

11-15
43000
-0024
03-01

점적관수시스템 핵심제품 국산화 및 산업화 최종보고서

2018

농림축산식품부

첨단생산기술 개발사업 R&D Report

발간등록번호

11-1543000-002403-01

점적관수시스템 핵심제품 국산화 및 산업화 최종보고서

2018. 09. 24.

주관연구기관 / (주)남경

협동연구기관 / 한솔테크

남경정공

국립원예특작과학원 시설원예연구소

(사) 환경농업연구원

농림축산식품부

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “점적관수시스템 핵심제품 국산화 및 산업화”(개발기간 : 2015. 09. 25.
~ 2018. 09. 24.)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2018. 09. 24.

주관연구기관명 : ㈜남경 (대표자) 우만호 (인)

협동연구기관명 : 한슬테크 (대표자) 장정우 (인)

남경정공 (대표자) 소재용 (인)

농촌진흥청 국립원예특작과학원 시설원예연구소 (대표자) 이강진 (인)

(사)환경농업연구원 (대표자) 김정호

참 여 기 관 명 : 경북대학교 산학협력단장 (대표자) 최제홍 (인)

충남대학교 산학협력단장 (대표자) 이영석 (인)

서울대학교 산학협력단장 (대표자) 김성철 (인)

주관연구책임자 : ㈜ 남 경 우만호 대표이사

협동연구책임자 : 한슬테크 장정우 대표

남경정공 소재구 이사

시설원예연구소 이재한 선임연구원

환경농업연구원 김정호 원장

참여기관책임자 : 경북대학교 김진현 교수

충남대학교 정선옥 교수

서울대학교 최진용 교수

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

3. 보고서 요약서

보고서 요약서

과제고유번호	315058-3	해 당 단 계 연구 기 간	2015.9.25.~20 18.9.24. (최종 3년)	단 계 구 분	(최종)/ (3단계)
연구사업명	단 위 사 업	농림수산식품부 기술개발사업			
	사 업 명	첨단생산 기술개발사업			
연구과제명	대 과 제 명	(해당 없음)			
	세부 과제명	점적관수시스템 핵심제품 국산화 및 산업화			
연구책임자	우만호	총 연구기간 참 여 연구원 수	3년 총: 51명 내부: 51명 외부: 명	총 연구 개 발 비	정부: 1,968,000천원 민간: 675,000천원 계: 2,625,000천원
연구기관명 및 소속부서명	(주) 남 경 연구개발팀			참여기업명(협동) : 한슬테크, 남경정공, 시설원에연구소, 환경농업연구원	
위탁연구	연구기관명 : 경북대학교, 충남대학교, 서울대학교			연구책임자:	
<p>본 연구는 수입에 의존하는 점적관수 제품의 국산화를 목표로 하고 농업선진국에 역수출산업화하며 국내 농가에 이종의 수입제품을 대체하는 핵심제품 개발을 지향하고 점적관수 시스템에 소요되는 핵심기술 전반을 패키지로 개발하고자 한다. 뿐만 아니라 제품의 단가에서 경쟁력을 가지기 위해 생산설비까지 개선하여 점적관수 장치의 선진화를 추구하고 현장 적용, 산업화를 위한 경제성 평가를 통한 농업발전에 기여하고자 한다. 점적테이프 라이너 타입(Liner type) 초고속 생산설비를 개발하여 가격경쟁력을 가지고, 국내 최초로 압력보상 (PC, Pressure compensation) 점적호스, 점적단추, 스프링클러를 개발하여 국내 시장에 보급하며, 솔레노이드를 이용한 전자밸브 개발로 시설원에 산업에 이바지 하고자 한다. 또한 자동역세여과기 및 농업용 여과기시리즈 개발로 농업용 전문 제품을 농민들에게 보급하고자 한다. 이와같이 핵심 점적관수 제품 및 설비들을 신속히 개발하여, 수입에만 의존하던 국내 농가들의 빠른 수요를 충족하고, 나아가 이스라엘, 유럽, 미국 등의 선진 농업 국가들로 역수출하는 기술경쟁력의 강소기업으로 도약하고자 한다. 또한 본 연구시스템은 산업체, 연구소, 대학이 일체가 되어 기초분야부터 생산까지 일관된 연구를 수행하였다.</p>				<p>보고서 면수 386</p>	

4. 국문 요약문

		코드번호		D-01	
연구의 목적 및 내용	<p>본 연구는 수입에 의존하는 점적관수 제품의 국산화를 목표로 국내 농가에 수입제품을 대체하는 핵심제품 개발을 지향하고 점적관수 시스템에 소요되는 핵심기술들을 개발하고자 한다. 점적테이프 라이너 타입(Liner type) 초고속 생산설비를 개발하여 가격경쟁력을 가지고, 국내 최초로 압력보상(PC, Pressure compensation) 점적호스, 점적단추, 스프링클러를 개발하여 국내시장에 보급하며, 솔레노이드를 이용한 전자밸브 개발로 시설원예 산업에 이바지 하고자 한다. 또한 자동역세여과기 및 농업용 여과기시리즈 개발로 농업용 전문 제품을 농민들에게 보급하고자 한다. 이와같이 핵심 점적관수 제품 및 설비들을 신속히 개발하여, 수입에만 의존하던 국내 농가들의 빠른 수요에 대처하며, 중국 저가제품에 대한 단가경쟁력 가지며, 나아가 세계 점적관수시장에서 한국 제품을 이스라엘, 유럽, 미국 등의 선진 농업국가들로의 역수출하는 품질경쟁력을 확보하고자 한다.</p>				
연구개발성과	<p>점적테이프 라이너타입(Liner type) 생산설비의 속도를 증강시켜 세계 수준의 속도인 180m/min를 넘어서는 200m/min를 달성하였음. 제조단가 절감으로 국내외에서 가격 및 품질 경쟁력을 확보하였다. 국내 최초로 압력보상(PC, Pressure compensation)형 점적호스, 점적단추, 스프링클러 3가지의 점적 핵심제품을 개발하여 세계수준의 유량균등성 수준을 달성하였으며, 국내시장의 수입대체 효과와 해외수출 기반을 다지는 기회가 되었다. 솔레노이드를 이용한 점적관수용 전자밸브를 국내 최초로 개발하였으며, 국내시장 98%를 점유하고 있는 버마드 제품에 뒤지지 않는 전자밸브의 성능을 지니며, 추가로 작동유무 확인용 LED 장착으로 기술적 진보를 보였다. 농업용 50mm, 100mm 일반여과기와 농업용 자동역세여과기(Auto clean irrigation filter) 및 대용량 모래여과기를 개발하였다</p>				
연구개발성과의 활용계획 (기대효과)	<p>라이너타입(Liner type) 점적테이프는 연구기간중 제품화하여 국내 매출을 일으키고 있으며, 과제 종료후 가격 경쟁력을 바탕으로 해외시장에 본격 진출할 예정이다. 압력보상형 점적호스, 점적단추, 솔레노이드용 전자밸브는 연구과제 종료후 2019년 상반기부터 국내시장에 출시하여 매년 1억 이상의 매출을 기대하며, 2020년부터 해외시장 공략에 나설 계획이다. 여과기 시리즈중 농업용 50mm일반여과기는 이미 2017년에 상품화하여 국내 시장에 시판하였으며, 2019년부터 해외시장에 진출할 예정이다.</p>				
중심어 (5개 이내)	점적테이프	PC점적호스	PC점적단추	솔레노이드 전자밸브	농업용여과기

5. 영문 요약문

< SUMMARY >

		코드번호		D-02	
Purpose& Contents	<p>This study aims to develop core products that replace imported products at domestic farms and to develop core technologies for dripper systems aimed at localizing import-dependent products. It develops ultra-fast production facilities for drip tape liner type so that it can be used for the first time in Korea by developing price competitiveness, and it is the first time in Korea to develop pressure compensation (PC, Pressure Compensation) products, like as drip-hose, drip-button, and sprinkler. In addition, this study is planning to distribute specialty products for farmers by developing solenoid electronic valve, automatic backtracking filter and irrigation filter series for agriculture industry. This rapid development of key point-of-view irrigation dripper products and facilities, responding to the rapid demand of domestic farmers who relied solely on imports, has the unit price competitiveness of China's low-end products, and even the U.S. market.</p>				
Results	<p>By increasing the speed of the production facilities of the Liner type, it reached 200 m/min above the world level of 180 m/min. Price and quality competitiveness were secured at domestic and abroad by reducing manufacturing unit cost. For the first time in Korea, PC (Pressure Compensation) type drip hose, button, and sprinkler were developed to achieve the level of global export equalization. It developed electronic valves using solenoids for the first time in South Korea and showed technological advance by installing LEDs to check whether or not they operate as electronic valves that are comparable to Burmard products that occupy 98% of South Korean markets. 50mm & 100mm irrigation filter, auto clean irrigation filter and large-capacity sand filter were developed</p>				
Expected Contribution	<p>Liner type's drip tape is being commercialized during the research period, generating domestic sales, and it is planning to enter foreign markets on full-scale based on competitive price after finishing its project. After finishing research tasks, the pressure-compensated drip hose, button, and solenoid electronic valves will be launched in the domestic market from the first half of 2019 to reach overseas markets, expecting sales of more than 100 million won each year. In the series of filters, 50mm irrigation filter for agriculture were commercialized in 2017 and are expected to enter overseas markets starting from 2019.</p>				
Keywords	Drip Tape	PC Drip Hose	PC Button	Solenoid Electronic valve	Irrigation Filter

Table of Contents

1. Overview of R&D -----	7
2. Status of domestic and international technology development -----	12
3. Contents and results of research -----	19
4. Target fulfillment and contribution to relevant fields -----	366
5. Utilization plan of research results, etc. -----	368
6. Information of overseas science and technology collected in the research process -----	373
7. Security grade of R&D performance -----	374
8. Status of research facilities and equipment registered in the National Science and Technology Information System -----	374
9. Performance of safety measures such as research and development lab --	375
10. Performance of research and development projects -----	376
11. Other information -----	377
12. Reference literature -----	378

Appendices of Self-evaluation

7. 본문목차

< 목 차 >

1. 연구개발과제의개요	7
2. 국내외 기술개발 현황	12
3. 연구수행 내용 및 결과	19
4. 목표달성도 및 관련분야에의 기여도	366
5. 연구결과의 활용계획 등	368
6. 연구과정에서 수집한 해외과학기술정보	373
7. 연구개발성과의 보안등급	374
8. 국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비현황	374
9. 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전조치 이행실적	375
10. 연구개발과제의 대표적 연구실적	376
11. 기타사항	377
12. 참고문헌	378

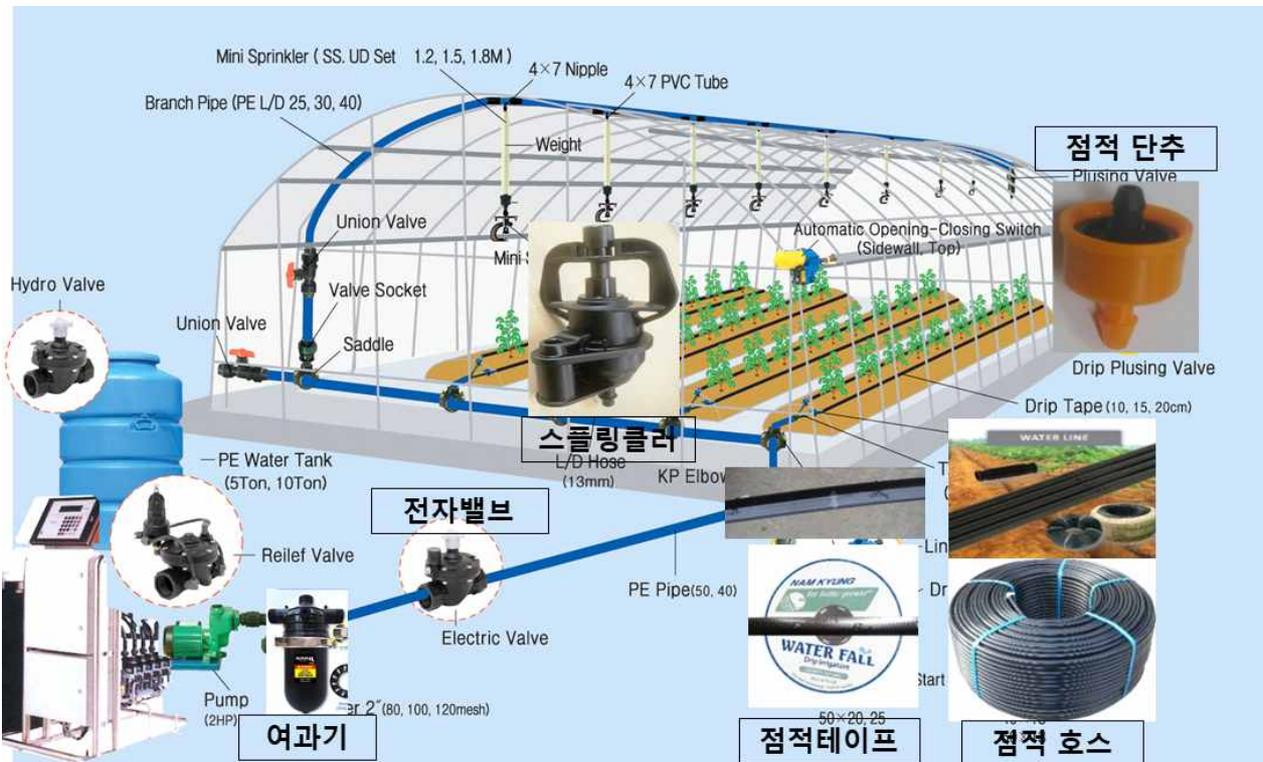
<별첨> 자체평가의견서

1. 연구개발과제의 개요

코드번호	D-03
------	------

1-1. 연구개발 목적

○ 점적관수기(점적테이프, 점적호스, 점적단추, 스프링클러 등)는 물 공급을 채소나 과수의 뿌리부분에 직접 공급하는 장치로서 물 절약과 정밀과학영농에 따른 수확량의 증대측면에서 매우 광범위하게 활용되고 있다. 최근에는 관비를 포함하여 영양분의 공급도 동시에 하므로서 고품질 농산물의 생산이 가능하고 농가 수입도 극대화 할 수 있는 장점이 있다. 더구나 시설재배의 면적이 해마다 증대되어 자동화 기술에 따른 수분 공급은 농가의 필수적인 재배장치로서 자리를 잡고 있다.



점적관수가 우리나라에 도입된 역사는 약 40년에 달하지만 아직도 부분적으로는 국산화가 이루어져 있으나 핵심기술의 개발이 이루어지지 않아 수입에 의존하는 부품들도 많은 실정이다. 따라서 본 연구에서는 수입에만 의존하던 점적관수 제품 및 생산 설비를 국산화하고, 나아가 이스라엘, 미국, 유럽 등의 선진기술을 능가하는 기술경쟁력으로 수출 산업화에 일익을 담당할 수 있는 점적관수 핵심제품(점적관수제품, 전자밸브, 여과기 등)을 신속히 국산화로 개발하여 보급하고자 한다. 구체적인 기술개발의 목표는 다음과 같다.

1-1. 연구개발 목적

○ 연구개발 목표 정리표

NO	구 분	세계수준	국내수준	최종목표('18)	연차별 목표			확인 Page
					1차년	2차년	3차년	
①	초고속 점적테이프 생산설비	180 m/min	150 m/min	200 m/min (10cm*0.18t*0.7l/h* 1000m사양 기준) 단가인하 및 경쟁력확보	160 m/min	180 m/min	200 m/min	23 -43
②	압력보상형 점적호스 (PC Dripper)	0.5~4.0 bar 에서1.2~3.5 l/h 균등성 점적 (95%)	압력보상 균등성 부족	압력보상형 점적호스 세계수준 (균등성 95%수준)	PC용 실리콘 개발 및 설계	PC용 점적 호스 생산설비 개발	0.5~4.0 bar 에서1.2~3.5 l/h 균등성 95%의 제품 개발	44 -59
③	압력보상형 단추 (PC Button)	0.5~4.0 bar에서 2,4,8 l/h 균등 점적	압력보상 균등성 부족	압력보상형 단추 세계수준 (균등성 95%수준)	실리콘 개발 및 설계	PC단추 조립 및 생산설비 개발	0.5~4.0 bar에서 2,4,8 l/h 균일점적(균등 성 95%수준)	60 -76
④	압력보상형 스프링클러 (PC Splinkler)	1.5~4.0bar 에서 20~110l/h 균등살수	압력보상 균등성 부족	압력보상형스프링클 러 세계수준 (균등성 95%수준)	실리콘개발/ 설계 및 목업	PC스프린 클러 조립 설계 및 제작	1.5~4.0bar에 서 20~110l/h 균등살수(균등 성 95%수준)	77 -89
⑤	전자밸브 솔레노이드	솔레노이드 전자밸브(버 마드) 작동전압범위 : 17~24V 유량정밀도 10%	수입판매 개발초기	솔레노이드를 이용한 점적관수용 전자밸브 국산화 (조립부 볼트/너트 돌출부 개선. 작동전압목표: 18~24 V. 유량정밀도 목표: 10%)	벤치마킹을 통한 3D 도면, 금형, 샘플 제작	조립부 볼 트/너트 돌출부 개선	작동전압목표: 18~24 V 유량정밀도 목표: 10%	147 - 181
	연계제품 (감압밸브, 릴리즈밸브, 하이드로밸브)	유량정밀도 10%	수입판매	유량정밀도 10%			감압밸브, 릴리즈밸브, 하이드로밸브 유량정밀도 10%	
⑥	자동역세 여과기 (여과기 시리즈)	50,75,100m m 향상된 규격다양 자동역세기 능	소형 및 단순여과	- 일반여과기 (50,75,100mm) 개발 : 최고사용압력 8bar 누수 방지, 최대유량 25m3/h 여과처리 - 자동역세여과기 50m 개발 : 최하 역세 유량 압력 1.5bar일때 역세 유량 10m3/h - 대용량 모래여과기 개발 : 3"/36"규격, 최대 여과처리 용량 50m3/h, 최대사용압력 10bar	여과기 기초설계 및 성능 기준 확정	농업용 일반여과기 개발완료 최고사용압 력8bar누수 방지,최대유 량 25m3/h 여과처리	- 자동역세 여과기 2차 성능평가완료 : 최하역세 유량 압력 1.5 bar 일때 역세유량 10m3/h - 대용량모래 여과기 개발완료 : 3"/36"규격, 최대여과처리 용량50m3/h, 최대사용압력 10bar	215 - 244

1-2. 연구개발의 필요성

가. 연구개발 대상 기술의 국내외 현황 및 문제점

○ 물 부족에 대한 점적관수의 현황 및 문제점

최근 이산화탄소의 증가로 인한 지구온난화의 영향으로 2014년 우리나라 강우량이 700mm 정도로 줄어들어 평년의 약 60%에 못 미치고 있다. 국제인구행동연구소(PAI) 기준으로 보면 우리나라는 인구 1인당 가용 수자원은 1453톤으로 물 부족국가에 해당되고, 세계에서 100위권(146위/180개국) 이하로 분류된다. 그러나 우리나라 수질지수가 세계 8위(한국수자원공사)에 해당할 만큼 우수하지만 물 관리의 필요성에 대해서는 매우 둔감한 실정이다.

특히 농업에서는 수자원의 관리가 전무한 실정이어서 농가지형에 따라 지하수의 고갈이 현실화되고 있다. 또한 UN에서는 2020년 이후에는 석유대신 물 전쟁을 예고하고 있으며, 세계물포럼(WWF)에서는 20년 이후에 물 전쟁을 예상하고 있다. 특히 세계물위원회(WWC)에서는 2025년 세계인구의 50%가 물 부족에 직면할 것을 추정하였고, 200ha 미만의 농장 5억 2500만 개가 물 부족에 시름할 것이라 예측하였다.

우리나라의 경우 전체용수의 약 50%(약 50억톤, 주로 지하수)는 농업용수로 추정되며 정밀 농업을 실현할 경우에는 1조5000억원 이상의 비용을 절감할 수 있을 것으로 판단된다. 특히 과수의 경우에는 농가의 물 관리 방법에 따라 주당 연간 물 공급량이 10배가 차이 나는 등 물 관리 기술의 부족으로 인한 수자원의 관리가 시급한 실정이다.

○ 점적관수기의 국산화 현황 및 문제점

우리나라 원예산업은 식량부족(자급률 24%)을 대체하기 위해 점차 규모화하고 있으며 겨울철 기온되는 시설면적도 2010년 16,263ha에서 2012년 21,208ha로 늘어나고 있으며 사과, 배, 복숭아, 포도 등의 과수면적은 전반적으로 줄어들고 있는 추세이나 10a 당 수확량은 오히려 늘어나고 있다. 이것은 재배기법의 향상에 따른 요인으로 평가되며 관수 장비의 도입도 큰 영향을 미친 것으로 판단된다.

그러나 시설원에 산업으로 발전에 기여하는 점적관수의 고도 기술은 한계에 봉착되어 첨단화와 생산비 절감 및 정밀 기술력에는 문제점이 있으며 업계의 규모 영세화와 자체적인 신기술 개발에 능동적인 대처가 불가능한 실정이다. 불행하게도 많은 연구 논문에서는 기술의 개발에 연구된 자료가 거의 없고 점적관수기의 효과에 대한 연구가 대다수이다. 따라서 점적관수기 개발 업체의 도약은 우리나라 농업분야에서도 매우 중요한 위치에 있다.

○ 점적관수기의 시장과 산업화 현황 및 문제점

우리나라의 경우 1980년대부터 시설농업을 추진하여 재배면적(1990년 44,613 ha → 2010년 91,487 ha; 농림수산물식품부, 2012)과 생산량이 증가하고 있으며, 시설재배 주요 작목은 엽채류, 과채류, 화훼류 등으로 구분된다. 최근에는 고소득 작목을 중심으로 배지재배가 확산되고 있다. 주요 국가별 시설재배 면적을 요약하면, 중국이 270만ha로 가장 크고, 우리나라, 스페인, 일본, 터키 순으로 나타났다.

식량의 부족으로 세계적으로 점적관수 장치 시장규모 급증하며 2012년 10조 이상으로 추정된다. 미래 농업기술예측·로드맵 작성 및 효율적인 투자기술 개발(농림부, 2004)에서는 시설원예 기자재 시장규모는 급성장할 전망이지만 국내 산업 현황은 관련업체가 (사)한국농자재산업협회 집계 회원사 52개이며 주로 외국산 설비를 수입·판매하고 있으며 영세하여 **자체 국산기술의 개발 및 산업화가 시급한 실정이다.**

나. 연구개발의 필요성

점적관수제품의 필요성은

- 1) 물 부족에 대한 점적관수 기술,
- 2) 점적관수제품의 국산화,
- 3) 점적관수 시장과 산업화 측면에서 고려되어야한다. 따라서 본 연구에서는

○ 외국제품보다 성능이 우수하고, 가격이 저렴하며, 농민들이 선택적으로 쉽게 활용 할 수 있는 점적관수장치의 국산화를 추진하고자 하며 주요 내용으로는

- 주로 수입에 의존하는 PC타입 점적호스, 점적단추, 스플링클러는 가격이 비싸고, 수입업체마다 규격이 상이하여 농가 현장에서 조립하거나 부품을 대체하는데 애로사항이 있다.(예를 들면 점적단추, 주관과 세관, 호스의 재질과 규격, 압력에 따른 유량의 균일성, 수입조건에 따른 부품의 부족현상, 부품의 Mismatch로 인한 시간과 비용의 과다 등)
- 점적테이프 시장의 경우, 저가형 중국제품의 가격과괴에 대응하기 위해서는 양질의 제품을 빠른 생산속도로 생산하여 원가를 절감할 수 있는 생산 설비의 개발이 필요한 실정이다
- 점적단추, 스플링클러는 압력보상이 이루어지는 유기실리콘의 개발과 CFD 분석에 따른 기초적인 설계기술의 도입으로 국산화가 시급한 실정이다
- 전자밸브는 부분적인 국산화가 이루어졌으나 성능의 차이로 인한 한계가 있어 전면 수입에 의존하고 있다.
- 점적관수제품은 관비를 동시에 하므로 여과기의 중요성이 높으며 역세여과기의 경우 국내기술이 전무하여 전량 수입에 의존하고 있는 실정이다. 따라서 세계 시장에서 품질 및 여과능력이 우수한 제품과 동일한 성능의 제품 개발이 필요하며, 100ha 이상 농가에서 필수적인 대형농장용 모래여과기가 개발도 필요한 실정이므로 자동역세 여과시스템 기술 개발이 절실하다.

○ 세계 점적관수(Irrigation)시장의 트렌드는 이스라엘 등 선진국들에 의한 압력 보상형 제품 (Pressure Compensation Device)들이 대세이며, 추후 10년의 먹거리 아이템인 PC 타입 제품 기술 개발이 필요하다.

1-3. 연구개발 범위

○ 최종 목표

핵심 점적관수 제품 및 설비들을 신속히 개발하여, 수입에만 의존하던 국내 농가들의 빠른 수요를 충족하고, 나아가 이스라엘, 유럽 등의 선진 농업국가들로 역수출하는 기술경쟁력의 강소기업으로 도약하고자 한다.

본 연구의 최종 목표는 다음과 같다.

- 1) 점적테이프 라이너 타입(Liner type) 초고속 생산설비 개발
- 2) 압력보상 (PC, Pressure compensation) 점적호스 제품 및 생산설비 개발
- 3) 압력보상 점적단추(PC Button) 제품 및 생산설비 개발
- 4) 압력보상 스프링클러(PC Sprinkler) 개발
- 5) 솔레노이드를 이용한 전자밸브 개발
- 6) 자동역세 여과기(Auto clean irrigation filter) 및 농업용 여과기시리즈 개발

○ 연구의 범위 및 개념

본 연구는 수입에 의존하는 점적관수제품의 국산화를 목표로 하고 농업선진국에 역수출산업화하며 국내 농가에 다양한 이종의 수입제품으로부터 혼란과 Mismatch에 따른 노동경비 및 불편을 해소하기 위해 특정 제품을 개발을 지향하고 점적관수 시스템에 소요되는 핵심기술 전반을 패키지로 개발하고자 한다. 뿐만 아니라 제품의 단가에서 경쟁력을 가지기 위해 생산설비까지 개선하여 점적관수 장치의 선진화를 추구하고 현장 적용, 산업화를 위한 경제성 평가를 통한 농업발전에 기여하고자 한다. 또한 연구시스템은 산업체, 연구소, 대학이 일체가 되어 기초분야부터 생산까지 일관된 연구를 수행하고자 한다.

본 연구를 수행할 주체는 사업화 부분은 ((주)남경, 한슬테크, 남경정공)에서 수행하며, 기초 해석과 분석 및 설계는 대학교(서울대, 경북대, 충남대)에서 담당하고, 시설원예연구소 및 환경농업연구원에서는 실증시험과 경제성 분석에 참여하여 전체 시스템을 구성하였다. 따라서 전기전자, 금형설계, 사출성형, 원재료 분석, 실험 분야를 총 망라하는 점적 관수시스템 기술력 구축 및 시스템 체계화하여 우리나라 점적관수장치의 선진화를 이루고자 한다.

2. 국내외 기술개발 현황

코드번호	D-04
------	------

2-1. 국내 논문 연구현황

- 논문 검색 시스템을 통하여 문헌을 조사하였으며, 주요 문헌을 표에 요약하였음.
- 최근 연구개발 동향은 점적관수 장치의 내부 유로 해석을 통해 성능 향상과 단가 절감할 수 있도록 하는 새로운 유로를 설계하는 등 단가대비 좋은 성능을 내고자 하는데 초점이 맞춰져 있음.
- 기존 Base에 대한 경사도와 공급압력에 따른 유출량과 수치해석의 결과를 비교분석 하여 새로운 미로의 돌기를 연구하고 있음.
- 분수호스와 점적관수자재를 대상으로 수리적 특성의 연구가 많이 진행하였음.
- 우리나라 제품의 PC 드립 압력 균등성 기술을 향상시키기 위해 PC드립 핵심기술인 연결 실리콘의 성능 문제를 지적하고 연구하고 있음.

국내논문

학술지명/저자	계재 년도	논문 제목	내용
한국농업기계학회 2016 춘계학술대회 논문집 21(1):154-155 / 김진현, 안준철, 우만호, 김동익	2016	Study on improvement of performance in liner type microtube(1) - variation of micro-tip' width -	Liner type 점적관수 장치의 내부 유로에 대한 해석을 통하여 성능과 단가를 절감할 수 있는 새로운 유로 를 설계하고자 함
한국농업기계학회 2016 춘계학술대회 논문집 21(1):156-157 / 김진현, 안준철, 우만호, 김동익	2016	Study on improvement of performance in liner type microtube(2) - variation of micro-tip' angle -	Liner type 점적관수 장치의 내부 유로에 대한 해석에서 Micro-tip의 각도가 유로에 어떤 영향을 미치는 지에 대한 CFD 해석
한국농업기계학회 2016 춘계학술대회 논문집 21(1):158-159 / 김진현, 안준철, 우만호, 김동익	2016	Study on improvement of performance in liner type microtube(3) - variation of micro-tip' thickness	Liner Type 점적관수 장치의 내부 유로에 대한 해석에서 Micro-tip의 두께가 유로에 어떤 영향을 미치는 지에 대한 CFD 해석
한국농업기계학회 2016 춘계학술대회 논문집 21(1):160-161 / 김진현, 안준철, 우만호, 김동익	2016	Study on improvement of performance in liner type microtube(4) - variation of micro-tip' length -	기존 Micro-tip의 치수에 변화를 주 어 돌기의 길이를 유동해석하고 이 해석의 결과와 다른 요인들을 종합 하여 최적설계 방법 고안
한국농업기계학회 2016 춘계학술대회 논문집 21(1):162-163 / 김진현, 안준철, 우만호, 김동익	2016	Study on improvement of performance in liner type microtube(5) - efficiency of experimental test in microtube -	기존 Base에 대한 경사도에 따른 공 급압력에 따른 유출량과 수치해석의 결과를 비교분석 하여 새로운 미로 의 돌기를 설계하는데 기초적인 데 이터로 사용

학술지명/저자	게재 년도	논문 제목	내용
생물환경조절학회지 (j. Bio-env. Con.) 8(4) : 257~264 / 양원모	1999	Trickling performance of individual watering system with variety, thickness and firing temperature of ceramic	시판 센서의 작동 기본원리를 이해하여 시험 제작하고 세라믹의 종류별, 두께별, 소성온도별로 점적성능을 비교 분석
Journal of bio-environment control, 16(4):297-302 / 남상운, 김영식	2007	Discharge variation of perforated hoses and drip irrigation systems for protected cultivation	분수호스와 점적관수자재를 대상으로 수리적 특성을 파악하기 위한 포장실험을 실시하고 그 결과를 분석, 검토
Journal of bio-environment control, 20(2):93-100 / 김학진, 노미영, 이동훈, 전상호, 허승오, 최진용, 정선옥, 이중용	2011	Feasibility test on automatic control of soil water potential using a portable irrigation controller with an electrical resistance-based watermark sensor	비닐하우스 내에 다른 토성을 갖는 토양을 결리베드에 인공적으로 조성한 후 토마토를 정식하여 일정 수분 퍼텐셜의 조건에서 재배하여 그때의 수분 퍼텐셜의 변화와 토성별 수분함량의 시간 위치별 변이를 비교 분석
한국농업기계학회 2017 춘계공동학술대회 초록집 / 김진현, 최재민, 송노선, 김동익	2017	Study on efficiency of silicon in pc dripper of drip irrigation	우리나라 제품의 PC 드립 압력 균등성 기술을 향상시키기 위해 PC 드립의 핵심기술인 연질 실리콘의 성능에 한 평가와 유량 의 편차를 분석하여 문제점을 통한 개선방안을 제시
Korean j. Soil sci. Fert. 45(5), 683-689 / 박진면, 임태준, 이성운	2012	Effect of subsurface drip pipes spacing on the yield of lettuce, irrigation efficiency, and soil chemical properties in greenhouse cultivation	시설하우스에서 상추를 재배할 때 물이 작물 잎 에 직접 닿지 않으면서 근권 부위에 고루 분포할 수 있는 지 중관수의 적당한 호스 간격과 지중관수에 따른 물 절감량, 토양 중의 양분 함량 변화를 구명
항공우주기술지, 10(1), 70-78 / 이중엽, 이수용	2011	Experiment and performance prediction on inherent flow coefficient of a solenoid valve	유체에 따라 유량 실험에 수행했고, 고유유량계수를 측정, 압축성 및 비압축성 유체에 대한 실험 결과, 고유유량계수는 정확히 일치하였음 1/2" 솔레노이드 밸브에 대한 유량 실험 결과 고유유량계수는 약 2 이며 실험을 통해 확보 된 솔레노이드 밸브의 고유유량계수는 아메심으로 모델링하여 밸브의 유동특성을 예측 하였음

2-2. 국내 기술 특허현황

- 특허정보 검색 시스템을 통하여 특허를 조사하였으며, 주요 특허는 표에 요약하였음.
- 점적관수용 호스와 점적관수장치 관련 특허가 많이 조사 됨.
- 솔레노이드 구동 유량 제어, 밸브 유압조작밸브, 농업용 관로 밸브, 점적호스용 수압조절밸브 등의 특허에서 효율적인 밸브의 비중이 증가하고 있음을 특허 조사를 통해 확인함.

국내 특허

등록번호	등록일자	발명의 명칭	출원인
1018174660000	2017.04.24	수목지주대 기능을 겸한 조합식 점적관수 물탱크	이철수
1011876860000	2012.09.26	점적관수용 호스 및 점적관수장치	조홍열
1011876870000	2012.09.26	점적관수용 호스를 이용한 조정장치	조홍열
2004694740000	2013.10.08	수목 점적관수장치	도기호
2004718700000	2014.03.12	관수용 점적스틱	이영수
1020180094744	2018.08.24.	관수용 점적관	함승완
2004690360000	2013.09.06	작물의 점적 관수장치	경기도 가평군
1013266410000	2013.11.01	다기능 관수호스	김미소
1014025630000	2014.05.26	육묘 포트용 관수장치	이화성
1007547790000	2007.08.28	압력조절 점적테이프	주식회사 서원양행
1007129610000	2007.04.2	지중관수 시스템	상주대학교 김진현
1014932860000	2015.02.09	등수위조절수단을 구비하는 관수저류장치	주식회사 톨트리디자인
1011581960000	2012.06.13	솔레노이드 구동 유량 제어 밸브	케이와이비 가부시키가이샤
1014604900000	2014.11.05	유압조작밸브	발보일플루이드파워코리아 유한회사
1008689560000	2008.08.20	농업용 관로 밸브	(주) 삼진정밀
1010902060000	2011.11.30	농업용 저수지의 취수장치	변원구
1012055540000	2012.11.21	작물재배용 점적비닐호스	김범준, 김미소

등록번호	등록일자	발명의 명칭	출원인
1014516790000	2014.10.10	작물재배용 점적호스	김미소
1005804340000	2006.05.09	점적호스용 수압조절밸브	김춘일
1013266410000	2013.11.01	다기능 관수호스	김미소
1009633280000	2010.06.04	지중 근역균등관수장치 및 그방법	경북대학교 김진현
1008040200000	2008.02.11	지중관수 장치의 관수기	김진현, 김기동
1017282350000	2017.04.12	다목적 관수장치 및 이를 이용한 능동형 관수 시스템	지찬구, 이동시, 조봉기
1013179300000	2013.10.07	농업용 클립형 다용도 지지대	신홍건

2-3. 국외 논문 연구현황

- 논문 검색 시스템을 통하여 문헌을 조사하였으며, 주요 문헌을 표에 요약하였음.
- 최근 연구개발 동향은 관개시스템의 주요 고려사항에 대한 연구와 수동관리를 최소화 하고 식물이 물을 필요로 할 때마다 on/off가 가능한 지능형 자동 관개 시스템에 관한 연구가 활발함.
- 토양의 필요한 수분을 효율적으로 관리하기 위한 방법을 연구하는 논문들이 많음.
- 센서 네트워크를 이용한 스마트 점적관수 시스템과 수동관수 시스템을 물의 체적 데이터와 작물 수확량에 관한 연구가 활발함

국외논문

학술지명/저자	게재 년도	논문 제목	내용
International journal of innovative research in electrical, electronics, instrumentation and control engineering / nagarajapandian m, ram prasanth u, selva kumar g, tamil selvan s	2015	Automatic irrigation system on sensing soil moisture content	토양 수분 함량 감지 시 자동 관개 시스템에 대하여 성능 분석을 통한 물의 양 정확도 검증 및 센서가 나타내는 수분비율의 신뢰도 확인에 대한 연구
Agriculture and biology journal of north america / tahar boutraa, abdellah akhkha, abdulhaliq alshuaibi, ragheid atta	2011	Evaluation of the effectiveness of an automated irrigation system using wheat crops	밀 작물의 성장 추정을 통한 자동 관개 시스템과 수동관개 시스템 비교에 대한 연구

학술지명/저자	게재 년도	논문 제목	내용
International journal of computer science and information technologies, vol. 7 (1) / dr.sarika tale, sowmya p	2016	Intelligent automatic irrigation system	수동관리를 최소화하고 식물이 물을 필요로 할 때마다 on/off가 가능한 지능형 자동 관개 시스템에 관한 연구
Center for crop diversification fact sheet / matt ernst	2017	Irrigation systems	관개시스템 주요 고려사항에 대한 연구
International journal of scientific & engineering research, volume 4, issue 5 / e.soorya, m.tejashree, p.suganya	2013	Smart drip irrigation system using sensor networks	센서 네트워크를 이용한 스마트 점적관수 시스템과 수동관수 시스템을 물의 체적데이터와 작물 수확량 수집을 통해 비교
Iosr journal of electronics and communication engineering / s. Darshna, t.sangavi, sheena mohan, a.soundharya, sukanya desikan	2015	Smart irrigation system	센서 마이크로 컨트롤러 시스템을 사용한 정원용 수도 시스템을 정확하게 제어, 현장의 센서를 설치하여 토양 온도와 토양 수분을 모니터링 함으로써 식물의 물 수요를 측정하기 위해 데이터를 마이크로 컨트롤러로 전송
Journal of materials processing technology 129 (2002) / g. Tao, h.y. Chen, y.y. J, z.b. He	2002	Optimal design of the magnetic field of a high-speed response solenoid valve	Hsv의 전자 성능에 대한 다양한 연 자성 재료의 특성 및 구조의 영향을 충분히 고려함으로써 hsv의 자기장에 대한 최적의 설계 방법을 제시
Ifac-papersonline 49-21 / tristan braun, johannes reuter, joachim rudolp	2016	Position observation for proportional solenoid valves by signal injection	비례 솔레노이드 밸브의 위치 추정을 위한 신호 주 조사

2-4. 국외 기술 특허현황

- 특허정보 검색 시스템을 통하여 특허를 조사하였으며, 주요 특허는 표에 요약하였음.
- 최근 관수 시스템의 자동화 특허가 많이 출원됨으로 보아 점적관수 시스템의 자동화 개발이 주를 이루는 것으로 보임
- 점적관수 관련 특허 수가 많은 미국에서는 전자밸브 내부의 솔레노이드를 개선하여 전자밸브의 성능향상 시키기 위한 특허가 다수 출원되고 있음
- 유럽에서는 관수 시스템을 이용한 청경재배법이 개발되고 있음.

국외특허

국가	등록번호	발명의 명칭	출원인
미국	04015366	Highly automated agricultural production system	Advanced decision handling, inc.
	20180070542 (공개번호)	Screwless drip watering system	Waterpulse, inc.
	20170215354 (공개번호)	Automated drip watering system	Waterpulse, inc.
	20090145190 (공개번호)	Method for improving plant growth and maintenance of drip irrigation systems	Persinger james
	02901851	Dripper for drip irrigation and drip irrigation device	Enplas corporation
	03097773	Drip irrigation emitter and drip irrigation device equipped with same	Enplas corporation
	05833144	High speed solenoid valve cartridge for spraying an agricultural liquid in a field	Patchen, inc.
	03985333	Solenoid valve	Spraying systems co.
	05464085	Solenoid operated hydraulic valve	New holland north america, inc.
	09222593	Solenoid actuated pilot valve for irrigation system valve	Hunter industries, inc.
	08870152	Solenoid-driven flow control valve	Kiyokazu nagata keigo yasuda masatoshi fujise
	05599003	Bistable solenoid valve	Interelektrik ges. M.b.h. & co. Kg
	08297314	Solenoid actuated pilot valve for irrigation system valve	Clark michael l. Porter lamonte d.
	08567758	Double solenoid valve	Petrus henricus johannes bouten
	20180163677 (공개번호)	Partial travel solenoid valve actuation arrangement	Caterpillar inc.
	05921279	Solenoid operated dual spool control valve	Husco international, inc.
	06062496	Valve cartridge having pressure sensor for agriculture and weed control	Patchen, inc.
	04852351	Dual-circuit master cylinder with solenoid opened reservoir valve	Lucas industries public limited company
	06477026	Single package solenoid having control circuit	Case corporation
	04873817	Electrically controlled pressure relief valve system and method	United technologies automotive, inc.
일본	16187510 (공개번호)	Dripping water supply valve opening and closing according to dry/wet of soil	Kinoshita harusuke
유럽	01337775	Electromagnetic diaphragm valve and method for controlling fluid flow	Arichell technologies, inc.
	02511783	Agricultural spraying overflow valve	Schulte, reinhold
	00953776	Solenoid operated dual spool control valve	Husco international, inc.
	00709020	Constant-flow irrigation tape and method of making	Driptapemanufacturers & engineers
	00620377	Solenoid operated hydraulic valve	New holland u.k. Limited
	02116130	Hydroponic watering system for pluriannual tree and bush plantations	Labrador agustin, jorge

2-5. 핵심 점적관수 제품 국내외 시장

제품명	제품사진	수입 현황	국내시장규모		해외시장규모	
			용 도	금액 (백만원)	국가-회사명	금액 (백만원)
점적 테이프 (Drip Tape)		20% 수입	점적관수용	10,000	그리스-유로드림, 이스라엘-네타팜 인도-난단제인, 이태리-이리텍	5,000,000
점적 호스 Drip Hose		15% 수입	노지점적용	3,000	그리스-유로드림, 이스라엘-네타팜 인도-난단제인, 스페인, 터키 등	700,000
압력보상 단추/스프링클러		전량 수입	점적관수용 비닐하우스	5,000	이스라엘-네타팜, 인도-난단제인 이스라엘-Revilus, 터키, 그리스 등	1,500,000
전자밸브		전량 수입	구역변 전자밸브용	1,100	이스라엘-버마드, 이스라엘-바카라 이스라엘-도롯토, 미국-레인버드	70,000
		전량 수입	수압조절용 밸브	100	이스라엘-버마드, 이스라엘-바카라 이스라엘-도롯토	10,000
		전량 수입	안정용 조절밸브	100	루마니아/작사, 이스라엘/바카라	10,000
여과기		일부 국산	액비 및 원수여과	5,000	이스라엘-아미아드, 스페인-아쥬드 이스라엘-알칼, 이태리, 인도 등	1,000,000

* 2018년 최근 시장조사

바. 점적관수제품의 국내 공급업체 현황

제품명	국내업체		수입업체		비고
	주요업체	매출금액 (백만원)	주요업체(수입국)	매출금액 (백만원)	
점적 테이프 (Drip Tape)	남경, 서원양행, 신농, 이지, 탐, 에센, 태광 등	8,000	삼인(그,이), 네타팜(이), 아이테크(미), 서원양행(미), 경농(이) 등	2,000	그:그리스 이:이스라엘 미:미국 네:네덜란드 스:스페인 인:인도
전자밸브	한솔테크	200	삼인(이), 서원양행(이,미), 한그린(이), 네타팜(이), 경농(이태리) 등	1,200	
여과기	남경정공, 화진, 푸른, 신일, 한솔테크, 신농, 태광에이텍, 대우산업 등	3,500	삼인(이), 서원양행(스,인) 네타팜(이), 경농(이태리)	1,500	

3. 연구수행 내용 및 결과

		코드번호	D-05	
3.1 연차별 연구개발의 목표 및 내용				
구분	연도	연구개발의 목표	연구개발의 내용	비고
1차년	2015. 09.25. ~ 2016. 09.24	[1세부 : ㈜남경] ○ 초고속점적테이프 생산설비 개선 및 압력보상형 드리퍼, 단추, 스프링클러 제품 개발	- 초고속점적테이프 생산설비 개선 : 롤러유닛, 조각롤러, 냉각장치, 락출기 공압실린더, 롤러컨트롤러 (160m/min) - 압력보상형 점적호스 제품 개발 : 편상형 드리퍼 설계 및 목업, 실리콘 설계 - 압력보상형 단추 제품 개발 : PC형 단추 설계 및 목업. PC단추형 실리콘 설계/분석 - 압력보상형 스프링클러 제품 개발 : PC형 스프링클러 설계 및 목업, PC스프링클러용 실리콘 설계 및 금형	
		[1위탁 : 경북대] ○ 압력보상 점적테이프 및 점적호스의 균등성 유동 해석, 성능분석 및 요소기술 개발	- 점적테이프(라이너타입)의 0.5~4.0 bar 범위의 관내 유동 및 균등성 해석을 통한 유로설계 개발 - 압력보상 점적호스(Pressure Compensated Drip Hose) 0.5~4.0 bar 범위의 균등성 유동 해석, 성능분석 및 요소기술 개발에 의한 압력보상 핵심기술 개발	
		[1협동 : 한솔테크] ○ 솔레노이드를 이용한 점적관수용 전자밸브 국산화 개발	- 점적관수 전자밸브용 솔레노이드 국산화 : 벤치마킹을 통한 3D도면, 금형, 샘플 제작 - 전자밸브 다이아프램 조립구조(돌출된 볼트-너트 개선으로 압력손실 최적화 및 물 공급 극대화) 개선	
		[2위탁 : 충남대] ○ 성능시험 및 산업화를 위한 종합규격서 작성	- 선진제품 및 관련규격서 분석 - 성능시험계획 수립, 요인시험장치 제작	
		[2협동 : 남경정공] ○ 점적관수용 자동역세 여과기, 일반형 여과기 기초설계 및 성능 평가	- 일반여과기(50mm) 기초설계 및 개발 : 바디상측, 바디하측, 다이빙블레이드, 필터필러, 필터, 밴드 설계 및 분석 - 3D모델링 기초 도안 - 구조개선 : 필터 U자형 구조, 조립구조등 - 목업금형 제작 및 시사출 테스트	
		[3위탁 : 서울대] ○ 여과기(자동역세, 일반형, 모래) 성능평가 기준수립	- 여과기 성능평가 항목 선정 (자동역세, 일반, 모래여과기) - 여과기 실험장치 제작 및 스펙 지정 - 성능평가표 작성 - 여과기별 성능테스트 일정 수립	
		[4협동 : 환경농업연구원] ○ 기존의 점적관수장치와 설비에 대한 경제성 분석	- 국내에 생산 또는 수입되어 사용중인 점적관수 장치와 설비에 대하여 현장(시설원예)의 사용실태를 조사하고 비용편익 분석 및 손익분기점 시산 - 점적관수장치와 설비의 해외 생산국 및 최근의 수입동향 조사	

구분	연도	연구개발의 목표	연구개발의 내용	비고
2차년	2016. 09.25. ~ 2017. 09.24	[1세부 : ㈜남경] ○ 초고속점적테이프 생산설비 개선 및 압력보상형 드리퍼 설비 제작, PC단추, PC스프링클러 제품 개발	- 초고속점적테이프 생산설비 개선 : 엠보싱 롤러제작 완료. 수냉 및 공랭식 간접냉각방식 실패. 수냉식 직접냉각방식 전환 - 압력보상형 점적호스 제품 설비 제작 : PC형 드리퍼 금형수정. 최적실리콘 개발, 드리퍼 조립기 제작(이송가이드, 로타리 피더기) - 압력보상형 단추 보완 및 생산설비 개발 : 설계변경 및 금형수정. 단추 자동조립기 설계 및 제작 - 압력보상형 스프링클러 수정/보완 : 에어벤트 추가 및 핀 삽입, 목업금형 시사출	
		[1위탁 : 경북대] ○ 압력보상 점적단추, 스프링클러의 균등성 유동 해석, 성능분석 및 요소기술 개발	- 압력보상 PC 점적버튼(PC Drip Button)의 0.5~4.0 bar에 대한 공급유량(2, 4, 8 ℓ/hr)별 유기실리콘 노즐 설계 및 노즐의 최적 탄성체(No. 30~80범위) 규명을 통한 PC 점적버튼의 국산화 개발 - 압력보상 PC 스프링클러(PC Sprinkler)의 압력과 공급유량(20~110 ℓ/hr)별 다이아프램형 유기 실리콘 노즐의 균등성 유동 해석, 성능분석 및 요소기술 개발을 통한 국산화 개발	
		[1협동 : 한솔테크] ○ 솔레노이드를 이용한 점적관수용 전자밸브 국산화 개발	- 전압변화(기준보다 저전압)에 대응하도록 솔레노이드 개선 : 플렌지 소재, 코일개선, 오작동 여부확인 LED등 - 개선된 전자밸브 1차 시제품 제작, 현장 성능시험, 문제점 도출	
		[2위탁 : 충남대] ○ 성능시험 및 산업화를 위한 종합규격서 작성	- 1차 성능시험 - 수압-유량 곡선 작성	
		[2협동 : 남경정공] ○ 점적관수용 자동역세 여과기, 일반형 여과기 제작 및 현장 성능 평가	- 일반형(50mm) 여과기 금형 수정(8회) 및 시사출 테스트 - 일반형(75mm) 여과기 설계 - 자동역세(50mm) 여과기 분석 및 설계	
		[3위탁 : 서울대] ○ 여과기(자동역세, 일반형, 모래) 성능평가 및 문제점 분석	- 일반형여과기(50,75,100mm) 성능규격서 작성 및 성능 테스트 - 자동역세여과기(50mm) 성능평가 분석 - 대용량 모래여과기 성능평가 분석	
		[3협동 : 시설원예연구소] ○ 점적관수 신기술/신제품 실증 시험	- 점적테이프 관수장치를 이용한 현장실증시험 - 압력보상형 점적호스 관수장치를 이용한 현장 실증시험 : 관수장치에 따른 관수량, 토양수분, 생육, 수량등	
		[4협동 : 환경농업연구원] ○ 신규 개발되는 점적관수 장치의 5개 핵심제품에 대한 경제성 분석	- 신규 개발되는 점적관수장치의 5개 핵심 제품에 대하여 개발주체인 대학 및 연구소와 공동으로 실증시험 및 포장시험을 통한 경제성분석(예: 토마토등 일관화된 품목선정) - 유사관행제품과 신규개발제품의 기술수준과 비용편익을 비교분석하여 신제품 개발의 경제적 필요성을 규명	

구분	연도	연구개발의 목표	연구개발의 내용	비고
3차년	2017. 09.25. ~ 2018. 09.24	[1세부 : ㈜남경] ○ 초고속점적테이프 생산설비 개선 및 압력보상형 드리퍼, PC단추, PC스프링클러 제품 개발	- 초고속점적테이프 생산설비 개선 : 라이너타입 초고속 조각롤러 가공, 수냉식 직접냉각방식, 띠/호스압출기 보강(불량감지 시스템 장착) - 압력보상형 점적호스 제품 설비 제작 : PC 점적호스 편칭시스템, 드리퍼 공급기 보강, 드리퍼용 실리콘 수정 - 압력보상 단추 설비 제작 : PC단추 3차 설계변경 및 금형수정, 단추 조립기 수정 및 피더기 보강 - 압력보상형 스프링클러 제품 개발 : PC형 스프링클러 목업금형 수정	
		[1위탁 : 경북대] ○ 압력보상 점적테이프 및 점적호스, 점적단추, 스프링클러의 정밀도 향상 및 실증시험	- 압력보상 점적테이프, 점적호스, PC 점적버튼, 스프링클러의 0.5~4.0 bar에 따른 유량 균등성 정밀도 향상 기술개발 - 압력보상 점적테이프, 점적호스, PC 점적버튼, 스프링클러의 실증시험	
		[1협동 : 한솔테크] ○ 솔레노이드를 이용한 점적관수용 전자밸브 국산화 개발 [2위탁 : 충남대] ○ 성능시험 및 산업화를 위한 종합규격서 작성	- 문제점 보완 및 전자밸브 2차 시작품 제작 - 전자밸브 연계제품 개발 : 스프링 텐션요소 등을 이용한 감압밸브, 릴리즈밸브, 하이드로 밸브 등 - 2차 성능시험 - 산업화를 위한 종합규격서 작성	
	[2협동 : 남경정공] ○ 자동역세 여과기, 모래 여과기 제작 2차 현장 성능 평가 및 산업화 [3위탁 : 서울대] ○ 여과기(자동역세, 일반형, 모래) 산업화를 위한 종합 규격 작성	- 자동역세여과기 제작 : 바디금형 수정 및 보완, 테스트장비 설치 및 보완 - 대용량 모래여과기 제작 : 모래캡 목업금형 및 탱크, 여과기용 모래 성능 테스트 - 일반여과기(100mm) 개발 및 설비 배관 - 자동역세여과기(50mm) 2차 성능평가 분석 - 자동역세여과기(50mm) 설치규격서 작성 - 대용량 모래여과기 2차 성능평가 분석 - 대용량 모래여과기 2차 설치규격서 작성		
	[3협동 : 시설원예연구소] ○ 점적관수 신기술/신제품 실증 시험	- 점적테이프 관수장치를 이용한 현장실증시험 - 압력보상형 점적호스 관수장치를 이용한 현장 실증시험 : 관수장치에 따른 관수량, 토양수분, 생육, 수량 등 - 압력보상형 점적단추 관수장치를 이용한 현장 실증시험 : 관수장치에 따른 관수량, 배지수분, 생육, 수량 등		
	[4협동 : 환경농업연구원] ○ 점적관수 5개 핵심제품에 대한 수입대체 가능성과 수출경쟁력 분석	- 2차년도와 동일하게 신규개발제품에 대한 비용편익분석(계속) - 신규 개발된 5개 핵심제품들의 현장활용 체계를 종합적으로 평가하여 신제품의 산업화를 위한 방안 모색 - 5개 신제품을 대상으로 BC분석, CE분석, BEP분석을 각각 실시 - 신제품에 대한 수입품의 대체가능성과 해외 수출경쟁력 분석 등을 통하여 신제품의 장래 경제성 예측		

3-2. 연구수행내용 및 결과

[순 서]

- 3-2-1. 제 1세부 (주) 남경 ----- Page 23
- 3-2-2. 제 1위탁 경북대학교 ----- Page 90
- 3-2-3. 제 1협동 한솔테크 ----- Page 147
- 3-2-4. 제 2위탁 충남대학교 ----- Page 182
- 3-2-5. 제 2협동 남경정공 ----- Page 216
- 3-2-6. 제 3위탁 서울대학교 ----- Page 245
- 3-2-7. 제 3협동 시설원예연구소 ----- Page 305
- 3-2-8. 제 4협동 환경농업연구원 ----- Page 324

3-2-1. 제 1세부 (주) 남경

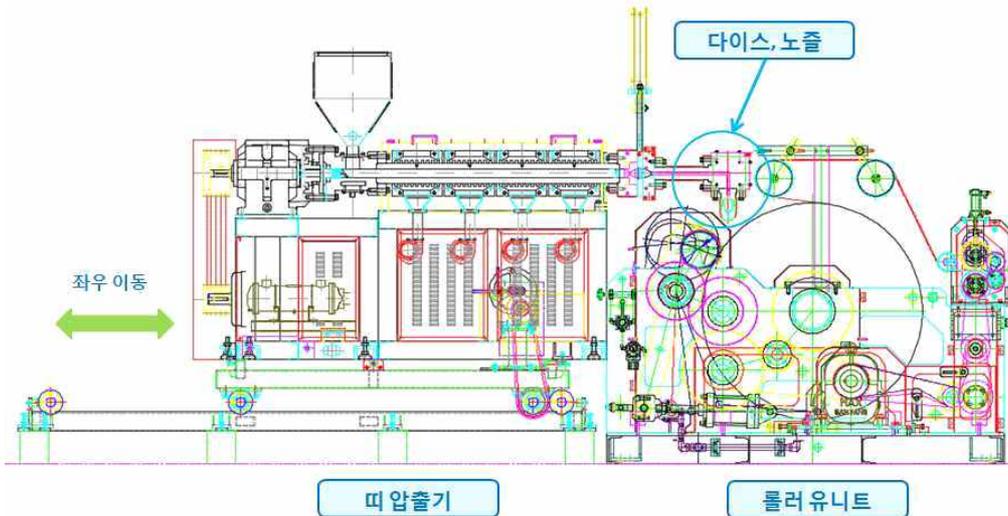
① 초고속 점적테이프 생산설비 개선 [1차년도]

1) 점적테이프 생산설비 파트 보완 및 신규 제작

- 2015년 9월 25일 현재 생산 설비 : 100 ~ 130m/min

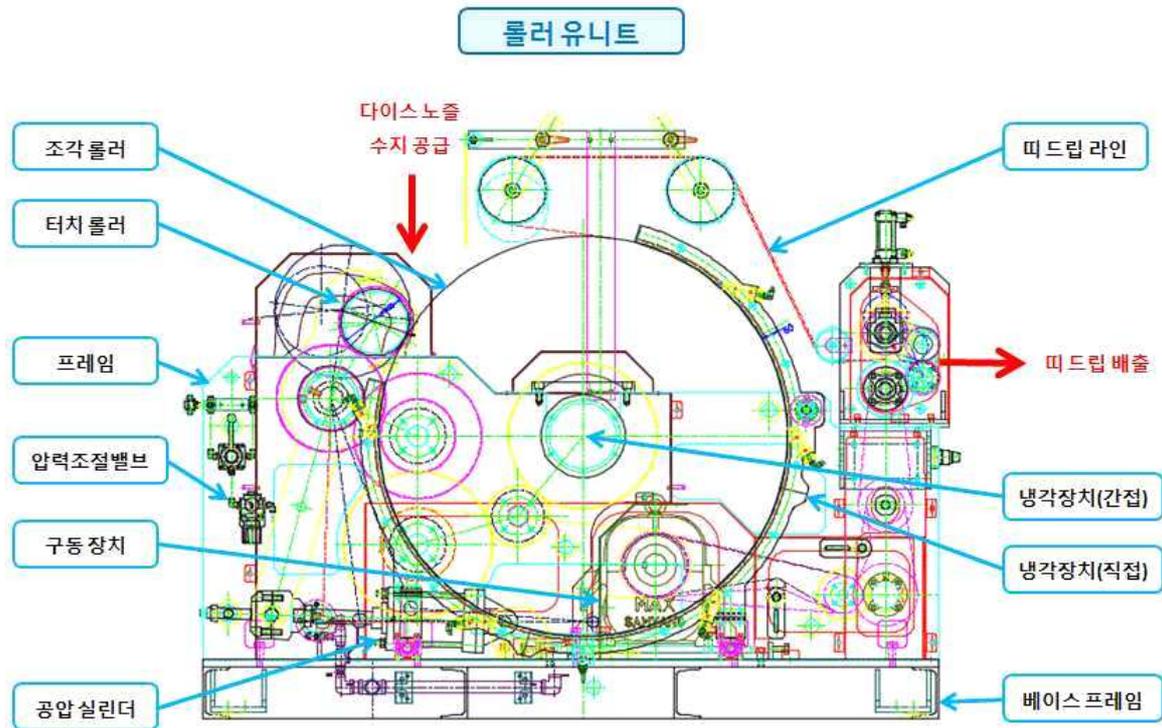


- 전체 설계 도면 : 1차년도 목표 160m/min



- 현재 생산설비에서 속도 증강을 위해 설비의 부분적 부품 교체 및 신규 부품을 설계, 보완 제작하므로 1차년도 목표치 160m/min을 달성함
- 현재 생산설비에서 변화된 프로세스는 띠압출기에서 배출되는 PE 수지가 드립 형상을 만드는 과정이며, 이는 현재의 냉각 후 압착하여 미로를 만드는 방법에서 직접 조각물에 수지를 흘려 주어 미로를 만든 후 냉각하는 방법으로 수정, 개발함
- 조각롤러에 직접 수지를 흘려 주는 방법은 수지의 유동성이 높고 정밀한 미로 형상을 얻을 수 있는 장점이 있음

- 파트별 추가 부품 및 수정 제작품



롤러 유니트 : 띠 압출기에서 배출되는 PE 수지가 다이스와 노즐을 통하여 배출되며,
수지는 조각롤러와 터치롤러 사이를 통과되면서 띠 드립 만드는 장치

- a. 프레임 및 구동장치 : 각 부품을 견고히 고정 및 지지하는 몸체로 기계적 강도를 보완하고 구동장치(모타 및 기어장치)의 용량을 높여 수정 보완
- b. 조각 롤러 : 띠 드립의 형상을 만드는 롤러로서 드립의 기능을 갖추기 위해 표면에 미로형상을 만들고, 조각하여 제작
- c. 터치 롤러 : 조각롤러의 상대 롤러로 띠 드립의 두께를 결정하는 롤러 보완
- d. 냉각 장치 : 조각롤러와 띠 드립의 냉각을 위해 2가지 냉각 방식을 개발 및 적용
 - 간접 냉각 : 수냉식 (냉각수를 조각롤러 내부로 공급, 배출)
 - 직접 냉각 : 공랭식 (압축 공기를 성형된 띠드립에 직접 분사)
- e. 공압 실린더 및 압력조절 밸브 : 터치롤러의 위치를 미세조절이 가능하도록 보완하여 띠의 두께를 얇게 만들 수 있도록 보완 제작

2) 조각롤러 : 191 ϕ , 386 ϕ , 1161 ϕ (3종 제작)

- 조각롤러 : 191 ϕ 제작



샤프트

조각롤러

- 조각롤러는 속도 증강에 앞서 현재 설비에서 조각의 형상에 대한 설계 및 개발을 소형 조각롤러로 테스트해 가며 최적의 조각 형상을 개발
- 최적의 조각 형상을 찾고자 크기와 모양을 다양화하여 제작, 테스트

Test Name	점보성 유량 (20#)	***본 랙 2회 실시***	간격	주파	유량
Test Date	2016년 07월 22일		30	0.18	
Description	제품: VNS호기형선 (EA)				

Specified Flow Rate: | l/hr (1kgf/cm²) (0.4~2.0) ENG: 3.28 (방전깊이 : 0.45*300*2곳)

작성 자 : 소재규 측정 자 : 이병익

순번	FLOW RATE (ml/hr)												평균	최소	최대
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
0.40	616	622	594	425	588	494							537	425	616
0.40	616	524	603	425	587	500							540	425	618
0.60	746	629	713	520	688	595							649	520	748
0.60	747	632	716	524	690	612							654	524	747
0.80	879	747	848	617	814	706							769	617	879
0.80	871	751	849	620	821	710							770	620	871
1.00	997	839	954	702	920	796							868	702	997
1.00	1,001	843	954	702	926	804							872	702	1,001
1.20	1,163	972	1,100	813	1,067	927							1,007	813	1,163
1.20	1,167	980	1,101	815	1,065	930							1,010	815	1,167
1.40	1,254	1,051	1,187	879	1,152	1,000							1,087	879	1,254
1.40	1,254	1,060	1,190	882	1,050	1,002							1,073	882	1,254
1.60	1,314	1,106	1,250	922	1,204	1,047							1,141	922	1,314
1.60	1,316	1,109	1,247	923	1,209	1,041							1,141	923	1,316
1.80	1,479	1,247	1,402	1,047	1,358	1,176							1,285	1,047	1,479
1.80	1,474	1,252	1,404	1,051	1,360	1,178							1,287	1,051	1,474
2.00	1,506	1,266	1,424	1,057	1,380	1,178							1,299	1,057	1,506
2.00	1,509	1,269	1,427	1,062	1,375	1,199							1,307	1,062	1,509

- 유량 측정 데이터

- 유량 측정 데이터는 압력 조건에 따른 유량의 분포 및 분석을 통해 조각롤러의 형상 및 생산된 띠 드립의 형상에 대한 분석 자료
- 유량 측정 데이터를 기초 자료로서 분석하여, 띠드립 유량 범위의 확정 및 속도 증강 근거를 확보

- 조각롤러 : 386 ϕ 제작



너털 가공 전



너털 가공 후

- 조각롤러 : 1161 ϕ 제작 개시 (최종 1161 ϕ 조각롤러 테스트는 8월 말 예정)



- 조각롤러의 외경이 1161 ϕ 로 대형의 크기로 구조는 축, 냉각자켓, 후랜지, 롤러의 4개의 부품으로 제작
- 소형 조각롤러(191 ϕ , 386 ϕ)의 테스트 결과 자료를 근거로하여 최종 목표 속도 (160m/min)를 달성하기 위해 1161 ϕ 조각롤러를 제작하고 테스트 예정임
- 1161 ϕ 조각롤러는 용량별고 A(0.7l/hr), B(1.1l/hr), C(1.4l/hr) 타입 3종으로 제작, 테스트하여 최종 목표 속도를 도출할 예정임

- 조각롤러 사이즈 확대에 따른 프레임 규격 및 구조 변경



기존 롤러 유닛 프레임



구조 변경 프레임

· 조각롤러의 크기가 커짐에 따라서 프레임 구조를 수정하여 제작하고, 조각롤러의 냉각 방식(수냉식, 공랭식) 및 터치롤러의 미세조절을 위한 공압 실린더 장치를 수정, 제작

- 속도 증강을 위한 구동 장치 보강



기어 장치



구동 모터(감속기)

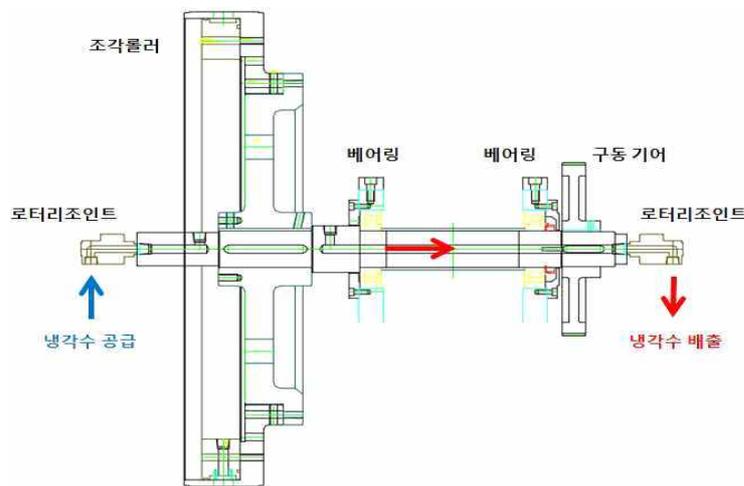
· 조각롤러의 크기가 커짐에 따라서 기어 외경과 타이밍 풀리를 보강하고, 구동 모터의 용량을 기존 3.5KW에서 7.5KW로 키워서 보강 제작

3) 냉각 장치

고온(약 200°C)의 수지가 직접 롤러면에 단게 됨에 따라 온도가 높아진 롤러를 냉각시키고 떠 드립의 형상을 빠른 시간내에 응고시키기 위해서 냉각장치는 매우 중요하며, 냉각 시간을 단축시키기 위한 냉각방식은 조각물 내부에 냉각수를 공급하는 간접냉각과 외부에서 압축공기를 분사키는 직접냉각 방법을 적용

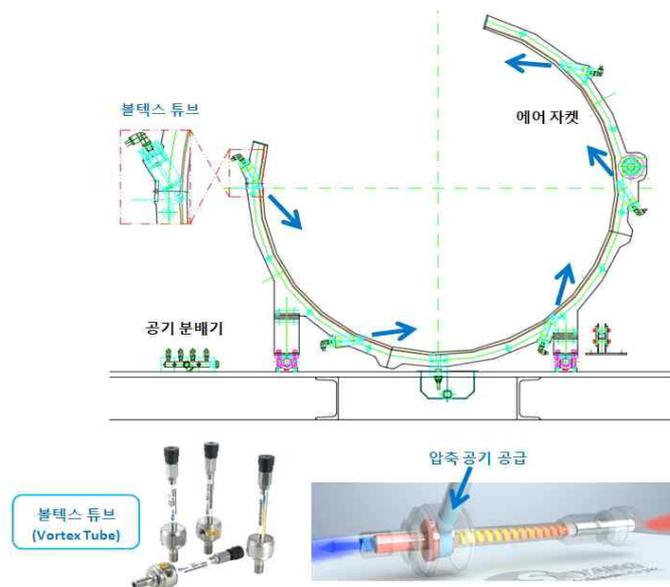
- 간접 냉각 : 수냉식

펌프에 의해 공급되는 냉각수는 로터리 조인트를 통해 조각물의 냉각자켓을 통과하고 나온 냉각수는 반대편 축 끝으로 배출



- 간접 냉각 : 공랭식

공기 분배기에서 공급되는 압축 공기는 에어자켓안으로 5개의 볼텍스 튜브(공기냉각기)를 통해 원주의 접선 방향으로 분사시켜 떠드립의 외부를 직접 냉각하는 방식을 적용



4) 띠 드립(PE수지) 성형의 정밀도 향상 및 원재료 절감

- 띠 압출기 다이스의 프랜지 및 노즐 보강

- 보완 제작품 : 프랜지(1EA), 노즐 넥(1EA), 노즐(2종 4EA)
- 노즐의 내부 구조를 여러 형태로 제작하여 테스트 실험



- 롤러 유니트의 공압 실린더 : 조각롤러와 터치롤러의 미세 간격조절 기능 강화

- 공압 실린더 : 기존 실린더 보다 용량 키움
- 미세조절장치 : 조절 볼트 정밀도 향상
- 터치롤러 회전축 및 암 : 조각 롤러 크기가 커짐에 따라 수정 보완 제작
- 미세 간격조절 기능 : 띠 드립의 형상을 최적화하며, 두께를 얇게 생산하므로 원재료(PE수지)의 양을 줄이는 원가 절감 효과 획득

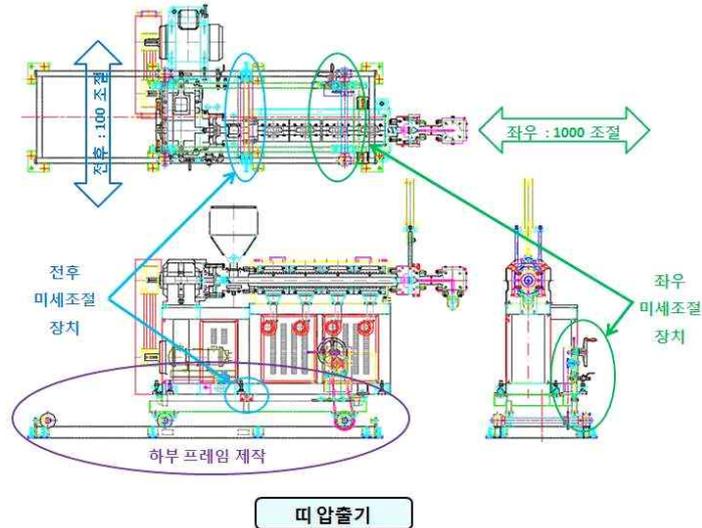


- 롤러 유니트 컨트롤러 제작 : 띠압출기, 인출기, 롤러 유니트와의 연동 시스템 구축

- 생산 설비 중 속도의 기준이 되는 인출기의 속도이며, 인출기의 속도와 압출기의 속도를 상호 연동 운전함으로써 생산성 및 목표 속도 달성
- 운전 전환은 전체 연동, 부분 연동, 수동운전의 3가지 모드로 운전 가능
- PLC 컨트롤 방식을 적용하여 제어의 정확도를 높이고 정밀한 온도 제어
- 온도 등 세팅 값 설정은 터치스크린을 적용하여 운전자의 편의성 확보



- 락 압출기 프레임 좌우/전후 미세조절 기능 보장



- 롤러 유니트 사이즈 증강에 따라 다이스를 높이기 위한 프레임 제작
- 미세 조절 방향 : 좌우와 전후 2방향 조절 기능 적용
- 좌우 방향 조절 : 조절 범위는 1000mm 가능하며, 압출기 하부에 레일이 장착된 베이스 프레임(1)과 압출기를 지탱하면서 바퀴(축)가 부착된 프레임(2)으로 구성되며, 미세 조절이 가능하도록 기어 및 브레이크 장치 장착
- 전후 방향 조절 : 조절 범위는 100mm 가능하며, 프레임(2)에 장착된 슬라이딩 블록을 설치하여 블록에 설치된 볼트로 조절
- 락 압출기의 위치 조절은 첫째로 다이스 및 노즐, 조각롤러, 터치롤러의 유지보수를 위한 공간 확보를 위해 필요하며, 두 번째로는 다이스 노즐을 조각롤러의 너링 파트에 정확히 정위치 시키기 위해 반드시 필요한 장치임

- 점적 테이프의 락 드립 개발 효과 (원가 절감 및 속도 향상)

현재 압착식 방법으로 생산한 제품 직접 성형 방식(개발)으로 생산한 제품



- 현재의 압착식 생산 방법에서 직접 성형 방식으로 개발을 완료하여 테스트 제품을 생산한 결과 상기 사진에서 보듯이 락드립의 두께가 2배가량 감소한 것을 확인 할 수 있으며, 이는 종전보다 원재료의 양을 획기적으로 줄일수 있는 생산 방식임
- 결과적으로 원재료 투입량이 적게 되므로 점적테이프의 생산 원가 절감 효과를 기대할 수 있음. 또한, 직접 성형 방식의 생산 설비는 수지의 유동성이 탁월하므로 속도면에서도 종전의 방식보다 월등히 높은 생산성을 확보할 수 있음

❶ 초고속 점적테이프 생산설비 개선 [2차년도]

1. 2차년도 설비개선의 개요

- 현재 초고속 점적테이프(Liner Type) 생산 설비를 수정 또는 개선하여 생산속도 향상(2차년도 목표속도 : 180m/min)을 기본으로 한 설비 개선 및 제작

2. 초고속 점적테이프 설비 개선 및 보강

- 목적 : 생산속도 향상 및 품질 개선
- 제작내용 : 생산량의 최대 목표치인 분당180m 생산 능력을 갖춘 설비 제작

< 각 부품별 규격에 따른 생산량의 계산식 >

엠보싱롤 : $1720/30 \times 80T/81T \times 140T/140T \times \phi 1161 = 206.53524m/min$

터치롤: $1720/30 \times 80T/81T \times 140T/70T \times 120T/60T \times 102T/68T \times \phi 193.5 = 206.53528m/min$

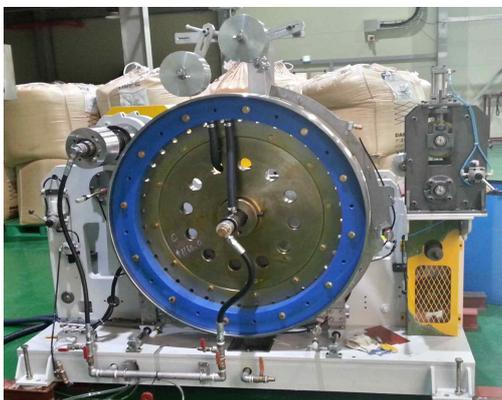
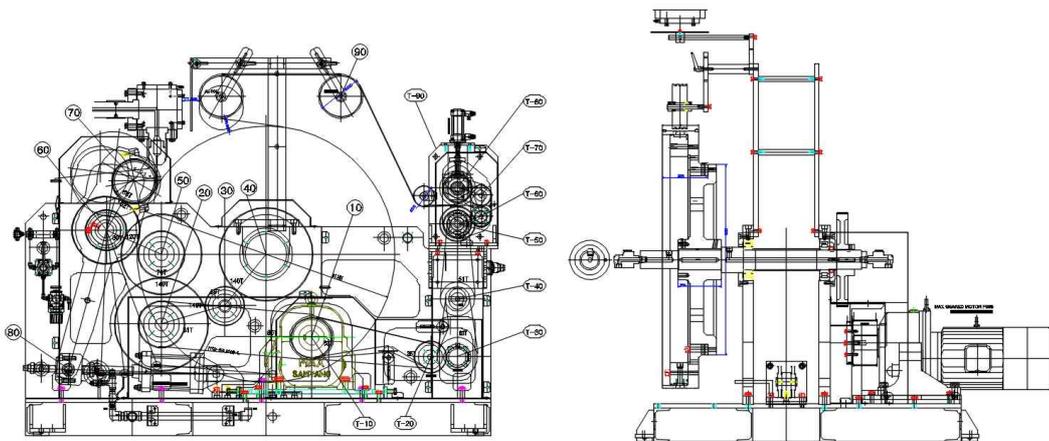
인취롤 : $1720/30 \times 63T/36T \times 72T/48T \times 60T/36T \times 51T/30T \times \phi 162 = 217.0196m/min$

인취롤 : $1720/30 \times 60T/36T \times 72T/48T \times 60T/36T \times 51T/30T \times \phi 162 = 206.68538m/min$

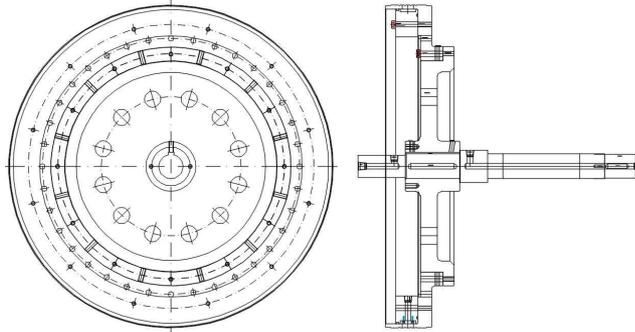
- 위 부품 계산식에 의해 설비 제작하였으며 테스트와 실험을 통해 얻어진 데이터를 기준으로 구동조건 개선 및 프로그램 수정을 통해 목표치 달성이 목적

3. 설비 제작

- 엠보싱롤러의 제작을 완료하였으며 그에 따른 설비의 제작을 완료.

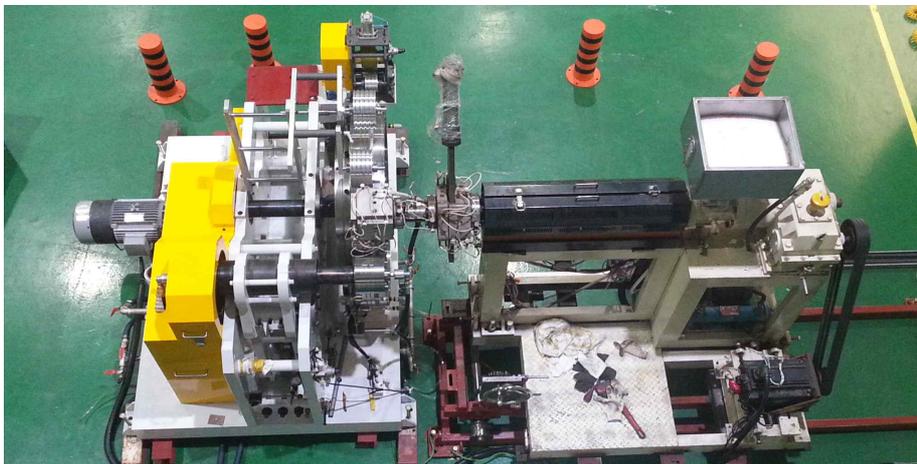
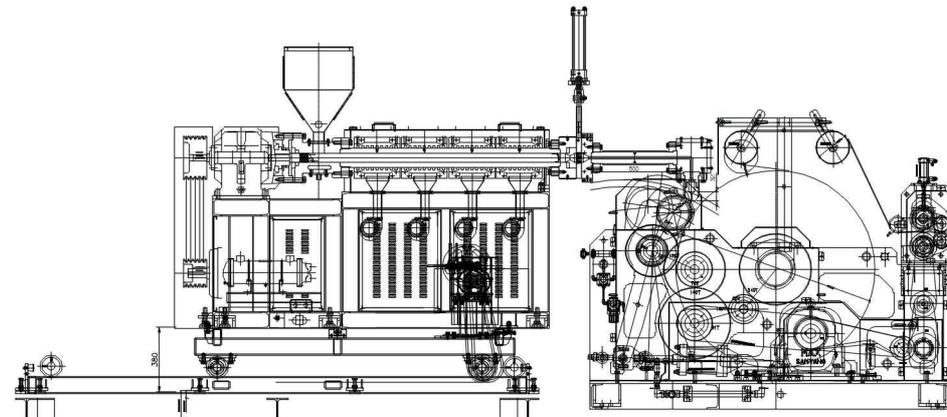


- Ø1161 엠보싱 롤러 : 제품생산의 핵심적인 설비.

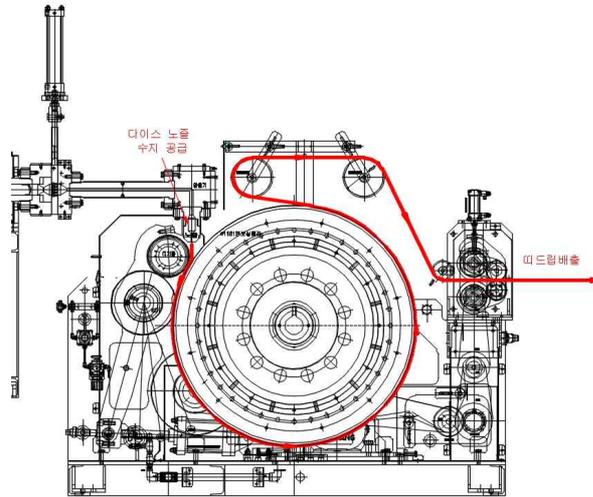
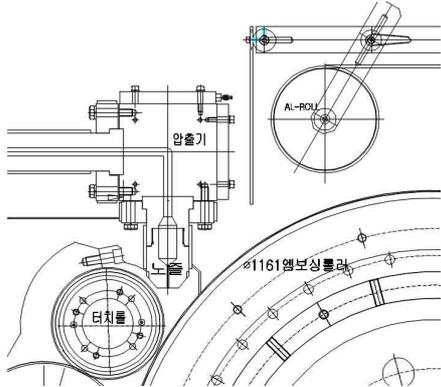


4. 제품생산 실험

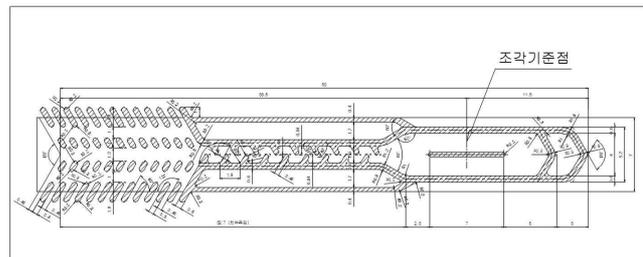
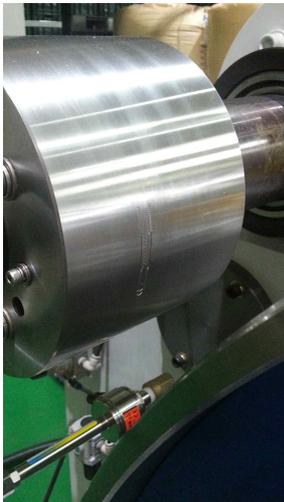
- 설비 설치도 (수냉/공랭식 간접냉각 방식)



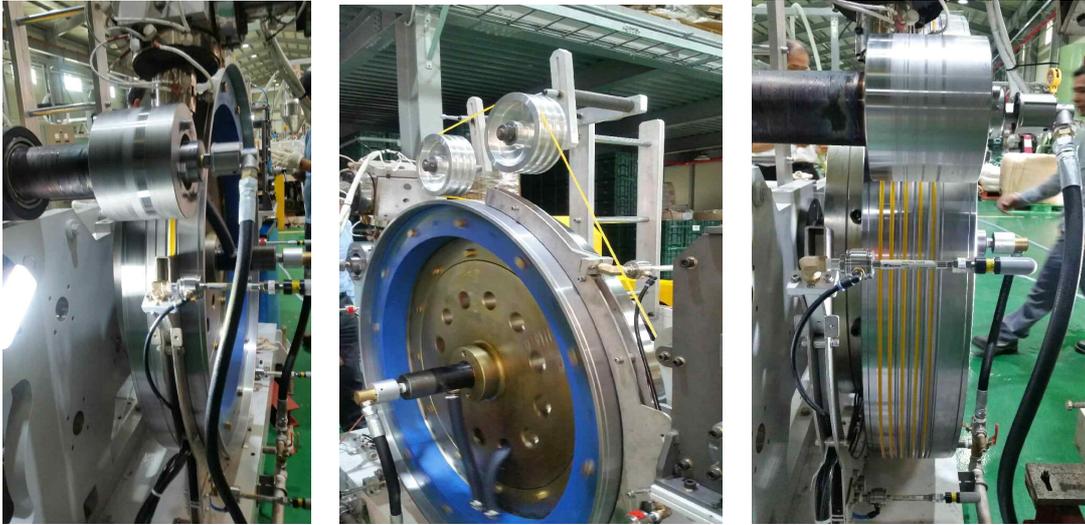
- 압출기와 엠보싱롤러 위치 셋팅
- 압출기 노즐에서 분출되어 나온 원료를 터치롤과 엠보싱롤러 접촉부분으로 흘려서 터치롤에 조각되어 있는 미로 형상을 띠 모양의 제품으로 생산.



- 터치롤 조각형상



- 미로형상의 제품(노란색 띠) 생산실험



- 제품 실험데이터

조건	압출기rpm	롤러rpm	롤러회전수	생산량m/min	진행상황	비고
1	130	50	1.6	6	실험	
2	200	80	2.6	9.6	실험	
3	300	120	3.9	14	실험	
4	375	150	4.9	18	실험	
5	500	200	6.6	24	실험	
6	625	250	8	30	실험	
7	630	300	9.8	36	실험불가	
8	600	350	11.5	42		
9	600	400	13	48		
10	860	500	16	60		
11	1032	600	19.7	72		
12	1230	700	23	84		
최종		1720	56	206		

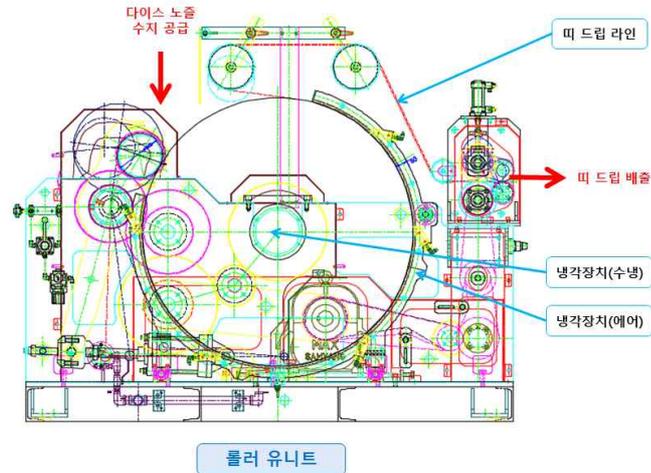
- 실험결과 롤러 rpm 300에서 문제점이 발생함.

- 미로를 성형한 후 냉각하는 방법이므로 보다 정밀한 미로형상 구현이 가능할 것이라 예측하였으나 제품성형이 불안전 하고 제품 형상이 타원형으로 말리는 현상이 발생함.

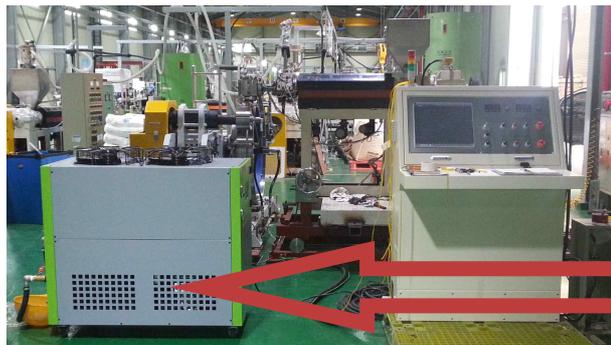


- 짧은시간 내에 제품의 두께를 냉각시켜야 제품 성형이 정상적으로 가능할 것 같음.

- 1차년도 간접냉각 방법 : 수냉식(로터리 조인트 냉각) + 공랭식(-10°C에어 외부냉각)



- PE수지가 터치롤러와 조각롤러의 접점을 통과하는 순간, 미로가 형성이 되어야 하는데, 극히 짧은시간(1/1000초)에 이루어짐으로 인해 스폰지 현상이 발생.
- 아래 스폰지 현상으로 정확한 미로형성이 실패함.
- 간접냉각 방식에서 미로형성의 2가지 중요 포인트
 - ① PE수지 온도
 - ② 미로형상을 지속적으로 유지시키는 적정온도의 냉각기능
- 수냉식 간접냉각 강화
- 냉각효율성을 증대시키기 위해 칠러(냉각기)보강
- 10°C~30°C 범위내에서 냉각수의 균일한 온도 유지 및 조정가능



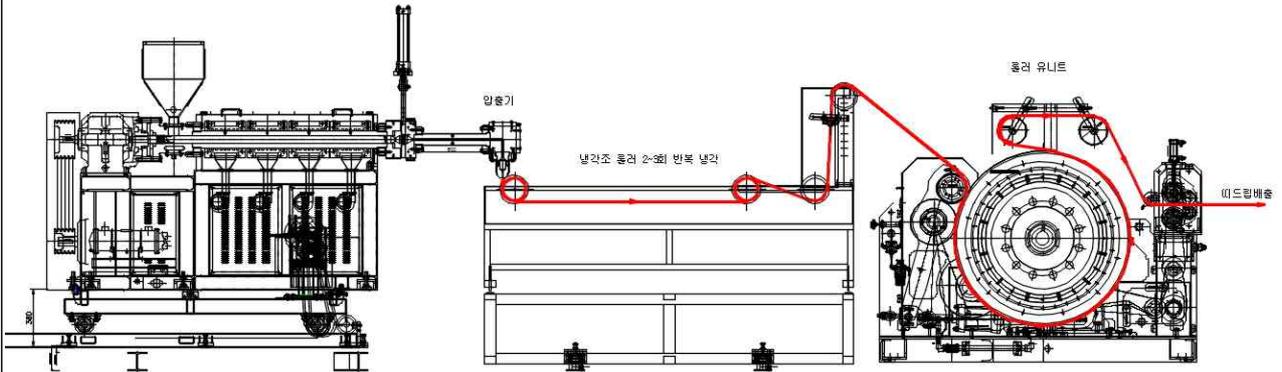
냉각용 칠러 설치

- 띠압출 형상제작 실패 : 간접 냉각시스템 방식 한계점 인지.



5. 수냉식 직접냉각 방식 전환

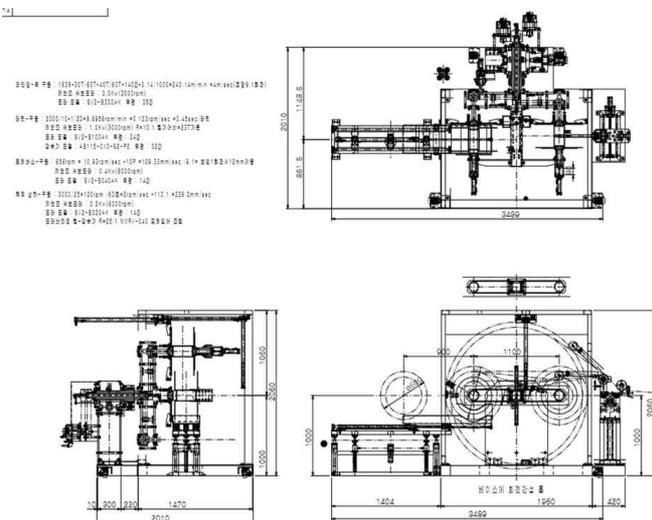
- 간접냉각 방식의 적용이 부적하여 냉각조를 이용한 직접냉각방식 검토하여 냉각조 제작.
- 냉각방식은 압출기에서 나온 수지를 냉각조에서 냉각시킨후 롤러 유닛에서 미로 형상을 성형하는 방식.



- 냉각조 관련하여 적용방식 변경 검토.
- 냉각조 냉각수 온도 체크리스트 작성.
- 냉각조에서 냉각수온도를 조절하여 냉각공정을 거친 미드립의 온도별 성형상태 점검리스트
- 냉각조 통과한 미드립 온도체크리스트 작성
- 냉각조를 통과한 미드립의 정확한 온도를 측정하여 성형 상태 점검리스트.
- 냉각조 냉각수와 미드립의 온도를 측정하여 성형상태를 점검한 후 롤러유닛의 RPM을 증가하면서 속도 개선 방법을 검토 할 예정.

6. 자동와인더 시스템 장착

- 초고속 점적테이프 라인에 완제품 자동와인더 시스템 셋팅



❶ 초고속 점적테이프 생산설비 개선 [3 차년도]

1. 띠압출기 설비 보강

(1) 라이너타입 띠드립 압출기(다이세트) 보강/수정



- 띠 압출기 다이의 프렌지 및 노즐 수리 및 재가공
- 노즐의 내부 구조를 여러 형태로 변경하여 테스트 실험

(2) 냉각조 및 가이드롤 적용



- 수냉식 직접냉각 방식 전환에 따른 냉각조 및 가이드롤 장착
- 냉각방식은 띠압출기에서 나온 수지를 냉각조에서 냉각시킨후 롤러유닛에서 미로 형상을 성형하는 방식으로서, 냉각조를 통과한 띠드립의 정확한 온도를 측정하여 성형상태 점검이 중요함.
- 냉각조 냉각수와 띠드립의 온도를 측정하여 성형상태를 점검한 후 롤러유닛의 RPM을 증가하면서 전체 공정속도 증강.

2. 호스압출기 설비 보강

(1) 스크류, 실린더, 노즐, 헤드, 프레임 기어박스 스크린체인저



- 스크류 교체



- 노즐, 헤드 정비



- 프레임 교체



- 기어박스 보강



- 스크린체인저 교체



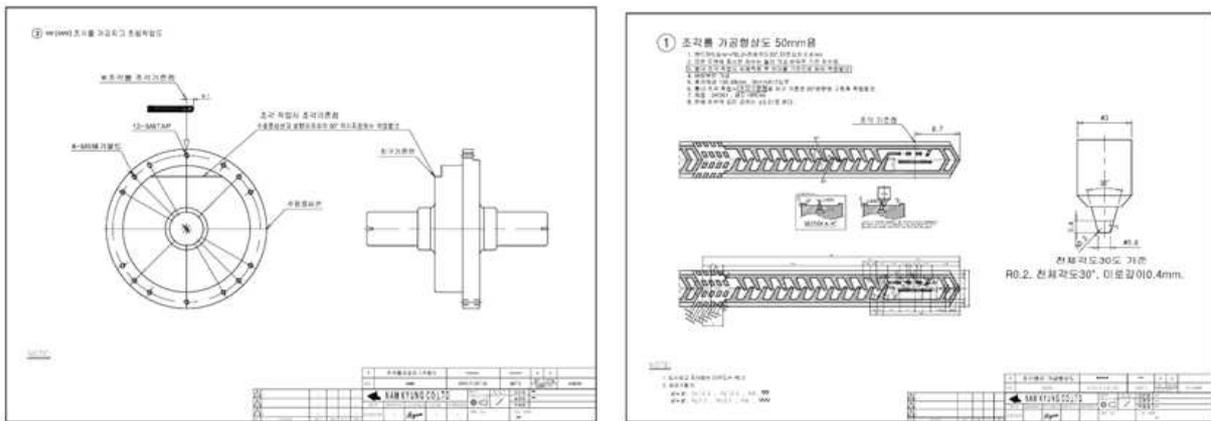
- 냉각조 파트 교체

3. 라이너타입 조각롤러

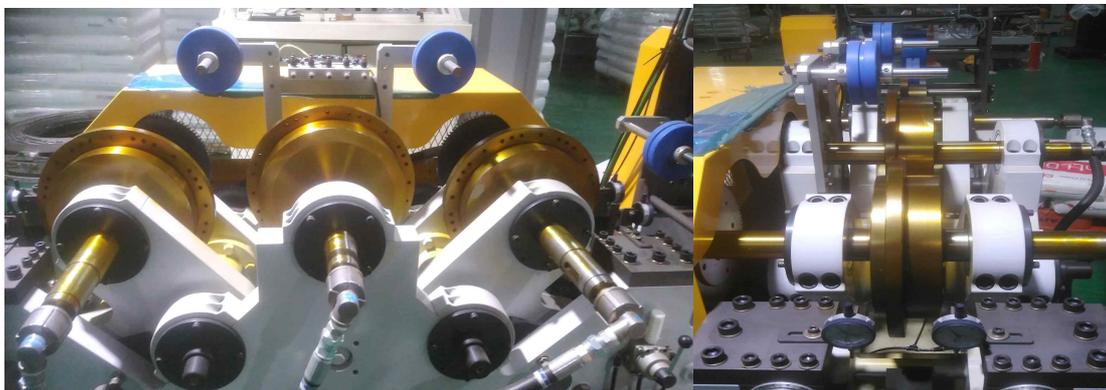
(1) 191 ϕ 조각롤러 가공 및 조립



(2) 385 ϕ 조각롤러 가공, 열처리, 와이어처리 연마



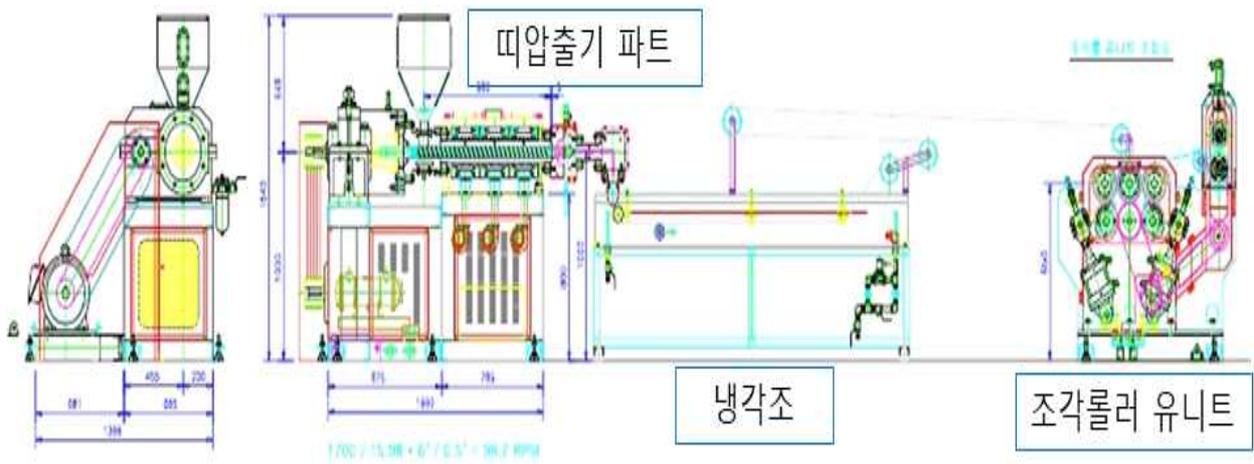
- 띠타입(Lyner type) 385 ϕ 조각롤러, 터치롤러 가공
- 열처리, 황색평면연마, 내외경와이어 홀가공
- 385 ϕ 조각롤러 띠 가공 형상



(3) 385 ϕ 조각롤러 유니트 안착 및 셋팅



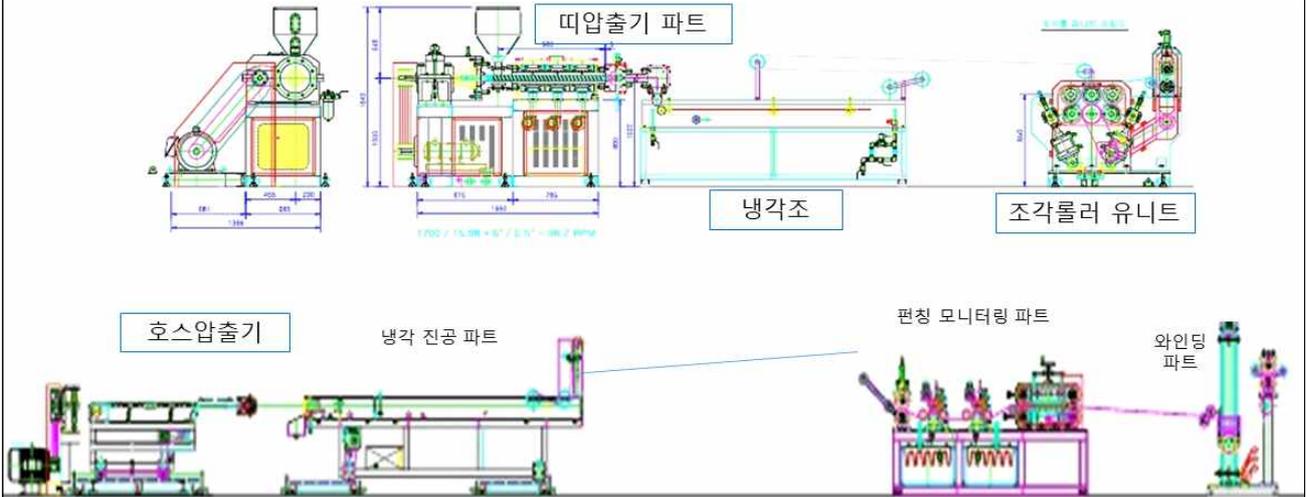
- 385 ϕ 조각롤러 및 터치롤러 유니트 안착



- 띠압출기, 냉각조, 조각롤러 유니트 세팅 완료

4. 초고속 점적테이프 라이너타입 생산설비 구축 완료

- 3차년도 띠압출기, 냉각조, 조각롤러, 호스압출기, 펀칭 및 모니터링 파트 설비 구축 완료



- 호스 압출기 및 진공관



- 냉각조 라인

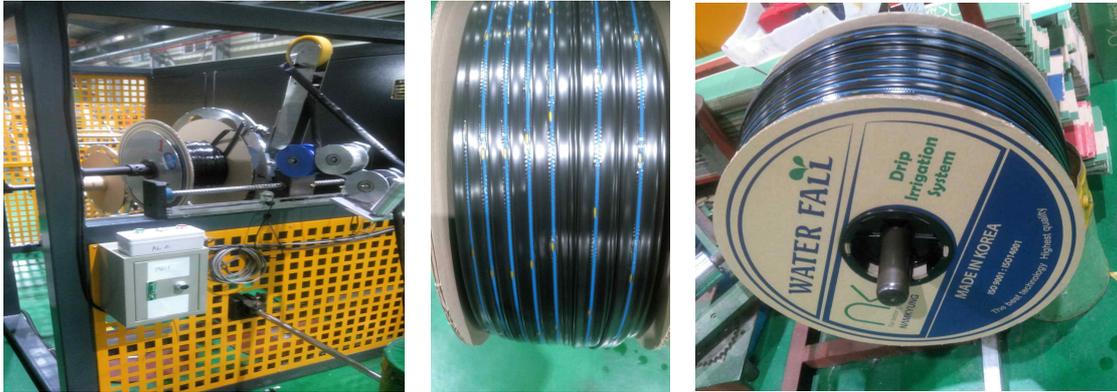


- 펀칭 모니터링



- 모니터링 시스템 장착

- 와인딩 시스템



5. 초고속 점적테이프 라이너타임 생산설비 테스트

- 라이너(띠) 타입 점적테이프 : 간격 10cm, 두께 0.18t, 유량 0.7l/h, 길이 1000m
- 제품 실험데이터

횟수	인출기 rpm	호스압출기 rpm	조각롤 rpm	띠압출기 rpm	생산속도 m/min
1	180	802	67	131	20.0
2	1507	1658	1406	11	166.6
3	1609	1754	1506	13	177.8
4	1800	803	69	124	200.0
5	1800	1754	1702	1	200.0
6	1800	1754	1702	16	200.0
7	1800	1754	1702	1453	200.0
8	1800	1754	1702	1460	200.0

- 1회 ~ 4회까지는 조각롤 회전속도 조정 기간
- 5회부터는 띠압출기의 압출속도와 호스압출기의 속도 조정 기간



- 초고속 점적테이프 라이너타입 생산속도 200m/min 달성
: 간격 10cm, 두께 0.18t, 유량 0.7l/h, 길이 1000m



- 1차년도 160m/min 달성. 2차년도 180m/min 달성. 3차년도 200m/min 달성



- 2016년 7월 1일부터 국내 판매 개시 및 매출 창출

6. 초고속 점적테이프 라이너타입 국내 매출 (성과등록 완료)

1) 2차년도 매출 성과

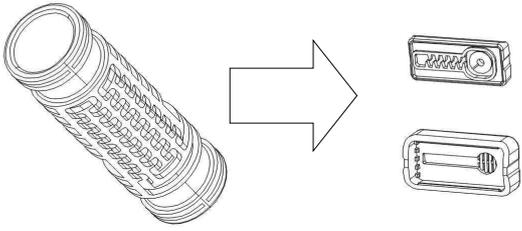
- 1차년도(2015.09.25~2016.09.24) 초고속점적테이프 (라이너타입) 생산설비 개발이후
- 생산설비 속도 향상 : 120m/min --> 160m/min / 매출액 162,446,000 원
- (주)남경 점적테이프 (워터폴N) 전년도 동기대비 국내 매출액 상승 : 66,075,000 원
96,371,000원 : 전년동기 매출액 (2015.09.25~2016.06.30)

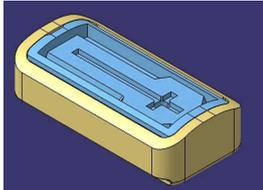
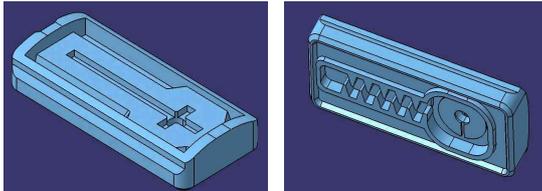
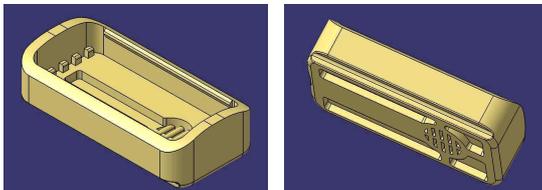
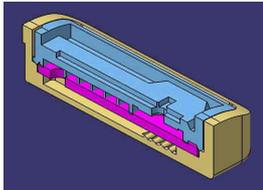
2) 3차년도 매출 성과

- 3차년도(2017.09.25~2018.09.24) 초고속점적테이프 (라이너타입) 생산설비 개선이후
- 생산설비 속도 향상 : 160m/min --> 180m/min / 매출액 208,509,400원
- (주)남경 점적테이프 (워터폴N) 전년도 동기대비 국내 매출액 상승 : 10,976,900원
197,532,500원 : 전년동기 매출액 (2016.10.01~2017.09.30)

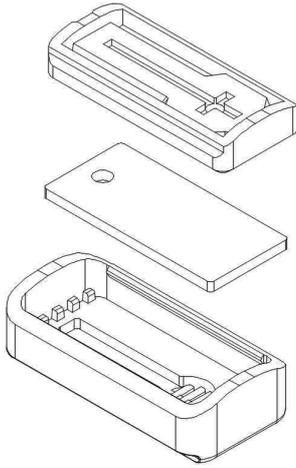
② 압력보상형(PC) 점적호스 제품 개발 [1차년도]

- 기존 슬리브형상의 드리퍼를 유입압력의 변화에도 토출량이 일정한 압력보상 편상형드리퍼로 구조 개선을 위한 제품 개발

개발형상	개발에 관한 장점
	<ul style="list-style-type: none"> - 제품 성능향상 - 소형경량화 구조 - 제품원가 절감 - 생산시간 단축 - 판매량 확대

개발 형상	
상부 하우징	
하부 하우징	
조립 단면도	

- 조립도



상부하우징 : 점적호스에 부착되어 토출시키는 부분

실리콘 : 유압변화에 따른 유량 조절기능

하부하우징 : 점적호스 내부에 위치 물유입부분

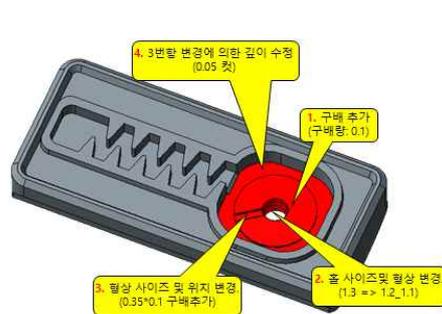
- 실사출품 및 금형



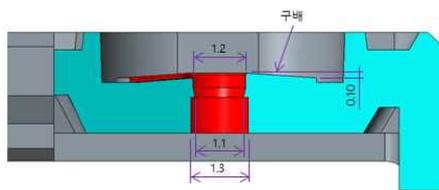
② 압력보상형(PC) 점적호스 제품 개발 [2차년도]

1. 양산용 PC드리퍼 금형 수정

- 1) 금형수정 목적 : 0.5 ~ 4.0 bar에서 2 l/h 유량 조절을 위한 조건 잡기
- 2) 수정 내용
 - 미로부 코어수정 및 실리콘부 조정
 - 압력보상을 위한 실리콘 공간 조절



상코아(301)



수정 부 단면 형상.



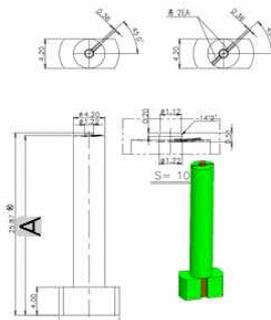
상코아(303)
-신규 제작-



하코아(421)
-신규 제작-

- 유량조절을 위한 코어핀 제작 (14회)

NO	통높이	통직이	코어길이	통갏수	구배	코어형태	발주일	A	8(미로 길이)
303				1	수평	분리형		25.36	0.85
303-1	0.35	0.1	0	1	0.1	통코어		25.46	0.85
303-2	0.35	0.1	0	2	0.1	통코어	17.01.20	25.46	0.85
303-3	0.35	0.1	-0.15	1	0.1	통코어	17.01.20	25.31	0.70
303-4	0.35	0.1	-0.3	1	0.1	통코어	17.01.20	25.16	0.55
303-5	0.35	0.1	+0.15	1	0.1	통코어	17.01.31	25.61	1.00
303-6	0.35	0.1	+0.15	2	0.1	통코어	17.02.01	25.61	1.00
303-7	0.35	0.1	-0.1	2	수평	분리형	17.02.09	25.26	0.75
303-8	0.35	0.1	-0.2	2	수평	분리형	17.02.09	25.16	0.65
303-9	0.35	0.1	-0.25	2	수평	분리형	17.02.09	25.11	0.60
303-10	0.35	0.1	-0.3	2	수평	분리형	17.02.17	25.06	0.55
303-11	0.35	0.1	-0.35	2	수평	분리형	17.02.17	25.01	0.50
303-12	0.35	0.1	-0.38	2	수평	분리형	17.02.17	24.98	0.47
303-13			-0.25		수평	분리형	17.02.17	25.11	0.60

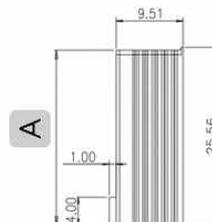


상코아(303-10~13) 4종
-신규 제작-

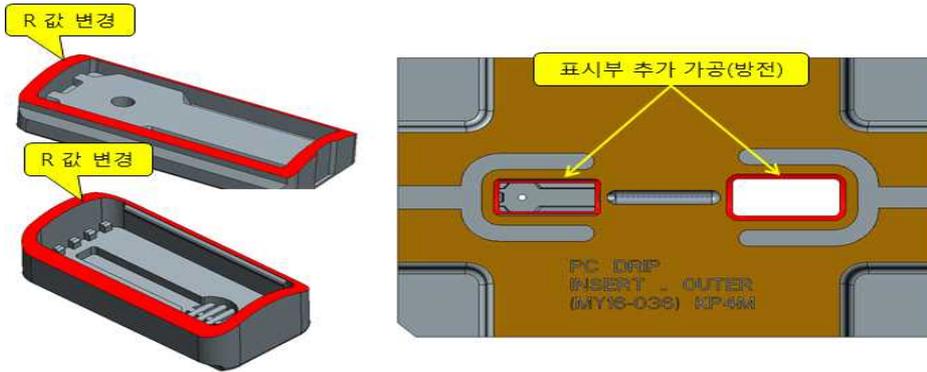
NO	A	8(미로 길이)	불가	발주일
303	25.36	0.85	10	
303-1	25.16	0.65	10	
303-2	25.36	0.85	8	17.02.17
303-3	25.16	0.65	8	17.02.17
303-4	25.01	0.50	8	17.02.17



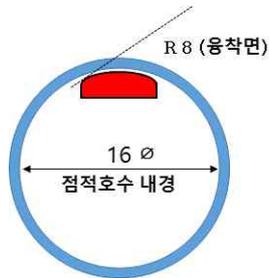
상코아(302-2~4) 3종
-신규 제작-



- R값 변경 :
- 점적호스와의 융착지점 라운드 R값 8로 변경



하코아(401)

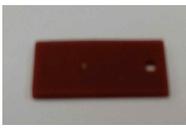


3) 양산용 PC드리퍼 설계 및 금형 수정 완료



2. 최적의 실리콘 개발

- 실리콘 제작업체 변경 : 두께, 사이즈, 경도의 향상성 미흡
- 경도별 유량테스트 진행 : 경북대 협력

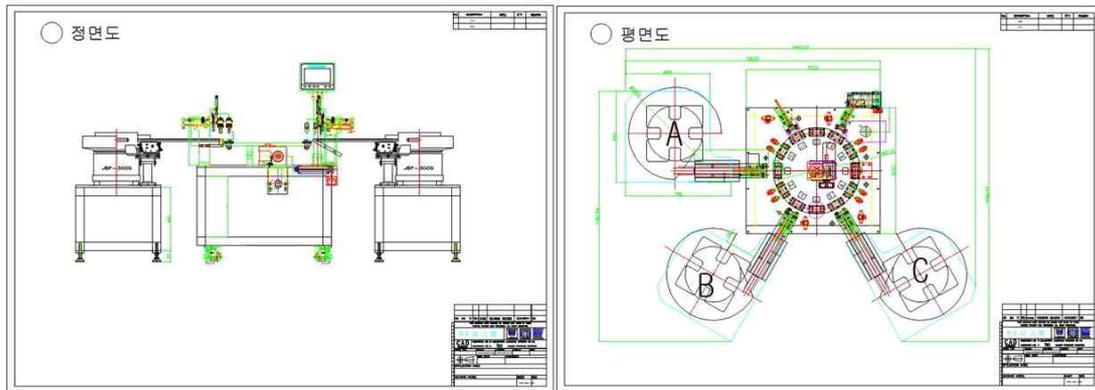
경도	사 진	경도	사 진	경도	사 진	경도	사 진
30		40		50		60	
35		45		55		65	

- 실리콘 두께 0.85mm의 실리콘 경도별 평균 유량(2.0L/hr용)

경도	40	45	50	55	60
최대, L/hr	1.696	2.199	2.085	2.528	2.583
최소, L/hr	1.546	2.069	2.025	2.349	2.349
평균, L/hr	1.609	2.130	2.061	2.446	2.485
오차, %	-19.6	6.5	3.1	22.3	24.3

- 경도 50의 실리콘 선정
- 실리콘의 두께, 규격, 경도는 해결되었으나, 실리콘 특성상 자체에서 발생하는 정전기 방지책은 3차년도 지속적인 실리콘 연구개발.

3. PC 드리퍼 조립기 제작



- 1) 구조 : 12등분 인덱스, 공급용 피더 3SET, 송급용 리니어 피더 3SET, 터치스크린, PLC 제어
 - 12등분 인덱스 : PLC 전기신호 제어로 서보모터에 의해 30도씩 시계반시계방향으로 12STEP회전
 - 제품공급장치(볼피더) : 1공정의 INSERT , 3공정의 실리콘 , 5공정의 OUTER을 2개 1SET를 공급하기 위해 이송하는 기능
 - 리니어 피더 : 피더에서 공급받은 부품을 조립이송전 지그에 안착시켜주는 역할
 - 터치스크린 : 각 기능별 제어용 패널
 - PLC 제어 : 인덱스를 회전시켜주는 서보모터를 전기적신호로 제어해 주는 역할

2) 작동원리

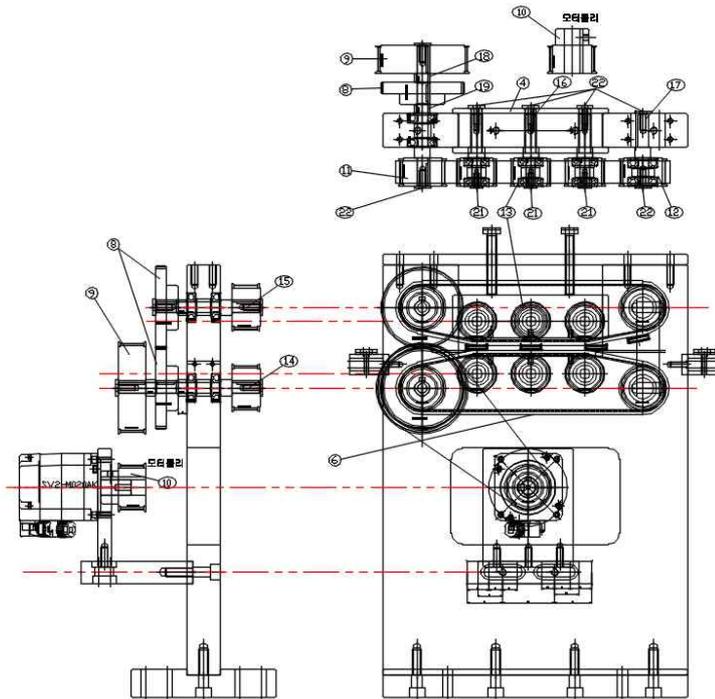
- 1 STEP : OUTER 공급장착 기능.
- 2 STEP : 30도 회전하여 OUTER 정상 장착여부 검출. 센서는 화이버 광센서 사용
- 3 STEP : 실리콘 이송 (OUTER에 실리콘 삽입).
- 4 STEP : 실리콘 정상 삽입 여부 검출
- 5 STEP : INSERT 삽입
- 6 STEP : INSERT 정상삽입여부 검출.
- 7 STEP : INSERT와 OUTER를 압착하여 조립.
- 8 STEP : 비전장비를 장착하여 제품의 정상조립 여부를 판별.
- 9 STEP : 정상 조립된 제품을 추출하여 컨베어로 이송.
- 10 STEP : Spare
- 11 STEP : 불량 조립품 추출.
- 12 STEP : 정상제품과 불량제품이 모두 추출되어 다음공정의 OUTER가 공급되어도 되는지 여부를 검출함.

3) 제작완료된 PC드립 조립기



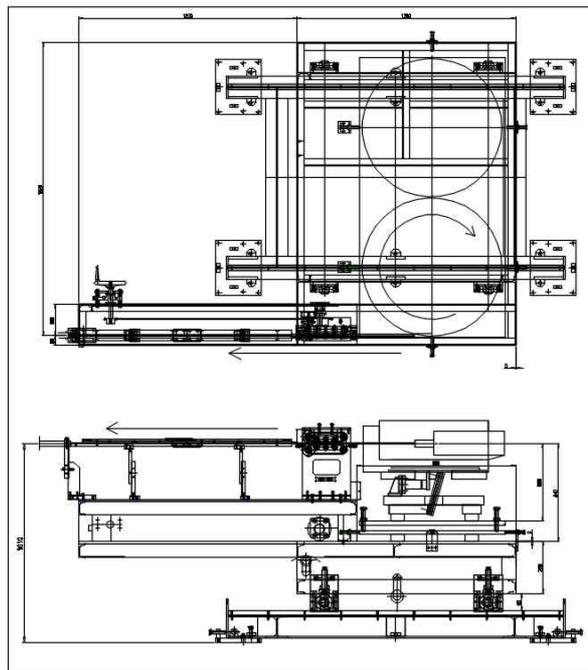
4. 드립삽입장치(이송가이드,삽입롤러) 제작

- PC드립 조립기에서 조립이 완료된 제품을 생산라인에 공급해주는 장치
- 작동원리 : 도면상 서보모터를 제어하여 10번 모터 풀리와 9번 구동풀리를 벨트로 연결하여 8번의 기어를 구동시키고 기어와 연결된 14,15번 풀리를 구동시켜 6번의 벨트를 제어하여 조립된 드립을 라인에 공급해주는 방식.



5. 로타리피더기(생산용 공급기) 제작

- 4방향목 드립삽입장치로 드립을 공급



② 압력보상형(PC) 점적호스 제품 개발 [3차년도]

1. 3차년도 개발 내용 및 범위

2차년도에 완성된 PC 점적호스용 드리퍼 생산 설비로 양산화 준비는 완료되었지만 점적호스에 편칭기계의 보완이 원가절감의 필수 요소인 속도 향상에 필수적 요소임으로 보완 예정임.

-
드립삽입장치(이송가이드,삽입롤러) 사진

로타리피더기(생산용 공급기) 사진

편칭장비 : 키엔스 센서 사진

실리콘 재가공

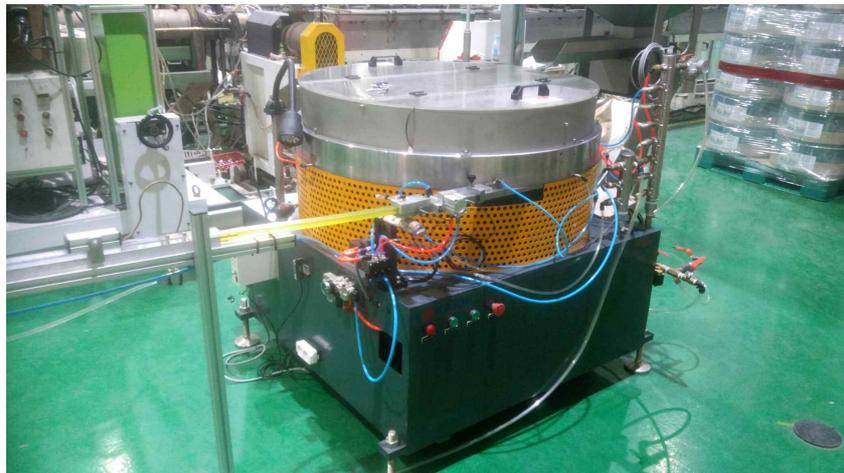
② 압력보상형(PC) 점적호스 제품 및 생산설비 개발 [3차년도]

1. 드립삽입장치(이송가이드,삽입롤러), 로타리피더기(생산용 공급기) 셋팅 완료
 - PC드립 조립기에서 조립이 완료된 제품을 생산라인에 공급해주는 장치
 - 작동원리 : 도면상 서보모터를 제어하여 10번 모터 풀리와 9번 구동풀리를 벨트로 연결하여 8번의 기어를 구동시키고 기어와 연결된 14,15번 풀리를 구동시켜 6번의 벨트를 제어하여 조립된 드립을 라인에 공급해주는 방식

(1) 드립삽입장치(이송가이드,삽입롤러)



(2) 로타리피더기(생산용 공급기)



2. PC드리퍼의 실리콘 두께와 경도에 따른 유량실험

(1) 실리콘 두께와 경도에 따른 PC 드리퍼의 실험 조건

PC 드리퍼의 성능을 개선하기 위해 미로의 깊이, 실리콘의 공간, 실리콘의 두께, 홀의 치수 및 실리콘 경도를 설계의 대상으로 하였다. 초기 조건과 새로이 설계한 PC 드리퍼의 성능을 비교분석하기 위해 아래 표와 같이 설정하였다. 초기 단계에서는 미로의 깊이가 0.485mm, 실리콘 공간은 0.52mm, 실리콘 두께는 0.80mm로 설계 제작되었다. 개선 단계는 초기단계에서 유량성능 평가를 거쳐 치수의 재설정을 하였다. 주요한 재설정은 미로의 깊이가 0.48mm, 실리콘 공간은 0.51mm, 실리콘 두께는 0.85mm로 수정하였다. 특히 실리콘 공간을 0.01mm 줄여 압력조건에 따른 유량 불균등을 해소하고자 하였다. 동시에 실리콘의 경도도 이에 적합한 탄성을 찾고자 하였으며 경도는 40~60으로 집중하였다. 이와 같이 하여 설계된 PC 드리퍼는 실리콘 두께는 0.85mm로 하고, 실리콘 경도는 40, 45, 50, 55, 60의 5종과 실리콘 두께 0.80mm 한 종류에다 경도 50의 드리퍼 호스도 함께 준비하였다. 뿐만 아니라 초기 단계의 유량 성능 평가 후 문제점 개선을 위해 PC dripper 성형물의 금형 재설계와 실리콘 경도 및 두께의 재설정 조건을 나타내고 있다.

표 ----. 남경의 PC 드리퍼 성능 개선을 위한 실험 조건

	Depth of micro-path, mm	Clearance of micro-path, mm	Thickness of silicon, mm	Size of hole, mm	Hardness of silicon
Initial stage	0.485	0.52	0.80	0.35×0.15×1	30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65
Adjustment stage	0.48	0.51	0.85	0.35×0.15×1	40, 45, 50, 55, 60

표 -----. PC 드리퍼 종류에 따른 실리콘 경도 실험 조건

Dripper type	Silicon			Dripper quantity	Size of hole	Depth of micro-path	Clearance of micro-path
	Color	Thickness, mm	Hardness, mm				
A	White	0.85	60	6	0.35×0.15×1	0.48	0.51
B	pink	0.85	55	6	0.35×0.15×1	0.48	0.51
C	white	0.85	50	6	0.35×0.15×1	0.48	0.51
D	green	0.85	45	6	0.35×0.15×1	0.48	0.51
E	grey	0.85	40	6	0.35×0.15×1	0.48	0.51
F	white	0.80	50	6	0.35×0.15×1	0.48	0.51

(2) Euro PC dripper와 남경 PC dripper의 부품 교차 실험을 통한 성능평가

남경의 PC dripper 성능을 개선하기 위해 PC dripper 플라스틱 성형물의 치수 재설계와 실리콘의 경도 적합성을 통하여 Euro PC dripper의 성능과 비교 분석하였다. 실험에 사용한 dripper의 종류는 3종 2세트로 하였다. dripper의 구성은 유로 dripper와 유로 실리콘, 남경 dripper와 남경 실리콘, 남경 dripper와 유로 실리콘을 혼합하여 dripper와 실리콘의 조합 특성이 가장 우수한 것을 찾고자 하였다. 특히 Euro PC dripper는 현재까지 유량 오차가 적어 가장 성능이 우수한 것으로 평가되고 있어 개선된 남경의 성능을 향상시키는데 모델이 되는 제품으로 볼 수 있다. 본 실험의 조건은 유로 dripper와 유로 실리콘, 남경 dripper와 남경 실리콘, 남경 dripper와 유로 실리콘을 혼합한 3종의 세부 사양 및 실험조건을 아래에 나타내고 있다. 이때, 실리콘 두께는 0.85mm, 경도는 50으로 고정하였다. 압력 조건은 0.4~4.0bar 까지 다양하게 적용하여 성능 개선의 결과를 분석하고자 하였다. 또한 dripper 조건에 따른 유량 실험에서는 유량은 압력조절이 가능한 정압펌프에 호스를 설치하고 배출되는 유량을 비커에 담아 측정하는 장면을 보여주고 있다.



그림 ----. 조건이 다른 PC dripper가 조립된 실험용 호스

표 ---. 성능 개선을 위한 PC dripper의 비교 실험 조건

Dripper types	Constructions	Silicon condition	Experimental condition
1	Euro dripper + Euro silicon	Thickness 0.85mm, Hardness 50	0.4, 0.6, 0.8, 1.0, 1.6, 2.0, 2.6, 3.0, 3.6, 4.0 bar
2	남경 dripper + 남경 silicon	Thickness 0.85mm, Hardness 50	
3	남경 dripper + Euro silicon	Thickness 0.85mm, Hardness 50	

2. PC 드리퍼 금형 수정

1) 미로형상 및 깊이 변경



- 상부하우징 미로 깊이 : 0.47 --> 0.35

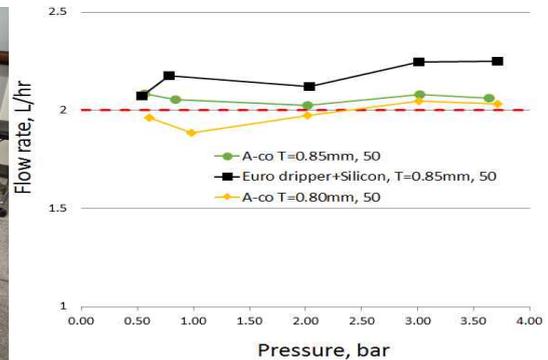
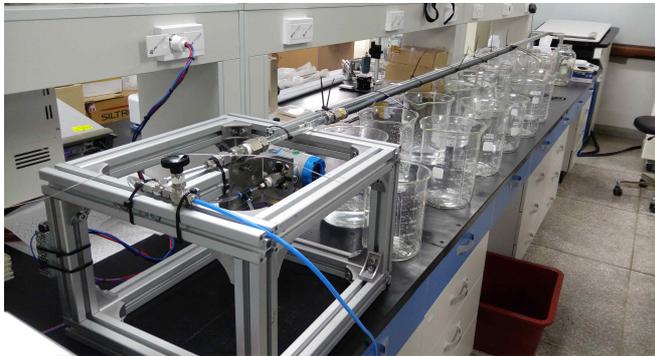
2) 상부하우징 후면 수정



- 상부하우징 후면 리브 4EA 추가

3. 개선 후 남경 dripper 유량 테스트 : 경북대학교 테스트 결과

아래 그림은 실리콘 경도 50으로 설계하고 남경의 실리콘 두께 0.80mm, 0.85mm 2종류와 Euro dripper(경도 50, 두께 0.85mm)를 비교 분석하였다. 설정 유량 2.0L/hr에서 남경의 실리콘 두께 0.85mm, 경도 50의 유량이 압력범위 0.5~3.7bar 까지 가장 균등한 것으로 나타났으며, 그 다음은 남경의 실리콘 두께 0.80mm, 경도 50의 유량이 우수하였다. Euro dripper의 경우에는 높은 압력에서 10% 이상의 오차가 나타나는 등 전체적으로 오차가 크게 나타났다. 아래 표에서는 남경 dripper(hardness 50, T=0.85mm)와 남경 dripper(hardness 50, T=0.80mm) 모두 성능이 우수했다. 따라서 3종의 실험 결과로 볼 때, 실리콘의 경도를 정밀하게 하고, 또한 두께를 개선과 미로의 단면에 대한 금형 설계를 수정할 결과 오차가 1% 미만으로 줄어들어 매우 우수한 점적 호스용 PC dripper의 개선효과를 얻을 수 있었다.



유로 dripper와 남경 dripper(실리콘두께 0.8mm, 0.85mm)의 유량 테스트

Variations	Euro dripper(hardness 50, T=0.85mm)	남경 dripper(hardness 50, T=0.85mm)	남경 dripper(hardness 50, T=0.80mm)
Maximum, L/hr	2.281	2.075	2.047
Minimum, L/hr	2.104	1.923	1.887
Mean, L/hr	2.198	2.011	1.981
Error, %	9.9	0.55	0.95

유로 dripper와 남경 dripper의 유량 테스트

- 공급유량을 2.0 L/hr의 기준에서 실리콘 경도는 50에서 가장 균일한 결과 보임.
- 평균 유량으로 보면 3.1% 증가하여 매우 균일한 압력보상 나타남.
- 실리콘의 경도를 정밀하게 하고, 두께 및 미로의 단면금형 설계 수정 결과, 유량 오차가 1% 미만으로 줄어들어 비교 분석한 Euro PC dripper보다 성능이 우수함.
* 유량 오차율(남경 0.80mm) : 평균유량 1,981 / 목표유량 2,000=1.0095(오차율 0.95%)
- 그러므로 (주)남경의 압력보상형(PC) 점적호스는 압력 0.5~4.0 bar에서 2 l/h 균등유량의 99%로써 최종목표 균등성 95% 이내의 성능을 보이며, 비교 분석한 Euro PC dripper 보다 성능이 우수한 것으로 나타났음.

[첨부] PC점적호스 유량테스트 시험성적서 첨부 (한국산업기술시험원 KTL)

시험 성적서 (TEST REPORT)



성적서 번호 : 18-076715-01-1
Report No.

페이지 (1) / (총 4)
Page of Pages



1. 의뢰자 (Client)

기관명 (Name) : 주식회사 남경
주소 (Address) : 경기도 화성시 양감면 초록로 497-48
의뢰일자 (Date of Receipt) : 2018. 12. 04.

2. 시험성적서의 용도 (Use of Report) : 정부과제 제출용

3. 시험대상품목/물질/시료명 (Test Sample)

제품명 (Description) : PC 점적호스
제작회사 (Manufacturer) : (주)남경
모델명 (Model Name) : None
제조번호 (Serial Number) : None
기타 (Remark) :

4. 시험기간 (Date of Test) : 2018년 12월 13일 ~ 2018년 12월 13일

5. 시험규격/방법 (Test Standard/Method) : 시험자 의뢰 사양

6. 시험환경 (Testing Environment)

온도 (Temperature) : (15.5 ± 3.5) °C, 습도 (Humidity) : (33 ± 7) % R.H.

7. 시험결과 (Test Results) : 시험결과 참조

비고(Note) : 1. 이 성적서는 의뢰자가 제출한 시료에 한하며, 법적 및 기타분쟁의 근거 등으로의 사용을 금합니다.
2. 이 성적서는 원본만 유효하며, 임의로 재가공된 사본 및 전자인쇄본 등은 유효하지 않습니다.
(‘원본’이란 KTL에서 정해진 절차에 따라 보안성을 포함시켜 제공하는 모든 성적서를 의미합니다.)

확 인 Affirmation	작성자 (Tested by)	조준열 (Signature)	기술책임자 (Technical Manager)	 (Signature)
	성명 (Name): 조준열		성명 (Name): 문중수	

2018. 12. 13.

한국산업기술시험원



경기도 안산시 상록구 해안로 723 (723, Hae-an-ro, Sangnok-gu, Ansan-si, Gyeonggi-do, KOREA) Tel.031-500-0217 Fax. 031-500-0389

FP204-01-04



* 위 마크는 추후 전자확인증 대조 프로그램에서 원본대조시 사용되는 2D코드입니다.

시험 결과 (Test Results)

1. 시험품 및 시험항목

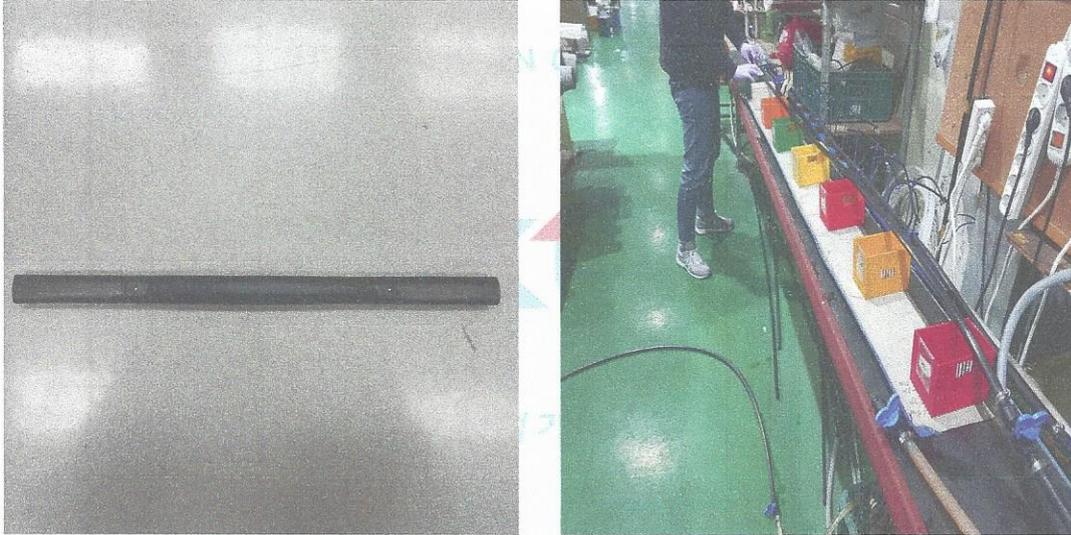


그림 1. PC 접적호스

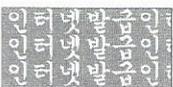
2. 시험장비

본 시험에 사용된 측정 장비는 다음의 표와 같다.

사용장비명 Description	제조회사 및 형식 Manufacturer and Model	기기번호 Serial Number	차기교정예정일자 The due date of Next Calibration	교정기관 Calibration Laboratory
Balance	Mettler Toledo / PBK989-AB60	B647342093	2019. 06. 29	한국산업기술시험원
Density Meter	Anton Paar / DMA 35N	0710254	2019. 11. 05	한국산업기술시험원
Stop Watch	CASIO / HS-20	None	2020. 01. 02	한국산업기술시험원
Pressure Gauge	PDK / PDR1000-700KG-N	RRK09-0003	2019. 12. 06	한국산업기술시험원

3. 시험 규격

PC 접적호스 유량 : 시험자 의뢰 사양



4. 시험장소

(주)남경 생산공장

5. 시험방법

5.1 PC 점적호스 유량 측정

- 5.1.1 그림 1과 같이 PC 점적호스를 물이 흐르는 배관에 연결한 후 1번부터 8번까지 샘플링 포인트를 정한다.
- 5.1.2 8개의 샘플링병을 준비하여 물이 비워져 있을 때의 질량을 기록한 후 각각의 포인트에 위치시킨다.
- 5.1.3 그림 2와 같이 배관에 연결된 밸브를 이용하여 배관내의 압력이 0.5 bar가 되도록 한다.
- 5.1.4 밸브를 열어 물이 흐르게 함과 동시에 초시계를 이용하여 측정시간을 기록한다.
- 5.1.5 샘플링병에 물이 차면 밸브를 잠금과 동시에 측정을 종료한다.
- 5.1.6 1번부터 8번까지의 물이 채워진 샘플링병의 질량을 측정한다.
- 5.1.7 샘플링병에 담긴 물의 밀도를 밀도계를 이용하여 측정한다.
- 5.1.8 물을 채우기 전과 후의 샘플링병 질량 차이를 기록한다.
- 5.1.9 8개 포인트 중에 최대값과 최소값을 제외한 6개 포인트의 유량 평균을 구한다.
- 5.1.10 샘플링병의 물을 비운 후 샘플링병을 세척하여 다시 5.1.1부터 5.1.8까지의 실험을 반복한다.
- 5.1.11 배관내의 압력이 2.0 bar가 되도록 한 후 5.1.1부터 5.1.10까지의 실험을 진행한다.
- 5.1.12 배관내의 압력이 4.0 bar가 되도록 한 후 5.1.1부터 5.1.10까지의 실험을 진행한다.



그림 2. 배관 압력

FP204-02-02



※ 위 마크는 추후 전자확인증 대조 프로그램에서 원본대조시 사용되는 2D코드입니다.

6. 시험 결과

6.1 PC 점적호스 유량

PC 점적호스 유량에 대한 시험 결과는 다음과 같다.

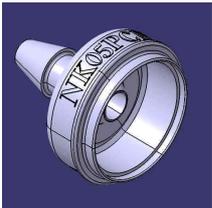
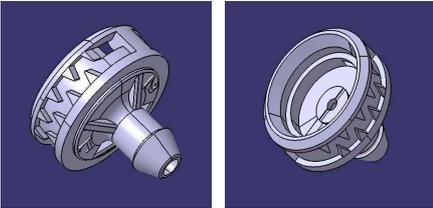
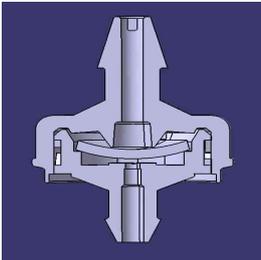
배관 압력 설정값 (bar)	PC 점적호스 유량 설정값 (l/h)	PC 점적호스 유량 측정값 (l/h)	PC 점적호스 유량 편차 (%)
0.5	2.0	2.13	5.92
		2.08	
		2.14	
		2.16	
		2.11	
		2.09	
		2.07	
2.0	2.0	1.97	1.79
		2.02	
		2.07	
		2.07	
		2.01	
4.0	2.0	2.02	3.80
		2.08	
		2.04	
		2.12	
		2.14	
		2.05	

*적용밀도 0.5 bar : 0.999 25 kg/dm³, 2.0 bar : 0.998 95 kg/dm³, 4.0 bar : 0.996 15 kg/dm³

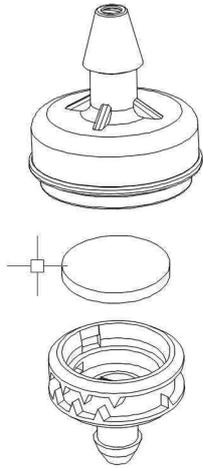


③ 압력보상형(PC) 점적단추 제품 개발 [1차년도]

- 내용 : 위치에 제한이 많았던 기존의 점적관수에 대체할 위치제한이 없는 부품개발에 목적
- 개발목적 : 수명이 길고 장소 위치등 관계없이 특정부분의 집중적이 수분공급
- 개발과정 :
 - 공급압력 변화에 따른 분출량 구상
 - 형상 구상 및 도면작성
 - 목형제작
 - 금형제작
 - 제품생산
- 사용처 : 과채류(수박,참외,오이,호박,토마토,딸기,가지)등 작물에 대한 수분공급의 목적
- 특징 : 위치선정이 용이하고 장소에 관계없이 작물에 대한 수분공급이 가능
 유입압력의 변화에따라 토출량이 변하는 일반적인 개념에서 실제 적용에 필요한 일정한 토출량을 얻기 위한 압력보상용PC단추

NO	형상도	설 명
1		전체 조립된 외형도
2		상부하우징 - 물 유입구부분
3		하부하우징 - 미로를 통한 압력 조절과 최종 토출량을 조절하는 부분
4		조립 단면도 - 조립된 구조 상부하우징으로 의한 압력 조절로 하부하우징으로 토출됨

- 제품구조



상부하우징 : 급수호수에 연결되어 물 공급

실리콘 : 유압변화에 따른 유량 조절기능

하부하우징 : 적호스 내부에 위치 물유입부분

- 실사출 제품 이미지



- 금형



③ 압력보상형(PC) 점적단추 제품 개발 및 생산설비 개발 [2차 년도]

1. PC단추 설계변경 및 금형수정

- 1차년도에 개발하였던 단추형상의 문제점 개선을 위해 전면 수정작업
- 1.5 ~ 4.0 bar에서 2 L/h이상의 균등유량 조절을 위한 조건 잡기

1) 방전 가공 : 기계 및 NC가공으로 형상구현이 힘들

- 수정 사항 -

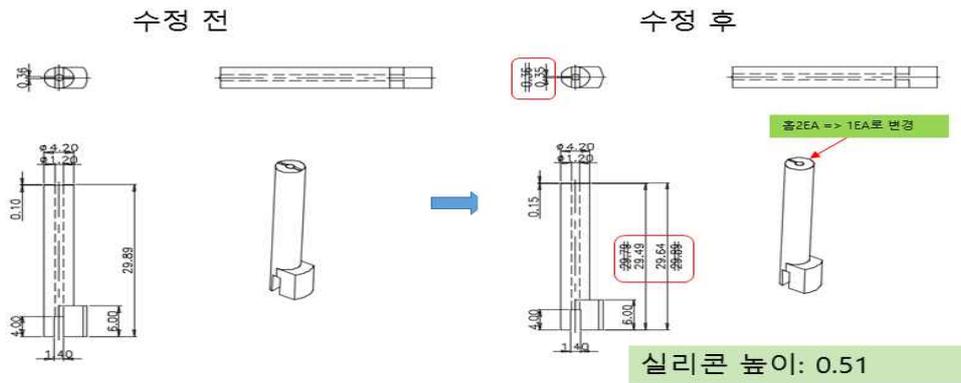
1. 미로부 실리콘 안착면 단차 수정. - 전극 일체형으로 변경 하여 단차 제거
2. 밀핀 삭제 용접부 무너짐 발생. - 재용접 및 방전 필요.



2) 유량조절용 상하측 구조 변경

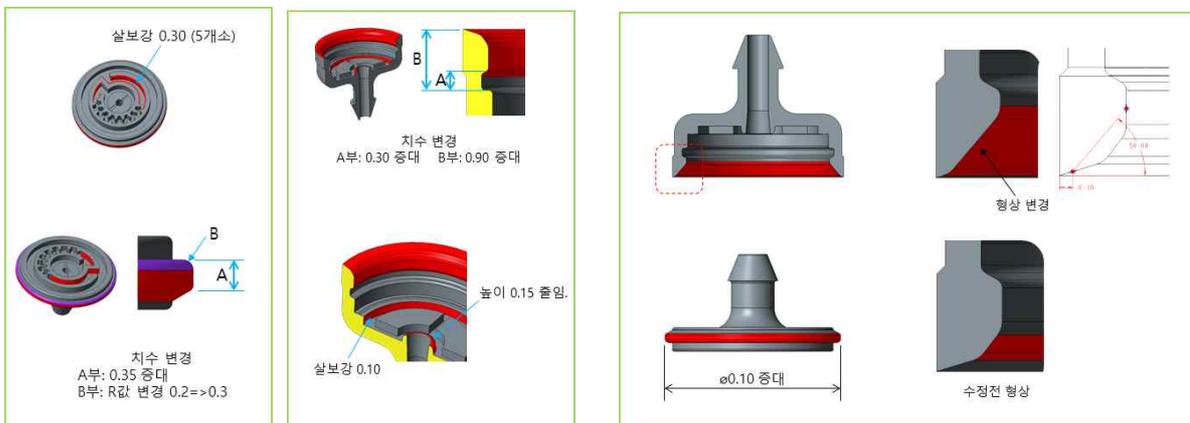


3) 하코아 핀 형상치수 조정



하코아핀(423) 형상 및 치수 수정.

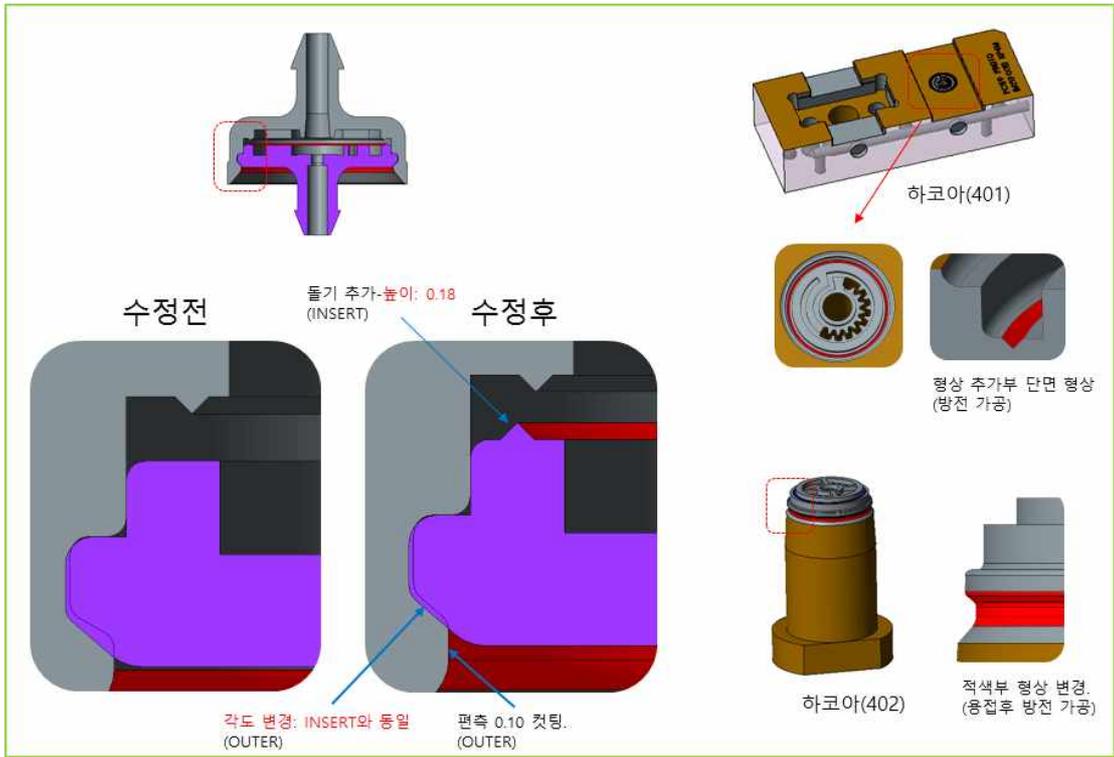
4) 압력테스트 중 4~5 bar의 압력에서 상하 조립부가 이탈하여 분리되는 현상 발생으로 분리방지 구조를 위한 보강 작업



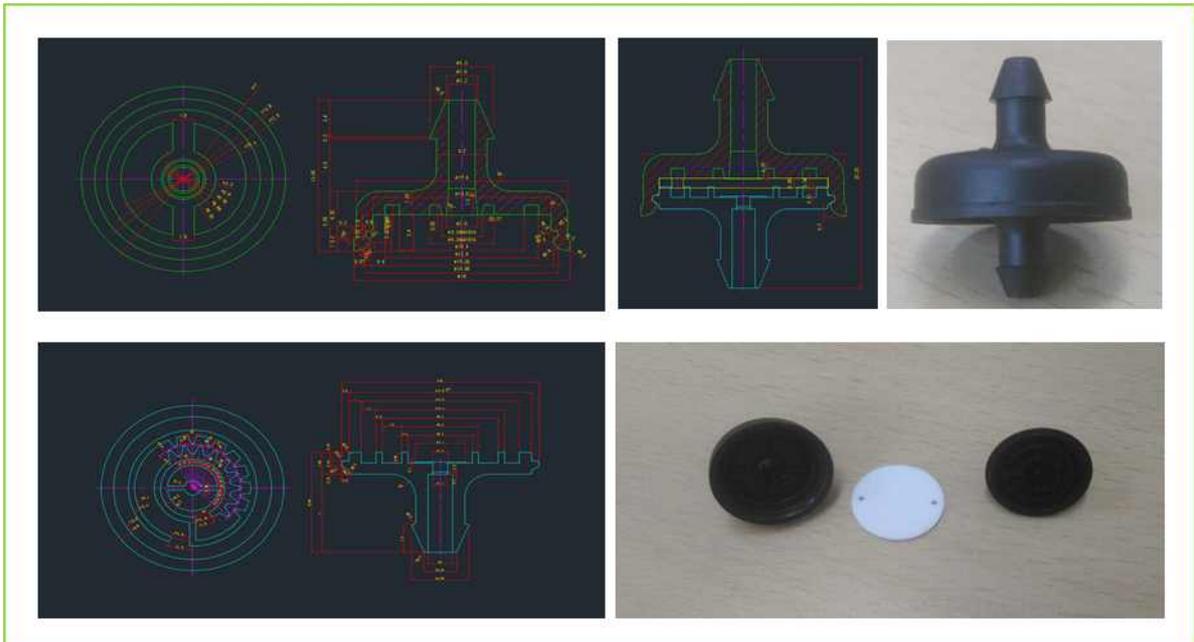
5) 양산시 사출품 강제빼기로 추출이 가능하면서 5bar의 압력에서도 상하 분리되지 않는 구조를 위한 형상으로 구조 개선작업



6) 실리콘 누수방지용 돌기 추가

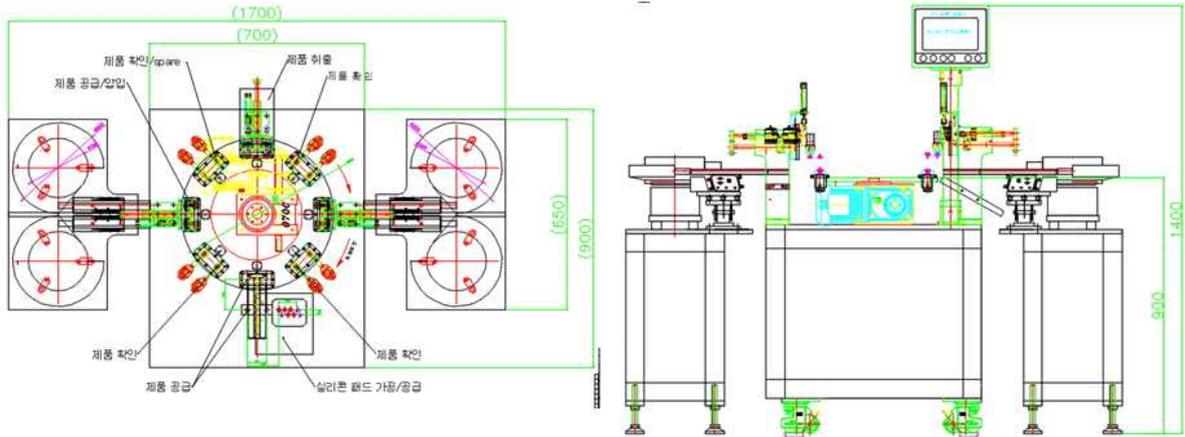


7) 양산용 PC 단추 설계 및 금형 수정 완료



2. PC단추 생산설비 제작

1) PC단추 자동조립기 설계 및 제작



- 전체 5공정의 UNIT 구조로 1공정당 제품 2개 투입 제작하는 구조
 - 1공정 : 상측 투입 , 2공정 : 실리콘 투입 , 3공정 : 하측 투입 ,
 - 4공정 : 조립 , 5공정 : 검수
- 제품공급장치(볼피더) 4대
 - 1공정의 상측 투입용 2대 , 3공정의 하측투입용 2대.
 - 2공정의 실리콘 투입은 실리콘 패드를 타공하여 바로 투입하는 구조로 설계.
- 인덱스 8등분 8STEP으로 45도씩 반시계 방향으로 회전하는 타입의 구조 (70F)
 - 1 STEP : 1공정의 상측 투입
 - 2 STEP : 45도 회전하여 상측 정상투입 여부 검출
 - 3 STEP : 45도 회전하여 2공정의 실리콘 투입
 - 4 STEP : 45도 회전하여 실리콘 정상투입 여부검출
 - 5 STEP : 45도 회전하여 3공정의 하측 투입
 - 6 STEP : 45도 회전하여 하측 정상투입 여부검출
 - 7 STEP : 45도 회전하여 제품 추출, 최종제품 양품/불량을 판별하여 분리추출 기능
 - 8 STEP : 45도 회전하여 지그에 제품이 완전히 추출되었는지 여부 검출
 제품이 안착된 지그에 완전히 배출이 완료되어야 1번공정으로 진행, 추출이 되지 않았을 경우 에러메세지 발생과 알람 기능으로 표시 또는 불량으로 판정하여 강제로 배출기능을 탑재할 예정.
- 전기제어 : PLC & 터치스크린
 - 터치스크린 : 인덱스의 정확한 회전 각도 측정과 회전안정성 제어의 목적.
 제품의 생산수량 카운터 및 에러 상황의 대처에 관련된 메시지 출력.
 각 파트별 기능제어 관련 기능을 탑재 한 구조로 제작.
 - PLC : 인덱스의 회전 제어용 서보모터 콘트롤 및 각종 센서류 및 이송용 실린더등의 전기적 신호를 제어하는 목적

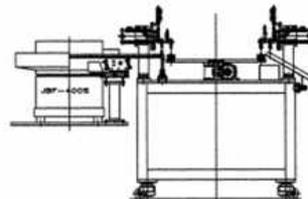
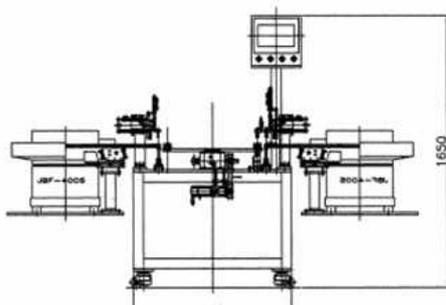
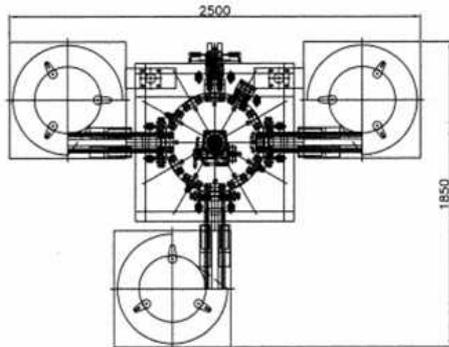
③ 압력보상형(PC) 점적단추 제품 개발 및 생산설비 개발 [3차 년도]

1. PC단추 자동조립기 생산설비 셋팅 완료



PC단추 자동조립기 : 3단 정열공급기 구조

- INSERT 정열공급기
- 실리콘 정열공급기
- OUTER 정열공급기



2. 정열 공급기 (피더기) 수정 보완

- 압력보상형(PC) 점적 단추 사출물내에 삽입되는 실리콘 상용화를 위한 양산 자동조립기에 실리콘 공급시 발생하는 정전기 문제 발생
- 정전기 방지대책으로 방진가루등 다양한 간접 해소방식들을 적용.



실리콘 정열공급기(피더기)

- OVERFLOW 제어장치
- 직진 피더 재가공 : 속도 70개/분 향상
- 콘트롤 박스 제작 및 우레탄 코팅



OUTER 정열공급기

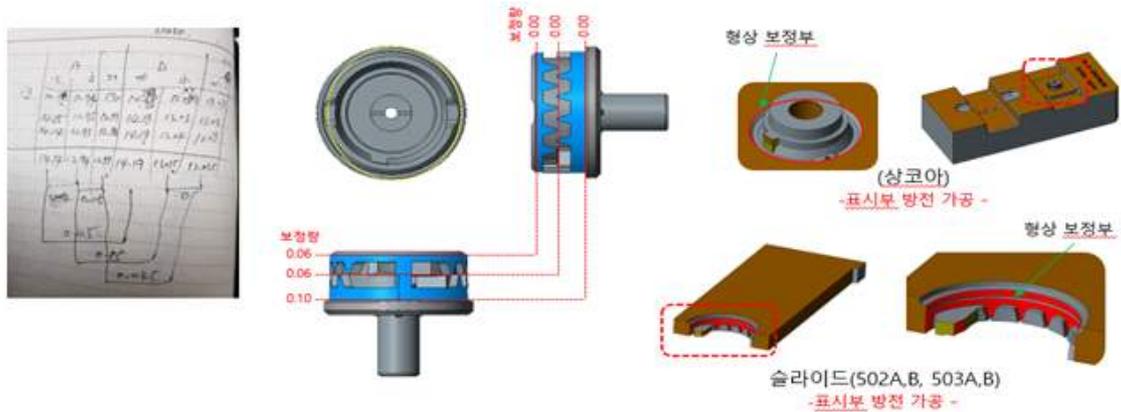


INSERT 정열공급기

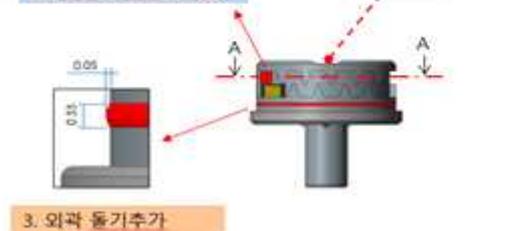
3. PC 점적단추 INSERT & OUTER 금형수정

1) INSERT 수정

- 미로 수정
- 배출홀 수정



2. OUTER 표시부 살보강.



2) OUTER 수정

- 언더컷 수정
- 내경 수정
- 밑면 수정



4. PC 점적단추 최종 수정완료



최종 금형

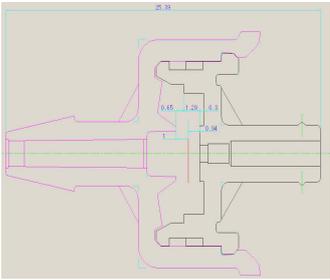
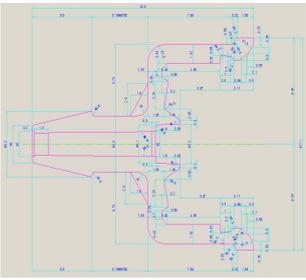
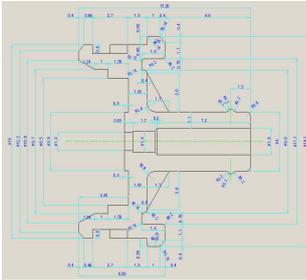


INSERT, OUTER, 실리콘

5. 남경 PC점적단추의 실험 평가, 성능 및 제품 (경북대 테스트 진행)

- 실험 결과로부터 OUTER와 INSERT의 설계 및 경질미로의 위치에 대한 수정을 통하여 성능을 개선하였음.
- 전체적으로 단면적의 홈 깊이와 폭을 조정하고 실리콘의 경도를 45로 낮게하여 압력 0.5~4.0bar까지 유량이 균등하도록 보상하고자 하였음.

■ 남경 PC 점적단추의 특징

제품조립도	OUTER의 치수	INSERT의 치수
		
<p>특징</p>		
<p>실리콘의 위치는 용착시 장애를 받지 않는 Side에 위치하여 구형과 같은 성능의 효과를 얻었음. 반면에 용착시 실리콘의 탄성에 영향을 미치지 않으므로 구형과 개선형의 장점을 모두 활용하는 새로운 단추의 형상이 개발되었음.</p>		

- 압력보상형(PC) 점적단추의 성능테스트 결과 (경북대)

- 남경 PC점적단추
- 수입 PC점적단추



남경 단추와 수입단추의 유량 테스트(2.0 L/hr)

- 압력보상형(PC) 점적단추의 성능테스트 그래프

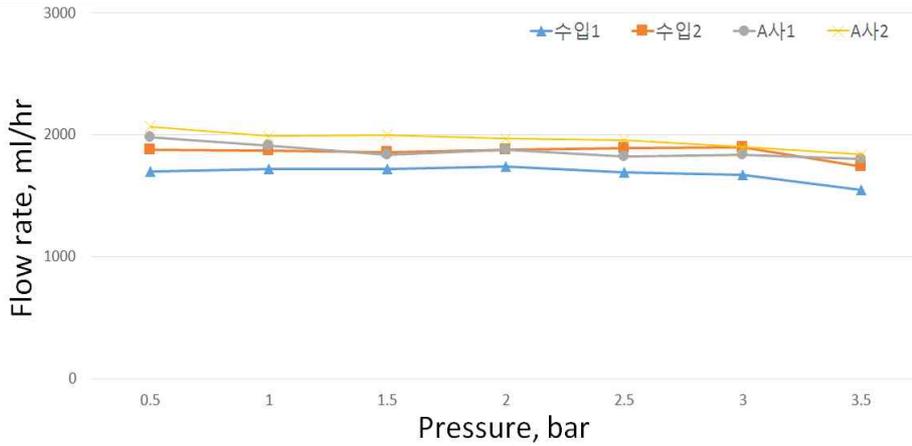


표. 신형 단추과 유로 단추의 유량 실험 결과(2.0L)

경도, 45	수입 단추의 유량		남경 단추의 유량	
	수입 1	수입 2	구형 1	신형 2
최대, L/hr	1740	1920	1980	2100
최소, L/hr	1540	1800	1800	1720
평균, L/hr	1686	1860	1867	1914
오차, %	15.7	7.0	6.7	4.3

- 유량오차율(남경 신형 2) : 평균유량1,914 / 목표유량2,000 = 0.9570(오차율 4.3%)
- 실리콘 경도를 45로 개선한 후 남경단추과 수입단추의 성능 테스트를 수행한 결과에서 시간당 유량을 2.0L로 설정하고 0.5 bar에서 3.5bar까지 유량은 전체적으로 2.0L 보다 적은 유량을 나타냄.
- 수입단추는 남경단추에 비해 약 6.7% 성능이 떨어졌다. 수입1과 2의 평균 유량은 1686, 1860L/hr이며, 남경 단추는 1867, 1914L/hr로 나타났다.
- 수입단추의 평균 유량은 1773L/hr로써 오차가 11.4% 적게 공급되었고, 남경 단추는 4.7% 적게 공급되었다.
- 따라서 남경신형 점적단추는 0.5~3.5 bar에서 2 l/h 균일점적 오차율 4.3%, 균등성 95.7%의 수준에서 목표치 95% 이내의 성능을 보이며, 수입단추 보다 더 우수한 것으로 판단되었음.

[첨부] PC점적단추 유량테스트 시험성적서 첨부 (한국산업기술시험원 KTL)

시험 성적서 (TEST REPORT)



성적서 번호 : 18-076715-01-2
Report No.

페이지 (1) / (총 4)
Page of Pages



1. 의뢰자 (Client)

기관명 (Name) : 주식회사 남경
주소 (Address) : 경기도 화성시 양감면 초록로 497-48
의뢰일자 (Date of Receipt) : 2018. 12. 04.

2. 시험성적서의 용도 (Use of Report) : 정부과제 제출용

3. 시험대상품목/물질/시료명 (Test Sample)

제품명 (Description) : PC 점적단추
제조회사 (Manufacturer) : (주)남경
모델명 (Model Name) : None
제조번호 (Serial Number) : None
기타 (Remark) :

4. 시험기간 (Date of Test) : 2018년 12월 13일 ~ 2018년 12월 13일

5. 시험규격/방법 (Test Standard/Method) : 시험자 의뢰 사양

6. 시험환경 (Testing Environment)

온도 (Temperature) : (15.5 ± 3.5) °C, 습도 (Humidity) : (33 ± 7) % R.H.

7. 시험결과 (Test Results) : 시험결과 참조

비고 (Note) : 1. 이 성적서는 의뢰자가 제출한 시료에 한하며, 법적 및 기타분쟁의 근거 등으로의 사용을 금합니다.
2. 이 성적서는 원본만 유효하며, 임의로 재가공된 사본 및 전자인쇄본 등은 유효하지 않습니다.
(‘원본’이란 KTL에서 정해진 절차에 따라 보안성을 포함시켜 제공하는 모든 성적서를 의미합니다.)

확인 Affirmation	작성자 (Tested by)	조준열 (Signature)	기술책임자 (Technical Manager)	문중수 (Signature)
	성명 (Name) : 조준열		성명 (Name) : 문중수	

2018. 12. 13.

한국산업기술시험원



경기도 안산시 상록구 해안로 723 (723, Haean-ro, Sangnok-gu, Ansan-si, Gyeonggi-do, KOREA) Tel.031-500-0217 Fax. 031-500-0389

FP204-01-04



* 위 마크는 추후 전자확인증 대조 프로그램에서 원본대조시 사용되는 2D코드입니다.

시험 결과 (Test Results)

1. 시험품 및 시험항목



그림 1. PC 접적단추

2. 시험장비

본 시험에 사용된 측정 장비는 다음의 표와 같다.

사용장비명 Description	제조회사 및 형식 Manufacturer and Model	기기번호 Serial Number	차기교정예정일자 The due date of Next Calibration	교정기관 Calibration Laboratory
Balance	Mettler Toledo / PBK989-AB60	B647342093	2019. 06. 29	한국산업기술시험원
Density Meter	Anton Paar / DMA 35N	0710254	2019. 11. 05	한국산업기술시험원
Stop Watch	CASIO / HS-20	None	2020. 01. 02	한국산업기술시험원
Pressure Gauge	PDK / PDR1000-700KG-N	RRK09-0003	2019. 12. 06	한국산업기술시험원

3. 시험 규격

PC 접적단추 유량 : 시험자 의뢰 사양

FP204-02-02



※ 위 마크는 추후 전자확인증 대조 프로그램에서 원본대조시 사용되는 2D코드입니다.

4. 시험장소

(주)남경 생산공장

5. 시험방법

5.1 PC 점적단추 유량 측정

- 5.1.1 그림 1과 같이 PC 점적단추를 물이 흐르는 배관에 연결한 후 1번부터 8번까지 샘플링 포인트를 정한다.
- 5.1.2 8개의 샘플링병을 준비하여 물이 비워져 있을 때의 질량을 기록한 후 각각의 포인트에 위치시킨다.
- 5.1.3 그림 2와 같이 배관에 연결 된 밸브를 이용하여 배관내의 압력이 0.5 bar가 되도록 한다.
- 5.1.4 밸브를 열어 물이 흐르게 함과 동시에 초시계를 이용하여 측정시간을 기록한다.
- 5.1.5 샘플링병에 물이 차면 밸브를 잠금과 동시에 측정을 종료한다.
- 5.1.6 1번부터 8번까지의 물이 채워진 샘플링병의 질량을 측정한다.
- 5.1.7 샘플링병에 담긴 물의 밀도를 밀도계를 이용하여 측정한다.
- 5.1.8 물을 채우기 전과 후의 샘플링병 질량 차이를 기록한다.
- 5.1.9 8개 포인트 중에 최대값과 최소값을 제외한 6개 포인트의 유량 평균을 구한다.
- 5.1.10 샘플링병의 물을 비운 후 샘플링병을 세척하여 다시 5.1.1부터 5.1.8까지의 실험을 반복한다.
- 5.1.11 배관내의 압력이 2.0 bar가 되도록 한 후 5.1.1부터 5.1.10까지의 실험을 진행한다.
- 5.1.12 배관내의 압력이 3.5 bar가 되도록 한 후 5.1.1부터 5.1.10까지의 실험을 진행한다.



그림 2. 배관 압력

FP204-02-02



※ 위 마크는 추후 전자확인증 대조 프로그램에서 원본대조시 사용되는 2D코드입니다.

6. 시험 결과

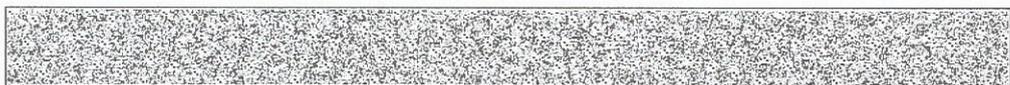
6.1 PC 점적단추 유량

PC 점적단추 유량에 대한 시험 결과는 다음과 같다.

배관 압력 설정값 (bar)	PC 점적단추 유량 설정값 (l/h)	PC 점적단추 유량 측정값 (l/h)	PC 점적단추 유량 편차 (%)
0.5	2.0	1.96	-0.42
		1.97	
		2.00	
		1.99	
		1.99	
		2.03	
2.0	2.0	1.94	-2.89
		1.96	
		1.86	
		1.94	
		2.03	
		1.91	
3.5	2.0	1.90	-2.25
		1.87	
		1.88	
		1.98	
		2.04	
		1.89	

*적용밀도 0.5 bar : 0.998 75 kg/dm³, 2.0 bar : 0.998 55 kg/dm³, 3.5 bar : 0.996 20kg/dm³

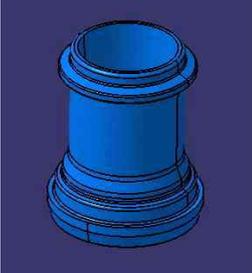
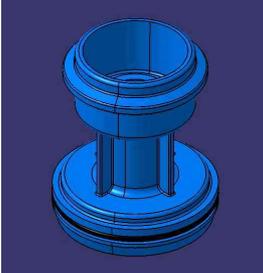
FP204-02-02

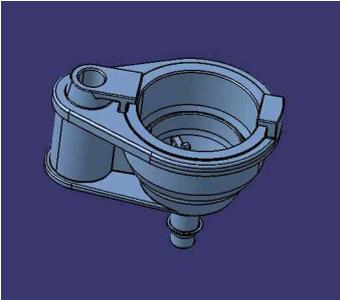


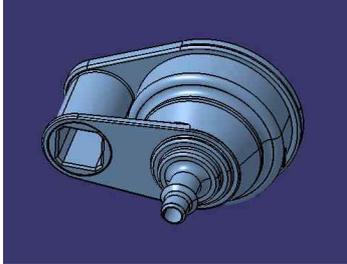
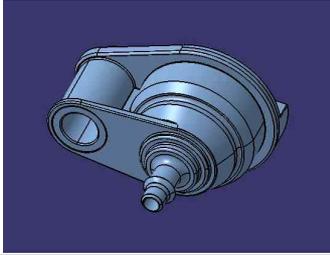
※ 위 마크는 추후 전자확인증 대조 프로그램에서 원본대조시 사용되는 2D코드입니다.

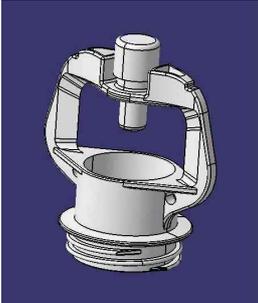
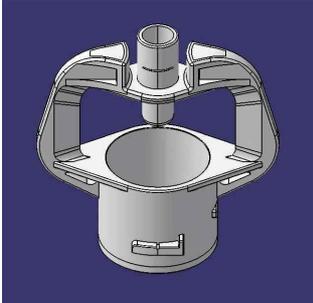
④ 압력보상형(PC) 스프링클러 제품 개발 [1차 년도]

- 넓은 지역의 작물에 최대한의 수분을 공급하기 위한 제품개발이 목적
- 난단28리터 PC스플린클러를 롤모델로 하여 국내 여론을 수렴하여 구조 개선 및 성능향상
- 금형구조에서 불필요한 부분 최대한 줄이고 금형구조를 간단하게 개선함
- 상부하우징과 하부 하우징의 체결이 불편함을 개선함

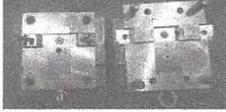
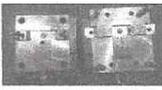
구조변경전	구조변경후
	
	
<p>구조변경 요점</p> <ul style="list-style-type: none"> -형상의 간략화와 불필요한 부분제거 및 금형제작시 어려운점에 의한 경비증가에 구조를 변경함 - 누수 관련하여 O-RING추가로 완벽한 누수차단 	

구조변경전	구조변경후
	
<p>구조변경 요점</p> <ul style="list-style-type: none"> -접속부 스크류방식, 조립시불편함을 탈착식으로 개선 - 금형구조 개선으로 비용절감. 	

구조변경전	구조변경후
	
<p>구조변경 요점</p> <ul style="list-style-type: none"> -스플린클러 고정부분 사각형으로 국내여건과 상이하여 원형으로 수정 	

구조변경전	구조변경후
	
<p>구조변경요점</p> <ul style="list-style-type: none"> - 스프린클러 체결부 스크류타입에서 착탈식으로 수정 - 금형제작시 비용상승의 원인이 되는 가공부분을 삭제하고 강도를 높이는 구조로 수정 	

- 스프린클러 실사출 상태 및 진행사항

실사출제품	금형	사출품 상태 및 진행사항
nksp_1 		- 도면상 규격에 맞게 사출품이 성형이 잘됨 - O-RING 접속부분 규격 수정이 좀 필요함
nksp_2 		- 제품형상 대체적으로 잘 나옴 - 락부분 규격 더 정밀하게 수정 필요함
nksp_3 		- 락부분 규격 더 정밀하게 수정 필요함
nksp_4 		- 사출제품 양호함
nksp_5 		- 사출제품 양호함
nksp_6 		- 사출제품 양호함
실리콘 		- 성분분석: 고무재질 분석데이터 받을예정
O-RING 	시중 판매제품 구매	규격 : 내경21x1t
스프링 	제작의뢰하여 제작함	

④ 압력보상형(PC) 스플린클러 제품 개발 [2차 년도]

1. PC스플린클러 사출용 금형 수정/보완

- 1) 에어벤트 추가, 구배 증대 및 핀 삽입
 - 수축 및 조립불량으로 인한 수정



- 2) ENDCAP 형상 변경 : 스프링 작동시 에어 분출용



- 3) 1차 금형수정 및 시사출

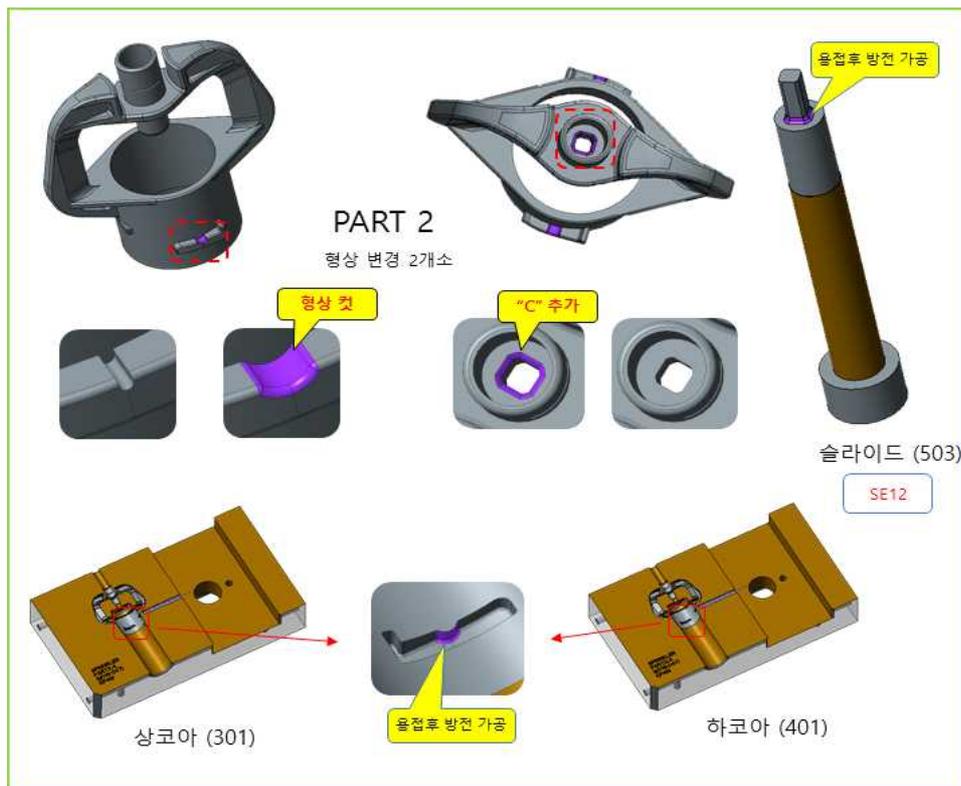


4) PC스프링클러 작동실험

- 사용압력 4KMpa기준으로 하며 압력 0~4KMpa까지 작동실험 완료함.
- 압력 4KMpa 이상 공급시 조립부 분리현상 발생
- 록킹 부분 금형 수정



5) 록킹부분 형상 변경



④ 압력보상형(PC) 스프링클러 제품 개발 [3차 년도]

1. PC스프링클러 금형 수정/보완

- 1) 조립부 내경 수정
 - 3개소 추가 가공 및 살붙임



- 2) 배출구 흡수정
 - 배출부위 살붙임 및 컷



3) 조립부 하코아 수정



4) 조립부 상코아 수정
- 편측 살붙임 & 컷



5) 상하코아 수정
- 리브 2EA 추가



2. PC스프링클러 시사출품 수정 완료후 최종 테스트

1) 최종 시사출품



2) PC스프링클러 작동실험.

- 사용압력 MAX 4KMpa기준으로 하며 압력 0~4KMpa까지 작동실험
- 2차년도 압력 4KMpa 이상 공급시 조립부 분리현상 발생
- 조립부, 배출부등 상하코아 금형 수정하여 안정성을 높인 후 작동 실험완료



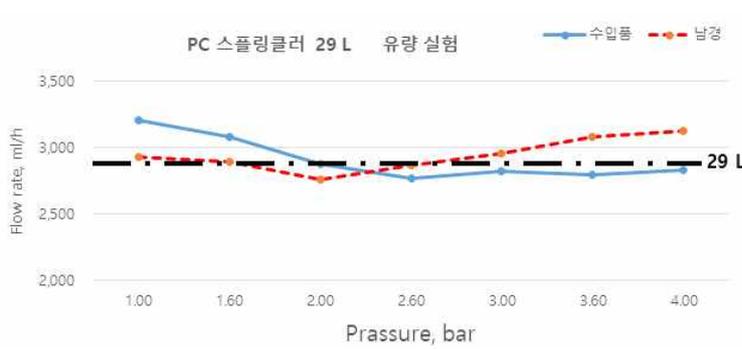
3) PC스프링클러 비교 테스트 결과



- 수입 PC 스프링클러



- 남경 PC 스프링클러



	수입품	남경
최대, ml/hr	3,207	3,133
최소, ml/hr	2,767	2,760
평균, ml/hr	2,911	2,946
오차, %	0.38%	1.59%

- 유량오차율(남경) : 평균유량 2,946 / 목표유량 2,900 = 1.0159(오차율 1.59%)
- 남경 조립부, 상하코어등을 개선한 후 남경 PC스프링클러와 수입 PC스프링클러의 성능을 시간당 유량을 29 L로 설정하고 1.0 bar에서 4.0 bar까지 테스트를 수행한 결과 유량은 평균오차는 두제품 다 98% 이내의 균등성을 보였다.
- 수입품은 오차율 0.38%의 월등한 평균유량 성능을 보였다.
- 남경 스프링클러는 평균유량 2947 ml/hr로 수입품보다는 떨어지지만 그 유량성능이 균등성 98.4% 수준으로 양호한 살수 능력을 갖추었음
- 따라서 남경의 수정된 PC 스프링클러는 세계수준인 수입품인 99%의 수준까지는 아니지만 98% 이상의 상당한 수준의 유량성능을 보여준다.

[첨부] PC점적호스 유량테스트 시험성적서 첨부 (한국산업기술시험원 KTL)

시험 성적서 (TEST REPORT)



성적서 번호 : 18-076715-01-3
Report No.

페이지 (1) / (총 4)
Page of Pages



1. 의뢰자 (Client)

기관명 (Name) : 주식회사 남경
주소 (Address) : 경기도 화성시 양감면 초록로 497-48
의뢰일자 (Date of Receipt) : 2018. 12. 04.

2. 시험성적서의 용도 (Use of Report) : 정부과제 제출용

3. 시험대상품목/물질/시료명 (Test Sample)

제품명 (Description) : PC 스프링쿨러
제작회사 (Manufacturer) : (주)남경
모델명 (Model Name) : None
제조번호 (Serial Number) : None
기타 (Remark) :

4. 시험기간 (Date of Test) : 2018년 12월 13일 ~ 2018년 12월 13일

5. 시험규격/방법 (Test Standard/Method) : 시험자 의뢰 사양

6. 시험환경 (Testing Environment)

온도 (Temperature) : (15.5 ± 3.5) °C, 습도 (Humidity) : (33 ± 7) % R.H.

7. 시험결과 (Test Results) : 시험결과 참조

비고(Note) : 1. 이 성적서는 의뢰자가 제출한 시료에 한하며, 법적 및 기타분쟁의 근거 등으로의 사용을 금합니다.
2. 이 성적서는 원본만 유효하며, 임의로 재가공된 사본 및 전자인쇄본 등은 유효하지 않습니다.
(*원본이란 KTL에서 정해진 절차에 따라 보안성을 포함시켜 제공하는 모든 성적서를 의미합니다.)

확 인 Affirmation	작성자 (Tested by)	조준열 (Signature)	기술책임자 (Technical Manager)	문중수 (Signature)
	성명 (Name) : 조준열		성명 (Name) : 문중수	

2018. 12. 13.

한국산업기술시험원



경기도 안산시 상록구 해안로 723 (723, Hae-an-ro, Sangnok-gu, Ansan-si, Gyeonggi-do, KOREA) Tel.031-500-0217 Fax. 031-500-0389

FP204-01-04



* 위 마크는 추후 전자확인증 대조 프로그램에서 원본대조시 사용되는 2D코드입니다.

시험 결과 (Test Results)

1. 시험품 및 시험항목



그림 1. PC 스프링클러

2. 시험장비

본 시험에 사용된 측정 장비는 다음의 표와 같다.

사용장비명 Description	제조회사 및 형식 Manufacturer and Model	기기번호 Serial Number	차기교정예정일자 The due date of Next Calibration	교정기관 Calibration Laboratory
Balance	Mettler Toledo / PBK989-AB60	B647342093	2019. 06. 29	한국산업기술시험원
Density Meter	Anton Paar / DMA 35N	0710254	2019. 11. 05	한국산업기술시험원
Stop Watch	CASIO / HS-20	None	2020. 01. 02	한국산업기술시험원
Pressure Gauge	PDK / PDR1000-700KG-N	RRK09-0003	2019. 12. 06	한국산업기술시험원

3. 시험 규격

PC 스프링클러 유량 : 시험자 의뢰 사양

FP204-02-02



※ 위 마크는 추후 전자확인증 대조 프로그램에서 원본대조시 사용되는 2D코드입니다.

4. 시험장소

(주)남경 생산공장

5. 시험방법

5.1 PC 스프링쿨러 유량 측정

- 5.1.1 그림 1의 PC 스프링쿨러를 물이 흐르는 배관에 연결한다.
- 5.1.2 일정수준의 물을 채운 샘플링병을 준비하여 질량을 측정한다.
- 5.1.3 PC 스프링쿨러를 샘플링병에 담긴 물 속에 집어 넣는다
- 5.1.4 그림2와 같이 배관에 연결된 밸브를 이용하여 배관내의 압력이 1.0 bar가 되도록 한다.
- 5.1.5 밸브를 열어 물이 흐르게 함과 동시에 초시계를 이용하여 측정시간을 기록한다.
- 5.1.6 샘플링병에 물이 차면 밸브를 잠금과 동시에 측정을 종료한다.
- 5.1.8 물이 채워진 샘플링병의 질량을 측정한다.
- 5.1.9 샘플링병에 담긴 물의 밀도를 밀도계를 이용하여 측정한다.
- 5.1.10 PC 스프링쿨러로 물을 채우기 전과 후의 샘플링병 질량 차이를 기록한다.
- 5.1.11 배관내의 압력이 2.5 bar가 되도록 한 후 5.1.1부터 5.1.10까지의 실험을 진행한다.
- 5.1.12 배관내의 압력이 3.0 bar가 되도록 한 후 5.1.1부터 5.1.10까지의 실험을 진행한다.



그림 2. 배관 압력



6. 시험 결과

6.1 PC 스프링클러 유량

PC 스프링클러 유량에 대한 시험 결과는 다음과 같다.

배관 압력 설정값 (bar)	PC 스프링클러 유량 설정값 (l/h)	PC 스프링클러 유량 측정값 (l/h)	PC 스프링클러 유량 편차 (%)
1.0	29.0	29.35	29.48
			29.23
2.5	29.0	30.81	30.82
			30.79
3.0	29.0	32.37	32.35
			32.39

*적용밀도 1.0 bar : 0.997 65 kg/dm³, 2.5bar : 0.998 05 kg/dm³, 3.0 bar : 0.998 25kg/dm³



3-2-2. 제 1위탁 경북대학교

가. 연차별 연구개발 내용 [제 1위탁 경북대학교]

- 1차년도(2015~2016) 연구개발 내용

연구개발의 목표	연구개발의 내용	1차년도	확인
○압력보상 점적테이프 및 점적호스의 균등성 유동 해석, 성능분석 및 요소기술 개발 (제1위탁, 경북대학교)	○ 점적테이프(라이너타입)의 0.5~4.0 bar 범위의 관내 유동 및 균등성 해석을 통한 유로설계 개발 ○ 압력보상 점적호스(Pressure Compensated Drip Hose) 0.5~4.0 bar 범위의 균등성 유동 해석, 성능분석 및 요소기술 개발에 의한 압력보상 핵심기술 개발	○ ○	

- 2차년도(2016~2017) 연구개발 내용

연구개발의 목표	연구개발의 내용	2차년도	확인
○압력보상 PC 점적버튼, 스프링클러의 균등성 유동 해석, 성능분석 및 요소기술 개발(제1위탁, 경북대학교)	○ 압력보상 PC 점적버튼(PC Drip Button)의 0.5~4.0 bar에 대한 공급유량(2, 4, 8 ℓ/hr)별 유기실리콘 노즐 설계 및 노즐의 최적 탄성체(No. 30~80범위) 규명을 통한 PC 점적버튼의 국산화 개발	○	
	○ 압력보상 PC 스프링클러(PC Sprinkler)의 압력과 공급유량(20~110 ℓ/hr)별 다이아프램형 유기 실리콘 노즐의 균등성 유동 해석, 성능분석 및 요소기술 개발을 통한 국산화 개발	○	

- 3차년도(2017~2018) 연구개발 내용

연구개발의 목표	연구개발의 내용	3차년도	확인
○ 압력보상 점적테이프 및 점적호스, 점적버튼, 스프링클러의 정밀도 향상 및 실증시험(제1위탁, 경북대학교)	○ 압력보상 점적테이프, 점적호스, PC 점적버튼, 스프링클러의 0.5~4.0 bar에 따른 유량 균등성 정밀도 향상 기술개발	○	
	○ 압력보상 점적테이프, 점적호스, PC 점적버튼, 스프링클러의 실증시험	○	

나. 연차별 연구개발 결과 [제 1위탁 경북대학교]

(1) 제1위탁 1차년도 연구의 주요결과

- 점적테이프(라이너타입)의 0.5~4.0 bar 범위의 관내 유동 및 균등성 해석을 통한 유로설계 개발
- 라이너타입의 미로에 대한 돌기의 관내 균등성 해석, 성능 분석 및 요소기술의 개발 수행
- 압력보상 점적호스(Pressure Compensated Drip Hose) 0.5~4.0 bar 범위의 균등성 유동 해석, 성능분석 및 요소기술 개발에 의한 압력보상 핵심기술 개발
- 단추형 압력보상 실리콘의 경도 분석
- 단추형 압력보상 실리콘의 국산화를 위한 실리콘 노즐의 개발(경도 60)

■ 제1위탁 1차년도 1단계 설계내용

단 계	설계 내용	돌기의 설계	예상결과
1단계	띠 타입의 돌기 형상은 그대로 두고 각도에 따른 유체 저항성	기존각도를 중심으로 앞쪽으로 5°, 뒤쪽으로 5°, 10°로 설계(-5°, 0, 5°, 10°)	기존 띠 타입의 돌기 각도에 따른 유체의 유속, 저항, 이물질의 걸림 평가 가능
	2. 띠 타입의 돌기 틈을 그대로 두고 돌기 폭에 따른 유체 저항성	2. 기존돌기를 중심으로 돌기의 폭을 0%, 10%, 20%, 30%의 4가지로 설계	2. 돌기의 폭은 단위길이당 유로의 저항을 변화시켜 유체의 유속, 저항, 이물질의 걸림을 평가할 수 있음
	3. 띠 타입의 돌기 폭과 각도를 그대로 두고 돌기 틈을 변화	3. 돌기의 틈을 0%, 10%, 20%, 30%의 4가지로 설계	3. 돌기의 틈이 유체의 유속, 저항, 이물질 걸림에 미치는 영향 분석
	4. 띠 타입의 단면 형상을 직사각형에서 높이를 변화	4. 유로의 단면적을 직사각형에서 정사각형쪽으로 높이를 0%, 5%, 10%, 15% 변화하여 설계	4. 유로의 단면적이 증가함에 따라 유체의 유속, 저항, 이물질 걸림에 대한 평가
	5. 기존 돌기(각도, 형상, 간격)에서 돌기의 길이(중점도)를 변화	5. 돌기의 길이(중점도)를 변화 0%, 5%, 10%, 15% 설계	5. 돌기의 길이에 따른 유체의 유속, 저항, 이물질 걸림에 대한 평가
	6. 점적테이프의 유출구 부분의 가로 설치막에 대한 평가	6. Radial 칸막이의 수 0개, 1개, 2개, 3개를 등간격으로 설계	6. 칸막이에 따른 출구 유속의 형태가 테이프를 따라 흐르는 경향을 분석(문제가 없음)
	7. 점적테이프의 압력 균등성에 따른 정량유량 공급 여부	7. 압력 0.5bar, 1bar, 2bar, 3bar에 따른 경사도 0, 2°, 4°, 6°의 균등성 분석	7. 압력별 경사별 균등성 실증시험을 통한 길이별, 경사별, 압력별 분석

1) 점적테이프 라이너 타입의 설계요인

Liner Type 점적관수 장치에서 Microtube내 Micro-Tip의 형상에 따른 CFD 해석을 위해 3D 도면을 통하여 수행하였다. 본 해석에 사용된 프로그램은 ANSYS Fluent 16.1(ANSYS, USA)이며, 컴퓨터 사양은 레노버 썬크 스테이션 P500(Intel Xeon E5-1630, 레노버, Chain)를 사용하였다. Liner Type 점적관수 장치의 Microtube는 (주)남경에서 생산되는 점적간격 95mm, 내경 16mm인 WaterFall Q-Type을 사용하였다. 실험방법은 돌기의 형상에서 폭, 두께, 길이와 각도를 기존 값에서 -5%, +5%, +10%로 변화시키고 유체 압력을 0.55, 0.8, 1.0 bar로 나누어 총 미로변수를 11케이스, 입구압력 3케이스로 하여 모두 33개의 케이스에 대해 해석을 하였다. 또한 수치해석에서 단일 미로의 전체길이 및 세로길이는 동일한 조건에서 수행하였다.

(1) Micro-tube의 돌기 폭의 변화

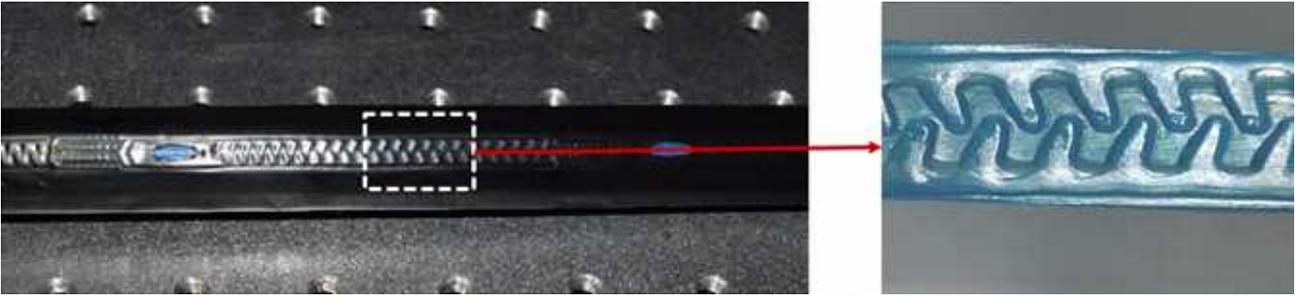


그림 ---. 라이너 타입 마이크로 튜브의 형상

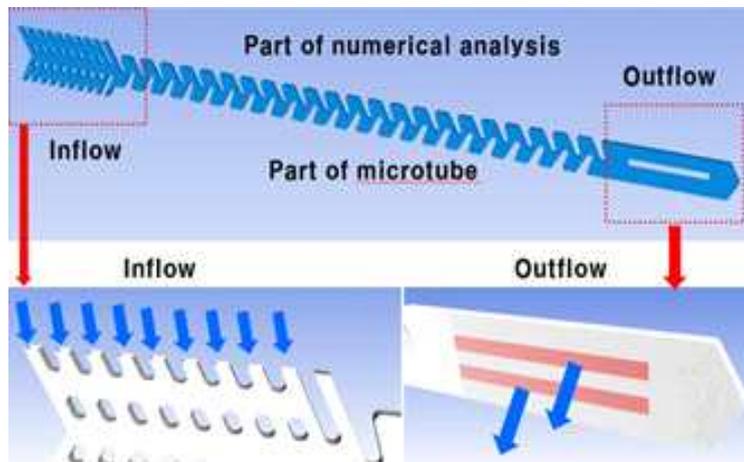


그림 ---- CFD 해석의 주요 부분

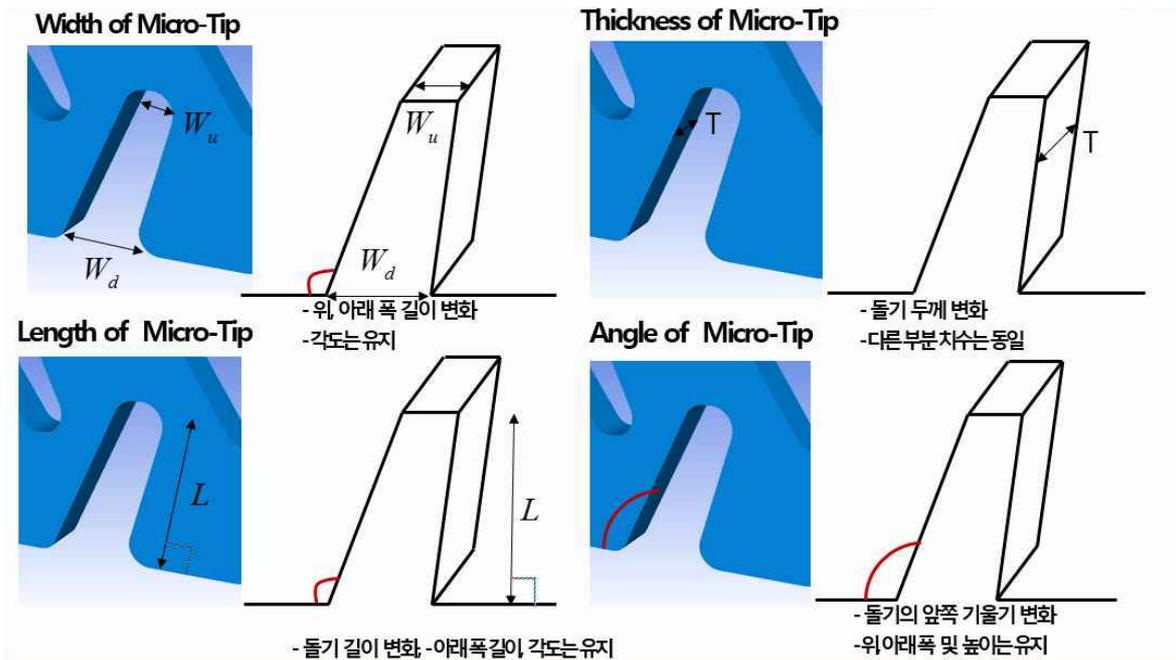


그림 ---. 마이크로 튜브의 폭, 두께, 길이 및 각도의 표시

표 ---. 마이크로 튜브의 CFD 해석을 위한 실험 요소

Numerical analysis matrix			Variations of Inflow pressure (bar)		
			0.55	0.8	1
Fluent sharp of Micro-tip	Base		0	0	0
	Width	-5%	0	0	0
		+5%	0	0	0
	Thickness	-5%	0	0	0
		+5%	0	0	0
		+10%	0	0	0
	Length	-5%	0	0	0
		+5%	0	0	0
		+10%	0	0	0
	Angle	-5%	0	0	0
		+5%	0	0	0

표 ---. 마이크로 튜브의 CFD 해석을 위한 치수의 설정

Variations of micro-tip	-5%	Base	+5%	+10%
Upper width(Wd), mm	0.665	0.7	0.735	×
Lower width(Wu), mm	1.1305	1.19	1.2495	×
Length(L), mm	2.1945	2.31	2.4255	2.541
Thickness(T), mm	0.5415	0.57	0.5985	0.627
degree, °	114	120	126	×

Microtube의 상부 폭과 하부 폭의 변화를 -5%, 0, +5%로 변화하였을 때, 공급유량에 따른 유출량은 압력의 크기에 비례하여 높게 나타났으며 폭의 변화를 -5%로 줄인 것이 가장 크게 유출되는 것을 알 수 있었다. +5%로 폭을 증가시킬 경우 예는 유출량이 최대 27.3%에서 최소 18.7%까지 감소하였다. 이것은 Microtube 내의 Micro-Tip 단면형상이 감소됨에 따라 유로의 증가로 인한 유체의 흐름이 원활하기 때문인 것으로 판단되었다. 또한 압력의 조건이 0.55 bar 상태에서 돌기의 폭을 -5%로 줄였을 경우의 CFD 분석결과에서는 돌기의 형상에서 점선부분의 공간에 대한 기능은 거의 나타나지 않음을 알 수 있었다. 기존의 Microtube인 Base에서는 내부 와류의 형성이 발생하기 시작하였으며 +5% 돌기의 폭을 증가하였을 경우 와류가 더욱 심하게 나타났다. 이러한 와류의 형성은 이물질의 집적을 유발하여 Microtube의 빈 공간에 쌓이게 되며 추후 막힘과 압력손실의 원인으로 판단된다. 이러한 결과는 0.8 bar, 1 bar에서도 유사하게 나타났다. 또한 압력의 증가와 돌기 폭의 증가에 따라 와류의 형성이 커지면서 속도 분포에 장애가 커짐을 알 수 있었다. 따라서 Microtube의 와류를 줄이고 미세 이물질의 집적을 예방하기 위해 유로의 형상을 재설계 할 필요가 있는 것으로 판단되었다. 또한 유로의 돌기가 1 Pitch당 22개로 구성되어 있는데 Microtube내 Micro-Tip의 돌기 개수가 50%를 줄여도 유로의 기능은 충분할 것으로 판단되고 유체의 필요이상 압력손실의 발생을 줄일 수 있을 것으로 판단되었다.

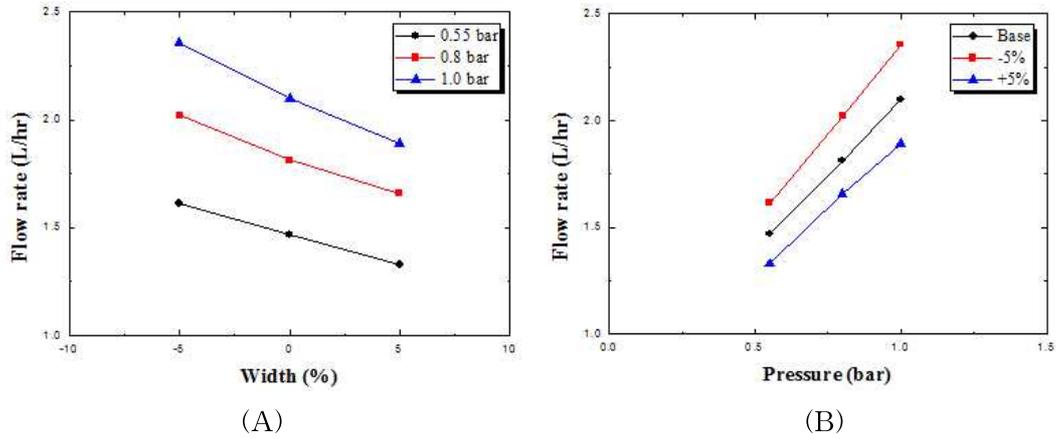


그림 ---. 공급압력의 변화와 마이크로 튜브 팁의 폭 변화에 대한 유량의 특성

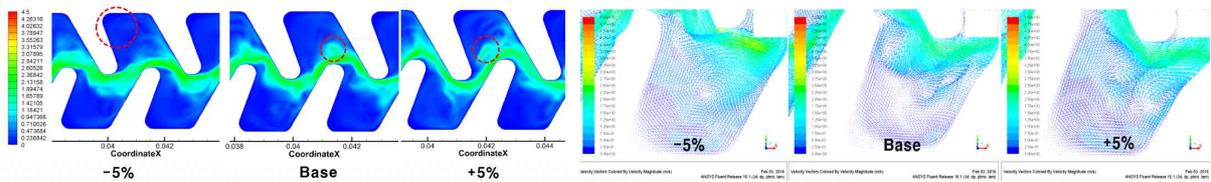


그림 ---. 공급압력 0.5 bar 상태에서 마이크로 튜브 팁의 폭변화에 대한 유체의 속도벡터 분석

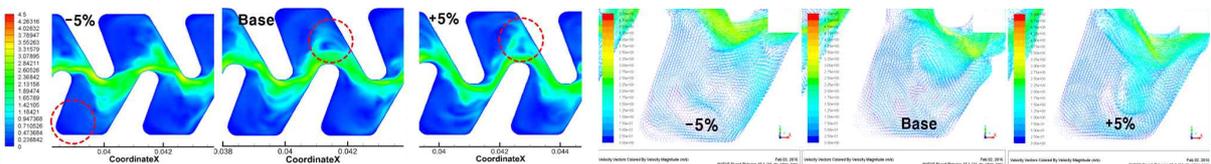


그림 ---. 공급압력 0.8 bar 상태에서 마이크로 튜브 팁의 폭변화에 대한 유체의 속도벡터 분석

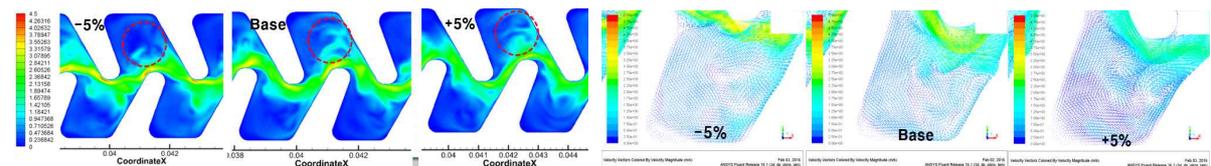


그림 ---. 공급압력 1.0 bar 상태에서 마이크로 튜브 팁의 폭변화에 대한 유체의 속도벡터 분석

(2) Micro-tube의 돌기 각도의 변화

Micro-tip의 각도는 기존 120°를 기준으로 하고 -5%, +5%로 설계를 변경하여 돌기의 각도를 114°, 120°, 126°로 설정하여 CFD 해석을 수행하였으며 나머지 돌기의 상, 하폭, 돌기의 깊이, 돌기의 길이는 당초 제품의 치수를 그대로 두었다. Microtube의 돌기 형상은 유입구와 유출구의 사이에 22개의 돌기가 형성(100mm용)되어 있다. 이 돌기는 유체의 압력에 따라 압력을 일정하게 유지시킬 목적으로 유체의 저항과 유동 유인을 목적으로 일정각도를 가진다. 기존 제품의 경우 120°로 설계되어 있다. 국내의 Liner type의 유체 유동에 대한 해석이 전무하여 이에 대한 돌기의 각 형상별 유체 유동의 해석에서 성능을 향상시킬 수 있는 방법의 모색이 필요하다. 본 연구에서는 돌기의 각도를 기존 120°를 기준으로 하고 -5%, +5%, 로 설계를 변경하여 돌기의 각도를 114°, 120°, 126°로 설정하여 CFD 해석을 하였다. 해석의 결과 유입압력이 0.55 bar에서는 돌기각 114° 일 때와 120° 에서는 비슷한 양상을 나타내었다. +5%(126°)로 할 경우 유량의 감소가 4.0%로 줄어들었고, 0.8 bar에서는 5.4%가 감소하였다. 또한 1.0 bar에서는 3%rk 감소하여 평균 4.13% 줄어들어 Micro-tip의 각도를 크게 하는 것은 바람직하지 않는

것으로 나타났다. 각도를 크게 할 경우 유로의 면적은 동일하나 유체의 저항을 증가시키므로 유량이 줄어든 것으로 판단된다. 그러나 기존의 120°와 -5%(114°)의 비교에서는 약 1% 정도의 차이를 보였다. 따라서 이물질의 제거하는 측면에서는 114°로 하는 것이 더욱 유리할 것으로 판단되었다. 뿐만 아니라 돌기의 각도 부분을 이 보다 더 줄이는 방향에 대한 추후의 연구가 수행할 필요가 있었다. 또한 유체의 압력과 돌기의 각도에 따른 공급유량에서는 유체의 공급압력이 증가함에 따라 공급유량은 거의 직선적으로 비례하였으며 기존의 돌기각 120°보다 크게 하는 것은 바람직하지 않음을 알 수 있었다. 그리고 공급압력 0.55 bar에서 Micro-tip의 각도 변화에 따른 CFD 분석과 속도 벡터를 나타내고 있다. 돌기의 각을 -5% 줄일 경우에 비해 유동은 기존 각도, +5%로 크게 할 경우 돌기 이외의 공간으로 크지는 않지만 일부 와류의 형성이 촉진되는 것을 알 수 있었다. 이와 같은 현상은 공급압력의 증가시에도 분석결과는 유사하게 나타났다. 그러나 유체의 속도 벡터에서는 -5%, base, +5%에 대한 명확한 결과가 나타나지 않았다.

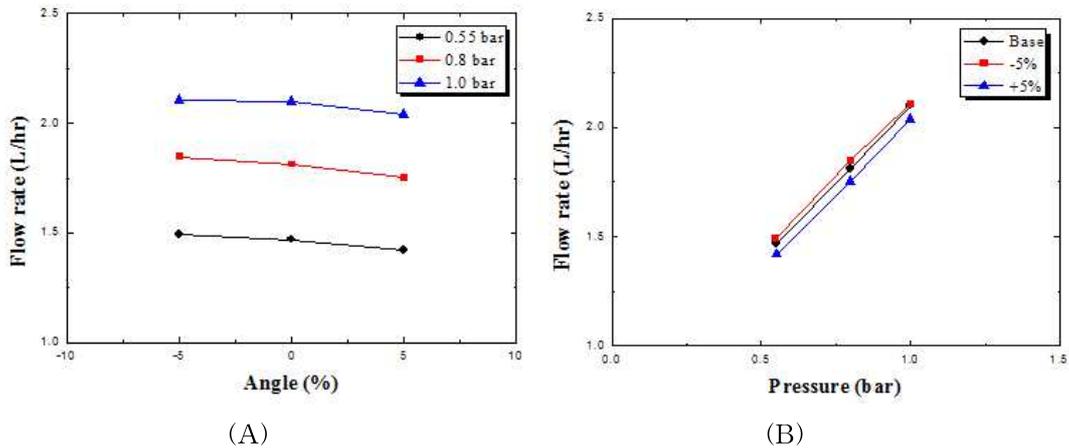


그림 ---. 공급압력의 변화와 마이크로 튜브 팁의 각도에 대한 유량의 특성

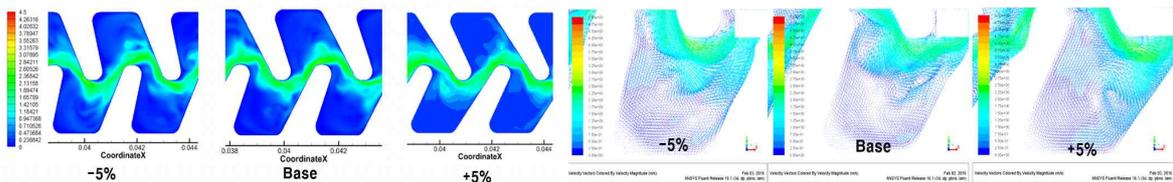


그림 ---. 공급압력 0.55 bar 상태에서 마이크로 튜브팁의 각도변화에 대한 유체의 속도벡터 분석

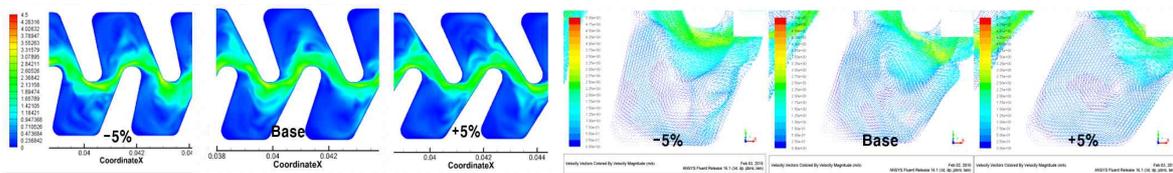


그림 ---. 공급압력 0.8 bar 상태에서 마이크로 튜브 팁의 각도변화에 대한 유체의 속도벡터 분석

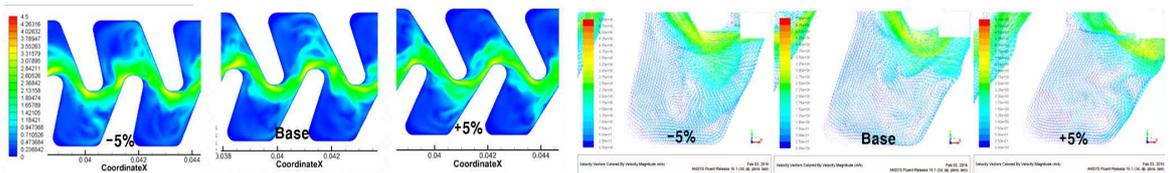


그림 ---. 공급압력 1.0 bar 상태에서 마이크로 튜브 팁의 각도변화에 대한 유체의 속도벡터 분석

(3) Micro-tube의 돌기 두께의 변화

Micro-tip의 두께 변화에 따른 특성을 구명하기 위해 기존의 두께 0.57 mm를 기준으로 하여 -5%(0.5415 mm), +5%(0.5985 mm), +10%(0.627 mm)로 설계하고 나머지 상, 하부 폭과 길이, 돌기의 각도는 고정하여 수행을 하였다. 이 돌기의 두께와 유체의 압력이 증가함에 따라 유량은 증가하였다. 또한 압력이 0.5 bar일 때, -5% 줄인 경우와 +10%를 크게 한 경우 유량은 약 2배로 차이를 보였다. 그 차이는 압력의 증가와 함께 줄어드는 경향이었으나 돌기의 두께가 커짐에 따라 내부의 단면적이 비례하여 증가하기 때문이다. 또한 압력을 0.55 bar로 하고 두께를 -5% 줄인 경우에는 단면의 축소로 인해 와류가 크게 발생하는 것을 알 수 있었다. 그러나 두께를 +10% 늘린 경우 유로가 상당히 안정되는 모습으로 나타나 압력과 단면적의 크기에 따라 와류가 현저히 줄어드는 것을 볼 수 있었다. 반면에 유체의 속도 대한 속도벡터는 큰 차이를 보이지 않는 것으로 나타났다. 이것은 돌기의 높이를 늘려도 제작공정상 튜브의 결합시에 압착으로 인해 두께의 증가에 대한 효과가 크지 않음을 나타내는 것으로 판단되었다. 이와 같은 현상은 압력 0.8 bar와 1.0 bar에서도 유사하게 나타났다. 따라서 돌기의 두께를 변화시키는 것은 돌기의 다른 부분보다 유로 단면적의 증가에 미치는 효과가 제조 공정상의 문제로 인해 적은 것으로 분석되었다.

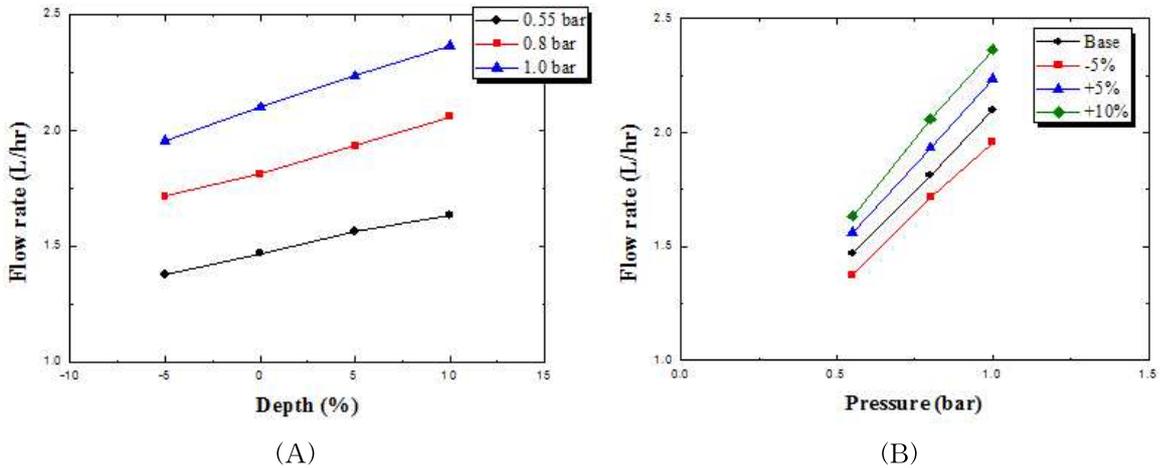
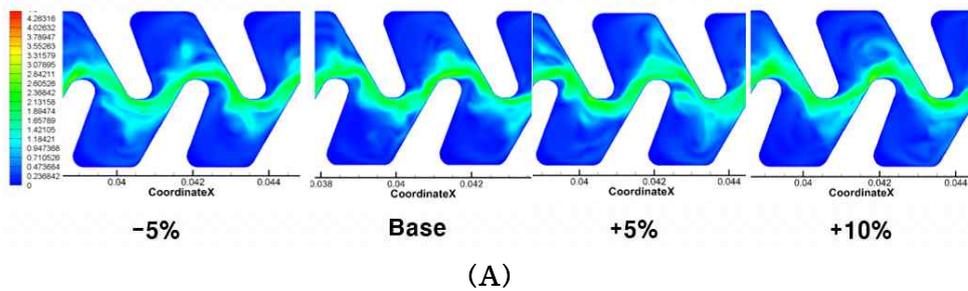
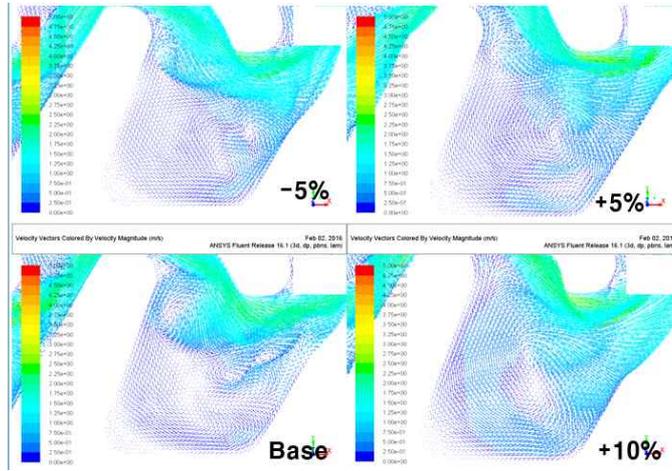


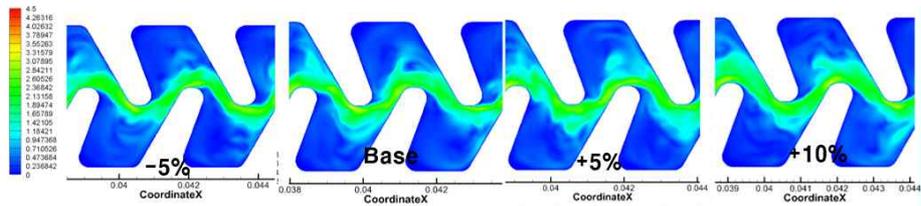
그림 ---. 공급압력의 변화와 마이크로 튜브 팁의 두께에 대한 유량의 특성



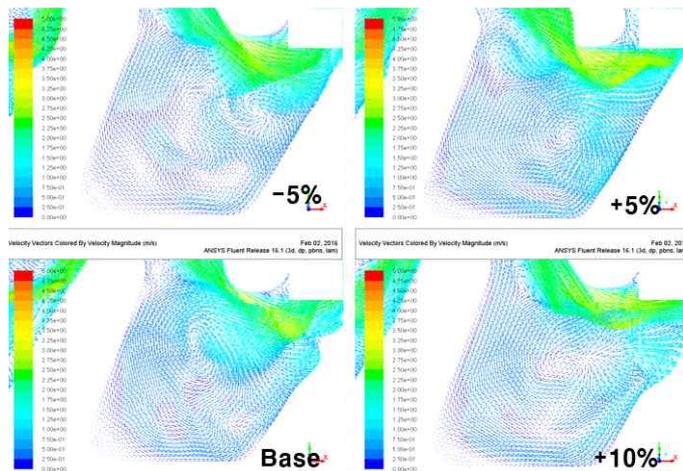


(B)

그림 ---. 공급압력 0.55 bar 상태에서 마이크로 튜브 팁의 두께변화에 대한 유체의 속도벡터 분석

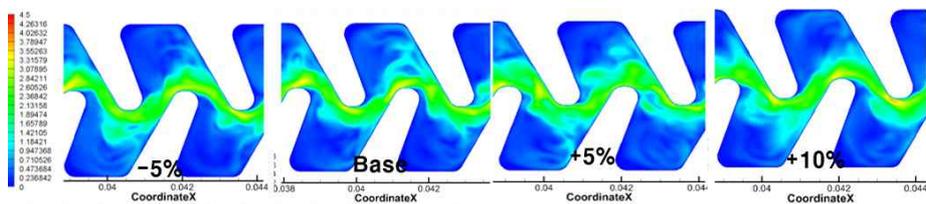


(A)

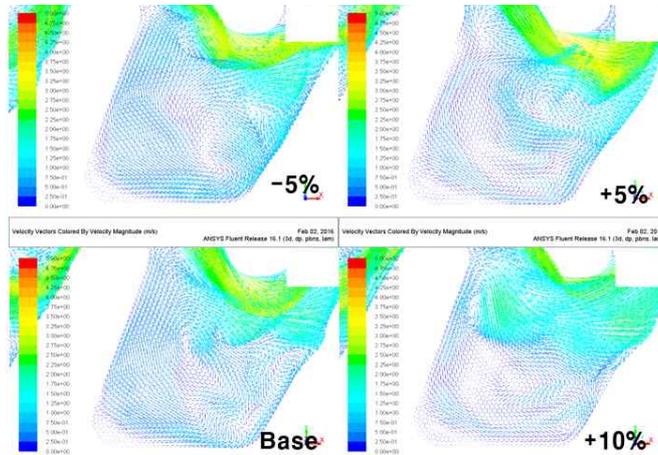


(B)

그림 ---. 공급압력 0.8 bar 상태에서 마이크로 튜브 팁의 두께변화에 대한 유체의 속도벡터 분석



(A)

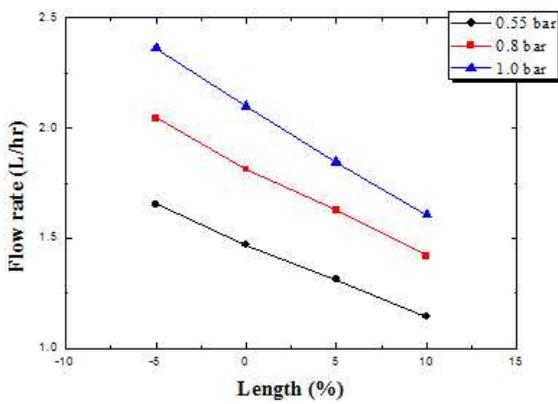


(B)

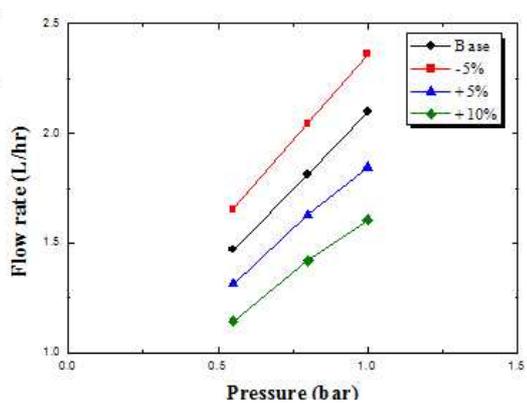
그림 ---. 공급압력 1.0 bar 상태에서 마이크로 튜브 팁의 각도변화에 대한 유체의 속도벡터 분석

(4) Micro-tube의 돌기 길이의 변화

Micro-tip의 돌기 길이는 Line에서 직각방향으로 정의하였다. 기존 돌기의 길이 2.31 mm를 기준으로 하여 -5%(2.1945 mm), +5%(2.4255 mm), +10%(2.541 mm)로 설계하고 나머지 상, 하부 폭과 두께, 돌기의 각도는 고정하여 수행을 하였다. 돌기의 길이가 길어지면 유체의 압력에 상관없이 유출량은 크게 감소하였으며 압력이 높을수록 유출량도 높게 나타났다. 또한 압력 증가에 따른 돌기의 길이별 유출량의 크기를 보여주고 있으며 돌기의 길이를 -5%로 줄일 경우가 가장 유출량이 컸으며 다음의 기존의 길이, +5%, +10%로 나타났다. 공급압력 0.55 bar에서 분석한 CFD 해석에서는 돌기의 길이가 +10%로 길어질수록 와류가 커지는 경향을 알 수 있었다. 또한 돌기의 길이가 길어질수록 돌기의 벽면에 작용하는 유동길이 증가하는 경향이 뚜렷해졌다. 따라서 돌기의 길이는 압력손실의 증가와 함께 배출유량을 감소시키는 결과로 나타났다. 뿐만 아니라 돌기의 길이에 따른 미로내의 속도분포에서 돌기가 길어질수록 돌기의 영향을 받은 유동영역이 증가되는 것을 나타내었다. 이것은 공급압력 0.8 bar와 1.0 bar에서도 거의 유사한 형태를 보이고 있었다.



(A)



(B)

그림 ---. 공급압력의 변화와 마이크로 튜브 팁의 길이에 대한 유량의 특성

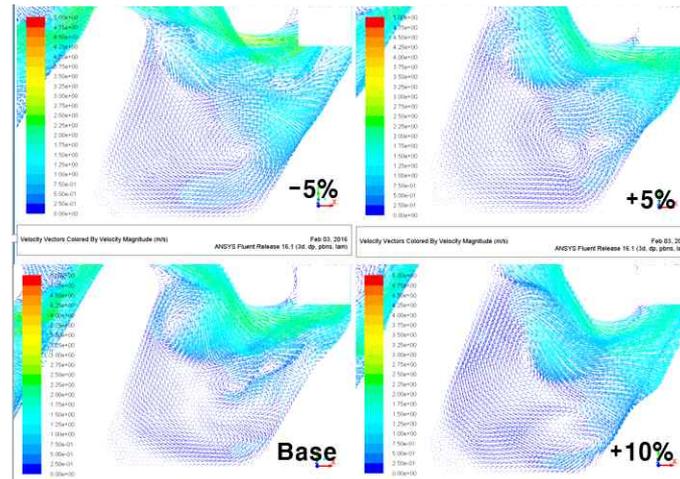
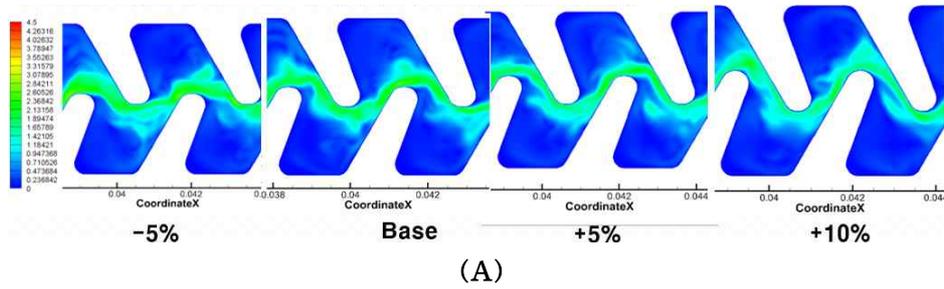


그림 ---. 공급압력 0.55 bar 상태에서 마이크로튜브 튜브의 길이변화에 대한 유체의 속도벡터 분석

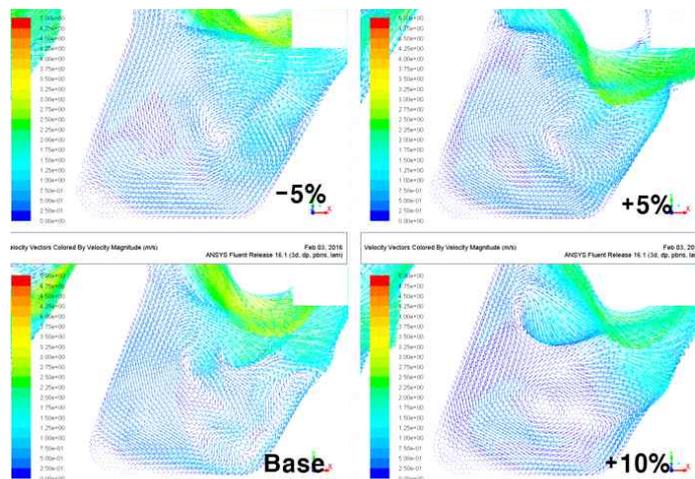
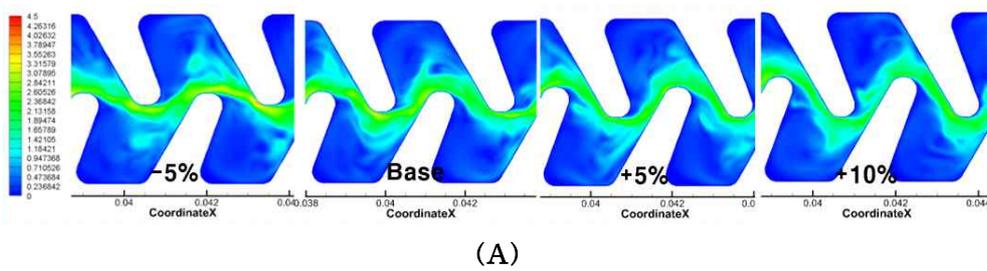
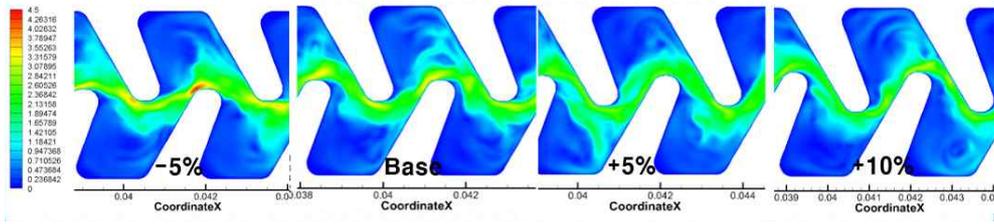
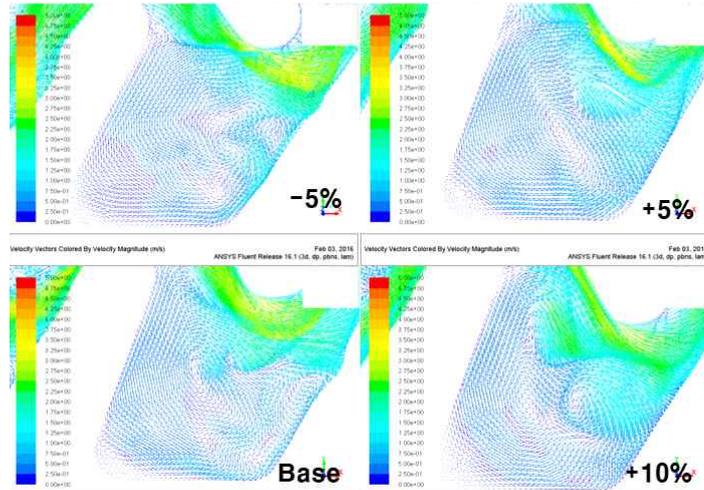


그림 ---. 공급압력 0.8 bar 상태에서 마이크로 튜브 튜브의 길이변화에 대한 유체의 속도벡터 분석



(A)



(B)

그림 ---. 공급압력 1.0 bar 상태에서 마이크로 튜브 팁의 두께변화에 대한 유체의 속도벡터 분석

(5) Micro-tube의 경사도에 따른 실험적인 성능평가

Liner Type 점적관수 장치는 (주)남경에서 제공한 Microtube를 사용하여 성능을 검증하고 이를 수치해석의 결과와 비교하기 위해 입구압력 0.5, 0.8, 1 bar로 하고 경사도를 수평(0°), 3.5°, 6°로 설정하였다. Microtube의 길이는 13m로 하고, 입구로부터 동일한 위치에 정량 비커를 5지점에 설치하여 유출유량을 측정하였다. 절대압력의 오차는 0.1% 이내이며 측정 유량에 사용된 전자저울은 오차가 0.1gram 이하이었다. 수평경사도 0° 상태에서 공급압력에 따른 유출량의 데이터에서는 압력의 증가에 따라 유출량은 비례하였다. 전체 길이를 13m로 한정하여 수행한 결과에서는 6m에서 약 10% 정도 높은 유출량을 보였는데 이것은 전체 길이에서 중간 부분의 압력이 증가한 것으로 판단되며 길이가 길어질수록 유출량이 떨어지는 경향을 나타내었다. 경사도 3.5°에서의 공급압력에 따른 유출량을 나타내며 공급압력과 유출량은 거의 일정한 변화로 증가되는 경향이 있었고 경사도가 있을 경우 초기 입구에서는 유출량이 약 20% 정도 감소되었으나 길이 10m 부근에서는 입구와 같이 높아졌다. 그러나 13m에서는 다시 떨어지는 경향을 보이고 있었다. 그리고 경사도 6.0°에서는 입구부분의 유출량이 매우 낮은 경향을 보였는데 이것은 경사도가 높아짐에 따른 압력의 증가가 초기에 매우 낮은 결과로 보여지며 길이 3m 이후에는 정상적으로 유출이 이루어지는 것을 알 수 있었다. 따라서 추후 Microtube의 길이를 50m, 100m로 늘려 경사부분에 대한 데이터를 확보하여 수치해석의 결과와 비교 분석해 볼 필요가 있었다. 또한 공급압력과 유출량의 비교에서는 경사도에 무관하게 거의 비례하는 경향을 보여주었다. 입구압력 0.5, 0.8, 1 bar로 하고 경사도를 수평(0°)으로 했을 때 수치해석의 결과와 실험에 의한 유출량을 비교 분석 결과는 유출량이 공급압력에 비례하여 해석의 결과와 실험값이 모두 증가하였으나 실험값과 이론값이 큰 차이를 나타내었다. 이것은 실제로 Microtube가 이론적인 형상에 의해 나타난 것과 공정과정에서 Microtube의 압착에 의해 그 형상이 찌그러진 것으로 판단되었고 Micro-tip도 형상이 왜곡되어 실제 공급량이 줄어든 것으로 보여진다. 따라서 이론적인 형상 설계에서 배출되는 유출량과 압력과의 관계에서 공정상 왜곡되는 부분에 대한 보정을 통하여 새로운 설계의 적용이 필요할 것으로 사료되었다.

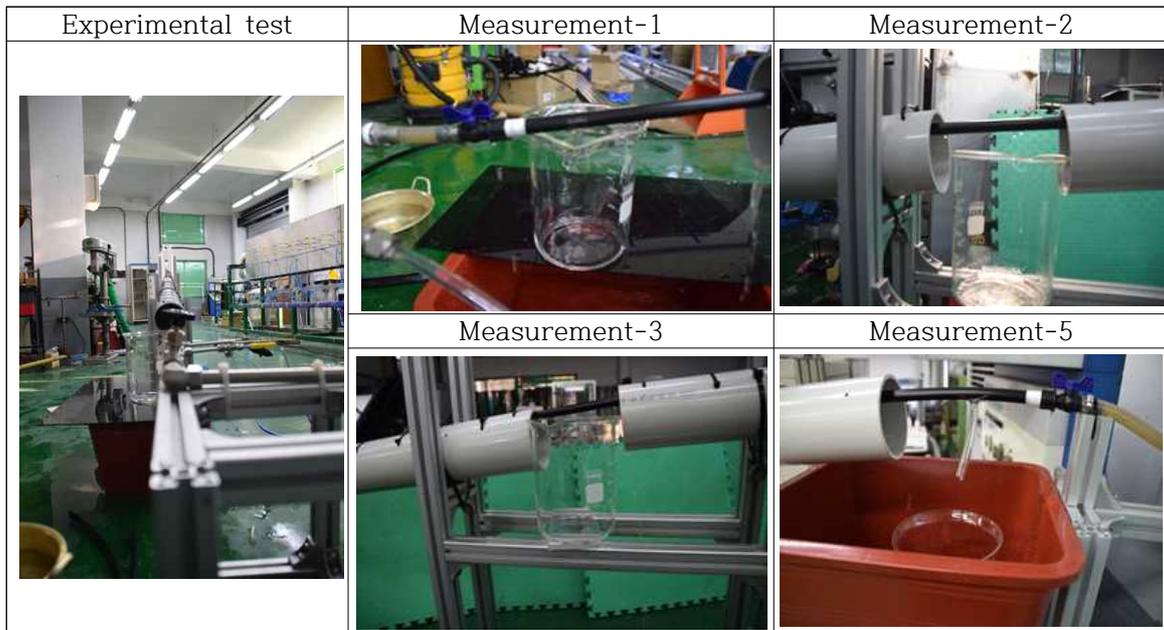


그림 ---. 마이크로 튜브의 경사에 대한 유량 실험장면

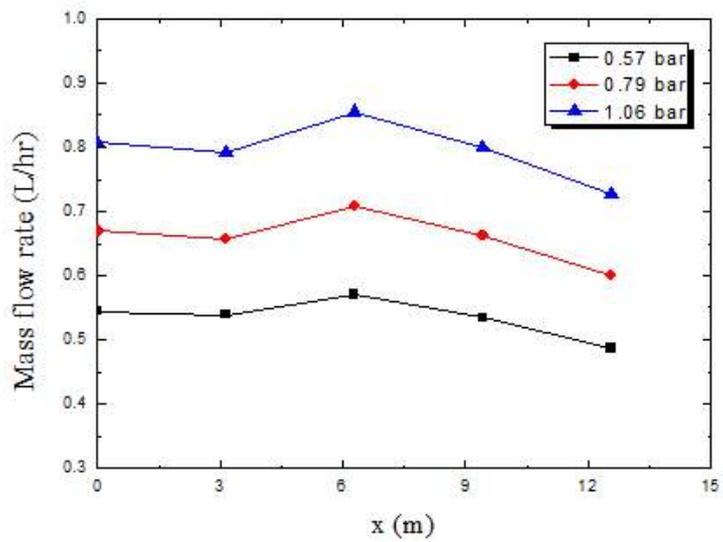


그림 ---. 마이크로 튜브의 경사도 0°에 대한 유량의 변화

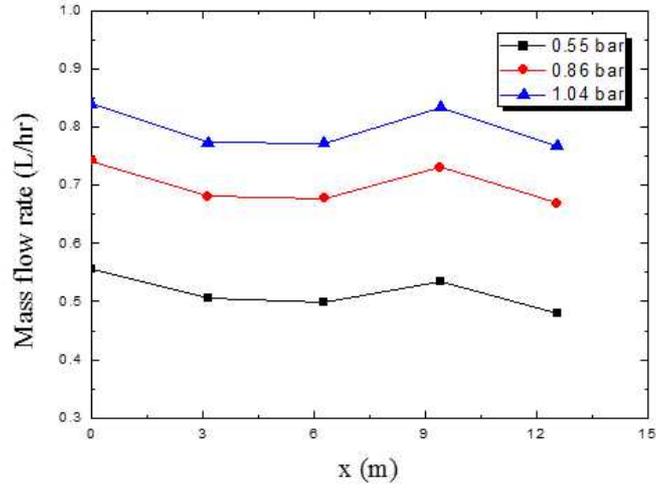


그림 ---. 마이크로 튜브의 경사도 3.5°에 대한 유량의 변화

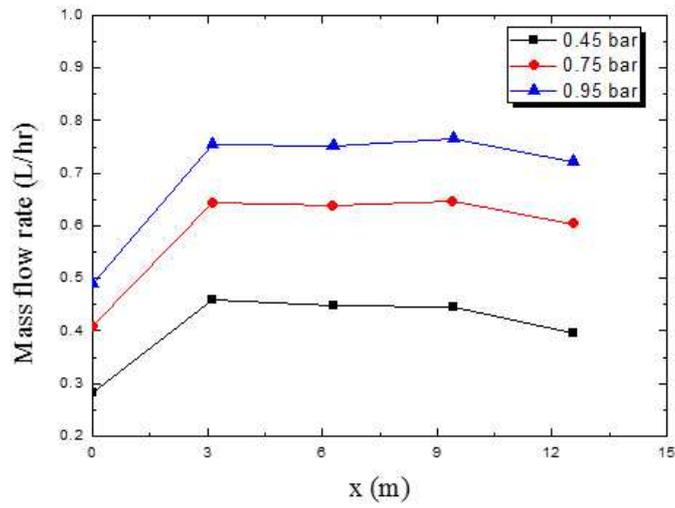


그림 ---. 마이크로 튜브의 경사도 6.0°에 대한 유량의 변화

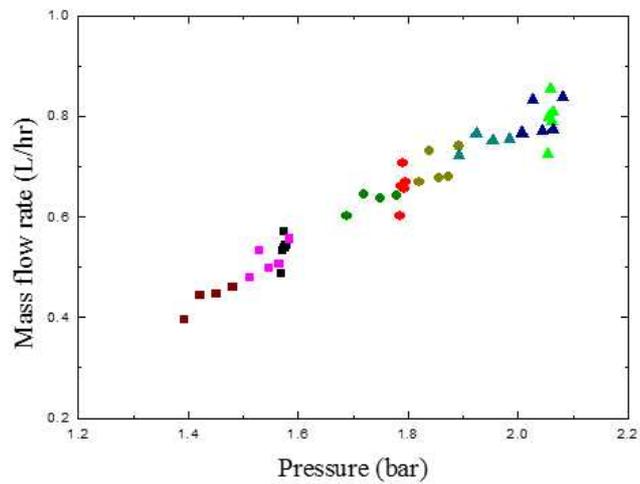


그림 ---. 마이크로 튜브의 경사도 0°, 3.5° and 6.0 °에 대한 유량의 변화

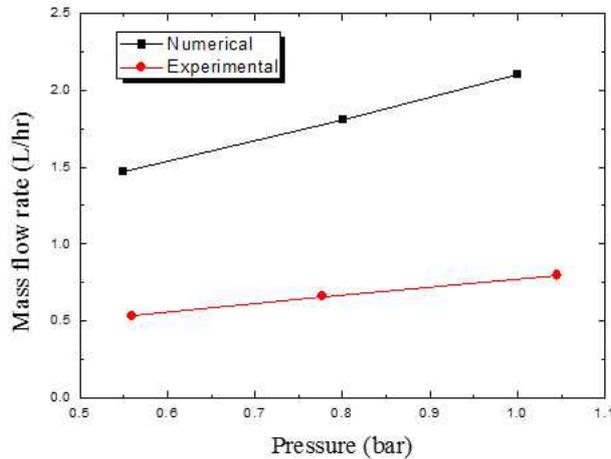


그림 ----. 마이크로 튜브 경사도 0°에서 실험 유량과 CFD 해석의 유량 비교

(6) 주요 결론

Microtube의 상부 폭과 하부 폭의 변화를 -5%, 0, +5%로 변화함에 따른 유출량의 차이는 유로내의 공간 확보와 밀접한 관계가 있다. 유출량은 압력의 크기에 비례하였으며, 폭의 변화를 -5%로 줄인 것이 +5%로 폭을 증가시킨 경우보다 최대 27.3%에서 최소 18.7%까지 증가하였다. 또한 0.55 bar 상태에서 돌기의 폭을 -5%로 줄였을 경우 와류가 거의 없고 이물질이 발생할 확률이 가장 작은 것으로 나타났다. 기존의 Microtube인 Base에서는 내부 와류의 형성이 발생하기 시작하였으며 +5% 돌기의 폭을 증가하였을 경우 와류가 더욱 심하게 나타났다. 이러한 와류의 형성은 이물질의 집적을 유발하여 Microtube의 빈 공간에 쌓이게 되며 추후 막힘의 원인으로 분석된다. 또한 유로의 돌기가 1 Pitch당 22개로 구성되어 있는데 Microtube내 Micro-Tip의 돌기 개수가 50%를 줄여도 유로의 기능은 충분할 것으로 판단되었다. Microtube의 돌기의 각도를 기존 120°를 기준으로 하고 -5%, +5%, 로 설계를 변경하여 돌기의 각도를 114°, 120°, 126°로 설정하여 CFD 해석한 결과 공급압력이 0.55 bar에서는 돌기각 114° 일 때와 120° 에서는 비슷한 양상을 나타내었다. +5%(126°)로 할 경우 유량의 감소가 4.0%로 줄어들었고, 0.8 bar에서는 5.4%가 감소하였다. 또한 1.0 bar에서는 3% 감소하여 평균 4.13% 줄어들어 Micro-tip의 각도를 크게 하는 것은 바람직하지 않는 것으로 나타났다. 그러나 이물질의 제거하는 측면에서는 114°로 하는 것이 더욱 유리할 것으로 판단되었다. 뿐만 아니라 돌기의 각도 부분을 이 보다 더 줄이는 방향에 대한 추후의 연구가 수행할 필요가 있었다. Micro-tip의 두께를 -5%(0.5415 mm), +5%(0.5985 mm), +10%(0.627 mm)로 나누고 나머지 상, 하부 폭과 길이, 돌기의 각도는 변경하지 않은 상태에서 CFD 해석을 한 결과 압력과 두께의 증가에 비례하여 유출 유량이 증가하였다. 압력을 0.5 bar 설정하고, -5% 줄인 경우와 +10%를 크게 한 경우 유량은 약 2배로 차이를 보였다. 그 차이는 압력의 증가와 함께 줄어드는 경향이 있었다. 또한 돌기의 두께가 커짐에 따라 내부의 단면적이 비례하여 증가하였으나 두께의 부분적인 변화는 CFD 해석의 결과에서는 속도 벡터가 큰 변화를 나타내지 않는 것은 두께의 증가시 제조공정에서 튜브의 두께가 압착되어 치수의 변화가 발생되기 때문으로 추정된다. Microtube의 돌기 길이를 기존 제품을 중심으로 -5%(2.1945 mm), +5%(2.4255 mm), +10%(2.541 mm)로 설계하여 CFD 해석한 결과 돌기의 길이가 길어지면 유체의 압력에 상관없이 유출량은 크게 감소하였으며 압력이 높을수록 유출량도 높게 나타났다. 또한 돌기의 길이를 -5%로 줄일 경우가 가장 유출량이 컸으며 다음의 기존의 길이, +5%, +10%로 나타났다. 이것은 돌기의 길이가 줄어들수록 중앙의 유로가 확대되어 유체의 마찰 저항과 유동길이의 축소로 인해 유입 압력이 유출구 쪽으로 쉽게 전달되기 때문으로 보여진다. 뿐만 아니라 0.55 bar에서 분석한 CFD 해석에서 돌기의 길이가 +10%로 길어질수록 와류가 커지는 경향을 알 수 있었다. 또한 돌기의 길이가 길어질수록 돌기의 벽면에 작용하는 유동길이가 증가하는 경향이 뚜렷해졌

다. 이러한 형상은 0.8 bar와 그림 6의 1.0 bar에서도 유사하였다.

Microtube의 수평경사도에 따른 유출량의 변화를 길이 13m로 한정하여 실험 한 결과에서 경사도 범위에서 10~20%의 차이를 보였다. 전체적으로 입구압력과 유출량은 완전히 비례한 상태로 나타났고 경사도와 길이에 따라 유출량의 차이는 매우 큰 것으로 검증되어 전체길이를 크게 늘릴 경우 유출량의 불균일함이 크게 증가할 수 있었다. 수치해석의 결과와 실험값에 의한 비교에서는 큰 차이를 나타내었다. 이것은 공정과정에서 Microtube의 압착에 의해 그 형상이 찌그러진 것으로 판단되었고 Micro-tip도 형상이 왜곡되어 실제 공급량이 줄어든 것으로 보여 졌다.

2) Micro-tip의 간격에 따른 수치해석

(1) 실험 조건

- 상하부 돌기팁의 간격(H)에 따른 점적 유량의 변화를 분석하기 위해 총 5개의 Case에 대해 수행함
- Case1은 돌기팁의 간격이 0이며, Case2와 3는 겹쳐서 -1mm, -1.5mm로 설계하고 Case4와 5는 +1mm, +1.5mm로 열려있음
- 입구 공급압력은 0.55 bar로 설정하였음

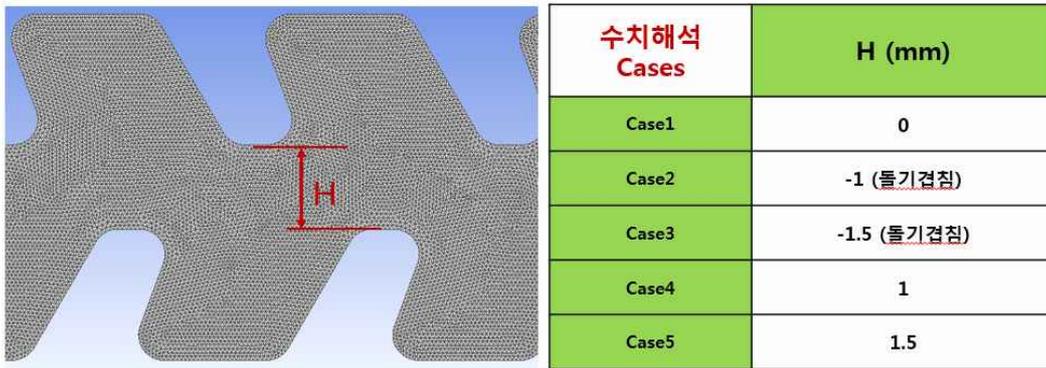


그림 ---. CFD 해석을 위한 마이크로 팁의 간격변화에 대한 조건

(1) 돌기 사이의 간격에 따른 CFD 해석 결과

돌기의 간격에 따른 CFD 해석의 결과는 팁의 건각 0을 기준(Case1)으로 -로 줄일 경우(Case2와 3는 -1mm, -1.5mm 간격)에는 유체의 저항이 현저하게 증가되고 있음을 알 수 있으며 +로 늘릴 경우(Case4와 5는 +1mm, +1.5mm 간격)에서는 유체의 압력이 걸리지 않아 유량이 크게 늘어난 것을 보여주고 있다. 따라서 돌기팁의 간격은 압력보상을 유지하기 위해 -로 줄이거나 +로 늘리는 부분의 치수 설정은 추후 더 정밀하게 실험이 이루어 질 필요가 있었다.

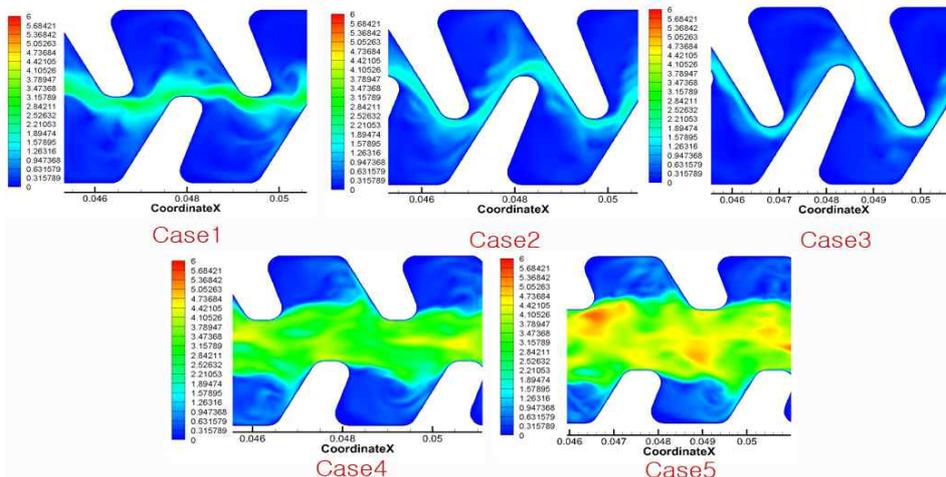


그림 ---. 공급압력 0.55 bar 상태에서 마이크로 튜브 팁의 간격변화에 대한 유체의 CFD 분석

돌기의 간격에 따른 속도 벡터에서도 유체의 흐름에 대한 양상은 비슷하게 나타내고 있다. 틱의 간격 0을 기준(Case1)으로 -로 줄일 경우(Case2와 3는 -1mm, -1.5mm 간격)와 +로 늘릴 경우(Case4와 5는 +1mm, +1.5mm 간격) 모두 관의 압력저항이 지나치게 크거나 작은 양상을 나타내어 기존의 돌기틈을 기준으로 보다 섬세한 치수의 설정이 필요하였다.

입구 압력 0.55bar에서 돌기틈의 간격에 따른 유출량은 돌기의 간격 0을 기준으로 -1mm, -1.5mm에서는 다소 줄어들었으나 +1mm, +1.5mm에서는 크게 증가하는 경향을 나타내었다. 돌기틈에 따른 유출량의 이론식은

$\langle Q = -0.0005975H^4 + 0.00011H^3 + 0.0005813H^2 + 0.0006439H + 0.0005393 \rangle$ 로 나타났다.

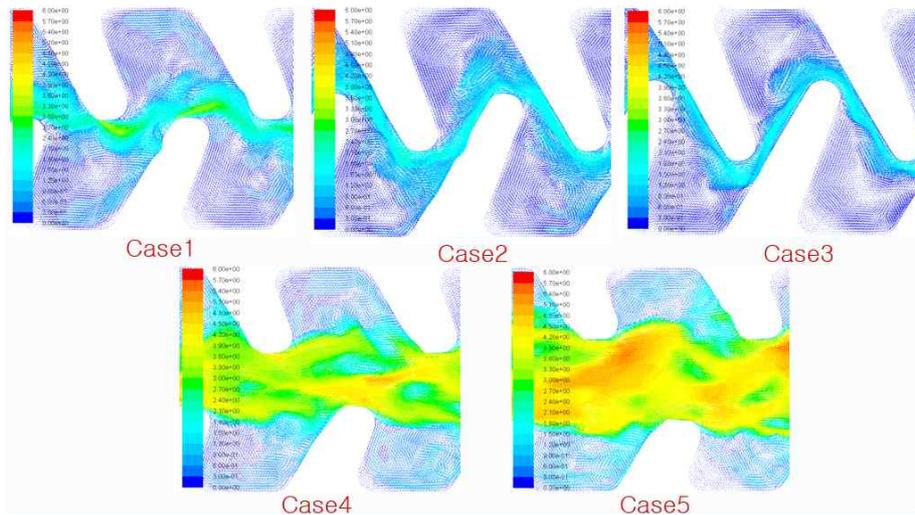


그림 ---. 공급압력 0.55 bar 상태에서 마이크로 튜브 틱의 간격변화에 대한 유체의 속도벡터 분석

$$Q = -0.0005975H^4 + 0.00011H^3 + 0.0005813H^2 + 0.0006439H + 0.0005393$$

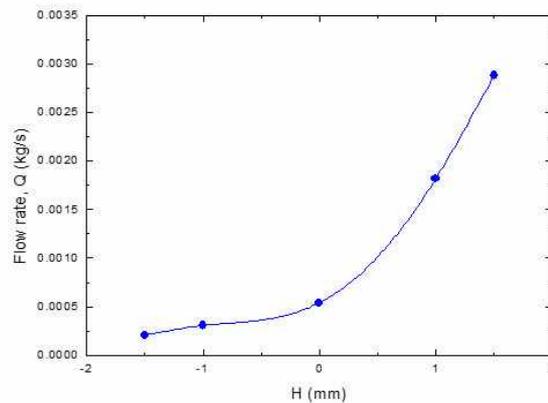


그림 ---. 마이크로 틱의 간격에 따른 유량의 변화

3) 단추 타입의 점적단추용 실리콘 개발

(1) 실리콘 경도 측정기

점적단추의 압력보상은 실리콘의 경도와 단추 내부의 유로에 의해 결정된다. 또한 실리콘의 경도는 유입압력에 따라 Soft 변형이 이루어지고 이에 따른 유량과 전적단추의 미로를 통과하는 과정에서 압력보상의 정밀성이 정해진다. 그러나 압력에 따른 실리콘의 변형은 이론적인 해석이 쉽지 않고 압력에 따라 변형되는 상관관계도 반드시 일치한다고 볼 수 없을 뿐만 아니라 미로에서 유입되는 압력과 변형이

매우 복잡한 것으로 판단된다. 따라서 이론적인 해석 보다 국산화가 이루어지지 않은 실리콘을 우선 국산화하여 개발하고 개발된 실리콘을 동일한 미로를 가진 점적단추에 결합하여 실험적인 방법으로 해석할 필요가 있다.



그림 ---. 실리콘 경도 시험기

본 연구에서 사용한 경도 시험기는 고무 및 실리콘용으로 실리콘의 탄성을 측정하는데 이용할 수 있으며 경도시험기의 명칭은 TECLOCK DUROMETER(GS-709N, TECLOCK Corporation, Japan)으로 시편의 두께가 6mm 이상이거나 바닥이 단단할 경우 때로는 10mm 이상으로 해야 적절한 탄성을 측정할 수 있다. 측정 단위는 Spring load가 0-100(550-8050mN, 56.1-821.1gf)으로 나타난다. 실리콘은 실리콘 원재료를 생산할 때, Spring load가 10의 배수로 생산되며, 실리콘의 경도는 원재료에 DOP(연화제)의 함량에 따라 결정되고 Spring load가 35일 경우에는 30과 40을 50%씩 넣어 제조되어진다.

(2) 개발 대상의 단추형 실리콘

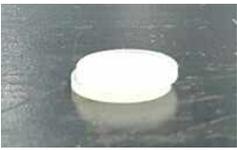
표 ---. 단추형 점적기의 실리콘 경도 측정

단추형 점적관수기			
실리콘 경도	60	갈색 : 2.2 l/hr, 35 녹색 : 8.0 l/hr, 40~45	60
규격	2.0 l/hr Φ=9.5mm, t=0.9mm NAMKYUNG	플라스틱 PCND 갈색 : 2.2 l/hr 녹색 : 8.0 l/hr Φ=13.355mm, t=2.1mm	2.0 l/hr Φ=10.45mm, t=1.0mm NETAFIM
단추형 점적관수기			
실리콘 경도	국산	60	
규격	2.0 l/hr(빨강) 4.0 l/hr(초록) 8.0 l/hr(검정)	NAMKYUNG용 개발 Φ=9.5mm, t=0.9mm	

(3) 낚남경에서 사용 중인 단추형 실리콘 경도

- 실리콘 종류 : NAMKYUNG, 2.0 l/hr, Φ=9.5mm, t=0.9mm
- 개수 : 1, 2, 10개 평균 경도 : 60(4,830mN, 493gf)
- 경도계 : KORI Durometer(KORI, Japan) 단위 : 상수, mN

표 ---. 낚남경에서 제작한 단추형 점적기의 실리콘 경도 측정

실리콘 개수	실리콘 사진	실험사진(1)	실험사진(2)	평균값	고찰
1				70	1개 일 경우 바닥의 영향을 받아 경도가 70으로 나타남
2				63, 62	2개의 경우 평균 경도는 62.5 이며 역시 일부 바닥의 영향을 받은 것으로 판단함
2				63, 66	평균 64.5이며 바닥의 영향을 일부 받은 것으로 판단함
10				60	10개의 경도를 실험하면 60으로 나타남

낚남경에서 개발한 단추형 실리콘의 경도는 실리콘 개수가 적을 때는 바닥의 영향을 받아 60보다 높은 값을 가지지만 실리콘이 많을수록 정확한 경도가 나타나게 되며 경도 60으로 판단되었다.

(4) 플라스틱 PCND 실리콘 경도

- 실리콘 종류 : 플라스틱 PCND
- 갈색 : 2.2 l/hr, 녹색 : 8.0 l/hr, Φ=13.355mm, t=2.1mm
- 개수 : 1, 2, 5개
- 평균 경도 : 8.0 l/hr는 40(3,220mN, 329gf), 2.2 l/hr는 35(2,818mN, 288gf)

표 ---. PCND 단추형 점적기의 실리콘 경도 측정

실리콘 개수	실리콘 사진	실험사진(1)	실험사진(2)	평균값	고찰
1 8.0 l/hr				42	1개 일 경우 바닥의 영향을 받아 경도가 42로 나타남
2 8.0 l/hr				45, 44	2개의 경우 평균 경도는 45이며 역시 일부 바닥의 영향을 받은 것으로 판단함
4 8.0 l/hr				40, 42, 45	평균 40~45로 나타남
5 8.0 l/hr				40, 39, 38.5	5개의 경도는 40으로 판단됨
5 2.2 l/hr				34, 34	5개의 경도는 35로 판단됨

PCND형 실리콘은 8.0 l/hr와 2.2 l/hr가 있으며 8.0 l/hr용 실리콘의 경도는 40~45로 판단되고 2.2 l/hr용은 35로 추정된다. 따라서 이에 적합한 실리콘 소재를 사용하여 개발할 수 있다.

(5) 개발된 (주)남경용 실리콘

- NAMKYUNG, 2.0 l/hr, Φ=9.5mm, t=0.9mm
- 개수 : 1, 2, 5개 평균 경도 : 60(4,830mN, 493gf)

개발된 남경용 2.0 l/hr 실리콘의 경도 측정은 1개, 2개와 5개를 측정한 결과 1개일 경우에는 경도가 65로 나와 바닥의 영향을 미친 것으로 판단되며 2개와 5개 일 경우에는 61과 57로 나타났다. 따라서 본 실리콘을 남경에서 자체 생산 중인 단추형 점적장치에 결합하여 압력보상에 따른 정격유량의 실험을 수행하였다.

표 ---. 새로 개발된 단추형 점적기의 실리콘 경도

실리콘 개수	실리콘 사진	실험사진(1)	실험사진(2)	평균값	고찰
1 2.0 l/hr				65, 65	1개 일 경우 바닥의 영향을 받아 경도가 65로 나타남
2 2.0 l/hr				61, 61	2개의 경우 평균 경도는 61이며 일부 바닥의 영향을 받은 것으로 판단함
5 2.0 l/hr				57	5개의 경도는 57으로 판단됨

(6) 남경 실리콘용 금형과 사출된 실리콘($\Phi=9.5\text{mm}$, $t=0.9\text{mm}$, 경도 60)



그림 --- 남경용 단추형 점적기의 실리콘 금형

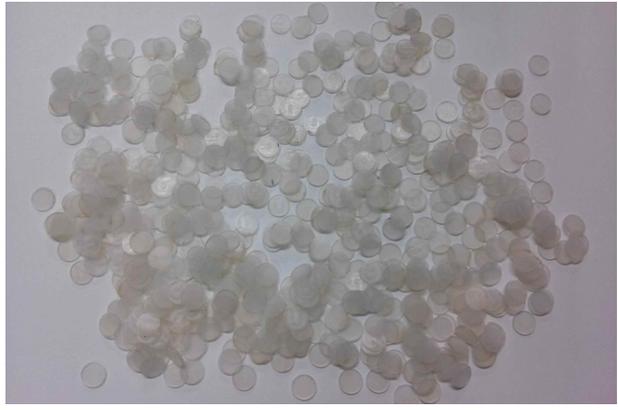


그림 ---- 개발된 단추형 점적기의 실리콘(2.0 l/hr)

(7) PCND형 실리콘용 금형과 사출된 실리콘($\Phi=13.355\text{mm}$, $t=2.1\text{mm}$, 경도 35, 40)

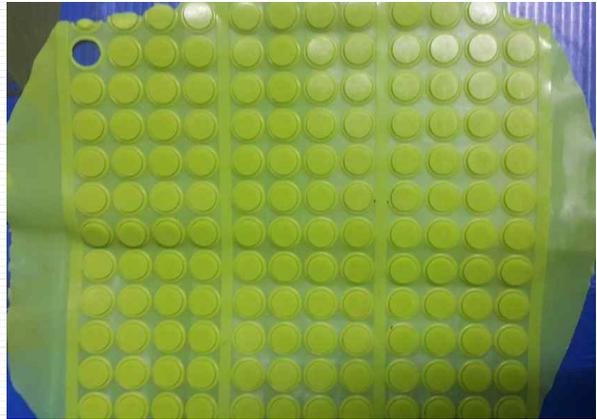
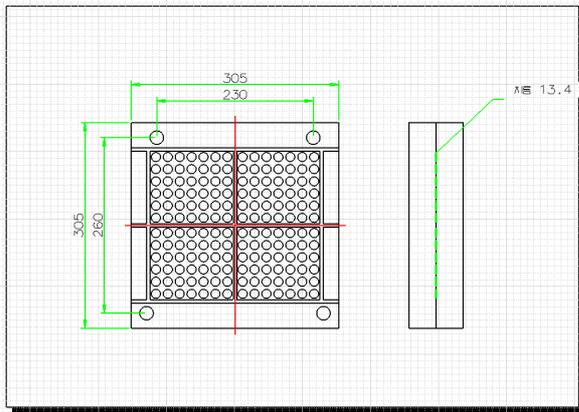


그림 -----. PCND 단추형 점적기의 금형설계와 개발된 실리콘



그림 -----. PCND 단추형 점적기의 실리콘 금형

표 ---. PCND 단추형 점적기의 실리콘 경도 측정

실리콘 개수	실리콘 사진	실험사진(1)	평균값	고찰
3 2.2 l /hr			37	바닥이 부드러운 상태에서 개발된 PCND형 실리콘을 3개, 4개, 5개, 6개의 경도를 측정한 결과 모두 37로 나타나 균등성이 유지되었음. $\Phi = 13.48\text{mm}$, $t = 2.05\text{mm}$ (실리콘의 치수는 탄성이 있어 치수의 차이가 나타남)
4 2.2 l /hr			37	
5 2.2 l /hr			37	
6 2.2 l /hr			37	

(8) 압력보상 점적호스의 개발내용의 일부 변경 부분

■ 당초 점적호스의 설계

구분	연구목표	연구내용
제1위탁 경복대 (2015)	압력보상 점적테이프 및 점적호스의 균등성 유동 해석, 성능분석 및 요소기술 개발	- 점적테이프(라이너타입)의 0.5~4.0 bar 범위의 관내 유동 및 균등성 해석, 성능분석 및 요소기술 개발 - 압력보상 점적호스(Pressure Compensated Drip Hose) 0.5~4.0 bar 범위의 균등성 유동해석, 성능분석 및 요소기술 개발
		1) 점적테이프 및 점적호스의 문제점 분석(남경과 공동) 2) 성능 향상을 위한 새로운 방안 토출(남경과 공동) 3) 문제점에 따른 유로의 해석을 통한 성능평가(경복대) 4) 점적테이프 및 점적호스의 압력에 따른 유량 균등성 시험과 압력별, 길이별 성능평가(경복대) 5) 새로운 설계에 따른 요소기술의 개발과 제안 2차년도 연구 일부수행 1) 점적 보터용 유기실리콘 탄성자료 조사 및 정밀설계 2) 점적 보터의 정밀설계에 따른 성능평가

■ 변경된 편형 PC Dripper

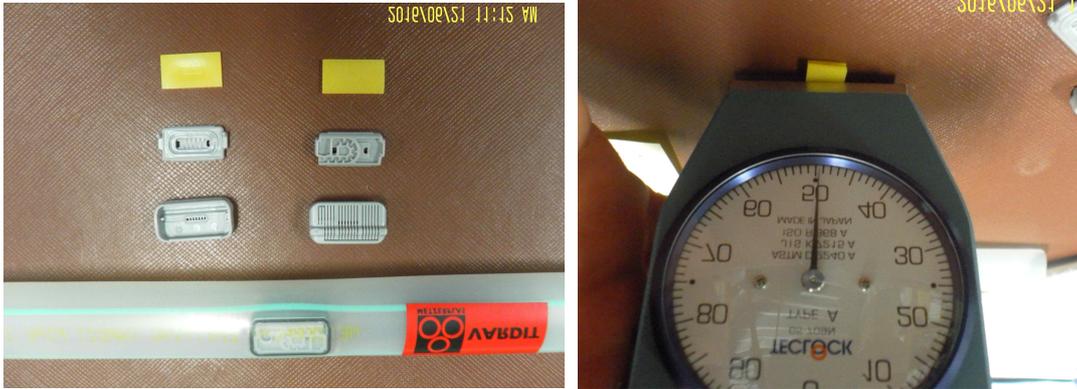


그림 ---. 편형 PC Dripper의 실리콘 경도 측정(METZERPLAS(이스라엘) INBAR type, ASSIF type)

PC Dripper는 실리콘이 내장되어 있어 실리콘의 Soft 변형에 대한 해석이 선행되어야 하므로 이에 대한 사전 준비가 요구된다. 편형 PC Dripper의 규격은 INBAR 타입이 가로×세로×두께가 16.19×8.64×1.11mm로 되어 있으며 실리콘 강도는 50으로 나타났다.

(2) 제1위탁 2차년도 연구의 주요결과

- 2차년도(2016~2017) 연구개발 내용

연구개발의 목표	연구개발의 내용	2차년도	확인
○압력보상 PC 점적버튼, 스프링클러의 균등성 유동 해석, 성능 분석 및 요소기술 개발(제1위탁, 경북대학교)	○ 압력보상 PC 점적버튼(PC Drip Button)의 0.5~4.0 bar에 대한 공급유량(2, 4, 8 ℓ/hr)별 유기실리콘 노즐 설계 및 노즐의 최적 탄성체(No. 30~80범위) 규명을 통한 PC 점적버튼의 국산화 개발	○	
	○ 압력보상 PC 스프링클러(PC Sprinkler)의 압력과 공급유량(20~110 ℓ/hr)별 다이아프램형 유기 실리콘 노즐의 균등성 유동 해석, 성능분석 및 요소기술 개발을 통한 국산화 개발	○	

■ 1차년도 이후 추가 연구개발 내용

1. 점적 호스의 성능 분석

1) 점적 호스의 경질미로의 길이에 대한 유량의 변화

Water line은 UV 처리된 호스의 내부에 압력보상 기능이 첨부된 경질의 미로 튜브를 끼워 사용하도록 제작되어 있다. 점적 호스의 외경은 15.8mm이며 대부분 0.5~2.5bar 사이의 압력에 1.5~3.0 ℓ/hr의 유량을 공급한다. 따라서 점적 호스의 내부에 위치한 경질미로 튜브의 설계는 유량의 압력보상에 밀접한 관계가 있다. 본 연구에서는 경질미로 튜브를 통과하는 작은 돌기의 수가 압력과 유량에 어떤 영향을 미치는지에 대한 기초적인 실험을 수행하였으며 경질미로의 압력과 유량 특성에 따른 이론적 해석과의 비교분석을 통하여 새로운 미로의 형상 설계에 활용할 기초적 연구를 수행하고자 하였다.

(1) 재료 및 방법

점적 호스의 성능은 길이(보통 300~400m)에 대한 유량의 균등성을 유지하는 것이며 균등성은 압력보상에 의해 이루어진다. 아래 그림은 점적 호스의 원통형 미로 장치와 테스트 베드를 나타내고 있다. 원통형 미로는 점적 호스의 내부에 삽입되어 원통 부분에 형성된 미로의 길이에 따른 유량의 균등성을 유지하도록 설계되어 있다. 점적 호스의 원통 주변에는 8개의 미로로 구성되어 있으며 미로의 길이를 금속 평면으로 금형 제작하여 투명판에서 미로의 형상을 보이게 하였다. 또한 입구부분에 물을 공급하고 미로의 각 위치별 배출구를 설치하여 압력에 따른 유출량을 전자저울에 측정하여 압력별 유량의 균등성에 대한 데이터를 측정하였다. 유입구의 압력을 0.5, 1.5, 2.5, 3.0bar로 각각 공급하였으며 유출량은 미로의 8개 구간에 따라 측정하였다.

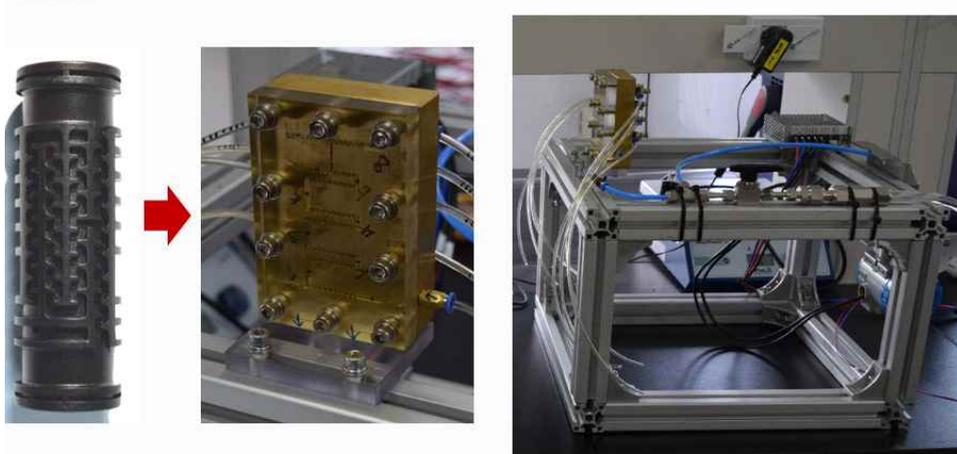


그림 ---. 점적 호스의 미로 길이별 유량 테스트

(2) 점적 호스의 경질미로의 길이에 대한 유량의 변화

아래 그림의 (A)는 경질미로의 입구압력과 미로의 길이에 대한 유출량을 나타내고 있다. 그림에서와 같이 미로의 길이가 짧을수록, 압력이 커질수록 유출량이 높게 나타났다. 또한 미로의 길이가 짧을 경우에는 유출량의 차이가 비교적 크게 나타났으나 미로의 길이가 길수록 압력에 대한 유출량에 대한 차이가 크지 않음을 알 수 있었다. 따라서 경질미로에서 미로의 길이를 길게 할 경우에는 유출량을 비교적 균일하게 할 수 있음을 보여주고 있다. 반면에 그림 (B)는 미로의 길이가 길어질수록 압력변화에 따른 유출량이 지수적으로 감소함을 나타내고 있다. 미로의 길이가 7번과 8번에서는 상당히 균일한 성능을 보여주므로 경질미로의 배출구를 전체적으로 모두 활용함으로써 압력보상을 비교적 균일하게 할 수 있음을 보여주고 있다.

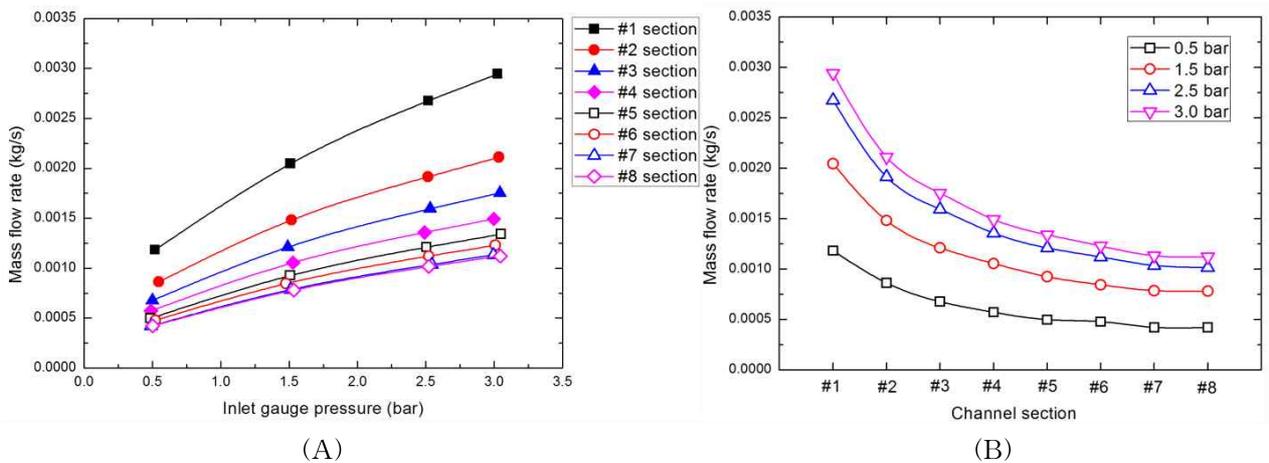


그림 ----. 점적 호스의 미로 길이에 대한 유량의 변화

(3) 요약

점적 호스의 유량 균등성은 호스의 길이를 길게 할 경우에도 유출구를 통한 일정한 유량이 공급되는 것을 말한다. 압력보상은 탄성을 가진 실리콘과 미로로 구성될 경우에 가장 큰 효과를 나타내지만 점적 호스와 같이 경질미로만으로 압력보상을 해야 할 경우에는 경질미로의 길이가 매우 중요하다. 본 연구에서는 경질미로를 8단계로 나누어 압력에 따른 유량을 측정하고 결과 최소한 7단계와 8단계에서 균등성이 안정적으로 유지됨을 알 수 있었다. 또한 입구 압력이 높을 경우에는 입구측의 유출량과 출구측의 유출량의 차이가 크게 나타나고 낮은 압력에서는 유출량의 차이가 크지 않는 것으로 나타났다. 따라서 점적 호스의 경질미로인 경우에는 낮은 압력으로 사용하는 것이 유출량의 균등성을 유지하는데 더 유리

할 것으로 판단되었다.

2) 점적 호스의 경질미로 유량 변화에 대한 CFD 해석

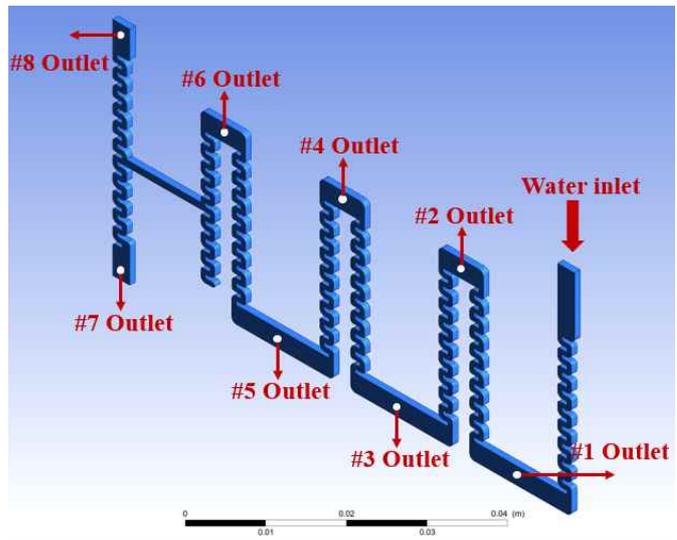
점적 호스의 원통형 미로 구조물내의 유동특성을 분석하기 위해 금속판에 동일한 구조의 미로가 가공된 시험부를 활용하여 압력과 유량의 변화에 대한 실험을 CFD 해석하였다. 해석은 미로의 길이에 따른 유량 특성을 정밀하게 분석하기 위해 전체 미로에 구간별 총 8개의 배출구를 배치하고 밸브 조절을 통해 구간별 압력에 따른 유량을 측정함으로써 실험에 의한 압력과 유량의 관계를 검증하고 새로운 경질 미로를 설계하는데 응용하고자 한다. 경질미로의 이론적인 해석에서 정밀도가 실험을 대신할 가능성이 있는지에 관심을 두었다. 점적관수의 경질미로는 디자인을 달리함으로써 성능이 높고 미세한 스케일이 침착되지 않는 고성능의 점적관수 장치의 개발이 가능할 것으로 판단하였다.

(1) 재료 및 방법

점적 호스의 원통형 미로 장치와 이론해석을 위한 유입구와 유출구의 설계는 아래 그림과 같다. 그림 (B)는 미로 형상, 크기, 압력 조건을 실험 조건과 동일하게 설계하였다. 본 해석에 사용된 프로그램은 ANSYS Fluent 16.1(ANSYS, USA)이며, 컴퓨터 사양은 레노버 썬크스테이션 P500(Intel Xeon E5-1630, 레노버, Chain)를 사용하였다. 실험방법에서는 미로 입구의 공급 유체 압력(Gauge pressure)을 0.5, 1.5, 2.5, 3.0 bar로 나누어 공급하였으며 8개의 구간별 유출되는 유량은 전자저울에서 측정하였다. 향후 최적 미로의 새로운 설계를 위해 미로구조 전체를 CFD 해석하였고 그 결과를 실험치와 비교 분석하였다. 또한 경질미로내 각 구간별 세부적인 유동구조를 분석하였고 해석결과와 실험결과를 통해 향후 새로운 경질 구조의 개발이 가능 할 것으로 판단되었다.



(A)



(B)

그림 ---. 점적 호스의 CFD 해석을 위한 입출구 위치

(2) 점적 호스의 경질미로 유량 변화에 대한 CFD 해석 결과

이래 그림은 경질미로의 입구압력에 따른 미로의 길이 #1과 #2에 대한 CFD 분석을 나타내고 있다. 전체적으로 경질미로에 압력이 증가할수록 미로의 유체 속도가 증가됨을 알 수 있었으며 이것은 #2에서도 거의 같은 양상을 나타내었다. 미로 통로에서는 와류로 인한 이물질의 멈춤 현상이 발생하지 않을 만큼 흐름이 원활함을 알 수 있었다. 또한 미로의 길이 #3과 #4에 대한 CFD 분석과 미로의 길이 #5와 #6에 대한 CFD 분석을 아래에 보여주고 있다. 압력이 증가하고 미로의 길이가 길어질수록 속도에도 영향을 미치고 있는 것으로 나타났으며 미로와 미로 사이의 넓은 통로에서는 유속이 크게 떨어지고 있음을 알 수 있었다. 따라서 이 부분에는 유체속의 이물질이 침착할 수 있는 가능성이 있으며 통로가 좁은 곳에서는 유속이 증가되는 것으로 나타났다. 뿐만 아니라 #7과 #8의 분석 결과에서는 #7과 #8은 미로의

상하단으로 유출되는 부분의 차이이므로 실질적으로 해석의 결과는 차이가 없었다. 그리고 실험적인 유출량과 CFD의 해석에 의한 결과에 대한 비교에서는 경질미로에 대한 압력에 따른 미로의 길이별 유출량은 지수적인 반비례 현상을 나타내어 앞서 실험한 연구의 결과와 1~2% 오차 범위에서 잘 일치하였다. 따라서 점적 호스의 경질미로에 대한 설계는 이론적인 해석을 통하여 새로운 디자인이 가능할 것으로 판단되었다.

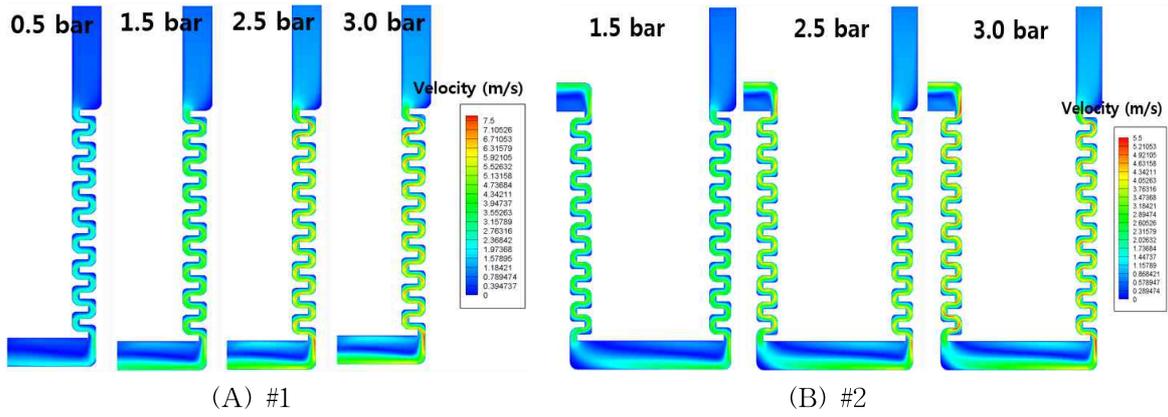


그림 ---. 점적 호스의 길이 #1과 #2의 압력별 CFD 해석

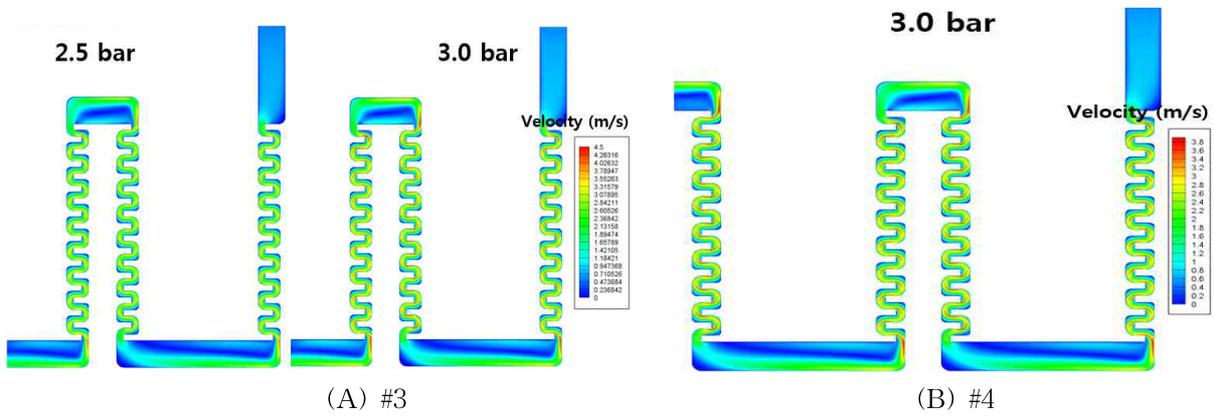


그림 ---. 점적 호스의 길이 #3과 #4의 압력별 CFD 해석

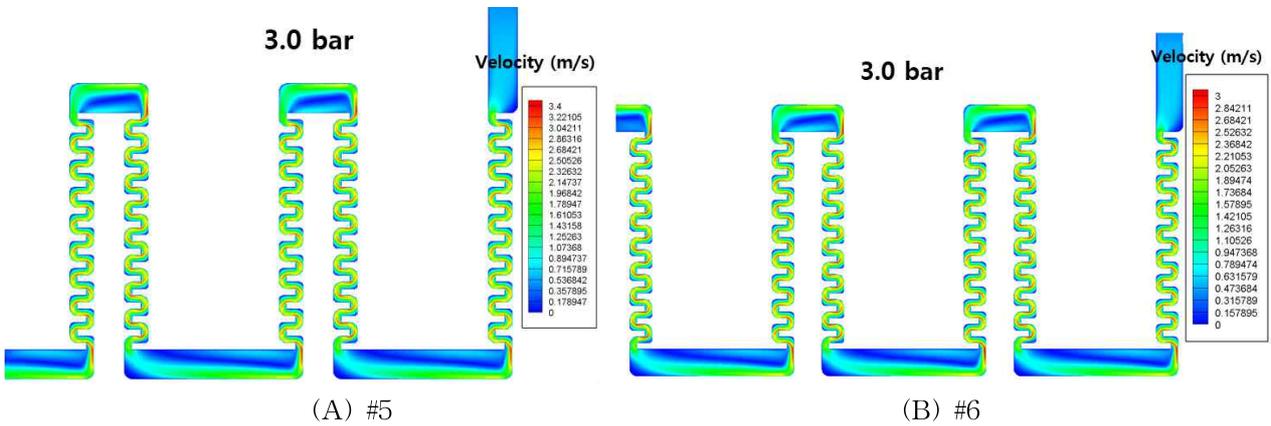


그림 ---. 점적 호스의 길이 #5과 #6의 압력별 CFD 해석

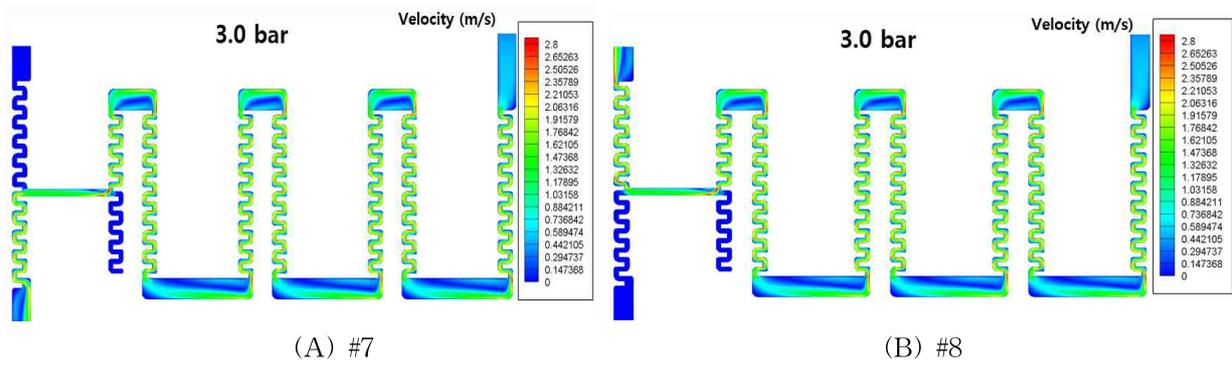


그림 ---. 점적 호스의 길이 #7과 #8의 압력별 CFD 해석

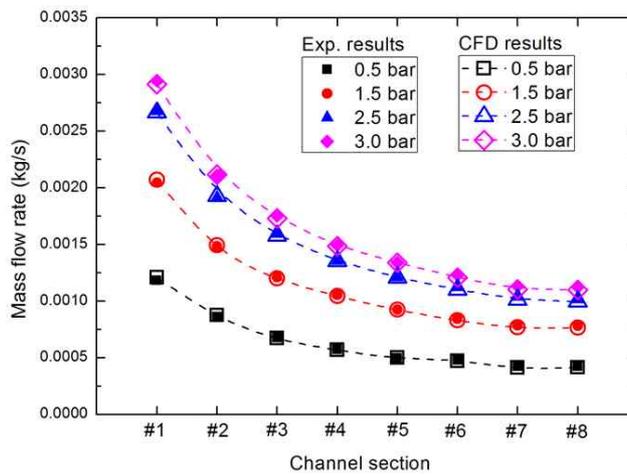


그림 ---. 점적 호스의 길이별 유량의 관계

(3) 요약

경질미로의 미로의 길이에 따른 CFD 분석의 결과는 실험적인 유출량의 값과 거의 일치하였다. 또한 전체적으로 경질미로에 압력이 증가할수록 미로의 유체 속도가 증가되었고 미로의 통로에서는 와류로 인한 이물질의 축적이 생기지 않을 것으로 판단되었다. 다만 미로와 미로 사이의 넓은 통로에서는 유속이 크게 떨어져 이물질들이 침착될 가능성이 있었으며 실질적으로 넓게 설계하는 것이 유리하지 않을 것으로 판단되었다. 경질미로에 대한 압력에 따른 미로의 길이별 유출량은 지수적으로 반비례하였으며 점적 호스의 경질미로에 대한 새로운 설계는 이론적인 해석을 통하여 가능할 것으로 판단되었다.

2. 남경 PC 드리퍼의 개선 전 실험

1) PC 드리퍼의 실리콘 조건 구성에 따른 유량 특성 분석

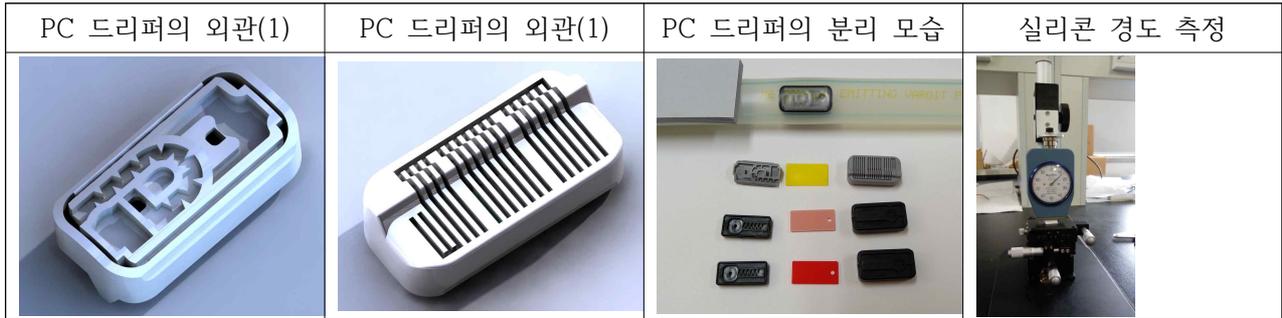


그림 ---. PC 드리퍼의 형상, 실리콘의 조합 및 경도 테스트

PC 드리퍼의 연결 실리콘 규격은 17×8×0.85mm(가로×세로×두께)로서 Water line의 내부에 구성된다. 본 연구에서 사용된 PC 드리퍼용 실리콘은 남경 제품을 중심으로 하여 성능을 측정하였다. 경도를 측정하기 위해 사용한 경도 시험기는 TECLOCK DUROMETER(GS-709N, TECLOCK Corporation, Japan)이며 Spring load 0-100(550-8050mN, 56.1-821.1gf)까지 측정이 가능하다. 측정은 정밀도를 고려하여 Microtester를 사용하였다.

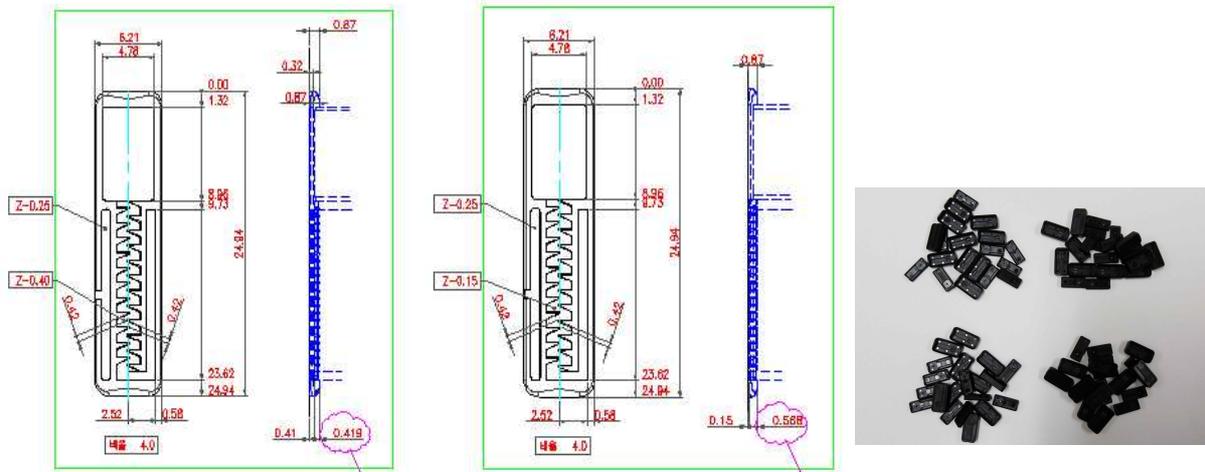


그림 ---. J형과 L형 드리퍼의 미로 폭과 깊이(미로 간격 0.42mm)

PC 드리퍼는 Outter와 Insert로 구분되고, 그 내부에 실리콘이 삽입되어 최종적으로 호스의 내부에 결합된 형태로 완성된다. 경질 드리퍼의 내부 설계와 실리콘의 경도가 유체의 압력에 따라 물이 미로에 흘러 압력보상이 이루어지므로 경질 드리퍼의 설계와 실리콘의 정밀도 및 압력에 따라 유량은 변한다. 압력은 0.5bar에서 4.0bar 까지 균일하게 유량이 토출되도록 설계 및 제작되어야 하므로 미로의 설계와 실리콘은 매우 중요한 역할을 하고 있다. 따라서 실리콘의 경도에 대한 문제점을 분석하고 적정 경도를 유지하는 것이 중요하며 또한 경도별 유량에 대한 분석이 필요하다.

(1) PC Dripper용 실리콘 경도의 불균일

PC 드리퍼의 압력을 보상하는 연결의 실리콘은 점적 호스 내부의 압력이 일정하게 증가할 때까지 유지하다가 어느 압력 이상에서 동시에 열리는 특성을 가지고 있다. 따라서 연결의 실리콘의 경도는 압력 보상에 중요한 기

능을 하고 있으며 또한 PC 드리퍼의 경질미로와 같이 압력을 제어하는 역할을 하고 있다. PC 드리퍼에 부과되는 압력은 보통 0.5~4.0 bar의 범위에서 사용되며, 공급 유량은 1.0~3.0 l/hr 범위에서 주로 공급되고 있다. 적정 유량의 공급은 PC 드리퍼용 실리콘의 경도에 따라 달라진다. 아래 그림은 남경의 경도별 실리콘을 나타내고 있으며, 이상적인 실리콘 경도와 남경의 실리콘 경도를 비교한 결과에서 40 이하의 낮은 경도에서는 비교적 일치하였으나 경도 45 이상에서는 경도의 큰 차이를 보여주고 있었다. 따라서 PC 드리퍼의 성능을 향상시키고 공급압력에 따른 균등 유량을 유지하기 위해 기본적으로 개선이 필요할 것으로 판단된다.

Hard-ness	Photo	Hard-ness	Photo	Hard-ness	Photo	Hard-ness	Photo
30		40		50		60	
35		45		55		65	

그림 ---. PC 드리퍼용 실리콘 경도(남경)

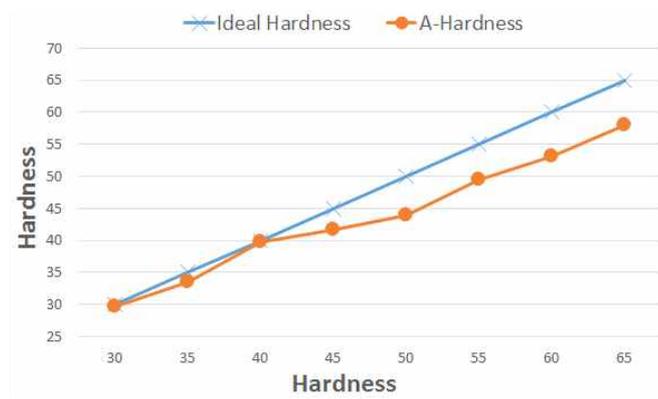


그림 ---. 남경 실리콘의 경도별 오차

(2) 남경의 실리콘 경도에 따른 공급유량의 특성(실리콘 수정 전)

아래 그림은 남경의 실리콘 경도에 따른 공급유량의 특성을 나타내고 있다. 실리콘 미로의 깊이가 0.485mm, 실리콘 공간은 0.52mm, 실리콘 두께는 0.80mm로 설계 제작된 PC 드리퍼의 경도별 유량 특성을 나타내고 있다. 이것은 실리콘의 경도가 낮을수록 실리콘이 연하여 탄성이 줄므로 PC 드리퍼의 미로 실리콘 공간 단면을 좁게 만든 것으로 추정된다. 반면에 경도가 높을수록 탄성이 커지고 딱딱한 특성을 가지므로 압력이 작용하면 미로를 넓고 크게 열어 유량이 증가하는 것으로 판단된다. 또한 실리콘의 경도별 차이가 반드시 유량의 차이로 일정하게 변화하지 않음을 알 수 있었다. 이것은 실리콘의 경도에 대한 오차가 45이상에서는 상당히 크게 작용되고 있어 나타난 결과로 보여진다. 본 실험의 결과에서는 설정 유량을 2.0L/hr, 공급 압력을 2.0~3.0bar로 할 때, 실리콘 경도 35와 45에서 가장 적정한 것으로 나타났다. 그러나 나머지 PC 드리퍼의 대부분은 설정 압력에 따른 설정 유량을 지정할 수 없는 문제점이 나타났다. 따라서 실리콘 경도를 개선하고 설정 유량과 공급 압력에 대한 안정성과 호스내부의 압력 균등성을 유지할 수 있는 방안이 요구되었다.

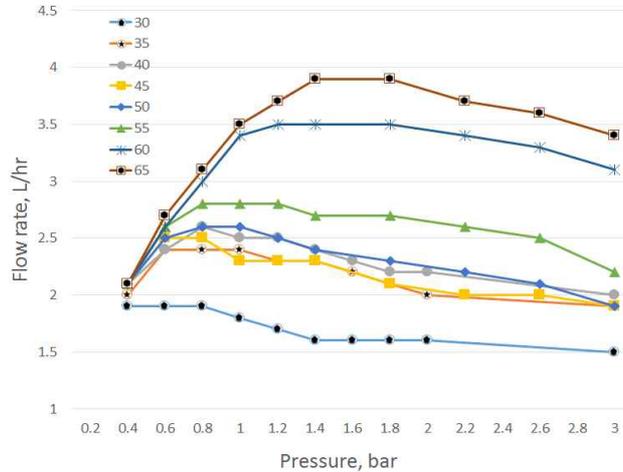


그림 ---. PC 드리퍼의 실리콘 경도에 따른 압력과 유량의 관계

2) PC 드리퍼의 실리콘 두께와 경도에 따른 유량 실험

(1) 실리콘 두께와 경도에 따른 PC 드리퍼의 실험 조건

PC 드리퍼의 성능을 개선하기 위해 미로의 깊이, 실리콘의 공간, 실리콘의 두께, 홀의 치수 및 실리콘 경도를 설계의 대상으로 하였다. 초기 조건과 새로이 설계한 PC 드리퍼의 성능을 비교분석하기 위해 아래 표와 같이 설정하였다. 초기 단계에서는 미로의 깊이가 0.485mm, 실리콘 공간은 0.52mm, 실리콘 두께는 0.80mm로 설계 제작되었다. 개선 단계는 초기단계에서 유량성능 평가를 거쳐 치수의 재설정을 하였다. 주요한 재설정은 미로의 깊이가 0.48mm, 실리콘 공간은 0.51mm, 실리콘 두께는 0.85mm로 수정하였다. 특히 실리콘 공간을 0.01mm 줄여 압력조건에 따른 유량 불균등을 해소하고자 하였다. 동시에 실리콘의 경도도 이에 적합한 탄성을 찾도록 하였으며 경도는 40~60으로 집중하였다. 이와 같이 하여 설계된 PC 드리퍼는 실리콘 두께는 0.85mm로 하고, 실리콘 경도는 40, 45, 50, 55, 60의 5종과 실리콘 두께 0.80mm 한 종류에다 경도 50의 드리퍼 호스도 함께 준비하였다. 뿐만 아니라 초기 단계의 유량 성능 평가 후 문제점 개선을 위해 PC dripper 성형물의 금형 재설계와 실리콘 경도 및 두께의 재설정 조건을 나타내고 있다.

표 ----. 남경의 PC 드리퍼 성능 개선을 위한 실험 조건

	Depth of micro-path, mm	Clearance of micro-path, mm	Thickness of silicon, mm	Size of hole, mm	Hardness of silicon
Initial stage	0.485	0.52	0.80	0.35×0.15×1	30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65
Adjustment stage	0.48	0.51	0.85	0.35×0.15×1	40, 45, 50, 55, 60

표 -----. PC 드리퍼 종류에 따른 실리콘 경도 실험 조건

Dripper type	Silicon			Dripper quantity	Size of hole	Depth of micro-path	Clearance of micro-path
	Color	Thickness, mm	Hardness, mm				
A	White	0.85	60	6	0.35×0.15×1	0.48	0.51
B	pink	0.85	55	6	0.35×0.15×1	0.48	0.51
C	white	0.85	50	6	0.35×0.15×1	0.48	0.51
D	green	0.85	45	6	0.35×0.15×1	0.48	0.51
E	grey	0.85	40	6	0.35×0.15×1	0.48	0.51
F	white	0.80	50	6	0.35×0.15×1	0.48	0.51

(2) Euro PC dripper와 남경 PC dripper의 부품 교차 실험을 통한 성능평가

남경의 PC dripper 성능을 개선하기 위해 PC dripper 플라스틱 성형물의 치수 재설계와 실리콘의 경도 적합성을 통하여 Euro PC dripper의 성능과 비교 분석하였다. 실험에 사용한 dripper의 종류는 3종 2세트로 하였다. dripper의 구성은 유로 dripper와 유로 실리콘, 남경 dripper와 남경 실리콘, 남경 dripper와 유로 실리콘을 혼합하여 dripper와 실리콘의 조합 특성이 가장 우수한 것을 찾고자 하였다. 특히 Euro PC dripper는 현재까지 유량 오차가 적어 가장 성능이 우수한 것으로 평가되고 있어 개선된 남경의 성능을 향상시키는데 모델이 되는 제품으로 볼 수 있다. 본 실험의 조건은 유로 dripper와 유로 실리콘, 남경 dripper와 남경 실리콘, 남경 dripper와 유로 실리콘을 혼합한 3종의 세부 사양 및 실험조건을 아래에 나타내고 있다. 이때, 실리콘 두께는 0.85mm, 경도는 50으로 고정하였다. 압력 조건은 0.4~4.0bar 까지 다양하게 적용하여 성능 개선의 결과를 분석하고자 하였다. 또한 dripper 조건에 따른 유량 실험에서는 유량은 압력조절이 가능한 정압펌프에 호스를 설치하고 배출되는 유량을 비커에 담아 측정하는 장면을 보여주고 있다.



그림 ----. 조건이 다른 PC dripper가 조립된 실험용 호스

표 ---. 성능 개선을 위한 PC dripper의 비교 실험 조건

Dripper types	Constructions	Silicon condition	Experimental condition
1	Euro dripper + Euro silicon	Thickness 0.85mm, Hardness 50	0.4, 0.6, 0.8, 1.0, 1.6, 2.0, 2.6, 3.0, 3.6, 4.0 bar
2	남경 dripper + 남경 silicon	Thickness 0.85mm, Hardness 50	
3	남경 dripper + Euro silicon	Thickness 0.85mm, Hardness 50	

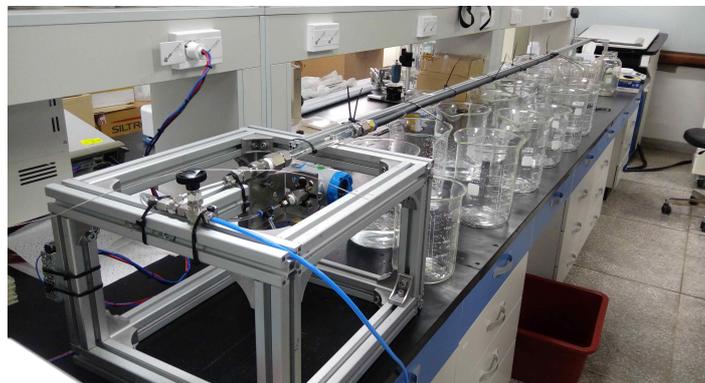


그림 -----. 실리콘 경도에 따른 PC dripper의 유량 실험

(3) 유로 dripper, 남경의 dripper 및 유로와 국내 혼용시 성능 분석

아래 그림은 경도 45의 실리콘을 사용하여 유로 dripper+실리콘, 남경의 dripper+실리콘 및 남경 dripper+유로 실리콘 혼용시 압력에 따른 공급유량의 특성을 나타내고 있다. 유량의 데이터는 전체 10반복 측정된 값을 평균한 수치이며 최대 유량과 최소 유량에서 발생하는 오차는 유로 실리콘이 비교적 작았으나 3.6 bar 이상에서는 유량이 급격히 떨어지는 양상을 보였다. 남경의 제품은 0.8~2.0 bar 까지 성능이 비슷했으나 0.8 bar 이하에서는 오차가 있었으나 높은 압력에서는 오히려 성능이 우수하였다. 유로 dripper와 다소 유사한 성능을 나타낸 것이 남경 dripper와 유로 실리콘을 혼용하여 사용한 것은 전체적으로 비슷한 양상을 나타내었다. 따라서 실리콘 경도 오차를 고려하면 압력별 유량의 변화는 실리콘의 경도와 밀접한 관계가 있는 것으로 판단되었다. 그러나 전체적으로 목표 유량 2.0L/hr를 기준으로 하면 오차 범위를 크게 벗어난 것을 알 수 있어 개선이 필요한 것으로 판단되었다.

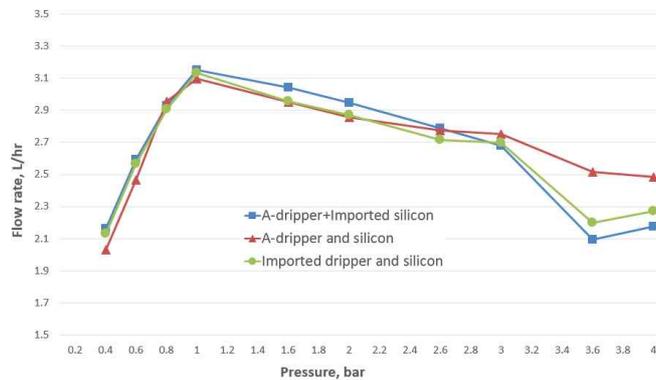


그림 ---. 남경 dripper와 유로 dripper의 실리콘 조합에 따른 압력과 유량의 관계

(4) 실리콘의 성능에 관한 요약

이상적인 실리콘 경도와 남경의 실리콘 경도를 비교한 결과 40 이하의 낮은 경도에서는 비교적 일치하였으나 경도 45 이상에서는 큰 차이를 보여주고 있었다. 또한 동일한 PC dripper에 실리콘의 경도별 특성은 경도에 따른 유량이 반드시 일정하지 않으며 대체로 경도가 높을수록 동일 압력에 대해 유량이 많아지는 것을 알 수 있었다. dripper의 성능은 유로실리콘을 기준으로 보면 남경의 제품은 0.8~2.0 bar 까지 성능이 비슷했으나 0.8 bar 이하에서는 약간의 오차가 있었다. 그러나 높은 압력에서는 오히려 성능이 우수하였다. 유로 dripper와 다소 유사한 성능을 나타낸 것이 남경 dripper와 유로 실리콘을 혼용하여 사용한 것이 전체적으로 비슷한 양상을 나타내었다. 그러나 3종류 모두 만족할 성능을 나타내지 못하였다.

(5) 유로 dripper와 남경 dripper의 경도별 유량(실리콘 수정 전)

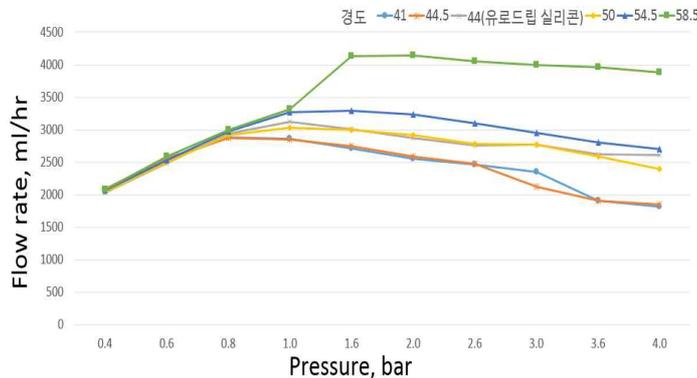


그림 ---. 유로 dripper와 남경 PC dripper의 실리콘 경도 수정 전의 유량실험

유로 드리퍼와 남경 드리퍼의 실리콘 경도에 따른 유량 실험 결과에서는 남경 드리퍼의 경도 41, 44.5, 50, 54.5, 58.5의 5종과 유로 드리퍼 경도 44를 비교 분석하였다. 경도는 통상적으로 5의 배수로 생산되고 있으나 5의 배수가 되지 않는 것은 실리콘의 경도를 좌우하는 연화제의 비율이 일정하지 않은 것으로 파악된다. 따라서 실리콘 경도를 보다 정확하게 유지될 수 있도록 제품의 생산과정에서 개선되어야 한다. 본 실험은 PC 드리퍼의 성능 평가에서 실리콘 경도의 차이에 따른 유량의 실험 결과에서 전체적으로 큰 차이를 나타내었다. 공급 유량을 2.0L를 기준으로 하였으나 0.4bar에서만 대체로 유량이 유지되었고 일부 실리콘에서는 3.6bar에서 2.0L가 나타났다. 나머지 모든 부분에서는 매우 높은 유량을 배출하여 사실상 압력보상이 이루어지지 않은 것으로 판단된다. 그리고 약 1.0bar 이상에서 실리콘의 경도가 높을수록 높은 유량을 보이고 있는데 이것은 경질 드리퍼의 홈의 폭과 깊이에 실리콘의 탄성이 제대로 밀착되지 않아 유량이 커진 것으로 추정된다. 따라서 압력이 0.4bar에서 4.0bar까지 압력보상이 이루어지기 위해서 경질 드리퍼의 단면 홈과 깊이 및 형상의 재설계와 실리콘의 두께 및 경도가 최적화한 것을 찾는 것이 중요하다. 또한 유로 드리퍼의 실리콘 경도 44와 남경 드리퍼 실리콘 경도 50이 매우 유사한 형태를 나타내고 있다.

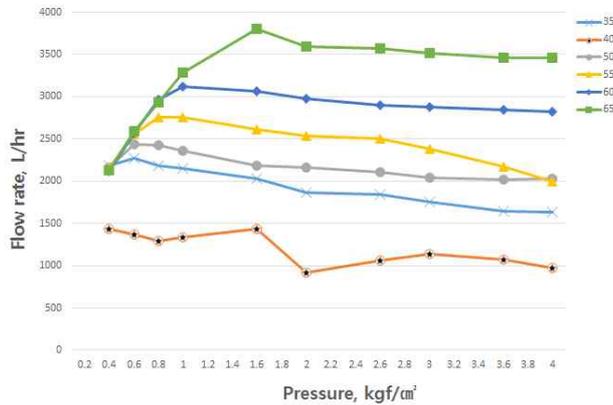


그림 ---. PC 드리퍼의 실리콘 경도 수정 이전의 경도별 유량실험

2. 남경 PC 드리퍼의 개선 후 실험

1) 유로 드리퍼와 남경의 조합에 따른 유량

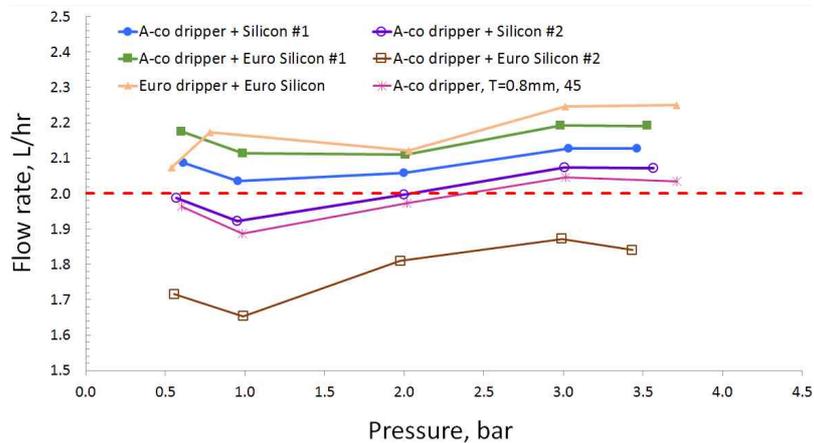


그림 ---. 남경 드리퍼의 실리콘 경도 수정 후 유로 드리퍼와 유량 비교실험(남경 실험)

PC 드리퍼의 성능 실험에서 드리퍼의 미로 깊이가 0.485mm, 홈 0.35mm일 때, 토출 유량을 2.0L에 기준하여 6종의 구성 조합으로 수행하였다. 남경의 드리퍼와 유로 드리퍼의 실리콘 경도 수정 후 유량 실험에서는 유량 2.0L/hr에 상당히 근접함을 알 수 있었다. 유로 드리퍼+유로 실리콘은 유량이 높게 나타나는 반면, 남경 드리퍼+유로 실리콘을 조합한 경우 유량이 높거나 낮게 나타나 불규칙하였으며, 이것은 남경의 경질 드리퍼와 유로 실리콘의 조합에서 정밀 치수의 문제 또는 조합의 Mismatch가 발생된 것으로 판단되었다. 가장 우수한 드리퍼는 남경 드리퍼+남경 실리콘 두께 0.85mm, 경도 50과 남경 드리퍼+남경 실리콘 두께 0.80mm, 경도 50이었으며 유량은 거의 비슷하게 나타났다. 따라서 경질 드리퍼의 설계 개선은 금형의 정밀도를 높이고 홈의 간격과 깊이를 조정한 결과와 실리콘의 경도를 수정한 결과로 생각된다.

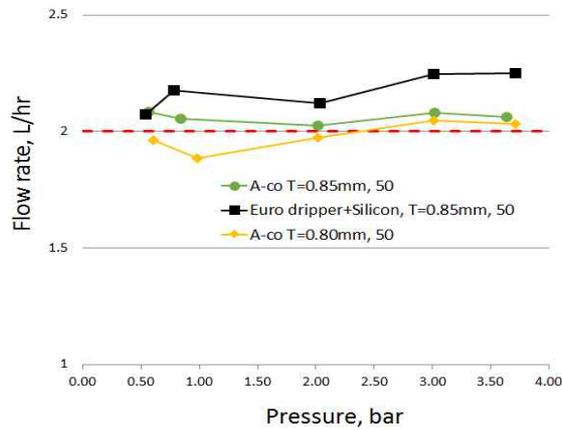


그림 ---. PC 드리퍼의 조건 구성에 따른 유량 특성 분석(남경 실험)

또한 남경과 유로 드리퍼의 성능 실험에서 드리퍼의 미로 깊이가 0.485mm, 홈 0.35mm일 때, 토출 유량을 2.0L에 기준하여 유량 실험을 수행하였다. 본 실험에서 가장 우수한 결과를 나타낸 것은 남경 드리퍼에 실리콘 두께를 0.8mm로 하여 조립한 결과이며 그 다음은 유로 드리퍼와 남경 드리퍼의 순으로 나타났다. 그러나 전반적으로 유량 오차가 매우 줄어들었다.

3. PC 드리퍼 개선 후 경북대 교차 실험

1) 개선 후 남경 드리퍼의 실리콘 경도에 따른 압력과 유량의 변화 실험 장치(경북대 실험)

실험에 의한 오차를 줄이기 위해 실리콘 경도를 보다 정확하게 제작하고 PC 드리퍼의 금형을 정밀 설계하여 PC 드리퍼의 수정 설계 및 제작을 하였다. 미로의 깊이를 0.48mm로 설계하고 실리콘의 공간을 0.51mm로 하여 종전의 실리콘 공간 0.52mm에서 0.01mm를 줄였다. 이와 같이 하여 생산된 PC 드리퍼를 아래 그림과 같이 실험용 드리퍼 호스로 제작하여 실험하였다. 이때 실리콘 두께는 모두 0.85mm로 하고 실리콘 경도는 40, 45, 50, 55, 60의 5종과 실리콘 두께 0.80mm 한 종류에다 경도 50의 드리퍼 호스도 함께 준비하였으나 실험의 조건이 동일하지 않아 F(두께 0.80mm, 경도 50)는 실험에서 제외하였다.



그림 ---. 실리콘 경도를 달리한 드리퍼 실험용 호스

표 ----. 실리콘 경도별 드리퍼 호스의 규격

라인 라벨	실리콘 색상	실리콘 두께	실리콘 경도	라인별 드립 수량	홈(구멍) 사이즈	미로 깊이	실리콘 공간	비고
A	백색	0.85	60	6	0.35*0.15*1	0.48	0.51	
B	분홍	0.85	55	6	0.35*0.15*1	0.48	0.51	
C	백색	0.85	50	6	0.35*0.15*1	0.48	0.51	
D	녹색	0.85	45	6	0.35*0.15*1	0.48	0.51	
E	회색	0.85	40	6	0.35*0.15*1	0.48	0.51	
F	백색	0.8	50	6	0.35*0.15*1	0.48	0.51	



그림 ----. PC 드리퍼의 구성 조합을 달리한 드리퍼 호스(중복)

표 2. PC 드리퍼의 구성 조합 내용

규격	내용	실리콘 조건	실험 조건
1	유로드리퍼+유로실리콘	두께 0.85, 경도 50	0.4, 0.6, 0.8, 1.0, 1.6, 2.0, 2.6, 3.0, 3.6, 4.0 bar
2	남경드리퍼+남경실리콘	두께 0.85, 경도 50	
3	남경드리퍼+유로실리콘	두께 0.85, 경도 50	

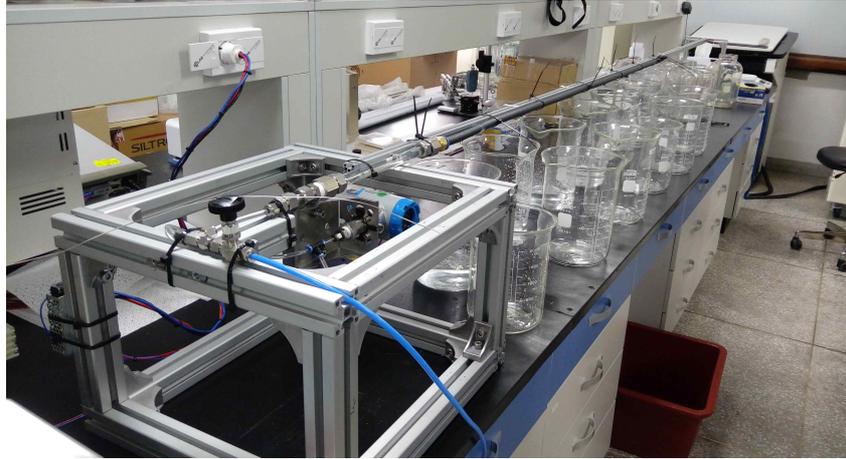


그림 21. 실리콘 경도별 드리퍼의 유량 실험 장면

2) 실리콘 경도에 따른 압력과 유량의 비교(실리콘 두께 0.85)

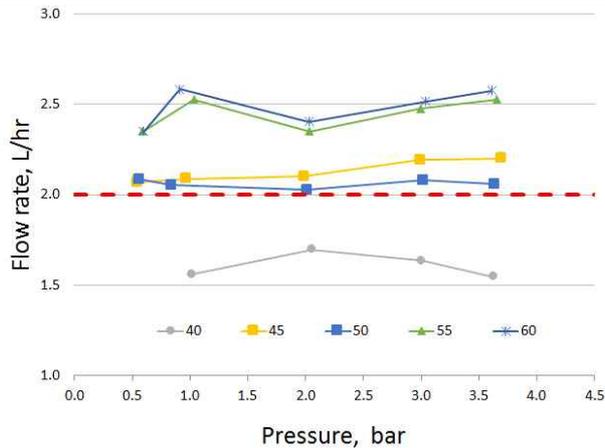


그림 ---. 실리콘 경도에 따른 압력과 유량의 비교(실리콘 두께 0.85)

위 그림은 드리퍼의 성능 개선을 위해 실리콘 두께 0.85로 고정하고(F : 실리콘 두께 0.80mm는 제외) 경도를 40, 45, 50, 55, 60의 5종으로 제작하여 유량 실험한 결과를 나타내고 있다. 공급 압력을 0.6~약 4.0 범위에서 실험하였으며, 현장(남경)실험에서 압력을 일정하게 조정하는 것이 쉽지 않아 압력값은 그 범위에서 최대한 조정하였다. 공급유량을 2.0 L/hr를 기준으로 보면 경도 50에서 가장 균일한 결과를 나타내고 있다. 평균 유량으로 보면 3.1% 증가한 결과로서 상당히 균일한 압력보상이 되는 것으로 나타났다. 그 다음은 경도 45로서 약 6.5%의 상승 오차를 나타내어 경도 50이 더 적절한 것으로 판단된다. 반면에 경도 40은 평균 유량이 19.6% 줄어들었고 경도 55와 60은 각각 22.3%, 24.3% 유량이 증가되어 부적합한 것으로 판단되었다. 실리콘의 경도가 40으로 낮을 때, 유량이 줄어든 것은 드리퍼 J형의 경우 미로의 폭과 깊이가 4.78×0.419mm로서 실리콘이 폭에는 변화를 주지 않으나 깊이는 낮은 경도로 인해 줄어들어 분석된다. 따라서 낮은 경도에서는 드리퍼의 단면적을 줄이는 효과가 있어 유량이 크게 감소되는 것으로 보여 졌다. 반면에 경도가 55와 60같이 높을 경우에는 공급 압력에도 불구하고 실리콘의 변형이 줄어들어 미로의 깊이에 거의 영향을 미치지 않아 드리퍼의 단면적을 적절히 조절하지 못한 것으로 판단되었다. 이와 같은 결과에서 드리퍼의 J형과 같은 미로와 단면적으로 구성된 경우에는 경도 50이 전체 압력의 범위에서 가장 우수한 것으로 나타났다.

표 ---. 실리콘 두께 0.85mm의 실리콘 경도별 평균 유량(2.0L/hr용)

Hardness	40	45	50	55	60
Maximum, L/hr	1.696	2.199	2.085	2.528	2.583
Minimum, L/hr	1.546	2.069	2.025	2.349	2.349
Mean, L/hr	1.609	2.130	2.061	2.446	2.485
Error, %	-19.6	6.5	3.1	22.3	24.3

2) 개선 후 남경 드리퍼와 유로 드리퍼의 압력과 유량의 변화

아래 그림은 실리콘 경도 50으로 설계하고 남경의 실리콘 두께 0.80mm, 0.85mm 2종류와 Euro 드리퍼(경도 50, 두께 0.85mm)를 비교 분석하였다. 설정 유량 2.0L/hr에서 남경의 실리콘 두께 0.85mm, 경도 50의 유량이 압력범위 0.5~3.7bar 까지 가장 균등한 것으로 나타났으며, 그 다음은 남경의 실리콘 두께 0.80mm, 경도 50의 유량이 우수하였다. Euro 드리퍼의 경우에는 높은 압력에서 10% 이상의 오차가 나타나는 등 전체적으로 오차가 크게 나타났다. 아래 표에서는 남경 dripper(hardness 50, T=0.85mm)와 남경 dripper(hardness 50, T=0.80mm) 모두 성능이 우수했다. 따라서 3종의 실험 결과로 볼 때, 실리콘의 경도를 정밀하게 하고, 또한 두께를 개선과 미로의 단면에 대한 금형 설계를 수정할 결과 오차가 1% 미만으로 줄어들어 매우 우수한 점적 호스용 PC 드리퍼의 개선효과를 얻을 수 있었다.

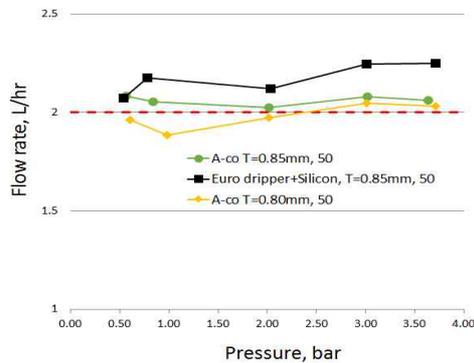


그림 ---. 유로 드리퍼와 남경 드리퍼(실리콘 두께 0.8mm, 0.85mm)의 유량 테스트

표 ----. 유로 드리퍼와 남경 드리퍼의 유량 테스트

Variations	Euro dripper(hardness 50, T=0.85mm)	A-co dripper(hardness 50, T=0.85mm)	A-co dripper(hardness 50, T=0.80mm)
Maximum, L/hr	2.281	2.075	2.047
Minimum, L/hr	2.104	1.923	1.887
Mean, L/hr	2.198	2.011	1.981
Error, %	9.9	0.55	0.95

4. 요약

본 연구의 목적은 국내 A사의 PC 드리퍼 성능을 선진국 수준으로 개선하고자 실리콘의 경도의 문제점, 경질미로의 성형물 재설계 등을 통하여 새로운 PC 드리퍼를 설계 제작하여 성능 평가를 실시하였다. 주요 내용은 국내 외에서 가장 우수한 것으로 알려진 Euro PC 드리퍼와 성능 비교를 수행하였고, 동시에 핵심 부품의 교차 조립에 의한 유량의 균등성을 평가함으로써 국내 PC 드리퍼의 근원적 기술의 문제점을 파악하고자 하였다.

주요 연구의 결과는 A사의 실리콘은 30, 35, 40에서는 비교적 경도가 잘 맞았으나 45이상에서는 약 10% 이상의 오차를 나타내어 실리콘의 경도를 개선하였다. 또한 당초에 설계된 경질미로의 깊이 0.485mm, 실리콘 공간은 0.52mm, 실리콘 두께는 0.80mm인 PC 드리퍼의 성능은 매우 불균일한 것으로 나타났다. 문제점의 핵심 기술인 경도별 유량 특성과 압력보상 기능의 문제점을 해결하기 위해 미로의 깊이를 0.480mm, 실리콘 공간은 0.51mm, 실리콘 두께는 0.80mm, 0.85mm의 2종류로 설계 변경하였다. 이와 같이 설계 변경 후 실험한 결과 압력보상 기능이 향상되고 유량 균등성이 크게 개선되었다. 뿐만 아니라 공급유량을 2.0 L/hr의 기준에서 실리콘 경도는 50에서 가장 균일한 결과를 나타내고 있다. 평균 유량으로 보면 3.1% 증가하여 매우 균일한 압력보상이 되는 것으로 나타났다. 그 다음은 경도 45로서 약 6.5%의 상승 오차를 나타내므로 실리콘 경도는 50이 더 적절한 것으로 판단된다. 또한 실리콘의 경도를 정밀하게 하고, 또한 두께를 개선과 미로의 단면에 대한 금형 설계를 수정할 결과, 유량 오차가 1% 미만으로 줄어들어 비교 분석한 Euro PC 드리퍼보다 성능이 우수한 것으로 나타났다.

4. 점적 단추의 성능 개선

1) 구형(개선 전)의 남경 단추의 성능 분석

점적 단추는 경질 점적호스에 구멍을 뚫어 단추의 끝 부분을 끼워 넣어 사용한다. 통상 단추의 유량은 2, 4, 6, 8L/hr로 제작 판매되고 있으나, 주로 사용되는 것은 2~4L/hr로 알려져 있다. 점적 단추의 압력 보상도 PC 드리퍼와 유사한 형태로 구성되어 있다. 아래 그림과 같이 점적 호스에 연결되는 부분과 점적 드리퍼 Irrigation 되는 부분으로 구분되고 금형도 2 부분으로 나누어져 있다. 내부에는 원형 실리콘은 $\Phi=9.5\text{mm}$, $t=0.9\text{mm}$, 경도 60으로 경질 단추 상, 하부 사이에서 압력보상의 주요 기능을 하고 있다. 점적 단추의 압력보상은 실리콘의 규격과 경도뿐만 아니라 경질 단추의 상, 하부 설계와 미로의 형상에 매우 민감하여 0.5bar에서 4.0bar까지 균일하게 유량이 유지되도록 하는 것은 많은 경험적인 기술과 설계의 정밀도, 제작 정밀도 등이 매우 중요하다. 특히 전 압력의 범위에서 균일한 유량을 유지하도록 낮은 압력과 높은 압력에서도 보상이 이루어지도록 해야 하므로 몇 가지의 이론적인 해석으로 구명되기는 쉽지 않은 실정이다. 따라서 점적 단추의 경우도 PC 드리퍼와 같이 압력 불균일의 원인을 분석하고 실리콘의 경도와 경질 단추의 설계를 보다 정밀하게 설계하는 것이 중요하다. 또한 반복적인 실험을 거쳐 그 원인을 파악하고 수정하는 과정이 반드시 필요할 것으로 생각된다.

■ 구형 단추의 특징은 크게 2가지로 구분된다.

- 1) 실리콘의 위치는 중앙에 있으나 경질미로는 Insert의 Side에 위치하여 용착으로 인한 단면의 형상에 영향을 받지 않아 압력보상이 뛰어나다.
- 2) 반면에 Outter와 Insert의 결합부가 제품 조립도와 같이 밀착되어 있어 용착 기계에 의해 녹여 용착하므로 최소한의 시간(개당 5초 정도)이 소요되므로 생산성에 큰 지장을 초래한다.

■ 구형 단추의 특징

<p>제품조립도</p> <p>제품실측도입도</p>	<p>Outer의 치수</p>
<p>Inserter의 치수</p>	<p>경질미로의 위치(Side type)</p>
<p>Outer</p>	<p>Inserter</p>



그림 ----. 개선 전 구형 점적 단추의 외형과 내부 실리콘(2.0L/hr, 4.0L/hr)

2) 구형(개선 전)의 남경 단추의 1차 실험 결과

남경에서 제작 판매 중인 점적 단추의 개선 전 규격은 아래 그림과 같으며 미로의 깊이를 0.7mm로 제작되었다. 또한 개선 전 점적 단추의 6회 반복실험 결과에서는 높은 압력인 3.5bar에서 2.0L/hr 부근에 유지되었고 낮은 압력에서는 대부분 약 10% 이상의 오차를 나타내었다. 높은 압력에서 유량이 적정하게 유지되고 낮은 압력에서는 유량이 높게 나오는 것은 실리콘의 경도보다 단추 내부의 미로 단면적과 관계가 있는 것으로 보인다. 왜냐하면 낮은 압력에서는 실리콘의 경도가 60일 경우 실리콘의 탄성을 충분하게 활용되지 않는 것으로 판단되고 따라서 미로의 단면적에 압력보상 능력이 떨어져 홈의 깊이나 폭에 영향을 받아 유량이 커진 것으로 추정할 수 있다. 따라서 단추의 경질 부분의 재설계를 통하여 단면적을 축소하거나 또는 실리콘의 경도를 조정함으로써 압력보상을 유지할 수 있을 것으로 판단되었다. 또한 유량이 증가하는 경우에는 단추 내부의 폭에 비해 홈의 깊이가 커서 실리콘의 밀착이 작아지는 경우와 실리콘 경도가 높아 압력에 따른 변형이 크지 않은 것으로 판단되었다. 수정 전의 단추 유량 성능 실험에서는 평균 편차가 8~11%로 나타났다.

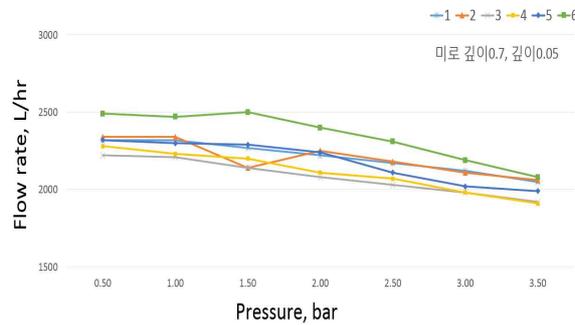


그림 ---. 구형 단추 타입의 점적기 성능 평가

표 ---. 구형(개선 전) 단추 타입의 점적기 성능 평가

PRESSURE : FLOW RATE (ml/hr)						
동시측정, 미로깊이0.7, 길이0.05						
kg/sq cm	1	2	3	4	5	6
	1.02*3.0*1.0	1.02*3.0*1.0	1.03*3.0*1.0	1.03*3.0*1.1	1.03*3.0*1.1	1.03*3.0*1.1
0.50	2,320	2,340	2,220	2,280	2,320	2,500
0.50	2,320	2,340	2,220	2,280	2,320	2,480
1.00	2,320	2,340	2,200	2,220	2,300	2,460
1.00	2,320	2,340	2,220	2,240	2,300	2,480
1.50	2,280	2,320	2,140	2,200	2,280	2,520
1.50	2,260	2,300	2,140	2,200	2,300	2,480
2.00	2,220	2,260	2,080	2,140	2,240	2,400
2.00	2,220	2,240	2,080	2,080	2,240	2,400
2.50	2,180	2,180	2,040	2,080	2,140	2,340
2.50	2,160	2,180	2,020	2,060	2,120	2,280
3.00	2,120	2,120	1,960	2,020	2,000	2,220
3.00	2,120	2,100	2,000	1,940	2,040	2,160
3.50	2,040	2,060	1,920	1,920	2,000	2,080
3.50	2,060	2,060	1,920	1,900	1,980	2,080
평균	2,210	2,227	2,083	2,111	2,184	2,349
최대	2,320	2,340	2,220	2,280	2,320	2,520
최소	2,040	2,060	1,920	1,900	1,980	2,080
평균편차	170	167	163	211	204	269
최대편차	280	280	300	380	340	440
평균편차(%)	0.08	0.08	0.08	0.10	0.09	0.11
최대편차(%)	0.14	0.14	0.16	0.20	0.17	0.21

깊이, 넓이, 코어길이, 공간의 변화를 줌으로서 전반적으로 2.0l/hr보다 낮은 유량으로 공급되었다. 또한 압력의 전체 범위에서도 구형에 비해 유량이 불균일하였고, 특히 0.5bar에서 1.9L/hr 이하로 나타나는 등의 문제점이 발생하였다. 개선형의 단추는 압력의 일정부분을 보상하는 경질미로의 홈이 Side형과 같은 단면으로 설계하여 Inserter와 Outter의 전면 즉 평면에 위치하였다. 이론적으로는 용착의 문제점을 해결하고 실리콘에 영향을 미치지 않을 것으로 판단하였으나 결합과정에서 실리콘의 압착이 발생하므로 실리콘의 단성에 문제가 발생된 것으로 추정되었다.



그림 ---. 개선형 PC 단추의 금형 제작



그림 ---. 경질미로가 평면에 구성된 개선형 단추의 제품

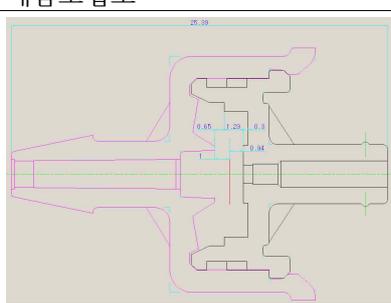
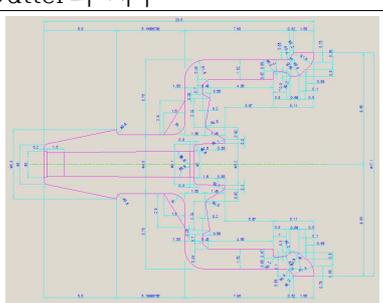
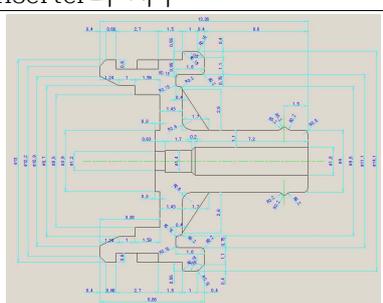
표 ----. 개선형 단추의 내부 홈 깊이, 넓이, 코어길이, 공간의 변화에 대한 유량 성능 평가

번호	PRESSURE : FLOW RATE (ml/hr)				5월13일업고			
	5월21일1차		5월21일1차		5월20일1차		5월20일1차	
번호	3	3	3	3	3	3	3	3
홈깊이	0.085	0.085	0.085	0.085	0.08	0.08	0.08	0.08
홈넓이	0.32	0.32	0.32	0.32	0.41	0.41	0.41	0.41
코어길이	45.605	45.605	45.605	45.605	45.65	45.65	45.65	45.65
생산일	5월21일	5월21일	5월21일	5월21일	5월19일	5월19일	5월19일	5월19일
미로	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
공간	1.545	1.545	1.545	1.545	1.59	1.59	1.59	1.59
실리콘	2월21	2월21	2월21	2월21	2월21	2월21	2월21	2월21
실리콘두께	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03
kg/sq cm	3.2*1.2	3.2*1.2	3.2*1.2	3.2*1.2	3.2*1.2	3.2*1.2	3.2*1.2	3.2*1.2
0.50	1,820	1,860	1,920	1,860	1,940	1,980	1,940	1,920
0.50	1,820	1,880	1,920	1,860	1,820	1,860	1,840	1,820
0.70	1,980	2,000	2,080	2,040	2,040	2,100	2,020	2,000
0.70	1,920	1,960	2,000	2,000	1,980	2,040	1,980	1,940
1.00	1,960	1,960	2,040	1,980	2,020	2,080	2,000	1,980
1.00	1,900	1,920	1,980	1,960	1,960	2,020	1,940	1,920
1.50	1,960	1,960	2,020	1,980	1,980	2,040	1,960	1,980
1.50	1,900	1,900	1,960	1,940	1,960	2,020	1,920	1,900
2.00	1,820	1,980	2,000	2,000	2,000	2,080	1,980	1,960
2.00	1,920	1,940	2,000	1,920	1,980	2,020	1,940	1,860
2.50	1,880	1,980	2,020	2,000	1,980	2,060	1,960	1,940
2.50	1,860	1,840	1,940	1,980	1,820	2,040	1,940	1,860
3.00	1,940	1,960	2,020	1,980	1,980	2,020	1,860	1,900
3.00	1,900	1,940	2,000	1,960	1,980	2,020	1,900	1,860
3.50	1,920	1,960	1,900	1,960	1,920	2,000	1,860	1,840
3.50	1,860	1,940	2,000	1,960	1,920	2,000	1,840	1,820
평균	1,898	1,936	1,988	1,961	1,955	2,024	1,930	1,906
최대	1,980	2,000	2,080	2,040	2,040	2,100	2,020	2,000
최소	1,820	1,840	1,900	1,860	1,820	1,860	1,840	1,820
평균편차	78	96	88	101	135	164	90	86
최대편차	160	160	180	180	220	240	180	180
평균편차(%)	0.04	0.05	0.04	0.05	0.07	0.08	0.05	0.05
최대편차(%)	0.09	0.09	0.09	0.10	0.12	0.13	0.10	0.10

4) 신형 단추의 실험 평가, 성능 및 제품의 개발(유로 버턴과 비교 분석)

이상의 구형, 개선형, 신형 실험 결과로부터 Outter와 Inserter의 설계 및 경질미로의 위치에 대한 수정을 통하여 성능을 개선하였다. 전체적으로 단면적의 홈 깊이와 폭을 조정하고 실리콘의 경도를 45로 낮게 하여 압력 0.5~4.0bar 까지 유량이 균등하도록 보상하고자 하였다.

■ 신형 단추의 특징

제품조립도	Outter의 치수	Inserter의 치수
		
<p>특징</p> <p>신형 단추의 특징은</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 실리콘의 위치는 용착시 장애를 받지 않는 Side에 위치하여 구형과 같은 성능의 효과를 얻었음. 2) 반면에 용착시 실리콘의 탄성에 영향을 미치지 않으므로 구형과 개선형의 장점을 모두 활용하는 새로운 단추의 형상이 개발되었음. 		

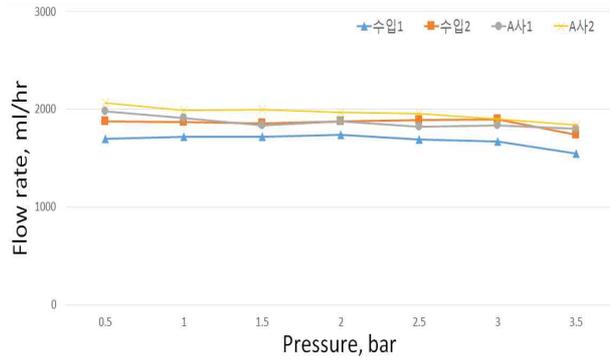


그림 ----. 신형 단추와 유로 단추의 유량 테스트(2.0 L/hr)

실리콘 경도를 45로 개선한 후 남경 단추와 유로 단추의 성능 테스트를 수행한 결과에서 시간당 유량을 2.0L로 설정하고 0.5 bar에서 3.5bar까지 유량은 전체적으로 2.0L 보다 적은 유량을 나타내었다. 유로 단추는 남경 단추에 비해 약 6.7% 성능이 떨어졌다. 유로 1과 2의 평균 유량은 1686, 1860L/hr이며, 남경 단추는 1867, 1914L/hr로 나타났다. 유로 단추의 평균 유량은 1773L/hr로써 오차가 11.4% 적게 공급되었고, 신형 단추는 4.7% 적게 공급되었다. 따라서 신형 점적 단추의 유량은 남경이 더 우수한 것으로 판단되었다.

표 ----. 신형 단추와 유로 단추의 유량 실험 결과

경도, 45	유로 단추의 유량		신형 단추의 유량	
	유로 1	유로 2	신형 1	신형 2
최대, L/hr	1740	1920	1980	2100
최소, L/hr	1540	1800	1800	1720
평균, L/hr	1686	1860	1867	1914
오차, %	15.7	7.0	6.7	4.3



그림 ---. 신형 PC 단추의 Outer와 Inserter의 금형



그림 ---. 신형 PC 단추의 Outer와 Inserter 및 실리콘이 삽입된 PC 단추

5. 스프링 클러의 성능 개선

스프링클러는 과수나 채소용의 관수에 광범위하게 사용되며 특히 잔디와 같이 넓게 퍼져 있는 초지의 관수에 많이 이용되고 있다. 스프링클러의 시간당 공급유량은 대개 20~150 L/hr 정도로 점적관수 자재로는 가장 크다. 스프링클러의 유량은 특성상 주로 공급 압력에 따라 관수의 범위가 결정되기도 하지만 관수의 길이가 길 경우에는 실리콘에 의해 압력보상이 필요한 경우도 발생된다. 실리콘에 의한 압력보상이 필요한 경우에는 PC 드리퍼나 단추과 같이 경질 부분과 연질(실리콘) 부분의 조합에 따라 성능의 차이가 크므로 궁극적으로 PC 드리퍼나 점적 단추의 개발과 연계되어 있다고 판단된다.



그림 ---. 스프링클러의 제품

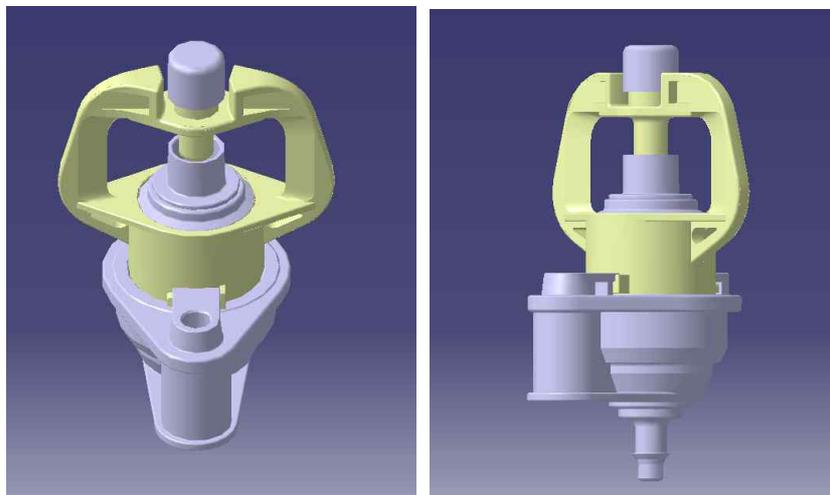




그림 ---. 새로운 스프링클러의 설계



그림 ---. 새로 개발한 스프링클러의 금형



그림 ---. 새로 개발한 스프링클러의 제품

(3) 제1위탁 3차년도 연구의 주요결과

- 3차년도(2017~2018) 연구개발 내용

연구개발의 목표	연구개발의 내용	3차년도	확인
○ 압력보상 점적테이프 및 점적호스, 점적버튼, 스프링클러의 정밀도 향상 및 실증시험(제1위탁, 경북대학교)	○ 압력보상 점적테이프, 점적호스, PC 점적버튼, 스프링클러의 0.5~4.0 bar에 따른 유량 균등성 정밀도 향상 기술개발	○	
	○ 압력보상 점적테이프, 점적호스, PC 점적버튼, 스프링클러의 실증시험	○	

1. 압력보상형 점적 테이프(Microtube)의 성능 개선 방향

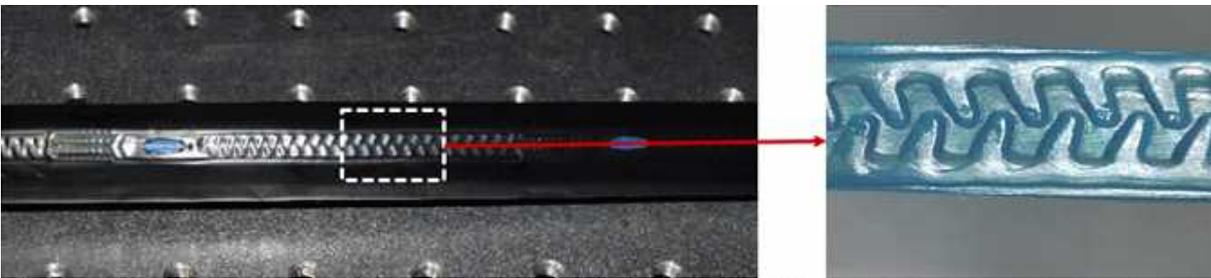


그림 ---. 압력보상형 점적 테이프의 형상

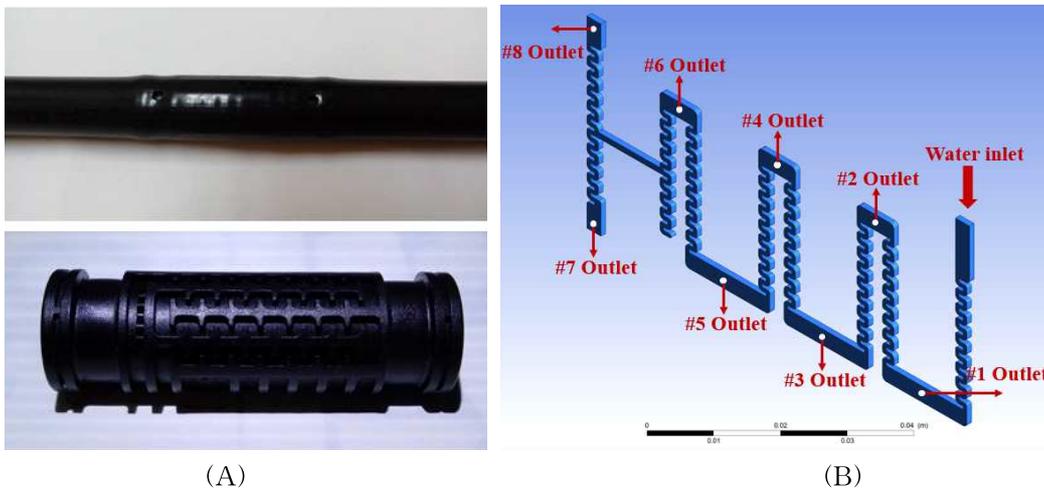
Microtube의 상부 폭과 하부 폭의 변화를 -5%, 0, +5%로 변화함에 따른 유출량의 차이는 유로내의 공간 확보와 밀접한 관계가 있다. 유출량은 압력의 크기에 비례하였으며, 폭의 변화를 -5%로 줄인 것이 +5%로 폭을 증가시킨 경우보다 최대 27.3%에서 최소 18.7%까지 증가하였다. 또한 0.55 bar 상태에서 돌기의 폭을 -5%로 줄였을 경우 와류가 거의 없고 이물질이 발생할 확률이 가장 작은 것으로 나타났다. 기존의 Microtube인 Base에서는 내부 와류의 형성이 발생하기 시작하였으며 +5% 돌기의 폭을 증가하였을 경우 와류가 더욱 심하게 나타났다. 이러한 와류의 형성은 이물질의 집적을 유발하여 Microtube의 빈 공간에 쌓이게 되며 추후 막힘의 원인으로 분석된다. 또한 유로의 돌기가 1 Pitch당 22개로 구성되어 있는데 Microtube내 Micro-Tip의 돌기 개수가 50%를 줄여도 유로의 기능은 충분할 것으로 판단되었다. Microtube의 돌기의 각도를 기존 120°를 기준으로 하고 -5%, +5%, 로 설계를 변경하여 돌기의 각도를 114°, 120°, 126°로 설정하여 CFD 해석한 결과 공급압력이 0.55 bar에서는 돌기각 114° 일 때와 120° 에서는 비슷한 양상을 나타내었다. +5%(126°)로 할 경우 유량의 감소가 4.0%로 줄어들었고, 0.8 bar에서는 5.4%가 감소하였다. 또한 1.0 bar에서는 3%rk 감소하여 평균 4.13% 줄어들어 Micro-tip의 각도를 크게 하는 것은 바람직하지 않는 것으로 나타났다. 그러나 이물질의 제거하는 측면에서는 114°로 하는 것이 더욱 유리할 것으로 판단되었다. 뿐만 아니라 돌기의 각도 부분을 이 보다 더 줄이는 방향에 대한 추후의 연구가 수행할 필요가 있었다. Micro-tip의 두께를 -5%(0.5415 mm), +5%(0.5985 mm), +10%(0.627 mm)로 나누고 나머지 상, 하부 폭과 길이, 돌기의 각도는 변경하지 않은 상태에서 CFD 해석을 한 결과 압력과 두께의 증가에 비례하여 유출 유량이 증가하였다. 압력을 0.5 bar 설정하고, -5% 줄인 경우와 +10%를 크게 한 경우 유량은 약 2배로 차이를 보였다. 그 차이는 압력의 증가와 함께 줄어드는 경향이 있었다. 또한 돌기의 두께가 커짐에 따라 내부의 단면적이 비례하여 증가하였으나 두께의 부분적인 변화는 CFD 해석의 결과에서는 속도 벡터가 큰 변화를 나타내지 않는 것은 두께의 증가 시 제조공정에서 튜브의 두께가 압착되어 치수의 변화가 발생되기 때문으로 추정된다. Microtube의 돌

기 길이를 기존 제품을 중심으로 -5%(2.1945 mm), +5%(2.4255 mm), +10%(2.541 mm)로 설계하여 CFD 해석한 결과 돌기의 길이가 길어지면 유체의 압력에 상관없이 유출량은 크게 감소하였으며 압력이 높을수록 유출량도 높게 나타났다. 또한 돌기의 길이를 -5%로 줄일 경우가 가장 유출량이 컸으며 다음의 기준의 길이, +5%, +10%로 나타났다. 이것은 돌기의 길이가 줄어들수록 중앙의 유로가 확대되어 유체의 마찰저항과 유동길이의 축소로 인해 유입 압력이 유출구 쪽으로 쉽게 전달되기 때문으로 보여진다. 뿐만 아니라 0.55 bar에서 분석한 CFD 해석에서 돌기의 길이가 +10%로 길어질수록 와류가 커지는 경향을 알 수 있었다. 또한 돌기의 길이가 길어질수록 돌기의 벽면에 작용하는 유동길이가 증가하는 경향이 뚜렷해졌다. 이러한 형상은 0.8 bar와 그림 6의 1.0 bar에서도 유사하였다.

Microtube의 수평경사도에 따른 유출량의 변화를 길이 13m로 한정하여 실험한 결과에서 경사도 범위에서 10~20%의 차이를 보였다. 전체적으로 입구압력과 유출량은 완전히 비례한 상태로 나타났고 경사도와 길이에 따라 유출량의 차이는 매우 큰 것으로 검증되어 전체길이를 크게 늘릴 경우 유출량의 불균일함이 크게 증가할 수 있었다. 수치해석의 결과와 실험값에 의한 비교에서는 큰 차이를 나타내었다. 이것은 공정과정에서 Microtube의 압착에 의해 그 형상이 찌그러진 것으로 판단되었고 Micro-tip도 형상이 왜곡되어 실제 공급량이 줄어든 것으로 보여 졌다.

따라서 압력보상형 점적테이프의 개선 방향은 돌기수를 줄이고, 돌기의 형상을 S형으로 하여 새로운 형태를 설계할 필요가 있다.

2. 점적호스의 성능향상 방안



(A) (B)
그림 ---. 점적 호스의 CFD 해석을 위한 입출구 위치

점적호스의 경질미로 길이에 따른 CFD 분석의 결과와 실험적 방법에 의한 유량의 실험결과에서는 거의 일치하였다. 또한 전체적으로 경질 미로에 압력이 증가할수록 미로의 유체 속도가 증가되었고 미로의 통로에서는 와류로 인한 이물질의 축적이 생기지 않을 것으로 판단되었다. 경질미로에 대한 압력에 따른 미로의 길이별 유출량은 지수적으로 반비례하였으며 점적 호스의 경질 미로에 대한 새로운 설계는 이론적인 해석을 통하여 가능할 것으로 판단되었다. 다만 미로와 미로 사이의 넓은 통로에서는 유속이 크게 떨어져 이물질들이 침착될 가능성이 있었으며 실질적으로 넓게 설계하는 것이 오히려 불리할 것으로 판단되었다. 따라서 경질미로와 미로사이의 통로 단면적은 유선으로 설계할 필요가 있으며 특히 경질미로의 유입부분에서는 넓은 통로에서 좁은 통로로 물이 유입될 때 발생하는 와류를 막기 위해 통로를 자연스럽게 줄이는 방향으로 설계할 필요가 있다.

3. PC 드리퍼의 성능 개선 방안

본 연구는 국내 A사의 PC 드리퍼 성능을 선진국 수준으로 개선하고자 실리콘의 경도의 문제점, 경질미로의 성형물 재설계 등을 통하여 새로운 PC 드리퍼를 설계 제작하여 성능 평가를 실시하였다. 주요 내용은 국내외에서 가장 우수한 것으로 알려진 Euro PC 드리퍼와 성능 비교를 수행하였고, 동시에 핵심 부품의 교차 조립에 의한 유량의 균등성을 평가함으로써 국내 PC 드리퍼의 근원적 기술의 문제점을 파악하고자 하였다.

주요 연구의 결과는 A사의 실리콘은 30, 35, 40에서는 비교적 경도가 잘 맞았으나 45이상에서는 약 10% 이상의 오차를 나타내어 실리콘의 경도를 개선하였다. 또한 당초에 설계된 경질미로의 깊이 0.485mm, 실리콘 공간은 0.52mm, 실리콘 두께는 0.80mm인 PC 드리퍼의 성능은 매우 불균일한 것으로 나타났다. 문제점의 핵심 기술인 경도별 유량 특성과 압력보상 기능의 문제점을 해결하기 위해 미로의 깊이를 0.480mm, 실리콘 공간은 0.51mm, 실리콘 두께는 0.80mm, 0.85mm의 2종류로 설계 변경하였다. 이와 같이 설계 변경 후 실험한 결과 압력보상 기능이 향상되고 유량 균등성이 크게 개선되었다. 뿐만 아니라 공급유량을 2.0 L/hr의 기준에서 실리콘 경도는 50에서 가장 균일한 결과를 나타내고 있다. 평균 유량으로 보면 3.1% 증가하여 매우 균일한 압력보상이 되는 것으로 나타났다. 그 다음은 경도 45로서 약 6.5%의 상승 오차를 나타내므로 실리콘 경도는 50이 더 적절한 것으로 판단된다. 따라서 실리콘의 경도를 정밀하게 하고, 또한 두께를 개선과 미로의 단면에 대한 금형 설계를 수정할 결과, 유량 오차가 1% 미만으로 줄어들어 비교 분석한 Euro PC 드리퍼보다 성능이 우수한 것으로 나타났다.

4. 점적 단추의 성능 향상 방안

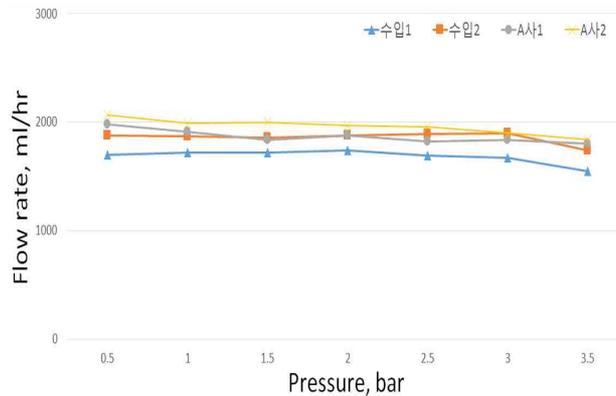


그림 ----. 신형 단추과 유로 단추의 유량 테스트(2.0 L/hr)

실리콘 경도를 45로 개선한 후 남경 단추과 유로 단추의 성능 테스트를 수행한 결과에서 시간당 유량을 2.0L로 설정하고 0.5 bar에서 3.5bar까지 유량은 전체적으로 2.0L 보다 적은 유량을 나타내었다. 유로 단추은 남경 단추에 비해 약 6.7% 성능이 떨어졌다. 유로 1과 2의 평균 유량은 1686, 1860L/hr이며, 남경 단추은 1867, 1914L/hr로 나타났다. 유로 단추의 평균 유량은 1773L/hr로써 오차가 11.4% 적게 공급되었고, 신형 단추은 4.7% 적게 공급되었다. 따라서 신형 점적 단추의 유량은 남경이 더 우수한 것으로 판단되었다.

표 ----. 신형 단추과 유로 단추의 유량 실험 결과

경도, 45	유로 단추의 유량		신형 단추의 유량	
	유로 1	유로 2	신형 1	신형 2
최대, L/hr	1740	1920	1980	2100
최소, L/hr	1540	1800	1800	1720
평균, L/hr	1686	1860	1867	1914
오차, %	15.7	7.0	6.7	4.3

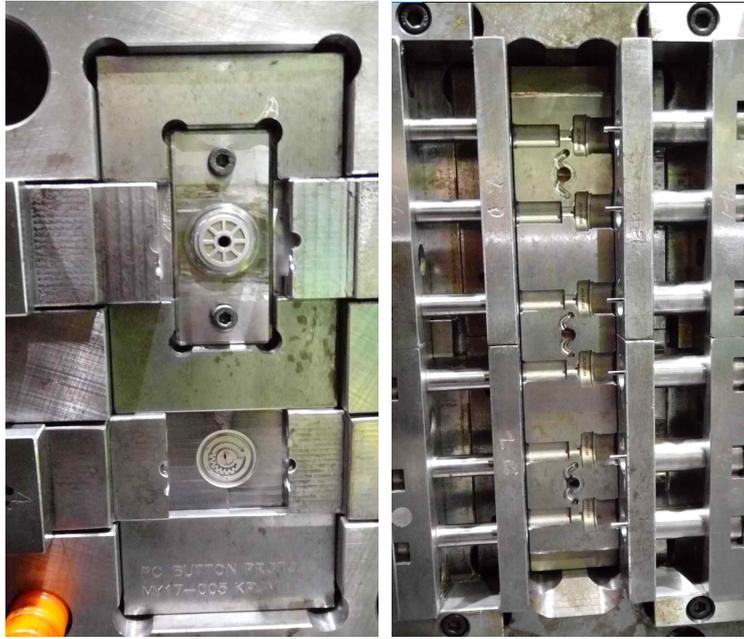


그림 ----. 성능이 향상된 신형 단추의 금형(1)

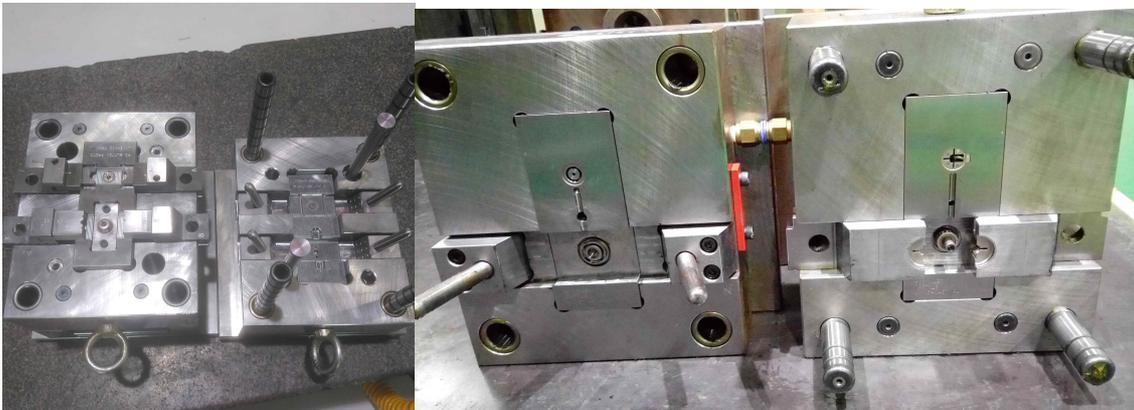


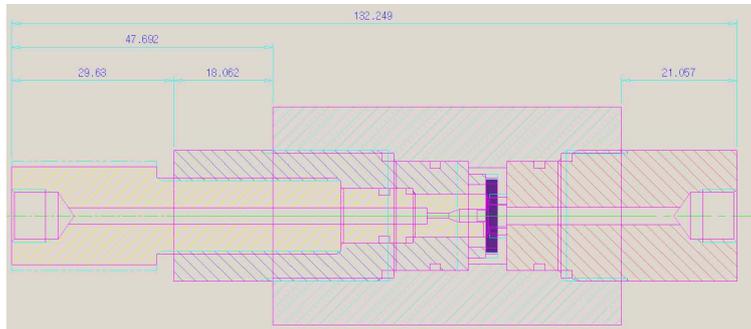
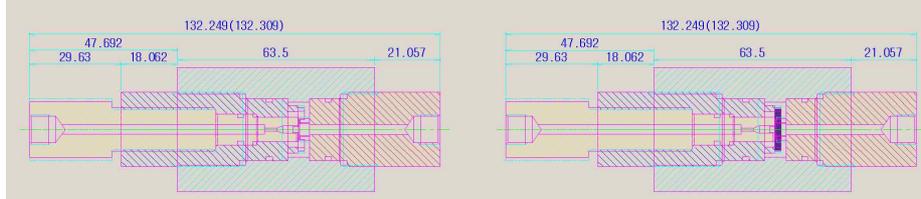
그림 ----. 성능이 향상된 신형 단추의 금형(2)

5. 스프링클러 유량실험

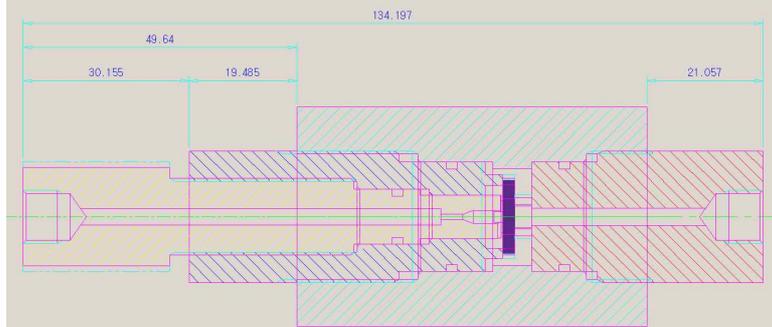
1) 스프링클러의 실리콘 간격에 따른 성능평가

스프링클러의 성능 향상을 위해 지그를 통하여 핵심기술을 평가하고자 하였다. 내부에 결합된 실리콘의 간격을 0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5mm로 설정하였고, 실리콘은 대표적으로 3종(두께 1mm인 동도실리콘, 1.5mm인 난단실리콘, 2.15mm인 경북대에서 개발된 실리콘)을 대상으로 실험하였다. 이 때 실리콘의 경도는 73.5, 60, 45로 설정하고 지름은 모두 13.5mm로 제작하였다. 공급압력은 0.4bar에서 4.0bar까지 10단계로 실험하였다.

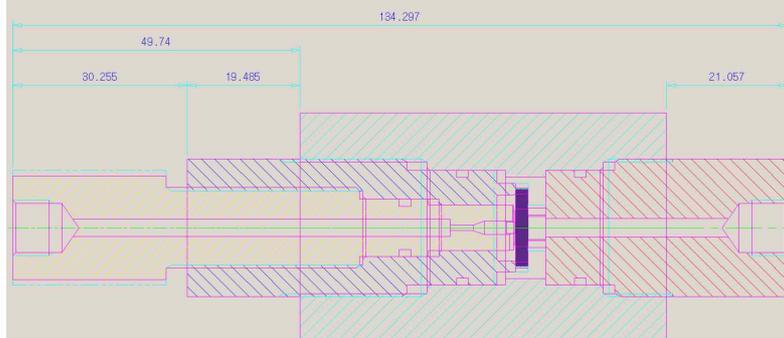
측정기 측정치(기준으로 함)

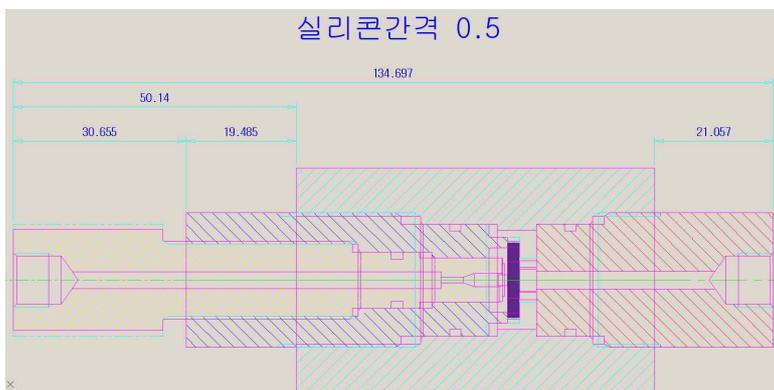
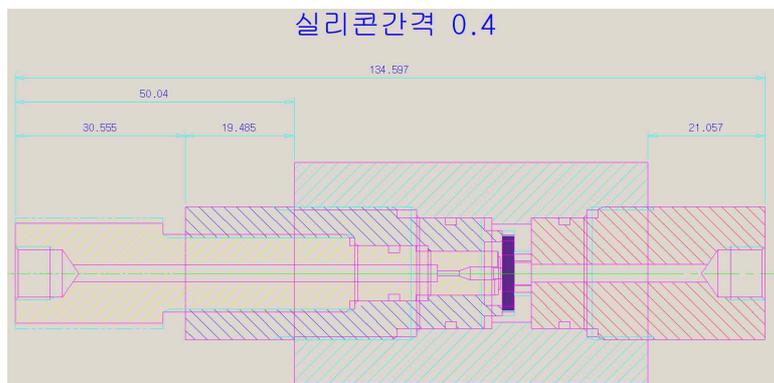
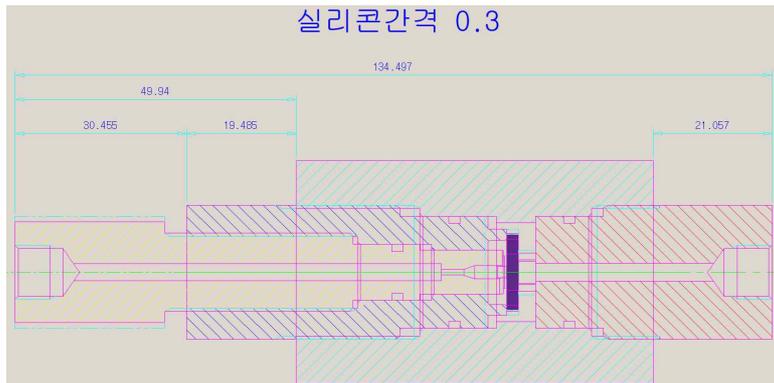
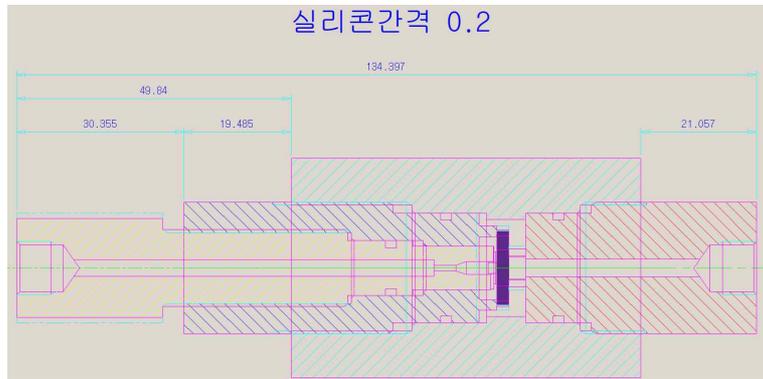


실리콘간격 0

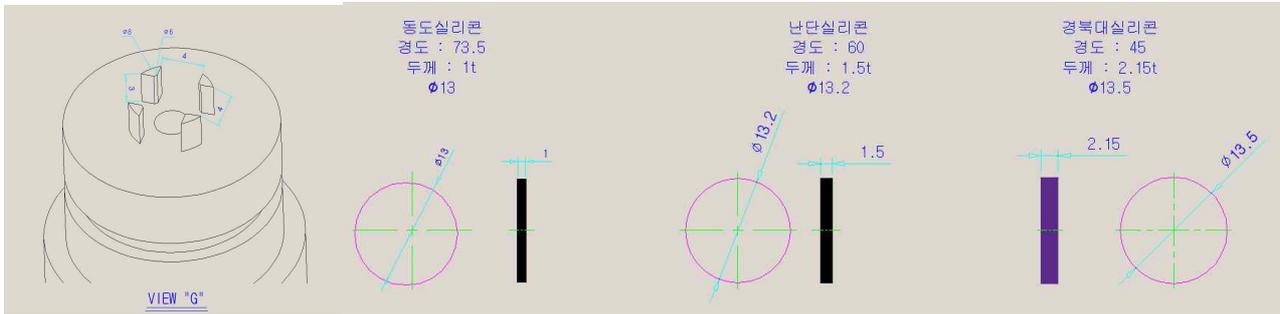
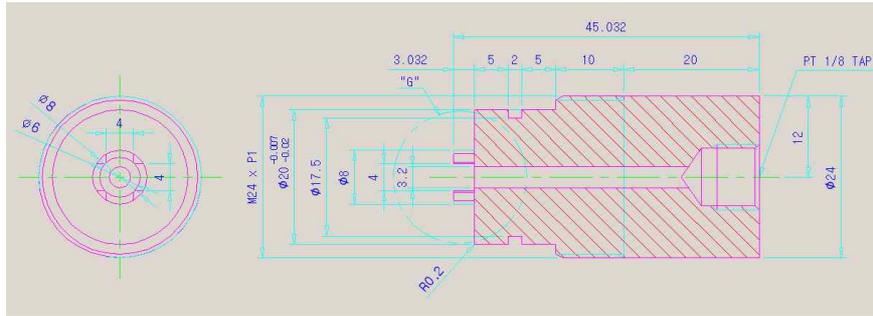
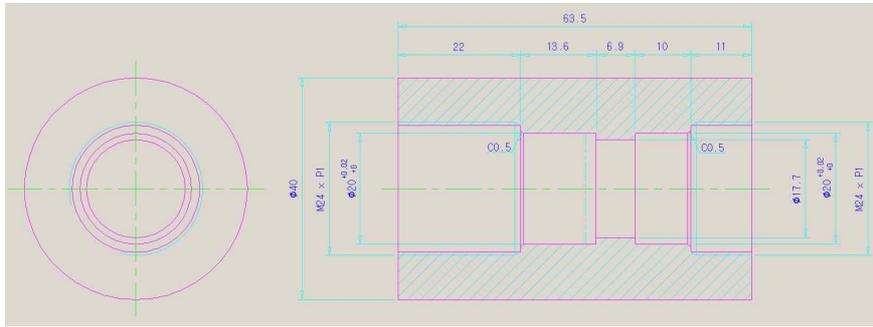


실리콘간격 0.1





실측규격(2017.12.21)



3) 스프링클러의 실험용 지그

스프링클러의 실리콘 두께와 경도 및 실리콘의 간격에 따른 유량특성을 구명하기 위해 아래 그림과 같은 실험용 지그를 제작하였다. 실험용 지그의 가장 중요한 부분인 노즐과 주변 치수는 모두 실제 스프링클러의 치수와 동일하게 하여 동도실리콘 1t, 난단실리콘(이스라엘) 1.5t, 경복대에서 개발한 실리콘 2.15t를 각각 실험하여 비교 분석하였다.



그림 --- 스프링클러의 실험용 지그 조립상태

4) 지그용 스프링클러의 실험조건에 따른 성능 평가

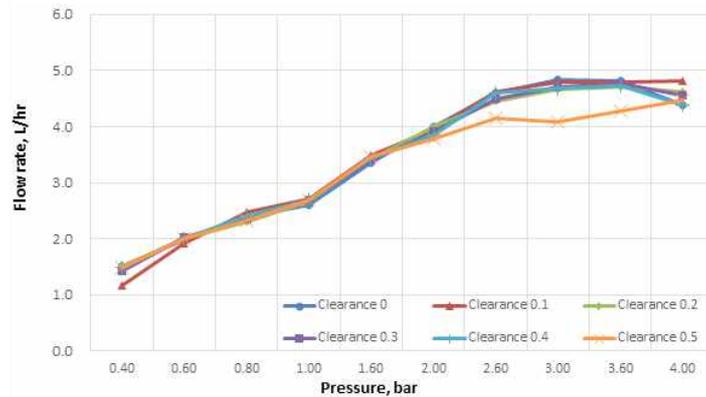


그림 -----. 동도실리콘 두께 1mm, 실리콘 간격 0~0.5mm 사이의 압력에 따른 유량의 비교

동도실리콘(남경) 두께 1mm, 실리콘 경도 73.5, 실험 간격을 간격 0~0.5mm로 하였을 때 공급압력에 따른 유량의 비교분석을 나타내었다. 그림에서와 같이 전체적으로 실리콘 간격의 영향보다 유량은 공급압력에 따라 변화하는 모습을 나타내고 있다. 간격 0.5mm에서는 압력이 2.0bar 이상에서 유량이 떨어지는 경향을 보이고 있는데 이것은 경도가 높아 실리콘의 탄성력과 간격의 차이가 큰 결과로 유량을 조절하는 기능이 떨어진 것으로 판단된다.

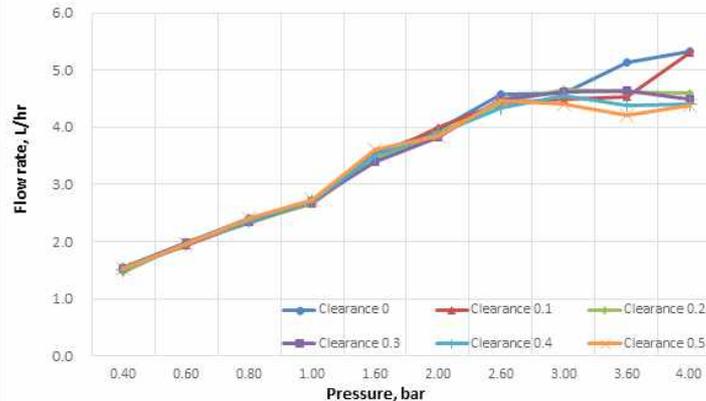


그림 ---. 난단실리콘 두께 1.5mm, 실리콘 간격 0~0.5mm 사이의 압력에 따른 유량의 비교

난단실리콘(수입품) 두께 1.5mm, 실리콘 경도 60, 실험 간격을 간격 0~0.5mm로 하였을 때 공급압력에 따른 유량의 비교분석을 나타내었다. 그림에서와 같이 공급압력 3.0bar까지는 실리콘 간격의 영향이 없었으며 압력의 증가에 따라 유량도 비례하는 양상을 나타내었다. 그러나 공급압력 3.0bar 이상에서는 공급압력이 높을수록, 간격이 클수록 유량이 일정하지 않은 것은 실리콘 경도와 두께, 간격의 차이에서 발생하는 불균일성으로 보여진다. 따라서 난단실리콘의 경우에는 낮은 압력에서 적용한 것이 타당할 것으로 판단된다.

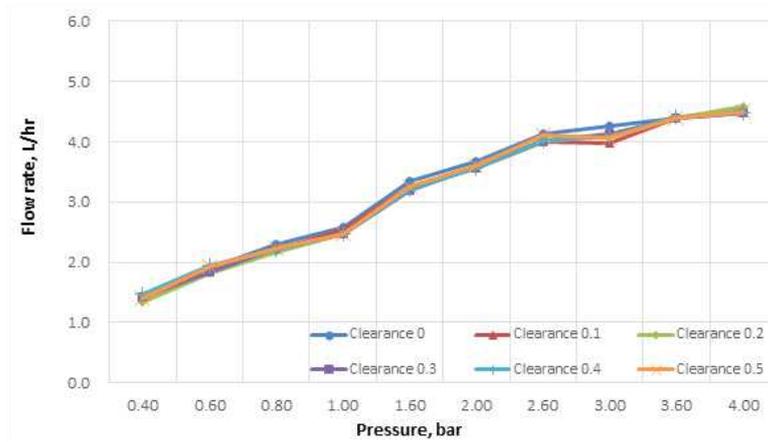


그림 ---. 경북대 실리콘 두께 2.15mm, 실리콘 간격 0~0.5mm 사이의 압력에 따른 유량의 비교실험

경북대실리콘 두께 2.15mm, 실리콘 경도 45, 실험 간격을 간격 0~0.5mm로 하였을 때, 실험의 결과에 서는 전체 구간에서 공급압력의 차이에도 불구하고 가장 안정적인 유량을 나타내고 있다. 따라서 스프링클러의 개발에서 본 금형으로 제작하여 개발할 경우 두께는 2.0mm 이상, 실리콘 경도는 45로 할 경 우 가장 오차가 적은 스프링클러를 개발할 수 있을 것으로 판단되었다.

3-2-3. 제 1협동 한솔테크 연구개발 수행 내용 및 결과

제 1 절 솔레노이드를 이용한 점적관수용 전자밸브 국산화 개발

1. 선진사 제품 조사 분석

가. 선행기술조사

○ 선진제품 기술 현황

- 대부분의 솔레노이드 전자밸브는 이스라엘의 바카라(Baccara), 버마드(Beramd), 레인버드(Rain Bird)가 시장을 장악하고 있고 기술력 또한 가장 우수함.
- 솔레노이드 전자밸브의 Globe 타입을 중심으로 주요 제원, 입출력 방식 및 공칭범위 등을 조사하였으며 제조사별로 나누어 공통사양을 조사함.
- 해외 선진제품은 2W와 3W 방식으로 나누어지며 낮은 공급전압(12V~24V)에서 작동 문제가 없고, 높은 압력에서도 사용이 가능함. 압력 범위는 최대 16 bar이며 평균 10bar 이하의 압력 범위를 가지고 있으며 공칭 직경은 D20~150 범위로 상황에 맞는 선택의 폭이 넓음.

1) 버마드(Bermad)

- 버마드사 제품은 구동방식에 따라 시리즈를 나누었으며 가장 기본적으로 플라스틱 재질을 사용하고 있고, 개폐 속도를 조절할 수 있는 것이 특징임.
- 전자밸브 부속품 중에서 밸브를 막아주는 역할을 하는 스프링은 녹 발생이 적은 스테인리스 재질을 사용함.

· 100 Series hyflow(high performance plastic hydraulic control valves)

제품	제품명	특징	공통 사양
	105-Z	<ul style="list-style-type: none"> Basic hydraulic valve 제어방식: on/off 재질: 엔지니어링플라스틱 화학성분과 캐비테이션 내성이 강함 Y자 형태 	<ul style="list-style-type: none"> 압력 정격: 10bar 작동 압력 범위: 0.5-10bar 작동 온도: 80℃ 이내 공칭 직경: 40, 50, 50L, 65, 80, 80L, 100&150 스프링: 스테인리스강
	110-N1-2W	<ul style="list-style-type: none"> Electric valve 솔레노이드 전압 범위: 24VAC, 24VDC, 9VDC, 12VDC 온실 및 잔디 시설에 적합 수동 작동기능 	
	120-bZ	<ul style="list-style-type: none"> Pressure reducing valve 밸브 개폐속도 제어 대형 및 중소 규모 농업 관개용으로 적합 Y자 형태 	
	120-55-bZ	<ul style="list-style-type: none"> Electric pressure reducing valve 솔레노이드 전압 범위: 24VAC, 24VDC, 9VDC, 12VDC 관개 제어장치에 의해 밸브 개폐 가능 	

· 100 Series hyflow(flow control valve with hydraulic control)

제품	제품명	특징	공통 사양
	IR-170-50-bDZ	<ul style="list-style-type: none"> Y자 형태 제어방식: on/off 광범위한 현장 적용 가능 재질: 엔지니어링플라스틱 높은 내구성, 화학성분과 캐비테이션 내성이 강함 높은 유량의 낮은 압력 손실 	<ul style="list-style-type: none"> 압력 정격: 10bar 작동 압력 범위: 0.35-10bar 작동 온도: 80℃ 이내 공칭 직경: 80, 80L, 100&150 스프링: 스테인리스강

· 200 Series lastic hydraulic/Electric control valves

제품	제품명	특징	공통 사양
	IR-205-MZ	<ul style="list-style-type: none"> 제어방식: on/off 다이아프램 왜곡 방지 유압유량센서(상류 설치) 라인압력 구동 방식: 3W Metering valve 	<ul style="list-style-type: none"> 재질: 플라스틱 작동 압력범위: 0.7-10 bar 공칭 직경: 20, 25, 40 & 50 포트 크기: 1/2", 1", 1 1/2", 2"
	IR-210-6-20 DC-2W-M	<ul style="list-style-type: none"> Two Latch Solenoid Controlled Valves 방식: 2W 	
	IR-220-bZM	<ul style="list-style-type: none"> 제어방식: on/off Solenoid control valve, Four pressure reducing Control valves 최소 작동 압력: 0.5 bar 방식: 2/3W 	
	IR-220-55-b -M	<ul style="list-style-type: none"> Four pressure reducing Solenoid controlled valves 변속제어 시스템 	
	200 Series	<ul style="list-style-type: none"> 방식: 2W 솔레노이드 케이블 색깔: 레드 솔레노이드 전력: 1.7W 코일 저항: 37.5MΩ 	

· 400 Series hyflow(flow control valve with hydraulic control)

제품	제품명	특징	공통 사양
	IR-470-50- bRUZ	<ul style="list-style-type: none"> • 제어방식: on/off • 다이어프램 왜곡 방지 • 유압유량센서(상류 설치) • 라인압력 구동 	<ul style="list-style-type: none"> • 압력 정격: 16bar • 작동 압력 범위: 0.5-16bar • 공칭 직경: 80, 100, 150, 2400-400 • 스프링: 스테인리스강

· WWW 700 Series(pressure relief/Sustaining valve)

제품	제품명	특징	공통 사양
	WWW-730	<ul style="list-style-type: none"> • 라인압력 구동(독립 운영) • In-line serviceable(간편한 유지보수) • Y & angle(압력 손실 최소화) • 캐비테이션 내성 강함 	<ul style="list-style-type: none"> • 밸브 사이즈 범위: 40-800mm • 작동 온도: 80℃ 이내 • 액츄에이터, 본체 • 재질: 연성 철 내부 재질: 스테인리스강, 청동 및 코팅된 강철 • V포트 스로틀링 플러그
	WW-730-55	<ul style="list-style-type: none"> • 솔레노이드 제어 가능 • 유압 작동 • Y & angle(압력 손실 최소화) • 다이어프램 작동 제어밸브 	
	WW-736	<ul style="list-style-type: none"> • 차동 압력 유지 밸브 • Y & angle(압력 손실 최소화) • 이중 챔버 디자인 • 다양한 악세사리 결합 가능 • 펌프 과부하 및 캐비테이션 보호 • 비상 필터 바이패스 	

2) 바카라(Baccara)

- 바카라사 제품은 플랜저 크기에 따라 시리즈를 구별하였으며 시리즈 별로 2W, 3W 방식을 모두 갖추고 있으며 압력범위가 최대 12bar로 구성되어 있음.
- 수격현상을 방지하기 위해 느린 폐쇄시스템을 사용하고 있으며 황동과 알루미늄 재질을 사용하는 것이 특징임.

· GEM-SOL

제품	제품명	특징	공통 사양
	2W, 3W direct acting	<ul style="list-style-type: none"> • 일반 압력: 12 bar이하 • 방식: 2W, 3W • 작동 전압: AC 8W, DC 10W • 재질: 황동, 스테인리스강, 마자크 • 래치밸브 사용가능 • 포트 크기: 1/8", 1/4" 	<ul style="list-style-type: none"> • 액체 적정 온도 • 범위: 80℃ 이하 • 주변 온도 범위: 10℃~50℃ • N.O., N.C.
	2W, 3W pilot operated	<ul style="list-style-type: none"> • 일반 압력: 0.3~12 bar 이하 • 방식: 2W, 3W • 재질: 황동(2W, 3W), 스테인리스 강(2W) • 포트 크기: 3/8", 1/4", 1/2", 3/4" 	

· GEVA-80

제품	제품명	특징	공통 사양
	2W, 3W direct acting	<ul style="list-style-type: none"> • 일반 압력: 10 bar이하 • 방식: 2W, 3W • AC, DC • 코일: 90° 간격으로 4개 위치에 장착 가능 • 코일 플러그: 2위치에서 180° 회전 가능 • 응답시간: 5-12 msec • 포트 크기: 1/8", M5, 10 UNF 	<ul style="list-style-type: none"> • 액체 적정 온도 • 범위: -10℃~80℃ • 주변 온도 범위: 10℃~50℃ • 재질: 황동, 스테인리스 강, 알루미늄 • N.O., N.C.
	2W, 3W pilot operated	<ul style="list-style-type: none"> • 일반 압력: 0.5~12 bar 이하 • 방식: 2W, 3W • 방폭, 저전력 코일 사용 • 느린 폐쇄 시스템사용: 수격현상 방지 • 포트 크기: 3/8", 1/4", 1/2", 3/4", 1" 	

· GEVA-65

제품	제품명	특징	공통 사양
	2W, 3W direct acting	<ul style="list-style-type: none"> • 일반 압력: 10 bar이하 • 방식: 2W, 3W • AC, DC • 코일: 90° 간격으로 4개 위치에 장착 가능 • 코일 플러그: 2위치에서 180° 회전 가능 • 플런저: 6.5mm • 포트 크기: M5, 10 UNF • 응답시간: 5-12 msec 	<ul style="list-style-type: none"> • 액체 적정 온도 • 범위: -10℃~80℃ • 주변 온도 범위: 10℃~50℃ • 재질: 알루미늄, 황동, 스테인리스강 • - N.C.

다) 레인버드(Rain bird)

- 레인버드 사의 제품은 스크럽 장치를 이용하여 이물질 축적 및 막힘 현상을 방지하며 압력범위는 최대 13.8bar인 것이 특징이지만 포트 크기를 선택할 수 있는 폭이 좁다는 단점을 가지고 있음.

제품	제품명	특징	공통 사양
	PESB	<ul style="list-style-type: none"> • 작동 압력 범위: 1.38~13.8 bar • 재질: 황동 • 유량 범위: 0.25~300gpm • 나일론 스크럽 장치: 이물질 축적 및 막힘 방지 	<ul style="list-style-type: none"> • 포트 크기: 1", 1/2", 2"
	PGA	<ul style="list-style-type: none"> • 작동 압력 범위: 1.04~10.35 bar • 재질: PVC • 유량 범위: 2~150 gpm • 작동 온도: 43℃ • 개별 공급 가능 	

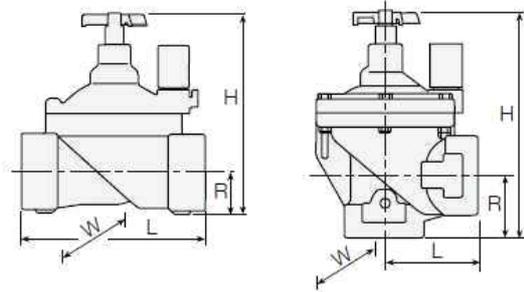
○ 선진제품 규격서 분석

- 선진제품의 규격서는 전자밸브의 규격과 공칭에 따른 유량별 압력손실에 대한 비율을 나타낸 Flow chart로 구성되어 있으며 유량범위, 압력범위를 쉽게 파악할 수 있음.
- 바카라의 전자밸브 규격서의 경우 기능에 따라 규격서를 나누었으며, 소비전력과 전자밸브의 압력범위를 쉽게 파악할 수 있도록 구성되어 있음.

가) 버마드(Bermad)

- 버마드 사의 규격서는 Globe 타입과 Angle 타입으로 크게 나누어져 전자밸브의 크기를 알 수 있으며 포트 크기에 따라서 유량과 압력손실을 비교할 수 있는 flow chart로 구성되어 있었음.
- Flanged

Dimensions & Weights



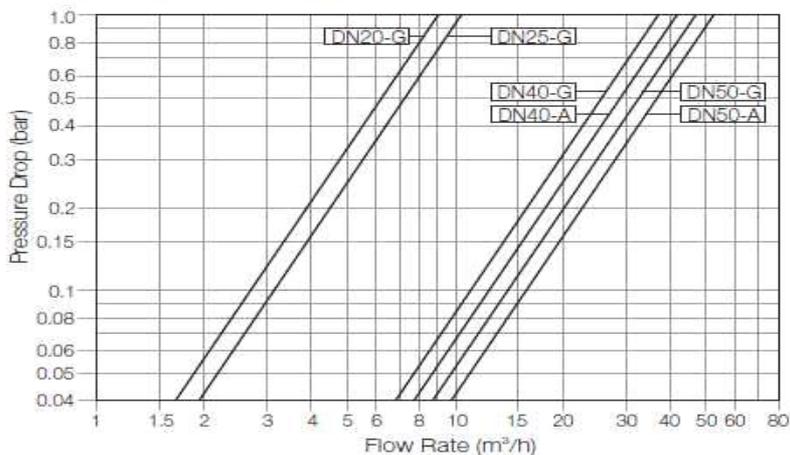
Pattern		Globe				Angle	
Size		DN20	DN25	DN40	DN50	DN40	DN50
L	(mm)	110	110	160	170	80	85
H	(mm)	115	115	180	190	190	210
R	(mm)	22	22	35	38	40	60
W	(mm)	78	78	125	125	125	125
Weight*	(Kg)	0.35	0.33	1.0	1.1	0.95	0.91
CCDV**	(lit)	0.015	0.015	0.072	0.072	0.072	0.072

* Without flow control handle
 **Control Chamber Displacement Volume (liter)

- Flow charts

Flow Chart

2-Way circuit "Added Head Loss" (for "V" below 2 m/s): 0.3 bar



Pattern	Globe				Angle	
Sizes DN	20	25	40	50	40	50
KV (m³/h)	9	10.5	37	47	41	52

나) 바카라(Baccara)

- 바카라 사의 규격서는 2W, 3W 방식에 따라 규격서가 나누어지며 제품의 구체적인 사양을 볼 수 있음. 또 한 전력에 따른 압력변화와 전압 및 전력 소비를 보기 쉽게 표로 정리해 놓은 것이 특징임.

- Technical Data

Function	2 Way NC, NO
Ports size	1/8" and 1/4" BSP & NPT
Orifice size	See table
Pressure range	<ul style="list-style-type: none"> • See table • Valves for pressure higher than 25 bar cannot be supplied with manual override
Kv (l/min)	See table
Temperature range	Fluid : -10°C to 80°C Ambient : -10°C to 50°C
Materials in contact with media	<p>Manual override*: Plastic, Brass screw or Brass finger knob, Stainless Steel for Stainless Steel valves * unavailable in 2W NO through base applications</p> <p>Main Valve: Brass or Stainless Steel AISI 316</p> <p>Solenoid Operator: Stainless Steel AISI 300 & 400 series</p> <p>Seals: NBR, FPM (Viton®), EPDM, FFKM (Kalrez®) or PTFE</p>
Media	Air, water, oil
Coil voltage	<ul style="list-style-type: none"> • Voltage and power consumption - see table • All Baccara coil voltages are ± 10% of nominal
Standard / Certification	<ul style="list-style-type: none"> • NSF/ANSI 61 • AS/NZS 4020 * Available on selected models only. Please contact our technical sales department for details
Standard protection class	IP65 with connector * Option : IP67, IP68

- Latch valves are available upon request.

- Max. Pressure (bar) 2W NC, NO table

Coil Current/Power	Orifice (mm)						
	0.8	1.2	1.6	2.0	2.4	3.0	4.0
ADC *	60	50	35	20	15	10	5
AC8W, DC/10W	80	80	60	38	30	18	10
AC5.5W	80	60	40	28	20	15	6
AC2.5W	60	50	35	20	15	9	5
DC5.5W	60	30	18	12	9	6	3
DC3.5W	40	20	12	8	6	4	2
Flow factor Kv(l/min)	0.5	1.1	1.7	2.5	3.5	4.5	5

Coil Current/Power	Orifice (mm)					
	0.8	1.2	1.6	2.0	2.4	3.0
ADC *	25	25	25	20	15	10
Flow factor Kv(l/min)	0.5	1.1	1.4	2.5	3.0	3.5

- Voltage & Power Consumption

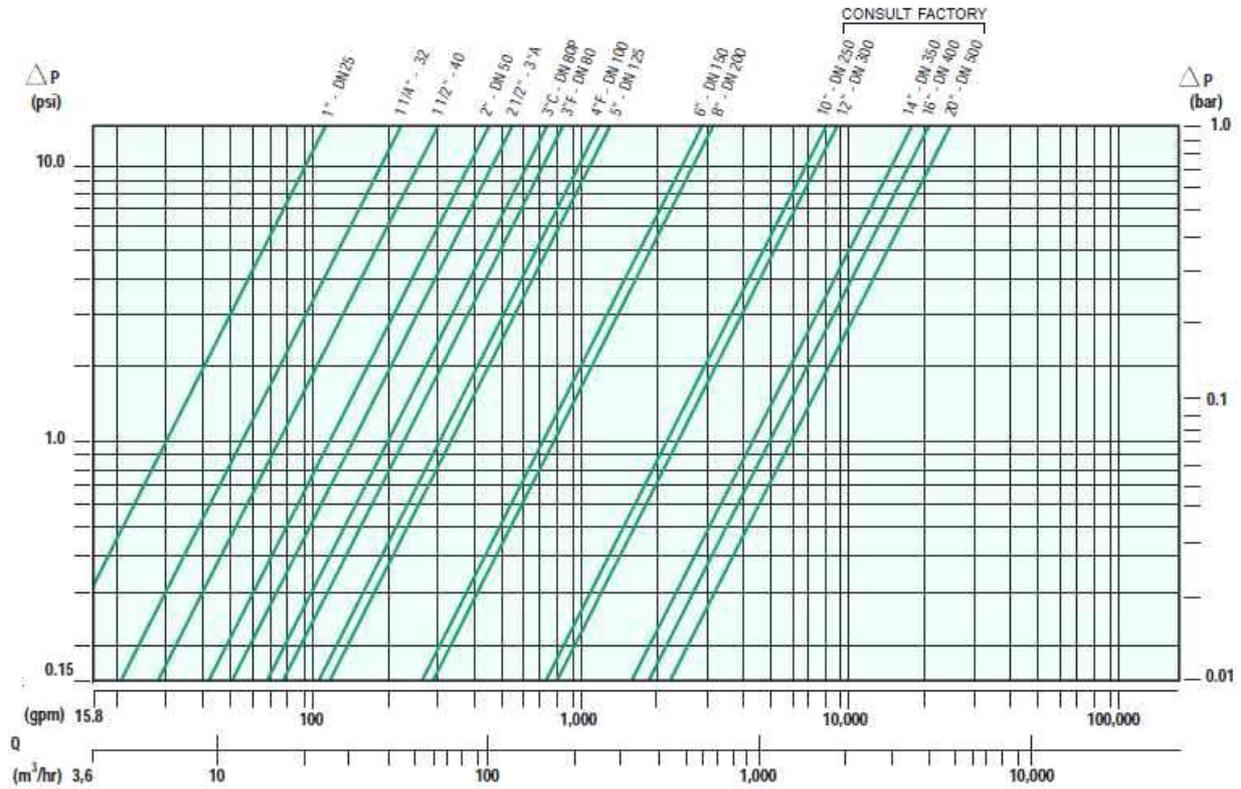
V	AC (W)						DC (W)		
	50 Hz			60 Hz			10	5.5	3.5
6							•	•	•
12	•			•			•	•	•
24	•	•	•	•	•	•	•		
48	•			•			•		
110	•			•	•		•		
120	•			•					
220	•	•	•	•			•		
230	•	•							
240	•			•			•		

• Available options

다) 레인버드(Rain Bird)

- 레인버드사의 제품 규격서는 압력에 따른 유량 비율을 나타낸 그래프와 유량 범위에 대한 표를 볼 수 있으며 유량에 따른 압력 손실에 대한 내용을 표로 나타낸 것이 특징임.

- Flow Rate



- Flow Range Table

DIA.	Connection	MIN	NOMINAL	MAX	CV
		gpm	gpm	gpm	gpm
1"	NPT, BSP	0.4	40	53	30
1 1/2"	NPT, BSP	4	132	176	71
2"	NPT, BSP, VIC	13	221	265	113
3" C	NPT, BSP, Flange, VIC	18	353	419	174
4"	NPT, BSP, Flange, VIC	44	662	838	285
6"	Flange	110	1544	1764	682
8"	Flange	154	1588	1852	761

CV = Flow rate in gpm that creates a pressure drop of 1 psi.

- Performance Data

Performance Data - PESB
Pressure Loss (psi)

gpm	100-1"	150-1 1/2"	200-2"
0.25	0.8	0.06	0.02
0.5	1.0	-	-
1	1.3	-	-
5	1.7	-	-
10	1.8	-	-
20	2.9	4.0	-
30	5.6	3.6	-
40	10.0	2.7	-
50	15.6	2.4	3.1
75	-	4.2	2.9
100	-	8.5	3.9
125	-	14.6	6.8
150	-	21.2	10.0
175	-	-	13.6
200	-	-	17.5

나. 벤치마킹 제품 선정

- 벤치마킹 기종으로 이스라엘 버마드(Bermad) 제품선정
- 솔레노이드 전자밸브는 세계적으로 이스라엘 버마드(Bermad) 사, 바카라(Baccara)사가 점유하고 있으며 전 세계 농가에서도 농가 50% 이상이 두 개사의 제품을 사용하고 있음.
- 충남대학교 선진제품 분석을 토대로 현재 국내에서 점유율이 높은 전자밸브 제조사 2 업체를 선정하여 조사하였으며 제조사 에 따른 특징을 분석함
- 버마드 제품은 수압으로 개폐되며 솔레노이드를 부착하여 원격제어가 가능하고, 유량은 크나 손실율이 낮은 것이 특징임. 바카라 제품은 기체, 액체, 가스 등의 낮은 온도에서도 사용할 수 있으며 자동제어 시스템으로 관개를 제어할 수 있음
- 세계적으로 대표적인 제품으로 제품의 성능이 우수하고, 높은 내화학성을 가지고 있으며 전 세계적으로 브랜드의 인지도 및 신뢰성이 높고, 전세계 시장 점유율이 50-60%이며 국내 시장 점유율 또 한 98%에 달하는 버마드 사 제품을 벤치마킹하였음. 국내에서 가장 많이 사용되는 글러브 타입의 직경 40mm, 50mm 제품을 선정하였음.

표** 선진사 전자밸브 제품 비교

제조사	압력범위	전력범위	사용온도	특징
버마드(Bermad)	10 bar	전류: 125mA 전력: 1.7W 전압: AC 24V	50℃	공칭: D20, D25, D40, D50 유량: 최대 80 m ³ /h 압력손실 최소화 높은 내화학성 솔레노이드를 부착하여 원격 제어가능 유연한 개폐로 압상승의 충격을 방지
바카라(Baccara)	10 bar	전류: 125mA 전력: 1.7W 전압: AC 24V	-10℃ - 80℃	공칭: D20, D25, D40, D50 연결구: Femail BSPT 또는 NPT thread 1" PVC



(바카라 전자밸브 솔레노이드)



(버마드 전자밸브 솔레노이드)

○ 버마드 솔레노이드 신제품 구조 분석

- 현재 해외에서 판매되고 있는 버마드 솔레노이드 최신제품을 분해하여 각 부품의 형태를 분석하였음.(부속의 재질, 형상-전류전도도, 코일 권선방식 및 굵기, 내구성, 기밀성, 조립성, 열발생 등)
- 국산제품과의 구조가 비슷하지만 코일커버와 와셔가 국내 제품과 달리 분리가 가능하며 전기 전도율의 효율성을 높이기 위해 부품 연결 부분이 자력 손실 최소화할 수 있는 구조로 제품의 효율성 최대화하였음.



(버마드 솔레노이드 분석을 위한 분해 전경 - 부속품 구조 및 형태 파악)

2. 전자밸브 국산화 제작

가. 다이어프램 구조 개선

○ 전자밸브 다이어프램 조립구조(돌출된 볼트-너트 개선으로 압력손실 최적화 및 물공급 극대화) 개선

- 현재 버마드 제품의 다이어프램 볼트 너트 돌출부 개폐고무 고정 볼트는 다이어프램 고무 상부에서 개폐 고무 아래쪽으로 볼트너트 조립으로 되어 있어 전자밸브 작동 시 물 공급 부분에 물의 저항에 많은 영향을 받으며 압력 손실과 물의 공급량 및 압력이 원활하지 못함.
- 다이어프램 볼트 너트 돌출부 문제로 인하여 제품 효율성이 떨어져 구역을 더 나누어 제작해야 하므로 시공비 상승 과 공사기간이 길어질 우려가 있음.

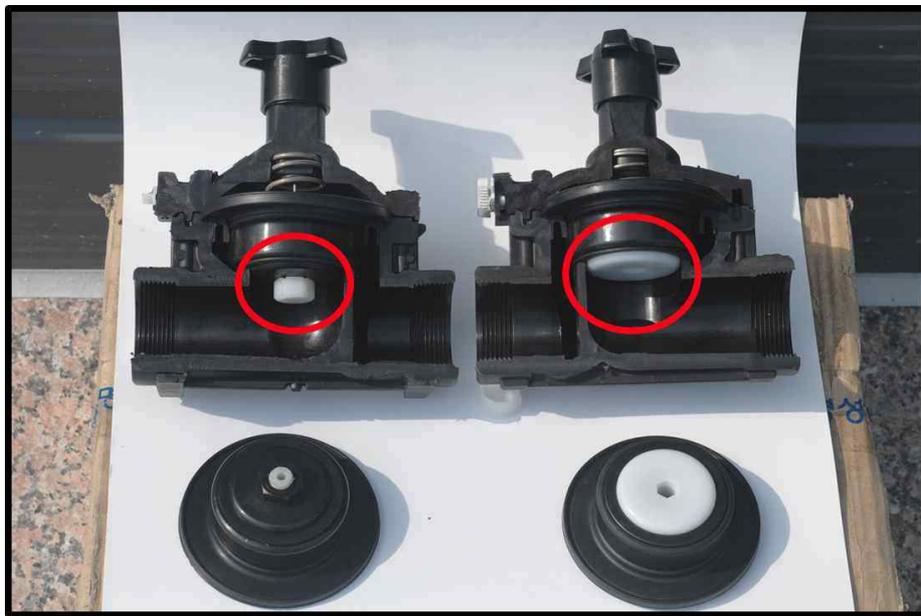


- 이를 해결하기 위해 다이어프램 볼트 너트 돌출부 개폐고무 고정볼트를 다이어프램 고무하부에서 개폐고무 상부방향으로 체결함.
- 고무 개폐시 돌출된 부분으로 인하여 발생하는 물 공급량과 압력 손실의 문제점을 해결하며 물의 공급 효율성을 향상 시키고 돌출너트 부위에 수압으로 인하여 너트가 풀림을 방지할 수 있도록 구조를 개선함.



(다이어프램 고무 고정 와셔 개선)

(다이어프램 개폐고무 고정볼트 개선)



<좌측 버마드 제품과 본 연구에서 개발된 제품 우측>

○ 개선된 시작품 제작 기준

- 시작품 전자밸브의 넓이는(L) 170 mm, 높이(H)는 187 mm, 밸브의 직경(R)은 37 mm 이며 무게는 1.1 kg으로 선정하였음.
- 다이어프램 볼트너트 돌출부 개선사항을 반영하였으며 솔레노이드 부속품인 코일커버 와 와셔를 가공하여 개선할 계획임.



(a)



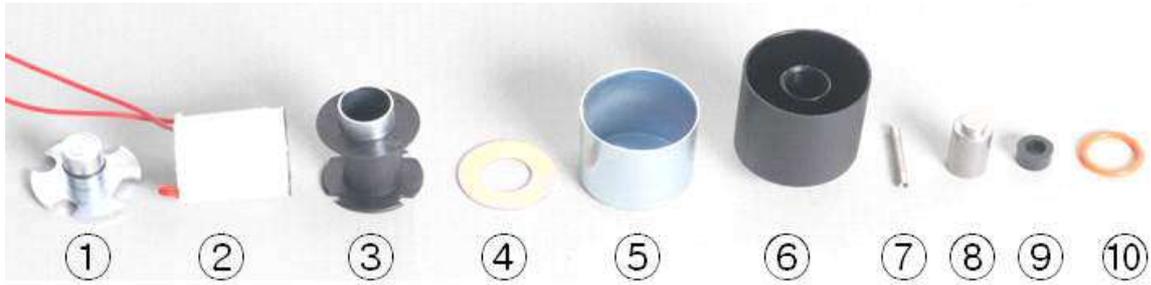
(b)

<(a)개선 다이프램과 Bermad사 다이어프램 구조 (b)개선완료 후 전자밸브 조립>

나. 솔레노이드 개선

○ 작동유무 확인용 LED장착

- 기존 버마드 솔레노이드 제품은 고장 및 작동 여부를 육안으로 확인 할 수 없어 고장시 빠른 대처가 어려움.
- 국산개발 솔레노이드는 고장 및 작동 여부를 확인할 수 있는 솔레노이드 상부에 LED램프를 추가 부착하여 제품이 고장 나거나 작동 할 경우 솔레노이드 LED 램프를 통하여 사용자가 육안으로 고장 유무를 확인 할 수 있도록 하여 제품의 효율성을 높였음.
- LED램프 작동원리
 솔레노이드 내 권선코일에 발생하는 자기장의 전자기 유도현상을 이용하여 직접 LED램프에 전원을 가하지 않고 1차 측 코일의 유도자기장에 의하여 램프를 작동 시키는 방법을 사용하였음.
 국산 개발 제품은 육안으로 고장유무를 확인할 수 있고 고장에 빠른 대응을 할 수 있으며 솔레노이드 고장으로 인해 발생하는 물 공급에 대한 문제점을 최소화하여 작물 피해를 줄일 수 있음.



샘플제작 부품 구성도



에폭시 넣기 전



완제품

- 솔레노이드 주요 부품 기능

- ① 튜브탑과 튜브탑 와셔로 전자석의 세기를 강화하고, 고정자석 역할을 하며 녹 발생이 적고 전자석을 극대화할 수 있는 재료를 선정하여 사용함.
- ② 권선코일은 솔레노이드의 핵심 부품으로서 자력을 발생시키는 부품임.
- ③ 보빈과 보빈튜브는 코일에 감겨진 부도체 자재로서 전자석의 세기를 강화하고 보빈 튜브는 전도체 재료로서 전자석 역할을 극대화할 수 있는 재질을 선정하였으며 보빈은 부도체 재질을 사용함.
- ④ 와셔는 전자석의 세기를 강화하기 위한 부품이며 전자석을 극대화할 수 있는 재료를 사용함.
- ⑤ 코일커버는 와셔와 같이 전자석 세기를 강화하기 위한 부품으로 보빈튜브 및 와셔와 같이 전자석을 극대화할 수 있는 재질을 사용함.
- ⑥ 솔레노이드 바디케이스는 외관품으로 에폭시 몰딩액을 담는 부품임.
- ⑦ 플랜저 스프링은 플랜저에 장착되어 밸브를 막아주는 부품이며 부도체 재료로 스프링 탄성을 고려하여 재료를 선정함.
- ⑧ 플랜저는 전자석 중 직선운동을 하는 이동 자석 역할을 하며 녹 발생이 적고 전자석을 극대화 할 수 있는 재질을 고려하여 선정함.
- ⑨ 플랜저 고무를 이용함으로써 밸브를 막아주며 밸브 차단시 치수와 변화 및 경화를 최소화할 수 있는 재료를 선정함.
- ⑩ 오링은 고무재질로 실링 부품임.

- 솔레노이드 LED 부착 개발 제품 테스트 및 버마드 제품 테스트

솔레노이드 개발 제품과 버마드 제품 성능 테스트 결과 선진제품은 저전력에서도 작동이 가능하며 기존 버마드제품(1.7W)보다 신제품의 전력 수준이 더 낮아졌으므로 추후 1.3W에서도 작동 가능하도록 지속적으로 제품 품질을 향상시킬 계획임.

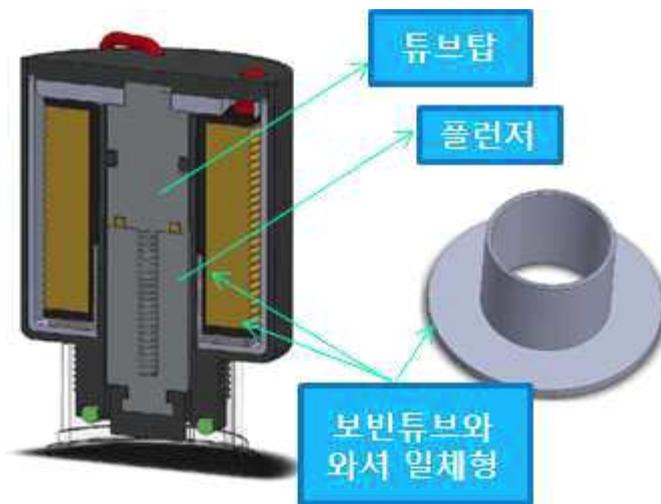
<p>국산 솔레노이드 테스트</p> <ul style="list-style-type: none"> - 전압: 23.9 V - 전류: 0.157 A - 전력: 2.0 W 	<p>국산 솔레노이드 테스트(개선)</p> <ul style="list-style-type: none"> - 전압: 24 V - 전류: 0.133 A - 전력: 1.7 W 	<p>수입버마드솔레노이드테스트</p> <ul style="list-style-type: none"> - 전압: 24 V - 전류: 0.097 A - 전력: 1.3 W



- 솔레노이드 샘플은 튜브탑 ASSY 압입시 코일커버와 튜브탑 와셔간의 밀착성이 떨어지며 튜브탑 ASSY 압입시 보빈보다 몸체가 먼저 닿아서 몸체 내측이 깨져 깨진 틈새 사이로 에폭시가 새어나옴.
- 소비전력이 높고, 흡입력이 떨어지며 에폭시 몰딩시 몰딩액이 코일까지 스며드는 시간이 오래 걸려 생산성이 저하되며 동작여부를 판단하기 어려움.



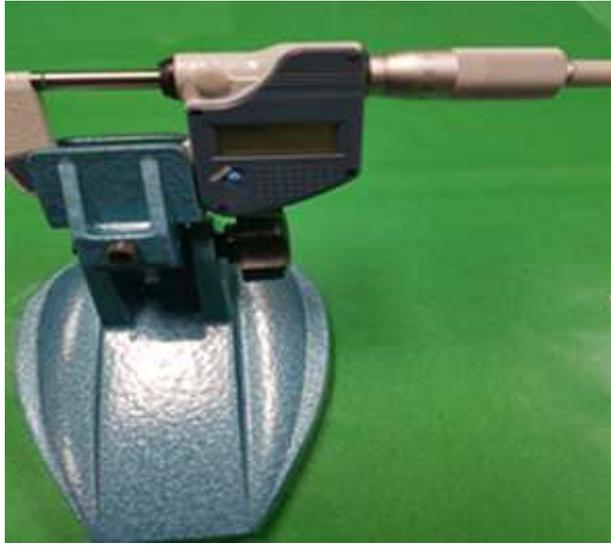
- 개선 제품은 튜브탭와셔와 코일커버간의 확실한 밀착을 위해 튜브탭와셔의 R 처리 부분을 상면으로 변경하였음.
- 튜브탭 ASSY 압입시 보빈에 먼저 닿도록 와셔를 추가하여 몸체 내측이 깨지는 것을 방지하고 전자장 효과를 강화함. 와셔 추가 및 튜브탭와셔의 코킹방향을 변경하고, 3개의 홈크기를 증가함.
- LED 램프를 추가하여 멀리서도 작동여부를 육안으로 확인 가능하도록 개선시킴. 하지만, 소비전력이 아직도 높고 흡입력이 다소 떨어짐.



- 개선 제품은 보빈 튜브와 와셔를 일체형으로 변경하여 전자장을 강화하고, 플런저와 튜브탭의 재질을 변경(SUS 430FR→순철+크롬도금)을 통해서 흡입력을 높이고, 소비전력을 감소시킬 계획임.
- 상기 그림에서 국산제품은 코일커버와 와셔가 상호 연결되는 부위의 단면적이 적고 떨어져 있으므로 버마드 제품보다 전기 전도도 저하로 자력발생의 효율성이 떨어짐.
- 이를 해결하기 위해 버마드 제품의 코일커버와 와셔를 대체형상 개선하고 단면적을 높여 3차 샘플 제작계획을 진행하고 있음.

○ 코일전선 및 플랜지 소재 개선

- 코일 전선 굵기 확인 장비
 - 코일의 전선 굵기 측정을 위해 미쓰토요 디지매틱 마이크로미터(MITUTOYO DIGIMATIC MICROMETER) 사용하였음.
 - 내경, 외경, 두께, 길이, 깊이 측정 단위는 0.001 mm이며 정밀도 부분에서 코일의 마이크로미터 굵기까지로 측정 가능함.



<코일의 굵기를 측정하기 위해 사용된 마이크로미터>

- Bermad사의 코일 굵기 확인

- Bermad사의 솔레노이드 밸브를 절단하여 내부의 코일을 분해하여 굵기를 확인하였음.
- 코일 도입부분(상단), 중간부분(중단), 후미부분(하단)으로 나누어 총 3회 측정 실시하였으며 측정 결과 두께 0.239 mm가 측정됨.



<Bermad사 코일 굵기 확인>

- 한슬테크 개발 코일 굵기 확인

- 한슬테크에서 개발된 전자밸브를 절단하여 내부의 코일의 두께를 상부, 중부, 하부로 나누어 확인하였음.
- Bermad사의 코일의 굵기에 비해 0.028 mm 두꺼웠음.



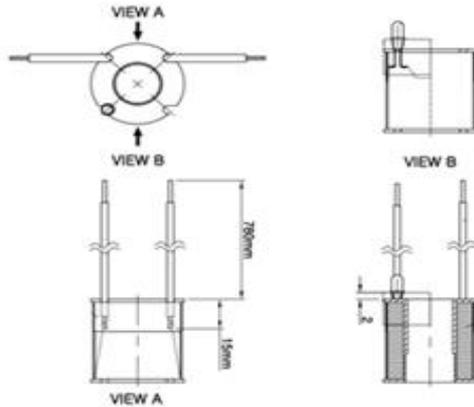
<한슬테크개발 코일 굵기 확인>

- Bermad사와 개발 코일 굵기 확인

- 코일의 굵기가 두꺼워지면 코일에서 열이 더 많이 발생되고, 이는 내부의 자력 성능이 떨어지게 되며 전력소모량이 많아지게 됨.
- 내부 플랜지 조정이 어려워짐.
- Bermad사의 코일의 굵기에 비해 0.028 mm 두꺼움.
- 개발 코일이 열 발생량이 많아 미세 조절이 어려우므로 개발 코일의 굵기를 얇게 제작해야 함.

- 솔레노이드 코일 권선 방식 조사

- 권선: 내부 전자기 유도를 통하여 자력을 얻기 위하여 수동 소자에 전선을 감은 것.
- 전선을 감는 방법에 따라 솔레노이드 내부 자력 세기가 달라지므로 솔레노이드의 권선방식을 조사하였음.
- 솔레노이드 코일 권선 방식은 아래와 같이 설계 되어 있음.
- 메인선을 감은 후 PS TAPE 24 mm(폭) 두바퀴 감은 후 LED권선은 보빈아래 반쪽만 감고 LED는 양쪽으로 벌려서 쇼트가 나지 않게 PS TAPE 10 mm(폭)으로 제작하였음.

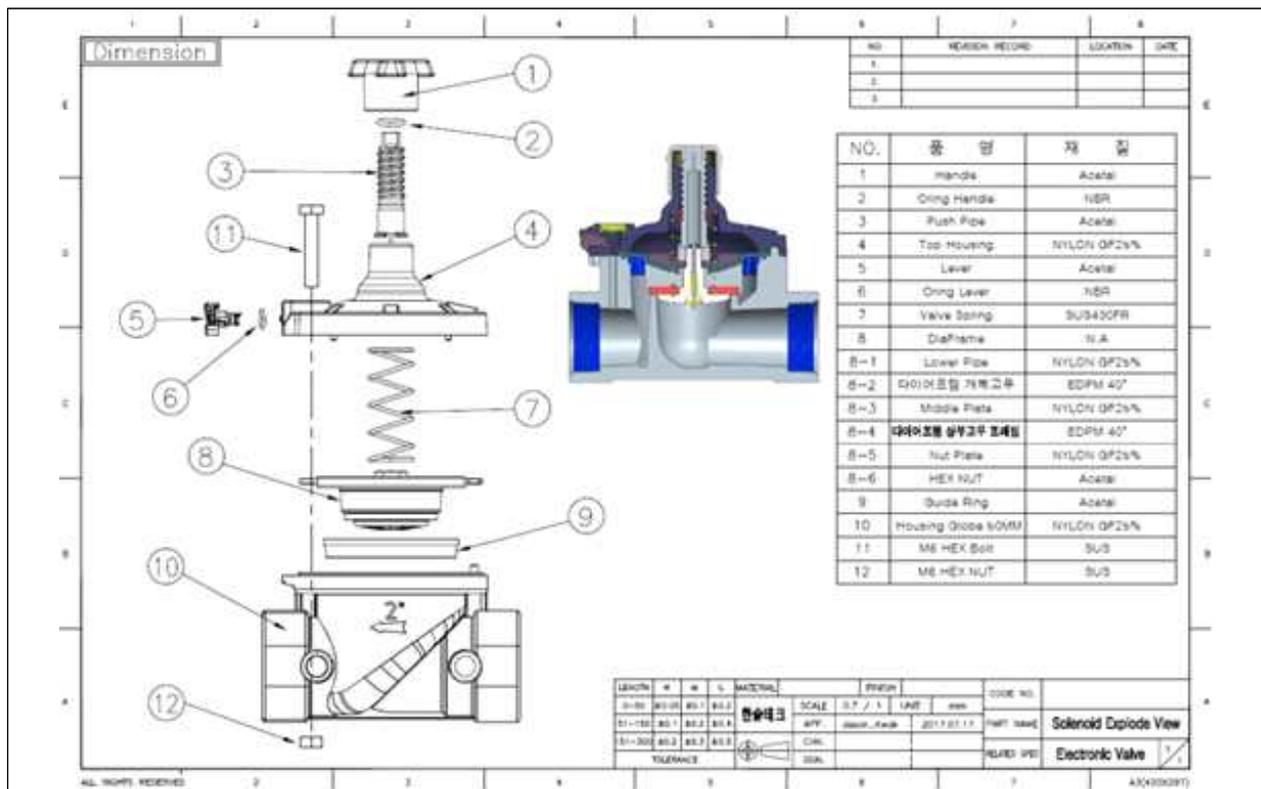


<솔레노이드 코일 권선 설계도면>

○ 개선된 전자밸브 시제품 제작

- 제품도면 (Explode View)

- 아래 그림은 개발 전자밸브 제품 설계 도면이며 핸들파트부터 다이어프램, Housing Globe 50 mm이 설명되어 있음.



<개발 전자밸브 설계도면>

○ 플랜지 소재

- 솔레노이드에 사용되는 재료의 적정 조건은 아래와 같음.
- 자력의 성능이 좋아야 하므로 변위량(감도=변위량/구동과워)이 커야 됨.
- 저항이나 자력 잔류가 없어야 되므로 재현성이 뛰어나야함.
- 물 공급 시간이 일정해야 하므로 응답시간이 빨라야함.
- 온도 특성이 뛰어나야 하므로 작동시 발열량이 적고 자력 손실이 없어야 됨.
- 전선길이가 길어지면 전압이 떨어져 작동 성능이 저하되므로 적은 에너지로 구동이 가능해야함.
- 가격이 저렴해야 하며 수명이 길어야 함.
- 녹이 발생하면 자력이 떨어지므로 녹 발생이 적은 재료를 사용해야 함.

○ 국내산 플랜지 소재 문제점

- 미세 녹 발생
 - 솔레노이드 작동 시 작물로 공급되는 물이 파이프 내로 유입되면서 하부 배출부로 물이 배출되면서 다이어프램이 열려 작동되는데 이때 물속에 있는 미량원소들의 화학성분(질산 외)에 의하여 녹이 발생
 - 자력 및 전기전도도가 원활히 작동을 유지하기 위해 녹 발생이 없어야 함.
- 솔레노이드 작동시 플랜지 재료성분의 차이로 인하여 전기전도도가 낮음.
 - 솔레노이드 작동시 플랜지 전기전도도가 수입품에 비해 흡입력이 떨어지고 진동 및 소음이 발생하며 작동이 원활하지 않음.
- 솔레노이드 작동 후 미세 잔류 자력 발생
 - 작동 후 플랜지에 잔류 자력이 남아있으며 OFF상태가 되어도 다음구역으로 물이 공급될 때 잔류 자력으로 인해 플랜지가 배출수를 차단하지 못해 물공급이 계속 되어 물 과다 공급으로 작물이 폐사할 수 있음.
 - 잔류 자력 발생시 플랜지를 밀어주는 스프링 강도가 높아야 하며 소비전력이 증가 되어 AC24V에서 시설 전선 길이가 길어지면 전압이 떨어져 솔레노이드 플랜지의 개폐가 원활하게 작동되지 못함.
- 솔레노이드 작동시 열 발생
 - 국내산 솔레노이드 시작품은 Bermad사 솔레노이드 제품보다 온도가 높으며 열 발생이 되면 자력이 저하됨.
- 국내산 소재로 플랜지 제작시 저 전압에 떨림 현상이 발생함.

○ 수입산 플랜지 소재

- 솔레노이드에 사용되는 재료에 부합하는 플랜지 소재는 미국, 이탈리아 수입산 플랜지 소재가 있으며 미국, 이탈리아의 플랜지 소재 원재료 구성은 아래 표와 같음.

<미국, 이탈리아 플랜지소재 원재료 구성>

국가	탄소 (C)	망간 (Mn)	규소 (Si)	인 (P)	황 (S)	크롬 (Cr)	니켈 (Ni)	몰리브덴 (Mo)
미국	0.014	0.41	1.37	0.018	0.31	17.42	0.23	0.32
이탈리아	0.015	0.44	1.23	0.023	0.28	17.84	0.36	0.29

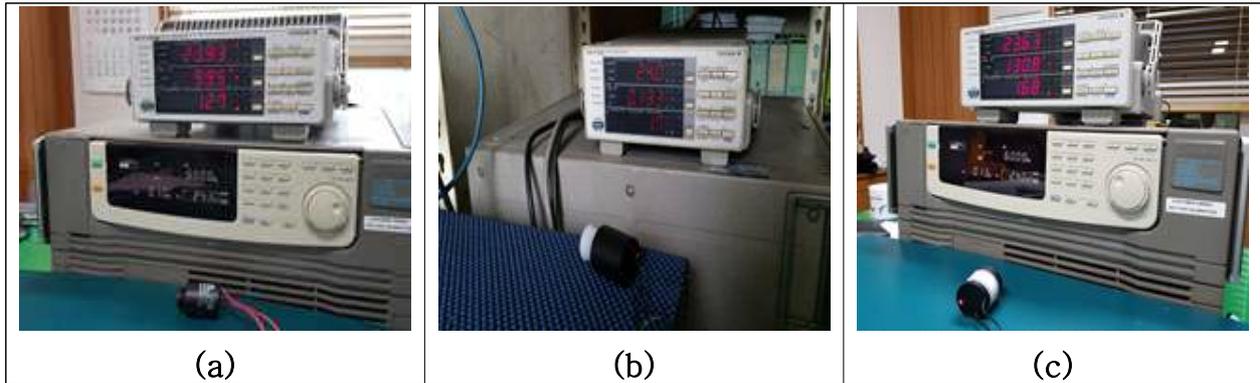
- 국내산 플랜지 소재는 수입산 제품에 비해 성능이 떨어지지만 수급이 용이하므로 국내산과 이탈리아 플랜지 소재로 샘플을 제작하여 실험을 진행함. 추후 미국산 플랜지 소재를 활용하여 실험할 계획임.



<이탈리아 플랜지소재의 플랜지제작품>

○ 플랜지 소재 실험

- 2017년도 솔레노이드 시작품은 2016년도 솔레노이드에서 플랜지를 이탈리아 플랜지 소재로 교체하여 제작하였으며 Bermad사, 2016년도 시작품, 2017년도 시작품으로 실험을 진행함.
- Bermad사 전류는 0.0995V, 전력은 1.27W이며 1차 시작품 전류는 0.133V, 전력은 1.7W로 측정되었고, 2차 시작품은 전류 0.1308V, 전력은 1.68W로 측정되었음.



<(a)Bermad사 (b)한슬테크 개발 2016년도 (c)한슬테크 개발 2017년도 솔레노이드 전력측정>

- 온도를 측정한 결과 Bermad사 솔레노이드 발열은 전원을 켜었을 때 32.3℃, 펌프를 가동하였을 때 31.9℃가 발생하였으나 한슬테크 개발 솔레노이드 2016년도 시작품 전원을 켜었을 때 온도는 37.5℃, 펌프를 가동하였을 때 35.3℃도였음.
- 솔레노이드 2017년도 시작품 온도 측정결과 전원 켜었을 때 35.1℃, 펌프를 가동하였을 때 34.4℃가 발생하여 2016년도 시작품에 비해 전원을 켜었을 때 2.4℃ 감소하였으며 펌프를 가동하였을 때 0.9℃가 감소하였음.

<플랜지 제작 테스트 결과>

구분	Bermad 전자솔레노이드	플랜지 테스트 내역		2017년도 개선사항	
		2016년	2017년		
V	23.93	24.0	23.63	플랜지 소재 수입품 (이탈리아)으로 제작	
A	0.0995	0.133	0.1308		
W	1.27	1.7	1.68		
온도 ℃	전원	32.3	37.5		35.1
	펌프가동	31.9	35.3		34.4
최저 V 값	15.23	16.03	16.73		
최저 A 값	0.0615	0.0845	0.0895		
최저 W 값	0.49	0.73	0.8		



(a)



(b)



(c)

<(a)Bermad사 (b)한슬테크 개발(2016) (c)한슬테크 개발(2017) 솔레노이드 발열 실험>

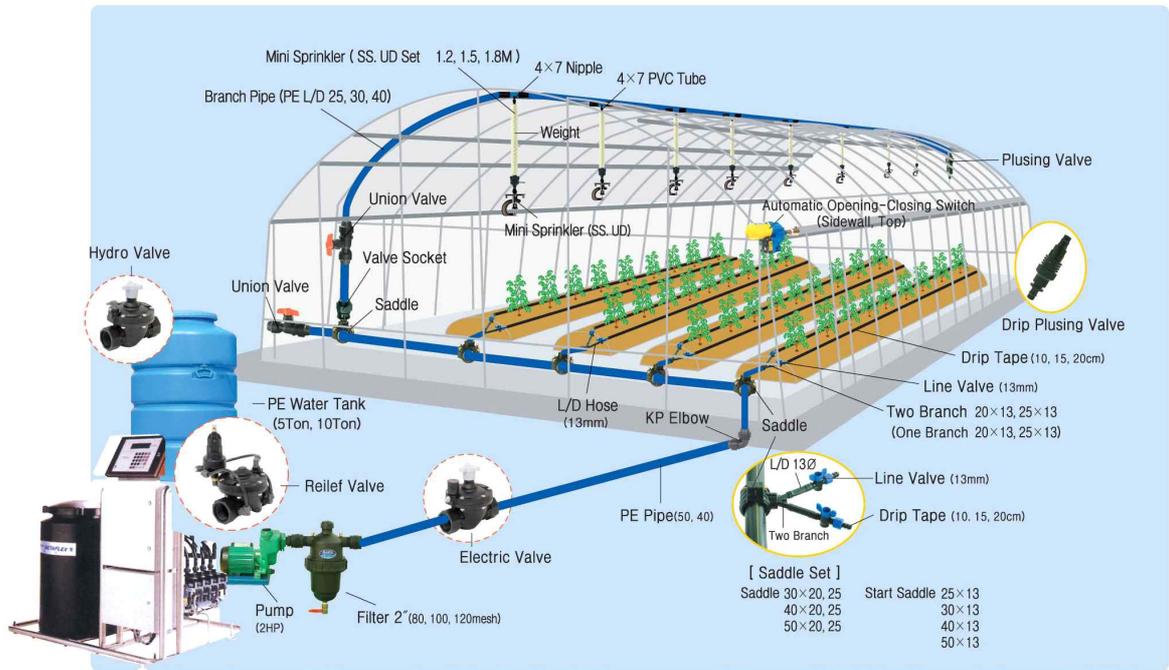
- Bermad사, 한슬테크 시작품과 수입산 플랜지 소재를 사용한 시작품의 전력, 온도, 최저 전압값을 측정을 통해 3개의 제품을 비교하여 아래 표와 같이 정리함.

<제품 테스트를 통한 문제점 분석>

구분	비교항목	원재료비	문제점
2016년 국내산 샘플	1)구조-양호 2)동작-양호 3)소음-미세 4)소비전력-높음 5)흡입력 6)온도	국산원재료 1kg 당 4,500원	<ul style="list-style-type: none"> · 저전압 15-17 V 사이에서 플랜지 진동 및 소음 이 발생함. · 플랜지의 잔류 자력이 미세하게 남음으로 스프링 강도를 높여야 하므로 전력소모가 많이 발생하여 저 전압에서 플랜지 작동이 어려움. · 농가에서 사용하는 지하수 성분 분포에 따라 플랜지 녹이 발생 함. · 전도도가 수입품에 비해 개폐작동 성능이 떨어짐. · 가격은 수입품에 비하여 저렴하여 경쟁력은 있으나 품질 측면의 경쟁력이 떨어짐.
2017년 수입산 이탈리아 샘플	1)구조 2)동작 3)소음 4)소비전력 5)흡입력 6)온도	수입원재료 1kg 당 9,500원	<ul style="list-style-type: none"> · 국내산 솔레노이드에 수입 플랜지 샘플을 가동 했을 때 국내산 소재에서 발생하는 진동 및 소음이 없으며 작동이 원활함. · 진동발생은 국내산 소재보다 SUS 함량이 높아 자력 성능이 좋아 흡입력이 뛰어난 것으로 판단 됨

다. 현장 시험 및 보완 제작

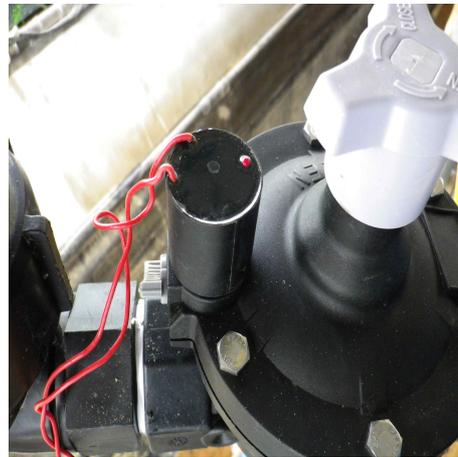
- 한슬테크에서 개발한 전자밸브 솔레노이드의 성능시험을 위하여 현장시험을 진행하고 문제점을 파악하여 보완제작을 진행하였음.
- 전자밸브 솔레노이드 현장시험은 2017.09.20. ~ 2018.09.19.일까지 충남 아산시 영인면 신봉리에서 진행하였으며 온실 규모는 7,060 m²(14연동)이며 재배 작물은 토마토와 오이를 대상으로 진행하였다. 시설내부에는 삼상 220V 콘트롤러 1개와 Wilro 3.5 hp 펌프, 수입전자밸브(Bermad) 4개, 국산개발전자밸브(한슬테크) 1개가 사용하였음
- 관주방법은 점적테이프 시설로 1회에 전체구역의 물 공급을 하지 못하므로 넓은 면적을 5구역으로 나누어 구역별 전자밸브로 제어하였음
- 실험을 진행하며 전자밸브의 작동유무(솔레노이드 LED 작동 및 밸브 동작 유·무), 전자밸브 온·습도관련 작동 유·무, 솔레노이드 작동 유·무, 전자밸브 고무 다이어프램 손상 유·무, 전자밸브 작동 물 공급시 필드 물 공급 유·무 등을 확인하였음
- 실험결과 Bermad 사 전자밸브와 국산개발제품 전자밸브의 제품 모두 겨울철 동파 현상으로 인한 밸브 커버나사와 축 나사가 부러지는 현상이 발생하였음. 이 현상은 전자밸브 안에 있는 물이 얼어 밸브가 팽창하여 나타나는 현상으로 겨울철 전자밸브 보관시 밸브의 물은 제거하면 커버나사가 부러지는 현상을 방지할 수 있음
- Bermad 사 전자밸브와 국산개발제품 전자밸브의 물공급, 다이어프램 손상 유·무, 솔레노이드 부식 유·무, 등을 확인한 결과 물공급은 원활하게 작동되었으며 다이어프램 손상 및 솔레노이드 부식 등에서 문제가 없는 것으로 확인됨



전자밸브 시설 시스템 사진



현장시험에 사용된 콘트롤러 및 펌프



개발 전자밸브 현장시험



수입, 국산개발 전자밸브 현장시험



점적관수 밸브작동시 점적물 공급사진

○ 수입전자밸브와 국산개발전자밸브 실험내역

NO	항 목	수입제품		국산제품	
		사진	내역	사진	내역
1	전자밸브의 작동 유무		-작동은 이상이 없으며 물 공급은 원활		-작동은 원활이 되며 물 공급은 원활 -작동시 솔레노이드에서 소음이 발생 -LED 램프 작동이 원활 -전자밸브 작동 시 물공급 라인을 확인 가능
2	전자밸브 온.습도에 관련 작동 유무		- 겨울철 전자밸브 안에 있는 물로 인하여 전자밸브 뚜껑에 있는 나사 파손 및 축이 망가짐 - 습도에는 아무 영향이 없음		-수입품과 같은 동파 현상으로 뚜껑 나사와 축나사 망가짐
3	솔레노이드 작동 여부 및 부품 부식 유무		-수입 솔레노이드는 작동이 원활이 잘 되며 부식은 없음 -LED 램프는 없음		- 솔레노이드 작동은되지만 솔레노이드에서 진동 소음이 발생 되며, 램프의 불빛이 작음 - 솔레노이드 플랜저 및 부속은 부식은 없음
4	전자밸브 고무 다이어프램 작동 및 손상 유무		-작동이 원활이 되며 부속품 손상은 없음		-작동은 원활이 되며 다이어프램의 손상은 없음
5	전자밸브 작동 물 공급시 필드 물 공급 유무		-필드로 물 공급 원활		-필드로 물 공급 원활

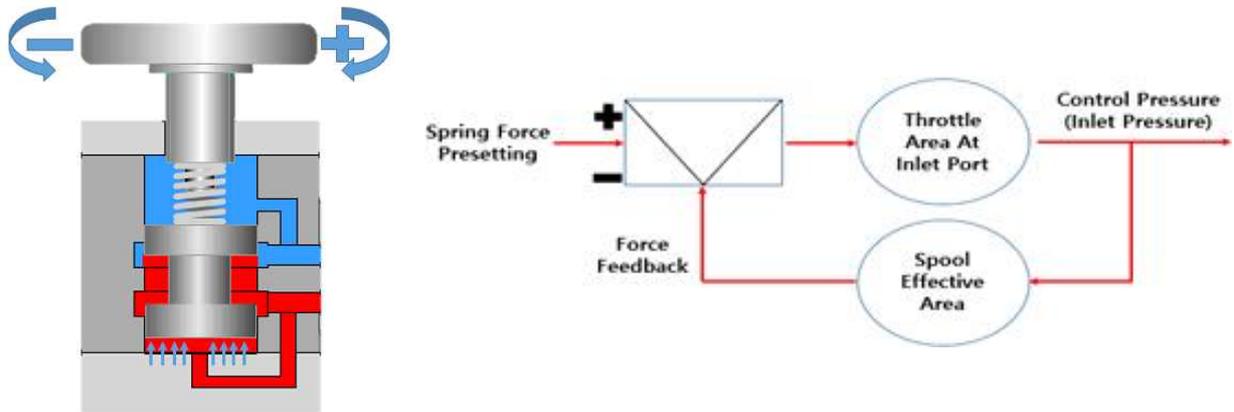
○ 제작한 금형의 전자 Cover drain 구멍이 너무 작아 방출되는 물의 양보다 유입되는 물의 양이 많으므로 다이어프램이 항상 열려있는 현상이 있었음. 보완사항으로 Cover drain 구멍의 크기를 크게하여 방출되는 물의 양을 늘려 다이어프램이 압력에 의해 제대로 작동되는 것을 확인

○ 겨울철 작물 재배시 온실 내 상온으로 인한 전자밸브의 동파를 방지할 수 있지만 휴작 시 전자밸브 동파를 방지하기 위하여 전자밸브 내부의 남아있는 물을 drain 할 수 있는 기능 추가하였음

라. 전자밸브 연계 제품 개발

○ 릴리프밸브

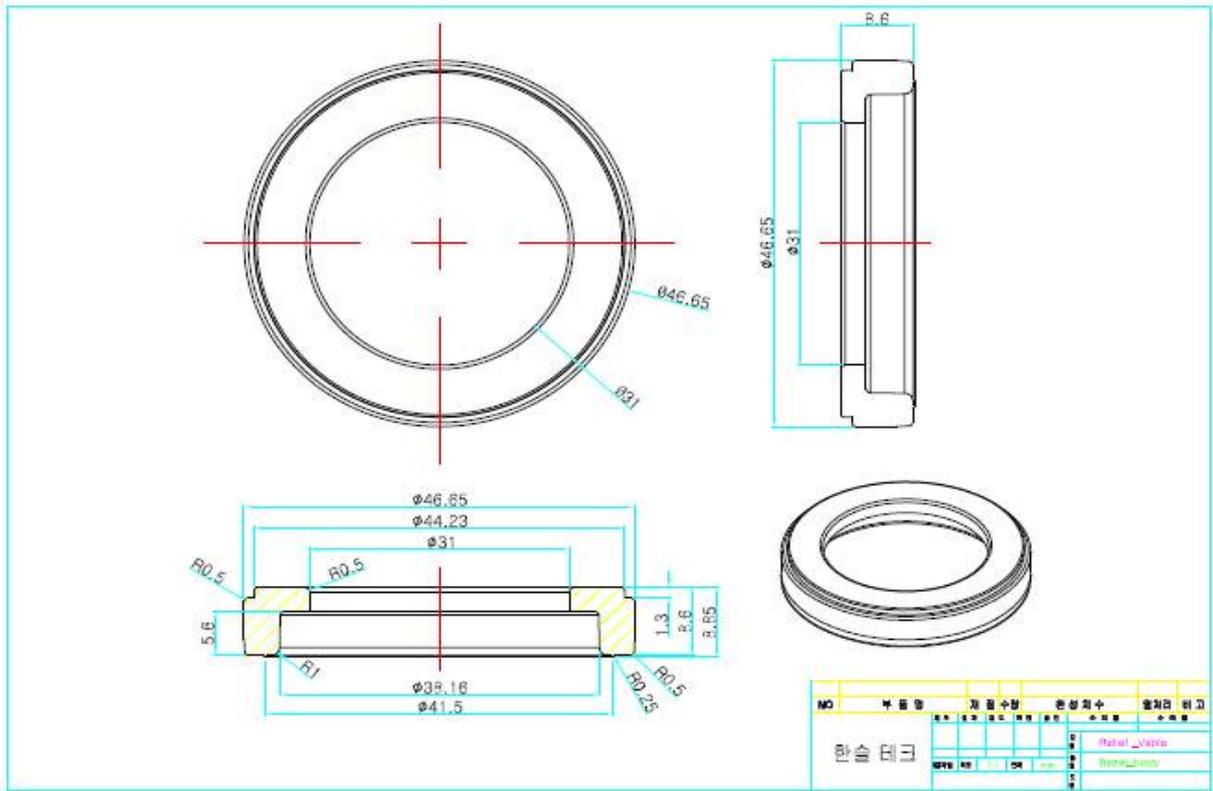
- 릴리프밸브의 원리는 시스템 내의 압력을 제한하기 위한 밸브로서, 배관 압력이 설정압력 이상으로 상승할 경우 배관 시스템의 손상을 막기 위하여 배관의 Bypass라인에 설치되어 가압된 유체를 밖으로 배출시켜 배관내의 압력상승을 방지하는 릴리프 기능과 압력이 설정된 압력범위 내에서 일정하게 유지됨
- 수경 재배시 펌프의 공급 수압이 예를 들어 $5\text{kg}/\text{cm}^2$ 일 때 필드 관주에 사용하는 자재 사용압력이 $2\text{kg}/\text{cm}^2$ 이면 압력이 $3\text{kg}/\text{cm}^2$ 차이가 나게 되는데 공급펌프의 수압이 매우 높아 펌프의 부하가 많이 발생되고 또 필드의 자재들이 수압에 의하여 조립 된 자재들이 이탈과 고장의 원인이 되어 안전하게 장기간 사용하지 못하므로 주로 양액기계 시설에 수압조절 및 안전밸브용으로 많이 사용



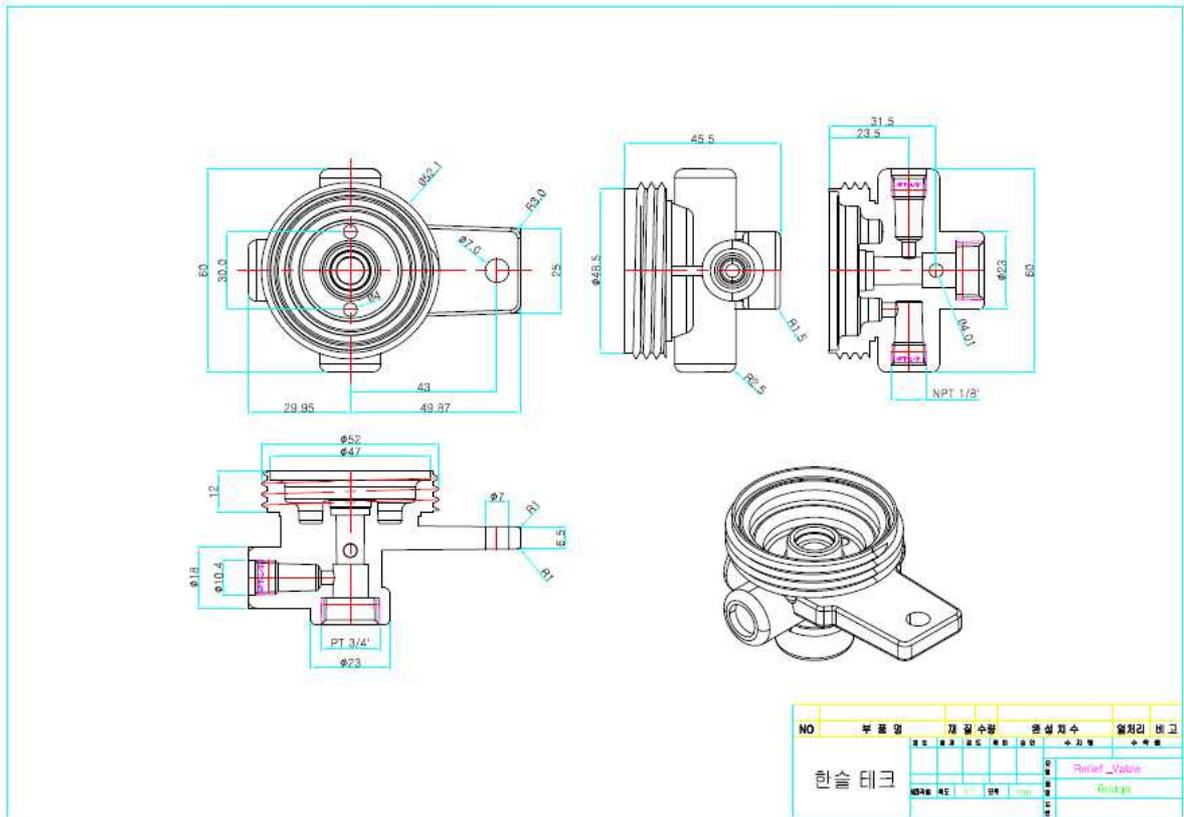
릴리프밸브 원리 모식도

○ 릴리프밸브 도면

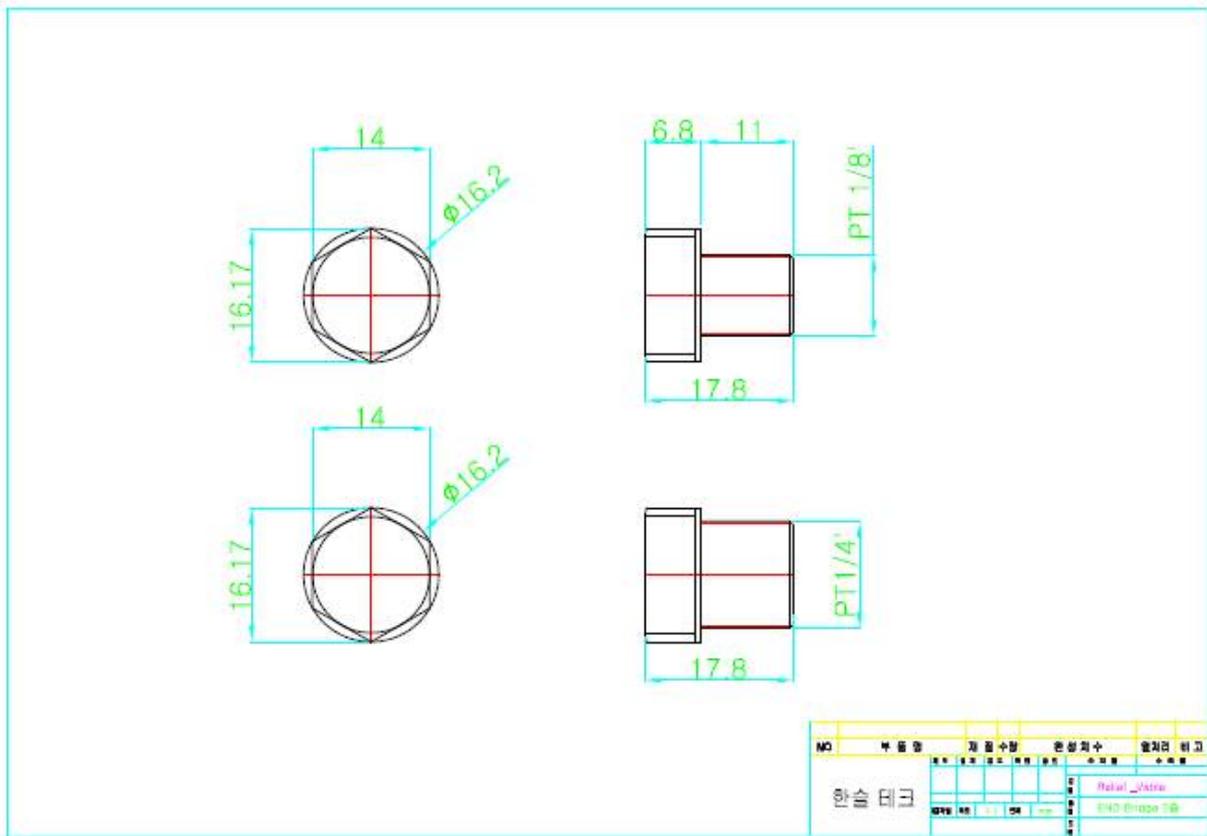
- Bermad사의 릴리프밸브를 벤치마킹하여 국산화 제품을 개발하였으며 개발한 릴리프밸브의 구조를 도면화하여 릴리프밸브에 사용되는 부품을 AUTO CAD 소프트웨어 프로그램을 사용하여 Drawing하고 치수를 기입하였음



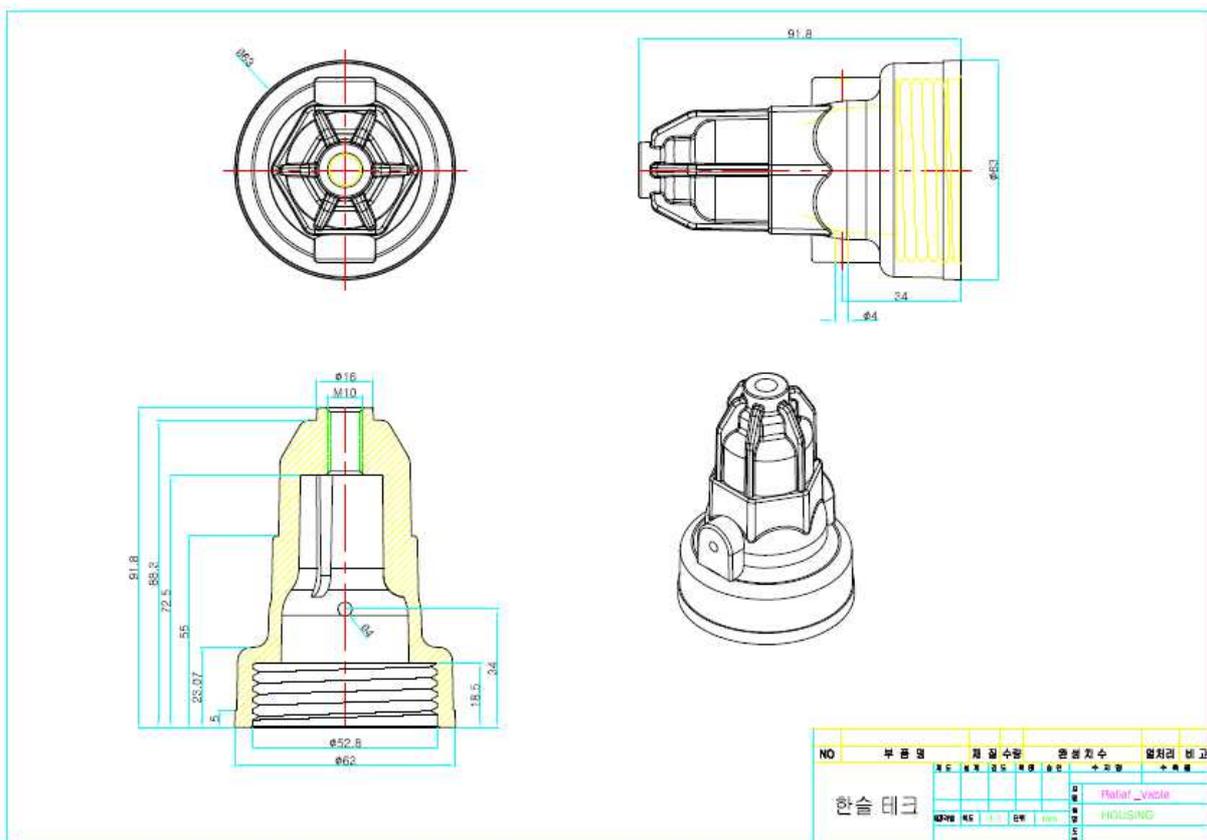
Relief - bezzle body



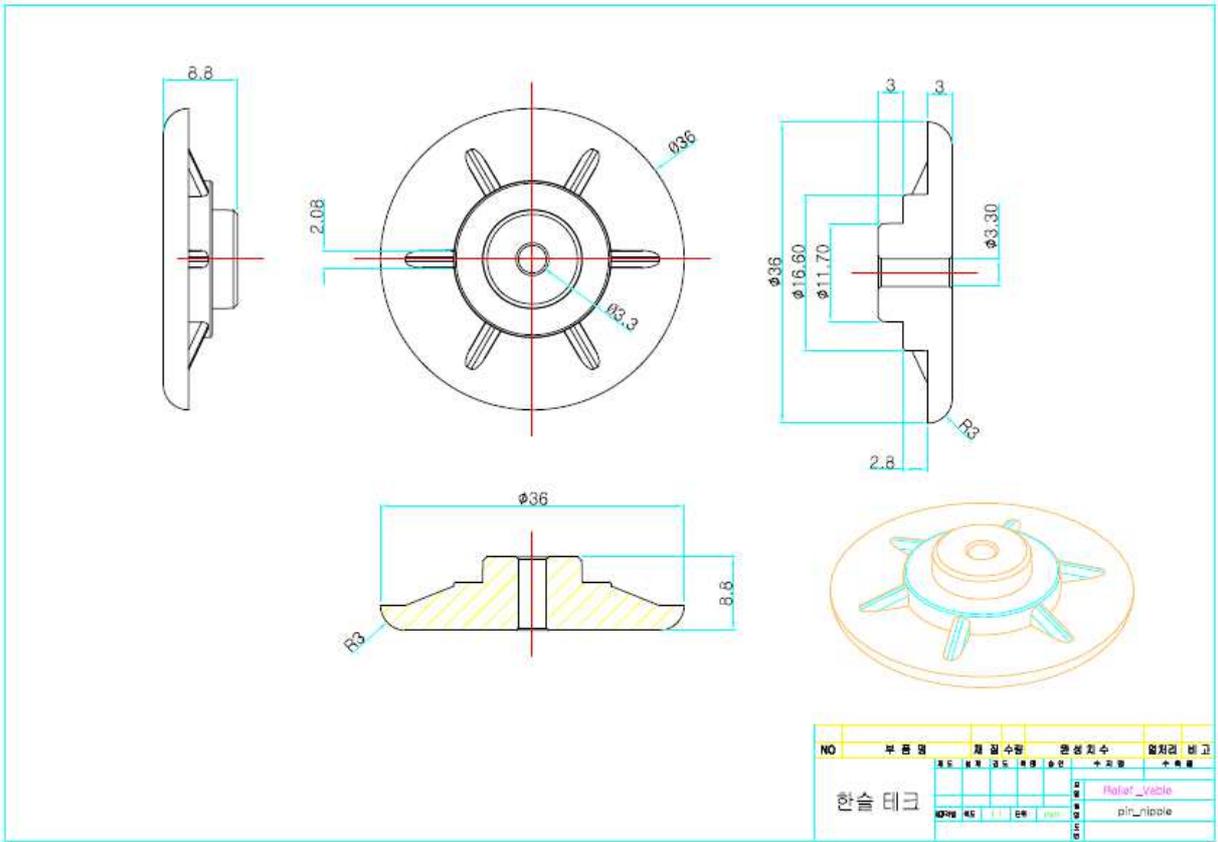
Relief - bridge



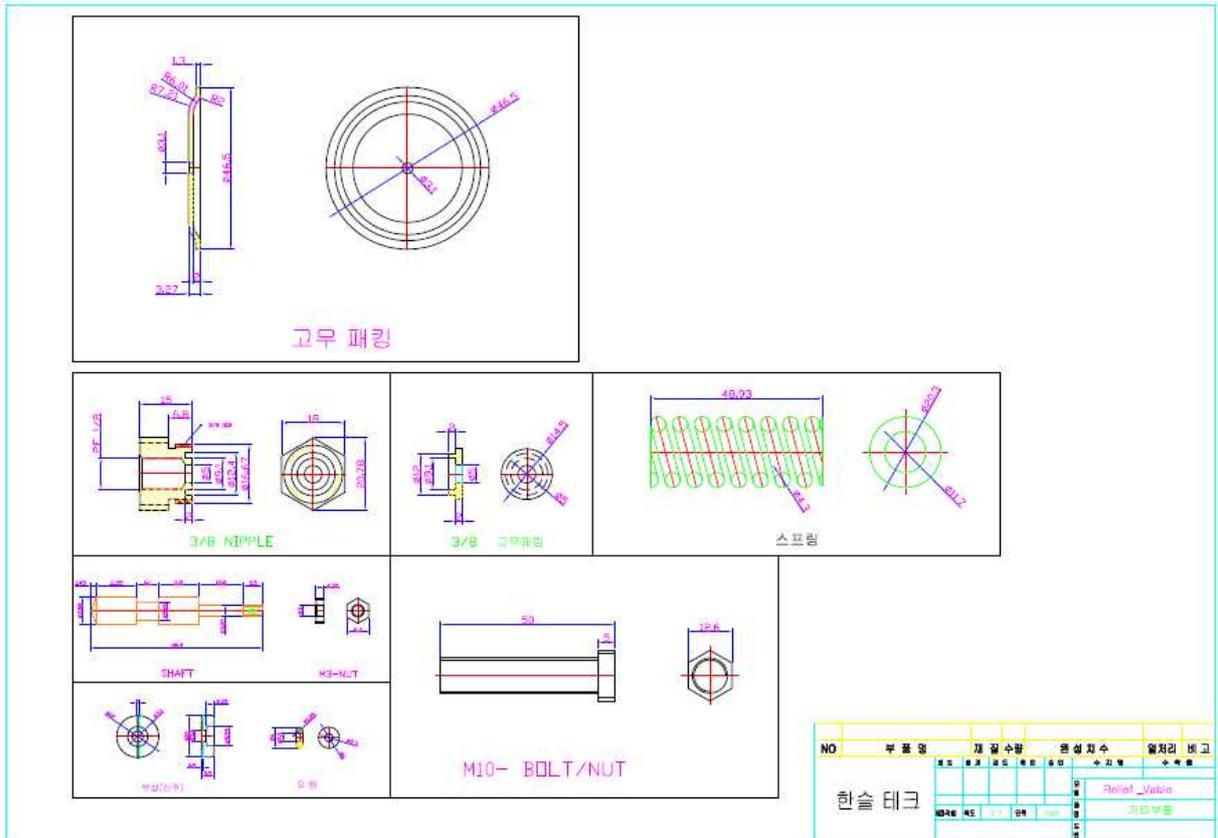
Relief - End bridge



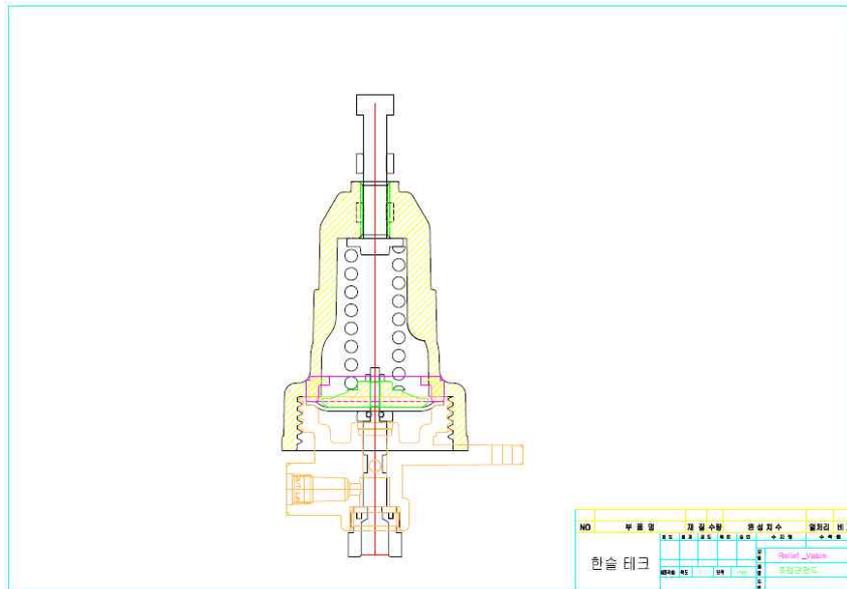
Relief - housing



Relief - pin nipple



Relief - 기타부품(스프링, 고무패킹, 압력조절볼트, 니플)



NO	부품명	개수	재질	공정	공정번호	설치위치	검출비고
1	인치 볼트	1	G18				
2	인치 너트	1	G18				
3	하우징	1	NYLON GF20% D19 INSERT 1EA				
4	홀더	1	BRASS				
5	스프링	1	φ20.3 * L49				
6	프레임	1	NYLON6 GF20%				
7	너트	1	M3				
8	PACKING - A	1	NBR				
9	O RING	1	NBR				
10	BUSHING	1	BRASS				
11	SHAFT	1	S-45C				
12	BODY	1	NYLON GF20% P14 INSERT 1EA				
13	CAP END	1	PP				
14	PACKING - B	1	NBR				
15	NIPPLE	1	PT 3/8				

Relief - 조립단면도

NO.	품명	재질
1	INCH BOLT	G18
2	INCH NUT	G18
3	HOUSING	NYLON GF20% D19 INSERT 1EA
4	HOLDER	BRASS
5	SPRING	φ20.3 * L49
6	FRAME	NYLON6 GF20%
7	NUT	M3
8	PACKING - A	NBR
9	O RING	NBR
10	BUSHING	BRASS
11	SHAFT	S-45C
12	BODY	NYLON GF20% P14 INSERT 1EA
13	CAP END	PP
14	PACKING - B	NBR
15	NIPPLE	PT 3/8

NO.	REVISION	RECORD	LOCATION	DATE
1.				
2.				
3.				

REV	NO	DATE	BY	CHK	APP	SCALE	UNIT	PROJ	CODE NO.
00	001	2018.10.02	김승민			1:1	mm		
01	001	2018.10.02	김승민			1:1	mm		
02	001	2018.10.02	김승민			1:1	mm		

* 3차년도 (2018) RELIEF ASM 분해도

Relief ASM 분해도



릴리프밸브 완성품

○ 릴리프밸브 부품 리스트

구분	내역	규격	단위	수량	부속품 사진
1	Relief 밸브 Spring	Ø20.3*L48	개	1	
2	Relief 밸브 PT	2 Way	개	2	
3	Relief 밸브 PT	1 Way	개	3	
4	Relief 밸브 Housing Cap	BSBM	개	1	
5	Relief 밸브 Flange cap	SUS 304	개	1	
6	Relief 밸브 Flange Holder	SUS 304	개	1	
7	볼트 (M8)	SUS	개	1	
8	너트 (M8)	SUS	개	2	
9	Plastic 볼트 (M10)	FRP	개	1	
10	볼트 (M5)	SUS	개	1	
11	너트 (M5)	SUS	개	1	
12	Sealant	silicon 및 오링	개	2	
13	시험사출	Housing Top외 11종	식	1	
14	시험성형	Flange Rubber 외 1종	식	1	

○ 하이드로밸브

- 하이드로밸브는 Mixing 탱크내 양액 이온센서의 측정 값에 따라 작동되며 Mixing 탱크 내의 양액(EC, PH) 농도가 높으면 물의 공급이 많아지고 농도가 낮으면 물의 공급을 줄여 설정 농도를 알맞게 조절해 주는 역할을 함



하이드로밸브 개발제품

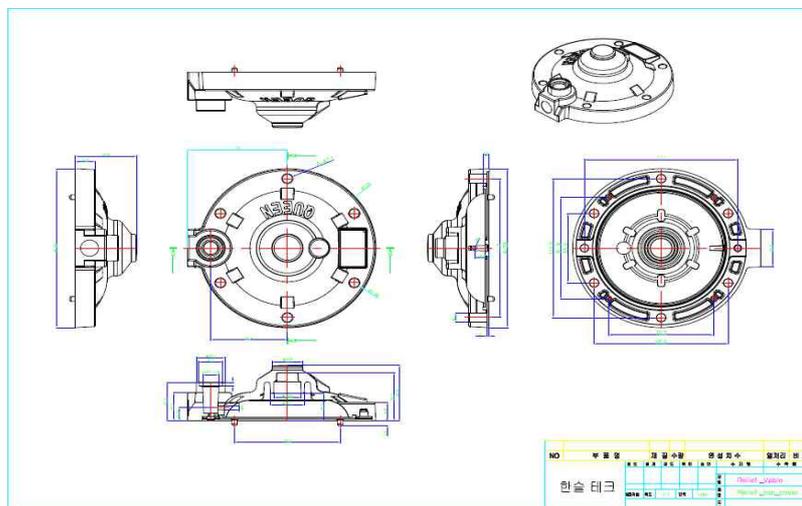


시설에서 사용되는 하이드로밸브



하이드로밸브를 이용한 물 공급

- Bermad사의 하이드로밸브를 벤치마킹하여 국산화 제품을 개발하였으며 개발한 하이드로밸브의 구조를 도면화하여 사용되는 부품을 AUTO CAD 소프트웨어 프로그램을 사용하여 Drawing하였음



Hydro valve - top cover

3-2-4. 제 2위탁 충남대학교 연구개발 수행 내용 및 결과

제 2 절 전자밸브 성능시험 및 규격서 작성

1. 전자밸브 테스트 벤치 개발

가. 재료 및 방법

○ 성능시험 계획 수립 및 요인시험 장치 제작

- 규격서 분석을 통하여 성능시험 계획을 수립하였으며 유량조절 모터를 사용하여 일정량의 물을 공급하고 일정 압력 이상으로 발생된 유량은 릴리프 밸브를 이용하여 다시 물탱크로 순환할 계획이며 전자밸브 전·후 유량과 압력측정을 통해 개발 전자밸브 성능을 테스트할 계획
- 전자밸브, 센서, 모터 등을 제어하기 위해 A/D방식으로 센서 데이터 수집과 RS485 통신을 이용하여 전용인버터를 통해 펌프를 제어하고, PLC를 통해 PC로 제어할 계획임. 랩뷰 프로그래밍을 통하여 모터와 전자밸브를 동시에 작동 및 제어를 하고, 유량 및 압력센서 데이터 수집할 계획



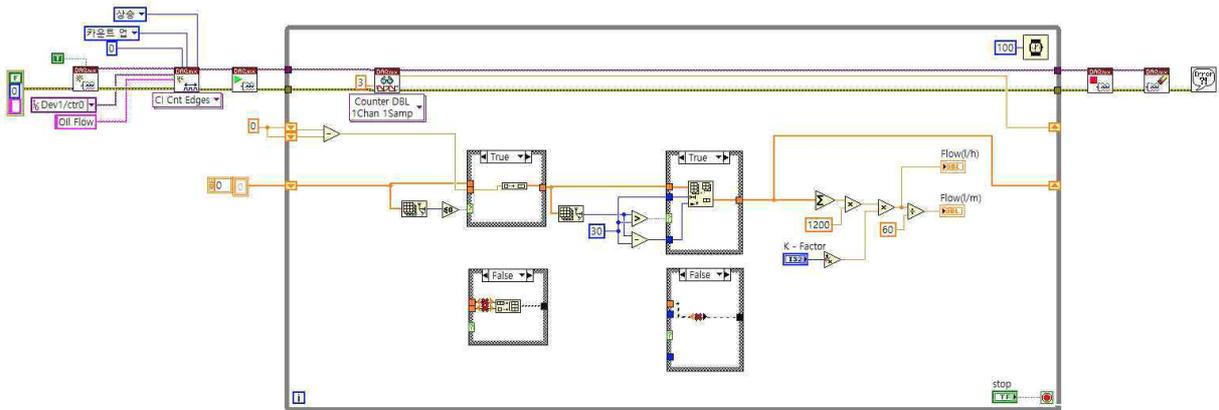
(성능 시험 계획 수립 구상도)

- 센서: 전자밸브 성능시험을 위하여 유량센서, 압력센서를 사용
- 센서 특성: 개발 전자밸브 성능시험을 위해 유량을 최대 80 m³/h를 측정할 수 있는 유량센서를 사용하였으며, 압력은 최대 10bar이상 측정할 수 있는 센서를 사용

구분	제품				
	사진	제조사	모델명	사양	비고
유량센서		누리텍	LF420	<ul style="list-style-type: none"> 온도: -20~130 ℃ 전력: AC110/220V 오차범위: 0.5% 이내 사이즈: 3/8~6 inch 전자유량계 	240만원
		대진	KTM-500	<ul style="list-style-type: none"> 유량범위: 5~1129.96m³/h 전력: AC110/220V 사이즈: 3/8~80 inch 오차범위: 0.5 % 이내 -전자유량계 	120만원
		오토후	E-MAG-IS	<ul style="list-style-type: none"> 적용온도: 60℃ 압력: 10kgf/cm²G 전력: AC 220V/ 60Hz 유량: 3.5~118.9 m³/hr 	130만원
압력센서		누리텍	TST-10	<ul style="list-style-type: none"> 적정온도: -40 ~ 125 ℃ 정확성: 0.15 % 이내 전력: 12~32V DC 압력범위: -1 ~ 250 bar 	18만원
		대진	PTD	<ul style="list-style-type: none"> 증폭회로내장형(VDC, mA) 오차범위: 0.5%FS 재질: 스테인리스, 티타늄 압력범위: 1,500 bar 적정온도: -20 ~ 80 ℃ - 전력: 4~20 mA 	12만원

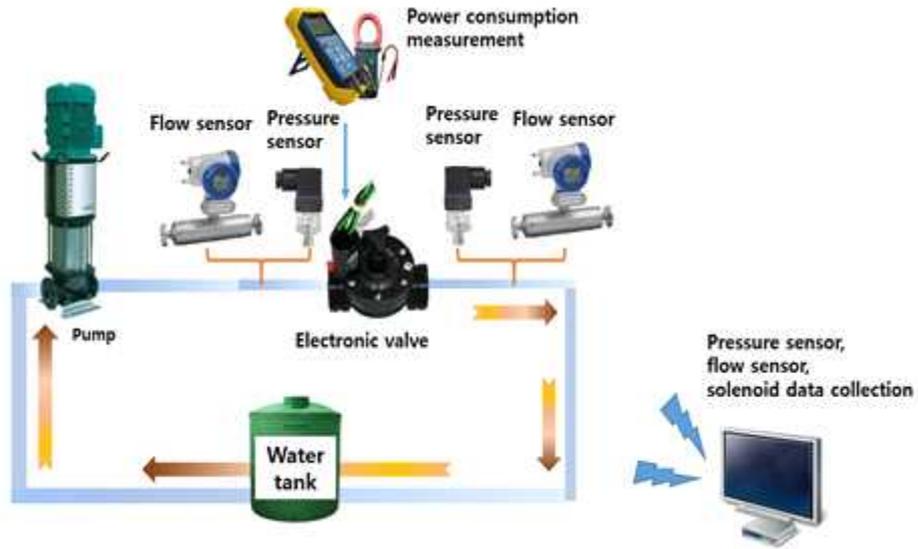
- 모터: 물탱크에서 유량을 조절하기 위해 다단모터를 사용하였으며 원하는 유량을 제대로 공급해주기 위해 최대 전력은 7.5W이상의 모터를 사용
- 릴리프 밸브: 모터에서 불필요한 양의 물을 공급하였을 경우 물의 양을 제어하기 위하여 릴리프 밸브를 사용하여 필요한 물의 양을 공급
- 추후 요인 시험장치 제작을 위해 Labview를 사용하여 압력센서 및 유량센서 데이터 수집 등

기초시험을 시행할 계획



(랩뷰 센서 데이터 수집 회로 구상도)

- 솔레노이드 전자밸브는 세계적으로 이스라엘 Bermad 사, Baccara 사가 점유하고 있으며 전세계 농가에서도 50% 이상이 두 개사의 제품을 사용하고 있다. Bermad 사 제품은 수압으로 개폐되며 솔레노이드를 부착하여 원격제어가 가능하고 압력손실율이 낮은 것이 특징이며, Baccara 사 제품은 영하 10℃의 낮은 대기 온도에서도 사용할 수 있으며 자동제어 시스템으로 관개를 제어할 수 있다. 국내 개발 전자밸브는 두 제품 중 국내 시장 점유율이 98%에 달하는 Bermad 사 제품을 벤치마킹하였다.
- 전자밸브의 주요한 성능은 전자밸브 전·후 원활한 유량 흐름, 유량에 따른 압력 감소, 소비전력 등이다. Bermad 등 선진사 규격서는 전자밸브의 높이, 너비, 길이 등의 치수, 재질뿐만 아니라 사용 가능한 압력 범위 및 최대 온도, 유량에 따른 압력손실율이 제시되어 있다. 따라서, 유량에 따른 압력손실율과 솔레노이드 소비전력을 측정하기 위해 그림과 같이 테스트벤치를 설계 및 제작하였다.

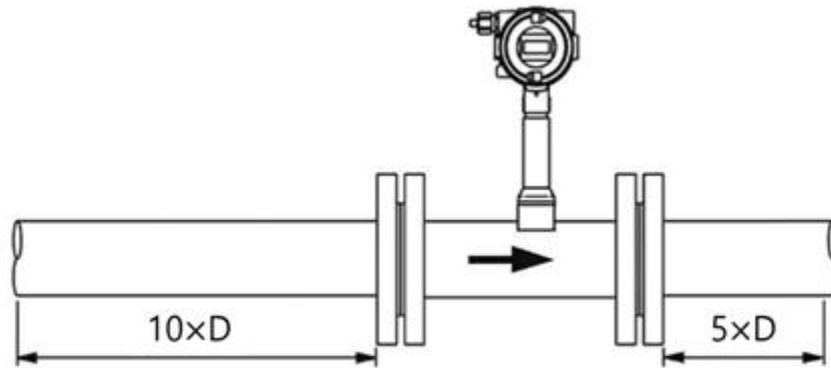


전자 밸브 테스트 벤치의 설계도

- 선진사 전자밸브 규격서를 분석한 결과 측정 유량의 범위를 $60\text{m}^3/\text{hr}$ 로 파악되었다. Bermad 등 선진사 규격서에 제시되어 있는 유량 $60\text{m}^3/\text{hr}$ 이상 측정할 수 있는 펌프를 조사하여 유량 $60\text{m}^3/\text{hr}$ 까지 충분히 토출이 가능하도록 유량 $80\text{m}^3/\text{hr}$ 까지 토출하는 MVI-6005 (WILOPump, Korea)를 선정하였다. DWA A 116-2에 따른 펌프 최소 권장 유속 범위는 $0.7\text{m/s}\sim 2.5\text{m/s}$ 이므로 측정하는 최소 유량이 $15\text{m}^3/\text{hr}$ 일 때 아래와 같은 공식을 이용하여 지름의 범위를 구하였다

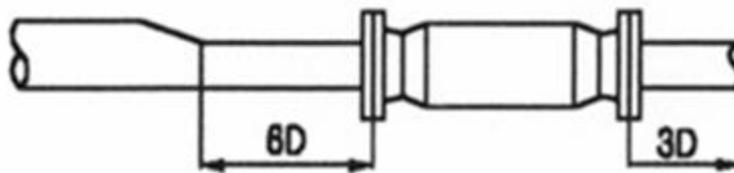
$$Q=AV$$

- 여기서, Q는 유량, A는 면적, V는 유속으로 파이프 지름을 구하면 $46\text{mm}\sim 87\text{mm}$ 범위를 구할 수 있다. Bermad 사 전자밸브 지름이 50mm 이므로 범위 안에 속하는 50mm 파이프 지름을 선정하였다
- 영국 규격 협회의 EN 29104와 국제표준화기구의 ISO 9104에 따르면 전자유량계가 통상적으로 안정된 유량값을 얻기 위한 기준조건은 전단 $10 \times D$ 및 후단 $5 \times D$ 의 직선길이를 유지하는 것이 기본이다 (Venugopal et al., 2012).



유량센서 설치를 위한 안정화 길이(Vanugopal et al., 2012)

- 파이프의 직경이 50 mm 이므로 아래 그림 3-4과 같이 d를 0.5 m, b를 0.25 m로 설계하였다. 압력센서는 전자밸브 전후의 압력 손실을 측정하기 위해서 c (0.1 m) 간격으로 전자밸브 전후에 설치하였다. 펌프 토출구의 지름이 80 mm로 증가하여 리듀서를 사용하였으며, 리듀서로 인한 파이프 지름 감소 시 유량 흐름에 불안정화가 발생하게 된다. 이러한 문제를 해결하기 위해 일반적으로 리듀서의 펌프 토출구 지름 6 x D의 직선 길이를 연장하였다 (Smith, 2007).



리듀서가 사용될 때의 유동 안정화 길이

- 따라서 전단 파이프 길이를 0.5 m 더 연장하여 전자밸브 전단 유량센서 전까지의 파이프 길이 a를 1.5 m로 설계하였다.



전자 밸브 테스트 벤치에 유량 및 압력 센서를 설치하는 데 필요한 파이프 길이 선택

- 점적관수용 전자밸브 성능 테스트 벤치를 제작하기 위해 입형다단펌프 (MVI-6005, WILOPump, Korea)는 최대 유량이 $80\text{m}^3/\text{hr}$ 제품을 선정하였으며, 유량센서 (E-MAG-I, AUTOFLOW, Korea)와 압력센서 (A-10, WIKA, Germany)는 국외 선진 전자밸브를 조사하여 유량 최대 범위 $65\text{m}^3/\text{hr}$, 최대 압력 $1,000\text{kPa}$ 이상으로 측정할 수 있는 제품을 사용하였다.

테스트 벤치에 사용되는 펌프 및 센서의 사양

Pump	Specification	
	Manufacturing	WILOPump
	Model	MVI-6005
	Max. flow	80 m ³ /hr
	Max. pressure	1,600 kPa
	Power	22 kW
	Phase / V / Hz	3 / 380 V / 60 Hz
	Speed	3500 rpm
Flow sensor	Specification	
	Manufacturing	AUTOFLOW Electromagnetic
	Model	Flowmeter E-MAG-I
	Power supply	220 VAC/ 60 Hz
	Output signals	4 -20 mA DC
	Max. flow	65 m ³ /hr
	Max. pressure	4,000 kPa
	Price	₩650,000
Pressure sensor	Specification	
	Manufacturing	WIKA
	Model	MVI-6005
	Max. flow	A-10
	Power supply	24 V DC
	Output signals	4 -20 mA DC
	Max. pressure	1,600 kPa
	Price	₩450,000

○ Visual Basic 프로그램 (ver. 6.0, Microsoft, USA)을 사용하여 유량센서와 압력센서 데이터를 측정하면 V 단위로 출력된다. 전압 값으로 수집한 유량센서 데이터를 m³/hr 단위, 압력센서 데이터를 bar로 변환해주는 보정식 계산이 필요하다. 따라서 유량제어는 입형다단펌프 (MVI-6005, WILOpump, Korea)를 사용하여 유량 보정식 실험을 진행하였고, 압력제어는 입형다단펌프(DRL10-8, Doochpump, Korea)를 사용하여 압력 보정식 실험을 진행하였다. 각 용도별 펌프를 사용한 보정식 계산 실험을 이용하여 유량 및 압력 값에 대한 정확도를 측정하여 전자밸브 성능평가에 적용 가능한지 검증하였다. 유량의 경우 15m³/hr~60m³/hr 까지 5m³/hr 간격으로 2분씩 3반복 측정 실험을 수행하였다. 3반복 측정된 실험 데이터를 이용하여 보정식을 계산하고 계산한 보정식의 검증을 위하여 프로그램에 적용하고 10개 지점의 유량을 측정해 오차를 계산하였다. 압력의 경우 0bar~3 bar까지 0.3bar 간격으로 2분씩 3반복 측정 실험을 수행하였다. 유량과 동일하게 보정식을 계산하고 검증하였다.

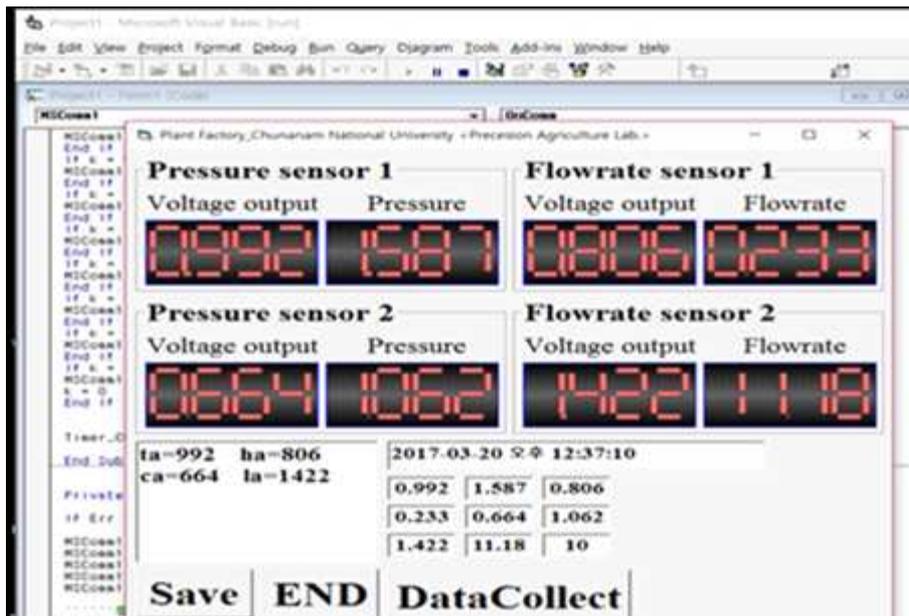
○ ZigBee는 XBee Pro Series1 (Maxstream Co. Inc., Minnetonka, MN, USA)을 사용하였다. ZigBee 통신은 근거리무선통신 장비에 많이 사용되고, 저전력이고 비용이 저렴하며 소형으로 제작이 가능한 장점이 있다. IEEE 802.15.4를 기반으로 실내 환경에서는 90m, 실외 환경에서

는 1.6 km의 거리 내에서 사용가능하고 250kbps의 속도로 데이터를 전송하며 65,000개 이상의 노드를 연결할 수 있다. 사용하는 주파수 대역은 2.4 GHz, 868/915 MHz이지만 우리나라에서는 2.4GHz의 대역에서 16개의 채널을 사용한다. 아래그림은 X-Bee Pro Series1의 사진이다.

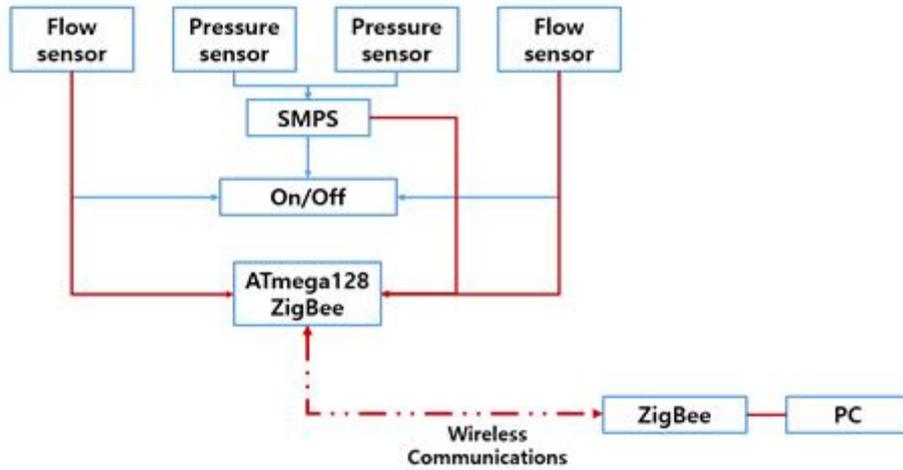


무선 단거리 통신을 위한 연구에 사용된 X-Bee Pro Series1의 사진

- 유량센서, 압력센서 데이터 값을 수집하기 위해 압력센서, 전원 케이블, ATmega128 및 ZigBee를 SMPS에 연결하였으며 ATmega128에서 받은 데이터를 Receiver ZigBee와 통신하였다. 유량센서는 SMPS를 통과하지 않고, 250Ω 저항을 연결하여 출력신호 5V가 되도록 연결하였다. PC에 Receiver ZigBee를 연결하여 센서에서 나오는 데이터 값을 무선통신을 통해 수집하였다.



테스트 벤치 관리 프로그램을 사용하여 유속 및 압력 모니터링의 스크린 샷



ZigBee 무선 통신을 사용하여 센서 인터페이스를 설명하는 다이어그램

- 노이즈 제거를 위해 데이터 케이블 실드선을 사용하였으며 컨트롤 박스 방수함(규격: 150*150*120 mm)에 ZigBee와 ATmega128을 설치하였다. 케이블 실드선은 케이블의 데이터 전송 성능을 방해하는 전자기장 (EMI)이나 케이블 외부의 펌프 컨버터, PC, 유량 및 압력 센서와 같은 전기 장치나 케이블 내의 다른 페어에서 발생하는 전기적 노이즈로부터 신호를 보호하기 위해 사용하였다. 컨트롤 박스 또한 외부에 의한 먼지, 액체 등 이물질에 의해 ZigBee와 ATmega128에 영향을 미쳐 발생할 수 있는 기계적 노이즈를 제거하였다.
- 선진사인 Bermad사 S-390-2-R 전자밸브를 사용하여 점적관수용 전자밸브 테스트벤치 기본 성능시험을 진행하였다. 유량 범위 15~60m³/hr을 5m³/hr간격으로 유량, 압력 값을 측정하였으며 솔레노이드 소비전력을 동시에 측정하였다. 소비전력공식은 아래와 같으며 V는 전압, I는 전류, η는 역률을 측정하여 전력을 계산하였다.

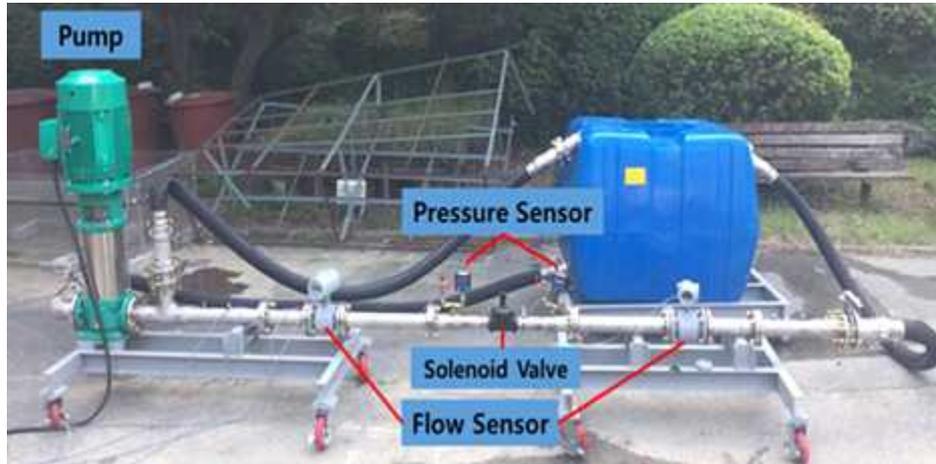
$$P=VI\eta$$

테스트 벤치의 성능 평가를 위해 선택된 Bermad 전자밸브의 사양

Solenoid	Specification	
	Manufacturing	Bermad
	Model	S-390-2-R
	Power	1.7 W
	Coil Resistance	37.5 Ω
	Pressure range	0 -10 bar
	Power supply	24 VAC
	Electronic valve	Specification
	Manufacturing	Bermad
	Model	IR-200
	Pressure range	0.07 -10 bar
	Max flow	47 m ³ /hr
	Max temperature	60°C
	Body and cover	Fibreglass-reinforced nylon
	Spring materials	Stainless steel

나. 결과 및 고찰

- 본 연구에서는 점적관수용 전자밸브 테스트벤치를 설계 및 제작하고 성능시험을 진행하였다. 좌측에 펌프를 설치하고 유량센서와 압력센서를 지나 전자밸브 통과 후에 압력센서와 유량센서를 통과하도록 설치하여 점적관수용 전자밸브의 유량에 따른 압력감소율을 측정하였다. 실험 진행 과정 중에 전자밸브의 교체가 용이하도록 밸브 양측에 플렌지파이프를 부착하였고, 클램프를 이용하여 파이프와 전자밸브를 연결하였다. 용수의 역류를 방지하기 위해 물탱크로 연결된 파이프 길이를 3 m로 부착하였다. 점적관수용 전자밸브 테스트벤치 길이가 약 5 m이므로 파이프가 휘지 않도록 하기 위해 4지점에 파이프 받침대를 설치하였으며 이동이 편리하도록 바퀴를 부착하였다.

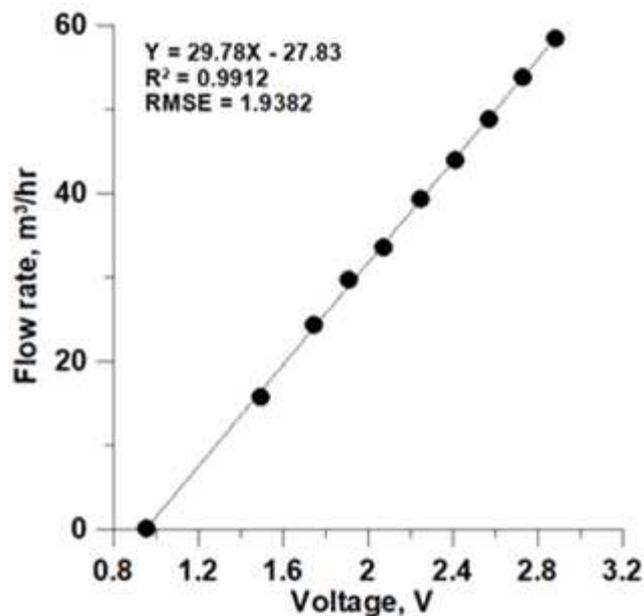


연구에서 개발된 점적관수용 전자 밸브 테스트 벤치 사진

- 유량 보정식 계산을 위하여 15m³/hr 에서 60m³/hr 까지 5m³/hr 간격으로 측정된 10단계의 데이터 평균을 이용하였다. 또한 모든 데이터를 이용한 보정식 계산을 진행하였고 동일한 결과를 얻었다.
- 아래 그림은 유량센서를 이용하여 유량 단계 별 출력된 전압을 그래프화 한 것이다. 유량의 증가에 따른 전압의 변화는 선형비례관계를 보였다. 측정된 데이터를 이용하여 도출된 보정식은 다음과 같다.

$$Y = 29.78X - 27.83$$

- 도출된 보정식의 R²가 0.99로 높은 상관성을 확인할 수 있었다.



유속 센서의 보정 방정식

- 도출된 보정식의 검증을 위하여 10 지점의 유량을 선정하고 실제 유량과 Visual Basic을 통해 확인된 유량을 비교하였다. 오차는 최대 1.41m³/hr, 평균 0.7m³/hr으로 나타났고 정확도는 최소 97%, 평균 98.2%의 높은 값으로 나타났다. 이 결과를 비추어 보았을 때, 보정식 계산에 쓰인 유량 센서를 실제 테스트 벤치에 적용하여 유량 성능 평가를 수행하여도 무리가 없다고 판단되었다.

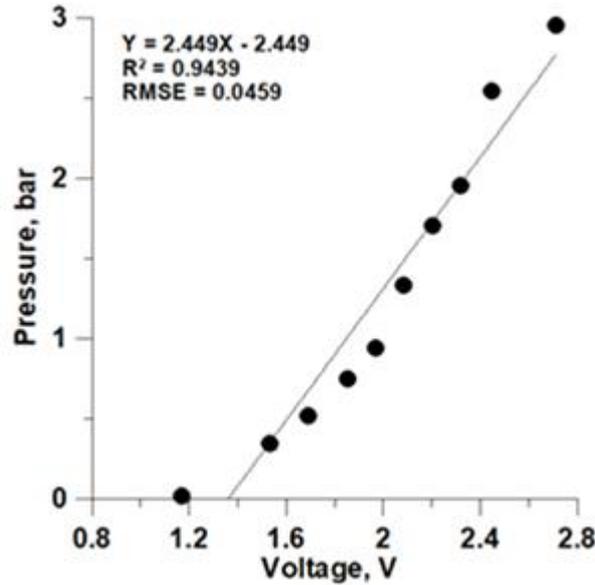
펌프 설정 및 센서 측정 유속의 비교

Pump setting flow rate (m ³ /hr)	Sensor measurement flow rate (m ³ /hr)	Error (m ³ /hr)	Accuracy (%)
15	15.46	-0.46	97.0
20	20.17	-0.17	99.2
25	24.82	0.18	99.3
30	29.75	0.25	99.2
35	34.35	0.65	98.1
40	39.26	0.74	98.15
45	44.14	0.86	98.1
50	49.01	0.99	98.0
55	53.76	1.24	97.7
60	58.59	1.41	97.2

- 압력 보정식 계산을 위하여 0.3bar 에서 3bar까지 0.3bar 간격으로 측정된 10단계의 데이터 평균을 이용하였다. 또한 모든 데이터를 이용한 보정식 계산을 진행하였고 동일한 결과를 얻었다.
- 아래 그림은 압력센서를 이용하여 압력 단계 별 출력된 전압을 그래프화 한 것이다. 압력의 증가에 따른 전압의 변화는 선형비례관계를 보였다. 측정된 데이터를 이용하여 도출된 보정식은 다음과 같다.

$$Y = 0.2449X - 2.449$$

- 도출된 보정식의 R2가 0.94로 높은 상관성을 확인할 수 있었다.



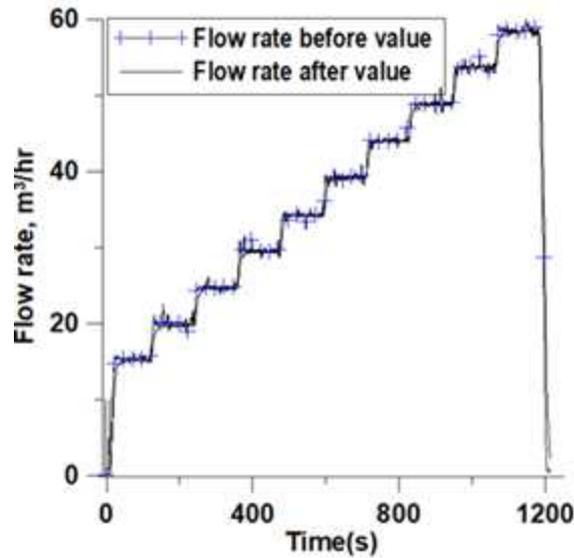
압력 센서의 보정 방정식

- 도출된 보정식의 검증을 위하여 10 지점의 압력을 선정하고 실제 유량과 Visual Basic을 통해 확인된 압력을 비교하였다. 오차는 최대 1.3 bar, 평균 0.6bar으로 나타났고 정확도는 최소 90%, 평균 94.6%의 높은 값으로 나타났다. 이 결과를 비추어 보았을 때, 보정식 계산에 쓰인 압력 센서를 실제 테스트 벤치에 적용하여 압력 성능 평가를 수행하여도 무리가 없다고 판단되었다.

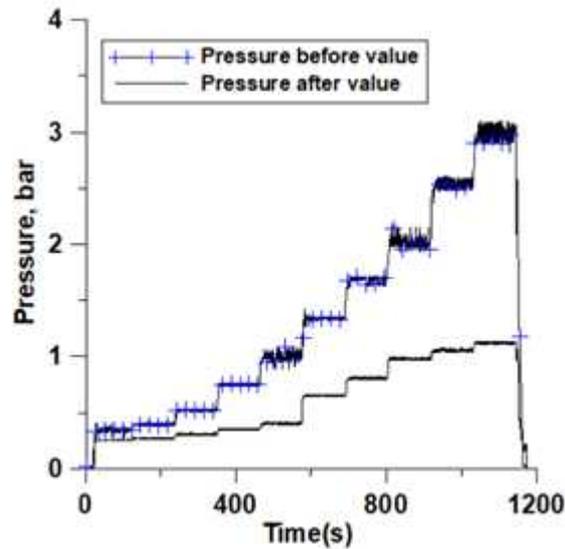
Table 4-2. 펌프 설정 및 센서 측정 압력의 비교

Pump setting pressure (bar)	Sensor measurement pressure (bar)	Error (bar)	Accuracy (%)
0.3	0.27	0.03	90.0
0.6	0.61	-0.01	98.3
0.9	0.97	-0.07	92.7
1.2	1.11	0.09	92.5
1.5	1.44	0.06	96.0
1.8	1.89	-0.09	95.2
2.1	1.97	1.3	93.8
2.4	2.51	-1.1	95.6
2.7	2.6	0.1	96.3
3.0	3.14	-0.14	95.5

- 전자밸브 전·후 유량 및 압력 데이터는 도출된 보정식을 활용하여 보정한 결과 아래 그림과 같이 나타났다. 점적관수용 전자밸브 테스트벤치에 Bermad 사 전자밸브를 부착하여 실험을 진행한 결과 전자밸브 전·후 유량 차이가 없는 것으로 측정되었으며, 압력의 경우 전자밸브로 인한 압력 손실로 인해 전 압력은 0.34bar에서 2.98bar까지, 후 압력은 0.25bar에서 1.12bar까지 상승하여 전·후 압력의 차가 발생하는 것을 알 수 있었다.

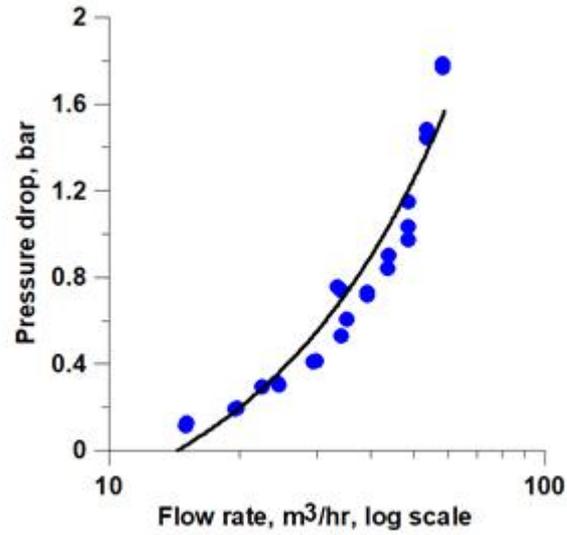


전자 밸브 전후의 Flow센서 데이터

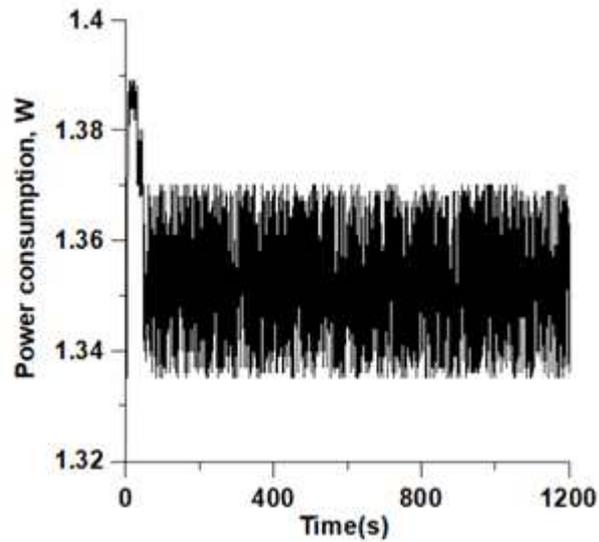


전자 밸브 전후의 압력 센서 데이터

- 실험에 사용한 Bermad사 DN50-G 솔레노이드 밸브의 규격서는 유량 8m³/hr에서 47m³/hr까지 측정하였으며 유량 47m³/hr일 때 1bar의 압력손실이 발생하였고 전력은 1.7W 소모되었다. 제작한 솔레노이드 밸브 테스트 벤치를 사용하여 Bermad사 솔레노이드 밸브의 압력손실을 분석한 결과 유량 15 m³/hr에서 압력손실은 0.09±0.02 bar가 발생하였으며 유량 45m³/hr에서 0.87±0.03bar, 유량 60 m³/hr에서는 1.86±0.06bar가 발생하였다. 유량 15m³/hr일 때보다 유량 60m³/hr일 때 압력손실이 1.77bar 증가하였으며 전력은 1.35±0.01W 소모되었다. 소비전력 측정 시 구동 전력이 큰 폭으로 상승하는 것을 볼 수 있는데 그 이유는 전원을 투입하는 순간 정상전류보다 높은 전류가 흐르는 과도현상인 돌입전류 때문이다. 따라서 구동 전력을 제외한 전력 소모량 평균은 1.35±0.01W 이다.



압력 강하 대 유속



전자 밸브의 전력 소비량

- Bermad사 전자밸브 규격서와 제작한 전자 밸브 테스트 벤치 실험 결과를 비교하여 유량에 따른 압력감소율에 대한 오차와 오차율을 아래 표와 같이 계산하였다. 전체 평균 오차는 0.016bar이며, 평균 오차율은 3%이므로 제작한 테스트 벤치의 성능은 정밀도 측면에서 전자 밸브 테스트에 적합하다고 판단하였다.

제조업체 지정(Bermad)과 측정된 압력 손실의 비교

Flow rate(m ³ /hr)	Error(bar)	Error rate(%)
15	0.0013	1.1
20	0.0028	1.4
25	0.0053	1.8
30	0.016	3.7
35	0.035	5.9
40	0.032	4.6
45	0.022	2.4

2. 개발된 전자밸브 성능시험

가. 재료 및 방법

○ 국내개발 점적관수용 전자밸브A 시제품 성능시험

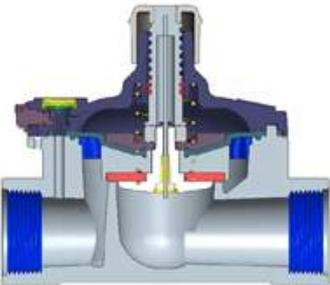
- 국내 개발 A시제품 성능시험은 한슬테크에서 개발한 점적관수용 전자밸브 다이어프램에 Bermad 사 슬레노이드를 장착하여 진행하였다. 현재 버마드 제품의 다이어프램의 볼트와 너트 돌출부 개폐고무 고정볼트가 다이어프램 고무 상부에서 개폐 고무 하향쪽으로 볼트너트 조립하도록 되어 있어 전자밸브 작동 시 물 공급 부분에 물의 저항에 많은 영향을 받으며 압력 손실과 물 공급량 및 압력이 원활하지 못하였다. 이를 개선하기 위해 다이어프램의 볼트와 너트 돌출부 개폐고무 고정볼트를 다이어프램 고무 하부에서 개폐고무 상부방향으로 체결하여 개발하였다. 개발을 통해 돌출된 부분으로 인하여 발생하는 물 공급량과 압력 손실의 문제점을 해결하며 물의 공급 효율성을 향상 시키고 돌출된 너트 부위에 수압으로 인하여 너트가 풀림을 방지할 수 있도록 개선하였다.



(a)Bermad와 (b)한슬테크의 제품의 내부구조에 대한 다이어프램의 비교

- 개발한 다이어프램의 넓이는 170 mm, 높이는 187 mm, 직경은 37 mm이며, 무게는 1.1 kg으로 제작하였다. 다이어프램 최대 작동 온도는 60℃ 이상이며, 강화 Nylon을 사용하여 몸체와 커버를 제작하였고, 금속 부품은 스테인리스, 격막은 천연고무, 스프링과 커버볼트는 스테인리스강을 사용하였다. 압력 정격은 10 bar이고, 작동 압력은 0.7 bar ~ 10 bar의 범위로 선정하여 제작하였다. 아래 표는 전자밸브 다이어프램의 설계도면 및 규격이다.

한슬테크 전자밸브의 사양

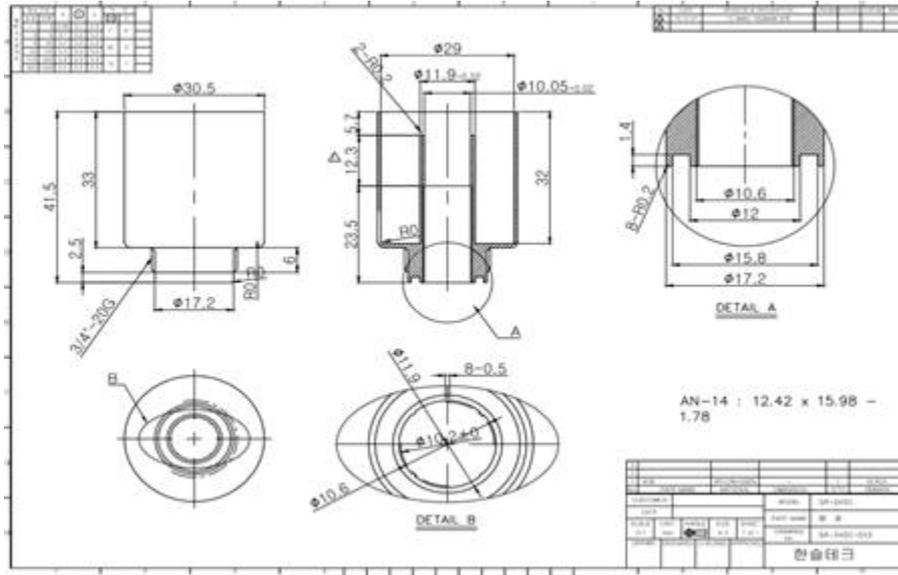
Hanseul Tech Diaphragm	Standard	
	Pattern	Globe
	Size	DN50
	Length	170 mm
	Height	187 mm
	Radius	37 mm
	W	-
	Weight	1.1
	CCDV	-

- 실험조건은 해외 선진사 실험과 동일한 조건인 유량 범위 15m³/hr~60m³/hr에서 5m³/hr 단계 별 2분간 측정 진행하였으며 전자밸브 전·후 유량, 유량에 따른 압력감소율, 솔레노이드 소비전력을 측정하였다.

○ 국내 개발 점적관수용 전자밸브 시작품 B 성능시험

- 국내 개발 시작품 B 성능시험은 시작품 A 성능시험 점적관수용 전자밸브 다이어프램에 한슬테크에서 개발한 LED부착형 솔레노이드를 장착하여 성능시험을 진행하였다. 기존 버마드 솔레노이드 제품은 고장 및 작동 여부를 육안으로 확인 할 수 없어 고장시 빠른 대처가 어렵다. 이를 해결 하기 위해 솔레노이드 상부에 LED 램프를 추가 부착하여 제품이 고장 나거나 작동 할 경우 솔레노이드 LED 램프를 통하여 사용자가 육안으로 고장 유무를 확인 할 수 있도록 개발하였다. 개발된 솔레노이드는 튜브탑과, 건선코일, 보빈, 보빈튜브, 코일커버, 바디케이스, 플랜저 스프링 부품으로 구성되어있다. LED램프의 작동원리는 솔레노이드 내 권선 코일에 발생하는 자기장의 전자기 유도현상을 이용하여 직접 LED 램프에 전원을 가하지 않고 1차 측 코일의 유도자기장에 의하여 램프를 작동 시키는 방법을 사용하였다. 따라서 국산 개발 제품은 육안으로 고장 유·무를 확인할 수 있어 고장에 빠른 대응을 할 수 있으며 솔레노이드 고장으로 인해 발생하는 물 공급에 대한 문제점을 최소화하여 작물 피해를 줄일 수 있다.

그림 3-9, 3-10은 솔레노이드 설계도면 및 국내 개발 전자밸브이다.



한솔테크에서 개발한 솔레노이드의 디자인 도면



한솔테크에서 개발한 전자밸브

- 실험조건은 시제품 A인 점적관수용 전자밸브 다이어프램 성능시험과 동일한 조건에서 진행하였으며 5m³/hr 단계별 2분간 유량, 유량에 따른 압력감소율, 솔레노이드 소비전력을 측정하였다. B 시제품 전자밸브 실험을 통하여 얻은 데이터를 활용하여 규격서를 작성하였다. 규격서에는 전자밸브 재질과 크기, 압력범위, 솔레노이드 소비전력, 유량에 따른 압력감소율 그래프가 제시되었다.
- 설계 및 제작한 점적관수용 전자밸브 테스트벤치를 사용하여 국내·외에서 많이 사용하고 있는 Bermad사, Baccara사, RainBird사, Netafim사의 Plastic Globe형 안지름 50mm 제품으로 선정하여 실험을 진행하였으며, 개발 전자밸브 성능시험 데이터와 비교하였다. 유량 범위는 기초 실험과 동일한 유량 범위 15m³/hr~60m³/hr로 5m³/hr 단계별 2분간 측정하였으며 전자

밸브 통과 전·후 유량, 유량에 따른 압력감소율, 솔레노이드 소비전력을 측정하였다.

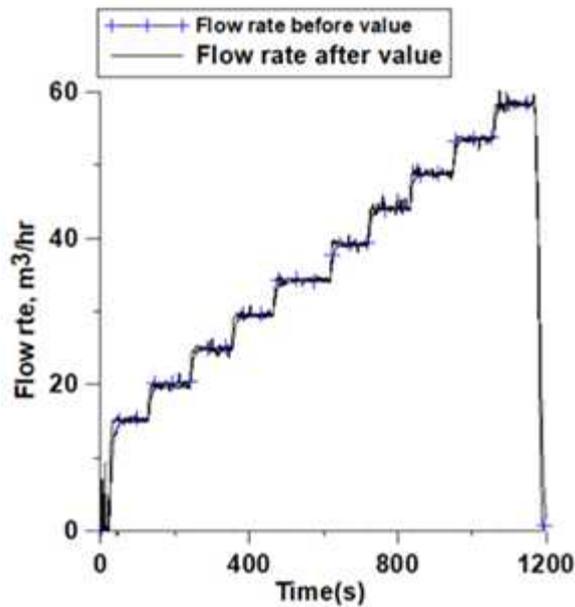
Table 3-4. 성능 비교를 위해 선택된 외국 고급 전자밸브의 사양

Bermad	Specification	
	Manufacturing	Bermad
	Model	IR-200&S-390-2W
	Pressure range	0.07 -10 bar
	Flow	47 m ³ /hr
	Max temperature	60℃
	Body and cover	Fibreglass-reinforced nylon
	Spring materials	Stainless steel
Baccara	Specification	
	Manufacturing	Baccara
	Model	GEVA75
	Pressure range	0.5 -10 bar
	Max flow	40 m ³ /hr
	Max temperature	50℃
	Body and cover	Reinforced nylon
Spring materials	AISI 304	
RainBird	Specification	
	Manufacturing	RainBird
	Model	200PESB
	Pressure range	1.4 -13.8 bar
	Max flow	45 m ³ /hr
	Max temperature	66 ℃
	Body and cover	Stainless steel-nylon
	Coil resistance	30 -39 Ω
Netafim	Specification	
	Manufacturing	Netafim
	Model	Aquanet Pluse AC/DC
	Pressure range	0.3 -10 bar
	Max flow	34 m ³ /hr
	Max temperature	60 ℃
	Body and cover	Reinforced nylon
	Leads	2 ×AWG 22(120 cm)

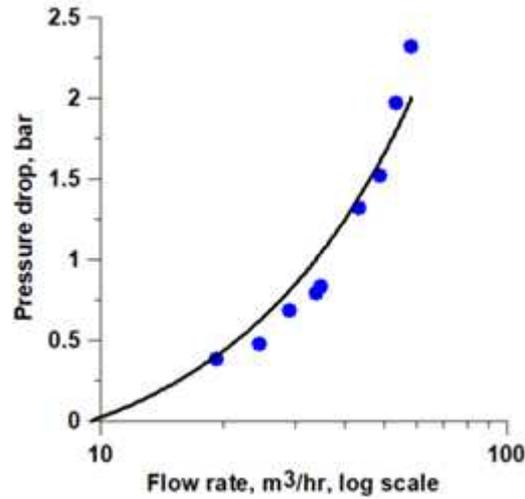
나. 결과 및 고찰

○ 국내 개발 점적관수용 전자밸브 A 시작품 성능시험

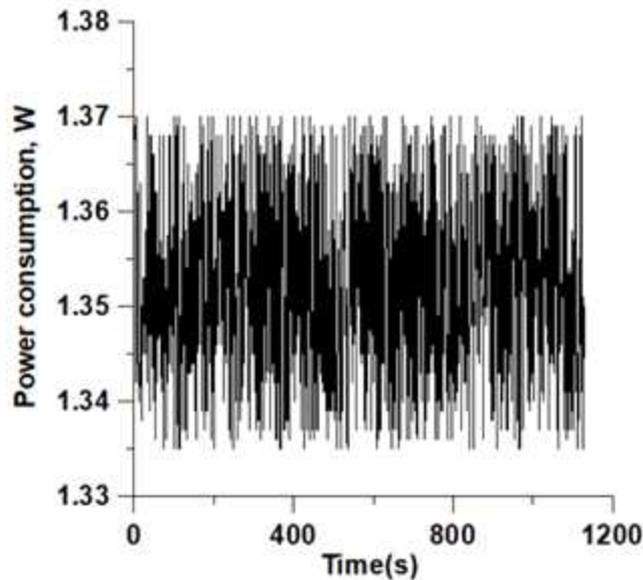
- 한슬테크에서 개발한 A 시작품은 점적관수용 전자밸브 다이어프램으로 Bermad 사 슬레노이드를 장착하여 국내 개발 전자밸브 다이어프램 구조개선을 통한 성능을 평가하기 위해 시험을 진행하였다. 개발한 국내 다이어프램은 볼트와 너트 돌출부 개폐고무 고정 볼트를 고무 하부에서 개폐고무 상부방향으로 체결하여 압력 손실의 문제점을 완화하고, 물의 공급 효율성을 향상 시켜 돌출너트 부위에 수압으로 인하여 너트가 풀림을 방지할 수 있도록 하였다. 그 결과 설정한 유량 조건과 동일하게 나타나는 결과를 얻을 수 있었다. 압력감소율은 유량 $15\text{m}^3/\text{hr}$ 일 때 $0.27\pm 0.4\text{ bar}$, 유량 $60\text{m}^3/\text{hr}$ 일 때 $2.06\pm 0.53\text{bar}$ 로 유량에 따른 압력 감소가 발생하였다. 한슬테크 전자밸브에 Bermad사 슬레노이드를 장착하여 소비 전력을 측정된 결과 전압 24VAC , 전류 0.097A , 역률 0.56 으로 전력은 $1.35\pm 0.1\text{W}$ 소모가 발생하였다.



전자밸브 전후의 센서 데이터 흐름 (A 밸브의 성능 테스트)



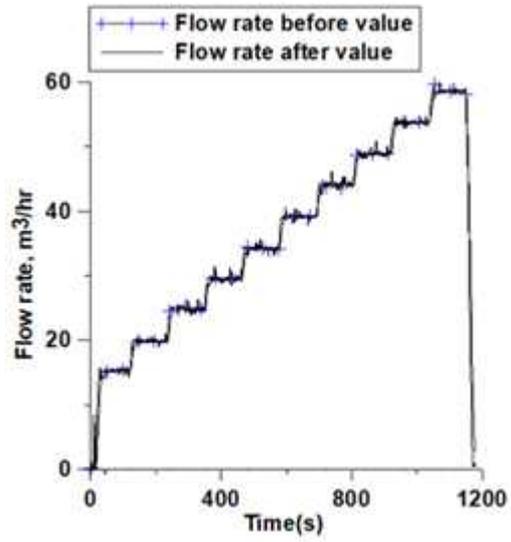
전자밸브 전후의 압력 센서 데이터(A 밸브의 성능테스트)



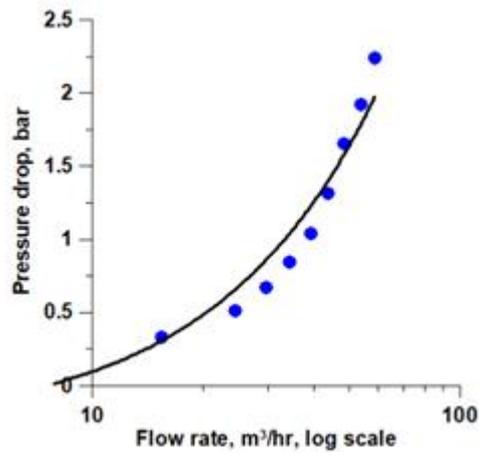
전자밸브의 전력 소비량(A밸브의 성능 테스트)

○ 국내 개발 점적관수용 전자밸브 시작품 B 성능시험

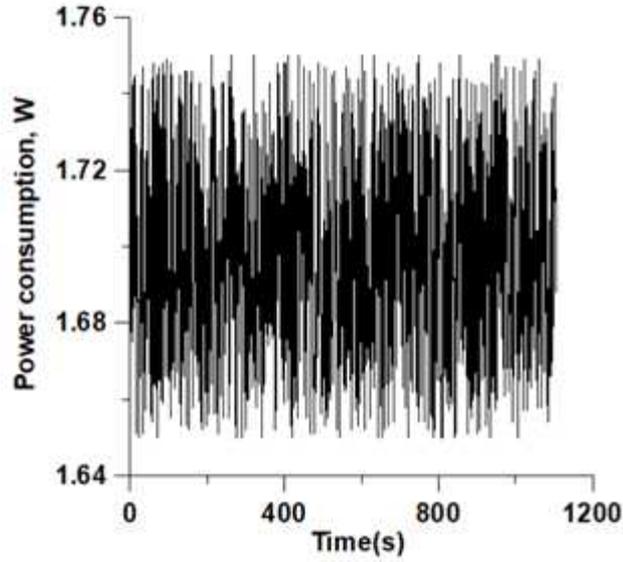
- A 시작품에 개발한 LED 램프를 추가 부착하여 제품이 고장 나거나 작동 할 경우 솔레노이드 LED 램프를 통하여 사용자가 육안으로 고장 유무를 확인할 수 있도록 LED를 부착한 솔레노이드를 장착하여 개발 전자밸브 B 시작품 성능시험을 진행하였다. 실험 결과 설정한 유량 조건과 동일하게 나타나는 결과가 나타났으며 압력감소율은 유량 15m³/hr일 때 0.26±0.03bar이며 유량 60m³/hr일 때 2.25±0.11bar로 압력감소율이 증가하였다. 한슬테크 개발 LED 부착형 솔레노이드의 소비전력을 측정된 결과 전압 24 VAC, 전류 0.133 A, 역률 0.53으로 전력은 1.7±0.04W 소모가 발생하였으며 국외 주요 선진사 솔레노이드와 달리 미세한 진동이 발생하였다.



전자밸브의 전후의 센서 데이터 흐름(B밸브 성능 테스트)



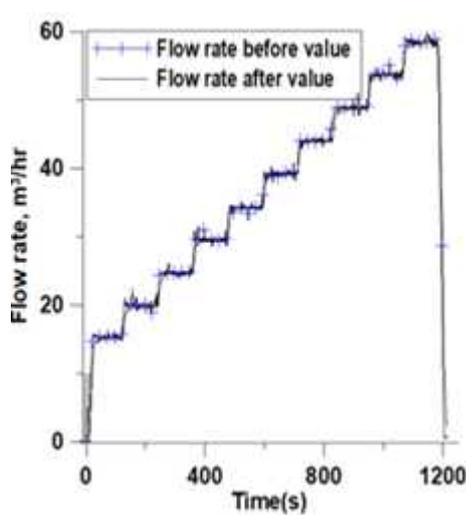
전자밸브 전후의 압력 센서 데이터(B밸브의 성능 테스트)



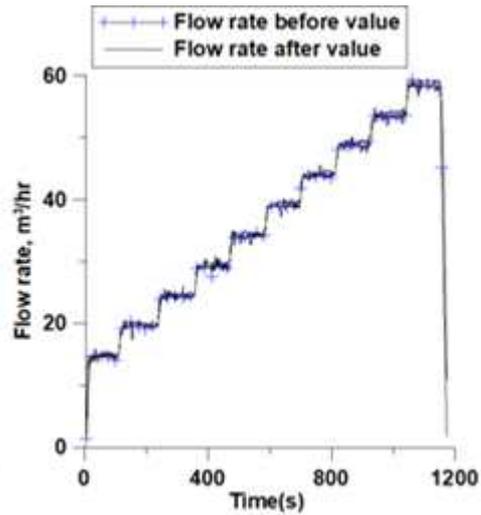
전자밸브의 전력 소비량(B밸브의 성능 테스트)

○ 주요 선진사 전자밸브 성능비교

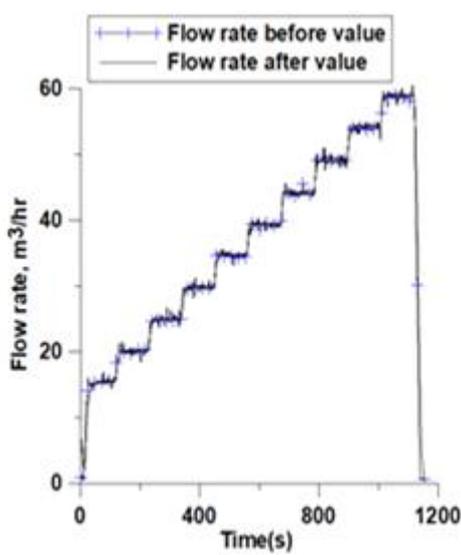
- 주요 선진사 점적관수용 전자밸브 성능시험을 하기 위하여 설계 및 제작한 점적관수용 전자밸브 테스트벤치를 사용하였다.
- 아래그림은 Bermad 사, Baccara 사, RainBird 사, Netafim 사 제품을 사용하여 실험한 점적관수용 전자밸브 전·후 유량데이터를 정리하였으며 선진사 별 전·후 유량 비교 결과 설정한 유량 조건과 동일하게 나타나는 결과를 얻을 수 있었다.



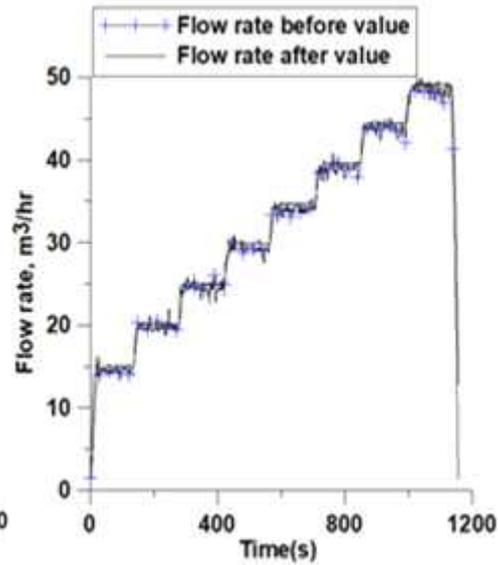
(a)



(b)



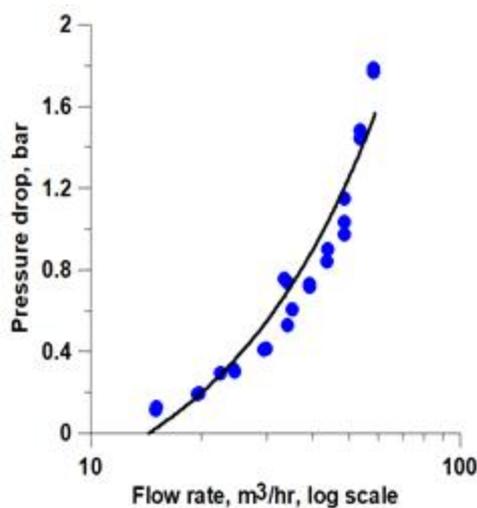
(c)



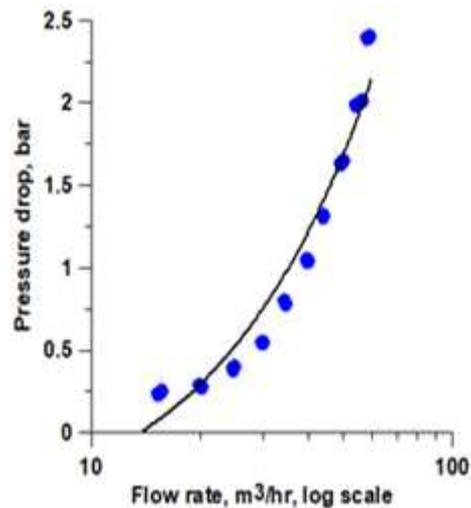
(d)

외국 고급 전자밸브의 유량비교 ((a)Bermad, (b)Baccara, (c)RainBird, (d)Netafim)

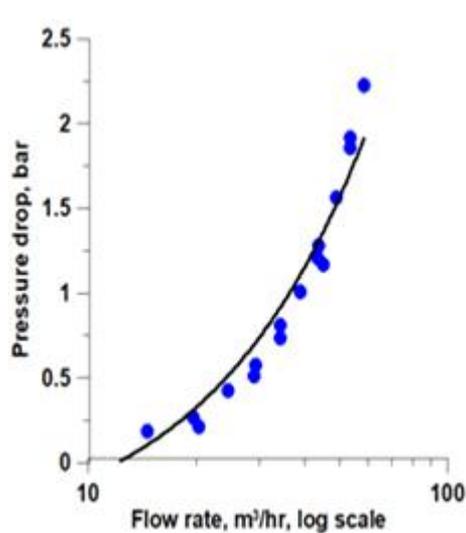
- 아래그림은 Bermad사, Baccara 사, RainBird 사, Netafim 사 점적관수용 전자밸브 통과 전·후 압력감소율을 측정된 결과이다. 각 점적관수용 전자밸브 별 전자밸브 통과 전·후 유량에 따른 압력 값을 비교하였다. 유량이 15m³/hr일 때 Bermad 사 점적관수용 전자밸브 압력감소율이 0.09±0.02bar였으며, Baccara사 0.22±0.04bar, RainBird사 0.13±0.03 bar, Netafim사 0.52±0.01bar로 나타났으며 유량 60m³/hr일 때 압력감소율 측정결과 Bermad사 1.86±0.06bar, Baccara사 2.38±0.05bar, RainBird사 2.22±0.07bar, Netafim사 3.34±0.11bar으로 유량 60m³/hr 일 때 압력감소율이 Netafim, Baccara, RainBird, Bermad 순으로 높았다.



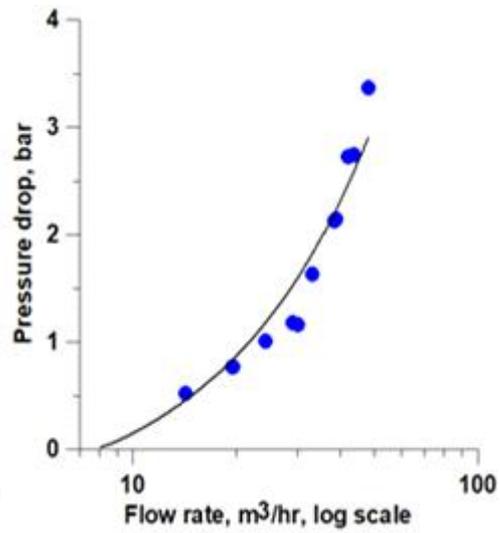
(a)



(b)



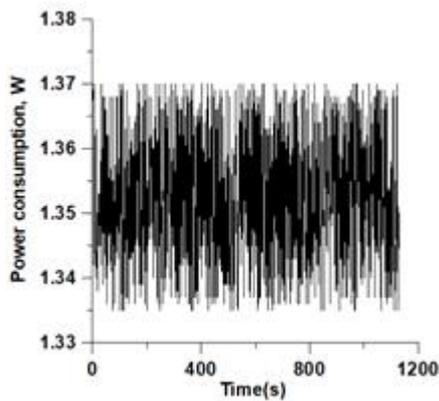
(c)



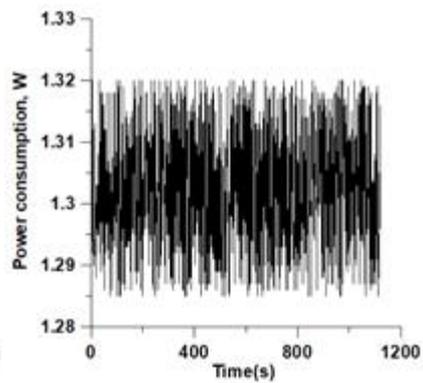
(d)

외국 고급 전자밸브의 압력 강하 비교((a)Bermad, (b)Baccara, (c)RainBird, (d)Netafim)

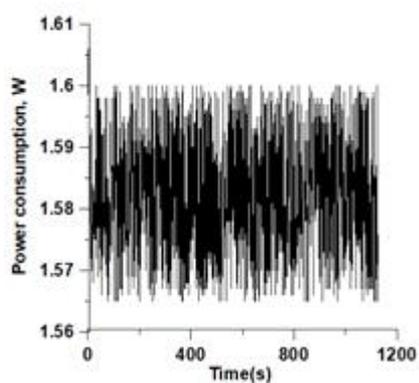
- 아래 그림은 유량 $15\text{m}^3/\text{hr} \sim 60\text{m}^3/\text{hr}$ 에 따른 압력감소를 실험을 진행하는 동안 Bermad사, Baccara사, RainBird사, Netafim사 솔레노이드 소비전력을 측정하여 비교하였다. Bermad 사 $1.35 \pm 0.01\text{W}$, Baccara사 $1.30 \pm 0.011\text{W}$, RainBird사 $1.58 \pm 0.01\text{W}$, Netafim사 $1.38 \pm 0.014\text{W}$ 로 측정되었으며 소비전력은 RainBird, Netafim, Bermad, Baccara사 순으로 높았다.



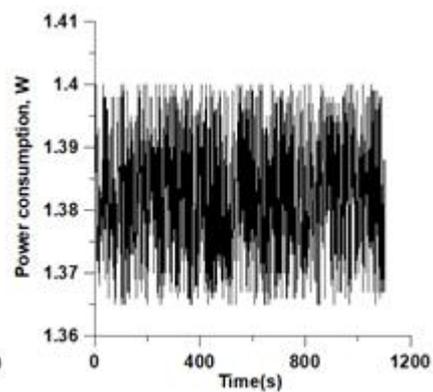
(a)



(b)



(c)



(d)

외국 고급 전자 밸브의 전력소비 비교((a)Bermad, (b)Baccara, (c)RainBird, (d)Netafim)

- 국내 개발 전자 밸브를 주요 선진사 전자 밸브들과 비교하였을 때, 유량이 15 m³/hr에서는 압력감소율이 Bermad사, Baccara사, RainBird사 보다 높았으며 Netafim 사보다는 낮았다. 유량이 60 m³/hr에서는 압력감소율이 Bermad사, RainBird사 보다는 높고 Netafim 사, Baccara사 보다는 낮았다. 소비전력은 해외 선진사 전자 밸브들보다 높은 것을 확인할 수 있었다. 압력감소율이 낮아야 성능이 우수하므로, 압력감소율 측면에서 국내 개발 전자 밸브는 해외 선진사 제품들에 견주어도 성능이 우수하나 소비전력 측면에서는 LED 작동 소비전력으로 인하여 선진사 전자밸브보다 소비전력이 높게 측정되었다고 판단되며 추후 소비전력과 솔레노이드 진동 원인 분석을 통한 내구성 개선이 필요할 것으로 판단된다.

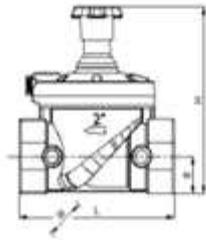
3. 연계제품 성능시험 및 종합규격서 작성

가. 솔레노이드 전자밸브

- 위 실험을 통해 얻은 데이터를 활용하여 규격서를 작성하였다. 규격서는 Bermad사 전자밸브 규격서 분석을 통해 전자밸브 재질과 크기, 유량에 따른 압력감소율, 압력범위, 솔레노이드 소비전력에 대해 작성하였다. 주요 선진사인 Bermad, Baccara, RainBird, Netafim사 규격서를 비교하였다. Bermad사 규격서에는 전자밸브 치수, 유량에 따른 압력손실 그래프와 연결 방법, 압력 범위, 재질 등이 제시되어 있는 표로 구성되어 있으며, Baccara 사에도 Bermad사의 규격서와 동일한 치수, 유량에 따른 압력손실, 사양이 제시되어 있다. RainBird 사 규격서에는 유량에 따른 압력손실과 전자밸브 작동 범위와 형태가 나타나 있으며 Netafim 사 규격서에는 제품 형태와 유량, 압력범위 등이 제시되어 있는 표, 연결 방법과 유량에 따른 압력손실 표와 전자밸브 치수가 제시되어 있다.

HANSUEL TECH ELECTRONIC VALVE

Dimension & Weight



Pattern	Globe
Size	DN50
L (mm)	170
H (mm)	187
R (mm)	37
W (mm)	.
Weight (kg)	1.1
CCDV (lit)	.

- * Without flow control handle
- ** Control Chamber Displacement Volume (liter)

Technical Specifications

Available Pattern & Size

Globe : DN: 50

Available Pattern & Size

BSP-T: NPT Female Threads

Pressure Rating : 10 bar

Operating Pressure Range: 0.7 - 10 bar

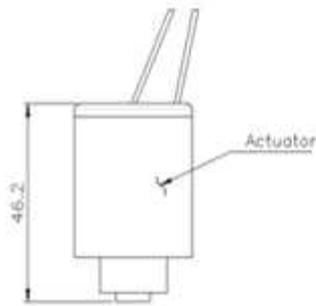
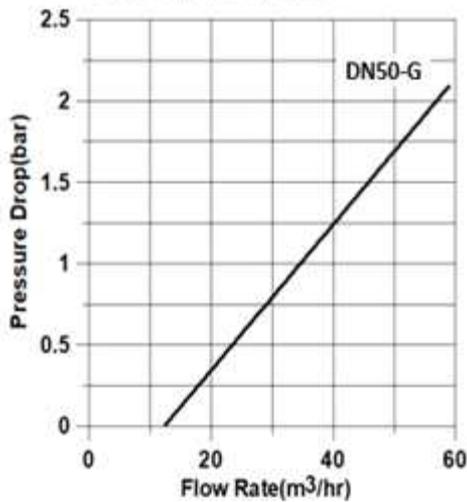
Temperature : Water up to 60°C

Standard Material :

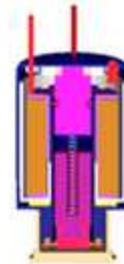
- Body & Cover : Nylon Reinforced
- Metal Parts : Stainless Steel
- Diaphragm : Natural Rubber
- Seals : NBR (Buna-N)
- Spring : Stainless Steel
- Cover bolts : Stainless Steel

Flow Chart

2-Way circuit *Added Head Loss



Weight : 0.103 kg ; 0.227 lbs
Power: 1.7 W.

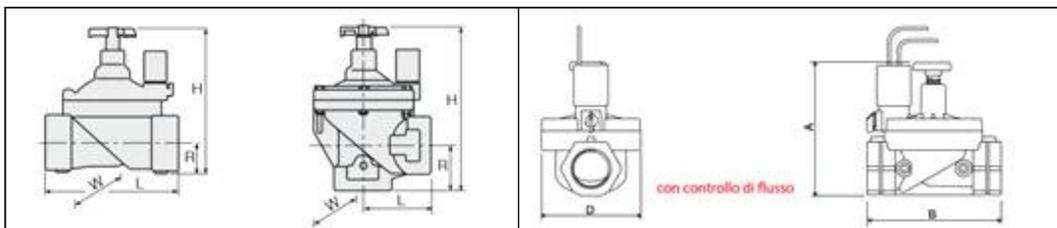


Solenoid with LED

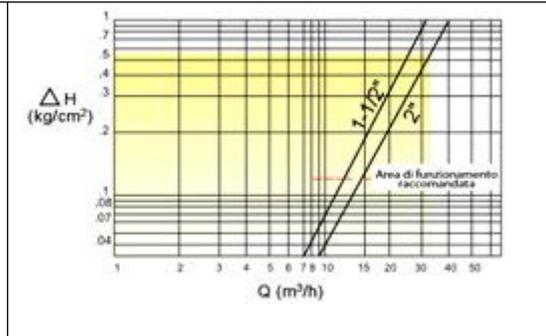
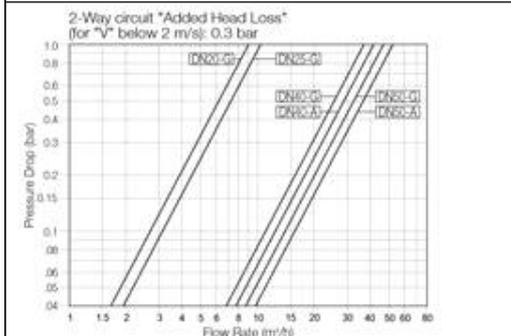
한슬테크 전자밸브의 개발 사양

외국의 첨단 전자밸브의 사양

Bermad	Baccara
-Dimension & Weights -Flow chart -Technical specifications (Connection, Pressure rating, Operating pressure range, Standard materials)	-Dimension -Flow chart -Technical specification (Connection, Pressure rating, Solenoid, Materials)



(Dimension & Weights)



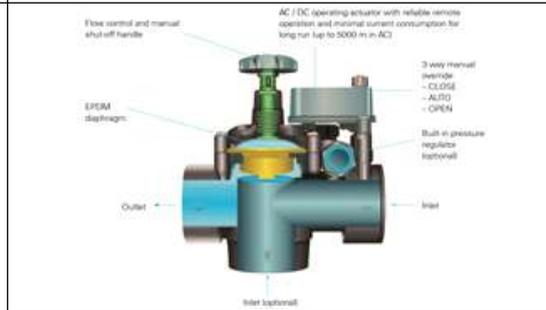
(Flow chart)

RainBird

- Pressure loss
- Operating range
- Features

Netafim

- Model features
- Specifications (Flow, Pressure range, Plastic parts, Diaphragms, Leas)
- Electrical connections
- Pressure loss
- Measurements



(Dimension & Weights)

Pressure Loss (bars)

m³/h	l/s	100-1"	150-1 1/2"	200-2"
0.06	0,2	0,05	-	-
1	0,28	0,11	-	-
2	0,56	0,12	-	-
3	0,83	0,15	-	-
4	1,11	0,18	-	-
5	1,39	0,24	0,27	-
6	1,67	0,32	0,26	-
7	1,94	0,41	0,24	-
8	2,22	0,54	0,21	-
9	2,50	0,68	0,19	-
10	2,78	0,84	0,18	-
12	3,33	-	0,18	0,21
14	3,89	-	0,22	0,21
16	4,44	-	0,26	0,20
22	6,11	-	0,55	0,26
28	7,78	-	0,98	0,46
34	9,45	-	1,46	0,69
40	11,11	-	-	0,95
45	12,50	-	-	1,18

MODEL	1	2	3	4	6
3/4" G	1.00	1.30	2.00	2.50	4.50
1" G	1.00	1.30	2.00	2.40	4.00
1 1/2" G	0.52	0.64	0.77	0.92	1.28
1 1/2" A	0.90	0.93	0.98	1.05	1.23
1 1/2" A-G	0.00	0.10	0.40	0.70	1.30
1 1/2" HYG	0.36	0.36	0.42	0.43	0.72
1 1/2" HYA	-	-	0.00	0.00	0.30
2" G	0.63	0.74	0.86	1.00	1.33
2" A	1.41	1.30	1.23	1.18	1.15
2" A-G	1.40	1.69	1.97	2.25	2.80
2" HYG	-	-	-	0.00	0.38
2" HYA	-	0.02	0.06	0.12	0.27

(Pressure loss)

나. 전자밸브 연계제품 성능평가 및 규격서 작성

○ Relief valve

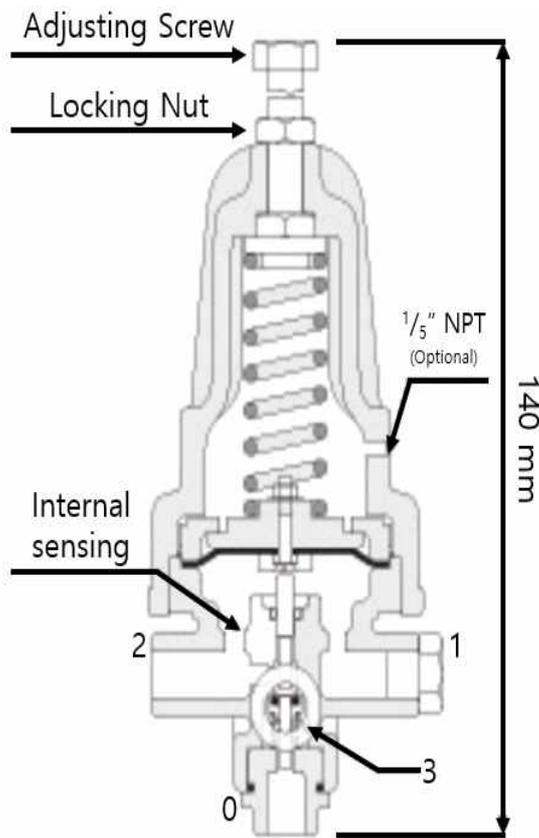
- 밀폐형 급수 Relief 장치나 급수 배관 등 밀봉되어 있는 설비 내의 수압(수두압)이 소정의 압력 이상으로 되면 자동적으로 물을 배출하는 밸브이며 Relief valve는 구조적으로는 안전 밸브와 동일하나 Relief valve의 경우는 배출되는 온수를 안전한 장소까지 안내하는 긴 도관을 갖출 필요가 있음.



Bermad사 Relief valve

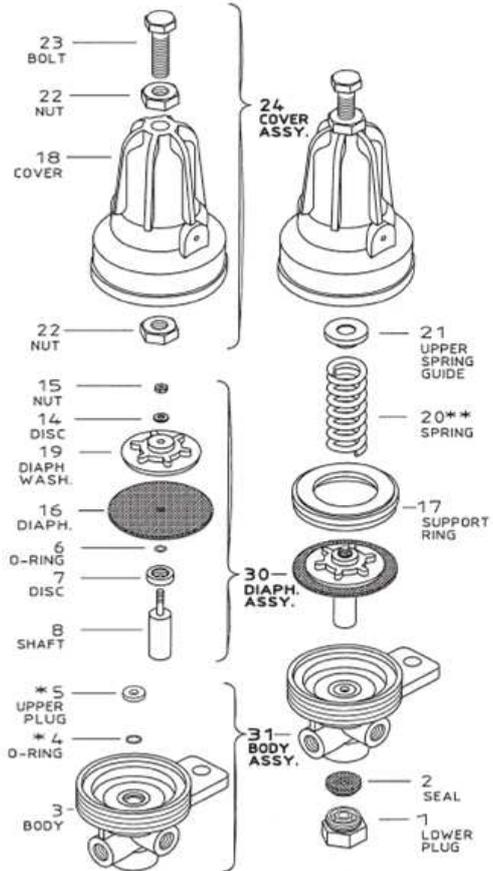
○ Bermad사 Relief valve 분석

- Bermad사 Relief valve PC-20-A-P 제품을 분석한 결과 타입크기는 1½ - 4"이며 최대허용 압력은 25bar, 350Psi이며 Relief valve 본체의 재질은 청동/스테인레스를 사용. 커버는 황동 스테인레스 스틸 / 폴리 아마이드 재질을 사용
- Bermad사 Relief valve에서 사용되는 스프링의 재질은 아연도금의 철강 재질이 사용되며 스프링의 최대 압력은 7 bar, 100Psi 임
- 릴리프밸브 구성도의 경우 Cover Assy, Diaph Assy, Body Assy 부분으로 나눌수 있으며 벤치마킹 분석을 통해 Relief valve 재질과 크기, 치수 등을 측정하고 아래 사진과 같이 구성도를 이루는 부품을 나열해 놓았음



Weight: 0.21Kg: 2.0 lbs.

Bermad사 Relief valve



* - FOR SUSTAINING PILOT ONLY
 ** - DIFFERENT SPRINGS

Relief valve Diagram

Adjustment Range		Pressure		Standard
Spring	bar	psi		
H-Orange	1-7	15-100		
N-Natural	0.8-6.5	11-95		
K-Gray	0.5-3	7-40		
J-Green	0.2-1.7	3-25		

Connections

- 0 – Upstream
- 3 – Valve control chamber
- 2 – Downstream
- 1 – Plugged / External Sensing

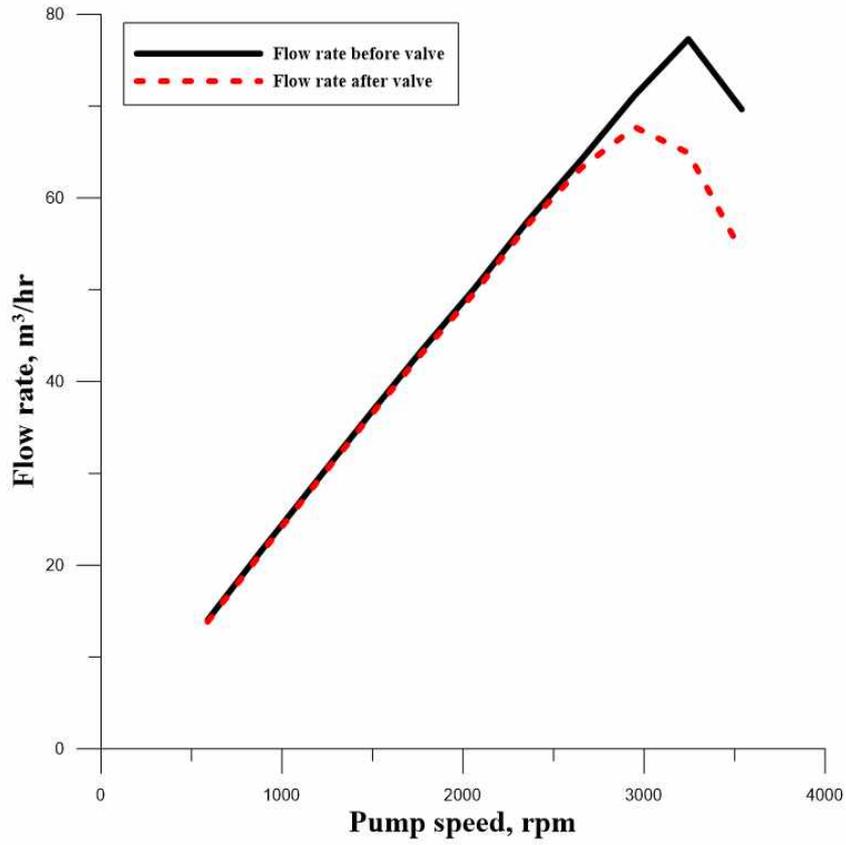
Spring specification

○ 국산화 개발제품 성능평가

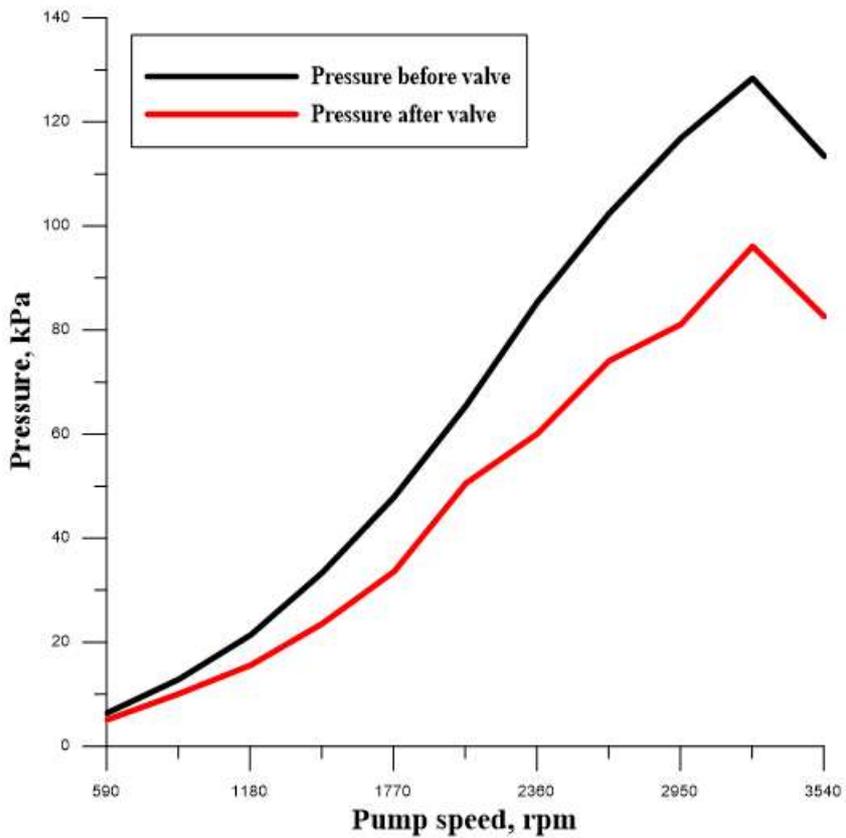
- 점적관수용 전자밸브 테스트벤치에 Bermad 사 릴리프밸브를 부착하여 릴리프밸브 스프링의 압력이 없을 시와 압력을 주었을 시 Pump speed에 따른 유량 및 압력의 변화를 측정. 설정압력보다 높을 시 바이패스 되는 물은 다시 물탱크로 유입 되도록 설계하였음

- Pump는 최대 3,540 rpm / 60 Hz이며 PID 제어를 통하여 Pump의 Moter speed를 11단계로 나누어 릴리프밸브 전·후의 유량을 비교하였음. 압력이 없을 시 Pump speed 885, 1,180, 1,475, 1,770, 2,065, 2,360, 2,655, 2,950, 3,245, 3,540 rpm으로 각각 실험한 결과 3,245 rpm에서 128.5 kPa의 압력으로 가장 높았으며 릴리프밸브 바이패스로 인하여 급격한 유량차이가 나타난 것으로 확인되었음. 제작한 테스트 벤치를 사용하여 유량 13.85 m³/hr에서 69.65 m³/hr 까지 측정하였으며 국산화 개발제품인 릴리프밸브를 분석한 결과 유량 13.85 m³/hr에서 압력손실은 1.5±2 kPa이 발생하였고 유량 69.65 m³/hr일 때 31±5 kPa의 압력손실이 발생하였음
- 릴리프밸브 전·후의 유량차는 Pump speed 2,950 rpm 에서부터 유량차이가 났으며 3,245 rpm에서 유량의 가장 큰 차를 보였다. Pump maximum speed 3,540에서 큰 차이가 나타났으며 압력의 경우 2,950 rpm에서 가장 큰 차이를 보였음
- Pump speed에 따른 압력차이는 Pump speed 590 rpm일 때 1.5 kPa이었으며 885 rpm일 때 3 kPa, 1,180 rpm(6 kPa), 1,475 rpm(10 kPa), 1,770 rpm(14.5 kPa), 2,065 rpm(15.05 kPa), 2,360 rpm(25.5kPa), 2,655 rpm(28.5 kPa), 2,950 rpm(36 kPa), 3,245 rpm(32.5 kPa), 3,540 rpm(32 kPa)으로 나타났음



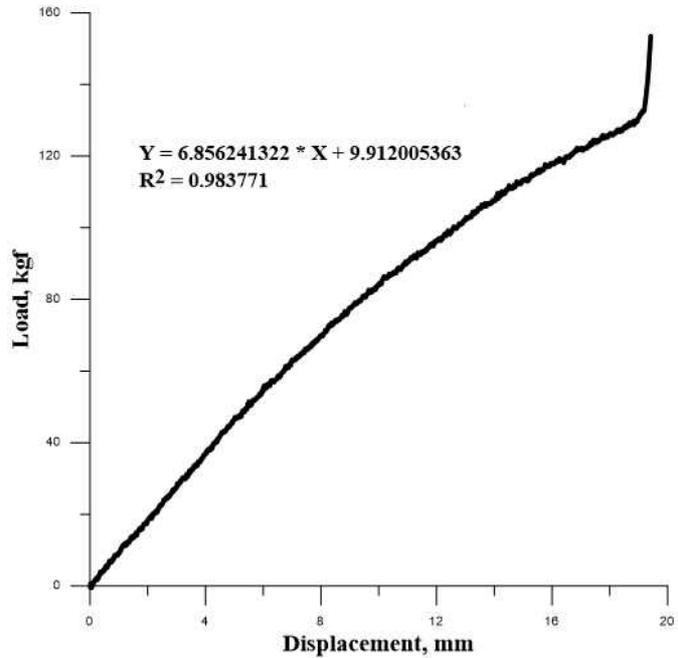
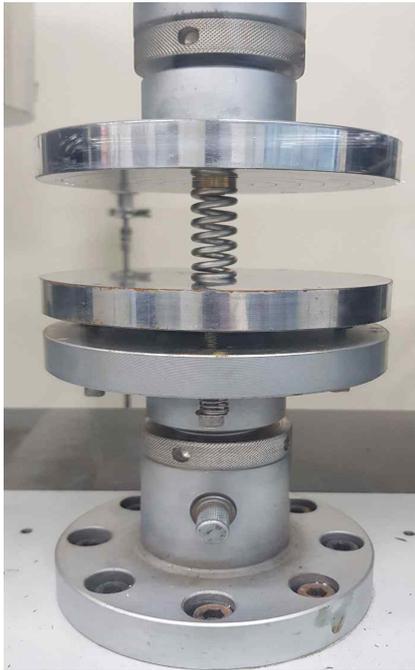


릴리프밸브 스프링 무부하 시 펌프 회전속도에 따른 밸브 전·후 유량센서 데이터



릴리프밸브 스프링 무부하 시 펌프 회전속도에 따른 밸브 전·후 압력센서 데이터

- 릴리프밸브의 스프링 압축압력에 따른 릴리프 성능과 압축 범위에 따른 유량, 압력을 측정하기 위하여 우선 스프링의 제원을 파악하였으며 UTM 장비를 이용하여 스프링의 최대하중을 측정하였음. 최대하중을 측정한 이유는 스프링의 압축한계점에 따라 릴리프의 범위가 달라질 수 있기 때문임.
- 스프링 최대하중 실험 결과 최대 스프링의 압축한도는 20 mm의 변위가 일어날 때 444 kgf의 힘의 측정값이 나타났으며 그 이상의 값은 압축한계에 도달하여 급격히 상승하는 그래프 곡선을 나타내었다.



릴리프밸브 스프링 제원표

No	구분	Spring 규격	생산시 규격	비고
1	재질	STS 304	STS 304	
2	선경	4.30	4.00	
3	1중심경			
4	2내경	12.00	12.00	
5	총권수	8.5권	7.25권	
6	유효권수	6.5권	5.25권	
7	자유장	49.20 mm	49.20 mm	
8	권방향	좌	우	
9	연삭공정	유	유	
10	표면처리	샷트공정	샷트공정	
11	스프링 상수	10.626 Kgf/mm	10.417 Kgf/mm	

- 스프링 압축 범위에 따른 유량, 압력을 측정한 결과 릴리프 무부하 상태에서 유량과 압력이 가장 높은 3,540 rpm에서 스프링을 볼트로 압축하여 유량 및 압력의 범위를 조절하였음
- 밸브 전 83.5 m³/hr, 136 kPa 밸브 후 73.25 m³/hr, 104 kPa(무부하시)에서 스프링을 2 mm

(볼트 360°)간격으로 압축하여 유량과 압력을 측정 한 결과 2 mm 압축에서 75.75 kPa의 압력과 113 m³/hr 4 mm 압축에서 78.25 kPa, 121 m³/hr 6 mm 압축에서 80.75 kPa, 132 m³/hr 8 mm 압축에서 83.25 m³/hr, 135 kPa 의 결과 값이 측정되었으며 2mm 당 2 kPa의 압력과, 8~10 m³/hr 의 유량의 변화가 나타나는 것으로 확인되었다.

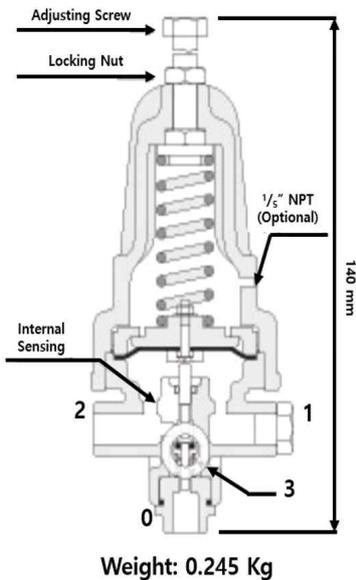


릴리프밸브 스프링에 의한 압력 조절 방법

○ 규격서 작성

- 릴리프밸브 성능평가에서 실험을 통해 얻은 데이터를 활용하여 규격서를 작성하였다. 규격서는 Bermad 사 릴리프밸브 벤치마킹 분석을 통해 릴리프밸브 재질과 크기 치수, 유량에 따른 압력손실 그래프와 연결 방법, 압력 범위, 재질 등이 구성되어 있다.

HANSUEL TECH RELIEF VALVE



Technical Date

Standard Materials

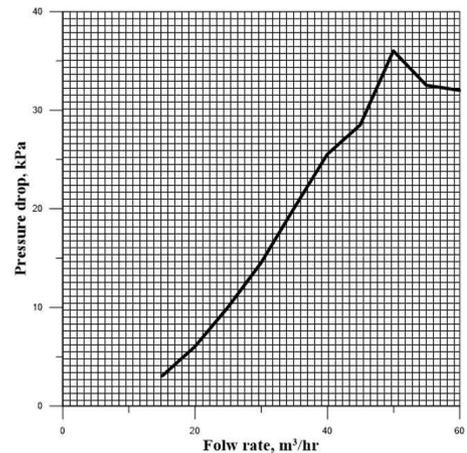
- Body & Cover: Polyamide 6+30% F.G
- Internals: Stainless Steel % Brass
- Spring: STS 304
- Diaphragm: Nylon
- Cover bolts: stainless Steel

Adjustment Range

Spring	Pressure	
	kPa	psi
STS 304	7 ~ 137	1.02 ~ 9.87

Connections

- 0 - Upstream
- 3 - Valve control chamber
- 2 - Downstream
- 1 - Plugged / External Sensing



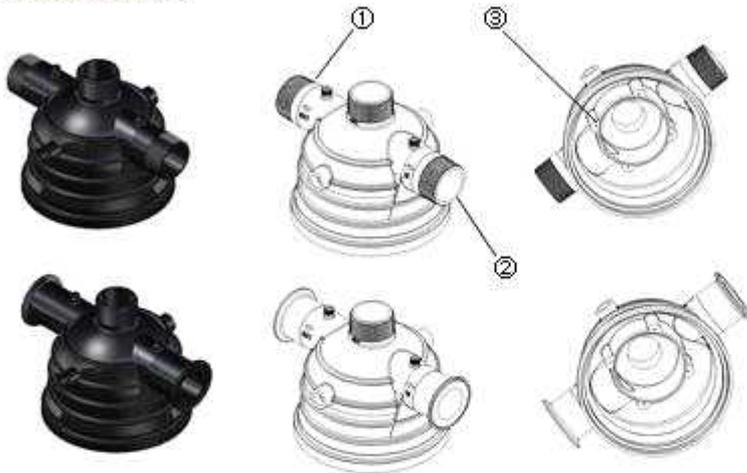
3-2-5. 제 2협동 남경정공

⑥ 여과기 시리즈 개발 : 일반 50mm [1차 년도]

3) 일반여과기 제품개발

- 현재 국내 판매시판중인 여과기중 알칼신등등의 제품을 분석하여 현재까지 문제시 되고 있는 사용상의 불편함을 최대한 반영한 여과기 개발에 중점을 두고 여과 성능 및 편의성을 최대한 적용한 여과기를 설계 제작을 목표로 함.

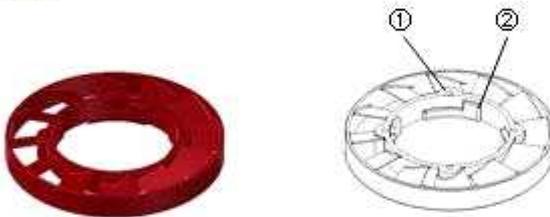
(1) Filterbody_top



① 토출부 ②유입부 ③다이빙블레이드 연결턱

- 여과기 입출구 부분 : 기존 스크류타입과 장착의 편리함을 위해 페럴타입 적용으로 두가지 제품을 선택할 수 있도록 제작

(2)Divingbleid



① Filterbody_top과 연결 ②Filterpillar 체결 부분

- 여과기내부 유입수의 와류 현상을 증대시켜줄 핵심부품.

Filterbody_top과 체결하여 한층 더 안정된 와류를 발생시켜 디스크 표면에 침착되는 이물질의 양을 최소화 할 수 있다

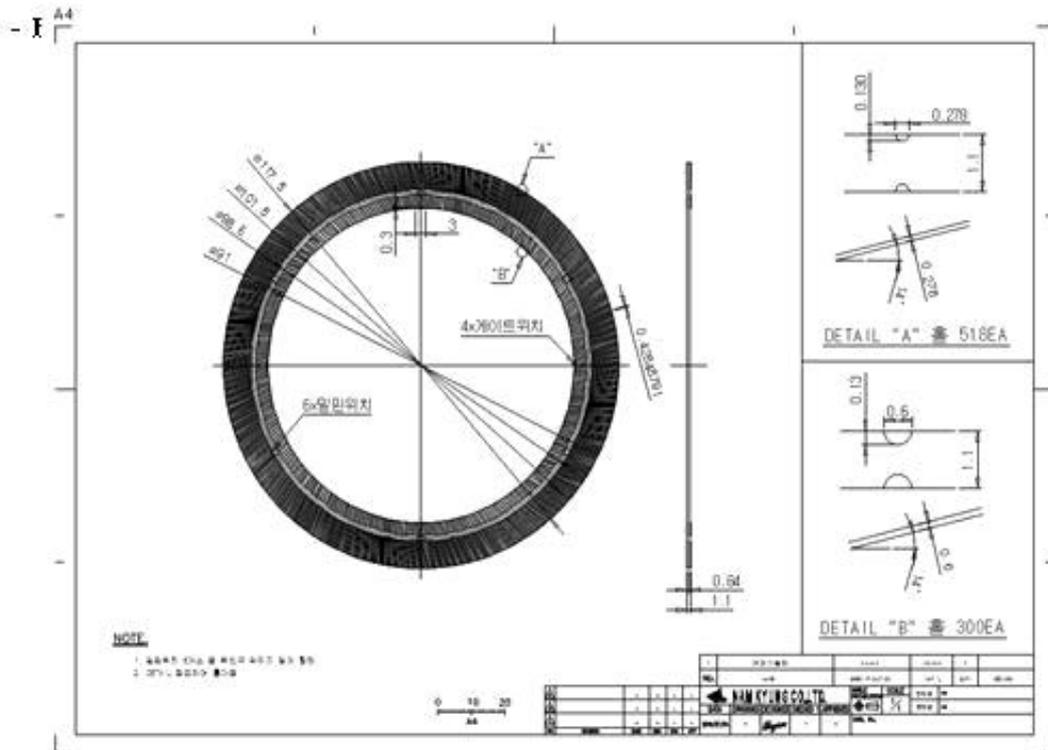
(3) Filterpillar



① Divingbleid와 체결되는 부분

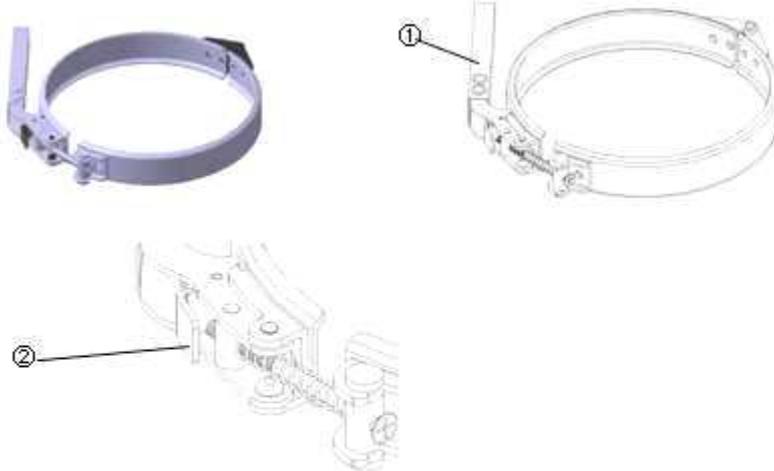
기존의 끼워넣어두는 불안정한 고정방식에 빠지는 현상을 없애기 위해 탈착식으로 제품을 제작함으로써 안정되게 조립이 됨.

(4) Filter : : 서 여과기의 이물질 제거용 필터



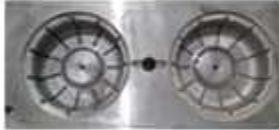
- 일반 여과기와의 차별화된 물의 흐름에 최적화된 U자 형태의 메쉬홈을 채택함으로써 기존 판매중인 V홈을 가진 여과기와 차별화를 함
- U자형 홈은 침투상으로 최적화된 형상이며 미사등의 침전이 최소화된 형상임이 학술상으로 알려진 형상이며 여과기 홈의 개수를 일반적으로 근사치에 가까운 숫자를 적용하는 일반 여과기와는 다르게 정확한 숫자의 홈으로 메쉬 규격을 적용함.

(5) Band : 여과기에 유입된 물의압력을 잡아 여과기의 안정성을 유지 시켜주는 밴드

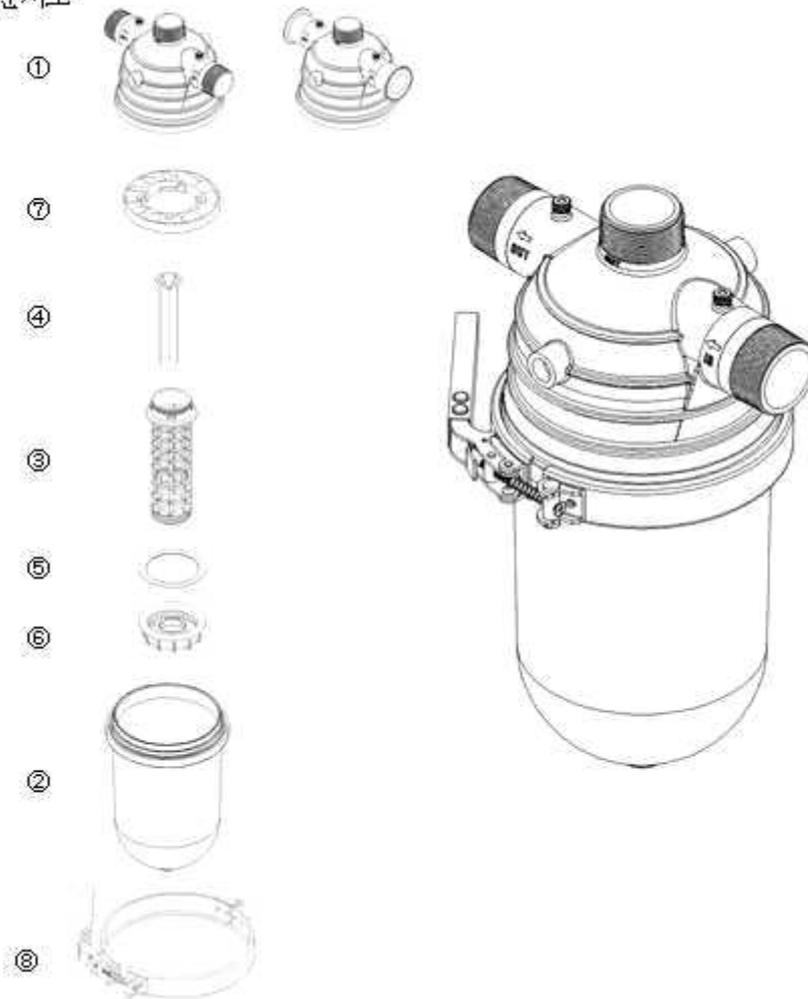


- ① 핸들 : 기존의 여과기 케이스의 개폐의 어려움을 없애기 위해 핸들을 부착
- ② 안전핀 : 여과기의 높은 압력이나 의도하지 않는 개폐로 인한 사고를 방지하기 위한 안전핀을 최초로 적용함으로써 안정성을 높였다
해외 수출시 안전핀 장착으로 인한 수출에 좋은 효과를 기대할 수 있음.

NO	품 명	이미지	CORE 사진	MOLD BASE사진
1	Filterbody_top			
2	Filterbody_bot			
3	Filterpillar			
4	Innerpillar			

NO	품명	이미지	CORE 사진	MOLD BASE 사진
5	Filter			
6	Cap			
7	Divingbleid			

- 조립순서도



⑥ 여과기 시리즈 개발 [2차 년도]

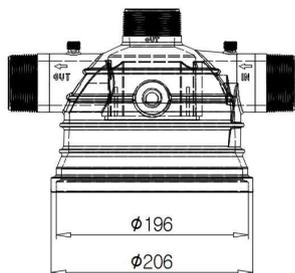
1. 50mm 일반여과기 수정 및 보완

1) 50mm 일반여과기 실험결과

- 생산날짜 : 2016년 9월20일
- 실험일자 : 2016년 9월21일
- 여과기 물 공급 후 누수여부 테스트
- 물 공급 직후 무압력에서 누수현상이 발생함.
- 압력공급 후 3키로 정도에서 누수가 멈추고 압력 증가시 누수가 없음.
- 누수 원인 파악 및 치수측정

측정경	도면치수	내 용	측 정 릿 수						
			방 향	SPL1	SPL2	SPL3	SPL4	SPL5	평 균
내 경	196	A	196.47	196.46	196.4	196.42	196.49	196.448	
		B	196.73	196.7	196.75	196.77	196.75	196.74	
		C	196.79	196.76	196.77	196.73	196.76	196.762	
		D	197.14	196.12	196.15	196.12	196.14	196.334	
		편차	0.67	0.64	0.62	0.65	0.62	0.64	
외 경	206	A	206.35	206.3	206.36	206.36	206.32	206.338	
		B	206.25	206.28	206.25	206.25	206.27	206.26	
		C	206.6	206.62	206.64	206.62	206.6	206.616	
		D	206.9	206.92	206.92	206.9	206.92	206.912	
		편차	0.65	0.64	0.67	0.65	0.65	0.652	
생산일자			2016.09.20						

- 누수에 관한 정밀 분석작업
- 내경,외경 조립부 찌그러짐(타원형 형상)편차가 0.6이상되어 조립시 어떤현상이 발생할지 분석
- 서로 찌그러짐현상(타원형)이 생겨서 편차가 심한곳이 서로 조립되었을 경우 1.3정도의 공간이 발생하여 누수가 되는 것으로 판단이 됨.
- 현재 사출후 지그에 고정하여 냉각시키는 방법으로 작업중이며 지그작업에서 0.6이상 찌그러짐이 발생하여 금형과 지그를 수정하여 진원이 나오게 수정하는 방향으로 검토
- 금형과 지그에서 진원이 나오게 잡는 문제는 2중으로 수정을 해야하는 어려움이 있고 추후 양산에서 제품 생산에 지그작업의 어려움이 있어서 지그작업 없이 금형을 수정하는 방법으로 금형만 수정 검토.



내경 196파이 , 외경 밴드체결부위 206파이이며 이부분이 하부BOT부분과 결합되어 진원에 가까운 형상이 되지 않을 경우 누수가 발생되기에 금형만 수정하기로 최종결론내려 수정 진행함. 수정다음 사출진행은 10월 중순경 예상.

2) 1차 금형수정 진행상황

- 생산날짜 : 16년 10월17일
- 실험일자 : 16년 10월18일
- 내용

- . 냉각용 지그없이 금형수정으로만 진원도 수정작업 진행후 사출하여 치수 측정
- . 지그작업전 보다 편차가 더 심해짐.
- . 수정전 내경편차 0.64에서 수정후 진원도 내경편차가 0.94로 더커짐

- 원인분석:

게이트로 유입된 원료의 흐름 방향에 영향을 미치는 물 유입구와 토출구쪽 구조물로 인해 A반대쪽까지 원료가 도달하기까지 시간 편차에 의한 변형률을 기존에는 냉각시 지그에 고정으로 인하여 강제로 형상을 만들었으나 현재는 지그를 사용하지 않고 자연냉각으로 인해 변형형상이 심하게 틀어지는 현상.

- 보완방향 :

제품을 24시간 이상 완전히 식힌다음 변형된 형상을 바탕으로 금형을 재가공 하여 변형 형태를 최소화 하는 방법을 찾아야 함.

- 진행방법 :

변형형상을 완벽하게 파악한 다음 금형모델링 수정작업을 거쳐서 금형을 재가공.

- 문제점 :

- . 제품의 치수를 측정하기에 구조상 측정기 사용에 제약이 많은점.
- . 현재 제품을 측정하여 모델링을 수정하기에 진원도가 틀어진 것을 수정해야 함에 따른 모델링 작업의 어려운점 및 기계설비 작동데이터 수정의 어려운점.

여과기 치수측정									
내 용			측정 횟수						
측정경	도면치수	방 향	SPL1	SPL2	SPL3	SPL4	SPL5	평균	비고
내경	196	A	197.02	197.07	197.1	197.08	197.04		
		B	196.65	196.58	196.6	196.55	196.6		
		C	196.52	196.58	196.55	196.57	196.6		
		D	197.45	197.5	197.52	197.55	197.5		
		편차	0.93	0.92	0.97	1	0.9	0.944	
외경	206	A	206.7	206.72	206.9	206.8	206.69		
		B	206.25	206.27	206.3	206.25	206.32		
		C	206.4	206.5	206.45	206.52	206.57		
		D	207.05	207.07	207.1	207.12	207.12		
		편차	0.8	0.8	0.8	0.87	0.8	0.814	
생산일자			16.10.15						

- 위의 데이터를 기본 바탕으로 금형모델링 수정 및 금형수정 작업 진행하기로 함.
- 다음 제품 사출일정까지 약20일 정도 소요예정
- 제품 유량 실험결과
 - . 물 공급후 저압에서 누수현상은 더 심하며 고압 10키로에서 누수현상 발생함.
 - . 저압에서 누수현상은 기존의 진원도의 편차에 의한 누수로 인한것이지만 기존에
 - . 고압에서 누수가 없었는데 이번 수정후 고압에서 누수현상이 생겨 원인 파악이 필요함.
 - . 고압에서 누수 현상원인 파악결과 고압에서누수를 막기위해 제작된 오링에서 문제 발생
- 원인은 진원도 편차에 의한 고압에서 상하부 접촉부분에 공간이 생겨 오링이 빠지는 현상

3) 2차 금형수정 진행상황

- 생산날짜 : 2016.11.13. - 실험일자 : 2016.11.14.
- 내용
 - . 앞에 수정했던 내용 보다 상태가 더 좋아지지 않음.
 - . 앞서 가공해서 사출했던 제품의 측정데이터로 진원도 변형형상에 보완 방법으로 가공을 했으나 형상이 이론과 다른 방향으로 새로운 변형이 발생하여 진원도 편차가 더 심해짐
- 원인분석 : 이번 수정하기 전의 데이터를 가지고 비틀어진 부분을 보완하고 기존 틀어지지 않았던 부분을 조금더 가공하여 진원도를 잡아가는 과정에서 기존 틀어지지 않았던 부분의 두께가 줄어들면서 원료의 흐름이 바뀌면서 변형이 심해지는 현상으로 추측
- 보완방향 : 전체구상전환으로 진원도 맞추어 나가는 방법을 찾아야 할 것 같음.

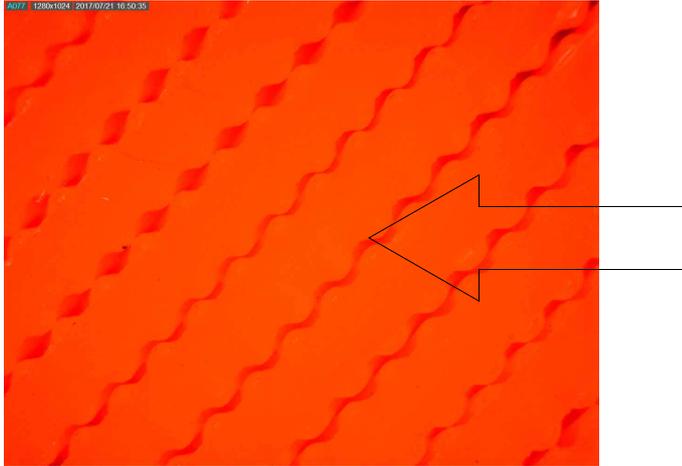
내 용		측 정 횟 수							평균	비 고	
		측정경	도면치수	방 향	SPL1	SPL2	SPL3	SPL4			SPL5
내경	196	A		A	196.42	196.45	196.27	196.35	196.42	196.382	
		B		B	195.5	195.59	195.18	195.3	195.42	195.398	
		C		C	195.4	195.39	195.31	195.35	195.33	195.356	
		D		D	195.92	195.91	196.19	195.98	195.98	195.996	
		편차		편차	1.02	1.06	1.09	1.05	1.09	1.062	
외경	206	A		A	207.53	207.55	207.55	207.54	207.5	207.534	
		B		B	206.3	206.3	206.1	206.3	206.2	206.24	
		C		C	205.8	205.95	205.7	205.85	205.9	205.84	
		D		D	206.9	206.85	207.2	206.92	206.97	206.968	
		편차		편차	1.73	1.6	1.85	1.69	1.6	1.694	
생산일자		16.11.13									

- 진행방법 : 진원도의 편차를 줄이기 위해 금형 사출조건을 재확인하고 금형수정 방법을 새로 구상하여 진원도 수정방법 구상.

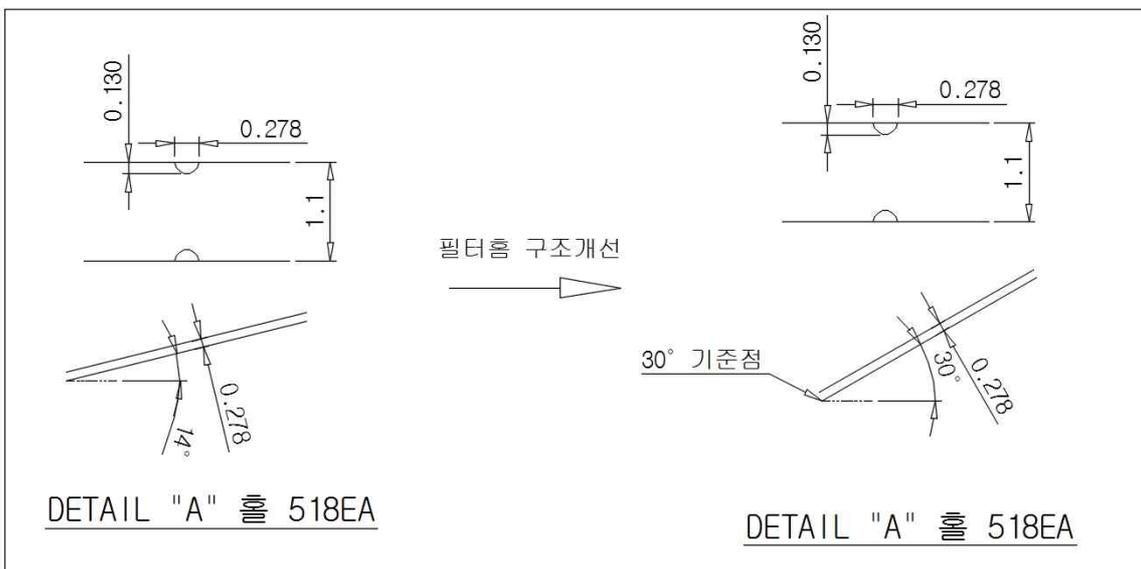
4) 필터형상 변경건

- 내용 : 여과기 실험중 필터에 수정해야할 부분이 생김

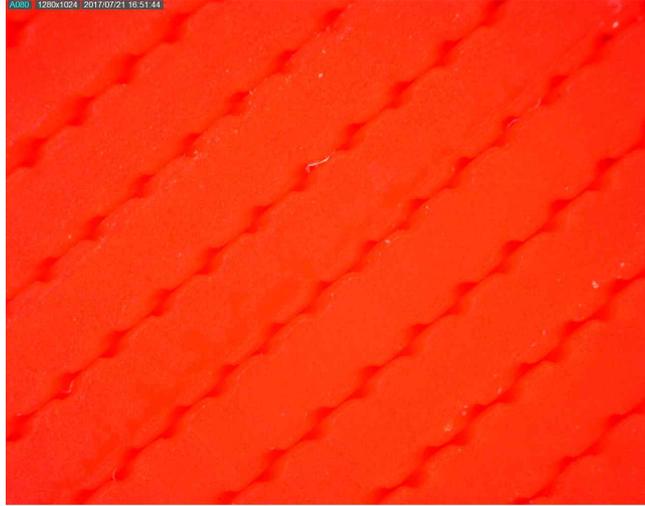
필터가 여러장 겹쳐서 구성되는 구조인데 필터에 형성되어 있는 홀이 서로 겹치는 과정중에 홀과 홀 사이에 홈이 끼는 현상이 생김.



- 원인 : 필터 구조에서 홈의 각도가 14도이고 각도가 낮아서 겹쳤을 때 홈의 끝부분이 반대편 필터의 홈에 끼어서 필터의 역할이 없어지는 현상
- 해결방법 : 필터홈의 각도를 높여서 겹쳤을 때 홈이 서로 어긋나게 끼이지 않는 구조로 변경



- 결과 : 홈 구조개선후 완벽한 형태의 필터 홀로 구성이 완료됨.



4) 3차 금형수정진행 상황

- 생산날짜 : 2017. 02. 17 - 실험일자 : 2017. 02. 20
- 진원도 관련 수정하여 치수측정함.
- 진원도 관련하여 이전보다 상태가 상당히 좋아짐.
- 내경진원도 편차가 평균 0.6 외경 진원도가 평균 0.9 정도까지 양호해짐
- 현재 필요로 하는 진원도는 내외경 편차 0.4정도는 되어야 상하측 결합시 오링의 역할이 정확히 분배되어 누수가 없을것으로 예상됨.

여과기 치수측정									
내 용			측 정 횟 수						
측정경	도면치수	방 향	SPL1	SPL2	SPL3	SPL4	SPL5	평균	비고
내경	196	A	196.26	196.25	196.27	196.22		196.25	
		B	195.65	195.65	195.68	195.63		195.6525	
		C	196.03	196.03	196.02	196.02		196.025	
		D	195.9	195.92	195.87	195.85		195.885	
		편차	0.61	0.6	0.59	0.59	0	0.478	
외경	206	A	207.43	207.42	207.43	207.4		207.42	
		B	206.53	206.53	206.55	206.5		206.5275	
		C	206.62	206.62	206.6	206.6		206.61	
		D	206.9	206.92	206.87	206.85		206.885	
		편차	0.9	0.89	0.88	0.9	0	0.714	
생산일자			17.02.17						

5) 4차 금형수정 진행 상황

- 생산날짜 : 2017.03.03.~2017.03.10. - 실험일짜 : 2017.03.06.~2017.03.13.
- 내용 : 금형 내경 진원도 수정작업 진행

내 용		지그작업			지그 X	지그작업			
측정경	도면치수	방 향	SPL1	SPL2	SPL3	SPL4	SPL5	평균	비고
내경	196	A	195	195.3	195.93	195.6	197.3	195.826	
		B	195.2	195.4	195.4	195.48	196	195.496	
		C	195.9	195.8	195.96	196.5	195.9	196.012	
		D	196	196	195.8	197.67	196.5	196.394	
		편차	1	0.7	0.56	2.19	1.4	1.17	
외경	206	A	206.6	206.9	207.4	206.9	207.7	207.1	
		B	206.6	206.7	206.9	206.3	206.8	206.66	
		C	206.6	206.4	206.85	207.1	206.9	206.77	
		D	207.2	207.3	207.55	208.3	207.3	207.53	
		편차	0.6	0.9	0.7	2	0.9	1.02	
생산일자		2017.03.03			2017.03.10				

6) 5차 금형수정 진행 상황

- 생산날짜 : 2017.03.22. - 실험일자 : 2017.03.24.
- 내용 : 금형 진원도 편차 수정건

진원도 편차 0.4에 기준을 두고 금형 수정을 진행 중이며 현재 샘플 제품중에 한 개가 0.4 가까이 사출됨.

내 용		측정횟수							
측정경	도면치수	방 향	SPL1	SPL2	SPL3	SPL4	SPL5	평균	비고
내경	196	A	196.26	196	196.22	196	196.1	196.116	
		B	195.63	195.54	195.75	195.66	195.6	195.636	
		C	196.29	196	196	196.2	196.22	196.142	
		D	195.98	196.2	196.23	196.24	196.25	196.18	
		편차	0.66	0.66	0.48	0.58	0.65	0.606	
외경	206	A	207.2	207.1	207.3	207.2	207.2	207.2	
		B	206.6	206.5	206.6	206.4	206.4	206.5	
		C	206.8	206.85	206.7	206.8	206.7	206.77	
		D	207.55	207.55	207.6	207.6	207.6	207.58	
		편차	0.95	1.05	1	1.2	1.2	1.08	
생산일자		2017.03.22							

- 사출 조건의 데이터 관리 및 금형 가공의 편차를 더 줄여야 함.

7) 6차 금형수정 진행 상황

- 생산날짜 : 2017.04.05. - 실험일자 : 2017.04.07.
- 내용 : 금형 진원도 편차가 이전 수정 보다 외경쪽 편차 폭이 상당히 줄어들음.
내경 편차의 폭도 좋아짐.

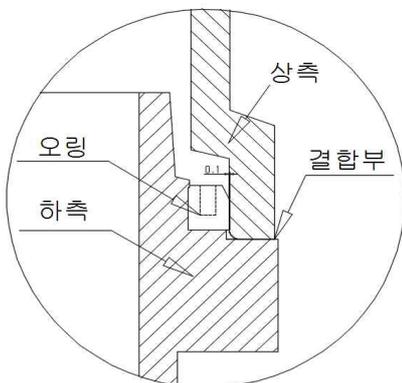
내 용		측정횟수							
측정경	도면치수	방 향	SPL1	SPL2	SPL3	SPL4	SPL5	평균	비고
내경	196	A	196.33	196.39	196.33	196.21	196.3	196.312	
		B	195.69	195.79	195.63	195.82	195.74	195.734	
		C	195.98	195.9	195.94	196.12	195.91	195.97	
		D	196.09	196.05	196.14	195.96	196.01	196.05	
		편차	0.64	0.6	0.7	0.39	0.56	0.578	
외경	206	A	207.7	207.8	207.85	207.7	207.7	207.75	
		B	207.25	207.3	207.2	207.4	207.4	207.31	
		C	207.2	207.1	206.9	207.15	207	207.07	
		D	207.5	207.6	207.7	207.6	207.6	207.6	
		편차	0.5	0.7	0.95	0.55	0.7	0.68	
생산일자		2017.04.05							

- 진원도 편차를 줄이는 방법만으로 누수 문제 해결방법으로는 부족할 것 같음.
금형 구조를 변경하는 방법 구상

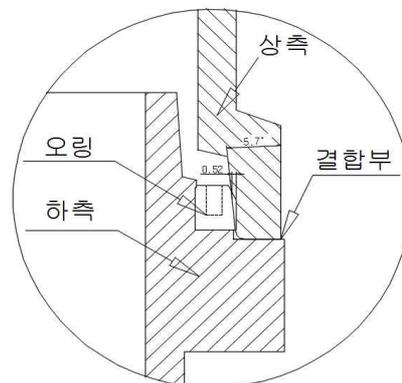
8) 7차 금형수정 진행 상황

- 생산날짜 : 2017.04.26
- 내용 : 상측 내경 진원도 편차 줄이는 작업으로는 누수를 막기 힘들 것 같음.
금형구조를 기존 방식에서 오링 접촉부를 각도를 줘서 오링 접촉면을 더 강하게 조립되게 구조 변경

기존구상방법 오링접촉면이 각도가 90°
접촉면이 0.1mm정도 됨



변경구상방법 오링접촉면이 각도가 95.7°
접촉면이 0.52mm정도 됨

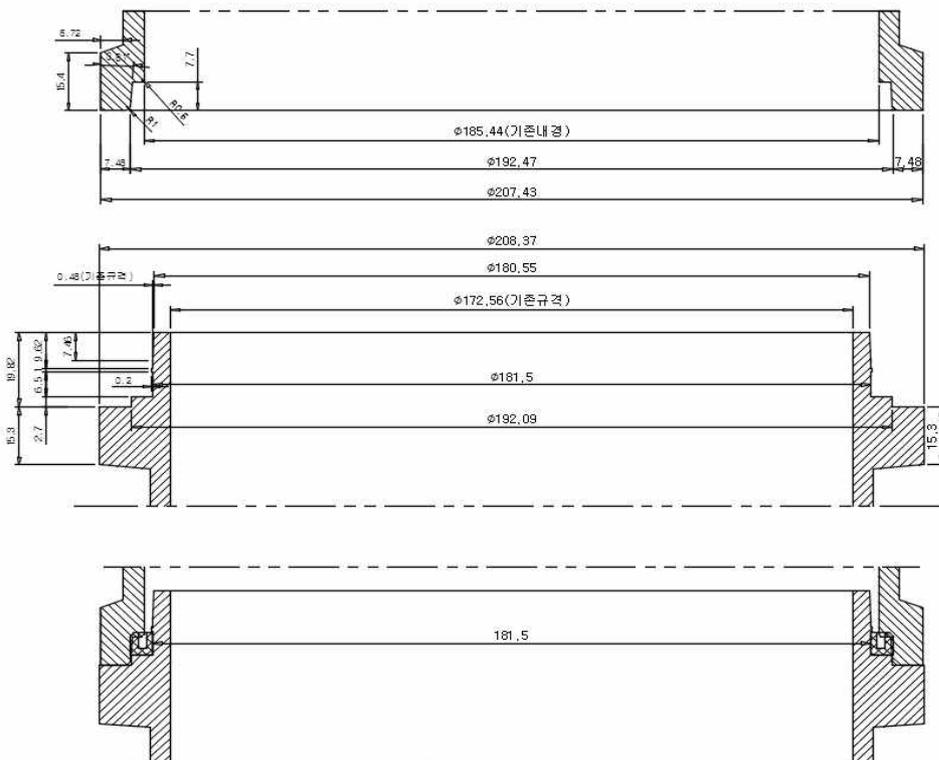


- 금형 수정작업 진행하여 사출후 제품 테스트

측정위치	1	2	3	4	5	6	비고
규격	206	196	194.12	185	11.42	12.6	
A	207.8	196.1	194.73	186.7	11.26	12.13	
B	207.85	196.14	194.6	186.66	11	12.15	
C	207.4	195.83	194.28	186.19	11.09	12.01	
D	207.2	195.74	194.18	185.46	11.09	11.98	
E	206.9	195.21	193.67	185.3	11.04	11.85	
F	207.4	195.43	194.12	185.7	11.15	12.06	
평균	207.43	195.74	194.26	186.00	11.11	12.03	
편차	0.95	0.93	1.06	1.4	0.26	0.3	
생산일자	2017.04.26						

- 현재 구조변경으로 누수를 완전히 방지 하기는 부족한 점이 많으며 추가 구조변경 구상검토

9) 8차 금형수정 진행상황



- 상하부 금형조립부 최종 수정작업완료.

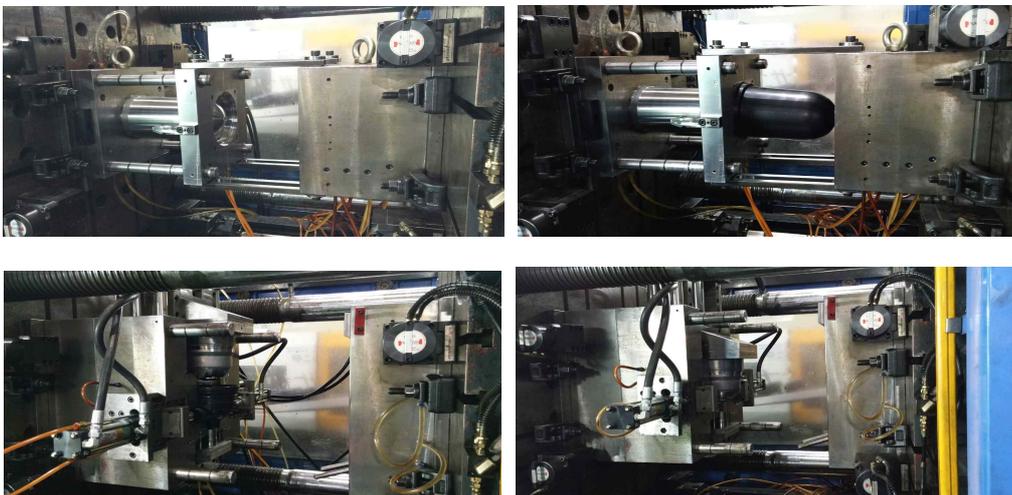
- 상부 TOP치수측정표

TOP_여과기 치수 측정표										
측정위치	1	2	3	4	5	6	7	비고		
규격	207.43	192.47	185.44	7.48	15.4	5.72	7.7			
A	207	192.3	186.6	7.67	15.36	4.87	8.4			
B	207.5	192.5	187	7.1	15.36	5.16	8.4			
C	207.5	192.25	186.9	7.1	15.34	5.25	8.28			
D	207.4	192.85	186.4	7.3	15.38	5.72	8.36			
E	207.15	192.2	186	7.57	15.42	5.68	8.36			
F	207.15	192.3	186	7.48	15.35	5.6	8.36			
평균	207.28	192.40	186.48	7.37	15.37	5.38	8.36			
최대편차	-0.43	0.38	1.56	0.19	-0.02	-0.85	0.70			
최소편차	0.07	-0.27	0.56	-0.38	-0.06	0.00	0.58			
편차	-0.18	0.05	1.06	-0.10	-0.02	-0.43	0.64			
생산일자	2017.07.13									

- 하부 BOT 치수측정표

BOT_여과기 치수 측정표															
측정위치	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	비고
규격	208.37	180.55	172.56	181.5	192.09	19.82	9.62	1	17.12	2.7	15.3	7.46	0.48	0.2	
A	208.55	180.1	172.1		193.15	21.8	8.9	1.04	17.6	2.18					
B	208.3	180.1	172.1		192.8	21.6	8.8	1.15	17.6	2.38					
C	208.4	180.25	172.1		192.9	21.5	8.9	1.16	17.7	2.18					
D	208.5	180.35	172.3		193.25	21.6	8.82	1.16	17.7	2.26					
E	208.7	180.2	172.3		193.25	21.6	8.99	1.08	17.7	2.2					
F	208.7	180	172.25		193.25	21.55	8.97	1.11	17.8	2.27					
평균	208.53	180.17	172.19		193.08	21.61	8.90	1.12	17.68	2.25					
최대편차	0.33	-0.55	-0.46		1.16	1.98	-0.82	0.16	0.68	-0.52					
최소편차	0.07	-0.2	-0.26		0.71	1.68	-0.63	0.04	0.48	-0.32					
편차	0.20	-0.38	-0.36		0.94	1.83	-0.72	0.10	0.58	-0.42					
생산일자	2017.07.13														

- 최종 금형사출 사진



- 여과기 실험 : 압력 0 ~ 12K공급 실험장치
- 완제품이미지



10) 50mm 일반여과기 진행 일정

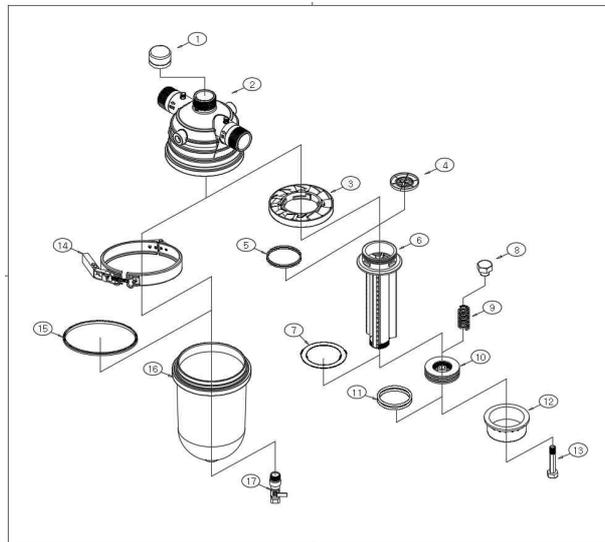
- 8월 중순 : 서울대 성능테스트 의뢰 및 시설원예연구소 테스트베드 현장실증 의뢰
- 8월 말 : 양산 제작업체 선정 및 양산 개시
- 10월 ~ 11월 : 전시회 홍보 및 대리점 특판 개시
- 3차년 서울대 지원 : 블레이드 유무 및 각도에 따른 여과기 내 유체흐름해석

2. 50mm 자동역세여과기 개발

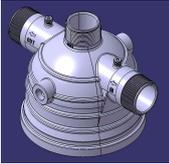
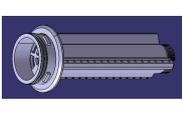
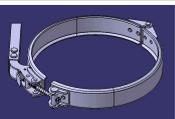
1) 역세여과기 개발 개요

- 오랜시간 여과로 인한 여과기 필터 막힘 현상에 여과손실이 많아지게 되며 여과기내부의 부압을 형성하게 한다. 부압이 형성되면 수중에 용존되어 있는 공기는 여과층 중에서 기포로 유리되어 여과기 필터의 홈을 메우게 되며 이러한 현상은 여과기의 여과 면적을 감소시켜 여과 유속이 증대되고 과도한 여과 지속시간으로 수질악화의 원인이 되고 여과수의 탁도가 진해진다. 그리하여 여과를 멈추고 필터 또는 역세척을 위하여 물을 저장하여 놓은 역세척 수조로부터 물을 인입하여 여과기 필터내부로 유입시켜 여과 방향과 반대로 흐르게 하여 세척을 하게된다.

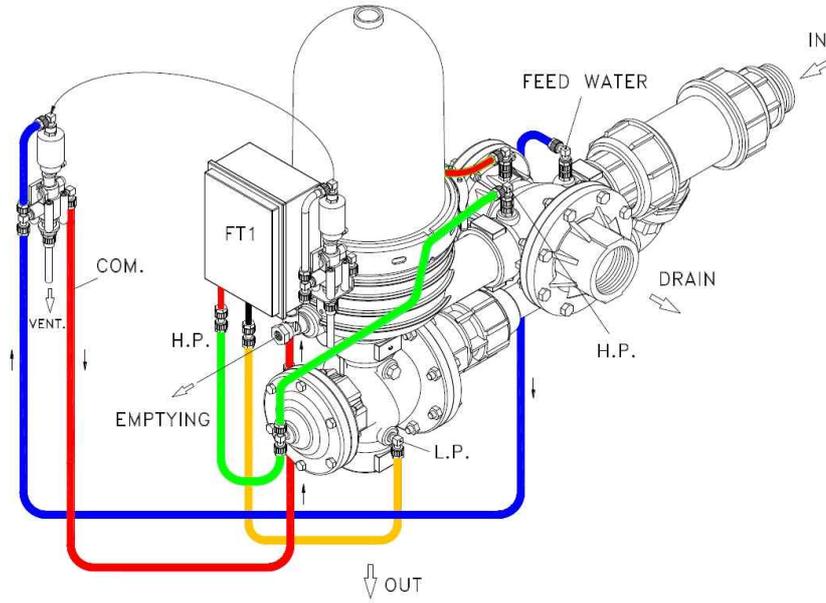
2)역세여과기 구조도



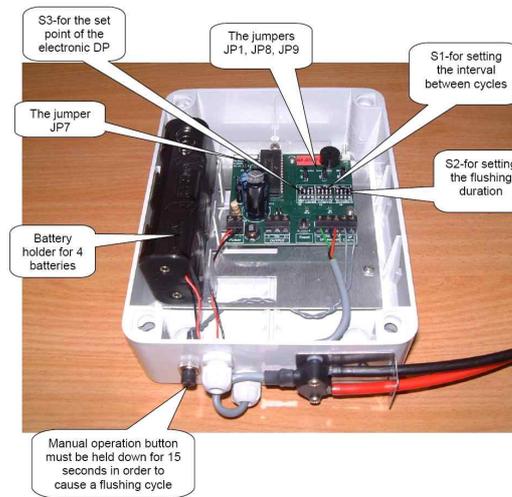
3) 구성부품상세설명

NO	품명	제품	구상모델링	내 용
1	TOP CAP		시중품구매	역세 유입구 상부 캡
2	TOP 카바			IN,OUT의 물 유입구와 토출구 구조이며 필터바디가 고정 되는 부분
3	다이빙 블레이드			유입된 물을 와류를 생성시켜 주는 기능
4	컨트롤 RUBBER			역세용 유입수 컨트롤용 패드
5	O-RING		시중품구매	불순물 차단용 패킹
6	역세용 필터바디			필터를 조립하여 물여과와 역세시 물유입을 반대 방향으로 하여 필터를 세척하는 역할을 가지고 있다
7	필터			이물질 제거용 필터
8	NUT			스프링 고정용 너트
9	스프링			역세작용의 압력 조절용 스프링
10	스프링CAP			역세작용 스프링 고정과 역세유입수 분배
11	O-RING		시중품구매	이물질 및 누수 방지용 패킹
12	필터CAP			필터 고정 및 역세시 필터 분리 작용
13	볼트			역세 조절부 고정볼트
14	밴드			상부TOP 카바와 하부 BOT카바 조립을 위한 부품
15	사각오링			누수 방지용 패킹
16	하측카바			하부 BOT카바
17	밸브		시중품 구매	오염물 배출용 밸브

4) 역세장치 구상 원리 참고도



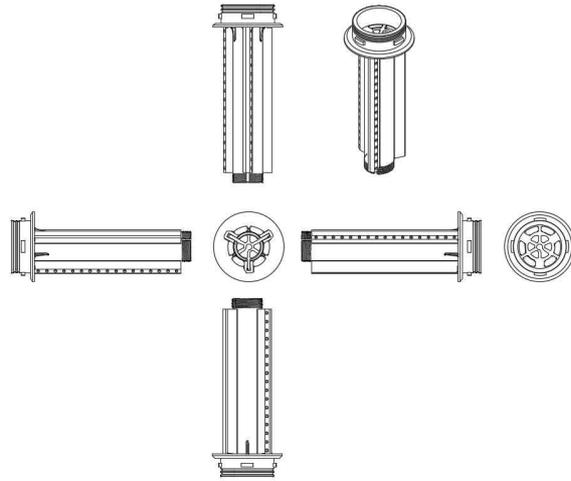
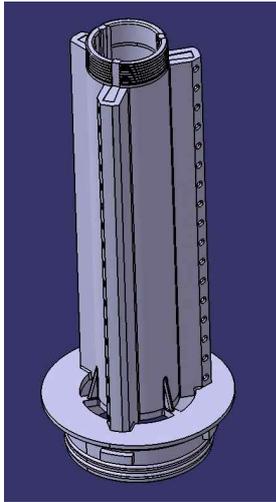
- 역세장치 콘트롤러 구상이미지



- Timing Diagram

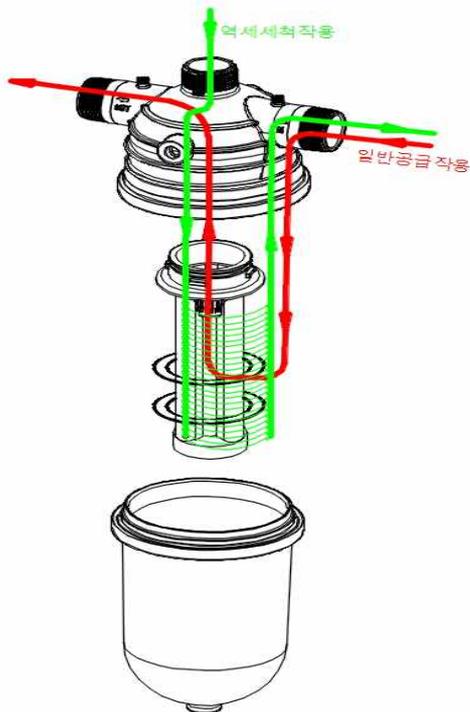


3) 역세용 필터바디 3D설계도



- 작동원리

역세여과기의 핵심 역할을 하는 부품이며 일반적인 여과작용은 입구로 유입된 물이 필터외부 에서 내측으로 유입되어 토출구로 나오는 작동을 하며 역세세척 작동시에는 토출구로 유입된 물이 필터바디 내측에서 필터 내부를 통해 외부로 나오면서 세척작용을 하고 물 유입구로 빠져나가는 원리의 작동 방식을 기본으로 함.



- 역세여과기용 디스크바디형상



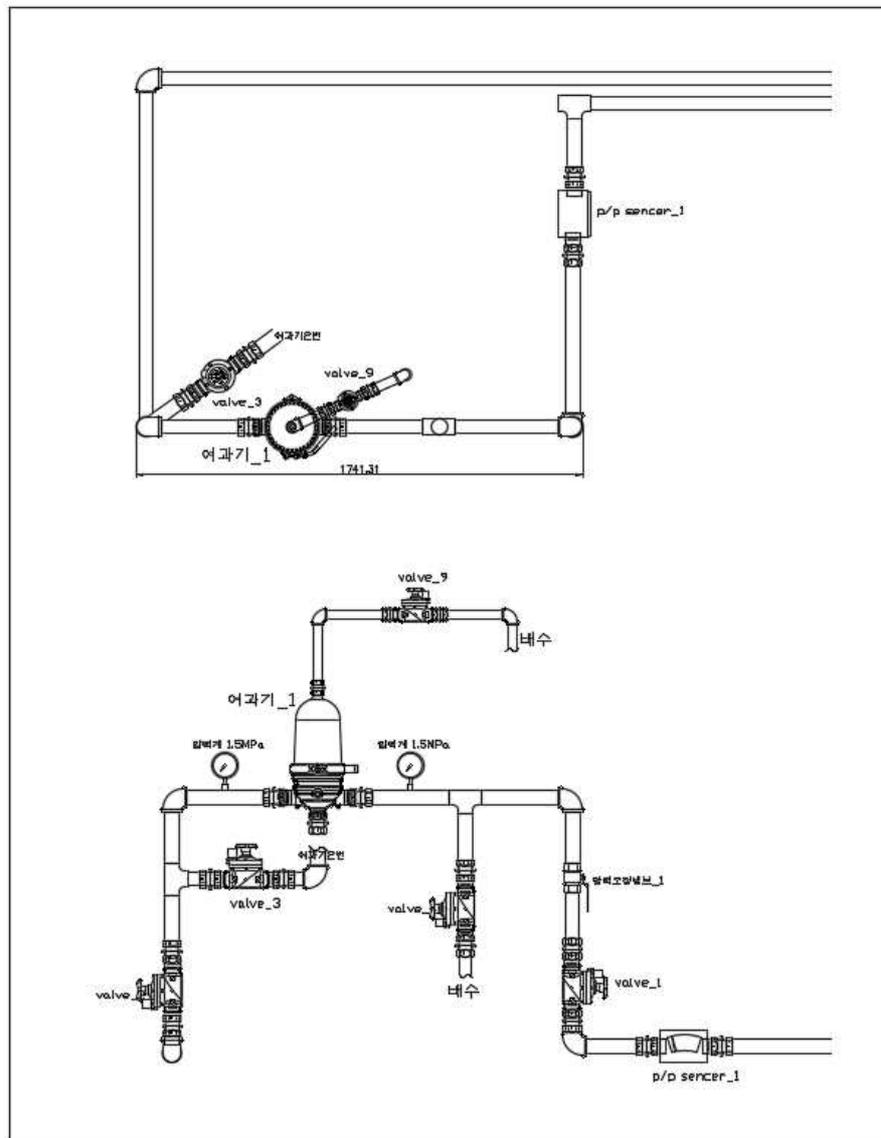
4) 50mm 역세여과기 실험용 지그 개발

- 3차년도 7월 : 역세여과기 실험용 지그 설계 완료
- 3차년도 8월 : 시사출품 출시 및 50mm 역세여과기 완전세트 조립 완료

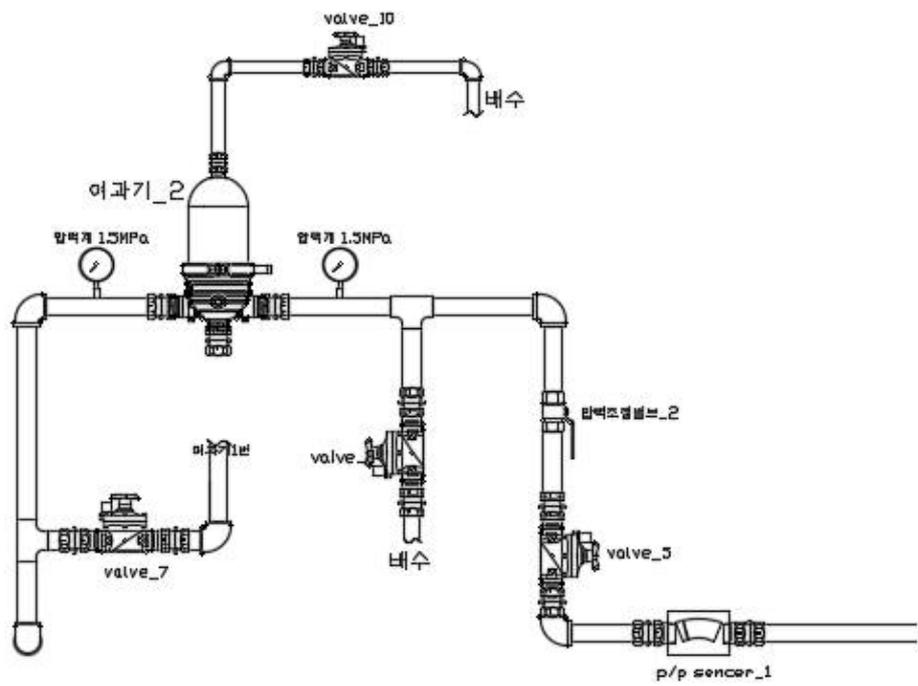
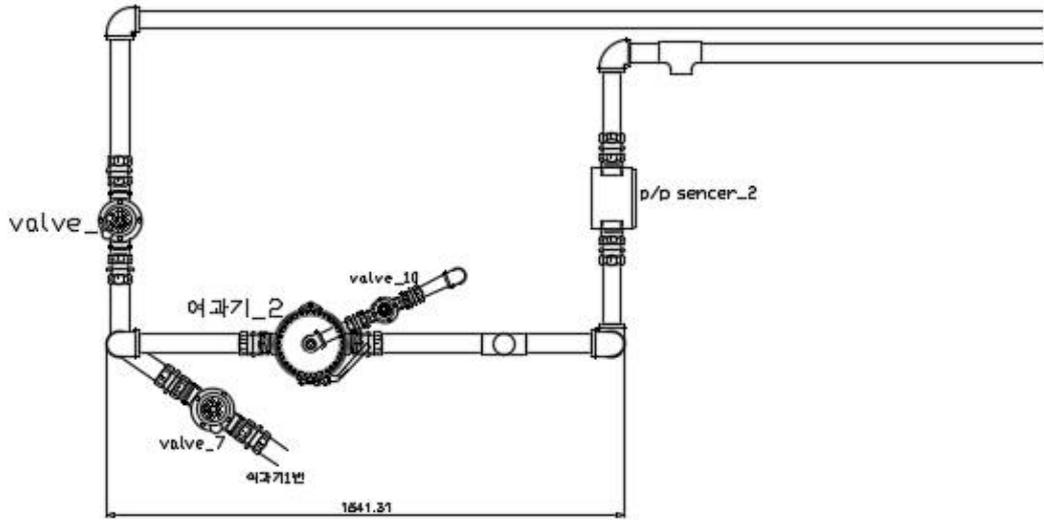
5) 역세여과기 실험 시스템 제작도

- 역세용 공급부와 가동부 공급부와 분리하여 1열은 급수 공급부 2열은 역세용수 공급부로 분리하였으며 급수 공급부는 역세용으로 세척이 돼서 문제점이 없으나 역세용은 세척용수 가 별도로 없어서 상호 공급 및 급수가 가능한 시스템으로 구상을 함.

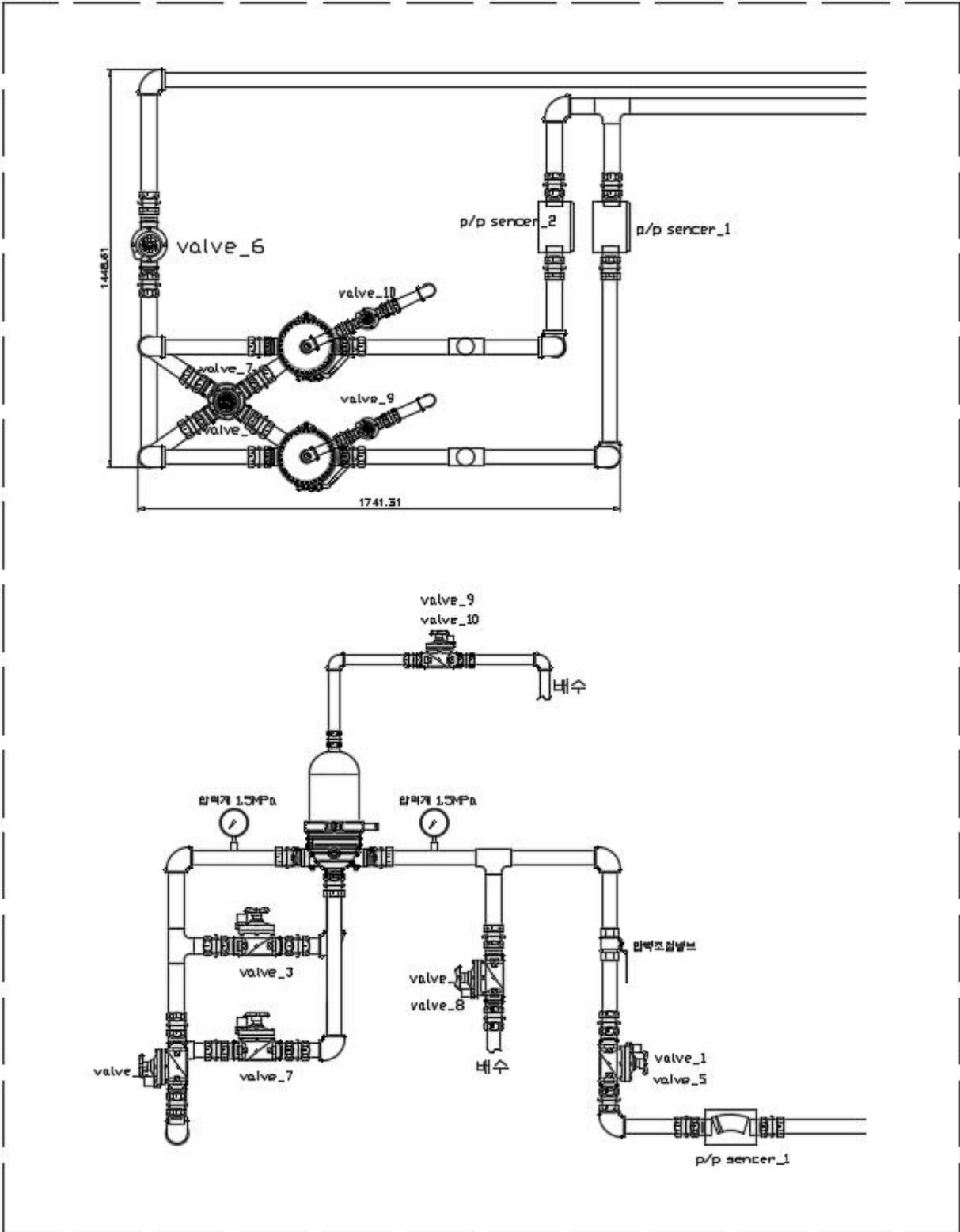
- 1열공급부 배관도



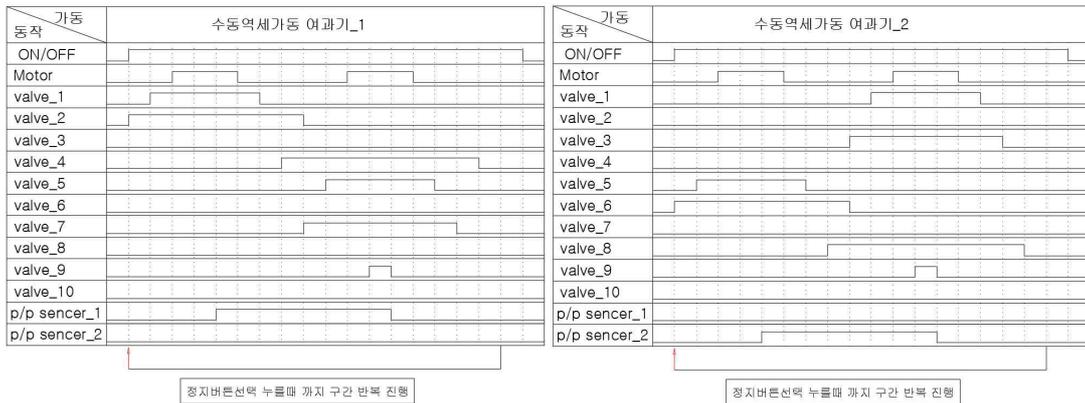
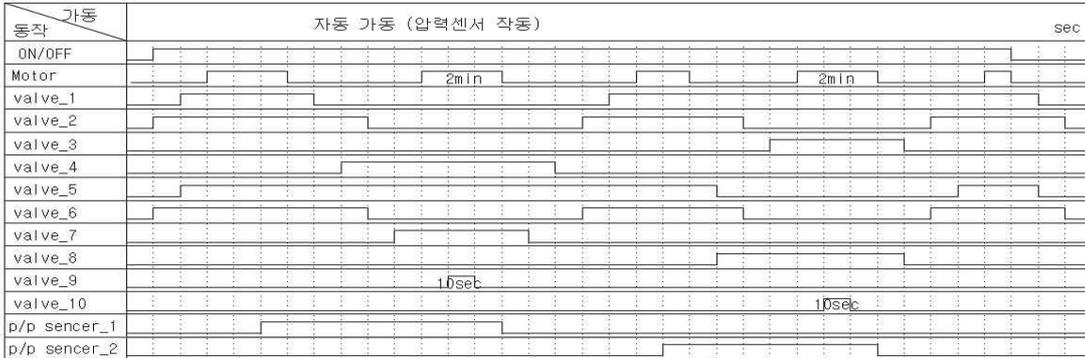
- 2열 역세용수 공급부



-1열,2열 배열도면



6) 동작순서도



- 작동원리

1) 자동 가동시

터치패널의 가동버튼 ON시 공급용수 1번 여과기에 밸브들이 열리고 모터가 작동되어 여과기 1번을 통해 공급용수가 공급됨과 동시에 압력센서가 셋팅된 값으로부터 필터가 막혀가 공급용수의 압력 변화를 체크하게 된다.

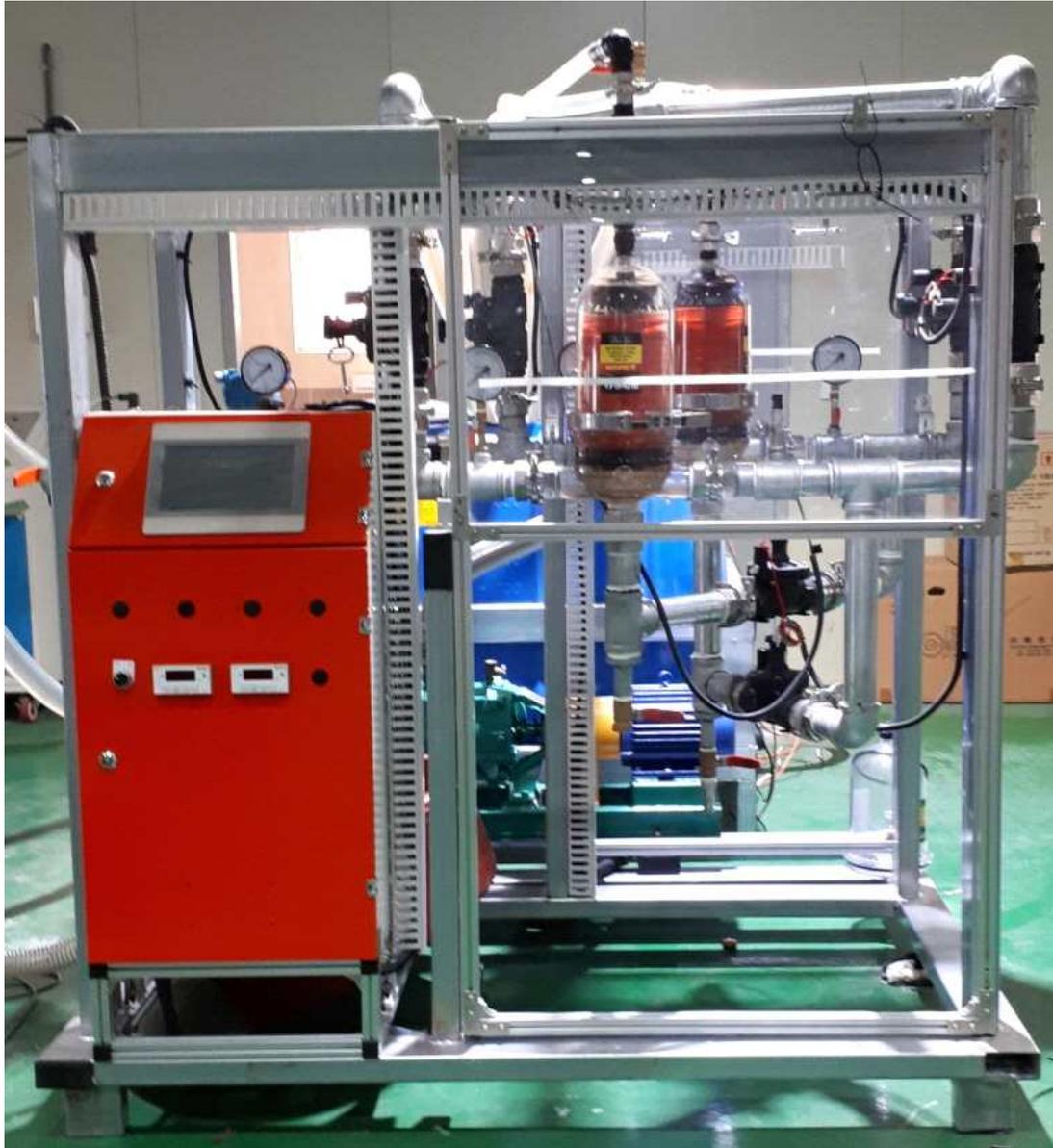
공급용수 1번 여과기의 필터가 막혀 압력이 증가시 모터가 작동이 중지되고 역세척용 2번 여과기의 밸브가 작동을 하고 1번 여과기의 공급용수와 출구 밸브가 닫히고 찌꺼기 배출용 밸브가 열린 후 모터가 작동되어 세척작동이 시작된다.

세척으로 인해 압력이 저하되어 압력센서가 다시 정상작동하게 되면 모터가 정지되고 역세척용 여과기 2번의 밸브들이 작동을 멈추고 다시 정상공급용수용 여과기 1번쪽 밸브들이 작동을 하여 열리게 되고 모터가 작동이 되어 다시 공급용수가 공급되는 동작 순서로 시스템이 구성이 되었음.

2) 수동 역세 가동시

터치 패널의 수동가동 파트에서 가동시 공급용수 여과기1번과 세척용여과기 2번 별도로 압력과 가동 시간등을 입력하여 동작원리 파악 및 역세척 능력 조건 실험을 위한 별도의 가동시스템이다.

7) 역세여과기 실험시스템 제작



- 터치판넬 콘트롤부



- 자동역세여과기실험결과

역세척 횟수(회)	소요시간(분)	역세척 직후 수두손실(bar)
1	3	0.63
2	4	0.64
3	4.5	0.62
4	1	0.64
5	3	0.62
6	2	0.63
7	2	0.62

* 출처: 서울대학교실험데이터분석자료

- 세척능력 평가결과

역세척 횟수 (회)	수두손실(bar)			
	1회	2회	3회	평균
1	0.68	0.69	0.68	0.68
2	0.66	0.67	0.67	0.67
3	0.67	0.66	0.66	0.66
4	0.66	0.66	0.66	0.66
5	0.66	0.65	0.65	0.65
6	0.65	0.65	0.64	0.65
7	0.64	0.64	0.64	0.64

* 출처: 서울대학교실험데이터분석자료

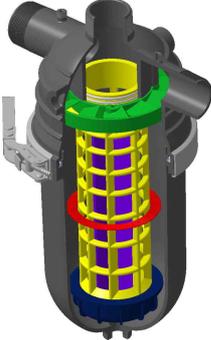
- 결과 및 고찰

자동역세여과기의 역세척을 반복함에 따른 수두손실 변화를 나타낸 표이며, 1회 역세척하였을 때 평균 0.68bar의 수두손실을 보였고, 6회 역세척 하였을 때 0.65bar, 7회 부터는 위의 압력수두손실 실험결과값인 0.62bar~0.64bar의 범위에 들어오는 것을 실험을 통해 확인할 수 있다.

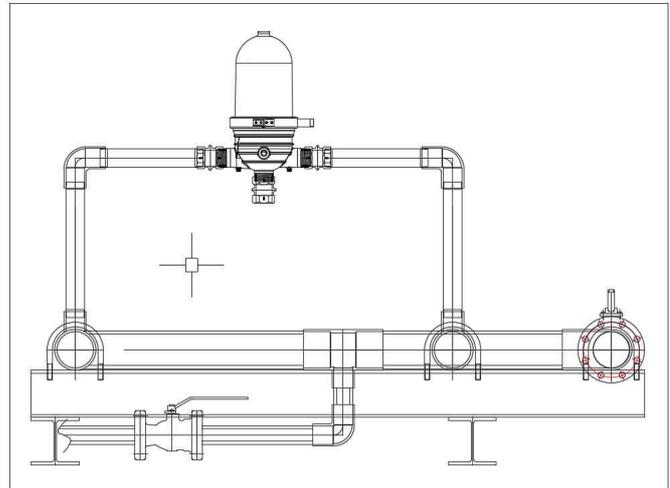
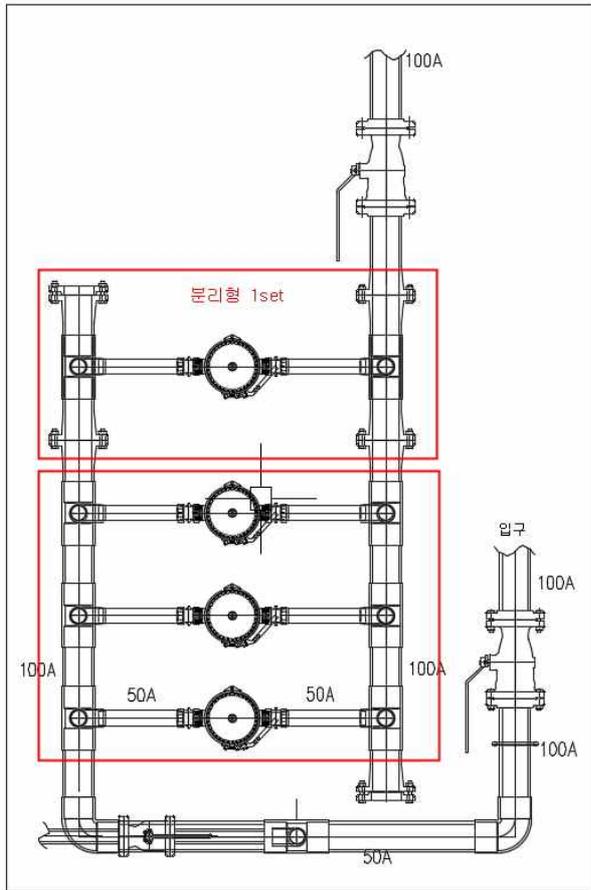
3. 100mm 일반 여과기

1) 제작 개요

- 원수 속에 포함되어 있는 130 μ m 이상의 부유물질 및 고형물질 등을 여과하며 여과용적을 크게하여 여과력 증대에 목적으로 많은 양의 공급수를 필요로 하는 큰 면적의 장소에 고압으로 여과하여 공급 할 수 있다.
- 구성

NO	품 명	제 품	설 명
1	TOP 카바		공급수가 유입구를 거쳐 필터링되어 출구로 공급되어지는 역할을 하는 Top카바
2	Bleid		유입구로 들어온 물을 필터에 잘공급되게 와류를 시켜주는 역할
3	O-Ring		이물질 유입방지 패킹
4	Filter Piller		필터를 조립하는 바디
5	Filter		이물질 분리해주는 필터
6	In Piller		세척시 필터간격을 넓혀주어 세척 용이하게 해주는 역할의 바디
7	Filter Cap		필터 고정 캡
8	Band		상부 TOP카바와 하부 BOT카바 체결 부품
9	사각 O-Ring		TOP카바와 BOT카바 사이 누수방지용 패킹
10	Bot 카바		유입구로 들어온 물을 필터를 통해 이물질이 분리되는 공간을 위한 부품.
11	조립형상		

2) 11번 항목에 조립된 제품을 3개를 병렬로 연결을 하고 별도 1개를 분리형으로 제작을 해서 총4개의 여과기를 병렬로 연결한다. 별도 1개를 조립형으로 제작을 한 것은 여과기 추가할 수 있도록 함이다.

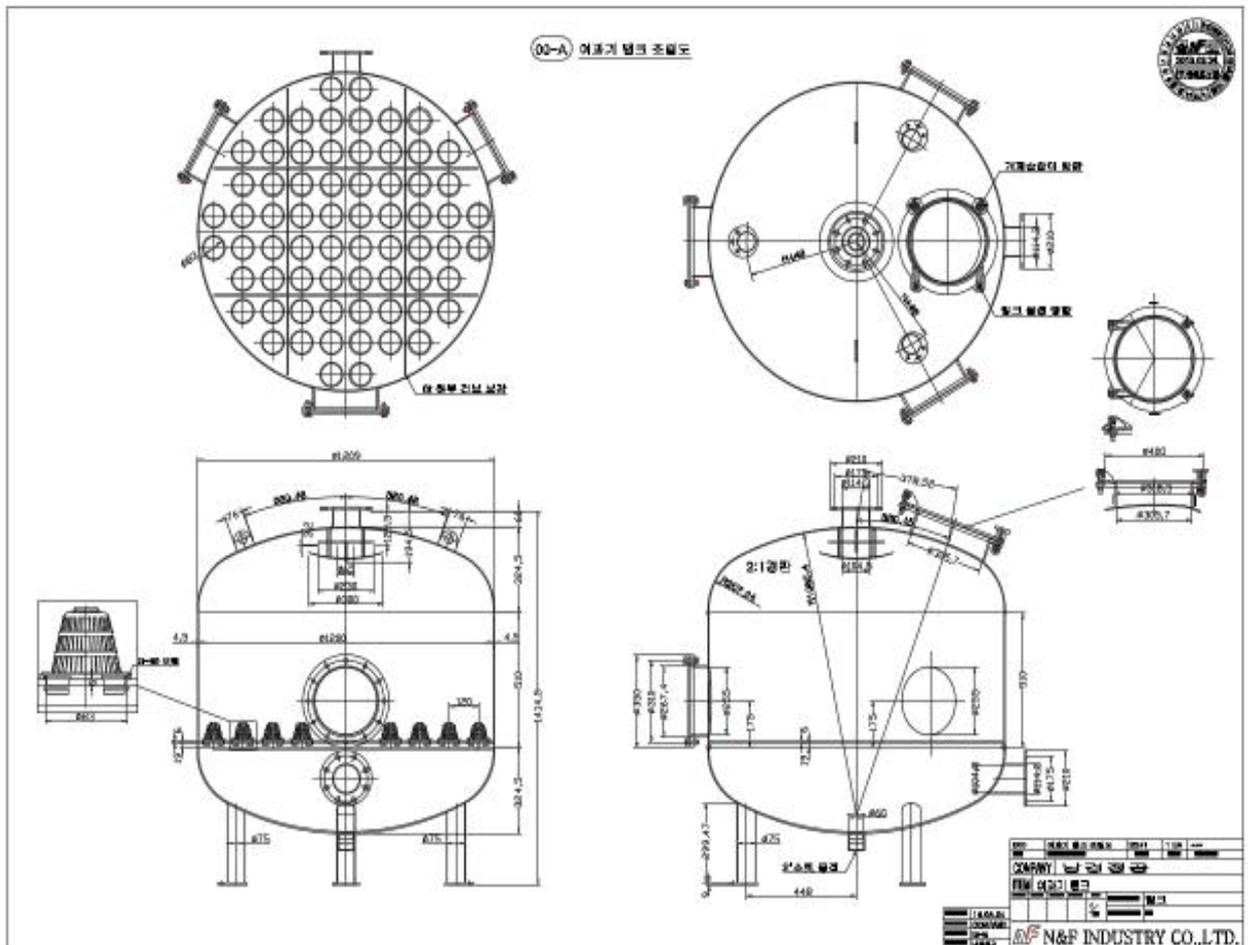


4. 농업용 대용량 모래여과기

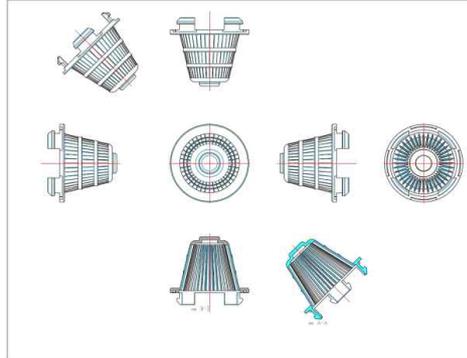
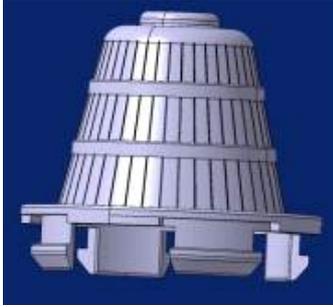
1) 제작 개요

- 지하수를 작물이나 기타 물을 필요로 하는 곳에 공급하기 위한 공급수 중에는 고운 진흙이나 토사 기타 무기 부유물 등이 포함되어 있으며 이는 배관이나 급수 설비에 막힘 현상을 발생시키게 된다. 본 설비는 이러한 각종 이물질들을 설비내에 모래층을 통과 시켜 여과 시킴으로서 각종 공급수 설비에 사용을 안정화 시키고 사용 수명을 연장시키기 위함이다.
- 여재로 모래를 사용함에 있어서 여과되어 적층되어 있는 이물질들을 별도의 설비없이 간단한 역세척으로 재사용이 가능하며 모래의 양과 모래입자의 굵기로 여과 효율을 조절할수 있다.
- 모래에 의해 1차 여과된 물은 설비내에 장착되어 있는 68개의 필터를 통과하면서 2차 여과과정을 거치게 되어 여과효율을 최대한 올릴수 있다.

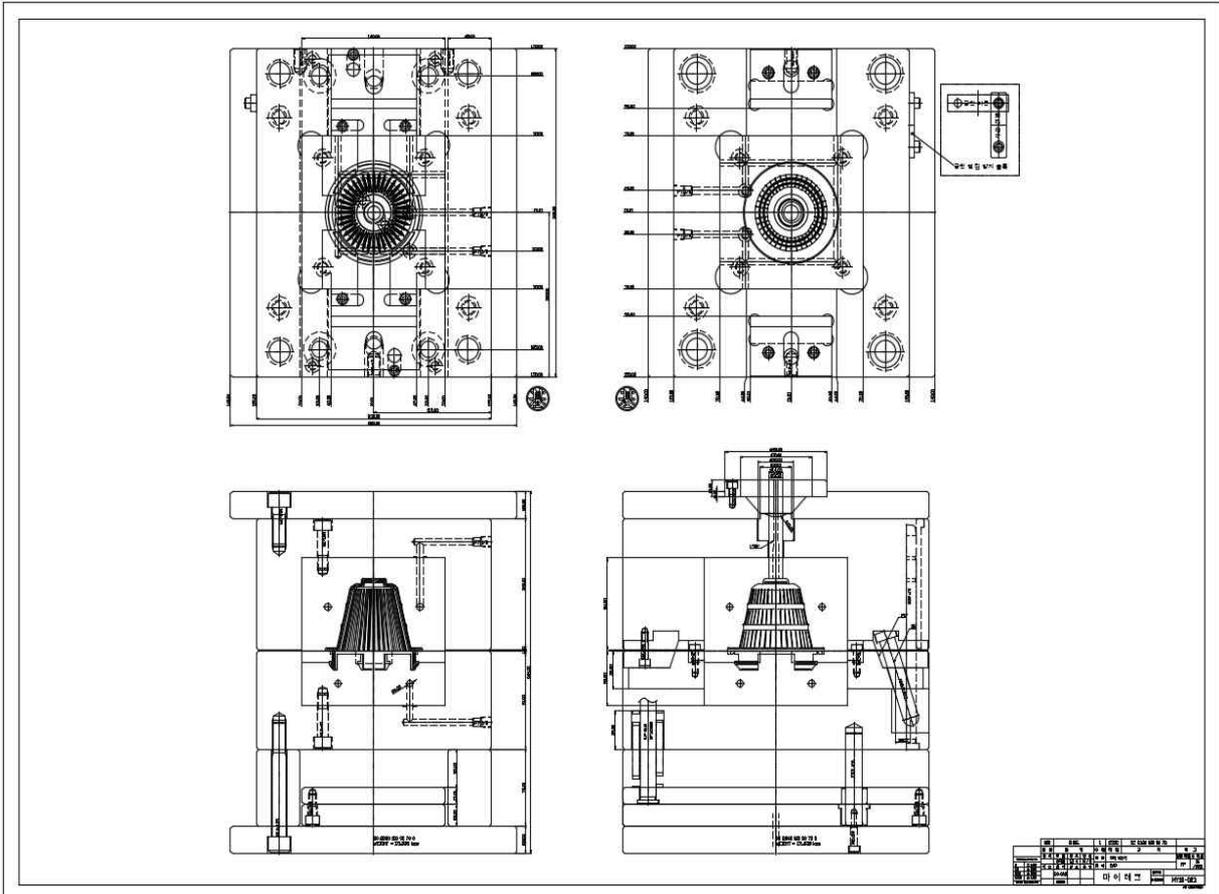
2) 설비 제작



- 여과기 필터



- 여과기 필터 금형도



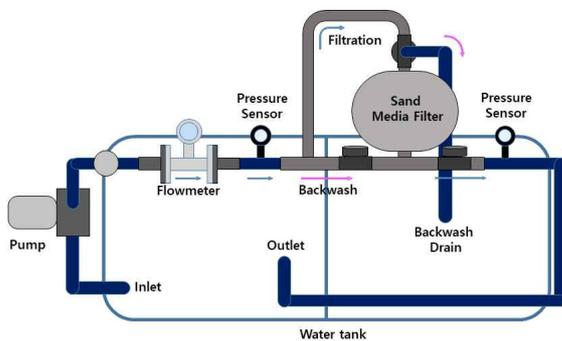
- 제작품



- 실험

실험 장치는 연결관의 직경은 50mm로 하고, 펌프는 단상 220V, 압상고 50m이상, 양수량 5,000L/h이상, 3마력이상의 PMT-4002(월로펌프)를 사용한다.

유량계의 경우, 0.001m³/h의 정밀도를 가지고 있으며 압력계의 경우 0.01bar의 정밀도를 가지고 있다. 실험에서 사용한 모래여과기는 높이가 1,000mm, 직경이 1,200mm인 원통모양의 철제 원형에 모래 570kg을 넣어 제작되었다.



3. 압력수두손실 측정

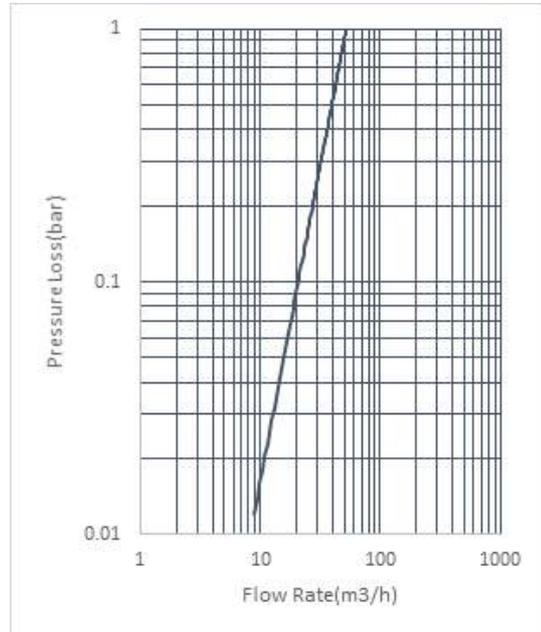
- 실험 방법

실험은 다음과 같이 진행하였다. 모래여과기 내부 공극에 공기가 있지 않은 상태를 만들어주기 위해 유량 값이 감소하기 직전까지 압력을 높여주었다. 이후 실험 장치의 틈새 이음부들이 버틸 수 있는 정도까지 압력을 올려주면서 유량을 변화시켜 실험값들을 얻었다.

- 결과 및 고찰

실험 장치의 여건상 2.5 bar 이상의 압력에서 계속해서 실험을 진행하기 제한이 되었다. 이로 인해 $13 \sim 16 \text{ m}^3/\text{h}$ 의 범위에서 유량-수두손실 데이터를 얻었다. 얻은 결과는 아래 표와 같고, wu et al.(2014)의 식을 이용한 유량-수두손실 아래 표의 오른쪽 그림과 같다.

유량계 (m^3/h)	압력 손실 (bar)
12.8	0.033
13.1	0.036
13.5	0.041
13.6	0.041
14.3	0.044
14.6	0.045
15.6	0.047
15.9	0.048
16.4	0.071
16.8	0.074



3-2-6. 제 3위탁 서울대학교

1. 제3위탁 연구개발의 최종 목표

○ 물 부족에 대비한 시설농업과 이에 따른 점적관수기에 대한 수요가 높아지고 있고, 특히 점적관수기는 관비를 동시에 하므로 여과기의 중요성이 높지만, 국내 관련 업체의 규모가 영세하고 국내 기술이 전무하여 역세여과기의 경우 전량 수입에 의존하고 있다. 따라서 세계 시장에서 유통되고 있는 품질 및 여과능력이 우수한 제품과 동일한 성능의 제품 개발이 필요하며, 100ha 이상 농가에 필수적인 대형농장용 모래여과기가 개발도 필요한 실정이므로 자동역세 여과시스템 기술 개발이 절실하다.

본 연구는 우리나라에서 사용되고 있는 농업용 기자재 중 점적 및 스프링클러 관개에 필수적인 여과기를 개발함에 있어

(1차년도) 여과기(자동역세, 일반형, 모래) 여과기의 성능평가 기준을 수립하고
 (2차년도) 수립된 성능평가 기준에 따라 현장성능평가 시험을 수행하고 이를 평가하며
 (3차년도) 외국 수출을 위한 규격서(수압유량곡선)를 작성하여
 우리나라 수입대체와 국외 농업기자재 수출이 가능한 여과기 개발을 목표로 한다.

2. 제3위탁 연구개발 내용

- 1차년도(2015~2016) 연구개발 내용

연구개발의 목표	연구개발의 내용	1차년도	확인
○ 일반형 여과기 규격별 성능평가 기준 수립 및 1차 평가 분석	○ 일반형 여과기 규격별 성능평가 기준 수립 및 1차 평가 분석	○	
	○ 자동역세여과기 규격별 성능평가 기준 수립	○	
	○ 대용량 모래여과기 규격별 성능평가 기준 수립	○	

- 2차년도(2016~2017) 연구개발 내용

연구개발의 목표	연구개발의 내용	2차년도	확인
○ 여과기(자동역세, 일반형, 모래) 성능평가 및 문제점 분석	○ 일반형 여과기(50mm) 2차 성능평가 분석 및 규격서 작성	○	
	○ 자동역세여과기(50mm) 1차 성능평가 분석	○	
	○ 대용량 모래여과기 1차 성능평가 분석	○	

- 3차년도(2017~2018) 연구개발 내용

연구개발의 목표	연구개발의 내용	3차년도	확인
○ 여과기(자동역세, 일반형, 모래) 상업화를 위한 종합 규격 작성	○ 자동역세여과기(50mm) 2차 성능평가 분석	○	
	○ 자동역세여과기(50mm) 규격서 작성	○	
	○ 대용량 모래여과기 2차 규격서 작성	○	

3. 세부연구수행 결과

- 1차년도(2015~2016) 연구개발 내용

연구개발의 목표	연구개발의 내용	1차년도	확인
○ 일반형 여과기 규격별 성능평가 기준 수립 및 1차 평가 분석	○ 일반형 여과기 규격별 성능평가 기준 수립 및 1차 평가 분석	○	
	○ 자동역세여과기 규격별 성능평가 기준 수립	○	
	○ 대용량 모래여과기 규격별 성능평가 기준 수립	○	

■ 제3위탁 1차년도 연구의 주요결과

1. 일반형 여과기 성능 분석

1) 여과기 성능 테스트 항목

디스크, 역세형, 모래 여과기에 대하여 동일한 성능 테스트 실험을 진행하며, 실험방법은 모두 동일하다. 여과기의 성능 평가 항목으로는 여과기 Mesh에 따른 입경별 불순물 여과 정도, 용수가 여과기를 통과하면서 발생하는 압력 손실, 여과기 작동 중 급격한 상태변화에 따른 순간 압력과 장시간 사용에 따른 누수 발생여부 확인을 선정하였다.

(1) 입경별 불순물 여과 성능

유입 수에 포함된 작은 입자의 여과 상태를 확인하는 실험이다. 유입 수에 포함될 물리적인 입자의 크기 및 함량 범위는 실험에 사용되는 여과기들의 Mesh에 포함되는 범위의 표준체를 통과한 입자들을 동일한 비율로 섞어 사용하도록 규격화 하였다. 다만, 여러 번의 시범 테스트 이후 실험에 사용할 입자들의 혼합 비율은 재설정한다.

표 1 실험에 사용된 입자들을 제작하는 데 사용된 표준체

NO.	KS규격
60	250 μ m
70	212 μ m
80	180 μ m
100	150 μ m
120	125 μ m
140	106 μ m
200	75 μ m

표 2 실험에 사용된 입자들의 입경범위 및 비율

입경 범위	비율
212 μm (No. 70) ~ 250 μm (No. 60)	16.6%
180 μm (No. 80) ~ 212 μm (No. 70)	16.6%
150 μm (No. 100) ~ 180 μm (No. 80)	16.6%
125 μm (No. 120) ~ 150 μm (No. 100)	16.6%
106 μm (No. 140) ~ 125 μm (No. 120)	16.6%
75 μm (No. 200) ~ 106 μm (No. 140)	16.6%

또한 여과기를 통과할 수 없는 입자들을 다수 포함한 실험용수를 이용하는 Worst 시나리오를 통해서, 기존 제품과의 비교실험을 통해, 상대적인 불순물 여과 성능을 검증하고자 한다. 불순물 여과 성능의 상대적 비교실험의 경우 실험 1회당 예상 소요시간을 20~60분 정도 소요되었다.

(2) 여과기 압력 손실 수두

여과기를 통과하는 물의 압력 손실을 차원분석 기법을 통해 여과기를 통과하는 유량에 관한 계산식을 산정하려는 연구는 계속적으로 진행되어 왔으며, Wu et al.(2014)는 선행연구 계산식의 복잡함을 단순화시킨 다음 식을 제안하였다.

$$\Delta H = 1.22895 \times 10^{11} Q^{1.693} I_f^{0.728} I_b^{0.728} D_i^{0.728} D_b^{-0.421} D_d^{-0.859} D_p^{4.842} P_w^{0.979} P_b^{0.608} d_s^{-0.728}$$

여기서, Inner diameter of inlet/outlet D_p (mm), Inner diameter of filter body D_b (mm), Length of disc filter element I_f (mm), Inner diameter of disc filter element D_i (mm), Disc width D_d (mm), Disc thickness d_s (mm), Outflow path width P_w (μm), Outflow path depth P_b (μm), Inflow path depth I_b (μm), head loss ΔH (Pa), and filter flow rates Q (m^3h^{-1})

또한, 여과기 내부에서의 단면 변화, 난류 등에 따른 손실수두 계산법에 따라 다음과 같은 압력 손실 계산식을 제안한다.

$$\Delta H = \rho \left(k_1 \frac{v_p^2}{gD_p} + k_2 \frac{v_d^2}{gD_d} + k_3 \frac{v_d^2 D_i M}{gI_w} + \alpha \right)$$

$$v_p = \frac{4Q}{\pi D_p^2}, v_d = \frac{Q}{n(2\pi D_i M A_s)}$$

여기서, disk mesh M (number inch^{-1}), disk path cross-section area A_s (m^2), coefficient k_1 , k_2 , k_3 , and turbulent flow constant α

(3) 내구성

여과기 실험 도중 급격한 상태변화에 따른 순간압력 및 장시간 사용에 따른 누수 발생여부 확인은 여과기 여과성능 및 압력수두 실험과 병행하여 진행하였다. 누수 평가의 경우, 유입 수

실험 중간에 여과기의 가동을 일시적으로 중단시키고 다시 동작시키는 것을 반복 시행하여 여과기에서의 누수여부를 체크하는 것으로 실험을 계획 하였으며, 동작 중 쉬는 시간은 15분으로 설정하였다. 디스크 마모 평가의 경우, 2가지 방법으로 나뉘지는데, 디스크에 인위적으로 회전 마찰을 주어 디스크의 마모상태를 파악하는 방법과, 분해조립을 반복 시행하여 조립되는 부분의 마모상태를 파악하는 방법으로 구분하였고, 정성적인 비교를 시행하였다.

2) 여과기 성능 실험 계획 및 실험 장치 구성

여과기 성능 실험은 경기도 화성시 양감면 사창리 131-1 남경정공 신축공장 내부에 마련된 넓이 3.0m×6.0m 실내 실험실에서 진행하였다.

(1) 여과기 성능 실험 장치 계획도면

실험에 사용된 유입수의 총량은 펌프의 동작에 무리가 없어야 하고, 투입입자에 대한 여과 테스트를 진행할 수 있어야 하기에 300L 이상의 유입수를 사용할 수 있는 물탱크를 실험에 사용하도록 설계하였다. 따라서 유입수를 공급할 물탱크의 크기는 2m×1m×1m로 설계하였으며, 본 연구를 위하여 계획된 디스크 여과기 실험 장치의 시스템 구성은 다음 그림과 같다.

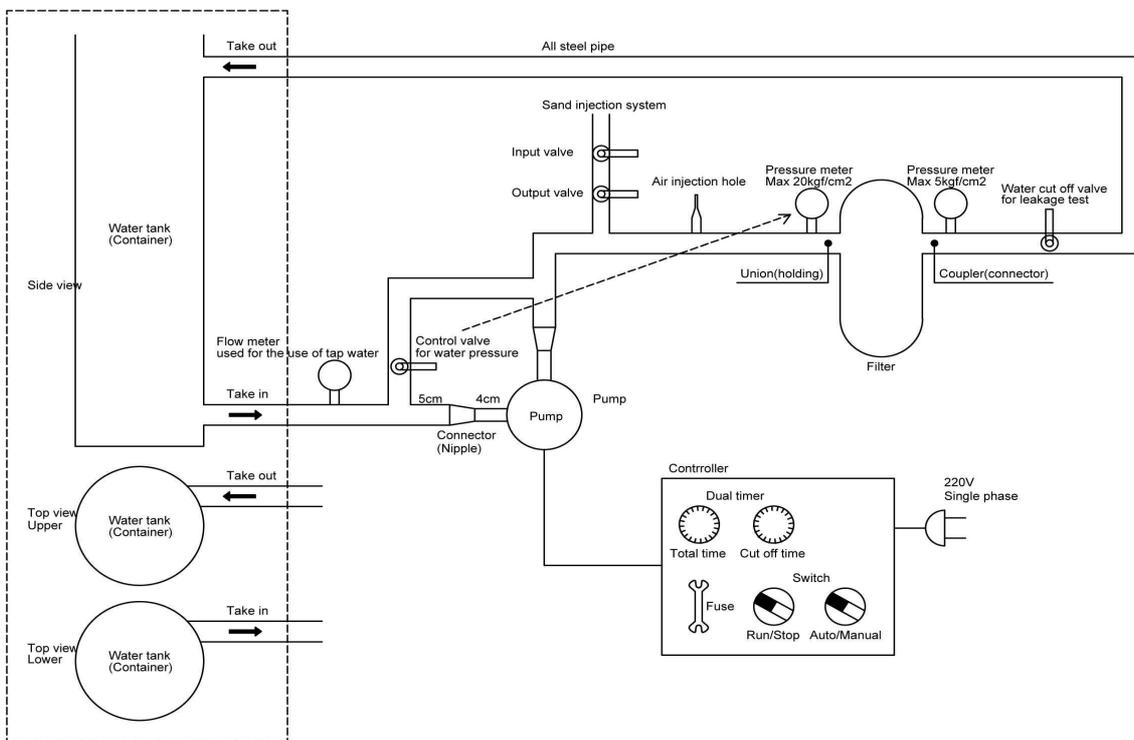


그림 1 여과기 성능 실험 시스템의 구성

(2) 여과기 성능 테스트 기계 부품별 요구 스펙

여과기 실험 장치는 여과기, 모터펌프, 압력조절장치, 압력계, 물통, 유량계, 연결관으로 구성한다. 이 때 표준 규격의 여과기 실험을 진행하기 위해 연결관의 직경은 2인치(50mm)로 설계하였다. 또한 플라스틱 재질의 연결관도 철 재질과 마찬가지로 실험에 필요한 성능을 확보하는 것이 가능하고, 철 재질보다 실험 장치의 제작 이후 필요로 하는 추가적인 공정에서도 유리하여, 연결관의 재질은 플라스틱 형태로 결정하였다. 실험에 쓰이는 압력계의 경우, 일반적으로

10kgf/cm² 또는 20kgf/cm² 규격의 압력계를 사용하며, 유입부의 압력계보다 유출부의 압력계의 눈금의 최소단위가 더 작게 하여 압력 감소를 세밀하게 측정할 수 있도록 하였다. 펌프를 작동시키는 데 쓰이는 모터의 경우는 단상 220V, 압상고 50m 이상, 양수량 5,000L/h 이상, 2마력 이상의 펌프를 사용하도록 설계하였다. 일반적으로 농업용 모터에서 1MPa 정도의 고압을 발생시킬 수 있는 스펙의 모터로는 PH-1588W(한일펌프) 이상을 들 수 있으며, 이 모터스펙 이상의 모터를 사용하는 것을 장려한다(일본에서 여과기 제작 시 모터 펌프의 기준치는 1MPa로 일본에서 유통되는 일반제품의 요구사항이며, 또한 일본에서 판매되고 있는 알칼 여과기 및 일반여과기의 최대 허용압력표시 기준임).

(3) 여과기 실험 장치

여과기에서 입·출구관의 위치는 제품의 제작 공정상 플라스틱 성형 단계에서 균일한 제품의 품질을 유지하고 불량이나 흠을 줄이기 위해 여과기의 중심축을 지나는 동일 선상에 놓이도록 설계하였다. 또한 여과기 내부 입자의 움직임이나 유체의 흐름을 관찰하기 위해서 투명한 외부 덮개를 제작하였다. 그림 9는 필요에 따라서 입자의 입자를 여과기내로 직접 투입할 수 있는 투입 장치를 보여준다. 또한 여러 회사의 다양한 사이즈의 여과기를 본 테스트 기계에 자유롭게 설치할 수 있도록, 여과기를 지지하는 프레임은 슬라이딩 방식으로 구성하였다. 여과기 내부 디스크가 막힘에 따라서, 입출부에 설치된 압력조절기는 모터펌프의 부하 증가를 의미하는 압의 상승을, 출력부에 설치된 압력조절기는 유량의 감소를 의미하는 압의 하강을 측정할 것이다. 출력부에는 수동밸브를 설치하여 밸브를 순간적으로 닫았을 시 누수를 확인할 수 있는 방법이나, 추후에 실제 점적 테이프를 테스트 기계에 설치하였을 시 물탱크 안으로 물의 이동을 막는 역할도 한다. 또한 시간타이머를 설정하여 정해진 시간이 흐르면 정지하도록 설정하였다.



여과기 실험 장치 정면

여과기 실험 장치 측면

그림 2 여과기 실험장치 정면 및 측면

표 3 여과기 실험 장치에서 사용된 펌프의 스펙

모델명	PH-1588W	제조업체	신한일전기주식회사
제품명	유체펌프	제조번호	150600147
흡/토출경	40A	정격전압	단상 220V 60Hz
양수량	70L/min(30m시)	사용장소	옥내용
흡상높이	8m	I P 등급	IPX4
압상높이	55m	최소양정	0.5m
정격전류	12.5A	절연계급	F종
소비전력	2500W	제조년월	2015년 6월



여과기 실험 장치에 사용된 압력계

입자 투입 장치

그림 3 여과기 실험에 사용된 압력계 및 입자 투입 장치

3) 성능평가표 작성

여과기 디스크 성능 테스트는 6시간을 기준으로 수행한다. 테스트동안 확인해야 할 사항들은 운영시간, 각 종 압력변화, 유량변화, 사진촬영, 동영상촬영, 디스크 상태 점검 등을 진행한다. 총 테스트 시간은 설문조사결과를 바탕으로 결정한 30시간을 기준으로 하였으며, 테스트가 전부 완료된 후에는 디스크를 일일이 분리하여 세척한다. 관수 시 식물의 성장을 도모하기 위한 목적으로 제조되어 상품으로 나오는 액체비료인 액비의 성능평가도 진행되었다. 액비는 수용성 분말 혹은 목초액, 쌀뜨물 발효액 등을 말하며, 거의 대부분의 액비는 제품으로 시중에서 판매를 하고 있다. 액비의 점성으로 인한 유입수의 특성 변화에 따른 여과기 성능 변화를 보는 것이 목적이다. 용수는 액비를 포함하는 경우와 그렇지 않은 경우로 구분하며, 최종적으로 유량에 따른 압력 변화를 그래프로 표시한다. 또한 실험의 편의성을 위해서 용수는 재사용하는 것을 원칙으로 하지만 필요하다고 판단될 시는 여과기에서 필터링한 양 만큼 입자를 용수에 재투여 할 수도 있다. 그리고 데이터의 신뢰성을 얻기 위해서 각각의 경우마다 최소 총 3번 반복한다. 필요하다고 판단될 시는 여러 번 반복한다. 작성될 성능평가표는 아래 표에 정리하였다.

표 4 실험 데이터 양식

유입 수 종류	일반 액비	성분표시 성분표시
순수한 물의 구동 시 압력 변화		실험 전 기계 테스트
압력 변화	6시간 운행 후 12시간 운행 후 18시간 운행 후 24시간 운행 후 30시간 운행 후	누수 테스트 병행, 디스크 상태 촬영 누수 테스트 병행, 디스크 상태 촬영 누수 테스트 병행, 디스크 상태 촬영 누수 테스트 병행, 디스크 상태 촬영 디스크 청소 후 변화
유입 수 테스트	6시간 운행 후 12시간 운행 후 18시간 운행 후 24시간 운행 후 30시간 운행 후	통과 필터마다 중량 측정 및 사진촬영 통과 필터마다 중량 측정 및 사진촬영

예상되는 그래프는 유량과 운행시간을 x축에 함께 표현하고, 총 30시간 운행시간 중 6시간마다 재가동할 때 압의 감소 변화를 y축에 표시하는 방법으로 다음과 같다.

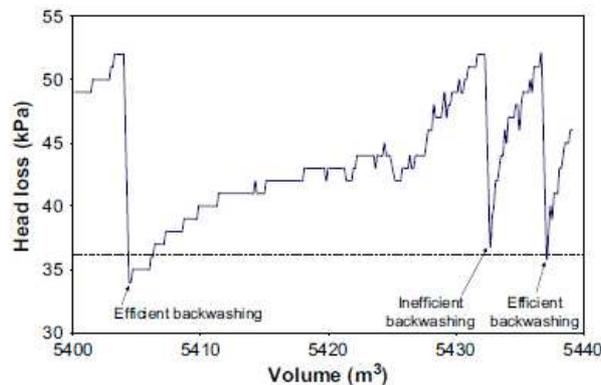


그림 4 유량과 head loss 관계 (예시1)

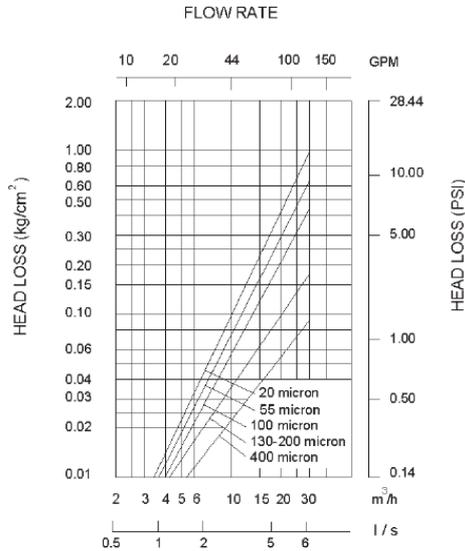


그림 5 유량과 head loss 관계 (예시2)

디스크관련 대표적 회사에서 출간한 상업용 brochure에 포함된 그래프들의 형태는, 한쪽 축에 로그를 취하여 선형의 형태로 제공된다는 사실을 확인했다. 따라서 사용 대상자나 용도에 맞게 표기하는 방법을 달리 취하는 것도 고려되어야 할 것이다.

여과기 각각의 부품들 간에 맞물리는 결합 틈새로의 누수를 확인하는 내구성 실험도 진행한다. 따라서 여과기 정상 동작 중 실험 중간 중간에 여과기의 가동을 일시적으로 중단시키고 다시 동작시키는 것을 4번 반복 시행하여 여과기에서의 누수여부를 체크한다. 동작 중 쉬는 시간은 15분으로 정하였으며, 갑작스런 압의 발생으로 누수가 발생하는지를 체크하는 것이다. 디스크 마모도 평가 항목은 플라스틱의 경도를 측정하는 방법으로 한국표준 공업규격의 원칙에 따라서 진행하였다.

2. 여과기 디스크 홈의 형상 결정

디스크 한 장의 두께는 1mm로 대표적 여과기 제조회사인 Arkal사의 디스크 두께인 0.85mm보다 두껍게 설계되었다. 이는 디스크를 제작하는데 있어 불량 확률을 줄이고, 디스크 홈 제작 공정의 편의성을 고려하기 위한 것이다. 또한 각각의 디스크 두께가 두껍기 때문에 디스크 홈의 균일도를 안정적으로 증가시킬 수 있다. 본 연구에서 사용된 여과기에서는 전체 디스크 개수가 230~240장이 설치가능하며, 디스크의 재질은 P.P(Polypropylene)를 사용하였다. 홈의 단면모양은 수리학적으로도 유리한 단면인 타원형 형태를 취하였고, 디스크 홈의 제작공정은 자동선반 금형공정을 따른다. 참고로 디스크 홈을 제작하기 전의 디스크는 사출 성형 방식으로 제작되었다.

1) Mesh 개념에 따른 디스크 면의 홈의 개수

Mesh 개념이란 inch 당 홈의 개수를 의미한다. 표 1은 현재 디스크를 생산하는 대표적인 해외 회사의 Mesh 별 홈의 크기를 조사한 결과이다. 표에 언급한 4개의 회사에서 사용하는 값과 환산표를 비교하면 환산표의 Micron 값과 어느 정도 비슷한 양상을 보여주나 정확히 일치하지는 않는다는 것을 알 수 있다. 따라서 각각의 회사마다 각자의 기준에 의해 자체 생산됨을 알 수 있다.

본 연구에서 목표로 하고 있는 Mesh는 현재 농촌에서 가장 사용 빈도가 높은 80, 100, 120 Mesh를 기준으로 설정하였다.

(i) 80 Mesh : 환산표 기준 177 Micron에 대해, 해당 4개 회사에서 200 Micron과 180 Micron이 사용되었다.

(ii) 100 Mesh : 환산표 기준 149 Micron에 대해 해당 해외 회사에서는 100 mesh 여과기가 보이지 않는다. 국내에서는 100 mesh 여과기를 판매하고 있지만 국내 회사 홈페이지의 제품 설명에서 100 mesh 여과기의 정확한 Micron 값 정보를 확인할 수 없었다.

(iii) 120 Mesh : 환산표 기준 125 Micron에 대해 해당 해외 회사에서 일괄적으로 130 Micron이 사용되었다.

표 5 Mesh - Micron 환산표 및 해외 회사별 디스크 Mesh - Micron 환산표

Mesh	환산표			Netafim	arkal	amiad	rainbird
	Inches	Microns	Millimeters				
3	0.265	6730	6.73				
4	0.187	4760	4.76			3500	
5	0.157	4000	4				
6	0.132	3360	3.36			2500	
7	0.111	2830	2.83				
8	0.0937	2380	2.38				
10	0.0787	2000	2			1500	
12	0.0661	1680	1.68				
14	0.0555	1410	1.41				
16	0.0469	1190	1.19				
18	0.0394	1000	1				
20	0.0331	841	0.841			800	
25	0.028	707	0.707				
30	0.0232	595	0.595			500	
35	0.0197	500	0.5				
40	0.0165	400	0.4	400	400		
45	0.0138	354	0.354				
50	0.0117	297	0.297			300	
60	0.0098	250	0.25			250	
70	0.0083	210	0.21				
75						200	200
80	0.007	177	0.177	200	200	180	
100	0.0059	149	0.149				
120	0.0049	125	0.125	130	130	130	130
140	0.0041	105	0.105	115	100		
150							100
155						100	
170	0.0035	88	0.088				
200	0.0029	74	0.074	55		80	
230	0.0024	63	0.063				
270	0.0021	53	0.053				
300						50	
325	0.0017	44	0.044				
400	0.0015	37	0.037				

따라서 각 회사별 디스크의 Mesh 별 Micron 값 현황을 바탕으로, 80 Mesh는 180 Micron, 100 Mesh는 150 Micron, 120 Mesh는 130 Micron으로 설계하는 것이 바람직하였으며, 적용 시 제품의 매뉴얼에 Mesh 별 Micron 값의 표를 기입하였다.

세부 기준은 현재 가장 시장 점유율이 높은 대표적 회사인 Arkal 사의 120 Mesh의 샘플 디스크를 참고로 하여 다음과 같이 결정하였다. 샘플 디스크의 경우 480개의 홈이 관측되었기 때문에, 480개의 홈을 정하기 위한 기준이 되는 4 inch에 해당하는 디스크의 치수를 찾았다. 이때, 디스크의 외부 직경은 116 mm, 내부 직경은 85 mm로 각각을 inch로 변환하면 4.57 inch, 3.35 inch이다. 이 때 두 값의 평균이 100.5 mm로 3.97 inch에 해당하며 4 inch와 가장 근접한 값이다. 이를 통해 디스크 한 쪽 면의 홈의 개수는 (디스크의 평균직경) × (Mesh 값) 으로 근사할 수 있다. 3.97 inch를 4 inch로 간주하면, 샘플 디스크에 한하여 80, 100, 120 Mesh는 한쪽 면에서 각각 320개, 400개, 480개의 홈의 개수를 가진다.

본 연구에서 개발하려는 디스크의 외부 직경은 117.5 mm, 내부 직경이 101.5 mm으로 평균 직경은 4.31 inch로 각각의 디스크 한쪽 면의 홈의 개수를 계산하면, 80, 100, 120 Mesh에 대해 각각 345개, 432, 518개라고 할 수 있다. 다만 근사 값을 4 inch로 판단하여 홈 개수를 정한다면, 320개, 400개, 480개로 홈을 만들게 된다. 개발하려는 디스크는 물리적인 디스크로 홈의 개수가 많아지는 것은 디스크의 홈을 통과할 수 있는 입자의 비율이 줄어드는 것을 의미한다.

2) 디스크 홈의 모양과 사이즈

현재까지 조사해 본 자료에 따르면 디스크의 홈의 형태가 어떻게 결정되었는지의 정확한 근거는 찾아볼 수 없었으며 회사마다 각기 다른 기준을 사용한다. 조사한 자료를 바탕으로 여과 면적(손실수두와 관련)보다는 통과 가능한 입자의 크기를 기준으로 다음과 같이 가정할 수 있다. Arkal에서는 디스크 홈의 단면 모양을 정삼각형으로 가정하고 있는 듯하다. 홈의 단면은 Mesh에 따른 Micron 값보다 큰 값을 직경으로 가지는 원형 입자는 통과시키지 않으며, 홈의 단면 안에 들어가는 원의 최대 크기를 filtration size rating(여과 크기 정도)으로 정한다.

○ 단면의 형상이 이등변 삼각형 이라고 가정할 경우

case 1: 현재까지 조사된 자료를 바탕으로 디스크의 홈의 깊이를 0.3 mm (300 Micron)로 가정하였을 시, 고려대상이 되는 입자는 이등변 삼각형에 내접하여야 한다. 따라서 디스크 Mesh가 120 Mesh 인 경우, 130 Micron의 직경을 가지는 원이 내접하여야 하며, 이로부터 삼각형 윗변의 길이는 약 172.69 Micron의 값을 가지게 된다.

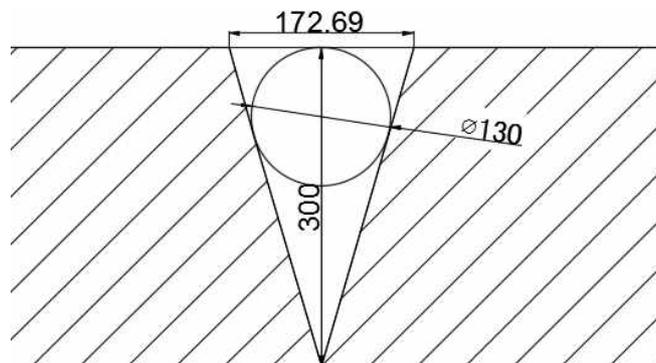


그림 6 case 1의 경우 Mesh 형상

case 2: 홈의 깊이는 디스크 설계 시 정해진 것이 아니라 Mesh 값에 따라 다르다고 가정할 수 있다. 디스크 외부직경과 내부직경의 평균이 4inch, 내부 직경이 85mm인 경우, 홈의 개수는 480개, 내부 둘레는 267mm로 한 홈에 대해 0.55mm보다 작은 삼각형 윗변 길이를 가진다. 디스크 480등분의 한 조각의 내부둘레의 절반이 홈의 삼각형 윗변 길이에 해당한다고 하면 홈의 높이는 약 166.38 Micron이 된다.

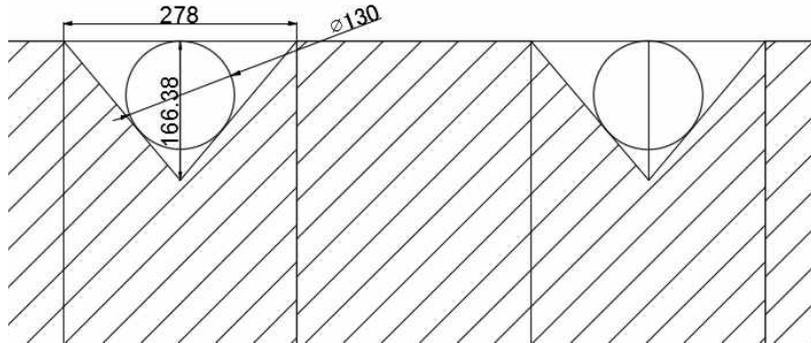


그림 7 case 2의 경우 Mesh 형상

○ 단면의 형상이 이등변삼각형과 원의 조합이라고 가정할 경우

이등변삼각형의 경우 비교적 홈의 크기를 계산하기 쉽지만 수학적으로 유리한 단면은 아니기 때문에 디스크에서 생기는 수두손실을 줄이기 위해서는 온전한 삼각형의 모양을 유지할 필요는 없다. 가능한 조합으로는 수두손실이 가장 클 것으로 예상되는 삼각형의 모서리 부분을 원 또는 타원의 일부분으로 대체하거나, 단면을 타원형을 사용하는 방법이 있다. 앞서 언급한 case 1, 2와 동일한 조건일 경우, 단면의 밑 꼭지점 부분을 임의의 직경 60 Micron인 원호의 일부분으로 대체하면, 다음 그림과 같은 결과를 얻을 수 있다. 이 경우, 삼각형일 때보다 수두손실이 줄어드는 것을 기대할 수 있지만 적합한 모서리 원의 직경을 구하는 데에는 수학적 분석 및 수많은 추가 실험이 필요할 것으로 보인다.

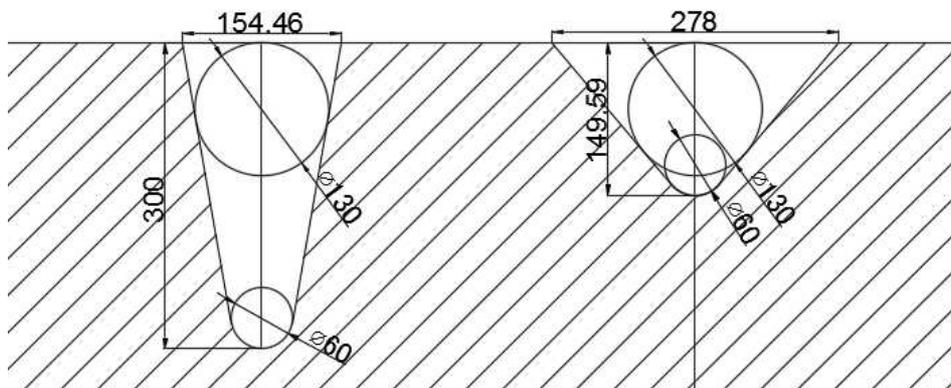


그림 8 case 1과 2에 수학적으로 유리한 단면을 조합한 경우 Mesh 형상

○ 단면의 형상이 타원형일 때

앞서 언급한 case 1, 2와 동일한 조건일 경우, 단면을 타원형으로 바꾸면, 다음 그림과 같은 결과를 얻을 수 있다. 왼쪽의 경우는 결정하고자 하는 홈의 깊이에 따라서, 오른쪽의 경우는 디

스크 Mesh에 따른 Micron 값의 크기에 따라서 단면 설계가 달라진다.

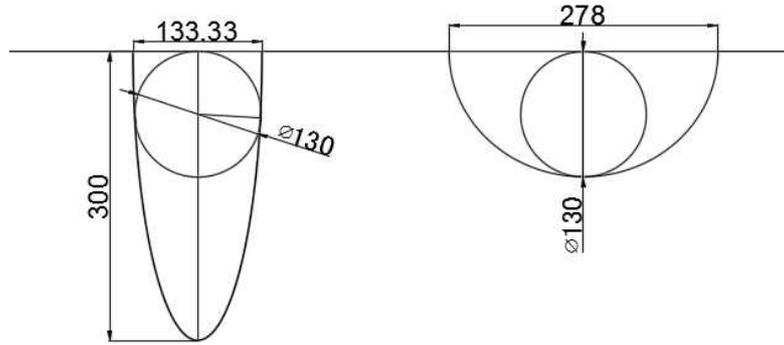


그림 9 단면의 형상이 타원형이라고 가정한 경우 Mesh 형상

3) 관수로에서 수두손실과 관련된 항목을 고려하는 방법

○ 마찰수두 손실

Darcy-Weisbach 공식은 뉴턴 유체(Newtonian Fluid)에 대한 관로 마찰손실 산정식으로 가장 우수한 것으로 알려져 있다. 그러나 이외에도 경험적으로 유도된 간편하고 쉬운 경험 공식들이 많이 있다. Manning 공식은 개수로에 적합한 공식이며, Hazen-Williams 공식은 관수로 마찰손실이나 평균유속 산정에 적합한 것으로 알려져 있다. 두 공식의 적용 범위는 관경 0.05 m 이상, 유속 3 m/s 이하이나 범위에 관계없이 범용적으로 많이 쓰이고 있다.

Manning 공식의 경우 벽면 또는 관로의 거칠기를 조도계수 n 으로 표현하고 있으며 레이놀즈수에 관계없이 사용이 간편하다. n 값은 적용단위에 관계없이 관의 재질에만 관계되며 관의 표면이 거칠수록 n 값은 커진다(표 47).

표 6 Manning 공식의 조도계수 n

관로재질	Manning's n	
	Min.	Max.
Glass, brass, or copper	0.009	0.013
Smooth cement surface	0.010	0.013
Wood-stave	0.010	0.013
Vitrified sewer pipe	0.010	0.017
Cast-iron	0.011	0.015
Concrete, precast	0.011	0.015
Cement mortar surfaces	0.011	0.015
Common-clay drainage tile	0.011	0.017
Wrought iron	0.012	0.017
Brick with cement mortar	0.012	0.017
Riveted-steel	0.017	0.020
Cement rubble surfaces	0.017	0.030
Corrugated metal storm drain	0.020	0.024

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} : \text{SI단위}$$

$$V = \frac{1.486}{n} R^{2/3} S^{1/2} : \text{영국단위}$$

여기서, R 은 동수반경, S 는 에너지선의 기울기로 h_L/L 이다.

한편, Hazen-Williams 공식의 경우 관로의 거칠기를 C_{HW} 로 표현하고 있으며 레이놀즈 수와는 관계없다. C_{HW} 는 Manning 공식의 조도계수 n 과 같은 의미를 지니고 있으나 관이 낡거나 거칠수록 C_{HW} 값은 작아진다. C_{HW} 역시 적용단위에 관계없이 오직 관의 재질에 따라 일정한 값을 나타낸다.

$$V = 0.849 C_{HW} R^{0.63} S^{0.54} : \text{SI단위}$$

$$V = 1.318 C_{HW} R^{0.63} S^{0.54} : \text{영국단위}$$

표 7 Hazen-Williams 공식의 계수 C_{HW}

관로재질	C_{HW}
Asbestos Cement	140
Brass	130 ~ 140
Brick sewer	100
Cast-iron	
New, unlined	130
10 yr. old	107 ~ 113
20 yr. old	89 ~ 100
30 yr. old	75 ~ 90
40 yr. old	64 ~ 83
Concrete or concrete lined	
Steel forms	140
Wooden forms	120
Centrifugally spun	135
Copper	130 ~ 140
Galvanized iron	120
Glass	140
Lead	130 ~ 140
Plastic	140 ~ 150
Steel	
Coal-tar enamel lined	145 ~ 150
New unlined	140 ~ 150
Riveted	110
Tin	130
Vitrified clay(good condition)	110 ~ 140
Wood stave(average condition)	120

Chezy(또는 Ganguillet-Kutter) 공식의 C 값은 Hazen-Williams 공식의 C_{HW} 계수와는 다른 값으로 Manning 공식의 n 이나 Darcy-Weisbach 공식의 마찰계수 f 로 표현할 수 있다.

$$V = C\sqrt{RS}$$

$$\text{여기서, } C = \frac{23 + 0.0015/S + 1/n}{1 + n(23 + 0.0015/S)/\sqrt{R}} : \text{SI단위}$$

앞에서 소개된 경험공식은 모두 관로의 평균유속을 산정하는 형태로 표현되고 있으나 에너지 선 기울기 S 는 에너지손실수두와 관로 길이의 비(h_L/L)이며 유량은 $Q=AV$ 이므로 다양한 형태의 공식으로 변형하여 원하는 대로 활용할 수 있다.

예를 들어, Darcy-Weisbach 공식의 변형된 다양한 형태의 식은 아래와 같다.

$$h_L = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} \quad \text{또는} \quad V = \sqrt{\frac{8g}{f}} \sqrt{RS}$$

$$\text{또는} \quad Q = AV = A \sqrt{\frac{8g}{f}} \sqrt{RS}$$

또한 SI단위에 대한 Manning 공식의 변형된 다양한 형태의 식은 아래와 같다.

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} \quad \text{또는} \quad h_L = \frac{V^2 n^2 L}{R^{4/3}}$$

$$\text{또는} \quad Q = AV = A \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$$

앞에서 검토된 식들로부터 마찰수두 손실과 관련된 항목은 디스크를 구성하는 원재료의 종류나 홈의 표면을 가공하는 방법(밀링가공, 주물가공 등)에 따라서 변동 가능한 계수이다. 본 과제에서 개발하는 디스크의 홈은 밀링가공을 통해서 제작한다. 따라서 가공된 디스크의 표면 거칠기를 최소화시키기 위해서는 플라스틱의 강도가 강해야 한다.

○ 단면 축소나 확대에 의한 손실

단면 축소에 의한 손실을 산정하는 공식은 아래와 같으며, 이 공식에 나타나는 계수 K_{cont} 은 단면의 축소종류(급축소, 점축소)와 단면의 축소정도(단면적의 비 또는 축소 각)에 따라 표 49와 그림 16를 이용해서 구할 수 있다.

$$h_m = K_{cont} \frac{V_2^2}{2g}$$

표 4에서 $D_2/D_1 = 0$ 는 예를 들어 저수지에 연결된 관로의 경우에 해당한다.

단면 급축소의 특별한 경우로 저수지로부터 관수로가 연결된 경우에 대한 입구손실계수(K_{ent})는 그림 17과 같다.

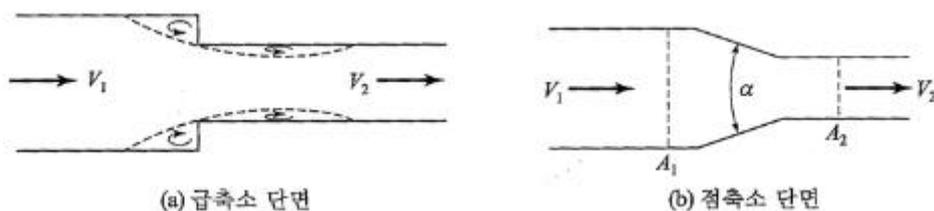


그림 10 급축소 단면과 점축소 단면

표 8 단면 급축소 계수(K_{cont})

D_2/D_1	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
K_{cont}	0.5	0.45	0.42	0.39	0.36	0.33	0.28	0.22	0.15	0.06

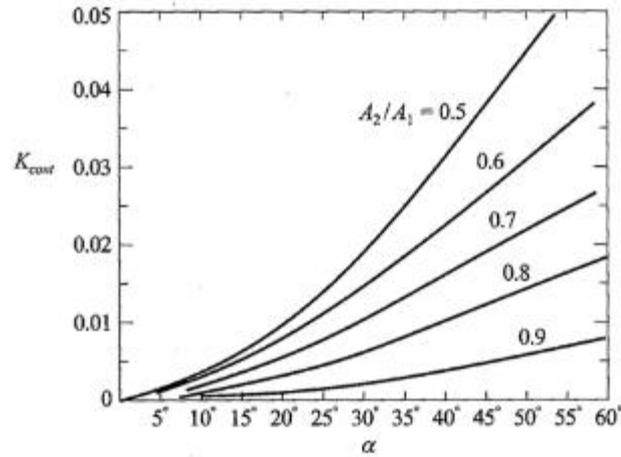


그림 11 단면 점축소(K_{cont}) 계수 산정 곡선

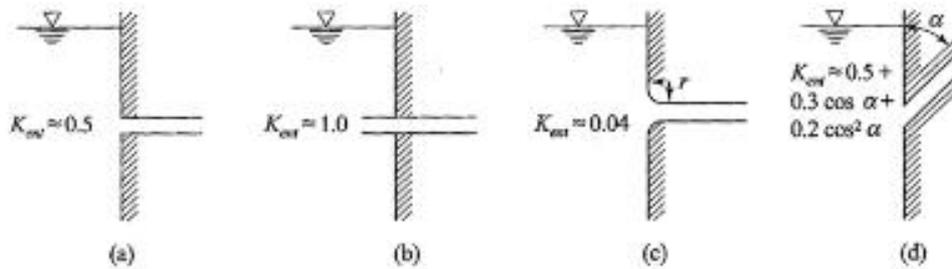


그림 12 입구손실 계수(K_{ent})

단면이 확대되면서 발생하는 손실을 산정하는 공식은 다음과 같다.

$$h_m = K_{exp} \frac{(V_1 - V_2)^2}{2g}$$

단면 급확대(K_{exp})와 급확대의 특수한 경우인 출구 손실계수(K_{exit})는 1.0이다.

$$K_{exp} = K_{exit} = 1.0$$

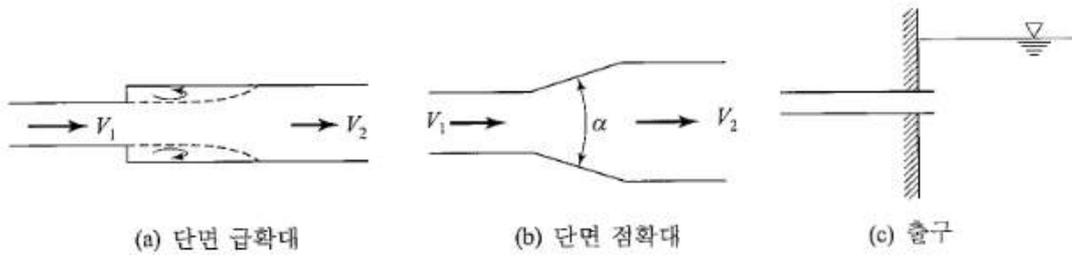


그림 13 급확대 단면, 점확대 단면과 출구단면

점확대의 경우 단면의 확대 정도(축소각)에 따라 그림 19로부터 구한다.

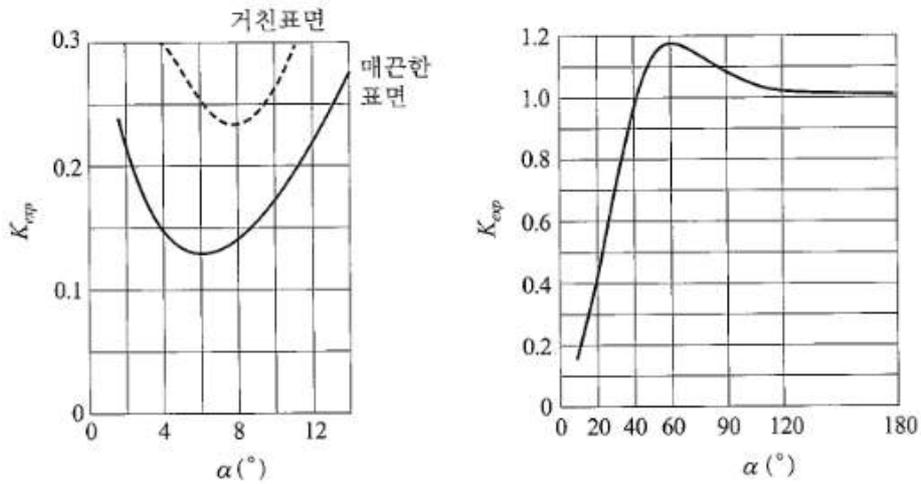


그림 14 단면 점확대 손실계수

디스크 홈의 단면의 크기는 여과기 전체 크기에 비하면 매우 작은 형태이다. 따라서 단면의 형상은 급축소 및 급확대의 경우에 해당하기 때문에, 이론적으로 디스크 홈의 단면의 형상이 변화되더라도, 단면 축소나 확대에 의한 손실은 매우 적을 것으로 판단된다. 하지만 디스크 홈의 단면의 크기가 커지면 커질수록 손실수두가 줄어드는 것은 자명하기 때문에 되도록이면 디스크 홈의 면적을 크게 설정하는 것이 유리하다.

4) 개수로에서 수리학적으로 유리한 단면을 고려하는 방법

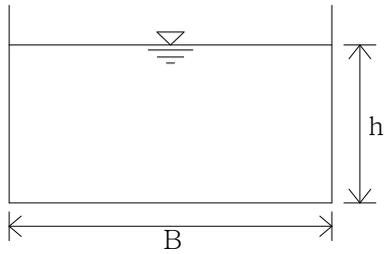
본 내용은 개수로(자유수면흐름) 상에서 수리학적으로 유리한 흐름을 의미하지만, 자유수면을 기준으로 대칭시키면 압력관에서의 흐름과 동일한 형태가 되며, 수리학적으로 유리한 흐름이란 마찰손실을 최소화하기 위한 윤변이 최소가 되는 방향을 의미하므로, 직·간접적으로 여과기와 밀접한 관련이 있다고 가정하였다.

○ 수리상 유리한 단면(best hydraulic section)

$$Q = AV = A \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} I^{\frac{1}{2}} = A \frac{1}{n} \left(\frac{A}{S} \right)^{\frac{2}{3}} I^{\frac{1}{2}}$$

A가 일정하다면 S가 최소일 때 R가 최대가 되며, 따라서 Q도 최대가 된다. 이와 같이 일정한 유수단면적에 대하여 최대유량이 흐르는 수로의 단면적을 수리상 유리한 단면이라고 한다.

- 직사각형 단면



$$A = Bh$$

$$B = A/h$$

$$S = 2h + B = 2h + (A/h)$$

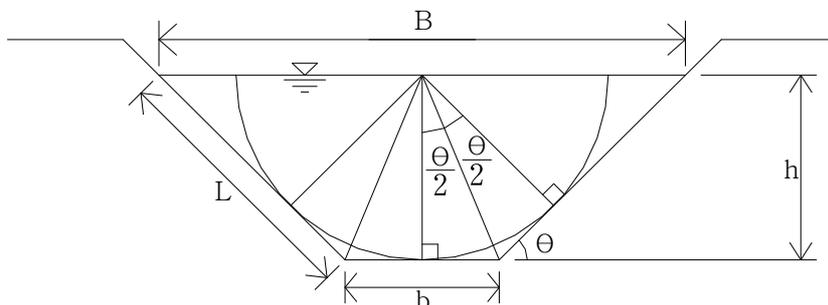
$$\frac{dS}{dh} = \frac{d}{dh} \left(2h + \frac{A}{h} \right) = 2 - \frac{A}{h^2} = 0$$

$$h = \sqrt{\frac{A}{2}} = \sqrt{\frac{Bh}{2}}$$

$$\therefore h = B/2 \quad (\text{or } B = 2h)$$

$$\begin{aligned} Q &= A \frac{1}{n} \left(\frac{A}{S} \right)^{\frac{2}{3}} I^{\frac{1}{2}} \\ &= Bh \frac{1}{n} \left(\frac{Bh}{B+2h} \right)^{\frac{2}{3}} I^{\frac{1}{2}} \\ &= (2h)h \frac{1}{n} \left(\frac{(2h)h}{(2h)+2h} \right)^{\frac{2}{3}} I^{\frac{1}{2}} \\ &= 2h^2 \frac{1}{n} \left(\frac{h}{2} \right)^{\frac{2}{3}} I^{\frac{1}{2}} \end{aligned}$$

- 사다리꼴 단면



θ 가 일정할 때 $\frac{dR}{dh} = 0 \rightarrow$ 반지름이 h 인 반원에 외접한다.

$$A = h^2(2 \operatorname{cosec} \theta - \cot \theta)$$

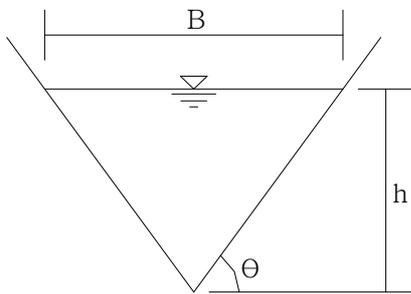
$$R = \frac{h}{2}$$

$$Q = A \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} I^{\frac{1}{2}}$$

$$Q = \{h^2(2 \operatorname{cosec} \theta - \cot \theta)\} \frac{1}{n} \left(\frac{h}{2}\right)^{\frac{2}{3}} I^{\frac{1}{2}}$$

$$b = 2h \tan(\theta/2)$$

- 삼각형 단면



$$A = \frac{Bh}{2} = \frac{h}{\tan \theta} h = \frac{h^2}{\tan \theta}$$

$$\begin{aligned} S &= 2 \frac{B}{2 \cos \theta} \\ &= \frac{2h}{\tan \theta} \frac{1}{\cos \theta} \\ &= \frac{2\sqrt{A \tan \theta}}{\tan \theta} \frac{1}{\cos \theta} \\ &= \frac{2\sqrt{A \tan \theta}}{\sin \theta} \\ &= 2\sqrt{A \frac{\sin \theta}{\cos \theta}} \sqrt{\frac{1}{\sin^2 \theta}} \\ &= 2\sqrt{\frac{A}{\cos \theta \sin \theta}} \end{aligned}$$

$$S' = \sin \theta \cos \theta$$

$$\begin{aligned} \frac{dS'}{d\theta} &= \frac{d(\sin \theta \cos \theta)}{d\theta} \\ &= \cos \theta \cos \theta + \sin \theta (-\sin \theta) \\ &= \cos^2 \theta - \sin^2 \theta \\ &= \cos^2 \theta - (1 - \cos^2 \theta) \\ &= 2\cos^2 \theta - 1 = 0 \end{aligned}$$

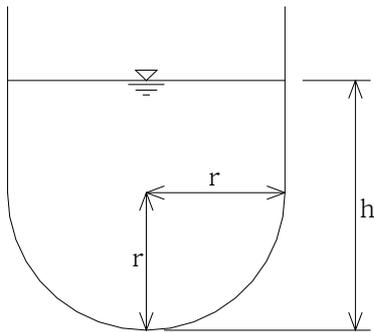
$$\cos^2 \theta = \frac{1}{2} \quad \therefore \theta = 45^\circ$$

$$A = \frac{h^2}{\tan\theta} = h^2 \quad S = 2\sqrt{\frac{A}{\cos\theta \sin\theta}} = 2\sqrt{2A} = 2\sqrt{2}h$$

$$R = \frac{A}{S} = \frac{h^2}{2\sqrt{2}h} = \frac{h}{2\sqrt{2}}$$

$$\begin{aligned} Q &= AV \\ &= A \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} I^{\frac{1}{2}} \\ &= h^2 \frac{1}{n} \left(\frac{h}{2\sqrt{2}} \right)^{\frac{2}{3}} I^{\frac{1}{2}} \end{aligned}$$

- U자형 단면



$$\begin{aligned} A &= \frac{\pi r^2}{2} + 2r(h-r) & h &= \frac{A - \frac{\pi}{2}r^2 + 2r^2}{2r} \\ &= \frac{\pi r^2}{2} - 2r^2 + 2rh \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S &= \frac{2\pi r}{2} + 2(h-r) \\ &= \frac{2\pi r}{2} - 2r + 2h \\ &= \frac{2\pi r}{2} - 2r + 2\left(\frac{A - \frac{\pi}{2}r^2 + 2r^2}{2r}\right) \\ &= \frac{2\pi r}{2} - 2r + \frac{A}{r} - \frac{\pi}{2}r + 2r \\ &= \frac{\pi r}{2} + \frac{A}{r} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{dS}{dr} &= \frac{d\left(\frac{\pi r}{2} + \frac{A}{r}\right)}{dr} \\ &= \frac{\pi}{2} - \frac{A}{r^2} = 0 \end{aligned}$$

$$\frac{\pi}{2} = \frac{A}{r^2} \quad r^2 = \frac{A}{\frac{\pi}{2}} \quad \therefore r = \sqrt{\frac{2A}{\pi}}$$

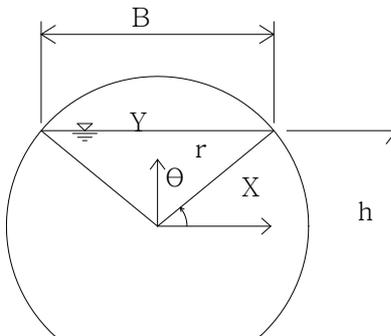
$A = \frac{\pi r^2}{2}$ 이 의미하는 것 : U형 단면에서는 높이 h가 반원의 최대점에서 '수리상 유리한 단면' 이 된다.

$$R = \frac{A}{S} = \frac{\frac{\pi r^2}{2}}{\frac{2\pi r}{2}} = \frac{r}{2}$$

$$\begin{aligned} Q &= A \frac{1}{n} \left(\frac{A}{S}\right)^{\frac{2}{3}} I^{\frac{1}{2}} \\ &= \left(\frac{\pi r^2}{2}\right) \frac{1}{n} \left(\frac{r}{2}\right)^{\frac{2}{3}} I^{\frac{1}{2}} \end{aligned}$$

- 원형 단면

원형단면에서 반경 r 이하로 물이 흐르는 것은 가정 상 의미가 없으므로, 아래 그림처럼 반경 r 이상 물이 흐르는 상태를 가정한다.



단, $0 \leq \theta \leq \pi/2$

$$\begin{aligned} A &= \frac{\pi r^2}{2} + 2 \cdot \pi r^2 \frac{\theta}{2\pi} + \frac{1}{2} r \cdot r \cdot \sin(\pi - 2\theta) \\ &= \frac{\pi r^2}{2} + r^2 \theta + \frac{1}{2} r^2 \sin 2\theta \\ &= r^2 \left(\frac{\pi}{2} + \theta + \frac{1}{2} \sin 2\theta \right) \end{aligned}$$

$$r = \sqrt{\frac{A}{\left(\frac{\pi}{2} + \theta + \frac{1}{2} \sin 2\theta\right)}}$$

$$S = \frac{2\pi r}{2} + 2 \cdot 2\pi r \frac{\theta}{2\pi}$$

$$= \pi r + 2r\theta$$

$$= (\pi + 2\theta)r$$

$$= (\pi + 2\theta) \sqrt{\frac{A}{\left(\frac{\pi}{2} + \theta + \frac{1}{2} \sin 2\theta\right)}}$$

$\frac{dS}{d\theta} = 0$ 을 만족하는 해를 구하기 위해 수치해석을 실시하고 θ 를 구한다.

θ 를 구했다면

표 9 θ 값에 따른 S값 계산 시트

증가량	항	1	2	3	4	5(S)
0.07853982	theta	pi+2theta	pi/2+theta	1/2sin(2theta)	sqrt(2+3)	1/4
	0	3.141592654	1.570796327	0	1.570796327	2
	0.078539816	3.298672286	1.649336143	0.078217233	1.727553376	1.909447391
	0.157079633	3.455751919	1.727875959	0.154508497	1.882384457	1.83583747
	0.235619449	3.612831552	1.806415776	0.22699525	2.033411026	1.776734515
	0.314159265	3.769911184	1.884955592	0.293892626	2.178848218	1.730231208
	0.392699082	3.926990817	1.963495408	0.353553391	2.317048799	1.69482439
	0.471238898	4.08407045	2.042035225	0.404508497	2.446543722	1.669322487
	0.549778714	4.241150082	2.120575041	0.445503262	2.566078303	1.652775006
	0.628318531	4.398229715	2.199114858	0.475528258	2.674643116	1.644417414
	0.706858347	4.555309348	2.277654674	0.49384417	2.771498844	1.643626645
pi/2	0.785398163	4.71238898	2.35619449	0.5	2.85619449	1.649883786
1.57079633	0.86393798	4.869468613	2.434734307	0.49384417	2.928578477	1.662741378
	0.942477796	5.026548246	2.513274123	0.475528258	2.988802381	1.681793443
	1.021017612	5.183627878	2.591813939	0.445503262	3.037317201	1.706646865
	1.099557429	5.340707511	2.670353756	0.404508497	3.074862253	1.736893256
	1.178097245	5.497787144	2.748893572	0.353553391	3.102446962	1.772080945
	1.256637061	5.654866776	2.827433388	0.293892626	3.121326014	1.811687325
	1.335176878	5.811946409	2.905973205	0.22699525	3.132968454	1.85509254
	1.413716694	5.969026042	2.984513021	0.154508497	3.139021518	1.901556268
	1.49225651	6.126105675	3.063052837	0.078217233	3.14127007	1.95020025
	1.570796327	6.283185307	3.141592654	6.12574E-17	3.141592654	2

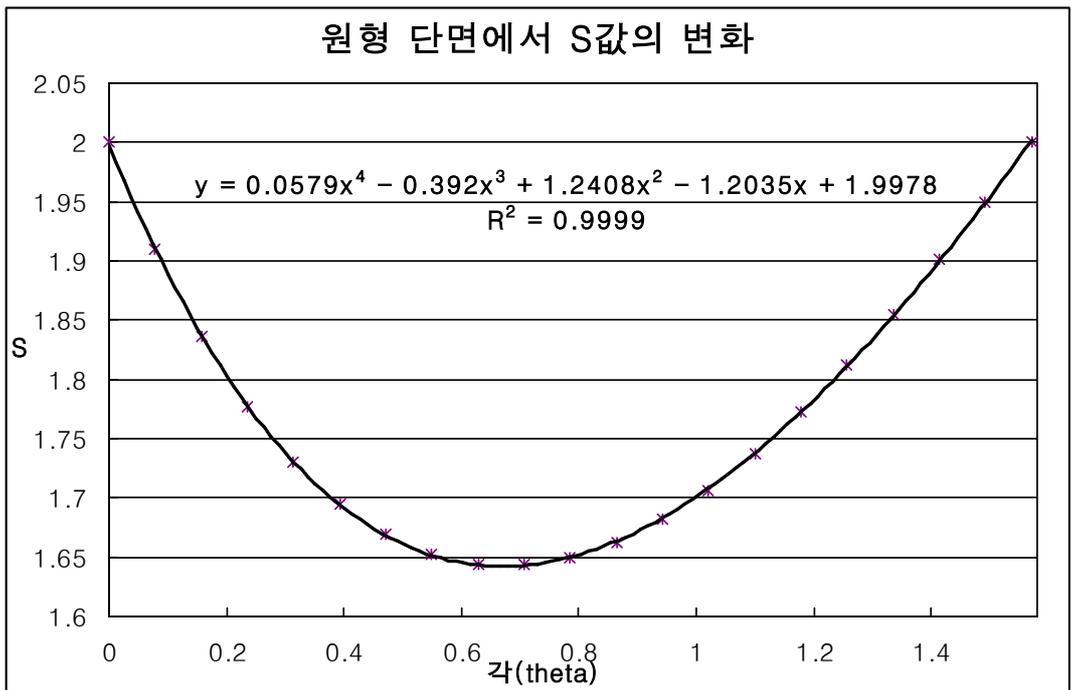


그림 15 원형 단면에서 S값의 변화

$$\therefore \theta \cong 0.71$$

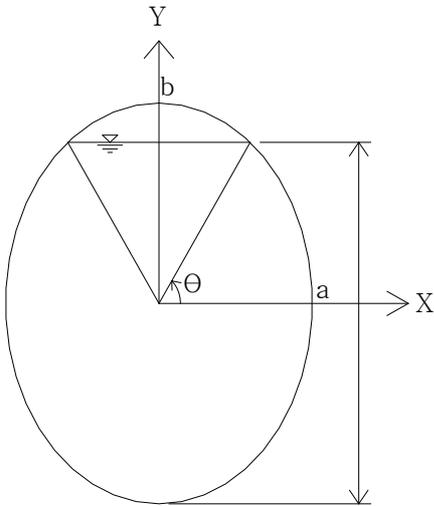
$$A = r^2 \left(\frac{\pi}{2} + \theta + \frac{1}{2} \sin 2\theta \right) = 2.78r^2$$

$$\begin{aligned} S &= (\pi + 2\theta) \sqrt{\frac{A}{\left(\frac{\pi}{2} + \theta + \frac{1}{2} \sin 2\theta \right)}} \\ &= 2.74\sqrt{A} \\ &= 4.57r \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q &= A \frac{1}{n} \left(\frac{A}{S} \right)^{\frac{2}{3}} I^{\frac{1}{2}} \\ &= (2.78r^2) \frac{1}{n} \left(\frac{2.78r^2}{4.57r} \right)^{\frac{2}{3}} I^{\frac{1}{2}} \\ &= (2.78r^2) \frac{1}{n} \left(\frac{2.78r}{4.57} \right)^{\frac{2}{3}} I^{\frac{1}{2}} \end{aligned}$$

- 타원형 단면

타원형 단면에서 반경 b 이하로 물이 흐르는 것은 가정 상 의미가 없으므로, 아래 그림처럼 반경 b 이상 물이 흐르는 상태를 가정한다.



$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$$

$$x = a \cos \theta$$

$$y = b \sin \theta \quad \rightarrow \quad dy = b \cos \theta \, d\theta$$

$$\begin{aligned}
A_1 &= \int_0^a f(y) dy && \text{단, } 0 \leq a \leq b \\
&= \int_0^a a \cos \theta dy \\
&= \int_0^a a \cos \theta \cdot b \cos \theta d\theta && \text{단, } 0 \leq a \leq \pi/2 \\
&= \int_0^a ab \cos^2 \theta d\theta \\
&= \int_0^a ab \frac{1 + \cos 2\theta}{2} d\theta \\
&= \frac{1}{2} ab a + \frac{ab}{2} \int_0^a \cos 2\theta d\theta \\
&= \frac{1}{2} ab a + \frac{ab}{4} [\sin 2\theta]_0^a \\
&= \frac{1}{2} ab a + \frac{ab}{4} \sin 2a
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
A &= 2A_1 + A_2 \\
&= 2\left(\frac{1}{2} ab a + \frac{ab}{4} \sin 2a\right) + \frac{\pi ab}{2}
\end{aligned}$$

$$r = [a \cos \theta, b \sin \theta]$$

$$r' = [-a \sin \theta, b \cos \theta]$$

$$\begin{aligned}
S_1 &= \int_0^\theta \sqrt{r' \cdot r'} d\theta \\
&= \int_0^\theta \sqrt{a^2 \sin^2 \theta + b^2 \cos^2 \theta} d\theta \\
&= \text{적분 곤란 (수치적으로 접근도 가능)}
\end{aligned}$$

재료역학 Appendix에는 타원형의 Circumference를 두 가지 경우로 구분하여 계산하였다. 즉, 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
\text{if } (b/3 \leq a \leq b) &\rightarrow \pi[1.5(a+b) - \sqrt{ab}] \\
\text{if } (0 \leq a \leq b/3) &\rightarrow 4.17b^2/a + 4a
\end{aligned}$$

참고로 본 예제를 적용할 때는 엑셀의 3차(타원형의 곡선은 최소한 3차 이상이 필요하므로) 함수로 근사하여 계산하였다.

그리고 폭에 비하여 높이가 매우 높은 형태는 존재하지 않으므로 다음과 같이 제한한다.

$$b/3 \leq a \leq b$$

결국, 구하고자 하는 것은 S이다.

$$\begin{aligned}
S &= S_1 + S_2 \\
&= 2 \int_0^\theta \sqrt{a^2 \sin^2 \theta + b^2 \cos^2 \theta} d\theta + \pi[1.5(a+b) - \sqrt{ab}]/2
\end{aligned}$$

$$\frac{dS}{d\theta} = 2\sqrt{a^2 \sin^2 \theta + b^2 \cos^2 \theta} > 0 \quad \text{모든 } \theta (0 \leq \theta \leq \pi/2) \text{ 에 대하여}$$

그러므로 S는 단조증가 함수이고, S의 최소값은 θ 가 0일 때 발생한다.

∴ 수학적으로 유리한 단면 : $\theta = 0$

$$A = \frac{\pi ab}{2}$$

$$S = \pi[1.5(a+b) - \sqrt{ab}]/2$$

$$Q = A \frac{1}{n} \left(\frac{A}{S}\right)^{\frac{2}{3}} I^{\frac{1}{2}}$$

$$= \left(\frac{\pi ab}{2}\right) \frac{1}{n} \left(\frac{\frac{\pi ab}{2}}{\pi[1.5(a+b) - \sqrt{ab}]/2}\right)^{\frac{2}{3}} I^{\frac{1}{2}}$$

○ 수리학적으로 유리한 단면을 결정

수리학적으로 유리한 단면이란 동일한 형태라면 형상의 크기와는 관계가 없으므로 계산의 편의 위해 실제 예제를 통해 검토해 본다. 가정은 다음과 같다. 설계 용수량은 $Q=0.6m^3/s$, 한계유속은 $V=1.5m/s$, $I=\frac{1}{1000}$, 조도계수는 $n=0.014$ 를 고려한다. 계산한 결과는 다음 차트로 요약하였다.

표 10 수리학적으로 유리한 단면 계산 결과

	직사각형	사다리꼴	삼각형	U자형 (반원)	원형 $\Theta=41.4^\circ$	타원형 $h=b, a=2/3b$
h	0.51	0.53	0.72	$h=0.56$ $r=h$	$h=0.71$ $r=0.43$	$b=0.69$ $a=0.46$
B	0.02	밑변 : 0.4 윗변 : 1.5	1.44	1.12	0.65	0.92
A	0.52	0.51	0.52	0.49	0.51	0.50
S	2.04	1.94	2.04	1.76	1.97	1.82
V	1.16	1.19	1.15	1.23	1.18	1.21
B/h	2	1.83	2	2	0.92	1.33

유속은 모두 한계유속인 $V=1.5m/s$ 를 넘지 않았으며, 같은 용량을 보내는데 윤변이 가장 작은 단면은 U자형과 타원형을 알 수 있다. 따라서 디스크 홈의 형태는 U자 형이나 타원형이 유리하다.

5) 최종 결정된 디스크 단면의 크기 및 형상

지금까지 열거된 내용을 바탕으로 여러 번의 전문가 회의를 통해 결정된 디스크 홈의 최종 깊이는 입자의 지름과 동일한 130 Micron으로 정하였으며, 홈의 최종 형상은 수두손실이 가장 적을 것으로 예상되는 타원형(지름 130 Micron 원에 접하는) 형태로 결정되었다. 따라서 홈의 상단의 길이는 278 Micron으로 결정되었다. 그리고 밀링머신으로 디스크의 바깥쪽으로부터 안쪽으로 홈파기 되는 각도는, 디스크의 안쪽 둘레 총 길이와 디스크 홈 크기를 고려하여, 디스

크 중심에서부터 14도 편심이 되도록 제작하였다. 또한 손실수두를 최소화하기 위하여 홈의 깊이를 최대한 짧게 설정하였다. 그러나 길이가 너무 짧으면 디스크를 위·아래로 겹쳤을 경우 디스크의 안쪽과 바깥쪽에서 위·아래로 눌러는 정도가 다를 수 있기 때문에, 추가적으로 안쪽으로 디스크를 더욱 확장하였다. 그리고 확장된 구간의 홈의 크기는 다소 여유를 두어, 원래 홈의 너비인 278 Micron 보다 약 2배 정도 증가시킨 600 Micron 으로 정하였다. 그리고 바깥쪽과 안쪽에서 생성된 홈들 사이에 유체의 연속됨을 유지하기 위해서, 서로 만나는 부분을 기준으로, 디스크의 돌레 방향으로 일정한 홈을 두었다.

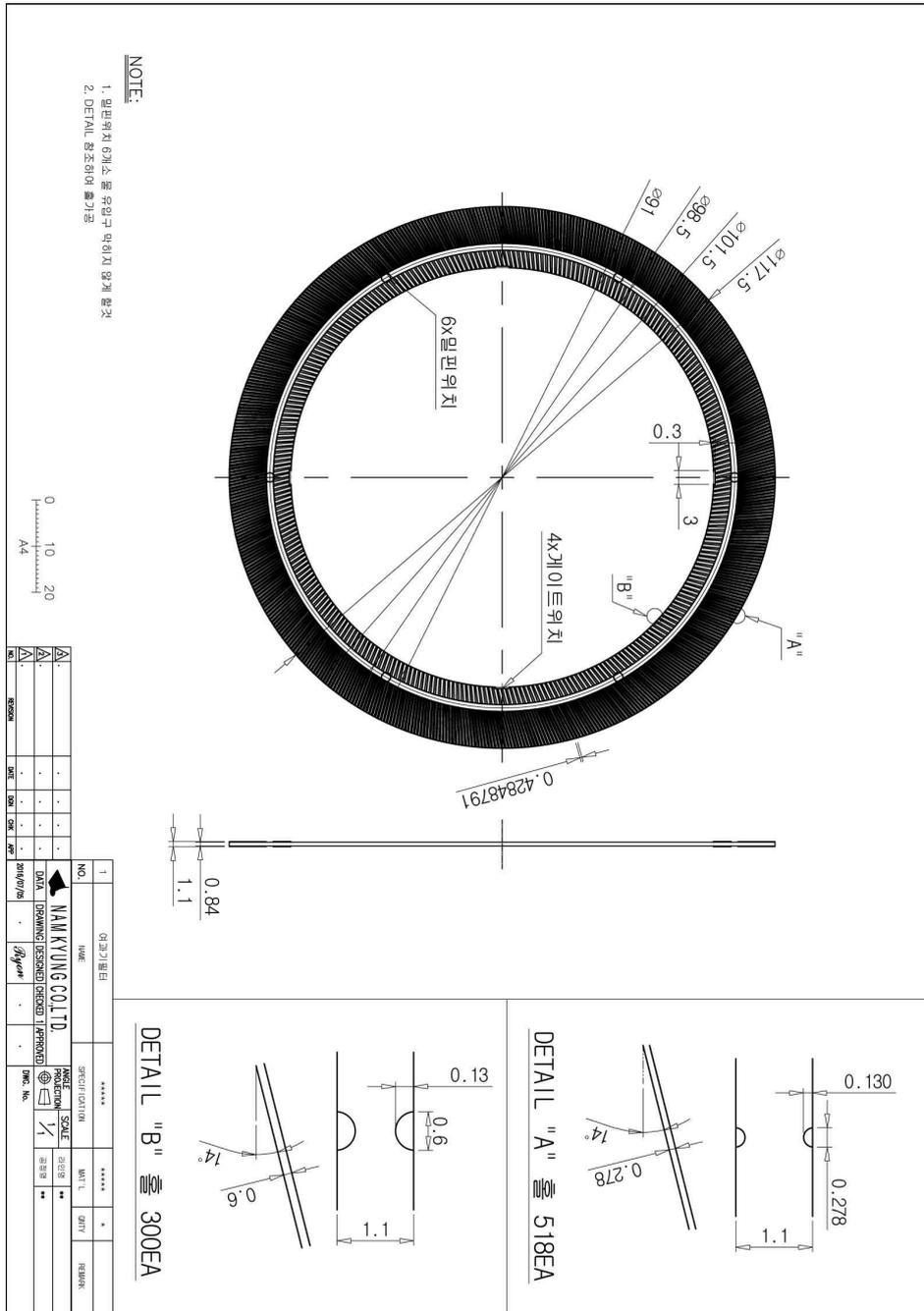


그림 16 최종디스크의 크기 및 형상

3. 여과기 예비 테스트 결과

1) 실험방법

여과기에 통과시킨 흙 입자는 실험의 편의성을 위해서 표준체 20매쉬(850 μ m)를 통과한 입자로 건조된 시료의 총 부피는 180cm³를 준비하였다. 실험에 계속적으로 재사용되는 용수의 총 부피는 0.45m³로 시료와의 비는 1/2,500이다. 실험을 진행하는 동안 흙 입자가 용수 속에서 균일하게 분포할 수 있도록 긴 막대기를 이용하여 계속적으로 컨테이너 안을 휘저어 주었다. 실제 대한민국 현장에서 사용하는 점적관수의 총 길이는 일반적으로 100m을 기준으로 제작된다. 이때 사용되는 펌프의 배출 압력은 통상 2bar를 기준으로 상황에 따라 가변적이다. 따라서 실험에 적용할 압력은 2bar 이상으로 설정하여야 한다. 또한 이번 예비 실험을 위해서 설치된 펌프가 견딜 수 있는 최대 허용 압은 5bar이기 때문에 이를 고려하여 초기 시작 압력은 3.5bar로 결정하였다. 또한 개발하고자 하는 필터에 대응하는 매쉬 사이즈는 80, 100, 120에 해당하기 때문에, 용수 출구부에는 표 11에 따른 잔골재용 표준체 규격을 고려하여, 표준체 70(212 μ m), 80(180 μ m), 100(150 μ m), 120(125 μ m), 140(100 μ m) 매쉬를 설치하여, 용수 출구부에서 나오는 입자를 수집할 수 있도록 설치하였다. 현재 개발하고자 하는 매쉬의 형태 및 사이즈를 설계 및 금형 중에 있기 때문에, 본 예비실험에서는 이스라엘의 Arkal에서 생산되는 120 매쉬 여과기로 대체하여 실험하였다. 그리고 여과기 내부의 상태를 육안으로 쉽게 판별할 수 있도록 투명 케이스를 활용하였다.

표 11 잔골재용 표준체 규격

NO.	KS규격	NO.	KS규격
3.5	5.60mm	40	425 μ m
4	4.75mm	45	355 μ m
5	4.00mm	50	300 μ m
6	3.35mm	60	250 μ m
7	2.80mm	70	212 μ m
8	2.36mm	80	180 μ m
10	2.00mm	100	150 μ m
12	1.70mm	120	125 μ m
14	1.40mm	140	106 μ m
16	1.18mm	170	90 μ m
18	1.00mm	200	75 μ m
20	850 μ m	230	63 μ m
25	710 μ m	270	53 μ m
30	600 μ m	325	45 μ m
35	500 μ m	400	38 μ m

2) 실험결과

그림 35는 여과기 예비 테스트 경과 중 시간 별 상태를 보여주고 있다. 시간이 지날수록 여과기를 통과하지 못하고 필터 외부에 쌓이는 흙 입자의 비율이 증가됨을 확인할 수 있었다. 실제 여과기 필터 크기에 비해서 흙 입자의 최대 사이즈는 약 10배 이상 큰 것들이 다수 포함되어 있었기 때문에, 실험 초기 필터 겉면에 많은 양의 입자가 순식간에 쌓이는 것을 볼 수 있었다. 특이한 점은 필터가 막혀서 유속이 감소함에 따라서 필터 주변을 맴도는 입자도 필터 겉면에 점점 모이는 현상을 관찰할 수 있었다. 이는 필터 내부를 흐르는 유체의 속도 때문에 입자에 발생했던 기존의 원심력이, 유속의 방향 변화나 유속 감소에 따른 원심력 감소로 나타나는 현상으로 판단된다. 따라서 유속의 감소 시에도 초기의 유속 방향을 유지시켜주고 유속의 감소를 늦출 수 있는 diving blade의 설치가 반드시 필요할 것으로 보인다. 또한 짧은 시간동안 테스트하였기 때문에 필터 내부에는 clogging 상태의 이물질이나 입자들이 발견되지 않았다(그림 36). 하지만 액비를 고려한 테스트나 장시간 테스트 시에는 이를 고려하여야 한다.

그림 2는 여과기 예비 테스트 중에 측정된 용수 배출 부의 압력변화를 보여주고 있다. 초기에는 급격한 압력저하가 발생되었는데 이는 동작 초기에 물속에 포함된 큰 입자들의 필터 막힘 현상으로 판단된다. 또한 시간이 흐름에 따라서 필터의 압력 변화는 서서히 감소함을 알 수 있었다. 그리고 마지막에 필터가 거의 막혀서 물의 흐름이 원활하지 못한 경우(출력부의 압력이 0이 되는 경우) 시 입력부의 총 압력 변화는 약 1bar 정도 상승함을 알 수 있었다. 따라서 입력부의 총 압력은 4.5bar로 펌프의 허용압력은 5.0bar이기 때문에 펌프에 무리가 없이 실험이 진행되었다. 또한 테스트 중간에 밸브를 순간 닫아서 갑작스런 압의 변화에도 테스트 기계가 안전한지 그리고 여과기의 압밀 상태가 양호한지 상태점검을 진행하였다. 여러 번 테스트한 결과 큰 문제점은 발견되지 않았다.



(a) 여과기 초기 상태



(b) 여과기 50초 후 상태



(c) 여과기 231초 후 상태



(d) 여과기 테스트 종료 후 필터 외부 상태

그림 17 여과기 예비 테스트 경과 시간별 상태



그림 18 여과기 예비 테스트 후 필터 내부 모습

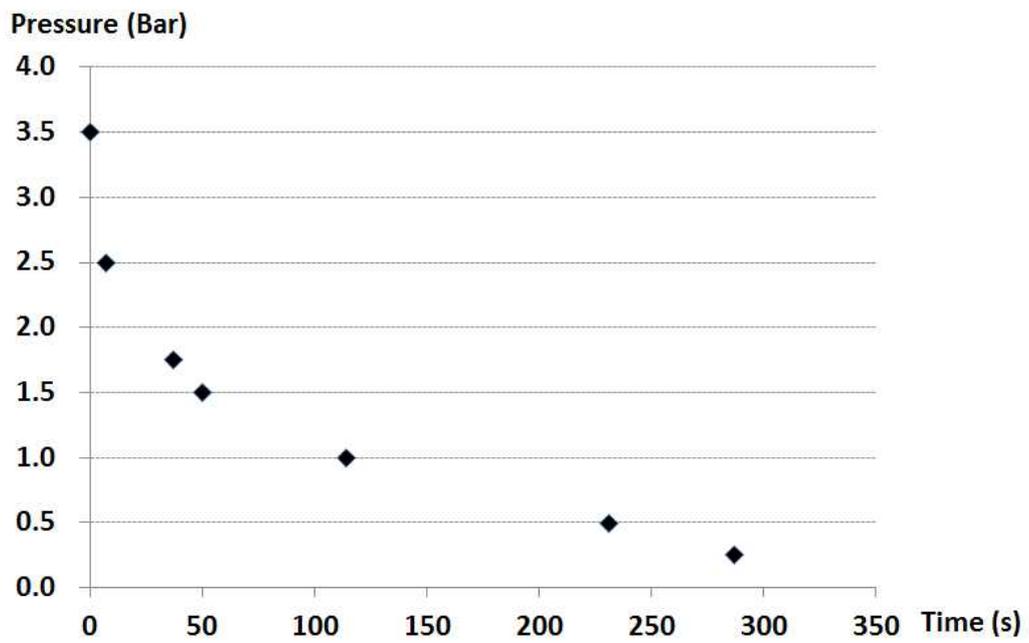


그림 19 여과기 예비 테스트 결과 용수 배출 부 수압변화

그림 38은 여과기 예비 테스트 과정에서 여과기를 통과하여 체가름 망에 걸러진 흙 입자의 분포를 확인하고자 촬영한 자료들이다. 알칼에서 생산되는 여과기 제품 중 120 매쉬에 해당하는 디스크 구멍의 실제 사이즈는 $130\mu\text{m}$ 이다. 따라서 이론 상 $130\mu\text{m}$ 미만의 입자만 통과 가능하다. 그러나 체가름 망 실험결과 70 매쉬($212\mu\text{m}$), 80 매쉬($180\mu\text{m}$), 100 매쉬($150\mu\text{m}$)에서도 흙 입자가 발견되었으며 120 매쉬($125\mu\text{m}$), 140 매쉬($100\mu\text{m}$)의 양에 비해서는 상대적으로 적은 양이지만, 단기 테스트 시간에 비하면 무시할 수 없는 양이었고, 점적관수의 유지관리 성능과도 직결되는 부분이기 때문에 분명 개선이 필요한 부분이다. 필터에 흙을 만드는 밀링과정이나 금형과정상에 공법적으로 상당한 문제점이 있었던 것으로 보이며, 균일한 흙을 만들지 못하는 이유를 이해한다면, 본 연구에서 개발하고자 하는 신규 필터의 적용에 유용한 자료로 활용 가능할 것으로 판단된다.

그림 39는 여과기 테스트 중에 내부에서 형성된 유체의 흐름을 관찰한 것이다. 사진을 통해서 이해할 수 있듯이 국부적인 와류가 여러 지역에서 발생하였으며, 한 번 발생한 국부적인 와류는 실험이 지속되는 동안 사라지지 않고 계속적으로 유지되었다. 지역적으로 발생한 와류는 여과기 내부에서 전체적인 균일한 흐름을 만드는데 저해 요소로 작용하기 때문에 이러한 현상을 효율적으로 제어할 수 있는 추천 방법으로는 diving blade를 고려할 수 있다. 여과기에 사용되는 다이빙블레이드의 날개 각도는 다이빙블레이드를 통해 형성된 물의 흐름에 따라 입자가 받는 원심력이 유입수의 압력 및 흐름에 따른 디스크 쪽으로 향하는 합력과 등치가 되도록 설치되어야 한다.



(a) 표준체 70매쉬($212\mu\text{m}$)에 걸러진 흙 입자의 양



(b) 표준체 80매쉬(180 μ m)에 걸러진 흙 입자의 양



(c) 표준체 100매쉬(150 μ m)에 걸러진 흙 입자의 양



(d) 표준체 120매쉬($125\mu\text{m}$)에 걸러진 흙 입자의 양



(e) 표준체 140매쉬($100\mu\text{m}$)에 걸러진 흙 입자의 양

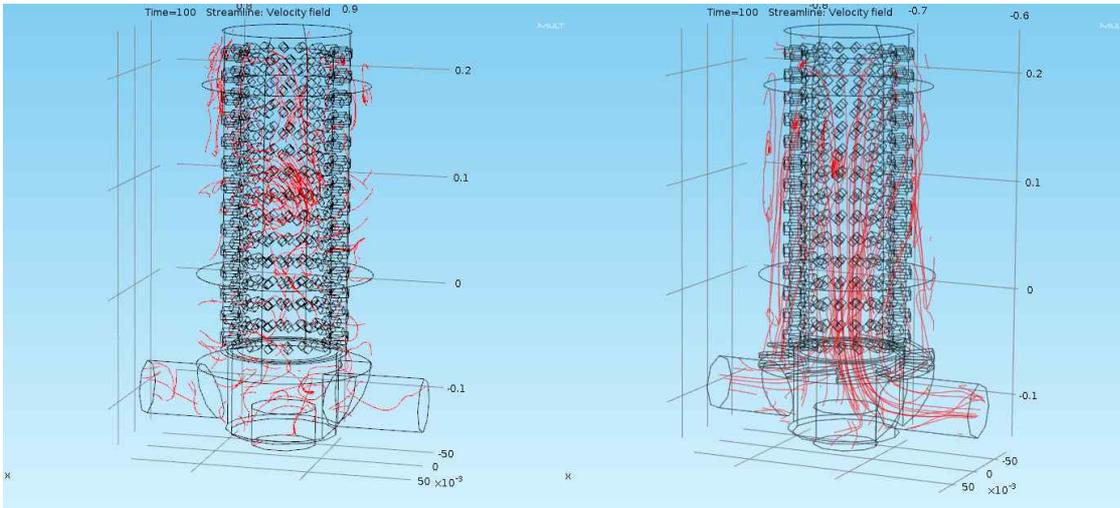
그림 20 여과기 예비 테스트 후 체가름 망에 걸러진 흙 입자량 비교



그림 21 여과기 내부에서 발견된
국부적 회오리 현상

그림 39는 diving blade의 설치 유·무에 따른 여과기 내부에서의 유선의 변화를 시뮬레이션 한 결과이다. Diving blade의 날개 각도는 예비 실험을 통해서 결정된 14도로 설정하였으며, 날개의 총 개수는 유체의 흐름이 방해받지 않을 정도의 사이즈로 총 10개로, 설치 위치는 유체가 유입되는 입구 부분으로 결정하였다. 시뮬레이션을 시행하기 위한 유체의 흐름은 turbulent 조건으로 transient 상태로 해석하였으며, 경계조건으로 유속은 3m/s, 유체와 접하는 모든 벽면의 상태는 wall function으로 설정하였다. 본 시뮬레이션은 다중물리 현상이 해석 가능한 COMSOL Multiphysics(COMSOL 4.1, COMSOL, Inc., Palo Alto, CA) 상용 패키지를 이용하였으며, 매쉬 생성에 대한 난이도를 줄이고 시뮬레이션 시간도 단축하기 위해서 디스크의 홈의 크기는 인위적으로 크게 설정하였으며, 결정된 홈의 크기는 시행착오 방법으로 경험적으로 결정하였다.

그림 40-(a)은 diving blade를 설치하지 않은 조건으로 유체의 주요 흐름이 국부적으로 발생함을 알 수 있었다. 하지만 diving blade를 설치한 그림 40-(b)의 경우는 유선의 분포가 전체적으로 균일하고 국부적인 와류도 많이 사라진 것을 확인할 수 있었다.



(a) Without diving blade

(b) With diving blade

그림 22 Diving blade의 설치 유·무에 따른 여과기 내부에서 유선의 변화

3) 흡의 모양에 따른 시뮬레이션

여과기 흡의 모양에 대한 최적 형상을 찾아내기 위한 시뮬레이션을 계속적으로 진행하였다. 흡의 형상은 120 매쉬를 기준으로 깊이가 깊은 이등변 삼각형 형태로 가정하였다. 시뮬레이션 효율성을 높이기 위해서 디스크 두 장 만을 겹쳐서 생성된 부분 중 유체가 흐르는 부분만을 선택하였으며, 경계조건은 입력부의 속도가 일정한 경우와 압력이 일정한 경우로 나누어서 진행하였다. 그림 41 및 42는 시뮬레이션 결과로 압력의 변화 및 유속의 변화를 보여주고 있다.

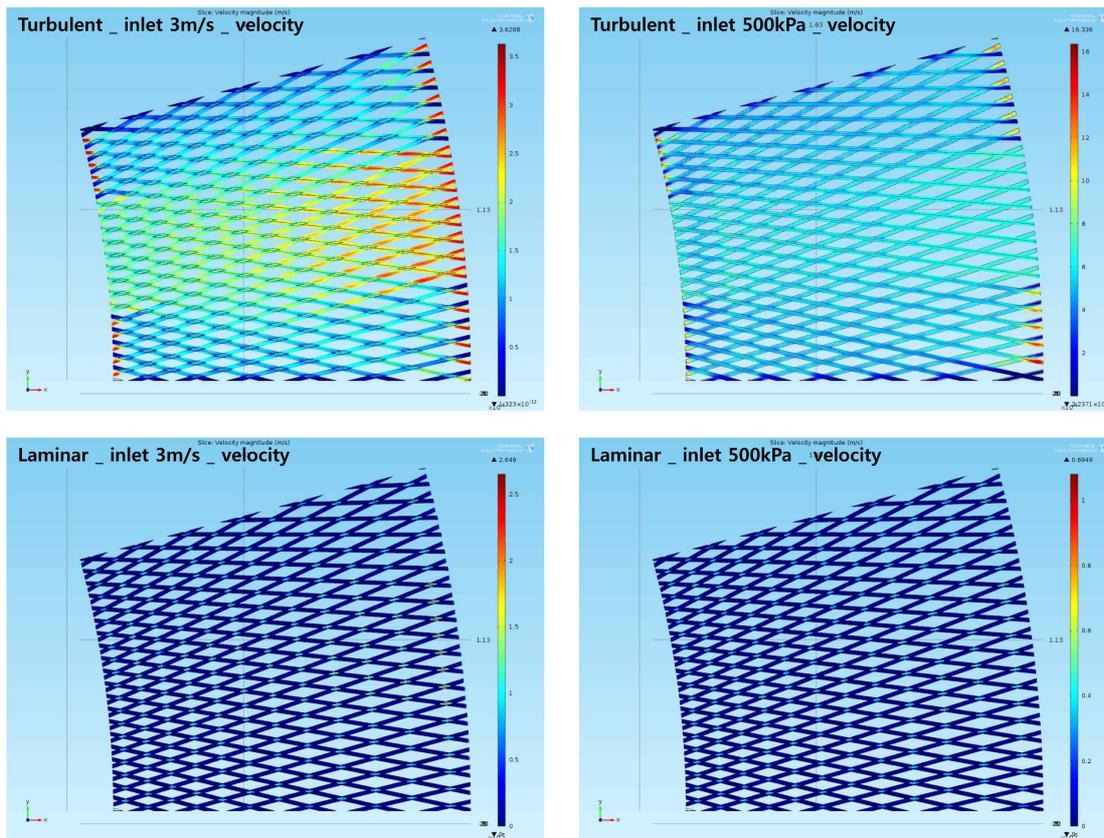


그림 23 디스크 부분 시뮬레이션 결과(유속변화)

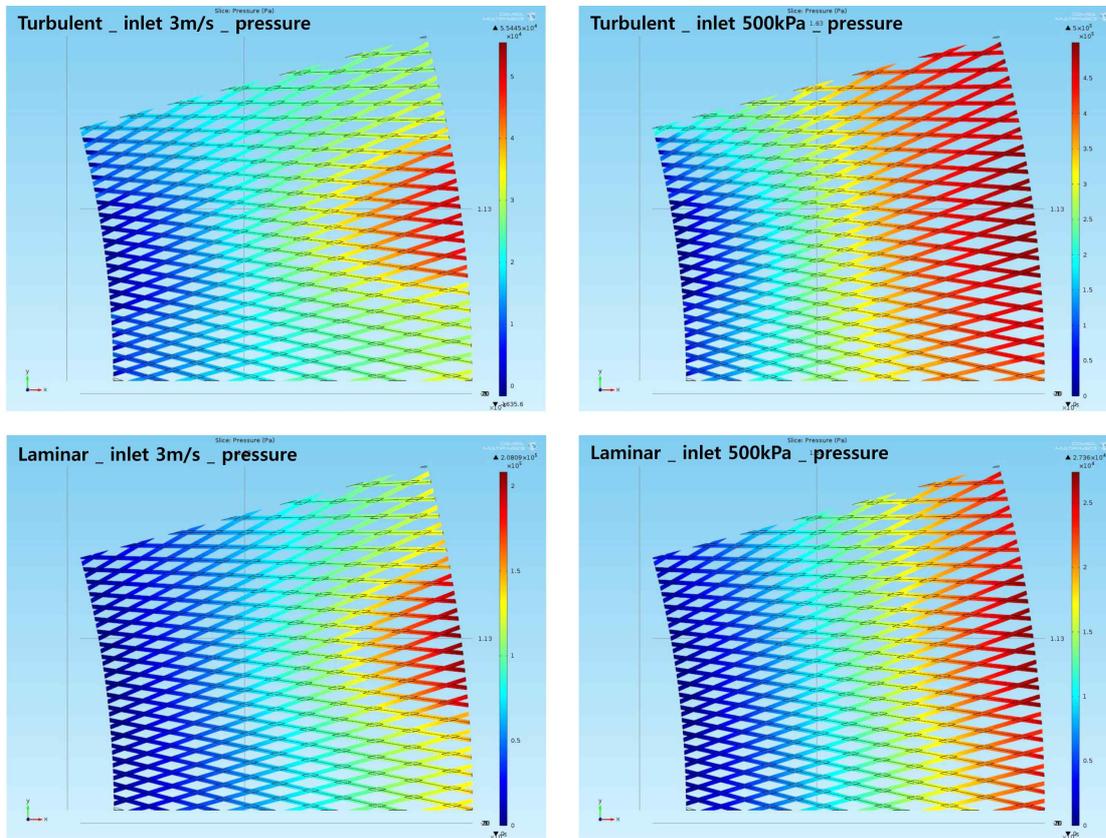


그림 24 디스크 부분 시뮬레이션 결과(압력변화)

또한 설문조사결과 현재까지 여과기 필터의 청소주기에 대한 명확한 기준이 제시되지 않아서 농민들은 각자의 경험에 의존해 필터의 청소시기를 결정하고 있었다. 따라서 여과기 입·출력부 압력차를 감지할 수 있는 다음 그림 43과 같은 간단한 물리센서가 필요하다.

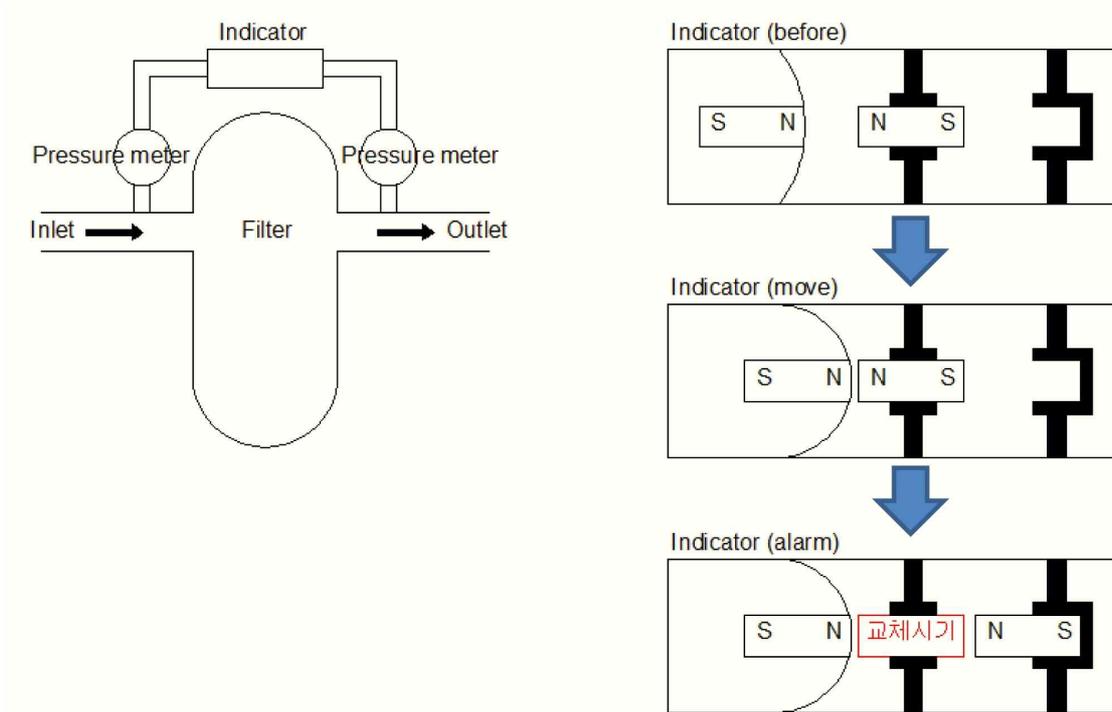


그림 25 입·출력부 압력차를 보여줄 수 있는 물리센서 형태(제안)

작동되는 원리는 입·출력부를 서로 연결할 수 있는 지름이 작은 새로운 관을 만든다. 관 안에는 고무 재질의 격벽을 설치하여 물의 흐름을 막고, 격벽은 입·출력부의 압력 차이에 의해서 움직이도록 한다. 또한 일정한 양을 움직이면 영구자석의 자력이 트리거 역할을 하여서 한 쪽 방향으로 완전히 움직일 수 있는 형태이어야 한다. 사용자는 그 이후 필터청소가 필요하다는 메시지를 전달받게 된다. 제안하는 센서의 형태는 값이 저렴하면서, 고장이 잦지 않은 간단한 물리센서 형태가 되어야 할 것으로 보인다.

- 2차년도(2016~2017) 연구개발 내용

연구개발의 목표	연구개발의 내용	2차년도	확인
○ 여과기(자동역세, 일반형, 모래) 성능평가 및 문제점 분석	○ 일반형 여과기(50mm) 2차 성능평가 분석 및 규격서 작성	○	
	○ 자동역세여과기(50mm) 1차 성능평가 분석	○	
	○ 대용량 모래여과기 1차 성능평가 분석	○	

■ 제3위탁 2차년도 연구의 주요결과

1. 일반형 여과기 성능 규격서 기준 수립

1) 일반형 여과기 성능비교

(1) 일반형 50mm 여과기 Specification

대표적 국외 여과기 제조사인 AMIAD, ARKAL, AZUD, NETAFIM, RAIN BIRD 등의 제품 중 50mm 일반형 여과기 제품들에 대하여 규격 및 성능을 조사하고 비교하였다. 제조사별로 제품에 대한 다양한 specification을 제공하고 있으며, 이 중 공통 필수 항목에 대한 제조사별 사양 정리 결과는 표1과 같다.

50mm 일반 여과기의 최대 유량은 대부분 25m³/h로 설계되어 있으며 일부 30m³/h까지 허용되고, 최대 운용 수압은 8bar~12bar 범위로 설계되어 있으나, 다수의 제품이 10bar까지 허용되는 것으로 나타났다. 필터 면적은 주로 950cm²로 설계되어있고, 제품 무게는 일부 소재가 철인 제품을 제외하고 3.6~6kg의 범위를 보이고 있다.

표 12 국외 제조사 50mm 일반형 여과기 사양 범위 요약

항목	범위	최빈값	손실 수두					
			유량 (m ³ /h)	Headloss (bar)		유량 (m ³ /h)	Headloss (bar)	
최대유량	25m ³ /h ~ 30m ³ /h	25m ³ /h		Amiad	Arkal		Azud	Netafim
최대운용압력	8bar~12bar	10bar	5			0.02		
필터면적	525cm ² -1699cm ²	950cm ²	10	0.07	0.035	20	0.07	0.07
제품무게	3.6kg~6kg	-						

수두 손실에 대한 정보는 대부분의 제조사가 유량에 따른 수두손실 값에 대한 그래프로 제공하고 있는데, 주요 제품들의 그래프를 살펴보면 다음 표와 같다. 먼저 Amiad사의 제품은 steel 재질의 여과기를 제외하고 50mm 일반형 여과기 제품들의 수두 손실에 대하여 동일한 그래프를 제공한다. 두 번째로 Arkal사의 50mm 일반형 여과기에서는 유량에 따른 수두손실이 가장 적게 나타나는 Arkal 2" Dual 제품의 수두손실 그래프, 세 번째로 Azud사 제품은 유량 범위가 비교 가능한 AGL - 2" 제품의 수두손실 그래프, 그리고 마지막으로 Netafim사

의 여과기 제품군 수두손실 표의 값을 선정하여 비교하였다. 이 수두손실 그래프의 값을 살펴보면 Amiad사와 Arkal사 제품의 유량 범위는 4m³/h부터 최대유량인 25m³/h까지로 유사하고, 그에 따른 손실 수도 값도 두 제품 사이에 큰 차이를 보이지 않는다. 반면, Azud사와 Netafim사의 제품의 손실 수두에서 제공하는 유량의 범위는 10m³/h이상에서 최대 유량인 25m³/h까지의 유량 범위에서 위의 두 회사의 제품과 차이를 보이고 있다. 이 유량 범위 안에서의 손실 수두는 0.02bar~0.07bar로 나타나 Azud사와 Netafim사 제품 사이에는 유사한 값을 나타내지만, 위Amiad사와 Arkal사의 손실 수두 값과는 큰 차이를 보인다. 따라서 실험 장치로 비교할 수 있는 유량 범위를 가지는 Amiad사와 Arkal사의 수두 손실 값을 참고 하도록 한다.

국내에서 출시되고 있는 50mm 일반형 여과기 제품은 대부분 국외제품과 같이 최대유량 25 m³/h, 최대 압력은 5bar~10bar인 것으로 조사되었으나, 자세한 제품 세부 정보가 부족하고 수두 손실에 대한 정보를 제공하지 않고 있다.

표 13 국외 50mm 주요 여과기의 손실 수두

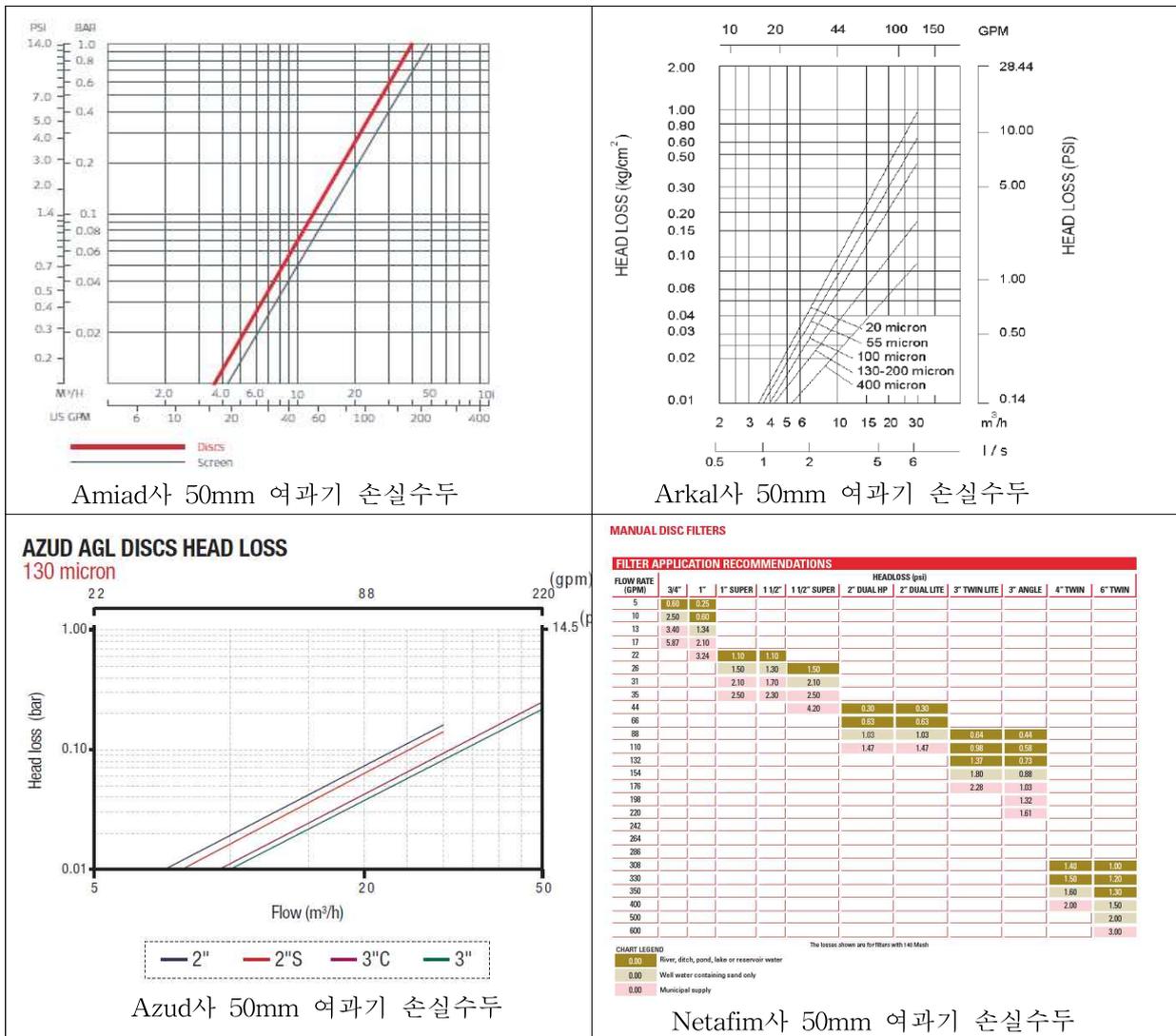


표 14 국외 50mm 일반형 여과기 제품 특성

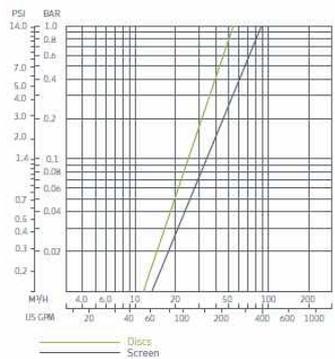
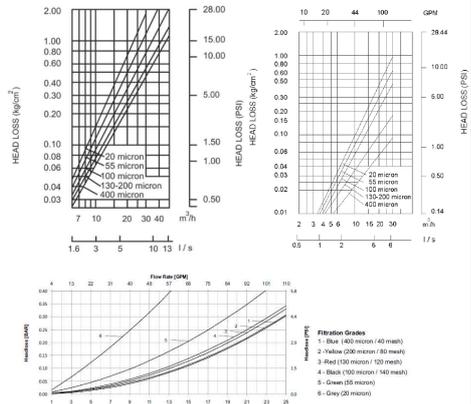
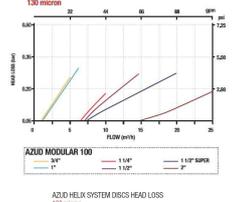
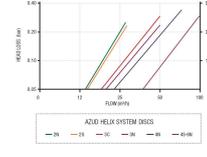
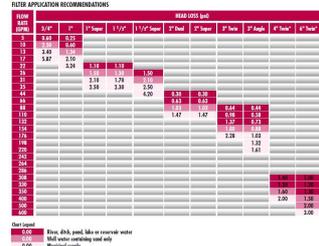
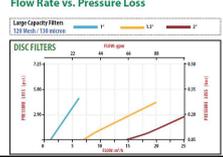
형상	제품명	제조사	최대 유량	최대운용 수압	제품 무게	필터 면적	기타 제품별로 제공되는 수두 손실 그래프
	Plastic Filter 2" T	AMIAD	25 m³/h	10 bar (145 psi)	4.4 kg	790 cm²	 <p>Steel Filter 2" In-Line의 수두손실 그래프</p>
	Plastic Filter 2" T-S	AMIAD	25 m³/h	10 bar (145 psi)	5.4 kg	1185 cm²	
	Steel Filter 2" In-Line	AMIAD	25 m³/h	10 bar (150 psi)	11.3 kg	790 cm²	
	Tagline Filter 2"	AMIAD	25 m³/h	8 bar (120 psi)	4.4 kg	790 cm²	
	Tagline Filter 2"-S	AMIAD	25 m³/h	8 bar (120 psi)	5.4 kg	1185 cm²	
	2" Dual	ARKAL	25 m³/h	10 bar (145 psi)	5 kg	950 cm²	
	2" Line	ARKAL	25 m³/h	10 bar (145 psi)	5 kg	950 cm²	
	2" Leader	ARKAL	25 m³/h	10 bar (145 psi)	2 kg	950 cm²	
	2" DualLite	ARKAL	25 m³/h	8 bar (120 psi)	3 kg	950 cm²	
	2" Super	ARKAL	25 m³/h	10 bar (145 psi)	6 kg	950 cm²	
	Modular 100 - 2"	AZUD	25 m³/h	8 bar (120 psi)	-	525 cm²	
	AGL - 2"	AZUD	30 m³/h	8 bar (120 psi)	3.6 kg	1050 cm²	
	AGL - 2" S	AZUD	30 m³/h	8 bar (120 psi)	4.8 kg	1660 cm²	
	HELIX - 2"	AZUD	30 m³/h	10 bar (145 psi)	-	1198 cm²	
	HELIX - 2" Super	AZUD	30 m³/h	10 bar (145 psi)	-	1699 cm²	
	2" Dual Lite	NETAFI M	25 m³/h	8 bar (120 psi)	3 kg	950 cm²	
	2" Dual HP	NETAFI M	30 m³/h	12 bar (174 psi)	5 kg	950 cm²	
	2" Super	NETAFI M	30 m³/h	10 bar (145 psi)	6 kg	950 cm²	
	LCRBY200D - 2"	RAIN BIRD	25 m³/h	8 bar (116 psi)	-	525 cm²	

표 15 국내 50mm 일반형 여과기 제품 특성

형상	제품명	제조사	최대 유량	최대운용 수압	제품 무게	필터 면적	수두 손실 그래프
	Safe(50mm)	한슬테크	25 m ³ /h	-	-	-	-
	SN	신농	-	5 kgf/cm ²	5.5 kg	1443 cm ²	-
	SNZ	신농	24 m ³ /h	5 kgf/cm ²	8.4 kg	-	-
	TKA-16	태광에이텍 (주)	25 m ³ /h	8 bar	4.8 kg	-	-
	TKA-05	태광에이텍 (주)	25 m ³ /h	10 bar	4.8 kg	-	-
	맘모스	대우산업	25 m ³ /h	-	18 kg	2024 cm ²	-
	골든트리 (50mm)	서원양행	25 m ³ /h	8 bar	6 kg	-	-

2) 일반형 여과기 규격서 제시

(1) 일반형 여과기 성능평가 항목 검토

1차년도에 제시한 여과기 성능평가 항목 중 일반적 제품 사양, 적용 시스템 및 제원에 관한 사항은 평가와 별도로 제공되는 항목으로 분리하고, 일반형 여과기에 관한 성능에 대해서는 역세 수압 및 역세 유량을 제외하여 다음과 같은 항목을 성능평가 항목으로 정하였다.

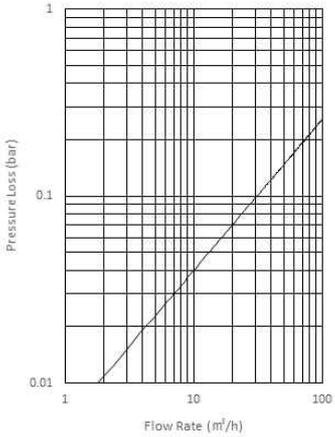
표 16 일반형 여과기 성능평가 항목 분류

	항목	세부내용
성능 평가 항목	Specification	최대 운용 수압(bar) 최대 유량(m ³ /h)
	Flow Rate Vs Pressure Head Loss(bar) Curve	유량대비 압력손실 그래프 및 표
	Particles Filtration Rate (%)	입자 입경 분포에 따른 여과율 그래프 및 표
제품 사양 항목	Feature	여과기 제품의 특징 사용전압 등 전기 특성치 특징적인 부속장치 자동역세 기능 설명 등
	Application	적용가능 시스템(Dripper, Sprinkler) 전기시설공급여부 사용상의 주의 점(예: Auto backflushing 권장)
	Dimension 및 도면	전체 치수 및 각 부분 치수 표시 표 및 도면

(2) 일반형 여과기 성능 규격서 제시(안)

위에서 제시한 성능평가 항목을 바탕으로, 문헌 조사를 통한 국내외 일반형 여과기에 대한 조사 결과와 실험장치를 통한 실제 성능 실험 결과 자료, 그리고 농촌진흥청에서 제시하는 시설재배지 점적 설계 지침을 참고 하여 일반형 여과기 성능평가기준에 대하여 다음과 같이 제시하도록 한다.

표 17 50mm 일반형 여과기 성능 규격서 제시(안)

항목	세부내용	규격(안)	비고						
Specification	최대 운용 수압(bar)	10bar 이상							
	최대 유량(m ³ /h)	25m ³ /h 이상							
Flow Rate Vs Pressure Head Loss(bar) Curve	유량대비 압력손실 그래프 및 표		<table border="1"> <thead> <tr> <th>유량 (m³/h)</th> <th>압력손실 (bar)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>10</td> <td>0.04</td> </tr> <tr> <td>20</td> <td>0.07</td> </tr> </tbody> </table>	유량 (m ³ /h)	압력손실 (bar)	10	0.04	20	0.07
유량 (m ³ /h)	압력손실 (bar)								
10	0.04								
20	0.07								
Particles Filtration Rate (%)	입자 입경 분포에 따른 여과율 그래프 및 표 ※ 여과능 130micron 기준	입경 130μm 이상 입자 여과율 평균 95% 이상 : good							

(3) 일반형 여과기 성능 평가 기준

일반형 여과기를 사용함에 있어 중요한 성능 2가지가 압력 손실이 적어야 하는 것과 입자에 대한 여과가 잘 이뤄져야 한다는 점에서 다음 표 18과 표 19와 같이 성능평가 기준을 제시한다. 먼저 표 18의 필터 환산 압력유지율은 여과기 통과 전 압력(H_{input})에서 여과기를 통과하면서 손실되는 압력(H_{loss})을 빼주고, 이 값을 다시 H_{input} 으로 나눠주어 I 유량에서의 압력유지율(R_I)를 구한다. 이후 성능 점수는 유량 10, 15, 20m³/h에서의 압력유지율인 R_{10} , R_{15} , R_{20} 값을 평균하여 산정한다. 필터여과 성능 점수는 F_1 , F_2 , F_3 범위의 입자 여과율을 측정하여 평균하여 산정한다.

표 18 필터 환산 압력유지율 계량화(130 μm 필터 여과기)

필터 환산 압력유지율 계량화(130 μm 필터 여과기)	
성능 점수	$\frac{R_{10} + R_{15} + R_{20}}{2}$
압력유지율(R_I) (유량 $I m^3/h$ 에서의 여과기 압력유지율)	$R_I = \frac{H_{input} - H_{loss}}{H_{input}} \times 100\%$
	H_{loss} = 여과기 손실 수두 H_{input} = 여과기 통과 전 압력 수두 (대기압력 + 손실수두)

표 19 필터여과 성능 계량화(130 μm 필터 여과기)

필터여과 성능 계량화(130 μm 필터 여과기)	
성능 점수	$\frac{F_1 + F_2 + F_3}{3}$
여과율(F_n) (n번째 범위에서의 입자 여과율)	$F_n = \frac{W_I - W_o}{W_I} \times 100\%$
	W_o = 여과기 통과 후 검출된 입자 무게 W_I = 여과기 투입 입자 무게
	F_1 = No.200(75 μm) ~ No.140(106 μm) 입자 여과율 F_2 = No.140(106 μm) ~ No.120(125 μm) 입자 여과율 F_3 = No.120(125 μm) ~ No.100(150 μm) 입자 여과율

3) 일반형 여과기 성능평가(국외제품)

기준에 출시되어 있는 여과기를 실제로 구동하여 제품의 현장 성능을 평가하고, 국내 제품의 경우 명시되지 않는 제품의 성능을 확인하고자 기성 여과기의 실험실 성능 평가를 실시하였다.

(1) 실험 장치

실험 장치는 50mm 기성 일반형 여과기 제품의 성능평가를 위하여 연결관의 직경은 50mm로 하고, 펌프는 단상 220V, 압상고 50m 이상, 양수량 5,000L/h 이상, 2마력 이상의 PH-1588W(한일펌프)를 사용한다. 유량계의 경우, 0.001m³/h의 정밀도를 가지고 있으며, 앞 500mm, 뒤 250mm의 여유길이를 가지고 설치되었다. 압력계의 경우 0.01bar의 정밀도를 가지고 있으며, 여과기의 유입부와 유출부에 가장 근접하도록 2곳에 설치하여 측정하고자 하였다.

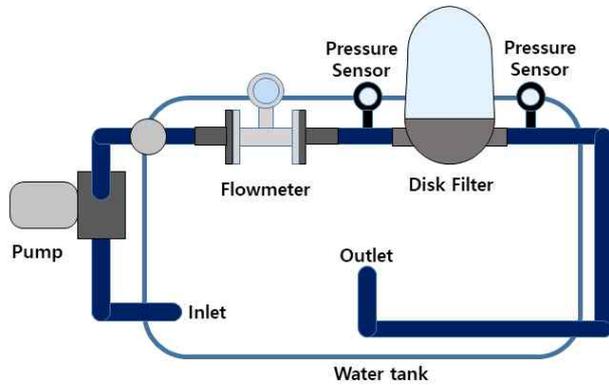


그림 26 일반형 여과기 성능평가 실험 장치

(2) 실험 대상 여과기

일반형 여과기 성능 평가 제품으로는 국외 Arkal사의 50mm 일반형 여과기를 선정하였다. 두 제품의 상세 제품 정보는 다음 표와 같다.

표 20 실험 대상 여과기 제품 정보

형상	제품명	제조사	최대 유량	최대운용수압	제품무게	필터면적	여과 크기
	2" Dual	ARKAL	25 m ³ /h	10 bar (145 psi)	5 kg	950 cm ²	130miron

(3) 압력수두손실 측정

점적 관개 시스템의 말단부까지 관개수가 원활히 도달하기 위해서는 말단부에 도달하는 동안 일어날 압력 손실을 미리 고려하여야 한다. 기성 여과기 제품의 현장에서 압력 손실을 파악하기 위해 압력 수두 손실을 측정하고자 한다.

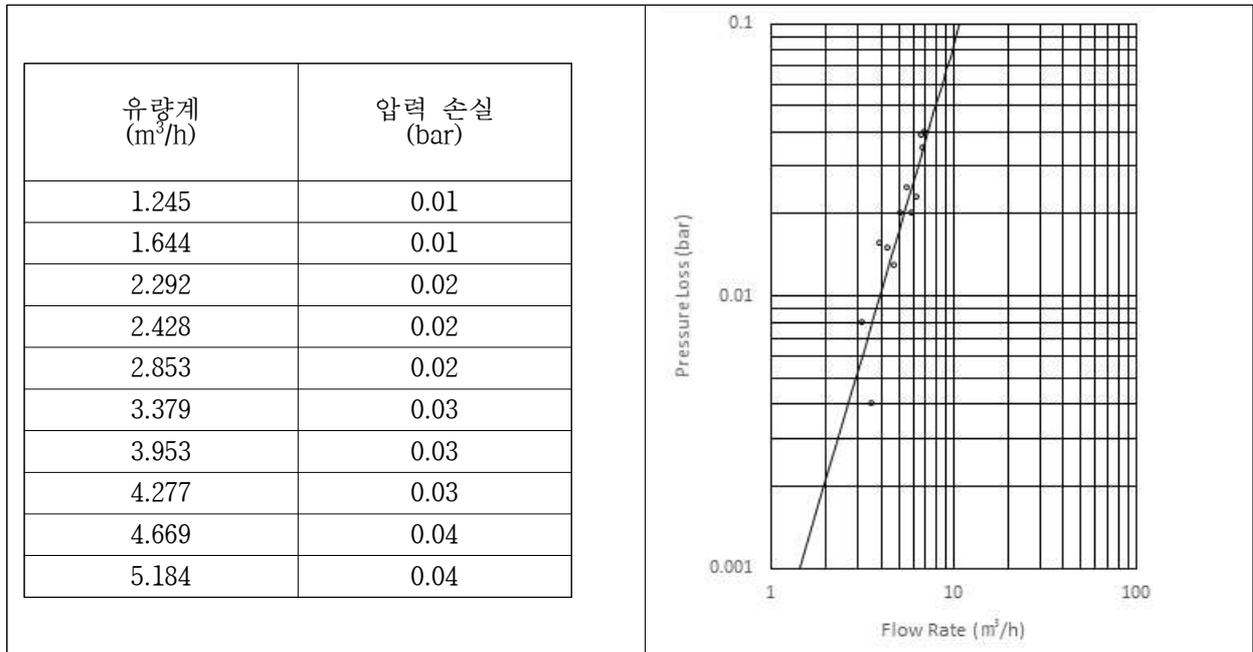
- 실험 방법

실험에 사용된 펌프는 가압을 할 수 없는 펌프로서, 펌프를 통해 흐르는 유량이 정해져 있으므로, 여과기의 유입부와 유출부에 개폐밸브를 설치하여 유량과 압력을 조절하도록 한다. 유입부의 밸브를 열게 되면, 펌프에서 끌어올려진 유량이 따로 마련된 파이프를 통해 여과기에 흘러가기 전 먼저 토출되어 여과기로 흘러가는 유량을 줄이게 된다. 유출부의 밸브는 완전히 개방되어있을 때 모든 유량이 흐르게 되며, 밸브를 차차 단아가면서 압력을 높일 수 있게 된다. 이번 실험에서는 유출부 밸브를 단계별로 잠가 가며 유출부 압력을 0.5bar씩 증가시켜 각각의 경우에 대하여 유량과 압력 감소를 10초 간격으로 10회 측정한다.

- 결과 및 고찰

국외 Arkal사의 50mm 일반형 여과기에 대하여 유출부 밸브 조절 단계별로 10회 측정한 결과의 평균값은 다음 표와 같고, 이를 그래프로 표현한 것은 다음 그림과 같다.

표 21 Arkal 50mm 일반여과기의 현장 성능 평가 실험 결과



Arkal에서 제공하는 2" Dual 제품의 손실 수두 그래프와 비교했을 때 5m³/h유량에서 실험값은 대략 0.02bar/제조사 제공 값은 0.15, 7m³/h의 유량에서 실험값 0.04bar/제조사 제공 값이 약 0.02bar로 나타나 실제 실험값은 경향은 유사하나 모든 유량 지점에서 수두 손실 값이 더 높게 나타났다. 이는 실험환경의 차이점에서 기인하는 것으로 생각되며, 현재 실험 장치에서는 최대 유량이 7m³/h이상을 구현할 수 없어, 더 넓은 유량 범위를 측정하지 못하는 한계점이 있다.

(4) 입경 범위별 입자 유입에 따른 입자 통과율 측정

점적 관개에 쓰이는 관개수에 여러 크기의 입자가 혼입되어 있다면 여과기 디스크의 흠의 형상에 따라 다양한 여과 효과가 나타날 수 있다. 물에 혼입된 입자는 여과기뿐만 아니라 점적관개 시스템의 최말단부인 드리퍼에도 영향을 미칠 수 있으므로 실제 여과 효과에 대한 측정을 실시하였다.

- 실험 방법

실험에 사용하는 Arkal사의 50mm 일반형 여과기는 filtration degree가 130micron의 디스크를 사용하고 있어, 실험에 사용한 입자는 70번 체에서부터 200번 체까지 5가지 범위의 시료이고 각 범위에 대해 5g씩의 입자를 투입하였다. 준비된 흠을 실험 장치의 시료 투입구에 넣어 여과기에 물과 함께 유입되도록 하고, 여과기를 통과한 물이 최종 배출되는 곳에 체를 준비하여 여과되는 물에 섞인 흠 입자들을 거르도록 하였다.

체에 모아진 흠 입자들을 건조하여 입자별 흠의 무게를 재고 통과율을 측정하고, 이로부터 여과율을 계산하였다.



그림 27 입경별 입자 혼입에 따른 입자 통과율 측정 실험 모습

- 결과 및 고찰

Arkal 50mm 일반형 여과기의 입자 통과율의 결과는 다음 표와 같다. Arkal사의 디스크는 130micron의 규격을 가지고 있고, 이는 홈 하나의 높이가 130 μm 임을 의미한다. 가장 큰 입자가 분포한 입경 212 μm ~180 μm 사이의 통과율은 3.2%, 가장 작은 입자가 분포한 입경 106 μm ~75 μm 사이의 통과율은 총 50.6%로 나타났다.

표 22 Arkal 50mm 일반형 여과기의 입자 여과율

체 번호 (입경의 크기 범위)	투입 입자(g)	통과 입자(g)	여과율(%)
70-80번 (212 μm - 180 μm)	5	0.16	96.8
80-100번 (180 μm - 150 μm)	5	0.11	97.8
100-120번 (150 μm - 125 μm)	5	0.48	90.4
120-140번 (125 μm - 106 μm)	5	1.16	76.8
140-200번 (106 μm - 75 μm)	5	2.53	49.4

4) 일반형 여과기 성능평가(국내 제품)

(1) 여과기의 형태

점적 관개에 쓰이는 디스크 여과기는 표면에 홈이 있는 디스크 여러 장을 겹쳐 쌓아 구멍이 뚫린 원기둥 모양을 만들어 디스크 바깥쪽에서 안쪽으로 관개용수가 흐르게 하는 구조이다.

(2) 여과기 디스크 홈 형상 및 사이즈

Arkal 여과기의 경우, 기본적으로 디스크 홈 단면을 정삼각형 모양을 채택하고 있다. 실험에 사용되는 여과기 홈 단면의 경우 정삼각형보다 조금 더 수리학적으로 유리한 단면을 채택하였기 때문에 Arkal 여과기의 압력 손실보다 더 적을 것으로 예측된다.

디스크 한 장의 두께는 1mm로 대표적 여과기 제조회사인 Arkal사의 디스크 두께인 0.85mm보다 두껍다. 본 연구에서 사용된 여과기에는 디스크를 230~240장 설치가능하며, 디

스크의 재질은 P.P(Polypropylene)이다. 홈의 단면모양은 수리학적으로 유리한 모양인 타원형 형태이고, 디스크 홈의 제작공정은 자동선반 금형공정을 따른다. 디스크 홈을 제작하기 전의 디스크는 사출 성형 방식으로 제작된다.

디스크 면의 홈의 개수를 결정하기 위해서 120 Mesh를 선정하여 진행하였다. 본 연구에서 성능평가 한 디스크의 외부 직경은 117.5 mm, 내부 직경이 101.5 mm이며, 평균 직경은 109.5 mm로 4.31 inch에 해당한다. 각의 디스크 한쪽 면의 홈의 개수를 계산하면, 120 Mesh에 대해 518개 이며, 근사 값인 4 inch에 대해 홈 개수는 480개이다. 개발된 최종 디스크의 형태는 다음 그림과 같다.

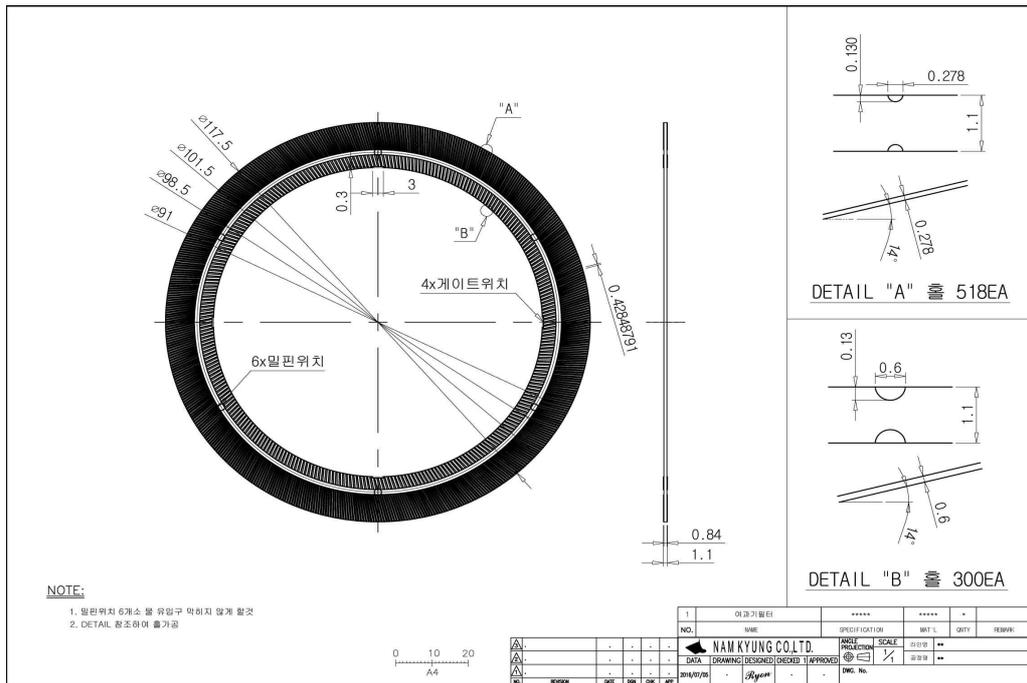


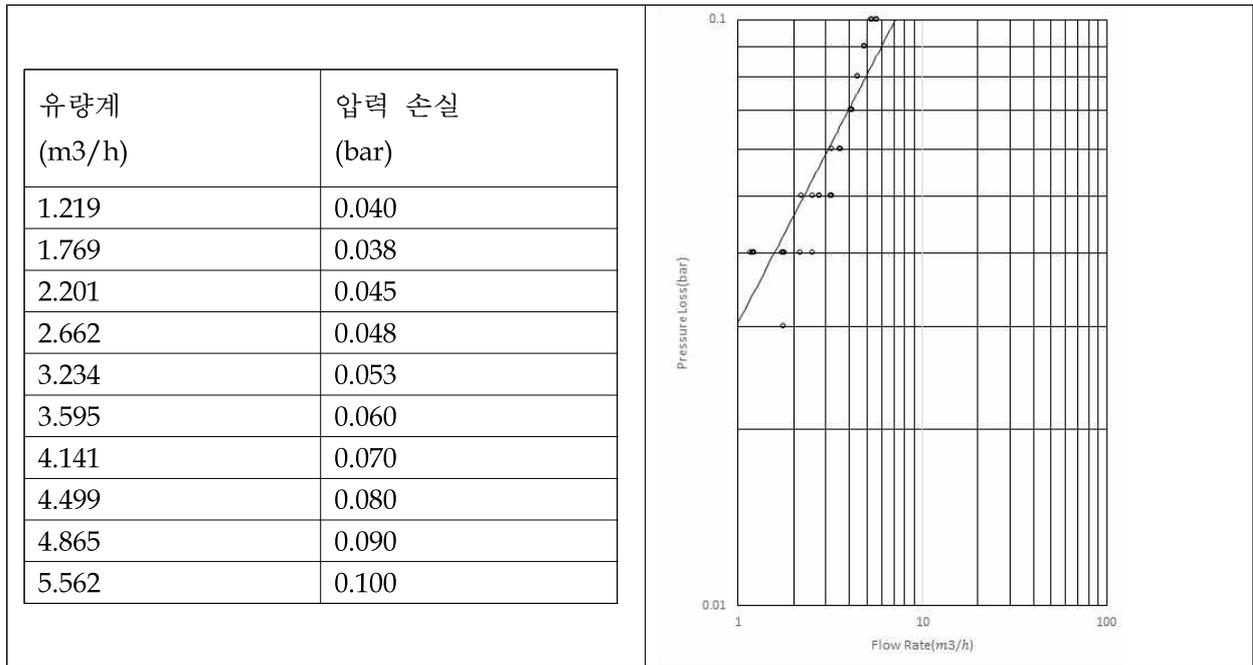
그림 28 최종디스크의 크기 및 형상

(3) 일반형 여과기 성능평가

- 압력수두손실 측정

50mm 일반형 여과기에 대하여 유출부 밸브 조절 단계별로 10회 측정 한 결과의 평균값은 다음 표와 같고, 이를 그래프로 표현한 것은 다음 그림과 같다.

표 23 남경 50mm 일반형 여과기의 현장 성능 평가 실험 결과



해외 제품인 Arkal에서 제공하는 2" Dual 제품의 손실 수두 그래프와 비교했을 때 3~6m³/h 유량에서 실험값은 대략 0.05bar 정도 압력 손실이 더 큰 것으로 나타났다. 현재 실험 장치에서는 최대 유량이 7m³/h이상을 구현할 수 없어, 더 넓은 유량 범위를 측정하지 못하는 한계점이 있다. 다만, 실험으로 얻은 데이터를 통해 구한 유량-수두손실 그래프에서는 15~20 m³/h 범위에서 Arkal 제품과 유사한 수두손실 값을 보인다.

- 입경 범위별 입자 유입에 따른 입자 통과율 측정

남경 50mm 일반형 여과기의 입자 통과율의 결과는 다음 표와 같다. 디스크는 130micron의 규격을 가지고 있고, 이는 흠 하나의 높이가 130μm임을 의미한다. 가장 큰 입자가 분포한 입경 212μm~180μm 사이의 통과율은 0.8%, 가장 작은 입자가 분포한 입경 106μm~75μm 사이의 통과율은 10.8%로 나타났다. 같은 규격의 Arkal 사 제품과 비교하였을 때 입자의 크기가 작아질수록 상당히 높은 여과능력을 보였다.

표 24 남경 50mm 일반형 여과기의 입자 여과율

체 번호 (입경의 크기 범위)	투입 입자(g)	통과 입자(g)	여과율(%)
70-80번 (212μm - 180μm)	5	0.04	99.2
80-100번 (180μm - 150μm)	5	0.10	98.0
100-120번 (150μm - 125μm)	5	0.63	87.4
120-140번 (125μm - 106μm)	5	0.40	92.0
140-200번 (106μm - 75μm)	5	0.54	89.2

(4) 일반형 여과기 성능평가 점수 산정 결과

표 00을 통해, 일반형 여과기 필터 환산 압력 유지율 성능에서 수입산인 Arkal 여과기가 우세한 것으로 산정된다.

표 25 50mm 일반형 여과기 필터 환산 압력 유지율 성능 비교

	수두손실 회귀식	R_{10}	R_{15}	R_{20}	성능 점수
수입산	$y = 0.0074H^{1.0465}$	92.4	88.8	85.5	88.9
국산 개발품	$y = 0.0304H^{0.6039}$	89.1	86.5	84.3	86.7

또한 표 26을 통해, 일반형 여과기 필터여과 성능에서 수입산인 Arkal 여과기가 우세한 것으로 산정된다.

표 26 일반형 여과기 필터여과 성능 비교

체 번호 (입경의 크기 범위)	여과율 (F_n)	투입 입자(g)	수입산		국산 개발품	
			통과 입자(g)	여과율(%)	통과 입자(g)	여과율(%)
70-80번 ($212\mu m - 180\mu m$)	F_1	5	0.16	96.8	0.04	99.2
80-100번 ($180\mu m - 150\mu m$)	F_2	5	0.11	97.8	0.10	98.0
100-120번 ($150\mu m - 125\mu m$)	F_3	5	0.48	90.4	0.63	87.4
125 μm (130mesh) 이상 평균	성능 점수	-	-	95.0	-	94.9
120-140번 ($125\mu m - 106\mu m$)	-	5	1.16	76.8	0.40	92.0
140-200번 ($106\mu m - 75\mu m$)	-	5	2.53	49.4	0.54	89.2
전체		-	-	82.2	-	93.2

- 3차년도(2017~2018) 연구개발 내용

연구개발의 목표	연구개발의 내용	3차년도	확인
○ 여과기(자동역세, 일반형, 모래) 상업화를 위한 종합 규격 작성	○ 자동역세여과기(50mm) 2차 성능평가 분석	○	
	○ 자동역세여과기(50mm) 규격서 작성	○	
	○ 대용량 모래여과기 2차 규격서 작성	○	

■ 제3위탁 3차년도 연구의 주요결과

1. 자동역세여과기 성능 규격서 기준 수립

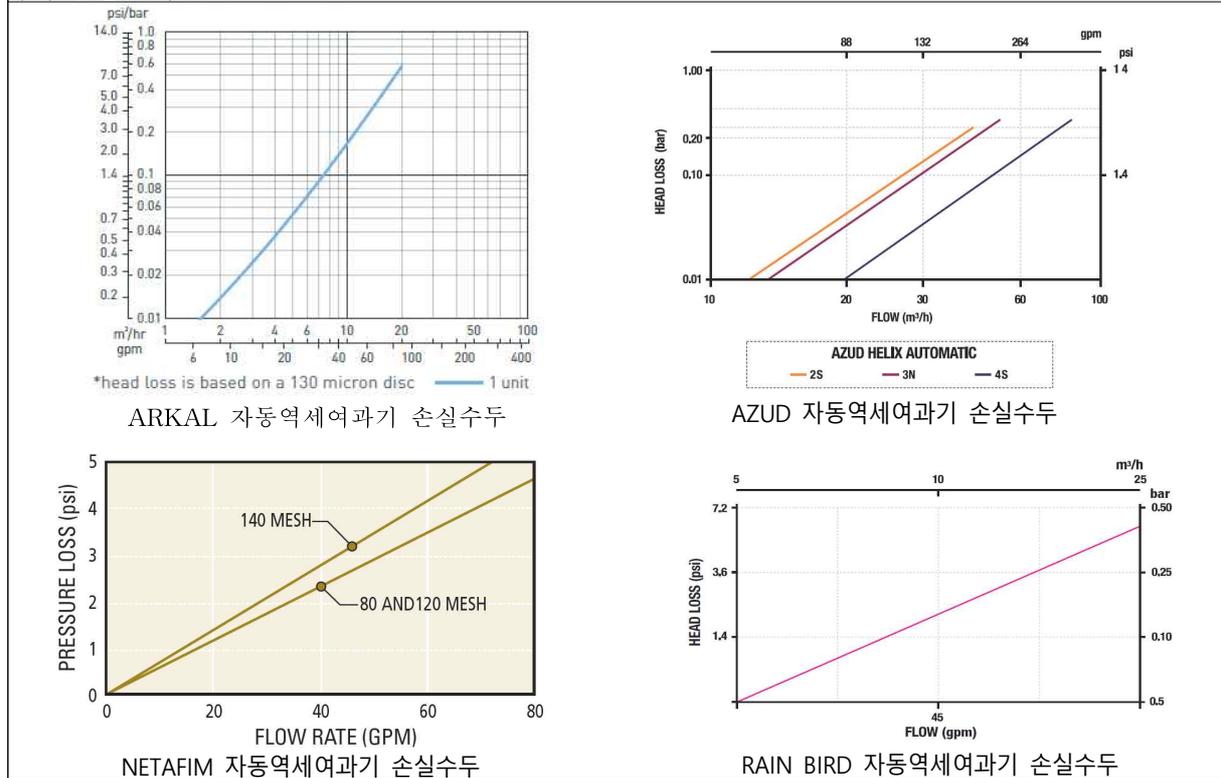
1) 자동역세여과기 성능비교

국외의 50mm 자동 역세여과기는 일반형 여과기에 비하여 제품군이 다양하지 않다. 국외의 자동역세 여과기 제품은 여과기의 여과 용량을 키워 활용하기보다 여러 개의 제품을 병렬로 연결하여 필요한 시스템에 활용된다. 비교적 영세한 국내의 여건을 고려하였을 때, 단독 제품을 활용하는 관개 시스템이 더 적합한 면이 있으므로 단독으로 쓰이는 국외 자동역세 여과기의 제품 특성을 살펴보았다.

총 4개의 제품을 조사하였는데, 최대 운용 수압은 일반여과기와 마찬가지로 3개의 제품이 10bar가 가능하나, 최대 유량, 필터면적, 무게 등은 다양한 값을 갖고 있다. 또한 일반여과기와 다르게 역세여과기에는 최소역세유량과 최소역세수압 사양이 있는데, 최소역세유량은 8~10m³/h, 최소 역세 수압은 주로 2.8bar로 되어 있다. 수두 손실 그래프를 살펴보면 제조사 별로 다양한 최대 유량을 제공하기 때문에 유량에 따른 수두 손실 값도 다양하게 조사되었다. 자동역세여과기는 실제 현장 실험을 통해 국내여건에 맞는 제품의 사양을 조사할 필요가 있다.

형상	제품명	제조사	최대 유량	최대 운용수압	최소 역세유량	최소 역세수압	제품 무게	필터 면적
	2" Spin Klin™ Compact	ARKAL	15 m ³ /h	10 bar (145 psi)	10 m ³ /h	2.8 bar (40.6 psi)	20 kg	880 cm ²
	HELIX - 2" Super	AZUD	36 m ³ /h	10 bar (145 psi)	9 m ³ /h	2.8 bar (40.6 psi)	-	1492 cm ²
	2" Compact Disc-Kleen	NETAFIM	18 m ³ /h	6 bar (90 psi)	8 m ³ /h	2 bar (30 psi)	14.5 kg	-
	HDF 1×2	RAIN BIRD	24 m ³ /h	10 bar (145 psi)	9 m ³ /h	2.8 bar (40.6 psi)	-	1492 cm ²

수두손실그래프



2) 자동역세여과기 규격서 제시

(1) 자동역세여과기 성능평가 항목 검토

2차년도에 제시한 일반형 여과기 성능평가 항목과 동일하게 일반적 제품 사양, 적용 시스템 및 제원에 관한 사항은 평가와 별도로 제공되는 항목으로 분리하고, 자동역세여과기에 관한 성능에 대해서는 압력수두손실, 세척능력 등의 다음과 같은 항목을 성능평가 항목으로 정하였다.

표 29 자동역세여과기 성능평가 항목 분류

	항목	세부내용
성능 평가 항목	Specification	최대 운용 수압(bar) 최대 유량(m ³ /h)
	Head Loss(bar)	역세척 반복에 따른 수두손실 변화 표
	Backflush Ability	세척능력에 따른 수두손실 감소 표
제품 사양 항목	Feature	여과기 제품의 특징 사용전압 등 전기 특성치 특징적인 부속장치 자동역세 기능 설명 등
	Application	적용가능 시스템(Dripper, Sprinkler) 전기시설공급여부 사용상의 주의 점(예: Auto backflushing 권장)
	Dimension 및 도면	전체 치수 및 각 부분 치수 표시 표 및 도면

(2) 일반형 여과기 성능 규격서 제시(안)

위에서 제시한 성능평가 항목을 바탕으로, 동일한 물탱크에서 나오는 실험용 액체 2가지를 이용하여 실험을 하였고, 실제 성능 실험 결과 자료를 이용하여 자동역세여과기 성능평가 기준에 대하여 다음과 같이 제시하도록 한다.

표 30 50mm 자동역세여과기 성능 규격서 제시(안)

항목	세부내용	규격(안)	비고		
Specification	최대 운용 수압(bar)	10bar 이상			
	최대 유량(m ³ /h)	25m ³ /h 이상			
Flow Rate Vs Pressure Head Loss(bar) Curve	역세척 반복에 따른 수두손실 변화 표	역세척 횟수(회)	Arkal 자동역세여과기 : 0.26~0.27 bar		
		소요 시간(분)			
		역세척 직후 수두손실 (bar)			
		1		2	0.38
		2		1.5	0.31
		3		5	0.28
		4		6	0.27
5	6	0.27			
7	8	0.26			
Backflush Capability	역세척 반복에 따른 수두손실 증가, 역세척 주기 감소 그래프와 표	역세척 횟수(회)	평균 4회 세척 필요		
		수두손실(bar)			
		1		0.38	
		2		0.31	
		3		0.28	
		4		0.27	
5	0.27				

(3) 자동역세여과기 성능 평가 기준

자동역세여과기를 사용함에 있어 중요한 성능 2가지가 압력 손실이 적어야 하는 것과 자동으로 역세척이 되었을 때 세척이 잘 이뤄지는 정도이다. 이 점에 기반하여 다음 표 30과 표 31와 같이 성능평가 기준을 제시한다.

표 30 자동역세여과기 압력유지율 계량화

여과기 압력유지율 계량화	
성능 점수	R
압력유지율(R)	$R = \frac{H_{input} - H_{loss}}{H_{input}} \times 100\%$
	H_{loss} = 여과기 손실 수두 H_{input} = 여과기 통과 전 압력 수두 (대기압력 + 손실수두)

표 31에서 N_0 는 기준 세척 횟수로, 본 과제에서는 20회를 기준으로 삼았다. 세척력 W 는 기준 세척 횟수 (N_0)에서 테스트 여과기별 세척 횟수 (N)을 빼준 값에 N_0 값을 나눠준 값으로 산정하였다.

표 31 자동역세여과기 세척능력

여과기 세척능력	
성능 점수	W
세척력(W)	$W = \frac{N_0 - N}{N_0} \times 100\%$
	N = 실험 통한 세척 횟수 N_0 = 기준 세척 횟수(20회)

3) 자동역세형 여과기 성능평가(국외 제품)

(1) 실험 장치

실험 장치는 50mm 국외 자동역세여과기 제품의 성능평가를 위하여 연결관의 직경은 50mm로 하고, 펌프는 단상 220V, 압상고 50m 이상, 양수량 5,000L/h 이상, 3마력의 PMT-4002 (윌로펌프)를 사용한다. 유량계의 경우, 0.001m³/h의 정밀도를 가지고 있으며 압력계의 경우 0.01bar의 정밀도를 가지고 있다.

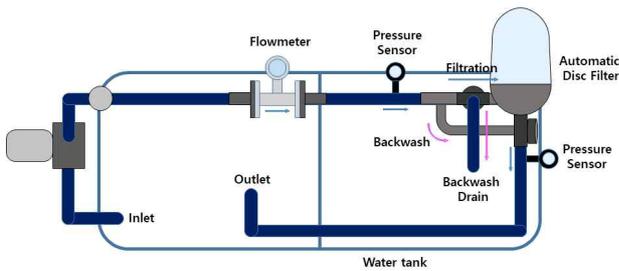


그림 29 자동역세 여과기 성능평가 실험 장치

(2) 실험 대상 여과기

자동역세여과기 성능 평가 제품으로는 국외 Arkal사의 50mm 자동역세여과기를 선정하였다. 제품의 상세 정보는 다음 표와 같다.

표 32 실험 대상 여과기 제품 정보

형상	제품명	제조사	최대 유량	최대 운용수압	최소 역세유량	최소 역세수압	제품 무게	필터 면적
	2" Spin Klin TM Compact	ARKAL	15 m ³ /h	10 bar (145 psi)	10 m ³ /h	2.8 bar (40.6 psi)	20 kg	880 cm ²

(3) 압력수두손실 측정

점적 관개 시스템의 말단부까지 관개수가 원활히 도달하기 위해서는 말단부에 도달하는 동안 일어날 압력 손실을 미리 고려하여야 한다. 자동역세여과기의 경우 장시간에 걸쳐 여과를 반복함에 따라 찌꺼기들이 누적되어 압력수두손실이 점점 커지게 되는 양상이 있으나, 여과기 자체의 수두손실 정도에 따라 전체 작동 기간 중 발생하는 총 손실량이 좌우된다.

- 실험 방법

실험에서는 4번 체를 이용하여 체 거름을 한 흡을 물탱크에 넣어 고르게 섞어 주었다. 이후 내부에 수중 펌프 3개를 이용하여 최대한 펌프에 흡입되는 물의 농도가 균일할 수 있도록 장치하였고, 이 물을 이용하여 7회에 걸쳐 역세척이 이뤄지도록 실험하였다.

- 결과 및 고찰

국외 Arkal사의 50mm 일반형 여과기에 대하여 측정한 결과는 다음 표와 같다.

표 33 Arkal 50mm 자동역세여과기의 수두손실 실험 결과

역세척 횟수 (회)	소요시간 (분)	역세척 직후 수두손실 (bar)
1	2	0.30
2	1.5	0.27
3	5	0.27
4	6	0.26
5	6	0.26
6	9	0.27
7	8	0.26

실험하기 직전 오차를 최소화하기 위해 2분 간 역세척을 10회 반복하여 실험장치에 누적된 찌꺼기들을 제거하였다. 위 실험을 통해 Arkal사의 50mm 자동역세여과기의 압력수두손실은 약 0.26 ~ 0.27 bar로 추정할 수 있다.

(4) 자동역세 세척능력 측정

자동역세여과기의 가장 큰 장점은 사용자가 입력한 시간이나 압력손실에 도달하였을 경우 자동적으로 역세척을 해줌으로써 여과기에 누적된 찌꺼기를 제거하여 초기의 깨끗한 상태로 돌아가도록 해준다는 데에 있다. 하지만 역세척을 반복함에 따라 세척되지 않는 이물질이 남아 끼게 되고, 이로 인해 자동역세 여과기에서는 압력수두손실의 증가가 발생하게 된다. 또한, 사용자가 특정 압력손실 값에 도달하면 자동역세가 시작되도록 하는 방법을 선택하였을 경우, 그 주기가 점점 짧아지는 양상을 보인다. 본 실험에서는 자동역세 여과기 디스크 표면에 지점토를 바른 후 약 1시간 동안 건조시킨 후, 반복적으로 역세척을 해주었다. 이후 위의 압력수두손실 실험에서 구한 값에 도달하는 데에 걸리는 역세척 횟수를 자동역세 여과기의 역세척 능력으로 평가하였다.

- 실험 방법

실험에서는 지점토 20g을 자동역세 여과기 디스크 부분에 고르게 발라주고 1시간 건조시켜 주었다. 이후 역세척을 수차례 반복하였고, 여과기 수두손실이 위의 압력수두손실 실험에서 구한 값으로 돌아가는 데 까지 필요한 세척 횟수를 구하였다.

- 결과 및 고찰

아래 표는 Arkal 자동역세여과기의 역세척을 반복함에 따른 수두손실 변화를 나타낸 표이다. 1회 역세척 하였을 때 평균 0.38 bar의 수두손실을 보였고, 2회 역세척 하였을 때 0.31 bar, 4회 부터는 위의 압력수두손실 실험 결과값인 0.26~0.27 bar의 범위에 들어오는 것을 실험을 통해 확인할 수 있다.

표 34 Arkal 50mm 자동역세여과기의 세척능력 평가 결과

역세척 횟수 (회)	수두손실(bar)			
	1회	2회	3회	평균
1	0.38	0.39	0.38	0.38
2	0.31	0.30	0.32	0.31
3	0.27	0.28	0.29	0.28
4	0.28	0.27	0.27	0.27
5	0.27	0.27	0.28	0.27

4) 자동역세형 여과기 성능평가(국내 제품)

(1) 압력수두손실 측정

- 결과 및 고찰

남경 자동역세 여과장치의 실험에서는 위에서 기술한 국외 Arkal사의 50mm 일반형 여과기 실험과 동일한 조건으로 진행하였다.

표 35 남경 50mm 자동역세여과기의 수두손실 실험 결과

역세척 횟수 (회)	소요시간 (분)	역세척 직후 수두손실 (bar)
1	3	0.63
2	4	0.64
3	4.5	0.62
4	1	0.64
5	3	0.62
6	2	0.63
7	2	0.62

Arkal 자동역세여과기와 동일하게 실험하기 직전 오차를 최소화하기 위해 2분 간 역세척을 10회 반복하여 실험장치에 누적된 찌꺼기들을 제거하였다. 위 실험을 통해 남경의 50mm 자동역세여과기의 압력수두손실은 약 0.62 ~ 0.64 bar로 Arkal 자동역세여과기에 비해 높은 값을 보였다.

(2) 자동역세 세척능력 측정

- 결과 및 고찰

아래 표는 남경 자동역세여과기의 역세척을 반복함에 따른 수두손실 변화를 나타낸 표이다. 1회 역세척 하였을 때 평균 0.68 bar의 수두손실을 보였고, 6회 역세척 하였을 때 0.65 bar, 7회 부터는 위의 압력수두손실 실험 결과값인 0.62 ~ 0.64 bar의 범위에 들어오는 것을 실험을 통해 확인할 수 있다.

표 36 남경 50mm 자동역세여과기의 세척능력 평가 결과

역세척 횟수 (회)	수두손실(bar)			
	1회	2회	3회	평균
1	0.68	0.69	0.68	0.68
2	0.66	0.67	0.67	0.67
3	0.67	0.66	0.66	0.66
4	0.66	0.66	0.66	0.66
5	0.66	0.65	0.65	0.65
6	0.65	0.65	0.64	0.65
7	0.64	0.64	0.64	0.64

5) 자동역세여과기 성능평가 점수 산정 결과

표 00을 통해, 자동역세 여과기 손실수두 평가결과 수입산인 Arkal 자동역세여과기가 우세한 것으로 산정된다.

표 37 자동역세여과기 손실수두 성능 비교

	역세척 횟수 (회)	소요시간 (분)	역세척 직후 수두손실 (bar)	
	Arkal	1	2	0.30
2		1.5	0.27	
3		5	0.27	
4		6	0.26	
5		6	0.26	
6		9	0.27	
7		8	0.26	
남경	1	3	0.63	
	2	4	0.64	
	3	4.5	0.62	
	4	1	0.64	
	5	3	0.62	
	6	2	0.63	
	7	2	0.62	
		수두손실(bar)	<i>R</i>	성능 점수
수입산		0.26	79.3	79.3
국산 개발품		0.62	61.7	61.7

또한 표 00을 통해, 자동역세 여과기 세척능력 평가 결과 수입산인 Arkal 여과기가 우세한 것으로 산정된다.

표 38 자동역세여과기 세척능력 성능 비교

	역세척 횟수 (회)	수두손실(bar)			
		1회	2회	3회	평균
Arkal	1	0.38	0.39	0.38	0.38
	2	0.31	0.30	0.32	0.31
	3	0.27	0.28	0.29	0.28
	4	0.28	0.27	0.27	0.27
	5	0.27	0.27	0.28	0.27
남경	1	0.68	0.69	0.68	0.68
	2	0.66	0.67	0.67	0.67
	3	0.67	0.66	0.66	0.66
	4	0.66	0.66	0.66	0.66
	5	0.66	0.65	0.65	0.65
	6	0.65	0.65	0.64	0.65
	7	0.64	0.64	0.64	0.64
		세척횟수	<i>W</i>		성능 점수
수입산		3.8회	80.5		80.5
국산 개발품		7.2회	64.5		64.5

4. 모래여과기 성능 규격서 기준 수립

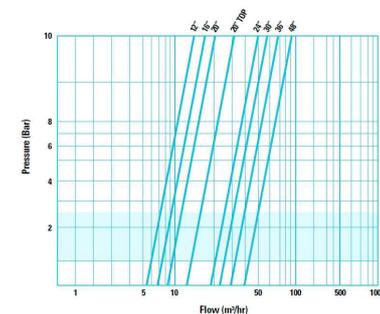
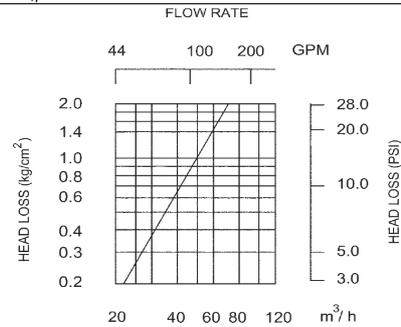
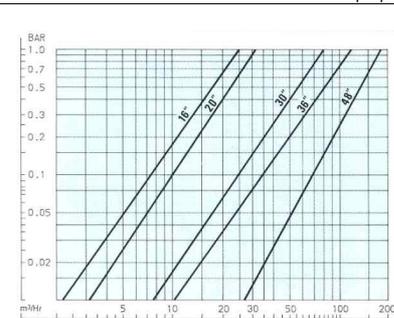
1) 대용량 모래여과기 성능비교

대용량 모래여과기 제품 사양은 주관의 크기 이외에 여과재가 들어있는 통의 지름 및 부피, 여과재인 모래의 부피와 모래층 깊이 등이 추가로 필요하다. 국외 제품을 살펴보면 최대 운용수압은 앞의 일반 여과기, 자동역세여과기와 마찬가지로 대부분 10bar이며, 최대 유량은 모래여과기의 크기에 따라 크게 차이가 난다. 손실 수두 또한 제조사별로 큰 차이가 있다. 대용량 모래여과기 제품은 Amiad나 Netafim과 같은 제조사에서 다양한 사이즈의 제품군을 보유하고 있는데 우리나라의 농업 점적관개 시스템에 알맞은 제품을 개발하기 위해서는 국내 점적 관개 시스템에 맞는 용량 등의 조사가 필요하다.

표 39 국외 모래여과기 제품 특성

형상	제품명	제조사	지름 (관/통)	최대 유량	최대 운용수압	최소 역세유량	최소 역세수압	모래층 깊이	모래층 부피	통 부피
	Media filter	AMIAD	50/400 mm	10 m ³ /h	10 bar (145 psi)	9 m ³ /h	-	500 mm	65 ℓ	90 ℓ
			50/500 mm	18 m ³ /h	10 bar (145 psi)	12 m ³ /h	-	500 mm	100 ℓ	150 ℓ
			80/750 mm	35 m ³ /h	10 bar (145 psi)	30 m ³ /h	-	400 mm	175 ℓ	350 ℓ
			80/900 mm	50 m ³ /h	10 bar (145 psi)	40 m ³ /h	-	400 mm	270 ℓ	493 ℓ
			100/1200 mm	90 m ³ /h	10 bar (145 psi)	78 m ³ /h	-	400 mm	450 ℓ	937 ℓ
	AGF	ARKAL	114/1220 mm	68 m ³ /h	6 bar (85 psi)	40 m ³ /h	2 bar (28 psi)	-	-	-
	F600	NETAFIM	50/323 mm	5 m ³ /h	10 bar (145 psi)	6 m ³ /h	-	-	-	-
			50/390 mm	9 m ³ /h	10 bar (145 psi)	10 m ³ /h	-			
			50/480 mm	14 m ³ /h	10 bar (145 psi)	17 m ³ /h	-			
			50/610 mm	20 m ³ /h	10 bar (145 psi)	25 m ³ /h	-			
			75/762 mm	30 m ³ /h	10 bar (145 psi)	38 m ³ /h	-			
			75/900 mm	44 m ³ /h	10 bar (145 psi)	55 m ³ /h	-			
100/1200 mm	79 m ³ /h	10 bar (145 psi)	96 m ³ /h	-						

수두 손실 그래프



2) 모래여과기 규격서 제시

(1) 모래여과기 성능평가 항목 검토

모래여과기 성능평가 항목 중 일반적 제품 사양, 적용 시스템 및 제원에 관한 사항은 평가와 별도로 제공되는 항목으로 분리하고, 모래여과기에 관한 성능에 대해서는 유량에 따른 수두손실을 성능평가 항목으로 정하였다.

표 40 모래여과기 성능평가 항목 분류

	항목	세부내용
성능 평가 항목	Specification	최대 운용 수압(bar) 최대 유량(m ³ /h)
	Flow Rate Vs Pressure Head Loss(bar) Curve	유량대비 압력손실 그래프 및 표
제품 사양 항목	Feature	여과기 제품의 특징 사용전압 등 전기 특성치 특징적인 부속장치 자동역세 기능 설명 등
	Application	적용가능 시스템(Dripper, Sprinkler) 전기시설공급여부 사용상의 주의 점(예: Auto backflushing 권장)
	Dimension 및 도면	전체 치수 및 각 부분 치수 표시 표 및 도면

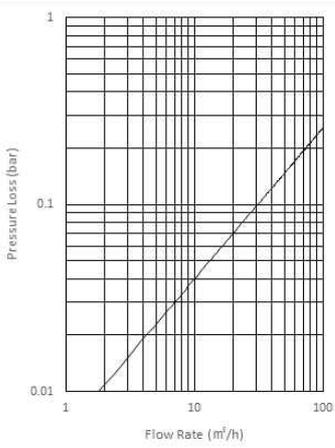
(2) 모래여과기 성능 규격서 제시(안)

모래여과기는 미국 ODIS사의 여러 가지 모래여과기 모델을 바탕으로 가장 비슷한 규격의 모델을 대상으로 비교하였다. 실험에서 사용된 모래의 체 가름 시험 결과는 표 00과 같다. 약 84.1%의 무게가 2.00 ~ 4.75 mm 사이의 입자 크기임을 알 수 있다.

표 41 체 가름 시험 결과 모래 분포

Sieve No.	Grain size (d, mm)	Retained				Finer
		R_i (g)	R (%)	$\sum R_i$ (g)	R (%)	P (%)
	9.5	0	0.01	0	0	100
4	4.75 ~ 9.5	0.13	7.81	0.13	0.01	100
10	2.00 ~ 4.75	75.12	84.14	75.25	7.82	92
20	0.85 ~ 2.00	809.5	6.46	884.75	91.97	8
40	0.425 ~ 0.85	62.11	1.18	946.86	98.42	2
60	0.250 ~ 0.425	11.37	0.23	958.23	99.61	0
100	0.150 ~ 0.250	2.26	0.16	960.49	99.84	0
200	0.075 ~ 0.150	1.54	0.00	962.03	100.00	0

표 42 50mm 모래여과기 성능 규격서 제시(안)

항목	세부내용	규격(안)	비고						
Specification	최대 운용 수압(bar)	10bar 이상							
	최대 유량(m ³ /h)	25m ³ /h 이상							
Flow Rate Vs Pressure Head Loss(bar) Curve	유량대비 압력손실 그래프 및 표	 <table border="1" data-bbox="1129 492 1417 645"> <thead> <tr> <th>유량 (m³/h)</th> <th>압력손실 (bar)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>10</td> <td>0.04</td> </tr> <tr> <td>20</td> <td>0.07</td> </tr> </tbody> </table>	유량 (m ³ /h)	압력손실 (bar)	10	0.04	20	0.07	
유량 (m ³ /h)	압력손실 (bar)								
10	0.04								
20	0.07								
Water Quality Max flow rate(m ³ /h)	Water quality에 따른 Mesh Size별 최대 유량 (Good, Average구분) ※ 여과능 130micron 기준	good 25m ³ /h average 17.5m ³ /h	※average 수질의 최대유량은 good 수질의 70% 이상						

3) 모래여과기 성능평가(국내 제품)

모래여과기의 성능평가 분석은 자동역세여과기와 마찬가지로 역세 과정이 있어, 역세한 물이 배출되는 관과 수조, 여과기, 주관, 역세 배출관 사이의 개폐를 조절하는 밸브 등에 따른 실험장치 변경이 필요하다. 아래 그림과 같이 변경하여 실험을 진행하고, 역세를 하는 경우 역세 여과에 대한 유량과 압력은 주관에서 여과기로 흘러가는 밸브가 폐쇄되기 때문에 주관에 연결된 유량계와 압력계를 활용할 수 있다.

성능 평가 항목은 일반여과기와 마찬가지로 손실수두, 입자 통과율, 입자 농도에 따른 손실수두 증가와 압력감소에 대한 측정하고, 역세 과정의 압력과 유량을 추가로 측정한다.

- 실험 장치

실험 장치는 50mm 국외 자동역세여과기 제품의 성능평가를 위하여 연결관의 직경은 50mm로 하고, 펌프는 단상 220V, 압상고 50m 이상, 양수량 5,000L/h 이상, 3마력 이상의 PMT-4002(윌로펌프)를 사용한다. 유량계의 경우, 0.001m³/h의 정밀도를 가지고 있으며 압력계의 경우 0.01bar의 정밀도를 가지고 있다. 실험에서 사용한 모래여과기는 높이가 1,000mm, 직경이 1,200mm인 원통 모양의 철제 원형에 모래 570kg을 넣어 제작되었다.

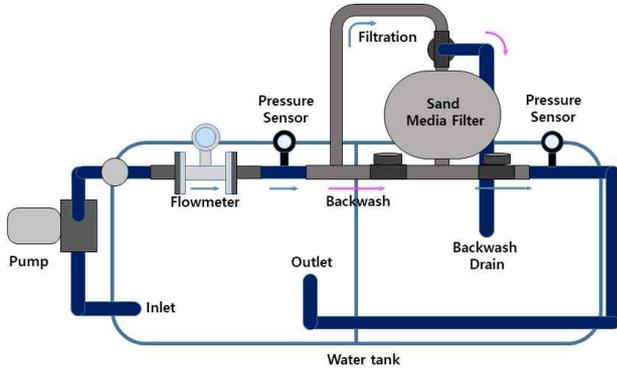


그림 30 모래여과기 성능 평가 실험 장치 모식도

(1) 압력수두손실 측정

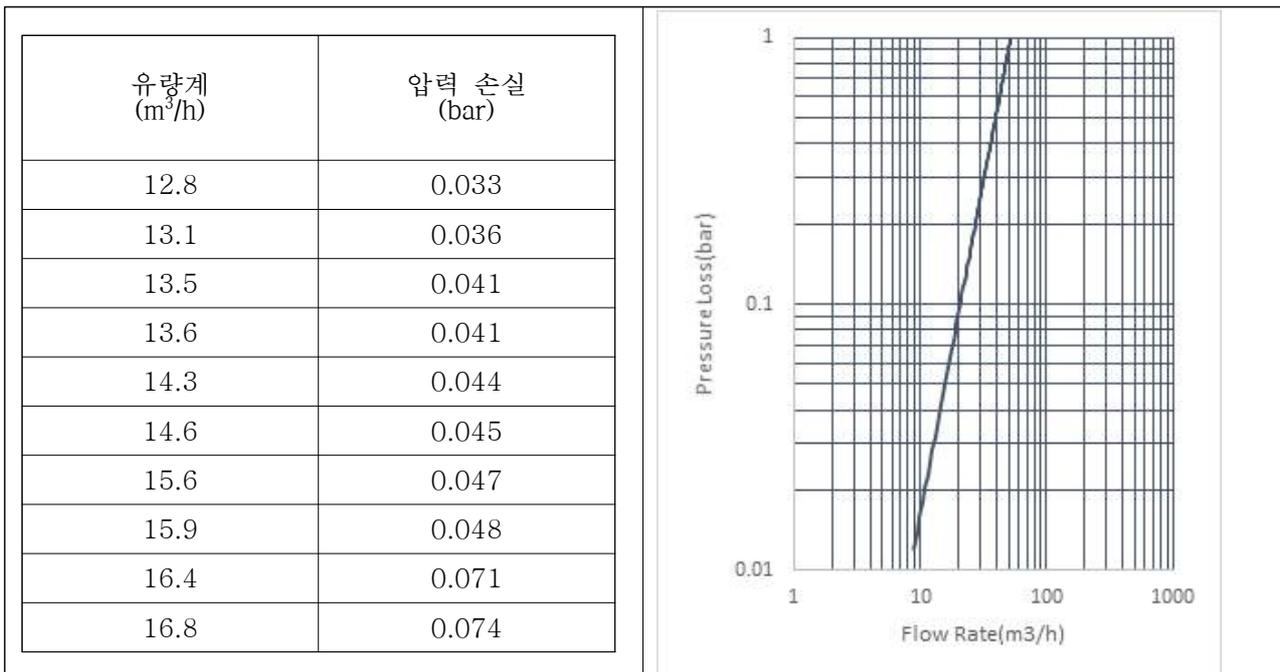
- 실험 방법

실험은 다음과 같이 진행하였다. 모래여과기 내부 공극에 공기가 있지 않은 상태를 만들어 주기 위해 유량 값이 감소하기 직전까지 압력을 높여주었다. 이후 실험 장치의 틈새 이음부들이 버틸 수 있는 정도까지 압력을 올려주면서 유량을 변화시켜 실험값들을 얻었다.

- 결과 및 고찰

실험 장치의 여건상 2.5 bar 이상의 압력에서 계속해서 실험을 진행하기 제한이 되었다. 이로 인해 13~16m³/h의 범위에서 유량-수두손실 데이터를 얻었다. 얻은 결과는 아래 표와 같고, wu et al.(2014)의 식을 이용한 유량-수두손실 아래 표의 오른쪽 그림과 같다.

표 43 남경 50mm 모래여과기의 현장성능 평가 실험 결과



3-2-7. 제 3협동 시설원예연구소

[제 3 협동] : 점적관수 신기술/신제품 실증시험 (시설원예연구소)

시험내용 개요

< 2017년 >

1) 점적 테이프 관수 장치를 이용한 현장 실증시험

- 시험작물 : “하우스 모모다로” 토마토
- 처리내용 : 점적 테이프 관수 장치(I, II), 시판장치(대조)
- 재배방법 : 파종(1월. 10일), 정식(3월. 28일), 수확(6.7 - 7.6)
- 조사내용 : 관수 장치에 따른 관수량, 토양수분, 생육, 수량 등

2) 압력보상형 점적 호스 관수 장치를 이용한 현장 실증시험

- 시험작물 : “하우스 모모다로” 토마토
- 처리내용 : 압력보상형 점적관수 장치(I, II), 시판장치(대조)
- 재배방법 : 파종(1월. 10일), 정식(3월. 28일), 수확(6.7 - 7.6)
- 조사내용 : 관수 장치에 따른 관수량, 토양수분, 생육, 수량 등

** 관수 장치(I, II) : 개발 여과기 부착, 미부착

< 2018년 >

3) 압력보상형 점적단추를 이용한 현장 실증시험

- 시험작물 : “데프니스” 토마토
- 처리내용 : 압력보상형 점적단추형 장치(I, II), 시판장치
- 재배방법 : 파종(4월 30일), 정식(6월. 18일), 수확(8.1 -9.20)
- 조사내용 : 관수 장치에 따른 관수량, 배지수분, 생육, 수량 등

** 관수 장치(I, II) : 개발 여과기 부착, 미부착

서론

우리나라의 시설원예는 1970년대 경제발전과 신선채소의 수요가 많아지면서 재배면적이 증가하여, 2016년 시설면적은 54,214 ha에 이르고 있으며 시설원예의 질적·양적으로 급속한 성장과 더불어 재배시설의 자동화 뿐만 아니라 재배환경관리를 통해서 생산성을 향상시키기 위하여 관심이 많아지고 있다. 시설 내부는 기온과 지온이 노지의 자연상태 보다 높기 때문에 토양 표면의 증발, 작물의 증산작용이 활발하고, 일중 온도변화 폭이 크기 때문에 최적의 재배환경 조성이 요구된다. 물 관리에 있어 자동화 및 정밀 관수는 수량증대, 품질향상, 노력절감 등에 많은 영향을 주기 때문에 수분관리는 과학적인 계획, 설계에 의해서 충분한 용수를 확보하고 또한 적절한 관수설비를 갖추는 것이 필요하다(Nam, 2000).

시설채소 재배농가에서 사용하고 있는 관수자재는 분수호스, 점적테이프, 점적호스, 점적단추 등 다양한 관수자재가 활용되고 있으며 균일하게 관수할 수 관수시스템에 관심이 증가하고 있다. 더구나 국내 온실은 대부분 길이가 70~100m 정도로 비교적 긴 편인데 관수시설의 설계 및 운용에 필요한 기준이나 지침 없이 자재회사에서 제공하는 설명서에 의존하거나 농가에서 임의로 설치하고 있어 균일한 관수를 기대하는 것은 어려운 실정이다.

점적관수에 대한 수리적 특성에 관한 연구는 점적기에 대한 균등계수를 평가한 실험(Lee, 1999)외에는 거의 보고된 바가 없으며, 관수노력 절감과 정밀관수를 위하여 수분함량, 장력을 측정하는 센스와 수분조건에 자동으로 작동시키는 다양한 관수자재를 필요로 한다(Fares와 Alva, 2000a, b, Hansen과 Pasion, 1999). 최근에는 토양수분 자동제어 시스템 개발을 위한 기초연구(Lee 등, 2008)와 수분함량 측정을 위한 상용센서의 검증(Hur 등, 2009), 관수와 토성 별 수분변화 특성 비교 연구(Kim 등, 2009), 전기저항식 워터마크 센서기반 수분포텐셜 자동제어 효용성 평가(Kim 등, 2011)등 정밀관수를 위한 기반 연구가 활발히 진행되어 왔다. 한편 시설채소 수경재배 면적이 꾸준히 증가하고 있는데 토마토 작물의 경우 단기재배와 연중재배하는 장기재배 형태로 구분할 수 있다. 장기재배 작형의 경우 대부분 전년 8~9월에 정식하여 익년 6~7월까지 재배하며 30~35화방까지도 수확하기 때문에 재배기간 동안 계절적인 환경변화가 매우 심하고 장기재배에 따른 작물 활력도 떨어지기 쉽기 때문에 재배자의 보다 정밀한 재배환경 관리가 요구된다. 시설재배에 있어 관수방식은 여러 가지가 있는데, 점적관수는 용기재배에 적합하고, 관수량 절감 및 자동화로 관수의 효율성을 높일 수 있어 점차 사용이 늘어나고 있다. 점적관수를 하는 경우에는 점적관의 위치와 관수량 및 관수시기 등이 중요하게 고려되어야 하며, 적절한 관수타이밍을 맞추지 못할 경우에는 수분 스트레스를 유발할 수 있다(Bar-Yosef 등, 1980). 즉, 관수에 의해 수분함량이 많아지면 배지의 크기나 모양이 변화함으로써 뿌리 생장이나 수분흡수가 영향을 받는다. 점적위치에 따라 배지내 수분분포도가 다른데, 수직위치에 따라 양상이 다르기도 하며 배지의 종류에 따라서도 다르다(Leonardi 등, 2003). 또

한 배지내 양액분포 특성과 시간별 관수특성을 고려하여 균일한 배양액 분포를 위해 점적관을 위치시켜야 하며 필요시 재배기간 중 이동시키는 것이 좋은 경우도 있다.

따라서 본 연구에서는 시설재배에서 자동점적관수 시스템을 개발하고자, Liner Type 점적테이프, 압력보상형(PC) 점적호스, 압력보상형(PC) 점적단추를 국산화하였고 개발제품의 성능과 작물재배 효과를 구명하기 위하여 토양재배와 양액재배시설에 완숙형 토마토를 재배하면서 생육 및 수량에 미치는 영향을 수행하였다.

재료 및 방법

본 시험은 2017년 농촌진흥청 국립원예특작과학원 시설원예연구소 연구시설에 시험작물 “하우스 모모타로” 토마토를 시험온실에 3월 28일 정식하여 개발한 점적관수자재를 설치하여 7월 6일 까지 토양재배에서 실증시험을 하였고, 2018년도에는 “데프니스” 토마토를 시험온실에 6월 18일 정식하여 개발한 압력보상형 점적단추를 설치하여 9월 28일 까지 압면배지에 양·수분을 공급하면서 실증시험을 하였다. 처리내용에 있어 토양재배 시험에 적용한 관수자재로는 (주)남경에서 개발한 Liner Type 점적테이프와 대조구(수입산)을 두었고, 압력보상형 점적호스는 개발한 점적호스와 농가에서 많이 사용하는 (주)남경제품을 대조구로 두었다. 양액재배 시험에 적용한 양수분공급자재로는 개발한 압력보상형 점적단추와 대조구(수입산)을 두었는데 수입산의 제품명과 국가는 밝히지 않기로 하였다. 관수간격은 Liner Type의 점적테이프, 압력보상형 점적호스를 생육단계별로 4~6일 간격에 1회 관수, 압력보상형 점적단추는 4~7회/일 관수를 실시하였다. 관수량은 토양수분센서를 기준하여 수분함량이 25~30%이하에서 토양재배는 10분간 관수하였고, 양액재배는 1분 20초간 관수하였다. 그 외 온실환경 및 재배관리는 토마토 표준재배법에 준하여 재배관리를 하였다. 조사내용에 있어 생육은 엽수, 엽면적, 경경, 초장, 생체중, 건물중 등은 정식 후 년차별로 10일, 15일 간격으로 3, 4회 시험구별로 각각 10주씩 조사하였고, 수량은 4화방까지 상품과 비상품과로 구분하여 10주씩 조사하였다. 시설 내 토양 수분함량센서(AQUA-TEL-TDR USA), WT-1000N((주)미래센서, Korea)를 이용하였고, 압면 배지내 근권수분함량은 SMEC-300(Technologies, Germany) 연속 측정된 후 CR23X data logger(USA), Watch Dog 1200 Data logger(USA)를 이용하여 저장하여 분석하였다. 관수자재별 관수량은 관수시간을 1분, 3분 간격 설정하고 관수용 모터에서의 거리를 5m, 25m., 45m 위치의 점적기에서 관수되는 수분량을 비이커에 정량하여 조사였다. 시험결과는 SAS 프로그램을 이용 평균간 비교하여 통계 분석하였다.

결과 및 고찰

시험 1. 점적 테이프 관수 장치를 이용한 현장 실증시험

Fig 1은 Liner Type 점적테이프를 온실에 설치한 시험포장, 점적테이프 및 토양수분 측정센서이다. Liner Type 점적테이프의 내부에는 미로형 점적기가 Fig 1과 같이 부착되어 있으며 본 시험에서는 미로형 점적간격이 10cm인 제품을 사용하였다. 농촌진흥청 보고에 의하면 관수방법별 관수효율을 조사한 결과에 의하면 토심 0~40cm에 분수호스는 83%, 스프링클러 89%, 점적관수는 96%를 나타내었다. 그러나 점적관수의 경우 관수 시에 공급하는 물에 이 물질이 있거나, 비료성분이 점적기의 미로를 막아서 관수량이 달라질 수 있기 때문에 여과기를 부착하여 사용해야 하며 주기적으로 세척하여 점적되는 관수량이 균일하게 되도록 관리해야 하며, 관비 재배를 할 경우에 용해도를 높은 비료를 선택하는 것이 필요하다.



< Liner Type 점적테이프 외부 및 내부 >

< 토양수분 측정 >

Fig. 1. Liner Type 점적테이프 이용 재배포장 및 토양수분 측정

Fig 2는 Liner Type 점적테이프 이용한 관수 시 생육특성을 정식 40일, 55일, 70일째 경시적 변화를 조사한 결과이다. 줄기굵기는 정식 40일 경과 후에 8.5~8.6mm, 55일 경과 후에는 9.9~10.2mm, 70일 경과 후에는 11.7~11.8mm 이었다. 초장은 각각 96~99cm, 124~126cm, 148~150cm, 엽수는 14.6~14.8매, 18.1~18.4매, 19.8~20.0매 이었고, 엽면적의 경우에도 2,264~2,318cm², 4,687~4,878cm², 5,628~5,758cm², 생체중 165~166g, 379~389g, 437~440g 건물중 20.6~21.1g, 34.6~35.1g, 54.2~55.4g으로 전체적으로 생육이 진전됨에 따라서 비슷한 비율로 성장하였고 처리 간에 차이는 없었다.

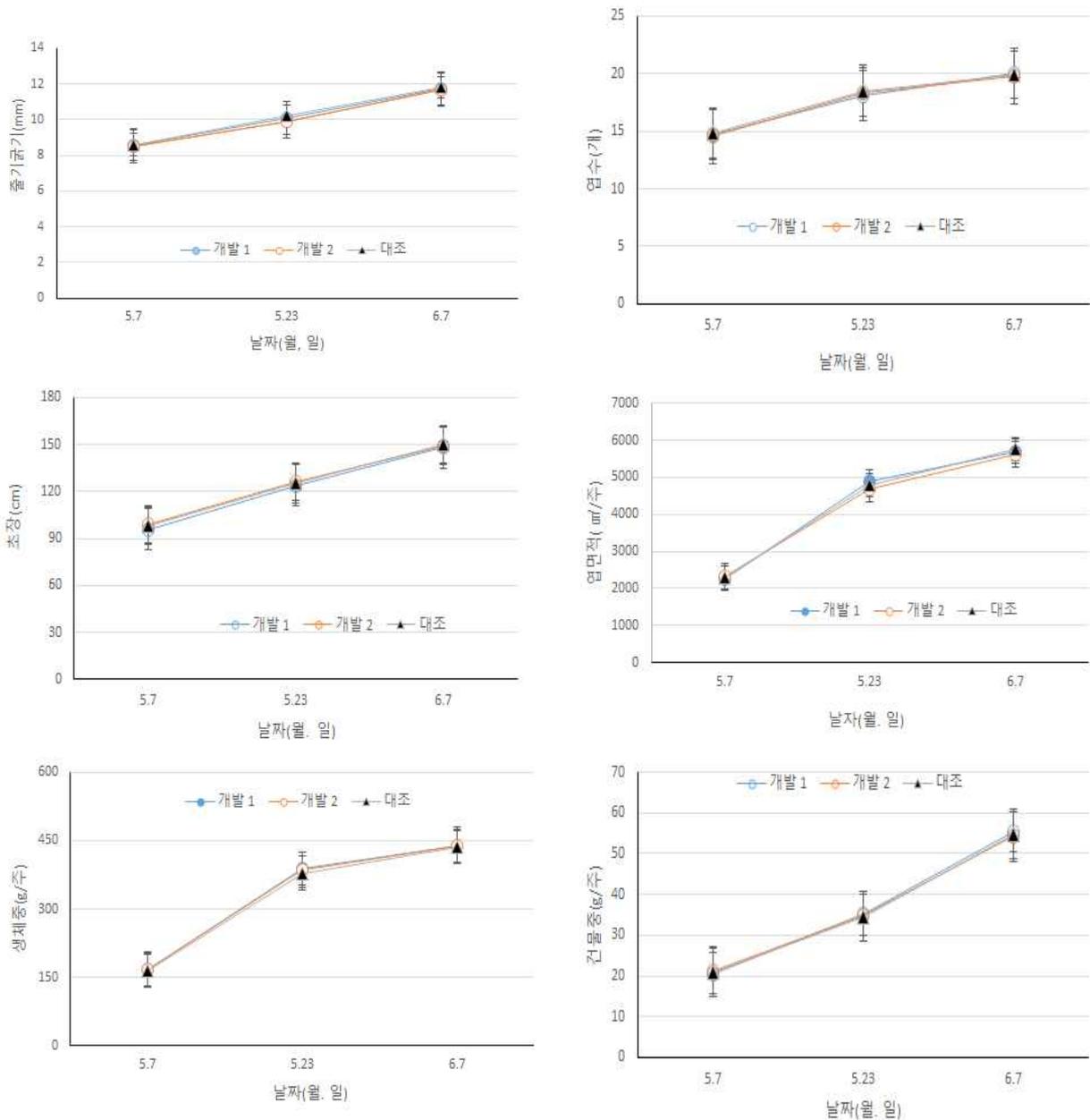


Fig. 2. Liner Type 점적테이프를 이용한 관수시 생육의 경시적 변화

Fig 3은 Liner Type 점적테이프 이용한 관수 시 토양수분 함량 변화를 조사한 결과이다. 일반적으로 토양에서 물은 토양입자 표면에 결합되어 있는데 물이 적을 때는 토양입자와의 결합력이 커서 작물이 물을 흡수하기 어렵지만, 물이 점차 많아지면 토양과의 결합력이 약해져서 작물이 물을 쉽게 흡수한다. 그래서 작물이 이용할 수 있는 토양수분의 상태는 수분장력(Potential)을 활용하고 있다. 토양 수분함량을 측정하는 방법에는 토양시료 건조 전후의 중량차로부터 수분함량을 구하는 중량법이 직접법이며, 간접적인 방법으로는 TDR법이 있다. TDR 원리는 계측기로부터 고주파를 발생하고, 한 쌍의 평형막대선으로 구성된 센서막대를 타고 고주파가 흘러갔다가 막대의 끝에서 다시 되돌아오게 되는데, 이 때의 전파속도를 읽어 토양수분 함량을 측정한다. 센서막대 주위의 토양수분의 함량에 따라 전파속도가 차이가 나타나는 것을 측정하여 수분함량으로 표시하는데 토양 유기물의 함량, 염류농도 등에 의해서도 차이가 있다. 토양수분의 함량과 장력은 토성에 따라서 차이가 크다. 일반적으로 토양수분 장력(-kPa)이 20일 경우 사토는 토양수분량이 7.1%, 양토는 25.5%, 식토는 40.5%로 토양수분특성이 차이가 크다는 것을 알 수 있다. 본 시험에서 토양수분 함량변화는 27~51%수준이었으며, 관수간격은 시기별로 차이는 있으나 대략 6일 간격으로 점적관수가 이루어지는 것을 확인할 수 있었고 이후 data는 제시하지 않았으나 외부기온이 상승함에 따라 관수주기는 1~2일 짧아졌다. 관수 후 대략 2~3시간 경과한 후에 최고수준으로 도달하였으며 처리간에는 토양수분 함량의 차이는 없었다. 이것은 관수량이 거의 유사하게 공급된 것이 원인이라 판단되었다.

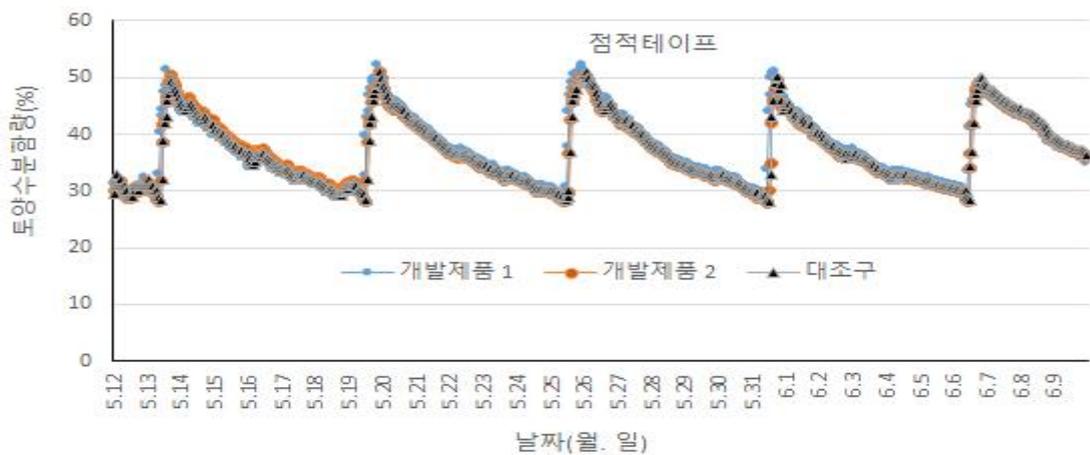


Fig 3. Liner Type 점적테이프를 이용한 관수 시 토양수분 함량 변화

Table 1. Liner Type 점적테이프의 시간당 관수량을 조사한 결과이다. 개발제품 1(여과)의 관수량(ml/hr)은 관수모터에서 5m, 25m 45m 측정지점에서 각각 1,177, 1,165, 1,155ml이었고, 개발제품 2(무여과)에서 각각 1,178, 1,168, 1,156ml 대조구는 각각 1,179, 1,170, 1,158ml로 관수모터에서 거리가 멀어질수록 관수량은 소량 감소하는 것으로 조사되었다. 그리고 관수 유량은 처리별로 큰 차이는 없었다. 이러한 결과는 Nam 등(2007)이 국내산 및 수입산 점적테이프의 균등계수는 70m 까지는 양호 및 매우 양호한 균등계수를 보였으며 100m에서는 보통수준의 균등계수를 보였다고 연구결과와 같은 경향을 나타내었다. 분수호스의 경우에는 관수모터 근처에는

관수유량이 많고 모터에서 멀어질수록 감소하지만, 점적관수는 관수튜브내 일정한 압력이상에서 관수가 이루어지고, 국내 시설재배 온실의 길이가 대부분 90m 내외 인 것을 감안한다면 어느 지점에서든 균일하게 관수가 가능할 것으로 판단할 수 있다.

Table 1. Liner Type 점적테이프를 이용한 관수 시 관수량 변화

처 리	관수모터에서 점적 거리에 따른 관수량(ml/hr)			점적기 거리별 관수 감소량(ml/hr)	
	5m(A)	25m(B)	45m(C)	B-A	C-A
개발제품 1(부착)	1,177	1,165	1,155	-11	-22
개발제품 2(미부착)	1,178	1,168	1,156	-10	-25
대조구	1,179	1,170	1,158	-9	-21

Fig 4는 Liner Type 점적테이프 관수에 따른 토마토 과실 상태를 나타낸 결과이다. 수확 직후 과실형태 및 착색정도는 처리간의 차이가 없는 것을 확인할 수 있다. 토마토 화방별 수량을 조사한 결과에서 착과수를 화방별 3-4개를 착과시키고 2개의 화방 평균이 7개가 될 수 있도록 착과수를 조절하여 착과수는 차이가 없지만 화방별 수량에서 1화방이 과중이 무거왔으며 화방이 증가할수록 과중은 감소되는 경향이었고 관수테이프 처리 간에는 차이가 없었다. 이것은 관수량이 비교적 균일하게 공급된 것이 수량에 영향을 준 것으로 판단되었다.

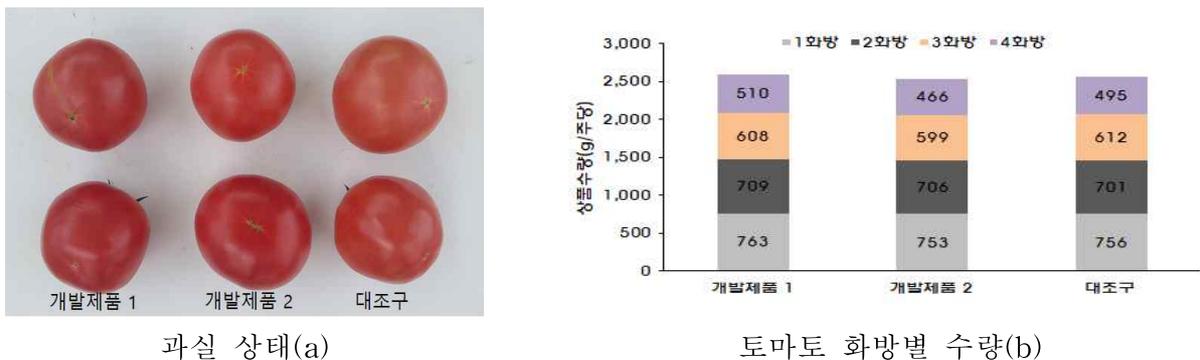


Fig 4 Liner Type 점적테이프를 이용한 관수 시 토마토 과실 상태 및 화방별 수량

Table 2는 Liner Type 점적테이프를 이용한 관수 시 수량 특성을 조사한 결과이다. 평균과중은 개발제품1(부착) 214g, 개발제품 2(미부착) 212g, 대조구 213g이었고, 상품과수는 12.1개, 11.9개, 12개로 과중은 각각 2,590g, 2,524g, 2,564g이었고, 비상품과수는 1.9개, 2.1개, 2.0개, 과중은 304g, 307g, 291g으로 처리간에 차이는 없었다. 10a 당 상품과 수량은 10,360kg, 10,096kg, 10,256kg, 상품율에 있어서 89~90%를 나타내어 점적테이프 관수에 따른 토마토 수량은 대조구와 차이가 없었다. 이상의 결과에서 개발한 점적테이프는 기존의 수입산의 점적테이프와 성능이 유사하여 작물의 생육 및 수량에 차이가 없다는 것을 확인할 수 있었다.

Table 2. Liner Type 점적테이프 관수에 따른 토마토 총 수량

(조사시기 : 6.7 ~ 7.6)

처리	평균 과중 (g)	상품과(/주)		비상품과(/주)		총수량(/주)		상품수량 (kg/10a)	상품율 (%)
		과수(개)	과중(g)	과수(개)	과중(g)	과수(개)	과중(g)		
개발제품 1 (부착)	214	12.1	2,590	1.9	304	14	2,894	10,360	89
개발제품 2 (미부착)	212	11.9	2,524	2.1	307	14	2,831	10,096	89
대조구	213	12	2,564	2	291	14	2,855	10,256	90
DMRT 0.05	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

* 개발제품 1(여과기 부착), 2(여과기 미부착), 대조구 : 수입점적 테이프, 점적기 간격 : 10cm

시험 2. 압력보상형(PC) 점적호스 관수 장치를 이용한 현장 실증시험

Fig. 5은 압력보상형 점적호스를 이용한 관수시스템 및 토양수분 측정센서가 설치된 재배시험포장이다. 점적호스는 압력보상형 칩이 내장되어 있으며 점적 칩의 간격은 20cm, 30cm, 40cm, 50cm, 60cm, 100cm 등 다양한 제품이 생산되는데 본 시험에서는 점적 칩의 간격이 30cm인 제품을 사용하였다. 점적호스는 점적테이프 보다 내구성이 높아 시설재배 뿐만 아니라 노지관수재배에도 사용이 되고 있다. 점적호스는 내부에 압력보상 칩이 있어도 칩의 간격에 따라 균일하게 관수할 수 있는 길이는 한정되어 있다고 알려져 있고 균일하게 관수가 가능한 길이는 점적호스의 직경, 수압 등이 관여하는 것으로 알려져 있다.



Fig 5. 압력보상형 관수시스템 및 시험포장 전경

Fig 6은 점적호스를 이용한 관수 시 생육의 경시적 변화를 조사한 결과이다. 줄기굵기는 정식 40일 경과 후에 8.2~8.3mm, 55일 경과 후에는 9.6~9.7mm, 70일 경과 후에는 11.0~11.2mm 이었고, 초장은 각각 86~88cm, 96~98cm, 120~130cm, 엽수는 13.5~13.9매, 16.1~16.4매, 18.9~19.2매, 엽면적은 1,864~1,890cm², 3,687~3,878cm², 4,622~4,758cm², 생체중 146~148g, 279~289g, 388~397g, 건물중 17.6~18.1g, 30.1~30.7g, 44.9~45.8g으로 정식 후 일수가 경과하면서 생육이 진전되는 것을 확인할 수 있었다. 그러나 처리 간에는 수분 공급량의 차이 없었기 때문에 전체적으로 균일하게 공급되어 생육 차이는 없었다. 그러나 시험 1의 Fig 2와 같이 점적테이프를 이용한 관수보다는 전반적인 생육이 떨어지는 것으로 보였는데 이것은 관수량 차이에 의해서 생육 초기 근권이 충분히 형성되기 전에 토양수분의 함량 차이가 영향을 준 것으로 판단되며 생육후기 혹은 장기재배를 할 경우에는 근권이 충분히 형성되기 때문에 다른 양상을 보일 것으로 판단된다.

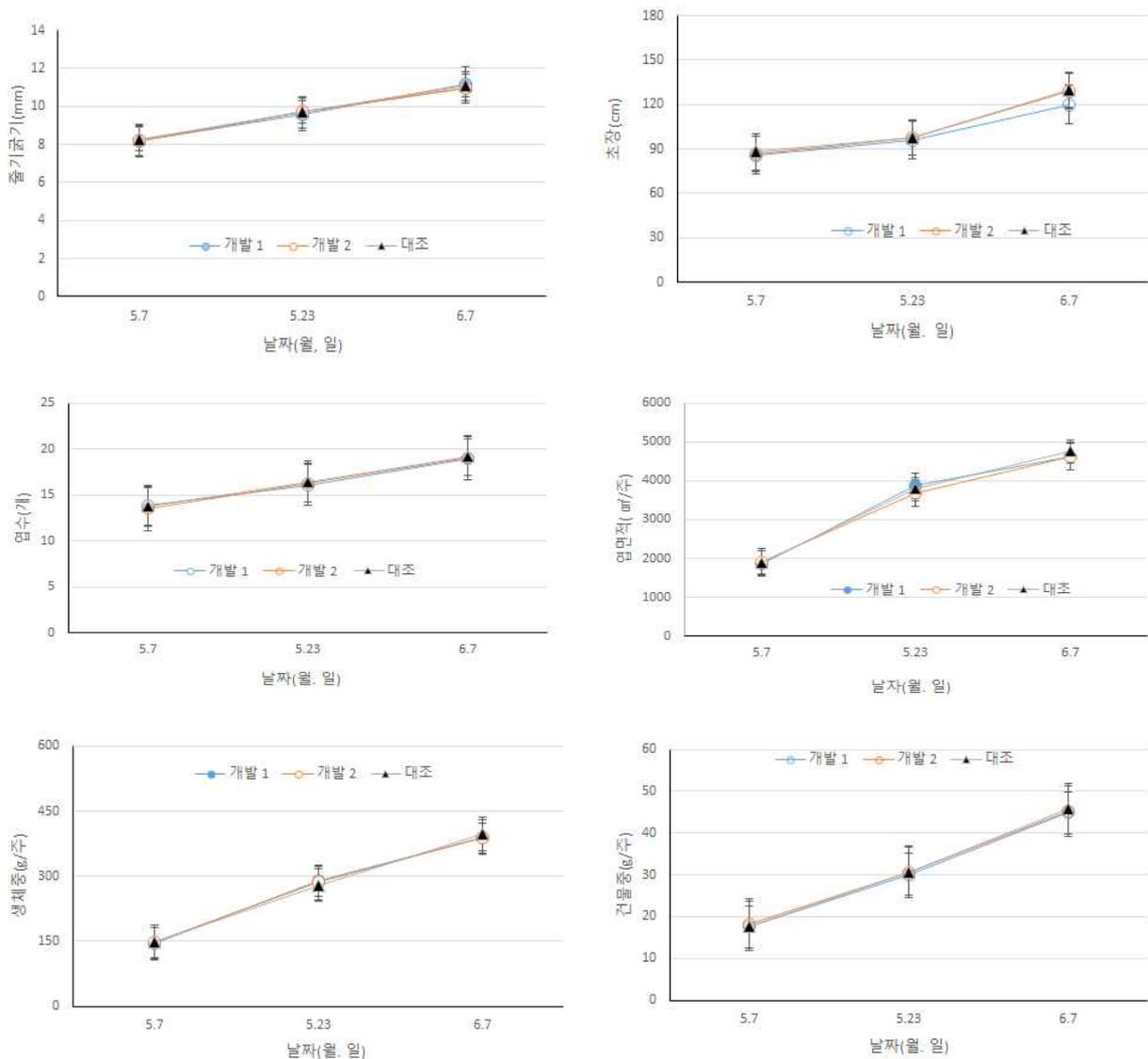


Fig. 6. 점적호스를 이용한 관수에 따른 생육의 경시적 변화

Fig 7은 압력보상형 점적호스를 이용한 관수 시 토양수분 함량 변화를 조사한 결과이다. 대부분의 작물은 생육 초기보다는 생육최성기에 관수량 및 관수일수가 증가하며 외부기온이 높아지면 관수주기는 빨라지는데 조사한 data에는 제시하지 않았으나 4월보다는 6월에 관수주기가 대략 1일 빨라졌다. 그러나 토양수분 함량은 차이가 없었다. 토양수분은 토양입자 표면에 모세관현상 등으로 흡인되어 있는데, 이 흡인력을 압력으로 표시하여 장력(Potential)이라 부른다. 토양수분포텐셜도 에너지와 마찬가지로 그의 절대량을 측정할 수 없으므로 어떤 기준을 설정하여 정의한다. 즉, 표준 압력과 온도하에서 순수한 자유수와 토양수분 간의 에너지 수준 차이를 토양수분장력(Potential)이라 한다. 일반적으로 토양수분장력을 측정하는 방법으로 텐시오메타(Tensiometers)를 사용할 수 있는데 보통 -10 ~ -30kPa를 관수점으로 이용한다.

텐시오메타는 장력을 측정하기 때문에 토성에 따라 별도로 토양수분특성 곡선을 만들어 환산 값을 설정하지 않고 직접 쓸 수 있는 편리한 토양수분 측정 기기이지만 본 시험에서는 TDR에 의한 수분함량을 측정하였다. TDR 센서는 토양무기물이나 염농도, 온도에 영향을 적게 받으며 장기간 편리하게 사용할 수 있으나 가격이 비싸고 수분함량을 측정하기 때문에 토성에 따라서 적용하는데 차이가 있어서 장력 값으로 환산하여 토양수분을 관리하는 것이 필요하다. 토양 수분함량은 Fig. 7에서와 같이 24 ~ 39%수준으로 나타났으며, 관수간격에 따라서 토양수분함량이 변화하는 것으로 나타났다. 관수간격은 6~7일 간격으로 점적관수가 이루어지는 것을 확인할 수 있었다. 처리 간에는 관수 유량이 차이 없었기 때문에 토양수분함량은 비슷한 경향을 나타내었다.

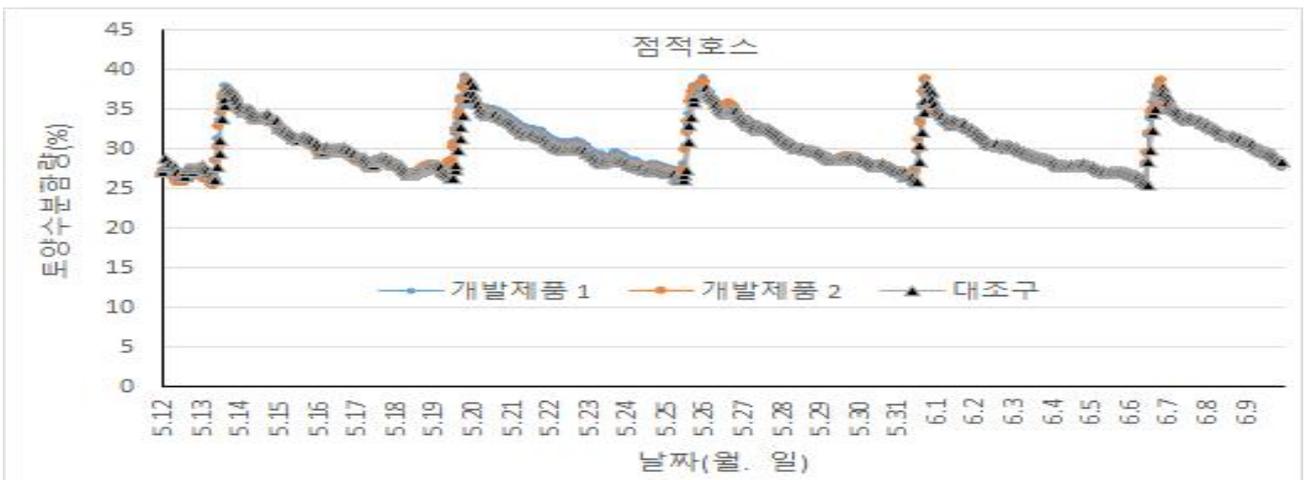


Fig. 7. 점적호스를 이용한 관수에 따른 토양수분 함량 변화

Table 3. 압력보상형 점적호스의 시간당 관수량을 조사한 결과이다. 개발제품 1(여과)의 관수량(ml/hr)은 관수모터에서 5m, 25m, 45m 측정지점에서 각각 2,410, 2,379, 2,366ml이었고, 개발제품 2(무여과)에서 각각 2,535, 2,492, 2,451ml 대조구는 각각 2,555, 2,528, 2,512ml로 관수모터에서 거리가 멀어질수록 관수량은 소량 감소하는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 Table 1과 유사한 경향을 보였으며, 압력보상형 점적호스의 관수 유량은 처리별로 큰 차이는 없었다. Nam 등(2007)이 점적테이프, 점적호스, 점적단추의 균등계수를 조사한 결과 점적호스에서 가

장 낮아서 압력보상형 점적호스의 필요성을 언급하였다. 본 시험에 사용한 점적호스는 압력보상형 관수자재이지만 점적테이프에 비해서 관수모터에서 거리에 따른 관수유량은 차이가 다소 많은 것으로 조사되었으나 처리 간에는 차이가 거의 없는 것으로 나타났다.

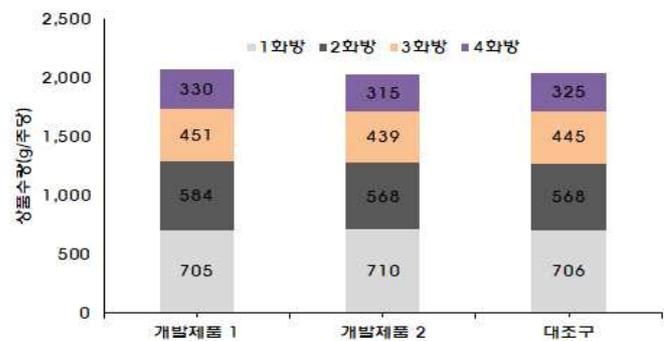
Table 3. 압력보상형(PC) 점적호스의 관수량 조사

처리	관수모터에서 점적 거리에 따른 관수량(ml/hr)			점적기 거리별 따른 관수 감소량(ml/hr)	
	5m(A)	25m(B)	45m(C)	B-A	C-A
개발제품 1(부착)	2,410	2,379	2,366	-31	-44
개발제품 2(미부착)	2,535	2,492	2,451	-43	-84
대조구	2,555	2,528	2,512	-26	-43

Fig 8은 압력보상형 점적호스를 이용한 관수시 토마토 과실 상태를 나타낸 결과이다. 수확 직후 과실의 형태 및 착색정도는 Fig 4와 비슷한 경향이었고, 처리 간에는 차이가 없었다. 토마토 화방별 수량에서 착과수를 화방별 3-4개를 착과시키고 2개의 화방 평균이 7개가 될 수 있도록 착과수를 조절하여 처리별 수량을 조사한 결과 1화방이 과중이 무거왔으며 화방이 증가할수록 과중은 감소되는 경향이었고 Fig 5에 비해서 전체적으로 수량은 낮았는데 이것은 점적기의 간격이 점적테이프는 10cm 이었는데 점적호스는 30cm로 길어서 토양수분함량 차이가 초기에 생육이 다소 지연된 것이 영향을 준 것을 판단된다. 그러나 압력보상형 점적호스간에는 차이가 없었는데 이것은 관수량이 비교적 균일하게 공급되어 토양수분 상태가 처리 간에 유사하게 관리된 것이 원인으로 여겨진다.



과실 상태



화방별 수량 변화

Fig 8. 시설토마토 점적호스를 이용한 관수에 따른 과실 특성 및 수량성

Table 4는 압력보상형 점적호스를 이용한 관수 시 수량특성을 조사한 결과이다. 평균과중은 개발제품 1(부착) 207g, 개발제품 2(미부착) 205g, 대조구 204g이었고, 상품과수는 10개, 9.9개, 10개로 과중은 각각 2,070g, 2,032g, 2,044g이었고, 비상품과의 과수는 2.0개, 2.1개, 2.0개, 과중

은 260g, 254g, 250g으로 처리 간에 큰 차이는 없었다. 10a 당 상품과 수량은 8,280kg, 8,128kg, 8,176kg 이었고, 상품율은 처리구 모두 89%를 나타내어 점적호스를 이용한 관수에서 토마토 수량은 대조구와 차이가 없었다.

Table 4. 압력보상형(PC) 점적호스를 이용한 관수에 따른 수량성 (조사시기 : 6.7 ~ 7.6)

처리	평균 과중 (g)	상품과(/주)		비상품과(/주)		총수량(/주)		상품 수량 (kg/10a)	상품율 (%)
		과수(개)	과중(g)	과수(개)	과중(g)	과수(개)	과중(g)		
개발제품 1 (부착)	207	10.0	2,070	2.0	260	12	2330	8,280	89
개발제품 2 (미부착)	205	9.9	2,032	2.1	254	12	2286	8,128	89
대조구	204	10.0	2,044	2.0	250	12	2294	8,176	89
DMRT 0.05	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

* 개발제품 1(여과기 부착), 2(여과기 미부착), 대조구 : 국내산(남경 기존 제품), 점적기 간격 : 30cm,

3. 압력보상형 점적단추를 이용한 현장 실증시험



Fig 9. 압력보상형 점적단추, 재배배드 및 시험포장

Fig 9는 양액재배 온실에 암면배지 이용하여 개발한 압력보상형 점적단추를 설치한 시험포장과 토양수분 측정센서이다. 압력보상형 점적단추는 버튼 형태의 외장형 점적기를 경질 폴리에틸렌 튜브에 꽂아서 사용한다. 개발한 점적단추 내부에는 실리콘이 내장되어 일정한 압력이 가해지면 수분이 통과할 수 있도록 제작된 것이다. 양액재배의 관수시스템은 여과기가 부착된 양액공급기에서 직경이 굵은 경질 폴리에틸렌 튜브를 연결하여 각각의 베드에는 직경이 작은

경질 폴리에틸렌 튜브를 연결하여 베드에 일정한 수압이 유지되도록 배치하였고 각각의 재배 베드에 관수용 폴리에틸렌 튜브를 설치하여 점적단추를 꽂아서 재배하는 형식이다. Fig 10은 압력보상형 점적단추를 이용한 관수 시 생육의 경시적 변화를 조사한 결과이다. 조사간격은 정식 3일, 16일, 25일, 35일 경과 후에 줄기굵기는 각각 5.6mm, 6.9~7.0mm, 7.9~8.1mm, 8.4~8.6mm 이었고, 초장은 각각 65.8cm, 94.3~95.3cm, 125.3~128.6cm, 163~168.6cm, 엽수는 9.6매, 14.3~15매, 18.6~19.6매, 22~22.6매, 엽면적은 520cm², 2998~3185cm², 3492~3668cm², 4579~4639cm², 생체중 63.9g, 191.2~204.6g, 331.4~345.6g, 475.5~480.4g 건물중 6.1g, 23.9~24.5g, 38.3~39.9g, 65.7~71g으로 생육이 진전되면서 성장을 하였는데 처리 간에 차이는 없었다.

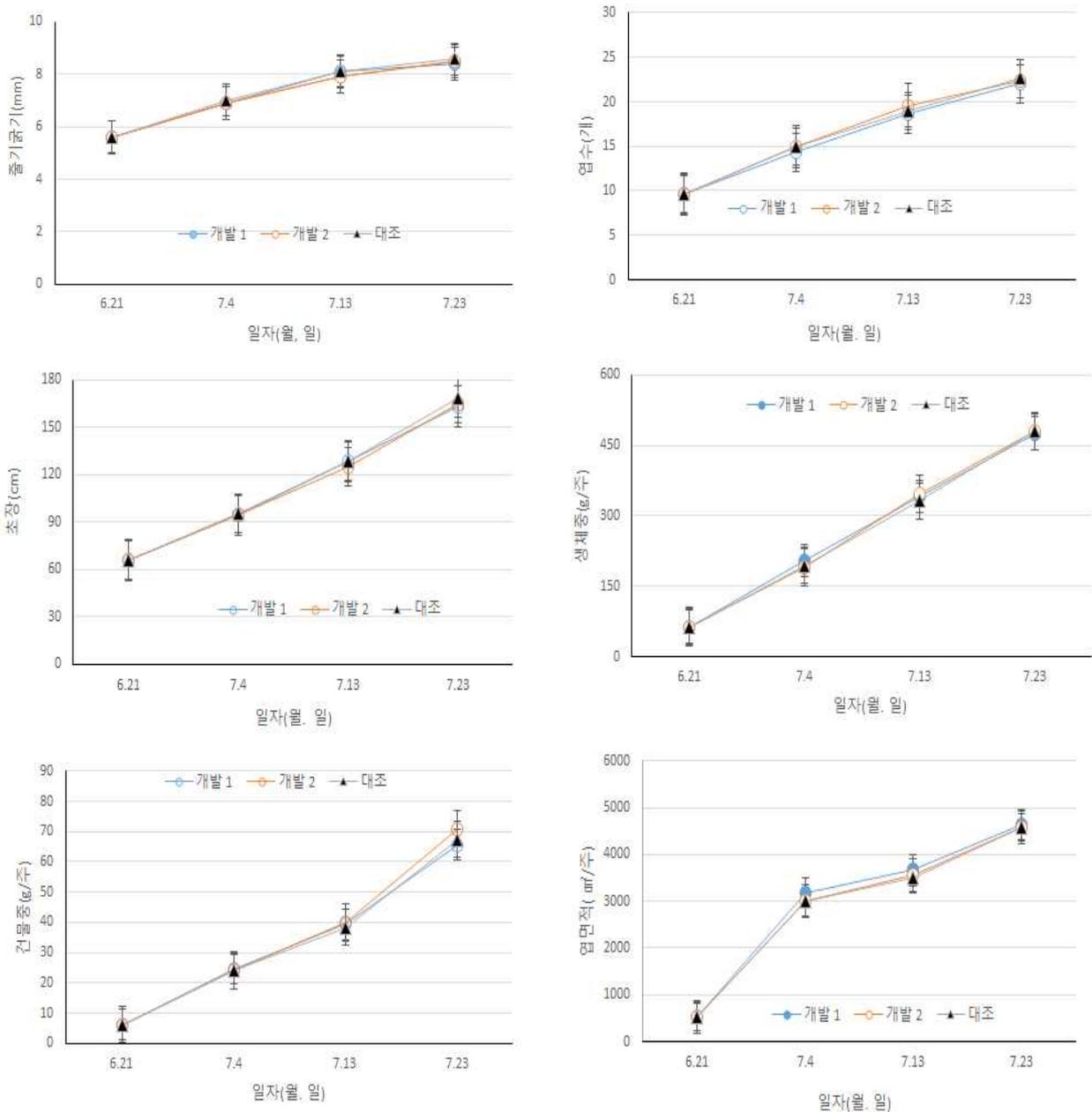


Fig. 10. 압력보상형 점적단추를 이용한 관수 시 생육의 경시적 변화

Fig 11은 압력보상형 점적단추를 이용한 관수 시 암면배지의 수분함량 변화를 조사한 결과이다. 일반적으로 양액공급은 공급량의 10% 정도 배출될 수 있도록 양액을 공급하면 배지에 양분이 축적되지 않고 배출되어 장기재배가 가능하기에 본 시험에도 이러한 방법으로 시험을 하였다. 그리고 생육초기에는 4~6회/일 공급하였는데 생육이 진전됨에 따라서 공급횟수를 증가시켰다. 그 결과 Fig 11과 같이 배지내 수분은 대략 55~72%를 유지되었으며 작물이 성장함에 따라서 수분 흡수량의 증가하기 때문에 공급횟수를 늘여서 공급하였는데 그 결과 수분의 변화 폭이 8월에 비해서 9월에 다소 증가하는 경향이였다. 그러나 점적단추를 이용한 양액의 공급량은 비슷하여 처리 간에는 차이가 없었다.

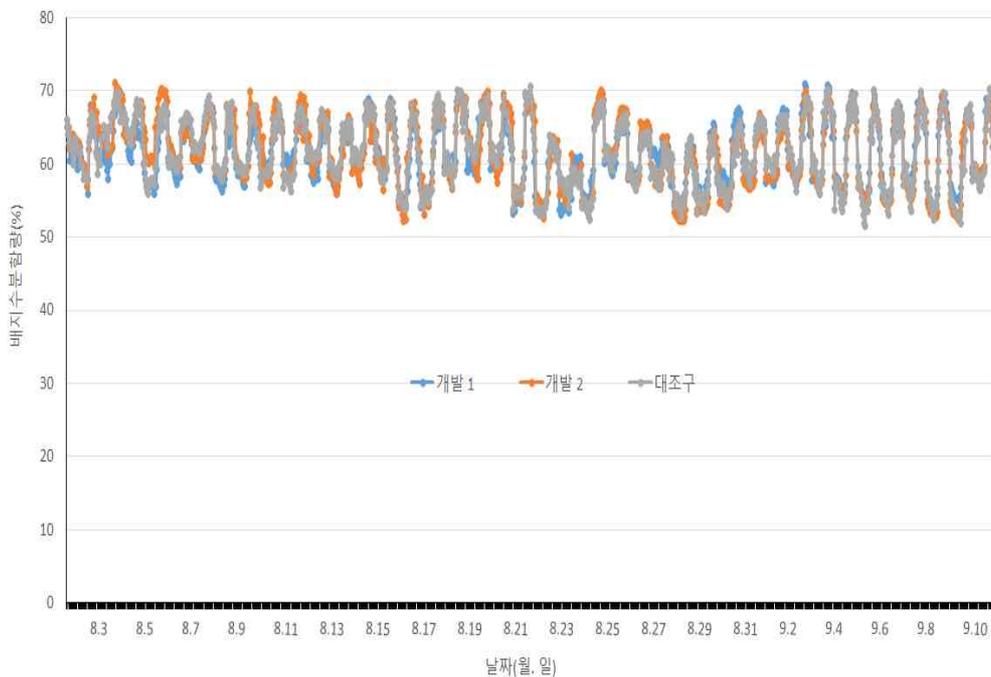


Fig. 11. 압력보상형 점적단추를 이용한 관수 시 토양수분 함량 변화

Table 5. 압력보상형 점적단추의 관수량 변화를 조사한 결과이다. 개발제품1(부착)의 관수량 (ml/hr)은 관수모터에서 5m, 25m 45m 측정지점에서 각각 6,226ml, 6,175ml, 6,173ml이었고, 개발제품2(미부착)에서 각각 6,232ml, 6,187ml, 6,184ml 대조구는 각각 6,233ml, 6,188ml, 6,186ml로 관수모터에서 거리가 멀어질수록 관수량은 소량 감소하는 것으로 나타났으며 관수 유량은 처리별로 큰 차이는 없었다. 이상의 결과에서 관수자재별 관수량의 차이를 종합하여 보면 Table 1에서와 같이 토양재배에서 Liner Type 점적테이프는 시간당 총 공급량이 1,177~1,179ml 이었을 때 감소량이 거리별로 9~11ml, 21~25ml로 대략 1~2% 감소하는 것으로 나타났다. Table 3에서와 같이 토양재배에서 압력보상형 점적호스는 시간당 총 공급량이 2,410~2,555ml 이었을 때 감소량이 거리별로 26~43ml, 43~84ml로 대략 1~4% 감소하는 것으로 나타났다. 반면에 압력보상형 점적단추는 Table 5와 같이 시간당 총 공급량이 6,226~6,233ml 이었을 때 감소량이 거리별로 45~51ml, 47~52ml로 대략 1% 이내로 감소하는 것으로 나타났다. 이러한 결과는

Nam 등(2007)이 관수 균일도를 연구한 보고에서와 같이 점적단추의 균일도가 가장 높았다는 보고와 같은 경향이였다.

Table 5. 압력보상형 점적단추 이용 관수량 변화

처리	관수모터에서 점적 거리에 따른 관수량(ml/hr)			점적기 거리별 따른 관수 감소량(ml/hr)	
	5m(A)	25m(B)	45m(C)	B-A	C-A
개발제품 1(부착)	6,226	6,175	6,173	-51	-52
개발제품 2(미부착)	6,232	6,187	6,184	-45	-48
대조구	6,233	6,188	6,186	-45	-47

* 개발제품 1(여과기 부착), 2(여과기 미부착), 대조구 : 수입산 압력보상형 점적단추

Fig 12은 압력보상형 점적단추를 이용한 관수 시 토마토 과실 상태를 나타낸 결과로 수확 직후 과실의 형태 및 착색정도는 Fig 4, 8와 비슷한 경향이였고. 관수량이 비교적 균일하게 공급되어 근권부 수분 상태가 유사하게 관리된 결과로 판단되었다.

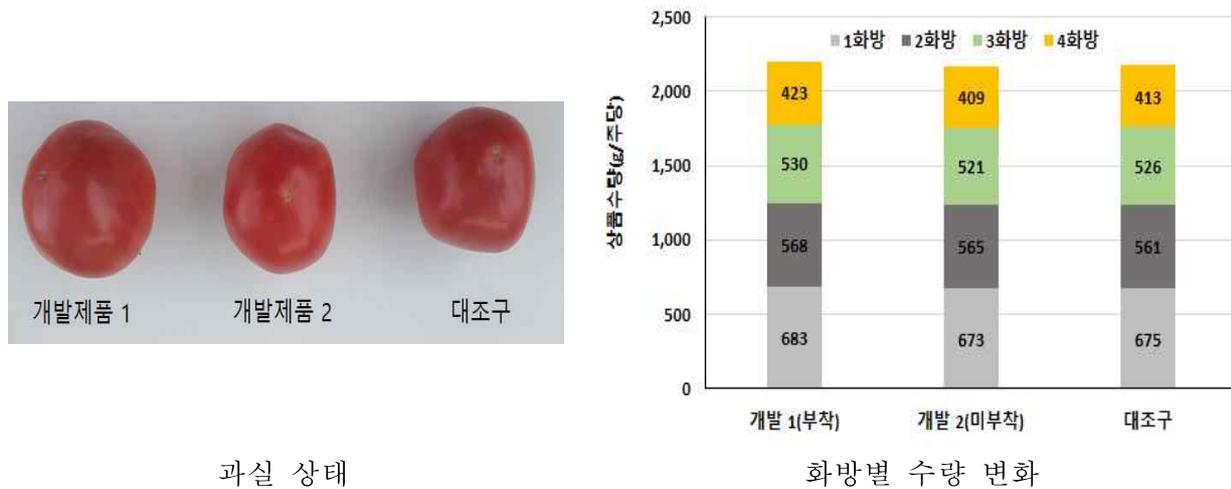


Fig 12. 양액재배시 압력보상형 점적단추를 이용한 관수시 토마토 과실 특성

Table 6은 압력보상형 점적단추를 이용한 관수 시 수량변화를 조사한 결과이다. 평균과중은 개발제품 1(부착) 212g, 개발제품 2(미부착) 210g, 대조구 210g이었고, 상품과수는 각각 10.4개, 10.3개, 10.3개로 과중은 각각 2,204g, 2,168g, 2,175g이었고, 비상품과의 과수는 각각 3.7개, 3.6개, 3.7개, 과중은 각각 499g, 486g, 501g으로 처리 간에는 차이가 없었다. 10a 당 상품과 수량에 있어서도 8,816kg, 8,672kg, 8,700kg이었으며, 상품율이 81.5%, 81.6%, 81.2%로 처리 간 차

이가 없었다. 이상의 결과를 종합하여 볼 때 개발한 Liner Type 점적테이프, 압력보상형 점적호스 및 압력보상형 점적단추는 대조구와 관수 유량은 거의 같은 경향이었고, 생육 및 수량에서도 대조구와 차이가 없이 유사한 생장과 수량성을 나타내어 개발한 관수자재는 기존의 수입산과 성능이 유사한 것으로 판단되었다.

Table 6. 압력보상형 점적단추를 이용한 관수시 수량변화 (조사시기 : 8.1 ~ 9.20)

처리	평균 과중 (g)	상품과(/주)		비상품과(/주)		총수량(/주)		상품수량 (kg/10a)	상품율 (%)
		과수(개)	과중(g)	과수(개)	과중(g)	과수(개)	과중(g)		
개발제품 1 (부착)	212	10.4	2,204	3.7	499	14.1	2,703	8,816	81.5
개발제품 2 (미부착)	210	10.3	2,168	3.6	486	13.9	2,654	8,672	81.6
대조구	210	10.3	2,175	3.7	501	14.0	2,676	8,700	81.2
DMRT 0.05	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

* 개발제품 1(여과기 부착), 2(여과기 미부착), 대조구 : 수입산 압력보상형 점적단추

적 요

시설재배시 관수시스템은 대부분 수입에 의존하고 있었으나 최근 국산 관수자재의 생산기술이 향상과 농가 수요에 부응하기 위하여 균일하게 물을 공급 할 수 있는 Liner Type 점적테이프, 압력보상형 점적호스, 압력보상형 점적단추 등 관수자재를 국산화하였다. 본 시험은 개발한 국산제품을 토마토 재배온실에서 토양 및 양액재배를 통해서 성능 및 재배효과에 대하여 실증시험을 수행하였다. Liner Type의 개발한 점적테이프, 압력보상형(PC) 점적호스, 압력보상형(PC) 점적단추는 대조구와 관수유량을 비교 조사한 결과 관수모터에서 멀어질수록 소량 감소하는 경향이였다. 토양재배에서 Liner Type 점적테이프는 관수모터에서 45m거리의 점적기에서 대략 1~2% 감소, 압력보상형 점적호스는 1~4% 감소하는 것으로 나타났다. 반면에 압력보상형 점적단추는 1% 이내로 감소하였는데 모든 처리구에서 대조구와 차이가 없었다. 생육에 있어 관수량이 비슷하게 공급되어 토양수분의 함량이 유사하였고 상품과 수량에 있어서도 같은 경향이었는데 통계분석결과 유의성이 없는 것으로 조사되어 개발한 점적관수 자재는 기존의 수입산과 성능이 유사한 것으로 판단되었다.

【별첨】 농촌진흥청 시설원예연구소 실증시험 성적요약서 3부

< 시 험 성 적 요 약 서 >

①	실증시험	압력보상형(PC) 점적단추를 이용한 현장 실증시험
②	시험제품	압력보상형 점적단추 (㈜남경 개발제품, 대조구)
③	소 속	농촌진흥청 국립원예특작과학원 시설원예연구소
	성 명	이재한

④ 결과요약

토마토 양액재배시 압력보상형 점적단추를 이용한 실증시험을 2017년 9월 21일부터 2018년 9월 20일까지 수행한 결과는 아래와 같다.

- 압력보상형 점적단추에 따른 생육에 있어 정식 3일, 16일, 25일, 35일 경과 후 줄기굵기, 초장, 엽수, 엽면적, 생체중에서 개발제품과 대조구 간에는 차이가 없었다.
- 압력보상형 점적단추의 관수량의 균일성을 조사결과 관수용 모터에서 5m 위치에서는 개발제품과 대조구간에는 차이 없이 6,226~6,233ml/hr 범위였으며, 25m 위치는 6,175~6,188ml/hr, 45m 위치는 6,173~6,186ml/hr로 조사되었다.

< 압력보상형 점적단추 이용 관수량 변화 >

처리	관수모터에서 점적 거리에 따른 관수량(ml/hr)			점적기 거리별 따른 관수 감소량(ml/hr)	
	5m(A)	25m(B)	45m(C)	B-A	C-A
개발제품	6,226	6,175	6,173	-51	-52
대조구	6,233	6,188	6,186	-45	-47

- 점적기 거리별 관수량 감소되는 양을 조사한 결과 관수용 모터에서 개발제품 은 5m에서 25m까지 51ml/hr, 5m에서 45m 까지 52ml/hr 감소, 대조구는 각각 45ml/hr, 47ml/hr 감소하여 처리간에 차이가 없었다.
- 압력보상형 점적단추를 이용한 관수 시 토마토 수량특성을 조사한 결과 평균과중은 개발제품 212g, 대조구 210g이었고, 상품과수는 각각 10.4개, 10.3개로 과중은 각각 2,204g, 2,175g이었고, 10a당 상품과 수량은 개발제품은 8,816kg, 대조구는 8,700kg, 상품율에 있어서도 각각 81.5, 81.2%를 나타내어 처리 간에 차이가 없었다.

< 압력보상형 점적단추를 이용한 관수 시 수량변화 >

처리	평균과중(g)	상품과(/주)		비상품과(/주)		총수량(/주)		상품수량(kg/10a)	상품율(%)
		과수(개)	과중(g)	과수(개)	과중(g)	과수(개)	과중(g)		
개발제품	212	10.4	2,204	3.7	499	14.1	2,703	8,816	81.5
대조구	210	10.3	2,175	3.7	501	14.0	2,676	8,700	81.2

- 이상의 결과에서 개발한 압력보상형 점적단추는 수입산의 점적단추와 성능이 비슷하여 작물의 생육 및 수량에 차이가 없다는 것을 확인할 수 있었다.

농촌진흥청 국립원예특작과학원 시설원예연구소에서 실증시험한 결과를 위와 같이 통지합니다.

2018년 9월 20일

농 촌 진 흥 청 국립원예특작과학원 시설원예연구소장



< 시험 성적 요약서 >

①	실증시험	압력보상형(PC) 점적호스를 이용한 현장 실증시험
②	시험제품	압력보상형 점적호스 (주)남경 개발제품, 대조구
③	소속	농촌진흥청 국립원예특작과학원 시설원예연구소
	성명	이재한

④ 결과요약

토마토 시설재배시 압력보상형 점적호스를 이용한 실증시험을 2016년 9월 21일부터 2017년 9월 20일까지 수행한 결과는 아래와 같다.

- 압력보상형 점적호스에 따른 생육에 있어 정식 40일, 55일, 70일 경과 후 줄기굵기, 초장, 엽수, 엽면적, 생체중에서 개발제품과 대조구간에는 차이가 없었다.
- 압력보상형 점적호스의 관수량의 균일성을 조사결과 관수용 모터에서 5m 위치에서는 개발제품과 대조구간에는 차이 없이 2,410~2,555ml/hr 범위였으며, 25m 위치는 2,379~2,528ml/hr, 45m 위치는 2,366~2,512ml/hr로 조사되었다.

< 압력보상형(PC) 점적호스의 관수량 변화 >

처리	관수모터에서 점적 거리에 따른 관수량(ml/hr)			점적기 거리별 따른 관수 감소량(ml/hr)	
	5m(A)	25m(B)	45m(C)	B-A	C-A
개발제품	2,410	2,379	2,366	-31	-44
대조구	2,555	2,528	2,512	-26	-43

- 점적기 거리별 감소되는 유량을 조사한 결과 관수용 모터에서 개발제품은 5m에서 25m까지 31ml/hr, 5m에서 45m 까지 44ml/hr 감소, 대조구는 각각 26ml/hr, 43ml/hr 감소하여 처리간에 차이가 없었다.
- 압력보상형 점적호스를 이용한 관수에서 토마토 수량특성을 조사한 결과 평균과중은 개발제품 207g, 대조구 204g이었고, 상품과수는 10개로 과중은 각각 2,070g, 2,044g 이었고, 10a당 상품과수량은 개발제품이 8,280kg, 대조구 8,176kg이었고, 상품율은 89%를 나타내어 처리 간에 차이가 없었다.

< 압력보상형(PC) 점적호스를 이용한 관수에 따른 수량성 >

처리	평균과중(g)	상품과(/주)		비상품과(/주)		총수량(/주)		상품수량(kg/10a)	상품율(%)
		과수(개)	과중(g)	과수(개)	과중(g)	과수(개)	과중(g)		
개발제품	207	10.0	2,070	2.0	260	12	2330	8,280	89
대조구	204	10.0	2,044	2.0	250	12	2294	8,176	89

- 이상의 결과에서 개발한 압력보상형 점적호스는 기존의 국내산의 점적호스와 성능이 유사하여 작물의 생육 및 수량에 차이가 없다는 것을 확인할 수 있었다.

농촌진흥청 국립원예특작과학원 시설원예연구소에서 실증시험한 결과를 위와 같이 통지합니다.

2018년 9월 20일

농 촌 진 흥 청 국립원예특작과학원 시설원예연구소장



【별첨】 농촌진흥청 시설원예연구소 실증시험 성적 요약서

< 시 험 성 적 요 약 서 >																																																																
①	실 증 시 험	Liner Type 점적테이프를 이용한 현장 실증 시험																																																														
②	시 험 제 품	Liner Type 점적테이프 (주)남경 개발제품, 대조구																																																														
③	담당자	소 속	농촌진흥청 국립원예특작과학원 시설원예연구소																																																													
		성 명	이재한																																																													
④	결과요약	<p>토마토 시설재배시 Liner type 점적테이프를 이용한 실증시험을 2016년 9월 21일부터 2017년 9월 20일까지 수행한 결과는 아래와 같다.</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Liner Type 점적테이프 자재에 따른 생육에 있어 정식 40일, 55일, 70일 경과 후 줄기굵기, 초장, 엽수, 엽면적, 생체중에서 개발제품과 대조구간에는 차이가 없었다. ○ Liner Type 점적테이프의 관수량의 균일성을 조사결과 관수용 모터에서 5m 위치에서는 개발제품과 대조구간에는 차이 없이 1,177~1179ml/hr 범위였으며, 25m 위치는 1,165~1,170ml/hr, 45m 위치는 1,155~1,158ml/hr로 조사되었다. ○ 점적기 거리별 감소되는 유량을 조사한 결과 관수용 모터에서 개발제품은 5m에서 25m까지 11ml/hr, 5m에서 45m 까지 22ml/hr 감소, 대조구는 각각 9ml/hr, 21ml/hr 감소하여 처리 간에 차이가 없었다. <p style="text-align: center;">< Liner Type 점적테이프를 이용한 관수 시 관수량 변화 ></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin: 10px 0;"> <thead> <tr> <th rowspan="2" style="width: 15%;">처 리</th> <th colspan="3" style="width: 45%;">관수모터에서 점적 거리에 따른 관수량(ml/hr)</th> <th colspan="2" style="width: 40%;">점적기 거리별 관수 감소량(ml/hr)</th> </tr> <tr> <th style="width: 15%;">5m(A)</th> <th style="width: 15%;">25m(B)</th> <th style="width: 15%;">45m(C)</th> <th style="width: 10%;">B-A</th> <th style="width: 10%;">C-A</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">개발제품</td> <td style="text-align: center;">1,177</td> <td style="text-align: center;">1,165</td> <td style="text-align: center;">1,155</td> <td style="text-align: center;">-11</td> <td style="text-align: center;">-22</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">대조구</td> <td style="text-align: center;">1,179</td> <td style="text-align: center;">1,170</td> <td style="text-align: center;">1,158</td> <td style="text-align: center;">-9</td> <td style="text-align: center;">-21</td> </tr> </tbody> </table> <ul style="list-style-type: none"> ○ Liner Type 점적테이프를 이용한 관수에서 토마토 수량특성을 조사한 결과 평균과중은 개발제품 214g, 대조구 213g이었고, 상품과수는 12.1개, 12개로 과중은 각각 2,590g, 2,564g이었고, 10a당 상품과 수량은 10,360kg, 10,256kg, 상품율은 89, 90%를 나타내어 대조구와 차이가 없었다. <p style="text-align: center;">< Liner Type 점적테이프 관수에 따른 토마토 총 수량 ></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin: 10px 0;"> <thead> <tr> <th rowspan="2" style="width: 10%;">처리</th> <th rowspan="2" style="width: 5%;">평균과중(g)</th> <th colspan="2" style="width: 15%;">상품과(/주)</th> <th colspan="2" style="width: 15%;">비상품과(/주)</th> <th colspan="2" style="width: 15%;">총수량(/주)</th> <th rowspan="2" style="width: 10%;">상품수량(kg/10a)</th> <th rowspan="2" style="width: 5%;">상품율(%)</th> </tr> <tr> <th style="width: 5%;">과수(개)</th> <th style="width: 10%;">과중(g)</th> <th style="width: 5%;">과수(개)</th> <th style="width: 10%;">과중(g)</th> <th style="width: 5%;">과수(개)</th> <th style="width: 10%;">과중(g)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">개발제품</td> <td style="text-align: center;">214</td> <td style="text-align: center;">12.1</td> <td style="text-align: center;">2,590</td> <td style="text-align: center;">1.9</td> <td style="text-align: center;">304</td> <td style="text-align: center;">14</td> <td style="text-align: center;">2,894</td> <td style="text-align: center;">10,360</td> <td style="text-align: center;">89</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">대조구</td> <td style="text-align: center;">213</td> <td style="text-align: center;">12</td> <td style="text-align: center;">2,564</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">291</td> <td style="text-align: center;">14</td> <td style="text-align: center;">2,855</td> <td style="text-align: center;">10,256</td> <td style="text-align: center;">90</td> </tr> </tbody> </table> <ul style="list-style-type: none"> ○ 이상의 결과에서 개발한 점적테이프는 수입산의 점적테이프와 성능이 유사하여 작물의 생육 및 수량에 차이가 없다는 것을 확인할 수 있었다. 				처 리	관수모터에서 점적 거리에 따른 관수량(ml/hr)			점적기 거리별 관수 감소량(ml/hr)		5m(A)	25m(B)	45m(C)	B-A	C-A	개발제품	1,177	1,165	1,155	-11	-22	대조구	1,179	1,170	1,158	-9	-21	처리	평균과중(g)	상품과(/주)		비상품과(/주)		총수량(/주)		상품수량(kg/10a)	상품율(%)	과수(개)	과중(g)	과수(개)	과중(g)	과수(개)	과중(g)	개발제품	214	12.1	2,590	1.9	304	14	2,894	10,360	89	대조구	213	12	2,564	2	291	14	2,855	10,256	90
처 리	관수모터에서 점적 거리에 따른 관수량(ml/hr)			점적기 거리별 관수 감소량(ml/hr)																																																												
	5m(A)	25m(B)	45m(C)	B-A	C-A																																																											
개발제품	1,177	1,165	1,155	-11	-22																																																											
대조구	1,179	1,170	1,158	-9	-21																																																											
처리	평균과중(g)	상품과(/주)		비상품과(/주)		총수량(/주)		상품수량(kg/10a)	상품율(%)																																																							
		과수(개)	과중(g)	과수(개)	과중(g)	과수(개)	과중(g)																																																									
개발제품	214	12.1	2,590	1.9	304	14	2,894	10,360	89																																																							
대조구	213	12	2,564	2	291	14	2,855	10,256	90																																																							
농촌진흥청 국립원예특작과학원 시설원예연구소에서 실증시험한 결과를 위와 같이 통지합니다. 2018년 9월 20일 농 촌 진 흥 청 국립원예특작과학원 시설원예연구소장																																																																



3-2-8. 제4협동 환경농업연구원

점적관수장치 핵심제품 개발의 경제성 분석

Economic Analysis of the Element Technology Development in the Drip Irrigation System

1. 연구의 목적과 방법

1.1. 연구의 의의와 목적

농업 분야의 기술개발에 대한 필요성과 경제성 분석의 의의를 간략히 요약하면 다음과 같다.

첫째, 기술개발은 영농 현장의 필요성뿐만 아니라 시장조사 등에 의한 농업인의 현실적인 요구를 반영하는 것이 중요하다. 아무리 좋은 기술을 개발하더라도 실제 수요자인 농업인들이 영농 현장에서 별로 쓰임새가 없다고 하면 의미가 없는 것이다.

둘째, 신규로 개발되는 기술과 제품이 기존의 관행기술이나 제품에 비하여 기술적으로나 경제적으로 어느 정도의 효과가 있는지에 대한 과학적인 판단과 논리적인 규명이 필요하다. 영세농이 많은 우리나라 실정에서 농업인들의 기술수용(technology acceptance)에 대한 근거는 경제성을 최우선으로 고려하는 것이 일반적이다.

셋째, 신기술의 평가에서는 기본적으로 제품화의 기술적 및 비용적 측면을 판단하는 것이 중요하다. 다시 말해서, 생산 측면에서는 기존의 생산설비와의 관련, 그리고 판매 측면에서는 수요의 예측 및 판매 채널 등의 종합적인 검토가 되어야 하며, 이러한 경제성 분석에 따라 기술개발의 순위가 정해지고 신기술이 채택된다.

이 연구는 농림축산식품 연구개발사업으로 개발되는 점적관수장치 5개 핵심제품에 대하여 기존에 현장에서 활용되고 있는 관행 제품 또는 수입산 외국제품과의 경제성을 비교분석하여 신기술 개발의 경제성을 평가하는 것을 목적으로 한다. 점적관수장치 5개 핵심제품은 초고속 점적테이프 생산설비, 압력보상 점적테이프 및 호스, 압력보상 단추 및 스프링클러, 솔레노이드를 이용한 전자밸브, 자동역세 가능 여과기 등이며, 이 연구의 주관연구기관인 (주)남경에서는 이들 5개 제품을 국산화하기 위한 연구·개발을 진행 중이다.

또한 신기술의 개발과 보급을 위해서는 경제성분석이 중요한데, 이 연구에서도 신기술의 경제성 평가 방법으로 채용되고 있는 편익비용분석 및 손익분기점분석을 적용하여 과학적이고 합리적인 지표를 제시한다. 특히 신규로 개발되는 핵심제품에 대한 연구참여 대학 및 연구소의 실증시험 자료와 현장시험 자료를 종합적으로 분석함으로써 신기술에 대한 경제성분석의 신뢰도를 향상시키고자 한다.

1.2. 연구의 내용과 방법

이 연구는 신규 개발되는 점적관수장치의 5개 핵심제품에 대하여 개발 주체인 대학 및 연구소와 공동으로 실증시험 및 포장시험을 통한 경제성을 분석하는 것이 주요 내용이다. 특히 관행기술과 신기술(5개 핵심제품)의 경제성 비교뿐만 아니라 점적관수시스템의 경제성을 분석하는 것이다. 구체적으로 연차별 연구 내용과 방법을 정리하면 다음과 같다.

제1차 연도에는 국내에 생산 또는 수입되어 사용중인 점적관수장치와 설비에 대하여 현장

(시설원예)의 사용 실태를 조사하고 편익비용분석 및 손익분기점분석을 실시한다. 또한 점적관수장치와 설비의 해외 생산국 및 최근의 수입 동향을 조사한다.

제2차 연도에는 신규 개발되는 점적관수장치의 5개 핵심제품에 대하여 개발 주체인 대학 및 연구소와 공동으로 실증시험 및 포장시험을 통한 경제성 분석(예: 토마토 등 일관화된 품목 선정)을 실시한다. 특히 유사 관행제품과 신규 개발제품의 기술 수준과 편익비용을 비교 분석하여 신제품 개발의 경제적 필요성을 규명한다.

제3차 연도에는 2차년도와 동일하게 신규 개발제품에 대한 편익비용분석을 계속한다. 신규 개발된 5개 핵심제품들의 현장활용 체계를 종합적으로 평가하여 신제품의 산업화를 위한 방안을 모색하며 개발제품에 대하여 편익비용분석, 비용효과분석, 손익분기점 분석을 각각 실시한다. 특히 5개 신제품을 대상으로 수입품의 대체 가능성과 해외 수출경쟁력 분석 등을 통하여 신제품의 장래 경제성을 예측한다. 그리고 이 연구사업을 마무리하는 결과로서 최종연구보고서를 작성한다.

표 4-1. 연차별 연구개발의 목표 및 내용

구분	연도	연구개발의 목표	연구개발의 내용
1차년도	2015 ~ 2016	기존의 점적관수장치와 설비에 대한 경제성 분석	- 국내에 생산 또는 수입되어 사용중인 점적관수장치와 설비에 대하여 현장의 사용 실태를 조사하고 편익비용분석 및 손익분기점 시산 - 점적관수장치와 설비의 해외 생산국 및 최근의 수입 동향 조사
2차년도	2016 ~ 2017	신규 개발되는 점적관수장치의 5개 핵심제품에 대한 경제성 분석	- 신규 개발되는 점적관수장치의 5개 핵심제품에 대하여 개발 주체인 대학 및 연구소와 공동으로 실증시험 또는 포장시험을 통한 경제성 분석 - 유사 관행제품과 신규 개발제품의 기술 수준과 편익비용을 비교 분석하여 신제품 개발의 경제적 필요성을 규명
3차년도	2017 ~ 2018	점적관수 5개 핵심제품에 대한 수입대체 가능성과 수출경쟁력 분석	- 2차년도와 동일하게 신규 개발제품에 대한 편익비용분석(계속) - 신규 개발된 5개 핵심제품들의 현장활용 체계를 종합적으로 평가하여 신제품의 산업화를 위한 방안 모색 - 5개 신제품을 대상으로 BC분석, CE분석, BEP분석을 각각 실시 - 신제품에 대한 수입품의 대체 가능성과 해외 수출경쟁력 분석 등을 통하여 신제품의 장래 경제성을 예측

1.3. 참여연구기관 협조 체제

이 연구의 효율적인 수행을 위하여 참여기관과 협조체제를 강화하여 경제성 평가의 객관성과 신뢰성을 제고한다. 또한 개발된 지식 정보에 대하여 개발업체와 대학 및 연구소의 실증시험과 포장재배 시험결과 등을 상호 공유함으로써 연구의 효율성을 높이고 연구 효과를 최대한 증진시킬 수 있을 것이다.

상세한 내용은 <표 4-2>에서 정리하였듯이, 간단히 정리하면, 예를 들어 점적테이프 제조업체 생산비 조사에 대해서는 (주)남경의 협조가 필요하며, 점적호스 등 핵심부품의 개발에 대해서도 대학의 실증시험 기간 중에 이루어져야 한다. 그리고 시설재배의 실증시험에 대해서는 연구소의 시험분석 기간 중(2~3차년도)에 실시되어야 한다.

표 4-2. 참여연구기관의 협조 체제

구분		조사협조내용	협조기관	비고
점적테이프 제조업체 생산비 조사		- 점적테이프 생산비(제조원가) 조사 ·현재 시설과 초고속 시설과의 생산비 비교분석	남경	- 현 시설 생산비분석(1차년도) - 초고속시설 생산비분석(2~3차년도)
핵심부품	점적호스	- 사용원료, 관수량 정밀도, 점적균일도	남경, 경북대학교	- 대학의 실증시험 기간 중(2~3차년도)
	스프링클러, 점적보턴	- 사용원료, 점적(살수)정밀도, 점적(살수)균일도		
	전자밸브	- 사용원료, 유량정밀도, 관리비용	한솔, 충남대학교(원예연구소)	- 대학의 실증시험 기간 중(2~3차년도)
	역세일반여과기	- 사용원료, 여과효율성, 수리교환비, 여과물 제거비용	남경정공, 서울대학교(원예연구소)	- 대학의 실증시험 기간 중(2~3차년도)
시설재배 시험분석 등		- 현 시설재배와 개발제품 시설재배의 생산성 비교(시험분석) - 노동력 절감효과(현장인력비) 분석	시설원예연구소	- 연구소의 시험분석 기간중(2~3차년도)
		- 핵심부품의 무작물테스트 실시		- 2차년도 초기실시(2개월 소요)

주: 핵심부품 중 전자밸브 및 여과기의 관리비용과 수리교환비, 여과물 제거비용은 시설원예연구소에서 조사협조.

2. 기술개발의 경제성 분석 방법과 평가 기준

일반적으로 경제성 분석이란 기술개발과 같은 공공사업의 비용과 편익을 사회적 입장에서 측정하고, 이에 따라 경제적 수익률(economic rate of return)을 계산함으로써 그 타당성 여부를 결정하는 분석을 말한다. 사회 전체의 입장이 아닌 개별사업의 입장에서 실제의 비용과 편익을 추정하고, 이에 따른 재무적 수익률(financial rate of return)을 계산하여 그 타당성을 평가하는 재무분석과 대비된다.

2.1. 기술개발의 경제성 분석 방법

기술개발의 경제성 분석 방법에는 일반적으로 비용편익분석(費用便益分析), 비용효과분석(費用效果分析), 손익분기점분석(損益分岐點分析) 등의 세 가지를 채용하여 분석할 수 있다. 이들 기법의 특징과 활용에 대하여 차례로 설명하기로 한다.

첫 번째로, 비용편익분석(Benefit-Cost analysis)은 기술개발의 편익과 비용이 계량화되어 화폐가치로 나타낼 수 있는 경우에 채용하며, 특히 산출물이 상품화된 경우에 유용하다. 비용의 현재가치와 편익의 현재가치를 비교하는 방법으로, 양자를 차이를 셈하는 순현재가치법((B-C)과 양자의 비율을 셈하는 편익비용비율(B/C)이 이용된다.

따라서 이 방법은 1차적으로는 순현재가치가 0보다 크거나 편익비용 비율이 1보다 큰 대안을 선택하게 되고, 2차적으로는 이들 대안 중에서 순현재가치가 가장 크거나 비용편익비가 가장 큰 대안을 선택하는 것이다.

두 번째로, 비용효과분석(Cost-Effectiveness analysis)은 기술개발의 편익과 비용을 계량화

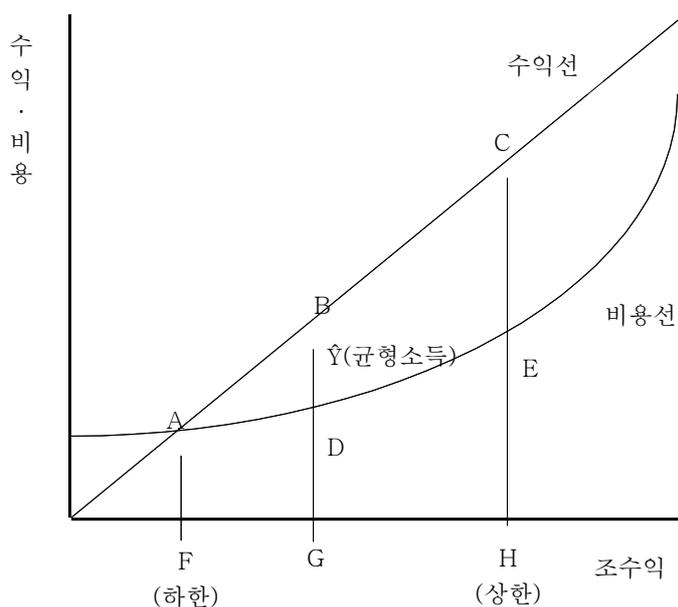
하기 어려운 경우에 생산된 산출물을 그대로 비교하는 방법이다. 비용효과분석은 신기술의 효과를 화폐 단위로 계량화하지 않고 물적인 상태로 비교하며, 따라서 여러 대안의 우선순위를 비교할 때에는 산출물(output)이 동일해야 한다는 한계가 있기 때문에 실제로는 제한적으로 활용된다. 다시 말해서, 비용효과분석은 몇 개의 정책대안 가운데 가장 효과적인 대안을 찾기 위하여 각 대안이 초래할 비용과 산출 효과를 비교·분석하는 기법을 말한다. 이 기법은 특정 프로젝트에 투입되는 비용들은 금전적 가치로 환산하지만, 그 프로젝트로부터 얻게 되는 편익 또는 산출은 금전적 가치로 환산하지 않고 산출물 그대로 분석에 활용하는 특징을 지닌다. 따라서 이 기법은 산출물을 금전적 가치로 환산하기 어렵거나, 산출물이 동일한 사업의 평가에 주로 이용되고 있다.

세 번째로, 손익분기점분석(Break Even Point analysis)은 매출액과 비용이 일치하여 손실이 나 이익이 발생하지 않는 판매량 또는 매출액을 말하며, 매출액이 손익분기점보다 크면 이익이 발생하지만 손익분기점보다 적으면 손실이 되는 것이다. 여기서 손익분기점은 총매출액선과 총비용선이 교차하는 점이다. 즉, 손익분기점 = 고정비/(1-변동비/매출액)으로 요약할 수 있다.

손익분기점 분석은 도표법이나 공헌이익법(marginal income method)을 이용하여 산출하는데, 여기서 “원가(原價)—조업도(操業度)—이익(利益)” 사이의 관계를 비교적 정확하게 나타낼 수 있어야 손익분기점분석을 신뢰할 수 있다. 기업에 유리하기 위해서는 고정비를 줄이고 변동비용을 낮추어야 한다. 이러한 과정을 ‘경영합리화(rationalization of management)’라고 한다.

아래 <그림 4-1>은 손익분기점 분석의 일반적인 모형을 도식화한 것인데, 조수익의 변화에 따른 비용과 수익의 관계를 알 수 있다. 즉, 그림에서 A점이 손익분기점이 되고, 그 후에 경영규모를 확대하게 되면 조수익이 증가함에 따라 OP와 QR의 차(差)가 되는 소득이 증가하게 되는 것이다. 예를 들어 도시근로자 소득과 균형을 이루는 소득 Y가 실현되며, 소득이 최고 수준이 되는 경영규모는 H에서 실현된다.

그림 4-1. 손익분기점 분석의 모형도



그림에서 손익분기점을 산출하는 공식은 다음과 같은 세 가지 공식을 활용할 수 있다.

첫 번째로, 일반적인 손익분기점(= 採算點)을 산출하는 공식은 다음과 같다.

$$(1) \text{ 손익분기점 매출액} = \text{고정비} \div (1 - \text{변동비}/\text{매출액})$$

두 번째로, 어떤 일정한 매출을 하였을 때 발생하는 손익액을 산출하는 공식은 다음과 같다.

$$(2) \text{ 손익액} = \text{매출액} \times (1 - \text{변동비}/\text{매출액}) - \text{고정비}$$

세 번째로 특정의 목표이익을 얻기위하여 필요로 하는 매출액 산출하는 공식은 다음과 같다.

$$(3) \text{ 필요매출액} = (\text{고정비} + \text{목표이익}) \div (1 - \text{변동비}/\text{매출액})$$

그러나 비용을 고정비와 변동비(비례비)로 2분하는 것은 편의적 방법이므로 그 논리의 유효 범위는 제한적이다. 예를 들면, 조업도(操業度)가 극단적으로 높은 경우에는 비용곡선 자체가 다른 형태의 커브를 나타내게 되므로 부분적인 분석결과를 가지고 나머지를 유추할 수는 없다. 따라서 손익분기점의 정밀한 분석은 유효 범위마다 구분하여 별개로 분석하여야 한다.

2.2. 점적관수장치 핵심부품의 경제성 분석 방법과 평가 기준

점적관수장치 핵심부품의 경제성 분석을 위해서는 관행제품과 성능 면에서 유사하거나 우위의 제품 개발이 선행되어야 하는데, 신제품 개발이 당초 계획보다 늦어짐에 따라 수입제품과의 성능 비교 실증시험을 토대로 한 시뮬레이션 기법을 도입하여 분석하였다. 여기서는 점적관수장치 핵심부품에 대한 경제성 분석과 아울러 경제성 평가 기준에 대하여 검토하기로 한다.

이 연구의 주관기관인 (주)남경에서 개발하고 있는 점적관수장치 핵심부품은 초고속 점적테이프 생산 설비, 압력보상형 점적호스, 압력보상형 점적단추 제품, 압력보상형 스프링클러, 솔레노이드 전자밸브, 여과기 시리즈 등 6개 종류이다. 이들 제품은 각각 기술적인 특성이 있으므로 경제성 분석의 방법과 판단 기준이 조금씩 다르게 적용된다.

먼저, 점적관수장치 핵심부품에 대한 경제성 분석 방법은 <표 4-1>에서 정리한 바와 같이 손익분기점 분석, 성능과 가격의 시뮬레이션 분석, 비용편익분석 등을 도입한다. 점적관수장치 핵심부품별로 보면, 초고속 점적테이프 생산설비에 대해서는 생산설비의 가동 속도에 따른 비용과 수익 변화를 동시에 고려하는 손익분기점 분석을 수행한다. 압력보상형 점적호스, 압력보상형 점적단추 제품, 압력보상형 스프링클러, 솔레노이드 전자밸브, 여과기 시리즈 등의 5개 부품에 대해서는 제품성능 오차율과 판매가격 편차를 비교하는 시뮬레이션 기법으로 분석한다. 그리고 이들 부품을 실제 작물 재배에 응용하는 작물시험에는 생산비와 판매가격이 동일하다는 가정 하에서 생산성 격차를 분석한다. 즉, 제품 개발의 경제성 판단 기준은 성능 오차율과 가격 편차를 동시에 고려하는 시뮬레이션 기법을 사용하기로 한다.

표 4-3. 점적관수장치 핵심부품 개발의 경제성 평가 방법

	점적관수장치 핵심부품						작물시험 재배
	초고속 점적테이프 생산 설비	압력보상형 점적호스	압력보상형 점적단추	압력보상형 스프링클러	솔레노이드 전자밸브	여과기 시리즈	
분석 방법	손익분기점 분석	성능/가격 시뮬레이션	성능/가격 시뮬레이션	성능/가격 시뮬레이션	성능/가격 시뮬레이션	성능/가격 시뮬레이션	비용편익 분석
특징	생산설비 가동 속도에 따른 비용과 수익 변화	성능 오차율과 가격 편차를 동시에 고려	좌동	좌동	좌동	좌동	비용 동일 가정의 생산성 격차 분석

참고로, 여기서 채용하는 점적관수장치 핵심부품에 대한 경제성 평가의 공통사항을 간략히 설명하기로 한다.

점적관수장치 부품을 개발하는 과정에서 기술적인 성능과 제품의 판매가격을 비교하는 것은 대단히 중요하며, 예를 들어 성능은 우수하더라도 가격 면에서 경쟁력이 없다면 성능을 다소 낮추더라도 가격 경쟁력이 있는 것이 경제적으로 유리할 것이다. 이러한 기준에 대해서는 기술 개발 연구자와 경제분석 연구자 사이에 약간의 다툼이 있을 수 있으며, 따라서 이 연구를 수행하는 과정에서 가격과 성능 간의 평가 가중치를 일부 조정하게 되었다. 점적관수장치 경제성 평가의 공통사항은 <표 4-2>와 같이 정리할 수 있다.

첫째로, 수입품의 성능이 우수하고 가격이 높은 점을 고려하여 가중치를 조정하였는데, 당초에는 성능 70%와 가격 30%의 비율로 판단하도록 하였으나, 최종적으로 이를 조정하여 가격 50%와 성능 50%를 채택하였다.

둘째로, 평가의 객관성을 높이기 위하여 성능과 가격 수준을 동일한 기준으로 등급화하도록 하였다. 즉, 성능 평가에 대해서는 오차율을 기준으로 5개 구간을 설정하여 균등하게 배분하는 방식으로 차감하였으며, 따라서 성능 평가의 5개 구간은 0%, 0~5%, 5~10%, 10~15%, 15%이상 등으로 구분하였다. 또한 가격 평가에 대해서는 기준가격(수입가격)의 저가율을 5개 구간으로 균등하게 정하여 차감하였는데, 5개 구간은 20%이상 저가, 15~20%저가, 10~15%저가, 5~10%저가, 5%이하 저가 등으로 구분하였다. 여기서 가격 기준은 제조업체의 대리점 등 판매가격을 기준으로 하였다. 이러한 기준을 가지고 특히 성능 평가에 대해서는 기술적인 내용을 단순화하여 핵심부품의 성능에 가장 핵심이 되는 기술 내용을 중심으로 평가하도록 하였다.

종합적으로 점적관수장치 핵심부품에 대한 경제성 판단 기준은 제품 성능과 제품 가격의 가중치 점수를 합산하여 100점 이상이거나 수입산보다 같거나 높으면 경제성이 있는 것으로 판단하였다.

표 4-4. 점적관수장치 경제성 평가 공통사항

	성능오차율 및 가격편차	가중치 부여	개발(수입)제품 평가점수	비고
제품 성능 (50점)	오차율 등 0%	0%	50.0(50×1.00)	
	0~5%	△5%	47.5(50×0.95)	
	5~10%	△10%	45.0(50×0.90)	
	10~15%	△15%	42.5(50×0.85)	
	15% 이상	△20%	40.0(50×0.80)	
제품 가격 (50점)	수입품 대비 20%이상 저가	20%	60.0(50×1.20)	
	15~20% 저가	15%	57.5(50×1.15)	
	10~15% 저가	10%	55.0(50×1.10)	
	5~10% 저가	5%	52.5(50×1.05)	
	5% 이하 저가	0%	50.0(50×1.00)	

3. 초고속 점적테이프 생산설비 개발의 경제성 시뮬레이션

3.1. 점적테이프 생산설비의 특성과 분석 개요

점적테이프는 관수용 물을 통과시키는 기능을 가지고 간격별로 구멍이 뚫려 있는 제품이며, 유연하기 때문에 필요한 만큼의 길이로 쉽게 절단하여 사용할 수 있다. 이와 유사한 기능을 가지는 점적호스는 내구성이 강한 제품이다. 점적테이프 생산설비의 경제성은 1차적으로 저고속 생산설비와 초고속 생산설비에서 각각 생산되는 점적테이프의 생산비(제조원가)를 비교함으로써 경제성을 판단할 수 있다. 즉, 저고속 생산설비의 성능은 120m/min이고, 초고속 생산설비는 200m/min이다. 이 때에도 점적테이프의 제조 속도를 0.15 T(mm), 0.2 T(mm), 0.25 T(mm) 등으로 시뮬레이션을 시도함으로써 생산원가의 변동을 파악할 수 있다. 따라서 이러한 수치를 전제로 가중치를 부여하여 손익분기점 분석을 이용하여 비용(고정비+변동비)과 수익(가격×생산량)을 비교 분석할 수 있다. 이 때 비용을 시산함에 있어 생산설비의 성능과 생산제품의 가중치를 50 대 50으로 적용하도록 하며 손익분기점은 수익(적정이윤)의 상한과 하한으로 나타낼 수 있다.

3.1. 점적테이프 생산설비의 제조원가

점적테이프 제조업체 생산비 조사에 대해서는 1차년도부터 (주)남경의 협조를 받아왔으나, 최근 3년간 국내 점적테이프 신규업체 증가 및 중국산 제품 유입등으로 점적테이프 시장이 무척 가열되고 있는 양상이다. 이에 (주)남경의 요청에 의해 제조원가가 노출되는 손익분기점 분석은 본 과제에서 삭제하기로 함.

4. 압력보상형 점적호스 개발의 경제성 시뮬레이션

4.1. 점적호스의 특성과 분석 개요

점적호스는 딱딱한 플라스틱 관으로 물을 공급하는 장치로, 입구와 끝 부분의 수압이 다르므로 이를 조절하기 위하여 압력보상형 점적호스가 필요하다. 영농 현장에서는 수입품이 널리 활용되는 실정이며, 성능과 가격의 차이가 큰 편이다.

따라서 점적호스의 성능과 가격을 동시에 고려하는 경제성 분석이 필요하며, 이 연구에서도 동일한 조건의 성능과 가격을 시뮬레이션하면서 가중치를 부여하여 경제성을 비교 분석할 수 있다. 즉, 제품의 성능 50% 및 가격 50%를 각각 적용하는 것을 원칙으로 가중치의 구간을 차등적으로 부여하여 경제성을 평가하도록 한다. 경제성 판단기준은 제품성능과 제품가격 가중치 점수를 합산하여 100점 이상이면 경제성이 있는 것으로 판단할 수 있다. 비교적 간단한 기법이지만, 위와 같은 방법으로 현재 개발 중인 점적관수 핵심 부품에 대한 경제성에 대해서도 제품 성능과 제품 가격에 대한 가중치를 부여하면서 경제성을 비교 분석할 수 있을 것이다.

4.2. 압력보상형 점적호스 개발의 경제성 시뮬레이션

압력보상형(Pressure Compensation; PC) 점적호스의 경제성 평가를 위하여 먼저 국산개발제품과 수입제품의 판매가격을 비교하면, 약 30% 정도의 차이가 있는 것으로 예상된다. 수입품과 국산개발제품의 성능 차이가 존재하므로 그에 따른 가격 차이도 현실적으로 인정해야 한다.

예를 들어 수입품(유로드립)은 성능분석 오차율이 0.08%이고, 판매가격은 대리점 가격 기준으로 20만 원에 달하는 반면에, (주)남경에서 개발한 점적호스는 성능분석 오차율이 0.30%에 달하고 판매가격은 15만 원 수준이다.

표 4-10. 압력보상형 점적호스 제품의 규격 및 가격 비교

	비교 제품	국산개발 제품	비고
제품 모델·규격	유로드립(스페인) 2ℓ/h, 1.0~4.0bar, 300m	남경 pc워터라인 2ℓ/h, 1.0~4.0bar, 300m	
판매가격	200,000원	150,000원(예상)	대리점 등의 판매가격

따라서 경제성 판단을 위해서는 제품의 성능과 가격을 동시에 고려해야 하며, 국산개발제품의 성능과 가격에 대한 가중치 점수를 합산하여 100점 이상이거나 수입산보다 높으면 경제성이 있는 것으로 판단할 수 있다.

먼저, 성능 평가방법은 ①시간당 일정공급유량(2.0 ℓ/hr)기준 하에서, ②일정압력을 순차적 차등 적용(0.5~4.0bar)하여, ③시간·압력 변화에 의한 유량오차율을 측정한다. 수입품(유로드립)과 개발품 성능테스트 결과를 비교분석하여 평가하는데, 성테스트 대상 드립의 기본사양은 실리콘 경도 50이고, 실리콘 두께 0.85mm이다.

가중치 부여 및 평가내용은 성능 50%와 가격 50%를 각각 적용하며, 수입품 성능이 우수하고 가격도 높은 수준임을 고려하여 ①성능 평가에서는 오차율을 기준으로 5개 구간으로 균등하게 정하여 차감하고, ②가격 평가에서는 기준가격 중심으로 5개 구간으로 균등하게 정하여 차감하도록 한다.

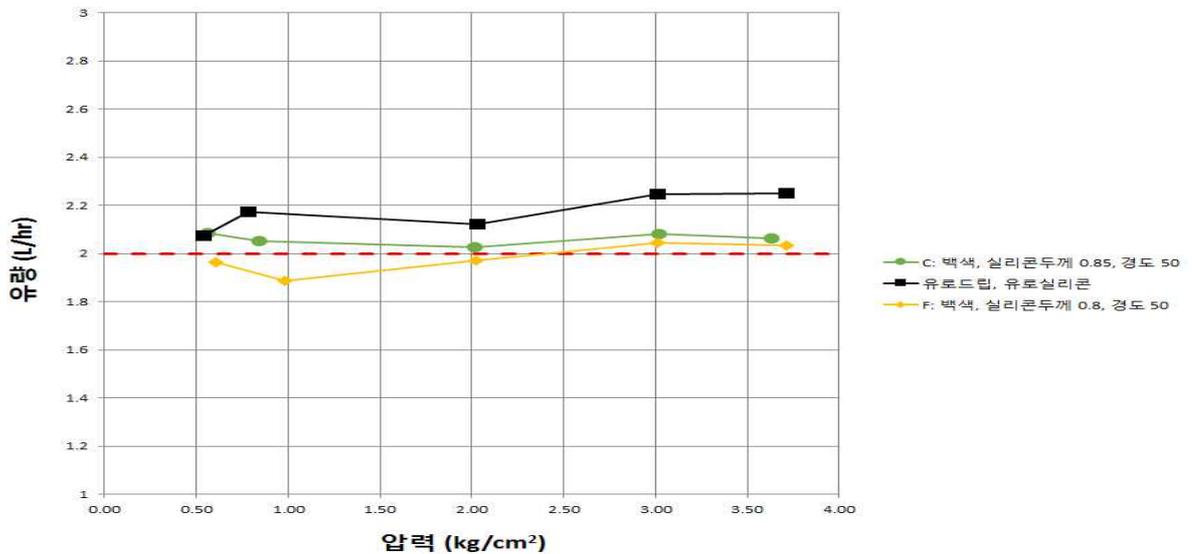
이러한 방식에 의한 성능테스트 결과(2017.7, 경북대)는 다음과 같다. 유량테스트 결과에서 동일한 규격(경도 50, 실리콘 두께 0.85mm)으로 비교한 결과, 수입품인 유로 드립의 오차율은 9.9%이고 국산개발제품인 남경 드립의 오차율은 0.55%로 각각 나타났다. 또한 남경 드립의 규격을 더 낮추어 경도 50 및 실리콘 두께 0.8mm로 시험한 결과에서도 남경 드립의 정밀도가 상당히 높은 것으로 나타났다.

표 4-11. 압력보상형 점적호스의 성능시험 결과(2017.7, 경북대)

	유로 드립(경도 50, 실리콘 두께 0.85mm)	남경 드립(경도 50, 실리콘 두께 0.85mm)	남경 드립(경도 50, 실리콘 두께 0.8mm)
최대(ℓ/hr)	2.281	2.075	2.047
최소	2.104	1.923	1.887
평균	2.198	2.011	1.981
오차율(%)	9.9	0.55	0.95

주: 유량 오차율(남경 0.85mm) : 평균유량2,011/목표유량2,000=1.0055(오차율 0.55%)

그림 4-2. 유로드립과 남경드립의 압력과 유량의 변화(0.8mm, 0.85mm)



다음으로 성능과 가격을 동시에 고려한 경제성 분석결과를 보면, 수입품(유로 드립)은 성능 점수가 45.0점(오차율 9.9% 적용), 가격 점수가 50.0점, 합산 점수가 95.0으로 나타났다. 그리고 국산(남경 드립)은 성능 점수가 47.5점(오차율 0.55% 적용), 가격 점수가 60.0점, 합산 점수가 107.5점으로 나타나 수입품보다 경제성이 높은 것으로 평가되었다.

이러한 수치를 전제로 가중치를 부여하여 경제성을 비교 분석할 수 있다. 즉, 현재 수입산의 성능(균일도)이 상당히 높은 수준(평균 오차율 10% 이내)임을 감안하여 오차율이 최고 35% 이상일 경우에는 20%를 삭감하고, 제품가격은 최고 20% 이상 낮을 경우에 20%를 증액(구간에 따라 각각 차등 적용)하는 것으로 한다. 그리고 경제성 판단기준은 제품성능과 제품가격 가중치 점수를 합산하여 100점 이상이면 경제성이 있는 것으로 판단할 수 있을 것이다.

<표 4-10>은 압력보상형 점적호스 개발의 경제성에 관한 시뮬레이션 결과이다. 이 표에서 보는 바와 같이 제품 성능(균일도)과 제품 가격에 대한 가중치를 50%로 상정하였는데, 경제성 분석 결과에서 보면, 국산개발제품이 성능에서 47.5점, 제품가격 경쟁력에서 60점, 합산점수가 107.5으로 계산되어 경제성이 있는 것으로 분석되었다.

따라서 앞으로 압력보상형 점적호스의 대량 생산체계를 구축하여 규모경제를 발휘하게 되면 국내 점적호스 생산비나 판매원가는 더 낮아질 것으로 판단되며, 경제성 효과는 확대될 것으로 전망할 수 있다.

표 4-12. 압력보상형 점적호스 개발의 경제성 시뮬레이션 분석

	성능오차율 및 가격편차	가중치 부여	개발제품 점수(경제성)	비고
제품성능 (균일도) (50점)	오차율 0%	0%	50.0(50×1.00)	
	0~5%	△5%	47.5(50×0.95)	남경 제품
	5-10%	△10%	45.0(50×0.90)	유로드립
	10-15%	△15%	42.5(50×0.85)	
	15%이상	△20%	40.0(50×0.80)	
제품가격 (50점)	수입품대비 20%이상 저가	20%	60.0(50×1.20)	남경(150/200)
	15%-20%저가	15%	57.5(50×1.15)	
	10%-15%저가	10%	55.0(50×1.10)	
	5%-10%저가	5%	52.5(50×1.05)	
	5%이하 저가	0%	50.0(50×1.00)	유로드립
평가점수 합계	수입산(유로드립)		95.0	
	남경 제품		107.5	

5. 압력보상형 점적단추 개발의 경제성 시뮬레이션

5.1. 압력보상형 점적단추의 특성과 분석 개요

점적단추는 점적호스에서 물을 뽑아내는 장치로 압력이 일정하게 관수하기 위해서는 수압을 조절하기 위한 압력보상형 점적단추가 제기능을 발휘할 수 있다. 압력보상형 점적단추도 영농 현장에서는 수입품이 널리 활용되는 실정이다.

따라서 점적단추에 대해서도 성능과 가격을 동시에 고려하는 경제성 분석이 필요하며, 이 연구에서도 동일한 조건의 성능과 가격을 시뮬레이션하면서 가중치를 부여하여 경제성을 비교 분석할 수 있다. 경제성 판단기준은 제품성능과 제품가격 가중치 점수를 합산하여 100점 이상이면 경제성이 있는 것으로 판단할 수 있을 것이다.

5.2. 압력보상형 점적단추 개발의 경제성 시뮬레이션

압력보상형 점적단추의 가격경쟁력을 비교하기 위하여 동일한 규격(2ℓ/h, 1.0~4.0bar)의 수입제품과 국산개발제품 남경PC단추의 소비자가격을 비교하면, 국내산이 수입산에 비하여 80% 수준으로 경쟁력이 있는 것으로 나타났다.

표 4-13. 압력보상형 점적단추의 규격 및 가격 비교

	비교제품	국산개발제품	비고
제품 모델·규격	수입 점적단추 2ℓ/h, 1.0~4.0bar	남경 PC단추 2ℓ/h, 1.0~4.0bar	
판매가격	240원	190원	최종 소비자가격

주: 수입품은 이스라엘 ‘네타팜’

압력보상형 점적단추의 성능 평가의 기준으로 ①시간당 일정공급유량(2.0ℓ/hr)기준 하에서 ②일정압력을 순차적 차등적용(0.5~3.5bar)하여 ③시간·압력변화에 의한 유량오차율을 측정하였다. 성능테스트 대상 드립의 기본사양은 실리콘 경도 45이고, 실리콘 두께 1.03mm이다.

압력보상형 점적단추의 성능과 가격을 동시에 고려한 경제성 분석을 위하여 성능 50%와 가격 50% 기준을 각각 적용하였다. 성능 평가는 오차율을 기준으로 5개 구간으로 균등하게 정하여 차감하였고, 가격 평가는 기준가격 중심으로 5개구간으로 균등하게 정하여 차감하였다.

성능면에서 수입점적단추와 남경PC점적단추의 3차 유량테스트 결과, 수입단추 평균 오차율은 11.35%, 남경단추 평균 오차율은 5.5%로 각각 나타나 국산제품이 더 우수한 것으로 나타났다. 다만 국산제품은 실리콘 경도가 균일하지 않아 앞으로 성능개선이 필요한 것으로 보인다.

종합적으로 압력보상형 점적단추 개발의 경제성 시뮬레이션 분석 결과를 <표 4-21>에서 보면, 수입단추는 성능점수가 42.5점(오차율 11.35%적용), 가격점수가 50.0점, 합산점수가 92.5로 나타났고, 국산제품(남경단추)은 성능점수가 45.0점(오차율 5.5%적용), 가격점수가 60.0점, 합산점수가 105.0점으로 나타나 성능과 가격 모두 수입품보다 경제성이 높은 것으로 평가되었다.

표 4-14. 압력보상형 점적단추의 성능테스트 결과(2017.7, 경북대)

경도, 45	수입 점적단추의 유량			남경 PC점적단추의 유량		
	수입 1	수입 2	평균	남경 1	남경 2	평균
최대, L/hr	1740	1920	1,830	1980	2100	2,040
최소, L/hr	1540	1800	1,670	1800	1720	1,760
평균, L/hr	1686	1860	1,773	1867	1914	1,890.5
오차율, %	15.7	7.0	11.35	6.7	4.3	5.5

주: 유량오차율(남경) : 평균유량1,890.5/목표유량2,000=0.9425(오차율 5.5%)

그림 4-4. 남경 점적단추와 수입 점적단추의 3차 유량 테스트 결과(2.0 ℓ/hr)

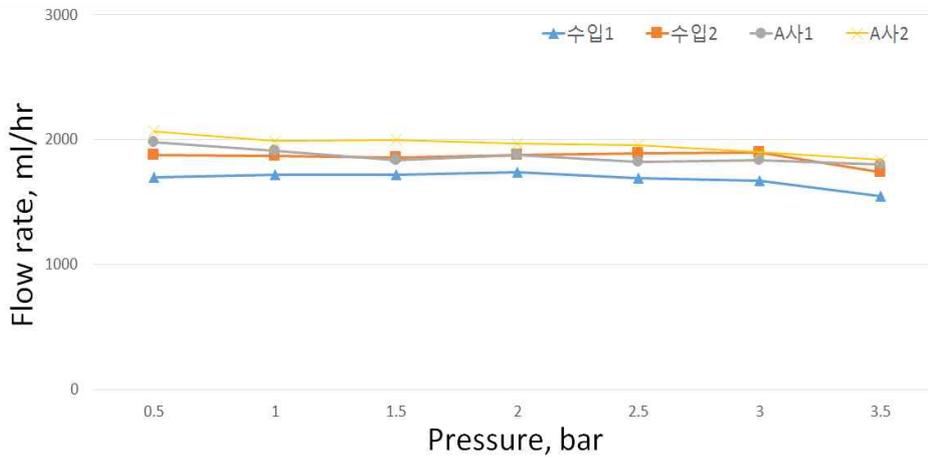


표 4-15. 압력보상형 점적단추 개발의 경제성 시뮬레이션 분석

	성능오차율 및 가격편차	가중치 부여	개발제품 점수	비고
제품성능 (균일도) (50점)	오차율 0%	0%	50.0(50×1.00)	
	0~5%	△5%	47.5(50×0.95)	
	5~10%	△10%	45.0(50×0.90)	남경 단추
	10~15%	△15%	42.5(50×0.85)	수입 단추
	15%이상	△20%	40.0(50×0.80)	
제품가격 (50점)	수입품대비 20%이상 저가	20%	60.0(50×1.20)	남경 단추 21% (190/240)
	15%-20%저가	15%	57.5(50×1.15)	
	10%-15%저가	10%	55.0(50×1.10)	
	5%-10%저가	5%	52.5(50×1.05)	
	5%이하 저가	0%	50.0(50×1.00)	수입 단추
평가점수 합계	수입 점적단추		92.5	
	남경 점적단추		105.0	

6. 압력보상형 스프링클러 개발의 경제성 시뮬레이션

6.1. 압력보상형 스프링클러의 특성과 분석 개요

스프링클러는 살수기라고 부르며, 수압에 의해 노즐이 회전하면서 물이 골고루 살수될 수 있도록 하는 관개 장치이다. 이 장치 역시 수압을 조절하기 어려우므로 압력을 적절히 조절하기 위하여 압력보상형 스프링클러를 이용하는 것이 효과적이다.

압력보상형 스프링클러는 고가이기는 하지만 살수 장치로 필요불가결하여 역시 수입산이 널리 이용되고 있으며, 따라서 국내에서 외국산에 대응하는 압력보상형 스프링클러를 개발하기 위해서는 성능이나 가격 면에서 외국산과 경쟁력을 갖춰야 한다. 따라서 압력보상형 스프링클러의 성능과 가격을 동시에 고려하는 경제성 분석이 필요하며, 이 연구에서도 동일한 조건의 성능과 가격을 시뮬레이션하면서 가중치를 부여하여 경제성을 비교 분석할 수 있다.

6.2. 압력보상형 스프링클러 개발의 경제성 시뮬레이션

압력보상형 스프링클러의 가격경쟁력을 비교하기 위하여 동일한 규격(28ℓ/h, 1.5~4.0bar)의 수입제품과 국산개발제품 남경PC스프링클러의 소비자가격을 비교하면, 국내산이 1,500원 수준이고 수입산이 2,000원 수준으로 가격경쟁력이 있는 것으로 나타났다.

표 4-16. 압력보상형 스프링클러의 규격 및 가격 비교

	외국산 제품	국산개발제품	비고
제품 모델·규격	수입 PC스프링클러 28ℓ/h, 1.5~4.0bar	남경 PC스프링클러 28ℓ/h, 1.5~4.0bar	
판매가격	2000원	1500원	최종 소비자가격

주: 수입품은 이스라엘 ‘난단’

압력보상 스프링클러의 성능 평가 방법은 ①시간당 일정공급유량(29ℓ/hr)기준 하에서 ②일정압력을 순차적 차등적용(1.5~4.0bar)하여 ③시간·압력변화에 의한 유량오차를 측정하는 방식이다.

수입 PC스프링클러와 PC스프링클러의 3차 유량테스트 결과, 수입스프링클러 평균 오차율은 11.35%, 남경스프링클러의 평균 오차율은 5.5%로 각각 나타나 국산개발제품이 더 우수한 것으로 나타났다.

경제성 평가 결과를 종합하면(표 4-24), 수입산 PC스프링클러는 성능점수가 42.5점(오차율 11.35%적용), 가격점수가 50.0점, 합산점수가 92.5로 나타났다. 그리고 국산개발제품(남경PC스프링클러)은 성능점수가 45.0점(오차율 5.5%적용), 가격점수가 60.0점, 합산점수가 105.0점으로 나타나 성능과 가격 모두 수입품보다 경제성이 높은 것으로 평가되었다.

표 4-17. 압력보상형 스프링클러의 성능테스트 결과(2017.7, 경북대)

경도, 45	수입 PC스프링클러의 유량			남경 PC스프링클러 유량		
	수입 1	수입 2	평균	남경 1	남경 2	평균
최대, L/hr	1740	1920	1,830	1980	2100	2,040
최소, L/hr	1540	1800	1,670	1800	1720	1,760
평균, L/hr	1686	1860	1,773	1867	1914	1,890.5
오차율, %	15.7	7.0	11.35	6.7	4.3	5.5

주: 유량오차율(남경) : 평균유량1,890.5/목표유량2,000=0.9425(오차율 5.5%)

그림 4-5. 남경 스프링클러와 수입품의 3차 유량 테스트 결과(2.0 l/hr)

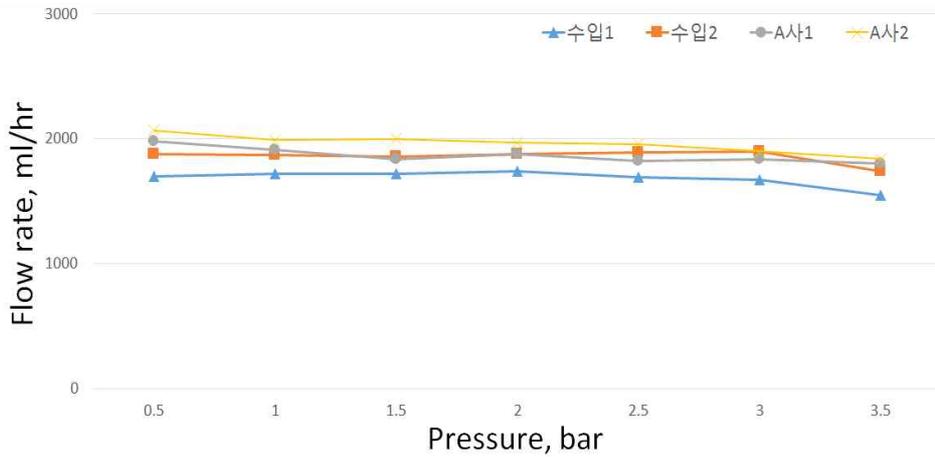


표 4-18. 압력보상형 스프링클러 개발의 경제성 시뮬레이션 분석

	성능오차율 및 가격편차	가중치	개발제품 점수	비고
제품성능 (균일도) (50점)	오차율 0%	0%	50.0(50×1.00)	
	0~5%	△5%	47.5(50×0.95)	
	5-10%	△10%	45.0(50×0.90)	남경 제품
	10-15%	△15%	42.5(50×0.85)	수입 제품
	15%이상	△20%	40.0(50×0.80)	
제품가격 (50점)	수입품대비 20%이상 저가	20%	60.0(50×1.20)	남경 25% (1,500/2,000)
	15%-20%저가	15%	57.5(50×1.15)	
	10%-15%저가	10%	55.0(50×1.10)	
	5%-10%저가	5%	52.5(50×1.05)	
	5%이하 저가	0%	50.0(50×1.00)	수입
평가점수 합계	수입 PC 스프링클러		92.5	
	남경 PC 스프링클러		105.0	

7. 솔레노이드 전자밸브 개발의 경제성 시뮬레이션

7.1. 솔레노이드 전자밸브의 특성과 분석 개요

약칭으로 솔레노이드 밸브(solenoid valve)라고도 한다. 전자석에 의해 밸브의 개폐를 행하는 전자동식 전용밸브이다. 자동제어에 이용되며 온도 조정기나 압력 조정기 등에서 신호전파를 받아 전자코일의 전자력에 의해 자동적으로 밸브를 개폐시킨다. 솔레노이드 코일 가운데 있는 철심과 개폐판(開閉瓣)을 한 뭉치로 만든 액체유량조절로서 코일에서의 자력발생 유무에 따라 열리거나 닫히게 되어 있다.

솔레노이드 전자밸브는 제품의 가격도 다양할 뿐만 아니라 기능 면에서 솔레노이드 소비전력 수준이나 LED 램프 기능 여부도 비교 평가의 대상이 된다. 따라서 솔레노이드 전자밸브의 성능과 가격을 동시에 고려하는 경제성 분석이 필요하며, 이 연구에서도 동일한 조건의 성능과 가격을 시뮬레이션하면서 가중치를 부여하여 경제성을 비교 분석할 수 있다.

7.2. 솔레노이드 전자밸브 개발의 경제성 시뮬레이션

솔레노이드 전자밸브의 가격경쟁력을 비교하기 위하여 외국산 제품으로 버마드 전자밸브(글로버형 DN50, 압력범위 0.7~10bar, 최대온도 60도, 재질 강화나일론, 소비전력 AC 24V/0.097A/전력1.3W)를 채택하였다. 이와 비교하는 국산개발제품은 동일한 성능을 가지는 한솔 전자밸브이다. 수입제품과 국산개발제품의 대리점가격을 비교하면, 국내산이 8만원 수준이고 수입산이 10만원 수준으로 국내산이 가격경쟁력이 있는 것으로 나타났다.

표 4-19. 솔레노이드 전자밸브의 규격 및 가격 비교

	외국산 제품	국산개발제품	비고
제품모델규격	버마드 전자밸브 (글로버형 DN50, 압력범위 0.7~10bar, 최대온도 60도, 재질 강화나일론, 소비전력 AC 24V/0.097A/전력1.3W)	한솔 전자밸브 (글로버형 DN50, 압력범위 0.7~10bar, 최대온도 60도, 재질 강화나일론, 소비전력 AC 24V/0.097A/전력1.3W)	
판매가격	100,000원	80,000원(예상)	대리점 판매가격

솔레노이드 전자밸브는 성능분석에서 ①유량대비 압력손실율과 ②솔레노이드 소비전력 수준, ③LED 램프 기능 여부를 비교 평가하고 성능과 가격간의 가중치를 50 : 50으로 적용한다. 성능분석 가중치(50) 중에서 유량대비 압력손실율과 솔레노이드 소비전력 수준은 가중치를 90%로 적용하고, LED 램프 기능 작동여부는 10%를 적용한다. LED 램프는 전자밸브 고장 유무를 육안으로 확인하여 빠른 대응할 수 있고 작물피해를 줄일 수 있는 기능이 있으므로 평가항목에 포함하도록 한다.

성능 평가 결과에서 수입산보다 국산개발제품의 성능이 다소 우수한 것으로 나타나(국산 45.5, 수입산 43.75) 기술적인 측면에서 선진제품과 동일한 수준의 제품개발이 달성되었다.

표 4-20. 솔레노이드 전자밸브의 성능테스트 결과(2017.7, 충남대)

	제품성능			
	유량대비 압력손실율 (30)	솔레노이드 소비전력 (15)	LED램프 설치여부 (5)	합계 (50)
수입산(버마드)	27.0	14.25	2.5	43.75
국산 개발제품	27.0	13.5	5.0	45.5

경제성 평가 결과를 종합하면, <표4-18>에서 정리한 바와 같이 수입산이 총점 93.75(성능 43.75, 가격 50.0)이고 국산개발제품이 105.5(성능 45.5, 가격 60.0)로 나타났다. 국산개발 제품이 성능면에서 수입산과 비슷한 기술수준을 보이고 있고, 판매가격에서도 수입산보다 25% 이상이 낮게 판매될 것으로 전망됨에 따라 개발이 완료되어 국내에 공급될 경우에 수입대체효과와 함께 수출경쟁력도 크게 높아질 것으로 판단된다.

표 4-21. 솔레노이드 전자밸브 개발의 경제성 시뮬레이션 분석(평가 점수 집계표)

		오차율 및 평가가중치		점수계	수입산	국산 개발	비고
		손실율	가중치				
제품 성능 (50)	압력 손실율 (30)	80.0% 이하	0%	30.0(30×1.00)	-	-	
		80.0~82.5%	△5%	28.5(30×0.95)	-	-	
		82.5-85.0%	△10%	27.0(30×0.90)	27.0	27.0	
		85.0-87.5%	△15%	25.5(30×0.85)	-	-	
		87.5% 이상	△20%	24.0(30×0.80)	-	-	
	솔레노이 드 소비 전력수준 (15)	1.0W 이하	0%	15.0(15×1.00)	-	-	
		1.0~1.5 W	△5%	14.25(15×0.95)	14.25	-	
		1.5-2.0 W	△10%	13.5(15×0.90)	-	13.5	
		2.0-2.5 W	△15%	12.75(15×0.85)	-	-	
	LED램프 (5)	설치	100%	5.0(5×1.00)	-	5.0	
		미설치	30%	2.55(5×0.50)	2.5	-	
	소 계				43.75	45.5	
제품가격 (50)	수입품대비 20% 이상 저가	20%	60.0(50×1.20)	-	60.0		
	15%-20%저가	15%	57.5(50×1.15)	-	-		
	10%-15%저가	10%	55.0(50×1.10)	-	-		
	5%-10%저가	5%	52.5(50×1.05)	-	-		
	5%이하 저가	0%	50.0(50×1.00)	50.0	-	버마드 10만원 한솔 7만원	
평가점수 합계				93.75	105.5		

8. 여과기 개발의 경제성 시뮬레이션

8.1. 여과기의 특성과 분석 개요

여과기(filter)는 관수용 물에서 모래나 입자가 큰 이물질을 걸러내는 장치로, 일반여과기와 자동역세여과기는 성능과 가격의 차이가 큰 편이다. 또한 수입산과 국내제품 간에도 가격이 두 배 정도 차이가 날 정도로 성능 면에서도 차이가 크다.

따라서 여과기에 대해서도 성능과 가격을 동시에 고려하는 경제성 분석이 필요하며, 이 연구에서도 동일한 조건의 성능과 가격을 시뮬레이션하면서 가중치를 부여하여 경제성을 비교 분석할 수 있다. 즉, 제품의 성능과 가격을 각각 50% 씩으로 적용하는 것을 원칙으로 가중치의 구간을 차등적으로 부여하여 경제성을 평가하도록 한다. 경제성 판단기준은 제품성능과 제품가격 가중치 점수를 합산하여 100점 이상이면 경제성이 있는 것으로 판단할 수 있을 것이다.

8.2. 여과기 개발의 경제성 시뮬레이션

(1) 일반형 여과기(50mm)

여과기의 성능 분석에서 ①필터의 여과 성능과 ②필터 환산 압력유지율을 비교 평가하고 성능과 가격간의 소비자 선호도를 고려하여 가중치를 50 대 50으로 적용한다. 또한 성능 분석의 가중치(50) 중에서 필터의 여과 성능을 50% 반영하고 필터의 압력 유지율을 50% 반영하는 것으로 아래 식과 같이 계산하였다.

필터 환산 압력유지율 계량화(130 μ m 필터 여과기)	
성능 점수	$\frac{R_{10} + R_{15} + R_{20}}{2}$
압력유지율(R_I) (유량 $I \text{ m}^3/h$ 에서의 여과기 압력유지율)	$R_I = \frac{H_{input} - H_{loss}}{H_{input}} \times 100\%$ H_{loss} = 여과기 손실 수두 H_{input} = 여과기 통과 전 압력 수두 (대기압력 + 손실수두)

필터여과 성능 계량화(130 μ m 필터 여과기)	
성능 점수	$\frac{F_1 + F_2 + F_3}{3}$
여과율(F_n) (n번째 범위에서의 입자 여과율)	$F_n = \frac{W_I - W_o}{W_I} \times 100\%$ W_o = 여과기 통과 후 검출된 입자 무게 W_I = 여과기 투입 입자 무게 F_1 = No.200(75 μ m) ~ No.140(106 μ m) 입자 여과율 F_2 = No.140(106 μ m) ~ No.120(125 μ m) 입자 여과율 F_3 = No.120(125 μ m) ~ No.100(150 μ m) 입자 여과율

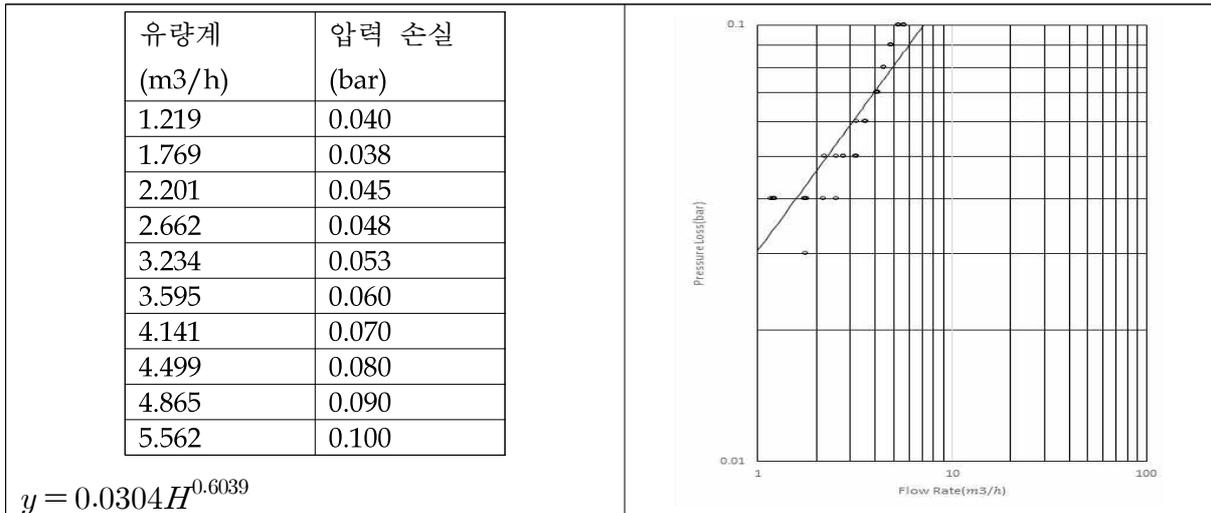
성능 평가대상 제품의 제조사·모델 및 세부규격은 수입산이 이스라엘 알칼여과기 50mm(130 μ m)이고, 국산개발제품은 남경정공 알파-Q 50mm(130 μ m)이다.

먼저, 필터의 환산 압력 유지율을 실험한 결과를 보면 수입산이 88.9점이고 국산개발제품이 86.7점으로 수입산의 성능이 다소 높은 것으로 나타났다. 그런데 여과율 실험에서는 입경의 크

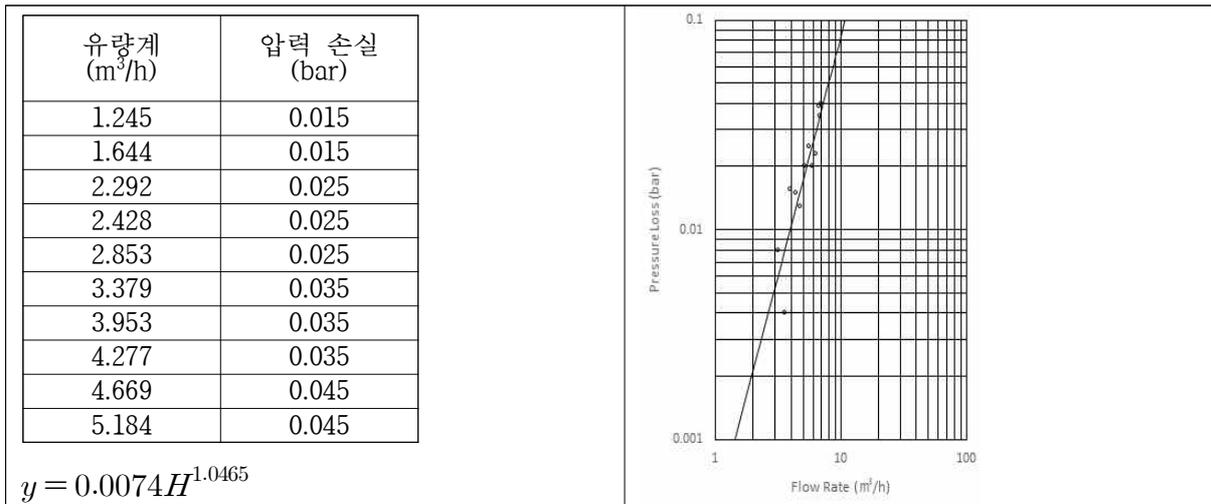
기를 늘려가면서 반응 실험을 실시한 결과를 보면, 통과 입경이 작을수록 수입산보다 국산제품의 성능이 우수한 것으로 나타났다. 즉, 입경의 변화에 따른 여과율을 평가한 전체 성능점수는 수입산이 82.2점이고 국산제품이 93.2으로 분석되었다.

그림 4-6. 일반형 여과기의 국내개발제품과 수입제품의 성능 비교

국산 개발품 : 남경정공 알파-Q 50mm(130 μ m)



수입산 : 알칼여과기 50mm(130 μ m)

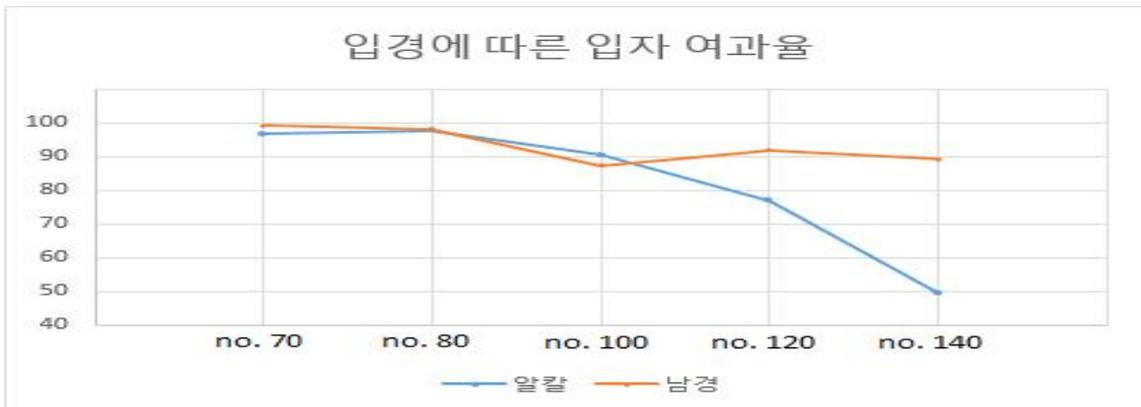


	수두손실회귀식	R_{10}	R_{15}	R_{20}	성능 점수
수입산	$y = 0.0074H^{1.0465}$	92.4	88.8	85.5	88.9
국산 개발품	$y = 0.0304H^{0.6039}$	89.1	86.5	84.3	86.7

표 4-22. 필터 여과 성능 평가 결과(2018.4, 서울대)

체 번호 (입경의 크기 범위)	여과율 (F_n)	투입 입자 (g)	수입산		국산 개발품	
			통과 입자(g)	여과율 (%)	통과 입자(g)	여과율 (%)
70-80번 ($212\mu m - 180\mu m$)	F_1	5	0.16	96.8	0.04	99.2
80-100번 ($180\mu m - 150\mu m$)	F_2	5	0.11	97.8	0.10	98.0
100-120번 ($150\mu m - 125\mu m$)	F_3	5	0.48	90.4	0.63	87.4
125 μm (130mesh) 이상 평균	성능 점수	-	-	95.0	-	94.9
120-140번 ($125\mu m - 106\mu m$)	-	5	1.16	76.8	0.40	92.0
140-200번 ($106\mu m - 75\mu m$)	-	5	2.53	49.4	0.54	89.2
전체 성능점수		-	-	82.2	-	93.2

그림 4-7. 일반형 여과기의 입경에 따른 여과율 변화



이상의 기술적인 성능 평가점수에 판매가격을 고려한 종합적인 경제성 분석의 결과는 다음과 같다. 즉, 성능 면에서는 필터 여과 성능을 25점 만점으로, 필터 환산 압력유지율을 25점 만점으로 환산하여 합계가 50점 만점으로 설정하였는데, 수입산이 46.0점이고 국산품이 45.4점으로 차이가 크게 나타나지 않았다. 소비자판매가격에서는 수입산이 195,000원이고 국산품이 90,000원으로 46% 정도 저렴하다.

종합적으로 판단하면, 수입산(알칼여과기)은 성능점수가 46.0점이고 가격점수가 50.0점으로 합산한 종합평가점수는 96.0으로 나타났다. 그리고 국산개발제품(남경정공 알과큐)은 성능점수가 45.4점이고 가격점수가 60.0점으로 합산한 종합평가점수는 105.4점으로 나타나 수입품보다 경제성이 높은 것으로 평가할 수 있다.

따라서 이번에 개발된 국산개발제품 여과기의 대량 생산체계를 구축하여 생산비를 절감하게 되면 국내 50mm 일반여과기 판매원가는 더 저렴해질 것으로 예상되며, 성능을 보완함으로써 수출시장도 개척할 수 있을 것으로 전망된다.

표 4-23. 일반형 여과기의 성능테스트 및 가격 비교

성능테스트 결과 점수 집계표: 50mm 일반여과기(130 μ m)

	원 점수		환산 점수($\times 0.25$)		비고
	수입산	국산개발	수입산	국산개발	
필터여과성능(25)	95점	94.9점	23.8점	23.7점	
필터 환산 압력유지율(25)	88.9점	86.7점	22.2점	21.7점	
합계	-	-	46.0	45.4	

가격 비교 집계표: 소비자 판매가 기준

	대리점가	소비자 판매가	환산점수	비고
수입산 (A)	154,000원	195,000원	50	
국산개발제품 (B)	65,000원	90,000원	60	
가격 차이 (A-B)	89,000원	105,000원		

주: 국산 개발제품이 수입산 대비 54% 저렴

표 4-24. 일반형 여과기 개발의 경제성 시뮬레이션 분석

	성능 및 가격평가		가중치 차감	평가점수	비고
	상	여과율등 0%			
제품성능(50점) -필터여과 성능 -필터환산 압력 유지율	상	여과율등 0%	0%	50.0(50 \times 1.00)	
	상중	0~5%	Δ 5%	47.5(50 \times 0.95)	
	중	5-10%	Δ 10%	45.0(50 \times 0.90)	수입산 46.0 국내개발 45.4
	중하	10-15%	Δ 15%	42.5(50 \times 0.85)	
	하	15%이상	Δ 20%	40.0(50 \times 0.80)	
제품가격 (50점)	상	수입품대비 20%이상 저가	20%	60.0(50 \times 1.20)	국내개발 60 (90,000/195,000)
	상중	15%-20%저가	15%	57.5(50 \times 1.15)	
	중	10%-15%저가	10%	55.0(50 \times 1.10)	
	중하	5%-10%저가	5%	52.5(50 \times 1.05)	
	하	5%이하 저가	0%	50.0(50 \times 1.00)	수입산 50
평가점수 합계	수입산		알칼	96	
	국산개발제품		남경정공	105.4	

(2) 자동역세 여과기

자동역세여과기의 평가대상 제품은 수입산이 이스라엘 알칼 50mm 자동역세여과기이고, 국산개발제품은 남경정공 50mm 자동역세여과기이다.

자동역세여과기의 성능 분석에 대해서도 ①여과기 압력유지율과 ②여과기 세척능력을 비교 평가하고, 성능과 가격 간의 소비자 선호도를 고려하여 가중치를 50 대 50으로 적용한다. 그리고 가중치(50) 중에서 여과기 압력유지율 50%와 여과기 세척능력 50% 씩을 각각 적용한다.

여과기 압력유지율 계량화	
성능 점수	R
압력유지율(R)	$R = \frac{H_{input} - H_{loss}}{H_{input}} \times 100\%$
	H_{loss} = 여과기 손실 수두 H_{input} = 여과기 통과 전 압력 수두 (대기압력 + 손실수두)

여과기 세척능력	
성능 점수	W
세척력(W)	$W = \frac{N_0 - N}{N_0} \times 100\%$
	N = 실험 통한 세척 횟수 N_0 = 기준 세척 횟수(20회)

먼저, 여과기의 손실수도를 실험한 결과를 보면 수입산의 성능이 79.39점이고 국산개발제품의 성능이 61.7점으로 수입산이 17점이나 높은 것으로 나타났다. 또한 여과기 여과기 세척 능력 평가에서도 수입산이 80.5점이고 국산개발제품이 64.5로 15점 정도의 차이를 보여 수입산의 기술적 성능이 높은 것으로 분석되었다.

표 4-25. 여과기 손실수두 평가 결과

	역세척 횟수 (회)	소요시간 (분)	역세척 직후 수두손실 (bar)
Arkal	1	2	0.30
	2	1.5	0.27
	3	5	0.27
	4	6	0.26
	5	6	0.26
	6	9	0.27
	7	8	0.26
남경	1	3	0.63
	2	4	0.64
	3	4.5	0.62
	4	1	0.64
	5	3	0.62
	6	2	0.63
	7	2	0.62

	수두손실(bar)	R	성능 점수
수입산	0.26	79.3	79.3
국산 개발품	0.62	61.7	61.7

표 4-26. 여과기 세척 능력 평가 결과(2018.4, 서울대)

	역세척 횟수 (회)	수두손실(bar)			
		1회	2회	3회	평균
Arkal	1	0.38	0.39	0.38	0.38
	2	0.31	0.30	0.32	0.31
	3	0.27	0.28	0.29	0.28
	4	0.28	0.27	0.27	0.27
	5	0.27	0.27	0.28	0.27
남경	1	0.68	0.69	0.68	0.68
	2	0.66	0.67	0.67	0.67
	3	0.67	0.66	0.66	0.66
	4	0.66	0.66	0.66	0.66
	5	0.66	0.65	0.65	0.65
	6	0.65	0.65	0.64	0.65
	7	0.64	0.64	0.64	0.64

	세척횟수	W	성능 점수
수입산	3.8회	80.5	80.5
국산 개발품	7.2회	64.5	64.5

표 4-27. 자동역세 여과기의 성능테스트 및 가격 비교

성능테스트 결과 점수 집계표: 자동역세여과기

	원 점수		환산 점수(×0.25)		비고
	수입산	국산개발	수입산	국산개발	
여과기 손실 수두 (25)	79.3점	61.7점	19.8점	15.4점	
여과기 세척 능력 (25)	80.5점	64.5점	20.1점	16.1점	
합계	-	-	39.1점	31.5점	

가격 비교 집계표: 소비자 판매가 기준

	소비자 판매가	환산점수	비고
수입산 (A)	2,700,000원	50	
국산개발제품 (B)	2,000,000원	60	
가격 차이 (A-B)	700,000원		

종합적으로 판단하면, 수입산(알칼여과기)은 성능점수가 46.0점이고 가격점수가 50.0점으로 합산한 종합평가점수는 96.0으로 나타났다. 그리고 국산 개발품(남경정공 알파큐)은 성능점수가 45.4점이고 가격점수가 60.0점으로 합산한 종합평가점수는 105.4점으로 나타나 수입품보다 경제성이 높은 것으로 평가할 수 있다.

종합적으로 경제성을 분석하면, 수입산(알칼 역세여과기)은 성능점수가 39.1점(하, 가중치 20% 적용)이고 가격점수가 50.0점으로 합산한 종합평가점수는 89.1으로 나타났다. 그리고 국산 개발제품(남경정공 역세여과기)은 성능점수가 31.5점(하, 가중치 20%적용)이고 가격점수가 60.0점으로 합산한 종합평가점수는 91.4점으로 나타나 수입품보다 경제성이 다소 높은 것으로 평가

할 수 있다. 그러나 앞에서 지적한 바와 같이 국산개발제품의 성능은 수입품보다 뒤지고 있으므로, 향후 역세여과기의 수요를 주시하면서 수요가 증가하는 시점에서 기술적인 성능이 개선된 제품으로 보강될 필요가 있다.

표 4-28. 자동역세 여과기 개발의 경제성 시뮬레이션 분석

	성능 및 가격평가		가중치 차감	평가점수	비고
	상	여과율 0%			
제품성능 (50점) -여과기 손실 수두 -여과기 세척 능력	상	여과율 0%	0%	50.0(50×1.00)	
	상중	0~5%	△5%	47.5(50×0.95)	
	중	5-10%	△10%	45.0(50×0.90)	
	중하	10-15%	△15%	42.5(50×0.85)	
	하	15%이상	△20%	40.0(50×0.80)	수입산 39.1 국내개발 31.5
제품가격 (50점)	상	수입품 대비 20% 이상 저가	20%	60.0(50×1.20)	국내개발 60
	상중	15%-20%저가	15%	57.5(50×1.15)	
	중	10%-15%저가	10%	55.0(50×1.10)	
	중하	5%-10%저가	5%	52.5(50×1.05)	
	하	5%이하 저가	0%	50.0(50×1.00)	수입산 50
평가점수 합계	수입산		알칼	89.1	
	국산개발제품		남경정공	91.5	

9. 점적관수장치 핵심제품의 작물시험재배를 통한 생산성 분석

9.1. 작물시험재배 개요

이 연구를 통하여 개발된 점적관수장치 핵심제품에 대한 작물시험재배 시험은 농촌진흥청 원예특작과학원 시설원예연구소에서 수행하였다. 그러나 작물시험재배는 점적관수장치 핵심제품들이 개발된 후에 이를 작물재배에 적용해야 하는 어려움이 있기 때문에, 여기서는 2017년 6월부터 7월까지 시험재배된 점적테이프와 점적호스의 사례를 정리하기로 한다.

첫 번째 시험구에서는 시설 토마토 관비재배에 점적테이프를 적용한 실증시험을 목적으로 하여 개발제품1(여과기 부착), 개발제품2(여과기 미부착), 대조구(수입점적 테이프 적용) 등으로 구분하였다.

그림 4-7. 시설토마토 관비재배의 점적테이프 적용에 따른 수량 변화

Liner type 10cm*0.18t*0.7l/h*1,000m

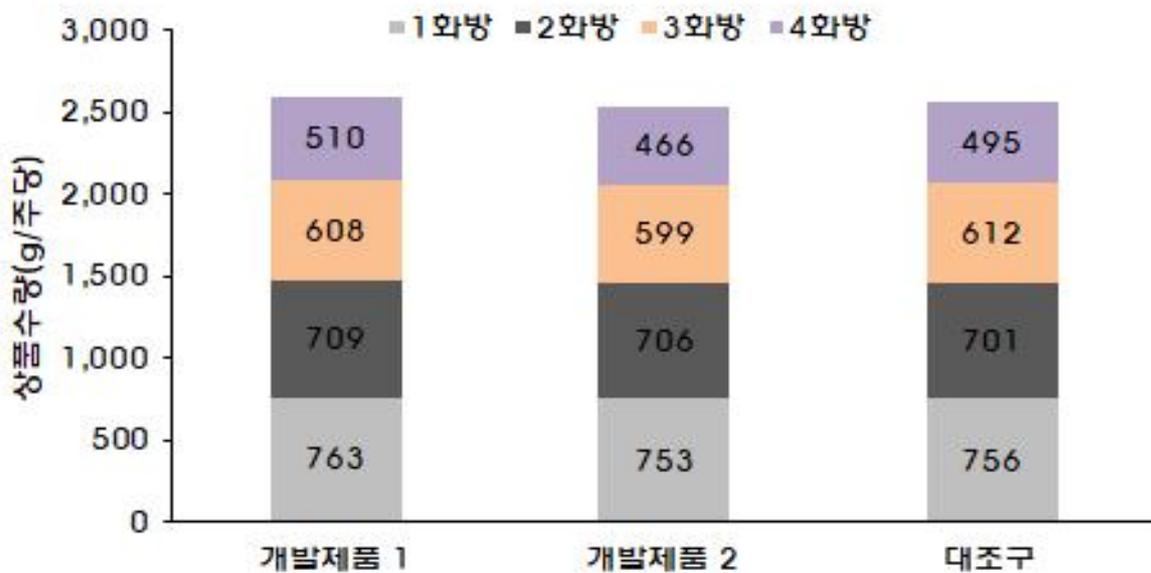


표 4-29. 시설토마토 관비재배의 점적테이프 적용에 따른 수량 변화(2017.6.7~7.6)

처리	평균 과중 (g)	상품과(/주)		비상품과(/주)		총수량(/주)		상품수량 (kg/10a)	상품율 (%)
		과수(개)	과중(g)	과수(개)	과중(g)	과수(개)	과중(g)		
개발제품 1	214	12.1	2,590	1.9	304	14	2,894	10,360	89.5
개발제품 2	212	11.9	2,524	2.1	307	14	2,831	10,096	89.2
대조구	213	12	2,564	2	291	14	2,855	10,256	90.0
DMRT 0.05	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

주: 개발제품 1(여과기 부착), 2(여과기 미부착),
대조구 : 수입점적 테이프, Liner type 10cm*0.18t*0.7l/h*1,000m

두 번째 시험구에서는 시설 토마토 관비재배에 PC(압력보상) 점적호스를 적용한 실증시험을 목적으로 하여 개발제품1(여과기 부착), 개발제품2(여과기 미부착), 대조구(수입 PC점적호스 적용) 등으로 구분하였다.

그림 4-7. 시설토마토 관비재배시 점적호스에 따른 화방별 수량 변화
30cm(간격)*1.1t*2.0l/h*200m

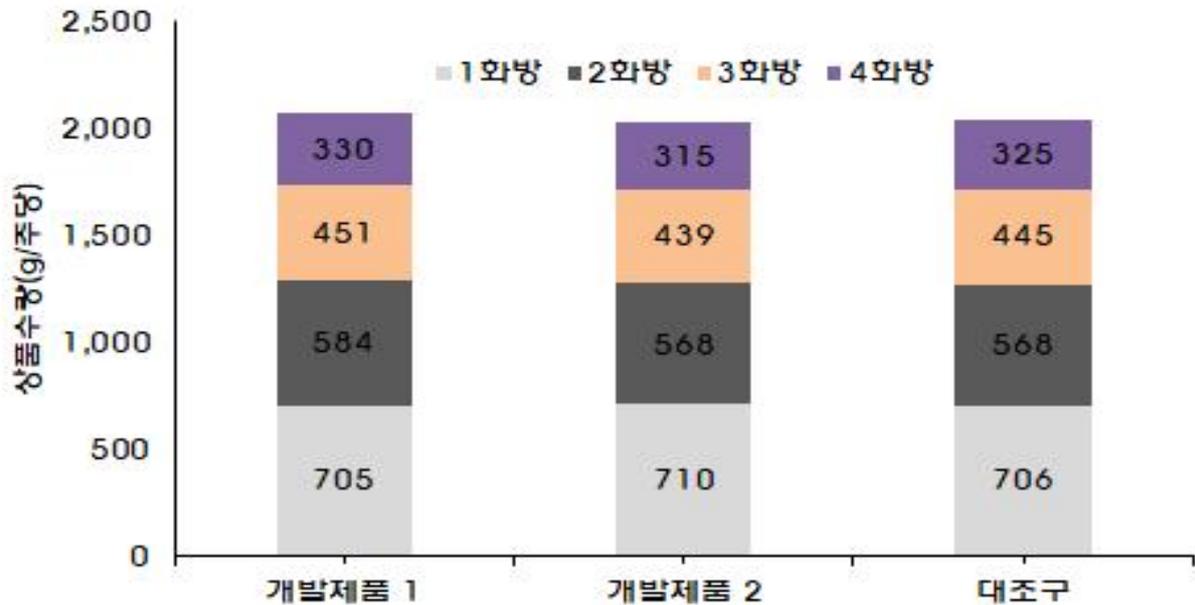


표 4-30. 시설토마토 관비재배의 점적호스 적용에 따른 수량 변화 (2017.6.7~7.6)

처리	평균 과중 (g)	상품과(/주)		비상품과(/주)		총수량(/주)		상품수량 (kg/10a)	상품율 (%)
		과수(개)	과중(g)	과수(개)	과중(g)	과수(개)	과중(g)		
개발제품 1	207	10.0	2,070	2.0	260	12	2330	8,280	89
개발제품 2	205	9.9	2,032	2.1	254	12	2286	8,128	89
대조구	204	10.0	2,044	2.0	250	12	2294	8,176	89
DMRT 0.05	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

주: 개발제품 1(여과기 부착), 2(여과기 미부착),
대조구 : 수입 PC점적호스(이태리, 유로드립) 30cm(간격)*1.1t*2.0l/h*200m

9.2. 작물시험재배 결과 및 생산성 분석

먼저, 점적테이프를 적용한 시험재배 결과를 보면, 개발제품1구(여과기 부착)의 수확량이 10,360g, 개발제품2구(여과기 미부착) 수확량이 10,096g, 대조구(수입점적 테이프 적용)의 수확량이 10,256g 등으로 큰 차이를 나타내지 않았다. 또한 상품율도 각각 89.5%, 89.2%, 90.0% 등으로 비슷하게 나타났다.

다음으로, PC(압력보상) 점적호스를 적용한 시험재배 결과를 보면, 개발제품1구(여과기 부착)의 수확량이 8,280g, 개발제품2구(여과기 미부착) 8,128g, 대조구(수입 PC점적호스 적용) 8,176g 등으로 나타났으며, 상품율은 모두 89% 수준으로 나타났다.

따라서 점적테이프와 점적호스를 적용한 시험재배만으로는 아직 국산개발제품의 기술적 우위를 판단하기 어려운 상황임을 알 수 있다. 이러한 시험 결과를 적용하여 생산성 분석을 시도하였으나, 대조구 대비 개발제품1구의 생산액 비율이 101.4%로 큰 차이를 나타내지 않았다.

결론적으로, 이번에 개발된 점적관수 핵심제품 모두를 적용하여 작물재배시험을 시도하는 것이 남은 과제이다.

표 4-31. 시설토마토 점적관수(점적테이프 적용) 시험재배 생산성 비교

		대조구 시설재배 (A)	개발제품1구 시설재배 (B)	대비 (B/A, %)	비 고
생산량 (g)		2,855	2,894	101.4	
품질	상품과 (%)	12 (85.7%)	12.1 (86.4%)	100.8	
	비상품과 (%)	2 (14.3%)	1.9 (13.6%)	95.0	
생산액 (원)		22,840	23,152	101.4	

주: 토마토 가격은 8,000원/kg 공통 적용.

참고: 토마토 시설재배의 수익성 동향

여기서는 점적관수 기술을 채용한 작물시험 결과에 대하여 일반 농가의 수준과는 어느 정도의 차이가 있는지 토마토 시설재배의 수익성을 알아보려고 한다. 농촌진흥청에서는 매년 농산물소득조사 자료를 발표하고 있는데, 시설원예로 많이 재배되는 토마토 경영의 수익성에 대하여 최근 동향을 간략히 정리한다.¹⁾

(1) 토마토 수익성 동향

2011년부터 5년간 토마토의 10a당 수익성을 보면, 반축성의 경우 조수입은 2013년까지 증가하였으나, 2014년 이후 가격 하락의 영향으로 감소하고 있다. 5년 평균 조수입은 15,708천원이고, 경영비는 7,511천원으로, 소득은 8,197천원이다.

반축성 토마토의 조수입은 생산량보다는 판매가격의 영향을 많이 받으며, 2012년도에는 농가 수취가격이 2,157원/kg이고 조수입이 17,368천원/10a으로 높았으나, 2014년도에는 농가 수취가격이 1,966원/kg일 때 조수입이 14,265천원/10a으로 낮아졌다. 따라서 경영비와 소득도 큰 변동이 없으나, 조수입과 비슷한 변화 형태를 보이고 있다.

축성토마토의 경우는 최근 5년 평균 10a당 조수입이 23,524천원이며, 경영비는 12,674천원으로 소득은 10,850천원으로 나타났다. 최근 5년간 축성토마토의 조수입과 경영비는 2013년 이후 감소하고 있는 추세인 반면 소득은 지속적으로 증가하는 추세이다. 조수입은 생산량보다는 가격의 영향을 많이 받으며, 가격이 높은 2013년도에는 농가 수취가격이 2,662원/kg으로 조수입이 26,833천원/10a으로 높았다. 경영비는 2013년 이후 감소의 폭이 커 소득이 지속적으로 증가하고 있다.

1) 농촌진흥청 농산물소득조사 자료에서 발췌 정리.

< 반축성 토마토 수익성 >

(단위 :

구 분	2011	2012	2013	2014	2015	5년 평균	
수량(kg/10a)	7,510	8,041	8,157	7,230	7,362	7,660	
수취가격(원/kg)	1,868	2,157	2,101	1,966	2,122	2,043	
조수입(A)	14,060	17,368	17,195	14,265	15,653	15,708	
경 영 비	종자/종묘비	830	1,087	1,129	1,100	1,140	1,057
	무기질비료비	298	368	363	330	412	354
	유기질비료비	359	449	449	274	180	342
	농약비	77	110	117	119	156	116
	광열동력비	1,150	1,562	1,909	1,513	1,576	1,542
	제재료비	1,492	1,638	1,464	1,239	1,105	1,387
	감가상각비	1,355	1,544	1,861	1,584	1,693	1,607
	기타요금*	178	199	252	183	158	194
	임차료	176	209	211	196	218	202
	위탁영농비	-	1	5	46	17	17
	고용노력비	505	577	720	762	910	695
계(B)	6,421	7,743	8,481	7,346	7,563	7,511	
소득(A-B)	7,639	9,625	8,715	6,919	8,090	8,197	
소득률(%)	54.3	55.4	50.7	48.5	51.7	52.1	

천 원/10a)

< 축성 토마토 수익성 >

구 분	2011	2012	2013	2014	2015	5년 평균	
수량(kg/10a)	9,040	8,801	10,080	11,734	11,734	10,085	
수취가격(원/kg)	1,955	2,463	2,662	2,189	2,189	2,331	
조수입(A)	17,673	21,683	26,833	25,757	25,757	23,524	
경 영 비	종자/종묘비	580	710	939	995	995	845
	무기질비료비	293	379	502	650	650	520
	유기질비료비	388	446	470	581	581	441
	농약비	113	124	180	242	242	187
	광열동력비	3,208	3,810	4,444	2,599	2,599	3,443
	제재료비	2,289	2,932	3,762	3,087	3,087	3,011
	감가상각비	1,264	1,714	2,549	2,129	2,129	1,944
	기타요금*	166	205	201	217	217	185
	임차료	303	386	501	615	615	480
	위탁영농비	20	23	54	1	1	49
	고용노력비	1,116	1,210	2,082	1,645	1,645	1,569
계(B)	9,738	11,940	15,684	12,760	12,760	12,674	
소득(A-B)	7,935	9,744	11,149	12,997	12,997	10,850	
소득률(%)	44.9	44.9	41.5	50.5	50.5	46.1	

(단위 :

천 원/10a)

자료: 농촌진흥청. 농산물소득조사 자료, 각년도

주: * 기타요금은 수선비, 수리비, 소농구비를 포함한 금액임

최근 5년 평균 토마토 작형별 수익성을 비교해 보면, 축성 토마토가 반축성 토마토 보다 수량과 가격이 높아 조수입이 1.5배 높은 것으로 나타났다. 축성토마토의 소득이 반축성 보다 1.3배 높은 것으로 나타났으나, 축성토마토는 경영비의 비중이 커서 소득률은 반축성 토마토가 더

높은 것으로 분석되었다. 한편, 방울토마토의 경우는 가격이 3,057원/kg으로 가장 높으나 경영비의 비중이 많아 소득률은 45.5%로 가장 낮았다.

< 작형별 토마토 수익성 비교(2015년) >

구 분		수량 (kg/10a)	수취가격 (원/kg)	수익성(천원/10a)			소득률* (%)
				조수입	경영비	소득	
일반 토마토	반축성(A)	7,660	2,043	15,708	7,511	8,197	52.1
	축성(B)	10,085	2,331	23,524	12,674	10,850	46.1
	평균	8,872	2,187	19,616	10,092	9,524	49.1
방울토마토		6,573	3,057	20,081	10,937	9,144	45.5
B/A		1.3	1.1	1.5	1.7	1.3	0.9

자료 : 농촌진흥청, 농산물소득조사.

주 : * 소득률=소득/조수입

작형별 토마토의 10a당 투입된 경영비를 비교해 보면, 축성 토마토가 반축성 보다 1.7배 높았다. 축성토마토는 반축성보다 제재료비와 임차료가 약 3배 정도 높았으며, 비료비가 2배 이상 높은 것으로 나타났다. 종자·종묘비와 위탁영농비를 제외한 대부분의 비용이 축성재배에서 더 높은 것을 알 수 있다. 한편, 방울토마토는 임차료와 위탁영농비, 광열비를 제외하고 일반토마토와 경영비가 비슷하게 투입되고 있다.

< 작형별 토마토 투입비용 비교(2015년) >

구 분		종자 종묘비	비료비	농약비	광열비	제재료 비	감가상 각비	임차료	위탁영 농비	고용노 력비	기타	계
일반 토마토	반축성(A)	1,140	592	156	1,576	1,105	1,693	218	17	910	158	7,563
	축성(B)	995	1,231	242	2,599	3,087	2,129	615	1	1,645	217	12,760
	평균	1,067	911	199	2,088	2,096	1,911	416	9	1,277	188	10,162
방울토마토		1,187	771	230	3,028	1,885	2,001	292	102	1,291	139	10,924
B/A		0.9	2.1	1.6	1.6	2.8	1.3	2.8	0.1	1.8	1.4	1.7

(단위 : 천원/10a)

자료 : 농촌진흥청, 농산물소득조사.

(2) 토마토 경영성과와 적정규모

반축성 토마토의 규모별 소득은 10a 미만 6,362천원, 10a~20a 미만 13,334천원, 20a~50a 미만 25,847천원, 50a~1ha미만 46,482천원 등으로 분석되었다. 1ha 이상 재배농가의 경영성과는 조수입 154,640천원, 경영비 89,761천원, 소득 64,879천원으로 높게 나타나 경영규모 확대를 통한 수익성을 높이는 방안을 고려할 필요가 있음을 시사하고 있다.

축성토마토의 규모별 소득은 20a 미만 14,450천원, 20a~50a 미만 56,015천원, 50a~1ha 미만 60,988천원으로 나타났다. 반면에 1ha 이상 재배농가의 경영성과는 조수입 213,662천원, 경영비 169,624천원, 소득 44,038천원으로 조수입은 높게 나타났으나, 규모의 증가에 따른 경영비의 증가로 소득은 낮게 나타났다. 따라서 시설 및 기타 투입비용이 많은 축성재배의 경우, 경영규모를 늘리기 보다는 경영비 감소를 위한 방안을 모색해야 함을 시사하고 있다.

< 반축성 토마토의 규모별 경영성과(2015년) >

(단위 : 천원/10a)

규모별	조수입	경영비	소득
10a 미만	10,177	3,815	6,362
10a~20a 미만	24,892	11,558	13,334
20a~50a 미만	50,197	24,350	25,847
50a~1ha 미만	107,797	61,315	46,482
1ha 이상	154,640	89,761	64,879

< 축성토마토의 규모별 경영성과 >

(단위 : 천원/10a)

규모별	조수입	경영비	소득
10a 미만	10,177	3,815	6,362
10a~20a 미만	24,892	11,558	13,334
20a~50a 미만	50,197	24,350	25,847
50a~1ha 미만	107,797	61,315	46,482
1ha 이상	154,640	89,761	64,879

자료 : 농촌진흥청, 농산물소득조사.

이러한 시설원에 경영성과를 토대로 하여 토마토 경영의 적정규모를 산출해 보기로 한다. 먼저, 도시근로자 소득을 기준으로 토마토 재배농가의 적정규모를 산출해 보면 축성토마토 재배농가가 도시근로자 소득과 동등한 소득(57,423천원, 2015년 기준)을 얻기 위해서 재배해야 할 적정규모는 4,418㎡로 분석되었다. 여기서 보듯이 농가 소득의 증가율이 도시근로자 소득의 증가율보다 크기 때문에 축성토마토 재배농가의 적정 재배규모는 상대적으로 줄어들고 있음을 알 수 있다.

< 도시근로자 소득을 기준한 적정 규모(축성토마토) >

	조수입(A) (천원/10a)	경영비(A) (천원/10a)	소득(A-B) (천원/10a)	도시근로자소득 (C), 천원	적정규모 (C/(A-B)), m ²
2011	17,673	9,738	7,935	50,383	6,349
2012	21,683	11,940	9,744	53,365	5,477
2013	26,833	15,684	11,149	54,826	4,918
2014	25,673	13,248	12,425	56,452	4,543
2015	25,757	12,760	12,997	57,423	4,418
5년 평균	23,524	12,674	10,850	54,490	5,022

< 도시근로자 소득을 기준한 적정 규모(반축성토마토) >

	조수입(A) (천원/10a)	경영비(A) (천원/10a)	소득(A-B) (천원/10a)	도시근로자소득 (C), 천원	적정규모 (C/(A-B)), m ²
2011	14,060	6,421	7,639	50,383	6,595
2012	17,368	7,743	9,625	53,365	5,544
2013	17,195	8,481	8,715	54,826	6,291
2014	14,265	7,346	6,919	56,452	8,159
2015	15,653	7,563	8,090	57,423	7,098
5년 평균	15,708	7,511	8,197	54,490	6,648

자료 : 농축산물 소득자료집, 농촌진흥청

가구당 월평균 가계수지, 통계청

반축성 토마토 재배농가가 도시근로자 소득과 동등한 소득(57,423천원, 2015년 기준)을 얻기 위해서 재배해야 할 적정규모는 7,098㎡로 분석되었다. 여기서 보듯이 반축성토마토 재배는 축성재배보다 소득 수준이 낮아 도시근로자 소득에 대한 적정규모가 더 크게 나타났다.

다음으로, 농가 내부적인 적정규모를 산출해 보기로 한다. 2015년 기준으로 2인 가족 1일 8시간 영농하면서 1년에 252일을 작업한다고 가정 했을 때, 가족노동시간을 기준한 적정규모를 추정하기로 한다.

축성토마토의 순수 자가노동 2인 기준 작업가능 규모는 0.64ha 정도로 시산되며 고용노동 50% 이용 시의 작업가능 규모는 1.2~1.3ha 수준으로 분석되었다. 반축성 토마토의 순수 자가노동 2인 기준 작업가능 규모는 0.99ha 정도로 나타났고, 고용노동 50% 이용 시 작업가능 규모는 1.9~2.0ha 수준으로 나타났다.

노동시간 제약조건 하에서의 가족노동 2인이 경영가능한 규모는 귀농인, 노동력이 부족한 토마토 주산지, 농촌 노임이 상승하는 시기에 노동력 조달의 어려움이 발생하지 않는 자가 노동의 경영가능 규모를 추정한 것이다.

< 가족 노동시간을 기준한 적정규모(2015년 기준) >

재배 작형	10a당 총 노동시간	연중 가능 작업일수	적정규모	
			순수자가노동 (부부2인기준)	고용노동 50% (부부2인기준)
축성	628.0	252일	0.64 ha	1.27 ha
반축성	406.1	252일	0.99 ha	1.98 ha

주 : 1) 연중 가능한 작업일수는 252일로 가정함, 이는 고용노동부 「사업체노동력조사」에서 상용근로자 5인 이상 사업체에 종사하는 상용근로자에 대한 근로일수 분석결과를 이용하여 월 평균 21일(2011~2015년 평균) 근무함을 연중 근로일수를 추정하여 적용함.

2) 부부 2인 작업가능 시간 = 252일 × 8시간 × 2인 = 4,032시간

3) 부부 2인(50%고용) 작업가능 시간 = 252일 × 8시간 × 2인 × 고용노동 2인 = 8,064시간

10. 점적관수장치 핵심제품의 수출 가능성 분석

10.1. 점적관수장치 제품의 국내시장 및 해외시장규모

농림축산식품부 과학기술정책과 자료에 의하면, 점적관수장치의 세계시장 규모는 2016년 시점으로 약 69억 달러(한화 약 7조 9,177억 원)에 달하고 국내시장 규모도 240억 원 수준으로 파악되고 있으며, 이러한 시장규모는 빠르게 증가하고 있는 것으로 알려진다. 물부족 시대와 시설원에 영농의 증가를 반영하는 수치이기도 한다.

그러나 점적관수장치에 대한 국내의 연구개발은 매우 미흡한 수준으로, 농식품부와 농촌진흥청 등을 통한 국가 R&D는 최근 5년간 8건에 불과하고 금액도 36억 원에 불과한 실정이다. 그나마 농업 현장이나 수출에 필요한 압력보상형 점적관수장치 개발은 단 한 건에 불과한 실정이며, 따라서 이 연구에서 점적관수장치 핵심부품을 개발하게 된 배경이기도 하다. 농식품부는 점적테이프, 압력보상형 점적호스, 전자밸브, 여과기 등을 집중적으로 개발하여 현재 300만 달러 수준인 점적관수장치 수출액을 2017년에는 1000만 달러로 확대한다는 계획이다.

점적관수장치 핵심제품의 국내외 시장 규모에 대하여 2016년에 조사된 자료를 보면 다음과 같다. 점적테이프는 국내시장규모가 85억원 수준으로 25%를 수입에 의존하고 있다. 점적호스는 국내시장규모가 45억원 수준으로 15%를 수입에 의존하고 있다. 압력보상 스프링클러는 국내시장규모가 10억원 수준으로 전량을 수입에 의존하고 있다. 전자밸브는 국내시장규모가 15억원 수준으로 전량을 수입에 의존하고 있다. 여과기는 국내시장규모가 75억원 수준으로 일부가 국산제품을 이용하는 것으로 알려진다.

한편, 점적관수장치 핵심제품의 해외시장 규모에 대하여 2016년에 조사된 자료를 보면 다음과 같다. 점적테이프는 해외시장규모가 4조 7,500억원 수준이며, 주요 생산국가와 제조사는 그리스(유로드림), 이스라엘(네타팜), 인도(난단제인), 이태리(이리텍) 등이다. 점적호스는 해외시장규모가 7,500억원 수준으로 주요 생산국가와 제조사는 그리스(유로드림), 이스라엘(네타팜), 인도(난단제인), 스페인, 터키 등이다. 압력보상 스프링클러는 해외시장규모가 1조 원 수준이며, 주요 생산국가와 제조사는 이스라엘(네타팜), 인도(난단제인), 이스라엘(Revilus), 터키, 그리스 등이다. 전자밸브는 해외시장규모가 1천억원 수준이며, 주요 생산국가와 제조사는 이스라엘(버마드), 이스라엘(바카라), 이스라엘(도롯토), 미국(레인버드) 등이다. 여과기는 해외시장규모가 8,700억원 수준이며, 주요 생산국가와 제조사는 이스라엘(아미아드), 스페인(아쥬드), 이스라엘(알칼), 이태리, 인도 등이다. 위와 같은 해외시장규모는 우리나라에서 점적관수장치 핵심부품을 개발하여 수출할 수 있는 시장 여건이기도 하다.

점적관수장치 핵심제품의 국내 제조업체와 매출액을 보면, 점적테이프는 남경, 서원양행, 신동물산, 에센, 태광 등에서 생산하며, 총매출액은 62억원 수준이다. 전자밸브는 시스코에서 생산하며 매출액은 2억원 수준이다. 여과기는 한슬테크, 신농, 태광에이텍, 대우산업 등에서 생산하며, 총매출액은 19억원 수준이다.

또한 점적관수장치 핵심제품의 수입업체와 수입액을 보면, 점적테이프는 삼인, 네타팜, T system, 서원양행, 한그린 등이 30억원 정도를 수입한다. 전자밸브는 점적테이프는 삼인, 서원양행, 한그린, 네타팜, 경농 등에서 12억원 정도를 수입한다. 여과기는 삼인, 서원양행, 네타팜, 경농 등에서 9억원 정도를 수입한다.

표 4-32. 점적관수장치 핵심제품의 국내외 시장 규모(2016년)

제품명	제품사진	수입 현황	국내시장규모		해외시장규모	
			용도	금액 (백만원)	국가-회사명	금액 (백만원)
점적 테이프 (Drip Tape)		20% 수입	점적관수용	10,000	그리스-유로드림, 이스라엘-네타핌 인도-난단제인, 이태리-이리텍	5,000,000
점적 호스 Drip Hose		15% 수입	노지점적용	3,000	그리스-유로드림, 이스라엘-네타핌 인도-난단제인, 스페인, 터키 등	700,000
압력보상 단추/스프링클러		전량 수입	점적관수용 비닐하우스	5,000	이스라엘-네타핌, 인도-난단제인 이스라엘-Revilus, 터키, 그리스 등	1,500,000
전자밸브	전자밸브	전량 수입	구역변 전자밸브용	1,100	이스라엘-버마드, 이스라엘-바카라 이스라엘-도롯토, 미국-레인버드	70,000
	하이드로 밸브	전량 수입	수압조절용 밸브	100	이스라엘-버마드, 이스라엘-바카라 이스라엘-도롯토	10,000
	릴리프밸브	전량 수입	안정용 조절밸브	100	루마니아/작사, 이스라엘/바카라	10,000
여과기		일부 국산	액비 및 원수여과	5,000	이스라엘-아미아드, 스페인-아쥬드 이스라엘-알칼, 이태리, 인도 등	1,000,000

자료: (주)남경 제공

표 4-33. 점적관수장치 핵심제품의 수입업체 및 매출액(2018년)

제품명	국내업체		수입업체		비고
	주요업체	매출금액 (백만원)	주요업체(수입국)	매출금액 (백만원)	
점적 테이프 (Drip Tape)	남경, 서원양행, 신농, 이지, 탑, 에센, 태광 등	8,000	삼인(그,이), 네타핌(이), 아이테크(미), 서원양행(미), 경농(이) 등	2,000	그:그리스 이:이스라엘 미:미국 네:네덜란드 스:스페인 인:인도
전자밸브	한슬테크	200	삼인(이), 서원양행(이,미), 한그린(이), 네타핌(이), 경농(이태리) 등	1,200	
여과기	남경정공, 화진, 푸른, 신일, 한슬테크, 신농, 태광에이텍, 대우산업 등	3,500	삼인(이), 서원양행(스,인) 네타핌(이), 경농(이태리)	1,500	

10.2. 점적관수장치 핵심제품의 수출가능성 분석

앞에서 분석한 점적관수장치 핵심제품의 성능 평가와 가격 평가 그리고 종합 평가를 토대로 수입제품과 국산개발제품의 경쟁력을 상호 비교함으로써 향후의 수출 가능성을 가늠해 볼 수 있을 것이다. 수입산과 국산개발제품의 성능 평가에서는 역세여과기를 제외하고는 대체로 성능이 우수한 것으로 평가되었다. 가격 평가에서는 국산개발제품이 10% 포인트 높은 것으로 설정하였기 때문에 종합 평가 점수가 상대적으로 높게 평가되었다. 여기서 적용한 판매 가격은 제품개발에 소요된 비용을 감안하면서 수입산과의 가격 경쟁력을 확보하기 위한 예상가격이라고 말할 수 있다.

개발제품별로 종합 평가 점수를 100점 만점으로 환산하여 국산개발과 수입산의 격차를 따져 보면, 압력보상형 점적호스 11.6점, 압력보상형 점적단추 11.9점, 압력보상형 스프링클러 11.9점, 솔레노이드 전자밸브 11.2점, 압력보상형 역세여과기 2.6점 등으로 수입산에 비하여 경쟁력을 가지는 것으로 평가되었다. 즉, 역세여과기를 제외하고는 대체로 동등한 성능에서 10% 정도의 가격 경쟁력이 있다고 판단할 수 있다. 또한 대량생산으로 규모경제성을 발휘하면서 생산성 향상을 도모하게 되면 제조원가의 절감도 충분히 가능할 것으로 판단된다.

표 4-34. 점적관수장치 핵심제품별 수입산과 국산개발의 성능 및 가격 평가

	성능 평가		가격 평가		종합 평가		제조사
	수입산	국산개발	수입산	국산개발	수입산	국산개발	
압력보상형 점적호스	45.0	47.5	50.0	60.0	95.0 (88.4)	107.5 (100.0)	국산:남경 수입:유로드립
압력보상형 점적단추	42.5	45.0	50.0	60.0	92.5 (88.1)	105.0 (100.0)	국산:남경 수입:네타팜
압력보상형 스프링클러	42.5	45.0	50.0	60.0	92.5 (88.1)	105.0 (100.0)	국산:남경 수입:난단
솔레노이드 전자밸브	43.7	45.5	50.0	60.0	93.7 (88.8)	105.5 (100.0)	국산:한솔 수입:버마드
50mm 일반여과기	39.1	31.5	50.0	60.0	89.1 (97.4)	91.5 (100.0)	국산:남경정공 수입:알칼

다음으로 수출시장을 개척하는 것이 과제인데, 점적관수장치 핵심제품의 해외시장은 품목별로 차이는 있으나, 기술 개발을 통하여 첨단 설비를 갖추고 제품을 생산하게 되면 생산 속도가 향상됨은 물론 가격경쟁력을 확보하여 해외시장에 충분히 대응할 수 있을 것이다.

이 연구사업의 주관연구기관인 (주)남경은 1997년에 국내 최초로 드립테이프(drip tape)를 개발하여 점적관수 자재시장을 개척한 선구자이다. 이 연구사업에서도 (주)남경은 점적관수장치의 실용화에 중점을 두고 연구를 진행 중인 만큼 현재 관수점적장치의 수출국뿐만 아니라 인도 등 CIS 국가, 사우디아라비아, 네덜란드, 이탈리아, 스페인, 독일, 미국, 중남미 국가 등으로 수출국을 확대하겠다는 계획이다. 이와 같이 (주)남경은 대내적으로는 신제품개발을 착실히 추진하면서 대외적으로는 6개 대륙의 26개 국가에 점적관수장치의 수출 네트워크를 구축함으로써 수출기반을 확립하겠다는 포부를 다지고 있다.

11. 결론 및 제언

점적관수장치 핵심부품 개발은 시설농업을 위한 중요한 첨단기술이며, 우리나라 농업이 정밀 농업으로 한 단계 도약하기 위한 필수적인 기술이라고 할 수 있다. 이에 농림축산식품부와 농림수산식품기술기획평가원은 수입에만 의존하던 점적관수기와 생산설비를 국산화하고 수출을 활성화시키고자 2015년에 ‘첨단생산기술개발사업-수출유망 점적관수장치 핵심제품 개발’ 연구과제를 계획하여 시행하였다.

이 연구의 주관연구기관으로 선정된 (주)남경은 1997년에 국내 최초로 드립테이프(drip tape)를 개발하여 점적관수 자재시장을 개척한 선구자이다. 이 연구에서는 점적관수장치 핵심부품인 압력보상형 점적호스, 압력보상형 점적단추 제품, 압력보상형 스프링클러, 솔레노이드 전자밸브, 여과기 시리즈 등의 5개 제품을 개발하였으며, 이제 대량 생산을 위한 산업화를 남겨두고 있다. (주)남경은 우리나라 점적관수장치 산업화가 이루어지면 세계 점적관수 시장에서 시장점유율을 확보하고 정밀 시설농업을 실현할 수 있을 것이라고 전망하고 있다. 그러나 농자재의 수출시장 개척에는 정책적인 지원이 필요하다. 첨단기술 제품을 생산하는 업체라고 하더라도 신기술로 수출 시장을 개척하기에는 여러모로 어려움이 많기 때문이다.

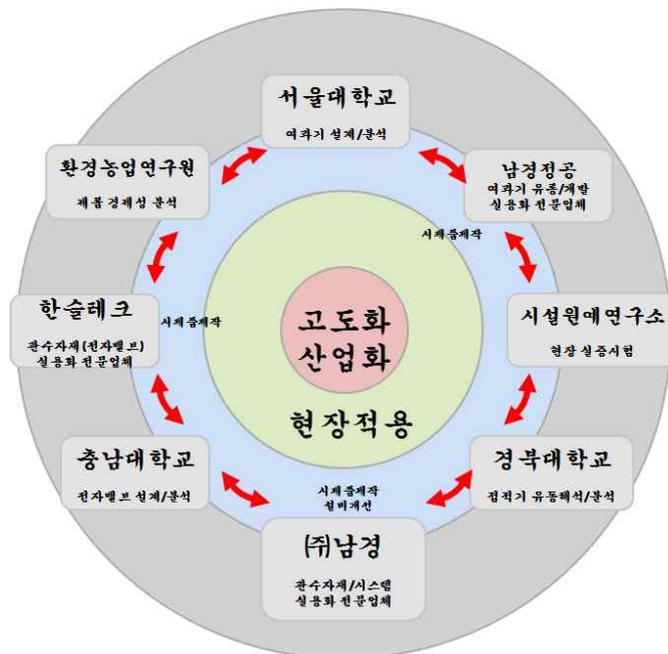
이 연구는 (주)남경을 주관연구기관으로 하여 관련업체 및 대학과 연구소의 협동연구 체제로 수행하였다. 점적관수장치 핵심제품 개발을 위하여 (주)남경, 한슬테크, 남경정공 등이 참여하여 경북대학교, 충남대학교, 서울대학교 등의 교수진과 협동연구를 수행하였으며, 개발된 제품의 작물시험재배를 위하여 농촌진흥청 원예특작과학원 원예연구소가 참여하였고, 또한 제품 개발의 경제성 분석을 위하여 (사)환경농업연구원이 참여하였다. 이러한 과정에서 개발된 지식 정보에 대하여 개발업체와 대학 및 연구소의 실증시험과 포장재배 시험결과 등을 상호 공유함으로써 연구의 효율성을 높이고 연구 효과를 증진시킬 수 있었다고 자부한다.

농림축산식품부와 농림수산식품기술기획평가원이 추진하고 있는 첨단기술개발사업은 신기술 개발뿐만 아니라 개발된 기술의 실용화 및 산업화가 중요하며, 특히 신기술의 산업화를 위한 경제성 분석이 필요하다. 신기술 개발의 현장 활용을 목표로 하여 경제적으로 효율성 있는 기술개발이 추진되어야 하는 것이다. 따라서 연구기술개발 과정에 경제학자가 참여하는 협동연구가 활성화될 것을 제안하고자 한다.

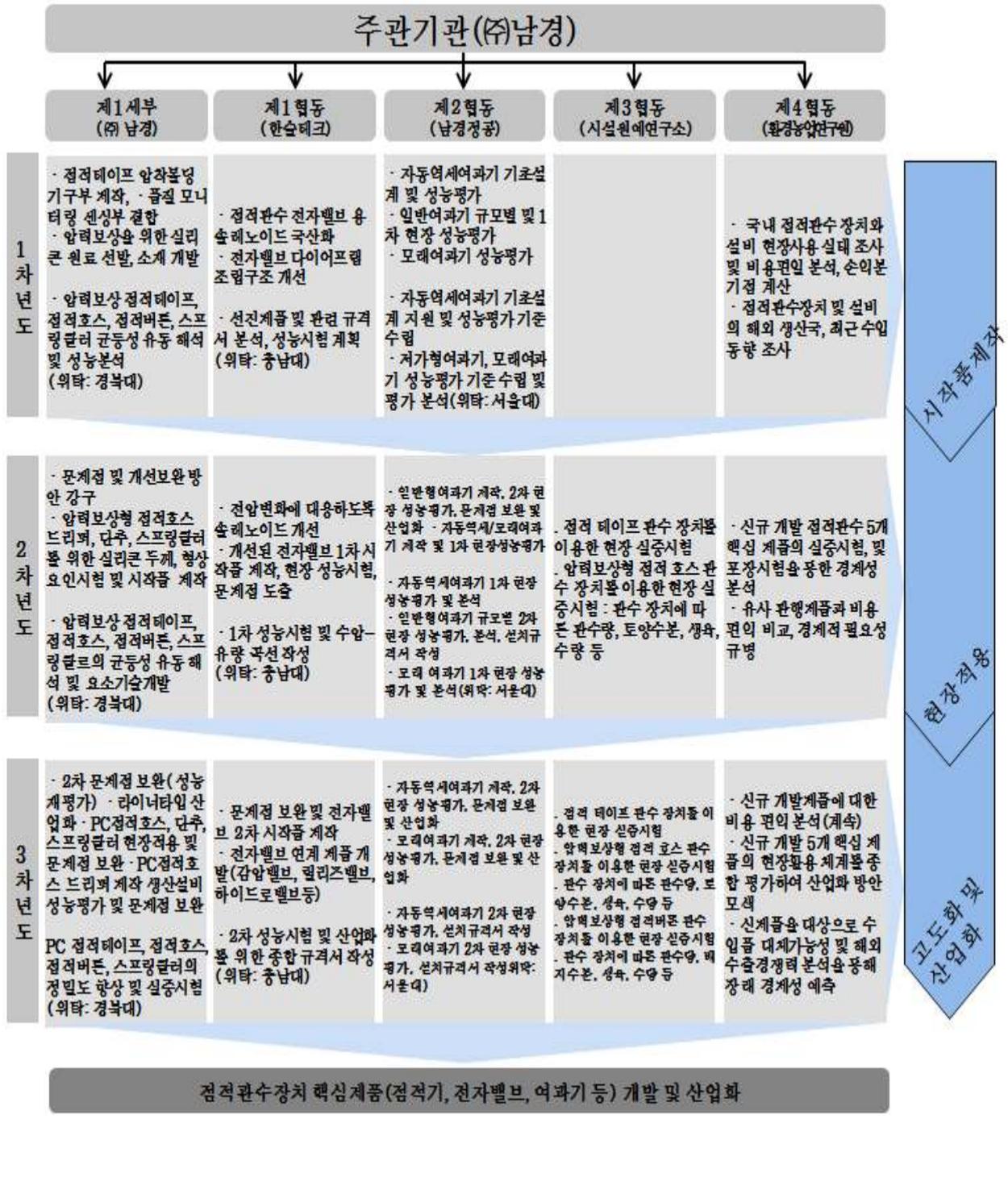
3-3 연구개발 추진전략 및 방법

가. 연구개발 추진전략

- 산·학·관 협력 체제 확고히하여 연구 진행을 원활히 하고 연구결과 신속히 사업화, 실용화 추구
 - 산(점적관수 전문기업 (주)남경, 한슬테크, 남경정공), 학(경북대학교, 충남대학교, 서울대학교), 관(환경농업연구원, 시설원예연구소) 전문가로 구성된 연구팀 및 전문가 pool 구성
 - 월 1 회 연구팀 진도관리, 분기별 전문가 초청 세미나 실시
 - 휴대폰 대화방 등을 이용한 연구팀 상시적인 정보 교환 및 토론 체계 구축
- 지속적인 연구 관련 기술 및 실태 조사 분석
 - 문헌조사, 방문조사를 병행하여 효율적인 기술 조사: 논문, 특허, 제품 동향
 - 국내/외 학술대회, 세미나 참가로 최신 기술 획득
- 실용화 된 기술 및 기성품을 최대한 활용하여 연구개발의 효율성을 높이고, 독자 개발된 기술 및 제품에 대해서는 산업재산권을 신속히 청구
- 참여기업은 타 세부과제에서 설계 및 기초 성능시험을 거쳐 개발된 모듈 및 통합시스템에 대하여 시작품을 제작하고 현장 실용화를 추진함



나. 연구개발 추진 체계



다. 연구개발 추진일정

NO	연구개발 내용	연차별 일정		
		1차년 (2015.09.25~2016.09.24)	2차년 (2016.09.25~2016.09.24)	3차년 (2017.09.25~2018.09.24)
①	초고속 점적테이프 생산설비 개발	생산속도 160 m/min	생산속도 180 m/min	생산속도 200 m/min
②	압력보상형 점적호스 제품 및 생산설비 개발	PC용 실리콘 개발 및 설계	점적호스용 PC드리퍼 생산설비 개발	PC점적호스 (0.5~4.0 bar에서 1.2~3.5 l/h 균등성 95%) 제품 개발
③	압력보상형 단추 제품 및 생산설비 개발	실리콘 개발 및 설계	PC단추 조립 및 생산설비 개발	PC단추 (0.5~4.0 bar에서 2,4,8 l/h 균일점적 (균등성 95%수준))
④	압력보상형 스프링클러 제품 개발	실리콘 개발 / 설계 및 목업	PC스프링클러 개발/테스트	PC스프링클러 (1.5~4.0bar에서 20~110l/h 균등살수 (균등성 95%수준))
⑤	전자밸브 (솔레노이드) 제품 개발	솔레노이드 개발 (AC24V에서 AC18V, LED램프 부착) 벤치마킹을 통한 3D 도면, 금형, 샘플 제작	전자밸브 개발 다이프레임 돌출부 제거 개선, 금형제작 및 샘플 제작	전자밸브 연계부속을 이용한 제품 개발 -릴리프 밸브, 하이드로 밸브
⑥	여과기 시리즈 개발 (일반/자동역세/모래)	여과기 기초설계 및 성능 기준 확정	50mm일반여과기 개발 완료. 75,100mm개발. 자동역세여과기 개발	자동역세여과기 개발 완료(최하역세 유량 압력 1.5 bar 일때 역세유량 10m³/h) 대용량모래여과기 개발 완료 (3"/36" 규격, 최대 여과용량 50m³/h,최대사용압력 10bar)

라. 연구개발 성과

○ 논문게재 성과

구분	논문명	소속	역할	논문게재지	Impact Factor	논문게재일	사사여부	특기사항
논문	CFD해석에 의한 Liner Type 점적관수장치의 성능향상에 관한 연구	경북대학교	제1저자 공저자 교신저자	Journal of Biosystem Engineering	0	2017.03.01	단독사사	비SCI
논문	점적관개용 디스크 여과기의 디스크 홈 단면 형상에 따른 수두 손실 특성 분석	서울대학교	제1저자 공저자 교신저자	한국농공학회 논문집	0	2018.03.01	단독사사	비SCI
논문	점적관수용 PC Dripper의 개선 및 실리온 경도 효과에 관한 연구	경북대학교	제1저자 공저자 교신저자	농업생명과학연구	0	2018.06.11	단독사사	비SCI
논문	점적호스의 경질미로 길이에 따른 유량 특성	경북대학교	제1저자 공저자 교신저자	농업생명과학연구	0	2018.12.31. 예정	단독사사	비SCI

○ 특허성과

구분	특허명	소속	역할	특허등록국가	특허등록일	등록인	특허번호
특허	유체의 흐름이 개선된 전자밸브	한슬테크		대한민국	2017.07.20		10-1761750-000
특허	슬라이드형 수동밸브를 적용한 전자밸브	한슬테크		대한민국	2017.07.20		10-1761748-000
특허	용수 공급호스용 드립	(주)남경		대한민국	2018.02.06		10-1828597-000
특허	압력보상 드립 이미터	(주)남경		대한민국	2018.02.06		10-1828596-000
특허	드립 이미터	(주)남경		대한민국	출원		10-2017-0108649

○ 보고서 원문

구분	보고서/학술지명	소속	보고서/학술지 게재	등록/발표일	비고
학술 발표	Liner type 점적관수장치의 성능향상에 관한연구(1)	경북대학교	2016년 춘계학술대회 (한국농업기계학회)	2016.04.28	농촌진흥청
학술 발표	Liner type 점적관수 장치의 성능향상에 관한연구(2)	경북대학교	2016년 춘계학술대회 (한국농업기계학회)	2016.04.28	농촌진흥청
학술 발표	Liner type 점적관수 장치의 성능향상에 관한연구(3)	경북대학교	2016년 춘계학술대회 (한국농업기계학회)	2016.04.28	농촌진흥청
학술 발표	Liner type 점적관수 장치의 성능향상에 관한연구(4)	경북대학교	2016년 춘계학술대회 (한국농업기계학회)	2016.04.28	농촌진흥청
학술 발표	Liner type 점적관수 장치의 성능향상에 관한연구(5)	경북대학교	2016년 춘계학술대회 (한국농업기계학회)	2016.04.28	농촌진흥청
학술 발표	점적관개용 디스크 여과기의 성능 평가 및 최적구조 분석	서울대학교	2016 한국농공학회 학술회	2016.10.21	대전유성호텔
학술 발표	Computational Fluid Dynamicsfor Performance Evaluation and Optimization ofDisk Filter in Drip Irrigation System	서울대학교	2016 PAWEES	2016.10.20	대전유성호텔
학술 발표	점적관수용 전자밸브 설계 제작	충남대학교	2017 한국 정밀농업학회 춘계학술대회	2017.03.23	농촌진흥청
학술 발표	점적관수기의 PC드립용 실리콘 특성에 관한연구	경북대학교	2017 한국 농업기계학회 춘계학술대회	2017.04.06	경북대
학술 발표	점적호스의 경질미로 길이에 대한 유량의 변화	경북대학교	2017 한국 농업기계학회 춘계학술대회	2017.04.06	경북대
학술 발표	점적호스의 경질미로 유량변화에 대한 CFD해석	경북대학교	2017 한국 농업기계학회 춘계학술대회	2017.04.06	경북대
학술 발표	Analysis of Head Loss in Disk Filters Due to Geometry of Disk Filter Media in Drip	서울대학교	2017 ASABE Annual Meeting	2017.07.18	미국 워싱턴
학술 발표	점적관수용 PC Dripper 성능개선에 관한 연구(1)	경북대학교	(사)한국정밀농업학회 2018년 춘계학술대회	2018.04.12	상주시 농업기술센터
학술 발표	점적관수용 PC Dripper 성능개선에 관한 연구(2)	경북대학교	(사)한국정밀농업학회 2018년 춘계학술대회	2018.04.12	상주시 농업기술센터
학술 발표	점적관수용 PC Dripper 성능개선에 관한 연구(3)	경북대학교	(사)한국정밀농업학회 2018년 춘계학술대회	2018.04.12	상주시 농업기술센터
학술 발표	점적관개용 디스크여과기의 디스크형상에 따른 수두 손실변화 분석	서울대학교	2017 한국농공학회 학술발표회	2017.10.15	제주 라마다호텔
학술 발표	선진사 점적관수용 솔레노이드밸브 성능시험	충남대학교	2017 한국 정밀농업학회 추계학술대회	2017.10.26	광주 김대중 컨벤션센터
학술 발표	Development of a test bench for drip irrigation electronic valve	충남대학교	ACPA	2017.10.16	뉴질랜드, 해밀턴
학술 발표	Design and Fabrication of a Test bench for drip irrigation Electronic valve	충남대학교	AFELISA 2017	2017.11.09	일본 큐슈대학

마. 연구결과

○ 기술적 성과

NO	연구개발 내용	기술적 성과	국내·외 기술수준	의 의
①	초고속 점적테이프 생산설비 개발	속도 200 m/min 달성	국내 생산속도 150 m/min 수준 세계 최고속도 180 m/min	생산속도 향상에 따른 제조단가 절감. 국내외 가격/품질 경쟁력 확보
②	압력보상형 점적호스 개발	압력보상형 점적호스 세계수준 달성 (0.5~4.0bar에서 2.0 l/h 균등점적 94%수준)	국내 제조업체 없음. 수입제품 실험결과 0.5~4.0 bar 에서 2.0l/h 균등 점적 90%수준	국내 최초 압력보상형 드리퍼를 장착한 점적호스를 개발함. 성능은 세계수준의 유로드립을 능가하였음
③	압력보상형 점적단추 개발	압력보상형 점적단추 세계수준 달성 (0.5~3.5 bar에서 2.0 l/h 균등성 97%수준)	국내 제조업체 없음. 수입제품 실험결과 0.5~3.5bar 에서 2.0 l/h 균등점적 89%수준	국내최초 개발한 PC 점적단추의 성능이 수입제품을 능가하였음
④	압력보상형 스프링클러 개발	압력보상형스프링클러 세계수준 달성 (1.0~4.0 bar에서 29 l/h 균등살수 균등성 88.4%수준)	국내 제조업체 없음. 수입제품 실험결과 1.0~4.0bar 에서 2.0 l/h 균등점적 90%수준	국내 최초 압력보상형 스프링클러 개발함. 성능은 세계수준에 근접한 성능에 도달
⑤	솔레노이드 전자밸브 개발	솔레노이드를 이용한 점적관수용 전자밸브 국산화	국내 제조업체 없음. 수입품중 성능이 우수하고 높은 내화학성을 가지는 버마드사 제품이 국내시장 98% 점유	국내최초 솔레노이드를 장착한 전자밸브 제품화 성공. 작동유무 확인용 LED 장착, 하이드로 밸브, 릴리프 밸브 개발
⑥	여과기 시리즈 개발	- 농업용 일반여과기 50mm, 100mm 개발 - 자동역세여과기 개발 - 대용량 모래여과기 개발	- 국내 50mm 일반여과기 대부분 저가상품, 100mm여과기 제조업체 전무함. - 국내 역세여과기 개발 초창기 - 국내 대용량 모래여과기 개발 전무	- 50mm 일반여과기 품질/가격 경쟁력의 중고가 제품화, 100mm 일반 여과기 국내 최초 개발 - 국내 태동기 자동 역세여과기 개발 참여 - 국내최초 대용량 모래 여과기 개발

○ 경제적성과

- 사업화 성과

항목	세부항목			성 과	
사업화 성과	매출액	① 초고속 점적테잎 (Liner type)	개발후 현재까지	3.7 억원	
			향후 3년간 매출	21.7 억원	
		⑥ 50mm일반 여과기	개발후 현재까지	0.5 억원	
			향후 3년간 매출	21 억원	
	시장 점유율	① 초고속 점적테잎 (Liner type)	개발후 현재까지	국내 : 20 % 국외 : 0 %	
			향후 3년간 매출	국내 : 50 % 국외 : 0.04%	
		⑥ 50mm일반 여과기	개발후 현재까지	국내 : 1 % 국외 : 0 %	
			향후 3년간 매출	국내 : 15 % 국외 : 1 %	
	<p>① 초고속 점적테잎 (Liner type) 누적 매출 : 370,955,400원 성과등록 완료</p> <p>⑥ 50mm일반 여과기 3차년도 매출 : 52,674,600원 성과등록 완료</p>				

- 사업화 계획

[제1세부 (주)남경] ① 초고속 점적테잎(Liner type)

구분		(2019 년) 개발 종료 후 1년	(2020 년) 개발 종료 후 2년	(2021 년) 개발 종료 후 3년
국 내	시장점유율(%)	20%	40%	50%
	판매량(단위: 롤)	6,000 롤	12,000 롤	15,000 롤
	판매단가(원)	65,000 원	65,000 원	65,000 원
	국내매출액(백만원)	390 백만원	780 백만원	1,000 백만원
해 외	시장점유율(%)			0.04 %
	판매량(단위: 롤)	4,000 롤	10,000 롤	40,000 롤
	판매단가(\$)	25 \$	25 \$	25 \$
	해외매출액(백만\$)	0.1 백만\$	0.25 백만\$	1 백만\$
당사 생산능력1)		50,000 롤	100,000 롤	200,000 롤

[제1세부 (주)남경] ㉔ 압력보상형(PC) 점적호스

구분		(2019 년) 개발 종료 후 1년	(2020 년) 개발 종료 후 2년	(2021 년) 개발 종료 후 3년
국 내	시장점유율(%)	3%	17%	33%
	판매량(단위: 롤)	1,000 롤	5,000 롤	10,000 롤
	판매단가(원)	150,000 원	150,000 원	150,000 원
	국내매출액(백만원)	150 백만원	750 백만원	1,500 백만원
해 외	시장점유율(%)			0.02 %
	판매량(단위: 롤)			18,000 롤
	판매단가(\$)			100 \$
	해외매출액(백만\$)			1.8 백만\$
당사 생산능력1)		3,000 롤	10,000 롤	30,000 롤

[제1세부 (주)남경] ㉕ 압력보상형(PC) 단추

구분		(2019 년) 개발 종료 후 1년	(2020 년) 개발 종료 후 2년	(2021 년) 개발 종료 후 3년
국 내	시장점유율(%)	10%	20%	40%
	판매량(단위: 개)	1,000,000 개	2,000,000 개	4,000,000 개
	판매단가(원)	140 원	140 원	140 원
	국내매출액(백만원)	140 백만원	280 백만원	560 백만원
해 외	시장점유율(%)			0.02 %
	판매량(단위: 개)			20,000,000 개
	판매단가(\$)			0.1 \$
	해외매출액(백만\$)			2 백만\$
당사 생산능력1)		3,000,000,000 개	10,000,000 개	30,000,000 개

[제1세부 (주)남경] ㉖ 압력보상형(PC) 스플링클러

구분		(2019 년) 개발 종료 후 1년	(2020 년) 개발 종료 후 2년	(2021 년) 개발 종료 후 3년
국 내	시장점유율(%)		10%	20%
	판매량(단위: 개)		100,000 개	200,000 개
	판매단가(원)		1,000 원	1,000 원
	국내매출액(백만원)		100 백만원	200 백만원
당사 생산능력1)			300,000 개	500,000 개

[제1협동 한솔테크] ㉗ 솔레노이드용 전자밸브

구분		(2019 년) 개발 종료 후 1년	(2020 년) 개발 종료 후 2년	(2021 년) 개발 종료 후 3년
국 내	시장점유율(%)	10%	15%	20%
	판매량(단위: 개)	1,500 개	1,725 개	3,000 개
	판매단가(원)	50,000 원	55,000 원	55,000 원
	국내매출액(백만원)	75 백만원	94 백만원	165 백만원
당사 생산능력1)		10,000 개	12,000 개	12,000 개

[제2협동 남경정공] ㉞ 50mm 일반 여과기

구분		(2019 년) 개발 종료 후 1년	(2020 년) 개발 종료 후 2년	(2021 년) 개발 종료 후 3년
국 내	시장점유율(%)	5 %	10 %	15 %
	판매량(단위: 개)	5,000 개	10,000 개	15,000 개
	판매단가(원)	70,000 원	70,000 원	70,000 원
	국내매출액(백만원)	350 백만원	700 백만원	1,050 백만원
해 외	시장점유율(%)			1%
	판매량(단위: 개)		6,000 개	24,000 개
	판매단가(\$)		60 \$	60 \$
	해외매출액(백만\$)		0.36 백만\$	1.44 백만\$
당사 생산능력1)		10,000 개	30,000 개	60,000 개

4. 목표달성도 및 관련분야 기여도

코드번호	D-06
------	------

4-1. 목표달성도

NO	연구개발 내용	1차년 (2015.09.25~2016.09.24)	2차년 (2016.09.25~2016.09.24)	3차년 (2017.09.25~2018.09.24)
①	초고속 점적테이프 생산설비 개발	생산속도 160 m/min	생산속도 180 m/min	생산속도 200 m/min
	목표달성률(%)	100%	100%	100%
②	압력보상형 점적호스 제품 및 생산설비 개발	PC용 실리콘 개발 및 설계	점적호스용 PC드리퍼 생산설비 개발	PC점적호스 (0.5~4.0 bar에서 2.0 l/h 균등성 94%) 제품 개발
	목표달성률(%)	100%	95%	94%
③	압력보상형 단추 제품 및 생산설비 개발	실리콘 개발 및 설계	PC단추 조립 및 생산설비 개발	PC점적단추 (0.5~3.5 bar에서 2.0 l/h 균일점적 (균등성 97%수준))
	목표달성률(%)	100%	95%	95%
④	압력보상형 스프링클러 제품 개발	실리콘 개발 / 설계 및 목업	PC스프링클러 개발/테스트	PC스프링클러 (1.0~4.0bar에서 29 l/h 균등살수 (균등성 88.4%수준))
	목표달성률(%)	100%	95%	90%
⑤	전자밸브 (솔레노이드) 제품 개발	벤치마킹을 통한 3D 도면, 금형, 샘플 제작	조립부 볼 트/너트 돌출부 개선	솔레노이드 전자밸브 (작동전압: 18~24 V 유량정밀도: 10%)
	목표달성률(%)	95%	95%	90%
⑥	여과기 시리즈 개발 (일반/자동역세/모래)	여과기 기초설계 및 성능 기준 확정	50mm일반여과기 개발 완료. 75,100mm개발. 자동역세여과기 개발	자동역세여과기 개발 완료 (최하역세 유량 압력 1.5 bar 일때 역세유량 10m ³ /h) 대용량모래여과기 개발 완료 (3"/36" 규격, 최대 여과용량 50m ³ /h, 최대 사용압력 10bar) # 100mm 일반 여과기 개발 완료
	목표달성률(%)	100%	95%	90%

4-2. 관련분야 기여도

NO	연구개발 내용	최종목표('18)	국내·외 기술개발현황	관련분야 기여도
①	초고속 점적테이프 생산설비 개발	속도 : 200 m/min (10cm*0.18t*0.7l/h*1000m 기준)	국내 생산속도 150 m/min수준. 세계 최고속도 180 m/min	생산속도 향상에 따른 생산단가 하락화. 수입산 제품시장 축소
②	압력보상형 점적호스 제품 및 생산설비 개발	압력보상형 점적호스 세계수준 (0.5~4.0bar에서 2.0 l/h 균등점적 94%수준)	국내 압력보상형 점적호스 제조업체 전무. 전량 수입	국내 최초 개발 수입 대체 수출경쟁력 확보
③	압력보상형 단추 제품 및 생산설비 개발	압력보상형 단추 세계수준 (0.5~4.0 bar에서 2, 4, 8 l/h 균등성 97%수준)	국내 압력보상형 점적단추 제조업체 전무. 국내 수요 연간 천만개 이상이나 전량 수입	국내 최초 개발 수입 대체 수출경쟁력 확보 2.0L 제품화. 4L, 8L 추가 개발중
④	압력보상형 스프링클러 제품 개발	압력보상형스프링클러 세계수준 (1.5~4.0 bar에서 29 l/h 균등살수 균등성 88.4%수준)	압력보상형 스프링클러 전량 수입. 국내 제조 업체 전무	국내 최초 개발 수입 대체 단가 우위
⑤	전자밸브 (솔레노이드) 제품 개발	솔레노이드를 이용한 점적관수용 전자밸브 국산화 (조립부 볼트/너트 돌출부 개선. 작동전압목표: 18~24 V. 유량정밀도 목표: 10%)	국내 제조업체 없음. 수입품중 성능이 우수하고 높은 내화학성을 가지는 버마드사 제품이 국내시장 98% 점유	국내최초 솔레노이드를 장착한 전자밸브 제품화 성공. 작동유무 확인용 LED 장착
⑥	여과기 시리즈 개발 (일반/자동역세/모래)	<ul style="list-style-type: none"> - 일반여과기(50,75,100mm) 개발 (최고사용압력 8bar 누수 방지, 최대유량 25m³/h 여과처리) - 자동역세여과기 50m 개발 (최하 역세유량 압력 1.5bar일때 역세 유량 10m³/h) - 대용량 모래여과기 개발 (3"/36"규격, 최대 여과처리 용량 50m³/h, 최대사용압력 10bar 	<ul style="list-style-type: none"> - 일반여과기 수요 증가에 따른 국내 제조업체는 증가 추세이나 대부분 저가제품 - 농업용 자동 역세 여과기의 국내 개발은 태동기 - 대용량 모래 여과기 국내 제조업체 전무 	<ul style="list-style-type: none"> - 50mm 일반여과기 품질/가격 경쟁력의 증고가 제품화, 100mm 일반 여과기 국내 최초 개발 - 국내 태동기 자동 역세여과기 개발 참여 - 국내최초 대용량 모래 여과기 개발

[제1세부 (주)남경] ㉔ 압력보상형(PC) 점적호스

구분		(2019 년) 개발 종료 후 1년	(2020 년) 개발 종료 후 2년	(2021 년) 개발 종료 후 3년
국 내	시장점유율(%)	3%	17%	33%
	판매량(단위: 롤)	1,000 롤	5,000 롤	10,000 롤
	판매단가(원)	150,000 원	150,000 원	150,000 원
	국내매출액(백만원)	150 백만원	750 백만원	1,500 백만원
해 외	시장점유율(%)			0.02 %
	판매량(단위: 롤)			18,000 롤
	판매단가(\$)			100 \$
	해외매출액(백만\$)			1.8 백만\$
당사 생산능력1)		3,000 롤	10,000 롤	30,000 롤

[제1세부 (주)남경] ㉕ 압력보상형(PC) 단추

구분		(2019 년) 개발 종료 후 1년	(2020 년) 개발 종료 후 2년	(2021 년) 개발 종료 후 3년
국 내	시장점유율(%)	10%	20%	40%
	판매량(단위: 개)	1,000,000 개	2,000,000 개	4,000,000 개
	판매단가(원)	140 원	140 원	140 원
	국내매출액(백만원)	140 백만원	280 백만원	560 백만원
해 외	시장점유율(%)			0.02 %
	판매량(단위: 개)			20,000,000 개
	판매단가(\$)			0.1 \$
	해외매출액(백만\$)			2 백만\$
당사 생산능력1)		3,000,000,000 개	10,000,000 개	30,000,000 개

[제1세부 (주)남경] ④ 압력보상형(PC) 스플링클러

구분		(2019 년) 개발 종료 후 1년	(2020 년) 개발 종료 후 2년	(2021 년) 개발 종료 후 3년
국 내	시장점유율(%)		10%	20%
	판매량(단위: 개)		100,000 개	200,000 개
	판매단가(원)		1,000 원	1,000 원
	국내매출액(백만원)		100 백만원	200 백만원
당사 생산능력1)			300,000 개	500,000 개

[제1협동 한슬테크] ⑤ 솔레노이드용 전자밸브

구분		(2019 년) 개발 종료 후 1년	(2020 년) 개발 종료 후 2년	(2021 년) 개발 종료 후 3년
국 내	시장점유율(%)	10%	15%	20%
	판매량(단위: 개)	1,500 개	1,725 개	3,000 개
	판매단가(원)	50,000 원	55,000 원	55,000 원
	국내매출액(백만원)	75 백만원	94 백만원	165 백만원
당사 생산능력1)		10,000 개	12,000 개	12,000 개

[제2협동 남경정공] ⑥ 50mm 일반 여과기

구분		(2019 년) 개발 종료 후 1년	(2020 년) 개발 종료 후 2년	(2021 년) 개발 종료 후 3년
국 내	시장점유율(%)	5 %	10 %	15 %
	판매량(단위: 개)	5,000 개	10,000 개	15,000 개
	판매단가(원)	70,000 원	70,000 원	70,000 원
	국내매출액(백만원)	350 백만원	700 백만원	1,050 백만원
해 외	시장점유율(%)			1%
	판매량(단위: 개)		6,000 개	24,000 개
	판매단가(\$)		60 \$	60 \$
	해외매출액(백만\$)		0.36 백만\$	1.44 백만\$
당사 생산능력1)		10,000 개	30,000 개	60,000 개

5-2. 사업화 전략

○ 참여기업1 [제1세부 (주)남경]

구분	구체적인 내용
형태/규모	<ul style="list-style-type: none"> ○ 상용화 형태 : (국내) 기존 국내유통망 직접 홍보/마케팅 2차년도 부터 매출 창출 (해외) 기존 15개국 바이어 직접 홍보, 국제 전시회 간접 홍보 ○ 수요처 : (국내) 전국 5개지역(경기, 강원, 경상, 전라, 충청) 500개 농자재 대리점 유통 (해외) 15개국 기존 바이어 및 국가별 정부 프로젝트 에이전트 (국내) 수입제품 대비 저가 정책 (해외) 이스라엘 네타핌등 선진제품 대비 저가 전략 ○ 개발 투입인력 및 기간 : 2017년 개발 2연차부터 개발/마케팅 인력 보강 (국내) 국내 5개지역 영업소장(5명) 직접 신제품 홍보 및 할인 정책 (해외) 해외영업(3명) 국가별 에이전트 제품 소개 및 가격정책
상용화 능력 및 자원보유	<ul style="list-style-type: none"> ○ 국내영업 총 6명 (경기,강원,경상,전라,충청 영업소장 5명, 영업관리1명) - 전국 500 개 농자재 대리점 및 지역별 농협판매소 보유 ○ 해외 15개국 수출 에이전트 보유(루마니아 법인1 포함)
상용화 계획 및 일정	<ul style="list-style-type: none"> ○ 개발 2연차부터 직/간접 홍보/마케팅 진행 : 국내 매출 창출 - 국내 : 대전 2018 농업엑스포, 익산 농자재 2018, 진주 농기계 박람회 2018 - 해외 : 일본 치바 농업자재&기술 박람회, 이태리 EIMA 국제전시회, 러시아 유그아그로, 독일 2019년 국제농기계박람회등

○ 참여기업3 [제2협동 남경정공]

구분	구체적인 내용
형태/규모	<ul style="list-style-type: none"> ○ 상용화 형태 : 기존 국내유통망 및 해외 에이전트 직접 홍보. 국내외 전시회 간접 홍보 ○ 수요처 : 전국 300개 농자재 유통대리점, 10개국 기존 바이어 및 에이전트 ○ 예상 단가 : 수입제품 대비 저가 정책, 해외판매시 중국/인도제품보다는 고가의 차별화 정책
상용화 능력 및 자원보유	<ul style="list-style-type: none"> ○ 국내 300 개 농자재 대리점 및 지역별 농협 보유 ○ 해외 10개국 수출 에이전트 보유
상용화 계획 및 일정	<ul style="list-style-type: none"> ○ 개발 2연차부터 직/간접 홍보 진행하여 매출 발생 - 국내 : 천안, 일산, 대전, 익산, 진주등 전국 농자재 전시회 출품 - 해외 : 이태리, 러시아, 태국, 독일 국제 농자재박람회 참가 ○ 개발 3연차부터 국내 매출 안정화 이후 해외 수출 예정

○ 참여기업2 [제1협동 한슬테크]

구분	구체적인 내용
형태/규모	<ul style="list-style-type: none"> ○ 상용화 형태 <ul style="list-style-type: none"> - 전국 농자재대리점 홍보 및 판매망 구축, 국내 자사 대리점 유통망(250개) - 전국 농협농자재마트 공급(20개) - 해외시장 개척 <ul style="list-style-type: none"> : 현재 중앙아시아 우즈베키스탄 전시회 참가 및 홍보 하고 있으며, 기타 카자흐스탄, 키르기스탄, 일본, 러시아, 중국 등에 판로가능 하며 과제 시작부터 독일전시회, 터키, 일본, 필리핀, 베트남 전시 및 무역사절단으로 지속적으로 추진중 ○ 수요처 : 국내 200여개 농자재 관련업체, 국내대리점 및 농협농자재마트, 수출기업 및 국외 해외시장 ○ 예상 단가 : 수입제품(네타팜,바카라) 보다 저렴한 \50,000 제품 생산 ○ 솔레노이드 이스라엘 oem 생산 수입할 예정 <ul style="list-style-type: none"> - 솔레노이드는 led램프를 부착하여 개발하여 농가에 실험테스트 결과, 고장 및 전자밸브 작동 유.무 확인은 수입품 보다 좋으나, 국내 생산시 솔레노이드 양산설비와 원재료 대량수입 등 초기 비용이 2-3억이 소요됨으로 인하여, 연간 최소 판매수량이 10,000개 이상이 될 경우에 국내 생산 고려중. -솔레노이드 국내생산 단가 개당 20,000원(원재료의 품질로 제품 불안정 함) -솔레노이드 해외oem 생산단가 개당 15,000원(저가 이면서 품질 안정 됨).
상용화 능력 및 자원보유	<ul style="list-style-type: none"> ○ 국내 농자재 제조/판매/유통 50개 협력업체 ○ 150개 국내 유통대리점 보유
상용화 계획 및 일정	<ul style="list-style-type: none"> ○ 2018년 천안전시회, 2019년 이태리 EIMA전시회 제품 출시 ○ 2019년 하반기 국내 1천대 판매 목표

다. 추가 연구(/지원)의 필요성

○

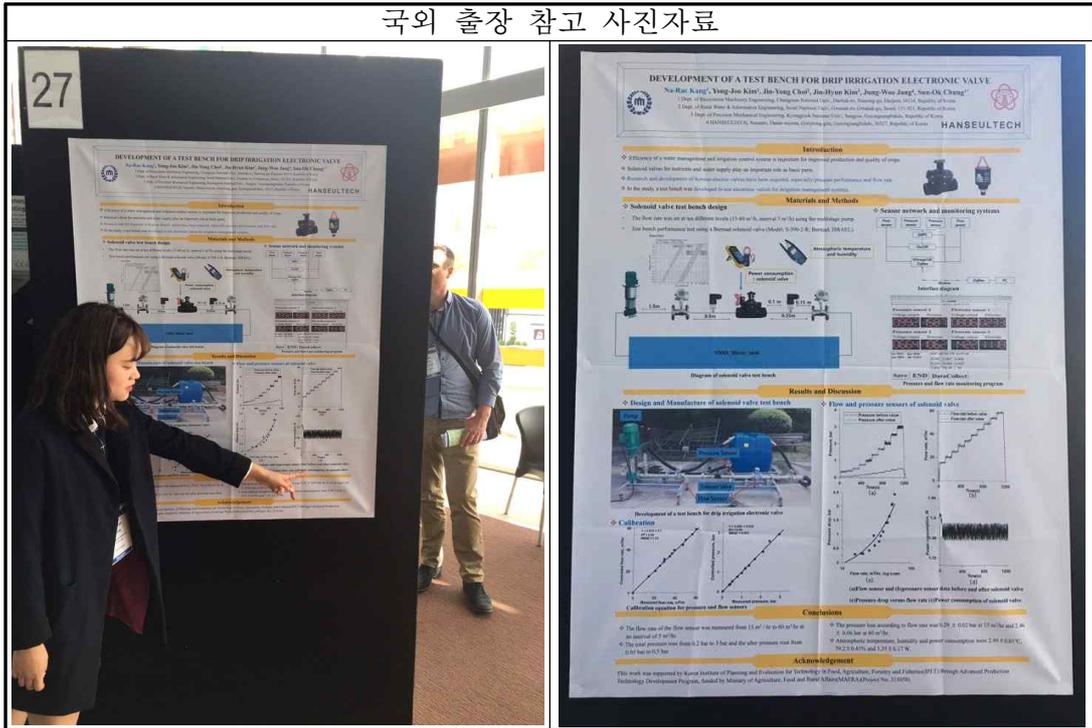
6. 연구과정에서 수집한 해외과학기술정보

코드번호	D-08
------	------

가 1차년도 해외과학기술정보 수집

○ 중국 ACPA 참가

- 해외 농업의 최신 연구 동향 조사 및 자료수집을 위하여 학회 참석
- 농업에 적용되고 있는 ICT기술 현황 조사
- 온실내 관수방법 및 실험방법에 따라 단가를 절감할 수 있는 기술개발 트렌드조사



나. 3차년도 해외과학기술정보 수집

○ 일본 AFELISA 참가 (위탁)

- 한국, 일본, 중국 등 다양한 국가가 참석한 학술대회에 참가하여 관련 분야 과학자, 교수 및 기술자들과 연구교류를 통한 최신 농업기술개발의 트렌드를 조사
- 온실 내 전자밸브 유량 및 유량에 따른 압력 손실에 대하여 학술발표



코드번호	D-08
------	------

- 일본 2018 치바 AGRO WORLD 전시회 참가
 - 일본 전시회에 참가하여 국산개발제품의 전자밸브, 릴리프밸브를 소개함으로써 세계 농업시장에 국산제품을 알림.
 - 일본 전시회를 통하여 세계 농업의 기술과 개발의 트렌드를 조사

국외 출장 참고 사진자료



7. 연구개발결과의 보안등급 (해당 없음)

코드번호	D-09
------	------

○

8. 국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비 현황 (해당 없음)

코드번호	D-10
------	------

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

9. 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전조치 이행실적

	코드번호	D-11
<ul style="list-style-type: none"> ○ 「(주)남경 연구실 안전관리 규정지침」에 의거하여 이행함 <ul style="list-style-type: none"> - 연구참여인원의 보험가입을 회사차원에서 의무적으로 적용함 - “연구실안전관리책임자”를 지정하여 안전 관리 및 지도 수행 - 연구실안전관리책임자는 연구실 안전 책임 관리 - 통제상황과 사고발생시 대처요령 등 교육 훈련 실시 - 연구실 자체 안전점검 실시 및 결과 비치 - 일정 기간 이상 종사자 건강검진 실시 ○ 「충남대학교 연구실 안전관리 규정지침」에 의거하여 이행함 <ul style="list-style-type: none"> - 일상점검 및 주기적인 안전점검을 실시하여 안전성 확보 (일상점검 : 매일 실시, 정기점검 : 반기 1회) - 정기적인 안전교육을 실시하여 참여연구원 안전의식 확보 (안전보호구착용, 안전수칙준수, 폐기물관리철저, 자체교육 월1회, 정기교육 년 2 회) - 안전사고 발생에 대비 안전보험가입 후 연구 참여 (연구활동종사자 안전보험 가입 요청: 안전관리실) - 연구과제 수행 중 안전사고가 예상되는 부분은 즉시 개선 보완 후 연구과제 수행 - 연구 참여인원의 보험가입을 대학차원에서 의무적으로 적용함 - “연구실안전관리책임자”를 지정하여 안전 관리 및 지도 수행 - 연구실안전관리책임자는 연구실 안전 책임 관리 - 통제상황과 사고발생시 대처요령 등 교육 훈련 실시 - 연구실 자체 안전점검 실시 및 결과 비치 - 일정 기간 이상 종사자 건강검진 실시 ○ 「한솔테크 연구실 안전관리 규정지침」에 의거하여 이행함 ○ 「남경정공 연구실 안전관리 규정지침」에 의거하여 이행함 ○ 「시설원예 연구소 안전관리 규정지침」에 의거하여 이행함 ○ 「환경농업 연구원 안전관리 규정지침」에 의거하여 이행함 ○ 「경북대학교 연구실 안전관리 규정지침」에 의거하여 이행함 ○ 「서울대학교 연구실 안전관리 규정지침」에 의거하여 이행함 		

10. 연구개발과제의 대표적 연구실적

번호	구분 (논문/ 특허/ 기타)	논문명/특허명/기타	소속 기관명	역할	논문게재지/ 특허등록국 가	코드번호		D-12	
						Impact Factor	논문게재일 /특허등록일	사사여부 (단독사사 또는 중복사사)	특기사항 (SCI여부/인용횟 수 등)
1	논문	CFD해석에 의한 Liner Type 점적관수장치의 성능향상에 관한 연구	경북대 학교	제1저자 교신저자	Journal of Biosystem Engineering /대한민국	0	2017.03.01	단독사사	비SCI
2	논문	점적관개용 디스크 여과기의 디스크 홈 단면 형상에 따른 수두 손실 특성 분석	서울대 학교	제1저자 교신저자	한국농공학회 논문집	0	2018.03.01	단독사사	비SCI
3	논문	점적관수용 PC Dripper의 개선 및 실리온 정도 효과에 관한 연구	경북대 학교	제1저자 공저자	농업생명 과학연구	0	2018.06.11	단독사사	비SCI
4	논문	점적호스의 경질미로 길이에 따른 유량 특성	경북대 학교	제1저자 교신저자	농업생명 과학연구	0	2018.12.31	단독사사	비SCI
5	특허	유체의 흐름이 개선된 전자밸브	한스텍 크		대한민국		2017.07.20		10-1761750-000
6	특허	슬라이드형 수동밸브를 적용한 전자밸브	한스텍 크		대한민국		2017.07.20		10-1761748-000
7	특허	용수 공급호스용 드립	(주)남경		대한민국		2018.02.06		10-1828597-000
8	특허	압력보상 드립 이미터	(주)남경		대한민국		2018.02.06		10-1828596-000
9	특허	드립 이미터	(주)남경		대한민국	출원	2017.08.28		10-2017-0108649
10	학술 발표	Liner type 점적관수장치의 성능향상에 관한연구(1)	경북대 학교		2016년 춘계학술대회		2016.04.28		농촌진흥청
11	학술 발표	Liner type 점적관수 장치의 성능향상에 관한연구(2)	경북대 학교		2016년 춘계학술대회		2016.04.28		농촌진흥청
12	학술 발표	Liner type 점적관수 장치의 성능향상에 관한연구(3)	경북대 학교		2016년 춘계학술대회		2016.04.28		농촌진흥청
13	학술 발표	Liner type 점적관수 장치의 성능향상에 관한연구(4)	경북대 학교		2016년 춘계학술대회		2016.04.28		농촌진흥청
14	학술 발표	Liner type 점적관수 장치의 성능향상에 관한연구(5)	경북대 학교		2016년 춘계학술대회		2016.04.28		농촌진흥청
15	학술 발표	점적관개용 디스크 여과기의 성능 평가 및 최적구조 분석	서울대 학교		2016 한국농공학회 학술회		2016.10.21		대전유성호텔
16	학술 발표	Computational Fluid Dynamicsfor Performance Evaluation and Optimization ofDisk Filter in Drip Irrigation System	서울대 학교		2016 PAWEES		2016.10.20		대전유성호텔
17	학술 발표	점적관수용 전자밸브 설계 제작	충남대 학교		2017 한국 정밀농업학회 춘계학술대회		2017.03.23		농촌진흥청
18	학술 발표	점적관수기의 PC드립용 실리온 특성에 관한연구	경북대 학교		2017 한국 농업기계학회 춘계학술대회		2017.04.06		경북대
19	학술 발표	점적호스의 경질미로 길이에 대한 유량의 변화	경북대 학교		2017 한국 농업기계학회 춘계학술대회		2017.04.06		경북대
20	학술 발표	점적호스의 경질미로 유량변화에 대한 CFD해석	경북대 학교		2017 한국 농업기계학회 춘계학술대회		2017.04.06		경북대
21	학술 발표	Analysis of Head Loss in Disk Filters Due to Geometry of Disk Filter Media in Drip	서울대 학교		2017 ASABE Annual Meeting		2017.07.18		미국 워싱턴
22	학술 발표	점적관수용 PC Dripper 성능개선에 관한 연구(1)	경북대 학교		(사)한국정밀농 업학회 2018년 춘계학술대회		2018.04.12		상주시 농업기술센터
23	학술 발표	점적관수용 PC Dripper 성능개선에 관한 연구(2)	경북대 학교		(사)한국정밀농 업학회 2018년 춘계학술대회		2018.04.12		상주시 농업기술센터
24	학술 발표	점적관수용 PC Dripper 성능개선에 관한 연구(3)	경북대 학교		(사)한국정밀농 업학회 2018년 춘계학술대회		2018.04.12		상주시 농업기술센터

						코드번호		D-12	
번호	구분	논문명/특허명/기타	소속 기관명	역할	게재지	Impact Factor	발표일	사사여부)	발표 장소
25	학술 발표	점적관개용 디스크여과기의 디스크형상에 따른 수두 손실변화 분석	서울대학교		2017 한국농공학회 학술발표회		2017.10.15		제주 라마다호텔
26	학술 발표	선진사 점적관수용 솔레노이드밸브 성능시험	충남대학교		2017 한국정밀농업학회 추계학술대회		2017.10.26	단독사사	광주 김대중 컨벤션센터
27	학술 발표	Development of a test bench for drip irrigation electronic valve	충남대학교		ACPA		2017.10.16	단독사사	뉴질랜드, 해밀턴
28	학술 발표	Design and Fabrication of a Test bench for drip irrigation Electronic valve	충남대학교		AFELISA 2017		2017.11.09	단독사사	일본 큐슈대학

11. 기타사항 (해당 없음)

						코드번호		D-13	
○									

12. 참고문헌

코드번호

D-14

- MIFAFF. 2012. 2011 Current State of Greenhouse and Vegetable Production. Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries. pp 66-111. Seoul (In Korean).
- Nam SW and Kim YS. 2007. Discharge Variation of Perforated Hoses and Drip Irrigation Systems for Protected Cultivation. Journal of Bio-Environment Control. 16(4):297-302 (In Korean).
- Kim JH, Kim CS, Kim TW and Hong JH. 2005. Effect on Saving Water of Underground Trickle Irrigation. Journal of Biosystems Engineering. 30(2):102-109 (In Korean).
- Park JM, Lim TJ and Lee SE. 2012. Effect of subsurface drip pipes spacing on the yield of lettuce, irrigation efficiency, and soil chemical properties in greenhouse cultivation. Korean J. Soil. Sci. Fert. 45(5):683-689 (In Korean).
- Kim HJ, Son DW, Son SO, Hur MY, Roh KY, Jung JM, Park JY, Rhee and Lee DH. 2009. Comparison of wetting and drying characteristic in differently textured soils under drip irrigation. Journal of Bio-Environment Control. 18(4):309-315 (In Korean).
- Oh KK, Ryu KH and Hong SH. 1995. Development of a Computer Simulation Program of Emitter Discharges for Trickle Application. Journal of Biosystems Engineering. 20(4):390-396 (In Korean).
- Kim YH, Choi HS, Kwon JK, Cho KH, Yun HS and Kim DS. 2008. A Study on the Improvement of the Circulation Dryer for Rapeseed. Journal of Biosystems Engineering. 33(6):390-395 (In Korean).
- Yun HS, Kwon JK, Jeong H, Lee HD and Kim YK. 2008. Design of Heat and Fluid Flow in Coil Container Using CFD Simulation. Journal of Biosystems Engineering. 33(6):396-403 (In Korean).
- Agricultural Machinery Yearbook Republic of Korea. 2017. Korea Agricultural Machinery Industry Cooperative & The Korean Society for Agricultural Machinery.
- ANSYS FLUENT 16.1 in Workbench User's Guide. 2016. ANSYS Inc., Canonsburg, PA.
- Kim JH, Woo MH and Kim DE. 2017. Numerical and Experimental Studies on the Fluidic Characteristics and Performance of Liner-type Microtube. J. of Biosystems Eng. 42(1): 1-11.
- KimJH, Woo MH, Song NS and Kim DE. 2017. Variation of Discharge in Length of Hard Micro-path of Drip Hose. Proceedings of the KSAM & UMRC 2017 Spring Conference. pp. 57a.
- Kim JH, Woo MH, Kim SS and Kim DE. 2017. Analysis of CFD for Flow Discharge in Hard Micro-path of Drip Hose. Proceedings of the KSAM & UMRC 2017 Spring Conference. pp. 58b.
- Sin YS. 2003. Warer Irrigation Guide Book. Woojin Publisher.
- Han SH, Kang H and Chae CW. 2014. Effect of Tyvex Mulching and Trickle Irrigation on Fruit Quality in Satsuma Mandarin. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 32(1): 18-25.

- kim HJ, Son DW, Hur SO, Roh MY, Jung KY, Park JM, Rhee JY and Lee DH. 2009. Comparison of Wetting and Drying Characteristics in Differently Textured Soils under Drip Irrigation. *Journal of Bio-Environment Control*. 18(4): 309-315.
- Kim JH, Woo MH and Kim DE. 2017. Numerical and Experimental Studies on the Fluidic Characteristics and Performance of Liner-type Microtube. *J. of Biosystems Eng.* 42(1): 1-11. http://www.yuyuinst.co.kr/shop/list.php?ca_id=10g0&n_media=27758&n_query=TECLOCK&n_rank=1&n_ad_group=grp-m001-01-000001006233632&n_ad=nad-a001-01-000000015169201&n_keyword_id=nkw-m001-01-000000182197758&n_keyword=TECLOCK&n_campaign_type=1
- Kim JH, Choi JM, Song NS and Kim DE. 2017. Study on Efficiency of Silicon in PC Dripper of Drip Irrigation. *Proceedings of the KSAM & UMRC 2017 Spring Conference*. pp. 56.
- Michalski, A. 2000. Flow measurements in open irrigation channels. *IEEE Instrumentation & Measurement Magazine* 3(1): 12-16.
- Kim, S. H., T. J. Nam, S. W. Park. 2004. Measurement of flow direction and velocity using a micromachined flow sensor. *Sensors and Actuators A: Physical* 114(2): 312-318.
- 농림축산식품부. 2014. 2013 시설채소 온실 현황 및 채소류 생산실적 pp. 57-76.
- 정재영, 이시경, 김한실. 2011. 유량 센서를 이용한 솔레노이드 밸브의 고장진단 시스템. *대한전자공학회 학술대회*34(1): 1359-1362.
- Krause, A., J. Leskovec, C. Guestrin, J. Vanbriesen, M. Asce, C. Faloutsos. 2008. Efficient sensor placement optimization for securing large water distribution networks. *Journal of Water Resources Planning and Management* 134(6): 516-526.
- Chern, M. J., C. C. Wang, C. H. Ma. 2007. Performance test and flow visualization of ball valve. *Experimental thermal and fluid science*. 31(6): 505-512.
- Varga, Z. and K. H. Petri. 2012. Determination of flow rate characteristics for pneumatic valves. In: *EPJ Web of Conferences*. EDP Sciences 25: 1096.
- Tang, A., J. Bao, S. K. Maria. 2014. Studies on pressure losses and flow rate optimization in vanadium redox flow battery. *Journal of power sources* 248: 154-162.
- 이중엽, 이수용. 2011. 솔레노이드 밸브의 고유유량계수에 대한 실험과 성능예측. *항공우주기술지*10(1): 70-78.
- Jeong, C. S. and S. Y. Yang. 2013. A study on development of high flow solenoid valves. *Journal of Drive and Control* 10(1): 7-13.
- 정태욱. 2008. 웨이딩 코일의 추가에 의한 솔레노이드 밸브의 소음 특성 개선. *전기학회 논문지*57(7): 1175-1180.
- 신제권, 유진홍, 이찬수, 정해원, 강준구, 모성희. 1995. 공기압용 솔레노이드밸브의 성능 특성평가. 한국기술연구원.
- Venugopal, A., A. Agrawal, S. V. Prabhu. 2012. Frequency detection in vortex flowmeter for low Reynolds number using piezoelectric sensor and installation effects. *Sensors and Actuator A: Physical* 184: 78-85.

- 장제선, 김병훈, 한상엽. 2013. 추진제탱크 가압용 솔레노이드밸브의 작동특성 분석 및 해석. 한국추진공학회지17(2): 128-134.
- Taghizadeh, M., A. Ghrrari, F. Najafi. 2009. Modeling and identification of a solenoid valve for PWM control applications. *Comptes Rendus Mecanique* 337(3): 131-140.
- Coates, R. W., M. J. Delwiche, A. Broad, M. Holler. 2013. Wireless sensor network with irrigation valve control. *Computers and Electronics in agriculture* 96: 13-22.
- Rasin, Z., H. Hamzah, M. S. M. Aras. 2009. Application and evaluation of high power zigbee based wireless sensor network in water irrigation control monitoring system. 2009 IEEE Symposium on Industrial Electronics and Applications 2: 548-551.
- Smith, P. 2007. *Process piping design handbook, volume one: the Fundamentals of Piping Design*. Gulf Publishing Company pp: 51-74.
- Prathyusha, K. and M. C. Suman. 2012. Design of embedded systems for the automation of drip irrigation. *International Journal of Application or Innovation in Engineering & Management* 1(2): 254-258
- Haley, M. B., M. D. Dukes, G. L. Miller. 2007. Evaluation of sensor based residential irrigation water application. 2007 ASAE Annual Meeting. American Society of Agricultural and Biological Engineers pp. 154-170
- Dubey, V., N. Dubey, S. S. Chouhan. 2011. Wireless sensor network based remote irrigation control system and automation using DTMF code. 2011 International Conference on Communication Systems and Network Technologies pp. 34-37.
- Smith, S. 2017. Drip irrigation market by component (emitters, drip tubes/drip lines, filters, valves, and pressure pumps), emitter/dripper type (Inline and Online), application (surface and subsurface), crop type, and region - global forecast to 2022". *Markets and Markets*. July 20. 2017
- Chavez, J. L., F. J. Pierce, T. V. Elliott, R. G. Evans. 2010. A remote irrigation monitoring and control system for continuous move systems. Part A: Description and development. *Precision Agriculture* 11(1): 1-10.
- Wen, N., D. Li, D. Ma, Q. Ding. 2010. A wireless intelligent valve controller for agriculture Integrated Irrigation System. *International Conference on Computer and Computing Technologies in Agriculture* pp. 659-671.
- Nenali, K. S., M. W. Van Iersel. 2006. An automated system for controlling drought stress and irrigation in potted plants. *Scientia Horticulturae* 110(3): 292-297.
- Shiraz Pasha, B. R and D. B. Yogesha. 2014. Microcontroller based automated irrigation system. *The International Journal of Engineering and Science* 3(7): 6-9.
- Capraro, F., D. Patino, S. Tosetti. 2008. Neural network-based irrigation control for precision agriculture. *International Conference on Networking, Sensing and Control* pp. 357-362.
- Wang, Q., F. Yang, Q. Yang, J. Chen, H. Guan. 2011. Experimental analysis of new high-speed powerful digital solenoid valves. *Energy Conversion and Management* 52(5): 2309-2313.

- 정찬세, 이형욱, 윤두환, 양순용. 2010. 다이아프램형Multi-stage 솔레노이드 밸브의 오리피스에 관한 연구. 유공압건설기계학회 학술대회논문집 pp. 43-48.
- Kajima, T. and Y. Kawanura. 1995. Development of a high-speed solenoid valve: Investigation of solenoids. IEEE Transactions on industrial electronics 42(1): 1-8.
- Mistry of Agriculture, Food and Rural Affairs (MAFRA). 2014. Statistical Yearbook of Land and Water Development for Agriculture pp. 23-27.
- Siebert, S., V. Henrich, K. Frenken, J. Burke. 2013. Update of the digital global map of irrigation areas to version 5. Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität, Bonn, Germany and Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.
- 윤소남, 김동건, 박중호, 함영복, 임병주. 2010. 원전용Q 등급 솔레노이드밸브의 역설계 방안 연구. 대한기계학회 춘추학술대회pp. 3330-3334.
- 윤용철, 서원명. 2002. 온실의 관개 시스템 실태 조사. 한국생물환경조절학회 학술발표 논문집11(1): 3-6.
- Simonne, E., R. Hochmuth, J. Breman, W. Lamont, D. Treadwell, A. Gazula. 2008. Drip-irrigation systems for small conventional vegetable farms and organic vegetable farms. University of Florida IFAS Extension.
- Mungsunti, A. and K. A. Parton. 2017. Estimating the economic and environmental benefits of a traditional communal water irrigation system: The case of muang fai in Northern Thailand. Agricultural Water Management 179: 366-377.
- Kumar, D. S. and K. Palanisami. 2010. Impact of drip irrigation on farming system: Evidence from southern india. Management, Performance, and Applications of Micro Irrigation Systems pp. 19.
- 강보식, 김경수. 2008. 공기압 전자밸브의 대표성능에 따른 고장 패턴과 수명분석. 대한기계학회 춘추학술대회 pp. 41-43.
- KSB ISO 10522. 2012. 농업용 관개 장비-직동식 압력 조정 밸브KS B ISO 10522:1993 (2017년 확인).
- KSB 2304. 1975. 밸브 검사 통칙KS B 2304:1975 (2016년 확인).
- 김기선, 남미성, 임태양, 정달도. 2009. 차량 변속기용 솔레노이드 밸브의 성능연구. 한국자동차공학회 학술대회 및 전시회pp. 2743-2749.
- 윤소남, 윤동원. 2009. 솔레노이드 밸브 성능 향상 전략 및 자성 재료 기술. 유공압시스템학회지6(3): 28-34.
- Ao, Y., M. Sun, and Y. Li. 2007. Effect of organic substrates on available elemental contents in nutrient solution. Bioresour. Technol. 99:5006-5010.
- Choi, E.Y., K.Y. Choi, and Y.B. Lee. 2013. Scheduling nondrainage Irrigation in coir substrate hydroponics with different percentages of chips and dust for tomato cultivation using a frequency domain reflectometry sensor. Protected Horticulture and Plant Factory 22(3):248-255.
- Fares, A. and A.K. Alva. 2000a. Evaluation of capacitance
- probes for optimal irrigation of citrus through soil moisture monitoring in an entisol profile. Irrig. Sci 19:57-64.

- Fares, A. and A.K. Alva. 2000b. Soil water components based on capacitance probes in a sandy soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 64:311-318.
- Hansen, R.C. and C.C. Pasian. 1999. Using tensiometers for precision microirrigation of container-grown roses. *Appl. Eng. Agric.* 15(5):483-490.
- Hur, S.O., S.K. Ha, and J.G. Kim. 2009. Verification of TDR and FDR sensors for volumetric soil water content measurement in sandy loam soil. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 42(2):110-116(in Korean).
- Kim H.C., H.S. Cha, C.S. Kim, H.J. Jin, Y.B. Lee, and J.H. Bae. 2008. Optimum concentration of supply nutrient solution in hydroponics of sweet pepper using coir substrates. *J. Bio-Env. Con.* 17(3):210-214.
- Kim, H.J., D.W. Son, S.O. Hur, M.Y. Roh, K.Y. Jung, J.M. Park, J.Y. Rhee, and D.H. Lee. 2009. Comparison of wetting and drying characteristics in differently textured soils under drip irrigation. *J.*
- Kim, H.J., M.Y. Roh, D.H. Lee, S.H. Jeon, S.O. Hur, J.Y. Choi, S.O. Chung, and J.Y. Rhee. 2011. Feasibility test on automatic control of soil water potential using a portable irrigation controller with an electrical resistance-based watermark sensor. *J. Bio-Env. Cont.* 20(2):93~100
- Lee, D.H., K.S. Lee, and Y.C. Chang. 2008. Development of an automatic water control system for greenhouse soil water content management. *J. of Biosystems Eng.* 33(2):115~213
- Lee, N.H. 1999. Performance and hydraulic characteristics of drip emitters. *Journal of the KSAE* 41(3):33-40(in Korean).
- Nam, S.W. 2000. Gross and unit irrigation water requirement for greenhouse design. *Proceeding of Bio-Environment Control* 9(1): 108-112 (in Korean).
- Nam, S.W. and Kim, Y.S. 2007. Discharge variation of perforated hoses and drip irrigation systems for protected cultivation. *Journal of Bio-Environment Control* 16(4): 297-302 (in Korean).

[별첨 2]

자체평가의견서

1. 과제현황

	코드번호	D-15			
315058-3					
사업구분	농림수산식품부 연구개발사업				
연구분야	과제구분	단위			
사업명		주관			
총괄과제	총괄책임자	기재하지 않음			
과제명	과제유형	(개발)			
연구기관	연구책임자	우 만 호			
연구기간 연구비 (천원)	연차	기간	정부	민간	계
	1차년도	2015.09.25. ~ 2016.09.24	656,000	219,000	875,000
	2차년도	2016.09.25. ~ 2017.09.24	656,000	219,000	875,000
	3차년도	2017.09.25. ~ 2018.09.24	656,000	219,000	875,000
	계	2015.09.25. ~ 2018.09.24	1,968,000	657,000	2,625,000
참여기업	(주)남경, 한솔테크, 남경정공				
상대국	상대국연구기관				

※ 총 연구기간이 5차년도 이상인 경우 셀을 추가하여 작성 요망

2. 평가일 : 2018. 09. 25

3. 평가자(연구책임자) :

소속	직위	성명
(주)남경	대표이사	우 만 호

4. 평가자(연구책임자) 확인 :

본인은 평가대상 과제에 대한 연구결과에 대하여 객관적으로 기술하였으며, 공정하게 평가하였음을 확약하며, 본 자료가 전문가 및 전문기관 평가 시에 기초자료로 활용되기를 바랍니다.

확 약	우 만 호
-----	-------



I. 연구개발실적

1. 연구개발결과의 우수성/창의성

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

(주)남경의 ①, ②, ③ 각 과제별 목표치 95% 수준에 근접하는 성과달성률을 보이며, 세계최고의 수입제품들과 비교하여도 그 성능이 떨어지지 않음.
④, ⑤, ⑥ 과제도 세계 최고수준까지는 아니더라도 충분히 수입품을 대체할 수 있는 수준까지 도달하였으며, 지속적인 개발이 이루어질 계획임.

2. 연구개발결과의 파급효과

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

①②③④⑤⑥과제결과 점적관수 핵심제품의 국내 기술력 향상의 계기가 되었으며, 국내시장 확대, 수입대체, 단가경쟁력 확보로 수출증대의 효과가 있을 것으로 예상됨

3. 연구개발결과에 대한 활용가능성

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

(주)남경의 ①②③④과제, 한슬테크의 ⑤과제, 남경정공의 ⑥과제 결과물중 이미 2개 제품은 국내 사업화를 시작하였으며, 연구과제 완료 후에도 국내시장 확대 및 해외시장 진출에 당 연구개발을 활용할 예정임.

4. 연구개발 수행노력의 성실도

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

산-(주)남경, 한슬테크, 남경정공
학-경북대, 충남대, 서울대
연-시설원예연구소, 환경농업연구원
위 산학연 기관들은 연구추진 계획에 따라 성실하게 연구개발을 수행하여 결과 달성을 이루었음.

5. 공개발표된 연구개발성과(논문, 지적소유권, 발표회 개최 등)

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

논문 4건, 특허출원 5건, 특허등록 4건, 학술발표 18건, 전시회 및 홍보 14건으로 우수함.

II. 연구목표 달성도

세부연구목표 (연구계획서상의 목표)	비중 (%)	달성도 (%)	비중* 달성도	자체평가
① 초고속 점적테이프 생산설비 개발	30	100	30.0	목표 달성
② 압력보상형 점적호스 제품/생산설비 개발	10	94	9.4	목표 근접 달성
③ 압력보상형 점적단추 제품/생산설비 개발	10	95	9.5	2L만 제품화 완료. 4L, 8L 곧 출시 예정
④ 압력보상형 스프링클러 제품 개발	10	90	9.0	목표 95% 미달성. 수입대체 가능수준
⑤ 전자밸브 (솔레노이드) 제품 개발	20	90	18	목표제품 개발완료. 연계제품 3종중 감압밸브 제외
⑥ 여과기시리즈 개발(일반/자동역세/모래)	20	90	18	목표제품 개발완료. 75mm 일반여과기 제외
합계	100점		93.9	

III. 종합의견

1. 연구개발결과에 대한 종합의견

연구개발 투입에 따른 가중치(비중)와 개별과제의 달성율을 산정하여 합산한 결과 93.9% 달성함.

2. 평가시 고려할 사항 또는 요구사항

없음

3. 연구결과의 활용방안 및 향후조치에 대한 의견

① 점적테이프, ② PC점적호스, ③ PC점적단추, ⑥ 여과기등은 연구과제 종료 후 향후 2년간 중동, 동남아시아, 유럽등 해외시장 개척 예정이며, 정부 주도의 해외수출 지원사업에 능동적으로 참여할 예정임.

IV. 보안성 검토 (해당 없음)

--

1. 연구책임자의 의견

국가 연구개발비의 지원으로 점적시스템 관련 기술이 세계적 수준으로 향상할 수 있어서 매우 감사하게 생각합니다.

2. 연구기관 자체의 검토결과

본 과제를 통하여 전반적으로 기술향상 뿐만 아니라 수입대체, 기술수준의 향상, 수출단가 경쟁력 강화에 큰 도움이 되었음.