

발간등록번호

11-1541000-000753-01

지면작물의 이동식 해충 포획기 개발

(Development of the moving pest trap for surface crops)

성균관대학교

농림수산식품부

제 출 문

농림수산식품부 장관 귀하

이 보고서를 “지면작물의 이동식 해충 포획기 개발” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2010 년 12 월 19 일

주관연구기관명 : 성균관대학교

주관연구책임자 : 문 정 환

세부연구책임자 : 강 정 환

요 약 문

I. 제 목

지면작물의 이동식 해충 포획기 개발

II. 연구개발의 목적 및 필요성

국내에서 해충을 포획하기 위해 사용하는 시스템은 모두 고정형 으로 해충 박멸기, 해충 포획기 및 해충 퇴치기 등이 있으며, 해외에서도 대부분이 이러한 시스템을 사용하고 있다. 이러한 시스템은 초기 투자, 관리 및 유지비용이 높고, 고정이라는 한계를 벗어나지 못하고 있으며, 일반적인 모기 등의 해충만 포집하는 단점이 있다. 이에 일본에서 개발된 이동식 포충기는 기존의 대형 방제장치 및 역풍 덕트장치를 이용하여 해충을 포획한다. 이는 작업자가 농약을 사용하지 않고 풍압을 이용하여 작물에 붙은 해충을 제거하는 친환경 포충 작업을 수행할 수 있도록 한다. 하지만 이와 같은 이동식 장비는 송풍을 발생시키기 위한 엔진을 작업자가 짊어지고 이동해야 하는 어려움이 있다. 또한 작물에 붙어 있는 해충을 효과적으로 떨어뜨리기 위하여 작업기의 송풍 성능이 장비의 효율을 결정한다. 이에 기존의 엔진을 작업자가 쉽게 이동 시킬 수 있도록 해야 하며 같은 엔진에서도 더 큰 송풍 효율을 낼 수 있어야 한다.

III. 연구개발 내용 및 범위

지면작물의 이동식 해충 포획기 개발을 위하여 2세부로 구분하여 일을 진행 하였다. 제 1세부에서는 인간공학적 설계 및 전동 제어 장치를 개발 하며 제 2세부에서는 본체 시작기 제작 및 성능 검증을 수행 하였다. 인간공학적 설계 및 전동제어 장치 개발을 위하여 제 1세부에서는 본체, 기구부 및 전동제어장치의 설계 인자 분석 후 요소 부품별 인간공학적 설계를 진행 하였다. 또한 기존의 엔진을 대체할 수 있는 모터를 선정함으로써 제 2세부에서 시작기를 제작 할 수 있도록 하였다. 시작기가 완료 되면 인간공학적 안전성 분석을 시행 한 후 실내·외 실험을 통하여 인간공학적 성능 평가를 수행 하고 작물에 따른 성능 평가를 통하여 해충 포획 능력을 검증 한다.

추진 년도	인간공학적 설계 및 전동제어장치 개발	본체 시작기 제작 및 성능 검증
----------	----------------------	-------------------

1차 년도	요소 부품 개발 및 성능 실험	
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 본체, 기구부 및 전동제어장치의 설계 인자 분석 ▪ 요소부품별 인간공학적 설계 ▪ 모터 선정 및 적용 ▪ 전자 컨트롤러 설계 및 제작 ▪ 제어기 시작기 제작 ▪ 작물별 송풍성능 및 요소부품 실험 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 본체 설계 ▪ 기구부 설계 ▪ 각 요소 부품 제작 ▪ 본체 및 기구부의 시작기 제작

2차 년도	시작기 통합 및 작물별 성능 평가	
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 시작기 통합 ▪ 인간공학적 안전성 요인 분석 ▪ 시작기의 실내실험 및 검증 ▪ 작물별 제어장치의 실험 검증 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 시작기의 수정 및 보완 ▪ 시작기의 실내 실험 ▪ 작물별 요인실험 ▪ 작물별 성능평가

지면작물의 이동식 해충 포획기 개발

IV. 연구개발결과 및 활용계획

1. 특허분석 측면

기존 특허는 고정형 해충 포집기에 치중되어 있고 이동형은 전무한 실정이므로, 본 연구 과제에서는 지면작물의 해충의 포집이 가능한 친환경 감농약, 저가형 및 이동형 방식의 방향으로 연구를 추진하여 “이동식 포충기”와 “풍압을 이용한 이동식 해충 포획기의 송풍관 개발”에 관한 특허를 국내에 출원하였다. 이러한 특허를 이용하여 아직까지 국내에 활용되지 못하고 있는 이동식 포충기를 상품화 할 계획이다.

2. 논문분석 측면

기존 논문은 해충의 농약 방제 혹은 피해 등에 대한 분야에 치중되어 있으므로, 본 연구 과제에서는 해충의 감농약할 수 있는 이동 포집이 가능한 장치 개발 방향으로 연구를 추진하여 이동형 포충기를 이용하는 작업자의 안전을 고려한 논문을 게재할 예정이다. 이를 위하여 농업인의 인체 모델을 완성하여 쪼그려 앉는 작업자세의 요추부 생체역학적 평가를 수행하여 개발된 인체 모델을 검증하였다. 또한 인체 모델과 근활성도를 분석하여 지면 작물의 이동식 해충 포획기 작업의 생체역학적 평가를 통하여 개발된 제품의 작업 편의성을 증명하였다.

3. 제품 및 시장분석 측면

국내에서는 고정형이 전부이고 이동형은 전무하고, 국외에서는 일본을 중심으로 제품이 개발되기 시작하고 있으며, 해충예방을 위한 친환경 감농약 방법을 위해서는 단가 및 사용 확대 측면만 고려된다면 시장 확대가 기대된다. 본 연구에서는 개발된 제품을 국내 보급지원 사업 제안 신청 및 일반판매를 시작으로 국내외에 판매 할 예정이다. 기존의 제품에 비하여 작업이 편리함과 동시에 적은 무게의 모터를 이용하여 더 큰 송풍 출력을 발휘할 수 있는 장점이 있어 시장에서 큰 관심을 모으리라 기대한다.

V. 연구 성과

1. 지적재산권

구분	전문학술지*		특허	인력양성 (석사)	사업화
	SCI	비SCI	출원		
목표	0	2	1	0	1
진수	1	1	2	2	1

가. 전문학술지

■ 논문명 : Endurance time prediction of biceps brachii muscle using Dimitrov spectral index of surface electromyogram during isotonic contractions

저자 : 이기영, 이상식, 김정현, 최안렬, 문정환

학술지 : International journal of precision engineering and manufacturing

발행년도 : 2011(게재 확정)

■ 논문명 : 인체모델을 이용한 쪼그려 앉는 작업자세의 요추부 생체역학적 평가

저자 : 임대섭, 김영진, 이경숙, 문정환

학술지 : 바이오시스템학회(학진등재)

발행년도 : 2011.2

나. 국내 특허

■ 특허명 : 이동식 포충기

출원인 : 문정환

출원번호 : 2009, 10-2009-0101281

■ 특허명 : 풍압을 이용한 이동식 해충 포획기의 송풍관 개발

출원인 : 문정환

출원번호 : 2010, 10-2010-0132530

2. 인력양성효과

- 석 사 : 송유환, 2009년 2월 졸업
기 관 : 성균관대학교 생명공학과
학위논문명 : 모션 캡처 데이터의 영상 처리를 위한 FPGA 개발 및 성능 평가

- 석 사 : 박건일, 2011년 2월 졸업 예정
기 관 : 성균관대학교 생명공학과
학위논문명 : 외부트리거를 이용한 고속 물체의 실시간 영상 획득 시스템 설계

3. 실용화 및 사업화

참여기업인 성부공업사는 이동식 포충기의 설계 기술을 실용화 및 사업화를 위하여 제품 개발 절차에 따라 진행 하게 된다. 제품 개발 절차는 고객/환경을 고려한 상품 기획, 개발 계획 작성, 콘셉트 설계, 1차 설계 검토, 설계, 2차 설계 검토, 시제품 제작, 품평회, 생산원가 분석, 양산 설계, 최종 품평회, 양산의 과정이다. 이러한 제품 개발 절차를 고려하여 이동식 포충기는 양산을 위한 2년의 소요 시간과 실용화를 위한 약 1년의 기간을 고려하여 신 모델의 포충기 개발의 실용화 까지는 약 3년이 소요될 것으로 판단된다.

SUMMARY

(영 문 요약 문)

All domestic systems used to capture harmful insects are fixed-type and include vermin eradicator, vermin capturer and vermin exterminator, and such are used overseas as well. Such systems have high initial investment, management and maintenance costs, have the limitation of being fixed devices, and have the shortage of being able to capture only general mosquitos and such. Thus, in Japan, a device that captures vermin utilizing the existing large-sized vermin control and headwind duct device was developed, which allows the worker to use wind pressure instead of agricultural pesticides in removing the vermin on the crops, thus enabling environment-friendly tasks.

Such movable equipment, however, has the difficulty that the worker must carry the engine to generate the wind. Also, the wind performance of the equipment to effectively blow the vermin off the crop also act as an important factor. Thus, the existing engine must be enabled to be carried by the worker with more ease, and the same engine should be able to yield greater wind efficiency.

Thus, the movable vermin capturer of land crops was developed based on ergonomic design.

For ergonomic design, the design factors of the main body, apparatus component, and electrically powered control device were analyzed and the design factor components were newly designed. The original vermin capturer of Japan operates the air blast on one side of the body, executing asymmetric tasks. This creates task load on one side with the potential issue of causing musculoskeletal disorders.

Also, the most important factor of the vermin capturer is the motor. When replacing the original engine with the motor, the wind amount fulfilling the output of the original engine must be generated. The motor, however, has the issue of getting heavier for greater wind amount, so the wind amount per level according to the weight of the air blast motor was tested. As the result, there were limits with the wind motor to generate the wind amount fulfilling the performance of the engine, so it was

progressed with the form of attaching the fan to the BLDC motor and not the air blower. As the result, a satisfactory level of output could be generated while the weight of the motor and fan being light enough. In order to operate the motor, the electronic controller was developed to implement the speed control function. Afterwards, a field test was conducted to confirm the performance of the developed motor and the vermin capture performance.

Also, a distributing pipe was designed to effectively let out the wind. The distributing pipe was modelled using 3D CAD, and the computational fluid dynamics (CFD) analysis method and the pre-production simulation were used to confirm the efficiency of the distributing pipe. Before the development of the distributing pipe of a new design, the analysis on the problems of the existing products were conducted. As the result of CFD analysis of the existing products, the problem of the wind speed being reduced as the wind moved from the wind entrance to the end, and the problem of vortex generated at the node where the wind comes out were confirmed. Accordingly, the distributing pipe to be developed needs to be designed with the diameters of the entrance and the end to be different to prevent the wind speed from reduction, and at the same time, must suggest a guide vane within the distributing pipe to remove the vortex. Also, in order to prevent the asymmetric works of the worker, the structure was developed so that the wind enters the central component of the distributing pipe and then is distributed to both sides. Likewise, by using the CFD analysis method on the developed distributing pipe, the efficiency was verified and the problem could be resolved in determining the design. The results of CFD analysis on the newly suggest design indicated that 1) after the wind enters, congestion area and vortex are generated due to the collision with distributing pipe, 2) after the wind enters, a very wide area of vortex occurs in the process of being distributed to both sides, and 3) the vortex occurs at each node component where the wind comes out. Thus, A) a v-shaped groove was applied to the portion where the wind hits the distributing pipe, B) the guide vane and u-shaped groove was applied to the distributing component, and C) the guide vane was installed at each node component to design a distributing pipe which lets out wind at a constant speed without congestion area or vortex. The analyzed distribution pipe was actually produced to analyze the ergonomic factors. As the result, the electromyogram signals of the human local parts and joint loads were

improved compared to the original products.

Also, a field test was conducted combining the produced distributing pipe with the motor to verify the performance of the vermin capturer. The performance measurement was taken by testo 400 precision measurement device, and the result was superior to the original products. With this, a movable vermin capturer for land crops with the improvement effects of vermin capture performance according to the enhanced air blast performance and ergonomic convenience was developed.

CONTENTS

(영 문 목 차)

Chapter 1 Introduction	12
Section 1 Research background	12
Section 2 Purpose and objectives	13
Chapter 2 Present status of technology developments	15
Section 1 Status of technology developments in Korea	15
Section 2 Status of technology developments in foreign countries	16
Section 3 Status of registered patents	17
Chapter 3 Methods and results	18
Section 1 Ergonomic design and electric control device parts production	18
Section 2 Mechanism design and parts production	64
Section 3 Summary and conclusions	75
Chapter 4 Achievements of goal and contribution	77
Section 1 Objectives and goal	77
Section 2 Contributions of related fields	79
Chapter 5 Achievements and application plans of research	80
Section 1 Achievements of research	80
Section 2 Plan of commercialization	83
Section 3 Applications to other areas and necessity of further works	84
Chapter 6 Technical information related to this study	85
Section 1 Publications	85
Section 2 Patents	90
Chapter 7 References	92
Appendix 1 Design of developed insects trap	97
Appendix 2 Applying for patents	99

목 차

제 1 장 연구개발과제의 개요.....	12
제 1 절 연구개발 필요성.....	12
제 2 절 연구개발 목표 및 범위.....	13
제 2 장 국내외 기술개발 현황.....	15
제 1 절 국내 기술개발 현황.....	15
제 2 절 국외 기술개발 현황.....	16
제 3 절 국내외 특허 현황.....	17
제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과.....	18
제 1 절 인간공학적 설계 및 전동 제어장치 부품제작.....	18
제 2 절 기구부 설계 및 부품 제작.....	64
제 3 절 요약 및 결론.....	75
제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도.....	77
제 1 절 연도별 연구목표 및 달성도.....	77
제 2 절 관련분야 기여도.....	79
제 5 장 연구개발성과 및 성과활용 계획.....	80
제 1 절 연구개발 성과.....	80
제 2 절 산업화 추진 방안	83
제 3 절 타분야 활용 및 추가연구 필요성.....	84
제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보.....	85
제 1 절 학술논문.....	85
제 2 절 관련특허.....	90
제 7 장 참고문헌.....	92
부록 1 분배관 설계도면.....	97
부록 2 특허.....	99

제 1 장 연구개발과제의 개요

제 1 절 연구개발 필요성

1. 연구개발의 필요성

가. 시장 환경 분석

(1) 이동식 해충 포획기의 필요성

국내에서 사용하는 시스템은 모두 고정 형태로 해충 박멸기, 해충 포획기 및 해충 퇴치기 등이 있으며, 해외에서도 대부분이 이러한 시스템을 사용하고 있다. 이러한 시스템은 초기 투자, 관리 및 유지비용이 높고, 고정이라는 한계를 벗어나지 못하고 있으며, 일반적인 모기 등의 해충만 포집함. 이에 효과적인 해충 포집을 위하여 이동식 해충 포획기가 필요함

나. 기술개발의 중요성

(1) 일본의 이동식 포충기 작업자의 불편도 증가

최근 들어 일본에서 개발된 이동식 포충기는 기존의 대형 방제장치 및 역풍 덕트장치를 작업자가 직접 짊어지고 작업함으로 인하여 작업자가 사용하기에 불편한 단점이 있다. 또한 분배관이 작업자를 중심으로 한쪽으로 기울어져 작업을 수행하여 근골격계질환을 유발할 가능성이 있다. 이에 작업자의 안전성과 편의성 향상을 위한 인간공학적 이동식 포충기의 개발이 필요함

(2) 정량적 편의성 증가

이동식 포충기를 이용하는 작업자의 인체 모델을 구현하여 관절에 따른 작업 부하를 평가하고, 근전도를 이용한 국소 부위의 작업 부하 측정을 이용하여 정량적 편의성을 예측할 수 있다. 정량적 편의성의 평가로서 이동식 포충기의 작업 동안의 작업 부하를 객관적으로 평가할 수 있게 되어, 작업자의 편의성을 증가 시킨다. 또한 이와 같은 방법을 타 산업에 적용하여 활용 가능하다.

제 2 절 연구개발 목표 및 범위

1. 연구개발 목표

본 연구에서는 현재 시설농가에서 주로 사용되고 있는 고정형 해충 살충, 포획, 수집하는 시스템을 저가 및 조작성 간편하도록 인간공학적 설계 및 진동제어장치 개발 방법을 적용한 상추 및 배추용 이동식 해충 포획기를 개발 하고 실제 필드 실험을 이용한 포획기의 성능을 검증하고자 한다. 국내에서 해충을 포획하기 위해 사용하는 시스템은 모두 고정형으로서 해충 박멸기, 해충 포획기 및 해충 퇴치기 등이 있으며, 해외에서도 대부분이 이러한 시스템을 사용하고 있다. 이러한 시스템은 초기 투자, 관리 및 유지비용이 높고, 고정이라는 한계를 벗어나지 못하고 있으며, 일반적인 모기 등의 해충만 포집하는 단점이 있다. 이에 일본에서 개발된 이동식 포충기는 기존의 대형 방제장치 및 역풍덕트장치를 이용하여 해충을 포획한다. 이는 작업자가 농약을 사용하지 않고 풍압을 이용하여 작물에 붙은 해충을 제거하는 친환경 포충 작업을 수행할 수 있도록 한다. 하지만 이와 같은 이동식 장비는 송풍을 발생시키기 위한 엔진을 작업자가 짊어지고 이동해야 하는 어려움이 있다. 또한 작물에 붙어 있는 해충을 효과적으로 떨어뜨리기 위하여 작업기의 송풍 성능이 장비의 효율을 결정한다. 이에 기존의 엔진을 작업자가 쉽게 이동시킬 수 있도록 해야 하며 같은 엔진에서도 더 큰 송풍 효율을 낼 수 있어야 한다. 즉 인간공학적 설계를 기반으로 한 포충 장치를 개발 하고, 고효율의 송풍 성능을 유지함과 동시에 무게가 가벼워야 한다. 또한 송풍 과정 중 분배관에서 발생할 수 있는 정체영역 및 와류를 제거하여 송풍의 전달 효율을 극대화한다.

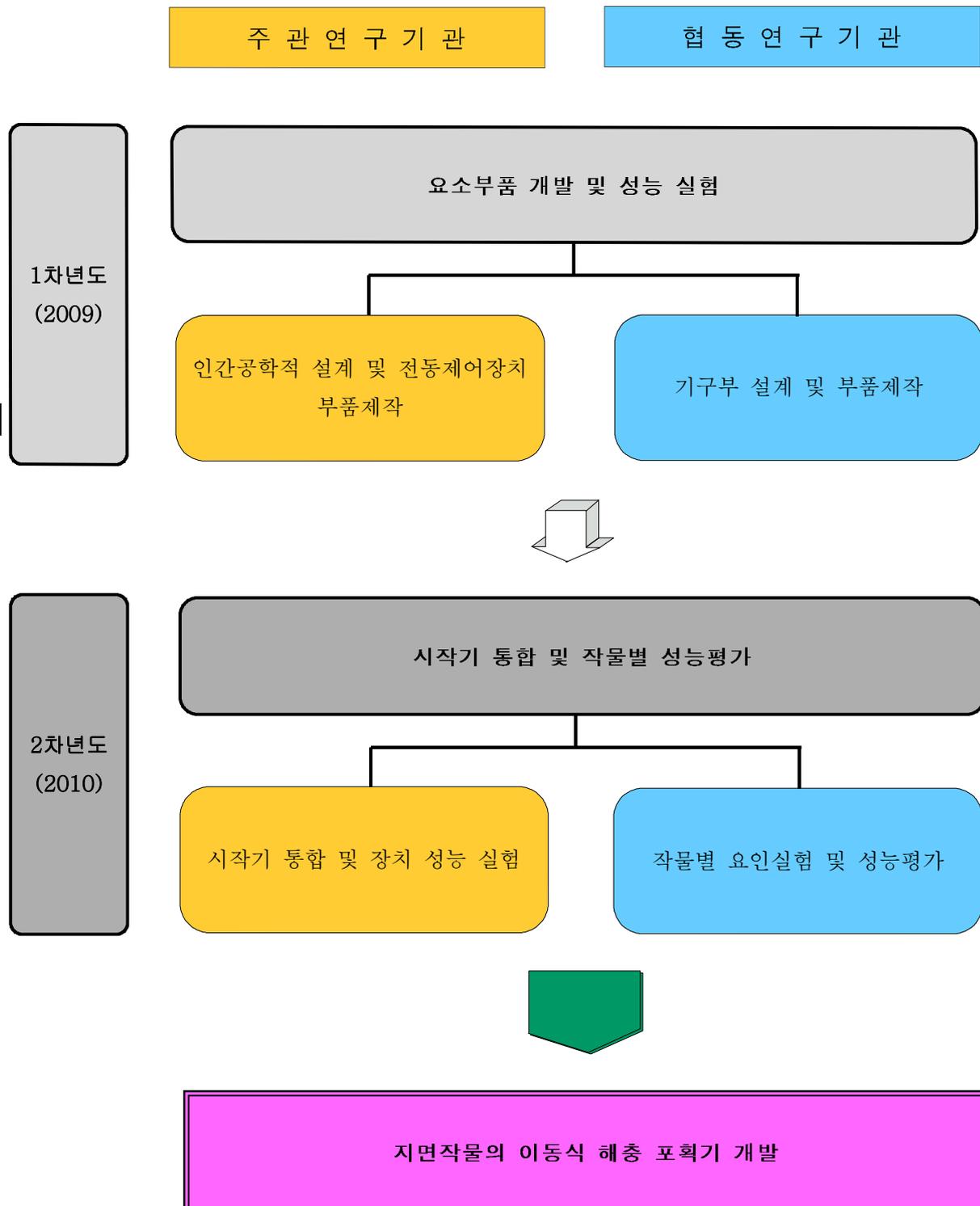
2. 연구개발 범위

가. 1세부과제 : 인간공학적 설계 및 진동제어장치 개발

- 해충 포획기 본체 및 기구부의 설계 인자 분석 및 설계
- 진동제어장치의 각 요소별 부품 제작 및 요인 실험
- 모터 및 전자 컨트롤러 설계 및 제작
- 제어기 시작기 제작 및 성능 실험
- 인간공학적 안정성 요인 분석
- 시작기 통합을 통한 제어장치의 작물별 실험검증 및 성능평가

나. 2세부과제 : 본체 시작기 제작 및 성능검증

- 해충 포획기 본체 및 기구부의 설계 및 부품 제작
- 해충 포획기 본체 및 기구부 시작기 제작
- 해충 포획기 본체 및 기구부의 실내 실험
- 통합 시작기의 작물별 실외 요인 실험 및 성능평가



제 2 장 국내외 기술개발 현황

제 1 절 국내 기술개발 현황

제품	특징 및 단점
 <p>제품 이미지: S.J. KOREA 에스아이 코리아 해충포획기 SIE-400. 제품 설명: 과수농가의 최소손! 이제는 농약사용을 획종이십시오. 해충잡는 대형해충포획기가 있습니다. 모델명: SIE-400, 전원: 220V/60Hz, 소비전력: 200W, 변압계치수: Ø400mm. (이간 시온 데)</p>	<p>특징 및 단점</p> <p>해충 포획기 (해충지, 고정방식)</p> <p>특징 : 고정형 방식, 조명을 이용, 전기고정방식</p> <p>단점 : 하우스내 설치할 장소가 어려움. 여러대를 설치해야 효과가 있음. 이동형이 아니므로 앞에 부착되어 있는 해충은 불가능함.</p> <p>판매기업: (주)에스아이코리아</p>
 <p>제품 이미지: (주)서울정밀 SEUL MINUTENE SJ-2001 무인해충포집기. 제품 설명: 무인해충포집기</p>	<p>무인 해충 포집기 (SJ- 2001 가로등방식)</p> <p>특징 : 이중팬을 사용하므로 해충 박멸에 효과가 큼.</p> <p>단점 : 제품 고정을 위한 초기설치비가 많이 듦. 이동형이 아니므로 방제 영역의 제약이 있음. 여러대를 설치해야 효과가 있음.</p> <p>판매기업: (주)서울정밀</p>
 <p>제품 이미지: PU-198 해충포집기. 제품 설명: dytechtool.com</p>	<p>해충포집기 (PU-198, 고정방식)</p> <p>특징 : 여러대를 설치해야 효과가 있음. 이동형이 아니므로 앞에 부착되어 있는 해충은 불가능함.</p> <p>단점 : 여러대 설치로 인한 초기비용이 많이 듦. 이동형이 아니므로 앞에 부착되어 있는 해충은 불가능함.</p> <p>판매기업: (주)파루</p>
<p>기타: 초음파 제품</p>	<p>단점: 하우스별 고정설치, 나방류 64%만 해결, 임상적 근거 부족함. 근거: 논산시 농업기술센터</p>

제 2 절 국외 기술개발 현황

제품	특징 및 단점
	<p style="text-align: center;">害虫 浦蟲氣 (CV-1, CV-H, 이동식)</p> <p>특징 : 이동식 제품으로 고정식과 달리 한 대로 전체 작업이 가능함.</p> <p>단점 : 승용- 고가임. 사용하기 불편함. 사용상의 한계(시설용), 보행- 대형 방제장치 이용으로 불편함.</p> <p>판매기업: (株)みのる産業</p>
	<p style="text-align: center;">Insect Light Traps (고정식)</p> <p>특징 : 충전방식의 고정형임. 원거리 포집이 가능한 시스템</p> <p>단점 : 여러대를 설치해야 효과가 있음. 이동형이 아니므로 앞에 부착되어 있는 해충은 불가능함.</p> <p>판매기업: Leptraos Co.</p>
	<p style="text-align: center;">Black Lantern Insect Trap (고정식)</p> <p>특징 : 소모성 전원방식의 고정형임. 모기 등의 일반 해충만 포집함.</p> <p>단점 : 여러대를 설치해야 효과가 있음. 이동형이 아니므로 앞에 부착되어 있는 해충은 불가능함.</p> <p>판매기업: chuabohtan Co.</p>

제 3 절 국내외 특허 현황

가. 특허분석 범위

대상국가	국내, 국외(미국, 일본, 유럽)
특허 DB	특허정보원 DB(www.kipris.or.kr), Aureka DB
검색기간	최근 5년간
검색범위	해충 포집, (방제*해충), (청소기*흡입), 진공흡입

나. 특허분석에 따른 본 연구과제와의 관련성

개발기술명		해충 포획기	진공흡입장치
Keyword		해충 포집, 방제, 해충	진공흡입, 흡입, 청소기
검색건수		2490	7251
유효특허건수		13	10
핵심특허 및 관련성	특허명	해충포집장치	진공청소기의 흡입구조
	보유국	대한민국	대한민국
	등록년도	2003	2000
	관련성(%)	30%	70%
	유사점	해충 포집	바람을 이용한 진공방식
	차이점	이동식 포집방식 유인등 없음 유인향 없음	흡입 방법 흡입 호스 및 입구

제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

제 1 절 인간공학적 설계 및 전동 제어장치 부품제작

1. 본체, 기구부 및 전동제어장치의 설계 인자 분석

가. 이동식 포충기의 구성은 그림 1과 같다. (1)은 송풍기로 모터(또는 엔진)를 주 동력원으로 이용한다. (2)는 송풍기에서 발생한 바람이 송풍관에 연결시키기 위한 주름관이다. (3)은 바람의 세기를 조절하도록 하기 위한 모터컨트롤러이다. (4)는 작업자의 피로를 줄이기 위한 어깨끈이다. (5)는 송풍기에서 발생한 바람이 주름관을 거쳐 분배관으로 연결되는 송풍관이다. (6)은 프레임으로 포충망과 분배관, 벌레 추방 끈을 연결시키는 역할을 한다. (7)은 분배관으로 송풍관에서 오는 바람을 일정한 세기로 분배시키는 역할을 한다. (8)은 벌레 추방 끈으로 작물에 붙어있는 해충을 자극시켜 날아오르게 하는 역할을 한다. (9)는 포충망으로 바람에 날린 해충을 포획하는 곳이다. (10)은 송풍구로 바람이 나오는 곳으로 나뉜다.

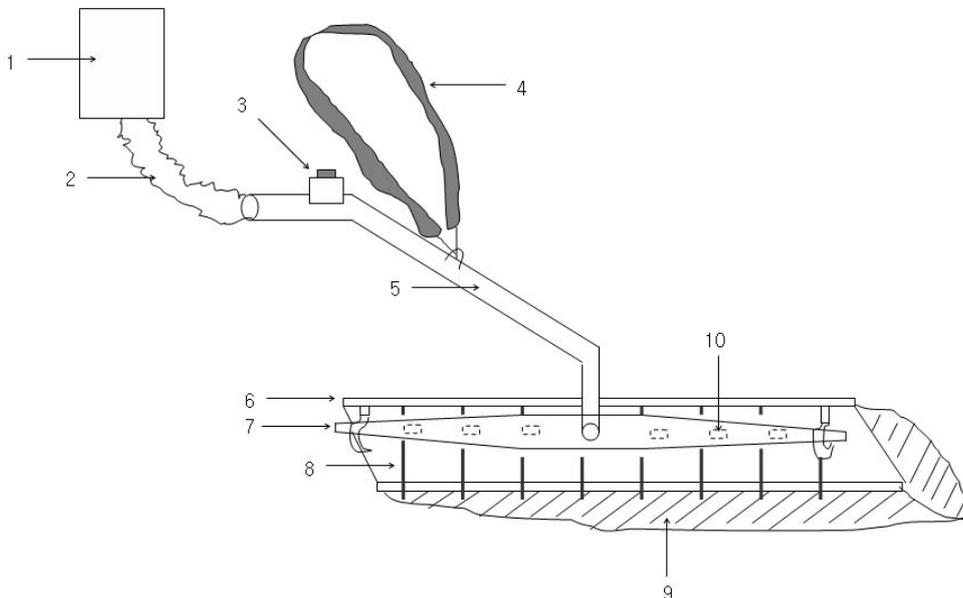


그림 1 이동식 포충기.

나. 본체, 기구부 및 전동제어장치의 설계 인자를 분석하기 위하여 일본 미노루(みのる)사에서 개발한 이동식 포충기의 사양(표 1)을 확인하였다. CVH113모델 기준으로 포충기의 전체 길이는 1300mm, 무게는 1.6kg, 작업 속도는 0.5~0.7 m/sec, 풍량은 3 m³/min이다.

표 1 이동식 포충기 사양

Name		捕虫機	
Type		CV-H	
Division		CVH113	CVH115
Machine Body size	Total length (mm)	1300 (Steering wheel section is excluded)	1500 (Steering wheel section is excluded)
	Full-width (mm)	400 (steering wheel section is excluded)	
	Total height (mm)	150 (steering wheel section is excluded)	
	Weight (kg)	1.6 (At the time of steering wheel installation)	1.75 (At the time of steering wheel installation)
Insect net width (mm)		1300	1500
Job speed (m/second)		0.5 - 0.7	
Rate of work (amount /10a)		27 - 33	
Airflow (CMM)		As for manufacturer and type ignoring (Those which have ability above airflow 3m ³ /minute)	

다. 포충기의 성능은 송풍관의 구경, 풍량, 풍속 등에 의해 결정되기 때문에 송풍기에서 발생하는 바람이 일정하다고 가정하면 송풍기의 구경은 식 1과 같이 결정되어질 수 있다. 식에서 Q는 송풍기의 풍량이고 V는 풍속을 나타낸다.

$$D = 146 \times \sqrt{\frac{Q}{V}} \quad \text{수식 (1)}$$

표 2 풍량과 풍속에 따른 송풍관의 구경

풍 량(m ³ /min)	풍 속(m/s)	송풍관(mm) 구경	풍 량(m ³ /min)	풍 속(m/s)	송풍관(mm) 구경
3	7	95.57944	3.2	7	98.71402
	8	89.40638		8	92.33851
	9	84.29314		9	87.05758
	10	79.96749		10	82.59007
	11	76.24601		11	78.74654
	12	73		12	75.39408
	13	70.13613		13	72.43629
	14	67.58487		14	69.80135
	15	65.29318		15	67.43451
3.1	7	97.15937	3.3	7	100.2446
	8	90.88427		8	93.7702
	9	85.68651		9	88.40739
	10	81.28936		10	83.87061
	11	77.50636		11	79.96749
	12	74.20669		12	76.56305
	13	71.29548		13	73.5594
	14	68.70205		14	70.88361
	15	66.37248		15	68.48007

식 1을 이용하여 송풍관의 구경을 결정하기 위하여 풍량은 3 m³/min부터 0.1씩 증가시켜 3.3 m³/min까지 변화시키고 풍속은 7 m/s부터 15 m/s까지 증가시켰다. 이 방법에 따른 송풍관의 구경은 표 2와 같다. 사양을 풍량은 3.3 m³/min, 풍속은 12 m/s로 정하게 될 경우 송풍관의 구경은 76.56 mm로 계산 되었다.

라. 본 연구과제에서는 휘발유 엔진을 이용하는 기존의 송풍기를 전기 모터에 의해 바람을 발생시키는 송풍기로 대체하기 때문에 모터의 출력을 계산하여야 한다. 모터의 출력을 계산하는 방법은 식 2와 같다. 여기서 h : 평균 유효 압력, Q : 풍량, h_a : 대기압, h_s : 흡입측 절대 압력, η : 전효율, T_a : 유입측 표준온도, T_0 : 동기온도, α : 여유율 임.

$$P = \frac{h \cdot Q \cdot \frac{h_a}{h_s}}{6120\eta} \cdot \frac{T_a}{T_0} \cdot 1.2(1 + \alpha) \quad \text{수식 (2)}$$

	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
1일	3.0	1.0	6.6	13.0	20.1	24.8	27.3	30.9	27.8	23.8	14.9	6.3
2일	2.2	1.3	6.9	12.8	20.5	24.6	27.4	29.8	27.0	22.8	15.5	6.5
3일	2.0	1.5	7.7	13.6	20.6	24.5	27.0	30.3	27.4	22.6	16.3	6.0
4일	1.4	2.3	8.0	15.5	20.7	25.7	27.5	29.7	27.1	22.3	16.2	5.8
5일	0.9	3.2	8.0	15.8	21.8	26.3	28.5	30.4	27.2	21.7	16.1	6.2
6일	2.5	2.5	7.8	16.3	21.2	26.5	28.5	29.9	27.6	21.7	15.9	5.6
7일	2.6	1.9	8.7	16.4	21.6	26.7	28.6	29.9	27.6	21.6	15.3	5.8
8일	2.9	2.1	9.1	16.5	21.4	26.4	27.7	30.3	27.6	22.0	14.1	6.1
9일	2.7	3.1	7.9	17.2	22.8	26.2	27.9	30.4	26.5	22.4	14.0	5.6
10일	1.3	3.2	8.2	16.5	22.7	25.8	27.7	30.1	26.1	21.2	12.0	5.8
11일	1.7	3.8	8.1	17.1	22.2	27.0	27.3	30.6	25.7	21.2	12.6	4.6
12일	2.0	4.4	9.5	17.5	23.0	27.1	27.7	30.9	26.1	20.6	12.8	4.3
13일	0.9	4.8	10.6	17.0	20.9	27.5	28.3	30.5	26.0	20.8	12.3	4.5
14일	1.1	5.0	10.1	17.5	21.9	27.6	28.1	30.5	25.6	20.6	12.0	3.9
15일	2.2	4.0	10.3	17.6	22.3	28.0	28.4	30.0	26.0	20.3	11.7	3.8
16일	1.5	4.3	9.5	16.1	21.8	27.8	27.8	29.7	25.8	19.8	11.6	4.3
17일	1.6	5.4	10.3	17.2	22.9	27.6	28.5	29.9	24.9	19.4	10.3	3.7
18일	1.2	5.0	10.7	18.5	22.0	27.1	29.6	30.0	25.4	19.6	9.9	3.6
19일	0.5	5.6	11.4	19.2	22.4	27.2	29.1	29.4	25.3	19.9	9.9	3.3
20일	1.1	4.9	12.0	19.6	23.3	26.5	29.2	28.8	25.1	19.1	10.2	3.9
21일	1.0	4.5	12.1	20.2	24.0	27.8	29.5	29.1	24.4	18.4	8.6	4.1
22일	1.7	5.1	12.0	18.7	24.5	27.6	29.4	29.5	25.5	18.0	9.4	3.7
23일	1.7	5.1	11.1	19.9	25.1	27.8	30.2	28.5	24.5	17.9	8.8	2.9
24일	1.2	5.1	9.6	19.5	24.1	27.6	29.8	28.4	24.6	17.0	8.4	3.5
25일	1.3	5.5	10.9	20.0	22.6	27.2	29.2	27.7	24.2	16.9	8.7	2.7
26일	1.5	6.3	12.2	19.6	24.0	27.2	30.4	28.8	23.8	17.2	8.3	2.5
27일	0.9	6.6	13.3	19.8	24.6	27.1	29.6	27.7	23.7	17.6	7.5	2.2
28일	0.9	6.2	14.1	19.3	24.9	27.9	30.2	28.0	22.9	16.6	7.1	2.6
29일	1.0	5.7	13.8	20.9	25.0	27.9	30.2	27.9	23.4	16.4	6.2	1.8
30일	0.7		13.6	20.8	25.7	27.2	30.4	28.3	23.6	16.0	7.4	2.5
31일	1.1		13.0		25.2		31.3	27.8		14.7		2.6
평균	1.6	4.1	10.2	17.7	22.8	26.9	28.8	29.5	25.6	19.7	11.5	4.2

그림 2 우리나라 최고 평균기온 (자료 : 기상청).

식 2에서 풍량 $3.3 \text{ m}^3/\text{min}$, 대기압 h_a 는 표준상태에 있어서의 절대 압력인 $10,332 \text{ mmAq}$, 전효율 η 은 0.7% , T_a 는 20°C 표준상태에 있어서의 절대 온도인 293 (K) , T_0 는 그림 2와 같이 9월 평균 기온인 25.6°C 기준의 298.6 (K) , 여유율 α 는 0.05% 로 설정하였다.

식 2를 이용하여 h 는 500 , Q 는 3.3 , h_a 는 10332 , h_s 는 10232 , T_a 는 293 , T_0 는 298.6 α 는 0.05 를 대입하게 되면 송풍기를 위한 모터의 출력은 최소 0.048kW 이상이 되어야 한다.

2. 요소 부품별 인간공학적 설계

가. 기존의 포충기를 이용한 작업은 그림 3과 같이 10kg 가량의 송풍기를 멜빵형태로 작업자의 몸에 고정 시킨 후 예를 들어 몸의 오른쪽에 송풍부를 오게 하여 한쪽 고랑만을 작업하기 때문에 한쪽 방향에 작업 부하가 작용하게 된다. 이러한 자세로 오랜 시간 반복적인 작업을 하게 될 경우 근골격계질환을 야기하기 때문에 인간공학적인 설계가 필요하다.

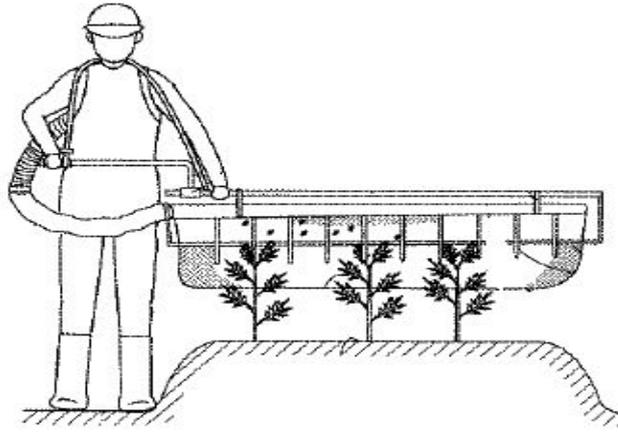


그림 3 포충기 작업 자세.

나. 기존의 일본 제품의 경우 오른손잡이용 제품으로는 왼손잡이 작업자가 사용할 수 없는 문제점이 있고 형태가 고정되어 있어 작업에 불편함이 따른다. 따라서 이러한 문제점을 해결하기 위하여 그림 4와 같이 송풍관이 분배관의 중앙에 연결되어 오른손잡이나 왼손잡이나 구별 없이 사용할 수 있고 작업형태에 따라 분배관이 180도 회전되기 때문에 다양한 작업자세로 해충을 퇴치할 수 있다.

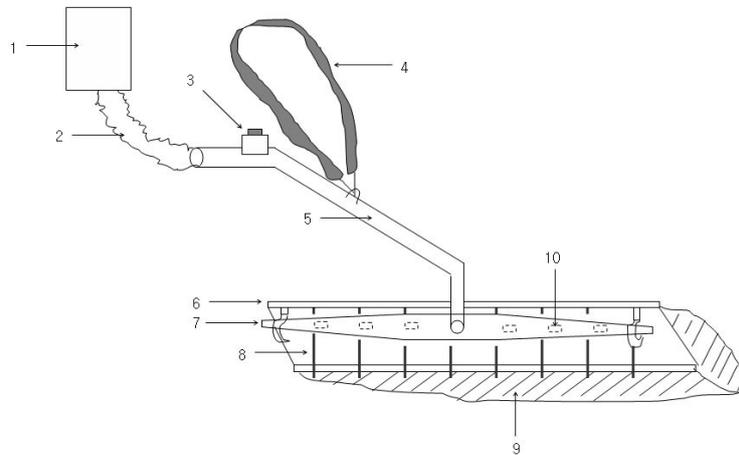


그림 4 이동식 포충기.

3. 모터 선정 및 적용

가. 1차 송풍기 모터

1차 송풍기 모터는 그림 5와 같이 동건공업의 DB-118 모델로 결정하였다. 이 모터의 사양은 표 3과 같이 220V 전원을 바로 이용할 수 있는 AC모터이며 단상으로 사용할 경우 소요 전류는 0.55 A이다. 출력은 0.06 kW이고 풍량은 최대 5.2 m³/min이고 압력은 49mmAq, 무게는

3.5kg이다. 이동형 포충기를 개발하기 위하여 모터의 무게가 너무 무거우면 작업에 지장을 주기 때문에 타 모터에 비해 비교적 가벼운 DB-118을 1차 모터로 선택하였음.

표 3과 같이 모터는 1상과 3상으로 사용할 수 있지만 농가에서 사용하는 전원은 대부분 1상이기 때문에 220V 60Hz 기준으로 하였다. 모터의 출력은 0.06kW로 마력으로 환산하면 0.08마력(1마력 = 0.746kw)이고, 모터의 RPM은 최대 3,390rpm이다.



그림 5 송풍기모터 (DB-118).

표 3 DB-118 모터 사양

Source (V)	Frequency (Hz)	Current (A)	Power input (W)	RPM	Output (kW)	Pole (P)	Air volume (m ³ /min)	Air pressure (mmAq)	Weight (kg)
1∅220V	50	0.55	100	2915	0.06	2	4.7	33	3.5
	60	0.50	110	3390			5.2	49	
3∅ 220/380V	50	0.50/0.30	95	2925	0.06	2	4.7	33	3.5
	60	0.45/0.25	110	3420			5.2	49	

모터의 크기는 그림 6과 같이 총길이 195mm, 최대높이 164.5mm, 폭은 167mm로 가로, 세로, 높이가 20cm 보다 작다. 이 모터는 팬이 부착되어 있는 일체형 송풍기로 팬의 직경은 110mm, 폭은 50mm이다. 바람이 나오는 곳은 가로 64mm, 세로 77mm의 직사각형 모양이다.

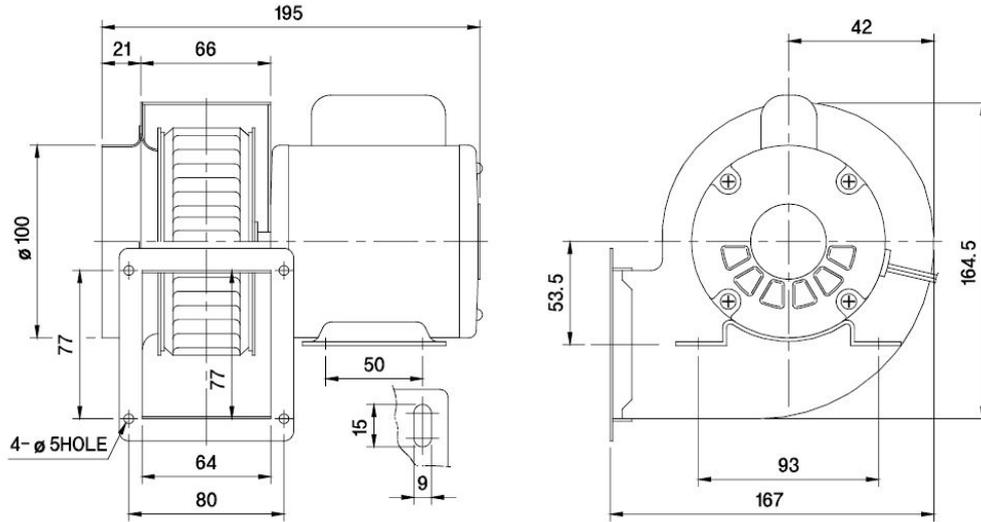


그림 6 송풍기(DB-118) 크기.

송풍기의 풍량과 압력과의 관계는 그림 7과 같다. 풍량을 60Hz를 기준으로 3.3 m³/min로 할 경우 압력은 약 22 mmAq 정도가 된다.

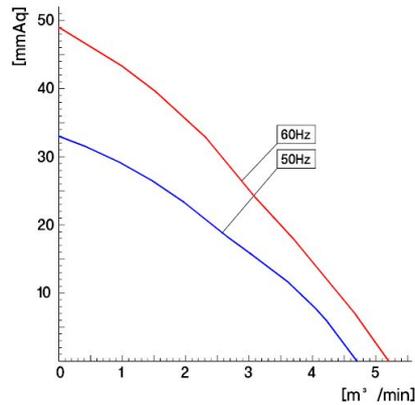


그림 7 풍량과 풍압과의 관계.

나. 2차 송풍기 모터

2차 송풍기 모터는 그림 8과 같이 동건공업의 DB-200 모델로 결정하였다. 이 모터의 사양은 표 4와 같이 220V 전원을 바로 이용할 수 있는 AC모터이며 60 Hz 단상으로 사용할 경우 소요 전류는 2.25 A이다. 출력은 0.4 kW이고 풍량은 최대 17 m³/min이고 압력은 75mmAq, 무게는 8.5kg이다.

1차 송풍기에 비해 무게가 5kg 증가 하였지만 1차 송풍기의 풍속이 엔진을 이용한 송풍기에 비해 1/3 수준밖에 되지 않았기 때문에 2차 송풍기 모터로 DB-200 모델을 선택하였다. DB-200 모델은 DB-118 모델에 비해 풍량은 11.8 m³/min 크며, 압력은 26 mmAq 크다. 출

력은 DB-118모델의 0.06 kW(0.08마력)보다 0.34kW 큰 0.4 kW(0.5마력)이다.

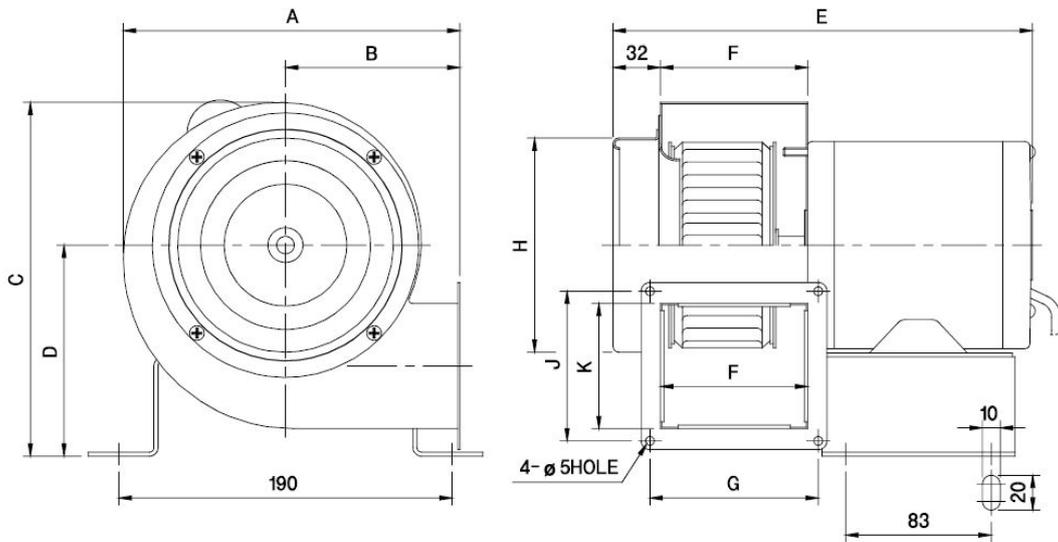


그림 8 송풍기 모터 (DB-200).

표 4 DB-200 모터 사양

Source (V)	Frequency (Hz)	Current (A)	Power input (W)	RPM	Output (kW)	Pole (P)	Air volume (m ³ /min)	Air pressure (mmAq)	Weight (kg)
1 ∅ 220V	50	1.75	340	2870	0.4	2	15	58	8.5
	60	2.25	485	3280			17	75	
3 ∅ 220/380V	50	1.75/1.00	390	2900	0.4	2	15	58	8.5
	60	1.60/0.90	500	3330			17	75	

모터의 크기는 그림 9와 같이 총길이 295mm, 최대높이 229mm, 폭은 216mm로 가로, 세로, 높이가 30cm 보다 작다. 이 모터는 팬이 부착되어 있는 일체형 송풍기로 팬의 직경은 140mm, 폭은 70mm이다. 바람이 나오는 곳은 가로 101mm, 세로 94mm의 직사각형 모양이다.



기호	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K
치수	216	110	229	134	295	101	116	140	110	94

그림 9 송풍기 크기 (DB-200).

송풍기(DB-200)의 풍량과 압력과의 관계는 그림 10과 같다. 풍량을 60Hz를 기준으로 3.3 m³/min로 할 경우 압력은 약 70 mmAq 정도가 되므로 DB-118모델보다 3배 이상의 압력이 발생된다.

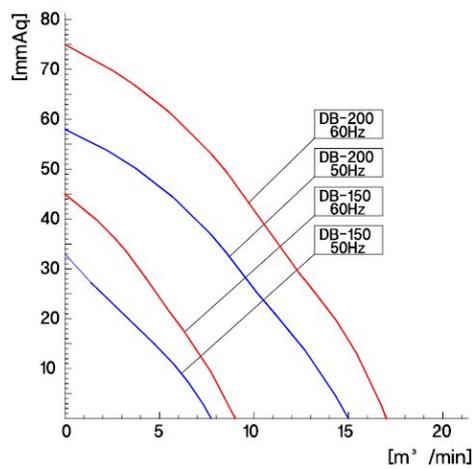


그림 10 풍량과 풍압 관계.

다. 시작기 모터

시작기의 송풍기 모터는 BLDC 모터로 선정하였다. 1,2차 송풍기 모터는 과도한 무게에 비해 풍속이 작아 해충을 포획하는데 한계를 보였다. 이에 적은 무게에도 큰 RPM을 도출 할 수 있

는 BLDC 모터 중 TM13-A1553제품을 선택하였다.

TM13-A1553은 AC220V에서 1.5kw의 출력이 가능하며 최대 분단 5000번을 회전할 수 있다. 또한 무게가 6.4Kg, 정격 출력은 1.5kw로서 2차 송풍기 모터에 비해 2.1Kg 가볍고 1.1kw이상 의 출력을 나타낸다.

모터의 크기는 그림 11과 같이 총길이 216mm, 최대높이 128mm, 폭은 128mm로 가로, 세로, 높이가 30cm 보다 작다. 이 모터는 팬이 부착되지 않은 모터로 송풍을 위하여 추가적으로 플라스틱 팬을 달아 구현하였다.

표 5 TM13-A1553 BLDC 모터 사양

Source (V)	Frequency (Hz)	Current (A)	RPM	Output (kW)	Weight (kg)
1∅220V	60	3.9	5000	1.5	6.5

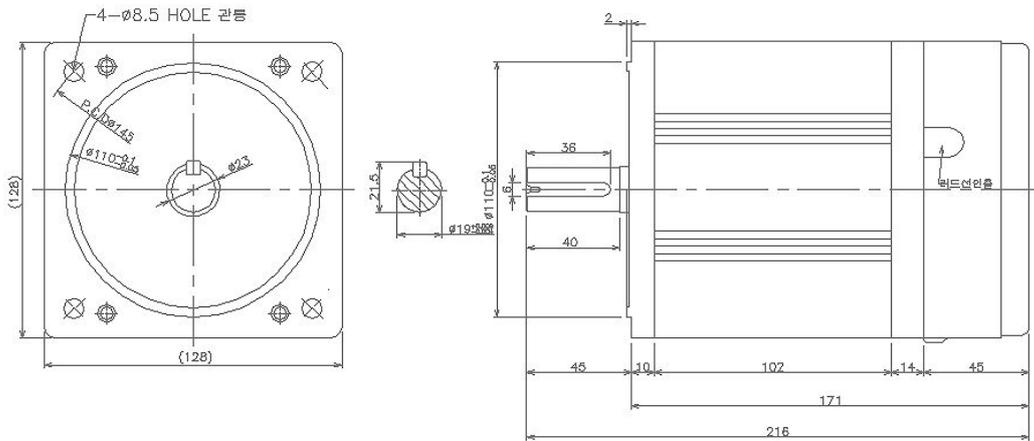


그림 11 모터 크기 (TM13-A1553).

4. 전자 콘트롤러 설계 및 제작

가. 1000 W AC 모터 제어기 구동원리

(1) 트라이악(Triac)

쌍방향 3단자 제어 정류소자(트라이악, Triac)는 교류전력 제어용 소자로 2개의 실리콘 제어 정류기(SCR)를 그림 13과 같은 방향으로 연결한 것과 같은 전자부품이다. 그리고 Gate 단자에 어떤 신호를 주면 그림 12의 T1, T2의 전원이 끊어지기 전까지는 계속 ON상태를 유지하

는 쌍방향 소자이다.

작동원리는 Gate 단자에 +전압 또는 -전압의 신호를 주어 Triac을 동작시킬 수 있다. 일단 신호가 가해지면, 소자는 교류전류에서 반 사이클의 끝인 한계 값까지 0V가 될 때까지 ON상태를 유지하며 T1, T2에 연결되는 전원은 교류이므로 1초에(50, 60Hz) 100번 또는 120번 0V를 지난다. 이때 자동으로 전원은 차단되므로, ON이 되는 시점(위상각)만 조정하여 전력을 제어할 수 있다.

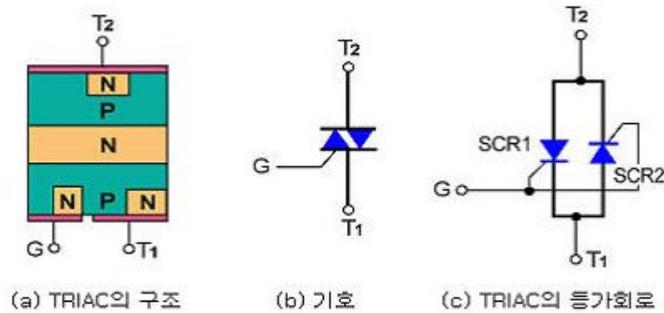


그림 12 트라이악(Triac).

(1) 다이악 (DIAC)

그림 13과 같이 정상 동작 시에 양방향으로 전류를 흘릴 수 있는 pn-pn 4층 구조의 2단자 반도체 사이리스터(thyristor). 다이악은 애노드와 캐소드의 2개 단자로 구성되어 2단자 양단의 어느 극성에서도 브레이크 오버 전압에 도달되면 도통한다. 전류가 유지 전류 이하로 떨어질 때 다이악은 턴 오프된다.

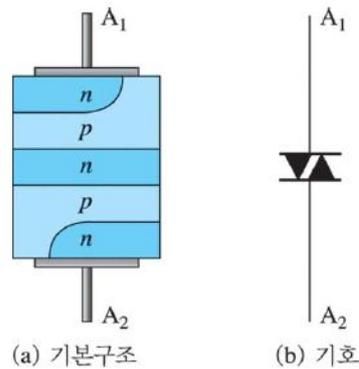


그림 13 다이악(DIAC).

나. 1000 W AC 모터 제어기 설계

AC 모터 제어를 위한 회로도 는 그림 14와 같다. AC 모터 제어를 위해 사용한 부품은 저항, 가변저항, 캐패시터, 다이악, 트라이악 정도가 소요된다.

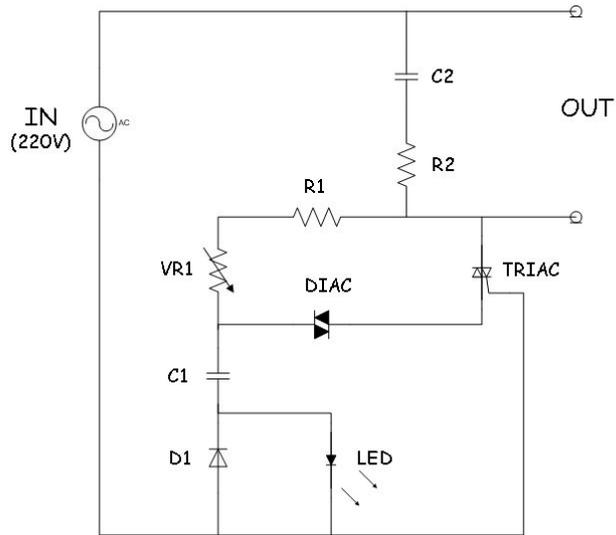


그림 14 1 kW 모터 제어기 회로도.

제어기에 교류 전압이 입력되었을 때 모터의 속도를 제어하는 원리는 그림 15와 같다. 220V 60Hz의 전압이 제어기로 입력되게 되면 제어기에 있는 트라이악과 다이악이 입력 전압의 크기와 위상을 비교하여 그림 15의 아래 그림과 같이 교류 전압의 파형에 변화가 생긴다. 제어기에 있는 가변저항을 통해 저항 값이 바뀔 때 마다 출력파형이 다르게 변하며 이러한 출력 파형의 변화를 통해 모터의 속도를 제어 할 수 있음.

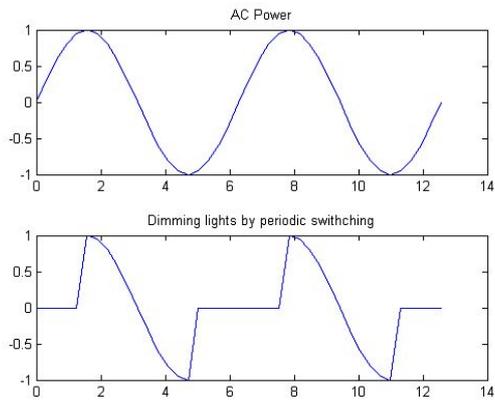


그림 15 교류 전압(AC) 입력에 대한 제어 신호 출력.

다. BLDC 모터 제어기 설계

BLDC 모터 구동을 위한 AC 드라이버의 결선도는 그림 16과 같다. 기능은 속도제어 기능으로 구형과 PWM 제어를 통해 제어한다. 과전류(250%), 홀센서 이상시 보호 될 수 있음.

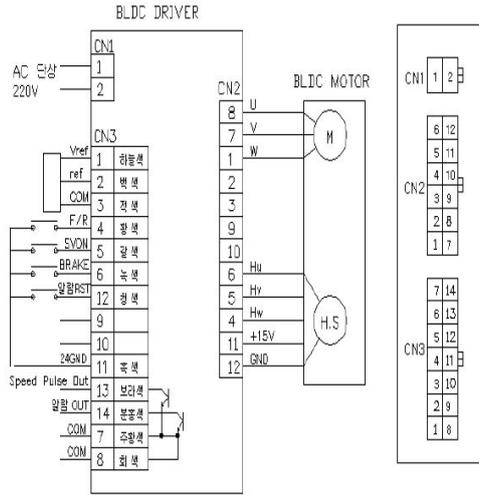


그림 16 BLDC DRIVER 결선도.

표 6 BLDE 모터 제어기 기능

POWER ON LED	CN1 단자에 AC220V의 전원을 연결하면 PWE LED가 점등 됨
ALARM ON LED	홀센서의 결선에 문제가 있거나 MOTOR에 과전류가 흐를 때 ALARM LED가 점등됨
SVON LED	CN3의 5번과 24GND와 연결되면 DRIVER는 READY가 되며 SVON LED가 점등됨
SPEED VOLUME	MOTOR의 속도를 조절하는 가변저항으로 10K OHM 사용
F/R 접점	CN3의 4번 PIN으로 OPEN일 경우에는 MOTOR가 CCW 방향으로 운전되며 24GND와 연결될 경우에는 MOTOR가 CW 방향으로 운전됨 회전방향은 MOTOR의 축 방향에서 바라볼때 입니다
SVON 접점	CN3의 5번 PIN으로 24GND와 연결될 때 DRIVER가 READY 상태가 되며 SVON LED가 점등되고 SPEED VOLUME에 의하여 MOTOR가 회전하게 됨
BRAKE 접점	CN3의 6번 PIN으로 24GND와 연결이 되면 회전중인 MOTOR은 급정지를 하게 된다. E-STOP와 같은 역할을 하게 되나 자주 사용하면 DRIVER에 무리가 갈 수 있으니 사용을 자제하시기 바람
알람 RESET 접점	CN3의 12번 PIN으로 MOTOR의 과부하나 홀센서의 고장으로 인하여 알람이 발생될 경우에 이를 해제 하고자 할 때 24GND와 연결하면 됨
SPEED PULSE OUT	이단자는 출력단으로 OPNE COLLECTOR 이며 CN3의 COM단자와 같이 사용되고 1회전/6PULSE가 출력됨
ALARM OUT	이단자는 출력단으로 OPEN COLLECTOR 이며 CN3의 COM단자와 같이 사용되고 평상시에는 CLOSE이며 DRIVER에 알람발생시OPEN 됨

5. 제어기 시작기 제작

가. 송풍기 제어기 제작

전자컨트롤러 회로도를 바탕으로 제작한 제어기 시작기는 그림 17과 같다. 220V 60Hz의 교류전압이 제어기 시작기로 입력되면 작업자가 가변저항을 회전시켜서 모터에 인가되는 전압의 크기와 위상을 조절하여 모터의 회전수(풍량/풍속)를 조절할 수 있음.

송풍기 제어기 시작기를 모터에 연결한 모습은 그림 18과 같다. 220V 60Hz 교류전압이 모터에 직접 입력되는 것이 아니라 제어기 시작기를 통해 입력되기 때문에 모터제어가 가능함.

제어기 성능을 검증하기 위하여 송풍기 앞에 풍속계를 위치시키고 가변저항을 돌려서 모터의 회전수(풍속/풍량)를 제어하였다. 실험 결과는 그림 19와 같다. 가변저항의 저항 값을 최댓값에 맞추면 모터는 회전하지 않아 풍속이 0이 되고 가변저항의 저항 값을 점차 낮추게 되면 모터가 점점 빨리 회전하게 되어 풍속이 변화하게 된다. 다시 가변저항의 저항 값을 높이면 모터에 공급되는 전압이 작아지기 때문에 풍속이 점차 감소하다가 모터가 멈추게 된다.

풍속의 변화에 대한 바람의 온도변화는 그림 20과 같다. 풍속이 점차 증가 할수록 바람의 온도가 25℃에서 24.5℃로 0.5℃ 감소하였고 모터의 회전수가 줄어들게 되면 바람의 온도 역시 증가하여 24.7℃가 되었음.



그림 17 송풍기 제어기 시작기.



그림 18 모터에 연결한 제어기.

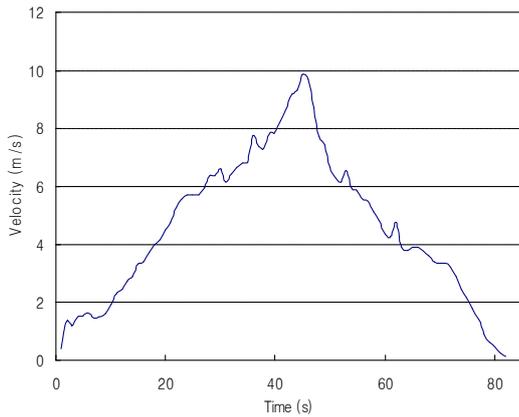


그림 19 제어기 성능 실험 결과.

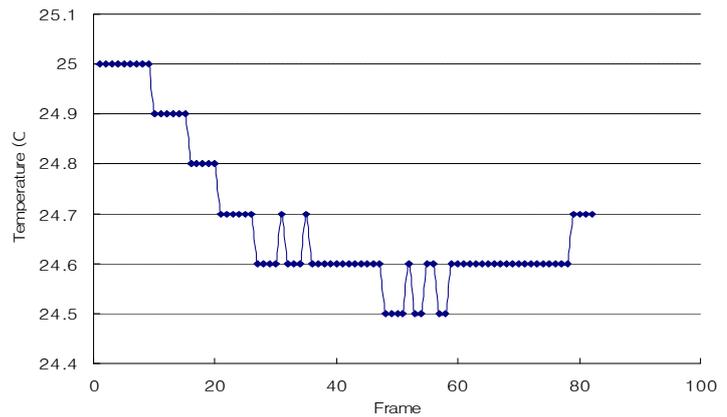


그림 20 풍속 제어시 바람의 온도 변화 측정 결과.

나. BLDC 제어기

AC 220V를 입력전원으로 정격전류 8A, 순간최대전류 16A로서 모터 1회전당 6펄스 출력이 가능하다. 모터 코넥터 삽입으로 배선이 간단한 모터인 TMC - 1.5KW 사용(그림 21)



그림 21 BLDC 제어기.

6. 작물별 송풍성능 및 요소 부품 실험

가. 기존 일본 제품의 송풍기 성능 실험

기존 일본 제품의 송풍 성능 실험을 위하여 2009년 4월 27일 경상남도 산청군에 있는 비닐 하우스 농가에 방문하여 고추와 딸기모종을 대상으로 실험을 하였음(그림 22(a), (b)).

포충기 성능 평가 실험 결과 비닐하우스 안에 있는 딸기모종 2고랑(30m)에서 포충 작업을 실시하였을 때 포획된 해충은 그림 23와 같다. 실험 전에는 눈에 보이지도 않던 많은 수의 해충이 포획된 것을 확인 할 수 있다.



(a) 정면



(b) 후면

그림 22 포충기 성능 평가 실험(일본 제품).

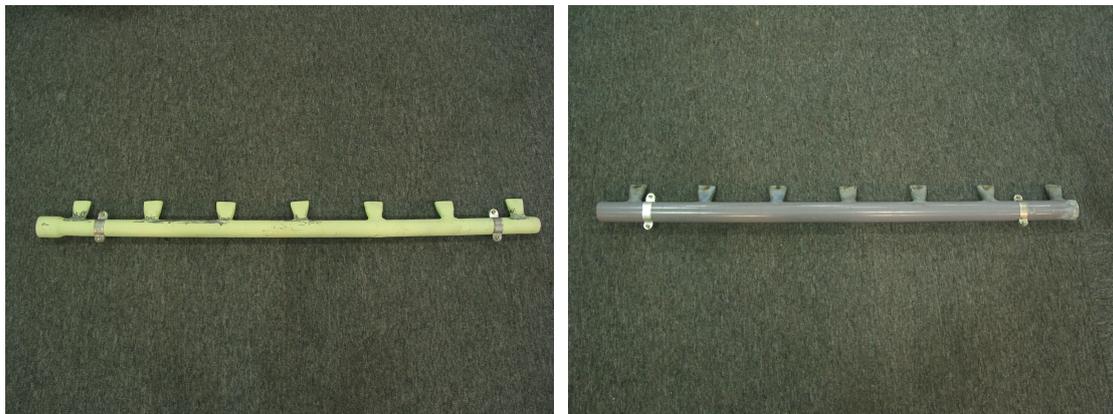


그림 23 포충기 포획 결과(일본 제품).

7. 분배관의 CFD분석 및 제작

가. 분배관의 직경 변화에 따른 풍속 변화

2세부과제 책임기관인 성부공업사에서 제작한 분배관은 그림 24의 (a), (b)와 같다. 기존의 일본제품의 경우 관직경이 45mm로 시작해서 말단부의 직경은 25mm로 끝으로 갈수록 직경 줄어드는 구조를 가지고 있다. 본 연구에서는 직경의 변화에 대한 풍속의 변화를 테스트하기 위하여 직경이 다른 2개의 분배관을 제작하였다. 그림 24 (a)의 관 직경은 40mm이고 (b)의 관 직경은 30mm이다.



(a) 40 mm

(b) 30 mm

그림 24 분배관 시작기.

(1) 풍속계

실험에 사용한 풍속계는 그림 25와 같이 Smart sensor사의 AR846모델을 이용하였다. 이 풍속계는 0.3~45m/s까지 풍속을 측정할 수 있으며 풍속 측정 오차는 $\pm 3\%$ 이고 측정단위는 m/s, ft.min, knots, Km/hr, Mph 이며 분해능은 0.1m/s이다. 온도측정 범위는 $0^{\circ}\text{C}\sim 45^{\circ}\text{C}$ 이고 온도 측정오차는 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 이며 분해능은 0.2°C 이다.



그림 25 풍속계(AR846).

(2) 풍속 실험

실험은 그림 26와 같이 동일한 송풍기를 이용하여 분배관에 있는 7개의 토출부의 풍속을 3회씩 측정하여 평균값을 계산하였다. 풍속의 측정은 모든 토출부와 일정한 거리에 풍속계의 날개부위를 바람과 수직으로 하게 하였다.

기존의 제품과 직경 40mm, 직경 30mm의 분배관으로 풍속을 측정한 결과는 그림 27과 같다. 기존제품의 경우 7개 토출부의 평균 풍속은 8.79m/s이며 표준편차는 0.34로 나타났다. 40mm 분배관의 평균 풍속은 6.91m/s이며 표준편차는 0.35로 나타났고, 30mm 분배관의 평균 풍속은 5.91m/s이고 표준편차는 1.11로 나타났다. 40mm와 30mm 분배관의 평균 풍속을 비교해보면 40mm 분배관의 풍속이 30mm 분배관의 풍속보다 1m/s빠르게 나타났고 표준편차 역시 작게 나타났다. 그러나 기존 제품과 40mm 분배관의 풍속을 비교해보면 기존제품의 평균 풍속이 40mm 분배관의 평균 풍속보다 1.8m/s 빠르게 나타났고 표준편차 역시 작게 나타났다. 이를 통해 분배관의 직경이 클수록 토출부의 풍속이 빠르게 나타나며, 분배관의 직경이 끝으로 갈수록 작게 설계되어야만 각 토출부의 풍속이 일정하게 유지됨을 알 수 있다.

따라서 2차년도에 분배관을 제작할 경우 그림 28과 같이 송풍관이 분배관의 중앙에 연결될 경우 양끝의 직경이 작아지는 구조로 설계 되어야 한다. 또한 각 토출부의 풍속과 풍량을 일정하게 유지시키기 위하여 CFD(computational fluid dynamic)해석 프로그램을 이용하여 시뮬레이션과정을 수행 하여 성능을 예측 한 후 제작 한다.



그림 26 분배관의 풍속 측정.

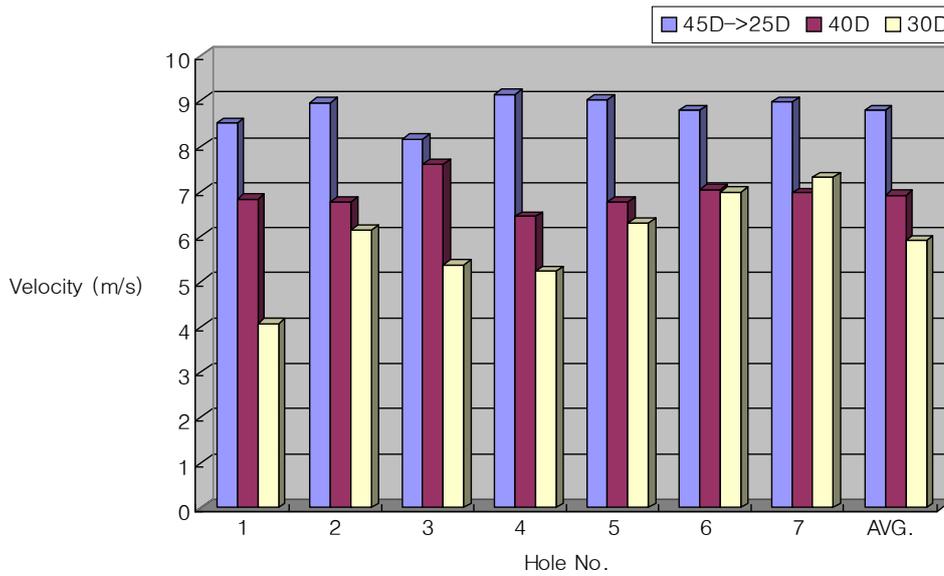


그림 27 분배관에 따른 평균 풍속.

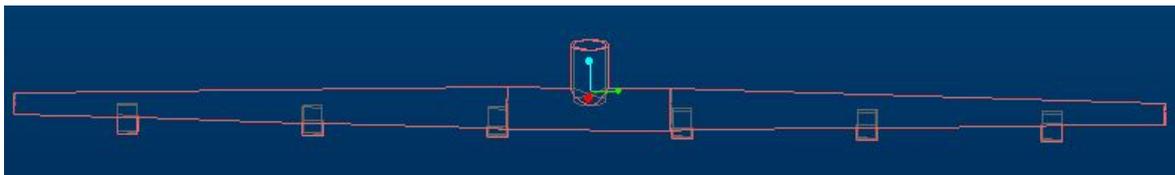


그림 28 분배관 디자인.

(3) 분배관의 CFD 분석

① 3D CAD 모델링

분배관의 CFD 분석을 위하여 Pro-engineer wildFire 4.0을 이용하여 3D 모델링 하였다. 풍속을 일정하게 유지하기 위하여 그림 29와 같이 분배관이 양 끝으로 갈수록 좁아지는 형태로 디자인 하였다. 또한 각 토출 부에 바람이 일정한 방향으로 나오게 하기 위한 가이드를 제작하였다. 그림 30은 3D CAD를 이용하여 완성된 분배관의 설계도면이다.

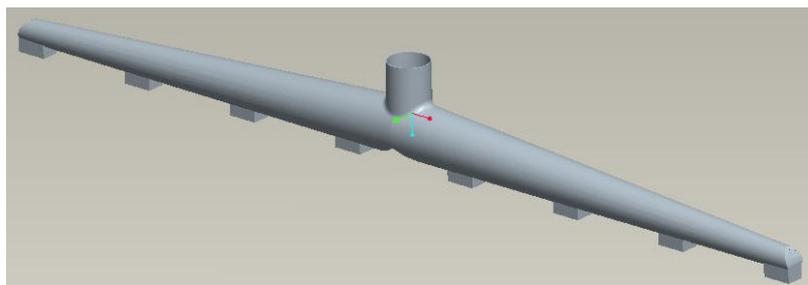


그림 29 3D 모델링.

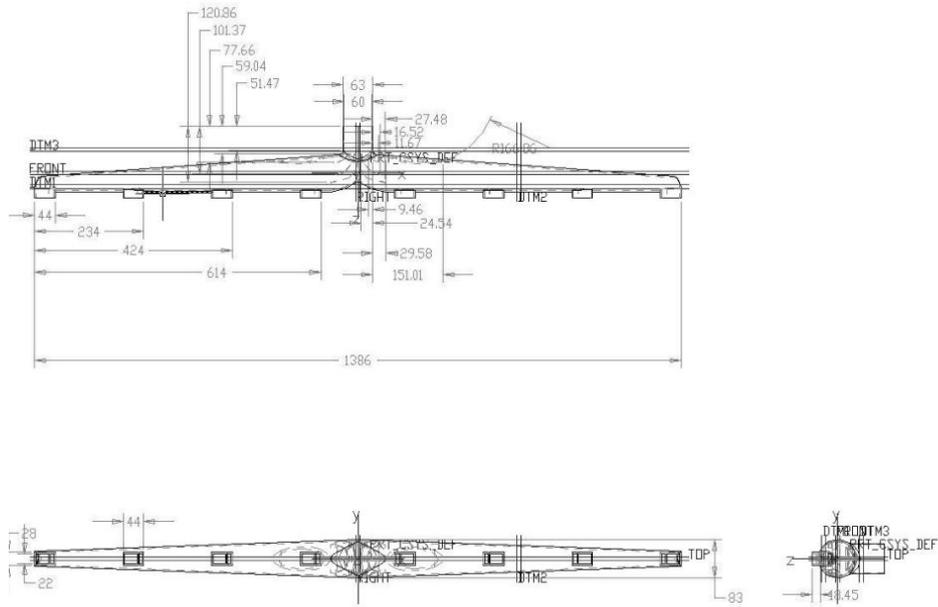
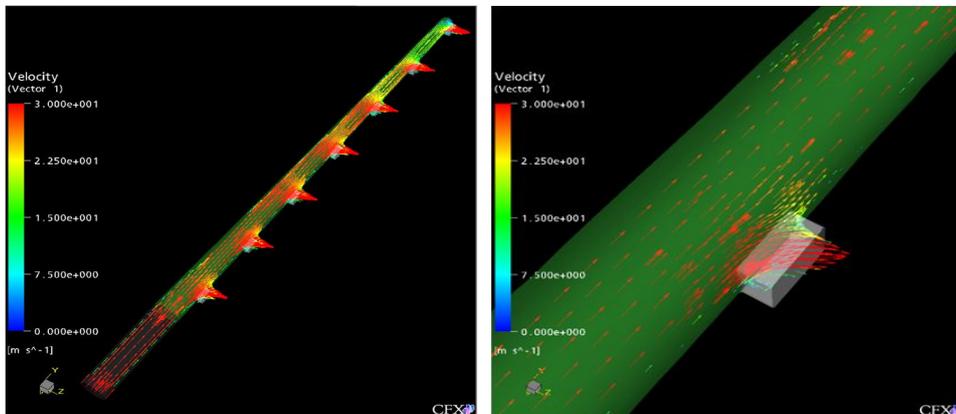


그림 30 3D 분배관 설계도면.

② CFD 분석

그림 31은 기존의 일본 제품을 3D CAD를 이용하여 디자인 한 후 CFD분석을 수행한 결과이다. 분석 결과 7개의 노드(node)에서 평균 30m/s 이상의 속도 분포로 배출되는 것을 확인 하였다. 하지만 그림 31의 (a)에서와 같이 분배관의 끝에는 풍속이 약해지고, (b)와 같이 노드에서 와류(recirculation)가 발생하는 것을 알 수 있다. 이에 분배관의 끝 쪽에서 풍속이 약해지지 않으며 노드에서도 와류가 발생하지 않는 효율적인 새로운 분배관의 디자인이 필요하다. 이를 위하여 그림 32와 같은 형태로 분배관을 단계별로 새로 디자인 한 후 CFD 분석을 수행 하였다(그림 34~40).



(a)

(b)

그림 31 기존 제품의 CFD 분석(좌 : a, 우 : b).

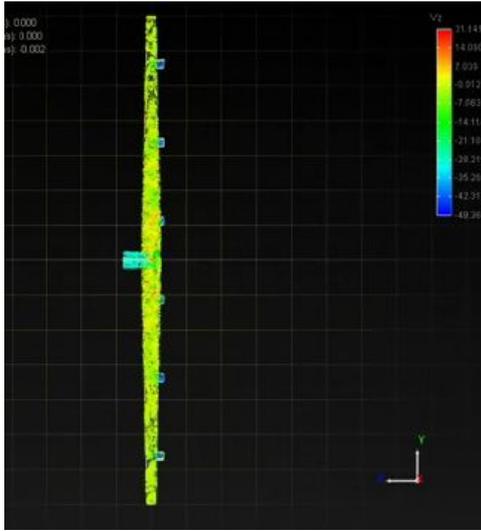


그림 32 개발될 분배관의 CFD 분석.

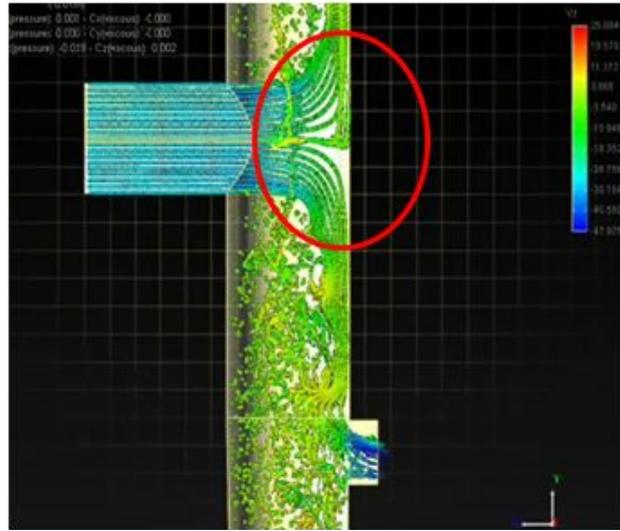


그림 33 정체영역 및 와류 발생.

새로 디자인한 분배관의 CFD 분석 결과 그림 33,34의 표시된 위치에서 충돌로 인한 정체영역(stagnation area) 및 그에 따른 와류가 발생 하였다. 이에 정체영역을 제거 할 수 있도록 그림 35와 같이 3가지의 설계 안을 제시한 후 각각의 경우에 대한 CFD 분석을 수행 하였다. CFD 수행 결과에 따라 정체 현상을 효과적으로 제거 할 수 있는 그림 35의 (b) 디자인을 선택 하였다. 또한 그림 36의 표시 부위에서와 같이 상당히 넓은 부위에서 와류가 발생하고 있어 이를 해결할 방법으로 그림 37과 같이 디자인 하였다.이로서 전체적인 외형 디자인을 결정하였다.

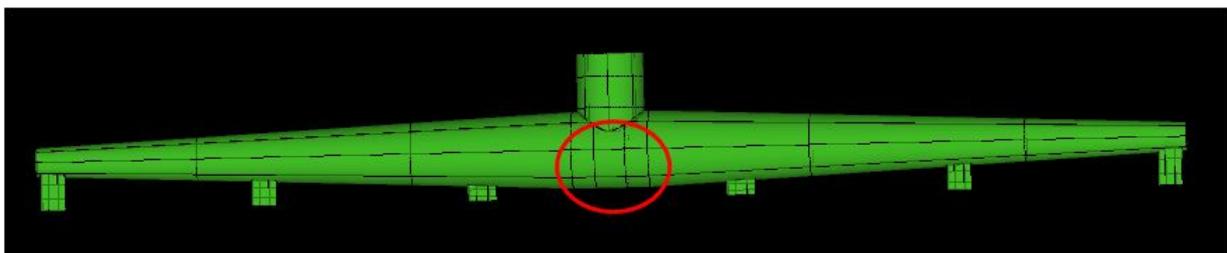


그림 34 디자인된 분배관의 와류 발생 부위.

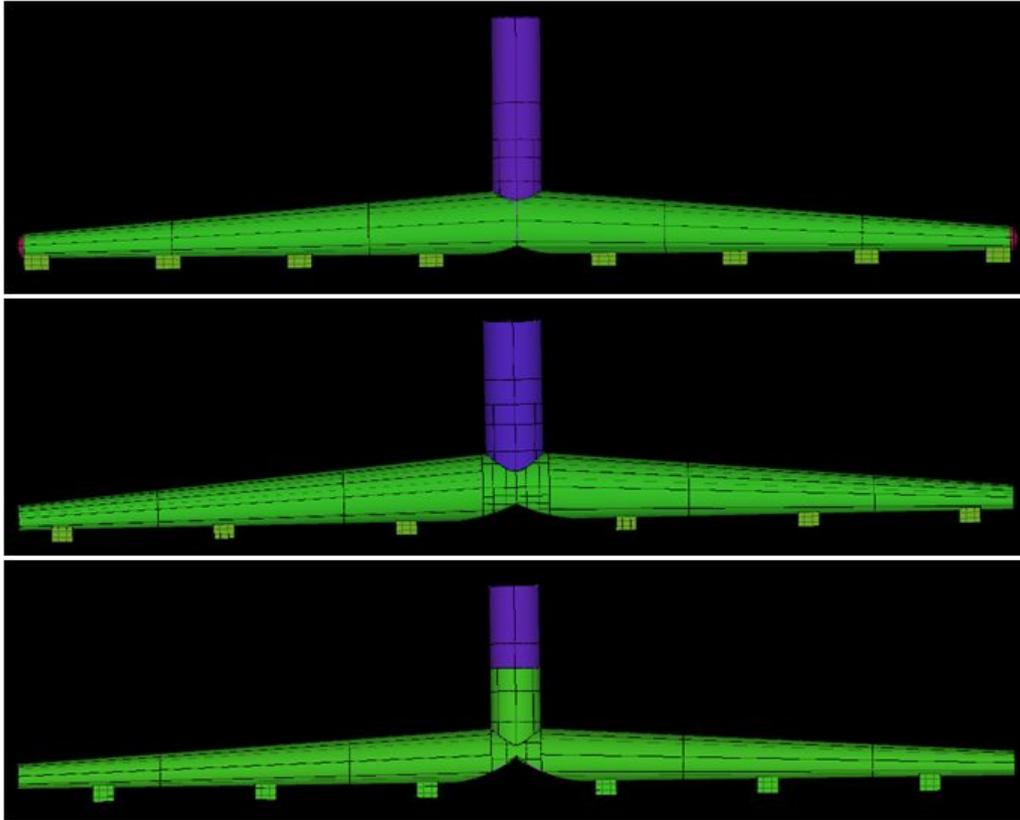


그림 35 와류 제거를 위한 3가지 형태의 디자인 안(상 : a, 중 : b, 하 : c).

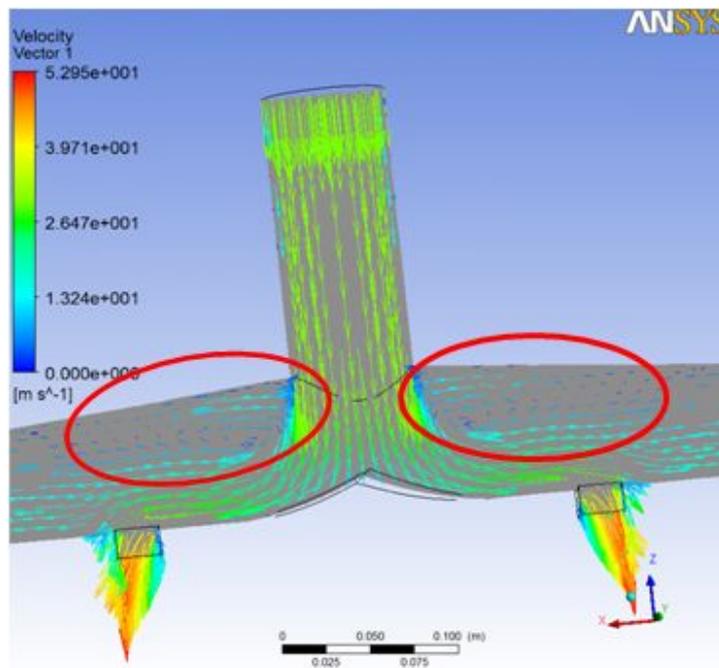


그림 36 와류 발생 모습.

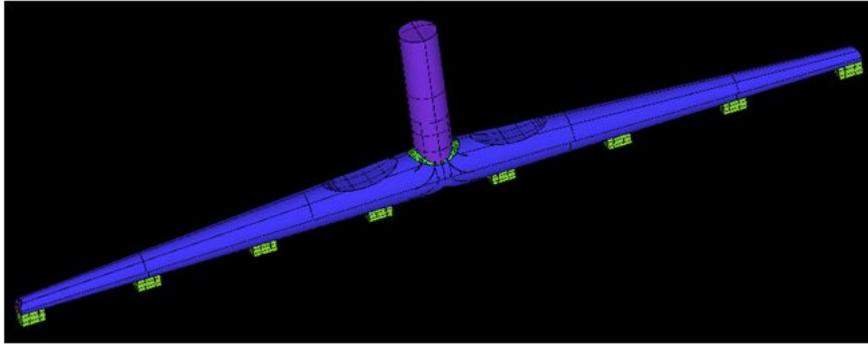


그림 37 외형 디자인 결정.

그림 38은 외형 디자인이 결정된 분배관 내부에 안내 베인(Guide Vane)을 구성한 모습입니다. 안내 베인을 구성함으로써 인하여 분배관의 송풍 효율을 개선시킬 수 있다. 그림 39는 안내 베인을 상세히 나타낸 것이다. 바람이 들어오는 입구 부위와 바람이 나가는 각각의 노드에 안내 베인을 구성하여 송풍 효율을 개선하였다. 그림 40은 최종 개발품의 분석 결과로 정체영역 및 와류 현상을 제거 하였고 노드 부위에서도 바람이 균등하게 발생하는 것을 확인 하였다.

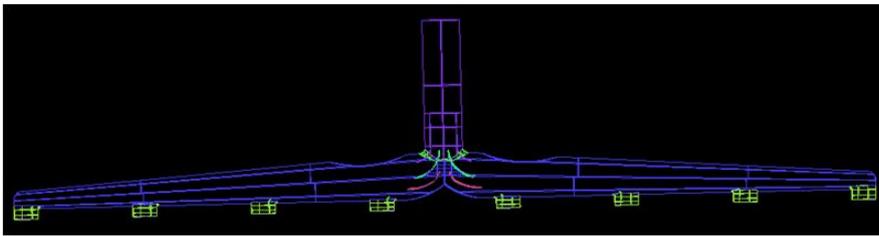


그림 38 내부 안내 베인(Guide Vane).

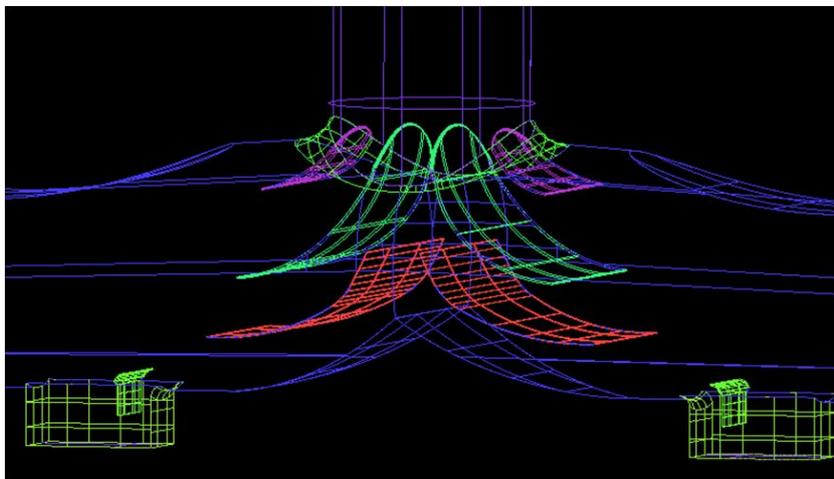


그림 39 내부 안내 베인(Guide Vane) 상세 모습.

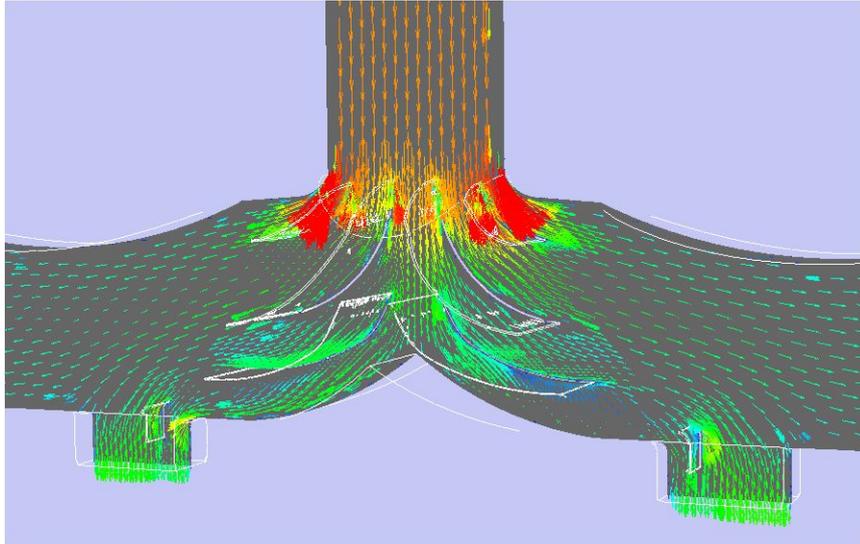


그림 40 최종 CFD 분석 결과.

8. 인간공학적 안전성 요인 분석

가. 배낭형 송풍기의 어깨끈 길이와 척추근의 영향

(1) 배낭이 상체에 미치는 영향을 알아보기 위해 승모근과 척추기립근에 근전도를 부착하였다. 피실험자간 차이를 제거하기 위해 승모근은 7번째 경추(C7)에서 4cm, 척추기립근은 4번째 흉추(L4)에서 2cm 떨어진 곳에 근육의 결 방향으로 부착하였다. 보행 중 팔의 움직임이 승모근의 활동에 큰 영향을 미치기 때문에 승모근의 활동을 구속시키기 위해 오른쪽 팔꿈치를 구부려 가슴 높이로 고정 시킨 상태로 걸었다. 그리고 배낭을 메었을 경우에는 엄지손가락을 배낭끈 아래로 위치시켰다(Bobet 등, 1984). 실험을 통해 얻은 근전도 신호(raw data)는 전파정류(full-wave rectification)하고 차단주파수 6Hz 저역필터(low pass filter)를 사용하였고 평균의 최댓값으로 정상화(normalize) 하여 나타내었다. 그리고 이 신호의 평균 근전도 값(AEMG; average EMG value)을 구하고 배낭을 메지 않은 근전도 신호로 배낭을 메었을 때의 근전도 신호를 정상화(normalize) 하였음.

① 승모근(Trapezius)

승모근의 평균 근전도 값(AEMG)은 배낭의 무게가 몸무게의 10%에서 30%로 증가하였을 때 근육의 활동성이 커졌다($p < 0.01$)(그림 41). 그리고 배낭의 무게와 위치를 모두 고려하여 다변량 분산분석을 한 결과 T12에서 AEMG는 가장 작게($p < 0.01$) 나타났다.

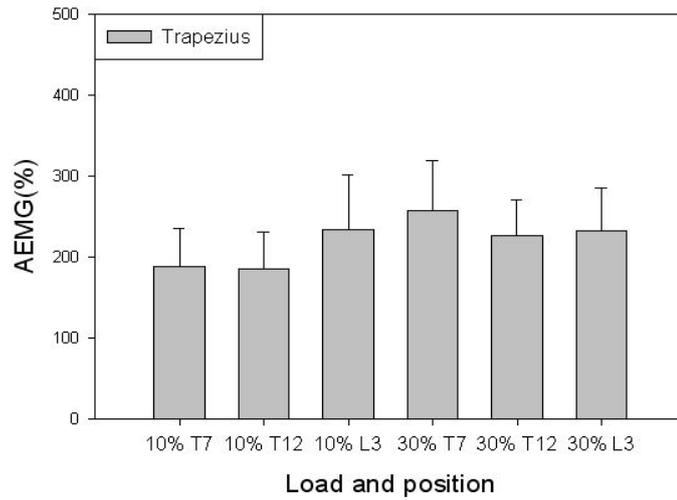


그림 41 승모근의 AEMG 결과.

② 척추기립근(Erector spinae)

척추기립근의 평균 근전도 값(AEMG) 역시 배낭의 위치가 같을 때 배낭의 무게가 증가하면 AEMG가 증가하였다(그림 42). 배낭의 무게가 10%일 때와 30%일 때 모두 T12에서 근육의 활동성이 가장 낮았음.

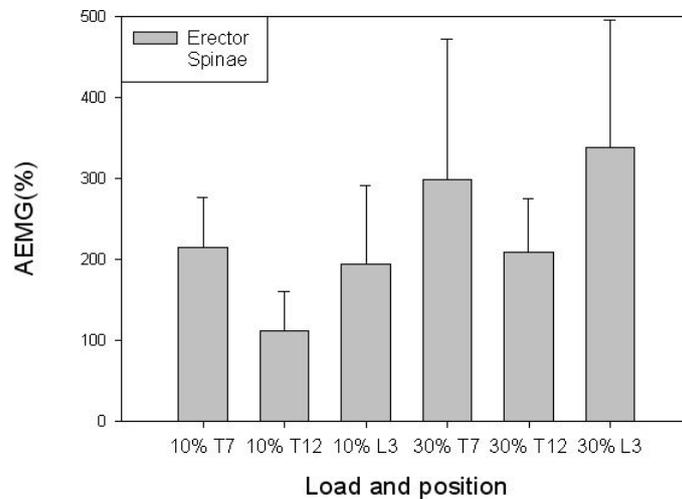


그림 42 척추기립근의 AEMG.

(2) 배낭의 무게중심이 T7, T12, L3에 위치할 때 상체와 하체에 미치는 영향을 분석하였다. 배낭의 무게중심이 T7, T12, L3에 위치하는 3가지 경우 중 인체에 영향을 가장 적게 미치는 배낭끈의 길이를 제안하고자 하였다. 배낭의 무게 변화로 인하여 발생할 수 있는 변화를 고려하기 위하여 배낭의 무게를 피실험자 몸무게의 10%와 30%로 변화시켜 각각 실험하였다.

- ① 배낭의 무게가 증가하였을 때 SST의 비율이 감소하고 DST의 비율이 증가하는 것을 통해 인체의 불안정성이 높아졌음을 알 수 있다. 또한 배낭의 무게가 피실험자 몸무게의 10%일 때와 30%일 때 모두 DST는 T12, T7, L3 순으로 증가하였다. 이는 배낭의 위치가 T12일 때 가장 안정적임을 보여줌.
- ② 스트레스 평가지수는 배낭의 무게가 증가하였을 때 증가하였다. 그리고 무게의 변화와 상관없이 DSSI와 TSSI가 T12, T7, L3 순으로 증가함으로써 T12에서 스트레스가 가장 적은 보행을 하고 있음을 알 수 있음.
- ③ 승모근과 척추기립근에서 AEMG는 배낭을 메지 않았을 때와 비교하여 모두 증가하였다. 그리고 같은 위치에 대하여 배낭의 무게가 증가하였을 때 AEMG도 증가하였다. 승모근은 배낭의 무게가 10%일 때 T7에서 30%일 때 L3에서 AEMG가 가장 크게 나타났다. 척추기립근 배낭 무게의 차이 없이 T12에서 가장 작은 AEMG를 나타냈다. 이로써 배낭의 무게가 10%일 때와 30%일 때 모두 T12에서 T7과 L3에 비하여 안정적인 보행을 한다는 것을 알 수 있음.

(3) 상체에서의 근전도 분석과 하체에서의 운동학적, 운동역학적 분석 결과를 종합하여 배낭의 무게중심이 T7, T12, L3에 위치할 때, 배낭의 무게와 무관하게 T12에서 가장 안정적인 보행을 한다는 결론을 내릴 수 있음.

9. 시작기의 실내실험 및 검증

가. 인체 모델을 이용한 작업 부하 분석

(1) 실험 방법

실험 환경은 적외선 카메라를 이용하여 인체에 붙어 있는 광학 마커를 캡처할 수 있는 6대의 Vicon 社의 카메라를 이용하여 그림 44과 같이 Motion Capture System을 구성하였으며 이는 향후 인체 분절의 움직임을 캡처하기 위함이다. 이렇게 구성된 실험 환경에 현장 실험에서 사용된 분배관을 준비하였고 피험자는 그림 45~46 에서와 같이 35개의 광학 마커를 온몸에 붙인 상태로 분배관을 이용한 작업을 모사하였다.

일본 제품과 개발 분배관에 따라 작업자에게 유발하는 관절 부하를 비교하기 위하여 그림 43과 같이 실험 하였다. 동일한 조건을 위하여 피험자는 동일한 무게와 제질의 분배관을 기존의 작업 방법과 개발된 제품을 이용한 작업 방식으로 실험을 수행하게 된다. 이 실험의 핵심은 분배관을 통한 바람이 하나의 입구를 거쳐 한쪽 방향으로 진행을 하는 방법과

하나의 입구를 거쳐 바람이 양쪽으로 분산되는 방법의 차이이다. 작업자의 입장에서 무게 중심이 한쪽 방향으로 쏠리는 기존의 일본 제품 보다는 양쪽으로 균등하게 분산 되는 개발 제품에서 느끼는 불편도가 덜 할 것으로 기대 하였다.



(a) 기존 일본 포충기



(b) 개발 포충기

그림 43 실험 방법.

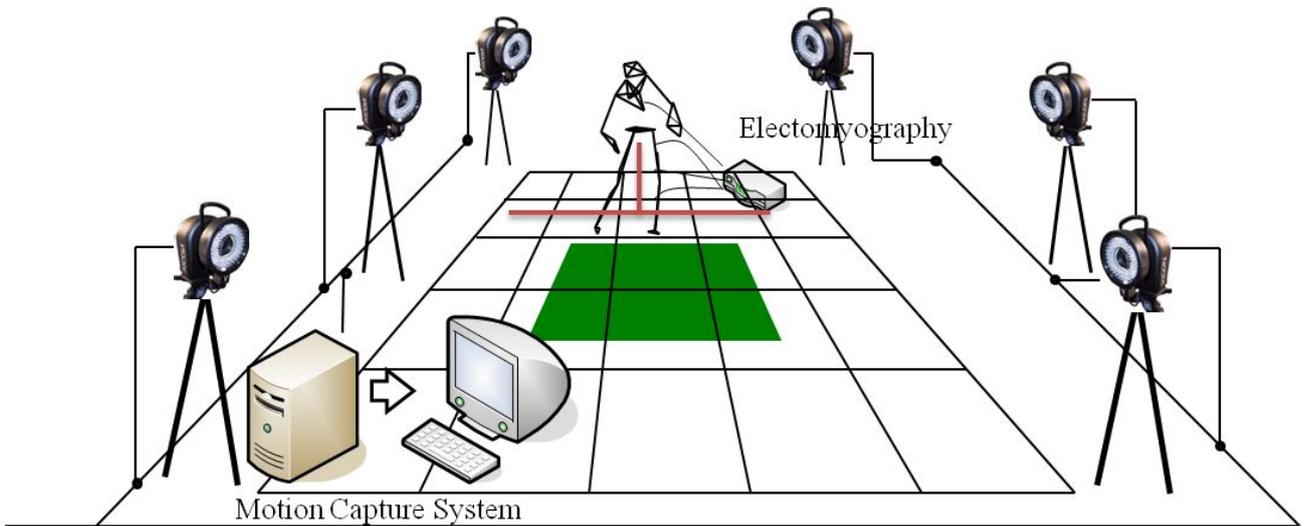


그림 44 실내 실험 환경.

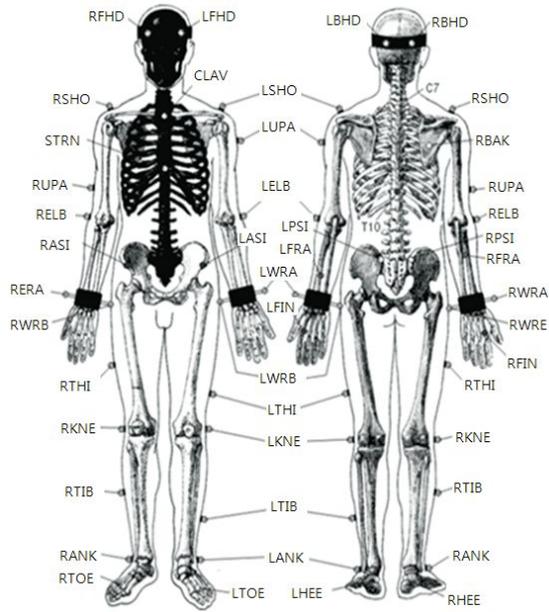


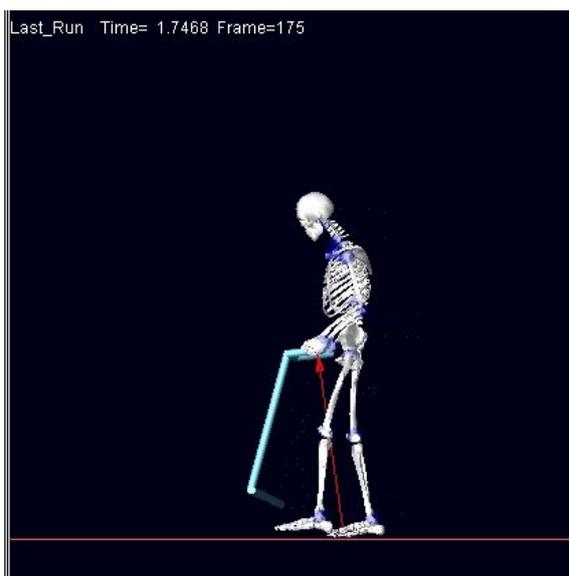
그림 45 광학 마커 부착 위치.



그림 46 광학 마커 부착 위치.

(2) 실험 결과

일본 제품과 개발 분배관에 따라 작업자에게 유발하는 관절 부하를 비교하기 위하여 인체 모델을 구성하고 시뮬레이션을 수행한 모습은 그림 47과 같다. 그림에서 (a)는 기존 일본 포충기를 이용하여 작업하는 모습이고, (b)는 개발된 포충기를 이용하여 작업하는 모습이다. 시뮬레이션 분석 후 작업자의 인체 관절의 변화와 관절 모멘트를 예측하였다.



(a) 기존 일본 포충기



(b) 개발 포충기

그림 47 시뮬레이션 결과.

표 7 인체 하지 관절 변위 각(도)

인체 부위		Mean	
		Old	New
Left ankle	Sagi.	4.45	-0.79
	Trans.	1.40	0.93
	Fron.	-10.18	-7.38
Right ankle	Sagi.	-2.59	-1.99
	Trans.	-1.11	-4.66
	Fron.	11.21	10.60
Left knee	Sagi.	-5.22	7.80
	Trans.	-0.02	0.00
	Fron.	0.24	0.14
Right knee	Sagi.	6.93	9.33
	Trans.	0.02	0.02
	Fron.	-0.27	-0.20
Left hip	Sagi.	14.56	11.06
	Trans.	-2.62	3.08
	Fron.	-2.42	-1.48
Right hip	Sagi.	12.01	13.53
	Trans.	3.66	1.67
	Fron.	0.20	0.88
Lumbar	Sagi.	8.11	9.17
	Trans.	2.11	2.53
	Fron.	2.42	0.52

표 8 인체 상지 관절 변위 각(도)

인체 부위		Mean	
		Old	New
Left shoulder	Sagi.	1.3	1.5
	Trans.	0.05	0.04
	Fron.	12.2	9.4
Right shoulder	Sagi.	2.6	3.7
	Trans.	0.05	0.03
	Fron.	4.7	4.9
Left elbow	Sagi.	59.7	63.1
	Trans.	13.8	19.5
	Fron.	0.11	0.2
Right elbow	Sagi.	43.4	49.7
	Trans.	11.6	0.66
	Fron.	0.04	0.03
Left wrist	Sagi.	1.6	2.8
	Trans.	0.1	0.1
	Fron.	3.0	1.4
Right wrist	Sagi.	19.8	15.0
	Trans.	0.3	0.1
	Fron.	14.0	2.0

표 9 인체 하지 관절 모멘트(Nm)

인체 부위		Mean	
		Old	New
Left ankle	Sagi.	102062.60	66364.70
	Trans.	4162.90	4836.20
	Fron.	39200.60	27889.30
Right ankle	Sagi.	133499.50	108596.90
	Trans.	6764.80	8621.80
	Fron.	45170.80	33400.40
Left knee	Sagi.	80915.40	31109.50
	Trans.	2978.10	1471.70
	Fron.	28964.20	17389.40
Right knee	Sagi.	81687.50	58353.20
	Trans.	2822.00	3605.50
	Fron.	29141.80	24004.80
Left hip	Sagi.	50812.80	57148.20
	Trans.	4671.30	2151.90
	Fron.	18177.40	11069.70
Right hip	Sagi.	111299.40	86410.80
	Trans.	5919.10	3497.40
	Fron.	14067.80	20744.00
Lumbar	Sagi.	114590.00	116550.40
	Trans.	9184.60	7289.20
	Fron.	37299.60	28806.00

표 10 인체 상지 관절 모멘트(Nm)

인체 부위		Mean	
		Old	New
Left shoulder	Sagi.	41710.40	50334.50
	Trans.	5515.00	3818.60
	Fron.	16344.80	12257.00
Right shoulder	Sagi.	46780.80	47219.90
	Trans.	4039.80	3621.80
	Fron.	27025.90	18937.00
Left elbow	Sagi.	49514.40	61843.00
	Trans.	11876.20	13062.10
	Fron.	11325.90	19390.10
Right elbow	Sagi.	49407.00	48234.00
	Trans.	24227.60	16278.40
	Fron.	3974.70	3418.80
Left wrist	Sagi.	29637.60	21970.40
	Trans.	12045.30	12492.50
	Fron.	12228.60	8122.80
Right wrist	Sagi.	23581.50	34896.40
	Trans.	25703.80	14169.60
	Fron.	1724.30	10555.30

표 7과 8은 인체 상·하지 관절의 변위 각도를 나타내고 있다. 본 실험에서는 두 가지의 분배관을 들고 보행 작업을 수행함으로써 하지 관절의 변화량에는 큰 차이를 나타내고 있지 않다. 하지만 상지의 경우 오른쪽 팔꿈치(Right Elbow)는 기존 일본 제품의 경우 몸 쪽으로 더 기울어져 있고 왼쪽 어깨(Left Elbow)와 왼쪽 손목(Right Wrist)이 더 많이 회전된 것을 확인 할

수 있다.

표 9와 10은 인체 상·하지 관절의 모멘트 예측 결과를 나타내고 있다. 그 결과 13개 관절 중 11개 관절에서 기존 일본 제품을 이용한 실험 결과 더 큰 모멘트가 발생하고 있음을 나타내고 있다. 특히 왼쪽 발목(Left ankle)과 왼쪽 무릎(Left knee)에서 특히 높은 값의 모멘트가 발생하고 있다. 이는 비대칭 작업을 수행하는 기존 분배관에 비해 개발 제품이 작업자의 균형 안정성을 유지 시켜 주고 있음을 의미 한다. 또한 허리(Lumbar)의 횡단면(Trans.)과 관상면(Fron.)에서 기존 제품이 개발 제품 보다 큰 모멘트가 발생 하고 있다. 이 역시 기존 제품 사용 시 몸이 오른쪽으로 기울어지는 힘을 지탱하기 위해 발생하는 것으로 판단된다. 그 외 상지의 왼쪽 팔꿈치를 제외한 모든 관절에서 발생하는 모멘트가 기존 제품 보다 개발 제품에서 적게 나왔다. 왼쪽 팔꿈치의 경우 기존 제품은 오른쪽으로 기울어져 작업을 수행 한 결과 왼쪽 팔꿈치를 사용하지 않고 있음을 의미 한다. 즉 오른쪽 팔꿈치에 부하가 더 크게 작용하고 있음을 의미한다. 그 결과를 반영하듯 오른쪽 팔꿈치에서는 기존 제품이 개발 제품보다 월등하게 높은 모멘트를 나타내고 있다.

이로서 작업의 편의성을 나타내는 관절 가의 변위 량과 작업의 안전성을 나타내는 관절의 모멘트를 분석 한 결과 기존 제품에 비하여 개발 제품이 인간공학적으로 안정적임을 알 수 있다. 이는 동일한 작업자가 동일한 작업을 수행할 때 기존 제품에 비해 개발 제품을 사용할 경우 근골격계 관련 질환을 유발할 가능성이 낮음을 의미한다.

나. 인체 모델 검증

ADAMS 인체 골격 모델을 이용한 모의실험 연구는 인체모델을 이용한 적용연구에 앞서서 인체분절을 구성하고 운동을 구현하여 인체모델이 정확하고 신뢰성 있는 결과를 도출해 내는 지에 대한 유용성 검증 실험이 선행된다.

인체모델에 대한 유용성 검증실험을 위해서는 평가인자와 평가방법에 대한 선택이 필요하다. 일반적으로 평가인자는 모델을 통해 예측하고 평가하고자 하는 인자를 선택하게 된다. 본 연구에서는 인체모델을 이용하는 목적이 근골격계 질환이 가장 빈번히 발생하는 요추부 및 하지관절의 부하(관절각, 힘 및 모멘트)를 평가하기 위한 것이므로 요추부 L4/L5관절, 힙, 무릎, 발목에서의 관절각, 관절힘 및 관절 모멘트가 평가인자로 선정되었다. 또한 평가방법으로는 대표적인 인체의 운동인 보행 동작과 요추부 상해관련 많은 연구가 진행된 들기 동작을 대상으로 인체모델링에 관한 선행연구들이 사용한 방법 즉, 절대 값 차이, 상대 값 차이 및 상관도를 이용하였다(Gilchrist et al., 1997; Jung, 1997; Wojtyra, 1999;Pan et al., 2004).

(1) 모델 검증을 위한 평가 인자 선정

① 운동학적 정보(각운동, 무게중심)

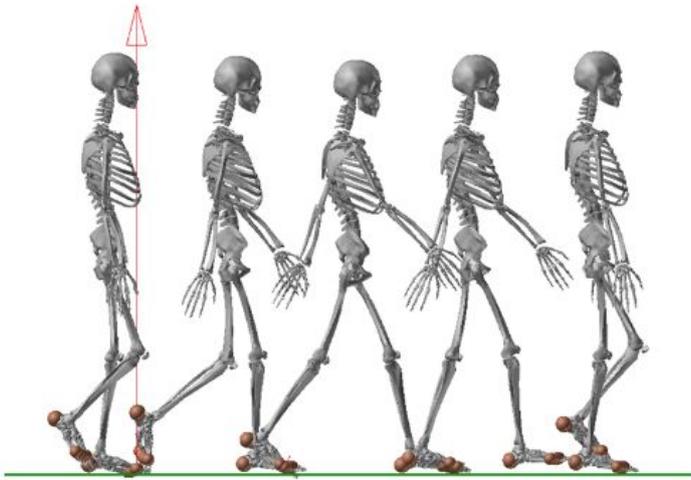
인체운동의 가장 기본적인 정보는 인체의 각 관절에서의 각운동과 몸의 균형을 나타내 주는 인자인 무게중심이다. 본 연구에서는 상업적으로 널리 이용되는 Vicon社의 인체 골격 모델인 Plug-in Gait 모델과의 비교검증을 통해 유용성을 검증하였다. 이 Plug-in Gait 모델은 보행분석을 위한 인체 골격 모델로서 마커 셋의 궤적 정보를 바탕으로 역기구학적 분석을 하여 전신의 무게중심 이동을 계산하여 준다. 각 분절 간의 상대운동은 관절의 각운동을 나타내며, 두 모델은 오일러 각을 이용하였다.

② 운동역학적 정보(힘, 모멘트)

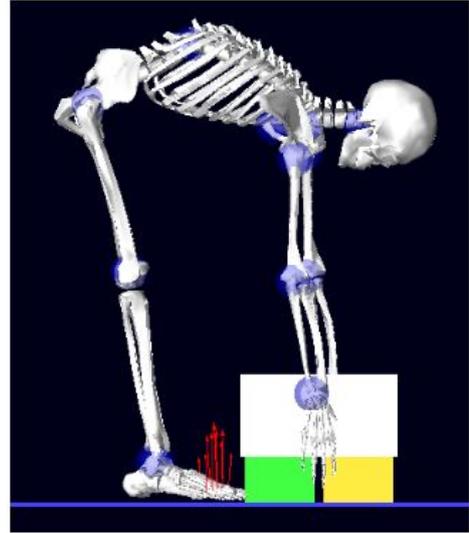
운동역학적 정보는 관절에서의 힘과 모멘트 값을 말하며, 관절에서의 부하를 평가하는데 중요한 인자중의 하나이다. 본 연구에서는 상업적으로 널리 이용되는 Vicon社의 인체 골격 모델인 Plug-in Gait 모델과의 비교검증을 통해 유용성을 검증하였다. 이 Plug-in Gait 모델은 그림 48(a)와 같은 보행분석을 위한 인체 골격 모델로, 마커 셋의 궤적 정보를 바탕으로 역기구학적 분석을 하여 인체의 하지부위(힙, 무릎, 발목 등)의 힘과 모멘트를 계산하여 준다. 따라서 이미 검증받은 Plug-in Gait 모델과 ADAMS 인체모델을 비교, 평가하였다.

그리고 인체의 상해가 가장 많이 발생하는 부위인 허리 요추부의 부하인 모멘트에 대한 검증은 앞서 제시된 Plug-in Gait 모델을 통해 구할 수 없어서 문헌(Kingma et al., 1998)에 제시된 실험과 똑같이 시행하여 비교 검증하였다. 허리 요추부 부하평가에 대한 연구는 그림 48(b)의 들기 작업에 대해 많은 연구가 이뤄져 있고 실험에 대해 상세히 설명이 되어 있어 실험을 재현하기가 비교적 쉽다. 따라서 들기 작업을 통해 요추부 부하 비교 검증을 하였다.

지면반력의 경우는 그림 49와 같이 계측기를 통한 측정값과 ADAMS 인체 골격 모델의 족부모델 예측치를 통해 비교 검증하였다. 인자는 모델을 검증하는데 필수적인 요소로 이용되며, 인체 골격 모델링 작업에서 중요하게 여겨지는 이유는 인체운동에 있어서 대표적인 외력이므로 이 값이 모델 내에서 잘못 예측되어 사용될 경우 모델의 분석결과에 큰 영향을 미쳐 정확성이 떨어지게 되기 때문이다.



(a) 보행분석

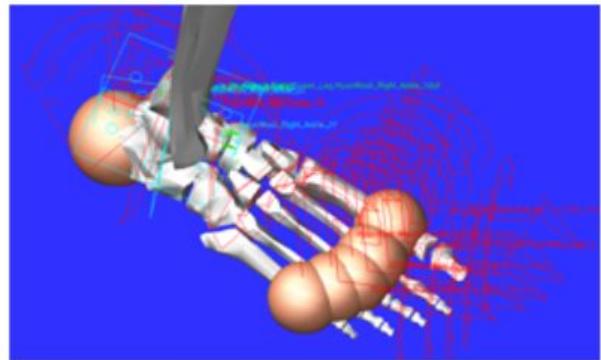


(b) 들기 작업

그림 48 ADAMS 인체 골격 모델 검증에 이용된 작업유형.



(a) 지면반력기



(b) ADAMS 인체모델의 족부모델

그림 49 지면반력 검증을 위한 지면반력기 및 ADAMS 인체 골격 모델의 족부 모델.

(2) 모델 검증을 위한 평가 방법 선정

모델의 유용성을 검증하기 위해서는 적절한 평가인자 뿐만 아니라 평가방법의 선택 또한 중요하다. 평가방법으로는 대표적 인체 운동인 보행 동작과 요추부 상해와 관련하여 많은 연구가 진행된 들기 동작을 대상으로 선행연구(Gilchrist et al, 1997; Jung, 1997; Wojtyra, 1999, Pan et al, 2004)에서 많이 사용한 방법, 즉 절댓값 차이, 상대값 차이 및 상관도를 이용하였다.

절댓값의 차이는 수식 4와 5를 통해 구한다. 이 방법은 평가인자가 가지는 물리적인 의미를 그대로 살린다는 장점이 있다. 즉 단위가 변하지 않음을 뜻한다. 하지만 다른 물리적 수치와의 비교는 어렵다. 지면반력의 수직력(vertical force)과 수평력(horizontal force)의 예를 통해 살

펴보면, 일반적으로 정상인의 경우 수직력과 수평력은 8배 가량의 차이가 생기는데, 절댓값의 차이를 비교한다면 수치가 비교적 큰 수직력에서 큰 차이가 생길 것이라 볼 수 있다. 따라서 서로 다른 피험자 간에 발생하는 수직력의 차이를 비교하는 것은 적합하지만 같은 피험자 내 다른 수치간의 비교를 하는 것은 무리가 있다. 수식 4의 경우 비교하는 수치가 서로 확연하게 구분되어 있어 기준이 되는 수치에서 계속 양의 값을 가지거나 음을 가지는 경우에 사용하기 적합하고, 비교 수치의 일관성이 없는 경우에는 수식 5와 같이 기준이 되는 수치에서 얼마나 떨어져 있는지를 판단하는 것이 더 나은 방법이다.

$$Absolute\ Difference = L_{LifeMOD} - L_{Vicon} \quad \text{수식 (4)}$$

$$Root\ Mean\ Square = \sqrt{\frac{\sum(L_{LifeMOD} - L_{Vicon})^2}{n}} \quad \text{수식 (5)}$$

상대적인 오차는 서로 다른 차원의 수치간의 상대적인 비교를 위해 적합하다. 하지만 비교하는 값이 너무 큰 값이나 작은 값을 가지는 경우 값이 갑자기 튀는 경우가 발생한다. 예를 들면, 수식 6의 분모는 비교 기준이 되는 값으로 이 수치가 작은 값을 가지면 비교 대상간의 차이에 상관없이 값이 갑자기 커져서 이 수치를 제거해야 하는 경우가 발생한다.

$$Relative\ Difference(\%) = \frac{L_{LifeMOD} - L_{Vicon}}{L_{Vicon}} \times 100 \quad \text{수식 (6)}$$

상관도 분석은 등간 척도에 의해 측정된 두 변인 간 상관관계의 정도를 측정하는데, 가장 널리 사용되는 방법으로 피어슨 값(r_{xy})은 이 수식 7과 같이 두 요소의 비율을 통해 두 집단이 공변할 수 있는 전체 값에서 실제로 공변한 값을 파악하여 상관관계를 분석한 것이다. 즉 두 변인 간의 패턴 유사성을 평가하는 방법이다.

$$r_{xy} = \frac{\sum x^*y}{\sum x^2 * \sum y^2} \quad \text{수식 (7)}$$

다. 근전도를 이용한 작업 피로 분석

(1) 실험 방법

일본 제품과 개발 분배관에 따라 작업자에게 유발하는 근피로를 비교하기 위하여 피실험자의

허리, 어깨, 팔, 손목에 근전도 전극을 붙여 작업 중 발생하는 근피로를 비교 하였다. 실험에 사용한 근전도는 Noraxon사의 TeleMyo 2400 G2 제품으로 그림 50와 같다. 이 제품은 무선 EMG로 1500hz의 속도록 데이터를 수신하며 50/60hz의 노치(notch) filter를 사용하여 전원에 따른 노이즈를 제거 하였다. 또한 보행에 따른 데이터의 차이를 무시하기 위하여 메트로놈을 이용하여 보행 주기를 일치 시켰다. 그림 51은 피실험자에 부착한 전극의 부착 위치로 총 8ch를 부착 하였다. 1~2ch은 허리에 위치한 Elector spinae muscle(척추기립근) 3~4ch은 어깨에 위치한 Trapezius muscle(승모근) 5~6ch은 손목에 위치한 Wist Flexor(손목 굴곡근) 7~8ch은 팔에 위치한 Biceps Brachii(상완 이두근)에 전극을 각기 부착 후 실험 하였다. 그림 52은 피실험자에 근전도를 부착한 모습이다.



그림 50 TeleMyo 2400 G2.

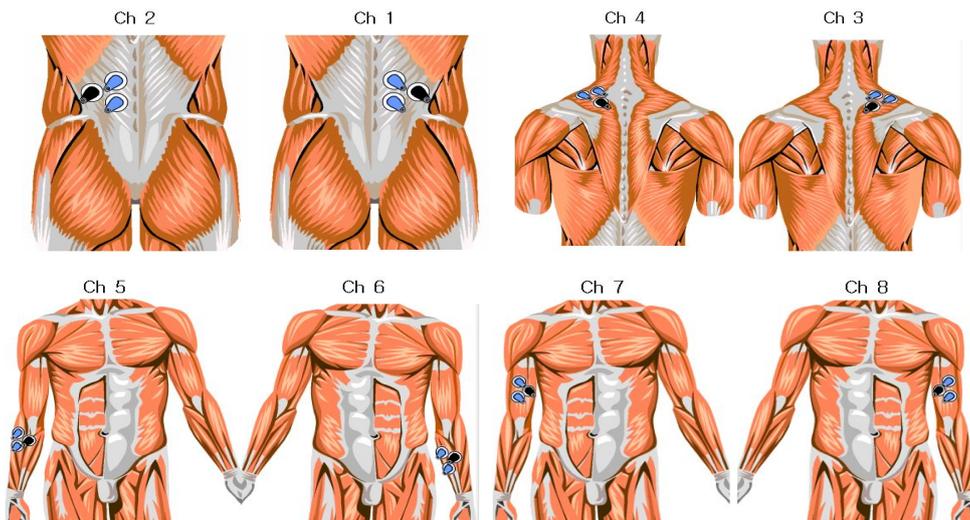


그림 51 전극 부착 위치.

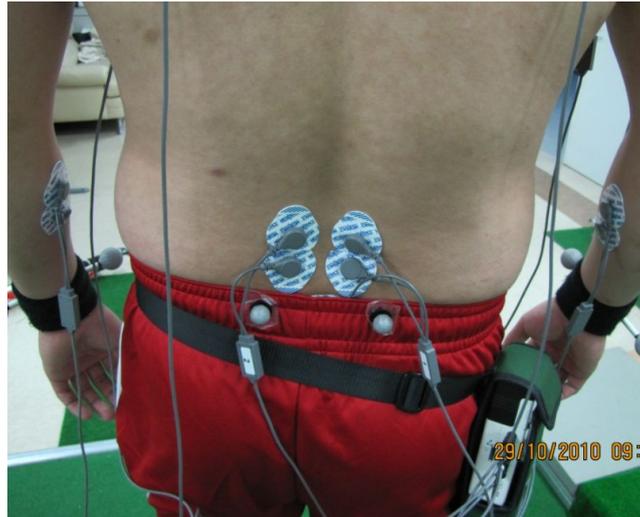


그림 52 근전도 전극 부착 모습.



(a) 기존 일본 포충기



(b) 개발 포충기

그림 53 실험 방법.

실험은 그림 53의 두 가지 분배관 형식에 따라 진행하였다. 동일한 조건을 위하여 피험자는 동일한 무게와 제질의 분배관을 기존의 작업 방법과 개발된 제품을 이용한 작업 방식으로 실험을 수행하게 된다. 이 실험의 핵심은 분배관을 통한 바람이 하나의 입구를 거쳐 한쪽 방향으로 진행을 하는 방법과 하나의 입구를 거쳐 바람이 양쪽으로 분산되는 방법의 차이이다. 작업자의 입장에서 무게 중심이 한쪽 방향으로 쏠리는 기존의 일본 제품 보다는 양쪽으로 균등하게 분산 되는 개발 제품에서 느끼는 불편도가 덜 할 것으로 기대 하였다.

(2) 실험 결과

일본 제품과 개발 제품의 작업에 따른 분석 결과 근피로에서는 큰 차이를 볼 수는 없지만 상대적으로 개발 제품이 편안한 작업을 수행하는 것으로 나타났다. 표 7은 두 가지 분배관에 따라 극소 부위에 발생하는 근전도 신호의 Median Frequency(이하 MDF) 값의 기울기를 나타낸 것이다. 문헌에 따르면 MDF의 Slope 값은 1이하의 값에서 근피로를 나타내는 것으로 알려

져 있다(Kong. at al., 2009). 그림 54는 표 7의 값을 그래프로 나타낸 것이다. 그래프를 보면 기존 제품에서 오른쪽 팔을 제외한 모든 근육에서 근피로의 경향을 확인 할 수 있다. 이는 기존 제품이 비대칭적 작업 자세로 인한 근육의 피로를 개발 제품을 이용하여 개선되었음을 의미한다. 오른쪽 팔의 경우 기존 제품은 분배관의 끝단에서 발생하는 하중을 왼팔을 이용하여 눌러 작업을 하게 되어 오른쪽 팔에 힘이 가해지지 않아 개발 제품에서 더 큰 근 피로가 발생한 것으로 보인다.

표 11 Median Frequency Slope 값

근육 위치	기존 제품			개발 제품		
	0.0383	0.156	-0.084	-0.031	-0.0543	-0.0203
R.Elector spinae	0.0383	0.156	-0.084	-0.031	-0.0543	-0.0203
L.Elector spinae	0.126	-0.088	-0.0681	0.0911	0.0159	-0.00818
R.Trapezius	-0.0195	-0.0204	0.0402	-0.0192	-0.0207	-0.0143
L.Trapezius	-0.094	-0.0859	0.13	-0.0438	-0.0281	-0.0108
R.Wist Flexor	-0.0267	-0.0577	-0.0428	-0.0767	-0.0312	0.0419
L.Wist Flexor	-0.0193	0.124	-0.0712	-0.0845	-0.0305	-0.0511
R.Biceps Brachii	-0.0438	-0.0109	0.00687	0.0053	0.0187	-0.0205
L.Biceps Brachii	-0.0574	-0.00531	-0.0243	-0.00577	-0.0312	-0.0497

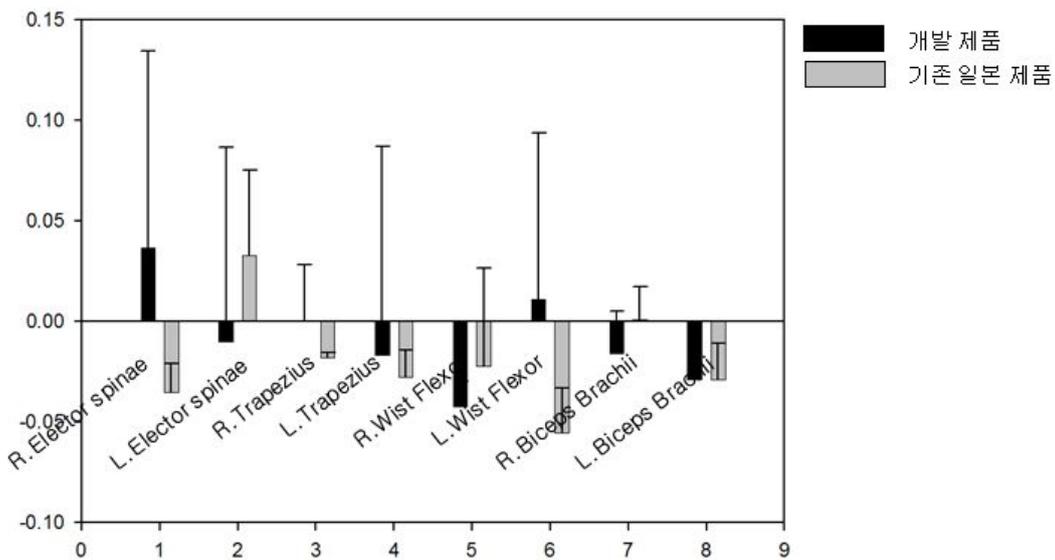


그림 54 근육의 극소 부위별 중심주파수 기울기.

10. 시작기의 실외실험 및 검증

가. 2차 실외 실험 및 검증

제2세부 과제에서 완성한 2차 시작기를 이용하여 2009년 9월 11일 경상남도 산청군에 있는 농가를 방문하여 성능 평가 실험을 하였다. 실험결과 DB-200을 이용한 송풍기의 풍속이 기존의 엔진을 이용한 송풍기의 풍속보다 작아서 충분한 성능이 발휘되지 못하였다. 따라서 DB-200을 이용한 송풍기의 풍속을 증가시킬 필요가 있다. 그러나 고출력을 내는 모터의 경우 무게가 많이 나가기 때문에 모터의 무게를 무한정 증가시킬 수 없다. 결국 모터는 그대로 유지하고 팬을 교체하기로 하였음.



그림 55 DB-200 송풍기를 이용한 포충기 성능 평가 실험 (경남 산청군).

나. 2차 실외 실험 및 검증

2차 실험은 경남 진주에 위치한 농가를 방문하여 딸기밭을 대상으로 수행 하였으며 그림 56은 2차 실외 실험 모습이다. 기존 제품은 엔진으로 제작되었지만 시작기는 엔진보다 가벼운 모터로 대체 하여 전기를 이용하여 작업 하게 된다. 2차 실험은 2010.10.8~9일까지 진행 되었는데 날씨가 쌀쌀하고 하우스내에 농약을 처리한 후여서 해충을 찾을 수가 없었다. 이에 근처 벼 수확이 진행 중인 논을 대상으로 포획기의 성능을 검증 한 결과 그림 57와 같이 작업 시간(약 33초)동안 103마리의 해충을 포획하였다. 갑작스런 폭우로 인하여 짧은 시간 실외 실험을 수행할 수밖에 없었지만 시작기의 해충 포획 성능을 검증 하였다.

시작기의 송풍 성능을 검증하기 위하여 그림 58의 testo 400 장비를 이용하여 그림 59와 같이 송풍 성능을 검증 하였다. 배분관의 토출 구멍을 각각 3구역으로 나누어 실험 하였으며 실험 장비는 testo 400 다기능 정밀 계측기를 이용하였다. testo 측정기는 계측 작업을 간편하게 수행할 수 있도록 설계된 다기능 계측기로서 아래 표 8의 성능을 가지고 있다.



그림 56 실외 실험(경남 진주).

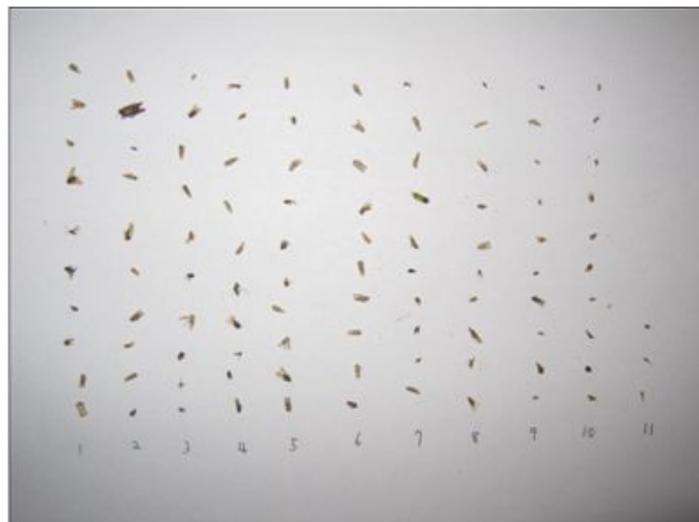


그림 57 포획된 해충.

표 12 testo 400 다기능 정밀 계측기 제원

Specifications	testo 400
프로브 타입	베인
측정 범위	0~+ 60m/s
분해능	0.01m/s(60/100mm 파이용) 0.1m/s(나머지 프로브)



그림 58 testo 400.

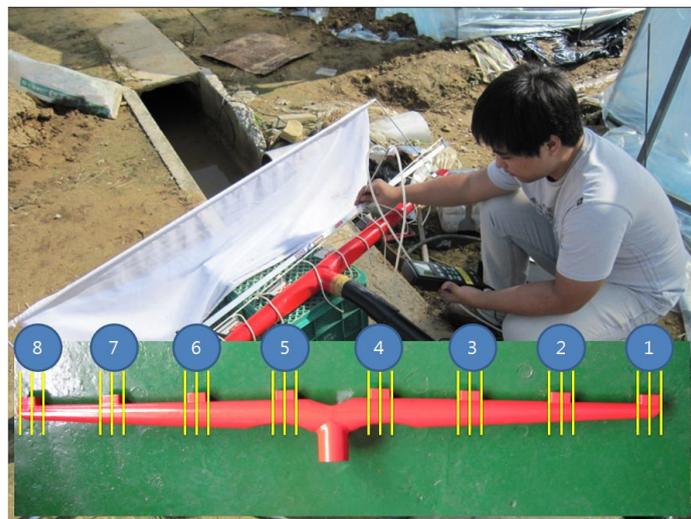


그림 59 송풍 성능 검증 실험.

표 13 풍압 측정 결과(단위, hpa)

노드	1			2		
세부	1-1	1-2	1-3	2-1	2-2	2-3
A	5.6840	6.5930	1.3270	6.8930	5.9410	0.6220
A	5.6320	6.3310	1.0200	6.3590	5.1770	0.5520
A	5.6720	6.3240	1.3070	5.6670	5.4240	0.2560
B	6.3840	6.4800	1.4520	6.5540	5.6010	0.2190
B	6.4250	5.9920	1.5150	6.6950	5.8500	0.4110
B	6.2080	6.6850	0.4250	6.3250	6.5370	0.5950
평균	6.0008	6.4008	1.1743	6.4155	5.7550	0.4425
노드	3			4		
세부	3-1	3-2	3-3	4-1	4-2	4-3
A	6.3980	6.4700	1.2490	10.6410	3.4440	0.1180
A	6.8540	6.5260	1.1400	10.4570	3.8580	0.0380
A	6.7330	6.4180	0.9930	10.9120	4.2400	0.1810
B	6.8380	6.4770	1.4930	10.1730	3.0040	0.3100
B	6.6430	5.7520	0.6340	10.6520	3.1840	0.1030
B	6.5790	6.0860	0.4560	11.9570	2.8320	-0.0720
평균	6.6742	6.2882	0.9942	10.7987	3.4270	0.1130
노드	5			6		
세부	5-1	5-2	5-3	6-1	6-2	6-3
A	-0.2140	2.7140	9.3080	1.3320	5.3620	6.2620
A	-0.1380	3.6960	9.1330	1.5560	5.6210	6.8680
A	0.0600	3.5730	9.4340	1.6800	6.1210	6.2900
B	0.2380	2.4920	9.8280	1.2080	5.4830	6.0180
B	-0.0370	1.5630	9.2730	0.8180	4.8580	6.3520
B	0.1850	1.8720	9.2340	0.7130	5.8340	6.6620
평균	0.0157	2.6517	9.3683	1.2178	5.5465	6.4087
노드	7			8		
세부	7-1	7-2	7-3	8-1	8-2	8-3
A	1.0050	4.3950	5.6550	1.6370	6.0130	5.2870
A	0.9370	5.2610	5.9810	1.5770	6.2860	5.7940
A	1.1810	5.2910	5.8070	2.2330	6.2520	5.5170
B	0.2150	3.7590	5.9300	0.3490	6.0410	6.1070
B	0.7530	5.1570	5.3660	0.3080	6.1630	5.6290
B	0.4180	5.5090	4.7610	0.6870	5.9520	6.0060
평균	0.7515	4.8953	5.5833	1.1318	6.1178	5.7233

송풍 성능 측정의 정확도를 높이기 위하여 2명이 각각 3회씩 측정 하였으며 측정 결과는 표 9과 같다. 1~8의 숫자는 바람이 나오는 토출구를 의미하며 세부 항목으로 각각은 3개로 나뉘서 측정 되었다. A와 B는 측정한 사람을 의미한다. 측정된 풍압은 식 (3)을 이용하여 풍속을 계산한다. 여기서 S는 피토판 계수로 1, rho는 밀도 로 1293g/m³ 하여 풍속을 계산하였다. 시제품의 풍압의 전체 평균은 4.329[hpa]으로 평균 풍속 25.877 m/s를 나타낸다.

$$V[m/s] = S \times \sqrt{\frac{200000 \times \Delta p[hpa]}{\rho[g/m^3]}} \quad \text{수식 (7)}$$

그림 60과 61은 각 노드별 풍속 압력과 풍속을 그래프로 나타낸 것이다. 그래프 결과 1,2,3,6,7,8 번 노드에서 비교적 균등한 풍속을 보이는 반면 4, 5 번 노드는 내부 와류에 의하여 약한 값을 나타내고 있다. 1,2,3,6,7,8번 노드에서도 1-3, 2-3, 3-3, 6-1, 7-1, 8-1 번의 세부 노드에서 적은 값을 보이는데 이 역시 바람이 나오면서 발생하는 와류 현상의 원인으로 보인다. 이와 같은 와류에 의한 풍속 저하 현상을 제거하기 위하여 그림 40와 같은 안내 베인 (guide vane)을 제작할 필요성이 있다.

측정한 사람에 따른 t-검정(쌍체 비교) 결과 유의 수준 0.05에서 p-value(단측 검정 : 0.01, 양측 검정 : 0.02)<0.05 이므로 측정한 사람에 따른 차이는 없다.

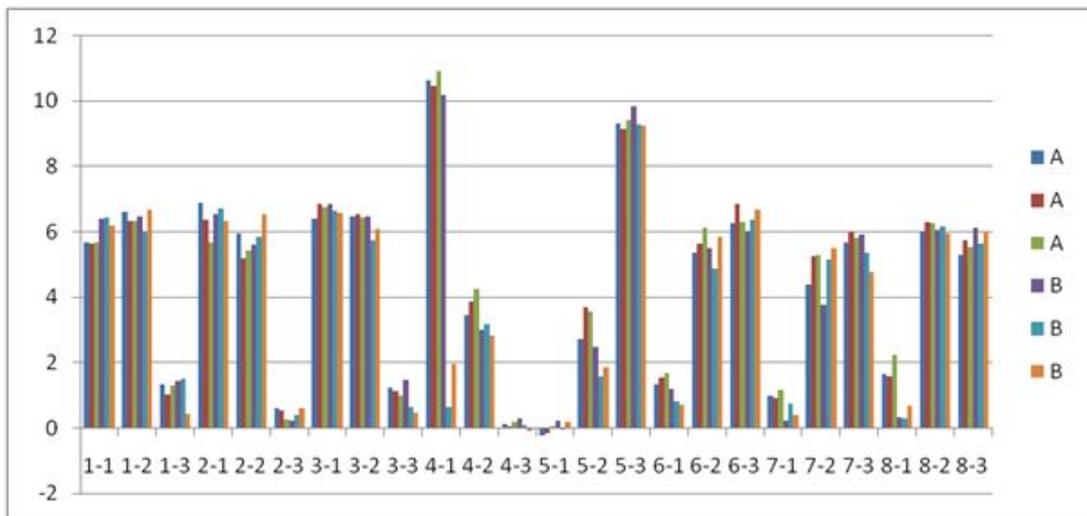


그림 60 시제품 풍압.

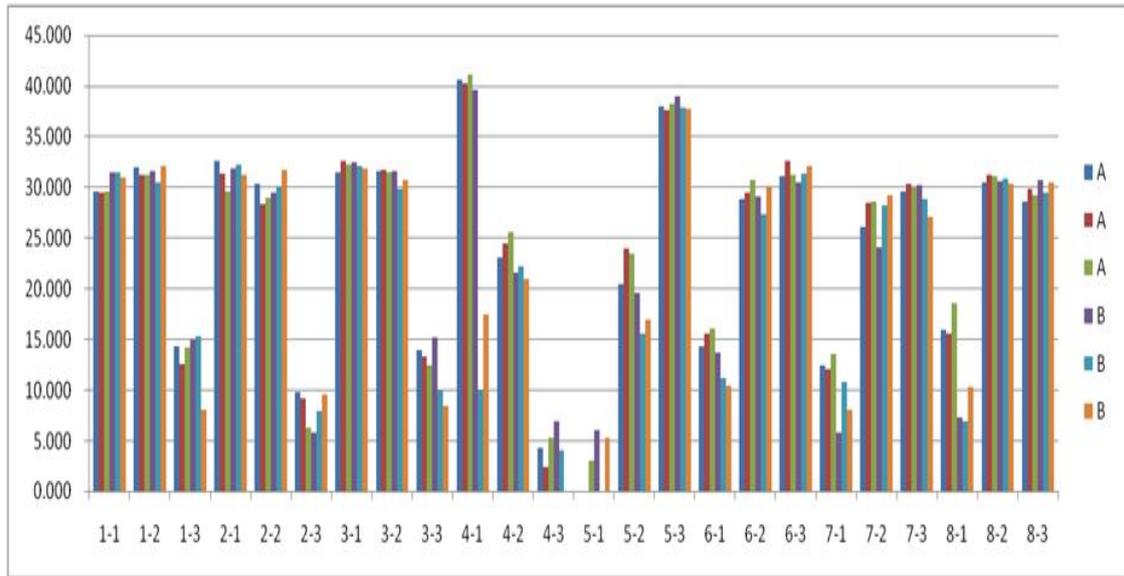


그림 61 시제품 풍속.

다. 3차 실외 실험 및 검증

3차 실험은 2010년 10월 24일 경기도 수원에 위치한 원예연구소를 방문한 후 수행 하였다. 본 과제는 상추 및 배추용 이동식 해충 포획기 개발을 목표로 하여 배추 밭을 선정하였다. 이때 개발된 모터의 성능을 검증하기 위하여 개발된 모터와 기존 일본 제품의 송풍 분배관을 연결하여 검증하였다.



그림 62 실외 실험(경기도 수원 원예연구소).

기존 일본 제품만을 이용한 송풍 속도는 22.85m/s 로 개발품에서 높은 풍속을 보이고 있다. 표 10에서와 같이 개발된 모터에 기존 분배관을 연결하였을 때는 송풍 속도가 32.399m/s 로 시제품의 분배관 속도 25.877m/s 에 비하여 높은 값을 보인다. 하지만 기존 제품에서 7개의

노드를 8개로 늘리고 전체적인 분배관 사이즈를 늘린 점을 감안하면 개선된 결과를 확인할 수 있다.

표 14 개발된 모터에 기존 분배관 연결 후 송풍 압력(단위, hpa)

	1			2			3		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
A	3.389	8.597	11.764	2.74	7.799	11.865	1.184	6.875	11.476
	3.642	9.088	13.54	1.506	7.919	13.852	1.15	7.483	11.066
	3.665	7.915	13.227	1.241	6.771	12.407	1.071	6.912	10.887
B	1.821	7.872	12.959	1.414	6.541	12.936	0.927	6.443	11.085
	3.147	9.222	12.726	1.182	8.243	8.198	0.589	6.015	11.075
	3.519	8.951	12.825	2.041	7.363	13.565	0.263	6.479	12.078
	4			5			6		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
A	1.034	5.028	8.441	1.817	6.104	10.841	2.372	8.023	7.161
	1.074	5.308	8	1.173	6.302	11.007	2.187	8.67	11.934
	1.022	5.253	7.904	0.623	5.63	10.425	1.121	6.749	11.085
B	0.478	5.267	7.036	0.977	6.788	9.515	4.325	8.098	8.732
	0.378	4.577	5.79	0.307	6.11	11.155	0.836	8.747	8.934
	0.555	5.055	7.066	0.871	7.726	9.5	1.406	8.509	10.251
	7								
	1	2	3						
A	7.167	10.915	9.367						
	9.472	10.776	11.405						
	9.88	11.58	11.487						
B	8.874	12.006	8.625						
	6.425	11.628	6.468						
	6.707	11.108	8.325						

제 2 절 기구부 설계 및 부품 제작

1. 본체 설계

본체 설계는 송풍기를 제외한 포충부에 대한 설계로 포충부를 구성하는 요소는 송풍기에서 발생한 바람을 전달하는 송풍관, 송풍관을 통해 전달된 바람을 포충을 위해 고랑넓이 정도로 분산시키는 분배관, 분배관에서 나오는 바람을 한쪽 방향으로 전환 시키는 바람관, 그리고 실제 해충을 포획하는 포충망으로 구성된다. 따라서 그림 63과 같이 분배관, 바람관, 송풍관을 3차원 캐드 프로그램인 Pro/Engineer를 이용하여 디자인 함.

분배관은 분배관 중앙에 송풍관을 연결할 수 있도록 설계하였고 분배관과 송풍관이 360°회전이 가능하도록 하여 작업자가 다양한 작업자세로 포충작업을 할 수 있게 된다. 바람관은 분배관에서 나오는 바람의 방향을 작물에 있는 해충을 향하도록 하여 해충을 바람으로 날려서 포충망으로 들어가게 하는 역할을 한다. 분배관과 바람관, 송풍관이 조립된 모습은 그림 63(d)와 같음.

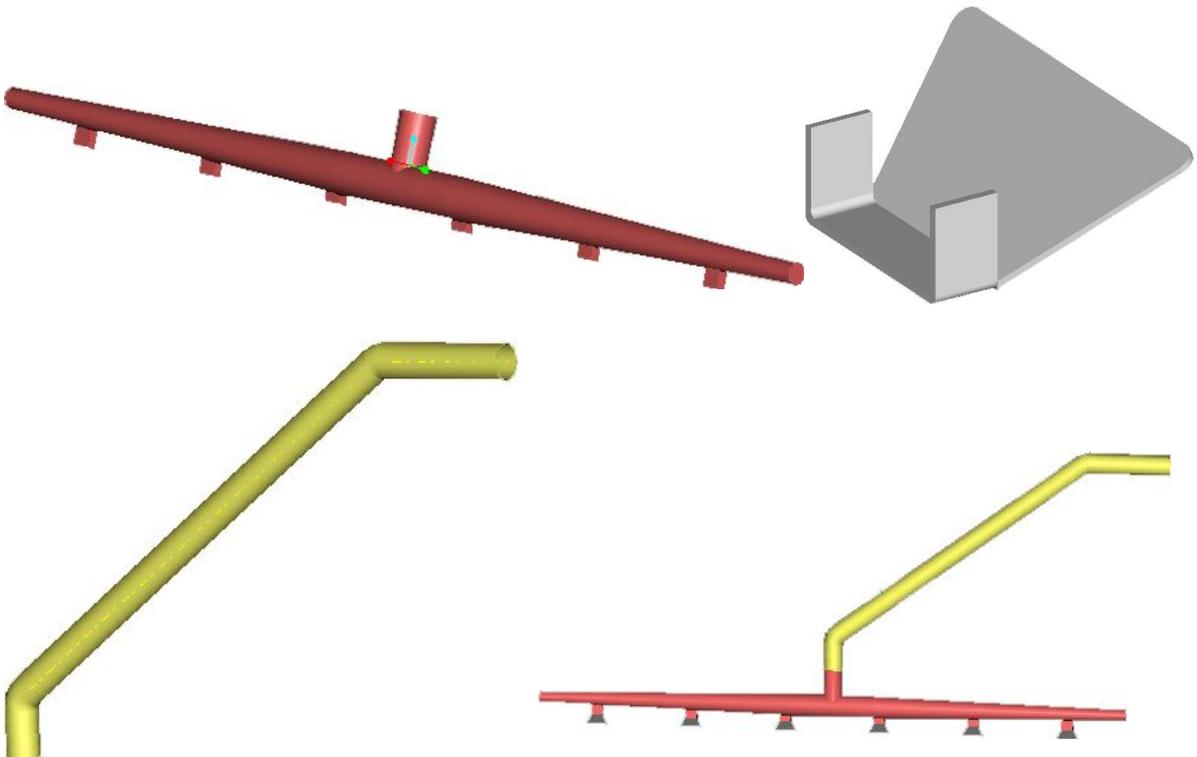


그림 63 분배관(a: 상단 좌측), 바람관(b: 상단 우측), 송풍관(c: 하단 좌측), 조립 모습(d: 하단 우측).

송풍관의 경우 작업자가 바람의 세기(풍속/풍량)를 조절할 수 있도록 하기 위해 그림 64와 같이 풍속제어 다이얼을 설치하도록 설계하였다. 풍속제어 다이얼은 1세부과제에서 개발한 제어기 시작기를 부착하여 모터의 ON/OFF 뿐만 아니라 바람의 제어가 가능하도록 하였다.

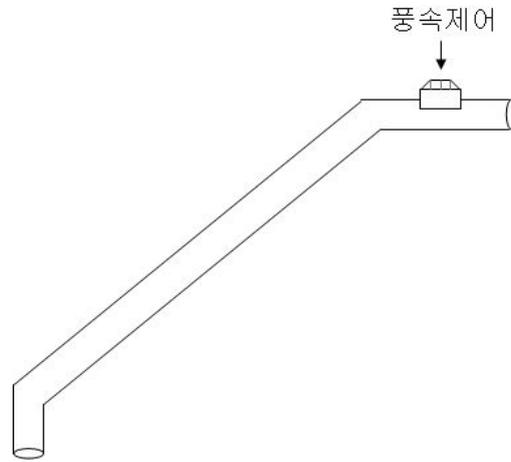


그림 64 분배관과 풍속제어기.

포충망은 기존의 제품으로 실험을 했을 때 포획된 해충이 포충망의 양쪽 모서리 부분에 몰려서 작업 후 해충을 제거하는데 노력이 필요하기 때문에 이러한 문제를 개선하도록 설계하였다. 즉, 그림 65과 같이 포충망의 중앙 부위에 볼록한 돌출부분을 만들어서 포획된 해충이 돌출부위에 몰리도록 하였음.

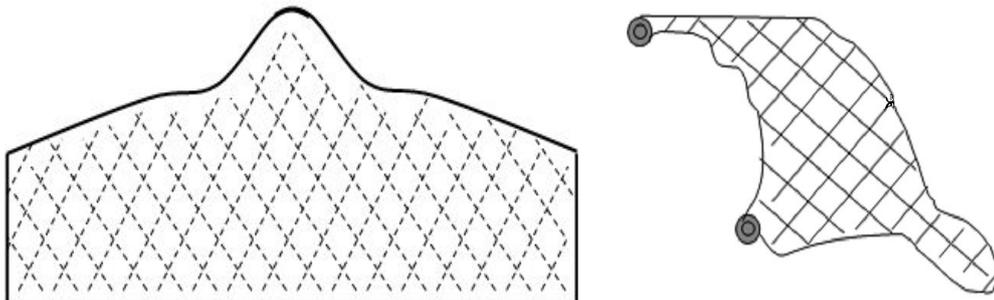


그림 65 개선된 포충망 (좌)평면도, (우)측면도.

2. 기구부 설계

송풍기의 벨빵형 지지대는 그림 66과 같이 시중에서 판매하고 있는 것을 구입하였다. 이 지지대에 송풍기 모터를 부착하기 위하여 모터 받침대를 전기용접을 하여 고정하였다.

모터에서 발생하는 바람을 송풍관으로 보내기 위한 연결부는 그림 67와 같다. 제작은 레이저 커팅으로 아래 판을 제작하고 파이프를 가공하여 전기 용접하여 제작하였다.

1차년도에서 분배관은 그림 68과 같이 2가지 형태로 설계하였다. 직경이 40mm로 일정한 분배관과 직경이 30mm로 일정한 분배관이다. 직경을 일정하게 하면서 2가지 종류로 제작한 이유는 분배관의 직경에 따라 동일한 송풍기를 사용하였을 때 토출부의 풍속이 어떻게 달라지는지 실험적으로 검증하기 위해서이다. 만약 송풍기에서 발생하는 바람이 일정하다고 가정하면 직경이 작은 분배관의 토출부의 평균 풍속이 더 빠를 것이다. 그러나 저항은 관의 길이와 직경에 따라 변하기 때문에 송풍기에서 발생하는 바람이 실제로는 직경에 따라 다를 것이기 때문에 실험적으로 검증할 필요가 있음.

송풍관과 분배관이 360° 회전이 가능해야 하므로 이에 따른 설계가 필요하여 그림 69와 같이 설계하였다. 3차원 캐드프로그램을 이용하여 설계한 송풍관과 분배관은 그림 70와 같다.

송풍관과 분배관의 결합 모습은 그림 71과 같다. 송풍관에 있는 나사가 분배관에 있는 홈으로 들어가서 송풍관과 분배관이 결합되게 되며 360° 회전이 가능하다.



그림 66 송풍기 멜빵틀.

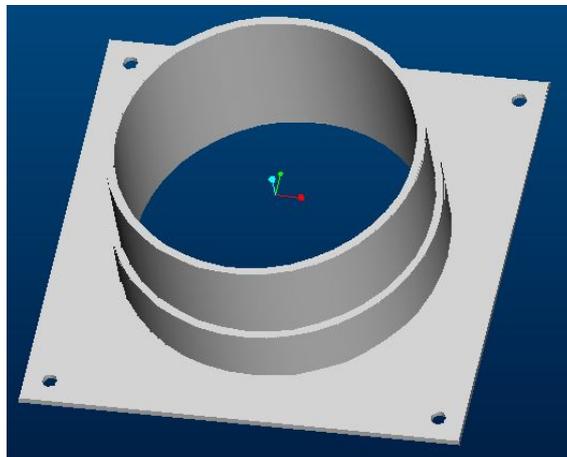


그림 67 송풍관 연결부.

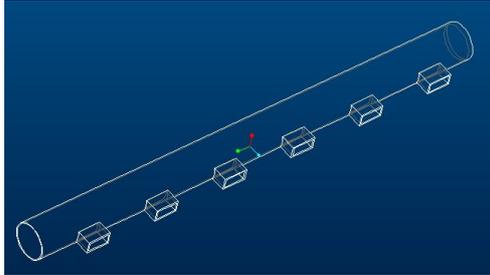
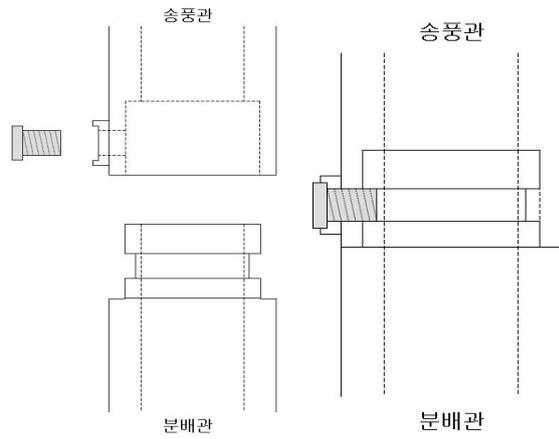
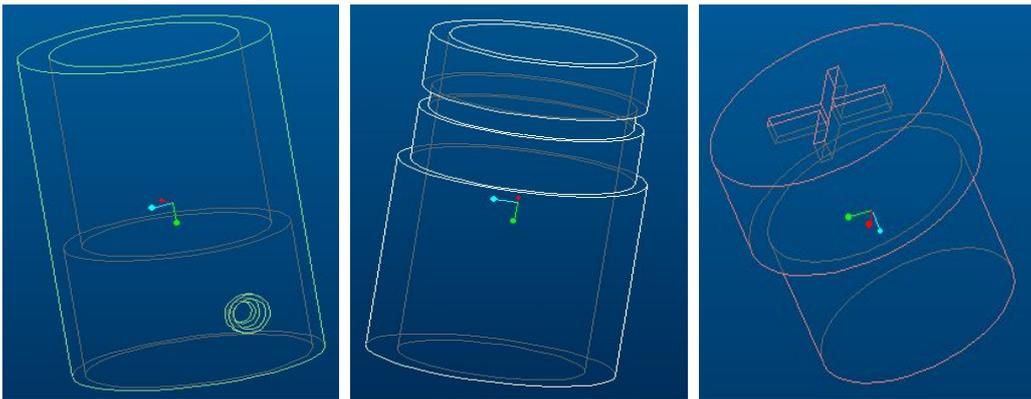


그림 68 분배관 설계.



(좌) 송풍관과 분배관의 결합 전 모습,
(우) 송풍관과 분배관의 결합 후 모습
그림 69 송풍관과 분배관의 결합체결 부위.



(좌) 송풍관의 결합 부위, (중) 분배관의 결합 부위, (우) 고정 나사
그림 70 송풍관과 분배관의 결합 부위.

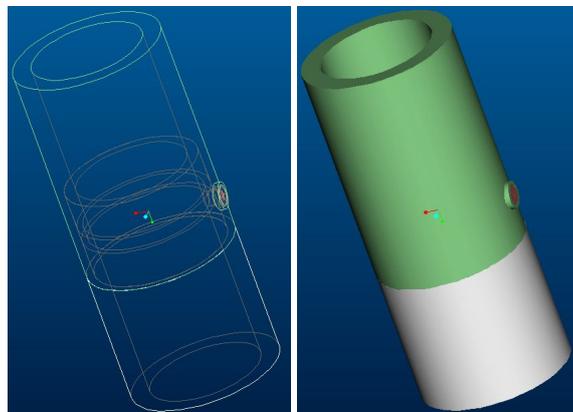


그림 71 송풍관과 분배관의 결합 모습.

3. 각 요소 부품 제작

설계된 내용을 바탕으로 실제 제작된 송풍관 연결부는 그림 72과 같고 분배관은 그림 74와 같다. 그림 74의 (a)는 직경이 40mm이고 (b)는 직경이 30mm이다. 토출부의 크기는 (a)와 (b) 모두 동일하도록 제작하였다.

기존 제품의 포충망을 개선하여 제작된 포충망은 그림 73과 같다. 포충망의 중앙부위에 돌출부를 만들어서 포획된 곤충이 돌출부로 모이게 하여 작업 후 해충의 처리를 용이하도록 하였다.



그림 72 송풍관 연결부.

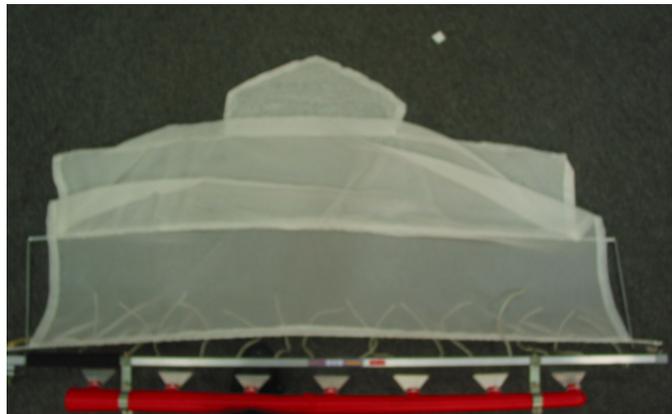
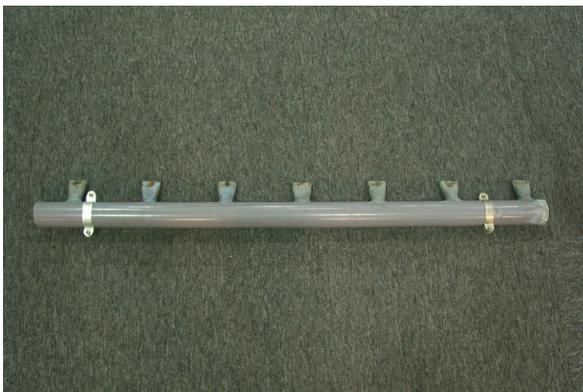
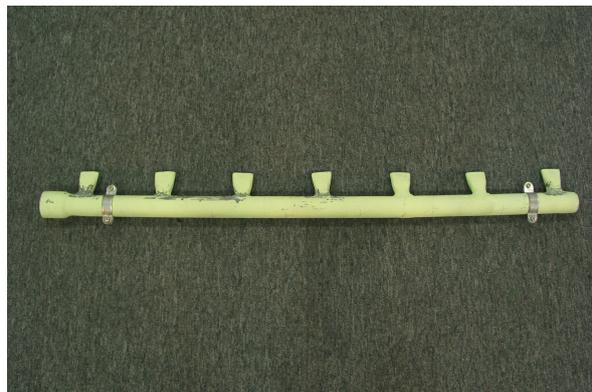


그림 73 개선된 포충망.



(a) 직경 40mm



(b) 직경 30mm

그림 74 분배관.

4. 본체 및 기구부의 시작기 제작

가. 1차 시작기 (2009년 7월 11일 제작)



그림 75 1차 시작기.

제작된 1차 시작기는 그림 75과 같이 DB-118 송풍기를 뿔빵형 틀에 고정시켜서 제작하였다. DB-118 송풍기와 송풍관을 연결시키기 위하여 연결부를 제작하였다. 그리고 1세부과제에서 개발한 제어기 시작기를 부착하여 풍속을 제어할 수 있도록 하였다. 뿔빵형 틀을 제외한 송풍기의 무게는 약 4kg정도로 장시간 작업하는데 있어서 큰 지장을 주지 않을 무게이다. 그러나 성능 검증 결과 송풍기에서 발생한 바람이 토출부에 이르러서는 풍속이 너무 느려져서 평균 풍속이 약 2m/s에 불과하여 엔진을 이용한 송풍기의 1/6수준이었음.

나. 2차 시작기 (2009년 9월 10일 제작)

2차 시작기는 DB-200 모터를 이용한 송풍기를 장착하였다(그림 76). 2차 시작기에서는 등과 접촉하는 부위에 쿠션 역할을 하는 물질을 장착하여 모터의 진동이 작업자에게 전달되는 것을 줄이도록 하였고 등과 고정틀이 접촉하는 면적을 줄여 작업시 땀 발생을 줄일 수 있도록 하였다. 이 시작기의 무게는 고정틀을 제외하였을 때 8.5kg이었다. 1차 시작기에 비해 약 4.5kg 증가하였지만 작업하는데 지장을 줄 정도는 아닌 것으로 판단된다. 그러나 토출구의 평균 풍속이 5.3m/s로 엔진을 이용한 송풍기의 토출구 평균 풍속 13m/s의 40.1% 수준에 불과하기 때문에 토출구의 평균 풍속을 증가시켜야 함. 그림 77은 1차 시작기와 2차 시작기의 크기를 비교하였다. 1차 시작기에 비해 2차 시작기가 모터의 마력, 중량, 풍량, 크기 등이 모두 증가 하였다.

하지만 2차 시작기를 이용한 실외 실험 결과 풍속이 부족한 문제점이 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 팬을 교체 하였다.



그림 76 2차 시작기.



그림 77 1,2차 시작기.

다. 3차 시작기

그림 78는 3차 시작기를 나타내고 있다. 송풍기만으로 제작을 했던 1~2차 송풍기에 추가적으로 팬을 달아 송풍 능력을 향상 시켰다. 하지만 기대했던 송풍 성능이 발생하지 않아 모터의 선정 및 팬에 대한 전면적 검토를 수행하였다. 그리고 분배관의 CFD 분석을 통한 송풍 효율도 검토 하였다.



그림 78 3차 시작기.

라. 최종(4차) 시작기

송풍기와 팬을 이용하여 구성하였던 기존의 시작기와는 달리 강한 출력을 주는 BLDC 모터와 무게를 줄일 수 있도록 플라스틱의 부로워(blower) 케이스를 이용하여 최종 시작기를 구성하였다. 그리고 송풍 효율을 높일 수 있도록 CFD 분석을 이용하여 분배관을 재설계 하였다. 그림 79은 최종 시작기를 나타내고 있다. 최종 시작기는 부로워, 속도 제어기, BLDC 모터, 모터 드라이버로 구성하였다.



그림 79 최종 시작기.

5. 송풍기 제작 및 검증

BLDC 모터, 모터 드라이버, 속도 제어기, 부로워의 구성으로 송풍기를 제작하였다. 송풍기는 분당 5000번의 회전수(RPM)를 갖고 있으며 양방향 회전이 가능하다. AC 220V를 이용하여 구동되어 소음 및 진동이 엔진에 비하여 적으며 무게 또한 기존 제품(10kg) 보다 개발 제품(8.9kg)이 가볍게 제작 되었다. 그림 80은 기존 송풍기와 개발 송풍기의 풍속을 비교 한 것이다. 기존의 제품이 평균 풍속 22.85m/s(± 4.03 SD)인 반면 개발 제품은 23.58m/s(± 1.56 SD)로 나타나 모터를 이용한 개발 송풍기가 일본의 송풍기 보다 평균 풍속이 빠르고 표준 편차는 적게 나타났다.

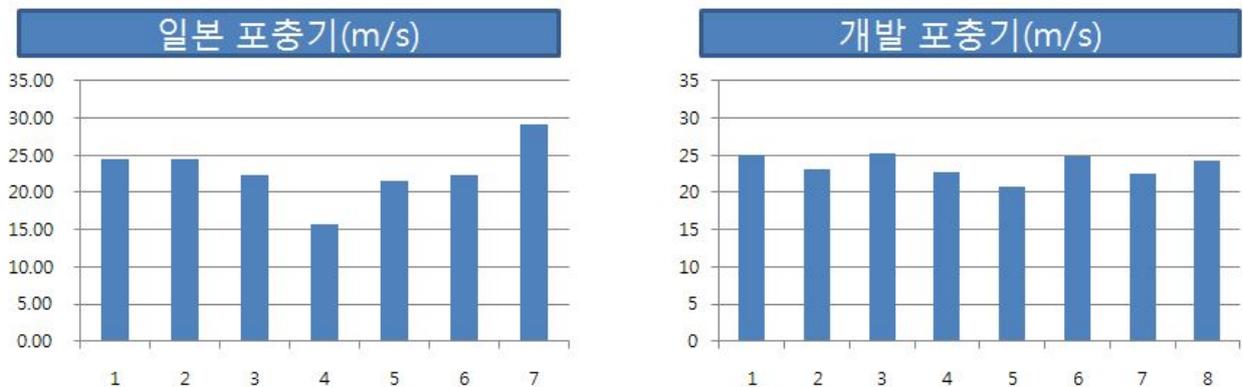


그림 80 기존 제품과 개발 제품의 풍속 비교.

6. 시작기 주요 부품 제작 및 조립

최종 시작기의 주요 부품인 분배관은 3D CAD를 이용하여 설계 제작하였으며 CFD 분석을 이용하여 풍속 효율을 극대화 시키도록 디자인 하였다. 그림 81은 (좌)분배관의 3D 디자인된 모습과 (우)실제 제작된 사진을 나타낸다. 분배관은 해충 포획의 성능 향상을 위하여 기존에 7개를 가지고 있던 노드를 8개로 늘렸으며 송풍 과정에서 발생 할 수 있는 와류를 제거하기 위하여 상단에 홈을 주었다. 또한 양 끝의 노드에도 풍속이 일정하게 유지 될 수 있도록 점점 가늘어 지는 구조로 제작 하였다. 그림 82는 분배관 설계를 위한 제작도면 이며 표 11은 제작된 제품과 도면 간의 치수를 비교 한 것이다. 비교 결과 완성된 제품은 제작 도면과 큰 차이 없이 완성하였다.

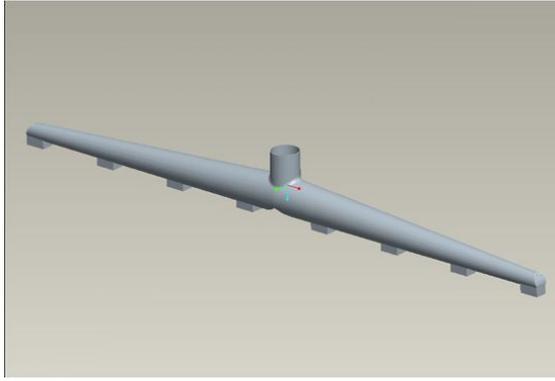


그림 81 분배관 제작 (좌 : 3D 설계, 우 : 실제 제작).

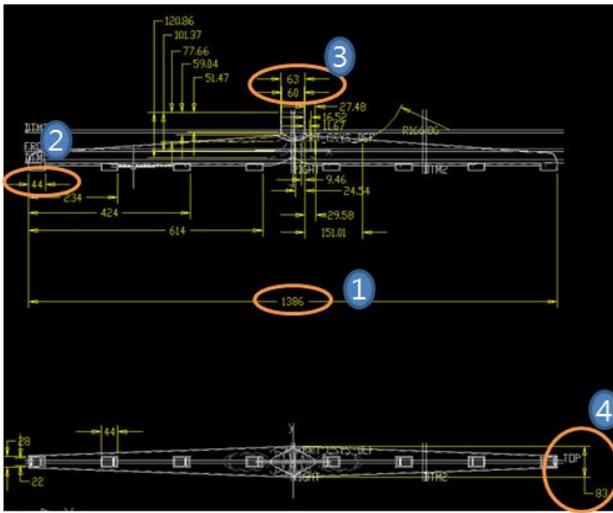


그림 82 분배관 설계도면.

표 15 제작 치수 비교(mm)

	도면	제품
1	1386	1374
2	44	40
3	60	60
4	83	63

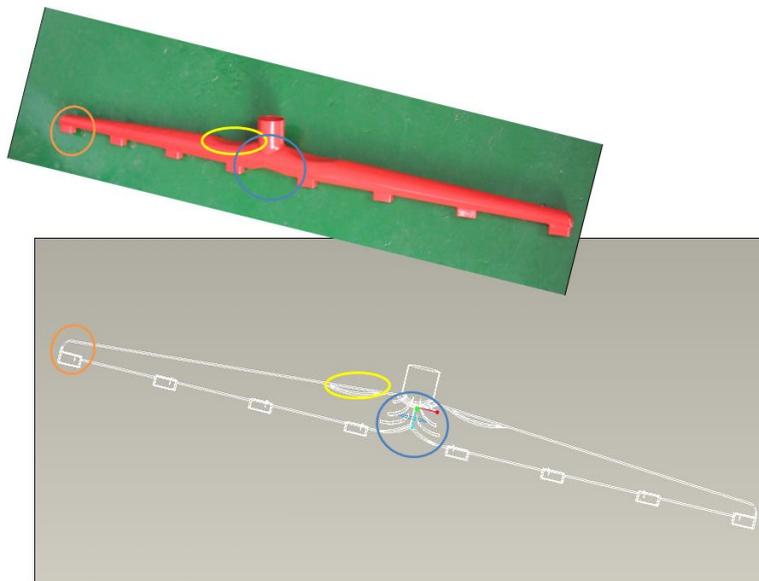


그림 83 분배관의 안내 베인(Guide vane).

최종 시작기의 분배관은 와류에 의하여 풍속이 영향을 받게 된다. 이러한 현상을 제거하기 위하여 분배관 내부에 그림 83과 같이 베인을 계획하였지만 양산 및 원가 절감을 위하여 내부 중심부의 베인을 제거 하였다. 이로서 풍속의 효율이 감소할 수 있지만 포충기의 궁극적 효능에는 영향을 주지 않는 것으로 분석하였다.

그림 84는 바람이 나오는 분배관과 송풍관 그리고 해충을 포획하는 포획 망을 결합한 모습이다. 송풍관의 중심에는 작업자가 편안하게 잡고 작업 할 수 있는 손잡이를 부착하고 손잡이 부근에 풍속을 조절할 수 있는 속도 조절기를 부착하였다. 또한 분배관은 360도 회전이 가능하여 작황에 따라, 그리고 작업자의 특성에 따라 조절 가능하다.



그림 84 송풍부위 결합 모습.

7. 시작기의 수정 및 보완

최종 시작기의 성능 실험 중 분배관의 토출 노드에서 나오는 바람이 분배관을 나오는 동시에 흩어져 버리는 문제점이 발생하였다. 이에 그림 85과 같이 토출 노드 입구에 바람을 모아주는 기능의 안내판을 부착 하였다. 안내판의 설치로 인하여 분배관을 통해 나오는 바람은 포획 망으로 향할 수 있게 되어 포획 성능을 향상 시켜 준다.

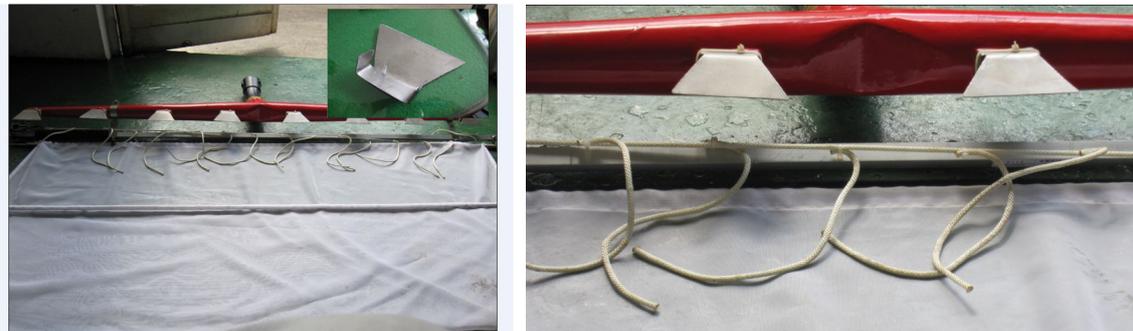


그림 85 안내 판 제작 및 설치.

제 3 절 요약 및 결론

지면작물의 이동식 해충 포획기를 인간공학적 설계를 바탕으로 개발 하였다.

국내에서 해충을 포획하기 위해 사용하는 시스템은 모두 고정형으로서 해충 박멸기, 해충 포획기 및 해충 퇴치기 등이 있으며, 해외에서도 대부분이 이러한 시스템을 사용하고 있다. 이러한 시스템은 초기 투자, 관리 및 유지비용이 높고, 고정된 장비라는 한계를 벗어나지 못하고 있으며, 일반적인 모기 등의 해충만 포집하는 단점이 있다. 이에 일본에서는 기존의 대형 방제장치 및 역풍덕트 장치를 이용하여 해충을 포획하는 장비를 개발 하였다. 이는 작업자가 농약을 사용하지 않고 풍압을 이용하여 작물에 붙은 해충을 제거하는 친환경 작업을 수행할 수 있도록 한다.

하지만 이와 같은 이동식 장비는 송풍을 발생시키기 위한 엔진을 작업자가 짊어지고 이동해야 하는 어려움이 있다. 또한 작물에 붙어 있는 해충을 효과적으로 떨어뜨리기 위하여 작업기의 송풍 성능이 중요한 요소로 작용한다. 이에 기존의 엔진을 작업자가 쉽게 이동시킬 수 있도록 해야 하며 같은 엔진에서도 더 큰 송풍 효율을 낼 수 있어야 한다.

이에 지면작물의 이동식 해충 포획기를 인간공학적 설계를 바탕으로 개발 하였다.

인간공학적 설계를 위하여 본체, 기구부 및 전동제어장치의 설계 인자를 분석하고 설계 요소 부품을 새로 디자인 하였다. 기존 일본의 포충기는 몸의 한쪽 방향에 송풍부를 작동시켜 비대칭적인 작업을 수행한다. 이는 한쪽 방향에 작업 부하를 발생시켜 근골격계질환을 야기할 수 있는 문제점이 있었다.

또한 포충기 본체에서 가장 큰 비중을 차지하는 인자는 모터 이다. 기존의 엔진을 모터로 대체할 때 기존 엔진의 출력을 만족 하는 풍량을 발생시켜야 한다. 하지만 모터의 경우 풍량이 높아짐에 따라 무거워 지는 문제점이 있어 송풍 모터의 무게에 따라 단계별로 풍량을 테스트 하였다. 테스트 결과 송풍 모터로는 엔진의 성능을 만족하는 풍량을 발생 시키는데 한계가 있어 송풍기 모터가 아닌 BLDC 모터에 팬을 장착하는 형태로 진행 하였다. 그 결과 모터와 팬의 무게는 가벼우면서 만족할 만한 출력을 발생시킬 수 있었다. 모터를 구동시키기 위하여 전자 컨트롤러와 제어기를 개발 하여 속도 제어 기능을 구현하였다. 이후 개발된 모터의 성능 확인을 위하여 필드실험을 수행하여 해충의 포획 성능을 확인하였다. 또한 바람을 효과적으로 내보내 줄 수 있도록 분배관을 디자인 하였다. 분배관은 3D CAD를 이용한 모델링 수행 후 전산 유체 역학(Computational fluid dynamics 이하 CFD) 분석 방법을 이용하여 제품 생산 전 시뮬레이션을 이용하여 분배관의 효율을 검증 하였다. 새로운 디자인의 분배관 개발에 앞서 기존 제품의 문제점 분석을 수행 하였다. 기존 제품의 CFD 분석 결과 바람 입구에서 끝단으로 바람이 이동하면서 바람의 속도가 감소하는 문제점과, 바람이 나오는 노드에서 와류가 발생하는

것을 확인하였다. 이에 개발될 분배관은 입구와 끝단의 지름을 다르게 하여 바람의 속도가 감소하지 않도록 함과 동시에 분배관 내부에 안내 베인(Guide Vane)을 제시하여 와류를 제거할 필요가 있다. 또한 작업자의 비대칭적 작업을 예방할 수 있도록 바람이 분배관의 중심부로 유입된 후 양 쪽으로 분배되는 구조로 개발하였다. 이와 같이 개발된 분배관을 CFD 분석 방법을 이용하여 효율성을 검증함과 동시에 문제점을 해결하는 방식으로 디자인을 결정하였다. 새로 제안된 디자인의 CFD 분석 결과 1) 바람이 입력된 후 분배관과 충돌에 의하여 정체영역 및 와류가 발생, 2) 바람이 입력된 후 양쪽으로 분산되는 과정에서 굉장히 넓은 부위의 와류 발생, 3) 바람이 나오는 각 노드 부위에서 와류가 발생하는 문제점이 나타났다. 이에 A) 바람과 분배관의 충돌 부위에 v형태의 홈을 내고 B) 분배되는 부위에 안내 베인(Guide vane)과 u형태의 홈을 내고, C) 각 노드 부위에 안내 베인을 설치하여 정체영역 및 와류 없이 일정한 속도로 바람이 나오는 분배관을 디자인 하였다. 분석된 분배관을 실제 제작하여 인간공학적 요소를 분석하였다. 분석 결과 인체 관절 및 극소 부위의 근전도 신호가 기존 제품보다 개선된 결과를 나타내고 있다.

또한 제작된 분배관과 모터를 결합하여 필드 실험을 수행하여 해충 포획기의 성능을 검증하였다. 성능 측정은 testo 400 정밀 측정기를 사용하였으며 그 결과 송풍 성능이 기존 제품보다 우수한 결과를 나타냈다. 이로서 인간공학적으로 편리함과 동시에 향상된 송풍 능력에 따른 해충 포획 성능의 개선 효과를 갖는 지면작물의 이동식 해충 포획기를 개발하였다.

제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

제 1 절 연도별 연구목표 및 달성도

구분	세부연구개발 목표		평가의 착안점 및 기준	달성도
1차 년도 (2009)	인간공학적 설계 및 전동 제어장치 부품제작	본체, 기구부 및 전동제어장 치의 설 계 인자 분석	·모터 출력, 송풍관 직경 계산	100%
		요소부품별 인간공학적 설계	·작업 부하를 줄이기 위한 설계 ·멜빵끈 길이에 대한 척추근 영 향분석	100%
		모터 선정 및 적용	·상용 모터 선택	100%
		전자 컨트롤러 설계 및 제작	·모터 제어를 위한 컨트롤러 설 계 및 제작	100%
		제어기 시작기 제작	1kw 모터 제어기 시작기 제작	100%
		작물별 송풍성능 및 요소부품 실험	·딸기, 고추 작물을 대상으로 송풍기 성능 실험 ·분배관 직경에 따른 풍속 측정 실험	100%
	기구부 설계 및 부품제작	본체 설계	·3차원 캐드 프로그램을 이용하 여 송풍관, 분배관, 바람관 설계 ·포충망 개선을 위한 설계	100%
		기구부 설계	·송풍관 연결부, 분배관 설계 ·송풍관과 분배관 연결을 위한 결합부위 설계	100%
		각 요소 부품 제작	·송풍관 연결부, 분배관, 개선된 포충망 제작	100%
		본체 및 기구부의 시작기 제 작	·1, 2, 3차 시작기 제작	100%

2차 년도 (2010)	시작기 통합 및 장치 성 능 실험	분배관의 CFD분석 및 제작	CFD 프로그램을 이용하여 토출부의 풍속이 일정하도록 설계	100%
		인간공학적 안전성 요인 분석	시작기로 작업을 할 경우 작업자의 운동역학적 분석	100%
		시작기의 실내실험 및 검증	풍속제어기의 동작 여부와 토출구의 평균풍속 검증	100%
		시작기의 실외 실험 및 검증	작물이 훼손되지 않는 범위 내에서 송풍량에 따른 포획 실험 및 검증	100%
	작물별 요인 실험 및 성능 평가	송풍기 제작 및 검증	멜빵형 송풍기 제작 및 검증	100%
		시작기 주요 부품 제작 및 조립	포충기의 주요 부품인 송풍관, 분배관, 바람관 등의 제작 및 조립	100%
		시작기의 수정 및 보완	시작기의 실내/실외 실험 및 내구성 시험을 통하여 미비점 보완 및 수정	100%

제 2 절 관련분야 기여도

현재 이동식 송풍장치는 엔진 혹은 모터를 작업자가 짊어지고 작업을 수행한다. 그리고 커다란 송풍 효율을 발휘하기 위하여 더 무거운 엔진 혹은 모터를 사용하고 있다. 이러한 무거운 송풍 장치를 작업자가 직접 짊어지고 작업을 수행할 경우 작업자는 근골격계질환을 유발하게 된다. 이에 본 연구에서는 모터의 무게를 감소시키면서 송풍 성능을 향상 시켜 해충 포획기뿐 아니라 부로워 제조업 등과 농업 분야에서 종사하는 작업자가 편리하고 안전하게 사용할 수 있다. 또한 CFD(Computational fluid dynamics) 분석을 이용하여 바람의 흐름을 분석하고 정체영역 및 와류 영역을 제거하여 동일한 출력의 송풍장치에서도 더 큰 효율을 발휘할 수 있다.

또한 제품 제작에 앞서 3D 캐드를 이용하여 제품을 디자인 한 후 컴퓨터 시뮬레이션을 이용하여 문제점을 분석하고 수정하여 다시 제 디자인하는 일련의 과정을 수행함으로써 제품을 완성하기 위해 소요되는 시간과 경비를 절약할 수 있으며 완성된 제품의 신뢰도를 높일 수 있다. 이는 포충기와 관련된 분야 뿐 아니라 제조업의 모든 분야에서 적용되어 산업 발전에 크게 기여할 수 있다.

제 5 장 연구개발성과 및 성과활용 계획

제 1 절 연구개발 성과

1. 지적재산권

구분	전문학술지*		특허	인력 양성 (석사)	사업화
	SCI	비SCI	출원		
목표	0	2	1	0	1
건수	1	1	2	2	1

가. 전문학술지

- 논문명 : Endurance time prediction of biceps brachii muscle using Dimitrov spectral index of surface electromyogram during isotonic contractions
- 저 자 : 이기영, 이상식, 김정현, 최안렬, 문정환
- 학 술 지 : International journal of precision engineering and manufacturing
- 발행년도 : 2011(게재 확정)

A number of studies have been published on the validity of spectral parameters such as median frequency (Fmed) and Dimitrov spectra index of muscle fatigue(FInsm5) from the surface EMG signal during dynamic exercise with respect to muscle fatigue. Despite these studies there is a short age of the predictability of endurance capacity using the sespectral parameters during repetitive dynamic contractions. The main purpose of this study was to examine the capability of the incremental time, defined as the time at when Dimitrov spectral index reached acertain amount of increment with respect to initial value, to predict the endurance time(Tend) which was determined when the subject be came exhausted and could no longer follow the fixed contraction cycle.

Ten healthy subjects performed five sets of the voluntary isotonic contractions until their exhaustion at 10% and 20% of their maximal voluntary contraction level (MVC),

respectively. The Tendfor all subjects were within the following ranges: 157 ± 62 s at 10% MVC; 75 ± 31 s at 20% MVC. Spectral parameters such as median frequency and Dimitrov spectral index were extracted from every contraction segment and estimated by linear regressive analysis in every contraction. The initial slope of both spectral parameters and the incremental time of Dimitrov spectral index were compared as a predictor of endurance time. and 2) between T end and the incremental time at when Dimitrov spectral index became above 130% of increment with respect to initial value at 20% MVC ($p < 0.01$).

In conclusion, the incremental time of Dimitrov spectral index could be used to describe the changes in the spectral content of the sEMG signal and to be a good predictor of endurance time in comparison to the initial slope of median frequency.

■ 논문명 : 몸통 비틀림 운동을 고려한 쪼그려 앉은 작업자의 요추부 작업부담 평가

저 자 : 임대섭, 김영진, 이경숙, 문정환

학 술 지 : 바이오시스템학회

발행년도 : 2011.2

국내외적으로 농업인의 감소, 고령화, 부녀화 등 농업인력 조건이 악화되고, 비닐하우스의 증가로 인해 연중무휴의 노동조건으로 변함으로써 농업인의 건강상태가 악화되고 있다. 또한 농작업에서의 기계화가 진전되었음에도 불구하고 여전히 인력에 의존하는 비율이 높으며, 작물위주의 작업으로 인한 불편한 작업 자세, 반복동작, 과도한 힘, 장시간의 노동, 휴식시간의 부족 등 다수의 인간공학적 위험요인을 가지고 있어, 농부증, 근골격계 질환 등 직업성질환의 위험성이 상존하고 있다(Kim et al., 2006; F.A. Fathallah, 2010).

농작업자는 반복적이고 과도한 허리 신전/굽힘 운동과 비틀림 운동으로 인해 요통질환을 포함한 근골격계 질환 유발 위험성이 높다(Keyserling et al., 1988; Kim et al., 2006). 몸통의 과도한 비틀림, 굽힘, 과도한 반복 등의 작업특성은 근골격계 질환의 발생 가능성을 크게 높이는 것으로 알려져 있으며, 이러한 위험요인들로 인해 작업자들에 가장 많이 유발되는 질환은 요통이다. 부적절한 작업 자세는 특정 근골격계 질환과 연관이 있는 것으로 알려져 있다. 쪼그려 앉은 작업 자세는 제한된 작업공간에서 가장 흔히 사용되는 작업 자세 중의 하나이다. 지면 높이의 작업공간에서 일반적인 쪼그려 앉은 작업은 선박의 용접이 이뤄지는 조선소, 자동차 조립라인, 농업현장 및 자동차 정비소에서 흔히 볼 수 있다(M.K. Chung et al., 2003;). 많은 연구들이 이들 유해인자로 인한 근골격계 질환유발 위험도를 평가하기 위해 여러 평가방법을 이용하여 수행되었다. 설문조사를 이용한 작업자의 불편한 신체부위 및 통증을 평가한 연구와

인간공학적인 평가도구 - 체크리스트 OWAS와 RULA, REBA - 를 이용한 작업자세로 인한 근골격계 위험도를 평가한 연구 및 계측장비를 이용한 생체반응 평가연구 등이 있다. 이러한 쪼그려 앉은 작업에 관한 연구를 살펴보면, Nevala-Puranen 등(1993, 1996)은 OWAS 체크리스트를 통해 다양한 작업방식에 따른 작업자세 부담을 평가하기 위하여, Nag 등(1986)은 근전도를 이용하여 8가지의 앉은 자세에 대한 평가를 하였으며, Chung 등(2006)은 적절한 보조의자의 높이를 찾기 위해 지각 불편도를 이용하여 보조의자를 이용한 쪼그려 앉은 작업 자세를 평가하였다. Dieen et al. (1997)은 지면에서의 농작물 수확 작업시 무릎을 꿇어 작업하는 자세와 보조의자에 앉아 작업하는 자세에 대한 허리부하를 비교하기 위하여 근전도와 지각 불편도를 이용하여 평가하였다. Kong 등(2009)은 농작업에서 발생할 수 있는 다양한 하지 작업 자세들에 대한 작업자의 주관적 불편도, 하지근육들의 근전도와 심박수를 측정 평가하였다. 이를 통해 여러 무릎각도의 하지 작업자세가 작업부하에 미치는 영향을 평가하였다. Lim 등(2010)은 다양한 수확작업 자세 - 쪼그려 앉은 자세, 허리를 숙이는 자세 및 무릎을 꿇는 자세에서 대칭적인 손 뺨음 작업 수행시에 발생하는 하지 관절의 관절부하를 평가하였다.

그러나 선행연구는 쪼그려 앉은 작업 자세에서의 몸통의 운동을 제한하였거나 대칭형 굽힘 운동만을 고려하였다는 점이다. 또한 대칭작업 자세를 포함한 단순한 동작을 분석하거나 혹은 상용 소프트웨어인 Jack 등을 이용할 시 모델구성에 있어서 많은 시간과 노력이 필요하며, 분석요소에 있어서 한계점을 가지고 있다. 따라서 농작업에 주로 이루어지고 있는 비대칭적이거나 혹은 과도한 신전, 굴곡 등을 포함한 생체역학 기반의 인체모델 개발이 필요하다. 지면 작물을 대상으로 한 농작업시 작업의 특성상 요추의 굽힘 운동뿐만 아니라 비틀림 운동도 많이 발생하며, 이런 요추의 비틀림 운동은 굽힘과 더불어 요통을 일으키는 주요인으로 간주되고 있다 (Malcolm et al, 2002).

따라서, 본 연구에서는 쪼그려 앉은 작업 자세에서 몸통의 비대칭적 운동을 고려하여, 허리부하의 생체역학적 분석을 하는데 그 목적이 있다.

따라서 본 연구의 목적은 1)농작업자의 인간공학적인 평가를 위한 인체모델을 개발하고, 2)비대칭적인 작업이며 과도한 신전, 굴곡 등을 포함하는 근골격계 질환 유발 위험성이 높은 작업으로 잘 알려진 비닐하우스 시설 내에서의 수확작업에 적용한다. 3)이를 통해서 향후 농작업자의 근골격계 작업부담 및 위험성의 평가방법으로 적용가능한지를 검증하고자 한다.

나. 국내 특허(내용은 부록 참조)

■ 특허명 : 이동식 포층기

출원인 : 문정환

출원번호 : 2009, 10-2009-0101281

■ 특허명 : 풍압을 이용한 이동식 해충 포획기의 송풍관 개발

출원인 : 문정환

출원번호 : 2011,

2. 인력양성효과

■ 석사 : 송유환, 2009년 2월

기관 : 성균관대학교 생명공학과

학위논문명 : 모션 캡처 데이터의 영상 처리를 위한 FPGA 개발 및 성능 평가

■ 석사 : 박건일, 2011년 2월 졸업(예정)

기관 : 성균관대학교 생명공학과

학위논문명 : 외부트리거를 이용한 고속 물체의 실시간 영상 획득 시스템 설계

제 2 절 산업화 추진 방안

1) 산업화 방향(제품의 특징, 대상 등)

- 지면작물의 해충의 포집이 가능한 친환경 감농약형의 이동식 해충 포획기를 연구 개발하여, 참여기업이 산업화를 위한 추가적인 양산 체계를 구축함.
- 개발초기 산업재산권을 확보하고, 개발과 동시에 제품생산 방법, 라인구축 등을 실시하여 제품의 판매가 조기에 가능하도록 함.
- 국내외 여성 및 고령자를 포함하는 모든 농업인이 사용 가능한 제품으로 개발함.

2) 산업화를 통한 기대효과

(단위 : 백만원)

항 목	산업화 기준					
	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	계
직접 경제효과	200	300	500	700	1,000	2,700
경제적 파급효과	1,000	2,000	4,000	8,000	20,000	35,000
부가가치 창출액	200	300	500	700	1,000	2,700
합계	1,400	2,600	5,000	9,400	22,000	40,400

제 3 절 타분야 활용 및 추가연구 필요성

현재 이동식 송풍장치는 엔진 혹은 모터를 작업자가 짊어지고 작업을 수행한다. 그리고 커다란 송풍 효율을 발휘하기 위하여 더 무거운 엔진 혹은 모터를 사용하고 있다. 이러한 무거운 송풍 장치를 작업자가 직접 짊어지고 작업을 수행할 경우 작업자는 근골격계질환을 유발하게 된다. 이에 본 연구에서는 모터의 무게를 감소시키면서 송풍 성능을 향상 시켜 해충 포획기 뿐 아니라 부로워 제조업 등과 농업 분야에서 종사하는 작업자가 편리하고 안전하게 사용할 수 있다. 또한 CFD(Computational fluid dynamics) 분석을 이용하여 바람의 흐름을 분석하고 정체영역 및 와류 영역을 제거하여 동일한 출력의 송풍장치에서도 더 큰 효율을 발휘할 수 있다.

또한 제품 제작에 앞서 3D 캐드를 이용하여 제품을 디자인 한 후 컴퓨터 시뮬레이션을 이용하여 문제점을 분석하고 수정하여 다시 제 디자인하는 일련의 과정을 수행함으로써 제품을 완성하기 위해 소요되는 시간과 경비를 절약할 수 있으며 완성된 제품의 신뢰도를 높일 수 있다. 이는 포충기와 관련된 분야 뿐 아니라 제조업의 모든 분야에서 적용되어 산업 발전에 크게 활용될 수 있다.

하지만 작업자가 직접 작업기를 짊어진 상태에서 분배관을 들고 작업을 수행하기 때문에 가벼운 송풍 장치와 인간공학적 설계를 수행하였다더라도 장시간 작업을 수행할 경우 작업자의 건강에 영향을 줄 수 있다. 이에 더 편리하고 안전하게 작업자가 작업할 수 있도록 추가 연구가 필요하다.

제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

제 1 절 학술논문

- 한국산업안전공단, “근골격계질환예방 및 유해요인 조사”,2010
 - 작업관련 근골격계질환발생 현황 통계자료를 분석하고 체계적인 예방사업전개 및 관리대책에 필요한 기초정보를 제시하고 있다. 근골격계질환의 증가에 따른 산업안전보건법에 신설 및 사업장 규모별, 업종별, 입사근속기간별, 요양기간, 질환자의 연령추이 등에 관하여 10년간 근골격계질환자 발생추이 분석결과를 보여준다. 본 연구에 따르면 50인 미만의 중소규모사업장, 비 제조업종, 50세 이상 고령근로자, 5년 미만 종사 근로자에서 질환자 발생현황이 차지하는 점유율이 증가하고 있음을 제시한다.

- Cho, Y. K., H. S. Choi, H. D. Kim, H. H. Choi, J. I. Youn, Y. H. Kim, T. M. Shin, H. S. Kim and D. H. Lim. 2008. Biomechanical Evaluation for Washing Machine Design Suggested Newly for Prevention of Musculoskeletal Disorders. Journal of the Ergonomics Society of Korea 27(4):27-35.(In Korean)
 - 최근 반복적으로 행해지는 육체적 노동에 의한 근골격계질환이 늘고 있다. 따라서 인간공학적인 작업환경 설계를 통해 근골격계질환을 감소시키는 데에 관심이 증대되고 있다. 새로운 세탁기의 인간공학적인 디자인이 근골격계 질환예방에 얼마나 효과적인가를 REBA와 근골격계 모델을 이용한 3차원 동작 분석을 실시하여 비교 하였다. 모든 결과에서 근육 강도와 관절 모멘트가 효과적으로 감소함을 볼 수 있었다. 따라서 새로운 설계의 세탁기의 사용이 근골격계질환을 감소시킬 수 있을 것이다.

- Christopher R. R., P. M. Bush, W. Karwowski and S. K. Durrani. 2010. Occupational postural activity and lower extremity discomfort: A review. International Journal of Industrial Ergonomics 40(3):247-256.
 - 작업환경에서 작업자의 신체적 불편함을 최소화하기 위한 평가를 제공한다. 작업에서의 불편함은 관절의 위치, 전체 혹은 부분적 몸의 자세, 작업 활동에 근거한다. 문헌을 기본으로 활동자세의 가이드라인은 불편함을 극히 최소화하고 그 한계점을 요약하여 제공하고자 한다.

- Jung, K. H. 2005. Structural Analysis and Practitioner Needs Survey for a WMSD Prevention Program. Journal of the Ergonomics Society of Korea 24(3):35-41.(In Korean)
- KOSHA code H-30, code H-31 지침과 국외 정부기관의 근골격계질환 관련 예방관리 프로그램의 구조를 분석하여 종합적 예방관리 프로그램 구조의 분석을 보여준다. 이에 따른 국내/외 근골격계질환 예방관리 프로그램에 대한 체계적 분석 및 비교를 통해 7개 부문(개요, 조직 구성, 교육 훈련, 유해요인 관리, 의학적 관리, 프로그램 평가, 문서 기록 및 보존)의 90개 항목으로 구성된 예방관리 프로그램의 구조를 제안하고 활용성을 제시한다. 본 연구에서는 실무자 요구사항을 파악하고 종합하였음을 나타낸다.

- Kim. H. H., H. J. Park, K. H. Park, W. Kim, C. Y. Yoo, J. H. Kim and J. S. Park.. 2009. An Analysis of Characteristics of Musculoskeletal Disorders Risk Factors. Journal of the Ergonomics Society of Korea 28(3):17-25.(In Korean)
- 2007년을 기준으로 산업재해중 근골격계 질환자 전체를 대상으로 질환 발생원인 및 특성을 다각도로 비교, 분석하였다. 작업과 질병과의 인과관계 재검증을 통해 각 근골격계질환별 주요인을 찾아내었다. 또한 이러한 원인을 단일원인과 복합 원인으로 구분하고 분석하였다. 이러한 자료는 향후 근골격계질환 예방을 위한 정책수립 및 방향 설정이 필요한 기초 자료로 활용되는데 도움이 될 것이다.

- Kim, H. K. 2004. Development of a Model for Physiological Safe Work Load from a Model of Metabolic Energy for Manual Materials Handling Tasks. Journal of the Society of Korea Industrial and Systems Engineering 27(3):90-96.(In Korean)
- 인력물자 취급시의 안전과 건강을 위한 지표 성립을 위해 개인의 능력 한계점이 정확히 수립되어야 한다. 이러한 개인의 들어 올리는 능력은 생리학적 최대 에너지 소모능력, 요추 부분이 최대로 이겨낼 수 있는 생체역학적 최대 압축 스트레스, 그리고 인체심리학적 최대 허용능력에 의한 제한을 받고 있다. 이 논문에서는 산소 소모량과 심박수에 작업하중, 빈도, 작업자의 몸무게가 모두 영향을 주는 것으로 나타났다.

- Kim, K. S., J. K. Park and D. S. Kim. 2010. Status and Characteristics of Occurrence of Work related Musculoskeletal Disorders. Journal of the Ergonomics Society of Korea 29(4):405-422.(In Korean)
- 근골격계질환의 대상은 대기업에서 중소기업 사업체, 제조업에서 서비스 사업체, 생산직에서

사무직과 전문 직종으로 확대되고 있으며, 여러 업종 및 직종에 대한 국내의 보고된 근골격계질환에 대한 연구를 통해 근골격계 증상 호소율과 질병 유병율과 근골격계질환의 유형과 특성을 파악할 수 있음을 보여준다. 근골격계질환의 발생은 개인의 인구학적 요인과 신체적 특성, 직무관련 사회 심리적 요인 및 작업장의 인간공학적 위험과 관련이 있어 이에 대한 지속적인 예방대책을 마련할 필요가 있음을 제시한다.

- Kim, D. S., J. K. Park and Y. S. Han. 2009. A Study for Assessing Exposure to Musculoskeletal Disorders Risk Factors among the Cooking & Housekeeping Jobs in Hotel work using PATH Method. Journal of the Ergonomics Society of Korea 28(4):83-89.(In Korean)
 - 숙박업의 요리직과 청소직을 대상으로 PATH(Posture, Activity, Tools and Handling) 방법과, 비중립적인 자세 항목별 노출시간비율을 Von Stoffert의 위험수준 평가방법을 응용하여 청소직이 요리직보다 몸통과 어깨/팔 부위의 비중립적 자세로 인한 위험수준이 높고, 두 직종 모두 몸통을 굽히거나 비트는 동작의 경우 근골격계질환이 발생할 우려가 있는 동작으로 분석되었다. 요리직의 경우에 조리물품을 검수/운반하는 업무, 청소직의 경우 손걸레나 마포를 이용하여 객실바닥과 욕실을 청소하는 업무에 더 많이 노출됨을 제시하였다.

- Kim, J. Y., J. S. Park and Y. J. Cho. 2010. Biomechanical Measuring Techniques for Evaluation of Workload. Journal of the Ergonomics Society of Korea 29(4):455-463.(In Korean)
 - 작업자의 작업 부하를 측정하는 것은 안정성과 효율을 높이고 근골격계질환을 예방하기 위해 꼭 필요하다. 작업부하 평가방법중 대표적으로 사용되어지는 생체역학적인 평가방법을 살펴보았다. 생체역학적인 평가 방법은 운동역학을 이용하여 생체역학 모델의 힘과 동작을 분석한다. 동작 분석, 관절 각 측정, 지면반력, 수학적 모델, EMG 생체역학적 측정 장비들이다. 각 방법의 특징과 실 사용시 주의 점들을 요약하였다. 그리고 보다 정확하고 정밀한 측정을 할 수 있는 방법론을 제시하였다.

- Kwon, S. Y., C. Y. Park, J. W. Koo, H. W. Yim and K. S. Lee. 1999. Usefulness of power spectral Analysis for measurement of local muscle fatigue during keyboard task. The Korean Society of Occupational & Environmental Medicine 11(4):449-459.(In Korean)
 - power spectrum 분석을 이용하여, 키보드작업을 하는 동안에 견관절에서 근피로가 빠르게

진행될 것으로 예상되는 세 개의 근육들(상부 승모근, 전 삼각근 및 극하근)에서의 시간경과에 따른 전기생리학적 변화를 관찰하였다. 평균 주파수와 전체 일률(total power)의 경우는 유의한 차이가 없었으며 상부 승모근은 중간주파수에서 시간경과에 대해 유의하게 감소하였다. 키보드 작업시 근피로도는 시간경과에 대한 상부 승모근의 중간주파수 변화를 통해 파악할 수 있다.

○ Lee, C. G., J. S. Park and S. J. Sohn. 2005. Sociopsychological Factors Associated with Symptoms of Work-related Musculoskeletal Disease. Journal of the Korean J Occup. Environ Med, 2005;17(2):104-115.(In Korean)

- 직업관련성 근골격계질환 발생과 관련한 역학적 연구결과에 의하면, 작업과정과 작업도구 및 작업자의 신체적 심리적조건과 작업 조직적 측면, 사회적 요인 및 비직업적인 요인들이 함께 결합하여 발생하며, 사회심리적 요인이 어떠한 영향을 미치는지를 파악함으로써 근골격계질환 발생 예방을 위한 접근 방법을 보여준다. 근골격계질환의 증상 호소와 사회심리적 요인 간의 관계를 살펴 본 결과 근골격계질환 증상 호소는 노동조합 가입여부나직무요구도, 상사나 동료지지와 같은 사회심리적 요인에 더 많은 영향을 받는 결과를 제시한다.

○ Lee, K. S., H. C. Kim, S. H. Chae, K. R. Kim, S. J. Lee and D. S. Lim. 2010. A Study on Agricultural Safety Technology for Ergonomic Intervention in Farm work. Journal of the Ergonomics Society of Korea 29(2):225-239.(In Korean)

- 국내 농업인력구조 및 농작업 재해실태 관련 연구를 살펴보고, 농작업 환경에서 노동 부담을 줄이고, 작업의 편의성을 높이기 위해 사용되는 농작업 안전기술을 살펴보고, 개선원리에 따른 보조 장비 및 관련 연구 문헌을 요약 정리하였다. 이러한 안전 기술에는 운반대차, 피복장비, 농약 방제복 등이 있으며 인간 공학적으로 제작된 농작업 보조도구 및 농작업 설계에 반영되어지기 위한 인체계측 연구가 있다.

○ Nikolaos Strimpakos, Gioftsos Georgios, Kapreli Eleni, Kalapotharakos Vasilios and Oldham Jacqueline. 2005. Issues in relation to the repeatability of and correlation between EMG and Borg scale assessments of neck muscle fatigue. Journal of Electromyography and Kinesiology 15:452-465.

- 객관적인 목의 근피로평가 이 방법의 임상 적응성을 고려할 때 매우 중시되어야한다. 실험자들을 대상으로 목의 근피로를 평가하였을 때, 각 움직임의 작동근의 정규화된 중간 주파수 기울기는 낮은 반복과 큰 일간 오차를 지닌다. 그러나 초기 중간 주파수나 RMS, Borg

평가법 유의한 차이가 나타나지 않았다. 목의 근피로 평가법 중에 IMF만이 높은 신뢰성을 보여준다. 그러나 임상적으로 사용하기에는 의심의 여지가 있다. 목의 근피로 측정 시 실험자와 목적사이의 낮은 연관성이 좋지 않은 반복 측정결과를 가져 왔다.

○ Park, H. S., Y. K. Lee and S. H. Yim. 2010. Prevention of the Musculoskeletal. Journal of the Ergonomics Society of Korea 29(4):455-463.(In Korean)

- 물리적·개인적인 요인이 근골격계질환에 영향을 미칠 수 있음을 나타내고, 요추 부위를 제외한 각 신체부위별로 위험요인들의 특성과 관리방안을 보여준다. 근골격계질환 예방관리의 중요성을 제시하며 시스템이 작업장 내에서 얼마만큼 지속적이고 일상적인 운영체제로 자리 잡느냐가 중요한 관건임을 보여준다. 보다 전향적으로는 새로운 설비, 장비, 공구를 도입하는 경우에 작업자의 인체특성과 위험요인의 특성 등 인간공학 적인 측면을 고려하여야 함을 제시한다.

○ Park, J. S., H. K. Kim and J. Y. Choi. 1996. Comparison Analysis of Physiological Work Capacity for Different Tasks. Journal of the Ergonomics Society of Korea 15(2):89-98.(In Korean)

- 인력물자취급(작업)에 대한 상해요인 제거와 예방을 위하여 생리학적 연구방법을 통한 한국인들의 생리학적 작업능력을 추정하고자 한다. 또한 미국의 NIOSH의 기준을 한국인 작업자들에게 사용하는데 적합한가를 비교·분석하고 아울러 동양인들의 생리학적 작업 능력과도 비교해 봄으로써 생리학적 작업능력(PWC)의 추정을 통하여 작업자들이 힘든 작업을 수행 할 때 안전하게 작업을 수행하고 피로가 누적되거나 신체적인 무리를 가져오지 않도록 작업설계의 기준치를 제시한다.

○ Park, J. H. 2010. A Survey on the Workload Evaluation Methods and Their Applications to WMSD Work in Industries

- 본 연구에서는 간이적 작업부하 평가방법들에 대해 각 방법들의 특징과 상호 비교되는 장단점, 그리고 적용 사례 등을 살펴 볼 것이다. 간이적 작업부하 평가방법들은 다양한 방법에 의해 분류될 수 있으나, 여기에서는 체크리스트방법, 자세 관찰을 위주로 하는 방법, 중량물 취급 작업에 대한 평가 방법 등으로 나누어 정리하였다. 그 결과 근골격계 부담작업 유해요인 조사나 작업부하 평가 시 평가의 목적과 범위에 따라 적절한 방법을 선택해 사용하여야 할 것이다.

제 2 절 관련특허

○ Minoru Industrial co LTD. 2006. Insect collector for natural enemy Insect. JP-013108.

- 송풍 발생수단을 통해 곤충망으로 해충을 포집하는 구조로 작업자가 깊어지고 이동 가능한 구조. 송풍을 이용한 해충 포집 방식이며 해충포집기를 작업자가 용이하게 이동시키면서 수행할 수 있는 구조. 자연계에 존재하는 천적 충을 포집하고, 포집한 천적 충을 식물 재배용의 비닐하우스 등의 시설 내에 놓아주고, 농약을 이용하지 않고 해충을 제거하는 천적충용 포충기를 제공한다. 배부 요 또는 대차 탑재의 송풍 발생 수단과, 상기 송풍 발생 수단에 연결되는 송풍관과, 상기 송풍관의 송풍구와 대향 한 개구를 가진 주머니 모양의 곤충망을 가지고, 상기 곤충망은, 상기 개구에 포집하는 벌레가 통과 가능한 쓰레기 제거용의 네트를 설치하고 있는 것과 동시에, 대부의 속단에 포충 수용용의 용기를 입고 탈 우시골에 설치하고 있고, 상기 송풍에 의하여 곤충망 내에 해충의 천적이 되는 벌레(천적충)를 몰아넣는 것과 동시에 또한 용기 내에 모으고, 포충 종료 후에 상기 용기를 대부분부터 분리하고 용기내의 천적충을 꺼낼 수 있는 구성으로서 있는 것을 특징으로 하는 천적충용 포충기.

○ Okatake yasuyukisenoo moritsugu. 2003 Insect collector. JP-128210.

- 작업자가 송풍 발생 수단에 덕트를 이용하고 송풍관을 연결하고, 그 송풍관을 프레임으로 지지하고 좌우방향에 연재시키는 것과 동시에, 그 프레임으로 상기 송풍관의 송풍구라고 대향하는 뒤쪽에 개구를 가지는 주머니 모양의 포집 망을 지지하고, 또한, 상기 프레임에 핸들을 설치하고, 작업자가 상기 송풍 발생 수단을 깊어지는 것과 동시에 상기 핸들을 파지하고 상기 프레임, 송풍관 및 포집 망을 육성하고 있는 식물의 상방에 따라 반송하고, 상기 송풍관의 송풍구로부터의 송풍으로 식물에 붙는 해충을 상기 포집망의 내부에 몰아넣고 포획하는 구성으로서 있는 것을 특징으로 하는 포충기.

○ National agricultural research organization, terada seisakusho co LTD. 2004. Air-blow type Insect-catching method and air-blow type insect-catching device. JP-128210.

- 이동식 해충 포획기. 송풍기, 포획 망을 포함한 해충 포집 구조. 해충 포집수단을 주행용 레일을 따라 이동시키면서 해충을 포집. 차 재배에 있어서의 해충 방제는 불가결하다. 현행

의 해충 방제의 주체는 화학 합성 농약의 살포이고, 농약이 자연환경에의 부하나 살포 작업자에게의 생리적, 노동적인 부하를 주고 있다. 또 소비자의 안전 안심 지향으로부터, 저비용인 감소 농약 재배차 또는 무농약 재배차의 요망이 높다. 그러한 것으로, 화학 합성 농약의 사용량을 삭감하고 해충을 방제하는 물리적 방제법의 개발을 과제로 했다.

○ Uchida tatsukiyo, Yamada Makoto, Aoki Shinichi, Kuramitsu osamu. 2007. Insect Trap . JP-128210.

- 열기류를 이용한 이동식 해충 포획기. 열기류를 발생하고 해충 유인 빛을 조사하여 해충을 유인 포집하는 장치. 지면에 설치된 레일을 주행하는 대차 상에 포충 장치를 설치하여 이동시키는 구조. 태양광에 비교하고 조사 강도가 작은 UV 램프를 이용하고 하루마도 농약에 대신하고 낮 행성 해충을 방제할 수 있는 포충 장치를 제공 한다.

제 7 장 참고문헌

1. Amedeo, T., N. Francesco, S. Erik, C. Gianfranco, M. Roberto and M. Luca. 2008. Assessment of force and fatigue in isometric contractions of the upper trapezius muscle by surface EMG signal and perceived exertion scale. *Gait & Posture* 28(2):179-186.
2. Basmajian, J. V. AND C. J. D. Luca. 1985. *Muscles Alive: Their Functions Revealed by Electromyography*. Baltimore. Williams & Wilkins. London.
3. Chang, J. H. 2007. An approach using photogrammetry and an ergonomic CAD system to evaluate mismatches between operational demands of agricultural tractors and physical and visional capabilities of youth drivers. University of California PhD thesis.
4. Cho, Y. K., H. S. Choi, H. D. Kim, H. H. Choi, J. I. Youn, Y. H. Kim, T. M. Shin, H. S. Kim and D. H. Lim. 2008. Biomechanical Evaluation for Washing Machine Design Suggested Newly for Prevention of Musculoskeletal Disorders. *Journal of the Ergonomics Society of Korea* 27(4):27-35(In Korean).
5. Choung, J. Y., H. S. Jeon, C. H. Lee and J. W. Lee. 2010. Comparison Between Right and Left Muscle Activities of Hip and Trunk During Manual Task in Asymmetric Weight-Bearing Posture. *Journal of the Ergonomics Society of Korea* 29(3):297-286(In Korean).
6. Christopher R. R., P. M. Bush, W. Karwowski and S. K. Durrani. 2010. Occupational postural activity and lower extremity discomfort: A review. *International Journal of Industrial Ergonomics* 40(3):247-256.
7. Ciara, M. O., K. T. Susannah, J. O. Mark and L. V. Christopher. 2007. Automatic detection of gait events using Kinematic data. *Gait & Posture* 25:469-474.
8. Erdemir, A., M. Scott, H. Walter and A. J. van den Bogert. 2007. Model-based estimation of muscle forces exerted during movements. *Clinical Biomechanics* 22(2):131-154.

9. Genaidy, A. M. and Karwowski. 1993. The effects of neutral posture deviations on perceived joint discomfort ratings in sitting and standing postures. *Ergonomics* 36(7):785-792.
10. Gilchrist, L. A. and D. A. Winter. 1997. A multi-segment computer simulation of normal human gait. *IEEE Transaction on Rehabilitation Engineering* 5(4):290-299.
11. Hignett, S. and L. McAtamney. 2000. Rapid Entire Body Assessment (REBA). *Applied Ergonomics* 31:201-205.
12. Jung, K. H. 2005. Structural Analysis and Practitioner Needs Survey for a WMSD Prevention Program. *Journal of the Ergonomics Society of Korea* 24(3):35-41(In Korean).
13. Kim, D. S., J. K. Park and Y. S. Han. 2009. A Study for Assessing Exposure to Musculoskeletal Disorders Risk Factors among the Cooking & Housekeeping Jobs in Hotel work using PATH Method. *Journal of the Ergonomics Society of Korea* 28(4):83-89(In Korean).
14. Kim, H. H., H. J. Park, K. H. Park, W. Kim, C. Y. Yoo, J. H. Kim and J. S. Park.. 2009. An Analysis of Characteristics of Musculoskeletal Disorders Risk Factors. *Journal of the Ergonomics Society of Korea* 28(3):17-25(In Korean).
15. Kim, H. K. 2004. Development of a Model for Physiological Safe Work Load from a Model of Metabolic Energy for Manual Materials Handling Tasks. *Journal of the Society of Korea Industrial and Systems Engineering* 27(3):90-96(In Korean).
16. Kim, J. Y., J. S. Park and Y. J. Cho. 2010. Biomechanical Measuring Techniques for Evaluation of Workload. *Journal of the Ergonomics Society of Korea* 29(4):455-463(In Korean).
17. Kim, K. S., J. K. Park and D. S. Kim. 2010. Status and Characteristics of Occurrence of Work related Musculoskeletal Disorders. *Journal of the Ergonomics Society of Korea* 29(4):405-422(In Korean).
18. Kim, Y. J., Y. H. Lim, K. S. Lee, C. H. Choi and J. H. Mun. 2010. The analysis of musculoskeletal injuries in combine harvesting operation using a digital human

model.

19. Kong, Y. K., D. M. Kim, S. J. Lee, J. H. Lee, Y. H. Lee, K. S. Lee and S. T. Sohn. 2009. Evaluation of the Effects of Lower-limb Postures on the Subjective Discomfort, Heart Rate and EMGs of Lower Extremity Muscles. *Journal of the Ergonomics Society of Korea* 28(1):9-19
20. Koo H. R., S. S. Lee and J. H. Mun. 2004. Correlation between box size and fatigue of the muscles during lifting action. *Journal of Biosystems Engineering* 29(6):531-538.(In Korean)
21. Korovessis, Koureas and Papazisis. 2004. Correlation Between Backpack Weight and Way of Carrying, Sagittal and Frontal Spinal Curvatures, Athletic Activity, and Dorsal and Low Back Pain in Schoolchildren and Adolescents. *Journal of Spinal Disorders & Techniques* 17(1):33-40.
22. Kwon, S. Y., C. Y. Park, J. W. Koo, H. W. Yim and K. S. Lee. 1999. Usefulness of power spectral Analysis for measurement of local muscle fatigue during keyboard task. *The Korean Society of Occupational & Environmental Medicine* 11(4):449-459(In Korean).
23. Lee, K. S., H. C. Kim, S. H. Chae, K. R. Kim, S. J. Lee and D. S. Lim. 2010. A Study on Agricultural Safety Technology for Ergonomic Intervention in Farm work. *Journal of the Ergonomics Society of Korea* 29(2):225-239(In Korean).
24. Legg. S, J., and A. Mahanty. 1985. Comparison of five modes of carrying a load close to the trunk. *Ergonomics* 28(12):1653-1660.
25. Lei R., R. Jones., and D. Howard. 2005. Dynamic analysis of load carriage biomechanics during level walking. *Journal of Biomechanics* 38(4):27-35.
26. Lim D. S., K. S. Lee, A. R. Choi, Y. J. Kim and J. H. Mun. 2009. Bio-mechanical Analysis on the lower back using human model during pushing the manual vehicles. *Journal of Biosystems Engineering* 34(4):286-294(In Korean).
27. Nagamori, S., M. Talent, M. Inokuti and Y. H. Tsuyoshi. 2006. Development of sampling techniques and the growth of indigenous natural enemies for pesticide

reduction in fruit vegetable. Agriculture, Forestry and Fisheries Research projects utilizing advanced high-tech(In Japanese).

28. Nikolaos Strimpakos, Gioftsos Georgios, Kapreli Eleni, Kalapotharakos Vasilios and Oldham Jacqueline. 2005. Issues in relation to the repeatability of and correlation between EMG and Borg scale assessments of neck muscle fatigue. *Journal of Electromyography and Kinesiology* 15:452-465.
29. NIOSH, *Musculoskeletal Disorders and Workplace Factors, A Critical Review of Epidemiologic Evidence for Work-Related Musculoskeletal Disorders of the Neck, Upper Extremity, and Low Back*. NIOSH 1997. pp 97-141.
30. Pan, C. S., K. M. Miller, S. Chiou and J. Z. Wu. 2004. Evaluation of a computer-simulation model for human ambulation on stilts. *Journal of Mechanics in Medicine and Biology* 4(3):283-303.
31. Park, H. S., Y. K. Lee and S. H. Yim. 2010. Prevention of the Musculoskeletal. *Journal of the Ergonomics Society of Korea* 29(4):455-463(In Korean).
32. Park, J. H. 2010. *A Survey on the Workload Evaluation Methods and Their Applications to WMSD Work in Industries*.
33. Park, J. S., H. K. Kim and J. Y. Choi. 1996. Comparison Analysis of Physiological Work Capacity for Different Tasks. *Journal of the Ergonomics Society of Korea* 15(2):89-98(In Korean).
34. Thorsten Rudroff. 2008. *Kinesiological Fine Wire EMG(Book)*.
35. Wojtyra, M. 1999. Dynamical simulation of human walking. *Proceedings of Tenth World Congress on the Theory of Machines and Mechanisms*. Oulu, Finland, pp.1853-1858.
36. Youlian Hong and Chi-Kin Cheung. 2003. Gait and posture responses to backpack load during level walking in children. *Gait and Posture* 17:28-33.
37. 기도형, 박기현. 2005. 작업 자세 평가 기법 OWAS, RULA, REBA 비교. *한국안전학회지* 2(2):127-132.

38. 김유창, 정현욱, 장성록. 2005. 정적인 자세에서 근전도를 이용한 목 근육의 작업부하 평가. 한국안전학회지 20(4):148-153
39. 류태범, 정인준, 유희천, 김광재. 2003. 가상환경상의 인간공학적 제품 설계를 위한 인체모델군 생성기법 개발 및 적용. 한국산업공학회지, 16:144-148.
40. 박국무, 류태범, 기도형, 정민근. 2006. 인간공학적 작업부하 평가방법을 이용한 근골격계 부담작업 판정기준의 정확성 평가. 대한인간공학회지 25(2):119-123.
41. 박재희, 곽원택. 2006. 근골격계 부담작업 평가에서 개별장면의 대표값들과 전문가판정 결과 간의 비교. 대한인간공학회지 25(2):205-210.
42. 서승록, 우승완. 2000. 근전도분석에 의한 VDT작업의 누적외상에 관한 연구. 경영과학연구 9:1-12.
43. 장성록. 2007. Digital Human Simulation을 이용한 근골격계질환 예방에 관한 연구-조선업을 대상으로-. 한국안전학회지 22(3):81-87.
44. 장성록. 2001. 인간공학. 다솜출판사.
45. 장원석, 김성민, 강승호, 김남현. 2009. 대퇴근활성에 대한 자전거 운동 시 근전도와 슬관절 각도와 의 상관관계 연구. 한국전자공학회논문지 46:77-83.
46. 정민근, 최경임, 송영웅, 이인석, 이명수, 임종호. 1997. 정비작업에 대한 인체역학적 부하 및 작업자세 평가. 대한인간공학회지. 16(3):49-60.
47. 채성호. 2006. OWAS수법을 이용한 경량철골벽 설치작업의 작업부하 분석. 대한건축학회 22:155-162
48. 통계청. 2008. 연령별 농가인구.
49. 한국산업안전공단, “근골격계질환예방 및 유해요인 조사”,2010
50. 한국표준협회. 2005. 5차 인체 치수조사. Size Korea.
51. 한국표준협회. 2004. 인간공학적 설계를 위한 인체 측정. 한국산업규격 KS A 7004.

부록 1

분배관 설계도면

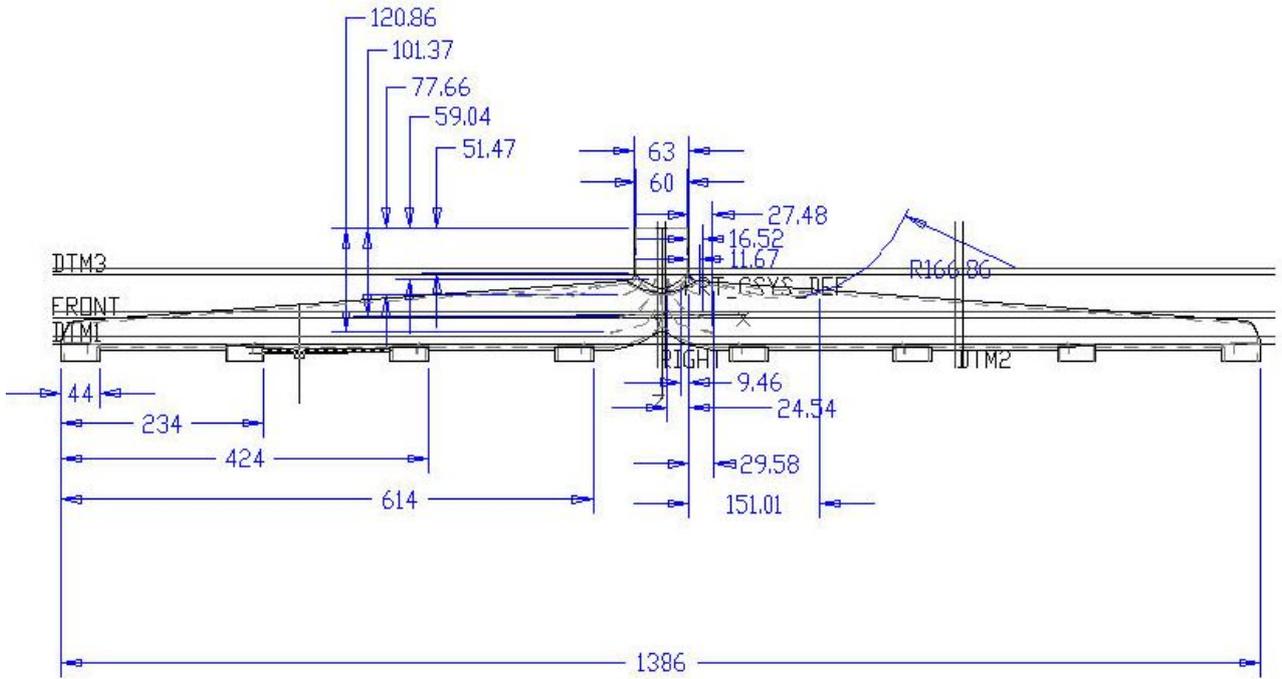


그림 A-1 정면도.

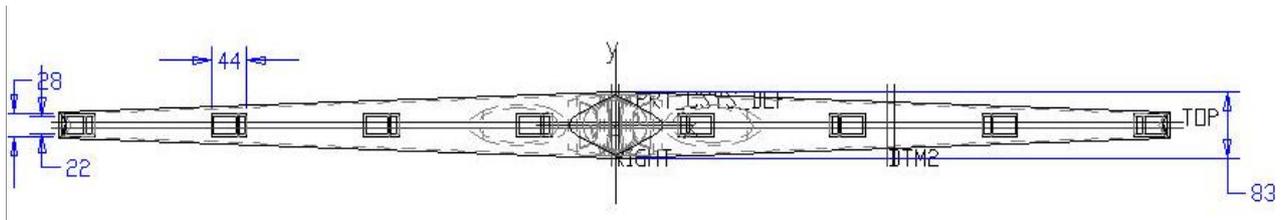


그림 A-2 배면도.



그림 A-3 측면도.

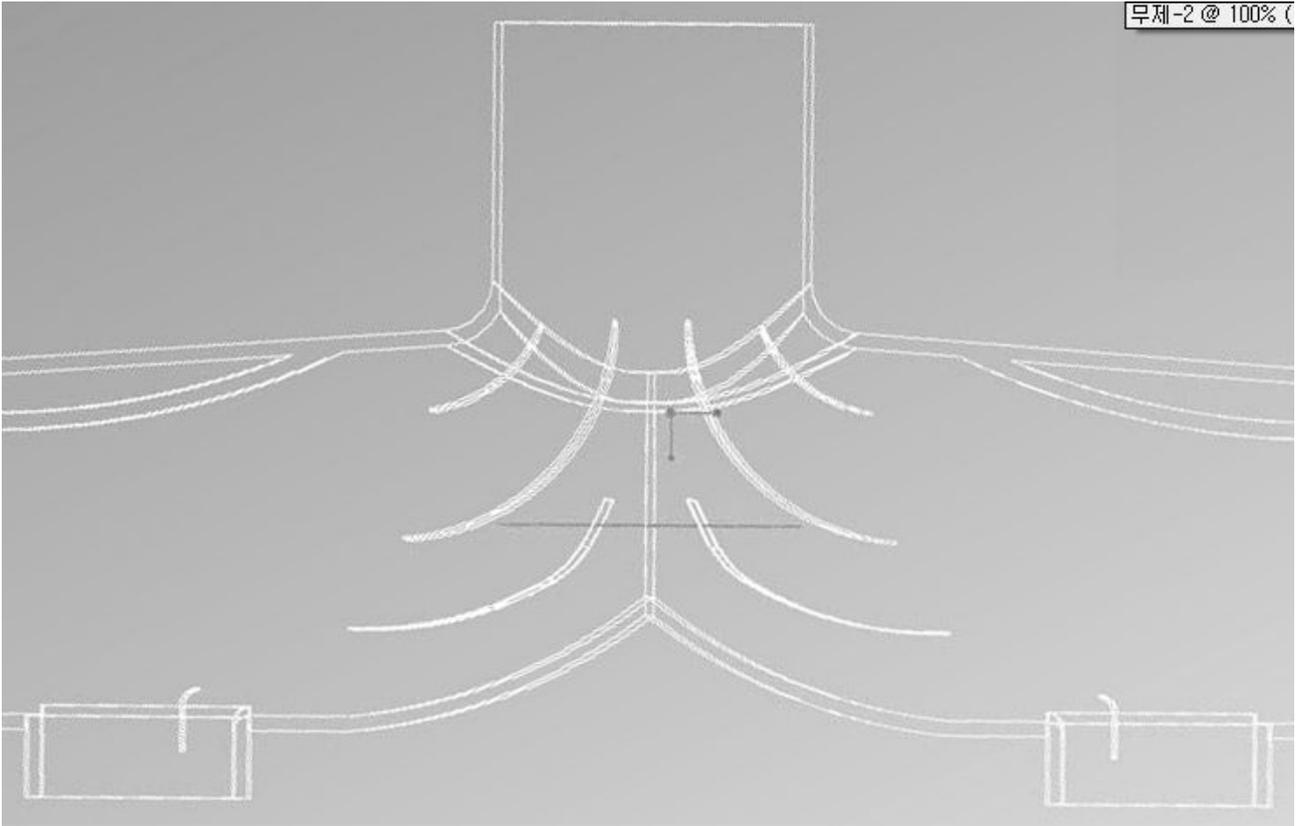


그림 A-4 투과도(중심 부분).

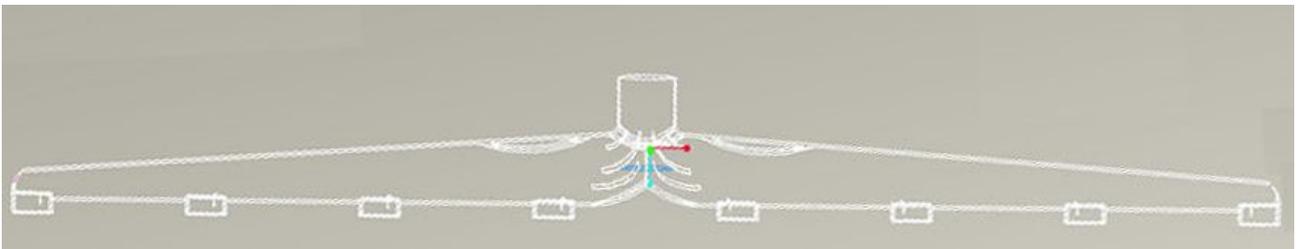


그림 A-5 투과도(전체).

부록 2

특허

특허 ① :

관인생략 출원번호통지서

출원일자 2009.10.23
특기사항 심사청구(유) 공개신청(무)
출원번호 10-2009-0101281 (접수번호 1-1-2009-0651025-46)
출원인명칭 성균관대학교산학협력단(2-2005-001360-4)
대리인성명 손민(9-1999-000420-6)
발명자성명 문정환 이상식 신기영 강동훈
발명의명칭 이동식 포충기

특 허 청 장

1. 출원번호통지서 출원 이후 심사진행 상황 등을 확인하실 때에는 출원번호가 필요하오니 출원번호통지서는 출원물차가 종료될 때까지 보관하시기 바랍니다.
2. 2-가. 특허 및 실용신안 출원은 심사청구 후 평균 16개월에 1차 심사처리가 이루어지고, 상표 및 디자인은 출원 후 평균 10개월에 1차 심사처리가 이루어집니다.
2-나. 특허 및 실용신안은 특허청 홈페이지(<http://www.kiporo.go.kr>)의 "고객지원서비스-민원처리과정 통지 서비스" 코너에서 1차 심사결과통지 예고서비스를 신청하시면, 1차 심사처리 약 1개월 전에 해당 출원 권의 1차 심사결과통지 예정시기를 SMS 또는 E-mail 서비스로 제공 받을 수 있습니다.
2-다. 상표 및 디자인은 특허청 홈페이지(공지사항)에 특별 1차 심사결과통지 예정시기를 매일 게시하고 있으며, 특허정보검색서비스 시스템(<http://www.kipris.or.kr>)을 통해 개별 출원 권에 대한 1차 심사결과통지 예정시기를 알려드립니다. 또한, 출원시 1차 심사결과통지 예정시기 알림 서비스를 신청하시면, SMS 또는 E-mail 서비스로 제공해 드립니다.
* 상기 1차 심사결과통지 예정시기는 사정에 의해 다소 늦거나 빨라 질 수 있습니다.
2-라. 1차 심사결과통지서(심사관이 특허결정의 통문을 송달하기 전 또는 심사관이 최초로 거절이유를 통지한 후 출원인이 그 거절이유를 받기 전 중 파본 때)까지 귀하께서는 특허출원서에 최초로 첨부된 명세서 또는 도면에 기재된 사항의 범위 안에서 명세서 또는 도면을 보정할 수 있습니다.
3. 심사청구 특허출원은 출원일로부터 5년 이내에 특허법시행규칙 별지 제24호서식에 의해 심사청구를 하지 않으면 그 출원은 출원취하된 것으로 간주하여 처리됨을 알려드립니다.
4. 우선심사 특허(실용신안등록)출원 또는 디자인등록출원, 상표등록출원에 대해 조기에 심사를 원하시면 "우선심사제도"를 이용하실 수 있습니다.
5. 주소등 변경신고 출원인의 주소 등을 변경하고자 하는 경우에는 특허법 시행규칙 별지 제4호의 2서식에 의한 출원인 정보변경(경정) 신고서를 제출하여야 합니다.
6. 산업재산권 표시, 광고요청 특허 등 산업재산권을 출원 중에 있는 경우에는 해당 산업재산이 출원상태임을 다음과 같이 표시하여야 하며, 이를 위반할 경우 특허법 제224조 및 제227조에 의거 처벌 받게 됩니다.
예) 특허출원 10-2001-0000001, 실용신안등록출원 20-2001-0000001, 디자인등록출원 30-2001-0000001, 상표등록출원 40-2001-0000001
7. 미성년자 미성년자의 출원인이 만20세에 도달하는 경우 출원인의 부모 등 법정대리인의 대리권은 소멸하게 되므로, 출원인은 직접 또는 대리인을 새로이 선임하여 특허에 관한 절차를 밟을 수 있습니다.
8. 문의처 기타 문의사항이 있으시면 특허고객 콜센터(1544-8080)에 문의하시거나 특허청 홈페이지(www.kipo.go.kr)를 참고하시기 바랍니다.
9. 특허청 주소 302-701 대전광역시 서구 선사로 139 정부대전청사 4동
특허청 서울사무소 주소 135-911 서울특별시 강남구 역삼동 647-9 한국지식센터
FAX) 대전 : 042-472-7140, 서울 : 02-566-8454

특허 ② :

관인생략

출원번호통지서

출원일자 2010.12.22
특기사항 심사청구(유) 공개신청(무) 참조번호(3)
출원번호 10-2010-0132530 (접수번호 1-1-2010-0848844-01)
출원인명칭 성균관대학교산학협력단(2-2005-001360-4)
대리인성명 조영현(9-2004-000363-4)
발명자성명 문정환 김영진 이상식 김정현
발명의명칭 풍압을 이용한 이동식 해충 포획기

특 허 청 장

<< 안내 >>

1. 귀하의 출원은 위와 같이 정상적으로 접수되었으며, 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 통해 확인하실 수 있습니다.
2. 출원에 따른 수수료는 접수일로부터 다음날까지 동봉된 납입영수증에 성명, 납부자번호 등을 기재하여 가까운 우체국 또는 은행에 납부하여야 합니다.
※ 납부자번호 : 0131(기관코드) + 접수번호
3. 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 [출원인코드 정보변경(경정), 정정신고서]를 제출하여야 출원 이후의 각종 통지서를 정상적으로 받을 수 있습니다.
※ 특허로(patent.go.kr) 접속 > 민원서식다운로드 > 특허법 시행규칙 별지 제5호 서식
4. 특허(실용신안등록)출원은 명세서 또는 도면의 보정이 필요한 경우, 등록결정 이전 또는 의견서 제출기간 이내에 출원서에 최초로 첨부된 명세서 또는 도면에 기재된 사항의 범위 안에서 보정할 수 있습니다.
5. 국내출원 건을 외국에도 출원하고자 하는 경우에는 국내출원일로부터 일정한 기간 내에 외국에 출원하여야 우선권을 인정 받을 수 있습니다.
※ 우선권 인정기간 : 특허·실용신안은 12월, 상표·디자인은 6월 이내
※ 미국특허상표청의 선출원을 기초로 우리나라에 우선권주장출원 시, 선출원이 미공개상태이면, 우선일로부터 16개월 이내에 미국특허상표청에 [전자적교환허가서(PTO/SB/39)]를 제출하거나 우리나라에 우선권 증명서류를 제출하여야 합니다.
6. 본 출원사실을 외부에 표시하고자 하는 경우에는 아래와 같이 하여야 하며, 이를 위반할 경우 관련법령에 따라 처벌을 받을 수 있습니다.
※ 특허출원 10-2010-0000000, 상표등록출원 40-2010-0000000
7. 기타 심사 절차에 관한 사항은 동봉된 안내서를 참조하시기 바랍니다.