

발간등록번호
--------

11-1541000-001223-01
----------------------

에너지 절감을 위한 다목적  
중소형 살포기 개발

The Development of a Medium Distance Sprayer for  
Controlling Power Conditions

성균관대학교

농림수산식품부

# 제 출 문

농림수산식품부 장관 귀하

이 보고서를 “에너지 절감을 위한 다목적 중소형 살포기 개발” 과제의 최종 보고서로 제출합니다.

2012년 3월 2일

주관연구기관명 : 성균관대학교

주관연구책임자 : 이 대 원

세부연구책임자 : 최 준 홍

연 구 원 : 민 병 로

연 구 원 : 김 동 우

연 구 원 : 홍 준 택

연 구 원 : 이 민 영

연 구 원 : 화 윤 일

연 구 원 : 이 봉 기

연 구 원 : 강 만 석

연 구 원 : 송 경 복

연 구 원 : 한 명 진

협동연구기관명 : 진영종합기계

# 요 약 문

## I. 제 목

에너지 절감을 위한 다목적 중소형 살포기 개발

## II. 연구개발의 목적 및 필요성

### 1. 목적

- 유효 살포거리 70m의 균등 살포 및 1인 방제 작업이 가능한 에너지 절약형 원격 중소형 살포기 개발
- 에너지 절감을 위한 최적 살포 시스템 제작
  - \* 균등 살포 및 살포거리 최적화를 위한 팬 설계 및 제작
  - \* 살포시스템의 기하학적 설계 및 제작
  - \* 에너지 절감을 위한 작업별 엔진 가동 시스템 제작
- 1인 작업을 위한 원격 제어 시스템 제작
  - \* 신속 목표 적기 살포를 위한 원격 작동 시스템 제작
  - \* 자동살포를 위한 살포기의 작동 Data Base 구축

### 2. 연구개발의 필요성

- 밭 작물 재배, 유실수(밤, 대추 등)재배, 경지정리 되지 않은 논, 경사지 및 산악지형의 논과 밭, 구제역 및 AI 등 축산 방제에 가능한 중소형 살포기로서 상품화 및 사업화를 위한 많은 수요가 있음
  - \* 밭둑 및 과수원 밖에서 포장 살포 가능
  - \* 짧은 시간에 넓은 면적에 농약살포
  - \* 농약 살포에 의한 인체 피해 감소
  - \* 1인 방제 시기의 노동 집중 현상 해소
  - \* 농약 살포에 따른 단순 막북 작업으로부터 해방
  - \* 농가 수익 증대

- \* 기동성 있는 장비로서 적기 방제가 가능
- \* 국산화에 의한 수출 등 농업의 국제 경쟁력 확보 가능

### Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

#### 1. 중소형 살포기 설계 제작 및 분석

- 중소형 살포기 기구학적 모델 설정
- 중소형 살포기에 적합한 팬의 최적화 및 제작
- 팬 구동 시스템 제작
- 송풍 구동 시스템 및 회전 구동 시스템 제작
- 작업별 분할 엔진 제어 시스템 제작
- 현장 실험에 따른 시스템의 보완 제작
- 원격 시스템 제어 알고리즘 보완
- 시스템 안전성 평가 및 최종 평가

#### 2. 중소형 살포기 일부 제작 및 현장 적용 실험

- 팬의 최적화 분석 및 실험 제작
- 역학적 분석에 따른 송풍량 실험
- 구동 시스템 제작 및 실험
- 시스템 제어 알고리즘 분석 및 검증
- 시스템 일부 제작
- 송풍 제어 및 회전 구동시스템 검증 실험
- 시스템 제어에 따른 분무량 조절 실험
- 현장실험과 시스템 보완 및 일부 제작
- 시스템 안정성 실험 및 제작
- 상업성 평가 및 농가 적용 실험

### Ⅳ. 연구개발결과

중소형 살포기의 송풍구동시스템은 “KS 규격”에 입각 하여 기존의 방제기와 유사하게 개발하였다. 개발 순서는 송풍기(FAN), 구동시스템(노즐파이프, 커버, 슬라이드), 각부의 프레임을 설계 제작하였다. 제어시스템은 각각 엔진을 분리 설계하여 에너지를 절감 할 수 있도록 설계

제작하였다. 그리고 농민들이 쉽게 사용할 수 있도록 무선 리모컨으로 제어 할 수 있는 방제 시스템을 제작 하였다.

## V. 연구성과 및 성과활용 계획

개발한 살포기는 예비실험과 여러 번의 살포 실험을 통해 살포 가능 분포도와 분무량을 분석하여 개발 목표로 한 유효 사거리 60~70m의 만족할 만한 성과를 나타냈다. 개발한 살포기는 기존의 살포기와 수입을 하고 있는 살포기와의 비교에서도 보다 높은 살포량을 보였고 현재 농가에 적용을 마치고 국내 판매를 하고 있으며 농업의 국산화에 많은 기여를 할 것으로 판단 되어진다.

# SUMMARY

## I. TITLE

The Development of a Medium Distance Sprayer for Controlling Power Conditions

## II. Objectives and importance of development

### 1. Purpose

- The development of the energy-saving remote medium-small sized sprayer that one man could operate and evenly spray within effective distance of 70m
- Production of optimal spraying system for energy-saving
  - \* Design and production of the fan for evenly spraying, and optimizing spraying distance
  - \* Geometrical design and production of the spraying systems
  - \* Production of the engine operation systems for the energy-saving
- Production of the remote controlling systems for the one-man operation
  - \* Production of the remote functioning systems for the fast and the right time spraying
  - \* Data base building of the sprayer operation for the auto spraying

### 2. Necessity of research and development

- Many commercial demands of medium-small sized sprayer that is suitable for farming field crops, pomiculture, unarranged rice paddy, slope and mountainous terrain, and cattle farms which prevent from the animal diseases such as foot-and-mouth disease and AI
  - \* Spraying from outside of orchards and embankment of fields
  - \* Spraying pesticides at large area in short time
  - \* Reducing body damages from pesticides spraying
  - \* Relieving from labor concentration situations
  - \* Decrease from simple repetitive task
  - \* Increase of income in farm

- \* Good possibility to spray the right time spraying as a mobile device
- \* National good competitiveness by its localization and exportation

### III. Contents of development

#### 1. Design, production and analysis of the medium-small sized sprayer

- Establishing mechanical model of a sprayer
- Optimization and production of suitable fan for a sprayer
- Fan operation systems production
- Fan blower system and rotation system production
- Production of the split engine control system by each task
- Production of complimented systems by field experiments
- Development of remote controlling algorithms
- System stability evaluation

#### 2. Production of the medium-small sized sprayer's parts with field application experiments

- Optimization analysis of the fan and prototype production
- Production and experiment of operation system
- Analysis and evaluation of system control algorithms
- Experiment for controlling sprayed capacity by the system
- System complement by field experiment for production systems
- Test of the system stability and production
- Evaluation of commerciality and test of field application

### IV. Development

The medium-small sized sprayer with a blast drive system was developed by KS. Its development involved the integration of spraying fans, manufactured drive systems, frames, and remote controller. As engines were used separately for each system, the control system could be manufactured for energy-saving and power. A sprayer control system was controlled by a remote controller for farmers to use easily.

## V. Research and Utilization plan

A fundamental experiment and sprayer experiments show that developed system meets our development objective which was sprayed agricultural chemicals with effective range of 60m~70m. The developed sprayer was already finished field application and was being sold in domestic markets. The developed sprayer could be expected to utilize in agricultural farm.



# CONTENTS

Section I . Introduction .....	13
Chapter 1. Introduction .....	13
Chapter 2. Goal and contents of study .....	15
1. Goal of study .....	15
2. Contents of study .....	15
Section II . Basic study .....	17
Chapter 1. Calculation of voltage, rated voltage and wind quantity of a sprayer fan ...	17
Chapter 2. Pitot tube crossing, transfer, move pressure, velocity and wind volume .....	18
Chapter 3. Calculation of speed and wind quantity (speed) of a sprayer driving system .....	20
Chapter 4. Evaluate area ratio of the object clothing of spray and uniformity of spray .....	21
Chapter 5. Calculation of flux and pressure of small and medium size sprayer pump ·	22
Section III. Design and manufacture of the medium-small sized sprayer, and fundamental experiment .....	23
Chapter 1. Introduction .....	23
Chapter 2. Equipment and method .....	25
1. Experimental equipment .....	25
A. Design and manufacture of a suitable fan for the medium-small sized sprayer ·	26
B. Design and Manufacturing of driving .....	28
(1) Nozzle pipe, cover, slide .....	28
(2) Overall frame .....	31
(A) Main frame .....	31
(B) Rotation frame .....	32
(C) Engine frame .....	35
(D) Engine cover .....	36
(E) Other system .....	38
C. The blast drive system into the medium-small sized sprayer .....	48
D. Production of the control system .....	55

2. Development of the remote control Algorithm .....	62
Chapter 3. Basic experiment .....	66
1. Optimization and experiment .....	66
A. Spray distance and optimization .....	66
B. Spray distance and height measurement .....	70
2. Experiment to measure application amount .....	73
A. Measurement of the air flow rate .....	73
B. Test of the operation system .....	77
C. Analysis and verification of the system control algorithm .....	78
Section IV. Field experiment .....	80
Chapter 1. Introduction .....	80
Chapter 2. Equipment and method .....	81
1. Experimental equipment .....	81
2. Experimental method .....	82
A. Pilot experiment .....	82
B. Field experiment .....	90
Section V. Summary and result .....	119
1. Design and manufacture of the medium-small sized sprayer .....	119
2. Fundamental experiment .....	119
3. Field experiment .....	120
References .....	121

# 목 차

제 1 장 서 론 .....	13
제 1 절 서 설 .....	13
제 2 절 연구개발의 목표 및 내용 .....	15
1. 연구개발의 목표 .....	15
2. 연구개발의 내용 .....	15
제 2 장 이론적 배경 .....	17
제 1 절 살포기 팬(FAN)의 전압, 정압 및 풍량 산출 .....	17
제 2 절 피토크관 횡단 이송, 동압, 속도 및 풍량 .....	18
제 3 절 살포기 구동시스템 속도 및 풍량(속) 산출 .....	20
제 4 절 살포대상 피복 면적 비율 및 살포 균일도 평가 .....	21
제 5 절 중소형 살포기 펌프의 유량 및 압력의 산출 .....	22
제 3 장 중소형 살포기 설계 제작 및 기초실험 .....	23
제 1 절 서 론 .....	23
제 2 절 장치 및 방법 .....	25
1. 실험장치 .....	25
가. 중소형 살포기에 적합한 팬(FAN)의 설계 및 제작 .....	26
나. 구동시스템 설계 및 제작 .....	28
(1) 노즐파이프, 커버, 슬라이드 .....	28
(2) 전체프레임 .....	31
(가) 메인 프레임 .....	31
(나) 회전 프레임 .....	32
(다) 엔진 프레임 .....	35
(라) 엔진 커버 .....	36
(마) 기타 시스템 .....	38
다. 중소형 살포기 송풍구동 시스템 구성 .....	48
라. 제어시스템 제작 .....	55
2. 원격 제어 알고리즘 구현 및 제작 .....	62
제 3 절 기초 실험 .....	66
1. 중소형살포기의 최적화 분석 및 실험 .....	66

가. 필요한 살포거리 및 현장조사 .....	66
나. 필요한 살포거리 및 높이측정 .....	70
2. 역학적 분석에 따른 분석량 실험 .....	73
가. 송풍량 측정 .....	73
나. 구동시스템 실험 .....	77
다. 시스템제어 알고리즘 분석 및 검증 .....	78
제 4 장 포장 실험 .....	80
제 1 절 서 론 .....	80
제 2 절 장치 및 방법 .....	81
1. 실험 장치 .....	81
2. 실험 방법 .....	82
가. 예비실험 .....	82
나. 분포도 및 분무량 포장실험 .....	90
제 5 장 요약 및 결론 .....	119
1. 중소형 살포기 설계 및 제작 .....	119
2. 기초실험 .....	119
3. 포장실험 .....	120
참고문헌 .....	121

# 제 1 장 서 론

## 제 1 절 서 설

현재 우리나라의 농가수와 농가인구는 꾸준히 감소되고 있는 반면 농가구당 경지면적의 규모를 보면 전체 농가중 5.0ha(약 1,500평)미만의 소규모 경작농가와 5.0ha(약 1,500평)이상의 대규모 경작농가는 증가하고 있다. 자세한 내용은 <Table 1-1, 2>와 같다.

<Table 1-1> Farm households and population

Year	Farm Households	Full Time	Part Time	Population	Male	Female
2004	1,240,406	784,963	455,422	3,414,551	1,653,883	1,760,668
2005	1,272,908	796,220	476,688	3,433,573	1,676,592	1,756,981
2006	1,245,083	784,918	460,165	3,304,173	1,607,214	1,696,959
2007	1,231,009	755,376	475,634	3,274,091	1,589,967	1,684,124

<Table 1-2> Farm households by size of cultivated land

Year	Total	Farm households without cultivated Land	0.5(ha) Less than	0.5~ 1.0	1.0~ 2.0	2.0~ 3.0	3.0~ 5.0	5.0(ha) And over
2004	1,240,406 (100)	19,643 (1.6)	444,656 (35.8)	322,391 (26.0)	279,874 (22.6)	91,360 (7.40)	54,044 (4.4)	28,437 (2.3)
2005	1,272,908 (100)	17,017 (1.3)	457,815 (36.0)	330,651 (26.0)%	280,685 (22.1)	93,295 (7.3)	60,667 (4.8)	32,778 (2.6)
2006	1,245,083 (100)	15,455 (1.2)	487,235 (39.1)	324,707 (26.1)	280,685 (22.5)	80,331 (6.5)	54,893 (4.4)	31,063 (2.5)
2007	1,231,009 (100)	15,862 (1.3)	489,563 (39.8)	313,153 (25.4)	279,874 (22.7)	80,283 (6.5)	54,937 (4.5)	30,938 (2.5)

특히 우리나라의 주요 농산물이 벼, 채소 같은 넓은 경지면적을 갖는 농산물이 대부분을 차지하고 있어 넓은 면적을 적기에 방제할 수 있는 방제작업이 필요하다.(통계청, 2005)

방제작업은 넓은 경지면적을 갖는 농민들에게는 중요한 작업이다. 많은 노동력을 필요로 하지 않아도 되기 때문에 적기의 방제 시기에 방제 작업을 할 경우 그에 따른 생산량의 증대를 기대 할 수 있다. 그러나 인력부족으로 적기에 방제 작업이 어려워지고 있다. 특히 방제작업

시에 발생하는 약품의 인체노출도 큰 문제점으로 지적되고 있다.

우리나라와 달리 선진국의 방제형태를 보면 항공기를 이용하여 방제작업을 하고 있다. 이런 방식은 대규모 경지면적을 방제를 할 경우 그에 따른 생산가치가 있지만 우리나라는 선진국에 비해 경지면적이나 모양, 작업시에 경제적인 측면으로 인해 항공방제 작업이 어려운 실정이다.

이러한 문제점들을 해결하기 위하여 우리나라와 경지면적의 규모가 비슷한 일본의 방제기의 수입을 하고 있는 실정이다. 하지만 포장이 되어있지 않은 논, 밭, 과수원 에서 방제작업이 힘들고, 수입에 의한 방제비용도 높다는 것도 큰 문제점으로 나타나고 있다. 이로 인해 우리나라의 경지면적에 적합하고 또한 경지정리 되지 않는 논, 경사지 논, 밭에 효율적인 방제에 대한 연구 및 제작이 필요한 실정이며, 방제 작업에 대한 연료소비 및 인력 절감을 할 수 있고 다양한 작물 재배 농가에서 적기에 적용이 가능한 기동성이 향상되고 에너지 절감 및 원격 살포가 가능한 중소형 살포기의 연구 및 개발이 필요한 시점이다.

## 제 2 절 연구개발의 목표 및 내용

### 1. 연구개발의 목표

- 유효사거리 70m의 균등살포 및 1인 방제작업이 가능한 에너지 절약형 원격중소형 살포기 발
- 에너지 절감을 위한 최적 살포시스템 제작
  - \* 균등 살포 및 살포거리 최적화를 위한 팬 설계 및 제작
  - \* 살포시스템의 기하학적 설계 및 제작
  - \* 에너지 절감을 위한 작업별 엔진 가동 시스템 제작
- 1인 방제 작업을 위한 원격 제어 시스템 제작
  - \* 신속 목표 적기 살포를 위한 원격 작동 시스템 제작
  - \* 자동 살포를 위한 살포기의 작동 Data Base 구축

### 2. 연구개발의 내용

- 밭 작물 재배, 유실수(밤, 대추 등)재배, 경지정리 되지 않은 논, 경사지 및 산악지형의 논과 밭, 구제역 및 AI 등 축산 방제에 가능한 중소형 살포기로서 상품화 및 사업화를 위한 많은 수요가 있음
- 특용 작물 수요에 따른 밭 작물 및 과수 재배가 증가 되고 있으며, 경지정리 되지 않은 논, 경사지 논·밭에 효율적인 방제시스템을 원하고 있음
- 국내의 경우 다양한 작물 재배 농가에서 적기에 적용이 가능하도록 기동성이 향상되고 방제 작업에 대한 연료소비 및 인력 절감이 필요함
- 에너지 절감 및 원격 살포가 가능한 중소형살포기 개발이 필요하며 국산화가 시급함
- 구체적인 연구 내용
  - 현재 개발되어 사용되어지고 있는 방제기와 팬의 성능에 대한 문헌 자료 수집
  - 수집된 자료를 토대로 국내에 적합한 중소형 살포기 기구학적 모델 설정
  - 중소형 살포기에 적합한 팬의 최적화 설계 및 제작
  - 팬의 성능을 검증하기 구동 시스템 제작
  - 송풍 구동 시스템 및 회전 구동 시스템 제작
  - 작업별 분할 엔진 제어 시스템 제작
  - 원격 시스템 제어 시스템의 알고리즘을 개발

- 팬의 최적화 분석 및 실험 제작
- 역학적 분석에 따른 송풍량 실험
- 구동 시스템 제작 및 실험
- 시스템 제어 알고리즘 분석 및 검증
- 시스템 일부 제작
- 송풍 제어 및 회전 구동시스템 검증 실험
- 시스템 제어에 따른 분무량 조절 실험
- 현장 실험과 시스템 보완 및 일부 제작
- 시스템 안정성 실험 및 제작
- 시스템 안정성 평가 및 최종 평가



## 제 2 장 이론적 배경

### 제 1 절 살포기 팬(FAN)의 전압 및 정압 산출

팬의 전압(Pt) 및 정압(Ps)은 다음의 식으로 산출한다. 팬의 전압 및 정압은 흡입구와 토출구의 면적이 같으면 그 동압이 거의 똑같이 상쇄된다. 다만 압력비가 1.03을 초과한 경우에는 흡입구와 토출구의 동압차를 고려하여야 한다.

$$Pt = Pt_2 - Pt_1 \dots\dots\dots (2-1)$$

$$Ps = Pt - Pd_2 \dots\dots\dots (2-2)$$

$$Pt_2 = hs_2 + hd_2 + \Delta_2 \dots\dots\dots (2-3)$$

$$Pt_1 = hs_1 + hd_1 - \Delta_1 \dots\dots\dots (2-4)$$

피토관을 사용하는 경우

$$hd = \frac{1}{n} \dots\dots\dots (2-5)$$

피토관에 의한 공기량의 산출은 다음과 같다.

$$Q_1 = 60Av_1 \sqrt{\frac{2ghd_1}{r_1}} \dots\dots\dots (2-6)$$

$$Q_2 = 60Av_2 \sqrt{\frac{2ghd_2}{r_2}} \dots\dots\dots (2-7)$$

## 제 2 절 피토관 횡단 이송, 동압, 속도 및 풍량

팬의 풍량은 피토관을 횡단 이송시키면서 측정된 동압 ( $P_{v3}$ )으로부터 계산 할 수 있다. 평균 속도에 대응하는 동압 ( $P_{v3}$ )은 각각 측정된 압력 ( $P_{v3y}$ )의 제곱근을 합한 다음, 측정횟수 ( $n$ )로 나눈 제곱근 평균값을 제곱한 제곱근 평균방법으로 계산하여야 한다. 계산식은 다음과 같다.

$$P_{v3} = \left( \frac{\sum \sqrt{P_{v3y}}}{n} \right)^2 \dots\dots\dots (2-8)$$

평균속도 ( $V_3$ )는 횡단면에서의 공기 밀도와 ( $\rho_3$ )와 이 단면에서의 동압 ( $P_3$ )을 가지고 다음 공식을 계산한다.

$$V_3 = \sqrt{2P_3/\rho_3} \dots\dots\dots (2-9)$$

피토관 횡단 이송면에서의 풍량 ( $Q_3$ )은 속도 ( $V_3$ )와 단면적 ( $A_3$ )을 사용하여 다음 공식으로부터 계산한다.

$$Q_3 = V_3 A_3 \dots\dots\dots (2-10)$$

시험조건에서의 팬의 풍량 ( $Q$ )은 다음과 같은 연속 방정식으로 구한다.

$$Q = Q_3 (\rho_3/\rho) \dots\dots\dots (2-11)$$

피토관 횡단 이송 측정으로부터 팬의 동압을 측정할 때, 팬의 동압 ( $P$ )은 동압 ( $P_3$ )을 사용하여 다음 식으로 계산한다.

$$P_v = P_{v3} \left( \frac{\rho_3}{\rho_x} \right) \left( \frac{A_3}{A_x} \right)^2 \dots\dots\dots (2-12)$$

$P_3$ 와  $P_x$ 간의 차가 1000Pa 미만일 때에는  $\rho_3$ 와  $\rho_x$ 는 같다고 생각하여도 좋다. 팬의 전압 ( $P$ )은 다음 식으로 계산하여야 한다.

$$P_t = P_2 - P_1 \dots\dots\dots (2-13)$$

만일 공기를 비압축성이라 가정하면 팬의 출력 ( $H_0$ )은 팬의 유량 ( $Q$ )과 팬의 전압 ( $P$ )과의 곱에 비례할 것이다. 그러나 공기는 압축성 유체이기 때문에 열역학적 효과가 출력에 영향을 미치게 된다. 그러므로 출력을  $QP K_p$ 에 비례하게끔 압축 계수 ( $K_p$ )를 사용하여야 한다.

$$H_0 = QP K_p \dots\dots\dots (2-14)$$

팬의 전압 효율은 팬의 입력에 대한 출력의 비로 정의 한다.

$$\eta_t = \frac{QP K_p}{H} \dots\dots\dots (2-15)$$

팬의 정압효율 ( $\eta_s$ )은 팬의 전압효율 ( $\eta_t$ )과 팬의 전압에 대한 정압의 비를 사용하여 다음 식으로 계산할 수 있다.

$$(\eta_s) = \eta_t (P_s/P) \dots\dots\dots (2-16)$$

### 제 3 절 살포기 구동시스템 속도 및 풍량(속) 산출

유속이  $v$ , 압력이  $P_s$ 일 때 피토관 선단  $A$ 에서의 유속 0이 된다. 이것을 베르누이방정식에 의하여 정리하면 다음 식으로 계산할 수 있다.

$$\frac{v^2}{2g} + \frac{P_s}{\rho g} = \frac{P_T}{\rho g} [m] \dots\dots\dots (2-17)$$

$$v = \sqrt{2g \frac{P_T - P_s}{\rho g}} [m/s] = \sqrt{2 \frac{P_T - P_s}{\rho}} [m/s] \dots\dots\dots (2-18)$$

실제풍속  $v$ 는 계산 값과 다소 차이가 나므로 보정계수  $C$ 를 곱한다.

$$v = C \sqrt{2g \frac{P_T - P_s}{\rho g}} [m/s] = C \sqrt{2 \frac{P_T - P_s}{\rho}} = C \sqrt{2gh} [m/s] \dots\dots\dots (2-19)$$

$C$ 를 속도계수, 또는 피토관 계수라 하며 피토관의 형상, 레이놀즈수에 따라 변하는 값이고, 보통 0.98 ~ 1.01정도이다. 평균 유속을  $V_m$ , 단면적을  $A$ 라 하면 풍량은 다음의 식으로 계산할 수 있다.

$$Q = Av_m [m^3/s] \dots\dots\dots (2-20)$$

## 제 4 절 살포대상 피복 면적 비율 및 살포 균일도 평가

피복률(Coverage Rate, CR) : 살포대상의 면적에 대한 약제의 피복면적의 비율

$$CR(\%) = \frac{C}{A} \times 100 \dots\dots\dots (2-21)$$

여기서      $C$  : 약제의 피복 면적  
           $A$  : 살포대상 면적

균등계수(Coefficient of Variation, C.V) : 측정값의 표준편차를 평균으로 나눈값으로 살포의 균일한 정도를 평가하는데 사용

$$C.V(\%) = \frac{S}{Y} \times 100 \dots\dots\dots (2-22)$$

여기서      $S$  : 측정값의 표준편차  
           $Y$  : 측정값의 평균

## 제 5 절 중소형 살포기 펌프의 유량 및 압력의 산출

펌프를 선정하기 위해 방제에 필요한 유량 및 압력을 식을 이용하여 산출하였다.

$$LPH = \frac{600 \times LPM}{MPH \times W} \dots\dots\dots (2-23)$$

여기서  $LPH$  : 살포밀도( $\ell/ha$ )

$LPM$  : 분당 분무량( $\ell/min$ )

$MPH$  : 주행속도( $km/hr$ )

$W$  : 유효 분사폭( $m$ )

## 제 3 장 중소형 살포기 설계 제작 및 기초실험

### 제 1 절 서 론

우리나라의 방제작업에서 가장 중요시 하는 점은 짧은 시간에 넓은 면적을 기동성 있게 약제를 살포하는 것이다. 특히 우리나라의 농가는 논농사를 비롯해 특용 작물수요에 따른 밭작물 및 과수 재배가 증가 하고 있다(통계청, 2005). 또한 경지가 정리되지 않은 논, 경사지 논, 밭에 대한 방제 작업은 매우 많은 문제점들을 갖고 있고, 이에 대한 연구도 없는 상태다. 따라서 이러한 문제점들을 해결하기 위해서는 농민들이 손쉽게 사용할 수 있고 에너지 절감을 통해 연료소비를 낮추고 적기에 다양한 작물재배에 농가에서 적용이 가능하도록 기동성이 향상되고 에너지 절감 및 원격살포가 가능한 유효거리가 70m로서 균등한 살포가 가능한 중소형 살포기 개발이 시급하다.

국내의 연구를 살펴보면 정(1997)등은 동력분무기에 의한 방제기술의 개선의 필요성에 착안하여 수도작에서 적용 할 수 있는 전면살포용 분과 기부살포용 분을 설계, 제작하여 그 성능을 평가하고, 분 방제기에 의한 전면살포 및 기부살포와 동력분무기에 의한 논두렁 살포의 특성을 구명하였다.

김(1998)등은 제초제를 편리하고 안전하게 균일 살포할 수 있도록 이앙작업과 동시에 제초입제를 살포하는 장치를 개발하였으며 살포성능과 제초효과를 실시하였다.

김(1999)등은 설치각 변화가 축류 팬의 성능 및 유동특성에 미치는 영향에 관한 실험적 연구를 하였다. 연구방법은 축류 팬의 날개의 설치각도를 10° 에서 34° 까지 4° 간격으로 변화시키면서 각 설치각도에 대해 성능측정을 실시하여 팬의 유량과 압력을 설정할 수 있는 방법을 확인 하였다.

이(2003)등은 축류 팬 개발과정의 주요 단계로서 자체 개발한 팬을 CAE를 이용하여 유동/구조 해석이나 제작에 이용되는 모델링 작업의 자동화에 관한 연구를 하였다. 개발된 프로그램은 설계 결과로 주어지는 블레이드 표면 좌표와 피치각을 포함한 기본 제원을 입력 자료로 하여 3차원 CAD를 이용한 축류 팬 블레이드의 3차원 모델링을 수행함에 있어 작업 오류의 감소를 위한 모델링 자동화 기술을 개발 하였다.

류(2006)등은 우리나라 벼 재배에 적용하는데 필요한 기존의 농기계에 대한 정보 자료를 이용하여 고능률 변량살포기를 개발하여 작물재배 이전의 정보에 기반을 두고 처방지도를 작성한 후 그에 따라 비료나 농약을 살포할 수 있는 변량살포기를 설계하고 시작기를 설계, 제작하였다.

김(2006)등은 송풍식 입제 변량살포기의 핵심부인 공기이송 붐살포기에 적용할 분두를 개발하고 살포율의 변화에 크게 영향을 받지 않고 균등하게 살포할 수 있는 분두시스템을 개발하여 시간당 살포율 및 분두의 수집판 삽입길이 조건과 살포높이별에 따른 살포특성과 균등도를 분석하였다.

국외의 연구로는 Ritter(1983)등은 제초제의 살포 균일도가 높을수록 제초효과가 지속되며 균일한 제초효과를 얻을 수 있으므로 결국 농약의 살포량을 최소화 하여 농약의 낭비와 자연 환경에 미치는 해를 줄일 수 있다고 평가하였다.

A.H. Azimi(1985)등은 약제의 살포 균일도를 변이계수로 산정하여 CV가 10% 이하는 매우 균일한 상태, 15%이하는 양호한 살포상태로 평가하였다.

Salyani and Hoffmann(1996)등은 과수 방제기의 살포영역을 포함하는 인공적인 구조물상에서 도포량을 측정하여 공간적 분포를 분석하였다. 정지 상태에서의 풍속과 도포율은 거리가 증가함에 따라 급격히 감소하며 풍속과 도포율은 상관관계가 없음을 보였고, 살포량이 적은 경우에서 오히려 높은 도포량을 나타냈다.

Salyani(2000)등은 타워식 과수방제기에 대하여 풍속과 도포율 분포를 측정하였는데 살포량과 풍속이 감소함에 따라 도포율이 증가하는 결과를 얻었다.

Molin(2002)등은 살포폭과 입체살포비율을 다르게 하면서 원심식 살포기로 비료를 살포하여 균등성을 분석하였는데, 중첩 없이 살포폭은 각각 18m, 21m, 24m,로 하였고, 살포비율은 50kg/ha, 150kg/ha, 250kg/ha 이었다. 실험결과 변이계수는 10~15%의 분포를 보였다. 그러나 살포량을 제어하면서 살포할 때의 효과적인 살포폭은 24m, 이때의 변이계수는 15%였다.

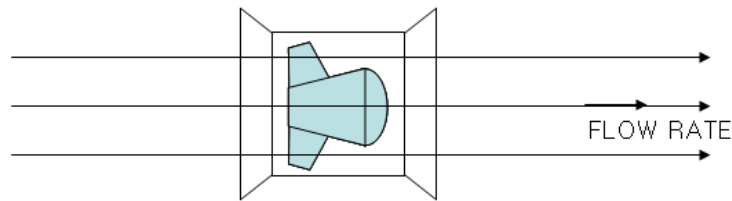
본 연구는 방제작업을 하는데 있어서 국내의 경지면적에 적합하고 경지정리가 되지 않은 논, 밭 그리고 경사지에도 방제작업이 가능하고 기존 방제기와 달리 에너지 절감 및 원격 살포 작업이 가능한 중소형 살포기 개발에 관한 연구로서 살포기의 구동시스템, 분무량 조절실험 등 성능실험을 수행함으로써 향후 농가에 적용 가능한 유효 살포거리 70m의 중소형 살포기의 성능 변수를 구하는데 그 목적이 있다.



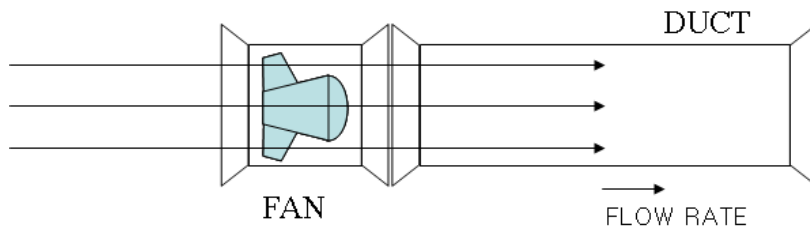
## 제 2 절 장치 및 방법

### 1. 실험장치

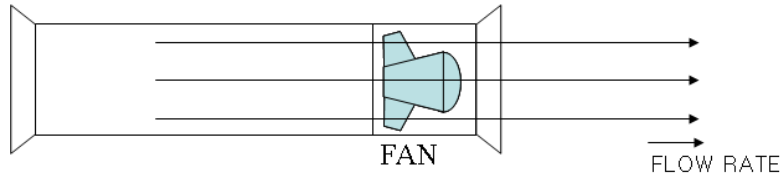
중소형 살포기의 구동시스템의 구성은 “한국표준협회 KS B 6311 송풍기의 시험 및 검사방법”에 의거하여 구성하였다. 구성은 다음 A, B, C, D의 4가지 형식으로 구분할 수 있으며, <Fig. 3-1>에서 나타나 있다. Type A형은 자유 흡입하여 자유 송출하는 방식으로 송풍기가 흡입 종형구나 송출 덕트와 같은 어떠한 보조 장치도 없어야 한다. Type B는 흡입하여 덕트를 이용한 송출을 하는 방식으로 정류망이 사용된 송출 덕트를 사용하고 출구에 선회가 없을 경우에는 짧은 덕트를 사용한다. 흡입구에는 어떠한 보조장치도 있어서는 안되나, 송풍기와 함께 공급된 보조장치는 설치되어도 무방하다. 출구 압력은 송출 덕트의 와류 방지 장치 후방에서 측정한다. Type C는 덕트를 이용하여 흡입하며 자유 송출하는 방식이다. 보통의 경우 흡입 덕트 시뮬레이션이 사용되나, 송풍기와 함께 공급되는 보조장치 이외의 어떠한 보조 장치나 송출 덕트도 사용되지 않는다. Type D는 덕트를 이용하여 흡입 및 송출을 하는 방식으로 B형과 C형의 혼합형식이다. 본 실험은 풍동실험장치인 덕트와 중소형 살포기의 모습과 가장 흡사한 Type (b)의 형식으로 채택하여 구성하였다.



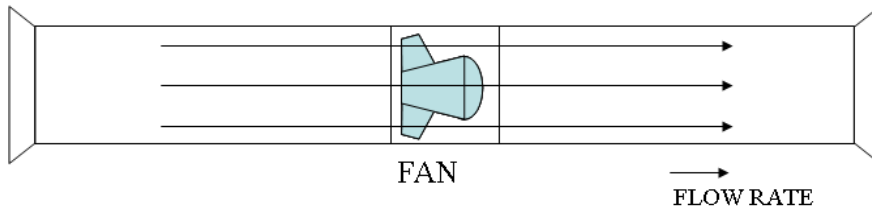
FAN  
(a) Type A



(b) Type B



(c) Type C



(d) Type D

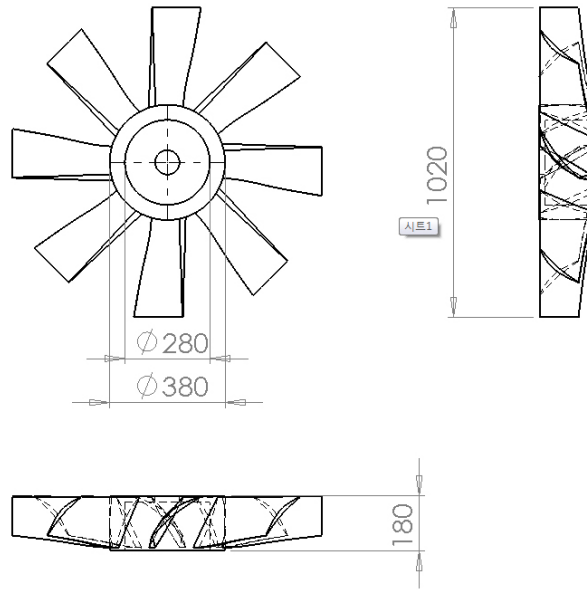
<Fig. 3-1> Korean industrial standards

본 중소형 살포기의 구동시스템 설계는 “한국표준협회 KS B 6311 송풍기의 시험 및 검사방법”에 의거하여 중소형 살포기의 구동시스템을 설계 및 제작하였다.

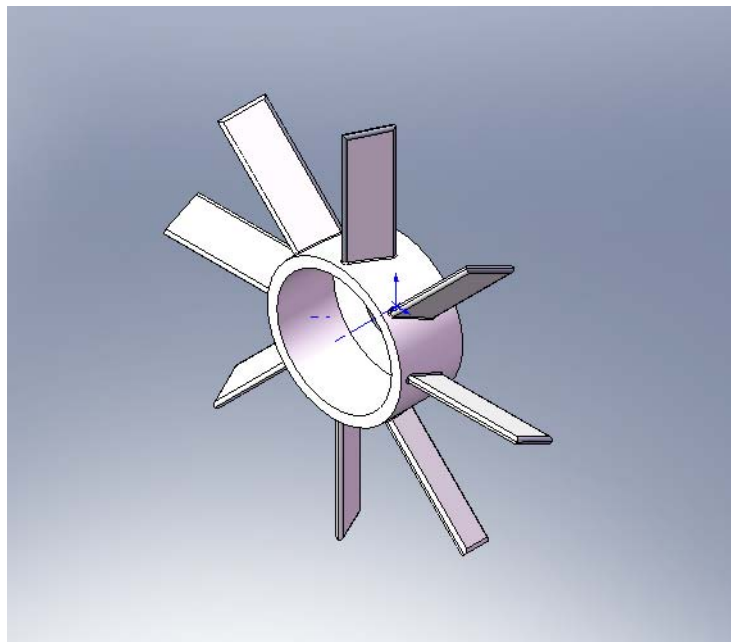
#### 가. 중소형 살포기에 적합한 팬(FAN)의 설계 및 제작

살포기의 살포방식은 크게 낙하식, 원심식, 송풍식 3가지 형태가 있으며, 낙하식은 중력에 의해서 바로 포장으로 살포되는 형태로 살포폭이 작아 능률이 떨어진다. 원심식은 넓은 범위를 살포할 수 있으나 증척하여 살포해야만 균등한 살포를 할 수 있으므로 크기가 상대적으로 적은 우리나라의 구조상 작업능률이 서구에 비해 떨어지며, 포장 내에 균등살포를 위해서는 포장 외에 불필요한 지역에도 살포되는 문제점이 있다. 송풍식 살포방식은 고속 기류를 이용 넓게 살포할 수 있고, 살포폭 내에서 균등한 살포가 가능한 송풍식 방식이 많이 쓰이고 있다. 따라서 본 살포기는 송풍식 살포방식으로 설계하였다.

살포기의 팬(Fan)은 여러 종류가 있으나, 고속이면서 큰 유량에 적합한 축류 팬(Axial-Flow Fan)의 형태로 설계하였다. 일반적으로 많이 쓰이는 축류 팬의 형상은 팬의 내부로 유동을 안내하는 팬의 입구부분과 유체에 에너지를 전달하는 동익부분, 회전 방향의 속도 성분을 정압으로 바꾸어 주는 정익 그리고, 사용 목적에 맞도록 유동을 유출시키는 팬의 출구 부분으로 나뉘어진다. 중소형 살포기에 적합한 팬의 설계는 <Fig. 3-2>와 같이 설계 하였다. <Fig. 3-3>의 (a)는 3차원 설계를 한 것을 나타냈으며, (b)는 제작된 팬을 나타낸 것이다. 팬의 크기는 직경(1,020mm), 날개길이(315mm), 날개 수(8개)인 축류 팬으로 설계하였다.



<Fig. 3-2> Wind blower(FAN) design



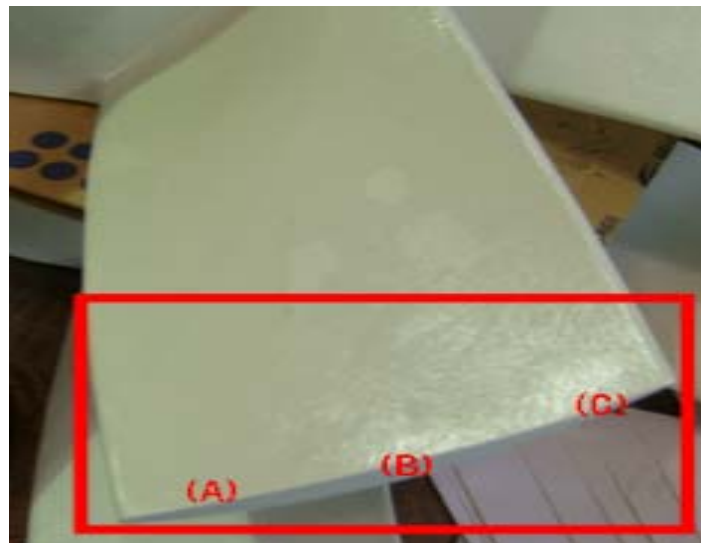
(a) 3D Design



(b) Manufactured wind blower (FAN)

<Fig. 3-3> 3D design and manufacturing of a wind blower (Fan)

<Fig. 3-4>는 살포기 팬의 날개 익형을 나타낸 것이다. 날개의 익형의 두께는 역학적 설계에 의해 (A)는 6mm (B)는 16mm (C)는 2mm로 설계하였다.



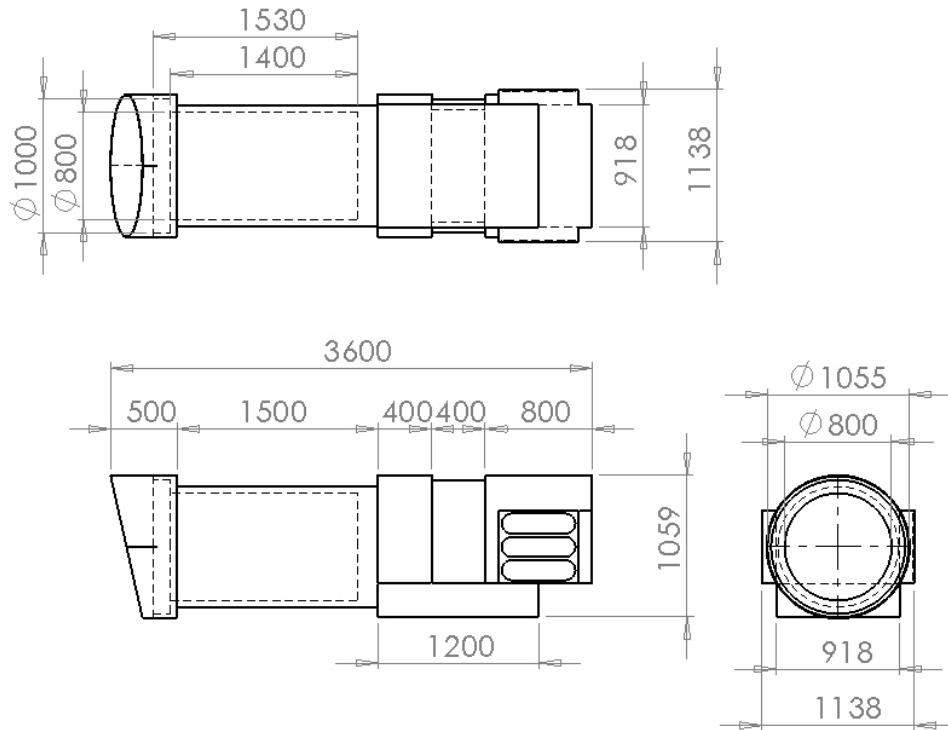
<Fig. 3-4> Airfoil

#### 나. 구동시스템 설계 및 제작

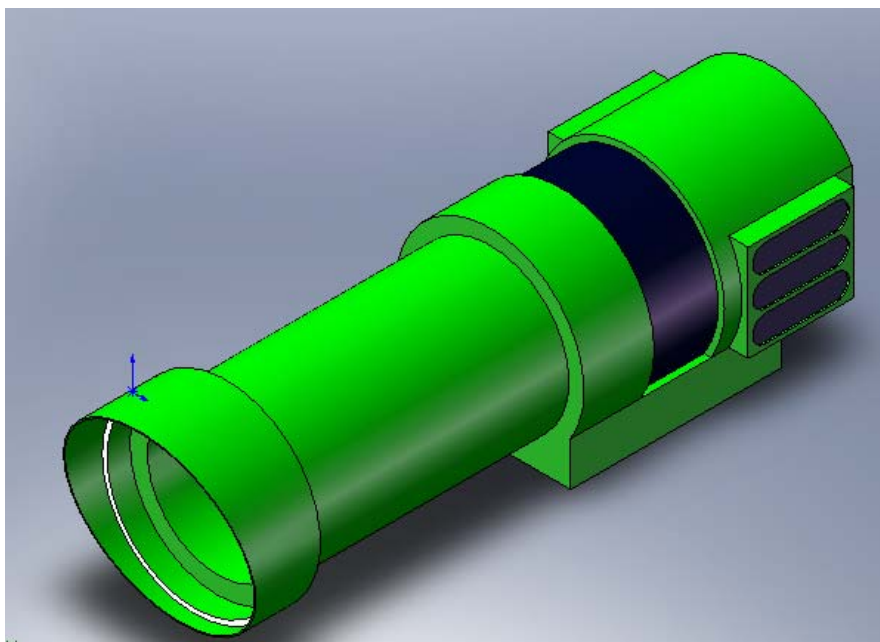
##### (1) 노즐파이프, 커버, 슬라이드

중소형 살포기의 송풍구동시스템의 설계 및 제작은 노즐파이프, 커버, 슬라이드를 포함한 선단부로 구성된다. 설계는 총 지름은 기존의 방제기와 유사하게 1055mm이고, KS규격을 기준으

로 <Fig. 3-5>와 같이 3면도로 설계하였다. <Fig. 3-6>은 설계된 부분을 3차원 설계로 나타낸 모습이다. <Fig. 3-7>은 제작된 형태를 나타낸 것이다.



<Fig. 3-5> Fore end



<Fig. 3-6> 3D Design



<Fig. 3-7> Manufactured feature

기존의 살포기는 슬라이드 장치가 장착되어 있다. 엔진의 성능과 팬(FAN)의 구조 등을 가장 이상적으로 적용하여 최대 살포효과를 내기 위해 슬라이드 길이를 조절이 가능하게 설계가 되어 있다. 중소형 살포기는 슬라이드 길이를 조절하는 구조를 기존의 살포기와 다르게 나선방식으로 설계하여 바람의 영향이 최적인 상태로 흐를 수 있는 구조로 설계 되어 살포시 균등하게 살포되게 하기 위해 가장 이상적인 구조로 설계 되었다.

<Fig. 3-8>은 설계 제작한 중소형 살포기의 송풍구동시스템을 나타내고 있다. 송풍구동시스템에서 길이가 3600mm이기 때문에 처짐이 발생할 수 있다고 판단하여 상부(A)와 하부(B)에 프레임을 설치하였다. 프레임은 강도가 높은 탄소강을 이용하여 하중에 의한 휨모멘트가 발생하지 않도록 하였다.



<Fig. 3-8> Designed & manufactured wind blowing driving system

(2) 전체 프레임

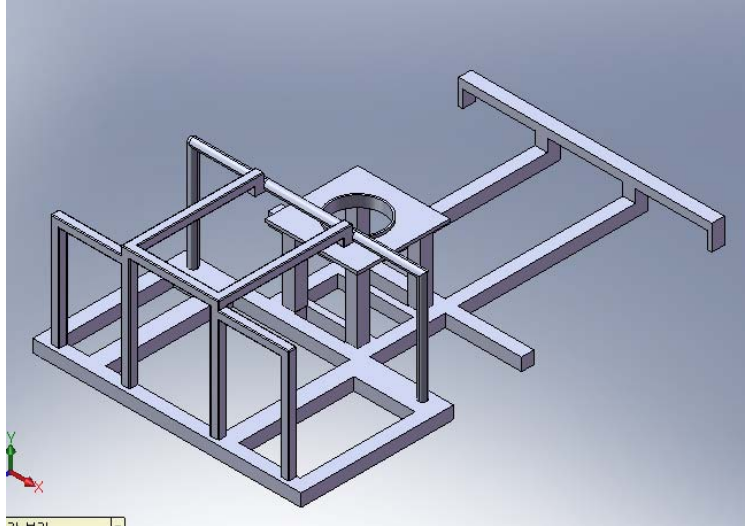
(가) 메인 프레임

메인 프레임의 설계는 지름이 2450mm으로 회전 가능하도록 <Fig. 3-9>의 3면도로 설계하였고, <Fig. 3-10>은 메인프레임을 3차원으로 설계한 모습이다.

<Fig. 3-11>은 제작된 메인 프레임의 실제 모습을 나타낸 것이다. 메인프레임의 크기는 가로×세로×높이를 1600×2570×790mm로 하였다. 메인프레임은 살포기의 큰 하중을 견딜 수 있어야 하기 때문에 탄소강을 이용하였다. 메인프레임의 크기는 1.5t 트럭의 적재함에 맞추어 설계하였다.



<Fig. 3-9> Three surface map of a main frame



<Fig. 3-10> Main frame 3D design

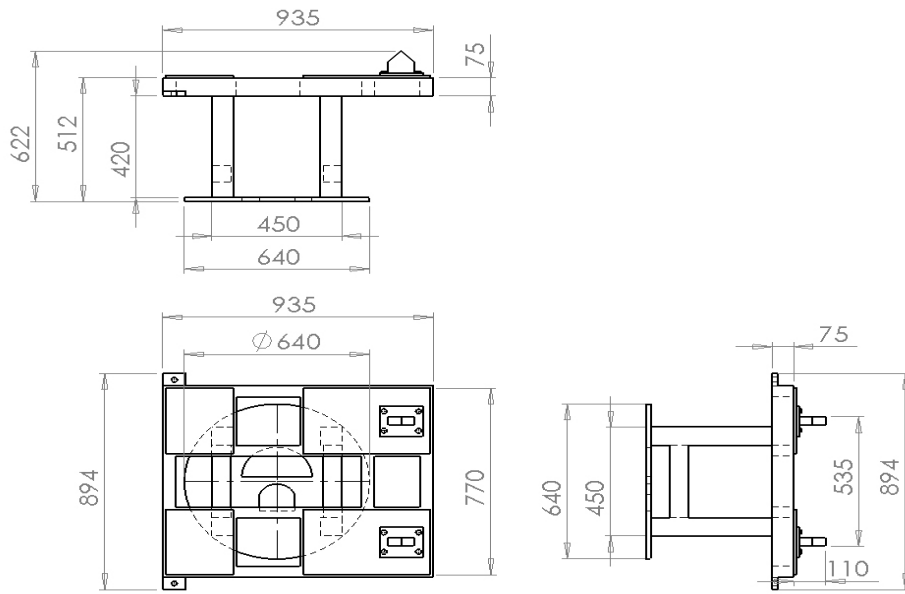


<Fig. 3-11> Manufactured main frame actual feature

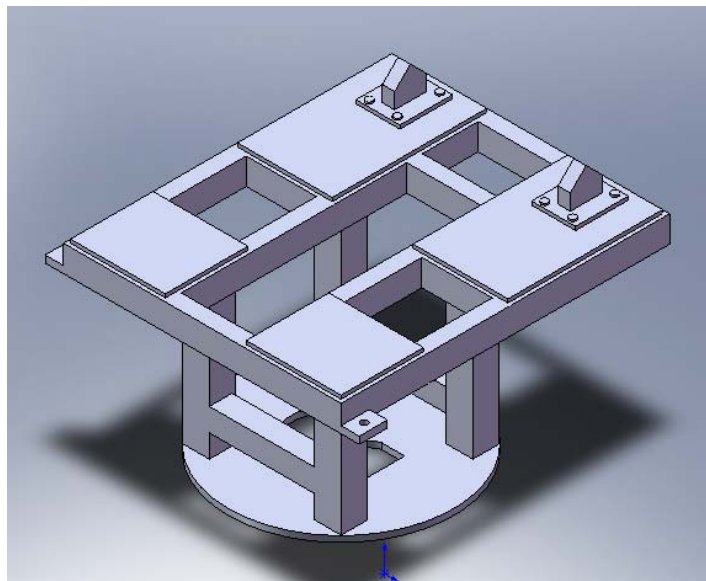
(나) 회전 프레임

중소형살포기의 구동시스템의 회전을 검증하기 위해 메인프레임 위에서 회전을 할 수 있도록 회전프레임을 설계하였다. 살포기의 메인 프레임 위에서 구동되는 회전프레임의 크기는 가로×세로×높이를 894×935×622mm로 <Fig. 3-12>와 같이 3면도로 설계 하였고, <Fig. 3-13>은 설계된 회전 프레임의 3차원 설계 모습을 보여주고 있다. <Fig. 3-14>는 제작된 회전프레임을 나타낸 것이다.





<Fig. 3-12> Rotation frame design



<Fig. 3-13> 3D design feature of a rotation frame

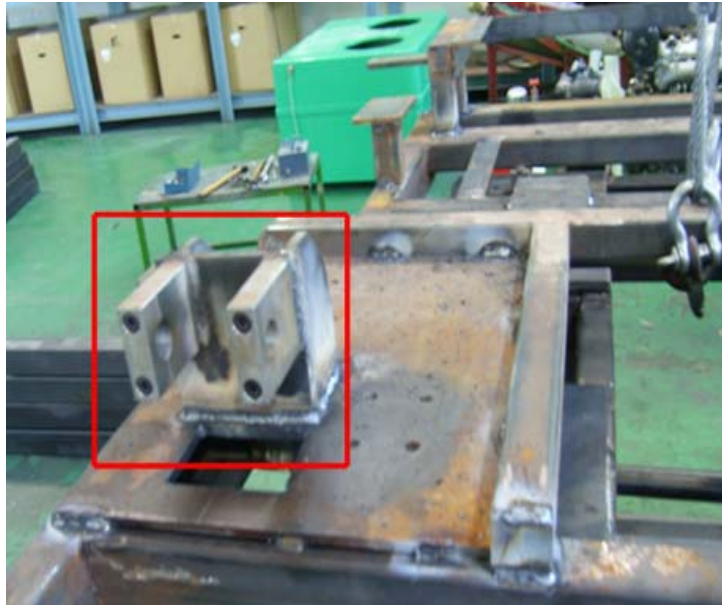


<Fig. 3-14> A manufactured rotation frame

<Fig. 3-15>는 살포기에 장착되어있는 회전프레임을 나타낸 것이다. 중소형 살포기가 주행을 하면서 살포를 하기 위하여 하부는 고정되어 있고 상부가 360° 회전하도록 설계 하였다. 중소형 살포기가 작동할 때 모멘트가 발생하지 않게 하기 위해 엔진의 무게를 고려하여 설계 후 제작하였다. 회전구동시스템은 상부의 하중을 견디며 원활한 구동이 되게 하기 위하여 슬라이드 베어링을 이용하였다. <Fig. 3-16>은 회전구동시스템유압 실린더의 연결고리를 나타낸 것이다. 회전구동시스템유압 실린더의 연결고리는 중소형 살포기가 상하로 이동이 되도록 하기 위하여 제작하였다. 연결고리는 실린더 작동 중 발생하는 하중을 견디기 위하여 특수강을 제작한 후 연마하여 사용하였다.



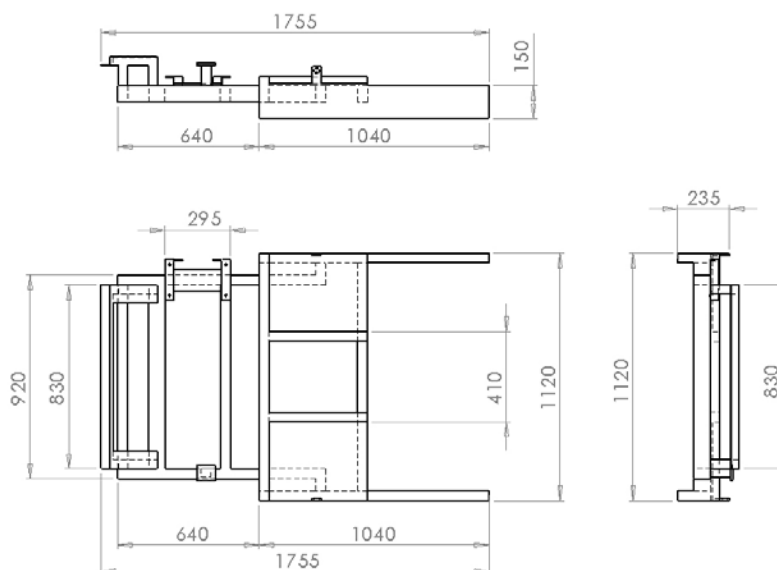
<Fig. 3-15> A rotation frame which has been mounted



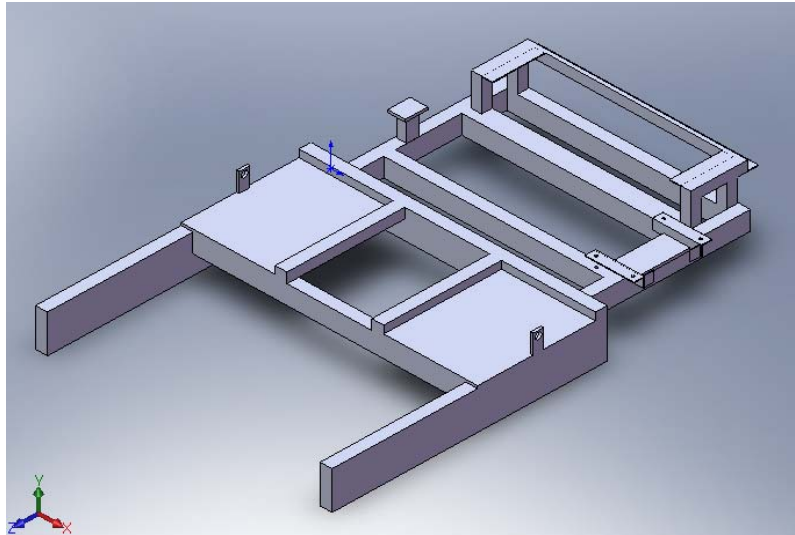
<Fig. 3-16> A connection ring of hydraulic cylinder of a rotation driving system

(다) 엔진 프레임

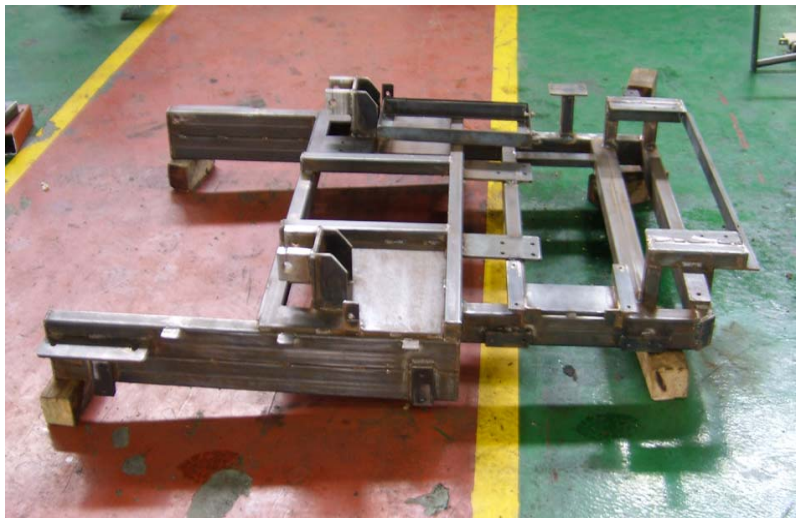
선회 프레임위에 부착하여 살포기의 엔진부분과 커버에 부착되는 엔진 프레임의 크기는 가로×세로×높이를 1120×1755×150mm로 <Fig. 3-17>과 같이 설계하였다. <Fig. 3-18>은 엔진 프레임의 3차원 설계 모습을 보여주고 있다. <Fig. 3-19>는 제작된 엔진 프레임을 나타낸 것이다. 엔진의 무게를 견디기 위해서 경도가 높은 특수강을 이용하였다. 엔진프레임은 송풍 및 회전 구동시스템이 작동할 때 발생하는 진동을 견디기 위해 용접을 하였다.



<Fig. 3-17> Engine frame design



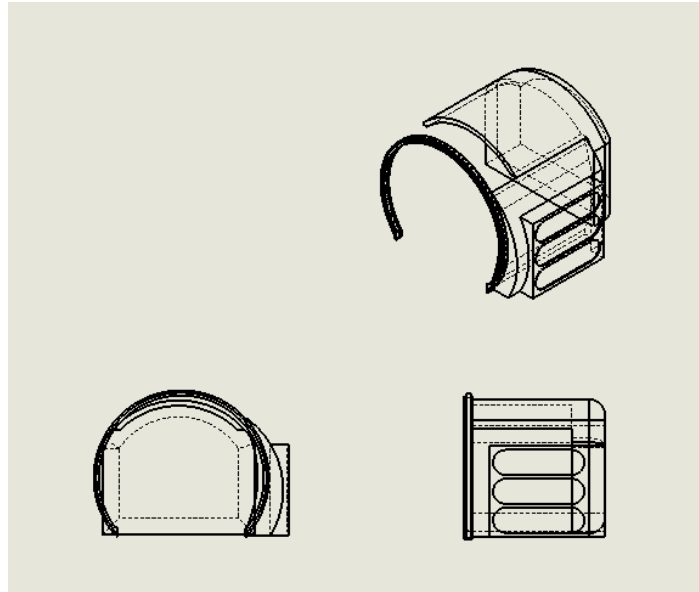
<Fig. 3-18> Engine frame 3D design



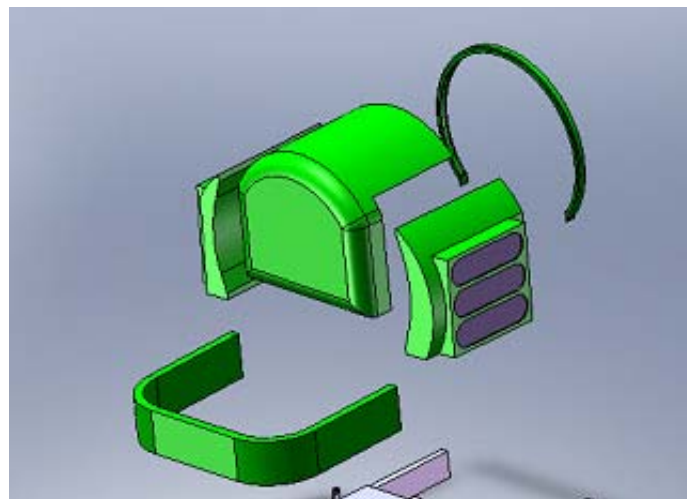
<Fig. 3-19> Manufactured engine frame

(라) 엔진 커버

송풍기(Fan)을 회전시키는 송풍기 엔진커버의 길이는 900mm로 <Fig. 3-20>과 같이 3면도로 설계하였고, <Fig. 3-21>은 엔진커버의 3차원 설계 모습을 보여 주고 있다. <Fig. 3-22>는 제작된 엔진커버를 나타낸 것이다. 엔진에 의해 살포된 용액이 침투하여 부식되는 것을 방지하기 위해 섬유강화복합재를 이용하여 제작하였다. 엔진에서 발생하는 열이 엔진 커버에 전달되는 것을 방지하기 위해 커버 안쪽에 방열제를 부착하였다.



<Fig. 3-20> Engine cover three surface map design



<Fig. 3-21> engine cover 3D design feature



<Fig. 3-22> Engine cover

(마) 기타 시스템

<Fig. 3-23>과 <Fig. 3-24>는 송풍팬 상하높이 조절장치를 나타낸 것이다. <Fig. 3-23>은 송풍팬 상하높이 조절장치의 측면 모습이다. <Fig. 3-24>는 송풍팬 상하높이 조절장치의 정면에서의 모습을 나타낸 것이다. 상하높이 조절장치는 30°의 범위까지 작동이 되도록 하였다. 30°까지 작동하게 한 이유는 가로수 및 과수원에서 사용되고 용액 입자가 비중이 작기 때문에 증력에 따른 작동 범위 이상에서 송풍 했을 때 살포 거리가 짧게 나오기 때문이다.



<Fig. 3-23> Adjustment device of the height of up and bottom of a wind blowing fan

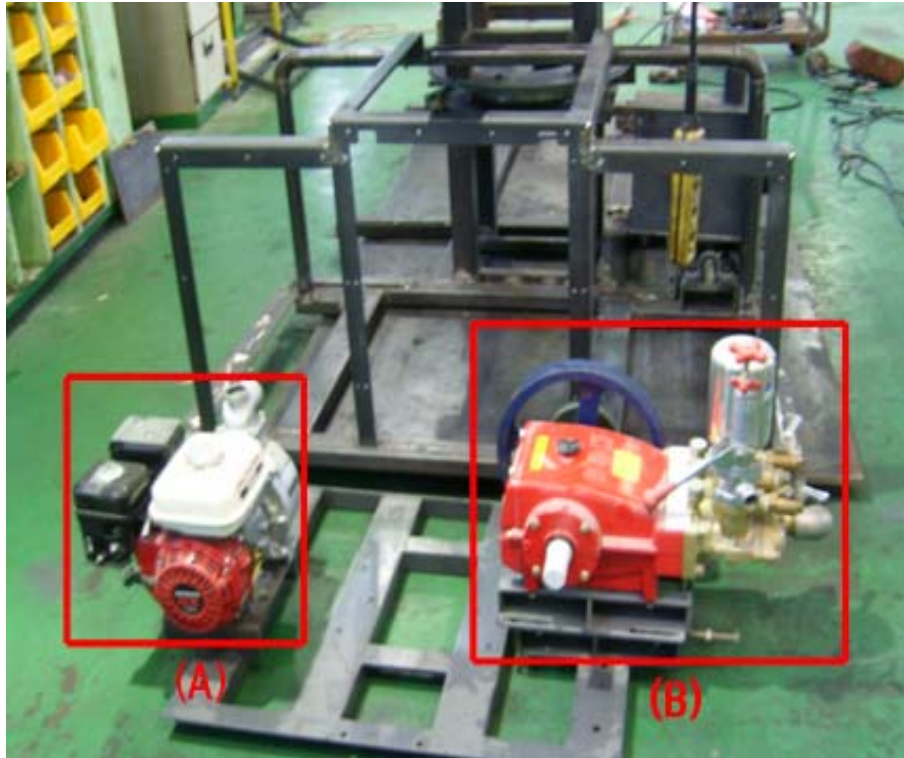


<Fig. 3-24> Adjustment device of the height of up and bottom of a wind blowing fan

<Fig. 3-25>는 양수기 및 분무펌프 고정 프레임을 나타낸 것이다. 고정 프레임의 크기는 가로×세로×높이를 700×1750×100mm으로 하였다. 양수기 및 분무펌프 고정 프레임은 기계적 성질을 높이기 위하여 하부 프레임에 용접을 하였다. <Fig. 3-26>은 프레임에 장착한 양수기 및 분무펌프를 나타낸 것이다. A는 고정프레임에 장착한 양수기를 B는 분무펌프를 나타낸 것이다.



<Fig. 3-25> Water meter and spray pump fixing frame



<Fig. 3-26> Water meter and spray pump mounted on a fixed frame

<Fig. 3-27>은 물탱크를 나타낸 것이다. 물탱크는 살포액과 접촉하기 때문에 습기에 강하고 강도가 높은 섬유강화플라스틱(FRP)를 이용하여 제작하였다. 물탱크의 크기는 가로×세로×높이를 1470×1130×800이고 용량은 1200ℓ로 하였다. 물탱크의 용량을 1200ℓ로 한 이유는 중소형 살포기의 하중에 의한 차량에 모멘트가 없고, 1.5톤 차량에 부하 하중을 가하지 않기 위함이다.





<Fig. 3-27> Water tank

<Fig. 3-28>은 <Fig. 3-27>의 제작한 물탱크를 중소형 살포기에 장착한 후 차량에 설치한 모습을 나타낸 것이다.



<Fig. 3-28> Install on water tank vehicle

<Fig. 3-29>는 송풍기 연료탱크를 나타낸 것이다. 연료탱크는 휘발유와 접촉하기 때문에 부식을 방지하기 위하여 스테인레스를 이용하여 제작하였다. 송풍기 연료탱크의 크기는 가로×세

로×높이를 120×175×325mm로 하였다.



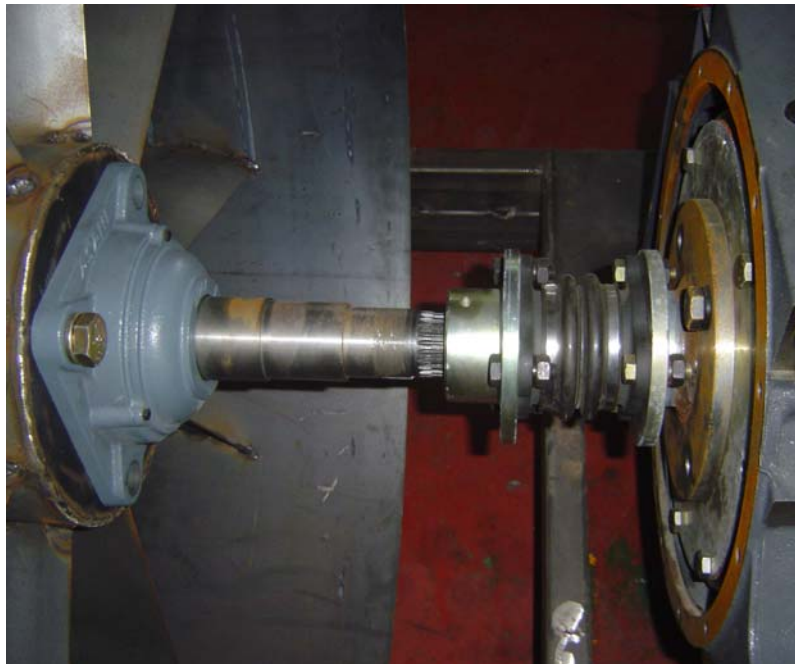
<Fig. 3-29> Fuel tank

<Fig. 3-30>은 동익을 나타낸 것이다. 동익은 중소형 살포기가 구동하여 액체를 분무할 때 일정하게 송풍되도록 하는 장치를 말한다. 중소형 살포기의 팬이 액체를 분무하면 공기의 흐름이 맴돌이류의 형태로 발생하는 것을 없애기 위한 것이다. 동익의 날개는 9개, 크기는 지름×높이를 1000 $\phi$ ×180mm로 하였다.



<Fig. 3-30> A moving wing

<Fig. 3-31>은 동익 고정부를 나타낸 것이다. 팬은 회전을 하지만 동익은 고정되어 있어야 되기 때문에 고정부를 제작하였다. 동익을 고정하는 축은 충격에는 약하지만 인장력에 강한 탄소강을 이용하였다. 고정축은 선반을 이용하여 계단가공을 하였다. 계단가공을 한 이유는 비틀림 모멘트를 최소화 하기 위함이다.



<Fig. 3-31> Fixing part of a moving wing

<Fig. 3-32>는 동익을 송풍구동시스템에 연결한 것이다. 송풍장치의 팬이 구동될 때 동익의 동력 전달을 차단하기 위하여 볼조인트 베어링을 이용하였다. 볼조인트 베어링은 축 전달을 차단하기 위하여 사용하였다. <Fig. 3-33>은 동익을 슬라이드에 장착한 모습을 나타낸 것이다. 분두 슬라이드의 크기는 가로×세로×높이를 1000×2000×1059mm로 하였다. 슬라이드는 습기에 강하고 하중이 적게 하기 위하여 섬유강화플라스틱(FRP)를 이용하여 제작하였다.

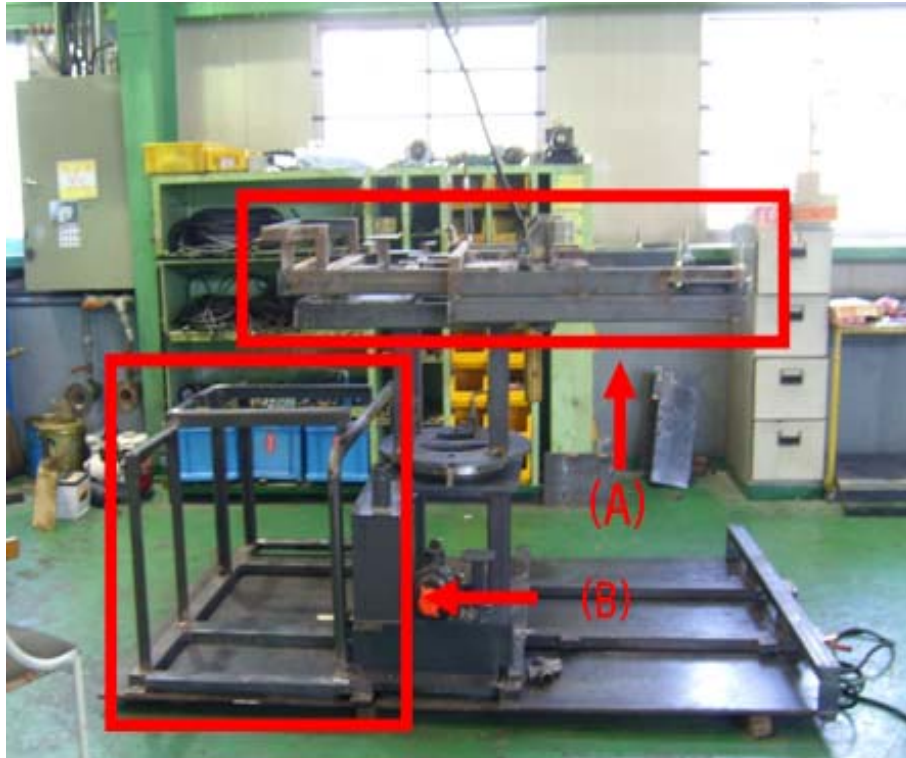


<Fig. 3-32> Connect a moving wing to wind blowing driving system



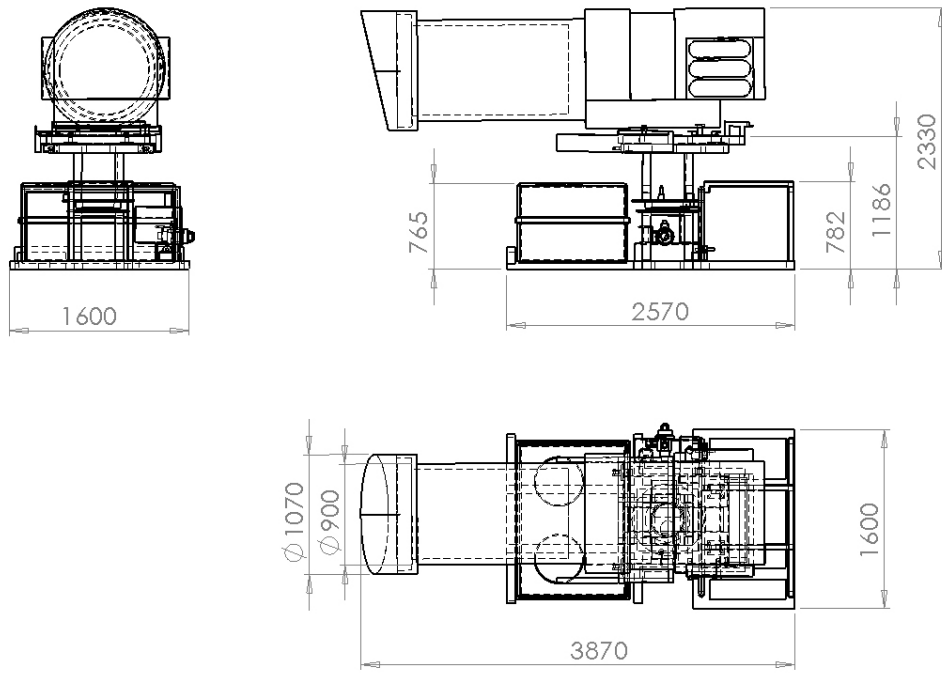
<Fig. 3-33> A feature of a moving wing mounted on a slide

<Fig. 3-34>는 전체프레임을 나타낸 것이다. <Fig. 3-34>에서 (A)는 엔진 프레임을 나타내고 있고, (B)는 메인프레임을 나타낸 것이다. 전체프레임은 엔진 프레임과 송풍팬의 상하높이 조절장치, 양수기 및 분무펌프 고정 프레임을 메인프레임에 연결한 것이다. 프레임은 하중이 작용하는 부분이기 때문에 특수강을 이용하여 제작하였다.

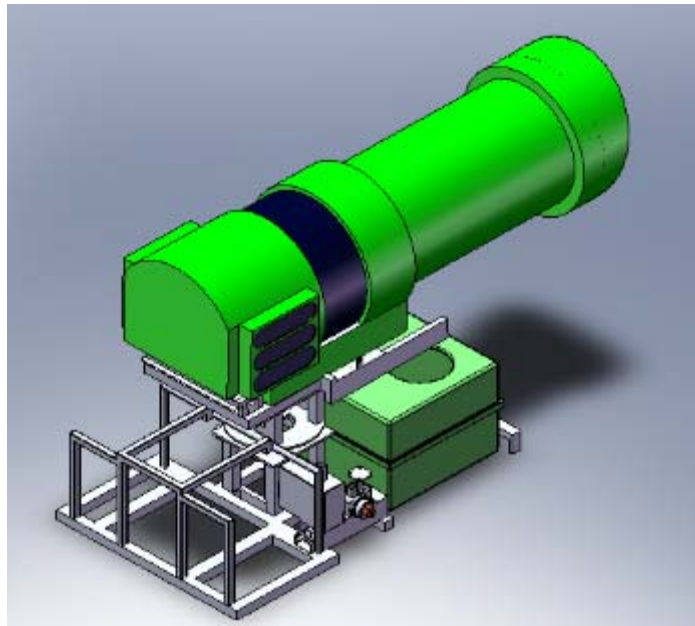


<Fig. 3-34> Overall frame

중소형 살포기 각부의 구동시스템 설계에 의하여 살포기 구동시스템의 전체 설계는 <Fig. 3-35>와 같이 나타냈고 <Fig. 3-36>은 살포기 구동시스템의 전체 3차원 설계를 나타낸 것이다. 시스템의 장축은 3870mm, 단축은 1600mm 및 높이 2330mm로 설계하였다. 각부의 치수는 작동반경에 의해 결정 되었다.



<Fig. 3-35> Overall design



<Fig. 3-36> Overall 3D design

#### 다. 중소형 살포기 송풍구동 시스템 구성

살포기의 살포방식은 크게 낙하식, 원심식, 송풍식 3가지 형태가 있다. 낙하식은 중력에 의해서 바로 포장으로 살포되는 형태로 살포폭이 작아 능률이 떨어진다. 원심식은 넓은 범위를 살포할 수 있으나 증척하여 살포해야만 균등한 살포를 할 수 있으므로 크기가 상대적으로 적은 우리나라의 구조상 작업능률이 서구에 비해 떨어지며, 포장 내에 균등살포를 위해서는 포장 외 불필요한 지역에도 살포되는 문제점이 있다. 송풍식 살포방식은 고속 기류를 이용 넓게 살포할 수 있고, 살포폭 내에서 균등한 살포가 가능한 송풍식 방식이 많이 쓰이고 있다. 따라서 본 살포기는 송풍식 살포방식으로 설계하였다.

중소형 살포기의 송풍구동시스템은 KS 규격에 의거하여 기존의 살포기와 유사한 형태로 설계하였다. 총 길이는 1055mm이고, 외격은 FRP(Fiberglass Reinforced Plastic : 섬유강화플라스틱) 으로 설계하였다. 먼저 살포기의 후방에 팬(FAN)을 구동시키는 모터를 설계 제작하였다. <Fig. 3-37>은 제작된 살포기의 팬을 구동시키는 엔진을 나타낸 것이다.



<Fig. 3-37> Drive engine





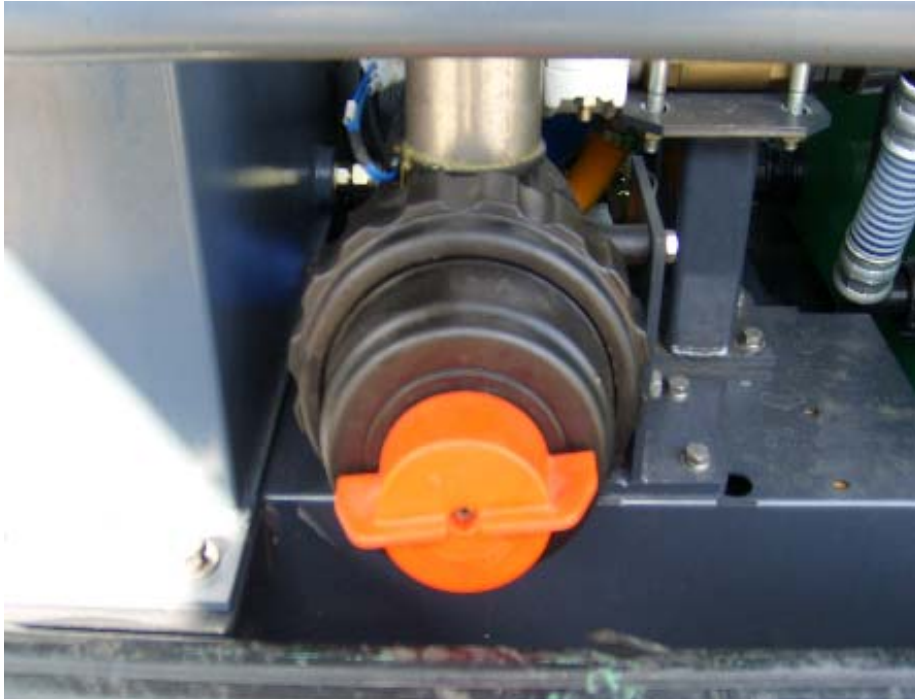
<Fig. 3-38> Illumination system



<Fig. 3-39> Cooling system

<Fig. 3-38>은 송풍구동장치의 조명장치를 나타낸 것이다. 조명장치는 바람과 온도의 영향이 적은 새벽 시간에 살포 작업을 하는 경우가 많기 때문에 설치하였다. 조명은 100W의 전구를 분두 슬라이드의 양쪽에 설치하여 살포 중 살포량과 살포거리를 육안으로 확인할 수 있도록 하였다.

<Fig. 3-39>는 냉각장치를 나타낸 것이다. 냉각장치는 엔진 커버가 섬유강화복합제로 제작하였기 때문에 엔진 작동 중 발생하는 열을 냉각시키기 위하여 방열판을 설치하였다. 엔진 구동 중 발생하는 배기가 배출되는 기화기에 설치하여 냉각하였다.



<Fig. 3-40> Drainage system

<Fig. 3-40>은 배수장치를 나타낸 것이다. 배수장치는 양액을 살포하고 남은 용액을 배출시키기 위한 장치다. 살포 작업 후 남은 양액을 물탱크에 남겨 놓으면 살균력 저하와 화학적 반응이 생길 수 있기 때문에 배수장치를 통해 제거할 수 있도록 하였다. <Fig. 3-41>은 메인프레임을 나타낸 것이다. 메인프레임의 크기는 가로×세로×높이를 1600×2570×790로 하였다. 프레임은 하중을 견딜 수 있어야 하기 때문에 탄소강을 이용하였다. 메인프레임의 크기는 1.5t 트럭의 적재함에 맞추어 설계하였다. <Fig. 3-42>는 메인프레임을 송풍구동시스템에 장착한 모습이다. <Fig. 3-43>은 살포기 팬을 나타낸 것이다. 살포기 팬의 노즐은 48개, 송풍팬 아래 3개, 총 51개의 노즐을 설치하였다. 살포기의 후방에 팬과 팬을 구동하는 엔진을 제작하고, 살포 중 송풍을 일정하게 해주는 정류격자 그리고 약제를 살포하는 노즐을 전방에 제작하였다.

<Fig. 3-43>의 살포기 팬에서 노즐 안쪽에 설치한 <Fig. 3-30>의 동익을 나타낸 것이다. 동익

은 중소형 살포기가 구동하여 액체를 분무할 때 공기의 흐름이 맴돌이류의 형태로 발생하는 것을 방지하여 일정하게 송풍되도록 하였다.



<Fig. 3-41> Main frame



<Fig. 3-42> A feature of main frame mounting



<Fig. 3-43> A sprayer fan



<Fig. 3-44> Three nozzles in lower part

<Fig. 3-44>는 <Fig. 3-43>의 살포기 팬 아래쪽에 설치한 3개의 노즐을 나타낸 것이다. 그림에서 A는 3개의 노즐을 B는 밸브를 나타낸 것이다. 송풍기의 크기가 654mm였기 때문에

중소형 살포기로 살포 할 때, 송풍기의 바로 아래쪽은 살포가 되지 않기 때문에 3개를 설치하였다. 또한 송풍기 바로 아래쪽의 3개의 노즐은 양액의 살포량이 살포지역에서 비하여 높은 살포량을 보이는 것을 방지하기 위하여 A부분에 노즐을 설치하였다.

<Fig. 3-45>는 살포기 엔진을 나타낸 것이다. A는 살포기 엔진에서 발생하는 열을 밖으로 배출하고 엔진으로 해충 등 이물질이 침입하는 것을 방지하기 위하여 방충망을 설치하였다. 또한 만약에 발생할 수 있는 엔진 이상이 발생 했을 때 수리를 하기 위하여 엔진 덮개를 열 수 있도록 하였다. B는 손잡이를 나타낸 것이다. <Fig. 3-46>은 <Fig. 3-45>의 살포기 엔진을 장착한 송풍구동 시스템을 나타낸 것이다.



<Fig. 3-45> Spray engine



<Fig. 3-46> A wind blowing driving system

<Fig. 3-47>은 완성된 중소형 살포기를 1.5t 트럭에 에 장착되어 있는 모습이다. 송풍 구동 및 회전 구동 시스템을 완성하여 조립하였다. A는 물탱크, B는 송풍구동시스템, C는 물탱크를 나타낸 것이다.



<Fig. 3-47> Medium distance sprayer

라. 제어시스템 제작

기존의 방제시스템은 팬 엔진(290마력), 분무펌프(45마력), 양수펌프(5마력)를 가동하여 연료소비가 증가되는 것이 문제점으로 나타났다. 따라서 연료소비를 줄여 친환경 중소형 살포기를 개발하기 위해 팬 엔진(85마력), 분무펌프(17마력), 양수펌프(3마력) 엔진을 각각 분리하여 살포기의 구동시스템을 구축하기 위하여 제작하였다. <Table. 3-1>은 살포기의 1엔진 시스템과 분리 엔진 시스템의 연료량을 나타낸 것이다.

<Table 3-1> Comparison of fuel consumption quantity between 1 engine system and separation engine system

Farm working machinery	Application performance	Horse power	Hour(min)	Fuel consumption (L/Hour)	
Existing Sprayer system	Fan engine	290	25	2.5~3	6~10
	Spray pump	45	5	0.5~1	
	Lifting pump	5	30	3~6	
Medium distance sprayer	Fan engine	85	25	0.2~0.5	3~5
	Spray pump	17	5	0.3~0.5	
	Lifting pump	3	30	2.5~4	

기존의 방제시스템과 달리 각각 엔진제어시스템을 분리하여 살포기를 제작하였다. 분무엔진은 일본제품의 구보다 D782모델을 사용하였다. <Table 3-2>은 분무엔진의 사양을 나타낸 것이다.

<Table 3-2> Specification of a spray engine of a sprayer

Model	Displacement	Rated power	RPM
Kubota D782	778cc	17.6HP	2600rpm

<Fig. 3-48>은 살포기의 분무엔진을 나타낸 것이다. 분무엔진은 일본 구보다에서 개발한 D782모델을

이용하였다. D782모델은 배기량 778cc, 정격출력 17.6HP, 회전수는 2600rpm였다. <Fig. 3-49>는 살포기 분무엔진을 고정하기 위한 프레임을 나타낸 것이다. <Fig. 3-50>은 중소형 살포기에 장착되어 있는 분무엔진을 나타낸 것이다.

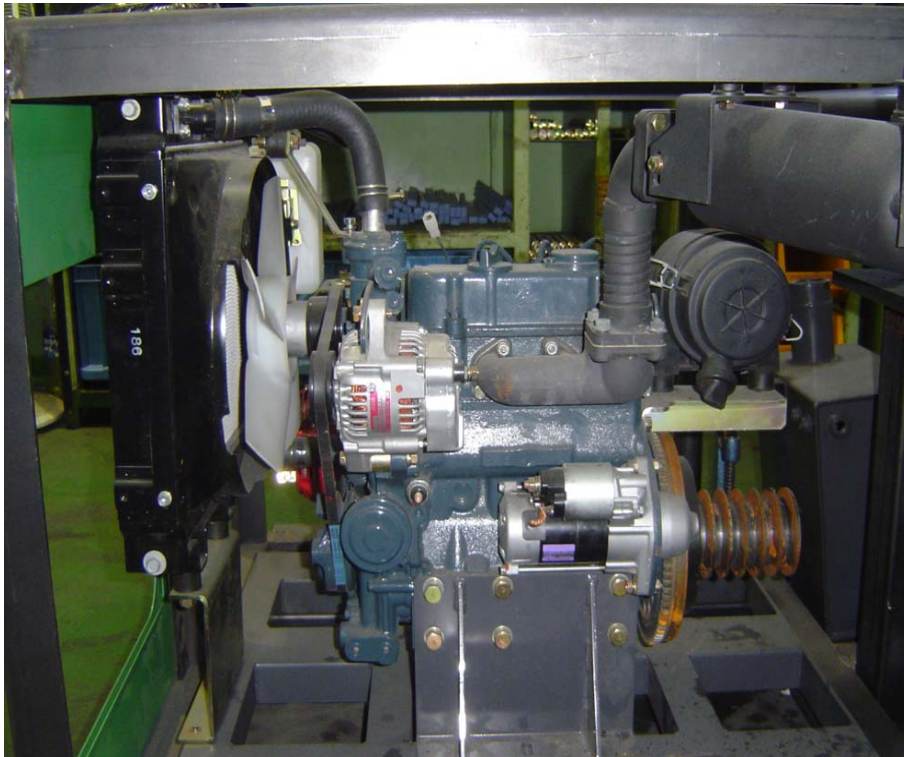


<Fig. 3-48> A feature of a spray engine of a sprayer





<Fig. 3-49> Sprayer spray engine frame



<Fig. 3-50> A spray engine firmly fixed on a frame



<Fig. 3-51> Pressure device

<Fig. 3-51>은 동력분무기의 압력장치를 나타낸 것이다. 동력분무기의 압력을 육안으로 확인하면서 조절 할 수 있도록 하였다.

중소형 살포기의 양수를 위한 양수엔진은 일본제품의 혼다 WB20XT모델을 사용하였다. <Table 3-3>는 양수엔진의 사양을 나타낸 것이다. 배기량은 118cc, 회전수는 3600rpm, 출력은 2.6kW 및 배출용량은 분당 600리터를 할 수 있다. <Fig. 3-52>는 살포기의 양수기 엔진을 나타낸 것이다. <Fig. 3-53>은 양수기 엔진을 프레임에 설치한 모습을 나타냈다. 프레임의 크기는 가로×세로×높이 240×210×100mm로 하였다.

<Table 3-3> Specification of sprayer water meter engine

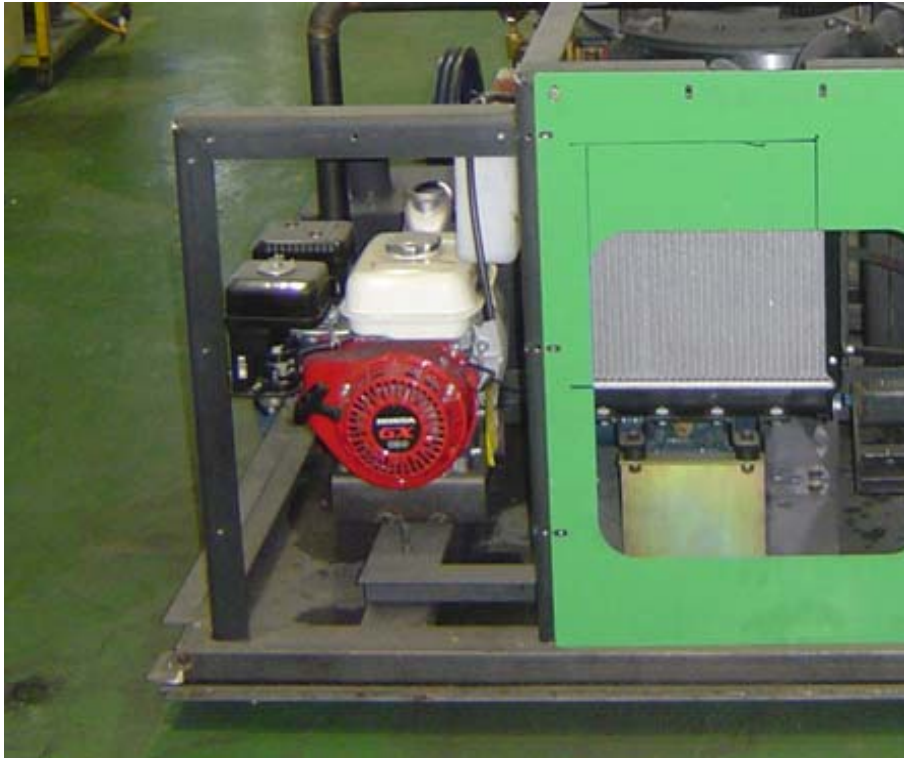
Model	Displacement	RPM	Output	Relieving capacity
WB20XT	118cc	3600rpm	2.6kW	600 l /min



<Fig. 3-52> A feature of water meter engine



<Fig. 3-53> Water meter engine frame



<Fig. 3-54> Water meter engine mounted on a driving system

<Fig. 3-54>는 송풍기 구동시스템에 장착된 양수기 엔진을 나타낸 것이다. 양수기가 구동될 때 발생하는 진동을 흡수하기 위해 양수기 아래쪽에 10mm의 방진고무를 설치하였다.

중소형 살포기의 분무기는 일본 마루야마사에서 개발한 MS2210 모델을 사용하였다. <Table 3-4>는 중소형 살포기의 분무기 사양을 나타낸 것이다. 급수량은 183~223ℓ, 출력은 12~18kW 및 회전수는 550~670rpm이었다.

<Table 3-4> Specification of a sprayer

Model	Volume of water supply	Output	RPM
MS2210	183~223(ℓ)	12~18kW	550~670rpm



<Fig. 3-55> Spray

<Fig. 3-55>는 살포기의 분무기를 나타낸 것이다. <Fig. 3-56>은 중소형살포기에 설치한 분무기를 나타낸 것이다. 분무기는 물탱크와 가까운 위치에 설치하여 물이 이동할 때 관의 마찰을 최소로 하였다. <Fig. 3-57>은 양수량 조절 신호처리 장치를 나타낸 것이다. 물탱크에 물을 관수 할 때 넘는 것을 방지하기 위하여 부저와 동시에 장치가 작동하도록 하였다.



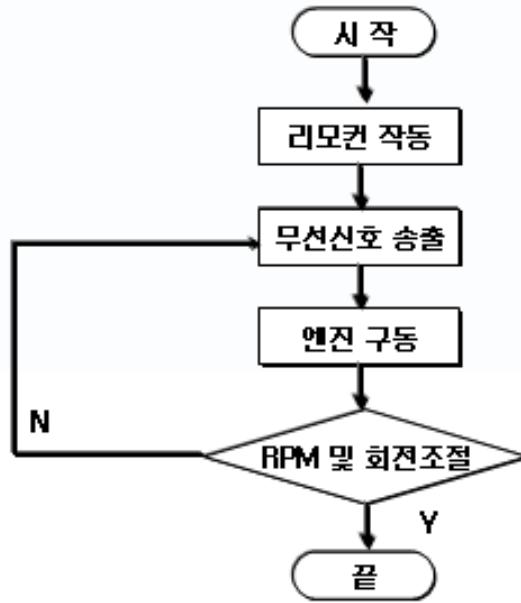
<Fig. 3-56> A feature of a sprayer mounted on a sprayer



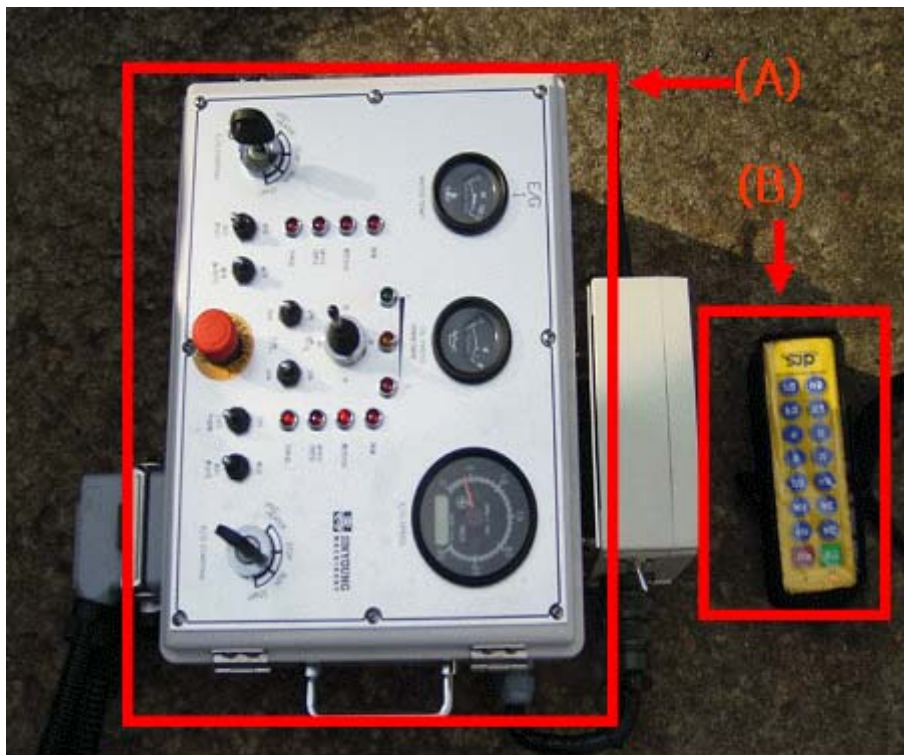
<Fig. 3-57> Signal processing equipment for adjusting quantity of pumping water

## 2. 원격 제어 알고리즘 구현 및 제작

<Fig. 3-58>은 원격제어 알고리즘의 순서도를 나타낸 것이다. 무선 리모컨을 사용하여 컨트롤 박스로 신호처리를 할 수 있도록 하였다. 제어신호를 통해 팬 구동엔진을 확인하면서 각도, 살포기 회전을 조절하여 원하는 위치로 살포할 수 있도록 하였다. 알고리즘은 살포위치를 확인한 후 리모컨이 작동하면 무선신호를 중 소형 살포기의 제어박스가 감지하여 엔진을 구동하도록 하였다. 엔진이 작동하면 RPM 및 회전조절을 하면서 원하는 위치로 살포 할 수 있도록 하였다. RPM 및 회전 조절속도가 원하는 값이 아니면 무선신호를 측정하여 중 소형 살포기가 최적의 성능을 발휘하도록 하였다.



<Fig. 3-58> Flow chart



<Fig. 3-59> (A) Control box, (B) Remocon

<Fig. 3-59>는 무선 컨트롤러를 통해 제어신호를 처리하는 컨트롤박스(A) 및 리모컨(B)를 나타낸 것이다. (A)에서 가운데의 붉은색 버튼은 중소형 살포기를 이용하여 살포 중 위험이 발생할 때 바로 정지

시킬 수 있도록 하여 안전을 확보하였다. 그림에서 (B)는 리모컨을 나타내었다. 리모컨을 이용하여 증소형 방제기의 상하높이 및 좌우회전을 제어할 수 있도록 하였다. <Fig. 3-60>은 무선 조정기 내부를 나타낸 것이다. 무선 조정기에서 엔진의 RPM, 상하높이조절 및 좌우회전을 할 수 있도록 하였다. <Fig. 3-61>은 원격제어를 위하여 무선 통신 장치를 연결하는 모습이다.



<Fig. 3-60> Inside of a radio regulator



<Fig. 3-61> Connection of communication equipment for remote control





<Fig. 3-62> Receiving equipment and driving part engine of wireless communication

<Fig. 3-62>는 무선통신 수신장치 및 구동부 엔진을 나타낸 것이다. 무선통신 수신장치는 엔진 옆에 설치하여 신호를 처리할 때 발생하는 데드타임을 줄일 수 있도록 하였다. <Fig. 3-63>은 무선 통신에 의한 각도 조절의 오차정도를 측정하는 것을 나타내고 있다. 원격제어에 의한 각도 변화오차는  $\pm 0.1^\circ$  범위를 나타내어 시스템에 적용이 가능한 것으로 판단하였다. 오차  $\pm 0.1^\circ$ 는 엔진에서 발생하는 진동을 감안하면 원격제어 시스템은 최적이라고 판단 된다.



<Fig. 3-63> Adjustment of an angle by wireless communication

### 제 3 절 기초 실험

#### 1. 중소형 살포기의 최적화 분석 및 실험

##### 가. 필요한 살포거리 및 현장조사

중소형 살포기의 필요 살포 거리 및 높이를 측정하기 위하여 중소형 살포기가 필요한 과수 농가, 정리 되지 않은 경지 논과 밭, 축사 등의 규모를 조사하였다.

과수 농가의 경우 차량이 이동 가능한 한 단의 길이는 50~70m의 수준이었으며, 배 및 사과 의 과수 높이는 1.5~2.5m로 나타났다. <Fig. 3-64>는 강원도 속초 소재 배 과수 농가의 모습 이다. 길이가 55m로 나타났으며 차량이 이동이 불가능하여 전면에서 살포가 가능하여야 할 것 으로 나타났다. 같은 지역의 두 번째 농가는 한 단의 길이가 70m이고 과수 사이로 차량 이동 이 가능하도록 3m폭으로 과수 사이가 정리되어 있었다. <Fig. 3-65>는 정리된 과수 농가의 길이를 보여주고 있으며, <Fig. 3-66>은 과수 사이 폭과 과수의 높이를 나타내었다.



<Fig. 3-64> Cultivation distance of farmhouse of fruit trees located in Gangwon-Do

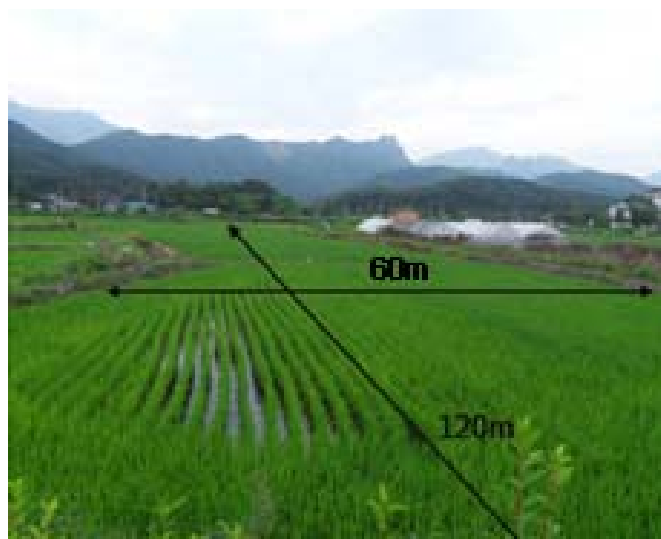


<Fig. 3-65> Cultivation distance of farmhouses of well arranged fruit trees

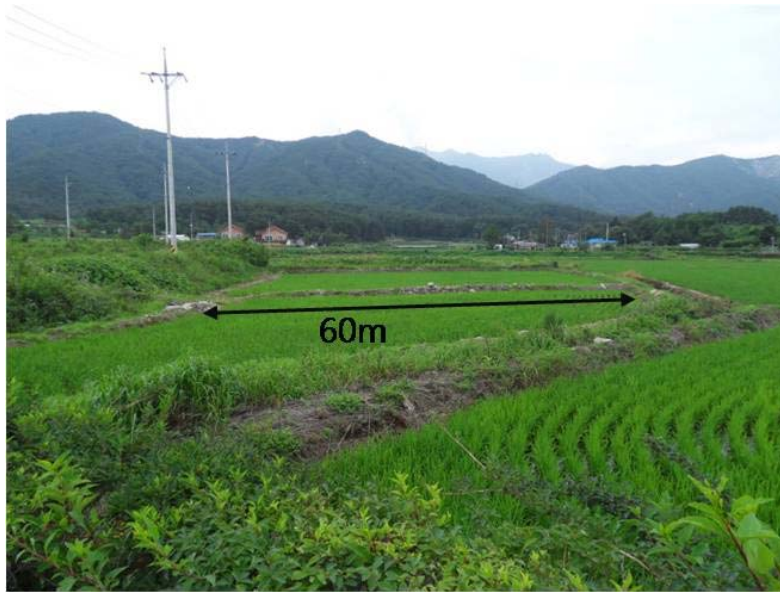


<Fig. 3-66> Width and length between fruit trees of well arranged farmhouses of fruit trees

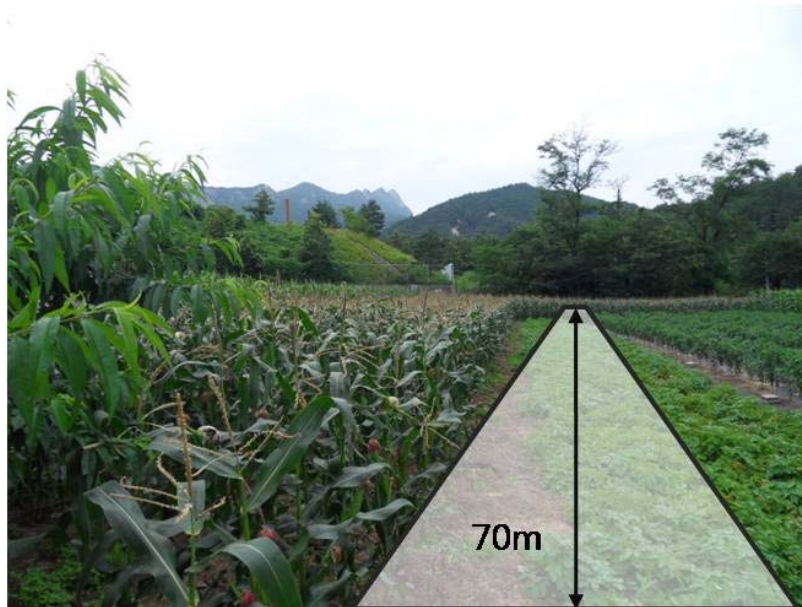
경지 정리가 되어 있지 않은 논밭의 경우 규모는 작지만 많은 농가들이 모여 있고 방제 및 살포 차량의 진입이 어려워 One-Stop 상태에서의 살포가 가능하여야 한다. <Fig. 3-67>과 <Fig. 3-68>은 강원도 소재의 소규모 논의 규모를 보여주고 있다. 경지 규모를 비교해 볼 때 살포거리 70m로 좌우 회전이 가능하도록 살포기 설계가 가능하여야 할 것으로 나타났다. <Fig. 3-69>는 중 규모의 옥수수 및 고추를 같이 재배하는 밭 농가의 살포에 필요한 거리를 보여주고 있다. <Fig. 3-70>과 <Fig. 3-71>은 방역 방제가 가능하기 위한 일반 축사의 규모를 보여주고 있다.



<Fig. 3-67> Scale 1 of a paddy field without arrangement of arable land



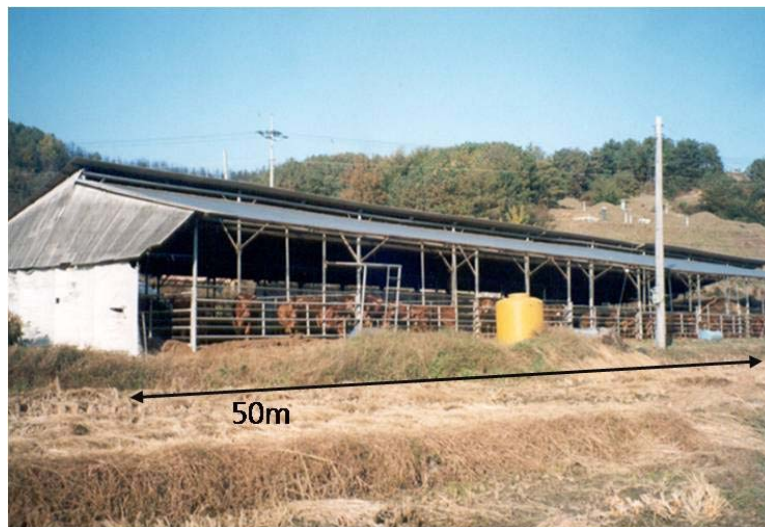
<Fig. 3-68> Scale 2 of a paddy field without arrangement of arable land



<Fig. 3-69> Scale of fields of farmhouses cultivating corn and pepper



<Fig. 3-70> Internal length of general barns of Korean cows



<Fig. 3-71> Outside length of general barns of Korean cows

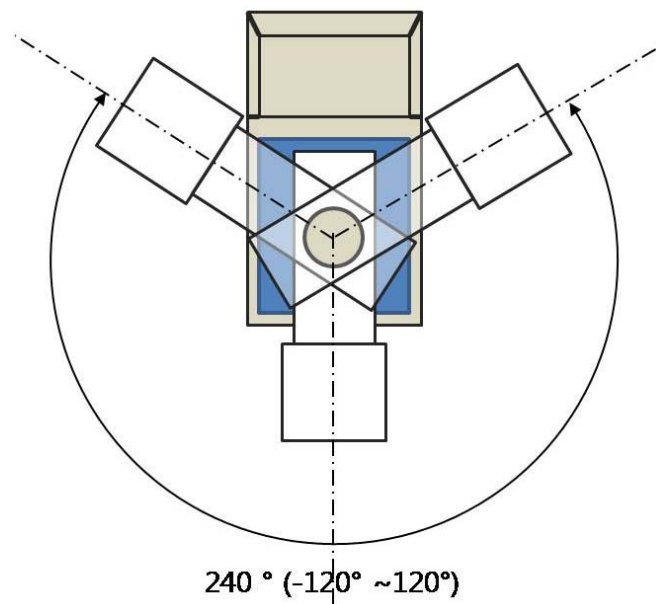
나. 필요한 살포거리 및 높이 측정

송풍 기구의 좌우 회전 및 상하 회전을 측정하였다. 기구는 360° 회전이 가능하지만 차량 탑재의 경우 회전 사각지대를 제외하고 좌우 -135° ~ +135°의 회전이 가능하도록 설계하였으며, 실제 회전 측정량은 -120°~120°로 총 240°의 작동 반경을 가지고 있다. <Fig. 3-72>는 송풍기의 회전이 가능하도록 설계 후 제작된 프레임의 모습이며, <Fig. 3-73>은 측정된 좌우 회전

각도량을 보여주고 있다.

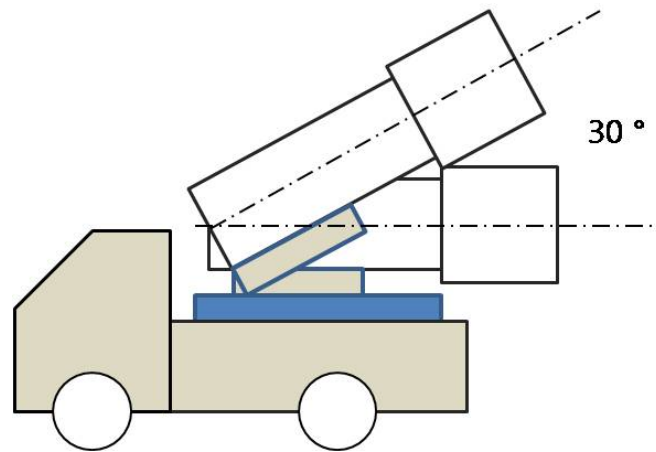


<Fig. 3-72> Rotation frame design manufactured feature



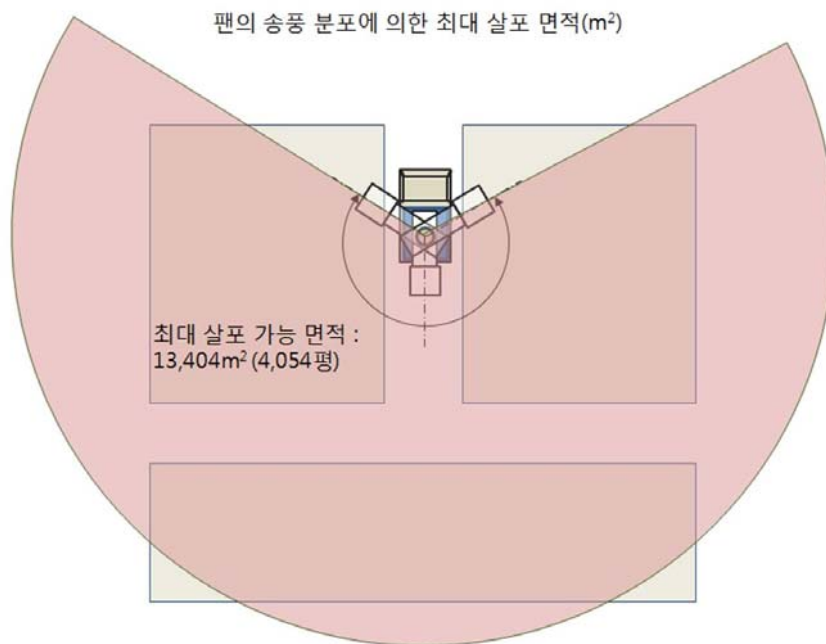
<Fig. 3-73> Quantity of angle possible of right and left rotation

상하의 각도량은 송풍 기구가 30° 상승이 가능하도록 설계되었으며 과수의 경우 4~5m의 거리에서 과수의 높이인 1.5~2.5m까지 살포가 가능하며, 10m의 거리에서 5.7m의 높이까지 살포가 가능하여 일반거리에 가로수 등에의 살포가 가능한 것으로 나타났다. <Fig. 3-74>는 상하 회전 각도량을 나타내고 있다.



<Fig. 3-74> Quantity of top and bottom rotation angle of a wind blower

측정된 송풍기의 살포 회전 각도량에 의하여 한 곳에서 살포 가능한 최대 살포 면적은 직선 살포거리 80m에서 13,404m<sup>2</sup>으로 약 4천평으로 나타났다. 이는 재배 경지가 정리되지 않은 소규모의 여러 경지를 한번에 방제하기 위한 살포 면적으로 적합함을 알 수 있다. <Fig. 3-75>는 이동이 정지된 상태에서 살포 가능한 면적을 나타내었다.



<Fig. 3-75> Maximum possible area of spray of a small and medium size sprayer



## 2. 역학적 분석에 따른 분석량 실험

### 가. 송풍량 측정

송풍량의 측정을 위하여 팬을 최대 속도인 1500rpm으로 구동시킨 후 직선 거리에 따른 송풍 속도를 측정하였다. 최대 살포 거리를 80m까지 5m 간격으로 직선 거리에 따른 풍속을 측정하였으며, <Fig. 3-76>은 송풍팬으로부터 80m의 거리에서 바라본 실험 거리를 보여주고 있다. 팬의 송풍은 실제 송풍할 때와 같이 바람을 등지고 측정하였으며 대기중의 풍속은 0.8m/s로 측정되었으며, 측정시 온도는 20℃였다.

<Table 3-5>는 5m간격의 거리별 풍속을 측정한 데이터이며, <Fig. 3-77>은 그래프로 나타낸 것이다. 살포 가능 풍속을 2m/s라고 했을 때 약 80m까지 송풍이 가능한 것으로 나타났다.

중소형 살포기의 각도에 따른 최적성능은 농민들이 살포 작업시에 사용하는 수평 방향으로 살포를 했을 때 최대의 살포거리가 나타난다. 각도가 수평방향보다 낮을 시에는 충분한 살포가 되지 못하고 살포거리도 감소한다. 각도가 수평방향보다 높을 때는 일정부분은 균일하게 살포가 되지만 공중에서 약재가 증발하는 문제점들을 가지고 있다.

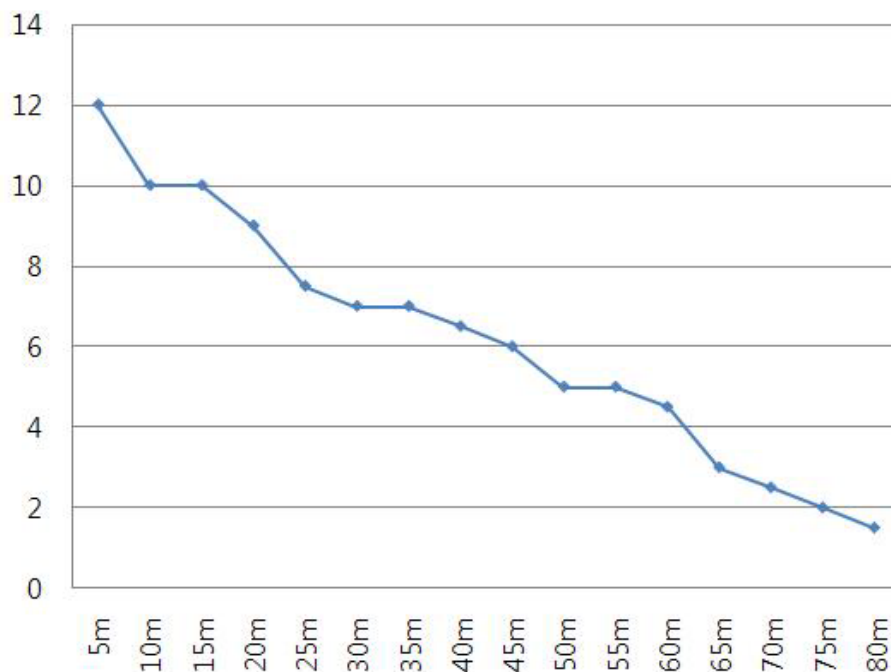
중소형 살포기는 풍량(바람)을 이용하여 약재를 날려 보내는 구조이다. 상 방향으로 살포를 할 때 약재분자가 커지므로 바로 살포지역까지 가지 못하고 떨어지고 약재가 증발하여 멀리, 근거리를 살포를 할 수가 없다. 하 방향으로 살포 작업을 할 때면 살포기의 풍량에 의해 약재가 살포지역 앞부분 지면에 살포가 되어 균일한 살포를 할 수가 없다.



<Fig. 3-76> Testing field of wind blowing

<Table 3-5> Wind speed per the distance of straight line toward the direction of rotation axle of a fan up to 0~80m

Lineal distance(m)	Wind speed(m/s)
5	12
10	10
15	10
20	9
25	7.5
30	7
35	7
40	6.5
45	6
50	5
55	5
60	4.5
65	3
70	2.5
75	2
80	1.5

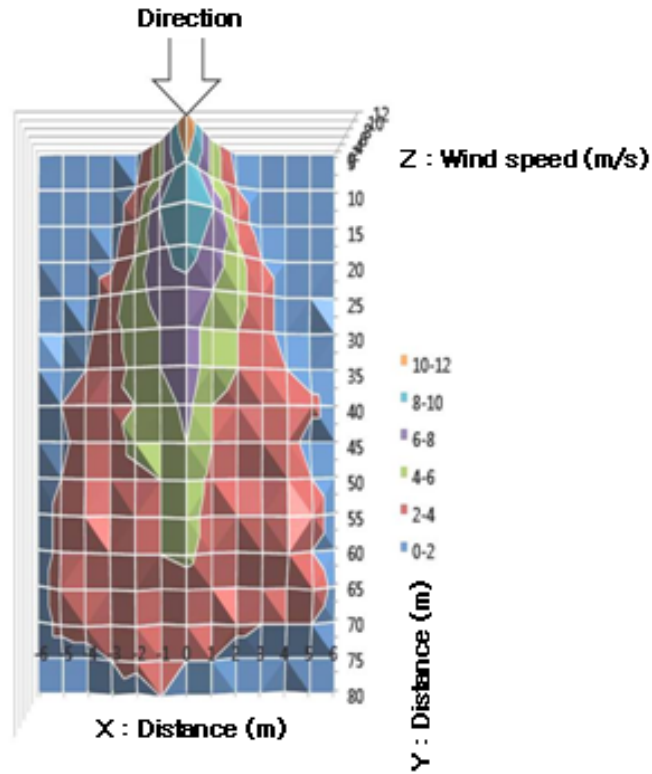


<Fig. 3-77> Measurement of wind speed (m/s) according to distance

또한 송풍 분포를 알기 위하여 팬 축의 횡방향으로 -6~6m까지 1m간격과 팬의 축방향으로 80m까지 5m 간격으로 송풍 속도를 측정하였다. <Table 3-6>은 측정된 팬의 송풍 속도 측정 데이터를 나타냈으며, <Fig. 3-78>은 측정 데이터의 그래프를 보여주고 있다. 송풍 입구에서 10m 이후부터 송풍 폭이 -3~3m까지 6m의 폭을 유지하며, 최적 거리인 30m 이후부터는 좌우 4m씩 8m의 폭으로 송풍이 가능한 것으로 나타났다.

<Table 3-6> Distribution of speed per distance of wind blowing (unit : m)

Fan lateral Fan axial	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6
5	0.8	1	1	1	1	5	12	5	1	1	1	1	1
10	1	1	1	1	2	5	10	5	2	1	1	1	1
15	1	1	1	1	3	8	10	8	3	1	1	1	1
20	1	1	1	1.5	4	7.5	9	7	4.5	2	1	1	1
25	0.7	1	1	3	5	7	7.5	6	4.5	3	1	1	0.8
30	1	0.8	1.5	3.5	4.5	6	7	5	4	3	1	0.7	1
35	1	1	2	3	4.5	6	7	5	4	3	2	1	0.8
40	1	2	3	3.5	4	5	6.5	4	3.3	3	3	2.5	1
45	1	1.5	3	3	4.5	4	6	4	3	3	3	1	1
50	1	2	3	3	3.5	4	5	3.5	2.5	2.5	3	2	1
55	1	2.5	3.5	3	4	4	5	3	3	3	3.3	3	1
60	1	2.5	3	3.5	4	4	4.5	3	2.5	3	3.5	2	1
65	1	3	3	3	3.5	2.5	3	2.5	2	2.5	2	3	1.5
70	1	2.5	3	2.5	3	2	2.5	2	2.5	2	2	2	1
75	1	1	1	2	2.5	2	2	2	1	1	1	1	1
80	1	1	1	1.5	1	2	1.5	1.5	1	1	0.5	1	1



<Fig. 3-78> Distribution of speed per area of wind blowing

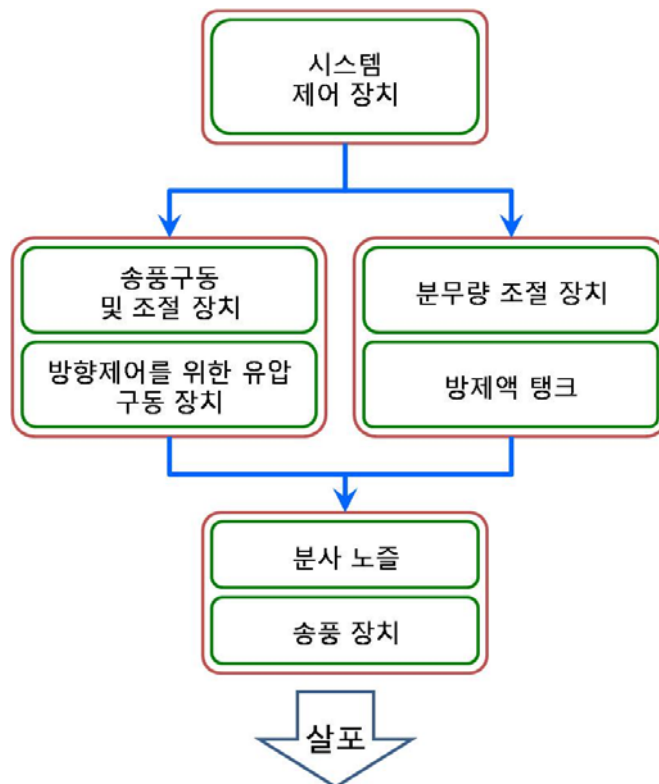
#### 나. 구동 시스템 실험

팬 구동은 현대 D4AK-P(EM2B) 4사이클 터보 디젤엔진을 사용하며 무부하시 회전 속도는 2400rpm이고 80마력의 출력을 나타낸다. 팬이 결합한 상태에서 팬의 회전 속도는 최대 1500rpm으로 나타났으며, 70~80m까지의 송풍에 적합한 것으로 나타났다. <Fig. 3-79>는 제작된 팬을 선정된 엔진에 부착한 모습이다.



<Fig. 3-79> 80HP wind blowing fan driving engine

다. 시스템제어 알고리즘 분석 및 검증



<Fig. 3-80> Control system flow chart

살포기의 제어는 송풍 엔진, 양수 엔진 및 분무 엔진으로 분리된 엔진을 구동시키기 위하여 엔진별로 구동 능력을 조절 할 수 있도록 시스템이 설계 되었으며, 이후에 무선 리모컨을 이용한 제어가 가능하도록 설계가 되었다. <Fig. 3-80>은 제어 시스템의 흐름도를 나타냈으며, <Fig. 3-81>은 구동 제어 장치의 시작기가 제작되어 있는 모습이다.

구동 속도를 조절할 수 있으며 살포액 측정 및 분무량 측정 등이 가능하고, 구동 이상 신호도 감지 가능하도록 설계 되었다. 또한 송풍기의 방향 전환을 위한 유압 시스템을 제어하기 위한 장치도 구성 되었다.



<Fig. 3-81> Small and medium size sprayer control system starter

## 제 4 장 포장 실험

### 제 1 절 서 론

살포기는 국내에서 논 과 밭, 과수원 등에서 농업 분야에서 널리 사용되고 있다. 그러나 농업 선진국들에 비하면 기술수준은 많이 뒤떨어져있다. 그동안 국내에서는 기술제휴를 통한 생산이 주종을 이루었으나 이젠 과거와 달리 외국의 제품들과 전면 경쟁 할 상황에 처해 있다. 국내에서도 자체 개발에 의한 기술 확보의 필요성을 인식하고 살포기의 설계, 제작 및 연구 개발을 하고 있으나 아직 전반적인 수준은 선진국에 비해 미달되고 있다. 이로 인해 보다 체계적인 연구가 필요하고 살포기의 국산화를 통해 농가의 경제력에 보탬이 되고 해외 수출을 통해 농업의 국제 경쟁력 확보가 필요한 시점이다.

국내의 연구는 김(2005)등은 개발한 볏형 공기이송 벼 담수산파기는 살포폭 7m를 유지하기 위하여 두 개의 원심식 송풍기를 이용한 바 있는데 분두 개수가 24개였다. 송풍기의 풍량이 변하지 않는 상황에서 분두의 개수증가는 분두당 배출 유량을 적게 하고 볏관 내부의 유속과 볏관 내 공기이송 형태에 영향이 미치는 것을 연구했다.

김(2007)등은 개발된 살포기를 농민이 사용하기 편하고 최적의 살포성능을 가지도록 조절하는 방법을 제시 하였고, 이를 위하여 실제 포장에서 여러 조건으로 살포균등도와 살포정확도 등 살포기의 성능을 실험 분석하였다.

국외의 연구로는 Fulton(2001)등은 원심식 변량 비료살포기의 패턴에 관한 연구를 하였고 실제 균일살포를 위해 제작된 스피너형의 변량 비료살포기로 노지에서 테스트를 한 결과 여러 가지 불완전한 요소로 인하여 변이계수가 증가하는 것을 확인하였으며, 살포폭 16m일 때 변이계수가 20.6~28.2%였으며 개선이 필요하다는 결론을 제시하였다.

Iida(2001)등은 수도작용 입제 변량살포기를 개발하여 포장실험을 하였다. 6개의 DC모터를 이용하여 흡 롤러식 배출장치를 구동하였고, 서보모터를 이용하여 전체적으로 흡 롤러의 열림 정도를 조절하였으며, 송풍기를 배출장치 후면에 위치시켜 공기에 혼합된 입체를 분두까지 이송하여 이루어져 있다. 분두는 이송된 입체가 충돌하여 비산할 수 있도록 격자 모양의 구조물이 분두 내부에 설치되었고, 송풍기의 송풍능력은 엔진이 1600rpm으로 회전할 때 약  $13\text{m}^2/\text{min}$ 이었으며, 송풍기의 구동은 PTO축에 연결하여 구동능력을 사용하였다.



## 제 2 절 장치 및 방법

### 1. 실험 장치

<Fig. 4-1>은 설계 및 제작과 기초실험을 통하여 개발된 중소형살포기의 제작된 모습이다. <Fig. 4-2>는 살포기의 최대 상승하는 모습을 나타내고 있다. 살포기의 분출구는 회전축을 중심으로 최대 7m까지 상승이 가능하도록 제작하였다. 7m 상승(A)은 회전축에서 30°의 각도(B)로 양액의 분출 높이를 조절 할 수 있는 것을 의미한다. 검증 결과 오차는  $\pm 0.5^\circ$ 로 나타나 오차범위 내에 있기 때문에 성능에 문제가 없다고 판단된다.



<Fig. 4-1> Manufactured feature of a sprayer



<Fig. 4-2> Ascending feature of a sprayer

## 2. 실험방법

### 가. 예비실험

본 포장 실험에 앞서 예비 실험을 실시하였다. 예비 실험은 본 포장실험과 동일한 조건에서 2011년 8월 19일 경북김천시 어모면 다남리 도로공사 현장에서 시행하였다. 예비 실험을 한 이유는 본 실험에서 발생하는 문제점을 미리 파악하여 수정하기 위하여 실행하였다. <Fig. 4-3>은 예비실험을 하기 위하여 A4용지, 흡수지, 감수지 및 컵을 배치한 것이다. 용지는 중소형 살포기의 송풍에 의해 이동되는 것을 방지하기 위해 돌을 이용하였으며, 컵은 용액이 담겼을 때 하중을 측정하기 위하여 설치하였다. 실험구는 5m간격으로 100m까지 설치하였다. 본 실험에 앞서 최적의 결과 값을 나타내는 경우를 미리 판단하기 위해 실시하였다.

<Fig. 4-4>는 중소형 살포기를 이용하여 예비 실험을 하는 모습이다. 용지에 나타나는 모습을 정확하게 나타내기 위하여 잉크를 혼합하여 살포하였다. <Fig. 4-5>는 예비 실험결과 A를 나타내고 있다. 송풍력에 의해 컵이 위치를 이동한 경우를 고려해 돌로 고정 시켰다.



<Fig. 4-3> Preliminary experimental



<Fig. 4-4> Preliminary experimental



<Fig. 4-5> Result of preliminary experimental (A)



<Fig. 4-6> Result of preliminary experimental (B)

<Fig. 4-6>의 예비 실험결과 B는 컵이 송풍력에 의해 이동되는 것을 방지하기 위해 못을

이용하여 고정하였다. <Fig. 4-5>과 <Fig. 4-6>의 그림에서 감수지는 액체의 흡수량이 많은 경우 분석이 불가능 한 것으로 나타났다. 또한 송풍량에 의해 용지가 이동될 수 있다고 판단이 되었다. <Fig. 4-7>의 예비 실험결과 C는 중소형 살포기와 30m 떨어진 위치에 있는 실험구를 나타낸 것이다. 중소형 살포기와 30m의 거리가 있는 경우 들의 하중에 의해 용지의 이동이 발생하지 않았다. <Fig. 4-8>의 예비 실험결과 D는 중소형 살포기와 거리 50m의 위치에 있는 경우를 나타낸 것이다. 중소형 살포기와 위치가 50m의 거리에 있는 경우는 하중이 적은 들을 이용해도 용지가 이동되지 않는 것으로 판단된다.



<Fig. 4-7> Result of preliminary experimental (C)

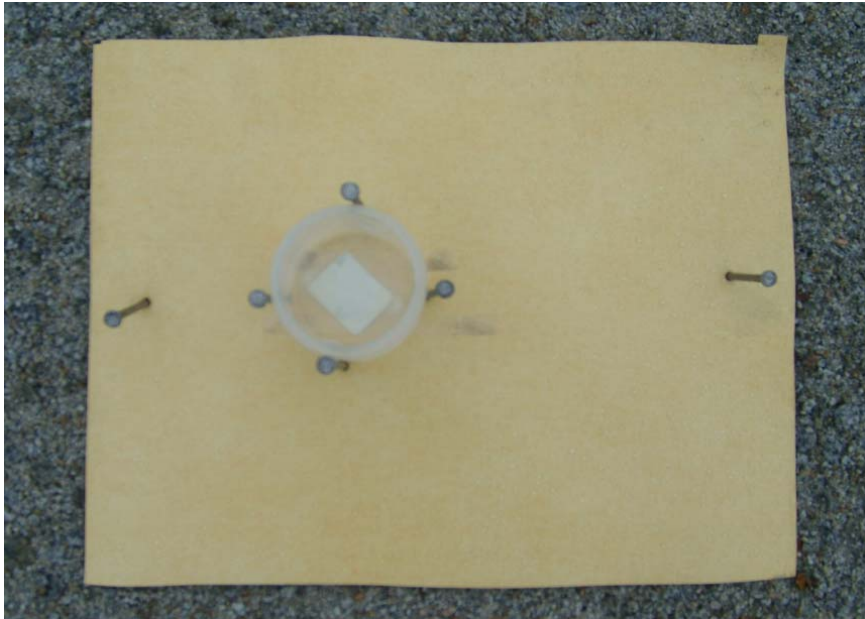


<Fig. 4-8> Result of preliminary experimental (D)

예비실험을 통하여 본 포장 실험에서는 중소형 살포기가 살포 할 때 용지가 이동되는 경우를 방지하기 위하여 장판을 이용하여 지면과 고정하고 종이컵을 이용한 살포기 분무량 측정은 불가능 한 것으로 판단되었다.

1차 예비실험을 통하여 종이컵을 이용한 분무량측정은 불가능하다고 판단되어 분무통을 사용하여 2차 예비실험을 시행하였다. <Fig. 4-9>는 2차 예비실험을 하기위하여 분무통을 배치한 것이다. 장판은 살포기의 풍속에 날아가지 않도록 못을 고정하여 설치를 하였고, 분무통은 살포기에 용액이 담겼을 때 하중을 측정하기 위하여 못으로 고정하여 설치하였다. 실험구는 5m간격으로 60m까지 설치하였고, 물통은 20m, 30m, 40m지점에 못으로 고정하여 설치를 하였다. 예비실험은 본 현장실험에 앞서 실험결과 값이 어떻게 나타나는지 미리 판단하기 위해 실시하였다.

<Fig. 4-10>은 중소형 살포기를 이용하여 예비실험을 하는 모습이다. 살포기에 나타나는 분무량을 알기위하여 최대 RPM인 상태에서 총 1200ℓ를 살포하였다. <Fig. 4-11> (A)는 예비 실험결과 물통에 담긴 모습을 나타낸 것이다. <Fig. 4-11> (B)는 3개의 통에 용액이 담긴 모습이다.



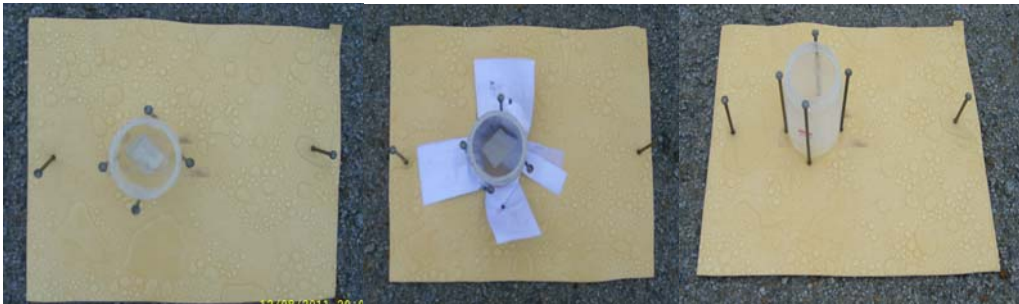
<Fig. 4-9> Preliminary experimental



<Fig. 4-10> Preliminary experimental



<Fig. 4-11> Result of preliminary experimental (A)



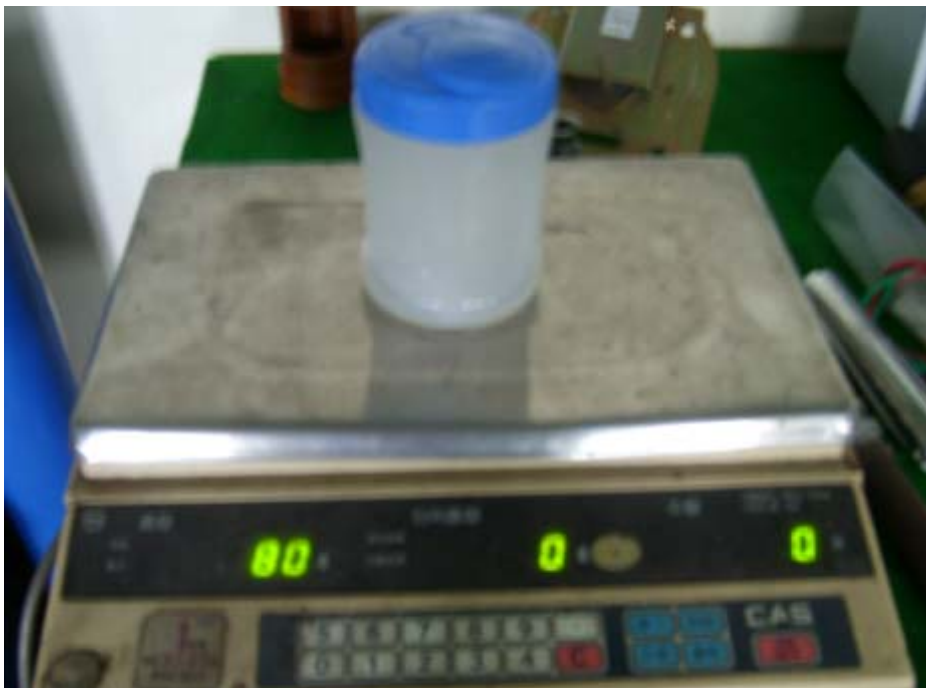
<Fig. 4-11> Result of preliminary experimental (B)

본 포장실험에 앞서 예비실험결과 살포기의 송풍력에 의해 실험구가 이동되는 것을 방지하기 위해 장판에 못을 고정하여 실시하였다. 예비 실험결과 중소형살포기의 60m지점까지 살포량이 미치는 것으로 나타났다. 중소형살포기의 본 실험에서도 살포기의 분무량과 분포도실험을 실시하여도 60m지점까지 측정이 가능한 것으로 판단되었다. <Fig. 4-12>는 60m지점까지 살포가 되는 경우를 나타낸 것이고, <Fig. 4-13>은 측정된 물통을 전자저울을 통해 무게를 측정한 것을 나타낸 것이다.





<Fig. 4-12> A feature to be sprayed to the point of 60m

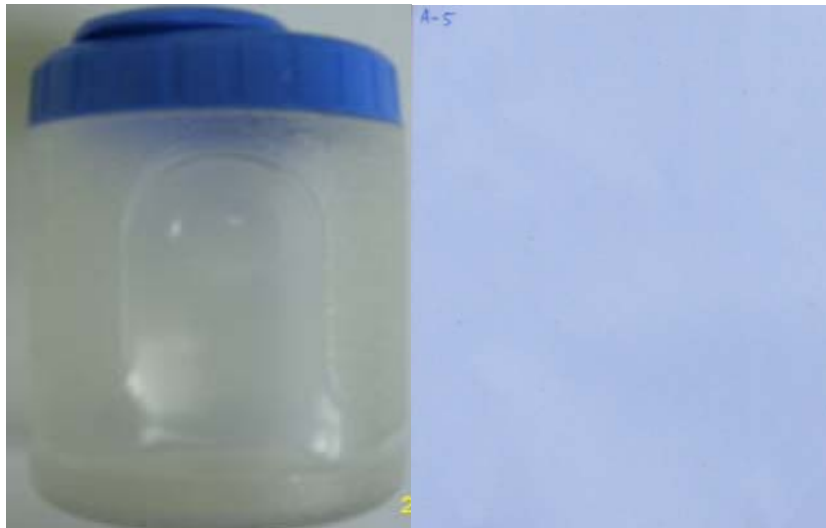


<Fig. 4-13> Measurement of the weight of a water tank

본 포장실험에서는 분무량과 함께 분무분포도 측정해야하기 때문에 살포기가 살포를 할 때 용지가 송풍력에 의해 이동되는 것을 방지하기 위해 장판을 이용하여 고정하고 측정하고 동시에 물통을 이용해 측정하면 살포기의 분포도와 분무량의 측정이 가능할 것으로 판단된다.

#### 나. 분포도 및 분무량 포장실험

본 현장실험은 경북 김천시 어모면 다남리 도로공사 현장에서 2011년 8월 26일 06:30~08:00 까지 수행하였다. 오전에 수행한 이유는 바람의 영향이 적어야 정확한 살포기의 성능을 분석할 수 있기 때문에 오전에 수행하였다. 살포방식은 살포기를 이동시키지 않고, 고정된 상태에서 분포도 실험을 시행하였다. 분포도와 분무량을 정확하게 알기 위해 바닥에 장판을 못으로 고정하였고, 장판바닥에 실험용지와 용기를 못으로 고정하여 실험을 하였다. 실험에 사용된 용지는 가로 145mm, 세로 70mm의 A4용지와 가로 85mm, 세로 120mm의 일반 용기를 사용하였다. A4용지만으로도 분포도를 측정할 수 있다고 판단되어 일반용지는 사용하지 않았다. 용기는 분포량을 알아보기 위하여 구성하였다. <Fig. 4-14>는 실험에 사용된 용지와 용기를 나타낸 것이다. (A)는 물통, (B)는 A4용지를 나타낸 것이다.



<Fig. 4-14> A4 paper and a water tank used in a test

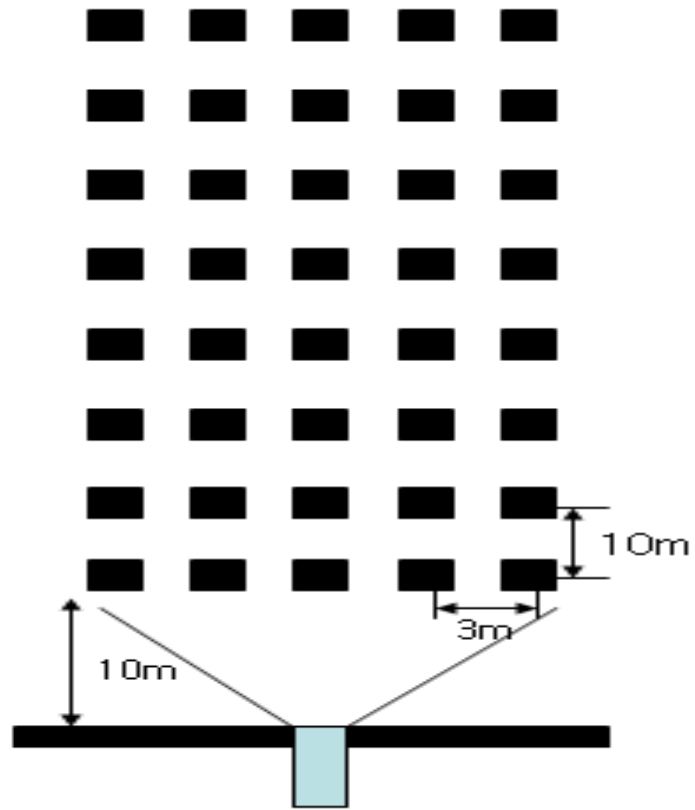
<Fig. 4-15>는 현장실험에서 사용된 중소형살포기가 1톤 차량에 탑재된 모습이다. 최대 RPM인 1450rpm에서 분무량과 분포도를 측정하기 위해 현장실험을 실시하였다.



<Fig. 4-15> A sprayer in a field test

<Fig. 4-16>은 중소형살포기의 현장실험에서 실험방법을 나타낸 것이다. 용지와 물통의 배치는 가로방향을 10m 간격으로 8개 세로방향 3m간격 5개, 총 40개를 설치한 후 중소형 살포기가 고정된 위치에서 살포한 색소를 보고 판단하여 살포 분포도 및 분무량을 분석하였다.

중소형 살포기가 살포 작업을 할 때 살포되는 살포액의 점도관계를 크게 분리해 보면 살포액의 종류는 수화제, 액제로 분류된다. 수화제는 액제와 달리 점도가 소량으로 있는 편으로 액제와는 달리 살포작업시 살포거리가 조금 감소하고 액제는 수화제와 달리 살포거리가 가장 좋은 것으로 분류되고 있다. 살포액의 점도는 사용하는 약제의 차이일 뿐, 살포작업시에 크게 영향을 받지 않으며 바람(미풍)에 살포거리가 어느 정도 영향을 받는다.



<Fig. 4-16> Experimental method

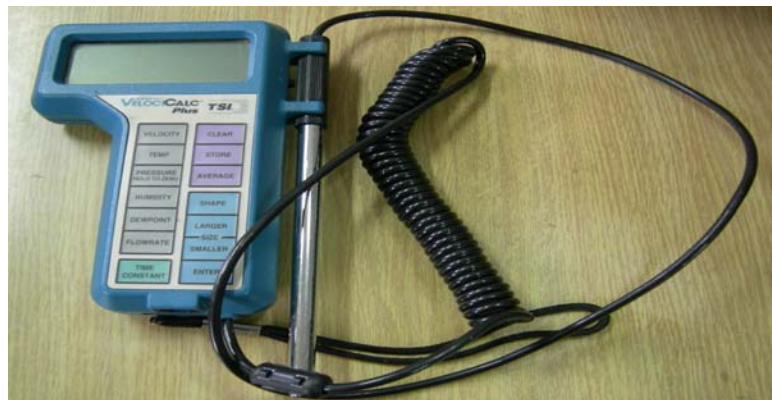
<Fig. 4-17>은 실험설계에 의해 10m 간격으로 실험용지와 물통을 배치하는 모습을 나타낸 것이다.



<Fig. 4-17> Testing papers and deployment of water tanks

살포 실험을 하기 전 풍속측정은 0.21m/s, 온도는 24.5°로 나타났다. 풍속계는 TSI사의 디지털풍속계로 8346모델을 사용하였다. <Fig. 4-18>은 현장실험에 사용된 풍속계를 나타낸 것이다. <Table 4-1>은 현장실험에 사용된 풍속계의 사양을 나타낸 것이다.

<Fig. 4-19>는 중소형 살포기가 살포를 하기에 앞서 살포기를 살포 시작점에 위치시킨 모습이다. <Fig. 4-20>은 중소형 살포기가 최대 RPM으로 살포하는 모습을 나타낸 것이다. 제어는 무선리모컨을 사용하여 신호를 보내고 컨트롤러 박스에서 제어하여 살포하였고, 살포는 최대 RPM인 1450rpm으로 조절하였다.



<Fig. 4-18> Anemometer

<Table 4-1> VelociCalc Plus (TSI Incorporated)

Model	Model 8346
Velocity	
Measurement Range	30 to 9,999ft/min (0.15 to 50m/s)
Accuracy	3% of reading of 3ft/min (0.05m/s), whichever is greater
Temperature	
Measurement Range	14 to 140°F (-10 to 60°C)
Resolution	0.1°F(0.1°C)
Accuracy	±0.5°F (0.3°C)
Instrument Temp. Range	
Electronics	
Operation	40 to 113°F (5 to 45°C)
Storage	-4 to 140°F (-20 to 60°C)
Probe	
Operation	14 to 140°F (-10 to 60°C)
Storage	-4 to 140°F (-20 to 60°C)
Relative Humidity Range	0 to 95%
Accuracy	±3%rh
Dew Point Range	5 to 120°F (-15 to 49°C)
Static/Differential Pressure	
Range	-10.00 to +10.00 inches H <sub>2</sub> O (-2.500 to +2.500kPa or -20.00 to +20.00mmHg)
Accuracy	±5% of rdg ±0.01 in H <sub>2</sub> O (±0.002kPa or 0.02mmHg)
Volumetric Flow Rate	0.2 to 450,000 ft <sup>3</sup> /min (0.0424 to 1,170,000m <sup>3</sup> /hr or 0.1 to 325,000l/s)
Duct Sizes	1 to 100inches in increments of 0.5inch, 100 to 255inches in increments of 1inch (1 to 100 cm in increments of 0.5 cm, 100 to 255cm in increments of 1cm)
Averaging Capability	Up to 255 values each of velocity, temperature, pressure, humidity, or pressure flow



<Fig. 4-19> Starting point

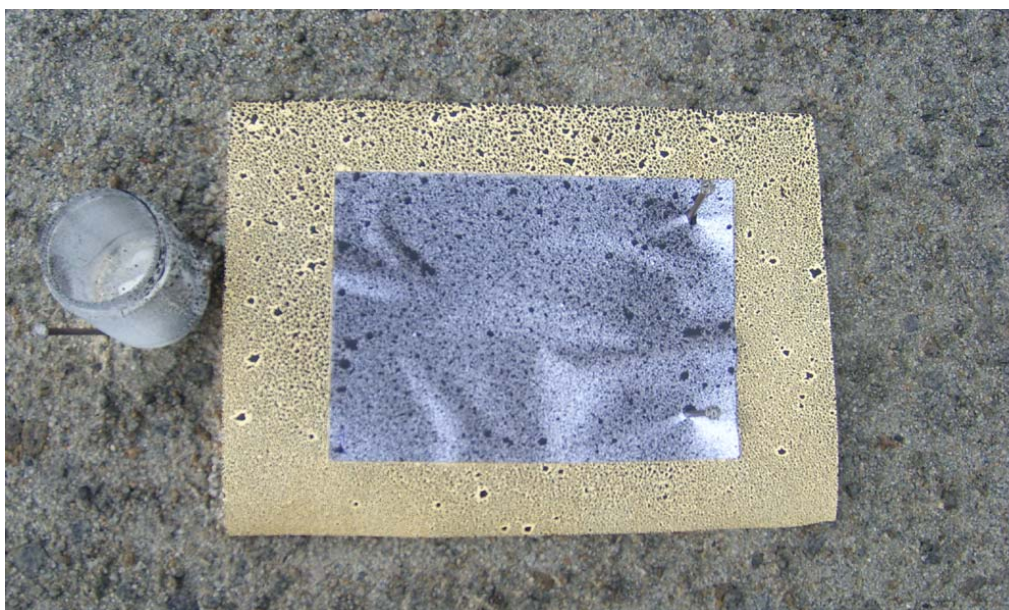


<Fig. 4-20> A feature of spraying in maximum RPM

<Fig. 4-21>은 중소형 살포기가 살포를 하여 색소가 실험용지와 물통에 살포되는 모습을 나타낸 것이다.



<Fig. 4-21> A feature of being sprayed



<Fig. 4-22> A feature of testing papers and measured color pigment in a water tank

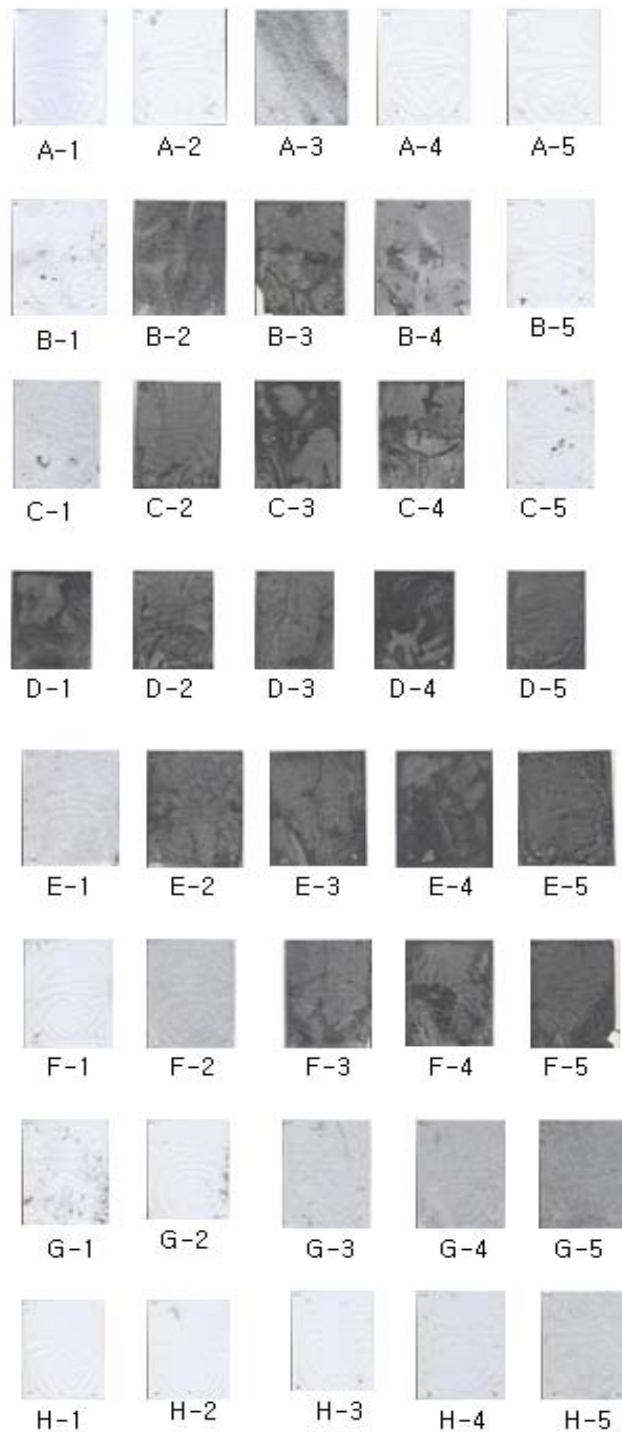
<Fig. 4-22>는 살포된 색소가 실험용지와 물통이 측정된 모습을 나타낸 것이다. 중소형 살포기의 현장실험은 색소를 280ℓ를 먼저 살포하고 난후 실험용지의 측정된 색소 보고 분무분포를 측정하였고, 물 1200ℓ를 살포하여 살포기의 분무량을 측정하였다. 먼저 살포균등도를 알아보기 위해 실험용지에 묻어있는 색소를 영상처리 하여 정확한 살포 균등도를 분석하였다. <Fig. 4-23>은 살포 실험 후 A4용지를 회수한 것이다.





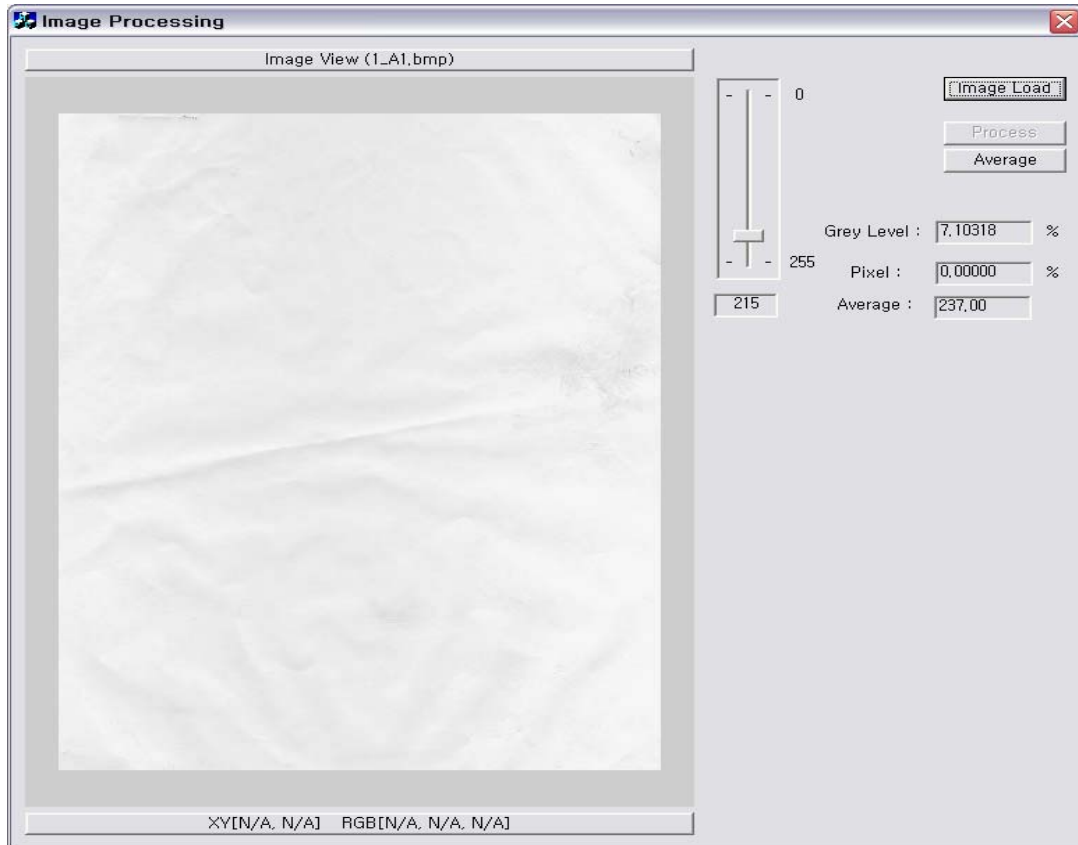
<Fig. 4-23> Papers collected after a test

<Fig. 4-24>는 실험 데이터를 나타낸 것이다. 살포 실험을 통해 용지에 색소가 묻을 부분을 확인한 결과 최대 70m이상 살포가 되는 것을 알 수 있었다. 따라서 현장에 적용이 가능하다고 판단된다.



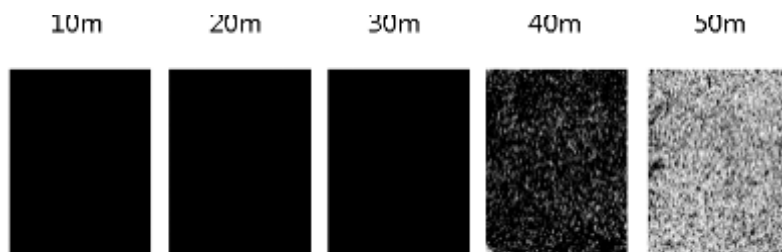
<Fig. 4-24> Experimental data

<Fig. 4-25>는 영상처리 프로그램을 나타낸 것이고, 실험데이터를 입력받아 영상의 화소값을 평균화 하여 분석 처리 하였다. 프로그램은 마이크로소프트사의 Visual C++ MFC를 사용하였다. 입력 받은 영상의 사이즈는 256\*256이고, Gray Scale 스타일로 변형하여 처리하였다. 실험에 사용된 실험용지에 색소가 묻은 부분을 영상처리를 통하여 분석 하였다.



<Fig. 4-25> Image processing program

<Fig. 4-26>은 실험데이터를 영상처리 프로그램을 통하여 이미지가 분석된 실험데이터의 예를 나타낸 것이다. 이런 방법으로 용지에 묻은 색소를 영상처리를 통하여 분석하였고 모든 실험데이터를 이미지 분석 처리 하였다.



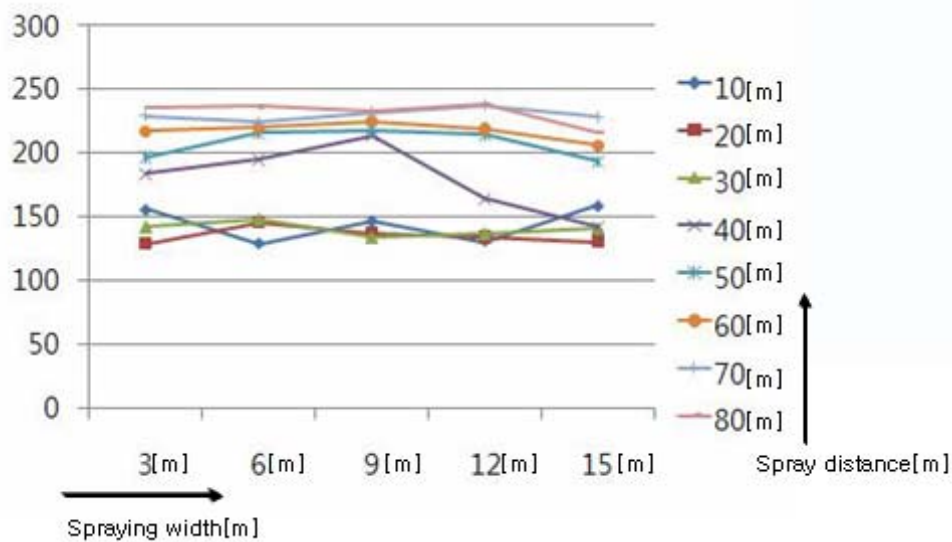
<Fig. 4-26> Image processing

<Table 4-2>는 실험 용지에 살포가 되어 색소가 묻은 부분을 영상처리를 통하여 화소를 분석하여 평균값을 나타낸 것이다. 화소값은 검정색은 0, 백색은 255이다. 숫자가 적을수록 실험 용지에 색소가 많이 뿌려진 것이다. <Fig. 4-27>은 화소값을 분석 한 것을 그래프로 나타낸 것이다.

<Table 4-2> Average pixel of papers

(unit : pixel)

Spraying width[m] \ Spray distance[m]	[3]	[6]	[9]	[12]	[15]
[10]	156	128	147	131	159
[20]	129	146	138	134	131
[30]	142	148	134	137	141
[40]	184	195	214	164	142
[50]	197	216	218	215	194
[60]	217	220	225	219	206
[70]	229	224	231	237	228
[80]	236	237	234	239	217



<Fig. 4-27> Analysis of average pixel

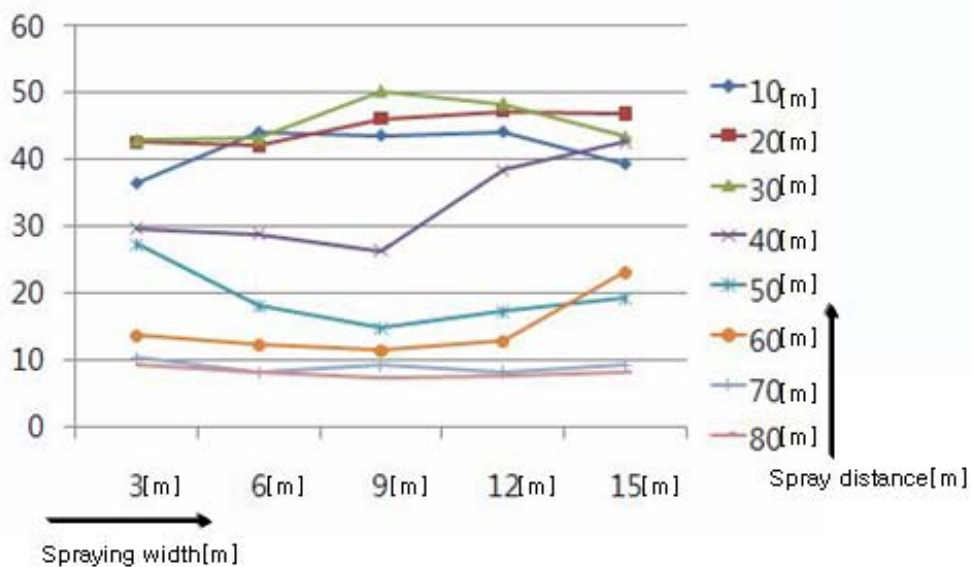
중소형 살포기가 살포한 용지의 데이터를 평균 화소값으로 분석한 것을 보면 10m지점과 40m지점까지는 살포가 잘된 것을 알 수 있었다. 70~80m 지점을 제외 하면 나머지 부분도 일정하게 살포가 되는 것을 알 수 있었다.

<Table 4-3>은 실험용지에 살포된 색소의 화소 값 비율을 나타낸 것이다. 검정색은 100, 백색은 0으로 나타냈다. 즉, 숫자가 높을수록 색소가 많이 뿌려진 것이다. <Fig. 4-28>은 화소 비율을 그래프로 나타낸 것이다.

<Table 4-3> A pixel ratio of testing paper

(unit : %)

Spraying width[m] \ Spray distance[m]	[3]	[6]	[9]	[12]	[15]
[10]	36.48	44.12	43.65	44.19	39.38
[20]	42.62	42.18	46.12	47.20	46.82
[30]	42.96	43.17	50.21	48.32	43.47
[40]	29.64	28.91	26.38	38.48	42.61
[50]	27.35	18.24	14.85	17.32	19.34
[60]	13.64	12.38	11.51	12.94	23.15
[70]	10.32	8.24	9.35	8.36	9.37
[80]	9.32	8.11	7.32	7.58	8.25



<Fig. 4-28> A pixel ratio

중소형살포기가 살포를 했을 때 용지에 묻은 색소를 분석한 결과 살포률은 60m지점부터 낮게 나타났으며 70m~80m지점부터는 살포률이 가장 낮게 나타났다.

<Table 4-4>는 실험용지의 화소값에 대한 검정색 분포를 나타낸 것이다. 중소형살포기가 살포를 한 경우 가장 살포가 높게 나타난 분분을 100%로 나타냈다.

<Table 4-4> Distribution of black color with regard to the average pixel

(unit : %)

Spraying width[m] \ Spray distance[m]	[3]	[6]	[9]	[12]	[15]
[10]	96.41	100.00	98.35	100.00	97.64
[20]	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
[30]	100.00	99.34	99.84	100.00	100.00
[40]	86.38	88.31	89.67	84.29	92.24
[50]	51.34	53.67	50.24	62.94	60.28
[60]	48.65	47.32	46.85	46.31	41.01
[70]	21.32	12.34	18.62	17.61	13.27
[80]	10.27	8.26	9.19	3.64	18.28

중소형 살포기가 살포를 한 경우 40m지점까지는 살포가 잘되는 것으로 나타났다. 50m지점과 60m지점까지는 비교적 고르게 살포가 되었고, 70m~80m지점에서는 살포의 분포가 낮은 것으로 나타났다.

<Table 4-5>는 색소가 살포된 용지를 스캔하여 용지에 나타난 픽셀 값의 평균을 구한 것을 나타낸 것이다. 일반적으로 픽셀값은 0일 때 검은색이고 255일 때 흰색을 나타낸다. 용지에 묻은 색소는 검정색이므로 검은색이 255값을 갖도록 값을 반전 시켰다. <Table 4-6>은 반전시킨 값을 나타낸 것이다. 이미지를 스캔작업을 할 때 불필요한 영역이 포함 될 수 있기에 그러한 영향을 최소화 하기 위하여 상, 하 32픽셀씩 64픽셀, 좌, 우 24픽셀씩 48픽셀을 제외 하였다. 분석 결과 20m~60m지점의 영역에서 큰 값을 알 수 있었다. <Fig. 4-29>는 픽셀값의 분석을 3차원 그래프로 나타낸 것이다.

<Table 4-5> Average of pixel value

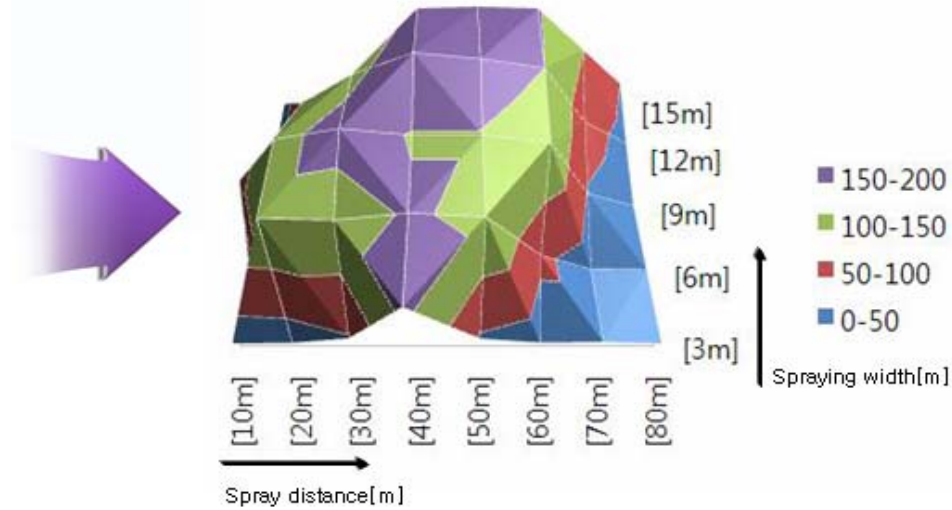
(unit : pixel)

Spraying width[m] Spray distance[m]	[3]	[6]	[9]	[12]	[15]
[10]	237	242	181	241	241
[20]	234	112	112	153	238
[30]	209	115	97	113	226
[40]	93	103	106	87	101
[50]	211	109	106	94	99
[60]	233	194	116	105	101
[70]	230	234	208	183	153
[80]	238	237	236	222	205

<Table 4-6> Reversed values

(unit : pixel)

Spraying width[m] Spray distance[m]	[3]	[6]	[9]	[12]	[15]
[10]	18	13	74	14	14
[20]	21	143	143	102	17
[30]	46	140	158	142	29
[40]	162	152	149	168	154
[50]	44	146	149	161	156
[60]	22	61	139	150	154
[70]	25	21	47	72	102
[80]	17	18	19	33	50



<Fig. 4-29> 3D graph

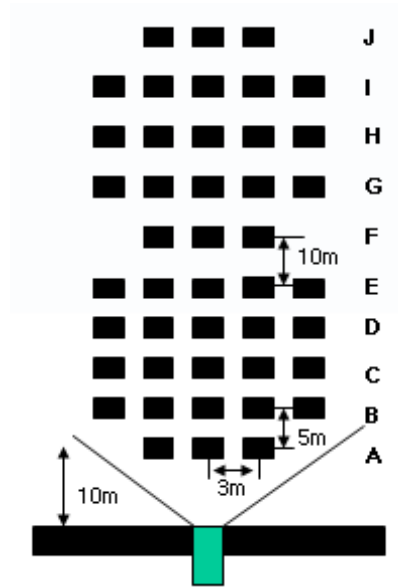
현장실험에서 분무량 측정은 총 1200ℓ를 살포하여 측정하였다. 측정된 물통을 전자저울을 통해서 무게를 측정하였지만 분포도 실험과 달리 측정된 분무량은 정확한 분무량을 측정하기에는 양이 미비하여 정확한 측정을 할 수 없었다. 정확한 분무량을 측정할 수 없다고 판단되어 실험장소를 변경하였다. 장소는 경북김천시 대광동에 소재하고 있는 진영종합기계에서 당일 수행하였다. 먼저 본 분무량 실험을 하기 전에 측정값에 대한 판단을 미리 하고자 예비실험을 하였다. <Fig. 4-30>은 분무량 실험준비를 하는 모습을 나타낸 것이다.



<Fig. 4-30> A feature of preparation of testing spray quantity



<Fig. 4-31>은 중소형살포기의 분무량 실험방법을 나타낸 것이다. 용기의 간격은 3m 간격으로 세로방향 5개, 5m 간격으로 10개의 용기를 배치하였다. 첫 번째 부분과 중간부분, 그리고 마지막 지점은 3개의 용기를 배치하였고, 20m 지점부터는 살포기의 유효사거리를 유의하여 10m 간격으로 배치하였다.



<Fig. 4-31> Experimental method

분무량 실험은 이전 실험에서 분석한 분무량 측정을 보완하기 위해 총 4차에 걸쳐 4800ℓ를 살포하였다. <Fig. 4-32>는 분무량을 측정하기 위해 물통을 배치한 모습을 나타낸 것이다.



<Fig. 4-32> A feature which has deployed water tanks

<Fig. 4-33>은 분무량을 측정하기 위하여 살포하는 모습이다. RPM은 최대치인 1450rpm으로 살포하였다.



<Fig. 4-33> A feature of spray for measuring spray quantity

<Fig. 4-34>는 중소형 살포기가 살포를 하여 물이 물통안에 측정되어 있는 모습이다.



<Fig. 4-34> A feature which is measured within a water tank

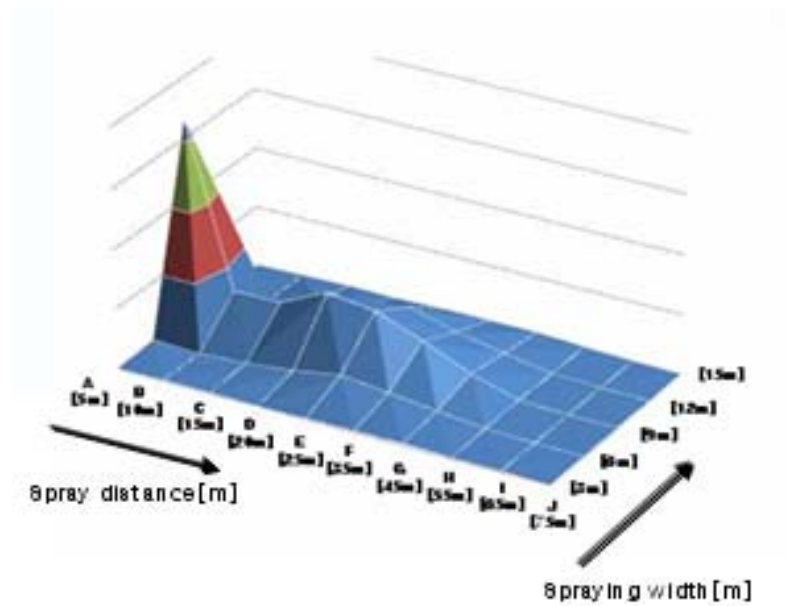
측정된 살포기의 분무량은 전자저울을 통해 무게를 측정을 했고, <Table 4-7>은 실험을 통해 측정된 중소형 살포기의 분무량을 테이블에 나타낸 것이다. 분무량 측정은 물통의 무게인 60g을 제외한 무게를 측정하였다. 분무량의 정확도를 위하여 F인 35m지점은 3지점을 제외한 나머지 2지점의 분무량은 앞, 뒤 평균을 통해 분무량을 구하였다.

<Table 4-7> Sprayed capacity

(unit : g)

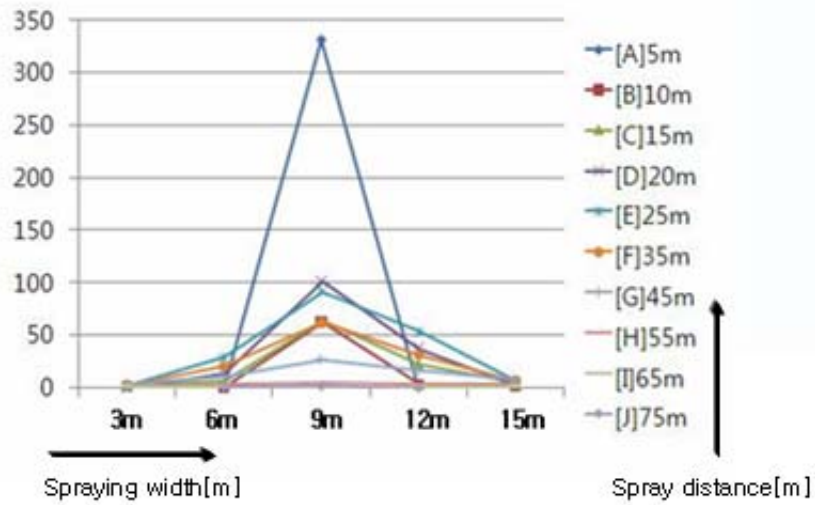
Spraying width[m] \ Spray distance[m]	[3]	[6]	[9]	[12]	[15]
A[5]		3.559	331.650	1.693	
B[10]	1.960	1.097	63.260	3.604	2.217
C[15]	1.815	5.981	64.467	22.029	4.073
D[20]	0.198	15.131	101.850	37.981	3.514
E[25]	1.968	28.778	91.328	53.374	6.310
F[35]	2.711	20.526	62.110	31.228	6.964
G[45]	3.455	11.395	27.432	16.409	7.618
H[55]	1.816	3.733	4.694	3.858	3.730
I[65]	1.680	1.095	1.464	1.475	1.140
J[75]		0.886	1.803	0.061	

<Fig. 4-35>는 측정된 분무량을 3차원 그래프로 나타낸 것이다.



<Fig. 4-35> 3D graph

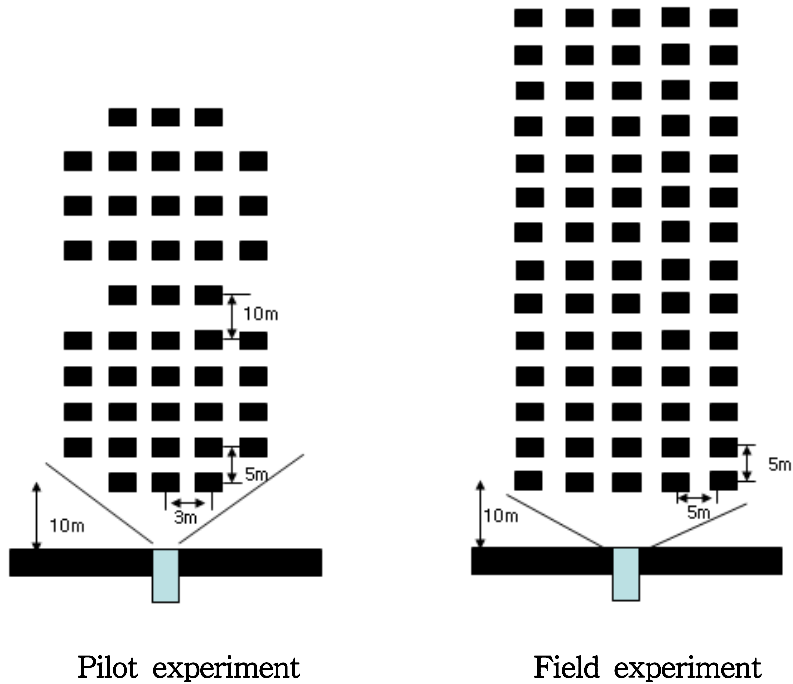
<Fig. 4-36>은 측정된 분무량을 그래프로 나타낸 것이다.



<Fig. 4-36> Graph

분무량 측정결과 최대 70m까지 살포가 되는 것을 알 수 있었다. 앞부분의 분무량은 그림 <Fig. 3-43>의 노즐의 살포위치 때문에 분무량이 집중되었다. 이분을 제외하면 횡방향 6m지점~12m지점에 살포가 집중되었다. 예비실험을 통해 본 현장실험에서도 적용이 가능할 것 이라 판단되었다.

본 현장실험은 2011년 10월 21일 동일한 장소인 경북김천시 대광동 진영종합기계에서 시행 하였다. 분무량 실험은 예비실험과 달리 물통의 수집개수와 간격에 차이를 두어 정확한 살포 분무량을 측정하고자 하였다. <Fig. 4-37>은 예비실험 방법과 현장실험의 실험방법의 차이를 나타낸 것이다. 보다 많은 데이터를 측정하고자 물통의 수를 증가시켜 측정하였다. 가로방향 5개, 세로방향 14개 총 70개를 설치하였다. 물통의 좌, 우 간격은 3m에서 5m로 위아래 간격은 5m로 배치를 하여 살포분무량을 분석하였다. <Fig. 4-38>은 물통을 배치한 현장모습을 나타 낸 것이다.



<Fig. 4-37> Experimental method



<Fig. 4-38> A feature which has deployed water tanks

<Fig. 4-39>는 중소형 살포기가 살포하는 현장모습을 나타낸 것이다. 살포실험 중 풍속은 0.23m/s 온도는 13.5°를 나타냈다. 그 외에 살포실험 중 바람의 영향을 알기위하여 바람의 방향을 조사하였다. 조사결과 남서 224°, 풍속은 0.22~0.32m/s로 살포기의 살포위치는 살포기를 기분으로 하여 남서 233°로 조사 되었다. 살포된 물의 양은 1000ℓ를 살포하였다.

<Fig. 4-40>은 약액탱크에서 정확히 물의 양을 1000ℓ로 조절하는 모습을 나타낸것이다.



<Fig. 4-39> A feature of spray for measuring spray quantity



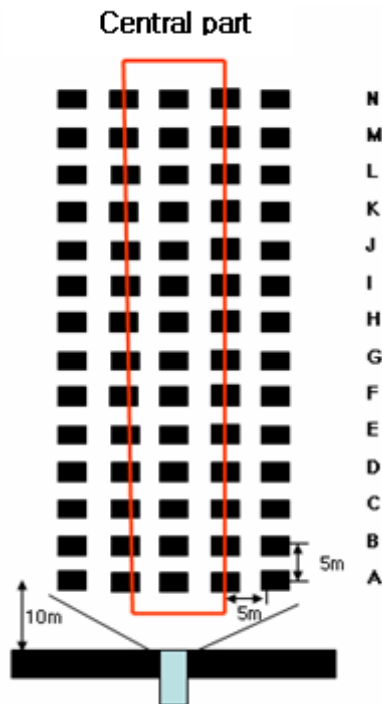
<Fig. 4-40> A feature of the adjustment of chemical liquid tank

<Fig. 4-41>은 중소형살포기가 살포된 후 용기에 물이 측정되어 있는 것을 나타낸 것이다.



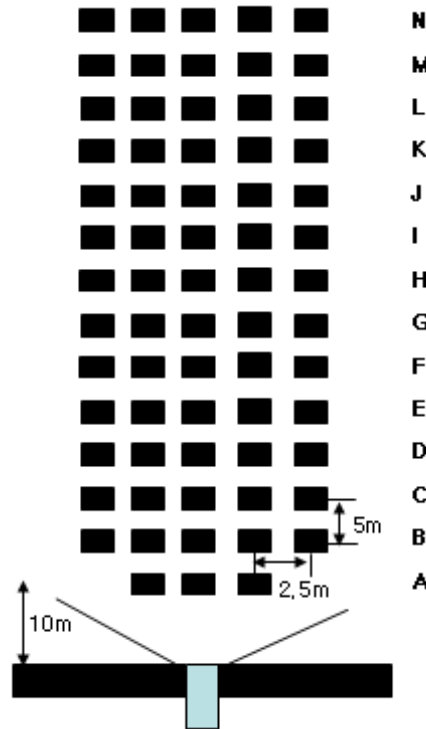
<Fig. 4-41> A feature that water is measured in a container

현장실험은 아침 07:40부터 10:00까지 2시간 20분이 소요되었다. 실험 결과 용기의 중앙부분을 중심으로 살포가 되었음을 알 수 있었다. <Fig. 4-42>는 살포기의 살포중심 구역을 나타낸 것이다.



<Fig. 4-42> Central region of spray

실험 결과 살포량이 중앙부분에 집중되어 정확한 살포기의 분무량을 측정할 수 없다고 판단되어 반복실험을 실시하였다. 2차 실험은 1차 실험과 달리 정확한 분무량을 알 수 있게 실험방법을 수정하여 실시하였다. <Fig. 4-43>은 2차실험의 실험방법을 나타낸 것이다. 용기의 배치는 앞줄을 제외한 세로방향 5개, 가로방향 13개 총 68개를 설치하였다. 간격은 좌, 우 2.5m, 앞, 뒤 5m의 간격으로 수정하였다. <Fig. 4-44>는 2차 실험 준비모습을 나타낸 것이다.



<Fig. 4-43> Experimental method





<Fig. 4-44> A feature of preparation of an experiment

<Fig. 4-45>는 중소형살포기가 살포하는 것을 나타낸 것이다. 1차 실험과 마찬가지로 최대 RPM인 상태로 살포를 하였다. 충분한 분무량을 분석하기 위해 1000ℓ 식 총 2차에 걸쳐 2000ℓ를 살포 하였다. <Fig. 4-46>은 살포된 후 용기에 묻어있는 물을 나타낸 것이다.



<Fig. 4-45> A feature of being sprayed



<Fig. 4-46> A feature which is measured within a water tank

<Fig. 4-47>은 물통을 전자저울에 분무량을 측정하는 모습이다. 물통의 무게인 60g을 제외하고 분무량을 측정하였다.



<Fig. 4-47> Measurement of spray quantity

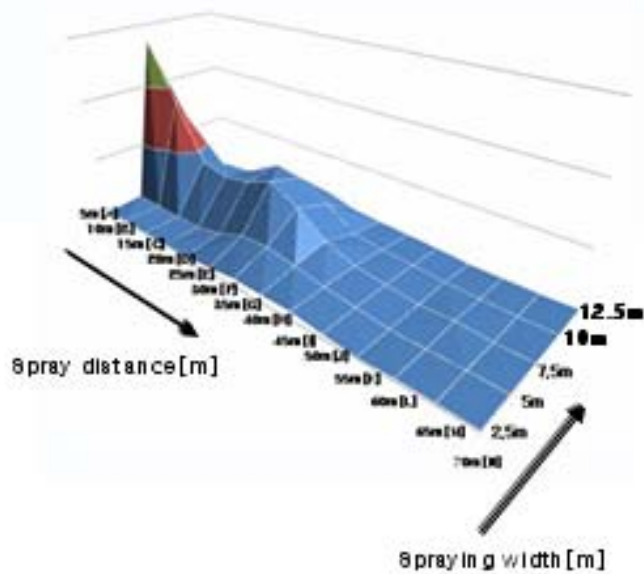
<Table 4-7>은 2차 Test를 통해 살포된 분량을 나타낸 것이다.

<Table 4-7> Sprayed capacity

(unit : g)

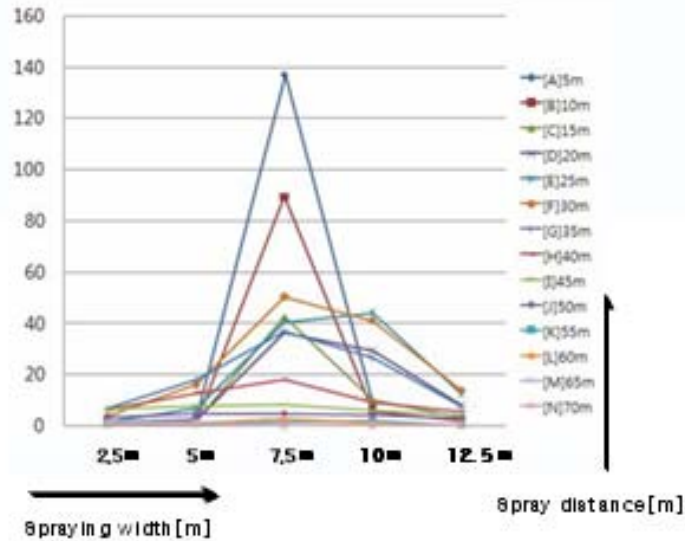
Spraying width[m] \ Spray distance[m]	[2.5]	[5]	[7.5]	[10]	[12.5]
A[5]		3.25	137.02	8.21	
B[10]	1.79	1.99	89.42	5.92	2.21
C[15]	1.01	1.81	42.45	10.02	3.08
D[20]	1.47	2.23	36.62	29.28	8.09
E[25]	1.39	6.98	40.62	44.02	12.73
F[30]	3.73	16.19	50.18	40.93	13.94
G[35]	6.78	17.77	36.65	26.38	7.53
H[40]	6.38	13.02	18.15	9.14	5.71
I[45]	6.61	8.07	8.40	6.04	4.32
J[50]	3.30	4.67	4.89	4.22	2.77
K[55]	0.86	1.26	1.57	1.86	0.44
L[60]	1.57	1.16	2.71	1.10	0.33
M[65]	1.42	1.31	0.23	0.49	0.12
N[70]	0.91	0.78	0.32	0.18	0.70

<Fig. 4-48>은 분무량을 측정을 한 것을 3차원 그래프로 나타낸 것이다.



<Fig. 4-48> 3D graph

<Fig. 4-49>는 분무량을 그래프로 나타낸 것이다.



<Fig. 4-49> Graph

현장실험결과 최대 70m까지 살포량이 미치는 것으로 나타났다. 맨 앞부분의 분무량은 노즐의 위치 때문에 판단되고, 50m 지점까지 살포의 분포량이 높은 것으로 나타났다. 55m~70m 지점은 살포량이 위부분보다는 감소하는 것으로 나타났다. 전체적인 분무량과 분포도는 부채 펼형태로 고르게 살포되는 것을 알 수 있었다. 중소형 살포기의 설계 목표인 60m지점까지 충분히 살포량이 미치는 것으로 판단된다.

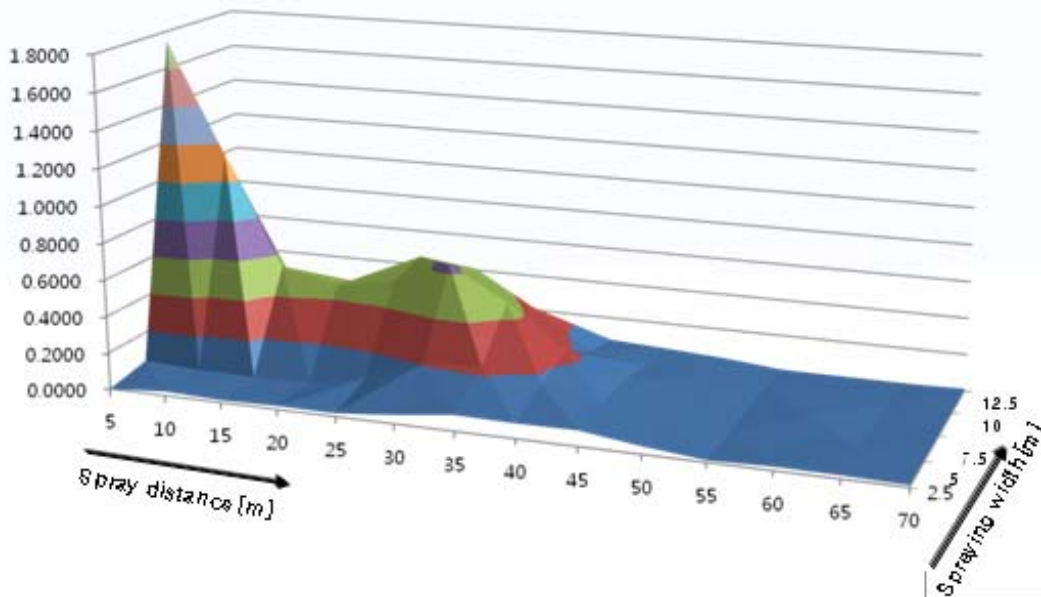
현장실험의 살포량을 Calibration을 하였다. Calibration을 한 이유는 실험의 결과값이 어느정도 정확도를 가지는지 알기위해 검증작업을 하였다. <Table 4-7>의 결과값을 가지고 먼저 물통 단위면적을 계산하였다. 단위면적은 직사각형 이라하고 그 면적에 얼마만큼 살포가 되었는지 계산하였다. 물통의 면적은 78.5cm<sup>2</sup>로 측정하였고, 1cm<sup>2</sup>당 g을 계산하여 <Table 4-8>와 같이 나타났다.

<Fig. 4-50>은 <Table 4-8>의 단위면적당 살포량의 측정값을 3D Graph로 나타낸 것이다.

<Table 4-8> Bucket area

(unit : g/cm<sup>2</sup>)

Spraying width[m] \ Spray distance[m]	[2.5]	[5]	[7.5]	[10]	[12.5]
A[5]	0.0000	0.0414	1.7455	0.1046	0.0000
B[10]	0.0228	0.0254	1.1391	0.0754	0.0282
C[15]	0.0129	0.0231	0.5408	0.1276	0.0392
D[20]	0.0187	0.0284	0.4665	0.3730	0.1031
E[25]	0.0177	0.0889	0.5175	0.5608	0.1622
F[30]	0.0475	0.2062	0.6392	0.5214	0.1776
G[35]	0.0864	0.2264	0.4669	0.3361	0.0959
H[40]	0.0813	0.1659	0.2312	0.1164	0.0727
I[45]	0.0842	0.1028	0.1070	0.0769	0.0550
J[50]	0.0420	0.0595	0.0623	0.0538	0.0353
K[55]	0.0110	0.0161	0.0200	0.0237	0.0056
L[60]	0.0200	0.0148	0.0345	0.0140	0.0042
M[65]	0.0181	0.0167	0.0029	0.0062	0.0015
N[70]	0.0116	0.0099	0.0041	0.0023	0.0089



<Fig. 4-50> 3D graph

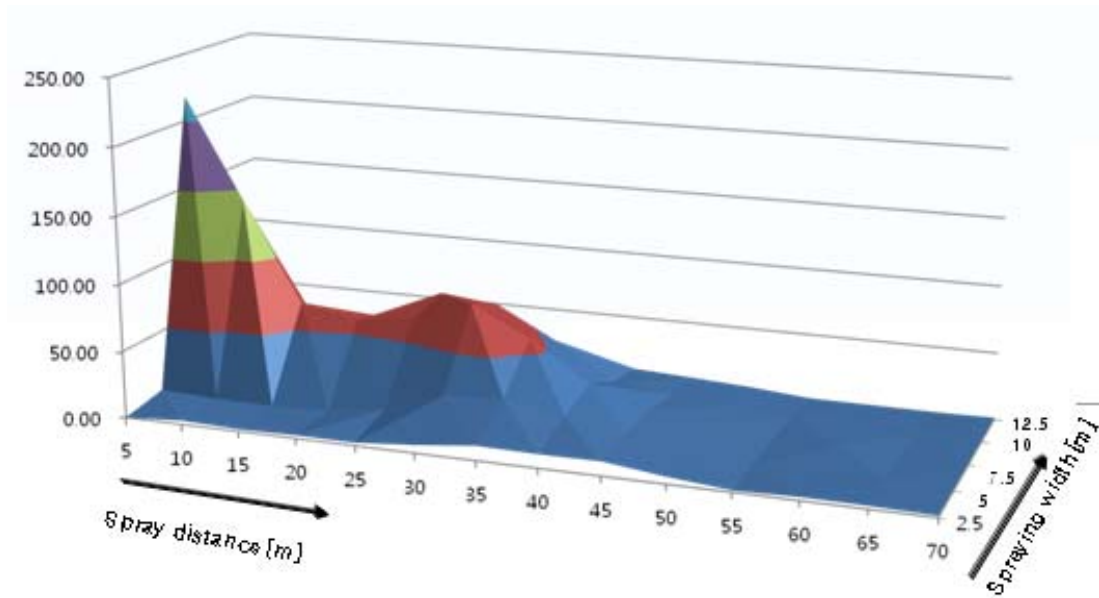
<Table 4-8>의 결과 값을 살포거리와 살포폭을 계산해서 kg당 단위면적을 구하고 계산을 통해 총 살포량을 계산하였다. 계산을 통해 얻은 살포무게는 1332.32kg로 계산되었다. 총 살포량이 2000ℓ을 기준으로 하여 살포무게는 2000kg으로 나타났다. <Table 4-9>는 살포거리와 살포폭의 kg당 계산된 단위면적의 결과 값이다. <Fig. 4-51>은 <Table 4-9>의 결과 값을 3D

graph로 나타낸 것이다.

<Table 4-9> Unit area

(unit : kg)

Spraying width[m] \ Spray distance[m]	[2.5]	[5]	[7.5]	[10]	[12.5]
A[5]	0.00	5.18	218.18	13.07	0.00
B[10]	2.85	3.17	142.39	9.43	3.52
C[15]	1.61	2.88	67.60	15.96	4.90
D[20]	2.34	3.55	58.31	46.62	12.88
E[25]	2.21	11.11	64.68	70.10	20.27
F[30]	5.94	25.78	79.90	65.18	22.20
G[35]	10.80	28.30	58.36	42.01	11.99
H[40]	10.16	20.73	28.90	14.55	9.09
I[45]	10.53	12.85	13.38	9.62	6.88
J[50]	5.25	7.44	7.79	6.72	4.41
K[55]	1.37	2.01	2.50	2.96	0.70
L[60]	2.50	1.85	4.32	1.75	0.53
M[65]	2.26	2.09	0.37	0.78	0.19
N[70]	1.45	1.24	0.51	0.29	1.11



<Fig. 4-51> 3D graph

## 제 5 장 요약 및 결론

우리나라의 경지면적에 적합하고 또한 경지정리 되지 않는 논, 경사지 논, 밭 및 다양한 작물 재배 농가에 적기 방제작업을 할 수 있는 중소형 살포기를 연구 및 개발하였다. 기존의 방제기와 다른 유효사거리가 70m의 균등살포 및 1인 방제작업이 가능한 에너지 절약형 중소형 살포기를 개발하였다. 주요 연구 결과를 살펴보면 다음과 같다. 살포기의 구동시스템은 “KS 규격”과 기존의 살포기와 유사하게 설계 제작하였다. 개발된 중소형 살포기의 바로 현장보급 및 상품화가 이루어져 농가에 적용 되어지고 있다. 앞으로 농기계의 국산화로 농업의 경쟁력과 수출로 파급효과가 증가할거라 판단된다. 본 중소형 살포기의 개발내용을 구체적으로 살펴보면 다음과 같다.

### 1. 중소형 살포기 설계 및 제작

중소형 살포기는 살포유효거리 60~70m 되도록 설계 및 제작되었다. 기본 적인 살포기의 설계 순서는 약제를 멀리 살포될 수 있도록 설계된 송풍기(FAN)를 설계 제작하였다. 살포기의 송풍구동시스템은 “한국 표준협회 KS 규격”을 기준으로 기존의 살포기와 유사하게 제작하였다. 먼저 살포기의 무게와 시스템을 기준으로 하여 메인 프레임과 살포기가 자유로이 살포 작업을 할 수 있도록 회전프레임, 각각의 엔진프레임을 설계 제작하였다. 그리고 각부의 엔진을 구동시스템에 배치하여 에너지 절감을 할 수 있도록 하였다. 기존의 살포기와 달리 리모컨 조절로 제어를 하여 농민들이 손쉽게 사용 할 수 있도록 하여 1인 살포작업을 할 수 있도록 제어시스템을 제작하였다.

### 2. 기초실험

개발한 중소형살포기의 필요한 살포거리 및 높이를 측정하기 위하여 국내의 과수 농가, 논, 밭, 축사 등의 규모를 조사하였다. 송풍기구의 좌우 회전 및 높이를 측정하여 논과 밭 과수농가, 노변의 가로수 등에도 살포가 가능한 것으로 나타났다. 본 포장실험에 앞서 기초적인 풍속 실험을 하여 직선거리 및 좌우 풍속을 측정하여 최대 80m까지 풍속이 가능한 것으로 나타났다.

### 3. 포장실험

중소형살포기의 포장실험은 분무량 및 분포도 실험을 하여 살포기의 성능을 분석하였다. 분포도 실험은 실험용지(A4, 일반용지)를 사용하였다. 용지의 배치는 10m의 간격으로 세로방향 5개, 가로방향 10 총 50개의 실험구를 설치하한 후 살포기가 이동하면서 분사한 색소를 보고 판단하였다. 분석방법은 실험용지에 묻어있는 색소를 영상처리를 하여 정확한 살포균등도를 분석하였다. 분석결과 실험을 통하여 유효사거리인 60m까지 살포가 된 것을 알 수 있었다. 분포도 실험은 이동거리별 분석과 살포기를 고정시킨 후 살포하는 방법 2가지방법을 통해 실험을 하였다. 살포기를 시작점에 위치시킨 후 용지를 가로방향을 10m 간격으로 8개 세로방향 3m간격 5개 총 40개를 설치 한 후 살포기가 고정된 위치에서 살포한 색소를 보고 판단하여 분포를 분석하였고 영상처리를 통해 최대 70m이상 살포가 되는 것을 알 수 있었다.

분무량 실험은 시중에서 판매되고 있는 일반 물통을 사용하였다. 예비실험은 정확한 데이터 수집을 위해 용기의 간격배치는 3m간격으로 세로방향 5개, 5m 간격으로 10개의 용기를 배치하였다. 분석방법은 살포된 물을 전자저울로 측정하여 무게로 분무량을 측정하였다. 현장 실험은 정확한 분석을 하기위해 분무량 실험은 용기의 수집개수와 그 간격에 차이를 두어 좀더 정확한 살포의 분무량을 반복 실험하였다. 반복 실험결과 물통의 무게를 제외한 부분을 측정하였을 때 유효사거리인 60~70m까지 살포가 미치는 것으로 분석되었다. 살포액은 부채꼴 형으로 고르게 살포되었다. 이는 농가의 적용 되었을 경우 우수한 성능을 나타낼 것으로 판단된다.



## 참고문헌

- [1] 강성삼, 김성도, 최상호. 2004 유체기계. 북스힐
- [1] 농업기본통계조사 보고서(2004). 통계청 2005
- [2] 한국 표준협회 “KS 송풍기의 시험 및 검사방법 KS B 6311”
- [3] 최준홍. 원거리 방제기 고속 팬(FAN) 개발 농림수산식품부 2008
- [4] 이승수, 김학선, 천승현. 2003 3차원 CAD를 이용한 축류 팬 모델링 자동화 기술개발.  
Journal of Industrial Science and Technology Institute Vol. 17, No. 1, pp. 165-171
- [5] 류관희, 김영주, 조성인, 이중용. 친환경 정밀농업을 위한 입체 변량살포기 개발(1). 바이오 시스템공학 Vol. 31, No. 4, pp. 305~314(2006)
- [6] 김영주, 김학진, 서민, 이중용. 친환경 정밀농업을 위한 입체 변량살포기 개발(2). 바이오 시스템공학 Vol. 31, No. 6, pp. 474~481(2006)
- [7] 김찬우, 문은숙. 2006. 송풍기의 표준화 및 국제규격. 유체기계저널 v.9 no.4 pp. 57-63
- [8] 구재인, 정진택, 김광호. 2001 설치각 변화에 의한 축류 팬의 성능예측에 관한 연구. 대한설비공학회 하계학술발표회 논문집 pp. 1257-261
- [9] 김희룡, 김광호. 1999 산업용 팬의 연구개발 동향. 유체기계저널. 제2권. 제3호
- [10] 박호동, 정명균. 1991 축류 터빈의 설계 변수 및 설계 변수의 제한조건이 성능에 미치는 영향. 대한기계학회논문집, v.15 no.6, pp. 2109-2124
- [11] 손상범, 주원구, 조강래, 남형백, 윤인규. 1999 남임우축류 송풍기의 공력학적 설계. 유체기계저널 v.2 no.1 = no.2, pp. 22-28
- [12] 윤용상, 송성진, 김홍원, 조성희. 2001 회전 환경에서의 축류 터빈 성능평가. 유체기계저널 v.4 no.3 = no.12, pp. 46-52
- [13] 이승수, 김학선, 이영규, 박동명. 2002 축류 팬의 표준 제품 선정 자동화 시스템구축.  
Journal of Industrial Science and Technology Institute vol. 16, No. 1, pp. 287~293
- [14] 이승수, 김학선, 천승현. 2003 3차원 CAD를 이용한 축류 팬 모델링 자동화 기술개발. Journal of Industrial Science and Technology Institute vol. 17, No. 1, pp. 165-171
- [15] 이찬, 김광용. 1999 국내 송풍기 업체의 현황 조사 및 분석. 유체기계저널 v.2 no.3 = no.4, pp. 83-86
- [16] 조봉수, 조종현, 정양범, 조수용. 2007 최적화기법을 이용한 축류형 송풍기 개발에 관한 연구. 유체기계저널 v.10 no.6, pp. 7-16

- [17] 한국 표준협회 “KS 송풍기의 시험 및 검사방법 KS B 6311
- [18] A. J. Pesarini, R. Bigot, V. J. Nadal Mora, C. A. Di Bernardi and P. J. Ringegni, 2002, “Theoretical analysis related to aspects of the pitot probe methodology in flow rate determination for blowers performance tests”, *Flow Measurement and Instrumentation*, Volume 12, Issues 5-6, pp. 373-377
- [19] A. Maaloum, S. Kouidri, F. Bakir and R. Rey, 2003, “Effect of inlet duct contour and lack thereof on the noise generated of an axial flow fan”, *Applied Acoustics*, Volume 64, Issue 10, pp. 999-1010
- [20] A. Maaloum, S. Kouidri and R. Rey, 2004, “Aeroacoustic performance evaluation of axial flow fans based on the unsteady pressure field on the blade surface”, *Applied Acoustics*, Volume 65, Issue 4, pp. 367-384
- [21] Andrea Cattanei, Riccardo Ghio and Alessandro Bongiovi. 2007, “Reduction of the tonal noise annoyance of axial flow fans by means of optimal blade spacing“, *Applied Acoustics*, Volume 68, Issues 11-12, pp. 1323-1345
- [22] Beiler, M. G. 1999 Carolus, T. H, *Computation and Measurement of the Flow in Axial Flow Fans With Skewed Blades*, *J. Turbomachinery*, vol. 121, pp. 59-66
- [23] Cai-ling Jiang, Jiang-ping Chen, Zhi-jiu Chen, Jie Tian, Hua OuYang and Zhao-hui Du, 2007, “Experimental and numerical study on aeroacoustic sound of axial flow fan in room air conditioner”, *Applied Acoustics*, Volume 68, Issue 4, pp. 458-472
- [24] E. J. Margetts, 1987, “A demonstration that an axial fan in a ducted inlet ducted outlet configuration generates predominantly dipole noise”, *Journal of Sound and Vibration*, Volume 117, Issue 2, pp. 399-406
- [25] Frank P. Bleier, 1997, “*Fan Handbook Selection, Application, and Design*” McGraw-Hill, pp. 4.34-4.37
- [26] F. Wang, L. Bai, J. Fletcher, J. Whiteford and D. Cullen, 2008, “Development of small domestic wind turbine with scoop and prediction of its annual power output”, *Renewable Energy*, Volume 33, Issue 7, pp. 1637-1651
- [27] Gérald Kergourlay, Smaïne Kouidri, Gary W. Rankin and Robert Rey, 2006, “Experimental investigation of the 3D unsteady flow field downstream of axial fans”, *Flow Measurement and Instrumentation*, Volume 17, Issue 5, pp. 303-314

- [28] G. R. Cayley, D. C. Griffiths, P. J. Hulme, R. J. Lewthwaite and B. J. Pye, 1987, "Tracer techniques for the comparison of sprayer performance", *Crop Protection*, Volume 6, Issue 2, pp. 123-129
- [29] János Vad and Ferenc Bencze, 1998, "Three-dimensional flow in axial flow fans of non-free vortex design", *International Journal of Heat and Fluid Flow*, Volume 19, Issue 6, pp. 601-607
- [30] J. Estevadeordal, S. Gogineni, W. Copenhaver, G. Bloch and M. Brendel, 2000, "Flow field in a low-speed axial fan: a DPIV investigation", *Experimental Thermal and Fluid Science*, Volume 23, Issues 1-2, pp. 11-21
- [31] Jesús Manuel Fernández Oro, Katia María Argüelles Díaz, Carlos Santolaria Morros and Eduardo Blanco Marigorta, 2007, "On the structure of turbulence in a low-speed axial fan with inlet guide vanes", *Experimental Thermal and Fluid Science*, Volume 32, Issue 1, pp. 316-331
- [32] J. Jilesen, F.S. Lien and H. Ahn, 2006, "Investigation of increased performance of close series stacked tube axial fans due to inclusion of diffuser element", *Microelectronics and Reliability*, Volume 46, Issues 5-6, pp. 984-993

## 주 의

1. 이 보고서는 농림수산식품부에서 시행한 생명산업기술개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 농림수산식품부에서 시행한 생명산업기술개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니 됩니다.