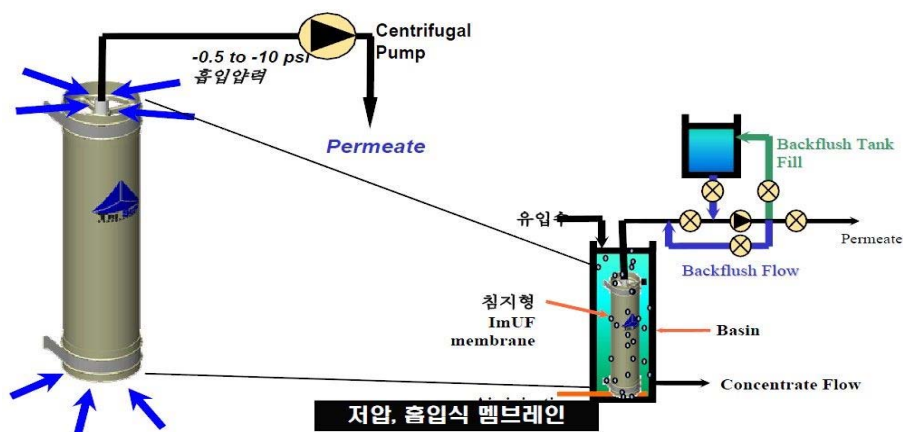
항 목	공 법	기존처리공법		SMBR 공법
		표준활성슬러지법	접촉산화공법	
유입수 부하변동 적응성		약함	보통	우수
유해물질 내성		약함	우수	우수
처리수의 안정성		불안정	보통	우수
질산화·탈질효율		낮음	보통	우수
운전관리 용이성		전문지식 요함	전문지식 요함	간단, 편리
소요부지		넓음	넓음	1/2 수준
계절·온도 영향		매우 큼	보통	거의 없음
유지 비용		보통	보통	보통
슬러지 발생량		다량	보통	1/2 수준

② 나권식 침지형 한외여과막 (Spiral Wound Type Immersed Membrane Ultra Filter; ImUF)



<그림 2-28> 나권식 침지형 한외 여과막

- 여과형식: 침지형 저압 흡입식 여과
- 친수성, 역세가 가능한 침지형 한외 여과막
- 나권식 Membrane을 SS 제거용으로 접목시키기 위해 개발된 제품이 ImUF (Immersed Membrane Ultra Filter)임. ImUF는 기존 나권식 Membrane의 장점에 역세가 가능하도록 보완하여 고안된 제품임.
- ImUF의 장점으로는 전체적으로 효과적인 성능을 제공하므로서 기타 한외 여과막 장비에 비해 설치비와 운전비용이 저렴하다는 점이다. 즉, 역세와 순환 펌프가 따로 필요치 않다. 중공사막의 경우와 같이 Membrane Fiber가 부서지거나 보수가 필요치 않다. 그러므로 안정된 여과수를 생산할 수 있다. 운전압력이 -1~-10 Psi 로 낮다. 폐기물 발생이 적다. 설치 면적이 작고 조립식 디자인으로 증설이 쉽다.
- 공극크기 : 0.05 μm
- 특징 :
 - 폐수, 지표수, 음용수에 성공적인 운전
 - 완전 새로운 방식으로 제작된 나권형 여과막으로 고 유량, 고 농도의 고형물에 적용 가능
 - 공기세정 및 역세로 여과막의 막힘을 방지
 - 고 유량, 저 동력 운전으로 여과막의 막힘을 최소화
 - 중공사막에서 나타나는 중공사의 손상이나 부서질 염려 없음.
 - 나권 형태로 되어 있어서 교체가 간단하고, 중공사 손상이 없고, 중공사를 심는 문제가 없음
 - 뛰어난 처리수

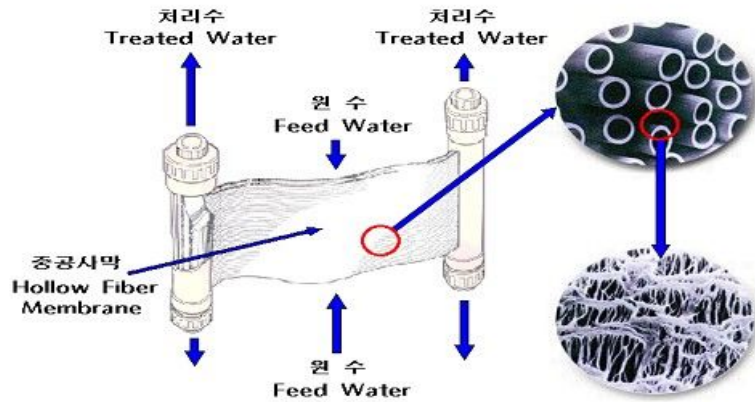


<그림 2-29> 나권식 침지형 한외여과막 처리공법

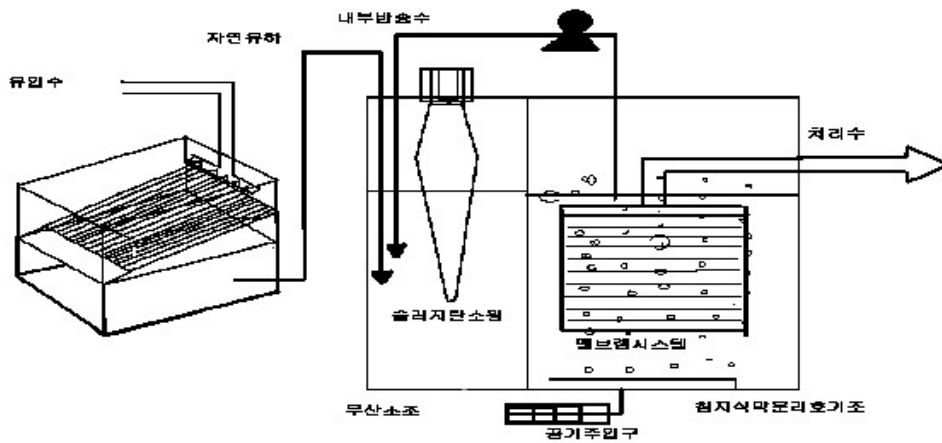
<표 2-10> 침지형 멤브레인 막 비교

공법 항목	중공사막 (MF)	평막 (MF)	ImUF (UF)
공극크기 (μm)	0.1~ 0.4	0.2 ~ 0.4	0.05
재질	Polyethylene, PVDF	Polyethersulfone	Polyethersulfone
모듈당표면적 (m^2)	1.5 ~ 25	0.8 ~ 1.0	16.54
운전방식	흡입식	흡입식	흡입식
막투과량 (Flux) ($\text{m}^3/\text{m}^2.\text{day}$)	0.2 ~ 0.8	0.5 ~ 2.0	0.2 ~ 1.0
처리수 탁도 (NTU)	0.1 ~ 0.8	0.1 ~ 0.8	0.1이하
운전온도 ($^{\circ}\text{C}$)	40이하	2~45	2~45
운전 pH	2~11	2~11	2~11
막세정방법	<ul style="list-style-type: none"> · 공기에 의한 표면 세정 · 자연 유압에 의한 화학약품에 의한 역세정 · 주기적으로 조 박으로 빼어내어 계외세정 	<ul style="list-style-type: none"> · 공기에 의한 표면 세정 · 자연 유압에 의한 화학약품에 의한 역세정 · 주기적으로 조 박으로 빼어내어 계외세정 	<ul style="list-style-type: none"> · 공기에 의한 표면 세정 · 펌프 압력에 의한 강력한 역세정 · 계외세정 세정이 아닌 조내 세정 · PLC에 의한 자동 DFE와 CIP 기능으로 일정한 Flux 유지
장점	<ul style="list-style-type: none"> · 단위당 표면적이 많다 · 적용 실적이 많다 	<ul style="list-style-type: none"> · 제작이 용이하다 · 막의 교체가 용이하다 · 막이 끊어질 염려가 없다 	<ul style="list-style-type: none"> · 역세가 효과적이다. · 단위당 표면적이 많다 · 설치가 쉽다 · 막의 교체가 용이하다 · 단위 면적당 Flux가 높다. · 막이 끊어질 염려가 없다.
단점	<ul style="list-style-type: none"> · 중공사가 끊어지기 쉽다. · 많은 막이 설치될 경우 끊어진 부분을 찾아서 교체하기가 쉽지 않다 · 역세가 비효율적이다. · Potting 부분에 슬러지가 쌓이기 쉽다. · 주기적으로 계외 막세정을 해야한다. 	<ul style="list-style-type: none"> · 역세가 효율적이지 못하다. · 막히기 쉽다. · 표면적이 작아서 차지하는 면적이 많다. 	<ul style="list-style-type: none"> · 전자동 PLC 시스템이 필요하다. · 실적이 적다.

③ MBNR 공법 : 멤브레인과 슬러지 탄소원을 이용한 공법



<그림 2-30> MBNR 공법

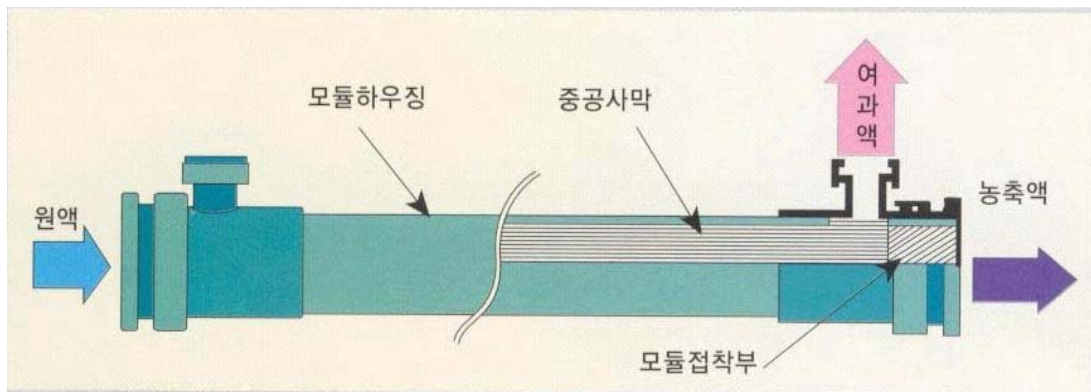


<그림 2-31> MBNR 공법 처리계통도

- 여과원리 및 특징 : 0.0-0.01 μ m의 기동으로 된 막분리는 SS와 BOD의 제거효율이 크며 초음파로 무산소조의 슬러지를 제거하여 탄소원으로 활용하므로 질소의 제거효율을 높이고 폐기되는 슬러지를 거의 발생시키지 않는 공법
- 중공사 한외여과막 사용
- 무산소조와 침지형 분리막 호기조가 있음.
- 처리효율 : BOD, TSS, NH₃-N의 처리효율 (80% 이상)은 높고, T-N, T-P 처리효율 (50% 이상)은 양호함.
- 한외여과막 응용분야
 - 공업용수, 폐수처리분야 : 유독성 침출수의 처리, 수산, 축산, 오·폐수의 처리 및 재이용
 - 기계공업분야 : 전착도료회수, 절삭유, 압연유 농축, 탈지액처리
 - 기타 분야 : 정수기, 중수도 처리, 각종 입자의 분리 및 농축

<표 2-11> MBNR 공법 구조설계

항목	공정단계	무산소조	침지형 분리막호기조
수리학적체류시간		2~3 hr	2~3 hr
각조의 MLSS		3,000 - 12,000 mg/ℓ	5,000 - 20,000 mg/ℓ
F/M 비		0.01-1.0 kg BOD5/kr MLSS.d	
투과유속		0.35m ³ /m ² /d	
슬러지 체류시간		10-100 day	
차압		40 cmHg	
막세정주기		10일 1회	
공정설명		<ul style="list-style-type: none"> - 질산성 질소를 탈질 - 슬러지의 인의 용출 - 슬러지와 유입수를 탄소원으로 활용 	<ul style="list-style-type: none"> - 유기물질과 암모니아성 질소의 질산화 - 미생물에 의한 인의 과잉섭취 - 침지형 분리막에 의한 양호한 처리수



<그림 2-32> 중공사 한외여과막 (MBNR) 모듈

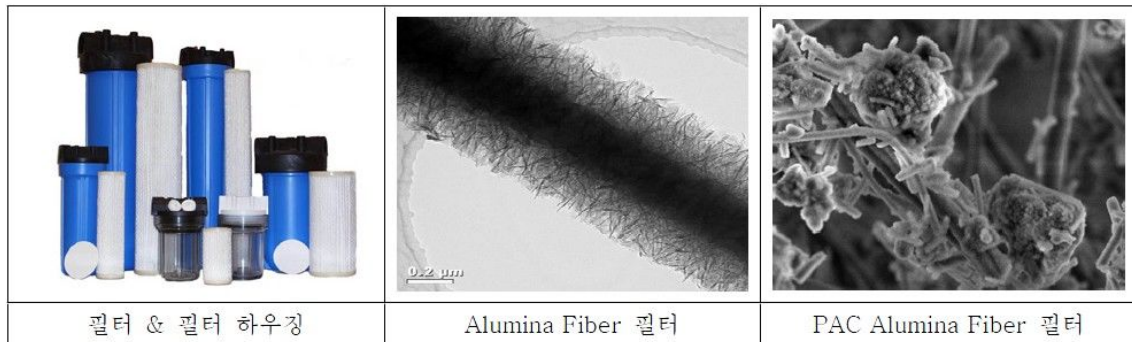
<표 2-12> 중공사 한외여과막 모듈재질

항목	Model No		PF01	PF03	PF10
	단위		HUF3040		
성 능	초기 순수투과량	L/H	540	950	23,000
	분획분자량(MWCO)	Dalton	10,000	30,000	100,000
	막 소 재		Polysulfone		
	특 징		내화학성, 내열성		
	용 용 분 야		순 수	용수처리	중수도, RO전처리
규 격	유효 막면적	m ²	4.8		
	모듈크기(외경×크기)	mm(D×L)	89×1126		
	막 크 기	mm∅	0.8/1.4		
사 용 조 건	최고사용압력	kg/cm ²	5		
	운 전 압 력	kg/cm ²	2-3		
	최고사용온도	℃	50		
	pH 범위		1-14		
소 재	모듈 Housing		PVC		
	접착제		Epoxy Resin		

<표 2-13> 기존 공법과 MBNR 공법의 비교

공 법 항 목	MBNR 공법	침지형 막분리 공법	표준활성 슬러지 공법
처 리 계 통 도	유량조정조→미세스크린 →무산소조,멤브랜폭기조 →방류조	유량조정조→미세스크린 →멤브랜폭기조 →방류조	유량조정조→스크린→폭 기조→침전조 →고도처리→방류조
수 질 안 정 성	탁월 BOD≤5mg/ℓ, SS≤1mg/ ℓ T-N≤10mg/ℓ T-P≤1mg/ℓ	탁월 BOD≤5mg/ℓ, SS≤1mg/ ℓ	양호 BOD≤10mg/ℓ, SS≤10 mg/ℓ
유 지 관 리 성	<ul style="list-style-type: none"> · 유지관리기술이 불필요 · 컴퓨터 원격자동제어로 유지관리용이 · 세정이 자동화되어 유지관리비가 절약 · 멤브레인의 높은 내구성으로 막의 수명이 길다 · 수량과 수질관리가 양호하고 슬러지 발생량이 최소 	<ul style="list-style-type: none"> · 유지관리기술이 불필요 · 컴퓨터 원격자동제어로 유지관리 용이 · 세정이 자동화되어 유지관리비가 절약 · 멤브레인의 높은 내구성으로 막의 수명이 길다 · 수량과 수질관리가 양호 	<ul style="list-style-type: none"> · 생물학적 처리로 유지관리기술이 요구되어 전담관리자와 기술이 필요 · 기기, 슬러지등으로 현장관리자가 필요 · 주기적인 기기관리 및 교체가 필요 · 슬러지발생량이 과다하여 슬러지 처리기술 요구
건설비	<ul style="list-style-type: none"> · 설치면적이 적고 최초침전지와 최종침전지가 불필요하여 건설비가 절약 	<ul style="list-style-type: none"> · 설치면적이 적고 최초침전지와 최종침전지가 불필요하여 건설비가 절약 	<ul style="list-style-type: none"> · 최초침전지와 최종침전지 설치와 기타 펌프, 배관 등의 공사비와 건설비가 든다.
설 치 면 적	60~80%	60~80%	100%
시 설 비	90%(설비 대형)	90%(설비 대형)	100%(설비 소형)
운 전 비	80%(동력비, 슬러지처리비 포함)	80%(동력비, 슬러지처리비 포함)	100%(동력비, 슬러지처리비 포함)

④ NanoCeram Filter : Agonide Corporation 미국



<그림 2-33> NanoCeram Filter

- 제품개요: NanoCeram® Filter는 신소재인 폭 2nm의 Alumina Fiber가 포함되어 있는 필터로써 강한 Electropositive를 가지고 있어 기존의 멤브레인 필터에 비해 최대 400배의 Dirt Holding 능력과 세균제거 능력, 중금속 제거 능력 등 다방면에 사용 가능한 신개념의 필터
- 제품특징 :
 - NanoCeram® Filter는 높은 Electropositive Nano Alumina Fiber를 가진 필터로서, 높은 유속에서 입자를 제거할 수 있는 필터
 - NanoCeram® Filter는 Silica, Natual Organic Matter, Metal, Bacteria, DNA & Virus 등을 제거하는 필터. (Endotoxin 제거율 > 99.96 %, DNA 제거율 > 99.5 %)
 - NanoCeram® Filter는 Micron 크기뿐만 아니라 Nano 크기 입자에 대해서도 높은 성능을 가짐
 - NanoCeram® Filter는 현재 많이 이용되는 표준형 Pleated Filter Cartridge 타입으로 사용이 편함.
- 응용분야 : 화학, 미생물, 제약, 식품, 음용수 제조와 RO의 전처리용으로 사용

제3장 연구 개발수행 내용 및 결과

제1절 소규모 전용 시설용수공급시스템 개발

개별농가단위 보급을 목표로 500m³/day 규모 이하의 소규모 전용 공급시스템을 개발하여 특허를 등록하였다. 기술검정을 위해 경북 대구시내에 위치한 시설농가에 시작품을 설치하여 그 성능을 모니터링 하였다. 시작품 제작은 2회에 걸쳐 제작하였는데 1차에서는 수직형태의 시스템으로 제작하였고, 2차의 경우는 수평형태로 제작하였다. 시범설치 지역은 상시 지표수(하천)를 취수하는 지역이기 때문에 수질측면에 문제점이 상시 발생하는 지역으로 현장운영결과 기존의 용수보다 깨끗한 용수 공급이 이루어졌으며 사용농민 설문조사결과 양질의 시설재배용수 공급에 대해 긍정적 이었다.

1. 1차 소규모전용 FDA 시스템 개발

가. 시스템 구조계산

1) 1차 소규모전용 FDA 시스템

가) 원수 이송 펌프 용량

16.67m³/hr 지표수 압송 (2마력 펌프)

나) 1차 여과 필터(테프론), 2차 여과 필터(카본)

○ 설계조건

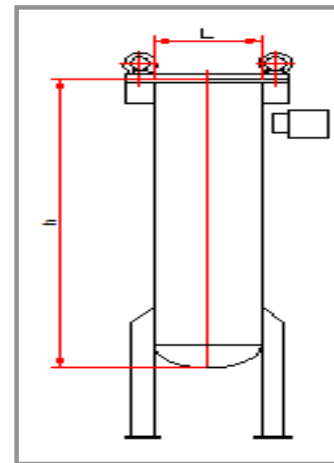
- 처리용량(Q) = 9m³/hr
- 여과기 가동시간 = 24hr/일
- 부유물질 유입조건
- 유입수 SS = 20mg/l 이내, 처리수 SS =

○ 여과기 구조 계산

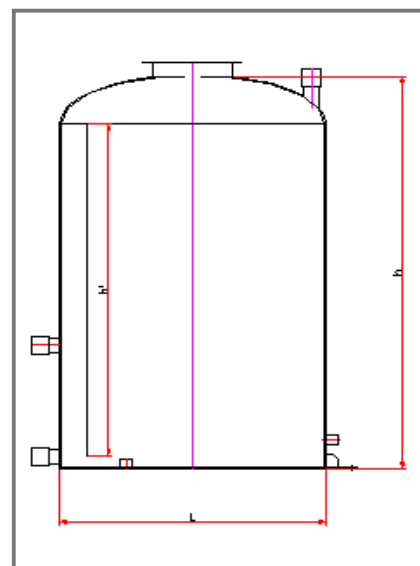
- 처리용량(Q) = 9m³/hr → 216m³/일
- SPACE RING 직경
- (D) = 200mmφ * 1,220mm
- 여재 : 68φ * 750mm
- IN/OUT FLANGE : 50A

다) 자외선 살균 모듈 물탱크 용량

○ 설계조건



<그림 3-1> 여과필터



<그림3-2> 자외선모듈 물탱크

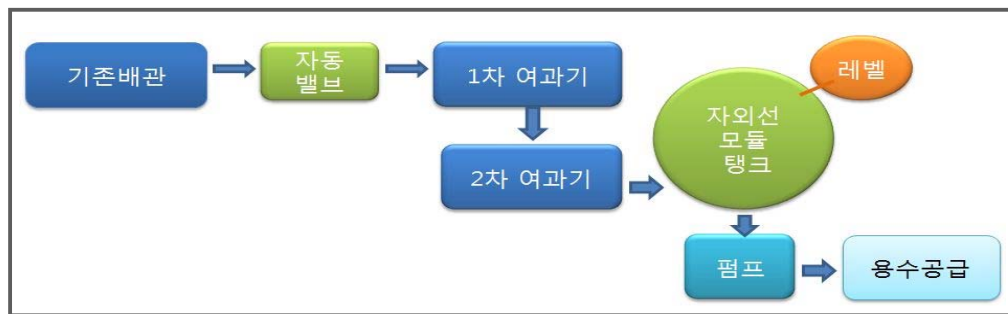
- 처리용량(Q) = 600m³/일
- UV조사량 : 일반 대장균 90%이상 사멸

○ 자외선 모듈 구조 계산

- 반응조 용량 = 반응조크기 × 램프 길이
= 100 × 135 × 147 = 1,153,950cm³
- 슬리브 용량 = 슬리브 면적 × 램프 길이
= 2,452 × π × 147 × 1 = 693cm³
- 순 반응조 용량 = 반응조 용량 - 슬리브 용량
= 1,153,950 - 693 = 1,153,257cm³
- 반응시간 = 순반응조 용량 ÷ 유입 유량
= 1,153,257 ÷ (0.007 × 1,000,000) = 166sec

나. 시스템 사양결정

1) 1차 소규모 전용 FDA



<그림 3-3> 1차 시설용수 공급시스템 공정도

<표 3-1 > 1차 FDA시스템 사양

시스템 품명	사양 및 내용
자동밸브	-유입수 유량 조절 -자동밸브구경 : 50A
1차여과기	-테프론 여과기 부유 물질제거 (10ppm이하) -BODY SIZE : (D) = 200mmφ * 1,220mm, 여재 : 68φ * 750mm
2차여과기	-카본 여과기 부유 물질제거 및 흡착(6ppm이하) -BODY SIZE : (D) = 200mmφ * 1,220mm, 여재 : 68φ * 750mm
자외선 살균 모듈 물탱크	-자외선 살균 모듈 (대장균 : 30개/ml이하) -무동력 세척 시스템 -BODY SIZE : (D) = 1,000mmφ * h1,500mm, 자외선램프 :145watt
수위레벨	-일정하게 물탱크에 수위 조절 (수위높이: 1,300mm)유지
처리수 이송펌프	-2마력 이송 욱상펌프
용수 공급	-채소, 밭에 물 이송 -농기구 세척대 -농민 손 세척대

다. 현장 시작품 제작 및 설치

1) 현장설치 대상지 조사

FDA 시스템 현장 적용성 평가를 위해 시작품 설치 대상지점으로 대구광역시 동구 안심 4동 186~188번지에 위치한 토마토 시설재배 농장을 선정하였다.

이 지점은 낙동강의 지류인 금호강 유역에 위치하며 주작물로 토마토를 토경재배하는 시설단지이다. 본 대상지점 주변의 영농현황은 안심 4동 대부분이 깻잎, 엽면채소류의 시설재배단지 이거나 대단지의 연근재배를 하고 있으며, 토마토 시설재배는 본 농가를 포함하여 약 3곳에서 이루어지고 있다. 본 대상지점 농가의 연간매출액은 해마다 차이는 있으나 평균 7~8천만원 정도의 수익을 올리고 있는 것으로 파악되었다.

2) 1차 현장시작품 제작 및 설치

가) 기술사양서

(1) 여과장치

(가) 설계조건

- 처리용량(Q) = 9m³/hr
- 여과 가동시간 = 24hr/일
- 부유물질 유입조건

유입수 SS = 20mg/ℓ 이내, 처리수 SS = 5mg/ℓ 이하

(나) 여과 용량계산

- 처리용량(Q) = 9m³/hr
- 여과능력(SPACE RING 가상표면적) = 13m³/m² · hr
- 필요여과면적(A) = $\frac{9\text{m}^3/\text{hr}}{13\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hr}} = 0.692\text{m}^2$
- 여과 SPACE
(D) = 200mmφ
- SPACE 유효길이
(Le) = $L_e = \frac{A}{\pi \times D} = \frac{0.692\text{m}^2}{\pi \times 0.2\text{m}} = 1.080\text{m}$
- 여과장치 SIZE = 1.22m
- 실제여과면적(Aa) = $\pi \times D \times L_e$
= $\pi \times 0.2\text{m} \times 1.22\text{m} = 0.767\text{m}^2$
- 여과면적 검토 → 필요여과면적 < 실제여과면적



<그림 3-4> 여과장치

→ 0.692m³ < 0.767m³ (OK)

- 여과선속도 = $\frac{9\text{m}^3/\text{hr}}{0.767\text{m}^3} = 7.4\text{m}^3/\text{m}^3 \cdot \text{hr}$
- 여과선속도 검토 → 여과능력 > 여과선속도
→ 13.0m³ > 7.4m³ (OK)
- 여과 필터 : 3EA



<그림 3-5>여과장치내부
(필터)

(다) 여과기 유지관리비 산정

(I) 전력비

- 원수 이송 펌프로 사용하므로 전력비 필요 없음

(II) 필터 교체비용

- 필터 교체주기: 6개월/회 (※수질조건에 따라 다름)
- 여재 수량 : 3EA
- 여재 단가 : 25,000원/EA
- 1년간 소요금액 : 6EA/회 ÷ 1년/회 × 25,000원/EA = 150,000원/년(II)
- ∴ 연간 운전비용 : (I) + (II) = 150,000원/년

(라) 구조 및 재질

(I) 구조

필터 여과기는 아래의 그림과 같이 간단한 구조로 농업용수 공급에 효율적이며 STS 304 챔버 타입이다.

(II) 재질

- 본체 및 내부장치 : STS304
- 배관 : STS304
- 구동 : 압력식
- 여재 : 테프론, 카본 계열
- BUTTERFLY VALVE : STS304
- SHAFT : STS304

(III) 부속품

- FILTER PUMP : CENTRIFUGAL 50A × 1.5Kw × 20mH × 1SET
- 압력계 : 1/4" × 2EA
- FILTER : 68φ * 750mm × 6EA

(2) 살균장치

(가) 설계조건

- 형 식 : 수직형 무동력 세척방식
 - 운전방식 : 자동운전 TIMER 및 수동 스위치식
 - 조 크 기 : 1,000W × 1,500H
 - 체류시간 : 166sec
 - 처 리 량 : 600m³/일
 - ① 유 량 : 600m³/day
 - ② UV조사량 : 대장균 90%이상 사멸
 - ③ 램프사양
 - 종류 : TUV(philips)
 - 소비전력 : 145W
 - 유효길이 : 1,470mm
 - UV-C출력: 48W
 - 석영관 투과율 : 90%
- ▶ 흡수계수 구하기

$$E = E_0 e^{-ax}$$

E : 투과깊이 x에서의 강도

E₀: 입사강도

a : 흡수계수

x : 투과거리

위 식에서 흡수계수는 아래와 같다.

$$a = \ln\left(\frac{E_0}{E}\right) / -x$$

- ① T-10 램프의 초기 자외선 강도 구하기

$$I_0 = S/A$$

S : 자외선 출력량

A : 자외선이 투과되는 면적

$$I_0 = 48 \times 0.9 \times 0.8 \times 10^6 / (2.45 \times \pi \times 147.0) = 30,561 \mu W / cm^2$$

- ② UV평균강도 구하기

$$I_{ave} = I_0 [(1 - e^{-ax}) / ax]$$

: 평균 자외선 강도

: 초기 자외선 강도

$$I_{ave} = 30,561 [(1 - e^{-(0.31 \times 7)}) / (0.31 \times 7)] = 13,145 \mu W / cm^2$$



<그림 3-6> 살균장치(UV소독조)

③ UV조사량 구하기

조사량(Dose) = 평균강도 × 반응조내 체류시간

조사량(Dose) = 13,145 μ W/cm² × 166sec = 2,182,929 μ Wsec/cm²

▶ 반응조 유효 산정

1. 반응조 용량 = 반응조크기 × 램프 길이
 = 100 × 135 × 147
 = 1,153,950cm³

2. 슬리브 용량 = 슬리브 면적 × 램프 길이
 = 2.452 × π × 147 × 1
 = 693cm³

3. 순 반응조 용량 = 반응조 용량 - 슬리브 용량
 = 1,153,950 - 693
 = 1,153,257cm³

4. 반응시간 = 순반응조 용량 ÷ 유입 유량
 = 1,153,257 ÷ (0.007 × 1,000,000)
 = 166sec

▶ 수리 계산

Q = 600m³/day ÷ 1 관로 = 600m³/day = 0.007m³/sec
 V = [(1 × 1 × 0.785) - (0.02452 × 3.14 × 0.25 × 1)]
 = 0.01m/sec

▶ 대장균 잔존율 및 램프 수량 산정

대장균 잔존율 = Log N1/NO = Log((N-Np)/NO) = Log(100/50,000) = -2.6

N1 = 입자와 결합하지 않는 대장균수 = N - Np = 175

NO = 인입대장균수

N = 자외선살균 후 유출대장균수 (MPN/100ml)

Np = 입자와 결합하여 생존하는 대장균수 = CSSm = 0.25 × (10)² = 25

▶ $NL = \frac{Vp}{(Q/Wn) \times W}$

= 417 l/min / (0.7 l/min/Watt × 48W) = 1개

여기서 NL = 소요 램프 개수

Vp = 분당 유량 ----- (417 l/min)

Q/Wn = 적용자외선부하 ----- (5.7 l/min)/Watt

W = 램프당 자외선 출력 -- (48Watt)

▶ 유지 관리비 산정

- 램프 소비전력: 0.145kW/ea
- 이송 펌프 : 1.5kW
- 총 소비전력 : 1.6kW
- 전력비 : 45원/kWh
- 램프 교체비 : 120,000원
- 램프수명 : 9,000HR이상
- 연중소독시간 : 12개월

① 연간 전력비 = 총 소비전력 × 연중 사용시간
 = 1.6kW × 45원/kWh × 365일 × 24시간
 = 630,720원

② 연간램프교체비용 = (120,000 * 1) = 120,000원

나) 시작품제작



<그림3-7> 세척부품



<그림3-8> 석영판 연결 부품



<그림3-9> 자외선 모듈 부품그림



<그림3-10> 자외선 모듈 물탱크 투시장



<그림3-11> 자외선모듈부품



<그림3-12> 시설용수 공급 Plate



<그림3-13> 시설용수 공급 제어반



<그림3-14> 시설용수 공급 자외선 가이드



<그림3-15> 시설용수공급 오링 및 스냅링



<그림3-16> 자외선 모듈 보스



<그림3-17>자동밸브



<그림3-18> 여과필터

다) 현장시작품설치

본 대상농가에서는 점적관개를 원활히 하기위해 원수를 한번 걸러주는 단계로 단순한 모래여과기만을 사용하고 있었다. <그림3-19>는 대상지점 농가에서 기존에 사용되고 있었던 지표수 모래여과기를 보여준다. 여기에 FDA 시스템 시작품을 연결하여 설치한 후 수질모니터링을 통해 현장에서의 시작품 성능테스트를 실시하였다. <그림3-20>은 대상농가에 설치된 FDA시스템 시작품의 모습을 나타내며, <그림3-21>은 FDA 시스템 시작품과 기존의 모래여과기의 연결된 상태를 보여준다. FDA 시스템 시작품의 설치가 완성된 시점은 2008년 2월초로써 그때부터 2주 간격으로 수질모니터링을 실시하고 있다. <표 3-2>는 FDA 시스템 시작품의 시스템 구성과 사양 및 내용을 나타낸다.

<표 3-2> FDA 시스템 시작품의 사양 및 내용

시스템 구성	사양 및 내용
1차 여과필터	9m ³ /hr
2차 여과필터	9m ³ /hr
자외선 살균 물탱크	25m ³ /hr
자외선 살균 물탱크 저수량	1.15m ³ (φ 1.0m × H 1.47m)
처리수 이송펌프	2마력 육상펌프



<그림 3-19> 기존에 모래여과기



<그림 3-20> FDA시스템 시작품 설치



<그림 3-21> FDA 시스템과 기존의 모래여과기의 연결된 상태

라) 현장시작품 시험 및 검사

공사명(PROJECT NAME)	실내성능시험	SHEET No.	1 OF1
시설용수공급시스템개발		DATA	2007

NO	시험(검사)항목	시험(성능)기준	결과	일자	비고
				07.12.26	
1.	자외선 모듈 물탱크	램프는 정상적 작동 여부	양호		
		재질 및 크기가 정상 여부	양호		
		용접부위 상태는 양호 여부	양호		
		램프규격이 일치 여부	양호		
		모듈 수량이 일치 여부	양호		
2	여과 필터	여과기 공기압 TEST 여부	양호		
		재질 및 크기가 정상 여부	양호		
		용접부위 상태는 양호 여부	양호		
3	제어반 판넬	재질 및 크기가 정상 여부	양호		
		사용전압의 표시 여부	양호		
		판넬 기기 작동 여부	양호		
4	기타 기기	펌프 용량 및 작동 여부	양호		
		자동밸브 작동 여부	양호		

2. 2차 소규모 전용 FDA 시스템 개발

가. 시스템 구조계산

가) 원수 이송 펌프 용량

- 25m³/hr 지표수 압송 (3마력 펌프)

나) 1차 여과 필터(디스크필터)

○ 설계조건

- 처리용량(Q) = 25m³/hr
- 여과기 가동시간 = 24hr/일
- 부유물질 유입조건 - none
- 제거물질 - 모래, 자갈, 50마이크로 이상의 SS성분

○ TECHNICAL DATA

- 처리용량(Q) = 25m³/hr -> 600m³/일
- inlet/outlet diameter -> 50mm
- (D) = 200mmφ * 1,220mm
- maximum pressure -> 12 atm
- max flow rate -> 25TON/hr/1EA
- Housing diameter -> 200mm
- Length of filter element -> 261mm
- General filtration area -> 953cm²
- Filtration volume -> 1225Cm³

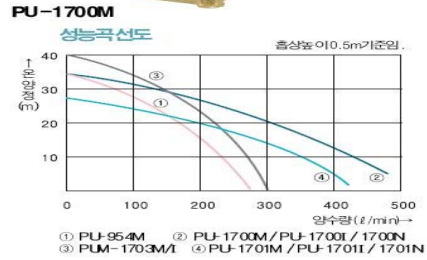
다) 2차 여과 필터(카트리지 PP)

○ 설계조건

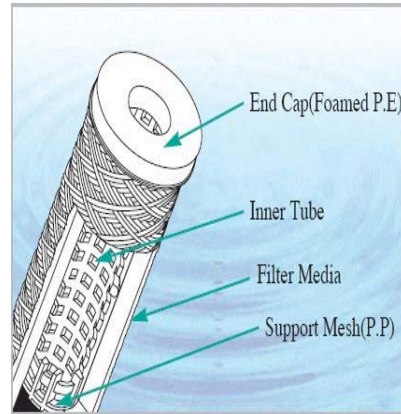
- 처리용량(Q) = 25m³/hr
- 여과기 가동시간 = 24hr/일
- 부유물질 유입조건
- 유입수 SS = 10mg/ℓ 이내, 처리수SS=5mg/ℓ 이하

○ TECHNICAL DATA

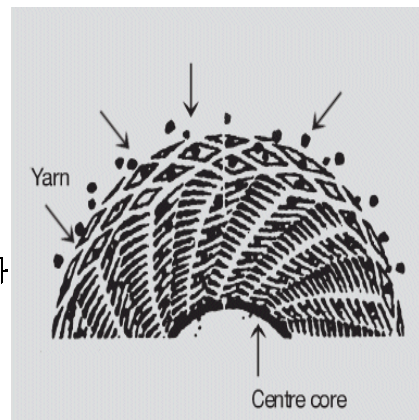
- 처리용량(Q) = 25m³/hr -> 600m³/일
- (D) = 68mmφ * 750mm
- Length -> 750mm
- Outer diameter -> 68mm
- End caps -> Foamed PE



<그림 3-22> 원수 이송 펌프



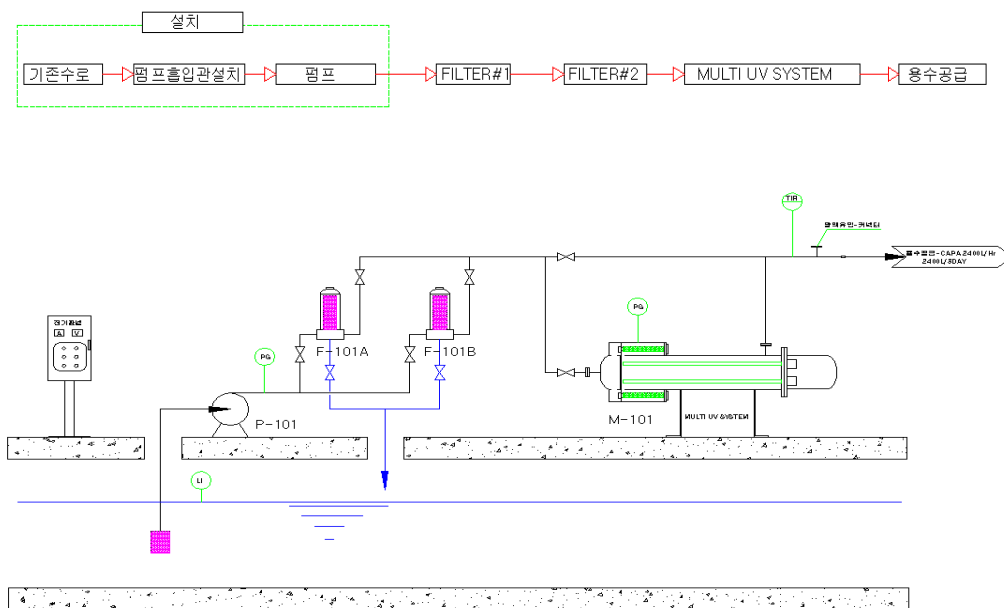
<그림 3-23> 디스크필터



<그림 3-24> 카트리지 PP

- Media(Yarn) -> Cleaned PP
- maximum pressure -> 3.5 bar
- Filter flow rate -> (9ton/hr/1ea)
- Length of filter element ->261mm
- General filtration area -> 953cm²
- Filtration volume -> 1225Cm³

나. 시스템 사양결정



<그림 3-25> 2차 시설용수 공급시스템 공정도

<표 3-3> 2차 FDA시스템 사양

시스템 품명	사양 및 내용
유입펌프	-3HP -25TON/Hr
1차필터	-디스크필터 -모래 및 SS성분제거(20ppm)
2차필터	-카트리지필터 부유 물질제거 (5ppm이하) -FILTER SIZE : (D) = 68mmφ * 750mm
자외선 살균 모듈	-자외선 살균 모듈 (대장균 : 30개/ml이하) -자동세척 시스템 -자외선램프 :145watt x 6ea
용수 공급	-채소, 밭에 물 이송 -3kg/cm ² 압력이송

다. 현장시작품 제작 및 설치

2차 소규모전용 FDA시스템의 수처리 능력을 검증하기 위해 1차보다 수질환경이 더욱 좋지 않은 지역을 대상으로 하였다. 시작품 대상지 현장조사 결과(4절) 경북 대구의 금호강 하류 시설재배지역을 대상으로 선정하였다. 금호강 하류지역은 대구 도심지 구간을 통과하기 때문에 비점원 오염물질에 노출되어 있으며 특히 시작품 현장설치 지역은 하천에서 펌프를 이용해 직접취수하고 있기 때문에 적절히 수질을 관리되고 있지 않다.

가) 기술 사양서

(1) 시작품 주요 사양

○ 본 체(BODY)

- DISINFECTION CAP. : 600m³/일
- BODY SIZE : W 600 × H1,200 (1식)
- TYPE OF WASHING : 와이퍼 세척 방식
- TYPE OF 여과기 : 수평 타입
- MATERIAL BODY : STS 304이상
- 여과 필터 (스트레나) : W100 × L600 (2식)

○ 주요 부품

- 자외선램프 : 145W * 6EA
- 전자식 안정기 : 145W * 6EA
- QUARTZ TUBE : 24.5mm
- SOCKET : 145W / 4P
- 여과필터 : 8ppm이하

(2) 설계조건

- 형 식 : 관로형 자외선 소독 장치
- 운전방식 : 자동운전 TIMER 및 수동 스위치식
- 체류시간 : 14.36초
- 처 리 량 : 600m³/일
- 예상동력 : 약0.87kW

(3) 시스템 구조

자외선램프는 아크 전류에 의해 열을 받아 작동되는 수은-인듐 저압의 원리로 제작되어야 하며 자외선램프의 배열은 석영관과 같은 유수의 길이 방향으로 방류수의

흐름에 수평으로 하면서 균일한 간격으로 배열되어야 하며 다음과 같은 특징을 갖는다.

- 형식 : 수평형 마찰 푸싱와이퍼 세척 방식
- 구조 : 자외선 모듈은 램프 교체를 위하여 유수와 수평으로 잠기도록 설치함
- 제원 :
 - 최대유량 : 600m³/일
 - SS : 10mg/ℓ
 - 방류수 온도 : 5~40℃
 - 유입 대장균수 : 50,000MPN/100ml 이하
 - 유출 대장균수 : 1,000MPN/100ml이하
 - UV 투과율 : 90%
 - 모듈 길이 : 2,000mm
 - 램프 형식 : 저압램프
 - 모듈 수 : 1EA
 - 총 램프 수량 : 6EA
 - 램프 유효길이 : 1,470mm
 - 램프 입력 : 145W
 - 램프 출력 : 48W
 - 공급 전력 : 0.87kW
 - 사용 전력 : 동력전원 : 220V(단상, 접지선공급)

(4) 구조 및 재질

- Module base : SUS304 이상의 제품으로 충분한 강도를 가져야 함
- 램프의 유지관리 및 교체가 용이한 구조로 개별적인 분리조립이 용이해야 함
- UV-Lamp : 저압램프로 석영관으로 보호되고 완벽하게 방수되어야 함
- Lamp 교환이 용이하고 UV에 내구성이 있는 커넥터(전선접속)를 갖추어야 함
- 치 수 : φ15.5mm × 1,520mm × 1.0mm
- 입력 × 출력 × 효율 : 145W/램프당 × 48W/램프당 × 90%
- UV 파장 253.7에서 출력 : 전출력의 90%이상
- 수 명 :12,000시간 (스위치 on-off : 1회/8시간, 수온 : 5~40℃)이어야 함
- 석영관은 표면은 원활하고 일정한 단면을 가져 세척에 효율적이어야 함
- 석영관 치수 : φ24.5mm × 2,000mm × 1.5mm
- 자외선 투과율이 90%이상이어야 함

- 석영관을 통한 자외선 투과율은 90%이상이어야 함

(8) 전자식 안정기

- 전자식 안정기는 자외선램프에 필요한 전압을 안정적으로 공급할 수 있도록 설계되어야 함
- 전자식 안정기는 자외선램프와 5m 이내에 설치함
- 안정기 1개에 램프 1개를 접속하여 사용할 수 있는 구조

(9) 자외선 투과율 및 흡수율

살균 램프에서 방출되는 자외선이 방류수를 통과하는 것을 분광광도계로 측정된 것을 투과율 또는 흡수율(%T)로 표시한다. %T는 60%이상을 유지하는 것이 바람직하다.

○ 설계

- ① 유량 : 600m³/일
- ② UV조사량 : 일반 대장균 90%이상 사멸
- ③ 램프사양

- 종류 : TUV(philips)
- 소비전력 : 145W
- 유효길이 : 1,470mm
- UV-C출력: 48W
- 석영관 투과율 : 90%

○ 흡수계수 구하기

$$E = E_0 e^{-ax}$$

E : 투과깊이 x에서의 강도

E₀: 입사강도

a : 흡수계수

x : 투과거리, 위 식에서 흡수계수는 아래와 같다.

$$a = \ln\left(\frac{E}{E_0}\right) / -x$$

① T-10 램프의 초기 자외선 강도 구하기

$$I_0 = S/A$$

S : 자외선 출력량

A : 자외선이 투과되는 면적

$$I_0 = 48 \times 0.9 \times 0.8 \times 10^6 / (2.45 \times \pi \times 147.0) = 30,561 \mu W / cm^2$$

② UV평균강도 구하기

$$I_{ave} = I_0 [(1 - e^{-ax}) / ax]$$

: 평균 자외선 강도

: 초기 자외선 강도

$$I_{ave} = 30,561 [(1 - e^{-(0.31 \times 5.5)}) / (0.31 \times 5.5)] = 14,666 \mu W / cm^2$$

③ UV조사량 구하기

조사량(Dose) = 평균강도 × 반응조내 체류시간

$$\text{조사량(Dose)} = 14,666 \mu W / cm^2 \times 14.36 \text{sec} = 210,554 \mu W \text{sec} / cm^2$$

○ 반응조 유효 산정

- 반응조 용량 = 반응조크기 × 램프 길이
= 30 × 30 × 0.785 × 147
= 103,856 cm³
- 슬리브 용량 = 슬리브 면적 × 램프 길이
= 2.452 × π × 147 × 6
= 4,158 cm³
- 순 반응조 용량 = 반응조 용량 - 슬리브 용량
= 103,856 - 4,158
= 99,697 cm³
- 반응시간 = 순반응조 용량 ÷ 유입 유량
= 99,697 ÷ (0.006 × 1,000,000)
= 14.36sec

○ 수리 계산

$$Q = 600 \text{m}^3 / \text{day} \div 1 \text{관로} = 600 \text{m}^3 / \text{day} \\ = 0.007 \text{m}^3 / \text{sec}$$

$$V = 0.007 \text{m}^3 / \text{sec} / [(0.30 \times 0.30 \times 0.785) - (0.02452 \times 3.14 \times 0.25 \times 6)] \\ = 0.1 \text{m} / \text{sec}$$

○ 대장균 잔존율 및 램프 수량 산정

$$\text{대장균 잔존율} = \text{Log } N1 / NO = \text{Log}((N - Np) / NO) = \text{Log}(100 / 50,000) = -2.6$$

$$N1 = \text{입자와 결합하지 않는 대장균수} = N - Np = 175$$

NO = 인입대장균수

N = 자외선살균 후 유출대장균수 (MPN/100ml)

Np = 입자와 결합하여 생존하는 대장균수= CSSm= 0.25×(10)2=25

$$NL = \frac{Vp}{(Q/Wn) \times W}$$

$$= 417 \ell / \text{min} / (1.5 \ell / \text{min} / \text{Watt} \times 48\text{W}) = 6\text{개}$$

여기서 NL = 소요 램프 개수

Vp = 분당 유량 -----(417 ℓ / min)

Q/Wn = 적용자외선부하 -----(1.5 ℓ / min/Watt)

W = 램프당 자외선 출력 ---(48Watt)

(10) 유지 관리비 산정

- 램프 소비전력: 0.145kW/ea
- 총 소비전력 : 0.87kW
- 전 력 비 : 45원/kWh
- 램프 교체비 : 120,000원
- 램프수명 : 9,000HR 이상
- 연중소독시간 : 12개월

① 연간 전력비 = 총 소비전력 × 연중 사용시간

$$= 0.87\text{kW} \times 45\text{원/kWh} \times 365\text{일} \times 24\text{시간}$$

$$= 342,952\text{원}$$

② 연간램프교체비용 = (120,000 * 6) = 720,000원

<표 3-4> 전력량요금표

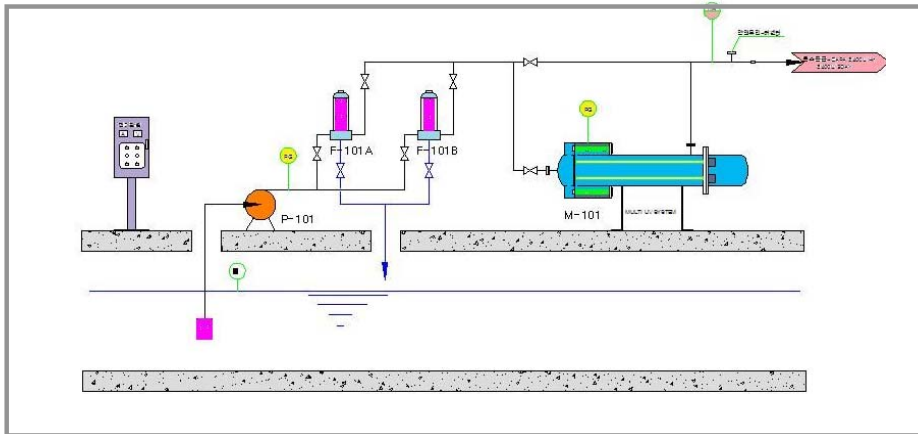
구 분	기본요금 (원/kW)	전 력 량 요 금 (원/kW)			
		여름철	봄 가을철	겨울철	
		(7~8월)	(4 ~ 6,9월)	(10~3월)	
저 압 전 력	4,150	63.80	48.10	51.90	
고 압 A	선택 1	4,400	63.50	48.00	51.40
	선택 2	5,060	60.10	44.60	48.20

나) 시작품 제작

2차년도에서 수행한 연구결과를 바탕으로 대구 금호강 하류지역의 시설재배 농가를 대상으로 영농편의용수 공급시스템 현장시작품을 제작하여 설치하였다.

(1) 시작품 내역

- 시설재배용 FDA 시스템 1조(일처리량 : 10m³/day)
 - FDA 시스템 후레임(STS 재질)
 - FDA 시스템 자외선 장치(무동력 세척)
 - FDA 시스템 필터(가압식 멀티필터)
- FDA 시스템 제어반 1조



<그림 3-26> 영농편의용수 공급시스템 시작품 구성도

영농편의 시설인 FDA 시스템은 부유 물질제거 및 살균소독 시스템으로 구성되며, 농업용수로 이용함과 하천이나 하수처리장 처리수를 정화하여 농업용수로 이용하는 시스템이다. 시스템의 구성은 <그림3-26>에서와 같이 1차, 2차 필터와 자외선 모듈로 그리고 제어반으로 구성된다.

(2) 규격 및 수량

<표 3-5> 2차 FDA 규격

품 명	단위	수량	형식	규격	비고
농업용수 시스템(FDA)	LOT	1	동력	L3,000 * W1,600	

<표 3-6> 2차 FDA 수량

구 분	제작내용	수량	형식	규격	비 고
1	디스크 필터	2	PP	200mm	-
2	유입펌프	1	육상펌프	3HP	-
3	스트레나 필터	10	STS304	D65*L500	-
4	FDA 자외선	1	마찰푸싱 와이퍼세척	145W* 6EA	-
5	제어반	1	SUS304	L400*H600	-
6	압력게이지	2	오일충만식	63.7 * 85	-
7	온도계	1	TPR	100 * 38	-
8	운반 및 설치	1			-

(3) 제작 조건

- 유입부는 육상펌프를 연결하여 1차 디스크 필터와 결합함
- 자외선 모듈의 설치시 자외선램프가 완전히 물에 잠기도록 설계되어야 하며, 설비 좌우 공간을 두어 자외선램프를 교환이 용이하게함
- 자외선램프 성능의 지속성을 위하여 자외선 모듈에 마찰푸싱 세척 장치로 제작
- 자외선램프와 석영관은 밀폐할 수 있는 구조를 가지고 있으며 자외선램프와 교체가 쉬운 분리형으로 제작
- 안정기 대 자외선램프 비율은 안정기 1대 당 자외선램프 1개로 설치함
- 테프론 필터로 수질 급변 상황에 따라 알맞은 구조로 변경 가능함
- 본체 시스템은 STS304으로 제작함
- 설치시 구조물은 수평을 맞추기에 유리한 구조이어야 함
- 필터는 HI / LOW 레벨로 필터에 일정한 압력이 발생 할 경우 역세척을 하여 일정량의 물을 조절할 수 있는 구조로 제작함

(4) 재질 및 구조

<표 3-7> 디스크 필터 제원

INLET / OUTLET DIAMETER	2"BSPT
Maximum pressure	12atm
Maximum flow rate	25m ³ /h
General filtration area	953cm ²
Filtration volume	1225cm ³
Filter length	465mm
Housing diameter	200mm
Distance between end connections	A=76mm , B=130mm
Outer diameter of filter element	115mm
Length of filter element	261mm
Weight	5kg
Maximum temperature	70℃

○ 테프론 필터 제원 :

- L500*IN28/30*OUT62최대, 압력 3.5Kgf/cm², 마이클론 20마이크로

○ 자외선 Module base :

- STS304 제품으로 사용, 개별적인 분리조립 구조
- UV-Lamp : 저압램프 사용, UV에 내구성이 있는 컨넥터(전선접속)
- 치수 : $\phi 15.5\text{mm} \times 1,473.0\text{mm} \times 1.0\text{mnt}$ (입력×출력×효율:145W/램프당×48W/램프당×90%)
- UV 파장 : 253.7에서 출력(전출력의 90%이상)
- 수 명 : 9,000시간(수온 : 5~40℃)이상 이어야 함
- UV 강도(램프당) : 평균 강도(25,000) $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ 이상

○ 석영관

- 석영관 치수 : $\phi 24.5\text{mm} \times 2,000\text{mm} \times 1.5\text{mnt}$
- 자외선 투과율이 80%이상

○ Sealing 및 세척방법: 마찰푸싱 와이퍼 세척방식

(5) 제작사진



<그림 3-27> 현장시작품 필터 가공



<그림 3-28> 자외선 모듈 몸체



<그림 3-29> 여과필터 모듈



<그림 3-30> 전처리 필터



<그림 3-31> 자외선 석영관 후랜지



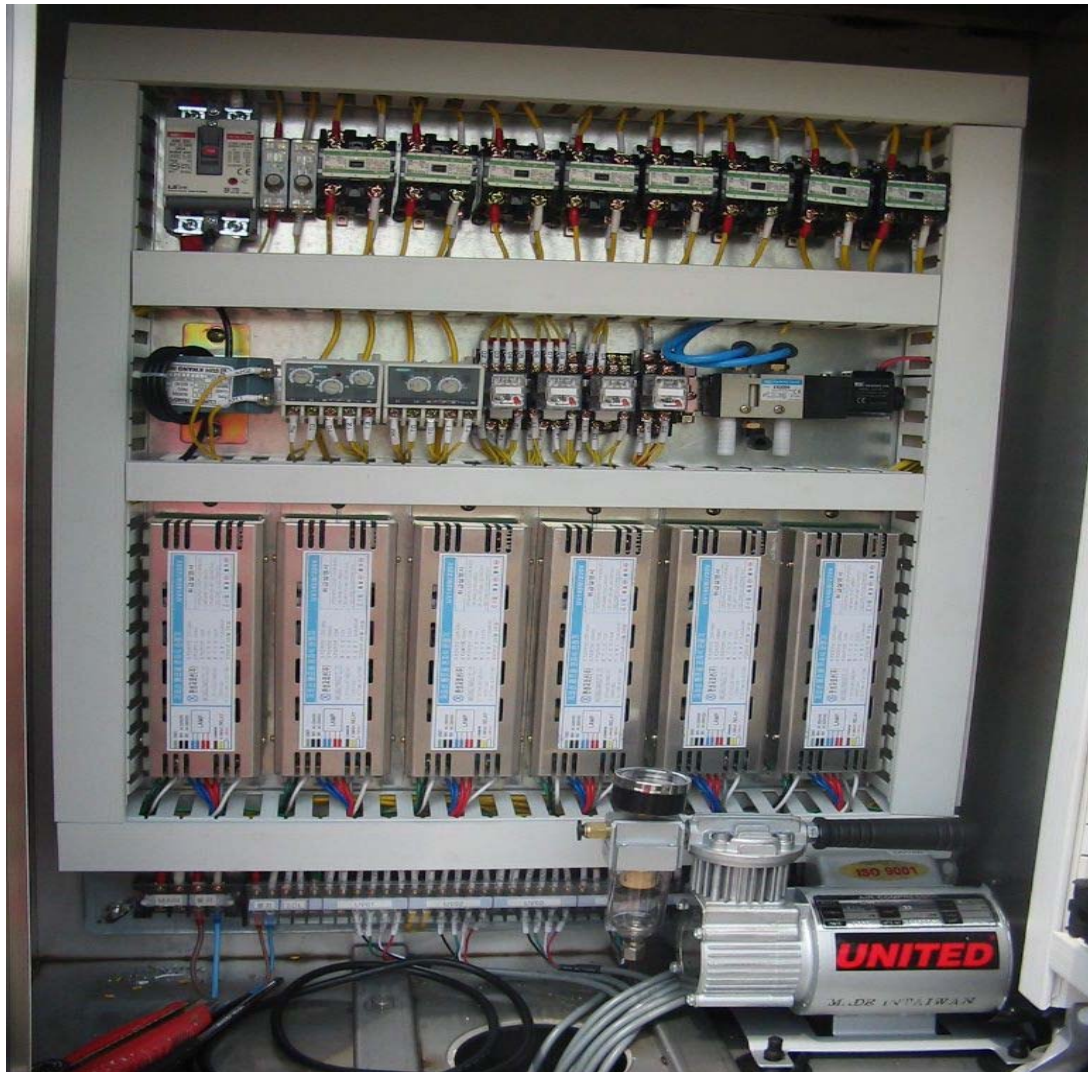
<그림 3-32> 자외선 및 여과기 일치형



<그림 3-33> 자외선 전원 캡



<그림 3-34> 여과기 캡



<그림 3-35> 시스템 제어반

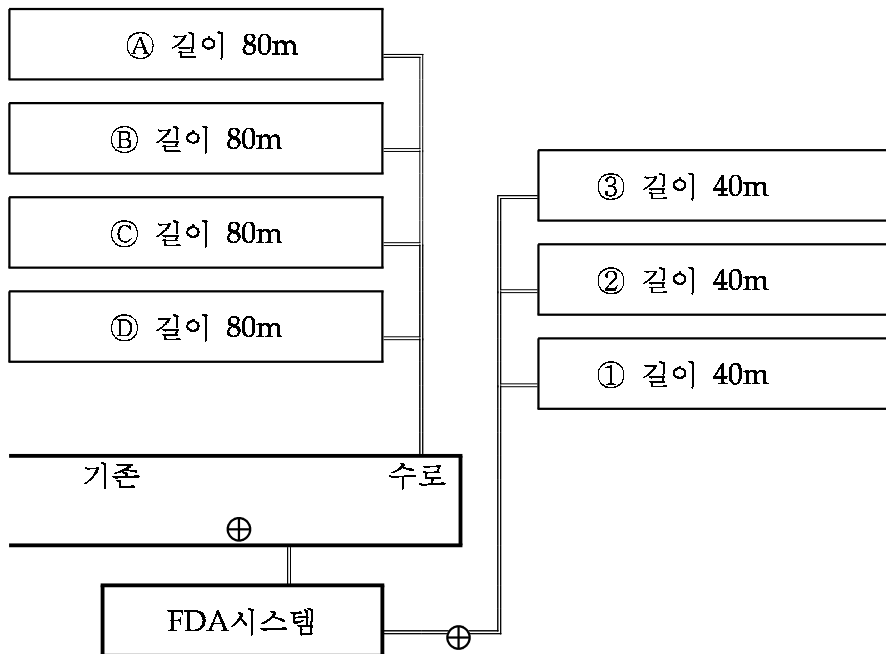
다) 현장시작품 설치

현장시작품을 제작하여 대상지구인 시설재배단지에 설치하였다.

(1) 대상지역 모니터링 지점 설정

- 기존 용수공급 방법: 2마력 양수기를 이용하여 금호강 하천수를 양수함
- 관개횟수:
 - 동절기 - 한달에 1회 관개, 배추의 경우(재배기간 약 70일정도) 1~2회 관개
 - 하절기 - 10일에 1회 관개

⊕ 시료채취지점



<그림 3-36> 시설동 배치도

<표 3-8> 시설동 현황

FDA시스템 용수 적용 시설동			원수 적용 시설동		
명칭	포장크기	재배작물	명칭	포장크기	재배작물
①	6.5m×50m	배추	Ⓐ	6.5m×50m	배추
②	6.5m×50m	배추	Ⓑ	6.5m×50m	배추
③	6.5m×50m	배추	Ⓒ	6.5m×50m	배추
			Ⓓ	6.5m×50m	배추

*시작품 현장적용 면적: 780m² (236평)

(2) 현장 시작품 설치

설정된 공급지역에 영농편의용수 공급시스템을 설치하였다.



<그림 3-37> 시작품 설치 전경

<표 3-9> 영농편의 공급시스템 시작품의 사양

시스템 구성	사양 및 내용
1차 여과필터	디스크필터 2개
2차 여과필터	φ60×750mm, mesh 100 _μ m, 10개
자외선 램프 출력	145W×6개
처리수 이송펌프	300L/min 육상펌프

라) 현장시작품 시험 및 검사

- 현장명 : 대구 금호강변 비닐하우스
- 시설용수 및 영농편의 공급을 위한 FDA 시스템 개발
- 위 치 : 비닐하우스 (물 수로)
- 시험(검사)자 : (주)블루인바이로먼트엔텍/농어촌연구원

NO	시험(검사)항목	시험(검사)기준	시험(검사)시기		결과	일자	비고
			설치 전	설치 후			
						'08.8	
1.	UV모듈	기자재는 승인도서와 일치하는가? 모듈 길이는 2M 자외선 램프 파장이 적정한가? 245nm UV LAMP 자동 세척 타입이 적정한가? 실린더 타입 세척 방법 재질 및 크기가 정상인가? STS304, D300mm * L2,700	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>		양호 양호 양호 양호 양호 양호 양호		
2.	현장 제어반	안정기가 적정한가? 145W 전자식 안정기 재질 및 크기가 정상인가? STS304, L600 * H800 * W250		<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>	양호 양호 양호 양호		
3.	1차 필터	필터 규격인 적정한가? 500# 15mg/l 부유물질 제거 적정 재질 및 크기가 정상인가? PVC , D150mm * H500mm	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>		양호 양호 양호 양호		
4	2차 필터	필터 규격은 적정한가? 300#가 8mg/l 부유물질 제거에 적정 유량에 알맞은 필터 수량 ? 300# 필터 10EA 재질 및 크기가 정상인가? 카트리지 필터 , 300# * L750mm		<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>	양호 양호 양호 양호 양호		
5.	수질 샘플링	유입수 시료 채수 일회여부? 10회 (BOD, 대장균, 부유물질) 처리수 시료 채수 일회여부? 10회 (BOD, 대장균, 부유물질)		<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>	처리함 처리함 처리함 처리함		

3. 유지관리지침서

- 현장 조작반
 - 자외선소독장치에 대한 전원이 공급되어 ON/OFF 조작이 가능하고 세척 타이머에 의한 자동 운전으로 유지관리가 용이함. 또한 운전가동 시간을 확인할 수 있도록 누적 타이머가 설치되어 있어서 램프의 운전시간을 확인할 수 있음
 - 콤프레이셔는 자동세척 장치의 작동에 필요한 요소로 하루에 4 ~ 5회 작동함

- 운전전의 주의 사항
 - 장비의 운전에 앞서 사용전압이 기기의 전압과 일치하는가를 확인하여야 하며 단선이 없는가를 확인함
 - 운전 전에 기계의 설치, 보수용 등으로 가설된 퓌목, 지지대 등이 없는가를 확인하며 안전을 위한 COVER 류의 체결상태 등을 점검함
 - 운전이 정상적으로 이루어지고 있는지를 확인해야 하며 자외선 세척장치가 정상적으로 작동이 되는지 충수시 자외선램프에는 이상이 없는지를 확인하여 모든 기기류들이 정상운전이 되도록 함

- 운전중의 주의 사항
 - 유지보수를 위하여 자외선램프가 점등된 상태에서 램프덮개를 열거나 자외선을 직접적으로 조사하게 될 경우 인체에 유해할 수 있으므로 자외선램프의 교체나 이상유무의 확인 시 반드시 램프의 소등시킨 후 작업함

- 운전 점검 사항
 - 장비의 초기 운전 전에 앞서 아래의 점검항목별 점검이 이루어져야하며 확인되지 않은 상태에서 무리하게 운전이 시행될 경우 기계의 파손과 안전사고의 우려가 있으므로 점검을 요함

○ 점검 항목

NO	점 검 항 목	원 인	조 치 사 항
①	케이블의 단선, 접선 불량	설치 또는 운반시 사고	케이블 잡아당기거나 또는 삼으로 찢려서 절단되었으므로 부주위가 원인임
②	심한 에어 소리가 난다.	에어실린더 및 콤프레이셔 고장	설치시 에어실린더 충격및 콤프레이셔 현장 관리 미숙이므로 부주위가 원인임
③	자외선램프 점등 이상	설치 또는 운반시 사고	램프 파손 또는 설치시 전기 소켓 연결 미숙이므로 부주위가 원인임

○ 유지 보수

이상발생시의 대처	사용 중 이상 발생시는 기계의 가동을 즉시 중단하고 사용자의 간단한 보수나 정비로서 해결이 불가능할 시는 제조업체에 정비를 요청한다.
자외선램프의 교환	부 품 명 : 자외선램프 (145WATT) 교 환 주 기 : 1 년
Compressor	OILLESS
취급상의 주의	자외선램프가 점등된 상태에서 작업시에는 램프에 직접적으로 오랜 시간 동안 조사되지 않도록 각별히 주의해야 한다.

○ 고장원인 및 대책

- 장비의 운용에 있어 주기적인 점검과 및 관리가 중요하며 운용 중에 있어서도 사용 중 이상발생시 조기에 발견하여 적절히 대처 할 경우 인력 및 유지비절감과 기계의 장수명을 유지할 수 있음

○ 점검 항목

NO.	주요 항목	고장 원인	대 책
①	자외선램프의 소등	결선상태 확인 및 램프의 사용시간 확인	결선상태를 확인하여 원인을 해결하고, 사용시간이 초과되었을 경우 램프의 교체
②	자외선램프의 세척불량	슬레노이드 밸브의 이상 컴프레이셔, 공기공급선 파손 푸싱 이상	슬레노이드 밸브 교체 및 컴프레이셔 점검, 에어피팅 결선 교체

○ 점검 기준

NO.	주요 항목	점 검 주 기					
		수시	일간	주간	월간	분기	년간
①	자외선램프의 점등상태				○		
②	세척장치의 동작상태			○			

다. 1차 소규모 전용 FDA 특허출원 및 등록

- 특허명 : 농업용 수처리 장치 및 이를 이용한 농업재이용수로 전환하는 방법
Irrigation Water Purifying Apparatus and Method for Converting the Agricultural Water Reuse Using The Same
- 출원인 : 한국농촌공사, 경북대학교, (주)블루인바이로먼트엔텍
- 출원일 : 2007. 12. 27 (출원번호: 10-2007-0138836호)
- 등록일 : 2008. 7. 31(등록번호 : 10-0850770호)
- 요약서 :

본 발명은 농업용 수처리 장치 및 이를 이용한 농업재이용수로 전환하는 방법에 관한 것으로, 영농작업장과 인접한 관개수로의 용수 또는 하천수 중에 함유된 부유물질 및 미생물을 제거하여 청정 농업이용수로 활용하기 위한 농업용 수처리 장치임

농업용 수처리 장치는 필터수단 및 자외선 모듈을 구비하여 장치내 슬러지 발생을 방지하고, 처리 대상수의 탁도를 현저히 낮추는 동시에, 부유물질 및 미생물을 효율적으로 제거시켜 농작물 재배에 적당한 청정 농업용수를 제공할 뿐만 아니라, 영농작업 및 기타 농촌지역에서 발생하는 용수수요에 대해 편의 및 유해성에 대한 안전을 확보함

○ 배경기술

FTA(Free Trade Agreement)를 대비하여 농업분야의 가장 중요한 당면과제로 인식되고 있는 것은 고품질의 안정성이 확보된 친환경 농산물을 생산하여 우리 농산물의 경쟁력을 확보하는 것이다. 이를 실현하기 위해서는 품종 선택, 시비(fertilizer application), 환경제어, 청정 용수공급, 양질의 토양 등 여러 요소가 있으나, 그 중 청정 용수공급이 가장 중요한 요소로 제시되고 있다. 더욱이, 최근 정부가 추진하는 우수농산물관리제도(GAP) 인증을 받기 위해서는 오염된 물 또는 토양, 농약, 중금속, 유해생물 등 식품 전성에 문제를 발생시키는 요인을 관리해야 하며, 친환경 농산물의 부가가치가 일반 산물의 2배에 해당하는 등 농가소득 향상과 농업 경쟁력 확보가 가능함에 따라, 청정 농업용수에 대한 중요성이 커지고 있는 있다.

그러나, 우리나라는 지역 및 계절에 따른 강수량 변화가 심하여 농업용수 수자원 확보가 곤란하고, 급속하게 진행된 도시화와 산업화에 따른 물 사용량의 증가와 녹지면적의 감소, 콘크리트, 아스팔트화 등 불투수층의 면적이 증가하면서 지하수 및 저수지가 오염됨에 따라, 현재 농업용수 및 중수도에 대한 인지도가 매우 낮으며, 오수의 재이용에 대한 거부감이 높은 실정이다.

이에, 여러 기업에서는 하수 처리장 방류수를 농업용수로 재이용하고 있으나, 고도처리공정을 하수처리장에 도입함에 따라 용수 수요처 확보의 어려움과

재이용을 위한 초기투자비 및 유지관리 비용이 소요되어 재이용이 널리 확산되지 못하고 있는 실정이다 (한국공개특허 2006-0089118, 한국실용신안 제 0276382호, 한국등록특허 제348414호)

또한, 국내에서 물부족 현상 등 심각한 위기상황이 발생하였을 때 대체 수자원 확보의 방안으로서 상업적으로 많이 알려진 기술은 해수 담수화이나, 이러한 해수 담수화는 해수를 주로 용수 및 음용수로 사용하기 위하여 이들의 기준에 맞추어야 하기 때문에 고가의 장비와 까다로운 절차를 거쳐야 하고, 또한, 막분리 장치를 이용한 해수담수화 시스템은 막분리에 있어서, 해수 중의 미생물에 의하여 막면에 미생물 증식이나 이로 인한 막의 투과성 및 투과수의 수질이 악화되며, 미생물의 증식을 방지하기 위해 주기적으로 약품처리 및 세척, 막의 교환 등과 같은 유지보수비용이 높은 단점이 있다 (한국실용신안 제373511호, 한국등록특허 제505324호). 또한, 국내에 적용된 해수담수화 설비는 유지비용과 관리문제로 인해 도서지방에 제한적으로 설치되고 있으며, 고효율성 확보가 절실한 실정이다.

종래에는 농업용수 부족을 해결하고, 저렴한 비용으로 청정용수를 공급하기 위해서 각 주산단지 내에서 개별적으로 20m 내외의 천층관정을 개발하여 용수원으로 사용하고 있으나, 천층 지하수의 고갈, 수질오염, 침수로 인한 누전, 동절기 수원변화 등 청정용수의 활용에 제약이 따르고 있고, 지표수를 용수원으로 사용하고 있는 지역은 수질오염이 심각하여 수질개선이 요구되고 있으며, 간이 정수장 설치·운영 등 시설용수의 수질개선에는 많은 어려움이 있어 저렴한 비용으로 청정용수의 공급이 가능한 정수장치의 개발이 필요하다.

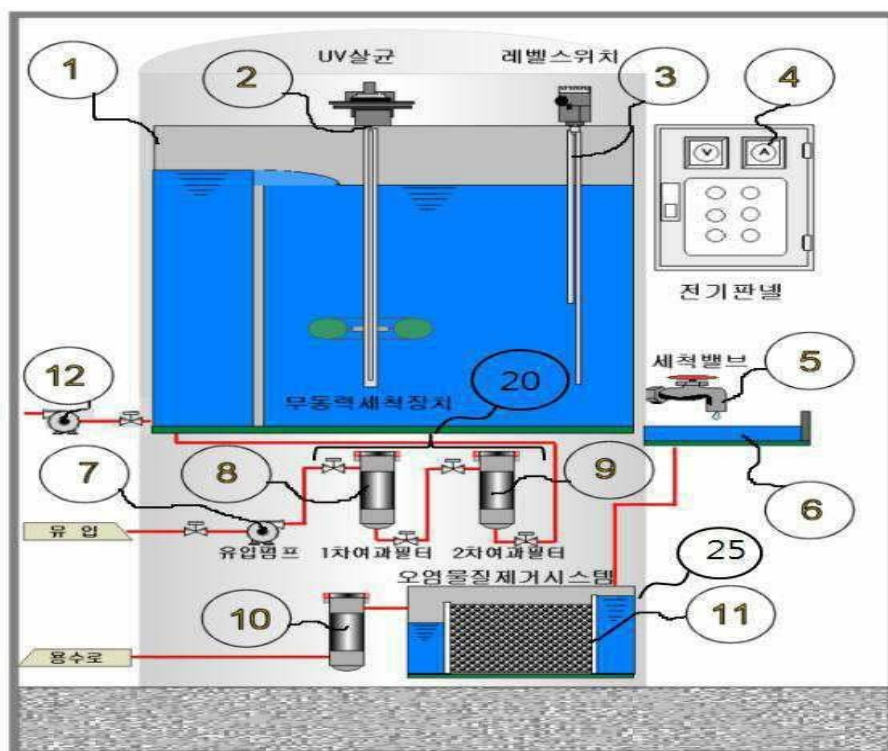
이에, 본 발명자들은 종래기술의 단점을 해결하기 위하여 예의 노력한 결과, 농지와 인접한 관개수로 또는 하천에 유입배관을 설치하고, 수위레벨 스위치를 이용하여 유입되는 물의 수위를 조절하면서, 관개수로 또는 하천의 물을 장치 내로 유입시킨 다음, 필터수단과 자외선 모듈을 이용하여 처리 대상수에 함유된 부유물질 및 미생물을 제거시킨 결과, 관개용수 또는 하천수를 청정 농업용수로 안전하게 사용할 수 있음을 확인함으로써, 본 발명을 완성하게 되었다.

- 색인어 : 농업용수, 관개용수, 자외선, 재활용수, 용수공급, 영농작업
- 특허청구범위 :
 - 청구항 1 : 다음을 포함하는 농업용 수처리 장치
 - 처리 대상수를 장치 내로 유입시키는 유입펌프(7)
 - 유입펌프(7)에 의해 유입된 처리 대상수에 함유된 부유물질을 제거시키는 필터(20)
 - 필터수단(20)에 의해 부유물질이 제거된 처리 대상수를 살균하는 자외선모듈(2)
 - 처리 대상수의 수위를 감지하는 레벨스위치(3)를 구비하는 저장조(1)
 - 저장조(1)에서 처리된 처리 대상수를 농지로 공급하는 공급펌프(12)

- 저장조(1)에서 처리된 처리 대상수를 세척용수로 공급하는 세척밸브(5)
 - 세척용수로 사용된 처리 대상수를 집수하는 세척대(6);
 - 집수된 처리 대상수를 공급받아 이물질 제거하는 카본필터(11) 및 무방류조(25)
 - 상기 무방류조(25)에서 처리된 처리 대상수를 여과시켜 방류시키는 스트레너(10)
 - 운전 제어하는 콘트롤 박스(4)
- 청구항 2 :
- 필터수단(20)은 1차 여과필터(8) 및 2차 여과필터(9)를 포함하는 것을 특징으로 하는 농업용 수처리 장치.
- 청구항 3 :
- 1차 여과필터는 테프론 재질의 카트리지 타입인 것을 특징으로 하는 농업용 수처리 장치.
- 청구항 4 :
- 제2항에 있어서, 상기 2차 여과필터는 카본을 함유한 카트리지 타입인 것을 특징으로 하는 농업용 수처리 장치
- 청구항 5 :
- 필터수단은 입수구 또는 배수구에 체크밸브가 설치된 것을 특징으로 하는 농업용 수처리 장치
- 청구항 6 :
- 제1항에 있어서, 상기 자외선 모듈(2)은 200 ~ 290nm 파장대를 가지는 자외선 램프를 구비하는 것을 특징으로 하는 농업용 수처리 장치.
- 청구항 7 :
- 농업용 수처리 장치를 이용해 관개용수/하천수의 부유물질 및 미생물을 제거하는 것을 특징으로 하는 관개용수/하천수를 농업재이용수로 전환하는 방법

<표 3-10>도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명

1 : 저장조	2 : 자외선 모듈
3 : 레벨 스위치	4 : 콘트롤 박스
5 : 세척밸브	6 : 세척대
7 : 유입펌프	8 : 1차 여과필터
9 : 2차 여과필터	10: 스트레너
11: 카본필터	12: 공급펌프
13: 유입배관	14: 용수공급배관
15: 드레인배관	16: 농업용 수처리 장치
20: 필터수단	25: 무방류조



<그림 3-38>도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명

제2절 대규모 전용 시설용수공급시스템 개발

1. 대규모 FDA시스템 개발 개요

대규모 전용의 공급시스템은 양수장, 취입보 등 별도의 대규모 농업용수 공급시설을 통해 공급 시 부유물질 및 미생물을 효율적으로 제거시켜 농작물 재배에 적당한 청정 농업용수를 제공할 뿐만 아니라, 영농작업 및 기타 농촌지역에서 발생하는 용수수요에 대해 편의 및 유해성에 대한 안전을 확보할 수 있도록 시스템을 개발하였다.



<그림 3-39> 대규모 FDA시스템 개요

가. 적용기술의 기본 원리 및 특징

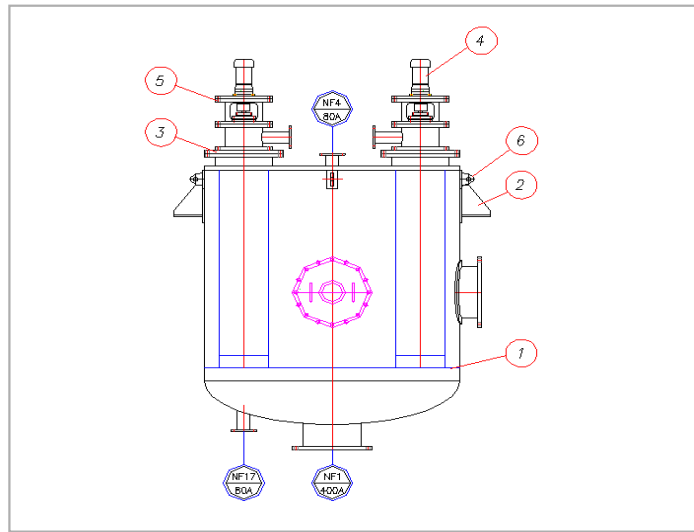
본 연구에서 개발한 대규모 FDA시스템의 처리 방법은 하천수 등의 잔류 부유물질(SS)의 제거를 위해 물리적으로 미세 여과망을 통과시켜 제거토록 해 다양한 처리목적별 수처리가 가능한 것이 특징이며, 여과망의 재질은 STS316 3중 구조로서 반영구적으로 사용이 가능하다. 또한, 고속여과 실험으로 대규모 용량의 수처리 가능하고, 압력식으로 여과속도가 매우 빠르고 실시간으로 세척할 수 있으며, 소유부지를 최소화 할 수 있는 장점이 있다. 본 시스템은 경기도 수원의 양수장에 설치(2009.12)되었으며 현재, 가동 중에 있다. 본 시스템의 기본원리 및 특징을 간략하게 요약하면 다음과 같다.

○ 기본원리

- 1) FDA FILTER는 버티컬형으로 설치되며 미세여과망을 이용하여 제거하는 구조
- 2) 처리수는 스트레나에 안착 인장된 여과망의 미세 틈으로 통과되면서 SS가 여과됨.
- 3) 세척과 여과는 동시에 배출됨.
- 4) 세척은 내장된 흡입노즐에 의해 완전하게 제거되는 장치로서 세척수량이 최소화 될수 있도록 집중역세가 가능하도록 들출 되어진 다수의 소구경 노즐이 여과망 본체의 잔류수압에 의하여 집중세척 되어 오염물질을 완벽히 제거
- 5) 하천수에 FDA FILTER를 사용함으로써 안정적인 농업처리수질 확보 가능

○ 특 성

- 1) 국내기술개발된 제품이고 설비가 간단하다.
 - 가격이 비싼 외국제품이 아닌 순수 국내에서 개발된 기술로서 원리가 간단하고 부품이 거의 없으며 Timer에 의한 자동운전으로 운전이 용이함
- 2) 처리효율이 높고 수질이 안정적으로 처리됨
 - 부유물질에 대한 최고의 처리수질(평균 8mg/ℓ 이하)을 얻을 수 있고 30mg/ℓ 정도의 고농도에서도 처리수질이 양호
- 3) 소용량, 대용량, 고부하, 저부하 등 적용범위가 다양함
 - 작은 용량의 하천, 마을하수 뿐만 아니라 대용량 하천이나 하수처리장에서도 적용이 가능하며, 고부하, 저부하에 상관없이 운전이 가능함
- 4) 설치장소에 제약을 받지 않고 여과효율 우수함
 - 하천, 저수지 및 양수장에 설치시 버티컬 형으로 설치하므로 설치부지가 작으며, 세척은 여과와 세척을 동시에 하므로 여과 효율이 우수함
- 5) 저렴한 유지관리
 - 여과망수명은 영구적으로 유지관리비가 저렴하고, STS316 스트레나 방식으로 연결되어 있어서 유지관리가 용이함
 - 장치 고장시 unit 별로 대처가 가능하여 전체설비가동에 영향을 주지 않음



<그림 3-40> 대규모 FDA 필터 개략도

또한, FDA 필터의 적용분야는 여과제의 설계사양에 따라 다양하게 응용할 수 있으며 다음과 같은 적용분야를 갖고 있다.

- 1) 농업용수 재이용수 여과
- 2) 하수 및 오수 폐수의 여과 및 중수처리
- 3) 지하수 정수장 생수업체 음용수 생산설비
- 4) 수영장 헹집 등의 청정유지 설비
- 5) 발전소, 제철소등의 냉각 · 순환수 기타 공업

나. 대규모 FDA시스템 특허

○ 특허명 :

농업용 청정수 공급시스템 및 이를 이용한 농업용 청정수로의 전환방법

○ 출원인 : 한국농어촌공사(3-2000-003153-9), 경북대학교, 블루인바이로먼트엔텍

○ 출원일 : 2009. 1. 16 (출원번호 : 10-2009-0003762호)

○ 등록일 : 2009. 4. 22 (등록번호 : 제10-0895524호)

○ 요약서 :

본 발명의 목적은 친환경 농산물을 생산하는데 필요한 청정수를 공급할 수 있는, 농업용 청정수 공급시스템 및 이를 이용한 농업용 청정수로의 전환방법을 제공하는데 있다.

고품질의 친환경 농산물 생산을 위해 필요한 청정수를 공급할 수 있는 농업용 청정수 공급시스템 및 이를 이용한 농업용 청정수로의 전환방법에 관한

것으로, 양수장 또는 영농작업장과 인접한 관개수로의 용수 또는 하천수 중에 함유된 부유물질을 제거하여 농업용 청정수로 활용하기 위한 농업용 청정수 공급시스템 및 이를 이용한 농업용 청정수로의 전환방법에 관한 것이다.

본 발명은 기존의 농업용 용수 공급 수로에 농업용 청정수 공급시스템을 연결할 수 있어, 시스템의 설치에 따른 별도의 장소를 확보할 필요가 없고, 설치에 따른 비용이 크지 않으며, 부유물질 제거 및 BOD 저감 효율이 높아서 영농작업 및 기타 농촌지역에서 발생하는 용수수요에 대해 편의 및 유해성에 대한 안전을 확보할 수 있다.

○ 색인어 : 농업용수, 재활용수, 정화, 필터, 압력식 필터

○ 특허청구범위 :

- 청구항 1 :

- ① 농업용수의 부유물질을 여과하는 전처리장치(5)
- ② 전처리장치(5)에서 부유물질이 제거된 농업용수를 정화장치(1)로 유입시키는 펌프(4)
- ③ 농업용 청정수 공급시스템(1)

- 유입펌프(4)에 연결되어 이송되는 농업용수가 유입되는 배관(2)
- 상기 배관(2)과 연결되며, 상기 배관(2)으로부터 농업용수가 유입되는 하우징(6)
- 하우징(6) 상부에 장착되며 유입된 농업용수를 여과시키는 오토카트리지(7)
- 하우징(6)과 오토카트리지(7)의 압력차를 감지하는 압력센서(10)
- 매쉬에 부착된 부유물질을 흡입하여 드레인(drain)시키는 흡입노즐(19)
- 매쉬를 세척하기 위한 압력노즐(15)
- 매쉬를 세척하기 위한 엷다운 유닛(8)을 포함한 농업용 청정수 공급시스템.

- 청구항 2 :

- 전처리장치(5)는 농업용수를 여과시키는 스크린(screen)(5a)
- 상기 스크린(5a)으로 산소를 공급하는 산기관(5b)
- 산기관(5a)으로 바람을 넣어주는 블로우워(blower)(5c)를 포함하는 것을 특징으로 하는 시스템.

- 청구항 3 :

- 오토카트리지(7) 내부의 매쉬에 누적되는 이물질을 제거하는 고압세척부(3)를 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 시스템

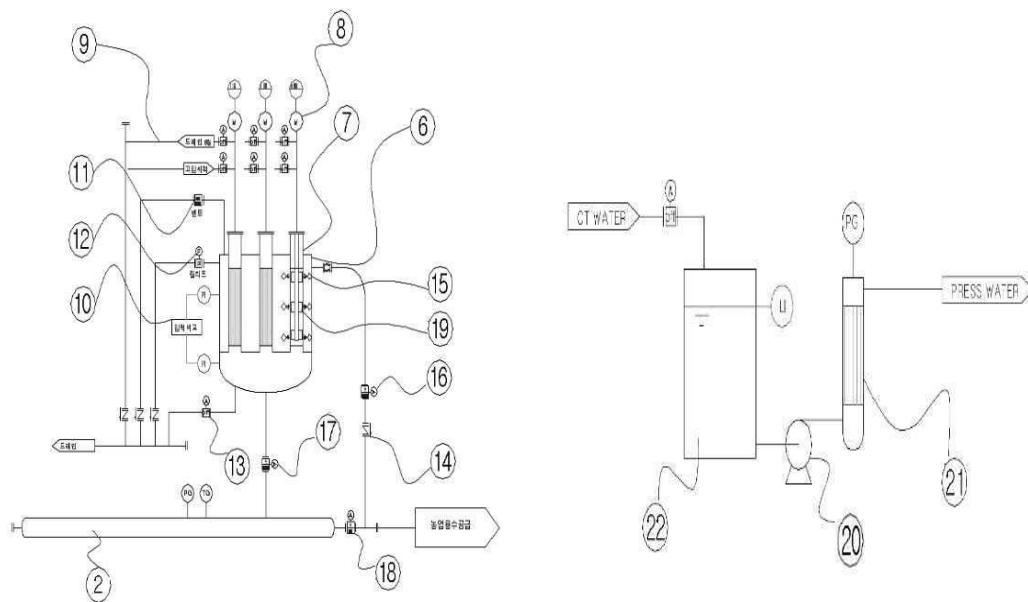
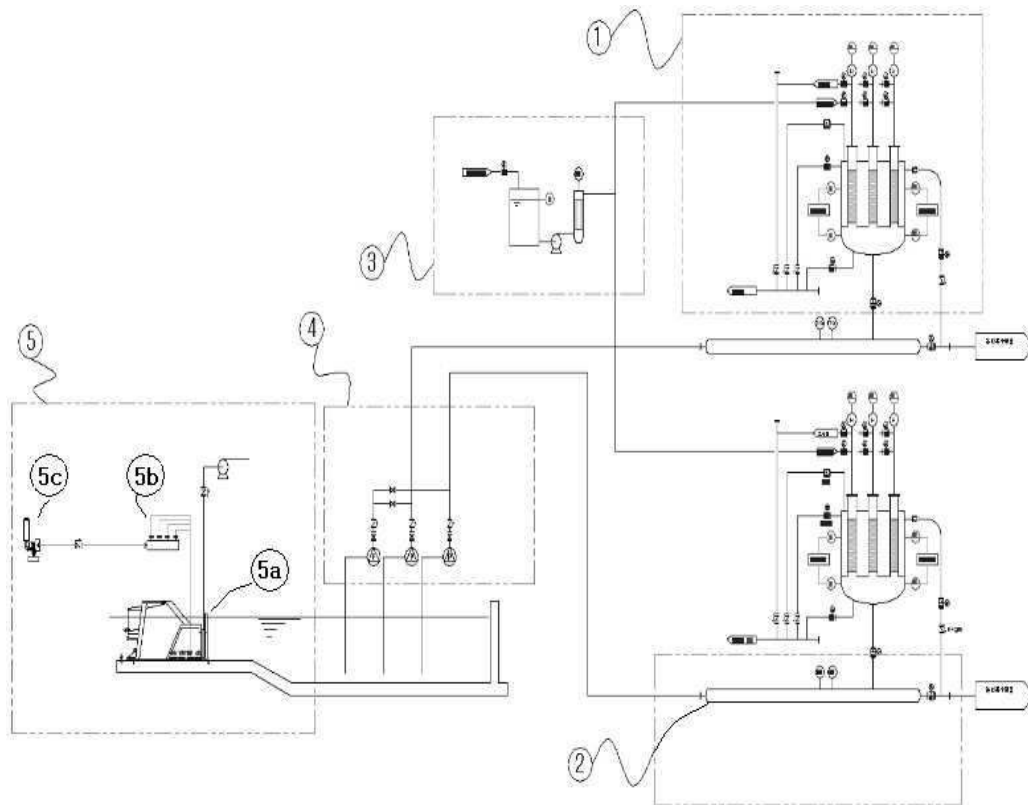
- 청구항 4 :

- 매쉬를 세척하기 위해 압력을 이용하여 세척수를 유입시키는 고압펌프(20)
- 고압펌프(20)에서 오토카트리지(7)로 유입되는 세척수를 여과시키는 카트리지 필터(21)를 포함하는 것을 특징으로 하는 시스템.

- 청구항 5
 - 매쉬의 포어(pore) 크기는 10~50 μ m인 것을 특징으로 하는 시스템.
- 청구항 6
 - 압력센서(10)에서 감지하는 오토카트리지(7)의 압력이 하우스징(6) 압력의 2배 이상이 되면, 상기 오토카트리지(7)는 매쉬를 세척하는 세척운전을 수행하는 것을 특징으로 하는 시스템.
- 청구항 7
 - 세척운전은 엽다운유닛(8)이 회전하면서 상하로 움직이면서 매쉬를 세척하고, 압력노즐(15)이 회전하면서 매쉬를 세척하며 흡입노즐(19)이 회전하면서 매쉬의 부유물질을 흡입해서 드레인시킴으로서 수행되는 것을 특징으로 하는 시스템.
- 청구항 8
 - 시스템을 이용하여 부유물질을 제거하는 것을 특징으로 하는 농업용수 또는 하천수를 농업용 청정수로 전환하는 방법.

<표 3-11> 도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명

1 : 정화장치	2 : 배관
3 : 고압세척	4 : 유입펌프
5 : 전처리장치	5a: 스크린, 5b: 산기관, 5c: 블루워
6: 하우스징	7: 오토카트리지
8: 엽다운유닛	9: 드레인관
10: 압력센서	11: 에어밴트
12: 릴리프밸브(relief valve)	13: 드레인밸브
14: 보호밸브	15: 압력노즐



<그림 3-41> 도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명

2. 대규모전용 FDA시스템 현장적용 실용화

대규모전용 FDA시스템은 2009.12월 수원시 신설양수장(하천수 취수)내에 설치되어 양수장 가동시 시스템을 통해 양질의 농업용수를 수혜지역에 공급하고 있다.



<그림 3-42> 대규모 FDA시스템 전경

본 시스템을 통해 기존 농업용수의 탁도를 현저히 낮추는 동시에, 부유물질 및 미생물을 효율적으로 제거시켜 농작물 재배에 적합한 청정 농업용수를 제공할 뿐만 아니라, 영농작업 및 기타 농촌지역에서 발생하는 용수수요에 대해 편의 및 유해성에 대한 안전을 확보할 수 있다.

가. 대규모 FDA시스템 설계·제작

FDA 시스템은 하천 유입부에서 1차 전처리장치를 통과한 후 저장조에 펌프로 압송시 FILTER를 통과 시켜 수중의 부유물질을 제거한다. 그리고 다음의 사양에 의하여 설계, 제작 설치되어야 한다.

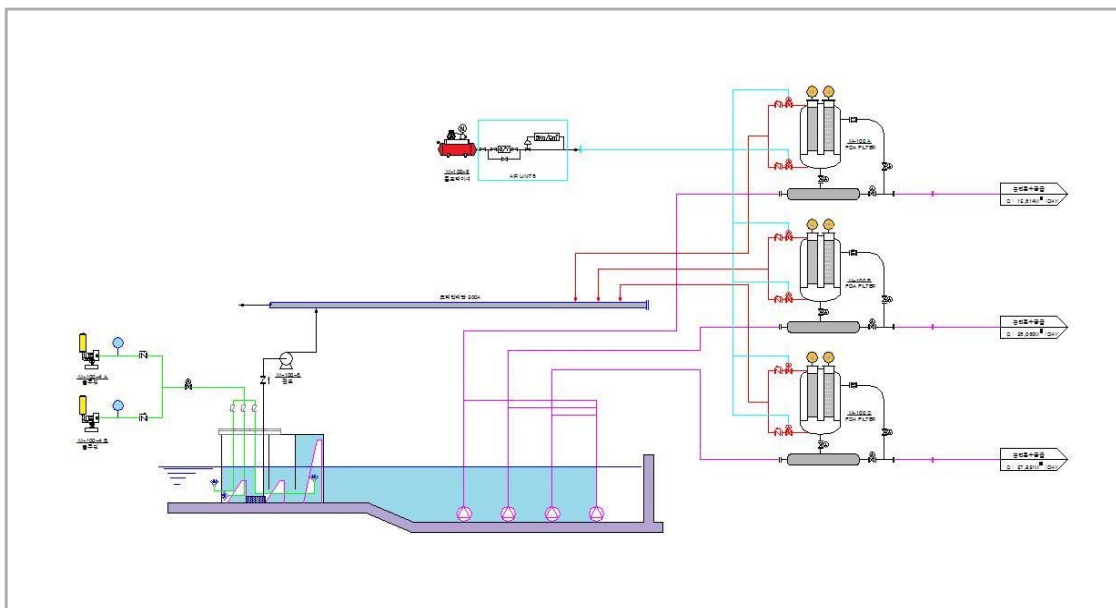
1) 기 능

농업용 수처리 장치는 인근 관개수로 또는 하천에 유입배관을 설치하고, 부유물질 및 미생물을 효율적으로 제거시켜 농작물 재배에 적당한 청정 농업용수를 제공

할 뿐만 아니라, 영농작업 및 기타 농촌지역에서 발생하는 용수수요에 대해 편의 및 유해성에 대한 안전을 확보할 수 있다.

2) FDA SYSTEM 설비

기기번호	기기명	규격	수량			단위	비고
			가동	예비	합계		
M-100A	FDA FILTER	1,400W × 3,250H	1	-	1	대	
M-100B	FDA FILTER	1,400W × 3,250H	1	-	1	대	
M-100C	FDA FILTER	1,400W × 3,250H	1	-	1	대	
M-100-1	SCREEN	3,500m ³ /hr	1	-	1	대	
M-100-2	PUMP	2.2Kw	1	-	1	대	
M-100-3	BLOWER	3.7kW (2.3m ³ /min *3,500mmAq)	1	-	1	대	
M-100-4	COMPRESSOR	1.5kW	1	-	1	대	



<그림 3-43> 대규모 FDA시스템 설비 FLOW SHEET

3) 설계조건

○ 일반조건

항 목	사 양	비 고
최대유량(m ³ /day)	70,000	
최소 운전 압력(bar)	2.0	
FILTER MODULE	9EA	
IN/OUT LET diameter	300A ~ 400A	10kg/cm ²
FILTER HOUSING(mm)	350 X 1500	
최대 운전 온도이하(℃)	60	
압력 손실	5M (MAX)	MAX 0.5kg/cm ²

○ Flushing data

항 목	사 양	비 고
Exhaust valve	80A	IN/OUT LET
Flushing cycle time	60 ~ 90 seconds	
Wasted water per cycle	250 ~ 450 liter	AT 2 bar

○ Control and electricity

항 목	사 양	비 고
Control voltage	24DC	IN/OUT LET
Electric motor/Module	1/2HP	220 / 380V
Current consumption	1.5Amm	AT 2 bar

○ Construction mate

항 목	사 양	비 고
FILTER HOUSING & LID	Epoxy-coated carbon steel	
SCREENS	Stainless Steel 316L	
CLEANING MECHANISM	Stainless Steel 304, TEFLON	
EXHAUST VALVE	Brass, Epoxy-coated cast iron, Natural Rubber	
SEALS	Synthetic Rubber, Teflon	

4) 유입수질 및 목표수질

NO	항 목	단 위	유입수	처리수	비 고
1	설계유량	m ³ /day	70,000	70,000	
2	유입 SS	mg/ℓ	평균 30 이하	평균10이하	
3	유입 BOD	mg/ℓ	평균 15 이하	평균5이하	

5) 처리계통도 및 여과기 용량계산

다음은 대용량 FDA시스템의 처리계통도로서 양수장 유입부(집수부)에서 전처리 스크린을 먼저 거치고 양수장 펌프를 이용해 용수를 시스템에 전달토록 하여 공급할 수 있도록 구성하였다.



<그림 3-44> 대규모 FDA시스템 처리계통도

다음은 여과기 용량계산 과정이다.

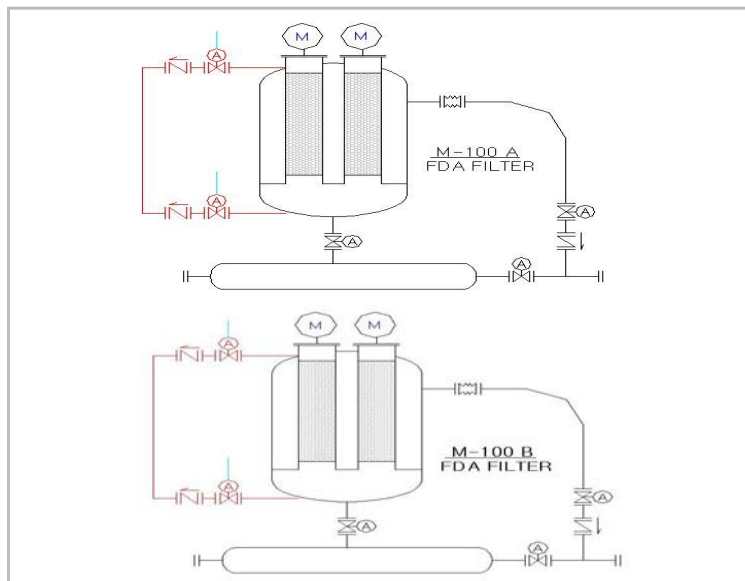
- 처리용량(Q) = 3,500m³/hr = 70,000m³/일
- 여과능력(스트레나 가상표면적) = 250m³/m² · hr
- 필요여과면적(A) = $\frac{3,500\text{m}^3/\text{hr}}{250\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{hr}} = 14\text{m}^2$
- 스트레나 직경 : (D) = 350mmφ
- 스트레나 유효길이: L= 1,500mm

- 스트레나 면적
 $AREA = D \times 3.14 \times Le = 1.6485m^2$
 유효면적 = $1.6m^2$
- 제작 스트레나 길이 = 1.5m
- 실제여과면적(Aa) = $\pi \times D \times Le \times \text{수량}$
 $= \pi \times 0.35m \times 1.5m \times 9 = 14.844m^2$
- 여과면적 검토 → 필요여과면적 < 실제여과면적
 $\rightarrow 14.00m^2 < 14.844m^2$ (OK)
- 여과선속도 = $\frac{3,500m^3/hr}{14.844m^2} = 235.785m^3/m^2 \cdot hr$
- 여과선속도 검토 → 여과능력 > 여과선속도
 $\rightarrow 250m^3/m^2 \cdot hr > 235.8m^3/m^2 \cdot hr$ (OK)
- FILTER MESH MODULE /EA (여과면적)
 $D = 350mm$ $L = 1.5$ 면적 $1.6m^2$
- MODULE /EA (총모듈수량) = 총면적 (14.8)
 $= \text{모듈} / \text{면적} (1.6)$
 $= \text{수량} (9)$

3) Flushing cycle time

- Scanner : 35 ~40sec
- Brushes : 15 ~20sec

6) 구조, 재질 및 특성



<그림 3-45> 대규모 FDA시스템 구조명칭

NO	주요 구성품	사 양	비 고
①	BODY-FILTER HOUSING	1400mm × 9t 1SET	M-100A
②	BODY-FILTER HOUSING	1400mm × 9t 1SET- 2SET	M-100B M-100C
③	FILTER MODUE	STS316 350mm * 1,500mmL	-
④	POWR DRIVING UNITS	1.2W	M-100A
⑤	POWR DRIVING UNITS	1.4W	M-100B M-100C

가) 구조

- ① 유효 여과면적 및 여과효율을 극대화 할 수 있도록 본체(Housing)와 여과망(Fine Screen), 세척장치(Flushing), 제어반(control)등으로 구성된다.
본체는 고속여과를 최대화 할 수 있는 압력용기 형태로서 부식과 마모에 충분히 견딜 수 있는 구조이어야 한다.
- ② 여과망(Fine Screen)은 여러겹의 스크린의 조합으로서 내식성과 수압 및 충격 등 모든 변형에 충분히 견딜 수 있는 형태이어야 한다.
- ③ 세척장치는 세척수의 소비량을 최소화하고 여과망 내/외부에 발생하는 오염 물질을 완벽히 배출할 수 있어야 하며 역세시에도 연속적으로 여과수행이 가능하도록 용이한 구조이어야 한다.
- ④ 제어반은 차압에 의한 자동세척과 수동에 의한 시험세척이 수행 될 수 있도록 구성되어야 한다.
- ⑤ 본체는 운전 중 침수가 되어도 기능에는 이상이 없어야 하며, 고속여과에 적합한 압력용기 형태로 제작되어야 하며 원수유입과 여과 유출은 연결배관이 용이하도록 플랜지 형태로 되어야 하고 여과망 및 자동 세척장치는 장기간 구동시에도 변형이나 성능에 지장이 없도록 견고히 장착될 수 있도록 제작되어야 한다.
- ⑥ 자동 세척시 오염물질이 배출될 수 있는 밸브 및 전동기가 장착되어야 한다.
- ⑦ 본체는 부식과 마모에 충분히 견딜 수 있도록 특수 코팅처리가 되어야 한다.
- ⑧ 미세스크린(Fine Screen)여과망은 다중의 Multi Layer 조합방식의 Stainless 재질로서 부하를 경감시켜 여과효율 및 유효면적을 최대화하여 고속여과 및 적정용량의 수처리가 가능한 구조이어야 한다.
- ⑨ 처리수의 용도에 적절하게 선정된 미세 격자형 여과망(Weavewire)은 충격 및 변형으로부터 완벽히 보호하기 위하여 안팎의 2중 격자형 여과망과 외부 보호 격자형 여과망으로 구성되어야 하며 다중의 여과망의 간격은 적절한 조합으로 유지되어 집중역세시 오염물질을 완전히 배출할 수 있는 형태이어야 한다.
- ⑩ 자동 세척장치는 여과망 내부에 집적된 오염물질을 별도의 추가설비가 필요

없이 내장된 흡입노즐에 의해 완전하게 제거되는 장치로서 세척수량이 최소화될 수 있도록 집중역세가 가능하도록 들출 되어진 다수의 소구경 노즐이 여과망 본체의 잔류수압에 의하여 집중세척 되어 오염물질을 완벽히 제거하고 배출수는 세척장치가 차압을 감지하여 작동시킬 때 본체 밖으로 연결된 배출밸브를 통해 외부로 완전히 배출되는 구조이어야 한다.

- ⑪ 오염물질의 제거시 여과망의 직접적인 접촉으로 인한 손상이 없는 구조이어야 한다.
- ⑫ 세척주기의 최적화를 위하여 시간제어 및 차압제어로 구성되어야 하며 초기 압력 설정치와 여과망을 통과하면서 변화된 차압이 센서의 감지에 의해 배출밸브와 세척장치를 자동운전 될 수 있도록 제어판넬은 ON/OFF 전환 스위치, 모터 과부하 방지기, 트랜스포머, 역세타이머, 차압스위치, 수동 역세를 위한 푸쉬버튼, 제어릴레이 및 부속품 등을 구비한다.
- ⑬ 자동 / 수동 운전이 가능하도록 PUMP, AIR VALVE, 자동 VALVE등에 ON, OFF 스위치를 설치한다.

나) 재질

- ① 본체부 : SS 400 + Epoxy coating
- ② 여과망 : STS316
- ③ 배 관 : STS304 OR 강관
- ④ 세척 흡입관 : STS304, TEFLON, MC
- ⑤ BUTTERFLY VALVE : RUBBER
- ⑥ 제어판넬 : STS304

다) 설 치

- ① 배관은 각 구성기기 간의 필요한 배관을 설치하며 필요시 배관설치 특별시방서 등을 작성하고 이에 따라 작업한다.
- ② 운전시 수력학적 부가하중 및 불평형력, 진동 발생 등을 고려하여 충분히 지지될 수 있도록 기초 BOLT등을 견고히 설치한다.
- ③ 벽 구조물과 300mm 이상 떨어져 설치한다.
- ④ 운전 감시 및 보수 점검의 용이성, 안전성, 합리성을 감안하여 능률적이 되도록 설치하며 필요시 위험 방지 장치 등을 설치한다.
- ⑤ 기계실 완공 후 난방을 실시하거나 보온 등을 행하여 기기의 동파를 방지한다.

라) 부속품

① 자동세척 장치	1식
② 차압스위치	1식
③ 배출밸브	1식
④ 압력계	1식
⑤ 제어반	1식
⑥ 근접스위치	1식
⑦ 기타 필요 부속품외	1식

7) FDA FILTER 유지관리비 산정

가) 전력비

- M-100A FDA FILTER : 1.2kW
- M-100B FDA FILTER : 1.2kW
- M-100C FDA FILTER : 1.2kW
- BLOWER : 3.7kW * 2EA = 7.47kW
- PUMP : 2.2kW
- COMPRESSOR : 1.5kW
- 연간 전력비⁵⁾ : 14.77kWh/일 × 365일/년 × 25원/kWh ≒ 134,776원/년

5) 전력단가는 농업용전기 개략단가임.

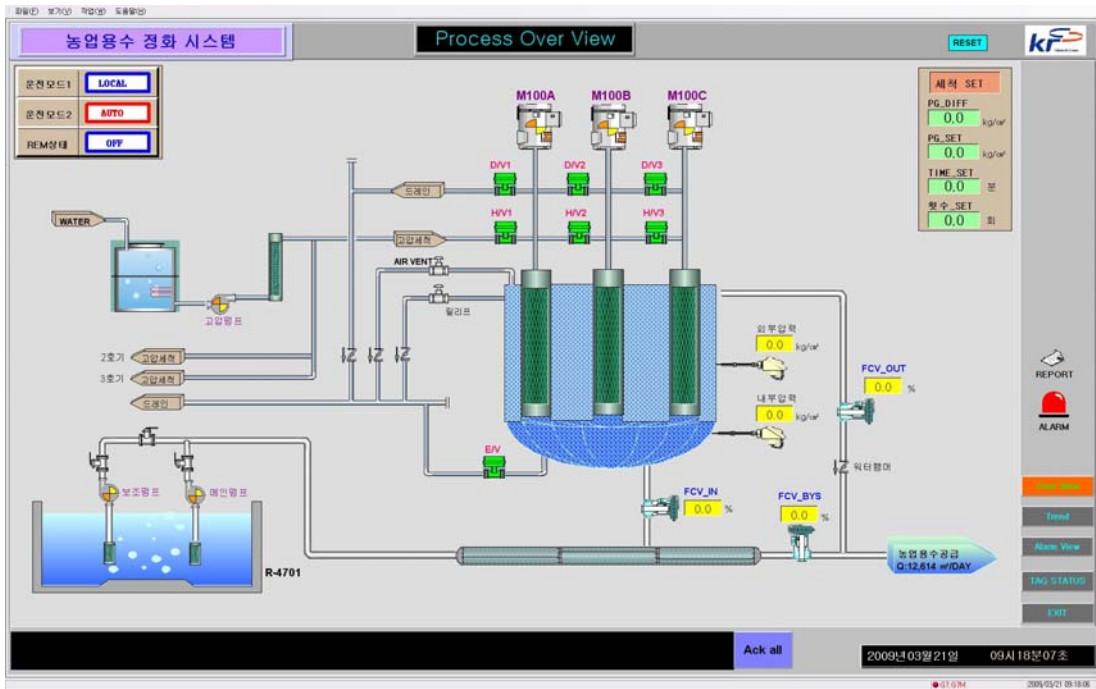
나. 대규모 FDA시스템 현장설치

대용량 FDA시스템은 공장에서 시스템 전반을 제작하였고, 완성된 시스템을 일시에 현장에 설치하여 현장설치시 발생할 수 있는 오차 등을 사전에 방지하였다. 다음은 공장에서 제작과정이다.



<그림 3-46> 대용량 FDA 시스템 현장적용을 위한 제작과정

공장에서 대부분의 시스템을 완성하였고 현장에서는 외관을 보호하기 위한 프레임과 그 외 콤프레셔 등을 배치하였다. 그리고 현장운영을 위한 계장을 별도 제작 설치하였다.



<그림 3-47> 대용량 FDA 시스템 계량화면



<그림 3-48> 대규모 FDA 시스템 현장 전경

제3절 요소기술을 활용한 응용시스템 개발

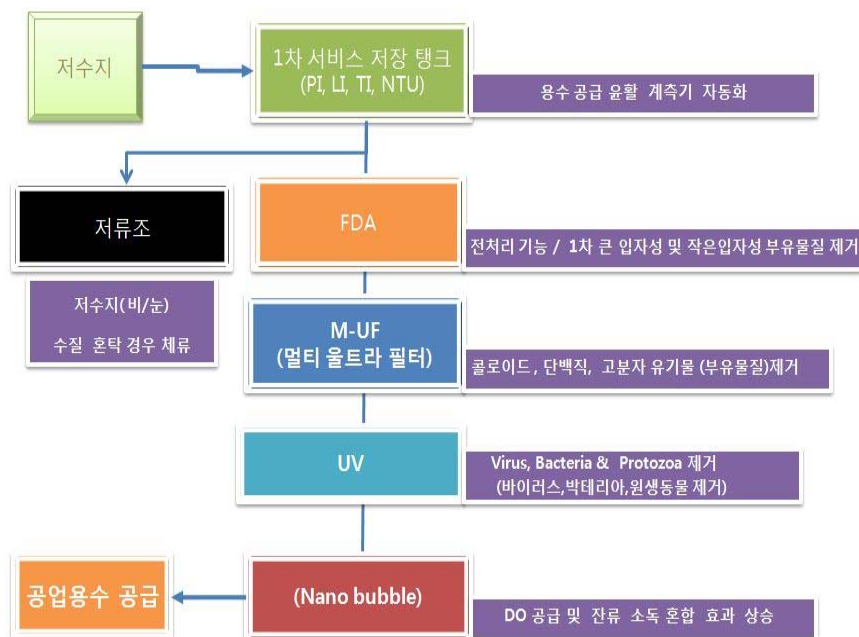
1. FDA시스템을 활용한 농업용수 공급시스템 개발

가. 시스템 개요 및 원리

FDA-I 시스템은 FDA 요소기술을 활용하여 농촌지역에 필요한 농업용수 공급을 목적으로 개발하였다. 특히, 농업용저수지를 유입수로 이용하여 농촌지역 산업단지에서 사용하기 위해 수중의 각종 부유물질 및 미생물, 바이러스, 탁도 등을 효율적으로 제거하여 청정 농업용수를 제공 및 유해성에 대한 안전을 확보할 수 있다. 본 시스템의 개발과정에서 우선적으로 고려한 사항은 다음과 같다.

- 농업용 목적이므로 저렴하고 유지관리비용이 가장 적게 드는 처리공정으로 구성 되어야 함(필터세척기술, 유기물 억제기술 포함)
- 농촌지역에서 발생하는 농업용수 및 생활용수 공급을 위한 수처리시스템은 상수도 연결이 곤란한 지역을 대상으로 농공단지 및 산업단지 별도 수처리 없이 사용 할수 있도록 수질기준대로 처리하여 유지관리 경제성을 최우선적으로 고려함

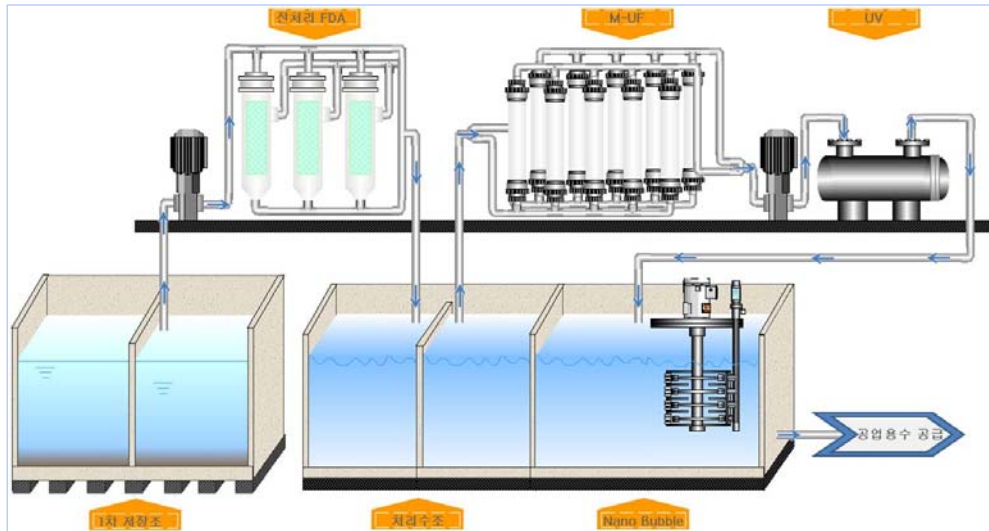
FDA-I 시스템은 현재 특허출원 중에 있으며, “충북 보은산업단지 개발사업”에 농업용수 공급장치로 설계에 반영되어 2011년도에 설치완료를 목표로 하고 있다.



<그림 3-49> 농업용수 공급 시스템 원리

나. FDA-I SYSTEM 공정별 사양

본 연구에서 개발한 FDA-I 시스템이 실제 설계(보은산업단지)에 반영된 시스템모식도는 <그림 >과 같다.



<그림 3-50> FDA SYSTEM 공업용수 모식도

실시설계에 적용한 사양을 기본으로 공정별 사양을 요약하면 다음과 같다.

1) 설계기본 정보

형 식 : FDA-I System

처 리 량 : 5,650m³/일

처리수질 : 공업용수 기준

운전방법 : 압력센서 및 PLC & TOUCHSCREEN TIMER 자동운전

2) 공정별 특징

□ Pressure Multi Tank

- 설치위치 : 서비스탱크, PI, LI, TI, 탁도계(NTU)를 설치한다.
- 기 능 : 압력, 온도, 유량, 탁도 등을 유입수 수질의 모니터링 제어한다.
- 크 기 : 2m³, D950× H2700
- 계측기 사양 :
 - Dissolved Oxygen (DO) Meter : 측정범위 : 용존산소 0 ~ 20 mg/l
 - Turbidity Meter(탁도계) : 측정범위 : 0 ~ 100 NTU
 - Temperature Meter : 측정범위 : 0 ~ 100℃
 - Presser Meter : 측정범위 : 0 ~ 10 Kg/cm²

FDA 여과장치

○ General

항 목	사 양	비 고
최대유량(m ³ /day)	5,650	
최소 운전 압력(bar)	2.0	
FILTER MODULE	1EA	2SET
IN/OUT LET diameter	300A ~ 400A	10kg/cm ²
FILTER HOUSING(mm)	500 X 1,780	
최대 운전 온도이하(°C)	60	
압력 손실	5M (MAX)	MAX 0.5kg/cm ²

○ Flushing data

항 목	사 양	비 고
Exhaust valve	80A	IN/OUT LET
Flushing cycle time	60 ~ 90 seconds	
Wasted water per cycle	250 ~ 450 liter	AT 2 bar

○ Control and electricity

항 목	사 양	비 고
Control voltage	24DC	IN/OUT LET
Electric motor/Module	1/2HP	220 / 380V
Current consumption	1.5Amm	AT 2 bar

○ Construction materials

항 목	사 양	비 고
FILTER HOUSING & LID	Epoxy-coated carbon steel	
SCREENS	Stainless Steel 316L	
CLEANING MECHANISM	Stainless Steel 304, TEFLON	
EXHAUST VALVE	Brass, Epoxy-coated cast iron, Natural Rubber	
SEALS	Synthetic Rubber, Teflon	

□ 구성품 배치 및 구조

- 유효 여과면적 및 여과효율을 극대화 할 수 있도록 본체(Housing)와 여과망(Fine Screen), 세척장치(Flushing), 제어반(control)등으로 구성함.
- 본체는 고속여과를 최대화 할 수 있는 압력용기 형태로서 부식과 마모에 충분히 견딜 수 있는 구조로 구성함
- 여과망(Fine Screen)은 여러겹의 스크린의 조합으로서 내식성과 수압 및 충격 등 모든 변형에 충분히 견딜 수 있는 형태로 제작함.
- 세척장치는 세척수의 소비량을 최소화하고 여과망 내/외부에 발생하는 오염물질을 완벽히 배출할 수 있어야 하며 역세시에도 연속적으로 여과수행이 가능하도록 용이한 구조임.
- 제어반은 차압에 의한 자동세척과 수동에 의한 시험세척이 수행 될 수 있도록 구성함.
- 본체는 운전 중 침수가 되어도 기능에는 이상없고, 고속여과에 적합한 압력용기 형태로 제작됨. 또한 원수유입과 여과 유출은 연결배관이 용이하도록 플랜지 형태로 제작하였고 여과망 및 자동 세척장치는 장기간 구동시에도 변형이나 성능에 지장이 없도록 견고히 장착될 수 있도록 제작함.
- 자동 세척시 오염물질이 배출될 수 있는 밸브 및 전동기를 장착함.
- 본체는 부식과 마모에 충분히 견딜 수 있도록 특수 코팅처리함.
- 미세스크린(Fine Screen)여과망은 다중의 Multi Layer 조합방식의 Stainless 재질로서 부하를 경감시켜 여과효율 및 유효면적을 최대화하여 고속여과 및 적정용량의 수처리가 가능한 구조로 구성함.
- 처리수의 용도에 적절하게 선정된 미세 격자형 여과망(Weavewire)은 충격 및 변형으로부터 완벽히 보호하기 위하여 안팎의 2중 격자형 여과망과 외부 보호 격자형 여과망으로 구성함
- 자동 세척장치는 여과망 내부에 집적된 오염물질을 별도의 추가설비가 필요 없이 내장된 흡입노즐에 의해 완전하게 제거되는 장치로서 세척수량이 최소화될 수 있도록 집중역세가 가능하도록 들출 되어진 다수의 소구경 노즐이 여과망 본체의 잔류수압에 의하여 집중세척 되어 오염물질을 완벽히 제거하고 배출수는 세척장치가 차압을 감지하여 작동시킬 때 본체 밖으로 연결된 배출밸브를 통해 외부로 완전히 배출되는 구조로 구성함.
- 오염물질의 제거시 여과망의 직접적인 접촉으로 인한 손상이 없는 구조임

3) FDA여과기 설계

□ 설계조건

- 처리용량(Q) = 282.5m³/hr = 5,650m³/일
- 여과기 가동시간 = 24hr/일
- 부유물질 유입조건
유입수 SS = 10mg/ℓ 이내, 처리수 SS = 2mg/ℓ 이하
- 가동조건 : 24HR 연속운전이며 LEVEL "H"에서 ON, LEVEL "L"에서 OFF

□ 여과기 용량계산

- 처리용량(Q) = 282.5m³/hr = 5,650m³/일
- 여과능력(스트레나 가상표면적) = 100m³/m²·hr
- 필요여과면적(A) = $\frac{282,50\text{m}^3/\text{hr}}{100\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{hr}} = 2,825\text{m}^2$
- 스트레나 직경
(D) = 350mmφ
- 스트레나 면적
AREA = D * 3.14 * L = 1.6485m²
- 유효면적 = 1.6m²
- 실제여과면적(Aa) = π × D × Le × 수량
= π × 0.35m × 1.5m × 15 = 3.299m²
- 여과면적 검토 → 필요여과면적 < 실제여과면적
→ 2.825m² < 3.2990m² (OK)
- 여과선속도 = $\frac{282.50\text{m}^3/\text{hr}}{3.299\text{m}^2} = 85.64052\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hr}$
- 여과선속도 검토 → 여과능력 > 여과선속도
→ 100m³/m²·hr > 85.6m³/m²·hr (OK)
- 전체직경(D1) = 스트레나 직경(D)
= D 350mm l=1.5

* 총 모듈수량 : 2EA

□ FDA FILTER 유지관리비 산정(전력비)

- 세척 펌프 : 3.7kW * 0.1hr/회 * 8.0 = 1.48kWh
- 필터 동력 : 1.5kW * 0.167hr/회 * 8.0 = 2kWh
- 연간 전력비 : 3.5kWh/일 × 365일/년 × 47.6원/kWh ≒ 60,462원/년

4) 체류조

- 유효 수심은 2m 이상으로 한다.
- 1차 부유물질 침전 및 안전한 물량 조절 한다.
- 체류조 유입펌프
- 이용 가능한 액체 :
고체성분이나 섬유질성분이 없는 청수로서, 충격성 및 폭발성이 없는 액체
- 용 도 : 체류조의 원수를 이송하는 역할을 한다.
- 구조 및 사 양:
유지 및 관리가 편리한 MECHANICAL SHOFT SEAL과 IEC와 DIN 표준에 따른 MOTOR를 부착한 비자흡(NON SELF, PRIMING) 방식의 수직형 다단식 원심 PUMP
- 재질 및 부대시설 : MOTOR
재 질 : STS-304

5) M-UF

가) M-UF System 구조

- (1) M-UF 모듈은 아래의 도표와 같이 막은 중공사막(Hollow Fiber Membrane) 형태이며, 운전형태는 외압식 운전으로 원수가 중공사막 외부로 부터 유입되어 처리수가 안쪽으로 흐르도록 하고, 일정한 시간 간격으로 역세를 실시하며 역세 시에는 처리수 안쪽에서부터 외부로 역세수를 유입시키고 불순물앗식 운를 돕도록 외부앗식하단부에서 공기를 유입시켜 불순물을 부상시키므로 외부 상단압식역세수전 구조로 제작되어야 한다. 멤브레인 외경은 1.3mm이상으로 하고, 차압에 따라 역세주기를 조절할 수 있도록 하며, 멤브레인 전체에 원수가 적절하게 분배되는 헤더구조를 갖도록 하며, 재질은 친수성이 높고 물의 투수성이 좋은 폴리아크릴로니트릴(PAN)을 사용한다.
- (2) 모듈은 수직으로 세워 2줄로 대칭이 되도록 설치하고, 중앙 최상부에는 처리수 토출 및 역세수 유입 겸용 헤더배관을, 중상부에는 역세수 배출용 헤더배관을, 또한 하부에는 하수유입, 역세후 Drain 겸용의 헤더배관을 설치하며 각 모듈의 하부에는 역세 시 공기방울이 유입될 수 있는 공기관 노즐을 각각 설치하여야 한다. 모듈과 헤더배관의 연결방식은 모듈의 유지보수시 장착과 탈착이 용이한 구조로 설계, 설치한다.
- (3) 처리수 헤더 배관에 연결되는 각 모듈의 처리수 배관은 투명한 재질로 설치하여 모듈별 처리수의 성상을 유안으로 관찰할 수 있도록 제작. 설치한다.
- (4) 개별 모듈을 전체 운전에 관계없이 장착, 탈착이 가능토록 모듈별로 BLOCK VALVE를 3SET씩 설치하고, 모듈을 외부로 꺼내기 용이토록 UF SKID 좌우

로는 배관이 형성되지 않도록 설계. 제작해야 한다.

- (5) Skid의 Frame의 재질, 크기, 형태는 막 모듈과 헤더 배관 등이 견고하게 장착될 수 있는 구조가 되도록 고려하여 설계, 제작 해야한다.
- (6) UF Unit에 부착된 모든 배관과 VALVE, 유량계 등의 계장품은 내구성을 가진 재질을 선정하고, 시스템에 적절한 요소로 구성 한다.
- (7) 배관의 재질은 내약품성, 내미생물침식성을 갖는 소재의 재질로 제작한다.
- (8) 막의 역세척은 반드시 UF 처리수나 RO 처리수를 이용하여 실시하며, 모듈로의 역세수 유입과 모듈에서의 역세수 배출이 용이한 배관구조로 제작되어야 한다. 역세시에는 하부로부터 적절한 공기의 유입이 되도록 하여 공기방울에 의한 불순 부착물이 용이하게 배출 되도록 한다.
- (9) 유입펌프와 역세펌프는 일정유량으로 운전 되도록 인버터 컨트롤이 가능토록 설계하고, 유입수, 처리수, 역세 배출수 라인에 압력전송계를 설치한다.
- (10) UF Unit는 24시간 연속운전이 되어야 하며, PLC의 Timer(설계값 30min)에 의해 역세를 실시한다. (공급펌프의 멈춤, 유입수, 처리수, 역세유입수, 공기유입관, 역세배출수 VALVE의 ON, OFF 및 역세펌프의 작동 등이 자동으로 수행되어야 한다.) 또한 처리량, 차압 및 탁도는 디지털로 표시 및 관리하여 설정값에 따라 적절한 경고 및 차단을 할 수 있어야 한다.
- (11) 공기유입은 별도의 블로와를 설치하여 각 모듈에 균등히 유입되도록 설계하여야 하며 역세시에 자동으로 운전 되도록 하며, 수동 운전도 가능하도록 설계한다.
- (12) 기타 자동 / 수동 운전이 가능하도록 PUMP, 자동 VALVE등에 ON, OFF 스위치를 설치한다.

* UF 역세공정

역세공정을 통해 UF막내의 이물질 제거하여 막의 수명을 연장시키는 공정으로 처리수를 역세 Pump로 이송하여 상부의 처리수 노즐로 역세수를 흘리고 Receiver Tank에 저장된 Air Compressor로 이송하여 하부노즐로는 공기를 투입하고 상부 측면노즐을 열어 탈리된 불순물을 상향류식 부상 배출 한다.

B/W할 때 배관내에 NaOCl을 흘려보내 배관 및 UF 막내의 소독 및 스케일 물질을 제거하는 역할은 한다.

나) 재 질

- (1) 모듈 본체 : ABS & U-PVC
- (2) 중공사막 : PAN
- (3) 스킵드 프레임 : C.S + EPOXY
- (4) 내부 배관 : U-PVC, SCH80.
- (5) BUTTERFLY VALVE: Stem & Disc STS304
- (6) 제어판넬 SUS304 1.5t이상 (HMI 자동제어)

<표 3-12> M-UF 모듈

Module Type		GUF 8050
여과 Type		외압식
크기	모듈길이(mm)	1,600
	모듈외경(mm)	200
	중공사 외경 (Outside Diameter)(mm)	1.3
	막유효면적(m ²)	50
성능	Molecular Weight Cut-off(Dalton)	300,000
	순수 투과량(m ³ /h)	15 at 1 kgf/cm ²
운전 조건	최대운전압(kgf/cm ²)	3.0
	최대운전온도(°C)	35
	pH 범위	3 - 11
	권장 운전압(kgf/cm ²)	1 ~ 1.4
재질	중공사막	폴리아크릴로니트릴(PAN)
	하우징	ABS
	접합 마감부	에폭시수지
	가스켓	ABS

다) M-UF System 설계

(1) 설계조건

- 처리용량(Q) : 5,650m³/d
- Train 수 (Number of Train) : 2
- Train 당 처리용량 (Flow Rate per Train) : 2825m³/d
- UF 가동시간 : 22hr/d
- 부유물질 유입조건
 - 유입수 SS : 50mg/L 이내
 - 처리수 SS : 1mg/L 이내
- 가동조건

24hr 연속운전이며, LEVEL "H"에서 ON, LEVEL "L"에서 OFF

설정한 역세척 주기에 따라 역세 실시

(2) UF 용량 계산

○ Train 당 처리용량(Flow Rate per Train) : 2825m³/d = 128.40m³/hr

○ 여과능력 (UF 막 표면적당 처리유량) : 0.065m³/m²/hr

○ 필요여과면적(A) = $\frac{128.4\text{m}^3/\text{hr}}{0.065\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{hr}} = 1975.4\text{m}^2$

○ UF Module 1개 당 유효 막면적

$$A = 50\text{m}^2/\text{ea}$$

○ 필요 UF Module 수

$$L_{re} = \frac{A_{re}}{A} = \frac{1975.4\text{m}^2}{50\text{m}^2/\text{ea}} = 39.5\text{ea}$$

○ Train 당 실제 설계 UF Module 수 (Na) 40ea

○ 총 실제 설계 UF Module 수 (Na) 80ea

○ Train 당 실제 여과면적(Aa) = Na × A

$$= 40\text{ea} \times 50\text{m}^2/\text{ea} = 2,000\text{m}^2$$

○ 여과면적 검토 (필요여과면적 < 실제여과면적)

1975.4m ²	<	2,000.0m ²	OK
----------------------	---	-----------------------	----

○ 여과 Flux,s = $\frac{62.5\text{m}^3/\text{hr}}{1,000\text{m}^2} = 0.0625\text{m}^3/\text{m}^2/\text{hr}$

○ 여과 Flux 검토 (여과능력 < 여과 Flux)

0.065m ³ /m ² /hr	>	0.063m ³ /m ² /hr	OK
---	---	---	----

○ 역세시 필요 Flux,b = 0.140m³/m²/hr

$$Q_b = \text{Flux,b} \times A_a$$

$$0.140 \times 2,000 = 280\text{m}^3/\text{hr}$$

(3) UF 역세시간 계산

○ 역세 간격 : 30 min

○ 1회당 역세척(Back Wash) 시간 : 40 sec

○ 1회당 표면세척(Flush) 시간 : 20 sec

○ 일일 역세 횟수(N) : 46.5회/d

○ 일일 총 역세 시간 : 1min/회 × 46.5회/d = 46.5min/d

(4) 역세 폐수량 계산

① 일반 역세

- 1회당 역세척(Back Wash) 시간 : 40sec
- 1회당 표면세척(Flush) 시간 : 20sec
- 일일 세척횟수(N) : 46.5 회/d
- 1회 역세수 발생량
 - 역세척 유량 : 280 m³/hr
 - 표면세척 유량 : 128.4 m³/hr
 - 일일 역세척수 발생량 : 46.5회/d×40/3,600 × 280m³/hr = 144.7m³/d
 - 일일 표면세척수 발생량 : 46.5회/d×20/3,600× 128.4m³/hr = 33.17m³/d
 - 1일 역세수 발생량 : 177.87m³/d × 2Train = 355.74m³/d

②약품 역세

- 1회당 약품주입 역세척(CEB) 시간 : 30sec
- 1회당 역세척(Back Wash) 시간 : 60sec
- 일일 세척횟수(N) : 2.0 회/d
- 1회 역세수 발생량
 - 약품주입 역세척 유량 : 130 m³/hr
 - 역세척 유량 : 280m³/hr
 - 일일 약품주입 역세척수 발생량 : 2.0 회/d×30/3,600×130m³/hr = 2.2m³/d
 - 일일 표면세척수 발생량 : 2.0 회/d × 60/3,600 × 280m³/hr = 9.3m³/d
 - 1일 역세수 발생량 : 11.5m³/d × 2Train = 23m³/d

(5) 역세수 발생량 백분율 계산

○ 역세수 발생량 백분율(%)

$$= \frac{\text{일일총역세수량}}{\text{하루유입수량}} \times 100\% = \frac{355.74\text{m}^3/\text{d}}{5650\text{m}^3/\text{d}} \times 100\% = 6.29\%$$

5) CIP System 구조 및 재질

가) 구조

FDA/UF Membrane이 오염되었을 때 화학세정제를 이용하여 막을 세정하는 공정으로 약세정과 강세정으로 나눌 수 있으며 CIP Tank - CIP Pump - CIP Filter - FDA/UF System - CIP Tank로 순환된다. 막의 오염도에 따라 세정방법과 세정시기를 나누며 각 공정당 대략30분정도 시행한다.

* 약세정: 알칼리 세정제를 이용하여 세정하는 방법

공정: Washing+알칼리 세정+Rinsing

* 강세정: 알칼리 세정제 + 산세정제로 세정하는 방법

공정: Washing+알칼리 세정+Rinsing+Washing+산세정+Rinsing

나) 재 질

- (1) CIP Tank : PE
- (2) CIP Filter : PA
- (3) 내부 배관 : PVC SCH80
- (4) BUTTERFLY VALVE: Body-SS41, Disk-STS304
- (5) 제어판넬 SUS304 1.5t이상 (HMI 자동제어)

6) UV

가) 자외선 소독 장치

(1) 본 체(BODY)

- DISINFECTION CAP. : 5,650m³/일
- GUARANTEE : 무검출
- BODY SIZE : H2,000 × W300
- TYPE OF WASHING : 마찰 푸싱와이퍼 세척
- MATERIAL BODY : STS 304
- CLEANING UNIT : 테프론

(2) 구동 드라이브

- AIR UNIT : 40mm × 400ST
- COMPRESSOR : 1/6마력
- CONTROL PANEL : 1식

나) 주요 부품

- (1) 자외선램프 : 145W
- (2) 전자식 안정기 : 145W
- (3) QUARTZ TUBE : 24.5mm
- (4) SOCKET : 145W / 4P

다) 설계 및 구조

- (1) 본 설비는 유수와 수직으로 설치되어지고 자외선램프가 완전히 물에 잠기도록 설계되어야 하며, 여유 공간이 있어야 자외선램프를 교체할 수 있다.
- (2) 자외선램프와 석영관은 밀폐할 수 있는 구조를 가지고 있으며 자외선램프와 교체가 쉬운 분리형으로 한다.
- (3) 안정기 대 램프비율은 안정기 1대 당 램프 1개로 설치한다.
- (4) 각 설비의 연결부에 사용되는 결합부품은 뒤틀림이 없는 반영구적으로 사용 가능한 재료를 사용한다.

라) 자외선 장치 반응조

자외선램프 : 145W

수 량 : 1 식

안 정 기 : 전자식 안정기

(1) 자외선 반응조

- ① 자외선 반응조는 일정한 압력과 유속에 방해 없이 설치되어야 한다.
- ② 자외선램프의 석영관은 반응조에 수직으로 연결되어 볼트에 의해 설치되며 완전히 밀봉되어야 한다.
- ③ 외적인 충격에 의해 석영관 등의 설비가 파손이 되지 않도록 설계에 반영한다.

(2) 자외선램프

자외선램프는 아크 전류에 의해 열을 받아 작동되는 수은-인듐 저압의 원리로 제작 되어야 하며 UV램프의 배열은 석영관과 같은 유수의 길이 방향으로 방류수의 흐름에 수직으로 하면서 균일한 간격으로 배열되어야 하며 다음과 같은 특징을 갖는다.

- ① 저압 수은램프
- ② 파장 253.7nm의 살균주파수에서 90%이상
- ③ UV-C 출력은 48W
- ④ UV램프의 유효 길이는 1,470mm
- ⑤ 램프는 9,000시간 이상 수명을 갖는다.

(3) 석영관

- ① 석영관은 순수 석영으로 된 원형관이고 한쪽 끝은 둥글게 밀폐되어져야 한다. 밀폐된 부위는 실리콘 캡으로 보호하여 작은 충격에서 깨어지지 않아야 한다.
- ② 석영관을 통한 자외선 투과율은 90%이상이어야 한다.

(4) 전자식 안정기

- ① 전자식 안정기는 자외선램프에 필요한 전압을 안정적으로 공급할 수 있도록 설계되어야 한다.
- ② 전자식 안정기는 자외선램프와 10m이내에 설치한다.
- ③ 안정기 1개에 램프 1개를 접속하여 사용할 수 있는 구조이어야 한다.
- ④ 안정기 박스는 안정기의 수리가 용이한 구조로 설계되어야 한다.

마) UV 설계

- (1) 유량 : 5,650m³/d
- (2) UV조사량 : 일반 대장균 90%이상 사멸
- (3) 램프사양
 - 종류 : TUV(philips)
 - 소비전력 : 145W
 - 유효길이 : 1,470mm
 - UV-C출력: 48W
 - 석영관 투과율 : 90%

▶ 흡수계수 구하기

$$E = E_0 e^{-ax}$$

E : 투과깊이 x에서의 강도

E₀ : 입사강도

a : 흡수계수

x : 투과거리

위 식에서 흡수계수는 아래와 같다.

$$a = \ln\left(\frac{E}{E_0}\right) / -x$$

① T-10 램프의 초기 자외선 강도 구하기

$$I_0 = S/A$$

S : 자외선 출력량

A : 자외선이 투과되는 면적

$$I_0 = 48 \times 0.9 \times 0.8 \times 10^6 / (2.45 \times \pi \times 147.0) = 30,561 \mu W / cm^2$$

② UV평균강도 구하기

$$I_{ave} = I_0 [(1 - e^{-ax}) / ax]$$

: 평균 자외선 강도

: 초기 자외선 강도

$$I_{ave} = 30,561 [(1 - e^{-(0.31 \times 10)}) / (0.31 \times 10)] = 9,414 \mu W / cm^2$$

③ UV조사량 구하기

조사량(Dose) = 평균강도 × 반응조내 체류시간

$$\text{조사량(Dose)} = 9,414 \mu W / cm^2 \times 10.28 \text{sec} = 96,743 \mu W \text{sec} / cm^2$$

▶ 반응조 유효 산정

$$\begin{aligned} 1. \text{ 반응조 용량} &= \text{반응조크기} \times \text{램프 길이} \\ &= 40 \times 40 \times 0.785 \times 147 \times 2 \\ &= 369,264 \text{cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2. \text{ 슬리브 용량} &= \text{슬리브 면적} \times \text{램프유효길이} \\ &= 2.452 \times \pi \times 147 \times 48 \\ &= 33,264 \text{cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3. \text{ 순 반응조 용량} &= \text{반응조 용량} - \text{슬리브 용량} \\ &= 369,264 - 33,264 \\ &= 336,000 \text{cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 4. \text{ 반응시간} &= \text{순반응조 용량} \div \text{유입 유량} \\ &= 336,000 \div (0.033 \times 1,000,000) \\ &= 10.28 \text{sec} \end{aligned}$$

▶ 수리 계산

$$\begin{aligned} Q &= 5,650 \text{m}^3 / \text{day} \quad \div \quad 2 \text{관로} \quad = 5,650 \text{m}^3 / \text{day} \\ &= 0.033 \text{m}^3 / \text{sec} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V &= \frac{0.033 \text{m}^3 / \text{sec}}{[(0.4 \times 0.4 \times 0.785) - (0.0245^2 \times 3.14 \times 0.25 \times 48)]} \\ &= 0.67 \text{m} / \text{sec} \end{aligned}$$

▶ 자외선 बैंक에 의한 수두 손실(hL1)

$$\begin{aligned} hL1 &= k \times (V^2 / 2g) \times 1 \\ &= 1 \times [(0.362) / (2 \times 9.8)] \times 1 \\ &= 1 \text{mm} \end{aligned}$$

▶ 대장균 잔존율 및 램프 수량 산정

$$\text{대장균 잔존율} = \text{Log } N1/NO = \text{Log}((N-Np)/NO) = \text{Log}(100/50,000) = -2.6$$

$$N1 = \text{입자와 결합하지 않는 대장균수} = N - Np = 175$$

$$NO = \text{인입대장균수}$$

$$N = \text{자외선살균 후 유출대장균수 (MPN/100ml)}$$

$$Np = \text{입자와 결합하여 생존하는 대장균수} = CSSm = 0.25 \times (10)^2 = 25$$

$$\text{▶ } NL = \frac{Vp}{(Q/Wn) \times W}$$

$$= 39,234 \text{ l/min} / (17 \text{ l/min/Watt} \times 48\text{W}) = 48\text{개}$$

여기서 NL = 소요 램프 개수

$$Vp = \text{분당 유량} \text{ ----- } (39,234 \text{ l/min})$$

$$Q/Wn = \text{적용자외선부하} \text{ ----- } (17 \text{ l/min/Watt})$$

$$W = \text{램프당 자외선 출력} \text{ --- } (48\text{Watt})$$

▶ 유지 관리비 산정

- 램프 소비전력: 0.145kW/ea
- 총 소비전력 : 6.96kW
- 전력비 : 45원/kWh
- 램프 교체비 : 120,000원
- 램프수명 : 9,000HR 이상
- 연중소독시간 : 12개월

$$\begin{aligned} \text{① 연간 전력비} &= \text{총 소비전력} \times \text{연중 사용시간} \\ &= 6.96\text{kW} \times 45\text{원/kWh} \times 365\text{일} \times 24\text{시간} \\ &= 2,743,632\text{원} \end{aligned}$$

$$\text{② 연간램프교체비용} = (120,000 * 48) = 5,760,000\text{원}$$

7) 나노버블 장치

가) 본 체(BODY)

- DISINFECTION CAP. : 658m³/일
- BODY SIZE : 924L × W230
- 토출유수량 : 133L/min
- 기체흡입량 : 10L/min
- 전 력 : 400W(AC220V, 3상)

나) 설계 및 구조

- (1) 본 설비는 유수와 수직으로 설치되어지고 버블 발생시스템이 완전히 물에 잠기도록 설계되어야 하며, 여유 공간이 있어야 사후 관리시 시스템을 교체할 수 있다.
- (2) MB400 버블 시스템은 기체와 액체를 기계적으로 혼합시켜 연속적으로 생성한다.
- (3) 기액의 혼합에는 펌프 동력 사용되며 유체역학적인 작용이나, 파괴화에 의한 재마이크로버블화를 이용해서 마이크로 버블을 발생시킨다.
- (4) 각 설비의 연결부에 사용되는 결합부품은 뒤를림이 없는 반영구적으로 사용 가능한 재료를 사용한다

다) 나노버블 반응조

버블 와트	: 400W
수 량	: 1 식
펌 프	: 1식

라) 나노버블 반응조

- 나노버블 반응조는 일정한 압력과 유속에 방해 없이 설치되어야 한다.
- 나노버블 반응조에 수직으로 연결되어 볼트에 의해 고정 되어야 한다.
- 외적인 충격에 의해 나노모들 설비가 파손이 되지 않도록 설계에 반영한다.

마) 형 식

시설될 현장 조작반 형식은 설치장소 및 운전기능에 따라 다음과 같이 구성된다.

- POST형 OR WALL MOUNT형
 - 옥내 조작반 - STS 1.2T이상
 - 자물쇠가 있는 손잡이와 내부경첩을 설치하고 내부속판도 도어식으로 제작
 - OUT DOOR USE, 이중 DOOR
 - 펌프 ON/OFF
 - 개폐장치 스위치
 - 사용전압 및 전류계 Display

8) 공급 시스템

가) 일반 사항

입형다단 원심펌프(공급펌프)를 제작함에 있어 규격, 성능 및 품질 검사에 준한다

<표 3-13> 펌프의 구성 및 재질

NO.	품 명	재 질	비 고
1	펌프 하우징	STS 304	
2	임펠러	스테인레스 스틸(SUS304)	
3	샤프트(SHAFT)	스테인레스 스틸(SUS316)	
4	디퓨저	스테인레스 스틸(SUS304)	
5	오 링	EPDM	
6	플렌지	스테인레스 스틸(SUS304)	
7	메카니컬 씬	T.C/Carbon(Silicon-Carbide)	
8	브라켓트	GC250	

나) 펌프의 구조와 모양

펌프의 구조와 모양은 하기와 같은 구조로 이루어져야 한다.

(1) 펌프 하우징

- 입형 원심 다단펌프는 비 자흡식 펌프로 흡입 및 토출구가 동일선상에 있는 인라인형으로 구성되어야 한다.
- 펌프의 수리 및 교체를 요 할시, 배관으로부터 펌프 하우징의 분리 없이 수리 및 교체가 이루어져야한다.
- 플렌지 규격은 ISO 7005-2/ DIN 2501로 구성되고, 녹이 발생되지 않는 스텐레스 스틸로 제작되어야 한다.
- 펌프 하우징에는 공기를 방출할 수 있는 에어 벤트 장치가 부착되어야 한다.
- 장기간 미 사용에 의한 동파를 방지할 수 있는 드레인 홀이 있어야 한다.
- 누수를 방지하기 위하여 메카니컬-씬을 사용하여야 한다.

(2) 임펠러

- 축 동력을 최대한 전달할 수 있는 홈 형태가 있어야 하며, 임펠러의 간격을 유지하는 스페이서, 와셔, 잠금너트로 고정되어야 한다.
- 임펠러의 재질은 스텐레스 스틸(SUS304)을 기본으로 한다.
- 임펠러는 모터와 커플링으로 체결된 축에 조립되어야 한다.

(3) 샤프트(주축)

- 모터와 펌프의 축은 커플링 타입으로 연결되어야하며, 임펠러와 메카니컬-씬이 설치되어야한다.
- 샤프트의 재질은 스텐레스 스틸(SUS316)으로 이루어져야한다.

(4) 모 타

- TEFC(전폐형팬냉각방식 농형 삼상유도전동기)타입 모타로 IEC규격에 따른다.
- 보호 등급은 IP55이어야 한다.
- 절연 등급은 F등급이어야 한다.
- 최대 주위 온도는 40℃이고, 사용전압은 표준 전압에 적합하여야 한다.

(5) 메카니컬-셀

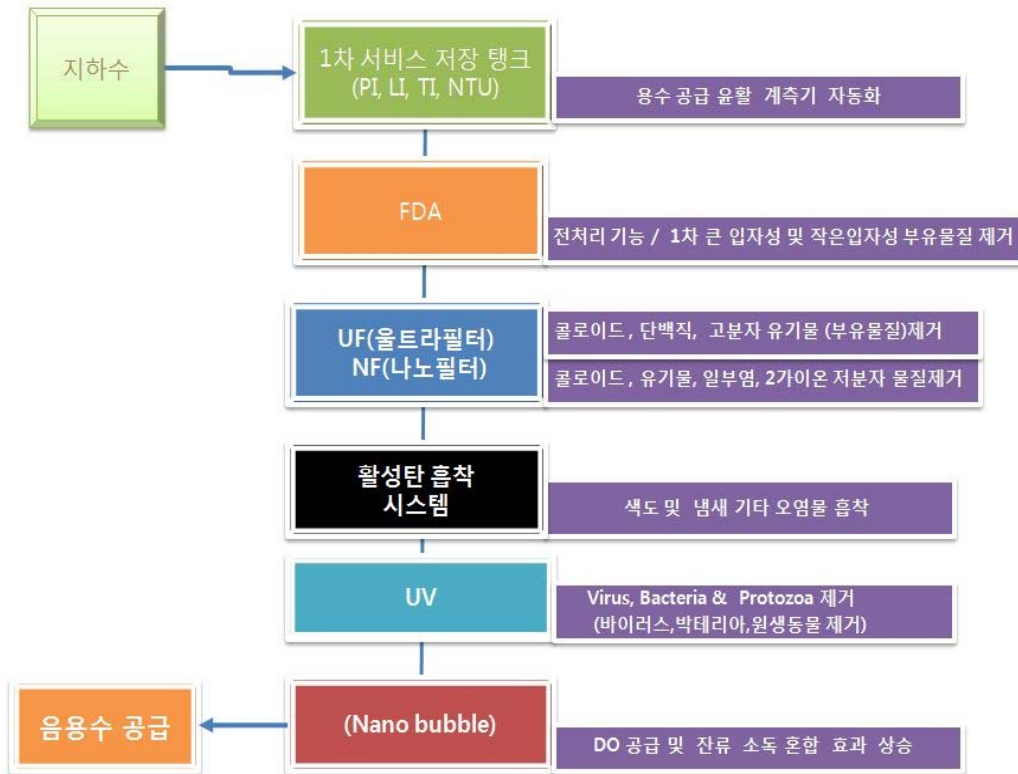
- 메카니컬-셀은 Carbon/Silicon-Carbide 재질로 구성되어야 한다.
- 순환수의 최고 사용온도는 120℃이고 최대 40%혼합 용액(에틸렌 글리콜혼합수)까지 사용이 가능하여야 한다.

2. FDA시스템을 활용한 생활용수 공급시스템 개발

가. 시스템 개요 및 원리

FDA-B 시스템은 FDA 요소기술을 활용하여 농촌지역에 필요한 생활용수(음용수) 공급을 목적으로 개발하였다. 특히, 지하수를 유입수로 이용하여 생활용수로 사용할 수 있는 용수공급 목적으로 각종 수중의 부유물질 및 미생물 바이러스, 탁도를 효율적으로 제거하여 청정 생활용수를 제공하므로써 유해성에 대한 안전을 확보할 수 있도록 하였다.

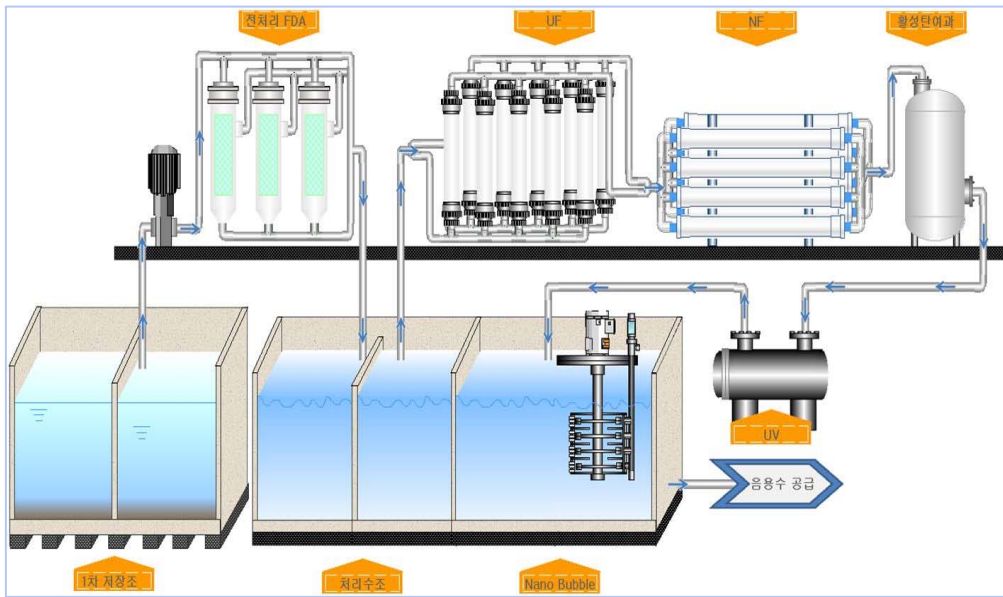
FDA-B 시스템은 현재 특허출원 중에 있으며, “충북 보은산업단지 개발사업”에 생활용수 공급장치로 설계에 반영되어 있으며 2011년도에 설치완료를 목표로 하고 있다.



<그림 3-51> 생활용수 공급 시스템 원리

나. FDA-B SYSTEM 공정별 사양

본 연구에서 개발한 FDA-B 시스템이 실제 설계(보은산업단지)에 반영된 시스템 모식도는 <그림 3-52>과 같다.



<그림 3-52> FDA SYSTEM 생활용수 모식도

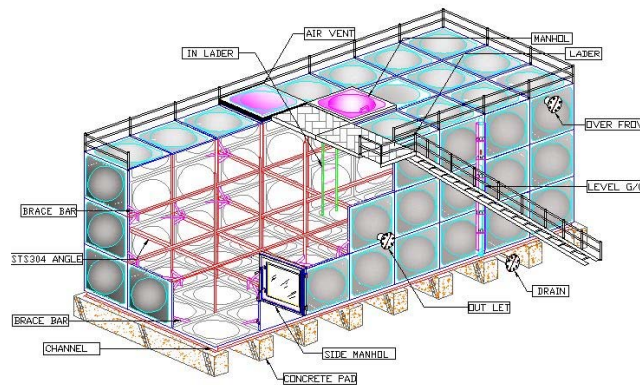
실시설계에 적용한 사양을 기본으로 공정별 사양을 요약하면 다음과 같다.

1) 설계기본 정보

형 식	: FDA-B System
처 리 량	: 658m ³ /일
처리수질	: 정수(음용수)기준
운전방법	: 압력센서 및 PLC & TOUCHSCREEN TIMER 자동운전

2) 공정별 특징

- 지하수 관정 저장 탱크



<그림 3-53> 지하수 관정 저장 탱크

□ Pressure Multi Tank

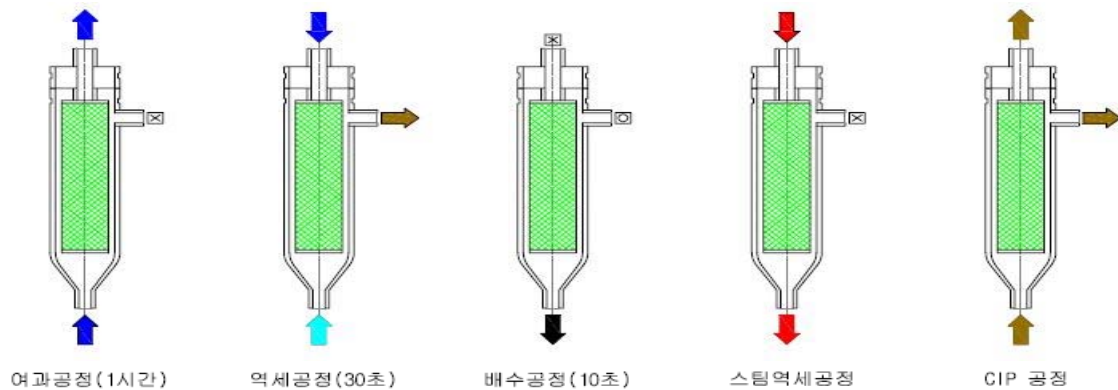
- 설치위치 : 서비스탱크, PI, LI, TI, 탁도계(NTU)를 설치한다.
- 기 능 : 압력, 온도, 유량, 탁도 등을 유입수 수질의 모니터링 제어한다.
- 크 기 : 2m³, D950× H2700

□ 계측기 사양

- Dissolved Oxygen (DO) Meter : 측정범위 : 용존산소 0 ~ 20 mg/l
- Turbidity Meter(탁도계) : 측정범위 : 0 ~ 100 NTU
- Temperature Meter : 측정범위 : 0 ~ 100℃
- Presser Meter : 측정범위 : 0 ~ 10 Kgf/cm²

□ FDA 여과기

- 구조 : 여과 - 역세 - 배수 - 스팀공정 - CIP으로 이루어지며 공정의 개요는 아래와 같다.



<그림 3-54> FDA 여과기 구조

(1) 여과공정 :

현탁 원액이 하부노즐로 부터 유입되고 하이스크린 망을 통과 한 여과수는 상부노즐로 출수되는 상향류식 여과방식이다.

(2) 역세공정 :

처리수를 상부노즐로부터 역류시키고, 하부노즐은 공기방울을 주입하여 불순 물을 상부 측면 노즐로 배출시켜 여과성능을 복원하는 공정이다

(3) 배수공정 :

역세 후 (여과직전) 미량 남은 현탁액을 하부 노즐로 배출시키는 공정이다

(4) 스팀역세공정 :

스크린 막의 이물질 오염이 누적될 경우 상부노즐로부터 스팀을 주입 시키고,

불순물을 하부 노즐로 배출시켜 여과성능을 복원하는 공정으로 열팽창과 스팀압에 의해 기공이 벌어지며 미생물류를 포함한 대부분의 이물질이 탈리 배출된다.

(5) CIP 공정 :

역세 복원력이 떨어질 경우 각종 약품을 이용하여 스크린 막을 깨끗이 청소하는 공정이다.

□ 재 질

- (1) FDA Housing : STS304
- (2) FDA Filter : STS304
- (3) 스킵드 프레임 : C.S + EPOXY
- (4) 내부 배관 : STS304
- (5) AUTO BUTTERFLY VALVE : Body-SS41, Disk-STS304
- (6) 제어판넬 : SUS304 1.5t이상 (HMI 자동제어)
 - Pore 사양 : 20 micron
 - Module 성능 : 3.2 m³/hr
 - Module 사양 : 20" Module 65(D) x 500(L)

□ 설 치

- (1) 배관공사는 각 구성기기 간의 필요한 배관을 설치하며 필요시 배관공사 특별시방서 등을 작성하고 이에 따라 작업한다.
- (2) 운전 시 수력학적 부가하중 및 불평형력, 진동 발생 등을 고려하여 충분히 지지될 수 있도록 기초 BOLT등을 견고히 설치한다.
- (3) 벽 구조물과 300mm 이상 떨어져 설치한다.
- (4) 운전 감시 및 보수 점검의 용이성, 안전성, 합리성을 감안하여 능률적이 되도록 설치하며 필요시 위험 방지 장치 등을 설치한다.

□ 설계조건

- 처리용량(Q) : 880m³/d
- Train 수 (Number of Train) : 2
- Train 당 처리용량 (Flow Rate per Train) : 440m³/d
- FDA 가동시간 : 22hr/d
- 부유물질 유입조건
 - 유입수 SS : 10mg/L 이내
 - 처리수 SS : 2mg/L 이내
- 가동조건 : 24hr 연속운전이며, LEVEL "H"에서 ON, LEVEL "L"에서 OFF 설정한 역세척 주기에 따라 역세 실시함

□ FDA 용량 계산

○ Train 당 처리용량 (Flow Rate per Train) : $440\text{m}^3/\text{d} = 20\text{m}^3/\text{hr}$

○ 여과능력 (FDA 막 표면적당 처리유량) : $0.130\text{m}^3/\text{m}^2/\text{hr}$

○ 필요여과면적(A) = $\frac{20\text{m}^3/\text{hr}}{0.130\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{hr}} = 153.8\text{m}^2$

○ FDA Module 1개 당 유효 막면적, A = $50\text{m}^2/\text{ea}$

○ 필요 UF Module 수

$$L_{re} = \frac{A_{re}}{A} = \frac{153.8\text{m}^2}{50\text{m}^2/\text{ea}} = 3.1\text{ ea}$$

○ Train 당 실제 설계 FDA Module 수 (Na) 6ea

○ 총 실제 설계 FDA Module 수 (Na) 12ea

○ Train 당 실제 여과면적(Aa) = $Na \times A$
 $= 6ea \times 50\text{m}^2/\text{ea} = 300\text{m}^2$

○ 여과면적 검토 (필요여과면적 < 실제여과면적)

153.8m ²	<	300.0m ²	OK
---------------------	---	---------------------	----

○ 여과 Flux,s = $\frac{20\text{m}^3/\text{hr}}{300\text{m}^2} = 0.067\text{m}^3/\text{m}^2/\text{hr}$

○ 여과 Flux 검토 (여과능력 < 여과 Flux)

0.130m ³ /m ² /hr	>	0.067m ³ /m ² /hr	OK
---	---	---	----

○ 역세시 필요 Flux,b = $0.140\text{m}^3/\text{m}^2/\text{hr}$

$$Q_b = \text{Flux,b} \times A_a = 0.140 \times 300 = 42\text{m}^3/\text{hr}$$

□ FDA 역세시간 계산

○ 역세 간격 : 30 min

○ 1회당 역세척(Back Wash) 시간 : 40 sec

○ 1회당 표면세척(Flush) 시간 : 20 sec

○ 일일 역세 횟수(N) : 46.5회/d

○ 일일 총 역세 시간 : $1\text{min}/\text{회} \times 46.5\text{회}/\text{d} = 46.5\text{min}/\text{d}$

□ 역세 폐수량 계산

① 일반 역세

- 1회당 역세척(Back Wash) 시간 : 40sec
- 1회당 표면세척(Flush) 시간 : 20sec
- 일일 세척횟수(N) : 46.5 회/d
- 1회 역세수 발생량
 - 역세척 유량 : 42m³/hr
 - 표면세척 유량 : 20 m³/hr
 - 일일 역세척수 발생량 : 46.5 회/d × 40/3,600 × 42m³/hr = 21.7m³/d
 - 일일 표면세척수 발생량 : 46.5 회/d × 20/3,600 × 20m³/hr = 5.17m³/d
 - 1일 역세수 발생량 : 26.87m³/d × 2Train = 53.74m³/d

② 약품 역세

- 1회당 약품주입 역세척(CEB) 시간 : 30sec
- 1회당 역세척(Back Wash) 시간 : 60sec
- 일일 세척횟수(N) : 2.0 회/d
- 1회 역세수 발생량
 - 약품주입 역세척 유량 : 20m³/hr
 - 역세척 유량 : 42m³/hr
 - 일일 약품주입 역세척수 발생량 : 2.0 회/d × 30/3,600 × 20m³/hr = 0.33m³/d
 - 일일 표면세척수 발생량 : 2.0 회/d × 60/3,600 × 20m³/hr = 0.66m³/d
 - 1일 역세수 발생량 : 0.99m³/d × 2Train = 1.98m³/d

□ 역세수 발생량 백분율 계산

○ 역세수 발생량 백분율(%)

$$= \frac{\text{일일총역세수량}}{\text{하루유입수량}} \times 100\% = \frac{54.07}{880\text{m}^3/\text{d}} \times 100\% = 6.14\%$$

4) M-UF

가) M-UF System 구조

- (1) M-UF 모듈은 아래의 도표와 같이 막은 중공사막(Hollow Fiber Membrane) 형태이며, 운전형태는 외압식 운전으로 원수가 중공사막 외부로 부터 유입되어 처리수가 안쪽으로 흐르도록 하고, 일정한 시간 간격으로 역세를 실시하

- 며 역세 시에는 처리수 안쪽에서부터 외부로 역세수를 유입시키고 불순물앗 식 운를 돕도록 외부앗식하단부에서 공기를 유입시켜 불순물을 부상시키므로 외부 상단압식역세수전 구조로 제작되어야 한다. 멤브레인 외경은 1.3mm이상으로 하고, 차압에 따라 역세주기를 조절할 수 있도록 하며, 멤브레인 전체에 원수가 적절하게 분배되는 헤더구조를 갖도록 하며, 재질은 친수성이 높고 물의 투수성이 좋은 폴리아크릴로니트릴(PAN)을 사용한다.
- (2) 모듈은 수직으로 세워 2줄로 대칭이 되도록 설치하고, 중앙 최상부에는 처리수 토출 및 역세수 유입 겸용 헤더배관을, 중상부에는 역세수 배출용 헤더배관을, 또한 하부에는 하수유입, 역세후 Drain 겸용의 헤더배관을 설치하며 각 모듈의 하부에는 역세 시 공기방울이 유입될 수 있는 공기관 노즐을 각각 설치하여야 한다. 모듈과 헤더배관의 연결방식은 모듈의 유지보수시 장착과 탈착이 용이한 구조로 설계, 설치한다.
 - (3) 처리수 헤더 배관에 연결되는 각 모듈의 처리수 배관은 투명한 재질로 설치하여 모듈별 처리수의 성상을 유안으로 관찰할 수 있도록 제작. 설치한다.
 - (4) 개별 모듈을 전체 운전에 관계없이 장착, 탈착이 가능토록 모듈별로 BLOCK VALVE를 3SET씩 설치하고, 모듈을 외부로 꺼내기 용이토록 UF SKID 좌우로는 배관이 형성되지 않도록 설계. 제작해야 한다.
 - (5) Skid의 Frame의 재질, 크기, 형태는 막 모듈과 헤더 배관 등이 견고하게 장착될 수 있는 구조가 되도록 고려하여 설계, 제작 해야한다.
 - (6) UF Unit에 부착된 모든 배관과 VALVE, 유량계 등의 계장품은 내구성을 가진 재질을 선정하고, 시스템에 적절한 요소로 구성 한다.
 - (7) 배관의 재질은 내약품성, 내미생물침식성을 갖는 소재의 재질로 제작한다.
 - (8) 막의 역세척은 반드시 UF 처리수나 RO 처리수를 이용하여 실시하며, 모듈로의 역세수 유입과 모듈에서의 역세수 배출이 용이한 배관구조로 제작되어야 한다. 역세시에는 하부로부터 적절한 공기의 유입이 되도록 하여 공기방울에 의한 불순 부착물이 용이하게 배출 되도록 한다.
 - (9) 유입펌프와 역세펌프는 일정유량으로 운전 되도록 인버터 컨트롤이 가능토록 설계하고, 유입수, 처리수, 역세 배출수 라인에 압력전송계를 설치한다.
 - (10) UF Unit는 24시간 연속운전이 되어야 하며, PLC의 Timer(설계값 30min)에 의해 역세를 실시한다. (공급펌프의 멈춤, 유입수, 처리수, 역세유입수, 공기유입관, 역세배출수 VALVE의 ON, OFF 및 역세펌프의 작동 등이 자동으로 수행되어야 한다.) 또한 처리량, 차압 및 탁도는 디지털로 표시 및 관리하여 설정값에 따라 적절한 경고 및 차단을 할 수 있어야 한다.
 - (11) 공기유입은 별도의 블로와를 설치하여 각 모듈에 균등히 유입되도록 설계하여야 하며 역세시에 자동으로 운전 되도록 하며, 수동 운전도 가능하도록 설계한다.

(12) 기타 자동 / 수동 운전이 가능하도록 PUMP, 자동 VALVE등에 ON, OFF 스위치를 설치한다.

* UF 역세공정

역세공정을 통해 UF막내의 이물질 제거하여 막의 수명을 연장시키는 공정으로 처리수를 역세 Pump로 이송하여 상부의 처리수 노즐로 역세수를 흘리고 Receiver Tank에 저장된 Air Compressor로 이송하여 하부노즐로는 공기를 투입하고 상부 측면노즐을 열어 탈리된 불순물을 상향류식 부상 배출 한다. B/W할 때 배관내에 NaOCl을 흘려보내 배관 및 UF 막내의 소독 및 스케일 물질을 제거하는 역할은 한다.

나) 재 질

- (1) 모듈 본체 : ABS & U-PVC
- (2) 중공사막 : PAN
- (3) 스킨드 프레임 : C.S + EPOXY
- (4) 내부 배관 : U-PVC, SCH80.
- (5) BUTTERFLY VALVE: Stem & Disc STS304
- (6) 제어판넬 SUS304 1.5t이상 (HMI 자동제어)

다) M-UF System 설계

□ 설계조건

- 처리용량(Q) : 880m³/d
- Train 수 (Number of Train) : 2
- Train 당 처리용량 (Flow Rate per Train) : 440m³/d
- UF 가동시간 : 22hr/d
- 부유물질 유입조건
 - 유입수 SS : 50mg/L 이내
 - 처리수 SS : 1mg/L 이내
- 가동조건
24hr 연속운전이며, LEVEL "H"에서 ON, LEVEL "L"에서 OFF
설정된 역세척 주기에 따라 역세 실시

□ UF 용량 계산

○ Train 당 처리용량 (Flow Rate per Train) : 440m³/d = 20m³/hr

○ 여과능력 (UF 막 표면적당 처리유량) : 0.065m³/m²/hr

○ 필요여과면적(A) = $\frac{128.4\text{m}^3/\text{hr}}{0.065\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{hr}} = 307.69\text{m}^2$

○ UF Module 1개 당 유효 막면적, A = 50m²/ea

○ 필요 UF Module 수

$$L_{rc} = \frac{A_{rc}}{A} = \frac{307.69\text{m}^2}{50\text{m}^2/\text{ea}} = 6.2\text{ ea}$$

○ Train 당 실제 설계 UF Module 수 (Na) 10ea

○ 총 실제 설계 UF Module 수 (Na) 20ea

○ Train 당 실제 여과면적(Aa) = Na × A
= 10ea × 50m²/ea = 500m²

○ 여과면적 검토 (필요여과면적 < 실제여과면적)

307.69m ²	<	500.m ²	OK
----------------------	---	--------------------	----

○ 여과 Flux,s = $\frac{20\text{m}^3/\text{hr}}{500\text{m}^2} = 0.04\text{m}^3/\text{m}^2/\text{hr}$

○ 여과 Flux 검토 (여과능력 < 여과 Flux)

0.065m ³ /m ² /hr	>	0.04m ³ /m ² /hr	OK
---	---	--	----

○ 역세시 필요 Flux,b = 0.140m³/m²/hr

$$Q_b = \text{Flux,b} \times A_a = 0.140 \times 500 = 70\text{m}^3/\text{hr}$$

□ UF 역세시간 계산

○ 역세 간격 : 30 min

○ 1회당 역세척(Back Wash) 시간 : 40 sec

○ 1회당 표면세척(Flush) 시간 : 20 sec

○ 일일 역세 횟수(N) : 46.5회/d

○ 일일 총 역세 시간 : 1min/회 × 46.5회/d = 46.5min/d

□ 역세 폐수량 계산

① 일반 역세

- 1회당 역세척(Back Wash) 시간 : 40sec
- 1회당 표면세척(Flush) 시간 : 20sec
- 일일 세척횟수(N) : 46.5 회/d
- 1회 역세수 발생량
 - 역세척 유량 : 70 m³/hr
 - 표면세척 유량 : 20 m³/hr
 - 일일 역세척수 발생량 : 46.5 회/d × 40/3,600 × 70m³/hr = 36.17m³/d
 - 일일 표면세척수 발생량 : 46.5 회/d × 20/3,600 × 20m³/hr = 5.17m³/d
 - 1일 역세수 발생량 : 41.34m³/d × 2Train = 82.68m³/d

② 약품 역세

- 1회당 약품주입 역세척(CEB) 시간 : 30sec
- 1회당 역세척(Back Wash) 시간 : 60sec
- 일일 세척횟수(N) : 2.0 회/d
- 1회 역세수 발생량
 - 약품주입 역세척 유량 : 20 m³/hr
 - 역세척 유량 : 70m³/hr
 - 일일 약품주입 역세척수 발생량 : 2.0 회/d × 30/3,600×70m³/hr = 1.16m³/d
 - 일일 표면세척수 발생량 : 2.0 회/d × 60/3,600 × 20m³/hr = 0.66m³/d
 - 1일 역세수 발생량 : 1.82m³/d × 2Train = 3.64m³/d

□ 역세수 발생량 백분율 계산

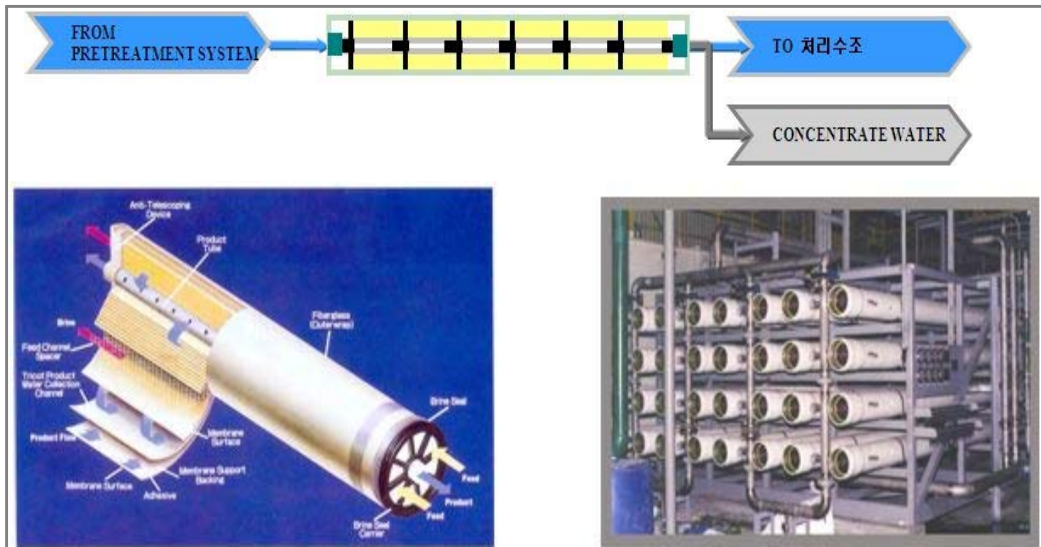
○ 역세수 발생량 백분율(%)

$$= \frac{\text{일일총역세수량}}{\text{하루유입수량}} \times 100\% = \frac{86.32\text{m}^3/\text{d}}{880\text{m}^3/\text{d}} \times 100\% = 9.8\%$$

5) M-NF

가) NF 구조

NF UNIT의 구조는 워수의 수질, 현장의 공간, 장비의 규모 등을 고려하여 설계해야 하는데 한 개의 UNIT 당 총15개의 MEMBRANE ELEMENTS를 각 VESSEL에 5개씩 삽입하고 이렇게 구성된 6개의 VESSEL은 각 시스템 당 3개씩 장착되도록 구성한다. 또한 ARRAY의 구성은 2 : 1 로 한다.



<그림 3-55> NF 구조

MEMBRANE ELEMENT는 지지층(두께 약 $60\mu\text{m}$)과 활성층(두께 $0.2\sim 0.8\mu\text{m}$)으로 구성되어 있다. 운전형태는 외압식 운전으로 원수가 막 외부로 유입되어 처리수가 내부로 흐르도록 하고, 세척시 세척수를 유입시켜 반투막 외부의 오염물질을 배출시키는 구조로 제작되어야 한다. 모듈은 위 사진과 같이 각 모듈이 평행을 이루고 일정한 간격을 이룰 수 있도록 배열하되 필요에 따라 2 UNITS가 개별운전이 가능하도록 설치하고, 모듈의 유지보수시 장착과 탈착이 용이한 구조로 설계, 설치되어야 한다. CIP배관과 CIP펌프 등은 NF 세정에 필요한 유량을 충분히 확보할 수 있도록 설계하며, 유지보수가 용이한 구조로 제작되어야 한다. 유입수, 처리수, 농축수 라인에 압력전송계를 설치하고, NF 모듈로 인입되는 배관과 농축수 배관에 압력 조절 밸브를 달아 시스템을 조정할 수 있도록 한다. MEMBRANE교체시 VESSEL 외부로 꺼내기 용이토록 NF SKID 좌우로는 배관이 형성되지 않도록 설계. 제작해야 한다. 배관의 재질은 내약품성, 내미생물침식성을 갖는 소재의 재질로 제작한다. SKID의 FRAME의 재질, 크기, 형태는 막 모듈과 헤더 배관 등이 견고하게 장착될 수 있는 구조가 되도록 고려하여 설계, 제작해야 한다. NF UNIT에 부착된 모든 배관과 VALVE, 유량계 등의 계장품은 내구성을 가진 재질을 선정하고, 시스템에 적절한 요소로 구성한다.

나) NF 재질

- (1) 모듈본체 : FRP
- (2) MEMBRANE : PA
- (3) 스킴드 프레임 : C.S + EPOXY
- (4) 내부 배관 : SUS304
- (5) BUTTERFLY VALVE : Body-SS41, Disk-STS304
- (6) 제어판넬

다) NF 설계

설계조건

- 처리용량(Q) = 658m³/일
- 여과기 가동시간 = 22hr/일
- 유입수 CONDUCTIVITY 조건
유입수 COND. = 5,000 μ s/cm 이내, 처리수 COND. = 250 μ s/cm 이하
- 가동조건 : 24HR 연속운전이며 LEVEL "H"에서 ON, LEVEL "L"에서 OFF
설정한 일정한 세척 주기에 따라 세척 실시

여과기 용량계산

- UNIT 당 처리용량 (Flow Rate per Train) 330m³/d.unit = 15m³/hr.unit
- 여과능력(NF 막 표면적당 처리수 유량) = 38.19 ℓ /m²·hr 이하

- 필요여과면적(Are) = $\frac{15000\ell/hr}{38.19\ell/m^2/hr} = 392.77m^2$ 이상

- NF Membrane 1개 당 유효 막면적

(A) = 37.2m²/ea

- 필요 NF Membrane 수

(Nre) = $\frac{A_{re}}{A} = \frac{392.77m^2}{37.2m^2/ea} = 10.6ea$ 이상

- UNIT 당 실제 설계 NF MEMBRANE 수 (Na) = 15 ea

- 총 실제 설계 NF MEMBRANE 수 (Na) = 30ea

- UNIT 당 실제 여과면적(Aa) = Na × A

= 15ea × 37.2m²/ea = 558m²

- 막면적 검토 → 필요막면적 < 실제막면적

→ 392.77m² < 558m² (OK)

- 처리수 Flux,s = $\frac{15m^3/hr}{558m^2} = 0.0269m^3/m^2 \cdot hr$

- 처리수 FLUX 검토 → 처리능력 > 처리수 FLUX

→ 0.038m³/m² · hr > 0.0269m³/m² · hr (OK)

□ NF 배열 선정

배열	1	2
엘레먼트모델	NE8040	NE8040
베셀수량	2	1
베셀당엘레먼트수	5	5
Train 당 총 엘레먼트 개수	=	15

6) CIP System 구조 및 재질

가) 구조

FDA/UF Membrane이 오염되었을 때 화학세정제를 이용하여 막을 세정하는 공정으로 약세정과 강세정으로 나눌 수 있으며 CIP Tank - CIP Pump - CIP Filter - FDA/UF System - CIP Tank로 순환된다. 막의 오염도에 따라 세정방법과 세정시기를 나누며 각 공정당 대략30분정도 시행한다.

* 약세정: 알칼리 세정제 를 이용하여 세정하는 방법

공정: Washing+알칼리 세정+Rinsing

* 강세정: 알칼리 세정제 + 산세정제로 세정하는 방법

공정: Washing+알칼리 세정+Rinsing+Washing+산세정+Rinsing

나) 재 질

(1) CIP Tank : PE

(2) CIP Filter : PA

(3) 내부 배관 : PVC SCH80

(4) BUTTERFLY VALVE: Body-SS41, Disk-STS304

(5) 제어판넬 SUS304 1.5t이상 (HMI 자동제어)

7) 흡착 시스템 (Activated Carbon Filter)

가) 설치위치 : NF System 후단

나) 기 능 : 처리수에 남아 있는 유리염소, 냄새등을 제거하기 위해 설치한다

다) 설계 및 제작

Activated Carbon Filter는 처리수에 포함될 수 있는 유리염소, 냄새등을 제거하기 위한 장치로 교체가 용이한 카트리지를 사용하며 압력계를 설치하여 여과막 전,후의 압력차로 막의 막힘현상을 확인할 수 있어야 한다. Filter Housing, Cartridge Filter, 압력계, 투과수 및 원수측 밸브등으로 구성한다.

라) 처리수 유입

본 활성탄 여과장치는 입자성 활성탄이 아닌 카트리지형 활성탄 여과기형식으로 750mm 길이의 모듈 20개가 장착될 수 있도록 하며 카트리지 Carbon Filter를 쉽게 탈착할 수 있도록 여과기 본체와 상부 Cover를 V-clamp로 닫을 수 있도록 하며 원수중의 부유물질 등이 여과막에 포집되어 입,출구 압력차가 증가되거나 활성탄의 역가가 떨어지게 되면 활성탄 여과막을 교체할 수 있도록 하여야 한다.

입,출구 노즐은 25mm Flange Type으로 마감하여 장치의 보수시 분해, 조립이 용이하도록 하고 카트리지 여과막의 교체시 투과수 및 원수측 Chamber의 잔액을 완전히 배출할 수 있도록 하부에 20mm의 Ball Valve를 설치한다.

활성탄 카트리지필터는 5 μ m의 기공을 가진 750mm 길이의 활성탄 모듈 20개가 장착될 수 있도록 하며 여과막을 통과할 때의 차압 평균은 통상 0.1kg/cm²이하로 한다. 여과기의 최대의 압력은 3kg/cm²으로 하고 상용압력은 1kg/cm²로 한다.

바) 활성탄 카트리지 교체

원수중의 부유물질 등이 활성탄 여과막에 포집되어 입,출구 압력차가 증가되거나 활성탄의 역가가 떨어지게 되면 활성탄 여과막을 쉽게 교체할 수 있도록 설계 하여야 한다. 즉 여과장치는 카트리지 여과기형식으로 활성탄 카트리지 Filter를 쉽게 탈착할 수 있도록 여과기 본체와 상부 Cover를 V-clamp로 닫을 수 있도록 한다.

활성탄 카트리지를 교체하기 위해 상부 해치를 열기 전 여과기 내부에 고여 있는 부유물질을 포함한 농축수 및 최하부의 투과수는 배출 밸브 및 배출관을 통하여 종합 배출관으로 배출될 수 있도록 한다

사) 활성탄 카트리지 모듈

- 규격 : 유출수질 성능보증을 할 수 있도록 제작된 규격이 균일한 막을 사용한다.
- Size : OD 65 mm, ID 30 mm, Length 750 mm
- Micron Rating : 5 μ m Initial Diff.Pressure : 0.56 psi @ 1 GPM
- Chlorine reduction : 90% 이상 @ 1 GPM, 2 ppm Cl₂
- Chloroform reduction : 95% 이상 @ 0.5 GPM
- Operating Temp. : 50 이하
- 재질 : 여과막의 재질은 폴리프로필렌(PolyPropylene, PP), 활성탄(Activated Carbon)이어야 한다.

아) 설치

기본적으로 본 여과기는 정수설비SKID내부에 설치한다. 즉 여과기의 다리와 STS로 제작된 C-channel BASE를 볼트로 고정하여 유지보수시 탈착이 용이하도록 설치하여야한다. 타 단위장치와의 입,출구 연결은 Flange로 마감한다. 농축수, Drain라인은 20 mm 나사식 배관으로 연결하여 최종 배수배관으로 연결하도록 한다.

자) 사용 재료

- 하우징 스테인레스강(STS 304)
- 커버 스테인레스강(STS 304)
- 여과막 폴리프로필렌(PP)
- 단위 여과막 프레임 스테인레스강(STS 304)
- 내부 배관 스테인레스강(STS 304) 동등 이상
- 기둥 프레임 스테인레스강(STS 304) 동등 이상

8) UV

가) 자외선 소독 장치

(1) 본 체(BODY)

- DISINFECTION CAP. : 5,650m³/일
- GUARANTEE : 무검출
- BODY SIZE : H2,000 × W300
- TYPE OF WASHING : 마찰 푸싱와이퍼 세척
- MATERIAL BODY : STS 304
- CLEANING UNIT : 테프론

(2) 구동 드라이브

- AIR UNIT : 40mm × 400ST
- COMPRESSOR : 1/6마력
- CONTROL PANEL : 1식

나) 주요 부품

- (1) 자외선램프 : 145W
- (2) 전자식 안정기 : 145W
- (3) QUARTZ TUBE : 24.5mm
- (4) SOCKET : 145W / 4P

다) 설계 및 구조

- (1) 본 설비는 유수와 수직으로 설치되어지고 자외선램프가 완전히 물에 잠기도록 설계되어야 하며, 여유 공간이 있어야 자외선램프를 교체할 수 있다.
- (2) 자외선램프와 석영관은 밀폐할 수 있는 구조를 가지고 있으며 자외선램프와 교체가 쉬운 분리형으로 한다.
- (3) 안정기 대 램프비율은 안정기 1대 당 램프 1개로 설치한다.
- (4) 각 설비의 연결부에 사용되는 결합부품은 뒤틀림이 없는 반영구적으로 사용 가능한 재료를 사용한다.

라) 자외선 장치 반응조

자외선램프 : 145W
수 량 : 1 식
안 정 기 : 전자식 안정기

(1) 자외선 반응조

- ① 자외선 반응조는 일정한 압력과 유속에 방해 없이 설치되어야 한다.
- ② 자외선램프의 석영관은 반응조에 수직으로 연결되어 볼트에 의해 설치되며 완전히 밀봉되어야 한다.
- ③ 외적인 충격에 의해 석영관 등의 설비가 파손이 되지 않도록 설계에 반영한다.

(2) 자외선램프

자외선램프는 아크 전류에 의해 열을 받아 작동되는 수은-인듐 저압의 원리로 제작 되어야 하며 UV램프의 배열은 석영관과 같은 유수의 길이 방향으로 방류수의 흐름에 수직으로 하면서 균일한 간격으로 배열되어야 하며 다음과 같은 특징을 갖는다.

- ① 저압 수은램프
- ② 파장 253.7nm의 살균주파수에서 90%이상
- ③ UV-C 출력은 48W
- ④ UV램프의 유효 길이는 1,470mm
- ⑤ 램프는 9,000시간 이상 수명을 갖는다.

(3) 석영관

- ① 석영관은 순수 석영으로 된 원형관이고 한쪽 끝은 둥글게 밀폐되어져야 한다. 밀폐된 부위는 실리콘 캡으로 보호하여 작은 충격에서 깨어지지 않아야 한다.
- ② 석영관을 통한 자외선 투과율은 90%이상이어야 한다.

(4) 전자식 안정기

- ① 전자식 안정기는 자외선램프에 필요한 전압을 안정적으로 공급할 수 있도록 설계되어야 한다.
- ② 전자식 안정기는 자외선램프와 10m이내에 설치한다.
- ③ 안정기 1개에 램프 1개를 접속하여 사용할 수 있는 구조이어야 한다.
- ④ 안정기 박스는 안정기의 수리가 용이한 구조로 설계되어야 한다.

마) UV 설계

- (1) 유량 : 658m³/d
- (2) UV조사량 : 일반 대장균 90%이상 사멸
- (3) 램프사양
 - 종류 : TUV(philips)
 - 소비전력 : 145W
 - 유효길이 : 1,470mm
 - UV-C출력: 48W
 - 석영관 투과율 : 90%

▶ 흡수계수 구하기

$$E = E_0 e^{-ax}$$

E : 투과깊이 x에서의 강도

E₀: 입사강도

a : 흡수계수

x : 투과거리

위 식에서 흡수계수는 아래와 같다.

$$a = \ln\left(\frac{E}{E_0}\right) / -x$$

① T-10 램프의 초기 자외선 강도 구하기

$$I_0 = S/A$$

S : 자외선 출력량

A : 자외선이 투과되는 면적

$$I_0 = 48 \times 0.9 \times 0.8 \times 10^6 / (2.45 \times \pi \times 147.0) = 30,561 \mu W / cm^2$$

② UV평균강도 구하기

$$I_{ave} = I_0 [(1 - e^{-ax}) / ax]$$

: 평균 자외선 강도

: 초기 자외선 강도

$$I_{ave} = 30,561 [(1 - e^{-(0.31 \times 4.5)}) / (0.31 \times 4.5)] = 16.478 \mu W / cm^2$$

③ UV조사량 구하기

$$\text{조사량(Dose)} = \text{평균강도} \times \text{반응조내 체류시간}$$

$$\text{조사량(Dose)} = 16,478 \mu\text{W}/\text{cm}^2 \times 12.91\text{sec} = 212,716 \mu\text{Wsec}/\text{cm}^2$$

▶ 반응조 유효 산정

$$\begin{aligned} 1. \text{반응조 용량} &= \text{반응조크기} \times \text{램프 길이} \\ &= 30 \times 30 \times 0.785 \times 147 \times 1 \\ &= 103,856 \text{cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2. \text{슬리브 용량} &= \text{슬리브 면적} \times \text{램프유효길이} \\ &= 2.452 \times \pi \times 147 \times 48 \\ &= 5,544 \text{cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3. \text{순 반응조 용량} &= \text{반응조 용량} - \text{슬리브 용량} \\ &= 103,856 - 5,544 \\ &= 98,311 \text{cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 4. \text{반응시간} &= \text{순반응조 용량} \div \text{유입 유량} \\ &= 98,311 \div (0.008 \times 1,000,000) \\ &= 12,91\text{sec} \end{aligned}$$

▶ 수리 계산

$$\begin{aligned} Q &= 658 \text{m}^3/\text{day} \quad \div \quad 1\text{관로} \quad = 658 \text{m}^3/\text{day} \\ &= 0.008 \text{m}^3/\text{sec} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V &= \frac{0.008 \text{m}^3/\text{sec}}{[(0.3 \times 0.3 \times 0.785) - (0.0245^2 \times 3.14 \times 0.25 \times 8)]} \\ &= 0.008 \text{m}/\text{sec} \end{aligned}$$

▶ 자외선 बैं크에 의한 수두 손실(hL1)

$$\begin{aligned} hL1 &= k \times (V2 / 2g) \times 1 \\ &= 1 \times [(0.362)/(2 \times 9.8)] \times 1 \\ &= 0.16\text{mm} \end{aligned}$$

▶ 대장균 잔존율 및 램프 수량 산정

$$\text{대장균 잔존율} = \text{Log } N1/\text{NO} = \text{Log}((N-Np)/\text{NO}) = \text{Log}(100/50,000) = -2.6$$

$$N1 = \text{입자와 결합하지 않는 대장균수} = N - Np = 175$$

$$\text{NO} = \text{인입대장균수}$$

$$N = \text{자외선살균 후 유출대장균수 (MPN/100ml)}$$

$$Np = \text{입자와 결합하여 생존하는 대장균수} = \text{CSSm} = 0.25 \times (10)^2 = 25$$

$$\blacktriangleright NL = \frac{Vp}{(Q/Wn) \times W}$$

$$= 457 \text{ l/min} / (1.1 \text{ l/min/Watt} \times 48\text{W}) = 8\text{개}$$

여기서 NL = 소요 램프 개수

$$Vp = \text{분당 유량} \text{ ---}(457 \text{ l/min})$$

$$Q/Wn = \text{적용자의전부하} \text{ ----}(1.1 \text{ l/min)/Watt})$$

$$W = \text{램프당 자외선 출력} \text{ -- (48Watt)}$$

▶ 유지 관리비 산정

- 램프 소비전력: 0.145kW/ea
- 총 소비전력 : 1.16kW
- 전력비 : 45원/kWh
- 램프 교체비 : 120,000원
- 램프수명 : 9,000HR 이상
- 연중소독시간 : 12개월

$$\begin{aligned} \textcircled{1} \text{ 연간 전력비} &= \text{총 소비전력} \times \text{연중 사용시간} \\ &= 1.16\text{kW} \times 45\text{원/kWh} \times 365\text{일} \times 24\text{시간} \\ &= 457,272\text{원} \end{aligned}$$

$$\textcircled{2} \text{ 연간램프교체비용} = (120,000 * 8) = 960,000\text{원}$$

9) 나노버블 장치

가) 본 체(BODY)

- DISINFECTION CAP. : 658m³/일
- BODY SIZE : 924L × W230
- 토출유수량 : 133L/min
- 기체흡입량 : 10L/min
- 전 력 : 400W(AC220V, 3상)

나) 설계 및 구조

- (1) 본 설비는 유수와 수직으로 설치되어지고 버블 발생시스템이 완전히 물에 잠기도록 설계되어야 하며, 여유 공간이 있어야 사후 관리시 시스템 교체할 수 있다.
- (2) MB400 버블 시스템은 기체와 액체를 기계적으로 혼합시켜 연속적으로 생성한다.
- (3) 기액의 혼합에는 펌프 동력 사용되며 유체역학적인 작용이나, 과포화에 의한 제마이크로버블화를 이용해서 마이크로 버블을 발생시킨다.
- (4) 각 설비의 연결부에 사용되는 결합부품은 뒤를림이 없는 반영구적으로 사용가능한 재료를 사용한다.

다) 나노버블 반응조

버블 와트	: 400W
수 량	: 1 식
펌 프	: 1식

라) 나노버블 반응조

- (1) 나노버블 반응조는 일정한 압력과 유속에 방해 없이 설치되어야 한다.
- (2) 나노버블 반응조에 수직으로 연결되어 볼트에 의해 고정 되어야 한다.
- (3) 외적인 충격에 의해 나노모듈 설비가 파손이 되지 않도록 설계에 반영한다.

마) 형 식

시설될 현장 조작반 형식은 설치장소 및 운전기능에 따라 다음과 같이 구성된다.

(1) POST형 OR WALL MOUNT형

- 옥내 조작반 - STS 1.2T이상
- 자물쇠가 있는 손잡이와 내부경첩을 설치하고 내부속판도 도어식으로 제작
- OUT DOOR USE, 이중 DOOR
- 펌프 ON/OFF
- 개폐장치 스위치
- 사용전압 및 전류계 Display

10) 공급 시스템

가) 일반 사항

입형 다단 원심펌프(공급펌프)를 제작함에 있어 규격, 성능 및 품질 검사에 준한다.

<표 3-14> 펌프의 구성 및 재질

NO.	품 명	재 질	비 고
1	펌프 하우징	STS 304	
2	임펠러	스테인레스 스틸(SUS304)	
3	샤프트(SHAFT)	스테인레스 스틸(SUS316)	
4	디퓨저	스테인레스 스틸(SUS304)	
5	오 링	EPDM	
6	플렌지	스테인레스 스틸(SUS304)	
7	메카니컬 셸	T.C/Carbon(Silicon-Carbide)	
8	브라켓트	GC250	

나) 펌프의 구조와 모양

펌프의 구조와 모양은 하기와 같은 구조로 이루어져야 한다.

(1) 펌프 하우징

입형 원심 다단펌프는 비 자흡식 펌프로 흡입 및 토출구가 동일선상에 있는 인라인형으로 구성되어야 한다. 펌프의 수리 및 교체를 요 할시, 배관으로부터 펌프 하우징의 분리 없이 수리 및 교체가 이루어져야한다. 플랜지 규격은 ISO 7005-2/DIN 2501로 구성되고, 녹이 발생되지 않는 스테인레스 스틸로 제작되어야 한다. 펌프 하우징에는 공기를 방출할 수 있는 에어 벤트 장치가 부착되어야 한다. 장기간 미사용에 의한 동파를 방지할 수 있는 드레인 홀이 있어야 한다. 누수를 방지하기 위하여 메카니컬-셀을 사용하여야 한다.

(2) 임펠러

축 동력을 최대한 전달할 수 있는 흡 형태가 있어야 하며, 임펠러의 간격을 유지하는 스페이서, 와셔, 잠금너트로 고정되어야 한다. 임펠러의 재질은 스테인레스 스틸(SUS304)을 기본으로 한다. 임펠러는 모터와 커플링으로 체결된 축에 조립되어야 한다.

(3) 샤프트(주축)

모터와 펌프의 축은 커플링 타입으로 연결되어야하며, 임펠러와 메카니컬-셀이 설치되어야한다. 샤프트의 재질은 스테인레스 스틸(SUS316)으로 이루어져야한다.

(4) 모 타

TEFC(전폐형 팬 냉각방식 농형 삼상 유도전동기)타입 모타로 IEC규격에 따른다.

보호 등급은 IP55이어야 한다.

절연 등급은 F등급이어야 한다.

최대 주위 온도는 40℃이고, 사용전압은 표준 전압에 적합하여야 한다.

(5) 메카니컬-셀

메카니컬-셀은 Carbon/Silicon-Carbide 재질로 구성되어야 한다.

순환수의 최고 사용온도는 120℃이고 최대 40%혼합 용액(에틸렌 글리콜혼합수) 까지 사용이 가능하여야 한다.

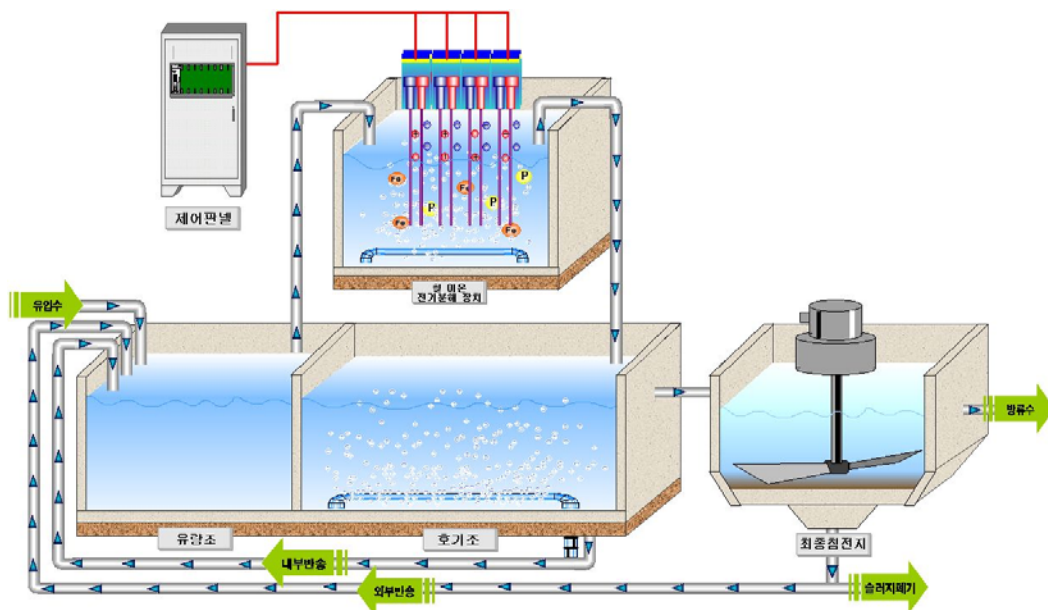
3. FDA시스템을 활용한 농촌지역 인 제거시스템 개발

FDA 인 제거 시스템은 FDA 요소기술을 활용하여 농촌지역에 위치한 마을하수처리장 등에서 별도의 인처리가 필요할 경우 적용할 수 있는 시스템을 개발하였다. 인 제거 시스템은 특허를 등록하였으며 기술권보호를 위해 현재 미국에 국제특허를 출원중에 있다.

시작품은 경북 군위군 마을하수처리장에 시범설치하여 현재 운영중에 있다.

가. 공정 개요

인 제거 시스템은 유량조, 철이온 전기분해장치, 호기조, 침전조, 방류조로 구성된 공정으로 전기분해조인 철이온 전기분해장치에 정격직류전압을 적용한 철판을 침지하여 철 극판에서 석출된 철에 의해 인을 제거하는 기술이며 혐기조가 없이 철이온 전기분해장치에서 석출된 철을 이용하여 인을 제거하므로 인제거 효율이 높고, 적은부지에서도 하수의 유기물 및 인을 제거하는 고도처리기술 이다.



<그림 3-56> 인제거 시스템 모식도

나. 공정 원리

1) 인 제거원리

○ 철이온의 석출

전기화학적 용해작용으로 직류전류를 통하게 하여 계속적으로 양극 철판에서 철이온을 석출

- 철이온의 산화
철석출장치의 산소(O₂)와 결합하여 3가 철(Fe³⁺)로 전환됨
- 화학적 반응에 의한 인제거
철이온과 용해성인이 결합되어 제거되는 화학적 반응에 의한 인의 제거
- 물리적 반응에 의한 인제거
석출된 철이온이 산소와 결합하여 형성된 입자상 철표면에 인이 흡착되어 제거되는 물리적 반응에 의한 인의 제거

2) 철이온 전기분해장치 특징

- 철판의 +, -극을 일정한 시간주기로 전환시키므로 철판 표면에 스케일이 생성되지 않음
- 약품투입 없음
- 가격이 저렴한 재질인 SS41의 철판 사용
- 높은 인제거효율
- 낮은 전류와 전압으로 유지관리비 저렴

3) 단위 공정별 특징

유량조	<ul style="list-style-type: none"> ■ 유량조정 공정 <ul style="list-style-type: none"> ▸ 유량의 균등 및 수질의 균등화 ▸ 접촉속기조 충격부하 완화
철이온 전기분해장치	<ul style="list-style-type: none"> ■ 인제거를 위한 철석출 <ul style="list-style-type: none"> ▸ 철판 전기분해를 이용한 철석출 ▸ 석출된 철이 전체반응조에서 인과 반응하여 인제거
호기조	<ul style="list-style-type: none"> ■ 유기물 산화, 질산화 공정 및 석출된 철에 의한 인제거 <ul style="list-style-type: none"> ▸ 유기물질 산화와 동시에 석출된 철에 의한 인제거 ▸ 질소성분의 질산화
침전조	<ul style="list-style-type: none"> ■ 미생물 침전 공정 <ul style="list-style-type: none"> ▸ Floc화된 활성오니를 조정에 침전 ▸ 침전슬러진 인발
방류조	<ul style="list-style-type: none"> ■ 처리수 공정 <ul style="list-style-type: none"> ▸ 최종 처리수를 수조에 저장 ▸ 방류수 채수

라. 설계 계산

1) 유량조

가) 기능 : 유입된 오수를 일정시간 저류시켜 유량조절하여 유량의 균등화로 호기조로 유입되는 오수의 충격부하를 줄일 수 있다.

나) 설계기준 : 오수처리시설에 유입되는 오수량은 최소 저류하거나 침전 분리시킬 수 있어야 한다.

$$T = V / Q$$

$$V = T * Q$$

$$V = 1\text{min} * 5\text{m}^3/\text{day} * 1\text{day}/ 24\text{hr} \\ = 0.2\text{m}^3$$

2) 철이온 전기분해장치조

가) 기능 : 철판에서 석출된 철 이온과 유입수 중의 용해성 인산염이 반응하여 불용성 침전물형태로 제거된다.

나) 설계용량 :

철판 소요수량 NS (ea)-실험식	
NS	= $\frac{(C_i - C_o) \times (1 - R_e) \times Q \times 2}{a}$
a	48 gPO ₄ -Pre/module-day (실험치)
=	
R _e	= 10% (생물학적인제거율)
NS	= 2 (ea)

3) 호기조

가) 기능 : 오·하수가 균등하게 접촉할 수 있는 구조이며, 산기장치를 설치하여 조내의 오·하수를 균등하게 교반하여 DO를 2ppm 이상 유지될 수 있도록 충분한 산소를 공급하여야 함. (호기성 오니의 활성화를 위해)

나) 폭기 방법 : 완전혼합 연속 폭기

A. 호기조 산소 필요량을 계산하면,

$$\begin{aligned} O_2 &= A \times L_r + b \times S_a \\ &= 0.5 * 12.04 + 0.07 * (0.95 * 4,000\text{mg}/\ell / 10^{-3} * 0.7) \\ &= 6.21 \text{ kg} \cdot O_2 / \text{day} \end{aligned}$$

여기서, O_2 는 산소요구량 ($kg \cdot O_2 / Day$)

A는 BOD 제거에 관계되는 계수 0.5 ($kg \cdot O_2 / kg \cdot BOD$)

Lr은 BOD 제거량 (12.04 kg / day)

B는 MLVSS (호기조 혼합액의 유기성 슬러지)의 산소요구량에 관계되는 속도계수 0.07적용

($kgO_2 / kgMLVSS \cdot day$)

Sa는 MLVSS(호기조 혼합액의 유기성 슬러지)량 (kg)

$$MLVSS = \text{호기조 용량} \times 4,000mg/l \times 10^{-3} \times 70\%$$

B. 공기량

표준상태에서 단위공기중의 산소의 무게는 $0.277 kgO_2 / m^3$

$$6.21 kg \cdot O_2 / day \div 0.277 kgO_2 / m^3 = 22.41 m^3/day$$

C. 호기조에서 다공성 산기관의 산소 용해율을 약 8%로 가정하면

$$22.41 m^3/day \div 7\% = 320.1 m^3/day$$

$$= 13.34 m^3/day$$

$$= 0.22 m^3/day$$

산기관을 $0.1 m^3/min$ 으로 제공하는 개수를 구하면,

$$0.22 m^3/min \div 0.1 m^3/ea = 2.2EA \text{ 이상 설치}$$

D. 부대 시설

① 산기관 (DISC TYPE) ----- 2EA

② 송풍 Blower (폭기용) ----- 1SET

4) 침전조

가) 기능

호기조로부터 이송되어 온 유출수에는 활성 슬러지가 다량 부유하고 있다.

이 슬러지를 조속히 침전 분리시켜 침전된 슬러지는 호기조로 반송시키고 처리된 상등수는 방류조로 방류한다.

나) 설계용량 :

필요한 체적에서 침전조의 상부분을 제외한 유효용량을 구하면

$$A = C * L$$

$$= 0.2 * L m$$

$$L = 1.0m$$

$$\text{침전조 길이}(L) = 1.0 m$$

$$\text{침전조 용량} = 0.5m^3$$

다) 부대 시설 :

- 활성슬러지 이송장치 (외부반송 배관) ----- 1식
- 침전오니 이송장치 (SRT: 폐기슬러지) ----- 1식

5) 처리효율 산출

- 처리 공법 : 호기공정에서 철이온 전기분해장치를 이용한 인 제거 공정
- 처리 용량 : 5m³/day
- 처리효율계산

<표3-15> 처리효율 산출

항 목 반응조	T-P	
	처리효율(%)	농도((mg/ ℓ)
유 량 조(유입수)	-	1.2
철이온 전기분해장치조	58	0.5
호 기 조	58	0.5
침 전 조	83	0.2

마. FDA 인제거 시스템 시작품 제작 및 현장설치

본 연구에서 개발한 FDA 인제거 시스템의 현장적용을 통한 기술검증을 위해서 경북 군위군내에 위치한 효령문화마을 하수처리장에 시작품을 제작하여 설치하였다.

- 시작품 내역
 - FDA 인제거 시스템 1조(일 처리량: 50m³/day)
 - 인처리 시스템 후레임(STS 재질, 4.0L×1.7H×8.0W)
 - 전기분해모듈 장치(3.0L×2.5W)
 - DO 공급 링브로워 및 펌프
 - FDA 시스템 제어반 1조
 - 제작 및 설치 : (주) 블루인바이로먼트엔텍(참여기업)

○ 현장사진



<그림 3-57>설치대상마을(문화마을)



<그림 3-58>오수처리시설 개요도



<그림 3-59>설치지역 전경



<그림 3-60>오수처리시설 전경

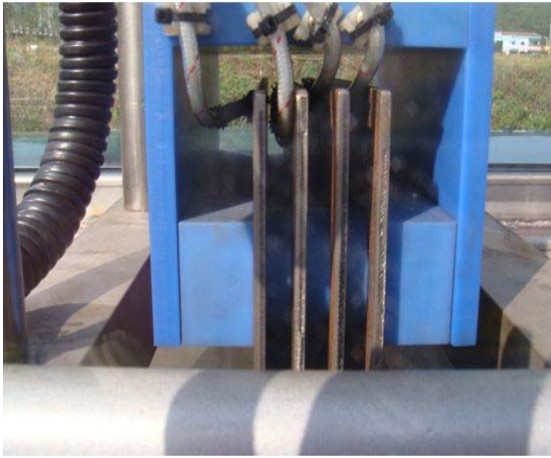


<그림 3-61>설치대상부지

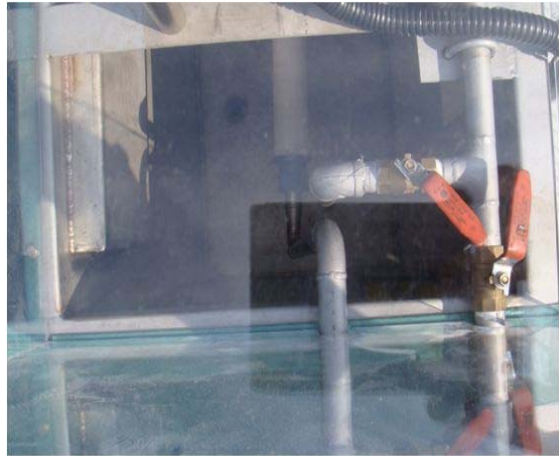


<그림 3-62>방류수로

○ 시작품 제작사진



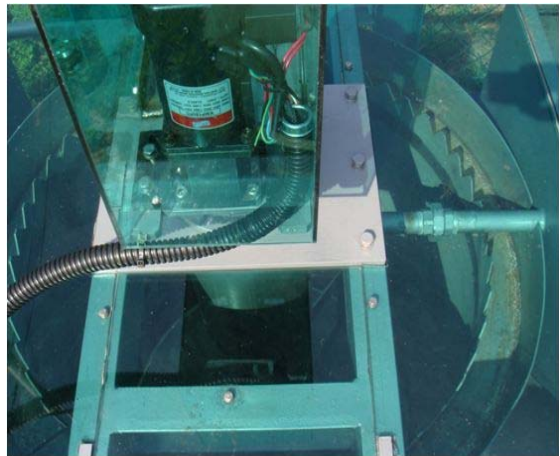
<그림 3-63>철전기 이온 모듈 시스템



<그림 3-64>유입 (유량조)



<그림 3-65>호기조



<그림 3-66>종침조



<그림 3-67>방류조



<그림 3-68>Air 콤프레샤



<그림 3-69>링브로워



<그림 3-70>철이온 모듈 세척 장치



<그림 3-71>후레임



<그림 3-72>반응조



<그림 3-73>교반기



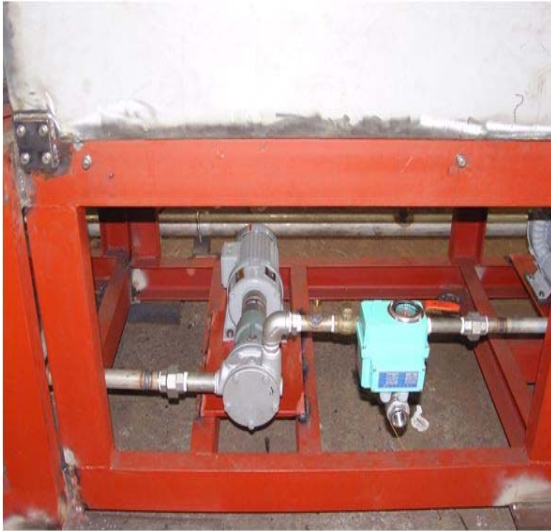
<그림 3-74>종침조 교반 연결부분



<그림 3-75>종침조 아래 호퍼



<그림 3-76>유입펌프



<그림 3-77>반송 펌프 및 자동 인발 펌프



<그림 3-78>호기조 산기기관 및 밸브

○ 시작품 현장설치



<그림 3-79>시스템 현장설치 완료후 모습

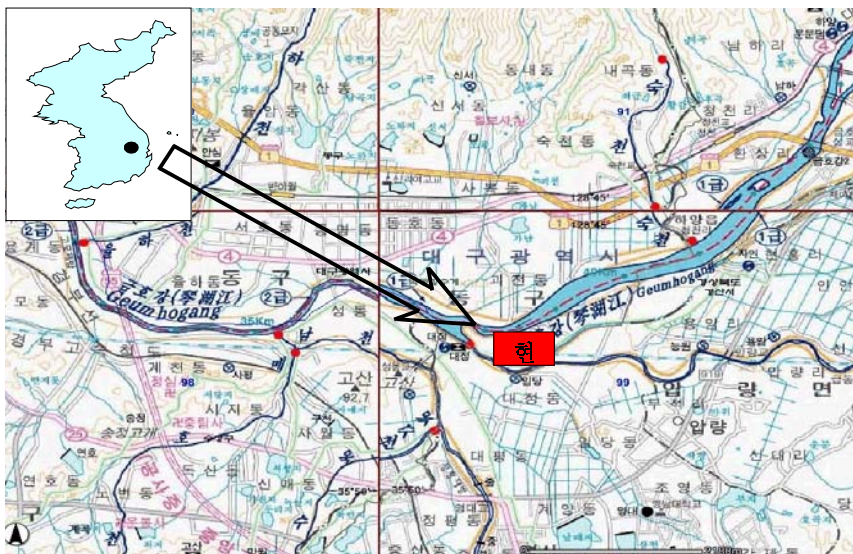
제4절 시설용수 공급시스템 현장적용성 평가

1. 1차 소규모전용 FDA시스템 설치 및 적용성 평가

가. 시설용수 공급시스템 설치 대상지점

FDA 시스템 현장 적용성 평가를 위해 시작품 설치 대상지점으로 대구광역시 동구 안심 4동 186~188번지에 위치한 토마토 시설재배 농장을 선정하였다. 이 지점은 낙동강의 지류인 금호강 유역에 위치하며<그림 3-80> 주작물로 토마토를 토경 재배하는 시설단지이다. 본 대상지점 주변의 영농현황은 안심 4동 대부분이 깻잎, 엽면채소류의 시설재배단지 이거나 대단지의 연근재배를 하고 있으며, 토마토 시설 재배는 본 농가를 포함하여 약 3곳에서 이루어지고 있다. 본 대상지점 농가의 연간 매출액은 해마다 차이는 있으나 평균 7~8천만원 정도의 수익을 올리고 있는 것으로 파악되었다.

FDA시스템 현장 적용성 평가를 위하여 이 지점을 선택한 이유는 대상지점의 위치가 경산의 도시 생활폐수 유입이 가능한 하류지역으로써 비점원오염 위험에 노출된 지점이고, 따라서 관개원수의 수질이 낮아 고품격·친환경 (GAP) 농산물 생산을 하여 고소득을 창출하기에는 어려움이 있는 곳이다. 또한 영농편의면에서 볼 때 이 지점은 상수도 시설이 전혀 되어 있지 않은 곳으로 음용수는 직접 마을에서 운반해 와야 하며, 그 외 세정용수 등은 모래여과기만을 거친 관개수를 그대로 사용하고 있는 실정이다. 따라서 깨끗한 편의용수를 사용하기에는 어려움이 있을 뿐만 아니라 수질오염을 통한 병원균에 매우 취약한 여건을 가지고 있다. <그림 3-81>은 FDA 시스템 현장 적용성 평가 대상지점 전경을 나타내고 있다.



<그림 3-80> FDA 현장 적용성 평가 대상지점



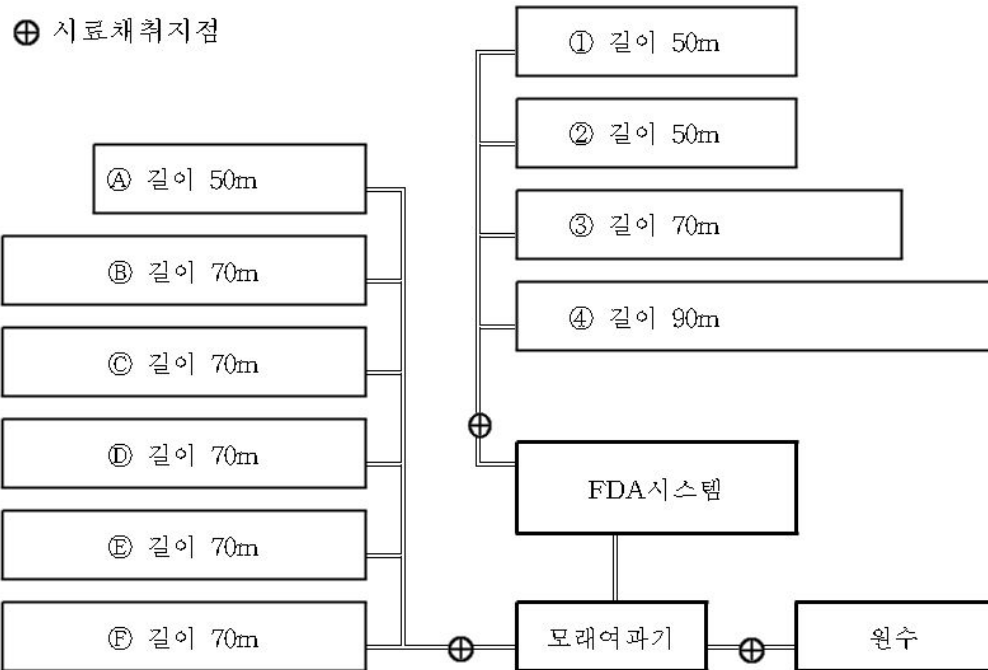
<그림 3-81> FDA 시스템 현장 적용성 평가 대상지점 전경

나. 시설용수 공급시스템 평가지점 사전조사

시설용수 공급시스템 시제품 개발에 기본 자료로 사용될 평가지점의 시설재배 현장여건 파악을 위하여 대상지점에 대한 전반적인 사전조사를 실시하였다. 본 대상지점의 시설재배 및 관개 현황은 표 1과 같다. 대상지역의 주 재배작물은 토마토이며, 전체대지면적 2,700평 중 재배면적은 1,200평으로 6m관정을 이용한 금호강 지표수를 관개수로 이용하고 있었다. 관개방법은 점적관개로써 3인치 양정의 모래여과기를 사용하고 있었다. 시설동의 배치 및 현황은 <그림 3-82>와 <표 3-17>에 상세히 나타내었다.

<표 3-16> 대상지점 시설제배 및 관개 현황

주재배작물	재배면적	시설동수	관 개 수	1회 관개수량	관개방법
토마토	3,967m ² (1,200 평)	10개	지표수 (6m 관정)	0.4m ³ /(6.3m×50m)	3인치 양정, 모래여과기를 이용한 점적관개



<그림 3-82> 시설동 배치도

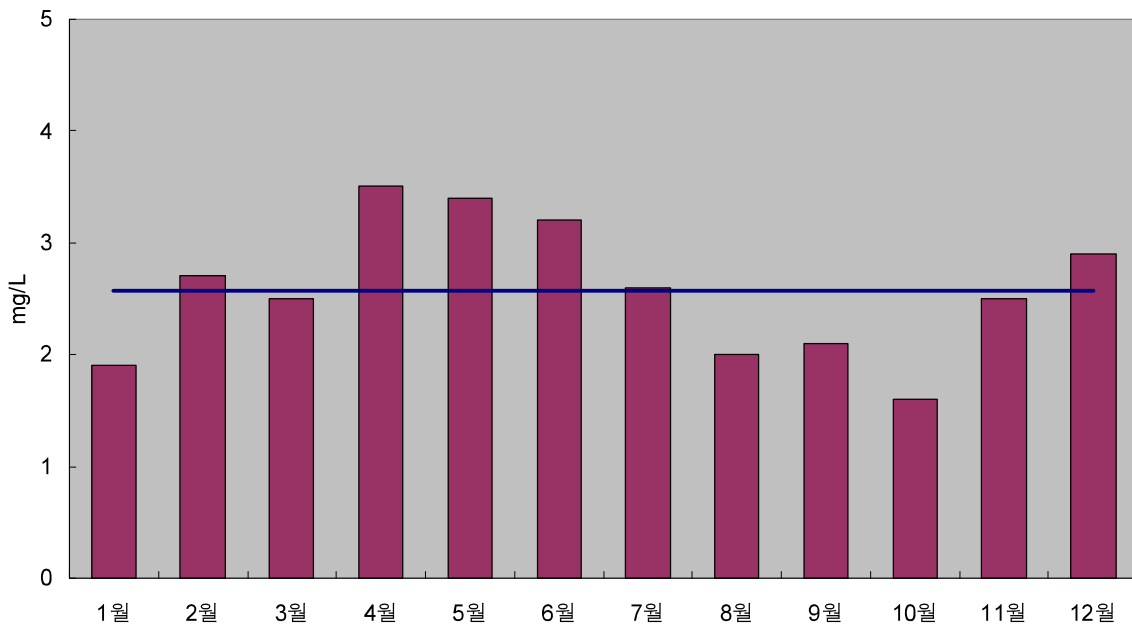
<표 3-17> 시설동 현황

FDA시스템 용수 적용 시설동			원수 적용 시설동		
명칭	포장크기	재배작물	명칭	포장크기	재배작물
①	6.3m×50m	고추	Ⓐ	6.3m×50m	고추
②	6.3m×50m	토마토	Ⓑ	6.3m×70m	토마토
③	6.3m×70m	토마토	Ⓒ	6.3m×70m	토마토
④	6.3m×90m	토마토	Ⓓ	6.3m×70m	토마토
			Ⓔ	6.3m×70m	토마토
			Ⓕ	6.3m×70m	고추

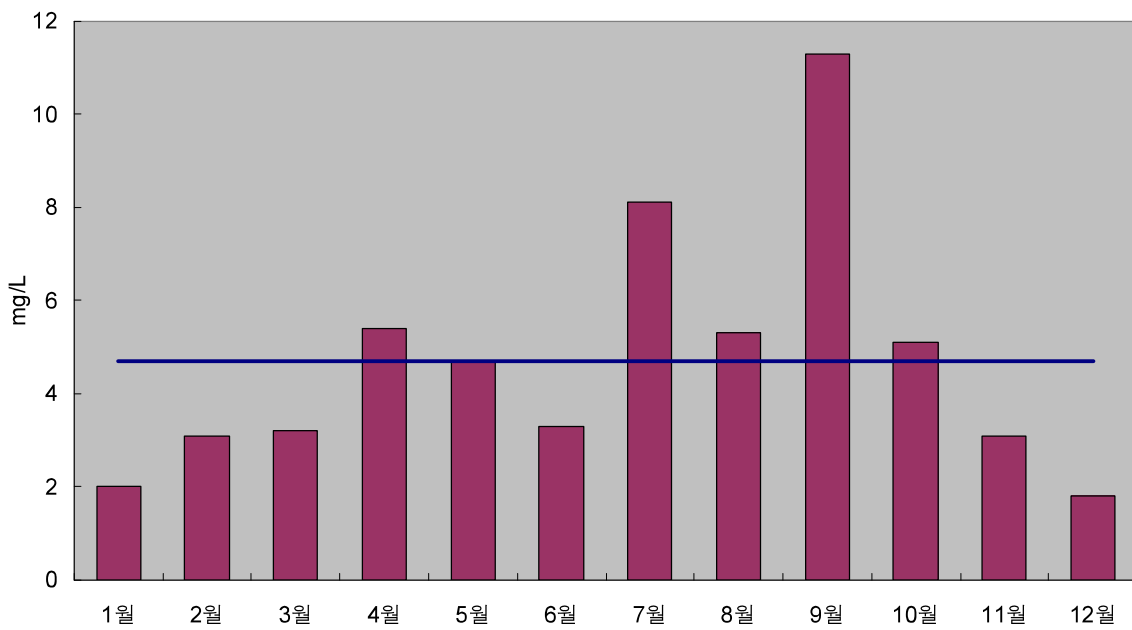
또한 대상지점의 대략적인 수질오염현황을 사전에 파악하기 위하여 대상지점 근처의 환경부 금호강 수질측정(금호강 3지점) 자료를 대구지방환경청으로부터 수집하였다. <표 3-18>은 금호강 3지점의 2007년 월평균 수질측정값을 나타내며, <그림 3-83~85>는 측정된 수질 항목 중 BOD, SS, 총대장균군의 월평균 양상을 각각 나타낸다. <표 3-18>에서 볼 수 있듯이 대상지점보다 약간 하류에 위치한 금호강 3지점의 수질은 중금속 오염은 전혀 없었으며, SS도 비교적 양호하고 BOD 항목을 기준으로 볼 때 하천수 수질등급에서 2급수 정도를 나타내고 있었다. 그러나 이 지점은 대장균군의 수만은 의외로 많았는데, 이는 대상지점 하류부에 위치한 돈사의 영향 때문인 것으로 판단된다. <그림 3-83>의 BOD 는 연중 4, 5월에 가장 높은 값을 나타내었으며 8, 9, 10월에 연평균보다 낮은 값을 기록하였다. <그림 3-84>에서 나타낸 SS는 월평균값이 달마다 차이를 많이 보였으며, 특히 홍수가 있는 달은 연중 가장 높은 값을 나타내었다. <그림 3-85>의 총대장균군의 경우는 2, 3월 달을 제외하고는 대체적으로 연중 비슷한 오염정도를 나타내었다.

<표 3-18> 금호강 3지점 수질오염정도 (대구지방환경청, 2007)

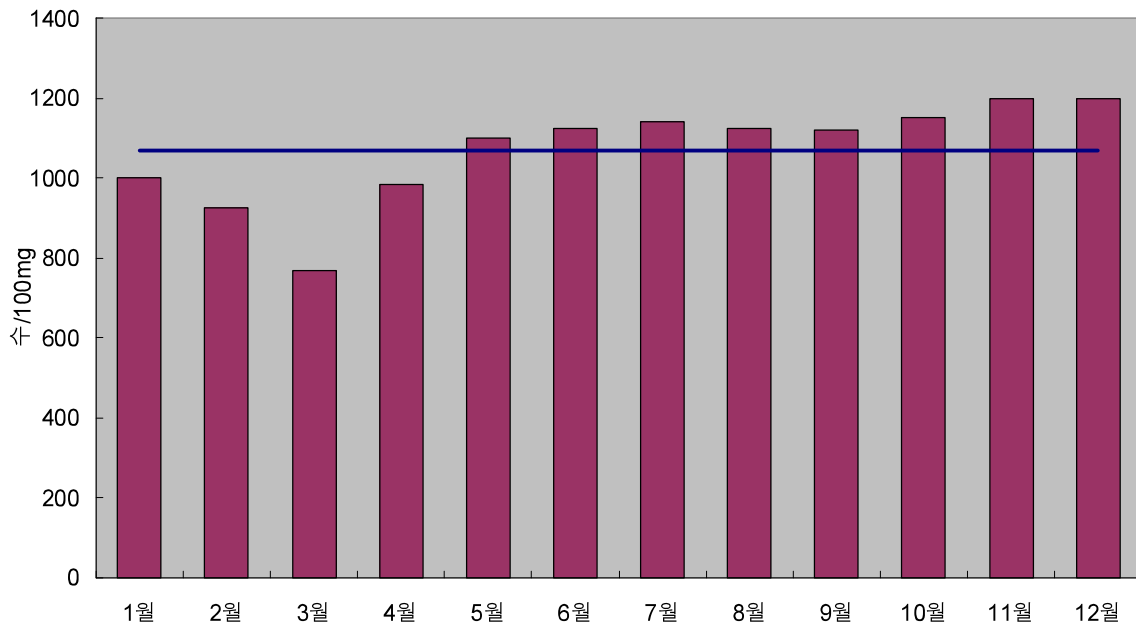
년/월	BOD	SS	총대장균군	카드뮴	시안	납	6가크롬	비소	수은	구리
	mg/L	mg/L	수/100ml	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
2007/01	1.9	2	1000	0	0	0	0	0	0	0
2007/02	2.7	3.1	925	0	0	0	0	0	0	0
2007/03	2.5	3.2	768	0	0	0	0	0	0	0
2007/04	3.5	5.4	984	0	0	0	0	0	0	0
2007/05	3.4	4.7	1100	0	0	0	0	0	0	0
2007/06	3.2	3.3	1125	0	0	0	0	0	0	0
2007/07	2.6	8.1	1140	0	0	0	0	0	0	0
2007/08	2	5.3	1125	0	0	0	0	0	0	0
2007/09	2.1	11.3	1120	0	0	0	0	0	0	0
2007/10	1.6	5.1	1150	0	0	0	0	0	0	0
2007/11	2.5	3.1	1200	0	0	0	0	0	0	0
2007/12	2.9	1.8	1200	0	0	0	0	0	0	0
평균	2.575	4.7	1069.75	0	0	0	0	0	0	0



<그림 3-83> 금호강 3지점의 월평균 BOD



<그림 3-84> 금호강 3지점의 월평균 SS



<그림 3-85> 금호강 3지점의 월평균 총대장균군

다. FDA 시스템 시작품 설치 및 모니터링

본 대상농가에서는 점적관개를 원활히 하기위해 원수를 한번 걸러주는 단계로 단순한 모래여과기만을 사용하고 있었다. <그림 3-86>은 대상지점 농가에서 기존에 사용되고 있었던 지표수 모래여과기를 보여준다. 여기에 FDA 시스템 시작품을 연결하여 설치한 후 수질모니터링을 통해 현장에서의 시작품 성능테스트를 실시하였다. <그림 3-87>은 대상농가에 설치된 FDA시스템 시작품의 모습을 나타내며, <그림 3-88>은 FDA 시스템 시작품과 기존의 모래여과기의 연결된 상태를 보여준다. FDA 시스템 시작품의 설치가 완성된 시점은 2008년 2월초로써 그때부터 2주 간격으로 수질모니터링을 실시하고 있다. <표 3-19>는 FDA 시스템 시작품의 시스템 구성과 사양 및 내용을 나타낸다.

<표 3-19> FDA 시스템 시작품의 사양 및 내용

시스템 구성	사양 및 내용
1차 여과필터	9m ³ /hr
2차 여과필터	9m ³ /hr
자외선 살균 물탱크	25m ³ /hr
자외선 살균 물탱크 저수량	1.15m ³ (ϕ 1.0m × H 1.47m)
처리수 이송펌프	2마력 육상펌프



<그림 3-86> 기존에 사용하고 있던 모래여과기



<그림 3-87> FDA시스템 시작품 설치



<그림 3-88> FDA 시스템과 기존의 모래여과기의 연결된 상태

라. 시설용수 공급시스템 시작품 평가 및 분석

FDA시스템 시작품 평가를 위해 수질분석을 실시함과 동시에 FDA시스템 자체의 문제점과 사용상 애로사항을 조사하였다.

<표 3-20> 수온과 전기전도도

번호	일시	측정항목	시료채취지점		
			원수	모래여과기 통과수	FDA시스템 통과수
1	2007년 12월 21일 13:00	수온(°C)	17.6	16.4	12.8
		전기전도도 ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	934	925	928
2	2008년 2월 12일 11:00	수온(°C)	14.5	16.6	9.2
		전기전도도 ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	931	937	914
3	2008년 2월 19일 10:00	수온(°C)	9.6	12.2	14.1
		전기전도도 ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	839	883	885
4	2008년 3월 7일 10:00	수온(°C)	10.0	12.5	11.6
		전기전도도 ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	839	808	1568
5	2008년 3월 21일 10:00	수온(°C)	16.3	13.1	15.1
		전기전도도 ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	808	816	1107

먼저 수질평가를 위한 모니터링 작업은 FDA 시스템 시작품 설치 전 원수의 확인을 1회 실시하였으며, 시작품이 완전히 설치 된 2월 12일부터 2주 간격으로 수질모니터링을 실시하였다. 본 연구에서는 FDA 시스템 수질정화능력 평가를 위해 당초 수질평가항목으로 계획하였던 BOD, SS, 탁도, 대장균군 외에도 중금속 (납, 구리, 수은, 비소, 시안, 카드뮴, 6가크롬) 오염여부까지 평가하였다.

그 외에도 수온과 전기전도도도 함께 측정하였다. 수질모니터링을 위한 시료 채취는 원수와 1차 필터링 역할을 하는 모래여과기의 통과수, 그리고 최종적으로 FDA시스템 통과수를 각각 채취하여 분석하였다. 보고서 작성 현재 수질평가작업은 5회 정도 실시되었으며, 마지막 샘플은 현재 수질분석 중이다. <표 3-21>은 수질샘플채취일시와 측정된 수온 및 전기전도도를 보여주고 있다. <표 3-22~24>는 수질평가분석결과를 나타낸다.

<표 3-21> 제1차 수질분석결과 (2007년 12월 21일 실시)

구분		시료채취지점
시험항목	단위	원수
부유물질(SS)	mg/L	0.4
BOD	mg/L	0.5
총대장균군	수/100mL	0
탁도	NTU	0.67

<표 3-22> 제2차 수질분석결과 (2008년 2월 12일 실시)

구분		시료채취지점		
시험항목	단위	원수	모래여과기 통과수	FDA시스템 통과수
납(Pb)	mg/L	0.00	0.00	0.00
비소(As)	mg/L	0.00	0.00	0.00
수은(Hg)	mg/L	-	-	-
카드뮴(Cd)	mg/L	0.000	0.000	0.000
6가크롬(Cr+6)	mg/L	0.00	0.00	0.00
구리(Cu)	mg/L	0.00	0.025	0.012
시안(CN)	mg/L	0.00	0.00	0.00
부유물질(SS)	mg/L	0.2	0.1	0.1
BOD	mg/L	0.2	0.2	0.1
총대장균군	수/100mL	0	0	0
탁도	NTU	1.41	0.89	0.21

<표 3-23> 제3차 수질분석결과 (2008년 2월 19일 실시)

구분		시료채취지점		
시험항목	단위	원수	모래여과기 통과수	FDA시스템 통과수
납(Pb)	mg/L	0.00	0.00	0.00
비소(As)	mg/L	0.00	0.00	0.00
수은(Hg)	mg/L	-	-	-
카드뮴(Cd)	mg/L	0.000	0.000	0.000
6가크롬(Cr+6)	mg/L	0.00	0.00	0.00
구리(Cu)	mg/L	0.013	0.049	0.006
시안(CN)	mg/L	0.00		
부유물질(SS)	mg/L	1.6	1.2	0.4
BOD	mg/L	0.7	0.7	0.5
총대장균군	수/100mL	0	0	0
탁도	NTU	6.02	0.74	0.73

<표 3-24> 제4차 수질분석결과 (2008년 3월 7일 실시)

구분		시료채취지점		
시험항목	단위	원수	모래여과기 통과수	FDA시스템 통과수
납(Pb)	mg/L	0.00	0.00	0.00
비소(As)	mg/L	0.000	0.000	0.000
수은(Hg)	mg/L	0.0000	0.0000	0.0000
카드뮴(Cd)	mg/L	0.000	0.000	0.000
6가크롬(Cr+6)	mg/L	0.00	0.00	0.00
구리(Cu)	mg/L	0.006	0.022	0.000
시안(CN)	mg/L	0.00	0.00	0.00
부유물질(SS)	mg/L	5.8	1.3	1.0
BOD	mg/L	1.3	1.2	0.9
총대장균군	수/100mL	0	0	0
탁도	NTU	16.3	2.3	0.4

<표 3-21~24>까지의 결과를 분석한 바 본 대상지점의 원수자체는 깨끗하였으며, 특히 중금속의 오염이 거의 없는 상태였다. 원수의 SS와 탁도는 최대치가 각각 5.8

mmg/L와 16.3 NTU로 나타났으며, 이는 청정용수로 사용하기에 약간의 문제가 될 수가 있겠으나 그리 심각한 정도는 아닌 것으로 판단되었다. 모래여과기의 통과수와 FDA 시스템 통과수를 비교하여 본 결과 최종적으로 FDA 시스템을 통과한 용수가 깨끗하게 정화된 상태를 나타내었으며, 원수에서 약간의 문제가 되었던 SS와 탁도도 마지막 단계를 거치면서 월등히 좋아진 것을 알 수 있었다. 여기서 특이한 사항은 구리의 경우 모래여과기를 통과한 용수가 원수보다 더 높은 수치를 나타내었는데 이는 모래여과기 자체의 노후로 인해 발생한 문제인 것으로 사료되었다.

위 결과를 볼 때 FDA시스템의 수질정화능력은 가능성을 보여주고 있으며, 1차년도에 시작품의 제작시간이 오래 걸려 많은 수질분석을 할 수 없었으나 추후에는 더 다양한 수질분석을 진행하여 FDA시스템의 수질정화능력을 좀 더 정밀하게 평가할 계획이다.

마. 시설용수 공급시스템 검토 및 개선방안 수립

현장적용성 평가에서 성능 분석 외에 실제 수요자의 의견을 모니터링 함으로써 사용자 입장에서의 불편한 점 및 개선되어야 할 문제점을 파악하고 현장의 시스템 성능 모니터링 분석 및 수요자 의견 모니터링 결과를 통하여 최적의 시스템 보안을 추진함으로써 수요자의 요구를 충족하는 제품 개발이 되도록 개선방안을 수립코자 하였다. <표 3-25>는 지금까지 조사된 FDA시스템 자체의 문제점과 운영상의 문제점을 나타내고 있다. 현재까지 발견된 가장 큰 문제점은 저수조내의 수온유지 문제이며, 그 외에 용량문제, 밸브 작동문제, 누수현상, 역류현상, 수압 등의 문제들이 파악되었다. 이러한 문제는 추후 완벽하게 해결할 수 있을 것으로 본다. 사용상의 문제점은 앞에서 열거한 시스템 자체의 문제점이 해결되면, 크게 문제될 내용이 없을 것으로 판단되며, 2차년도 영농편의용수를 제공하기 위한 보다 심도 깊은 연구가 이루어지면, 본 시스템은 고품질의 친환경 농산물 생산을 위한 양질의 용수 공급은 물론 영농작업 및 기타 농촌지역에서 발생하는 용수수요에 대해 편의 및 위해성에 대한 안전을 확보할 수 있는 영농편의용수 공급이 가능할 것으로 사료된다.

<표 3-25> FDA시스템 문제점 및 결과조치

문제점	결과조치
조사시점: 2008년 1월 16일	
FDA시스템 전기배선 문제 온도계 설치 필요 (총 7곳) : 원수 유입구, 저수조탱크 유출구,	전기배선 점검 수온계 설치 (총 6곳) 탱크 유출구에 양액시설 설치

<p>FDA시설재배단지 용수배출구 4곳 양액시설 필요 저수조 내 자외선 램프 설치위치 변경 필요</p>	<p>자외선램프 현행 도로 유지 농장작업일지 작성요망 (관개시간/간격, 관개시 수온, 비료종류/량)</p>
<p>조사시점: 2008년 2월 12일</p>	
<p>FDA 시스템 본체의 주작동 스위치 이상 - 자동상태인 경우 물이 지속적으로 탱크로 유입되어 결국 넘쳐흐름 급수밸브 off시 자외선 램프 off - 살균작업의 문제 기온강하시 저수조 및 배출구 모터 동결문제 저수조의 온도계 위치 수정 필요 : 실제 저수조 내의 수온보다 약 10℃ 높게 측정 됨 탱크와 관로 접착부의 누수현상발생 평상시 용수사용이 없을 때 탱크속 물이 원수 유입구로 역류되는 현상 발생 컨트롤박스에서 자동스위치와 수동스위치의 설치위치변경</p>	<p>저수조 및 배출구 모터 보온대책 모색 현장방문 점검 (밸브누수, 역류현상, 자외선 램프작동 관계, 콘트롤 박스 스위치 점검)</p>
<p>조사시점: 2008년 2월 19일</p>	
<p>저수조 내의 수온 유지 불가능 문제 : 새벽(0℃), 일출 후 (3℃), 오전 10시(9℃) 배관 전체 누수</p>	<p>저수조의 수온유지(보온) 대책 검토 누수점검</p>
<p>조사시점: 2008년 3월 7일</p>	
<p>저수조 용량 부족 - 관개시간이 3~4분 정도 밖에 안됨 : 최소한 작물에 적절한 관개를 위해서는 관개시간이 20분 정도 필요(약 10t 이상) 수압부족으로 포장 내의 관안에만 물이 차고 실제 포장에는 관개가 거의 안됨 → 이후 펌프 작동 off되고 관로 내의 물이 포장에 흐름 → 다시 저수조에 물을 채우고 작동시 관로 내에 물이 차고 실제 관개량은 적음 → 펌프 off되고 관로 내의 물이 포장에 흐름 : 그래서 포장내의 지대가 낮은 일부에는 물이 넘쳐흐르고 전체적으로 일정한 관개가 이루어지지 않음. 실제 수온과 온도계의 끝 부분에서 측정되는 수온의 차가 큼.</p>	<p>일정수압이 작동되도록 조치 보조 저수조 설치 모색 온도계 설치위치 수정: 관내 온도계 설치</p>
<p>조사시점: 2008년 3월 21일</p>	
<p>FDA시스템 저수조에 저장된 용수의 이끼가 발생</p>	<p>빛이 통과되는 부분이 있는지 점검 저수조내의 자외선램프의 살균영역 파악</p>

2. 2차 소규모전용 FDA시스템 설치 및 적용성 평가

가. FDA 시스템 현장 적용성 평가지점

- 장 소: 대구광역시 북구 팔달동 314번지. 금호강 하류지점에 위치
- 재배작물: 엽면채소(배추) 시설재배지
- 기존시설용수 공급원: 금호강 하류
- 관개용수 공급방법: 살수관개
- 대상지점 선택이유: 대상지점의 위치가 대구의 도시 생활폐수 유입이 가능한 금호강 하류지역으로써 비점원오염 위험에 노출된 지점이고, 금호강 하천수를 양수하여 수로에 일시적으로 가두어 두고 관개하므로 생활폐수의 유입으로 인해 관개원수의 수질이 매우 낮은 지역임. 따라서 시설재배를 위한 청정용수 공급에 어려움이 있는 지역임. 또한 영농편의면에서 이 지점은 상수도 시설이 전혀 되어 있지 않는 곳으로 음용수는 직접 마을에서 운반해 와야 하며, 그 외 세정용수 등은 하천수를 그대로 사용하고 있어 수질오염을 통한 병원균에 매우 취약한 여건을 가지고 있음.



<그림 3-89> FDA 현장 적용성 평가 대상지점



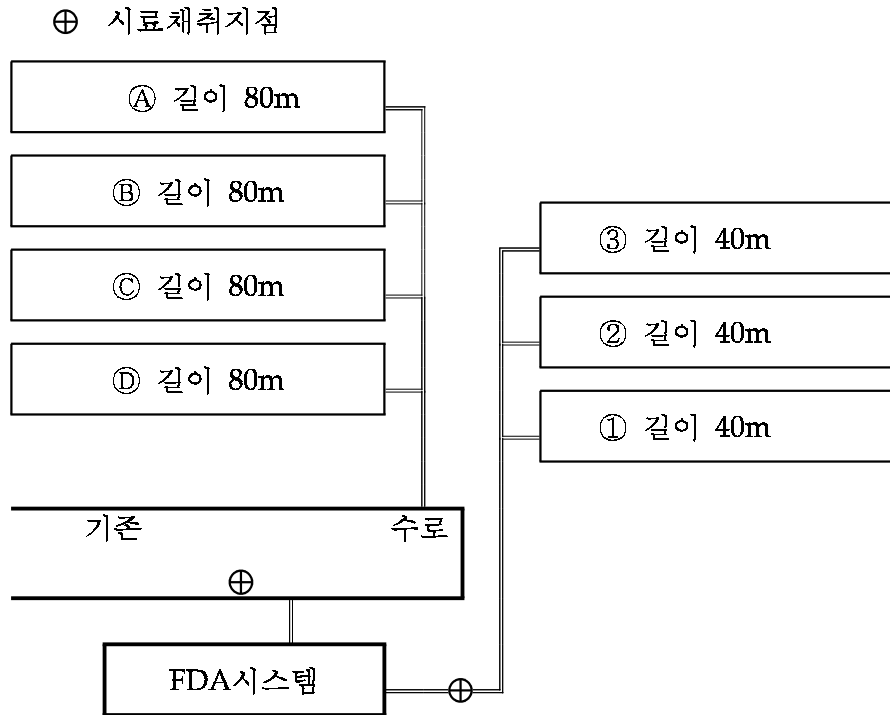
<그림 3-90> FDA 시스템 현장 적용성 평가 대상지점 전경

나. FDA 시스템 시작품 설치

- FDA시스템 시작품 현장적용 면적: 780m² (236평)
- 기존 용수공급 방법: 2마력 양수기를 이용하여 금호강 하천수를 양수
- 관개횟수: 동절기- 한달에서 한달보름정도에 1회 관개, 배추의 경우(재배기간 약 70일정도) 1~2회 관개, 하절기 - 10일에 1회 관개

<표 3-26> 대상지점 시설재배 및 관개 현황

주재배작물	적용면적	시설동수	관 개 수	관개방법
열무 배추	780m ² (236평)	3개	하천수 1회 관개량 (15mm/m ²)	살수관개 여과기 사용 안함



<그림 3-91> 시설동 배치도

<표 3-27> 시설동 현황

FDA시스템 용수 적용 시설동			원수 적용 시설동		
명칭	포장크기	재배작물	명칭	포장크기	재배작물
①	6.5m×50m	배추	Ⓐ	6.5m×50m	배추
②	6.5m×50m	배추	Ⓑ	6.5m×50m	배추
③	6.5m×50m	배추	Ⓒ	6.5m×50m	배추
			Ⓓ	6.5m×50m	배추

○ FDA 시스템 시작품 설치



<그림 3-92> FDA시스템 시작품 설치

<표 3-28> FDA 시스템 시작품의 사양 및 내용

시스템 구성	사양 및 내용
1차 여과필터	디스크필터 2개
2차 여과필터	$\phi 60 \times 750\text{mm}$, mesh $100\mu\text{m}$, 10개
자외선 램프 출력	145W \times 6개
처리수 이송펌프	300L/min 육상펌프

다. FDA 시스템 수질정화능력 시험

- 대상지점으로부터 약 1km 상류인 금호강 수질측정지점(금호강5, 대구광역시 서구 비산동) 자료 (대구지방환경청 자료)

<표 3-29> 금호강 5지점 수질오염정도 (대구지방환경청, 2008)

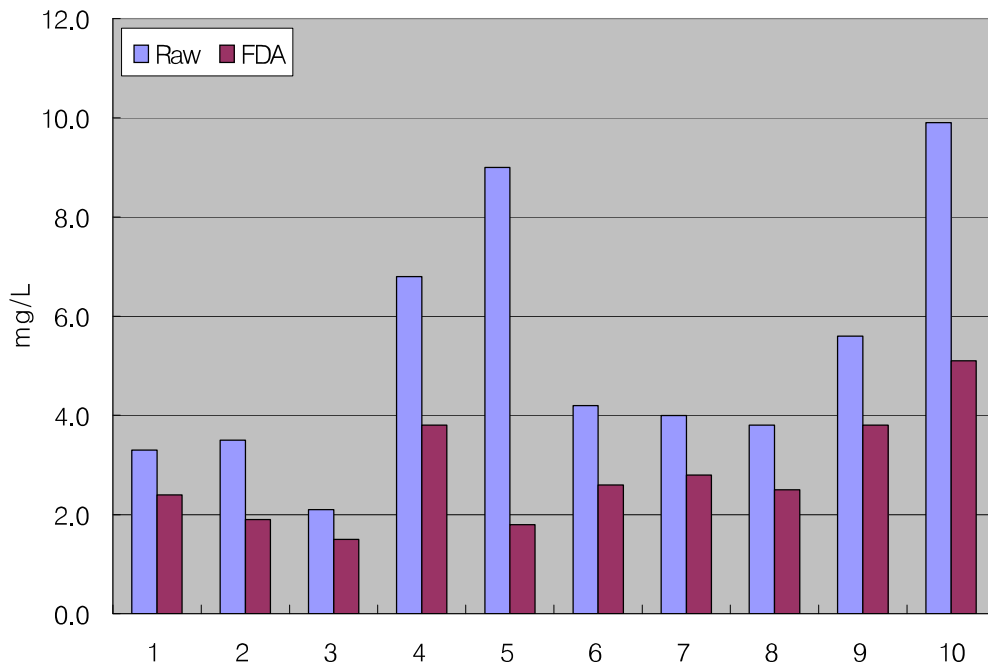
월	BOD	SS	총대장균군	총인	총질소	납	6가크롬	비소	수은	카드뮴
	mg/L	mg/L	수/100ml	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
1월	3.6	3.3	1360	0.508	6.789	0	0	0	0	0
2월	4	4	1400	0.449	8.066	0	0	0	0	0
3월	5.6	10.7	1165	0.38	6.856	0	0	0	0	0
4월	4.6	5.7	1465	0.468	5.685	0	0	0	0	0
5월	3.7	7.5	2900	0.666	5.383	0	0	0	0	0
6월	3.3	7.5	2875	0.347	4.076	0	0	0	0	0
7월	3	4.4	3400	0.336	3.963	0	0	0	0	0
8월	2.7	9.2	3175	0.41	4.566	0	0	0	0	0
9월	2.2	6.1	5050	0.431	4.897	0	0	0	0	0
10월	2	5.3	3075	0.593	6.124	0	0	0	0	0
11월	2.6	5.7	4075	0.608	6.933	0	0	0	0	0
12월	2.8	3.6	3100	0.552	7.549	0	0	0	0	0
평균	3.3	6.1	2753.3	0.5	5.9	0	0	0	0	0

○ FDA 시스템 수질정화능력 평가

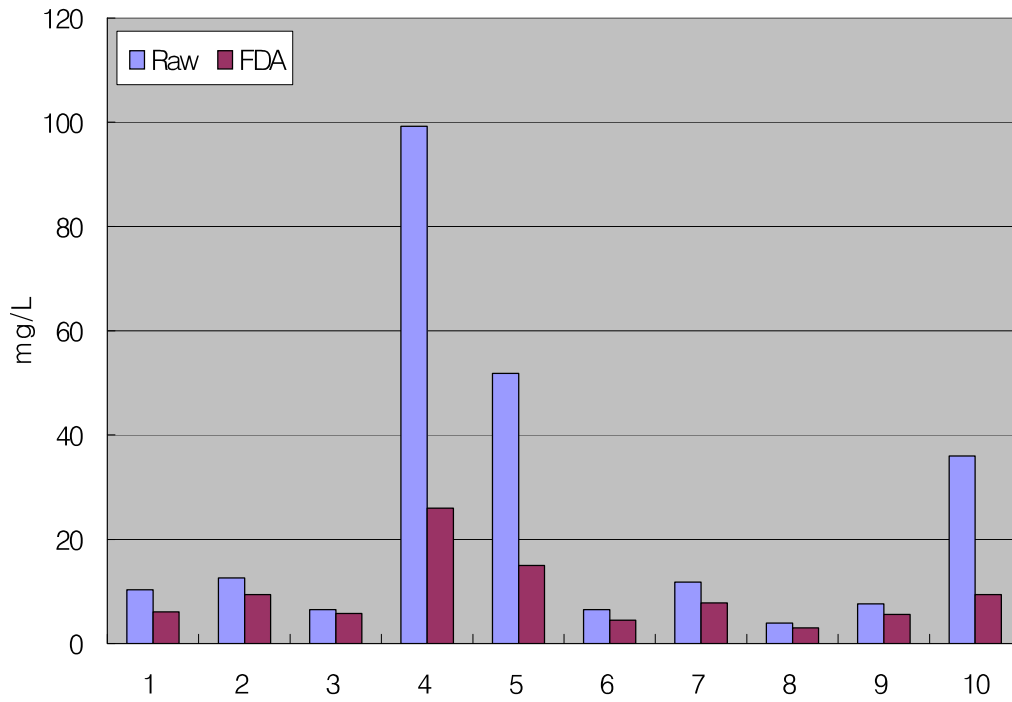
- 방법: 원수와 FDA시스템 통과수를 각각 채취하여 분석
- 수질평가항목: BOD, SS, 탁도, 총대장균군
- FDA 시스템 시작품 설치 후부터 2주 간격으로 실시 (현재까지 10회 실시)
- 결과: 전체적으로 FDA시스템을 사용하여 수질이 월등히 정화되었음. 원수의 경우 각각의 수질항목별로 2~5급수정도를 나타내었으나 FDA시스템을 통한 정화처리 수 BOD의 경우 3급수이하의 수질과 대장균군수의 경우 1급수 수질기준을 나타내었음. SS와 탁도의 경우도 FDA 시스템을 통한 수처리 후 수질이 상당히 향상되었음을 알 수 있었음.

<표 3-30> 수질평가분석 결과

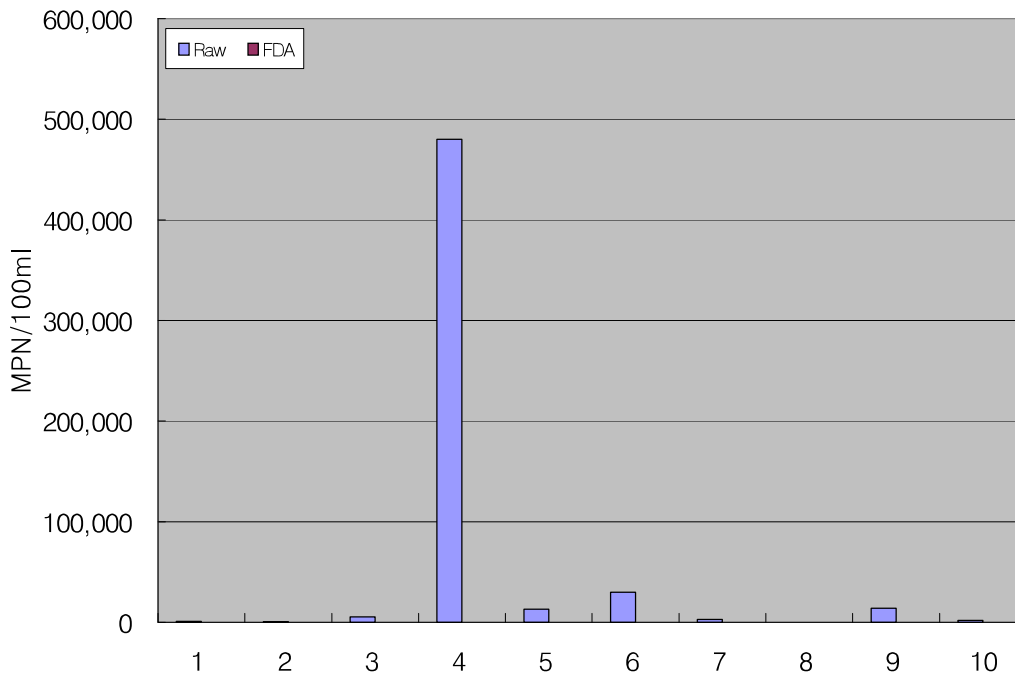
No.	SS (mg/L)		BOD (mg/L)		Turbidity (NTU)		Coliform (MPN/100mℓ)	
	Raw	FDA	Raw	FDA	Raw	FDA	Raw	FDA
1	10.3	6.1	3.3	2.4	2.5	2.4	920	1.8
2	12.6	10.4	3.5	1.9	1.8	1.2	540	4.0
3	6.5	5.8	2.1	1.5	2.7	1.4	5,400	2.0
4	99.2	26.0	6.8	3.8	4.2	2.7	480,000	20.0
5	51.8	15.0	9.0	1.8	14.2	5.0	13,000	10.0
6	6.5	4.5	4.2	2.6	2.9	1.4	30,000	3.0
7	11.8	7.8	4.0	2.8	6.2	4.9	2,900	0.0
8	3.9	3.0	3.8	2.5	4.1	3.3	270	2.0
9	7.6	5.6	5.6	3.8	5.1	3.6	14,000	14.0
10	36	10.4	9.9	5.1	23.1	15.2	1,700	0.0



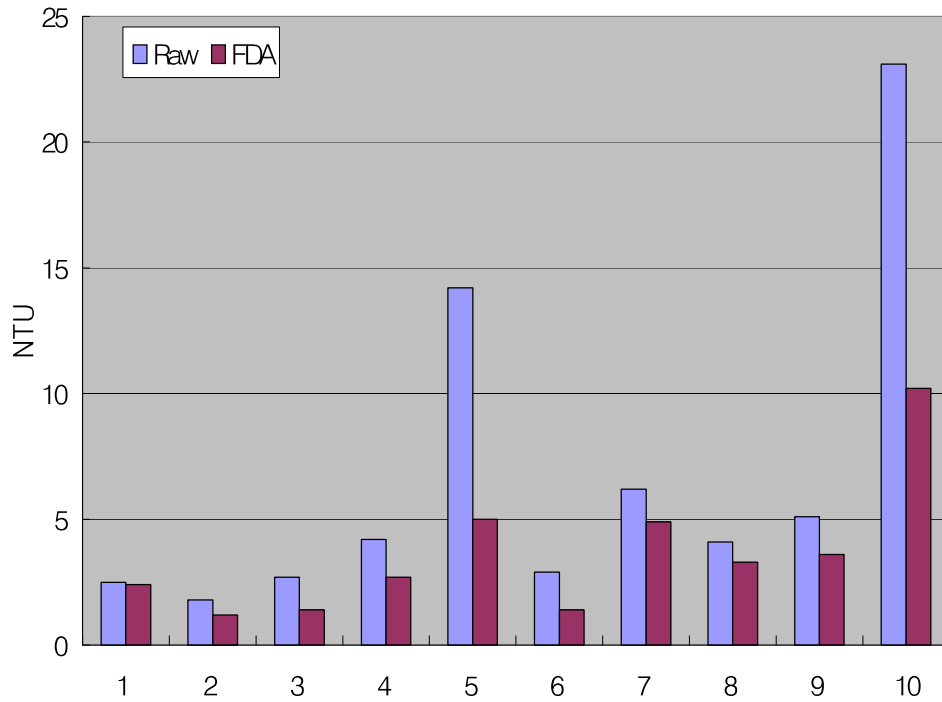
<그림 3-93> BOD 수질분석 결과



<그림 3-94> 부유물질 수질분석 결과



<그림 3-95> 총대장균군 수질분석 결과



<그림 3-96> 탁도 수질분석 결과

라. FDA 시스템 모니터링

- 1차년도 FDA시작품의 단점을 보완하여 제작된 2차년도 FDA 시스템은 훨씬 성능이 뛰어 났으며 사용상의 문제점도 많이 개선이 되었음.
- FDA 시스템에 의한 정확수 사용으로 재배작물의 양호 정도는 육안으로 구분 하기가 어려웠음. 그러나 시스템 통과수에 의해 기존의 용수사용시 보였던 재 배 토양과 저수조에서 볼 수 있었던 청이끼는 확실히 감소하였음.

<표 3-31> FDA 시작품의 사용상 문제점 파악 및 개선사항

문제점	결과조치
<p>시스템 부착 전압시설이 과부하로 작동이 원활하지 않음. 적정 전압설치 요망</p>	<p>전기보수공사 실시함.</p>
<p>설계 수압보다 큰 수압이 작용하여 석영관 파괴</p>	<p>석영관 교체 및 보호장치 설치</p>
<p>1차 필터의 배수구가 위쪽에 부착되어 있음. 배수구 위치를 아래로 변경하여 배수가 원활하도록 할 필요가 있음.</p>	<p>배수구 위치 수정</p>
<p>동결방지를 위해 1차, 2차 필터 통과수를 배수처리 한 후에도 잔존수량이 있어 양수기 쪽으로 유입되어 동파가 일어날 소지가 있음. 관리상 주의가 요망됨</p>	<p>동절기 세심한 양수기 관리 교육</p>
<p>양수기 내에 유입된 물은 현재는 양수기 본체의 고무마개를 열어 배수를 시켜야 하므로 마개의 유실이 우려되면 사용상 불편한 점이 있음. 가스밸브처럼 양수기 본체에 부착된 배수밸브로 변경하는 것이 편리할 것 같음</p>	<p>사용상 편의를 위한 양수기 배수방법 모색</p>
<p>용수공급시 압력저하현상</p>	<p>사용상의 문제점으로 파악됨. 사용자가 필터를 정기적으로 청소하여 찌거기에 의한 압력저하 문제 발생 예방</p>

※ 주요일지

1. 기존 관개용수로 정비 (2008. 8. 20)

- 대구광역시 북구청에서 기존수로의 안전문제로 턱이 있는 수로로 정비함.



2. FDA시스템 현장 설치 (2008. 8. 26)

- FDA시스템 2차 시작품의 대상지점 설치



3. FDA시스템 전기보수공사 (2008. 9. 2)

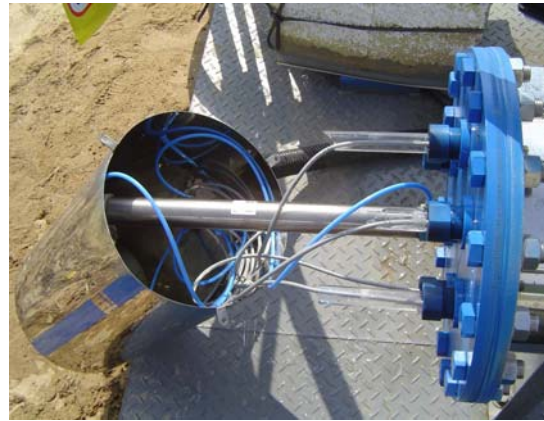
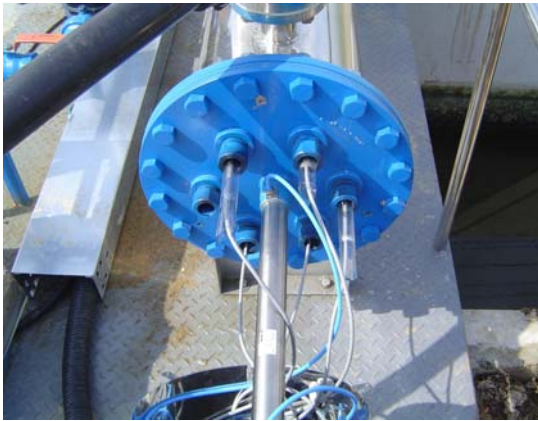
- 적정 전압유지를 위한 전기보수공사 실시



4. 석영관(UV관) 교체 (2008. 9. 9)

- 설계수압보다 높은 수압이 작용하여 석영관 파괴됨
- 석영관 보호장치 설치

● 석영관이 파괴된 상태



● 석영관 교체 후 보호장치 설치



5. 2차 필터 교체 (2008. 12. 10)

- 필터의 mesh를 $100\mu\text{m}$ 에서 $50\mu\text{m}$ 로 교체.
- 필터교체 시 육안으로 확인한 결과 필터의 수명이 대략 2개월 정도인 것으로 사료 됨

● 사용한 필터($100\mu\text{m}$)



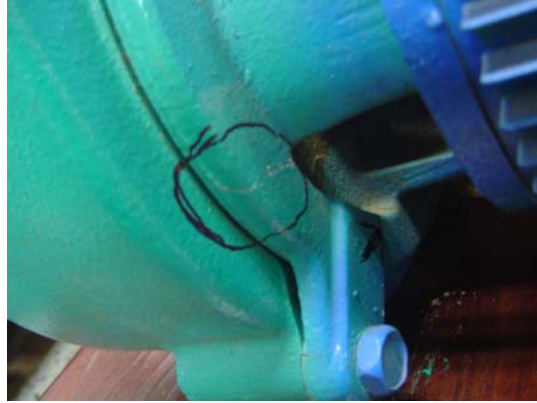
● 교체한 필터($50\mu\text{m}$)



6. 양수기 교체 (2009년 1월 16일)

- 양수기 동파(2008. 12. 23)로 인한 새 양수기 교체

● 동파된 양수기



● 교체한 새 양수기



7. FDA 시스템 재정비 (2009. 9. 15)

- FDA 시스템 재정비와 청소작업 후 시운전 가동



- FDA 시스템 재정비 상세 내용
가. 필터 교체 (10개)

사용필터



신품필터교체



나. 압력계 교체 (2개소)

* 압력계 교체 전 *



* 압력계 교체 후 *



다. 1차 필터 청소 (2개소)

청소전



청소 후



라. 1차 필터 상부 드레인 설치(2개소)

설치전



설치 후



마. 1차 필터 하부 드레인 밸브 설치 (2개소)

설치 전



설치 후



바. 베이스 프레임 도색

도색 전



도색 후



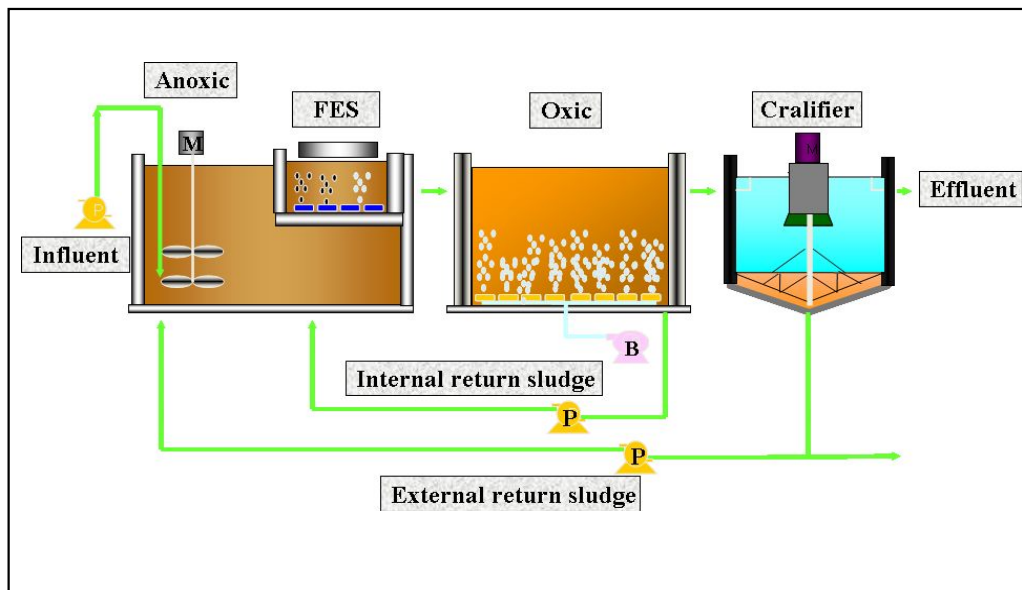
3. FDA시스템을 활용한 농촌지역 인 제거시스템 현장설치

가. FDA 시스템 시작품 평가목적

- 우리나라 농촌지역에 적합한 무방류재이용 시스템 개발을 위한 현장적용성 평가
- 농촌유역 하천수의 주요 수질오염인자인 인을 효과적으로 저감시켜 친환경농업기반 지원
- 농촌지역의 수질오염물질인 인의 방류를 저하하고 용수의 재이용 목적

나. FDA 3차 시스템 시작품 구성

- 3차 FDA 시스템 : FES (Ferrous Electricity System)
- FES 시스템 구성: 유량조, 무산소조, 철이온모듈장치조, 호기조, 침전조, 방류조
- 공정원리 : 유입된 원수는 유량조정조를 거쳐 무산소조로 유입되며 철이온 모듈장치를 거쳐 호기조와 침전조를 지나 방류되는 과정



<그림 3-97> FES process 모식도

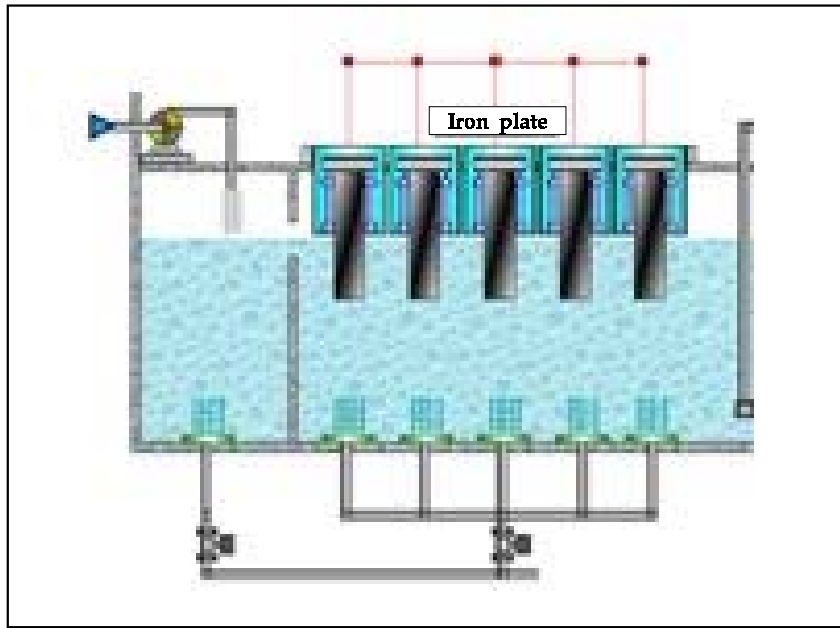
- 단계별 구성 및 설계기준
 - 유량조 (Influent): 수중펌프로 압송하여 무산소조로 이송
 - 무산소조 (Anoxic): 유입된 오수를 탈질시킴. 미생물 (오니)의 농도는 하절기

에는 2,500 ~ 3,000 mg/ℓ, 동절기에는 3,500 ~ 4,500 mg/ℓ의 농도로 운전. 용량은 0.2 m³임.

- 철이온 모듈조 (FES): 인제거 장치. 일반적으로 사용되는 철재질인 SS41을 전극으로 사용하는 철판모듈 설치. 입력전압은 1~ 5 V 범위 내에서 가변가능. 업다운 (up/down) 자동 세척 모듈장치 설치 (타이머세팅으로 세척횟수 조정가능). 송풍기와 산기관 설치. 용량은 0.35 m³임.
- 호기조 (Oxic): 미생물을 질산화 (암모니아성 질소-질산성질소-아질산질소)하는 공정. 미생물 농도는 하절기 2,500 ~ 3,000 mg/ℓ 정도로 유지하며 내부순환은 100 ~ 200 % 정도로 유지. DO 농도는 2~3 mg/ℓ로 운전. 송풍기와 산기관 설치. 용량은 0.94m³임.
- 종침조 (Cralifier): 호기조로부터 이송되어 온 유출수를 침전 분리시킴. 부대 시설로 활성슬러지 이송장치, 침전오니 이송장치 (SRT: 폐기슬러지) 설치. 용량은 0.5m³임.

○ 철이온 모듈장치의 원리 및 구성

- 음극의 역할을 하는 철판과 양극의 역할을 하는 티타늄 판으로 구성하여 인을 제거하는 방식
- 화학적 반응과 물리적 반응에 의해 인의 제거가 이루어짐.
- 화학적 반응은 철이온과 용해성 인이 결합되어 인이 제거되는 과정으로 전기 분해에 의해 석출된 철 이온과 유입수 중의 용해성 인산염이 반응하여 불용성 침전물로 제거되는 원리
- 물리적 반응은 석출된 철이온이 산소와 결합하여 형성된 입자상 철표면에 인이 흡착되어 제거되는 과정



<그림 3-98> 철이온 모듈장치

<표 3-32> 철판의 물성

구분	항목	단위	결과값	
철판	재질		SS41	
	비중		7.85	
	치수	길이	mm	500
		폭		300
		두께		4
	무게		g	4,867
	부피		cm ³	620
	표면적		cm ²	3,165
	비표면적		cm ² /g	0.65
	전기전도도		ms/cm	1.03*10 ⁵

○ 시스템 최종목표수질

- 본 시스템의 인 제거 목표수질은 <표 3-33>과 같으며, 인의 최종목표수질은 0.2 mg/l 이하이다.

<표 3-33> 인의 목표수질

Factor \ Item	T-P	
	Removal (%)	Concentration (mg/ℓ)
유입조	-	3~2
철이온모들	83	0.3
호기조	83	0.3
종침조	93	0.2

다. FDA 시스템 현장적용성 평가대상지점 선정

- 현장적용성 평가 대상지점 선택 조건
 - 마을 하수처리시설이 있으나 인처리가 안되는 곳
 - 처리용량은 최소 50톤 이상으로 방류수가 일정한 곳(일정 방류수량이 있는 곳)
 - 접근성 용이
 - 협조가능한곳 (기존시스템은 그대로 두고 처리된 방류수만 일부 이용하여 처리시스템 성능점검)
- 장 소: 경북 군위군 효령면 병수 1리 효령문화마을
- 효령 문화마을 하수도 시설 현황
 - 위치 : 경상북도 군위군 효령면 병수리 병수고 1023번지
 - 사업비 : 360,000천원
 - 시설용량 : 46m³/일
 - 처리용량 : 43.41m³/일
 - 하수관거 : 0.37km(분류식)
 - 처리공법 : 혐기성, 호기성 미생물조정조
 - 시공자 : (주)청원건설(한국농어촌공사 위탁시행)
 - 공사기간 : 2001. 4. 1 ~ 2001. 12. 20
 - 가동개시일 : 2002. 7



<그림 3-99> FDA 현장 적용 대상지점



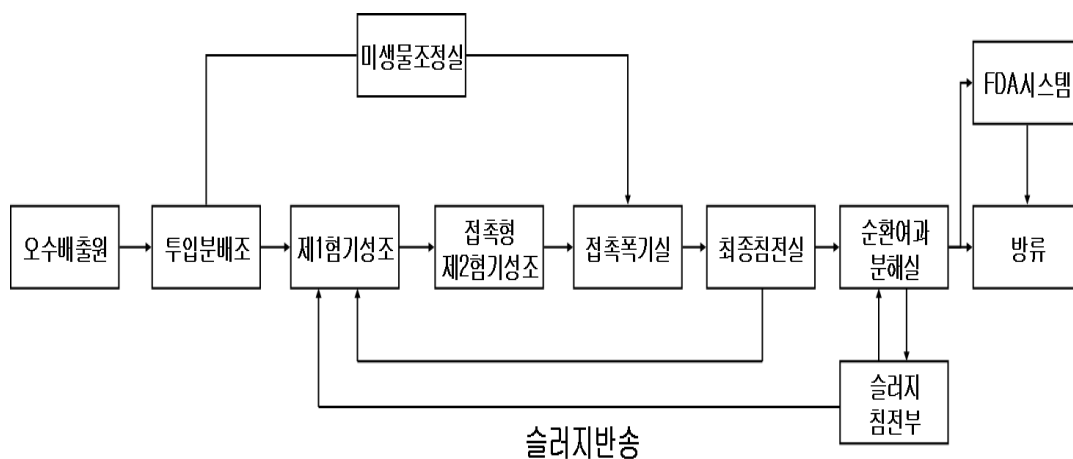
<그림 3-100> FDA 시스템 현장 적용성 평가 대상지점 전경

라. FDA 시스템 시작품 설치 (FES 시스템)

- 시스템 규격 및 수량 : L4,000 × W800 × H1,700 1식, 형식 STS304
- FDA 시스템 시작품 설치



<그림 3-101> FDA시스템 시작품 설치



<그림 3-102> 평가대상지점 수처리시스템 공정도

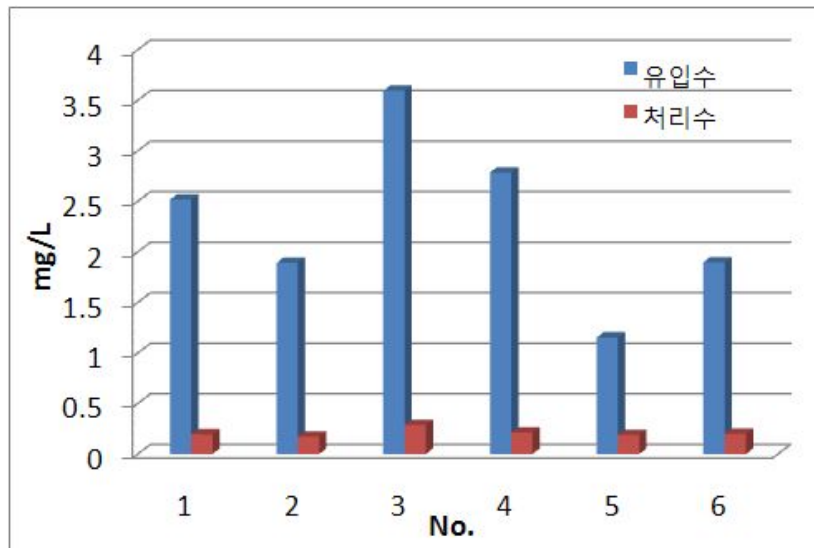
마. FDA 시스템 수질정화능력 시험

○ FDA 시스템 수질정화능력 평가

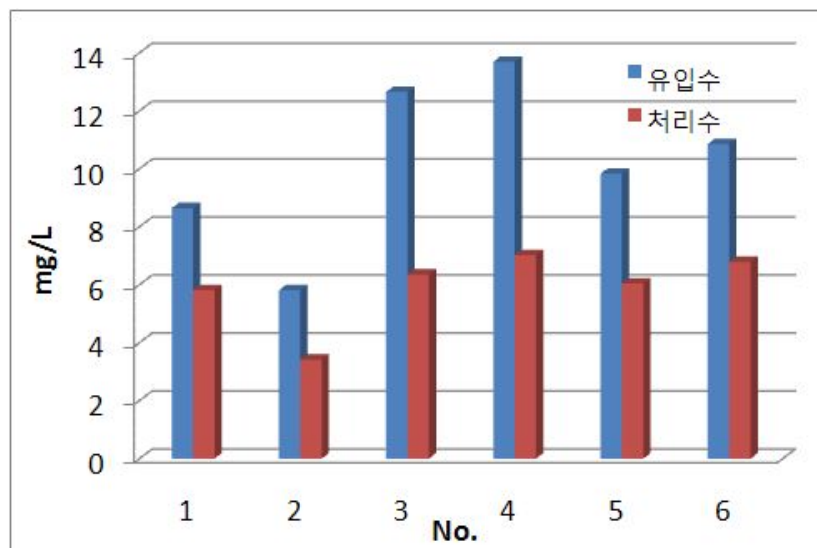
- 방법: 유입수와 처리수를 각각 채취하여 수질검사 실시
- 수질평가항목: T-P, T-N, BOD
- 결과분석 : T-P의 수질분석결과 처리수의 평균치는 0.205 mg/ℓ였으며, 최고 0.267 mg/ℓ에서 최저 0.171 mg/ℓ의 범위를 나타내어 대체적으로 목표수질을 만족하는 것으로 나타났음. T-N의 경우는 평균치가 5.90 mg/ℓ였으며, 최고치는 7.021mg/ℓ, 최저치는 3.411mg/ℓ였음, 전체적으로 T-N 제거율은 30~50% 정도로 나타남. BOD의 경우도 평균치가 3.95 mg/ℓ였으며, 최고치는 5.8mg/ℓ, 최저치는 2.1mg/ℓ였음. 유입수의 50%이상정도가 제거되는 결과를 나타냄. 여기서 수질오염인자의 전체 제거율이 높지 않은 이유는 유입수의 수질이 일반 생활하수 수질보다 양호하여 FDA시스템으로 정화할 수 있는 범위 내에서 유입수와 처리수의 격차가 크지 않았기 나타난 현상으로, 처리수의 수질이 양호하게 나타남에도 불구하고 전체 제거율에는 영향을 끼치지 않은 결과임. 그리고 질소보다는 BOD에 대한 수처리 능력이 더 뛰어난 것으로 나타났음.

<표 3-34> 수질평가분석 결과

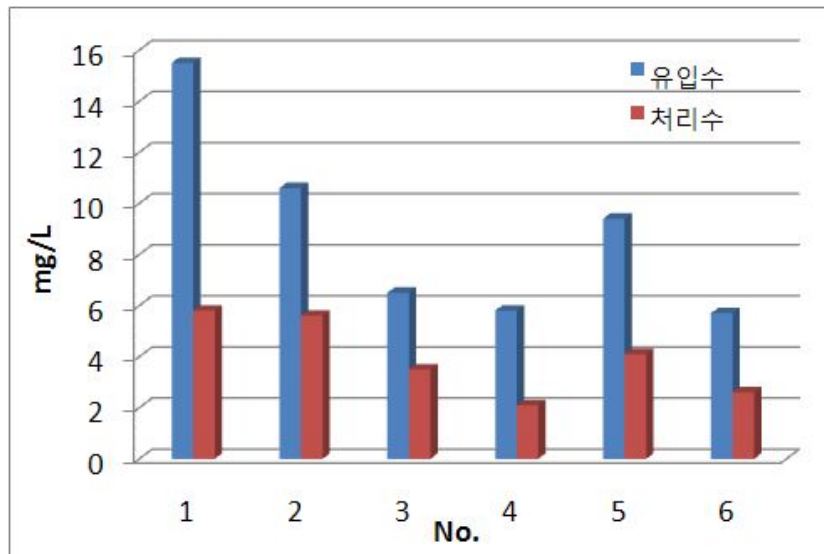
No.	T-P (mg/ℓ)		T-N (mg/ℓ)		BOD (mg/ℓ)	
	유입수	처리수	유입수	처리수	유입수	처리수
1	2.516	0.194	8.640	5.808	15.5	5.8
2	1.891	0.171	5.808	3.411	10.6	5.6
3	3.593	0.267	12.648	6.351	6.5	3.5
4	2.784	0.211	13.692	7.021	5.8	2.1
5	1.152	0.188	9.827	6.041	9.4	4.1
6	1.896	0.199	10.854	6.784	5.7	2.6



<그림 3-103> T-P 수질분석 결과



<그림 3-104> T-N 수질분석 결과



<그림 3-10> BOD 수질분석 결과

바. FDA 시스템 모니터링

- 철이온모듈장치에 장착된 철판모듈의 교체주기는 인제거 효율에 영향을 끼치는 인자임. 따라서 철판모듈의 교체주기는 유입수의 전도도에 따라 약간의 차이는 있을 수 있으나 대체적으로 2년 전후로는 철판을 반드시 교체해 주어야 함.
- 철이온 모듈장치에 장착된 자동세척장치의 효과를 조사한 바, 세척장치를 장착한 경우와 장착하지 않은 경우 시간에 따라 철판에 형성되는 바이오막의 두께와 인제거 효율이 변화하는 것으로 나타남. 따라서 철판모듈의 세척은 적정 전압 및 전류의 흐름을 일정하게 유지하여 궁극적으로 인제거 효율을 유지하는데 매우 중요한 역할을 함.
- 본 시스템은 인처리를 위한 약품사용이나 고가의 멤브레인 이용이 불필요하여 초기투자비 및 사후 관리비가 적게 들며, 제작이 용이하고 유지보수가 용이한 장점이 파악됨.
- 엇다운방식의 자동세척장치는 철판의 소모율을 줄이는 것으로 조사되었으며, 적정 전압 전류를 일정하게 유지할 수 있게 되어 인 제거효율이 일정하게 유지되는 점과, 유기물 부하와 온도에 관계없이 인의 제거가 가능한 점도 본 시스템의 장점으로 파악됨.
- 결론적으로 본 시스템은 인 제거에 탁월한 효과가 있을 뿐만 아니라, 사용 및 경제적 측면에서 여러 유리한 장점을 가지고 있어, 농촌지역의 수질오염물질의 방류를 저하하고 용수를 재이용하는데 효과적으로 활용될 수 있을 것으로 판단됨.

※ 주요일지

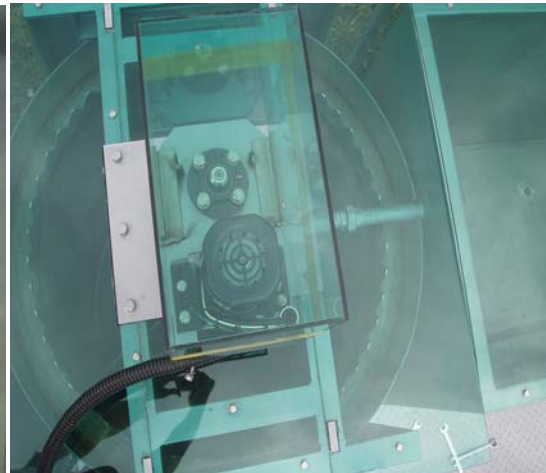
1. 현장적용성 평가대상지점 현장조사 (2009. 8. 11)

- 효령면 마을 오수처리시설 현황 설명 (최찬효계장)
- 인처리시스템 전기사용료는 군위군청에서 부담하기로 함.
- 효령면 마을 오수처리시설 내 인처리시스템 설치 부지선정
- 인처리시스템 설치를 위한 인허가 신청 요청 (부지사용허가신청서, 오수처리시설부지 내 설치위치표시도면, 인처리시스템 설계도면 필요)
- 대상지점 기존 수처리시스템 조사



2. FDA시스템 현장 설치 (2009. 9. 22)

- FDA시스템 3차 시작품의 대상지점 현장설치



3. FDA시스템 시운전 (2009. 10. 13)

- FDA시스템 3차 시작품의 시험작동운전



4. FDA시스템 시운전 (2009. 12. 25)

- FDA시스템 3차 시작품의 동한기 보온을 위한 비닐하우스 설치



4. FDA 시스템 경제성 분석

<표 3-35>는 개발한 FDA 시스템 중 대용량전용 공급시스템에 사용되는 FDA여과기의 경제성 검토를 위해 여과기 유형별 초기설치에 드는 공사비용과 유지관리에 드는 비용을 합한 총비용을 비교 분석한 내용이다.

<표 3-35> 여과기 유형별 톤당 소요되는 총비용

종 류	공사비(톤)	유지관리비(톤)	합계
공극제어형섬유여과기	12,230원/TON	528원/TON	12,758원/TON
아쿠아 디스크 필터	20,208원/TON	237원/TON	20,445원/TON
마이크로 디스크 필터	20,214원/TON	508원/TON	20,722원/TON
중력식자동역세 사여과지	47,788원/TON	247원/TON	48,035원/TON
수직압착 마이크로 필터	25,890원/TON	1,415원/TON	27,305원/TON
SF 여과기	26,000원/TON	604원/TON	26,604원/TON
FDA 여과기	14,285원/TON	200원/TON	14,485원/TON

기존여과기 중 톤당 소요되는 비용이 가장 저렴한 것은 공극제어형여과기로 톤당 초기공사비가 12,230원이며 유지관리비용은 528원으로 총 비용은 12,758원이었다. 그다음으로 FDA여과기가 톤당 초기공사비 및 유지관리비용으로 14,285원과 200원 가량이 각각 소요되어 톤당 총경비가 14,485원을 나타내었다. 기존 여과기 중 가장 많은 비용이 요구되는 중력식자동역세 사여과지의 경우는 48,035원의 총경비가 소요되었다.

한편 유지비 및 자본회수비 등을 고려하여 여과기의 내구년한을 15년으로 가정했을 때 소요되는 경비를 계산해 본 결과 가장 경제성이 유리한 여과기는 FDA 여과기로 15년간 유지비 및 자본회수비용이 5억7천만원 정도 소요되는 것으로 조사되었다. 이는 유지관리비용이 다른 여과기에 비해 가장 저렴하기 때문인 것으로 사료되었다. 그 다음으로 경제성이 좋은 여과기는 공극제어형섬유 여과기로 8억3천만원이 소요되는 것으로 나타났다. 기존 여과기 중 가장 경제성이 낮은 여과기는 중력식자동역세 사여과지로 15년간 유지비 및 자본회수비를 계산해 본 결과 21억원 소요되며, 경제성이 가장 좋은 FDA 여과기와 비교해 볼 때 3.7배 정도의 높은 비용이 소요되는 것으로 분석되었다.

제4장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

제1절 연구개발의 목표 및 평가의 착안점

1. 당해연도 연구개발의 목표

본 연구는 우리나라 농촌현실에 적합하면서 고품질의 친환경 농산물 생산을 위한 청정용수 공급이 가능한 시설용수 공급시스템 개발하고 영농작업 및 기타 농촌지역에서 발생하는 용수수요에 대해 편의 및 위해성에 대한 안전을 확보할 수 있는 영농편의용수 공급 시스템을 개발하는 데 있다.

2. 평가의 착안점 및 기준

구분	연도	세부연구목표	가중치	평가의 착안점 및 기준
1차 연도	2007	<ul style="list-style-type: none"> ○ 소규모 전용 FDA공급시스템 개발 · 소규모 FDA 시스템 구조계산, 제작 및 현장설치 · 현장 적용성 평가 	30 %	시스템 구조계산 및 구성품별 사양 결정의 적정성
			40 %	기술권 인증 여부 및 현장실용화 여부
			20 %	현장설치 시작품 평가 분석(수질, 수량) 및 개선방안 도출여부
2차 연도	2008	<ul style="list-style-type: none"> ○ 대규모 전용 FDA공급시스템 개발 · 대규모 FDA 시스템 제작 및 현장설치 · 현장 적용성 평가 	30 %	시스템 구조계산 및 구성품별 사양 결정의 적정성
			40 %	기술권 인증여부 및 현장실용화 여부
			20 %	현장설치 시작품 평가 분석(수질, 수량) 및 개선방안 도출여부
3차 연도	2009	<ul style="list-style-type: none"> ○ 요소기술을 활용한 응용시스템 개발 · 생활용수 전용 FDA 시스템 · 공업용수 전용 FDA 시스템 · FDA 인 처리 시스템 · 현장 적용성 평가 	30 %	시스템 구조계산 및 구성품별 사양 결정의 적정성
			40 %	기술권 인증 여부 및 현장실용화 여부
			20 %	현장설치 시작품 평가 분석(수질, 수량) 및 개선방안 도출여부
최종 평가	2010	○ 농촌지역 용수목적별 FDA 시스템 개발	50 %	농촌지역 용수목적별 FDA시스템 적합성
		○ 시스템별 실용화 여부	50 %	각 시스템별 실용화

제2절 연구범위 및 연구수행 방법

연구범위	연구수행방법 (이론적·실험적 접근방법)	구체적인방법
소규모 전용 FDA공급시스 템 개발	<ul style="list-style-type: none"> · 요소기술별(여과, 살균) 개발현황 조사 · 농촌지역에 적합한 요소기술 개발 · 시작품제작 및 현장설치를 통한 기술검증 · 특허출원 및 등록 	<ul style="list-style-type: none"> - 1차 소규모 FDA 시스템 개발 <ul style="list-style-type: none"> · 시스템 구조계산(여과장치, 살균장치) · 적정처리용량 결정 · 모듈 통합 기법 개발 · 기술권 인증(특허출원 및 등록) - 2차 소규모 FDA 시스템 구조계산 <ul style="list-style-type: none"> · 시스템 구조계산(여과장치, 살균장치) · 적정처리용량 결정 · 모듈 통합 기법 개발 - 시작품 제작 및 현장설치 - 현장모니터링 <ul style="list-style-type: none"> · 현장 시작품 평가 분석 · 사용자 대상 설문조사 · 모니터링 및 개선방안 수립
대규모 전용 FDA공급시스 템 개발	<ul style="list-style-type: none"> · 요소기술별(여과, 살균) 개발현황 조사 · 농촌지역에 적합한 요소기술 개발 · 시작품제작 및 현장설치를 통한 기술검증 · 특허출원 및 등록 	<ul style="list-style-type: none"> - 대규모 FDA 시스템 개발 <ul style="list-style-type: none"> · 시스템 구조계산(여과장치, 살균장치) · 적정처리용량 결정 · 모듈 통합 기법 개발 · 기술권 인증(특허출원 및 등록) - 시작품 제작 및 현장설치 - 현장 시작품 평가 분석 - 사용자 대상 설문조사 - 현장모니터링 <ul style="list-style-type: none"> · 현장 시작품 평가 분석 · 사용자 대상 설문조사 · 모니터링 및 개선방안 수립
요소기술을 활 용한 응용시스 템 개발	<ul style="list-style-type: none"> · 요소기술별(여과, 살균) 개발현황 조사 · 농촌지역에 적합한 요소기술 개발 · 시작품제작 및 현장설치를 통한 기술검증 · 특허출원 및 등록 	<ul style="list-style-type: none"> - 생활용수 및 공업용수 전용 FDA 시스템 및 인처리시스템 개발 <ul style="list-style-type: none"> · 시스템 구조계산(여과장치, 살균장치) · 적정처리용량 결정 · 모듈 통합 기법 개발 · 기술권 인증 - 시작품 제작 및 현장설치 - 현장 시작품 평가 분석 - 사용자 대상 설문조사 - 현장모니터링 <ul style="list-style-type: none"> · 현장 시작품 평가 분석 · 사용자 대상 설문조사 · 모니터링 및 개선방안 수립

제3절 목표달성도 및 기술발전의 기여도

1. 연구개발목표의 달성도

연구범위	연구개발 수행내용	달성도
소규모 전용 FDA공급시스템 개발	<ul style="list-style-type: none"> · 요소기술별(여과, 살균) 개발현황 조사 · 농촌지역에 적합한 요소기술 개발 · 시작품제작 및 현장설치를 통한 기술검증 · 특허출원 및 등록 	100%
대규모 전용 FDA공급시스템 개발	<ul style="list-style-type: none"> · 요소기술별(여과, 살균) 개발현황 조사 · 농촌지역에 적합한 요소기술 개발 · 시작품제작 및 현장설치를 통한 기술검증 · 특허출원 및 등록 · 기술실용화 	100%
요소기술을 활용한 응용시스템 개발	<ul style="list-style-type: none"> · 요소기술별(여과, 살균) 개발현황 조사 · 농촌지역에 적합한 요소기술 개발 · 시작품제작 및 현장설치를 통한 기술검증 · 특허출원 및 등록 · 기술실용화 	100%

2. 기술발전의 기여도

우리나라 농촌은 도시화가 전국으로 확산되면서 농촌의 쾌적성은 점차 훼손되었고 하천·호소의 수질이 더욱 악화되고 있다. 또한 농촌지역의 도시화에 따라 하수처리장의 농촌지역에도 늘어가고 있으며 이제는 농촌지역과 도시지역이 구분되지 않고 혼합되어 있는 형태로 발전하고 있기 때문에 농업활동도 변화되고 있으며, 하천에서 취수하는 용수중에서 농업용수로의 사용이 부적합한 용수가 취수되고 있다. 따라서 FDA 공급시스템 같이 수처리를 이용한 농업용수의 공급방안이 더욱 확대될 것으로 판단된다.

특히, 연구과정중에 이미 대용량 FDA시스템과 공업용수 및 생활용수 FDA 시스템은 현장에 설치되어 운영 중이거나 설치가 예정되어 있는 등 가시적으로 연구의 성과를 이룩하는 등 외산 위주의 국내수처리 산업에 대해 국산화에 기여한 점이 매우 가치가 있는 연구로 판단된다.

제5장 연구개발 성과 및 성과활용 계획

우리나라 농업·농촌의 현실 및 예산구조에 비추어 볼 때 농촌에 보급되는 제품의 성격은 우선 설치비가 저렴해야 하고 유지관리방법이 쉽고 비용이 적게 소요되는 제품이 환영받는다. 본 연구에서 개발한 FDA 용수공급시스템은 기존 고가로만 인식되어진 수처리기술을 국산화하고 농촌에 적합하도록 개발하는데 그 성과가 있다. 또한, 본 연구에서 개발한 요소기술을 바탕으로 농촌지역에서 필요한 용수를 목적별로 처리할 수 있는 기술을 개발함에 따라 더욱더 많은 성과를 갖게 되었다. 본 연구를 통해 개발한 실용화제품은 다음과 같다.

- FDA 공급시스템 개발 :
 - 소규모 전용 FDA공급시스템 개발
 - 대규모 전용 FDA공급시스템 개발
- 요소기술을 활용한 응용시스템 개발
 - FDA시스템을 활용한 농업용수 공급시스템 개발
 - FDA시스템을 활용한 생활용수 공급시스템 개발
 - FDA시스템을 활용한 농촌지역 인 제거시스템 개발

최근 수도권외주에서 시설농업으로의 농정정책의 전환에 따라 농업용수 수처리분야가 새로운 농산업 분야로 자리 잡고 있다. 따라서 본 연구에서 개발한 용수목적별 FDA공급시스템은 향후 더욱 각광받을 것으로 예상되며, 이미 연구과정중에 현장에 적용되는 큰 성과를 얻었다.

현재의 농촌은 농촌지역과 도시지역이 구분되지 않고 혼합되어 있는 형태로 발전하고 있기 때문에 농업활동도 변화되고 있으며, 하천에서 취수하는 용수중에서 농업용수로의 사용이 부적합한 용수가 취수되고 있다. 따라서 FDA시스템과 같이 수처리를 이용한 깨끗한 농업용수의 공급방안이 더욱 확대될 것으로 판단된다.

제6장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

○ 2장 참조

제7장 참고문헌

- 농업생산기반정비사업 통계연보, 농림부, 한국농촌공사, 2005
- 小林千秋 "BUILDING 폐수재이용 시스템" 한·일협력심포지움, 산업폐수처리 및 처리수 재이용신기술, 한국과학기술연구원, 일본국제협력사업단, 1992. 11
- 有野 治, "일본의 공업용수 및 폐수재이용기술의 개발", 한·일협력심포지움, 산업폐수처리 및 처리수 재이용신기술, 한국과학기술연구원, 일본국제협력사업단, 1992.11.3
- 趙 奉衍, "막분리를 이용한 수도원수의 고도처리에 관한 연구" 상하수도학회지, 제7권, 제2호, 1993.6
- 趙 奉衍, 藤田賢二 "막분리 정수처리에 막형상 조작인자 연구" 상하수도학회지, 제6권, 제2호, 1993.9
- Abdulraheem, M.Y., "Health Considerations in Using Treated Industrial and Municipal Effluents for Irrigation", Desalination, Vol. 72 1989
- Abdulraheem, M.Y., "Health Considerations in Using Treated Industrial and Municipal Effluents for Irrigation", Desalination, Vol. 72 1989
- Alan B. Nichols, "A Vital Role for Wetlands", J. WPCF, Vol 60, No 7, 1215~1221, 1988
- Alan B. Nichols, "Water Reuse Closes Water-Wastewater Loop", J. WPCF, Vol 60, NO 11, 1988
- Allison R. C., et al., "Risk a Key Water Policy Issue", J. WPCF, WPCF, Vol 60, NO 7, 1988
- Arber, R.P., "Wastewater Reuse : Thoroughly Examined" Wat./Eng. & Manage., May 1991
- Bruvold, W.H., "Public Opinion on Waste Reuse Option" , J. WPCF. Vol 60, NO 1, 1988
- Chansler, J. M., "The Future for Effluent Reuse" Wat./Eng. & Manage., May,1991
- Carl R. Bartone, "International Perspective on Water Resources Management and Wastewater Reuse-Appropriate Technologies", Wat. Sci. Tech., Vol. 23, pp 2039-2047 , 1991
- Charle W. C., Robert P. M., Robert W.H. and Margret H. N., "An Update on Wastewater Reclamation Research and Development in Los Angeles County.", Wat. Sci. Tech., Vol. 21, pp.409-419, 1989
- Fumitoshi Kiya, Hidemori Aya, "Trends and Problems of Wastewater Reuse System in buildings", Wat. Sci. Tech., Vol 23, pp2189-2197, 1991

- Gerhard H. Schwebach, Dennis Cafaro, James Egun, Max Grimes, Gene Michael, "Overhauling Health Effects Perspectives", Journal WPCF., Vol 60, No 4, 1988G
- G. Shelef, "The Role of Wastewater Reuse in water Resources Management in Israel", Wat. Sci. Tech., Vol. 23, pp.2081-2089, 1991
- Hillel I. Shuval, "Health Guidelines and Standards for Wastewater Reuse in Agriculture : Historical Perspectives" Wat. Sci. Tech., Vol. 23, pp.2073-2080, 1991
- Ho, G. E., et al., "Groundwater Recharge of Sewage Effluent Through Amended Sand", Wat. Res., Vol.26, NO. 3, 1992
- Joan B. Rose and Charles P. Gerba, " Assessing Potential Health Risks from Viruses and Parasites in Reclaimed Water in Arizona and Florida, USA", Wat. Sci. Tech., Vol. 23, pp 2091-2098, 1991
- Katie Coates, Water Factory 21 Orange County Water District.
- Kee Keam Chin and Say Leong Ong, " A Study of Reclamation of Sewage for Industrial Waters", Wat. Sci. Tech., Vol. 23, pp.2181-2187, 1991
- Lejano, R. P., et al., "Assessing the Benefits of Water Reuse", Wat. Environ. Technol., August, 1992
- Liberti, L. and Lopez, A., "Strategy for Agriculture Wastewater Reuse in S. Italy" , Desalination, Vol. 83, 1991
- Nelson L. Nemerow, Industrial Water Pollution-Origins, Characteristics and Treatment, ADDISON-WESLEY PUBLISHING COMPANY, 1978
- Osward, W., J., " Use of Wastewater Effluent in Agriculture", Desalination, Vol. 72, 1989
- P. A. Banks, "Wastewater Reuse Case Studies in the Middle East", Wat. Sci Tech., Vol. 23, pp 2141-2148, 1991
- Parkinson G and Basta N, " Water Supply and Disposal Update", Chemical Engineering, 98, 4 ,pp 37-43 1991
- Peter E. Odendaal, "Recent Advances in Water Reuse Research in South Africa", Wat. Sci. Tech., Vol. 23, pp. 2061-2071, 1991
- Shoji Kimura, "JAPAN'S AQUA RENAISSANCE' 90 PROJECT" , Wat. Sci. Tech., Vol. 23, pp. 1573-1587, 1991
- S. Ohgaki and K. Sato, "Use of Reclaimed Wastewater for Ornamental and Recreational of Technol. pp 36-41, 2, 1992
- Takashi Asano, David Richard, Renald W. Crites, George Tchobanoglous, " Evolution of Tertiary Treatment Requirements in California", Wat. Environ. and Technol. pp 36-41, 2, 1992
- Takashi Asano, George Tchobanoglous, "The Role of Wastewater Reclamation and

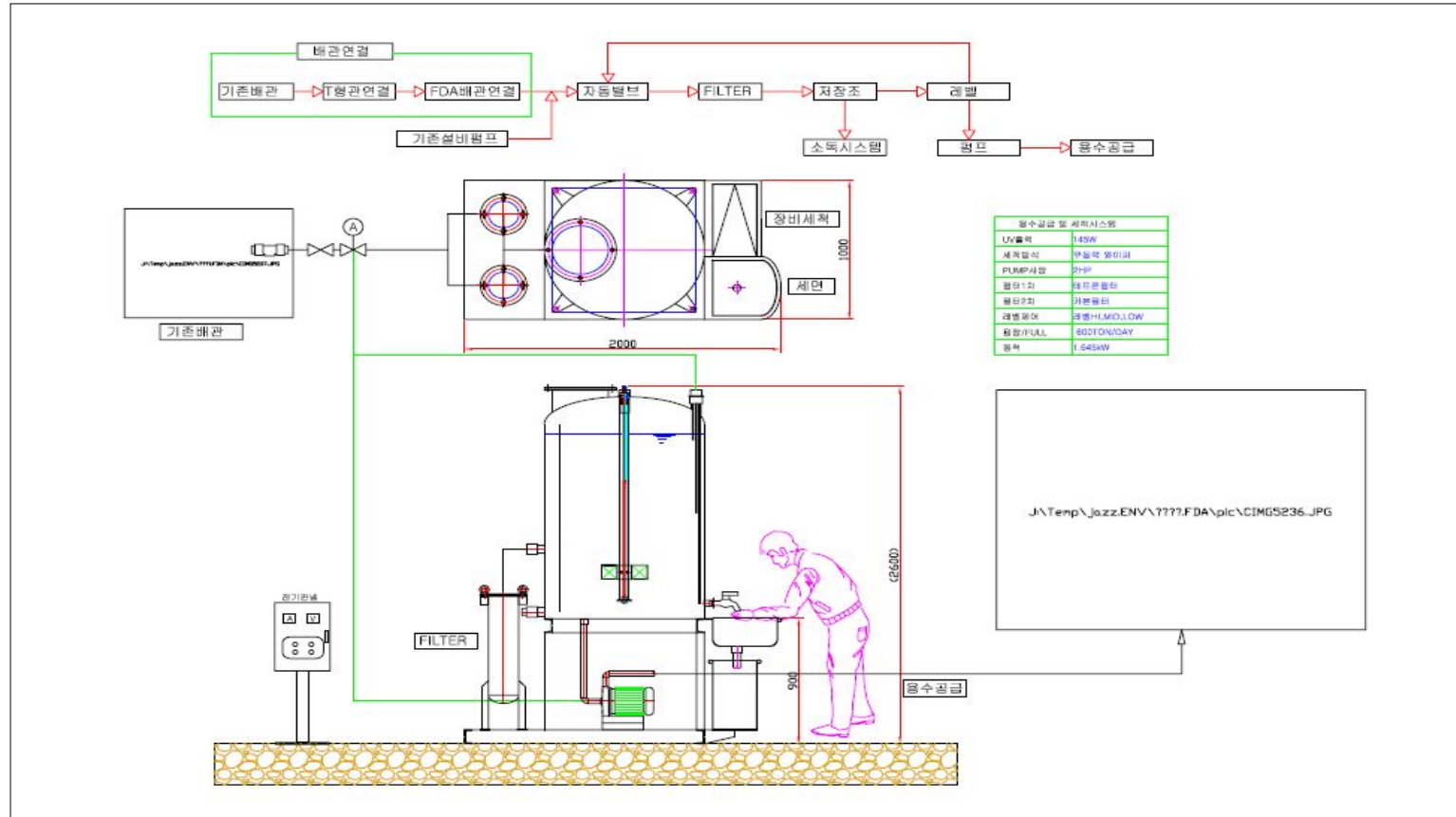
- Reuse in the USA", Wat. Sci. Tech., Vol 23, pp. 2049-2059, 1991
- Water Re-Use Promotion Center, Outline of Research and Development Results For New Wastewater Treatment System (AQUA RENAISSANCE '90 PROJECT), 1993
 - William C. Lauer, "Water Quality for Potable Reuse", Wat. Sci. Tech., Vol. 23 pp 2171-2180, 1991
 - Zhang Zhongziang, Qian Yi, " Water Saving and Wastewater Reuse and Recycle in China", Wat. Sci. Tech., Vol. 23 pp 2135-2140, 1991
 - <http://www.roplant.co.kr>
 - <http://www.yucheon.co.kr/data/data.htm>

부 록

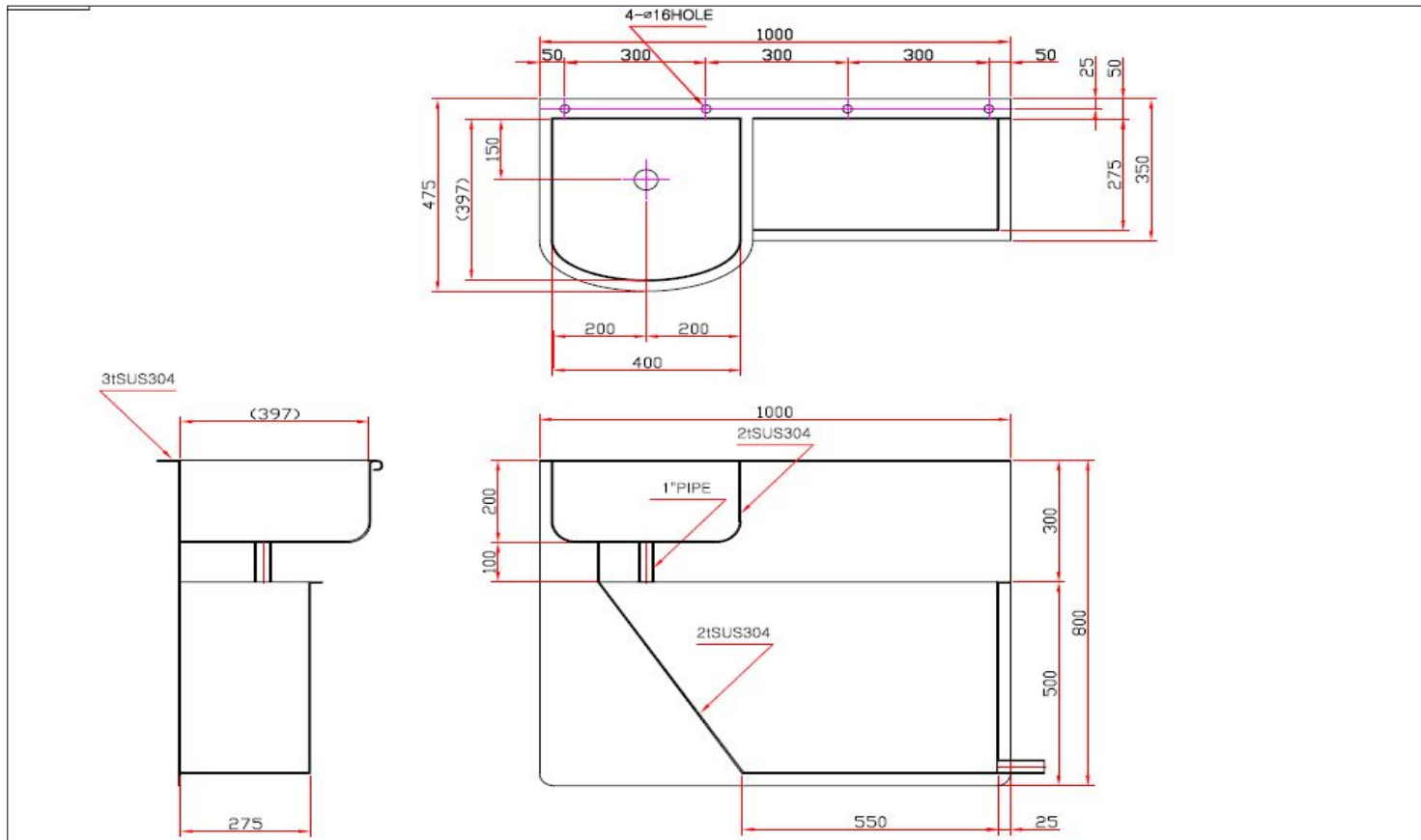
A. 1차 소규모전용 FDA 시스템 도면	200
B. 2차 소규모전용 FDA 시스템 도면	205
C. 대규모 전동 FDA 시스템 도면	211
D. 응용 FDA 시스템 도면	216
E. 전시회 카달로그 제작	239

부록 A. 1차 소규모전용 FDA 시스템 도면

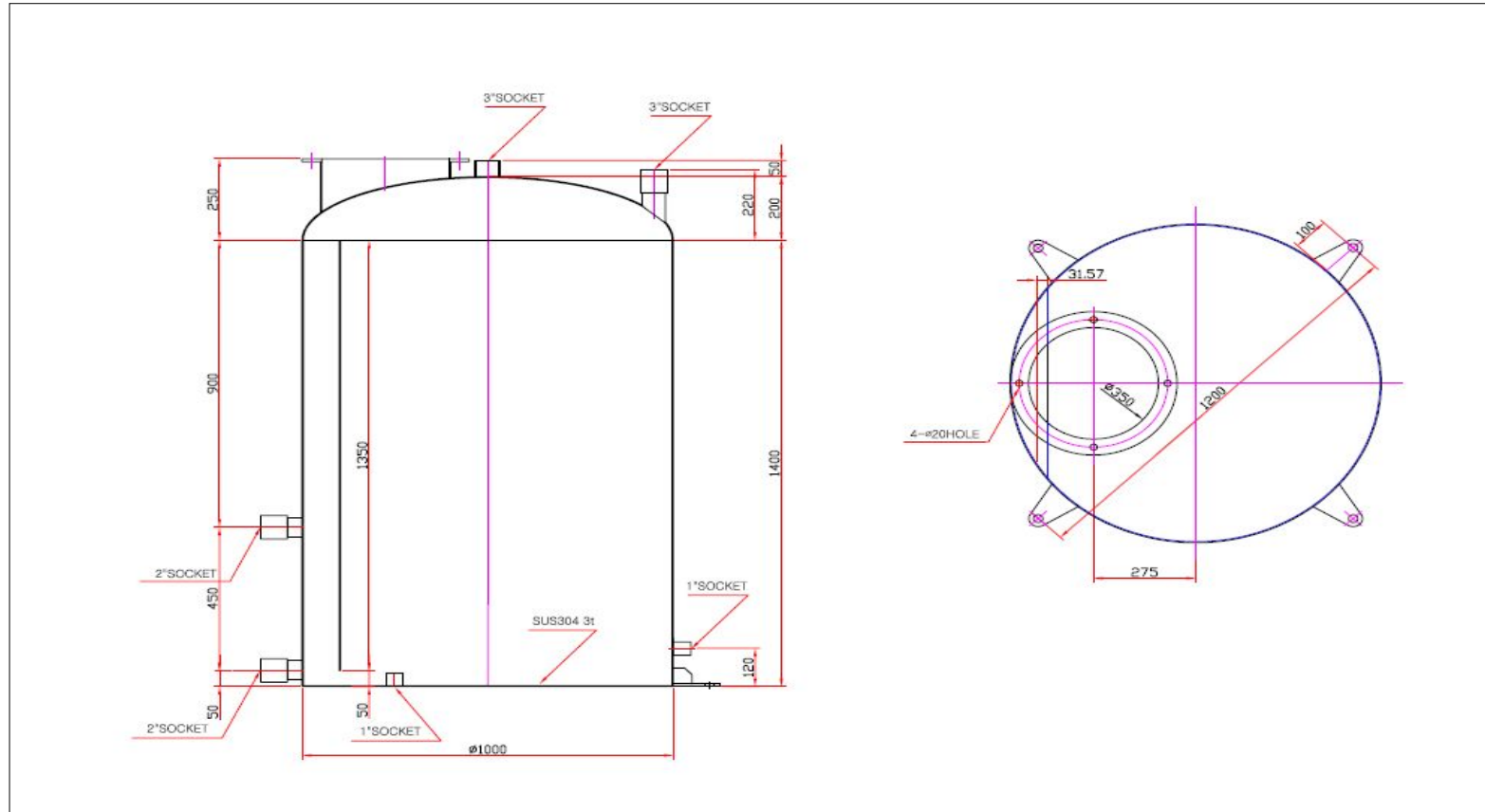
□ 시설용수공급 제작도면 A-1



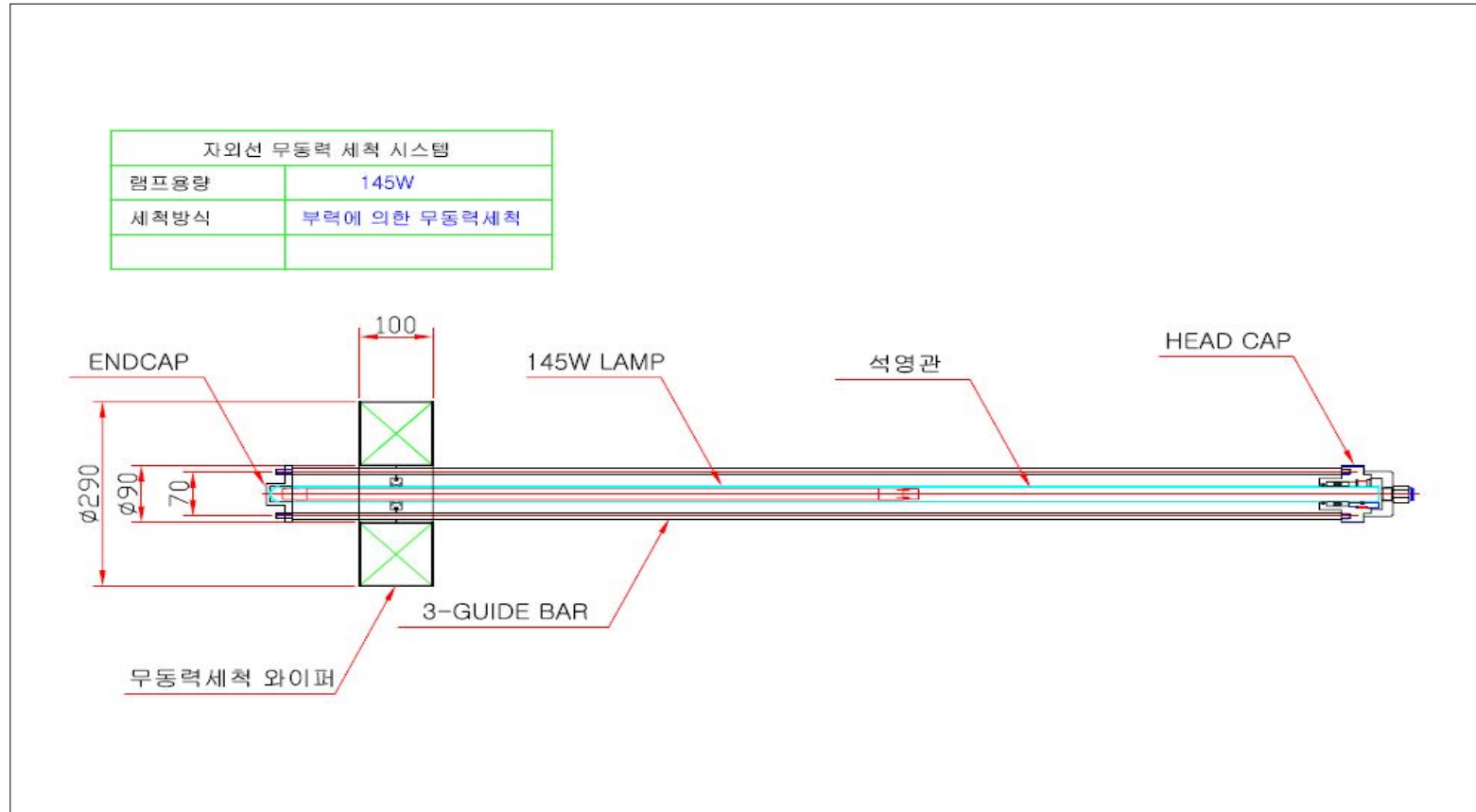
□ 시설용수공급 세면, 장비세척 도면 A-2



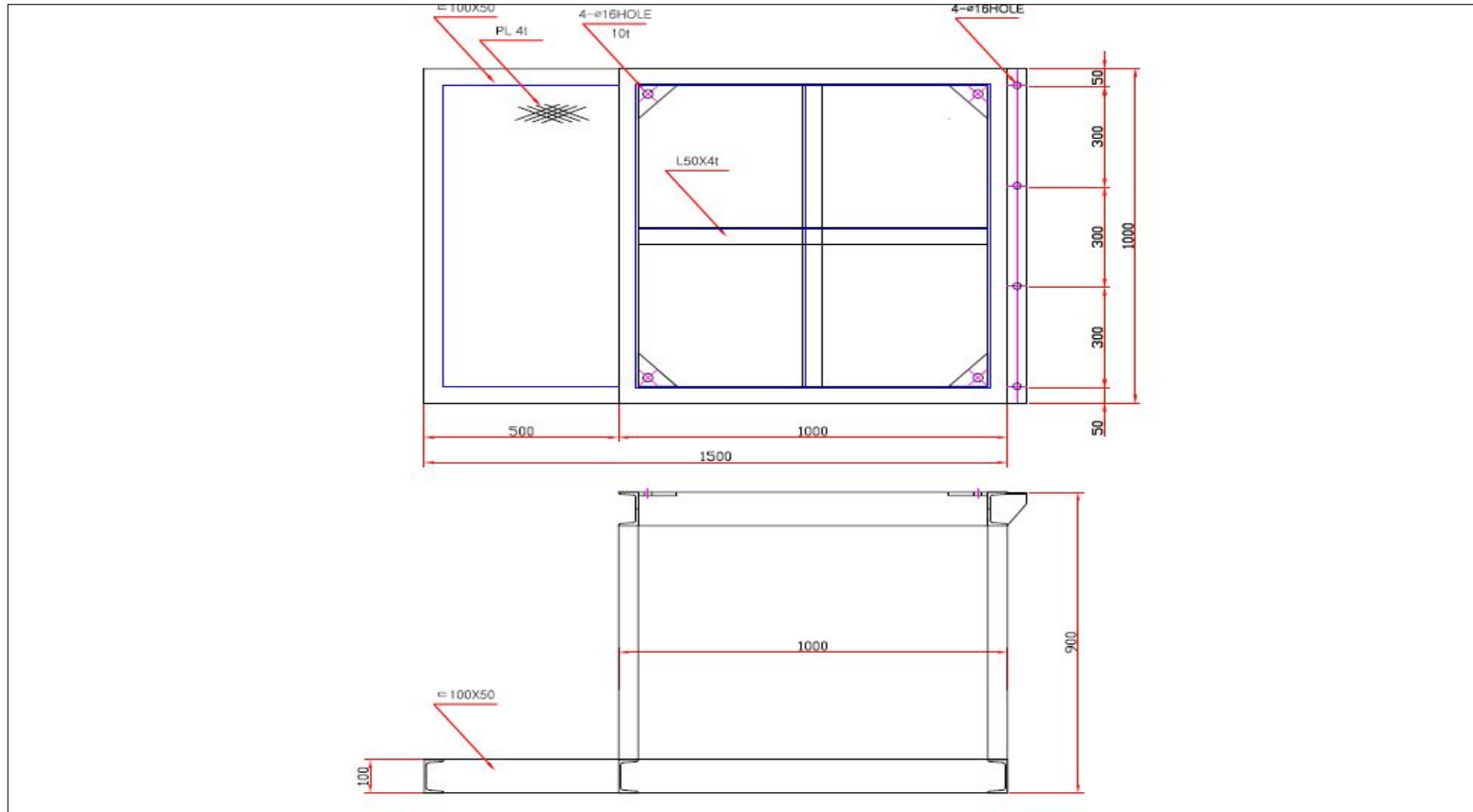
□ 시설용수공급 자외선 모듈 탱크 도면 A-3



□ 시설용수공급 자외선 무동력 세척 시스템 도면 A-4

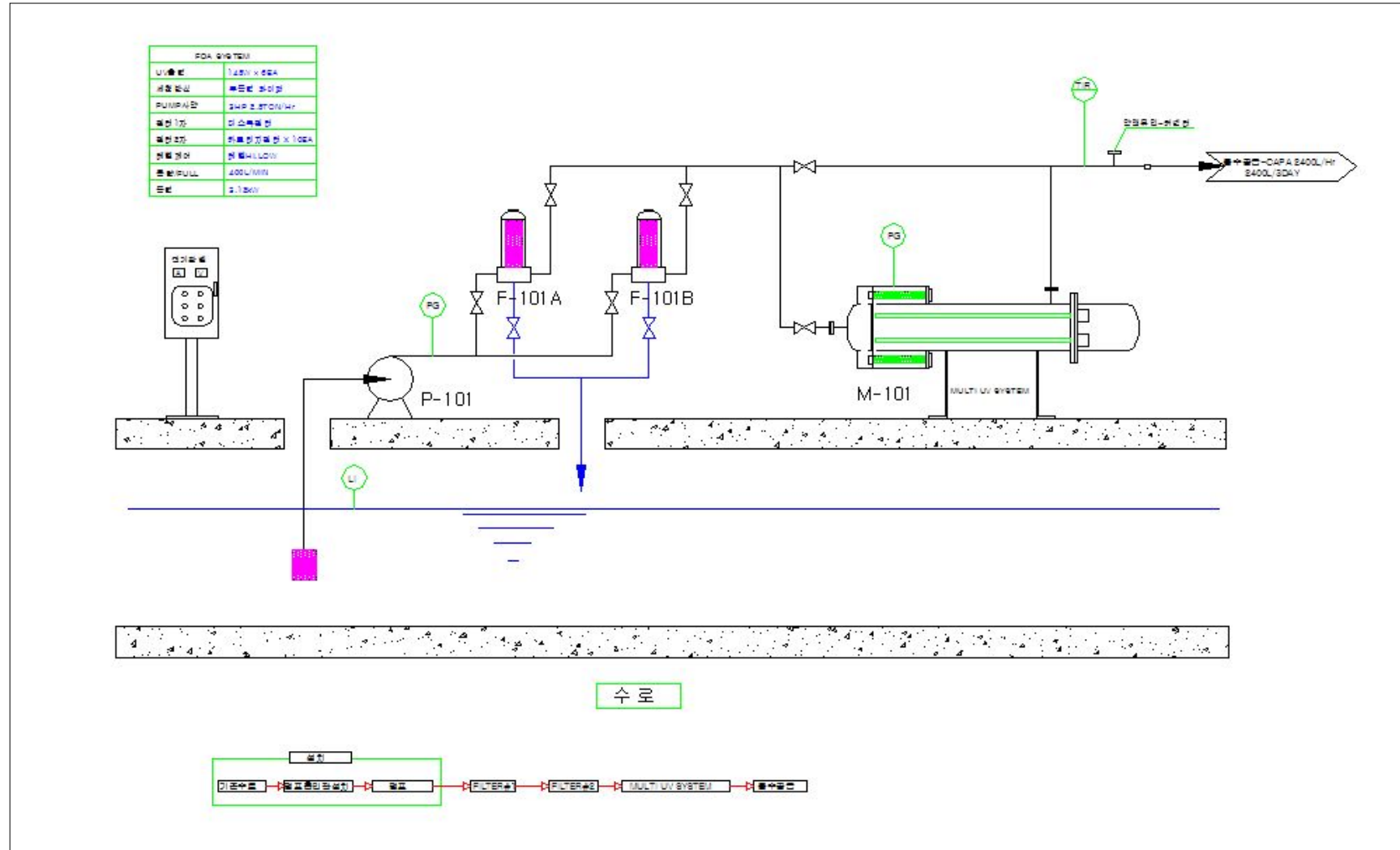


□ 시설용수공급 시스템 PLATE 도면 A-5

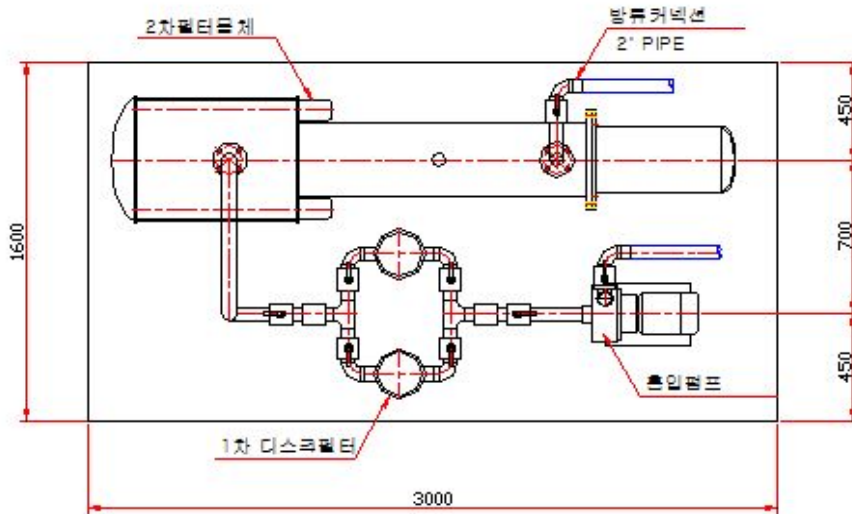


부록 B. 2차 소규모전용 FDA 시스템 도면

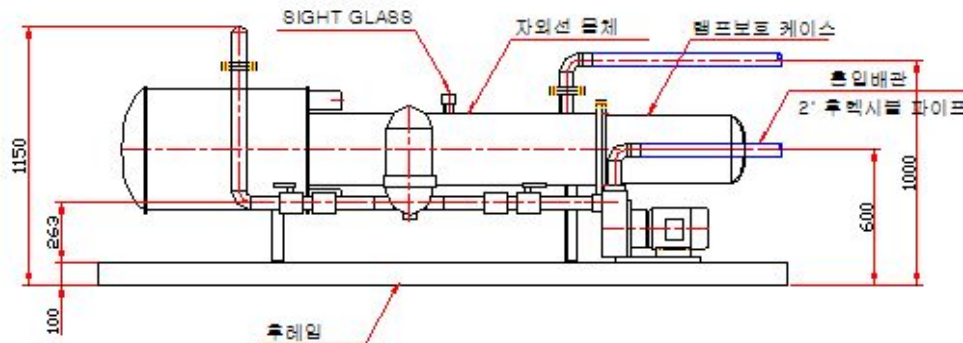
□ 영농편의 용수공급 시스템 조립도 도면 B-1



□ 영농편의 용수공급 시스템 외형 구조도 도면 B-2

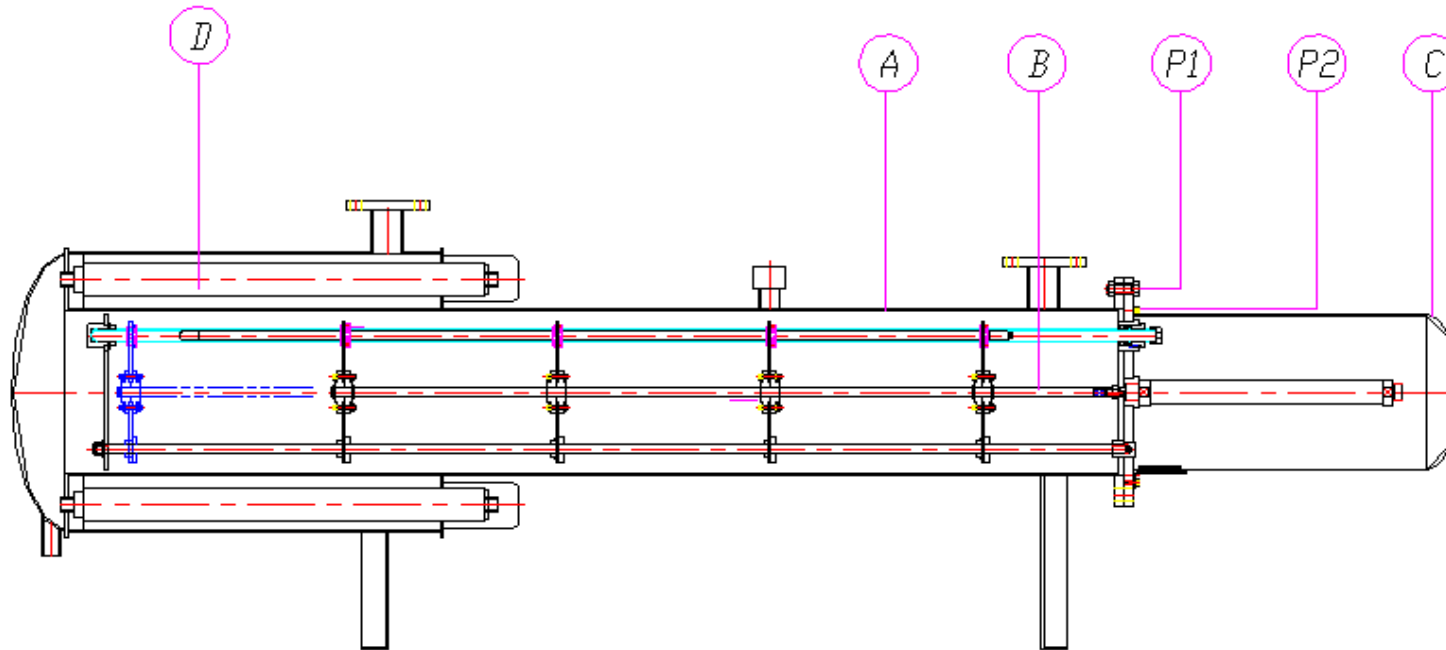


FDA SYSTEM	
UV 출력	145W x 6EA
세정 방식	무공력 와이퍼
PUMP 사양	3HP 2.5TON/Hr
필터 1차	디스크필터
필터 2차	카트리지필터 X 10EA
레벨 제어	레벨HI,LOW
출량/FULL	400L/MIN
전력	3.12kW

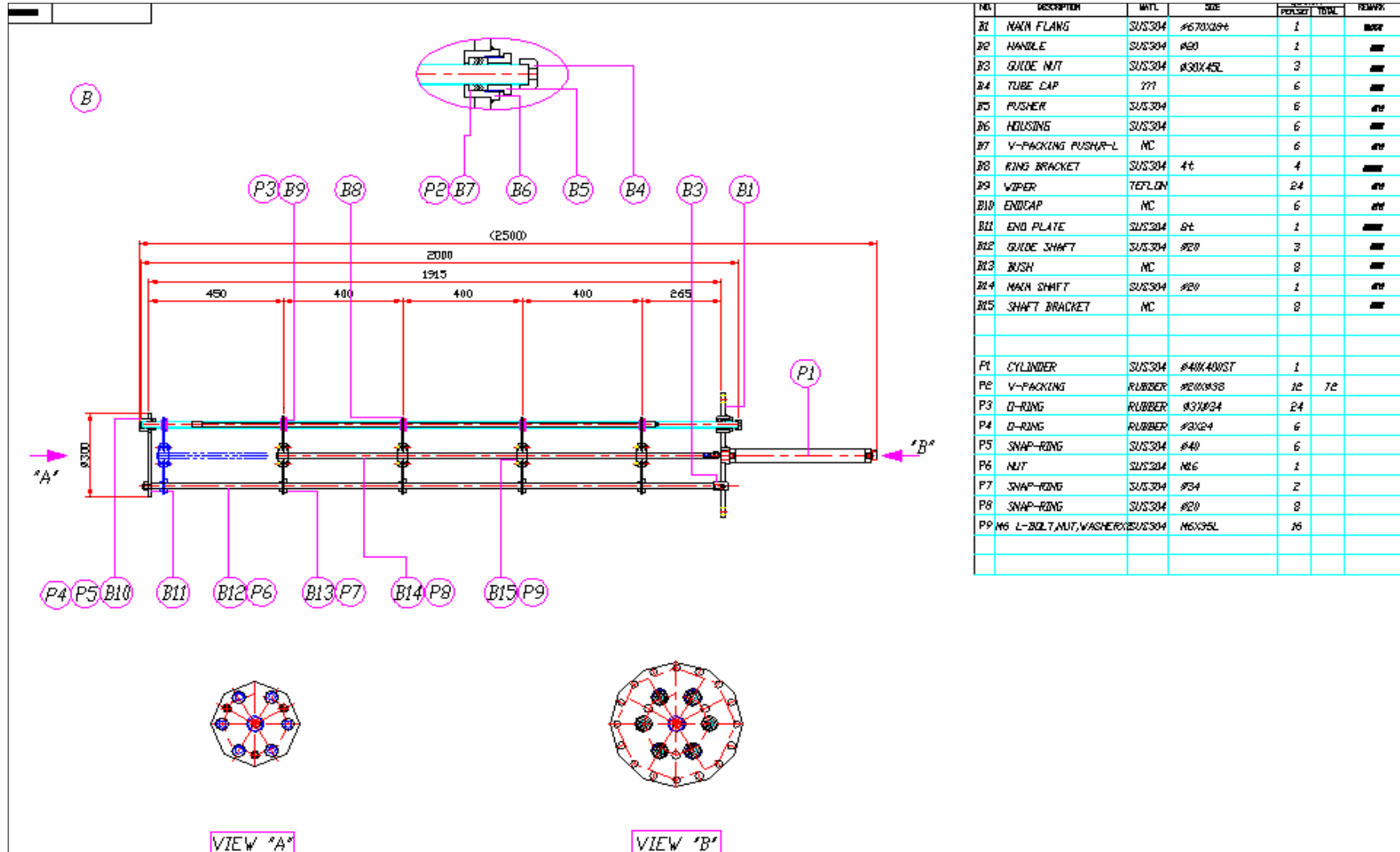


□ 영농편의 용수공급 시스템 SYSTEM MODUE 도면 B-3

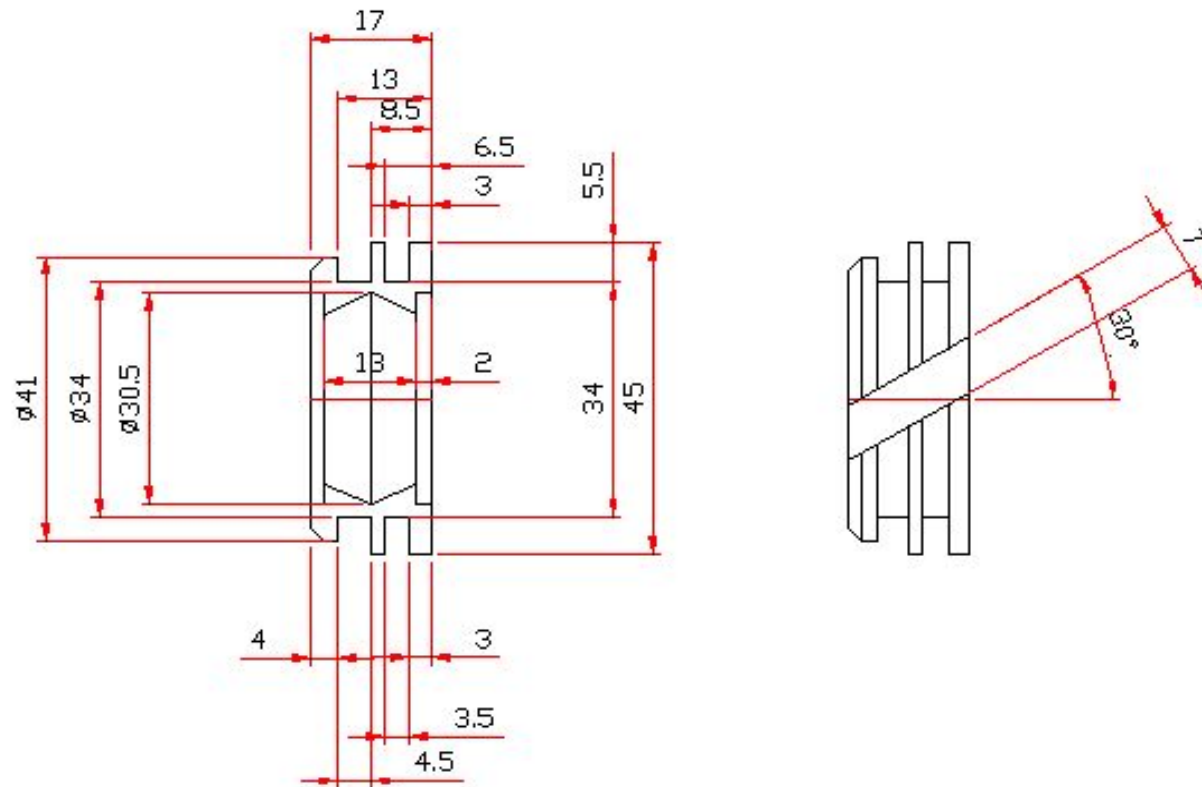
A	UV MODULE	SUS304		1	
B	UV MODULE	SUS304		1	2SUS304
C	MODULE COVER	SUS304		1	
D	FILTER MODULE	PP/PE	Ø60X730L	10	
P1	M6 BOLT,NUT,WASHER	SUS304	M6X60L	16	
PE	M6 L-BOLT,WASHER	SUS304	M6X60L	7	



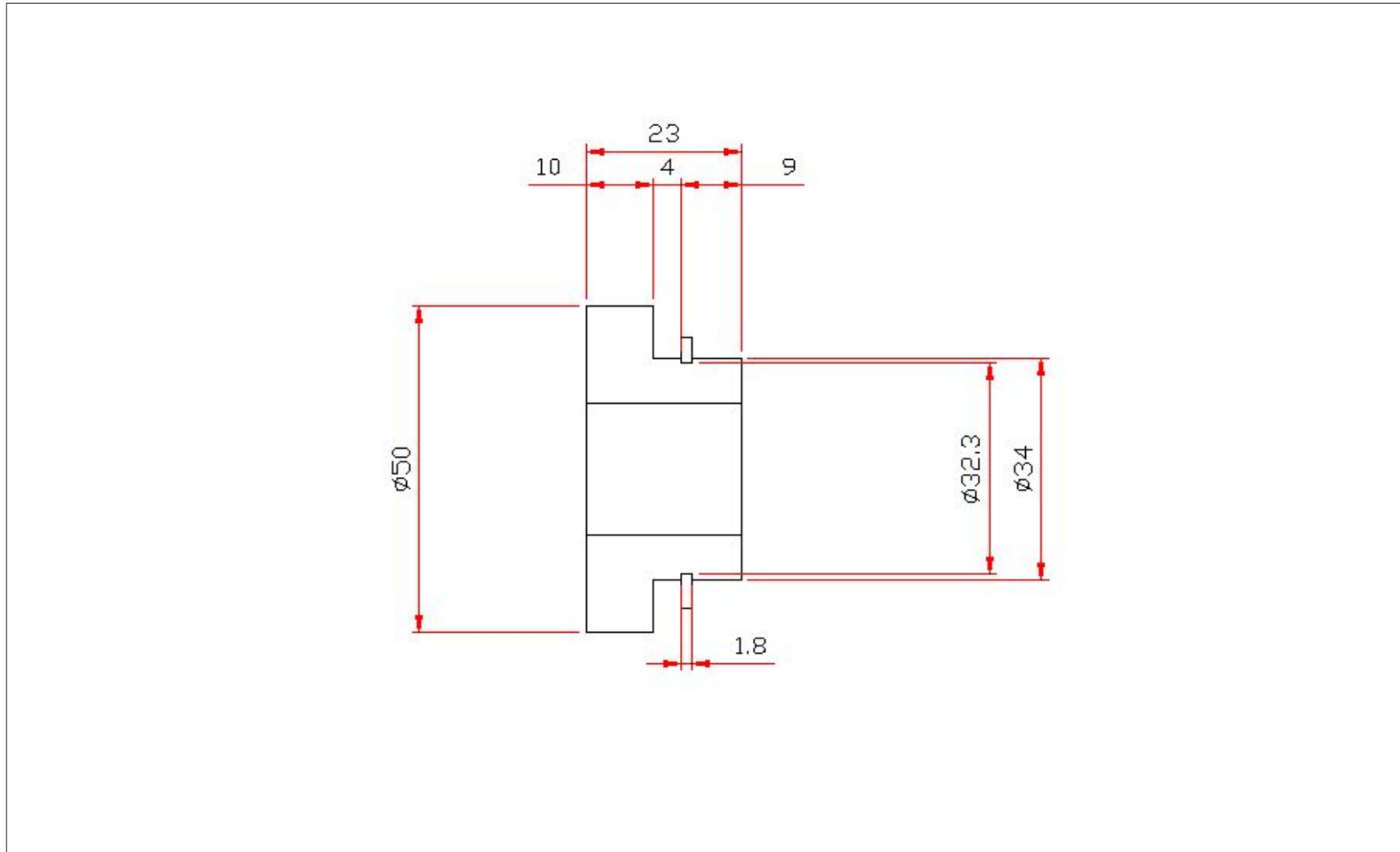
□ 영농편의 용수공급 시스템 자외선 마찰 푸싱 와이퍼 세척 시스템 도면 B-4



□ 영농편의 용수공급 시스템 자외선 마찰 푸싱 와이퍼 시스템 도면 B-5

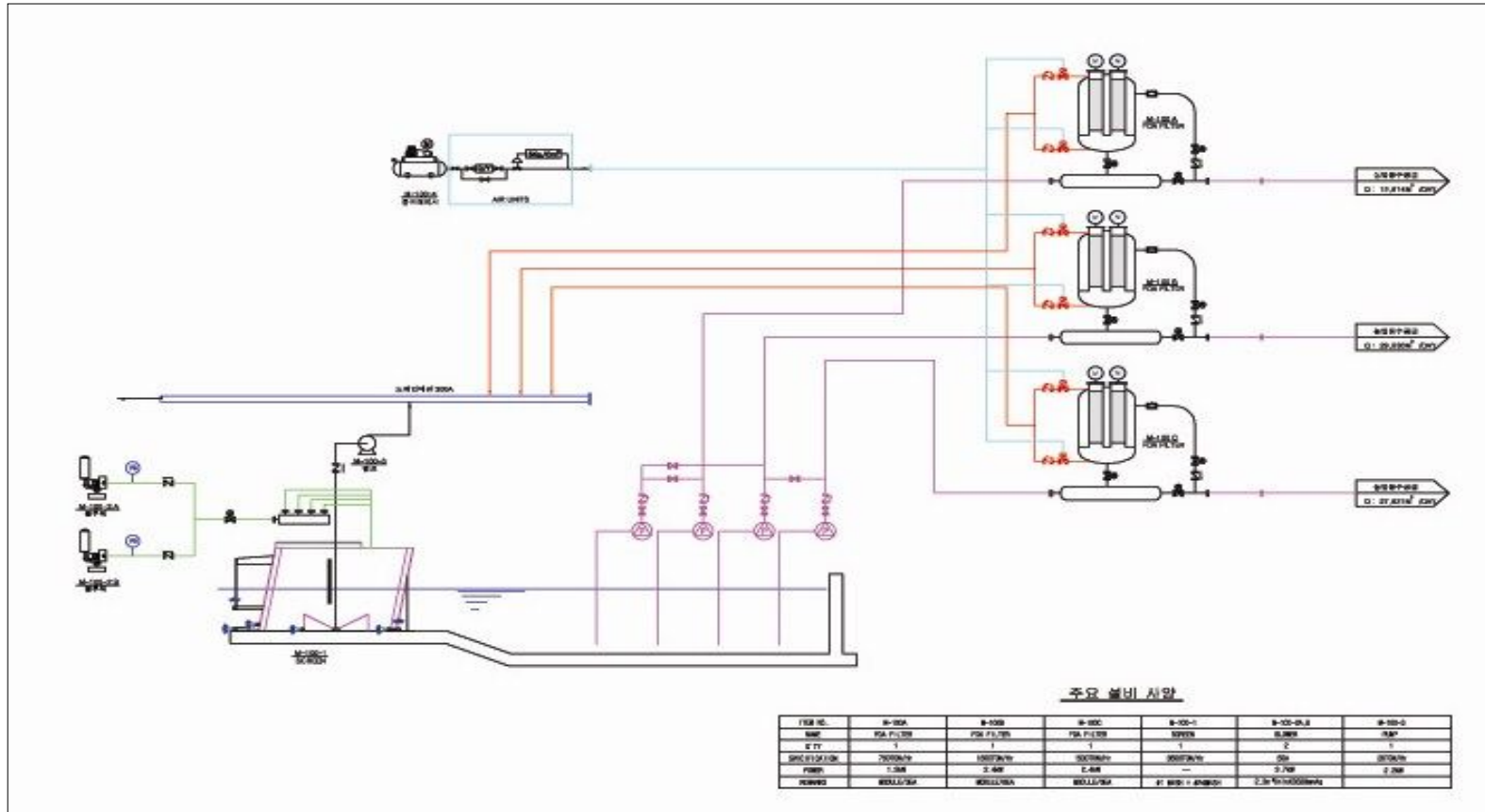


□ 영농편의 용수공급 시스템 자외선 캡 도면 B-6

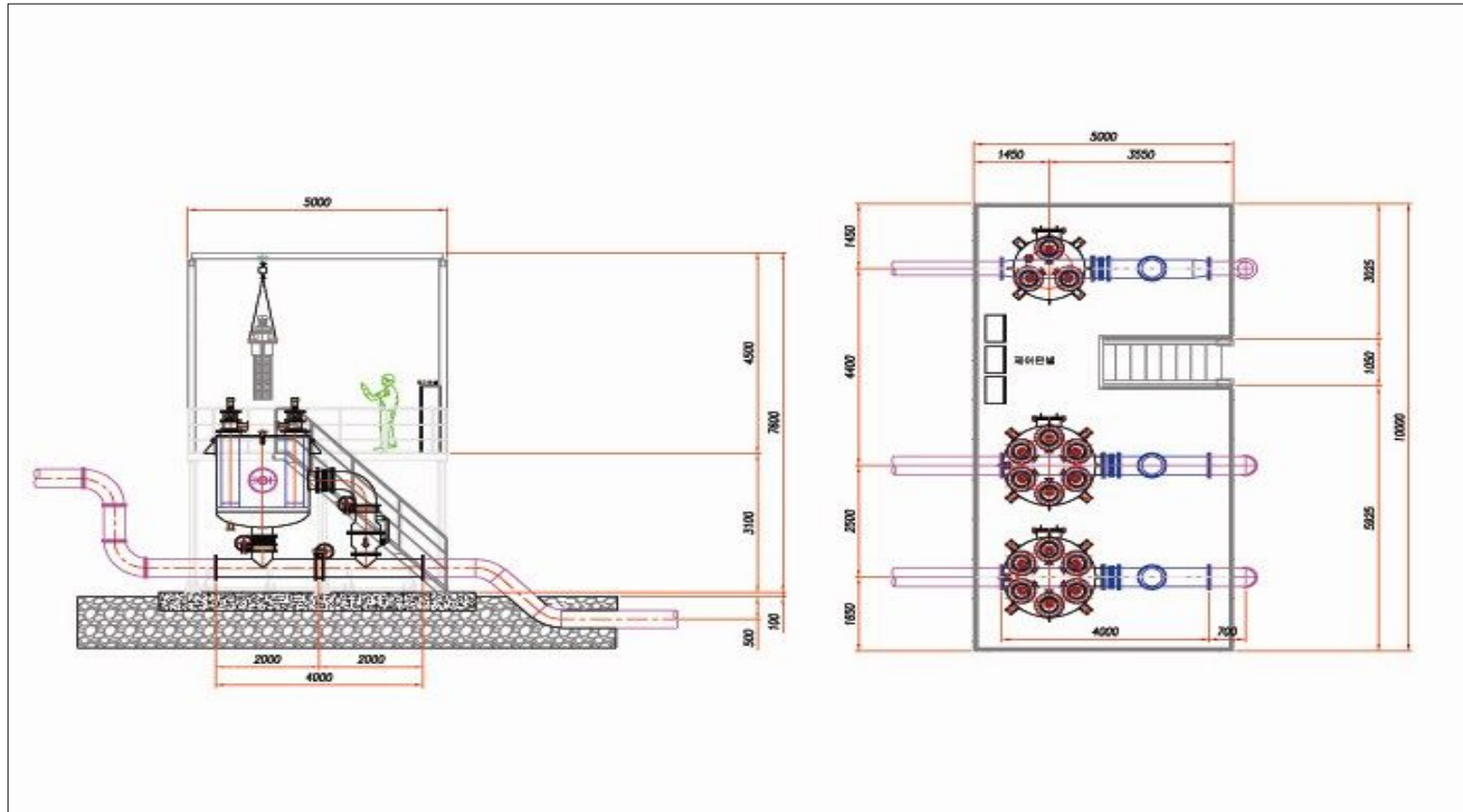


부록 C. 대규모전용 FDA 시스템 도면

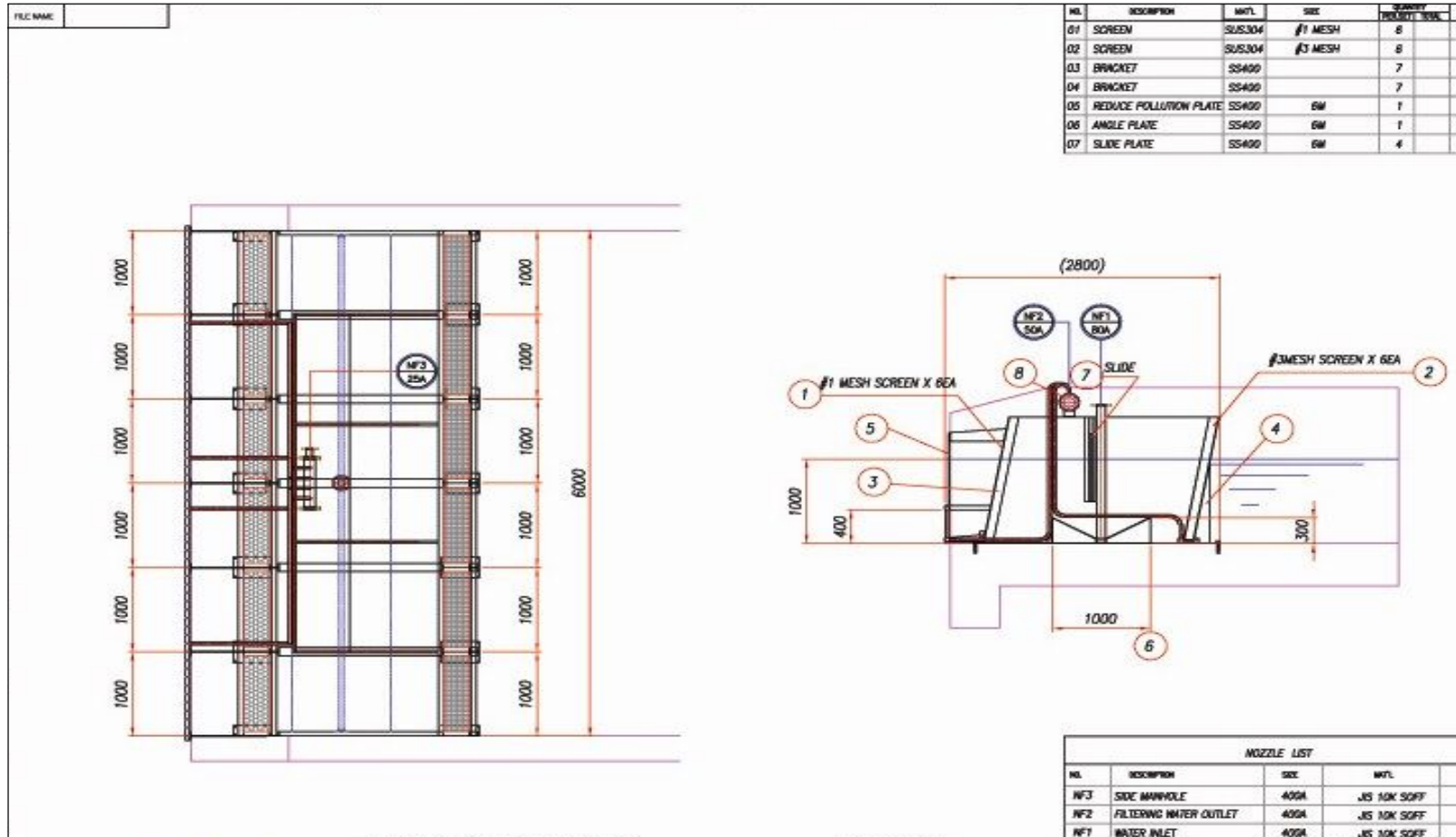
□ 농업용수 공급 시스템 Flow Sheet 도면 C-1



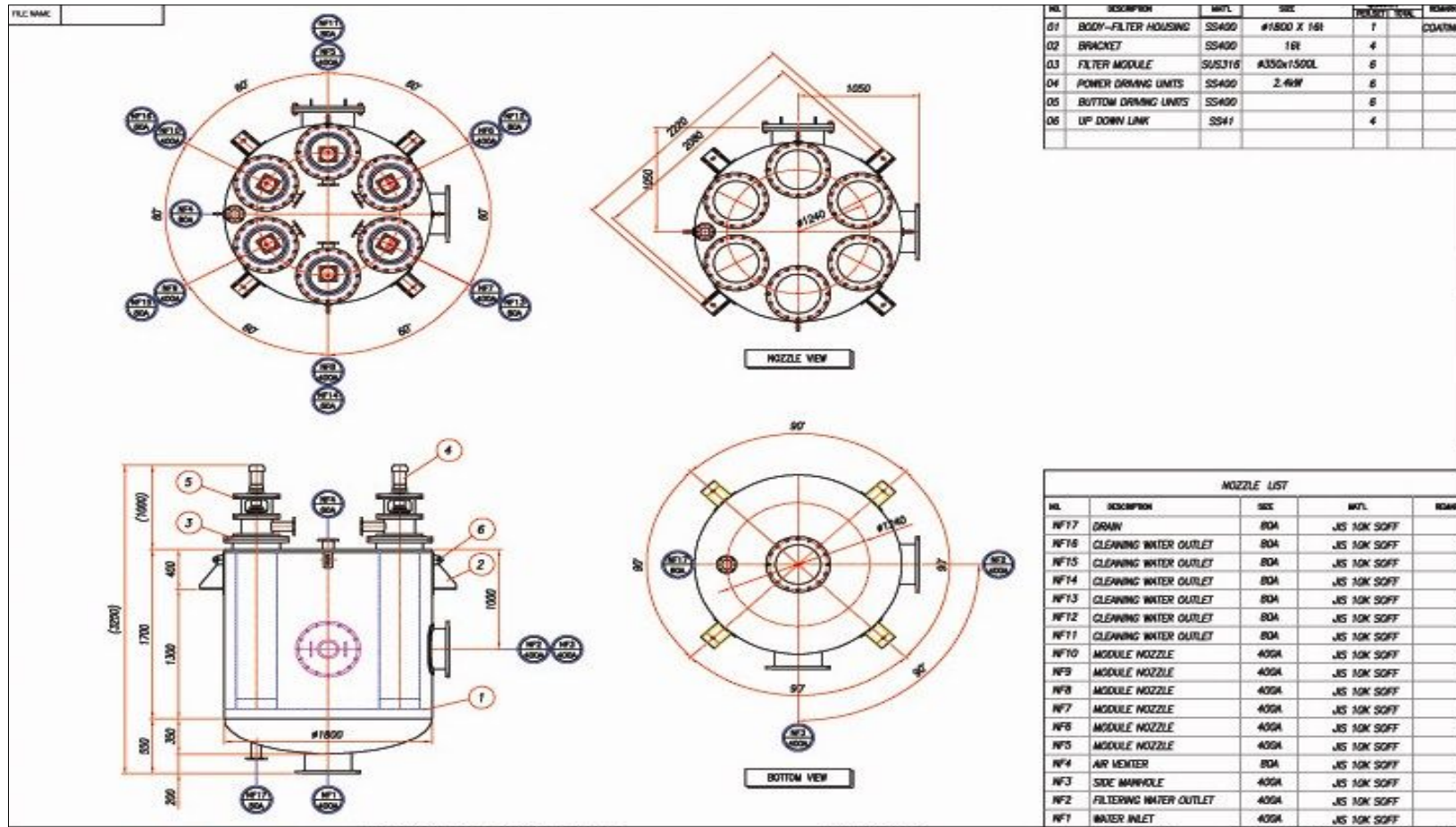
□ 농업용수 공급 시스템 조립도 도면 C-2



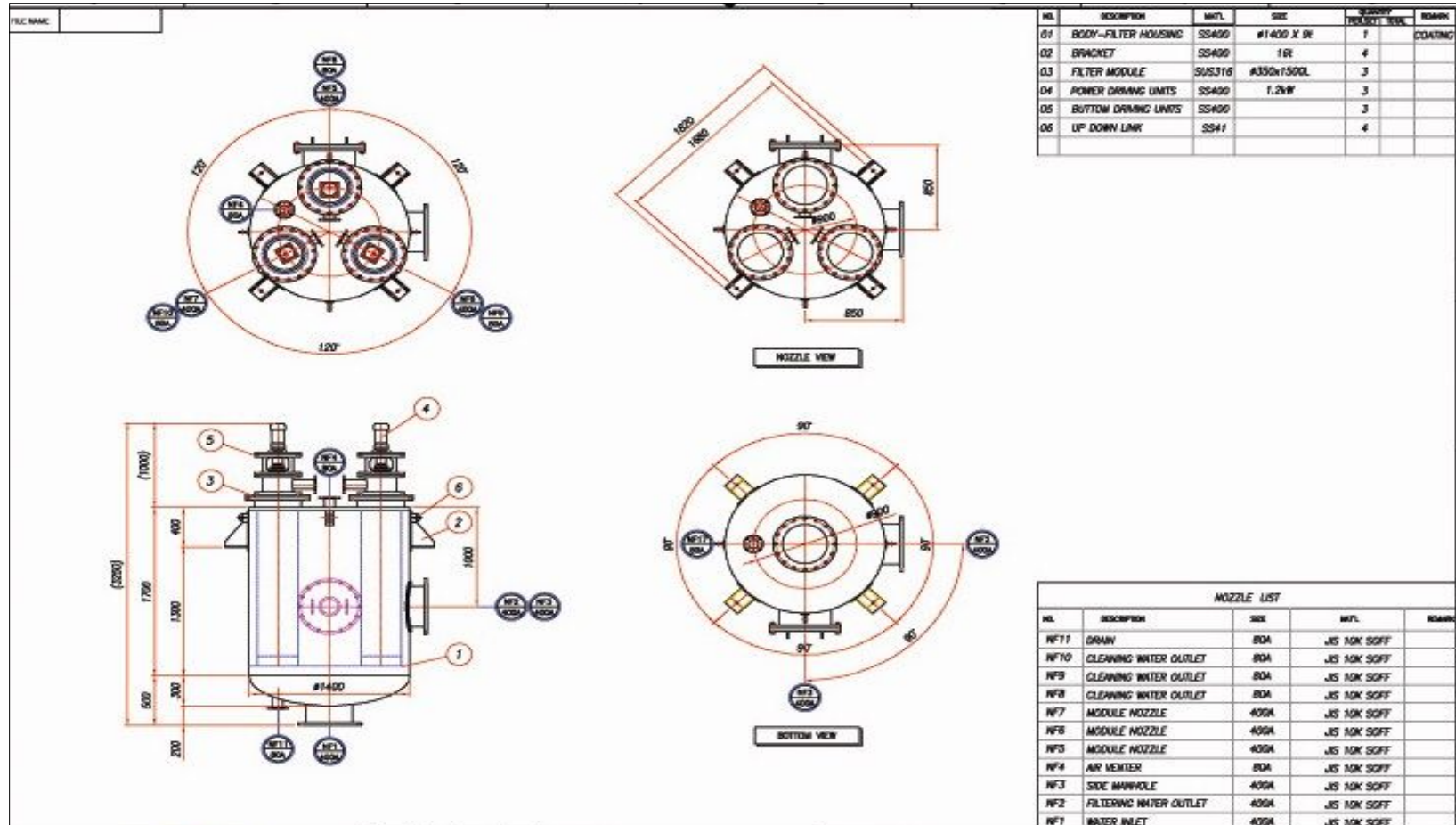
□ 농업용수 공급 시스템 FDA Filter 3000 도면 C-3



□ 농업용수 공급 시스템 FDA Filter 3000 도면 C-4

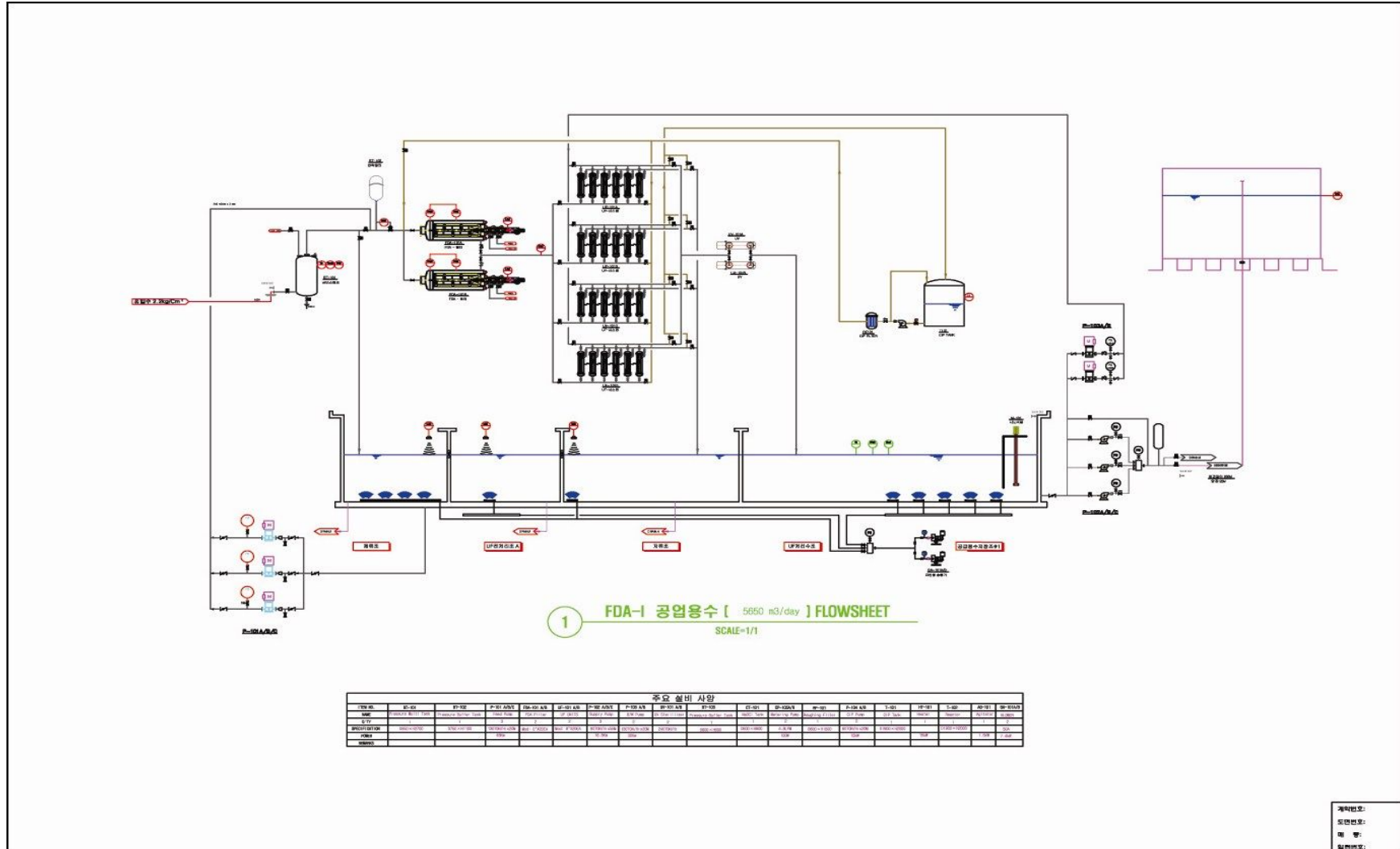


□ 농업용수 공급 시스템 FDA Filter 1500 도면 C-5

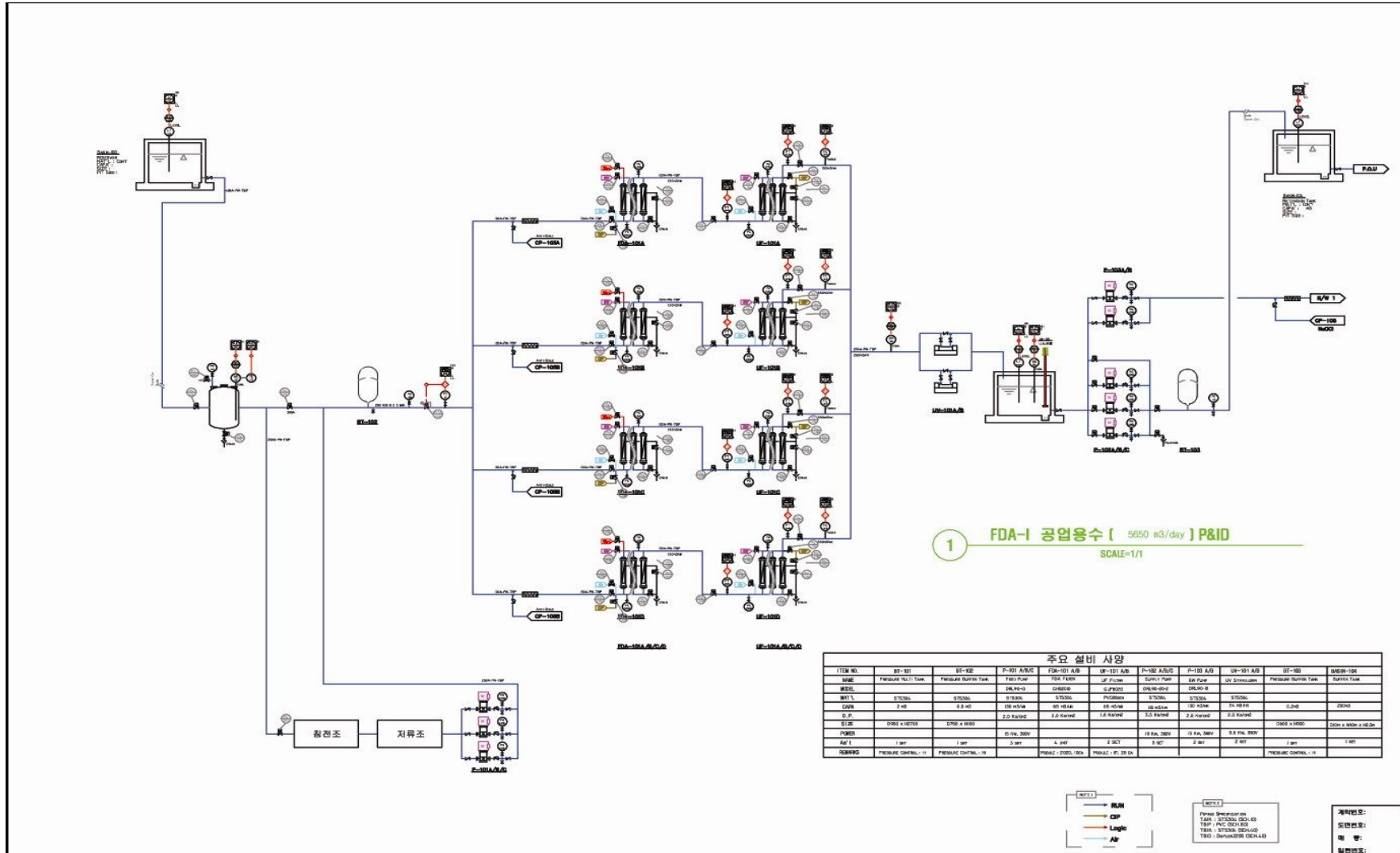


부록 D-1. FDA시스템을 활용한 공업용수 공급시스템 도면

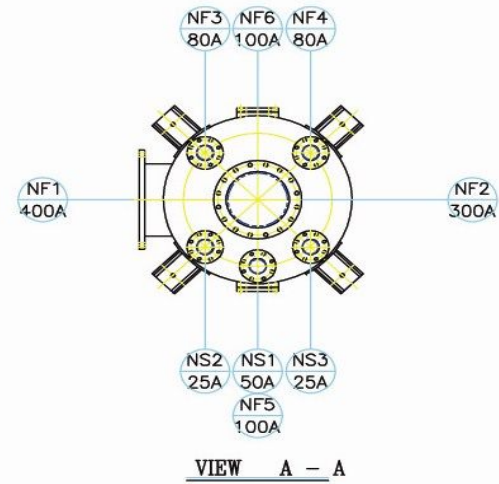
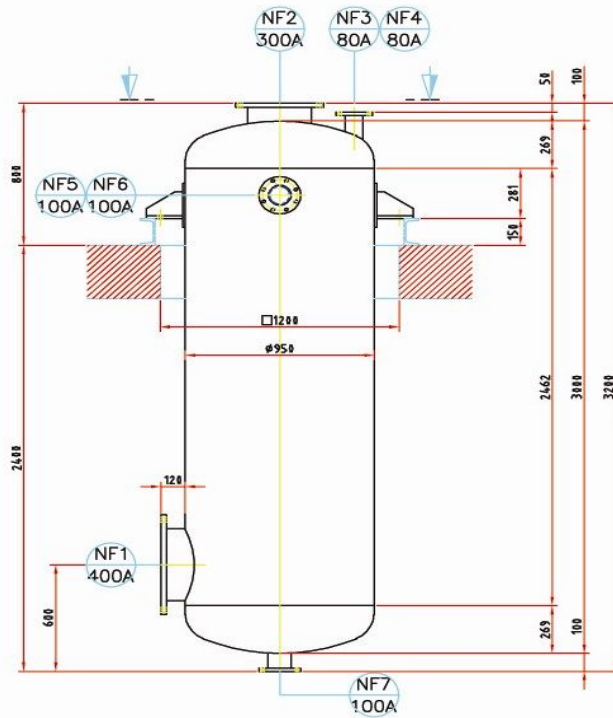
□ FDA-I 공업용수(5650m³/day) Flow Sheet 도면 D-1-1



□ FDA-I 공업용수(5650m³/day) P&ID 도면 D-1-2



□ FDA-I 공업용수(5650m³/day) BT 도면 D-1-3

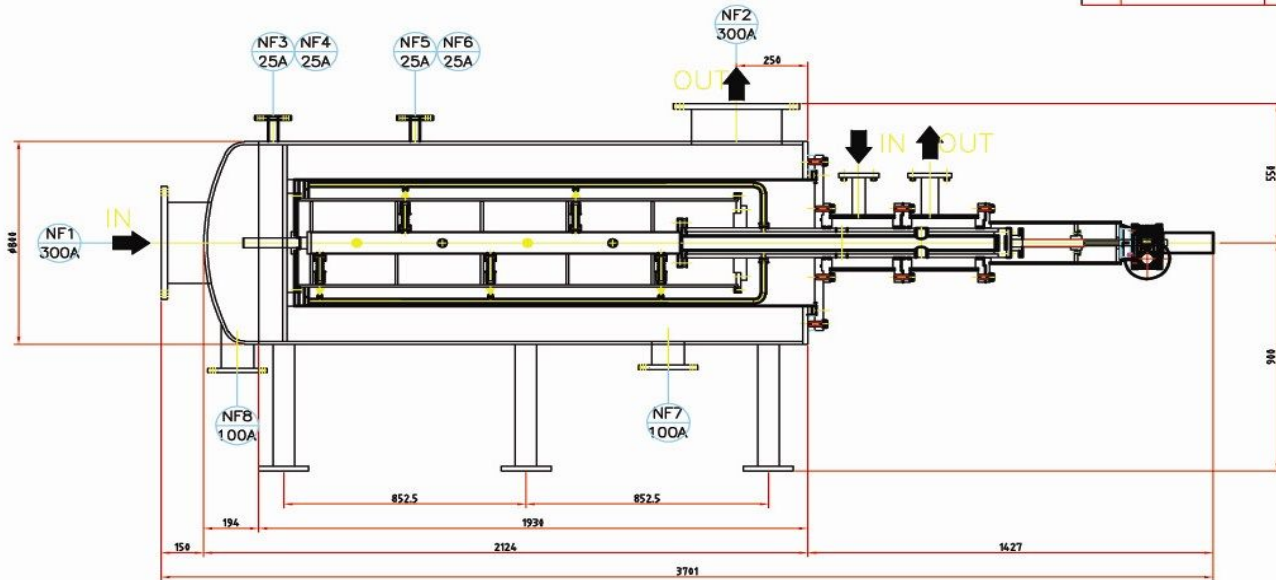


NO.	DESCRIPTION	SIZE	MATL	REMARK
NF1	WATER INLET		JIS 10K SOFF	
NF2	WATER OUTLET		JIS 10K SOFF	
NF3	SPARE		JIS 10K SOFF	
NF4	SPARE		JIS 10K SOFF	
NF5	SIGHT GLASS		JIS 10K SOFF	
NF6	SIGHT GLASS		JIS 10K SOFF	
NF7	DRAIN OUTLET		JIS 10K SOFF	
NS1	???			
NS2	???			
NS3	???			

BT-101

제작번호:
 도면번호:
 명칭:
 설계일자:

□ FDA-I 공업용수(5650m³/day) FDA 도면 D-1-4

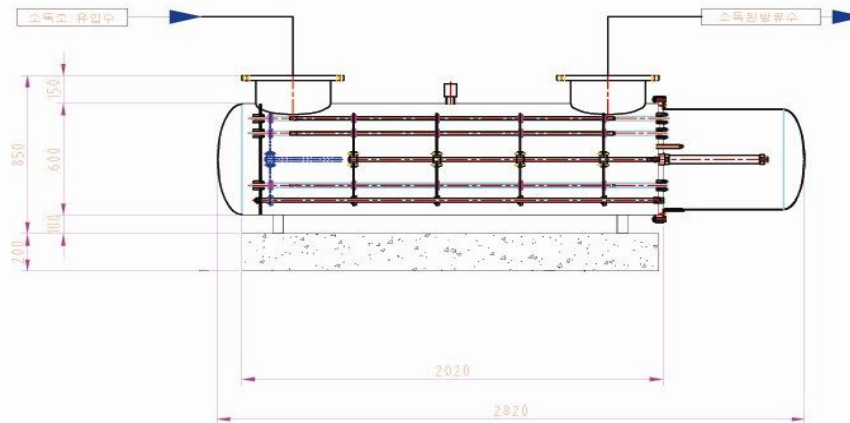


FDA-101A/B

제작번호:
 도면번호:
 명 수:
 발행번호:

□ FDA-I 공업용수(5650m³/day) UV 도면 D-1-5

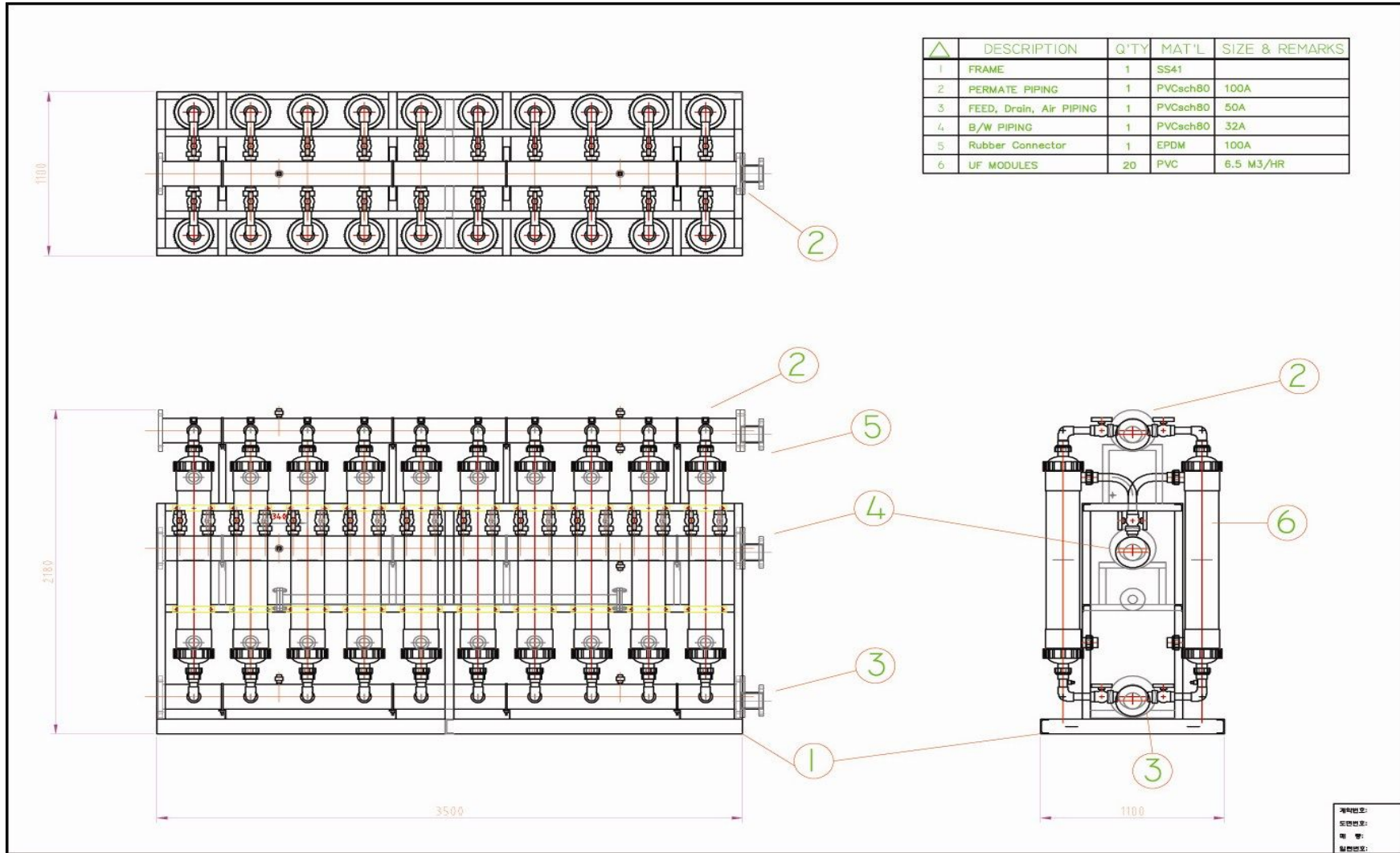
제 작 사 양	
장 목	지입램프
램 프 형 식	PHILIPS
설 계 유 량	2825m ³ /day X 2 = 5650
자외선조사량	25,000μsec/cm ² 이상
접 속 시 간	10.13sec 이상
자외선투과율	90%
소 비 전 력	약 3,480W
램 프 수	24 X 2 SET = 48개



UV-101A/B

제작번호:
도면번호:
박 호:
일련번호:

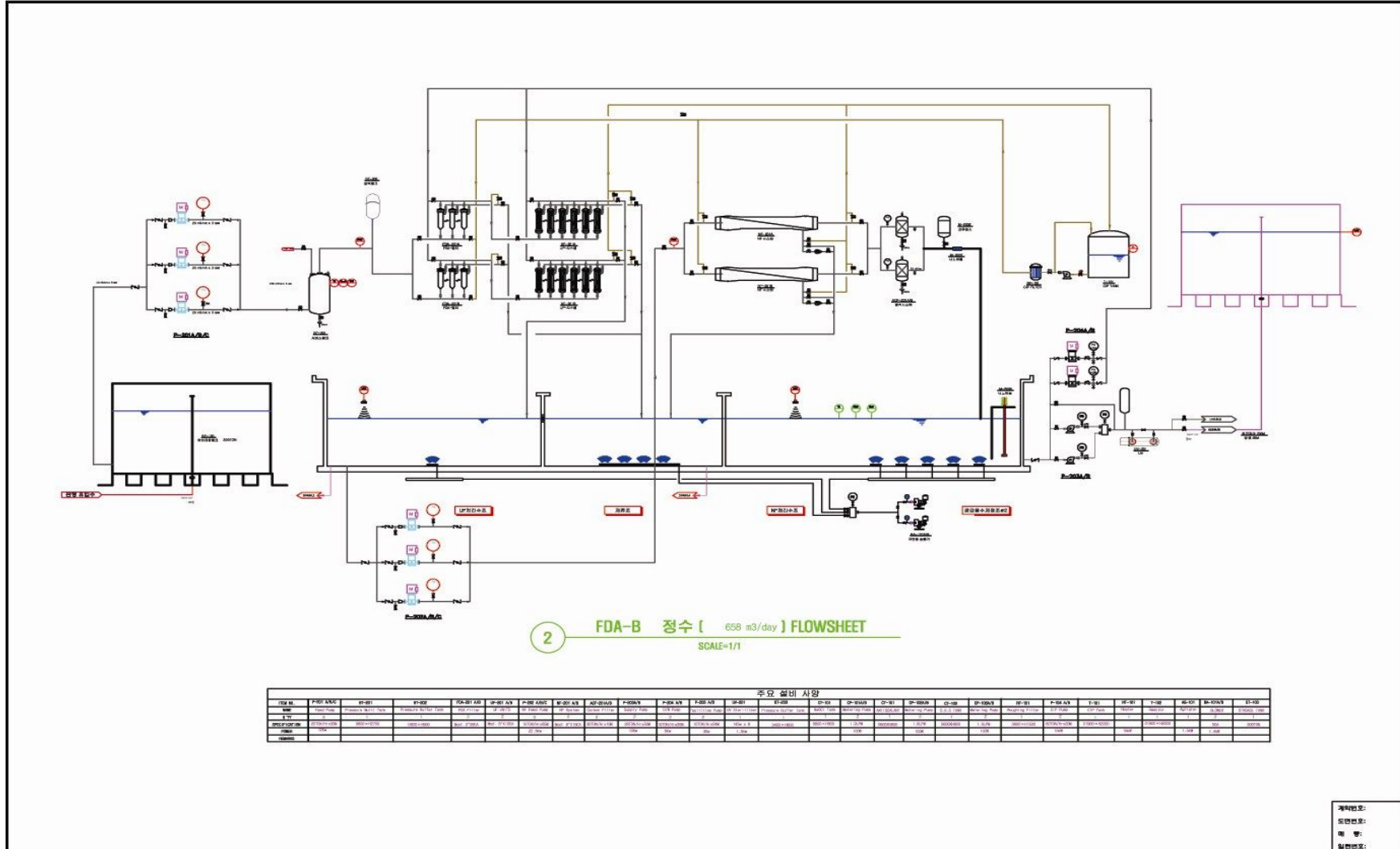
□ FDA-I 공업용수(5650m³/day) UF 도면 D-1-6



제작번호:
 도면번호:
 명 세:
 발주번호:

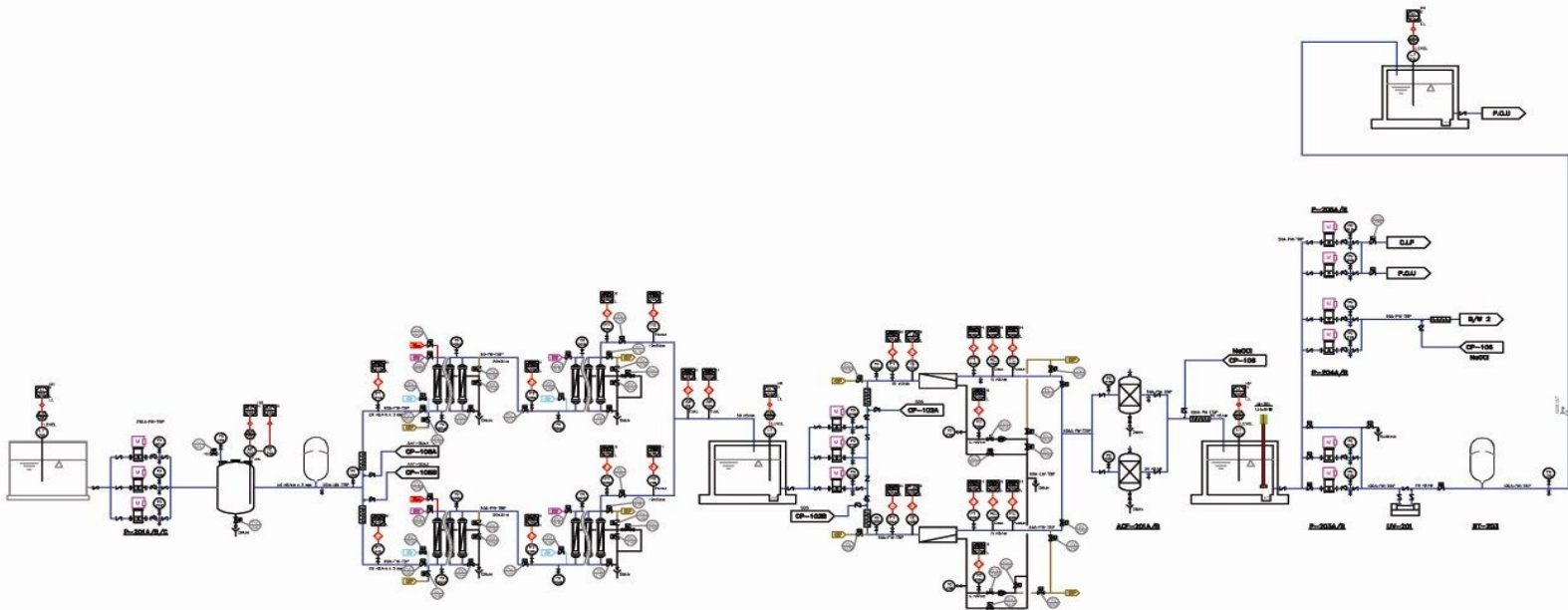
부록 D-2. FDA시스템을 활용한 생활용수 공급시스템 도면

□ FDA-B 생활용수(658m³/day) Flow Sheet 도면 D-2-1



제작번호:
 도면번호:
 명칭:
 발주처:

□ FDA-B 생활용수(658m³/day) P&ID 도면 D-2-2



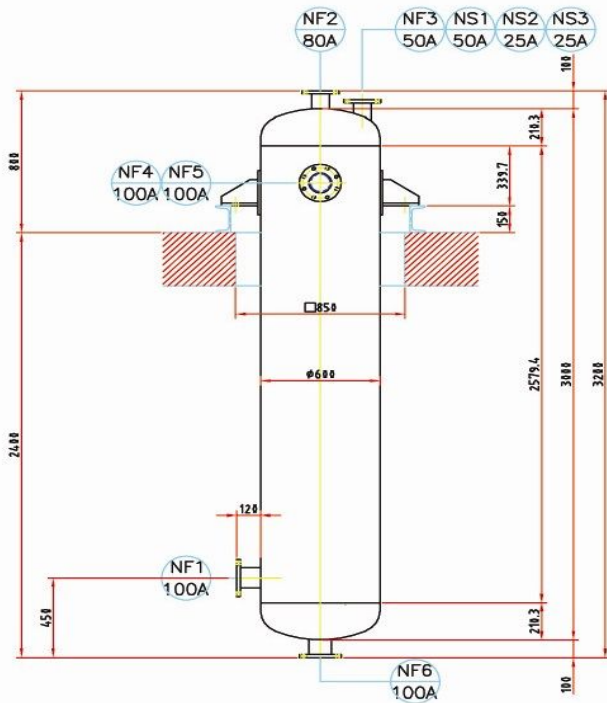
2 FDA-B 정수 [658 m³/day] P&ID
SCALE=1/1

주요 설비 사양

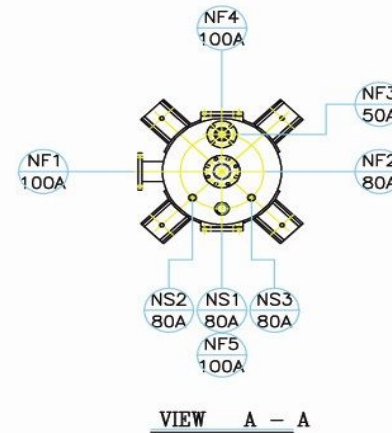
ITEM NO.	P-201 A/B/C	ST-201	ST-202	TR-201 A/B	UP-201 A/B	DMS-101	P-202 A/B/C	MF-201 A/B	AZP-201 A/B	SM-101	P-203 A/B	P-204 A/B	P-205 A/B	UP-201	ST-203	ST-204
NAME	Raw Water Pump	Pressure Buffer Tank	Pressure Buffer Tank	1200 Filter	OP Water Pump	Reverse Tank	OP Water Pump	OP Water Pump	Activated Carbon Filter	Storage Tank	OP Water Pump	OP Water Pump	OP Water Pump	UV Sterilizer	Pressure Buffer Tank	Pressure Buffer Tank
MODEL	SP-3000			Q-2000A	SP-3000	SP-3000	Q-2000A	Q-2000A	Q-2000A		SP-3000	SP-3000	SP-3000	UV-2000A		
MAF NO.	ST300A	ST300A	ST300A	ST300A	PV3000	Q-2000A	Q-2000A	Q-2000A	Q-2000A		SP-3000	SP-3000	SP-3000	UV-2000A		
Q/NV	0.0-0.0	0.0-0.0	0.0-0.0	0.0-0.0	0.0-0.0	0.0-0.0	0.0-0.0	0.0-0.0	0.0-0.0		0.0-0.0	0.0-0.0	0.0-0.0	0.0-0.0	0.0-0.0	0.0-0.0
Q.P.	2.2-10.00			2.2-10.00	2.2-10.00		2.2-10.00	2.2-10.00	2.2-10.00		2.2-10.00	2.2-10.00	2.2-10.00	2.2-10.00	2.2-10.00	2.2-10.00
SIZE	D800 x H1700	D800 x H1800				D400 x W300 x H1000				D400 x W300 x H1000				D400 x H1800	D400 x H1800	D400 x H1800
POWER	0.9kw, 380V			2.4kw	2.4kw		1.0 kw, 380V	1.0 kw, 380V	2.4kw		2.2 kw, 380V	2.2 kw, 380V	2.2 kw, 380V	1.2 kw, 220V	1.0 kw	1.0 kw
MAF NO.	3-001	1-001	1-001	2-001	2-001		2-001 (DMS-101)	2-001	2-001		2-001	2-001	2-001	1-001	1-001	1-001
CONTROL	3-001	Pressure Control, 1-H	Pressure Control, 1-H	Pressure Control, 1-H	Pressure Control, 1-H	Pressure Control, 1-H	Pressure Control, 1-H	Pressure Control, 1-H	Pressure Control, 1-H	Pressure Control, 1-H	Pressure Control, 1-H	Pressure Control, 1-H	Pressure Control, 1-H	Pressure Control, 1-H	Pressure Control, 1-H	Pressure Control, 1-H



□ FDA-B 생활용수(658m³/day) BT 도면 D-2-3



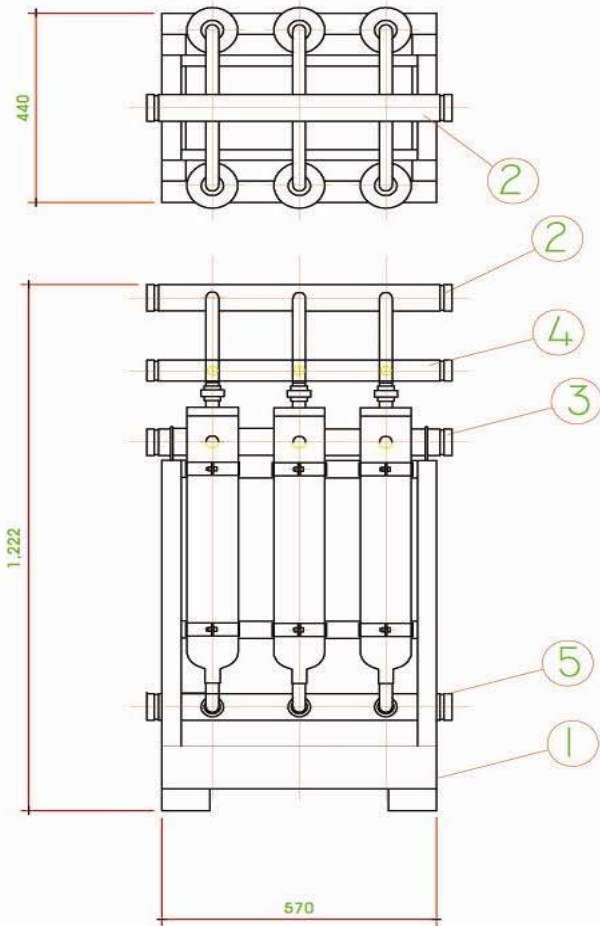
BT-201



NO.	DESCRIPTION	SIZE	MAT'L	REMARK
NF1	WATER INLET		JS 10K SOFF	
NF2	WATER OUTLET		JS 10K SOFF	
NF3	SPARE		JS 10K SOFF	
NF4	SIGHT GLASS		JS 10K SOFF	
NF5	SIGHT GLASS		JS 10K SOFF	
NF6	DRAIN OUTLET		JS 10K SOFF	
NS1	???			
NS2	???			
NS3	???			

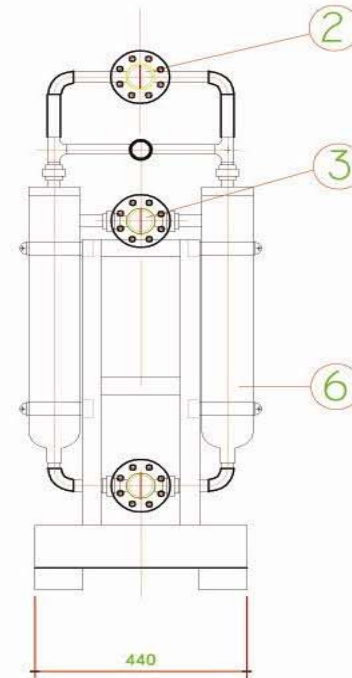
제작번호:
 도면번호:
 명 수:
 실장번호:

□ FDA-B 생활용수(658m³/day) FDA 도면 D-2-4



FDA-201A/B

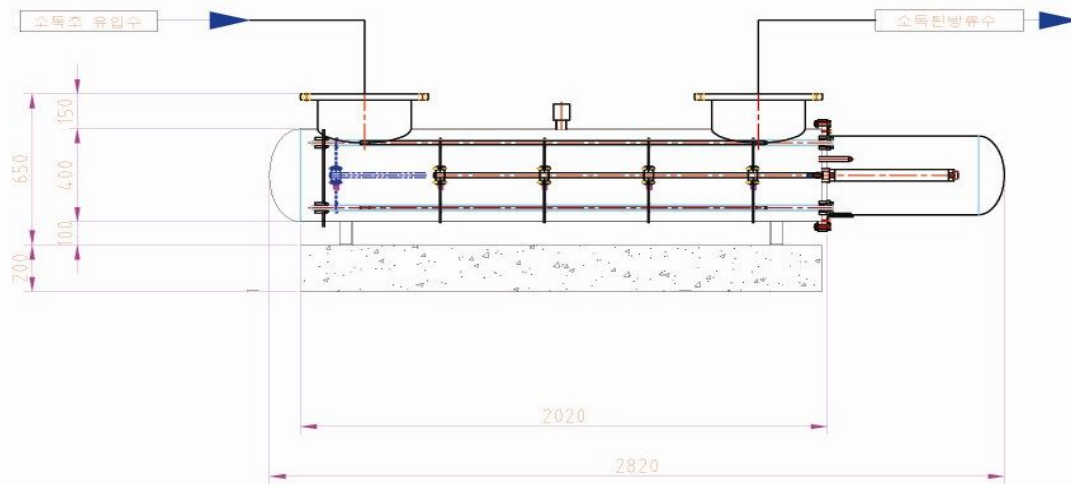
△	DESCRIPTION	Q'TY	MAT'L	SIZE & REMARKS
1	FRAME	1	STS304	
2	PERMATE PIPING	1	STS316L	50A
3	FEED PIPING	1	STS316L	50A
4	B/W, STEAM PIPING	1	STS316L	32A
5	DRAIN, AIR PIPING	1	STS316L	50A
6	MF MODULES	4	STS316L	6.0 M3/HR



계약번호:
 도면번호:
 매 수:
 일련번호:

□ FDA-B 생활용수(658m³/day) UV 도면 D-2-5

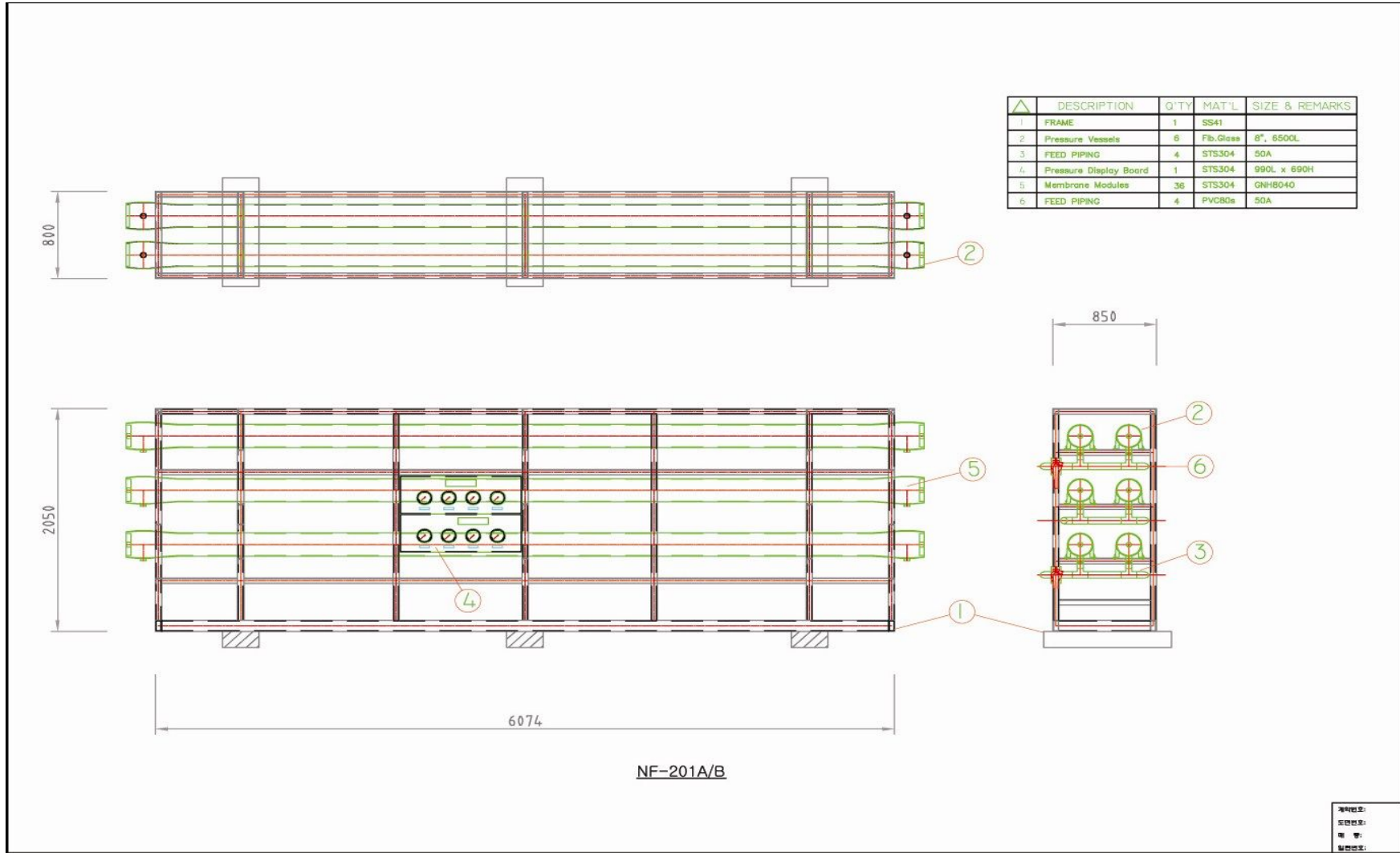
제 작 사 양	
항 목	지압램프
램 프 형 식	PHILIPS
설 계 유 량	658m ³ /day
자외선조사량	25,000μsec/cm ² 이상
검 측 시 간	8sec 이상
자외선투과율	90%
소 비 전 력	약 1160W
램 프 수	8개



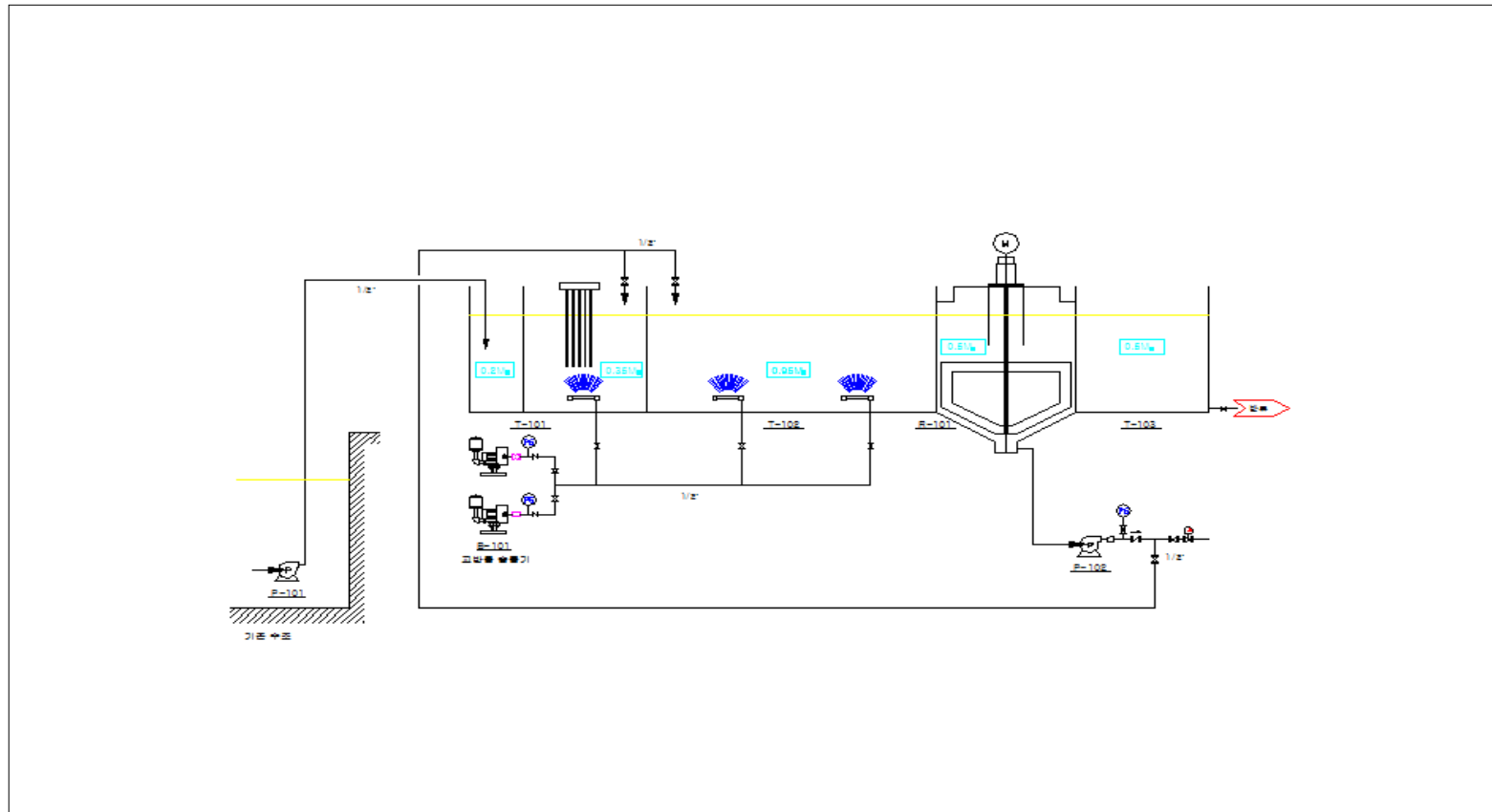
UV-201

제작번호:
도면번호:
제 號:
설계번호:

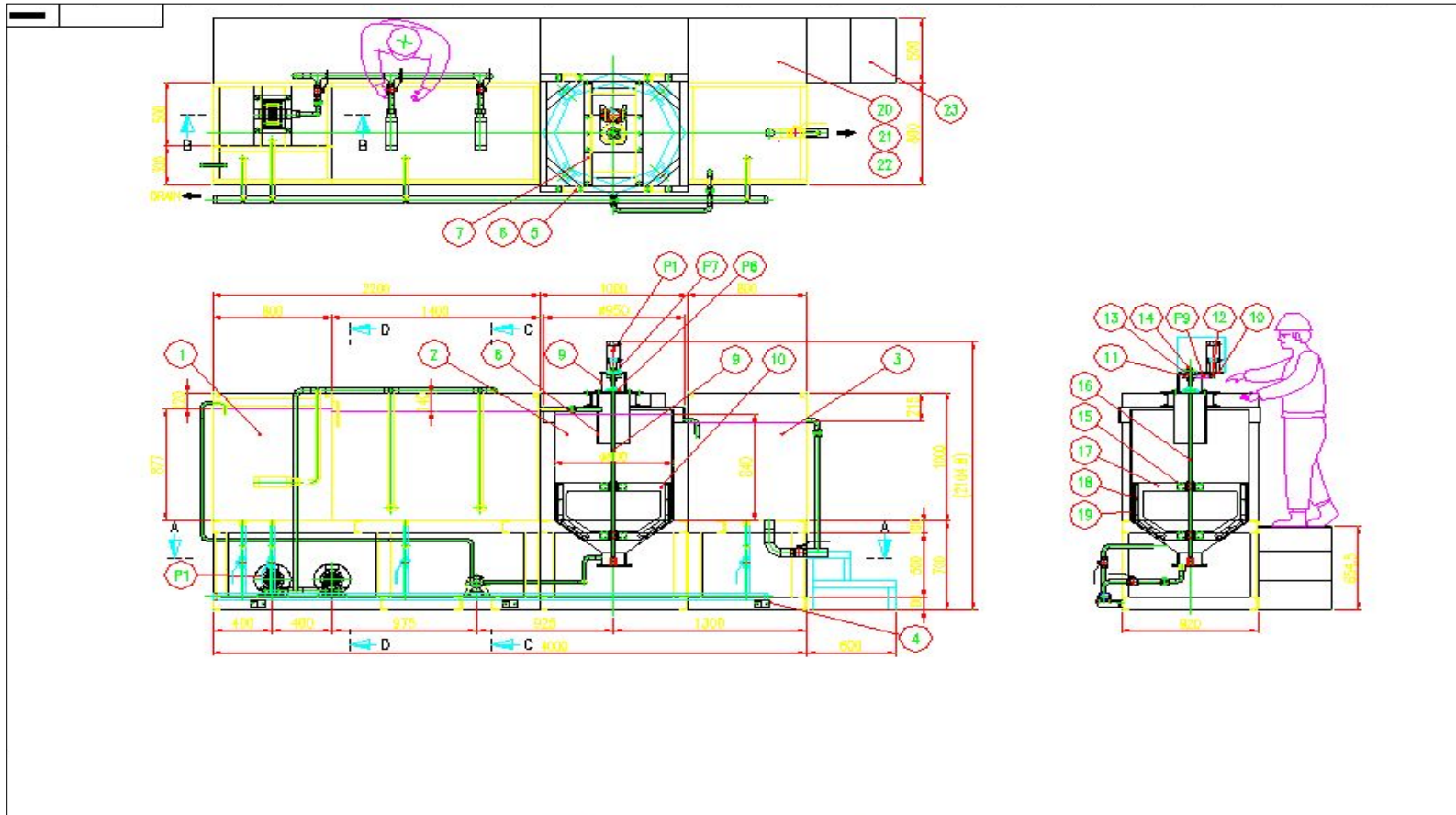
□ FDA-B 생활용수(658m³/day) NF 도면 D-2-6



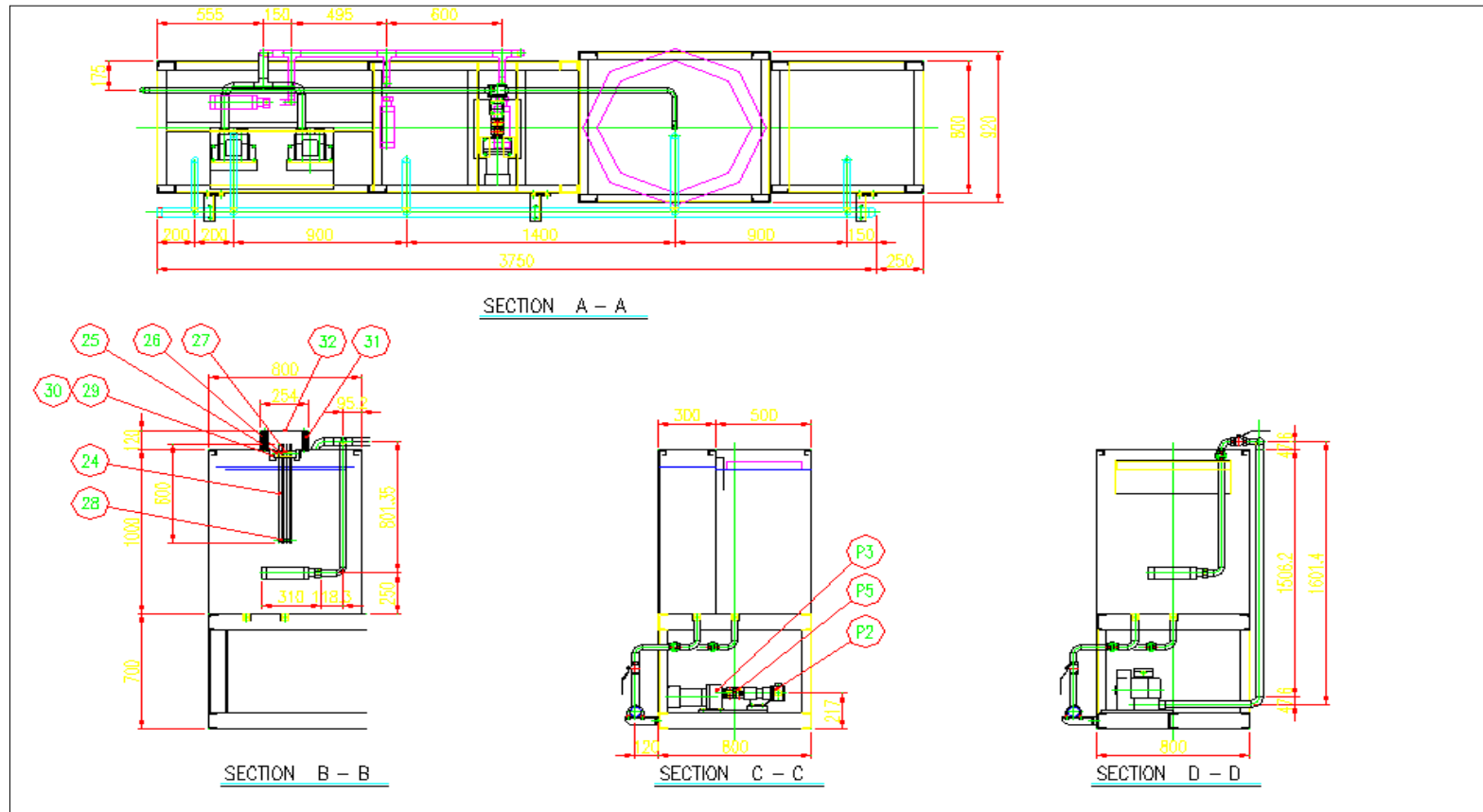
□ FDA 인 제거 SYSTEM 공정도 도면 E-1



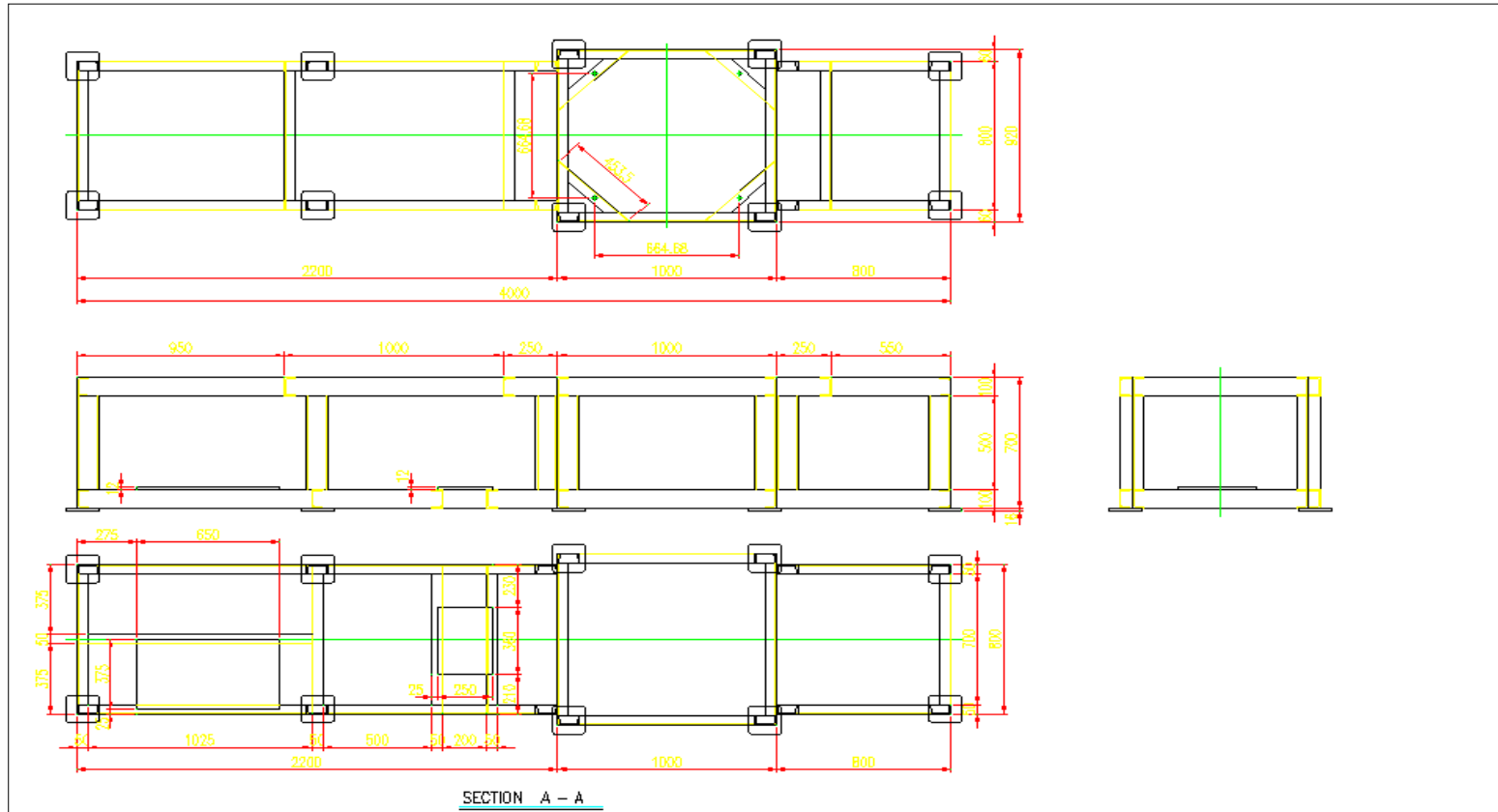
□ FDA 인 제거 SYSTEM 도면 E-2



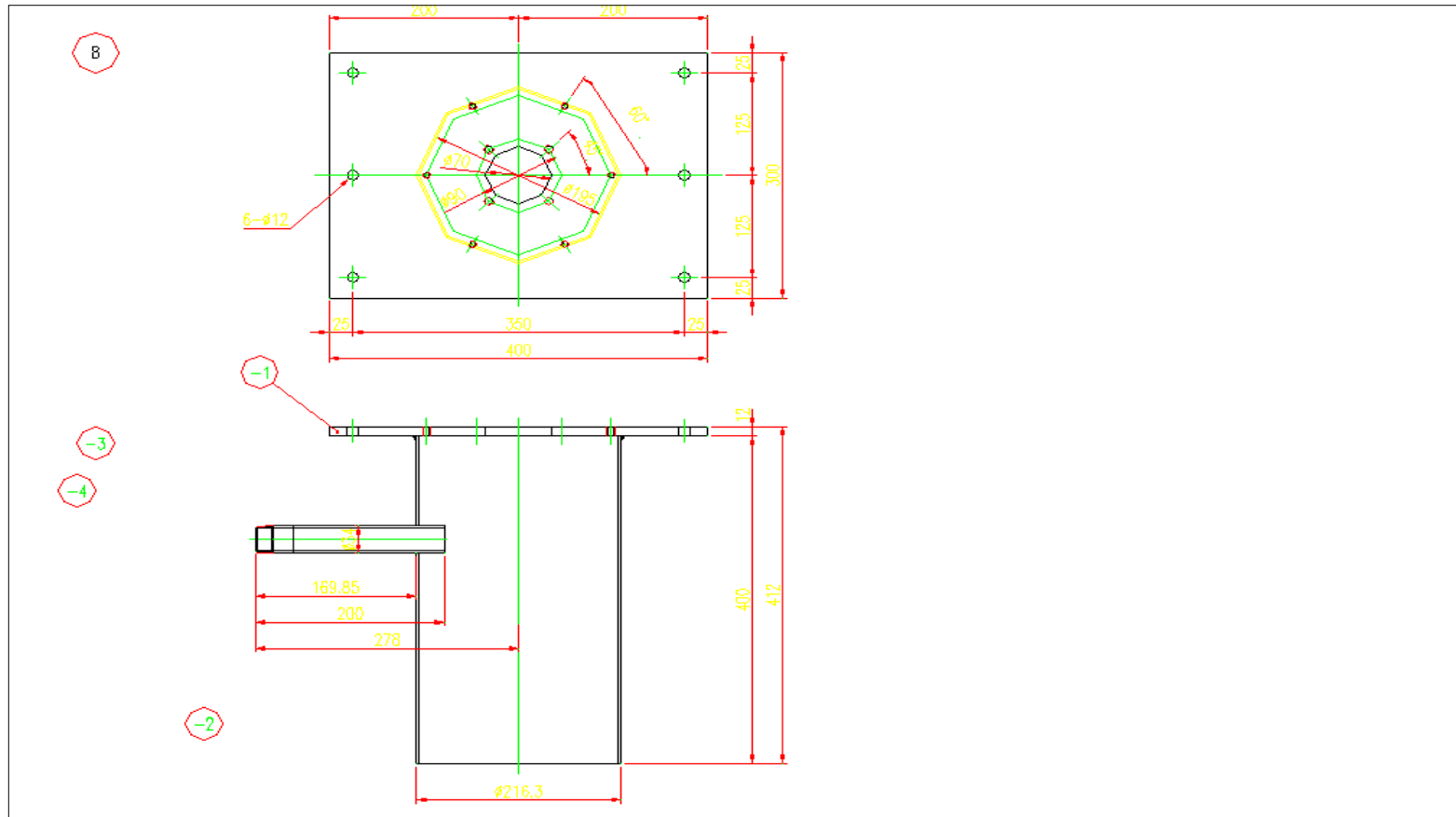
□ FDA 인 제거 SYSTEM 호기조 도면 E-3



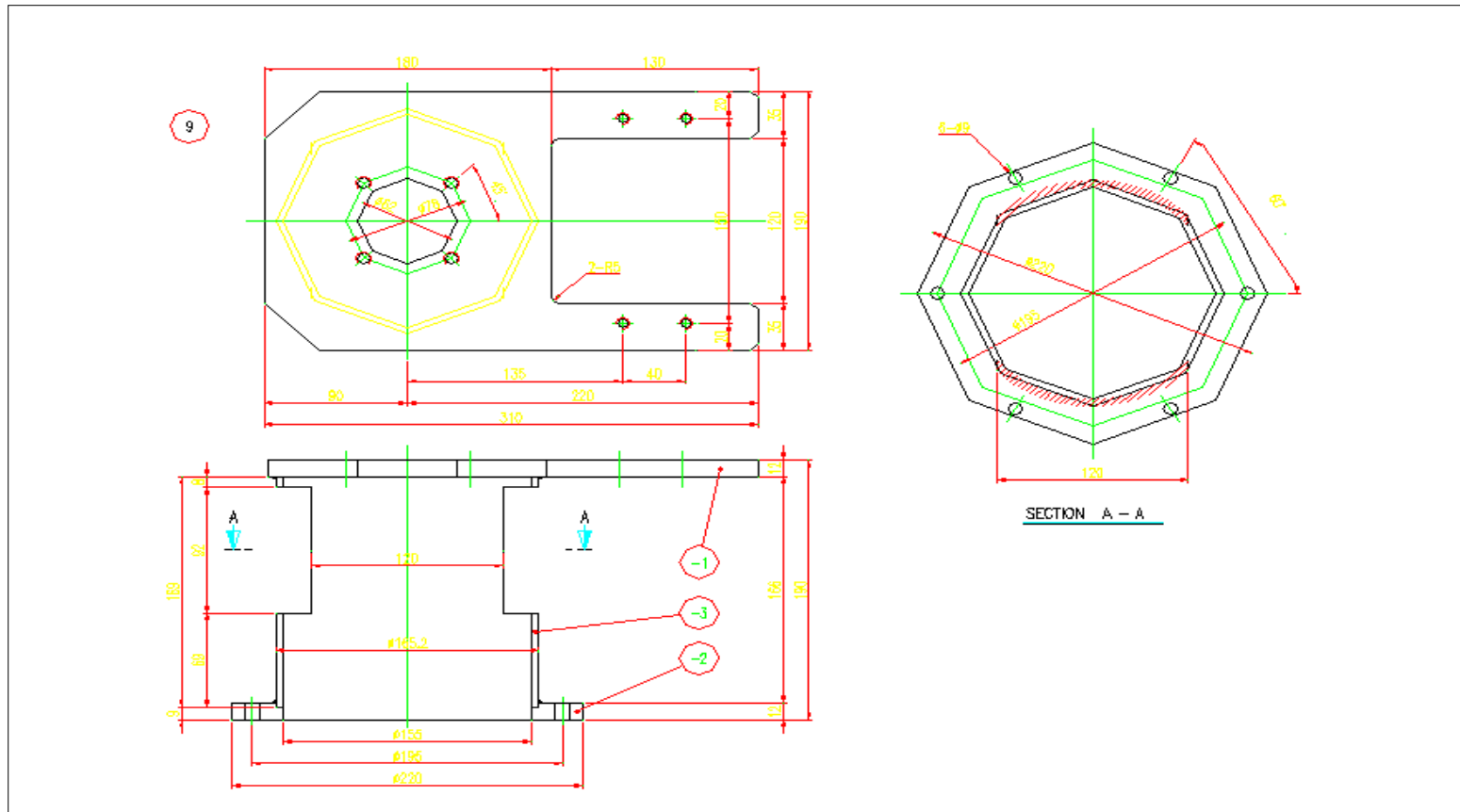
□ FDA 인 제거 SYSTEM 후레임 도면 E-4



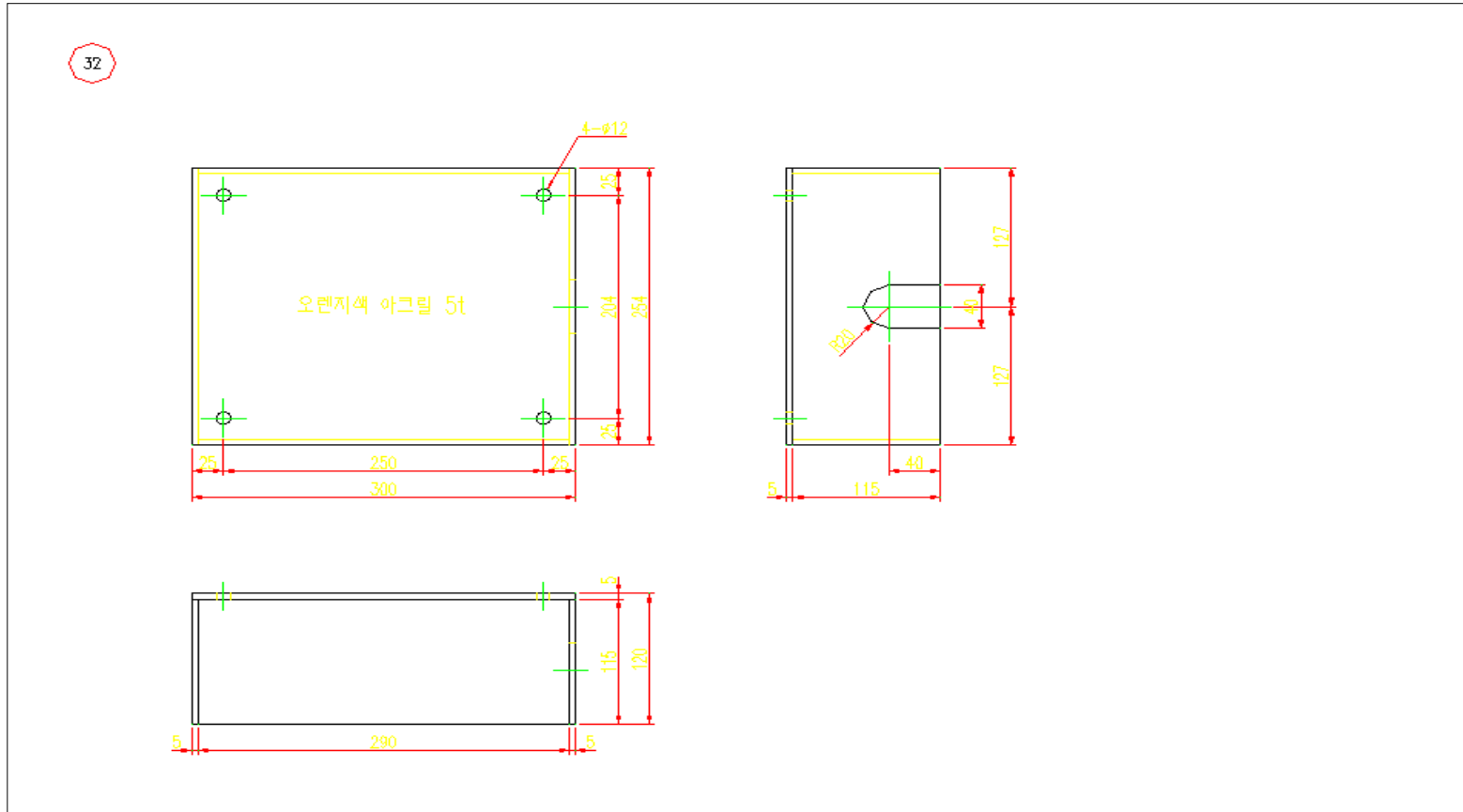
□ FDA 인 제거 SYSTEM 배관 도면 E-5



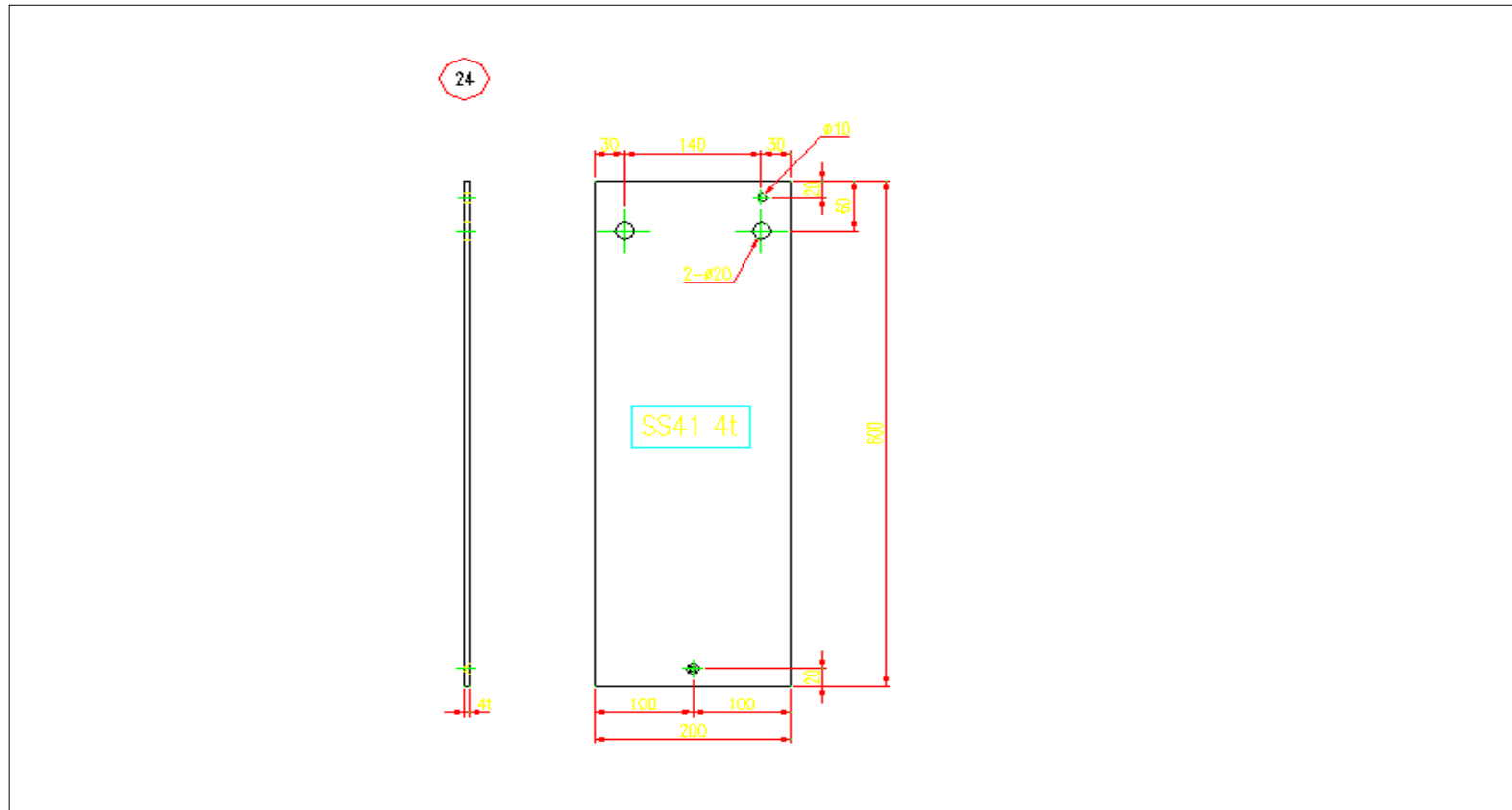
□ FDA 인 제거 SYSTEM 브라켓 도면 E-6



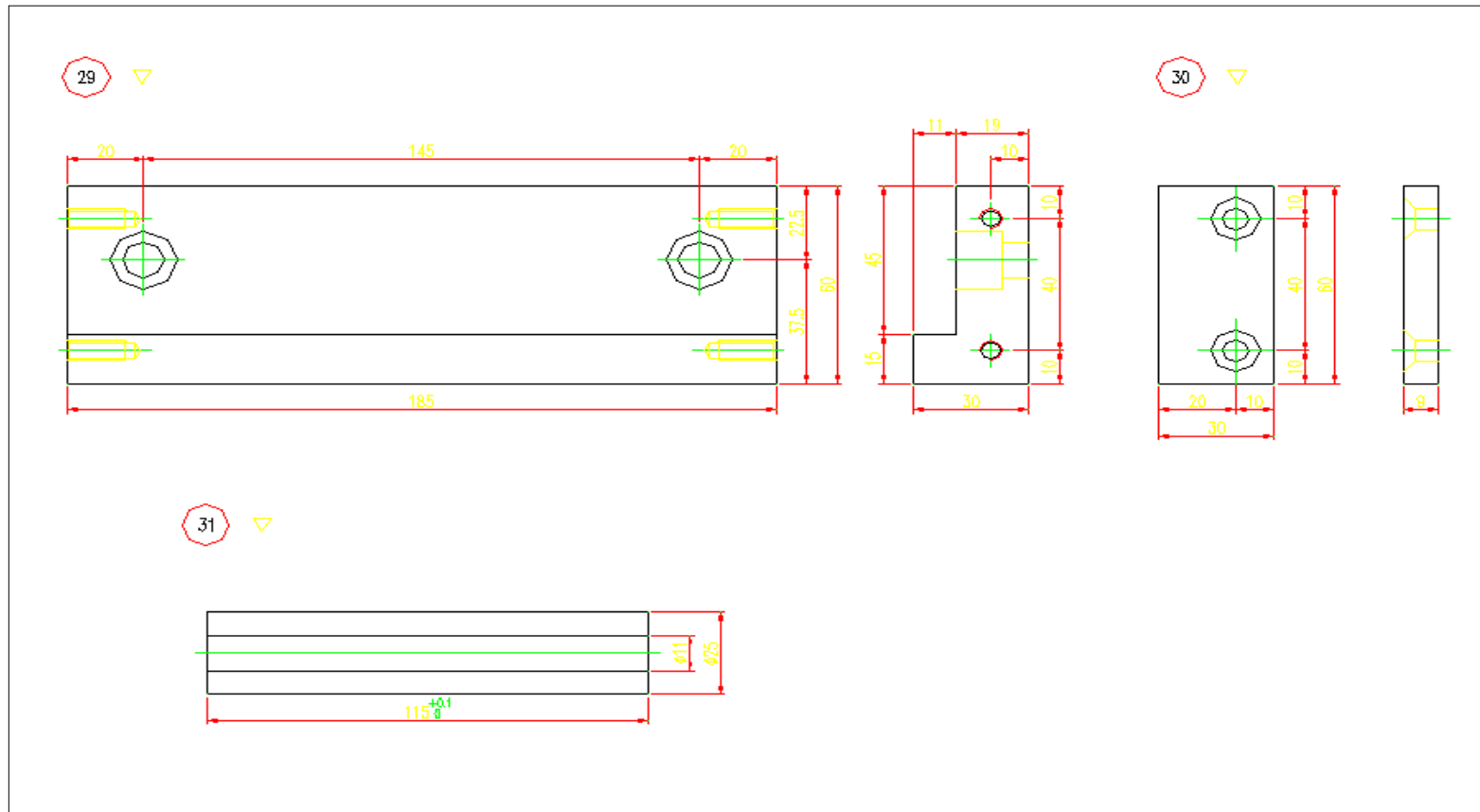
□ FDA 인 제거 SYSTEM 커버 도면 E-8



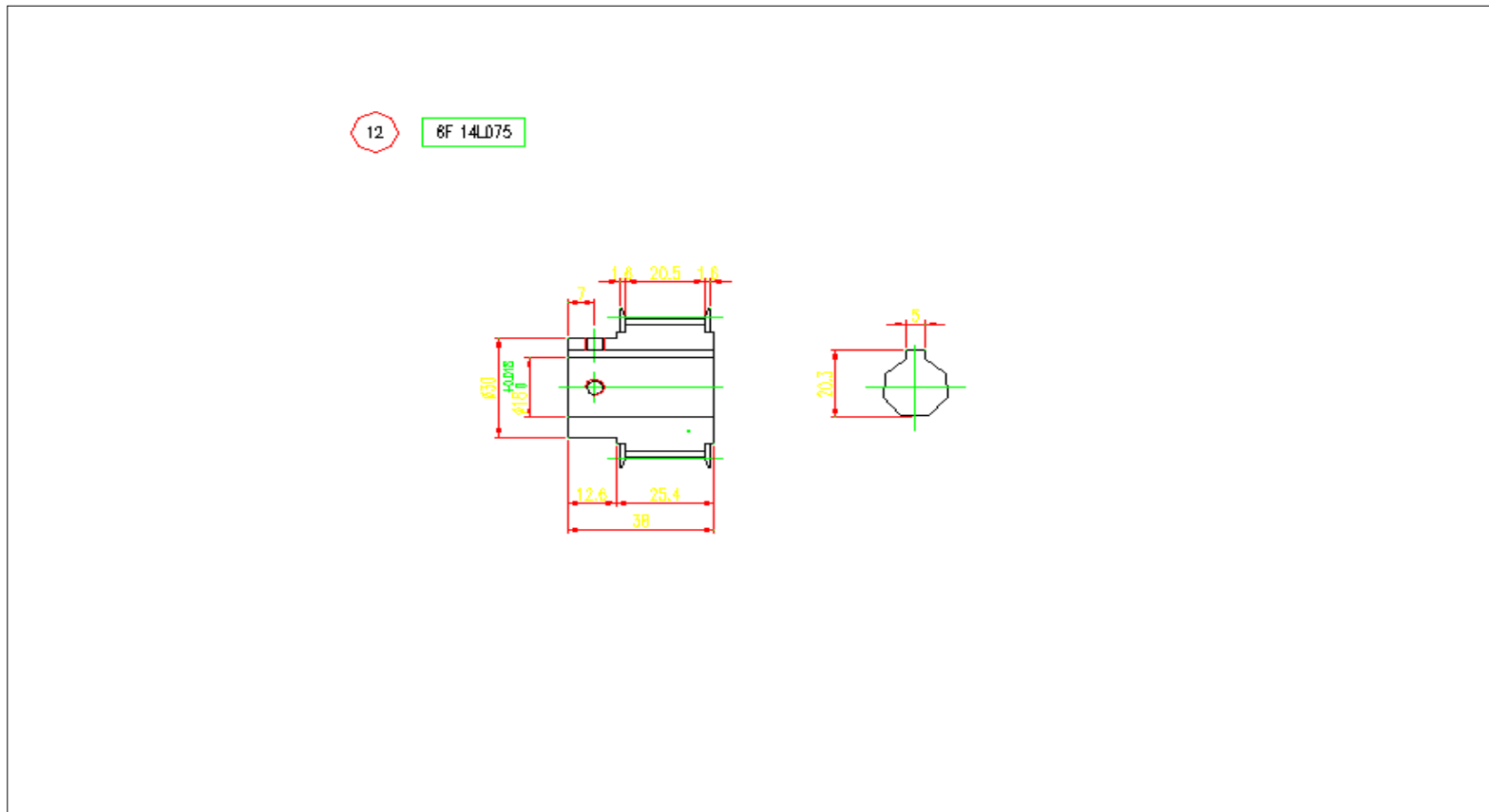
□ FDA 인 제거 SYSTEM 철판 도면 E-9



□ FDA 인 제거 SYSTEM 홀더 도면 E-10



□ FDA 인 제거 SYSTEM 타임링 벨트 풀리 도면 E-11



부록 E. 전시회 카탈로그

시설용수 및 영농편의 용수공급을 위한 FDA 시스템 개발

FDA 시스템개요

- 우리나라 농촌현실에 적합하면서 고품질의 친환경 농산물 생산을 위한 양질의 용수 공급이 가능한 시설용수 공급시스템
- 영농작업 및 기타 농촌지역에서 발생하는 용수 수요에 대해 편의 및 위해성에 대한 안전을 확보할 수 있는 영농편의 용수 공급시스템

자동제어

비닐하우스 적용사례

우리나라 농업용 수리시설 현황

시설용수공급시스템 개발

영농편의 용수공급시스템 개발

유형별 최적조합시스템 개발

농촌형 FDA 시스템 개발

FDA의 장치 구성

세면, 세척 및 용수공급목적

용수공급목적

철판모듈

재질 : STS304
규격 : W350×L2,000
두께 : 4t
램프 : 145watt
석양관 : 24.5mm
세척 : 와이퍼 세척
안정기 : 145watt

제어판넬

구성 : 전압계, 전류계, TIMER, 펌프전원, 운전시간 등
운전 : 펌프 / 램프 / 자동운전

송풍기

동력 : 2HP
양정 : 63M
전압 : 220V
최대 양수량 : 6,600 L/HR
출상 : 8M
입상 : 55M

시설용수 및 영농편의 용수공급을 위한 FDA 시스템 개발

FDA 시스템 농업 용수 특징

- 지속 가능한 시설농업에 필요한 친환경 청정용수 공급
- 영농작업의 위해성에 대한 안전을 확보하고 편의를 제공하는 영농편의 용수 공급
- 농업용수를 시설 및 영농편의 용수사용에 따른 오염 제거
- 국산 기술 개발에 의해 농업환경산업 분야의 기술력 고강 및 경쟁력 강화

농업용수
원수(하수) 제거용수 시스템
농업용수 수질개선 및 확보

조경용수
친환경 시설에
조경용수 수질 확보

농농편의 시설
농민 수질 생활환경 개선
인양(양) 수질 확보

오수시설
차별(차수)처리용 수질 개선
부유물질 및 침전물 처리

소비자 → 21C 식생활 변화
고부가 가치 농산물 요구
스마트 유통

농업·농촌 ← 시장개발 :
FTA, Free Trade Agreement
DBA, Doha Development Agency

대안 → GAP(Good Agricultural Practices)
고품질 농산물
친환경 농업

지원 → 협력적(농촌구조
고품질 용수(청정용수)
건강한 농촌환경 개발

농민용수공급시스템

시설용수공급시스템

부유물질제거시스템

농촌형 FDA시스템개발
(Water / Irrigation / Fertilizer)

심층농장용수공급
고품질농산물생산

친환경농업용수공급
친환경농산물생산

고품질 친환경 농산물 생산

원수 유입

1차 여과 필터

2차 여과 필터

차이선 살균

최종 처리수

용수공급 또는 유통용

여과처리

흡착

구분	항목	단위	FDA SYSTEM 처리수
1	SS	mg / l	평균 2~5 이하
2	탁도	NTU	평균 1~2 이하
3	BOD	mg / l	평균 1~2 이하
4	대장균	개 / ml	무검출