

최 중
연구보고서

원거리 방제기 고속 팬 개발

The High Speed Fan of Long Distance Spreader

연 구 기 관
진 영 종 합 기 계

농 립 수 산 식 품 부

제 출 문

농림수산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “원거리 방제기 고속 팬 개발” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2008년 4월 30일

주관연구기관명 : 진영종합기계
총괄연구책임자 : 최 준 홍
세부연구책임자 : 최 준 홍
연 구 원 : 박 하 규
연 구 원 : 강 만 석
연 구 원 : 송 경 복
연 구 원 : 한 명 진
연 구 원 : 박 명 준
협동연구기관명 : 성균관대학교
협동연구책임자 : 이 대 원

요 약 문

I. 제 목

원거리 방제기 고속 팬 개발

II. 연구개발의 목적 및 필요성

1. 목적

- 고속 팬을 이용하여 살포거리 140m 까지 살포
- 논농사의 경우 : 논두렁에서 살포할 수 있어 논에 직접 들어가지 않아도 됨
- 밭농사의 경우 : 밭둑에서 살포 가능
- 광역 거리 살포로 인한 인체의 피해 감소

2. 연구개발의 필요성

- 광역 거리 살포에 의한 방제 노동력 및 방제 시간 감소
- 동시에 넓은 지역에 방제
- 경지 면적이 넓은 지역에서 동시 방제로 인한 방제 비용 절감
- 140m 인 원거리 방제기 팬의 개발로 수출 가능
- 일본 MARUYAMA사의 제품을 수입하여 공급하고 있음
- 국내에서 방제용 팬에 대한 연구는 없음
- MARUYAMA사의 방제 거리는 최대 120m 이며, 국내의 경지정리 및 전업농으로 인하여 140m 범위의 살포를 원하고 있어 적용하는 것은 문제가 있음

Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

1. 시작기의 설계 및 제작

- 팬과 관련한 자료 수집
- 팬의 모델선정 및 설계
- 팬의 유체역학적 분석
- 분석한 데이터에 의한 팬 설계
- 팬 구조 설계 및 시작품 제작
- 팬의 송풍실험에 의한 팬 설계 보완
- 설계 보완된 팬의 역학적 분석 및 검증
- 시스템의 최종 제작
- 상업성 검토

2. 제어 시스템의 제작 및 팬의 송풍 실험, 분석

- 방제기 관련 자료 수집
- 팬의 송풍 실험 설계
- 제어 시스템 알고리즘 개발
- 구동 시스템의 설계
- 제어 및 구동 시스템의 일부 제작
- 송풍 실험을 위한 구동 시스템 제작
- 팬의 고속 평균 살포량, 살포거리 분석
- 시스템의 정확도 및 안정성 실험
- 보완 제작된 팬의 최종 성능 분석 및 검증

IV. 연구개발결과 및 활용에 대한 건의

본 연구에서는 원거리 방제기 고속 팬을 개발하였다. 설계 제작한 고속 팬을 현장 실험 한 결과 일본 마루야마에서 생산되는 방제기 보다 우수한 결과를 얻었다. 개발된 원거리 방제기 고속 팬은 바로 현장보급이나 상품화가 가능하리라고 판단된다. 따라서 본 연구에서 개발한 원거리 방제기 고속 팬의 경우 바로 농가에서의 수용이 가능할 것이다. 본 연구의 개발 내용을 구체적으로 살펴보면 다음과 같다.

1. 실내 실험

광역방제기의 팬은 최고 살포거리가 140m이고 유효 살포거리가 100m가 되도록 설계 및 제작 되었다. 따라서, 광역방제기가 멀리 살포될 수 있도록 설계된 팬의 풍량은 $3,600\text{m}^3/\text{min}$, 정압은 100mmAq 로 하였다. 이러한 팬의 성능을 측정하고 분석하기 위하여 덕트를 이용한 풍동실험장치를 구성하였다.

본 실험에 앞서, 풍량 $600\text{m}^3/\text{min}$, 전압 500mmAq 을 요하는 팬을 이용하여 기초 실험으로 수행하였다. 덕트 끝단에 설치된 스톱 밸브를 통하여 풍량을 조절하며, 송풍 출구와 정류격자 사이에 설치된 피토크를 이용하여 전압과 정압을 측정하였다.

풍량은 5개의 구간으로 나누고, 각 풍량에서 덕트 단면 내의 10개 지점에서 피토크 측정을 하였다. 이렇게 풍동실험을 통해 나온 결과를 예측된 결과와 비교하여 방제기 팬의 성능을 분석하였다. 측정 결과 풍량에 따른 축동력은 예측한 성능곡선과 비교하였을 때 실험 팬의 최적설계사양인 점에서 최소의 오차가 났으며, 동력 효율이 최대로 나타났다. 소음측정 결과는 92.1dB 로 나타나 환경기준인 85dB 에는 미달되지만 밀폐된 실험장소를 감안한다면 기준에 적합한 것으로 판단되었다. 본 실험에 있어서도 측정된 결과가 예측된 풍량 $3,600\text{m}^3/\text{min}$ 에서 축동력 및 압력 등이 최소의 오차를 보이며 효율이 최대로

나타날 것으로 판단된다.

2. 현장 실험

방제기 분야에서 전통과 기술력이 인정받고 있는 일본 마루야마에서 개발한 원거리 고속펜과 비교실험을 하였다. 비교 실험 결과 일본 마루야마에서 개발한 원거리 펜은 120m 살포를 한 반명 자체 개발한 원거리 방제기 고속펜은 160m 까지 살포가 가능하였다. 계획은 140m 살포를 목적으로 하였으나 현장 실험을 통하여 160m 이상 살포하였다.

지금까지 원거리 방제기는 일본에서 개발된 제품을 수입하여 국내에 보급하였으나 앞으로는 성능, 가격 및 A/S 측면에서 유리한 국산 원거리 방제기가 시장을 점유할 것으로 판단된다. 또한, 국내 기술력의 발전으로 일본으로 역수출 및 국가 위상 확립에도 기여할 것이다. 주요 연구 결과를 살펴보면 다음과 같다.

실험은 시중에서 판매되고 있는 플라스틱 컵을 사용하였다. 컵의 배치는 10m 간격으로 종방향 5개, 횡방향 18개 총 90개를 설치한 후 원거리 고속 방제기가 이동하면서 분사한 양을 보고 분포도를 작성하였다. 또한, 10m 간격으로 지상에서 1m 위치에 A4 용지를 부착한 후 용지에 흡착한 용액을 2치화 영상처리를 하여 살포량 및 살포거리를 측정하였다. 성능실험을 위하여 일본 마루야마에서 개발한 120m 살포용 방제기와 비교 실험도 수행하였다. 실험 설계는 방제기가 이동한 거리를 x축, y축은 용기의 놓인 위치를 나타낸 것이다. 총 90개의 실험 구를 두어 실험 설계하였다.

용지를 10m 간격으로 지상 1m 지점에 A4 용지를 부착한 후 살포하고, 용지를 수거하여 영상처리를 이용하여 이치화 하였다. Gray level은 0에서 255, Intensity는 백색은 0 흑색은 1로 나타낸 결과 160m까지 살포가 되었다.

분무지점에서 분무방향과 수직을 이루는 거리를 5m 간격으로 고정하고, 분무량과 수평을 이루는 지점에 따른 분무량 및 관찰자 4명의 데이터를 이용하

여 평균을 구했다. 실험결과 방제기가 출발하면서 방제한 경우와 방제기가 도착하면서 방제를 정지한 경우를 제외하고 전구간에서 일본 마루야마사의 방제기 보다 높은 살포량을 보였다.

SUMMARY

I . TITLE

The High Speed Fan of Long Distance Spreader

II . Objectives and importance of development

1. Purpose

- Spray up to 140m using the high speed fan
- A paddy field : It has to be able to spray at a levee so that we need not to enter a field
- A field : It has to be able to spray at a levee
- Decrease of worker's damage because of spraying upon a wide area

2. Necessity of research and development

- Decrease of manpower and spraying time because of spraying upon a wide area
- Spraying upon a wide area at a time
- Decrease of cost because of spraying upon a wide area at a time
- Possibility of exporting developed 140m wide spraying fan
- We are supplying a machine which was imported from MARUYAMA of Japan
- Researches on fan for spraying are rare in domestic
- MARUYAMA's spraying distance is 120m at most, and it has many problems to accept it because domestic farmers want that it is able

to spray up to 140m because of the readjustment of arable land and a full-time farmers

III. Contents of development

1. Design and making of initiator

- Collecting materials about the fen
- Choosing model of the fen and design
- Analysis of the fen with Fluid Dynamics
- Fen design using analyzed data
- Design a structure of the fen and making a trial product
- Complement of fen design with ventilation experiments of the fen
- Dynamical analysis and verification of the designed and complemented fen
- Final making of the system
- Examination of commercial quality

2. Making of control system ,ventilation experiment of the fen and analysis

- Collection materials about spraying machine
- Design of ventilation experiment of the fen
- Design of running system
- Making a part of control and running system
- Making running system for ventilation experiment
- Analysis of average amount of the sprayed and sprayed distance
- Experiment of accuracy and stability
- Final efficiency analysis of complemented and manufactured fen and verification

IV. The result and utilization of development

In this research, the wide-area spraying high speed fen is developed. After field experiments, we obtained better result than products which is made in MARUYAMA in Japan. Developed wide spraying high speed fen is determined that it be possible to be supplied directly and be a merchandise. As a result, in case of the wide spraying high speed fen which is developed in this research, it will be possible for a farm family to accept it immediately. Contents of development in this research are followed below.

1. Making and experiment of the high speed fen
2. Design and analysis of the fen

We conducted a comparison experiment of our wide-area spraying high speed fen with a fen which was developed by Japanese MARUYAMA have been much recognized for it's history and skills in a field of spraying machine. In result, MARUYAMA's fan sprayed up to 120m and ,on the other hand, wide-area spraying high speed fen of our own making was able to spray up to more than 160m.

Wide-area spraying machine have been supplied to domestic demands by importing from Japan, but it is determined to be possible that home products will occupy market for it's ability, price and A/S environment in future. In addition, domestic technique developments will contribute to inversely exporting to Japan and establishment of national dignity. The main research results are bellow.

Some plastic cups which are in the open market are used for our

experiment. After distributing 90 cups in a range of 10m vertically with localizing 5 cups horizontally and 18 cups vertically, spraying machine was moved and finally we make distribution charts by estimating the sprayed amounts on each cup. Also, we attached A4 paper with 1m heights from ground with an 10m interval and estimated sprayed amount and spraying distance by binarization image processing of solution which was absorbed on the papers. For capability experiment we conducted a comparison experiment with a 120m spraying fan which was developed by MARUYAMA of Japan.

We attached A4 papers with 1m heights from ground with 10m interval, and collected the papers and conducted binarization by image processing. The grey level range was from 0 to 255, and the intensity was 0 for white and 1 for black. In result, ours was able to spray up to 160m.

Vertical distance was set up to 5m and we calculated average values by using sprayed amount and data of 4 observers. In result our fan showed much sprayed amounts than MARUYAMA all over the field except situations of vehicle departing and stopping.

CONTENTS

Section I. Introduction	15
Chapter 1. Introduction	15
Chapter 2. Goal and contents of study	18
1. Goal of study	18
2. Contents of study	18
Section II. Basic study	20
Chapter 1. Computation of voltage and static pressure of fen	20
Chapter 2. Pitot tube crossing, transfer, static pressure, velocity and wind volume	21
Chapter 3. Pitot tube transfer, static pressure, output and efficiency	22
Chapter 4. Wind volume computation of fen	23
Section III. Experiment in door	24
Chapter 1. Introduction	24
Chapter 2. Equipment and method	25
1. Experimental equipment	25
2. Experimental method	30
Chapter 3. Result and investigation	34
1. Basic experiment	34
2. Capacity curve expectation	43
Chapter 4. Summary and result	46
Section IV. Experiment in the field	47
Chapter 1. Introduction	47

Chapter 2. Equipment and method	49
1. Experimental equipment	49
2. Experimental method	54
Chapter 3. Result and investigation	57
1. Binarization image processing	57
2. Sprayed amount by vehicle movement	62
3. Sprayed by each distance	68
Chapter 4. Summary and result	85
References	87
<Appendix> Drawings	92

목 차

제 1 장 서 론	15
제 1 절 서 설	15
제 2 절 연구개발의 목표 및 내용	18
1. 연구개발의 목표	18
2. 연구개발의 내용	18
제 2 장 이론적배경	20
제 1 절 팬의 전압 및 정압의 산출	20
제 2 절 피토크 환단 이송, 동압, 속도 및 풍량	21
제 3 절 피토크 이송, 정압, 출력 및 효율	22
제 4 절 팬의 풍량 산출	23
제 3 장 실내 실험	24
제 1 절 서 론	24
제 2 절 장치 및 방법	25
1. 실험 장치	25
2. 실험 방법	30
제 3 절 결과 및 고찰	34
1. 기초 실험	34
2. 예상 성능 곡선	43
제 4 절 요약 및 결론	46
제 4 장 현장 실험	47
제 1 절 서 론	47
제 2 절 장치 및 방법	49
1. 실험 장치	49

2. 실험 방법	54
제 3 절 결과 및 고찰	57
1. 2차화 영상처리	57
2. 원거리 방제기 이동에 따른 팬의 살포량	62
3. 거리별 살포량	68
제 4 절 요약 및 결론	85
참고문헌	87
<부 록> 도면	92

제 1 장 서 론

제 1 절 서 설

현재 우리나라의 농가 및 농가인구는 최근 10년간(1994~2004) 꾸준히 감소되고있다. 특히 연평균 농가감소율은 2.3%로 나타났고, 10년전에 비해 농가수는 20.4%(-318천가구) 감소 되었다. 하지만, 1가구당 경지면적의 규모를 보면 전채농가중 5.0ha(약 1,500평)미만의 소규모 경작농가와 5.0ha(약 15,000평)이상의 대규모 경작농가는 늘어났다. 이러한 농가의 주된 영농형태를 보면 논벼(51.5%), 채소(21.1%), 과수(11.0%) 순으로 나타났고, 자세한 내용은 <Table 1-1, 2, 3> 과 같다.

<Table 1-1> Farm households and population

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

<Table 1-3> Number of farm households by size of corpland (unit : 1000 households)

Year	Total	Farming types		
		Paddy field & Rice	Fruit tree	Vegetables
2002	1,280(100.0)	705(55.1)	137(10.7)	241(18.8)
2003	1,264(100.0)	660(52.2)	133(10.5)	257(20.3)
2004	1,240(100.0)	640(51.5)	136(11.0)	262(21.1)

농가수와 농가인구는 줄어드는 반면 가구당 경지면적은 증가하고 있다. 특히 우리나라의 주 농산물이 벼, 채소 같은 넓은 경지면적을 갖는 농산물이 대부분을 차지하고 있어 넓은 면적을 적기에 방제할 수 있는 방제작업이 필요하다.

방제작업은 넓은 경지면적을 갖는 농민들에게는 매우 중요한 작업이다. 적기에 방제작업을 할 경우 그에 따른 생산량의 증대를 기대할 수 있다. 그러나 방제 작업을 하기 위해서는 많은 노동력을 필요로 하지만 인력부족으로 적기의 방제작업이 어려워지고 있다. 특히 방제작업시 발생하는 약품의 인체노출도 큰 문제점으로 지적되고 있다.

우리나라와 달리 외국(미국, 호주 등)의 경우를 보면 항공기를 이용하여 방제 작업을 하고 있다. 이러한 방식은 외국의 경우처럼 대규모 경지면적 방제를 할 경우 그 생산 가치가 있다. 하지만 우리나라는 외국에 비해 경지면적이나 모양, 그리고 방제 작업시 생겨나는 경제적인 측면으로 인해 항공방제 작업이

어려운 실정이다. 이러한 문제점들을 해결하고자 우리나라와 경지규모가 비슷한 일본의 광역방제기의 수입의존도가 증가하고 있다. 그러나 우리나라와 일본의 경지규모가 상이하어 우리나라의 경지면적에 방제작업을 할 경우 짧은 시간에 넓은 면적에 방제작업이 어렵다. 또한 포장 밖(논두렁, 밭둑)에서 방제작업이 힘들고, 수입에 의한 방제비용도 높다는 것도 큰 문제점들로 나타나고 있다. 이로 인한 문제점들을 해결하고 우리나라의 경지면적에 적합하고 동시에 짧은 시간에 넓은 지역 및 적기에 방제 할 수 있는 한국형 광역방제기 개발이 필요하다.

제 2 절 연구개발의 목표 및 내용

1. 연구개발의 목표

- 고속 팬을 이용하여 살포거리 140m 까지 살포
- 논농사의 경우 : 논두렁에서 살포할 수 있어 논에 직접 들어가지 않아도 됨
- 밭농사의 경우 : 밭둑에서 살포 가능
- 광역 거리 살포로 인한 인체의 피해 감소

2. 연구개발의 내용

- 현재 수입·공급되는 방제기의 경우 최대 살포거리가 120m임
- 국내의 경우 경지정리 및 전업농으로 인하여 140m 범위의 살포를 원하고 있음
- 140m 범위의 살포가 가능하기 위해서는 고속 팬의 연구 개발이 필요하며 국산화가 시급함
- 구체적 연구 내용
 - 현재 개발되어 사용되어지고 있는 방제기와 팬의 성능에 대한 자료를 수집
 - 수집된 자료를 토대로 한국형 고효율 광역 방제기용 팬 모델을 선정
 - 기초 설계된 팬의 역학적인 분석 및 유체 전산해석을 통하여 이론적인 검증을 수행
 - 시제품 제작에 앞서 이론적 검증이 완료되고 설계된 팬에 의하여 다양한 유체상태를 적용한 시뮬레이션 실험 수행
 - 최적화된 설계 변수 및 인자를 이용한 팬 구조 설계 및 시제품 제작
 - 팬의 성능을 검증하기 위해선 팬의 송풍 성능 실험을 위한 시스템이 필요
 - 송풍 실험을 설계하고 제어 시스템의 알고리즘을 개발
 - 제어 시스템을 기반으로 구동 시스템을 설계 및 제작
 - 팬의 송풍 실험 및 성능 분석을 통하여 보완 인자 및 변수를 설계인자에 추가

- 송풍실험을 토대로 팬의 설계를 보완하고 팬을 최종 제작
- 최종 제작된 팬의 송풍 실험과 환경에 따른 방제량, 방제거리와 같은 외부 환경을 고려한 실험 수행 및 성능 분석
- 시스템의 정확도 및 안정성에 관한 실험을 수행하고 최종 성능곡선 작성
- 원거리 광역 방제기용 고속 팬의 상업성 분석

제 2 장 : 이론적 배경

제 1 절 팬의 전압 및 정압의 산출

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

$$P_t = P_{t_2} - P_{t_1} \dots\dots\dots (2-1)$$

$$P_s = P_t - P_{d_2} \dots\dots\dots (2-2)$$

$$P_{t_2} = h_{s_2} + h_{d_2} + \Delta_2 \dots\dots\dots (2-3)$$

$$P_{t_1} = h_{s_1} + h_{d_1} - \Delta_1 \dots\dots\dots (2-4)$$

피토관을 사용하는 경우

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

피토관에 의한 공기량의 산출은 다음과 같다.

$$Q_1 = 60A_{v_1} \sqrt{\frac{2ghd_1}{r_1}} \dots\dots\dots (2-6)$$

$$Q_2 = 60A_{v_2} \sqrt{\frac{2ghd_2}{r_2}} \dots\dots\dots (2-7)$$

제 2 절 피토크관 횡단 이송, 동압, 속도 및 풍량

팬의 풍량은 피토크관을 횡단 이송시키면서 측정된 동압 (P_{v3y})으로부터 계산할 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 (ρ_3)와 이 단면에서의 동압 (P_{v3})을 가지고 다음 공식을 계산한다.

$$V_3 = \sqrt{2P_{v3}/\rho_3} \dots\dots\dots (2-9)$$

피토크관 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.

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

제 3 절 피토관 이송, 정압, 출력 및 효율

피토관 횡단 이송 측정으로부터 팬의 동압을 측정할 때, 팬의 동압 (P_v)은 동압 (P_{v3})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_s 와 P_x 간의 차가 1000Pa 미만일 때에는 ρ_3 와 ρ_x 는 같다고 생각하여도 좋다. 팬의 전압 (P_t)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_t)과의 곱에 비례할 것이다. 그러나 공기는 압축성 유체이기 때문에 열역학적 효과가 출력에 영향을 미치게 된다. 그러므로 출력을 $QP_t K_p$ 에 비례하게끔 압축 계수 (K_p)를 사용하여야 한다.

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

팬의 전압 효율은 팬의 입력에 대한 출력의 비로 정의 한다.

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

팬의 정압효율 (η_p)은 팬의 전압효율 (η_t)과 팬의 전압에 대한 정압의 비를 사용하여 다음 식으로 계산할 수 있다.

$$(\eta_p) = \eta_t (P_s / P_t) \dots\dots\dots (2-16)$$

제 4 절 팬의 풍량 산출

덕트(관내)내의 유속이 u 압력이 P_s 일 때 피토크관 선단 A에서의 유속 0이 된다. 이것을 베르누이정리에 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 C를 곱한다.

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

C를 속도계수, 또는 피토크관 계수라 하며 피토크관의 형상, 레이놀즈수에 따라 변하는 값이고, 보통 0.98~1.01정도이다. 평균 유속을 V_m , 단면적을 A라 하면 풍량은 다음의 식으로 계산할 수 있다.

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

제 3 장 실내 실험

제 1 절 서 론

우리나라의 방제작업시 가장 중요한 점은 짧은 시간에 넓은 면적에 약품을 살포하는 것이다. 특히 논 이외에 콩, 보리, 야채 등 예도 사용가능 해야 한다. 현재 일본에서 수입되고 있는 방제기는 최대거리 120m정도를 살포할 수 있다. 하지만 국내의 경지형태나 면적에 의해 우리나라에서 적용하기에는 많은 문제점들이 나타나고 있다. 이러한 문제점들을 해결하기 위해서는 최대 방제거리가 140m이상이며, 유효방제거리가 100m로 균등하게 살포할 수 있는 광역방제기 개발이 시급하다.

최(1997)등은 실제로 산업체에서 설계·제작한 축류 팬에 대하여 기본적인 성능실험(회전수(rpm), 풍량(m^3/min), 전압력(mmAq) 등)과 분석을 수행하여, 향후 설계에 필요한 자료의 도출과 설계기술 개발을 위한 세부실험을 통해 충분한 성능을 발휘하는 축류 팬을 설계·제작 하였다.

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.

구(2001)등은 축류 팬의 설치각 변화에 따른 설계점/탈계점을 편차각 모델과 결합하여 설계점의 성능을 예측하였다. 예측방법은 설치각과 유량변화로 발생하는 입사각을 고려하여 입구유동각과 축구날개각의 차이로 정의되는 수정된 캠버각(K)을 편차각 모델을 적용, 팬내 유동의 전압력손실을 형상손실, 2차유동 손실, 끝 간격 손실, 벽면 경계층 손실을 적절한 반경방향 분포모형과 상관관계식을 결합, 예측 분석하여 관계식과 유용성을 확인 하였다.

Frank(1994)등은 가변 피치형 축류 팬의 성능특성 및 3차원, 비정상 유체 유

동장을 실험을 통해 분석하여 가변 피치형 축류 팬의 블레이드 설치각도를 조절하여 원하는 유량과 압력을 설정하여, 유동장을 주유동과 2차유동 영역으로 구분하여 유량을 변화시키며 몇 가지 다른 블레이드 설치각도에서 경사형 열선풍속계를 이용하여 유동장을 측정하였다.

Sullivan(1998)등은 천음속 압축기에서 회전방향 불균일 입구유동을 연구하였다. 불균일 유동은 동익을 지나서 정익에 까지 영향을 주었으며 날개의 경계층과 통로 충격파와의 강한 상호작용에 의해 공기역학적 손실과 실속여유(stall margin)의 감소를 야기 시키는 방법을 측정하였다.

방제기의 살포에 가장 중요한 영향을 미치는 것은 팬(Fan)이다. 방제기의 경우 팬의 풍압에 따라 살포거리가 결정된다. 팬은 날개의 회전을 통해 얻어지는 양력이나 원심력을 이용해 요구되는 유량의 위치를 필요한 위치까지 이송시키는 역할을 수행하는 기계로서 산업분야에서는 매우 폭 넓게 사용되고 있다. 특히 산업체 에너지 소비 중 무시할 수 없는 비중을 차지하고 있어 에너지 절약의 측면에서 중요성이 큰 기계이다.

본 연구는 방제작업에 있어서 우리나라 경지면적에 적합한 광역방제기 팬 개발에 대한 기초연구로서 팬에 대해 가장 중요하고 기본적인 성능변수들을 통한 성능실험과 분석 및 성능예측을 수행함으로써 향후 광역방제용 팬 개발에 따른 기초설계에 필요한 성능변수들을 구하는데 그 목적이 있다.

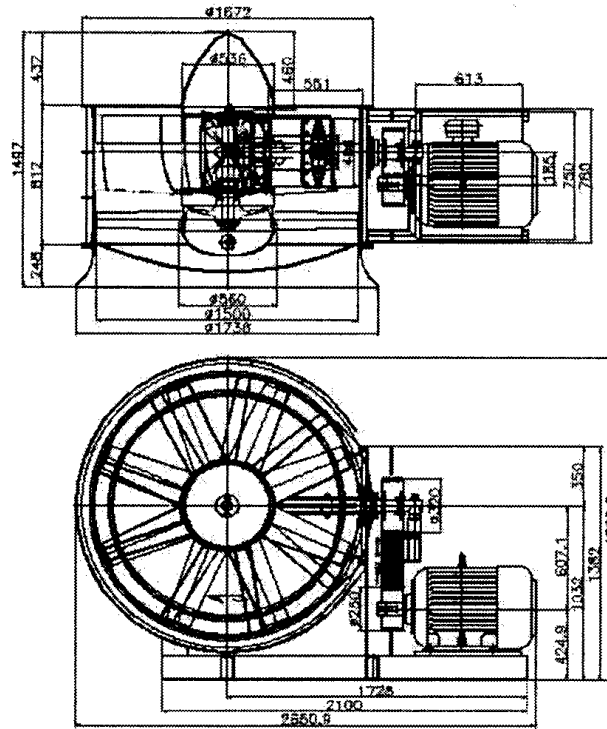
제 2 절 장치 및 방법

1. 실험 장치

팬의 성능실험은 설계 성능의 확인뿐만 아니라 팬의 성능개선 및 설계를 위한 성능 관련 변수의 특성을 분석하여 해석이론의 보완 및 검증에 위해서 필요하다. 본 실험의 장비구성은 “한국표준협회 KS B 6311 송풍기의 시험 및 검사방법”¹³⁾에 의거하여 실험 장치를 구성하였다.

가. 방재기 팬

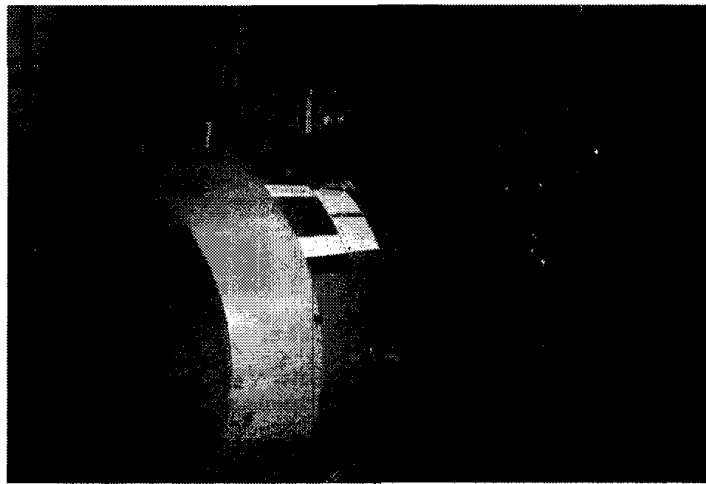
방재기 팬의 성능실험을 위한 실험 장치의 설계는 <Fig. 3-1>에 2면도 나타냈다. 팬의 크기는 1535mm로 제작 되었다.



<Fig. 3-1> Design of axial flow fan and motor



<Fig. 3-2> Axial flow fan

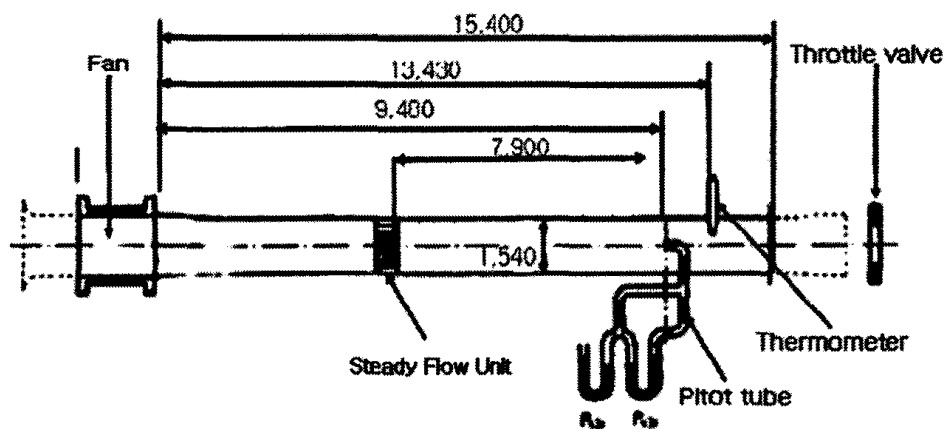


<Fig. 3-3> Combined motor for experiment(400kw)

<Fig. 3-2>는 설계에 의해 제작된 팬을 나타낸 것이다. 제작된 팬은 날개수가 8개인 축류 팬이다. <Fig. 3-3>은 실험장치에 연결되어 팬을 회전시키기 위한 모터이다. 모터의 동력은 400kw이다.

나. 덕트(Duct)

본 실험에서는 덕트의 모습이 광역방제기의 형태와 가장 유사한 풍동실험장치의 4가지형식 중 <Fig. 3-8>의 (b)형식으로 구성하였고, 덕트 설계는 지름이 1540mm이므로 KS규격을 기준으로 <Fig. 3-4>과 같이 설계하였다. <Fig. 3-5>는 덕트의 실제 모습을 보여주고 있다.



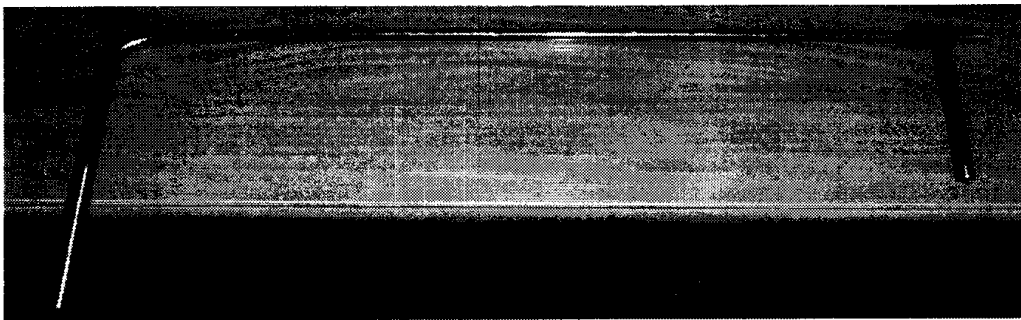
<Fig. 3-4> Duct design



<Fig. 3-5> Duct

다. 피토관(Pitot tube)

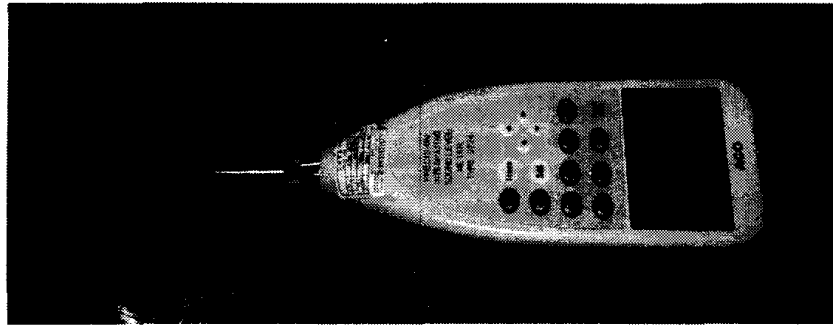
팬의 풍압측정은 피토관을 이용하였다. 실험에 사용된 피토관은 <Fig. 3-6>에 나타내었다. 덕트에 피토관을 설치하여 풍량의 흐름과 전압과 정압의 차인 동압을 측정 평균풍속을 측정하였다. 재질은 스테인리스이고, 길이는 95×20mm이다.



<Fig. 3-6> Pitot Tube

라. 진동 및 소음측정기

송풍기를 실제 사용할 경우 진동 및 소음이 발생하게 되는데 이를 측정하기 위한 장비 사양은 <Fig. 3-5>과 <Table 3-1>에 나타냈다. 소음 측정기는 ACO/6224사의 모델 050163를 사용하였다. 소음의 경우 환경기준이 85dB로서 이와 근접한 수치가 측정되면 실제 사용하는데 있어서 문제가 없다.



<Fig. 3-7> Sound Level Meter

<Table 3-1> Specification of sound level meter

Model	Manufacturer	Temperature	Relative humidity	Estimate arrange
050163	ACO/6224	(20.6 ±0.2)°C	(44 ±2)%R.H	0~1m

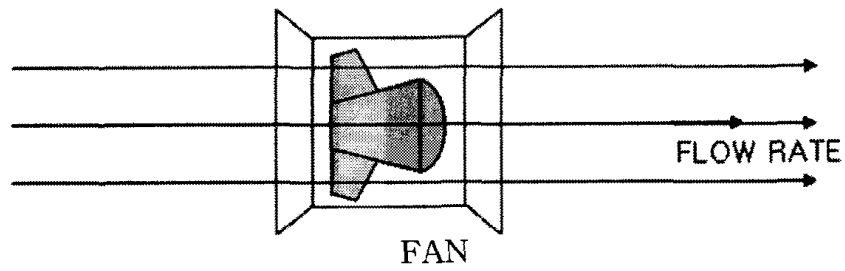
2. 실험 방법

가. 풍동실험장치 구성

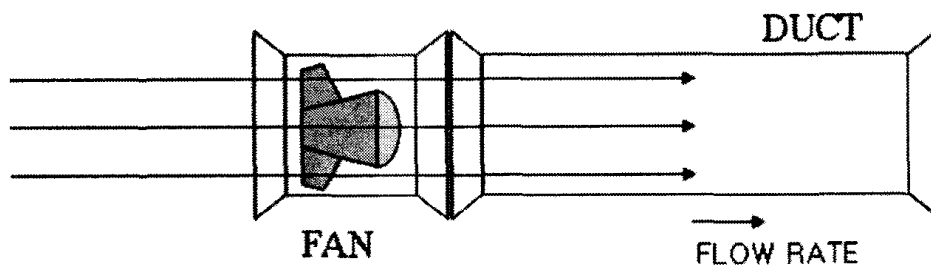
“한국표준협회 송풍기의 시험 및 검사방법 KS B 6311”에서 정의된 풍동실험장치의 구성은 다음 A, B, C, D의 4가지 형식으로 구분할 수 있으며, <Fig. 3-8>에서 나타나 있다.

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 보조 장치도 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 시물레이션이 사용되나, 송풍기와 함께 공급되는 보조장치 이외의 어떠한 보조

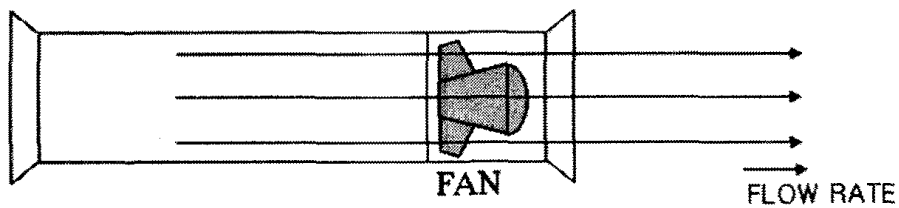
장치나 송출 덕트도 사용되지 않는다. Type D는 덕트를 이용하여 흡입 및 송출을 하는 방식으로 B형과 C형의 혼합형식이다. 본 실험은 풍동실험장치인 덕트와 방제기의 모습과 흡사한 Type (b)의 형식으로 채택하여 실험하였다.



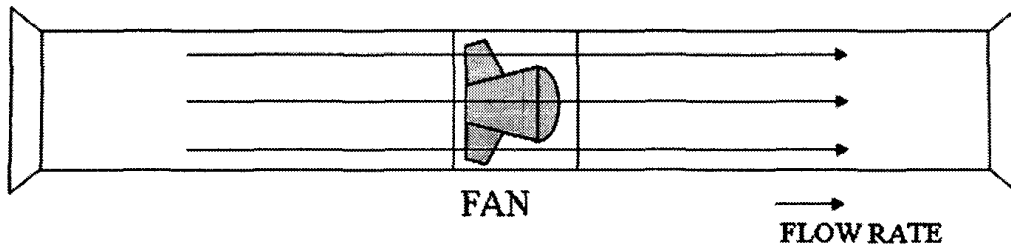
(a) Type A



(b) Type B



(c) Type C

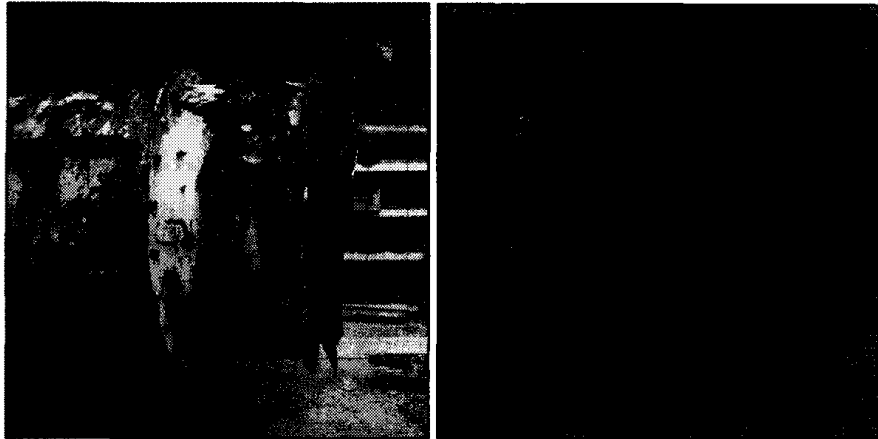


(d) Type D

<Fig. 3-8> Testing methods for industrial fans

나. 덕트를 이용한 풍동실험

풍동실험은 KS에 명시된 규격의 덕트를 사용하여 시험한다. 덕트 끝단에 위치한 스톱 밸브를 이용하여 풍량을 조절하여 정류격자를 거쳐 나오는 지점의 압력 및 속도를 측정한다. 먼저 스톱 밸브를 완전히 닫아서 덕트를 밀폐한 후 밸브를 조금씩 열어서 풍량을 늘리고 이에 따른 압력의 변화를 측정한다. 풍동실험을 통해서 실제 성능곡선을 얻을 수 있는데, 이를 위해서는 최소 6지점에서의 풍량에 따른 압력 변화를 측정하여야 한다. 먼저 스톱 밸브를 완전히 닫아서 덕트를 밀폐한 상태에서의 정압과 동압을 측정한다. 다음으로 스톱 밸브를 완전히 열어서 덕트가 개방된 상태에서의 정압과 동압을 측정한다. 마지막으로 스톱 밸브를 조절하면서 정압이 최대가 되는 지점에서의 동압을 측정한다. 이상의 3지점을 기준으로 각 지점의 사이 값에 해당하는 전압을 측정하여 총 6지점을 나누게 된다. 각 6개의 지점에서 전압과 정압을 측정하고, 이를 통해 동압과 풍속을 알 수 있다. 측정된 값을 가지고 성능곡선을 그릴 수 있는데, 이를 설계시의 성능곡선과 비교하여 팬의 설계가 제대로 되었는지를 알 수 있다. <Fig. 3-9>는 덕트 끝단에 위치한 스톱 밸브와 정류격자를 보여주고 있다.

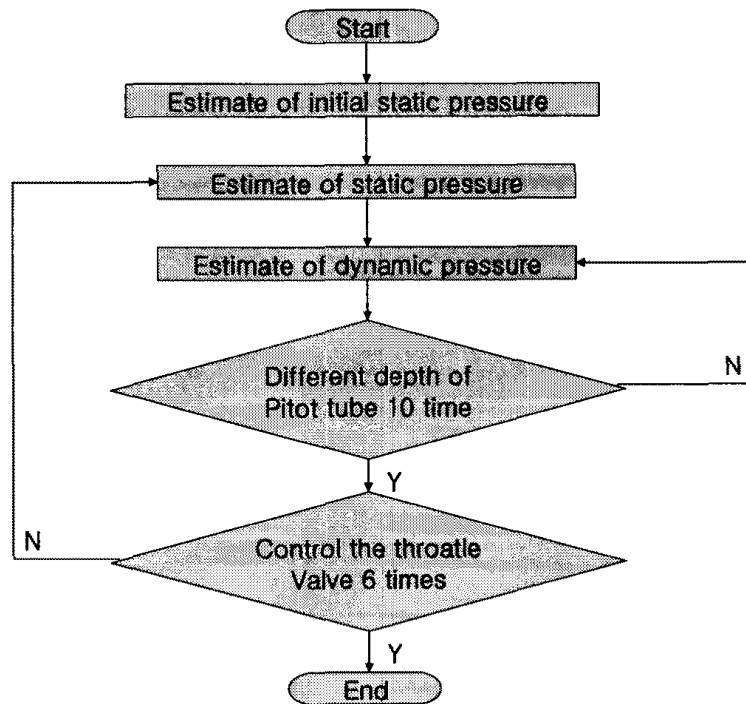


<Fig. 3-9> Throttle valve(left) and steady flow unit(right)

다. 피토판의 동압 측정

전압과 정압은 위의 덕트를 이용한 풍동실험에서 명시한 6지점에서 측정하였다. 하지만 동일한 전압과 정압하에서 동압의 경우 덕트 내부의 어느 깊이에서 측정하느냐에 따라 달라진다. 따라서 KS에 명시된 지점 중 10곳에 대하여 피토판을 이용하여 동압을 측정한다. 그리고 각 10곳에서 측정된 동압을 제곱 평균하고 이를 정압과 합산하여 전압을 구한다. 전압을 구하면 이를 이용하여 풍량 또한 알 수 있다.

실험을 수행하기 위한 순서는 <Fig. 3-10>과 같다. 먼저 스로틀 밸브를 밀폐시킨후 정압을 측정하고, 다음으로 KS에 명시된 10지점에 대하여 동압을 측정한다. 각 지점에 따른 동압측정이 완료되면 스로틀 밸브를 조절하면서 다시 동압을 측정하고, 이를 6번 반복 수행한다.



<Fig. 3-10> Flow chart

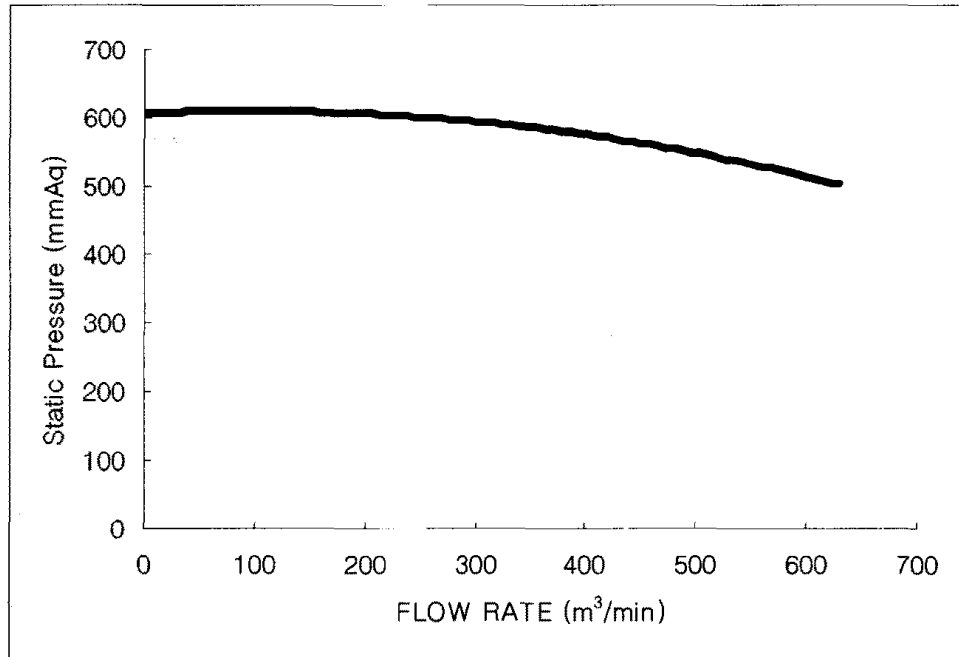
제 3 절 결과 및 고찰

1. 기초 실험

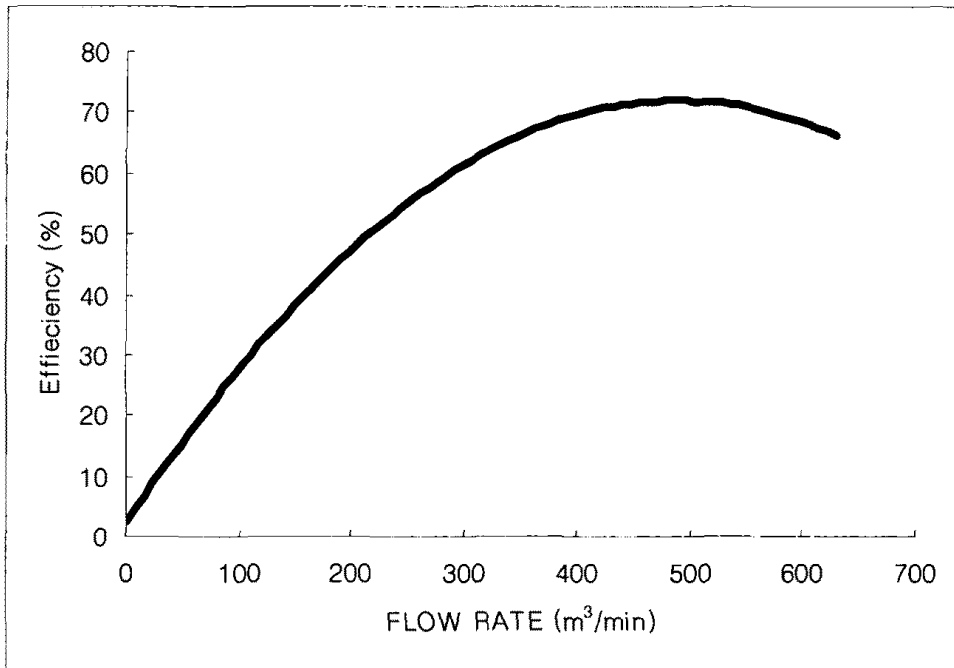
본 실험의 성능을 예측하고 실측을 비교 검증하기 위하여, 기초적이 실험을 선행하였다. 기초실험을 수행한 팬의 성능사양은 <Table 3-2>과 같으며, 풍량이 $600\text{m}^3/\text{min}$ 이고, 정압이 500mmAq 에서 최적화 하여야 한다. <Fig. 3-11>은 기초 실험에 의한 풍량에 따른 정압의 변화에 대한 성능예측상태를 나타내며, <Fig. 3-12>는 효율변화, <Fig. 3-13>은 축동력의 변화를 예측한 그래프이다.

<Table 3-2> Specification of blower for basic test

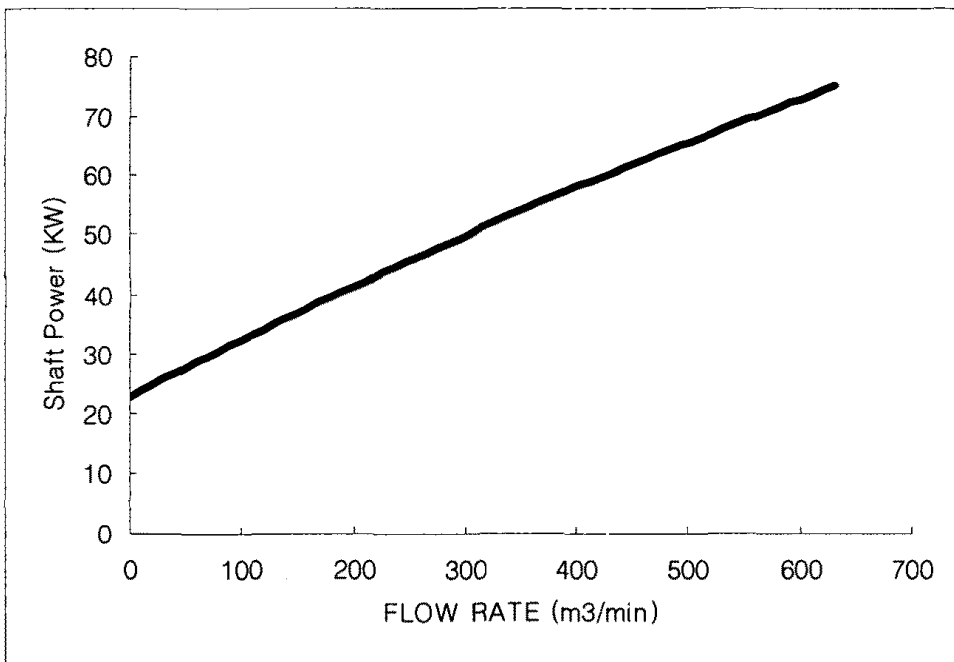
SPECIFICATION	FLOW RATE	m ³ /min	600	MOTOR	TYPE	HSD	BRG	DRIVEN SIDE	6315
	STATIC PRESS	mmAq	500		OUTPUT	90kW		DRIVEN SIDE	6315
	TOTAL PRESS	mmAq	-		VOLTAGE	380V	POWER TRANS	COUPLING	TH1090
	DENSITY	kg/m ³	0.776		POLE 4P	1785 rpm		PULLEY	(F)φ 315 (M)φ 405
	SPEED	rpm	1770		PHASE 3φ	60Hz	KS B 6311 Fig. 3		
	MOTOR POWER	kW	90		MFG. NO.	6F920K03-001	TEST SETUP	PITOT TUBE	φ 8.0× L 1.0
	EFFICIENCY	%	68.0		MAKER	HYUNDAI		TEST DUCT	φ 800× L 2305



<Fig. 3-11> Static pressure according to flow rate



<Fig. 3-12> Shaft power according to flow rate



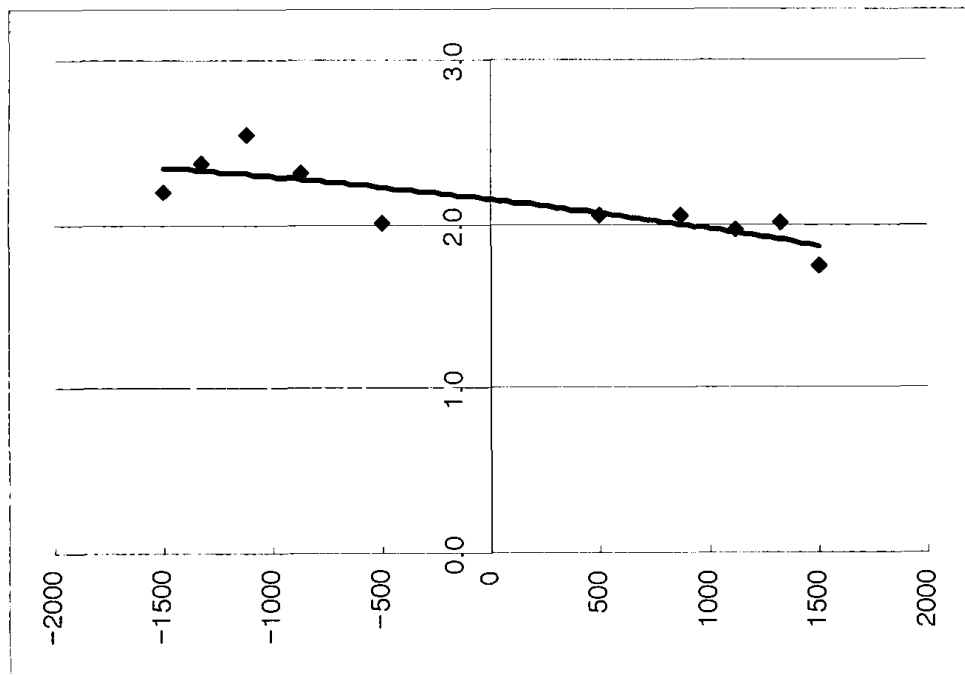
<Fig. 3-13> Efficiency according to flow rate in prediction model

기초실험의 측정 결과 <Table 3-3>와 같이 나타났으며, 구하여진 동압을

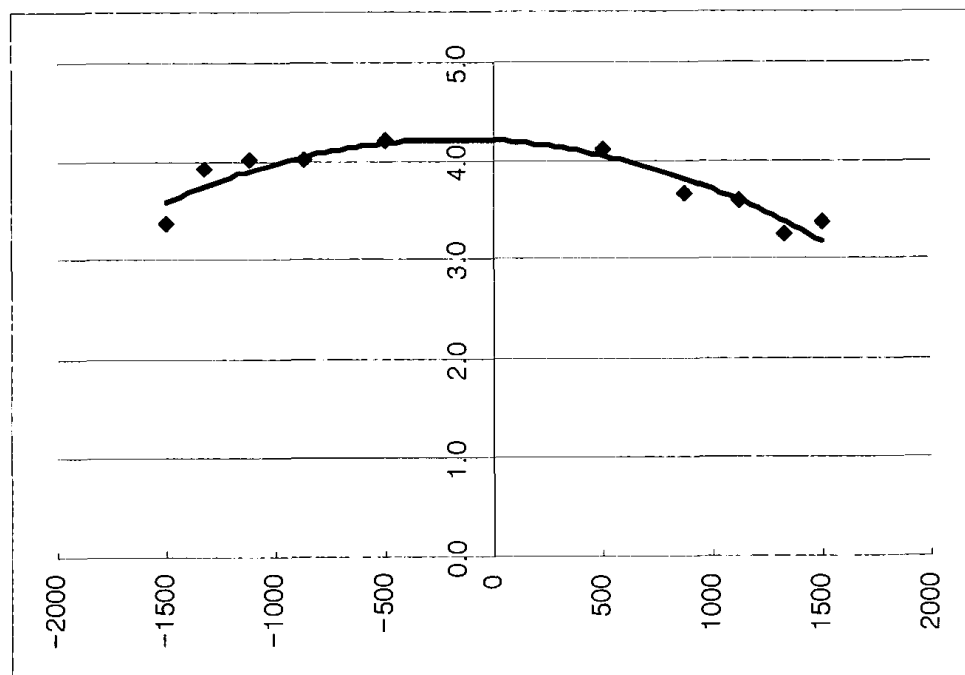
통하여 각 관내에서의 속도 분포 또한 알 수 있었다. <Fig. 3-14>는 정압 588mmAq하에서 관내 속도 분포를 나타내며, <Fig. 3-15>, <Fig. 3-16>, <Fig. 3-17>은 정압 555mmAq, 450mmAq, 360mmAq하에서의 각 관내 속도 분포를 나타내고 있다. 관 벽으로 갈수록 풍속이 줄어들며 중심에서 속도가 최대가 되는 것을 알 수 있다. 이와 같은 분포로 인하여 각각의 위치에 따라 측정된 동압을 제곱 평균하여 관내의 동압으로 결정하게 되었다.

<Table 3-3> Experimental results of static pressure and dynamic pressure

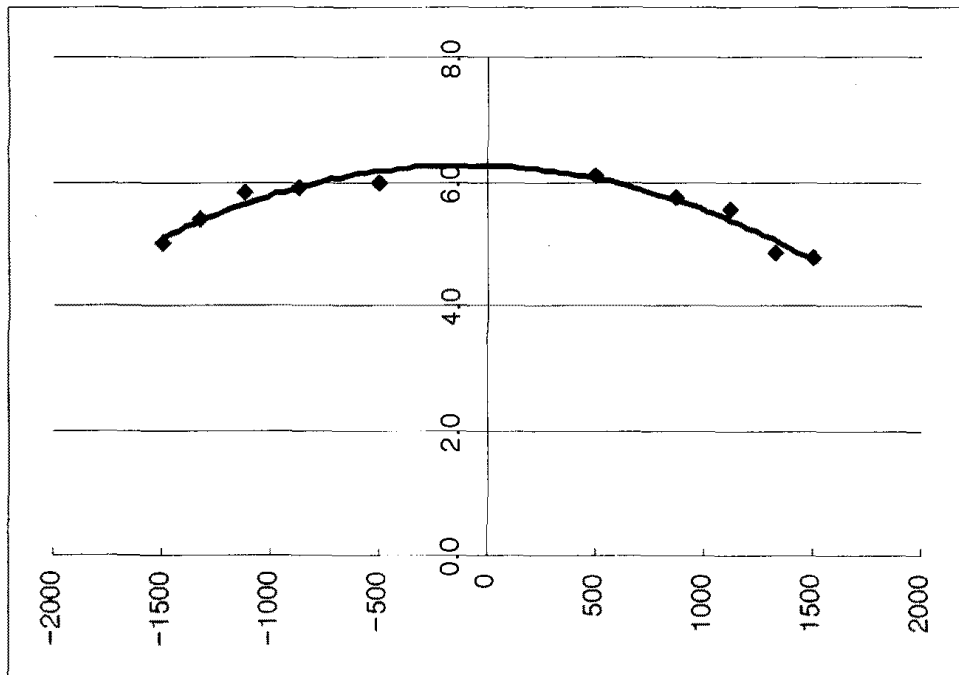
Static Pressure		551		588		555		450		360	
Dynamic Pressure	Velocity	Pd	v	Pd	v	Pd	v	Pd	v	Pd	v
	r5U	0.5	0.9	1.9	1.8	7.0	3.4	14.0	4.8	19.0	5.5
	r4U	0.5	0.9	2.5	2.0	6.5	3.2	14.5	4.8	23.0	6.1
	r3U	0.5	0.9	2.4	2.0	8.0	3.6	19.0	5.5	30.0	7.0
	r2U	0.5	0.9	2.6	2.1	8.3	3.7	20.5	5.8	30.0	7.0
	r1U	0.5	0.9	2.6	2.1	10.5	4.1	23.0	6.1	32.0	7.2
	r1L	0.5	0.9	2.5	2.0	11.0	4.2	22.0	6.0	31.0	7.1
	r2L	0.5	0.9	3.3	2.3	10.0	4.0	21.5	5.9	30.0	7.0
	r3L	0.5	0.9	4.0	2.5	10.0	4.0	21.0	5.8	31.0	7.1
	r4L	0.5	0.9	3.5	2.4	9.5	3.9	18.0	5.4	29.0	6.9
	r5L	0.5	0.9	3.0	2.2	7.0	3.4	15.5	5.0	20.0	5.7
	Average	0.5	0.9	2.8	2.1	8.8	3.8	18.9	5.5	27.5	6.6



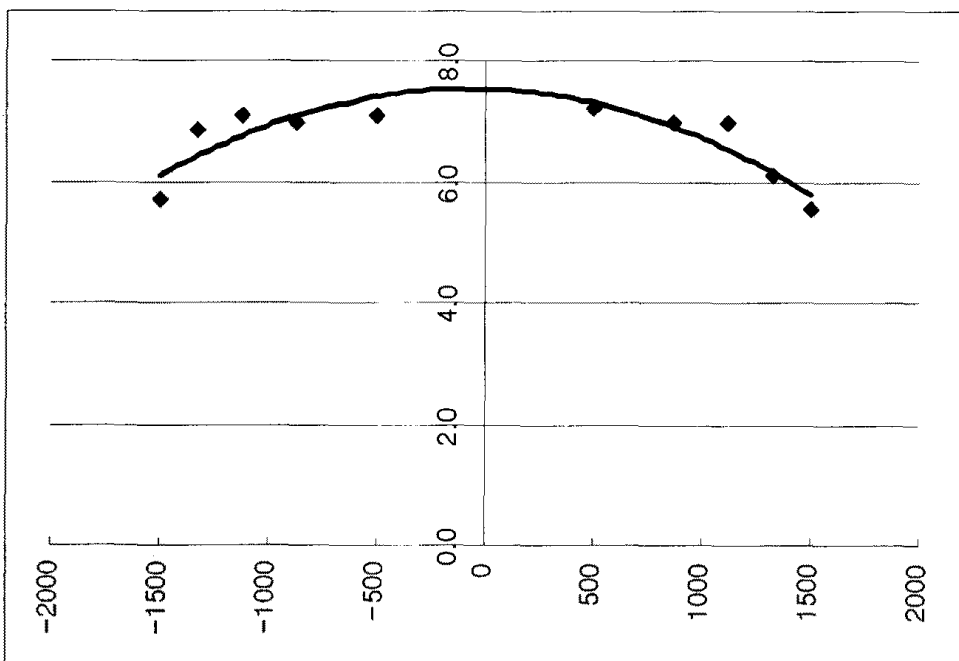
<Fig. 3-14> Velocity according to diameter in 588mmAq(Static pressure)



<Fig. 3-15> Velocity according to diameter in 555mmAq(Static pressure)



<Fig. 3-16> Velocity according to diameter in 450mmAq(Static pressure)



<Fig. 3-17> Velocity according to diameter in 60mmAq(Static pressure)

<Table 3-4>은 팬을 가동시키기 위하여 모터에 전압과 회전수를 일정히 한 후 풍량이 변할 때(정압 변화)마다 전류, 전압을 측정하고 회전수 또한 재측정한 것이다. 전압과 회전수는 다소 일정하였으나, 전류는 풍량이 늘어나면서 증가하였다. 이는 팬의 출력에 의한 동력이 늘어남을 알 수 있다. <Table 3-5>는 진동 및 소음 측정의 결과이다. 소음 측정의 결과 92.1dB이 나왔다. 이는 환경기준인 85dB에 미달 되지만 밀폐된 실험 장소를 감안한다면 좋은 결과라 할 수 있다.

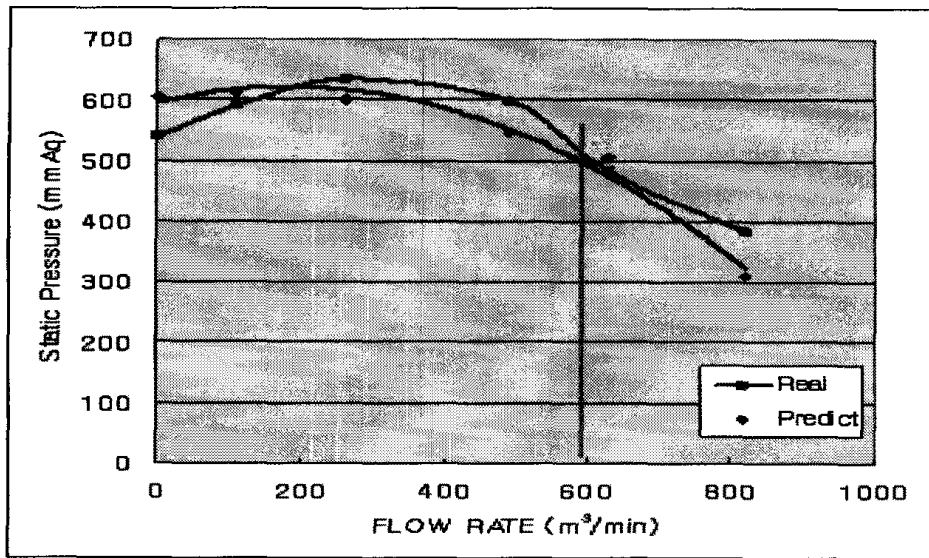
<Table 3-4> Electric current, voltage and RPM according to static press

Static press (mmAq)	551	588	555	450	360
Electric (A)	45.2	65.7	88	105	113.7
Voltage (V)	376	376	378	376	377
RPM	1394	1392	1390	1380	1386

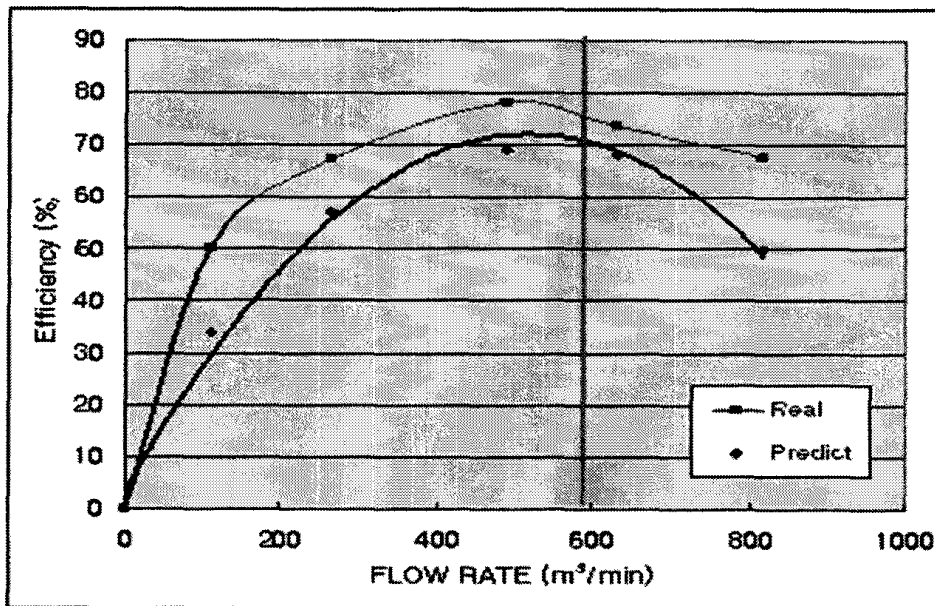
<Table 3-5> Vibration and noise

(Shop Condition)	FAN		
	V	H	A
FAN SIDE	0.9	1.6	1.5
MOTOR SIDE	1	1.2	2
SOUND LEVEL(dB)	92.1		

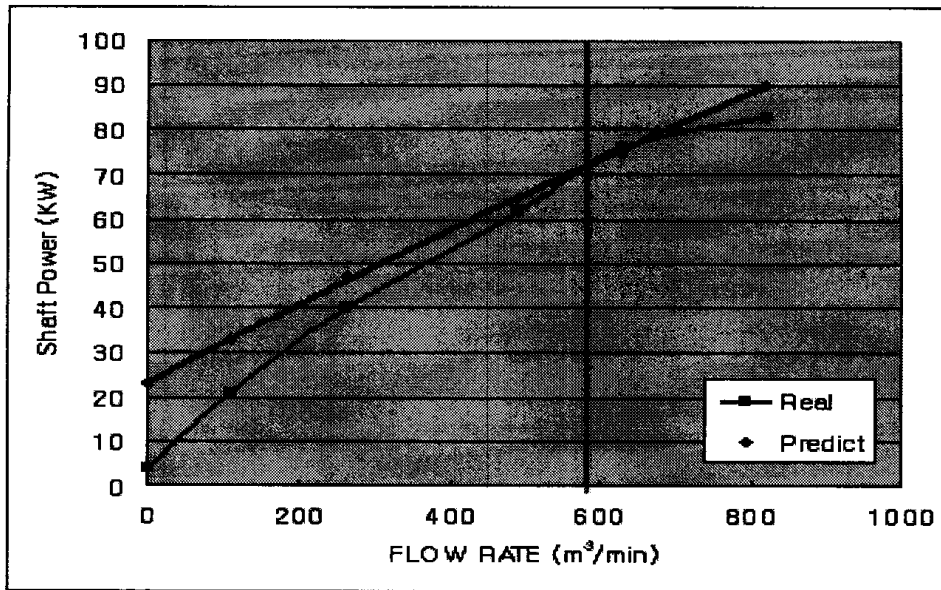
<Fig. 3-18>은 풍량에 따른 정압의 변화를 예측한 성능 곡선과 비교하여 나타내고 있다. 본 시스템의 최적 사양인 600m³/min에서 오차가 최소임을 알 수 있으며, 이로 인하여 제품으로서 적합함을 알 수 있다. <Fig. 3-19>는 풍량에 따른 효율의 분포를 나타내고 있으며, 또한 실험 Fan의 최적 사양인 600m³/min에서 최소의 오차를 보임을 알 수 있다. <Fig. 3-20>은 풍량에 따른 축동력을 나타내고 있다. 축동력 또한 예측한 성능 곡선과 비교하였을 때 실험 Fan의 최적 사양인 600m³/min에서 최소의 오차를 보임을 알 수 있다.



<Fig. 3-18> Static pressure according to flow late



<Fig. 3-19> Efficiency according to flow late



<Fig. 3-20> Shaft power according to flow late

2. 예상 성능 곡선

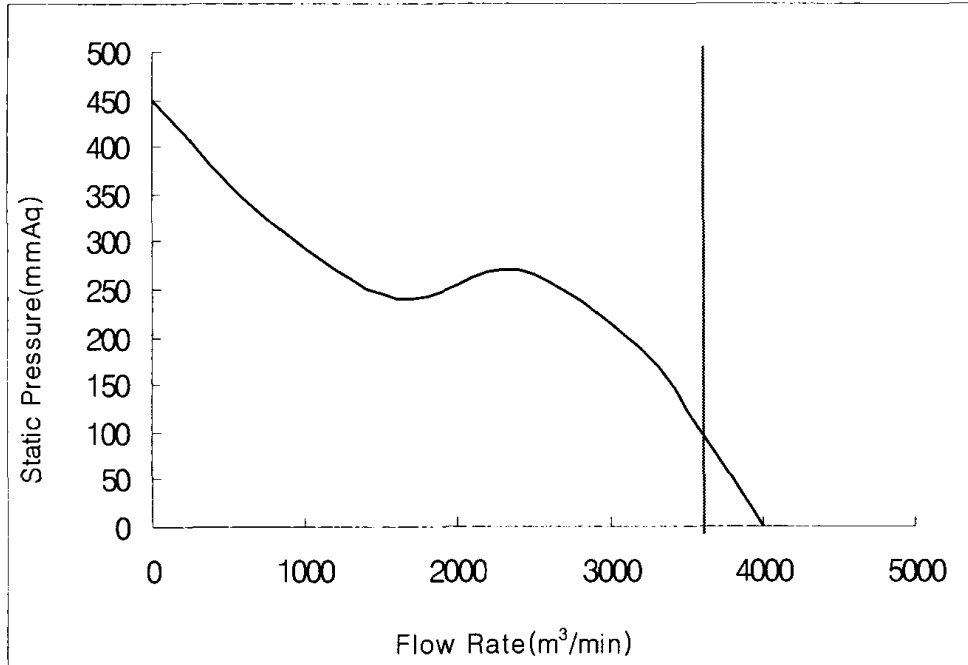
본 실험을 통해 방제기 팬의 성능을 예측하고 실험을 통하여 나온 결과 값과 비교 검증하기 위하여 성능곡선을 구현하였다. 상온의 환경에서 시험을 수행할 풍량이 3,600m³/min 이고 압력이 100mmAq인 팬을 설계 및 제작 하였고 이를 성능실험을 통해 적합여부를 판단하였다. 팬의 성능실험에 앞서 성능예측은 팬 성능예측프로그램인 Vax-Top((주)태일 송풍기)에 의하여 결정하였다. <Table 3-6>는 성능 예측프로그램에 입력으로 들어가기 위한 방제기 팬의 Data Sheet이다.

<Table 3-6> Specification of axial flow fan and motor

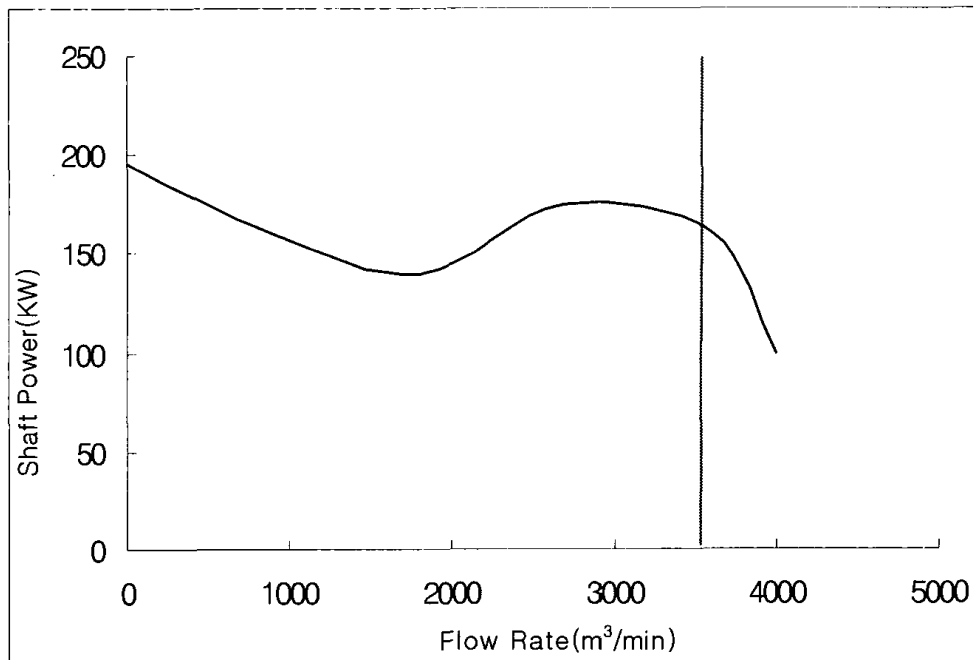
S P E C I F I C A T I O N	FLOW RATE	m ³ /min	3600	M O T O R	TYPE	INDUCTION MOTOR		
	STATIC PRESS	mmAq	100		OUTPUT	187kW	VOLT.	440 V
	TEMPERATURE	°C	20		POLE	4 P	PHASE	3 Ø
	DENSITY	kg/m ³	1.198		SPEED	1785 rpm	FREQ.	60 Hz
	SPEED	rpm	1785	DRIVE		MOTOR DIRECT COUP.DIRECT		
	FAN INPUT	kW	136.7	BEARING		TYPE	N/A ROLLING	
	EFFICIENCY	%				LUB.	N/A GREASE	

성능실험을 수행할 팬의 사양은 <Table 3-6>과 같으며 풍량이 3,600m³/min 이고, 정압이 100mmAq에서 최적화 하여야 한다. 따라서 이렇게 예측된 결과와 실험을 통해 얻어진 결과를 비교하여 방제기용 팬의 성능, 분석을 할 수 있다. <Fig. 3-21>은 풍량에 따른 정압의 변화에 대한 성능예측 상태를 나타내는 곡선이고, <Fig. 3-22>는 축동력의 변화를 예측한 곡선 그리고, <Fig. 3-23>은 효율변화를 예측한 곡선이다. 각 예측된 성능 곡선과 실제 측정된 결과를 비교하여 팬의 필요 사항인 풍량 3,600m³/min에서 오차가 최소가 되어

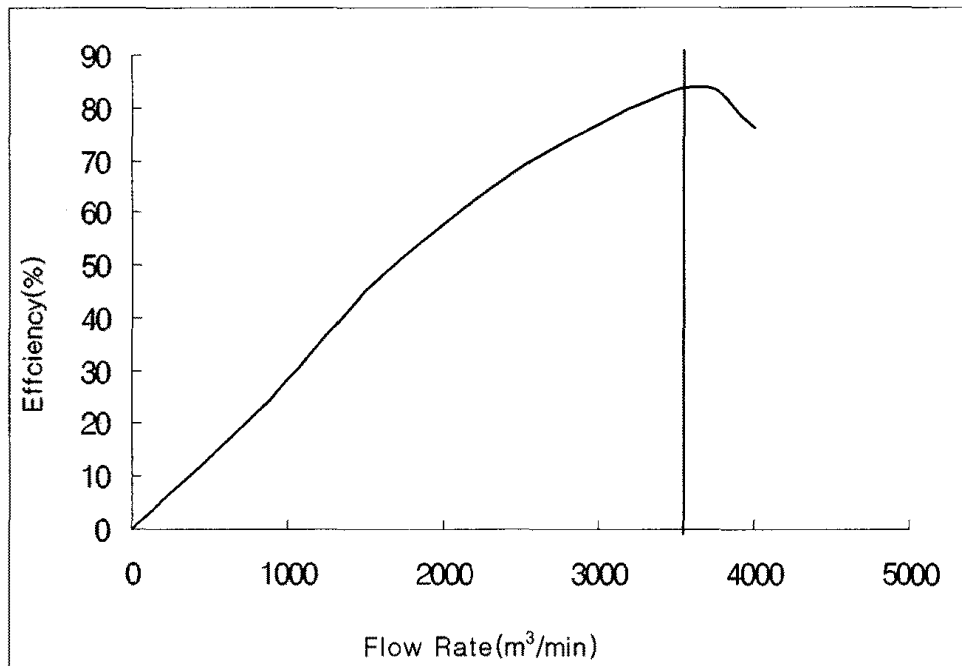
제품으로서 적합한지를 판단 한다.



<Fig. 3-21> Static pressure according to flow rate



<Fig. 3-22> Shaft power according to flow rate



<Fig. 3-23> Efficiency according to flow rate in prediction model

본 실험에서의 경우 모터의 구동축에서 팬의 회전축으로의 동력을 V벨트로 전달하였다. 하지만 팬의 구동이 1785rpm의 고속회전과 130kw이상의 높은 동력으로 전달되면서 벨트가 과열되어 손상을 일으켰다. 이는 고동력에 고속회전에는 V벨트를 이용한 동력전달에 한계를 나타낸 것이라고 판단된다. 또한, 벨트로 연결되는 회전축과 동력축 간의 거리가 짧아 벨트에 방열이 될 수 없었던 점도 큰 이유로 사료된다. 벨트가 손상되기 이전의 측정 결과로는 최대 풍량이 4,100m³/min로 측정되었다. 이는 최적의 효율을 나타내었을 때 3,600m³/min의 풍량을 나타낼 수 있음을 알 수 있다.

제 4 절 요약 및 결론

본 연구는 국내 경지 실정에 맞는 광역 방제기를 개발하는데 있어 선행되어야 할 팬의 성능을 실험하고 분석하는데 목적이 있다. 광역방제기의 팬은 최고 살포거리가 140m이고 유효 살포거리가 100m가 되도록 설계 및 제작 되었다. 따라서, 광역방제기가 멀리 살포될 수 있도록 설계된 팬의 풍량은 $3,600\text{m}^3/\text{min}$, 정압은 100mmAq 로 하였다. 이러한 팬의 성능을 측정하고 분석하기 위하여 덕트를 이용한 풍동실험장치를 구성하였다.

본 실험에 앞서, 풍량 $600\text{m}^3/\text{min}$, 전압 500mmAq 을 요하는 팬을 이용하여 기초 실험으로 수행하였다. 덕트 끝단에 설치된 스로틀 밸브를 통하여 풍량을 조절하며, 송풍 출구와 정류격자 사이에 설치된 피토크를 이용하여 전압과 정압을 측정하였다.

풍량은 5개의 구간으로 나누고, 각 풍량에서 덕트 단면 내의 10개 지점에서 피토크를 측정하였다. 이렇게 풍동실험을 통해 나온 결과를 예측된 결과와 비교하여 방제기 팬의 성능을 분석하였다. 측정 결과 풍량에 따른 축동력은 예측한 성능곡선과 비교하였을 때 실험 팬의 최적설계사양인 점에서 최소의 오차가 낮으며, 동력 효율이 최대로 나타났다. 소음측정 결과는 92.1dB 로 나타나 환경기준인 85dB 에는 미달되지만 밀폐된 실험장소를 감안한다면 기준에 적합한 것으로 판단되었다. 본 실험에 있어서도 측정된 결과가 예측된 풍량 $3,600\text{m}^3/\text{min}$ 에서 축동력 및 압력 등이 최소의 오차를 보이며 효율이 최대로 나타날 것으로 판단된다.

제 4 장 현장 실험

제 1 절 서 론

팬은 국내에서 30여년의 역사를 가지고 있으며 각 분야에서 널리 사용되고 있다. 그러나 그동안의 제작경험 및 운전경험 등에 비하면 아직도 그 기술수준은 선진국에 비해 뒤떨어져 있는 것도 사실이다. 그동안 국내에서는 선진국의 전문 업체와 기술 제휴를 통한 모방 생산이 주종을 이루었으나 최근에는 과거와는 달리 외국에 대해 시장이 개방되었다. 따라서 외국의 제품들과 전면 경쟁하여야 할 상황에 처해 있다. 하지만 국내에서도 90년대 후반이후 자체 개발에 의한 기술 확보의 필요성을 인지하고 설계, 제작 및 연구 개발을 하고 있으나 국내의 전반적인 수준은 아직 이에 미달되고 있다. 이로 인해 보다 체계적인 연구가 필요한 시점이다.

김(2002)등은 개발된 팬의 성능시험 결과를 데이터베이스화함으로써 주어진 고객의 요구조건을 만족하는 팬을 자동으로 선정하고 성능예측을 제시하는 방법을 제안하였다. 방법은 성능시험 결과를 자동으로 입력하여 수학적으로 표현 가능한 최적의 실험식을 생성하고, 데이터베이스에 의해 성능시험의 결과를 누적하여, 고객의 요구조건이 주어지면 SQL에 의한 데이터베이스 검색을 수행하고 이에 따른 팬의 예상 성능 및 소요 전력을 제시하였고, 이 모든 결과는 표와 그래프로 가시화함으로써 작업의 자동화를 위한 시스템 구축에 가능성을 확인하였다.

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. John(1999)등은 축류 팬의 날개 모양에 따른 성능특성을 연구하였다. 연구방법은 팬 테스터기를 이용하여 서로 다른 각도를 갖는 2개의 팬을 정압, 동압, 회전수, 풍량에 대해서 성능예측 실험을 하여 유동의 흐름을 분석하여, 날개 유속에 따른 유동의 흐름을 해석하여 성능분석을 측정하였다. Miller(2000)등은 축류 팬의 설계시스템에 관한연구를 하였다. 연구방법은 팬의 날개설계, 성능곡선 및 성능예측의 기능이 포함된 프로그램을 개발하여, 설계된 팬의 성능곡선의 결과를 실제시험결과와 비교하여, 설계 데이터를 통해 팬의 날개에 대한 성능예측이 가능하였고, 이를 통한 팬의 설계를 최적화하는 결과를 분석하였다.

Wadia(2001)등은 축류 팬의 성능예측방법과 소음에 관한연구를 하였다. 연구방법은 상사법칙을 이용하여 팬의 성능 특성을 무차원화 시키고, 유량계수와 수두계수의 무차원 변수가 유동의 흐름에 따라 유사하는 결과를 분석하였다.

제 2 절 장치 및 방법

1. 실험 장치

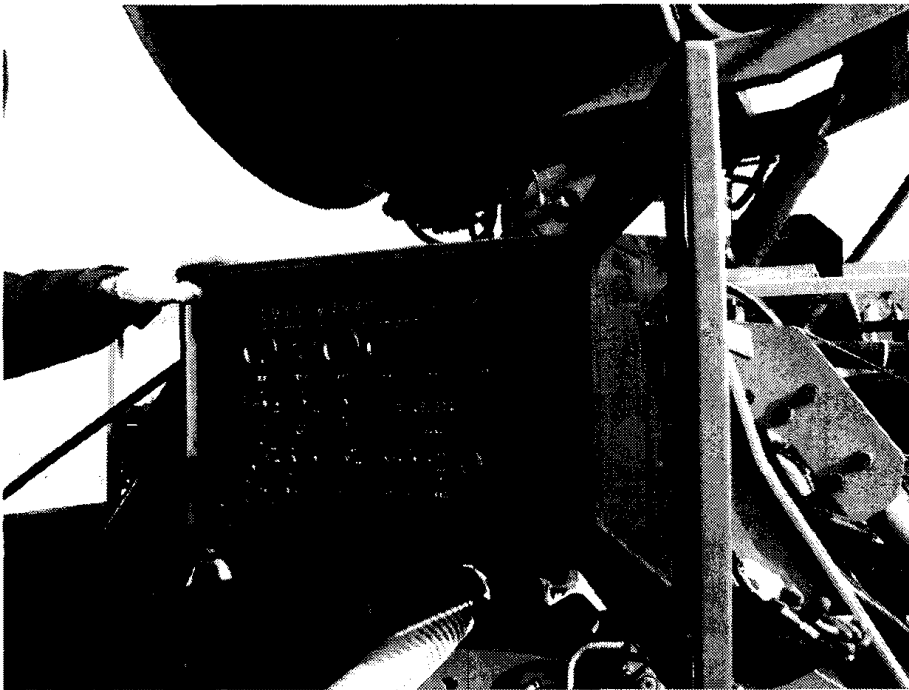
<Fig. 4-1>은 실내 실험을 통하여 개발된 원거리 방제기 고속팬의 제작된 모습이다. <Fig. 4-2>는 날개가 8개인 축류 팬의 형태를 나타낸 것이다. 팬은 <Fig. 3-1>의 설계도를 이용하여 제작한 것이다. <Fig. 4-3>은 고속 팬의 제어부를 보여주고 있다.



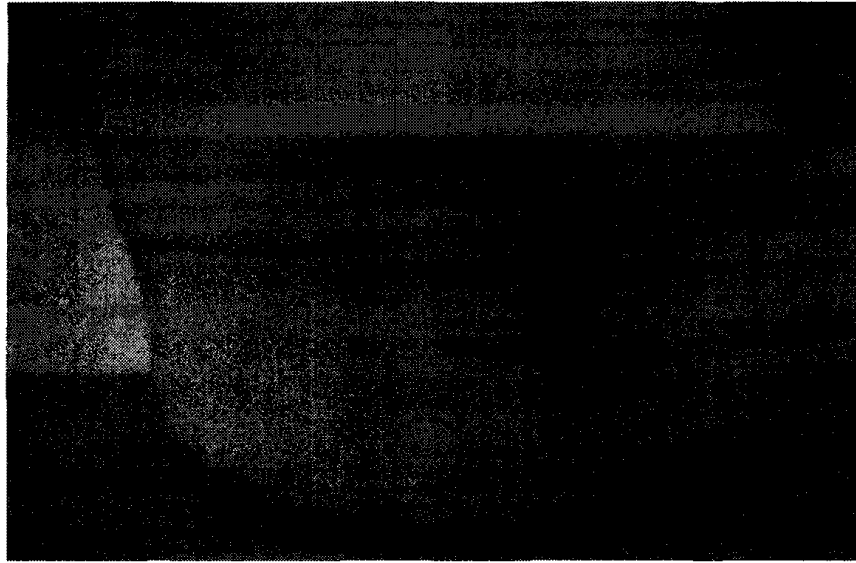
<Fig. 4-1> The High Speed Fan of Long Distance Spreader



<Fig. 4-2> Type of The High Speed Fan



<Fig. 4-3> Control Part



<Fig. 4-4> Experiment Vessel

<Fig. 4-4>는 실험에 사용된 플라스틱 용기를 나타낸 것이다. 실험에 사용된 용기는 지름 145mm, 높이 70mm의 플라스틱 재료를 사용하였다. <Fig. 4-5>는 현장 실험에 사용된 풍속계를 나타낸 것이다. 풍속계는 TSI사의 디지털풍속계로 8346모델을 사용하였다. <Table 4-1>는 실험에 사용된 온습도계의 사양을 나타낸 것이다. <Table 4-2>는 일본마루야마사의 방제팬과 진영에서 개발한 원거리 고속팬을 비교한 것이다.



<Fig. 4-5> Anemometer

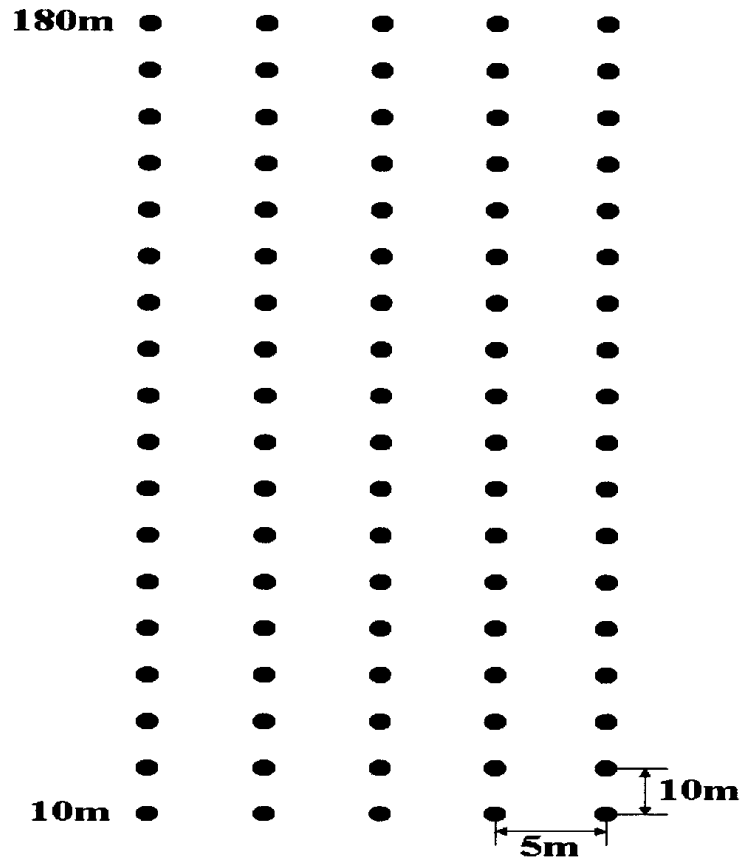
<Table 4-1> VelociCalc Plus (TSI Incorporated)

Model	Model 8388
Velocity Measurement Range Accuracy	30 to 9,999ft/min (0.15 to 50m/s) 3% of reading of 3ft/min (0.05m/s), whichever is greater
Temperature Measurement Range Resolution Accuracy	14 to 140°F (-10 to 60°C) 0.1°F(0.1°C) ±0.5°F (0.3°C)
Instrument Temp. Range Electronics Operation Storage Probe Operation Storage	40 to 113°F (5 to 45°C) -4 to 140°F (-20 to 60°C) 14 to 140°F (-10 to 60°C) -4 to 140°F (-20 to 60°C)
Relative Humidity Range Accuracy	0 to 95% ±3%rh
Dew Point Range	5 to 120°F (-15 to 49°C)
Static/Differential Pressure Range Accuracy	-10.00 to +10.00 inches H ₂ O (-2.500 to +2.500kPa of -20.00 to +20.00mmHg) ±5% of rdg ±0.01 in H ₂ O (±0.002kPa or 0.02mmHg)
Volumetric Flow Rate	0.2 to 450,000 ft ³ /min (0.0424 to 1,170,000m ³ /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

<Table 4-2> Comparison between MARUYAMA and Long Distance Fan

Form		MARUYAMA	Long Distance Fan
Size	Length x Width x Hight (mm)	5385x1910x2600	5250x2000x2880
Loading Engine	Form	HYUNDAI D6BV-C1 (Turbo Intercooler)	HYUNDAI D6AZ-G2 (Turbo)
	Rating power(Hp/rpm)	200/2200	315/1850
Water Tank	Material	FRP	FRP
	Tank capacity (l)	2500	2500
	Mixing method	Rotary (propeller type)	Rotary (propeller type)
	Propeller(rpm)	1100	1100
Water-supply System	Supply Pump	MP8030E-M (Key operating system)	MP8030E-M (Key operating system)
	Caliber(mm)	∅80	∅80
	Supply quantity (l/min)	1000	1000
Ventilator	Form	Rear axial fan type	Rear axial fan type
	Rotation speed (rpm)	1850	2000
	Flow (m ³ /min)	3600	4000
	Caliber of Fan (mm)	1280	1400
	Wing (EA)	Fixed 11 Rot. 10	8*2 8
Sprayer	Form	Horizontal PISTON type	Horizontal PISTON type
	Name	MARUYAMA MS1503x2	MARUYAMA MS1503x2
	Pressure (Mpa)	1.7	1.7
	Rotation speed (rpm)	800	800
	Absorption (l/min)	300(15x2)	300(15x2)
Nozzle	Type	Ceramic Rotation Disk Nozzle	Ceramic Rotation Disk Nozzle
	Amount(EA)	∅1.8x136+∅2.0x1∅1.2x6 Total 143	∅1.8x156+∅2.0x1∅1.2x6 Total 163
	Quantity of spray(l/min)	290	360
Body of sprayer	Material	FRP	FRP
	Caliber x Length (mm)	∅1200x2160	∅1350x2950
	Slide length (mm)	550	550
	Left, Right turning angle(°)	280	340
	Up, Down turning angle(°)	-5~+25 (total 30)	-7~+20 (total 27)
Method of Control	Manual Control	Fixed on driver seat	Fixed on driver seat
Fuel-Tank	Capacity(l)	150	200
Const. Weight	Weight(kg)	3260	5300

2. 실험 방법



<Fig. 4-6> Experiment Method

<Fig. 4-6>은 실험 방법을 나타낸 것이다. 시중에서 판매되고 있는 플라스틱 컵을 사용하였다. 컵의 배치는 10m 간격으로 종방향 5개, 횡방향 18개 총 90개를 설치한 후 원거리 고속 방제기가 이동하면서 분사한 양을 보고 분포도를 작성하는 것이다. 또한, 10m 간격으로 지상에서 1m 위치에 A4 용지를 부착한 후 용지에 흡착한 용액을 2차화 영상처리를 하여 살포량 및 살포거리를 측정하는 것이다. 성능실험을 위하여 일본 마루야마에서 개발한 120m 살포용 방제기와 비교 실험도 수행하였다.

실험은 경북 김천에서 2008년 3월 20일 06부터 13시까지 수행하였다. 사전조사 결과 바람의 영향이 적어야 정확한 팬의 성능을 분석할 수 있기 때문에 오

전에 수행하였다. <Table. 4-3>는 실험방법에 의해 실험설계를 한 것이다. x 축은 방제기가 이동한 거리이며, y축은 방제기로부터 떨어져 있는 위치를 나타낸 것이다. 총 90개의 실험 구를 두어 실험 설계하였다.

<Table. 4-3> Experiment Design

y \ x	10 :1	20 :2	30 :3	40 :4	50 :5	60 :6	70 :7	80 :8	90 :9	100:1 0	110 :11	120 :12	130 :13	140 :14	150 :15	160 :16	170 :17	180 :18
0:A	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5	A-6	A-7	A-8	A-9	A-10	A-11	A-12	A-13	A-14	A-15	A-16	A-17	A-18
5:B	B-1	B-2	B-3	B-4	B-5	B-6	B-7	B-8	B-9	B-10	B-11	B-12	B-13	B-14	B-15	B-16	B-17	B-18
10:C	C-1	C-2	C-3	C-4	C-5	C-6	C-7	C-8	C-9	C-10	C-11	C-12	C-13	C-14	C-15	C-16	C-17	C-18
15:D	D-1	D-2	D-3	D-4	D-5	D-6	D-7	D-8	D-9	D-10	D-11	D-12	D-13	D-14	D-15	D-16	D-17	D-18
20:E	E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6	E-7	E-8	E-9	E-10	E-11	E-12	E-13	E-14	E-15	E-16	E-17	E-18



<Fig. 4-7> Design of Array for Experiment

<Fig. 4-7>는 실험 설계에 의해 100m 줄자를 이용하여 10m 간격으로 용기를 배치한 것이다. 원거리 방제기 고속팬을 이용하여 색소를 첨가한 용액을 살포한 후 도포된 정도를 육안 및 2차화 영상처리를 하여 분석하는 것이다.

제 3 절 결과 및 고찰

1. 2차화 영상처리

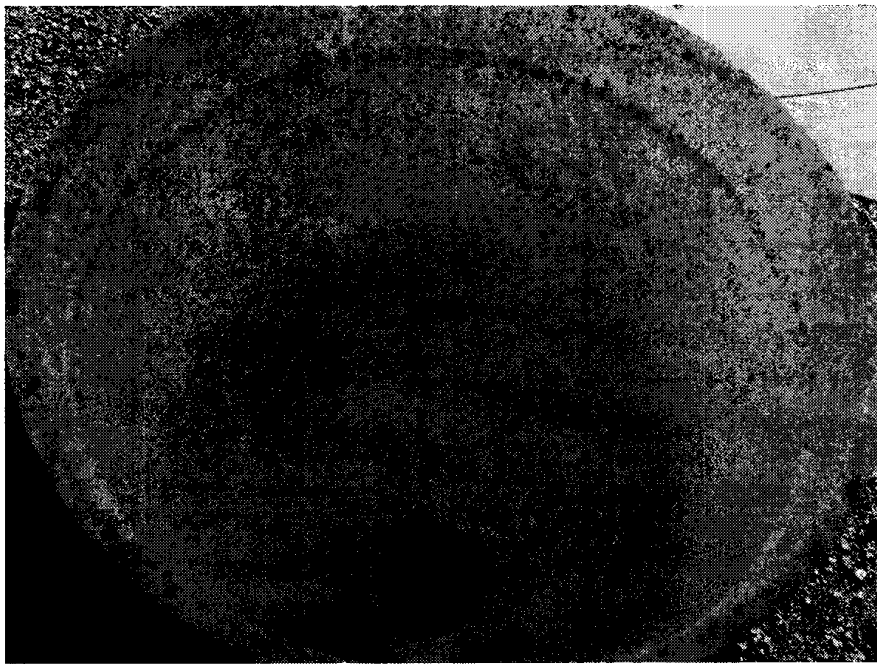
<Fig. 4-8>은 개발된 원거리 방제기의 고속팬이 작동하는 모습이다. <Fig. 4-9>는 개발된 방제기가 분사한 양액이 지면에 살포되는 모습이다. <Fig. 4-10>은 실험구에 원거리 고속팬이 액체를 살포하여 용기에 나타난 것이다. 용기안의 너트는 팬에 의한 풍속의 영향에 의해 용기가 이동되는 것을 방지하기 위해 삽입하였다.



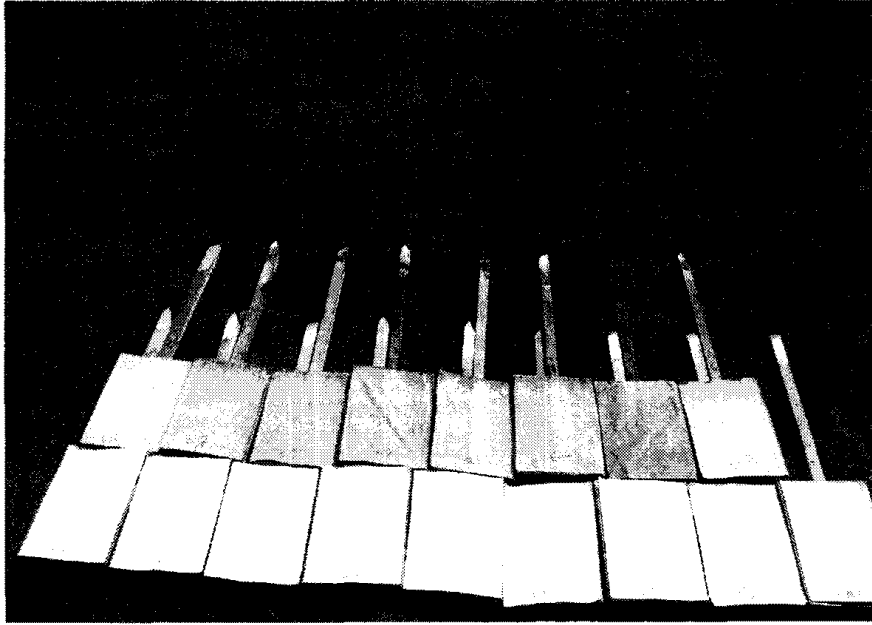
<Fig. 4-8> Experiment Scene



<Fig. 4-9> Picture of High Speed Fan of Long Distance Spreading

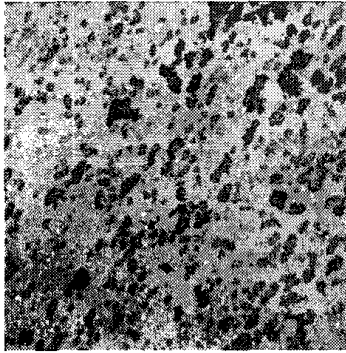
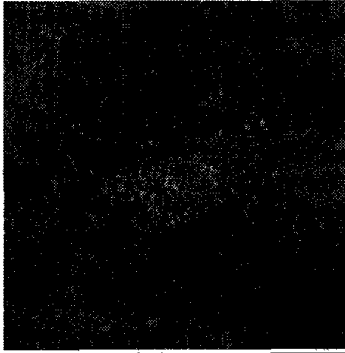
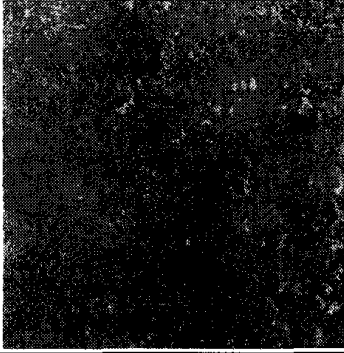


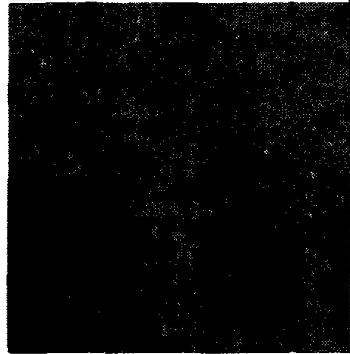
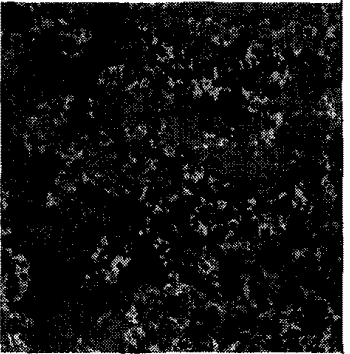
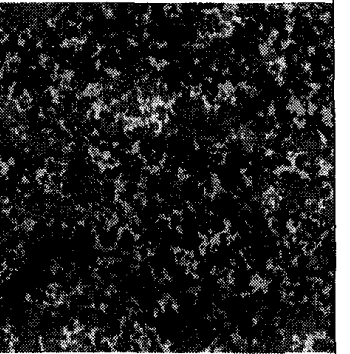
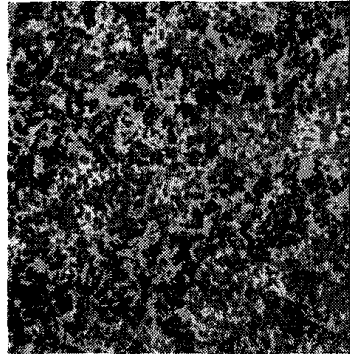
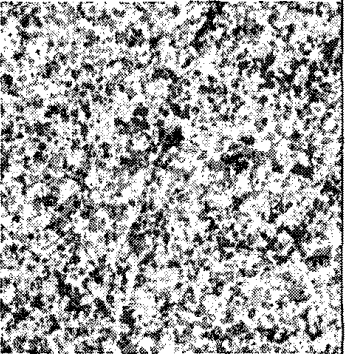
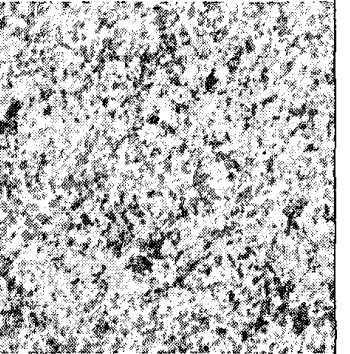
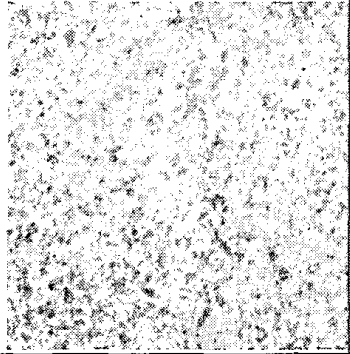
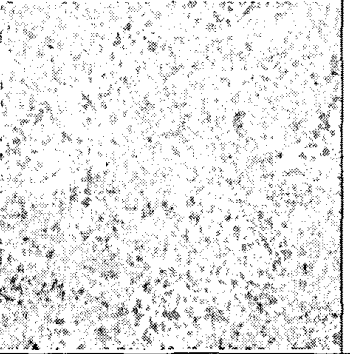
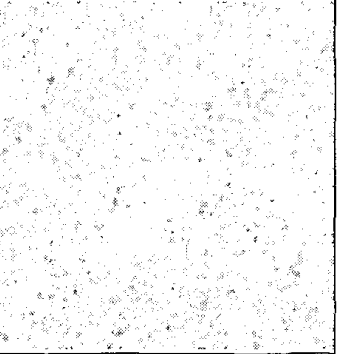
<Fig. 4-10> Amount of Spread on Vessel

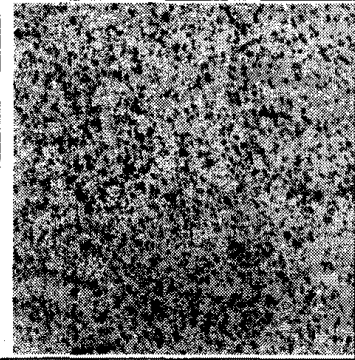
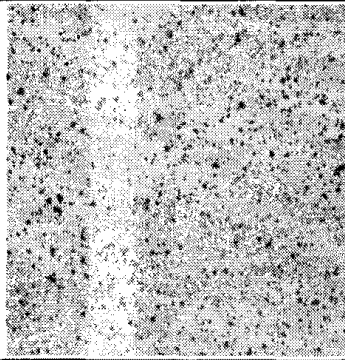
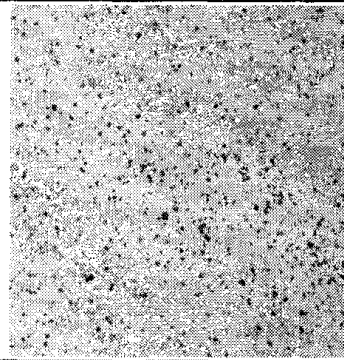
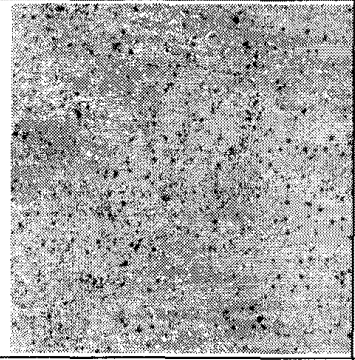
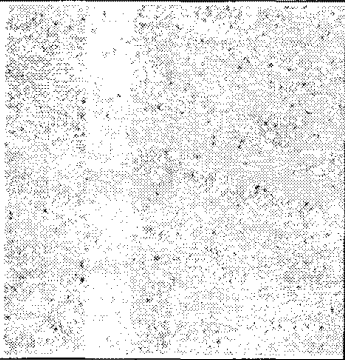


<Fig. 4-11> Amount of Spread on Paper

<Fig. 4-11>은 지상 10m 위치에 10-80m에 걸쳐 A4 용지를 판자에 부착하여 살포한 후 수거한 것이다. <Fig. 4-12>는 <Fig. 4-11>의 용지를 10m 간격으로 지상 1m 지점에 A4 용지를 부착한 후 살포하여 나타난 결과 값이다. 실험에 사용된 용지는 수거하여 영상처리를 이용하여 이치화 하였다. Gray level 은 0에서 255, Intensity는 백색은 0 흑색은 1로 나타냈다.

		
20m	30m	40m
Gray Level : 163	Gray Level : 77	Gray Level : 125
Intensity : 0.36	Intensity : 0.70	Intensity : 0.51

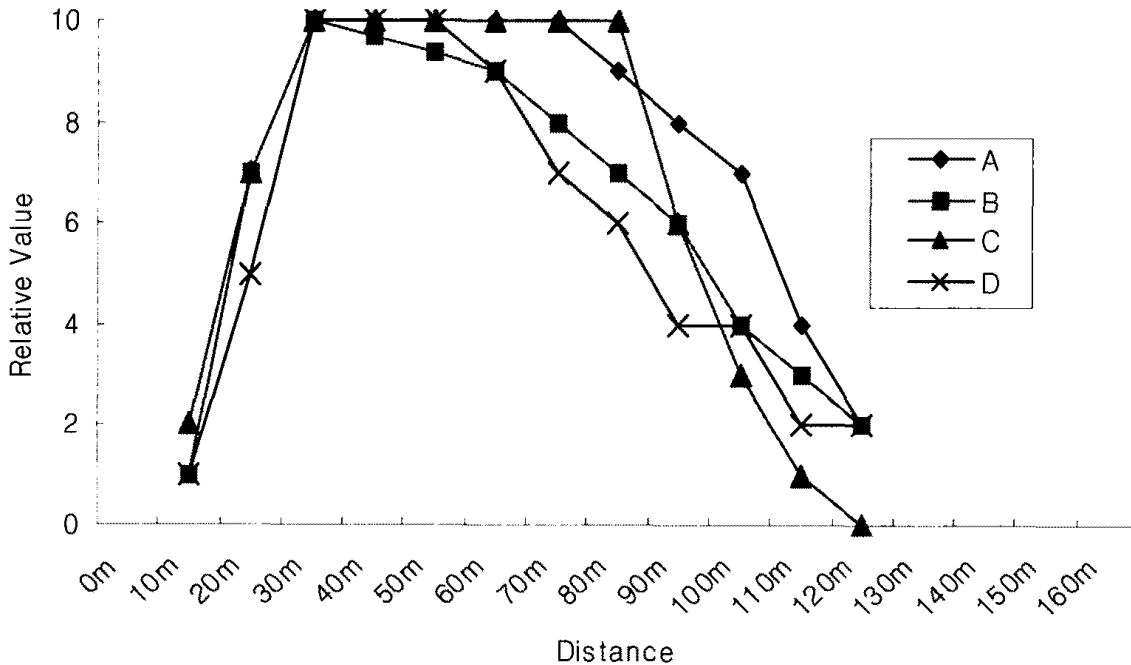
		
50m	60m	70m
Gray Level : 117	Gray Level : 126	Gray Level : 135
Intensity : 0.54	Intensity : 0.51	Intensity : 0.47
		
80m	90m	100m
Gray Level : 142	Gray Level : 183	Gray Level : 192
Intensity : 0.44	Intensity : 0.28	Intensity : 0.25
		
110m	120m	130m
Gray Level : 205	Gray Level : 213	Gray Level : 228
Intensity : 0.20	Intensity : 0.16	Intensity : 0.11

		
140m	150m	160m
Gray Level : 229	Gray Level : 231	Gray Level : 234
Intensity : 0.10	Intensity : 0.09	Intensity : 0.08
		
170m	180m	
Gray Level : 236	Gray Level : 240	
Intensity : 0.07	Intensity : 0.06	

<Fig. 4-12> Amount of Spread on Paper per 10m

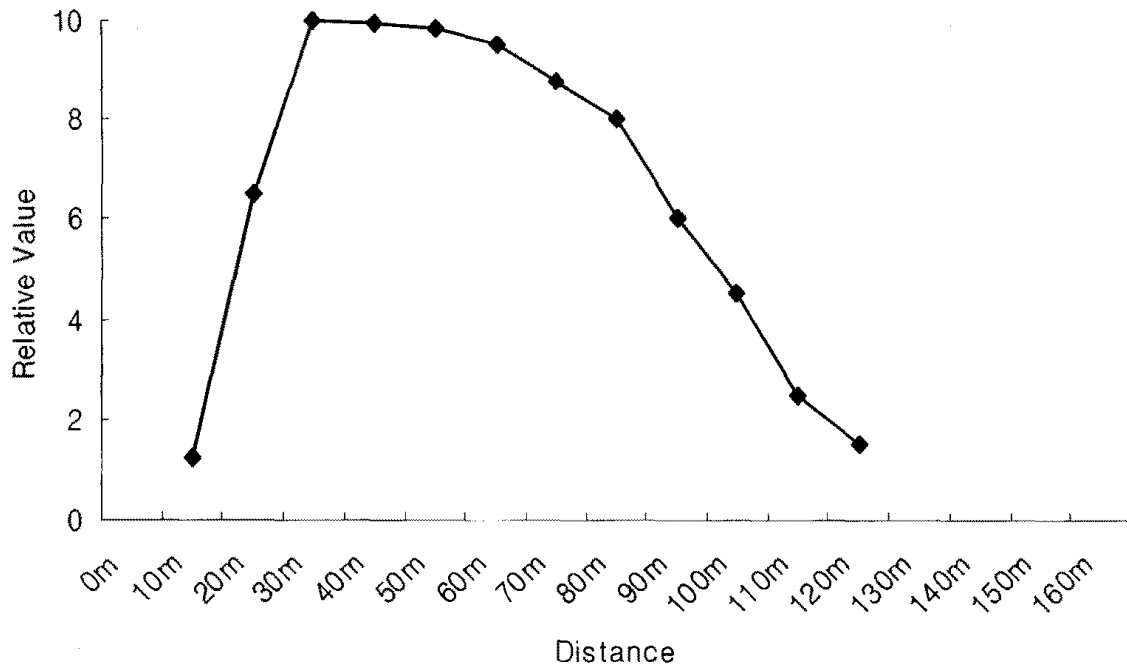
2. 원거리 방제기 이동에 따른 고속 팬의 살포량

<Fig. 4-13>은 분무지점에서 세로거리(분무방향과 수직을 이루는 거리)를 5m 간격으로 고정하고, 가로길이(분무량과 수평을 이루는 거리) 지점에 따른 분무량 그래프를 나타낸 것이다. A, B, C, D는 관찰자들의 개별 조사 데이터를 나타낸 것이다. <Fig. 4-14>는 관찰자 4명의 데이터를 이용하여 평균을 구한 것이다.

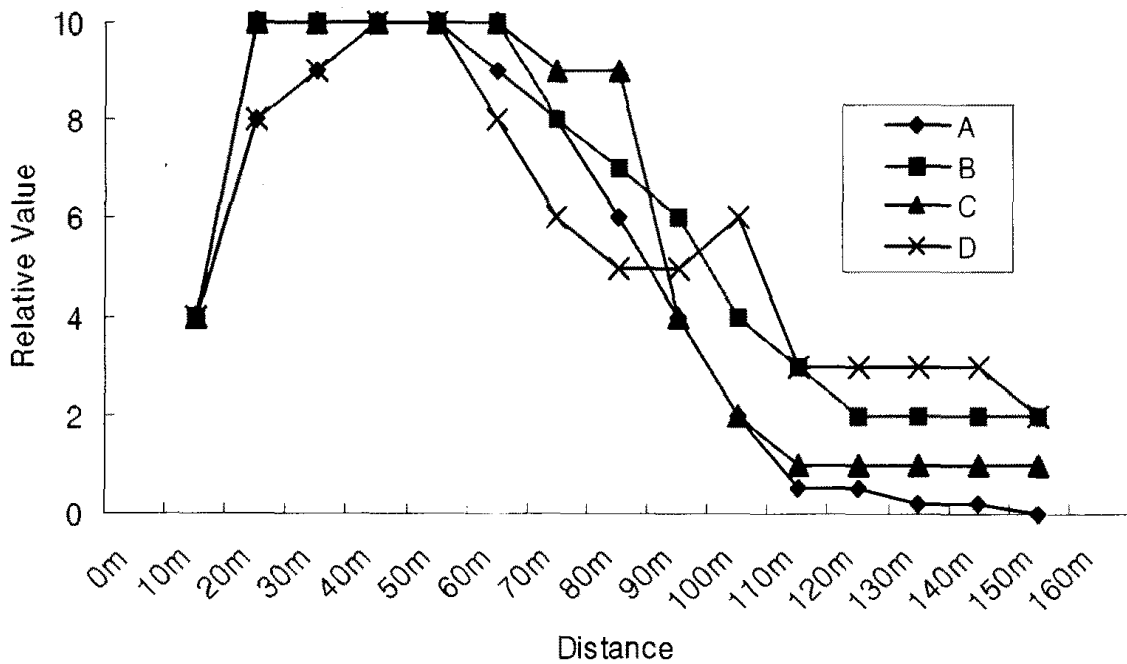


<Fig. 4-13> Horizontal Distance 0m and Vertical Distance 0m~160m

<Fig. 4-13>은 방제기가 이동을 시작하면서 살포를 한 것이다. 방제기가 출발과 동시에 살포할 경우 A-3, A-4, A-5 및 A-6 구간에서 가장 좋은 살포 결과를 나타냈다. <Fig. 4-14>는 4명의 관찰자에 대한 결과를 분석한 것이다. 방제기가 출발과 동시에 살포한 경우 30~70m 구간에서 살포량이 가장 좋은 결과가 나타났고, 130m 이상의 구간은 방제기가 이동을 하여 살포가 되지 않은 것으로 판단된다.



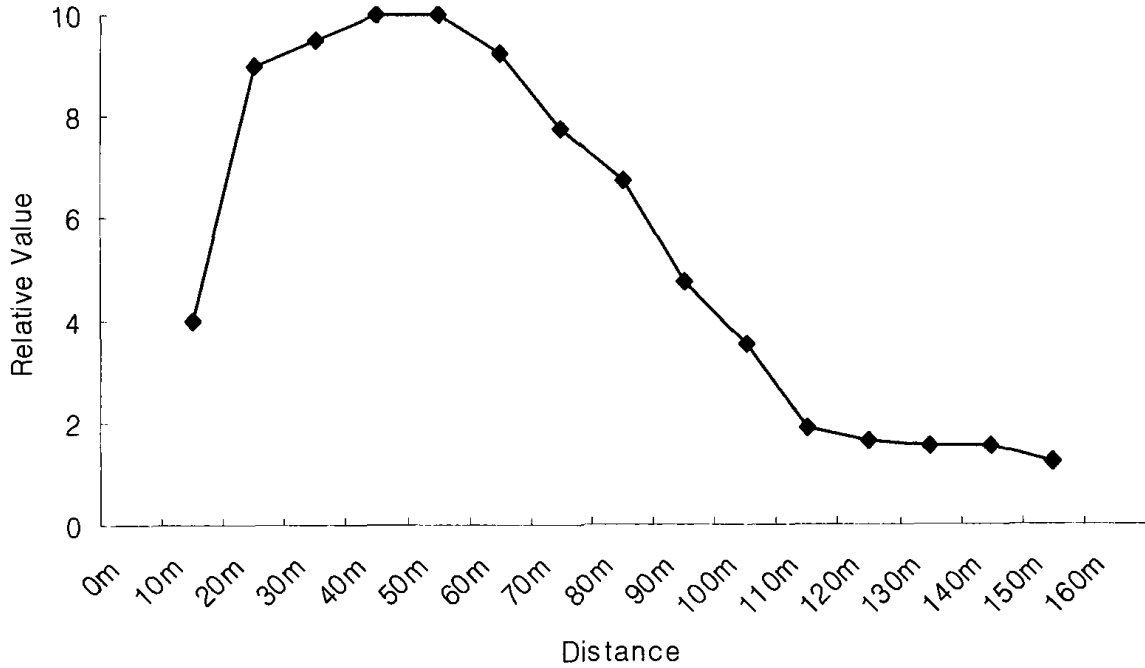
<Fig. 4-14> Horizontal Distance 0m, Vertical Distance 0m~160m of Average



<Fig. 4-15> Horizontal Distance 5m and Vertical Distance 0m~160m

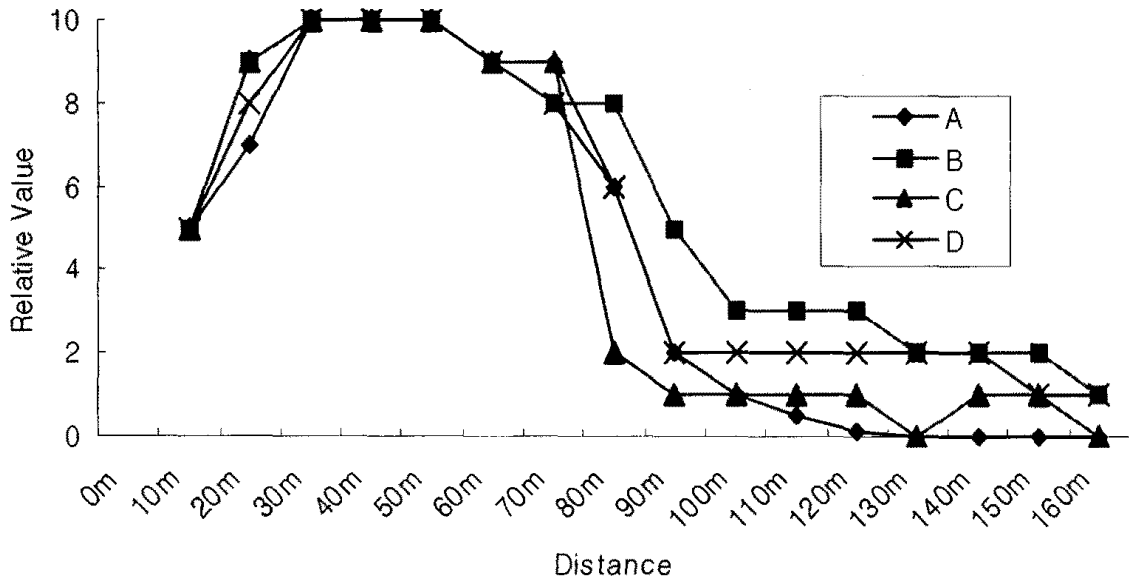
<Fig. 4-15>는 방제기가 5m 이동하면서 살포한 것이다. B-2, B-3, B-4, B-5 및 B-6 구간에서 좋은 살포 결과를 보였다. B-12에서 B-16 구간에도 살

포가 되었다. 일본 마루야마에서 개발한 방제기는 최대 살포 거리가 120m인 것에 비하면 우수한 성능을 발휘한 것으로 판단된다.

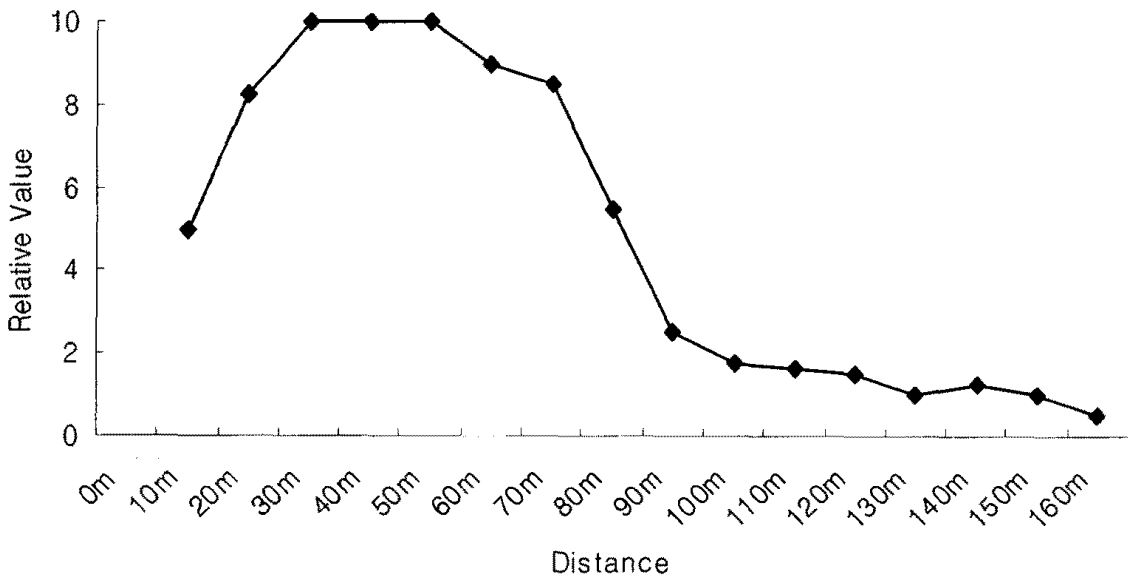


<Fig. 4-16> Horizontal Distance 5m, Vertical Distance 0m~160m of Average

<Fig. 4-16>은 방제기가 5m 이동한 경우를 나타낸 것이다. 50, 60m에서 가장 좋은 살포량을 나타냈다. <Fig. 4-17>은 방제기가 10m 거리를 이동할 경우 C-2, C-3 및 C-4 실험구에서 높은 살포량을 나타냈다.

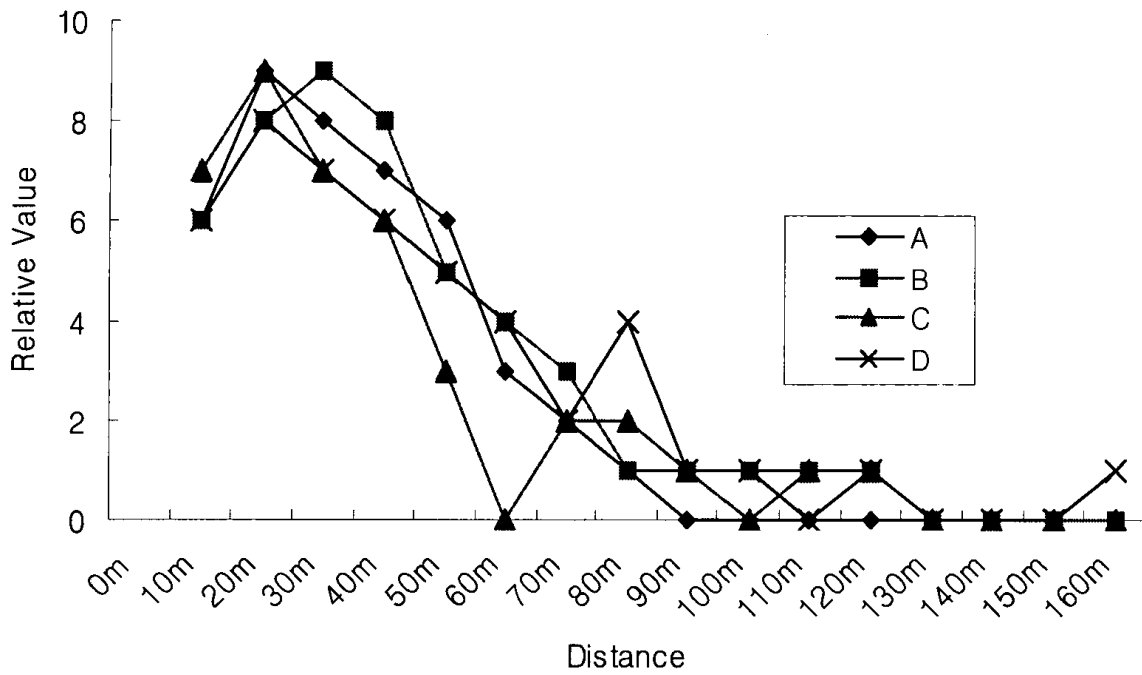


<Fig. 4-17> Horizontal Distance 10m and Vertical Distance 0m~160m

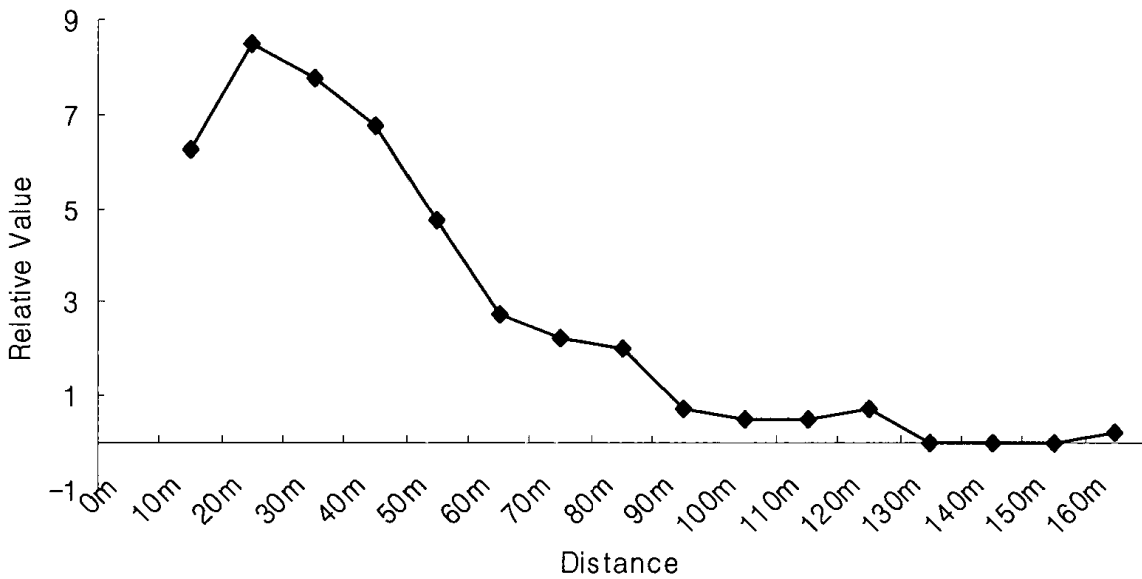


<Fig. 4-18> Horizontal Distance 10m and Vertical Distance 0m~160m of Average

<Fig. 4-18>은 30-50m 구간에서 가장 높은 살포량을 나타냈다. <Fig. 4-19>는 방제기가 15m 이동했을 때 살포량을 나타낸 것이다. D-2, C-3 구간에서 높은 살포량을 나타냈다.

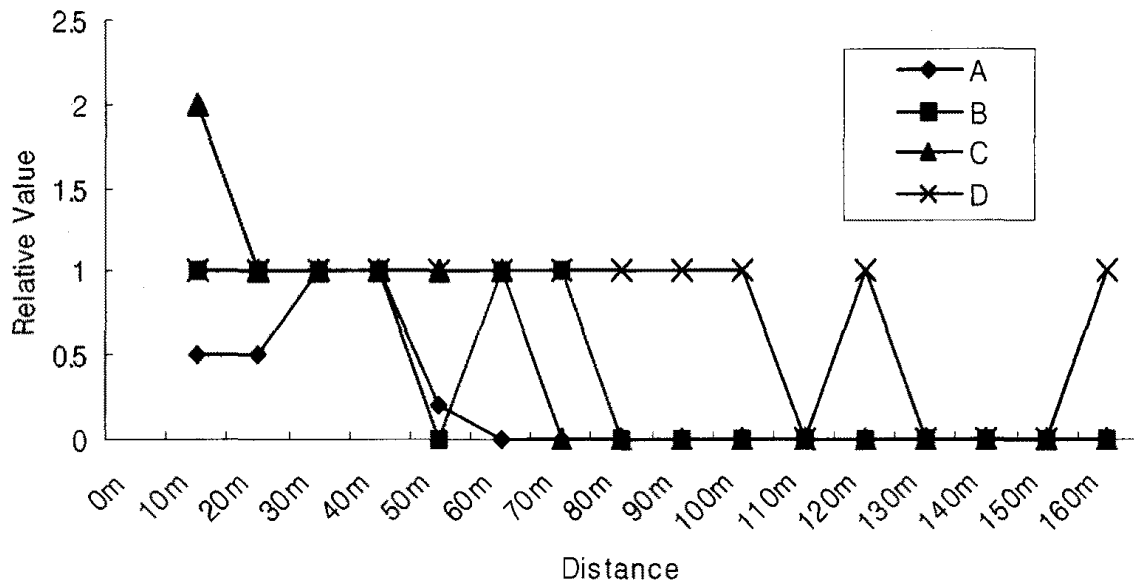


<Fig. 4-19> Horizontal Distance 15m and Vertical Distance 0m~160m

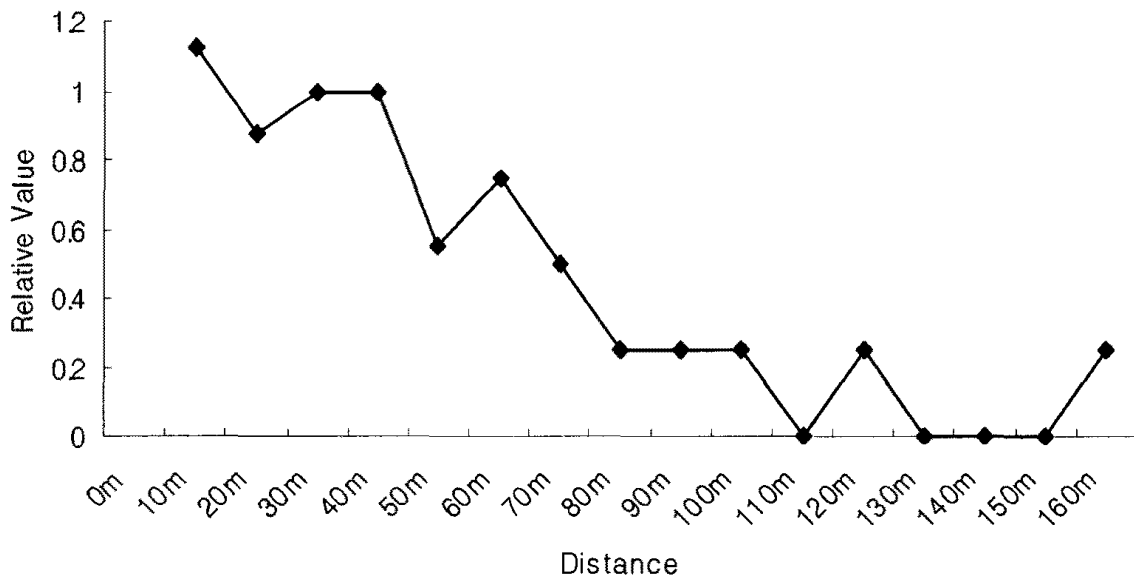


<Fig. 4-20> Horizontal Distance 15m and Vertical Distance 0m~160m of Average

<Fig. 4-20>은 방제기가 15m 이동했을 때 평균값을 나타낸 것이다. 20m 구간에서 가장 높은 살포를 보였다.



<Fig. 4-21> Horizontal Distance 20m and Vertical Distance 0m~160m

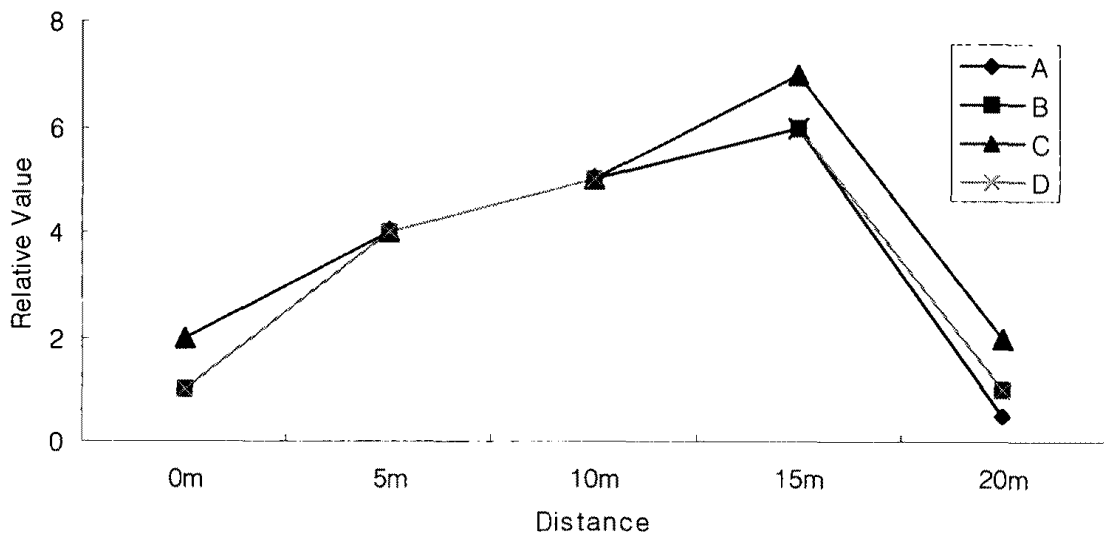


<Fig. 4-22> Horizontal Distance 20m, Vertical Distance 0m~160m of Average

<Fig. 4-21>은 방제기가 20m 지점에 도달하면서 정지하였을 때의 상태를 나타낸 것이다. E-1, 구간에서 가장 높은 살포를 보였으며, E-2에서 E-13까지 균일한 살포 성능을 나타냈다. <Fig. 4-22>는 방제기가 정지하면서 살포하였을 때의 평균값을 나타낸 것이다. 160m 구간에도 살포가 되었다.

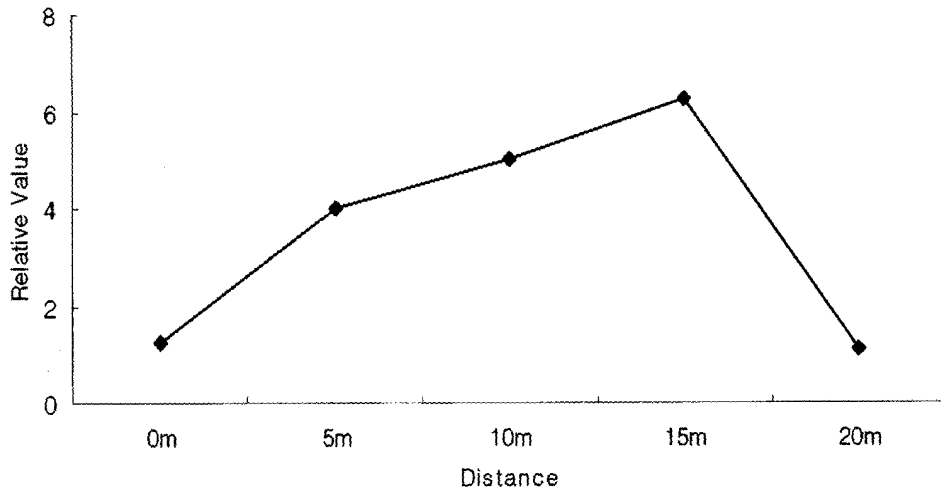
2. 거리별 살포량

<Fig. 4-23>은 분무지점에서 가로거리(분무방향과 수직을 이루는 거리)를 5m 간격으로 고정하고, 세로길이(분무량과 수평을 이루는 거리) 지점에 따른 분무량 그래프를 나타낸 것이다. A, B, C, D는 관찰자들의 개별 조사 데이터를 나타낸 것이다. 그림 2는 관찰자 4명의 데이터를 이용하여 평균을 구한 것이다. 살포가 가장 잘된 곳을 10 살포가 되지 않을 곳을 0으로 나타냈다.

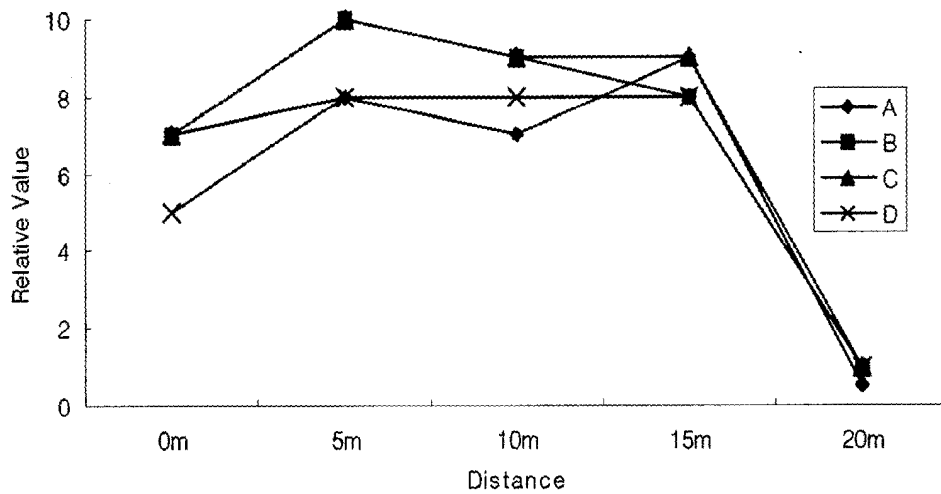


<Fig. 4-23> Horizontal Distance 0m~20m and Vertical Distance 10m

<Fig. 4-23>에서 D-1구간에서 가장 높은 살포량을 나타냈다. <Fig. 4-24>에서 방제기가 출발하면서 살포한 경우 0m의 경우와 방제기가 정지하면서 살포를 중지한 20m의 경우 살포가 잘 되지 않은 것으로 나타났다.

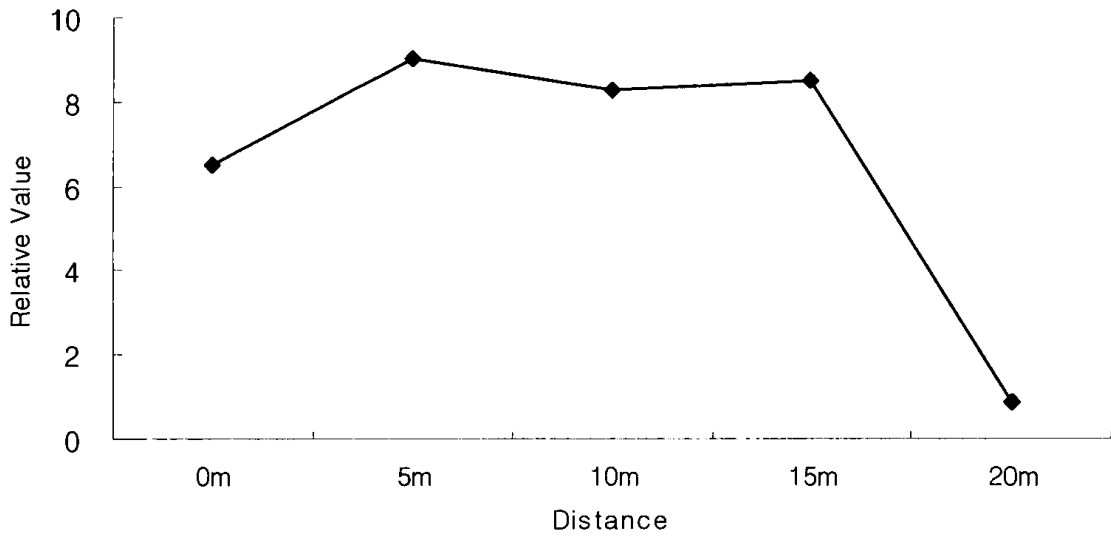


<Fig. 4-24> Horizontal Distance 0m~20m, Vertical Distance 10m of Average

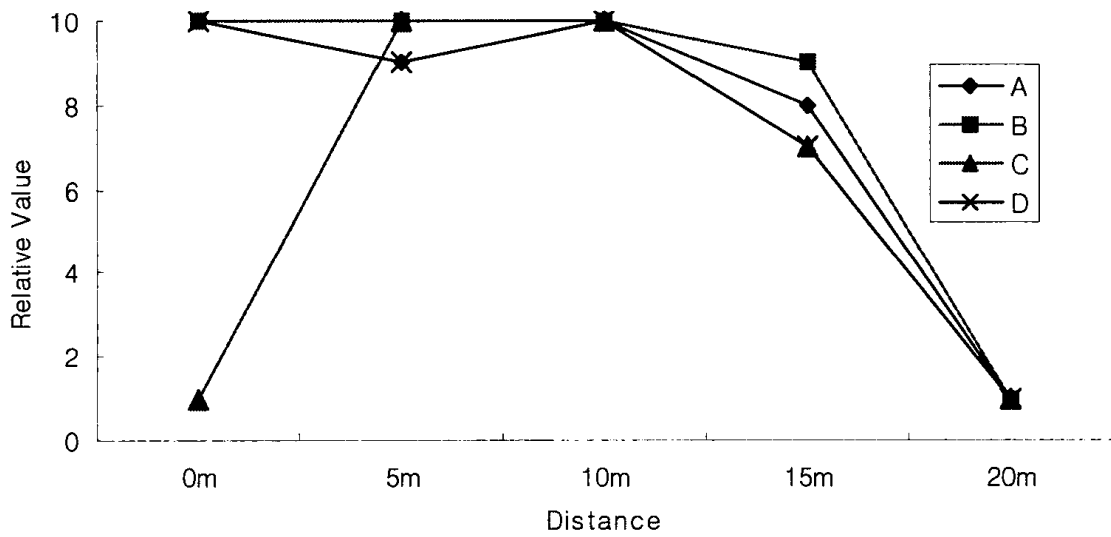


<Fig. 4-25> Horizontal Distance 0m~20m and Vertical Distance 20m

<Fig. 4-25>에서 A-1, B-2, C-2 및 D-2 구간에서 높은 살포량을 나타냈다. 방제기가 정지하면서 살포를 중지한 E-2 구간에서 낮은 살포를 보였다. <Fig. 4-26>은 방제기가 출발하여 살포한 10m 지점의 평균값을 나타낸 것이다. 출발 후 20m인 지점은 살포가 되지 않은 것으로 나타났다.

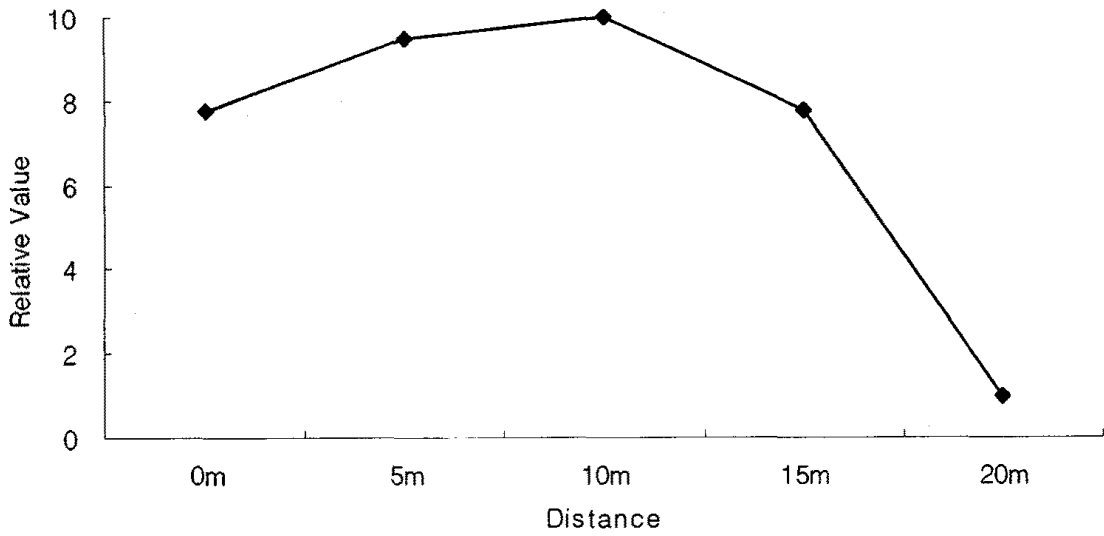


<Fig. 4-26> Horizontal Distance 0m~20m, Vertical Distance 20m of Average

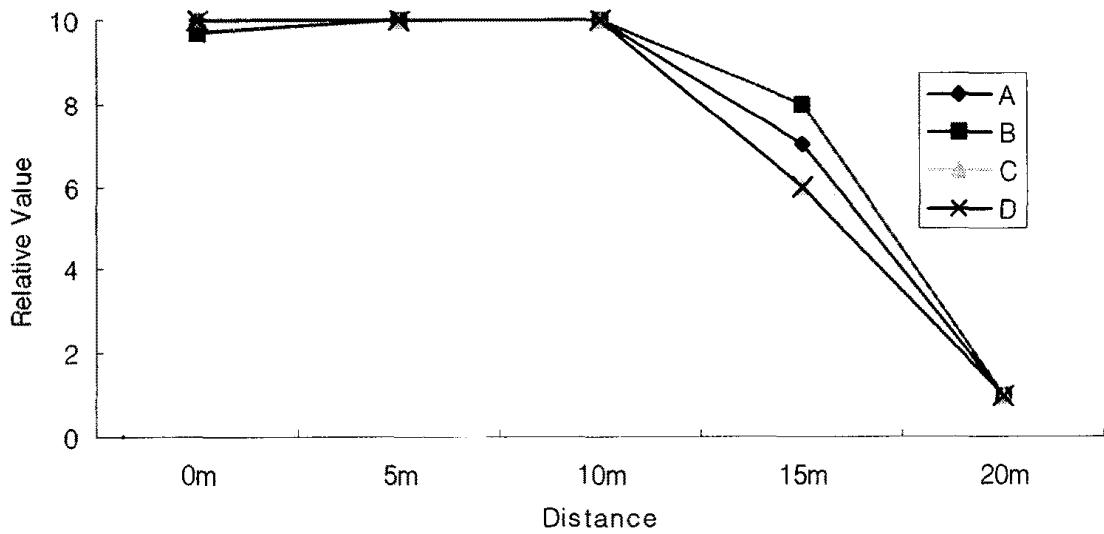


<Fig. 4-27> Horizontal Distance 0m~20m and Vertical Distance 30m

<Fig. 4-27>에서 A-3 구간은 관찰자 1명을 제외하고, 살포가 좋은 것으로 나타났다. B-3, C-3 및 D-3 구간에서 높은 살포량을 나타냈다. <Fig. 4-28>은 방제기로부터 30m 떨어진 지점의 분포도를 나타낸 것이다.

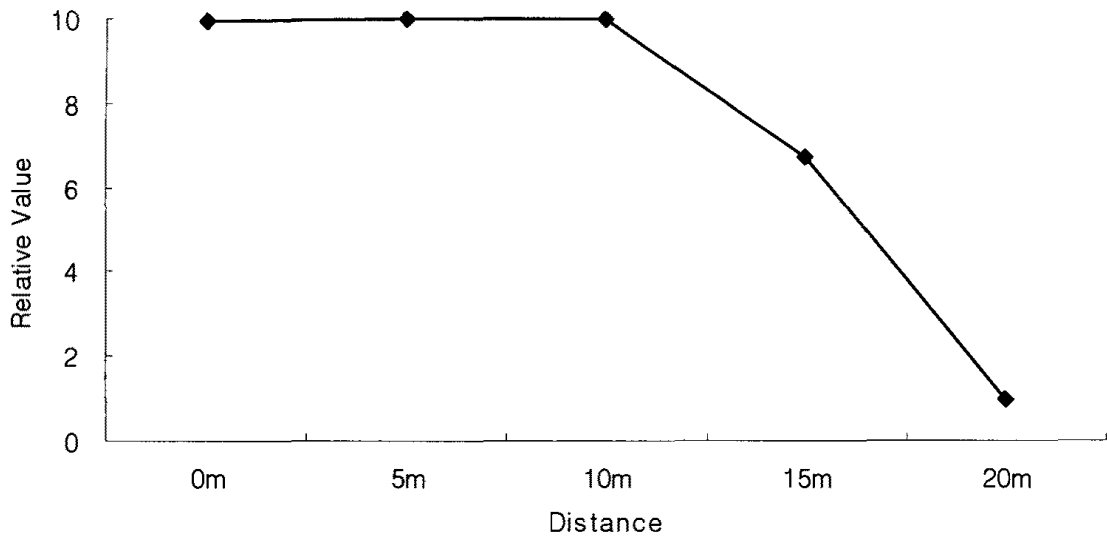


<Fig. 4-28> Horizontal Distance 0m~20m, Vertical Distance 30m of Average

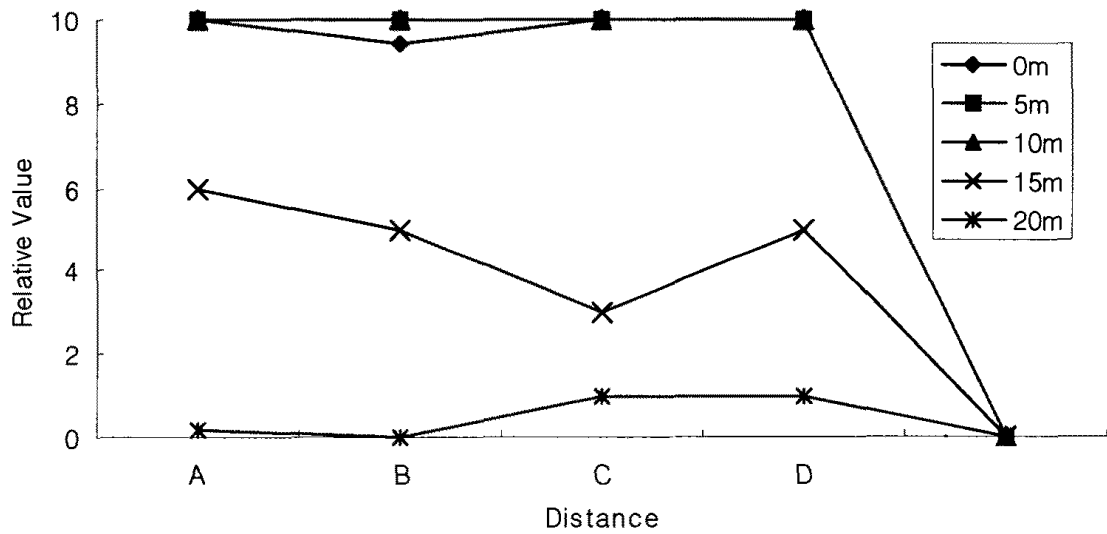


<Fig. 4-29> Horizontal Distance 0m~20m and Vertical Distance 40m

<Fig. 4-29>는 방제기로부터 40m 떨어진 지점에서 살포량을 나타낸 것이다. 관측 결과 A-4, B-4 및 C-4 구간에서 가장 높은 살포량을 보였다. <Fig. 4-30>은 <Fig. 4-29>의 평균값을 나타낸 것이다. 20m 지점은 살포가 되지 않은 것으로 나타났다.

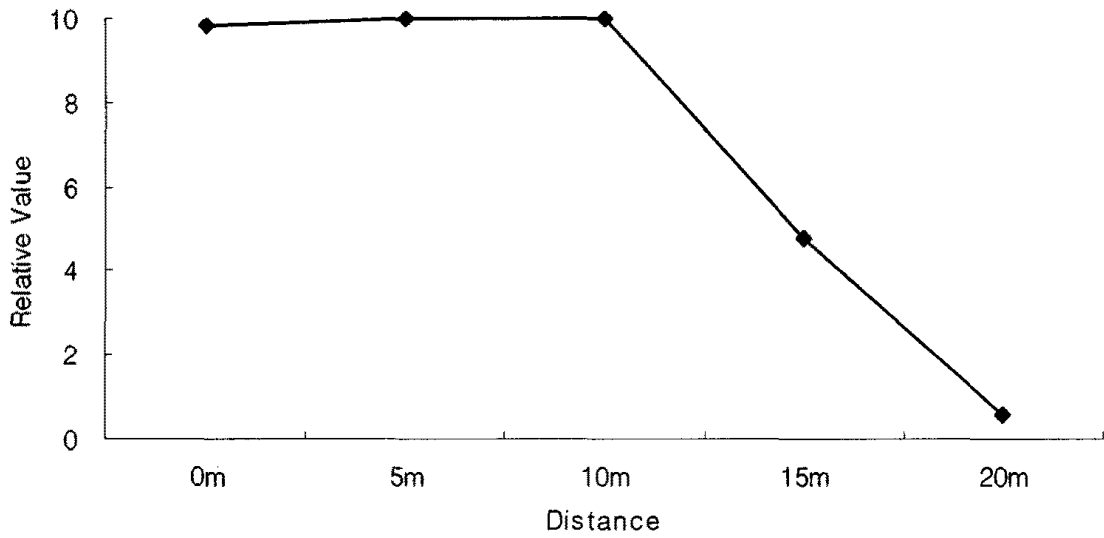


<Fig. 4-30> Horizontal Distance 0m~20m, Vertical Distance 40m of Average

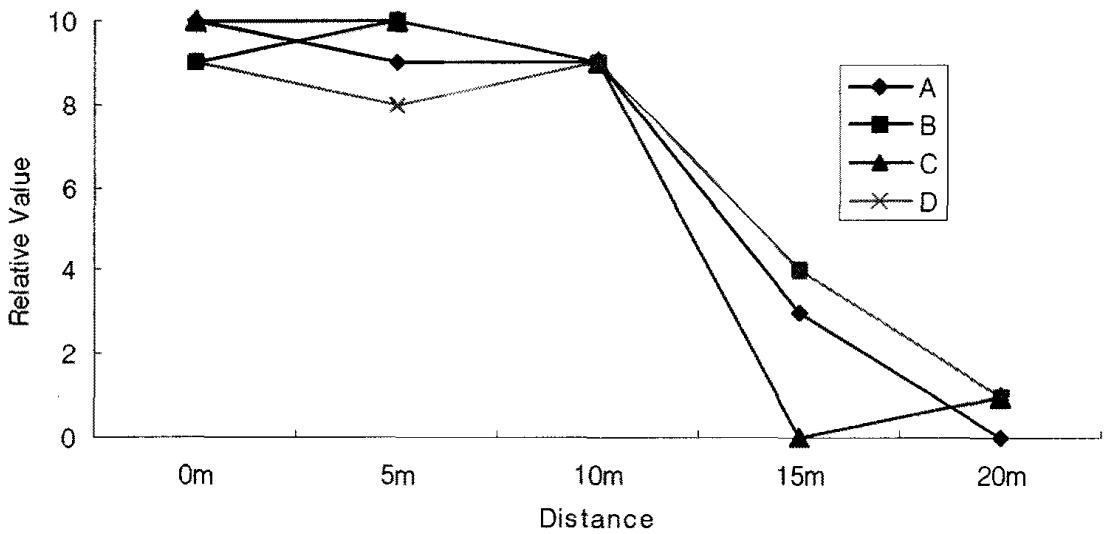


<Fig. 4-31> Horizontal Distance 0m~20m and Vertical Distance 50m

<Fig. 4-31>은 방제기로부터 50m 떨어진 곳의 살포량을 나타낸 것이다. A-5, B-5, C-5 및 D-5에서 높은 살포량을 나타냈다. <Fig. 4-32>는 <Fig. 4-31>의 평균값을 나타낸 것이다. 방제기가 출발하면서 살포한 경우 10m 까지 높은 살포량을 나타냈다.

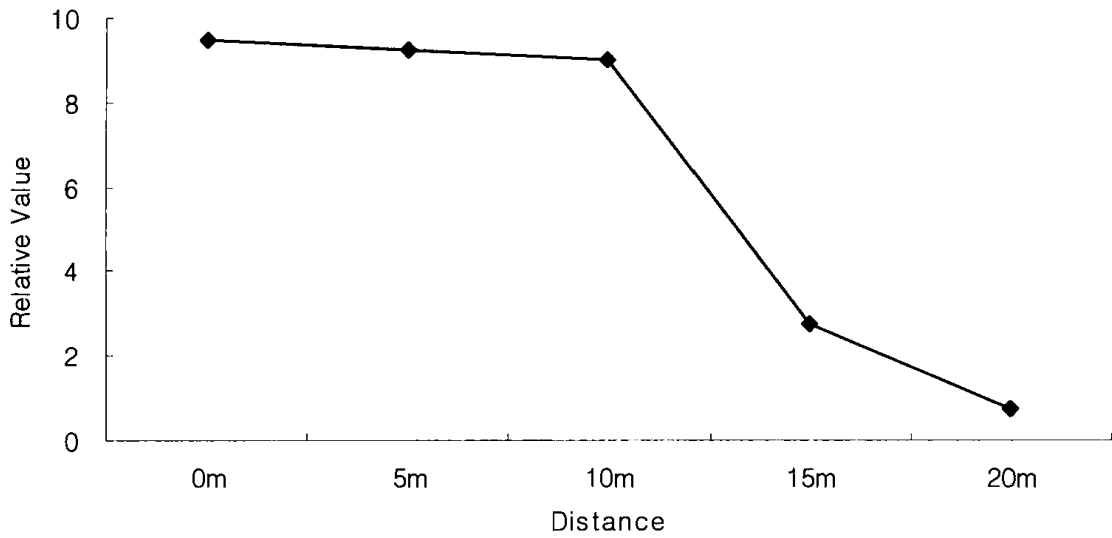


<Fig. 4-32> Horizontal Distance 0m~20m, Vertical Distance 50m of Average

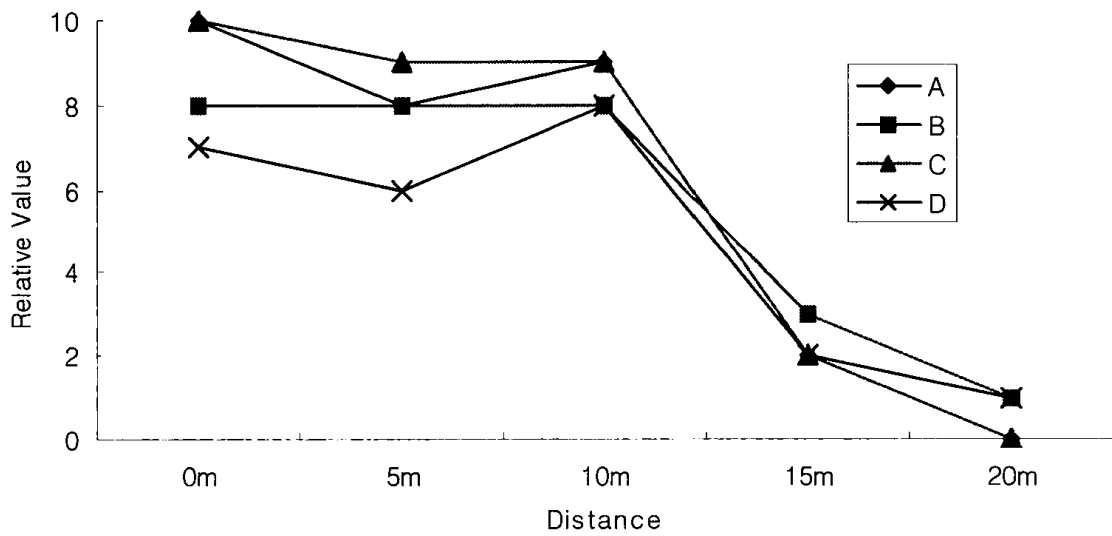


<Fig. 4-33> Horizontal Distance 0m~20m and Vertical Distance 60m

<Fig. 4-33>은 방제기로부터 60m 떨어진 곳의 살포량을 나타낸 것이다. A-6, B-6, 및 C-6에서 높은 살포량을 나타냈다. <Fig. 4-34>는 <Fig. 4-33>의 평균값을 나타낸 것이다. 방제기가 출발하면서 살포한 경우 10m 까지 높은 살포량을 나타냈다. 방제기가 출발하면서 살포한 경우 가장 높은 살포율을 보였다.

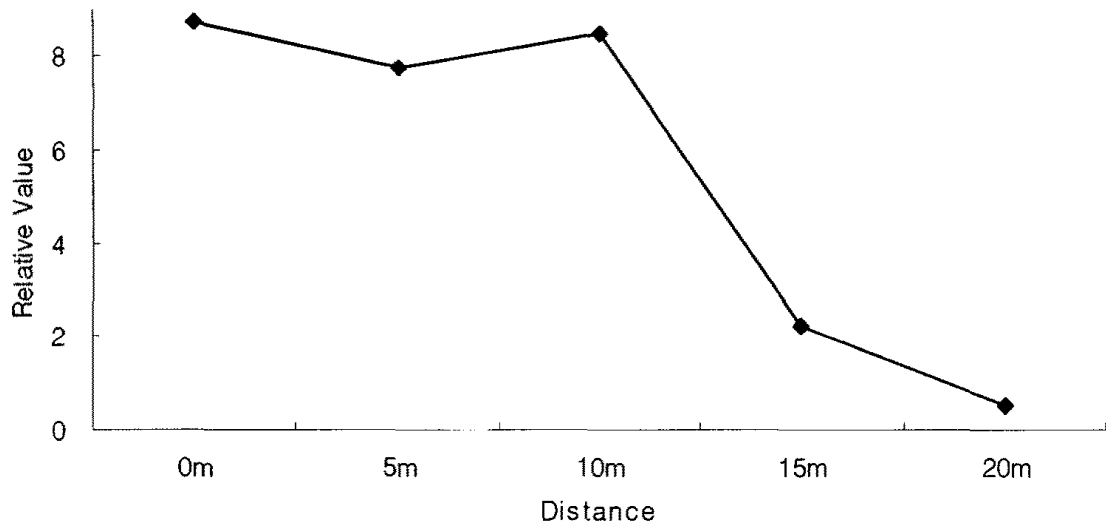


<Fig. 4-34> Horizontal Distance 0m~20m, Vertical Distance 60m of Average

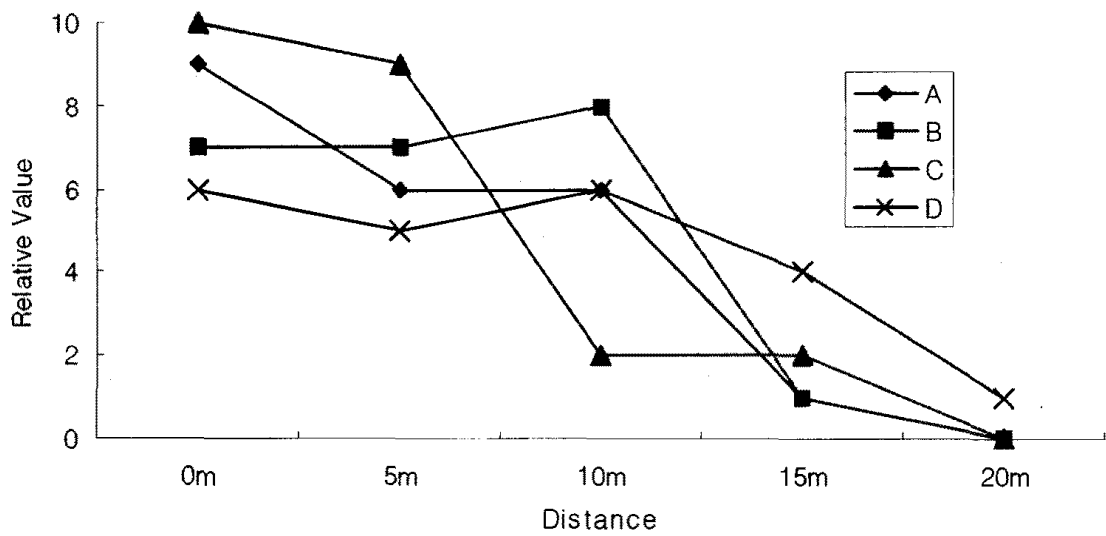


<Fig. 4-35> Horizontal Distance 0m~20m and Vertical Distance 70m

<Fig. 4-35>는 방제기로부터 70m 떨어진 곳의 살포량을 나타낸 것이다. A-7, B-7, 및 C-7에서 높은 살포량을 나타냈다. <Fig. 4-36>은 <Fig. 4-35>의 평균값을 나타낸 것이다. 방제기가 출발하면서 살포한 경우 10m 까지 높은 살포량을 나타냈다. 5m 지점에서 조금 낮은 살포를 보였다.

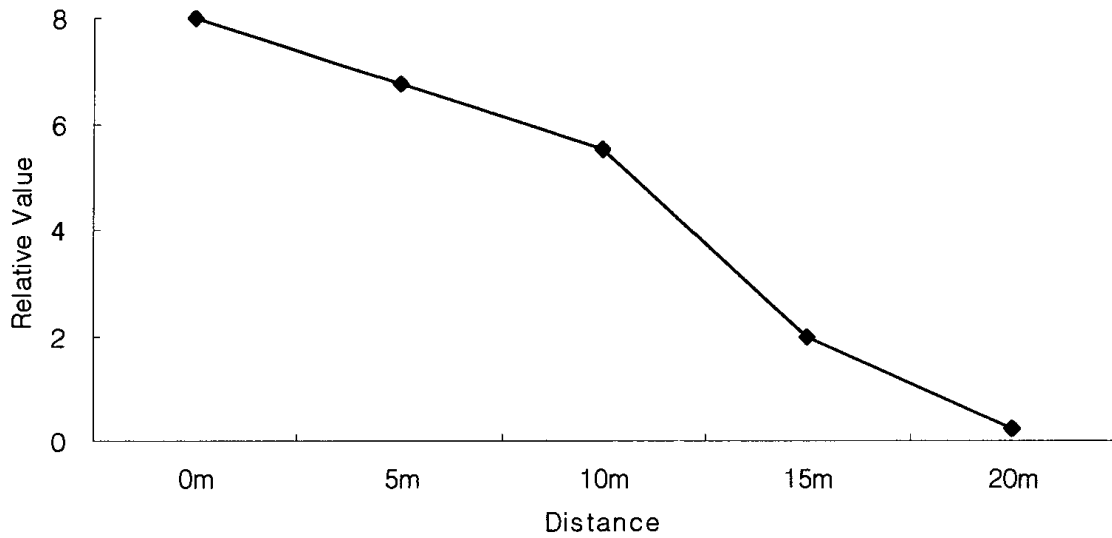


<Fig. 4-36> Horizontal Distance 0m~20m, Vertical Distance 70m of Average

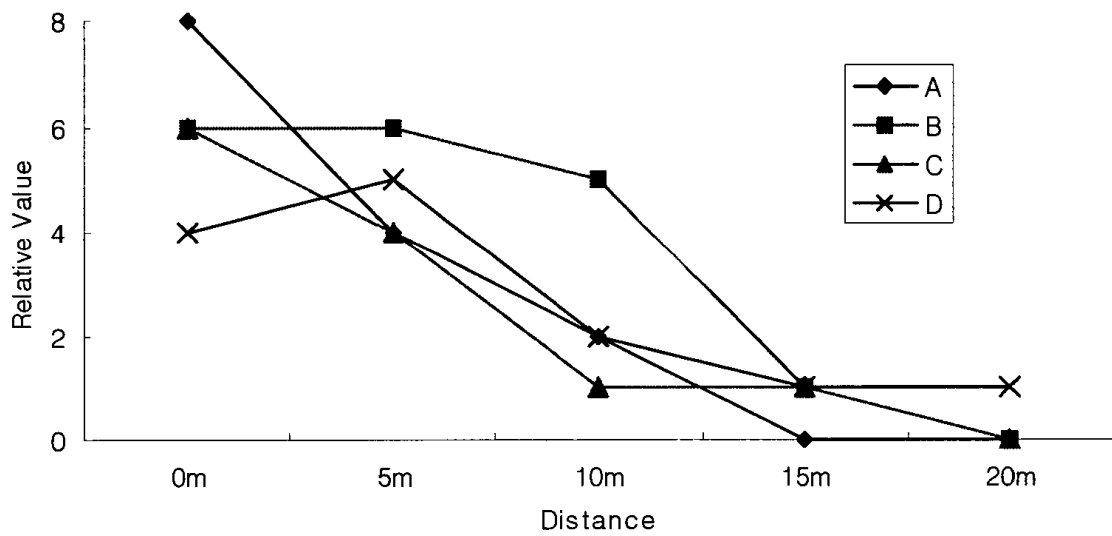


<Fig. 4-37> Horizontal Distance 0m~20m and Vertical Distance 80m

<Fig. 4-37>은 방제기로부터 80m 떨어진 곳의 살포량을 나타낸 것이다. A-8에서 가장 높은 살포량을 나타냈다. <Fig. 4-38>은 <Fig. 4-37>의 평균값을 나타낸 것이다. 방제기가 출발하면서 살포한 경우 10m 까지 높은 살포량을 나타냈다. 5m 지점에서 조금 낮은 살포를 보였다.

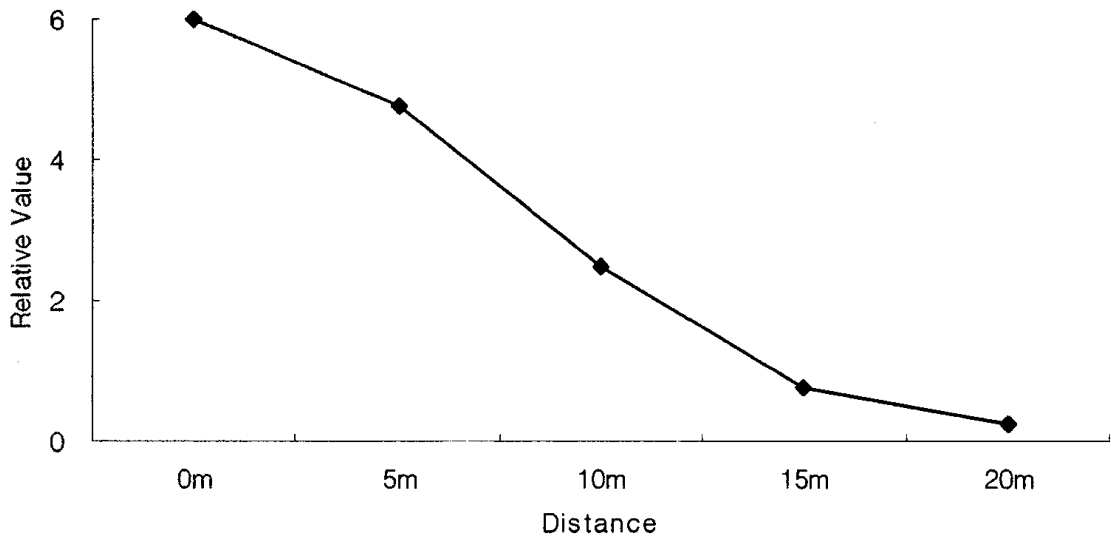


<Fig. 4-38> Horizontal Distance 0m~20m, Vertical Distance 80m of Average

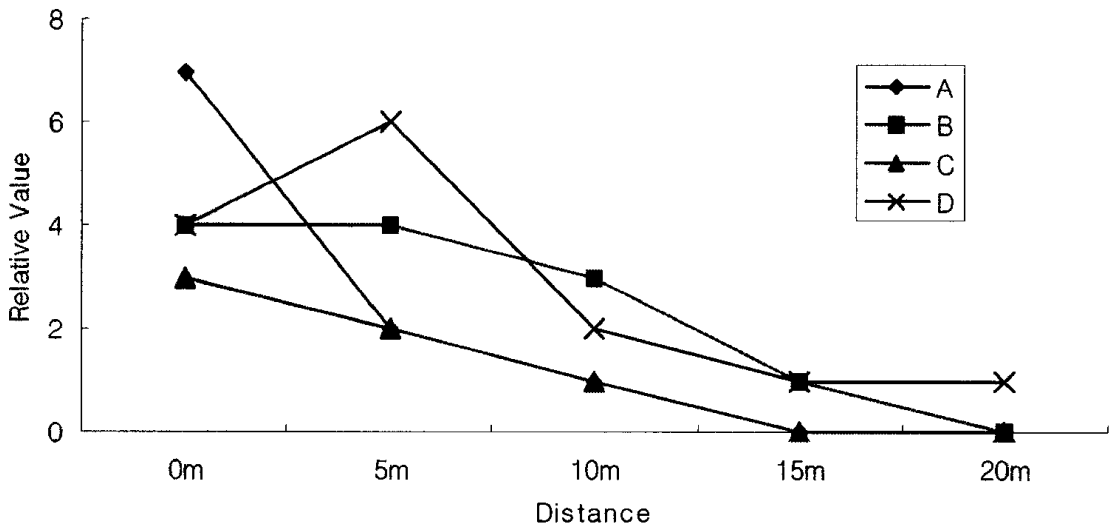


<Fig. 4-39> Horizontal Distance 0m~20m and Vertical Distance 90m

<Fig. 4-39>는 방제기로부터 90m 떨어진 곳의 살포량을 나타낸 것이다. A-9, B-9 에서 높은 살포량을 나타냈다. <Fig. 4-40>은 <Fig. 4-39>의 평균값을 나타낸 것이다. 방제기가 출발하면서 살포한 경우 0~10m 까지 높은 살포량을 나타냈다.

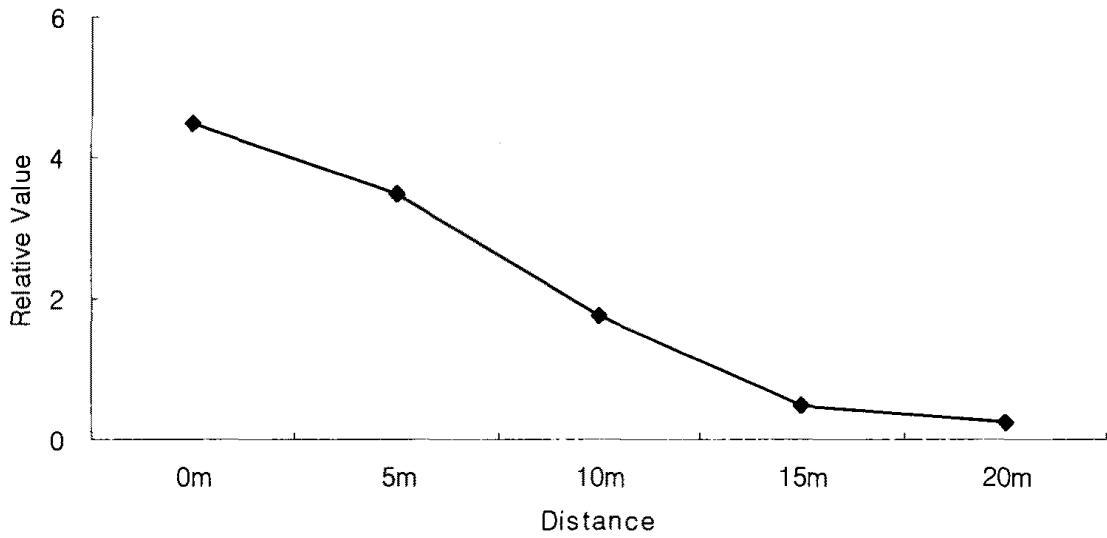


<Fig. 4-40> Horizontal Distance 0m~20m, Vertical Distance 90m of Average

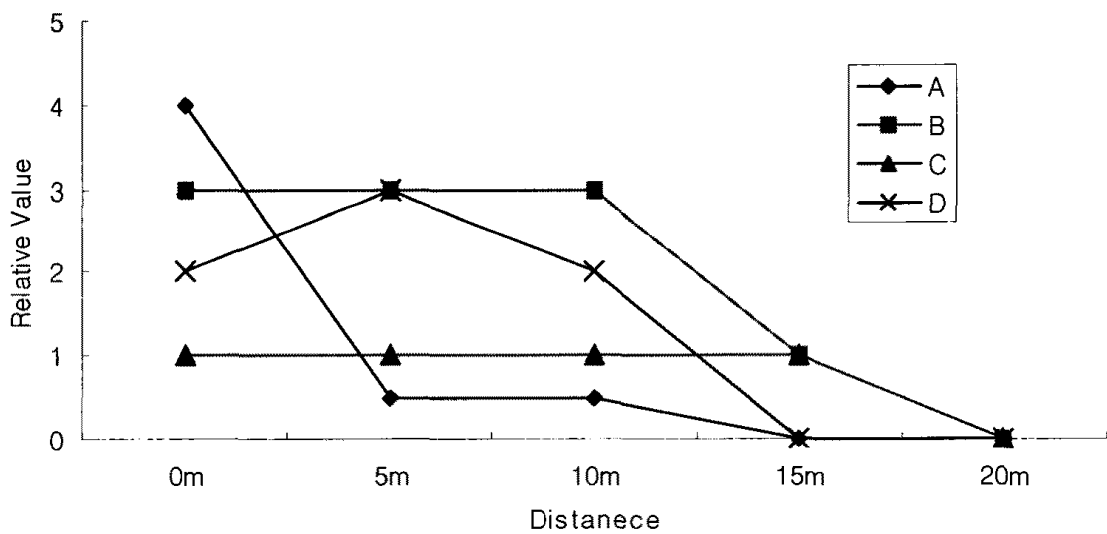


<Fig. 4-41> Horizontal Distance 0m~20m and Vertical Distance 100m

<Fig. 4-41>은 방제기로부터 100m 떨어진 곳의 살포량을 나타낸 것이다. A-10, B-10에서 높은 살포량을 나타냈다. <Fig. 4-42>는 <Fig. 4-41>의 평균값을 나타낸 것이다. 방제기가 출발하면서 살포한 경우 0~5m 까지 높은 살포량을 나타냈다.

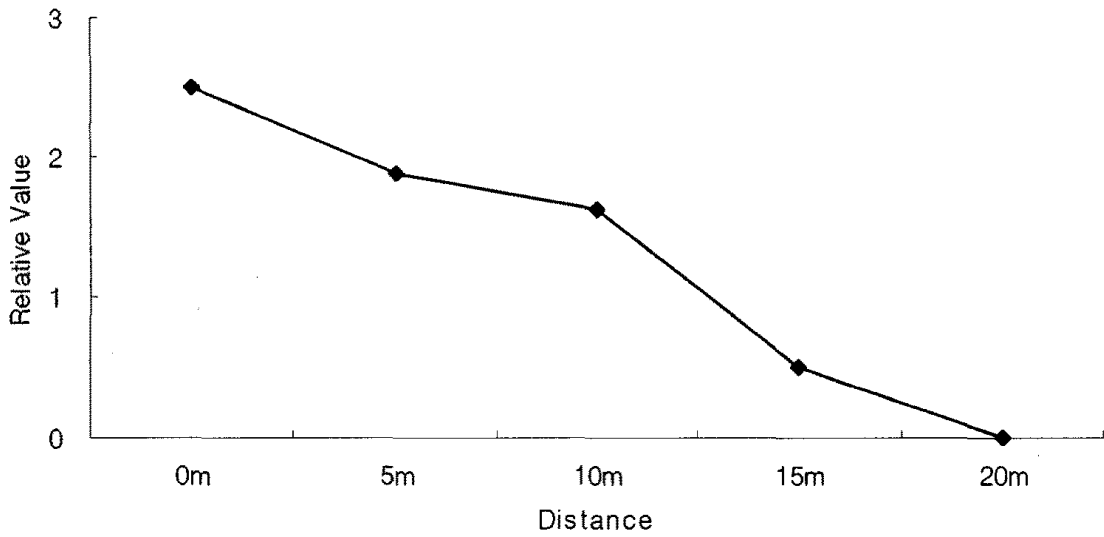


<Fig. 4-42> Horizontal Distance 0m~20m, Vertical Distance 100m of Average

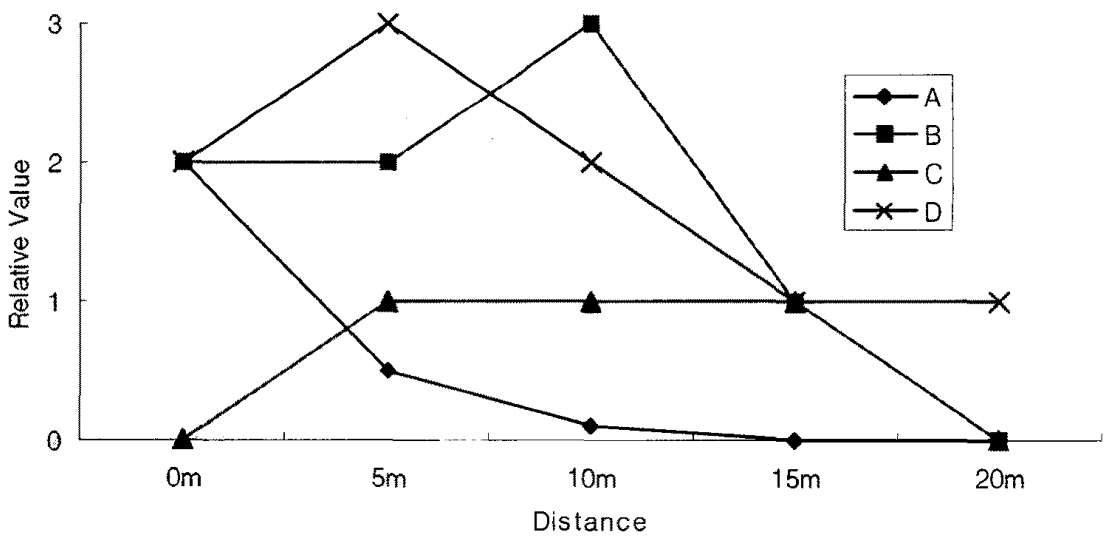


<Fig. 4-43> Horizontal Distance 0m~20m and Vertical Distance 110m

<Fig. 4-43>은 방제기로부터 110m 떨어진 곳의 살포량을 나타낸 것이다. A-11, B-11 및 C-11에서 높은 살포량을 나타냈다. <Fig. 4-44>는 <Fig. 4-43>의 평균값을 나타낸 것이다. 방제기가 출발하면서 살포한 경우 0~5m 까지 높은 살포량을 나타냈다.

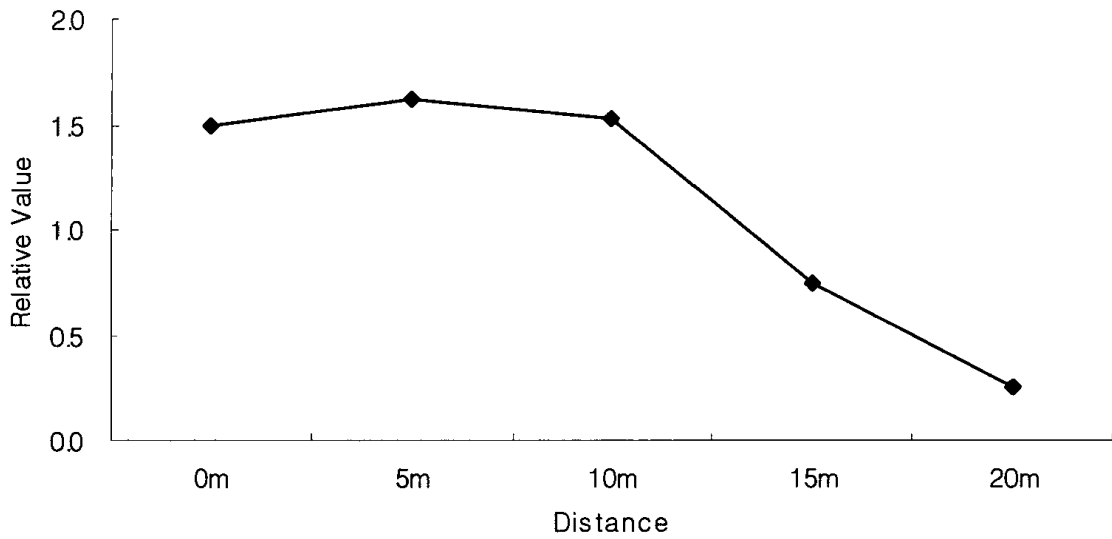


<Fig. 4-44> Horizontal Distance 0m~20m, Vertical Distance 110m of Average

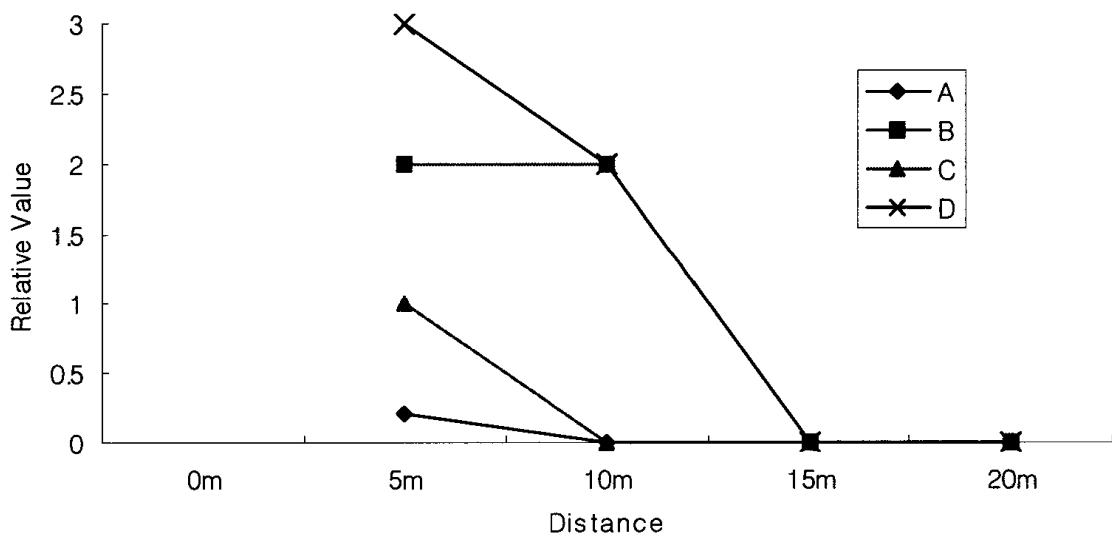


<Fig. 4-45> Horizontal Distance 0m~20m and Vertical Distance 120m

<Fig. 4-45>는 방제기로부터 120m 떨어진 곳의 살포량을 나타낸 것이다. B-12 및 C-12에서 높은 살포량을 나타냈다. <Fig. 4-46>은 <Fig. 4-45>의 평균값을 나타낸 것이다. 방제기가 출발하면서 살포한 경우 0~10m 까지 높은 살포량을 나타냈다.

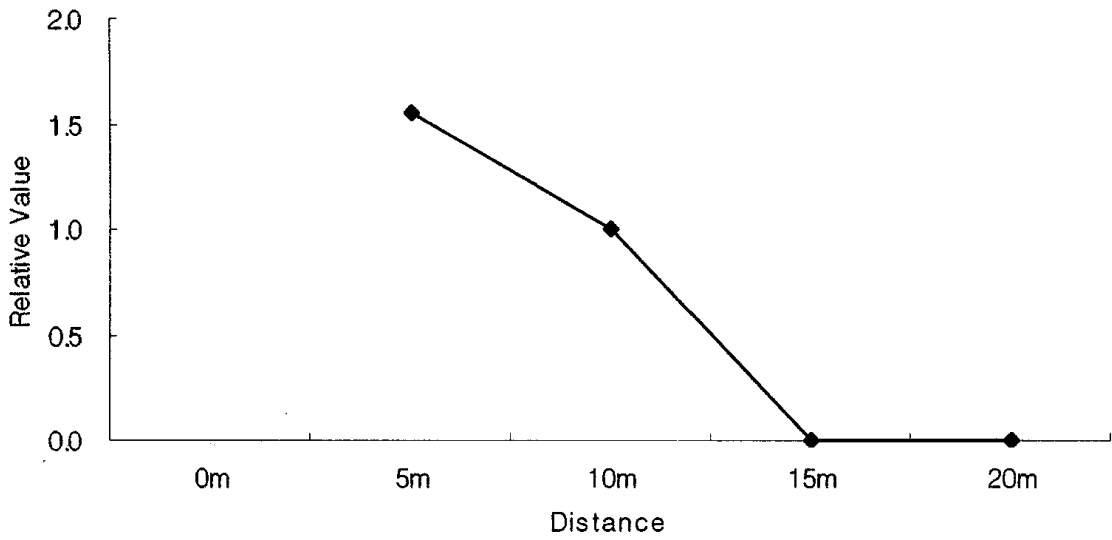


<Fig. 4-46> Horizontal Distance 0m~20m, Vertical Distance 120m of Average

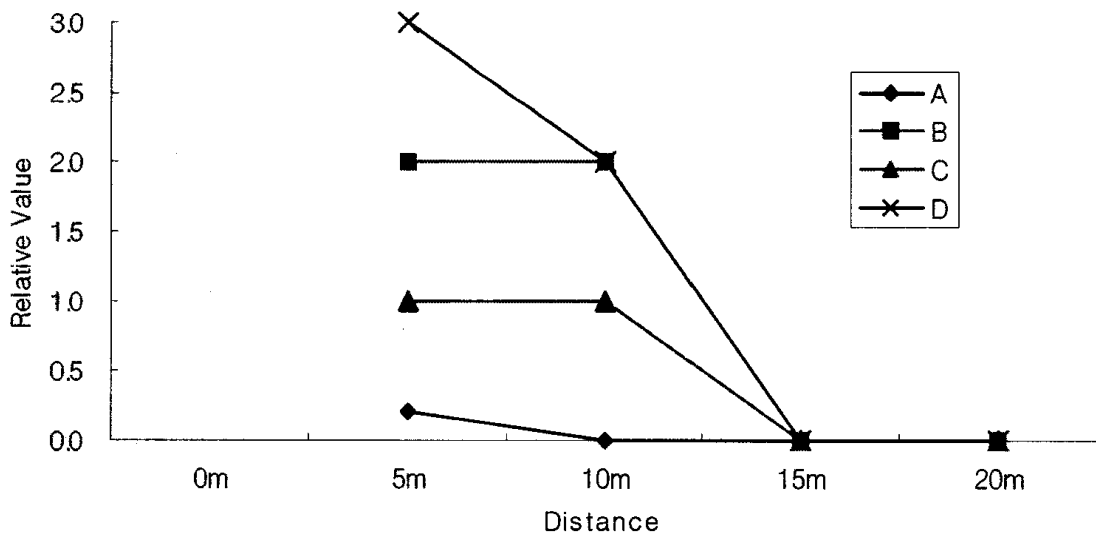


<Fig. 4-47> Horizontal Distance 0m~20m and Vertical Distance 130m

<Fig. 4-47>은 방제기로부터 130m 떨어진 곳의 살포량을 나타낸 것이다. B-13 에서 높은 살포량을 나타냈다. <Fig. 4-48>은 <Fig. 4-47>의 평균값을 나타낸 것이다. 방제기가 출발하면서 살포한 경우 5m에서 높은 살포량을 나타냈다.

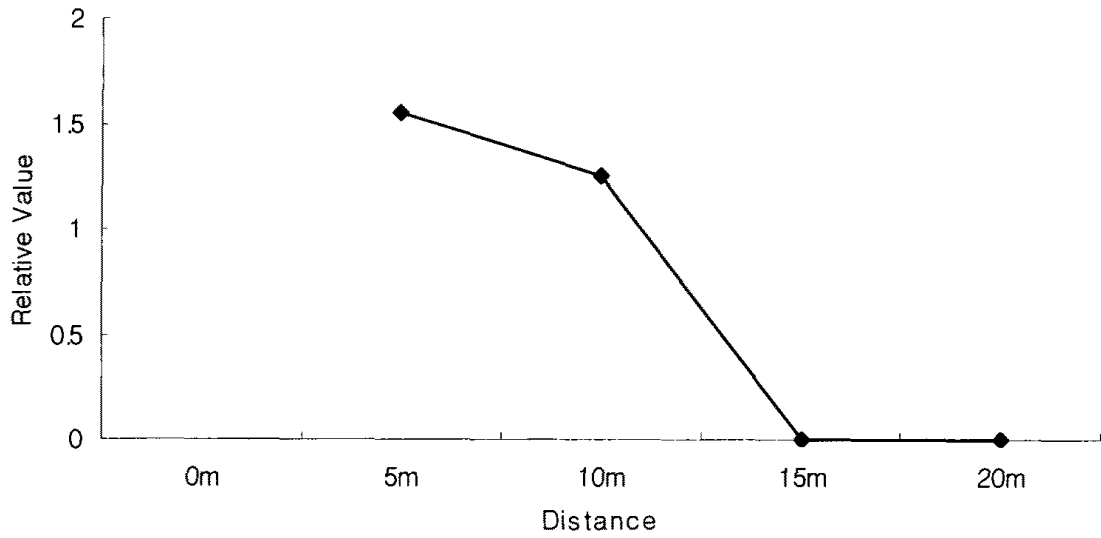


<Fig. 4-48> Horizontal Distance 0m~20m, Vertical Distance 130m of Average

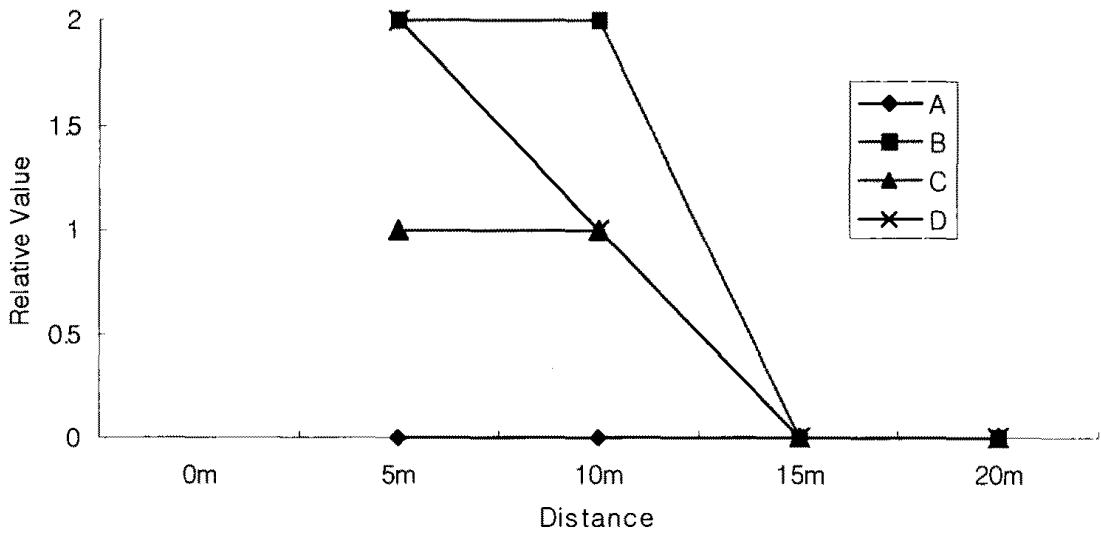


<Fig. 4-49> Horizontal Distance 0m~20m and Vertical Distance 140m

<Fig. 4-49>는 방제기로부터 140m 떨어진 곳의 살포량을 나타낸 것이다. B-14 에서 높은 살포량을 나타냈다. <Fig. 4-50>은 <Fig. 4-49>의 평균값을 나타낸 것이다. 방제기가 출발하면서 살포한 경우 5m에서 높은 살포량을 나타냈다.

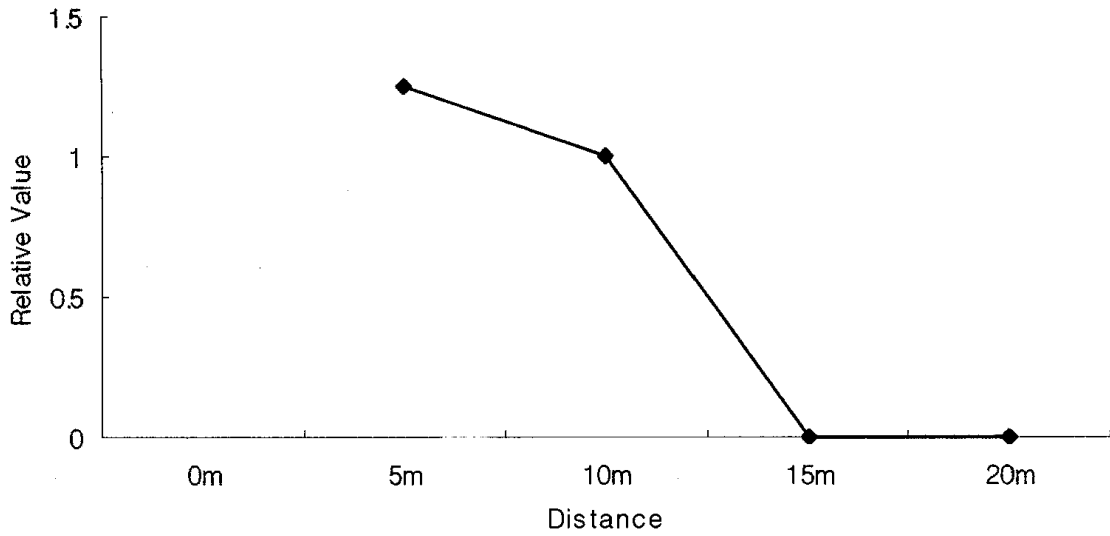


<Fig. 4-50> Horizontal Distance 0m~20m, Vertical Distance 140m of Average

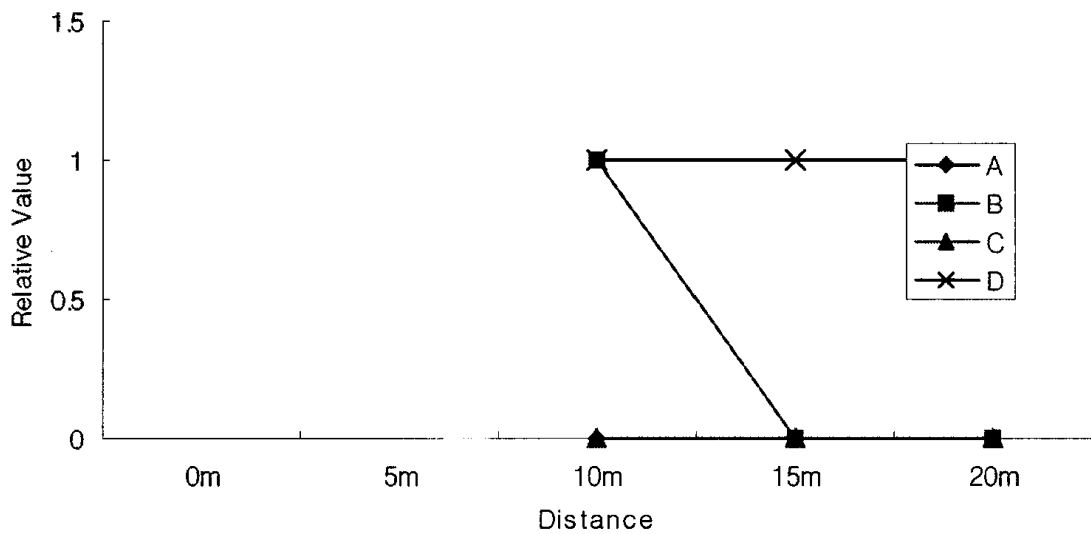


<Fig. 4-51> Horizontal Distance 0m~20m and Vertical Distance 150m

<Fig. 4-51>은 방제기로부터 150m 떨어진 곳의 살포량을 나타낸 것이다. B-15 및 B-16에서 높은 살포량을 나타냈다. <Fig. 4-52>는 <Fig. 4-51>의 평균값을 나타낸 것이다. 방제기가 출발하면서 살포한 경우 5m에서 높은 살포량을 나타냈다.

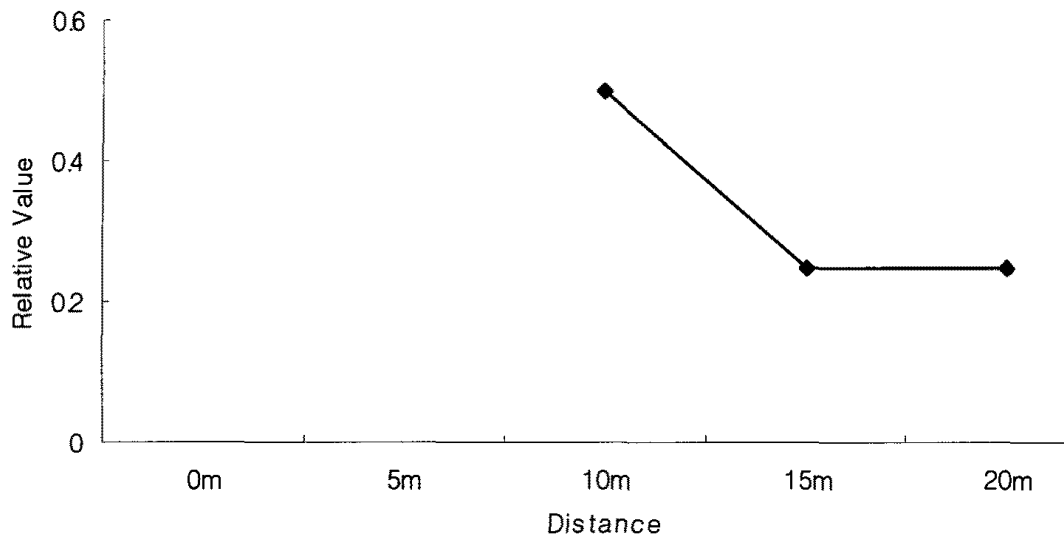


<Fig. 4-52> Horizontal Distance 0m~20m, Vertical Distance 150m of Average



<Fig. 4-53> Horizontal Distance 0m~20m and Vertical Distance 160m

<Fig. 4-53>은 방제기로부터 160m 떨어진 곳의 살포량을 나타낸 것이다. C-16 C-16 및 D-16에서 높은 살포량을 나타냈다. <Fig. 4-54>는 <Fig. 4-53>의 평균값을 나타낸 것이다. 방제기가 출발하면서 살포한 경우 10m에서 높은 살포량을 나타냈다. 실험을 통하여 일본 마루야마에서 개발한 방제기 보다 우수한 성능을 보였다.



<Fig. 4-54> Horizontal Distance 0m~20m, Vertical Distance 160m of Average

제 4 절 요약 및 결론

방제기 분야에서 전통과 기술력이 인정받고 있는 일본 마루야마에서 개발한 원거리 고속팬과 비교실험을 하였다. 비교 실험 결과 일본 마루야마에서 개발한 원거리 팬은 120m 살포를 한 반명 자체 개발한 원거리 방제기 고속팬은 160m 까지 살포가 가능하였다. 계획은 140m 살포를 목적으로 하였으나 현장 실험을 통하여 160m 이상 살포하였다.

지금까지 원거리 방제기는 일본에서 개발된 제품을 수입하여 국내에 보급하였으나 앞으로는 성능, 가격 및 A/S 측면에서 유리한 국산 원거리 방제기가 시장을 점유할 것으로 판단된다. 또한, 국내 기술력의 발전으로 일본으로 역수출 및 국가 위상 확립에도 기여할 것이다. 주요 연구 결과를 살펴보면 다음과 같다.

실험은 시중에서 판매되고 있는 플라스틱 컵을 사용하였다. 컵의 배치는 10m 간격으로 종방향 5개, 횡방향 18개 총 90개를 설치한 후 원거리 고속 방제기가 이동하면서 분사한 양을 보고 분포도를 작성하였다. 또한, 10m 간격으로 지상에서 1m 위치에 A4 용지를 부착한 후 용지에 흡착한 용액을 2차화 영상처리를 하여 살포량 및 살포거리를 측정하였다. 성능실험을 위하여 일본 마루야마에서 개발한 120m 살포용 방제기와 비교 실험도 수행하였다. 실험 설계는 방제기가 이동한 거리를 x축, y축은 용기의 놓인 위치를 나타낸 것이다. 총 90개의 실험 구를 두어 실험 설계하였다.

용지를 10m 간격으로 지상 1m 지점에 A4 용지를 부착한 후 살포하고, 용지를 수거하여 영상처리를 이용하여 이치화 하였다. Gray level은 0에서 255, Intensity는 백색은 0 흑색은 1로 나타낸 결과 160m까지 살포가 되었다.

분무지점에서 분무방향과 수직을 이루는 거리를 5m 간격으로 고정하고, 분무량과 수평을 이루는 지점에 따른 분무량 및 관찰자 4명의 데이터를 이용하여 평균을 구했다. 실험결과 방제기가 출발하면서 방제한 경우와 방제기가 도착하면서 방제를 정지한 경우를 제외하고 전구간에서 일본 마루야마사의 방제

기 보다 높은 살포량을 보였다.

참고문헌

- [1] 강성삼, 김성도, 최상호. 2004 유체기계. 북스힐
- [2] 김찬우, 문은숙. 2006. 송풍기의 표준화 및 국제규격. 유체기계저널 v.9 no.4 pp. 57-63
- [3] 구재인, 정진택, 김광호. 2001 설치가 변화에 의한 축류 팬의 성능예측에 관한 연구. 대한설비공학회 하계학술발표회 논문집 pp. 1257-261
- [4] 김희룡, 김광호. 1999 산업용 팬의 연구개발 동향. 유체기계저널. 제2권. 제3호
- [5] 농업기본통계조사 보고서(2004년). 통계청 2005
- [6] 박호동, 정명균. 1991 축류 터빈의 설계 변수 및 설계 변수의 제한조건이 성능에 미치는 영향. 대한기계학회논문집, v.15 no.6, pp. 2109-2124
- [7] 손상범, 주원구, 조강래, 남형백, 윤인규. 1999 남임우축류 송풍기의 공력학적 설계. 유체기계저널 v.2 no.1 = no.2, pp. 22-28
- [8] 윤용상, 송성진, 김홍원, 조성희. 2001 회전 환경에서의 축류 터빈 성능평가. 유체기계저널 v.4 no.3 = no.12, pp. 46-52
- [9] 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
- [10] 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
- [11] 이찬, 김광용. 1999 국내 송풍기 업체의 현황 조사 및 분석. 유체기계저널 v.2 no.3 = no.4, pp. 83-86
- [12] 조봉수, 조종현, 정양범, 조수용. 2007 최적화기법을 이용한 축류형 송풍기 개발에 관한 연구. 유체기계저널 v.10 no.6, pp. 7-16
- [13] 한국 표준협회 “KS 송풍기의 시험 및 검사방법 KS B 6311

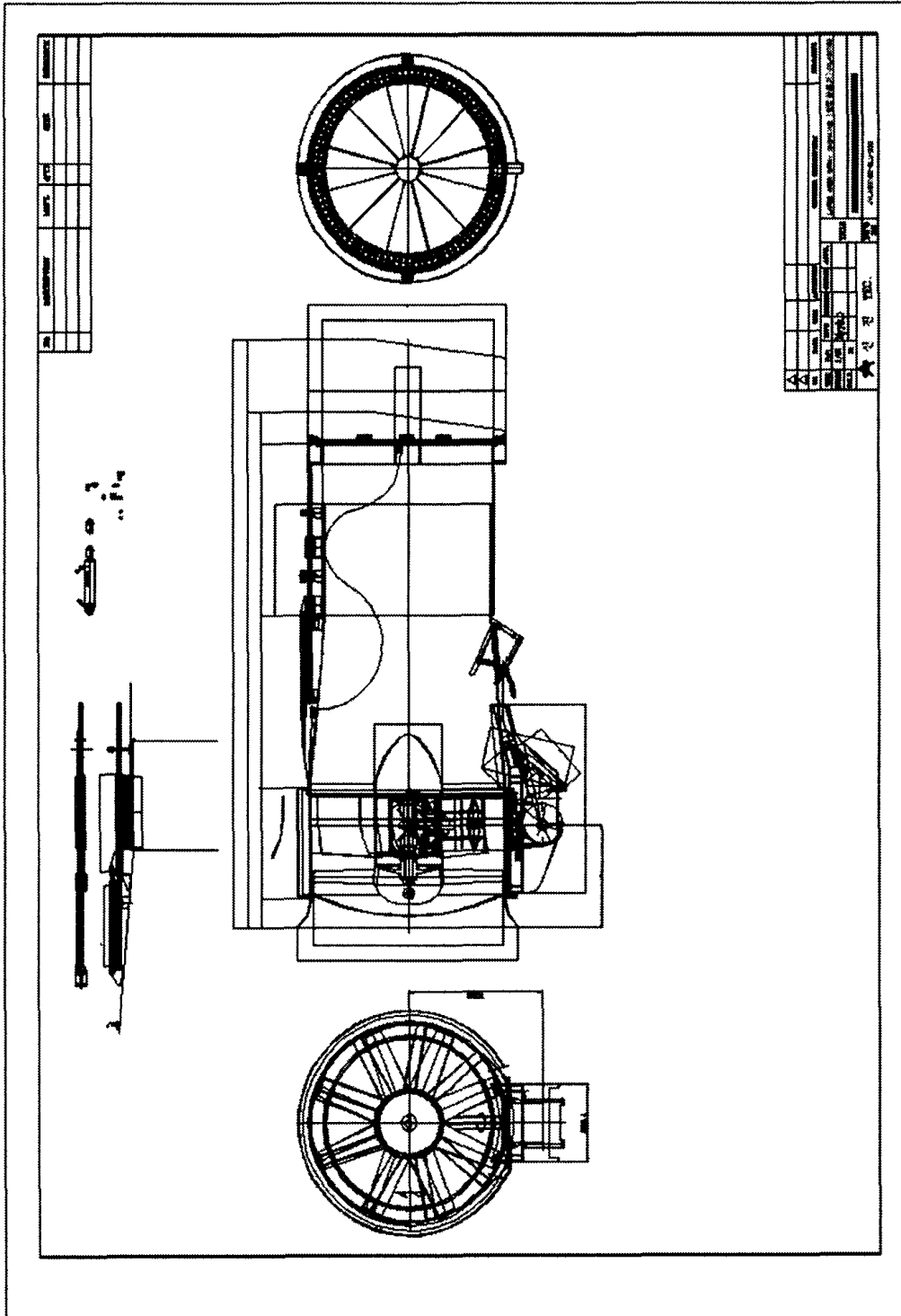
- [14] A. J. Pesarini, R. Bigot, V. J. Nadal Mora, C. A. Di Bernardi and P. J. Ringegni, 2002, "Theoretical analysis related to aspects of the pitot probe methodology in flow rate determination for blowers performance tests", *Flow Measurement and Instrumentation*, Volume 12, Issues 5-6, pp. 373-377
- [15] 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
- [16] 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
- [17] Andrea Cattanei, Riccardo Ghio and Alessandro Bongiovì. 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
- [18] 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
- [19] 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
- [20] 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
- [21] Frank P. Bleier, 1997, "Fan Handbook Selection, Application, and Design" McGraw-Hill, pp. 4.34-4.37

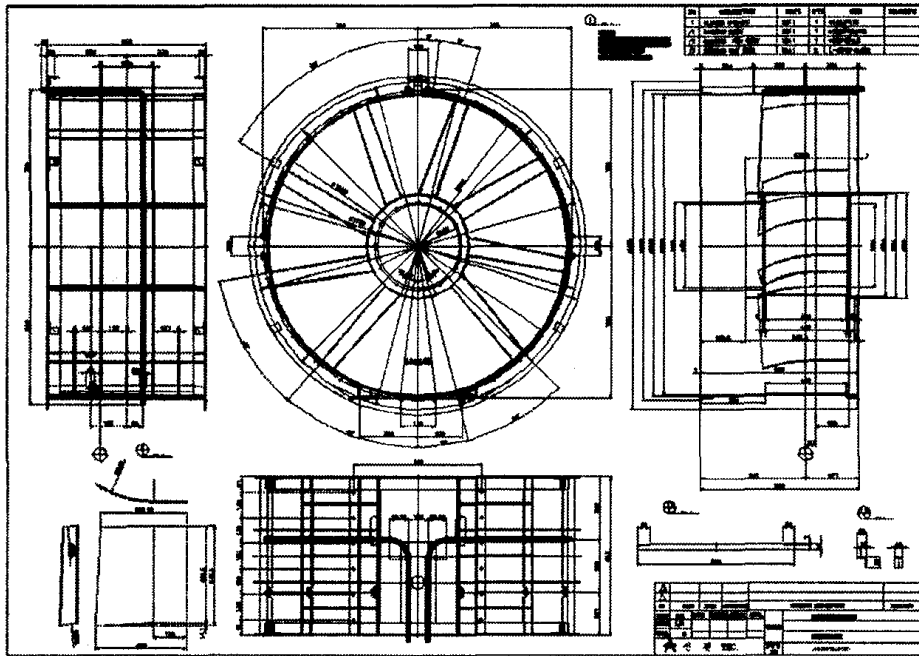
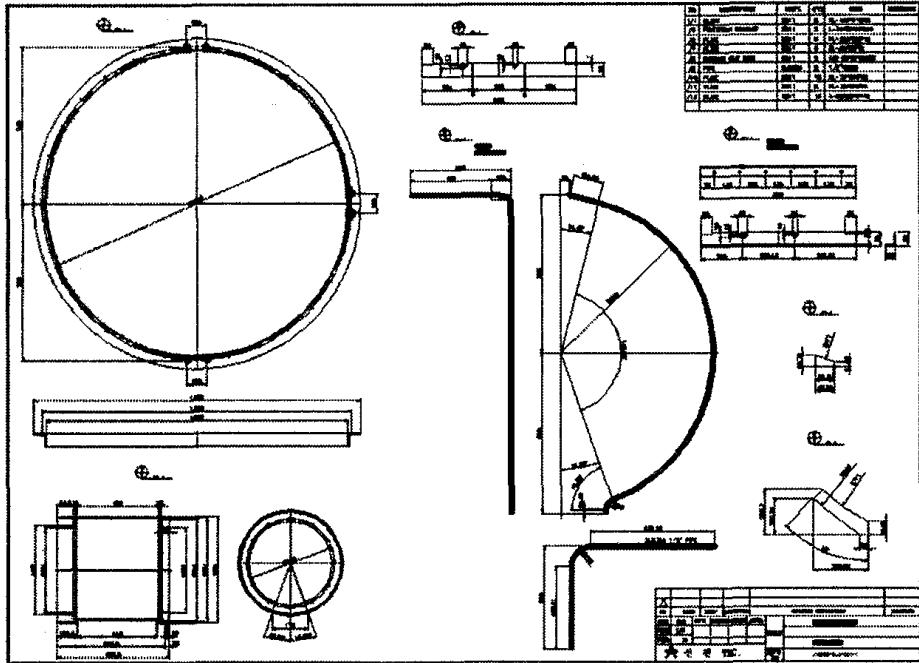
- [22] F. Wang, L. Bai, J. Fletcher, J. Whiteford and D. Cullen, 2008, "Development of small domestic wind turbine with scoop and prediction of its annual power output", *Renewable Energy*, Volume 33, Issue 7, pp. 1637-1651
- [23] Gérald Kergourlay, Smaïne Kouidri, Gary W. Rankin and Robert Rey, 2006, "Experimental investigation of the 3D unsteady flow field downstream of axial fans", *Flow Measurement and Instrumentation*, Volume 17, Issue 5, pp. 303-314
- [24] 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
- [25] 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
- [26] 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
- [27] 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
- [28] 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

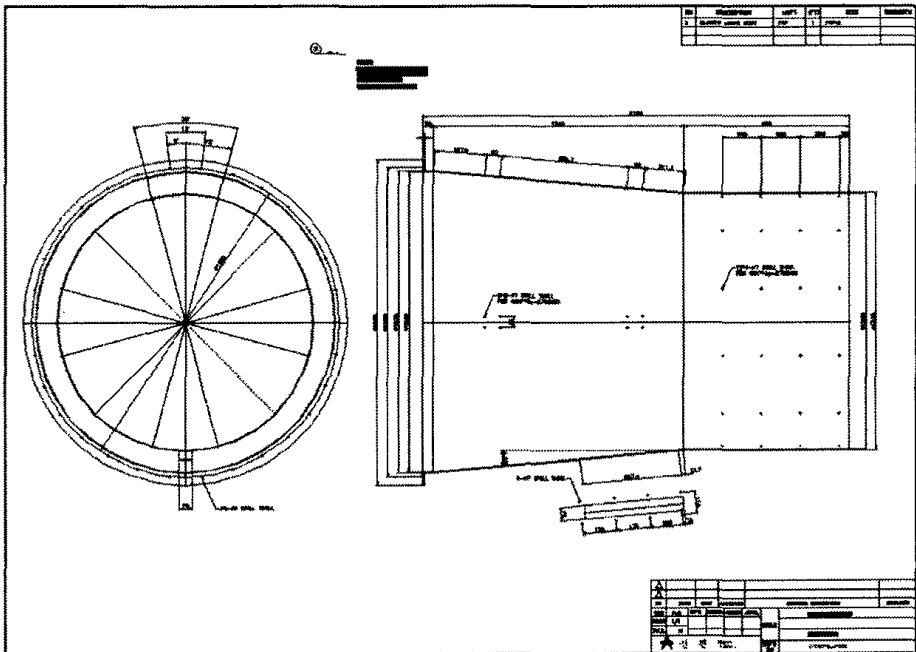
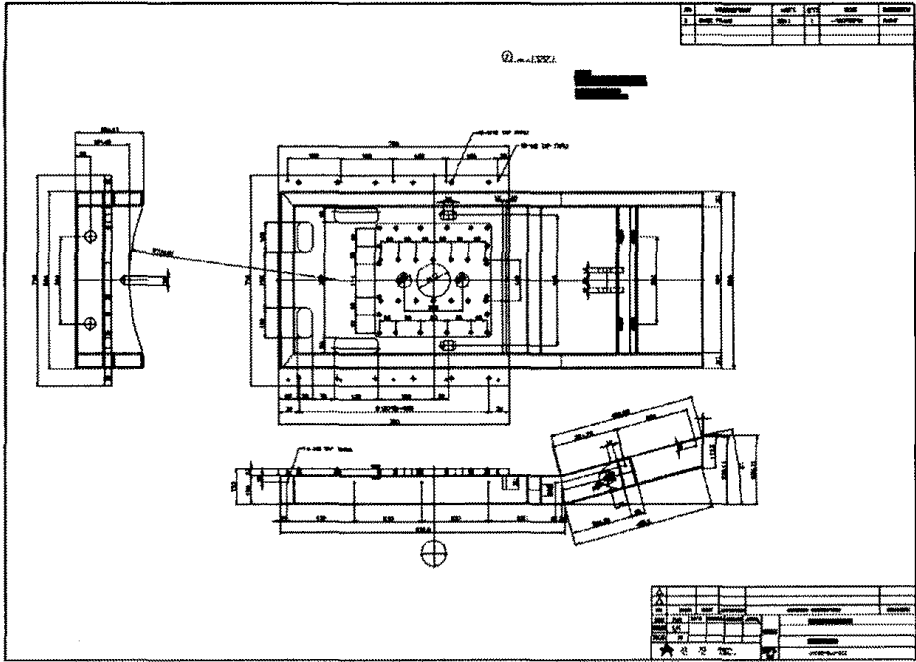
- [29] John, I. A. et al. 1999, "Aerodynamic Design of Axial Flow Compressors", NASA SP-36
- [30] J. V. Cross, P. J. Walklate, R. A. Murray and G. M. Richardson, 2001, "Spray deposits and losses in different sized apple trees from an axial fan orchard sprayer: 1. Effects of spray liquid flow rate", *Crop Protection*, Volume 20, Issue 1, pp. 13-30
- [31] J. V. Cross, P. J. Walklate, R. A. Murray and G. M. Richardson, 2003, "Spray deposits and losses in different sized apple trees from an axial fan orchard sprayer: 3. Effects of air volumetric flow rate", *Crop Protection*, Volume 22, Issue 2, pp. 381-394
- [32] Miller, F. 2000, "Analysis of Flow and Sound field of Ducted Axial Fan", *InterNoise*, pp. 1531-1534
- [33] P.J. Hotchkiss, C.J. Meyer and T.W. von Backström, 2006, "Numerical investigation into the effect of cross-flow on the performance of axial flow fans in forced draught air-cooled heat exchangers", *Applied Thermal Engineering*, Volume 26, Issues 2-3, pp. 200-208
- [34] R. E. Longhouse, 1976, "Noise mechanism separation and design considerations for low tip-speed, axial-flow fans", *Journal of Sound and Vibration*, Volume 48, Issue 4, pp. 461-474
- [35] S. E. Wright, 1976, "The acoustic spectrum of axial flow machines", *Journal of Sound and Vibration*, Volume 45, Issue 2, pp. 165-223
- [36] Sheam-Chyun Lin and Chien-An Chou, 2004, "Blockage effect of axial-flow fans applied on heat sink assembly", *Applied Thermal Engineering*, Volume 24, Issue 16, pp. 2375-2389
- [37] Sullivan, T. 1998, "Blade Sweep for Low-Speed Axial Fans", vol. 112, pp. 151-158
- [38] Sung Nam Jung, Tae-Soo No and Ki-Wahn Ryu, 2005, "Aerodynamic

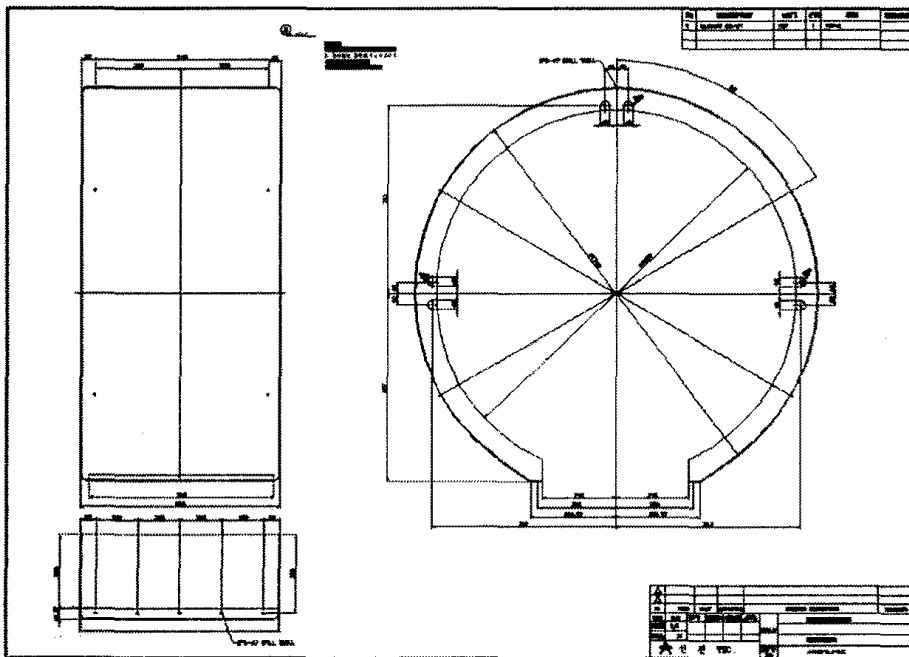
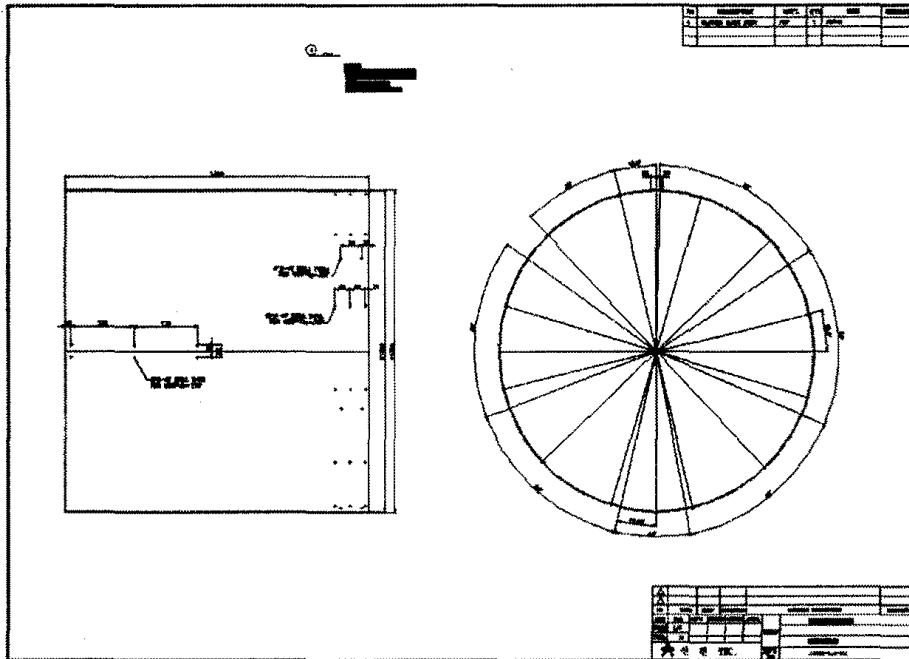
- performance prediction of a 30 kW counter-rotating wind turbine system”, *Renewable Energy*, Volume 30, Issue 5, pp. 631-644
- [39] T.Fukano and C. -M. Jang, 2004, “Tip clearance noise of axial flow fans operating at design and off-design condition”, *Journal of Sound and Vibration*, Volume 275, Issues 3-5, pp. 1027-1050
- [40] Thomas Carolus, Marc Schneider and Hauke Reese, 2007, “Axial flow fan broad-band noise and prediction”, *Journal of Sound and Vibration*, Volume 300, Issues 1-2, pp. 50-70
- [41] Wadia, L. J, 2001, “Sources of Noise in Axial Flow Fans”, *J. of Sound and Vib.* vol.1, pp. 302-322
- [42] Xiangguo Li, Baoguo Ma and Zhenwu Hu, 2008, “Computational modeling of aerodynamic characteristics in sprayed and spiraled precalciner”, *Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation*, Volume 13, Issue 6, pp. 1205-1211
- [43] Y. A. Fiagbedzi, 1982, “Reduction of blade passage tone by angle modulation”, *Journal of Sound and Vibration*, Volume 82, Issue 1, pp. 119-129
- [44] Yang LI, Hua OUYANG and Zhao-hui DU, 2007, “Experimental research on aerodynamic performance and exit flow field of low pressure axial flow fan with circumferential skewed blades”, *Journal of Hydrodynamics*, Ser. B, Volume 19, Issue 5, pp. 579-586

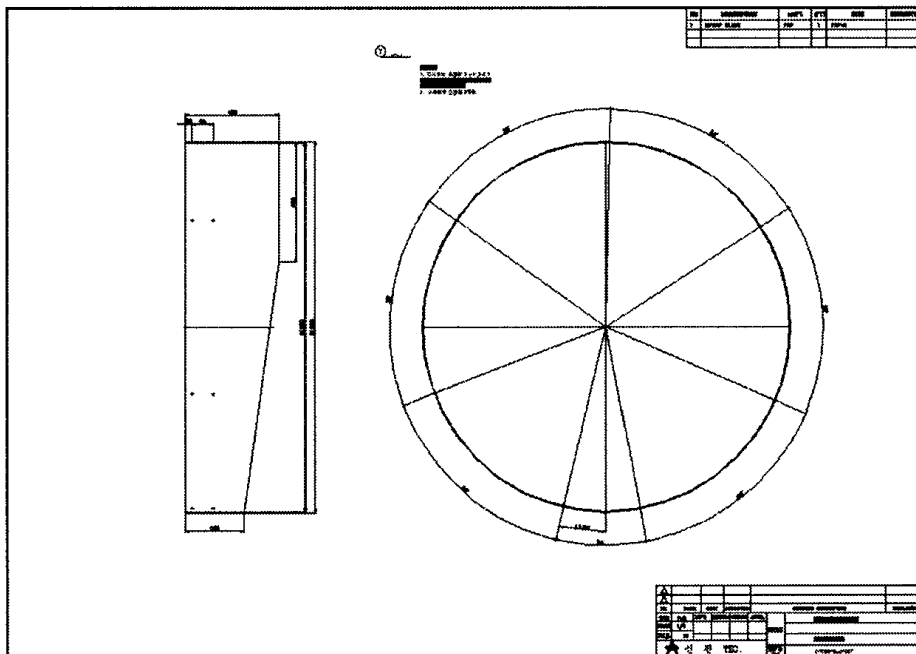
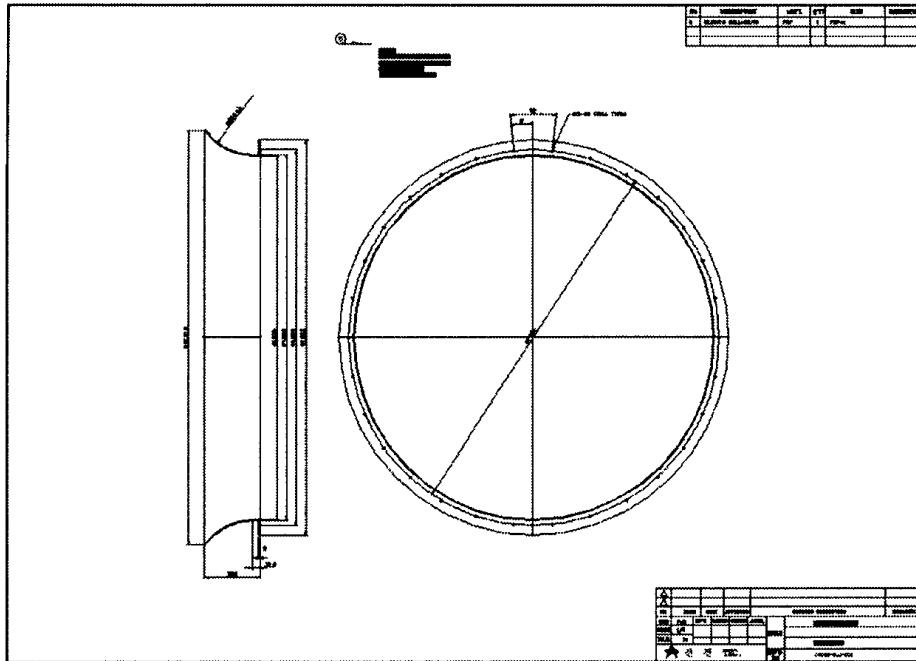
<부 록> 도면

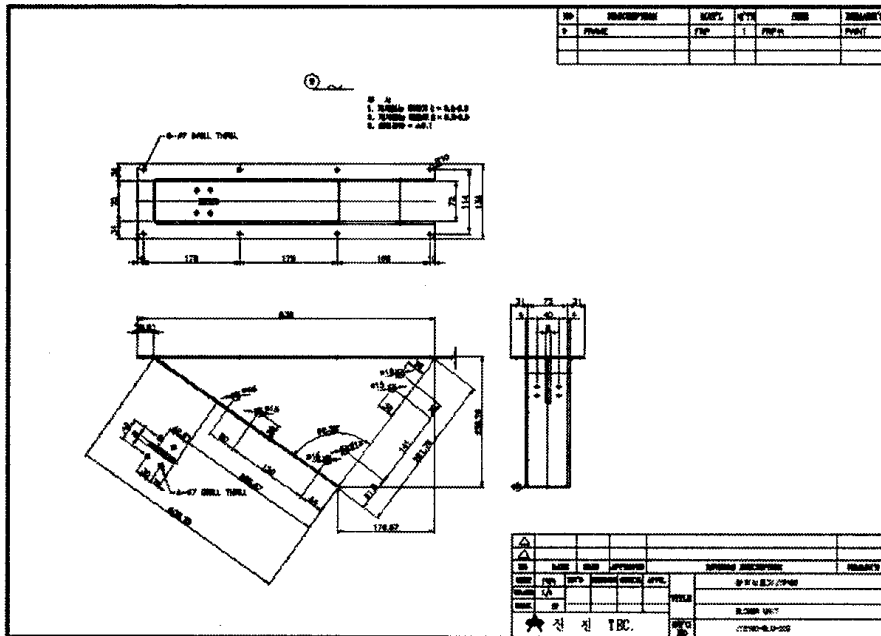
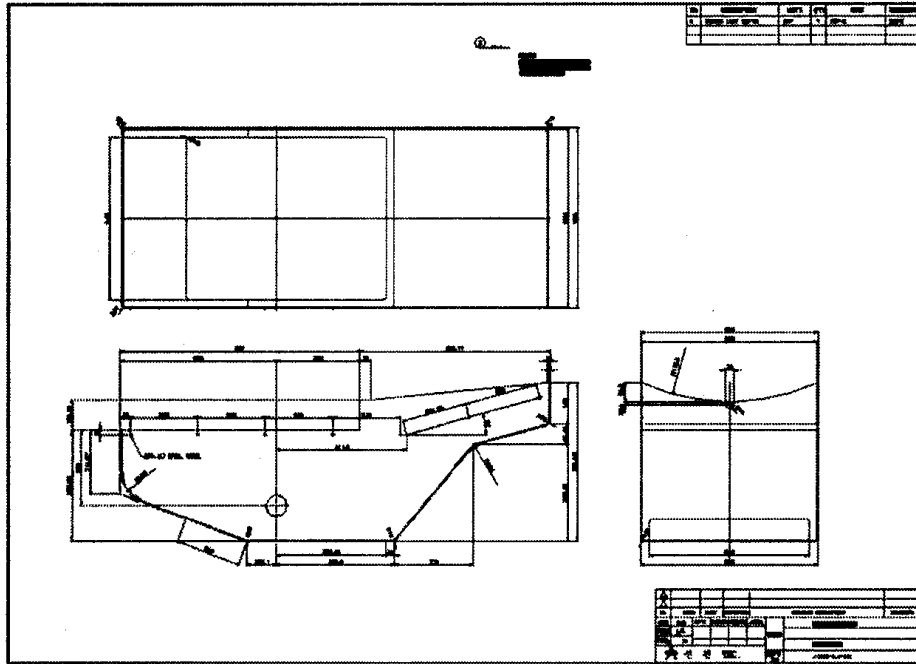


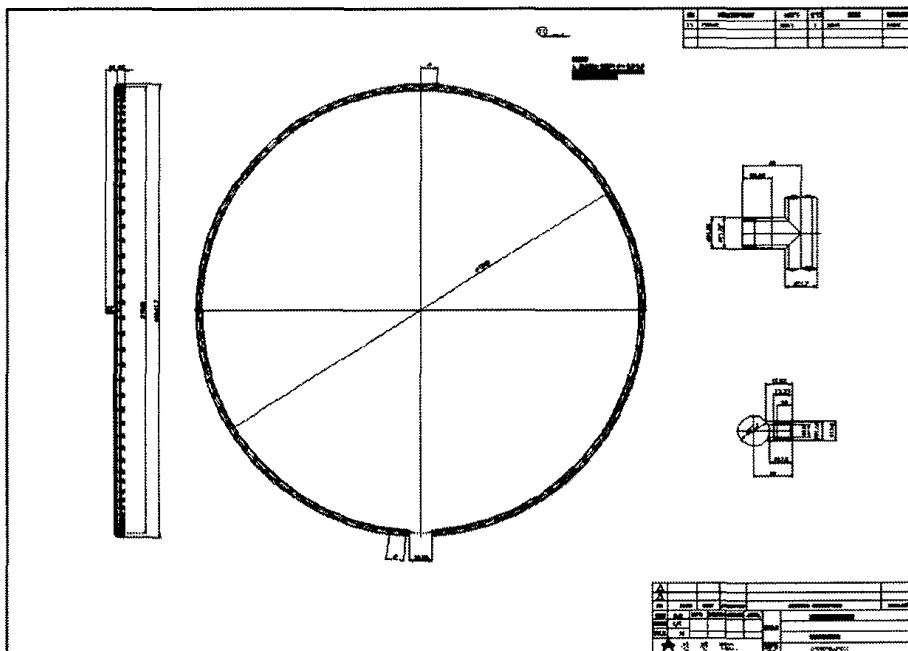
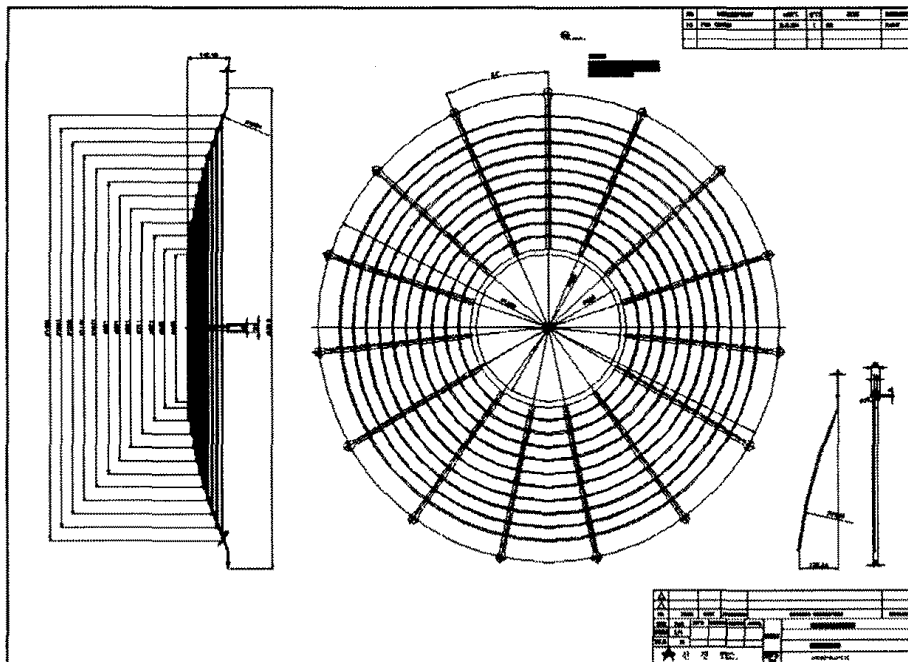


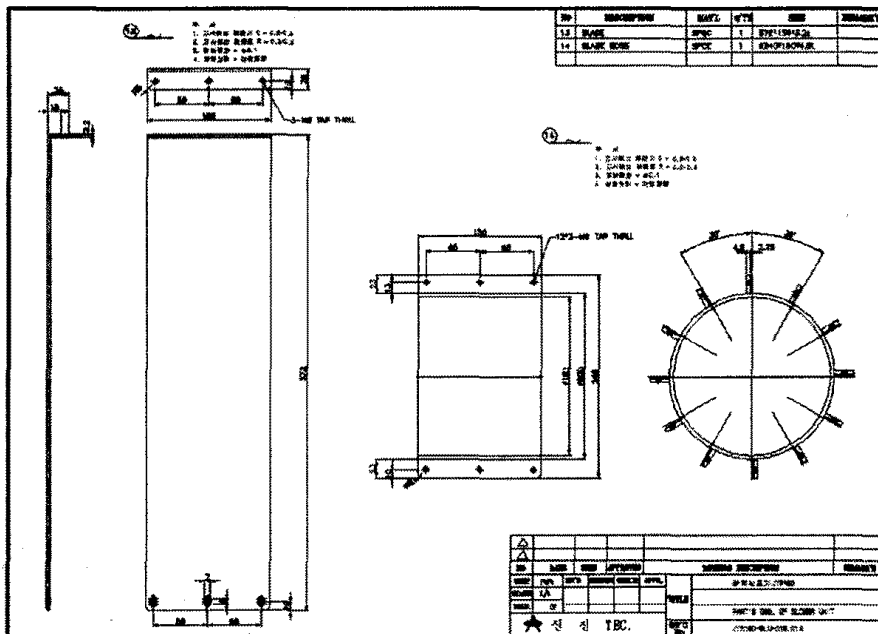
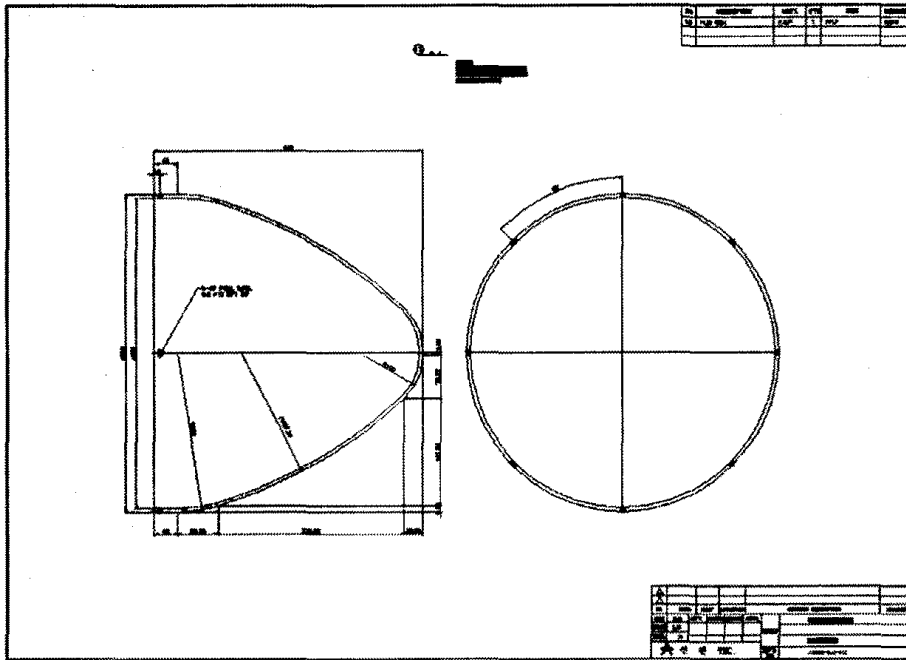


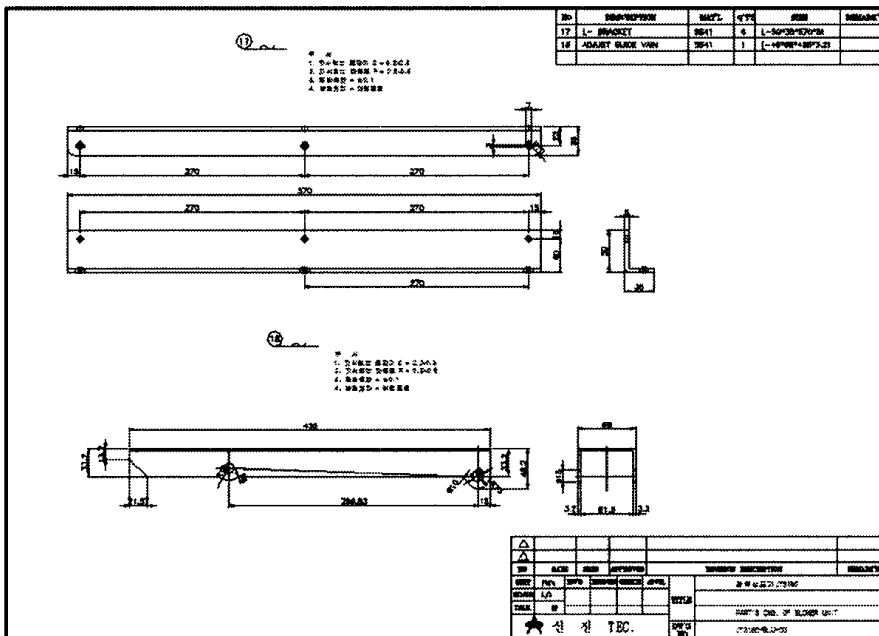
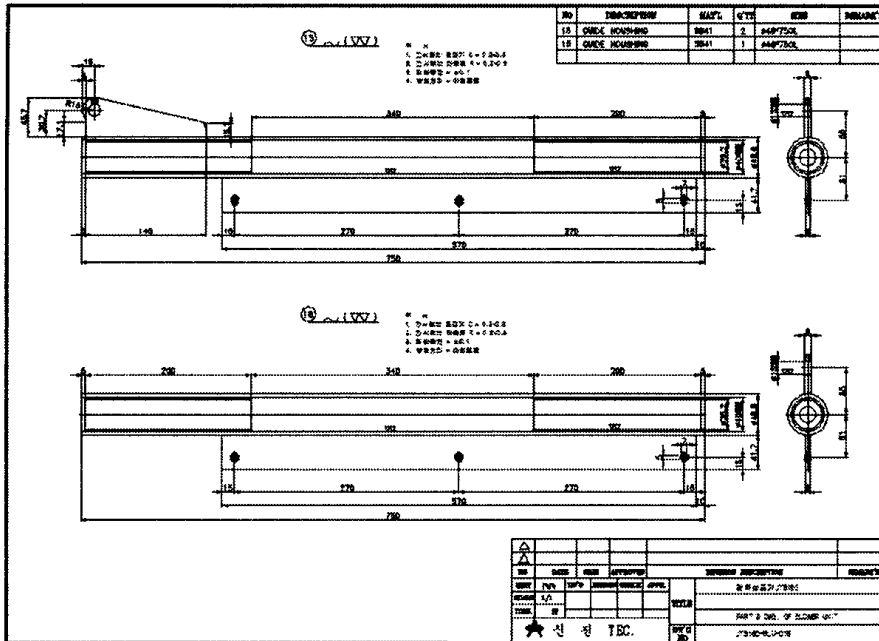


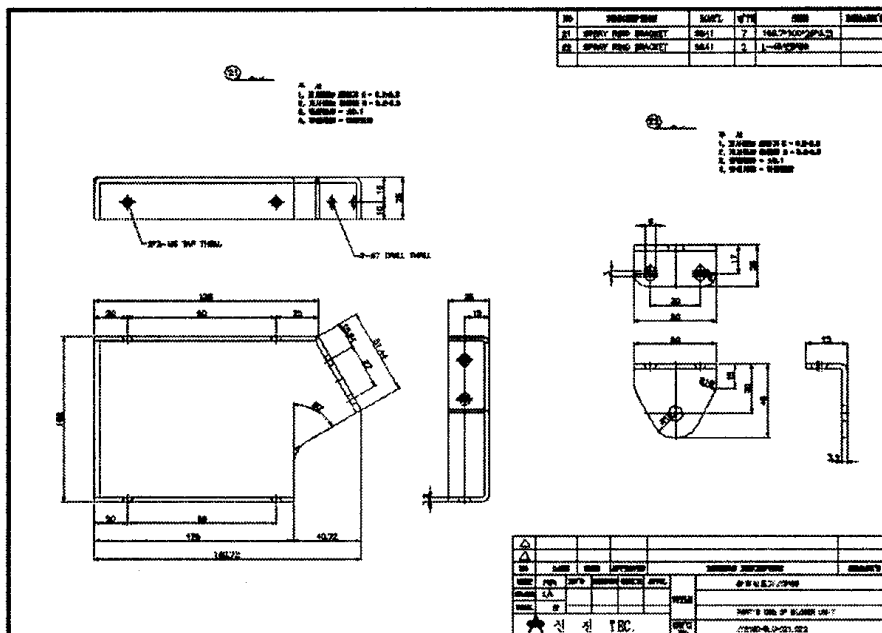
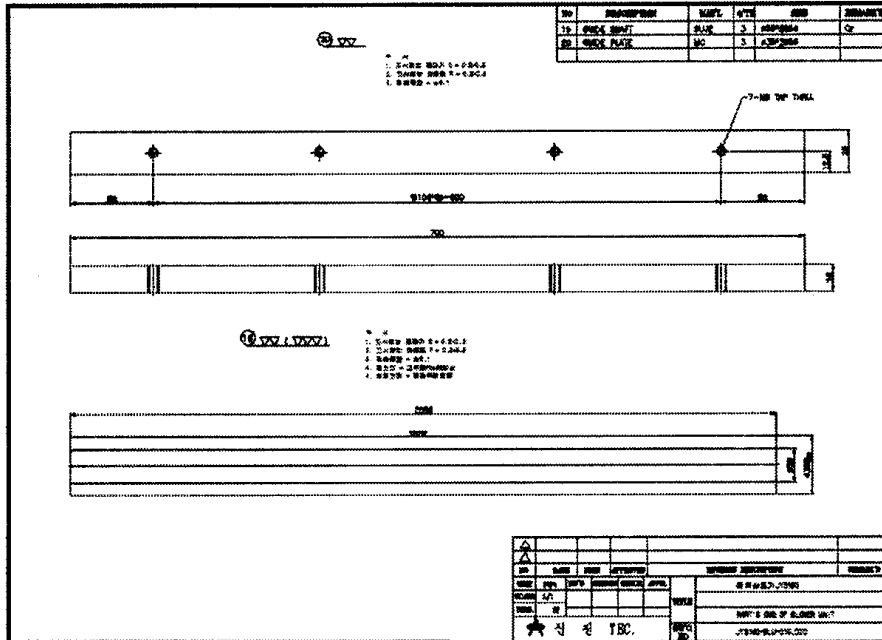


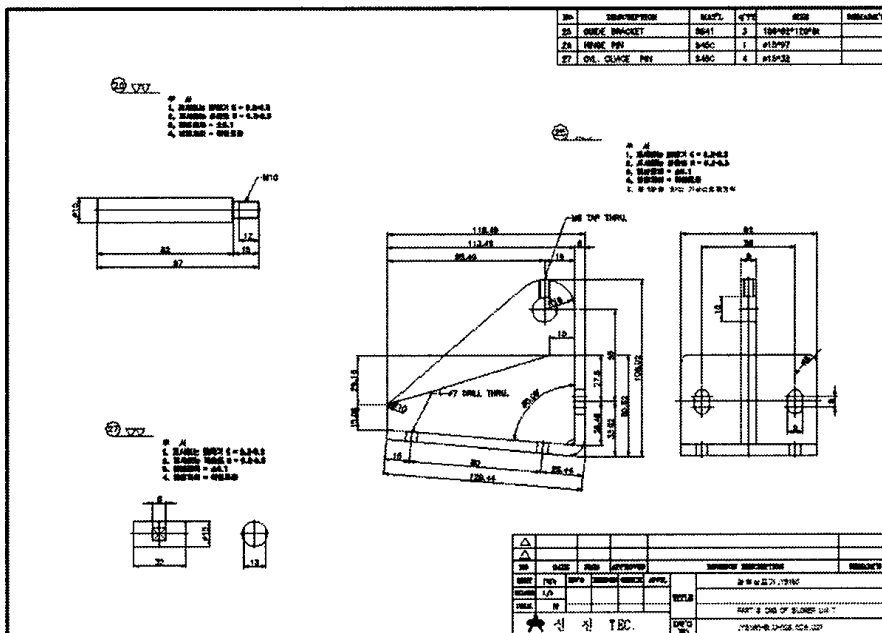
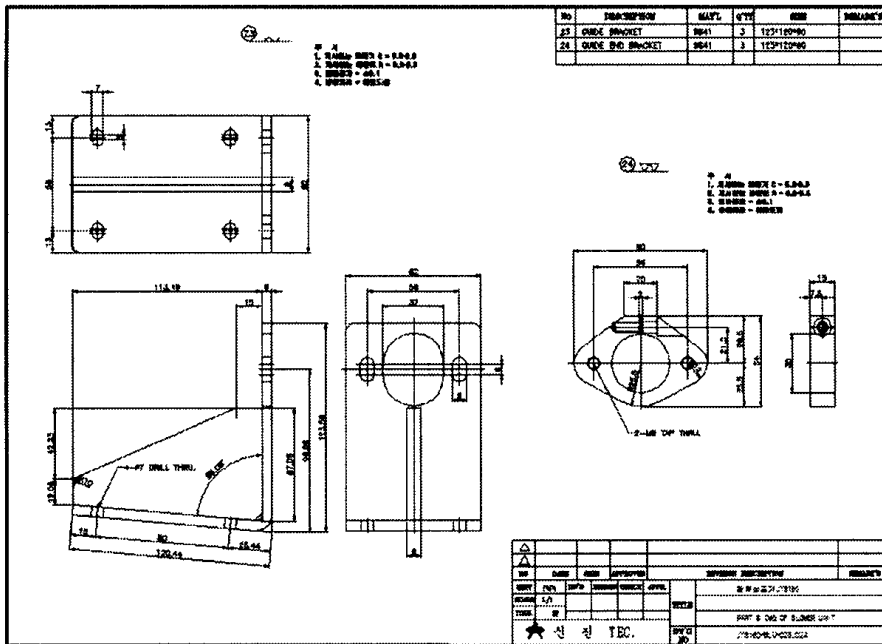


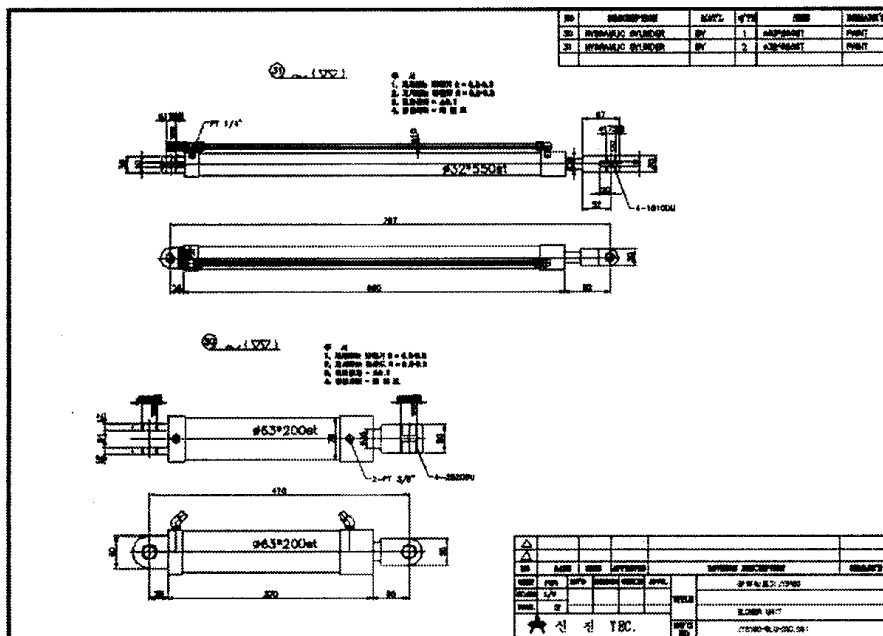
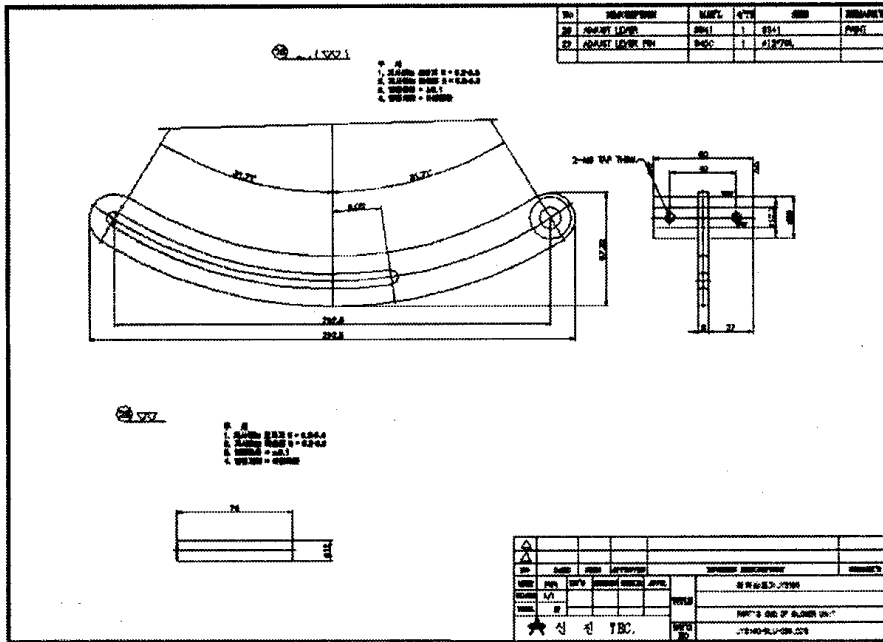


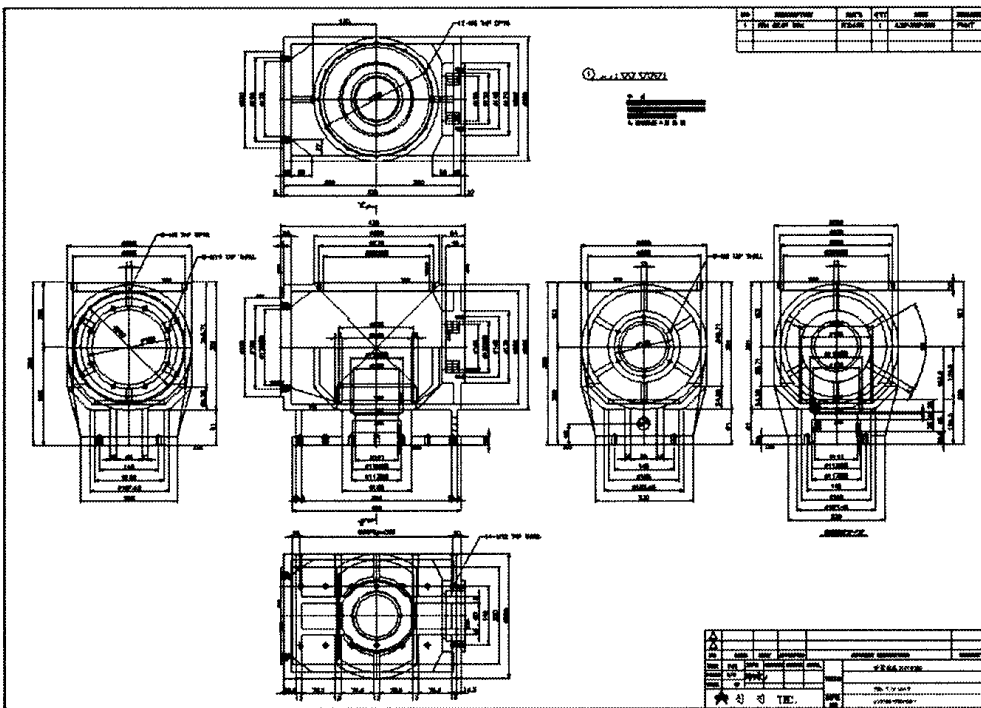
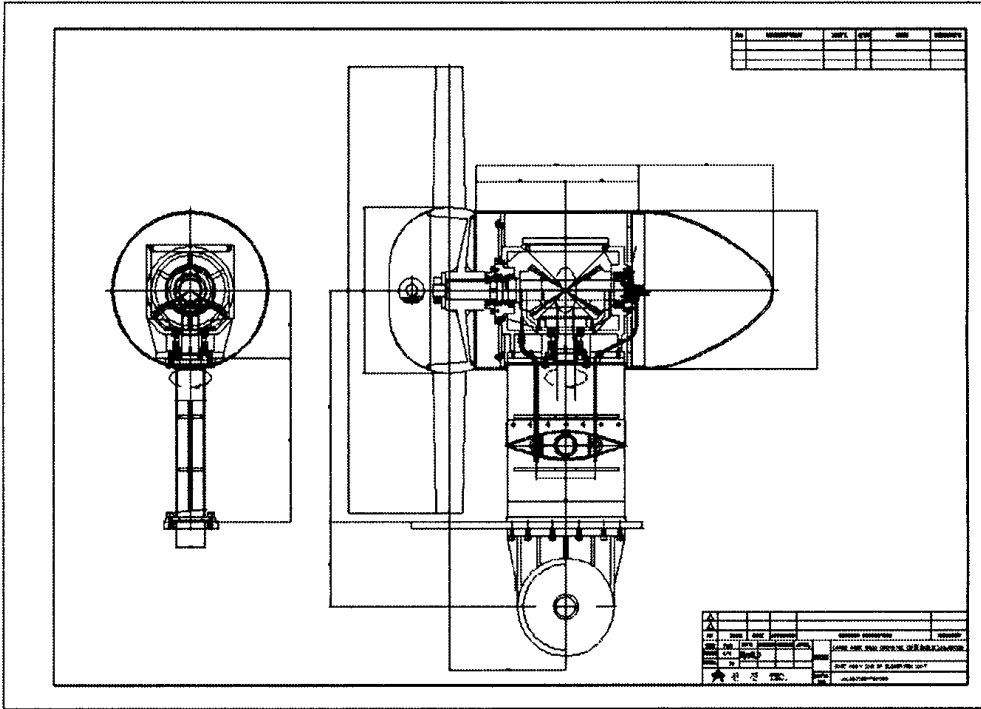


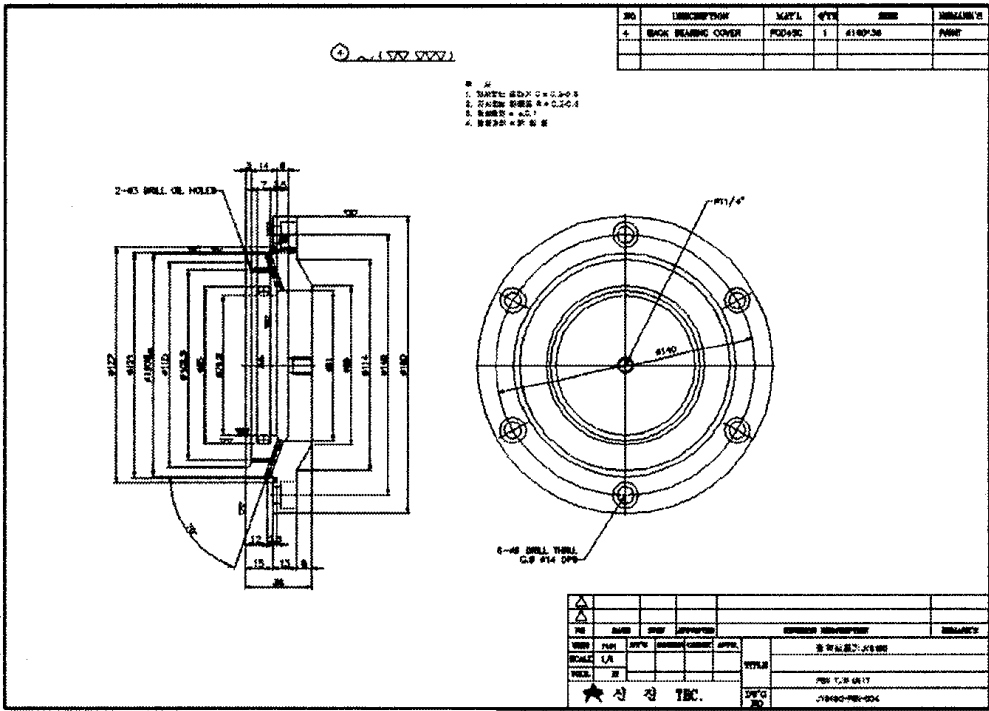
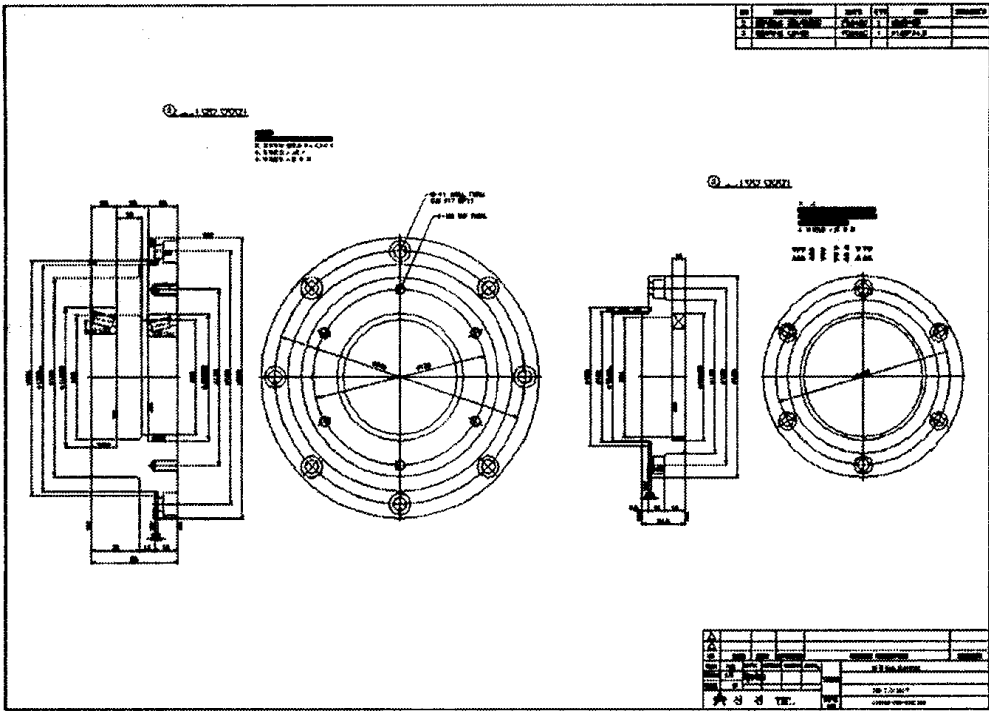


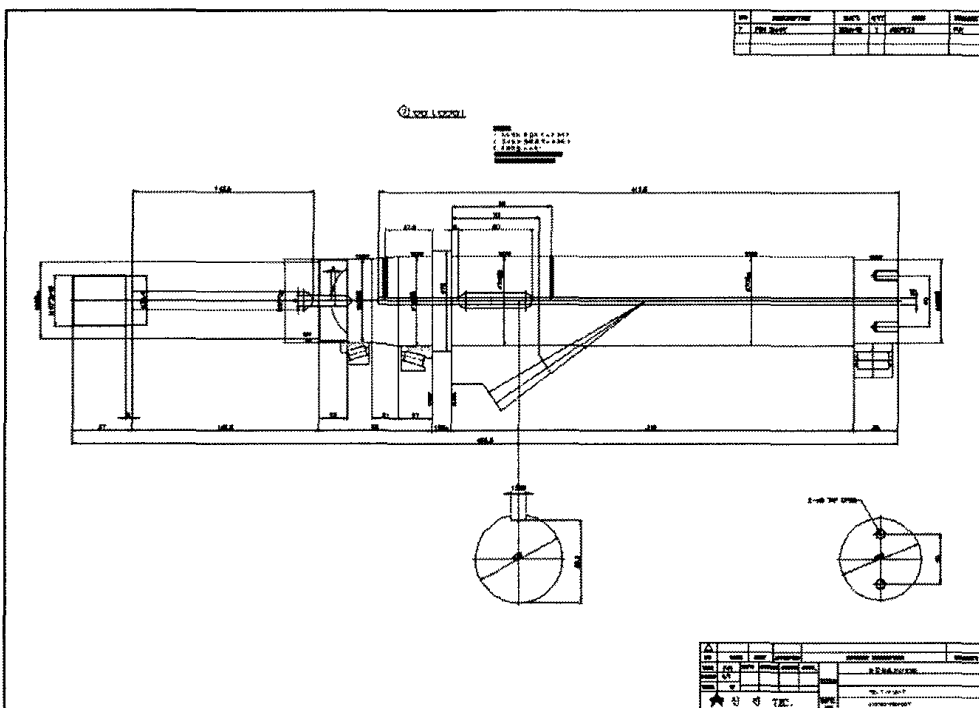
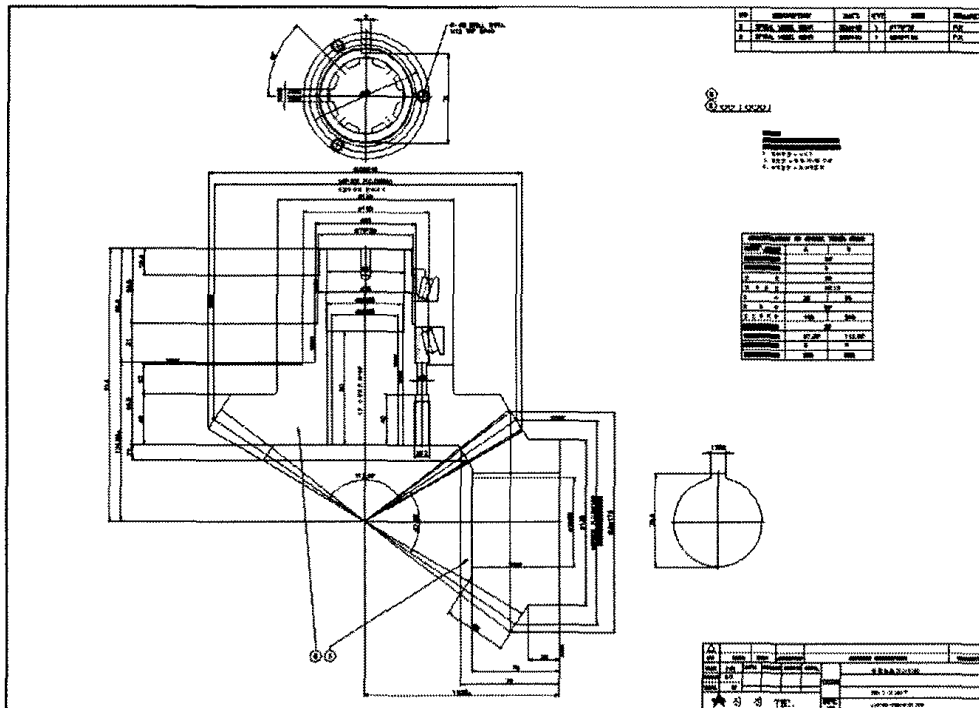


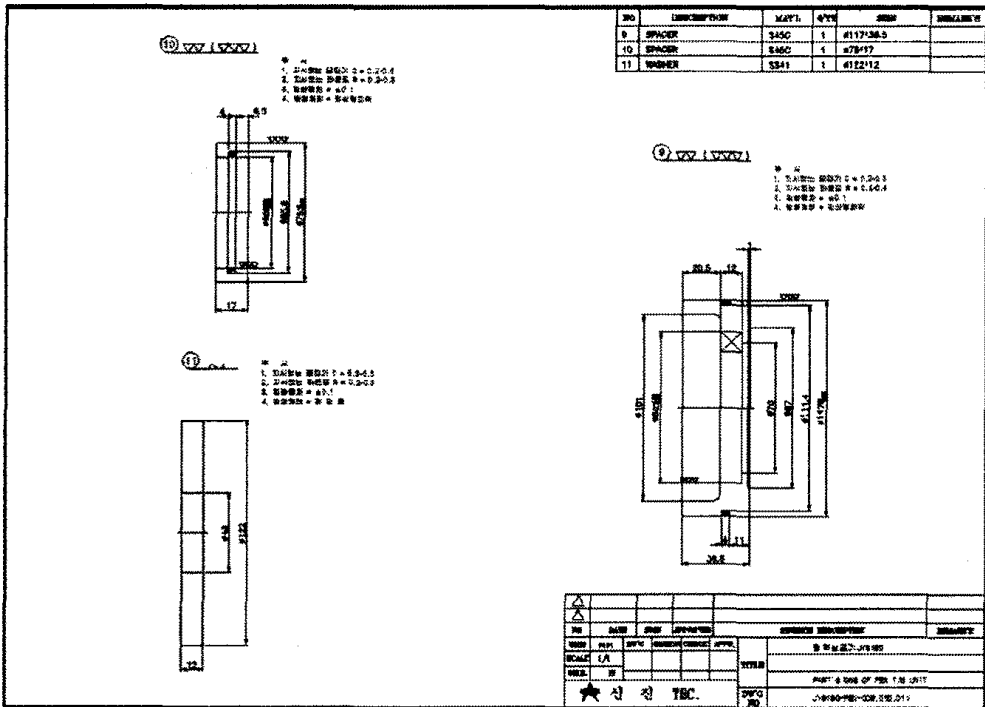
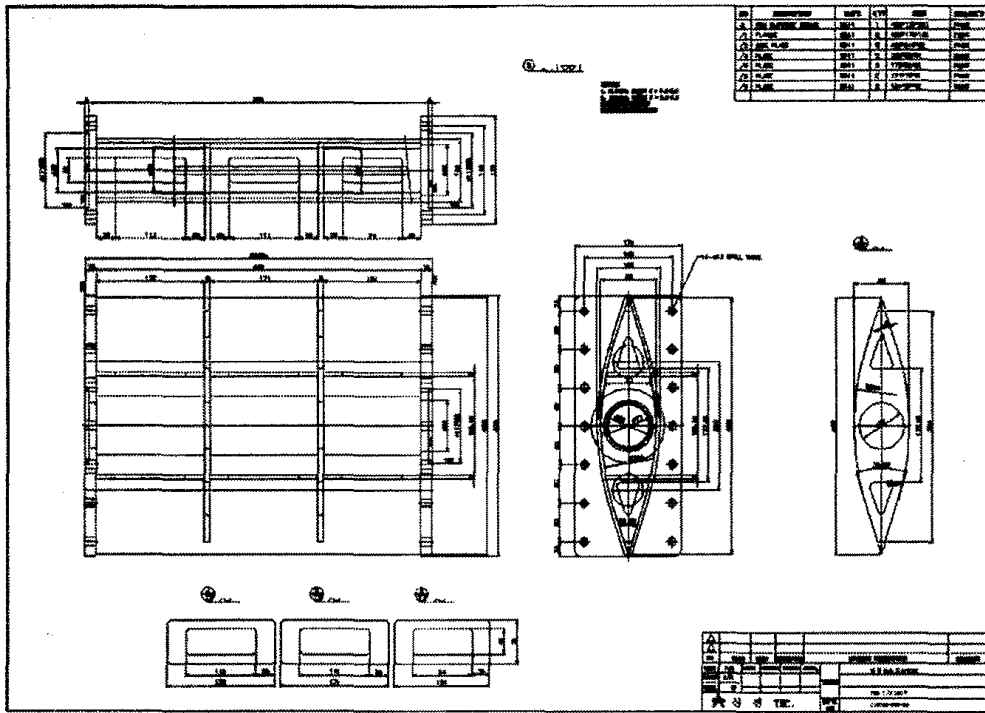


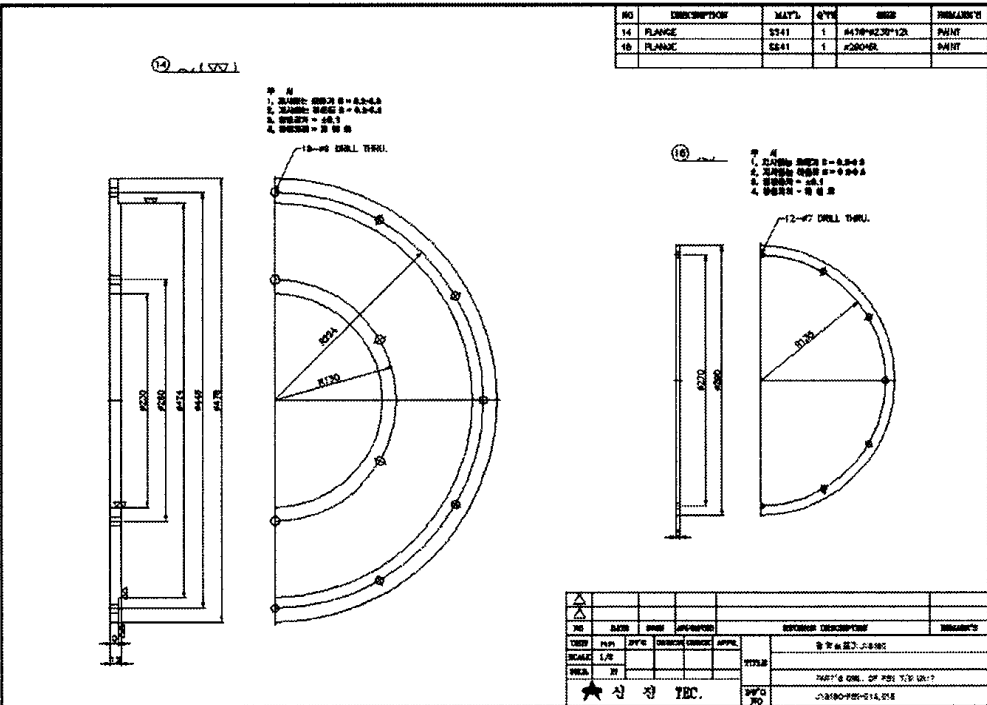
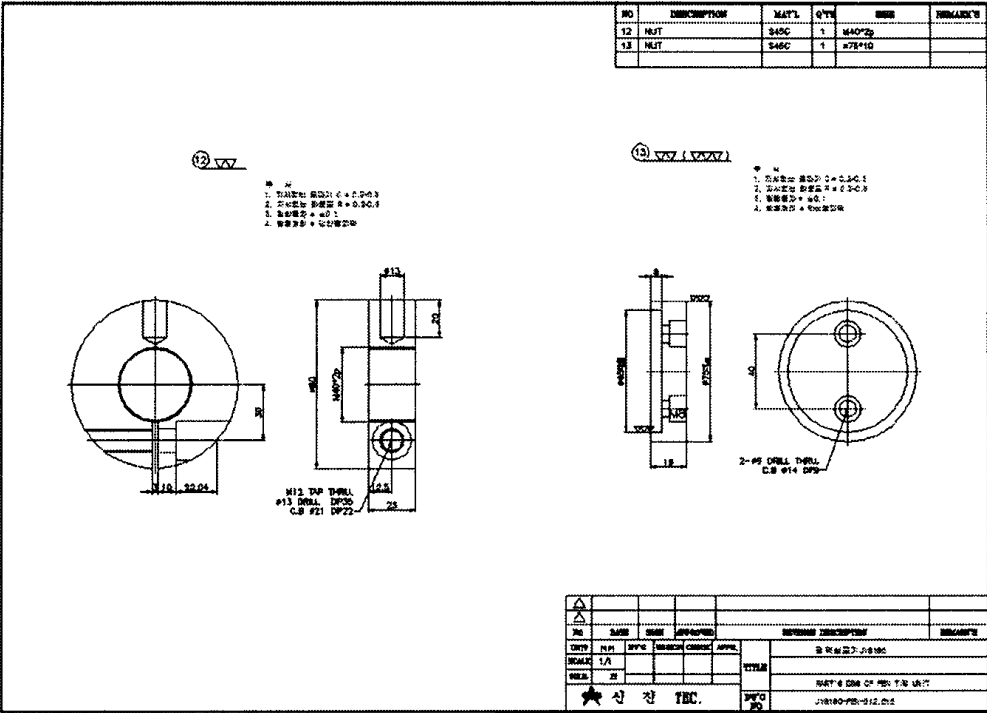


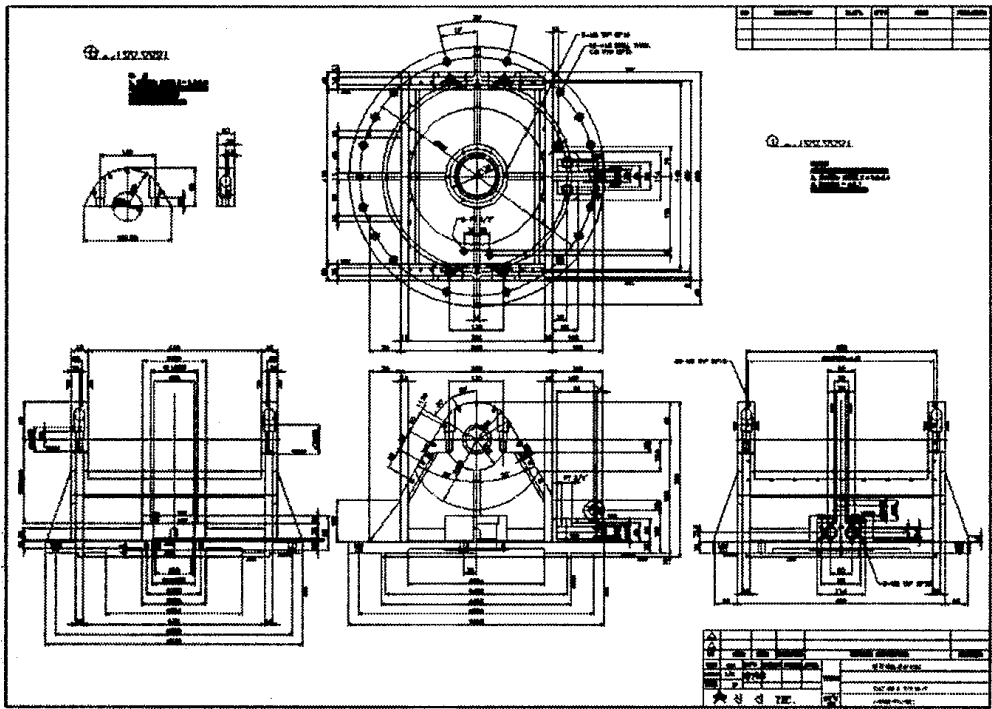
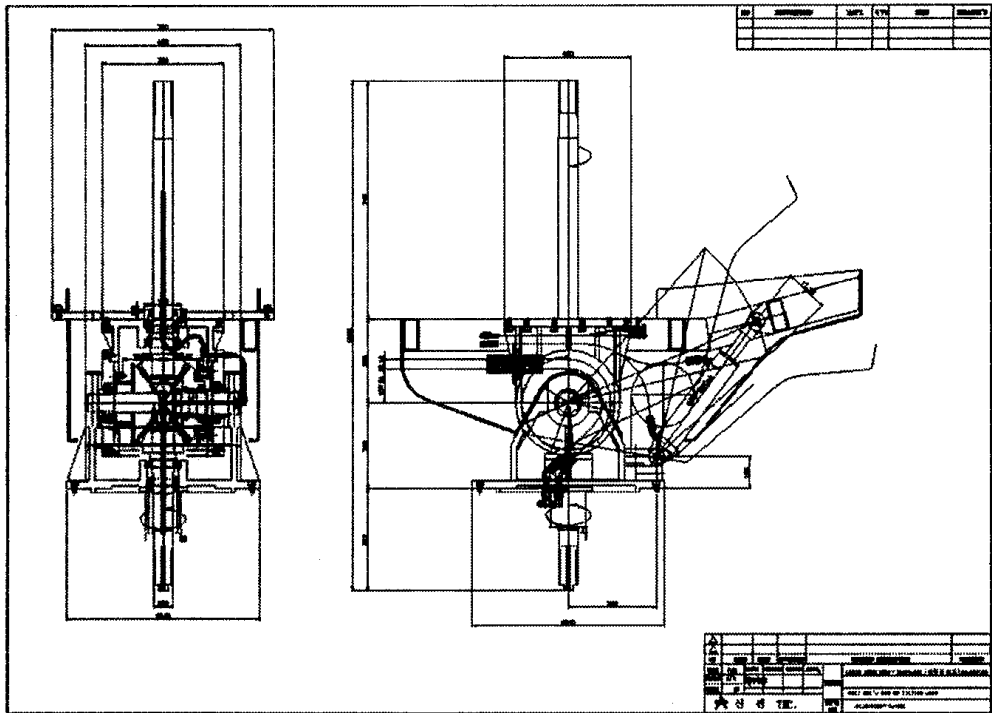


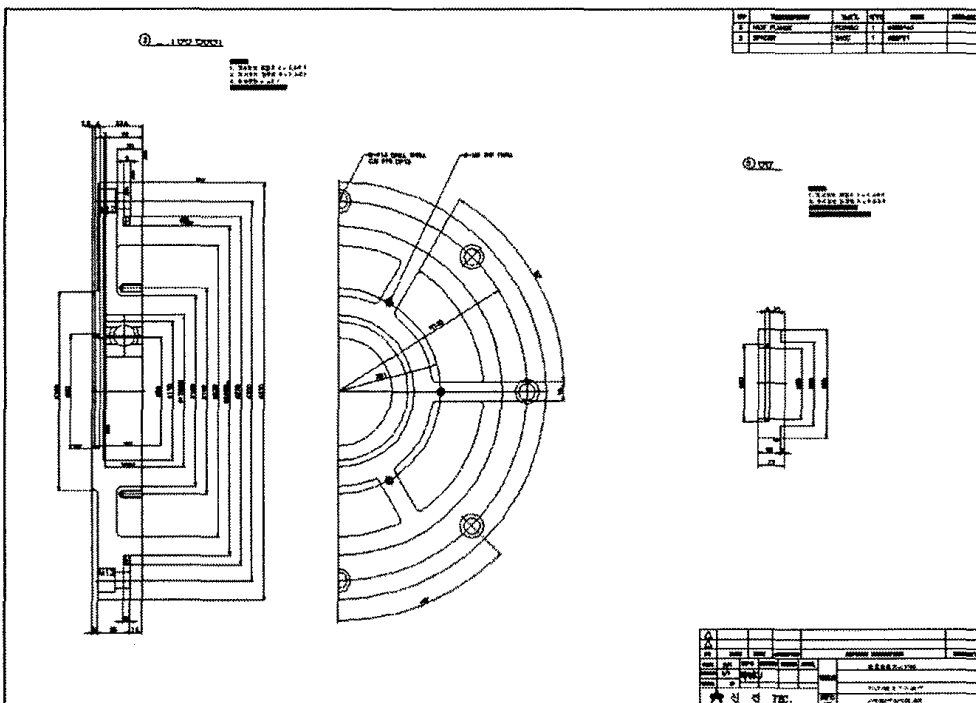
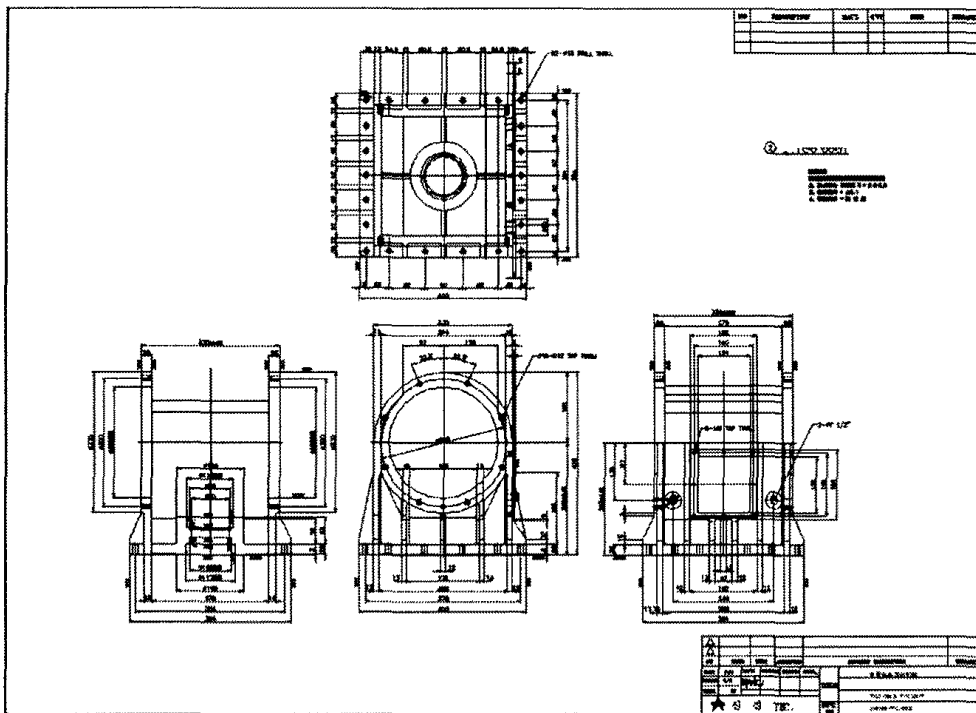


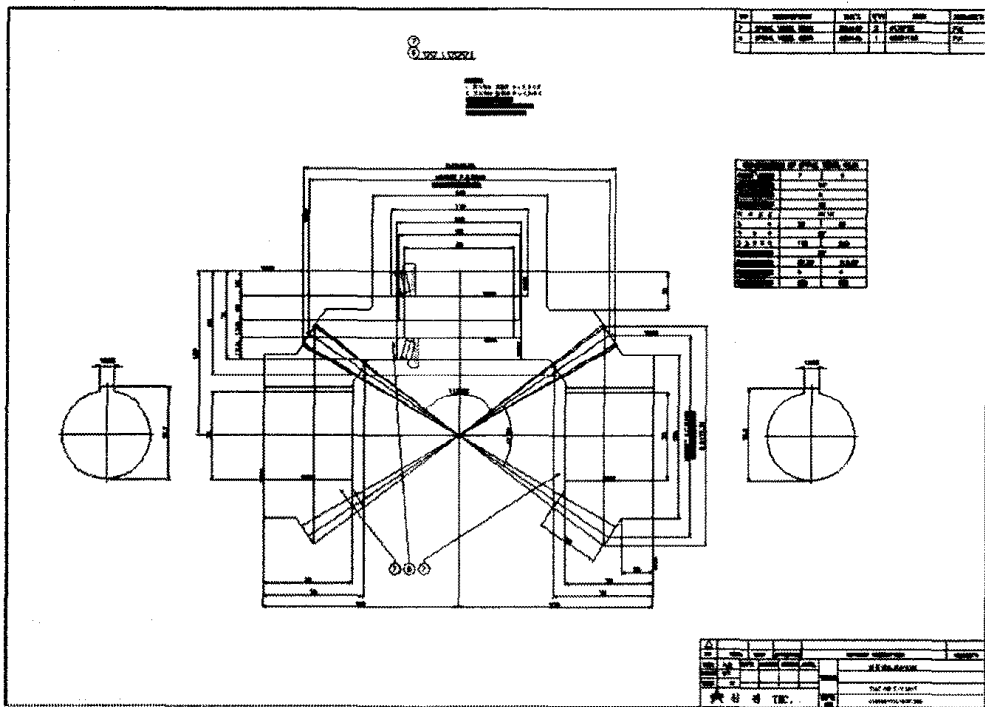
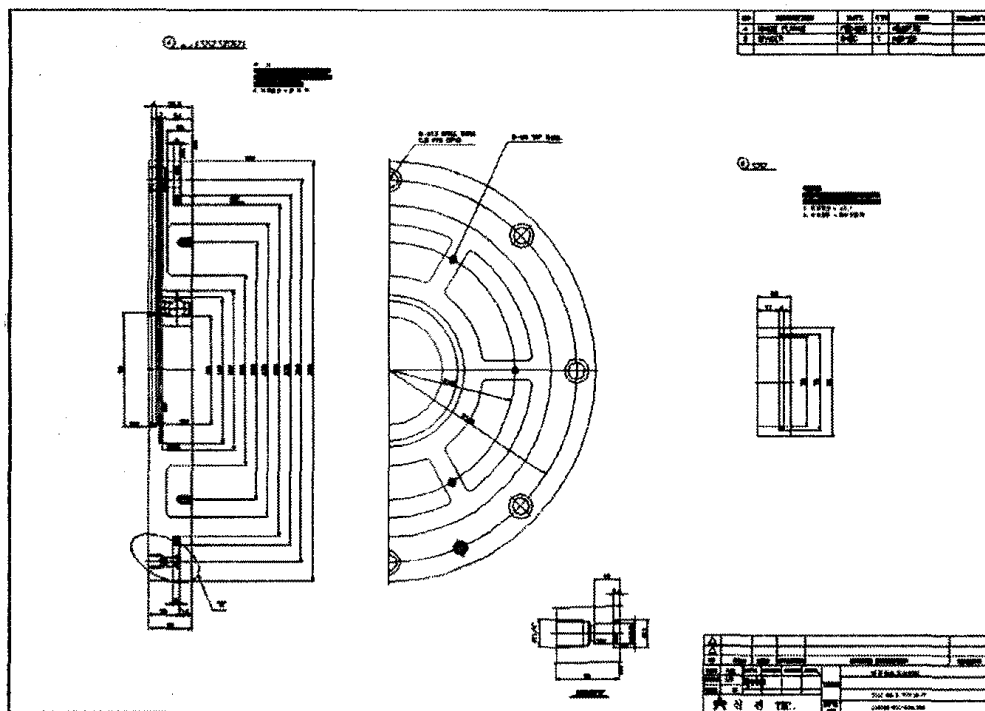


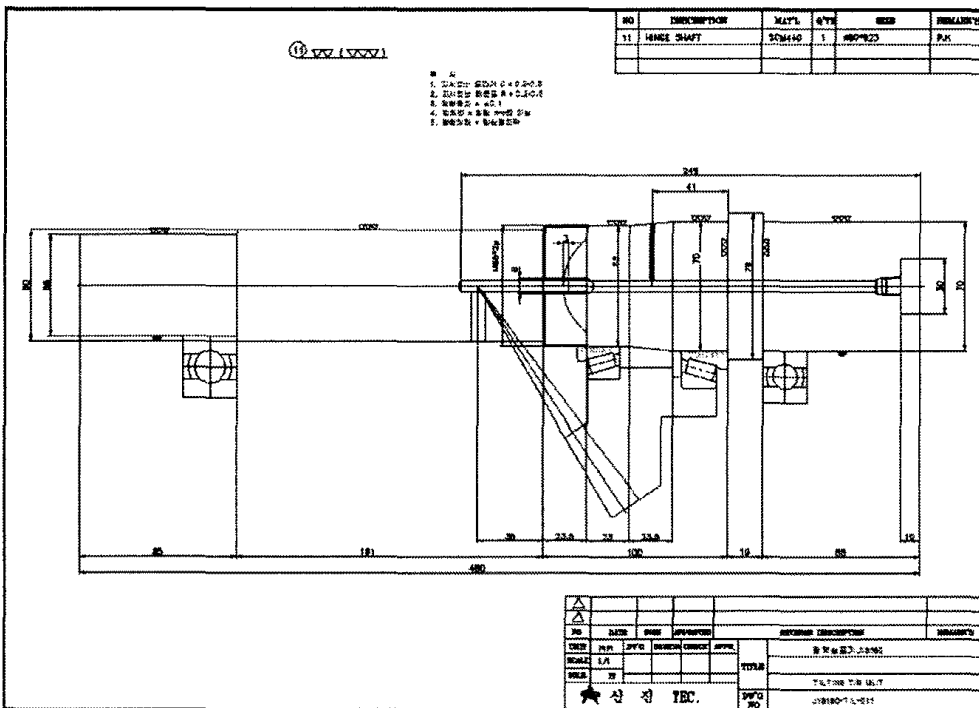
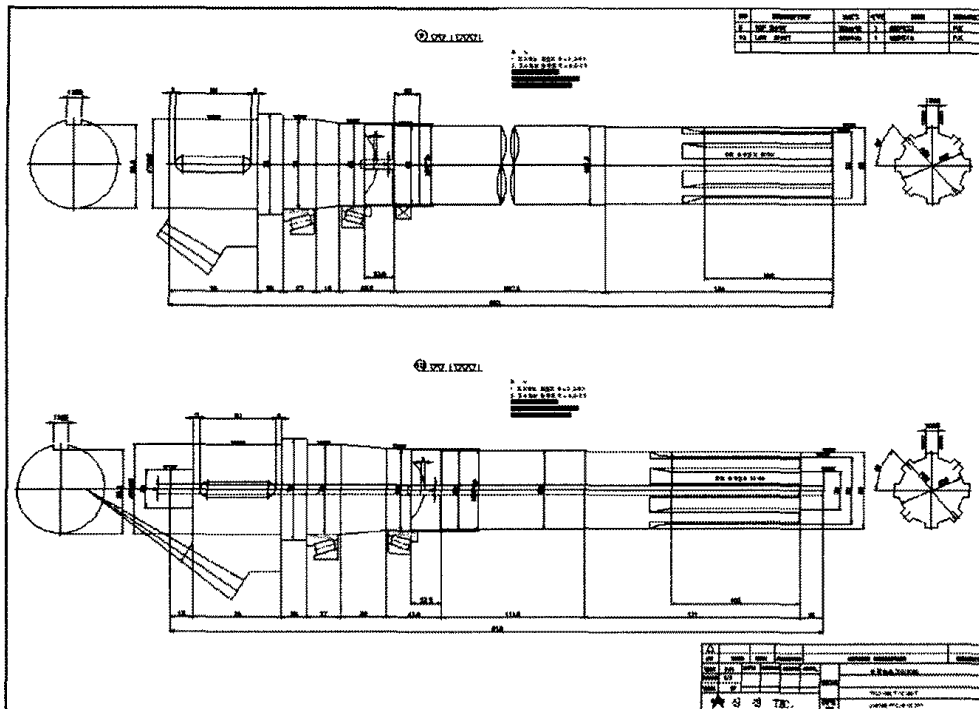


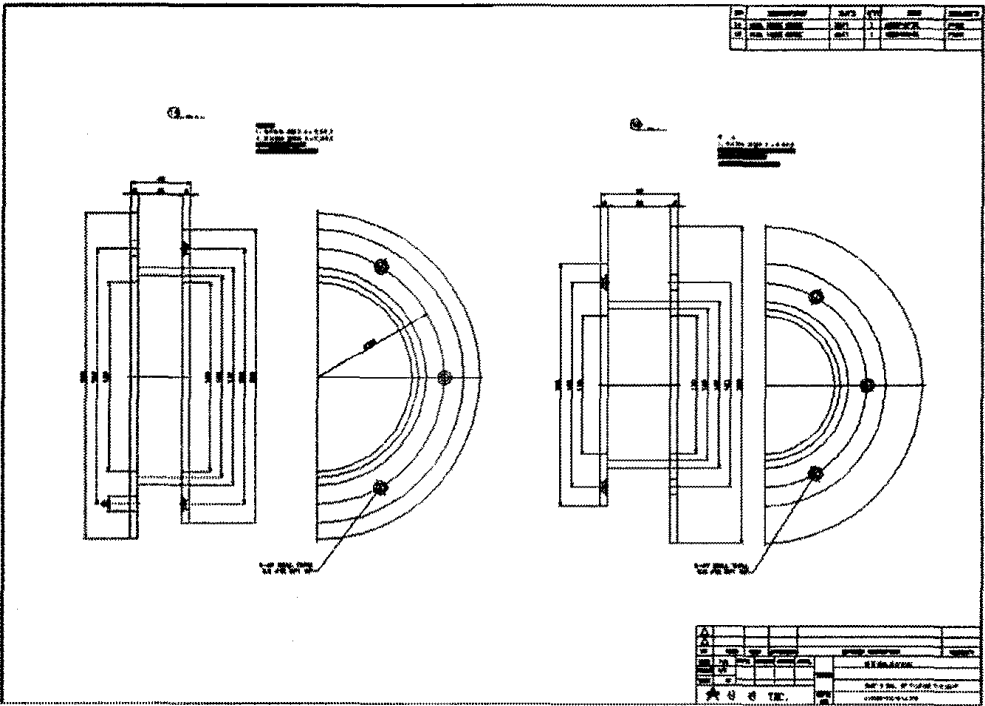
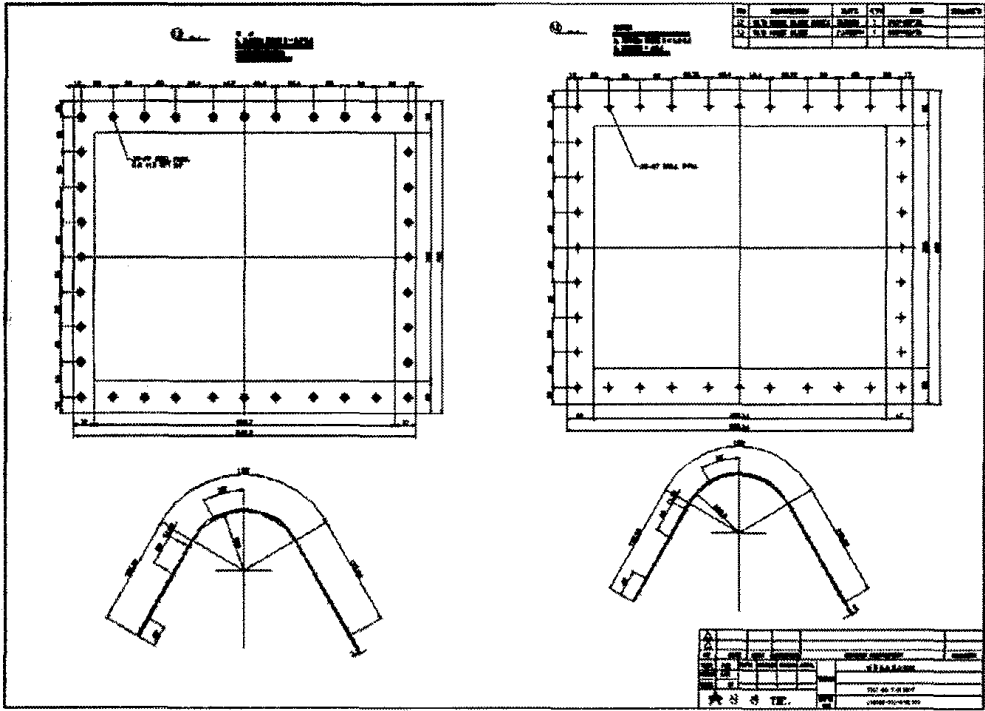


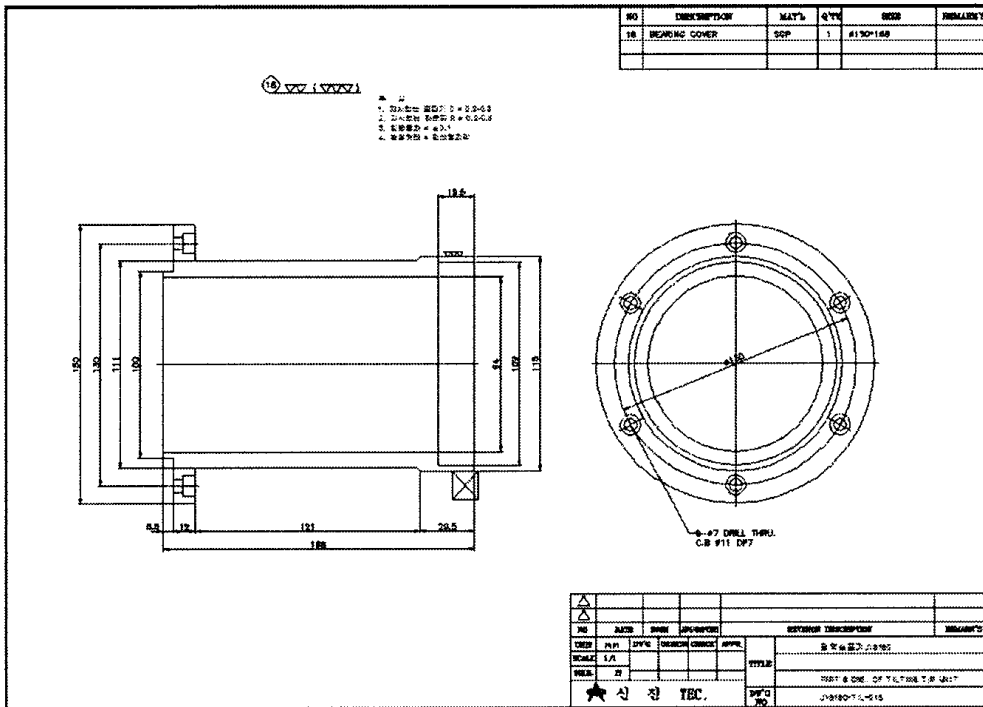
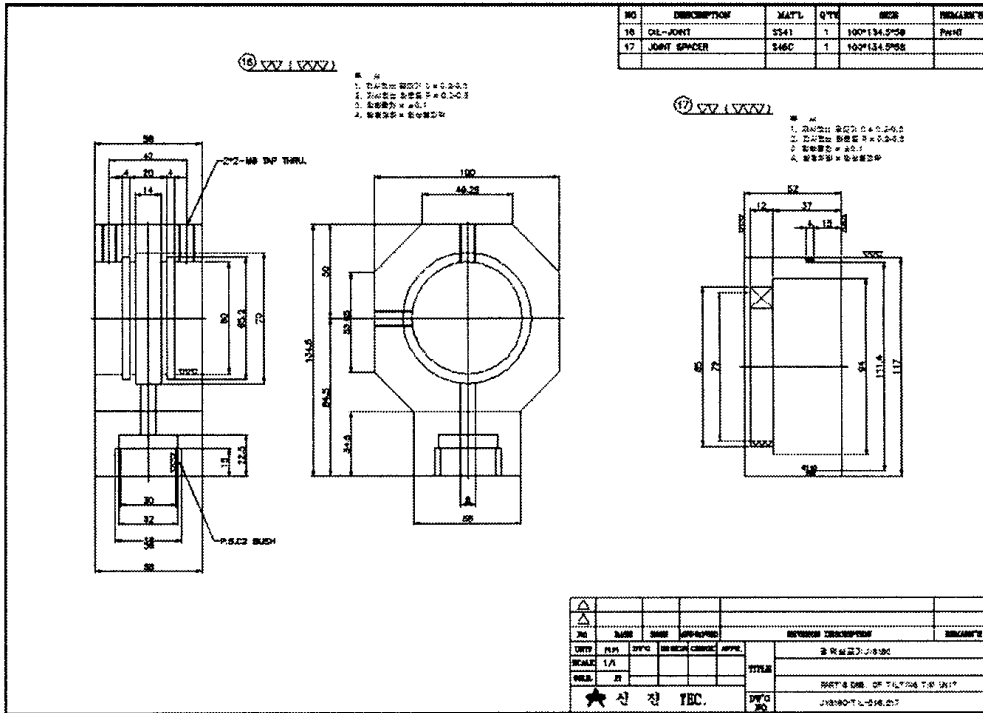


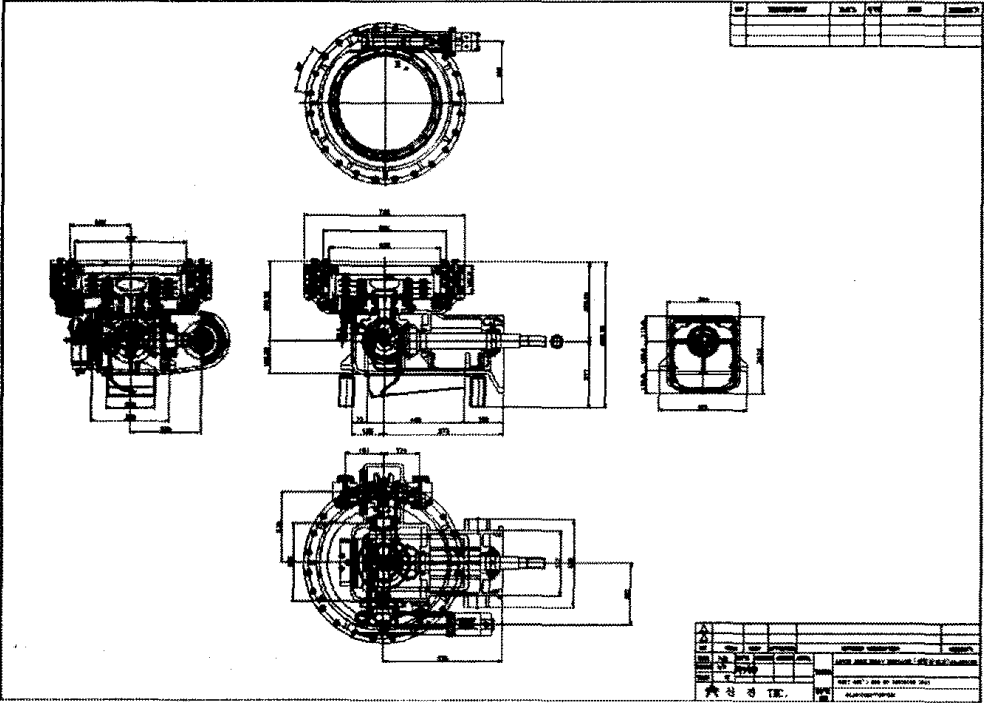
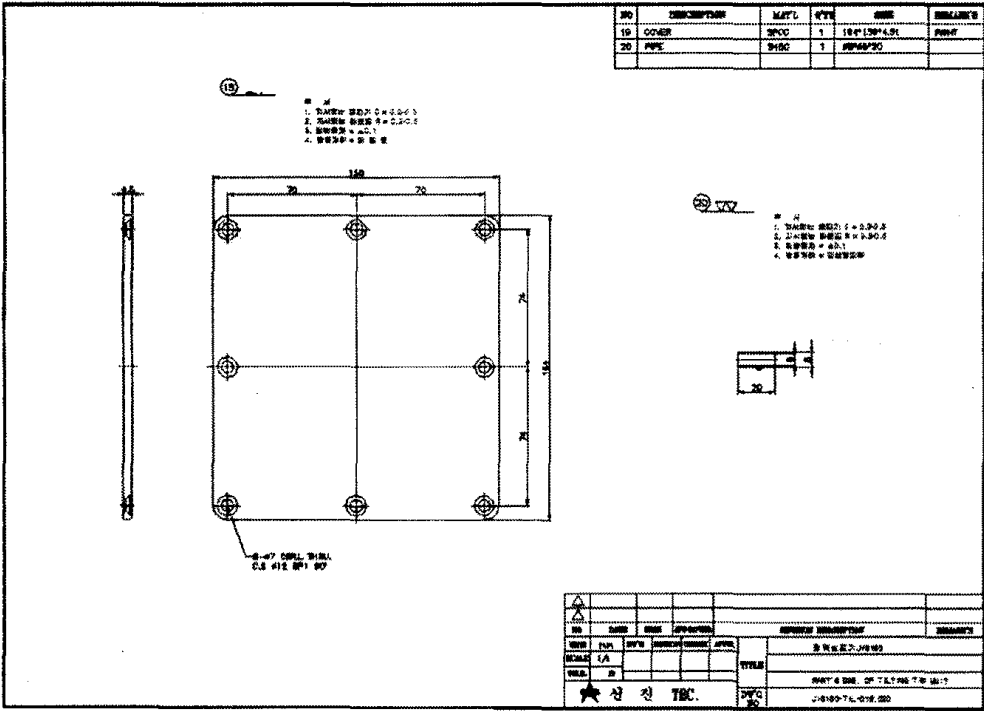


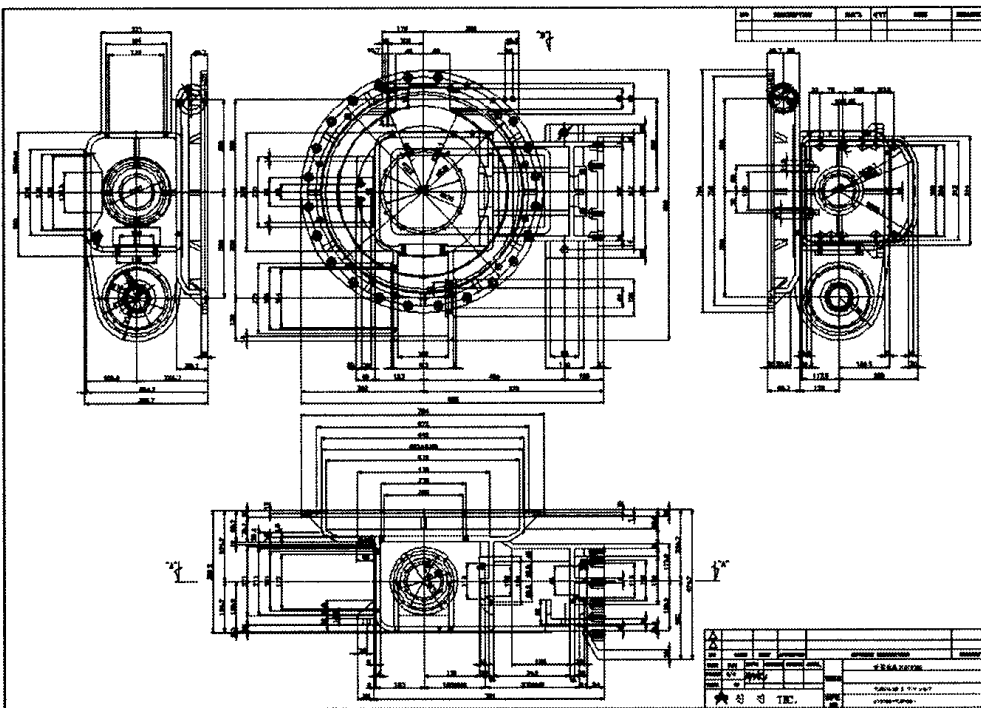
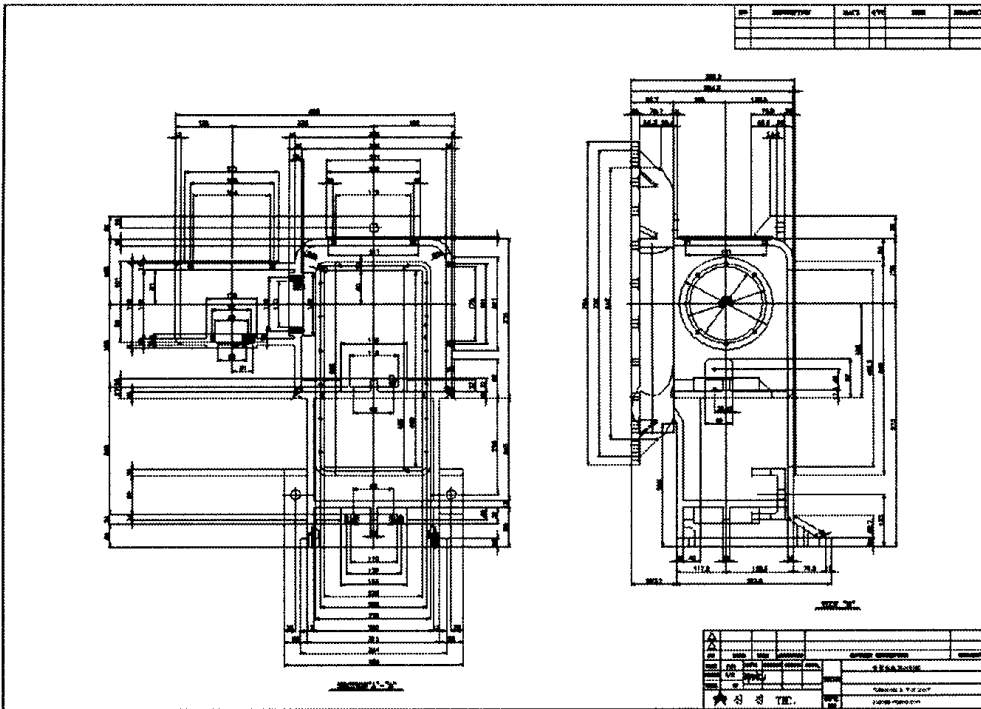


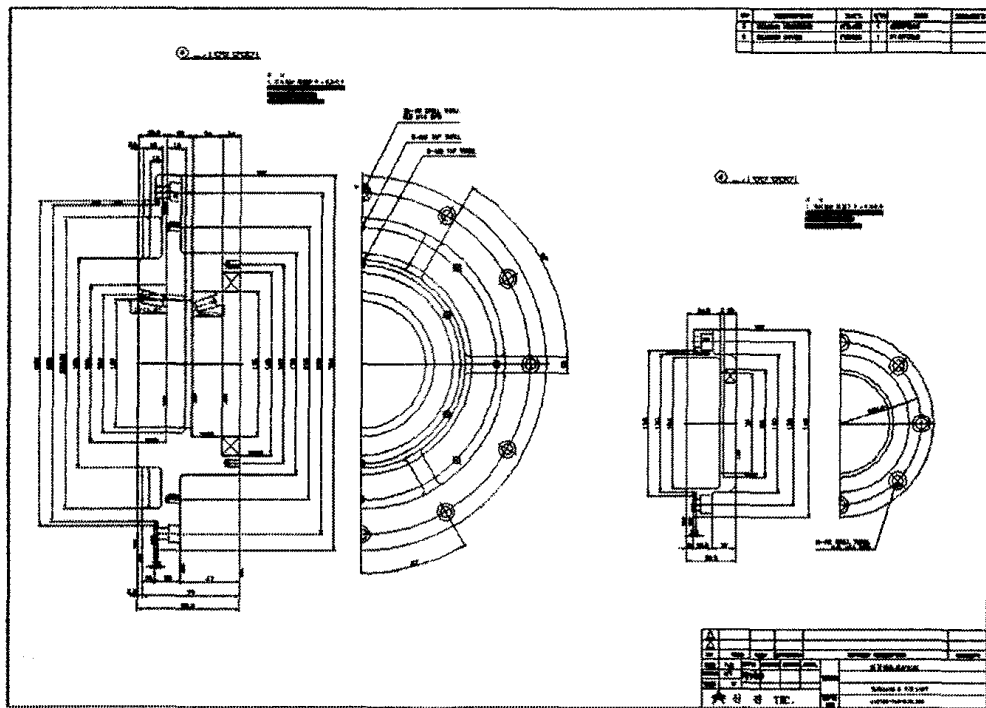
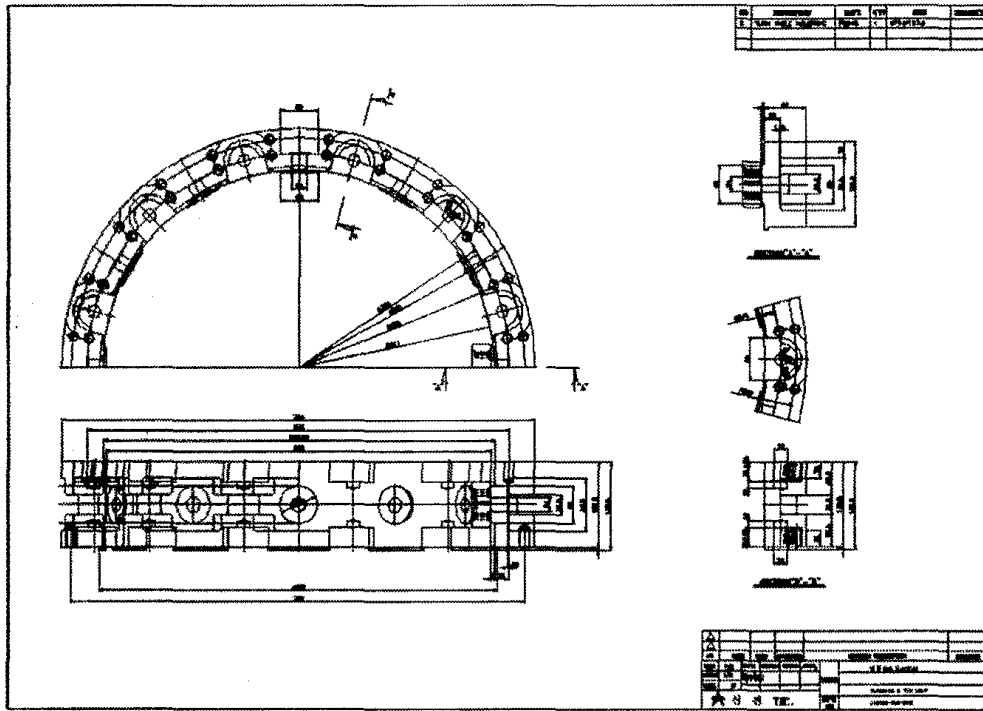


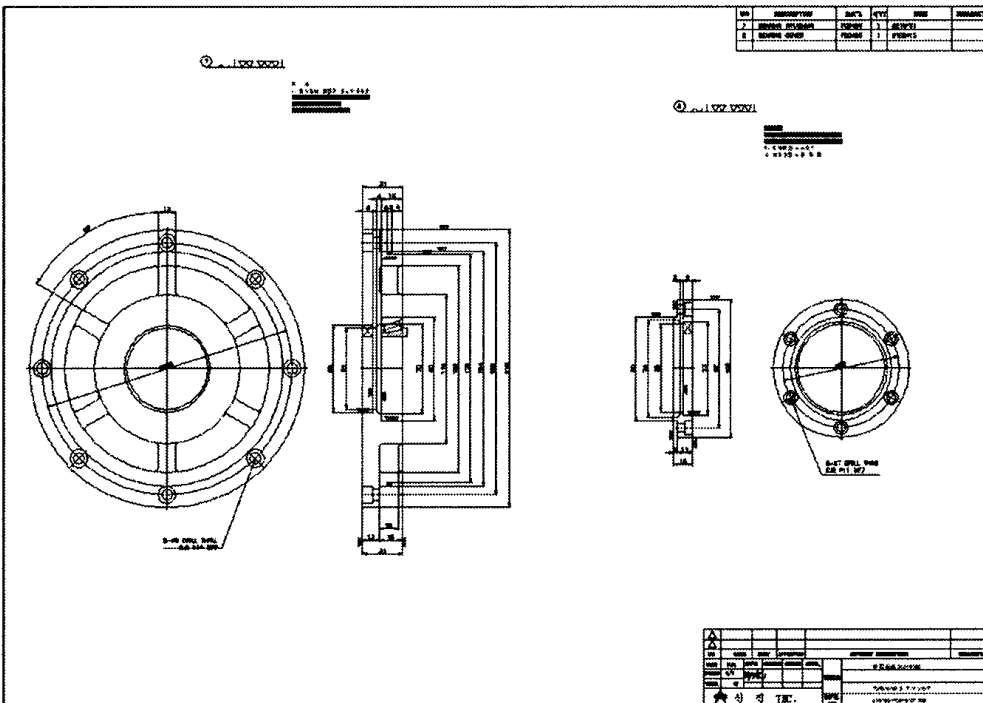
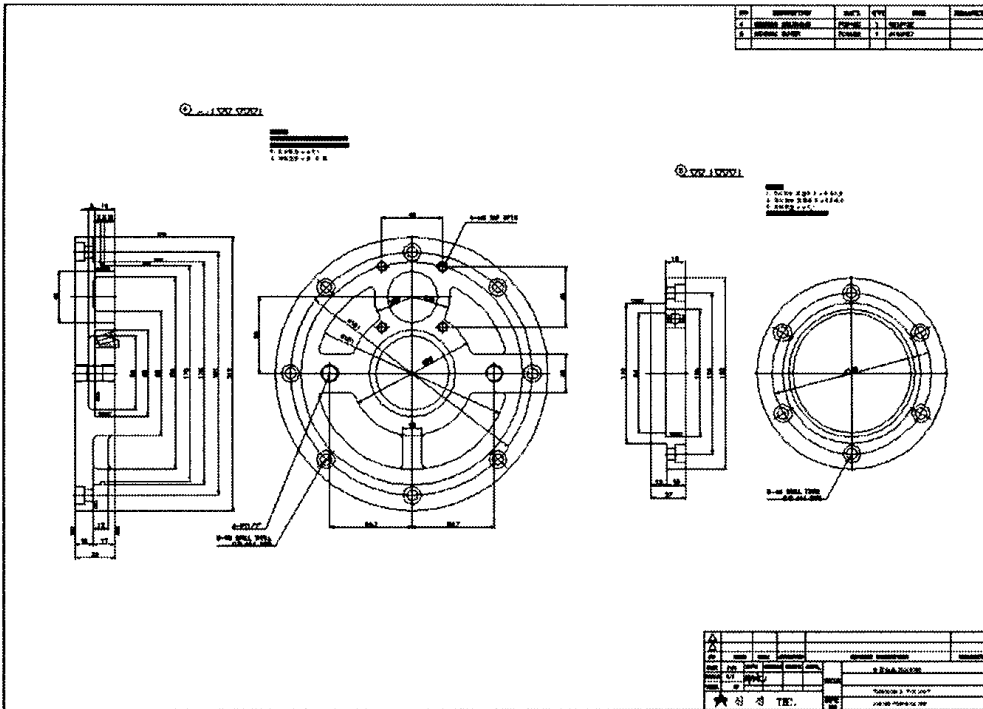


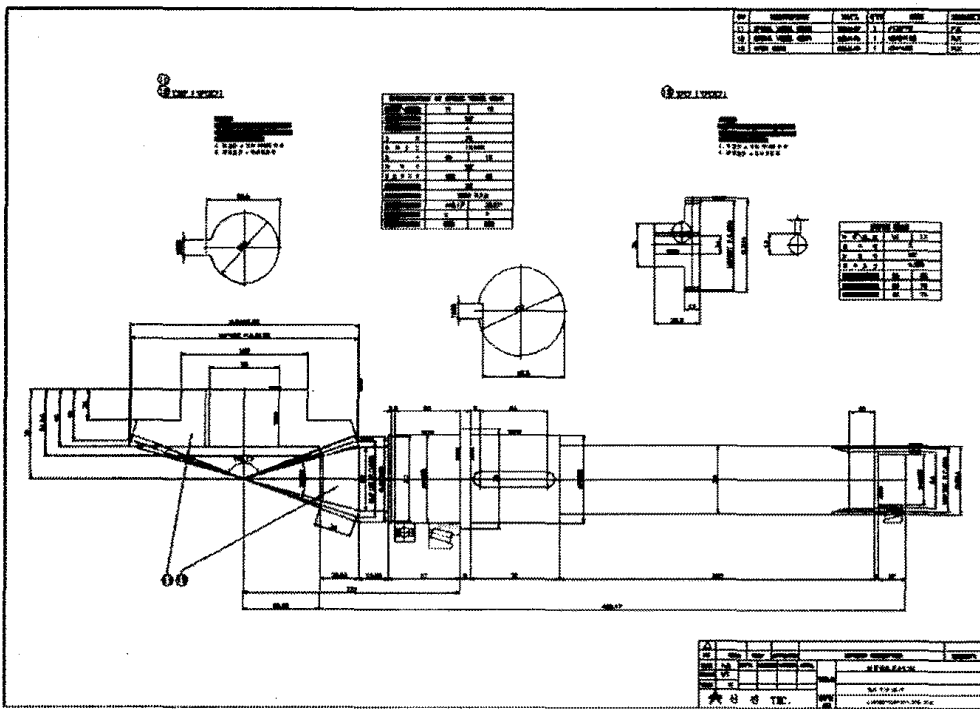
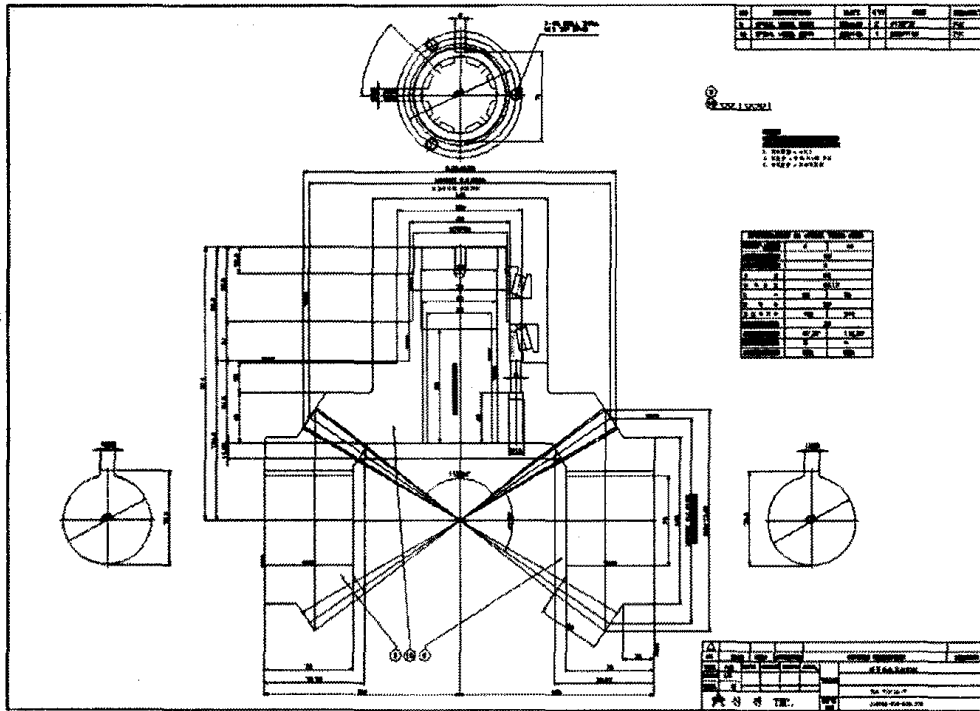


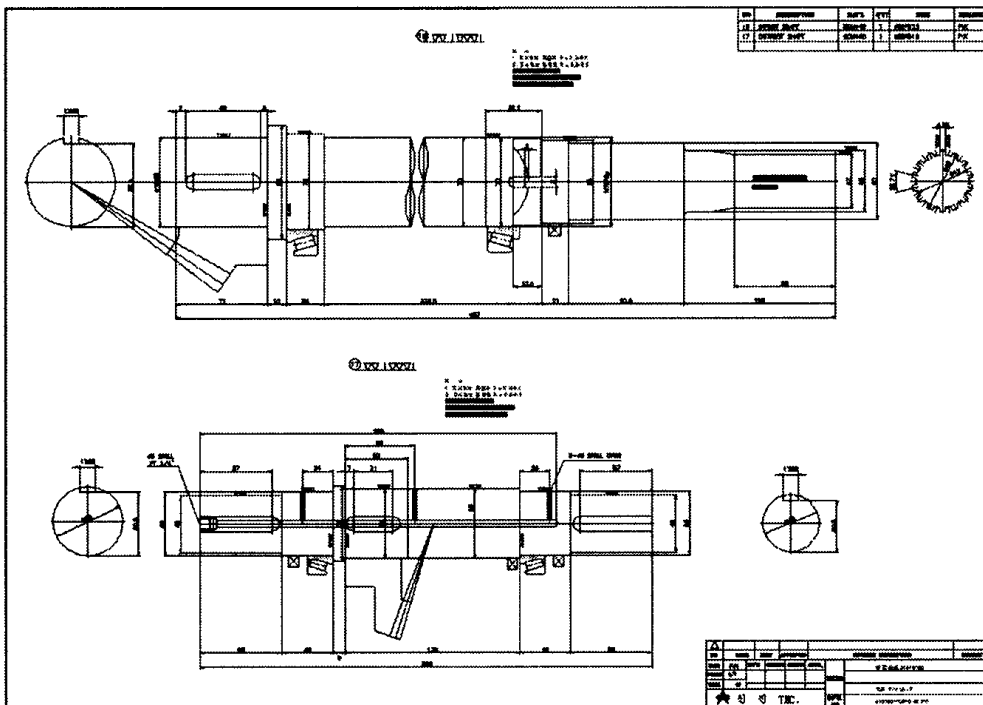
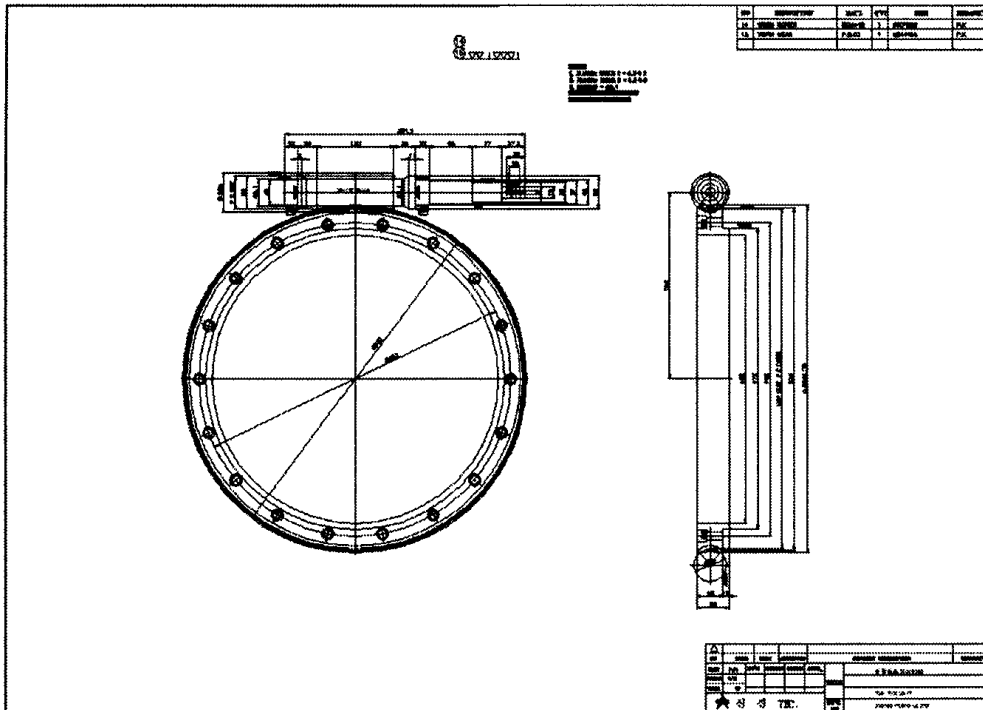


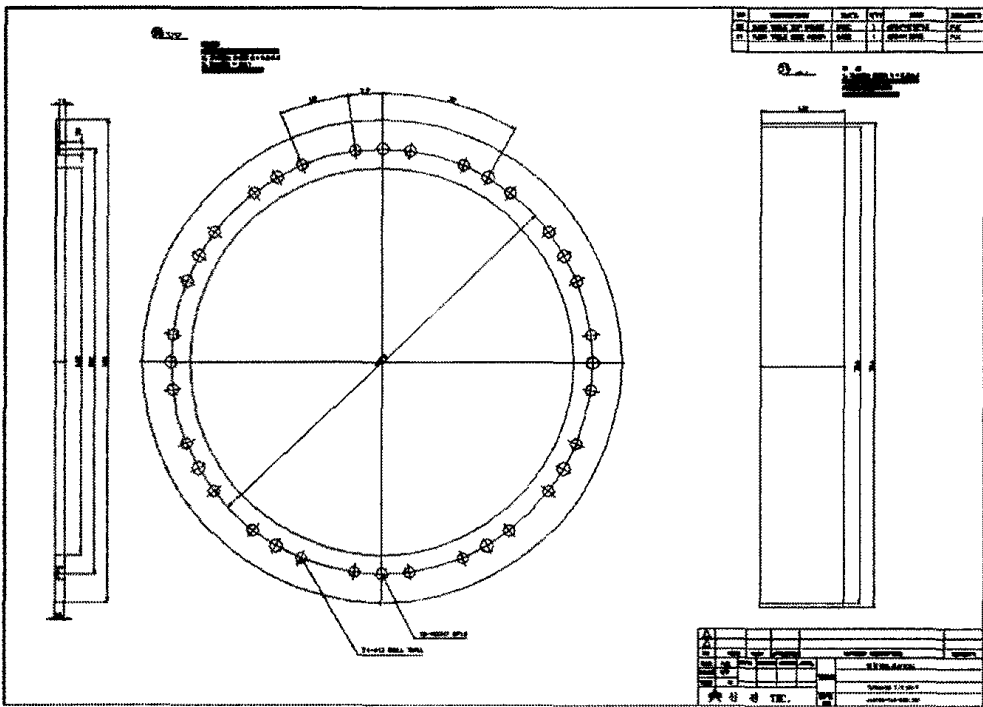
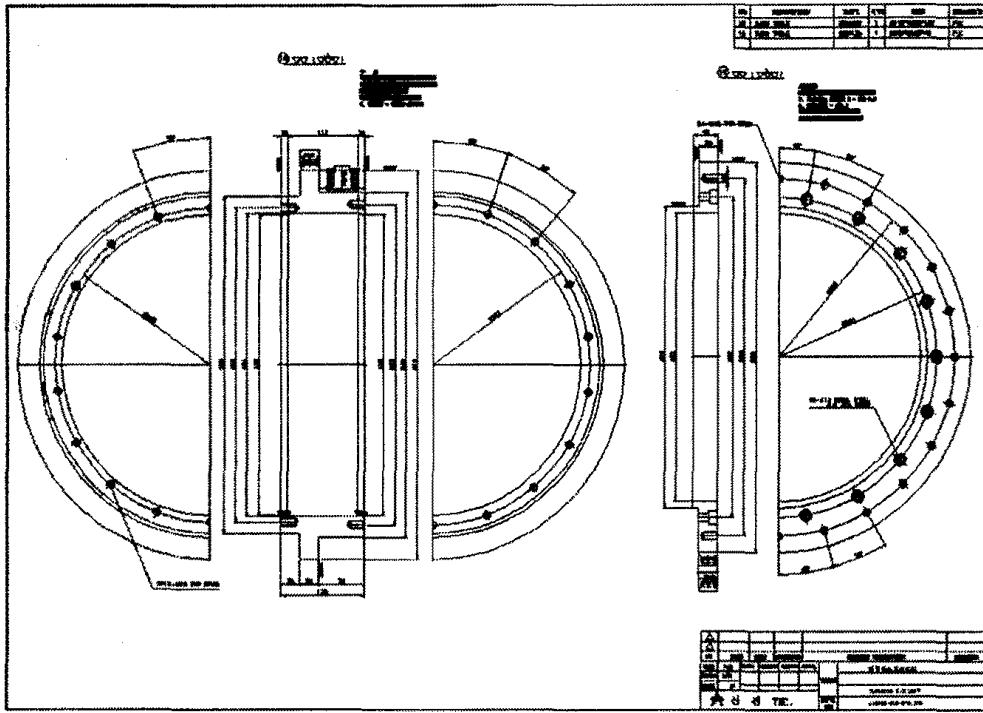


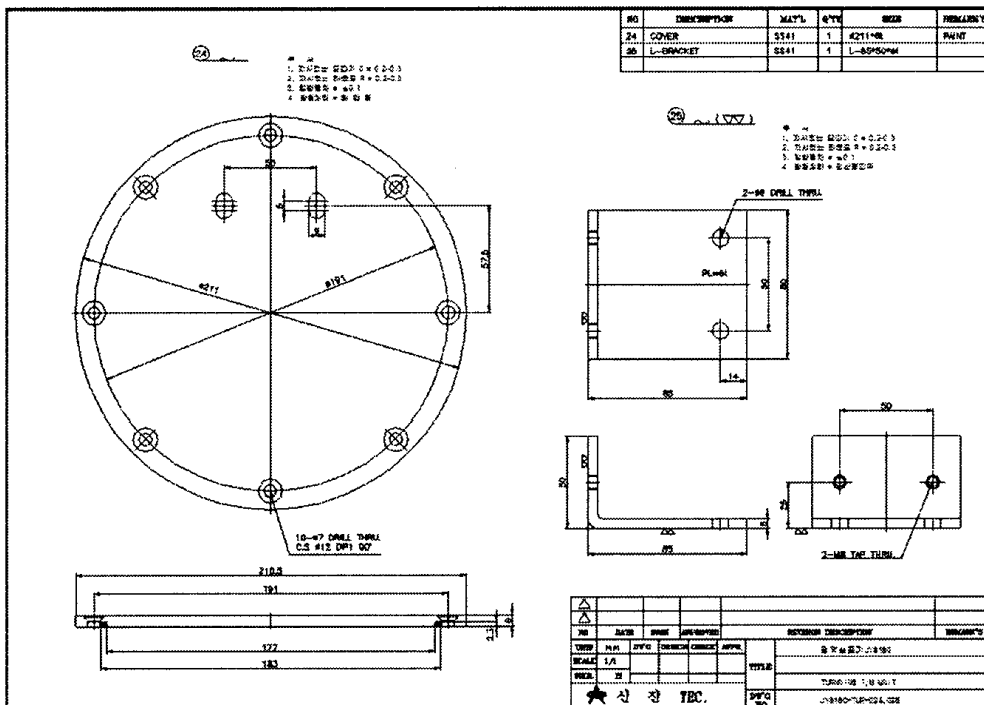
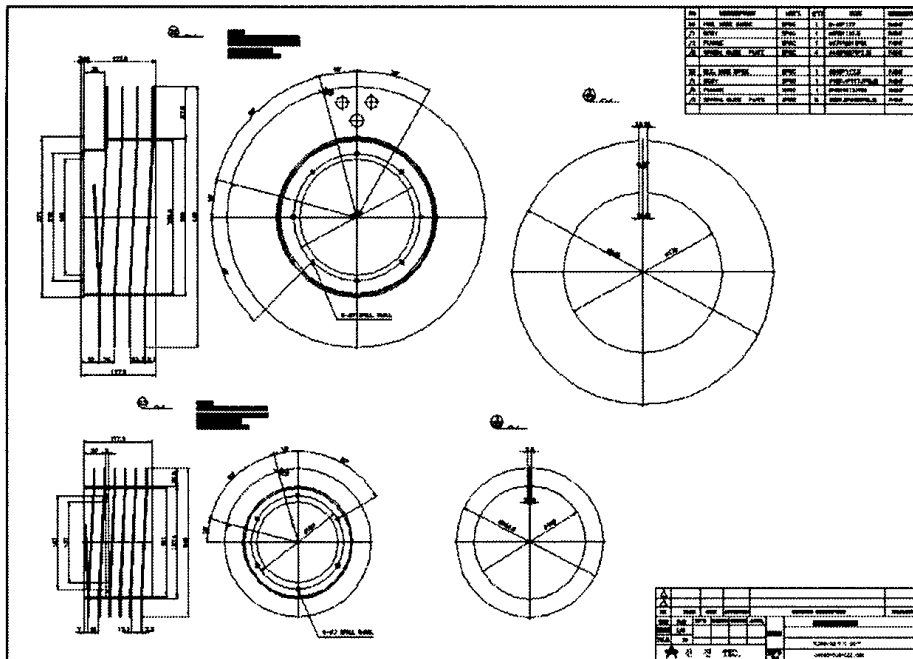


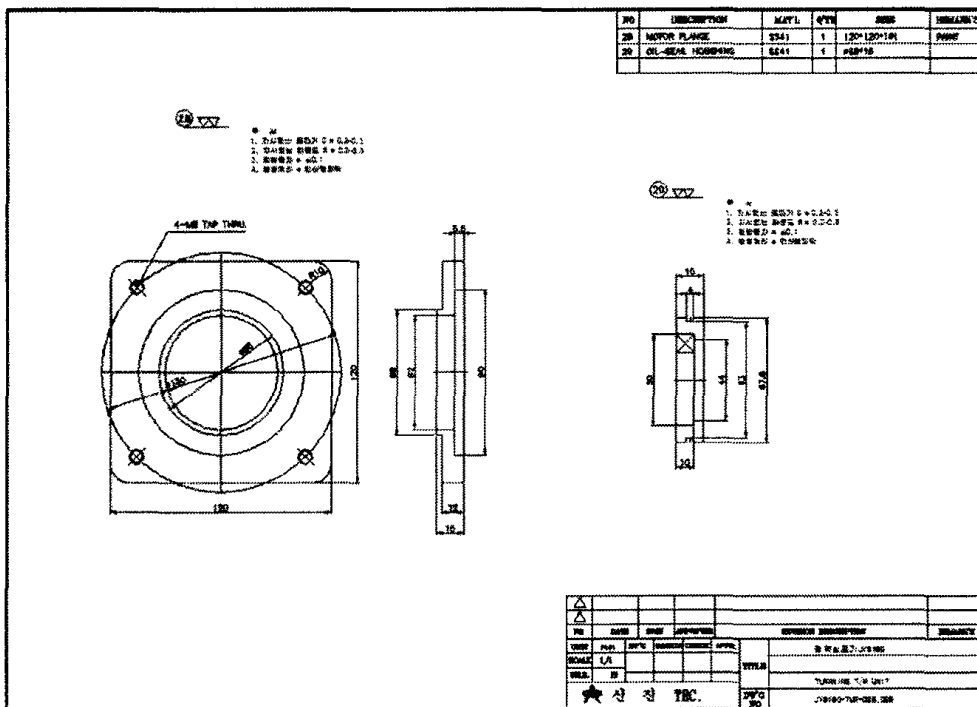
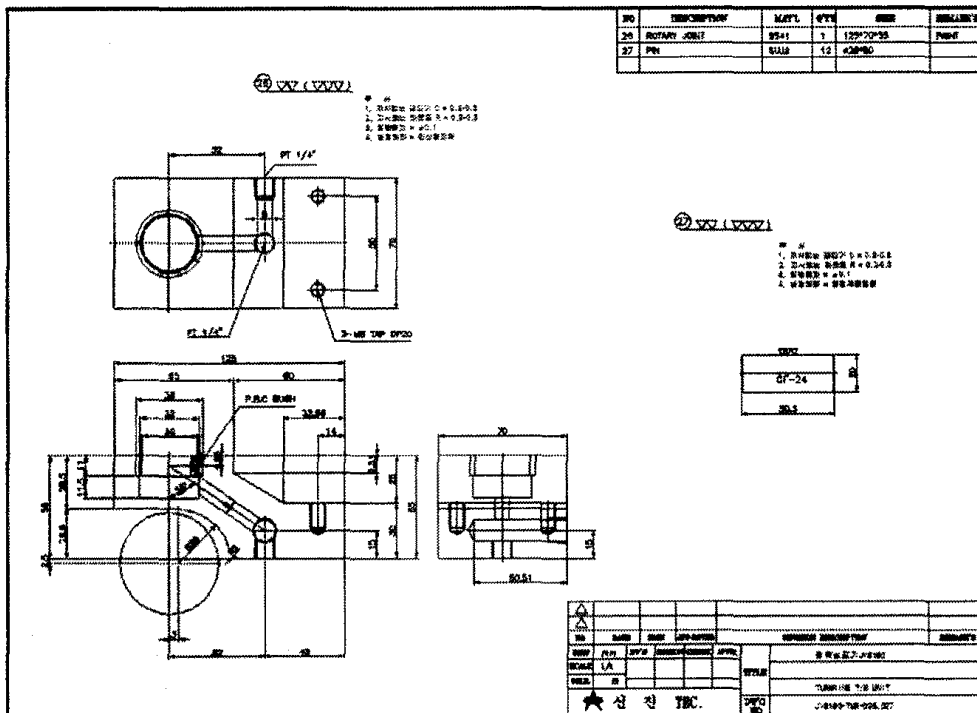






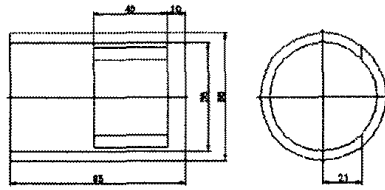




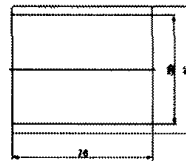


NO	DESCRIPTION	MAT'L	QTY	SIZE	REMARKS
30	SPACER	S341	1	200*85	PAINT
31	SPACER	S341	1	200*78	

⑩ VV
 * H
 1. 2차베는 ØD210 = 504.2
 2. 2차베는 2차베 R = 0.200.2
 3. 2차베베 = 40.1
 4. 2차베베 = 2차베베



⑪ VV
 * H
 1. 2차베는 ØD210 = 0.200.1
 2. 2차베는 2차베 R = 0.200.2
 3. 2차베베 = 40.1
 4. 2차베베 = 2차베베



NO	SIZE	UNIT	DESCRIPTION	REMARKS
30	200	mm	SPACER	PAINT
31	200	mm	SPACER	

2차베는 ØD210 = 0.200.1
 2차베는 2차베 R = 0.200.2
 2차베베 = 40.1
 2차베베 = 2차베베

* H
 1. 2차베는 ØD210 = 0.200.1
 2. 2차베는 2차베 R = 0.200.2
 3. 2차베베 = 40.1
 4. 2차베베 = 2차베베

* H
 1. 2차베는 ØD210 = 504.2
 2. 2차베는 2차베 R = 0.200.2
 3. 2차베베 = 40.1
 4. 2차베베 = 2차베베