

KIER-945131

시설그린하우스 기후조절시스템 개발연구

(1차년도 중간보고서)

주관연구기관
한국에너지기술연구소

농 립 수 산 부



제 출 문

농림수산부장관 귀하

본 보고서를 “시설그린하우스 기후조절시스템 개발연구” 과제의 1차년도
중간보고서로 제출합니다.

1995년 11월 25일

주관연구기관명 : 한국에너지기술연구소

총괄연구책임자 : 양 윤 섭

연구 자 : 백 남 춘 조 일 식

 " : 이 진 국 윤 응 상

 " : 김 홍 제 주 문 창

 " : 박 상 래 전 원 표

 " : 표 영 덕 최 창 준

여 백

요 약 문

I. 제 목 : 시설그린하우스 기후조절시스템 개발 연구

II. 연구 개발 사업의 목적 및 중요성

1. 연구 개발 사업의 목적

본 연구에서는 최근 UR에 대비하여 기술 집약 영농 시설의 과학화가 절실히 요망되고, 철골 유리 온실의 수요가 급증하고 있으나, 건설비의 고가 및 유지관리비의 과다로 가격 경쟁력이 떨어지고 있는 실정이다. 따라서 우리기후 조건에 적합한 시설 하우스의 열공급(냉·난방)시스템을 설계하고 에너지 성능 시뮬레이션과 실증 시험을 거쳐 시설하우스 유지 관리비를 줄이기 위한 극한 상태에서의 온실내 환경을 조절할 수 있는 냉·난방 에너지 시스템을 제시하는데 목적이 있다.

년도별 연구 목적은 다음과 같다.

- 1차년도 : 에너지 시스템 설계 및 시험동 50평 규모의 건설
- 2차년도 : 시스템 성능 측정 및 평가
- 3차년도 : 시스템 보완 및 극한부하시 최소 모델 제시

2. 중요성

본 연구의 중요성을 기술적인 측면과 경제적인 측면 또한 사회적인 측면으로 구분하여 설명하면 다음과 같다.

가. 기술적인 측면

- 시설하우스의 하드웨어 및 소프트웨어 모두가 수입에 의존되고 있음.
- 수입된 시설하우스는 우리의 기후 조건에 부적합하며, 하절기 과열방지 시스템이 없어 전천후 시설하우스로서 기능을 발휘하지 못하고 있음.

나. 경제적인 측면

- 시설 단가(70萬원~100萬원)/평)가 높아 영세한 농민에게 부담이 큼.
- 과도한 에너지 비용(현, 1억원/3000평 규모)으로 가격경쟁력이 취약함.

다. 사회적인 측면

- 영농 과학화에 의한 농민의 소득 증대로 도시·농촌간의 갈등 해소.
- 농어촌의 생산 수입의 향상으로 균형 잡힌 복지사회 구현.
- 기계화가 곤란한 무휴 토지의 국토 자원 활용의 극대화.

Ⅲ. 연구 개발 사업의 내용 및 범위

1. 연구 개발 사업의 내용

- 시설 그린하우스의 기후 조절 시스템의 설계 및 실증 시험

2. 연구 개발 사업의 범위

- 국내·외 시설 그린하우스 현황 조사
- 실증 시험용 온실의 설계 및 건설
- 시험용 온실의 에너지 시뮬레이션
- 시뮬레이션에 의한 성능 시험 측정을 위한 기본 계획 수립

IV. 연구 개발 사업 결과 및 향후 추진 방향

1. 연구 개발 사업 결과

이 연구는 현장 애로 기술개발 사업에 의하여 3개년 계획으로 연구 개발 중인 사업으로 1차년도 중간 연구 결과를 요약하면 다음과 같다.

가. 시설 그린하우스의 실내 기후 온열 환경에 대한 조사 분석

- 대부분 첨단 유리 온실의 경우 냉·난방 시스템은 국내의 기후 조건에 맞지 않는 외국 시스템에 의존하고 있음.

- 국내 유리 온실을 샘플 조사한 결과 유리온실(0.5ha)의 연간 난방 연료 비용이 전체 소요 경비의 약 28%로 대단히 높게 나타났다.

- 전천후로 사용하기 위해 하절기 냉방시스템을 가동할 경우 냉난방에 소모되는 연료 비용은 더욱 높아질 것으로 예상됨.

나. 온실의 실내 온열 환경에 관한 최적 모델을 제시하기 위한 시험용 온실의 설계 및 건설

- 시험용 온실은 단동형 50평 규모로 설계 및 건설하였음.

- 온실의 기후 조절 시스템으로는 난방 및 냉방열원기기를 시설하여 실내 온 습도 및 에너지 부하를 측정하도록 설계하였음.

- 특히 동절기의 주간 부하는 태양열에 의해 약간의 보조 열원으로 조절이 가능할 것으로 보이나, 온실의 특성상 축열성능 효과가 거의 없어 야간에는 급강하하여 작물의 동사 방지와 하절기 주간에 태양열에 의한 실내 온도가 상승하여 작물의 생장을 저해하기 때문에 축열시스템도 설계에 고려하였음.

다. 시험용 온실의 에너지 성능에 관한 시뮬레이션

- 50평규모의 시험용 시설 그린하우스에 대한 냉난방 부하를 대전의 기

후데이터를 분석하여 계산한 결과, 침투 난방 부하는 약 74kW, 침투 냉방 부하는 82kW로 나타났다.

- 순열 손실 부하율($G, W/m^2 \cdot ^\circ C$)은 3.68이며, 난방 부하율은($B, W/m^2 \cdot ^\circ C$) 2.43, 태양의존율은 34%, 따라서 연간 총 난방 부하는 117,505 kWh 였음.

- 침투 냉방 부하는 벽체를 통하여 전도 취득된 부하는 10kW, 실내 환기열부하는 3.4kW, Peak시 입사된 태양에너지 부하는 약 68kW로 나타났다.

2. 향후 추진 방향

1차년도에서 조사, 설계 및 시뮬레이션 한 결과를 토대로 2단계에 연구 될 주요 내용은 다음과 같다.

- 당초 예상했던 연구 계획과 달리 보다 현장 중심의 애로 문제를 해결할 수 있는 기술을 제시하기 위해 2차년도 연구에 있어서는 최적 열환경을 조절하기 위해서는 온실의 외피 구조상 열부하가 높음에 따라 냉·난방 시스템의 시설용량이 커 초기 투자비가 상승하고, 연간 에너지 유지 비용이 높아 매우 비 경제 적임을 감안하여 온실의 최적 실내 열환경 조절보다는 극한 상태에 있어서의 실내 열환경을 조절할 수 있는 방안을 제시코자 한다.

- 우리 나라 권역별 기후데이터를 정리하여 시설하우스의 난방 및 냉방 조절을 위한 표준기후 설계데이터와 전문가가 아닌 영농 엔지니어들이 사용할 수 있는 간이 계산법을 제시할 것이다.

- 따라서 에너지 시스템의 실증 시험은 최적 실내 환경을 조절하는데 Input되는 에너지를 실제 측정하고, 또한 극한 환경조절시를 유추 비교 분석하여 시스템의 최적 용량을 설계하는데 기초 자료를 제공할 것이다.

ABSTRACT

I . TITLE : Development of a Climate Control System for Greenhouse.

II . OBJECTIVE and SIGNIFICANCE OF PROJECT :

1. Objective : The objective of project is to develop a cost effective climate (heating, cooling, and humidity) control system for greenhouses applicable to the Korean climate. The system will be developed through field testing and demonstration, and simulation of energy performance during a three-year period.

The objective in each year is as following :

a. 1st year: Design and construction of a 162m' experimental greenhouse with associated heating and cooling system.

b. 2nd year: System performance monitoring and data analysis.

c. 3rd year: Performance enhancement through system modification, and development of a cost-effective climate control system under extreme climatic conditions.

2. Significance : To meet the challenge imposed by the Uruguay Round (UR), the cost-effective mechanization of agricultural production is urgently required. As a means of value added production of the agricultural outputs, the demand of steel-structured green houses is rapidly increasing. These systems, however, require high first cost as well as excessive operation and maintenance cost. Development of a cost effective greenhouse suitable to the Korean climate is critical to maintain the edge in the domestic and international agricultural market. Significance of this project is discussed in detail as following:

2.1. Technological Issues :

a. All the current facilities, hardware and software, are imported.

b. The imported facilities are not designed for the Korean local climate. For example, it does not have a mechanism to prevent the overheating during the summer, which results in a limited utilization of the system in the summer.

2.2. Economical Issues :

a. The first cost (₩0.7-1 Million) is too high for a small farm operator.

b. The energy cost for operation (₩100 Million/9,917m') is too high to be

cost competitive.

2.3. Social Issues :

- a. Revenue increase in farming will help eliminate the social barrier between the rural and urban area.
- b. Increase in income for the farming community will accelerate realization of the social welfare through balanced income distribution.
- c. Maximization of utilization of land that is not favorable to mechanized farming.

III. ACTIVITY AND SCOPE OF THE PROJECT

1. **Activity** : Design, field testing, and demonstration of a cost-effective green house.

2. Scope of the Project :

- a. Survey and analysis of domestic and international literature.
- b. Design and construction of an experimental greenhouse.
- c. Simulation study of the experimental greenhouse.
- d. Formulation of evaluation methodology to monitor system performance through simulation.

IV. PROGRESS UP TO DATE AND FUTURE APPROACHES :

1. **Progress Up to Date** : This project is for the development of a field technology, scheduled for a three-year period. The results reform the first year activities are as following:

1.1. Study of climate control system of a greenhouse.

a. For the most of the glass-covered greenhouses, built with the cutting-edge technology, the imported heating and cooling system is not customized for the Korean local climate.

b. A sample results show that the annual heating cost for a glass-covered greenhouse (a size of 0.5 ha) turned out to be 28% of the total annual operating cost of the greenhouse.

c. Adding cooling cost for summer for year-round operation is expected to aggravate the portion of the fuel cost in the annual operating cost.

1.2. Design of an Experimental Greenhouse for Development of the Optimal

Climate Condition.

a. The experimental greenhouse was designed and constructed for a size of 50 pyung as a single building.

b. Heating and cooling facilities were designed as a climate control system of the greenhouse, and instruments were designed to monitor inside temperature and humidity as well as energy consumption.

c. Solar energy will supplement the winter time heating requirement. Storage of solar energy by the thermal mass of the greenhouse is hardly expected. To prevent freezing in the wintertime and overheating in the summertime due to the solar insolation, a thermal storage system has been implemented in the system design.

1.3. Simulation of Energy Performance of the Experimental Greenhouse.

a. Based on the meteorological data around Taejon area, the peak heating and cooling load of the experimental greenhouse (a size of 162m²) are calculated to be 74 kW and 82 kW, respectively.

b. The overall heat transfer coefficient of the experimental greenhouse is estimated 3.68(W/m²°C) by building heat loss coefficient, 2.43(W/m²°C) by building energy need coefficient. Solar energy will meet 34% of the total heating load, and the total annual heating load is calculated to be 117,505kWH.

c. The breakdown of the peak cooling load is 10 kW by wall conduction, 3.4 kW by ventilation, and 68 kW by solar insolation.

2. Future Approaches : The 2nd-year activities, based on the 1st-year results from the design and simulation of the experimental greenhouse, are as following:

a. Due to the high heat transfer characteristics of the greenhouse wall, the first cost of the heating and cooling equipment is relatively high. The high cost of annual energy cost is, also, detrimental to the life-cycle economical performance. To improve the economics of the experimental greenhouse, and also to develop technologies more applicable to the field (compared to the one proposed in the original proposal), the focus of the climate control strategy will be on the meeting the extreme climatic conditions rather than controlling the optimal conditions.

b. A standard weather data for design of heating cooling systems of greenhouses will be developed for different regions of Korea. Based on the standard table, a quick and easy weather table will be developed for the small farm operators (who are not weather specialist) to estimate the heating and cooling requirements.

c. The field testing of the heating and cooling system of the experimental greenhouse will produce energy consumption data under the modes of optimal conditions and extreme conditions. These data will serve as a basis for the development of a design of the most cost-effective climate control system of a greenhouse.

목 차

제 1 장 서 론	1
제 1 절 연구의 배경	1
제 2 절 연구의 목표	2
제 3 절 연구의 내용	2
제 2 장 국내·외 현황조사 및 분석	4
제 1 절 시설원예의 국내·외 현황	4
1. 국내현황	4
2. 국외현황	13
제 2 절 온실의 에너지 시스템	27
1. 열환경 조성방식	27
2. 온실용 Heatpump시스템의 구성	43
제 3 절 환경제어 Network시스템	57
1. 환경제어장치의 분류	57
2. 시설온실의 Microcomputer 이용	58
3. 원격조작과 Network	74
4. 환경제어전용 Microcomputer 기종	77
제 3 장 시험용 온실의 설계	78
제 1 절 시험용 온실설계의 개요	78

1. 온실형 계획	78
2. 에너지시스템 개요	81
제 2 절 온실의 기본계획	85
1. 건축공사	85
2. 전기 및 자동제어공사	89
제 3 절 온실의 기온측정도	94
1. 온도측정도	94
2. 기후데이터 측정장치	95
제 4 장 실증실험용 온실의 에너지성능 시뮬레이션	96
제 1 절 측정지역의 기상데이터 분석	96
1. 기상데이터의 정의	96
2. 조사기상자료 특성 및 그래프	99
제 2 절 온실의 열적특성	114
1. 개요	114
2. 온실의 열환경 특성	115
제 3 절 온실의 해석방법	116
1. 개요	116
2. 연구현황	117
3. 기존의 해석방법에 관한 고찰	122
제 4 절 온실의 부하해석 알고리즘	133
1. 해석알고리즘의 개요	133
2. 열평형방정식	134

제 5 절	시뮬레이션 및 결과	156
1.	개요	156
2.	열부하계산	156
제 6 절	에너지시스템의 설계 및 용량 선정	168
1.	난방시스템	169
2.	냉방시스템	169
제 5 장	연구결과 및 향후추진 방향	170
제 1 절	연구결과	170
제 2 절	향후추진방향	171
제 3 절	건의사항	172
참고문헌		173
부 록		179
I.	시설원예하우스 보급을 위한 정책과제	181
1.	시설원예 농협의 필요성	183
2.	시설원예 농업의 현황	183
3.	시설원예 현대화 사업추진현황	186
4.	시설원예 농업의 문제점	186
5.	시설원예 농업의 육성을 위한 정책과제	189
6.	시설하우스 보급을 위한 정책과제 및 적지조사	191
7.	요약 및 결론	194

II. 시설하우스 보급을 위한 구조 및 공정	197
1. 우리나라 시설원예의 발달과정과 현황	199
2. 농가보급형 유리온실의 필요성과 원예시설 현대화 방향	204
3. 현대화 원예시설의 발달 현황과 특징	207
4. 농가보급형 유리온실의 구조해석	210
5. 시설원예의 금후과제와 전망	217
III. 작물에 따른 성장발육 최적 기후특성 조사 연구	219
1. 화훼의 종류	221
2. 채소의 종류	227
IV. 시험용 설계도서	233
V. Climate date(대전지역 기상데이터)	259

표 목 차

〈표 2.1.1〉 각 시도별 시설원예 설치 면적 현황	7
〈표 2.1.2〉 국내 유리온실 설치 현황	12
〈표 2.1.3〉 네덜란드의 기상 조건	15
〈표 2.1.4〉 Lisbon의 기후 예	21
〈표 2.1.5〉 세계 주요 시설원예 국가의 양액재배 시설면적	25
〈표 2.1.6〉 국외 시설그린하우스 보유 현황	26
〈표 2.2.1〉 난방방식 열원별 면적과 비율	27
〈표 2.2.2〉 난방방식 종류와 특징	28
〈표 2.2.3〉 커튼 보유재별 장과 방사특성	42
〈표 2.2.4〉 최대 난방 부하 설계형 열절감율 실예	42
〈표 2.2.5〉 온실용 Heat Pump시스템의 주요형식	46
〈표 2.3.1〉 온실환경제어장치의 제어대장	60
〈표 2.3.2〉 환경 제어전용 Micro Computer의 기종별 특징	77
〈표 4.1.1〉 기압 기상자료표	99
〈표 4.1.2〉 온도 기상자료표	101
〈표 4.1.3〉 노점온도 기상자료표	102
〈표 4.1.4〉 상대습도 기상자료표	103
〈표 4.1.5〉 강수량 기상자료표	105
〈표 4.1.6〉 평균 최대 풍속 기상자료표	106
〈표 4.1.7〉 운량 기상자료표	108
〈표 4.1.8〉 일조시간 및 일조율 기상자료표	109
〈표 4.1.9〉 기압 기상자료표	111
〈표 4.1.10〉 지표온도 및 지중온도 기상자료표	112

그림 목 차

[그림 1.1.1]	연구사업 추진 체계도	3
[그림 2.1.1]	온실설치 목표	13
[그림 2.2.1]	공기가열식 집열기와 토양 축열장치를 이용한 태양열 시스템 ...	30
[그림 2.2.2]	수가열식 평판형 집열기와 수축열조를 사용한 태양열 온실 ...	31
[그림 2.2.3]	태양열 육묘온실	32
[그림 2.2.4]	지중열 교환 온실의 구조	34
[그림 2.2.5]	열교환기와 축열수조(제조사 : 일본 Clean Solar)	36
[그림 2.2.6]	수막식 열교환기의 원리	37
[그림 2.2.7]	수조내 열교환 방식	38
[그림 2.2.8]	수봉Tuve의 설치 방법	38
[그림 2.2.9]	강제통풍수봉 Tuve	39
[그림 2.2.10]	Heat Pump시스템의 실제 사용 형태	45
[그림 2.2.11]	지하수를 열원으로 하는 시스템 구성예	48
[그림 2.2.12]	수-수형 전기식 Heat Pump시스템 구성예	49
[그림 2.2.13]	수-수형 엔진식 Heat Pump시스템 구성예	50
[그림 2.2.14]	수-공기형 전기식 Heat Pump시스템 구성예	51
[그림 2.2.15]	공기-공기형 전기식 Heat Pump시스템 구성예	52
[그림 2.2.16]	1대의 Heat Pump로 2개소 동시 냉난방 구성예	53
[그림 2.2.17]	수-공기 전기식 Heat Pump를 내부 집열형 난방 시스템	54
[그림 2.2.18]	지하수와 실내잔여열의 이용 난방 시스템 개통도	55
[그림 2.2.19]	수-수형 전기식 Heat Pump에 의한 냉.난방 제습 및 지중 가열 시스템	56
[그림 2.3.1]	온실제어 시스템	62

[그림 2.3.2]	Microcomputer 본체의 H/W 구성도	63
[그림 2.3.3]	환기창 제어에 의한 비례제어	70
[그림 2.3.4]	온실 Computer와 PC 통신회로 H/W구성도	74
[그림 2.3.5]	분산형 Computer Network에 의한 온실관리 시스템 개념도 ...	76
[그림 3.1.1]	Wide Span형 Greenhouse	78
[그림 3.1.2]	Venlo형 Greenhouse	80
[그림 3.1.3]	시험용 온실설계 모형도	80
[그림 3.1.4]	태양열 이용시스템	82
[그림 3.1.5]	빙축열 시스템의 운전계획도	83
[그림 3.1.6]	냉방시스템 구성도	84
[그림 3.2.1]	평면도	85
[그림 3.2.2]	정면도	86
[그림 3.2.3]	철골도	87
[그림 3.2.4]	측면도	88
[그림 3.2.5]	커튼 개폐장치 평면도	88
[그림 3.2.6]	MIST 배관 평면도	89
[그림 3.2.7]	자동화 전기 배선도	90
[그림 3.2.8]	동력 제어반 결선도	91
[그림 3.2.9]	온실 자동제어도	93
[그림 3.3.1]	온실의 Thermocouple 설치 Network 계획도	94
[그림 3.3.2]	데이터 측정장치	95
[그림 4.1.1]	기압 기상 그래프	100
[그림 4.1.2]	온도 기상 기상 그래프	101
[그림 4.1.3]	노점 온도 기상 그래프	102
[그림 4.1.4]	상대 습도 기상 그래프	104

[그림 4.1.5]	강수량 기상 그래프	105
[그림 4.1.6]	평균, 최대풍속 기상 그래프	107
[그림 4.1.7]	운량 기상 그래프	108
[그림 4.1.8]	일조시간 및 일조율 기상 그래프	110
[그림 4.1.9]	수평면 일사량 기상 그래프	111
[그림 4.1.10]	지표 온도 및 지중온도 기상 그래프	113
[그림 4.2.1]	온실의 열 수지와 주요 열적 환경요소	115
[그림 4.4.1]	벽면을 통한 직달일사	144
[그림 4.4.2]	벽면과 온실 바닥면을 통한 직달일사의 교차	145
[그림 4.4.3]	측면과 온실바닥면을 통한 직달일사의 교차	147
[그림 4.4.4]	전사면 지붕을 통한 직달 일사	150
[그림 4.4.5]	전사면 지붕과 온실바닥면을 통한 직달일사의 교차	150
[그림 4.4.6]	후사면 지붕을 통한 직달 일사	153
[그림 4.5.1]	온실 부위별 순 열손실 부하	158
[그림 4.5.2]	온실의 에너지 흐름도	159
[그림 4.5.3]	시험용온실의 연간 난방 에너지부하	161
[그림 4.5.4]	시험용온실의 태양 의존율	162
[그림 4.5.5]	대전지방 일사량 계산	167
[그림 4.6.1]	온실의 복합 냉난방시스템	168

제 1 장 서 론

제 1 절 연구의 배경

우리나라의 온실의 규모는 약 40,000ha에 달하여 일본다음으로 세계 2위에 달하고 있으나 시설영농 기술은 매우 낙후 되었다. 대부분의 온실은 무 환경제어에 이동식 비닐온실로 되어 영세성을 탈피하지 못하고 있다. 농촌 인구의 감소와 노동력의 노령화, 부녀화에 따른 일손 부족과 특히 UR 타결 이후 WTO 출범으로 인해 세계 농산물 시장은 개방화가 가속화 되어가고 있다. 이에 따라 정부는 자본, 기술 집약적이며 고품질 수요에 부응하는 채소, 과수, 화훼 등의 원예산업(Horticulture Industry) 특히 자동화된 시설원예분야에 선진국 수준으로 시설의 첨단기능을 갖추도록 확대 보급하고 있으나 대부분의 첨단영농에 필요한 기자재 및 관련 소프트웨어기술 등이 외국에 의존되고 있다. 93년도 까지 약 18.2ha의 유리자동 온실이 보급되었고, 94년도에는 총 75ha이 이미 건설운영되고 있으며 정부에서 제시한 자료에 의하면 우리나라 적정 유리온실의 규모는 2004년에 약 1,150ha이며 pet나 비닐에 의한 자동화 온실은 약 50,000 ha 로 지속적인 증가가 예상된다. 지금까지 나타나고 있는 유리온실의 문제점의 하나로 생산원가 중 에너지 투입비용이 높아 여기에서 생산되는 농산품의 가격 상승으로 인해 대외경쟁력이 약하게될 경우 자연 첨단유리온실 농업은 실패하게될 것이다. 특히 지금까지 우리나라 농업은 특별한 전문지식 없이 노동력을 바탕으로 유지되어 왔으나 점차 기술집약적인 영농으로 바뀌고 있으며 유리온실의 경우는 전문적인 기술을 필요로하고 있다. 특히 시설하우스의 환경제어시스템의 설계 및 운영기술은 건물에서 도입되고 있는 인공지능시스템을 능가하는 복잡하고 고도의 전문기술이라 할 것이다.

이 연구에서 다루고자 하는 기술개발분야는 첨단 시설하우스에 있어서의 제반 문제

중 고정식 환경조절이 가능한 시설하우스의 에너지시스템을 설계 적용하여 우리나라의 기후조건에 알맞는 시스템을 연구개발하는데 있다.

제 2 절 연구의 목표

- 1차년도 목표 : 에너지 시스템 설계 및 시험동 50평규모의 건설
- 2차년도 목표 : 성능측정 및 평가
- 3차년도 목표 : 시스템보완 및 극한 부하시 최소 모델 제시

제 3 절 연구내용

- 첫째, 국내외의 시설그린하우스의 현황을 조사하고,
- 둘째, 실증시험용 온실의 설계 및 건설,
- 셋째, 시험용 온실의 에너지 시뮬레이션,
- 넷째, 시뮬레이션에 의한 성능시험 측정을 위한 기본계획을 수립하였다.

이상에서 제시된 연구목표 및 연구 내용은 현재 보급확산 되고 있는 첨단 유리온실의 에너지 절약과 우리기후에 적합한 최적모델을 제시하기 위한 실증시험 연구이다.

년도	연구 추진 목표		
1차 년도 1995	시험용 온실 설계	온실 건설	온실의 열부하 산출 및
2차 년도 1996	극한 에너지 시스템 최적설계	온실의 에너지 성능 측정	역권별 온실 설계 표준
3차 년도 1997	동, 하절기 첨두부하 격감 시스템 제안		부하 작성
시설하우스 극한 기후 조절 시스템 제시			

[그림 1.1.1] 연구사업 추진 체계도

제 2 장 국내.외 현황조사 및 분석

제 1 절 시설원예의 국내.외 현황

1. 국내현황

1.1 시설하우스의 발달 과정

우리 나라의 시설원예는 일본보다 훨씬 뒤에 발달하기 시작하여 1920년경 대전 지방에서 창틀에 유지를 발라서 간단하게 조립하여 만든 재배 시설(paper house)이 등장하여 호박, 오이, 가지등 과채류의 불시 재배가 시작되었고, 1930년대 말에는 이 리 지방에 유리온실이 지어져 딸기의 반축성 재배에 이용되었다고 하는데, 이들 온실 은 해방 전후 기간 동안에 파괴되어 없어졌다.

플라스틱 필름이 시설 하우스의 피복재로 이용되기 시작한 것은 1951년경으로, 김해에 100평 규모의 염화 비닐하우스가 처음으로 지어져 채소의 하우스 재배가 시작 되었다. 1954년부터는 폴리에틸렌 필름의 국내 생산이 시작되어 농업에의 이용이 가 속화되었고, 이를 이용한 하우스와 대형 터널의 설치 면적이 빠른 속도로 증가되었다. 그후 플라스틱 하우스는 각 지역으로 확대 보급되었고, 그 규모도 커져 1968년에는 김해에 100ha 규모의 대형 하우스가 등장하게 되었다.

플라스틱 하우스는 초기에는 시설에 통일된 표준규격이 마련되지 않았기 때문 에 하우스의 구조 및 형태 또는 자재의 종류와 품질이 지역과 농가에 따라 크게 달랐으 나, 1969년부터 농수산부가 시설의 표준 규격화 사업을 추진함에 따라 시설의 표준화 가 점차적으로 이루어지게 되었다.

초기에 있어서 하우스의 골격은 대부분이 죽재와 목재이었고, 하우스의 형태와

구조는 이 골격 자재에 따라 결정되었다. 1970년대에 들어서면서 철제 골격의 사용이 늘어나게 되었는데, 처음에는 L형강이나 규격에 맞지 않는 철판파이프를 임의로 적당히 구부려서 사용하였으나, 중반 이후부터는 아연을 용융 도금한 구조 강관이 여러 가지 표준규격으로 가공되어 보급되었다.

1970년대 말부터 시설을 이용한 양액재배가 새롭게 인식됨에 따라 일부 농가에 의하여 상업적으로 경영되기 시작하였으며, 매년 그 면적이 조금씩 증가하는 추세를 보였다. 또한 H형강이나 L형강을 골격으로 사용하고 FRP 또는 EVA와 같은 경질판으로 피복한 반 영구적인 시설이 보급되기 시작하였으며, 난방 방법에 있어서도 온풍난방기를 이용하는 등의 개선이 이루어지게 되었다.

1987년 2월에는 시설원예에 관한 시험연구 사업에 참여하고 있는 학자들, 시설 자재를 생산, 공급하는 업자들, 그리고 일선 경영자들이 뜻을 모아 시설원예 연구회를 설립하였다. 이 연구회를 중심으로 시설원예의 연구와 보급이 조직화되고, 또한 활성화되어 획기적인 발전이 이룩될 것으로 기대된다.

또한 국내에 설치된 최초의 컴퓨터에 의한 온실내 환경과 관개 시스템이 종합 제어되는 첨단 유리온실은 1990년 농촌진흥청 원예시험장에 200평 규모로 설치된 것이다. 이 온실은 벤로형(VENLO TYPE)으로 네덜란드 달셈사의 설계로 시공되어 여러 작물을 전시하는 온실로 사용되었다.

1991년에는 학계, 재배자, 시설자재 생산 및 유통관련 종사자들이 공동관심사를 연구·발표하는 모임으로 한국생물생산시설환경학회가 설립되었고, 농촌진흥청 원예 시험장에 시설재배과가 신설되어 한국의 시설원예 연구를 하게 되었다.

1.2 시설원예의 현황

국내의 시설원예는 채소재배시설, 화훼재배시설, 과수재배시설로 크게 3가지로 구분할 수 있다. 채소작물 생산을 위한 시설을 면적으로 볼 때 1970년 약 763ha에

서 1990년에는 23,700ha까지 증가하여 20년 동안 채소 작물 생산시설 면적은 약 31배로 증가하였으며 재배 면적은 3,271ha에서 39,994ha로 12.2배 증가하였다. 화훼 재배시설 면적은 해를 거듭할수록 급속도로 증가하여 1980년에 162ha에서 1990년에는 1,752.8ha로 10.8배가 증가하였다. 또한 과수의 시설 재배는 제주 지방에서 '60년대 파인애플 재배를 시작으로 그 면적도 매우 미미하였으나, '80년대에 와서는 바나나와 포도의 재배 면적이 급격히 증가하여 1988년에 총 과수 재배 시설 면적이 744.2ha로 조사되었다. 재배 과수는 온대 과수인 포도가 140.2ha, 아열대 과수로 바나나 400ha, 파인애플 194ha, 감귤(柑橘) 10ha로 전체 합계가 744.2ha에 이르러 전체 과수 재배 면적의 약 0.7%를 차지하고 있다.

이러한 시설 하우스의 골격 자재는 철제 파이프가 71.9%로 가장 많았고, 대나무가 18.7%를 점하였는데 이는 점차로 철제로 바뀌어 특히 아연도구조강관(펜타이트 파이프)의 이용이 대단히 많아졌고 최근에는 네덜란드, 일본 등에서 수입되는 유리온실은 알루미늄bar가 사용되고 있다.

외피복 재료는 '87년 기준으로 볼 때 보온력이 다소 떨어지나 가격이 비교적 저렴한 PE 필름의 피복이 73%인 14,900ha 이고, EVA 필름이 15.7%, PVC가 11.5%를 점하고 있고 하우스의 형태는 대부분이 터널형(62.9%)이고 아치형이 32.3%인 6,607.3ha이며, 3/4 지붕형은 0.7%에 불과 하였다.

그후 1994년에는 시설 면적이 많이 증가하여 채소작물 생산시설 면적은 약 37,941ha, 화훼 생산 시설 면적은 2,626ha, 과수 생산 시설 면적은 1,189ha로 세계적인 시설원예 국가로 시설 형태는 주로 비닐하우스로 유리온실은 1995년 1월 현재 약 70ha의 면적으로 비율이 낮았다.

국내 최초의 유리온실은 표본 전시, 시험연구동으로 1990년에 농촌진흥청 원예 시험장에 설치한 200평 규모의 온실이고 생산을 목적으로 한 최초의 첨단 유리온실은 포항 제철에서 광양에 설치한 3,600평 규모의 온실이다.

〈표 2.1.1〉은 국내에 설치된 시설원예의 각 시도별 면적이다.

〈표 2.1.1〉 각 시도별 시설원에 설치면적 현황

재배작물 시·도	채 소('94)	화 훼('93)	과 수('94)	계
서 울	154	225	-	379
부 산	1,027	234	-	1,261
대 구	207	28	2	237
인 천	97	42	-	139
광 주	965	54	3	1,022
대 전	320	16	53	389
경 기	5,166	837	6	6,009
강 원	774	79	1	854
충 북	887	35	147	1,069
충 남	5,321	151	50	5,522
전 북	3,267	117	67	3,451
전 남	3,777	145	44	3,966
경 북	7,363	47	85	7,495
경 남	8,515	442	27	8,984
제 주	101	174	704	979
합 계	37,941	2,626	1,189	41,756

1.3 원예시설의 낙후성

국내 원예시설은 여러 가지 문제점 및 여건 등으로 낙후되어 있었으나 최근 들어 UR에 대비하여 첨단 유리온실의 보급이 활성화되면서 시설이 현대화되고 있는 실정이다.

그 동안 시설이 낙후되었던 원인은 다음과 같다.

- 원예 시설의 부대 장치에 대한 기술 개발이 미흡
- 수요가 형성되지 못해 외국에서 수입하여 시설
- 주문생산이 많으므로 가격이 고가임
- 국내 장치 개발(국산화, 표준화)이 미흡
- 농가의 재정능력 및 기술 수준이 미흡
- 농업이 과학기술이라는 인식의 부족

1.4 시설하우스의 적정 규모

시설하우스의 적정규모는 시설공사비, 노동력, 농가의 목표소득, 시설원예 선진국의 경험등을 기준으로하여 판단하는것이 좋을것이다. 시설하우스 규모별 평당 시설비는 2ha 규모를 기준으로 할때 1,000평 규모는 2배, 1,500평 규모는 1.5배, 3,000평 규모는 1.2배로 규모가 클수록 공사비 면에서는 유리하다. 그러나 시설원예 농가의 노동력을 평균 2.3인으로 볼때 호당 적정한 경영규모는 1,500~2,000평이며, 농가의 목표소득을 호당 20~25백만원으로 기준하면 호당 시설하우스 경영규모는 약 1,500평 정도가 적당하다. 시설원예 선진국인 네덜란드의 경우는 시설하우스 1동당 평균 면적은 3,200평이며 호당 평균 경영규모는 2,300평으로 1~2농가가 온실 1동을 같이 경영하고 있다.

또한 농촌진흥청 경영관실에서 시설의 자동화 정도에 따른 적정규모를 분석한 결과를 보면 다음과 같다.

- 농촌 노동력을 가족당 2인과 고용노력 30%를 포함해서 월노동 투하시간을 642시간 으로 추정하면 적정규모는 600평 이다.
- 현대화된 시설하우스 (농가보급형하우스, PET, PC 및 유리온실)의 경

우 환기, 난방, CO2 시설, 관비시설, 연무방제, 선별작업등을 자동 또는 반자동화 할 경우 농가당 적정규모는 1,200평 정도로 보고 있다.

따라서 이러한 상황을 종합해 보면 현대화된 시설하우스의 경우 온실 1동당 적정 규모는 1~2ha, 호당 경영규모는 1,500~2,000평 정도가 바람직한 것으로 판단된다.

1.5 시설원예의 현대화 방향

시설원예의 현대화를 위한 방향은 다음과 같다.

- 생물사육의 최적 환경 조성
- 작업환경의 개선을 고려한 성역화
- 시설 내의 기후 조절(보온, 온도, 가온, 환기, 가습, 감습등)
- 시설 규모의 표준화
- 시설 설비의 단순화 및 원가 절감
- 유리온실을 100% 난방에 의존

1.6 국내 첨단 유리온실의 역사

국내에 최초로 설치된 컴퓨터에 의해 온실내 환경과 관개 시스템이 종합 제어되는 첨단 유리온실은 1990년 농촌진흥청 원예시험장에 평당 약 120만원의 공사비로 설치된 200평 규모이다. 이 유리온실은 베로형으로 네덜란드 달셈사의 설계로 시공되어 단일 작물의 생산보다는 여러 작물을 전시하는 온실로 사용되었다. 공사비는 현재의

첨단 농업시설 생산단지 조성 사업의 동일형 온실 공사비의 약 2배가 소요되었다.

첨단 유리온실의 보급 계획은 1991년 7월 18일 농림수산부에서 성장작목종합시범단지 육성 방안이 확정되어 농어촌진흥공사에 “영농시설단”이 설치되고 1991년 추경예산에 300억원이 반영되면서 최첨단 시설원예, 버섯, 양어등 생산 시설과 유통 시설, 청정 용수 개발이 패키지로 종합 단지화 계획이 수립됨에 따라 첨단 유리온실 9개동이 강원평창, 경북문경, 경남창녕, 전남광양, 전북 장수 지구에 설치키로 확정되면서 '91년 10월부터 농어촌진흥공사 기술진에 의하여 설계에 착수하였다.

그러나 최초로 설치된 생산전용 첨단 유리온실은 '91년 11월에 착공되어 '92년 2월에 완공된 포항제철의 광양 유리온실로 전체 면적은 3,600평이고, 네덜란드 데이스(Dace)사의 설계로 시공되었다. 평당 시공비는 약 60만원으로 국내 기후 자료에 의거 골조와 창문 크기를 약간 보완하였으나, 벤로형의 특성을 갖추고 있다. 포항제철의 광양 유리온실은 온실 기자재의 국산화와 첨단 유리온실의 재배기술 연구를 목표로 도입되었으나, 시설원예 선진국의 운영 시스템이 그대로 도입되어, 종전에 전시나 교육, 또는 시험을 목적으로 설치하던 국내의 유리온실 개념을 벗어나, 생산 목적으로 운영되는 국내 최초의 생산 전용 대형 유리온실이었다.

두 번째로 도입된 생산 전용 대형 유리온실은 농수산물 유통 공사의 음성 유리온실이다. 음성 유리온실은 수출 농산물의 확보와 농가 시범을 위하여 '92년 10월에 착공되어 '93년 4월에 준공되었으며, 네덜란드 데이스사의 설계로 벤로형으로 지어졌다. 평당 사업비는 부대시설비를 포함하여 약 99만원이 소요되었다.

최초의 농가 소유의 생산 전용 첨단 유리온실은 1991년에 농어촌 진흥공사가 설계하고 공사감리한 성장작목종합시범단지 사업으로 보급되기 시작하였다. '91년 추경예산으로 착수된 6개지구중 4개지구(평창,문경,창녕,광양)에 벤로형 철골온실 5동, 14,467평과 광양에 와이드스판형 철골 유리온실 4동, 2,993평이 설치되었다. 와이드스판형 철골 PET 온실도 태안 지구에 7동, 3,206평이 시설되었다. 장수 지구에는 와이드스판형 육묘장 1동, 1,658평이 설치되었다.

농가 소유의 온실은 농가의 담보 능력과 용자실행등의 어려움 때문에 시공이 지연되어 '93년 9월경에 완공된 경남 창녕, 강원 평창, 경북 문경 온실에서 '93년 월동 재배가 시작되었다.

'92년에는 5개 지구중 임실 지구에 벤로형 철골 유리온실 1동, 3,024평이 설치되었고, 평택 지구에는 와이드 스펜형 철골 PET온실 2동, 3,004평이 시설되었다.

성장작목종합시범단지 사업은 '93년도에 첨단 농업 시설 시범 단지로 이름을 바꾸어 추진되었으며, 이천 지구에 우리 나라에서는 최초로 온실 폭을 20, 26, 30m 세 종류의 광폭형 철골 PC온실 4동, 4,038평과 장흥 및 창원 지구에 벤로형 철골 유리온실 2동, 3,081평이 시공되었다.

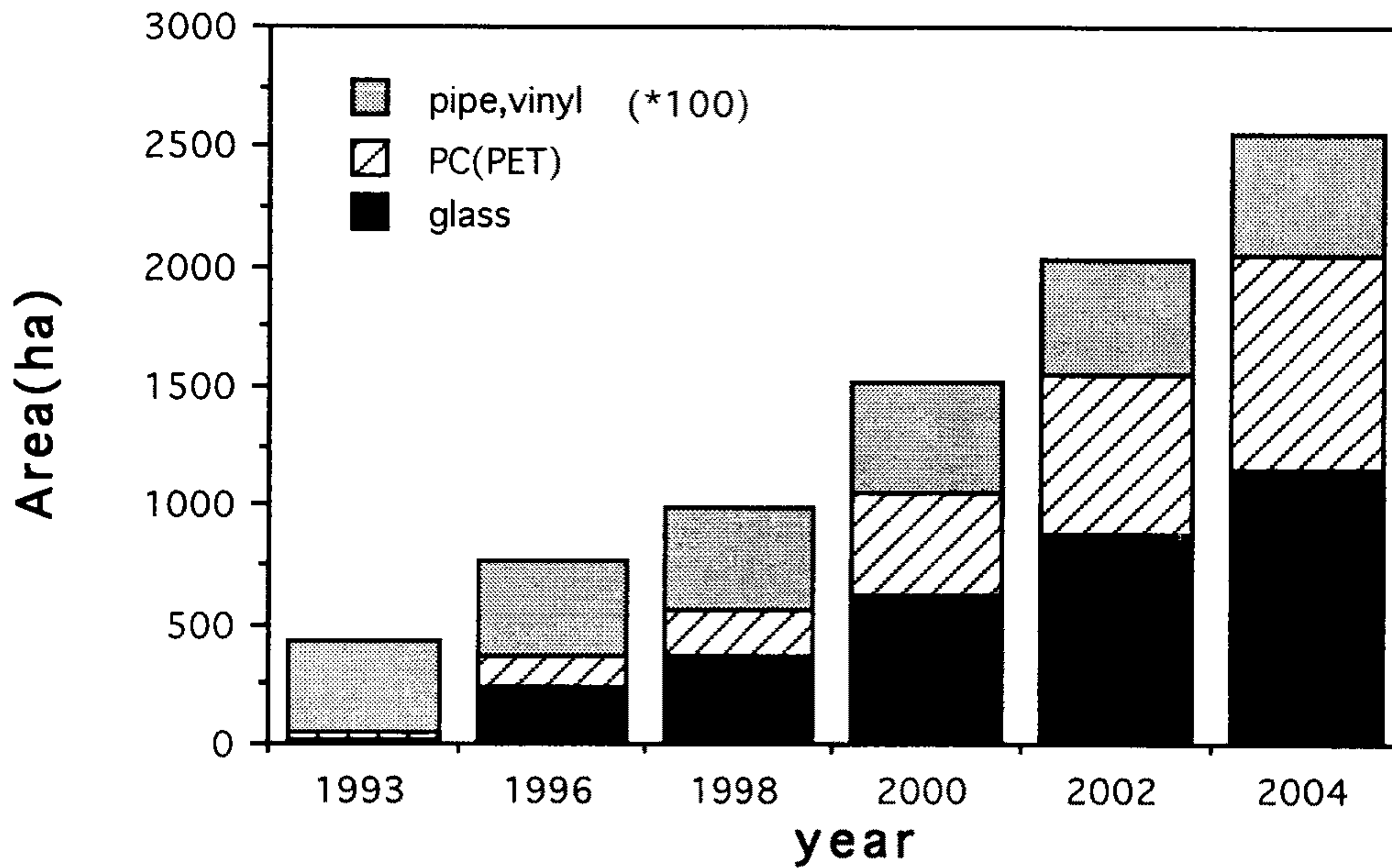
성장작목시범단지 사업이나, 첨단기술농업생산단지조성사업으로 보급된 첨단 유리온실은 대기업이나, 정부투자 기관에서 설치한 광양유리온실이나 음성 유리온실과는 달리, 최초의 순수 농가 소유 생산 전용 대형온실이라는데서 의미가 크다. 그리고 농림수산부 화훼 산업 육성으로 보급된 '92년도 사업으로 경기 양주군등 3개군에 12,000평, '93년도 사업으로 추진된 경기 이천등 4개군에 16,000평의 유리온실이 지어졌다.

'94년도에는 채소 및 화훼의 생산·유통 지원 사업이 추진 중으로 채소 30개 지구에 97,293백만원, 화훼 10지구에 38,620백만원을 투자하여 생산 및 유통 시설의 현대화를 지원할 계획으로 추진 하였으며, 화훼 10지구는 전부 유리온실로 계획되어 있다. '95년도에는 채소 50개소, 과수 120개소, 화훼 15개소에 대하여 개소당 사업비를 각각 3,355백만원, 3,862백만원씩 투자하고 있으며, 2004년까지 시설채소 530개소, 과수 900개소, 화훼 235개소의 단지를 조성할 계획으로 있다. '95년도 지원사업으로 채소는 401ha, 화훼는 62ha의 단지를 조성하였는데 화훼의 경우 유리온실 비중이 약 50% 정도이다. 이러한 원예시설 지원 사업은 채소 및 화훼생산유통 지원사업의 온실은 농어촌진흥공사의 설계 검토 및 공사 감리를 받도록 되어 있다. <표 2.1.2>는 농수산부, 농어촌진흥공사, 농수산물유통공사, 포항제철등의 주관으로 설치

한 국내 유리온실의 현황이고, [그림 2.1.1]에 2004년까지 국내 유리온실, PC(PET)과 파이프비닐온실의 설치목표를 나타내었다.

〈표 2.1.2〉 국내 유리온실 설치 현황

구 분	기 관 명	지 역 위 치	동수	면적(평)	비 고	
기설치	농림수산부 (시·도지사)	경기 양주군 남면 내곡리	1	4,000	화훼종합단지	
		경기 이천군 백사면 모전리	1	4,000		
		충북 음성군 대소면 오류리	1	4,000		
		충남 서산군 부성면 지산리	1	4,000		
		경북 경산군 진량면 부기리	1	4,000		
		경남 진주시 초전동	1	4,000		
		전북 이리시 팔봉동	1	4,000		
	농림수산부(농어 촌진흥공사)	경기 이천군 대월읍 대대리	1	309	성장작목시범 단지	
		강원 평창군 용평면 재산리	4	6,040		
		경북 문경군 문경읍 교촌리	1	1,548		
		경남 창녕군 남지읍 신전리	2	2,416		
		경남 창원군 대산면 갈전리	1	2,000		
		전북 장수군 장수읍 송천리	1	1,658		
		전북 임실군 관촌면 신전리	1	3,024		
		전남 광양군 진월면 월길리	1	4,274		
		전남 장흥군 대덕읍 연지리	1	1,800		
		농수산물유통공사 포항제철	충북 음성군 생극면 신양리	1		2,849
	전남 광양군 동광양시		1	3,600		
		소 계		22	57,518	
	'94년도	농림수산부 (시도지사)	경기 고양등 10개소	10	68,600	화훼생산유통 지원사업
			경기 고양등 7개소(육묘장)	7	10,500	
		농어촌진흥공사	경기 안산시 사동	1	3,000	채소생산유통 지원사업
	소 계		18	82,100		



[그림 2.1.1] 온실 설치목표

2. 국외현황

2.1 일본

동양에서는 일본에서 근대적인 시설원예가 먼저 시작되었다. 1870년에 유리온실이 처음으로 도입되었고, 영리온실이 농가에 도입된 것은 1900년대 초라고 하며, 포도, 토마토, 멜론등이 재배되었다. 1916년경에는 장작불로 덥힌 온수로 난방을 하면서 각종 과채류를 재배하였다.

1925년경에는 동경 교외의 조포(調布)에 온실 단지가 건설되었고, 제2차 세계대전 직전의 온실 면적은 131ha 이었는데, 전쟁 중에 거의 파괴되었다. 전후(戰後)

온실 복구가 다시 시작되어 종전 7년후인 1952년에는 전쟁 전보다 1/2 정도까지 회복되었다.

1951년에는 열화비닐 필름이 시설의 피복재로 처음으로 이용되었고, 몇년뒤에는 비닐하우스가 각지의 독농가에 의하여 활발하게 이용되기 시작하였다. 그후 플라스틱 하우스의 면적이 급속도로 증가하여 1956년에는 유리온실 157ha에 대하여 플라스틱 하우스의 면적은 570ha에 이르게 되었다.

이와같이 시설 면적이 확대발전되어감과 동시에 여러 가지 자동화 제어장치가 개발 보급되었고, 최근에는 컴퓨터에 의한 복합제어 체계가 실용화되고 있다. 또한 두차례에 걸친 석유 쇼크는 에너지 절감형 시설의 개발에 박차를 가하게 되어 여러 가지 성능이 우수한 보온 피복재와 에너지 절감형 시설의 개발에 박차를 가하게 되어 여러 가지 성능이 우수한 보온 피복재와 에너지 절감형 재배 관리 체계가 선보이게 되었고, 시설농가수는 1985년까지 증가하다가 1990년에는 다소 감소하는 경향을 보였으나 1991년 통계를 보면 총 51,184ha의 시설면적을 가지며 이중에서 95.8%인 49,052ha가 플라스틱 온실이며 2,132ha가 유리온실로서 재배면적으로는 세계 최대라고 할 수 있다.

시설원예의 활성화가 잘되고 있는 유럽 지역 국가의 현황을 기후, 에너지 절약 대책을 중점으로 요약 기술하면 다음과 같다.

2.2 네덜란드

가. 기후

네덜란드는 북위 52°에 위치한 나라로 Mexico만의 영향을 받아 기후는 온화하여 7월은 평균기온이 16℃ 내외이고, 1월은 평균 3℃ 내외이다. 연간 강우량은 880mm이고, 평균 일조시간은 일년에 1575시간으로 일조량은 영국과 비슷하다.

국토는 대부분 평지이고 농업 용지는 국토의 50%, 이중 경작지는 35%, 원

예지는 6%, 나머지의 60%가 목초 지이다. <표 2.1.3>은 네덜란드의 기상 조건이다.

<표 2.1.3> 네덜란드의 기상 조건

기 상		값
일평균기온 (°C)	연평균	9.3
	1월	1.7
	7월	17.0
평균일조시간 (hr)	일년	1575
	1월	56
	6월	223
평균 강수량 (mm)	일년	784
	3월	44
	8월	93

나. 시설 그린하우스 면적

- 시설원예 면적 : 9,000ha
 - 유리온실 : 8,900ha
 - Plastic 온실 : 100ha

다. 에너지 절약 대책

네덜란드에서의 에너지 절약 대책은 1965년에 천연가스의 산업화와 가정용으로 확대하기 위해 광대한 pipe망을 건설하였고, 70년대말 유류파동 이후 다음과 같은 정부 정책을 발표하였다.

- 천연가스의 신속한 변경 작업
- 에너지 절약 대책의 장려
- 장래 GAS 공급의 보증

- 에너지 가격의 단계적 적용 실시
- 시설원예용 연료를 천연가스로 신속히 전환

시험연구 기관의 연구로는

- 피복 자료(복층판)의 종류와 Glass 이중 피복에 대한 에너지 절약 효과 연구
- Rolling Bench(이동 Bench)에 의한 온실내 이용면적 확대와 에너지 절약 대책 연구
- 경영자와의 합동 연구 추진

을 하였다. 또한 실용화를 위한 에너지 절약 대책으로는

- micro computer의 이용(1981년 10월에 조사 결과 1300-1400대 설치 운영)
- 포리에칠렌 이중 필름의 단열재로 10% 열 절감
- Rockwool 양액재배

를 이용하였다.

라. 적용 현황

(1) Clingenhof 농원(野菜)

시설 그린하우스의 형식은 Torchlight형 Glass 온실로 규모는 연동 식으로 38,000 m^2 이다. 난방 방식은 천연가스를 연료로 사용하여 물을 90℃ 까지 승온시

켜 난방 하는 저압 온탕 난방 방식이다. 온실의 제어는 microcomputer를 이용한 키 조작으로 창 의 개폐, 기온, 태양 광선의 강도, 보일러 온도 제어, 지하수를 양수하도록 되어 있다.

(2) Florist De Kwakel B.V.

시설 그린하우스의 형식은 Glass 온실로 규모는 4ha 대형 연동 온실이다. 난방 방식은 천연가스를 연료로 사용한 온탕 방식이다. 야간에 12℃로 집중 관리를 하고 배관 방법은 상층 1본, 지상 1본, 지하 60cm 1본의 3단 배관으로 65℃의 물을 상층 배관에 통과시키고 지상, 지하 배관에 20℃로 공급한다.

에너지 대책으로는 차광과 단열을 위한 curtain 설치하고 야간에 이중 피복 단열재로 10%의 에너지 절감을 한다.

2.3 영국

가. 기후

영국은 위도가 북위 50~60°사이로 기후는 Nederland와 비슷하지만 겨울에 일조가 적고 시설원예는 Nederland 보다 적합하지 않다.

나. 시설 그린하우스 면적

○ 시설원예 면적 : 2,550ha(England와 Walse가 70% 차지)

- Plastic 온실 : 360ha

다. 에너지 절약 대책

난방은 온탕 난방으로 온실내의 온도를 일사량과 연동제어법을 채용하였다. 난방용 연료별 가온면적은 석탄가온이 86ha, 석유가온이 1373ha, GAS 가온이

17ha, 총 1,476ha로 전면적의 약 60%에 상당한다. 또한 온실 난방용 연료를 작형 변경과 저온 재배법을 도입하여 30% 정도 절약시켰다.

2.4 독일

가. 기후

독일은 유럽 중앙에 위치하여 기후는 북서부는 해양성, 남동부로 가면서 대륙성 기후로 연평균 기온이 9℃이고, 겨울은 길고 춥다. 강수량은 북도이치 저지에 500~700mm, 중부 산지에 700~1,000mm, 바이에른.알프스 지대는 2,000mm 이상이다.

나. 시설원예

시설원예 면적은 1988년 현재 3,150ha로 Glass 온실이 주종으로 피복재로는 PE가 71% FRP가 17%, 경질염화비닐 8.5%, 아크릴 3.5% 이다.

재배 작물은 70%가 꽃이고, 나머지가 야채이다.

정부가 20%를 보조해 주고 시설 구조의 특색은 2중피복재 온실이 급증하고 있다.

다. 에너지 절약 대책

에너지 절약 대책을 위한 연구 기관은 Hannover대학 원예공학연구소로 연구의 중심은 온실 난방을 중심으로 연구를 수행하였다.

① 다층 구조의 Glass실을 사용하므로써 난방용 배관 방식에 따른 열 절감율(연료 소비량의 절약)의 연구와 온풍덕트를 사용한 Bench 보온 방법 연구

② Side Screen 난방의 연구, 온 폐수를 이용하여 야간 온실의 Side

면을 Mat(가운데 60℃의 온수 통과)로 면난방을 하는 연구

③ 온 폐수 난방은 지붕면 Glass 위에 폐열수를 흘려서 난방하므로써 온실의 온도 관리와 폐열수의 량, 시간 등을 Micro Computer로 제어하는 연구

④ 기타 Solar System에 관한 연구와 피복재료 연구, 수경 재배용 물의 개선 방법, 플라스틱 하우스를 이용한 염수담수화 변환 연구

2.5 덴마크

가. 기후

덴마크는 북위 56°이북에 위치하여 기후는 여름철 7월의 평균기온 16.5℃이고 겨울철 2월의 평균기온이 -0.5℃이다. 동절기는 태양이 떠도 외기온 상승은 곤란하며, 10시경에 밝아져 15시경에 어두워 진다(10월 중순 ~ 3월). 적설량 30 ~ 40cm이다.

나. 시설원예

시설 면적은 400ha이며 Glass 온실이 주체이다. 플라스틱하우스는 0.5% 이하이고 난방은 Oil을 연료로 사용하는 난방이 95%를 차지하고 유류파동(Oil Crisis) 이후 천연가스로 대체를 검토하였다. 재배 작물은 80%가 화훼이고 나머지 20%는 야채이다.

다. 에너지 절약 대책

에너지 절약 대책으로는 발전소 폐열회수 이용 시설 그린하우스 단지 조성 계획을 완료하여 시설 면적은 35ha(1981년)의 시험 시설 그린하우스 제반 연구 개시하여 1982년 8월부터 재배를 시작하였다.

2.6 프랑스

가. 기후

프랑스 기후는 3가지 유형으로 나눌 수 있다.

(1) 대서양 해안 기후

- 연중 저온이고, 강우량이 많다.
- 여름에 시원하고 겨울에 그리 춥지 않다.

(2) 대륙성 기후

- 여름은 덥고, 겨울은 춥다.
- 강우량은 많고 산지는 적설량이 많음.

(3) 지중해성 기후

- 여름에 시원하고, 겨울에 온화함.
- 편서풍과 지중해의 온화한 바람의 영향으로 온화하며 연평균 기온은

PARIS 10℃, NICE 14℃ 전후이다.

- 연간 강우량은 PARIS.마르세이유 560mm, 리용.보르도 790mm 이며 일반적으로 저지대는 1,000mm 이하인데 이같은 강우량의 차이는 각 지방의 바람과 관계가 있다. 즉, Norrois란 북서풍, Surit란 남서풍, mistral란 북동풍으로 한파를 가져온다.

나. 시설 그린하우스

시설 그린하우스의 면적은 약 7,120ha로 이중 Glass 온실이 43.8%를 차지하여 3,120ha(채소:1,270ha, 화훼:1,850ha)이고 그 나머지는 플라스틱 온실로 4,000ha(채소:3,500ha, 화훼:500ha)의 면적이다.

다. 에너지 절약 대책

에너지 절약대책을 위한 방안으로 난방에너지 전환 연구를 수행하여 지하 1,600m 심층 지하열수 65 ~ 70℃ 의 물을 매시 200m³을 퍼 올려 17ha 온실 난방용으로 실용화하였다. 또한 70km 떨어진 원자력 발전소 폐열을 난방에 이용하는 방법의 실용화로 에너지 절약을 도모하였다.

2.7 포르투갈

가. 기후

- 대륙 본토 : 온대 지역과 같으며 해양성 기후인 해안 지대보다 겨울은 저온이고, 여름은 고온이다.

- 해안 지대 : 대서양 영향을 받은 해양성 기후로 겨울은 온화하고 여름은 열대적 고온이 되는 경우가 있다.

- 북부는 해양성 기후, 중부는 대륙성 기후, 남부는 지중해성 기후이다.

- 개략적으로 온화하고 북부에서는 강설도 있다.

- 봄, 여름, 가을은 좋은날이 계속되고 겨울이 시작되면서 강우가 시작된다.

〈표 2.1.4〉는 Lisbon의 기후를 나타낸 것이다.

〈표 2.1.4〉 Lisbon의 기후예

고도	77m	최저기온평균	12.4℃
년평균기온	16.7℃	년평균강우량	777.4mm
최고기온	39.4℃	년평균습도	67%
최고기온평균	21.0℃	일조도	66%
최저기온	4.2℃		

나. 시설 그린하우스

- 면적 : 2,000ha 정도

- 수도 리스본을 중심으로 Plastic house로 골조는 목조, PE 피복재를 사용한 온실로 주로 꽃을 재배한다.

2.8 이탈리아

가. 기후

이탈리아의 기후는 우기와 건기가 명백하다. 우기는 11월에서 2월까지 계속 되고 건기는 6월에서 9월까지이다. 온도는 동절기에도 10℃ 이하로 떨어지는 날이 많지 않은 온화한 기후이다. 또한 시설용수로도 개울물의 공급이 가능하다.

나. 시설 그린하우스

시설 그린하우스의 전체 면적은 18,000ha로 이중 시설리섬에 5,000ha의 시설 면적이 있다.

다. 연구 현황

Palermo대학 야채화원예연구소의 시설원예연구로 house내의 일중온도 변화와 주야간의 온도차 연구

2.9 루마니아

가. 기후

루마니아의 기후는 대륙 온대성 기후로 지중해 기후의 영향으로 7~8월은 고온이고, 1~2월은 저온이다. 년평균온도는 동절기는 -2℃, 하절기는 25℃, 춘.추기

는 10℃ 이다.

나. 시설 그린하우스

(1) 면적(1981년)

- 유리온실(난방 기능) : 5,000ha
- Torchlight형 온실 : 1,600ha('81)→ 5,000ha('86)

정부 차원으로 5개년 계획 수립

(2) 난방 방법과 에너지 절약 대책

- 지역난방과 발전소 폐열이용(70%)
- 급탕난방형식
- 지열 이용 : 1982년 이후 정부 지원으로 규모 확대 계획중

다. 에너지 절약 대책 연구 현황

- 연구 농장 설치 : 가축의 분뇨로 메탄가스를 발생하여 이를 연료로 급탕 난방
- 태양열 이용 연구 활발

2.10 헝가리

가. 기후

- 해양성 기후에서 대륙성 기후로 변화하는 지점에 있다.
- 1월의 평균기온이 서부: 1℃, 동부 : 2℃(대륙성 기후)
- 여름에는 강우량이 많아 연간 강우량이 550 ~ 600mm 이다.

나. 시설 그린하우스

시설 면적은 4,000ha로 야채 재배 시설이 3,650ha, 화훼 재배 시설이 350ha 이다. 화훼 재배

시설중 유리온실은 150ha, 플라스틱 house가 200ha 이다.

다. 에너지 절약 대책

- 심층 지열수 이용 온실 난방이 세계 제1 이용국 이다.
- 국토 2/3 이상에서 온천이 용출된다.
- 남부의 Szentes, Szeged 지방에 온천 용출 지역이 많다.
- Hole 수 : 약 600개(전국)
- 온천수 온도 : 30 ~ 90℃
- 심층 지열 수의 이용은 95%가 농업용(온실, 하우스 난방, 양계 난방, 곡물 건조)이고 150개 Hole에서 용출되는 60℃ 이상의 온천수를 온실 난방용에 사용한다.

세계 주요 시설원예 국가의 양액재배시설면적은 <표 2.1.5>와 같고 세계 주요 국가의 시설그린하우스 보유현황은<표 2.1.6>과 같다.

〈표 2.1. 5〉 세계 주요 시설원예 국가의 양액재배시설면적

(단위: ha)

국가	채 소				화 훼				기준 년도
	온실 면적	암면 재배 *	NFT**	기타	온실 면적	암면 재배	NFT	기타	
네덜란드	4,500	3,100	10	-	5,600	1,700	300	-	1993
벨기에	1,600	800	30	-	650	100	100	-	"
프랑스	1,700	800	80	-	1,000	100	3	-	"
영 국	2,221	400	49	-	681	50	5	-	"
덴마크	121	60	-	-	384	10	310	-	"
스웨덴	156	102	12	-	179	8	-	-	"
독 일	1,300	100	-	-	3,500	80	700	-	"
일 본	48,500	180	98	267	8,500	135	4	1.3	"
한 국	33,448	32	10	5	2,626	12	1	0	1994

* 암면재배중 일부 polyurethane(유럽)과 필라이트(한국) 재배면적이 포함됨.

** NFT(Nutrient Film Technique)

〈표 2.1.6〉 국외 시설그린하우스 보유 현황(1988년)

(단위 : ha)

국 명	유리온실	프라스틱온실	계
알제리	-	1,900	1,900
오스트레일리아	600	600	1,200
오스트리아	266	75	341
벨기에	1,800	100	1,900
캐나다	200	200	400
덴마크	390	10	400
핀란드	210	140	350
프랑스	2,000	4,000	6,000
독일	2,900	250	3,150
그리스	100	3,000	3,100
헝가리	197	760	957
아일랜드	150	20	170
이스라엘	-	1,380	1,380
이탈리아	1,600	15,400	17,000
일본	2,074	46,737	48,811
한국(1993)	15.6	35,611.4	35,677
유고슬라비아(1986)	481	60	541
레바논	-	1,100	1,100
모로코	-	1,600	1,600
네덜란드	8,900	100	9,000
뉴질랜드	120	80	200
노르웨이	176	13	190
폴란드	1,919	1,810	3,835
포르투갈	20	1,100	1,120
스페인	50	12,100	12,150
스웨덴	300	50	350
스위스	-	-	180
튀기니	-	1,050	1,050
터키	1,440	10,300	11,740
영국	2,190	360	2,550
미국	1,000	3,000	4,000

제 2 절. 온실의 에너지 시스템

1. 열환경 조성 방식

1.1 난방

온실의 난방 장치는 노지 재배가 불가능한 저온기에는 작물을 재배하기 위해 꼭 필요하다. 난방시설은 온실의 보온성의 향상 시켜 작물 재배의 성장에 중요한 요소이기는 하나 많은 장치비와 운전경비가 요구되므로 적정규모의 난방장치의 설치로 그 경비 절감이 과제이기도 하다.

난방방식을 열원별로 일본의 시설 온실의 적용한 실제 예를 보면 <표 2.2.1>와 같이 다양하고, 온풍난방방식이 전체의 3/4이상을 온수난방이 1/4 정도이며 이 두 가지 방식이 범용으로 사용하고 있는 방식이다. 기타, 각종의 난방방식의 종류와 특징은 <표 2.2.2>와 같이 크게 5종류의 난방방식으로 나눌 수 있다.

<표 2.2.1> 난방 방식 열원별 면적과 비율

열 원	난방 방식	면적 (ha)	비 율 (%)	면적 소계 (ha)	비 율 (%)
석유	온 풍	11,863	82.5	13,610	94.6
	온수	1,670	11.6		
	증기	20	0.1		
전기	전열	57	0.4		
태양열	지중축열	66	0.5	107	0.7
	수축열	28	0.2		
	Solar system	4	0		
	잠열축열	1	0		
	기타	8	0.1		
지하수	지하수이용	52	0.4	270	1.9
	Watercurtain	120	0.8		
	동상 분수	14	0.1		
	수축열	62	0.4		
	Heatpump	18	0.1		
기타	4	0			
석유대체 연료	석탄	5	0	391	2.7
	코크스	99	0.7		
	LP Gas	137	1		
	왕겨	6	0		
	폐기물	62	0.4		
	산업 폐기물	39	0.3		
	도시 쓰레기	9	0.1		
기타	34	0.2			
합 계		14,380	100	14,380	100

〈표 2.2.2〉 난방방식의 종류와 특징

방식명	방식개요	난방효과	제어성	보수관리	설비비	기 타	적용대책
온풍난방	공기를 직접 가열	정지시 보온성 결여	예열시간이 짧아 급히 온도상승	물을 취급하지 않으므로 취급용이	온수난방에 비해 저가	배관과 방열관이 없어작업성 우수. 연소공기를 실내로부터 얻는 경우는 환기필요	온실전반
온수난방	80-60℃ 물을 순환. 온수를 온풍으로 교환하는 경우도 있음.	사용온도가 낮아 온화한 가열가능. 여열이 많아 정지 후도보온성이 좋음.	예열시간이 길어 온수온도를 변화시켜 부하변동에 대응가능.	보일러취급은 증기에 비해 용이. 수질이 나쁜 곳에서도 처리용이.	배관 방열관이 필요하여 단가상승	한냉지에서의 동파위험	고급작물의 온실. 대규모 시설
증기난방	100-110℃의 증기를 이용한 난방. 온수나 온풍으로 변환하여 이용하는 방식도 있다.	예열이 작아 정지시 보온성 결여.	예열시간이 짧아 자동제어가 어렵다.	보일러취급 자격을 필요로 하고 수처리를 하지 않으면 배관이 부식하기 쉽다.	온수 난방에 비해 단가가 높다.	토양소독이 가능하다. 방열관의 적당한 배분이 어려워 국소적으로 고온이 발생하기 쉽다.	대규모 집 단시설 낙차가 큰 계 단상의 지형에 건설하는 시설.
전열난방	전기열선과 전기Heater로 난방.	정지시 보온성 결여.	예열성이 짧아 제어성이 가장 좋다.	취급도가 가장 용이.	가장 저가임.	실용규모의 시설로서는 경제적이 아님.	소형온실 육묘시설 지중가열 보조난방
Heatpump 난방	Heatpump로 50-60℃의 온수를 수-공기 열교환기 또는 배관으로 보내 열 교환 한다. 온풍토출의 Heatpump도 있다.	사용온도가 낮아 온화한 가열가능. 여열이 많아 정지 후도보온성이 좋음. 정지시 보온성 결여	예열시간이 길어 온수온도를 변화시켜 부하변동에 대응가능. 예열시간이 짧아 급히 온도상승	지하수이용의 경우 여과기의 청소 필요	비교적 고가임.	냉방 제습에도 이용가능. 운전경비를 줄이기 위해서는 지하수 이용 필요.	냉방 난방을 필요로 하는 온실.

난방방식의 특징은 제어성, 보수관리, 설비비 및 운전경비, 내구년수등의 관점에 따라 비교 가능하다. 설비비 면에서는 온풍난방이 가장 작고, 내구 년수를 제외한 연간 상각비로 보면 온수 난방의 약 1/5정도가 되어 온실 규모가 작게 되면 더욱더 커지게 된다.

온수난방에서는 난방개시시에 방열 배관내의 온수를 70~80℃까지 상승시키는 열량이 필요하고 아침에 난방을 정지한때의 온수가 갖고 있는 열량은 난방에 사용하지 않으므로 쓸모없이 된다.

또, 온수난방에서는 거의 모든 경우 난방기가 온실외부에 설치되어 있어 난방기 전체로부터의 방열이 난방에 이용할 수 없고 또 온실까지의 배관이 길 경우, 배관도중에서의 열손실이 있기 때문에 난방시스템의 열이용 효율은 온풍 난방방식의 0.7~0.85인 것에 비해 이보다 낮은 0.6~0.8정도이다.

그러나 온수난방에서는 배관내의 온수, 온도변화가 완만하기 때문에 온실내 기온 변동이 적고 정전이나 고장으로 난방기가 정지한 경우에도 기온의 급격한 저하를 피할 수 있는 등의 이점이 있다. 전열난방은 장치가 간단하므로 이동설치가 용이하기 때문에 육모등의 소규모인 난방, 가정용의 산형 온실의 난방에 편리하며, 단위 발열량당의 단가가 높은 흠이 있다. Heat Pump(전기구동형)난방에서는 지하수를 이용한 방식은 운전경비가 석유 보일러보다도 약간 높고 설비비도 고가이다. 그러나, 난방, 제습의 주년 다목적이용으로 투자효과를 얻을 수 있다.

1.2. 집열

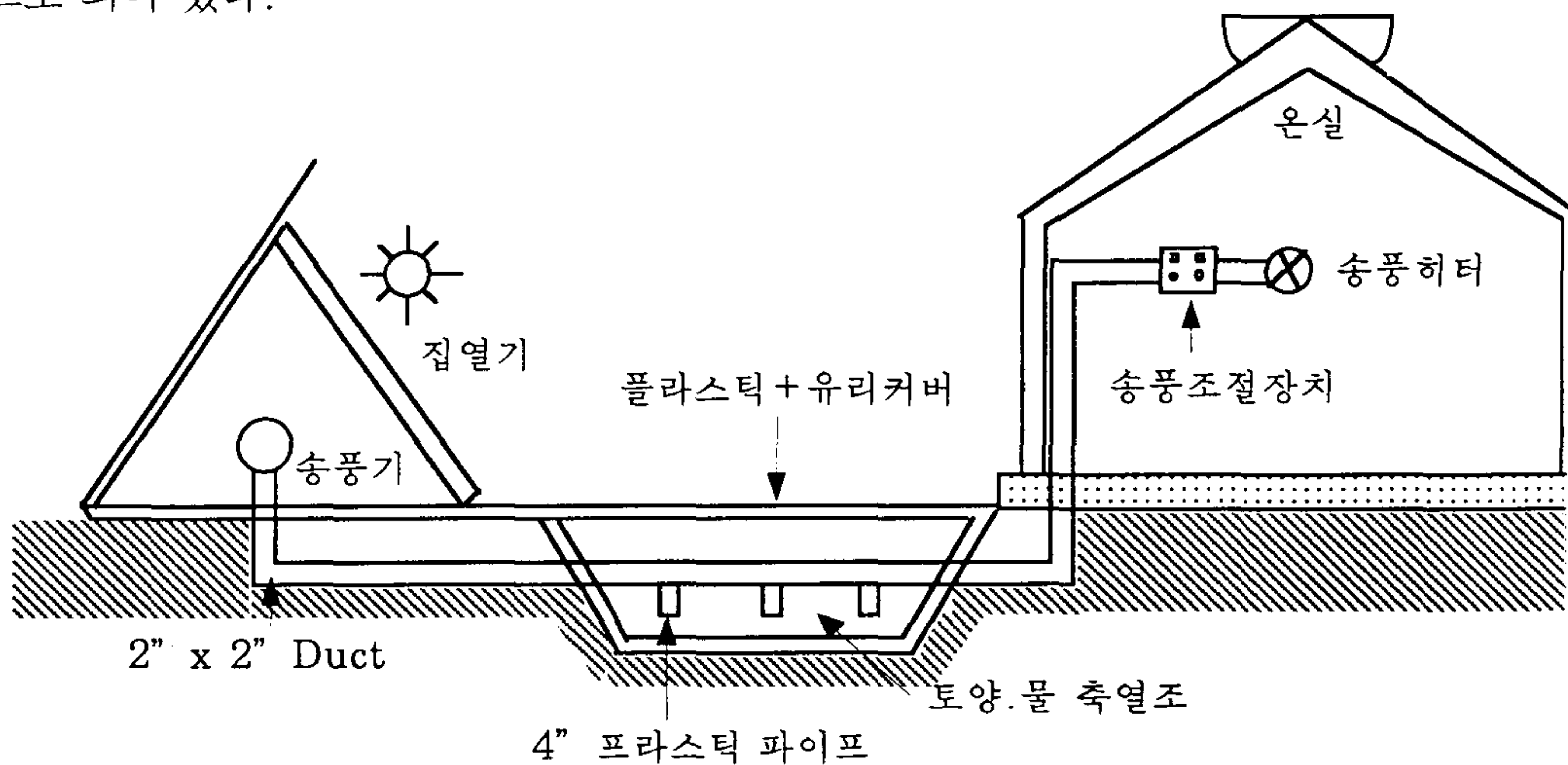
집열 방식에는 크게 외부집열과 내부집열이 있다.

가. 외부집열

온실 외부에 특별한 집열장치를 갖는 외부집열 방식의 특징은 집열장치의 면

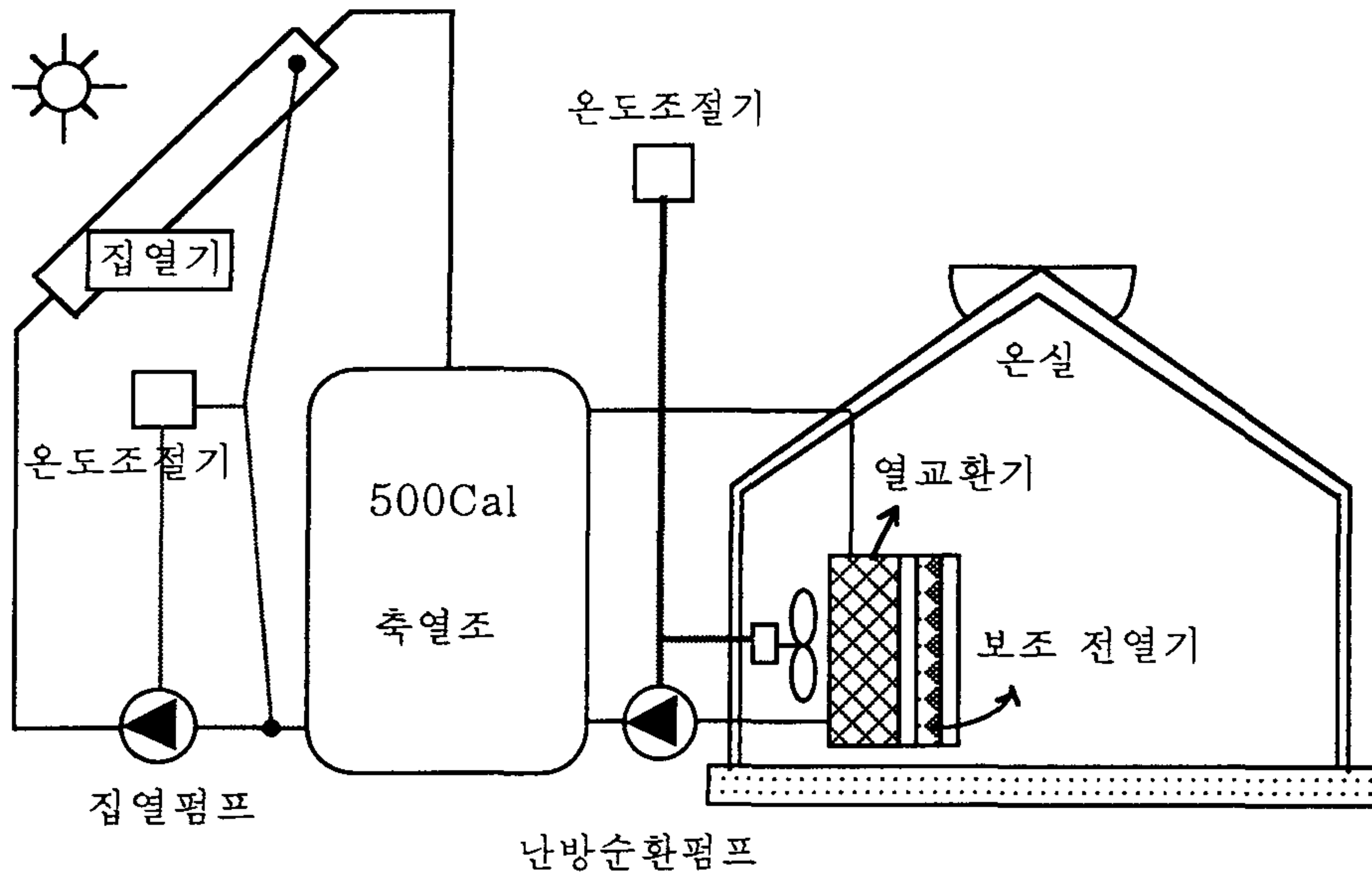
적에 큰 제약을 받지 않기 때문에 집열성능이 좋은 평판형 집열기를 이용하면 온도가 높은 열매체를 얻을 수 있다. 그러나 집열장치의 설치비용이 많으며 경제적으로 불합리하므로 동계의 온실난방 이외에 하계의 온실냉방에도 이용할 수 있는 효율적인 태양에너지 시스템을 고려해야 한다. 온실의 외부 집열기는 대부분 물과 공기를 이용하는 평판식 집열기이며 이외에도 Solar Pond가 이용되기도 한다.

(그림 2.2.1)은 Purdue대학에 설치한 예로서 공기 가열식 집열기와 토양과 물로 구성된 축열조가 설치된 태양열 이용 온실이다. 집열기의 길이는 64ft이며 반사벽면을 설치하였고, 집열기를 통과한 공기는 2ft 정방형 덕트와 56개의 직경 4inch 플라스틱관이 설치된 토양, 물, 축열장치를 통과하여 온실내로 순환하는 시스템으로 되어 있다.



(그림 2.2.1)공기 가열식 집열기와 토양 축열장치를 이용한 태양열 시스템

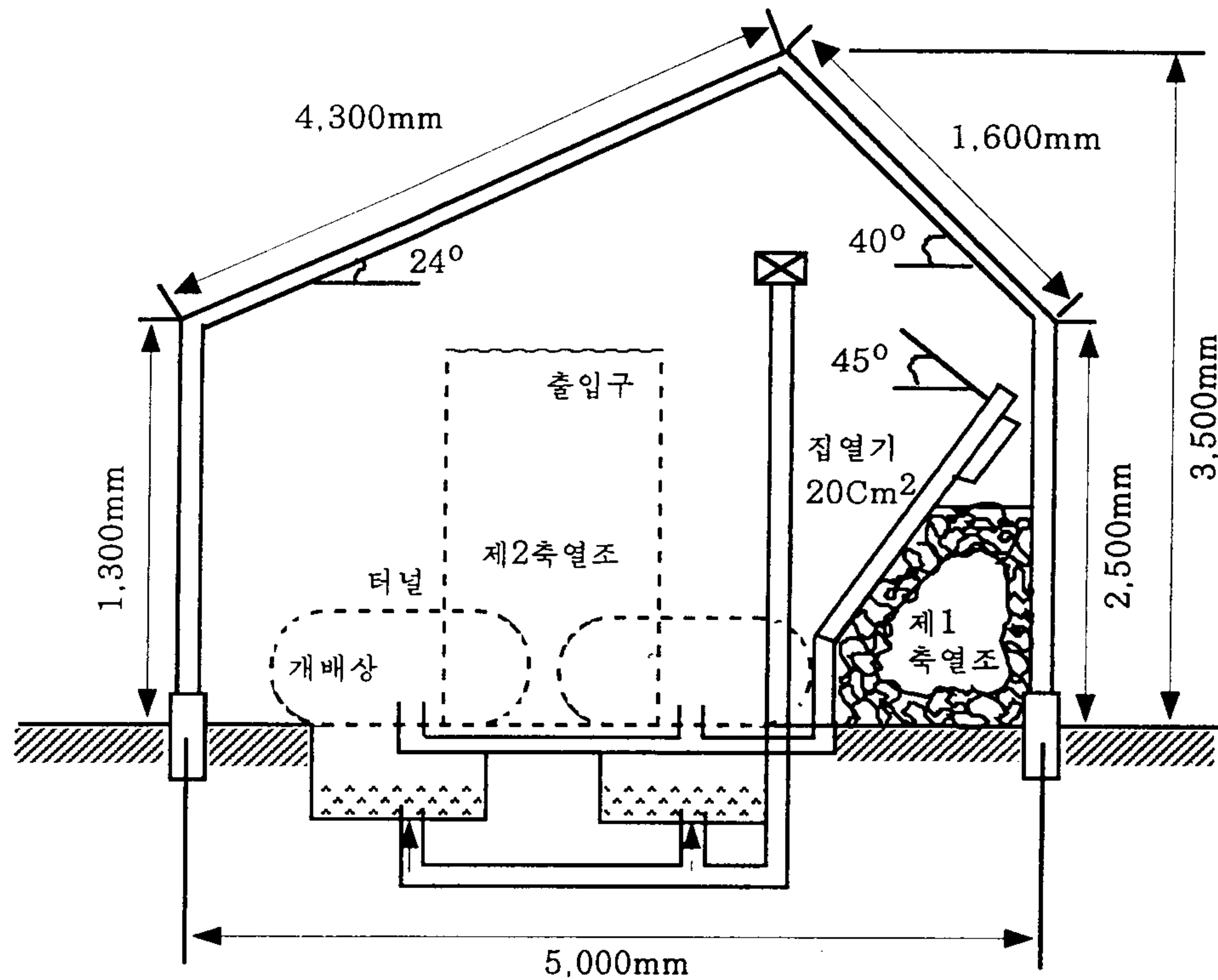
또 Lockheed회사가 개발한 수가열식 평판형 집열기와 수축열조를 사용한 태양열 이용온실은 (그림 2.2.2)과 같다. 온실의 크기는 14×20ft 이며, 이중 폴리에틸렌 필름을 피복하였다. 200ft 크기의 전열기를 이용하여 집열기의 온도가 축열조보다 20℃ 높으면 순환펌프가 작동하고, 집열기 온도가 축열조보다 3℃ 낮으면 정지한다. 이 온실은 전체 온실열량의 약 75%를 태양열 시스템에 공급하도록 설계되었지만 집열면적이 상당히 크고 집열기와 수축열조의 설치 비용이 높다.



[그림 2.2.2] 수가열식 평판형집열기와 수축열조를 사용한 태양열 온실

나. 내부집열

내부집열의 특징은 투명체로 피복된 건물물내의 집열기를 설치하여 태양열을 효율적으로 이용하는 방식으로서, 주위온도가 낮고 열손실이 큰 조건하에서 집열기를 온실내부에 설치하여 광 투과량이 약간 감소하더라도 집열기의 온도가 상승하고 집열량은 증가한다. [그림 2.2.3]은 그 예로서 공기식 평판형 집열기를 북벽 집열 온실내부에 설치한 태양열 육묘 온실이다. 겨울에 토마토와 같은 채소 묘종을 육성하기 위하여 묘상은 2~3중 터널식 피복을 하고 있다. 발아시 주위 온도는 20~25℃ 발아 후 최저 5~8℃를 유지해야 하므로 인공적인 보조 열원이 필요하다. 온실의 형태는 수광이 잘되는 구조로 남향면을 길게하고 온실 지붕면의 경사각을 24°이상으로 하여 광 투과량을 증가하도록 하였다. 또한 실내 공기의 지중 축열을 이용한 집열과 병행하는 방법을 사용하고 있다. 실험 결과에 의하면 집열기에서는 통상 30~35℃ 온도상승이 있었으며 집열효율도 경사면 일사량의 40~50%가 되었다.



[그림 2.2.3] 태양열 육묘 온실

또 단열 투과층을 이용하기 위해 온실의 천정부위에 플라스틱 필름으로 된 튜브식 집열기(공기식)를 설치하고, 이것을 지하에 매설한 단열식 축열조에 접속하는 방식의 태양열 이용 온실이다. 공기 순환회로가 폐쇄경로로 되어있어 순환공기는 비교적 건조하다. 방열은 1미터 깊이의 석층을 통과하여 작물위에 방열된다. 단열재가 없는 집열기에도 불구하고 흑한기의 집열 온도가 높았다. 주간외 잉여열을 야간에 방출하므로 흑한기(-25℃)에서도 보조 열원 없이 0℃ 이상 유지되었다. 광량이 적지 않기 때문에 작목에 제약이 없으므로 부하가 적은 시기에는 집열덕트를 제거하는 것이 좋다.

1.3 축열

온실의 열을 축열하기위한 방법에는 크게 지중열 축열, 수축열, 잠열축열로 구분할수 있고 그 개략적 내용은 다음과 같다.

가. 지중열 방식

온실내는 동절기에도 낮중의 일사가 있으면 실온이 상승하고 밀폐상태에서는 작물의 생육 적정온도를 넘게 되므로 실내의 여분의 열을 방출하기 위한 환기가 필요하다. 지중열 교환은 이 낮중의 남는 열을 일단 온실바닥 토양에 축열하여 온도가 부족한 야간에 다시 활용하는 난방 방법이다. 구체적으로는 낮중에 상승한 온실내 공기를 Fan을 이용 온실바닥에 매설된 파이프로 보내 그 증발 온도를 상승시켜(축열운전) 야간 실온이 낮아지면 다시 Fan에 의해 지중에서 실내로 강제 순환시켜(방열운전) 온실내를 데우는 것이다. 따라서 이 방식은 온실 자체를 집열장치로 이용하고, 온실 바닥 토양을 축열체로, 또 Fan 및 Pipe를 열교환기로 하는 내부집열형 태양열 이용 난방방식이다. 또 축열체인 토양의 온도변화에 의해 얻어진 열을 이용하는 점에서 볼때는 현열 축열방식도 된다.

이 방식의 구조적인 특징은

1. 아주 간단한 구조로 높은 난방효과를 얻을 수 있다.
2. 시설의 내구성이 높고, 운전시 고장 등 Trouble이 적어 보수관리도 용이하다.
3. Fan의 On/Off 작동에 의한 온도제어 성능이 높다.

또 이방식에 의해 실내 기상 환경조건이 작물의 생육에 주는 특징으로는

- ① 폐쇄계 재배이므로 환기에 따른 고온제어를 고려하지 않아도 되고 낮의 시간대에 CO₂ 사용이 가능하다.
- ② 낮중의 공기순환때에 바람의 흐름에 따라 광합성 기능의 증진이 기대된다.

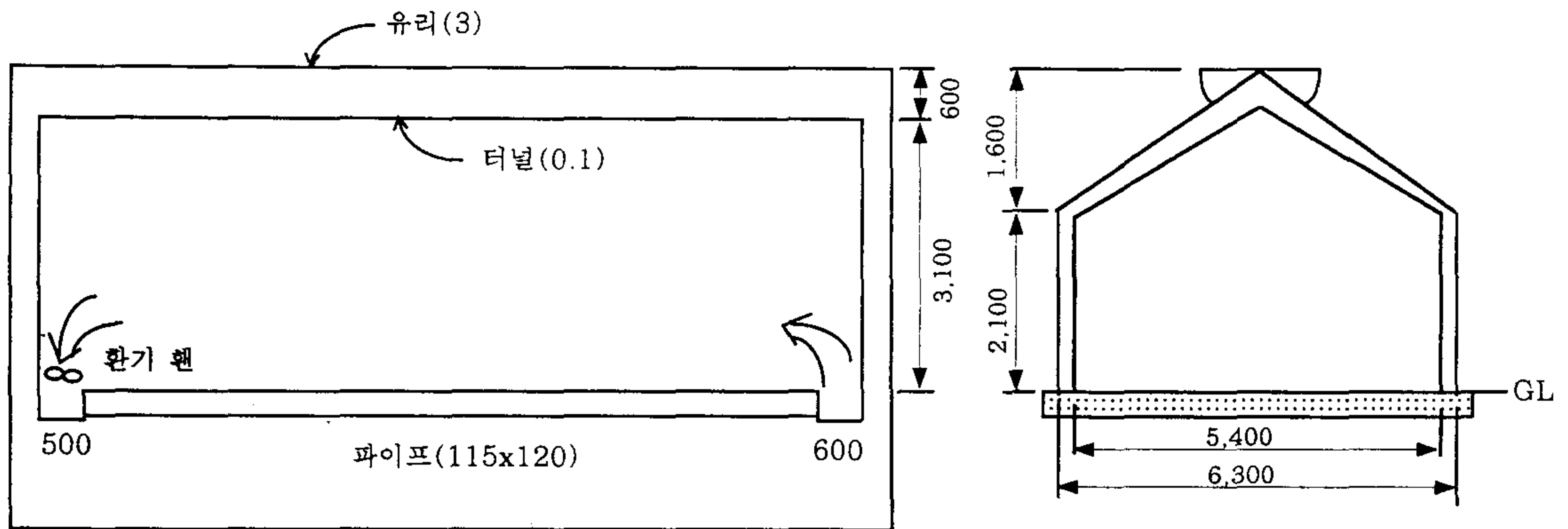
또 이 방식의 특유의 결점은

1. 낮중에 Fan 흡입구 기온이 높고, 배출구의 온도가 낮게된다. 야간에는 이와 반대가 되어 온도의 구배가 있다.
2. 기상조건에 따라 축열량보다도 방열량이 많은 경우가 있어 지온 저하를 초

래할 수 있다.

3. 폐쇄계의 재배와 낮중 Pipe내의 응축된 수분이 야간에 도출되어 실내가 다습하기 쉬운점이 있다.

[그림 2.2.4]은 지중 열교환 온실의 예를 나타낸 것으로써 내경 115mm의 열교환 파이프를 지하 50cm에 36cm 간격의 병렬로 16개를 매설하였고, 그리고 2대의 환기팬을 이용하여 온실내의 공기를 순환시킨다. 온실은 알루미늄 구조의 유리온실이며 내측에 보온 커튼(0.1mm 비닐 필름)을 설치하였으며, 온실의 방향은 동서향이다.



[그림 2.2.4] 지중열 교환 온실의 구조

나. 수축열 방식

수축열방식에 매체는 물로서 다음과 같이 현열을 이용한 축열체로써 우수한 성질이 있다.

- ① 비열이 1Kcal/Kg°C로 크다.
- ② 축열체로만이 아니라 열수송 매체로써도 가동이 가능하다.
- ③ 큰 열전달율을 얻기 쉽다.

④ 아주 저렴하다.

또한 현재 다음과 같은 다양한 Type의 수축열 System이 연구 개발되어 일부는 실용화되어 있다.

① 대향류 열교환 방식

② 수막식 열교환 방식

③ 수조내 열교환 방식

④ 수봉 Tube방식

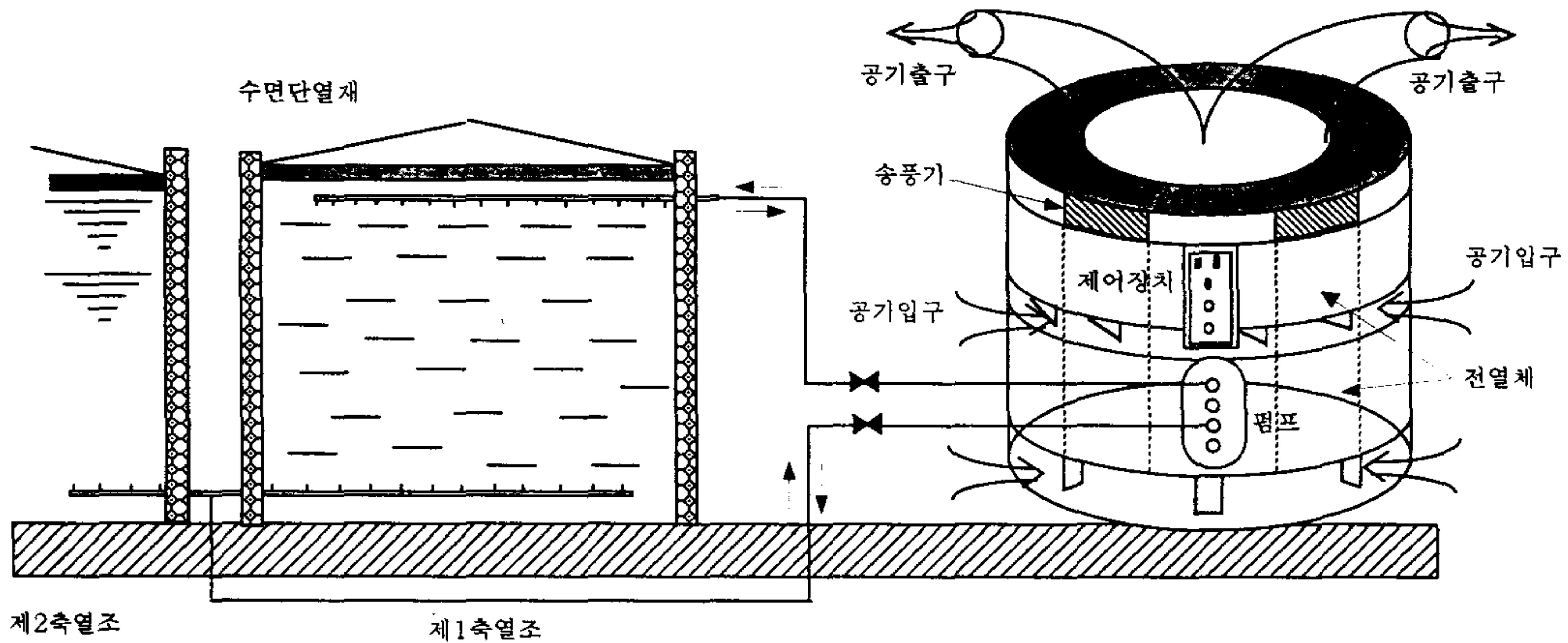
⑤ 강제 통풍 수봉 Tube방식

이중 ①,②는 축열부와 열교환부가 따로 되어 있어 Pump에 의해 물을 순환시키므로 물을 축열체뿐 아니라 열수송매체로 이용한다. ③~⑤는 물이 수조 또는 수봉 Tube내에 정지되어있어 축열체로써만 이용된다. 다음의 각 방식에 대해 개략적으로 기술하였다.

(1) 대향류 열교환 방식

[그림 2.2.5]는 일본의 기존으로 제품화된 시스템의 예로 열교환기는 대풍량,소수량의 공기-물 대향류 방식을 채용하여 외경 10mm의 얇은 포리에틸렌 파이프가 전열면으로 되어 있고, 집열능력은 12500Kcal/h, 가온능력은 7900Kcal/h로 크기는 직경 1135mm 높이 1665mm이다. 축열수조는 압출 피스톤 흐름방식을 채용하고 온도성층을 형성하여 효율적인 축열을 하는 것이다. 크기는 직경 1580mm 높이 1950mm로 한대당 3300 l의 물이 들어간다. 보통은 열교환기 한대에 축열수조 2대가 된다. 이 열교환기는 주간 집열운전은 온실내의 기온이 집열 설정온도 이상이되는 때에 개시하여 축열 수조내의 온도 성층의 저온부의 수온이 집열 설정온도보다 2~3℃ 낮은 온도에 까지 상승하면 정지한다. 야간의 난방시에는 축열수조내의 고온부의 수온이 방열 설정온도보다 2~3℃ 높은 온도까지 저하하면 난방운전을 정지한다. 이같이 함으로써 무리한 운전에 의한 전력 소비를 억제할 수 있

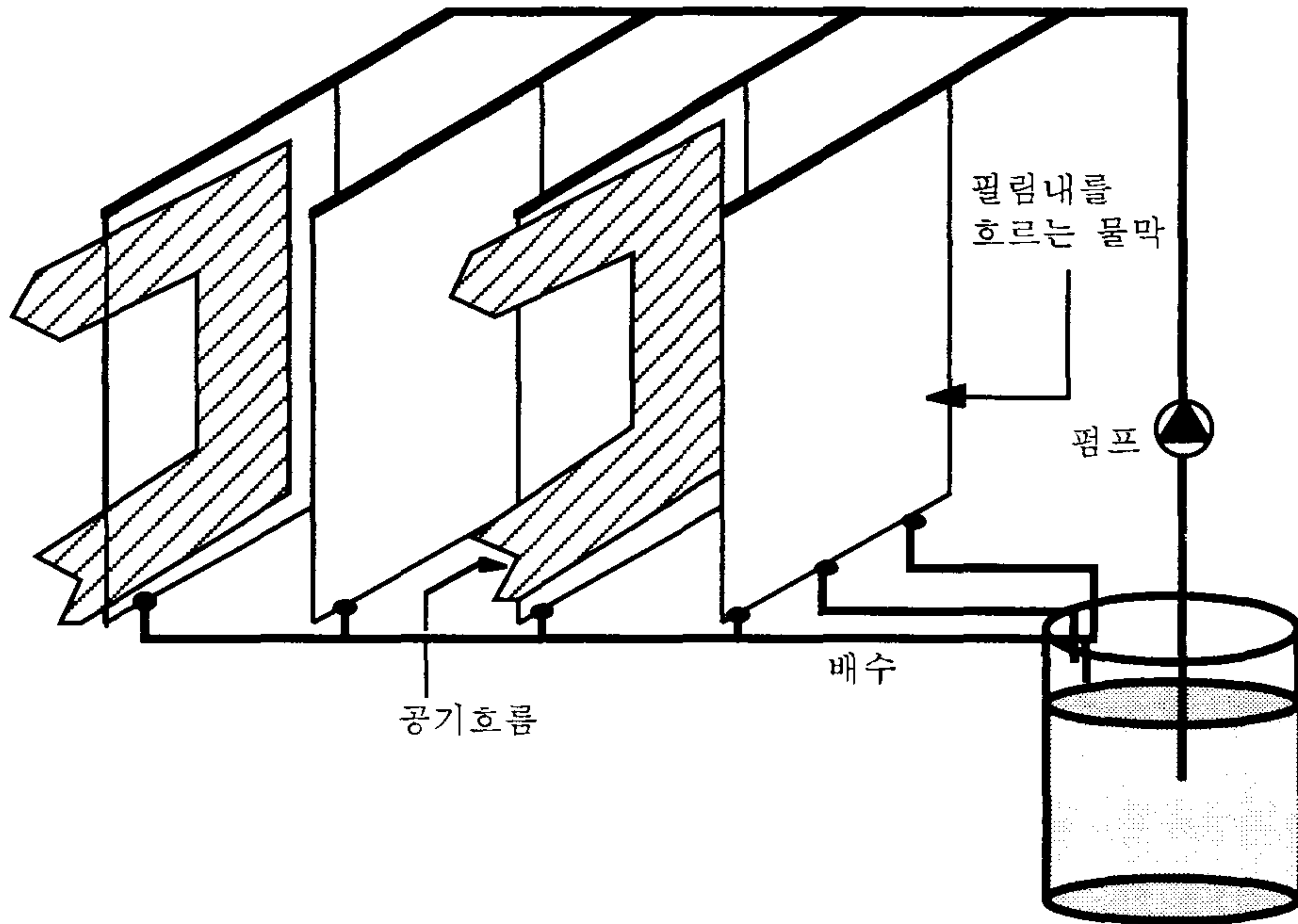
다. 난방열량이 부족한 경우에는 보조난방기를 작동시키는 것이다.



[그림 2.2.5] 열교환기와 축열 수조(제조사: 일본 Clean Solar)

(2) 수막식 열교환 방식

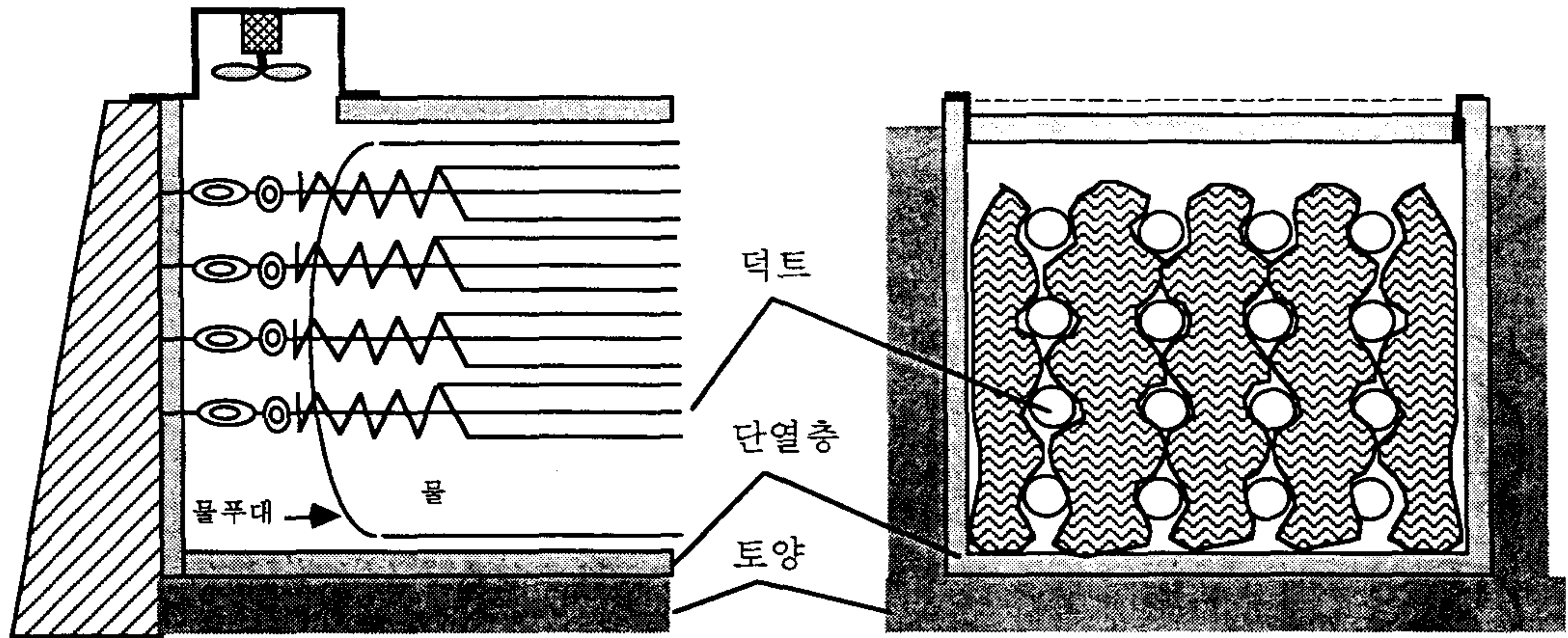
[그림 2.2.6]은 폴리에틸렌 Film을 자루형태로 자루상부에서 부터 물을 흘리면 물은 유막상태가 되어 흘러 내린다. 자루 아래로 부터 자루 외측에 공기를 흘려 열교환 한다. 물이 얇은 막상태이고 소형이므로 열교환 효율이 높고 물-공기온도차가 (열교환기에 공급된 물온도와 열교환기 입구의 공기의 기온차) 5℃에서는 2,350Kcal/h 10℃에서 4,300Kcal/h의 열교환 능력을 갖는다.이 열교환기의 이용 방법은 수경 재배에 적합한 시스템이라 하겠다.



[그림 2.2.6] 수막식 열교환기의 원리

(3) 수조내 열교환 방식

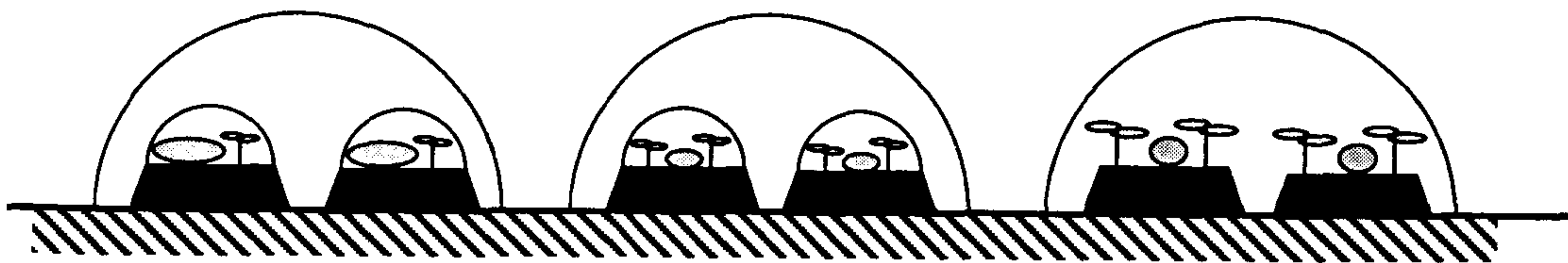
이 방식은 축열수조에 파이프를 설치하여 파이프내로 온실내의 고온 공기를 순환시켜 축열수조에 축열하는 것이다. 이 방식으로는 물속의 파이프 고정방법과 콘크리트 수조의 제작 비용이 많이 드는 것이 문제점이다. [그림 2.2.7]과 같은 강선 코일의 외측을 두께 1mm의 염화비닐 Film의 물자루로 양측을 포장하여 코일내의 공간에 공기를 보내 만드는 것이 고안되어 일본 원예 생산 연구소의 온실에 설치 이 난 방성능을 조사한 결과 축열수조에 집열효율은 0.11이었고, 난방설정 온도 11~13℃에 93%의 높은 점유율을 얻었다. 그러나 시스템 전체의 성적계수는 평균 2.4로 낮아, 축열수조의 열교환 Duct의 압력 손실 계수를 작게하는 개선이 필요한 것으로 나타났다.



[그림 2.2.7] 수조내 열교환 방식

(4) 수봉(水封)Tube방식

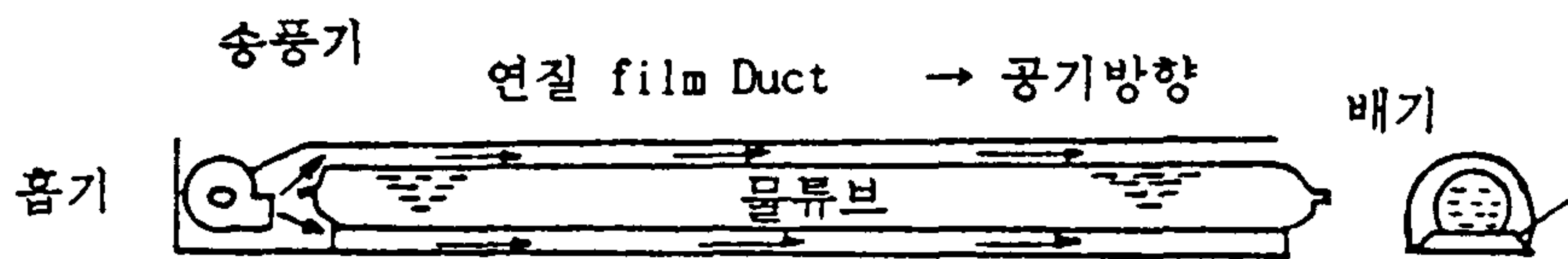
이 방식은 [그림 2.2.8]와 같이 직경 15~45Cm정도의 프라스틱 Tube에 물을 넣어 작물의 사이에 놓아 직달일사 또는 온실내 공기에 의해 자연 대류열전달에 의해 주간 태양열을 수봉 Tube내의 물에 축열하여 야간에 온도 저하를 억제하는 것이다. 튜브의 재질은 폴리에치렌이 주종이고 색은 전면 투명, 전면 흑색, 하반부만 흑색등이 있다. 이 방식은 농가에서 저렴한 원자재를 이용 자작 가능한 점이 특징이다. 또, 동력이 필요없고 수동적 집열방식이란 것도 장점이다.



[그림 2.2.8] 수봉 Tube의 설치 방법

(5) 강제 통풍 수봉 튜브방식

이 방식은 일본의 千葉大 원예학부에서 개발한 것으로[그림 2.2.9]와 같고 수봉 튜브의 외측을 프라스틱 필름으로 입혀 이 필름 내측의 Fan에 의해 강제 통풍한 것이다. 이 때문에 온실내 공기에 의한 축열이 주체가 되므로 직달일사에 의한 축열이 기대되지 않는 경우도 있지만 유효한 시스템이다.



(그림 2.2.9) 강제통풍 수봉 Tube

다. 잠열 축열 방식

잠열축열의 원리와 특징은 물질이 그 온도가 변화할때 열을 흡수,방출하며 고상에서 액상, 액상에서 기상으로 상이 변화할 때도 열을 흡수,방출한다. 전자의 경우의 열을 현열, 후자의 경우의 열을 잠열이라 한다. 잠열에는 고상과 액상 사이의 변화때를 융해열(응고열), 액상과 기상 사이의 변화를 증발열(응결열)이 있으며 액상과 기상 사이에는 물질의 체적이 크게 변하기 때문에 액상과 기상사이의 증발열을 이용한 축열은 실제로 불가능하며 잠열축열이라함은 고상과 액상사이의 변화만을 생각하면 된다. 가능성만을 생각하면 모든 물질은 잠열을 축열할 수 있지만, 실제 잠열축열에 사용할 수 있는 온도 범위에 융점을 갖는 것을 잠열축열재라고 한다. 잠열축열의 첫째 특징은 단위체적당 축열, 방열 가능성이 크다는 것이다. 예로 물을 생각하면 0℃의 얼음에 열을 가해 0℃의 물로 될때 물의 융해열 80Kcal/Kg열 이 축열되는 것이 된다.

한편, 물의 비열은 $1\text{Kcal}/\text{Kg}^\circ\text{C}$ 이므로 0°C 의 물에 열을 가해 20°C 되게 하여도 이때 축열량은 $20\text{Kcal}/\text{Kg}$ 이 된다. 따라서 잠열을 이용하여 축열하면 같은 량의 물에 있어서도 현열을 이용하여 축열하는 경우의 4배의 열을 축열할 수 있기 때문에 같은 량의 열을 축열하기 위한 장치의 크기를 상당히 작게할 수 있는 것이 된다.

잠열축열재로써 요구되는 성질은

- ①. 융점이 요구 온도범위 내에 있는 것
- ②. 체적당 용해열이 큰 것
- ③. 확실한 융해, 응고가 있는 것
- ④. 축열재 용기에 대해 부식성, 인체에 독성, 위험성이 없는 것
- ⑤. 장기간 융해-응고하여도 위의 성질에 변화가 없는 것
- ⑥. 쉽게 구하고, 가격이 저렴한 것
- ⑦. 사용후 폐기시 처리가 쉬운 것.

⑤.는 축열재의 내구성 문제이고 상각년수를 10년으로 하여 1년에 100회하면 융해-응고를 1000회 이상이어도 변화가 없는 것을 필요로 한다.

잠열축열재의 종류로 난방용 잠열축열재로는 포리에칠렌 그리콜, 파라핀등의 유기화합물도 연구되고 있으나 현재 사용되는 것은 다음 2종류 무기화합물이 있다.

- ① 염화 칼슘 6수염 및 이와 다른 무기염 등과의 혼합물
- ② 유산나트륨 10수염 및 이와는 다른 무기염 등과의 혼합물

염화칼슘 6수염과 유산나트륨 10수염은 각각 29°C 와 32°C 의 융점을 갖고 있으며 이 융점은 온실의 난방용으로서는 약간 높기 때문에 다른 화합물을 혼합하여 융점을 낮춘 것이다. 더욱 안정된 융해-응고를 하기위해 핵생성제(응고시에 결정핵을 일으키는 물질) Gel화제 등을 첨가하며 이 방법이 잠열축열재를 연구.개발한 각 Maker의 Knowhow로 되어 있다.

1.4 보온.

보온 방법으로 커튼, 워터 커튼, 펠레트와 기타 복합 방법으로 분류하여 볼수 있다.

가. 커튼 방식

온실의 보온성을 높이기 위하여 온실 피복 자재를 2중 이상으로 하는 것이 경제적이며 매우 효과적인 방법이다. 그러나 내부 피복재를 고정해 놓으면 광량 부족으로 작물생육에 지장을 준다. 따라서 고정 피복을 1중으로 하고, 그 내부에 가동식 피복재를 설치하고, 야간의 보온시만 사용하는 방식이 있다. 이를 커튼 방식이라 한다. 야간의 온실내부에서 외부로의 열 흐름은 온실 틈새의 환기, 방사와 대류에 의한 열 관류에 의한다. 커튼층의 설치는 어떠한 전열과정에서 열 손실을 억제한다. 틈새의 환기와 온실외부 피복재의 대류전열을 억제하는 효과는 자재의 물리적 특성보다는 주로 커튼의 매수 및 기밀성에 의하여 결정된다. 또한 온실내의 장파 반사특성은 <표 2.2.3>과 같으며 <표 2.2.4>은 설계용 열절감율을 나타내며, 보온재의 교환은 자재의 방사 특성에 크게 영향을 받으며 이것이 보온력의 차이를 나타낸다. 또한 투습습성 및 유적성 : 야간의 커튼 내부에 응결한 물방울이 작물에 떨어지면 병해 발생의 원인이 되며, 외부 피복재에서 커튼 위에 물방울이 떨어지면 커튼의 개폐에 지장을 주는 경우도 있다. 커튼에서의 수적낙하는 자재 표면수의 진수처리를 하면 유적성이 증대하지만, 경사가 적은 커튼에서는 곤란하다. 이들의 장애가 문제가 될 때에는 보온성이 다소 떨어지더라도 투습습성의 부직포 및 폴리 비닐 알콜 필름을 사용한다. 특히 2중 커튼이 내층에 많이 사용된다. 또한 커튼의 사용에 따라 기밀성이 증대하고 난방 열량(현열)의 공급이 감소되므로 온실내의 상대습도가 상승하는데 투습습성 자재를 사용하여 온실내의 습도저하에 관한 연구가 시도되고 있다.

〈표 2.2.3〉 커튼 보온재료별 장파 방사 특성

자 재		방사율	투과율	반사율
폴리에틸렌		0.1 - 0.2	0.7 - 0.8	0.1
에틸렌, 초산비닐 공중합(共重合)		0.3 - 0.4	0.5 - 0.6	0.1
염화 비닐		0.56 - 0.65	0.2 - 0.3	0.1 - 0.15
알루미늄 분말 폴리에틸렌		0.65 - 0.75	-	0.25 - 0.35
알루미늄 증착 폴리에틸렌 + 염화 비닐 라미네트	에스텔층	0.4 - 0.5	-	0.5 - 0.6
	염화비닐층	0.7 - 0.8	-	0.2 - 0.3
알루미늄 증착 폴리프로필렌 + 폴리에틸렌 라미네트	폴리프로필렌층	0.15 - 0.25	-	0.75 - 0.85
	폴리에틸렌층	0.25 - 0.4	-	0.6 - 0.75

〈표 2.2.4〉 최대 난방 부하 설계용 열 절감율의 실예

특성 종류	커튼 자재	열 절감율(%)
1층 커튼	폴리에틸렌	30
	염화비닐	35
	부직포	25
	알루미늄 분말 폴리에틸렌	40
	알루미늄 증착 폴리프로필렌 + 폴리에틸렌 라미네트	50
2층 커튼	폴리에틸렌 2층	
	외측 : 알루미늄 증착 폴리프로필렌 + 폴리에틸렌 라미네트	40
	내측 : 폴리에틸렌	65

나. 워터 커튼 방식

1층 또는 2층 커튼의 외부표면에 지하수를 살포하여 난방 에너지를 절약하는 방식을 워터 커튼방식이라 한다. 일반적으로 커튼의 온도는 실온보다 조금 낮기 때문에 저온 작물의 경우 살수만으로는 온실내의 기온차를 13-16℃로 유지하여 무가온 재배가 가능하게 된다. 또한 가온이 필요한 고온성 작물에 있어서도 이 방법은 에너지 절약효과가 크다. 온실내에서의 방열 대부분이 지하수로 보충된다.

다. 펠레트 방식

펠레트 온실은 온실의 방열면인 지붕, 측벽등을 유리 또는 플라스틱 필름으로 6-10Cm 간격의 2중벽으로 하고 일몰시 단열 펠레트(직경 8mm의 발포 스티로폴 입자)를 송풍기로 충전하여 보온층을 형성하여 일출시 이것을 배출시켜 일사량이 온실내부로 투과되도록 하는 구조이다.

마. 기타 복합 방식

현재까지의 온실 난방은 대부분이 단일 열원인 석유 에너지 의존형이다. 근래에 태양에너지를 중심으로 각종 대체 에너지를 온실의 난방 열원으로 이용하는 연구가 시도되고 있다. 즉 태양열, 풍력 에너지, 심층 및 박층의 지하열과 더불어 농산물 폐기물인 왕겨, 톱밥, 가축 분뇨 등을 열원으로 변화시켜 온실 난방 열원으로 이용하기도 한다.

2. 온실용 Heatpump시스템의 구성

앞절에서 난방방식의 분류에서 언급한 Heat pump를 이용한 에너지 시스템은 태양열, 지하수, 폐열 등을 열원으로 기존 화석에너지의 대체하며 난방, 냉방, 제습, 건조, 냉각/냉동, 가열등 열과 수분의 이동이 에너지 절약적이며 정밀도가 높은 총합

적 환경조절 장치이다. 그래서 Heat pump가 1대있으면 겨울에는 난방, 봄가을에는 제습, 여름의 야간에는 냉방으로 이용하고 더욱이 양액재배에 대한 양액의 냉각, 가열에도 이용하는 등 주년에 따라 다양히 이용 가능하다. Heat pump의 시스템 구성과 이용법은 극히 다양하므로 Heat pump의 각 기능을 보다 잘 이해하지 않으면 보다 좋은 시스템의 구성 또는 보다 좋은 이용법을 선택하는 것이 쉽지 않다.

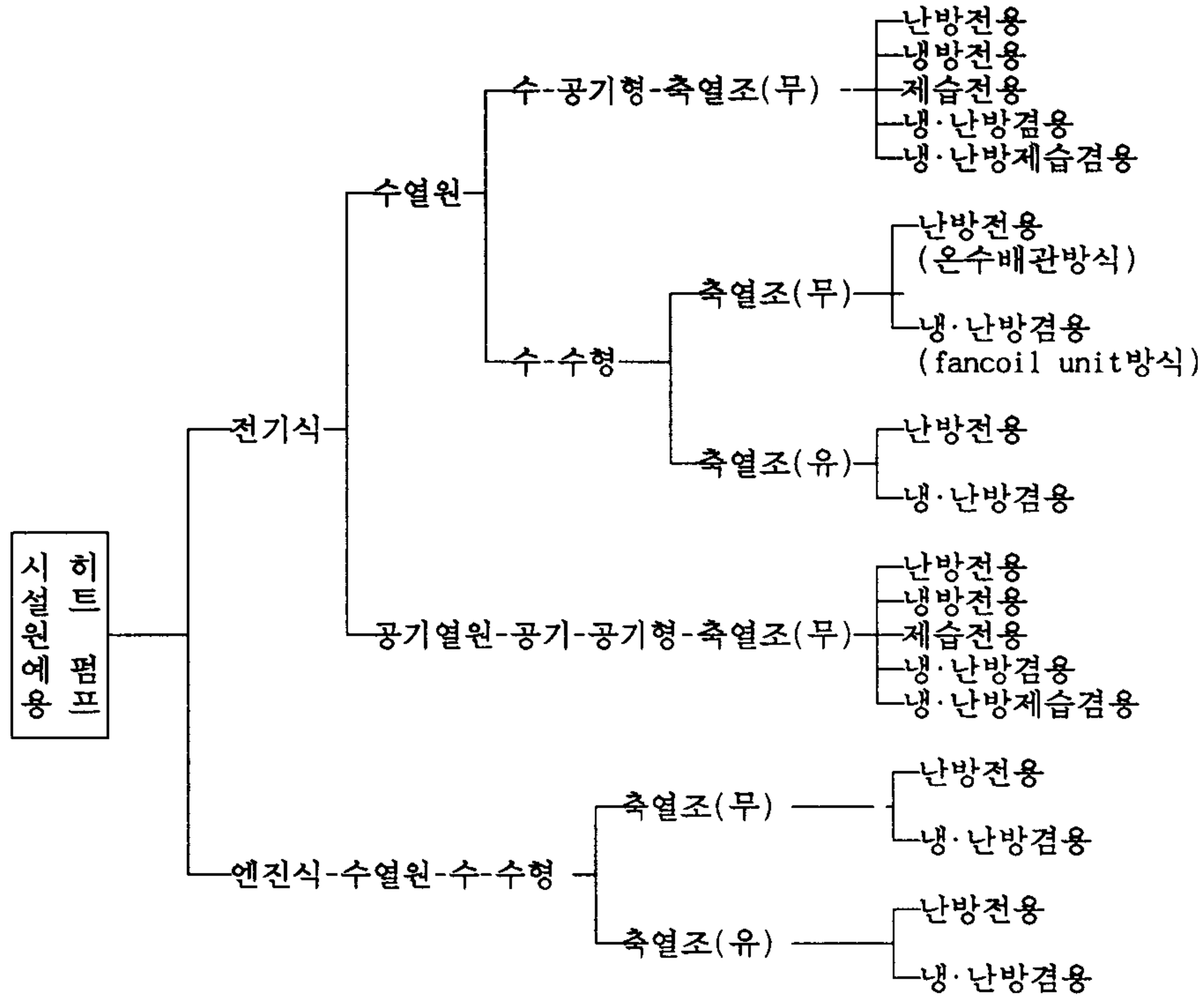
2.1. 종류

현재 이용되는 온실용 Heat Pump 시스템의 종류는 다음 5가지의 기준에 의해

- ① 압축기 구동은 전기 Motor를 사용한 전기식 혹은 Engine을 사용한 Engine식인가 ?
- ② 열원으로써 공기를 사용한 공기 열원식, 혹은 물을 사용한 수 (물) 열원식인가 ?
- ③ 온열, 냉열의 공급을 온풍, 냉풍으로 혹은 온수, 냉수로 하는가 ?
- ④ 축열조를 사용하는가 아닌가 ?
- ⑤ 난방전용, 냉방전용, 제습전용, 냉.난방겸용인가 혹은 냉.난방 제습 겸용인가?

에 의해 편의적으로 분류 가능하며

위의 5가지를 기준으로 조합하여 실제로 사용되고 있는 시스템은 [그림 2.2.10]와 같이 18종이나 된다.



(그림 2.2.10) Heat Pump 시스템의 실제 사용 형태

2.2 형식

또 이를 주요 형식별로 대.소분류로 세분하면 <표 2.2.5>와 같이 된다.

〈표 2.2.5〉 온실용 Heat Pump 시스템의 주요 형식

분류 항목	대 분류	소 분류
1. 구동 방식	전기식 엔진식	a.디젤 b.엔진식 c.가스엔진식
2. 열 원	공기열원 수열원	a.외기 b.배기 c.실내잔여열 a.지하수 b.온배수
3. 열공급	온풍, 냉풍 온수, 냉수	a.수-공기형 b.공기-공기형 a.수-수형 b.공기-수형
4. 축열조	무 유	a.수축열 b.토양축열 c.잠열축열재축열
5. 이용범위	전용타입 겸용타입	a.난방전용 b.냉방전용 c.제습전용 a.냉·난방겸용 b.냉·난방제습겸용 c.양액가열냉각
6. 보조냉난방	무 유	a.중유난방 b.태양열난방 c.지하수난방

2.3. 시스템의 일반적 특징

위의 상술한 대분류 기준에서 분류한 각 시스템의 일반적인 특징은 아래와 같다.

(가) 전기와 엔진식

- ① 초기 cost는 전기식이 적게 든다.
- ② 엔진식의 경우 필요 전기 용량이 극히 적다.
- ③ 전기식에 비해 엔진식의 소음이 약간 높다.
- ④ 엔진식의 단위 난방공급 열량당 연료소비량은 보통 등유난방 기의 약 50% 정도이다.

(나) 공기열원과 수열원

- ① 공기열원으로는 외기, 수열원으로써 지하수를 이용한 경우, 보통 COP는 수열원의 쪽이 높다. 한지(寒地)일수록 공기열원식의 COP는 낮아진다.
- ② 수열원의 이용가능한 지역은 지하수가 풍부한 지역, 지하수 개발이 가능

한 지역, 온배수를 이용 가능한 지역으로 한정되어 있다.

(다) 온풍, 냉풍의 생성방법

- ① 응축기, 증발기로부터 직접 온풍, 냉풍을 얻는 Type 즉, 수-공 기형 또는 공기-공기형 쪽이 수-수형 또는 공기-수형보다도 초기 cost가 약간 낮다.
- ② 수-공기형 또는 공기-공기형은 축열수조를 이용하는 시스템 구성에는 이용하지 않는다.

(라) 축열매체

- ① 단기축열(1~2일간의 축열)에는 수매체가 일반적이다.
- ② 장기축열(1~2개월 이상)에는 토양 매체가 일반적이다.
- ③ 단기축열용 매체로써 잠열축열재의 이용이 실용화 되어 있다.

(마) 이용 목적

- ① 난방, 냉방, 제습, 가열/냉각의 전부를 할 수 있는 시스템은 초기 cost가 높다. 더욱이 주간은 온실내에 투과된 일사 에너지가 다량이므로 냉방에 필요열량이 극히 높아져 Heat Pump로 냉방은 실질적으로 야간만 혹은 야간과 조석만이 된다.
- ② 난방, 냉방, 제습등의 전부를 할 수 있는 시스템의 "각 기능상의 초기 cost는 가장 낮다.
- ③ 환기량이 작은 온실에서는 보통 야간 최대 난방부하는 야간 최대냉방 부하보다 크다.

그래서 Heat Pump의 대강의 설비용량은 최대 난방부하를 기준으로 선정 하여도 큰 차이는 없다.

다만, 특수한 온실에서는 그때그때 부하를 개별로 산정 하여야 한다.

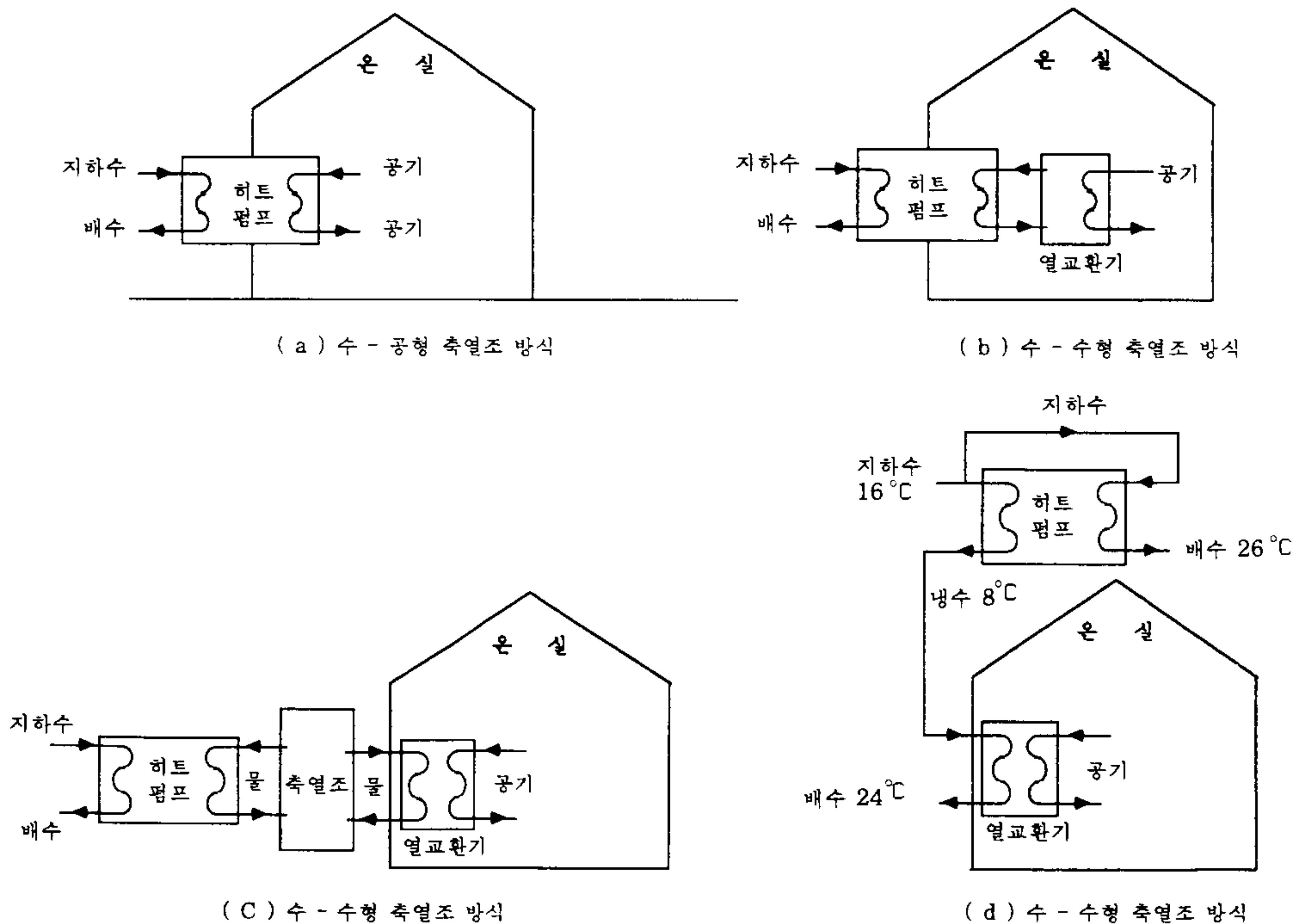
2.4. 주요 시스템

가. 개요

(1) 지하수를 열원으로 하는 시스템

지하수를 열원으로 하는 시스템의 구성 예는(그림 2.2.11)와 같다. 그림에서 (a)와 (b)는 축열조가 없는 경우, (c)는 축열조가 있는 경우이다. (a),(b)의 경우보다 (c)의 경우가 Heat Pump용량을 작게 할 수 있다. 다만 (c)의 경우 가동시간은 길게 된다. (d)는 지하수를 풍부히 이용가능한 경우의 냉방시스템이다. 이 경우 냉방시 시스템 성적계수는 (a),(b),(c)의 경우보다 높게 된다.

시설원예에 이용하는 Heat Pump의 대부분은 수-수형 또는 수-공기형 Heat pump이다.



(그림 2.2.11) 지하수를 열원으로 하는 시스템 구성 예

(2) 외기를 열원으로 하는 시스템

외기를 열원으로 하는 시스템 구성도[그림 2.2.11(a)~(b)]와 같고 지하수를 열원으로하는 것을 외기로 대체하면 된다. 즉 양자는 열원이 물이나, 공기냐가 다를 뿐이다. 외기를 열원으로하는 공기-공기형 Heat Pump는 냉방전용시스템 혹은, 최저 외기온이 아주 낮지 않은 지역의 냉·난방 시스템으로 이용하는 것이 많다.

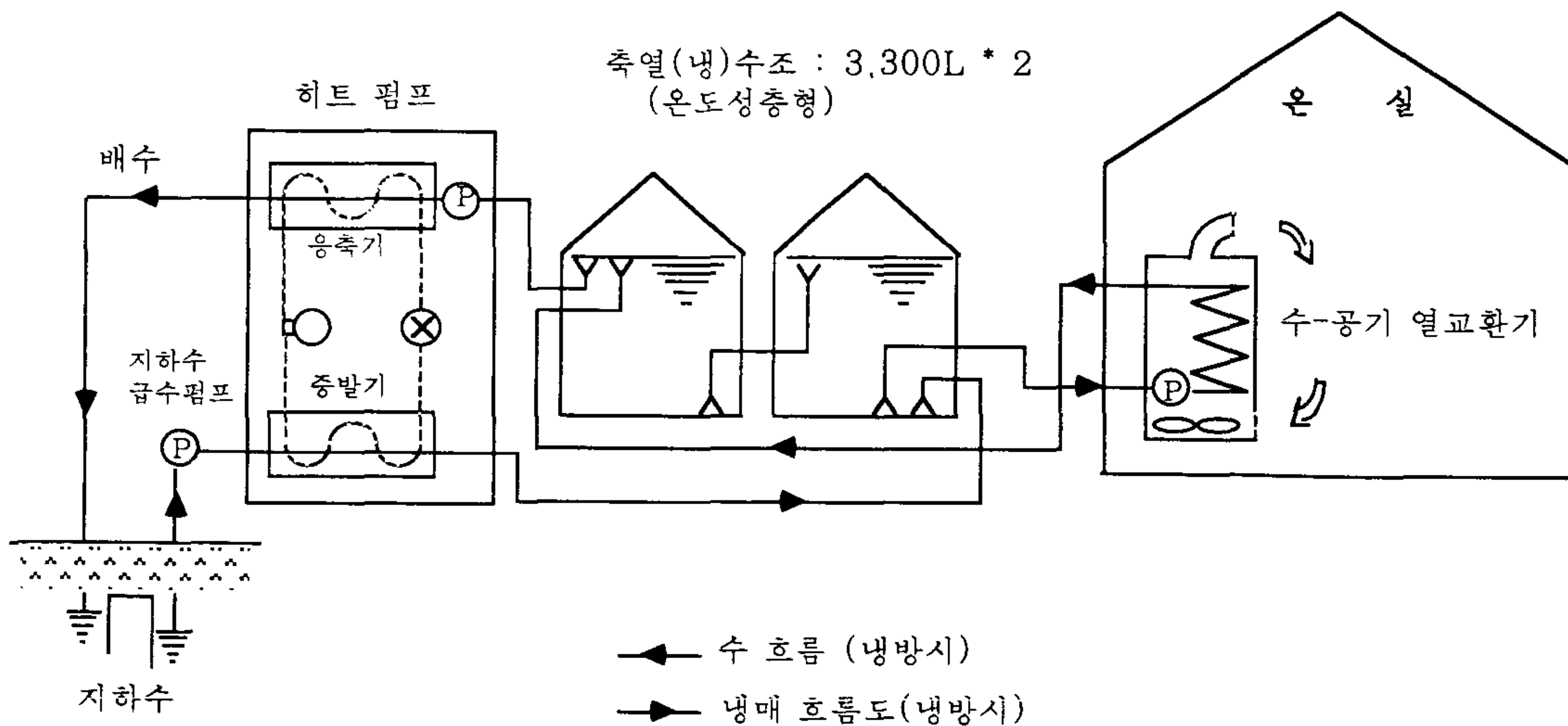
나. 수-수(水-水)형 시스템의 구성예

(1) 냉·난방 겸용방식(전기식)

냉·난방 겸용의 수-수형 전기식 Heat Pump시스템의 구성은 [그림 2.2.12]와 같다.

이 시스템은 온도 성층형의 축열(냉)조를 갖고 있고 또 냉방부하가 적은 경우에는 Heat pump 냉방없이 지하수 냉방이 가능한 시스템으로 구성되어 있다.

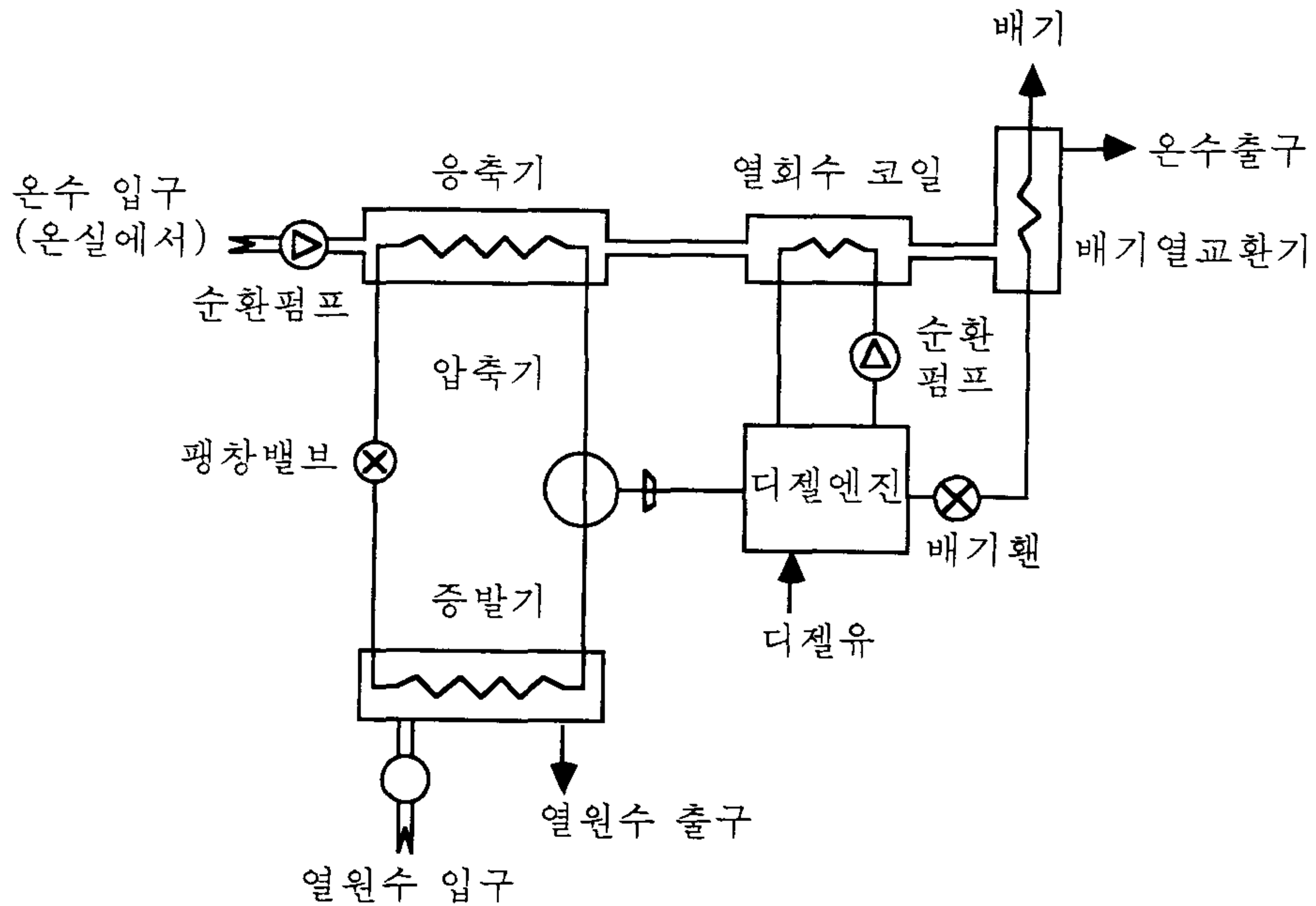
지하수 냉방이란, 지하수를 직접 수-공기열교환기에 보내 냉방하는 방식이다.



[그림 2.2.12] 水-水형 전기식 Heat Pump 시스템의 구성 예

(2) 냉,난방 겸용방식(엔진식)

구성도는(그림 2.2.13)과 같다. 난방시, 온실로부터 나오는 온수는 곧 응축기에서 가열되며 다음에 열회수 coil(엔진의 냉각수가 순환하는)에서도 가열되어 다시 온실로 들어간다.



[그림 2.2.13] 水-水형 엔진식 Heat Pump 시스템의 구성

다. 수-공기형의 시스템 구성예

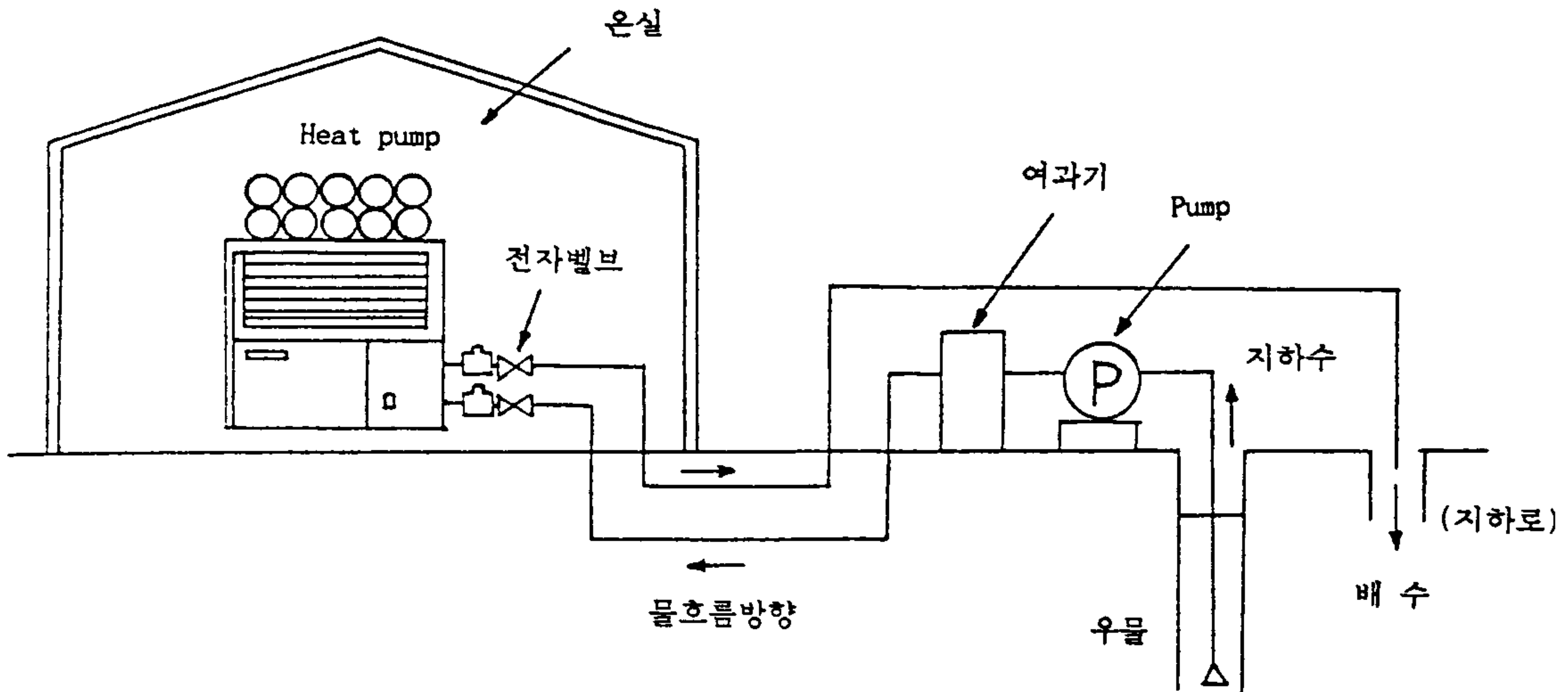
(1) 냉,난방, 제습겸용 방식(전기식)

이 Heat Pump는 냉,난방, 제습겸용 방식이다. 이 시스템에 의한 수-공기형은 난방(냉방)시 온실내 공기와 응축기(증발기)가 직접 열교환하므로 수열원의 직접 난방(냉방) Type이라 부른다. 이 시스템에 의한 난방시의 토출된 온풍온도는 40~45

℃정도이다.

(2) 난방전용방식(전기식)

난방전용의 수-공기형 전기식 Heat Pump의 구성도는(그림 2.2.14)와 같다.



[그림 2.2.14] 수-공기형 전기식 Heat Pump 시스템 구성 예

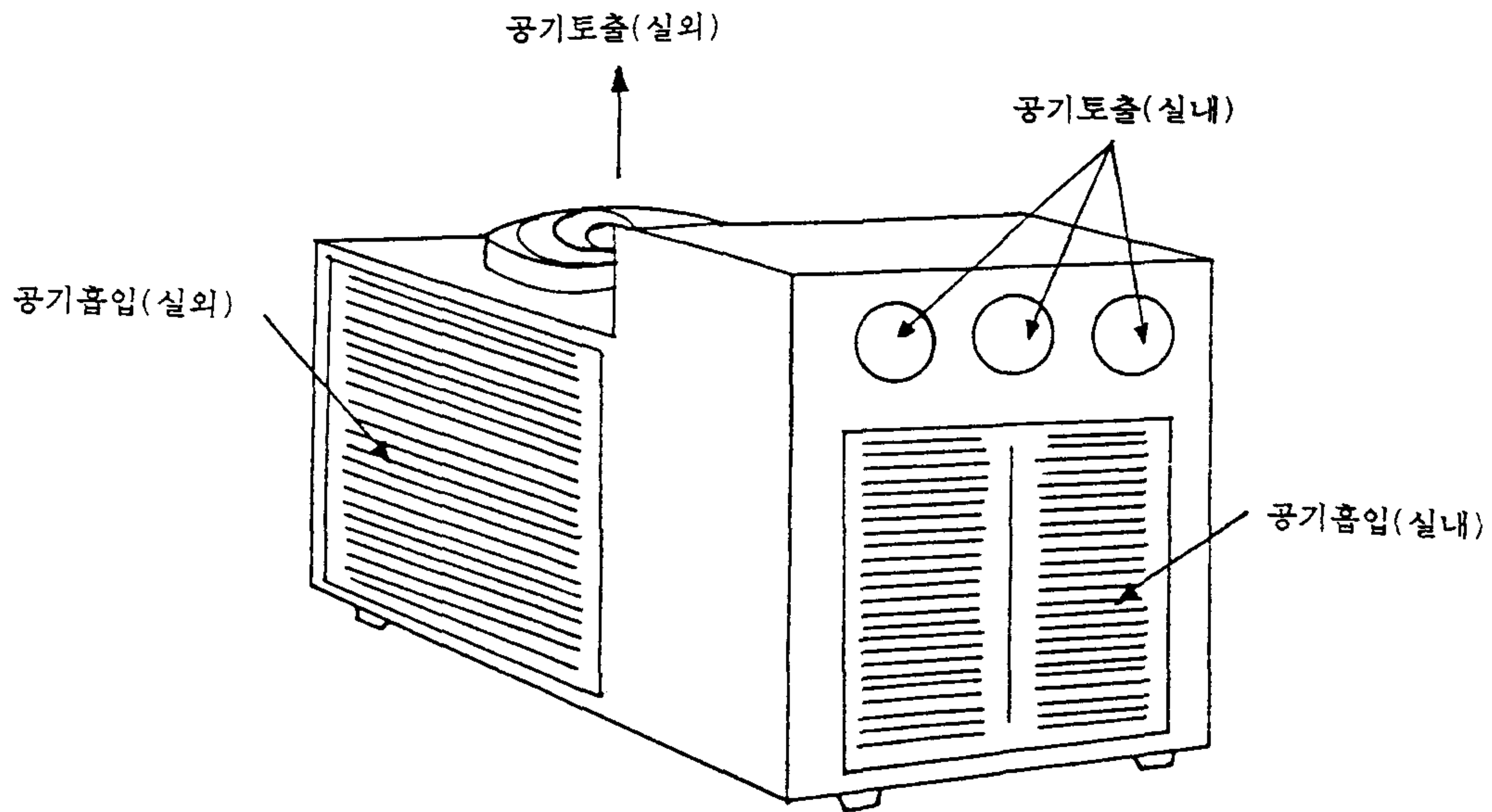
라. 공기-공기형 시스템의 구성예

(1) 냉·난방, 제습 겸용방식(전기식)

냉·난방, 제습 겸용방식의 전기식 Heat Pump 시스템 외관은 [그림 2.2.15]과 같다. 이 시스템은 난방, 냉방, 제습 3가지 기능을 갖고 있다.

난방시 공기-공기형 Heat Pump의 증발기 외면에 결상하면 Heat Pump의 COP가 저하하므로 외기가 0℃가 되는 조건하에서 사용하는 경우에는 deforster 기능이 필수적이다. 외기온도가 약 -5℃, 0℃때 이 시스템의 난방시 COP는 각각 2.5, 2.7정도가 된다. [그림 2.2.10]은 모든 구성기기가 한 case에 있어 [일체형]이라 부

르는 Type이다. 이 시스템은 본체의 반은 온실 외측에 나머지 반은 온실 내측에 설치된다. 같은 방법으로 공기-공기형도 본체가 실내기와 실외기로 분리되어 있고, 양자가 배관에 의해서 접속되어 있으면 [분리형(Seperator type)]이라 부르는 것도 있다.



[그림 2.2.15] 공기-공기형 전기식 Heat Pump의 외관 예

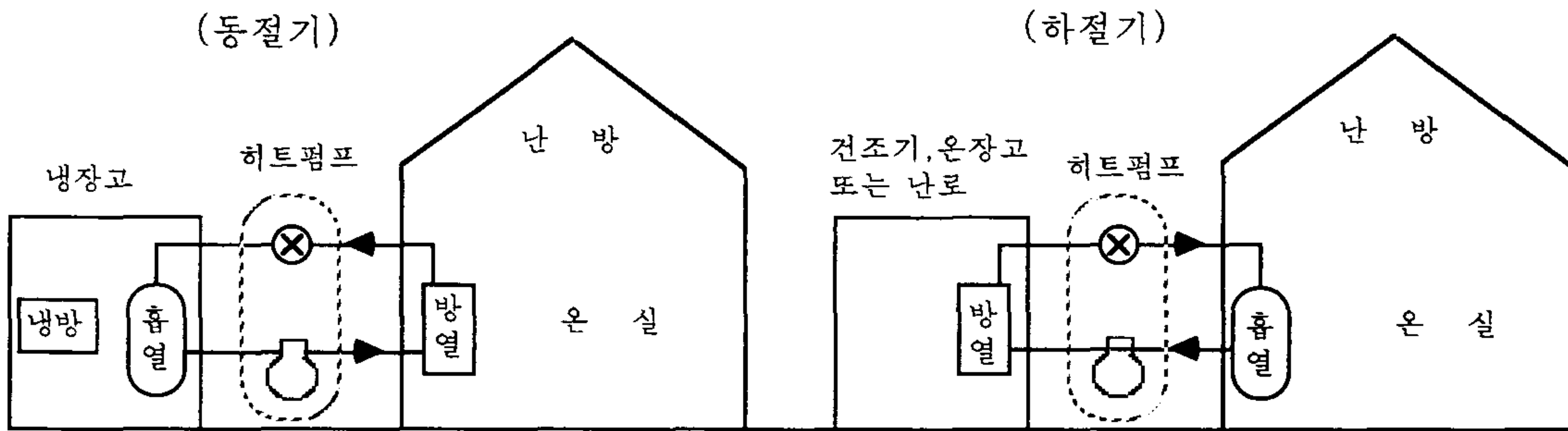
2.5. 특수 시스템

주요 시스템 구성의 본류에 속하지는 않지만 특수한 시스템은 특정조건하에서는 그 이점을 발휘하지만 다른면 즉 초기 투자비 증대와 이용법의 복잡함으로 그 도입 검토에 있어서는 전문가의 충분한 상담이 불가피하다.

가. 동시 냉.난방 시스템

Heat Pump를 가장 유효히 사용하는 방법중에 하나는 [그림 2.2.16]과 같이 1대의 Heat Pump를 이용, 난방과 냉방을 동시에 달성하는 것이다. 실용예는 거

의 없으나 매우 흥미있는 시스템이다.



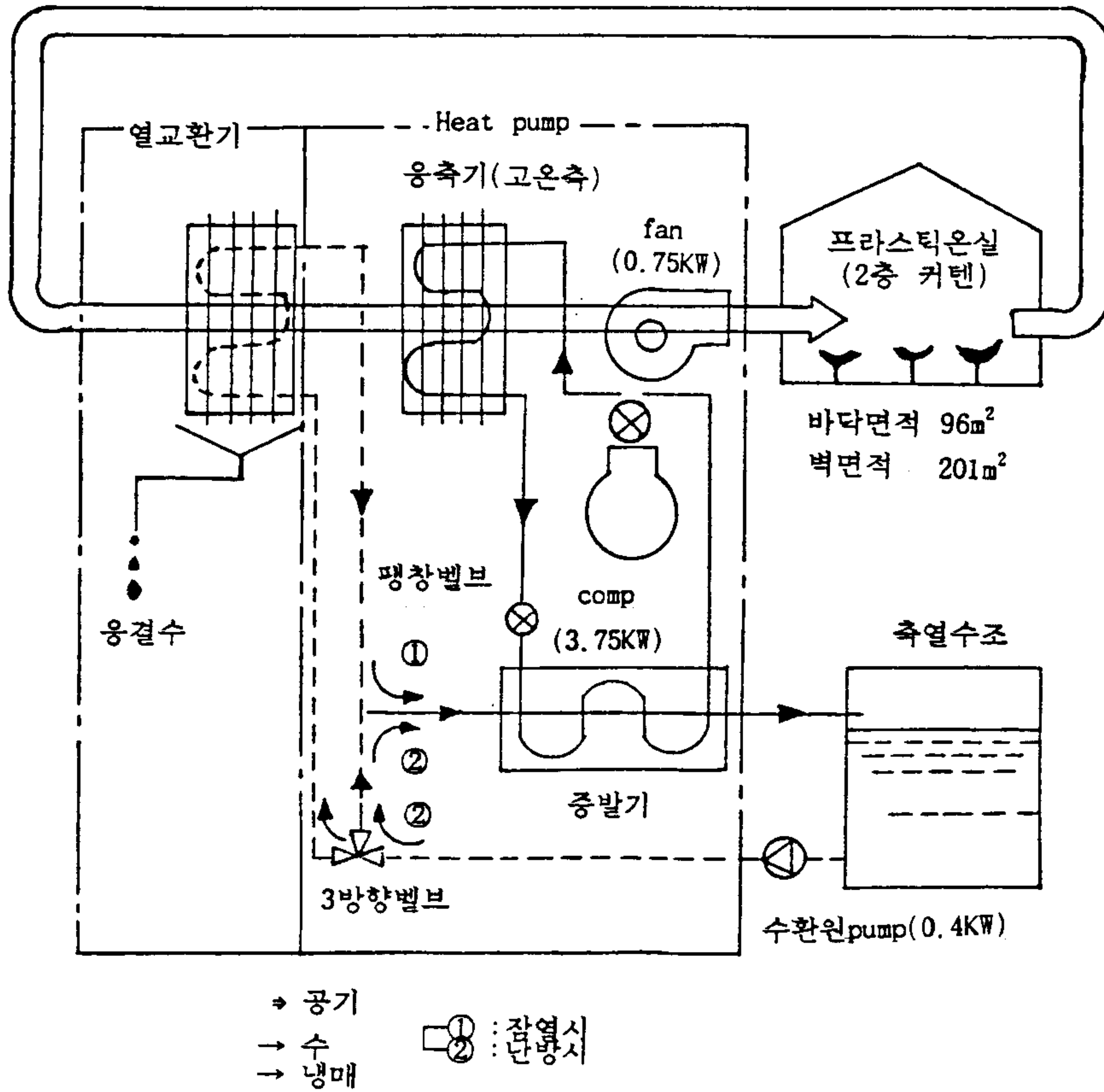
[그림 2.2.16] 1 대의 Heat Pump로 2 개소 동시 냉.난방 예

나. 태양열 이용 시스템

주간에 온실내에 남는 열을 Heat Pump에 사용하여 집열 축열조에 저장하고, 야간에 난방용 열원으로써 이용한다. 즉, 내부 집열형의 태양열 이용 시스템이다. 예컨대, [그림 2.2.17]같은 시스템 구성이다.

연구에는 있지만, 실용에는 거의 없다. 이 시스템같은 내부 집열형은 주간 청천시에 온실내 기온의 과도한 상승을, 환기하지 않고 억제 가능하므로 탄산가스 사용을 일사의 강한 정오 전후에도 가능한 등의 이점 있다.

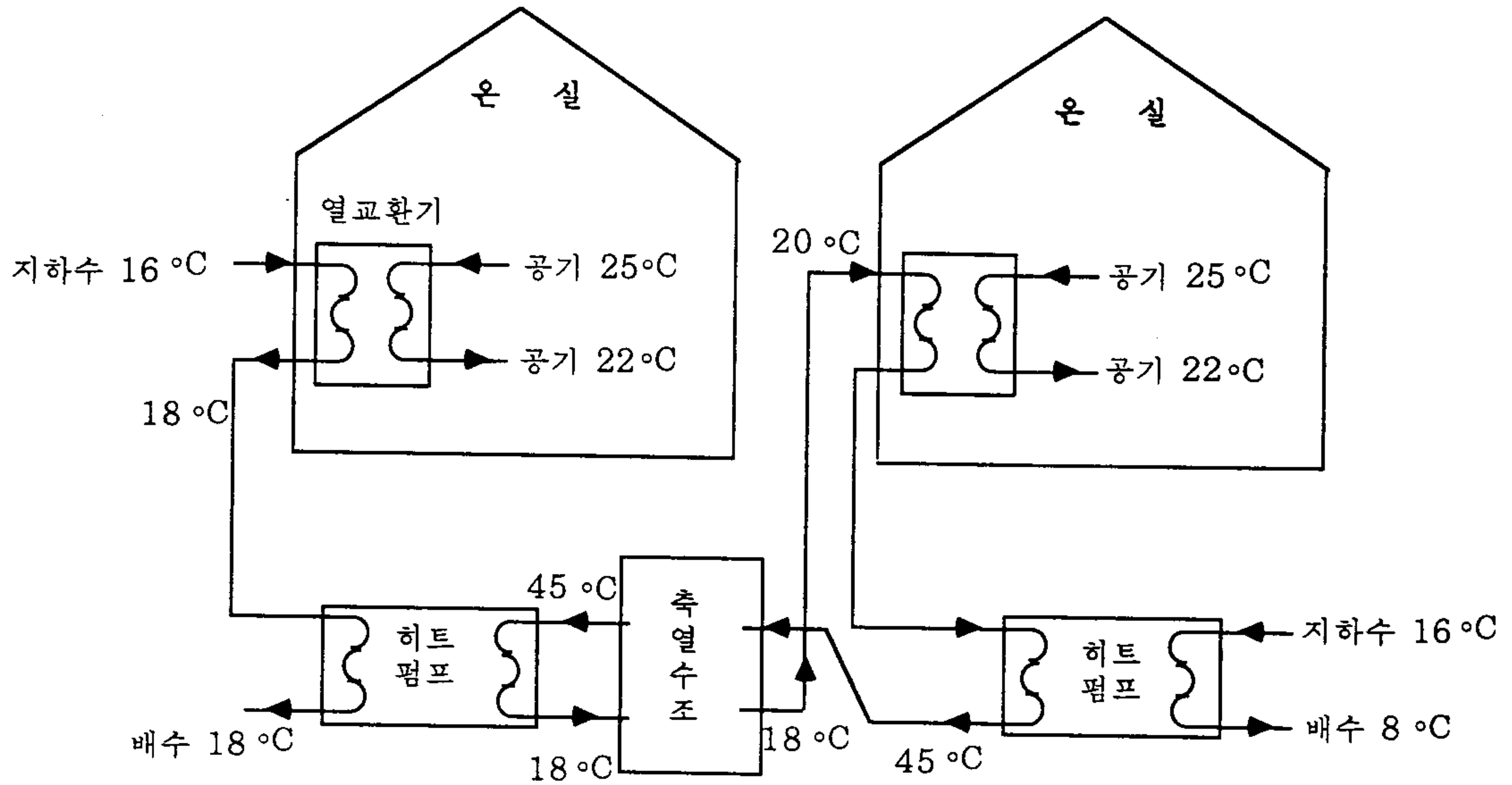
온실 외에 집열부를 설치한다. 즉, 외부집열형의 태양열 이용 Heat Pump 시스템은 일본에서는 이용치 않고 있다.



[그림 2.2.17] 水-공기형 전기식 Heat Pump를 이용한 내부 집열형 난방 시스템

다. 지하수와 실내 잔여열을 난방열원으로 하는 시스템

이 이용예는 [그림 2.2.18]과 같다. 이 그림에서 물의 흐름방향은 집열시의 예로써 난방시에는 이와 다르게 된다. 그림 (a)와 (b)는 구성시스템이 약간 다르며, 양방식의 시스템 성적계수는 동시에 지하수만을 열원으로 한 것보다 높게 된다.

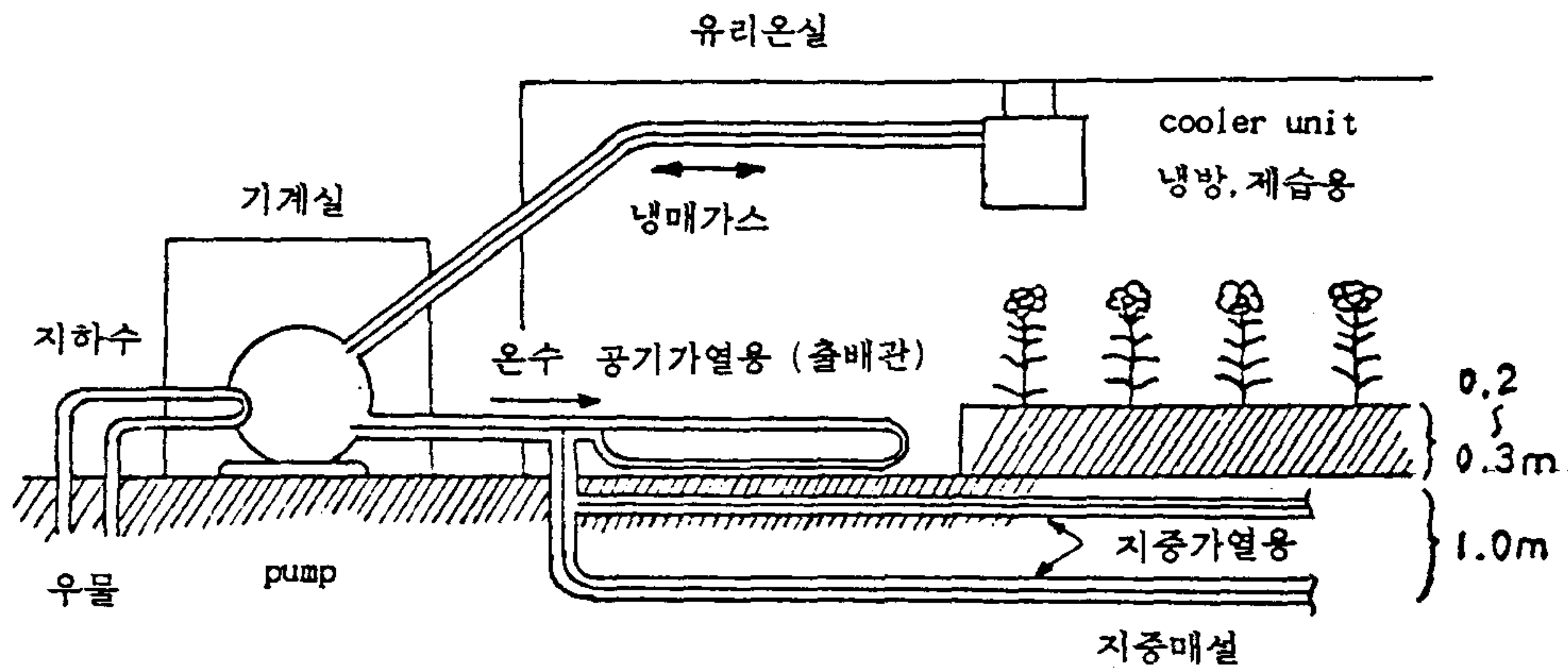


[그림 2.2.18] 지하수와 실내잔여열의 이용 난방 시스템 계통도

라. 토양축열 시스템

축열매체로써 온실 바닥면밑의 토양을 사용하는 방법이다. [그림 2.2.19]은 수-수형 전기식 Heat Pump로써 온수난방, 냉방, 제습 뿐아니라, 지하 30Cm와 100cm에 배설한 온수배관에 의해 지중가열이 가능한 시스템이다.

여름의 냉방시에 Heat Pump의 응축기 측에서 발생한 열을 지하 100Cm의 온수배관에 의해 토양에 축열한다. 이 열은 겨울이 되면, 토양의 수직 온도 구배에 의해 열전도에 따라 바닥면까지 이동하게 된다. 즉, 수동적인 일종의 바닥 난방이 되는 것이다.



[그림 2.2.19] 水-水형 전기식 Heat Pump에 의한 냉·난방, 제습 및 지중가열 시스템

가을의 제습시에 발생하는 열은 지하 30cm의 온수배관에 의해 바닥 바로 밑에 축열한다. 이 열의 일부는 수일중에 바닥까지 이동한다.

이상과 같이 Heat Pump는 다양한 시스템으로 구성이 되며, 그때마다 특징이 있다. 요구 조건에 맞는 적합한 Heat Pump 시스템을 선택하는 것이 중요하다.

제 3 절. 환경제어 Network system

시설 온실의 환경 제어 장치의 개발은 작물의 주년 생산, 자연환경에 의한 작물의 피해 예방, 고품질의 작물 생산, 작물의 고부가가치의 제고를 위하여 할 필수 요건있다. 따라서 현재 사용 하고 있거나 개발 되고 있는 환경제어 시스템의 개괄적인 내용을 기술하였다.

1. 환경 제어 장치의 분류

1.1 전동식 제어 장치

이 장치는 단지 인간의 노력을 절감 할 수 있는 것으로 인간의 감각 , 경험에 의하여 필요한 환경 조절 장치를 구동 또는 정지 시킬 수 있도록 전동화한 것이다. 예 로서 보온커튼의 개폐, 온도 조절 기능이 없는 난방기의 On/Off 등이다.

1.2 개별(분산) 제어 장치

아날로그식 센서와 작동기로 구성시킨 것으로, 제어부가 분산되어 있으며 각종 제어장치가 개별적으로 작동되는데 이는 사용자가 열풍기, 환풍기, 수막장치 등을 각각 따로 구입하여 쓰는데서 비롯되고 있다. 어떤 경우에는 보온커튼, 측창 등은 인간에 의해 버튼식으로 구동시키고, 열풍기만 개별자동으로 가동되는 예가 있다.

1.3 중앙집중식 제어장치

개별제어장치나 버튼 전동식의 제어부를 한곳에 모아 제어반을 설치하여 집중제어하는 방식으로, 타이머나 간단한 온도조절기 및 버튼식으로 제어반을 구성시키며, 수동과 자동의 전환방식을 채택하여 자동화장치의 고장 등에 대비하고 있다.

1.4. 컴퓨터에 의한 복합제어장치

각 환경조건의 상호관련성을 감안하여 복합적으로 장치를 구동할 수 있도록 한 것으로 연구의 결과 및 인간의 경험과 사고를 프로그램(소프트웨어)처리하여, 컴퓨터가 환경제어를 수행함으로써 유연성있고, 효율적이며 보다 적합한 환경을 조성시킬 수 있다. 이장치는 경험이 부족한 사용자라도 이미 연구되었거나 자료가 있는 작목에 한해서는 적용이 가능한 제어 시스템이다.

2. 시설온실의 Micro Computer 이용.

2.1 개요

시설온실용으로 Micro Computer가 개발된 이래 국내의 신규의 유리 온실에 제어장치로 적용이 되고 있다. Micro Computer를 이용한 환경제어장치를 도입하기 적당한 조건으로는 난방, 환기, 보온 때문에 커튼등의 설비가 설치된 것이어야 한다. 해외에서는 개발사기도 빨랐지만, 시설도 대규모로 네델란드에는 약 3,000대의 Micro Computer 환경제어장치가 보급되어 있는 실정이다.

2.2 목적과 배경

온실 환경 제어용으로 Micro Computer가 보급된 배경에는 다음과 같은 사항을 들 수 있다.

- (1) Micro processor, Sensor와 Memory I/O용 IC가 적당한 가격으로 보편화 되었고
- (2) 보온커튼과 환기창의 자동개폐장치등의 장치화가 진행되었다.
- (3) 보온관리기술이 필요하고 섬세하고 치밀한 온도 설정이 필요케 되어, 종래의 아날로그식으로는 대응하기 어렵게 되었으며,
- (4) 대규모로 확대하기 위해서는 자동화가 필수항이 되었다.

(5) 양액 재배등은 복잡한 제어가 필요하게 되고

(6) 복합환경 제어장치를 갖는 온실의 건설에 정부의 보조금을 받기 때문이다.

Micro Computer를 사용한 온실 환경제어장치의 목적으로는 크게 분류하면 다음과 같다.

(1) 생산확대 : 최적환경에 의한 식물의 생장촉진.품질향상.균일화

(2) 에너지 절약 : 보온커튼, 난방장치등의 기기를 합리적 운용으로 운전경비의 삭감.

(3) 노동 절약화 : 자동화에 의한 노동력의 삭감과 규모확대, 심리적 부담경감, 야간과 새벽의 무인운전, 일상적 노동의 질적 향상.

(4) 위험예방 : 강풍우시 환기창의 긴급처리, 제어기와 Sensor의 고장발견, 이상상태 통보

(5) Data 수집 및 해석 용이

2.3 기능

온실 환경 제어장치의 기능으로는 크게 4 가지로 ① 환기제어, ② 난방 제어 ③ 보온제어 ④ 표시.입력기능 등의 최소한의 기능으로 갖추어야 한다.

〈표 2.3.1〉에 온실 환경 제어장치의 제어대상을 나타낸것이다.

〈표 2.3.1〉 온실환경제어장치의 제어대상

제어항목	제 어 기 기	비 고
환 기	천창,측창개폐. 환기fan	온실내 상한온도 유지 제습. 탄산가스 보급
보 온	커텐 개폐	열방출 억제
난 방	온풍난방기 온수방열기 지중열교환	온실내 하한온도 유지
탄산가스	탄산가스 발생기	CO ₂ 고농도화
차 광	차광 커텐	일조처리(불투명) 잎탐방지
냉 방	Heat pump 지하수	야간냉방 뿌리
분무냉방	미립자노즐	냉방 가습
양약재배 System	EC콘트롤 PH " 급액장치	약비농도 조절 PH조절 (H ₂ SO ₄ ,KOH...) 물방울 노즐
권수제어	급액장치	급액량 제어

온실 환경제어 장치에는 제어 이외에 다음의 기능을 갖는 장치가 있다.

(1) 경보발신 : 온실내의 온도가 이상의 저하, 상승, 기기의 이상 예를들면 보일러의 불착화, Pump Motor류의 고장, Sensor의 이상 등을 통보하는 기능.

(2) 기록표시 : 계측치, 연산한 값, 동작상황들을 기록하는 기능으로 표시기 능도 포함한다. 최대, 최소, 평균 적산을 하고 Graph, 프린트 한다.

(3) 통신기능 : 온실 환경제어 장치와 타 장치와의 Data I/O기능.

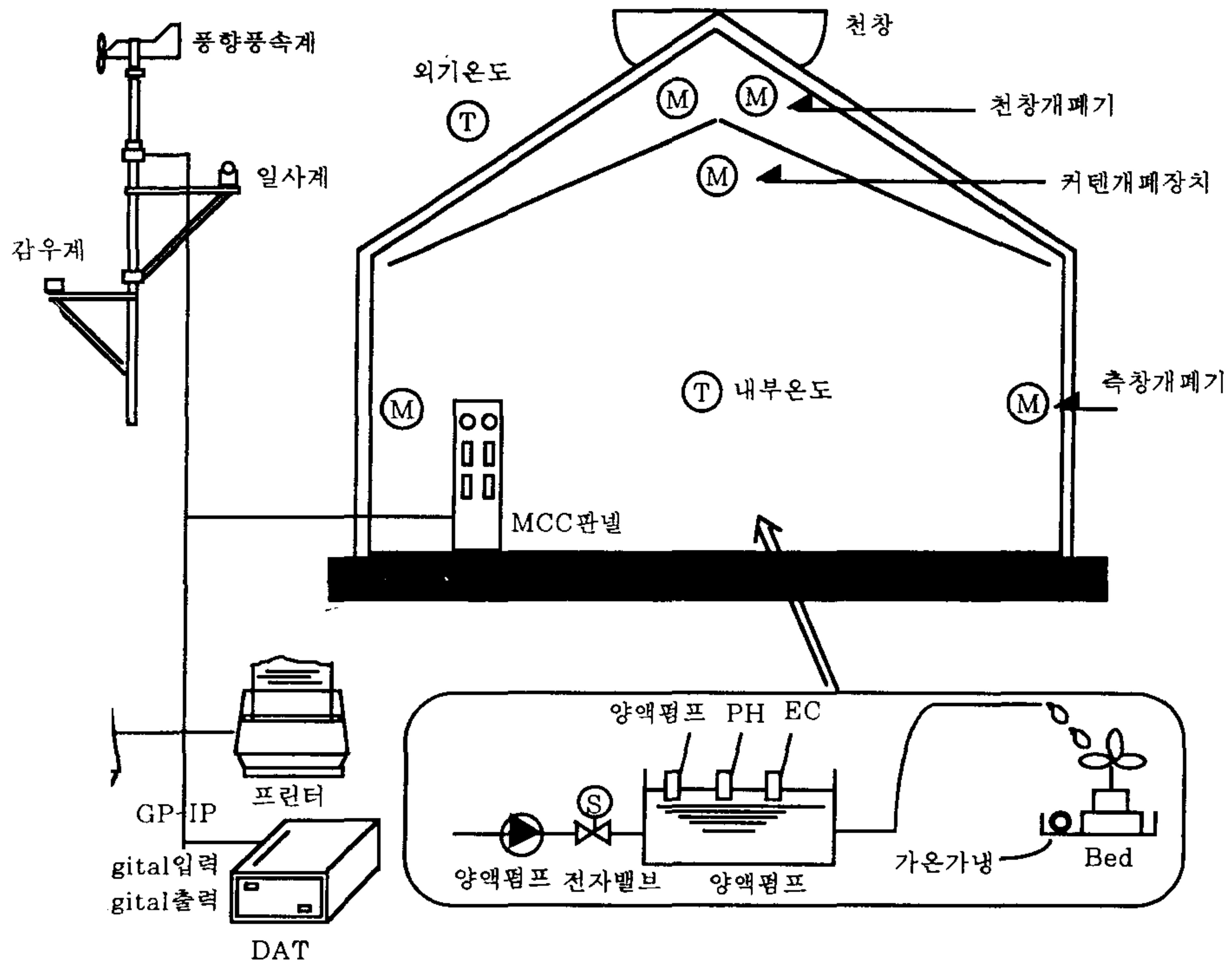
으로 원격감시와 조작을 하는 것이 필수인 온실 제어장치는 온실 하나의 동을 제어

하는 단동제어형과 많은 온실을 일괄하여 제어하는 다동제어형이 있다. 또 단동제어형을 각 온실에 배치하여 각각의 MicroComputer로 각동의 제어장치를 집중관리하는 방식의 집중관리분산배치형도 있다. Printer와 Display장치 기억장치등의 고가인 장치는 공통적으로 사용하는 것이 유리하다. 더욱이 각 제어장치의 역할을 명확히 분담시키는 것이 장치의 설계와 기기조작도 간편하다.

가. Hardware

1) 장치의 구성

제어장치의 구성은 [그림 2.3.1]과 같이 Micro Computer본체와 그 부속된 Sensor와 출력 Relay군으로 이루어진다. Sensor는 일사계와 온도계등의 Analog 신호로 입력되는 것과 ON-OFF 상태를 나타내는 Digital 신호가 있다. Analog신호는 A/D Convertor(Analog-Digital변환기)에 의해 Digital신호로 변환시킨다. 제어장치에 설정치를 입력하고, 값을 표시하는 부분을 Man Machine Interface라 하고 숫자키와 기능키 및 5행정도의 숫자 표시장치에서부터 CRT, free keyboard까지를 말한다.



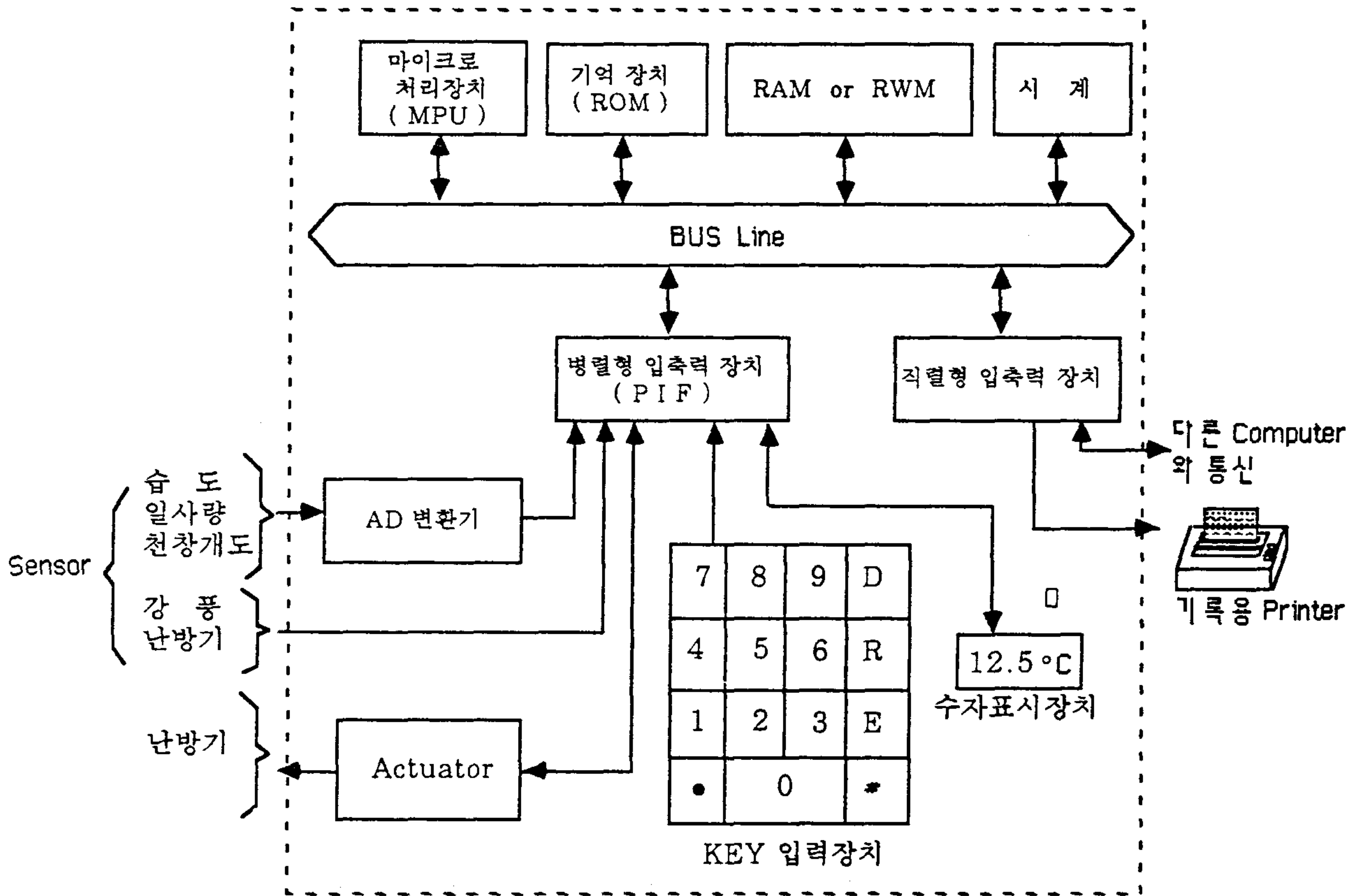
[그림 2.3.1] 온실제어 시스템

본체의 제어출력신호는 직접 Motor등을 구동 불가하므로 출력Relay와 연결하여 사용한다. 프린터 등, 장치에 부가된 것을 주변기기라 부른다. 이외에도 외부기억장치와 통신장치가 있다.

2). Micro Computer

Micro Computer의 최소 구성은 Micro처리장치(Micro processor)

와 기억장치(Memory), 입출력 장치(I/O)로 되어 있다. [그림 2.3.2] Micro processor는 Memory, I/O의 관리와 계산조건의 판단을 하고 Micro Computer와의 중심적인 역할을 한다.



[그림 2.3.2] Microcomputer 본체의 Hardware 구성도

한번에 처리하는 길이가 2진법으로 8행의 능력의 Micro processor를 갖는 것을 8bit형 Micro computer라 한다. 온실 환경제어장치로는 8bit형이 대부분 사용되고 있으며 많은 동을 제어하는 경우와 Data처리가 많이 필요한 경우에는 16bit형 Micro computer를 사용한다. 기억장치 Memory는 ROM과 RAM이 있다. ROM은 읽기만 가능한 고정기억장치로써 통상은 제어를 위한 프로그램을 기억하는 목적으로 이용하고 전원을 끄면 기억내용이 없어진다. 그러므로 프로그램을 변경

할 때는 ROM을 교환하지 않으면 안된다. RAM은 기억내용을 읽기도하고 쓰기도하는 자유로운 Memory로써 계측치와 연산결과등을 상시 변화한 값과 상태를 기억하는 경우에 이용된다. 단, 외부기억장치 예를 들면 Flopy Disk 장치를 가진 Micro computer 는 RAM에 프로그램의 기억시킨 것이 많다. 이 경우에는 ROM을 교환할 필요없이 FD교환에 따라 자유로이 프로그램 변경이 가능하다. P.C가 그 예이며 전원이 꺼지면 RAM은 기억내용을 잊게 되므로 Battery Backup등의 대책이 필요하다. Sensor의 종류에 대해 신호에는 저항, 전류치, 미소전압치가 있으며 A/D Converter에 입력되기전 증폭 또는 변환하지 않으면 충분한 정도를 얻기 어렵다. 이 부분을 Signal Conditioner라 한다. A/D변환기에는 8bit 또는 12bit 분해능력을 갖는 것이 있고 많이 이용되며 8bit형 A/D변환기로는 2의 8승 즉 256단계의 분해능력이 있다. 만약 온도 Sensor의 측정폭이 0~100℃로써 8bit형의 A/D변환기에 의해 Digital화 할때는 약 0.4℃의 분해능력을 얻게 되는 것이다. Sensor의 신호 중에는 Digital량으로 입력되는 것도 있다.

예를 들면 강우sensor와 난방 Alarm 신호등은 ON이나 OFF로 입력되어 병렬형 입출력 장치에 의해 1 혹은 0의 값으로 computer에 입력된다. 환경제어장치의 출력은 모든 경우 ON/OFF의 출력이 가능하다. 따라서 Micro Computer에서의 제어기능에 대한 제어신호도 병렬형 입출력 장치를 연결하므로써 출력 Relay를 구동한다. 극히 특수한 경우 예를 들면 온수조절 Valve을 정밀히 제어할 때에는 아나로그 출력을 이용하므로써 비례 제어를 하는 것이 있다. 이 때는 D/A변환기가 필요하다. 직렬형 입·출력 장치가 있는 기종도 많으며 이것은 PC와의 통신과 Printer등의 주변장치와의 접속에 사용된다. 직렬형 입출력장치는 신호를 시간적으로 분할해서 순번으로, 전송과 수신이 가능하고 보통은 RS232C, RS422등의 명칭으로 규격화되어 있어 PC에 연결이 용이하다.

3) Sensor

(1) Sensor의 종류

Sensor는 제어장치의 중요한 일부로써 제어장치 본체의 입력부에 접속되어 제어를 위한 정보를 제공하는 역할을 갖는다. 따라서 시스템 전체의 신뢰성에 큰 변화가 있으므로 견고한 것이 필수이고, 또 필요한 정도가 요구된다. 온실 밖의 기상으로 일사량, 기온, 습도, 풍속풍향, 강우등이 측정 항목이 된다. 실내의 측정 항목으로 기온, 습도, 탄산가스가 있다. 밖의 환기창의 개도와 Limit신호등, 제어기기로부터의 Feedback 신호가 있다. 온실내의 지하 환경의 계측, 특히 제어를 위한 수분 Sensor는 현재 실용화 되어 있지 않다. 그렇지만 최근 양액재배가 주목되고 있어 이 제어가 온실환경 제어장치의 기능의 일부로 되어 있다. PH, EC(전기전도도에 의한 양액 농도의 측정), 유량, 액위등이 계측 항목이 된다.

(2) Sensor의 기능

주요한 Sensor의 기능과 목적, 사용방법은 다음과 같다.

(가). 일사계

태양전지형이 많이 사용되며 실용화 되어 있다. 일사량의 단위로는 $cal/cm^2 \cdot min$ (혹은 ly / min)이 사용된다. 이 값은 온실의 열부하 계산과 제어목표온도의 결정을 위한 정보가 된다. 일사량은 변동이 심하므로 Micro Computer 연산에 의해 이동평균치와 적산치로 변환하여 이용된다.

(나). 풍속.풍향계

풍속.풍향계는 필수적으로 준비되지 않는 경우가 많고 풍속계만인 경우가 있다. 강풍시 환기창의 단열 시설의 보호를 위한 풍속을 계측한다. 풍향의 계측은 강풍시에 바람부는 쪽의 환기창만을 닫는데 필요하다. 환기창의 개폐로 온도를 정밀히 조절하여야 하는 경우에 풍속.풍향값의 정보가 중요한 것으로 생각된다. 일사와 같이 변

동이 심하므로 이동 평균등의 연산처리가 필요하다.

(다). 기온

온도센서로 Thermistor나 Thermocouple이 사용된다. Sensor부에 일을 직접 받으면 오차가 생기기 쉽다. 차폐장치와 더불어 통풍형으로 하면 정도는 향상한다.

온실내에 설치한 sensor는 그 위치와 높이에 따라 온도제어 특성이 현저히 다르게 되어 경우에 따라서는 온도분포가 불균일하게 되어 생육에 지장을 주므로 설치시 충분히 주의를 요한다.

(라). 습도

습도센서로 세라믹형과 고분자 막형이 최근에 개발되었지만 내구성,호환성, 가격면에서 건구,습구온도계의 사용이 많다. 온실내에서는 습도의 높은 영역에서의 빈도가 높고 그점으로부터도 건구습구온도계가 현재의 어느것보다도 안정하다. 다만 물의 공급과 가제의 교환등의 Maintenance가 필요하여 습도는 통상, 상대습도로 표시하며 환기에 의한 습도변화와 증기발산을 고려하면 절대습도를 지표로 하는 것도 중요하다.

(마). 강우

강우시 온실내에 비가 들이치는 것을 방지하기 위해 강우sensor를 이용한다.강우가 있느냐 없느냐만을 판단만해도 좋으며 우량까지의 계측은 필요없다.

(바). 기타 Sensor

탄산가스센서는 탄산가스발생기, Bombe등을 이용하여 시용제어 할때 유효하다.

나. Software

1) Software

Computer는 센서로부터의 입력, 제어의 출력 및 인간으로부터의 설정치 등의 입력을 기준으로 일정한 순서에 따라 제어출력과 정보의 출력(표시)을 한다. 이 순서를 S/W라 한다. 실제에는 Program형태로써 Computer에 기억되어 실행한다. 환경제어장치를 Hardware의 성능도 있지만 이 Program에 의해 크게 우열이 결정된다. 사용이 쉬워야 하고 더욱이 재배자가 자신의 의도대로 제어를 가능한가 아닌가는 이 프로그램의 좋고 나쁨이라 말할 수 있다. 통상 Program은 FORTRAN, PL/M, BASIC 등의 고급 프로그램 언어와 기계어 등으로써 만든다. 어떤 조건으로 어떤 것을 하는 것이 좋은가를 결정하는 것이 Software의 가장 중요한 것이지 Computer program을 만드는 것은 S/W본질이 아니고, 구체화하기 위한 간단한 수단이다.

2) 제어방법

(1) 설정치

온실환경제어의 기본은 온도제어이다. 온도제어는 환기창의 개폐조절과 난방장치에 의해 하는 것이 일반적인 방법이다. 상한 온도로서 한기 설정온도, 하한 온도로서 난방설정온도가 주어진다. 즉, 온도제어의 목표치는 환기설정온도와 난방설정온도와의 사이의 온도범위가 되는 것이다. 시간대의 구분은 아침 광합성을 활발히 하기 위한 아침시간대, 낮중의 광합성 촉진 시간대, 저녁에서 야간까지의 轉流촉진시간대, 심야의 과도한 호흡에 의한 소모를 억제하기 위한 호흡억제 시간대 등 식물의 하루의 생리기능에 대응하여 시간대의 명칭을 주어 구분하는 경우가 많다.

실내온도가 난방의 설정치 이하가 되면 난방장치가 동작하고, 환기온도가

상이 되면 환기장치가 구동한다. 따라서, 실내기온은 그사이에 잘 이루어지고 그다음으로 간다. 보통 일사가 있는 중간에는 환기 장치가 작동하므로 실내온도는 환기설정 온도 가까이를 추적하고 일사량이 없이 기온이 낮을때 실내온도는 난방설정온도 가까이에서 조절되는 것으로 된다. 주간외 난방설정 온도 혹은 야간의 환기온도를 지정하고 싶은 Type도 있다. 이 경우에는 야간의 환기온도를 주간외 환기온도로 대응하고, 또 주간외 난방온도를 야간의 난방 온도로 대응한다. 설정수가 작게되어 간단은 하지만 재배상의 문제가 있음을 염두에 두어야 한다. 습도제어에 관해서 설정치를 부여하는 것에는 문제가 있다.

첫째 제어설정치로써 상대습도를 주변 온도가 변화하면 상대습도가 변화하기 때문에 절대습도와 포차등의 개념의 일반화가 필요하다.

둘째는 온도제어 사이에서 모순이 발생하는 것이다.

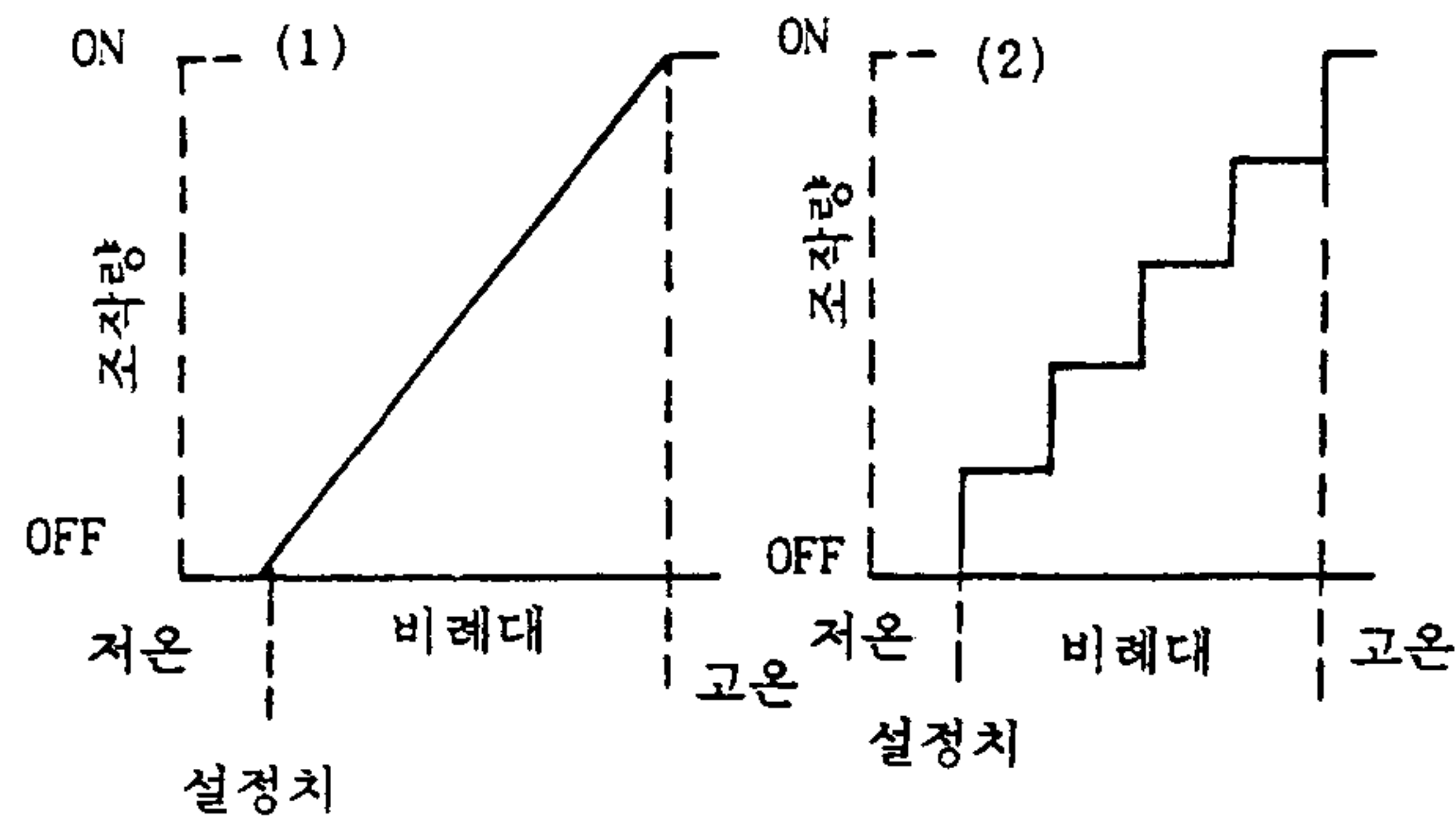
온도와 습도를 별개로 주어진 경우 양방의 설정치를 동시에 실현 불가능하여 통상 온도제어가 우선이 된다. 습도제어에 대해서는 엄밀한 제어는 거의 할 수 없으며 또 습도제어의 효과도 명확히 평가 할 수 없는 것이 문제점이다. 탄산가스제어의 설정은 장치에 탄산가스계를 달수 없는 경우가 많고, 기기의 작동시각을 정하는 것만이 전부이다. 일사량에 대해서 작동의 간헐시 기간을 변화시키는 방식이다. 당연히 설정치를 주어 계측치와 비교하여 제어하는 것이 좋다.

이상이 온도, 습도, 탄산가스 제어의 개요이고 이 이외에 온실의 크기와 특성에 의한 제어 정수, 기기의 특성치, 수식치 등 10개에서 50개 정도로 되어 있다. 설정은 간단하게 분리하기 쉬우므로 오차를 발생하지 않게 하는 연구가 필요하다.

예를 들면 보온커텐의 개폐 조건 중 온도의 항목이 다른 제어와 독립해서 설정가능하기 좋게 한다면 난방온도를 변경할 적마다 커텐의 온도항목을 변경하지 않으면 안된다. 만약 설정을 태만히 하면 커텐이 작동않는 일이 일어난다. 관계가 맞는 제어의 경우는 한편의 설정치를 변경할 때에는 다른 쪽의 설정치도 자동적으로 변경되고 설정시에 모순이 생겼다는 경고를 하는 등의 것이 바람직하다.

2) 제어의 출력방법

온실제어장치에서 각 제어기기까지의 출력방법은 통상은 Digital출력, 즉, on/off 출력을 기본으로 한다. Analog출력은 온실제어에 있어서는 거의 필요없다. 기기의 동작과 설정해야 할 값을 이해할 필요가 있다. 목표값과 계측값과의 비교로 다음 제어량을 정하는 제어방법을 feed back제어라 한다. 난방제어를 예를 들면 계측된 실내온도가 설정온도 이하가 되면 난방기기를 운전하여 그 이상이 되면 정지시키는 형이다. 이때 계측치의 오차에 의해 난방기가 빈번히 on/off되어 기기에 좋지 않다. 따라서 설정 할 온도를 운전할 온도보다 0.2~1℃정도 높게 하는 것이 좋고 이차를 동작 극간이라 한다. feedback제어의 가장 단순한 형식으로서 on/off 제어라 하기도 한다. feed back제어 조작은 현재의 계측치와 설정치에 편차로 제어한다. 만약 온수난방에서 on의 지령에도 지연되어 방열하고, off에 의해서도 잠깐은 방열을 함과 같이 시간지연의 큰 시스템으로는 설정치보다 높은 실내온도가 상승하게 되어 있다. 이 여분의 상승온도를 over shoot라 한다. 보다 정확한 제어를 하기 위해서는 ON-OFF 제어로는 한계가 있고 다음에 기술하는 방법을 적용해야 한다. 환기창 제어에서는 전폐에서부터 전개까지 연속적인 조작을 하여 실내온도를 조절해야 한다. Computer에는 하나의 창에 대해서 개와 폐의 두가지 출력을 갖고 정전,반전,정지의 지령을 줌에따라 환기창의 열림을 임의 각도로 열 수 있다. [그림 2.3.3]의 A에 나타낸 것 같이 실내온도에 대해서 조작량(환기창의 개도)을 비례하여 동작을 하는 것을 비례 제어라 한다. [그림 2.3.3]의 B에서 보는바와 같이 다단계에 의한 것도 있으며 computer내의 연산의 복잡성은 차이는 없고 전자가 세밀한 제어가 가능하다.



비례제어의 동작예(1) 비례제어의 동작예(2)

[그림 2.3.3] 환기창 제어에 의한 비례제어

그림에서 보는 바와 같이 비례제어는 개시온도를 설정치로 주어 그이상의 실내 온도에 비례 해서 창의 개도를 결정한다. 따라서 실내온도는 설정치로 유지하기 어렵고 비례대의 범위내에서 다소 높게 되는 것이 된다. 이것을 offset라 한다. offset를 끄는 조작용 적분동작이라 하고 이 조작용 부가한 것을 비례 적분 제어(PI제어)라 한다. 비례대.동의 계수를 적절히 선정 하면 대단히 정도가 좋은 제어의 기대가 가능하다. 난방제어에 대해서 ON/OFF 제어가 일반적이지만 ON/OFFf 출력에 의해 연속적 제어에 가까운 제어를 실현할 수가 있다. 이것은 어떤 일정주기내의 on시간을 비례 적분 제어의 연산에 의해 결정한다.(시간폭 PI제어)이 같은 방법에 의해 overshoot을 방지하고 보다 정확한 온도 유지가 가능하게 되어경우에 따라서는 에너지 절약도 되는 것이 된다. 온실제어 혹은 재배제어를 할때 계측치를 갖지 않는 제어를 할때가 있다. 이 이유로는 센서가 고가인 경우와 기술적인 계측이 불가능한 경우가 있으나 이때에는 경험적인 법칙을 통해 제어하게 된다. 이것이 예컨대 feedback제어라는 방법이다. 예를 들면 자동관수는 현재 좋은 sensor가 없기 때문에 일사량과 시각등.수분과는 관계없이 별도의 정보에 따라 제어를 실행한다.

3) 각 기기의 제어법

(1) 난방 제어

난방은 온풍과 온수난방의 2가지 방식으로 하는 것이 대부분이다. 현재는 ON/OFF제어가 보통인데 난방부하가 작은 때에는 제어의 overshoot가 크게 되기 쉬우므로 동작 간격을 작게하는 것이 좋다. 시간폭 PI제어도 효과적인 수단중의 하나이다. 온수 난방에 대해서는 보일러 제어를 하는 것이다. 이때 난방부하에 대응하여 온수의 온도를 조절가능하므로 정도가 높은 제어가 가능하다.

(2) 환기창 제어

환기창의 개폐는 주로 실내온도를 환기온도에 유지시키는 것을 목적으로 한다. 다만 환기에 의한 습도와 탄산가스 농도가 변화하므로 주의가 필요하다. 온도 제어 방법은 비례적분 제어를 하는 것이 바람직하다. 외기온도가 낮을 때에는 얼마 안 되는 환기량으로 실내 기온은 크게 변화하기 때문에 계절에 따른 제어정수를 조정하여야 하고 자동적 일사와 내외 온도차로부터 판단하는 기능이 필요하게 된다. 강풍시에는 온실의 파괴를 방지하기 위해 즉시 환기창을 닫아야 한다. 풍향센서가 있는 경우는 풍속에 따라 풍상측의 환기창을 닫고 풍하측에 환기창만으로 환경 조절한다. 강우시에는 천창을 비가 침입하지 않을 정도로 닫는다. 환기에 의한 제습제어는 외기의 절대습도가 목표로하는 절대 습도보다 낮으면 원리적으로는 가능하다. 환기를 하면 필히 온도가 내려간다. 환기온도의 난방온도를 잘 설정함에 따라 제습을 할 수 있고 필요이상의 창을 열므로써 난방기가 더 많은 시간 작동 가능성이 있다. 따라서 제습을 지표로한 환기창 제어를 하는 것이 좋다. 이때의 습도 센서는 고습도 지역에서의 정도와 안정성이 요구된다. 환기제어기기로서 환기선풍기를 사용하는 경우도 많다. 이 경우는 보통

ON/OFF제어를 한다.

(3) 커튼 제어

보온을 위한 커튼제어는 일사온도·시각등의 요인으로써 제어한다. 커튼제어의 목적은 보온에 있으므로 온실의 열수지를 연산하므로써 개폐의 판단을 하는 것이 합리적이다. 그러나 열수지 만으로 안되고 식물의 일조시간의 확보와 습도의 문제도 모순이 되지 않게 제어하지 않으면 안되며 또한 커튼의 재질에 따라 서로 개폐가 다르다. 반사성의 불투명 film은 일사에 의한 제어에 중점을 둔 것이고 투명 film은 열균형을 중시한 것이다. 커튼 제어도 환기제어와 난방제어가 밀접한 관계를 갖고 있다. 예를 들면 환기창을 열때 커튼이 닫혀 있으면 안 된다. 또 일몰후 난방장치가 작동되기 이전에 커튼이 닫어지는 것이 에너지 절약이 된다. 즉 환기제어와 난방제어와의 연동된 제어가 아니면 재배자의 의도와는 전혀 다른 일이 일어나게 되는 것이다.

(4) 습도제어

습도제어에는 습도를 높이는 가습제어와 내리는 제습제어가 있다. 제습제어에는 환기제어에서 언급한 것과 제습기를 이용하는 방법이 있다. 온실제어에 이용하는 제습기는 능력이 낮고 ON/OFF 제어로 충분하다. 가습제어는 온실내의 수증기를 분무하는 것이 일반적이다. 이 때에 습도의 상승과 동시에 잠열에 따른 온도저하가 있어, 상대습도를 목표치로 하는 것은 불가능하다. 필히 실내온도를 고려해서 절대습도(또는 포차)를 제어 목표치로 해야 한다. 또 통상의 ON/OFF제어로는 overshoot를 일으킬 때 과습될 위험이 있으므로 PI제어가 안전하다. 가습제어와 같은 방법의 연무냉방이 있다. 이런때 온도제어 목표치는 습도를 고려한 온도 목표치로 설정할 필요가 있다. 가습은 냉해발생위험이 있으므로 일사량과 시각 기타 조건을 부가해서 오동작을 방지해

만 한다.

(5) 탄산가스 제어

탄산가스를 사용하는 방법에는 등유를 연소시켜 탄산가스를 방생하는 시키는 것과 탄산가스 봄베의 전자 valve를 ON/OFF제어하는 방법이 있다. 탄산가스계기에 의해 탄산가스 농도를 계측하는 것이 좋지만, 고가이므로 사용되지 않는 경우가 많다. 시각설정과 일정주기내의 ON 시간을 일사량에 대응하여 변화시키는 방법에 따라 탄산가스를 계측하여 feedback없이 끝마친다. 환기창을 열때는 탄산가스의 실외유실이 크므로 사용을 정지시키는 기능을 갖는 것도 있다.

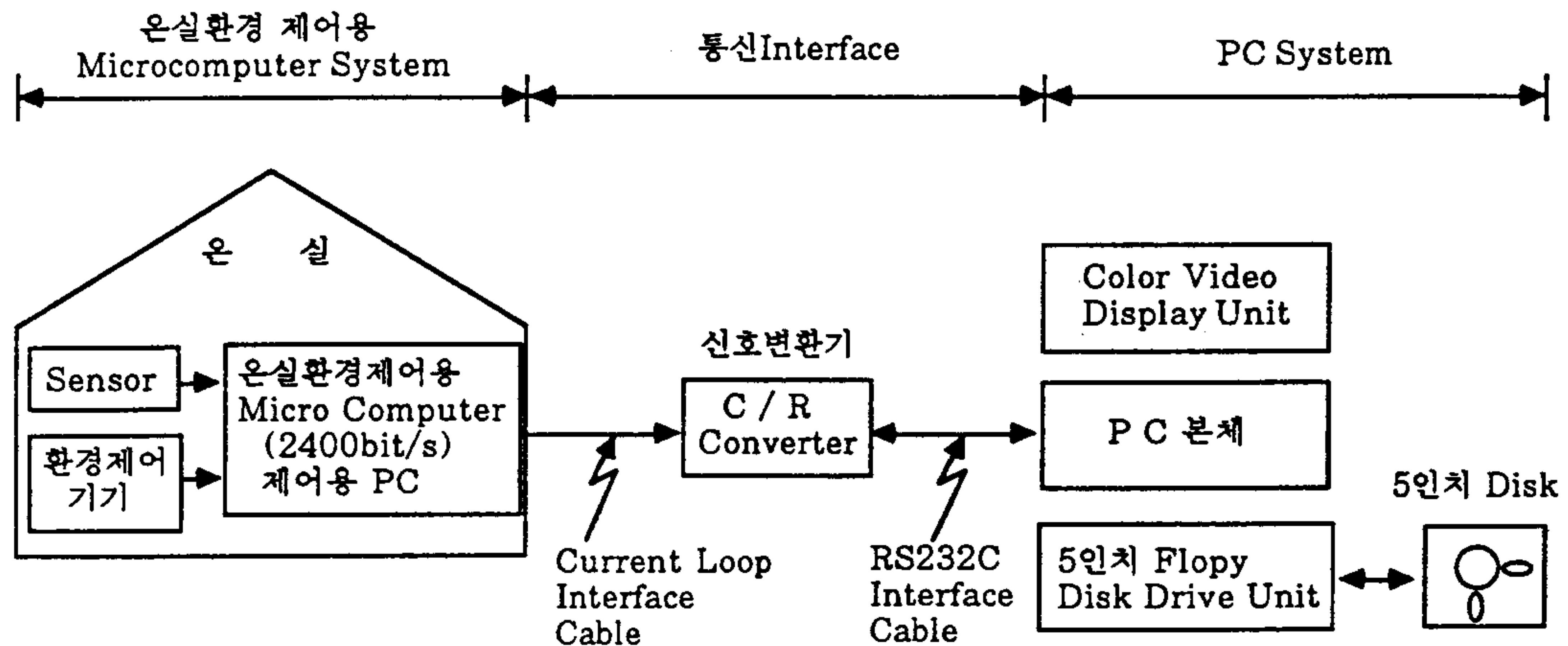
(6) 양액 재배제어. 관수제어

최근 양액 재배가 주목되어 환경제어장치에 양액재배제어를 갖는 장치도 있다. 이 제어는 양액 공급(관수)과 양액조정의 기능으로 크게 나눌 수 있다. 양액공급장치는 재배 Bed의 양액의 공급장치로써 수정재배(NFT등)와 같이 양액을 순환시키는 Type로는 순환 Pump의 운전간격을 제어한다. 양액조정은 pH와 EC(전기전도도)의 센서로써 측정을 하여 산.알카리와 액비의 추가량 결정을 한다. 현재로는 양액 조성(N,P,K 등)을 안정되게 측정하는 Sensor가 없으므로 조성제어는 하지 않는다.

3. 원격조작과 Network

3.1 원격 조작

온실제어장치는 보통 온실내의 한 옆에 관리실이 있으나, 제어장치에 통신 기능이 있다면 생산자의 주거지에서 원격조작이 가능하다. 종래에는 경보신호에 의해 유선 혹은 무선으로 벨을 울리는 정도였다. PC가 저가격이 되고 경영개선을 목적으로 설치하는 추세에 있으며 온실의 원격 조작을 하는 예는 [그림 2.3.4]와 같다.



[그림 2.3.4] 온실 Computer와 PC 통신회로 접속 Hardware 구성도

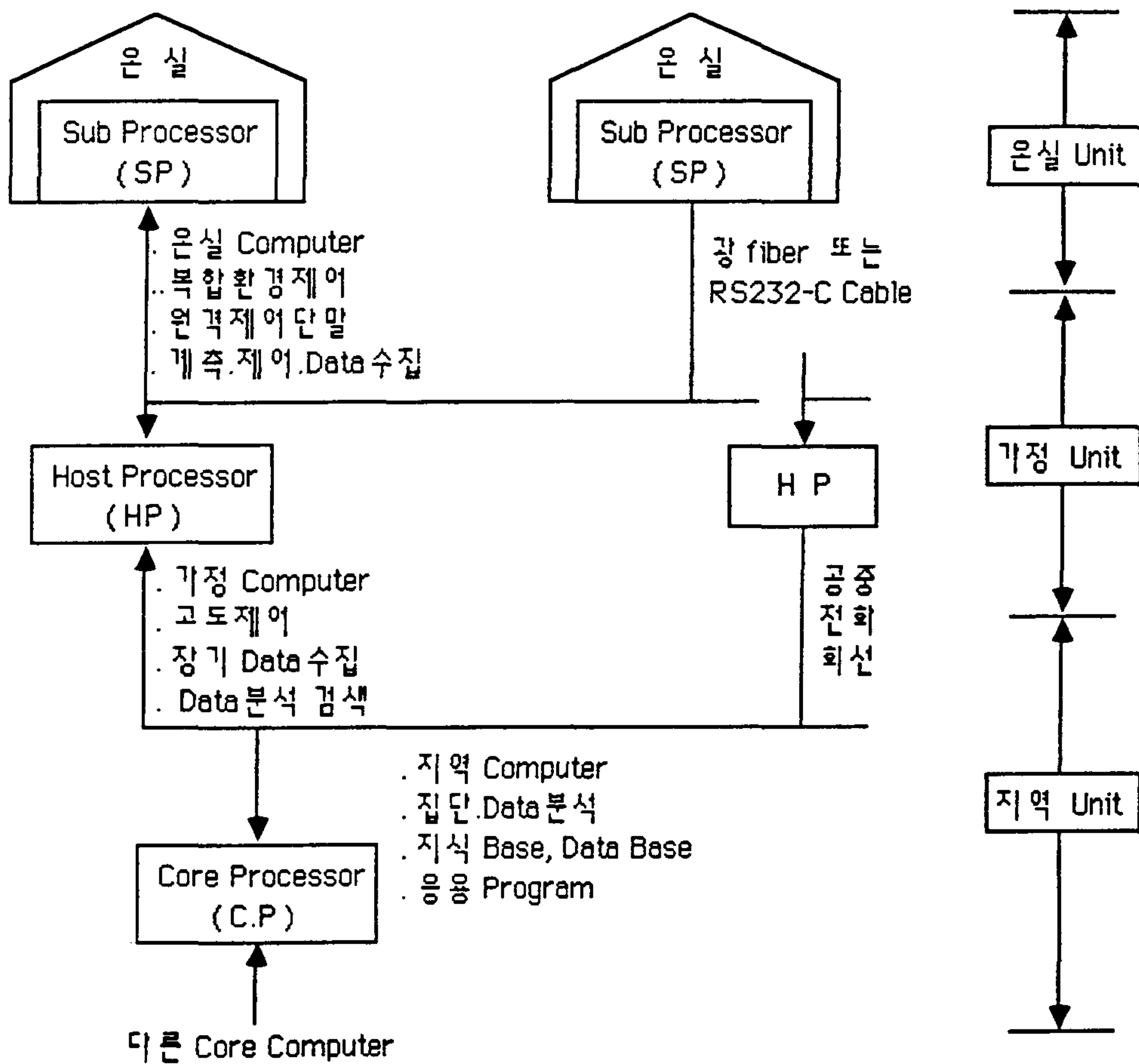
온실과 주거는 통신회선으로 연결된다. 이는 Current Loop라는 전기적인 Noise을 받아 전송하는 방법이다. 광 fiber의 이용은 더욱더 안정되고 고속전송방법이다.

신호변환기에 의해 RS232로 전송하며, 이 변환에 의해 PC와 연결이 가능하다. 온실과 주거를 직접 전선으로 연결 할 때에는 전화회선을 이용한다. 이 경우 MC 혹은 PC 와 전화회선에 접속되기 때문에 Modem이라는 신호변환기가 필요하다.

3.2 Network

많은 온실을 제어하는 경우 집중관리분산 배치형의 온실제어 장치가 있다. 이것의 Merit는 공통적인 기기를 하나로 합쳐 제어할 수 있는 것이다. 즉 외부기상관측기기를 1대 설치하여 분산 배치된 제어장치에 정보(일사량,외기온 등 계측치)를 보내므로써 장치의 중복성을 간략화 할 수 있다. 단, 각 제어장치간의 통신기능(hardware와 software)이 필요하고 가장 간단한 Network가 구축된다. 다동을 제어할 때는 장치의 간략화 뿐만 아니라 처리를 분산시키므로 제어장치 전체의 software의 질을 향상시키는 것이 된다.

앞으로의 온실제어장치는 환경계측치와 제어데이터만이 아니라 재배관리의 정보,시황 기타 대량의 Data를 얻는 것이 예상된다. 이 때문에 더욱더 계층화,분산화된 시스템이 필요하게 되고 [그림 2.3.5]과 같이 지역까지 확장된 Network system의 예가 제안되고 있다.



[그림 2.3..5] 분산형 Computer Network에 의한 온실 관리 시스템의 개념도

온실 관리동, 주거지역의 각각의 Computer가 통신회선(전화회선)으로 연결된다. 이때에 정보 교환을 하는 것 Data통신의 규칙에서 Protocall이라 한다. 이 규칙이 Network에 일치되지 않으면 자료통신이 불가능하다. 농업분야에서의 본격적인 Data통신은 아직 하고 있지는 않지만 목적에 맞는 Network System의 구축은 그리 어려운 일이 아니다.

4 .환경제어전용 Micro Computer의 기종

현재 일본에서 생산되어 활용 중에 있는 환경 제어 전용 Microcomputer의 기종과 특징은 다음 <표 2.3.2>와 같다

<표 2.3.2> 환경제어전용 Micro Computer의 기종별 특징 (*일본 제품)

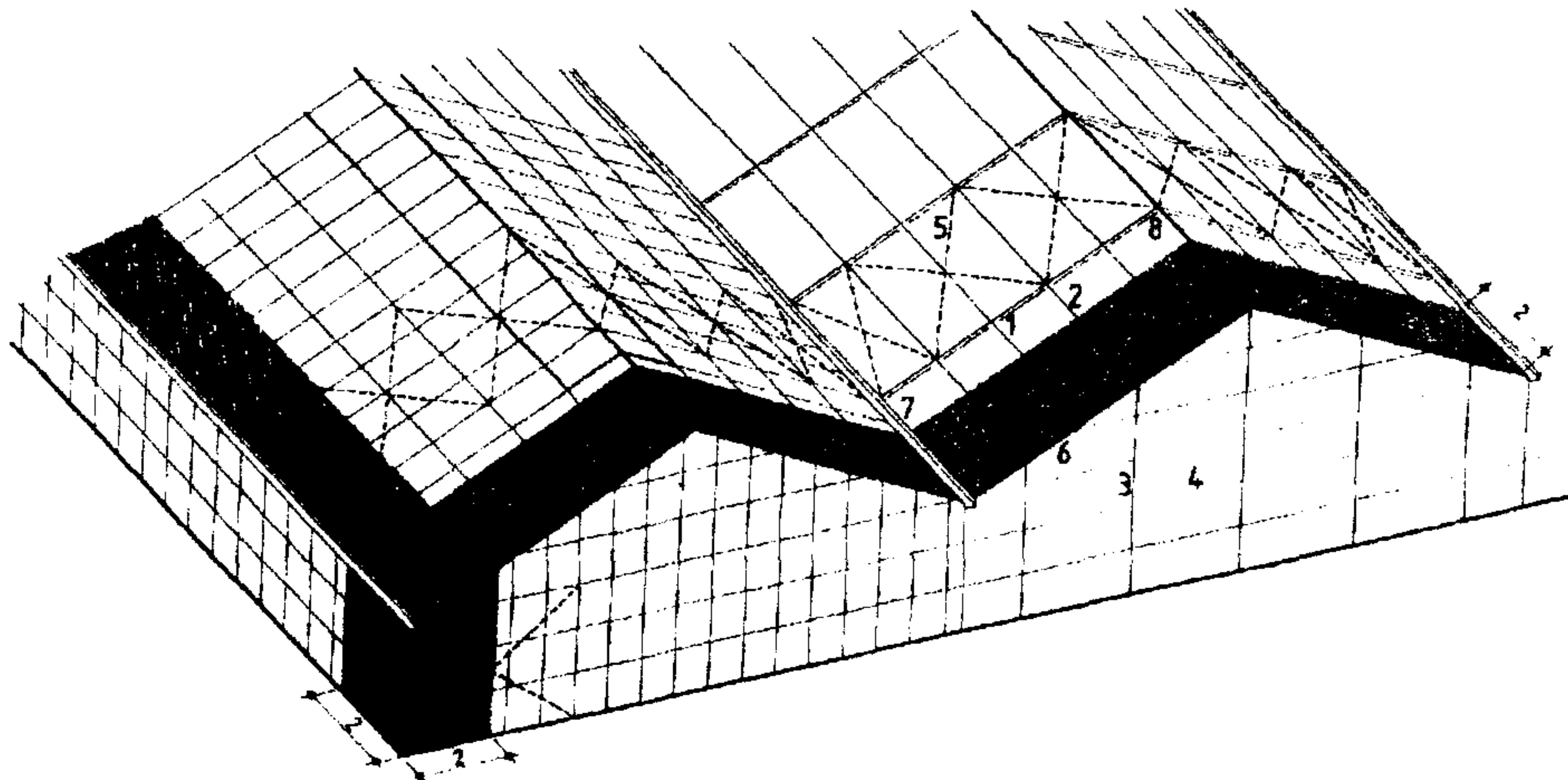
Maker	제어기기	제어센서	조작 패널과 특징	경보장치의종류 및 기타.
Ohmnon (3W7A4)	- 커텐 - 탄산가스 - 천창 측창의 개폐	- 일사 - 온도, 습도 - 탄산가스 - pH	- CRT Display로상태표시 - 숫자키와 기능키 - 총적산 일사량의 표시 - 정상,고장발생,전지교환 램프 작동	- 정전 - 배터리 이상, - CPU이상 시스템 램프
山武 하니웰 (W8060A)	- 천창 - 난방기 - 커텐 - 지중열교환 팬 - 탄산가스 발생장치	- 일사계(1) - 온도(내 2, 외 1) - 천창개도 검출기 (2) - 강우 검출기 (1)	- Function Key - 숫자키와 기능 선택 키 - 자동 수동 전환 스위치	- 온실 센서 단선 - 커텐 이상 - 실온 상하한 경보 및 정전등 8종류
일본 시스템 프로젝트 (NS-101 A)	- 천정 - 커텐 - 난방기 - 쏘라시스템 - 탄산 가스 시비 - 관수 - 차광	- 일사계(1) - 온도(내 2, 외 1) - 천창개도 검출기 (2) - 강우 검출기 (1)	- 기호 수치 표시 - Data의 종류 램프 표시 - 생육 패턴 표시 - 숫자키 와 기능 선택키	- 저온도 이상 - 고온도 이상 - 센서 이상
다이아 도비 농예 (로스노 -24)	- 난방기 - 환기장치 - 커텐 - 탄산 가스 시비 - 지중열교환 팬	- 일사계 (1) - 온도 (2) - 풍 (2)	- 각 계측치의 표시 - 자동 수동 전환 스위치 - 기기 설정 다이알 (커텐 개폐, 탄산 가스 시용, 저온 경보, 환기창)	실온이상저하
横河北辰電氣 (YEWMAC SYSTEM)	- 공업용 범용제어 Computer를 사용하므로 거의 모든 기기 제어 가능 .	- pH, EC - 풍향,풍속,일사,강우, 온-습도 - 기타 각종 센서	- PC의 키보드 - CRT Display 표시 문자와 도형의로 정보제공 - 아나로그 기록계로 데이터기록 - 장기의 환경 변화 표시	- 원격 제어 - 원격 모니터 - 음성 경보
E.S.T (Green Micon 8)	- 천창 - 측창 - 커텐 - 난방기 - 환기팬 - 탄산가스시용기	- 온도 (실내외1) - 실내 습구 온도 - 일사계 - 강우 (1) - 강풍 (2)	- 키 입력 장치 - 숫자표시 장치 - Micon 동작상태 표시 - 제어 내용 표시	
富士電氣 (FALIC-10)	- 천창 - 측창 - 커텐 - 난방기 - 환기팬 - 탄산가스시용기	- 온도 (내외 기온 습구 온도 각 1) - 탄산가스 농도 - 일사계 - 풍속	- 키 입력 장치 - 숫자, 영자, 가다가나 표시 장치 - 자동 수동 전환 스위치	
大仙 (MV·SV·Controler)	- 천창, 살수 - 커텐 - 교반팬, 환풍팬 - 냉난방기 - 제습기	- 온도 (실내 2, 외기 1) - 강우 - 강풍 - 일사량	- 개개의 설정치 - 계측기에 대응 숫자표시 - 설정치 변경은 숫자표시에 있는 스위치로 변경 - 키 입력 장치는 없음	
三基 計裝 (Greenpia II)	- 천창, 커텐 - 교반팬, 난방기 - 탄산가스 시용기 - 측창, 살수기 - 제습기, 가습기	- 온도 (실내 2, 외기 1) - 일사량, 토양수분 - 천창 (2) - 습도,강우,풍속,풍향 강풍	- 키 입력, 숫자표시 장치 - 온실 그림과 설정치 표시 그래프에 램프에 따라 기기의 동작 상태와 설정 항목, 계측치를 표시	

제 3 장 시험용 온실의 설계

제 1 절 시험용 온실설계의 개요

1. 온실형 계획

온실의 구조는 각종 작물의 특성에 따라 최적환경을 실현할 수 있는 여러 형태의 표준온실이 지속적으로 연구개발되어 왔다. 유리온실의 가장 큰 장점은 농가가 시장 조건의 변동에 따라 재배 작물을 그때 그때 손쉽게 바꿀 수 있기 때문이며, 외적 기후환경에 대처하여 연중 무휴 생산이 가능하다. 지금까지 온실의 구조는 크게 두 가지로 하나는 장스판형 온실과 베로형온실로 다음과 같다.



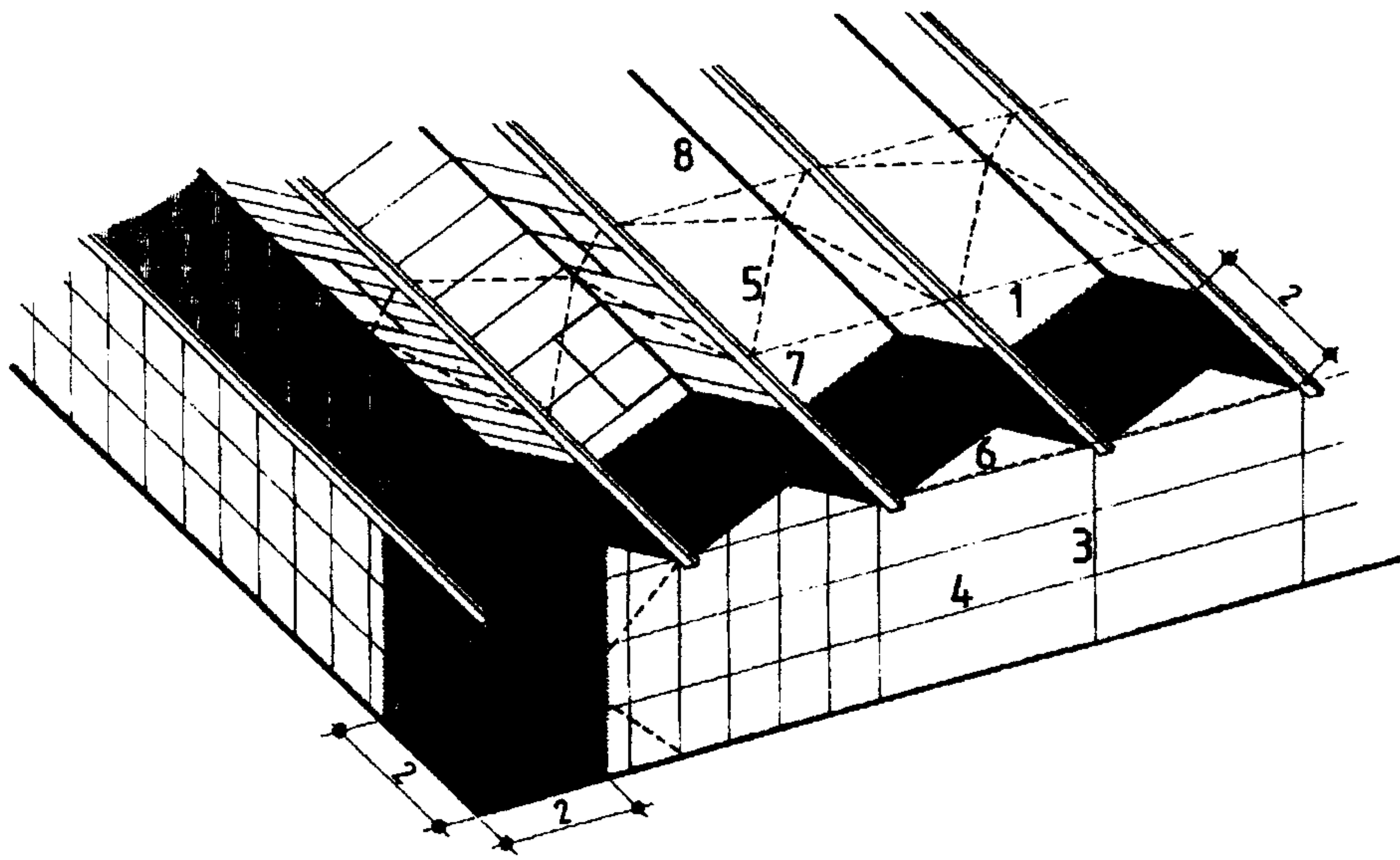
[그림 3.1.1] Wide Span형 Greenhouse

장 스펀형(Fig. 3.1)의 특징은 홈통에서 용마루까지 여러장의 유리로 겹쳐서 피복하는 것과 지붕전체길이에 연속된 한개의 천창이 있는 것으로 다음과 같은 장단점을 갖고 있다.

- 온실의 주기동 숫자가 적어 기계화와 자동화가 가능하고,
- 온실내 작물상부에 공간이 있어 기후조절이 용이하며,
- 온실의 환기능력이 커서 하절기 냉방부하를 줄일 수 있다.

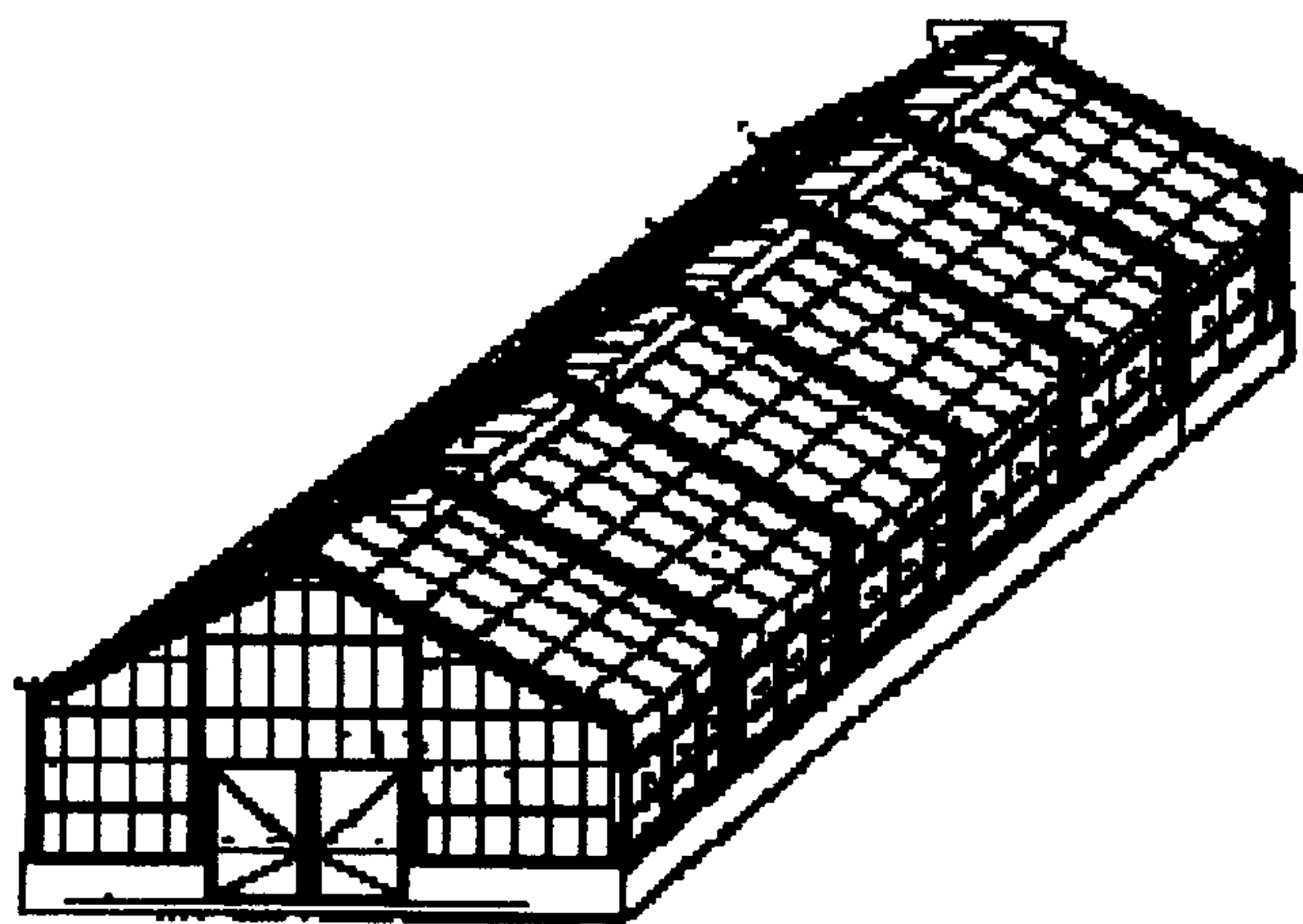
또한 단점으로는 많은 자재의 사용과 시공상의 복잡성으로 인하여 시공비가 비싸며 주로 관상용 꽃이나 분화에 적합하다.

벤로형 온실(Fig. 3.2)은 유리판 바에 끼우고 피복용 바와 유리판은 지지거터의 상부에 삼각트러스의 원리에 따라 상호 지지된다. 네델란드에서 표준화된 지붕 폭은 3.2m로 대개의 경우에는 두 쪽의 지붕이 온실 폭이 6.4m가 되도록 격자도리로 연결된다. 지붕 표면에는 길이가 1.65m인 한장의 유리판이 놓인다. 벤로형 온실은 최근에 4m 지붕으로 변경되어 결과적으로 8m 길이의 격자도리를 갖도록 변화하고 있다. 벤로형 온실은 1950년대 화란의 원예지역인 Westland 지역에 도입되었으며, 그이후에 급속하게 확산되었다. 화란의 경우 90%가 벤로 타입이며 그 특징으로는 시공비가 15-30% 가량 장스판 보다 저렴하고 기둥 높이의 조절이 가능하며, 특히 태양투과율이 높아 1%의 광 투과율이 높을 경우 수확이 1% 증가하게 된다.



[그림 3.1.2] Venlo형 Greenhouse

이상과 같이 유리온실로서 주종을 이루고 있는 Wide span형과 Venlo형의 장단점을 살펴보았으며 본 연구에서 시험용 온실은 전자인 Wide Span형으로 설계하였다. Venlo형 온실은 하절기나 동절기에 거의 상온이며 하절기에도 식물의 성장발육에 영향을 미치지않는 해양성 기후대에 적합한 시스템으로 보고되고 있어 우리나라 처럼 동절기와 하절기의 극한 온도에 따른 실내기후 조절의 용이성을 우선적으로 고려하여 계획하였다.



[그림 3.1.3] 시험용 온실설계 모형도

2. 에너지시스템 개요

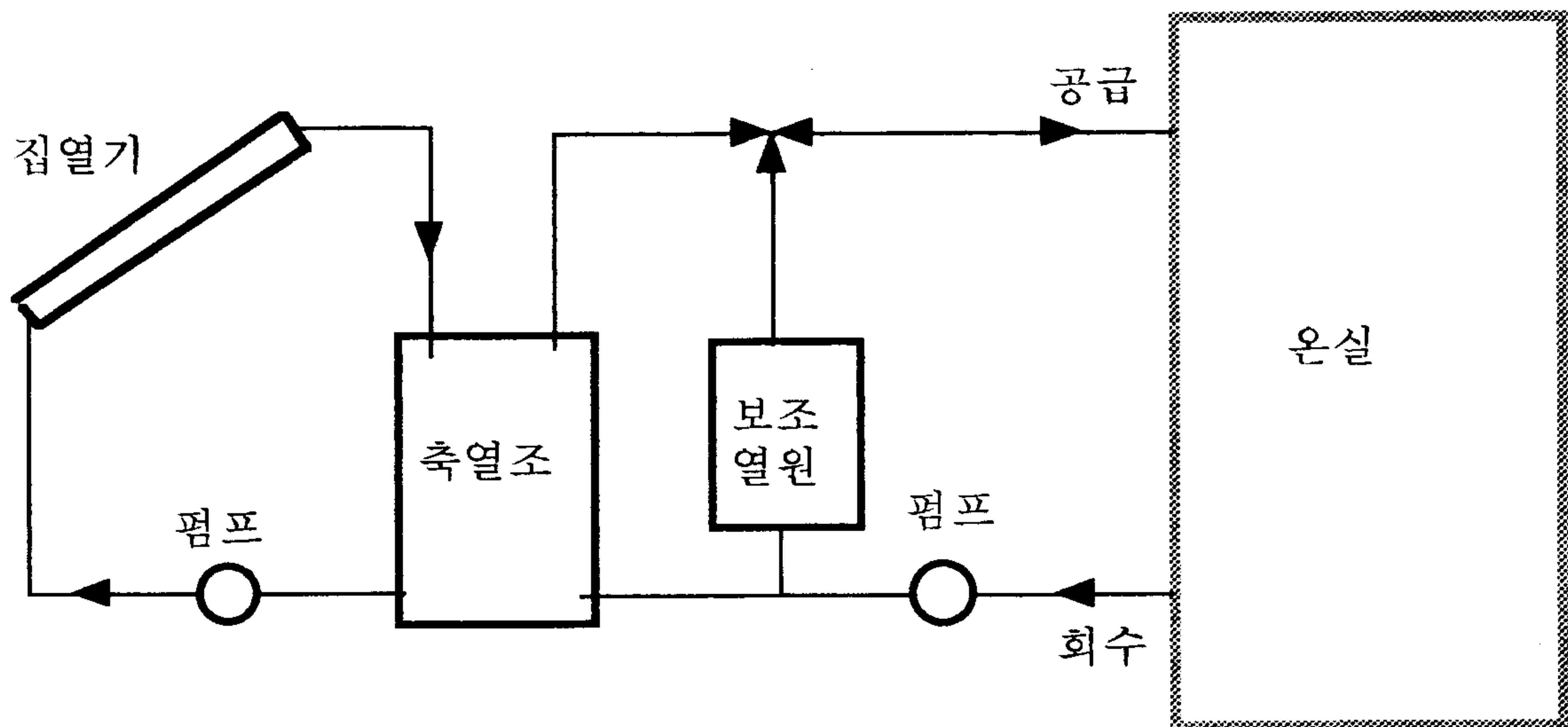
우리나라의 경우 유리온실에 의한 영농의 성패는 여부는 온실에서 소비하는 에너지에 달려있다고 볼 수 있다. 화란의 경우 해양성 기후로 인해 하절기 냉방부하는 거의 무시되고 있으며 동절기동안 난방에너지로 연간 40억 m^3 의 가스를 소비하고 있다. 따라서 화란에서의 에너지 절약은 사용자의 비용측면과 정치, 사회적 관점에서 고려되어야 할 우선 순위로 보고있다. 고품질 다수확을 얻기 위해서는 미래에 있어서도 다량의 에너지가 투입될 것이므로 지속적인 에너지 절약시스템이 효율적으로 이루어져야만 농산품의 대외 가격 경쟁력을 높일 수 있을 것이다. 재래식 온실과 다른 점은 실내기후 즉 온도, 습도, 이산화탄소의 농도, 일사조절 등이 컴퓨터에 의해 자동조절 되는 것이 특징이다.

에너지절약의 방법으로 보온커튼, 유리의 2중설치 등이 적용되고 있으며 난방시스템에있어 배관방식을 작물보다 상부에서 하부로 이동시키면 약 25%정도의 에너지절약을 기할수 있다고 보고된 바 있다. 또한 하부에 배관을 설치할 경우 배관을 운송수단의 레일로도 사용할 수 있다. 최근 대단위온실규모에 열병합시스템을 적용하여 난방 열공급은 물론 온실내 인공조명에 전기를 공급기도 한다. 발전에서 발생하는 폐열은 난방에 전기는 조명 및 전력으로 이용하며 발생하는폐열의 수요와 공급의 시간차를 극복하기 위해 열을 저장할 수 있는 축열조도 고려하여야 한다.

2.1 난방 시스템

난방시스템에 있어 태양열, 지열수, 발전소나 공장의 폐열등을 고려할 수 있으나 현실적으로 적용이 가능한 시스템을 선정하는 것이 중요하다. 온실에 있어서 태양에너지나 지열수는 매우 유용한 에너지원으로 이용되고 있으며 특히 태양열 이용 시스템은 온실 그 자체가 태양열을 이용하고있는 것이 특성이나 이연구에서는 Greenhouse

Effect 외에 태양열을 모으는 집열기 및 축열조와 모아진 에너지를 효율적으로 사용할 수 있는 시스템을 설정하는 것이 중요 과제라고 볼 수 있다. 심층 지열수의 경우도 온실에서 사용은 매우 유용하다고 보고되고 있으나 이 연구의 시험 대상에서는 제외되었다. 따라서 동절기의 흐린날이나 야간에 축열된 태양열을 이용하여 식물생장에 영향을 미치지 않는 범위의 온도를 유지하는 조건에서 설계되어야 한다.

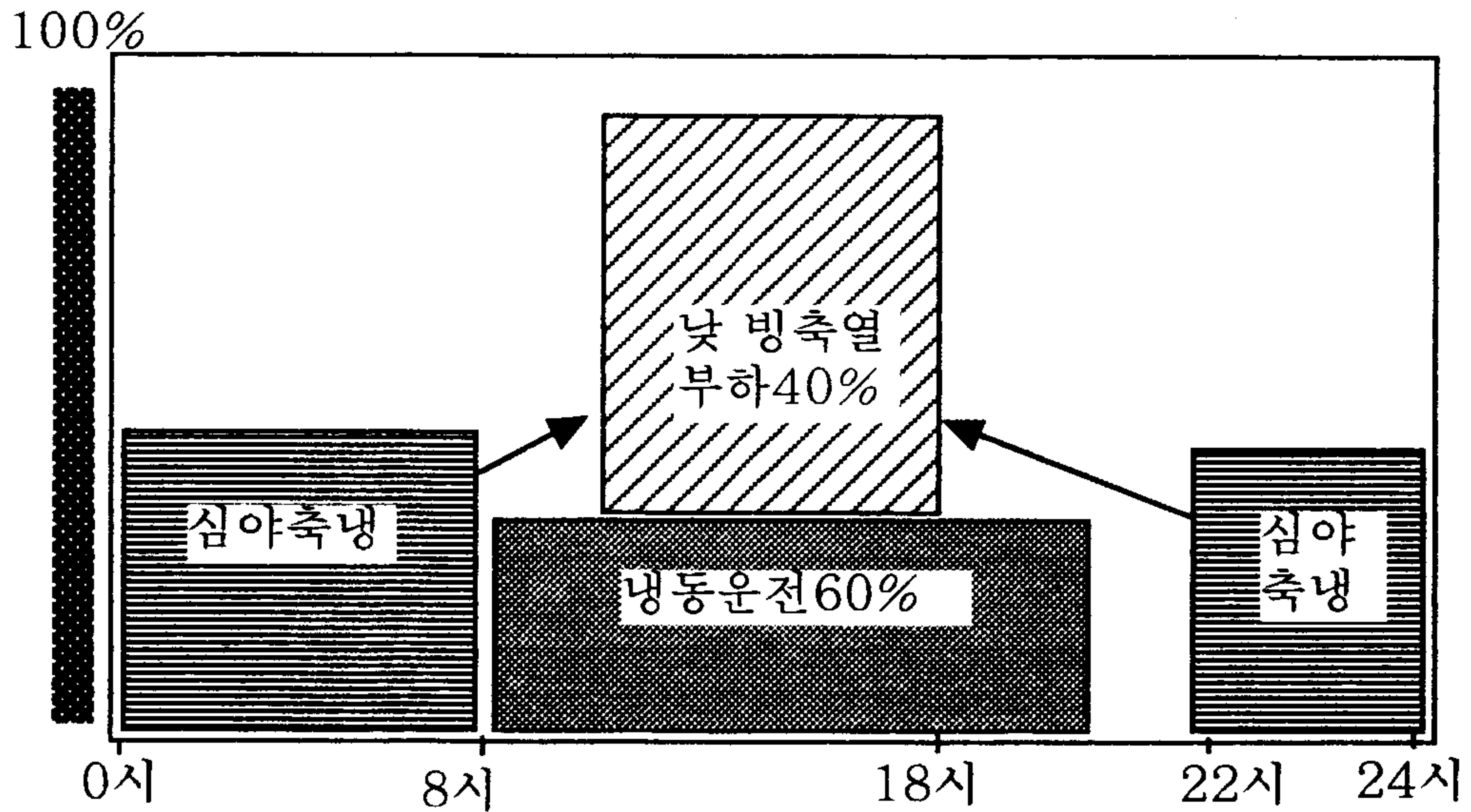


[그림 3.1.4] 태양열 이용시스템

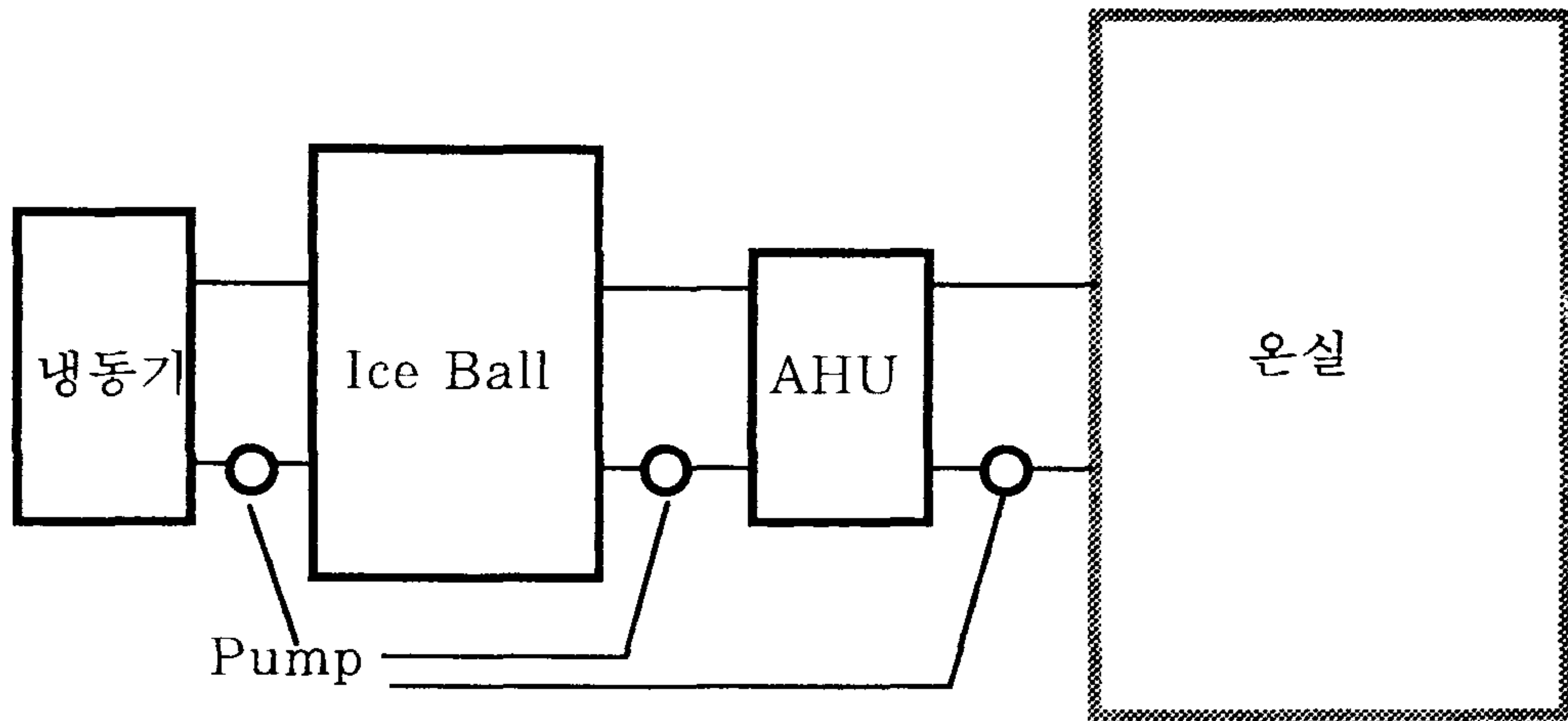
이 시험용 난방시스템은 태양열과 보조열원으로 농업용 전기에 의한 수축열 또는 PCM잠열조를 계획하였다.

2.2 냉방시스템

하절기 냉방시스템은 온실의 특성상 냉방부하가 일반 건물에 비해 높기 때문에 쾌적환경 상태를 유지할 경우 냉방기기의 용량은 커져 비 경제적일 수 밖에 없을 것이다. 따라서 이 시험용 온실에서는 식물의 생육환경의 한계온도를 유지할 수 있다면 설비용량은 상당히 축소할 수 있을것으로 예상된다. 따라서 냉동기 및 AHU와 빙축열조를 두어 하절기 낮동안 Peak부하를 줄일수 있도록 계획하였다. 즉 야간에는 하절기 하 루중 최저



[그림 3-5] 빙축열 시스템의 운전계획도



[그림 3-6] 냉방시스템 구성도

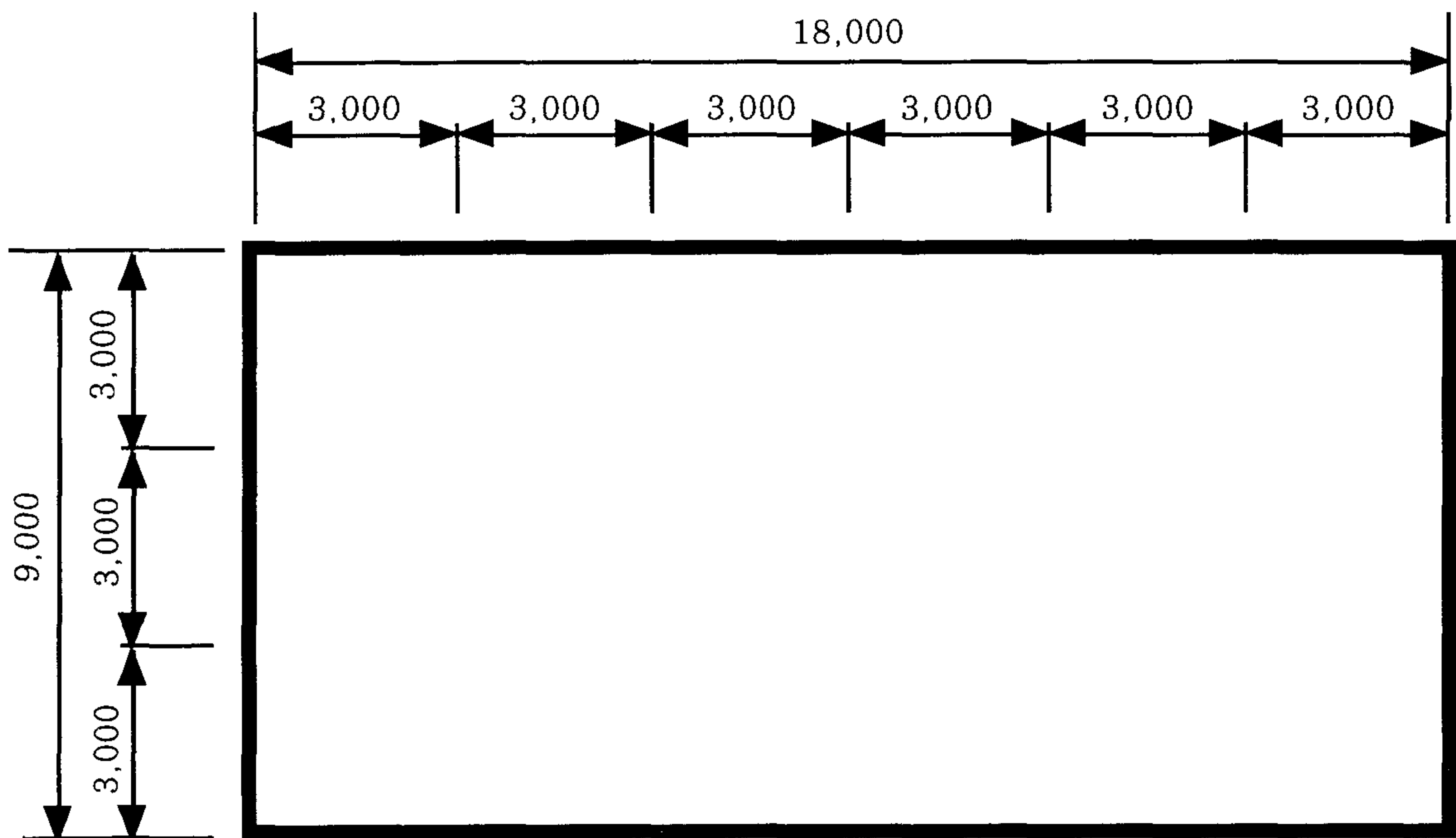
냉방부하대 시간으로 냉방이 거의 필요 없게 되어 심야시간대에 냉동기를 운전하여 축냉하였다가 주간 냉방피크시 축냉조와 냉동기를 동시에 운용함으로써 냉동기용량을 줄일수 있을 뿐만 아니라 전력사정을 감안하여 잉여전력을 사용함으로써 국가 전력 기저부하 저감에도 일조하게될 것이다.

제 2절 온실의 기본 계획

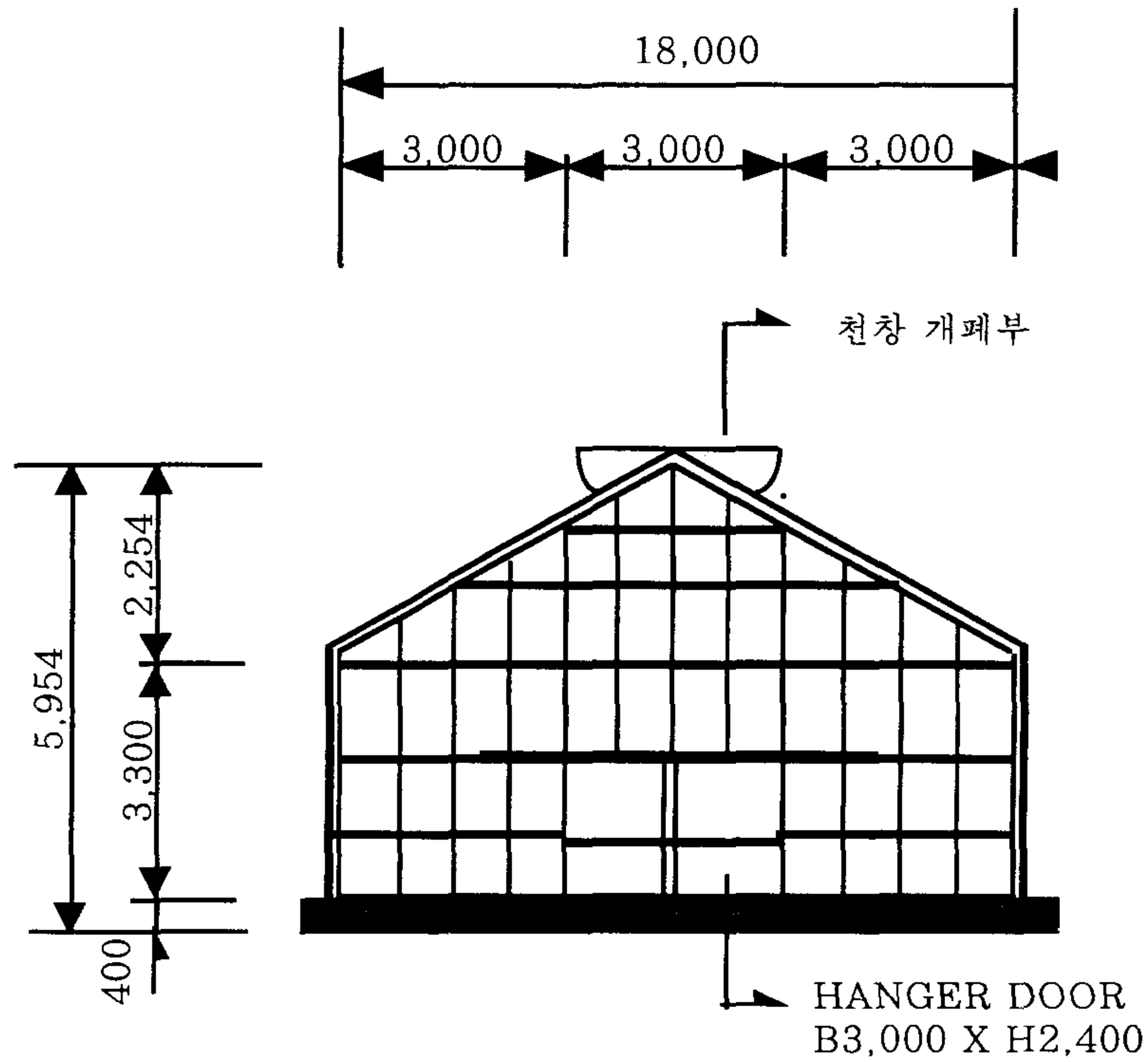
1 건축 공사

1.1 기초 공사

철근 콘크리트 구조로 설계 되었으며, 온실의 크기는 [그림 3.2.1]과 같이 9m x 18m이며, 온실의 형태는 양지붕식으로 [그림 3.2.2]와 같다.



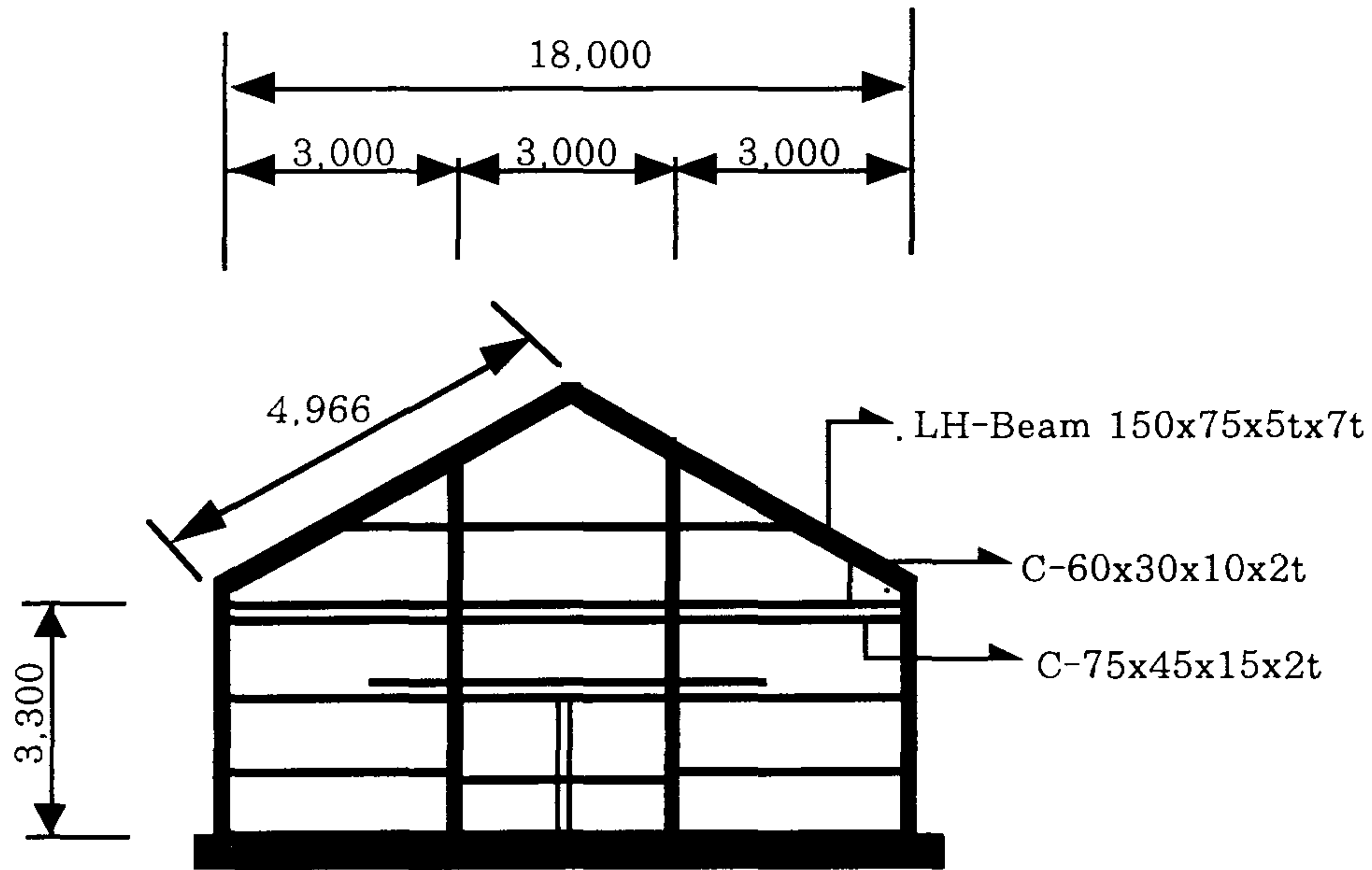
[그림 3. 2. 1] 평면도



[그림 3. 2. 2] 정면도

1.2 철골공사

철골 공사는 철재의 부식을 방지하기 위하여 아연 도금 처리 하였으며, 주철골은 H 형강(LH-Beam 150x75x7x7t)으로 3m간격으로 설계 되었고, 중도리 철골은 C 형강(C-75x45x15x2t)와 C 형강(C-60x30x10x2t)로 설계 되었으며, [그림 3.2.3]과 같다.



[그림3.2.3] 철골도

1.3 창호공사

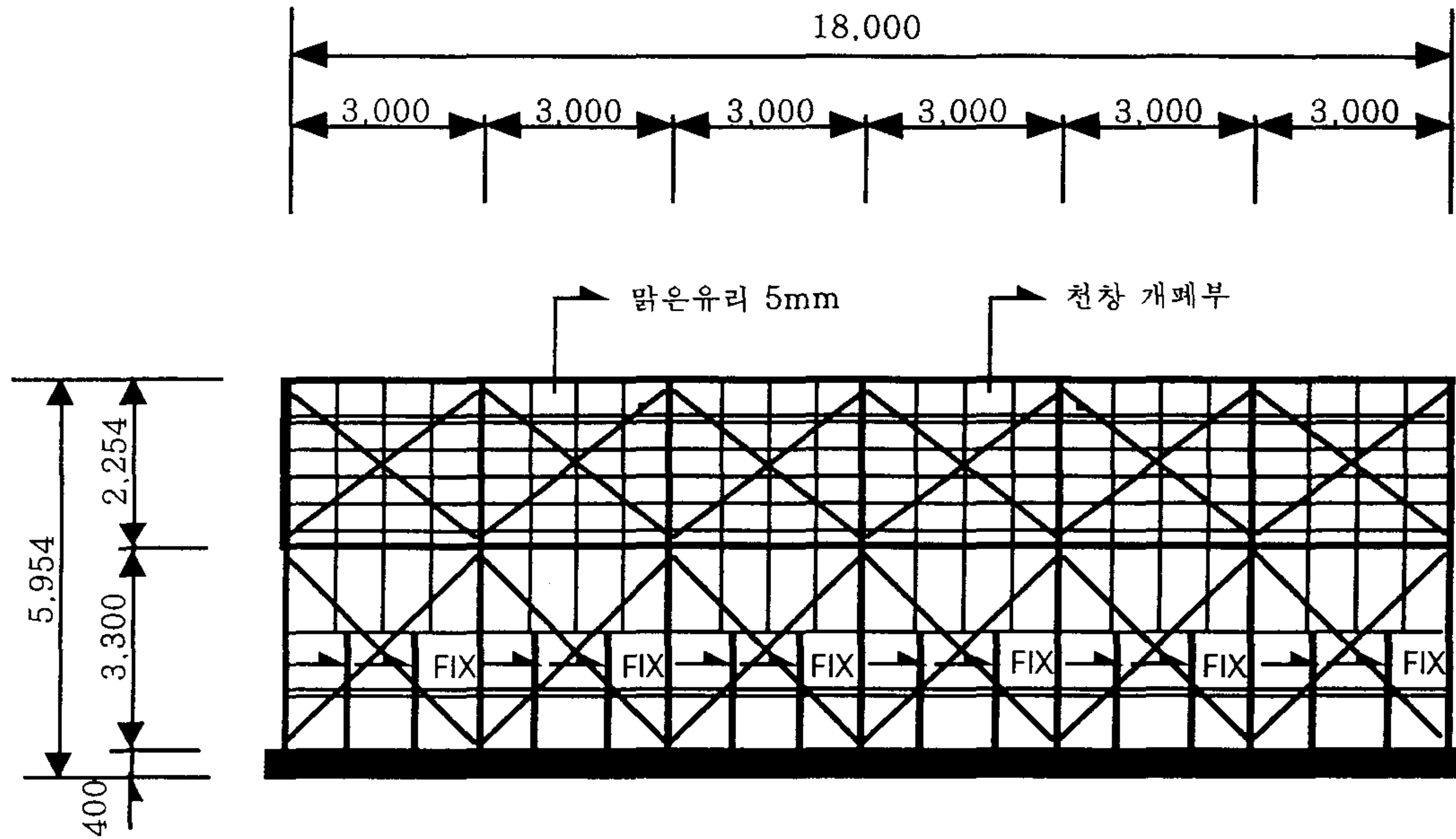
창틀은 여러 형태의 알루미늄 바로 설계 되었으며, 천창은 지붕의 가장 높은곳에 설치하여 환기가 잘 되도록 하였으며, 온실의 중앙에 감속기가 부착 되어 있는 1/4마력 개폐기 2대를 설치 하였다.

측창은 1/4마력 개폐기 2대를 온실의 측면에 [그림 3.2.4]와 같이 설치 하였고, 유리는 KS L 2001 A급 투명 원예용 판유리 5mm로 설계 되었다.

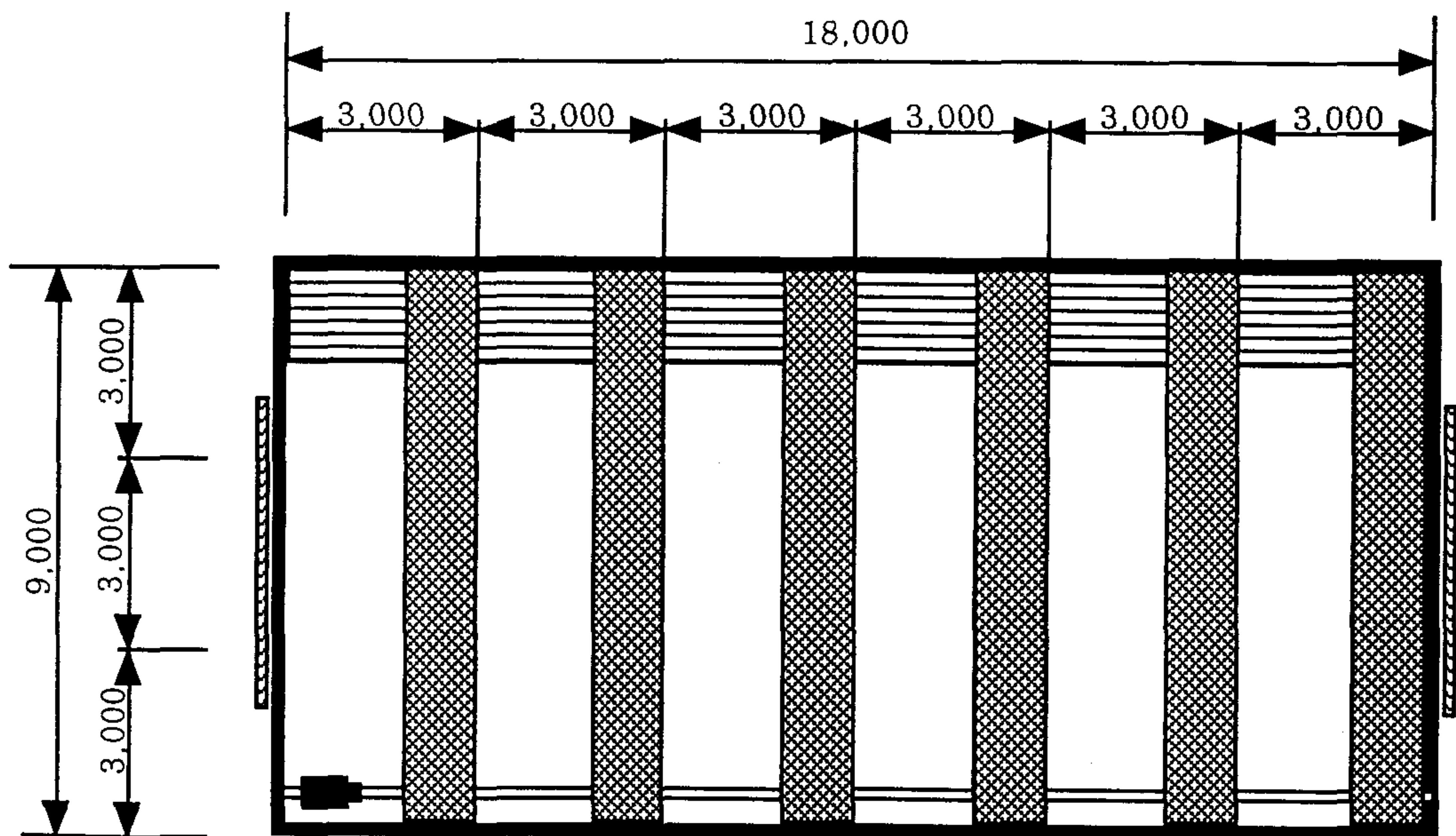
1.4 커튼 공사

커튼은 알루미늄 장착 스크린으로 설치하며, 주 커튼 개폐장치는 구동 모터에 의해 구동축이 회전하여 커튼을 견인 하도록 하였으며, 구동 모터는 1/2마력 으로 내습형의 감속 장치가 부착 되어있는 제품으로 [그림 3.2.5]와 같이 설치 하였으며, 처짐을 방지하기 위하여 지지로프를 설치하였다. 측면은 권취형 모터를 설치하여 상하 정지

구간을 자유롭게 할 수 있도록 하였으며, 개폐모터와 연결된 제어장치는 에폭시로 몰딩하고 방수 컨넥터로 연결하여 다습한 환경 제어 에서도 원활히 작동되도록 하였다.



[그림3.2.4] 측면도

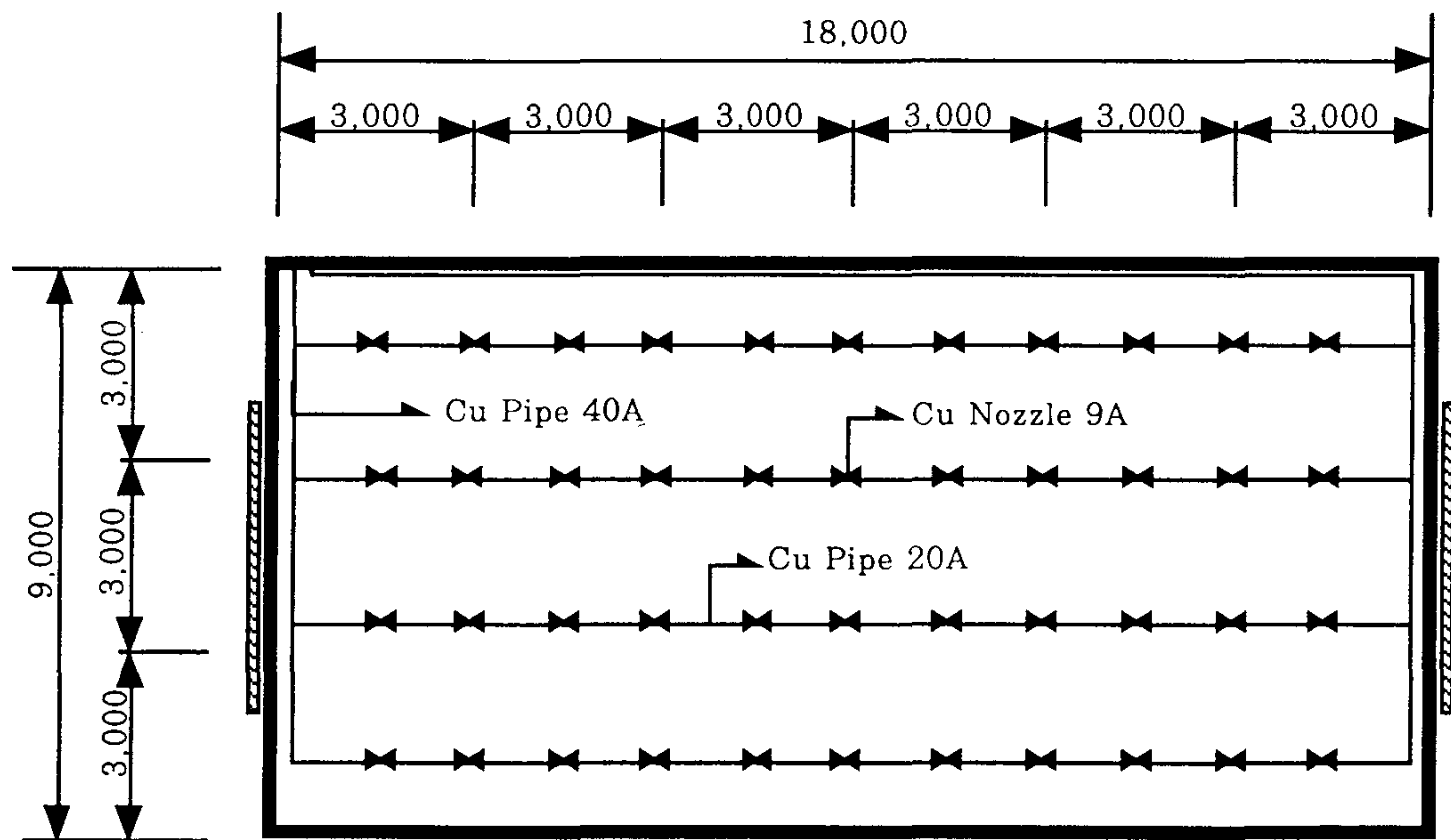


[그림3.2.5] 커튼 개폐 장치 평면도

1.5 관수 공사

관수 공사는 주 배관은 40mm , 지관은 20mm 스테인레스관으로 하였으며, 분무 장치의 노즐은 44개소를 설치 하고, 자동 제어는 전자밸브에 의하여 작동되도록 하였으며, 펌프는 1/2마력 1대를 설치하였다.

시스템의 배관도는 [그림 3.2.6]과 같다.



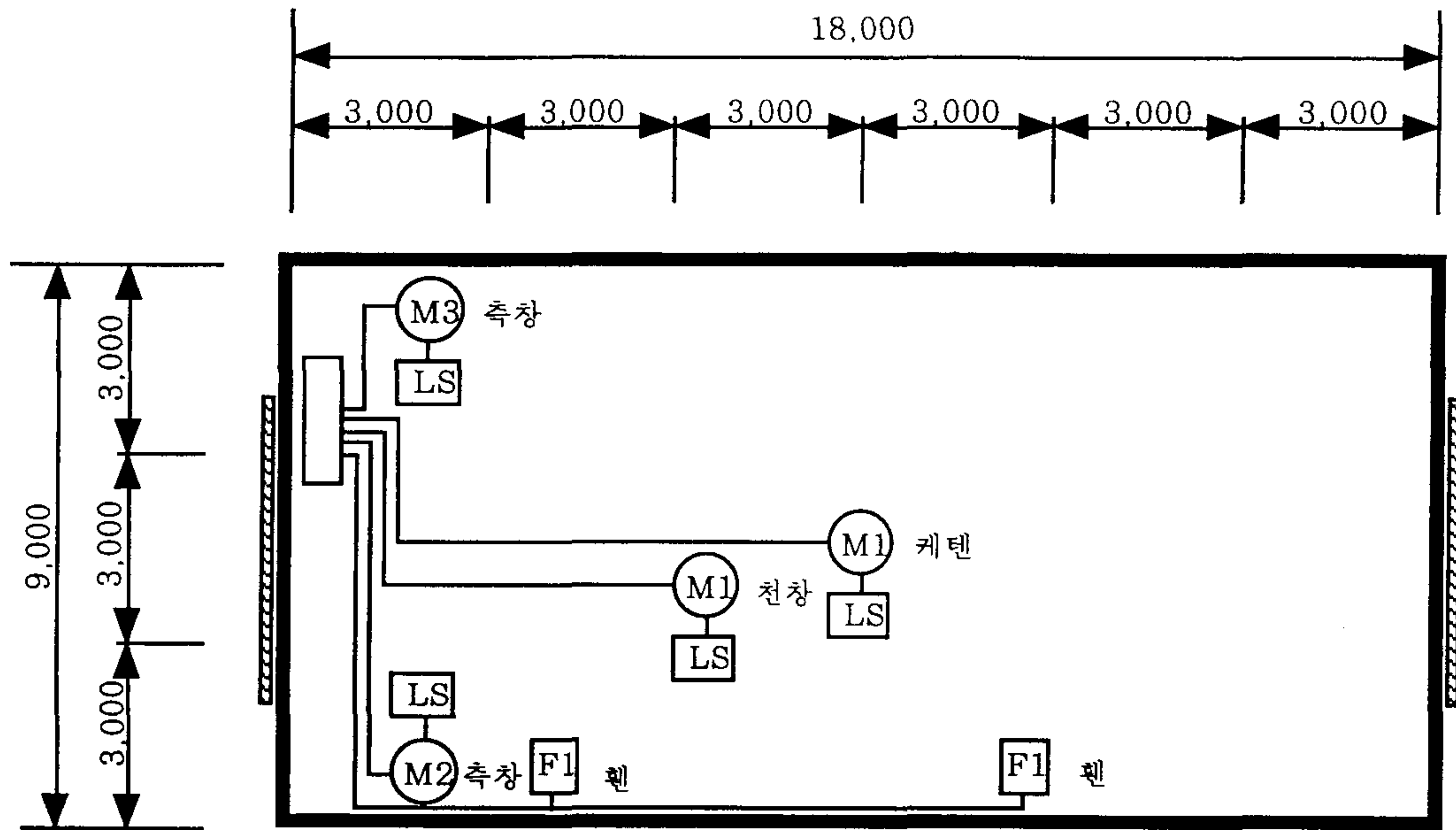
[그림3.2.6] MIST 배관 평면도

2 전기 및 자동제어 공사

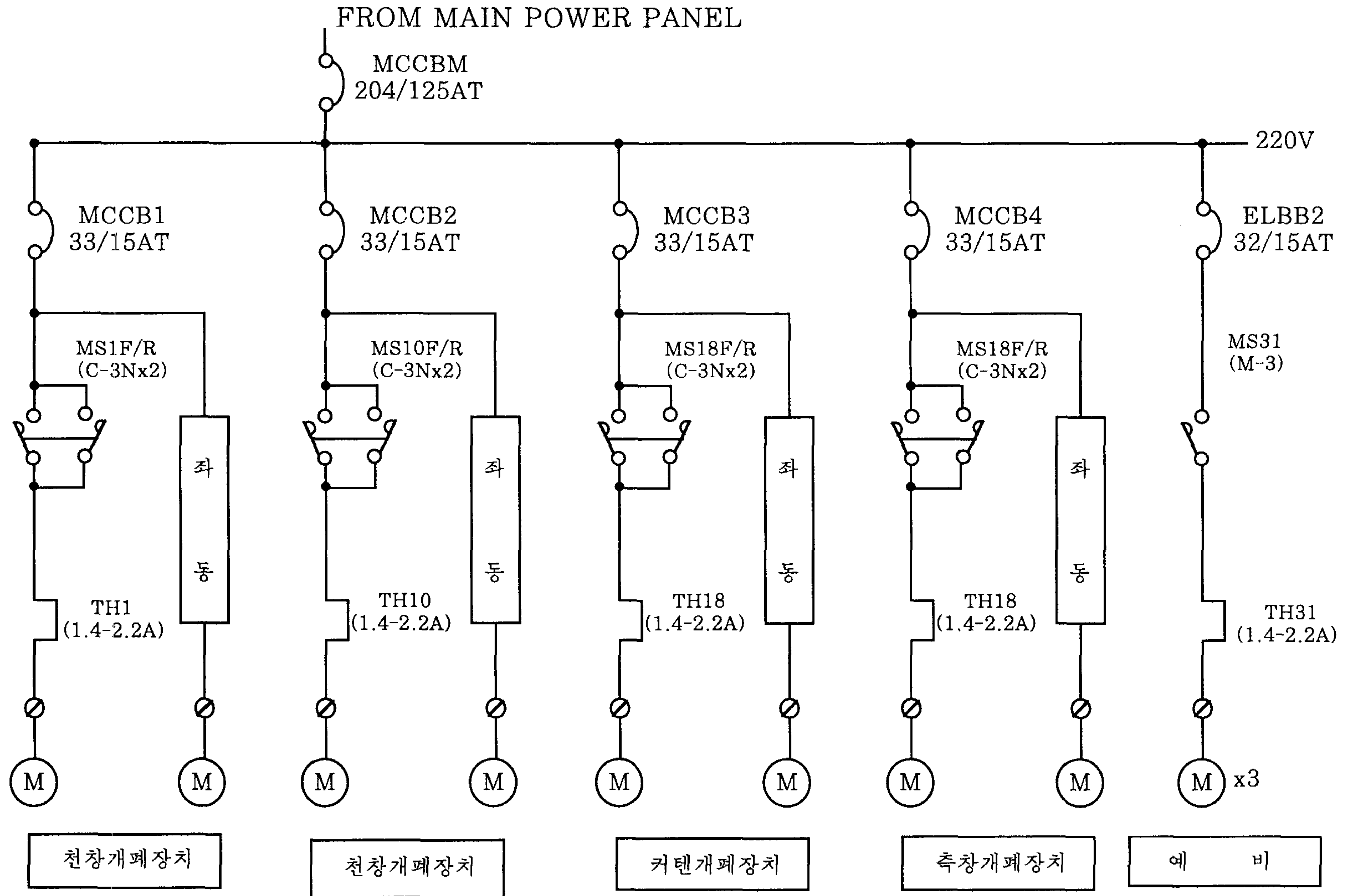
1.1 전기공사

전기공사는 기존 연구소내 변전실에서 온실 까지의 인입공사와 온실내의 전원공

급 공사로 구분된다. 인입공사는 전압 220V/3상 4선이며 전원 케이블은 CV 22SQx4C로 지중 인입토록 설계 되었으며, 온실내에는 [그림3.2.7]과 같이 동력분전함을 설치하여 각 기기로 전원이 공급되도록 하였다. 실내의 조명을 위하여투광기를 13개소 설치토록 하였으며, 동력제어반 결선도는 [그림3.2.8]과 같다.



(그림3.2.7) 자동화 전기 배선도



{그림3.2.8} 동력 제어반 결선도

1.2 자동 제어공사

온실의 자동제어는 컴퓨터 제어방식으로 온실제어반(Controller)을 통하여 각 감지기로 부터 받은 신호를 컴퓨터의 프로그램에 의하여 각 기기들이 [그림3.2.9]와 같이 제어되도록 하였으며, 각 기기의 구성품은 다음과 같다.

(1) 컴퓨터

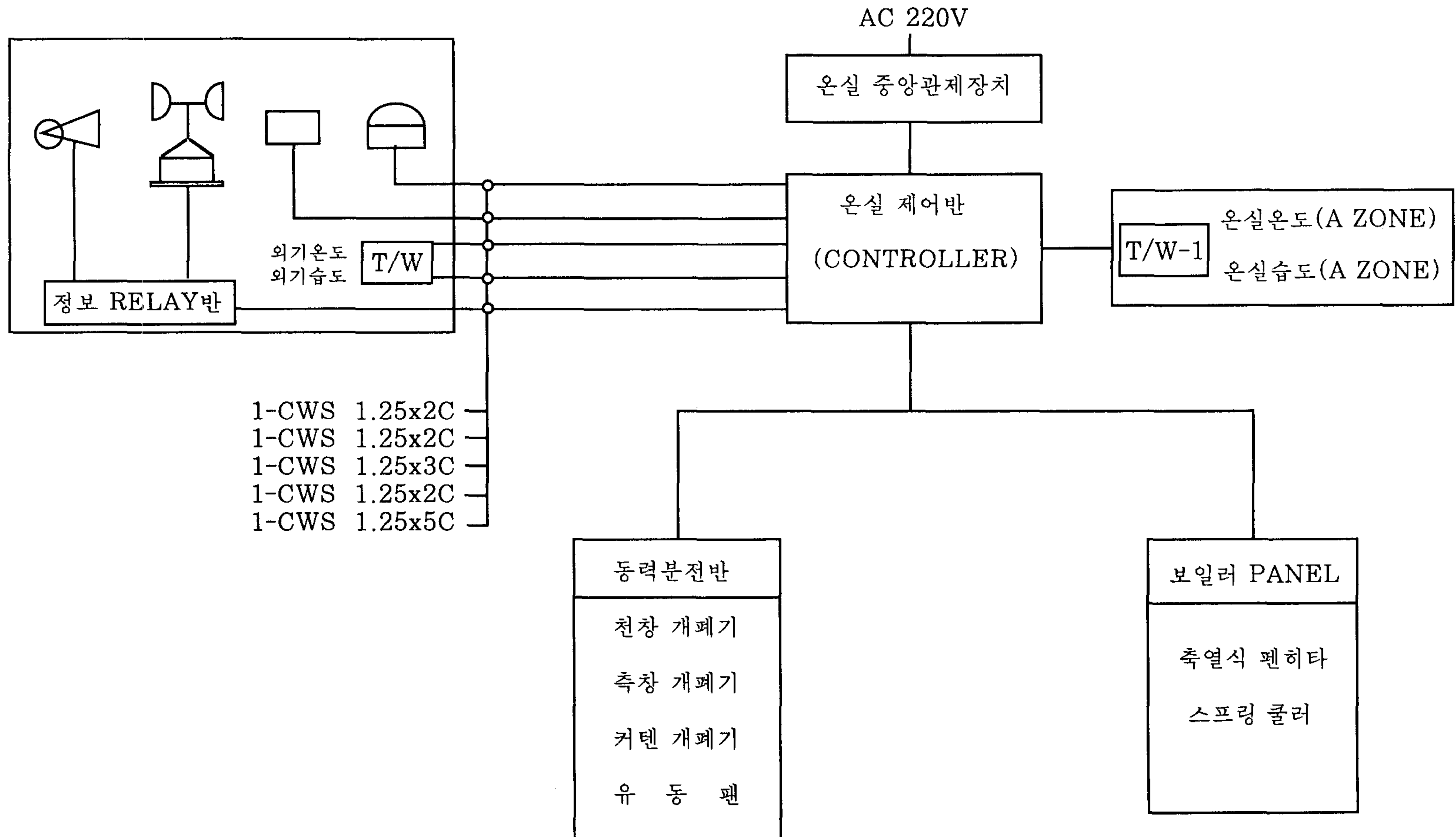
- IBM PC 호환의 486급
- KS 완성형 한글 및 영문
- 14" 칼라 모니터
- 레이저 프린터

(2) 온실제어반 : 자동제어 및 수동제어 가능(Process Module)

(3) 감지기

- 풍향계 : 1대
- 풍속계 : 1대
- 온도 감지기 : 2대
- 습도 감지기 : 2대
- 일사량계 : 1대

온실 자동제어 BLOCK DIAGRAM

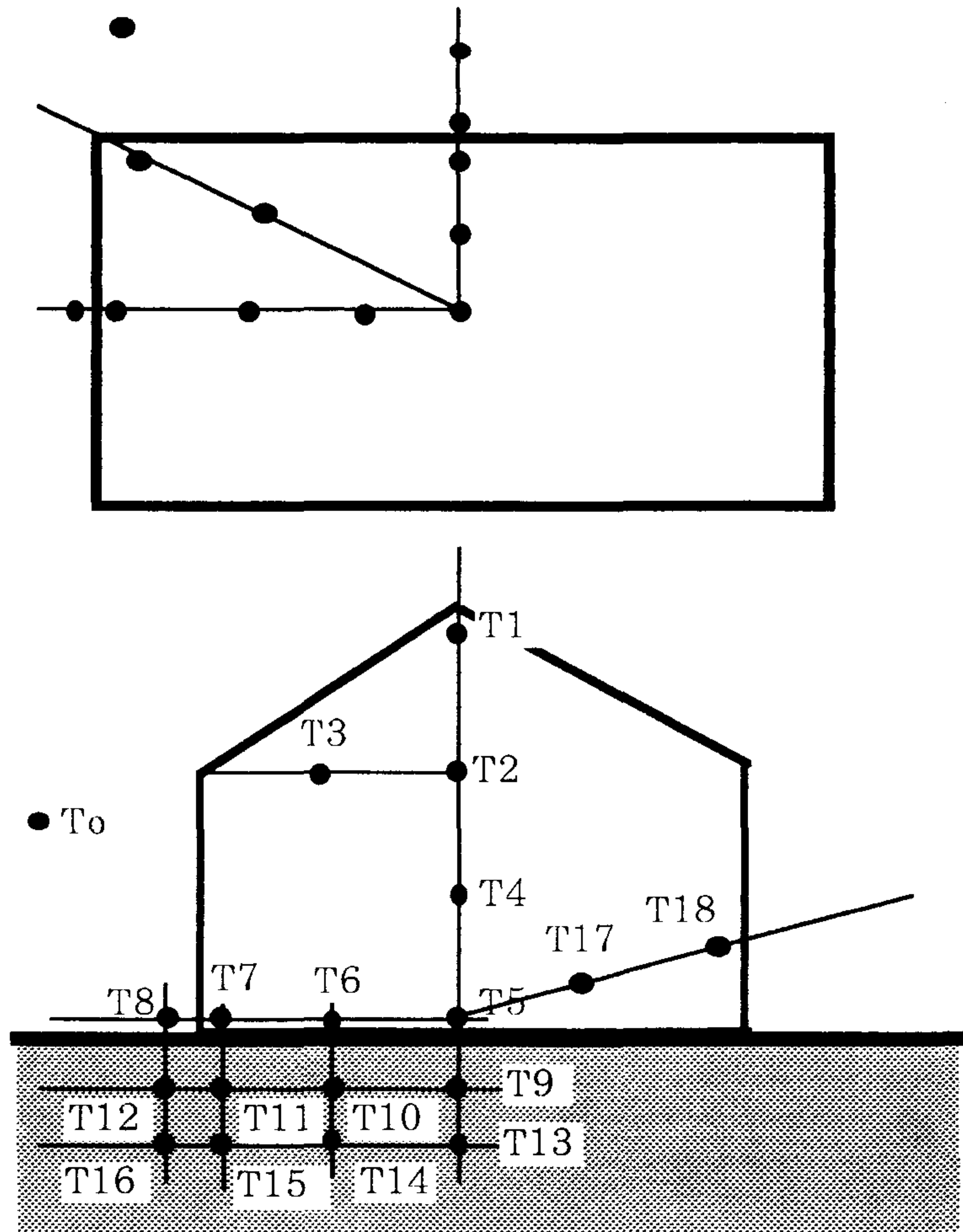


{그림3.2.9} 온실 자동제어도

제 3 절 온실의 기온측정도

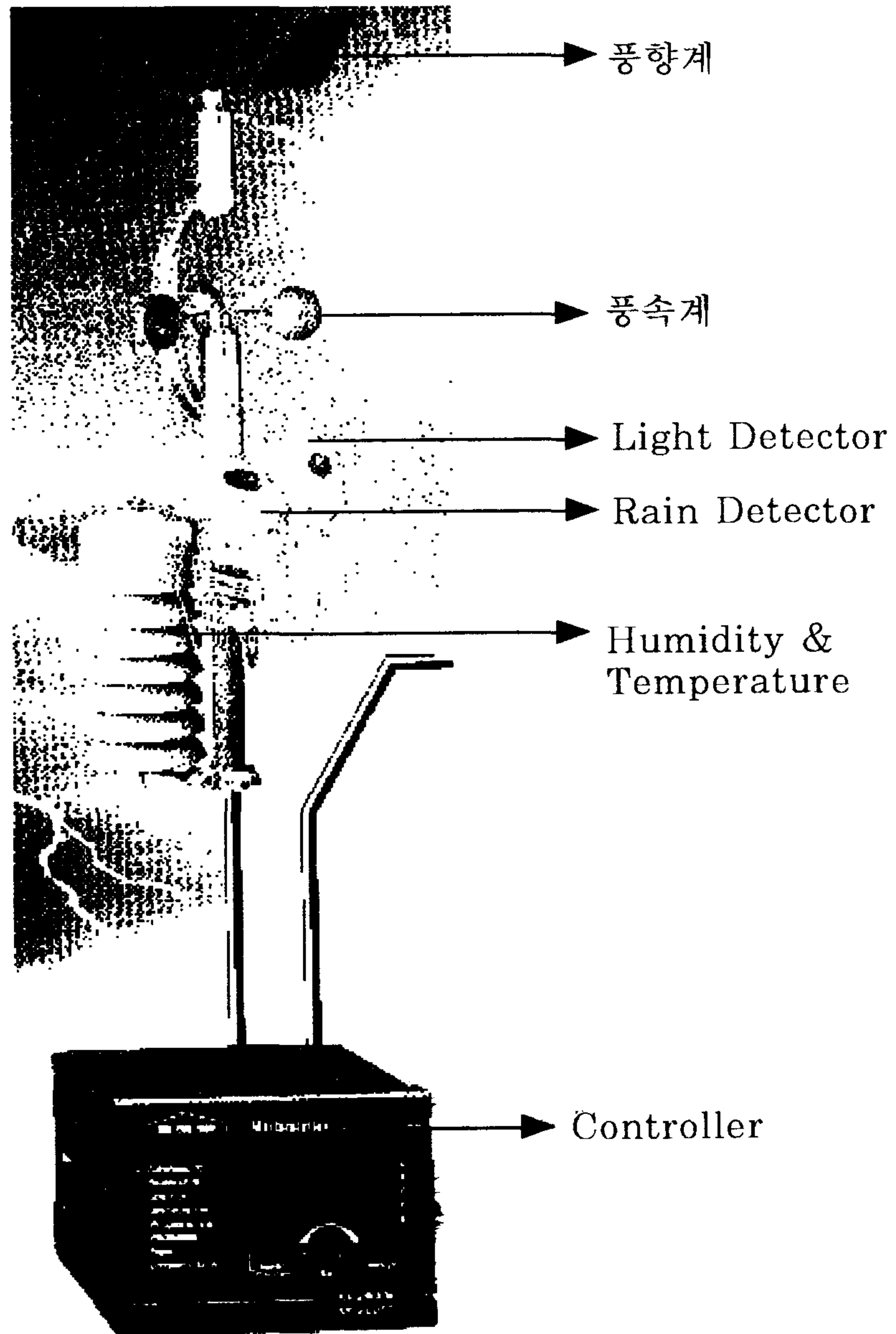
시험동의 성능을 분석하기 위해서는 부위에 따른 실내기후 및 외기조건 등을 측정하여 실내의 쾌적한 열환경 설계의 기초자료로 활용된다. 따라서 각 부위별 실내외 기상조건을 Data Acquisition System 을 통하여 측정 분석한다.

1. 온도측정도



[그림 3.3.1] 온실의 Thermocouple 설치 Network 계획도

2. 기후데이터 측정장치



[그림3.3.2] 데이터 측정장치

제 4 장 실증실험용 온실의 에너지 성능 시뮬레이션

제 1 절. 측정지역의 기상Data 분석

온실의 에너지 성능 시뮬레이션을 하기위한 지역을 대전으로 선정하고, 이 지역의 기상 Data를 조사분석 하였다. 기상 Data는 1985~1994년의 10년간의 실측 기상 자료 근거로하여 분석 한것이다.

1. 기상 Data의 정의

1.1 상대습도

대기중에 실제로 포함되어 있는 수증기의 양(증기압)과 그 때의 기온으로 포함시킬 수 있는 최대의 수증기량(포화증기압)과의 비를 상대습도라고 하며 백분율(%)로 표시된다. 흔히 대기중의 건조상태를 말할 때 습도가 "높다" 라든가 "낮다"는 말을 쓰지만 사실은 상대습도를 말하는 것이다. 공기중의 건조상태를 나타내는 데는 증발정도를 측정하면 짐작할 수 있으며 공기의 건조상태를 나타내는 량으로서는 그 때의 공기 1 m³안의 수증기량을 시간의 온도로서 포화가 될 수 있는 량으로 나누어 100을 곱한 량을 이용하며 이것을 상대습도라 한다.

$$\text{즉, 상대습도} = \frac{\text{어느 온도에서의 공기중의 수증기량}(g/m^3)}{\text{어느 온도에서의 포화증기량}(g/m^3)} \times 100$$

이다. 한편, 난방설계용 외기의 상대습도는 동절기의 외기의 평균치 정도를 취하여 사용한다.

1.2강수량

비, 눈, 우박, 싸락눈등 공기중에서 떨어진 것들 중 녹여서 물이 될 수 있는 것을 통털어서 측정한 값을 말하며 단위는 밀리미터(mm)를 사용한다.

1.3.노점온도

단위는 섭씨(℃)로 표시한다. 수증기를 포함한 공기는 차츰 냉각시켜 가면 온도의 냉각에 따라 포화수증기량도 적어지므로 수증기의 량을 증가시켜 주지 않아도 상대 습도는 커지고 결국에는 100%에 달하여 포화된다. 이때의 온도를 노점온도 또는 노점이라 부른다. 곧 노점온도란 현재 공기중에 섞여 있는 수증기량을 포화량으로 하는 온도를 말한다. 여기에서 포화된 공기가 한층 더 냉각되면 남아 있는 수증기는 기체로 있을 수가 없게 되어 작은 물방울이 되어서 물체에 붙거나 공기중에 뜨거나 한다. 풀잎에 이슬이 맺히는 것이 그 예이다.

1.4 운 량

전천을 10으로 하고 구름으로 덮여 있는 부분을 전천에 대한 10분 수로 표시하는 것이 운량이다. 하늘에 전혀 구름이 없거나 1/10 이하일 때를 0이라고 하며 그 사이는 구름이 하늘을 덮고 있는 정도에 따라 운량을 3이라든가 5등으로 정하고 있다. 기상학에서는 비가 오건, 눈이 오건 간에 운량 2 이하의 경우를 쾌청, (3-7)이하의 경우를 청천이라고 한다.

1.5.바 람

지상 10m에서 측정한 것으로 풍속은 초당미터(m/sec)로 나타내며 10m 속도라면 1초 사이에 바람이 지나가는 거리를 말한다. 순간적인 바람의 속도를 말할 때는 순간풍속이라 하여 평균속도와 구별하고 있다. 그렇기 때문에 바람으로 인하여 입는 모든 피해상태를 조사할 때는 평균속도보다 더 중요시해야 할 것이다. 어느 정도의 바람

인가를 알아보기 위해서는 Beaufort 풍력계급표를 이용한다. 풍속은 건물의 외벽이나 지붕 등의 외측표면에 존재하는 공기막의 열전달율에 영향을 주며 주택과 같이 낮은 건물에 대하여는 높이에 의한 풍속의 증가는 고찰하지 않아도 되겠으나 풍압에 의한 외기의 침입으로 인한 열손실량을 증가시키므로 풍속에 대한 충분한 고려가 요구된다. 주택의 위치나 외적인 조건에 따라서 외기의 풍속을 별도로 라는 것은 복잡하기 때문에 3-5m/sec 내의 풍속을 택하여 외기표면의 열전달률을 사용하는 것이 보통이다. 풍속은 건물의 열손실에 대한 영향은 물론 풍향에 대해서도 영향을 받게 되는데 우리나라 겨울철의 풍향은 주로 북서풍이므로 북서면에 위치한 외벽에 대해서는 동남측에 비하여 열손실이 크므로 고려하는 것이 좋다.

1.6. 일조시간

일조시간이라 함은 태양광선이 구름이나 안개 등에 차단되지 않고 지표면에 비친 시간을 말한다. 만약 지평선까지 장애물이 없는 지방에서 종일 구름이나 안개 등으로 일광의 장애가 없었다면 이 지방의 일조시간은 태양이 동쪽 지평선에서 떠서 서쪽 지평선에 질 때까지의 시간, 즉 가조시수와 일치하게 된다. 그러나 보통 지형의 영향으로 가조시수와 일조시간은 일치하지 않는다.

이것은 가조시수는 지형에 관계없이 위도에 따라 지평선을 기준으로 하여 일출, 일몰시간을 결정하기 때문이다. 단위는 시간(hr)로 표시한다.

1.7. 일조율

1개월의 일조시간의 총계를 그달의 월가조시수로 나누어 백분율(%)로 표시한 것이 월중의 일조율이다. 이 일조율은 운량과 많이 관계되며 운량이 많은 지방일수록 일조율은 작게 된다.

1.8. 일사량

지구 표면에서 받는 태양열량의 강도를 말하며 직달일사와 수평면 일사로 나눈다. 직달일사란 태양에 대하여 수직인 면이 직접 태양으로부터 받는 일사를 말하고 수평면 일사란 수평면이 받는 전체복사, 즉 직접 태양에서 오는 일사와 대기에 의하여 산란되어 오는 천공의 복사를 합친 것이다. 일사량의 단위는 보통 1분 동안에 1평방 cm 가 받는 열량으로 나타내며 cal/cm²로 표시한다. 우리나라에서는 일반적으로 호남, 남해안 지방과 대구지방의 일사량이 가장 많고 그 다음으로 경기도, 충청북도 지방이며 제주도와 동해안 지방이 중간정도를 나타내고 있고 중부 내륙지방과 영남지방의 일사량이 가장 낮다.

2. 조사 기상자료 특성 및 그래프

2.1. 기 압

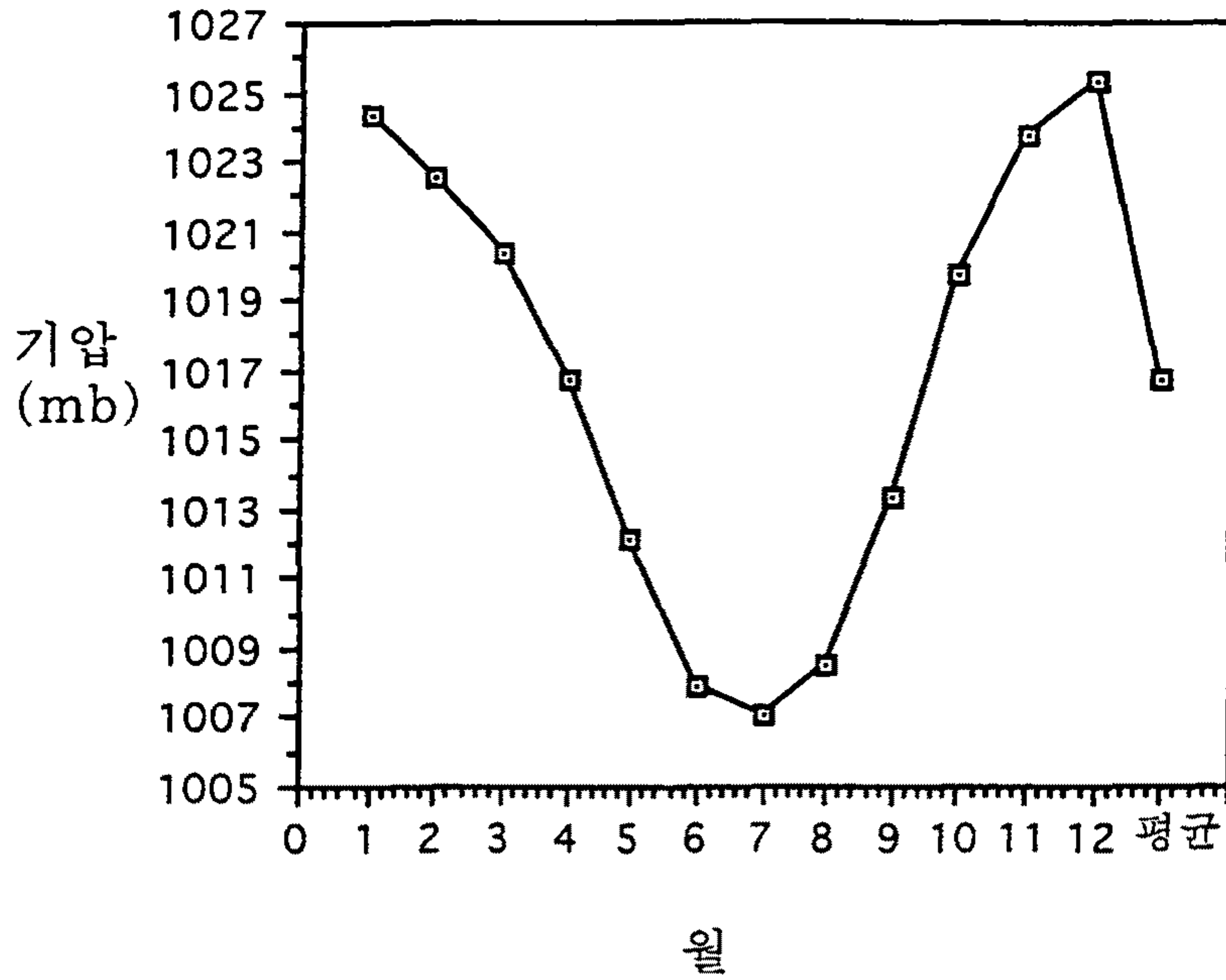
가. 기상자료표

〈표 4.1.1〉 기압 기상자료표

대 전													
월 내용	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	년 (평균)
기압 (mb)	1024.4	1022.5	1020.4	1015.7	1012.1	1007.9	1007.0	1008.5	1013.4	1019.8	1023.7	1025.3	1015.7

나. 기상그래프

대전지역 기후자료 분석
- 기압 (mb) -



[그림 4.1.1] 기압 기상 그래프

다. 분석

- (1) 전체적으로 V자형 곡선을 보이고 있다.
- (2) 12월에서 1025.3mb로 최고를 보이고 있으며 7월에서 1007.0mb 로 최저를 보이고 있다
- (3) 평균은 1016.7mb를 보이고 있다.
- (4) 최고 - 최저의 변화폭 : $\Delta 18.3\text{mb}$
- (5) 최고 - 평균의 변화폭 : $\Delta 8.6\text{mb}$
- (6) 평균 - 최저의 변화폭 : $\Delta 9.7\text{mb}$

동절기에는 기압이 상승하며 하절기에는 기압이 하락하는 기후적 특성을 가지고 있는 것으로 조사되었다. 그러나 그 변화폭이 20mb를 넘지 않는 평이한 등락 폭을 보이고 있으므로 1년 4계절 동안 기후의 급격한 변화를 줄만큼 큰 변동을 보이는 것으로 판단되지는 않는다.

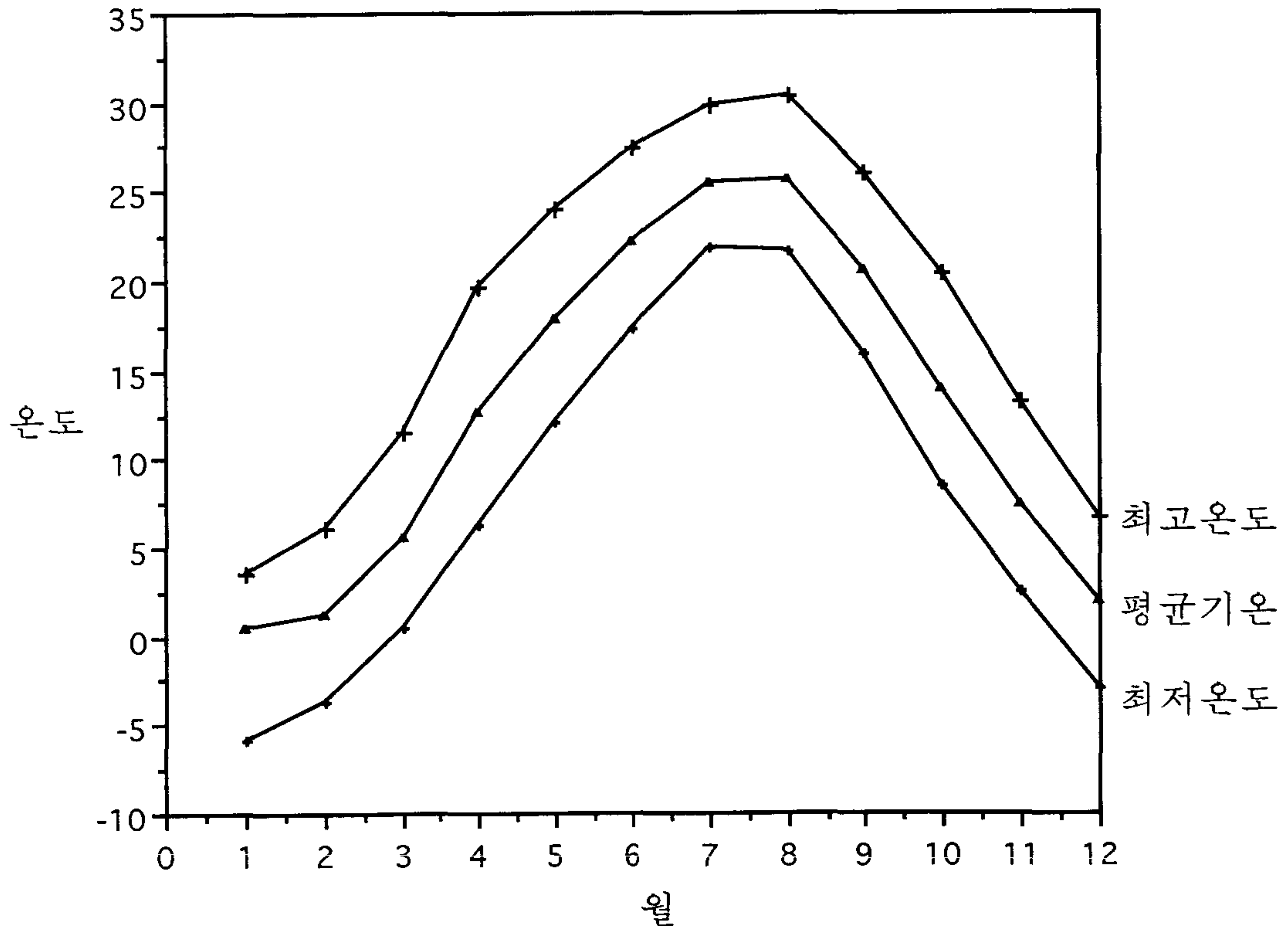
2.2 온 도

가. 기상자료표

〈표 4.1.2〉 온도 기상자료표

대 전													
월 내용	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	년 (평균)
평균 온도	0.55	1.27	5.63	12.66	17.85	22.17	25.43	25.62	20.50	13.92	7.4	1.9	12.68
최저 온도	-5.80	-3.69	0.57	6.22	12.07	17.29	21.87	21.61	15.83	8.37	2.4	-2.97	7.82
최고 온도	3.58	6.16	11.51	19.6	23.93	27.44	29.79	30.36	25.97	20.45	13.20	6.70	18.23

나. 기상그래프



(그림 4.1.2) 온도 기상 그래프

다. 분석

- (1) 전체적으로 가운데가 솟은 봉오리 형상을 하고 있다.
- (2) 하절기는 8월이 가장 덥고, 동절기는 1월이 가장 춥다.

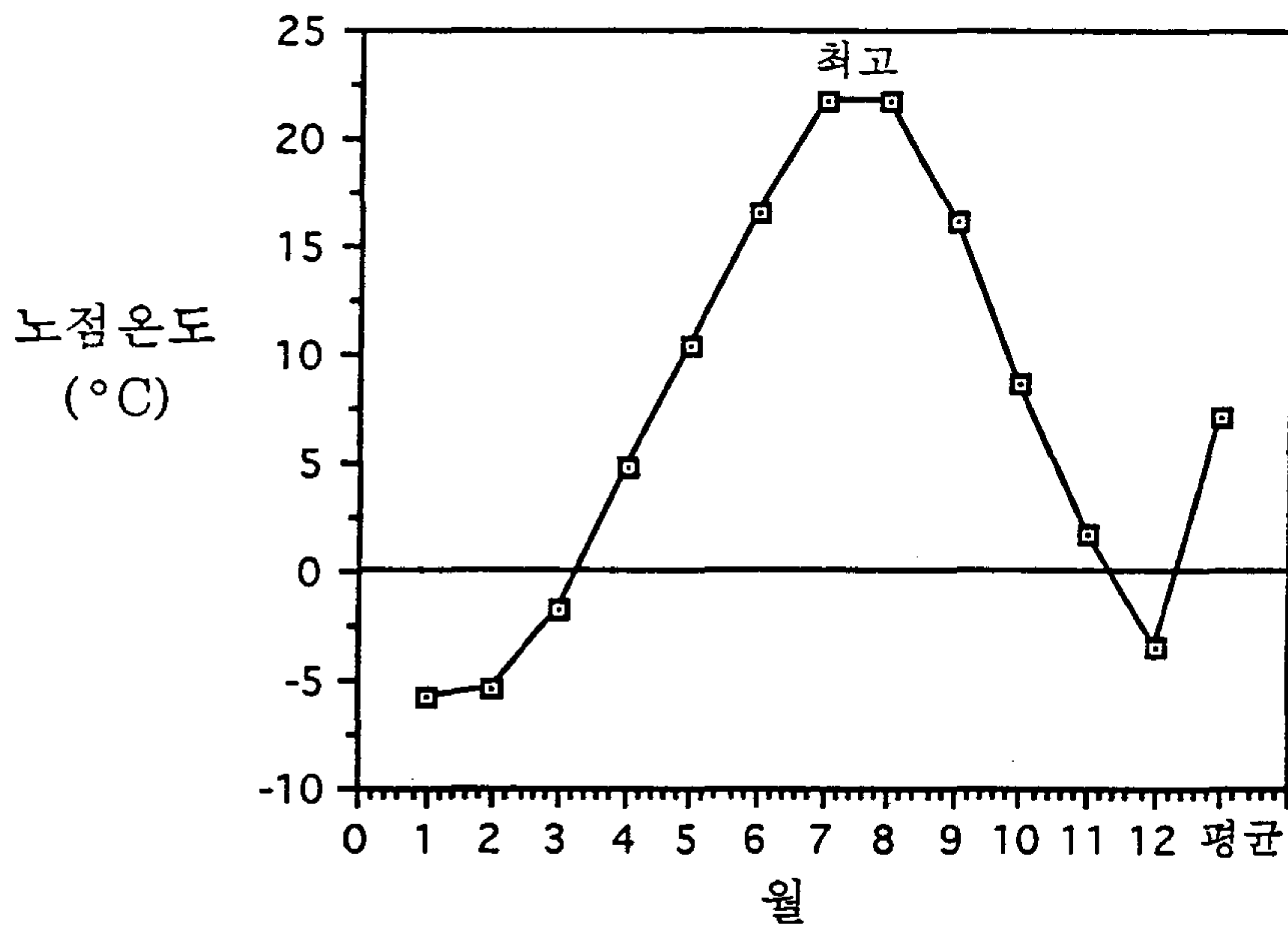
2.3 노점 온도

가. 기상자료표

〈표 4.1.3〉 노점온도 기상자료표

대전													
월 내용	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	년 (평균)
노점 온도	-6.7	-5.4	-1.8	4.9	10.4	16.6	21.7	21.7	15.2	8.7	1.7	-3.4	7.1

나. 기상그래프



(그림 4.1.3) 노점 온도 그래프

다. 분석

- (1) 급한 봉오리 형상을 보이고 있다.
- (2) 전체적으로는 기온변화와 동일한 변화를 보이고 있다.
- (3) 1월에서 최저를 보이고 있으며, 7,8월에서 최고를 보이고 있다.
- (4) 평균온도와 최고온도와의 차이는 14.6℃를 나타내고 있다.
- (5) 평균온도와 최저온도와의 차이는 13.8℃를 나타내고 있다.
- (6) 최고온도와 최저온도와의 차이는 28.4℃를 나타내고 있다.

전체적으로 월평균온도와 노점온도는 동일한 곡선의 모양을 가지며, 년중 변화폭도 비슷하게 나타나고 있다. 단지 12월, 2월, 3월에서 월평균 기온에 비해 영하의 온도를 보이고 있다. 특히 노점온도와 월평균 최저 온도와 그래프가 서로 일치하는 경향을 보이고 있다.

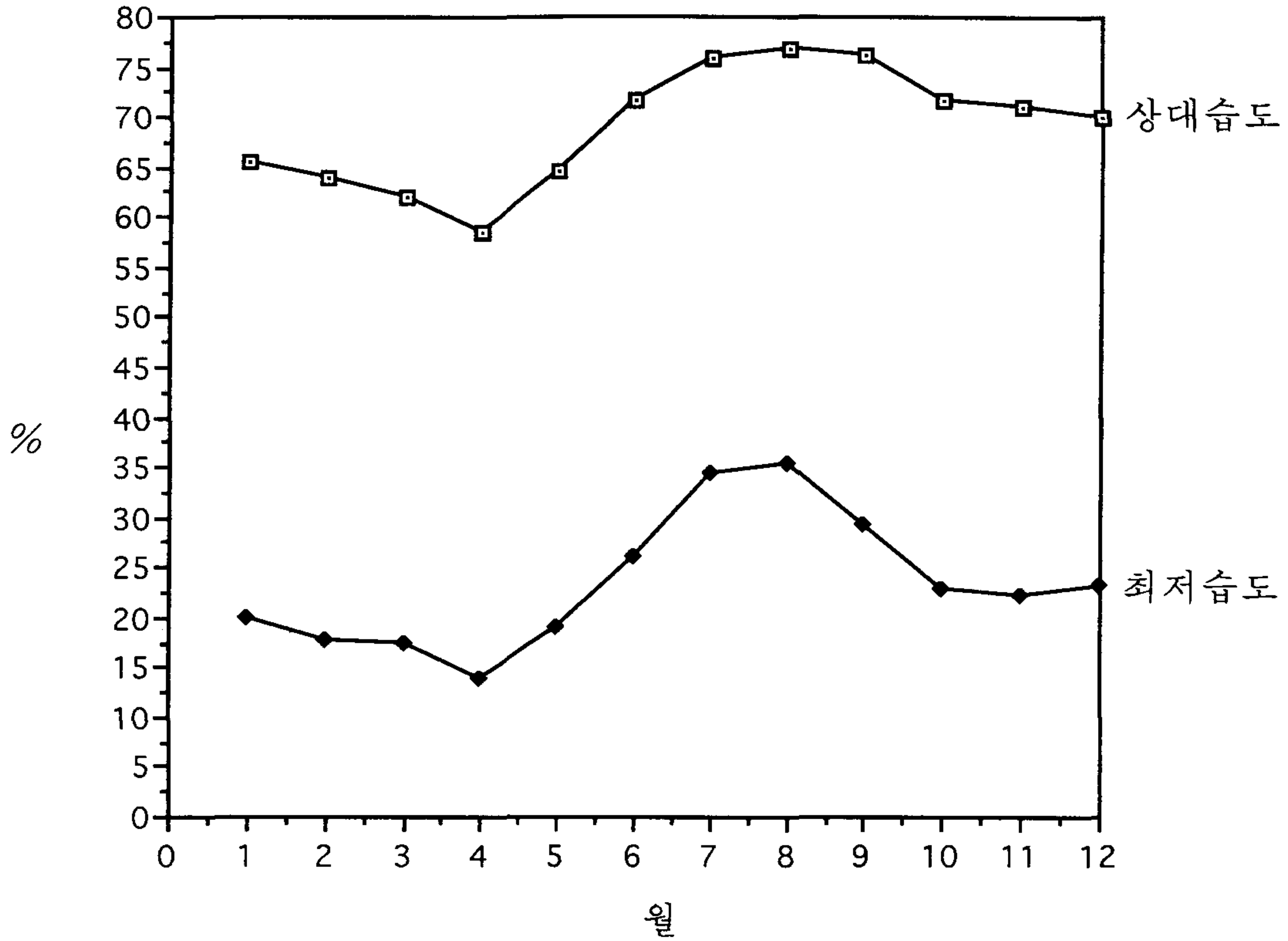
2.4 상대 습 도

가. 기상자료표

〈표 4.1.4〉 상대습도 기상자료표

월 내용	대 전												년 (평균)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
상대 습도	65.4	64.0	62.1	58.4	64.6	71.5	75.8	76.9	76.3	71.7	71.0	70.1	69.2
최저 습도	19.8	17.7	17.4	13.8	18.9	26.0	34.3	35.5	29.1	22.8	22.1	23.1	23.4

나. 기상그래프



[그림 4.1.4] 상대 습도 그래프

다. 분석

- (1) 1월에서 4월로 이르면서 최저를 보인다.
- (2) 4월을 기점으로 7월까지 상승하다 다시 완만하게 하락한다.
- (3) 4월에 58.4%로 가장 낮고 8월에 76.9%로 가장 높았다.
- (4) 평균상대습도와 최고상대습도와는 10.7%의 차이를 보인다.
- (5) 평균상대습도와 최저상대습도와는 9.6%의 차이를 보인다

우리나라는 전체적으로 습도가 겨울이 봄철보다 더 습도가 높으며, 여름에 최고를 나타낸다.

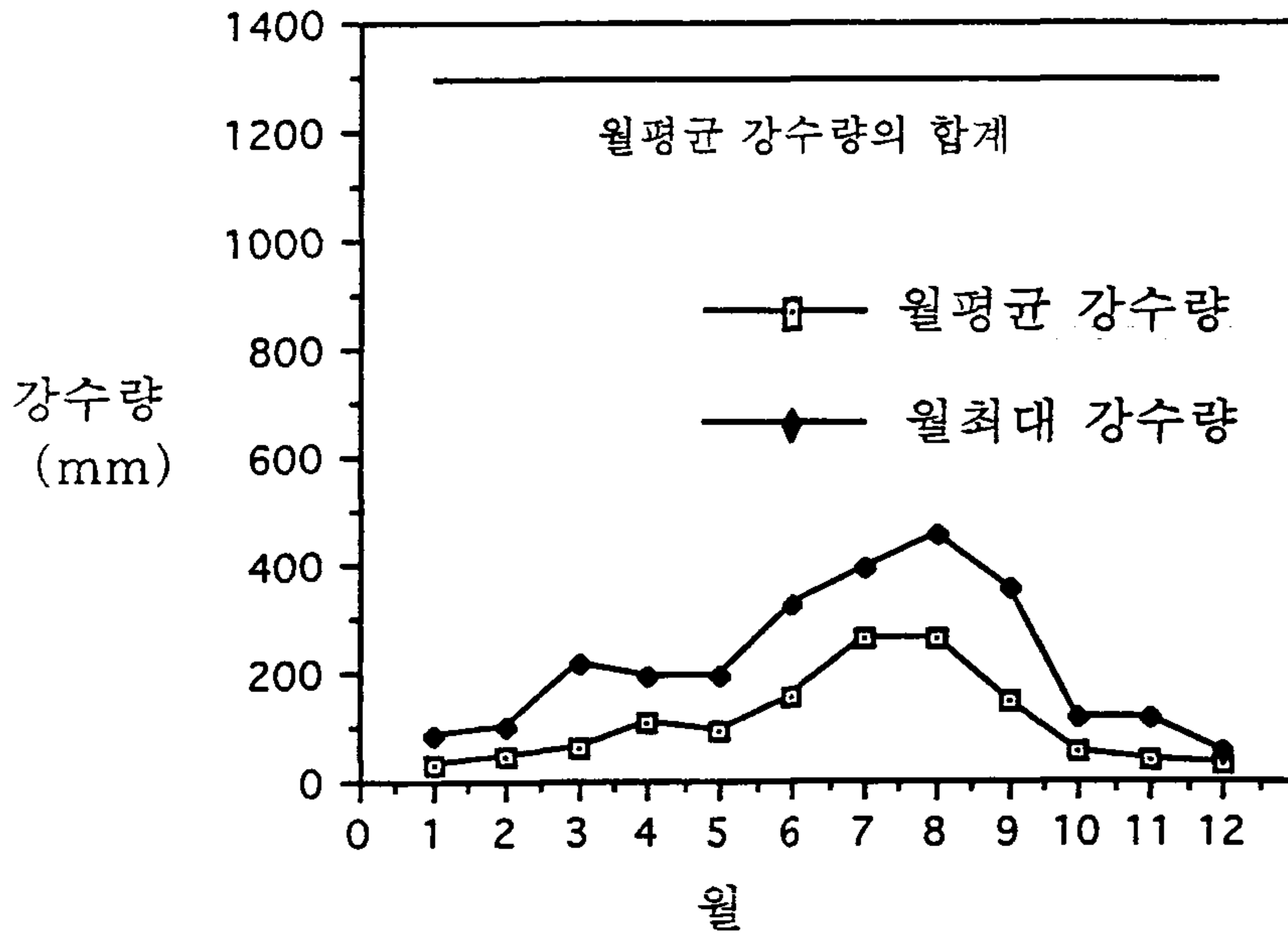
2.5 강수량

가. 기상자료표

〈표 4.1.5〉 강수량 기상자료표

내용 \ 월	대전												년 (평균) (총합)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
월평균 강수량	31	45.4	57.8	105.5	94.5	155.2	252.4	250.1	143.8	55.1	41.8	33.1	108.15
월최대 강수량	84.7	102.3	217.8	194	194.4	319.7	394.8	455.3	355.9	111.5	115.2	54.7	-

나. 기상그래프



(그림 4.1.5) 강수량 그래프

다. 분석

- (1) 1월에서 8월까지의 강수량은 완만히 증가한다.
- (2) 8월 이후부터는 12월까지 계속하여 급하게 하락한다.
- (3) 월평균 강수량은 1월이 31mm로 가장 낮았다.
- (4) 최대강수량은 12월이 54.7mm로 가장 낮았다.
- (5) 전체적으로 월평균 강수량의 경우 6월에서 9월까지 전체 강수량의 63.3%를 차지하고 있다.
- (6) 월평균 최대 강수량의 경우는 6월에서 9월까지가 전체의 59%를 차지하고 있다. 전체적인 경향은 하계 4개월 동안에 약 60% 내외의 강수량이 분포하는 것으로 보아 우리나라는 하계에 집중적인 폭우가 수반되고 있음을 알 수 있다.

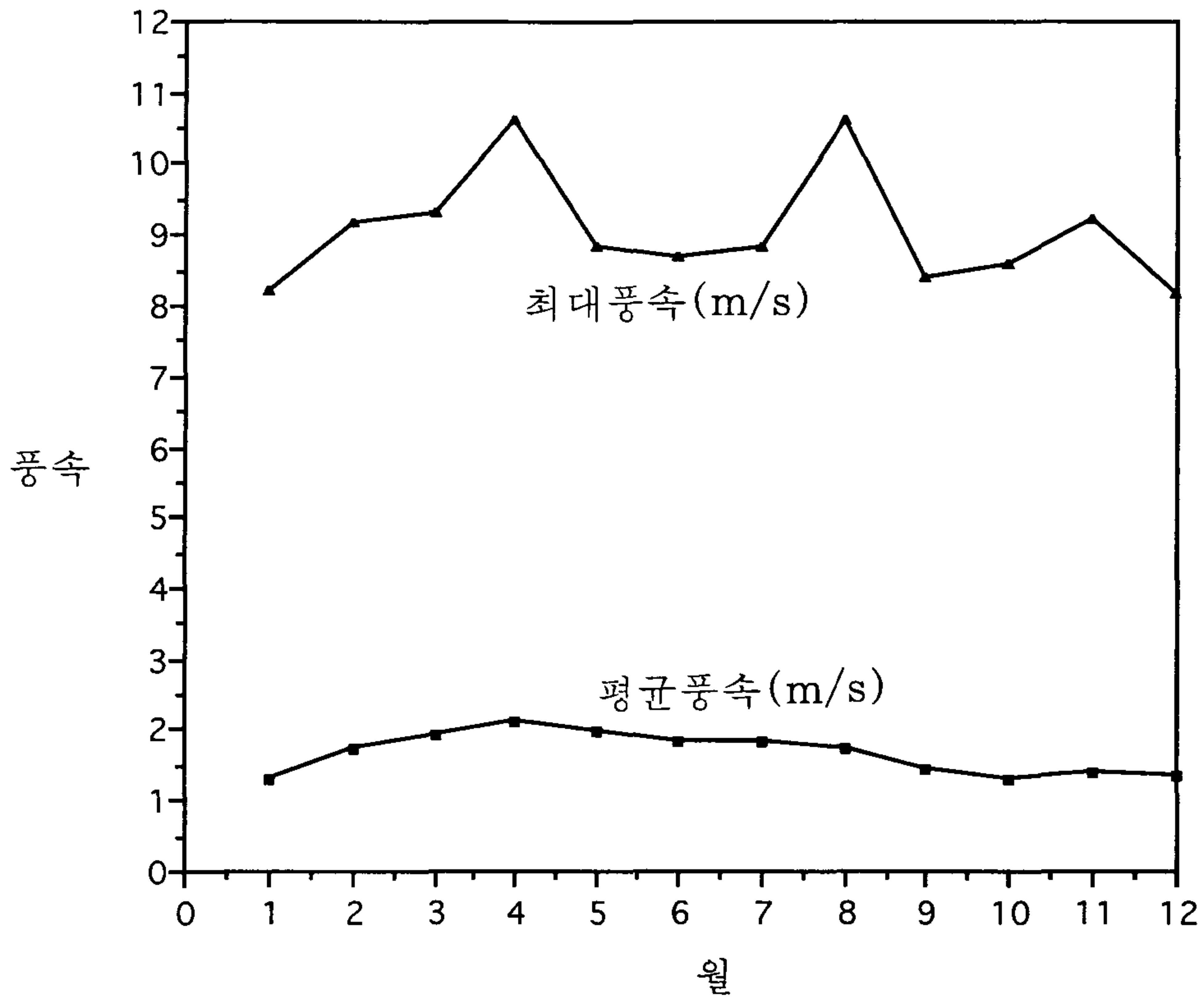
2.6 평균풍속

가. 기상자료표

〈표 4.1.6〉평균풍속 기상자료표

대 전													
월 내용	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	년 (평균)
평균 풍속	1.29	1.73	1.91	2.11	1.99	1.83	1.82	1.74	1.46	1.28	1.40	1.33	1.65
최대 풍속	8.20	9.15	9.30	10.62	8.82	8.69	8.80	10.61	8.37	8.58	9.19	8.16	14.20

나. 기상그래프



(그림 4.1.6) 평균 풍속 그래프

다. 분석

- (1) 4월, 8월에 상승하고 9월에 하락하여 나타난다.
- (2) 풍속은 최저와 최고의 비교에서 1.64배의 차이를 보이고 있다.
- (3) 전체적으로 변화가 불규칙하게 나타나고 있으나, 그 변동은 크게 두드러진 특성을 갖고 있지는 않다.
- (4) 평균풍속과 최대풍속간의 비교는 약 8배의 차이를 보이고 있다.

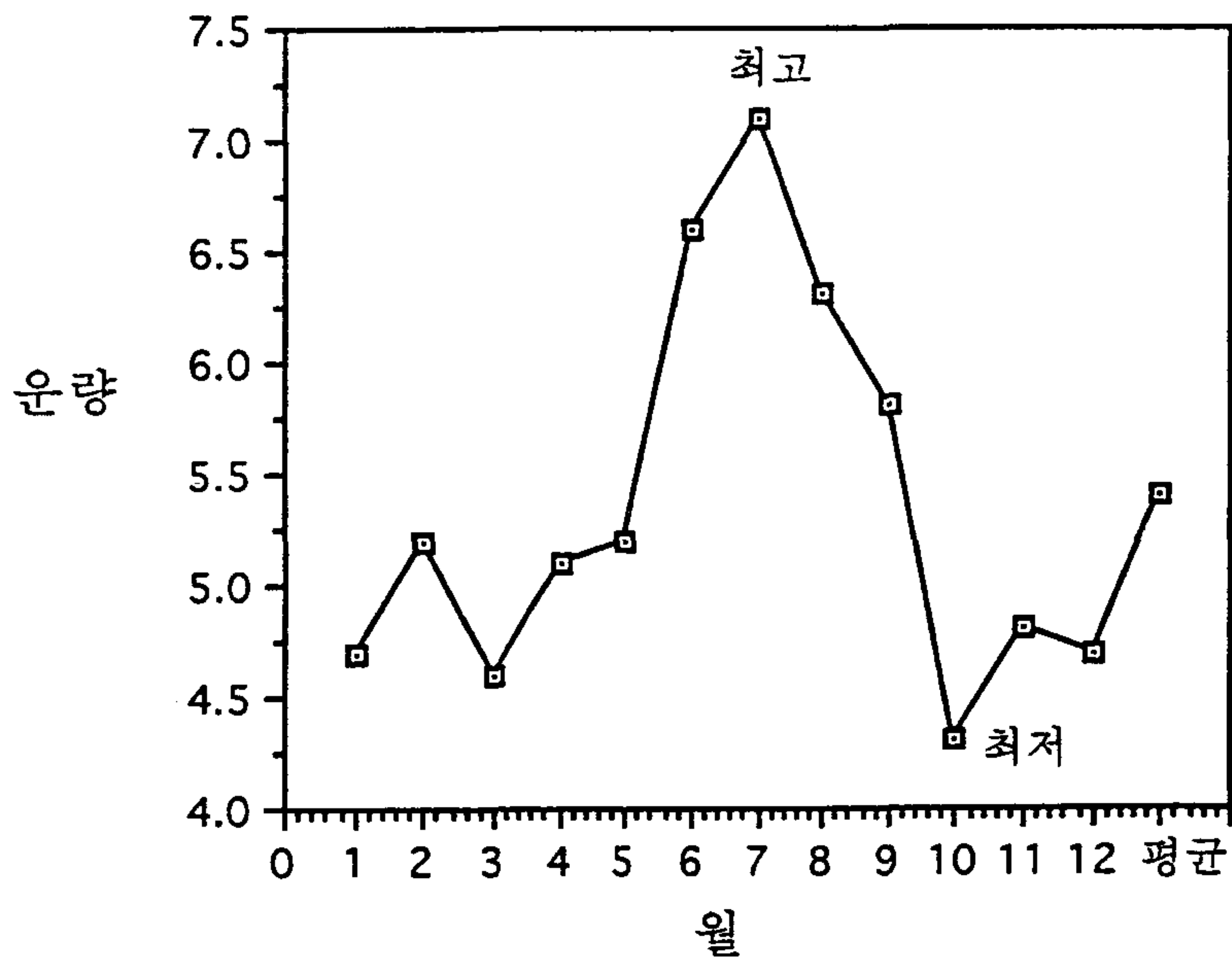
2.7 운 량

가. 기상자료표

〈표 4.1.7〉 운량 기상자료표

대 전													
월 내용	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	년 (평균)
운량	4.7	5.2	4.6	5.1	5.2	6.6	7.1	6.3	5.8	4.3	4.8	4.7	5.4

나. 기상그래프



[그림 4.1.7] 운량 그래프

다. 분석

- (1) 전체 운량 중에서 6.7.8.9월의 하절기에 다소 많은 부분을 차지하고 있다.
- (2) 7월에 7.1로 가장 높았으며, 10월에 4.3으로 가장 낮았다.
- (3) 년중 최고와 최저의 변화폭은 2.8로 나타났다.
- (4) 년 중 변화는 그래프에서처럼 극심한 변동을 보이는 것은 아니고 그 변동 폭이 최대 2.8로 완만한 변화를 보이고 있다.

전체적으로 동절기보다는 하절기에 운량이 많은 것으로 나타났으며, 년 중으로 비교하여 볼 때는 별 큰 변동이 없었다.

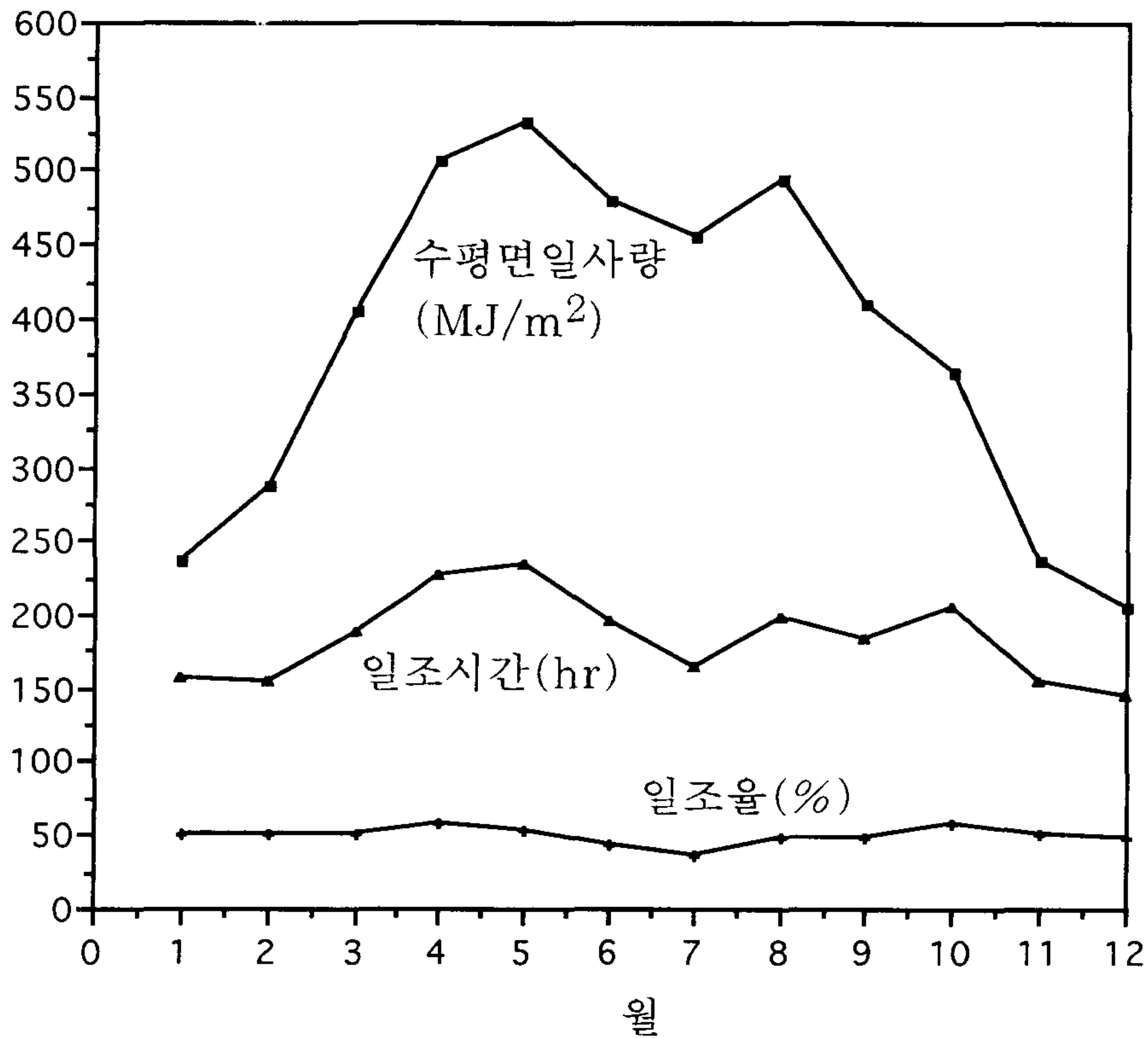
2.8 일조시간 및 일조율

가. 기상자료표

〈표 4.1.8〉 일조시간 및 일조율 기상자료표

대전													
월 내용	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	년 (평균)
일조 시간	156.25	153.54	187.88	225.61	232.88	194.31	163.9	198.62	182.78	204.11	154.04	145.59	183.29
일조 율	50.43	50.13	50.63	57.36	53.31	44.43	36.83	47.38	49.03	58.39	50.00	48.24	49.41

나. 기상그래프



(그림 4.1.8) 일조시간 및 일조율 그래프

다. 분석

- (1) 일조시간은 전체적으로 볼때 겨울을 제외한 전 계절에서 높게 나타났다.
- (2) 일조시간은 특히 5월에 높게 나타났다.
- (3) 일조율은 10월을 제외하고는 평균에서 3-6%의 차이를 가지고 있다.
반면에 10월은 약 8.2%의 차이를 보이고 있다.
- (4) 일조율과 일조시간은 거의 비슷한 양상을 보이고 있다.
- (5) 2월과 7월에서 일조율은 가장 낮고, 일조시간은 2월과 12월이 가장 낮게 나타났다.

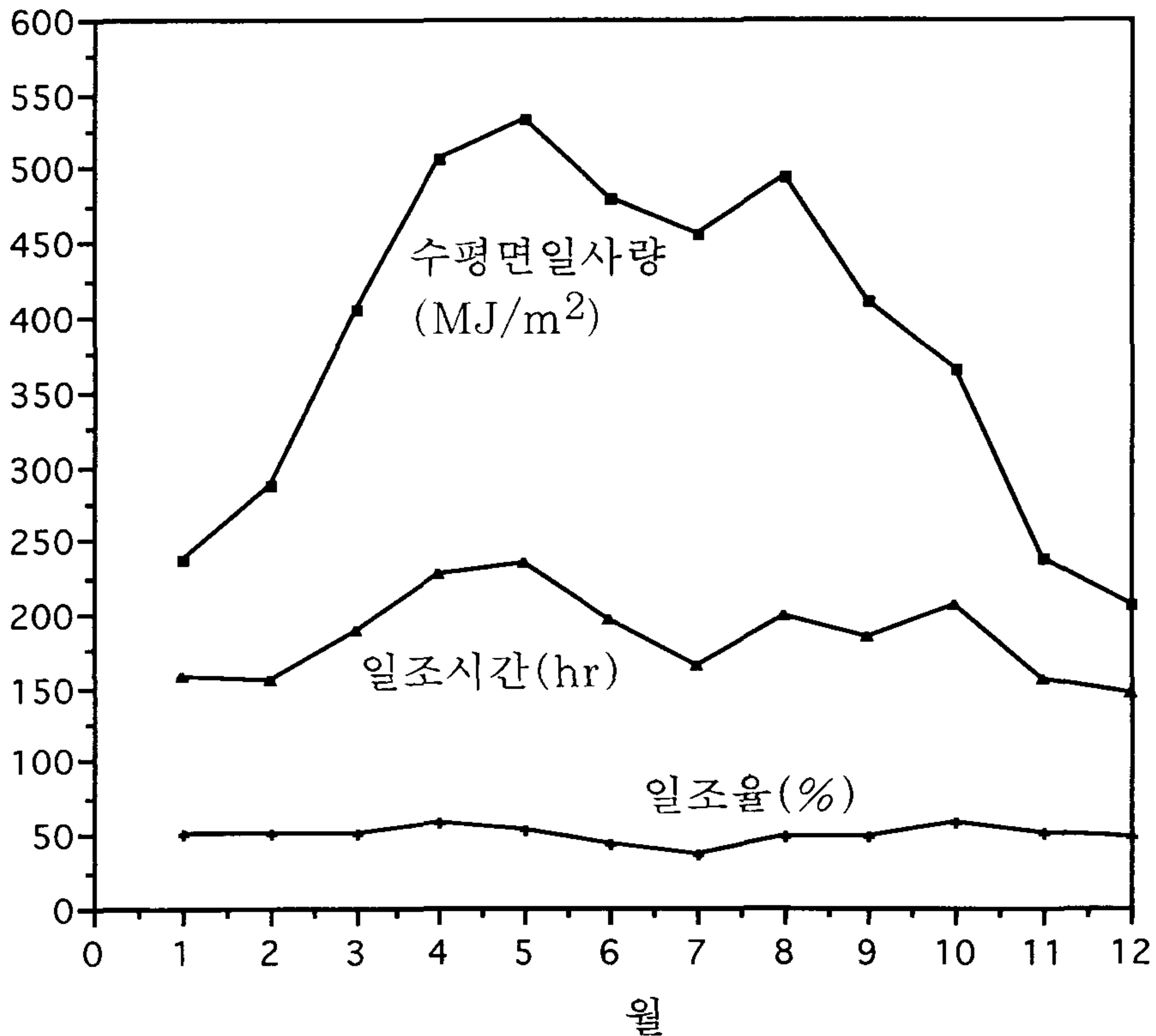
2.9 수평면 일사량

가. 기상자료표

〈표 4.1.9〉 수평면일사량 기상자료표

대 전													
월 내용	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	년 (평균)
수평면 일사량	234.966	287.437	404.979	506.438	533.664	408.604	455.426	495.166	408.601	365.032	235.662	204.049	384.339

나. 기상그래프



[그림 4.1.9] 일사량 그래프

다. 분석

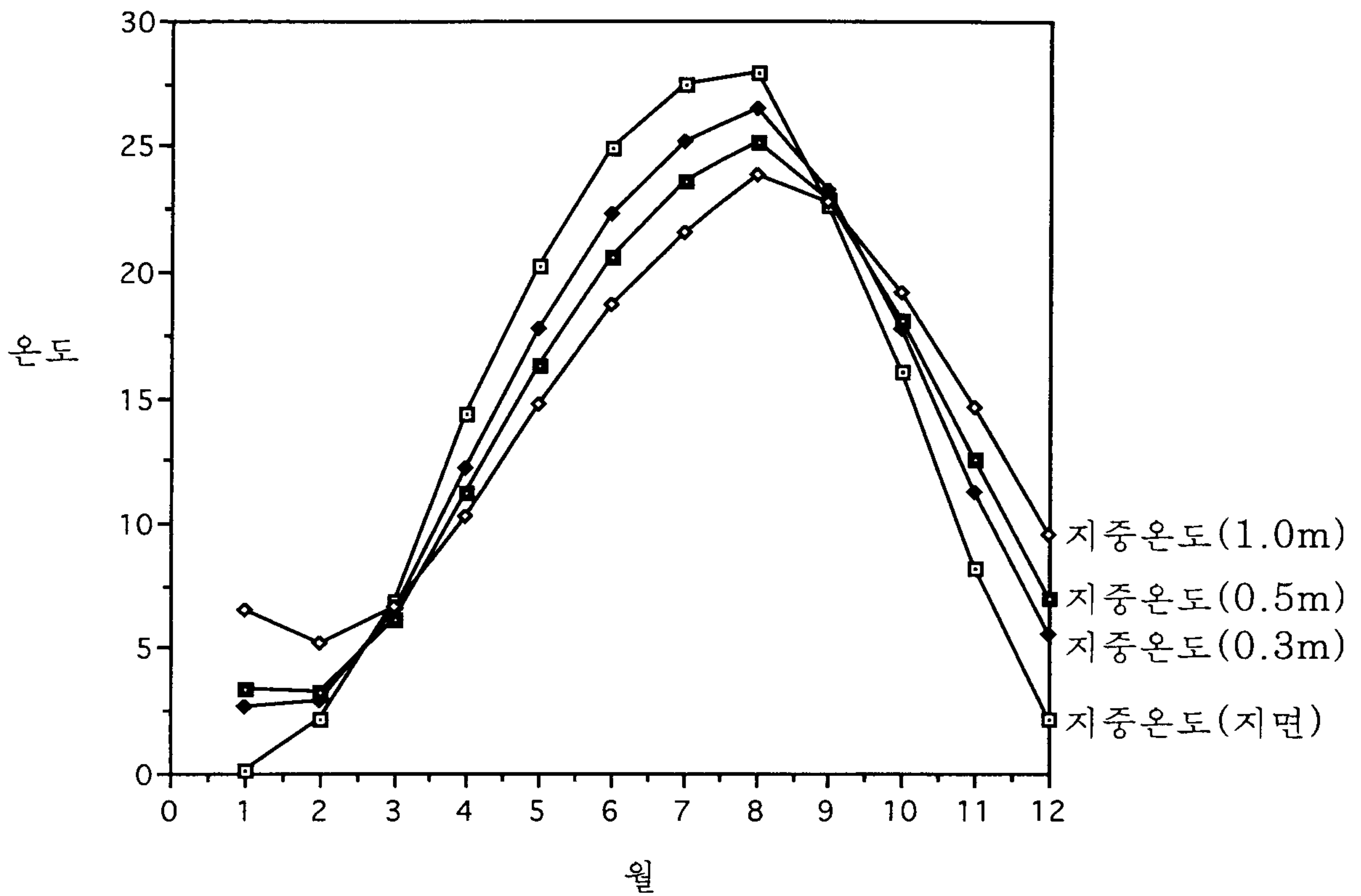
수평면 일사는 5월이 가장 높았으며, 12월이 가장 낮았다.

2.10 지표온도 및 지중온도

가. 기상자료표

〈표 4.1.10〉 지표온도 및 지중온도 기상자료표

대전													
월 내용	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	년 (평균)
지표온도	0.13	2.16	6.89	14.30	20.24	24.94	27.41	27.99	22.64	16.00	8.14	2.18	14.43
지중온도 (0.3m)	2.66	2.88	6.53	12.22	17.75	22.33	25.19	26.50	23.20	17.69	11.26	5.53	14.47
지중온도 (0.5m)	3.41	3.22	6.14	11.16	16.32	20.58	23.56	25.16	22.87	18.05	12.47	6.96	14.20
지중온도 (1.0m)	6.50	5.20	6.59	10.27	14.72	18.62	21.61	23.80	22.74	19.19	14.56	9.50	14.39



[그림 4.1.10] 지표온도 및 지중온도 그래프

다. 분석

- (1) 지중온도와 지표온도는 거의 동일한 곡선의 특성을 가지고 있다.
- (2) 지표온도가 먼저 가열되고 지중온도가 서서히 가열되어 나중까지 지속되는 듯한 모습을 보이고 있어 마치 지중의 축열효과를 보는 듯하다.
- (3) 여기서 지중온도는 지중 0.3m, 0.5m, 1m를 기준으로 하여 작성된 자료이다.
- (4) 지표와 지중온도는 년 중 크게 변동하고 있다.

제 2 절 온실의 열적특성

1. 개 요

낮동안 온실내로 투과되는 일사량은 온실내부의 열적환경 변화에 가장 큰 영향을 주는 요인으로 복사에너지 형태로 온실내로 전달되어 작물과 토양의 온도를 상승시켜 온실 내부공기의 온도를 높이며 작물의 성장과 관련되는 탄소동화작용에도 영향을 준다. 임의의 지역의 일사량은 일시, 위도, 일사량 도달표면의 방향 및 기울기 등에 따라 변한다.

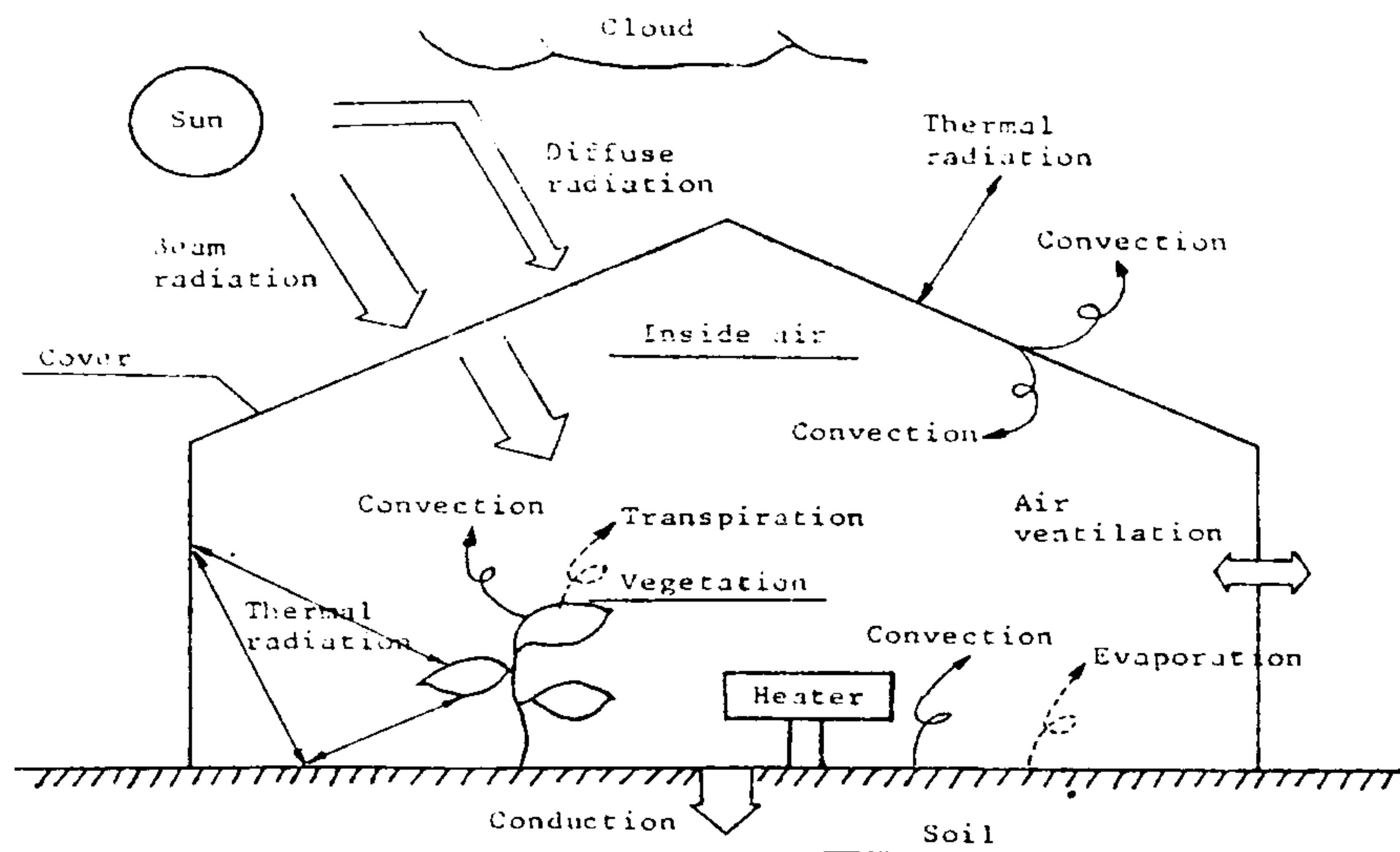
온실표면이 여러 개의 경사면으로 되어 있다고 가정하고 각 면을 통하여 투과되는 일사량을 구하여 이를 종합하면 온실내의 일사량 분석은 용이하게 된다. 그러나 온실의 피복재 표면에는 온실내외부의 온도차로 인하여 겨울철에는 거의 매일 수분 응축현상이 일어나고 있으며 피복재의 외부표면도 장기간 사용하면 오염이 되어 일사량의 투과율을 저하시킨다.

온실의 산란 일사량 투과율은 온실상면의 중앙부분이 높고 주변이 낮으며 그 차이는 약 10%이내이다. 일반적으로 동서형 온실이 남북형 온실보다 일사량 투과율이 높았으며 이러한 현상은 온실 피복재가 오염이 되거나 내부에 응축현상이 생길 때 더욱 크게 나타난다. 동서형 온실의 경우 온실 전 일사량의 60~80%가 온실 남쪽 벽면과 지붕면을 통과하며 북쪽의 벽면과 지붕은 6~18% 내외가 통과한다고 하였다. 따라서 보온효과라는 면에서 북쪽의 벽면과 지붕면을 겨울철에는 차단하는 것이 좋다고 하였다.

온실 내의 에너지 효율성을 높이려면 온실의 열적환경에 관한 이론적인 분석이 뒷받침 되어야 한다. 온실의 내부공기, 작물, 토양의 온도 및 상대습도와 같은 온실의 내적환경요인은 외부온도 및 상대습도, 일사량, 온실의 환기율과 같은 외적환경요인에 따라 항상 변화하게 되므로 단순한 실험적인 방법으로 이들을 분석하는 데에는 많은 제약이 있다.

2. 온실의 열환경 특성

주간에 온실내로 투과되는 일사량은 온실의 내부 온도를 상승시키는 주요 에너지원이다. 온실 피복면에 도달하는 일사량은 직달 및 산란 일사량으로 나누어지며, 일부는 온실 피복재에 흡수되거나 반사되며 그 나머지는 온실 내로 투과된다. 온실 내로 투과하는 일사량은 전체 일사량의 69%이며, 그 중에서 14%가 작물이나 토양 표면에서의 증발 현상에 사용된다. 현열의 일부는 토양에 전달되며 그 나머지는 온실 내부 공기에 흡수되어 온실의 온도를 상승시킨다. 온실 내로 투과되는 일사량의 일부는 작물의 광합성 작용에 이용되지만 그 비율은 전체적으로 볼 때 매우 작다. 일사량의 투과율은 온실 피복재의 종류, 온실의 설치 방향에 따라 다르며 일반적으로 동서동이 남북동보다 겨울철에 투과율이 높다. 또한 작물의 증산 작용에 따른 잠열화의 비율도 작물의 종류, 재배 상태, 주야간 등에 따라 차이가 있다.



[그림 4.2.1] 온실의 열 수지와 주요 열적 환경 요소

온실 내에 열흐름을 열수지와 주요 열적 환경 요소에 따라 나타내면 (그림 1)과 같다. 온실 내에서 현열 또는 잠열화된 태양 에너지의 일부는 토양과 작물에 전달되거나 피복면을 통하여 외부로 전달된다. 피복면을 통한 열전달은 피복재의 내외부 표

면에서의 대류 열전달, 피복면과 온실내 작물및 토양과 장파 복사 교환, 환기에 의한 현열 및 잠열 교환 등으로 나타난다. 이러한 온실의 외부 열손실을 억제한 만큼 온실 내부 온도는 상승한다. 피복재로 유리를 사용하면 장파 복사에 의한 외부 열전달을 억제하며 온실 내의 일사량 투과율은 향상된다. 이러한 효과를 온실 효과라고 하는데 주간에는 온실 내부 온도가 상승하는 원인이 된다. 그러나, 근래에는 온실효과보다도 환기에 의한 열손실의 감소가 주간의 온실 내부 온도를 상승시키는 요인으로 연구보고 되고있다.

야간에는 주간에는 토양층에 축열된 열이 토양 표면에서 온실 내로 방열된다. 가온(加溫) 온실의 경우 난방기의 열원이 사용되며 피복면에서의 열전달은 내부에서 장파 복사 교환 및 대류 열전달에 의한 열흡수, 외부와의 장파 복사 교환 및 대류 열전달에 의한 방열로 이루어진다. 그러나, 무가온(無可溫) 온실에서는 피복면의 온도가 외기 온도보다 낮기 때문에 일반적으로 대류 현상에 의하여 외기에서 열을 흡수한다. 야간에 보온 커튼을 작물 위에 설치하는 경우 온실 내부 공기와 피복면과의 대류 열전달을 억제하여 보온력이 증가한다. 보온 커튼에 반사성 필름을 증착시켜 작물과 피복면 사이의 장파 복사 교환을 억제한다.

제 3 절 온실의 해석방법

1. 개요

온실의 열적환경에 관한 연구는 실제로 실험을 통하여 온실 내의 환경요인의 변화를 조사하는 실험적인 방법과 온실의 열적환경 구성요소들을 에너지 및 물질평형의 이론에 근거를 두고 이들을 수식화한 방정식을 이용하여 시뮬레이션 모형을 개발하고 이를 검증하여 온실의 외적환경요인(일사량, 풍속, 상대습도, 온실형태)의 변화에 따른 내적환경요인(온실내부온도, 습도, 작물 및 토양의 온도)을 이론적으로 분석하는 방법으로 나누어진다.

온실의 열적환경에 관한 이론적 분석은 대부분 온실의 열적환경의 구성요소를 온실의 피복재, 내부공기, 작물 및 토양 등으로 구분하고 이들 상호간의 열전달 특성을 에너지 및 물질평형이론에 근거를 두어 모형화하는 것이다. 이러한 온실의 열적환경분석에 있어서 온실내의 열전달 특성은 크게 정상상태(steady state)와 비정상상태(unsteady state)로 나누어진다. 온실의 열적구성요소들의 온도는 온실내로 투과되는 일사량의 내부공급열량, 외부공기온도 및 풍속의 시간적 변화에 따라 끊임 없이 변하므로 이들에 관한 열전달 특성을 비정상 상태로 가정하는 것이 합리적이다. 온실의 열적환경에 관한 이론적인 모형은 복잡한 환경요인과 열전달 현상을 단순화하는 경우가 많으며 모형에 이용되는 열 및 물질의 이동에 관한 수식도 매우 다양하다. 이러한 연구는 1960년대 이후 국외(네덜란드, 미국, 일본, 영국, 이스라엘, 캐나다 등)에서 시설원예재배시 열손실을 줄이고 보온효과를 증진시키려는 의도에서 시도되었으며, 최근 들어 온실환경에 관한 많은 이론적 모형이 개발되고 그 타당성이 입증되고 있다. 국내에서는 온실환경에 관한 실험적인 연구가 간헐적으로 시도되어 왔으나 이론적인 모형에 의한 분석은 미비한 실정이다.

2. 연구현황

온실환경에 관한 연구는 Wood(1909)에 의하여 처음 시도되었는데, 그는 유리 온실과 투명 피복재의 온실에 대한 온도상승을 연구하면서 유리 온실 내의 온도상승의 원인이 온실내로 투과된 일사량의 대부분이 흡수되고 복사열도 유리에 의해 차단되므로 온실의 온도가 상승한다는 온실효과(greenhouse effect) 이론을 수정하여 온실내의 온도상승은 온실 내의 기류흐름이 정체된 상태가 되어 대류열 손실이 감소되기 때문에 나타나는 원인이 더 크다고 보고하였다.

일반적으로 해석방법은 크게 정적(steady-state)으로 해석하는 방법과 동적(unsteady-state)으로 해석하는 두가지 방법이 있다. 정적인 방법은 재료의 축열능력이 없는 것으로 가정하고 계산하는 방법으로, 결과적으로는 시간에 따른 축열체

내부에서의 온도변화를 무시하게 되나, 동적인 해석방법은 재료의 축열능력에 의한 시간에 따른 온도변화를 고려하므로 재료 내에서의 열전달 및 에너지의 저장을 계산하기에 적합한 방법이라 할 수 있다. 아울러 온실의 열환경은 크게 태양복사에 따른 일사량과 환기에 의해서 영향을 주로 받으므로 온실에 대한 해석에 있어서 일사량과 환기율의 결정은 매우 중요한 요소라고 할 수 있다.

2.1 일사량 분석에 관한 연구

Manheck 과 Aldrich (1967)는 온실 내의 일사량을 구하는 이론적 모형을 개발하여 온실의 설치방향과 장소의 위도에 따른 월별 온실내부 직달 일사량을 컴퓨터의 수치해석방법을 이용하여 분석하였다.

Smith 와 Kingham (1971)은 유리온실 설계에 관한 연구에서 온실의 일사량을 이론적으로 분석할 수 있는 컴퓨터 모형을 개발하였는데, 그들은 실내로 투과되는 일사량을 직달 일사량(direct radiation) 및 산란 일사량(diffuse radiation)으로 구분하고 온실의 벽면과 지붕면을 통해서 온실 내로 투과되는 각각의 일사량을 총합하여 온실의 전 일사량으로 구하였다.

古在豊樹(1970, 1972)는 유리온실의 일사량 투과율을 이론적으로 분석하고 다시 수치해석방법에 의하여 위도, 계절, 설치방향, 일사량 조건, 온실 피복재의 투과율, 불투명 구조물의 영향 등에 따른 온실의 일사량 변화를 구하였다. 여기서 그는 직달일사는 평행광선이며, 온실 프레임의 두께는 매우 얇고 온실 내의 2차 반사는 무시한다고 가정하였다.

古在豊樹(1977)는 단위 온실의 직달 일사량 투과율을 계산하는 컴퓨터 모형을 개발하고 이를 이용하여 위도, 계절, 온실설치방향, 온실의 길이 등에 따른 일사량 투과율의 변화를 고찰하였다.

Takakura (1971), Kimball (1973, 1981), Arinze (1982), Gaub (1981) 등은 컴퓨터 시뮬레이션을 통한 온실의 열적환경에 관한 연구에서 온실 내

부로 투과되는 일사량의 투과율을 모형화하여 온실 내부의 토양, 작물, 피복재가 흡수하는 태양 에너지를 예측하여 온실의 환경변화를 분석하는데 이용하였다.

2.2 환기율 분석에 관한 연구

온실의 환기는 온실 내의 온도 상승을 억제하며 작물의 생육에 적합한 온도를 유지하고 온실 내의 습도가 높을 때 이를 낮추는 역할을 한다. 또한 낮동안 작물의 광합성 작용에 의한 온실 내의 CO₂농도 저하를 막아 주며 온실내 기류를 이동시켜 온실내 온도 분포를 균일하게 하며 작물의 증산 속도를 변화시킨다.

온실 환기에 대한 최초의 연구는 작물의 생장 관점에서 시작하였으나 근래에 와서는 온실의 열적 환경 조절에 있어서 온실의 열흐름의 측면에서도 많은 연구가 수행되고 있다. Whittle (1960) 등은 밀폐된 온실 내에서 외부 풍속이 7mph일 때 환기율은 1~2 회/시간이었으며 13.5mph일 때는 3회/시간 였다고 하였다. Businger(1963)는 유리 온실 내의 미기상에 대한 이론적 분석에서 온실 내의 환기율 S를 다음 식과 같이 외부 풍속 W(m/sec)와 온실 내외부의 온도 차이 (T_i - T_o)의 함수 관계로 나타내었다.

$$S = aW^2 + b(T_i - T_o) \quad (1)$$

여기서, T_i는 온실 내부 온도, T_o는 외기 온도, a, b는 온실 작용에 따라 결정되는 상수이다.

Lake(1966)와 Hand(1969)는 N₂O 가스의 농도 변화를 이용하여 온실 내의 연속적인 환기율변화를 측정하여 이를 작물의 탄소 동화 실험에 이용하였다.

Townsend(1979)등은 캐나다 지역의 온실 내의 환기율을 연구하였는데 환기율의 변화를 외부 풍속 W(km/hr)와 온실 내외부의 온도차의 관계로 다음과 같이 유도하였다.

$$S = a + bW + C(T_i - T_o) \quad (2)$$

그는 폴리에틸렌과 섬유 유리로 된 2중 온실 내의 환기율 변화에서 위 식의 상수 a, b, c는 각각 0.0383, 0.00929, 0.0171 이라고 보고하였다.

Okada(1973)등은 난방 유리 온실의 환기에 의한 열손실을 분석하고자 온실 내의 환기율 S를 외부 풍속 W(m/sec)와 내외부 온도차의 함수로 다음과 같이 정의하였다.

$$S = aW + b \sqrt{T_i - T_o} \quad (3)$$

여기서, a, b는 상수이다. 그들은 이 식을 Businger(1963)가 유도한 환기율 식과 비교한 결과 환기율 예측치의 오차가 크게 줄어들었다고 보고하였으며 대형의 유리 온실에서 상수 a, b의 값은 0.44, 0.0614로 제시하였다.

後藤(1981)은 CO₂농도변화법으로 PVC 필름 피복 온실의 환기율을 측정된 결과 무풍시 신축된 PVC 필름 피복 온실의 환기율이 0.75회/시간이며, 설치후 2개월 이상된 온실은 1.1회/시간이었으며 온실 내부에 보온 커튼을 친 상태에서는 0.35회/시간 이었다고 보고하였다.

Nederhoff(1985)등은 CO₂ 가스의 농도 변화를 이용하여 겨울철 밀폐된 온실 내의 환기율을 측정할 때 토양과 작물의 호흡 및 탄소 동화작용에 의한 CO₂의 농도 변화를 고려해 준 바 있다.

2.3 정상상태 계산의 간이해석방법

Businger(1963)는 온실의 지표면과 온실 피복재에서 에너지 평형의 원리를 적용하여 온실 내의 환경변화를 처음으로 이론적으로 모형화하였다.

Walker(1965, 1969, 1971)는 환기가 되는 온실의 내외공기, 온도를 예측하는 열평형 방정식을 만들었다. 이 분석에서 그는 열전달 과정으로 일사량, 난방열원, 작물의 호흡열, 내부구조물의 열원, 온실표면의 열손실, 대기로의 복사열 손실, 작물의 탄소동화작용, 토양의 열흡수 및 열전달, 환기열량 등을 고려하였으나, 이러

한 열전달 현상은 단순히 수식으로 표시되었으며 상세한 것은 되지 못하였다.

Kimball(1973)은 온실의 열적환경을 온실의 피복재, 공기, 작물, 다수의 토양층으로 구분하고 정상상태의 열흐름을 가정하여 이들을 모형화하였다. 특히 온실 표면에서 대류열전달계수를 여러 문헌에서 인용하여 그 차이를 비교하였다.

Takami와 Uchijima(1977)는 열 및 수분평형을 기초로 한 정상상태의 온실환경 예측모형을 만들어서 환기율의 변화에 따른 온실내의 습도와 온도변화를 시뮬레이션하였으며 모형을 기초로하여 수중 열교환기를 가진 온실을 해석하였다.

Froehlich(1979) 등은 유리온실의 열적환경 변화를 예측하는 정상상태의 시뮬레이션 모형을 개발하여 겨울철과 여름철의 환기율 변화에 의한 온실내의 온도와 습도를 예측하였다.

Ducan(1981) 등은 온실내의 열흐름을 예측하는 모형을 이용하여 겨울철 온실의 난방부하와 보온커튼의 보온효과를 조사하였다.

2.4 비정상상태 계산의 정밀해석방법

Takakura(1971) 등은 온실의 열적환경에 관한 정상상태의 열흐름을 기초로 한 기존의 시뮬레이션 모형을 개선하여 온실환경 구성요소들의 열저장을 고려한 비정상 상태 동적 모형을 제시하였다. 특히 수분평형에서 응축증발산, 환기에 의한 수분이동을 고려하였으며 토양의 온도는 2차원적인 열전달로 분석하였고 온실 각 벽면의 투과율을 계산하여 온실내 일사량을 구하였다.

Chandra(1981) 등은 온실의 열적환경의 이론적인 모형을 개발하면서 온실의 온도와 상대습도에 영향을 주는 모든 요인을 고려하였으며, 특히 온실내의 온도와 상대습도에 영향을 주는 모든 요인을 고려하여 토양의 열흐름을 일차원적인 유한요소법으로 해석하였다.

Glaub와 Trezek(1981)은 비정상상태의 열 및 물질전달이론을 기초로 하여 온실시스템의 구성요소들에 관한 열적현상을 모형화하였다.

3. 기존의 해석방법에 대한 고찰

3.1 정상상태 해석방법

① Degree-Day Method

디그리데이 방식은 기존의 태양열 이용주거 및 시설의 부하계산방법으로 많이 사용되었으며, 특히 온실의 난방부하 계산에 많이 적용되고 있다.

이 방식은 기본적으로 오랜 기간동안 관찰하여 평균할 때 일평균 기온이 18℃가 되면 태양열이나 내부열 발생으로 인한 취득열이 열손실량을 상쇄하게 되며, 또한 하룻동안의 난방부하는 18℃와 일평균기온의 차이와 비례한다는 가정에 근거를 둔 것이다. 이 방식에 의한 연간 난방부하(AHL)는 다음의 식으로 구한다.

$$AHL = \frac{24 \times q \times HDD}{\Delta T} = BLC \times HDD \quad (4)$$

여기서, q : 최대 난방 부하 (kcal/hr)

HDD : 연간난방도일 (℃·day/yr)

ΔT : 설계 온도차 (℃)

BLC : 건물열손실 계수 (kcal/℃·day)

BLC (Building Load Coefficient)는 하루 중 건물 온도를 1℃ 올리는데 필요한 열량으로 다음과 같이 구할 수 있다.

$$BLC = \frac{24 \times q}{\Delta T} \quad (5)$$

여기서, q : 설계난방부하 (kcal/hr)

설계난방부하 q 는 다음과 같다.

$$q = \text{건물외피에 의한 난방부하}(q_1) + \text{극간풍에 의한 난방부하}(q_2) \quad (6)$$

건물외피에 의한 난방부하(q_1)은 다음 식을 이용하여 구한다.

$$q_1 = K_n \times A_n \times K \times \Delta T \quad (7)$$

여기서, K_n : 열관류율 ($\text{kcal}/\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{℃}$)

A_n : 표면적 (m^2)

K : 방위계수 (동 : 1.1, 서 : 1.05, 북 : 1.2)

환기에 의한 난방부하(q_2)는 다음 식을 이용하여 구한다.

$$q_2 = 0.291 \times \text{ADR} \times \text{ACH} \times V \times \Delta T \quad (8)$$

여기서, ADR : 공기 밀도비 (air density ratio)

ACH : 환기 횟수 (air change ratio) (회/hr)

아울러 HDD는 난방도일로서 Degree-Day (DD)는 다음과 같다.

$$\text{DD} = \sum \{ (T_b - \text{월별외기평균온도}) \times \text{월별일수} \} \quad (9)$$

② Modified Degree-Day Method

디그리데이 방식의 18℃ 기준은 과거 건물의 단열상태가 불량하고 내부열 발생도 극히 적은 경우에 연구된 것이다. 그러나 최근의 건물은 단열시공이 필수적이고 또 전기기구 등 각종 내부 열발생량이 많은 생활용품의 사용으로 실제로 18℃의 일 평균에서는 냉방부하가 발생하게 된다. 따라서 수정 디그리데이 방식에서는 이에 대한 보완으로 기후조건에 따라 실측자료에 의한 보정계수를 사용하여 디그리데이 방식의 문제점을 보완하고 있다.

$$AHL = \frac{q \times 24 \times HDD}{\Delta T \times k} \times CD \quad (10)$$

여기서, k : 최대부하시 효율과 부분부하시 효율, 과다설비설계, 에너지절약기
기의 효율을 감안한보정계수 (0.55~0.65)

CD : 18℃를 기준으로 한 degree-day에 대한 난방 효과를 고려한 보
정계수 (0.5~0.8)

③ Variable Base Degree-Day Method

가변 디그리데이 방식(VBDD)은 난방도일 산정의 기준으로 균형점온도
(balance point temperature)의 개념을 도입한 것이다. 즉, 건물의 에너지 부
하가 영(zero)이 되는 균형점 온도를 계산한 뒤, 이에 맞는 난방도일을 산정하여 연
간난방부하를 계산하는 방법이다.

$$AHL = \frac{q \times 24 \times DDT_b}{\Delta T} \quad (11)$$

여기서, T_b : 균형점 온도 (℃)

DD_{T_b} : 균형점 온도를 기준으로 계산한 연간난방도일

ΔT : 설계 온도차 (℃)

여기서 T_b 는 균형점 온도로서 다음과 같이 정상상태로 계산한 난방부하 (q_H)에
관한 2개의 식을 연립하여 구할 수 있다. 겨울의 경우 실내발열, 태양열 등에 의해
외부온도가 유지해야 할 실내온도가 되어도, 실제로 실내온도가 더 높으므로, 그 이
하의 온도에서 열원이 가동한다. 즉, Y 온도를 균형점 온도라 한다.

$$q_H = BLC \times (T_i - T_o) - q_g \quad (12)$$

여기서, BLC : 열손실계수 ($\frac{q}{\Delta T}$)

T_i : 실내 기준 온도 (℃)

T_o : 외기온 (℃)

q_g : 태양 복사열과 내부 발생열 합

$$q_H = BLC \times (T_b - T_o) \quad (13)$$

위의 두 식을 연립하면 균형점 온도는 다음과 같다.

$$T_b = T_i - q_g / BLC \quad (14)$$

이 경우 냉난방 도일은 다음과 같다.

$$HD_{X-Y}, CD_{X-Y} \quad (15)$$

여기서, X : 유지해야 할 실내온도

Y : 보일러 or AHU 가동 시작온도

$$T_b = T_i - q_g / BLC - V \cdot A \quad (16)$$

$$HD_{X-Y} = \sum_{i=1}^N (T_i - T_o) \text{ or } HD_{X-Y} = \sum_{i=1}^N (T_i - T_o) \quad (17)$$

$$CD_{X-Y} = \sum_{i=1}^N (T_o - T_i) \quad (18)$$

여기서, T_i : 유지하는 실온 (℃)
 T_o : 외기온 (℃)
 T_o' : 난방 시작온도 (℃)
 N : 외기가 T_o 이하인 날 수
 N' : 외기가 T_o' 이하인 날 수

④ Extended Degree-Day Method

재래의 디그리데이 방식을 보완한 확장 디그리데이 방식은 일사열취득, 내부열 발생 및 야간 복사열의 영향 등을 고려하고 있는데 다음의 식으로 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned}
 Q_{total} &= Q_t + Q_s + Q_i \\
 &= 24 \sum_j \left\{ kt(T_i - T_{oj} + \frac{\epsilon}{\alpha_o} I_{ij}) - \mu I_{sj} - G \right\} \\
 &= 24 kt \sum_j (T_{ref} - T_{oj} + \frac{\epsilon}{\alpha_o} I_{ij} - \rho I_{ij})
 \end{aligned} \tag{19}$$

여기서, Q_t : 관류에 의한 에너지 부하 ($\text{kcal/m}^2 \cdot \text{h}$)
 Q_s : 일사에 의한 에너지 부하 ($\text{kcal/m}^2 \cdot \text{h}$)
 Q_i : 내부열 발생에 의한 에너지 부하 ($\text{kcal/m}^2 \cdot \text{h}$)
 k_t : 열손실 계수 ($\text{kcal/m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{℃}$)
 ϵ : 외표면 방사율
 α_o : 외표면 열전달율 ($\text{kcal/m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{℃}$)
 I_s : 입사 일사량 ($\text{kcal/m}^2 \cdot \text{h}$)
 I_i : 야간 복사량 ($\text{kcal/m}^2 \cdot \text{h}$)
 G : 바닥 면적당 내부 발열량 ($\text{kcal/m}^2 \cdot \text{h}$)
 μ : 일사 취득 계수 ($= \sum n_i A_i / A_f$)

T_{ref} : 참고온도 ($T_i - G / k_t$) (℃)

ρ : 투과 관류비 ($=\mu / k_t$)

3.2 비정상상태 정밀해석방법

온도가 시간의 경과에 영향을 받는 동적(unsteady-state)해석을 비정상 상태(unsteady state)해석 혹은 정밀 시뮬레이션방식 (detailed simulation method)이라고 하는데, 이러한 계산방식에서는 재료의 축열능력을 고려하여 시간에 따른 온도 및 부하 변화를 산정할 수 있다. 이와 같은 비정상 전열해석방법에는 응답계수법(response factor method), 가중계수법(weighting factor method), 열시간상수법(thermal time constant method), 유한차분법(finite difference method) 등 여러가지 해석 방법이 있는데 각각의 특징을 살펴보면 다음과 같다.

① 응답계수법 (Response Factor Method)

응답계수법은 1967년 Canada의 Stephenson과 Mitalas에 의해 이론적으로 정립된 열류해석 방법으로 여기서 응답계수란 임의의 시점에서 어떤 물체에 단위 온도와 여진(unit thermal excitation)이 작용할 경우 그 반응으로 나타나는 시계열의 열류응답으로 정의한다.

② 가중계수법 (Weighting Factor Method)

순간적인 실의 현열부하를 계산하는 가중계수법은 건물에서의 에너지 흐름에 영향을 주는 중요한 인자들을 고려한 간단하면서도 유연한 기법이다. 이 방법은 정상상태의 계산으로 건물이 축열효과를 무시하게 되는 단순한 계산방법과 완벽한 열평형법 계산에 의한 매우 복잡한 계산방법 간의 절충안이라 하겠다.

가중계수와 응답계수는 같은 수학적 전개개념에서 유래된 것이나, 두 개념은 서

로 다르다. 가중계수(weighting factor)는 실응답계수(room response factor)라고도 하며, 열획득 요소로부터 공간의 순간적인 현열부하를 구하는 가중계수법에 사용된다. 반면에 응답계수(response factor, conduction transfer function)는 전도 열전달을 나타내는 것으로 벽체를 통한 열획득을 계산하는데 사용된다.

③ 열시간 상수법 (Thermal Time Constant Method)

열시간상수란 벽체 내부의 온도가 외부온도에 비해 시간당 1℃ 상승함에 따라 단위면적당 축열되는 열량을 나타내는 값이다. Bruckmayer에 의해 제안된 TTC의 개념은 Raychoudbury 등에 의해 건물 전체의 열응답을 나타내는 총열시간 상수의 개념으로 발전되었다.

④ 유한차분법 (Finite Difference Method)

열평형 방정식에 의한 유한차분법을 이용한 공간의 전열해석방법은 앞의 방법들보다 더 기본적인 개념으로, 이 방법은 열역학 제1의 법칙(에너지 보존의 법칙)에 근거한 개념을 행렬식을 이용하여 풀게 되며, 가중계수법이나 응답계수법보다 적은 가정을 필요로 하므로 더 유연하게 쓰일 수 있는 방법이다. 그러나 열평형 방정식에 의한 유한차분법은 매 시간마다 많은 양의 계산을 하게 되므로 더 많은 계산시간을 필요로 하게 된다.

유한차분법에서는 온도를 구하고자 하는 물질을 많은 작은 영역으로 나누어 각각의 중앙에 절점을 할당한다. 각 절점은 일정 영역을 대표하며, 그 절점의 온도는 그 영역의 평균온도를 나타낸다. 유한차분법의 해는 explicit method와 implicit method에 의하여 구할 수 있다. explicit method에서 미래의 절점온도 T_m 은 이것을 둘러싸는 절점의 현재 온도로부터 계산되므로 시간도함수에 관해서는 전진차분(forward-difference) 근사법으로 간주된다. 후진차분(backward-difference) 법에서는 모든 절점의 방정식을 기술하고 이것들을 연립하여 $p+1$ 시간의 온도를 결

정할 수 있다. 일반적으로 공간에 대한 열평형식은 공간을 둘러싸는 모든 벽체에 실의 공기부분을 더한 절점(node)에 대한 식이 생기게 된다. 이러한 공간의 절점으로 공기질량(air mass)에 대한 순간적인 현열부하를 계산하게 된다. 이렇게 구해진 일련의 식을 가지고 미지수인 벽체의 표면온도와 실온을 계산하며, 구해진 온도를 사용하여 실내 공기로의 대류 열전달량을 구하게 된다.

3.3 정상상태 계산방법을 실제 적용한 예

위에서 서술한 여러 가지 해석방법 중 정상상태 계산방법을 자연형 태양열 온실 시스템에 실제로 적용한 예¹⁾를 살펴보면 다음과 같다. 대전지방에 설치된 머스크 재배용 온실에 대해서 부하계산을 실시한 것으로, 1년 동안 온실의 난방 부하는 다음 식에 의해 월별 난방 부하를 계산하여 구하였다.

$$L = (T_i - T_{out}) \times UA \times N \quad (20)$$

여기서, L : 월별 난방부하 (kcal/mon)
 T_i : 설계실내온도 (℃)
 T_{out} : 월별 외기평균온도 (℃)
 UA : 온실의 열손실 계수 (kcal/℃ · day)
 N : 월별 일수

이때 월별 난방부하 L 의 값을 구하기 위해서는 먼저 온실의 열손실 계수를 계산하여야 하는데 이 값은 다음과 같이 구한다.

1) 한국동력자원연구소, “제 4 절 자연형 태양열 온실 시스템”, 자연형 태양열 시스템 개발 보고서, 1981, pp.95~117

$$UA = \frac{24 \times DHL}{T_i - T_o} \quad (21)$$

여기서, DHL : 설계난방부하 (kcal/hr)

T_i : 설계실내온도 (℃)

T_o : 설계외기온도 (℃)

위 식에서 설계실내온도와 설계외기온도는 가정치이기 때문에 설계난방부하만 알면 온실의 열손실 계수를 구할 수가 있는데, 설계난방부하는 겨울철 가장 추운날 건물의 외피를 통한 열손실량과 극간풍에 의한 열손실량의 합으로 구해진다.

① 설계난방부하 (DHL)

온실의 설계난방부하인 건물외피의 열손실량과 극간풍에 의한 열손실량을 구하기 위해서는 온실의 설계실내온도, 설계외기온도, 온실 각 부위별 열관류율, 극간풍에 의한 실내공기교환율을 설정하여야 한다.

② 설계실내온도 (T_i)

난방 기간중 온실 내에서 유지되어야 할 온도를 설계실내온도라 하는데 여기서는 멜론의 성장 적온 범위인 25℃~30℃의 중간치인 28℃를 설계실내온도로 하였다.

③ 설계외기온도 (T_o)

머스크멜론은 내한성이 극히 적은 작물이기 때문에 겨울철 가장 추운 외기온도를 기준으로 하여 설계하는 것이 바람직하다. 따라서 여기서는 대전 지방의 1월 온도중 최근 10년 동안의 최저기온인 -18.6℃를 설계외기온도로 하였다.

④ 온실 각 부위별 열관류율 (U값)과 건물외피에 의한 열손실량 (Q_e)

이 값은 각 부위별 열손실량을 다음 식에 의하여 계산하여 합하면 된다.

$$Q_e = A_e U (T_i - T_o) \quad (22)$$

여기서, Q_e : 건물외피에 의한 열손실량 (kcal/hr)

A_e : 온실 각 부위별 면적 (m^2)

U : 온실 각 부위별 열관류율 ($kcal / m^2 \cdot hr \cdot ^\circ C$)

T_i : $28 ^\circ C$

T_o : $-18.6 ^\circ C$

그리고 바닥을 통한 열손실량은 바닥둘레가 단열되어 있을 때 다음 식으로 계산한다.

$$Q_f = F_2 \cdot P \cdot (T_i - T_o) \quad (23)$$

여기서, Q_f : 바닥을 통한 열손실량 (kcal/hr)

F_2 : 열손실 계수 ($kcal / m \cdot hr \cdot ^\circ C$)

P : 바닥둘레 길이 (m)

⑤ 극간풍에 의한 열손실량 (Q_i)

이 값은 다음 식으로 계산된다.

$$Q_i = 0.288 \times V \times ACH \times (T_i - T_o) \quad (24)$$

여기서, Q_i : 극간풍에 의한 난방부하 (kcal/hr)

0.288 : 공기의 체적 열용량 (kcal /m³ · hr · °C)

V : 온실 체적 (m³)

ACH : 시간당 공기교환율 (회/시간)

⑥ 설계난방부하 (DHL)

설계난방부하는 건물외피에 의한 열손실량(Q_e), 바닥을 통한 열손실량(Q_f)과 극간풍에 의한 열손실량의 합으로 계산된다.

$$DHL = Q_e + Q_f + Q_i$$

⑦ 온실의 열손실 계수 (UA)

온실의 열손실 계수는 앞서 계산된 설계난방부하를 이용하여 다음 식에 의한 계산을 한다.

$$UA = \frac{24 \times DHL}{T_i - T_o} \text{의 식에서}$$

⑧ 연간 난방부하

월별 난방부하(L) = $(T_i - T_{out}) \times UA \times N$ 을 구하여 이를 더하면 연간 난방부하가 된다.

제 4 절 온실의 부하해석 알고리즘

1. 해석 알고리즘의 개요

온실에서 각 층 사이의 열흐름은 대류, 복사 및 전도의 복합적인 현상으로 이루어지며 이러한 온실의 열적환경을 이론적으로 분석할 수 있는 모형을 개발하기 위하여 온실내의 열적환경을 온실의 외피층, 내부공기층, 온실지표면 및 토양층으로 나누어 다음과 같은 조건 하에서 비정상상태로 전산해석모형을 만들어 해석하였다.

① 온실의 외피는 두께가 얇고 공기와 접촉하는 표면적이 매우 크므로 외피의 온도는 전표면에 걸쳐 균일하다고 가정하였으며, 온실내의 발열은 태양복사에너지를 이용하는 것 외에 별도의 시간별 발열량을 고려할 수 있도록 하였다.

② 태양복사열의 투과율에 가장 큰 영향을 주는 외피 표면응축을 해석하기 위해서는 작물의 증산, 토양수분의 증발, 외기와외 환기, 외피 표면에서의 응축 등 실내 수분이동에 관한 해석이 필요하지만, 본 시뮬레이션에서는 작물의 재배가 없고 바닥이 토양이외에 다른 재료로 구성될 수 있으므로, 또한 정확한 수분이동에 대한 보조 자료(back data)가 없는 관계로 수분이동은 고려하지 않았다.

③ 온실의 해석에서 복사열전달은 대단히 복잡한 현상으로 특히 두 물체간의 형태계수(view factor)는 물체의 크기, 방향, 형태 등에 따라 달라지며 이들을 이론적으로 계산하는 것은 매우 어렵다. 따라서 이러한 복사열교환의 중요성을 고려하여 복사열전달을 효과적으로 분석하고자 온실내 모든 복사열전달 매체의 표면은 회색체(gray body)라고 가정하고, 온실내부공기는 장파복사열교환에 관여하지 않고, 온실외피와 열교환을 하는 천공은 등가천공온도를 갖는다고 가정하였다.

④ 일사량의 계산은 경사면에서의 일사량, 월평균 일사량 및 온실내의 일사량 분

석방법을 이론적으로 고찰하고 이를 컴퓨터 모형화하여, 기상데이터의 매시간별 수평면 직달 일사량과 산란 일사량으로부터 온실내부의 유입 일사량을 계산하였다. 이때 온실내의 2차반사는 무시하였으며, 외피 구조물의 표면적은 온실 외피의 표면적에 비하여 상대적으로 매우 작기 때문에 구조물에 의한 일사차단 효과는 무시하였다.

2. 열평형 방정식

2.1 유리면(외피) 모델

온실 외피의 열평형은 외피의 일사량 흡수, 내부 및 외부공기의 대류현상, 내부 토양과의 복사열교환이나, 천공 및 주위의 지표면과의 복사열교환으로 열평형 방정식은 다음과 같이 표시될 수 있다.

$$C_c \cdot V_c \cdot \frac{dT_c}{dt} = QU_{ca} + QC_{ac} + QC_{co} + QR_c \quad (25)$$

여기서 좌측항은 외피의 열량의 변화를 나타내며 우측항은 외피의 흡수 일사량, 내부공기 및 외부공기의 대류열전달, 외피의 복사열전달을 표시한다.

① 유리면(외피) 전체에 흡수되는 일사량

유리면에 흡수되는 총 일사량은 외부 태양으로부터 각 면에 직접 수열되는 일사량과 실내로 투과된 일사량이 온실내부 지표면에 1차 반사되어 흡수되는 일사량으로 다음과 같다.

$$QU_{ca} = \left\{ \sum_{n=1}^6 I_{Ta}(n)A_n + \alpha_{dc}(n)I_{TR}A_f \cdot r_f \right\} \cdot 10^6/3600 \quad (26)$$

여기서, QU_{ca} : 외피 흡수 일사량 (W)
 r_f : 온실 지표면 반사율
 I_{TR} : 온실내 유입 일사량 ($MJ/m^2 \cdot hr$)
 α_{dc} : 임의 외피면 산란 일사량 흡수율

② 외부로부터 각각의 유리면(외피)에 흡수되는 일사량

외부로부터 개개의 유리면에 흡수되는 일사량은 태양으로부터의 직달 일사량과 산란 일사량 및 지표면 반사일사량으로 다음과 같다.

$$I_{Ta}(n) = I_{Tb}(n) \cdot \alpha_c(n) + (I_{Td}(n) + I_{Tg}(n)) \cdot \alpha_{dc} \quad (27)$$

여기서, $I_{Ta}(n)$: 임의 피복면 흡수 일사량 ($MJ/m^2 \cdot hr$)
 $\alpha_c(n)$: 임의 피복면 직달일사 흡수율
 $I_{Tb}(n)$: 임의 피복면 직달 일사량 ($MJ/m^2 \cdot hr$)
 $I_{Td}(n)$: 임의 피복면 산란 일사량 ($MJ/m^2 \cdot hr$)
 $I_{Tg}(n)$: 임의 피복면 지표면 반사일사량 ($MJ/m^2 \cdot hr$)
 α_{dc} : 외피 산란 일사량 흡수율

③ 내부 공기와 외피의 대류 열전달

내부공기와 외피간의 대류 열전달은 다음과 같이 계산될 수 있다.

$$QC_{ac} = h_{ac} \cdot A_c \cdot (T_a - T_c) \quad (28)$$

여기서, QC_{ac} : 내부 공기와 외피의 대류 열전달 (W)
 h_{ac} : 대류열전달 계수 ($W/m^2 \cdot ^\circ C$)

T_a : 실온 (℃)
 T_c : 외피 온도 (℃)
 A_c : 외피 면적 (m²)

여기서 대류열전달 계수는 다음과 같다.

$$h_{ac} = 1.52 |T_a - T_c|^{\frac{1}{3}} + 5.2 \left(\frac{U_m}{L_g} \right)^{0.5} \quad (29)$$

여기서, U_m : 온실 내 평균 기류속도 (m/sec)

L_g : 외피 특성길이 (m)

④ 외부공기와 외피간의 대류 열전달

외부공기와 외피간의 대류 열전달은 다음과 같이 계산될 수 있다.

$$QC_{co} = h_{co} \cdot A_c \cdot (T_o - T_c) \quad (30)$$

여기서, QC_{co} : 온실 외피와 외부공기 대류열전달 (W)

h_{co} : 대류열전달 계수 (W/m² · ℃)

외부 풍속을 고려한 대류열전달계수는 다음과 같다.

$$h_{co} = 2.8 + 3.0W \quad (31)$$

여기서, W : 외부 풍속 (m/sec)

⑤ 외피의 복사열전달

외피의 복사열전달 평형은 다음과 같이 외피와 천공, 외피와 온실외부 지표면, 외피와 온실내부 지표면과의 열전달로 다음과 같다.

$$QR_c = -QR_{cs} - QR_{cg} + QR_{fc} \quad (32)$$

$$QR_{cs} = \sigma \cdot A_c \cdot \epsilon_{cu} \cdot F_{cs} \cdot (T_c^4 - T_{sky}^4) \quad (33)$$

여기서, QR_{cs} : 외피와 천공의 복사열전달 (W)

σ : stefan-bolzman constant ($5.699 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$)

ϵ_{cu} : 온실 외피의 방사율

F_{cs} : 형태계수

$$QR_{cg} = \sigma \cdot A_c \cdot \epsilon_{cu} \cdot F_{cg} \cdot (T_c^4 - T_g^4) \quad (34)$$

여기서, QR_{cg} : 외피와 외부지표면과의 복사열전달 (W)

T_{sky} : 등가천공온도 (K)

T_o : 외기온 (K)

$$T_{sky} = 0.552 T_o^{1.5} \quad (35)$$

$$QR_{fc} = \frac{\sigma \cdot A_f \cdot (T_f^4 - T_o^4)}{1/\epsilon_g + (A_f/A_c)(1/\epsilon_{cl} - 1)} \quad (36)$$

여기서, QR_{fc} : 지표면(실내)과 외피 간의 복사열전달 (W)

ε_g : 지면 방사율

2.2 내부 공기모델

온실내부공기의 열평형에서 내부공기의 온도는 온실내에서 균일하다고 가정한다. 또한 내부공기는 단파나 장파의 복사열을 흡수하지 않는다고 가정한다. 온실 내부공기는 외피, 토양표면과 대류열교환을 하며 열공급장치나 기타 기기에 의한 내부발열을 고려하여 열평형방정식은 다음과 같이 표시될 수 있다.

$$C_a \cdot V_a \cdot \frac{dT_a}{dt} = QH - QC_{ac} - QC_{af} - QV \quad (37)$$

여기서 좌측항은 내부공기의 열량변화를 나타낸 것이며 우측항은 내부발열, 외피 및 온실 지표면 등과 내부공기와의 대류열전달, 온실의 환기열손실을 나타낸다.

① 내부 지표면과의 대류열전달

온실공기와 내부 지표면과의 대류 열전달은 다음과 같다.

$$QC_{af} = h_{af} \cdot A_f \cdot (T_a - T_f) \quad (38)$$

여기서, QC_{af} : 내부공기와 온실지표면간 대류열전달 (W)

h_{af} : 대류 열전달계수 ($W/m^2 \cdot K$)

A_f : 지표면 면적 (m^2)

T_f : 지표면 온도 (K)

대류열전달 계수는 다음과 같다.

$$h_{af} = 1.52 |T_a - T_f|^{\frac{1}{3}} + 5.2 \left(\frac{U_m}{L_f} \right)^{0.5} \quad (39)$$

여기서, L_f : 지표면 특성길이 (m)

② 내부공기의 열이동량

온실 내부공기의 환기에 의한 열이동량은 다음과 같다.

$$QV = \rho_o \cdot V_v \cdot C_a \cdot (T_a - T_o) \quad (40)$$

여기서, QV : 내부공기의 이동열량 (W)

ρ_o : 외부공기의 밀도 (kg/m^3)

V_v : 온실 체적 환기율 (m^3/sec)

C_a : 공기 비열 ($\text{J}/\text{m}^3 \cdot \text{K}$)

T_a : 실온

T_o : 외기온

온실체적의 환기율은 다음과 같다.

$$V_v = \frac{V_g \cdot S}{3600} \quad (41)$$

여기서, V_g : 온실의 체적 (m^3)

S : 환기율

온실의 환기율은 주로 온실내부의 온도차와 외부풍속에 영향을 받는데, Okada(1973) 등은 난방 유리온실의 환기에 의한 열손실을 분석하고자 온실 내의 환기율(S)을 외부풍속(W)과 내외부 온도차의 함수로 다음과 같이 정의하고 대형 온실의 경우 a, b 값을 다음과 같이 정의하였다.

$$S = aW + b \sqrt{(T_i - T_o)} \quad (42)$$

여기서, W : 외부 풍속 (m/sec)
a, b : 상수 (대형 유리온실일 경우 a = 0.44, b = 0.0614)
T_i : 실온
T_o : 외기온

2.3 지표면 및 토양층 모델

① 지표면 모델

온실 지표면에서 열흐름은 온실 전체 열에너지의 5~16% 정도가 된다고 보고된 바 있다. 또한 온실 지표면에서 수직방향 열흐름의 약 1% 정도가 토양측면으로 유동한다는 연구보고가 있다. 따라서 온실 지표면 층에서 내부토양층으로의 열전달은 수직방향의 열전달만을 고려하였다.

$$C_{fl} \cdot V_{fl} \cdot \frac{dT_{fl}}{dt} = QU_{fa} + QC_{af} - QR_f - QF_1 \quad (43)$$

여기서 좌측항은 지표면층의 열량변화를 뜻하며 우측항은 지표면층의 일사량 흡수, 내부공기와의 대류열전달, 지표면층의 복사열전달, 지표면층과 토양 1층과의 전도열전달을 나타낸다.

② 토양층 모델

온실토양층은 지중온도변화의 난이층인 10m까지 1m 간격으로 10층으로 나누고 각 층 사이의 열평형방정식을 유도하면 다음과 같다.

$$C_{f2} \cdot V_{f2} \cdot \frac{dT_{f2}}{dt} = QF_1 - QF_2 \quad (44)$$

여기서 좌측항은 토양층의 열량변화를 뜻하며 우측항은 해당 토양층과 그 다음 토양층과의 전도열전달을 나타낸다.

③ 지표면에 흡수되는 일사량

지표면에 흡수되는 일사량은 외피를 통해 실내로 유입되는 일사량과 실내로 유입된 일사량이 1차 반사된 후 외피에 의해 재반사되어 지표면에 재흡수되는 것으로 다음과 같다.

$$QU_{fa} = A_f I_{TR} ((1 - r_f) + r_f r_{dc}) \cdot 10^6 / 3600 \quad (45)$$

여기서, QU_{fa} : 토양에 흡수되는 일사량 (W)

r_f : 온실 지표면의 반사율

r_{dc} : 온실 외피의 산란광 반사율

온실내 바닥 지표면에 도달하는 단위면적당 일사량은 다음과 같다.

$$I_{TR} = Q_{ST} / A_f \quad (46)$$

여기서, I_{TR} : 온실내 일사량 ($MJ/m^2 \cdot hr$)

A_f : 온실 바닥 면적 (m^2)

여기서 Q_{ST} 는 각 유리면을 통해 들어오는 직달 및 산란 일사량의 합으로 다음과 같다.

$$Q_{ST} = \sum_{n=1}^6 I_{T(n)} A(n) \quad (47)$$

여기서, Q_{ST} : 온실 지표면 도달 총일사량 (MJ/hr)

$A(n)$: 각 면의 면적 (m^2)

④ 유리면을 통해 유입되는 일사량

각각의 유리면을 통해 실내로 유입되는 일사량은 실내 바닥에 도달하는 양이 태양의 위치와 각각의 유리면과의 각도에 따라 시간별로 달라지게 된다. 즉, 태양의 위치변화에 따른 유리면과 온실지표면의 형태계수(angle factor)를 시간별로 산정하여 다음과 같이 구할 수 있다.

$$I_{T(n)} = I_{Tb(n)} \cdot I_{cb(n)} \cdot F(n) + (I_{Td(n)} + I_{Tg(n)}) \cdot I_{cd} \cdot F_d \quad (48)$$

여기서, $I_{T(n)}$: 온실 지표면 도달 일사량 ($MJ/m^2 \cdot hr$)

$I_{Tb(n)}$: 임의 외피 경사면 직달 일사량 ($MJ/m^2 \cdot hr$)

$I_{Td(n)}$: 임의 외피 경사면 산란 일사량 ($MJ/m^2 \cdot hr$)

$I_{Tg(n)}$: 임의 외피 경사면 지표면반사 일사량 ($MJ/m^2 \cdot hr$)

F : 직달일사의 angle factor

F_d : 산란일사의 angle factor

I_{cb} : 직달일사 투과율

I_{cd} : 산란일사 투과율

2.4 실내 유입일사량의 형태계수

온실의 일사량은 일사량의 성분, 온실의 형태 및 방향, 외피의 재질 및 형태에 따라 영향을 받는다. 온실은 태양열집열기와는 달리 입체적인 형상을 가지므로 온실 내로 투과되는 일사량을 정확히 분석하려면 온실의 표면을 벽면, 측벽면, 지붕면으로 분리하고 각 면을 통하여 온실내의 지표면으로 투과되는 일사량을 분석해야 한다. 태양광의 성분중 직달 일사량의 투과량은 태양 입사각에 따라 변하지만, 산란광의 투과율은 균일하다고 가정한다.

Smith와 Kingham(1971)은 유리온실 설계에 관한 연구에서 온실의 벽면과 지붕면으로 투과되는 일사량을 구할 때 일사량이 온실밖으로 나가지 않고 온실내의 지표면에 도달하는 비율을 구하고 이를 각 면에서의 각도요인(F : angle factor)이라 하고 다음과 같이 정의하였다.

$$F = \frac{\text{온실내 지표면에 의해 차단되는 일사량의 투과면적}}{\text{무한 평판에 의해 차단되는 일사량의 투과면적}} \quad (49)$$

여기서, F : 角度要因(angle factor)

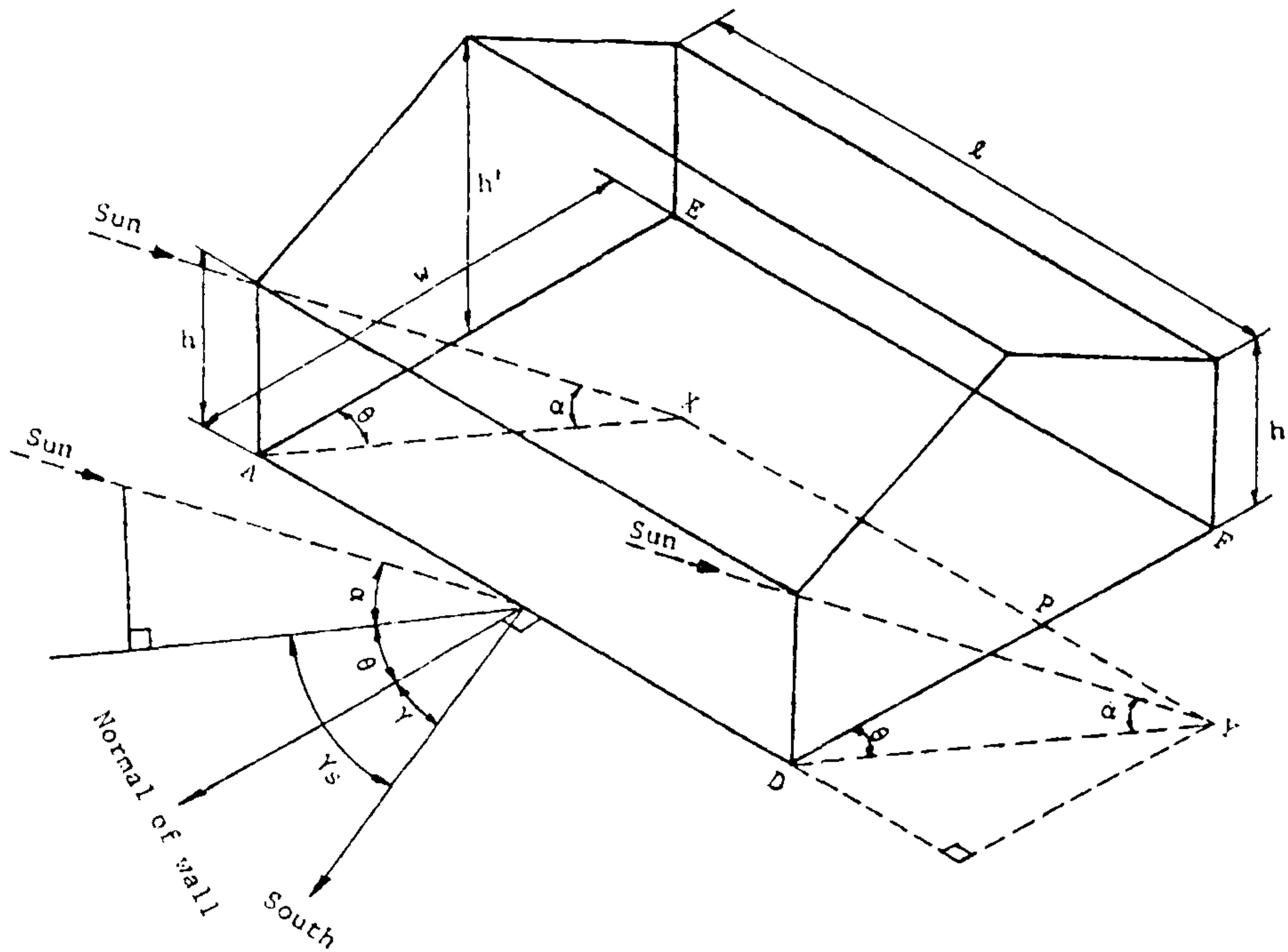
여기서는 온실내의 반사에 의한 효과는 무시되었다. 각도요인은 태양광의 성분에 따라 다르며 각 면의 형태, 방향, 기울기 등에 따라 달라지게 된다. 직달 일사량의 경우 F는 시간에 따라 변하지만 산란 일사량의 경우는 입사각 60°의 직달 일사량의 평균값을 이용한다. 이는 Liu와 Jordan(1960)이 수평면에서의 이론적인 산란 일사량의 입사각을 58°로 제시하였고, Brandemuehl과 Beckmann(1980)이 60°로 정하였기 때문이다.

온실의 벽면, 측벽면 및 지붕면의 직달 일사량의 각도요인 F를 구하기 위하여 [그림 2]와 같은 모양의 온실의 경우 태양 방위각을 γ_s , 경사면 방위각을 γ 이라고 하면 태양경사면 방위각 θ 는 다음과 같이 제시된다.

$$\theta = \gamma_s - \gamma \quad (50)$$

여기서, θ : 태양경사면 방위각 ($^{\circ}$)

온실의 벽면 및 지붕면의 경사면 방위각은 온실의 방향에 의해서 고정되지만 태양방위각은 시간에 따라 변한다.

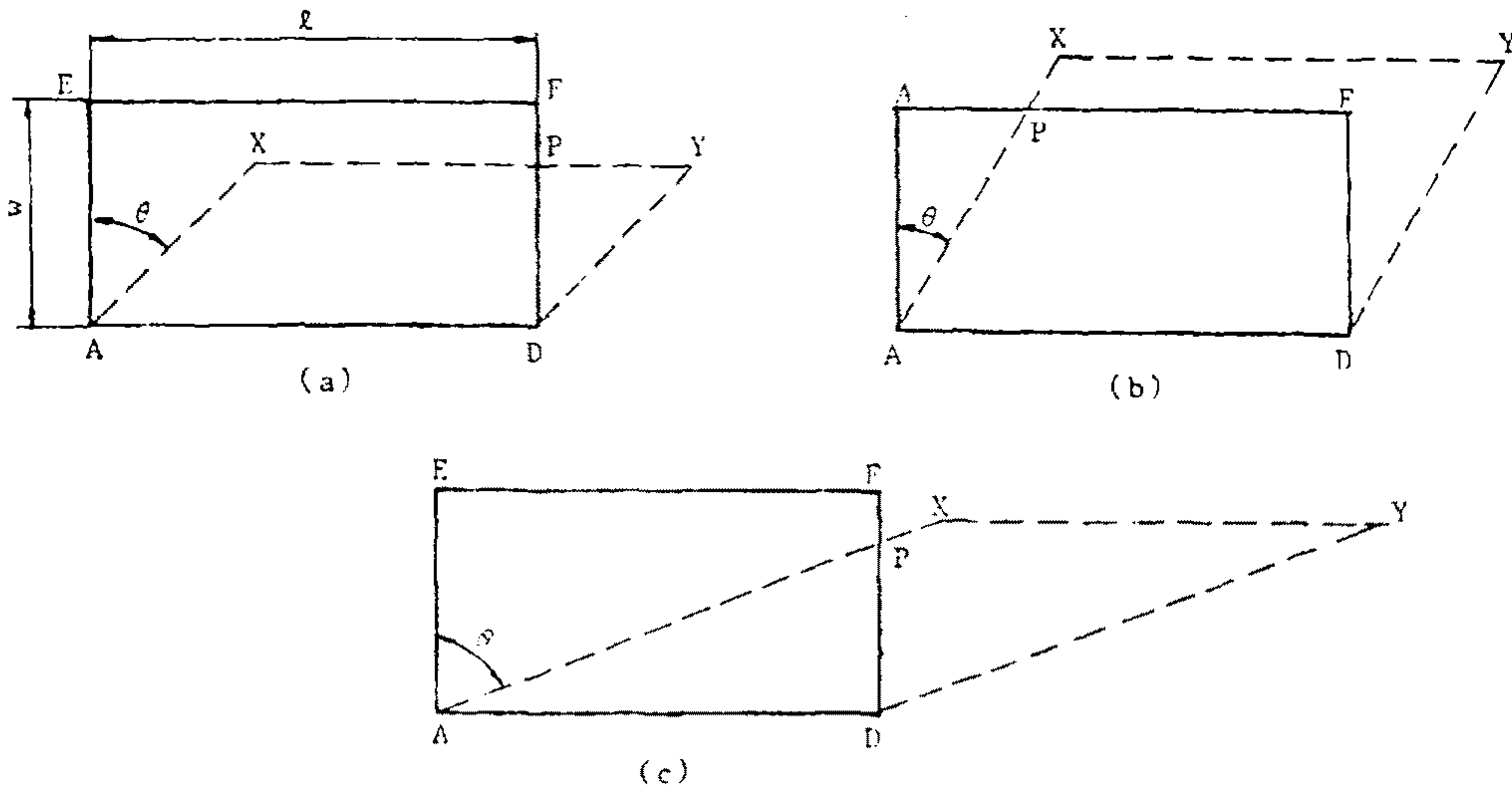


[그림 4.4.1] 벽면을 통한 직달일사

① 벽면의 각도요인

$\Rightarrow \theta \geq 90^{\circ}$ 인 경우 : 벽면에 도달되는 모든 직달 일사량은 반사되거나 벽면에 도달되지 못하므로 $F=0$ 가 된다.

⇒ $\theta < 90^\circ$ 인 경우 : [그림 4.4.2]은 벽면을 통하여 온실내로 투과되는 직달 일사량의 온실내 투영정도를 나타낸 것이다. [그림 4.4.1]에서 벽면 ABCD를 통과하는 직달 일사량에 의해서 생기는 투영면적은 다음과 같다.



[그림 4.4.2] 벽면과 온실바닥면을 통한 직달일사의 교차

$$\text{Area } AXYD = l h \cot \alpha \cos \theta$$

[그림 4.4.2]에서 각각의 각도요인 F를 구해보면

$$(a) \quad |AX \cos \theta| = |h \cot \alpha \cos \theta| < w \text{ and } |AX \sin \theta| = |h \cot \alpha \sin \theta| < l$$

$$F = 1 - \text{Area } PYD / \text{Area } AXYD$$

$$\text{Area } PYD = \frac{1}{2} PY \cdot PD = \frac{1}{2} h \cot \alpha \sin \theta \cdot h \cot \alpha \cos \theta$$

$$\therefore F = 1 - \frac{h}{2l} |\cot \alpha \sin \theta| \quad (51)$$

$$(b) \quad |AX \cot \theta| = |h \cot \alpha \cot \theta| \geq w \text{ and } |AX \sin \theta| = |h \cot \alpha \sin \theta| < \ell$$

$$F = (\text{Area AEFD} - \text{Area AEP}) / \text{Area AXYD}$$

$$\text{Area AEP} = \frac{1}{2} w EP = \frac{1}{2} w^2 \tan \theta$$

$$\therefore F = \frac{w \ell - (w^2/2) |\tan \theta|}{\ell h |\cot \alpha \cot \theta|} \quad (52)$$

$$(c) \quad |AX \sin \theta| = |h \cot \alpha \sin \theta| \geq \ell$$

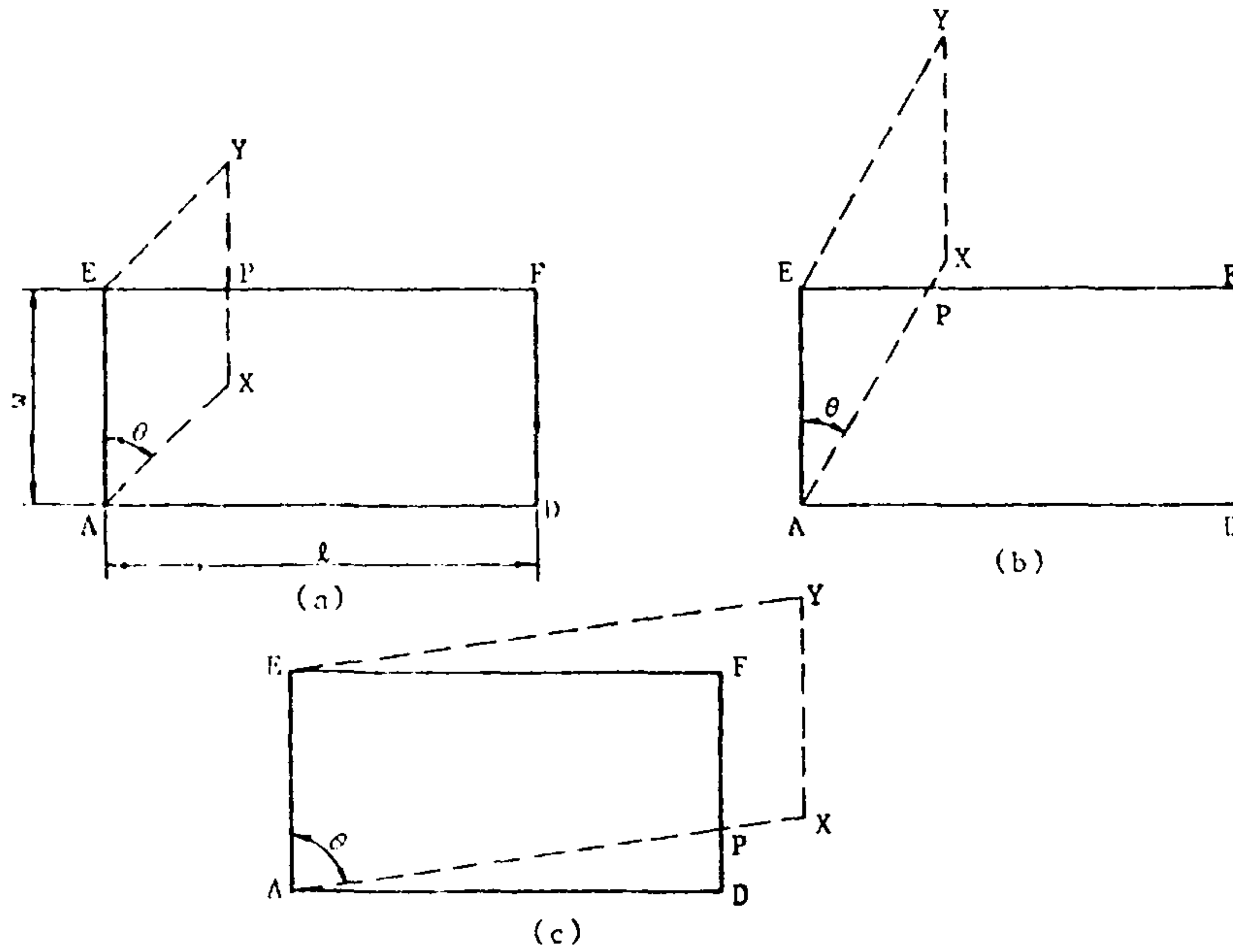
$$F = \text{Area APD} / \text{Area AXYD}$$

$$\therefore F = \left| \left(\frac{\ell}{2h} \right) \cot \alpha \sin \theta \right| \quad (53)$$

② 측벽면의 각도요인

측벽면에서의 각도요인 F를 구하는 방법은 벽면에서의 경우와 유사하다. 온실지붕의 형태에 따라 측벽면은 사각형이 아니지만 벽면의 크기는 폭을 w, 높이

$h = \frac{h+h'}{2}$ 인 사각형으로 생각하고 (그림 4)와 같은 3가지 경우의 F값을 구한다.



[그림 4.4.3] 측벽과 온실바닥면을 통한 직달일사의 교차

$$(a) \quad |AX \cos \theta| = |h \cot \alpha \cos \theta| < w$$

$$|AX \sin \theta| = |h \cot \alpha \sin \theta| < \ell$$

$$F = 1 - \text{Area EPY} / \text{Area AXYE}$$

$$\text{Area AXYE} = w \cdot h \cot \alpha \sin \theta$$

$$\text{Area EPY} = \frac{1}{2} EP \cdot YP = \frac{1}{2} h \cot \alpha \sin \theta \cdot h \cot \alpha \cos \theta$$

$$\therefore F = 1 - \frac{h}{2w} |\cot \alpha \cos \theta| \quad (54)$$

$$(b) \quad |AX \cos \theta| = |h \cot \alpha \cos \theta| \geq w$$

$$F = \text{Area AEP} / \text{Area AXYE}$$

$$\text{Area AEP} = \frac{1}{2} AE \cdot EP = \frac{1}{2} w \cdot w \tan \theta = \frac{1}{2} w^2 \tan \theta$$

$$\therefore F = \frac{\frac{1}{2} w^2 \tan \theta}{w h |\cot \alpha \sin \theta|} = \frac{w}{2 h |\cot \alpha \cos \theta|} \quad (55)$$

$$(c) \quad |AX \sin \theta| = |h \cot \alpha \sin \theta| \geq \ell$$

$$|AX \cos \theta| = |h \cot \alpha \cos \theta| < w$$

$$F = \text{Area APFE} / \text{Area AXYE}$$

$$\text{Area APFE} = \text{Area ADFE} - \text{Area APD}$$

$$= w \ell - \frac{1}{2} \cot \theta \cdot \ell \cdot \ell$$

$$= w \ell - \frac{1}{2} \ell^2 \cot \theta$$

$$\therefore F = \frac{w \ell - \frac{1}{2} \ell^2 |\cot \theta|}{w h |\cot \alpha \sin \theta|} \quad (56)$$

③ 전사면 지붕면의 각도요인

[그림 4.4.4]는 태양을 향하여 일정한 각도로 기울어져 있는 지붕면의 직달 일사량이 온실내로 투과되는 과정을 나타내고 있다. 이때 직달 일사량의 투영면적이 온실내에 있을 조건은 [그림 4.4.5]과 같다. 태양지붕면 방위각 θ 는 벽면에서와 같이 $|\theta| \leq 90^\circ$ 이다.

$$(a) \quad |MV \cos \theta| = |h' \cot \alpha \cos \theta| \leq w/2$$

$$|MV \sin \theta| = |h' \cot \alpha \sin \theta| < \ell \quad \text{인 경우}$$

$$F = \text{Area XVRQ} / \text{Area XVWY} = 1 - \text{Area QRWY} / \text{Area XVWY}$$

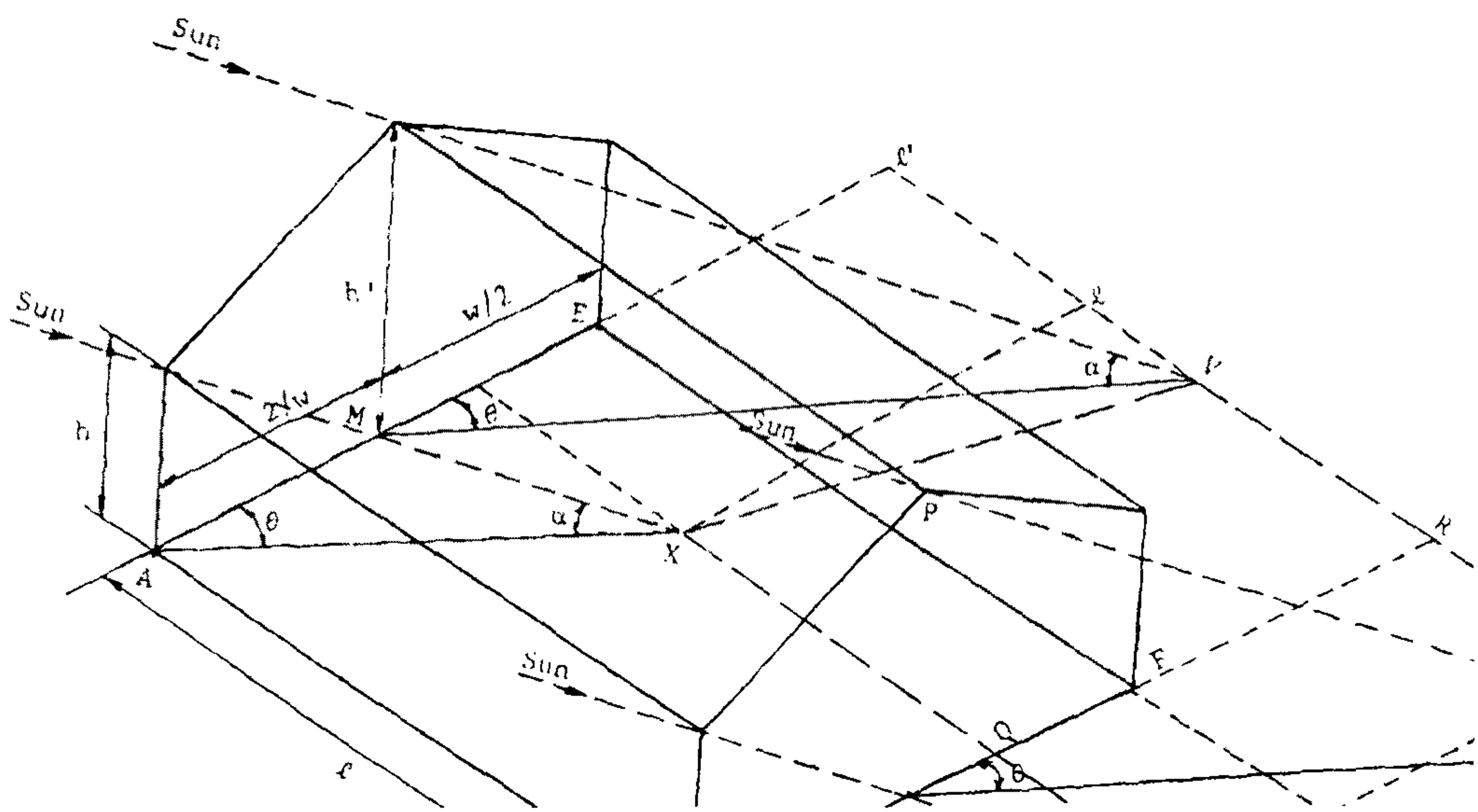
$$\text{Area XVWY} = \ell \left[\frac{w}{2} + (h' - h) \cot \alpha \cos \theta \right]$$

$$\text{Area QRWY} \sim RQ \cdot \frac{1}{2} (QY + RW)$$

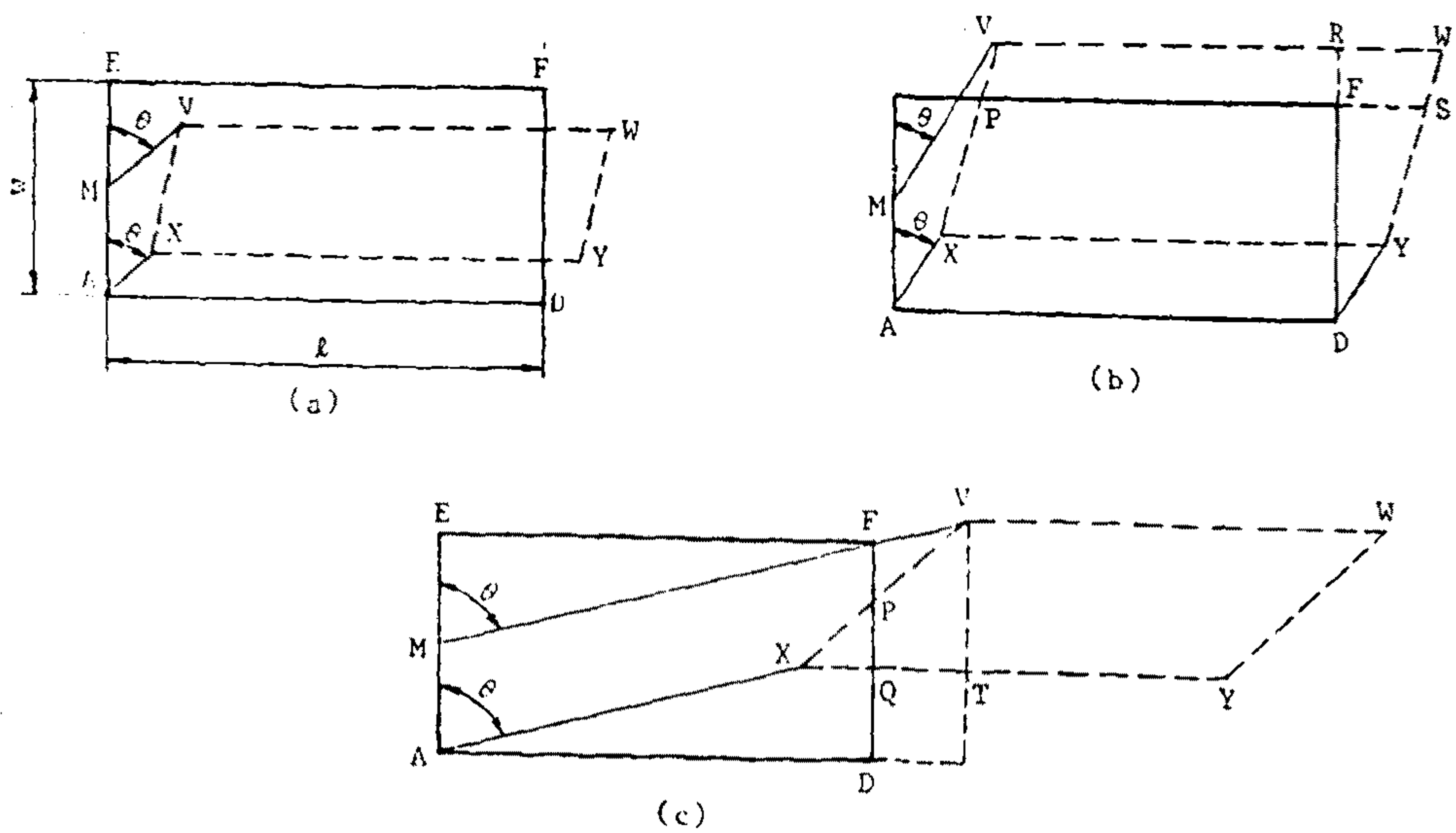
$$= XL \cdot \frac{1}{2} (h' + h) \cot \alpha \sin \theta$$

$$= \frac{1}{2} \left[\frac{w}{2} + (h' - h) \cot \alpha \cos \theta \right] (h' + h) \cot \alpha \sin \theta$$

$$\therefore F = 1 - [(h' + h)/2 \ell] |\cot \alpha \sin \theta| \quad (57)$$



[그림 4.4.4] 전사면 지붕을 통한 직달일사



[그림 4.4.5] 전사면 지붕과 온실바닥면을 통한 직달일사의 교차

$$(b) \quad |MV \cos \theta| = |h' \cot \alpha \cos \theta| \geq w/2$$

$$|MV \sin \theta| = |h' \cot \alpha \sin \theta| < \ell$$

$$|MV \cos \theta| = |h \cot \alpha \cos \theta| < w$$

$$F = \text{Area XPF} - Q / \text{Area XVWY}$$

$$= (\text{Area XVWY} - \text{Area PVWS} - \text{Area QRWY} + \text{Area FRWS}) / \text{Area XVWY}$$

$$\text{Area PVWS} = \ell \cdot EL = \ell (AL - AE)$$

$$= \ell \left[h \cot \alpha \cos \theta + \frac{w}{2} + (h' - h) \cot \alpha \cos \theta - w \right]$$

$$= \ell \left[h' \cot \alpha \cos \theta - \frac{w}{2} \right]$$

$$\text{Area QRWY} = QR \cdot \frac{1}{2} (RW + QY)$$

$$= \frac{1}{2} \left[\frac{w}{2} + (h' - h) \cot \alpha \cos \theta \right] \left[(h' + h) \cot \alpha \sin \theta \right]$$

$$\text{Area FRWS} = FR \cdot \frac{1}{2} (RW + FS)$$

$$\sim EL \cdot \frac{1}{2} (RW + QY)$$

$$= \frac{1}{2} \left[h' \cot \alpha \cos \theta - \frac{w}{2} \right] \left[(h' + h) \cot \alpha \sin \theta \right]$$

$$\therefore F = \{1 - [(h' + h)/2\ell] |\cot \alpha \sin \theta|\} \left\{ 1 - \frac{h |\cot \alpha \cos \theta| - \frac{w}{2}}{(h' - h) |\cot \alpha \cos \theta| + \frac{w}{2}} \right\} \quad (58)$$

$$(c) \quad |MV \sin \theta| = |h' \cot \alpha \sin \theta| \geq \ell$$

$$|AX \cos \theta| = |h \cot \alpha \cos \theta| < w$$

$$|AX \sin \theta| = |h \cot \alpha \sin \theta| < \ell$$

$$F = \text{Area XPQ} / \text{Area XVWY}$$

$$\text{Area XPQ} = \frac{1}{2} XQ \cdot QP$$

$$= \frac{1}{2} (\ell - h \cot \alpha \sin \theta) QP$$

$$= \frac{1}{2} (\ell - h \cot \alpha \sin \theta) TV \cdot QX / TX$$

$$= \frac{1}{2} (1 - h \cot \alpha \sin \theta) [(h' - h) \cot \alpha \sin \theta + \frac{w}{2}] / \cot \alpha \sin \theta$$

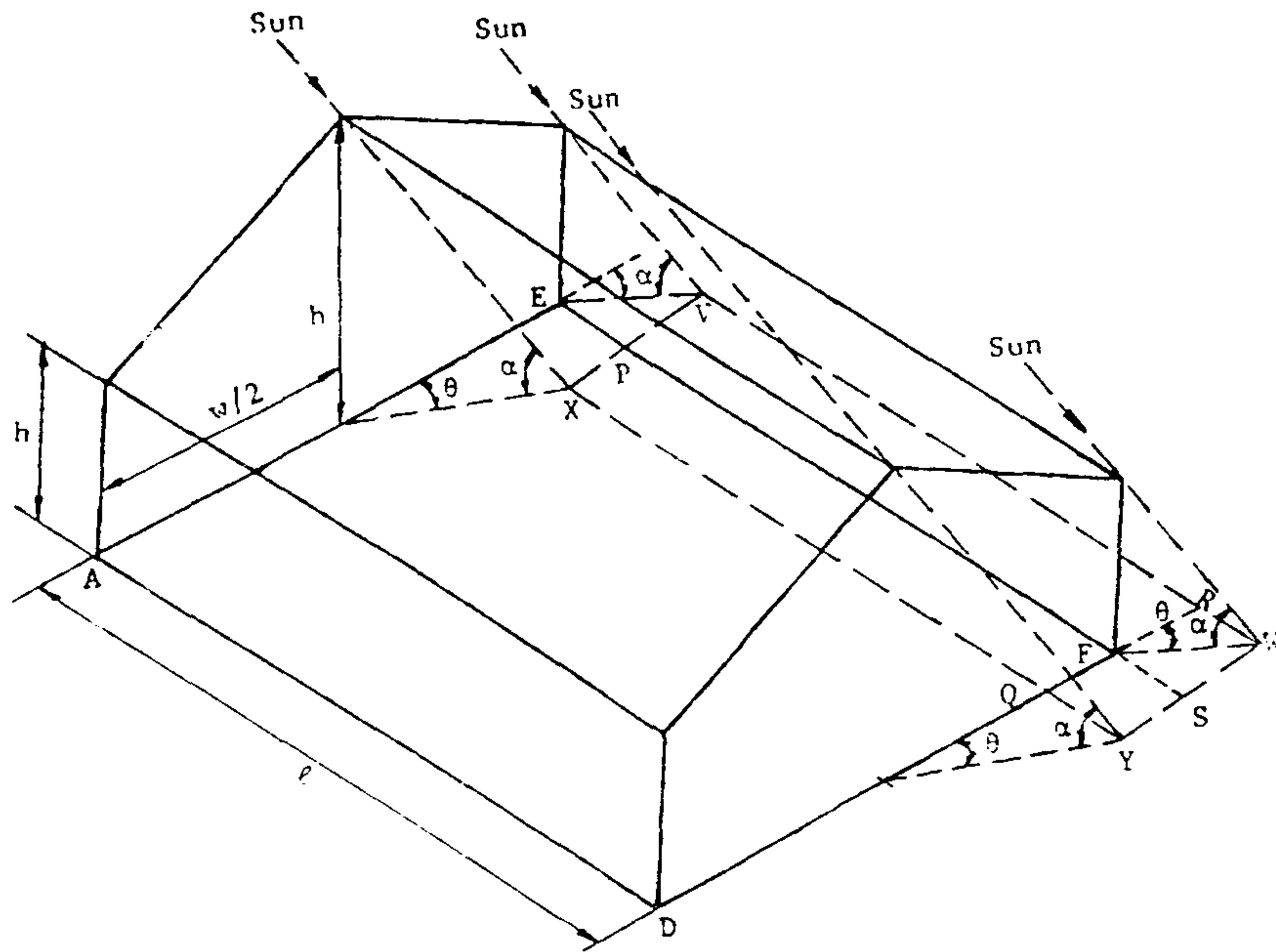
$$\therefore F = (\ell - h |\cot \alpha \sin \theta|)^2 / \{2\ell (h' - h) |\cot \alpha \sin \theta|\} \quad (59)$$

$$(d) \quad |AX \cos \theta| = |h \cot \alpha \cos \theta| \geq w \text{ and } |AX \sin \theta| = |h \cot \alpha \sin \theta| \geq \ell$$

$$\therefore F = 0$$

④ 후사면 지붕면의 각도요인

[그림 4.4.6]은 태양의 후사면 지붕에서 직달 일사량이 온실내로 투영되는 과정을 보인 것이다. 이때 태양 지붕면 방위각 θ 는 $|\theta| > 90^\circ$ 이며 다음과 같은 조건에서 각도요인 F를 계산할 수 있다.



[그림 4.4.6] 후사면 지붕을 통한 직달일사

(a) $|MX \cos \theta| = |h' \cot \alpha \cos \theta| < w/2$ and

$$|MX \sin \theta| = |h' \cot \alpha \sin \theta| < l$$

$$\therefore F = \text{Area XPFQ} / \text{Area XVWT} \tag{60}$$

$$\text{Area XVWY} = l \left[\frac{w}{2} - (h' - h) \cot \alpha \cos \theta \right]$$

$$\text{Area PVWS} = \ell \cdot h \cot \alpha \cos \theta$$

$$\begin{aligned} \text{Area QRWY} &= \text{QR} \cdot \frac{1}{2}(\text{QR} + \text{RW}) \\ &= \frac{1}{2} \left[\frac{W}{2} - (h' - h) \cot \alpha \cos \theta \right] [\text{QY} + \text{RW}] \\ &= \frac{1}{2} \left[\frac{W}{2} - (h' - h) \cot \alpha \cos \theta \right] [(h' + h) \cot \alpha \sin \theta] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Area FRWS} &= \text{FR} \cdot \frac{1}{2}(\text{FS} + \text{RW}) \\ &\sim \text{FR} \cdot \frac{1}{2}(\text{QY} + \text{RW}) \\ &= \frac{1}{2} (h \cot \alpha \cos \theta) [(h' + h) \cot \alpha \sin \theta] \end{aligned}$$

$$\therefore F = \left\{ 1 - \left[\frac{(h+h')}{2\ell} \right] |\cot \alpha \sin \theta| \right\} \left\{ 1 - \frac{h |\cot \alpha \cos \theta|}{\frac{W}{2} - (h' - h) |\cot \alpha \cos \theta|} \right\} \quad (61)$$

$$(b) \quad |\text{MX} \cos \theta| = |h \cot \alpha \cos \theta| \geq w/2$$

$$|\text{MX} \sin \theta| = |h \cot \alpha \sin \theta| \geq \ell$$

$$\therefore F = 0$$

2.5 시뮬레이션 모델의 전산화

앞에서 유도된 온실의 열적환경에 관한 열평형 방정식으로 구성된 시뮬레이션 모델을 분석하기 위하여 수치해석방법을 이용하였다. 시뮬레이션 모델에 관련되는 방정식을 각각의 절점별로 세우고 이를 유한차분법(finite difference method)에 의해 수치적 해를 구하였다. 그리고 비정상 상태의 유한차분 방정식을 풀기 위하여 Gauss-Seidel 반복법을 사용하여 1시간 간격으로 계산을 실시하였다. Gauss-Seidel 반복법은 새로운 시간의 온도 T^{n+1}_{ij} 를 앞서 구한 전 시간의 온도 T^n_{ij} 를 사용하여 수렴조건을 만족할 때까지 반복 계산하는데 이때의 수렴조건은 다음과 같다.

$$|T^{n+1}_{ij} - T^n_{ij}| < \varepsilon$$

본 시뮬레이션에서는 수렴치(ε)은 10^{-3} 으로 하였다.

제 5 절 시뮬레이션 및 결과

1. 개 요

시험용 그린하우스는 고정식으로 유리외경 알루미늄 골조에 실내기후를 자동화한 것으로 온실의 규모는 약 50평이다. 설계된 온실은 장스판형으로 길이가 9m 이며 3m의 모듈로 길이가 18m이다. 처마끝이 3.3m, 용마루 끝이 5.554m이며 바닥 총면적은 $162m^2$, 외피면적은 $376m^2$ 체적은 $717m^3$ 이다.

2. 열 부하계산

2.1 온실 난방부하

2.1.1 열관류율 계산, K

구 분	두께	전달계수	열저항	열대류	열관류율
	m	$\lambda(\omega/m^{\circ}C)$	$R(m^2^{\circ}C/w)$	$m^2^{\circ}C/w$	$w/m^2^{\circ}C$
벽 체	0.003	1.15	0.726	0.17	5.79
지 붕	0.003	1.15	0.1426	0.17	7.0
바 닥	콘크리트	0.12	1.7		0.7
	자갈	0.1	0.37		
	흙	0.1	0.67		

2.1.2 부위별 열손실부하

부위별면적(m^2)		열관류율 $w/m^2\text{ }^\circ\text{C}$	열손실부하 $w/^\circ\text{C}$	
벽체	남측	59.4	5.79	1,032
	동측	29.7		
	서측	29.7		
	북측	59.4		
지붕	남	99.28	7	1,390
	북	99.28		
바닥(m)		54	1.75 ($w/m\text{ }^\circ\text{C}$)	94.5
합계				2,517

2.1.3 환기열손실 부하

$$- q_v = V \times n \times 0.34 \text{ -----} w/^\circ\text{C}$$

공기체적비열	환기횟수	체적	계
0.34	0.5	717	122

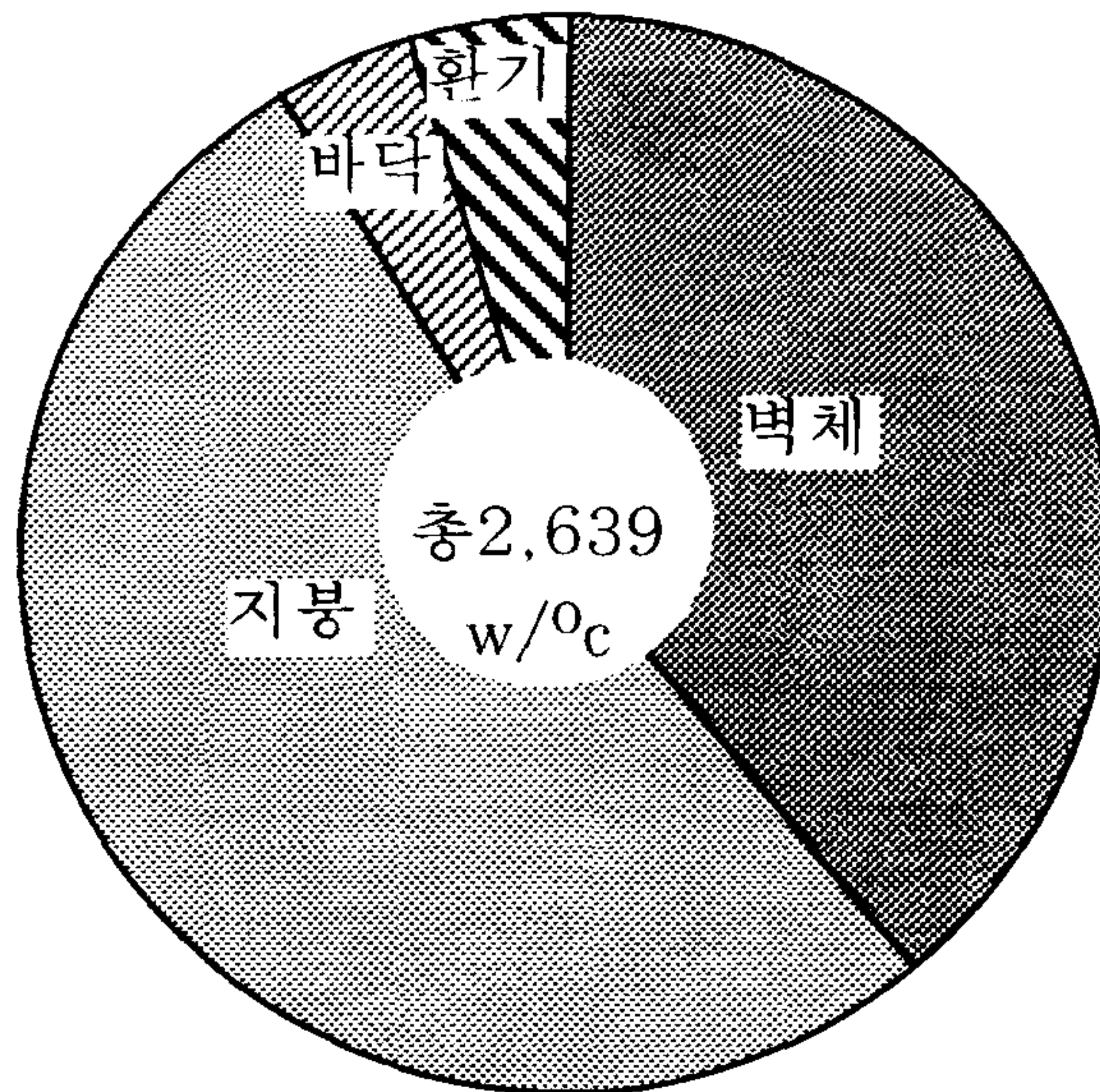
2.1.4 총 열손실 부하, $d = \Sigma(K \times A) + q_v = 2,517 + 122 = 2,639 w/^\circ\text{C}$

2.1.5 열손실 부하율, $G(w/m^3)$

$$G = 2,639/717 = 3.68 w/m^3\text{ }^\circ\text{C}$$

2.1.6 온실의 난방 Peak Load, Kw

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{chg, peak}} &= G \times V \times \Delta T (T_i = 18, T_e = -10) \\
 &= 3.68 \times 717 \times 28 = 73,880 \text{ w} \\
 &= 73.9 \text{ Kw} (63,554 \text{ Kcal/hr})
 \end{aligned}$$



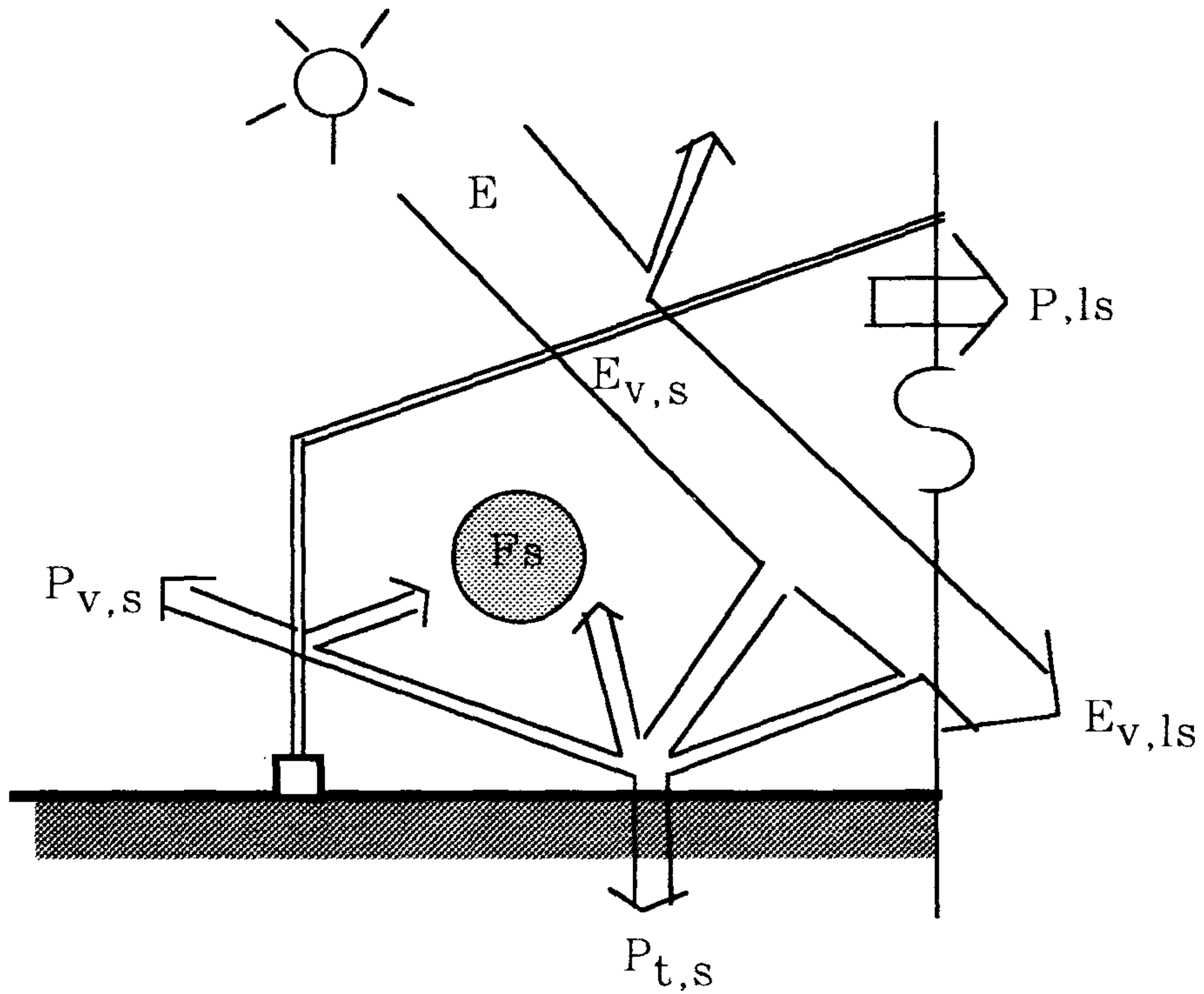
(그림 4.5.1) 온실 부위별 순 열손실 부하

2.1.7 에너지 취득 부하

온실내부의 에너지 : F_s ,

$$- F_s = E_{v,s} - (E_{v,ls} + P_{t,s} + P_{v,s} + P_{v,ls})$$

$$- E_{v,s} = E \times 100 - f_s / 100 \times A_{v,ls} \times m \times c_v \times t \text{ -----Kwh}$$



(그림 4.5.2) 온실의 에너지 흐름도

여기서 ,

E : 태양에너지

f : 음영계수

$A_{v,ls}$: 온실 투광면적

m : 불투명창틀

cv : 단열커튼의 유무

t : 유리창투광율(홀창 : 0.85, 이중 : 0.73)

$$P_{t,s} = C_t \times F_{t,e} \text{ ----- Kwh}$$

F_t : 바닥면에서 흡수된 에너지

$$F_t = E_{v,s} \times aP$$

aP : 바닥의 흡수율

C_t : 바닥의 열손실 계수(흙 : 0.31, 무근콘크리트 + 흙 : 0.24)

벽면을통하여 손실된 에너지, $P_{,ls}$

$$P_{,ls} = K / h_i \times F_{p,ls} \text{ -----Kwh}$$

$$F_{p,ls} = r_s \times E \times A_{p,ls} \times a \times f$$

r_s : 온실을 둘러싸고있는 음영계수

E : 태양에너지

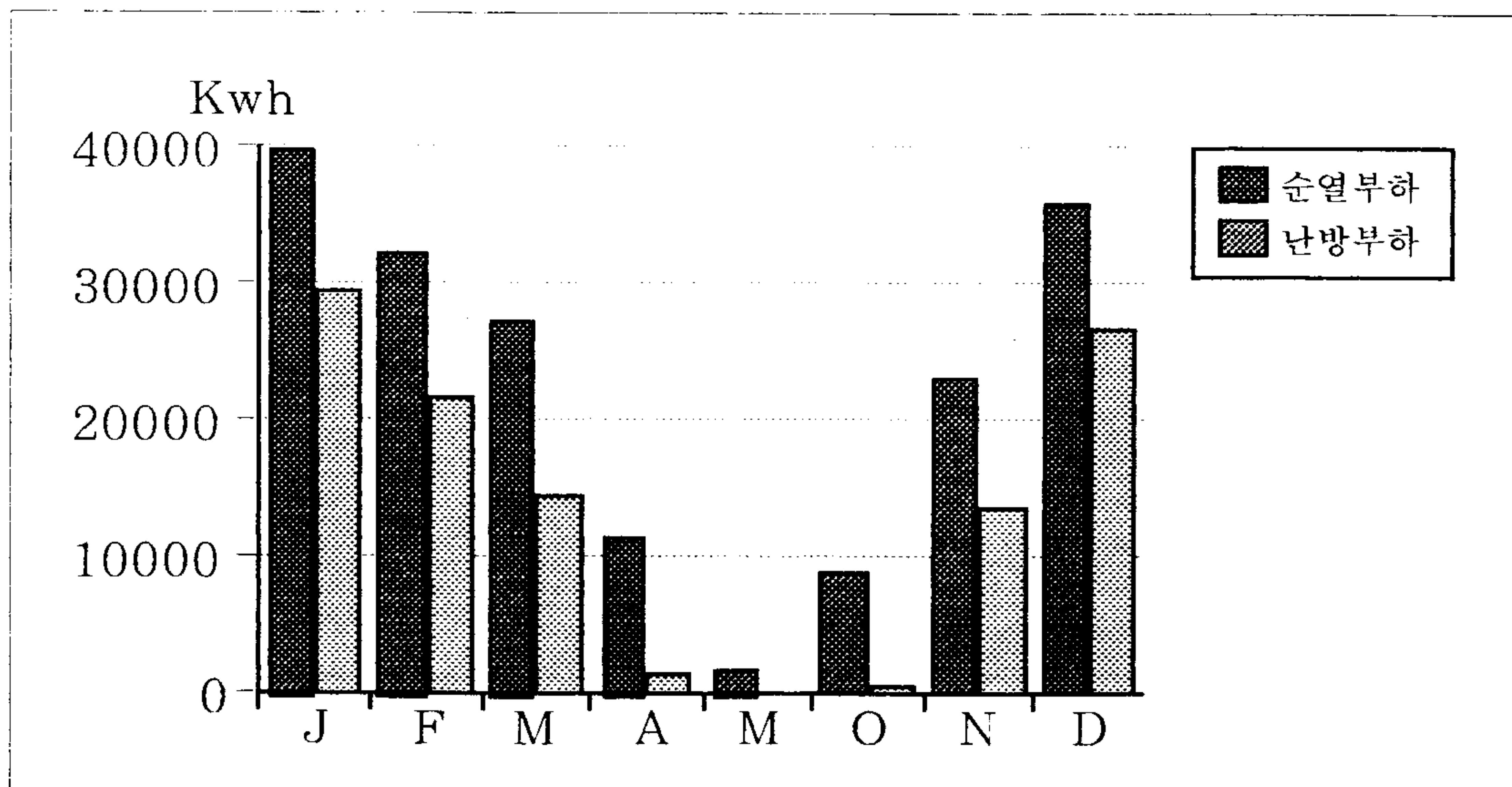
$A_{p,ls}$: 벽체표면적

a : 흡수율

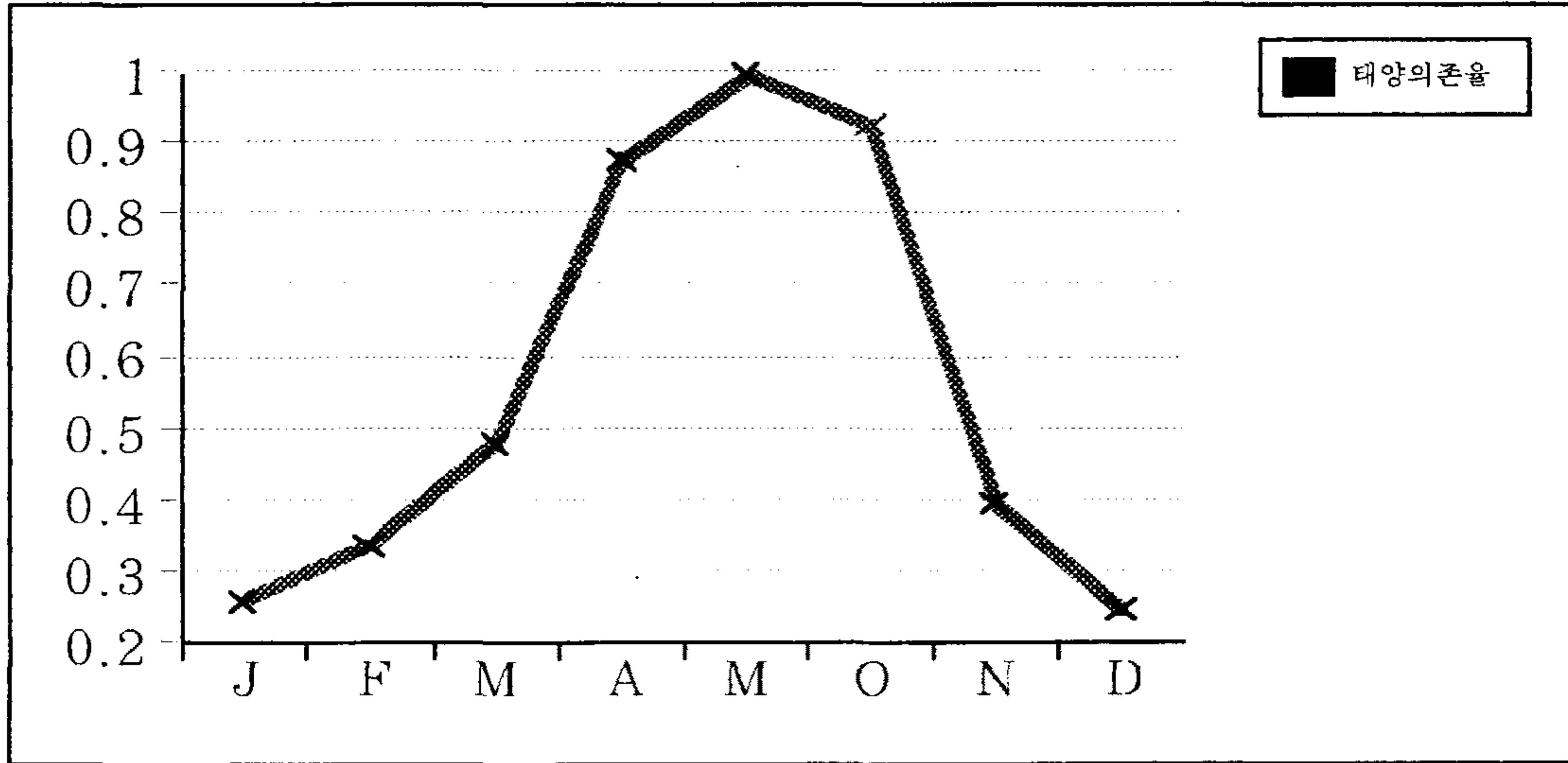
f_s : 음영계수

2.1.8 난방에너지 시뮬레이션 결과

- 연간 난방도일 : 2,812
- 연간 순 열손실부하 : 178,071 Kwh
- 연간 총 난방부하 : 117,505Kwh
- 연간 태양에너지 이용율 : 34 %
- $B = 2.43 \text{ w/mm}^2\text{C}$



[그림 4.5.3] 시험용온실의 연간 난방 에너지부하



[그림 4.5.4] 시험용 온실의 태양 의존율

1.2 온실 냉방부하

1.2.1 냉방부하 설계 조건

조건	외기	실내	차이
건구온도 (°C)	30	26	4
습구온도 (°C)	27	22	5
상대습도(%)	80	70	10
절대습도(kg/kg)	0.0215	0.015	0.01

1) 전도열 부하

$$Q_w = A_w \times K_w (T_\theta - T_i)$$

부위별면적(m^2), A		열관류율 $W/m^2 \cdot ^\circ C$	전도열 취득 부하 $W/^\circ C$	설계온도	열부하 w	
		K	A×K	30.4-26 $^\circ C$	A×K×ΔT	
벽체	남측	29.7	5.79	1,032	4.04	14,532
	동측	59.4				
	서측	59.4				
	북측	29.7				
지붕	남	99.28	7	1,390		
	북	99.28				
지면	54m	1.75 $w/^\circ C$	94.5	2	189	
합계			10,015w			

- 상당외기온도, $T_\theta = a \times I / h_o + T_e$
- A_w : 외피면적(m^2)
- K_w : 외피 열관류계수($W/m^2 \cdot ^\circ C$)
- a : 흡수율
- I : 일사량(w/m^2)
- h_o : 외표면열전달계수($w/km \cdot ^\circ C$)
- T_e : 외기온도
- T_i : 실내온도

2) 환기에 의한 취득열 부하, Q_v

$$Q_v = Q_{vs} + Q_{vl} \text{ -----W/}^\circ\text{C}$$

$$Q_{vs} = C_p \times r \times V = 0.288 V (T_o - T_i) \text{ -----Kcal/hr } ^\circ\text{C}$$

$$= 0.34 V (T_o - T_i) \text{ -----W/}^\circ\text{C}$$

$$Q_{vl} = r \times \gamma \times V (X_o - X_i) = 715 V (X_o - X_i) \text{ -----Kal/hr } ^\circ\text{C}$$

$$= 830 V (X_o - X_i) \text{ -----W/}^\circ\text{C}$$

- Q_{vs} : 현열부하
- Q_{vl} : 잠열부하
- X_o : 외기의 절대습도(Kg/Kg)
- X_i : 실내공기의 절대습도(Kg/Kg)
- T_o : 외기온도
- T_i : 실내온도
- V : 환기량
- C_p : 공기의 정압비열 : 0.28(Kcal/hr/kg), 0.34(W/kg)

환기열	공 기 정압비	비중 증발 잠열	체적	온도차	절대습도	환기횟수	부하
부 하	0.34w	r, 1.2× γ, 830w	V(m³)	T _e -T _i	X _e -X _i	n	w
현열부하	0.34	-	717	4	-	0.5	488
잠열부하	-	830	717	-	0.02- 0.015= 0.01	0.5	2,976

비 고	외기온도 : 30℃ 실내온도 : 26℃ 외기습도 : 80% 실내습도 : 70% 환기회수 : 0.5/hr 실 체 적 : 717m ³
-----	--

- r : 물의 증발 잠열, (597 Kal/Kg)

- γ : 공기의 비중량 (1.2 Kg/m³)

3) 인체 취득열 부하

$$Q_b = Q_{bs} + Q_{bl} \text{ -----} W$$

4) 실내 기기 취득열 부하, Q_m

전동기)

출력Kw	발열
0.1 - 0.4	1,420Kcal/hr .Kw
0.4 - 2.2	1.230
2.2 - 15	990

5) 실내조명열 취득부하, Q_l

$$Q_l = k_L \times W \times C \times A_f$$

- k_L : 점등율

- W : 조명설비용량

- C : 환산계수

- A_f : 바닥면적

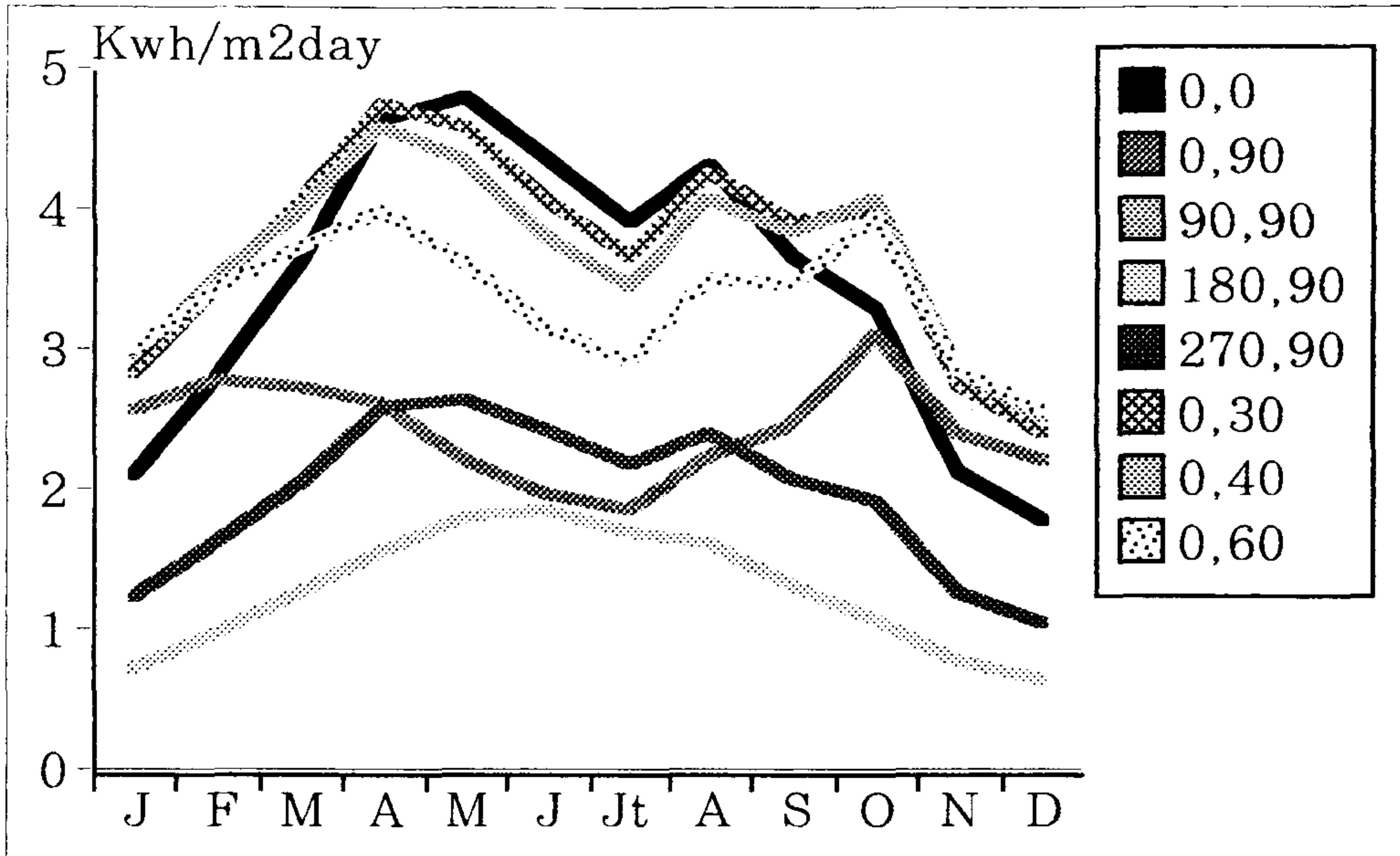
(형광등 : 1, 백열등 : 0.86)

6) 유리창을 통한 태양열 취득부하, Q_{sol}

태양열에 의한 취득된 열은 냉방부하에 큰 영향을 미친다. 이 계산에서는 차광막을 무시하고 순 유리창을 투과하는 일사량중 각부위에 따른 방위, 경사면을 고려하였으며 하절기 가장 Peak 일사량(8월) 중 Peak hour(13-14시) 때의 일사비(표참조)를 구하여 Peak시의 냉방부하를 계산하였다.

일사취득 Peak에너지, $Q_{sol} = [I_g \times R_t] \times f_s \times \tau \times A_g$ 의 식으로 구하게 된다.

구분		Peak시 일사량					
부위	향, 경사	τ	f_s	I_g	R_t	m^2	w
남	0.90	0.85	1.0	2.28	0.12	29.7	6,907
서	90.90			2.44		59.4	14,783
북	180.90			1.65		29.7	4,999
동	270.0			2.44		59.4	17,392
지붕	0.0			4.36		54	24,015
합 계				홑 창 : 0.85 이중창 : 0.75			



[그림 4.5.5] 대전지방 일사량 계산

7) 총 냉방부하, Q_{cl}

$$Q_{cl} = [Q_{wall} + Q_{sol.} + Q_{vent.} + Q_{meta.} + Q_{machin} + Q_{light}]$$

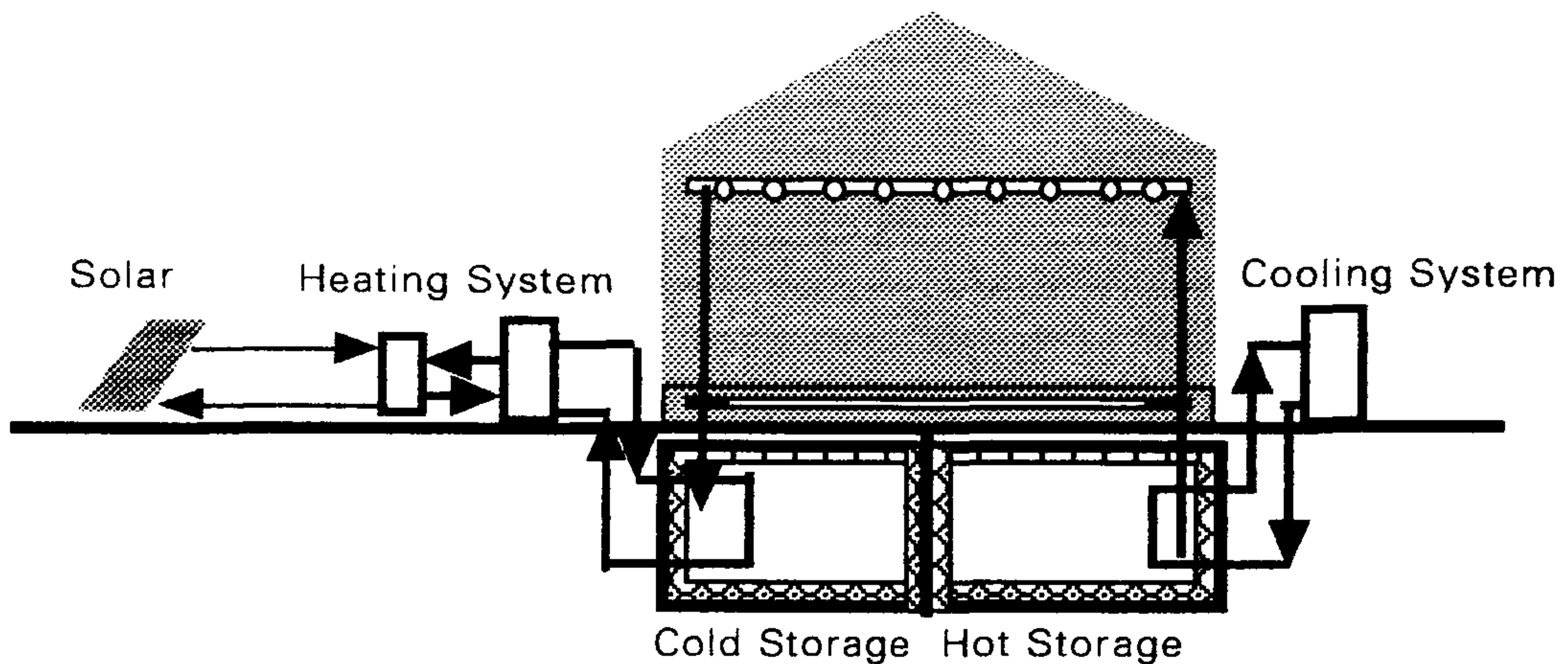
로 계산 된다.

Peak 냉방부하는,

$$\begin{aligned} Q_{cl} &= [Q_w + Q_v + Q_s] \\ &= 10,015 + 3,464 + 68,096 \\ &= 81,575 \text{ w} \\ &= 81.6 \text{ kw} \end{aligned}$$

제 6 절 에너지시스템의 설계 및 용량선정

복합 에너지시스템은 온축열조와 냉축열조를 설치하여 주간이나 야간에 부하를 고려하여 에너지를 공급한다.



[그림 4.6.1] 온실의 복합 냉난방시스템

그림과 같이 이 시스템은 우리나라의 기후특성상 여름과 겨울철의 난방, 냉방 및 주. 야간의 태양열에 의한 열균형의 문제점을 고려하여 실험용으로 온실의 축열시스템을 구성하였다. 복합에너지 시스템으로 이용되고 있는 시스템은 태양열, 지열수를 이용하여 Heat pump의 열원으로 사용하는것이 바람직하나, 이 실험은 냉동기와 보일러를 이용하여 직접 냉난방 및 열을 저장하여 Peak 부하시에 겸용하여 사용한다. 축열재로는 물이나 이이스볼, 또는 PCM 잠열재를 활용한다.

1. 난방시스템

우리나라 기후에 있어 온실에서는 난방시스템은 동절기 야간에 매우 유용할 뿐 아니라 필요 불가결한 시스템이나 에너지비용이 과다하여 이에 따른 대책이 필요하다. 시험용 온실에는 이러한 현실을 감안하여 시험용 시스템으로 태양열, 지열수를 Heat Pump시스템을 계획하였으나 HP가격이 고가인 관계로 난방은 유류보일러 약 65,000Kcal/hr용량을 설정하였다.

2 냉방시스템

냉방시스템은 전천후 식물공장이나 시설하우스의 년중무휴로 재배할 경우 우리나라의 하절기 고온 다습 기후에는 필요한 시스템으로 인식되고 있으며 앞으로 해결해야 할 과제중의 하나이다. 따라서 이 실험에서는 냉동기를 이용하여 적극적인 냉방부하를 조절할수 있도록 설계하였다. 에너지 시뮬레이션한 결과 Peak시 냉방부하는 약 70,000Kcal/hr로 냉동기는 약 20RT를 선정하였으며 극한 온도상승일 경우 심야시간에 축냉하여 주간 Peak시에 냉방할 수 있는 빙축열조가 약 4m³ 로 총 아이스 볼의 갯수는 5, 000개로 저장도의 크기는 약 4 ton이며 총 에너지량은 162,500 Kcal 으 로 Peak시에 약 2시간 정도의 공급량이다.

제 5 장 연구 결과 및 향후추진 방향

제 1 절. 연구결과

이 연구결과는 3차년도 중 1차년도 중간결과를 요약하면 다음과 같다.

가. 시설그린하우스의 실내기후 온열환경에 관하여 조사 분석한 바로는 :

- 대부분 첨단 유리온실의 경우 난방 및 냉방시스템은 국내의 기후 조건에 상관없이 외국 의존하고 있었음.

- 국내 샘플조사된 유리 온실 중 연간 유리온실(0.5ha)의 난방연료 비용이 전체 소요 경비의 약 28%로 대단히 높았음.

- 전천후로 사용하기위해 하절기 냉방시스템을 가동할 경우 냉난방에 소모되는 연료 비용은 더욱 높아질 것으로 예상됨.

나. 온실의 실내 온열환경에 관한 최적 모델을 제시하기 위해서 다음과 같은 시험용 온실의 설계를 수행한 바로 :

- 시험용 온실은 단동형 50평 규모로 설계 및 건설하였음.

- 온실의 기후조절시스템으로는 난방 및 냉방열원기기를 시설하여 실내 온습도 및 에너지 부하를 측정하도록 설계하였음.

- 특히 동절기의 주간 부하는 태양열에 의해 약간의 보조열원으로 조절이 가능할것으로 보이나, 온실의 특성상 축열성능 효과가 거의 없어 야간에는 급강하 하여 작물이 동사에관한 방지와 하절기 주간에 태양열에의한 실내 온도가 상승하여 역시 작물의 생장을 저해하기 때문에 축열시스템도 설계에 고려하였음.

다. 시험용 온실의 에너지 성능에 관한 시뮬레이션을 수행한 결과는:

- 50평규모의 시험용 대전의 기후데이터를 분석하여 냉난방 부하를 계산하였으며 그 결과로 첨두 난방부하는 약 74KW였으며, 첨두 냉방부하는 82KW로 계산되었습.

- 순열손실 부하율($G, w/m^2\text{ }^\circ\text{C}$)은 3.68이며, 연간 난방 부하율은($B, 2.43w/m^2\text{ }^\circ\text{C}$), 태양의존율은 34%, 따라서 연간 총 난방부하는 117,505Kwh 였습.

- 첨두 냉방부하는 벽체를 통하여 전도취득된 부하는 10Kw, 실내 환기열부하는 3.4Kw, Peak시 입사된 태양에너지 부하는 약 68Kw로 나타 났습.

제 2 절 향후추진 방향

1차년도에서 조사,설계 및 시뮬레이션 한 결과를 토대로 2단계에 연구될 주요 내용은 다음과 같다.

- 당초 예상했던 연구계획과 달리 보다 현장중심의 애로문제를 해결할 수 있는 기술을 제시하기위해 2차년도 연구에 있어서는 최적 열환경을 조절하기 위해서는 온실의 외피구조상 열부하가 높음에 따라 냉난방 시스템의 시설 용량이 커 초기 투자비가 상승하고 연간 에너지 유지 비용이 높아 매우 비 경제적임을 감안하여 온실의 최적 실내 열환경 조절보다는 극한상태에 있어서의 실내 열환경을 조절할 수 있는 방안을 제시코자한다.

- 우리나라 권역별 기후데이터를 정리하여 시설하우스의 난방 및 냉방조절을 위

한 표준기후 설계데이터와 전문가가 아닌 영농엔지니어들이 사용할 수 있는 간이 계산법을 제시할 것이다.

- 따라서 에너지 시스템의 실증시험은 최적 실내환경을 조절하는데 Input되는 에너지를 실제 측정하고, 또한 극한 환경조절시를 유추 비교분석하여 시스템의 최적 용량을 설계하는데 기초 자료를 제공할 것이다.

제 3 절 건의사항

- 당초 예상했던 연구비 예산항중 실험 시설비의 부족에 따른 부득이한 설계변경 등의 절차가 복잡함

- 연구과제를 일반 건설공사와 같이 관리되고 있어 연구비의 집행 등 유연성이 없어 어려움이 있음.

참 고 문 헌

- 1) 과학기술처, "신주택기술개발-저가 고효율 난방시스템 개발연구(Ⅱ)", 한국에너지기술연구소 연구보고서(KE-91034S), 1992.
- 2) 고재균 외 4인, "농업시설공학", 서울대학교 출판부, 1988.12
- 3) 김두천, 서진석, "열부하계산 컴퓨터 소프트웨어의 설계자료 개발", 한국과학재단 제1차년도 연차보고서(8911-0400-008), 1990.
- 4) 대한주택공사, "아파트의 온돌난방부하 계산법 및 전산프로그램 개발 연구", 대한주택공사, 1992.12
- 5) 문영기, 이환희, Un-utilizability방법을 이용한 자연형 태양열 축열벽 시스템의 열성능 평가 연구, 대한건축학회 춘계학술발표논문집, 1987. 4
- 6) 서승직, 공기식 온실 집열기의 성능 평가에 관한 연구(1), 대한건축학회논문집, 3권, 3호, 1987.
- 7) 손민수, 이환희, 자연형 태양열 축열바닥시스템의 적정규모산정에 관한 연구, 대한건축학회 추계학술발표논문집, 1986.10
- 8) 박재복, "플라스틱 온실의 일사량 분석과 열적환경의 시뮬레이션에 관한 연구", 서울대학교 대학원 박사논문, 1985. 2
- 9) 송국섭, 유한차분법을 이용한 자연형 태양열시스템의 열성능 분석에 관한연구, 중앙대학교 대학원 박사학위논문, 1991.
- 10) 신인호, 이환희, 자연형 태양열 축열벽 시스템의 열성능 평가 연구, 대한건축학회 춘계학술 발표논문집, 1986. 4
- 11) 이진만, 이환희, 직접획득형 자연열 주택의 수열창 규모산정에 관한 연구, 대한건축학회 춘계학술발표논문집, 1984. 4
- 12) 이석건, "온실의 난방 Degree Hour 분석", 한국농공학회지 27권, 3호, 1985. 9

- 13) 이종호 외 3인, 태양열 교실의 열적효율에 관한 연구, 대한건축학회지, 26권, 109호, 1982.
- 14) 이종호 외 2인, 전산 방법에 의한 자연형 태양열 학교 교실의 효율 및 경제성 연구, 대한건축학회지, 27권, 113호, 1983.
- 15) 이종호, 이진국, 다목적 구조집열시스템 이용 에너지절약주택 성능분석연구, 대한건축학회논문집, 4권, 2호, 1988.
- 16) 임상훈, 표준도면을 통한 트롬월 (Thombe Wall)형 자연형 태양열 학교교사의 성능 분석연구, 대한건축학회논문집, 4권, 2호, 1988.
- 17) 임상훈, 전홍석, 오정무, 우체국사에 자연형 태양열 시스템 적용 연구, 대한건축학회 논문집, 5권, 2호, 1989.
- 18) 전봉구, 자연형 태양열시스템 야간단열구조의 열성능에 관한 실험적 연구, 중앙대학교 대학원 박사학위논문, 1990.
- 19) 전봉구, 이명호, 이언구, 실험모델에 의한 자연형 태양열시스템 야간단열구조의 열성능에 관한 연구, 대한건축학회논문집, 7권, 2호, 1991.
- 20) 중앙기상대, "기상연보", 중앙기상대, 1989.
- 21) 최병완, 박윤성, 기존건물에 Sunspace 설치시의 실내온열환경에 관한 연구, 대한건축학회논문집, 4권, 2호, 1988.
- 22) 한국건설기술연구원, "중앙냉난방 시스템의 설계에 관한 연구", 건기원 연구보고서 (86-FE-1), 1986.
- 23) 한국동력자원연구소, "자연형 태양열 시스템 개발", 동자연 연구보고서(KE-81T-22), 1981.
- 24) 한국주택사업협회, "주택정책방안에 관한 연구(7)-에너지 절약형 주택의 설계 및 시공", 한국주택사업협회 주택자료(85-5-15), 1985.
- 25) 한국과학재단, "자연형 태양열 시스템을 이용한 건물에너지 절약기술에 관한 기초 연구", 한국과학재단 연구보고서(KOSEF 86-0705), 1989.

- 26) 한국태양에너지학회, "태양에너지 핸드북", 태림문화사, 1991.
- 27) A. F. Emery et al., The Simulation of Building Heat Transfer for Passive Solar System, Energy and Buildings, Vol.3, No.4, 1981.
- 28) A. Srivastava et al., Design and Thermal Performance of a Passive Cooled Building for the Semiarid Climate of India, Energy and Buildings, Vol.6, No.1, 1984.
- 29) Bottazzi and Th. M. Liebling, On a Markovial Approach for Modeling Passive Solar Device, Energy and Buildings, Vol.17, No.2, 1991.
- 30) Edna Shaviv, The Performance of a Passive Solar House with Window Sunspace Systems, Energy and Buildings, Vol.7, No.4, 1984.
- 31) G. J. Schoenau, Thermal Performance of Four Sunspaces in a Cold Climate, Energy and Buildings, Vol.14, No.4, 1990.
- 32) G. N. Tiwari et al., Performance of a Solarium: An Analytical Study, Building and Environment, Vol.23, No.2, 1988.
- 33) G. N. Tiwari, Design of a Non-airconditioned Passive Solar House for the Cold Climate of Srinagar, Building and Environment, Vol.26, No.4, 1991.
- 34) G. N. Tiwari et al., Relative thermal performances of south wall in winter, Energy and Buildings, Vol.17, No.4, 1991.
- 35) J. K. Nayak, Thermal Performance of a Water Wall, Building and Environment, Vol.22, No.1, 1987.
- 36) J. S. Van Wieringen et al., Application of a Simple Model to

- the Passive Solar Heating of Houses, Energy and Buildings, Vol.3, No.4, 1981.
- 37) Joseph Khedari et al., Theoretical management of the deferred heat supplied by a Composite Trombe Wall using a Porous concrete, Energy and Buildings, Vol.17, No.3, 1991.
- 38) K. Peippo, A multicomponent PCM wall optimized for passive solar heating, Energy and Buildings, Vol.17, No.3, 1991.
- 39) Lawrence Berkeley Laboratory, DOE-2 BDL SUMMARY version 2.1C, 1984.
- 40) M. S. Sodha, S. Ashutodh, Thermal Performance of an Evaporatively Cooled Multi-story Building, Building and Environment, Vol.21, No.2, 1986.
- 41) M. Zaheer-uddin, A Two-component Thermal Model for a Direct Gain Passive House With a Heated Basement, Building and Environment, Vol.21, No.1, 1986.
- 42) M. Zaheer-uddin, The Influence of Automated Window Shutters on the Design and Performance of a Passive Solar House, Building and Environment, Vol.22, No.1, 1987.
- 43) N. K. Bansal et al., Evaluation of Complex Heat Transfer Coefficients for Passive Heating Concepts, Building and Environment, Vol.22, No.4, 1987.
- 44) N. K. Bansal et al., A Simple Procedure for Selection and Sizing of Indirect Passive Solar Heating Systems, Building and Environment, Vol.26, No.4, 1991.
- 45) Pierfrancesco Brunello, Performance Calculations of

- Residential Cooling System for Simplified Energy Analysis, Energy and Buildings, Vol.8, No.3, 1985.
- 46) Roger Taesler et al., A Method for Solar Radiation Computations Using Routine Meteorological Observations, Energy and Buildings, Vol.7, No.4, 1984.
- 47) S. Hassid, Passive Solar Popular Apartments in Israel: an Evaluation Using a Simple Linear Model, Energy and Buildings, Vol.7, No.4, 1984.
- 48) S. Hassid, A Linear Model for Passive Solar Calculation: Evaluation of Performance, Building and Environment, Vol.20, No.1, 1985.
- 49) 이병일 외 14, 1992, 新制 施設園藝學
- 50) Mastalerz, J.W., 1977, The Greenhouse environment, Johnwiley & sons.
- 51) Peter Clegg. & Drry Warkins 1987, The Complete Greenhouse Book
- 52) 과학기술처, 1989, 잠열저장재 개발연구
- 53) 동력자원부, 1991, 태양열 및 지중열을 이용한 다목적 비닐하우스 시스템 개발
- 54) (社團法人) 日本施設園藝協會, 1986, 施設園藝における Heat Pump 導入の 手引
- 55) 三原義秋 溫室 設計の 基礎と 實際
- 56) (社)日本施設園藝協會, 施設園藝ハンドブック, 1994.3
- 57) 박중춘외, "시설원예 현대화 하우스 모델설정 및 재배효과에 관한 연구, 농촌

- 진흥청, 1992.7
- 58) 內海修一著, "世界 施設園藝", 誠文堂新光社
- 59) 농어촌진흥공사, "첨단농업시설 발전방향", UR 대응 농어촌 실행사업 심포지엄, 1994.5
- 60) 한국생물생산시설환경학회, "원예시설의 단지화" 특강 및 학술논문발표 제4권 제2호, 1995.10
- 61) 오세익, "시설원예 농업의 현황과 육성정책의 방향, 전북농업발전심포지엄, 전북농촌진흥원, 1994.
- 62) 박권우, "유럽의 시설원예의 현재와 미래", 시설원예에 있어서 고효율 생산시스템에 관한 심포지엄, 농촌진흥청 원예시험장, 한국시설원예연구회, 1992.10
- 63) 박상근, 우리나라 시설원예의 현황과 문제점.

부 록

- I. 시설원예하우스 보급을 위한 정책과제
- II. 시설하우스 보급을 위한 구조 및 공정
- III. 작물에 따른 성장발육 최적 기후특성 조사 연구
- IV. 시험용 설계도서
- V. Climate date(대전지역 기상데이터)

여 백

I. 시설원예하우스 보급을 위한 정책과제

여 백

I. 시설 원예하우스 보급을 위한 정책과제

1. 시설원예 농업의 필요성

최근 우리나라의 농업은 농촌인구의 감소와 노동력의 노령화, 부녀화에 따른 일손부족, 경영규모의 영세화로 악순환이 계속되고 있으며 UR협상 타결로 인한 농산물 수입 급증으로 대외 경쟁력이 약한 우리농업이 대내외적으로 어려운 상황에 처해 있다. 이에 따라 정부에서는 농업을 경쟁력있고 자생력이 있는 산업으로 육성하고자 획기적인 농정개혁을 추진하고 있으며, 특히 자본·기술 집약적이며 늘어나는 고품질 수요에 부응할 수 있는 채소, 과수, 화훼 등의 시설원예 분야가 우리나라처럼 경지면적과 노동력이 부족한 나라에 성장 잠재력을 갖춘 주요 분야로 부각되고 있다.

이러한 시설원예 농업은 고품질의 청정 농산물을 생산하며, 동절기의 유희농지와 유희노동력을 효율적으로 이용함으로써 토지 및 노동생산성을 향상시키고 단경기에 농산물을 생산하여 신선한 채소, 과일 및 화훼류의 공급기간 또한 연장시킨다. 따라서 토지 의존도가 비교적 낮고 자동화, 공장화의 가능성이 큰 이러한 시설원예 농업에 대한 시설 현대화가 필수적인 과제이며 고효율 생산체계 확립을 위한 기술개발이 있어야 하겠다.

2. 시설원예 농업의 현황

우리나라의 시설원예 농업이 본격적으로 발전하기 시작한 것은 농업용 비닐이 대량으로 값싸게 보급되고 시설원예 농산물에 대한 수요가 증가하기 시작한 1970년대 후반부터로 이 시기 이후 시설면적이 매년 확대되어 연평균 18%의 높은 증가속도를 보이고 있으며 UR협상에 대비한 경쟁력 제고, 타농산물 수익성의 상대적 저하 등의 영향으로 최근에는 증가속도가 한층 더 빨라지고 있다(표1).

작목별 시설면적을 보면 시설채소가 89~98%로 대부분을 차지하고 있으며 시설화훼와 시설과수의 면적비율은 각각 7%, 4%로 비중이 아주 적은 것을 알 수 있는데 이러한 구성비는 최근 국민소득 향상에 따른 식품소비의 고급화, 다양화로 시설화훼 및 시설과수의 소비보다는 시설화훼의 비중이 점차 상승하면서 급격한 변화를 보이고 있다.

<표 1> 시설면적 추이

(단위 : ha)

년 도	시설채소	시설화훼	시설과수	계
1975	1,744	91	-	1,835
1980	7,141	180	-	7,321
1985	16,569	571	-	17,140
1990	23,698	1,752	435	25,885
1992	29,258	2,449	1,098 ¹	32,805
	(89.2)	(7.5)	(3.3)	(100.0) ²

註 : 1) 1991년 자료임.

2) ()내는 백분율임.

자료 : 농림수산부

또한, 원예작물 총재배면적에 대한 시설재배 면적의 비율이 매년 증가하고 있음을 <표2>에서 알 수 있다.

<표2> 시설원예 면적비율

(단위 : ha)

구 분		1975	1980	1985	1990	1992
채소	총재배면적 (A)	250,109	377,142	365,815	316,604	356,118
	시설재배면적 (B)	6,611	17,890	28,588	39,994	50,064
	B/A (%)	2.6	4.7	7.8	12.6	14.1
화훼	총재배면적 (A)	1,070	1,280	2,169	3,503	4,613
	시설재배면적 (B)	91	180	571	1,752	2,449
	B/A (%)	8.5	14.1	26.3	50.0	53.1

자료 : 농림수산부

작물별로 시설재배 비율을 살펴보면 比價(단위 중량당 가격)가 높은 과채류가 比價가 낮은 엽채류나 근채류보다 시설재배 비율이 높았다(표3). 최근에는 주로 노지재배에 의해 생산되던 과채류도 조기출하를 목적으로 시설에서 재배하는 비율이 높아지고 있는데 이것은 단위 중량당 가격이 높고 수송이 용이하며 타 작목보다 수익성이 높기 때문인 것으로 판단된다.

엽채류 중에는 상치와 시금치의 시설재배 비율이 높았는데 특히, 상치는 생

장속도가 빨라 온실내에서 1년에 6~10회의 생산이 가능하며 양액재배의 경우 이보다 재배기간을 더 단축시킬 수 있어 생산의 공장화가 가능하다. 근채류의 경우는 시설재배 비중이 매우 낮은 데 이는 대부분의 근채류가 저장성이 좋아 시설재배의 필요성을 느끼지 않기 때문인 것으로 보여진다.

<표3> 작물별 시설재배 비율 (1992) (단위 : 천 M/T)

작 물 별		총 생산량 (A)	시설재배 생산량 (B)	B/A (%)
근채류	무 우	1,516	104.5	6.9
	당 근	116	0.5	0.4
엽채류	배 추	2,406	149.2	6.2
	상 치	114	71.1	62.4
	시금치	89	37.2	41.8
	양배추	180	3.6	0.2
과채류	수 박	842	274.4	32.6
	참 외	210	157.7	75.1
	오 이	273	197.6	72.4
	호 박	136	56.3	41.4
	토마토	117	96.0	82.1
	딸 기	108	82.5	76.4

자료 : 농림수산부

시설원에 총생산액은 (표4)에서 보는 바와 같이 1986년에 3,247억원에서 '91년에는 13,209억원으로 4배 이상 증가하였으며 '90~'91 한해 동안에는 무려 51%나 증가하였는데 이와 같은 증가는 시설원에 농산물의 고 수익성과 행정기관의 권장 및 지원에 따른 시설면적 증가에 원인이 있는 것으로 보이며, 재배업 국내 총생산액(GDP)에 대한 시설원에 생산액의 비율이 1986년에 4.6%에서 '91년에는 11.6%로 상승한 것을 볼 때 시설원에 농업의 중요성이 점차 높아지고 있는 것을 알 수 있다.

<표4> 시설원에 작목별 생산액 추이 (단위 : 억원)

구 분	1986	1987	1988	1989	1990	1991
생산총액	3,247	4,507	4,608	7,895	8,710	13,209
재배업 GDP중 A의 비중	4.2(%)	5.4(%)	4.5(%)	7.4(%)	7.9(%)	11.6(%)

위와 같은 시설원예 농업의 현황을 볼 때 앞으로도 시설원예작물 소비 및 생산은 계속 증가될 것으로 전망된다.

3. 시설원예 현대화 사업 추진현황

시설원예 현대화를 위해 '91년부터 국비보조 지원사업이 본격 추진되었는데 '91~'93 사업년도에 215ha의 자동온실을 보급하였다. 온실 유형별로는 파이프비닐온실이 총 면적의 80%를 차지하고 있으며 '75~'93년 까지 비닐하우스 표준화사업 지원실적은 3,927ha이다.

<표5> 시설현대화 사업별 자동화온실 설치면적

사업 구분	파이프비닐온실	철골PET(PC)온실	유리온실	계
시설채소 시범단지	48.6	17.0	2.6	68.2
화훼종합 시범단지	-	1.3	8.0	9.3
성장장목 시범단지	53.6	6.5	7.6	67.7
생력화 시범사업	69.6	-	-	69.6
계	171.8	24.8	18.2	214.8

자료 : 농림수산부

4. 시설원예 농업의 문제점

시설원예 농업은 성장 가능성이 높고 수출 전략작목으로 유망하나 고도의 자본·기술 집약적 농업으로 육성하기 위해서는 해결해야 할 당면 문제점들이 많이 있다.

4.1. 경영규모의 영세성

우리나라 시설원예 농가의 경영규모는 600평 이하가 51%, 900평 이하가 71%를 차지하여 경영규모의 영세함을 말해 주고 있으며 겸업 비율도 높아 시설원예 농가의 88%가 타농사와 겸업을하고 있는데(표6) 이와 같은 경영규모의 영세성과 전문성의 결여는 시설원예 농가의 소득을 낮추어 경영규모 확대 및 시설현대화에 필요한 농가의 재정능력을 빈약하게 만들고 기술발전을 저해하는 요인이 된다.

<표6> 시설규모별 농가분포

(단위 : %, 평)

시 설 규 모									
구 분	300평 이하	300~ 600	600~ 900	900~ 1,200	1,200~ 1,500	1,500평 이상	계	평균면적	겸업비율
시설채소	18.1	43.4	16.8	12.7	8.1	0.9	100.0	736	92
시설화훼	5.8	23.2	26.1	27.5	11.6	5.8	100.0	1,148	66
시설과수	4.6	13.6	22.7	31.8	18.2	9.1	100.0	1,172	87
계	14.4	36.9	19.2	17.3	9.6	2.6	100.0	858	88

4.2. 재배시설의 낙후

우리나라 온실의 73%는 논에 설치되고 있으며 일시형 온실 (여름에는 논과 밭으로 이용하고 겨울에는 비닐을 씌워 온실로 이용하는 형태) 의 비율이 높다 (표7). 시설형태는 단동이 대부분(87%)으로 논에 설치하는 온실일수록, 또 일시형 온실일수록 단동으로 설치하는 경향이 높으며 시설유형은 棟高가 낮은 터널형이 57%로 제일 큰 비중을 차지하고 있다. 이와 같은 일시형, 단동 및 터널형 온실은 작업환경이 불량하고 온실내부의 환경조절 시설이 모두 수동식이기 때문에 노동력이 많이 소요된다.

<표7> 시설유형별 면적 비율

(단위 : %)

설 치 장 소		시 설 방 법		시 설 형 태		시 설 유 형			
논	밭	일시형	고정형	단동	연동	터널형	아취형	양 지붕형	3/4 지붕형
73.0	27.0	64.0	36.0	87.4	12.6	56.7	40.0	2.9	0.4

자료 : 농림수산부, 1993

피복재료는 값이 싼 PE(Polyethylene)와 같은 저급 연질필름의 이용이 많은 데(67%), PE필름은 보온력과 내구성이 EVA나 PVC필름보다 떨어지고 신장력이 낮아 잘 찢어지며, 물방울이 잘 맺혀 광투과성을 저하시키는 단점이 있다(표8).

<표 8> 피복재료별 시설면적 비율

(단위 : %)

구 분	PE필름	EVA필름	PVC필름	기 타	계
시설채소	73.0	16.3	10.4	0.3	100.0
시설화훼	49.2	32.8	15.6	2.4	100.0
시설과수	57.1	31.3	8.6	3.0	100.0
전 체	67.3	20.8	10.9	1.0	100.0

4.3. 노동력 수요과다

시설원예 농업의 노동력 수요는 10a당 103~168인으로 노지재배보다 2~6배 많은 노동력이 소요되는데 온도관리, 환기, 관수 등과 같은 온실내부의 환경조절과 수확, 선별, 포장 등의 작업에 많은 노동력이 소요된다. 이러한 노동력 수요의 과다는 생산비 상승요인으로 작용하여 경영규모의 확대를 저해한다. 따라서 노동절약적인 산업으로 탈바꿈하기 위해서는 노동수요를 감소시킬 수 있는 자동화 시설의 도입이 필요하다.

4.4. 시설원예 관련기술의 낙후

재배농민은 첨단시설원예에 대한 지식, 기술 및 경험부족으로 시설현대화에 소극적이며 연구기관과 건설업체 등도 이 분야에 대한 연구와 경험의 부족으로 기술발전이 빈약한 실정이다.

4.5. 시설장비의 국산화, 표준화 미흡

농촌진흥청은 “농가 보급형 자동화 하우스 표준설계도”를 개발·보급하고 있으나 재배지역의 기후조건 및 재배작목이 적합한 시설의 한국형 표준모델이 정립되어 있지 않아 표준규격에 의한 저렴한 온실 기자재 대량생산이 이루어지지 않고 있다.

4.6. 유통구조의 취약과 수출의 저조

시설원예 농업은 단지화되어 있지 않고 생산자 단체도 구성되어 있지 않은 경우가 많아 산지유통시설이 빈약하고 공동출하 조직도 미비하며 중간 유통단계 또한 혼란하여 가격진폭이 크고 집중출하시 가격폭락의 위험마저 안고 있다. 그리고 수출도 매우 저조한데 이와 같은 원인은 시설원예 농산물의 품질경쟁력 저위와 시장정보 부족에 원인이 있는 것으로 판단된다.

4.7. 시설원예 육성사업의 효율성 저하

시설원예 농업의 성패는 농산물 판매가격에 크게 좌우되며 출하시기, 작부체계 등의 결정이 대단히 중요하다. 따라서 지구별로 세부적인 영농 및 출하계획을 수립하고 이것에 맞도록 온실시공이 이루어져야 하는데 시설 및 영농자재의 수입 지연, 행정처리지연 등의 여러 원인에 의해 공사가 지연되는 경우가 많다. 만약 준공시기가 영농계획과 맞지 않을 경우 농민은 매월 1동당 (유리온실 1,500평 기

준) 300만원 상당의 이자 손실을 입게 되는데 이는 용자수속이 착공과 동시에 이루어지고 또한 동시에 이자비용이 발생하기 때문이다. 이밖에도 사업비 배정 및 시설결정의 경직성, 온실 설계 및 시공시 농민의 의사 수렴 불철저 등도 시설원에 육성사업의 효율성을 저하시키는 요인으로 작용하고 있다.

5. 시설원에 농업의 육성을 위한 정책과제

위와 같은 문제점을 해결하고 시설원에 농업을 대외경쟁력이 있는 고도의 자본·기술집약적인 농업으로 키우기 위해서는 다음과 같은 정책과제를 수행하여야 한다.

5.1. 기존단지과 기술농가를 중심으로 한 집중적인 육성

현재 시설원에 농가는 10만호 이상이나 되어 이들 농가와 시설이 모두 현대화되고 적정규모로 확대될 경우 시설원에 농산물의 과잉공급이 예상된다. 따라서 수출, 내수증대 등 새로운 수요가 창출되지 않는 한 신규농가의 참여를 유도하지 않는 것이 바람직하며 또한, 시설원에 농업은 상당한 재배 경험과 기술축적을 요하므로 기존농가를 중심으로 선택적으로 육성하는 것이 좋다고 본다.

육성대상 선정에 있어서도 개별농가보다는 단지 중심으로 육성하는 것이 기술의 개발과 보급, 시장정보, 자재구입과 생산물 판매, 생산자 단체의 육성 등에 있어서 유리하며, 시설원에 단지를 수출전략 기지화 함으로서 시설원에 농산물의 수출증대를 가져올 것으로 보여진다.

5.2. 시설의 현대화 및 고효율 생산체계 확립

시설원에 농업을 장기적으로 육성·발전시키기 위해서는 시설원예가 적합한 지역을 체계적으로 조사·분석하여 작목별 적지를 선정한 후 주산지를 중심으로 생산시설과 유통시설을 현대화하는 계획이 추진되어야 한다. 또한, 시설 및 자재를 규격화 및 국산화하고 육묘와 재배의 분업화로 고효율 생산체제를 구축하도록 한다.

5.3. 적정시설의 결정

온실설치비는 온실의 종류(유리, PC, PET, 비닐온실 등)와 내부시설의 수준에 따라 큰 차이가 있기 때문에 재배작물, 판로, 운영계획, 경제성 등을 종합적으로

로 고려하여 시설의 수준을 결정하여야 한다.

유리 온실을 이용한 첨단 자동화 시설원예는 수출증대를 추구하는 우리 농업이 앞으로 나가야 할 기본 방향이나 이러한 온실은 시설비가 많이 소요되어 투자의 위험이 크므로 고소득 작목에 적용하는 것이 좋다고 보며, PC온실은 설치비는 저렴하지만 PC소재의 휨이 심하여 밀폐성이 불량하고 보온성이 낮은 단점이 있어 기설치된 온실을 일정기간 관찰한 후 그 결과에 따라 보급 여부를 결정하는 것이 바람직하다고 본다.

비닐 및 PET온실은 우리나라 주력시설 형태로서 시설원예 농산물의 국내 공급을 목적으로 하는 일반 시설농가 위주로 보급하는 것이 좋다.

5.4. 적정 경영규모의 결정

시설원예 농업은 온실 규모별 평당 시설비와 농가의 노동력, 목표소득 등을 감안하여 경영규모를 결정하여야 하는데 온실 규모별 평당 시설비는 2ha규모를 기준으로 할 때 3,000평 규모는 1.2배, 1,500평 1.5배, 1,000평 2배로 규모가 적어질수록 상승적으로 증가한다. 한 농가의 가족 노동력을 2.3인으로 볼 때 호당 적정 경영규모는 약 1,500평 정도인데 호당 평균 20~25백만원을 목표소득이라 보았을 때, 1동당 적정규모는 1~2ha, 호당경영 규모는 1,500~2,000평이 바람직하다고 판단된다.

5.5. 국내 온실자재 산업의 육성

화란과 우리나라 유리온실의 설치비를 비교해 보면 3,000평을 기준했을 때 화란은 평당 23~25만원인데 비해 우리나라는 48~84만원이며 설치비의 구성은 자재 및 공사비 59%, 암면·비료·재배 기술고문 5%, 수입 부대비용 36%로 구성된다. 비록 화란에 비해 설치비가 많이 들지만 우리나라의 기초산업 발전 수준으로 볼 때 철골, 파이프, 유리, 암면, 비료 등은 단기간 내에 국산화가 가능하여 유리온실 설치비는 평당 35~40만원 수준까지 감소시킬 수 있을 것으로 보인다.

5.6. 안정적 수출확대기반 조성

안정적인 수출확대 기반 조성을 위해 먼저, 시설원예 농가를 개별화하지 않고 수출에 유리한 지역을 선정하여 생산, 유통, 서비스, 주거시설을 포함한 수출 전략단지로 조성하고 해외시장 정보수집에 주력한다. 또한 일본등을 수출 전략시장으로 삼아 신규시장 개척을 위한 시범생산, 수출을 통해 적극적으로 시장을 개

척하고 수출지원제도를 강화토록 한다.

5.7. 시설원예 육성사업 추진의 효율화

시설원예 육성사업의 추진에 있어서 시범사업과 본 사업의 구분을 명확히 하고 사업비 지원 방법도 달리하는 것이 필요한데 유리온실의 경우 기술수준이 낮고 시행착오를 거치는 단계이기 때문에 5~10년간 시범사업으로 실시하고, 비닐 및 PET온실은 기술수준이 어느정도 궤도에 올라 있으므로 본 사업으로 실시한다. 아울러 사업비 지원은 유리온실은 보조와 융자를 병행하며 비닐 및 PET온실은 융자 위주로 전환하여 농가의 책임경영 의식을 고취시키도록 한다. 또한, 지구별로 세부적인 영농, 시설, 용수 및 출하계획을 수립하고 이에 따른 경제성을 분석하여 지구선정에 지표로 사용하고 준공시기도 영농계획과 일치하도록 착공시기 및 공사기간을 결정하도록 한다.

5.8. 시설원예 정보센터 설치 운영

시설원예 정보센터를 설치·운영하여 작물별 식부면적을 조사하고 시기별 생산량 및 가격을 예측, 농민에게 정보를 제공함으로써 재배작물의 편중 또는 출하시기 집중으로 인한 피해를 방지토록 한다. 또한, 수출증대를 위한 해외시장 정보 수집 기능도 함께 담당하도록 한다.

5.9. 관련법규 정비 및 제도개선

자격있는 온실 시공업체 육성을 위해 온실설비 공사업을 전문 건설업종에 추가토록 관계부처에 법령개정을 요청하고 개발제한 구역에 거주하는 자에 한하여 규모의 제한없이 온실설치를 허용하도록 한다. 또한, 시설원예등 작물재배를 위하여 유리, 플라스틱 드으이 재료를 사용하여 설치하는 온실을 가구당 5,000제곱미터까지 허용하도록 관련부처에 상수원 관리규칙을 개정토록 요청한다.

6. 시설하우스 보급을 위한 정책과제 및 적지 조사

6-1. 적지조사

원예산업이 발달된 나라들을 보면 시설원예 적지로 오랜전통이 있고, 생산에

적절한 기후조건을 가지며 원예무역을 위한 전략적 위치를 꼽고 있다. 따라서 시설원예 농업을 장기적으로 육성, 발전시키기 위해서는 시설원예에 관련된 기후, 토양, 관개용수(지표수 및 지하수), 교통, 노동력, 기존단지, 유통조건, 인적자원등의 제 조건을 종합적으로 감안 조사하여 작목별 적지를 선정하여야 한다. 특히 첨단유리온실에서 수경재배 및 관개 용수는 수질이 양호하여야 하고, 수온이 일정하고 수량이 풍부하여 변동이 없어야 한다. 양액재배에 필요한 용수의 조건을 충족하려면 심층지하수의 수질이 중요한데 국내에서의 양액재배용 수질 확보가 어려운 지역은 <표9>와 같다.

<표9> 양액재배용 수질 확보가 어려운 지역

형 태	해당지구	분포지질	문제가되는 성분
1. 해성퇴적암 분포지역	창녕	퇴적암	EC, Na, SO ₄ , Mn
2. 광화작용을 받은 지역(광산,온천인근지대)	평창, 문경	화강암	Fe, Mn, Zn
3. 해침을 받았던 지역(해안변,하구평야)	창원, 부여, 광양, 태안	퇴적암, 화강암	EC, Na, SO ₄
4. 화학적풍화작용이 심화된 지역	청원, 문경	화강암	Fe, Mn
5. 지표수 오염이 심화된 지역(쓰레기·산업폐기물 매립장하류지역)	-	-	Fe, 세균류, H ₂ PO ₄ , NO ₃ -N

또한 국내의 시설원예 분포는 크게 세 지역으로 구분할 수 있다. 첫번째 지역으로 국내에서 가장오래된 원예지대인 나주를 중심으로한 호남권과 두번째 지역으로는 절화재배의 수산지를 이루는 김해, 마산 지역의 영남권, 그리고 세번째 지역으로는 경기, 충남을 포함한 서울에 가까운 중부권으로 나눌수 있다. 이 세지역의 시설원예에 대한 지역적인 특성은 다음과 같다.

가. 호남권

전남·북을 포함한 호남권은 과채류를 중심으로한 신선 채소류의 재배가 널리 보급되었고 현재도 재배 면적, 생산량이 가장 많으며 재배 기술 수준도 가장 높으며 국내 전체에서도 농업 입지가 가장 좋은 장소로 알려지고 있다. 이 지역은 우리 나라에서 가장 오래된 원예지대이며 다양한 원예작물이 생산되고 있는 지대로 이 지역의 원예는 나주에서 시작되었다. 이 지역은 적절한 기후와 토양구조 그리고 광주라는 도시 인접 지역에 위치 한데다 서울로의 수송 원예가 발달되어 일찍부터 대규모의 전문적 원예 농업이 발달되게 되었다. 재배자들 또한 특수한 경험을 갖고 있어서 우리 나라에 필요한 신선채소류의 주요 공급 기지로서의 역할을 담당하고 있다. 또한 다가오는 서해안 시대에 대비하여 육상, 해상 및 항공으로의 수송 여건도 좋아 무역 입지 측면에서 부족함이 없을 것이다.

나. 영남권

경남·북 지역을 포함한 영남권은 호남 지역과 원예작물 생산면에서 큰 차이가 없으나 그래도 일찍부터 김해, 마산지역등이 우리 나라 절화재배의 주산지를 이루고 있다. 교통은 내륙으로는 부마고속도로, 경부고속도로, 88고속도로 등과 연결이 잘되어 있으며 해상 수송을 위한 부산항 그리고 항공수송에는 김해 공항이 인접해 있어 내륙 및 수출 등에도 물류비용을 절감할 수 있는 입지조건을 잘 갖추고 있다.

또한 전통적으로나 기후적으로도 적합한데다 부산등의 인접 대소비지를 갖추고 있고, 인접한 일본에 거대한 시장이 있음은 이 지역의 지역적인 강점이라 할 수 있다. 재배작물은 부분적으로는 과채류, 화훼류, 분화류가 혼재된 원예 산업의 발전 유형을 보이고 있으나 화훼류가 주 재배작물이라 할 수 있다.

다. 중부권

중부권은 서울이라는 대 소비지를 끼고 있는 지역으로서 경기, 충남 등을 포

함한 지역으로 적설량이 많고 겨울철 기온이 낮아 기후조건은 호남, 영남권보다는 못하지만 국내의 최고 소비지인 서울에 인접한 지역이라 수송이 용이한 점이 최대의 강점이다. 따라서 열대 및 아열대의 관상, 화목류인 분화류를 대상으로 한 분화류의 원예 단지가 발달하였다.

현재는 원예시설이나 기술 수준이 원예 선진국보다는 낙후되었지만 자연스럽게 원예단지가 형성되고 있다. 그러므로 중부권은 고품질 분화류의 생산과 유통이 가능한 종합적 시각에서 새로운 형태의 원예 단지로 국제 시장에 대한 대응이 가능한 시스템을 확립해 나가는데 유리하고 원예 작물의 수출·입에도 유리한 지역이라 할 수 있다.

7. 요약 및 결론

최근 우리나라의 농업은 급속히 진행되고 있는 국제화, 개방화 추세로 인해 점차 위축되고 있는 실정이며 식량의 자급률은 점차 하락되고 있고 축산물을 비롯한 각종 농산물 시장도 수입 농산물에 밀려 설자리를 잃어가고 있다. 이에 비해 시설원예 농업은 지속적인 성장을 거듭하고 있으며 앞으로 수출 전략품목으로 발전할 가능성이 높다. 이러한 이유는 첫째, 시설원예 농업은 토지생산성과 노동생산성이 높아 우리나라와 같이 토지자원이 부족하고 노동력 감소가 심각한 나라에 적합한 농업형태이다. 둘째, 우리나라는 사계절이 뚜렷하고 온도 및 태양조건이 양호해 작물에 따른 위치 선정만 잘한다면 오히려 화란보다도 우수한 고급 농산물을 생산할 수 있는 잠재력이 있다. 셋째, 시설원예 농업에 필요한 양질의 농자재를 생산할 수 있는 기초산업이 발전되어 있다. 아연도금 파이프나 철골을 만들 수 있는 제철공업, 은실 피복재료를 공급할 수 있는 유리 및 비닐산업의 발달은 좋은 예이며, 비료산업의 발전으로 시설원예용 비료 및 양액제조도 용이할 것이다. 넷째, 국민소득의 증가로 시설원예 농산물에 대한 국내 수요가 증가하고 있을 뿐 아니라 주변에 일본, 홍콩, 대만 등 시설원예 농산물에 대한 큰 시장이 있어 수출 가능성도 높다.

따라서 시설원예 농업을 육성하려면 시설원예 농업이 당면하고 있는 문제점과 현재 추진되고 있는 시설원예 육성사업의 취약점을 파악하고 이를 개선해야 한다. 시설원예 농업의 당면 문제점으로는 경영규모의 영세성, 재배시설의 낙후, 시설원예 관련기술의 낙후, 시설원예 관련산업의 미발달, 유통구조의 취약, 비합리적인 지구선정, 가격불안정 등을 들 수 있는데 이와 같은 문제점을 해결하고

시설원예 농업을 대외 경쟁력이 있는 고도의 자본·기술 집약적인 농업으로 키우기 위해서는 일관성있는 육성정책과 이에 따른 적절한 투자가 이루어져야 하겠다. 아울러 생산비 절감을 위한 시설 자동화를 추진하되 우리나라 실정에 알맞는 시설의 종류와 적정 경영규모를 결정하여야 하며 과잉투자가 이루어지지 않도록 주의하여야 한다. 또한, 시설원예 육성사업을 추진함에 있어 시범사업과 본사업을 명확히 구분하고 이에 따른 사업추진 체계와 지원방법을 효율화하여야 하며 지구별로 세부적인 영농, 시설, 용수 및 출하계획을 수립하고 경제성 분석을 실시한다. 육성대상도 개별농가보다는 단지 중심으로 선발하는 것이 기술의 개발과 보급, 시장정보 수집, 시장교섭력 제고 등에 있어서 유리할 것이며 수출전략 기지로도 활용할 수 있을 것이다.

이밖에도 시설원예 농업에 대한 연구개발을 촉진하고 기술지원체계를 강화해야 하며 유통개선, 수출증대를 위한 심층적인 연구도 활발히 수행되어야 할 것이라고 생각된다.

여 백

II. 시설하우스 보급을 위한 구조 및 공정

여 백

II. 시설하우스 보급을 위한 구조 및 공정

1. 우리나라 시설원예의 발달과정과 현황

1.1 시설원예의 발달과정

우리나라 시설원예는 1920년경 대전지방의 페이퍼 하우스를 시작으로 1930년대 말경에 이리에 처음으로 유리온실이 지어졌고, 1951년경 김해지방을 중심으로 플라스틱 필름하우스가 등장하면서 각 지역으로 확대·보급되어 규모도 점차 커지기 시작하였으며, 1968년에 3,000평 규모의 대형하우스가 등장하였고, 1958년부터 폴리에틸렌 필름의 국내생산의 시작으로 하우스와 대형 터널의 시설면적이 급증하였다. 1969년부터 시설의 표준화 및 규격화 사업이 추진되어 철재골격의 보편화 및 실정에 적합한 현대화된 표준시설을 마련하여 보급하고 있는데 특히 아연을 용융도금한 펜타이트파이프의 다양한 규격에 따라 가공·보급되고 있어 표준화사업을 뒷받침하고 피복재 역시 보온성, 광선투과성, 내구성 등이 뛰어난 EVA, PVC, PET, PC 등 다양하게 도입·이용되고 있다. 1970년대말부터 시험연구용이던 양액재배의 시설면적이 점차 증가추세를 보이고 경질판을 이용한 반영구적 플라스틱하우스가 보급되기 시작했으며, 1980년대부터 온풍난방기를 이용한 난방의 급증과 환경 복합제어 관련 컴퓨터도입, 유리온실의 상업적 영농에 활용 등 비약적 발전을 보이고 있다. 1987년 2월 시설연구회, 1991년 한국생물생산시설환경학회 설립으로 학술모임이 이루어졌고, 1991년 농촌진흥청 원예시험장에 설치된 시설재배과에서 시설원예 연구를 담당하게 되었다.

1.2 시설원예의 현황

우리나라의 시설면적은 1992년도 약 3만2천ha로 상당한 면적을 보이지만, 상업적 재배용 시설은 주로 플라스틱하우스로 표본전시, 시험연구용에 불과하던 유리온실은 도입이 미미하다. 작물별로는 채소, 화훼, 과수 순으로 이루어지고 있다.

1.2.1 시설재배면적

우리나라 채소류의 시설재배 면적은 1985년 16,569ha를 기점으로 연간 9%의

급증추세이며, 1980년도부터 화훼류 재배면적은 연간 27.0% 증가·확대되고 있다. 1980년 이후 시설이용율은 년평균 136.3%이나 1988년 이후부터 매년 증가하고 있다.

<표 1> 시설재배면적 (단위 : 채소면적 천ha)

작 목	구 분	83년도	85년도	87년도	89년도	90년도	91년도	92년도
채 소	시설면적 (A)	11.8	16.6	20.5	22.2	23.7	26.4	29.3
	전년대비지수	110	128	109	107	107	111	111
	재배면적 (B)	14.0	18.8	22.3	37.6	40.0	47.9	50.0
	지 수 (B/A)	119	113	109	165	169	181	171
화 훼	재배면적 (ha)	460	571	855	1392	1752	2229	2717
	전년대비지수	137	119	112	129	126	127	122

1.2.2 시설의 낙후성

가) 채소시설의 시설면적은 92년말 29,258천ha 중 밭이 7.9천ha(27%), 논이 21.3천ha이며, 그 중 고정시설면적은 7,682ha(36.0%), 밭 4,329ha(15%), 논 6,203ha(21%)로 이동식 시설중심의 시설원예가 주축이 되고 있다

<표 2> 설치 방법별 시설면적 (단위 : ha)

구 분	계			고 정 시 설			이 동 시 설		
	계	전	답	계	전	답	계	전	답
면 적	29,258	7,897	21,361	10,532	4,329	6,203	18,726	3,568	15,158
지 수	100	27	73	36.0	15	21	64	12	52

자료 : '92 채소생산 실적(농림수산부)

나) 시설원예의 형태는 대형터널 아치형하우스가 96%, 시설골재는 철재 아연도금 하우스가 86%, 목죽재가 7.8%를 보였다.

<표 3> 시설유형별 설치면적 (단위 : ha)

구 분	대형터널	아치형	지붕형	기 타	계
면 적	16,578	11,720	951	9	29,258
지 수	57	40	3	-	100

자료 : '92 채소생산 실적(농림수산부)

<표 4> 시설골재별 하우스면적 (단위 : ha)

구 분	계	목·죽재	PVC	펜타이트 파 이 프	PVC 코팅 철재파이프	앵 글	기 타
면 적	28,158	2,220	350	25,257	984	440	7
지 수	100	8	1	86	3	2	-

자료 : '92 채소생산 실적(농림수산부)

다) 외부피복자재는 저렴한 가격대의 폴리에틸렌 필름이 71%이나 내구성이 짧아 1~2년마다 교체해야하는 문제점이 있다.

<표 5> 피복자재별 하우스면적 (단위 : ha)

구 분	계	폴리에틸렌 (PE)	염화비닐 (PVC)	초산비닐 (EVA)	유 리	기 타
면 적	29,258	20,682	3,017	5,520	2.7	82.3
지 수	100	71	10	19	2	37

자료 : '92 채소생산 실적(농림수산부)

라) 난방방법은 대부분 무가온보온재배로 가온재배면적은 7%정도이다.

<표 6> 보온방법별 시설면적 (단위 : ha)

구 분	계	보 온 (무 가 온)					가 온
		소 계	이중피복	섬 피	부 직 포	기 타	
면 적	29,258	26,463	19,463	2,753	3,529	718	2,795
지 수	100	90	67	9	12	2	10

* 가온 : 연탄, 석유난로, 온풍난방기, 톱밥, 왕겨 등
 자료 : '92 채소생산 실적(농림수산부)

마) 관수방법은 점적관수 방법이 주종을 이루고 극히 일부는 컴퓨터 환경계측 제어에 의한다.

<표 7> 관수방법별 시설면적 (단위 : ha)

구 분	계	스프링클러	점 적	호 스	살수(분무기)	인 력	기 타
면 적	29,258	791	4,774	18,823	1,461	2,459	950
지 수	100	3	16	65	5	8	3

자료 : '91 채소생산 실적(농림수산부)

1.2.3 시설투자비의 영세성

가) 시설화훼 주산지 농가 8,945 중 139 농가대상으로 투자금액을 조사한 결과 평당 5만원 미만이 95%로 영세성을 나타내고 있다.

<표 8> 시설원예농가의 시설비 투자비율

평 당	1만원	2	3	4	5	6	7	8
비 율(%)	21.2	39.4	19.7	6.6	8.0	1.5	2.9	1.0

자료 : '91 시설원예 현대화 하우스 모델설정 및 재배효과에 관한 연구(농진청)

나) 시설 개선시 투자가능 금액을 조사한 결과 평당 100천원 미만의 농가가 95%로 시설원예 발전에 큰 저해요인으로 보여진다.

<표 9> 금후 시설개선시 투자 가능 금액 (단위:천원/평)

평당금액	25	50	75	100	100 이상
비율 (%)	17.8	60.7	10.4	5.9	5.2

자료 : '91 시설원예 현대화 하우스 모델설정 및 재배효과에 관한 연구(농진청)

1.2.4 단위생산성 저조

시설재배시 단위면적당 작물별 생산량은 노지에 비하여 좋으나 단위 노동 시간당 생산량은 낮은 편으로, 외국에 비해 단위면적당 생산성이 뒤떨어지는데 이는 관행에 의한 재배기술의 답습이 큰 원인으로 현대적 환경 계측제어장치가 필요하다 할 수 있다.

<표 10> 노지대비 시설재배 생산성

작 물 명	수 량 지 수	노 력 지 수	시간당 수량 (kg/시간)		
			노 지	시 설	지 수
수 박	136	248	11.0	6.0	55
참 외	151	255	7.5	4.4	59
토 마 토	192	272	10.1	7.1	70
딸 기	222	280	3.4	2.7	79
오 이	197	228	8.7	7.5	86
호 박	267	303	6.2	8.7	140
상 추	182	236	9.2	7.1	77

1.2.5 농가시설 경영 현황

가) 자동화 시설의 도입정도

우리나라에서 시설재배시 환경관리, 재배기술, 수확조제에 대한 자동화 정도가 외국에 비하여 기술수준이 낮은 요인은 원예시설의 부대장치에 대한 연구나 기술개발이 미흡하고 수요가 형성되지 않아 도입에 의존하는 부대장치가 많으며 주문생산 공급 또는 도입 설치로 인해 고가이므로 설치를 원하지 않았다. 또 성능도 낮은 경우가 많고 1990년 이전에는 부대장치의 설치 및 기능을 극대화하기 어려운 실정이어서 농가의 기술수준이 미흡했기 때문이다.

나) 시설종류별 적정규모 추정

농촌진흥청 경영관실에서 시설의 자동화 정도에 따른 적정규모를 분석한 결과, 농촌 노동력이 가족당 2인, 고용노력 30%를 포함해 월노동 투하시간을 642시간으로 추정할 때 적정규모는 600평이며, 농가보급형하우스, PET, PC 및 유리온실의 경우 환기, 난방, CO₂ 시용, 관비시설, 연무방제, 선별작업 등을 자동 또는 반자동화 할 경우 농가당 적정규모는 1,200평 정도로 보고 있다.

<표 11> 자동화 PC 및 유리온실의 농가 적정규모

작 목	월 별	경 영 규 모 (평)			
		900	1,000	750	관행대비절감율(%)
오 이	4월중순~5월상순	438 시간	652 시간	815 시간	48
	3월	468 시간	619 시간	738 시간	57
장 미	1월하순~2월중순	426 시간	568 시간	710 시간	59
카네이션	2월중순~3월상순	433 시간	577 시간	721 시간	55

2. 농가보급형 유리온실의 필요성과 원예시설 현대화방향

2.1 농가보급형 유리온실의 필요성

최근 농촌 노동력의 노령화 현상의 심화와 악성 노동회피로 인한 필요 노동력 부족, 생산비 증가현상을 해결하기 위해 시설의 구조적 문제해결과 각종 성력자동화장치의 도입이 시급하다. 특히 시설 및 환경관리장치의 개선은 노동과 상품생산을 위해 선결되어야 할 문제이다.

그러나 시설원예의 현대화, 기계화 및 자동화의 필요에도 불구하고 발전속도가 대단히 늦은 이유는 기계도입에 적정한 영농규모의 시설을 소유하지 못하고, 전 근대적인 시설 때문이며 다양하고 정밀한 관리방법이 요구되는 시설재배용 기구의 발전이 늦은 것도 하나의 이유이다.

2.2 원예시설의 현대화 방향

시설원예는 많은 노동력이 요구되고, 작물생육의 최적환경 조성 및 작업환경의 개선을 고려한 성력화가 필요하다. 이를 위한 복합조절의 환경관리 및 작물생육을 계측 자동제어할 수 있는 고도의 정보시스템과 파종에서 수확까지 일관된 고품질, 고능률화한 시스템 즉, 식물공장 개발까지 연구계획 되어야 한다.

현재 재배농가에서는 대부분 좁고 낮은 간이형 이동식 시설로, 반원형이나 아치형이며 지붕의 경사각이 고려되지 않은 조방적시설을 이용하고 있고, 하우스는 100m 길이의 긴형태로 작업성이 불량한 조건이므로 이를 개선하기 위해서는 시설 형태의 고정화 및 연동화에 의한 동일시설의 재배면적 확대로 시설의 자동화나 성력화를 도모하여야 한다.

그리고 시설의 유형은 관영여건이나 작물, 작형 등이 고려된 표준시설로 시설자재의 표준화 및 시설설비의 절감 및 단순화를 가능하게 할 수 있다. 시설의 주된 자재 중 골자재는 아연도금 구조강관, 피복재는 연질 PE, EVA 등으로 매년 피복과 제거를 반복하고 있고, 무가온에 의한 외피복 또는 내부 이중피복에 의한 보온 위주의 관리가 대부분이다. 그러나 아직도 거적피복에 의존하고 있어 이를 개선하기 위해서는 보온, 가온, 환기 등의 온도관리방법이 개선가능한 시설유형이 도입되어야 한다.

시설원예의 장기적 발전을 위해서는 원예 자재용 금속자재의 표준모델에 의한 규격품 생산 및 연질필름, 반경질, 경질 등 시설형태에 적절한 자재보급이 이루어

지도록 계획되어야 하고, 연질자재는 이용기간이 짧고 기술적인 피복방법은 농가의 노동력과 인력으로는 불가능하므로 내구연한이 5~10년 이상 유지되는 반경질, 경질과 같은 반영구적 시설 피복물의 생산·보급이 이루어져야 할 것이다.

현재 노동력 부담비율이 높은 온도관리를 위한 가온기의 도입과 최대의 열효율을 위한 최소 노동력의 보온방법 도입이 요구되고 이를 위해 예인형, 커튼장치, 권취형, 이중 보온피복 및 보온효율 높은 보온재 등의 내부보온피복장치의 도입이 필요하다.

시설재배작물의 작황은 병충해 발생 및 노동환경과 밀접한 관계가 있어 환기 문제와 관련되므로 자동화된 개폐장치의 개발 및 보급을 통해 이 문제를 해결하여야 하는데 이 때 시설비 과다의 문제는 완전자동화된 장치의 도입이 어려울 때는 반자동시설 도입부터 단계적인 발전방향을 제시하여 현실을 감안한 표준모델이 개발되어야 할 것이다. 관수장치, 시비방법, 제거방법 등에서의 자동 점적식 관수방법, 액비 자동 혼입기, 무인형 초미립자 상온 분무방식 방제기 등의 도입으로 노동력 절감 및 단위면적당 생산비 절감과 쾌적환경을 조성을 이루어 보다 효율적인 영농이 가능하게 될 것이다. 거기에 환경들을 복합적으로 제어할 수 있는 컴퓨터 환경 제어장치의 도입은 보다 효과를 상승시킬 것이다.

<표 12> 농가보급형 현대화 표준온실의 모델선정 방향

구 분	현 황 과 문 제 점	모 델 설 정 방 향
시설형태	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 이동식 시설로 폭이 좁고 높이가 낮음 ◦ 반원형, 아치형 단동 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 고정화, 연동화, 대형화 ◦ 형태별의 시설 표준화
하우스길이	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 90-98m로 길어 환경 및 작업성이 불량 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 50m 내외로 단축 ◦ 100m일 경우 작업거리 50m 이내
시설방향	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 기중이 없음 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 형태별 시설 설치방향 제시
골조자재	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 아연도금 구조강관 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 각종 금속자재
피복자재	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 대부분 연질 피복자재로 매년 피복 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 연질, 반경질, 경질자재로 내구연한 최고 3-15년 사용
온도관리	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 무가온, 외부 보온피복, 내부 조방적, 다중피복 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 내부 보온피복 개폐의 자동화 ◦ 효율적이고 생력적 가온방법 도입
환기장치	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 환기시설 불량 ◦ 수동으로 환기 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 반자동 또는 자동 천·측광 개폐장치 ◦ 강제 환기시설 도입
환수장치	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 이랑관수, 살수관수 등 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 자동점적식, 자주식 살수장치 등 도입
시비방법	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 고품, 단비, 복비, 손작업 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 액비 자동시용, 액비혼입기 도입
CO ₂ 시비	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 극소수 도입 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 도입필요
방제방법	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 동력분무기 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 무인 상온방제기, 연무기 등 도입
운반작업	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 인력운반 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 운반차 도입
환경제어	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 자동화전무한 상태 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 개별 전동제어, 복합컴퓨터제어 단계적 도입

3. 현대화 원예시설의 발달 현황과 특징

3.1 현대화 원예시설 발달 실적

농촌진흥청에서 시설의 현대화를 위하여 추진한 결과를 보면, 1차로 1980년 3월에 아연동파이프를 이용한 “터널형 하우스”의 4종 모형 개발로 난방 및 측창 환기, 호스관수시설을 설치하였고, 2차로 91년 5월에 온도감응식 천창측창개폐, 2중커튼개폐, 액비자동관수, 강제환기, 난방시설, CO₂ 발생기, 연무방제 및 컨트롤 장치 등을 내용으로 한 개량아취단동형(1-1S형, 1-1W형), 개량아취연동형(1-2S형, 2-2W형), 3/4식 단동형(2-3S형, 2-3W형), 유리온실 등 6개유형 11개모델의 농가보급형 자동화하우스 표준설계서 500부 제작하여 지도기관 및 관계기관에 배부하였으며, 3차는 1992년 4월 다단계 변온장치, 수막시설, 종합컨트롤장치의 추가로 성력화에 주안을 둔 개량아취 연동형(1-2W형)의 보완설계서 400부 제작·배부하였다. 4차는 1993년 4월 고정시설화하고 내구성있는 반경질필름이나 경질필름을 피복자재로 이용하여 다단계 변온장치나 개선된 종합 컨트롤장치의 보급에 주안을 둔 PC 양지붕 단연동형 등 개발된 3종의 농가보급형 자동화 온실모형의 설계도 250부를 작성·배부하였고, 5차는 1993년 12월 길이가 46.5m의 단형과 93m 장형의 두가지 유형내 단동형 2,3,4,5 연동형이 있어 총 10개의 유리온실 유형을 대학교수, 온실시공업체, 농촌진흥청, 시설원에 종합연구단을 주축으로 개발하였다.

3.2 농가보급형 유리온실 신모델개발

3.2.1 유리온실 개발추진경위

최근 국제화시대에 대응하기 위한 농산물 시설 현대화 사업의 발전을 위해 농촌진흥청과 원예시험장에서 1992년 1월20일 시설원예를 전문으로 하는 37명의 시설원예 종합연구단이라는 시설현대화의 문제점을 해결하는 협의체를 구성하여 추진해 왔다.

1992년 12월말 한국형 유리온실에 대한 기본계획을 수립하고, 1993년 1월25일 협의를 거친 후 설계에 착수하였으며, 1993년 11월13일 관계전문가 48명이 1993년 11월13일과 12월14일 2차에 걸쳐 전반적 협의와 검토가 이루어져 1994년 5월 중 설계서를 유인 배부할 계획으로 추진하였다.

3.2.2 유리온실 개발배경

UR협상 타결에 따른 농산물의 국제화에 대비하기 위한 현대화된 생산시설은 대형화·집단화하여 단지화 추세로 추진되고 있고 이들 면적도 급증하고 있다. 또, 최근 2-3년간 원예용 현대화 시설은 외국의 형태와 자재를 그대로 도입하여 우리나라의 기후에 맞지 않으므로 우리나라의 기후를 고려한 시설이 필요하다. 즉 여름철 집중폭우, 강풍 등의 피해나 7-8월 고온기온은 낮추기 위한 측창 및 강제환기 등 시설이 요구되고, 겨울철 영하의 날씨에 따른 땅속 동결을 대비한 시설구조의 보완이나 온도급하시 보온을 위한 2-3중 보온시설의 추가가 요구되었다. 그리고 시설자재도 규격화 및 표준화하여 대량생산체제를 확립시키므로서 양질의 자재를 저렴한 가격으로 시공가능하게 유도할 수 있는 국내 시공기술 축적은 물론 저렴한 한국형 현대화 유리온실이 요구되었다.

3.2.3 유리온실의 특징

온실의 폭은 베로형은 6.4m로 좁지만 신개발 한국형 온실은 9m로 넓혀 시설 내 모든 작업의 기계화가 용이하고 부대시설의 설치에 편리한 구조를 갖도록 했고, 2.0m 높이에 측창을 설치하여 환기를 통해 고온의피해를 경감할 수 있도록 하였으며, 옆창을 여는 방법은 3쪽 미닫이식과 경질필름을 이용한 감아올리기식 장치도 설치할 수 있어 시설비가 저렴하다. 이 시설은 풍속 40.8 m/sec까지 견딜 수 있고, 최대 적설깊이 100cm, 설하중 67.62kg/m² 로서 우리나라 기후에 적용되도록 설계되었고 시설내부에 2-3중 커튼설치를 가능하게 하여 겨울철 보온효과를 높이는 시설구조로 온도, 습도 등의 환경을 균일하게 하기 위해 순환팬을 설치하였다. 따라서 한국형 유리온실의 주요자재들과 장치들은 국내 생산이 가능하고 실용되고 있는 자재이므로 이를 규격화하고 대량생산 하도록 유도하므로서 시설비용을 크게 절감시킬 수 있을 것이다.

3.2.4 유리온실의 유형별 시설규모와 시설비 추정

우리나라에서 한국형 유리온실의 정착을 위해서는 많은 요인들의 종합적이고 합리적인 추진과 시설분야 종사자들의 최대 협조로 저렴하고 훌륭한 시설이 정착되도록 각자의 역할에 충실히 협조하고 새로 개발한 온실의 유형별 단가를 추정하였으나 앞으로 규격화·표준화하여 대량생산체계를 구축하므로서 보다 저렴한 온실이 정착되도록 노력해야 한다. 개발된 온실의 길이를 46.5m의 짧은 형태와

93m의 긴형태로 구분하여 설계하고 시설면적도 각 유형별로 연동화하여 확대가 가능하도록 설계되어 있다.

<표 13> 온실유형별 면적 및 시설비 추정

유형	형태명	폭 (m)	면적 (평)	평당추정단가(원/평)
단형	단동 단형	9	126.8	494,219
	2연동 단형	18	253.6	482,685
	3연동 단형	27	380.5	455,276
	4연동 단형	36	507.3	418,937
	5연동 단형	45	634.1	413,948
장형	단동 단형	9	253.6	452,684
	2연동 단형	18	507.3	420,315
	3연동 단형	27	760.9	407,708
	4연동 단형	36	1,014.5	378,830
	5연동 단형	45	1,268.2	367,258

3.3 농가보급형 유리온실의 규격 및 기존 시설과 차이점

<표 14> 기존온실과의 차이점

구분	보급형온실	기존온실
◦ 지붕형태	넓은 양지붕형 (폭 9.0m)	좁은 양지붕형 (폭 6.4m)
◦ 골조	H빔 및 아연도금 각관	철골, 알루미늄 합금 각관
┌ 골재	20 %	12 %
└ 골격율		
◦ 환기	21 %	13 %
┌ 환기면적을	천창,측창환기 및 강제환기시설	천창환기
└ 환기방식	보완	
◦ 피복	유리 3mm	유리 4mm
┌ 외피복재	부직포 2중피복	1중 커텐
└ 내피복재		
◦ 환경제어	컴퓨터 복합환경 제어	컴퓨터 복합환경 제어

<표 15> 농가보급형 유리온실 규격

구 분	규 격(폭×높이×길이)	설 계 면적 (평)	설 치 비 용 (천원/평)	기본시설	부대시설
단동형 (3-1형)	◦ 9.0×5.3×46.5	127	563	◦알미늄 유리피복 철재빔 ◦천창, 측창 개폐 장치 ◦천정, 측면 커튼 장치 ◦온수난방, 강제환기 시설	◦관수 및 방제시설 ◦CO ₂ 발생기, 순환팬 ◦내피복 자동개폐 장치 ◦보광시설, 냉방, 운반 장치 등
	◦ 9.0×5.3×93.0	254	547		
2연동형 (3-1형)	◦ 9.0×5.3×46.5×2동	254	480	" ◦ 복합환경제어장치	"
	◦ 9.0×5.3×93.0×2동	508	434		
3연동형 (3-3형)	◦ 9.0×5.3×46.5×3동	381	439	" ◦ 복합환경제어장치	"
	◦ 9.0×5.3×93.0×3동	762	398		
4연동형 (3-4형)	◦ 9.0×5.3×46.5×4동	587	414	" ◦ 복합환경제어장치	"
	◦ 9.0×5.3×93.0×4동	1,014	383		
5연동형 (3-5형)	◦ 9.0×5.3×46.5×5동	634	391	" ◦ 복합환경제어장치	"
	◦ 9.0×5.3×93.0×5동	1,268	353		

※ 온실 옆높이는 각각 3m임

4. 농가보급형 유리온실의 구조 해석

농가보급형 신유리온실에는 여러가지 모델이 있으나 양지붕 유리단동형(3-1G형) 구조해석을 보면 다음과 같다.

온실 구조해석을 하기 위해 필요한 假定과 온실에 사용되는 부재 및 각 부재들의 단위 길이당 하중(W), 단면적(A), 단면계수(z), 단면2차모멘트(I) 등 부재의 특성을 먼저 파악해야 한다.

- 지점부를 포함한 모든 접합부를 고정단으로 가정, 중앙부는 힌지로 가정한다.

· 온실 치수 및 각 부재 규격

온실(Span)폭=9m, 축고=2.7m, 동고=4.95m, 길이=46.5m, 기둥간격=3.1m

기둥 및 서가래 : 경량H형강(LH-150×75×3.2×4.5)

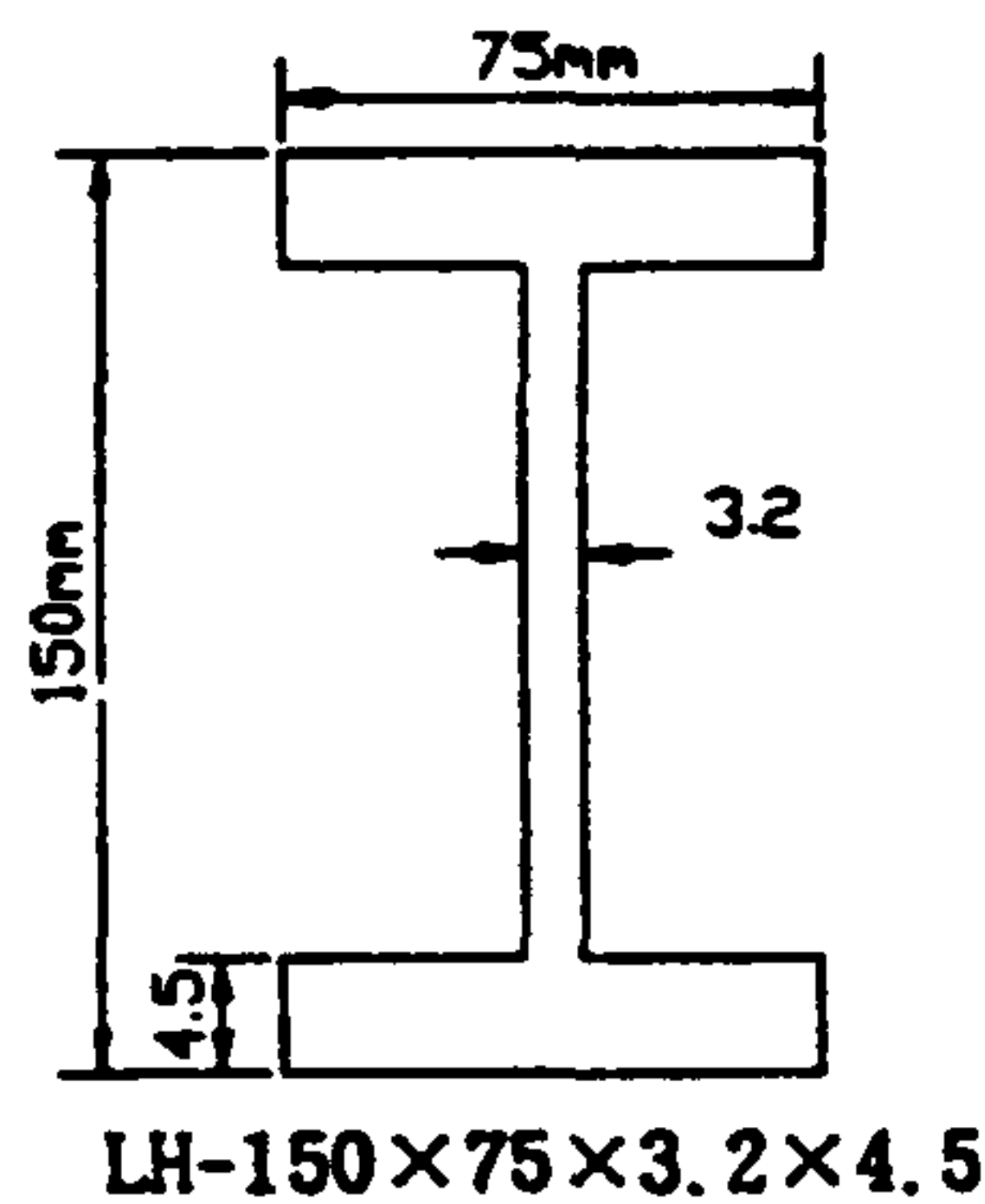
$$w=8.84\text{kg/m}, A=11.25\text{m}^2, z=57.6\text{cm}^3, I=432\text{cm}^4$$

사 - 보 : L형강(L-65×65×6)

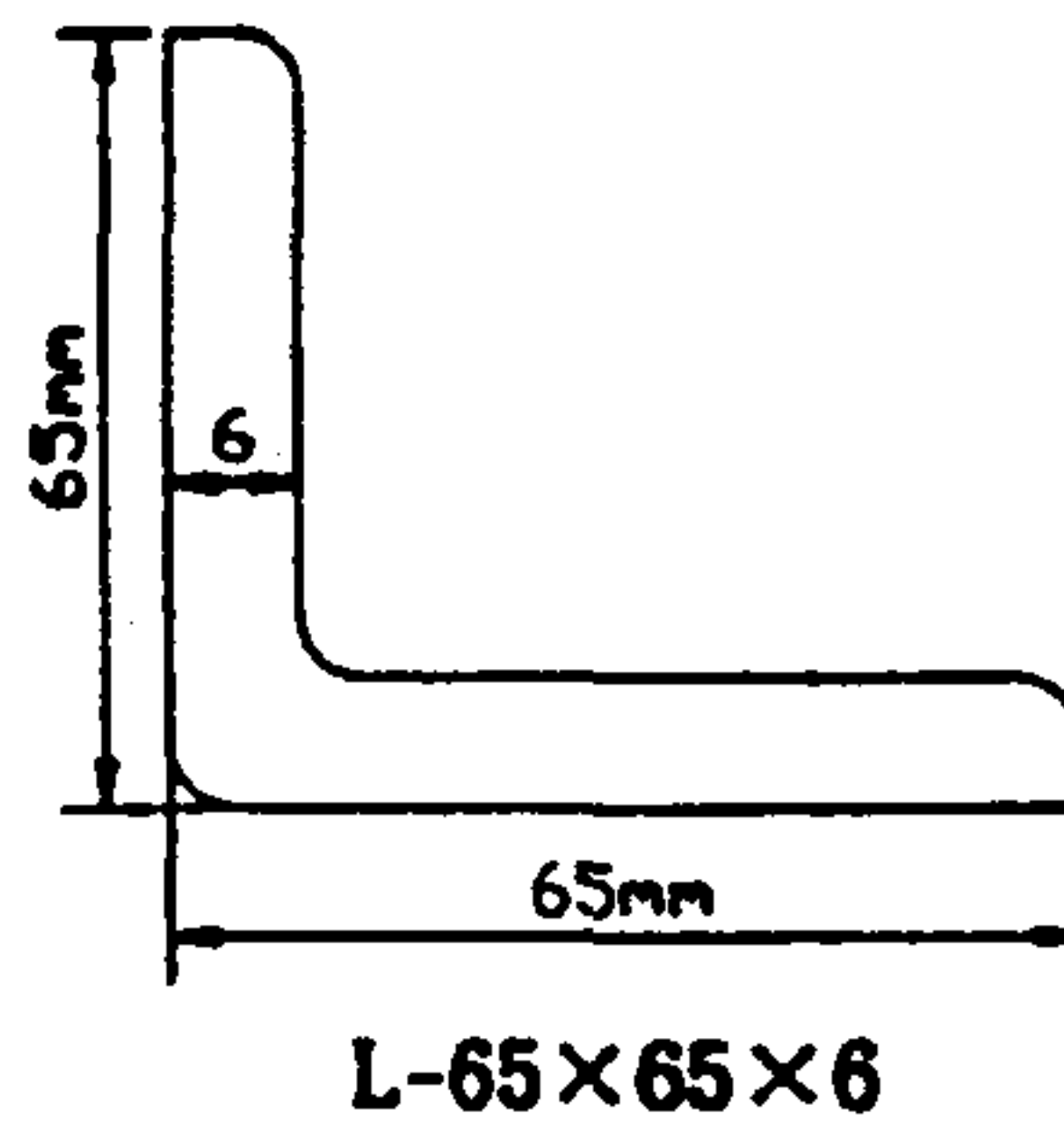
$$w=5.91\text{kg/m}, A=7.527\text{m}^2, z=6.27\text{cm}^3, I=29.4\text{cm}^4$$

중도리 : C형강(C-60×30×10×2.3)

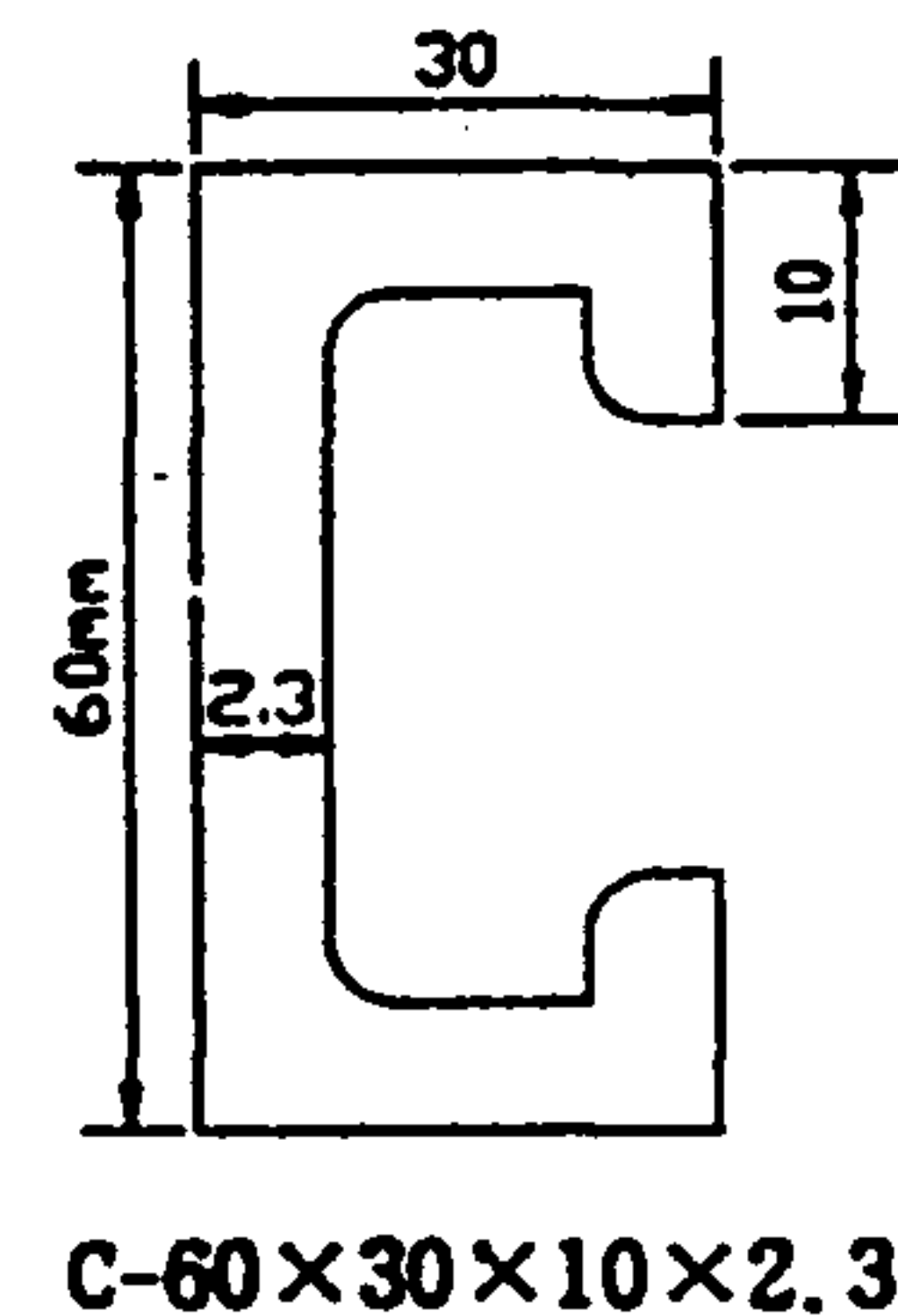
$$w=2.25\text{kg/m}, A=2.87\text{m}^2, z=5.2$$



(기둥 및 서가래)



(사 - 보)



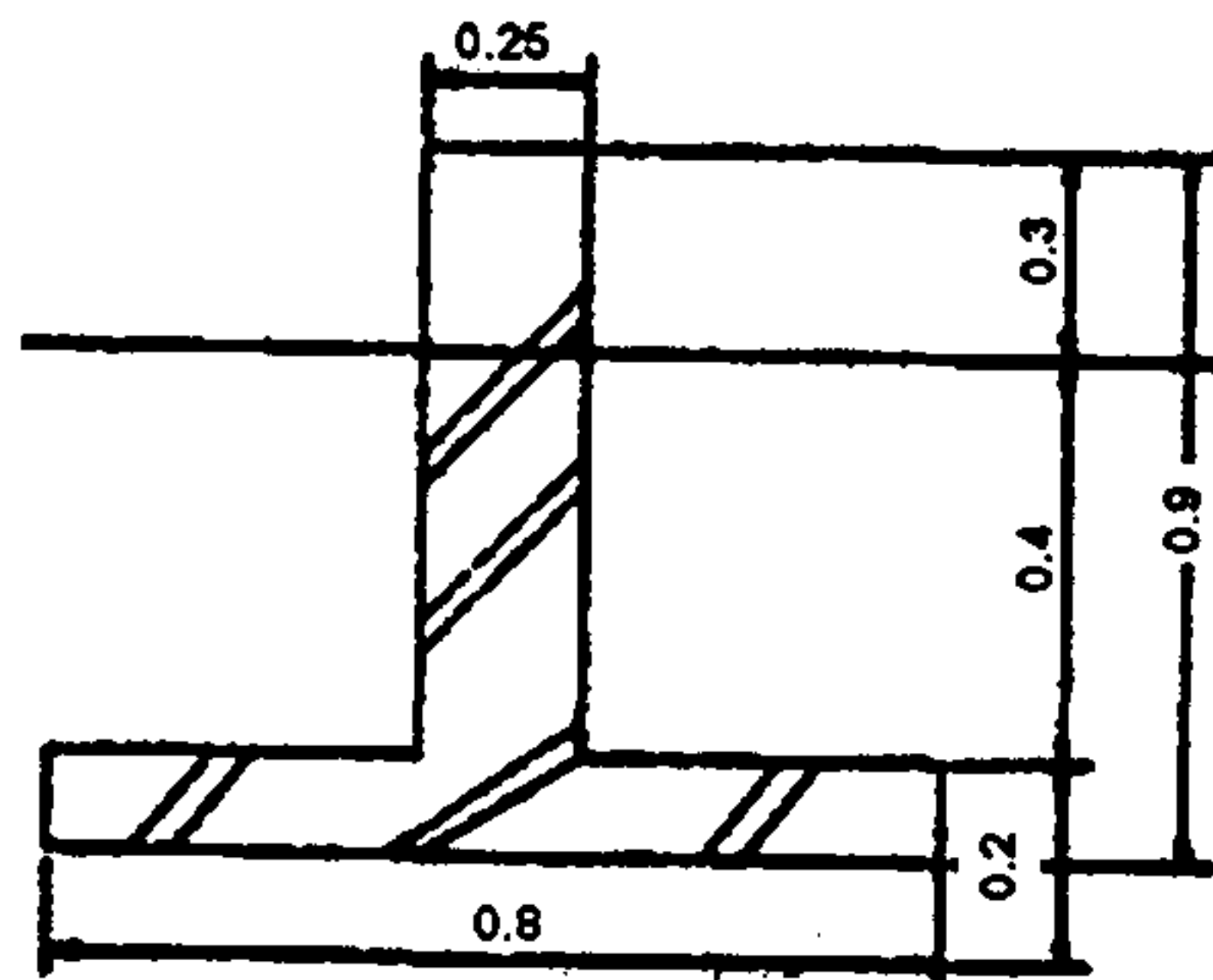
(중도리)

4.1 기초설계

※ 가정

철근콘크리트 밀도 : $\gamma_f = 2.4 \text{ ton/m}^3$

흙의 밀도 : $\gamma_s = 1.7 \sim 2.2$ (1.8로 가정)



(기초단면의 규격)

4.1.1 기초단면

가) 기초의 자중계산

- 연속기초 : W_{fc} (하중) = V_{fc} (부피) \times γ_f (밀도)

$$V_{fc} \text{ (연속기초 부피)} = (\text{단면적}) \times L$$

$$\text{단면적} = b \times z - (b - b') \times (z - t)$$

$$= 0.8 \times 0.9 - (0.8 - 0.25) \times (0.9 - 0.2)$$

$$= 0.335\text{m}^2$$

$$L(\text{기둥간격}) = 3.1\text{m}$$

$$\gamma_f \text{ (밀도)} = 2.4 \text{ ton/m}^3$$

기둥간격당 기초의 자중은 단면적, 기둥간격, 콘크리트 밀도의 곱으로 계산한다.

$$W_{fc} \text{ (자중)} = (0.335 \times 3.1) \times 2.4 = 2.492(\text{ton})$$

- 기초상면에 실리는 흙의 중량계산

기초상면을 차지하는 흙의 부피와 밀도의 곱으로 계산한다.

$$\text{연속기초 : } W_{sc} = V_{sc} \times r_s = 0.682 \times 1.8 = 1.23 \text{ t}$$

$$V_{ac} = (b - b') \times (z - z' - t) \times L$$

$$= (0.8 - 0.25) \times (0.9 - 0.3 - 0.2) \times 3.1$$

$$= 0.682\text{m}^3$$

- 기둥에서 전달되는 축방향 압축력(설하중+온실하중) 및 휨모멘트
구조해석용 컴퓨터 프로그램으로 분석한 결과를 이용한다.

휨모멘트 (SAP90으로 분석한 결과)

$$\cdot \text{자 중 } M_{dl} = 15,728(\text{kg} \cdot \text{cm})$$

$$\cdot \text{설하중 } M_{sl} = 779,114(\text{wh} \times 10^{-3} \text{ kg-cm})$$

- 축방향력

$$\cdot \text{자 중 } P_{dl} = 341(\text{kg})$$

$$\cdot \text{설하중 } P_{sl} = 12,150(\text{wh} \times 10^{-3} \text{ kg-cm})$$

나) 지내력 및 인발 저항력 검토

- 지내력

기초에 작용하는 하중은 기둥을 통해 전달되는 온실구조의 자중과 기초의 자중, 기초상면에 실리는 흙의 중량 등이 있으며 지면에 작용하는 실제 하중과

토양에 따른 허용지력을 비교하여 안전성을 검토한다.

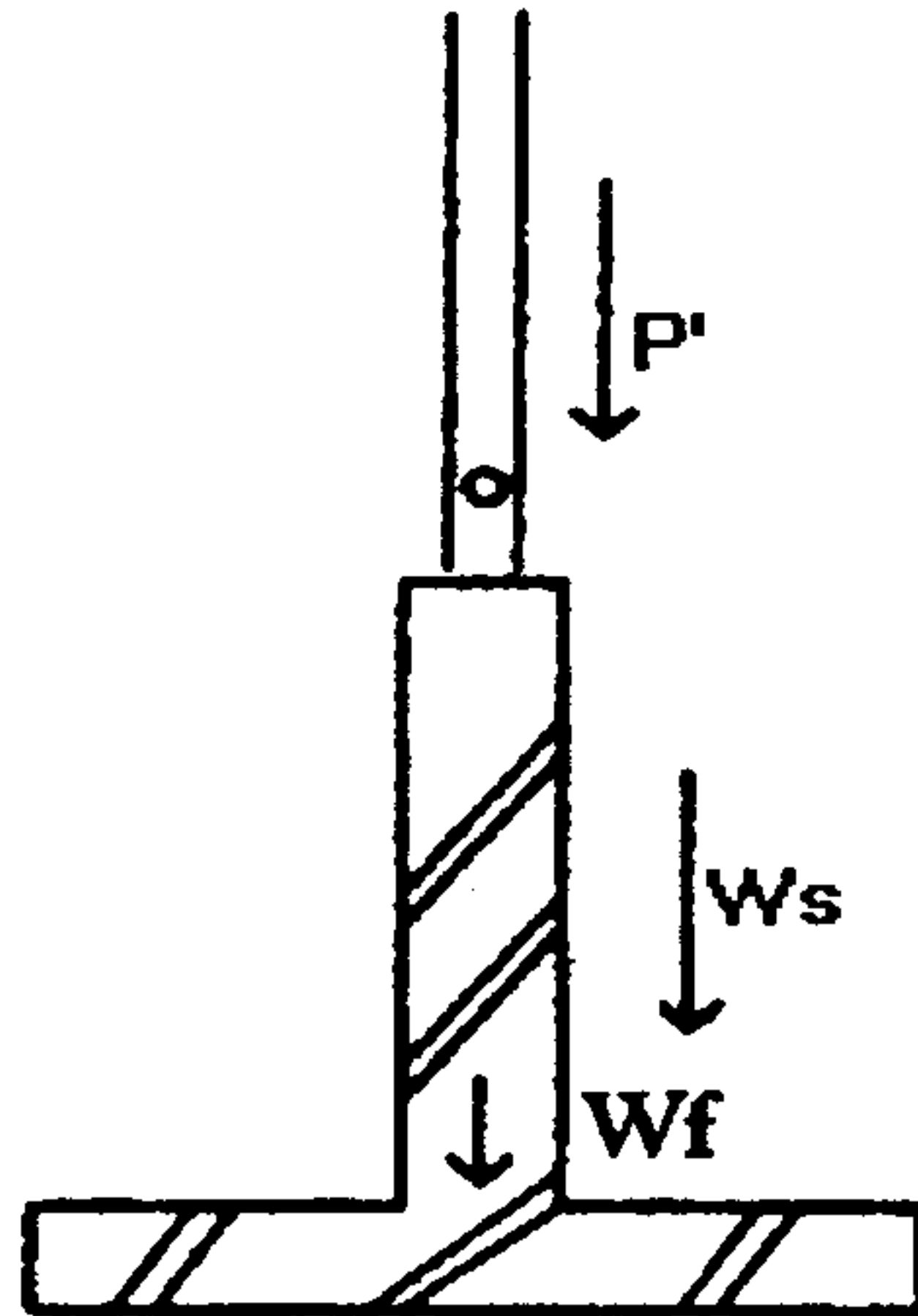
$$P = P' + W_f + W_s$$

P : 기초지반에 작용하는 작용력의 합

P' : 기둥에서 전달되는 축방향력

W_f : 기초의 자중

W_s : 기초상면에 실리는 흙의 중량



(기초에 작용하는 하중)

$$\begin{aligned} P' &= P_d' + P_s' \\ &= 0.341 + 12.150h/1000 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$W_{fc} = 2.492$$

$$W_{sc} = 1.23$$

$$\begin{aligned} P &= P' + W_{fc} + W_{sc} : (\text{연속기초 외곽기둥의 총수직력}) \\ &= (0.341 + 12.150h) + 2.492 + 1.23 \\ &= 4.061 + 12.150h/1000(\text{ton}) \end{aligned}$$

- 최대 접지압

$$\sigma_{\max} = \alpha \cdot P / A < f_e$$

σ_{\max} : 최대 접지압

α : 편심에 대한 보정계수

P : 기초지반에 작용하는 작용력의 합

A : 연속기초의 바닥 접지면적 = $0.8 \times 3.1 = 2.48\text{m}^2$

f_e : 허용지내력 (점성토 : 5, 사질 : 20 t/m^2)

- 편심

$$\begin{aligned} \text{편심}(e) &= \frac{\text{휨모멘트}(M)}{\text{기초 외곽기둥의 총수직력}(p)} \\ &= \frac{15728 + 779.11wh}{4061 + 12.150wh} \end{aligned}$$

여기서 $w = 0.1$ 로 가정

- 적설심(h)별 편심(e), 접지압 계수(α) 및 최대접지압(σ_{\max}) 계산

h (cm)	P_{1c} (kg)	M_1 (kg · cm)	e (cm)	e/L	α	σ_{\max} (t/m^2)
30	4426	39101	8.8	0.110	1.60	2.86
60	4790	62475	13.0	0.163	1.85	3.57
90	5155	85845	16.7	0.259	2.15	4.47
120	5519	109221	19.8	0.248	2.30	5.12
150	5884	132595	22.5	0.281	2.70	6.41

< 5 (점성토
허용지내력)

본 설계에서 사용된 연속기초 단면으로 적설심 90cm정도까지는 점성토의 허용지내력 ($f_a = 5\text{t/m}^2$)을 충족 시킴을 알 수 있다. 점성토에서는 통계 적설심 100cm 조건을 만족하지 못한다. 사질토($f_e = 20\text{t/m}^2$)의 경우는 더욱 큰 적설심에 대해서도 안전하다.

- 인발저항력 검토

풍하중에 의한 인발력과 자중에 의한 인발저항력을 비교하여 안전성을 검토한다.

$$\begin{aligned} \text{사질} : P_f &= W_f + W_s > P_w \\ &= 2.734 + 1.228 \\ &= 3.962 \text{ ton} > P_w = 13958v^2 \times 10^{-8} \rightarrow \text{SAP90} \end{aligned}$$

P_f : 인발력

P_w : 풍하중에 의한 인발력

W_f : 기초의 자중

W_s : 기초상면에 실리는 흙의 중량

(계산상 풍속 168m/sec까지 무난하다)

$$\begin{aligned} \text{점성토 : } P_f &= W_f + W_s + CA > P_w \\ &= 3.962 + 5.0 \times (0.4 \times 3.1 \times 2) \\ &= 16.362 \text{ ton} > P_w = 11528v^2 \times 10^{-8} \end{aligned}$$

C : 점성토 지반의 점착력

A : 지면이 기초저면에서 연직파괴면의 측면적

(계산상 풍속 342m/sec까지 무난하다)

지내력과 인발저항력 측면에서 볼 때 지내력은 점성토에서 유리하며, 인발저항력은 사질토에서 더 유리하므로 두가지 경우를 적절히 조합할 필요성이 있다.

4.2 철골설계

구조해석용 컴퓨터 프로그램을 사용하여 최대 휨모멘트를 출력한 후 최대응력을 산출하고 부재에 따른 허용응력과 비교함으로써 각 부재의 규격을 설계한다.

4.2.1 기둥 및 서까래 단면설계

H-150 × 75 × 3.2 × 4.5 ($Z = 57.6\text{cm}^3$, $A = 11.26\text{cm}^2$) 사용

자중부분 : $M_{\max} = -15725 \text{ (kg} \cdot \text{cm)}$

설하중부분 : $M_{\max} = -779.1\text{wh} \text{ (kg} \cdot \text{cm)}$

$$\begin{aligned} \sigma_w &= \frac{\text{자중부분}M_{\max} + \text{설하중부분}M_{\max}}{\text{단면계수}(Z)} \\ &= \frac{15728 + 779.1\text{wh}}{57.6} < 1600 \text{에서, } h < 98.1 \end{aligned}$$

설하중부분의 최대응력과 허용응력을 비교한 결과 최대로 허용할 수 있는 적설심(h)은 98cm로 계산된다.

4.2.2 사 - 보

L-65 × 65 × 6 (Z = 6.27, A = 7.527) 사용

자중부분 : $M_{\max} = 775 \text{ (kg} \cdot \text{cm)}$

설하중부분 : $M_{\max} = 0 \text{ (kg} \cdot \text{cm)}$

$$\sigma_w = \frac{\text{자중부분}M_{\max} + \text{설하중부분}M_{\max}}{\text{단면계수}(Z)}$$

$$= \frac{775}{Z} < 1600 \text{에서, } Z = 0.484 \ll 6.27$$

사 - 보 단면설계서의 경우 단면계수가 0.484로 6.27보다 충분히 작은 값으로서 과잉부재의 사용이라 할 수 있다.

4.2.3 단면형상

- 유리 (폭(Al Bar 간격) = 50cm, 높이(유리두께) = 0.3cm)

A = 15, I = 0.113, Z = 0.75, ρ (밀도) = 2.16, $\sigma_w = 139.5$,

E (탄성계수) = 0.51×10^6

- Al Bar (폭 1.9cm, 높이 3.2cm)

A = 1.15, I = 1.73, Z = 1.081, $\rho = 2.7$, $\rho_w = 910$, E = 0.7×10^6

4.2.4 유리자중(Al Bar의 자중은 무시) 및 설하중 강도 계산

- 자중부분 : $7.5 \text{ kg/m}^2 \times IG \times \cos 26.57 = 3.3 \text{ kg/m}^2$

- 설하중부분 : $0.9 \times 1.0 \times 100 \times 0.5 \times \cos 26.57 = 40.2 \text{ kg/m}^2$

4.2.5 M_{\max} 및 σ_{\max} 계산

$$- M_{\max} = \frac{w \cdot I_G^2}{8} = \frac{(3.3+40.2) \times 0.8^2}{8} = 3.48 \text{ kg} \cdot \text{m} = 348 \text{ kg} \cdot \text{cm}$$

$$- \text{Moment의 분배 (Al Bar의 분배율} = \frac{E_1 \cdot I_1}{E_1 \cdot I_1 + E_2 \cdot I_2} = 0.955 \text{)}$$

$$M_{\max(\text{Al})} = 348 \times 0.955 = 332$$

$$\sigma_{\max(\text{Al})} = \frac{332}{1.081} = 307\text{kg/cm}^2 < \sigma_w = 910$$

$$M_{\max(\text{Al})} = 348 - 332 = 16$$

$$\sigma_{\max(\text{Al})} = \frac{16}{0.75} = 21.3\text{kg/cm}^2 \ll \sigma_w = 910$$

유리단면과 알루미늄 단면의 최대응력과 허용응력을 비교했을 때 허용응력 910kg/cm² 값보다 작은 값이 산출되었으므로 안전하다고 볼 수 있다.

5. 시설원예의 금후과제와 전망

5.1 시설원예의 금후과제

그 동안 우리나라 시설원예는 재배면적이 증가하고, 시설의 구조형태나 자재와 재배기술이 개선되어 품질향상 및 수량증가로 발전하였다. 그러나 아직 선진외국에 비해 개선의 여지가 남아 있으므로 다음과 같은 과제를 해결해야 할 것이다.

5.1.1 구조 및 자재

안전성, 내구성, 작업성 등을 충분히 고려되지 못하고, 시설의 표준규격화도 아직 보편화되지 않아 목재나 보온성이 떨어지는 폴리에틸렌 피복자재를 사용하고 있으므로 우리 실정에 맞는 표준규격의 시설과 규격화된 내구성자재를 저가생산·보급하여 모든 관리를 자동화·성력화하는 방향으로 추진해야 할 것이다.

5.1.2 환경 제어

시설재배의 환경과 작물생육과의 관계, 환경제어의 중요성의 인식 부족과 환기나 난방에 대한 무관심으로 환경제어기술이 낙후된 상태이므로 중요성 인식과 함께 컴퓨터를 이용한 복합적 제어체계의 도입이 필요하다.

5.1.3 재배관리기술

전반적으로 시설재배의 기술수준은 대단히 낮아 생산능력을 충분히 발휘시키

지 못하므로 철저하고 정확한 환경관리 기술과 시설의 특이 환경에 적합한 재배 관리 기술을 터득하여 생리장해 등을 억제하여 생산성을 향상시켜야 한다.

5.1.4 작부체계확립

지역의 특성, 재배시기 및 시설의 전반적 조건을 충분히 고려하여 작물을 선택하고 재배방식을 결정하는 작부계획을 수립하여야 한다.

5.1.5 품질의 육성

시설재배에서 실내 환경조건은 약광, 저온, 다습하여 생육에 불리하므로 노지와는 다르기 때문에 노지재배에 적합한 품종을 시설재배에 적용하면 품종 고유의 특성을 잘 나타내지 못하므로 착과결실이 양호한 품종을 육성·보급해야 할 것이다.

5.2 시설원예의 전망

국제무역의 자유화 시대인 지금 우리나라의 농산물시장에는 외국 농산물이 자유롭게 거래되고 있어 국제경쟁력이 낮은 농산물은 살아남기가 힘든 실정이다. 따라서 국제 경쟁관계를 유지할 수 있는 분야인 원예분야는 수송이 어렵고 신선도가 중요해 어느 작물보다 경쟁력이 크다고 볼 수 있다. 그 중에서도 자본과 기술을 집약적으로 투입하는 시설원예는 크게 각광 받을 수 있는 산업이 될 것이므로 최첨단의 기술과 정보가 요구되는 양액재배, 식물공장등 미래 지향적인 농업으로 산업적 가치가 있을 것이다. 따라서 앞으로 시설원예는 학문적 현장 농업의 중추로서 크게 발전할 것으로 전망된다.

Ⅲ. 작물에 따른 성장발육 최적 기후특성 조사 연구

여 백

III. 작물에 따른 성장발육 최적 기후특성 조사연구

1. 화훼의 종류

온실에서 재배하는 식물은 대부분 열대 원산의 것으로서 생육에 고온을 요하고, 잎이 넓으며 꽃보다 잎을 관상하는 종류가 많다. 그리고, 재배하는데 2년 또는 그 이상을 요하는 화초, 예를 들면 Alocasia, 야자류, 양란류 등의 관엽식물을 비롯해 Cyclamen, Begonia, Cineraria, 군자란 등의 화초 및 선인장 등과 같은 다육식물류도 온실에서 재배한다.

1.1 숙근류

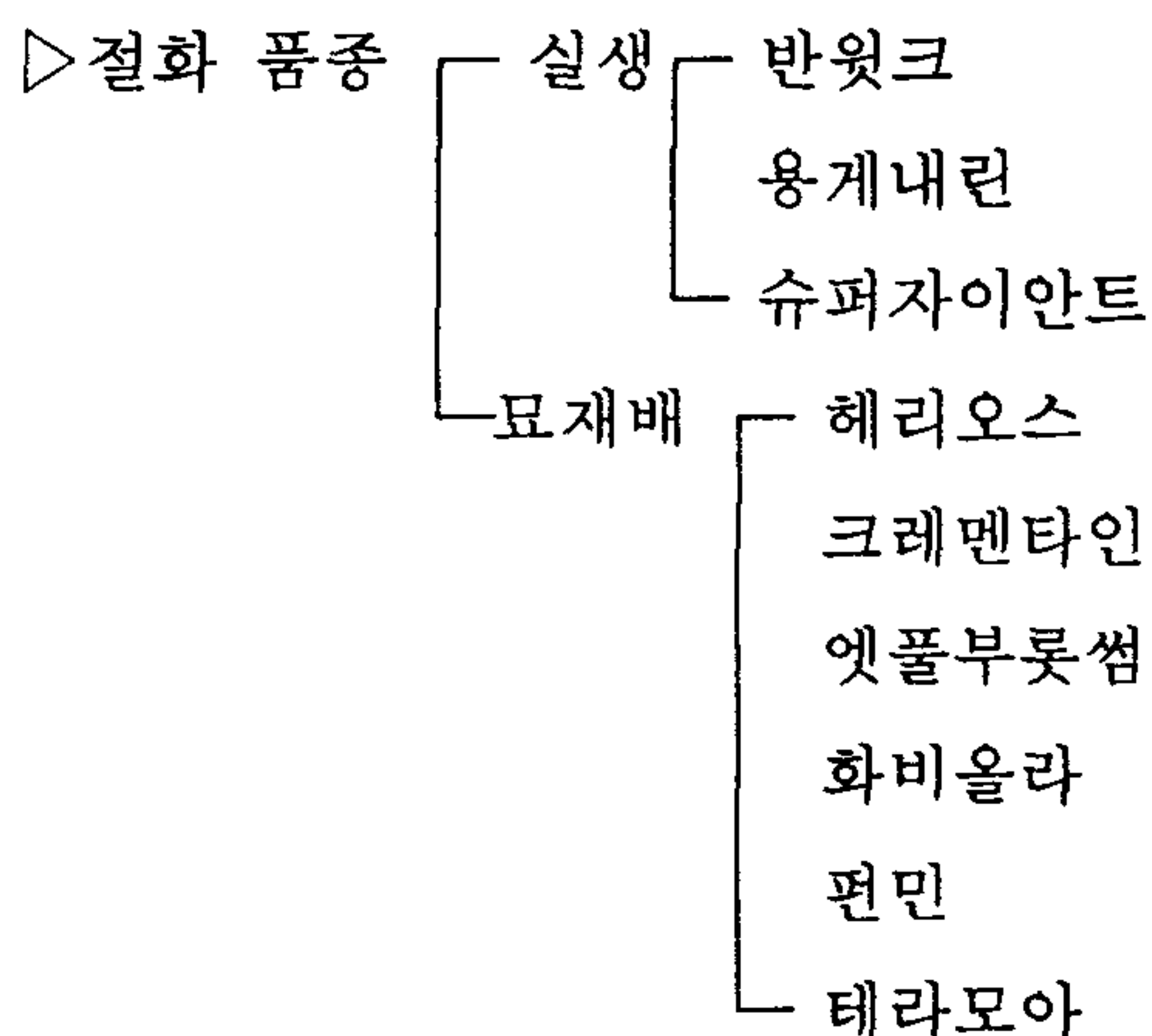
1.1.1 거베라 (Gerbera Hybrida)

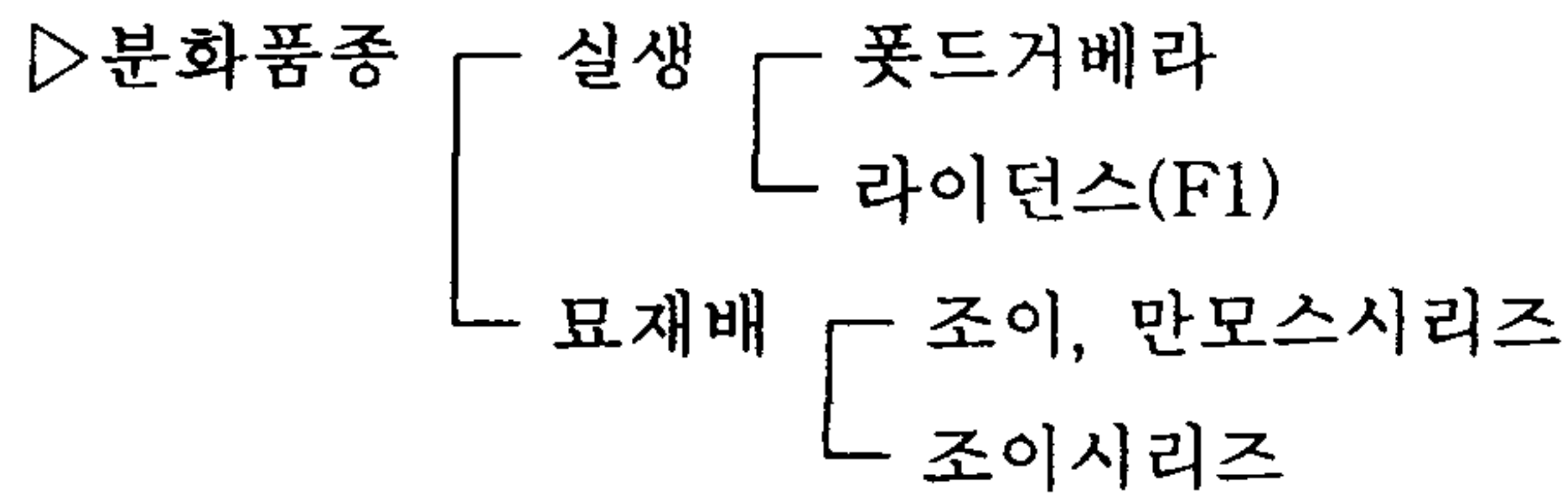
거베라는 남아프리카 및 열대아시아에 자생하는 몇가지의 종들의 잡종으로서 절화 또는 분화로 이용한다. 국화과 식물이지만 일시에 피고 마는것이 아니라 연중 반복개화 한다.

① 생리상태

- i) 화형에는 흘꽃과 겹꽃이 있고 재배 방법에 따라 실생재배와 묘재배로 구분.
- ii) 0℃가 되면 생육이 중지되고, 생육 적온은 야간 16℃, 주간 20℃이다.
- iii) 토양조건 - 배수가 잘되고 유기질이 많은 사양토.

②계통과 품종





1.1.2 카네이션 (Carnation)

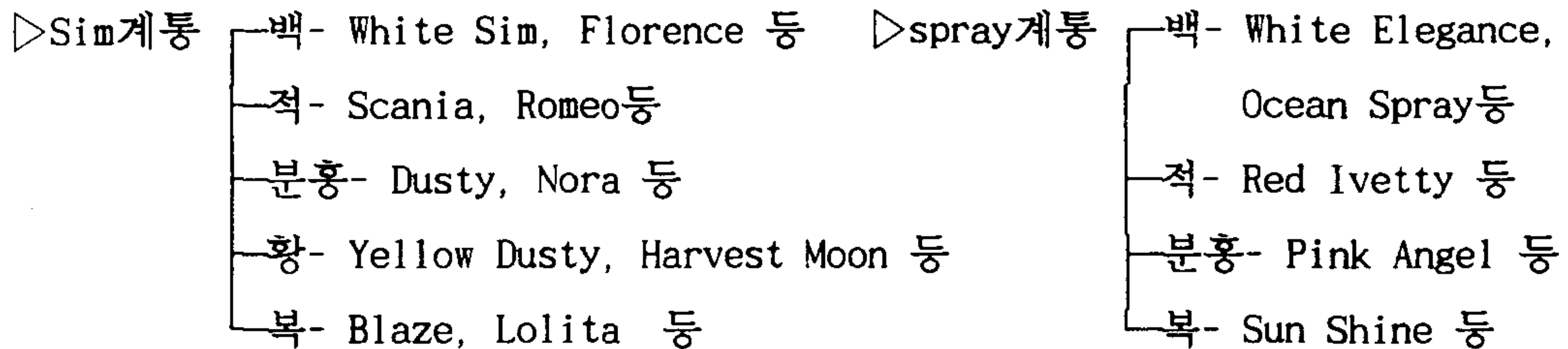
전세계적으로 절화중 수요량이 가장 많으며 원래 지중해 연안과 프랑스, 그리스 일대에 자생하는 *D. caryophyllus*와 아시아 일대에 자생하는 *D. chinensis*를 양친으로 교잡개량한 것으로 처음에는 일계성이었으나 지금은 4계성으로 바뀌었다.

① 생리상태

- i) 저온성 작물로 생육적온은 12-26℃로서 야간 12℃, 주간 26℃로 관리.
- ii) 광포화점은 55Klux로서 햇볕을 좋아하나 우리나라 여름 고온기에는 40~50%차광해 주는 것이 바람직.
- iii) 개화 소요일수는 남부지방의 겨울철 재배 150~170일, 고냉지 하계재배 150일.

② 토양조건 - 배수가 잘되는 점질 양토가 좋으며 적정산도는 5.5.~7.5.

③ 종류와 품종



1.2 분화류

1.2.1 군자란 (*Clivia miniata*)

남아프리카에 자생하는 반내항성 속근초로서 분화 뿐만 아니라 고급 절화로도 사용된다. 주홍색의 큼직하고 웅장한 꽃이 하나의 꽃대에 20개 정도씩 무리지어 피고 넓고 긴 푸른잎을 가졌다.

① 생리상태

- i) 열대지방에서 자라는 식물이지만 최저순간온도-2℃까지도 견디고 생육의 한계온도는 3℃.
- ii) 생육적온 - 주간 20~25℃, 야간 15℃.
- iii) 배합토 - 부엽 : 배양토 : 모래 : 양겨숫 = 2:4:2:2

② 주요품종과 특성

- 신우 - 밝은 주황색, 꽃이 크고 활짝피는 다화성.
- 남광 - 농주홍, 봉오리 때 완전 착색하는 독일계통.
- 남광휘 - 농적색, 엽폭이 넓고 짧은 소형 조생종.
- 왜성달마 - 주홍색, 화형이 굵고 짧은 다화 왜성종.

1.2.2 시크라멘 (Cyclamen)

지중해 연안에서 페르시아지역에 자생하는 구근류이지만 주로 씨앗으로 재배하고 묵은 괴경도 휴면후 다시 꽃 피울수 있다. 추위에는 약한 비내한성 괴경이지만 생육은 저온성 식물이다. 꽃모양이 특이하고 화색이 다양하여 겨울분화의 대명사이며 절화로도 쓰인다.

① 생리상태

- i) 시원한 것에서 자라는 저온성 괴근이므로 생육저온은 낮다.
- ii) 생육적온 - 절묘기 : 18℃, 성묘기 : 22℃, 절화기: 15~17℃.
- iii) 배합토 - 부엽 : 황토:모래:훈탄=4:4:1:1.

② 계통과 품종

- 퍼시컴계통 - 꽃잎가에 톱니가 없이 미끈하고 현재 가장 많이 재배하고 있는 계통
- 파피리오 계통 - 꽃잎은 퍼시컴과 같으나 파상 톱니가 있음.
- 로코코계통 - 꽃잎이 넓고 파상엽이 넓음, 완전히 젖혀지지 않음.
- 미니시크라멘 - 꽃이 작고 향기가 있음.

1.2.3 시네라리아 (Senecio cruenta)

아프리카의 카니리섬에 자생하는 열대성 속근류지만 재배상 추파일년초로 취급한다. 보통 가을에 뿌리면 이듬해 봄에 핀다. 열대지방이 원산이지만 비교적 저온에 견디고 파종수 150일이면 꽃이 피기 때문에 영리적으로는 대단히 유망한 온실분화류의 하나이다.

① 생리상태

- i) 생육적온 - 10~15℃로서 비교적 저온이지만 3℃이하로 내려가면 동해현상.
- ii) 화아형성 - 저온(3~8℃)에 6주이상 처리.

② 토양조건

- i) 파종용토 - 부엽토 : 양토 : 모래 = 5:3:2 또는 4:4:2
- ii) 배합토 - 부엽 : 배양토 : 모래 = 3:5:2

③ 계통 및 품종

- i) 대형화 계통 - 화형은 7cm의 큰꽃이나 개화기가 늦고 착화수가 적으며 잎이 큰것이 결점.
- ii) 소형다화계통- 화경은 2~3cm, 키는 약간 고성으로 40~50cm.
- iii) 달마계통 - 화경은 중형으로 4~5cm키는 20~30cm로 포기의 윗부분이 둥글게 뭉쳐 개화.

1.2.4 프리물라 (Promula spp)

프리물라는 한국 중국 일본 티벳을 위시한 지구의 북반구에 무려 200종이나 자생하는 대가족의 식물로서 내한성이 강한 숙근초이다. 일반적으로 8~9월에 파종하면 이듬해 4~5월에 핀다. 꽃대는 밑에서부터 자라고 5개의 꽃잎을 갖는 작은 꽃들의 모양이 마치 벚꽃과 같다해서 앵초라고 한다. 단위 면적당 수요량이 많고(3.3m² 당 70화분 정도)재배도 쉬워 앞으로 온실분화호서의 수요가 클 것이다.

① 생리상태

- i) 말라코이데스 : 생육적온은 15~20℃이며 여름의 고온기가 되면 생육이 둔해지고 화아분화가 중지
- ii) 오브코니카 - 생육적온은 15~20℃이며 고온 및 저온에 강하나 20℃이상은 부적절.
- iii) 포리안다 - 생육적온은 15~20℃이며 저온에 대해 강하고 -5℃까지 견딤.
- iv) 쥬리안 - 생육적온은 포리안다와 같으며 -10℃ 까지 견딤.

② 토양조건

- i) 파종상토 - 부엽 : 배양토 : 모래 = 5 : 3 : 2
- ii) 배합토 - 부엽 : 배양토 : 모래 = 3:5:2
- iii) 토양산도 - pH 6~7

1.3 관엽류

1.3.1 알로카시아 (Alocacia spp)

열대 아시아지역에 60여종이 자생하는 상록속근으로 관엽식물 중 잎이 아름답기로 손꼽힌다.

① 생리상태

고온다습을 좋아하며, 온도가 15℃ 이하가 되면 낙엽이 지고 휴면한다. 생육적 온은 15℃ 이상이 요구되며, 습기는 70~80%되어야 함.

② 종류와 품종

- 산데리 알로카시아 - 엽맥 및 엽면은 은백색으로 우수종.
- 아마존 알로카시아 - 산데리의 교배종으로 흑록색엽으로 산데리보다 우수.
- 쿠푸레아 알로카시아 - 타원형의 잎은 청록색이고, 잎맥은 갈비모양으로 부각.
- 롱기로바 알로카시아 - 스마트라산, 초대엽, 진록색으로 엽맥은 은백색.

1.3.2 야자류 (Palm)

관엽식물의 대표적인 존재로서 열대미주에서 아시아, 아프리카를 중심으로 북위 45℃에서 남위45℃사이에 분포한다.

야자류의 유목에는 특히 아름다운 것이 많고 어둡거나 건조한 불량한 환경속에서도 잘 자라므로 실내식물로서의 가치가 크다. 성목은 건조, 다습, 조해, 태풍등에도 강하므로 남부해변의 조경수로 유망하다.

① 생육최저온도에 따른 야자류의 종류

- 10℃ 이상 - 브티아야타이, 브티아큐피타, 당종려, 왜종려.
- 3℃ 이상 - 피닉스류 (카나리엔시스, 레티아바타, 한세아나), 와싱턴니아류 (필리페라, 롱스터), 차마에로프스, 후리미스, 비로야자, 사발미늘,
- 0℃ 이상 - 피닉스로베레니, 관음죽, 종려죽, 아촌토피닉스.
- 5℃ 이상 - 켄타아류, 아크티노, 프라메우스, 막카드리, 카리오타미티스, 테블야자.
- 12℃ 이상 - 아레카루테센스, 히로폴베류(아마리카우피스, 파샤펠디), 라타니아, 콘멜소니, 스텐벤소니아 불시기아나.

② 이식적기 - 5~6월

③ 배합토 - 부엽 : 배양토 : 모래 = 3:5:2

1.3.3 헤데라 (Hedera)

덩쿨성 상록관엽식물로 많은 기근을 발생하여 나무벽에 붙어 자라기도 한다. 수세가 강하고 3℃ 이하에도 견디기 때문에 원예용으로 고목이나 키아데아에 붙여

기르기도 하고 화분에 심어 줄화단으로도 이용한다. 그밖에 실내화단, 꽃상자 등 실내원예로 내놓을 수 없다.

① 생리상태

- i) 직사광선 하에서도 잘 자라며 그늘에서도 잘 자란다.
- ii) 생육적온은 3℃ 이상.

② 배합토 - 부엽 : 배양토 : 모래 = 3:5:2

1.4 양란류

수요분포지는 열대아시아를 비롯해 남아프리카 및 중남미 3개 지역이며 그중 동남아시아와 인도 및 히말라야에서는 심비디움, 텐드로비움, 파피페딜룸, 만다, 파레뉴시스 등이 자생하며 중남미 지역에는 카틀레아, 온시디움 오동도그, 룯섬, 라카스테 등이 자생한다. 이 지역의 자생종은 고산지대에서 생산되며 고산지대 기상의 특유의 안개가 주로 끼기 때문에 생육에 필요한 수분이 적당하다. 남아프리카 지방에는 앙그레캄과 에란기스 등이 있으며, 생육의 최저온도에 따라 양란을 분류하면;

- 0~5℃ - 지고페나룸, 프리티크니스.
- 5~10℃ - 심비디움, 온시디움, 카란세, 파피오레디움, 에페렌드럼, 로드리케티아.
- 10~15℃ - 카틀레아, 밀토니아, 오돈토크로섬, 소보로니티스.
- 20℃ 이상 - 말레뉴시스, 텐드로비움, 반다.

1.4.1 심비디움 (Cymbidium spp)

열대성과 온대성이 있으나 심비디움은 열대지방에서 자생하는 것을 총칭한다. 심비디움은 꽃의 수명이 길기 때문에 (보통 30~40일) 절화의 수용량도 많아졌다.

① 생리상태

- i) 100% 메리크론의 묘를 이용해서 재배.
- ii) 배합토
 - ┌ 1년생 - 경석 : 피이트 = 1:1
 - └ 2년생 - 수피를 물로서 씻거나 장기간 빗물로 제염한 후 사용.
- iii) 시비 - 가장 합리적인 시비재료는 유채깻묵이다.
- iv) 묘의 생육과 온도
 - ┌ 최적온도 - 주간 23℃, 야간 15℃가 적당.
 - └ 광포화점 - 60~70Klux

② 재배관리

- i) 화분 - 3~4호분을 이용하되 묘가 큰것은 10주, 작은것은 30주 정도 심는다.
- ii) 온실환경 - 습도 80%, 차광 50%, 온도 20~25℃, 통기가 잘되게 한다.
- iii) 육묘실은 10월하순부터 4월 중순까지 야간 20℃로 가온하고 차광은 피한다

2. 채소의 종류

1.1 딸기

① 생태생리

- i) 생육적온은 20℃전후로서 냉량한 기후에 적합
- ii) 한여름의 육묘는 해가림이나 통풍이 좋고 건조하지 않는 적지를 선택.
- iii) 개약(開藥)에 적당한 습도는 40%.
- iv) 여름의 고온기와 겨울의 저온기르 경과하게 되므로 다른 야채류에 비하면 성질이 강건하고 온도변화에도 강함

② 토양조건

- i) 뿌리는 습기에도 강하여 다른 작물에 비하여 발을 가리지 않지만 보수·배수가 잘되는 비옥한 양토 또는 차양토에 적합.
- ii) 생육에 필요한 토양수분은 pf1.5~2.0.

③ 품종

- 보교조생 - 과실은 원추형으로 선홍색이고 크기가 고르며 단맛이 많고 신맛이 적은 우량품.
- 다석사계 - 일년중 언제든지 꽃이 피어 원하는 시기에 재배가 가능.

1.2 오이

① 생태관리

- i) 생육적온 :주간 24~26℃, 야간 14~15℃로서 5~7월의 온화한 기후에 적합. 종자의 발아는 25~30℃가 적온.
- ii) 적정 습도 : 낮 60%, 밤 90%종도이나 너무 과습하면 병해가 발생.

② 토양조건

- i) 유기물이 충분히 포함된 부드러운 토질이 적합.
- ii) 토양산도 : pH5.7~7.2가 적합하고 산성에는 약하므로 재배포장에는 충분한 농용석화를 살포.

iii) 토양수분 : pH1.5~2.0

③ 품종

- 청계오이 - 저온신장성이 우수하고 과일조 (寡日照)에도 견디며 단위결과성이 높고 온도나 길이에도 민감하며 과실은 농록색이며 잎도 농록색의 것이 많다.
- 백계오이 - 여름재배용이며 저온에 약하여 저온신장성이 강한 호박에 접목하나 봄오이 만틈의 저온 신장성은 없다.

1.3 토마토

① 생리상태

- i) 생육온도 : 야간 17℃, 주간 27℃로써 생리적인 최고한계는 35℃. 저온에도 잘 견디며 순화가 되면 밤에 10℃라도 잘자라며, 경제적으로로는 6℃가 한계
- ii) 광선투과율 : 유리하우스에서 80%, 비닐하우스에서 70%이하.
- iii) 광합성의 최적온은 27℃전후이지만 일조가 적을 때는 밝은날보다 2~3℃기온을 낮게한다.

② 토양조건

- i) 심근성 작물이기 때문에 건조에는 잘견디나 보수력이 있는 양토 또는 치양토에 적합하고 증수되고 마르기 쉬운 사양토는 적합하지 않음.
- ii) 토양수분 : pH2전후에서 증수
- iii) 토양산도 : pH6.5이지만 토양전염성병해를 억제하기 위해 pH7전후가 바람직.

③ 품종

- i) 복수2호 - 후르츠와 준핑크와의 교배에 의해 육성된 품종으로 조생종이며 점질토에서 발육 좋음.
- ii) 내병장수 - 조생종이며 어느 작형에나 무난한 풍산성의 품종.
- iii) 월계관 - 고성품종으로 생과용.
- iv) 대형복수 - 오래된 품종으로 그 성능이 비교적 우수하며 과대종으로 고성 생과용 품종
- v) 보관 2호 - 조중생종 품종으로 초세가 강하고 잎의 신장이 빠르며 토양의 적용범위가 넓다.
- vi) 내명홍보석 - 고성의 핑크색 생과용 품종.
- vii) 내병미수 - 중과종도이며 도색의 생과용.

- ix) 내병장수 - 조생종으로서 과일의 비대가 양호한 하우스 재배용 품종.
- x) 대평2호 - 조생종으로서 평원형으로서 선홍색으로 착색되는 상품성이 우수
저온약광하에서 착과 및 비대가 잘되는 조기다수확 품종.

1.4 수박

① 생태생리

- i) 고온, 건조, 다일조(多日照)에 적합하며 생육적온은 영양생장기간에는 낮 25~30℃, 성숙시는 28~30℃, 밤온도는 18~20℃.
- ii) 꽃가루 발아 최적온도 : 20~30℃, 화분관의 신장적온 : 23~27℃.
- iii) 가장 일조를 요구하여 광포화점은 80Klux, 보상점은 4Klux.

② 토양조건

- i) 팽연(膨軟)하고 통기성이 좋은 토질.
- ii) 토양산도 : pH5.0~6.8

③ 품종

- ┌ 신대화 3호 - 중생종이고 초세가 비교적 왕성하여 내병에 강하여 재배가 용이.
- └ 천룡 2호 - 조숙 및 시설재배용 품종.

1.5 가지

① 생태관리

- i) 고온성 채소로써 생육적온은 낮온도 27~30℃, 밤온도 18~22℃.
- ii) 발아적온 - 30~32℃.

② 토양조건

- i) 보수력이 좋은 비옥한 양토 또는 치양토가 적합.
- ii) 토양산도 - pH4.6~7.3

③ 품종

- i) 긴형, 둥조형, 계란형의 3가지가 있으나 긴형을 많이 재배.
- ii) ┌ 극조생대장 가지
- ├ 조생대장 가지
- └ 진주장 가지

1.6 피망

① 생태생리

- i) 고온에 적합하여 생육적온은 낮 26~30℃. 밤 18~22℃.
- ii) 발아적온 : 30~35℃.
- iii) 많은 일조를 좋아하여 공중습도가 많은 것을 즐기는 작물.

② 토양조건

- i) 보수력이 있는 양토 및 치양토, 부식질이 많은 완충능력이 높은 토질.
- ii) 노양산도 - 중성 또는 약산성에 적합.

③ 품종

- 소형종 - 착화수가 많고 풍산이지만 과육이 얇고 저온이나 건조·과일조에 약하고 재배조건에 따라 착과육에 차이.
- 중형종 - 풍산이고 가꾸기가 쉬움
- 대형종 - 꽃수는 적으나 모양이 크고 과육도 두꺼워 튼튼하며 저온에 강함.

1.7 샐러리

① 생태생리

- i) 생육적온은 15~22℃이고 25℃이상에서는 생육이 떨어짐.
- ii) 저온에는 비교적 상하여 6~7℃까지는 잘 자라고 0℃이하이면 동해가 발생.
- iii) 발아적온 - 18~20℃.
- iv) 발아는 약광을 필요로 하여 어둡게 하면 발아가 나쁘고 산소농도가 10%이상이어야 한다.

② 토양조건

- i) 뿌리분포가 얇아 건조가 나쁘고 산소를 좋아하기 때문에 토양의 틈이 많은 배수가 좋은 토질
- ii) 토양산도 - pH6~7.
- iii) 토양수분 - pF 1.5~2.4의 넓은 범위에서 변동시킴.

③ 품종

- i) 중앙종묘인 경우 - 유다 15호
- ii) 흥농정묘인 경우
 - └ 유다개량 15호.
 - └ 코넬 619호.

1.8 참외

① 생리상태

- i) 고온다조(高溫多照)조건을 필요로하며 생육적온은 22~30℃.
- ii) 저온에서는 매우민감하여 낮 18℃, 밤 12.5℃이상을 필요.
- iii) 발아적온 - 28~30℃.
- iv) 일조부적은 생육이 늦어지며 과실의 착색이 나쁘고 단맛, 향기도 떨어지며 다습은 병해 발생원인.

② 토양조건

- i) 뿌리가 섬세하여 습윤지에는 부적당하며 배수가 나쁜땅도 부적격.
- ii) 토양산도 - pH6~6.8.

③ 품종

- i) 식물학적 분류
 - ┌ 과피가 유백색이고 과육이 백록색인 참외.
 - ├ 과피가 노랑고 과육이 흰참외.
 - └ 과피가 황녹색이고 과육이 녹색인 참외.
- ii) 실용상의 분류
 - ┌ 취과 - 육질이 단단하고 씹는 맛이 좋음.
 - └ 면과 - 부드러운 육질로서 맛이 좋음.

1.9 온실메론

① 생리상태

- i) 저온과 다습에 약하여 비가 많이 오는 곳에서는 시설내에서 재배,
- ii) 생육적온 - 낮 26~30℃, 밤 17~20℃이며 6,7월의 따뜻한 기후에 적합.
- iii) 발아적온 - 28~30℃, 적정지온 - 20~25℃.

② 토양조건 : 뿌리가 섬세하고 얇은 층에 분포하여 건조나 비료에 의해 상하기 쉬으므로 단립구조가 좋고 공극량이 많은 토질이 적격.

③ 품종

- i) 봄, 여름, 가을, 겨울별로 품종이 분류.
- ii) 뉴멜론, 영수멜론, 로얄멜론, 프린스멜론등의 품종이 시판.

1.10 노지멜론

① 생리상태

- i) 서양종 노지멜론과 참외과의 교잡에 의해 육성.
- ii) 다른 과채류에 비해 적온이 높아 생육적온은 낮 20~30℃, 밤 18~20℃.

② 토양조건 : 뿌리가 산소요구도가 높아서 배수가 잘되고 통기성이 좋은 사질토

에 유기물을 많이 쓰는 것이 좋다.

③ 품종

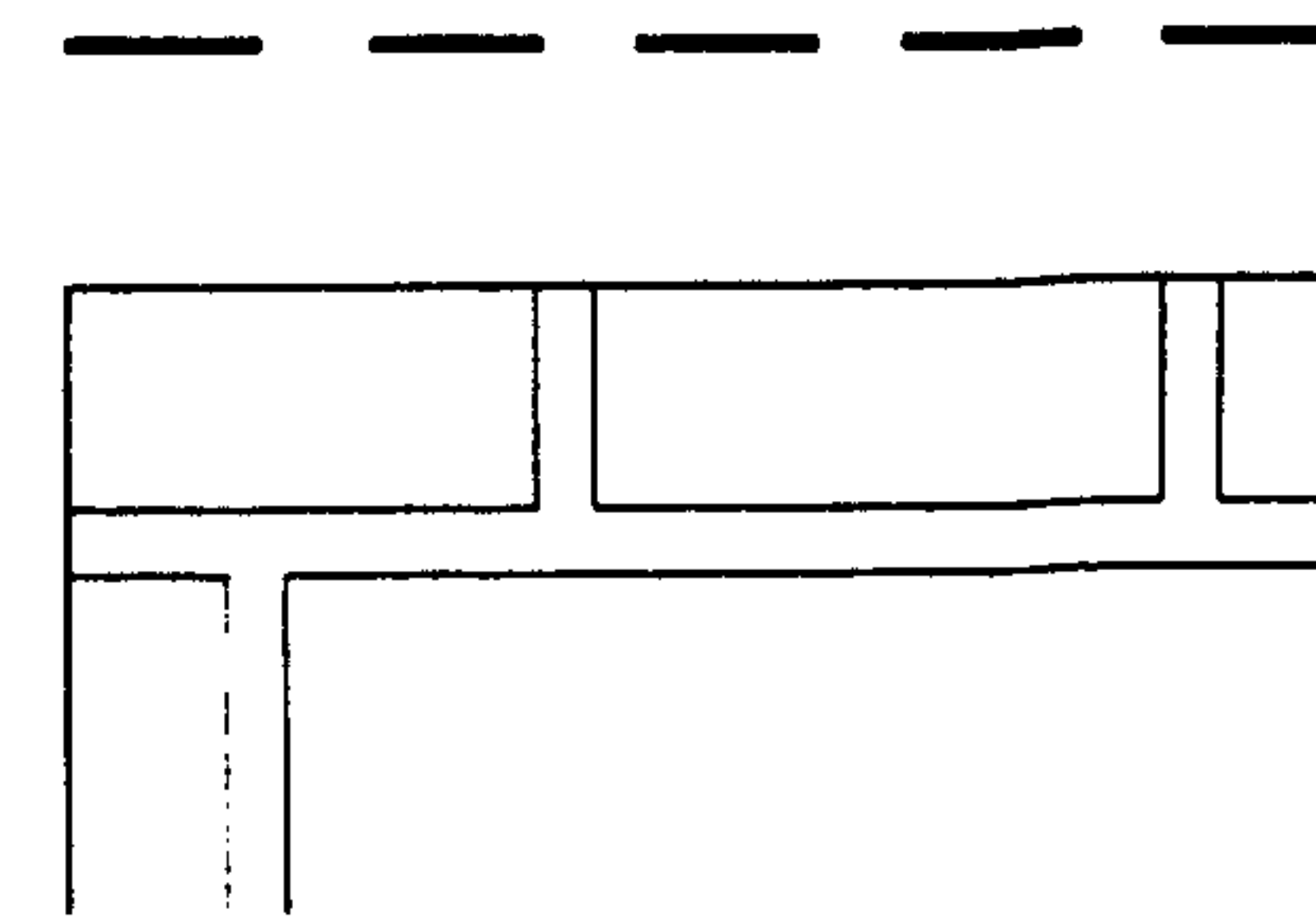
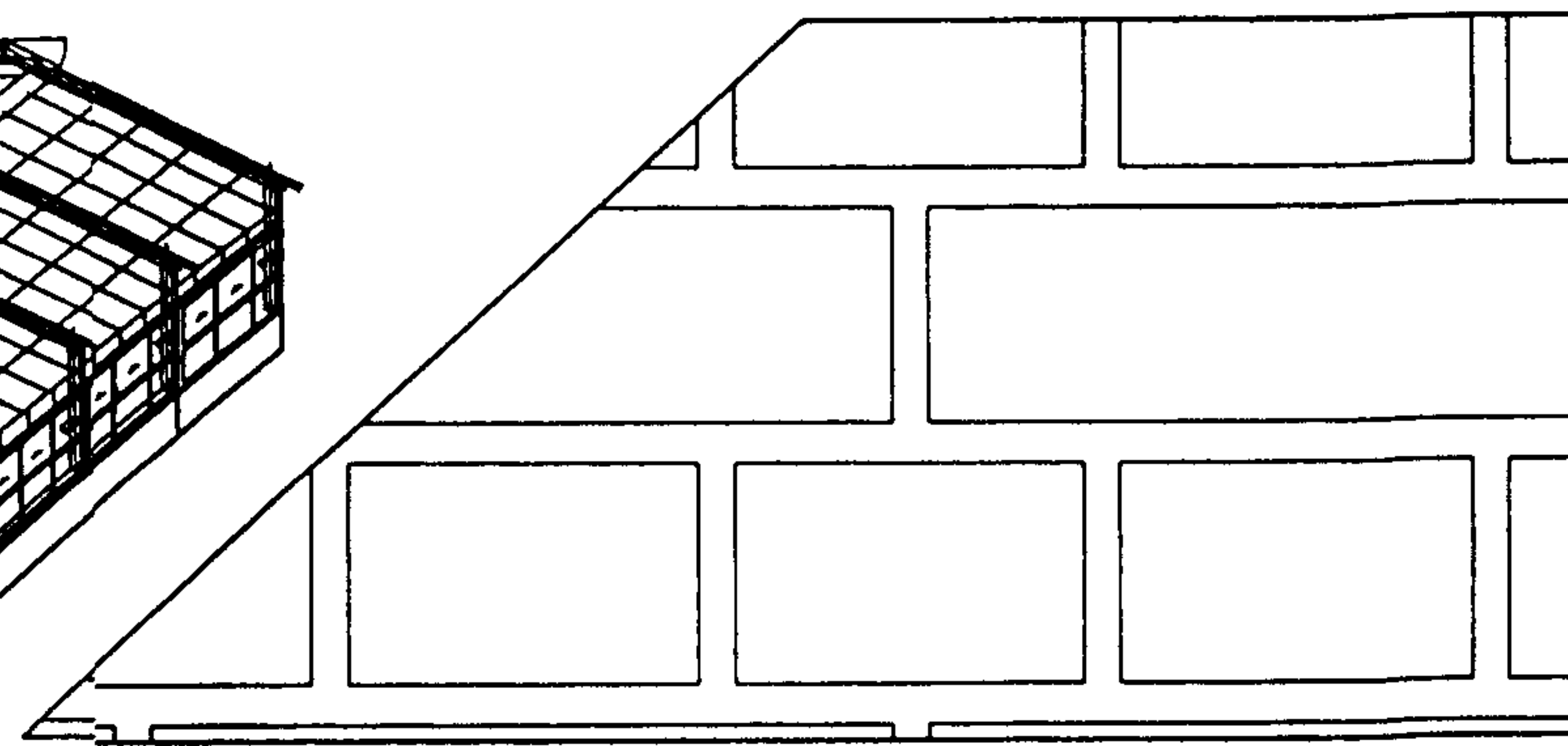
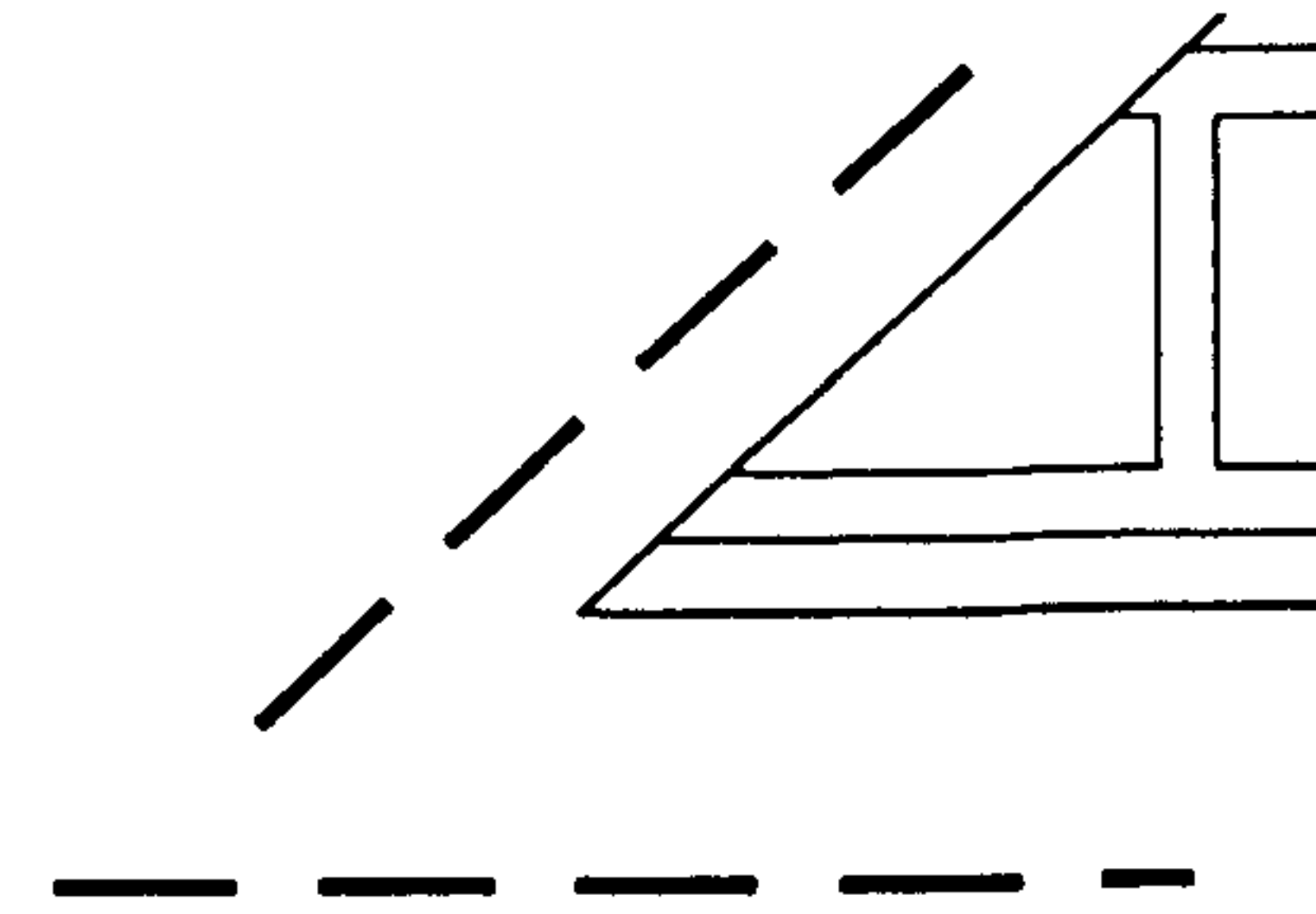
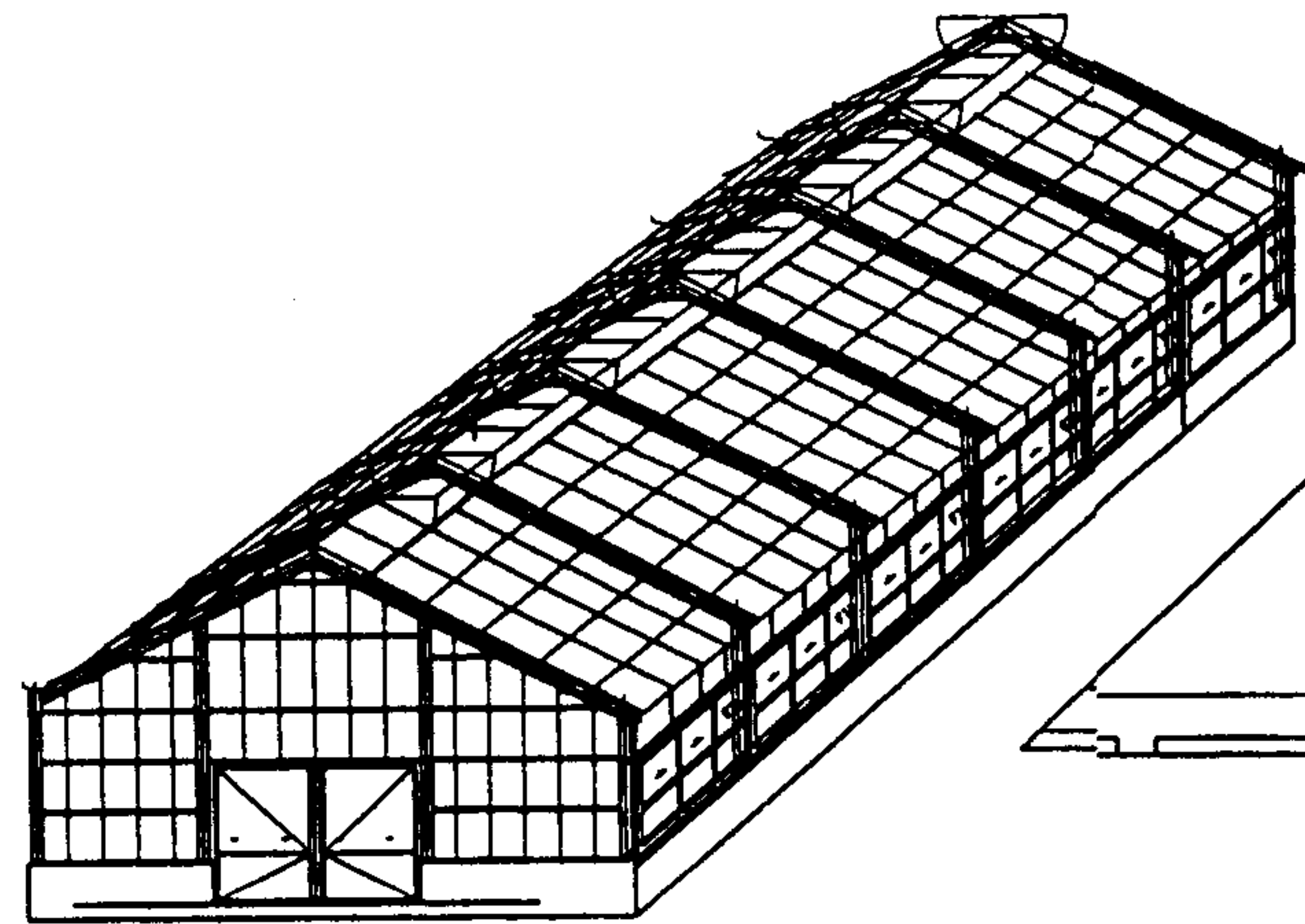
- i) 온실멜론, 캔터로프, 워터멜론과 참외류의 교잡에 의해 육성된 품종
- ii) 육묘연한이 얇아 우리나라 기후에나 풍토에 적합한 품종은 없다.

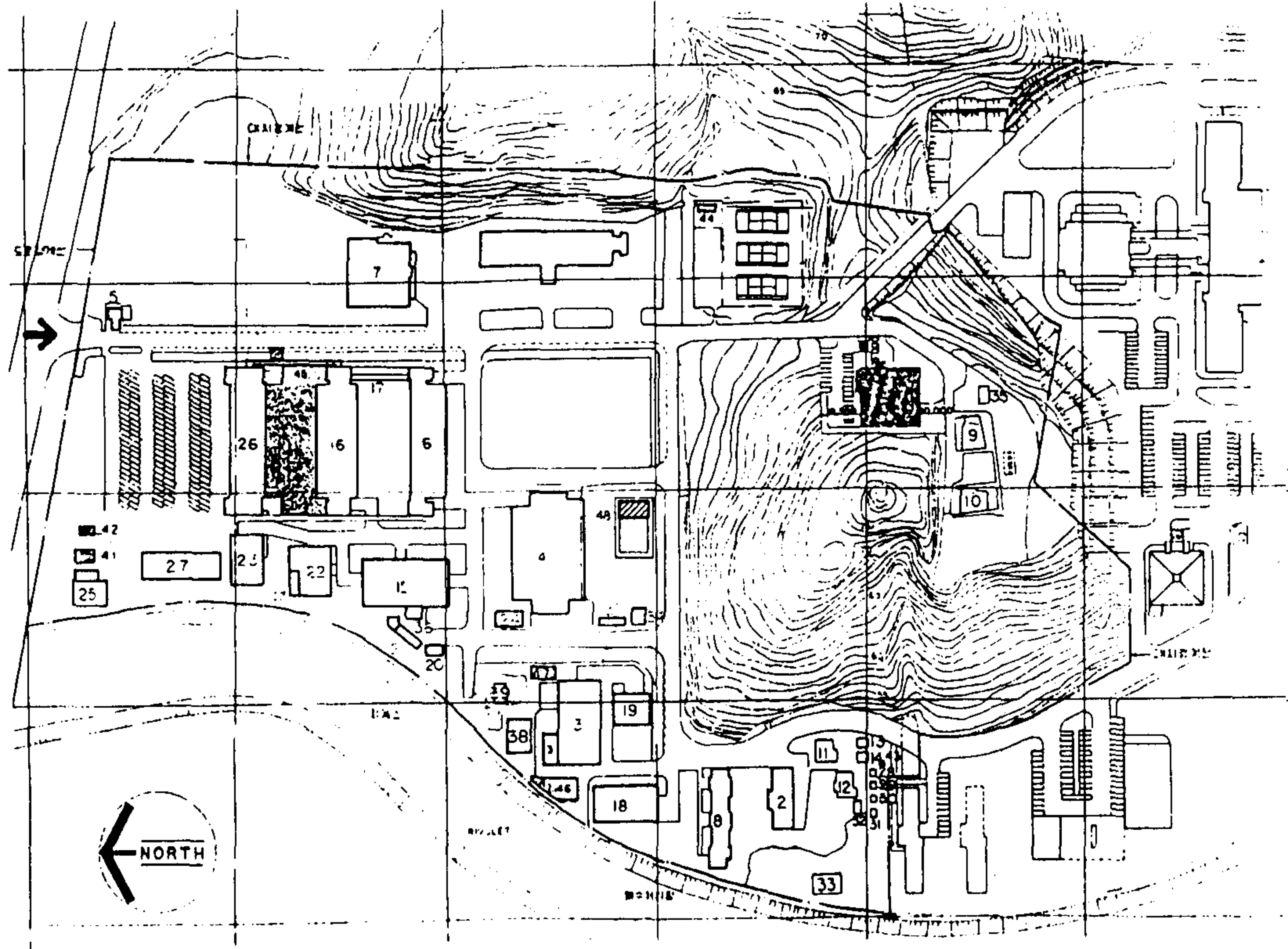
IV. 시험용 설계도서

여 백

IV. 시험용 설계도서

Green House



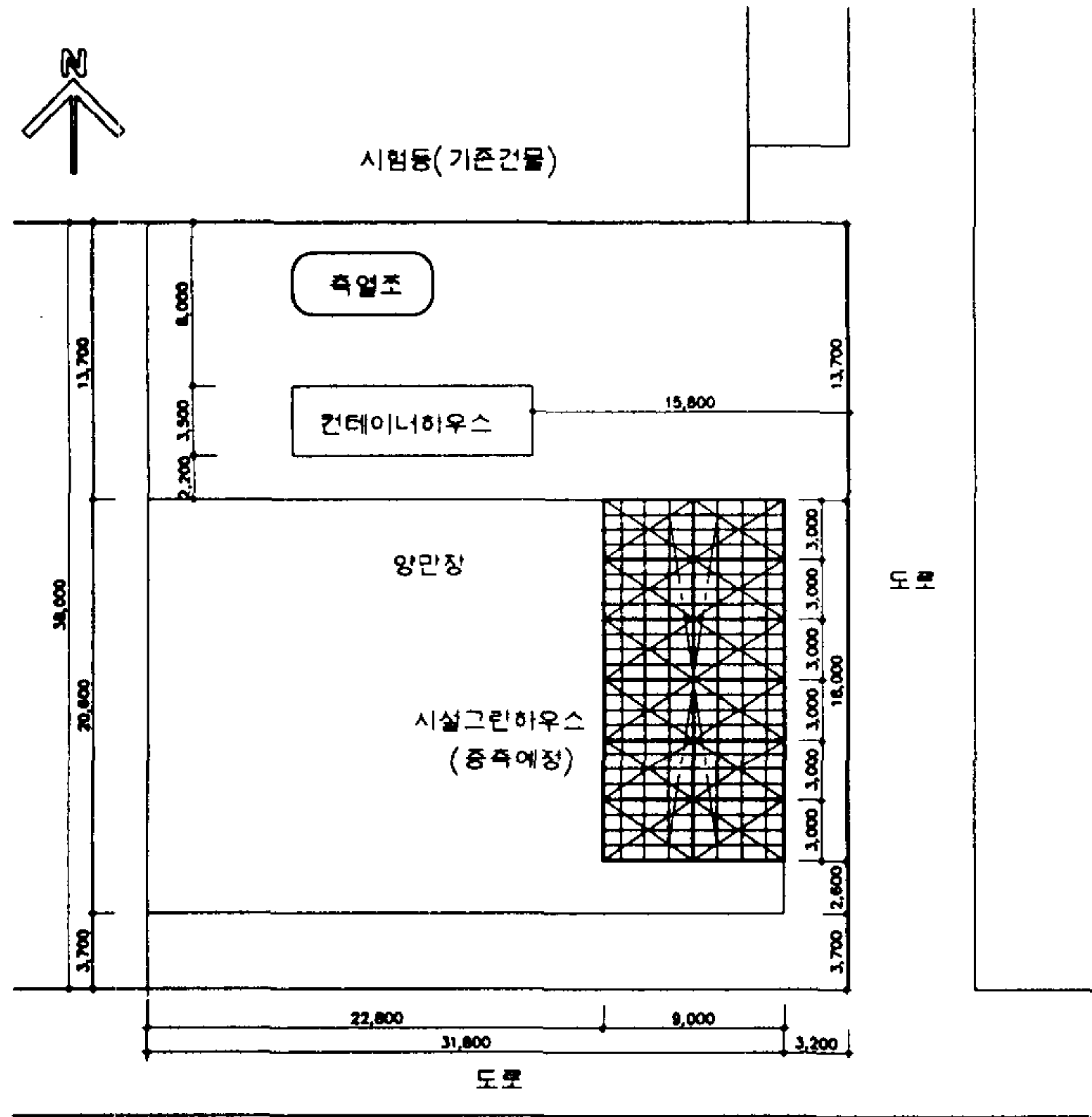


종합배치도

축척: 1/1200

번호	건물명	비고	번호	건물명	비고
1	중앙연구동	기존	28	시험주막-1	기존
2	기숙사	"	29	시험주막-2	"
3	기거동	"	30	시험주막-3	"
4	시험동	"	31	시험주막-4	"
5	수취실	"	32	관리동	"
6	제1연구동	"	33	상나기주상합동	"
7	차오관	"	34	모의실험동-1	"
8	시험주막	"	35	모의실험동-2	"
9	시험주막	"	36	실험동-A	"
10	시험주막	"	37	실험동-B	"
11	시험주막(연구동)	"	38	어교모상능실험동	"
12	시험주막	"	39	어교모상능실험동	"
13	시험주막	"	40	서당말서마니동	기허거
14	시험주막	"	41	시험동-C	"
15	연구소시험동	"	42	시험동-D	"
16	제2연구동	"	43	건물현경차어상합동	"
17	연구복도	"	44	연구실험동	"
18	미디어연구실험동	"	45	연구동 사위실	"
19	기기시험동	"	46	연구복도	"
20	방고	"	47	배수처리장	"
21	방고(서면보관)	"	48	연구실험동	"
22	공통시험동	"	49	실험동속대저고 및 연구실험동시험실	"
23	고관공기실험동	"	50	실험동속대저고(연구동) 기허거	"
24	방고	"			
25	기기개발시험동	"			
26	제3연구동	"			
27	연구복도	"			

- 용역실험건물
- 기존건물
- 기허거



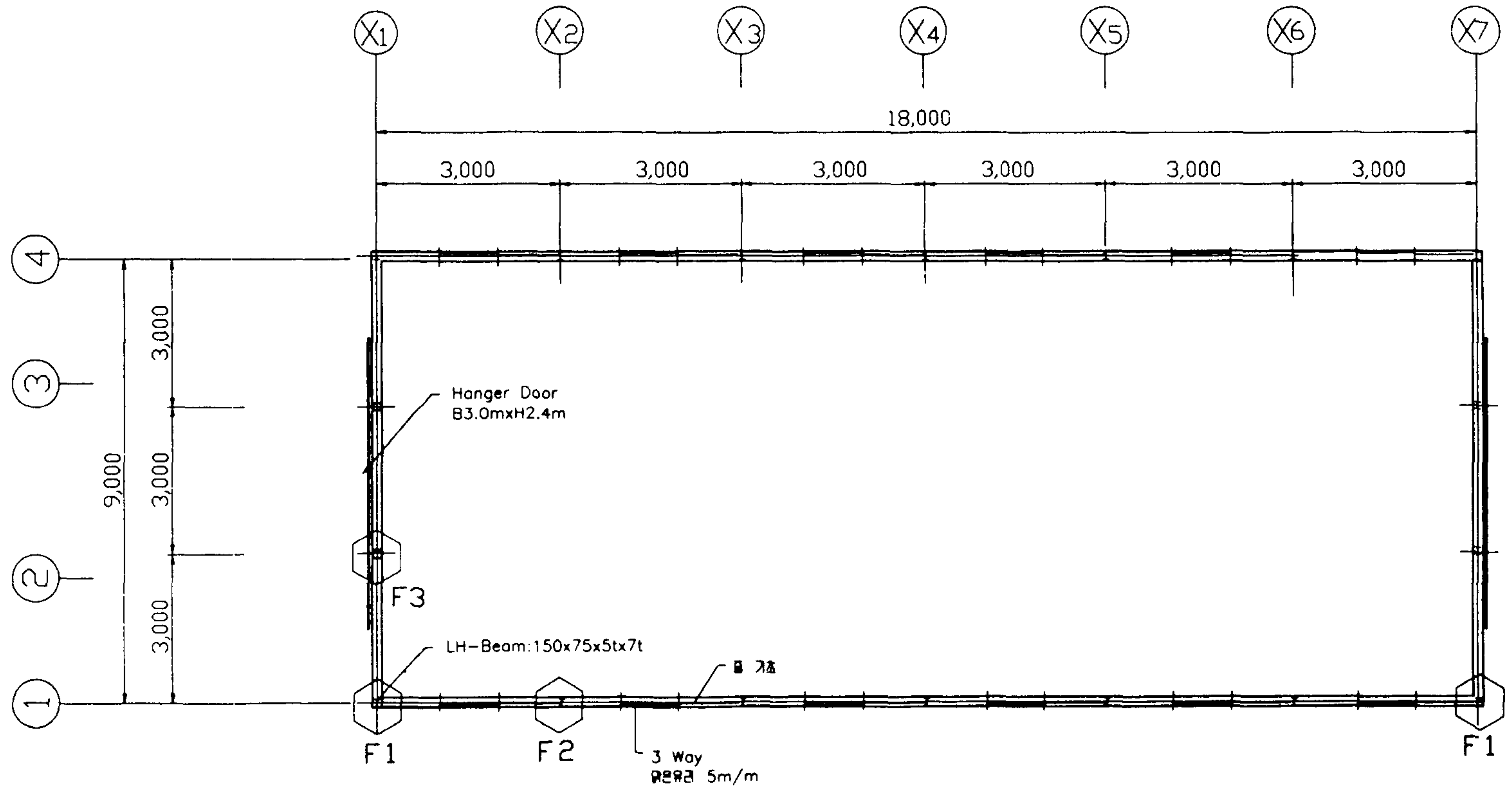
배치도
축척 : 1/200

■ 설계기요

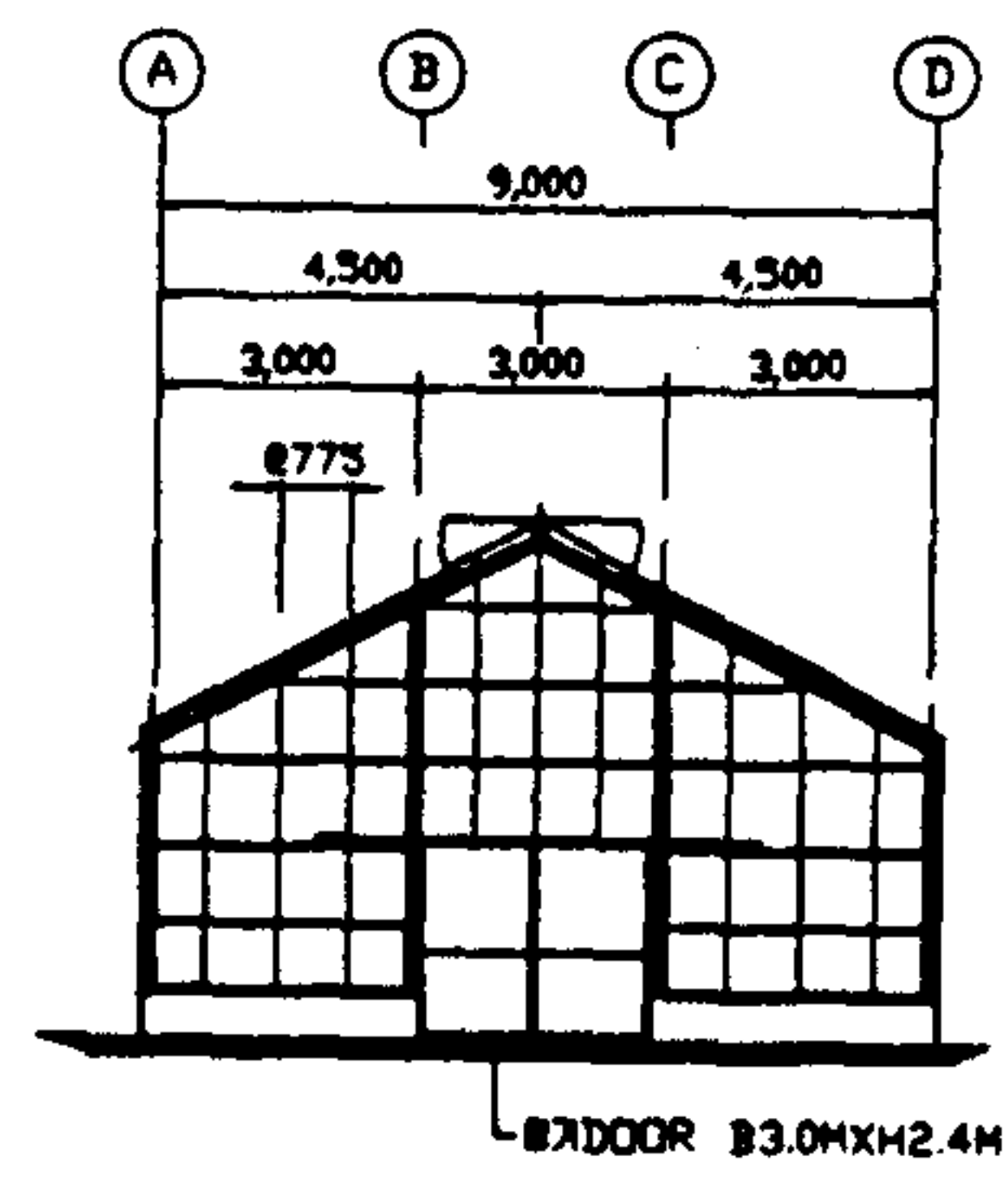
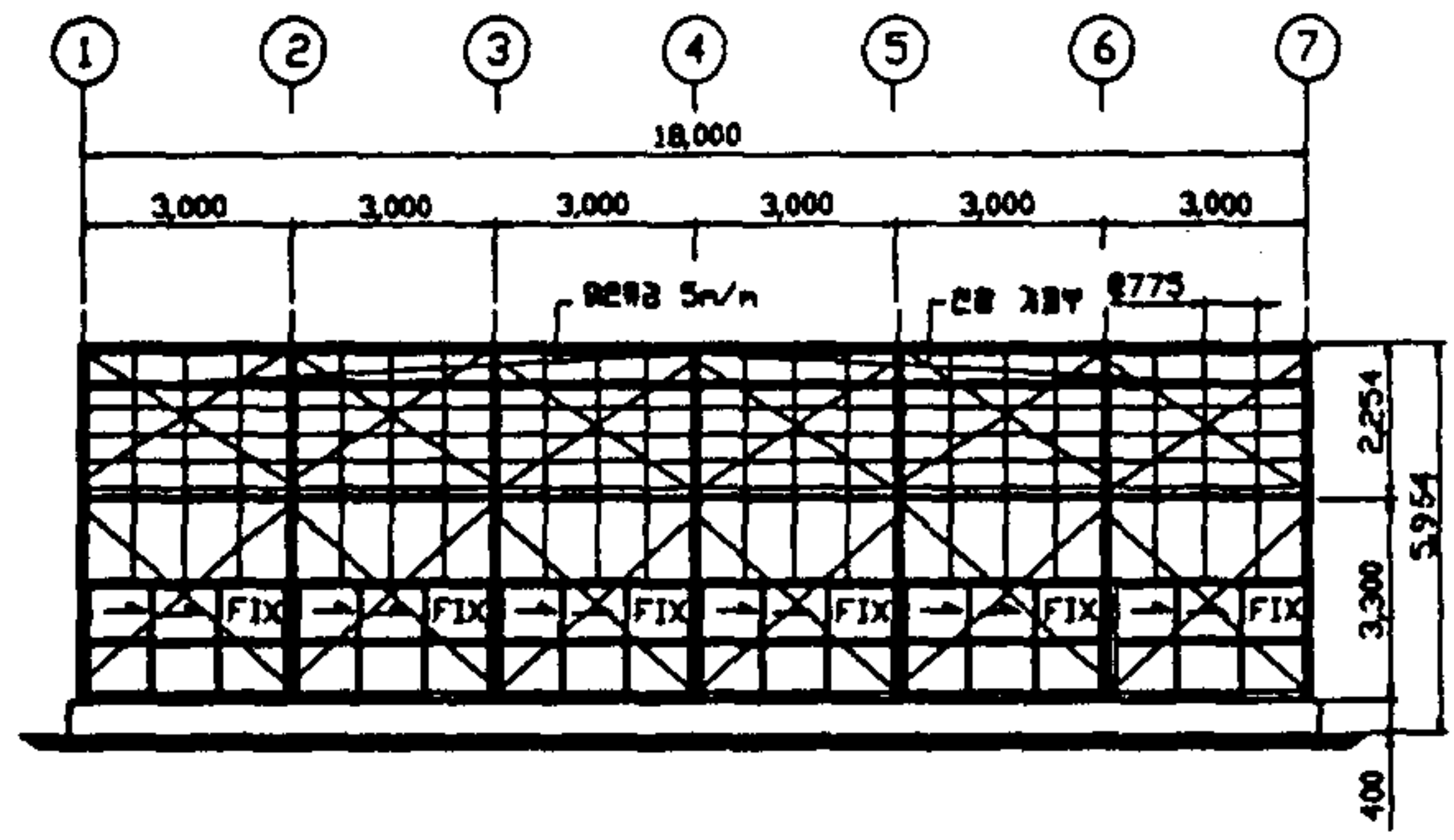
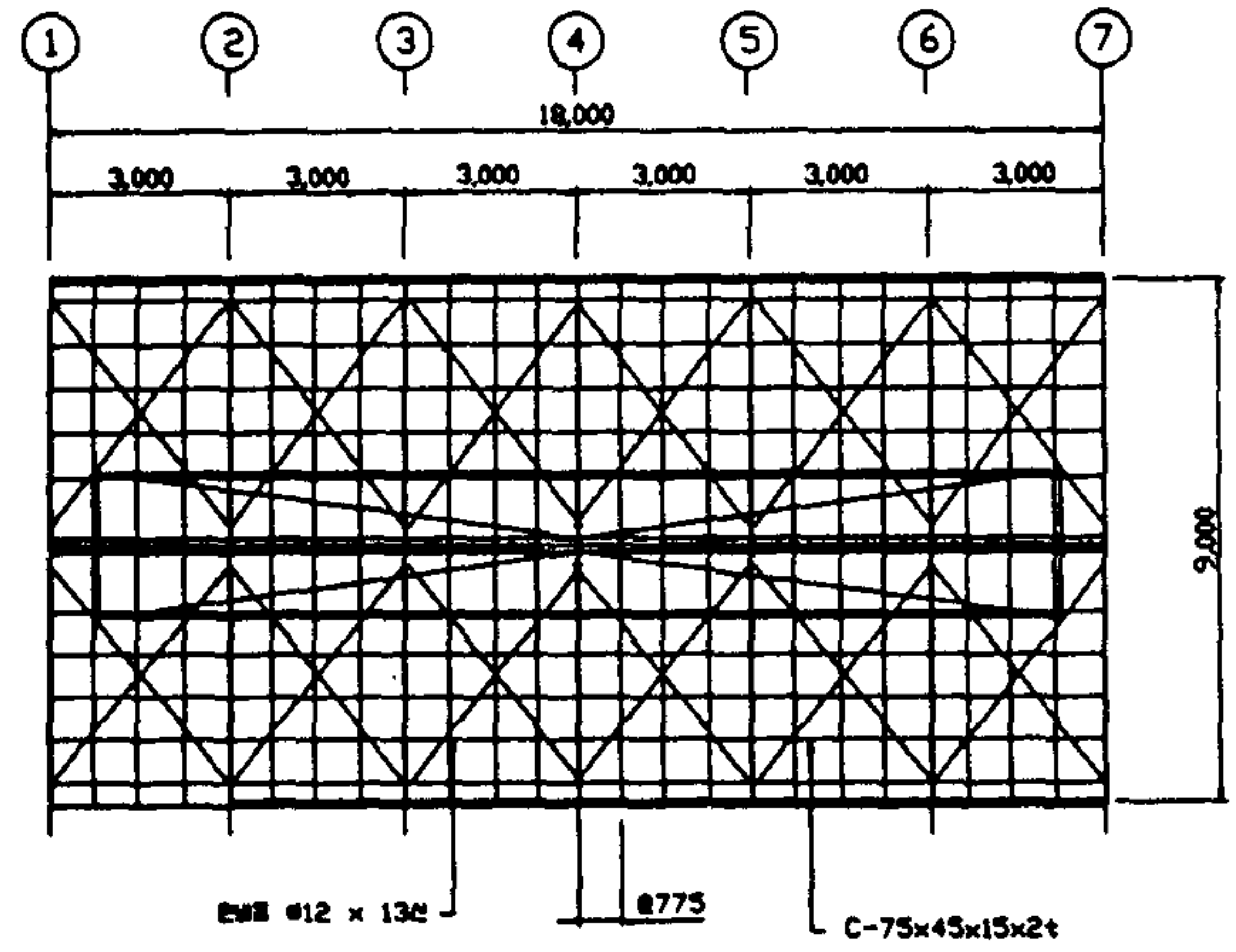
공사명	한국 에너지 기술연구소 시설 그린하우스			
대지위치	대전시 유성구 장동 71-2 외 16필지	대지면적	121,668.0 M ²	
지역,지구	자연녹지,연구단지		용도	연구시설 (시설 그린하우스)
면적산정	구분	면적(M ²)	총고(M ²)	천정고(M ²)
	1층	162	5.954	5.954
구분	기존	기허가	중축	계
건축면적(M ²)	13,922.53	1,658.04	162	15,742.57
건폐율(%)	11.4	1.36	0.13	12.94
연면적(M ²)	28,273.42	2,938.03	162	31,373.45
용적율(%)	21.6	2.41	0.13	25.79
지하층(M ²)	0	0	0	0
은실형태	양지붕 단동형			
주요마감재	5MM투명유리			
구조방식	철골조			

■ 도면목록표

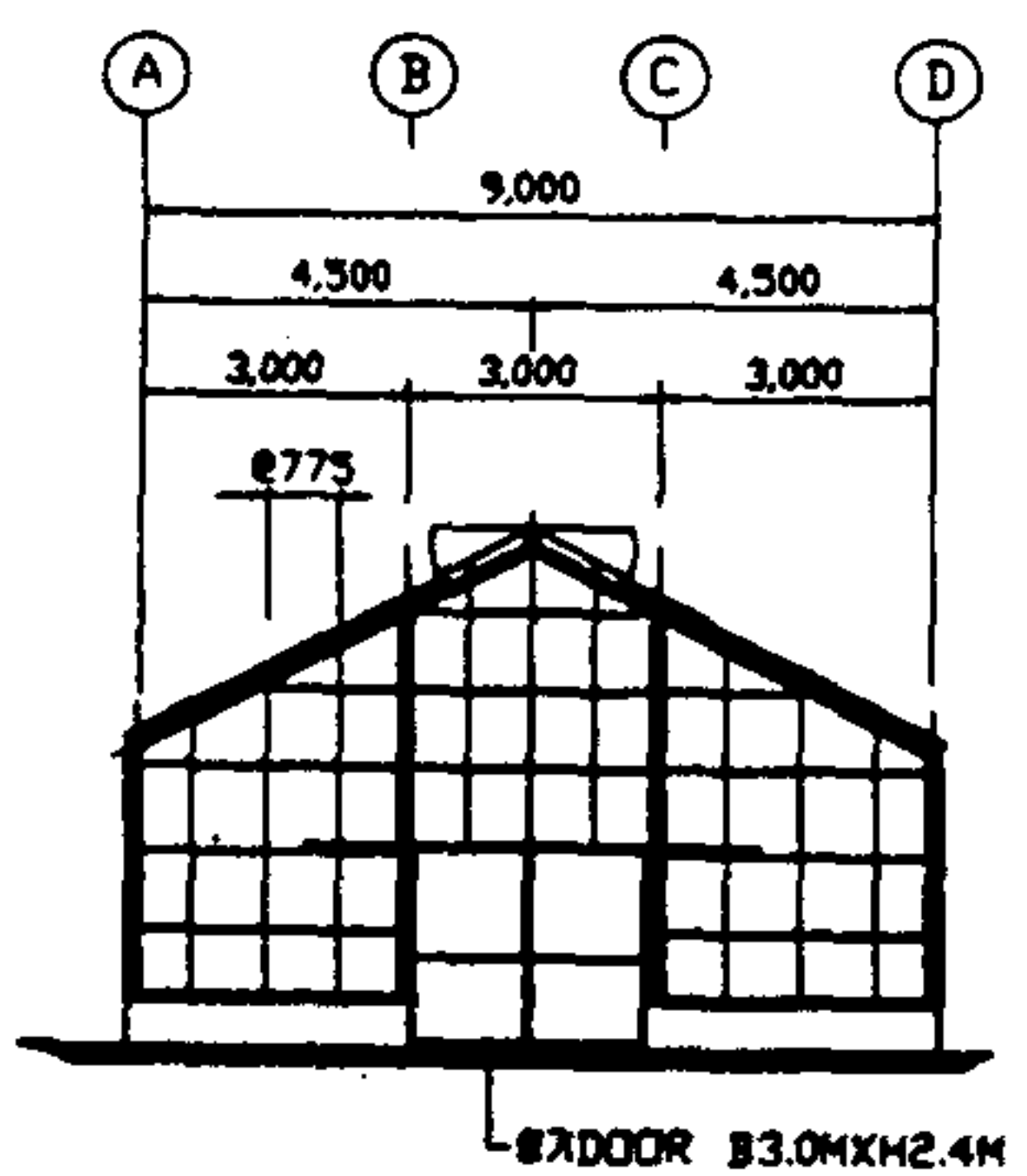
구분	도면번호	도면명	축척	구분	도면번호	도면명	축척
건축	A-00	표지	NONE	건축	A-10	철골상세도-1	1/20
"	A-01	총괄배치도	1/2000	"	A-11	철골상세도-2	1/20
"	A-02	배치도, 설계기요	1/200	"	A-12	철골상세도-3	1/20
"	A-03	기초평면도	1/75	"	A-13	철골상세도-4	1/20
"	A-04	입면도, 지붕평면도	1/100	"	A-14	브레싱상세도	NONE
"	A-05	기초상세도	1/10	기계	M-01	커먼계배장치평면도	1/30
"	A-06	창호상세도	NONE	"	M-02	덕트배치도	1/30
"	A-07	창호평면상세도	1/2	"	M-03	MIST배관평면도	1/30
"	A-08	코너부본상세도	1/2	전기	E-01	자동화전기배선도	1/75
"	A-09	측면골조상세도	1/30	"	E-02	M.C.C. 제어반	NONE



기 초 평 면 도
SCALE : 1/75

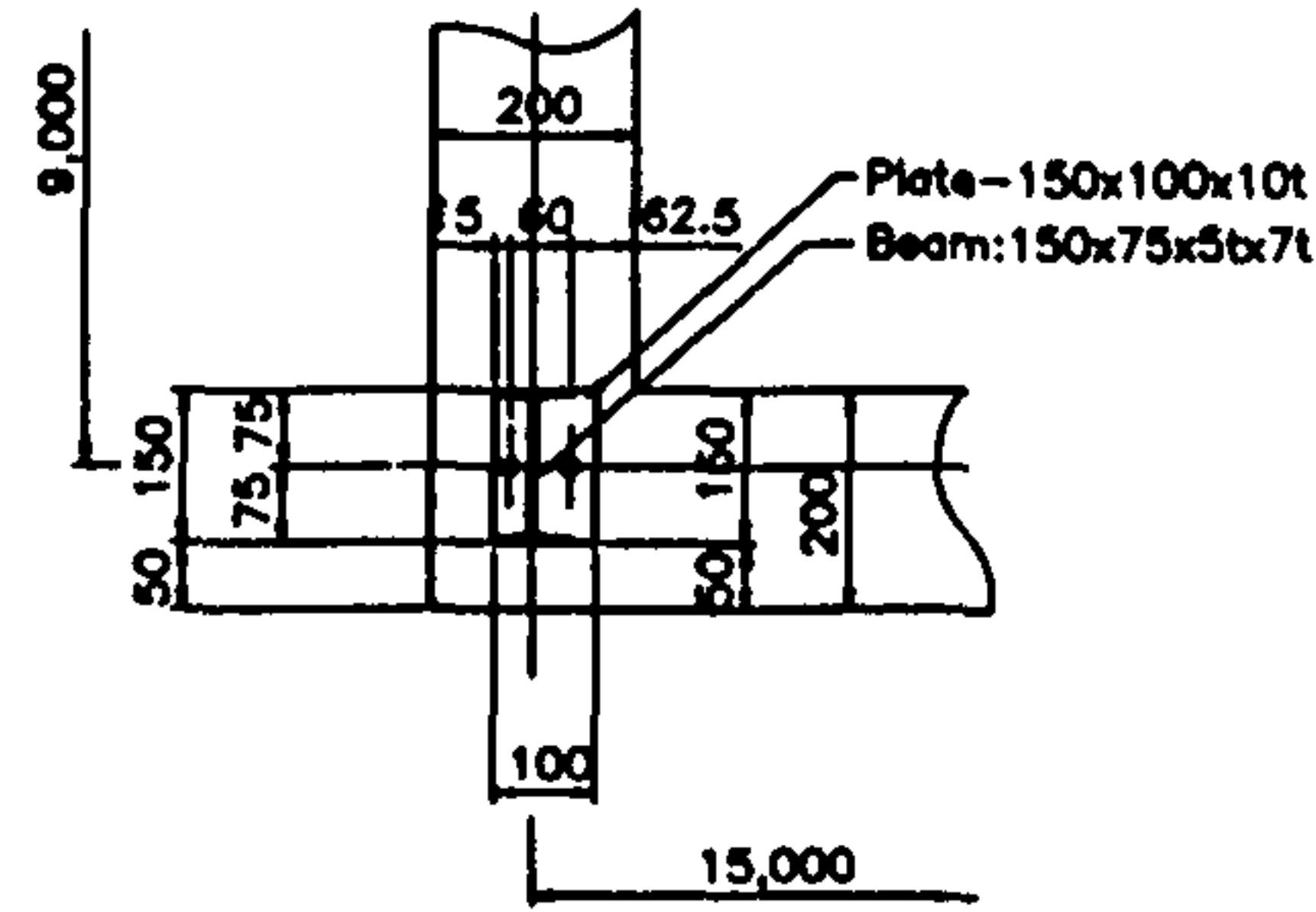


우측면도
SCALE:1/100

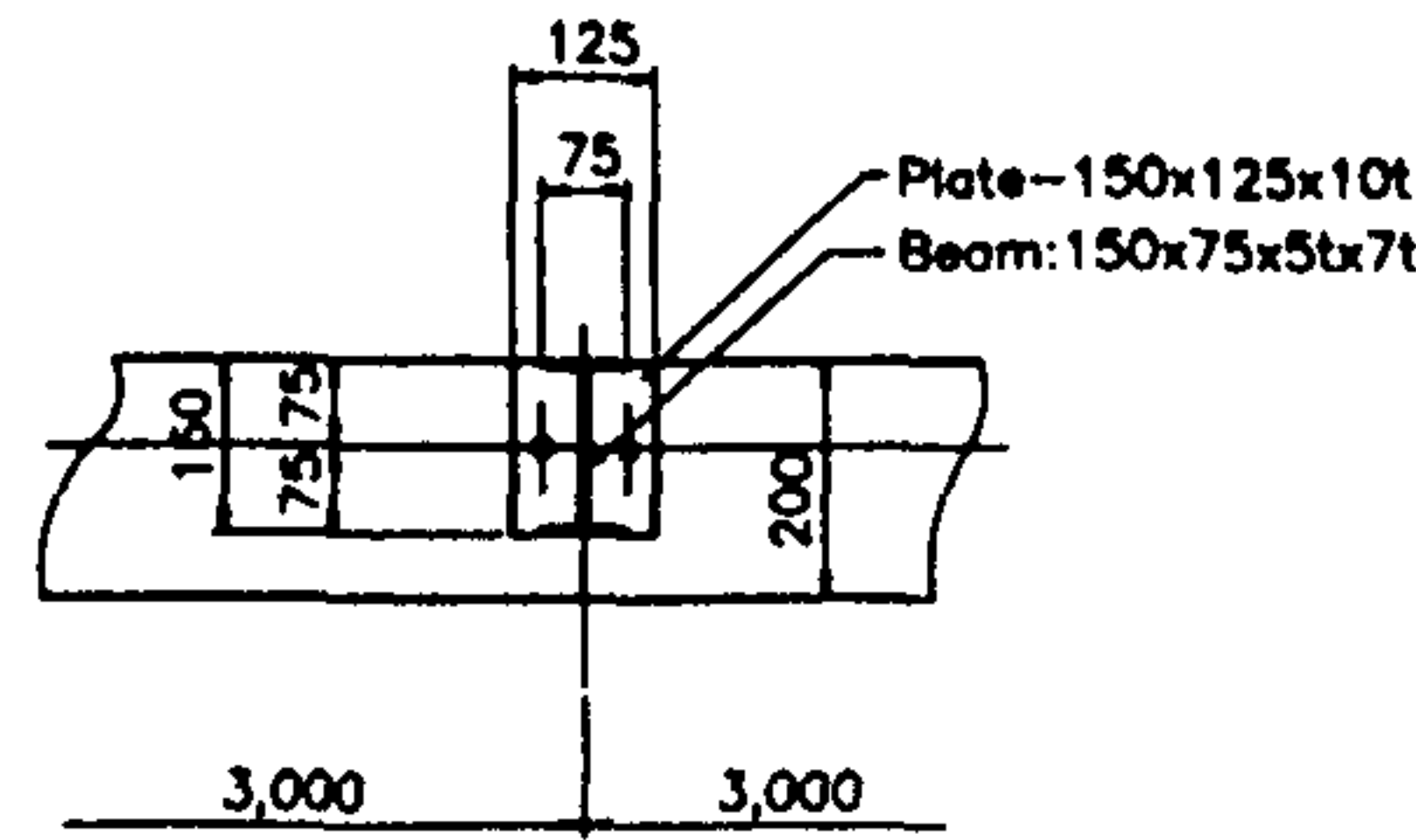


좌측면도
SCALE:1/100

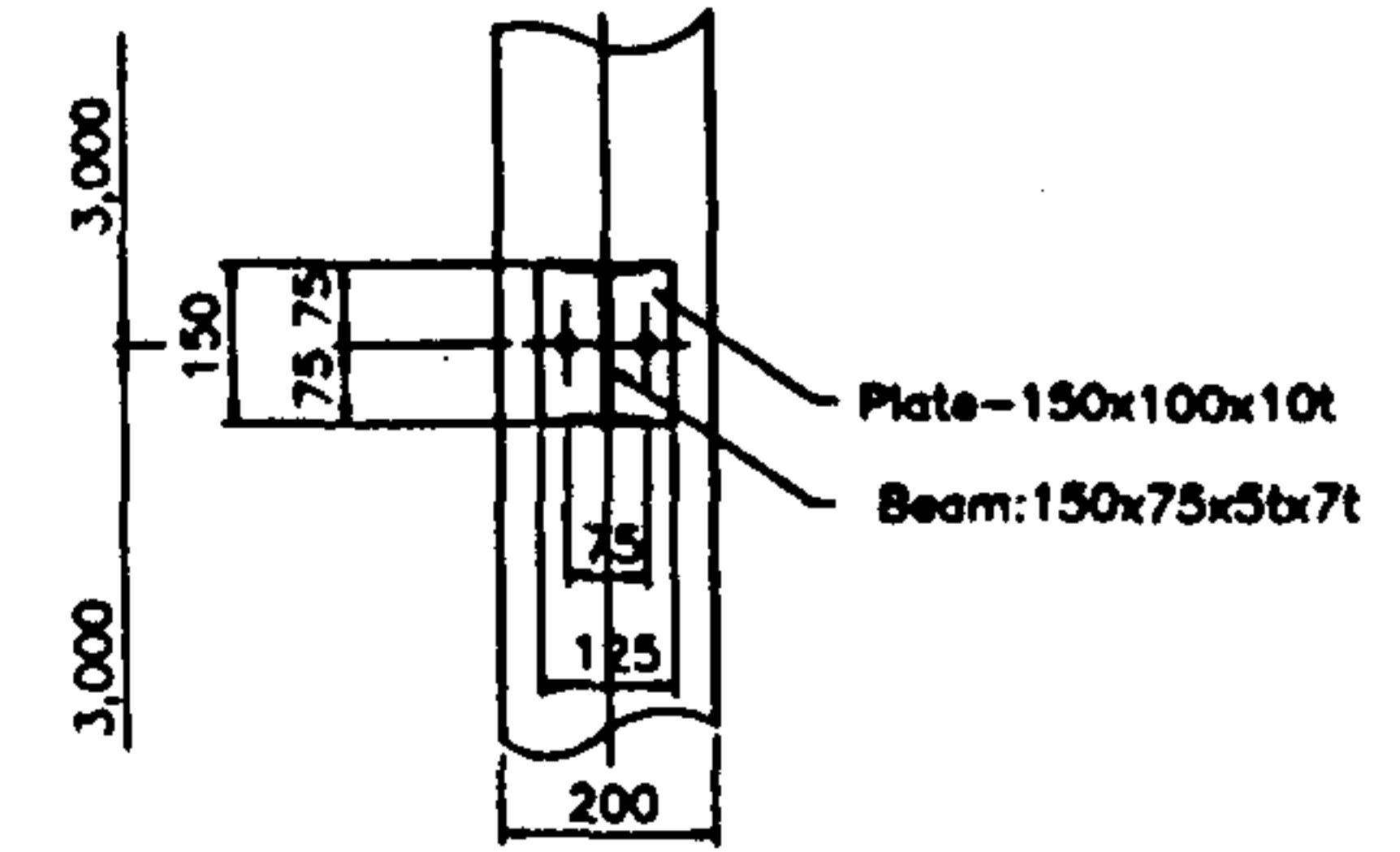
SCALE:1/100



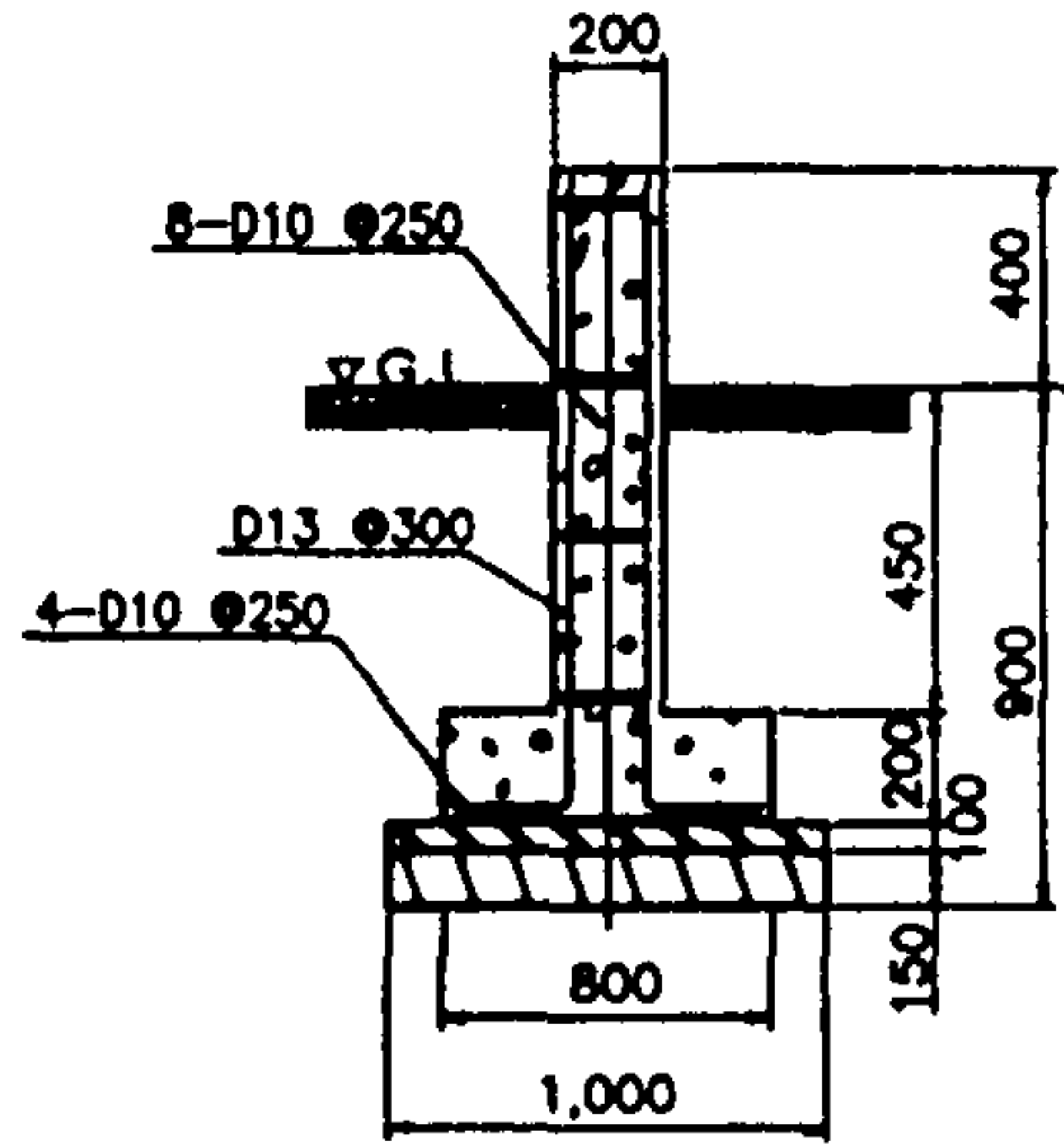
DETAIL F1



DETAIL F2

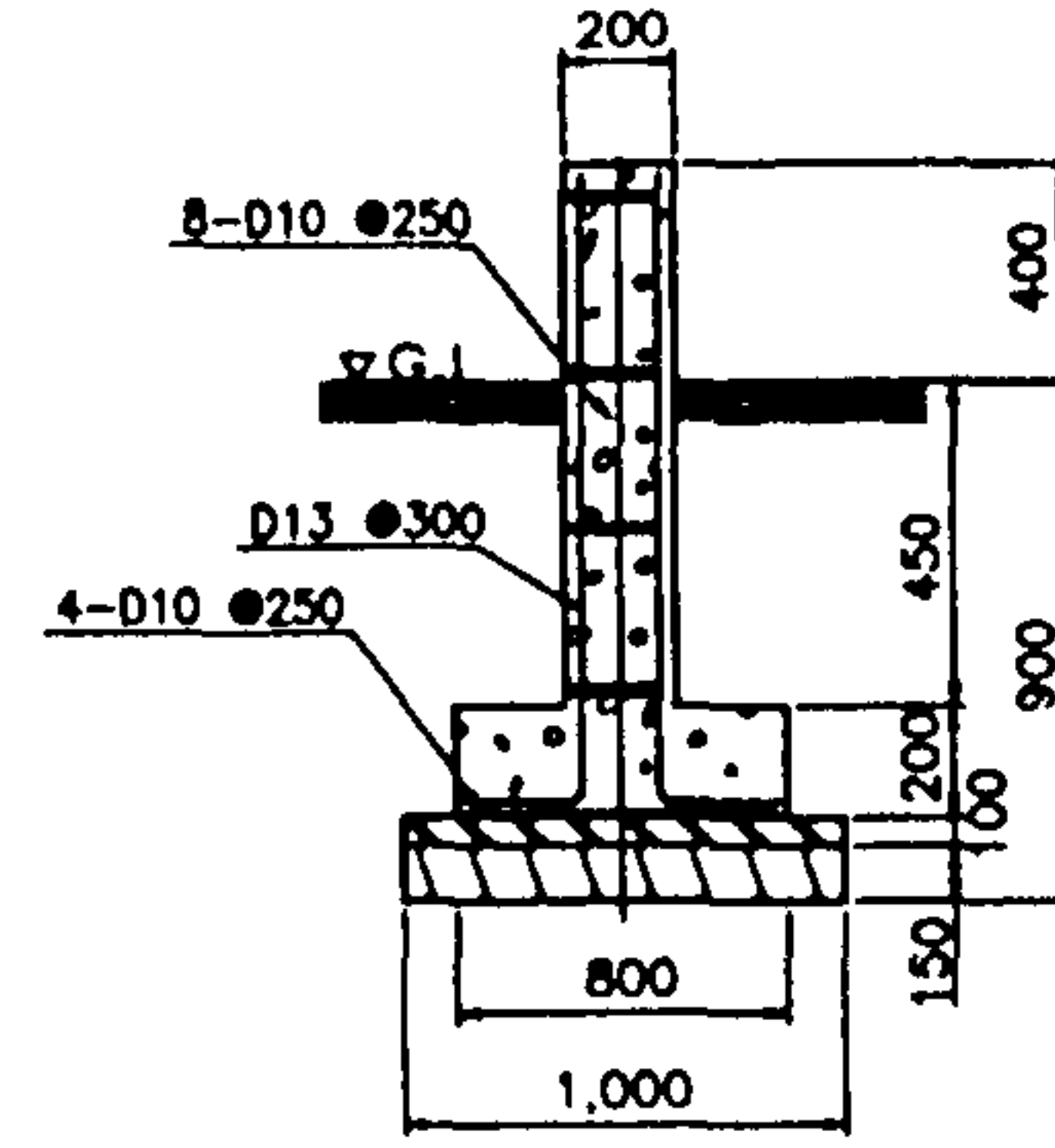


DETAIL F3



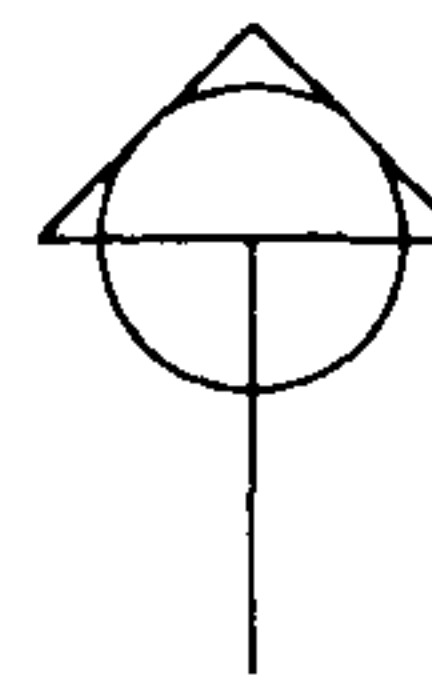
기초 상세 X2열, X6열

S : 1/20



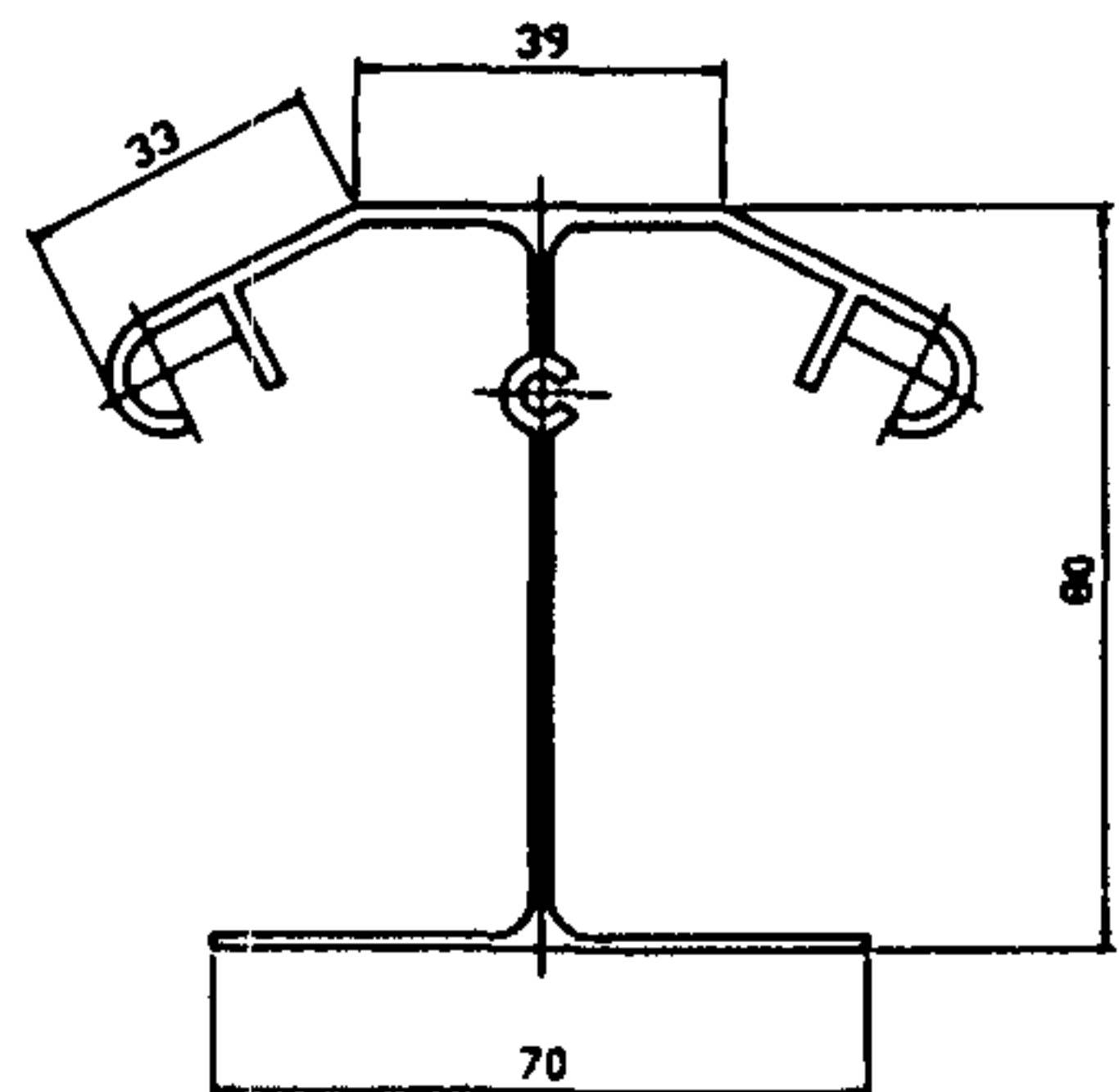
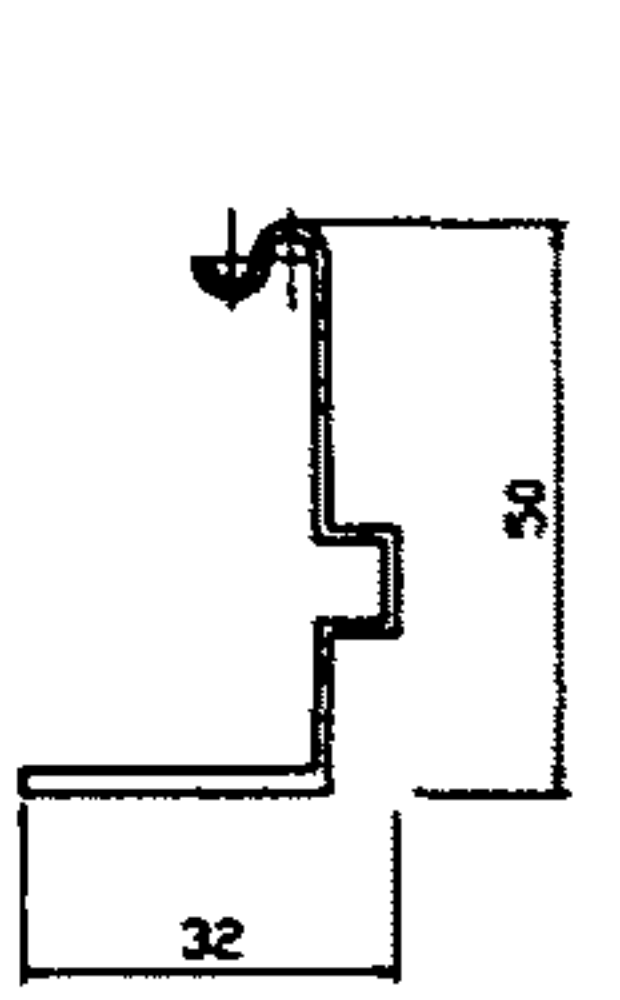
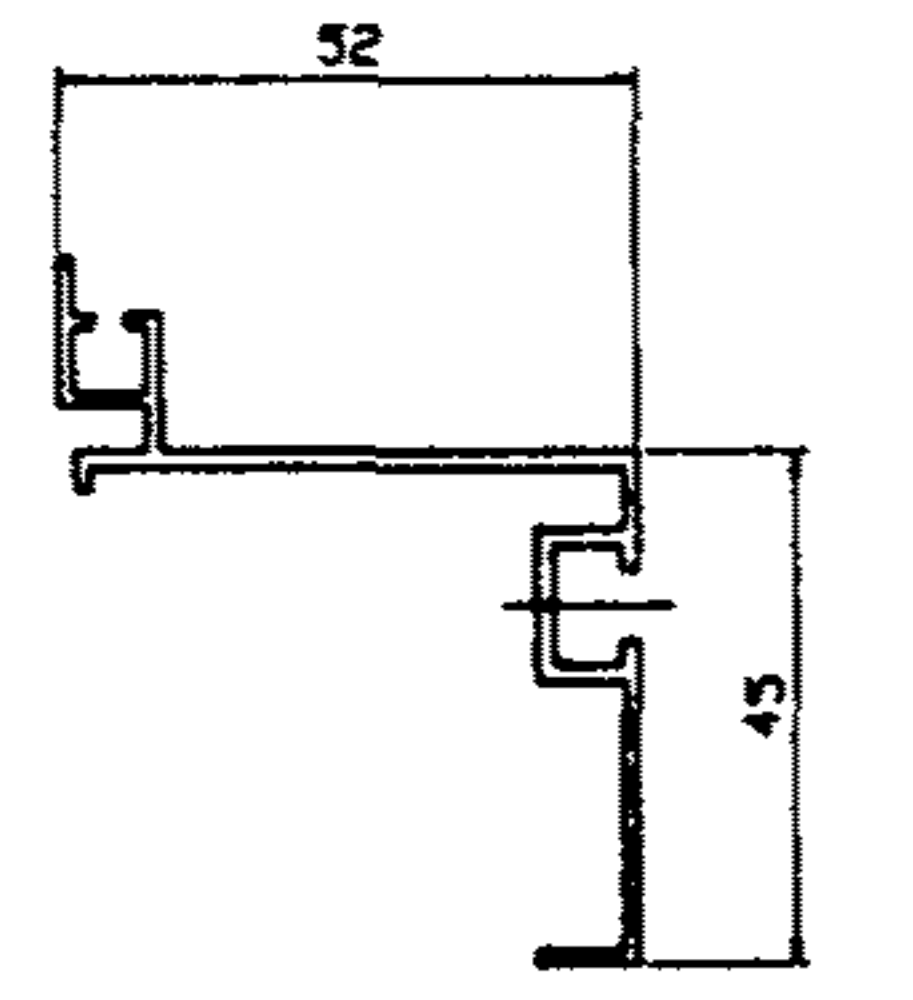
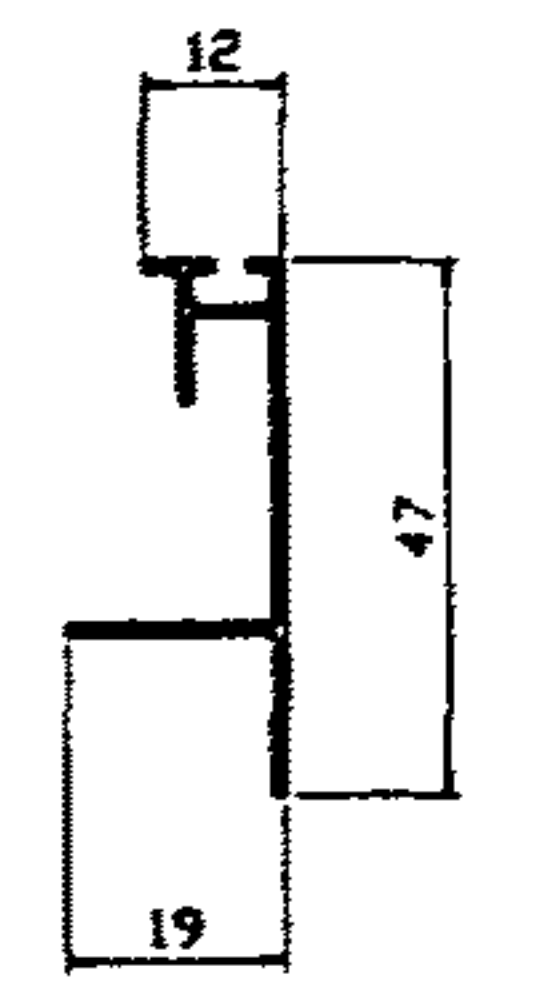
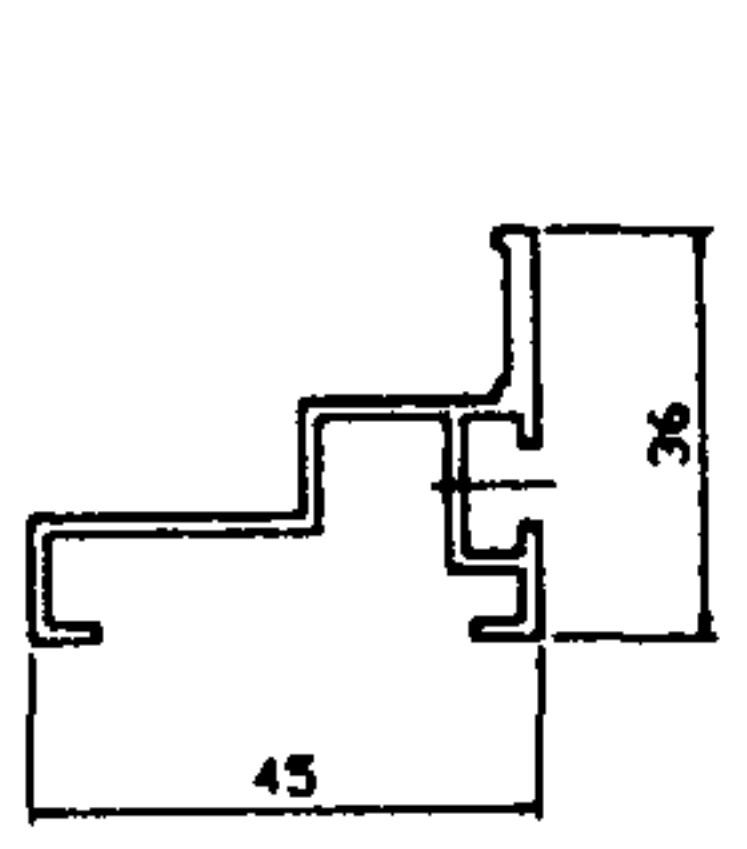
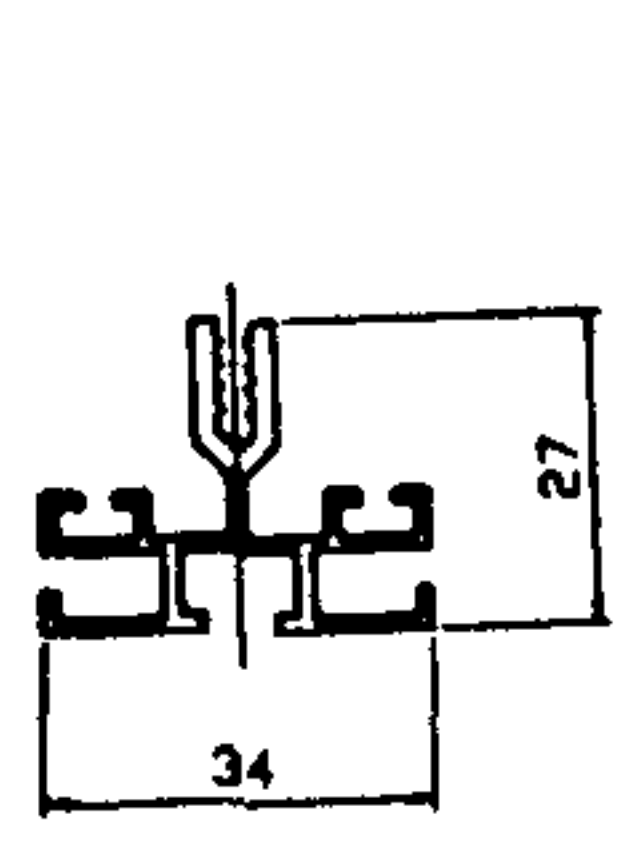
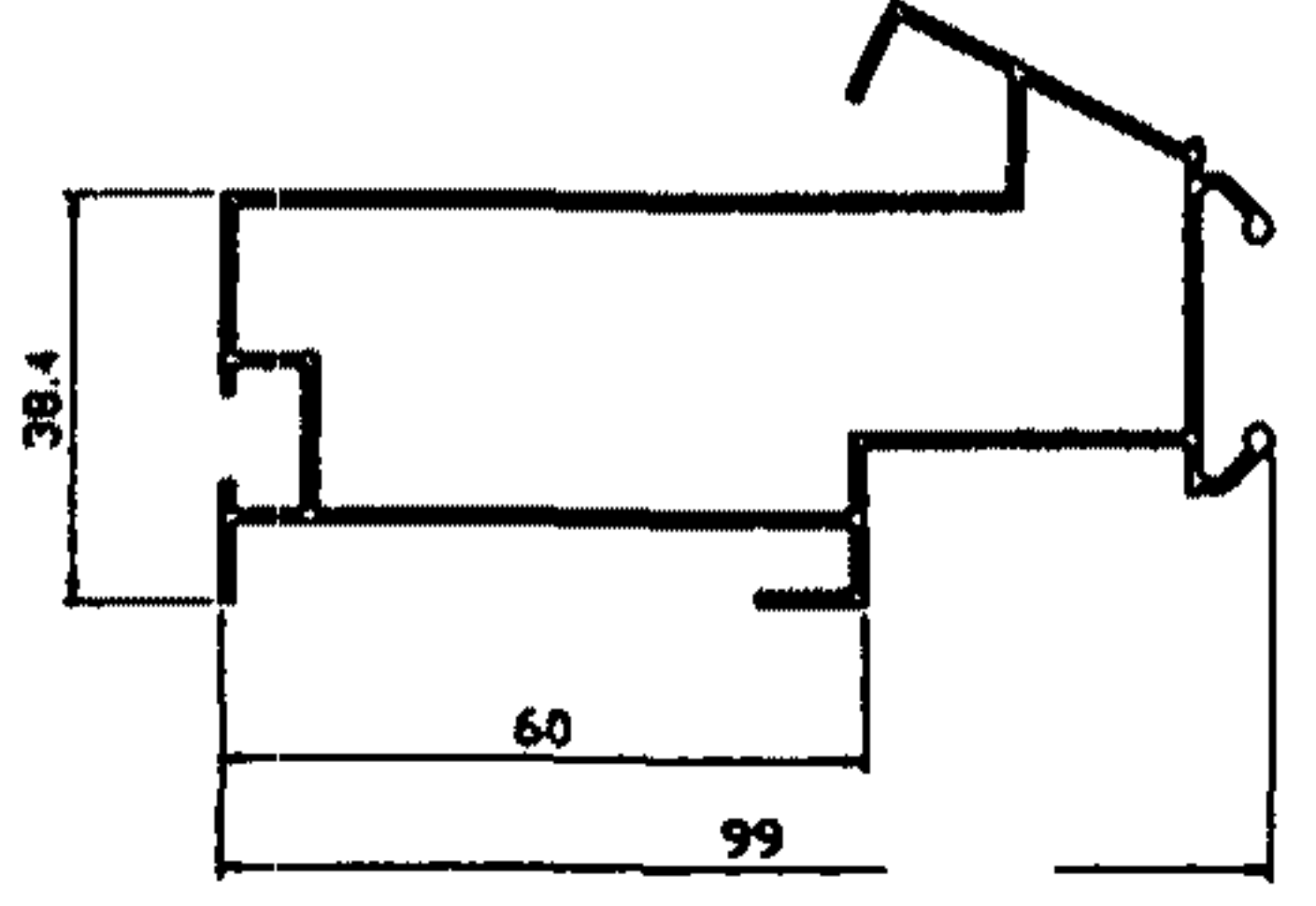
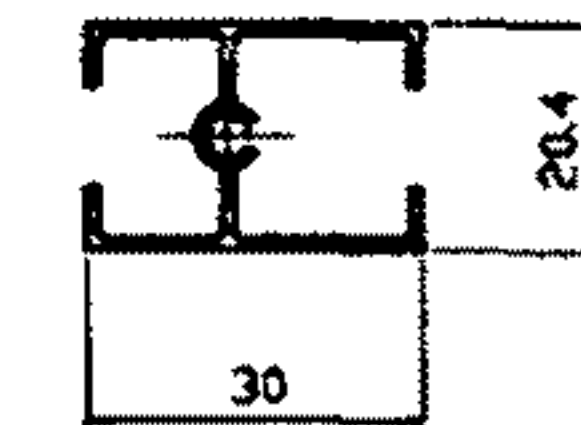
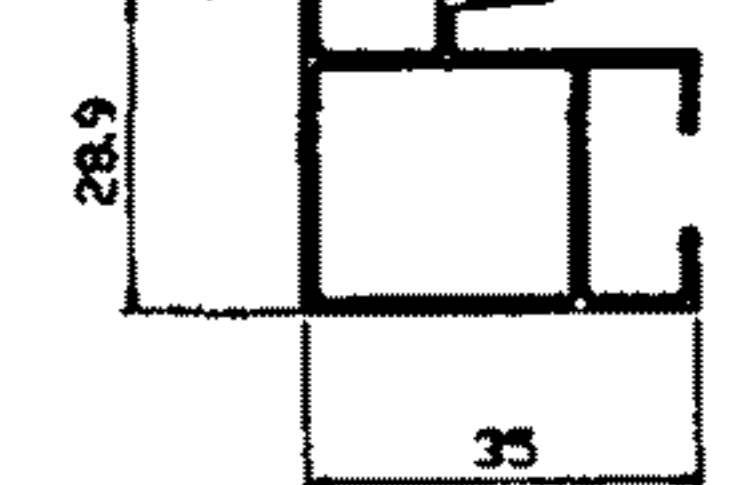
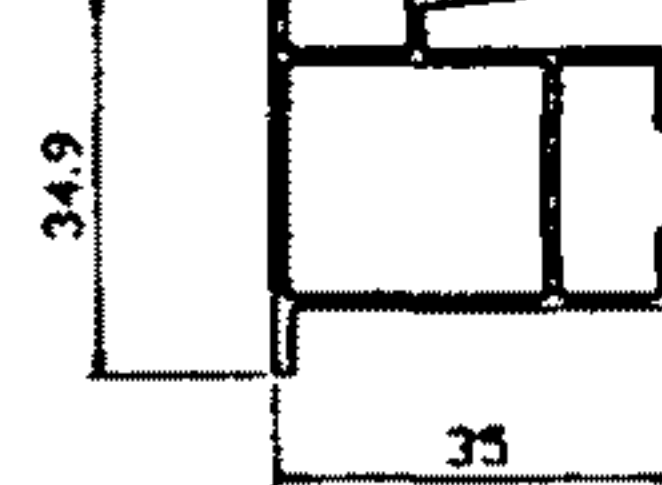
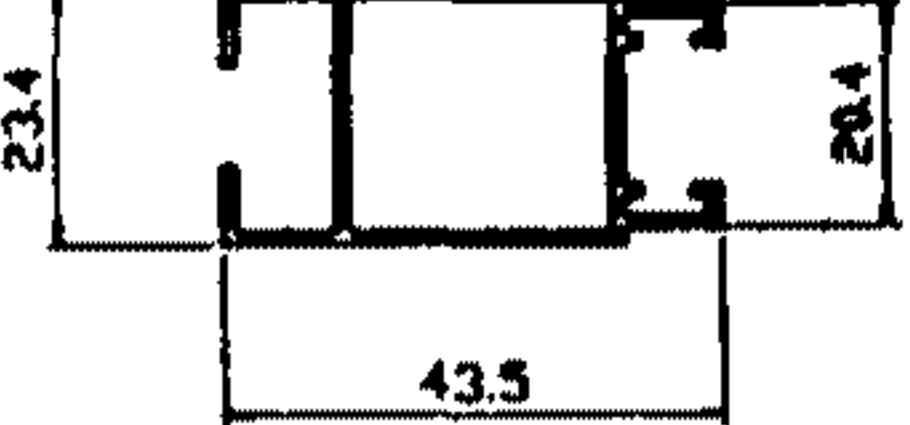
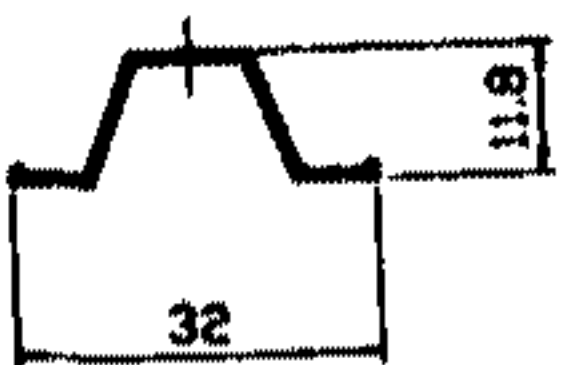
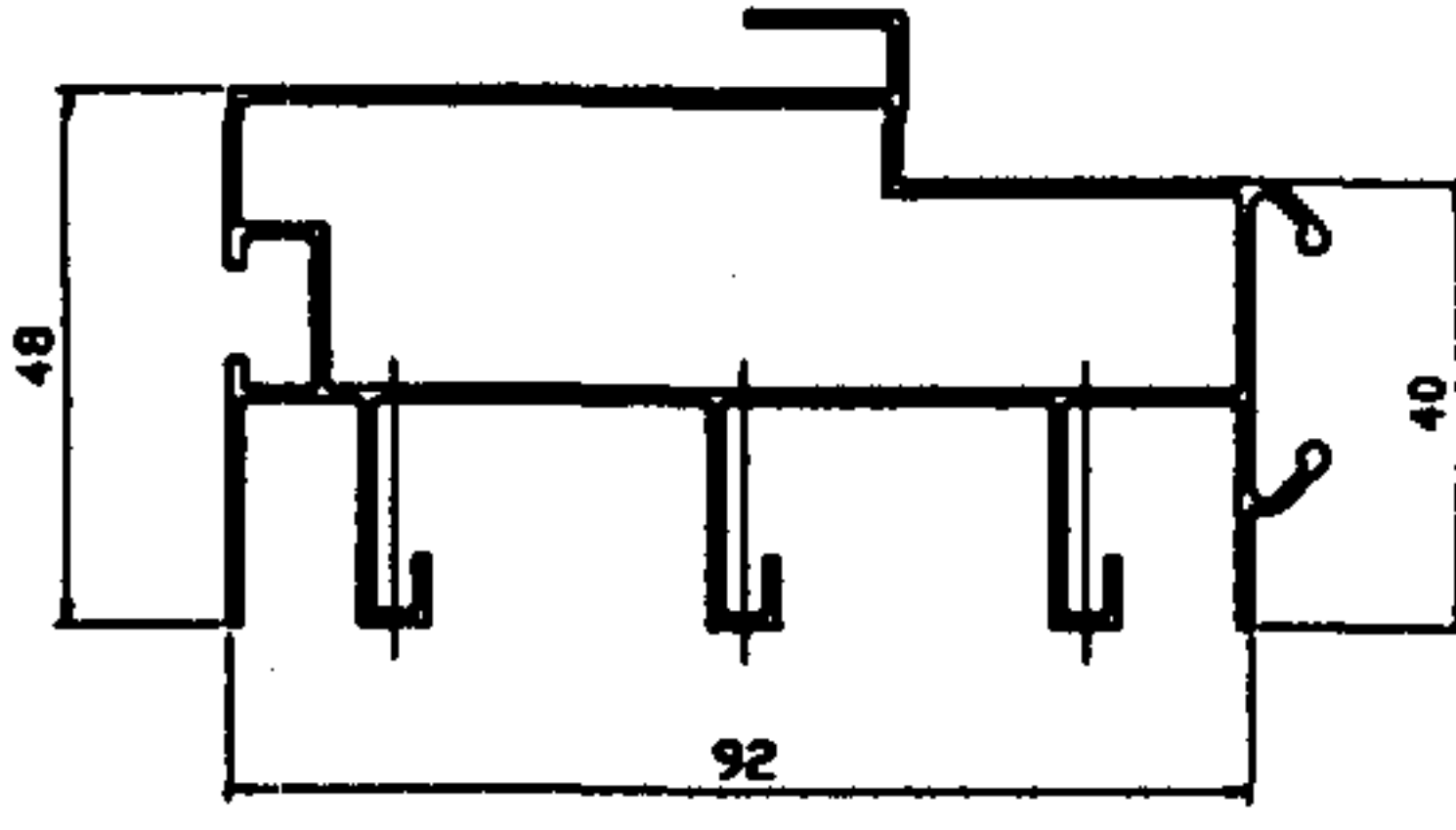
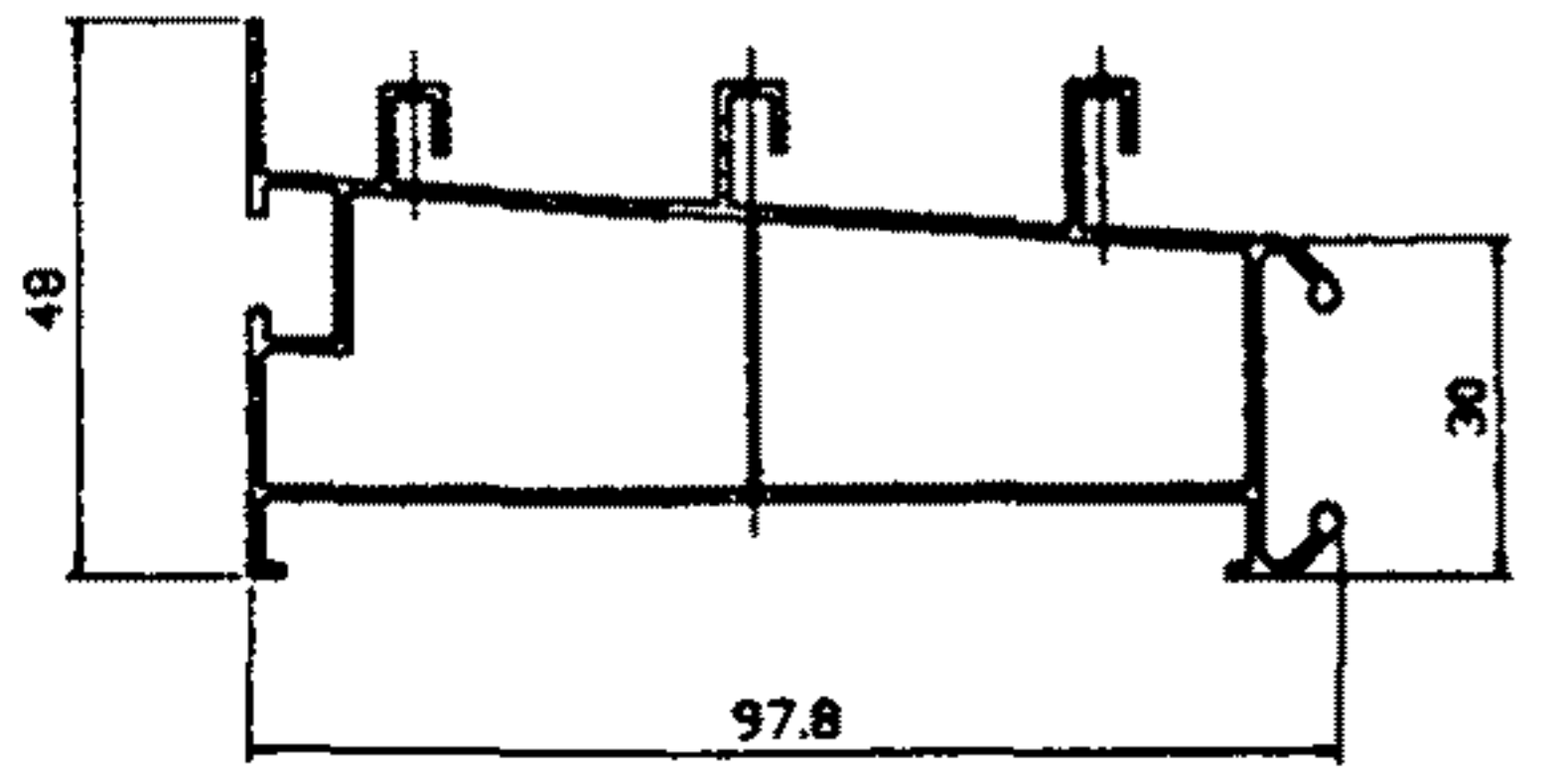
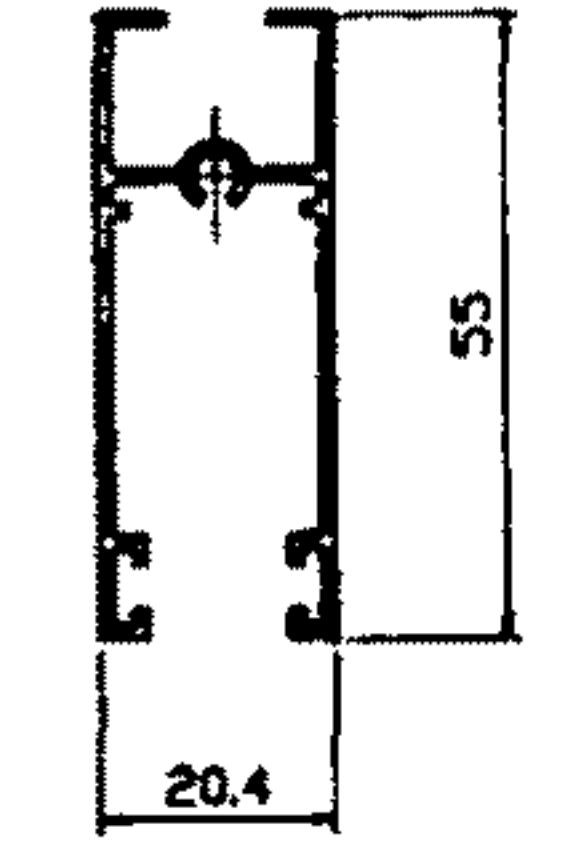
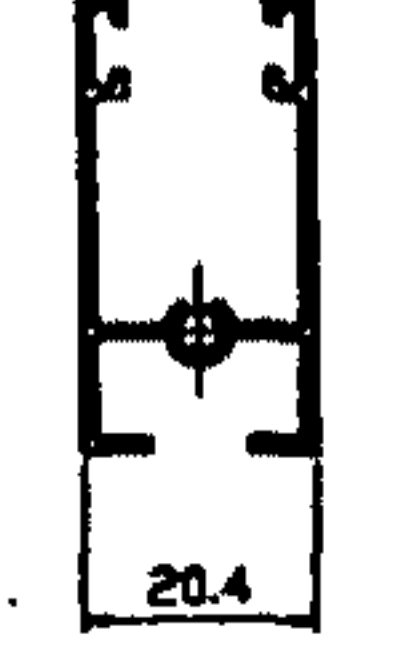
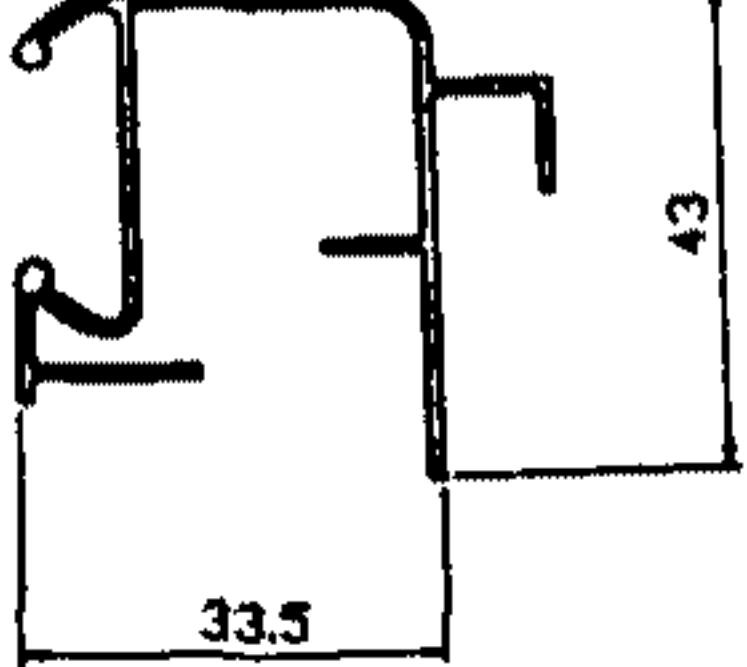
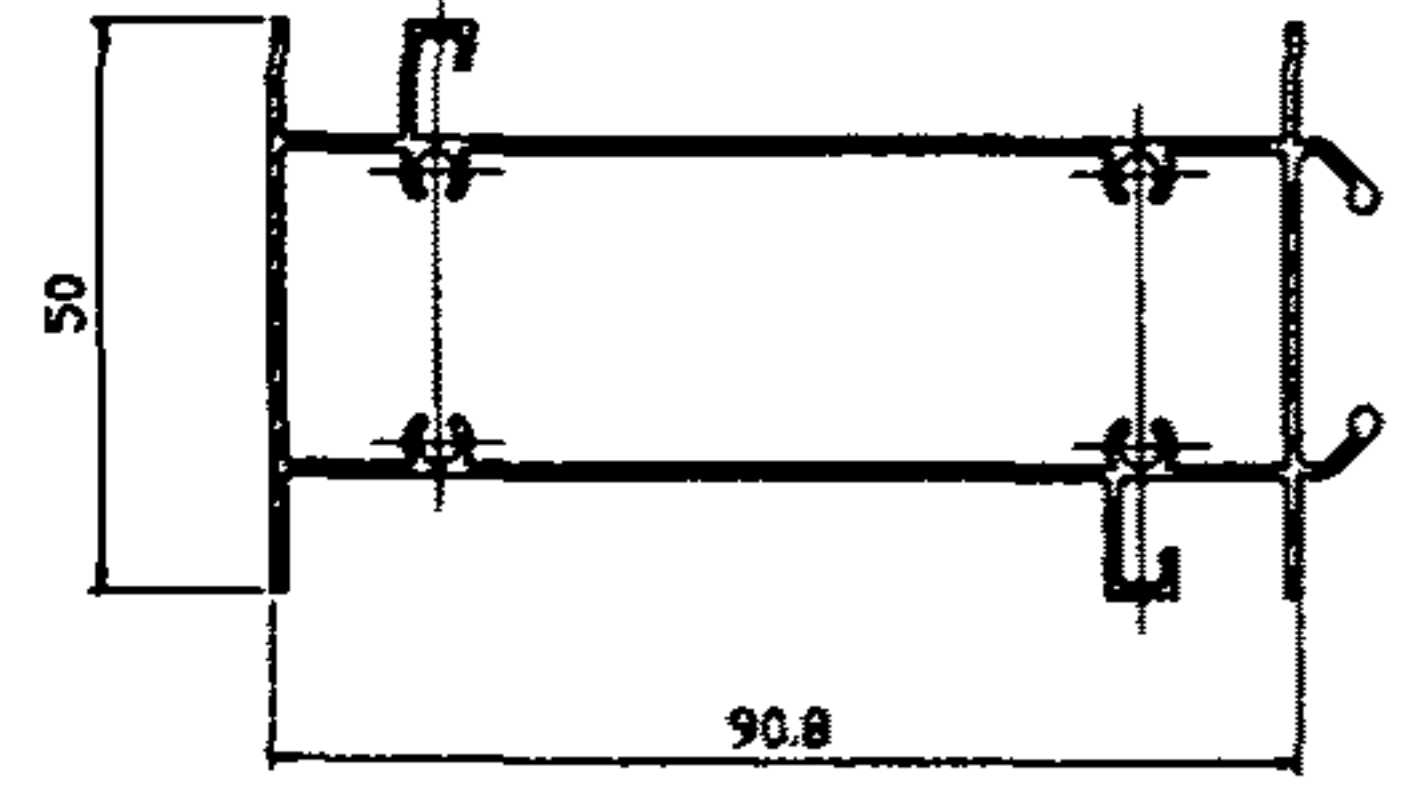
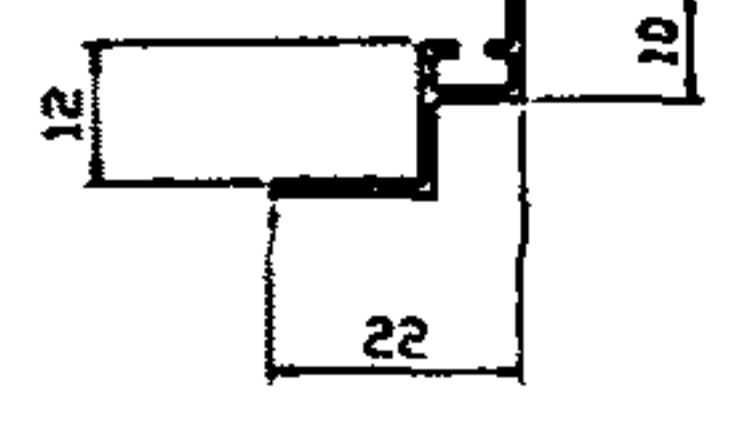
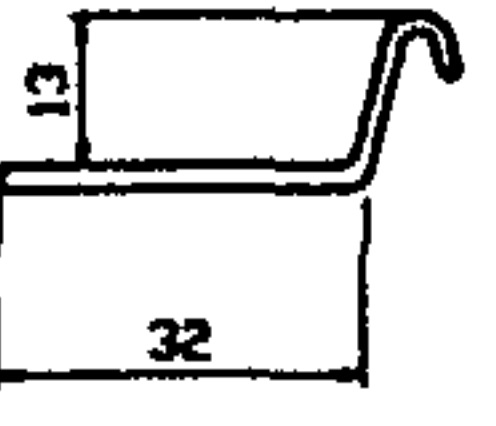
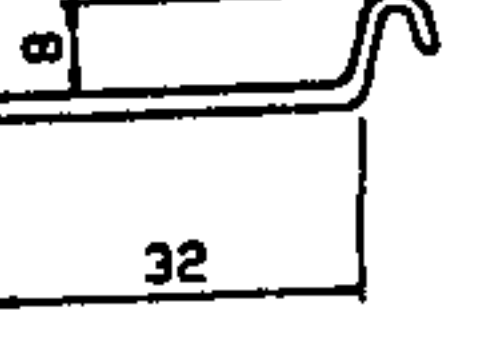
기초 상세도 1열, 7열

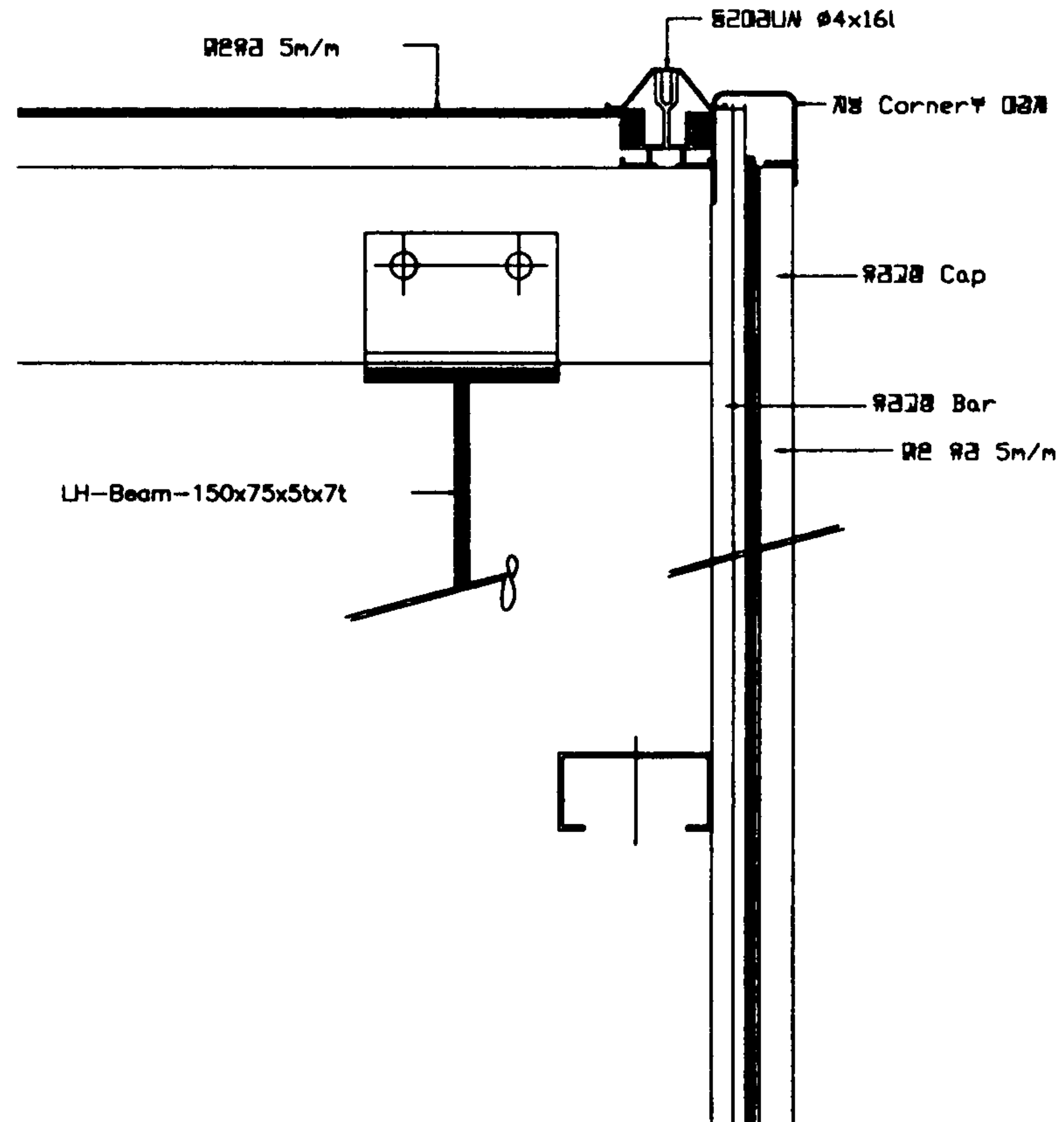
S : 1/20



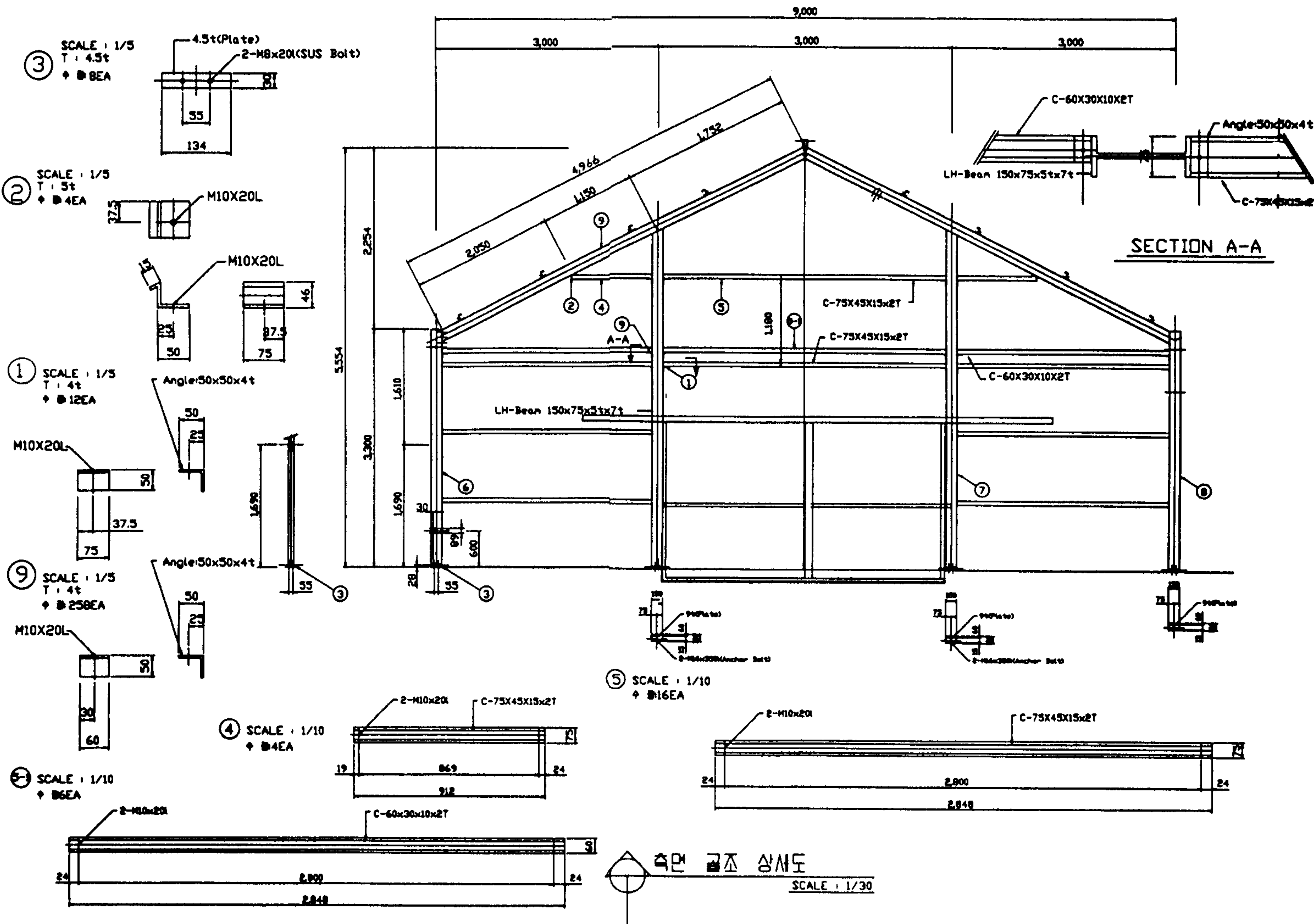
기 초 DATAIL 상 세 도

SCALE : 1/10

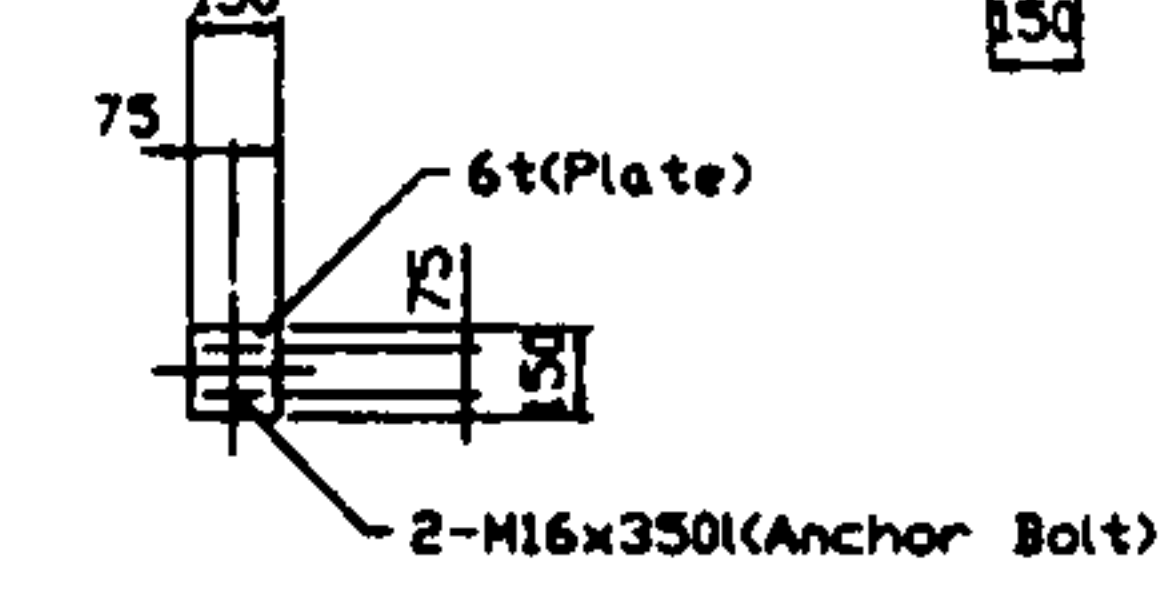
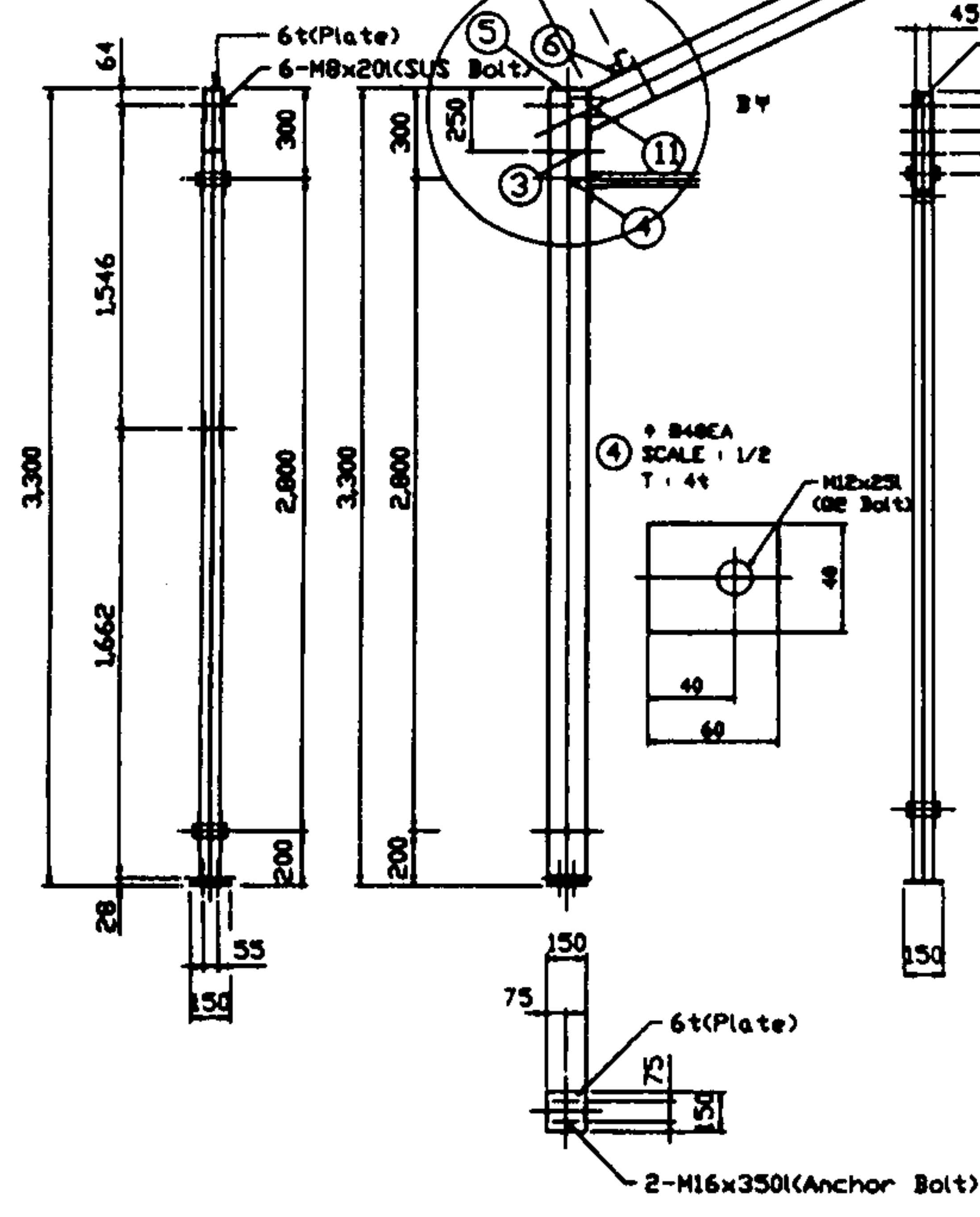
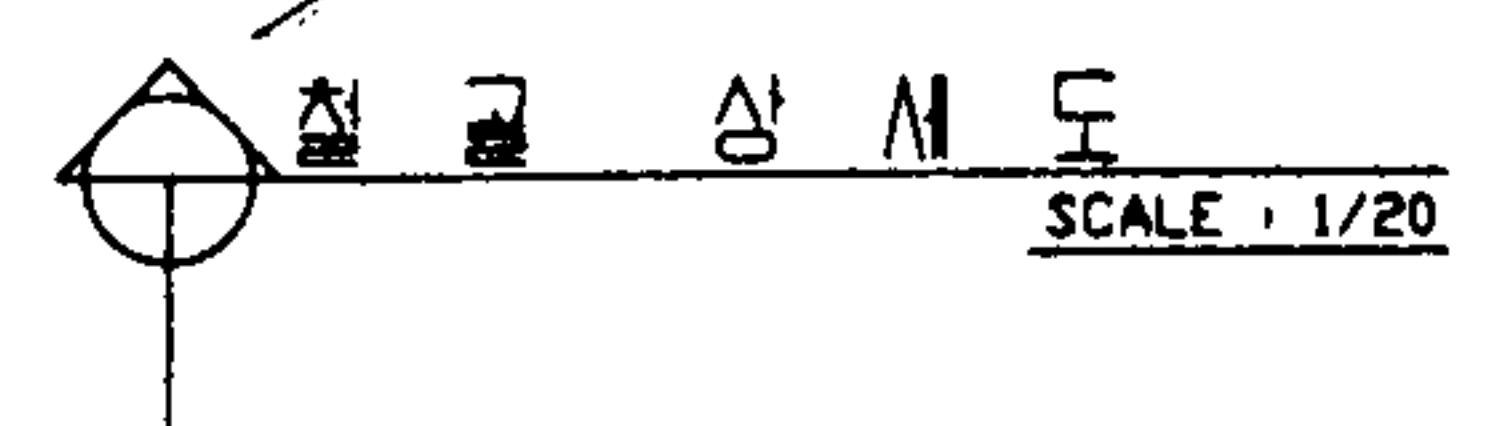
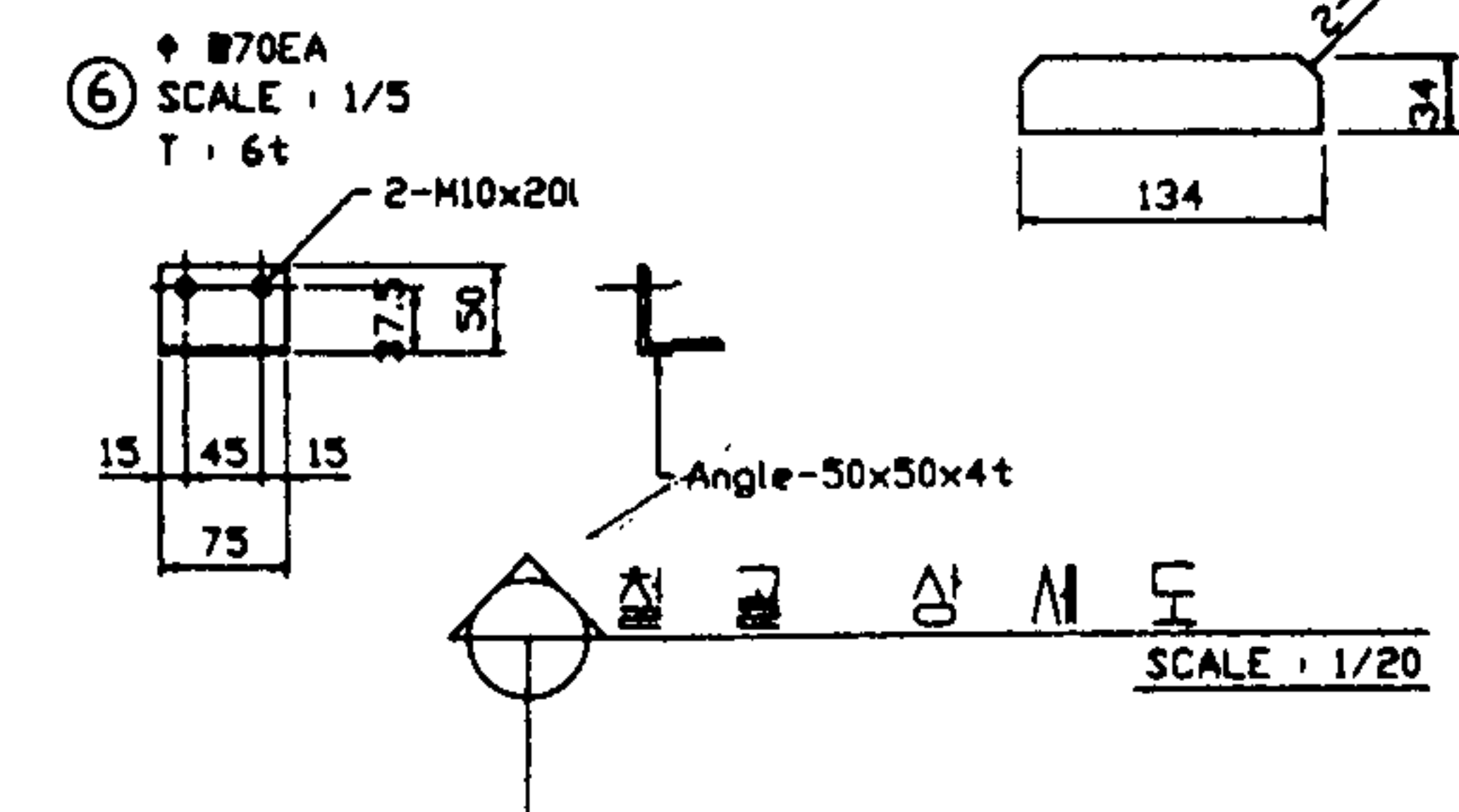
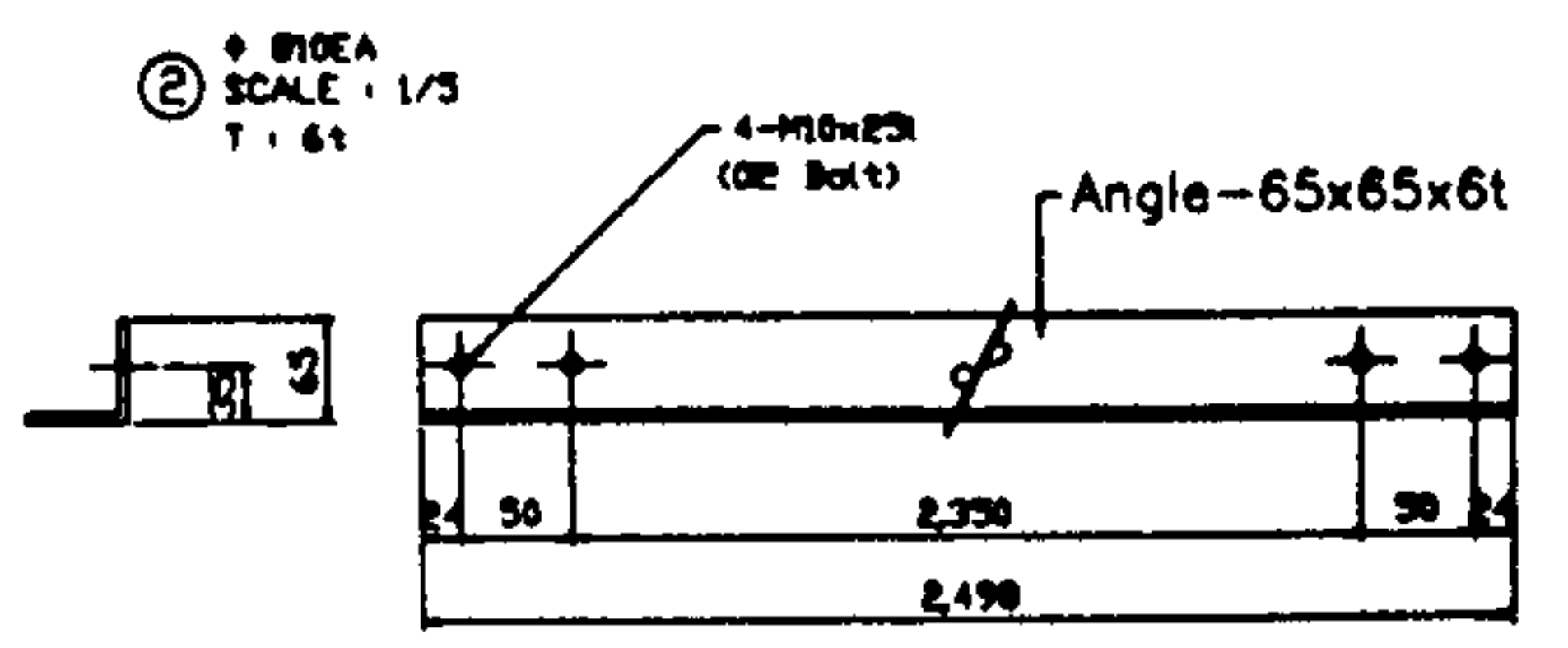
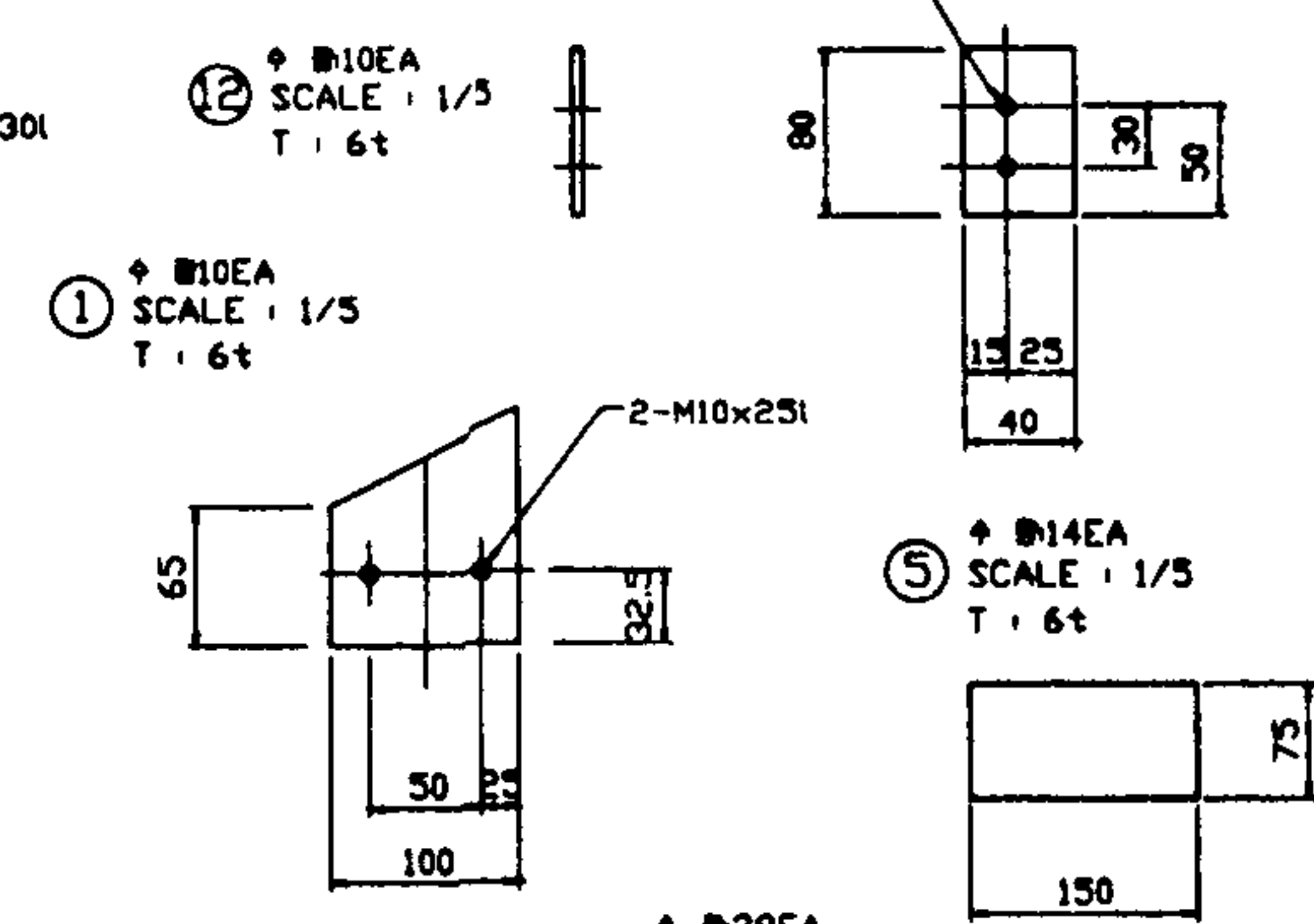
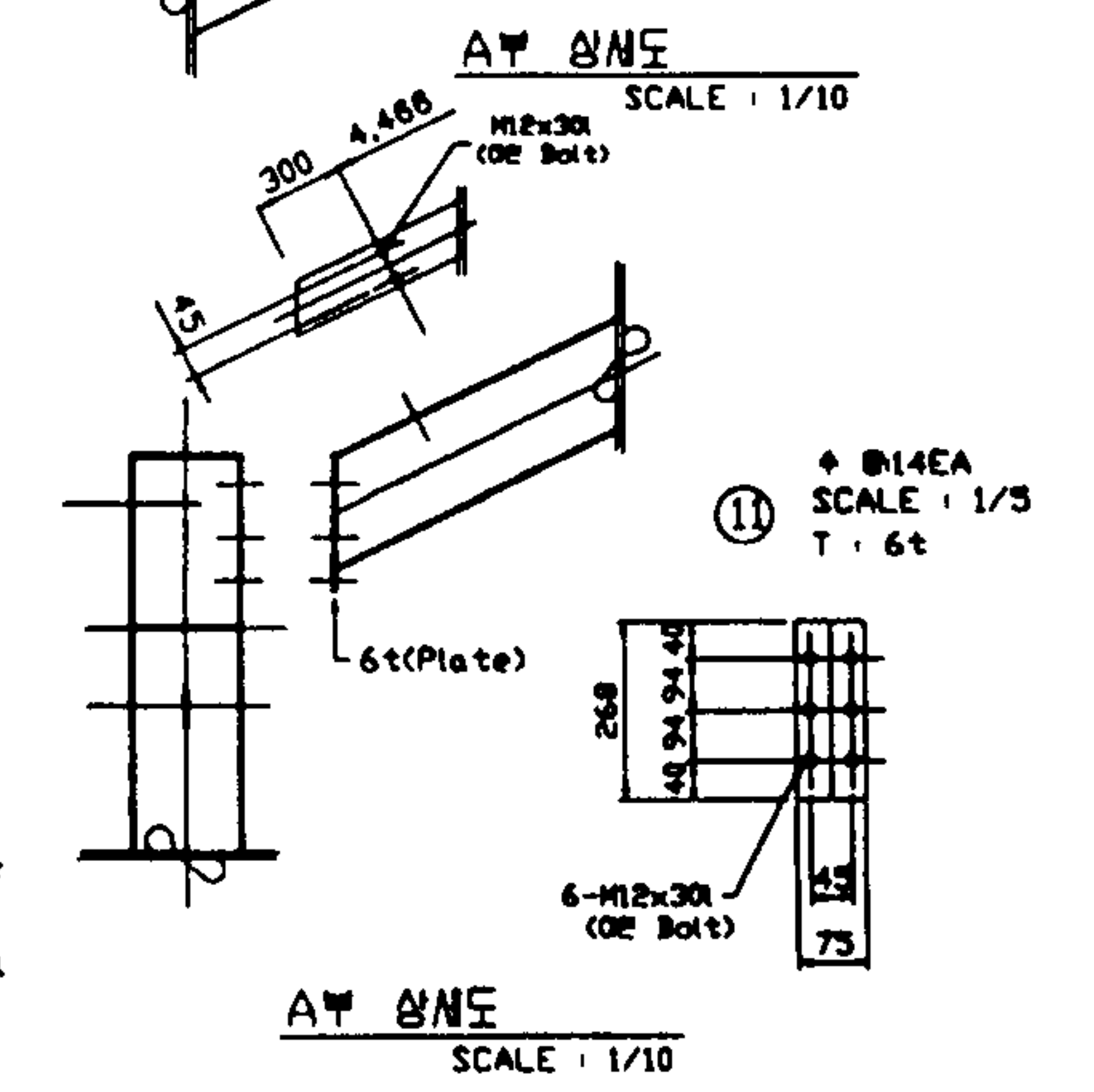
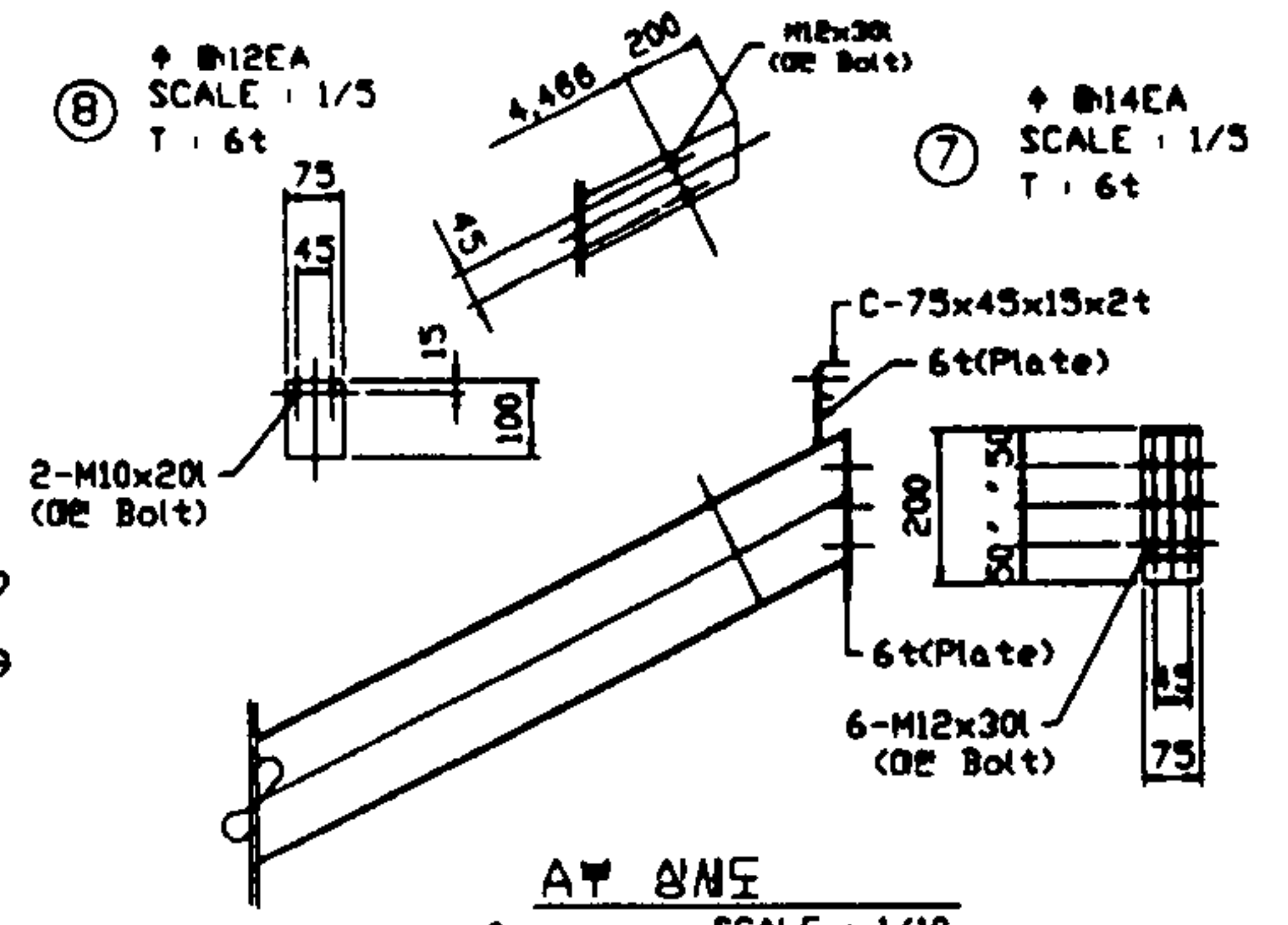
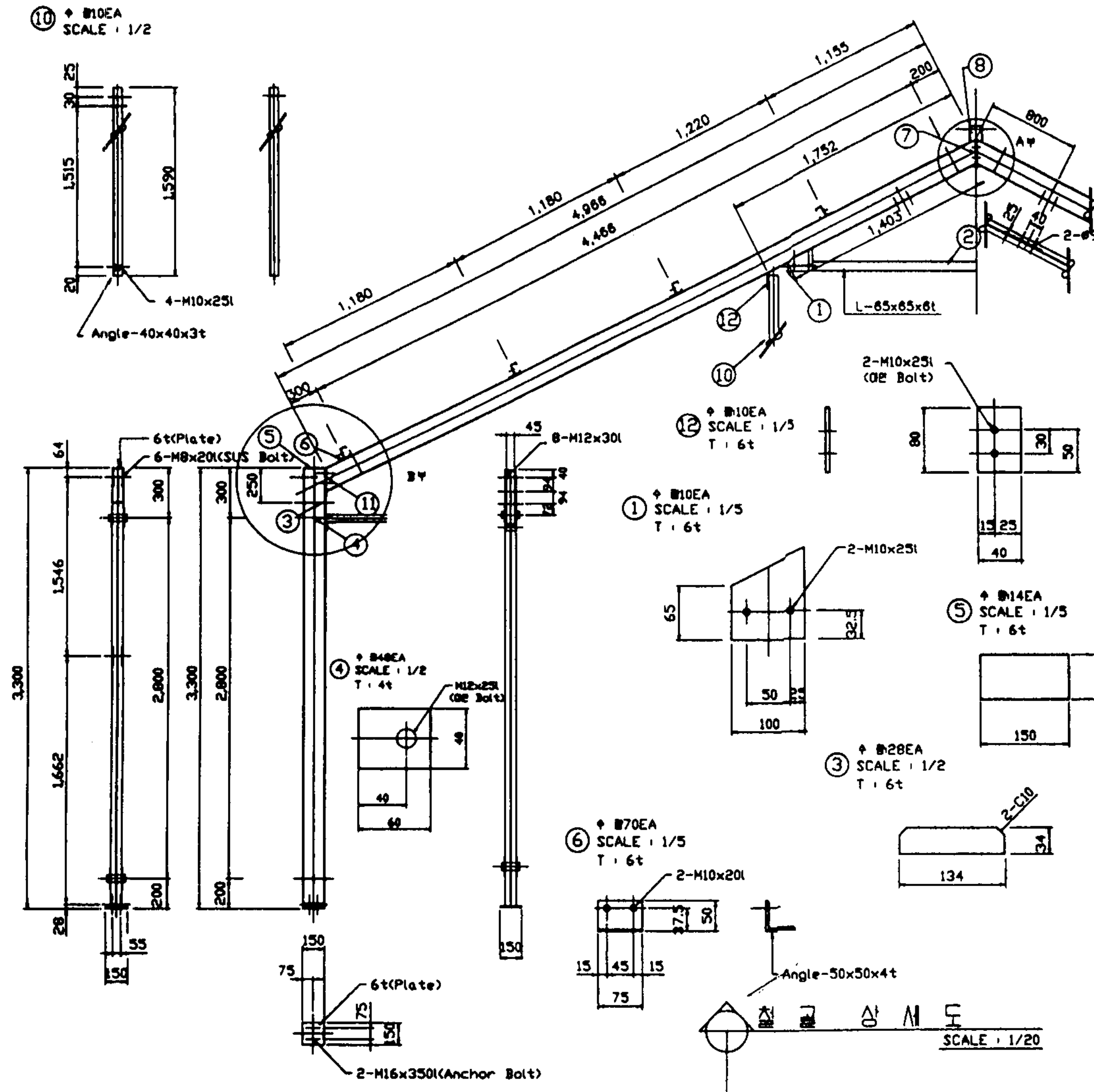
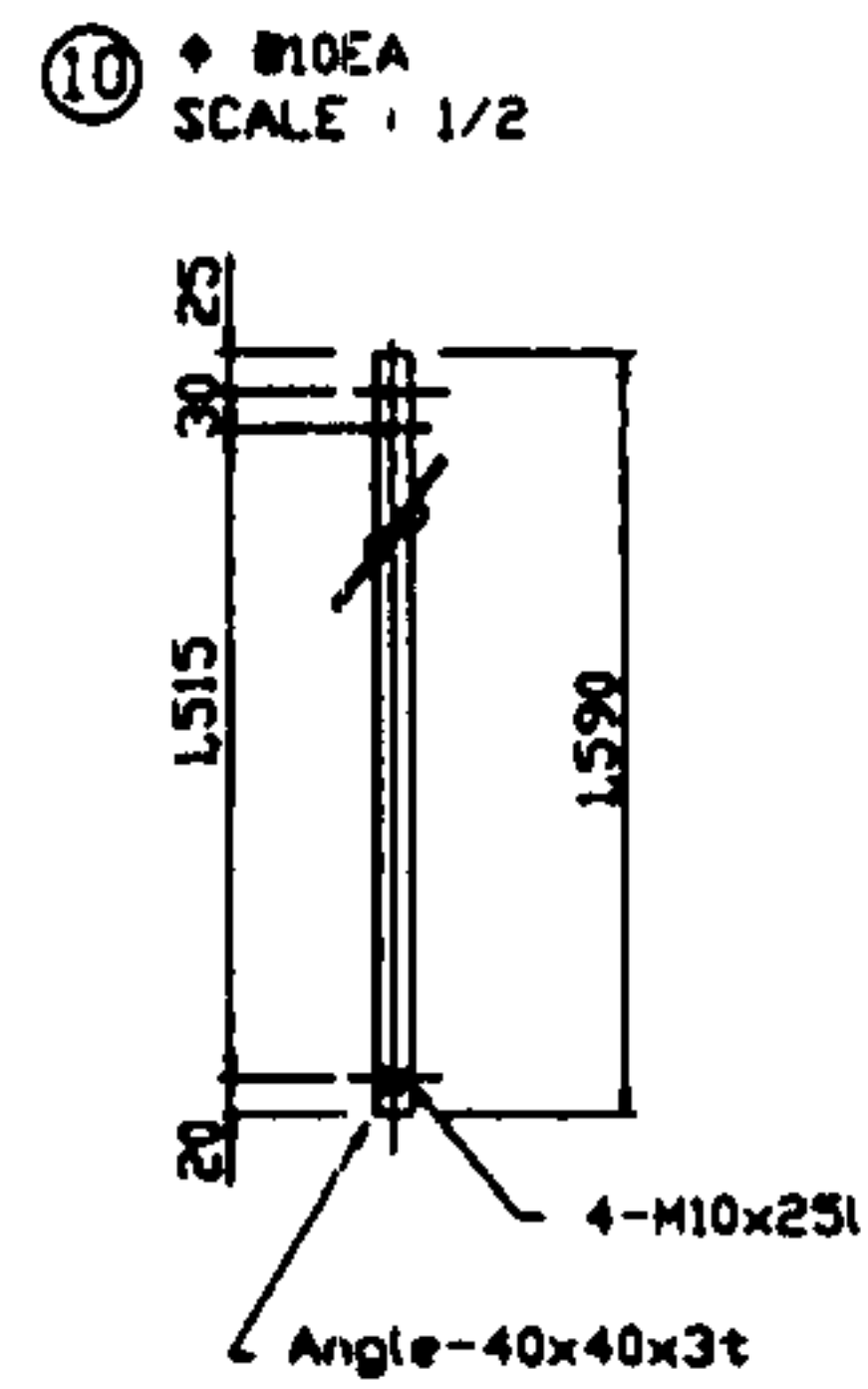
<p>1 8 0 7</p> 	<p>4 28 28 28</p> 	<p>5 28 0 28 28</p> 	<p>6 28 28 28</p> 	<p>7 42 0 28 28</p> 	<p>8 28 28 Bar</p> 			
<p>2 28 0 28</p> 	<p>9 28 0 28 28</p> 	<p>10 28 0 28 28 (1)</p> 	<p>11 28 0 28 28 (2)</p> 	<p>12 28 0 28 28</p> 	<p>13 28 28 Cap</p> 			
<p>3 28 0 28 28</p> 	<p>14 28 0 28 28</p> 	<p>15 28 0 28</p> 	<p>16 28 0 28</p> 	<p>17 28 0 28</p> 	<p>18 28 0 28 28</p> 	<p>19 Bar 0 28</p> 	<p>20 Bar 28 (1)</p> 	<p>21 Bar 28 (2)</p> 



코너 부분 상세도
 SCALE : 1/2

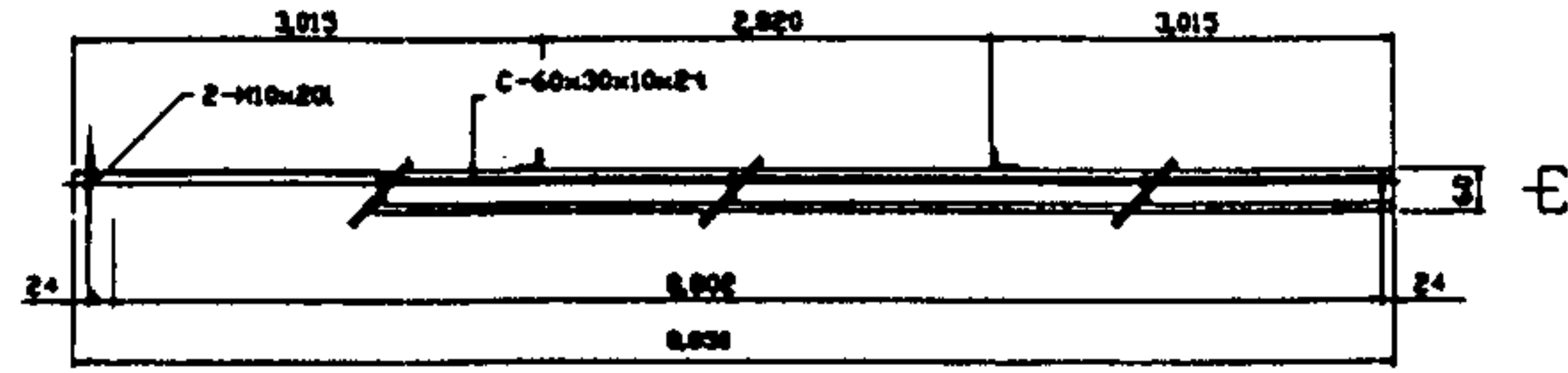


축면 구조 상세도
SCALE : 1/30

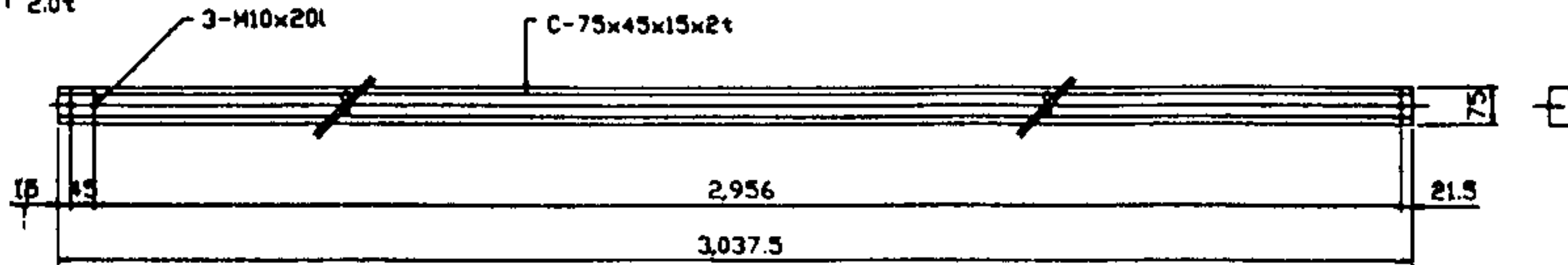


①	②	③	④
2EA	5EA	16EA	40EA
14EA	4EA		

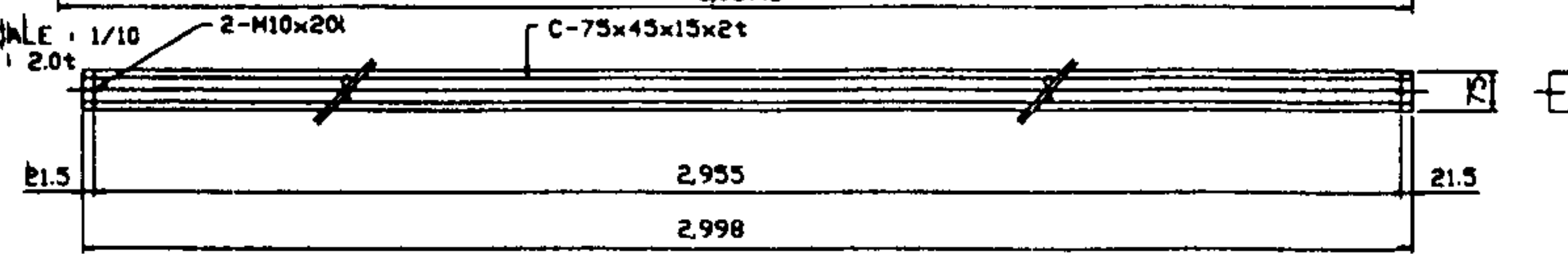
④ SCALE : 1/10
T : 2.0t



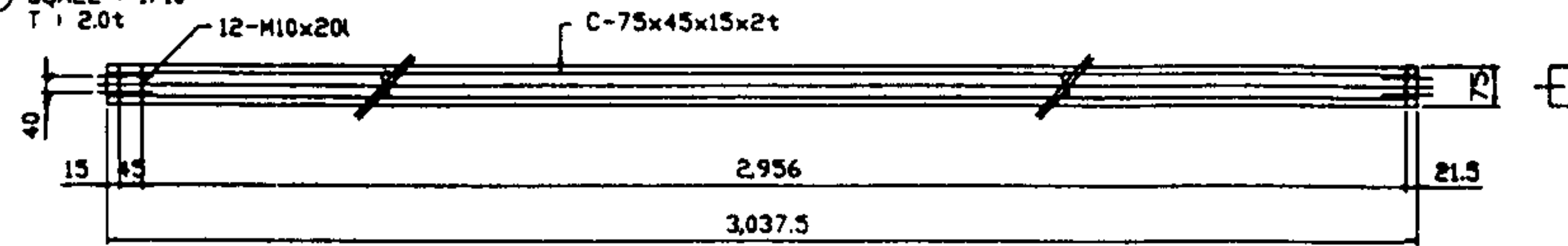
② SCALE : 1/10
T : 2.0t



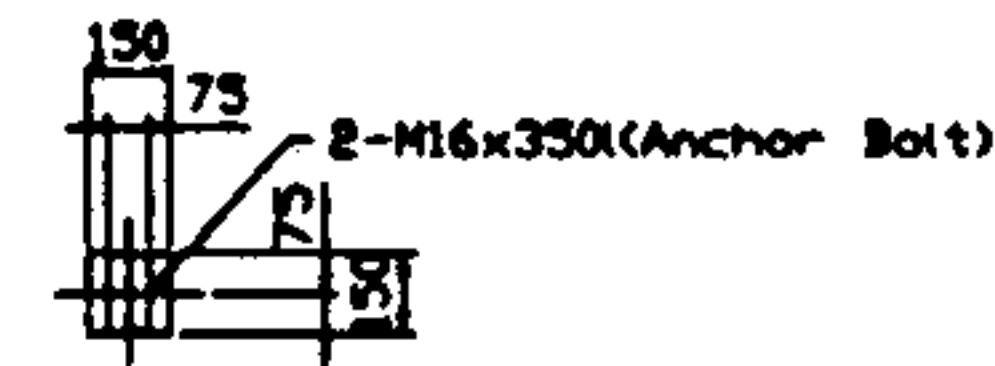
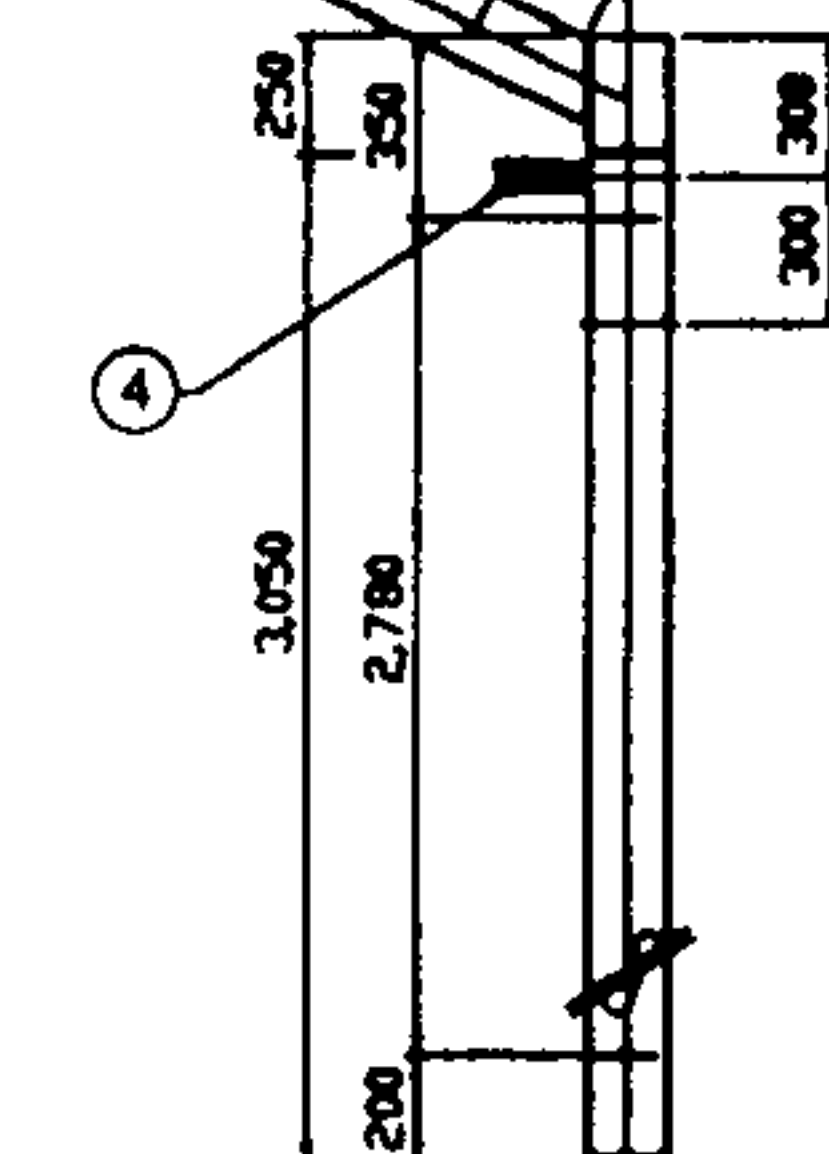
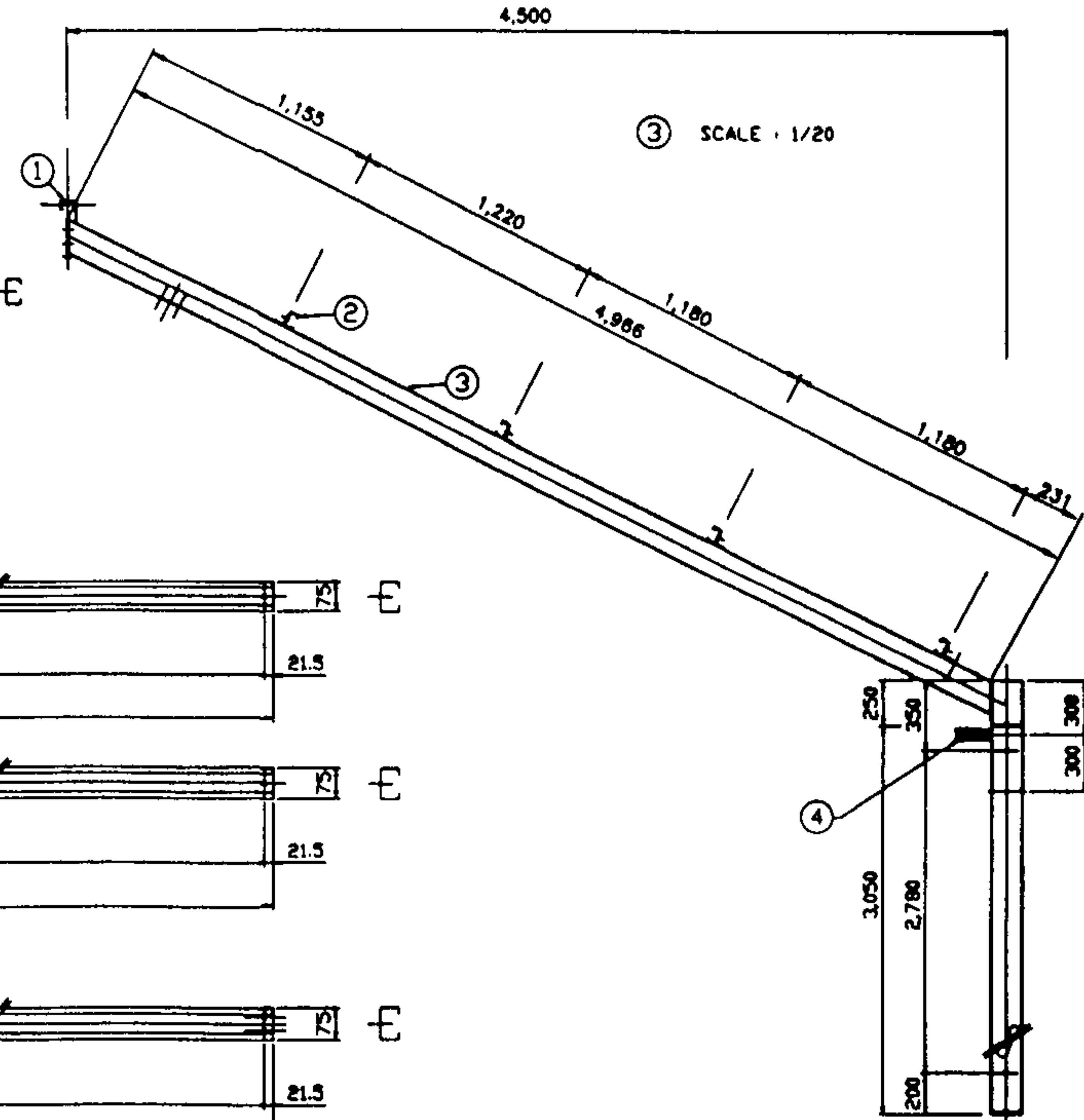
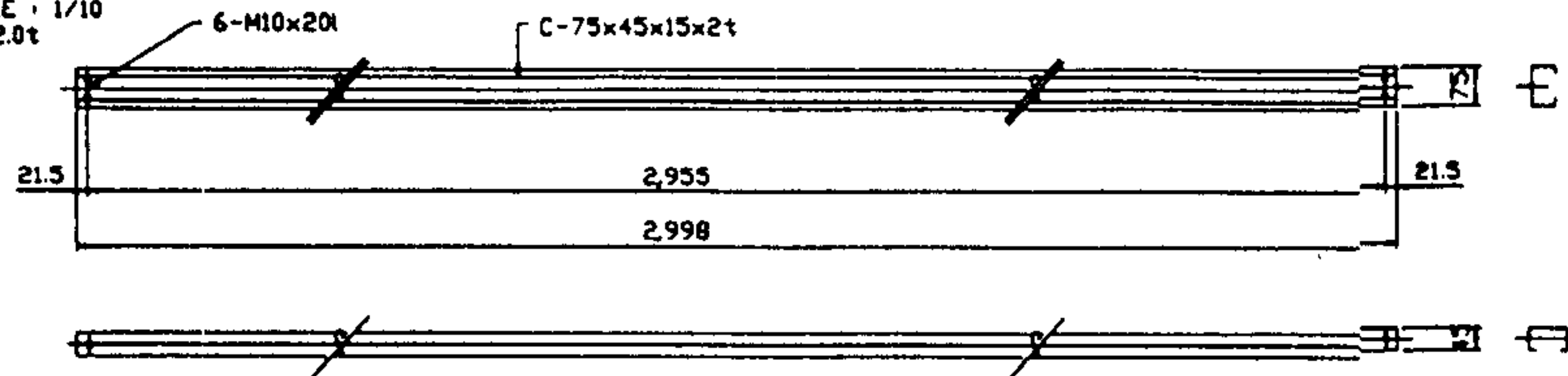
② SCALE : 1/10
T : 2.0t



① SCALE : 1/10
T : 2.0t

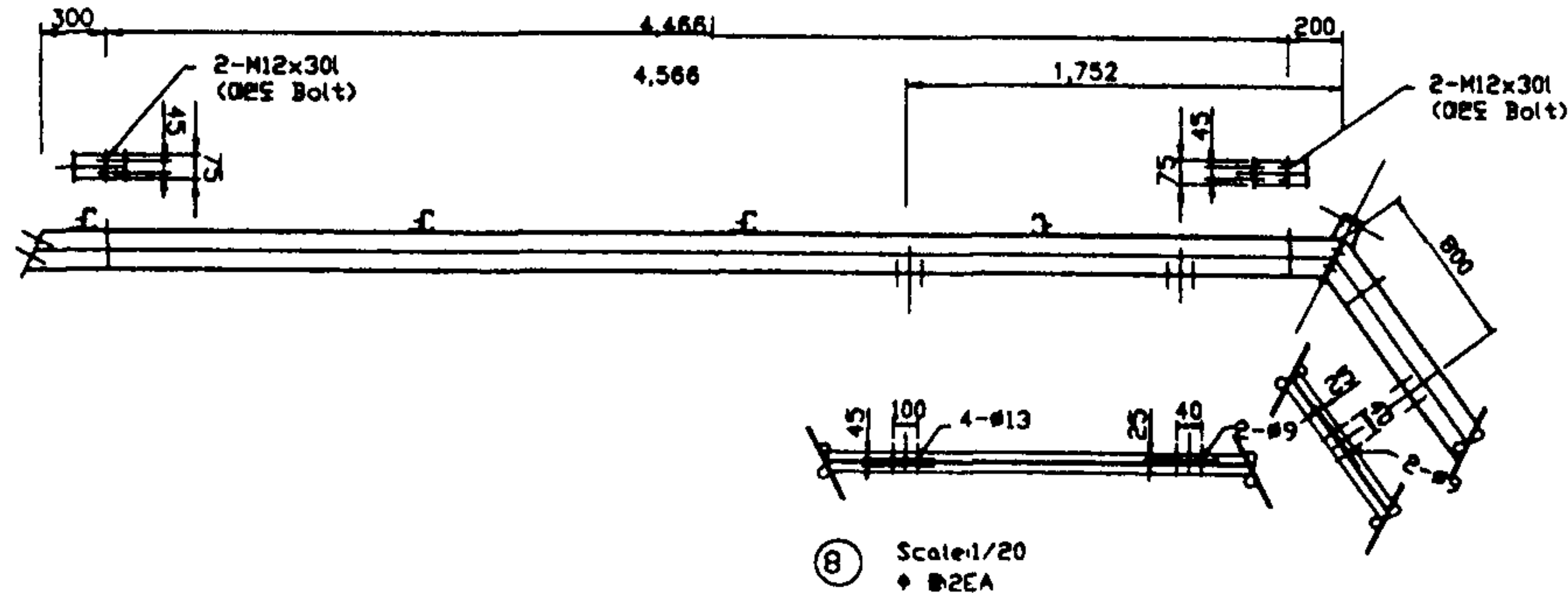


① SCALE : 1/10
T : 2.0t

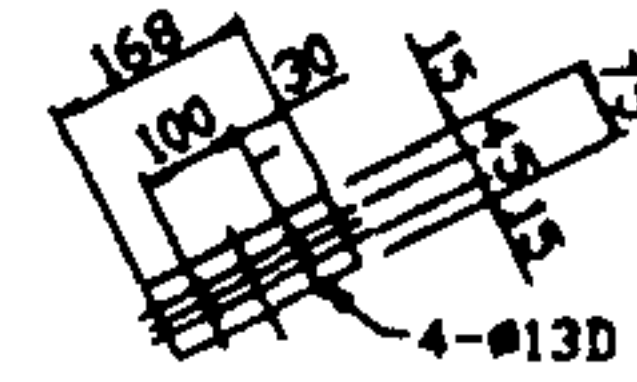


정기상사
SCALE : 1/20

1열, 7열 기둥 트러스 상세도

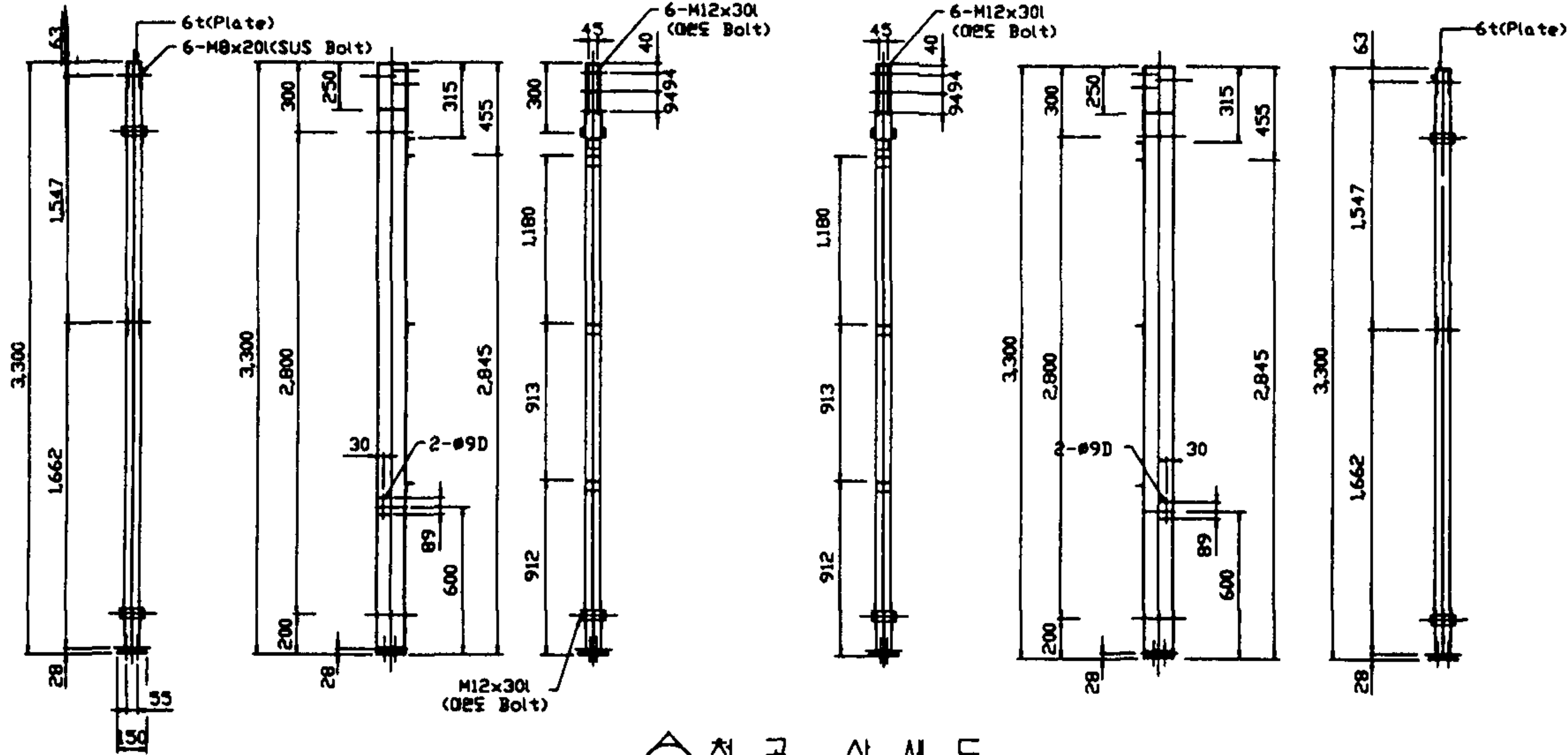


① Scale: 1/20
 ⬆ 4EA
 T: 6t

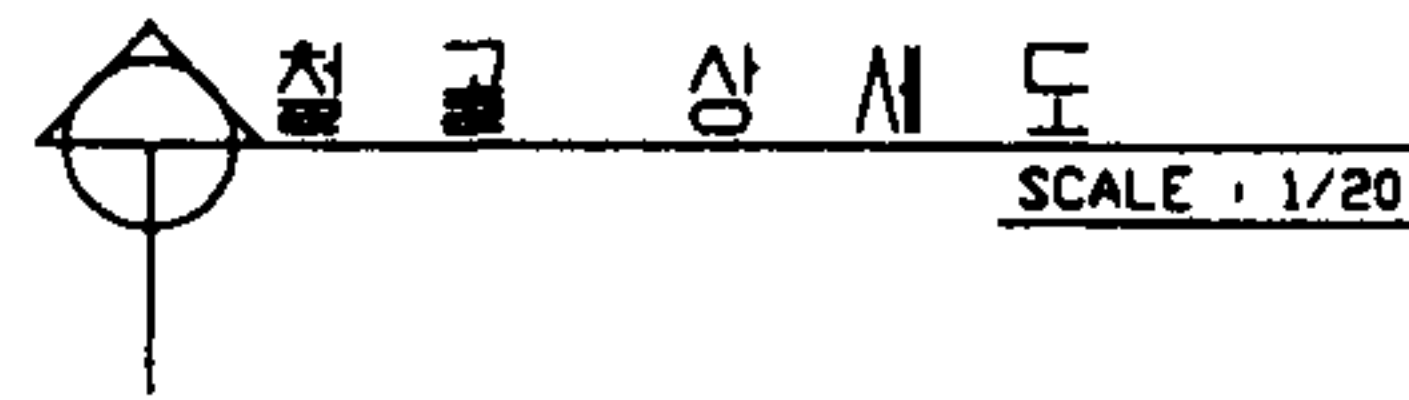
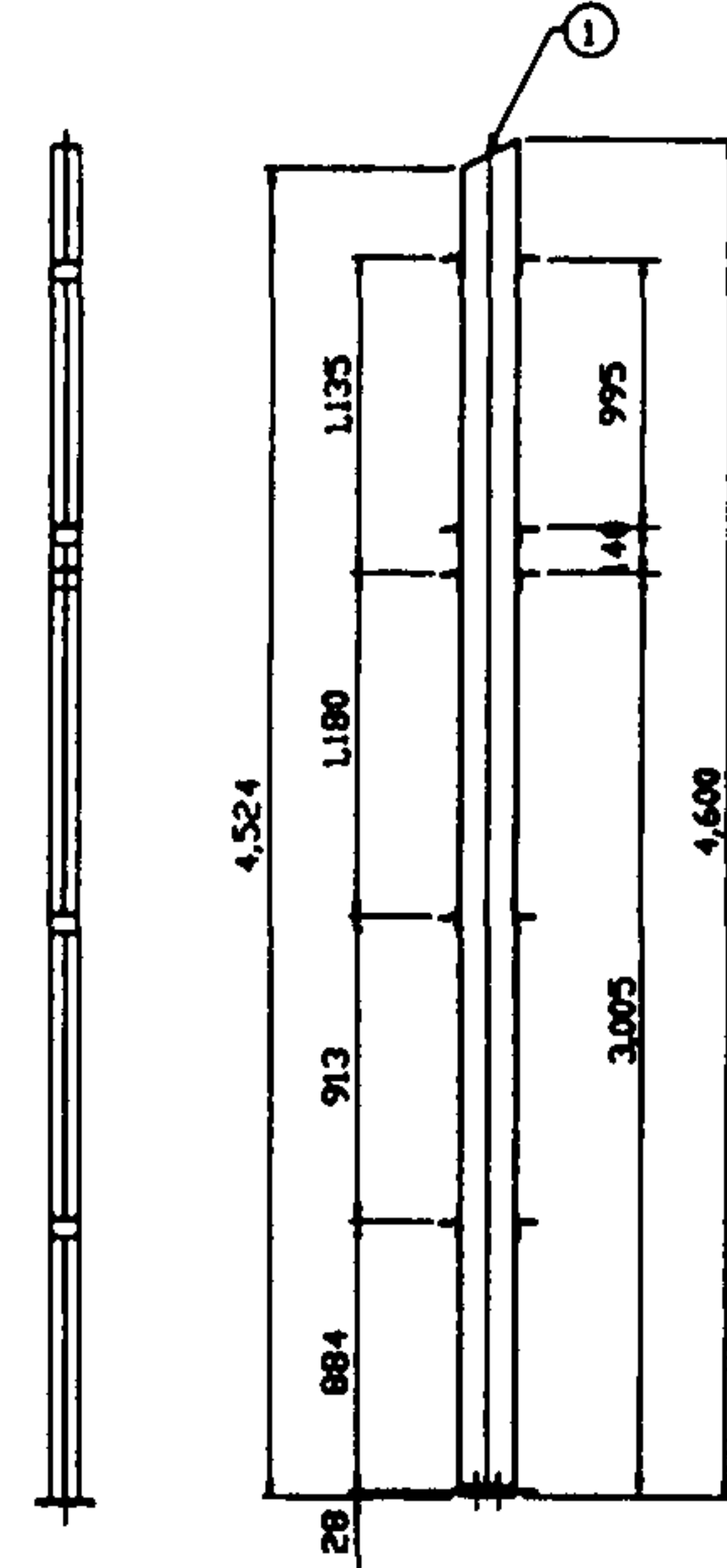


⑦ Scale: 1/20
 ⬆ 4EA

⑤ Scale: 1/20
 ⬆ 2EA

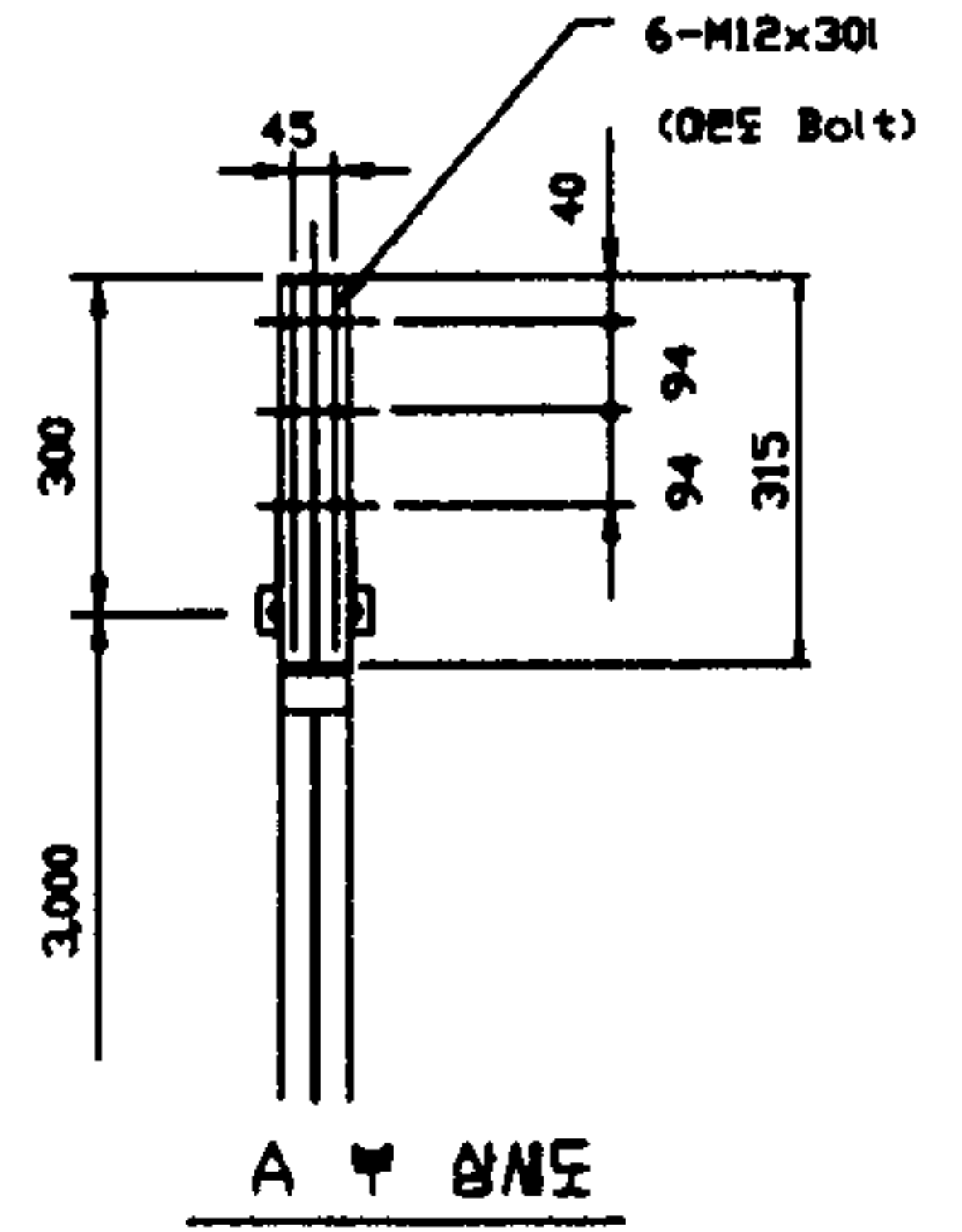
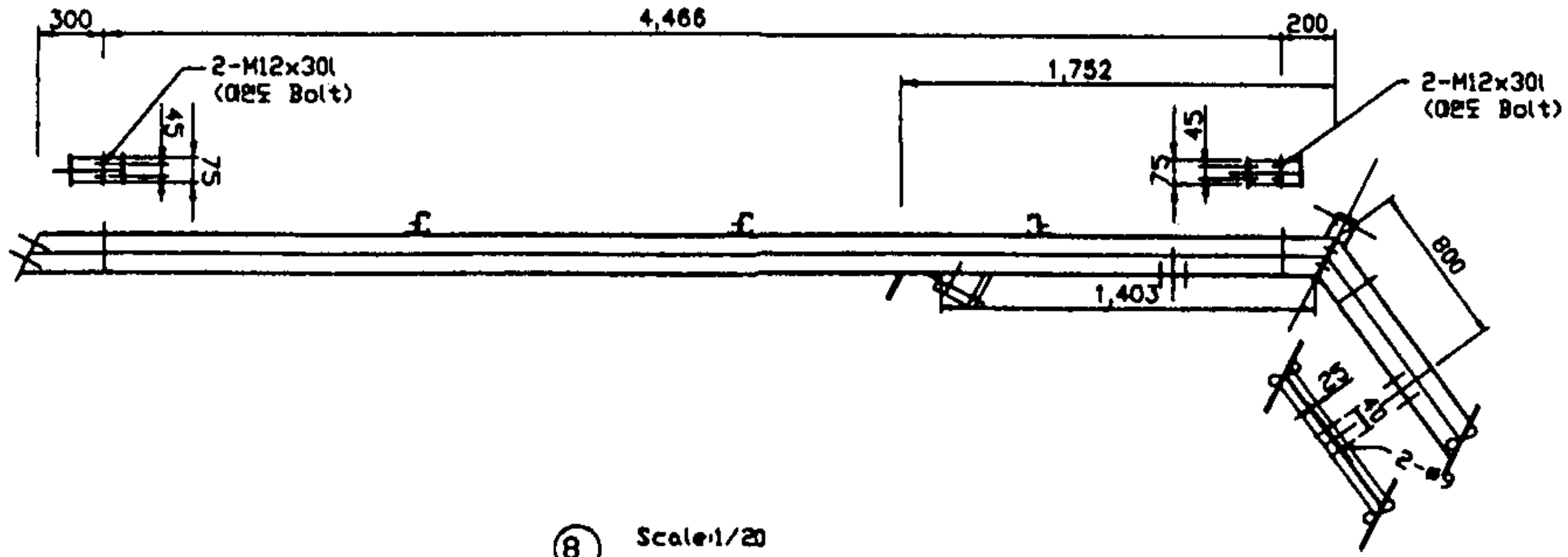


⑧ Scale: 1/20
 ⬆ 2EA

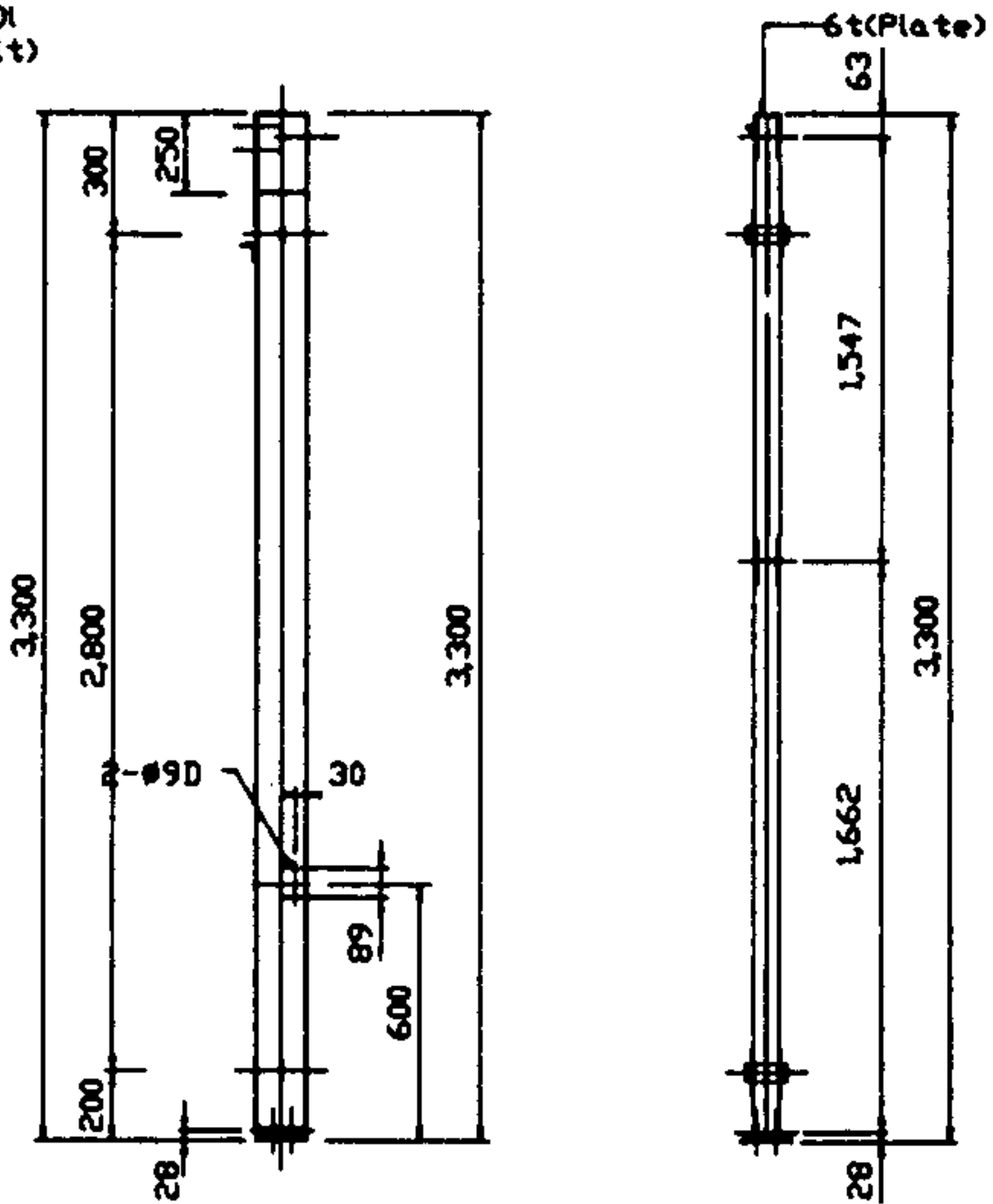
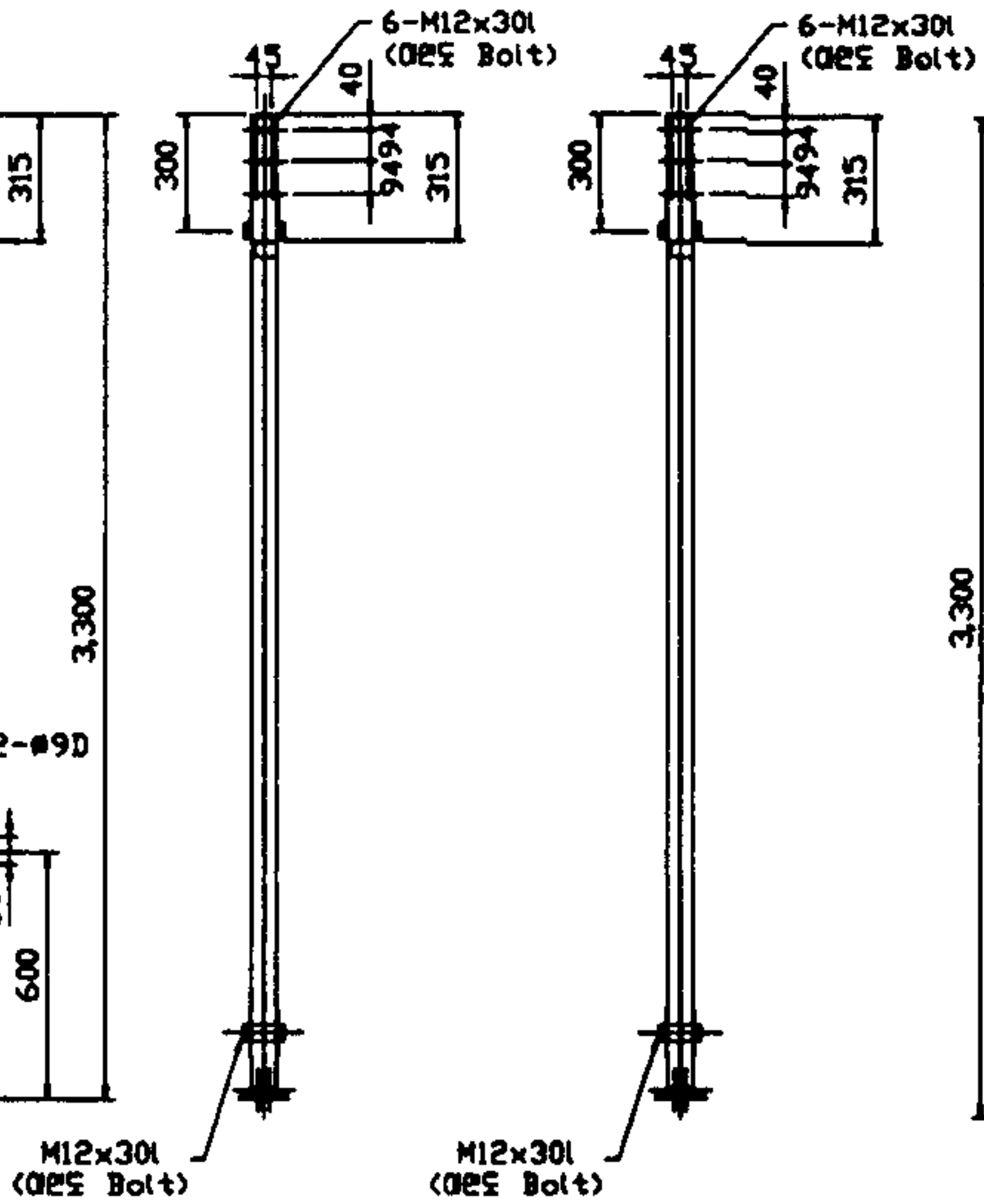
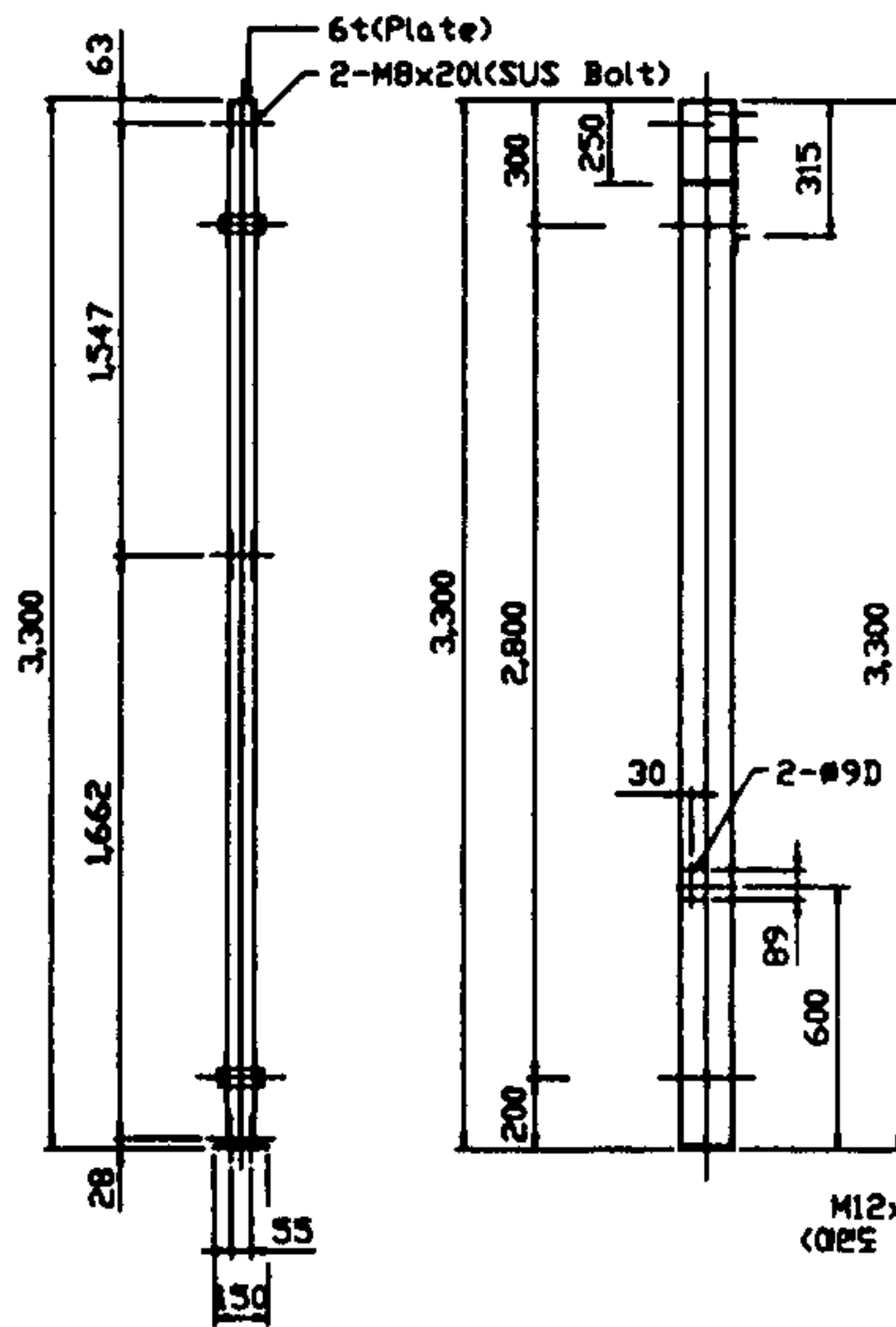


2열에서6열까지 기동 트리스 상세도

⑤ ϕ 10EA
SCALE : 1/20

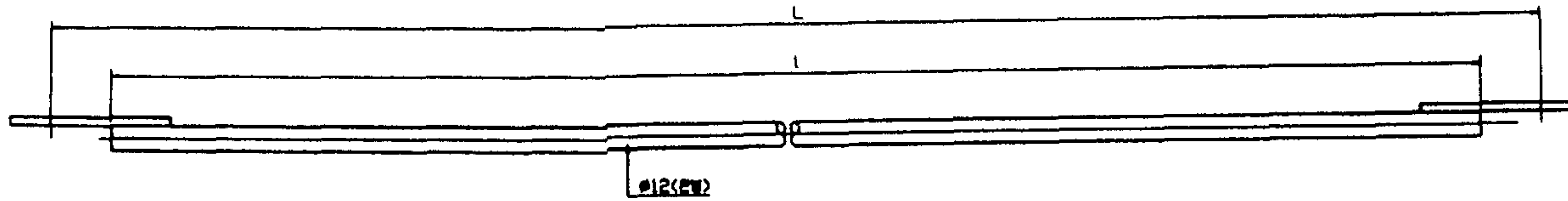


⑥ Scale:1/20
 ϕ 5EA

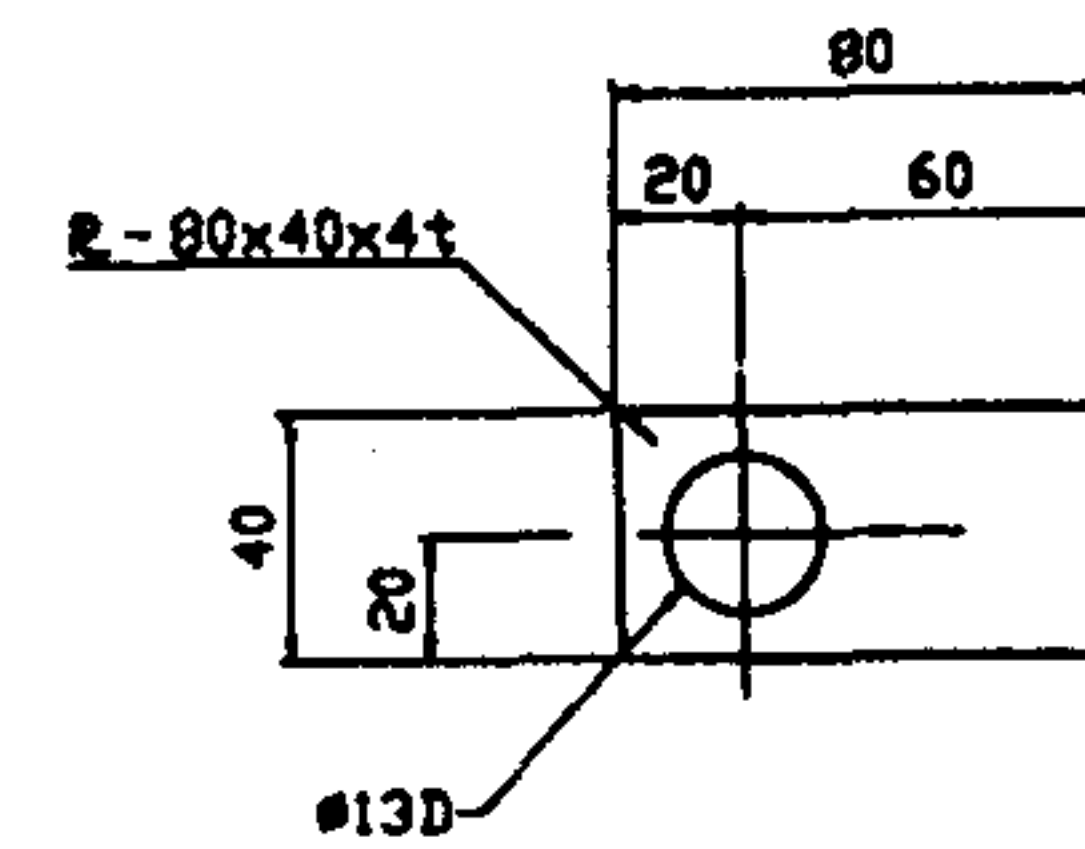


⑧ Scale:1/20
 ϕ 5EA

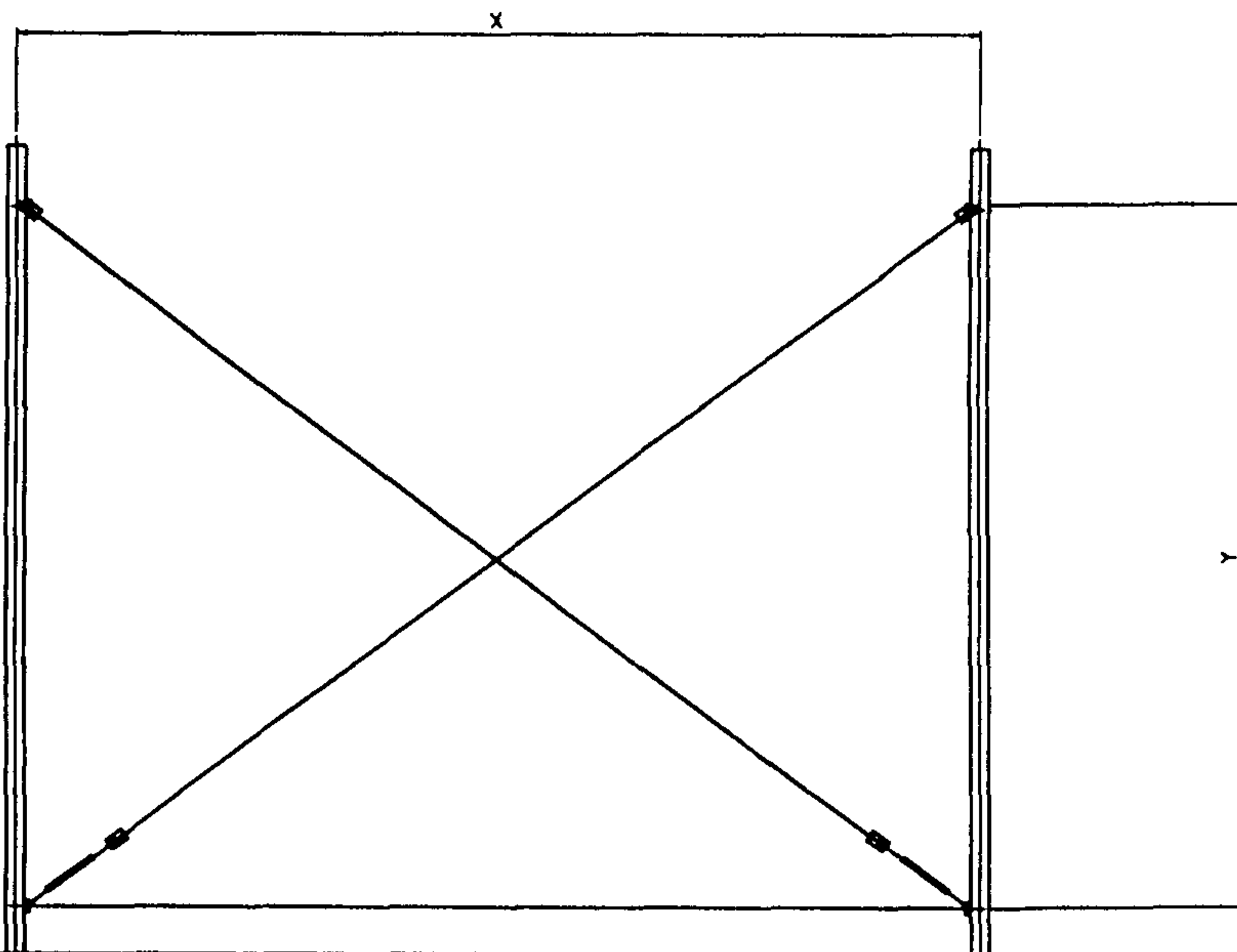
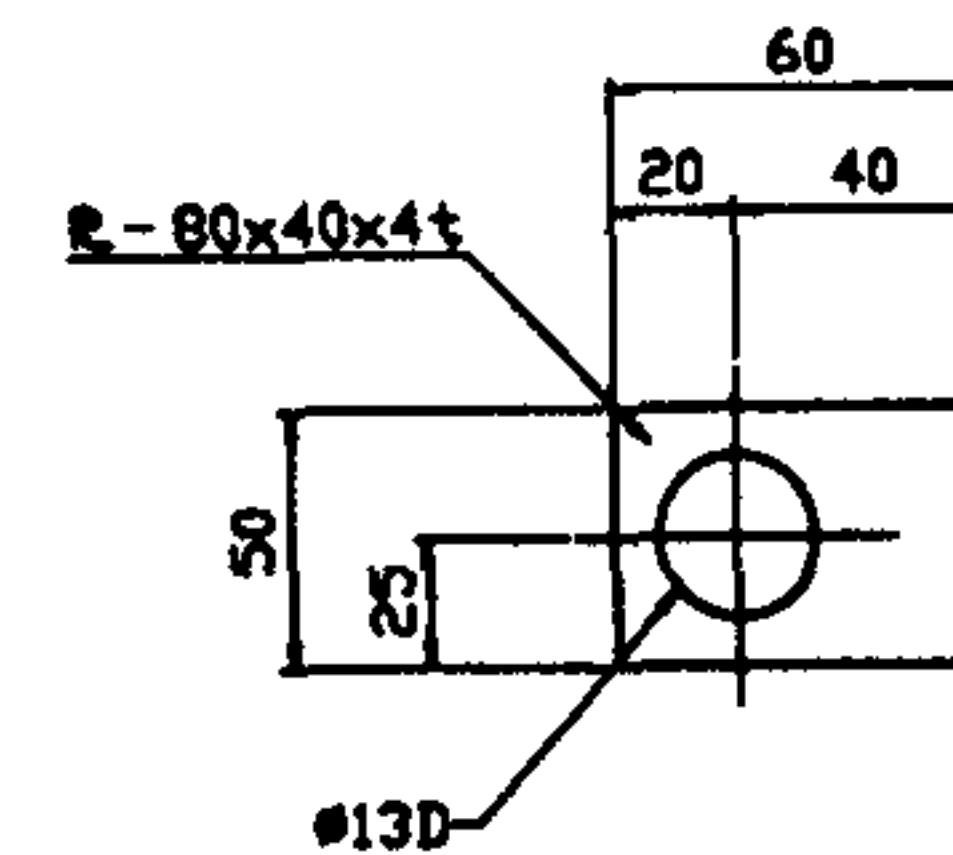
참고 상세도
SCALE : 1/20



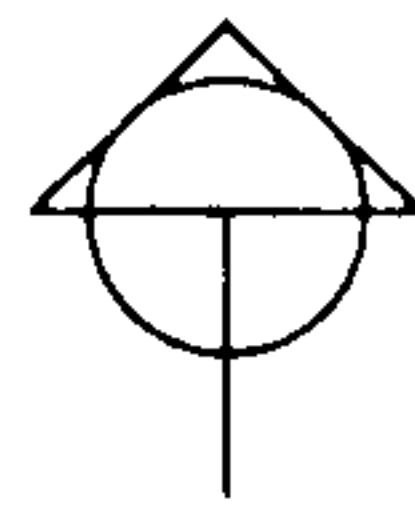
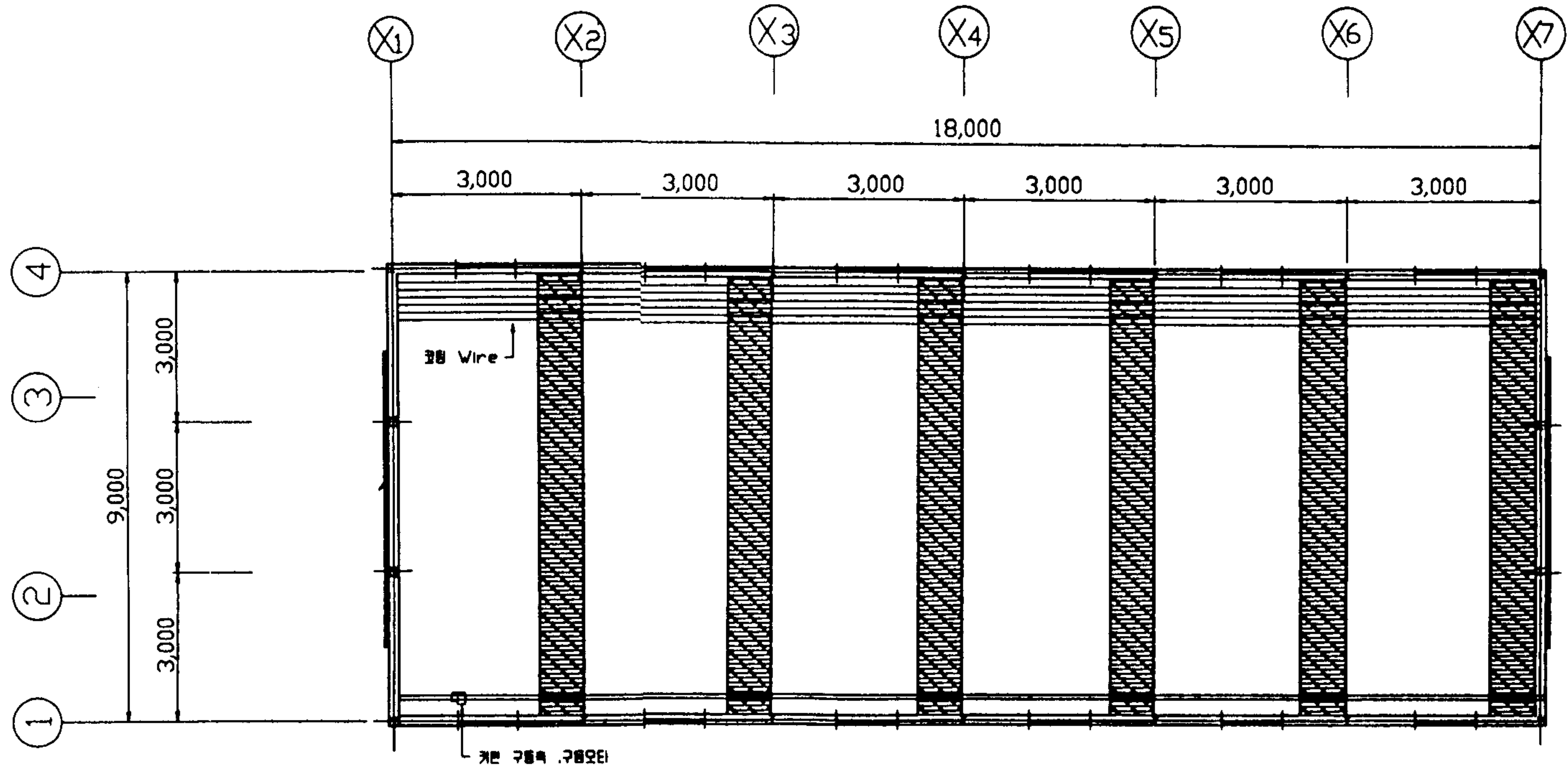
1 SCALE:1/1
PLATE:6T
φ 96EA



2 SCALE:1/1
PLATE:6T
φ 48EA



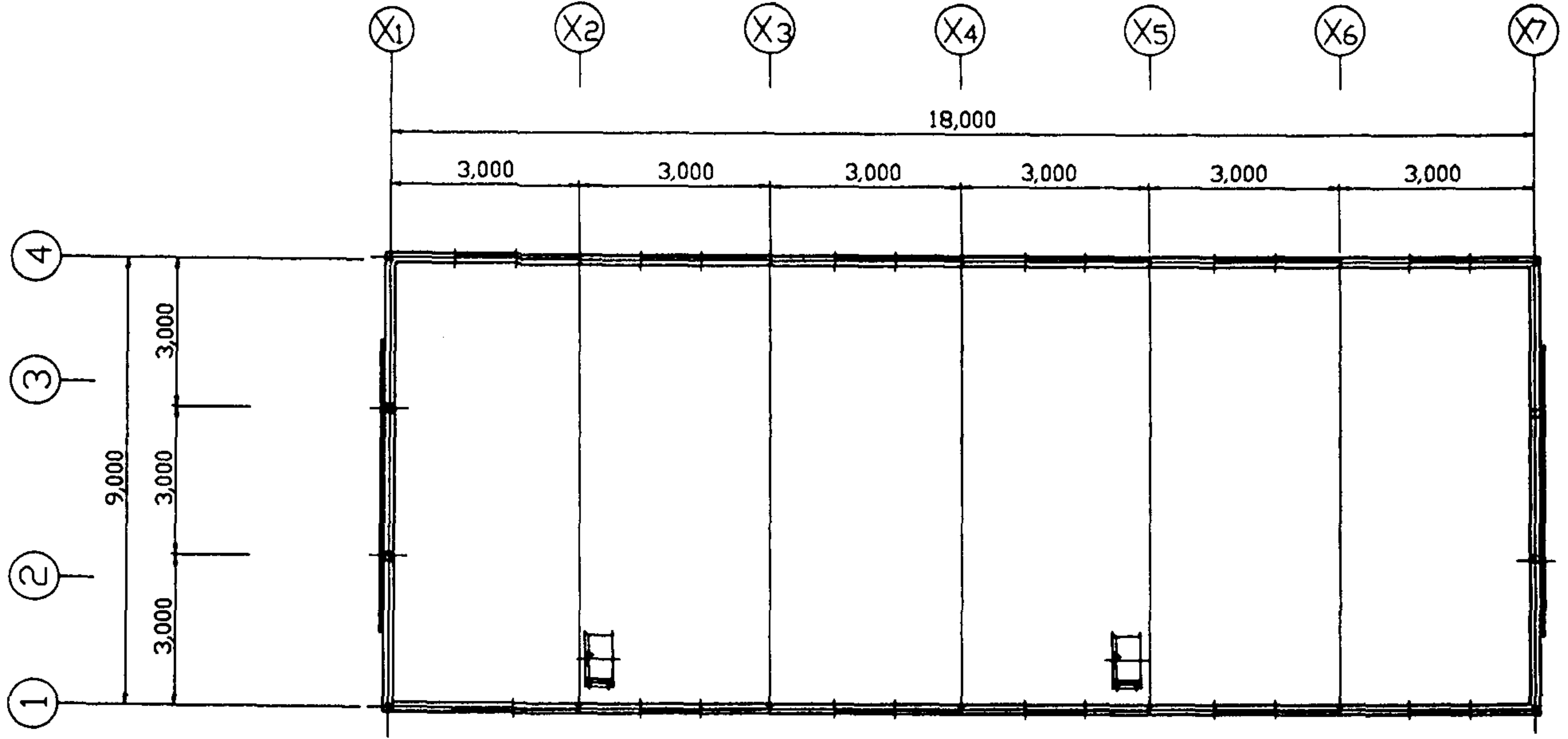
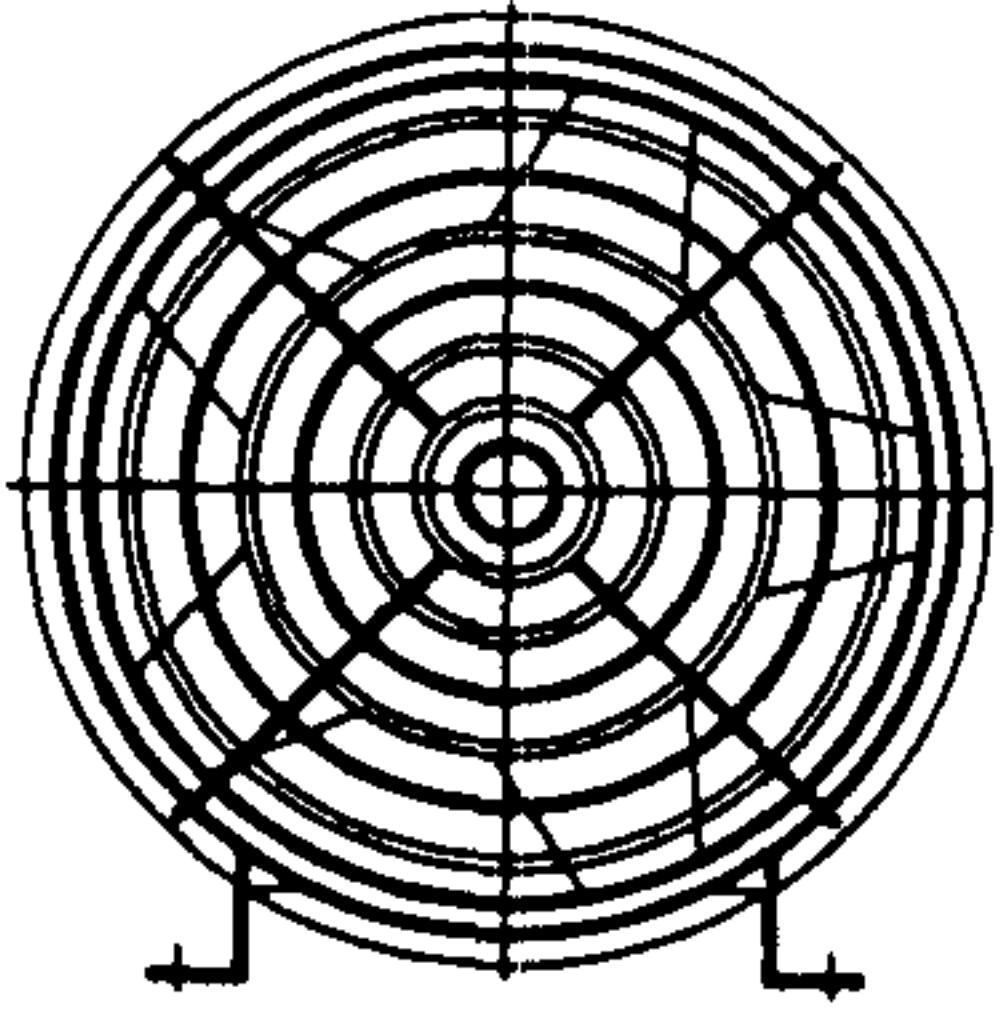
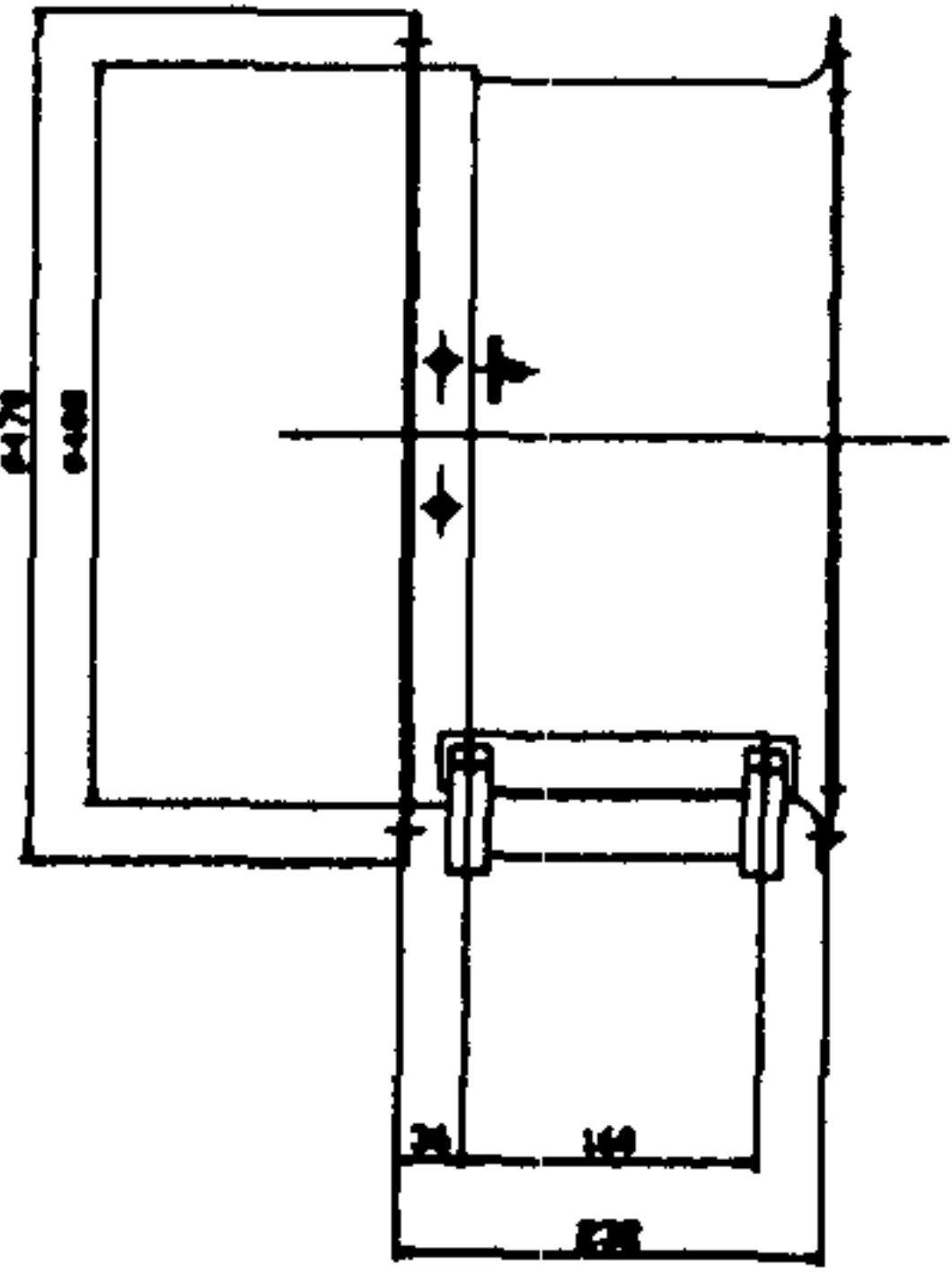
구분	L	l	φ	종	단	비
A	4,050	3,990	56EA	기	5	
B	4,050	3,990	140EA	□□	2B	
C	5,290	5,250	214EA	□ □ □	△	



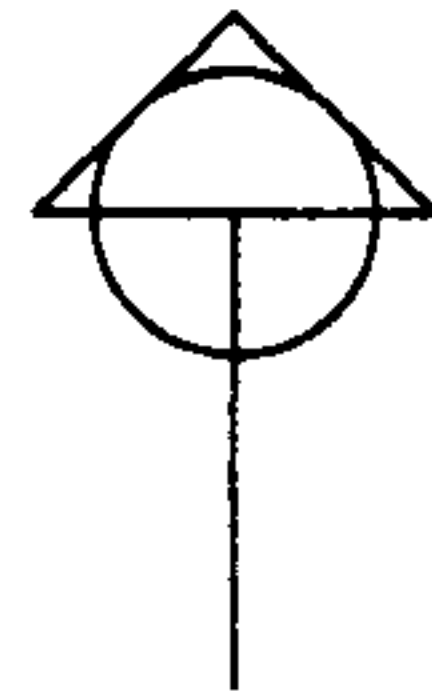
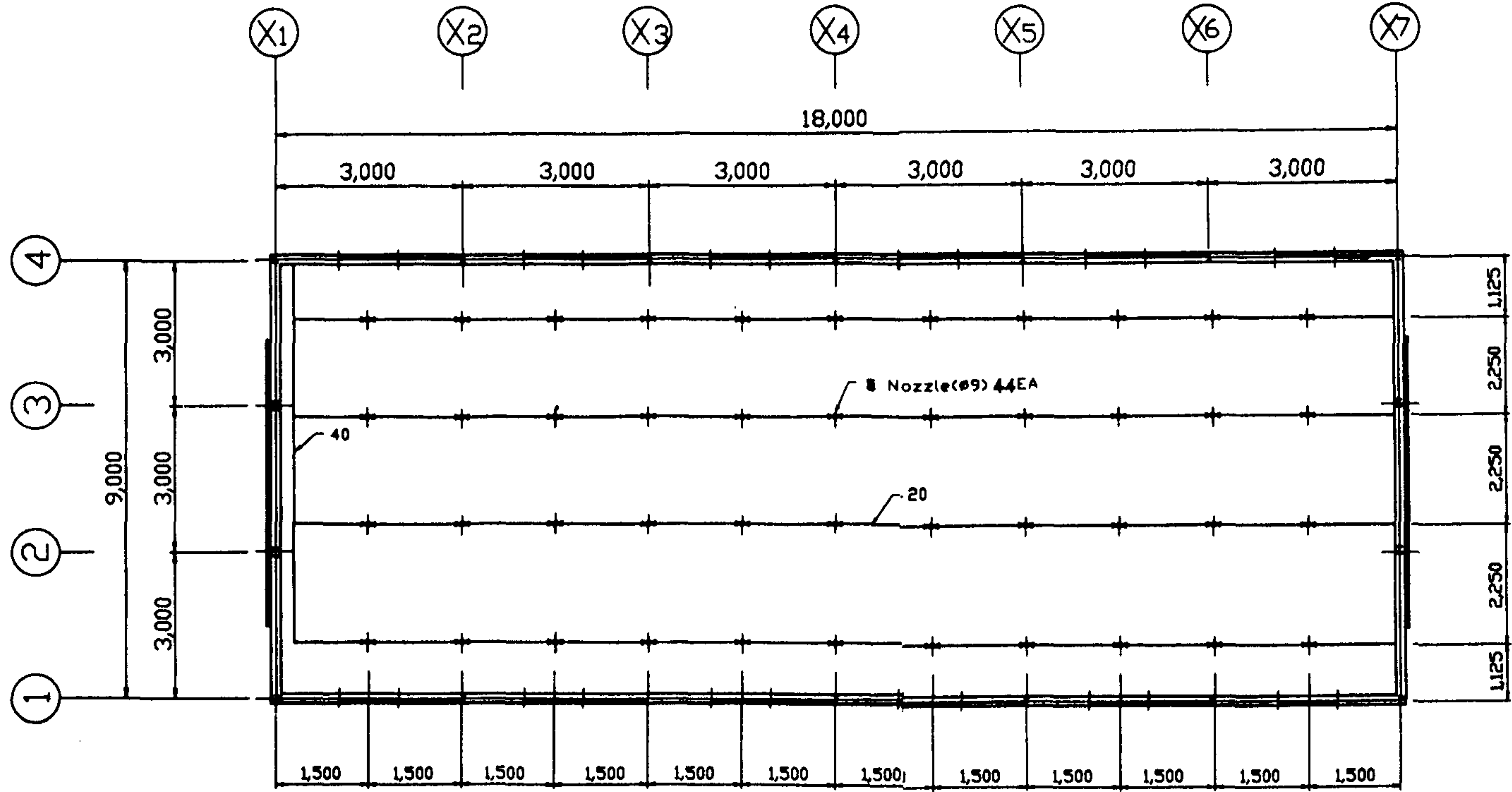
커튼개폐장치평면도

SCALE : 1/30

-251-

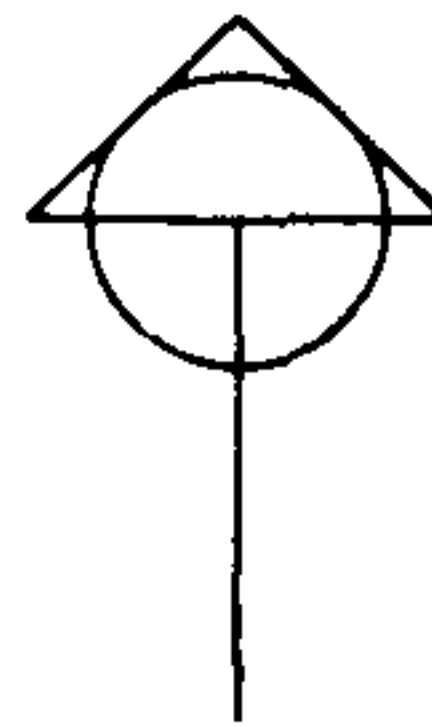
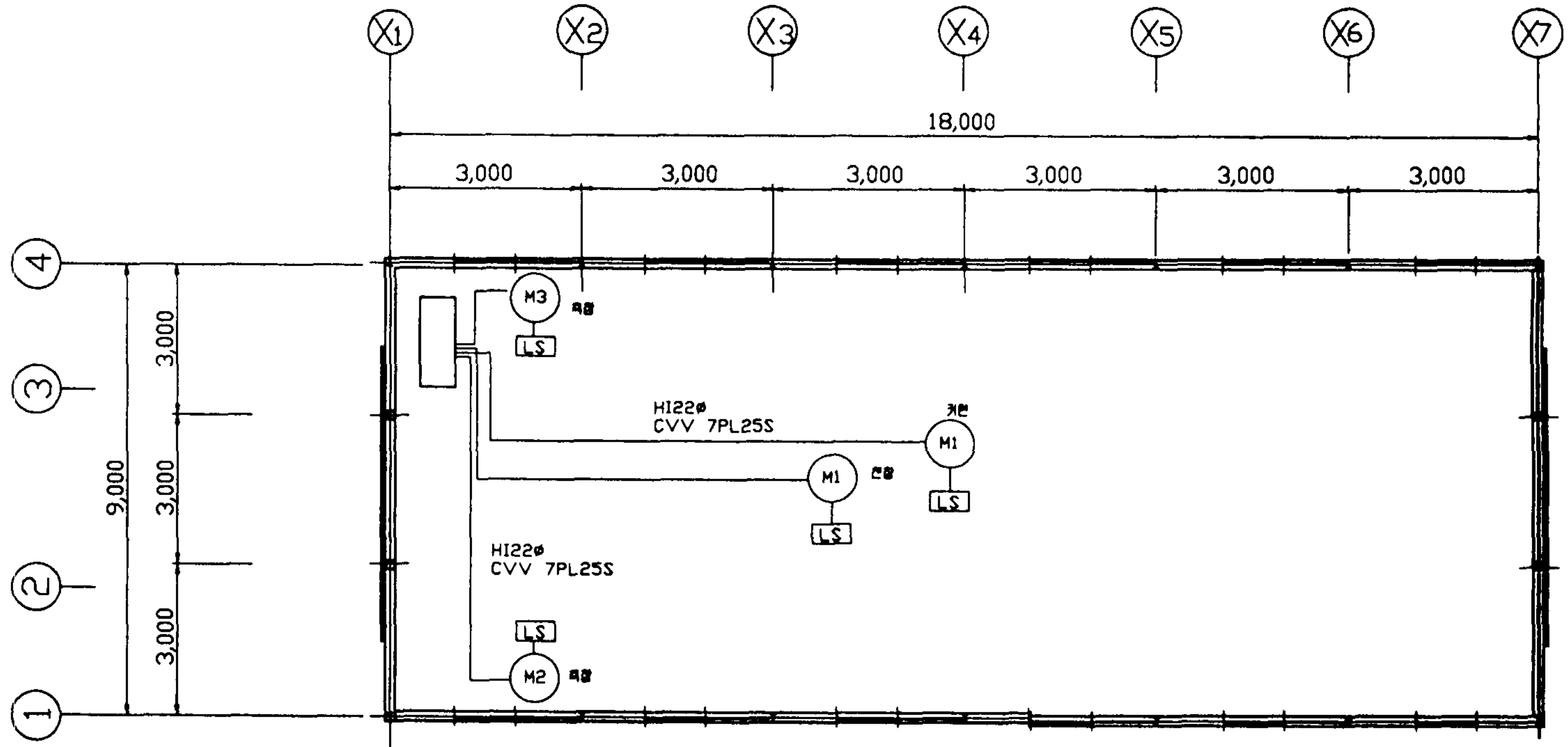


덕트관 배치도
SCALE : 1/30



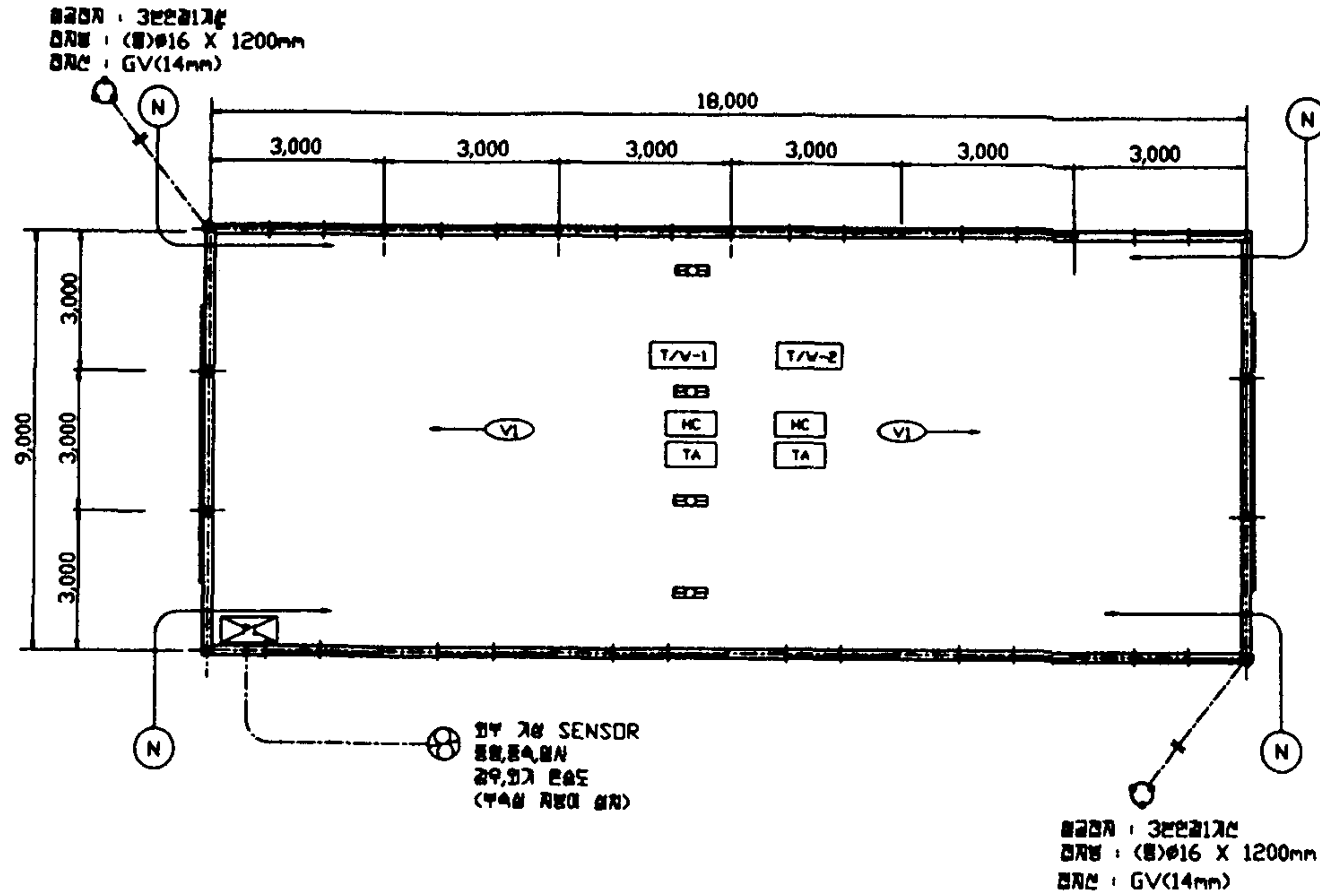
MIST 배관 평면도

SCALE : 1/



유리온실 자동화 전기배선도

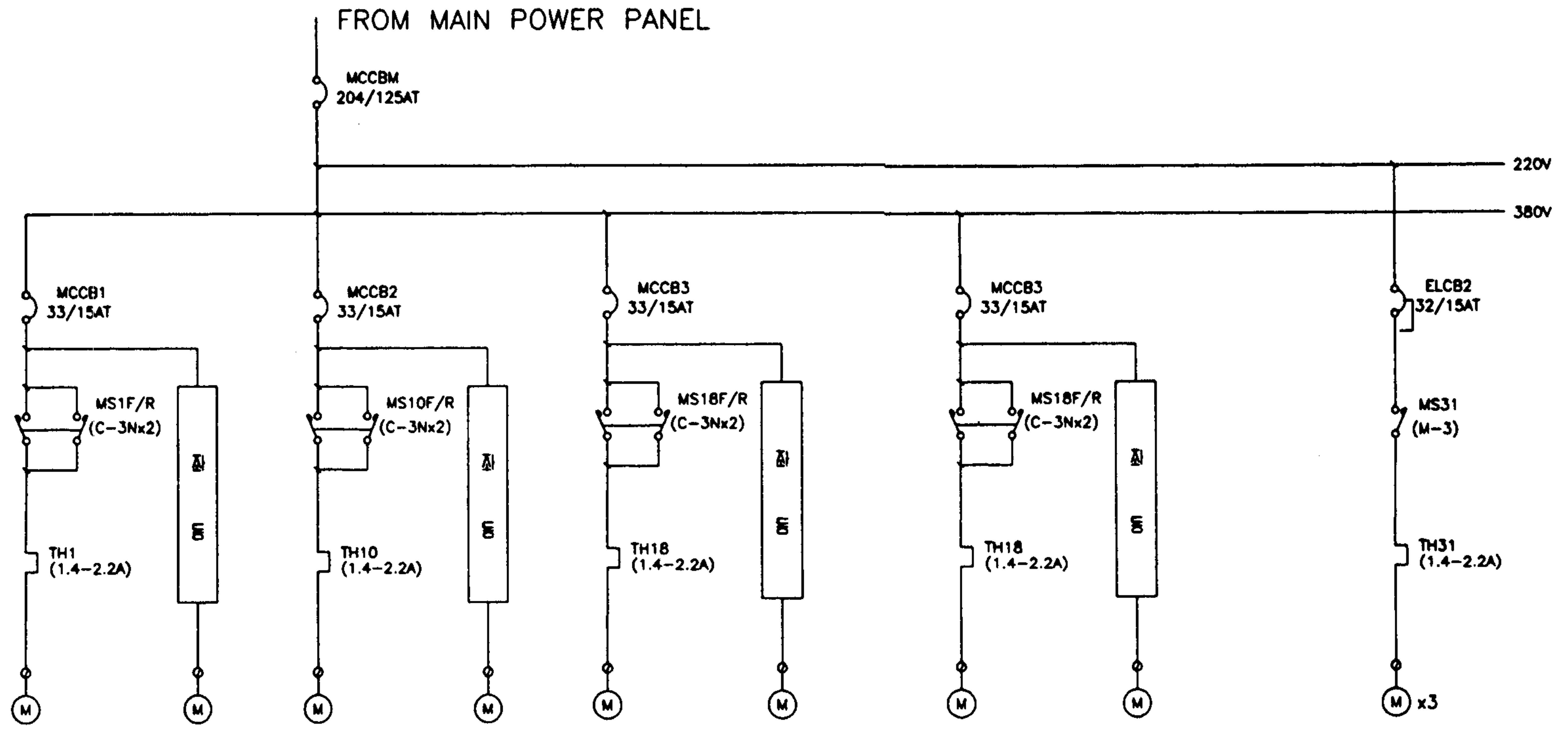
SCALE : 1/75



명 칭		
기 호	범 례	규 격
☒	MAIN POWER PANEL	
MC	천창 기중모터	
TA	내부커튼 기중모터	
VI	유동관	
T/V-1	온,습도계	
☒	형광등	

방 향 배 치 도

- ※ NOTE ※
1. 온습도 계기설치 위치는 노출된상태.
 2. 온습도 노출된상태 설치가 커튼 닫아진 상태에 가능할것.
 3. 커튼은 닫고있을 때, 설치를 해야함.
 4. 커튼감속은 필수적 유닛을 사용함.
 5. 커튼모터 위치를 정확히 파악



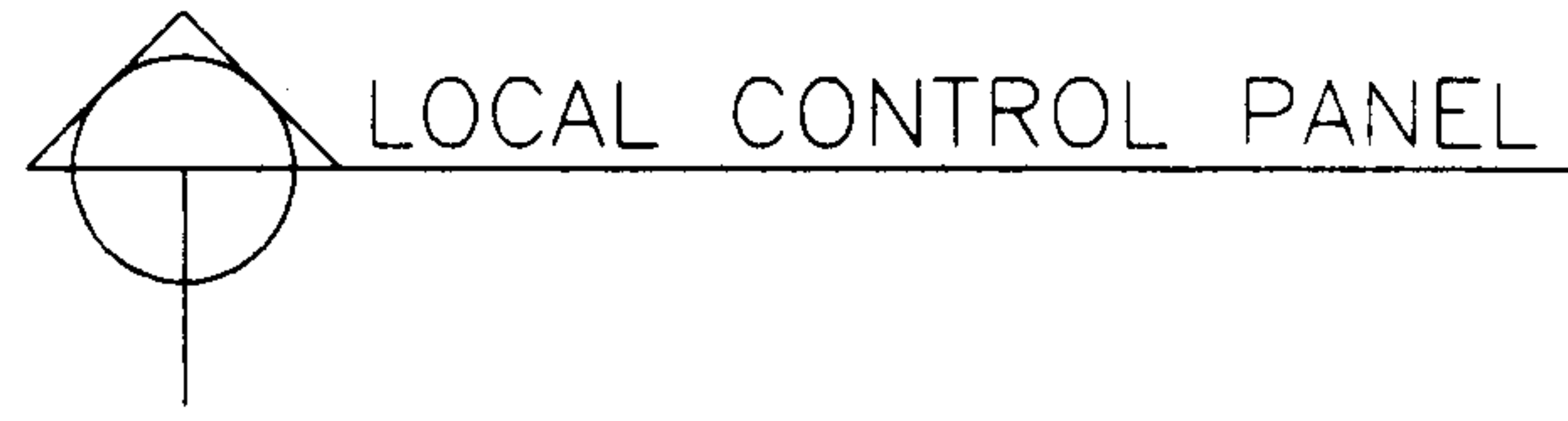
전장기표장치
380V 400Wx1

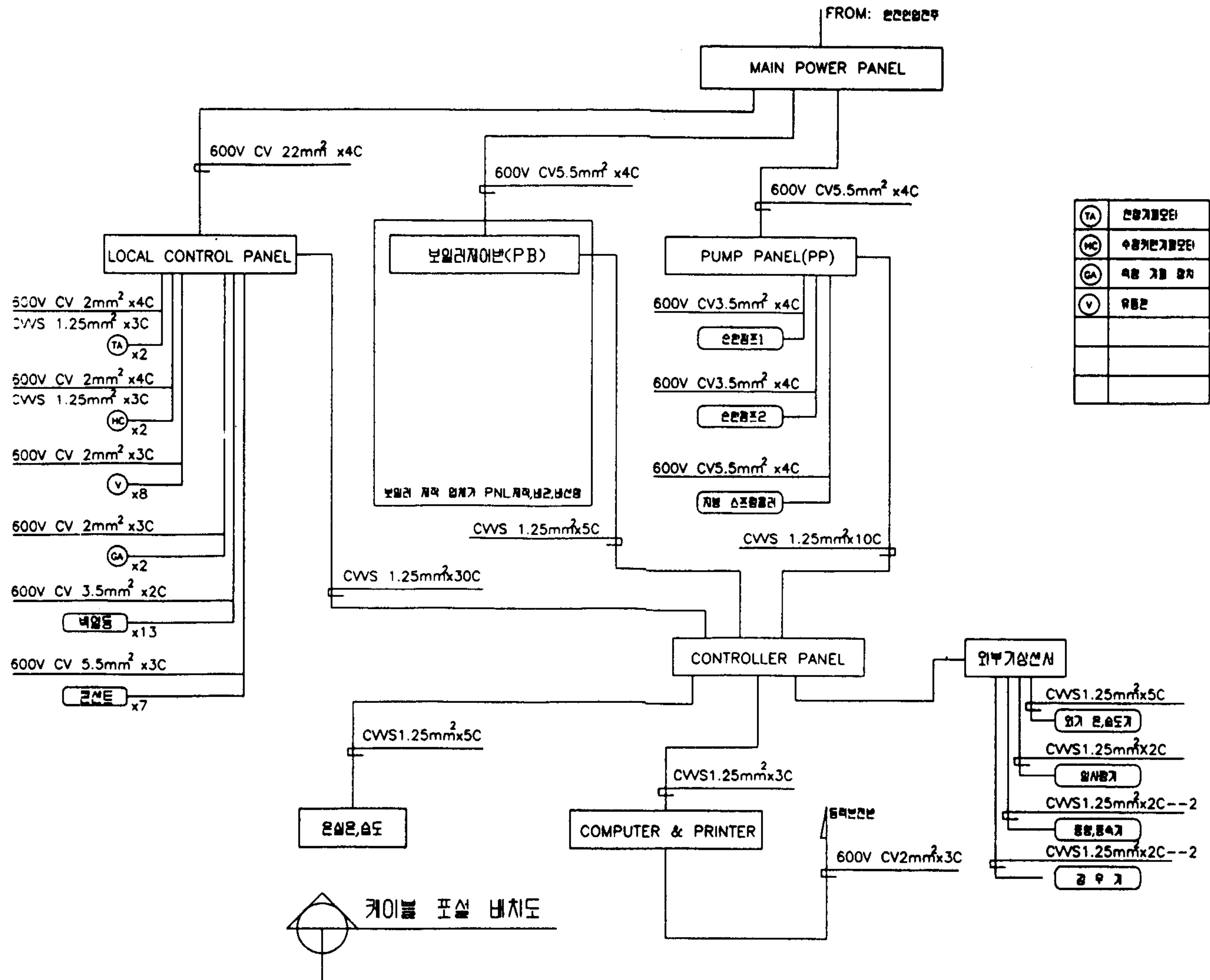
전장기표장치
380V 400Wx1

커튼기표장치
380V 400Wx2

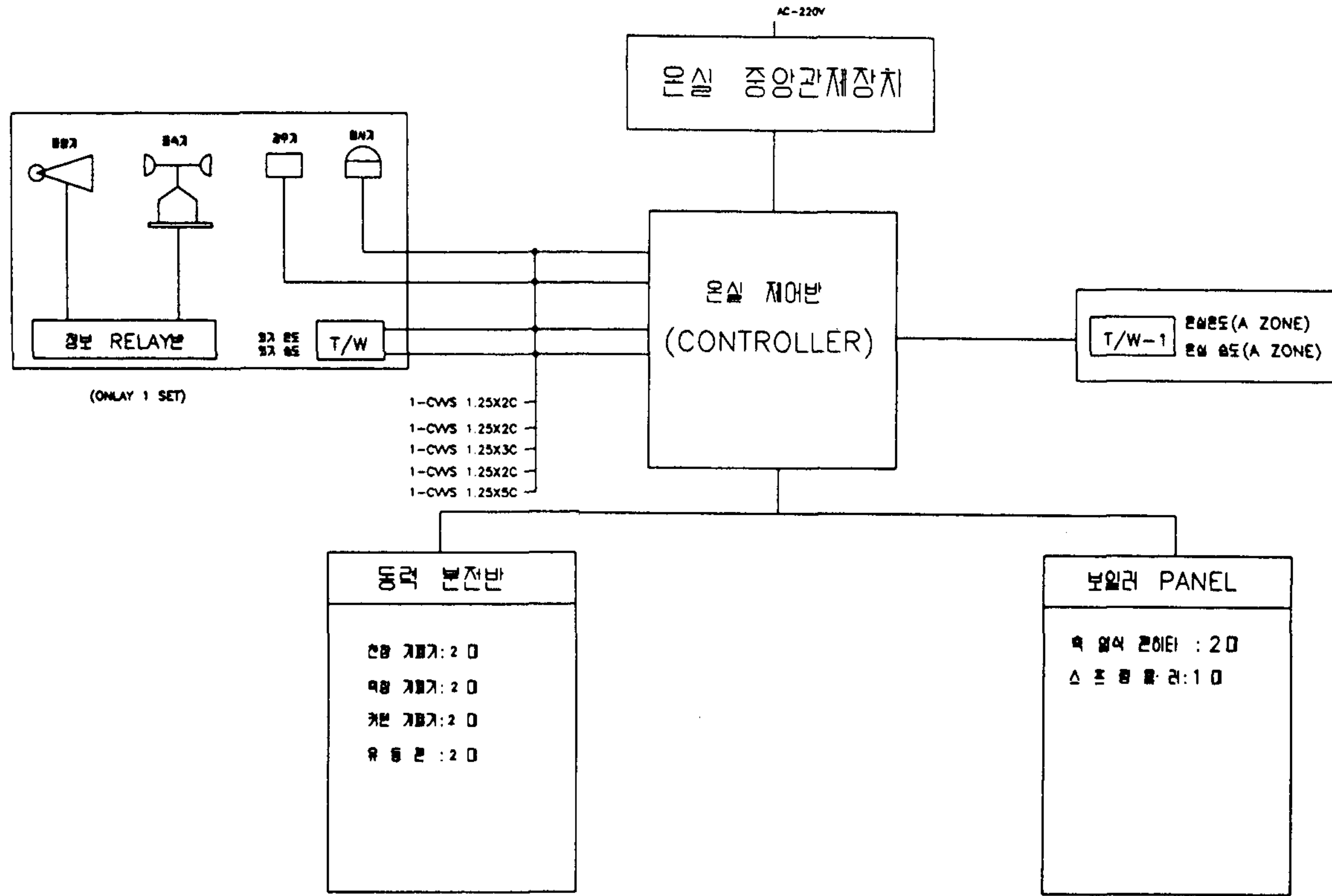
속상 기표 장치
380V 400Wx2

여 배
220V 90Wx4

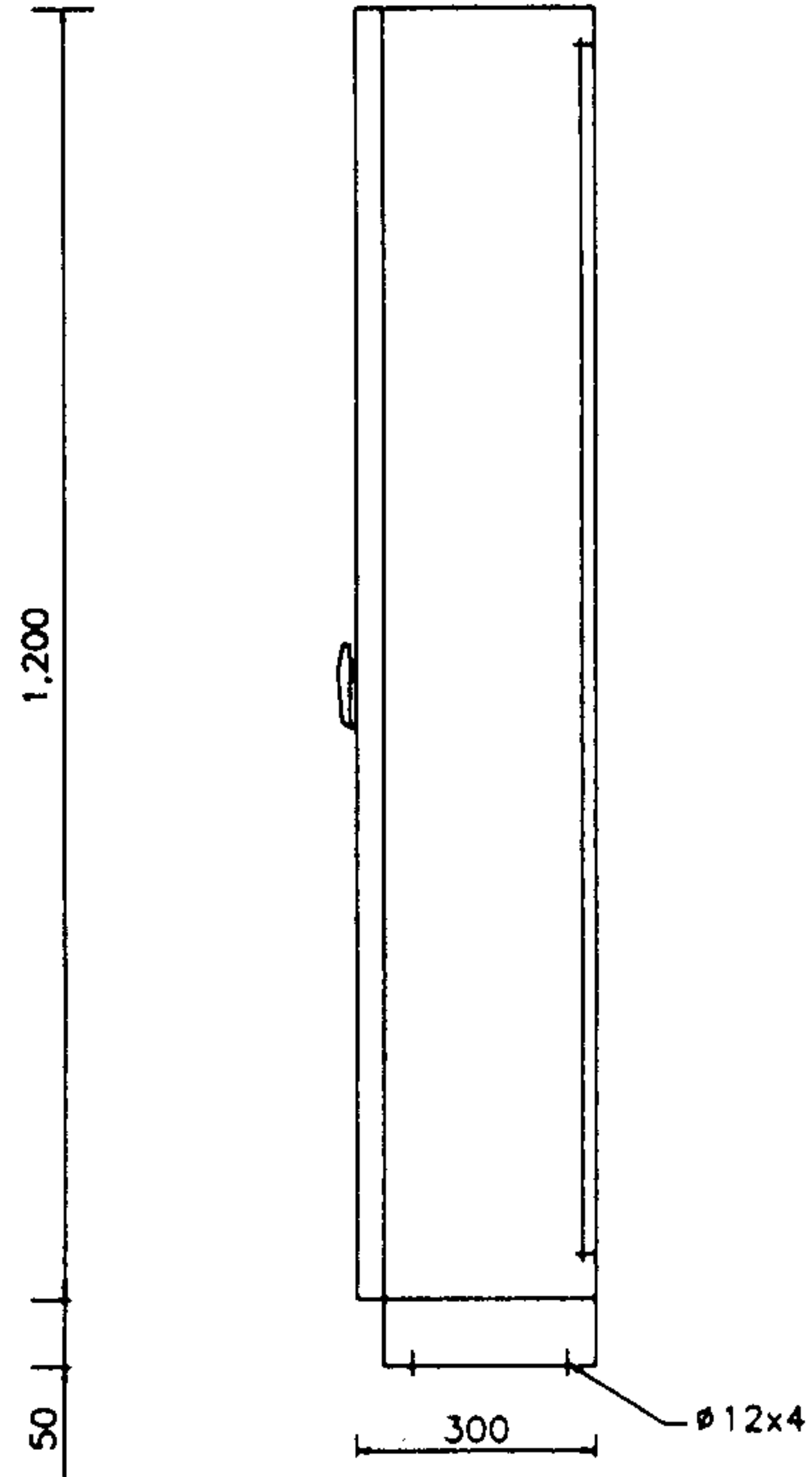
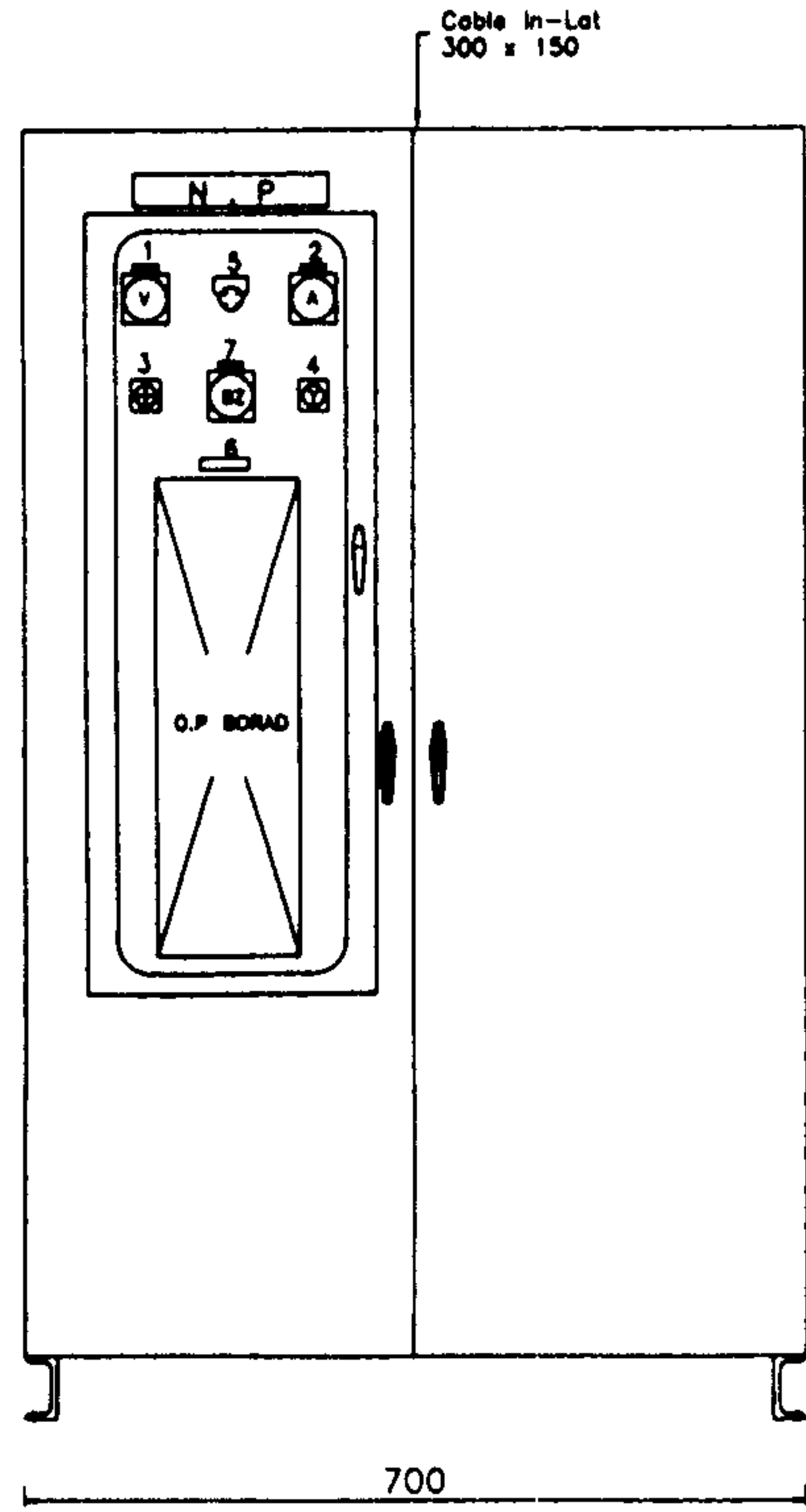




온실 자동 제어 BLOCK DIAGRAM



온실 자동 제어 BLOCK DIAGRAM
 N / S



NO	NAME	SPEC	Q'TY	REMARK
1	V-METER	600V 110T	1	2072
2	A-METER	75A 110T	1	2072
3	V/S	3ø4W	1	2072
4	A/S	3ø4W	1	2072
5	P/LAMP	30ø(W)	1	20
6	O.P. BOARD	CH-75	1	48 7072
7	BUZZER	65ø 220V	1	2072
NP	NAME	350x50	1	M.C.C.7072

- NOTE: 1) M.C.C. 2072 사용
 2) 모든 부품이 2072년
 3) M.C.C. 2072 사용 부품 2072 사용 부품
 4) 4ø7.5 B.G 7/2



V. Climate date(대전지역 기상데이터)

여 백

VI. Climate data(대전지역 기상데이터)

■ 1985년

요소 월	기 온 (°C)			상대습도(%)		일 조		수평면 일사량 (MJ/m ³)	풍 향	풍속(m/s)		지 중 온 도 (°C)			
	평균	최고	최저	평균	최소	총시간 (hr)	일조율 (%)			평균	최대	지면	0.3m	0.5m	1.0m
1	-4.4	1.0	-9.4	65	27	181.8	58.6	254.61	WNW	1.0	8.0	-1.9	1.2	2.2	5.6
2	0.7	5.3	-3.3	70	22	128.0	42.1	247.87	W	1.8	8.3	1.8	1.8	1.9	4.1
3	5.1	10.7	0.3	60	21	208.1	56.1	424.23	NNW	1.6	9.7	6.6	6.0	6.0	5.8
4	12.1	19.5	5.5	64	11	231.7	58.9	501.73	SW	1.8	11.0	13.0	11.5	10.0	11.2
5	18.7	24.6	12.8	66	19	231.0	52.9	521.01	SSE	1.5	7.70	20.8	18.5	15.1	17.6
6	21.9	27.2	17.3	72	24	202.9	46.4	505.34	ENE	1.6	7.7	25.1	22.9	19.0	21.6
7	25.6	30.2	22.2	82	32	200.7	45.1	504.80	SW	1.7	7.2	27.6	25.3	21.8	24.1
8	26.6	31.5	22.5	80	30	213.8	51.0	566.76	ESE	1.5	9.35	29.0	27.4	24.7	26.6
9	20.9	25.5	17.2	82	24	138.0	37.0	339.16	SE	1.6	7.3	21.7	23.8	23.8	23.6
10	14.5	20.1	9.8	77	19	175.5	50.2	373.48	W	1.3	10.8	16.1	17.7	19.7	18.2
11	6.7	10.9	2.5	75	25	117.0	38.0	243.21	W	1.6	9.7	7.9	11.0	15.2	12.2
12	-2.1	2.7	-6.3	71	31	169.9	56.3	277.96	NW	1.0	6.0	-0.4	3.2	9.0	4.79
년	12.2	17.4	7.6	72	11	2198.4	49.4	4767.09	WSW	1.5	11.0	14.0	14.2	14.5	14.1

■ 1986년

요소 월	기 온 (°C)			상대습도(%)		일 조		수평면 일사량 (MJ/m ³)	풍 향	풍속(m/s)		지 중 온 도 (°C)			
	평균	최고	최저	평균	최소	총시간 (hr)	일조율 (%)			평균	최대	지면	0.3m	0.5m	1.0m
1	-3.7	1.7	-8.1	69	24	193.2	62.3	331.53	WNW	1.2	10.8	-1.5	1.2	2.1	5.1
2	-2.1	3.3	-6.6	64	17	186.0	61.2	400.95	WNW	1.7	9.0	0.3	1.0	1.5	3.7
3	5.4	11.7	0.2	65	19	220.0	59.4	443.64	W	1.8	8.7	6.7	6.0	4.7	5.2
4	12.8	19.8	6.0	54	11	239.4	60.9	546.19	W	2.0	8.7	14.6	12.5	11.4	9.8
5	17.5	23.6	11.7	63	18	251.1	57.5	579.34	W	1.9	9.0	19.7	18.0	16.9	14.7
6	22.0	26.9	17.9	72	19	183.2	41.9	464.97	SW	1.9	6.8	23.8	22.3	21.0	18.3
7	23.9	28.2	20.5	78	36	169.2	38.0	458.83	SSW	1.8	9.5	25.9	24.3	23.0	20.8
8	25.1	30.3	21.0	78	37	200.7	47.9	483.36	SSW	1.8	10.0	27.1	26.4	25.3	23.5
9	19.3	24.7	14.8	80	26	178.2	47.8	409.53	SW	1.4	6.8	21.7	22.8	22.5	22.5
10	12.4	18.2	7.3	76	22	184.6	52.8	327.12	NNW	1.2	6.2	14.3	16.9	17.2	19.0
11	5.8	11.6	0.7	68	15	173.3	56.2	253.80	WNW	1.3	7.2	6.5	9.9	10.6	13.9
12	2.7	7.3	-1.7	74	22	128.8	42.7	171.22	W	1.2	7.0	2.9	6.0	6.3	9.7
년	11.8	17.3	7.0	70	11	2307.7	51.9	4870.48	W	1.6	8.3	13.5	13.9	13.5	13.9

■ 1987년

월	기 온 (℃)			상대습도(%)		일 조		수평면 일사량 (MJ/m ²)	풍 향	풍 속(m/s)		지 중 온 도 (℃)			
	평균	최고	최저	평균	최소	총시간 (hr)	일조율 (%)			평균	최대	지면	0.3m	0.5m	1.0m
1	-1.2	3.3	-5.8	66	21	167.8	54.2	238.95	WNW	1.6	7.5	0.3	2.7	3.0	6.5
2	1.4	6.5	-3.3	64	18	156.0	51.4	272.03	WNW	2.0	8.3	2.7	3.7	4.2	5.4
3	5.2	10.8	-0.1	63	16	188.7	51.0	403.24	WNW	2.0	7.7	7.0	6.8	5.9	6.7
4	11.6	18.6	5.1	60	12	202.2	51.5	477.76	W	1.9	14.2	13.5	11.8	10.8	10.0
5	17.5	23.9	11.5	64	18	247.1	56.6	587.59	WSW	1.7	7.8	19.2	17.2	15.8	13.8
6	22.4	28.3	16.7	69	28	225.2	51.5	574.20	SW	1.7	7.5	24.7	22.4	20.6	18.1
7	24.2	28.2	20.8	61	43	95.24	21.4	358.28	WSW	1.5	8.3	25.3	24.3	23.1	21.0
8	25.1	29.6	21.8	86	44	143.5	34.2	398.18	SW	1.4	8.3	26.3	25.6	24.6	22.8
9	19.5	25.7	14.1	74	30	222.4	59.6	465.76	SE	1.5	9.2	21.7	22.6	21.9	22.0
10	14.9	21.6	9.4	74	25	184.8	52.8	326.05	E	1.2	9.8	16.4	18.4	18.0	19.2
11	7.6	13.7	2.0	73	22	170.5	55.3	244.11	NW	1.3	9.3	8.0	11.4	12.2	14.9
12	1.5	7.4	-3.5	71	20	175.8	58.2	226.04	W	1.3	7.7	1.9	5.1	5.6	9.4
년	12.5	18.1	7.4	71	12	2179.2	49.0	4572.19	W	1.6	14.2	13.9	14.3	13.7	14.2

■ 1988년

월	기 온 (℃)			상대습도(%)		일 조		수평면 일사량 (MJ/m ²)	풍 향	풍 속(m/s)		지 중 온 도 (℃)			
	평균	최고	최저	평균	최소	총시간 (hr)	일조율 (%)			평균	최대	지면	0.3m	0.5m	1.0m
1	-1.2	4.1	-6.1	65	18	164.2	53.0	242.44	WNW	1.5	10.7	0.1	3.0	3.4	6.7
2	-0.8	5.3	-5.9	60	18	159.3	50.6	293.00	WNW	1.6	7.3	0.7	2.3	2.4	4.8
3	4.2	10.0	-1.0	61	19	179.7	48.4	393.04	NW	2.0	10.0	5.4	5.7	5.3	6.1
4	11.8	18.5	5.4	59	21	238.9	60.7	517.20	W	2.3	11.7	13.3	11.4	10.4	9.6
5	18.1	24.9	12.1	60	12	236.5	54.1	566.45	WSW	1.6	7.7	20.8	18.1	16.6	14.2
6	22.8	28.0	17.9	67	27	207.5	47.4	450.06	WSW	2.0	8.3	25.4	22.8	21.3	18.5
7	25.3	29.3	22.1	74	34	126.7	28.5	410.16	SE	2.1	12.3	26.4	25.0	23.9	21.5
8	26.1	31.4	21.5	72	29	221.8	53.0	525.94	SE	1.7	13.3	28.9	27.1	25.5	23.5
9	20.6	26.7	15.5	71	29	203.3	54.6	402.29	E	1.4	8.0	23.1	23.3	22.5	22.5
10	14.5	21.5	8.3	64	16	213.0	61.0	360.15	WNW	1.2	13.0	16.9	19.1	18.8	19.8
11	5.6	12.1	-0.3	66	23	179.3	58.3	248.80	W	1.5	14.0	6.7	11.1	11.8	14.9
12	0.6	6.2	-3.7	68	25	137.9	45.7	188.95	W	1.4	9.7	1.4	5.3	5.8	9.5
년	12.3	18.2	7.2	66	12	2268.1	50.9	4598.48	W	1.7	14.0	14.1	14.5	14.0	14.3

■ 1989년

요소 월	기 온 (℃)			상대습도(%)		일 조		수평면 일사량 (MJ/m ³)	풍 향	풍속(m/s)		지 중 온 도 (℃)			
	평균	최고	최저	평균	최소	총시간 (hr)	일조율 (%)			평균	최대	지면	0.3m	0.5m	1.0m
1	1.0	5.4	-2.6	71	22	100.8	32.5	153.47	NNW	1.3	8.3	1.9	4.2	4.3	7.1
2	2.4	7.9	-2.0	64	18	136.3	44.8	248.53	WNW	1.5	13.3	3.1	4.1	3.9	6.0
3	6.1	12.3	0.8	60	14	188.1	50.7	422.23	W	2.0	10.0	7.3	7.3	6.7	7.4
4	14.4	21.8	7.5	54	13	244.5	62.1	535.49	W	1.7	9.70	16.9	14.3	12.9	11.3
5	18.3	24.5	12.5	65	20	239.9	54.9	570.92	W	2.2	10.0	21.6	19.3	17.9	15.7
6	21.2	26.5	16.1	68	24	199.6	45.6	496.67	SSW	1.9	9.7	23.4	22.1	20.8	18.8
7	24.7	29.5	20.8	74	27	161.4	36.3	449.23	SSE	1.4	8.0	26.9	25.3	23.8	21.5
8	25.6	30.0	21.5	69	37	222.6	53.1	511.75	SE	2.3	13.0	28.3	26.9	25.3	23.5
9	20.4	25.5	16.1	81	35	160.9	43.2	365.34	SSE	1.5	10.3	22.2	23.0	22.6	22.6
10	13.2	20.1	7.1	71	20	222.0	63.5	363.29	W	1.2	7.8	15.4	17.2	17.2	19.1
11	7.5	12.5	3.2	71	22	139.8	45.4	197.62	WNW	1.4	8.3	8.1	11.7	12.2	15.0
12	2.3	7.0	-1.9	69	24	139.5	46.2	177.74	WNW	1.3	7.3	2.9	6.1	6.4	10.0
년	13.1	18.6	8.3	68	13	2155.4	48.5	4472.28	W	1.6	13.3	14.8	15.1	14.5	14.8

■ 1990년

요소 월	기 온 (℃)			상대습도(%)		일 조		수평면 일사량 (MJ/m ³)	풍 향	풍속(m/s)		지 중 온 도 (℃)			
	평균	최고	최저	평균	최소	총시간 (hr)	일조율 (%)			평균	최대	지면	0.3m	0.5m	1.0m
1	-1.9	2.6	-5.9	56	12	143.7	46.4	216.83	NW	1.2	8.7	-0.3	2.8	3.3	6.7
2	3.2	7.1	-0.3	69	19	101.7	33.5	225.07	ENW	1.5	9.3	3.6	3.7	3.9	5.7
3	7.5	12.9	2.8	61	15	180.0	48.6	397.57	WNW	2.2	13.3	8.2	8.0	7.5	8.0
4	11.7	17.5	6.3	62	15	200.5	51.0	454.54	W	2.6	10.3	12.6	11.8	11.0	10.6
5	16.9	22.2	12.4	70	21	170.9	39.1	476.32	W	2.4	10.0	18.7	16.9	15.9	14.1
6	22.0	26.7	18.1	75	29	135.9	31.1	453.45	WSW	2.0	8.3	23.8	21.7	20.4	18.5
7	26.4	30.6	23.0	79	40	166.4	37.4	497.46	WSW	1.7	7.0	28.2	25.7	24.0	21.8
8	27.1	32.3	22.7	73	36	236.8	56.5	534.26	S	1.5	8.0	30.7	28.3	26.3	24.8
9	21.6	26.5	17.5	76	31	149.6	40.1	388.86	SSE	1.5	8.7	23.4	23.8	23.5	23.2
10	14.6	21.4	9.1	69	23	225.0	64.3	407.58	W	1.1	7.0	17.6	18.6	18.6	19.8
11	10.0	15.7	5.1	74	29	137.5	44.6	233.34	WNW	1.3	9.0	10.6	12.8	13.8	15.8
12	1.6	6.8	-2.6	69	22	133.4	44.2	204.88	W	1.7	10.0	2.7	6.5	8.1	11.3
년	13.4	18.5	9.0	69	12	1981.4	44.5	4490.16	W	1.7	13.3	15.0	15.1	14.7	15.0

■ 1991년

요소 월	기 온 (℃)			상대습도(%)		일 조		수평면 일사량 (MJ/m ³)	풍 향	풍속(m/s)		지 중 온 도 (℃)			
	평균	최고	최저	평균	최소	총시간 (hr)	일조율 (%)			평균	최대	지면	0.3m	0.5m	1.0m
1	-1.5	3.6	-5.7	63	17	162.8	52.6	234.40	WNW	1.2	6.5	0.3	2.7	3.8	6.9
2	-0.5	4.3	-4.9	64	21	140.6	46.3	297.07	W	1.6	9.0	1.3	2.9	3.6	5.8
3	5.3	11.2	0.7	64	10	157.8	42.6	384.24	NE	1.8	9.3	6.4	5.9	5.9	6.4
4	13.1	20.4	6.3	56	9	232.5	59.2	519.48	WNW	1.9	9.3	15.1	12.2	11.3	10.1
5	17.9	23.9	11.8	61	19	247.6	56.7	325.11	WSW	2.3	9.0	21.2	17.8	16.5	14.5
6	23.1	28.3	18.3	75	28	194.9	44.6	289.52	W	1.7	9.7	26.1	22.8	21.1	18.4
7	25.1	28.8	21.9	81	44	96.2	21.6	241.84	WSW	2.0	10.8	26.1	24.3	23.3	21.2
8	24.8	29.4	20.5	76	32	200.3	47.7	544.69	E	2.0	11.0	27.7	25.6	24.7	23.2
9	20.8	25.8	16.5	77	36	157.5	42.2	407.38	E	1.4	7.5	23.1	23.4	22.9	22.8
10	13.6	20.6	7.3	67	22	232.8	66.6	437.44	W	1.4	7.3	16.2	17.3	17.6	19.1
11	6.4	13.2	0.6	64	19	180.3	58.5	264.06	W	1.2	9.0	7.6	10.7	11.7	14.4
12	2.8	8.4	-1.8	69	17	123.1	40.8	188.08	WNW	1.3	6.7	3.6	6.5	7.7	10.3
년	12.6	18.2	7.6	68	9	2126.4	47.8	4115.31	W	1.7	11.0	14.6	14.3	14.2	14.4

■ 1992년

요소 월	기 온 (℃)			상대습도(%)		일 조		수평면 일사량 (MJ/m ³)	풍 향	풍속(m/s)		지 중 온 도 (℃)			
	평균	최고	최저	평균	최소	총시간 (hr)	일조율 (%)			평균	최대	지면	0.3m	0.5m	1.0m
1	0.5	5.5	-3.6	66	22	125.9	40.7	209.59	WNW	1.3	6.3	1.6	3.5	4.6	7.3
2	1.1	7.0	-4.0	58	16	181.0	57.5	308.13	W	1.6	7.7	2.8	3.1	3.8	5.8
3	7.4	13.3	2.2	62	16	166.2	44.8	353.26	NE	1.8	7.7	8.3	7.4	7.4	7.4
4	12.5	19.6	6.3	60	9	223.2	56.7	485.06	W	2.2	9.3	14.4	12.3	11.7	10.7
5	16.9	23.0	11.2	68	19	247.0	56.5	553.12	SW	2.3	8.7	19.9	17.0	16.0	14.3
6	21.3	26.9	15.6	71	27	212.0	48.5	529.26	WSW	1.9	8.3	25.5	21.6	19.9	17.8
7	26.2	30.9	22.3	75	22	209.3	47.0	537.49	WSW	2.3	8.7	29.7	26.0	24.1	21.2
8	25.3	29.7	21.7	76	37	169.8	40.5	445.46	E	1.8	12.7	28.0	26.1	25.2	23.5
9	20.4	25.6	16.0	77	27	152.7	41.0	362.88	E	1.4	7.3	22.1	22.7	23.0	22.8
10	13.5	20.0	8.3	75	36	192.4	55.1	338.64	WSW	1.3	8.3	15.4	17.1	17.7	19.2
11	6.4	13.1	1.4	73	23	150.5	48.9	219.64	W	1.4	7.7	7.2	10.5	11.6	14.4
12	2.2	7.3	-2.2	74	26	127.3	42.2	164.11	W	1.3	8.7	2.7	5.6	6.7	9.79
년	12.8	18.5	7.9	70	9	2157.3	48.3	4506.64	W	1.7	12.7	14.8	14.4	14.3	14.5

■ 1993년

요소 월	기 온 (°C)			상대습도(%)		일 조		수평면 일사량 (MJ/m ³)	풍 향	풍속(m/s)		지 중 온 도 (°C)			
	평균	최고	최저	평균	최소	총시간 (hr)	일조율 (%)			평균	최대	지면	0.3m	0.5m	1.0m
1	-1.26	3.8	-5.7	69	19	146.9	47.4	211.61	WNW	1.3	7.7	0.3	2.6	3.6	6.6
2	1.8	7.5	-3.0	64	15	171.7	56.4	274.92	WSW	2.3	10.0	3.1	3.5	3.9	5.6
3	5.6	11.9	0.3	65	17	190.8	51.4	407.15	WSW	1.7	8.3	7.1	6.4	6.3	6.6
4	11.7	18.4	5.8	60	16	226.3	57.5	524.00	WSW	2.5	11.0	14.2	11.6	10.7	9.6
5	18.1	24.5	12.0	66	22	233.4	53.4	596.24	WSW	1.7	8.3	20.4	17.0	16.2	14.0
6	22.2	27.0	17.8	81	31	156.2	35.7	481.39	WSW	1.9	13.3	24.9	21.9	20.8	18.1
7	23.7	27.7	20.2	83	34	144.5	32.5	469.65	SE	1.9	9.0	25.6	23.4	22.8	20.7
8	22.6	26.7	19.2	87	36	123.0	29.3	377.88	SE	1.5	9.0	24.0	23.2	23.0	21.7
9	20.7	26.6	15.4	76	23	225.5	60.5	461.17	SWW	1.5	11.3	23.9	22.6	22.2	21.7
10	13.0	19.6	7.3	72	21	214.8	61.5	371.56	WNW	1.4	8.3	15.6	16.7	17.2	18.6
11	8.6	13.4	4.7	78	17	106.9	34.7	187.70	WNE	1.7	10.7	9.4	11.5	12.5	14.6
12	0.9	6.2	-3.5	68	19	152.5	50.5	203.85	WNW	1.5	10.8	1.6	4.8	6.3	9.5
년	12.3	17.8	7.5	72	15	2092.5	47.0	4567.12	WSW	1.7	13.3	14.2	13.8	13.8	13.9

■ 1994년

요소 월	기 온 (°C)			상대습도(%)		일 조		수평면 일사량 (MJ/m ³)	풍 향	풍속(m/s)		지 중 온 도 (°C)			
	평균	최고	최저	평균	최소	총시간 (hr)	일조율 (%)			평균	최대	지면	0.3m	0.5m	1.0m
1	-0.6	4.8	-5.1	64	16	175.4	56.6	256.23	WNW	1.3	7.5	0.5	2.7	3.8	6.5
2	1.3	7.4	-3.6	63	13	174.8	57.5	306.80	WNW	1.7	9.3	2.2	2.7	3.1	5.1
3	4.5	10.3	-0.5	60	27	199.4	53.8	441.19	WNW	2.2	8.3	5.9	5.8	5.7	6.3
4	14.9	21.9	8.0	55	21	216.9	55.1	503.38	WNW	2.2	11.0	15.4	12.8	11.4	9.8
5	18.6	24.2	12.7	63	21	224.3	51.4	560.54	WNW	2.3	10.0	20.1	17.7	16.3	14.3
6	22.8	28.6	17.2	65	23	225.7	51.6	561.18	W	1.7	7.3	26.7	22.8	20.9	18.1
7	29.2	34.5	24.9	71	31	269.4	60.5	626.52	SW	1.8	7.2	32.4	28.3	25.8	22.3
8	27.9	32.7	23.7	72	37	253.9	60.6	563.38	SE	1.9	11.5	29.9	28.4	27.0	24.9
9	20.8	27.1	15.2	69	30	239.7	64.3	483.64	WNW	1.4	7.3	23.5	24.0	23.8	23.7
10	15.0	21.4	9.8	72	24	196.2	56.1	345.01	WSW	1.5	7.3	16.1	17.9	18.5	19.9
11	9.4	15.8	4.1	68	26	185.3	60.1	264.34	WNW	1.3	7.0	9.4	12.0	13.1	15.5
12	2.3	7.7	-2.6	68	25	167.7	55.6	237.66	NW	1.3	7.7	2.5	6.2	7.7	10.9
년	13.8	19.7	8.7	66	24.5	2528.7	56.8	5149.87	WNW	1.7	8.5	15.4	15.1	14.8	14.8