

제1차 년도  
연차보고서

농가용 다목적 저장시설의 개발( I )  
Development of Small Multi-Purpose  
Storage Facility for Farm( I )

연구기관  
강원대학교

농림수산부



# 제 출 문

농림수산부장관 귀하

본 보고서를 “농가용 다목적 저장시설의 개발”에 관한 연구  
과제의 제1차년도 연차보고서로 제출합니다.

1995. 12 . .

주관연구기관명	강원대학교
총괄연구책임자	연 규 석
협동연구책임자	최 중 대
연구 원	김 행 래 김 회 승 장 덕 수 김 봉 기 이 석 남
연구 조 원	정 경 현 김 성 순 장 태 연

여 백

# 요 약 문

## 1. 제 목

농가용 다목적 저장시설의 개발

## 2. 연구개발의 목적 및 중요성

우리나라의 농업생산물도 UR 협상의 타결로 전세계의 농산물과 함께 무한경쟁시대에 돌입하게 되었다. 농산물의 생산원가를 낮추고 품질을 향상하여 국제농산물과의 가격경쟁에서 비교우위를 차지해야 우리나라의 농업이 생존할 수 있다. 더우기 환경운동이 활성화되면서 농업분야도 중요한 오염배출원으로 인식이 되고 있어 다량의 농약과 비료를 투입하여 생산성을 높이는 농업이 어렵게 되고 있다. 우리나라의 농업은 저투입 지속적 농업을 통해 환경도 보전하며 생산성도 유지를 해야 하는 2중의 멍에를 쓰고 있으나 과학과 기술영농을 통하여 슬기롭게 이러한 멍에를 극복해야 한다.

지속적이며 안정적으로 식량자급율은 향상시키는 방법중의 하나는 생산된 농산물의 저장시설을 개선하여 홍수출하에 의한 가격의 폭락의 방지, 손실의 극소화 등을 통해 간접적인 증산효과를 꾀하는 것이다. 적절한 저장수단을 개발하여 노동력의 집중을 분산하고 적기출하로 적정가격을 유지할 수 있으며 농민의 수익성을 제고할 수 있다.

농산물의 계절성을 고려하면 농가나 부락단위의 저온저장시설은 사시사철 가동할 수 없다. 때로는 저온저장시설로 때로는 창고로 그리고 버섯 등

과 같은 작물의 생산시설로도 사용할 수 있는 다목적 시설이어야 한다. 특히 농가 단위의 소형 시설을 고려한다면 농민의 재정부담 능력을 고려하여 가장 경제적인 건설비와 최소의 운영비가 소요되는 기존의 저온저장시설 보다는 개량된 저온저장시설이 필요하다.

폴리머 콘크리트는 샌드위치 패널은 수밀성이고 단열능력이 강하며 또한 강도가 매우 높으며 구조적 안정성까지 갖추고 있는 새로운 건설부재임이 기본적인 연구를 통하여 밝혀졌다. 따라서 본 연구의 목적은 ①기본적인 기술이 개발되어 있는 폴리머 샌드위치 패널을 농촌에서 필요로 하는 저온저장시설을 건축하기 위한 전문건설부재로 개발하고 실험하여 저온저장시설용 건설부재로서의 안정성과 적합성을 입증하고 ②패널을 이용한 건축방법을 개발하고 실제의 저장고를 농가에 건축하며 ③건축된 저온저장시설의 성능을 직접 농산물을 저장하며 구명하는 것이다.

### 3. 연구개발 내용 및 범위

폴리머 콘크리트 샌드위치 패널을 이용한 농가용 다목적 저온저장시설의 개발은 3 단계로 구분되어 추진되고 있다. 제1단계는 폴리머 콘크리트 샌드위치 패널의 개발과 이를 이용한 저온저장시설의 건축방법 개발, 제2단계는 폴리머 콘크리트 샌드위치 패널의 제작하고 저온저장시설을 협동연구자의 농장에 실물크기로 건축한다. 그리고 제3단계는 폴리머 콘크리트 샌드위치 패널을 이용하여 건축한 저온저장고의 저장능력을 연구하며 그 실용성과 응용성을 검토한다.

제1단계에서 필요로 하는 건축재료의 기초적인 개발은 본 연구책임자의

재료실험실에서 완료되고 있다. 그러나 샌드위치 패널은 그 사용목적에 따라 별도로 개발되어야 목적에 맞는 건축물의 건축재료로 사용될 수 있으므로 연구목적에 합당한 샌드위치 패널의 개발과 제작이 가장 중요한 과제중의 하나이다. 폴리머 콘크리트 샌드위치 패널은 조립식 건축부재로 개발되어 저온저장시설의 건축시는 패널과 패널을 조립하고 접착하여 저장고를 건축할 수 있도록 제1차년도 연구에서 개발한다. 폴리머 콘크리트 샌드위치 패널은 그 역학적 특성을 실험을 통하여 구명하고, 상업적으로 대량생산할 수 있는 폴리머 콘크리트 샌드위치 패널 제조방법을 연구하며, 그리고 샌드위치 패널의 건축방법을 연구한다.

제2단계는 저온저장시설의 건축이다. 제1단계에서 개발되고 제작된 샌드위치 패널을 농민협동연구자의 농장으로 운반하여 실물크기의 저장고를 건축한다. 저장고의 건축은 패널을 조립하여 직육면체 모양의 Box로 만들고 지붕을 설치한다. 저온저장고를 건축하기 위하여 ①저장고 부지를 정지하고 기초콘크리트를 타설한다. ②기초 콘크리트 위에 저장고의 바닥부터 조립을 시작하여 Box형의 저장고를 완성한다. 기초공사는 현지의 건설업체에 용역을 주어 완료한다.

제3단계는 건축된 저장고에 냉장시설을 설치하고 저장고의 냉장성능을 연구한다. 냉장기기는 냉장기 설치 전문업체에 용역을 주어 설치하고 부가적으로 냉수를 이용할 수 있는 시설을 설치한다. 냉장설비가 완료되면 농산물을 저장하면서 저온저장시설의 실용화 연구를 한다.

## 4. 연구개발결과 및 활용에 대한 건의

### 가. 연구개발결과

본 연구는 폴리머 콘크리트 샌드위치 패널을 이용하여 농촌을 위한 소형 다목적 저온저장시설을 개발하기 위한 제1차년도 연구에서 구한 연구결과와 활용에 대한 건의는 다음과 같다.

#### 1) 폴리머 샌드위치 패널의 개발 및 구조적 안정성 시험

저온저장시설을 효율적으로 건설하기 위하여 20:1 축척의 모델 저장고를 만들고 저온저장시설을 조립식으로 건축하기 위한 샌드위치 패널을 설계하였다. 샌드위치 패널을 실물크기로 제작하여 구조적 안정성 실험과 단열성 시험을 통하여 저온저장시설의 건축자재로서 충분한 단열성능과 구조적 안정성이 있음을 입증하였다. 저온저장시설 건축용 폴리머 콘크리트 샌드위치 패널의 열전도율은  $0.0410 \text{ W/m}^2\text{h}^\circ\text{K}$ 였으며 열관류율은  $0.531 \text{ Kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{K}$ 로서 건축법 시행규칙의 외벽용 샌드위치 패널의 조건에 부합하고 있다. 폴리머 콘크리트 샌드위치 패널의 단위면적당 휨파괴 하중은 719~2,092 (평균 1,046)  $\text{kg/cm}^2$ 였으며 최대 모멘트강도는 2.5~8.2 (평균 3.1)  $\text{kg/cm}^2$ , 최대전단력은 550~1,600 (평균 800)  $\text{kg}$ 로서 높은 값을 보였다. 샌드위치 패널의 좌굴하중은 8,000~28,000  $\text{kg}$ 였으며 하중재하단계별 하중-수평변위 관계, 좌굴모멘트-압축·인장축 변형도 관계 등도 구조물의 내력벽으로 사용할 수 있음이 입증되었다. 국부압축 시험은 500  $\text{kgf}$  재하시 강도가 110~120  $\text{kg/cm}^2$ 였으며 잔류변형은 4 mm 내외였다. 또한 충격시험에서도 양호한 결과를 나타내어 폴리머 콘크리트 샌드위치 패널은 내충격성이 충분한 것으로 나타났다.



## 2) 폴리머 콘크리트 샌드위치 패널의 제작 및 건축방법

설계에 의하여 샌드위치 패널은 저장고의 바닥용, 천정용 및 벽체용으로 구분하여 각각의 패널마다 정확한 치수를 갖도록 제작되었다. 패널의 단면은 폴리머 콘크리트를 사용하는 표면부 5mm 씩 1cm, 발포 폴리스티렌을 사용하는 중심부가 10cm, 그리고 직조유리섬유를 사용하여 표면부를 보강하여 두께가 11cm 정도였다. 저장고의 바닥과 천정용 패널의 크기는 1.0m × 1.9m × 0.11m로 완성된 후의 무게는 약 40kg이었다. 저장고의 벽체용 패널의 크기는 1.0m × 3.0m × 0.11m로 무게는 약 70kg이었다. 저온저장시설 1동을 건축하기 위하여 제작한 패널의 숫자는 저장고의 바닥과 천장용 패널 각 20 장씩 40장 그리고 벽체용 28장 등 총 68장을 제작하였다.

## 3) 저온저장고의 건축

연구진의 수작업으로 약 3개월에 걸쳐 제작된 샌드위치 패널은 저온저장고 설치장소인 강원도 홍천군 내면 창촌리 장덕수(협동연구개발자의 1인)의 농장(춘천 강원대학교에서 약 130km 거리)으로 운반되어 저온저장고의 건축을 완료하였다. 저온저장시설의 외측크기는 3.70m × 9.10m이며 높이는 3.10m로 10.2평이다. 저온저장시설의 시공은 크게 부지정지 및 기초콘크리트 타설, Box형 저장고 건축, 저장고 벽체도장 및 지붕설치, 그리고 냉장시설의 설치로 나누어 시공하였다.

산자락에 저장고를 건축하였기 때문에 중장비를 동원하여 부지정지를 하고 4.10m × 9.50m의 크기에 Wiremesh로 보강한 두께 10cm의 시멘트 콘크리트 기초를 했다. 패널의 조립은 바닥용 샌드위치 패널부터 시작하여 벽체를 완성하고 마지막으로 천정패널을 조립하였다. 조립시는 철제 동바리와

사다리 등의 보조장치가 사용되었고 조립시의 틈은 폴리우레탄 Foam을 사용하여 봉합하여 열손실을 방지하고 기밀성을 유지하도록 하였다.

## 나. 활용에 대한 건의

총 연구기간 2개년 중 제1차년도 연구에서는 저온저장시설용 폴리머 콘크리트 샌드위치 패널의 개발, 개발된 샌드위치 패널의 역학적 특성구명, 패널의 제작 및 저온저장시설의 건축에 관한 연구를 수행하였다. 그러나 본 연구를 활용하기 위해서는 폴리머 콘크리트 샌드위치 패널 저온저장고의 성능이 구명되어야 하며 다음과 같은 내용을 중심으로 한 제2차년도 및 추후 계속연구가 이루어져야 한다.

### 1) 샌드위치 패널 제작 자동화 기술의 개발 및 보급

폴리머 콘크리트 샌드위치 패널을 공장에서 자동화된 시설로 제작하기 위한 자동화 공정의 개발과 개발된 기술의 공장이전이 필요하다. 자동화 제품생산 없이는 기존 샌드위치 패널 제품과 가격경쟁력에서 비교우위를 지킬 수 없다.

### 2) 저온저장시설의 단열성능 구명

우수한 기밀성과 단열성을 가진 폴리머 콘크리트 샌드위치 패널로 건축된 저온저장시설의 성능이 실제 상황에서 구명되어야 한다. 단열성능의 구명은 저장고내에 많은 숫자의 온도 및 습도 센서를 부착하고 외부온도와 저장고의 실내온도와의 차이를 크게 하여 저장고내의 온도분포 및 습도분포를 Monitoring하여 저장고의 저장능력이 구명되어야 한다. 예냉실을 건축하여 저장고의 능률을 제고하는 방법도 연구되어야 한다.

### 3) 냉수이용시스템의 설치

단기간의 농산물 저장시의 이용과 버섯 등의 작물재배에 이용할 수 있는 냉수파이프, 미스트 발생기 및 제습기를 설치하고 기능을 구명한다.

### 4) 저온저장시설의 범용화 연구

폴리머 샌드위치 패널을 이용하여 농민들이 손쉽게 저장고를 건축할 수 있는 시방규정의 제정이 필요하며 저장시설의 연중무휴 효율적인 이용방법을 제시할 수 있도록 다양한 농산물을 저장하는 실험이 필요하다. 이와 같은 실험은 단기간의 연구로는 수행될 수 없으므로 장기간의 연구계획하에 연차적으로 실험이 이루어질 수 있어야 한다.

여 백

# Summary

## 1. Project Title

Development of small multi-purpose storage facility for farm

## 2. Research Objectives and Importance

Korean farm products are subject to unlimited international competition with the agreement of so called "Uruguay Round." Production cost of agricultural products should be lowered while product's quality be improved in order to compete and survive in the international markets. In addition, environmental awareness that agricultural areas are one of the major pollutant sources restrains both agricultural policy makers and farmers from using chemical fertilizers and pesticides to increase farm productivity. Therefore, low-input and sustainable agriculture must be achieved while agricultural productivity be maintained.

One of the methods to improve food supplies is to minimize food losses during handling, storing and transportation by building and expanding storage facilities. Development and use of low-temperature storage facilities can minimize product losses and thus, has an effect of indirectly increasing productivity and farmer's income. Small size low-temperature storage unit that are owned by a single farm may not

be used year round because of seasonal yield of farm products. The storage unit needs to be designed and constructed as a multi-purpose space that can be used as a general storage, low-temperature storage, mushroom production facility and so on. By considering individual farmer's finance, construction and operational costs of the storage unit should be minimized.

Polymer concrete sandwich panel that is being developed by this research team is a kind of new construction material that has characteristics of air and water tightness, high insulation capacity, and strong structural strength. Research objectives are ① to develop polymer concrete sandwich panels to build small low-temperature storage facility and test and prove that the panels are good construction material for the facility, ② to develop construction methods and construct a facility in a farm and ③ to test the facility by storing farm products.

### **3. Contents and Scope of the Research**

Development of multi-purpose low-temperature storage facility for a single farm is carried out in three stages. In the first stage of development, polymer concrete sandwich panels and construction methods are developed. Polymer sandwich panels are manufactured and a storage facility is constructed in a farm in the second stage. And in the third stage, the storage facility is tested with respect to temperature, relative

humidity, storing capacity of selected farm products.

Fundamental development of the sandwich panel required in the first stage is being completed in the principal investigator's laboratory. However, it is very important that tailored sandwich panels to build the storage facility are successfully developed and manufactured because sandwich panel needs developed to meet the specific usage. The panels are manufactured as parts and assembled to form a storage facility. Structural properties of the panels are tested and assembling methods and factory manufacturing processes are developed in the first stage.

Manufactured panels are transported to a farm and assembled to a storage facility in the second stage of research. The storage site is prepared and foundation concrete is casted. Foundation works is done by a local construction company. The bottom of the storage is assembled first and wall and ceiling are followed one by one. After a box-shaped storage unit is assembled, a portable roof is put and refrigeration system, cold water circulation pipes, humidifier and dehumidifier are installed to finish the low-temperature storage facility.

In the third stage, the low-temperature storage facility is tested with respect to temperature and relative humidity with and without storing farm products. Many temperature and humidity sensors are placed in the storage and temperature and humidity are monitored to describe the function of the storage facility.

## 4. Results and Suggestions

### A. Results of research and development

The first year research of the two year project produced the following results.

#### 1) Development and test of polymer concrete sandwich panels

In order to effectively perform the construction of low-temperature storage facility, a 20:1 scaled model house was built and shapes and sizes of the panels were designed and manufactured. Some panel samples were chosen randomly and heat insulation and structural tests were performed and proved that the panels were suitable as a storage facility construction material. The panel's thermal conductivity and thermal flux were  $0.0410\text{W/m}^2\text{h}^\circ\text{K}$  and  $0.531\text{Kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{K}$ , respectively, and met the building code for sandwich panels. The panel's bending failure stress ranged from 719 to 2,092 (average 1,046)  $\text{kg/cm}^2$ , maximum moment strength from 2.5 to 8.2 (average 3.1)  $\text{kg/cm}^2$ , maximum shear stress from 550 to 1,600 (average 800)  $\text{kg/cm}^2$ . The panel's compression strength ranged from 8,000 to 28,000 kg and relationships between load and horizontal displacement, compression moment and compressive and tensile strain, and so on were very good to be used as a construction material. Also, local bearing and impact resistance tests revealed satisfactory results.



## **2) Manufacture of the panel and development of assembling methods**

The panels were manufactured differently for bottom, wall and ceiling of the storage. Cross section of a panel consisted of polymer concrete facing of 10mm (each side 5mm), styrofoam middle of 100mm, and woven glass fiber reinforcement, resulting in total thickness of about 110mm. Sizes of the bottom and ceiling panels were about 1.0m × 1.9m and weighed about 40kg. Sizes of the wall panels were about 1.0m × 3.0m and weighed about 70kg. Twenty panels for bottom and ceiling, respectively, and 28 panels for wall were manufactured.

## **3) Construction of storage facility**

Manufactured panels were transported to the site and a storage unit was assembled. The bottom size of the storage unit was 3.70m × 9.10m (33.67 m<sup>2</sup>) and the height was 3.10m. The construction works were carried out from site preparation, foundation works, assembly of box-shaped storage unit, wall decoration, roof construction and to installation of refrigeration system.

Because the storage facility was built at the toe of a mountain, the site was prepared with heavy equipments and foundation concrete of 10 cm reinforced with wiremeshes was casted. The panels were assembled from the bottom, wall and to the ceiling. Steel supports and ladders were used to assemble the panels and cross frames at the top of the walls were installed to safely assemble the ceiling panels and to secure

structural safety. Polyurethane foam was used to fill gaps between panels and to minimize heat losses.

## **B. Suggestions**

In the first year of the two year project, polymer concrete panels for storage facility were developed and manufactured, a low-temperature storage facility was built and refrigeration system was installed. However, these works do not mean that the storage facility is validated to be a good facility to store agricultural products. Further research to describe the storage's capability is necessary in the second year and thereafter.

### **1) Development of automated polymer concrete sandwich panel manufacturing processes**

The processes must be developed and polymer concrete sandwich panels be manufactured in the factories to secure quality and cost competitiveness.

### **2) Test for insulation of the storage facility**

The storage facility that was built with polymer concrete sandwich panels needs to show its capability of storing farm products effectively under extreme conditions. Many temperature and humidity sensors are placed in the storage and temperature and humidity are monitored to describe the function of the storage facility. Also, a pre-cooling system

may be needed to cool down farm products before the products are stored in the storage to improve storage efficiency.

### **3) Cold water circulation system installation**

To be used as a multi-purpose storage facility such as low-temperature storage, dry product storage and mushroom production space, cold water circulation system, humidifier and dehumidifier are needed. These systems are integrated into one cooling system for the storage facility and their functions are described through various experiments.

### **4) Development of standards for the storage facility**

Standard methods for construction of the storage facility should be developed so that farmers can easily construct the storage without hiring experts. Also, various application methods should be developed by experiments and supplied to farmers to effectively use the storage system.

여 백

## CONTENTS

CHAPTER 1. RESEARCH BACKGROUND .....	23
Section 1. Necessities of the Research .....	25
Section 2. Objectives .....	27
Section 3. Contents and Scope .....	31
CHAPTER 2. STATUS OF CURRENT LOW-TEMPERATURE STORAGE FACILITY .....	35
Section 1. Storage Facility .....	37
Section 2. Operational Status .....	43
Section 3. Problems of Low-Temperature Storage Facility .....	47
CHAPTER 3. ENVIRONMENTAL CONDITIONS OF STORAGE .....	53
Section 1. Introduction .....	55
Section 2. Storage Theory .....	59
Section 3. Type of Storage .....	89
CHAPTER 4. PRODUCTION OF THE PANEL AND TESTS .....	105
Section 1. Introduction .....	107
Section 2. Materials .....	107
Section 3. Production of the Panel .....	116
Section 4. Structural Tests .....	123

CHAPTER 5. DESIGN OF STORAGE FACILITY	131
Section 1. Introduction	133
Section 2. Conditions for Storage	135
Section 3. Design of Storage Facility .....	142
Section 4. Design of Refrigeration System	163
Section 5. Conclusion .....	174
CHAPTER 6. CONSTRUCTION OF LOW-TEMPERATURE STORAGE FACILITY .....	175
Section 1. Introduction .....	177
Section 2. Construction of Storage .....	178
Section 3. Installation of Refrigeration System	186
CHAPTER 7. RESEARCH RESULTS AND SUGGESTIONS	187
Section 1. Research Results	189
Section 2. Suggestions .....	193
REFERENCES .....	197

# 목 차

제 1 장	연구의 배경 .....	23
제 1 절	연구의 필요성 .....	25
제 2 절	연구개발의 목적 .....	27
제 3 절	연구내용 및 범위 .....	31
제 2 장	저온저장시설 현황 .....	35
제 1 절	시설설치 현황 .....	37
제 2 절	시설운영 현황 .....	43
제 3 절	저온저장 시설의 문제점 .....	47
제 3 장	저장시설의 환경조건 .....	53
제 1 절	서 론 .....	55
제 2 절	저장이론 .....	59
제 3 절	저장의 유형 .....	89
제 4 장	패널제작 및 구조시험 .....	105
제 1 절	개 요 .....	107
제 2 절	사용재료 .....	107
제 3 절	폴리머 콘크리트 샌드위치 패널의 제작 .....	116
제 4 절	폴리머 콘크리트 샌드위치 패널의 구조시험 .....	123

<b>제 5 장</b>	<b>저장시설의 설계</b> .....	131
제 1 절	서 론 .....	133
제 2 절	저장시설의 요건 .....	135
제 3 절	저장고의 설계 .....	142
제 4 절	냉장설비 설계 .....	163
제 5 절	결 론 .....	174
<b>제 6 장</b>	<b>저온저장시설의 시공</b> .....	175
제 1 절	서 론 .....	177
제 2 절	저온저장시설의 시공 .....	178
제 3 절	기계설치 .....	186
<b>제 7 장</b>	<b>연구결과 및 금후의 연구방향</b> .....	187
제 1 절	연구결과 .....	189
제 2 절	금후의 연구방향 .....	193
<b>참 고 문 헌</b>	.....	197



# 제 1 장

## 연구의 배경

여 백

# 제 1 장 연구의 배경

## 제 1 절 연구의 필요성

우리나라의 농업생산물은 UR 협상의 타결과 함께 일반 공산품과 같이 무한경쟁시대에 돌입하게 되었다. 그러나 농촌의 실상은 공업화와 도시화의 급격한 진행으로 농촌의 인구는 감소하고 노령화되어 새로운 기술을 습득하고 경쟁력있는 농산물을 생산하고 출하할 수 있는 역량 있는 젊은 농민들의 숫자는 점차 감소하고 있다. 또한 정부의 농촌 지원대책도 경지정리와 같은 농업생산 기반확충이나 농기계의 저가보급 위주의 정책에 머무르고 있어 생산 만능주위의 범주를 벗어나지 못하고 있다

지속적이며 안정적으로 식량자급율은 향상시키기 위해서는 농업생산 기반시설의 확충이나 농업기계화율의 제고 뿐만 아니라 생산된 농산물의 저장, 가공 및 유통시설의 현대화와 합리화에도 많은 연구개발과 지원이 되어야 한다. 특히 경지정리 등 농업생산 기반시설이 어느 정도 이루어져 있고 농업기계 보급율도 상당한 수준에 와 있다는 점을 감안하면 이제는 무관심 하였던 분야인 생산된 농산물의 저장, 가공 및 유통시설에 보다 많은 투자가 이루어져야 한다.

농산물의 저장, 가공 및 유통시설의 현대화는 농산물의 손실을 방지하여 농업생산성을 간접적으로 높이는 효과가 있으며, 농민의 수익성을 제고하여 영농에 대한 애착심을 불러일으키고, 이것이 다시 농업생산성을 높이게 되는 연쇄효과를 수반하여 농업생산활동의 극대화를 이룰 수 있게 한다.

농산물의 저장·가공 및 유통시설의 현대화에 가장 필연적으로 요구되

는 시설은 제 1 차 농업생산 단위인 농가나 부락단위의 농업에서 생산된 농작물의 저장과 가공시설을 갖추는 것이다. 이는 대량생산으로 인한 농산물 가격의 폭락을 방지하고 출하를 조절하여 농민에게는 최대의 수익을 보장하고 소비자에게는 항상 신선한 농산물을 공급할 수 있는 가장 기본적인 농업생산 시설의 중요한 일부분이다.

강원도는 지형적인 특성으로 산악 지대가 많고 밭농사가 많이 이루어지고 있으며 감자, 옥수수, 고냉지 채소 등이 대표적인 작물이다. 또한 주변의 풍부한 산림으로 부터 각종의 버섯, 산채 등의 임산 부산물도 중요한 농산물 중의 하나이다. 그러나, 이와같은 계절적인 농산물은 그 생산과 출하시기가 거의 동일하여 과잉 및 과소 생산으로 인한 가격차가 극심하며 전국적인 생산 동향의 정보수집 및 이용능력이 부족한 농민들에게는 항상 불안한 심리적 압박감(Stress)을 주고 있으며, 경우에 따라서는 생산원가에도 못미치는 가격에 출하를 해야한다.

따라서 이와같은 문제점을 극소화 시키기 위한 방법으로 신선한 농산물의 저장기간을 극대화 할 수 있는 저온저장시설의 개발 및 보급은 현 농업정책이 추구해야할 가장 시급한 과제 중의 하나이다. 농산물의 계절성을 고려하면 농가나 부락단위의 저온저장시설은 사시사철 가동할 수 없다. 때로는 저온저장시설로 때로는 창고로 그리고 버섯 등과 같은 작물의 생산시설로도 사용할 수 있는 다목적 시설이어야 한다. 특히 농가 단위의 소형시설을 고려한다면 농민의 재정부담 능력을 고려하여 가장 경제적인 건설비와 최소의 운영비가 소요되는 기존의 저온저장시설 보다는 개량된 저온저장시설이 필요하다. 이와같은 개량된 저온저장시설의 개발은 농어촌의 소득증

대에 있어서 최우선 당면과제이므로 농어촌 구조 개선사업의 중요한 한 부분을 차지하여야 하며, 이는 정부가 1994년부터 1998년까지 5년간 42조원을 투입하는 농어촌 구조개선 사업과도 일치하고 있다.

## **제 2 절 연구개발의 목적**

### **1. 기술적 측면**

본 연구의 기술적 측면은 각 연구 단계별로 구분하여 볼 수 있다. 제 1 단계의 폴리머 콘크리트 샌드위치 패널을 개발하고 이 패널을 이용한 저장고 건축방법의 개발은 비단 저온저장시설에만 국한되지 않는다. 폴리머 콘크리트 샌드위치 패널을 개발하여 건축한 저온저장시설의 구조적 안정도가 입증되면 이 샌드위치 패널의 사용처는 대단히 많다. 특히 폴리머 콘크리트 샌드위치 패널은 강도가 크고, 비교적 가벼우며, 불투수성이고, 단열 효과가 좋아 농촌, 산간, 어촌 지역은 물론 도시 등의 임시시설물 혹은 영구 시설물에 유효적절하게 이용될 수 있다. 거리의 방법초소, 산림의 감시초소, 저온 저장시설 및 정밀한 온도와 습도 조절을 요하는 버섯 등의 생산시설에 까지 그 응용범위가 무한히 넓으므로 본 연구로 인해 파생되는 기술적 효과는 대단히 크므로 폴리머 콘크리트 샌드위치 패널의 이용공법 개발은 반드시 이루어져야 한다. 특히 폴리머의 특성상 원하는 색상으로 표면을 처리할 수 있어 어느 곳에 설치를 하더라도 주변 경관과 잘 어울리는 구조물을 창출해 낼 수 있다.

제 2 단계의 냉장방법 개발은 석탄이나 원유 등의 지하자원이 거의 없고 수자원이 풍부한 우리나라에서는 이미 개발되었어야 할 기술이다. 우

리 주변의 풍부한 물을 재료로 하고 물이 기화할 시 생기는 기화열을 사용하여 가정과 사무실을 위한 냉방기술은 미국 처럼 자원이 풍부하고 전기요금 등이 우리나라보다도 훨씬 싼 나라에서도 이미 개발되어 실용화되고 있다. 본 연구에서는 이 모든 기술을 단기간에 모두 개발 할 수는 없다. 그러나 저온 저장시설은 물론 가정과 사무실의 냉방기술까지 목표로 하는 기초냉방기술을 대규모 호수나 산간계곡의 찬물을 이용하여 개발함으로써 상업적으로 사용되는 기계적 냉방시설에 소요되는 시설 설치비와 전기사용량 면에서 많은 절약을 유도할 수 있다. 또한 저온 저장시설의 운영경비를 줄일 수 있음은 물론이고 원유 등의 에너지 수입을 줄여서 국가경제에 이바지하고 화력에 의해 생산되는 전기의 사용량을 줄임으로써 환경보전에도 일익을 담당할 수 있다. 제 3 단계의 저온저장시설 실용화 기술의 개발은 기존의 저온저장시설 건설시 소요되는 막대한 건설 및 냉방시설 경비를 해결하기 위해서도 꼭 필요하다. 기존의 저장시설은 시멘트 콘크리트 구조물에 단열장치를 따로하고 고가의 냉장 및 냉동시설을 동시에 설치하기 때문에 영세 농가에서는 감히 설치를 할 수도 없고, 운영경비 또한 감당할 수가 없다. 따라서 필요에 따라 저온 저장시설, 생산시설 혹은 창고로 쓰일 수 있는 경제적인 저온저장시설의 개발은 농촌에서 가장 필요로 하는 기술이므로 반드시 개발되고 보급되어야 한다.

## 2. 경제적 측면

경제적 측면에서 개발의 필요성은 두가지 면에서 고려할 수 있다. 첫째가 저온저장은 물론 생산시설로서도 사용될 수 있는 저렴한 가격의 저장

시설을 개발하여 농가에 과도한 부담없이 보급을 할 수 있다. 들깨는 생산된 농산물을 신선하게 장기간 보관할 수 있어 농민에게는 일시적인 출하에서 오는 가격폭락에 의한 손실을 최대한 방지할 수 있고 소비자에게는 늘 신선한 농산물을 공급하여 국민건강에 이바지할 수 있다. 나아가서 국지적으로는 값싼 외국 농산물과의 품질 경쟁에서도 비교 우위를 점할 수 있게 되어 국제 경쟁력을 갖출 수도 있게 된다.

또한 몇몇 특정 농산물의 경우 저장시 습기를 차단해야 할 경우가 있다. 즉, 말린 산채 등을 장기간 저장하기 위해서는 건조한 저장고가 필요하다. 본 연구의 주 재료인 폴리머 콘크리트 샌드위치 패널은 투수성인 기존의 콘크리트 등의 패널과는 달리 완전한 불투수성이므로 폴리머 콘크리트 샌드위치 패널로 건축된 창고는 건조농산물의 장기 보관에도 가장 효율적으로 이용될 수 있다. 따라서 여름의 습한 계절에도 부패없이 건조농산물을 보관하여 가을이나 겨울에 출하하여 많은 경제적인 이익을 올릴 수가 있다. 폴리머 콘크리트 샌드위치 패널을 이용한 저온저장시설은 농산물의 저장에만 유용한 것이 아니라 김치와 같은 농산물의 1차 가공품의 장기 저장에도 유효하게 이용되어 농가 소득의 증대에 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

고냉지 채소의 일시적인 출하로 가격이 폭락하여 농민들은 생산비도 전지지 못하는 경우가 종종있어 왔다. 따라서 일시에 다량 생산된 배추와 무우를 가공없이 출하를 하는 것보다 대규모 저장시설을 갖춘 후 김치 등을 담그어 2~4 개월 보관후 대도시의 아파트 단지 등과 계약하에 출하를 하게 되면 농민들은 고소득을 보장받을 수 있다.

폴리머 콘크리트 샌드위치 패널을 이용한 저온저장시설은 완전 방수

이고 단열 성능이 높을 뿐아니라 설치공사비가 비교적 싸고 냉방장치 설치 비용이 월등히 저렴할 뿐만아니라 운영경비가 특히 저렴하여 농민들이 큰 부담 없이 설치·운영할 수 있다. 그러므로 본 저온저장시설의 개발은 농어촌에서 필요로 하는 필수 영농시설로서 반드시 개발되고 보급되어야 한다.

### 3. 사회적 측면

우리나라 농업의 지속적 발전과 국제경쟁력 강화를 위해서 가장 필요로 하는 것은 정부의 지원도 중요하지만 무엇보다도 농민 스스로가 “우리도 할 수 있다”는 자신감과 미래에 대한 도전적인 자세를 갖게 하는 것이다.

현재의 농어민은 UR이 우리나라 농업에 대한 사형선고나 다름 없는 것이라고 생각하며 영농에 대한 애착이 없어지고 기회만 있으면 이농을 할 생각을 하고 있다. 이와같은 상황에서 정부의 물질적인 지원은 농민에게 의타심만 높여주고 자기 스스로 극복하고자 하는 도전적인 개척의식은 없어지게 된다. 따라서 직접적인 물질적 지원 보다는 농촌에서 소득증대와 생활환경 개선에 꼭 필요한 시설을 하나라도 더 많이 개발하여 농어민 각자가 영농에 대한 애착심을 갖고 자신있게 미래를 설계할 수 있는 개척정신을 불어 넣는게 중요하다.

본 폴리머 콘크리트 샌드위치 패널 저온저장시설은 저렴한 공사비와 운영비로 농업의 소득을 높일 수 있게 하여 농어민들이 영농에 대한 애착심과 자신감을 갖도록 하여 자립의 기틀을 마련하는데 중요한 기여를 할 수 있을 것이다. 강원도에서는 몇년전 반지하식 시멘트 콘크리트 구조의 저온저장시설을 개발하고 보급을 꾀하고 있으나 그 성능이 미비하고 공사비가



비싸 보급이 잘 되지는 않고 있다. 따라서 본 저온 저장시설은 침체되어 있는 농민 의식의 개혁에도 중요한 역할을 할 수 있기 때문에 반드시 개발되어야 한다.

### 제 3 절 연구내용 및 범위

폴리머 콘크리트 샌드위치 패널을 이용한 농가용 다목적 저온저장시설의 개발은 3 단계로 구분되어 추진되고 있다. 제 1 단계는 폴리머 콘크리트 샌드위치 패널의 개발과 이를 이용한 저온저장시설의 건축방법 개발, 제 2 단계는 저온저장시설을 협동연구자의 농장에 실물크기로 건축한다. 폴리머 콘크리트 샌드위치 패널 저온저장시설의 건축에는 연구진이 직접 참여하여 제1단계에서 개발된 건축방법을 보완하고 저장고의 보급에 대비하여 건축방법에 관한 시방요령을 기술한다. 그리고 제 3 단계는 폴리머 콘크리트 샌드위치 패널을 이용하여 건축한 저온저장고의 냉장방법 연구를 연구하며 그 실용성과 응용성을 검토한다.

제 1 단계에서 필요로하는 건축재료의 개발은 이미 농공학과와 재료실험실에서 많은 연구가 진행되고 있다. 샌드위치 패널의 개발에 중심이 되는 폴리머 콘크리트가 개발되어 있고 폴리머 콘크리트 샌드위치 패널이 개발되고 있다. 샌드위치 패널은 그 사용목적에 따라 별도로 개발되어야 목적에 맞는 건축물의 건축재료로 사용될 수 있다. 연구목적중의 하나가 저온저장고를 건축하는 것이므로 저온저장고의 건축에 필요한 폴리머 콘크리트 샌드위치 패널의 개발과 제작이 가장 중요한 과제중의 하나이다. 폴리머 콘크리트 샌드위치 패널은 조립식 건축부재로 개발되어 저온저장시설의 건축시

는 패널과 패널을 조립하고 접착하여 저장고를 건축할 수 있도록 제1차년도 연구에서 개발되었다. 폴리머 콘크리트 샌드위치 패널은 중심부 재료로 단열성이 우수한 50~150 mm 두께의 스티로폴을 사용하고 스티로폴의 외부 피복재료로 압축 및 인장강도가 뛰어나고 불투수성인 폴리머 모르터를 사용하여 약 5~7 mm 두께로 피복한 것이다. 폴리머 콘크리트 샌드위치 패널은 기존의 여러 샌드위치 패널보다 그 강도가 3~5배나 큰 반면에 비교적 가벼워서 취급(운반 및 시공)이 편리한 패널이다. 폴리머 콘크리트 샌드위치 패널은 그 역학적 특성을 실험을 통하여 구명하고 미비된 부분은 보강을 하면서 ①상업적으로 대량생산할 수 있는 폴리머 콘크리트 샌드위치 패널 제조방법을 개발하고 ②샌드위치 패널의 건축방법을 연구한다. 따라서 제1단계 연구에서는 저온저장고의 건축에 알맞는 폴리머 콘크리트 샌드위치 패널을 개발하고 제작한다. 패널의 제작이 완료되면 이 패널을 이용한 건축방법을 개발하여 기존의 저온저장시설과는 달리 특별한 기초공사나 중장비 또는 숙련된 기술자가 없이도 농민 스스로가 간단한 기술자문을 받아 쉽게 설치할 수 있는 건축방법을 연구한다.

제 2 단계는 저온저장시설의 건축이다. 제1단계에서 개발되고 제작된 샌드위치 패널을 강원도 홍천군 내면 창촌리에 위치한 농민협동연구자의 농장으로 운반하여 실물크기의 저장고를 건축한다. 저장고의 건축은 패널을 조립하여 직육면체 모양의 Box로 만들고 지붕을 설치한다. 샌드위치 패널이 크기 때문에 패널의 조립시의 접착성, 힘에 의한 뒤틀림이 문제가 될 수 있으므로 이와같은 문제점을 철저히 사전에 연구하여 효율적이고 경제적인 건축방법을 개발한다. 저온저장고를 건축하기 위하여 ①저장고 부지를 정지

하고 기초콘크리트를 타설한다. 약 50평의 저장고 부지를 정지하고 두께 10 cm의 기초콘크리트를 타설하고 ②기초 콘크리트 위에 저장고의 바닥부터 조립을 시작하여 Box형의 저장고를 완성한다. 기초공사는 현지의 건설업체에 용역을 주어 완료한다. 제1단계에서 개발된 건축방법에 따라 샌드위치 패널이 개발되고 제작되었지만 실제의 저장고 건축시는 다양한 문제점들이 수반될 수 있기 때문에 저장고의 건축시 이러한 문제점들을 보완한 후 건축시방 방법을 제시한다.

제3단계는 건축된 저장고에 냉장시설을 설치하고 저장고의 냉장성능을 연구한다. 냉장기기는 냉장기 설치 전문업체에 용역을 주어 설치하고 부가적으로 냉수를 이용할 수 있는 시설을 설치한다. 냉장설비가 완료되면 농산물을 저장하면서 저온저장시설의 실용화 연구를 시작한다. 실용화 연구는 협동연구개발자의 농장에서 생산되는 농산물을 저장하며 냉장 및 저장효과를 측정한다. 냉장 및 저장효과는 저장고내의 온도와 습도를 측정하여 저장시설의 단열성능과 습기차단성능을 구명한다. 이상의 연구에서 개발의 타당성이 인정될 경우는 표준 건축 설계도와 건축방법을 개발하고 전국의 농어촌으로 보급할 수 있는 준비를 한다.

여 백

## 제 2 장

### 저온저장시설 현황

여 백

## 제 2 장 저온저장시설 현황

### 제 1 절 시설 설치 현황

#### 1. 시·도별 현황

농산물 저온저장시설은 농산물이 생산되어 소비되기까지는 수송을 통하여 공간효용이 창출되고 가공을 통해서 형태적 효용이 추가되듯이, 시간적으로 발생하는 수급불균형을 조정하여 시간효용을 증대시키는 중요한 유통시설에 속한다.

이와 같은 중요기능을 가진 저온저장시설의 '95년 8월 현재 시·도별 설치 현황(50평 이상 규모)은 표 2-1과 같다.

이 결과에서 살펴보면 전국의 업체 수는 총 999개소인데 경남이 219개소(21.9%)로 가장 많고 다음이 경북 197개소(19.7%), 전남 178개소(17.8%) 순으로 되어 있다. 시설 동수는 총 1,324개동 가운데 경북 288개동(21.7%), 경남 266개동(20.0%), 전남 224개동(16.9%)의 순으로 되어 있다.

그러나 시설면적을 살펴보면 총면적 239,732평중 경남 44,803평(18.6%), 경기 41,058평(17.1%), 경북 40,594평(16.9%)의 순으로 되어 있으며, 저장능력 역시 719,196톤중 경남 134,409톤(18.6%), 경기 123,174톤(17.1%), 경북 121,782톤(16.9%)의 순으로 되어 있다.

이에 비해 저장물량은 총 454,151톤중 전남 93,326톤(20.5%), 경기 89,814톤(19.7%), 경북 78,041톤(17.1%)의 순서로 크게 나타났다.

이렇게 볼 때 저장능력에 대한 저장물량의 비율 즉 사용율은 전남이 85.3%로 가장 높고 부산 73.6%, 경기 72.6% 순으로 되어 있다. 그러나 총

표 2.1 시·도별 시설현황

(’95. 8말 현재)

	업 체 수	시설동수	시설면적	저장능력 (A)	구 성 비	저장물량 (B)	대 비 (B/A)
전 국	개 소 999	동 1,324	평 239,732	톤 719,196	% 100	톤 454,151	% 63.1
서 울	7	13	3,136	9,408	1.3	5,111	54.3
부 산	6	11	2,830	8,490	1.2	6,247	73.6
대 구	39	79	15,234	45,702	6.4	29,856	65.3
인 천	3	6	2,869	8,607	1.2	3,050	35.4
광 주	10	17	5,748	17,244	2.4	7,810	45.3
대 전	5	5	2,419	7,257	1.0	4,797	66.1
경 기	78	89	41,058	123,174	17.1	89,814	72.9
강 원	24	43	6,643	19,929	2.8	8,883	44.6
충 북	80	91	10,100	30,300	4.2	6,786	22.4
충 남	80	95	12,301	36,903	5.1	25,533	69.2
전 북	46	55	10,578	31,734	4.4	16,673	52.5
전 남	178	224	36,465	109,395	15.2	93,326	85.3
경 북	197	288	40,594	121,782	16.9	78,041	64.1
경 남	219	266	44,803	134,409	18.7	71,680	53.3
제 주	27	42	4,594	14,862	2.1	6,544	44.0

주1) 저장능력은 양과기준 평당 3톤으로 환산한 것임

주2) 50평 미만의 소형 저온저장고는 제외하였음

자료 농림수산부, '95농산물 저온저장고 시설현황



북은 22.4%로서 가장 낮고 인천(35.4%), 제주(44.0%), 강원(44.6%), 광주(45.3%) 등도 사용율이 매우 낮게 나타났다. 결국 전국 평균 사용율은 63.1%정도로서 그리 높지 않음을 알 수 있는데 이는 50평 이상의 중·대형 저장고의 활용성이 높지 않음을 보여주는 결과라고 하겠다.

## 2. 재원별 현황

농산물 저온저장시설 설치에는 비교적 많은 비용이 드는데 설치에 소요된 공사비의 조달재원별 현황은 표 2.2와 같다. 여기에서 볼 때 총 1,324개동 중 개발자금에의해 설치된 것이 129개동(9.7%), 농안기금에 의한 것이 69개동 (5.2%), 차관자금에 의한 것이 22개동(1.6%), 국고·지방비에 의한 것이 398개동(30.0%), 자담에 의한 것이 706개동(53.3%)로서 저장시설 소유주가 직접 설치한 자담이 가장 많음을 알 수 있다.

또한 면적은 총 239,732평중 개발자금에 의한 것이 26,119평(10.8%), 농안기금에 의한 것이 24,672평(10.2%), 차관자금에 의한 것이 5,146평(2.1%), 국고·지방비에 의한 것이 48,008평(20.0%), 자담에 의한 것이 135,787평(56.6%)으로서 역시 자담이 가장 많은 것으로 나타났다.

이렇게 볼 때 동당 면적은 전체평균이 181평, 개발자금에 의한 것이 평균 202평, 농안기금에 의한 것이 평균357평 차관자금에 의한 것이 평균 233평, 국고·지방비에 의한 것이 평균 120평, 자담에 의한 것이 평균 192평으로서 농안기금에 의한 것이 가장 큰 동당면적을 갖는 것으로 나타났다.

한편 전국적으로 볼 때 업체당(999업체기준)평균소유동수는 인3 '동' 평균소유저장시설면적은 239.9평으로 되어 있음을 알 수 있다.

표 2.2 재원별 시설현황

	계		개발자금		농안기금		차관자금		국고·지방비		자담	
	동수	면적	동수	면적	동수	면적	동수	면적	동수	면적	동수	면적
전국	동 1,324	평 239,732	129	26,119	69	24,672	22	5,146	398	48,008	706	135,787
서울	13	3,136	2	2,100					8	726	3	310
부산	11	2,830			2	2,000					9	830
대구	79	15,234	3	2,200	16	2,456					60	10,578
인천	6	2,869							3	149	3	2,720
광주	17	5,748			1	1,600			1	216	15	3,932
대전	5	2,419			1	750			3	906	1	763
경기	89	41,058	11	1,905	6	8,659	2	1,008	36	4,550	34	24,936
강원	43	6,643	1	217					13	1,496	29	4,930
충북	91	10,100	7	760					55	3,968	29	5,372
충남	95	12,301			2	411			46	5,918	47	5,972
전북	55	10,578	1	200	4	1,430			25	3,087	25	5,861
전남	224	36,465	18	3,504	4	921	9	2,011	97	11,205	96	18,824
경북	288	40,594	50	8,231	30	5,795	3	587	45	6,361	160	19,620
경남	266	44,803	36	7,002	3	650	8	1,540	50	6,901	169	28,710
제주	42	4,954							16	2,525	26	2,429

자료 농림수산부, '95 농산물 저온저장고 시설현황

### 3. 년도별 현황

'90년부터 '95년까지 설치된 농산물 저장시설현황을 살펴보면 그림 2.1 및 표 2.3과 같다.

그림2.1에서 볼 수 있는 바와 같이 전국적으로 '90년 이후 저장시설의 설치 물량이 급속하게 증가하여 있음을 알 수 있다. 한편 표 2.3에서 '93년 대비 '95년 증감율을 살펴보면 인천, 충북, 대구지역에서는 180%이상으로서 거의 배에 가까운 저장시설이 신규로 설치된데 비해 서울, 부산, 광주, 경북 등은 오히려 저장시설이 줄어들었음을 알 수 있다. 이는 앞으로 저온저장고 신규설치 계획수립에 있어서 중요한 자료라고 할 수 있겠다.

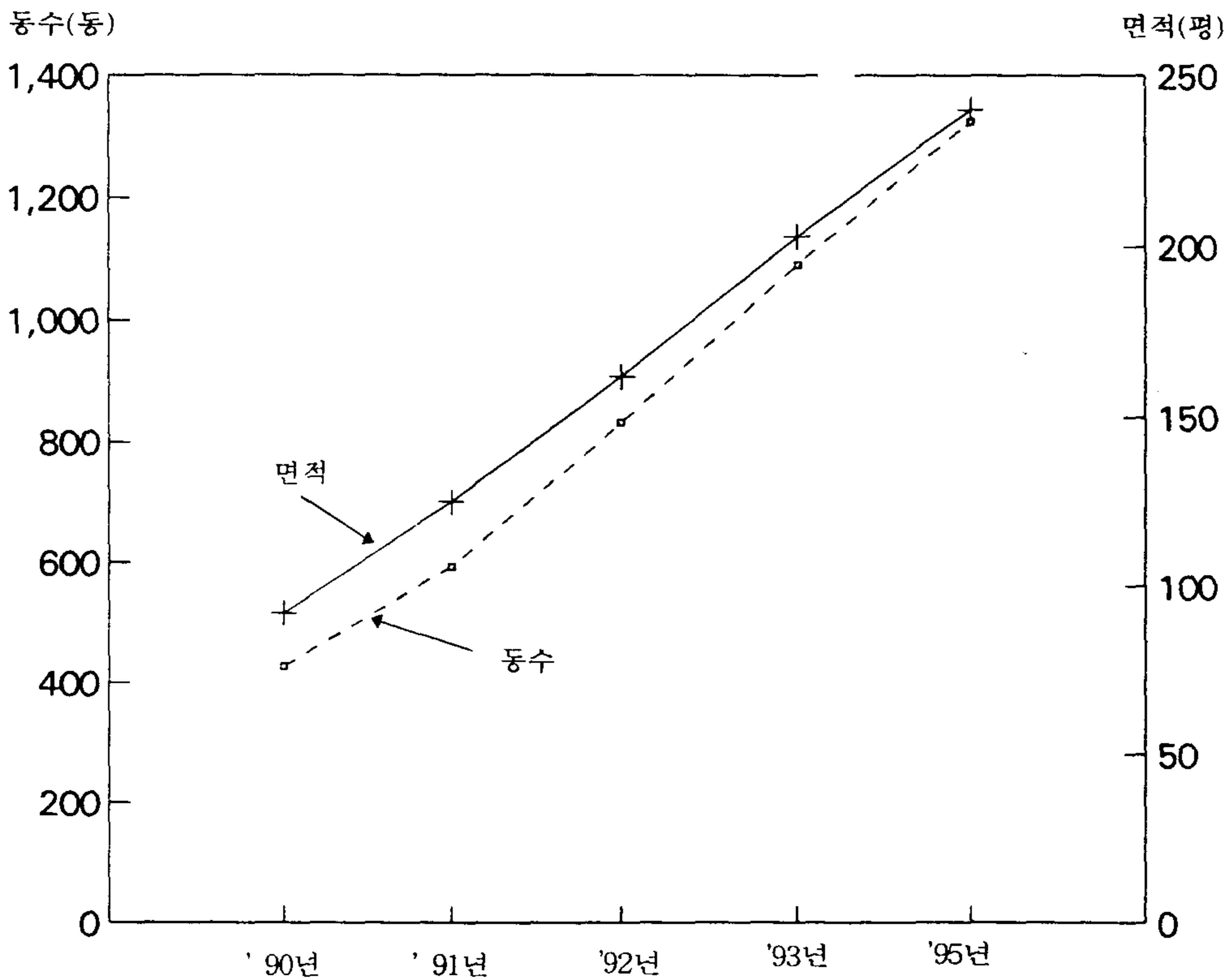


그림 2.1 년도별 동수 및 면적 증가비교

표 2.3 년도별 설치현황

(행정조사)

	'90		'91		'92		'93		'95		비율 (B/A)
	동수	면적	동수	면적	동수	면적	동수	면적(A)	동수	면적(B)	
전국	426	92,479	592	125,229	832	165,645	1,091	203,423	1,324	239,732	117.8
서울	16	4,967	15	6,611	16	6,645	14	4,769	13	3,136	65.8
부산	12	2,977	16	4,978	11	3,510	11	3,000	11	2,830	94.3
대구	41	9,678	38	8,695	37	9,466	34	8,376	79	15,234	181.9
인천	2	1,420	3	1,920	5	3,520	2	1,420	6	2,869	202.0
광주	12	3,256	14	3,882	20	5,432	18	5,882	17	5,748	97.7
대전	2	950	2	950	3	1,713	3	1,713	5	2,419	141.2
경기	25	9,658	41	16,048	57	25,374	82	36,820	89	41,058	111.5
강원	3	600	4	617	11	1,488	27	5,163	43	6,643	128.7
충북	4	848	4	1,048	46	3,464	62	5,475	91	10,100	184.5
충남	24	3,317	63	6,652	86	9,048	96	11,615	95	12,301	105.9
전북	8	2,542	11	3,390	24	6,081	40	8,725	55	10,578	121.2
전남	66	12,502	80	17,548	134	24,617	183	31,646	224	36,465	115.2
경북	125	22,406	181	28,398	209	33,570	299	40,951	288	40,594	99.1
경남	79	16,052	112	23,195	161	29,510	199	34,393	266	44,803	130.3
제주	7	1,306	8	1,297	12	2,207	21	3,475	42	4,954	142.6

자료 농림수산부, '95 농산물 저온저장고 시설현황

## 제 2 절 시설 운영 현황

### 1. 운영관리 주체별 현황

50평 이상의 중·대형 농산물 저장시설의 운영관리 주체는 민간이 대부분이나 농유공 등과 같은 기관도 상당수를 소유하고 있으며, 구체적인 현황은 표 2.4와 같다.

표 2.4에서 살펴보면 총 1,324동 중 농협이 274동(20.6%), 농유공이 13동(1.0%)이며 민간이 가장 많아 1,037동(78.3%)을 차지하는 것으로 나타났다.

한편 면적을 살펴보면 총 239,732평 중 농협이 44,114평(18.4%), 농유공이 17,309평(7.2%)이며, 민간이 178,309평(74.4%)으로서 역시 가장 많은 비중을 차지했다.

여기서 특징적이라 할 수 있는 것은 농유공 소유 저온저장고의 경우 대부분이 서울, 부산, 대구, 광주, 대전, 경기, 전북 등 주요 대도시에 위치하고 있다는 점이라 하겠다.

이밖에 운영관리 주체별 동당 평균면적을 살펴보면 농협이 161평, 농유공이 1331평, 민간이 172평으로서 농유공에서 소유하고 있는 저장고의 동당면적이 가장 큰 것으로 나타났다.

### 2. 품목별 저장현황

저장시설에 저장되는 품목별 저장현황을 살펴보면 표 2.5와 같다.

이 결과에서 볼 때 채소류가 50.9%로서 절반이상을 차지하고 있으며, 다음이 과실류로 29.3%로 되어 있다. 수산물, 양곡류, 축산물, 채소종자, 기타는 모두 합쳐야 20%를 하회하는 작은 비율을 차지하고 있다.

표 2.4 기관별 시설 보유현황

	계		농 협		농 유 공		민 간	
	동 수	면 적	동 수	면 적	동 수	면 적	동 수	면 적
전 국	동 1,324	평 239,732	274	44,114	13	17,309	1,037	178,309
서 울	13	3,136			2	2,100	11	1,036
부 산	11	2,830			2	2,000	9	830
대 구	79	15,234	6	2,730	2	2,000	71	10,504
인 천	6	2,869					6	2,869
광 주	17	5,748	2	466	1	1,600	14	3,682
대 전	5	2,419	3	906	1	750	1	763
경 기	89	41,058	35	4,677	4	8,259	50	28,122
강 원	43	6,643	10	1,352			33	5,291
충 북	91	10,100	20	2,351			71	7,749
충 남	95	12,301	25	3,759			70	8,542
전 북	55	10,578	27	3,218	1	600	27	6,760
전 남	224	36,465	41	6,278			183	30,187
경 북	288	40,594	55	8,671			233	31,923
경 남	266	44,803	43	8,118			223	36,685
제 주	42	4,954	7	1,588			35	3,366

자료 농림수산부, '95 농산물 저온저장고 시설현황

표 2.5 품목별 농산물 저장현황

(단위 톤)

	계	채 소 류	과 실 류	수 산 물	양 곡 류	축 산 물	채소종자	기 타
전 국	454,151 (100%)	231,237 (50.9%)	133,232 (29.3%)	51,549 (11.3%)	16,209 (3.6%)	12,095 (2.7%)	2,140 (0.5%)	7,689 (1.7%)
서 울	5,111	2,902	281	54	1,474		400	
부 산	6,247	4,158		326	1,263	500		
대 구	29,856	19,084	9,989		735			48
인 천	3,050	1,300	1,700					50
광 주	7,810	5,700	168	468	1,474			
대 전	4,797	2,860	1,027		520			390
경 기	89,814	24,349	9,814	41,712	3,356	9,755	39	789
강 원	8,883	3,153	944		4,717			69
충 북	6,786	1,786	1,351	1,460		1,140		1,049
충 남	25,533	6,945	16,703					1,885
전 북	16,673	3,015	7,813	3,500	1,452	400		493
전 남	93,326	69,627	18,758	3,610	945			386
경 북	78,041	47,652	30,069		200			120
경 남	71,680	34,206	32,964	419		300	1,701	2,090
제 주	6,544	4,500	1,651		73			320

자료 농림수산부, '95 농산물 저온저장고 시설현황

특이한 점은 경기도의 경우 수산물 저장비율이 46.4%로서 채소류와 과실류를 합한 26.7%보다 훨씬 높게 나타나 대소비지인 서울근교에는 수산물 저온저장고가 많이 설치되어 있음을 알 수 있다. 뿐만 아니라 경기도에서는 야채류, 과실류, 수산물, 양곡류, 축산물, 채소종자 저장 등 여러 분야에서 골고루 다양하게 저온저장고가 이용되는 것으로 나타났다.

한편 과실·채소류의 저장비율을 표 2.6에서 살펴보면 양파 34.0%, 사과 12.4%, 마늘 10.7%, 단감 5.6%, 밤 3.8%, 배 3.8%의 순으로서 양파, 사과, 마늘이 주류를 이루고 있음을 알 수 있다.

표 2.6 과실 채소류 저장현황

(단위 톤)

	계	양 파	마 늘	사 과	단 감	밤	배	기 타
물 량	454,151	154,229	48,837	56,333	25,549	17,413	17,104	134,686
비 율	100%	34.0%	10.7%	12.4%	5.6%	3.8%	3.8%	29.7%

자료 농림수산부, '95 농산물 저온저장고 시설현황



### 제 3 절 저온저장시설의 문제점

#### 1. 운영상 문제점

##### 가. 중·대규모 위주의 시설

'95년도 8월말 현재 전국에는 50평 이상의 저온저장고를 기준으로 할 때 1,324동에 239,732평이 설치되어 있는데 이것은 평균 동당 면적이 181평에 달하는 것이다. 그러나 50평 미만의 소형 저온저장시설은 통계조차 잡혀 있지 않은 실정이다.

이와 같이 중·대규모 위주의 농산물 저온저장시설이 설치됨으로써 농협, 농유공, 개인업체 등의 영리추구에는 부합될지 모르나 농민의 입장에서 소량의 지역특산물을 저장하는데는 거의 이용이 불가능한 실정이다. 물론 양파, 사과, 마늘 등 대단위 생산단지에는 대규모 저온저장시설을 설치하는 것이 당연하다고 하겠으나 지역특산물을 저장할 수 있는 농가용 소규모 시설도 병행하여 정책적으로 추진하는 것이 바람직하다고 하겠다.

##### 나. 과다한 저장시설

'95년도 8월말을 기준으로 할 때 전국에 있는 50평 이상 저온저장고 1,324동의 저장능력은 719,196톤인데 비해 저장물량은 454,151톤으로서 결국 저장고 이용율은 63.1%밖에 되지 않는다. 물론 이것은 앞으로 저장물량이 점차 증가할 것임을 예상하면 문제시되지 않는다. 그러나 현실적으로 농협, 농유공, 민간업체간에 농산물 저장 유치경쟁이 벌어지고 있으며, 경영상에 있어서도 이용을 저조로 많은 적자를 내고 있는 실정이다.

따라서 앞으로 저장시설을 신규로 설치할 경우에는 가동율, 운영상황,

지역적 특성 등을 종합적으로 검토하여 잉여저장시설이 발생치 않도록 계획을 수립, 추진하여야 할 것이다.

#### 다. 한정된 저장품목

농산물 저온저장시설에 저장되는 품목은 과실·채소류가 80.2%를 차지하고 과실·채소류 가운데에서도 양파, 마늘, 사과가 57.1%를 차지하여 전체적으로 볼 때 저장품목이 한정되어 있음을 알 수 있다.

이것은 물론 저장을 위한 지역 농산물의 수급에도 큰 영향을 받다고 할 수 있으나 근본적으로 시설의 온도, 습도조절 등 그 기능이 한정된 품목에 사용가능토록 되어 있고 규모자체가 평균 181평 정도로 커서 저장조건이 다른 농산물들을 동시에 저장할 수 없기 때문이라고 할 수 있다. 특히 소량의 농산물을 규모가 큰 저장고에 저장한다는 것은 관리나 경비면에서 사실상 불가능하기 때문에 대규모 시설의 가동율은 당연히 저하될 수 밖에 없는 것이다.

더욱이 대다수의 중·대형 저온저장시설은 특정품목의 산지에 설치되어 있어 품목별 연계저장을 통한 가동율 제고가 어렵다는 점이 큰 문제점이라고 하겠다.

#### 라. 복잡한 운영문제

중·대형 저온저장고는 대부분 민간 저장업체에 소유·운영되고 있으며, 운영방법에는 저장대상 농산물은 업체가 구매하여 저장하는 구매저장과 농민의 위탁에 의해 저장하는 위탁저장이 있다.

이와 같은 중·대형 저온저장시설은 저장고의 규모가 크기 때문에 1~2 농가에서 전용으로 사용하기는 매우 어렵다. 따라서 여러 농가에서 생산된 농산물을 공동으로 저장하는 방법을 택하는데, 이럴 경우 저장기간의 상이성, 반입과 출하의 복잡성, 저장비용 부담금 산출의 어려움 등 많은 문제점이 뒤따른다. 특히 민간사업자가 운영하는 시설보다도 농협에서 운영하는 시설이라든지 마을에서 공동으로 사용하는 시설의 경우 더 많은 문제점이 있다.

따라서 중·대형 저온저장고에 대한 체계적이며 철저한 운영계획 수립 방안을 강구하고 저장시설의 규모를 다양화하여 그 사용성을 제고시킴은 물론 운영의 합리화를 기할 수 있는 종합적인 대책의 수립이 필요하다고 하겠다.

## 2. 기술상 문제점

### 가. 저장시설용 재료개발 미흡

저온저장시설은 반지하식과 지상식의 구조가 대부분이다. 이 가운데 반지하식은 콘크리트 벽체 중심부에 발포폴리스티렌이나 폴리우레탄 폼을 갖는 구조로 되어 있으며, 지상식의 경우는 강판을 표면부로 하고 발포폴리스티렌을 중심부로 하는 샌드위치 패널 구조로 되어 있다.

전자의 경우는 콘크리트 자체가 투수성 재료이기 때문에 지하수가 있든지 투수층이 있을 때 저장시설에는 누수가 되는 경우가 있으며, 단열성능면에서도 뒤떨어지게 된다.

후자의 경우는 저장시설내의 습기와 가스발생으로 부식되기 쉬우며, 샌드위치 패널 연결부의 단열에 많은 문제점을 가지고 있다. 뿐만 아니라

벽체의 내하력이 작아 철골조 프레임을 반드시 필요로 하는 점도 하나의 취약점이라고 할 수 있다.

이상에서 언급한 바와 같이 지금까지 설치된 저온저장시설용 건축재료는 여러가지 문제점을 가지고 있는 만큼 이에 대한 충분한 연구개발이 이루어져야 할 것이다.

#### 나. 과도한 에너지 소비형

지금까지 설치된 저온저장고의 저장방식에는 프레온, 암모니아, 공냉식, CA냉동 등이 있으나 과도한 에너지의 소비가 문제시된다.

저온저장시설은 저장대상 농산물의 품목이 다양할 뿐만 아니라 수시로 입고, 출하되기 때문에 일정한 저장온도의 유지에 어려움이 있으며 에너지 효율 역시 떨어지게 된다.

최근에는 냉기를 방출하는 열펌프와 열을 저장하는 축열조를 효율화시키고 컴퓨터를 이용하여 시스템제어를 최적상태로 유지함으로써 에너지 효율을 기존설비보다 향상시키는 고효율 냉방시스템이 개발되었다.

따라서 이와 같은 에너지 절약형 냉방시스템을 도입한다든가 찬냉수를 순환시켜 냉방의 보조수단으로서 활용하는 것도 적극 검토하여야 할 사항이라고 하겠다.

#### 다. 프레온 가스에 대한 사용규제

전술한바와 같이 저장고의 냉각방식에는 프레온, 암모니아, 공냉식, CA냉동 등이 있으며 이 가운데 가장 많이 쓰이는 것은 프레온 가스이다.

프레온 가스는 지구 오존층을 파괴하는 환경공해 물질로 판명되었으며, 프레온-11과 프레온-12의 오존층 파괴정도가 심하여 생산 및 사용규제가 심한 반면 프레온-22는 오존층 파괴정도가 낮아 규제정도가 약한 편이다.

따라서 저온저장고의 냉매로서 프레온 가스를 대신할 무공해 대체물질의 개발이 이루어져야만 하는데 우리나라에서는 완전한 대체물질을 개발하지 못하고 있는 실정이다. 앞으로 국제환경협약기준이 강화되어 프레온-22도 사용규제가 앞당겨질 가능성에 대비하여 대체냉매의 개발이 조속히 이루어져야 할 것이다.

이와 더불어 공냉식 냉각장치를 이용하여 환경오염을 줄이고 에너지도 절약할 수 있는 방법을 도입하는 것도 바람직할 것으로 판단된다.

#### 라. 농촌경관 저해형 저장시설

저장시설은 지하식, 반지하식, 지상식으로 되어 있다. 이 가운데 가장 많이 이용되는 것은 지상식이다. 기존의 지상식 저온저장고를 보면 대부분이 농촌경관을 무시한 채 건립되어 있다. 예를 들면 지붕이 없이 저장고 몸체만 있어 심한 거부감을 주는 경우, 지붕의 각도, 색깔 등 농촌환경의 친화라는 점을 무시한 경우 등이 대표적이라 할 수 있다.

농촌주택과 저온저장시설도 농촌에 건설되는 건축물로서 농촌자연환경과 조화를 이룰 수 있고 아름다움을 창조할 수 있는 구조물로서 설계·시공되어야 할 것이다.

여 백

## 제 3 장

### 저장시설의 환경조건

여 백



## 제 3 장 저장시설의 환경조건

### 제 1 절 서 론

농산물 저장시설이란 수확하거나 가공한 농산물을 저장시의 상태로 일정기간 저장 후 적절한 가격으로 소비자에게 공급하기 위해 만들어진 일정한 공간과 환경제어 설비를 갖춘 시설이다. 성공적으로 농산물을 저장하기 위해서는 저장하고자 하는 저장물의 품질을 보전할 수 있으면서도 저장기간을 극대화할 수 있도록 적절한 온도와 알맞는 대기조성을 경제적으로 유지할 수 있는 조건을 갖춘 저장시설이 필요하다. 각개의 농산물은 각각의 독특한 저장조건이 있으므로 농산물의 종류, 저장시의 가공정도, 저장기간 등에 따라 저장방법이 달라진다. 저장시설은 이와 같은 다양한 저장조건을 제공할 수 있어 저장물의 특성에 따른 최적의 저장방법을 사용할 수 있도록 설계·시공되어야 한다.

#### 1. 저장의 목적

##### 가. 신선도 유지

많은 농산물은 수확시기가 일시적이고 단기간에 품질이 저하되므로 소비기간이 한정되어 생산량의 많고 적음에 따라 가격의 등락이 심하다. 그러나 저장을 통하여 출하시기를 조절할 수 있다면 농산물의 수확을 식미가 가장 좋은 숙성단계(Ripe Stage)에 수확하지 않고 저장중의 품질의 변화나 유통과정상 손실 등을 고려하여 수확기를 앞당기는 것이 보통이다. 저장을 목적으로 하여 성숙기(Mature Stage)에 수확하는 농산물에 있어서는 수확

후에도 식미가 증가하는데 이러한 경우 적합한 저장 방법이 없으면 이후 급속도로 품질이 열악해진다. 저장의 가장 큰 목적 중의 하나는 이러한 품질 저하를 억제하고 수확시의 신선도를 유지하는데 있다. 또한 봄산채 등의 건조 가공품은 여름의 습기와 고온 때문에 저장시에 손실이 많다. 온도와 습도가 조절되는 저장을 통하여 저장시의 색깔, 향 및 맛 등의 선도를 유지하기 위한 목적도 있다.

#### 나. 유통기간 조절

적합한 저장은 특정 생산물의 유통기간을 조절할 수 있도록 도와준다. 신선한 상태에서 소비되는 농산물의 연중 소비기간은 생산시기의 조절과 저장방식의 발달에 의해 연장되어 왔다. 생산자가 저장하는 신선한 농산물을 기존의 유통체인과 연계하여 생산자로부터 소비자까지 소정의 저온을 유지하면서 장시간 동안 농산물의 질과 양을 변화시키지 않고 소비자에게 공급할 수 있다. 이와 같은 장기저장은 여러가지 이유로 연중재배가 곤란한 온대성 과실의 주년 공급을 가능케 하여 생산물의 수요 욕구에 맞게 유통기간을 조절할 수 있게 되었다. 특히 생산자나 저장유통업의 경우, 생산물의 상품성 또는 품질의 변화는 저장여부나 저장방식에 따라 다르므로 생산물의 소비 예정시기에 따라 적합한 수확시기와 저장방식을 고려하여야만 가장 좋은 품질의 농산물을 목표한 유통체계대로 판매할 수 있다.

#### 다. 생산물의 품질 향상

장기저장용 농산물은 수확 후 일정기간까지는 식미(Eating Quality)가

향상된다. 성숙기에 수확한 작물, 특히 과실의 경우 수확 후 저장기간에 숙성단계를 거침으로써 외관, 맛, 풍미가 향상된다.

감귤류의 경우 수확당시에는 다소 푸른 빛이 있더라도 저장 유통 중 엽록소가 파괴되고 카로틴 계통의 색소가 발현되어 외관이 좋아진다. 사과 는 성숙기에 과실내 남아있던 전분이 저온저장을 거치는 사이 당류로 전화되어 맛이 향상되며 과실 특유의 향기를 내게 된다. 서양배의 경우에는 육질이 연화되고 풍미가 증가함으로써 저장기간중 숙성과정이 필수적으로 요구되기도 한다. 열대성 과실인 바나나도 수확시기인 성숙기에는 녹색과실에 짙은 맛이 강하고 단맛이 없지만 저장 및 유통과정 중 자연적인 숙성과정이 나 인위적인 숙성을 유기하여 소비단계에서는 과실 특유의 풍미를 지니게 된다.

그러나 모든 농산물의 저장 중 품질이 향상되는 경우는 제한적이며 그 기간도 극히 짧다. 따라서 품질향상이란 측면에서의 저장목적은 오히려 수송이나 유통의 의미에서의 넓은 의미의 저장임을 주지해야 한다.

#### 라. 수확 후 손실감소

생산물의 신선도를 유지하고 유통기간을 연장함은 수확시의 대량출하에 의한 상품의 손실을 줄이는 효과가 있다. 특히 신선한 농산물이나 원예 생산물같이 수분함량이 많고 물리적인 손상에 약한 상품은 대량 취급시 약간의 부주의나 관리 소홀에 의해서도 큰 손실이 일어나게 된다. 또한 저장 은 대량 출하시 소비되지 않고 폐기되는 상품을 사전에 줄임으로써 운송비, 포장비 등의 절감효과와 함께 환경개선 효과도 가져온다.

## 2. 저장의 효과

### 가. 생산 측면

생산자가 직접 생산물을 저장을 하므로 작물의 출하량을 조절하여 생산물의 손실을 줄이고 소득의 증대를 꾀할 수 있으며 즉시 출하용과 저장용의 수확기를 달리함으로써 집중적인 인력의 요구도가 낮아 작업의 편리성 및 인력수급에 도움을 받아 효과적인 영농활동을 이룩할 수 있다.

### 나. 유통 측면

저장에 의해 생산물의 연중공급이 가능해지면 소비경향이 바뀌면서 상시 유통품목으로 자리잡게 된다. 상시 유통품목화는 상품의 수급조절이 가능하여 가격의 안정화를 가져온다. 또한 저장이 잘된 생산물은 유통가능기간이 길어진다. 이러한 생산물은 특히 유통기간의 온도가 높을 경우 유통중 부패 등에 의한 상품의 손실 부담이 줄어들어 취급량이 증대되며 가격이 안정됨으로써 소비량도 증대되는 이른바 상호 증폭효과를 낳는다.

### 다. 소비 측면

소비자는 채소, 과일 혹은 꽃 등의 다양하고 신선한 농산물을 연중 공급받을 수 있다. 다양한 상품의 제공은 생활과 소비의 풍요로움을 느끼게 하고 앓고 소비자의 선택의 폭을 넓혀 소비증대와 가격안정의 효과를 가져온다.

## 제 2 절 저 장 이 론

### 1. 온 도

#### 가. 저장고내 온도 결정 요인

저장고내 온도는 저장물에서 발생하는 열과 저장고 외부에서 저장고 내부로 전도되는 열에 의해 상승된다. 겨울에는 외기의 온도가 저장고내 온도보다 낮으므로 저장고의 열은 오히려 외부로 전도되어 방출될 것이다. 단 열처리가 잘된 저장고의 저장고내 온도는 대체로 포장열, 호흡열 및 기타 기기 방출열과 교환열 등을 합한 저장고 사용요인열량(Service Factor) 등 세 가지 온도 상승 요인과 냉장시설의 용량에 의해 결정된다.

포장열(Field or Sensible Heat)이란 수확한 생산물이 지니고 있는 열로써 수확당시의 외온과 저장고 입고 전 예냉 처리방법에 따라 결정된다. 특별한 예냉(Precooling)단계를 거치지 않고 저장고에 입고할 경우 포장열을 얼마나 빨리 제거하느냐에 따라 저온저장의 효과가 달라진다. 생리대사열로 볼 수 있는 호흡열(Vital Heat or Respiration Energy)은 생산물의 호흡에 의해 방출되는 열로써 저장고내 온도에 의해 조절되는 열요인이다. 사용요인 열량은 저장 직후 저장용기로부터 방출되는 열, 환풍기나 조명등 사용시 발생하는 기기열, 저장고 출입시 발생하는 환류열과 저장고내 작업시 사람의 몸에서 방출되는 열량 등을 포함한다.

#### 나. 냉각(Cooling)의 효과

채소, 구근작물, 청과물, 원예 등 모든 농산물은 수확된 후에도 생물체로서 호흡을 계속하나 수확 후에는 에너지의 공급이 중단되므로 농산물 자

체의 에너지를 소모하여 호흡을 하여야 하기 때문에 점차 품질이 저하된다. 그러나 호흡량은 온도가 낮을 수록 감소하기 때문에 저장온도를 낮추면 호흡량과 에너지의 소모가 작아지므로 농산물의 품질저하가 둔화되고 저온저장은 이러한 원리하에 생산물의 저장기간을 연장하는 기술이다. 저장온도별 농산물의 호흡량은 작물의 종류, 재배방식, 수확시 성숙도에 따라 상이하지만 저장온도가 낮을수록 농산물의 호흡속도는 감소한다 (그림 3.1, 표 3.1).

생산물의 호흡속도는 저장기간중에도 변화하는데 환경조건이 일정하면 대체로 증가하는 경향을 보인다. 과실류는 채소류에 비해 호흡열이 낮은 경향을 보이며 채소류중에서는 브로콜리, 컬리플라워 등 화채류와 버섯이 특히 높은 호흡열을 보이고 있다. 따라서 호흡속도가 빠른 생산물일수록 냉각에 의한 저장효과가 크게 나타난다고 볼 수 있다.

저장고내 온도는 설정온도에서 1.1℃를 벗어나지 않는 선에서 조절되어야 한다. 빙점온도 부근까지의 저온 저장시는 더욱 좁은 범위의 온도조절 개념이 필요하다. 적정온도보다 낮은 저온은 저온장애나 동해를 일으키는 반면 적정온도보다 높은 온도는 저장기간을 단축시킨다 (표 3.2, 표 3.3).

#### 다. 냉장의 원리

냉장(Refrigeration)은 액화된 냉장용 가스, 즉 냉매(Refrigerant)가 기화하면서 주변으로부터 열을 흡수하여 주변온도를 낮추는 원리를 이용한다. 냉장기기는 냉매의 압축, 액화, 액화가스의 팽창분출(Expansion) 및 기화의 네주기가 반복적으로 일어나도록 기계와 배관을 회로화한 것이다. 이들 주 기중 팽창 및 기화는 저장고내에서 일어나며 압축 및 액화작용은 저장고 밖

에서 일어나게 설계 및 시공된다.

압축기에서 압축된 고온, 고압의 기체상태의 냉매가스는 응축기에서 열을 발산하면서 액화된다. 액화된 고압의 액상 냉매는 팽창밸브를 거치면서 저압으로 변하고 이 저압의 냉매는 증발기내를 흐르면서 기화한다. 기화시 필요한 열량은 주변에서 탈취되며 이때 냉각된 공기는 송풍기에 의해 저장고내를 순환하면서 열교환이 용이하게 이루어지게 된다. 이때 저장고내에서의 열 흡수정도 혹은 냉각속도는 액화 냉매의 기화온도와 냉매의 양에 따라 결정되는데 냉매의 기화온도는 냉매의 종류와 압력에 따라 다르다.

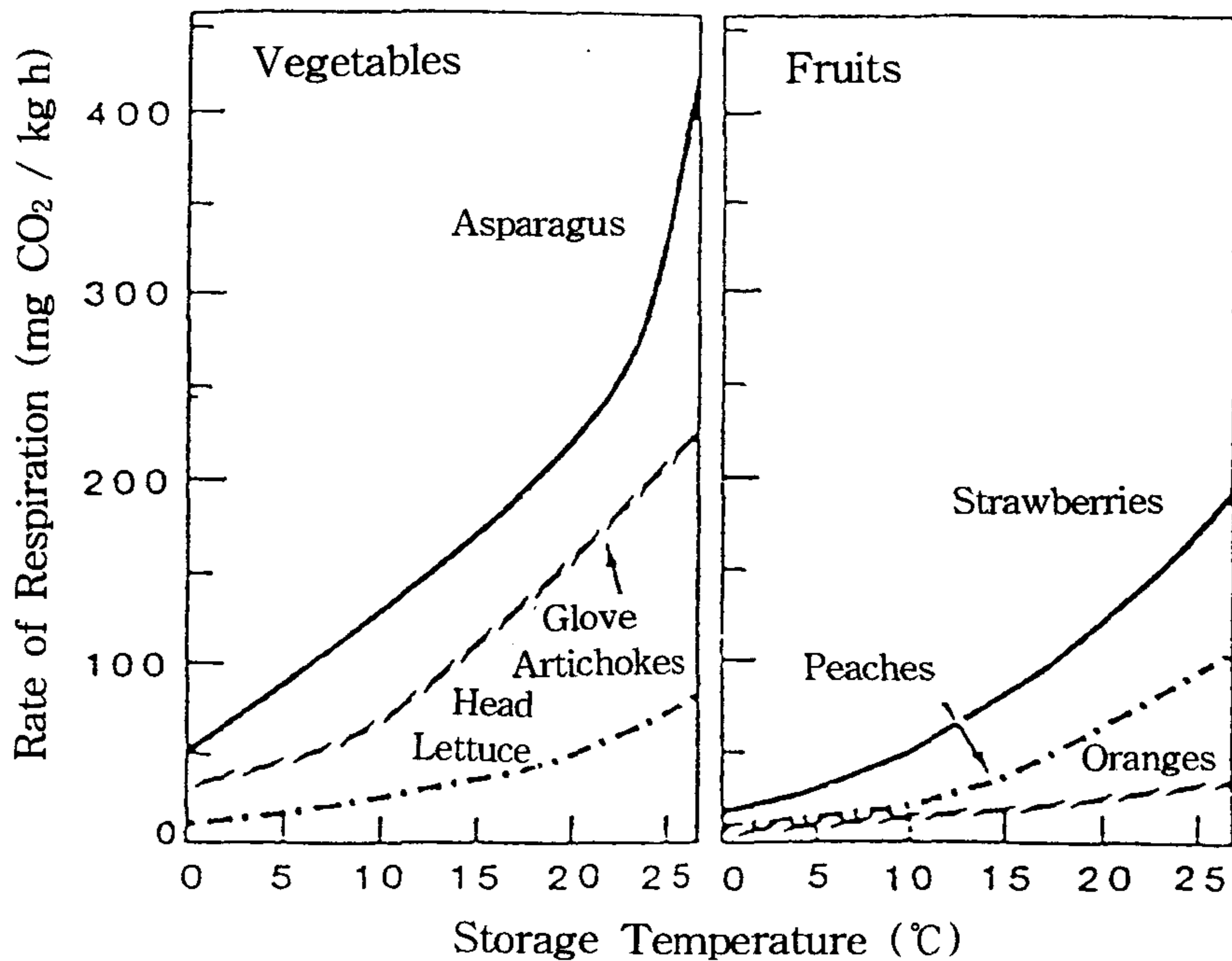


그림 3.1 온도에 따른 과일의 호흡율 (Respiration Rate)

표 3.1 농산물의 저장온도와 이산화탄소의 생성율로 측정한 호흡속도

(Respiration Rate, mg/kg·h)

Commodity	Temperature				
	0°C (32 °F)	4~5°C (40~41°F)	10°C (50°F)	15~16°C (59~60°F)	20~21°C (68~70°F)
Apples, summer	3~6	5~11	14~20	18~31	20~41
Apples, fall	2~4	5~7	7~10	9~20	15~25
Apricots	5~6	6~9	11~19	21~34	29~52
Artichokes, globe	15~45	26~60	55~98	76~145	135~233
Asparagus	27~80	55~136	90~304	160~327	275~500
Avocados		20~30		62~157	74~347
Bananas, green				21~23	33~35
Bananas, ripening			21~39	25~75	33~142
Beans, lima	10~30	20~36		100~125	133~179
Beans, snap	20	35	58	93	130
Bean sprouts	21~25	42	93~99		
Beets, topped	5~7	9~10	12~14	17~23	
Beets, with leaves	11	14	22	15	40
Berries					
Blackberries	18~20	31~41	62	75	155
Blueberries	2~10	9~12	23~35	34~62	52~87
Cranberries		4~5			11~18
Gooseberries	5~7	8~16	12~32	27~69	41~105
Raspberries	18~25	31~39	28~55	82~101	
Strawberries	12~18	16~23	49~95	71~92	102~196
Broccoli	19~21	32~37	75~87	161~186	278~320
Brussels sprouts	10~30	22~48	63~84	64~136	86~190
Cabbage	4~6	9~12	17~19	20~32	28~49
Carrots, topped	10~20	13~26	20~42	26~54	46~95



표 3.1 계속

Commodity	Temperature				
	0°C (32 °F)	4~5°C (40~41°F)	10°C (50°F)	15~16°C (59~60°F)	20~21°C (68~70°F)
Carrots, bunched	18~35	25~51	32~62	55~106	87~121
Cauliflower	16~19	19~22	32~36	43~49	75~86
Celery	5~7	9~11	24	30~37	64
Celeriac	7	15	25	39	50
Cherries, sweet	4~5	10~14		25~45	28~32
Cherries, sour	6~13	13		27~50	39~50
Citrus					
Grapefruit			7~9	10~18	13~26
Lemons			11	10~23	19~25
Limes, Tahiti				6~10	7~19
Oranges	2~5	4~7	6~9	13~24	22~34
Cucumbers			23~29	24~33	14~48
Endive	45	52	73	100	133
Figs, fresh		11~13	22~23	49~63	57~95
Garlic	4~14	9~33	9~10	14~29	13~25
Grapes, American	3	5	8	16	33
Grapes, vinifera	1~2	3~6	8	10~12	
Kale	16~27	34~47	72~84	120~155	186~265
Kohlrabi	10	16	31	49	
Kiwifruit	3	6	12		16~22
Leeks	10~20	20~29	50~70	75~117	110
Lettuce, head	6~17	13~20	21~40	32~45	51~60
Lettuce, leaf	19~27	24~35	32~46	51~74	82~119
Lychees					
Mangos		10~22		45	75~151

표 3.1 계 속

Commodity	Temperature				
	0°C (32°F)	4~5°C (40~41°F)	10°C (50°F)	15~16°C (59~60°F)	20~21°C (68~70°F)
Melons					
Cantaloups	5~6	9~10	14~16	34~39	45~65
Honey Dew		3~5	7~9	12~16	20~27
Watermelons		3~4	6~9		17~25
Mushrooms	28~44	71	100		264~316
Onions, dry	3	3~4	7~8	10~11	14~19
Onions, green	10~32	17~39	36~62	66~115	79~178
Okra		53~59	86~95	138~153	248~274
Olives				27~66	40~105
Papayas		4~6		15~22	
Parsley	30~40	53~76	85~164	144~184	196~225
Parsnips	8~15	9~18	20~26	32~46	
Peaches	4~6	6~9	16	33~42	59~102
Pears, Bartlett	3~7	5~10	8~21	15~60	30~70
Pears, Kieffer	2			11~24	15~28
Peas, unshelled	30~47	55~769	68~117	179~202	245~361
Peas, shelled	47~75	79~97			349~556
Peppers, sweet		10	14	23	44
Persimmons, Japanese		6		12~14	20~24
Pineapples, mature-green		2	4~7	10~16	19~29
Plums, Wickson	2~3	4~9	7~11	12	18~26
Potatoes, immature		12	14~21	14~31	18~45
Potatoes, mature		3~9	7~10	6~12	8~16
Radishes, with tops	14~17	19~21	31~36	70~78	124~136
Radishes, topped	3~9	6~13	15~16	22~42	44~58
Rhubarb, stalk	9~13	11~18	25	31~48	40~57
Romaine		18~23	31~40	39~50	60~77

표 3.1 계 속

Commodity	Temperature				
	0°C (32°F)	4~5°C (40~41°F)	10°C (50°F)	15~16°C (59~60°F)	20~21°C (68~70°F)
Rutabagas	2~6	5~10	15	11~28	41
Spinach	19~22	35~58	82~138	134~223	172~287
Squash, Butternut					
Squash, summer	12~13	14~19	34~36	75~90	85~97
Sweet corn, w/husks	30~51	43~83	104~120	151~175	268~311
Sweetpotatoes, noncured				29	
Sweetpotatoes, cured			14	20~24	
Tomatoes, mature-green		5~8	12~18	16~28	28~41
Tomatoes, ripening			13~16	24~29	24~44
Turnips, topped	6~9	10	13~19	21~24	24~25
Watercress	15~26	44~49	91~121	136~205	302~348

표 3.2 몇가지 원예 작물의 결빙 한계온도

작 물	결빙 온도 (°C)
사 과	-1.1
배	-1.6
복숭아	-0.9
포도	-2.2 ~ -1.3
오렌지 및 감귤	-1.3 ~ -0.8
파인애플	-1.0
바나나	-0.6
오이	-0.5
딸기	-0.8
멜론	-1.2 ~ -0.4
토마토	-0.6 ~ -0.5
양배추	-0.9
시금치	-0.3
상추	-0.2
당근	-1.4
무	-0.7
양파	-0.9
감자	-0.6
고구마	-1.3

표 3.3 몇가지 원예작물의 저온장해 한계온도

작 물	저온 장해 유발 온도 및 기간		저온 장해 회피온도 (℃)
	(℃)	(日)	
아 보 카 도			
Fuerto			7
Lula, Taylor			4.5
Pollock	10	13	13
레    몬			13.3 ~ 15.6
바    나    나			13
파인애플			8
토    마    토		녹숙    분홍	13
	0	1        2	
	5	3        5	
	7.5	5        8	
	10	8        12	
오    이	0 ~ 2	4	13
	2 ~ 5	8 ~ 16	
가    지	0	4	10
	0 ~ 10	10	
피    망	0	2 ~ 4	8 ~ 9
	1	7	
	5	9	
	6 ~ 7	14 ~ 15	
머스크메론			
Cantaloup	0 ~ 1	7 ~ 14	3 ~ 5
Honey Dew	5	10	7 ~ 10
호    박	0 ~ 7	8	10
생    강	7	14 ~ 21	13
고    구    마	10	10	13

따라서 저장고의 냉장용량은 저장고의 용도와 크기에 따라 결정된다. 중발 코일을 통과한 냉매는 저온, 저압의 기체상태로 압축기로 되돌아가는 회전주기를 계속한다.

## 라. 냉장용량의 결정

저온 저장고의 온도 관리를 위한 냉장기기의 용량 결정은 저온 저장의 효과를 극대화하고 경제적으로 운영을 하는데 중요한 역할을 한다. 저온 저장의 효과를 극대화하기 위해서는 예냉과 같은 급격한 냉장이 요구되기도 하기 때문에 냉장기기의 용량은 가능한 최대로 설정되어야 한다. 냉장용량은 저장고의 크기와 저장작물, 저장시 일일 입고량, 예냉되지 않은 생산물의 포장열 제거에 소요되는 시간 등을 고려하여 결정한다. 냉장용량은 24시간(1일)동안 저장고내에서 흡수되는 열량으로 표시된다. 저장고내의 온도상승을 유발하는 원인은 포장열, 호흡열, 전도열, 대류열, 장비열 등의 다섯가지 요인으로 구분할 수 있으며 저장고의 냉장용량은 이들 열원에서 발산되는 열을 효율적으로 제어할 수 있도록 계산되어야 한다.

### (1) 포장열

포장열이란 수확한 농산물의 온도와 저온저장고 설정온도간 차이에 따라 제거되어야 하는 열량을 말한다. 저장효율을 높이기 위해서는 가능한 단시간내에 포장열을 제거하여 농산물의 온도가 설정 저장온도까지 떨어지도록 해야 한다. 포장열은 수확시 포장온도에 따른 입고전 생산물의 온도, 1일 입고량, 설정온도까지의 도달시간에 의해 계산된다. 포장열 용량은 다음과 같은 공식을 이용하여 계산할 수 있다.

$$Q_1 = MCT$$

Q<sub>1</sub> 1일 제거 포장열 (Btu/24시간)

M 1일 입고량

C 저장대상 생산물의 비열

T 24시간내 생산물의 온도 저하치

이 공식에서 알 수 있듯이 작물의 포장열은 일정량의 생산물을 저온 저장고에 입고했을 때 24시간 내 적정온도까지 생산물의 온도를 저하시키는데 소요되는 냉장용량을 의미한다.

## (2) 호흡열

호흡열이란 저장중인 농산물의 호흡에 의해 발생하는 열량으로 저장중 지속적으로 제거되어야 저장고의 온도를 일정한 수준으로 유지할 수 있다. 저장되는 농산물의 온도가 낮아지면 호흡열의 발생도 동시에 감소하여 저장물의 온도가 저장고의 설정온도에 도달하면 호흡열의 발생은 일정하게 유지된다. 저장하고자 하는 대상에 따라 호흡열의 발생은 많은 차이를 보이지만 저장온도가 낮을수록 적어지고 CA(Controlled Atmosphere)저장시 더욱 감소하게 된다. 호흡열에 의한 냉장용량 부하량은 다음과 같다.

$$Q_2 = MK$$

Q<sub>2</sub> : 호흡열 (Btu/24)

M 저장고내 총 입고량 (ton)

K 농산물 별 호흡열 상수 (Btu/24hr-ton)

저장고내의 호흡열은 이미 저장고내에 입고되어 설정저온에 도달한 농산물에서 발산되는 열량과 새로 입고된 농산물이 냉장될때의 호흡열을 합산해야 한다. 대표적 과실의 호흡열은 표 3.4와 같다.

표 3.4 과실의 호흡열 발생량의 추측치

품 명	Kcal/ton/24hr		
	0 °C	4.5 °C	15.5 °C
포 도	유럽종	80~100	550~650
	미국종	150	880
자 몽	100~250	180~330	550~1,000
레 몬	130~230	150~480	580~1,300
사 과	80~380	150~680	580~2,000
자 두	100~180	230~380	600~700
오 렌 지	100~250	330~400	930~1,300
복 송 아	230~350	350~500	1,800~2,300
멜론(켄털로프)	330	500	2,100
서 양 배	180~230		2,200~3,300
버 짜	330~450		2,800~3,300
아 보 카 드	1,500~3,300	2,900~5,800	3,300~10,000
딸 기	680~1,000	900~1,700	3,900~5,100

※바나나: 20 °C, 2,100~2,300 Kcal/ton/24hr



### (3) 전도열

외부에서 저장고 내부로 전도되는 열이 전도열이다. 전도열은 특히 여름철에 저장고내의 온도상승을 유발하는 중요한 요소이므로 지속적으로 제거되어야 한다. 전도열량은 저장고 내부와 외부의 온도차이 및 단열재료의 종류에 따라 상이하다. 실지로는 외부온도에 따라 열의 유입뿐 아니라 열의 손실도 일어나지만 냉장용량 계산시에는 유입열량만을 고려하면 된다. 전도열량 계산은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$Q_3 = 24A(T_0 - T_1)/R$$

$Q_3$  24시간 동안 저장고로 유입되는 전도 열량

$A$  저장고의 표면적 (바닥면적 + 벽면적 + 천정면적)

$T_0$  저장고 외부 온도

$T_1$  저장고 내 온도

$R$  단열재의 열전도 저항 (시간, 단위, 면적, 도)

전도열량의 계산식은 하나로 표현되나 실지로는 바닥, 벽면, 천장 등 부위별 전도열량을 각각 계산하여 합산해야 한다. 냉장용량의 결정시는 외부온도가 가장 높을 때를 예상하여 계산하여야 한다. 이때 외부 온도 설정은 저장기간중 가장 더운 날의 오후 온도를 기준하여야 최대 냉장용량을 구할 수 있다. 한가지 유의할 사항은 겨울철 최저 온도시 열손실에 의해 저장고내 온도가 빙점 이하가 될 경우는 없는지 확인해야 한다. 평평한 천장의 온도는 햇빛에 의해 벽면의 온도보다 4~5℃ 정도 높은 점을 고려해야 하고 벽면의 방향이나 인접 구조물에 따라서도 내부와 외부의 온도차가 다르다는 것을 염두에 두어야 한다.

예를 들면 소형 저장고가 연동식으로 지어질 경우 혹은 대형 저장고

내 여러개의 저장실을 독립된 단위로 운영할 경우 저온실의 인접 벽면의 경우 내·외의 온도차이는 없다고 보아야 한다.

바닥면을 통한 열의 유입이나 손실은 정확히 계산하기가 어려운데 지하의 온도는 보통 그 지역 우물물의 온도를 기준으로 하기도 하는데 토양내 수분함량 등 여러요인에 따라 달라진다. 계산의 편리를 위해 토양온도는 보통 10~15℃를 기준으로 한다.

#### (4) 대류열

저장고내로 외부의 더운 공기가 유입되어 내부의 공기와 혼합되어 내부의 온도를 높이는 역할을 한다. 대류열의 유입은 특히 여름철에 생산물을 입고할 경우 심하며 저장고를 닫았을 때 최소화된다. 대류에 의한 열 유입량은 다음과 같이 계산된다.

$$Q_4 = (h_0 - h_1)VN/13.5$$

$Q_4$  대류현상에 의한 대류열 유입량

$h_0$  외부공기의 엔탈피 (열함량으로 Btu/lb 로 표현됨)

$h_1$  저장고 내부 공기의 엔탈피 (열함량으로 Btu/lb 로 표현됨)

$V$  저장고의 총용적

$N$  24시간 동안 일어나는 공기교환 횟수

13.5 : 외부공기의 Specific Volume의 평균치

교환횟수  $N$ 은 저장고 용적에 따라 변하므로 저장고의 용적이 클수록 교환횟수는 적어진다. 농산물을 저장고에 적재하는 동안  $N$ 값은 2~4정도가 되며 완전히 밀폐된 CA저장고에서는 이론적으로 0이 된다. 겨울철 오랫동안 저장고 문을 열어 두면 지속적인 열손실에 의해 저장고내 생산물이 얼 경우가 있으므로 조심해야 한다.

#### (5) 장비열 (Equipment Load)

저장고에서 작동하는 기기류에서 발산하는 열량도 냉장용량 계산에 고려되어야 한다. 예를 들면 적재시 사용되는 지게차, 저장고내 조명등, 송풍기 등에서 발산되는 열량이 있다. 특히 저장고내에서 지속적으로 작동되는 기기들의 발산열은 냉장용량 계산에 추가되어야 한다. 일반적으로 시간당 1Kw의 전력소비는 냉장용량 계산시 3,430 Btu의 추가를 가져온다. 또한 1마력의 기기는 시간당 약 0.74Kw의 전력을 소비하면서 2,545 Btu의 열량을 발생한다고 보면 된다. 기타 모터의 비효율성, 지게차나 저장고내에서 작업하는 사람들로 부터 발생하는 열량은 작업요인(Service Factor)열량으로 계산된다. 장비열은 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$Q_5 = (kw \times 3,430)t_1 + (HP + 2,545)t_m$$

$Q_5$  장비 발생열

$kw$  조명등의 전체 kw

$HP$  송풍기 모터의 전체 마력수

$t_1, t_m$  조명등과 송풍모터의 1일 작동시간

#### (6) 전체 냉장용량

저온 저장고내 총발생 열량은 각각의 열원에서 발생하는 열량을 합산하면 된다. 이 총량에 10~20%의 작업요인(Service Factor)을 추가하여 냉장용량을 결정한다. 그리고 제상시간에는 냉장기기의 작동이 정지하게 되므로 전체 냉장용량 계산시 그 만큼 추가되어야 한다. 저장고 입고시는 하루에 4회정도 제상을 필요로 하며 1회 제상시간은 30~60분 정도가 소요된다. 이러한 제상주기를 가질 경우 하루에 냉장기 작동시간은 22~20시간 정도로

줄어 실냉장용량은 열량 계산에 의한 냉장용량의 24/22 혹은 24/20배가 될 것이다. 이러한 모든 요인을 고려할 때 저온저장고의 냉장용량은 다음식으로 구할 수 있다.

$$C = Q_t \times SF \times DF$$

C 저장고의 실제 냉장용량

$Q_t$  : 전체 열량 ( $Q_1+Q_2+Q_3+Q_4+Q_5$ )

SF 작업요인 대체로 실제 용량의 1.1~1.2

DF 제상요인 대체로 실제 용량의 1.1~1.2

냉장기기의 용량은 냉장 ton(ton of Refrigeration)으로 표시된다.

1ton의 냉장용량은 200파운드 (90.72kg)의 얼음이 24시간내에 녹을 때 흡수하는 열량을 의미한다. 1ton의 냉장용량은 24시간당 288,000Btu 혹은 시간당 12,000Btu로써 이를 국제열량단위로 환산하면 1Btu는 252cal (0.25Kcal)이므로 1ton의 냉장용량은 72,000Kcal/24h 혹은 3,000Kcal/h이다.

#### (7) 적정 냉장용량의 중요성

냉장기기의 용량 설정이 저장산물의 품질에 미치는 영향은 뚜렷이 나타난다. 사과를 저장 후 과실의 온도를 빠르게 저하시킬수록 경도가 높게 유지된다. 다시 말해 과실의 온도를 낮추기 위해 냉장용량을 크게 할 수록 상품성이 오래 유지된다는 것이다. 그러나 냉장용량을 한없이 크게 한다는 것은 실제로 불가능하므로 적정 냉장용량은 일일 입고한 과실 온도가 24시간내로 설정온도까지 떨어뜨릴 수 있는 기기의 용량으로 보면 된다. 따라서 냉장용량을 결정하기 위해서는 저장실별로 저장 품목, 수확시기별 포장열, 1일 입고량, 호흡속도 및 저장고 단열정도에 근거하여 계산한 후 기기를 선정한다.

## 2. 습 도

농산물의 저장에 있어서 온도 다음으로 고려할 점이 저장고내 습도로써 저장의 효과는 일반적으로 높은 상대습도를 유지함으로써 증대된다. 저장농산물의 수분손실을 줄이기 위해서는 저장고내 습도를 높게 유지해야 하는데 생산물의 수분감소는 습도는 물론 온도와 밀접한 관계를 가진다.

### 가. 저장고내 적정 습도의 결정

원예생산물과 같이 수분함량이 높고 표피조직이 약하여 쉽게 상하고 기계적 손상을 입기 쉬운 상품은 높은 상대습도를 유지해 주어야만 표피위축 등의 품질저하없이 장기간 저장할 수 있다.

상대습도가 90% 이하로 떨어지면 지나친 수분감소로 인해 상품성이 저하된다. 반면 상대습도가 100%가 되면 수분감소는 적어지나 수분응결 등에 의해 곰팡이균의 번식이 조장되어 부패하기 쉽고 과실에 따라서는 저장 후 표면균열(Cracking)이 생기기도 한다.

일반적으로 과실은 85~95%의 상대습도가 적합하며 채소작물은 90~98%의 다소 높은 습도가 신선도 유지에 적합하다. 그러나 양파, 마늘, 호박 등은 예외로서 60~75%가 장기저장에 알맞은 수준이다.

무우, 당근 등 근채류는 95% 정도의 높은 상대습도를 유지해 주어야만 조직의 유연성이 유지되고 중량감소가 적다. 이처럼 생산물에 따라 요구하는 상대습도와 상품성 유지를 위한 최대 수분감량 허용치가 각각 다르므로 저장 농산물의 종류나 저장온도 등을 고려하여 습도를 유지해 주어야 한다 (표 3.5).

표 3.5 과실의 저온저장

종 류	온 도(℃)	상 대 습 도(℃)	보 관 기 간	
살 구	-0.5~0	85~90	1~2주	
딸 기	-0.5~0	85~90	7~10일	
무 화 과	-2~0	85~90	5~7일	
매 실	-0.5~0	85~90	3~8주	
네이블오렌지	0~1	85~90	8~12주	
감	0~1	85~90	1~2월	
향 굴	1~3	85~90		
자 몽	0~10	80~85	4~8주	
버 짜	-0.5~0	85~90	10~14일	
석 류	1~2	85~90	2~4월	
자 두	-0.5~0	80~85	3~4주	
배	일본종	-1~0	85~90	3~5월
	서양종	-1.5~-0.5	85~90	2~3월
천도복숭아	5~10	85~90		
여 름 굴	3~5	80~85	2~3월	
바나나	녹 색	12~15	85~90	10~20일
	황 색	15~22	85~90	5~10일
파인애플	미 숙	10~16	85~90	3~4주
	완 숙	4~7	85~90	2~3주
파 파 야	7~10	85~90	2~3주	
비 파	-0.5~0	85~90	2~4주	
포 도	유럽계	-1~-0.5	85~90	3~6월
	미국계	-0.5~0	85~90	3~6주
머스크멜론	7~10	85~90	7~10일	
감 굴	2~4	85~90	4~5월	
복 숭 아	-0.5~0	85~90	2~4주	
사 과	-1~0	85~90	2~3월	
레 몬	녹 색	13~15	85~90	1~4월
	황 색	0~5	85~90	3~6주

주 공기의 속도는 0.4 ~ 0.6 m/sec이다.

## 나. 저장고내 습도 통제의 중요성 및 습도 변화의 요인

통상적으로 습도는 상대습도를 의미한다. 상대습도는 어느 기온에서 대기가 수증기로 포화되었을 때의 수증기압에 대한 실제 수증기압의 100분비이고 절대습도는 습윤공기 1 m<sup>3</sup> 중에 포함되어 있는 수증기의 량을 g으로 표시한 것이다. 저장고내의 습도는 저장 농산물의 건조나 부패와 밀접한 관계가 있다. 최적저장습도보다 습도가 낮을 때는 농산물이 건조하여 품질이 나빠지고 습도가 높을 때는 박테리아 등의 균이 번식하여 또한 농산물의 부패가 촉진된다.

수분함량의 변화없이 저장고안의 공기온도만 낮아질 때는 공기중 상대습도는 높아지면서 수분보유 역력은 점차 감소한다. 온도가 계속 낮아지면 공기는 수증기로 포화되고(100% 상대습도) 온도가 계속 낮아지면 저장고의 습기는 이슬로 변하여 응결하기 때문에 저장고의 대기는 습기를 잃게 된다. 예를 들어 2°C로 유지하는 저장고의 평균상대습도가 95%라고 했을 때, 95%의 상대습도는 지속적으로 유지되는 것이 아니라 냉장기기의 작동주기에 따라 상대습도도 변한다.

저장고의 온도조절기능이 약하여 저장고의 온도가 2°C에서 1°C로 떨어지면 공기는 포화되어 수분응결이 일어나고 공기중에 함유된 절대수분의 함량(절대습도)은 감소된다. 반면에 저장고의 온도가 3°C로 되면 상대습도는 95%에서 90%로 감소하고 저장물에서 수분의 탈취가 일어나서 저장물은 마르는 대신 저장고의 상대습도는 95% 정도로 다시 높아지게 된다.

저장고내의 상대습도는 일차적으로 냉장기기의 작동주기, 특히 냉장기의 증발코일에 끊임없이 끼는 서리를 제거하는 제상주기에 따라 변화하는 온도와

함께 변한다. 냉장기기가 작동할 때는 증발코일에 서리가 끼면서 공기중의 수증기를 제거하여 공기를 건조시키는 동시에 온도가 내려가면서 생기는 상대습도의 상승이 복합적으로 일어난다. 반면에 제상주기에는 저장고내의 온도가 올라가므로 저장고내의 상대습도는 낮아지고 얼었던 서리가 녹으며 증발되어 공기중으로 습도 공급하는 작용이 동시에 일어나므로 저장고내의 습도는 냉장기기의 작동에 따라 변하게 된다. 또한 저장고내 상대습도의 상승은 저장 농산물로부터의 증산, 농산물 표면의 물방울 증발, 저장고 바닥 및 벽면의 수분증발 및 가습기의 작동에 의한 인위적인 수분공급도 원인이 된다.

#### 다. 온도와 습도와의 관계 및 습도의 측정

온·습도 관계 공식이라 할 수 있는 Psychrometrics란 대기중의 열(온도)과 증기(수증기:Water Vapor)의 성질을 측정하는 방법이다. 저장고의 습도관리 측면에서는 저장고내 온도와 상대습도의 관계에 기초한 농산물의 수분 유지정도를 예측하는데 사용하고 있다.

상대습도의 개념은 온도가 설정되어질 때에 한하여 의미를 지니게 되는데 수증기의 이동은 상대습도에 달린 것이 아니라 상대습도와 온도에 의해 결정되는 수증기압에 의해 결정되며 온·습도 관계는 수증기압의 차이를 밝혀 주며 때로는 온도 측정에 따라 상대습도를 알게 해주기도 한다.

온도와 밀접한 관계를 가지고 있는 습도의 측정방법으로는 건습구 온도계를 이용하는 온·습도 도표, 전기식 습도계, 물리적 감지체를 이용하는 습도계 등이 사용된다. 온·습도 도표를 이용하는데 필요하거나 그에 따라 추



정가능한 측정계수는 온도, 습도, 상대습도, 이슬점온도 및 습구온도 등이 있다. 온·습도 도표는 이러한 계수들의 관계를 밝히는데 사용된다.

건습구 온도계(Psychrometer)는 값도 저렴하고 고장이 없으며 온·습도 도표를 이용하여 상대습도를 쉽게 측정할 수 있는 반면 지속적이고 자동적인 상대습도의 측정이 어렵다는 단점이 있다. 전기식 습도계는 공기중 수분함량에 따른 전기저항성이 변화하는 원리를 이용하여 2% 내외의 정확도로 측정할 수 있다. 그러나 감지장치가 오염되거나 수분이 감지장치에 응결될 때는 계측치에 영향을 주어 정확한 습도측정이 불가능하다.

물리적 감지장치는 공기중의 수분함량에 따라 길이와 부피가 일정하게 변하는 물질을 사용한다. 감지체로는 머리카락 등을 이용하며 습도에 따른 감지체의 실측도에 따라 습도를 측정한다. 그러나 이러한 물리적 감지체는 상대습도가 높아지면 정확도가 떨어지는 단점이 있고 사용기간이 길어지면 점차 신축성이 변하여 정확한 습도측정이 불가능하다.

### 3. 공기조성

#### 가. CA의 개념

CA란 Controlled Atmosphere의 약자로서 기존의 저온저장 방식에 인위적으로 저장고나 혹은 비닐 등으로 포장된 저장물 주변의 가스 농도 조성을 변화시켜 저장기간을 연장하는 방법을 의미한다.

반면 CA저장과 유사한 개념으로 사용되는 MA(Modified Atmosphere) 저장의 경우 인위적인 가스농도 조절없이 생산물의 호흡과 밀봉재료에 따라 자연적으로 가스 농도가 변화함을 이용하는 방식을 말한다. 국내에서는 CA

나 MA의 구분을 두지 않고 환경조절 저장이라고 불리고 있다.

CA저장과 관련된 가장 최초의 연구는 1821년 Beard의 실험을 들 수 있다. Beard는 유리용기에 과실과 이산화탄소 흡착제를 넣고 밀봉하여 저장함으로써 과실의 품질이 오래 유지됨을 보였고 이후 1860년대에 이르러서는 과실의 저장중 탄산 (Carbonic Acid)이 발생됨을 발견하였다.

그러나 식물의 생리적 현상에 이론적 기반을 둔 CA방식은 1918년 영국의 Kidd가 이산화탄소의 농도가 종자의 호흡율에 미치는 영향실험에서 비롯되어진다고 보여진다. 이후 Kidd와 West는 저온저장시 저온장애가 심한 사과와 저장력을 증진시키기 위한 실험의 결과를 1927년 가스저장 (Gas Storage) 방식으로 처음 소개하였다. 1927년 당시 Kidd와 West는 실험실 규모로 10~15℃ 온도하에서 10%의 이산화탄소 + 15% 산소 또는 5% 이산화탄소 + 10% 산소의 혼합가스를 이용하였다.

이후 그들은 규모를 확대하여 대량 저장의 가능성을 시도하였는데 저장고의 이산화탄소의 누출이 심하여 가스농도 유지에 어려움을 겪었다. 따라서 그들은 구조물의 가스투과성을 감소하기 위해 물리실험실의 도움을 받았으며 이후의 상업적 CA저장의 발달은 생물학에 이론을 두고 공학, 물리학이 기여한 결과라 할 것이다.

한편 미국 최초의 CA 저장에 관한 논문은 1935년 Allen과 McKinnon에 의해 발표된 사과의 저장실험 결과이다. 그러나 실용적인 CA저장방식은 1938년 Smock에 의해 처음 사용되어 보편화되었다.

지금과 같이 산소와 이산화탄소의 농도를 임의로 조절하는 CA저장방법은 기체조성기기와 가스제거장치의 발달로 가능하게 되었다. 현재 사과와

서양배의 CA저장은 세계 각국에서 일반화되어 있고 기타 과실과 양배추를 비롯한 채소의 저장 및 수송중 대규모의 상업적 이용 가능성이 연구되고 있다.

국내에서는 1980년대 농촌 진흥청 농업기술연구소에서 실험시설을 갖추었고 이의 실용화는 극히 최근의 일로 일부 기업과 연구소에서 사과, 배, 단감 등을 대상으로 시도되고 있다.

CA저장고의 가스환경조절법에는 창고내 저장물의 호흡작용을 이용하는 방법, 저산소농도의 공기를 만들어 저장고내로 불어넣는 방법, 플라스틱 필름 등의 가스투과막을 이용하여 저장고내  $O_2$ ,  $CO_2$ 의 확산을 제어하는 방법, 감압에 의하여 저장고내의 산소분압을 낮추는 방법 그리고 미리 최적상태로 혼합조성한 공기를 저장고내로 불어넣는 방법 등이 사용되고 있다.

이상의 방법들은 저장 농산물의 특성에 따라 장단점이 있으므로 저장물의 특성을 정밀히 파악한 후 사용한다. 일본의 과실과 야채의 CA저장조건과 저장가능기간은 표 3.6에 나타냈다.

## 나. CA 저장의 이론적 배경

### (1) 생리대사

#### ㉔ 호흡 이론

CA 기술은 한마디로 호흡이론에 근거를 두고 있다. 아래의 공식에서 보는 바 처럼 호흡은 과실내 저장양분이 소모되면서 이산화탄소와 열을 발산하는 대사작용인데, 산소가 필수적으로 필요하다.

당, 유기물 등 과실내 저장물질 + 산소 → 이산화탄소 + 물 + 열

표 3.6 일본의 과실·야채의 CA 저장조건과 저장가능기간

종류(품종·계통)	온도 (°C)	습도 (%)	환경기체조성		저장가능기간
			O <sub>2</sub> (%)	CO <sub>2</sub> (%)	
온주밀감(보통)	3	85~90	10	0~2	6개월
감(富有)	0	90~95	2	8	6개월
감(平核無)	0	92	3~5	3~6	3개월
일본배(20세기)	0	85~92	5	4	9~12개월
일본배(菊水·新興)	0	90	6~10이상	3이하	3~6개월
서양배(버트레트)	0	95	4~5	7~8	3개월
복숭아(多久保)	0~2	95	3~5	7~9	4주
밤	0	85~90	3	6	7~8개월
청매실	0		2~3	3~5	
녹숙바나나	12~14		5~10	5~10	6주
딸기(다너)	0	95~100	10	5~10	4주
토마토	6~8		3~10	5~9	5주
노지멜론	0		3	10	30일
시금치	0		10	10	3주
깍지완두	0	95~100	10	3	4주
마늘	0	85~90	2~4	5~8	10~12개월
마	3~5	90~95	4~7	2~4	8~10개월
감자(남작)	3	85~90	3~5	2~3	8~10개월
감자(메이퀸)	3	85~90	3~5	3~5	7~8개월

따라서, 저장 농산물의 품질을 보전하고 장기간의 저장을 위해서는 호흡작용을 억제하여야 한다. 저장고내의 산소농도를 줄이고 이산화탄소의 농도를 증가시켜 인위적으로 저장 농산물의 호흡을 억제한다.

#### ㉔ 숙성 지연

과실의 숙성은 식물 호르몬인 에틸렌에 의해 진행된다. 따라서 에틸렌의 생성 및 작용을 억제함으로써 숙성을 지연시켜 장기간 동안 수확시의 신선도를 유지할 수 있다. CA 조건하에서는 에틸렌가스의 생성이 억제되며 이산화탄소는 에틸렌의 작용을 감소시키는 효과를 가지기도 한다.

### (2) 생산물별 CA에 대한 반응

원예생물의 CA나 MA저장에 있어서 적정 산소와 이산화탄소의 농도는 저장산물에 따라 상이하다. 저장이나 유통과정에서 산소의 농도가 지나치게 낮아지거나 이산화탄소의 농도가 높아지면 대사의 이상에 의해 조직이 붕괴하거나 색깔이 변하는 등 생리적장애가 발생한다. 이러한 CA장애는 저장중 산소나 이산화탄소의 농도와 부적합한 농도에 얼마나 오랫동안 노출되는가에 따라 그 피해정도는 다르다. 따라서 특정 농산물을 CA저장하기 위해서는 농산물별 저산소나 고이산화탄소에 대한 내성이 어느 정도인지 사전에 알고 있어야 한다.

예를 들어 사과는 2%의 산소와 3%의 이산화탄소로 조성된 CA조건이 무난한 것으로 알려져 있다. 물론 품종에 따라 다소의 차이가 있으므로 장기 CA저장의 경우에는 저장하고자 하는 품목이 특히 저산소장애나 고이산화탄소장애에 민감한지 여부를 확인하는 것이 좋다.

### (3) 가스 농도 조절에 관여하는 요인

CA나 MA의 조성에 기여하는 요인은 크게 자연적 요인과 인위적 요인으로 나눌 수 있다.

자연적 요인이란 과실이나 채소 등 저장산물이 지니고 있는 고유한 특성을 의미하며 표피층의 구조나 호흡률 등을 말한다. 표피층의 구조는 생산물의 왁스층 발달정도나 표피의 자연적인 밀봉도를 말한다. 과실이나 채소에 따라 표피조직에 분포하는 기공의 수나 과점 (Lenticel)의 수 또는 그들의 개폐정도는 산소의 유입과 이산화탄소의 배출에 영향을 주어 궁극적으로는 저장물내의 가스조성에 영향을 준다.

한편 저장물의 호흡은 밀폐된 공간내 산소의 소모율과 밀접한 관련을 보여 CA 조성의 속도와 저장중 부적합한 가스농도 제어에 영향을 준다.

인위적 요인은 생산물을 감싸는 막의 개념으로 보아 3개의 요인으로 구분할 수 있다. 제1차로는 표피층의 왁스도포나 PE 필름포장 등 생산물의 표층을 직접적으로 감싸는 방법이다. 제2차막은 포장상자를 그리고 제3차막은 저장고의 벽이나 냉장차의 컨테이너 벽을 의미한다.

포장상자의 재질이나 밀봉도와 저장고나 컨테이너의 밀폐도는 CA나 MA조성시 고려해야 할 가장 중요한 요인이다. 이처럼 CA나 MA는 생산물과 주변공기와의 교류를 억제하는 막이나 벽의 개념에서 출발한다고 볼 수 있으며 폴리머 콘크리트 샌드위치 패널은 완전수밀성 밀폐재로 사용될 수 있기 때문에 보통의 저온저장은 물론 CA나 MA저장을 위한 저장고의 건축 재료로서 이상적이다.

흔히 CA저장이란 제3차막을 이용하여 생산물주변의 가스조성을 변화

시킴을 의미하며 MA란 PE필름이나 기타 간이용 포장재료를 이용하여 생산물과 외부대기와의 직접적인 가스교류를 차단함으로써 얻어지는 효과를 이용하는 것이다.

#### (4) 기타 관련 분야

CA저장고의 기본조건은 가스 밀폐이다. 따라서 저장고는 가능한 가스의 유출을 막도록 밀폐되어야 하며 동시에 밀폐에 따른 저장고내 압력 변화를 견딜 수 있는 구조가 요구된다. 실제로 CA저장기술의 발달은 생물학적 이론과 유체 물리학 및 건축기술등 각 분야의 긴밀한 협조하에 이루어졌다. 이와 함께 CA 저장기술은 냉장기기의 제어 및 저장조건의 정밀한 제어를 위한 기기학의 도움이 필수적이다.

### 다. CA의 효과

#### (1) 생리대사율의 저하

높은 농도의 이산화탄소와 낮은 농도의 산소조건에서는 식물의 호흡률이 감소하고 에틸렌의 발생량도 줄어든다. 저장고내 산소농도가 낮아지면 호흡률은 감소하나 산소농도가 어느 수준이하로 되면 오히려 호흡량(이산화탄소 발생량)은 증가한다. 이를 Pasteur 효과라고 하는데 CA저장시의 산소농도는 Pasteur 효과를 유발하지 않는 선에서 조절되어야 한다.

또한 산소 농도가 지나치게 낮아지면 혐기성 호흡이 조장되어 알코올의 축적 등 생화학적 작용에 의한 저장장애가 발생하는데 이러한 적정수준 이하로 산소 농도가 내려가지 않도록 해야 한다. 저농도의 산소조건하에서는 호흡률 뿐 아니라 에틸렌 생성도 억제된다. 에틸렌의 생합성율은 산소

농도가 6% 이하면 감소한다고 한다. 한편 높은 농도의 이산화탄소는 호흡률의 저하뿐 아니라 에틸렌과 결합하여 에틸렌의 작용을 억제한다고 한다.

## (2) 품질 유지

CA는 저장 농산물의 대사작용을 억제함으로써 노화현상을 지연하여 품질저하를 최소화시킨다. 품질판정기준의 중요한 기준중의 하나는 과실의 경우 경도이다. 사과와 감의 경도는 맛을 결정하는 중요한 요소이며 CA 저장은 경도의 감소를 지연시켜 상품성을 장기간 보전할 수 있게 한다.

또한 Golden Delicious나 Granny Smith와 같은 녹색사과와 엽채류, 화채류의 경우는 엽록소 분해를 지연시켜 신선도를 유지시킨다. 브로콜리와 같이 유통기간중 엽록소가 분해되고 노란색으로 변하여 신선도가 저하되는 채소는 저장, 수송중의 CA처리에 의해 엽록소 분해를 억제함으로써 상품의 유통기간을 연장시킬 수 있다.

최근 미국에서 실용화되고 있는 양배추의 CA저장은 저온저장에 비해 2개월 정도 저장기간을 연장시켜 연중무휴 시장공급의 가능성을 보여주고 있다. 또한 CA조건하에서는 생화학적인 변화 특히 산화효소의 작용에 의한 갈변이 감소한다. CA처리에 의해 갈변이 억제되는 작물로서 수송중 처리가 시도되는 것으로는 상치와 브로콜리 등을 들 수 있다.

이외에도 CA저장이나 수송중 CA처리는 당근의 풍미 저하를 지연시키고 감자의 당화 및 멩아를 억제한다고 보고되어 있다.

## (3) 저장장애 발생 억제

CA저장은 생리적 장애나 저온장애의 발생을 감소시키는 효과도 보여 준다. 사과의 경우 CA는 저장중 발생하는 생리적 장애인 Scald나 과심부



갈변 (Core Flush)의 발생을 감소시킨다. 오렌지나 칠리고추등 아열대성 과실이나 채소의 저장 및 수송중에는 CA처리를 함으로써 어느 정도 높은 온도에서도 품질의 저하를 지연시킬 수 있으므로 저온장애를 예방할 수 있다.

#### (4) 병충해 피해 감소 효과

저산소에서는 동물이 생존할 수 없으므로 CA저장시 곤충이나 쥐에 의한 피해는 없다. 또한 곰팡이 균의 생육을 억제하여 저장중 부패에 의한 손실도 줄일 수 있는 장점이 있다.

그러나 저산소 장애나 고이산화탄소 장애가 발생한다면 병해의 발생은 증가할 가능성이 있다. 2~3% 산소 + 3~5% 이산화탄소 조건이면 부패균의 생장이 억제된다.

#### (5) 유통중 품질유지 효과

CA저장을 한 생산물은 유통중 품질 감소가 적은 것으로 보이는데 이러한 효과는 농산물의 종류나 품종에 따라 상이하다. 부사사과는 CA저장에 의해 시장 유통기간이 연장된다고 하며 저온유통의 경우에는 출고 2주후까지 상품성이 유지된다고 한다.

### 라. 부적합한 CA의 피해

농산물 모두가 CA저장에 의해 저장력이 향상되는 것은 아니다. CA저장에 의해 저장력이 증진되는 농산물도 적절한 산소농도와 이산화탄소의 농도는 극히 좁은 범위에 제한되어 있다. 즉 생산물에 따라 산소와 이산화탄소의 농도조절을 달리해야 하며 이들 농도가 적정 수준에서 벗어날 경우 심각한 피해증상을 보여 상품성을 잃게 된다.

감자의 속썩음 증상, 상추의 증류 반점성 갈변, 사과와 서양배의 과심부 갈변 등 생리적 장애는 CA저장중 지나치게 낮은 산소농도나 높은 이산화탄소농도에 의해 발생된다. 특히 엽채류에 있어서 고농도의 이산화탄소에 의한 피해가 심한 편인데 상치는 1%, 켈리플라워는 5% 이산화탄소 수준에서 갈변증상을 보인다. 반면 브로콜리나 시금치는 이산화탄소에 대한 내성이 강한 편으로 브로콜리는 15%, 시금치는 20% 수준에서 장애를 받는다. 사과의 경우 품종별 저산소장애나 고이산화탄소 장애에 대해 내성이 크게 달라 품종에 따라 산소와 이산화탄소의 농도를 달리해 주어야 한다.

서양배, 바나나 및 토마토의 경우 CA저장후 숙성이 불규칙하여 선별의 어려움이 따르기도 한다. 특히 개체별로 선택 발현도가 틀려 상품의 균일도가 떨어진다.

사과의 CA저장 중 산소농도가 지나치게 낮아지면 혐기성 호흡에 의해 알코올이 축적되어 고유의 풍미가 떨어지고 알코올 냄새가 난다. 푸른양배추의 경우 4주 이상의 CA저장은 불쾌한 냄새를 조장하여 풍미를 떨어뜨린다. 감자의 경우 수확직후의 CA처리는 보호층 (Periderm)의 생성을 지연시켜 오히려 저장력이 감소하기도 한다.

## 제 3 절 저장의 유형

### 1. 서 론

저장의 유형은 냉장방법과 저장고내 공기조성방법에 따라 상온저장, 저온저장 그리고 CA저장의 세가지 유형으로 나눌 수 있다. 상온저장 혹은 보통저장으로 불리는 저장방법은 냉장기기를 이용하지 않고 자연조건을 최대한 이용하여 저장하는 방법으로 우리나라의 저장업계에서는 건저장방법으로 불리기도 한다. 저온저장은 냉장기기를 이용하여 인위적으로 저장고내의 온도를 조정하여 수확 후 저장농산물 호흡대사진행을 억제하여 저장기간을 늘리고 저장물의 신선도를 유지한다.

CA(Controlled Atmosphere)저장방법은 저온저장방법외에 저장고의 대기를 인위적으로 조성하여 수확 후 노화현상을 지연시키고 저장물의 맛을 보전할 수 있기 때문에 CA저장은 보통의 저온저장방법보다 오랜 기간 저장물의 품질을 유지할 수 있다.

이외에 포장재질을 이용한 MA(Modified Atmosphere)저장방법, 저장고내 압력을 낮추는 감압저장방법등이 소개되고 있는데 MA저장이나 감압저장은 그 원리가 CA저장과 유사하다.

### 2. 상온저장 (보통저장, Common Storage)

냉장기계를 이용하지 않고 자연적인 기상조건을 이용하여 농산물을 저장하는 방법으로 움저장, 동굴저장 등 지역의 자연적 특성에 따라 여러가지 방법이 이용된다. 상온저장중 저장고내 온도를 낮추기 위해서는 일별 기온차나 계절별 기온차를 이용하며 환기시설을 설치하여 더운 공기는 배출시

키고 찬 공기를 공급한다. 그러나 상온저장은 겨울철에 대관령과 같은 고지대에서 감자의 저장과 같은 특별한 경우를 제외하고는 생산물의 숙성, 노화 및 부패를 억제하기에는 미흡하다.

## 가. 간이저장

### (1) 덮개저장(Covered Heaps)

저장고를 건축하지 않고 농산물을 한곳에 모아 덮개를 씌우거나 흙으로 덮어서 단기간 저장하는 간이저장방법이다. 덮개를 씌우거나 흙으로 묻음으로써 직사광선을 피하고 저온에 의한 동해를 방지한다. 겨울철에 농촌 지역에서 무우나 배추를 임시저장할 때 많이 쓰인다. 또한 감자나 양파 등 작물의 표피구조가 단단하고 동해에 비교적 강한 작물을 단기간 소규모로 저장하는 방법으로 이용되고 있다.

### (2) 움저장(Pit or Clamps)

지하의 온도는 연간 변화가 작고 지하 2m 정도에서의 지온은 약 7~10°C 정도로 유지되고 있는 점을 이용한다. 땅을 파고 지하부의 공간을 그대로 이용하여 농산물을 저장하여 두는 방법이다.

움저장의 입구는 좁게 하여 짚이나 옥수수대 등을 엮어 덮어둠으로써 필요시에 생산물을 저장하거나 저장된 농산물을 꺼내는데 사용한다. 저장물이 많을 경우에는 환기통을 설치하여 호흡열을 방출시킨다. 움저장시는 배수가 잘되는 장소를 택해야만 과습으로 인한 부패를 막을 수 있으므로 토질을 살펴 보고 장소를 정하여 감자, 무우, 생강, 배추 등 비교적 동해에 강하고 표피가 잘 상하지 않거나, 배추처럼 상한 표피를 제거해 내도 큰 문제가 없는 작물을 저장한다.

## 나. 지하 저장고

흙을 파낸 지하저장공간을 벽돌이나 콘크리트 등을 사용하여 일정한 구조로 만든 후 출입구와 환기통로를 따로 설치하여 저장고 형태를 만든다. 경사면을 이용하는 저장고 구조 및 최근 중국에서 사용하는 동굴식 저장고도 이에 속한다고 볼 수 있다. 국내의 경우 폐광 등을 이용하는 방안을 검토할 수 있다.

### (1) 평지상 지하 저장고

움저장의 이점을 살리면서 보다 청결한 상태를 유지하고 어느 정도 습도조절이 가능한 방법이다. 그러나 움저장과 마찬가지로 규모를 크게 하기에는 어려운 점이 있다.

### (2) 경사면, 동굴식 지하 저장고

지표면과 평행한 방향으로 터널을 뚫듯이 사면에 굴을 파서 만드는 저장고 형태를 말한다. 인위적으로 굴을 파는 경우도 가능할 것이나 자연적으로 형성된 동굴이나, 현재는 사용하지 않는 축조동굴을 이용할 수 있다. 굴의 입구는 문을 설치하고 굴의 끝 부분에는 환기를 위해 파이프를 설치한다. 생산물을 저장하기 전해 겨울에 굴 입구를 열어 찬공기로 저장고내 온도를 낮추고 이후 생산물을 저장할 때까지는 문을 닫아둬서 저온을 유지시킨다.

중국에서는 대형 동굴을 이용한 지하저장을 많이 이용하고 있다. 대형 동굴의 내부는 중앙통로를 중심으로 좌우 대각선상으로 몇 개의 작은 방으로 나누어지고 각각의 작은 방은 문을 설치하여 독립적으로 관리한다. 동굴의 끝에는 환기를 위한 파이프를 지표면까지 뚫어 올린다. 이러한 구조의

저장고를 이용하여 중국에서는 사과(Delicious 품종)를 저장하고 있다. 저장이 끝난 후에는 동굴 입구와 작은 방의 문을 모두 닫아 다음 저장시까지 저온이 유지되도록 하는데 저장고의 온도는 평균 섭씨 5~10℃ 유지가 가능하다고 한다.

#### 다. 반지하식 저장고

반지하 저장고는 저장고의 하부는 지하에 그리고 상부는 지상에 건축하는 방법이다. 온도의 유지는 물론 습도 유지에도 효과적인 형태이나 하부의 토압을 견디기 위하여 구조물을 설치해야 하는 등 건축비가 많이 든다. 천정이나 지상에 노출되어 있는 반지하 저장고의 벽은 단열재를 사용하여 저장고내의 열손실을 줄이고 저장고내 온도 변화를 줄여야 한다.

#### 라. 지상식 저장고 (Ventilated Air Storage)

지상에 단열재를 사용하여 창고를 건축하고 환기시설을 설치하여 농산물을 저장하는 저장고이다. 단열재를 사용하지 않으면 온대지방의 경우 봄과 가을에만 사용이 가능하며 단열재를 쓰게 되면 작물에 따라서 겨울저장도 가능하다. 봄과 가을에는 온도의 일교차를 이용하여 밤에는 환기창을 열고 찬공기를 불어넣어 저장된 생산물을 냉각시키고 낮에는 환기창을 닫아 온도상승을 막는다. 환기창은 저장고 하단에 설치하는데 환풍기를 설치하면 더 큰 효과를 얻을 수 있다. 환기창에 온도센서를 설치하여 봄과 가을 밤에 온도가 일정한 수준이하로 낮아지면 자동적으로 환기창이 열리고 환풍기가 작동하도록 하여 저장고의 온도관리를 효율적으로 할 수 있다. 겨울에는 환

기창을 닫아 둔 상태에서 신선한 공기가 공급될 수 있도록 작은 통풍구만 열어 두어 저장물의 호흡열을 제거한다.

외기기온이 지나치게 낮지 않을 때는 작물의 호흡열에 의해 저장고내 온도가 어느 정도 유지되므로 동해를 받을 경우는 적으나 장기간 한파가 계속될 경우는 동해가 발생할 수 있으므로 수시로 저장고의 온도를 확인하여 대책을 세워야 한다. 겨울에 저장고를 사용하는 경우 저온에 의한 동해피해가 우려되므로 지역의 기후특성에 따라 사용하는 단열재의 단열 정도, 작물의 호흡열, 동해에 대한 내성, 저장고내 저장량 등을 고려해야 한다.

### 3. 저온저장 (Refrigerated Storage)

저온 저장고 혹은 냉장 저장고는 저장고내 온도조절방법에 따라 직접식과 간접식으로 나누어지는데 최근 직접식이 많이 사용되고 있으나 때에 따라서 간접방법을 병행 설치함으로써 정밀한 온도관리를 할 수 있다.

#### 가. 직접냉장방식

직접냉장방식은 고압의 액화된 냉매가스가 확장밸브에서 분사되며 압력이 감소하고 증발코일을 지나면서 기화하여 주변의 공기가 냉각된다. 냉매의 순환에 의한 냉장은 (1) 냉매가스의 압축, (2) 냉매가스의 액화, (3) 액화된 냉매가스의 압력저하 및 확장, (4) 냉매가스의 기화 등 크게 네개의 주기로 나누어진다.

저온저장고 온도조절은 액화가스가 기화하는 과정에서 주위의 열이 흡수되고 증발코일 주변 공간의 온도가 저하됨으로써 이루어진다. 냉매가스의 기화온도는 가스의 종류와 압력에 따라 다르며 주변의 열 흡수정도(흡수

열량/시간)는 냉매가스의 유동속도, 증발코일의 내부압력 (냉매의 증발압)과 증발코일의 면적에 비례한다.

직접냉장 방법에 확장밸브는 냉장의 네 주기중 냉매의 고압과 저압의 분기점이 된다. 이러한 방식을 이용한 냉장고나 저온저장고의 경우 확장밸브의 개폐는 증발코일을 통과한 후 흡기관(Suction Line)의 온도감응장치에 의해 조절된다.

만약 저장고의 온도가 설정온도보다 지나치게 낮거나 냉매의 유동이 많을 때 냉매는 완전히 기화되지 않은 상태로 흡기관으로 흘러들게 되므로 흡기관의 온도는 저하되고 온도감응장치가 작동하여 확장밸브는 닫히고 액화냉매의 유입량이 감소한다. 반대로 설정한 냉장용량에 비해 액화가스의 유입량이 적으면 기화된 냉매의 온도가 상승하고 온도감응장치에 의해 확장밸브가 열리게 된다. 이러한 온도감응식 확장밸브 조절방법은 증발코일의 용량에 따라 냉매의 유동량이 조절되므로 냉매가스가 액화상태로 압축기로 되돌아가는 것을 막아 준다.

한편 코일압력조절장치(EPR)는 코일내 냉장가스의 압력과 온도를 직접 조절하는 역할을 한다. 이 장치는 장기 저장시 증발코일의 온도가 일정하게 유지되게끔 조절한다.

저장고내 온도가 매우 높은 저장초기에는 냉매가 이 장치를 거치지 않고 직접 압축기로 순환되어(통과회로 By-Pass) 급속냉장을 가능케 하는 반면, 저장고내 온도가 일정한 온도에 도달하면 통과회로를 폐쇄하고 압력조절장치 회로가 작동하게 된다. 통과회로가 열리면 증발코일 내 냉매의 압력이 낮아지므로 냉매는 극히 낮은 온도에서 기화되므로 급속냉장이 가능하다.



저장고내 온도가 일정 수준에 이르면 코일압력조절장치를 자동적으로 작동시켜 증발코일의 압력을 증가시킨다. 증발코일의 압력이 증가하면 냉매의 기화온도가 낮아져서 증발코일의 온도와 저장고 내부 온도와의 차이가 줄어들어 증발코일에 성애가 덜 끼고 또한 제상작용시 증발량이 작아 저장고내의 상대습도의 유지가 용이하게 된다. 코일압력조절장치는 장기저장을 할 경우 필수적으로 구비하여야 할 장치이다.

코일압력조절장치와 압축기 사이의 집적용기는 액화가스가 직접 압축기에 유입되는 것을 방지한다. 직접용기를 통과한 저온저압 기체상태의 냉매가스는 압축기에서 고압으로 압축되면서 온도가 상승한다. 고압기체 상태의 냉매가스는 38~43℃에서 액화하는데 액화시 발산되는 에너지는 부속전물의 난방 등으로 재활용이 가능하다.

직접냉장방법의 온도조절은 저장고내의 온도감응장치에 의한 자동제어 혹은 저장고 밖에서의 온도설정에 의해 이루어진다. 저온저장고내의 온도가 설정온도보다 높아지면 온도감응장치에 연결된 Solenoid밸브가 열림으로써 냉매의 유동량이 증가하는데 이에 따른 증발코일과 흡입관내의 압력 상승은 압력감응장치를 작동시켜 연쇄적으로 압축기가 가동되도록 조절되어 있다. 한편 저장고내 온도가 설정온도로 낮아지면 Solenoid밸브가 닫히고 흡입압력이 감소함으로써 압축기의 작동스위치가 꺼진다.

#### 나. 냉매 집적식 집적 냉장 방식

집적식 냉장고에서는 확장밸브대신 저압냉매집적용기가 설치되어 이곳에서 증발코일로 액화냉매가 유입된다. 증발비와 집적용기내 냉매의 압력

은 저장고 온도에 따라 조절된다. 직접냉장방식에서는 냉매의 압력이 일정하게 조절되어 있고 스위치의 작동에 의해 증발코일로 유입되는 냉매의 압력에 따라 온도가 조절되는데 비해 간접방식에서는 저장고내 온도변화에 따라 집적기내 냉매가스의 압력이 변화하여 온도가 조절된다. 따라서 직접방식에서는 냉장기의 작동이 불연속적이고 작동시와 정지기에 따라 온도변화가 큰 반면 간접방식에서는 비교적 근소한 온도차이를 유지할 수 있다.

기타 냉매 순환주기는 직접방식과 동일하며 직접방식과 간접방식을 병행하여 사용하면 저장초기의 급속한 감온요구와 장기 저장기간중 미세한 온도변화 요구에 적절히 대응할 수 있다.

#### 다. 간접냉장방식

간접냉장방식은 냉매의 팽창 및 증발이 저장고 내에서 일어나지 않고 저장고 밖에서 일어나며 저장고의 온도조절은 저온의 2차냉매 시스템에 의해 이루어진다. 저장고로 유입되는 2차냉매는 빙결점이 낮은 Glycole등의 부동액을 이용한다. 즉 저장고밖에 설치된 기존의 냉장기기(1차냉장)의 증발코일에서 기화시 발생하는 냉기로 Glycole을 냉각시키고 냉각된 Glycole을 저장고의 순환코일로 순환시켜 냉장하는 방법(2차냉장)이다. 이러한 간접냉장방식에서 Glycole의 온도만 정확히 조절할 수 있다면 저장고 내의 온도 조절은 거의 일정하게 이루어질 수 있어 저장고의 직접적인 수분탈취도 최소화할 수 있다. 다만 농산물의 저장 직후 포장열의 제거시에는 냉장능력이 최대가 되어야 하기 때문에 Glycole의 온도를 영하 이하로 낮추어야 하고 따라서 많은 수분이 제거되어 습도조절에 문제가 될 수 있다.

그러나 저장고의 온도가 0℃나 1℃ 등 설정치에 도달하게 되면 이론적으로 Glycole 순환 코일에 의한 수분탈취는 극히 적어 제상시간이 단축되므로 저장고의 온도변화는 최소화된다. 간접냉장방법에 의한 냉장설비는 직접냉장방법에서 요구하는 용량보다 훨씬 큰 냉장용량을 갖도록 하고 이에 준하는 Glycole 코일과 송풍기가 설치되어야 한다.

#### 4. CA 저장 방식

보통의 CA 저장방식(표준 CA : Conventional or Standard CA)에서는 2~5%의 산소와 2~5%의 이산화탄소 농도를 유지함으로써 저장농산물의 품질 변화를 지연시켜 왔다. 최근에는 CA의 효과를 극대화시키기 위해 산소 농도를 1~2% 이하로 낮게 유지하는 저산소 CA(Low-O<sub>2</sub> CA), 1% 이하까지 낮추는 초저산소 CA(Ultra-Low O<sub>2</sub> CA), 초기 급속 CA(Rapid CA), 초기 저산소 및 고이산화탄소 충격처리 (Initial Low Oxygen or Carbon Dioxide Shock), 저 에틸렌 CA(Low-Ethylene CA) 및 감압저장(Hyperbaric CA) 등의 기술이 소개되고 있다. 또한 경우에 따라서는 저장고와 같은 CA저장에 적합한 영구구조물을 건축함이 없이, 가스확산도가 극히 낮은 필름을 이용하여 천막을 치고 그안에 농산물을 일시적으로 저장하는 간이 CA저장도 이용된다.

##### 가. 저산소의 효과

저산소 및 초저산소 CA는 저장소내 산소 농도를 1~2% (Low-Oxygen CA LO), 혹은 0.5~1%(Ultra Low-Oxygen CA ULO)까지 낮추는 저장방식으로 표준 CA에 비해 과실과 여타 농산물의 품질유지에

보다 효과적임이 입증되고 있다.

대부분의 사과나 배의 장기저장의 경우 1.5% 산소 농도 저장은 표준 CA에 비해 경도, 사각사각한 육질과 맛의 유지에 보다 효과적이다. 국내 후지 사과의 CA 저장의 경우도 표준 CA(3% + 3%)에 비해 1.5%나 1%의 산소 농도가 경도 및 품질 유지에 보다 효과적인 것으로 보고되고 있다. 또한 저산소 CA 저장은 저장중 발생하는 저장표피갈변 현상(Storage Scald)나 과육의 생리적 장애를 감소시킨다. 그러나 저장 농산물의 종류와 품종에 따라서는 낮은 산소 농도하에서 저산소 장애를 입게 되므로 저장산물의 저장력에 관한 충분한 검토가 필요하다.

후지사과의 경우 1%이하에서의 장기 CA저장은 과육의 갈변과 과피 변색 등의 저장장애를 일으켜 저산소 장애에 민감한 반응을 보이므로 과실의 수확시기와 재배환경 등을 고려하여야만 저산소 CA저장의 효과를 볼 수 있다. 기타 농산물에 대한 저산소 CA의 효과는 밝혀지지 않고 있으나 원예산물 등의 신선도 유지에도 상당한 기여를 할 것으로 추정된다.

#### 나. 급속 CA (Rapid CA)

초기 급속 CA는 저장고에 생산물의 입고가 끝나는 대로 되도록 빨리 산소농도를 설정된 수준까지 낮추고 이산화탄소 농도는 설정치까지 높여주는 방법을 말한다. 기존의 CA저장은 대체로 입고후 2~3 주에 걸쳐 CA조성이 완료되는 반면 최근의 급속 CA의 경우는 5일내에 CA조성을 완료한다.

이러한 급속 CA방식은 일차로 질소가스 치환방식에 의해 산소농도를 빠르게 저하시킴으로써 가능하게 되었고 이산화탄소 농도는 호흡에 의한

축적에 의해 이룰 수 있다. 사과 저장의 경우 CA조성의 속도가 빠를수록 과실의 품질은 장기간 유지되며 저장장애도 감소한다고 알려져 있다.

#### 다. 초기 충격 CA (Initial Shock Treatment)

저장 초기의 0.5%의 산소나 10% 이상의 이산화탄소 등 급격한 대기 조성의 단기처리 방식은 CA저장효과를 보다 장기간 유지시킨다. 그러나 이처럼 낮은 산소농도나 높은 이산화탄소 조건하에서의 장기간 저장은 저장장애를 유발하므로 저장직후 단기간의 처리를 끝낸 후에는 다시 표준 CA나 저산소 CA 등의 안전한 저장조건으로 돌아가는 방법이다.

#### 라. 저에틸렌 저장 (Low-Ethylene CA)

저농도 에틸렌 저장은 저장물에서 발생하는 에틸렌을 제거하여 일정 수준이상으로 에틸렌 농도가 상승하지 않도록 통제를 하며 저장하는 방법이다. 저장고의 에틸렌 농도를 일정수준 이하로 낮추기 위해 수시로 저장고의 에틸렌 농도를 측정하면서 흡착제를 교환해 주거나 분해기를 작동시키는 장치가 필요하다. 에틸렌 농도가 일정치 이상 증가하면 자가 촉매반응에 의해 에틸렌 생성이 급속히 증가하여 이후의 제어가 상당히 어려워진다. 따라서 저에틸렌 저장을 위해서는 성숙 초기에 수확한 과실을 저장하여야 하고 저장초기부터 에틸렌을 제거하여 일정 수준치를 넘지 않도록 해야 한다.

전형적인 Climacteric 과실인 사과는 조기수확을 할지라도 CA저장중 어느 정도 기간이 지나면 에틸렌을 생성하여 저장고내 에틸렌이 집적된다. 집적된 에틸렌은 자가촉매 반응에 의해 더욱 많은 양의 에틸렌을 생성하므

로 과실의 노화를 촉진한다. 저에틸렌 저장방법이 개발되기 전에는 사과에 에틸렌 생성을 억제하는 약제인 Daminozide를 수확전에 사용하여 저장기간을 연장하였으나 이 약제의 사용이 금지되어 사과의 저장기간이 줄어들게 되었다. 따라서 사과의 저장력 증진을 위한 연구의 결과로 저장고의 에틸렌을 지속적으로 낮게 유지하는 저에틸렌 저장방법이 발달하게 되었다.

미국에서는 Macintosh 사과의 CA저장시 지속적으로 에틸렌을 제거함으로써 Daminozide를 처리하지 않은 과실의 장기저장시 과실 경도와 산함량 유지에 큰 효과를 보였다. 흡착제를 이용하여 에틸렌을 제거하는 방법으로 부사사과를 저장하였을 때도 과실의 경도 유지에 효과를 보였다. 현재까지 저에틸렌 CA저장이 응용되는 작물은 사과, 키위 등 몇 가지 과실에 불과하나 에틸렌에 감응도가 높은 과실 및 채소류는 물론 카네이션과 같은 절화류 저장에 중요한 저장방법으로 사용될 것으로 예측된다.

사과의 장기저장시 저에틸렌 저장의 효과를 높이려면 과실의 수확 시기 결정이나 저장고 운영시 지켜야 할 점이 있다. 장기 저장용 사과는 에틸렌 발생율이  $1 \mu l/kg \cdot hr$ 이 되기 전, 에틸렌 Climacteric 이전의 성숙초기에 수확하여야 한다. 수확한 사과를 저장고에 적재할 때는 연료저장식 지게차를 이용하지 말고 전동식 지게차를 이용하여 연료연소시 발생하는 에틸렌의 영향을 받지 않도록 한다. 저장한 과실은 3일 이내에 적정온도까지 냉각시킨다. 저장고내 CA조성은 가급적 빨리 이루어져야 하는데 산소농도 조절은 질소 발생장치 등을 이용하여 3%까지 저하시키고 저장고는 적합한 밀폐도를 유지하여 CA조성이 변하지 않도록 한다. 또한 저장고 규모에 알맞은 이산화탄소 제거장치와 에틸렌 제거장치가 필수적으로 구비되어야 한다.

## 5. MA 저장 (Modified Atmosphere Storage)

### 가. MA 저장의 원리

MA저장은 크게 폴리에틸렌 등 플라스틱 필름을 이용하여 과일이나 채소 등을 밀봉함으로써 필름 봉지내 대기조성의 변화효과를 보는 필름포장과 과일 표면에 왁스 등의 피막제를 처리하여 수증기 등 가스확산을 억제하는 표면도포 방식의 두가지 형태로 나눌 수 있다. 필름밀봉이나 표면도포는 가스가 확산되지 못하는 차단막 작용을 하여 차단막 내에는 농산물의 호흡 때문에, 산소의 농도는 작아지고 이산화탄소의 농도는 증가하는 효과를 가져와 저장 농산물의 호흡은 저하되고 품질의 변화를 억제하게 된다.

MA저장은 때때로 포장 속에 습기가 많아 과습으로 인한 생산물의 부패와 과일내부의 부적합 가스 조성에 따른 생리장해를 초래한다. 따라서 필름 포장이나 피막제 처리를 이용한 저장, 혹은 장기 유통시 포장의 효과를 최대화하려면 작물의 종류, 성숙도에 따른 호흡률, 에틸렌 발생정도와 에틸렌 감응도 및 필름의 두께와 종류별 가스투과성 그리고 피막제의 특성을 고려하여야 한다.

### 나. MA 저장의 효과

필름포장이나 피막제 처리는 농산물로부터 수증기의 이동과 증산을 억제하여 과일이나 채소류의 표면위축현상을 지연시킨다. 또한 필름포장은 저온장해와 고온장해에 민감한 과일류의 장해발생을 줄이는데 효과적이다.

개별포장한 감귤류 과일과 토마토 과일은 물리적 손상이 적어지므로 표피변색을 예방할 수 있다. 필름과 피막제 처리는 과일주변과 과일내 산소

농도의 감소와 이산화탄소의 증가를 유도하여 궁극적으로 과육연화 등 노화 현상을 지연시킨다.

#### 다. MA 저장의 실용화

필름포장은 딸기, 토마토, 바나나, 고추, 상추 및 감귤로 과실과 단감 등 인과류 과실을 대상으로 시도되어 유통 및 저장 중 생산물의 품질유지 효과를 보여주고 있다.

엽채류 및 Non-Climacteric군에 속하는 과실의 필름포장은 주로 수분의 손실방지과 수분 Stress에 의한 생리적 장애 및 노화지연에 주 목적을 두고 있다. 결구상치의 필름포장은 유통과정 중 수분손실, 변색 혹은 생리적 장애를 줄임으로써 상품성 유지에 기여하고 있다. 결구상치의 포장용 필름으로는 Polyethylene(PE)필름이 Polypropylene이나 Polystyrene 필름보다 효과적이며 PE필름 저장시 필름에 바늘구멍을 뚫는 등 수분과 기타 가스의 투과율을 조절하여 과습에 의한 부패와 부적합한 가스의 집적을 방지하고 있다. 고추의 PE필름 저장의 효과는 수확 후의 수분 Stress를 경감하고 노화를 지연시키는 생리적 기작의 결과이며, 감귤류 과실의 필름포장은 수분손실의 방지와 함께 저온수송시 나타나는 저온장해를 감소시키기 위하여 시행되었다. 또한 포장내 과실의 부패를 방지하기 위해 필름에 살균제를 도장하는 공법이 시도된바 있으며 포장후 35℃에서의 예조처리(Curing)는 저장중 부패 방지 효과가 있다.

Climacteric군에 속하는 과실의 필름포장은 포장내 가스조성 변화를 통한 MA저장 효과에 큰 의미를 두고 있다. PVC필름을 이용한 토마토의



포장저장은 과실의 성숙도에 따라 3~9% 이산화탄소 + 3~9% 산소 혹은 10~18% 이산화탄소 + <2% 산소의 가스조성이 가능하여 과실의 경도 유지와 노화지연의 효과를 보인다. 또한 바나나의 생육중 필름 밀봉처리는 수확 후 후숙을 지연시키며 수확 후 0.03 mm PE필름포장과 에틸렌 흡착제 처리는 후숙과정을 지연시켜 유통 및 저장중 상품성의 급격한 저하를 지연시킨다.

국내에서는 단감의 PE필름저장이 대표적인 예라 할 수 있다. 단감은 주로 0.06mm 저밀도 PE필름 MA저장에 의해 4~5개월 장기 저장이 가능하다. 0.06mm PE필름을 이용한 단감의 MA저장시 필름봉지내 가스조성은 필름의 밀봉상태에 따라 큰 변화를 보여 산소 농도는 5~12%, 이산화탄소 농도는 3~7% 유지된다. 바나나 필름포장의 에틸렌처리는 바나나의 숙성억제 효과가 입증되었고 버섯의 경우 산소 흡착제 처리 효과가 검토된 바 있다.

#### 라. 피막제의 이용

과실의 품질보존을 위한 피막제 처리는 1924년 사과에 파라핀과 기름을 처리한 시험에서 비롯된다. 원예생산물의 저장이나 수송, 유통중 품질보존을 위해 사용되는 피막제로는 상업용 왁스를 비롯한 동식물성 유지류 등이 다양하게 시도되었다.

각종 피막제의 표면도포는 과실의 경도와 빛을 유지하고 산함량 감소를 방지하는 효과가 있으나 상업적으로는 과실의 색감증가나 표면의 광택증진 등 외관을 좋게 하는 왁스처리만이 실용화되었다. 최근에 당 복합화합물의 일종인 Pro-Long과 Nutri-Save라는 새로운 종류의 피막제가 소개되고 효과가 인정되어 실용성이 검토되고 있다. Pro-Long (Sucrose Ester 화합

물)의 피막처리는 바나나의 선도유지와 클로로필 함량 감소를 억제하며, 사과나 서양배의 경우는 경도와 산함량 유지에 효과적임이 입증되었다. 다당류중합체(Polysaccharide Derivaives)인 Nutri-Save 피막제 처리 역시 사과나 서양배의 품질유지에 효과적인 것으로 나타나 있다. 반면 이러한 피막제 처리는 과실의 위축현상과 상처과 및 장애과의 발생을 유기하기도 한다.

## 6. 감압 저장

감압저장이란 저장고내 대기압을 낮추면 산소농도의 분압이 저하됨으로써 CA와 같은 효과를 볼 수 있다는 물리적인 분압원리를 이용한다. 또한 감압시에는 과실내 에틸렌 가스가 쉽게 확산해 나오는 저에틸렌 효과도 있다. 그러나 감압저장을 위해서는 건축구조가 단단해야 되며 지속적으로 수분을 공급해 주어야 하는 제한이 많아 현재 기술로서는 대규모 저장고에서의 적용은 어렵다.

제 4 장  
패널제작 및 구조시험

여 백

## 제 4 장 패널제작 및 구조시험

### 제 1 절 개요

폴리머 콘크리트 샌드위치 패널의 제작시 기초자료로 사용하기 위하여 패널의 제작시에 사용되는 각 재료에 대한 물리적 및 역학적 성질을 구명하였다. 폴리머 콘크리트 샌드위치 패널의 제작에 사용되는 주요 재료는 표면부 재료로 폴리머 콘크리트, 중심부 재료로 발포 폴리스티렌, 보강재료로 직조 유리섬유가 사용되었다.

### 제 2 절 사용재료

#### 1. 폴리머 콘크리트

샌드위치 패널의 표면부 재료인 폴리머 콘크리트는 성능이 우수하고 값이 비교적 저렴한 불포화 폴리에스터 수지를 결합재로 하여 제조된다. 폴리머 콘크리트의 주요한 재료는 세골재, 충전재로서 탄산칼슘 그리고 결합재로서 불포화 폴리에스터 수지가 사용되었다.

폴리머 콘크리트의 배합은 소정의 워커빌리티와 강도를 얻을 수 있는 범위내에서 골재와 충전재의 양을 최대로 하고 결합재인 폴리머의 양을 최소화하는 것이 가장 이상적이다. 이와 같은 최적배합비의 결정은 시멘트 콘크리트의 배합설계와 같은 방법이 아직 정립되어 있지 않으므로 본 연구에서는 연구진이 개발한 연구결과를 이용하여 배합비를 결정하였다. 특히 폴리에스터 폴리머 콘크리트의 수축을 작게하기 위하여 사용하는 수축감소제

는 강도저하에 큰 영향을 미치므로 수축감소제의 사용에 많은 주의를 기울였다.

본 연구에서 개발하여 사용한 폴리머 콘크리트 샌드위치 패널의 표면부용 폴리머 콘크리트의 배합비는 표 4.1과 같다. 설계된 배합비에 따라 제조된 표면부용 불포화 폴리에스터 폴리머 콘크리트를 제조하고 KS 시험규정에 의하여 재령 7일에서 측정된 탄성계수(KS F 2438), 압축강도(KS F 2481), 할열 인장강도(KS F 2480), 휨 강도(KS F 2482)는 표 4.2와 같다.

표에서 보는 것 처럼 재령 7일에서 시험되었지만 폴리머 콘크리트의 압축강도, 할열인장강도 및 휨강도는 모두 보통 시멘트 콘크리트의 강도 보다 월등히 높았다. 압축강도는 고강도 콘크리트의 강도와 비슷하거나 높았으며 특히 할열인장강도와 휨강도 특성은 시멘트 콘크리트와는 비교할 수 없을 정도로 높았다.

표 4.1 폴리에스터 폴리머 콘크리트의 배합비

(단위 . wt.%)

결 합 재	총 전 재	골 재	비 고
16	12.6	71.4	

표 4.2 표면부용 폴리머 콘크리트의 물리·역학적 성질

비 중	탄성계수 (kg/cm <sup>2</sup> )	압축강도 (kg/cm <sup>2</sup> )	할열 인장강도 (kg/cm <sup>2</sup> )	휨강도 (kg/cm <sup>2</sup> )
2.1	1.4×10 <sup>5</sup>	650	91	175

## 2. 중심부 재료

중심부 재료로서는 발포 폴리스티렌(스티로폼), 아이소 핑크, 폴리우레탄, 그라스 울, 기포 콘크리트 등의 여러가지 종류가 사용될 수 있으나 본 연구에서는 가볍고 경제적인 발포 폴리스티렌을 사용하였다. 발포 폴리스티렌은 폴리스티렌 수지에 발포제를 넣어 제조한 다공질의 기포 플라스틱(Form Plastic)이다.

발포 폴리스티렌의 제조방법으로는 비드법과 압출법이 있다. 비드법은 구슬모양의 원료를 미리 가열하여 1차로 발포시키고 이것을 숙성시킨 후 판모양 또는 통모양의 금형에 채우고 다시 가열하여 2차 발포에 의해 융착·성형하여 제품을 만든다. 그리고 압출법은 원료를 가열하여 녹인 후 연속적으로 압출하며 발포시켜 제품을 만드는 방법이다.

KS에 규정된 발포 폴리스티렌의 성질은 표 4.3과 같으며 본 연구에서는 보온판 2호를 사용하였다.

표 4.3 KS에 규정된 발포 폴리스티렌의 성질

종류	밀도 (kg/m <sup>3</sup> )	열전도율 (평균온도 20±5°C, Kcal/m <sup>2</sup> ·h·°C)	굽힘강도 (kgf/cm <sup>2</sup> )	압축강도 (kgf/cm <sup>2</sup> )	흡수량 (g/100cm <sup>2</sup> )	투수계수 (두께 25mm당 g/m <sup>2</sup> ·h·mmHg)	
보온판	1호	30이상	0.031 이하	3.5 이상	1.6 이상	1 이하	0.01 이하
	2호	25이상	0.032 이하	3.0 이상	1.2 이상		0.07 이하
	3호	20이상	0.034 이하	2.2 이상	0.8 이상		0.12 이하
	4호	15이상	0.037 이하	1.5 이상	0.5 이상	1.5 이하	0.14 이하

### 3. 보강재

보강재로는 유리섬유가 사용되고 있으며 국내시장에서 유통되는 유리섬유로는 E-그라스(Electrical Glass), S-그라스(Specific Glass), C-그라스(Cheical Glass) 등이 있다. E-그라스는 칼슘과 알칼리 성분으로 구성되며 최대 알칼리 성분이 2.0%이고 일반적으로 강도와 전기적 저항이 요구될 때 사용된다. S-그라스는 마그네슘을 함유하고 있으며 주로 높은 인장강도가 요구되는 항공기, 병기 등의 제조분야에서 많이 사용되고 있다. 또한 C-그라스는 Soda-Lime-Borosilicate로 합성된 유리섬유로서 부식에 강한 안정성을 가지고 있어 산화성 물질을 포함하거나 접촉되는 복합체의 제조에 주로 사용된다.



본 연구에서 사용한 유리섬유는 국내에서 유통되고 있는 E-그라스이며, 이것의 성질은 표 4.4 및 표 4.5와 같다.

표 4.4 E-그라스의 물리·역학적 성질

비 중	인장강도 (kg/mm <sup>2</sup> )	인장탄성계수 (kg/mm <sup>2</sup> )	비 고
2.55	350	7,400	

표 4.5 E-그라스의 화학적 성질

(단위 %)

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O
54	15	17	5	8	0.6

#### 4. 불포화 폴리에스터 수지

불포화 폴리에스테르 수지(Unsaturated Polyester Resin)란 그 구성분자의 불포화된 단량체(Monomer)가 에스테르(Ester) 결합으로 중합된 고분자 화합물을 말한다. 불포화 폴리에스테르 수지는 취급이 쉽고 경화성이 뛰어나며 상온이나 고온에서 자유롭게 경화시킬 수 있다. 또한 다른 열경화성 수지에 비하여 양호한 기계적·전기적 성질과 수밀성 및 내약품성이 있으며, 가격면에서도 다른 폴리머류와 비교하여 저렴한 장점이 있다.

본 연구에서 사용한 폴리머는 국내 A사의 올소타입(Ortho Type) 불포화 폴리에스터 수지로서 코발트계 경화 촉진제( $C_6O_6$ )가 첨가되어 있으며, 그 성질은 표 4.6과 같다.

#### 5. 개시제

촉진제(Promoter)가 첨가되어 있는 불포화 폴리에스터 수지는 개시제(Initiator)만 첨가되면 경화반응이 일어난다. 개시제에는 속경형, 표준경화형, 지연형의 3종류가 있으나 본 연구에서는 국내 A사제품으로서 MEKPO 55%, DMP 45%로 구성된 표준경화형 개시제를 사용했으며, 일반적인 성질은 표 4.7과 같다.

#### 6. 수축감소제

불포화 폴리에스터 수지는 경화시 7~10%의 큰 수축을 일으킨다. 이것은 경화속도와 관계없이 수지중의 스티렌 모노머(Styrene Monomer)의 함량에 따라 변화한다. 이와같은 수축량을 감소시키기 위하여 본 연구에서는

표 4.6 불포화 폴리에스터 수지의 성질

비중(25℃)	점도 (25℃, ps)	산 가	스티렌 함량 (%)
1.12±0.02	4±1.2	24±4	38.0

표 4.7 개시제의 성질

성 분	비 중 (25℃)	활성산소 (%)
MEKPO 55% DMP 45%	1.13	10.0

표 4.8 수축감소제의 성질

점 도 (25℃, ps)	불휘발성 물질 (%)	색 상	비 고
31~41	34~38	투 명	

열가소성인 폴리스틸렌을 스티렌 모노머에 용해시킨 수축감소제(Shrinkage Reducing Agent)를 사용했으며 일반적인 성질은 표 4.8과 같다.

## 7. 충전재

충전재는 무기질이며 흡수성이 작아야 하는데 비교적 고가인 폴리머의 사용량을 줄일 목적으로 사용된다. 입자크기는 1~30 $\mu\text{m}$  정도, 분말도는 2,500~3,000 $\text{cm}^2/\text{g}$ , 수분함량 0.1% 미만의 조건을 갖추어야 한다. 본 연구에서는 저가이며 구입이 용이한 중질 탄산칼슘(Heavy Calcium Carbonate)을 사용하였으며, 그 성질은 표 4.9 및 표 4.10과 같다.

## 8. 골재

폴리머 콘크리트용 세골재는 보통의 강모래를 사용할 수 있으나 유기 불순물을 함유하지 않아야 하며 흡수율이 0.1% 이하라야 한다. 본 연구에 사용된 세골재는 홍천강에서 채취한 것으로 골재의 물리적 성질 및 체가름 시험 결과는 표 4.11 및 그림 4.1과 같다.

표 4.9 중질 탄산칼슘의 성질

비 중 (gr/cc)	흡 수 율 (cc/gr)	함수량 (%)	pH	평균입자 ( $\mu\text{m}$ )	백색도 (%)	325번체잔량 (%)
0.75	0.20	0.3이하	8.8	13	90	0.03

표 4.10 중질 탄산칼슘의 화학적 성분

(단위 %)

CaO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	MgO	강열감량
53.7	0.25	0.09	2.23	0.66	42.4

표 4.11 세골재의 물리적 성질

비 중	흡 수 율	단위용적중량 (g/cm <sup>3</sup> )	200 번체 통과량(%)	조 립 율
2.60	0.75	1,500	0.68	2.73

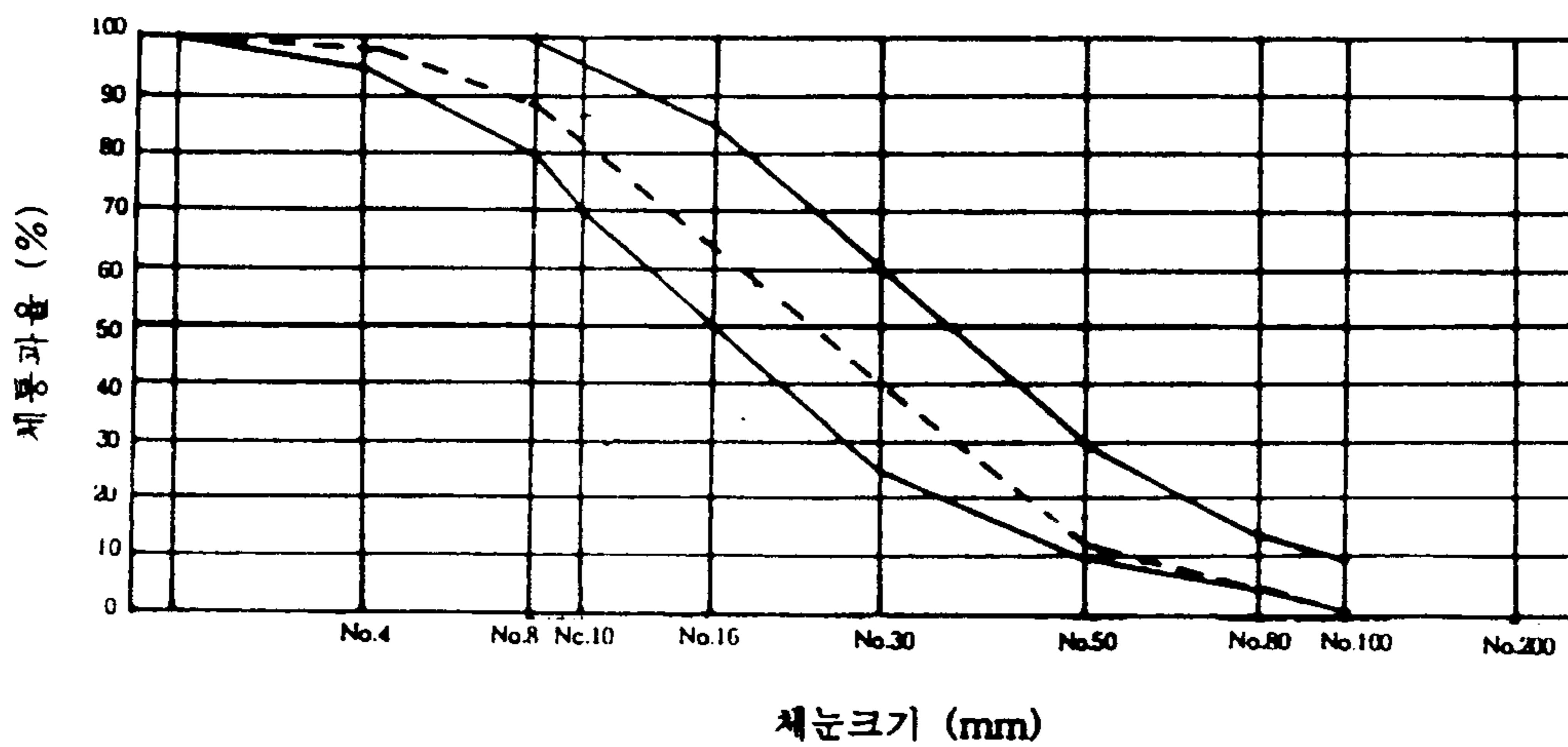


그림 4.1 세골재의 입도곡선

### 제 3 절 폴리머 콘크리트 샌드위치 패널의 제작

#### 1. 폴리머 콘크리트 샌드위치 패널의 제조방법

##### 가. 개요

샌드위치 패널의 구조적 특성은 중심부 및 표면부의 재료의 종류와 제조방법에 따라 크게 달라진다. 이는 폴리머 콘크리트의 성질이 현재 우리나라에서 샌드위치 패널의 제작시 표면부 재료로 많이 사용되고 있는 강판이나 시멘트 콘크리트와 많은 차이점을 가지고 있기 때문이다.

샌드위치 패널의 표면부 재료로서 폴리머 콘크리트의 장점은 부착성이 좋고 고강도인 반면, 단점은 불포화 폴리에스터 수지를 사용할 경우 수축성이 크고 단열재인 발포 폴리스티렌을 용해시킨다는 점 등을 들 수 있다. 이와 같은 점을 감안하여 본 연구에서는 폴리에스터 폴리머 콘크리트를 표면부로 하고 발포 폴리스티렌을 중심부로 하는 샌드위치 패널을 제작하였다.

##### 나. 샌드위치 패널의 제조방법

기존의 다른 샌드위치 패널도 마찬가지로 제조과정 중 어려운 부분은 Know-How로 되어 있으며, 대부분이 특허로 되어 있다. 폴리머 콘크리트 샌드위치 패널의 제조에 있어서도 중심부의 폴리스티렌을 용해시키지 않고 표면부를 타설하는 방법, 보강재의 사용방법, 수축으로 인한 표면부의 형상변화 방지 방법 등은 본 연구진만이 보유하고 있는 Know-How라 할 수 있겠다.

본 연구에서 사용한 중심부 재료인 발포 폴리스티렌의 규격은 90cm × 180cm 이며, 중심부의 두께는 50mm이다. 표면부의 두께는 5 mm로 하

였으며 샌드위치 패널의 개략적인 제작방법은 다음과 같다.

(1) 중심부용 발포 폴리스티렌을 준비한다.

(2) 중심부에 보강재를 부착시킨다.

(3) 표면부용 폴리머 콘크리트를 조제하여 소정의 두께로 포설하고, 롤러나 흙손 등으로 마무리한다.

(4) 약 1시간 정도 상온에서 양생 시킨다.

(5) 표면에 직조 유리섬유와 같은 보강재를 부착시킨다.

본 연구에서 제작한 폴리머 콘크리트 샌드위치 패널을 정밀조사한 결과 표면부 폴리머 콘크리트와 중심부 발포 폴리스티렌은 폴리에스터 수지의 우수한 부착력에 의해 완전히 부착되었으며, 표면부의 평탄성도 양호한 편이었다.

본 연구에서는 샌드위치 패널의 표면부를 흙손을 사용하여 마무리 하였기 때문에 평탄성이 다소 기대에는 미치지 못하였으나, 공장에서 롤러 등의 기계화된 시설로 제작할 수 있다면 패널 표면의 평탄성은 완벽하게 처리될 수 있을 것이다. 그리고 본 연구에서는 모든 작업이 연구원의 수작업으로 이루어져 표면을 단순하게 마무리 했으나, 기계화 제작이 가능하다면 패널의 외부노출면은 다양한 색으로 나타내거나 혹은 면에 작은 입자의 천연석을 부착시키는 등의 방법으로 패널의 부가가치를 쉽게 높일 수도 있다.

## 2. 저온저장고 건축용 샌드위치 패널의 설계 및 제작

### 가. 모델하우스의 건립과 패널의 설계

저온저장고를 조립식으로 건축하기 위해서는 폴리머 콘크리트 샌드위

치 패널은 정확하게 또한 규격에 맞게 생산되어야 한다. 가장 합리적이고 경제적인 저장고 건물을 건축하기 위하여 실물크기 1:20 축척의 모형 샌드위치 패널을 제작하여 저장고 모형을 조립하였다(사진 4.1).

모형 샌드위치 패널은 두께 3 mm의 목판을 이용하여 제작하였다. 모형 패널을 이용하여 저장고 모형을 바닥판, 벽체, 그리고 천정 순서로 조립하면서 패널조립의 난이도, 작업상 가장 유리하고 안전한 패널 모양의 설계, 패널조립과 접착 기술의 개발, 조립시 필요한 시설 및 장비 등에 관한 기술을 축적하였다.

모형저장고의 건축에서 검토된 패널의 모형을 종합하여 그림 4.2과 같이 3가지로 잠정 결정하였다. 폴리머 콘크리트 샌드위치 패널이 갖는 장점인 단열성과 수밀성을 최대한 보장하고 경제적으로 저온저장시설을 건축하기 위해서는 패널과 패널을 조립하고 연결할 때, 이 연결부위를 가장 확실하고 안정되게 처리하여 열손실을 최소화되고 저장고의 기밀성을 보장하며 또한 저장고의 구조적 안정성이 확보되어야 한다.

이와 같은 전제하에 최종적인 패널의 모형을 결정하기 위하여 세가지 모양의 패널을 실물 크기로 제작하고 조립해 보면서 패널 제작의 난이도, 패널 제작 경비, 품질관리상의 장단점, 조립시의 난이도, 패널 접착시의 난이도, 운반 및 작업시의 파손 정도, 작업상의 위험성 등을 평가하였다. 이상의 평가에서 A형이 모든 면에서 우수하게 평가받아 최종적인 샌드위치 패널의 모양으로 결정되었다.



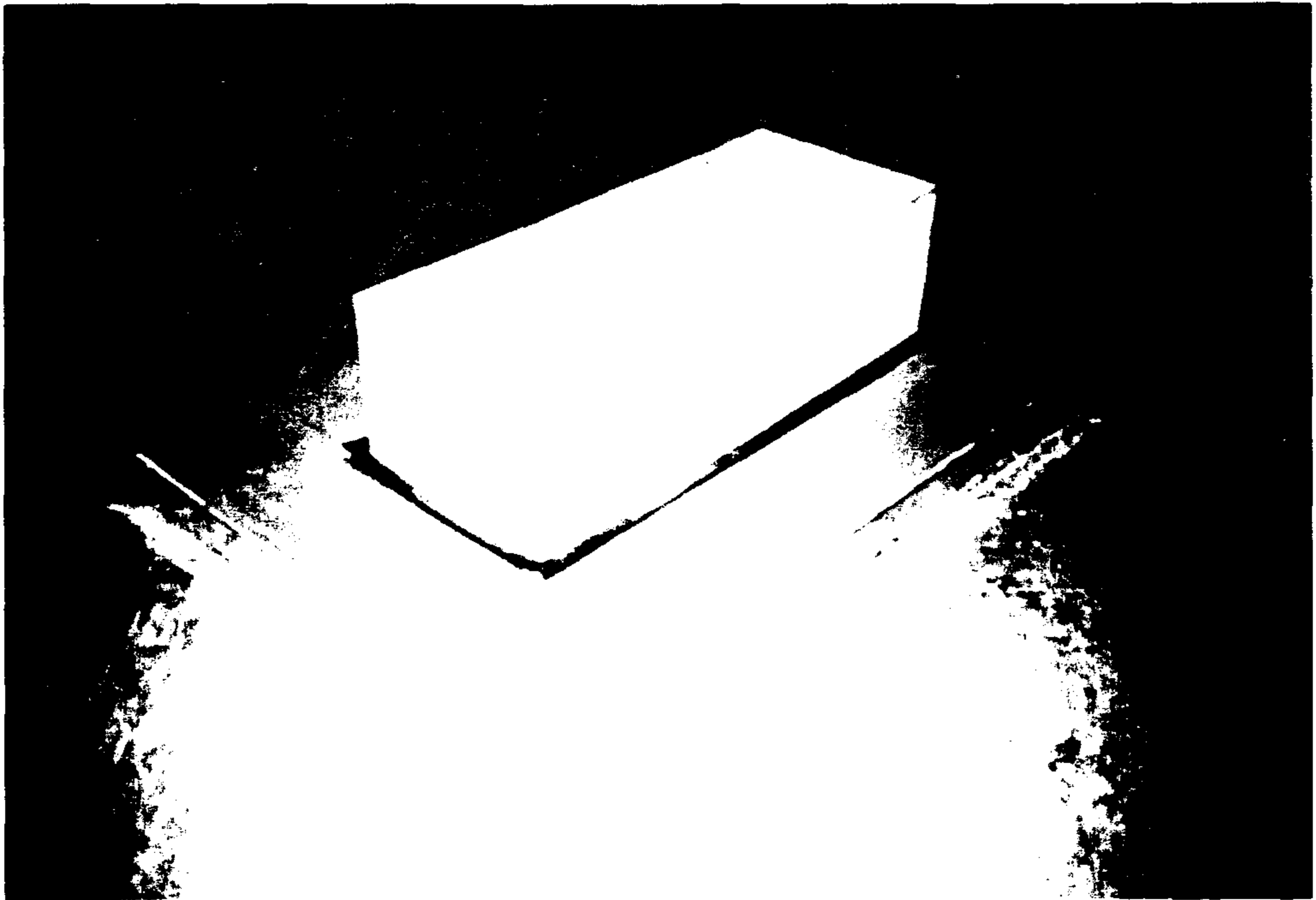
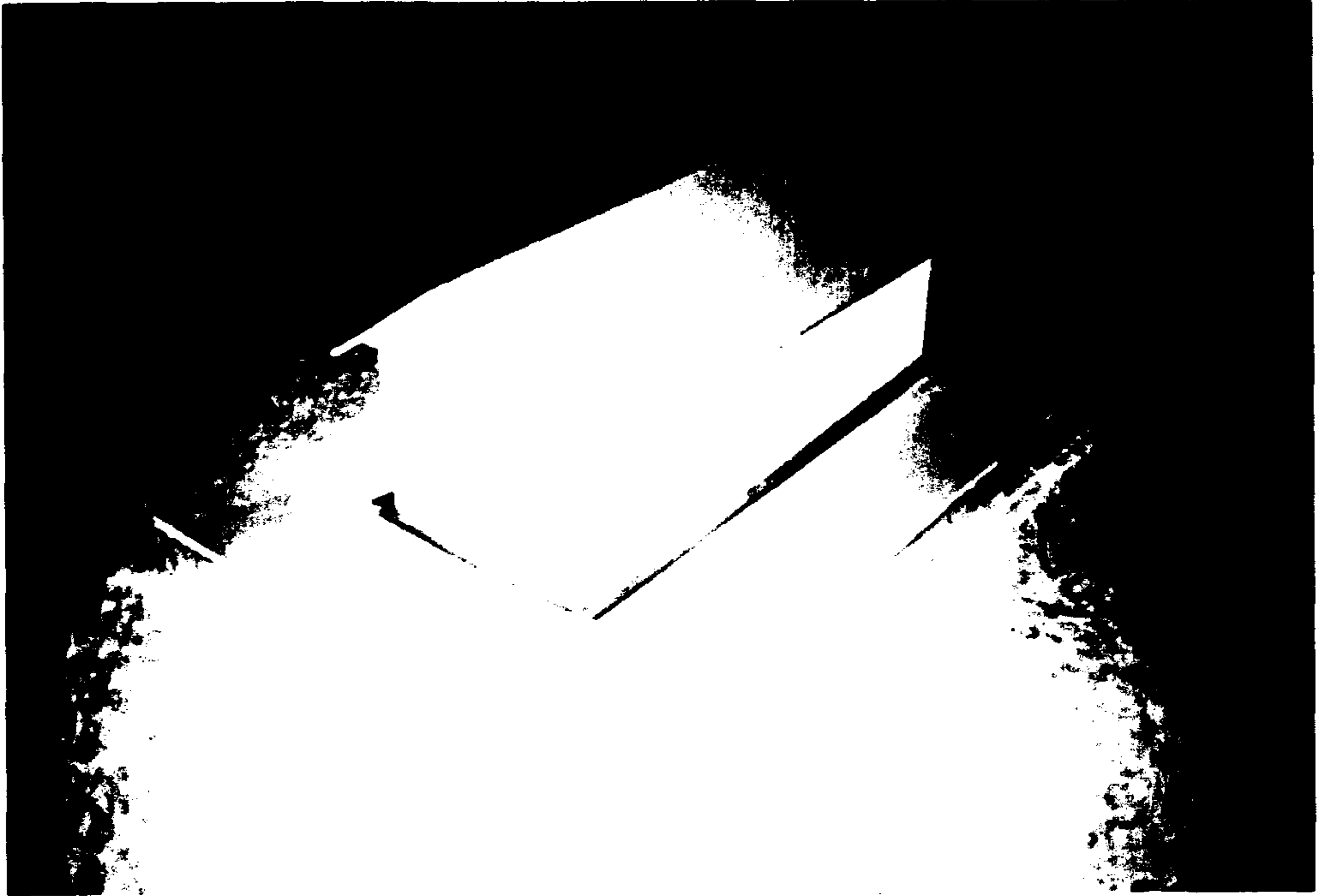
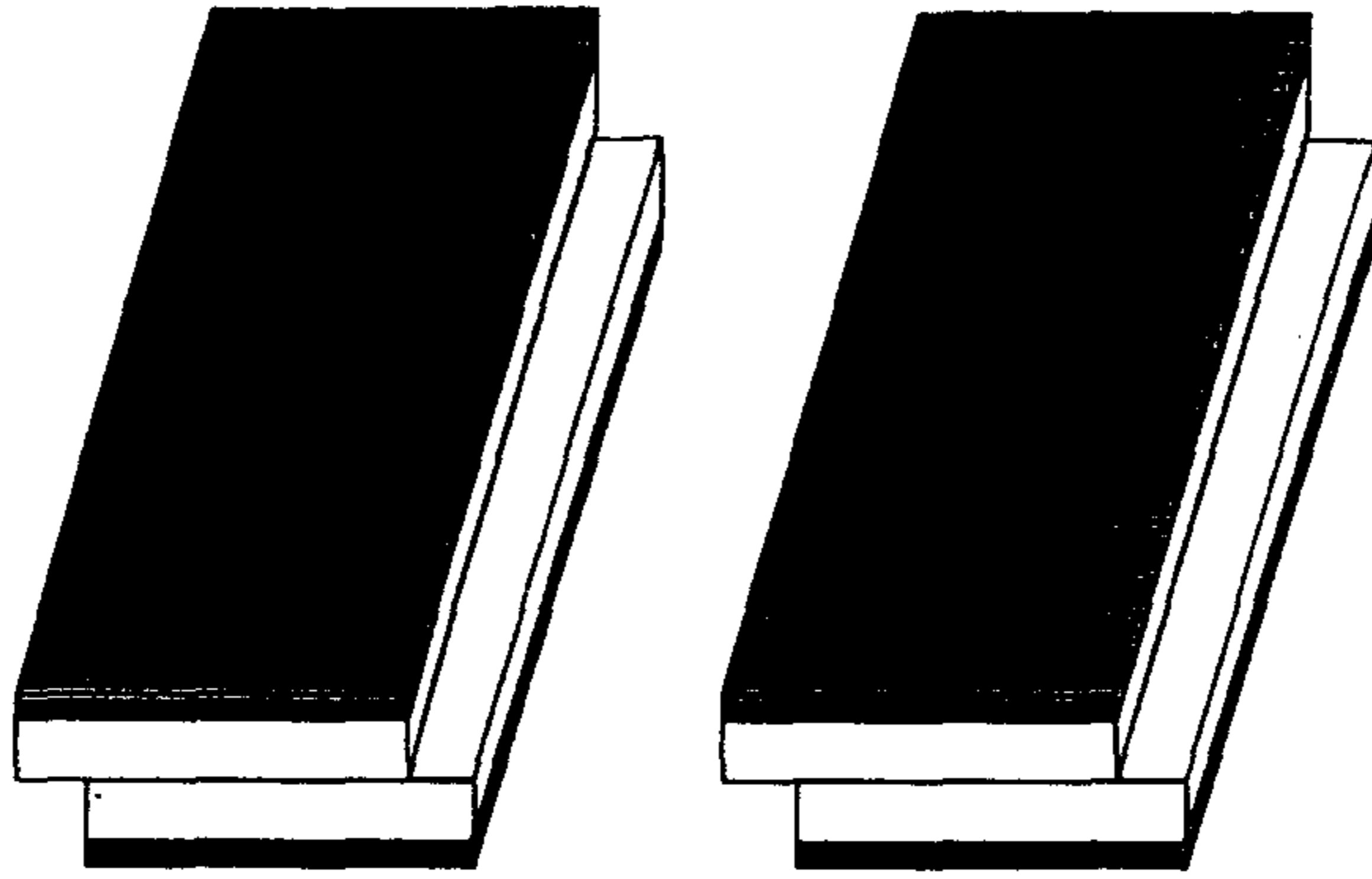
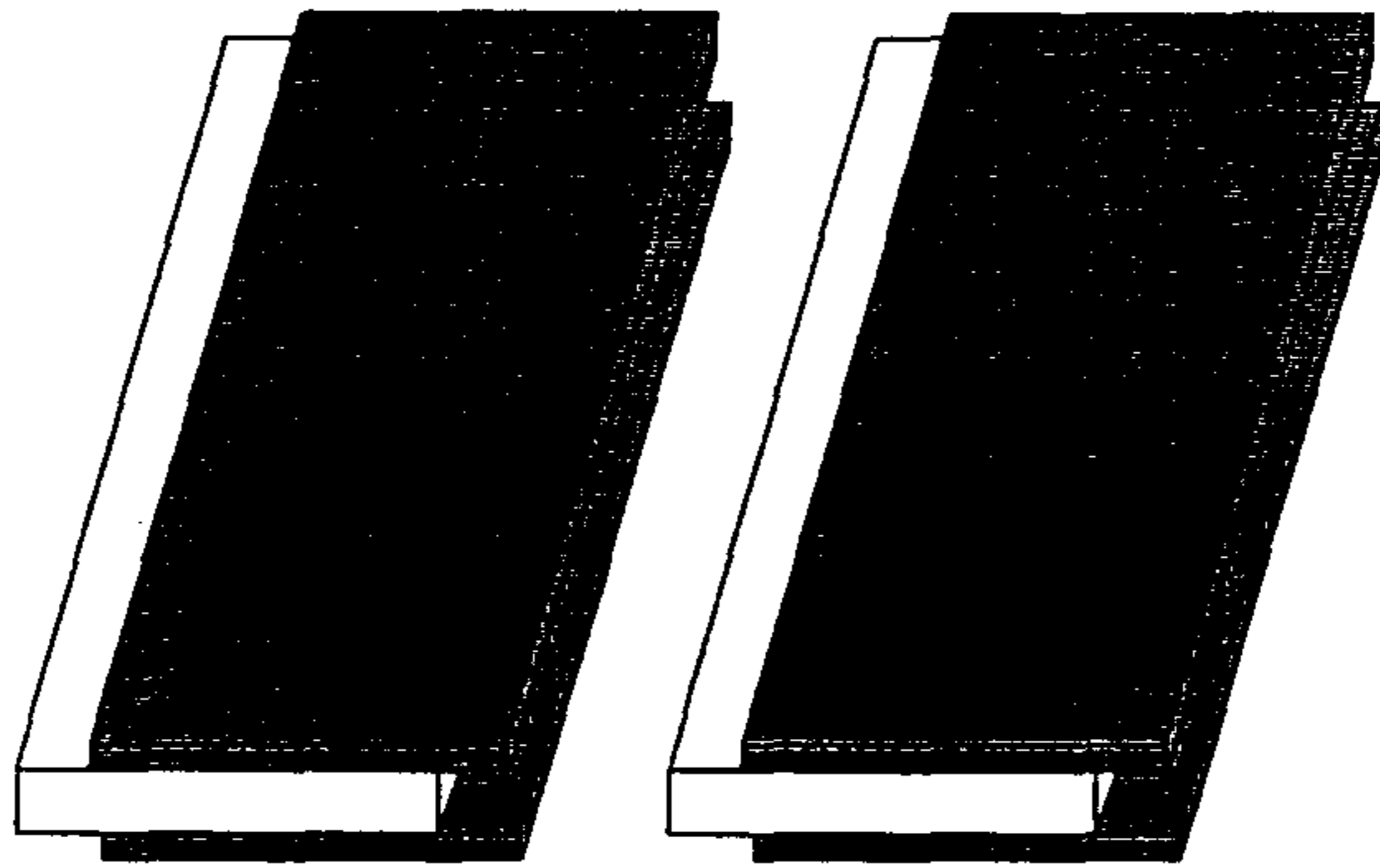


사진 4.1 저온저장시설의 모형

A)



B)



C)

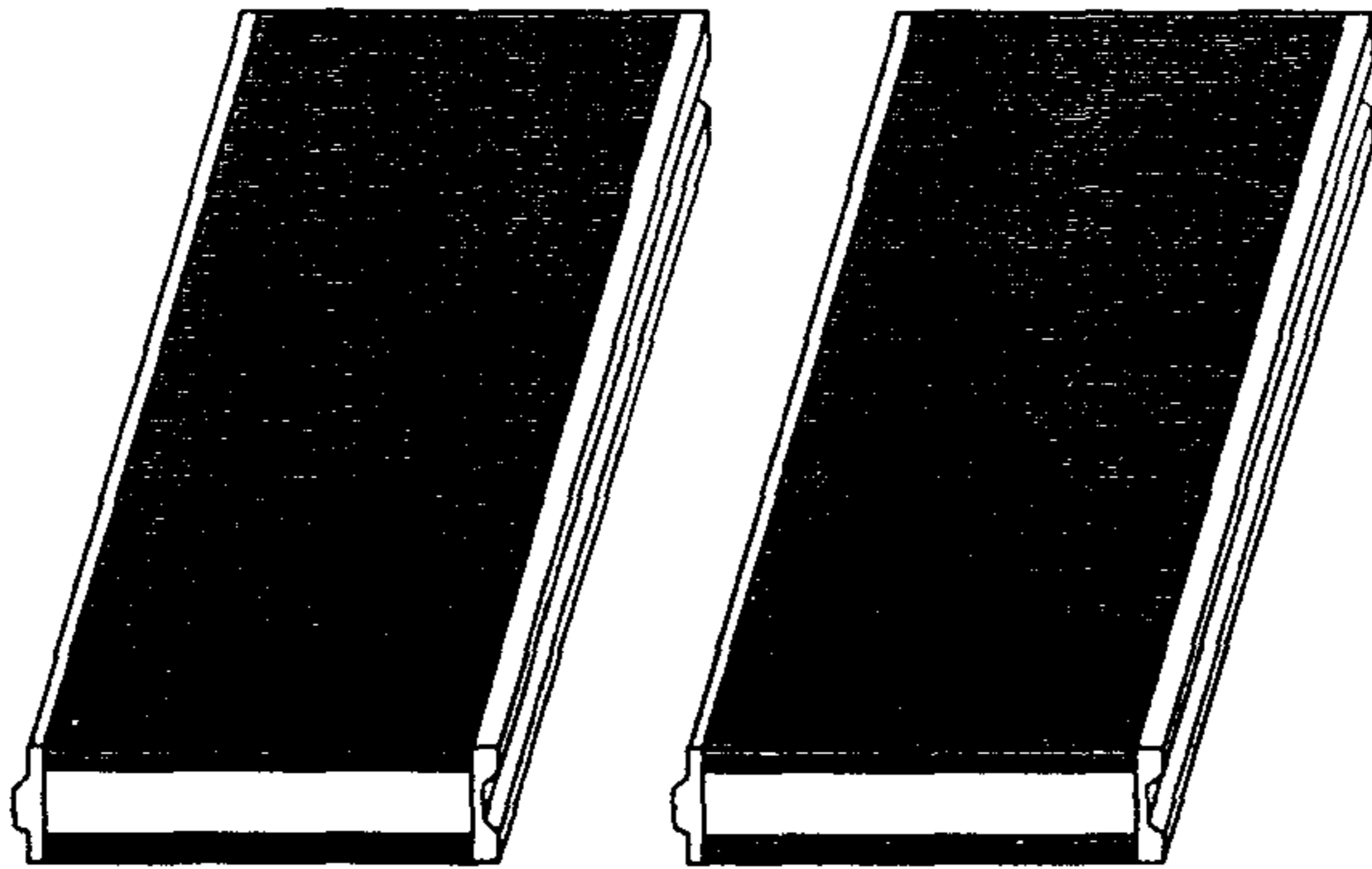


그림 4.2 폴리머 콘크리트 샌드위치 패널의 모형

## 나. 패널의 제작

저온저장시설 건축용 패널은 중심부 재료로 사용되는 발포 폴리스티렌의 가공을 최소화하면서도 소정 규격의 저장고를 조립식으로 건축할 수 있도록 설계되었다(그림 4.2). 샌드위치 패널은 저장고의 바닥용, 천정용 및 벽체용으로 구분하여 각각의 패널마다 정확한 치수를 갖도록 설계되어 조립 시에는 주어진 번호대로 맞추기만 하면 저장고가 조립될 수 있도록 하였다.

저장고 건축용 패널의 모형은 A형으로 결정되었지만 각 패널의 크기는 모양별로 3가지로 나누어진다. 저장고의 바닥과 천정용 패널의 크기는  $1.0\text{m} \times 1.9\text{m} \times 0.11\text{m}$ 로 완성된 후의 무게는 약 40kg이었다. 저장고의 벽체용 패널의 크기는  $1.0\text{m} \times 3.0\text{m} \times 0.11\text{m}$ 로 무게는 약 70kg이었다. 패널의 크기가 대형이기 때문에 대학과 같은 연구기관에서는 작업공간의 확보가 어렵고 대량생산을 위한 인력의 동원이 가장 큰 문제점 중의 하나였다.

폴리머 콘크리트 샌드위치 패널은 아직까지 완전히 개발된 제품이 아니고 일반 회사에서도 폴리머 콘크리트를 생산할 수 있는 장비와 기술이 전혀 축적되어 있지 않기 때문에 패널 제작의뢰를 할 수 없었다. 따라서 샌드위치 패널을 제작하기 위한 모든 작업은 본 연구진과 학생보조원들의 도움을 받아 수없이 많은 시행착오를 거치면서 수작업으로 직접 제작하여야 했다.

저온저장시설 1동을 건축하기 위하여 제작한 패널의 숫자는 저장고의 바닥과 천장용 패널 각 20장씩 40장 그리고 벽체용 28장 등 총 68장을 제작하였다. 패널은 폴리머 콘크리트를 사용하는 표면부 5 mm 씩 1 cm, 그리고 발포 폴리스티렌을 사용하는 중심부가 10cm로 두께가 11cm였다.

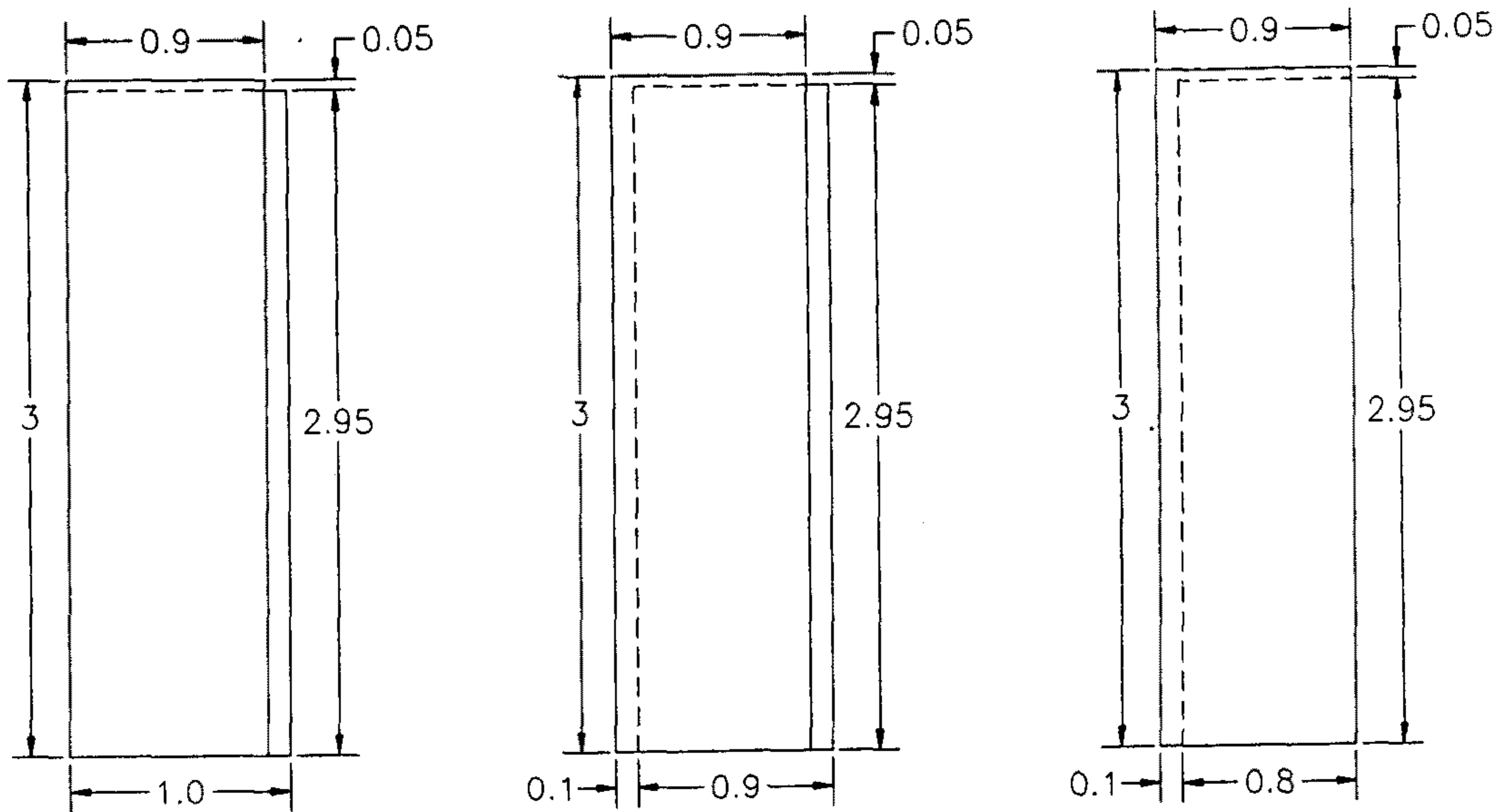


그림 4.3 벽체용 샌드위치 패널의 모양과 규격 (단위 · m)

그림 4.2의 A에서와 같이 패널의 모양은 직육면체가 아니기 때문에 10cm 짜리 중심부 재료를 사용하면 발포 폴리스티렌을 패널의 모양에 맞게 정확하게 가공하여야 하는 어려움이 있고 또한 표면부를 접착할 때도 많은 문제점이 따른다. 따라서 본 연구에서는 5cm 두께의 발포 폴리스티렌을 2장 사용하여 제작하는 방법을 개발하였다.

패널의 설계치수에 맞게 본 연구진이 개발한 절단기에 의해 재단된 각각의 5cm 발포 폴리스티렌은 한쪽 면에만 표면부를 접착하였다. 중심부 재료인 발포 폴리스티렌과 표면부의 접착방법은 샌드위치 패널의 제조방법

에서 설명하였다. 1차로 한쪽면만 완성된 패널의 숫자는 18가지의 크기로 136장이 제작되었으며 이들은 충분한 양생기간을 거친 후 두장을 포개어 접착함으로써 중앙부 재료의 두께가 10cm인 1개의 완전한 폴리머 콘크리트 샌드위치 패널로 만들어졌다. 중앙부의 발포 폴리스티렌을 완벽하게 접착하는 방법은 본 연구진의 Know-How이다.

## 제 4 절 폴리머 콘크리트 샌드위치 패널의 구조시험

폴리머 콘크리트를 이용한 샌드위치 패널의 일반적인 제작기술과 역학적인 특성에 관한 연구는 본 연구진에 의하여 많이 수행되어 있다. 그러나 특정구조물의 건축을 목적으로 하는 샌드위치 패널의 개발이나 패널의 구조적 특성에 관한 연구는 수행되지 못하였다. 따라서 본 연구에서는 축적된 기술과 연구자료를 바탕으로 저온저장고용 샌드위치 패널의 제작방법을 개발하고 개발된 패널의 기본적인 역학적 특성을 구명하였다.

### 1. 폴리머 콘크리트 샌드위치 패널의 특성

폴리머 콘크리트 샌드위치 패널의 단면구조는 그림 4.4와 같다. 패널의 표면부는 강도 뿐만 아니라 내구성도 좋아야 한다. 중심부 재료는 반드시 연속재료가 아니어도 되며 벌집모양이나 파형인 재료가 유리한 것으로 되어있다. 또한 유리섬유 보강층은 표면부 재료인 폴리머 콘크리트를 보호하고 보강해줄 수 있도록 충분한 강도와 내구성을 지니고 있어야 한다.

샌드위치 패널이 휨모멘트를 받을 경우 패널의 표면부는 I형 단면에서 플랜지 부분과 같은 역할을 한다. 따라서 샌드위치 패널의 휨강성은 표면부

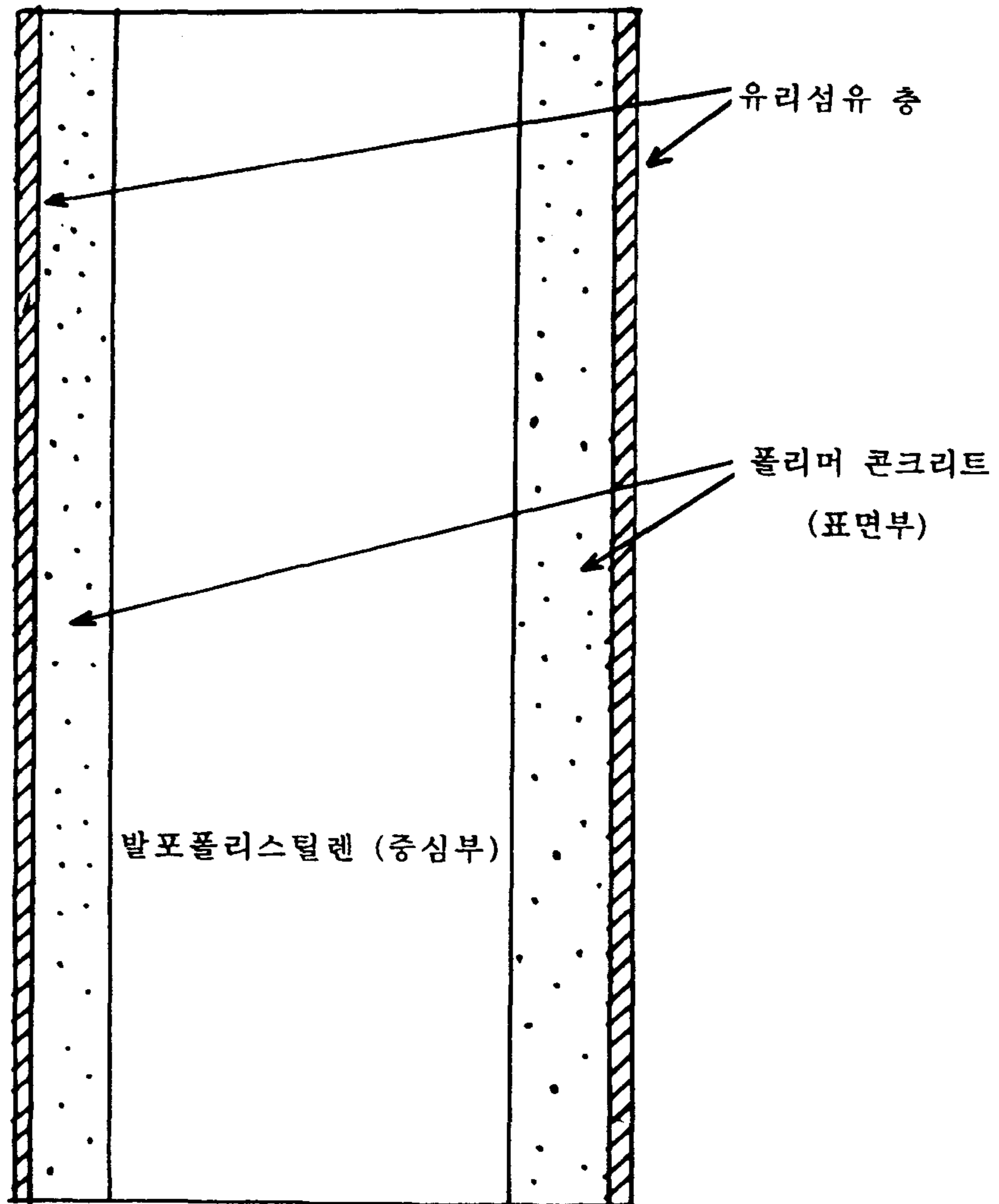


그림 4.4 샌드위치 패널의 단면구조

의 성능에 의해 결정되기 때문에 표면부가 우수한 강도특성과 내구성을 지니고 있다면 샌드위치 패널의 구조적 특성은 매우 안정적으로 된다. 또한 샌드위치 패널은 공장생산에 적합하기 때문에 대량생산으로 인한 원가의 절감은 물론 제품의 품질관리가 용이하여 경제적으로 균일한 제품을 안정적으로 공급할 수 있다. 샌드위치 패널을 이용한 구조물의 건축은 건축구조가 복잡하여도 미리 준비된 부재의 조립으로 쉽게 해결할 수 있으며 단열성능이 우수하여 에너지 절감효과가 크다.

## 2. 단열성능 시험

샌드위치 패널의 주된 사용 목적이 건축물의 벽체용이므로 제조된 패널의 단열성능은 중요한 의미를 지닌다. 단열이란 보온 또는 보냉을 위하여 일정 위치에서 열이 다른 장소로 이동하는 것을 차단하는 것을 말하며, 일반적인 시설물의 부재에 대한 단열성능은 열전도율(Heat Conductivity)로 평가되며 대표적인 유체 및 재료의 열전도율은 표 4.12에 정리하였다.

기존의 여러 재료에 대한 열전도율은 이미 많이 알려져 있다. 그러나 구조물에 사용되는 벽체와 같은 패널 부재들은 대부분이 여러 층의 복합재료로 이루어져 이들 전체에 대한 열전도율은 시험을 통하여 측정할 필요가 있다.

이론적으로는 각 층의 재료에 대한 열전도율과 벽 주위에 대한 열의 움직임을 알면 열전도율을 구할 수 있으나 실제로는 부착상태, 두께의 차이 등 여러가지 변수 때문에 어려움이 따른다. 따라서 이 열전도계수를 직접 측정할 수 있는 기구와 방법들이 많이 개발되어 있다.

표 4.12 대표적인 유체 및 재료의 열전도율

재 료	열전도율(W/m <sup>2</sup> h °K)
외 부	20~30
○ 표면공기막	
내 부	7~8
○ 폴리스티렌폼 (Polystyrene Foam)	0.03
○ 유리 섬유 (Glass Fiber)	0.04
○ 미 송 (Pine Tree)	0.12
○ 콘 크 리 트 (Cement Concrete)	1.50
○ 시멘트모르타 (Cement Mortar)	1.20
○ 폴리머콘크리트 (Polymer Cement)	1.20
○ 강 철 (Steel)	45.29
○ 알 루 미 늄 (Aluminum)	221.53

단열시험은 제작된 폴리머 콘크리트 샌드위치 패널을 다이아몬드 컷터를 이용하여 30cm×30cm 크기의 정사각형으로 잘라내어 시험체로 제작하였다. 시험체는 열전도율 시험기에 넣고 열전도율을 측정하였으며 이론상으로 계산된 열전도율과 비교하였다.

열전도율 측정에 사용된 기기는 강원지방 공업기술원에서 소유하고 있는 미국 Holometrix 사의 Rapid - K/RTE-110형 열전도율 시험기



(Thermal Conductivity Instrument)였다. KS L 9016 (보온재의 열전도율 측정방법)에 의하면 열전도율 측정방법으로 평판 직접법, 평판 비교법, 평판 열류계법 및 원통법 등 4가지가 제시되어 있다. 이 가운데 본 연구에서는 정밀도가 높아 시험연구용으로 많이 사용되는 평판 비교법을 사용하였다.

본 연구에서 제작된 폴리머 콘크리트 샌드위치 채널의 열전도율은 실측치가  $0.0410 \text{ W/m}^2\text{h}^\circ\text{K}$ 이고 이론치가  $0.0368 \text{ W/m}^2\text{h}^\circ\text{K}$ 로 비슷한 값을 보였으며 열관류율 또한 실측치가  $0.531 \text{ Kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{K}$ 이고 이론치가  $0.499 \text{ Kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{K}$ 로 역시 비슷한 값을 보였다. 열관류율에 의한 열전도율의 단위 ( $\text{Kcal/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ )는 CGS 단위로써 이를 SI단위로 바꾸려면  $1.154(=15/13)$ 를 곱하면 된다. 따라서  $0.0376(\text{Kcal/m}^2 \text{ }^\circ\text{C})$ 는  $0.0376 \times 1.154 = 0.0434 (\text{W/m}^2 \text{ }^\circ\text{K})$ 가 된다.

### 3. 단순 휨 시험

시험용 샌드위치 패널은  $90\text{cm} \times 180\text{cm}$  크기에 중심부 두께  $10\text{cm}$  그리고 표면부 두께는  $5\text{mm}$ 로 제작하였다. 단순휨시험은 KS F 2273의(조립용 판 및 그 구조 부분의 성능 시험방법) 규정에 따라 3등분점 재하법으로 시험하였으며 시험결과는 표 4.13에 나타냈다.

단위면적당 휨파괴 하중은  $719 \sim 2,092$  (평균  $1,046$ )  $\text{kg/cm}^2$ 으로서 표면부 두께  $10\text{mm}$ 인 와이어 패널이 갖는 휨파괴 하중  $250 \sim 450 \text{ kg/cm}^2$  과 비교해 볼 때 월등히 높게 나타났다. 이밖에 최대 모멘트강도는  $2.5 \sim 8.2$  (평균  $3.1$ )  $\text{kg/cm}^2$ , 최대전단력은  $550 \sim 1600$  (평균  $800$ )  $\text{kg}$ 으로서 높은 값을 보였다.

표 4.13 단순 휨시험 결과

파괴하중 (kg)	단위면적당 휨파괴하중 (kg/m <sup>2</sup> )	최대 처짐 (mm)	최대모멘트 강도 (kg/cm <sup>2</sup> )	최대변형도 (×10 <sup>-6</sup> )		최대 전단력 (kg)	최대휨전단 변형도 (×10 <sup>-5</sup> )
				인장	압축		
1,600	1,046	28	3.1	465	440	800	572

#### 4. 축방향 압축 시험 결과

축방향 압축시험은 90×180cm 크기의 실물 시험체를 대상으로 KS F 2273 에 규정된 방법에 따라 t/6 만큼 편심을 준 상태에서 실시되었다. 그 결과 좌굴하중은 8000~28000kg으로서 중심부와 표면부의 두께에 따라 큰 차이를 보였는데, 이는 보통 15 cm 정도의 두께를 갖는 경량 콘크리트 패널의 좌굴하중이 10,000 kg 내외인 것과 비교해 상당히 높은 값이다. 이밖에 재하단계별 하중-수평변위 관계, 좌굴모멘트-압축·인장축 변형도 관계 등에 대해서도 구명해 보았던 바 내력벽으로도 충분한 이용 가능성이 있는 것으로 분석되었다.

#### 5. 국부압축 시험 결과

국부압축 시험은 KS F 2273에 의하여 수행되었으며 이 규정에 의하여 500kgf 재하시의 강도를 구해 본 바, 표면부의 두께 5mm일 때 110~120

kg/cm<sup>2</sup> , 10mm일 때 360~550 kg/cm<sup>2</sup> 이었으며, 잔류변형은 표면부 두께 5mm일 때 4mm 내외였으나 10mm일 때는 거의 없었다. 그리고 국부 압축 파괴 하중은 표면부 두께 5mm일 때 500~600kg , 10mm일 때 750~950kg 이었다. 따라서 폴리머 콘크리트 샌드위치 패널은 매우 높은 국부압축강도를 갖고 있음을 알 수 있으며, 하중 제거 후의 복원력도 상당히 우수한 것으로 나타나 건축물의 바닥재는 물론 농업시설물의 바닥재료로서 매우 우수한 성능을 발휘할 것으로 기대된다.

## 6. 충격시험 결과

충격시험을 표면부 및 중심부에 따라 90×90cm 크기로 시험체를 제작하여 실시하였다. 추의 무게는 6.66kg이며, 낙하높이는 2m 및 2.5m로 하였고, 이 때의 충격력은 41.7N 및 46.6N으로 산출되었다. 그 결과 표면부와 중심부의 두께가 얇을 수록 미세한 균열이 많았으며, 두꺼울 수록 단순한 균열 양상을 보였다. 이러한 균열도 표면부에 부착된 직조 유리섬유 부분에 대한 균열이며, 실제적으로 폴리머 콘크리트 부분에는 큰 손상을 주지는 않았다. 따라서 폴리머 콘크리트 샌드위치 패널을 구조재로 사용할 경우 내충격성도 충분할 것으로 판단된다.

여 백

## 제 5 장

### 저장시설의 설계

여 백

## 제 5 장 저장시설의 설계

### 제 1 절 서론

인구의 증가 및 도시집중, 소득증가, 식생활 패턴의 변화에 따라 농수산물 수요가 양적으로 늘어나고 신선식품이 연중 요구되어 농수산물 공급체제도 계속 변화되고 있다. 앞으로도 소득이 더욱 증가하고 식생활 패턴이 고급화·다양화될 것이며, 식품의 계절적 가격불안정 요인이 많아질 것이므로 농수산물의 저장에 대한 중요성은 더욱 증대될 전망이다.

농산물 특히 청과물은 부패하기 쉬운 식품으로 배출하기에 대비하여 적절히 저장되어야 하는데 청과물의 저장은 일반적으로 저온저장에 의존한다. 1968년 온도조절장치에 의한 현대적인 저온저장시설이 도입되기 전에는 잉여농산물을 땅속에 묻어 저장하는 등 원시적인 방법으로 저장하였다. 이러한 저장방법은 아직도 농가에서 양배추, 무, 밤, 감자 등을 보관하는데 이용되고 있다. 사과, 양파, 감귤 등과 같은 청과물은 보통 반지하식 저장방법으로 저장하며 마늘은 직사광선을 피하고 통풍이 잘되는 곳에 저장한다.

그러나 현대적 저장방법이 도입된 후 저온저장시설은 저장수요의 증가와 정부의 정책적 지원에 힘입어 꾸준히 증가되어 왔다. 농산물의 저장수요가 늘어나고 저장품목 및 필요물량이 확대됨에 따라 정부는 1968년 농가 소득증대 사업의 일환으로 과수농가의 저장시설에 대한 자금지원을 시작했으나 이때는 주로 일반저장고에 대한 지원이었으며, 현대적인 저온저장시설에 대한 지원은 1974년부터 시작되었다. 또한 저온저장시설 자금의 지원은 주로 과실류 저장을 위해 대구·경북지역 등 과수주산지를 중심으로 지원되었

다. 1978년 이후 이상기후로 인한 채소류 생산의 불안정으로 단경기 수급안정의 필요성이 절실해짐에 따라 이때부터 양파, 마늘 등 채소류 재배지역에 대한 저장시설 자금의 지원이 확대되었으며, 지금까지 농산물 가격안정 사업의 일환으로 정부의 저온저장시설에 대한 자금은 꾸준히 증가되어 왔다.

이와 같이 설치된 농수산물의 저장시설은 대부분이 민간에 의해 운영되고 있지만 저장시설을 건설하는데 막대한 자본이 소요되고, 한번 투자된 자본은 타용도 전용이나 타지역 이전이 대단히 어렵다. 때문에 저장시설에 대한 비효율적 투자에 따른 사회적 비용을 최소화하고 농수산물 유통체계의 효율화를 위해서는 저장시설에 대한 적정입지 선정은 물론 저장고 및 냉장설비에 대한 경제적이고 효율성 높은 설계방법의 도입이 대단히 중요하다고 하겠다.

따라서 본 연구에서는 대부분의 농가에서 요구하는 것이 소규모 다목적 저장시설인 점을 감안하여 다음과 같은 사항을 중심으로 기존의 것과 차별성을 가진 저온저장시설을 설계코저 한다.

- ① 저장고의 벽체는 신소재인 폴리머 콘크리트 샌드위치 패널을 사용한다.
- ② 저장고 벽체 내부에는 바이오 세라믹을 처리하여 농산물의 저장성을 높인다.
- ③ 냉동기는 필요에 따라 냉장과 건조를 선택하여 사용할 수 있는 겸용형 기기를 도입한다.
- ④ 냉풍이나 온풍을 저장고 전체에 균일하게 전달시키기 위해 상부에 덕트를 설치한다.



## 제 2 절 저장시설의 요건

### 1. 저장조건

#### 가. 저장 온·습도

일반적으로 저장식품의 온도와 품질의 상호관계 (T.T.T. Time Temperature Tolerance)는 저장상 중요하다.

어느 저장온도에서 최초로 품질변화가 확인되기까지의 일수를  $D$ , 그 간의 품질저하를 1.0이라 하면, 1일당 품질저하량은  $1.0/D$ 로 되며, 이것을 품질단위저하량이라 한다. 저장식품에 있어서 소비자에게 인계되기까지의 품질저하량이 1.0을 넘으면 안된다. 따라서 그 관계는 다음식으로 표시할 수 있다.

$$\alpha_1 D_1 + \alpha_2 D_2 + \alpha_3 D_3 + \dots \leq 1.0$$

$\alpha_{1,2,3}$  생산지에서 소비지에 이르는 각 단계(저장시설, 수송 트럭, 점포 등)의 저장온도에 따른 품질단위저하량  
 $D_{1,2,3} \dots$  각 단계에서의 저장일수

이 방법은 냉동식품의 저온유통단계(Cold Chain)에 실용화되어, 각 단계에서의 최적저장온도와 저장일수의 추정에 이용된다. 더욱이 이것은 야채의 저온저장시설에도 응용된다.

과실, 야채는 온도가 상승하면 그 호흡량이 증가하며 거기에 따른 발생열량이 크게되어 변화가 빨리 나타난다. 어느 온도에서의 호흡량에 대한 온도  $10^\circ\text{C}$  상승시의 호흡량을 비교해서 나타낸 것을 호흡량의 온도계수라 하며, 보통  $Q_{10}$ 으로서 표시한다. 표 5.1은 각종 야채에 대한 호흡량의 온도계수이다.

표 5.1 야채별 호흡량의 온도계수(Q<sub>10</sub>)

종 류	0.5 ~ 10℃	10 ~ 24℃
Asparagus	3.5	2.5
Peas	3.9	2.0
Bush Bean	5.1	2.5
Spinach	3.2	2.6
Red Pepper	2.8	3.2
Carrots	3.3	1.9
Lettuce	1.6	2.0
Tomatoes	2.0	2.3
Cucumbers	4.2	1.9
Potatoes	2.1	2.2

야채의 장기저장에는 호흡량의 억제에 의해 노화를 방지하는 것이 중요하다. 이를 위해서는 저온에서 저장하는 것이 바람직한데 감자나 양파 등의 저장은 0~10℃ 정도의 저온에서 저장하는 것으로 되어 있다.

한편, 습도는 저장야채의 증산작용에 관계된다. 보통 증산작용의 대소는 야채의 중량, 위조, 변질, 변색 등에 영향을 주기 때문에 저장습도를 적정하게 유지하는 것이 중요하다.

#### 나. 저장전의 처리

야채의 저장효과를 높이기 위해 저장고에 넣기 전에 각종 처리를 한다.

(1) 예조 수확직후에 상하기 쉬운 표층부를 적당히 건조하여 수축시킴으로 유연하게 하는 처리로, 야채에서는 고구마, 감자 등의 서류라든가 당근, 양파 등에 이용된다. 예조후의 야채는 표층부가 상하게 되므로 산적저장에 있어서는 쌓는 높이를 높게 하여 표피를 수축시킴으로써 저장중에 호흡작용, 증산작용이 감소되어 저장효과가 높아진다.

(2) 예냉 야채를 수확직후에 일정온도까지 급격히 냉각하는 것으로서, 주로 장기저장성이 좋지 않은 엽경채류(Lettuce, Celery, Cabbage 등)에 적용된다. 대개 냉각기간은 6~24시간으로서 예냉후 바로 출하시키는 경우가 많다. 장기저장의 전처리라고 하는 것 보다도 현재는 소비지에 도착하기까지 선도, 품질을 유지하기 위한 처리로서 효과를 얻고 있다. 예냉방식은 냉수냉각예냉, 진공냉각예냉 등이 있는데 그 특징은 표 5.2와 같다.

## 2. 평면과 구조적 조건

다음은 온·습도관리를 주체로 한 감자의 산적저장을 예로 하여 기술한 것인데, 이 방법은 양파의 산적저장 등에도 이용된다.

### 가. 산적저장

감자는 경질로서 변형이 어렵기 때문에 4~6m 높이까지 쌓아도 된다.

이때 감자의 가비중을 0.6으로 하면 수용중량에 대한 건물용적은 다음 식으로 계산된다.

$$\text{저장공간용적(m}^2\text{)} = \frac{\text{수용중량(ton)}}{0.6}$$

표 5.2 예냉방식과 특징

예 냉 방 식	방 법	특 징
냉 수 냉 각	냉수를 뿌린다.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 표면적이 작은 과채류나 근채류에 알맞다.</li> <li>• 부패가 쉽다.</li> <li>• 완숙한 야채는 취급에 문제가 있다.</li> </ul>
강제통풍냉각	냉풍을 쐬다.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 조작성이 간단하며 포장하기 쉽기 때문에 범용성이 있다.</li> <li>• 냉각시간이 길고 온도변화가 생기는 등의 결점이 있다.</li> </ul>
진 공 냉 각	수분증발의 체열을 이용해서 저온으로 한다.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 냉각속도가 빠르기 때문에 예냉효과가 충분히 발휘된다.</li> <li>• 품목에 따라 냉각효과가 다르고 시설비가 많으며, 진공파괴가 생기는 등의 결점이 있다.</li> </ul>

#### 나. 송풍기구

산적저장된 감자의 위치에 관계없이 그 온·습도를 유지하기 위해 송풍 기구가 필요하다. 송풍방식으로는 압입송풍과 부압송풍이 있는데 대개 상면에서의 압입송풍이 많이 이용된다. 송풍량은 경험적으로 다음식에 의해서 구한다.

$$Q = KM$$

여기서,  $Q$  송풍량( $m^2/min$ )

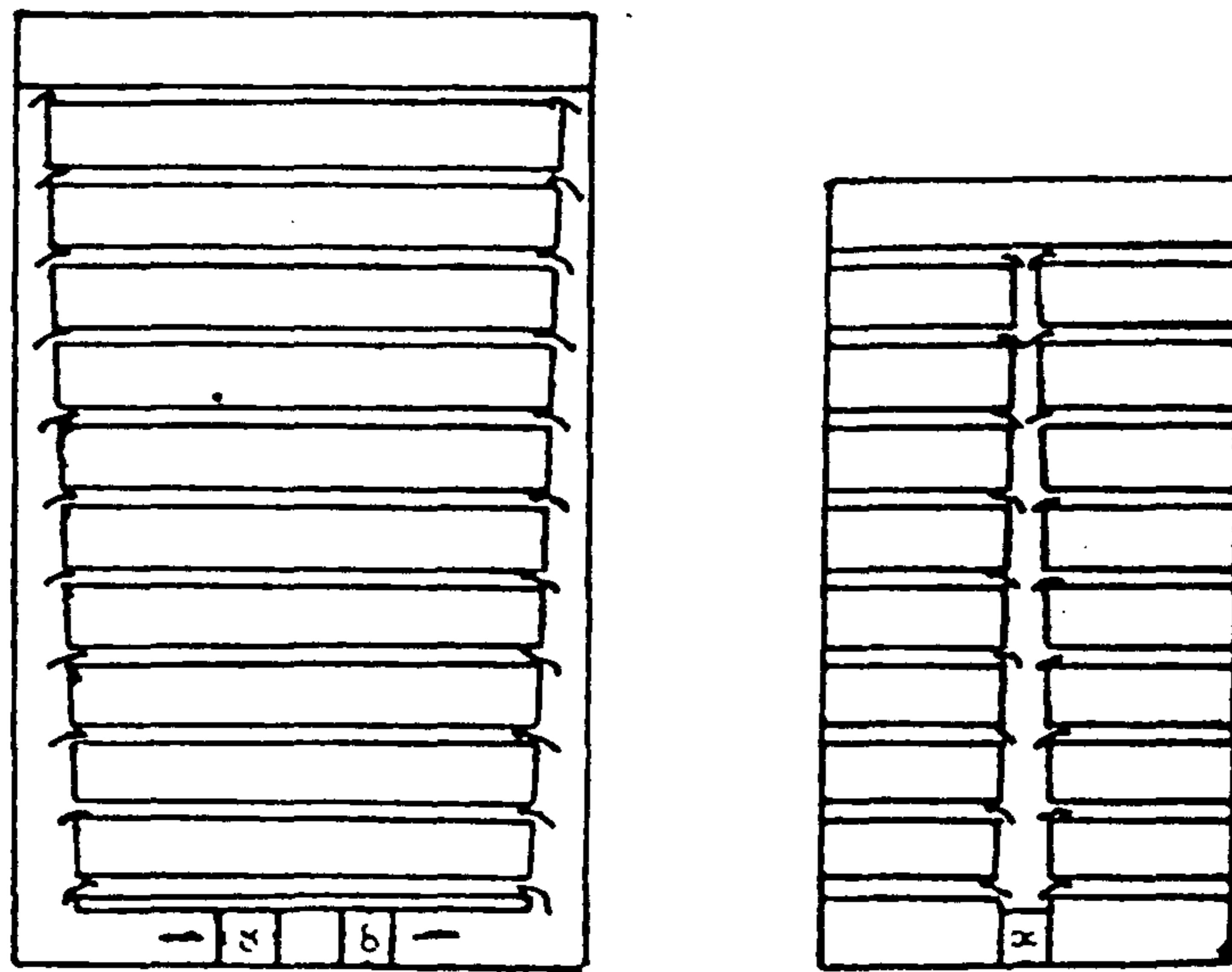
$K$  : 송풍계수  $0.4 \sim 0.5(m^2/min \cdot ton)$

$M$  저장중량( $ton$ )

쌓는 높이가 높으면 단위면적당 송풍량이 증가하고 풍속도 크게 된다. 풍속은 감자의 수분증발에 관계하며, 무게에도 영향을 주지만 적고 5m 전후에서는 윗식에 의한 송풍량이 적당하다.

또한, 빨아올리는 풍속은 상면에서 일정하게 되는 것이 필요하기 때문에 송풍구(Pit) 내의 풍속도 일정하게 되도록 설계할 필요가 있다.

한편, 송풍기는 냉각기(Cooler), 송풍구(Pit), 형식(Type) 등에 따른 압력손실을 고려해서 선정한다. 대개 송풍기의 압력은 냉각기를 사용하지 않은 경우에는 20~25mmAg정도, 사용하는 경우에는 50~60mmAg정도로 되어 있다.



방향송풍방식  
(대형저장고)

중앙부송풍방식  
(소형저장고)

그림 5.1 상하송풍구의 형식(평면도)

#### 다. 환기기구

감자의 저장최적온도는 생식용이면 0~5℃이다. 동절기에 외기온이 그 이하로 되는 한냉지에서는 송풍기구와 환기에 의한 온·습도 조절을 조합 시킴에 따라 냉동기의 운전을 최소한으로 하는 경우가 있다.

감자는 6월에서 7월경 수확되며, 그후 1개월에서 3개월 정도의 자체휴면기간이 있다고 한다. 이 사이에는 감자의 온도가 높고 호흡작용에 의한 발생열량도 많기 때문에 환기에 의한 열량제거와 냉동기에 의한 강제냉각으로 온도를 저하시킬 필요가 있다.

일평균기온이 낮게 되어 감자의 온도가 저장최적온도까지 저하한 때 부터는 냉동기에 의한 강제냉각을 중지하고 환기에 의해 온·습도를 조절한다.

한냉지에서는 봄기온이 5℃이상으로 되어도 야간의 환기만으로 5월경까지 저장온도를 유지한다고 하므로 수확후에는 환기만으로 서서히 온도를 저하시켜도 되므로 냉동기는 불필요하게 된다.

#### 라. 냉동기의 설치

일반적으로 하냉지 이외에는 감자수확기의 외기온이 높기 때문에 그 휴면기간은 짧다. 이와 같은 경우 환기에 의한 송풍만으로는 휴면기간중에 감자의 온도를 저장최적온도까지 저하시키기가 곤란하다.

따라서, 외기온이 5℃정도로 되기까지는 냉동기의 작동이 필요하다.

냉동부하는 다음의 요령으로 계산한다.

$$Q_R = Q_C + Q_B + Q_P + Q_E$$

여기서,  $Q_R$  : 냉방부하

$Q_C$  : 감자의 체열제거열량

$Q_B$  : 외기에서의 열전도량

$Q_P$  : 감자의 호흡열량

$Q_E$  : 지중에서 (지중으로)의 열전도량

이상의 단위는 Kcal/hr

예를 들면, 20℃에서 수송된 감자를 50일간 5℃까지 저하시키려 할 때, 1일당 온도강하는 0.3℃로 된다. 따라서  $Q_C$ 는 다음과 같이 된다.

$$Q_C = 1,000 \times M \times 0.3 \times C \div 24$$

여기서,  $M$  : 저장고내 감자의 중량(ton)

$C$  : 감자의 비열(Kcal/kg·℃)

$Q_B$ 는 지붕 및 벽의  $R$ -치에 관계하며,  $Q_P$ 는 그림 5.2에서 구한다. 한편,  $Q_E$ 는 지중온도가 실내온도보다 낮은 경우 열이 지중으로 이동하기 때문에 부(-)의 값을 갖고, 역의 경우는 정(+)의 값으로 된다. 지중온도는 일반적으로 그 지방의 년평균기온을 취하는 경우가 많다.

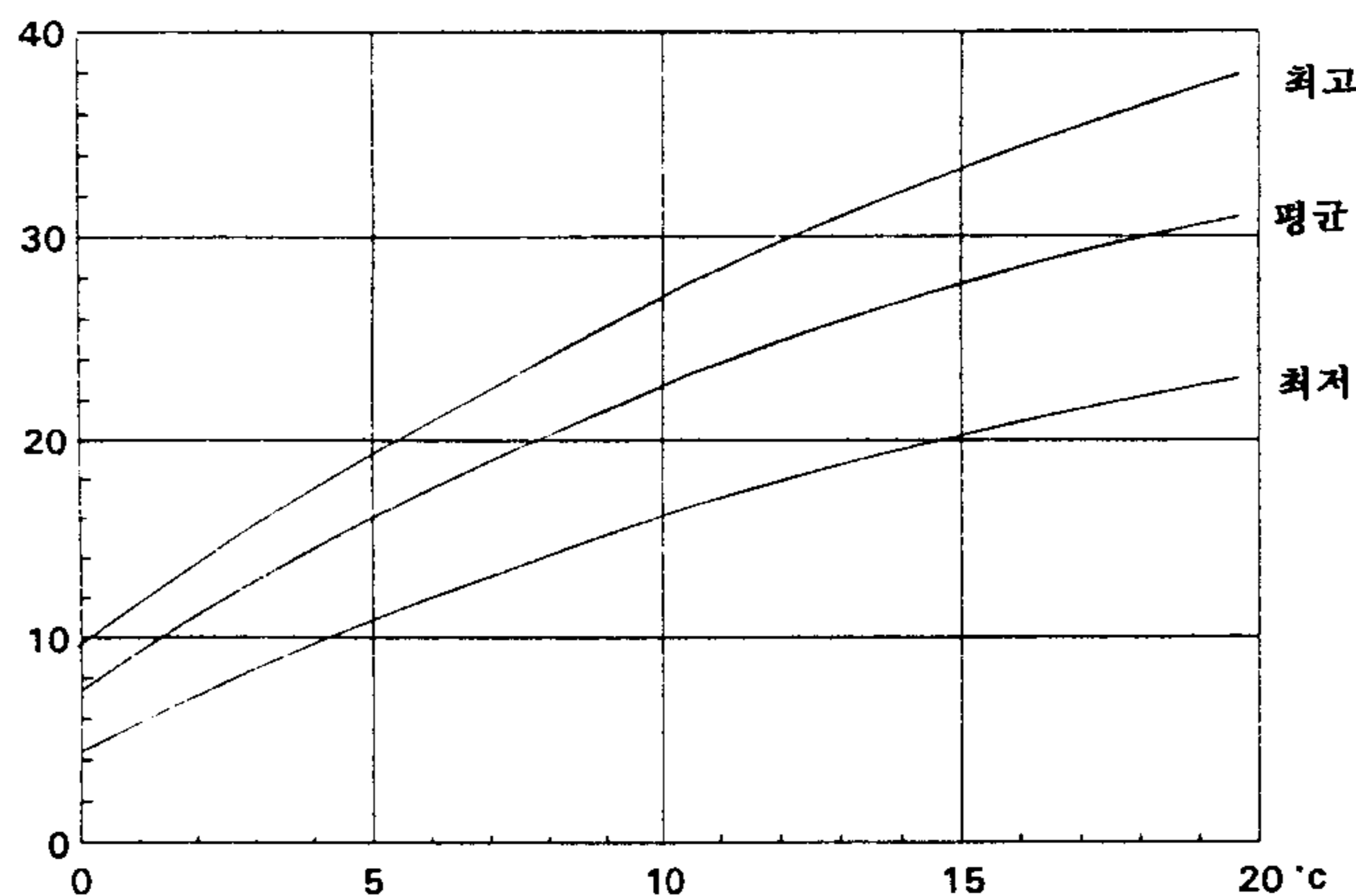


그림 5.2 저장온도와 호흡발생열

## 제 3 절 저장고의 설계

### 1. 저장고 설계의 일반사항

#### 가. 저장고의 입지조건

저장고는 일반 건축물과는 그 기능과 구조가 다르므로 저장고를 지을 때는 다음의 몇가지 입지적 조건을 검토해야 한다.

##### (1) 배수여건

경사면, 지하수위가 낮은 곳, 혹은 주변에 배수로가 있어서 물빠짐이 좋은 곳이 저장고의 위치로서 적합한 곳이다. 이상적인 저장고 위치는 지표면 배수 뿐 아니라 지붕, 부속건물 등에서의 배수도 양호한 곳이어야 하며, 눈이 많은 지역에 저장고를 설치할 때는 눈 치우는 작업이 수월한 곳을 선정해야 한다.

##### (2) 전기, 용수시설

저장고 용량에 맞는 전력사용이 가능하여야 하고 냉장기 작동을 위해 필요한 용수의 공급도 원활하여야 한다. 저장고 관리를 위해 상주할 경우는 취사용 연료, 하수도 시설 및 기타 안전시설을 확보하여야 할 것이다.

##### (3) 면적확보

생산물의 출하시 선별, 포장은 저장고에서 출고한 직후 이루어지므로 저장고 시설에는 필연적으로 많은 부대시설과 부속건물이 딸린다. 또한 저장규모가 커지게 되면 주차장 시설, 저장용기 보관장소 등을 확장해야 한다. 이러한 경우를 대비하여 저장고를 지을 때는 여분의 토지를 주변에 확보하여야 한다.



## 나. 저장고의 구조적 조건

### (1) 건축재료

저장고의 건축구조는 일정한 틀이 있는 것은 아니다. 초기 미국의 저온저장고는 목재를 이용한 것이 많았고 현재도 소규모 저장고에는 목재가 사용되고 있다. 국내에서는 철판이나 콘크리트를 표면부로 하고 단열재를 중심부로 하는 패널이 주를 이루고 있다. 어떠한 경우에도 가장 중요한 점은 저장고의 단열도와 천정이나 벽체 상단에 설치되는 Evaporator를 지탱할 수 있는 내하력이다. 대형 저온저장고의 경우 Evaporator와 환풍시설의 무게가 상당하므로 이를 견딜 수 있는 조건이 필요하다.

### (2) 저장고의 형태 및 크기

온도유지와 저장용량만을 고려한다면 저장고의 형태는 정육면체가 가장 효과적이다. 같은 부피를 가진 건물형태 중 표면적이 가장 작은 입방체가 정육면체로서 열전달 면적이 작기 때문이다. 그러나 농산물의 쌓는 방식 등을 고려할 때 정육면체 저장고 축조는 실질적으로 유리하다고 볼 수 없다. 사과 저장고를 예로 들면, 인력으로 손쉽게 쌓아 올릴 수 있는 안전한 높이는 3.6m 이하이다. 농산물과 저장고 천정사이에는 최소한 60cm 정도의 공간확보가 필요하므로 저장고 높이는 4.2m로 한정된다. 만약 지게차 등을 이용한다면 6m 높이까지 적재가 가능하며 천정과 이격 공간을 고려하면 저장고 높이는 6.6m 정도가 될 것이다. 요즘 새로 지어지는 중·대형 저장고는 대부분 7m 높이로 지어지고 있다.

폭이 넓은 저장고는 천정을 지지하기 위해 저장고내에 기둥이나 적절한 지지 구조물을 설치해야 한다. 지지 구조물이 없이 지을 수 있는 저장고

의 최대 폭은 9~10m 정도로 보고 있다.

전체적인 저장고의 크기 결정은 계획된 저장용량에 맞추되 자본력이 나 지형적인 특수성 등을 고려해야 할 것이다. 한 두가지 작물을 집중적으로 저장하여 일시에 입출고하는 경우에는 저장고의 대형화가 경제적이지만 여러 작물을 취급하거나 장기간에 걸쳐 계획출하 할 경우에는 작은 규모의 저장고를 여러개 운영하거나 대형저장고 내부를 여러 공간으로 분할 이용하는 것이 바람직할 것이다.

### (3) 단열

일단 위치와 크기가 결정되면 저장고의 구조와 단열재의 종류를 정한다. 단열재는 저온저장고 전체면적을 단열할 수 있어야 하는데 벽, 천정, 바닥 등 부위에 따라 단열정도는 각각 상이하다. 그림 5.3에 나타낸 바와 같이 벽을 사이에 두고 양측에 공기  $t_i$  와 공기  $t_o$  가 있어서, 그 사이에 열의 전달이 이루어지고 있다고 하면 이때 양공기의 온도를 각각  $\theta_i$ ,  $\theta_o$  라고 한다면, 단위시간, 단위면적당의 열류량  $q$ (Kcal/m<sup>2</sup>·hr)는 다음식으로 표시된다.

$$q = K(\theta_i - \theta_o) \dots\dots\dots ①$$

여기서,  $K$ 는 열관류율(Kcal/m<sup>2</sup>·hr·°C)이라 하며, 이것은 벽의 열전도율을  $\lambda$  (Kcal/m<sup>2</sup>·hr·°C), 벽의 두께를  $l$ , 공기와 접하는 경계층의 열전달율을 각각  $\alpha_i$ ,  $\alpha_o$  (Kcal/m<sup>2</sup>·hr·°C)라고 할 때 다음과 같이 된다.

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{l}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_o}} \dots\dots\dots ②$$

한편,  $q_r$ 는 건물의 평균열관류율을  $\bar{K}$ , 건물의 전방열 면적을  $A_r$ , 건물 내부의 온도를  $\theta_i$ , 외기온을  $\theta_o$  라고 할 때 ①식으로부터 다음과 같이 표시

된다.

$$q_r = \bar{K} \cdot A r (\theta_i - \theta_o) \dots\dots\dots \textcircled{3}$$

또한, 열관류율의 역수를 열저항(Resistance to Transmission)이라 하며, 보통 R-치(R-Value)로서 나타낸다.

그림 5.3에 있어서 R-치는 벽의 R-치를  $R_w$ , 양면 경계층의 R-치를 각각  $R_i$ ,  $R_o$ 라고 할 경우 다음식으로 표시된다.

$$R = \frac{1}{K} = \frac{1}{\alpha_i} + \frac{l}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_o} = R_i + R_w + R_o \dots\dots\dots \textcircled{4}$$

전체의 R-치는 각층 및 각물질의 R-치의 합으로서 건물 등의 열손실을 계산하는데 필요하다.

R-치가 클수록 단열효과는 크게 되는데, 각종 단열재 및 건축재료에 대한 R-치와 벽의 R-치에 대한 계산 예는 표 5.3 및 5.4와 같다.

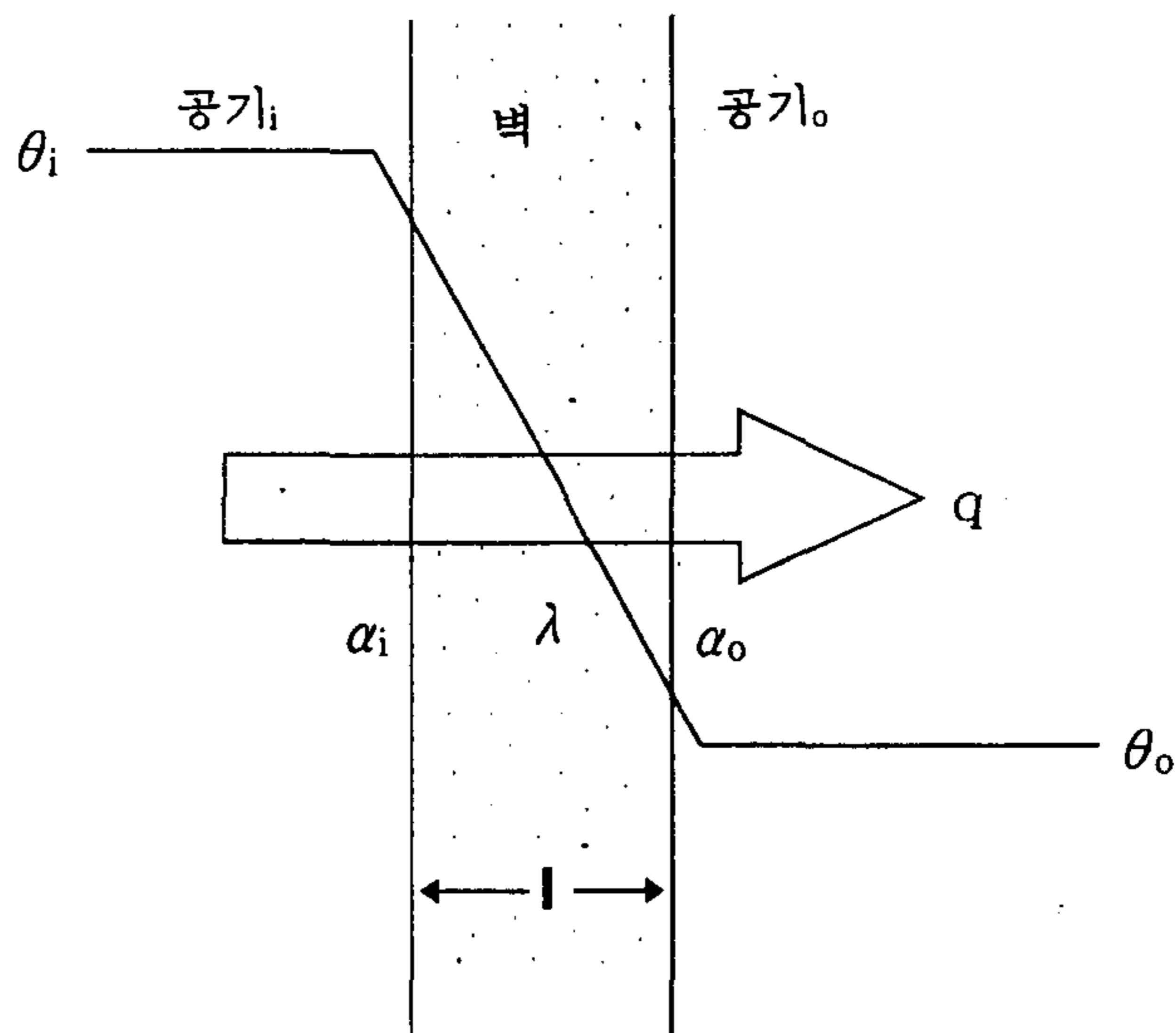


그림 5.3 벽을 통한 열의 이동

표 5.3 각종 단열재 및 일반건축재의 R-치

재 료	R-치 (m <sup>2</sup> ·hr·°C/Kcal)		
	2.54cm 두께당	10cm 두께당	기 타
Bast형, Blanket형 단열재			
Glass면, 석면, Fiber Glass	0.758	2.984	
목질섬유	0.819	3.224	
Fill Type 단열재			
Glass면, 석면	0.719	2.931	
대패밥, 톱밥	0.455	1.791	
종이, 펄프제품	0.731	2.878	
Board형 단열재			
목질섬유를 포복한 것	0.465 ~ 0.539	1.831 ~ 2.122	
발포Polystyrene	0.788	3.102	
형타발포Polystyrene	0.731	2.878	
Urethan Form	1.204	4.740	
Glass Fiber	0.821	3.232	
일반건축재료			
콘크리트	0.016	0.063	
합판	0.256	1.008	
4mm두께 합판			0.040
6mm두께 합판			0.060
판지	0.147	0.579	
6.4mm두께 판지			0.037
석면, 시멘트판	0.049	0.193	
목재(전나무, 소나무)	0.209	0.823	
아스팔트, 덮개판			0.090
목재덮개판			0.193
창유리			
단창유리			0.182
2중단열유리			0.307 ~ 0.358
공간(19mm이상)			0.184
표면상태			
내부표면			0.139
외부표면(풍속6.7m/s인 곳)			0.035
반사형 단열재	(천정)		(벽)
2개의 공간	1.024		1.212
3개의 공간	1.462		1.866

표 5.4 벽의 R-치 계산

재료	R-치
외부경계층	0.035
측판(소나무) 20mm	0.146
공기층 20mm	0.184
50mm Glass Fiber	1.616
6mm 합판	0.060
내부경계층	0.139
벽 전체	2.198

이밖에, 건물의 단열은 그림 5.4에서와 같이 외기온의 변동에 대한 건물내부의 온도변화를 완화시키는데, 이것은 건물의 외관상 열용량이 커졌기 때문이다.

더욱이 한냉지에서는 결로현상이 생기므로 결로를 방지하기 위해서는 건물의 단열이 중요하게 된다.

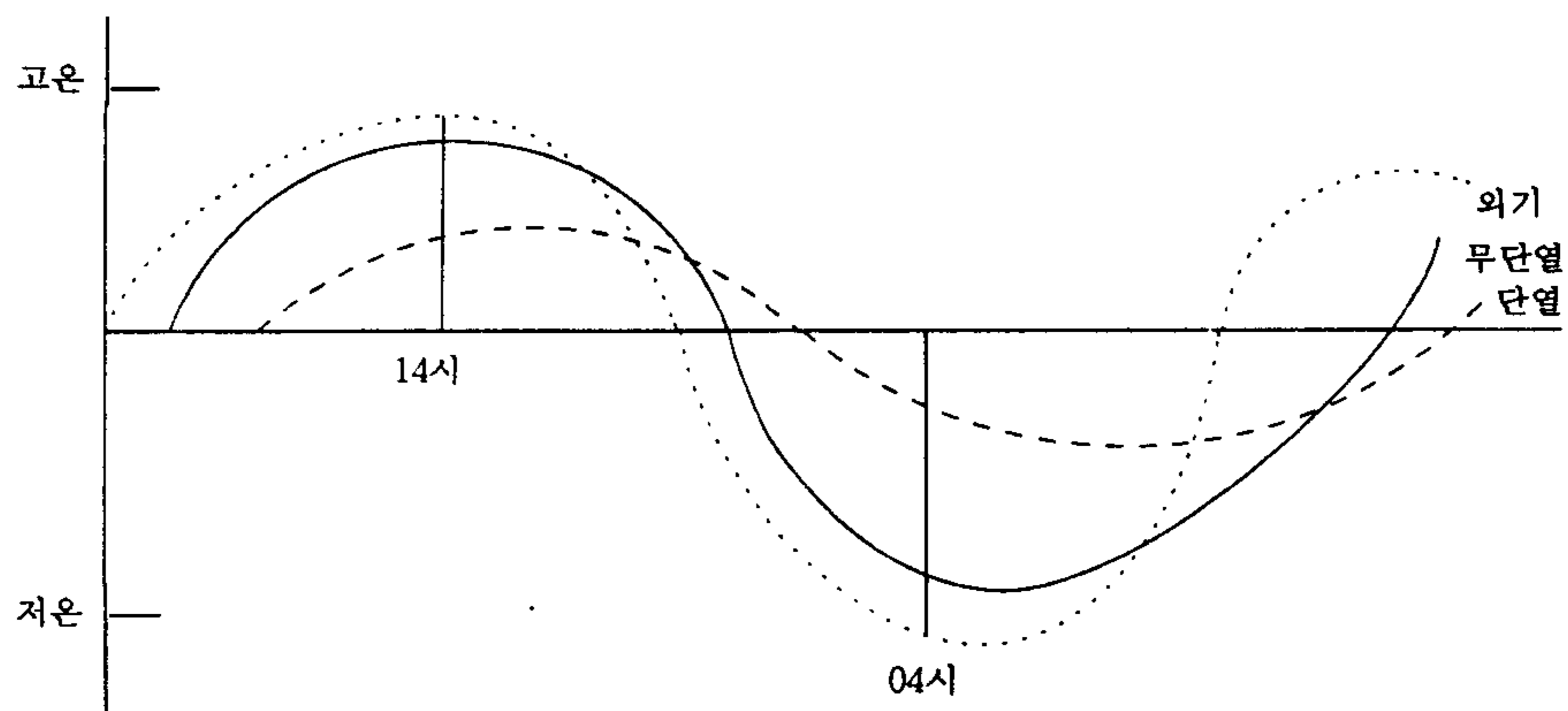


그림 5.4 단열에 의한 일온도변화의 완화

#### (4) 방습재료

방습막은 단열된 내부공간에 습기가 차고 물방울이 생기는 응결현상을 방지하기 위해 필요하다. 유리섬유나 합판과 같은 다공성 단열재료는 습기를 흡수하기 때문에 단열효과가 감소된다. 심하면, 철근이나 목재 등 구조물의 부식도 초래하는데 이처럼 응결현상에 의한 피해는 밖으로 드러나기 전에 이미 심하게 진행되는 경우가 많다. 방습막은 0.6mm 폴리에틸렌 필름을 사용하고 온도가 높은쪽에 설치하여 습기가 단열재와 접촉되는 것을 방지한다. 겨울철 일부기간을 제외하고는 저장고 밖의 기온이 높으므로 콘크리트나 철판 등 단열재 사이에 설치하여 외부에서 안으로 응결되어 들어오는 수분을 막아준다.

그러나 발포폴리스티렌이나 우레탄과 같은 단열재는 거의 수분을 흡수하지 않으므로 방습막을 설치하지 않아도 무방하나 단열재와 구조물 사이의 습기유동을 막기 위해서는 방습막을 설치하는 것이 좋다.

방습막에 이용되는 재료는 수분(Water)의 이동을 완전히 막을 수 있어야 한다. 또한 방습막은 저장고 전면에 걸쳐 완전히 연결되어야 한다. 즉, 벽체, 천정, 바닥의 방습이 동시에 이루어질 수 있는 재료의 선택이 중요하다. 방습막 위에 단열재나 기타 장비를 설치할 때는 방습막이 손상되지 않도록 주의해야 한다.

최근에는 저온저장고의 겨우도 대부분 폴리우레탄 폼이나 폴리우레탄 패널을 단열재로 사용하기 때문에 실제로 방습막을 따로 설치하는 경우는 거의 없다.

참고로 각종 재료의 수증기 투과율을 살펴보면 표 5.5과 같다.

표 5.5 각종 건축재의 수증기 투과율

건축재		수증기투과율 (perm)
방습 Sheet	Aluminium Foil	0.003
	0.1mm Polyester(Plastic막)	0.08
	목재에 Aluminium paint를 2중으로 도포한 것	0.30~0.50
일 반 건축재료	금속벽, 금속지붕	0.0001
	Mortar Tile벽	0.12
	6mm 두께 Veneer판	0.72
	단열재에 Aluminium paint를 2중으로 도포한 것	0.72
	20cm 두께 Concrete	2.4
	Felt지	4.0
	12mm 두께 단열판	약 4.0
단 열 재	형내발포Polystyrene	1.0~3.0
	압출Polystyrene	0.6
	Urethan Form	2.5
	Urethan Form의 양측에 Plastic Film을 붙인 것	0.06

※ 1perm=0.27gr/hr·m<sup>2</sup>·cm 수은주

※ 1perm 이하의 물질은 방습 Sheet로만 가능

(5) 지붕구조

저온저장고 천정과 지붕사이에는 환기를 위해 일정한 공간이 필요하다. 저장고 건축시에는 천정 외벽쪽에도 방습막을 설치하므로 응결된 수분

이 직접 내벽쪽 단열재와 접촉하는 일이 없으나 방습막 외부에 응결된 수분을 제거하지 않으면 결과적으로 저장고에 피해를 주게 된다. 천정과 지붕 사이 공간의 환기는 자연적인 대기의 흐름을 이용하거나, 환풍장치를 이용하여 환기효과를 높일 수 있다. 어느 경우에도 효과적인 환기를 위해서는 환기통의 크기나 환풍기 용량을 고려하여 환기량을 조정해야 할 것이다. 환풍기를 사용할 경우, 천정 공간의 공기를 시간당 4~5회 정도 완전히 환기할 수 있는 용량이 필요하다. 저장고와 선별포장 공간이 연결된 건물은 선별장 천정의 환기도 같은 방식으로 해결해야 한다.

#### 다. 저온저장고 관리상의 조건

##### (1) 서리제거

저장고 온도를 2℃ 이하로 유지하는 저온저장고의 경우 냉장방식에 관계없이 증발코일에는 서리가 끼고 시간이 지나면 냉장효율이 떨어지므로 코일에 끼는 서리는 조속히 제거해 주어야 한다.

증발기와 송풍기가 천정에 부착된 살수제거식 저장고에는 서리제거시 증발기와 송풍기를 끄고 15~20℃의 물을 뿌려 완전히 서리를 제거한 후 냉장기를 작동시킨다. 일반적으로 서리제거를 위해 매일 1~2시간이 소요된다는 가정하에 저장고내 온도관리를 계획하는 것이 바람직하다. 고온가스 제거방식이나 전열식 서리제거시에는 증발코일에 붙은 서리가 완전히 녹은 후에 냉장기기가 가동되도록 하는 시간조절장치가 필요하다. 서리를 제거한 후에는 증발코일의 주변온도가 올라가 있으므로 제상이 끝나고 냉장기기가 가동할 때까지 2~5분 정도의 지연시간을 두면 녹은물이 흘러내려 송풍기가



가동될 때의 수분 비산방지와 급격한 압력증가를 완화시킬 수 있다.

서리 제거주기와 제거시간은 증발코일에 부착되는 서리의 양을 관찰하여 결정하고 서리제거가 끝나면 즉시 냉장체계로 전환되도록 시간조절기를 설정해 두어야 불필요한 에너지 소모와 저장고내 온도의 상승을 막을 수 있다.

### (2) 습도유지

저온저장고내의 상대습도는 가습을 하지 않는 한 대체로 70~80% 정도로 낮다. 따라서 농산물 저장시는 상대습도를 적당하게 유지하는 방안이 마련되어야 한다.

이와 같은 저장고의 상대습도를 적정선에서 유지하려면 무엇보다도 적합한 냉장기기 방습벽의 설치에 만전을 기해야 한다. 또한 저장고내 농산물의 온도가 상승하지 않는 선에서 공기유동을 억제하고 환기는 가능한 한 극소화한다. 냉장기 증발코일의 수분탈취량을 줄이려면 증발기의 표면적이 충분해야 하며 냉장기의 냉매압력 자동조절장치가 있어야 한다.

90% 이상으로 상대습도를 높이는 방법으로서 미스트노즐을 사용하는데 이때 저장고 바닥에 물이 고일 가능성이 있으므로 밸브를 설치하여 배수를 용이하게 할 필요가 있다.

### (3) 저장고내 공기순환

저온저장고내의 온도분포를 고르게 하기 위해서는 적당한 양의 공기순환이 이루어져야 한다. 특히 적재가 이루어질 때는 빠른 포장열 제거를 위해 저장중일 때보다 더욱 큰 송풍량에 의한 순환이 필요하다. 만약 예냉이 따로 이루어지지 않을 경우 저장초기의 송풍량은 온도를 낮추는 속도를

결정하므로 송풍량이 커야함은 물론이다.

온도가 적정수준까지 떨어진 이후에는 적재시기와 같이 큰 송풍량은 필요치 않고 다만 호흡열의 제거와 저장고내 고른 온도분포를 유지할 정도면 충분하다. 공기의 순환은 저장고의 각부위에 골고루 퍼질 수 있도록 해야 함은 물론이다.

저장물의 온도가 설정치까지 떨어져 저장고내 온도가 안정된 후에는 공기 토출부위(송풍기 전면)와 순환 후 되돌아오는 공기의 온도차이가  $0.8^{\circ}\text{C}$  이상이 되면 이는 저장고내 공기순환량이 부족함을 의미한다. 저장고내 고른 온도분포가 이루어지려면 저장고가 비어있는 상태에서 시간당 7.5회 이상 완전한 공기순환이 이루어질 수 있는 송풍량이 필요하다. 그러나 지나치게 큰 송풍량은 공기순환의 속도를 높임으로써 상대습도가 낮게되어 과도한 수분손실이 일어나게 되므로 적정규모의 송풍기 선택이 중요하다.

## 2. 본 연구에서의 저장고 설계

### 가. 저장고의 특성

저장고의 건축구조는 일반적으로 간단하며 건축이 용이한 것으로 생각하기 쉽다. 지금까지는 주로 콘크리트 벽돌조로 중앙부에 발포폴리스티렌이나 폴리우레탄을 갖는 것과 금속재를 표면부로 하고 발포폴리스티렌을 중심부로 하는 샌드위치 패널이 건축재료로 이용되어 왔다. 이 두가지 재료의 공통적인 약점은 저장시설의 차단성, 즉 단열성이 떨어진다는 점이다. 콘크리트 벽돌조의 경우 단열재 부분이, 기존 샌드위치 패널의 경우 패널 연결부위가 단열에 있어서 취약점이 되고 있다.

이에 본 연구에서 연구대상으로 하고 있는 폴리머 콘크리트 샌드위치 패널 저장고의 특징은 내력벽식 구조물로서 벽체지지용 골조가 필요없고 단열성과 방습성이 우수하며, 연결부를 완전 밀폐시킬 수 있다는 점이다.

또한 저장고 내부에는 바이오 세라믹을 도포하여 저장고의 저장성능을 향상시킬 수 있는 방법을 도입한 것도 특징이라 할 수 있다. 구조적으로는 벽체, 바닥, 지붕 등 6면 모두가 폴리머 콘크리트 샌드위치 패널로 거의 완전 밀폐되어 있다는 점도 유리한 점이라 하겠다.

#### 나. 입지조건

저장시설의 설치에 있어서도 입지조건은 매우 중요하다. 본 연구에서 시험적으로 설치키로 한 저장고는 강원도 홍천군 내면 창촌리에 위치하며, 해발 400m 지점으로 고냉지에 속한다.

저장고의 설치위치는 경사지를 절토하여 정지한 곳으로 대지면적 50평정도에 10평을 저장고 건축면적으로 하였다. 대지가 높아 배수조건은 매우 양호하며, 농가와 인접해 있어 전기나 용수공급에는 별 어려움이 없다. 설치 후 상용 및 관리에 있어서도 매우 유리한 입지조건에 있다고 할 수 있다.

#### 다. 재료선택

저장고 설치에 있어서 주된 재료는 벽체, 바닥, 천정을 구성하는 구조재료라 할 수 있다. 전술한 바와 같이 기존 재료들은 단열성이라든가 내구성확보에 많은 문제점이 발생되고 있다. 이와 같은 문제점들을 개선할 목적

으로 본 연구에서 대상으로 하는 저장고는 최근 건설신소재로 대두되고 있는 폴리머 콘크리트를 표면부로 하고 발포폴리스티렌을 중심부로 하는 샌드위치 패널을 제조하여 이를 구조재로 사용하였다.

이는 내력벽식용으로 이용이 가능하며 단열성, 방수성, 내구성이 매우 유리한 것으로 판명된 재료이다. 참고로 이 재료의 열저항치( $R$ -치)를 산출해보면 외부경계층 0.035, 표면부 폴리머 콘크리트층 0.0123, 발포폴리스티렌층 3.102, 내부경계층 0.139로서 총  $R$ -치는 약 3.29로 나타났다.

#### 라. 건축물 설계

건축물 설계는 기존 소형저장고에 대한 현지조사 및 폴리머 콘크리트 샌드위치 패널의 장당 표준치수 등을 고려하여 폭 350cm×길이 890cm×높이 290cm로 하였으며(내측치수기준), 그 결과 면적은 31.15m<sup>2</sup>, 체적은 90.33m<sup>3</sup>으로 나타났다. 기초로서 10cm 콘크리트를 타설한 다음 샌드위치 패널을 조립하였으며, 출입문의 크기는 100×220cm로 하였다. 그리고 천정부부의 안전성 확보를 위해 천정을 지지기 위한 프레임(폭 9cm, 높이 7.5cm)을 C형강 2개를 용접해 그림 5.6과 같이 설치하였을 뿐 기둥과 같은 보강재를 사용하지 않았다.

#### 마. 구조적 안정성 검토

##### (1) 설계하중

본 구조물의 구조적 안정성을 검토하기위한 설계하중 및 풍력계수는 표 5.6과 그림 5.8과 같다.

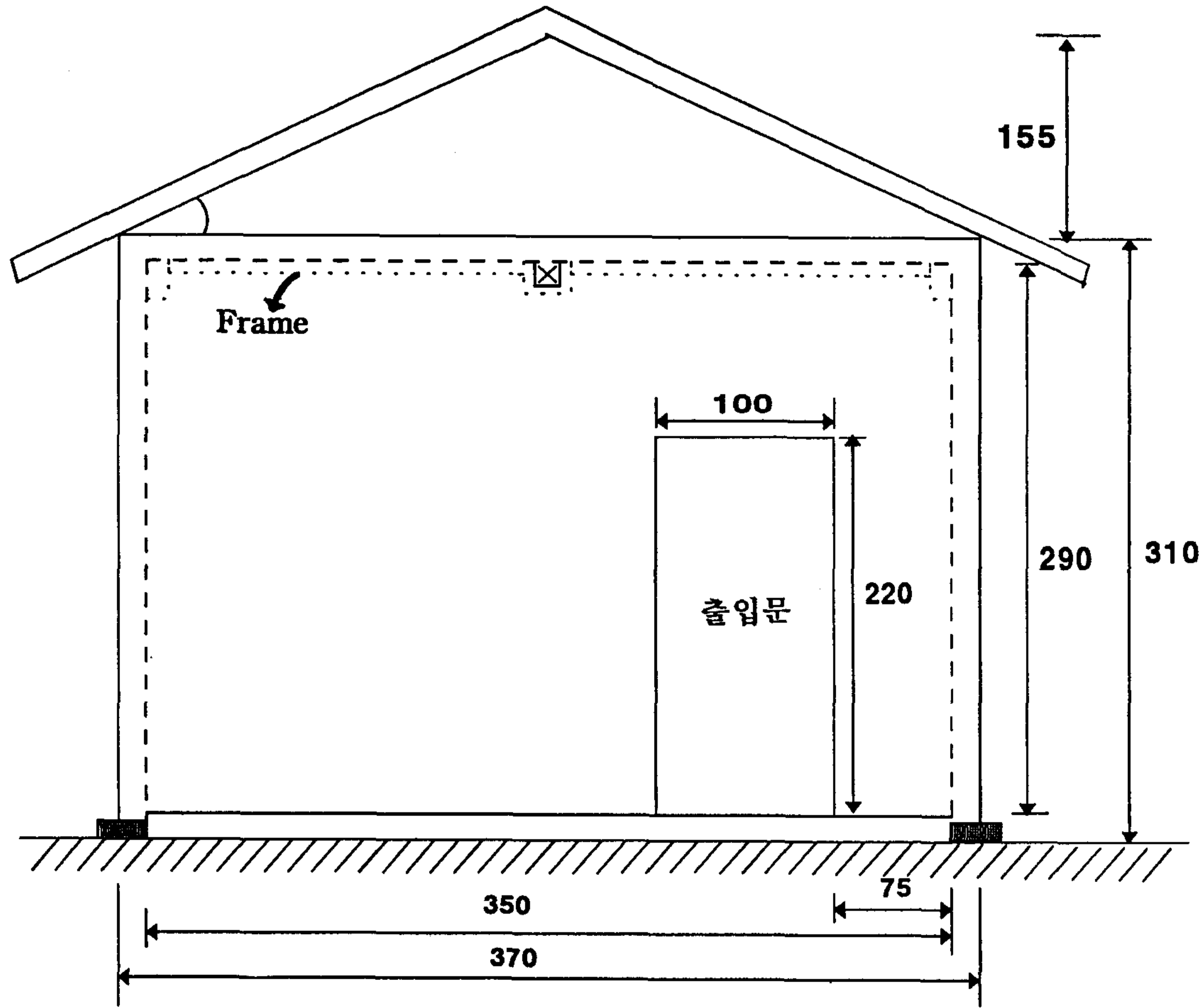


그림 55 저장고의 정면도 (단위 cm)

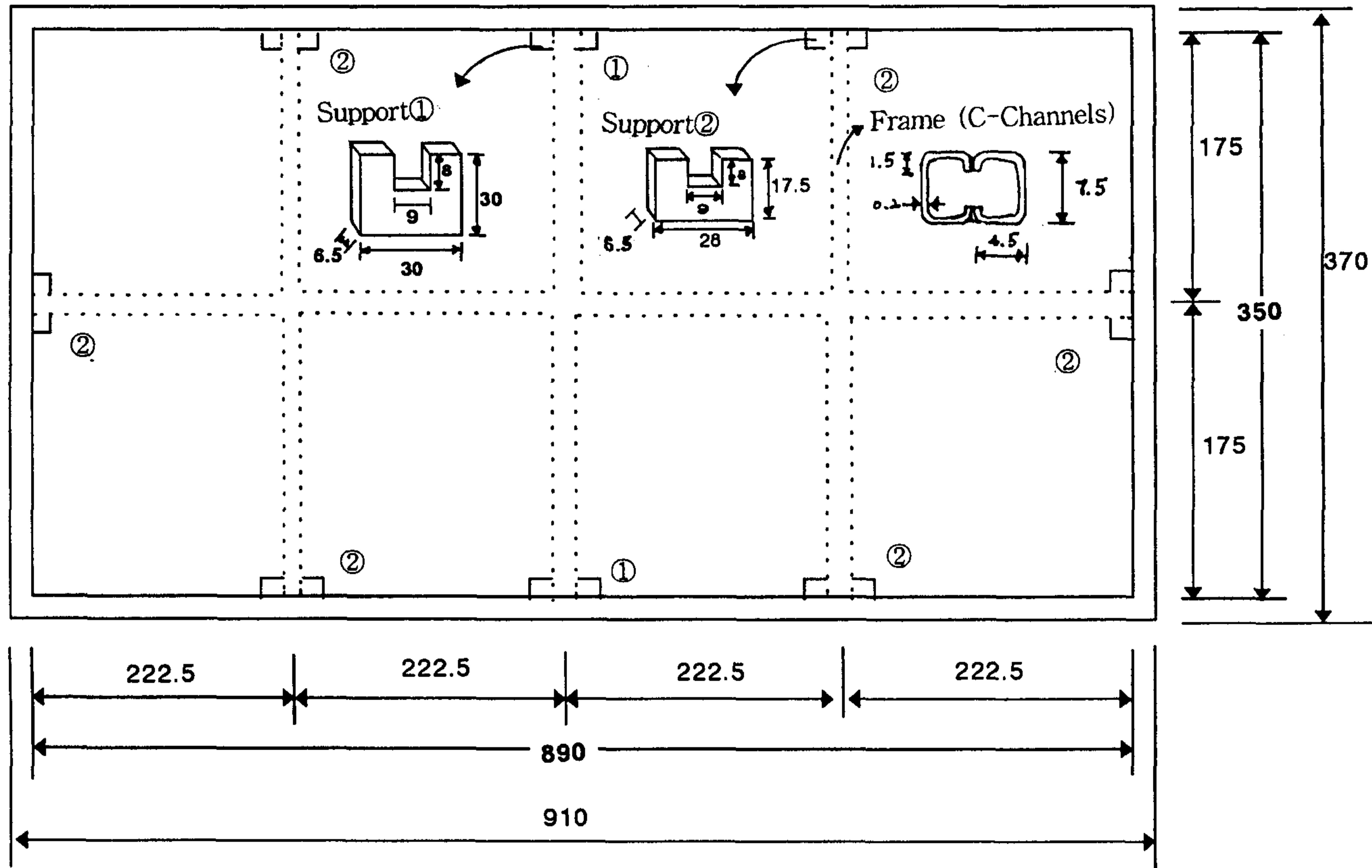


그림 56 저장고의 평면도 (단위 cm)

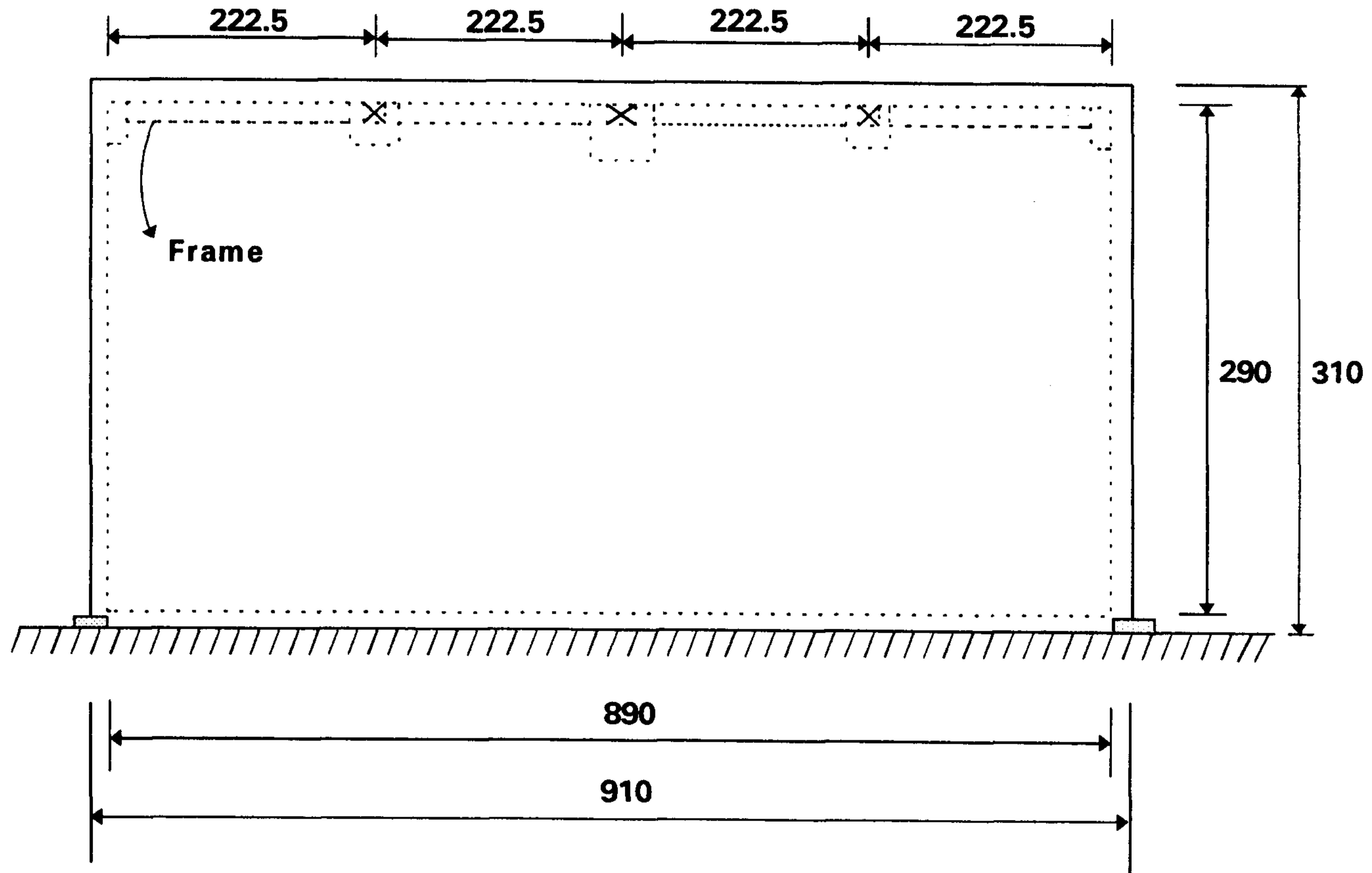


그림 57 저장고의 측면도 (단위 cm)

표 5.6 설계하중

하 중	하 중 값 (kg/m <sup>2</sup> )
정 하 중	100
적 재 하 중	100
풍 하 중	설계 풍속 $v=35\text{m/sec}$ 풍력계수 $g=60\text{kg/m}^2$ 노풍도 B

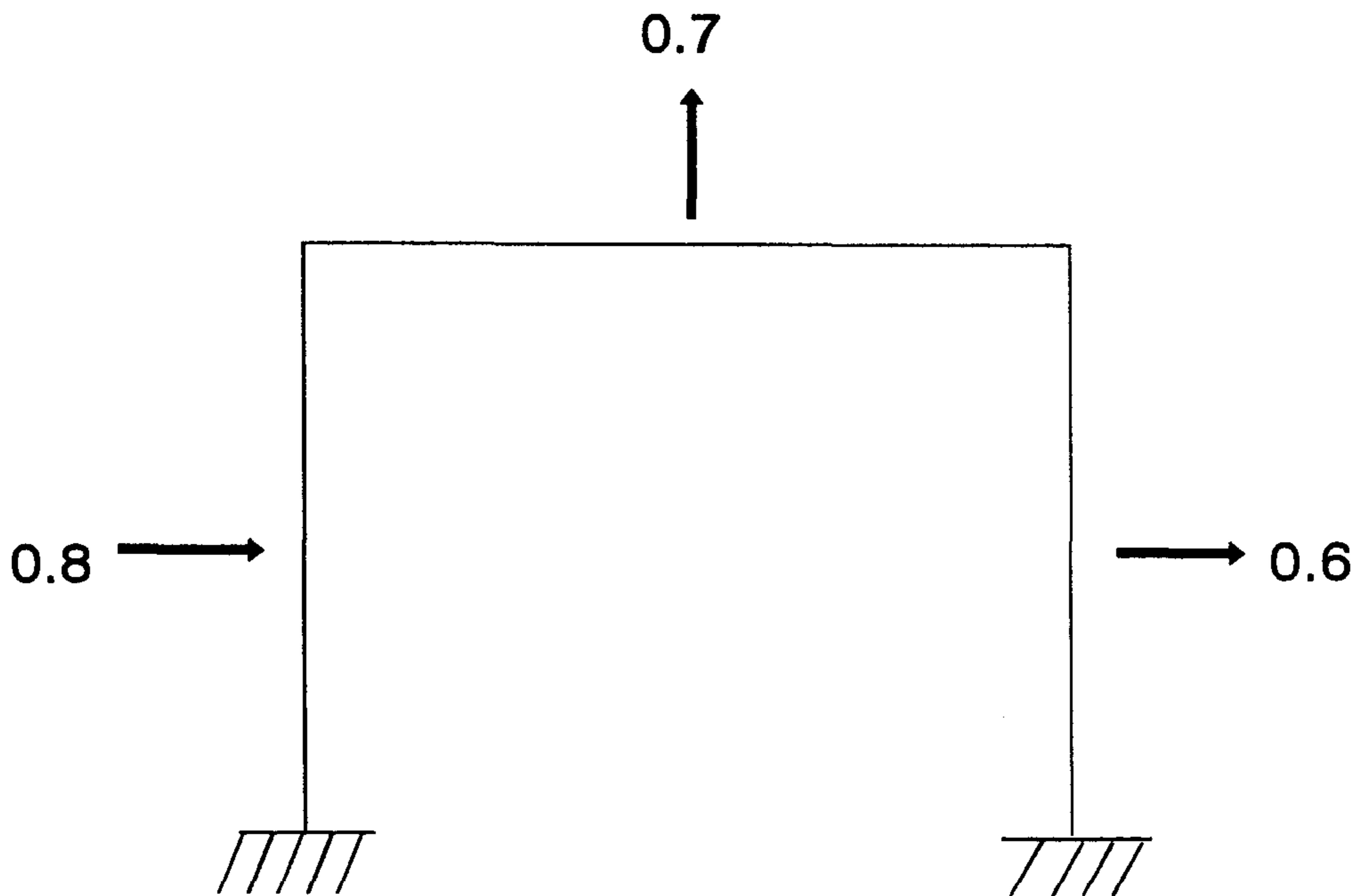


그림 5.8 풍력계수



(2) 해석방법

상용프로그램인 SAP90을 이용하여 해석하였다.

하중조합은 D+L , 0.75(D+L+W)로 하였다.

(3) 해석모델 및 재료상수

$$E=1.4 \times 10^5$$

$$A=5 \times 100 \times 2=1,000\text{cm}^2/\text{m}$$

$$I=Ad^2=1000 \times 7.5^2=56,250$$

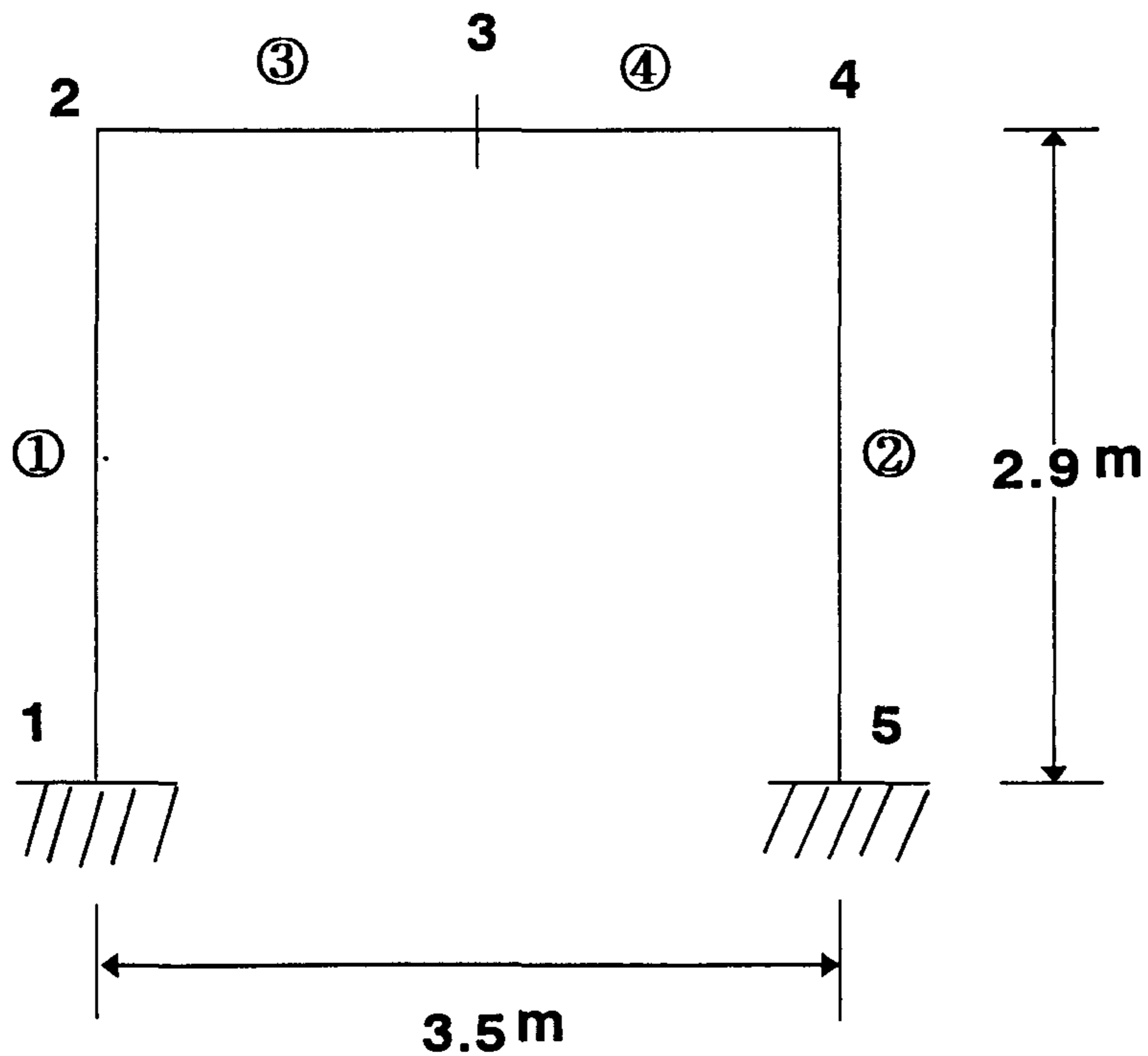


그림 5.9 해석모델

(4) 부재의 안정성 검토

㉠슬래브의 안전성 검토

● 응력검토  $M=0.172t \cdot m/m$

$$I=56,250\text{cm}^4/m$$

$$Z=56,250/10=5,625\text{cm}^3/m$$

$$\sigma_t=0.172 \times 10^5/5,625=3.06\text{kg/cm}^2 < \frac{1}{3} f_t$$

● 처짐검토  $\delta =0.2\text{mm}$

㉡벽체의 검토

$$P=0.36t$$

$$M=0.152t \cdot m$$

$$\sigma_t=0.36 \times 10^3/1000-0.152 \times 10^5/5,625$$

$$=2.34\text{kg/cm}^2$$

㉢검토결과

이상에서 현재의 하중에 대해 구조물은 안전하며 고정하중, 적재하중, 적설하중 등이 증가하여도 폴리머 콘크리트의 인장응력으로 충분히 지지 가능하다.

(5) 해석결과

해석결과Data는 다음과 같다.

Frame Element Forces

ELT ID	LOAD COMB	DIST ENDI	1-2 PLANE		AXIAL	
			SHEAR	MOMENT	FORCE	
1	1	0.000			-0.360	
		0.000	-0.076	0.076		
		3.000	-0.076	-0.152		
		3.000			-0.360	
	2	2	0.000			-0.191
			0.000	0.057	-0.062	
			1.594	0.000	-0.016	
			3.000	-0.051	-0.052	
			3.000			-0.191
			3.000			
2	1	0.000			-0.360	
		0.000	0.076	-0.076		
		3.000	0.076	0.152		
		3.000			-0.360	
	2	2	0.000			-0.235
			0.000	0.132	-0.143	
			3.000	0.051	0.131	
			3.000			-0.235
3	1	0.000			-0.076	
		0.000	0.360	-0.152		
		1.800	0.000	0.172		
		1.800			-0.076	
	2	2	0.000			-0.051
			0.000	0.191	-0.052	
			1.616	0.000	0.103	
			1.800	-0.022	0.101	
			1.800			-0.051
4	1	0.000			-0.076	
		0.000	0.000	0.172		
		1.800	-0.360	-0.152		
		1.800			-0.076	
	2	2	0.000			-0.051
			0.000	-0.022	0.101	
			1.800	-0.235	-0.131	
			1.800			-0.051

## Joint Displacements

### Load Combination 1 - Displacements "U" and Rotations "R"

JOINT	U(X)	U(Y)	R(Z)
1	0.000000	0.000000	0.000000
2	0.9781E-06	-0.7714E-05	-0.1456E-03
3	0.0000E+00	-0.2498E-03	0.0000E+00
4	-0.9781E-06	-0.7714E-05	0.1456E-03
5	0.000000	0.000000	0.000000

### Load Combination 2 - Displacements "U" and Rotations "R"

JOINT	U(X)	U(Y)	R(Z)
1	0.000000	0.000000	0.000000
2	0.1810E-03	-0.4103E-05	-0.1142E-03
3	0.1803E-03	-0.1460E-03	0.1472E-04
4	0.1797E-03	-0.9039E-05	0.5378E-04
5	0.000000	0.000000	0.000000

## 제 4 절   냉장설비 설계

### 1. 냉장설비 설계의 일반사항

#### 가. 냉장성능

저온저장고내 온도조절은 적정온도에서 1℃를 벗어나지 않아야 한다. 특히 동결점 가까운 온도에서의 저온저장시에는 온도의 편차를 더욱 작게 해야 농산물을 안심하고 저장할 수 있다.

온도편차의 중요성은 농산물의 저온장해나 동해의 위험은 물론 생산물의 수분함량 유지와도 깊은 관련이 있다. 따라서 저장고의 냉장기기 설계시에는 이러한 온도편차를 최소화하여야 한다. 냉장기기의 온도조절능력은 온도편차로 표시한다. 온도편차는 증발기로 들어가는 공기의 온도와 증발기 표면에서 토출되는 온도와의 차이로 표시한다. 이러한 온도편차는 냉매 증발온도와 저장고내 평균온도의 1/2에 해당한다. 90% 이상의 상대습도를 유지해야 하는 원예작물 저장고는 1.1~2.2℃ 사이의 온도편차를 나타내도록, 설계되어야 저장 중 습도유지가 용이하다.

#### 나. 냉각기

냉각기의 온도조절 기능은 1차적으로 증발코일내 냉매의 압력을 제어하는 팽창밸브에 의해 결정되며, 냉각기는 증발코일(Evaporating Coil)과 송풍기(Evaporator Fan)로 이루어진다.

원예작물 저장용이 아닌 보통의 직접냉장방식에 있어서는 증발코일의 작동온도(냉매증발시 증발코일 표면의 온도)가 저장고내 설정온도보다 6℃ 낮게(온도편차 12℃) 작동된다고 한다. 이러한 저장고에서의 냉장기기의 작

동은 증발코일 표면에 심한 수분빙결(Frost Accumulation, 서리쌓임 혹은 적상)현상을 일으켜 저장고내 상대습도는 70~80%선에 머물게 된다.

적상에 의한 수분탈취는 냉각기 용적을 확장함으로써 줄일 수 있다. 즉, 증발코일의 표면적을 늘이고 송풍기의 용량을 크게하면 증발코일의 증발온도를 높여도 동일한 냉장효과를 볼 수 있는 것이다.

#### 다. 압축기

냉매기체의 압축에 쓰이는 압축기는 피스톤 왕복구동형(Reciprocating Type 왕복식), 회전식 스크류형(Rotary Screw Type 스크류식)과 원심구동형(Turbo Type 원심식)이 있다.

피스톤 구동식 압축기는 다양한 용량의 저장고에 사용되나 40~50 Ref ton 이상의 대형 저장고에서는 스크류식이나 원심식 압축기를 쓰고 있다. 왕복식 압축기에 내장된 6~12개의 피스톤은 냉장 요구도에 따라 일부 개폐가 가능하여 냉매 유동량 조절이 용이하므로 어떤 경우에도 경제적으로 운전할 수 있으나 유지비가 많이 드는 단점이 있다. 스크류식 압축기는 유지비가 적게 드는 반면 30마력(23Kw) 이하의 작은 용량으로는 제작되지 않는데다 최대 유동량으로 운전할 경우에만 최대효율을 얻을 수 있다.

저장고에 따라서는 적재량과 냉장요구도에 따라 왕복식과 스크류식을 병행하여 사용하기도 한다. 터보식은 대형 저장고에 적합한 압축기로 200 Ref ton 이하의 저장고에서는 효율이 떨어지나 용량이 커질수록 동력소비량은 감소한다.

## 라. 제상장치

서리제거 방식은 물이나 소금물을 이용하는 살수식, 고온 가스식과 전열식이 있다. 살수식 서리제거 방식은 15~20℃의 물이나 염용액(Brine)을 살포하여 증발코일에 낀 서리를 제거하는 방식이다. 서리를 녹이는데 쓰이는 물이나 염용액은 펌프를 이용하여 저장고 밖에서 공급하는 것이 일반적이다. 차가워진 물이나 염용액은 냉각탑이나 응축기를 순환시켜 온도를 올려주는 방식을 사용하면 에너지를 절감할 수 있다.

고온가스 서리제거식은 저온의 액화냉장가스 대신 냉매가스를 증발코일에 흘려보내 증발기에 낀 서리를 녹여내는 방식이다. 고온가스를 이용하는 서리제거 방식은 냉장용량이 충분한 경우에 한해 사용이 가능하며 소형 저장고에서는 다른 방식을 이용하는 것이 좋다.

전열식 서리제거 방식은 편리한 반면 비용이 많이 드는 단점이 있으며, 살수식이나 고온가스식이 적합치 않은 작은 규모의 저장시설에 적합하다. 전열식 서리제거시에는 증발코일에 붙은 서리가 완전히 녹은 후에는 즉시 작동이 중지될 수 있는 온도감응식 제어장치가 필수적이다.

## 마. 냉매

냉동기계 장치 계통내를 순환하면서 열을 이동시키는(냉각작용) 매체를 냉매라고 하는데, 저온저장고 냉매로서는 현재 프레온 가스가 주로 사용되고 있다.

프레온 가스는 프레온-11, 프레온-12, 프레온-22 등 세종류로 분류되는데, 저온저장고에 주로 사용되는 것은 프레온-22이고, 프레온-11과 프레온

-12는 에어컨이나 냉장고 등에 주로 사용되고 있다.

프레온 가스는 지구 오존층을 파괴하는 환경공해물질로 판명되었으며, 프레온-11과 프레온-12의 경우는 오존층 파괴정도가 심하여(오존층 파괴지수 1.0) 국제적인 환경협약에 의해 생산 및 사용규제가 심한 반면, 프레온-22는 오존층 파괴정도가 낮아(오존층 파괴지수 0.05) 규제정도가 약한 편이다.

몬트리올 의정서에 의거 프레온-11과 프레온-12의 생산 및 사용이 선진국에서는 1996년부터 금지되고, 개도국에서는 2004년부터 금지될 예정이다.

현재 우리나라는 몬트리올 의정서협약의 정식 회원국으로 가입되어 있으며, 국내에 「오존층 보호를 위한 특정물질의 제조에 관한 법률」이 제정되어 시행중에 있고, 프레온-11과 프레온-12는 '93년부터 사용감축단계에 들어간 상태에 있다.

한편 프레온-22는 선진국의 경우 2029년까지 사용감축하다가 2030년부터 사용불가의 조치가 취해질 예정이다. 따라서 프레온 가스를 대신할 무공해 대체물질의 개발이 이루어져야만 하는데, 선진국의 경우에는 이미 대체물질들이 개발완료되어 대량 양산체제가 갖추어져 있으나, 우리나라의 경우는 프레온-12의 대체물질을 '93년 7월에 개발했을 뿐 나머지 프레온-11과 프레온-22의 대체물질은 개발하지 못한 상태에 있다.

국제환경협약의 기준이 강화되어 프레온-22에 대한 사용규제 조치가 앞당겨질 가능성에 대비하여, 냉동기를 교체하지 않고도 냉매교체가 가능한 대체냉매의 개발이 조속히 이루어져야 할 것이다.



## 2. 본 연구에서의 냉장설비 설계

### 가. 설비개요

본 연구에서의 냉장설비는 농가용 소규모로서 활용성을 제고시키기 위하여 건조기능을 겸한 설비를 도입키로 한다.

설비는 공냉식으로서 에너지를 절약할 수 있고 환경오염을 줄일 수 있어 최근 농업용시설에 응용이 확대되고 있는 에너지 펌프를 설치키로 하였다. 이에 대한 특징, 장점 및 주요용도를 살펴보면 다음과 같다.

#### (1) 원리

에너지 펌프는 주위의 공기, 물, 폐열 등으로부터 에너지를 흡수축열, 축냉하여 난방과 냉방은 물론 온수까지 공급할 수 있는 온·냉·난방시스템이다.

원리는 그림 5.10의 A구역에서 활발한 운동에너지를 가지고 있던 고에너지 상태의 공기입자가 B구역의 고밀도 지역에서 저에너지 상태로 될 때에 주위로 방출하는 에너지로 열원을 만들고 B구역의 낮은 운동에너지를 가진 공기입자가 C구역에서 높은 운동에너지를 가지게 될 때에 주위에서 흡수하는 에너지로 냉원을 만들어 이를 냉·난방에 이용한 것이다.

흡입된 에너지를 고온상태의 에너지로 전환, 재생시키는 기기로서 그 구성은 압축기→전환밸브→난방용 실외열교환기→난방용 감압기구 및 실내 열교환기를 순서대로 연결하여 난방회로를 구성하고, 전환밸브→실외열교환기→냉방감압기구 및 냉방용 실내 열교환기를 순서대로 연결하여 냉방회로를 구성한 것으로 냉방과 난방을 겸하는 기능적 특성을 가지고 있다.

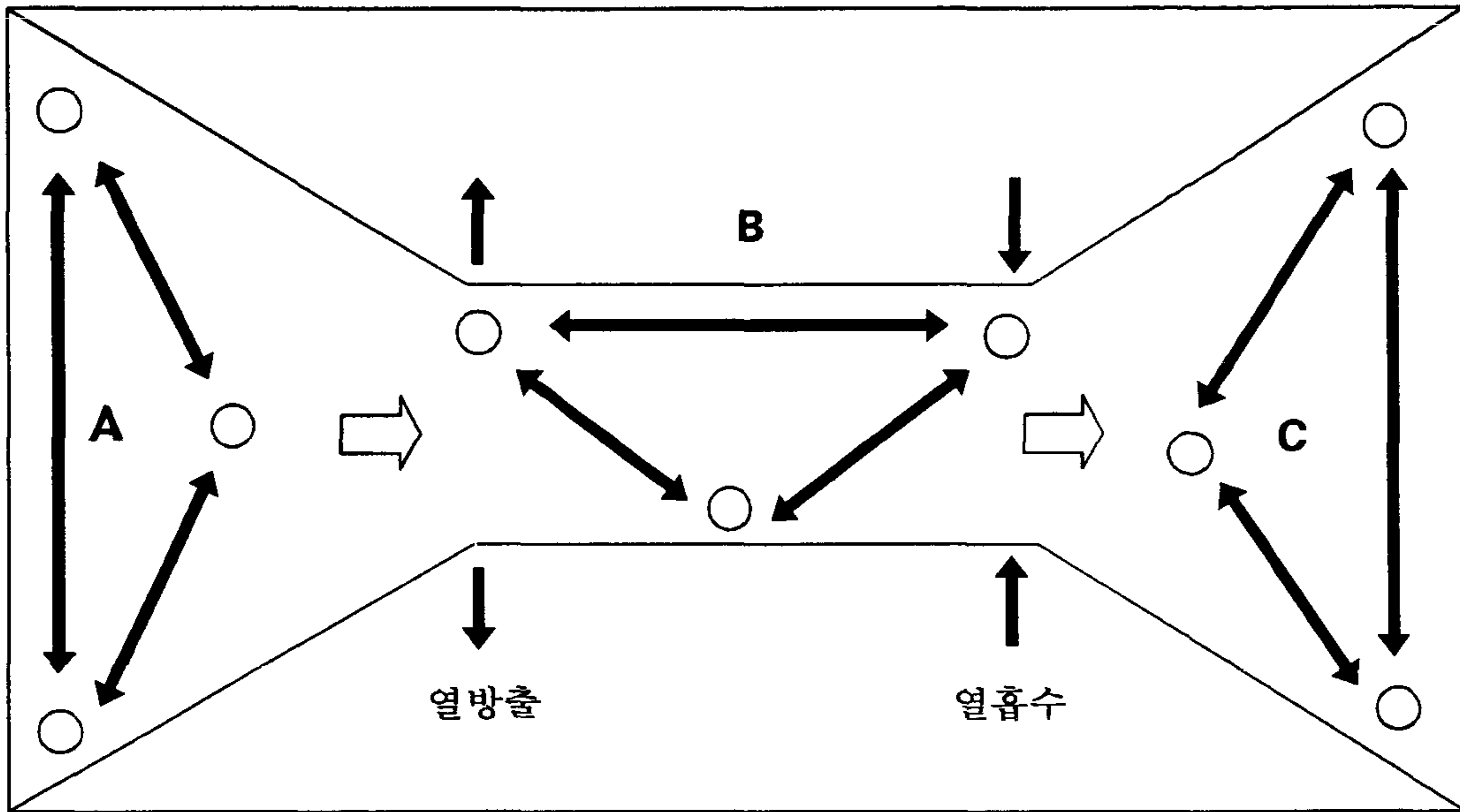


그림 5.10 에너지 펌프의 원리

(2) 장점

- 경제성 획기적인 신·재생에너지(열원:공기, 폐수열, 폐열)로 석유, 가스 등 연소물을 사용하지 않는다. 다만, 기계적 작동부위만 전기를 사용한다.
- 안전성 연소과정이 없으므로 화재, 폭발 등 안전사고의 위험이 없다.
- 편의성 한대의 기기로 냉·난방은 물론 온수까지 사용할 수 있으며, 전자동이므로 간편하고 별도의 연료구입이 필요하다.

- 효율성 투입되는 소량의 전기에너지량에 비해 사용할 수 있는 열 에너지의 효율이 매우 높다.
- 청정성 무공해의 냉·난방 시스템이며 공기, 물 등의 폐열을 이용하므로 CO<sub>2</sub> 등 공해가스 배출이 없다.

### (3) 주요 용도

- 일반주택, 아파트의 냉·난방설비
- 빌딩, 공장 등 대규모 산업시설의 에너지 절약형 냉·난방설비
- 농촌의 축사, 온실, 비닐하우스, 저온저장고 냉장설비
- 농·수·축산물의 건조설비

### 나. 경제성

본 연구에서 도입키로한 에너지 펌프에 대한 경제성을 도시가스, 등유, 경유, 전기 등과 비교한 것이 표5.6이다.

이 결과에서 볼 때 발열효율과 기기효율이 매우 높고 1일소모량이 27kw로서 작으며, 기기용도도 냉·난방 겸용으로 되어있는 등 경제적인 면과 효율성면에서 유리함을 알 수 있다.

### 다. 부하량 계산

저장고의 냉장설비의 설계를 위해 냉장부하량을 계산한 결과는 표 5.7과 같다. 이 결과에서 외기온도 33℃일 때 실내온도를 -10℃로 유지시키기 위한 총 냉각부하량은 7,549Kcal/h로 산출되었다. 이를 위해 콤푸레셔는 5HP, 콘덴서는 11,000Kcal의 용량을 가진 것을 사용키로 한다.

표 5.6 경제성 비교

(20평 기준)

연료 항목	도시가스	등유	경유	심야전기용		비고
				전기	에너지펌프	
발열량 (Kcal)	10,550	8,700	9,040	860	860	
발열효율 (%)	65	65	65	95	95	
기기효율 (%)	86	83	85.5	95	350	
원료단가 (원)	295/Nm <sup>3</sup>	254/l	229/l	24/kwh	24/kwh	
1일소모열량 (Kcal/day)	70,434	70,405	70,336	74,510	74,510	
기기용도	난방용	난방용	난방용	난방용	냉·난방용	
1일소모량	12Nm <sup>3</sup>	15l	14l	96kw	27kw	
1일소요비용 (원)	3,540	3,810	3,260	2,304	648	한전심야전력 홍보자료기준
1개월소요비용 (원)	106,200	114,300	96,180	69,120	19,440	
1년소요비용 (원)	849,600	914,400	769,440	552,960	155,520	동절기기준 (8개월)
단순운전차액 (원)	694,080	758,800	613,920	397,440		
대비 (%)	546	588	494	355	100	

표 5.7 냉각부하량 계산

건물	총 건물의 호실		DB °C	WB °C	RH %	1 kcal/kg	x kg/kg		
치수	가로8.9m, 세로3.5m, 높이2.8m		실 내	-10					
바닥면적, 체적	31.15m <sup>2</sup>	87.22m <sup>3</sup>	외 기	33					
공칭능력	TON	방열두께 mm	외벽	내벽	천정	바닥			
(1) 벽체 침입 열량	명칭	m×m	m <sup>2</sup>	(λ/t)K kcal/m <sup>2</sup> h°C	(외기-고내) 온도차°C	Q1=ΣQa-Q (kcal/h)		(K) 열통과율(λ 0.033사용시) 방열두께mm K kcal/m <sup>2</sup> °C	
	벽	동	3.5×2.8	9.8	0.31	46	Qa	139.75	250 0.132
		서	3.5×2.8	9.8	0.31	46	Qb	139.75	200 0.165
		남	8.9×2.8	24.92	0.31	45	Qc	347.6	150 0.220
		북	8.9×2.8	24.92	0.31	43	Qd	332.18	100 0.330
	천정	8.9×3.5	31.15	0.31	51	Qe	492.48	50 0.660	(E) °C (N) kcal/h m <sup>3</sup> n회/H
	바닥	8.9×3.5	31.15	0.31	30	Qf	289.7	-45 54 50이하 10	
	복사열	동서벽	남	천정	외기	바닥	냉실외실	Q1	1741.5
3°C		2°C	8°C	33°C	20°C	15°C	-35 48 100 3		
(2) 환기실 열량	내법체적		E kcal/m <sup>3</sup>	n회/H	T	Q2 kcal/h		-30 45 100 3	
	87.22		35	5	1/24	638		-25 42 500 2	
(3) 물품냉각 열량	1일 입고량W 수용량×%		C kcal/kg°C	(입고온-고내온)°C	T	Q3 kcal/h		-20 39 500 2	
	87.22×0.8×0.7×0.4		0.87	30	1/24	21+3421		-15 37 1000 1	
(4) 호흡 열량	수용량		R kcal/kg24h		T	Q4 kcal/h		-10 34 1000 1	
					1/24			-5 31 3000 0.7	
(5) 작업인발 열량	작업인수		1인당발열량 kcal/h	작업시간	T	Q5 kcal/h		0 28 3000 0.7	
	1		300	3	1/24	37.5		(W) 1일 입고량은 수용량 5~10%로 한다. 창고업법 2.5~3.5%	
(6) 동력발 열량	KW		1KW당발열량 kcal/h	사용시간	T	Q6 kcal/h		(C) 고내온도 -23 -15는 0.4 고내온도 -6 0은 0.8	
	전동	1	860	3	1/24	107.5		( ) 입고품 온도는 고내온도가 -23 -15는 -5°C, 고내온도가 -6 0은 15°C로 함	
	동력	0.375×2	1,435	20	1/24	896.87		(R) 평균치 0.75 kcal/kg24h	
(7)	동결중잠열량				Q7 kcal/h			( ) 작업인수체적 250m <sup>3</sup> 에 1인	
(8)	동결후잠열량				Q8 kcal/h			( ) 1인당 발열량 kcal/h 고내온도 10°C 185 4°C 215 0°C 240 -7°C 265 -12°C 305 -18°C 330 -25°C 355	
(9)					Q9 kcal/h			( ) 작업시간 1일 3시간	
합계(안전율10%포함)			Q=ΣQ1-Q9×1.1		Q	7,549		( ) 동력사용시간 1일 16~24시	
부하검산			7,549 kcal/h ( 2.2 R/T)				( ) 전동기발열량(냉장실내) 출력KW 발열량kcal/h 0.2~0.4 1435 0.4~2.2 1250 2.2~4.5 1040		
							( ) 조명 바닥 1m <sup>2</sup> 당 10W		

※ 건물높이는 2.9m에서 0.1m를 공제함

라. 회로도 및 시스템

본 연구에서 사용될 에너지 펌프에 대한 회로도 및 시스템은 그림 5.11 및 그림 5.12와 같다.

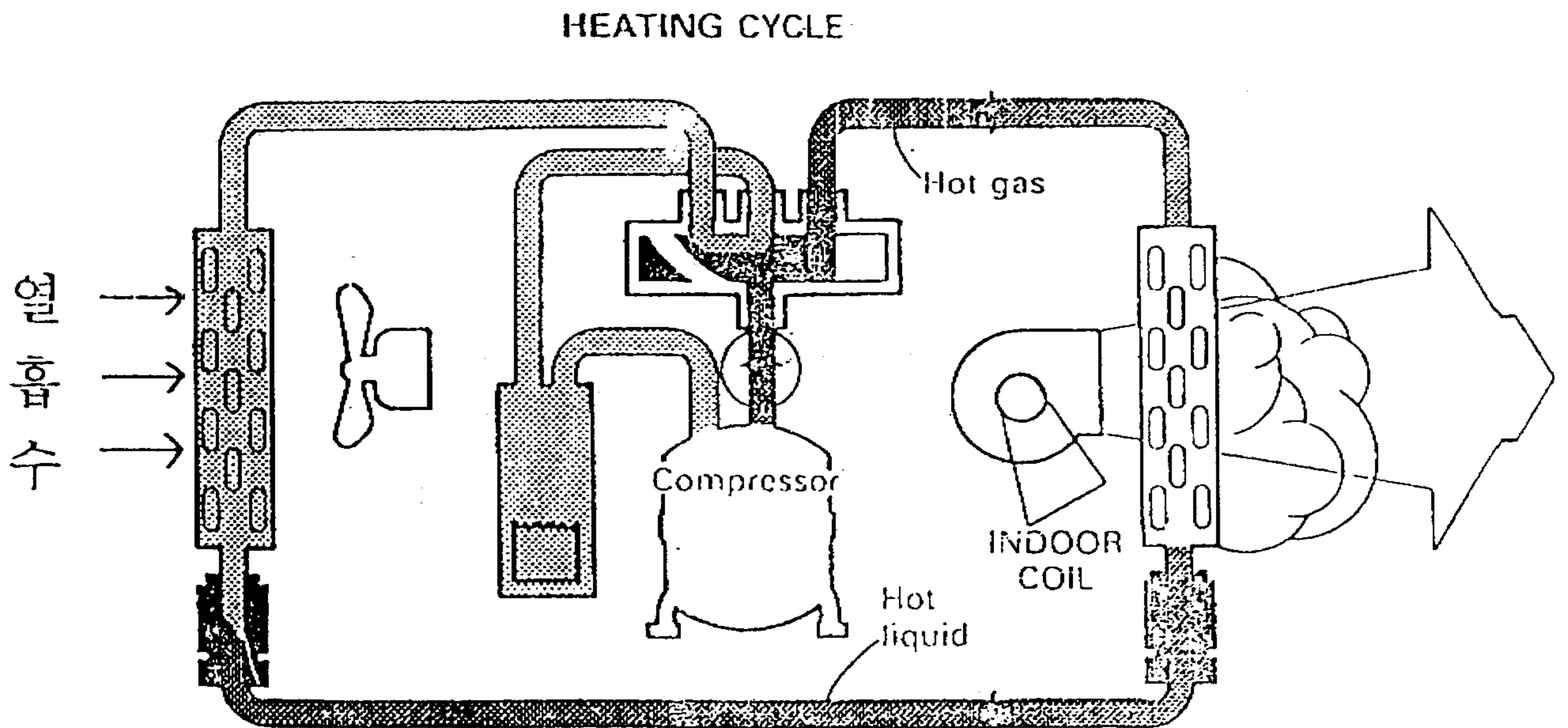


그림 5.11 에너지 펌프 기본 회로도

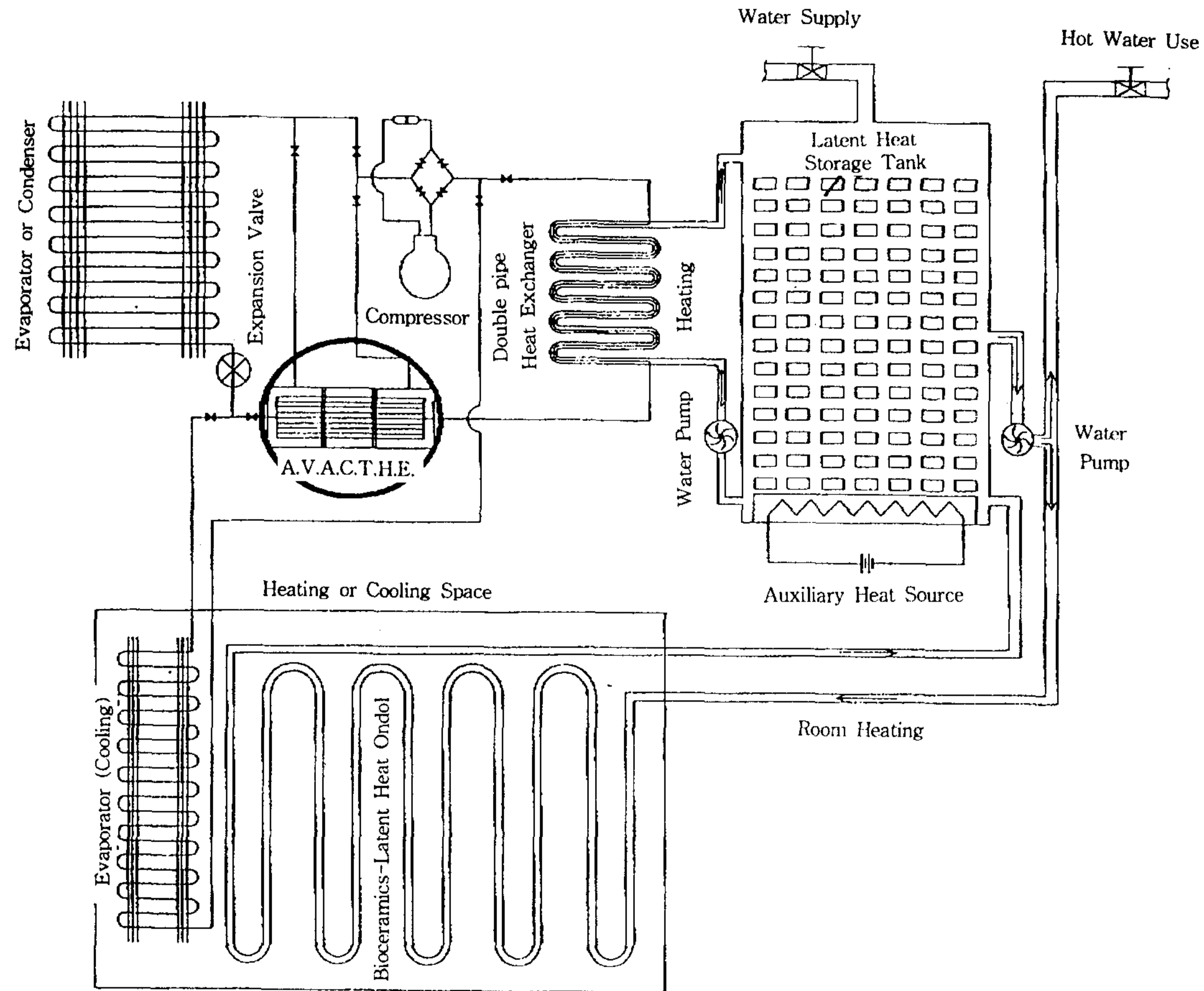


그림 512 에너지 펌프 시스템

## 제 5 절 결 론

본 연구에서 적용할 저온저장시설 즉 저장고 및 냉동설비에 대한 설계를 통해 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 저장고 구조재로서 본 연구진이 개발한 폴리머 콘크리트 샌드위치 패널을 적용키 위한 방법이 실증적으로 제시되었다. 이때 패널을 벽체와 지붕은 물론 바닥에도 사용하여 완전히 6면이 일체화된 저장고를 계획할 수 있었다.

2. 표면부에 폴리머 콘크리트(5mm), 중심부에 발포폴리스티렌(100mm)을 사용한 샌드위치 패널의 열저항치( $R$ -치)는 약 3.29로 나타났다.

3. 저장고 내부의 벽, 천정, 바닥에 바이오 세라믹을 도포하여 농산물의 저장성능을 향상시킬 수 있는 방법을 설계에 반영하였다.

4. 저장고는 폭 350cm×길이 890cm×높이 290cm로서, 면적은 31.15m<sup>2</sup>, 체적은 90.33m<sup>3</sup>으로 나타났다. 벽체는 내하력이 충분하나 천정부분의 내하력이 부족하여 C형강 2개를 맞대기 용접해 프레임으로 보강하였다.

5. 냉장설비는 농가용 소규모 다목적 저온저장고이므로 그 효율성을 증대시키기 위하여 냉장은 물론 건조까지도 가능한 겸용 에너지 펌프를 적용키로 계획하였다.

6. 이것은 공냉식으로서 경제성이나 청정성면에서 매우 유리한 냉장 및 건조설비 시스템이다.

7. 본 연구에서 대상으로 하는 저장고를 기준으로 외기온도 33℃일 때, 실내온도를 -10℃로 유지시키기 위한 총 냉각부하량은 7,549Kcal/h로 산출되었다.



제 6 장  
저온저장시설의 시공

여 백

## 제 6 장 저온저장시설의 시공

### 제 1 절 서 론

폴리머 콘크리트 샌드위치 패널을 이용한 저온저장시설의 개발과 건축은 그 응용예가 없으므로 우리나라는 물론 미국, 일본 및 유럽의 여러나라에서 샌드위치 패널과 관련된 다양한 문헌과 학술지를 통해 정보를 얻었고 폴리머 콘크리트의 개발 및 이용과 관계된 국제학술발표회의 참가, 혹은 미국과 일본 등의 저명한 학자들과 서신을 통하여 수집하였다. 수집된 정보와 문헌을 분석하여 폴리머 콘크리트 샌드위치 패널을 시행착오 없이 성공적으로 제작하기 위한 계획을 수립하였다.

분석한 자료를 이용하여 20:1의 축적으로 모형 저온저장고를 만들었으며(사진 4.1) 샌드위치 패널이 안정적으로 결합되고 단열성과 수밀성을 최대한 확보할 수 있는 방법의 건축방법을 고안하고자 하였다. 건축방법과 폴리머 콘크리트 샌드위치 패널의 제작방법상 가장 유리한 방법을 착안하고 폴리머 콘크리트 샌드위치 패널이 갖는 단열성과 수밀성을 최대한 확보하여 경제적으로 저온저장시설을 운영하기 위해서는 패널과 패널의 연결부를 가장 확실하고 안정되게 처리하여 열손실이 최소화되고 구조적 안정성을 확보해야 한다는 점을 고려하여 샌드위치 패널을 설계하였다(그림 4.2 A). 폴리머 콘크리트 샌드위치 패널은 제작과 조립상의 편의를 위해 바닥용, 측벽용 그리고 천정용으로 구분하여 설계하고 제작하였다.

폴리머 콘크리트 샌드위치 패널은 색상을 자유롭게 나타낼 수 있는 장점을 가지고 있다. 따라서 샌드위치 패널을 이용하여 구조물을 건축하면

구조물의 색상은 주변의 풍경과 가장 잘 조화될 수 있게 만들 수 있다. 본 연구개발사업에서는 경제적으로 사용할 수 있도록 기존의 상품을 이용하여 처리하는 방법을 고안하였으며 저장시설이 완료되면 시범적으로 패널의 표면처리를 시도할 예정이다.

## 제 2 절 저온저장시설의 시공

연구진의 수작업으로 약 3개월에 걸쳐 제작된 샌드위치 패널은 저온 저장고 설치장소인 강원도 홍천군 내면 창촌리 장덕수(협동연구개발자의 1인)의 농장(춘천 강원대학교에서 약 130km 거리)으로 운반되어 저온저장고의 건축을 완료하였다.

폴리머 콘크리트 샌드위치 패널의 크기가  $1.0\text{m} \times 1.9\text{m} \times 0.11\text{m}$  (무게 약 40kg), 그리고  $1.0\text{m} \times 3.0\text{m} \times 0.11\text{m}$  (무게 약 70kg)로 대형이고 무겁다. 패널은 수작업에 의하여 제작되었기 때문에 공장에서 제작한 기존의 패널처럼 표면이나 측면이 일정하지 못하며 또한 패널의 중심부 소재와 표면부 폴리머 콘크리트 Facing의 성질에 차이가 많아 패널의 조립에는 상당한 연구가 필요하였다.

건축방법의 개발은 바닥패널, 벽체패널 그리고 천정패널의 조립을 별개의 공정으로 분류하여 개발하였다. 특히 구조물의 안정과 천정패널의 안전한 조립을 위하여 벽체의 상부에 철제 프레임을 설치하고 패널을 조립하는 기술을 개발하였다.

저온저장시설의 외측크기는  $3.70\text{m} \times 9.10\text{m}$ 이며 높이는 3.10m로 10.2평이다. 저온저장시설의 시공은 크게 부지정지 및 기초콘크리트 타설, box형

저장고 건축, 저장고 벽체도장 및 지붕설치, 그리고 냉장시설의 설치로 나누어 시공하였다. 저온저장시설의 장방향 단면도는 그림 6.1에 나타냈으며 구체적인 시공순서는 다음과 같다.

(1) 부지정지를 하고 시멘트 콘크리트 기초를 했다. 시멘트 콘크리트 기초의 크기는  $4.10\text{m} \times 9.50\text{m}$ , 두께 10cm로 했으며 철망(Wiremesh)으로 보강을 하였다(그림 6.1). 저온저장고가 건축될 장소는 기존의 농지를 피하기 위하여 협동연구자의 집옆 유휴지로 정하였다. 따라서 부지정지시에는 중장비가 동원되고 높이 약 2m 그리고 길이 약 10m의 옹벽의 설치가 필요하였기 때문에 현지의 건설회사에 도급을 주어 시공하였다. 저온저장고는 조립식으로 건축이 되므로 기초콘크리트는 표면이 수평이 되도록 주의를 기울여 시공하였다(사진 6.1).

(2) 기초 콘크리트의 양생이 완료된 후 바닥용 폴리머 콘크리트 샌드위치 패널을 주어진 순서에 따라 조립하였다. 조립시 발생하는 패널과 패널사이의 유격은 폴리우레탄을 사용하여 봉합하여 열손실을 방지하고 기밀성을 유지하도록 하였다(사진 6.2).

(3) 바닥 샌드위치 패널의 조립을 완성한 후 그림 6.1의 Concrete Block을 만들어 벽체용 샌드위치 패널의 지지대를 만들었다. 지지대는 시멘트 모르터를 사용하여 폭 15cm, 두께 5cm로 바닥판 주변으로 설치하였다(사진 6.3). 벽체의 조립은 천정 패널의 조립에 영향을 줄 수 있으므로 지지대를 완전한 수평이 되도록 만들어 벽체 패널을 높이가 일정하게 조립될 수 있도록 하였다.

(4) 벽체의 조립은 시공오차를 줄이고 안정성을 확보하기 위하여 저장

고의 한 모서리부터 조립을 시작하였다(사진 6.4). 벽체용 패널이 크고 무겁기 때문에 조립하는 연구보조원의 안전과 작업의 편의를 위하여 철제 동바리를 사용하였고 패널과 패널의 조립은 접합부에 접착제를 발라 접착시키고, 접착을 확실히 하기 위하여 볼트와 너트를 사용하여 고정하였다. 볼트와 너트는 패널이 완전히 접착된 후 구조상의 안정성을 확보하기 위해 필요한 최소량만 제외하고 제거하였으며 제거된 곳은 단열성능이 우수한 폴리우레탄 폼으로 봉합하여 열손실을 최소화하였다.

(5) 구조실험 결과는 프레임을 설치하지 않고도 샌드위치 패널의 자체 강도만으로도 안정성이 확보되고 있으나 처음으로 시공하는 만큼 완벽한 안정성을 확보하기 위하여 프레임을 설치하고 천정 샌드위치 패널을 조립하였다(사진 6.5 , 6.6). 저장고의 실내공간 확보와 저장작업의 효율성을 증진시키기 위하여 프레임은 기둥을 세우지 않고 폴리머 콘크리트로 만든 서포트를 벽체에 부착해 고정하였다. 프레임은 연구진이 설계를 하고 철골설치 전문회사에 의뢰하여 설치하였다. 프레임의 설치가 끝난 후 조립순서에 따라 천정을 설치하였다.

(6) 샌드위치 패널의 조립시 발생된 틈은 폴리우레탄 폼으로 마감하여(사진 6.7) 기본적인 저장고를 완성하였다(사진 6.8). 1995년 12월과 1996년 1월 중에 냉장기기설치 공사와 조립식 지붕공사가 완료된다. 냉장기기 설치공사 및 지붕공사는 전문업체에 의뢰하였다.

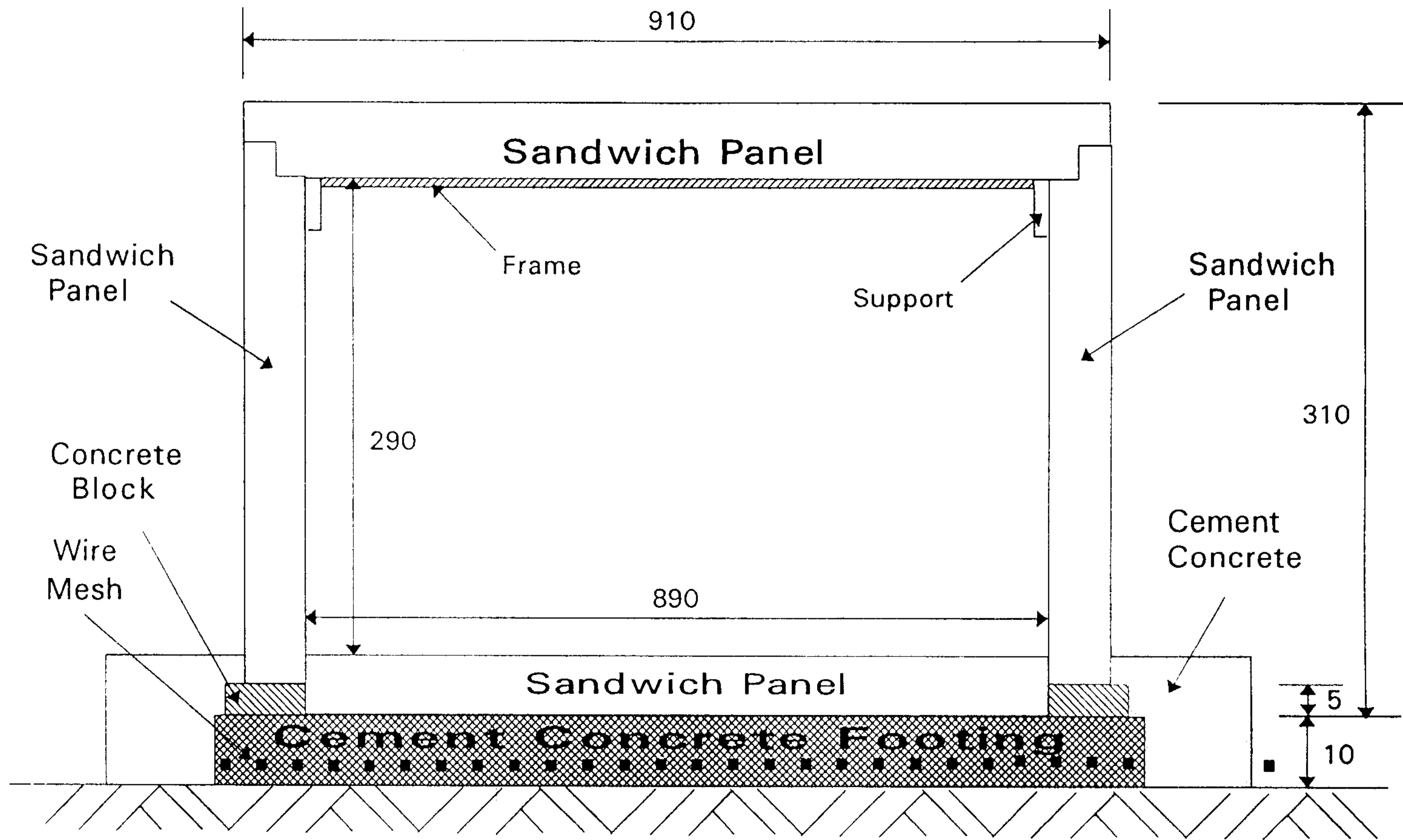


그림 61 저온저장시설의 장방향 단면도 (단위 cm)

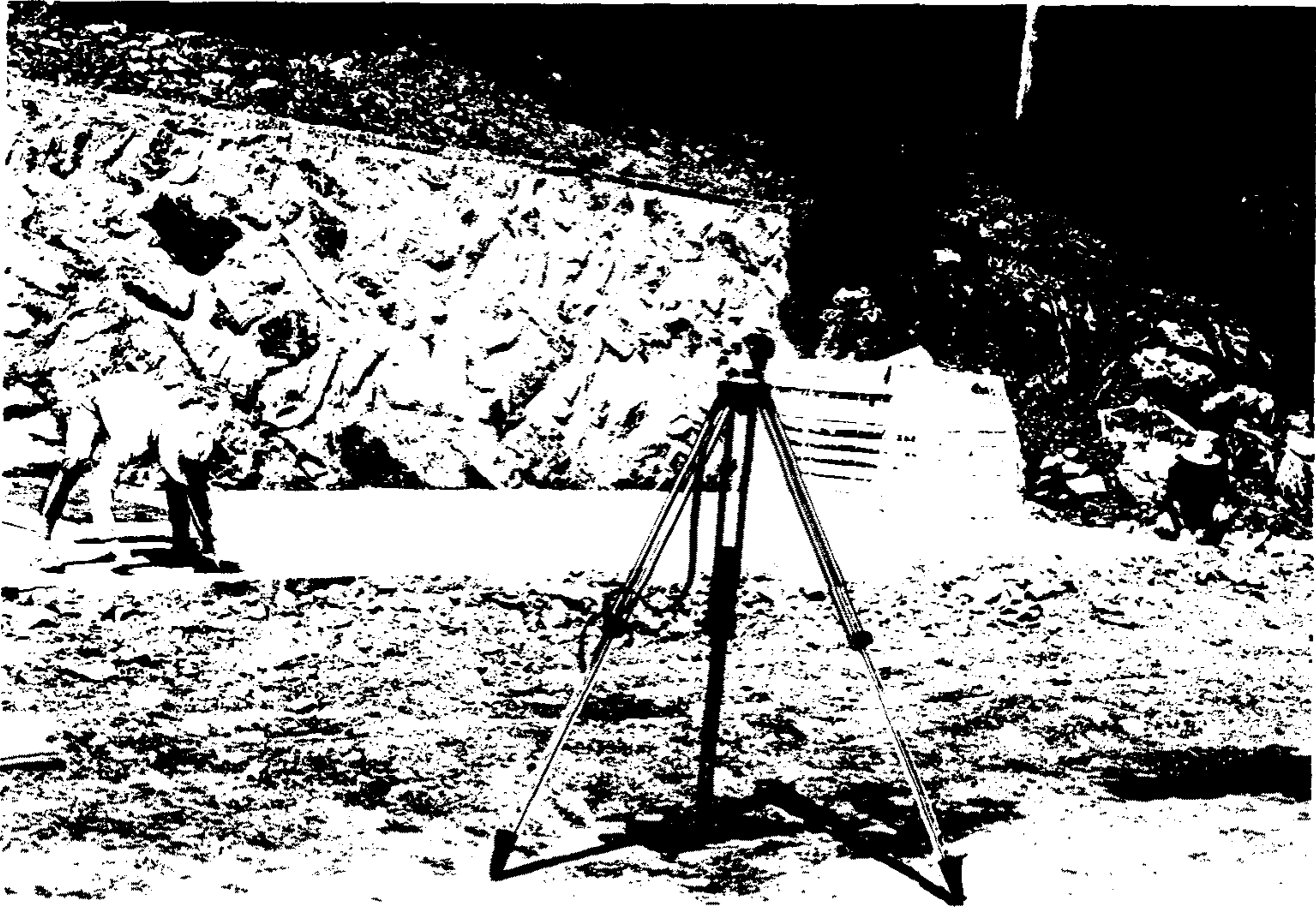


사진 6.1 저온저장시설을 위한 부지정지 및 기초작업



사진 6.2 바닥용 폴리머 콘크리트 샌드위치 패널의 조립





사진 6.3 벽체 샌드위치 패널의 조립을 위한 지지대 설치



사진 6.4 일부의 벽체패널이 조립된 저장고의 모습

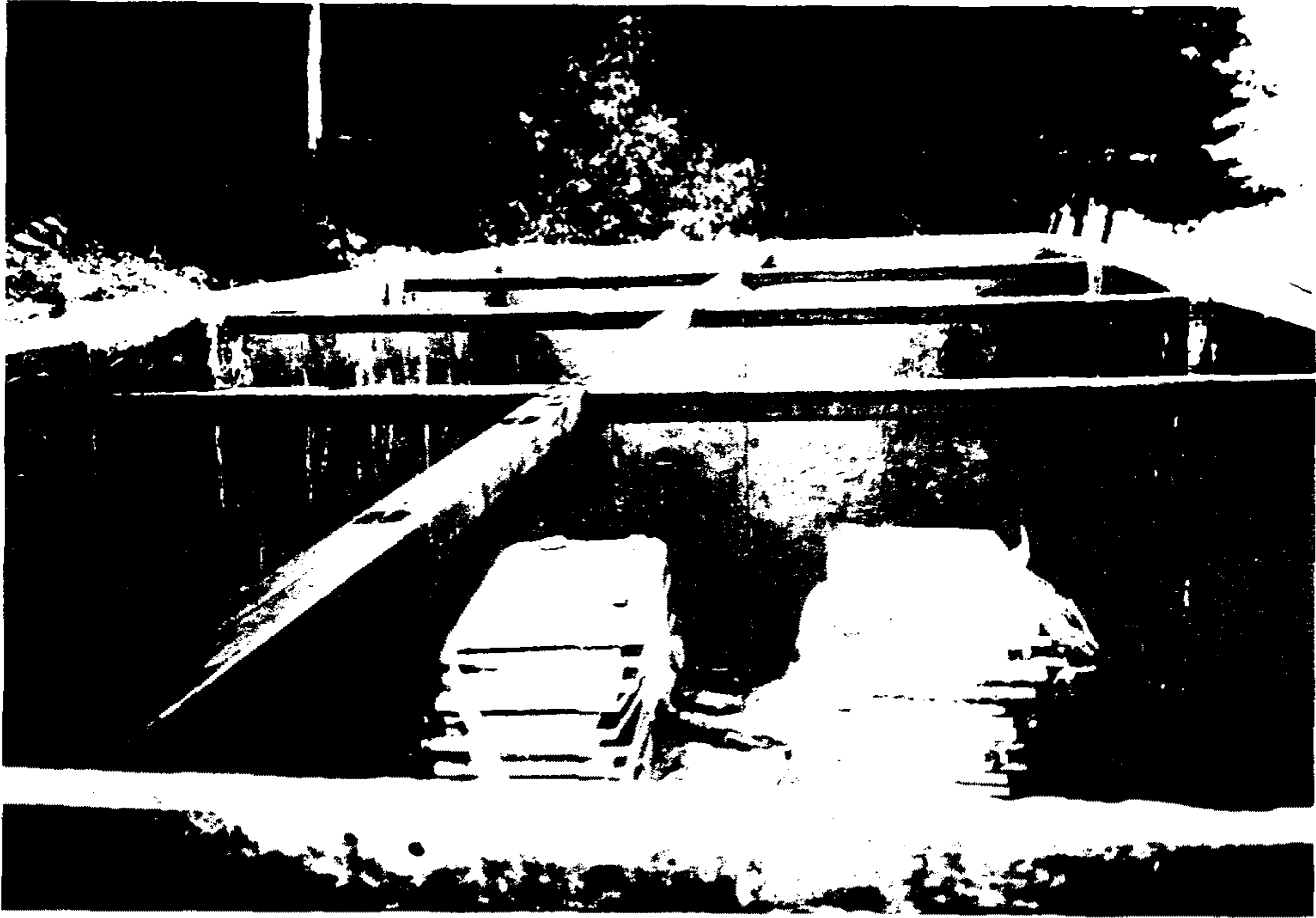


사진 6.5 천정 샌드위치 지지용 프레임의 설치

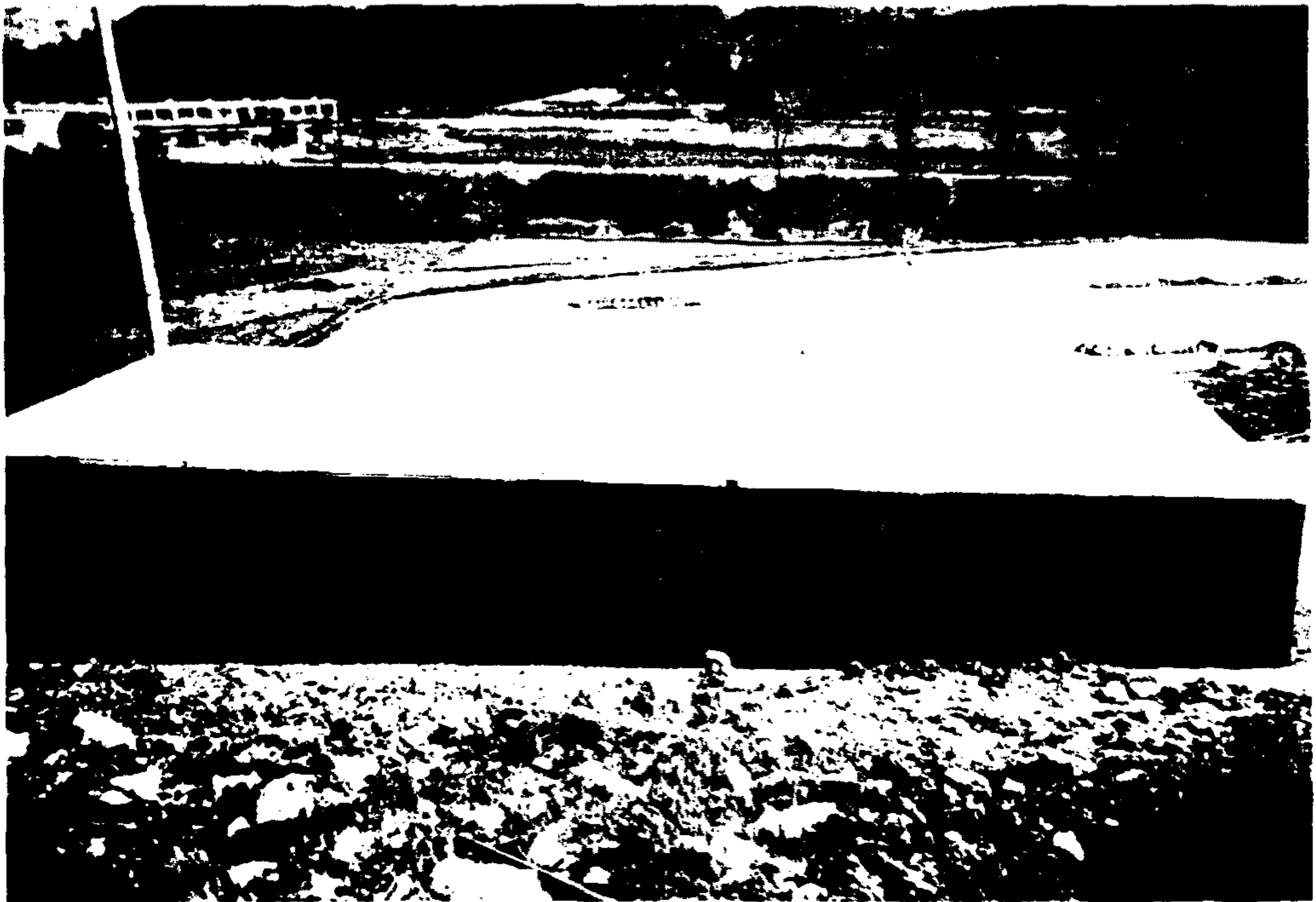


사진 6.6 천정 샌드위치 패널의 시공

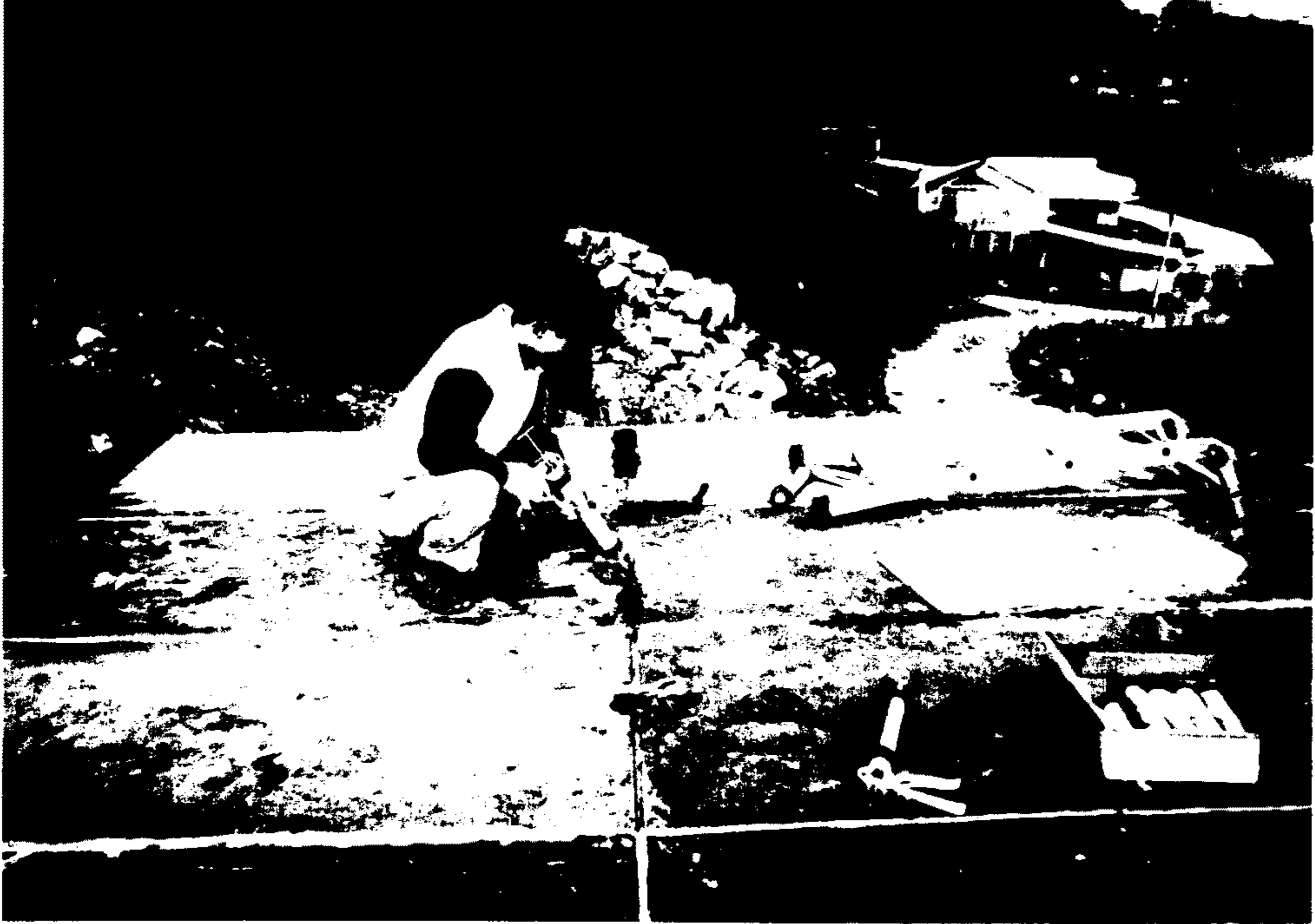


사진 6.7 패널사이 폴리우레탄 폼 마감



사진 6.8 기본적인 건축이 끝난 저장고의 전경

## **제 3 절    기계 설치**

### **1. 기계장비**

저장고용 주요 기계장비는 압축기, 콘덴서, 냉각기, 가습기 등이며, 이러한 것들은 저장고 외부에 설치되며 기초를 콘크리트로 튼튼히 하고 눈·비를 맞지 않도록 지붕을 씌워준다.

### **2. 배관설비**

저장시설에 필요한 각종 배관시설은 주로 동파이프를 사용하며 저장고 벽체를 지지대로 하여 설치한다.

### **3. 콘트롤 패널**

저장시설을 운전하기 위한 것이 콘트롤 패널이며 이것은 조작에 불편이 없도록 출입문 인접부근에 설치토록 한다.

### **4. 송풍장치**

냉·온풍을 저장고 내에 유입시키기 위해 송풍기를 벽체 상부에 설치하며, 고른 냉·온풍 공급을 위해 저장고 천정부에 3개의 덕트를 설치키로 한다.

제 7 장  
연구결과 및 금후의 연구방향

여 백

## 제 7 장 연구결과 및 금후의 연구방향

### 제 1 절 연구 결과

본 연구는 폴리머 콘크리트 샌드위치 패널을 이용하여 농촌지역에서 가장 필요로 하는 시설중의 하나인 소형 다목적 저온저장시설을 개발하기 위한 제 1차년도 연구이다. 제 1차년도의 연구는 저온저장시설 건축용 폴리머 콘크리트 샌드위치 패널의 개발 및 구조적 안정성 시험, 패널의 제작 및 저온저장시설의 건축방법 연구, 저온저장시설의 건축을 주요 내용으로 연구를 수행하였으며 다음의 결과를 얻었다.

#### 1. 폴리머 샌드위치 패널의 개발 및 구조적 안정성 시험

저온저장시설을 효율적으로 건설하기 위한 20:1 축척의 모델 저장고를 만들어 저온저장시설을 조립식으로 건축하기 위한 3개의 샌드위치 패널의 모형을 고안하였다. 고안된 샌드위치 패널 모형은 실물 크기로 제작하고 조립시험을 통하여 제작상의 편의성, 조립시의 안정성, 조립후의 구조적 안정성 및 수밀성 등을 고려하여 최종적으로 1개의 모형을 선정하였다. 모형으로 선정된 샌드위치 패널은 간단한 구조적 안정성 시험과 단열성 시험을 통하여 저온저장시설의 건축자재로서 충분한 단열성능과 구조적 안정성이 있음을 입증하였다.

저온저장시설 건축용 폴리머 콘크리트 샌드위치 패널의 열전도율은  $0.0410 \text{ W/m}^2\text{h}^\circ\text{K}$ 였으며 열관류율은  $0.531 \text{ Kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{K}$ 로서 건축법 시행규칙의 외벽용 샌드위치 패널의 조건에 부합하고 있다.

단순휨파괴시험에서 폴리머 콘크리트 샌드위치 패널의 단위면적당 휨 파괴 하중은 719~2,092 (평균 1,046) kg/cm<sup>2</sup>으로서 표면부 두께 10mm인 와이어 패널이 갖는 휨파괴 하중 250~450kg/cm<sup>2</sup>와 비교할 때 월등히 높게 나타났다. 이밖에 최대 모멘트강도는 2.5~8.2 (평균 3.1) kg/cm<sup>2</sup>, 최대전단력은 550~1,600 (평균 800) kg로서 높은 값을 보였다.

축방향 압축시험에서 좌굴하중은 8,000~28,000kg으로서 중심부와 표면부의 두께에 따라 큰 차이를 보였는데, 이는 보통 15cm 정도의 두께를 갖는 경량 콘크리트 패널의 좌굴하중이 10,000kg 내외인 것과 비교해 상당히 높은 값이다. 이밖에 재하단계별 하중-수평변위 관계, 좌굴모멘트-압축·인장축 변형도 관계 등에 대해서도 구명해 보았던 바 내력벽으로도 충분한 이용 가능성이 있는 것으로 분석되었다.

국부압축 시험은 500kgf 재하시 강도가 110~120kg/cm<sup>2</sup> 였으며 잔류 변형은 4mm 내외였다. 국부 압축파괴 하중은 500~600kg으로 저온저장시설의 건축에 사용된 폴리머 콘크리트 샌드위치 패널은 매우 높은 국부압축 강도를 갖고 있음을 알 수 있으며, 하중 제거 후의 복원력도 상당히 우수하여 저장고의 바닥재는 물론 기타 농업시설물의 바닥재료로서 사용될 수 있을 것으로 기대된다. 또한 충격시험에서도 양호한 결과를 나타내어 폴리머 콘크리트 샌드위치 패널은 내충격성이 충분한 것으로 나타났다.

## 2. 폴리머 콘크리트 샌드위치 패널의 제작 및 건축방법

저온저장시설 건축용 패널은 중심부 재료로 사용되는 발포 폴리스티렌의 가공을 최소화하면서도 소정 규격의 저장고를 조립식으로 건축할 수



있도록 설계되었다. 샌드위치 패널은 저장고의 바닥용, 천정용 및 벽체용으로 구분하여 각각의 패널마다 정확한 치수를 갖도록 설계되어 조립시에는 주어진 번호대로 맞추기만 하면 저장고가 조립될 수 있도록 3가지 형태 18 종류의 서로 다른 치수로 설계되었다.

패널의 단면은 폴리머 콘크리트를 사용하는 표면부 5mm 씩 1cm, 발포 폴리스티렌을 사용하는 중심부가 10cm, 그리고 직조유리섬유를 사용하여 표면부를 보강해 두께가 11cm 정도였다. 저장고의 바닥과 천정용 패널의 크기는 1.0m×1.9m×0.11m로 완성된 후의 무게는 약 40kg이었다. 저장고의 벽체용 패널의 크기는 1.0m×3.0m×0.11m로 무게는 약 70kg이었다. 패널의 크기가 대형이기 때문에 대학과 같은 연구기관에서는 작업공간의 확보가 어렵고 대량생산을 위한 인력의 동원이 가장 큰 문제중의 하나였다. 폴리머 콘크리트 샌드위치 패널은 기존의 회사에서는 생산할 수 없기 때문에 모든 작업은 본 연구진과 학생보조원들의 도움을 받아 수없이 많은 시행착오를 거치면서 수작업으로 직접 제작하여야 했다. 저온저장시설 1동을 건축하기 위하여 제작한 패널의 숫자는 저장고의 바닥과 천장용 패널 각 20장씩 40장 그리고 벽체용 28장 등 총 68장을 제작하였다.

### 3. 저온저장고의 건축

연구진의 수작업으로 약 3개월에 걸쳐 제작된 샌드위치 패널은 저온저장고 설치장소인 강원도 홍천군 내면 창촌리 장덕수(협동연구개발자의 1인)의 농장(춘천 강원대학교에서 약 130km 거리)으로 운반되어 저온저장고의 건축을 완료하였다.

패널은 수작업에 의하여 제작되었기 때문에 공장에서 제작한 기존의 패널처럼 표면이나 측면이 일정하지 못하며 또한 패널의 중심부 소재와 표면부 폴리머 콘크리트 Facing의 성질에 차이가 많아 패널의 조립에는 상당한 연구가 필요하였다. 건축방법의 개발은 바닥패널, 벽체패널 그리고 천정패널의 조립을 별개의 공정으로 분류하여 개발하였다. 특히 구조물의 안정과 천정패널의 안전한 조립을 위하여 벽체의 상부에 철제 프레임을 설치하고 패널을 조립하는 기술을 개발하였다.

저온저장시설의 외측크기는 3.70m×9.10cm이며 높이는 3.10m로 10.2평이다. 저온저장시설의 시공은 크게 부지정지 및 기초콘크리트 타설, Box형 저장고 건축, 저장고 벽체도장 및 지붕설치, 그리고 냉장시설의 설치로 나누어 시공하였다.

유희지에 저장고를 건축하기 위하여 중장비를 동원하여 부지정지를 하고 4.10m×9.50m의 크기에 Wiremesh로 보강한 두께 10cm의 시멘트 콘크리트 기초를 했다. 패널의 조립은 바닥용 샌드위치 패널부터 시작하여 벽체를 완성하고 마지막으로 천정패널을 조립하였다. 조립시에는 철제 동바리와 사다리 등의 보조장치가 사용되었고 조립 후의 틈은 폴리우레탄 폼을 사용해 마감하여 열손실을 방지하고 기밀성을 유지하도록 하였다. 벽체의 조립은 시공오차를 줄이고 안정성을 확보하기 위하여 저장고의 한 모서리부터 조립을 시작하였다. 패널의 조립은 접합부에 접착제를 발라 접착시키고 접착을 확실히 하기 위하여 볼트와 너트를 사용하여 고정하였다. 볼트와 너트는 패널이 완전히 접착된 후 구조상의 안정성을 확보하기 위해 필요한 최소량만 제외하고 제거하였으며 제거된 곳은 단열성능이 우수한 폴리우레탄 폼

을 이용하여 봉합하여 열손실을 최소화하였다.

## **제 2 절   금후의 연구방향**

이상에서와 같이 총연구기간 2년 중 제 1차년도 연구에서는 저온저장 시설용 폴리머 콘크리트 샌드위치 패널의 개발, 개발된 샌드위치 패널의 역학적 특성구명, 패널의 제작 및 저온저장시설의 건축에 관한 연구를 수행하였다. 그러나 폴리머 콘크리트 샌드위치 패널 저온저장고의 성능이 구명되고 범용화되기 위해서는 다음과 같은 내용을 중심으로 한 제 2차년도 및 추후 계속 연구가 이루어져야 한다.

### **1. 샌드위치 패널 제작 자동화 기술의 개발 및 보급**

폴리머 콘크리트 샌드위치 패널을 공장에서 자동화된 시설로 제작하기 위한 자동화 공정의 개발과, 개발된 기술의 공장이전이 필요하다. 자동화 제품생산 시설은 다양한 규격과 모양의 샌드위치 패널을 생산할 수 있는 설비를 갖추는 것이 바람직하다. 자동화 제품생산 없이는 기존 샌드위치 패널 제품과 가격경쟁력에서 비교우위를 지킬 수 없다.

### **2. 저온저장시설의 단열성능 구명**

우수한 기밀성과 단열성을 가진 폴리머 콘크리트 샌드위치 패널로 건축된 저온저장시설의 성능이 실제 상황하에서 구명되어야 한다. 단열성능의 구명은 저장고내에 많은 수의 온도 및 습도 센서를 부착하고 외부온도와 저장고의 실내온도와의 차이를 크게하여 저장고내의 온도분포 및 습도분포를

Monitoring한다. 건축된 저온저장시설의 기밀성과 단열성이 우수하다면 저장고내의 모든 지점에서 균일한 습도와 온도를 보여야 한다.

농산물을 저장할 경우는 저장농산물의 호흡열의 방출로 부분적인 온도와 습도의 불균형이 생길 수 있으나 이는 냉장기기 설치시에 온도의 불균형을 최대한 억제할 수 있는 방향으로 설치하고 또한 저장고내 공기의 적절한 유동을 통하여 교정할 수 있어야 한다. 저장시설의 온도 Monitoring은 저장고내 농산물을 저장할 때와 저장물이 없을 때로 구분하여 실시한다.

### 3. 예냉실의 건축

포장에서 생산된 농산물은 저장물의 최적저장온도와 비교하여 높은 외기 및 토양온도 때문에 포장열이 상대적으로 높다. 따라서 본저장을 하기 전에 예냉실에서 저장농산물의 높은 포장열을 적절한 수준까지 예냉한 후 저장할 수 있는 시설을 갖추는 것이 중요하다. 본 연구에서도 저온저장시설 주변에 예냉실을 설치하여 예냉에 따른 냉장부하의 감소 등에 관한 연구가 필요하다.

### 4. 냉수이용시스템의 설치

단기간의 저장일 경우 저장온도를 저장최적온도까지 냉장기기를 가동하며 낮출 필요가 없을 때나 예냉시 냉장효율을 높이기 위하여 계곡의 찬물(냉수)순환 파이프를 설치하여 저장고의 온도변화와 냉장효율을 측정한다.

이 시스템은 저장뿐 아니라 여름의 고온다습시 버섯 등의 작물 재배에도 유용하게 이용될 수 있을 것이다. 냉수순환 파이프외에 미스트 발생기

와 제습기를 설치하여 기화열에 의한 냉각효과를 측정한다.

## 5. 저온저장시설의 범용화 연구

범용화 연구는 2가지 방향에서 설명할 수 있다. 폴리머 샌드위치 패널을 이용하여 농민들이 손쉽게 저장고를 건축할 수 있는 시방규정을 제정해야 한다. 또한 저장시설의 연중무휴 효율적인 이용방법을 제시할 수 있도록 다양한 농산물을 저장하는 실험이 필요하다. 이와 같은 실험은 단기간의 연구로는 수행될 수 없으므로 장기간의 연구계획하에 연차적으로 실험이 이루어져야 한다.

본 연구의 마지막인 제 2차년도에는 협동연구자의 농장에서 생산되는 농산물을 위주로 저장실험을 하고자 한다. 연구의 종료시에는 폴리머 콘크리트 샌드위치 패널을 사용한 저온저장시설 건축을 위한 시방규정을 만들고 또한 저장시설의 효율적인 이용방법에 관한 사례를 발표하여 저장시설의 범용화에 기여한다.

여 백

## 참 고 문 헌

여 백



## 참 고 문 헌

1. ACI. 1985. Building Code Requirements for Reinforced Concrete (ACI 318-83).
2. Ballentyne, A. 1986. Modified Atmosphere Packaging of Fruit and Vegetables. Proc. 2nd Int. Conf. and Exhibition on CA Packing. pp. 3~26.
3. Benjamin, B. S. 1969. Structural Design with Plastics. Van Nostrand Reinhold Company. pp. 118~133.
4. Ben-Yehoshua, S. 1969. Gas Exchange, Transpiration and Commercial Deterioration of Orange Fruit. J. Am. So. Hort. Sci. 94:524-528.
5. Blanpied, G. D. 1985. Low-Ethylene CA Storage for Empire Apples. pp. 95~102. IN: S. M. Blankenship (ed.). Proc. 4th Natl. Controlled Atmosphere Res. Conf. Hort. Rpt. 126. North Carolina University, Raleigh, N.C., USA.
6. Fowler, D. W. 1991. Structural Design of Polymer Concrete. ICPIIC Working Papers, North American Workshop, San Francisco. Sept. 1991.
7. Geeson, J. D., K. M. Browne, K. Maddison, J. Shepherd and F. Guaraldi. 1985. Modified Atmosphere Packaging to Extend the Shelf-Life of Tomato. J. Fd. Tech. 20:339-349.

8. Golomb, A., S. Ben-Yehoshua and Y. Sarig. 1984. High-Density Polyethylene Wrap Improves Wound Healing and Lengthens Shelf-Life of Mechanically Harvested Grapefruit. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 109:155-159.
9. Hale, P. W., W. R. Miller and J. J. Smoot. 1986. Evaluation of a Heat-Shrinkable Copolymer Film Coated with Imazalil for Decay Control of Florida Grapefruit. *Trop. Sci.* 26:67-71.
10. Hardenburg, R. E. 1971. Effect of In-Packaging Environment on Keeping Quality of Fruits and Vegetables. *Hortscience* 6:198-201.
11. Hinsch, R. T., R. E. Rij and J. K. Stewart. 1976. Quality of Iceberg Lettuce in Film Overwraps During Simulated Export. *USDA ARS W-33*. 6pp.
12. Huson, J. A. 1965. Precast Concrete Wall Panels: Flexural Stiffness of Sandwich Panels. *ACI 8 SP-11*.
13. Kuenzi, E. W. 1970. Sandwich Panel Design. Symposium on Panelized Building Systems. Sir George Williams University. Montreal. Canada.
14. Lipton, W. J. and C. M. Harries. 1974. Controlled Atmosphere Effects on the Market Quality of Stored Broccoli (*Brassica Oleracea* L., Italica Group). *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 99:200-205
15. Liu, F. W. 1970. Storage of Bananas in Polyethylene Bags with an Ethylene Absorbent. *HortScience*. 5:25-27.

16. Liu, F. W. and D. Samelson. 1986. Rate of Changes in Firmness, Acidity and Ethylene Production of McIntosh Apples in Simulated Low-Ethylene CA Storage. *J. Am. So. Hort. Sci.* 111:404-408.
17. Park, Y. M. and S. K. Lee. 1992. Effect of an Ethylene Scrubber on Storability and Incidence of Low-Oxygen Injury of Fuji Apples During CA Storage and Efficiency of Several Ethylene Scrubbers. *J. of Kor. Soc. Hort. Sci.* 33:44-47.
18. Purvis, A. C. 1983. Effect of Film Thickness and Storage Temperature on Water Loss and Internal Quality of Seal-Packaged Grapefruit. *J. Am. So. Hort. Sci.* 108:562-566.
19. Ryall, A. L. and W. J. Lipton. 1979. Handling, Transportation and Storage of Fruits and Vegetables, 1 (2nd ed.). AVI, Westport, CT. pp.141-142.
20. Scot, K. J., R. B. H. Wills and L. E. Lipton. 1971. The Use of Sealed Polyethylene Bunch Covers During Growth as a Retardant to the Ripening of Bananas. *Trop. Ag. Tri.* 163-165.
21. Wang, C. Y. 1984. Effect of Different Perforation in Polyethylene Films on Quality of Head Lettuce After Transcontinental Shipment. *Hort Science.* 19:584-596.
22. Yeon, K. S., Kim, K. W. and Hwang, J. Y. 1992. Structural Behaviour of Sandwich Panels with Polymer Mortar Facings. Proceedings of the 7th International Congress on Polymers in

- Concrete. Moscow. Russia. pp. 550~557.
23. 矢吹萬壽 外. 1985. 농업환경조절공학. pp. 200-232.
  24. 森野一高 外. 農業施設學. pp. 72~102.
  25. 長島守正 外. 1976. 農業施設 計劃·設計. pp. 247~267.
  26. 김준석 등. 1980. 시설원예. pp. 74~117.
  27. 윤인화 등. 1989. 농산물의 품질관리 개발연구. 농진청 농기연(화학부) 시험연구보고서.
  28. 정대성, 손영구, 윤인화. 1984. 피막제 처리에 의한 과실 저장시험. 농진청 농기연 (화학부) 시험연구보고서. pp.481-484.
  29. 정현식, 정신교, 이주백, 최종옥. 1992. CA저장과 사과 Shelf-Life. 제1차 학술발표회 강연집. 한국농산물 저장유통학회.