

제2차 년도
최종보고서

GOVP1199705494

농가용 다목적 저장시설의 개발

Development of Small Multi-Purpose
Storage Facility for Farm

연구기관
강원대학교

농림수산부



제 출 문

농림수산부장관 귀하

본 보고서를 “농가용 다목적 저장시설의 개발”에 관한 연구
과제의 제2차년도 최종보고서로 제출합니다.

1997. 1. .

주관연구기관명 : 강원대학교

총괄연구책임자 : 연 규 석

협동연구책임자 : 최 중 대

연 구 원 : 김 행 래

김 희 승

장 덕 수

김 봉 기

이 석 남

연 구 조 원 : 정 경 현

최 동 순

주 명 기

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 사시사

철 가동할 수 없다. 필요에 따라 저온저장고, 건조시설, 창고 혹은 버섯 등과 같은 작물의 생산시설로도 사용할 수 있는 다목적 시설이 요구된다. 특히 농가 단위의 소형 저장시설을 고려한다면 농민의 재정부담 능력을 고려하여 경제적인 건설비와 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 ①농가용 다목적 저온저장시설을 건축하기 위한 폴리머 콘크리트 샌드위치 패널을 개발하고 실험하여 건설부재로서의 안정성과 적합성을 입증하고 ②패널을 이용한 건축방법을 개발하고 저장고를 농가에 건축하며 ③경제적인 냉장과 건조시설을 설치하고 그리고 ④건축된 저온저장시설의 성능을 시험하는 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 저온저장고에 냉장 및 건조시설을 설치하여

저장고의 단열성능, 농산물의 저장능력 등을 연구하며 그 실용성과 응용성을 검토한다.

제1단계에서 폴리머 콘크리트 샌드위치 패널의 기본적인 성질은 본 연구실에서 구명되었지만 샌드위치 패널은 그 사용목적에 따라 별도로 개발되어야 목적에 맞는 건축물의 건축재료로 사용될 수 있다. 따라서 폴리머 콘크리트 샌드위치 패널을 소형 저장고용 조립식 건축부재로 개발한다. 개발된 폴리머 콘크리트 샌드위치 패널은 그 역학적 특성을 실험을 통하여 구명하고, 상업적으로 대량생산할 수 있는 폴리머 콘크리트 샌드위치 패널 제조방법을 연구하며, 그리고 샌드위치 패널을 사용하여 소형 저장고를 건축하는 방법을 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. 건축시와 건축후의 저장고 거동을 면밀히 관찰하여 건축상의 문제점, 건축후의 문제점 등을 파악하고 개선점을 구명한다. 저장시설의 건축은 기초와 같은 토공이나 콘크리트 공사는 현지의 전문업체에 의뢰하여 시공하고 기술이 요구되는 패널의 조립 등의 공사는 연구원들이 직접 시공한다.

제3단계는 건축된 저장고에 농가용 소형 저장시설에 적합한 냉장 및 건조시설을 개발 및 설치하고 저장고의 성능을 시험한다. 또한 예냉실을 건축하여 농산물 저장시 과도한 냉장부하를 줄일 수 있도록 한다. 원적외선을 방사하는 바이오 세라믹을 저장고에 사용하여 농산물의 저장과 건조기능을

향상시킨다. 냉장 및 건조시설의 개발은 전문업체와 긴밀한 협조하에 공동 개발하여 설치한다. 예냉실은 저장시설옆에 건축한다. 완성된 저장시설에 대한 건조 및 냉장성능을 시험하기 위하여 온도센서를 저장고 내부에 27개, 외부에 3개 설치하고 데이터 로거로 온도의 변화를 모니터링하고 분석한다.

4. 연구개발결과 및 활용에 대한 건의

가. 연구개발결과

본 연구는 폴리머 콘크리트 샌드위치 패널을 이용하여 농촌을 위한 소형 다목적 저온저장시설을 개발하기 위한 2년간의 연구로 다음의 연구개발 결과를 얻었다.

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) kg/cm^2 였으며 최대 모멘트강도는 2.5~8.2 (평균 3.1) kg/cm^2 , 최대전

단력은 550~1,600 (평균 800) kg로서 높은 값을 보였다. 샌드위치 패널의 좌굴하중은 8,000~28,000 kg였으며 하중재하단계별 하중-수평변위 관계, 좌굴모멘트-압축·인장축 변형도 관계 등도 구조물의 내력벽으로 사용할 수 있음이 입증되었다. 국부압축 시험은 500 kg 재하시 강도가 110~120 kg/cm²였으며 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 5 mm 씩 1 cm, 발포 폴리스티렌을 사용하는 중심부가 10 cm, 그리고 직조유리섬유를 사용하여 표면부를 보강하여 두께가 11 cm 정도였다. 저장고의 바닥과 천정용 패널의 크기는 1.0 m × 1.9 m × 0.11 m로 완성된 후의 무게는 약 40 kg이었다. 저장고의 벽체용 패널의 크기는 1.0 m × 3.0 m × 0.11 m로 무게는 약 70 kg이었다. 저온저장시설 1동을 건축하기 위하여 제작한 패널의 숫자는 저장고의 바닥과 천정용 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 130 km 거리)으로 운반되어 저온저장고의 건축을 완료하였다. 저온저장시설의 외측크기는 3.70 m × 9.10 m이며 높이는 3.10 m로 33.7 m²(10.2평)이다. 저온저장시설의 시공은 크게 부지정지 및 기초콘크리트 타설, Box형 저장고 건축, 저장고 바이오 세라믹 벽체도장 및 지붕설치, 그리고 냉장 및 건조시설의 설치로 나누어 시공하였다.

산자락에 저장고를 건축하였기 때문에 중장비를 동원하여 부지정지와 높이 2 m 길이 12 m의 옹벽을 설치하고 4.10 m × 9.50 m 크기의 시멘트 콘크리트 기초를 했다. 기초는 Wiremesh로 보강하였으며 두께는 10 cm였다. 패널의 조립은 바닥용 샌드위치 패널부터 시작하여 벽체를 완성하고 마지막으로 천장패널을 조립하였다. 천장패널은 C 형강을 이용하여 frame을 설치하고 조립되었다. 패널의 조립시에는 철제 동바리와 사다리 등의 보조장치가 사용되었고 조립시의 틈은 폴리우레탄 foam을 사용하여 봉합하여 열손실을 방지하고 기밀성을 유지하도록 하였다. 또한 저장고 모서리와 같이 단면이 대기와 직사광선에 노출되는 부분에는 알미늄 카바를 부착하여 보호하였다. 지붕은 냉장 및 건조설비가 보호될 수 있도록 설계하여 설치하였다.

4) 냉장 및 건조시설의 개발 및 설치

냉장 및 건조설비의 개발, 제작 및 설치에 전문개발업체와 긴밀한 협조하에 수행되었다. 본 연구개발에서 건축된 저장고 주변의 외기온도를 33 °C라고 가정하고 저장고내의 온도를 -10 °C로 유지시키기 위한 냉각부하량은 7,549 Kcal/h로 산출되었다. 이를 위해 냉장시설의 콤프레샤는 10 HP, 콘덴

서는 11,000 Kcal의 용량을 가진 것을 사용하였다. 저장고의 건조설비는 열원으로 화석연료나 전지에너지를 사용하지 않고 에너지 펌프의 원리를 이용하는 건조기를 사용하였다. 에너지 펌프에서는 특정한 기체를 압축하여 고온을 얻으므로 기체의 압축 등에 필요한 기계작동과 송풍시설만이 사용되므로 기존 전기요금의 1/4 수준에서 충분한 에너지를 공급받을 수 있도록 하였다.

상기에서 기술한 에너지 펌프를 기존의 냉장기술과 접목하여 한 대의 설비로 냉장과 건조기능을 동시에 보유하는 고효율의 냉장 및 건조설비를 개발하였다. 저장고내의 온도분포를 균일하게 분포시키기 위하여 냉장시설에서 발생하는 냉기는 천정부에 에어덕트를 설치하여 저장고에 골고루 퍼지도록 하였으며 건조시설에서 발생하는 가열된 공기는 저장고의 바닥부분에 설치된 송풍구를 통하여 도입되도록 설치하였다. 냉장 및 건조시험이 이루어지며 저장고 내부에는 조립식 선반과 건조대를 설치하였다.

5) 예냉실의 건축

효율적인 농산물의 냉장저장을 위해서는 저장대상 농산물을 가능한 빨리 저장최적온도로 낮추어서 저장하여야 한다. 그러나 저장고에 일시에 많은 농산물을 저장할 시는 농산물 수확당시의 높은 온도와 농산물의 호흡열 등으로 인하여 농산물의 온도를 단시간내에 저장최적온도로 낮추기가 매우 어려우며 또한 냉장시설의 냉장용량도 매우 크게 설비되어야 한다. 본 연구에서는 이와 같은 문제점을 해결하고 또한 간이저장시설로도 이용할 수 있는 10 m² 크기의 예냉실을 본 저장고 옆에 건축하였다.

예냉실은 저장고 옆의 산을 수평굴착하고 주변의 호박돌과 시멘트 콘크리트를 사용하여 벽을 쌓고 철근 콘크리트 슬라브로 천정을 설치하였다. 출

입문을 제외한 모든 면은 최소한 1 m 이상의 흙으로 복토하여 터널식 예냉실을 건축하도록 설계하였다. 출입문은 저온저장고용의 단열문을 설치하여 보온성을 유지하도록 하였다. 예냉실은 터널식으로 시공되었으므로 4계절 동안 온도와 습도의 편차가 심하지 않으므로 평시에는 배추, 무 혹은 감자 등의 일시적인 저장을 할 수 있도록 하였다. 예냉실의 시공은 현지의 건설업자에게 의뢰하여 건축하였다.

6) 바이오 세라믹 도장

열의 전달은 전도, 복사 그리고 대류를 통하여 일어난다. 전도와 대류와 달리 복사는 물질의 구성원자나 전자배열의 변화에 의하여 생성되는 전자기파 혹은 광파에 의해서 열이 전달된다. 원적외선은 가시광선의 적색영역 보다는 파장이 길고 열효과가 큰 적외선으로 원적외선을 발생시키기 위한 재료로 세라믹과 천연석이 사용되고 있다. 원적외선을 이용한 농산물의 건조는 진공동결건조보다 생산비가 저렴하고 열풍건조보다는 고품질의 제품생산이 이루어진다. 또한 원적외선 방사체 부근에서 사과나 배추와 같은 과일이나 채소를 저장할 경우 부패가 적어지고 신선도가 오래 유지된다. 본 연구에서는 원적외선이 농산물의 저장과 건조에 미치는 영향을 최대한으로 이용하기 위하여 국내 모회사의 바이오 세라믹 도장재료를 저장시설의 내외부에 도장하여 농가형 소형 다목적 저장고의 저장 및 건조 성능을 향상시키고 저장물의 선도유지에 기여할 수 있도록 하였다.

8) 저장시설의 성능 시험

냉장 및 건조성능은 저장고 내부에 27개의 온도센서를 설치하고 외부에 3개의 온도센서를 부착하여 온도를 측정하여 시험하였다. 온도센서로는

T-type thermocouple을 사용하였으며 36 채널 데이터 로거를 사용하여 10분 단위로 온도 변화를 측정하였다.

건조나 냉장설비를 가동하지 않은 상태에서 저장고 내부의 온도는 외기의 온도에 영향을 받아 온도의 변화주기가 외기온도와 비슷한 양상을 보였으나 온도의 편차는 외기보다 매우 작았다. 저장고내의 온도분포는 온도편차가 1 °C 이내로 저장고의 전부분에 걸쳐 균일하였다.

저장고의 온도는 80 °C 이상으로 자동콘트롤할 수 있지만 건조농산물의 품질에 영향을 주지 않는 온도인 40 °C로 맞추어 시험하였다. 외기의 온도가 9.5 °C에서 8.5 °C 정도였을 때 건조물이 없는 빈 저장고의 평균온도는 약 90분 사이에 9 °C에서 39 °C 까지 30 °C가 상승하였으며 저장고내의 온도편차는 약 2 °C 정도로 양호하였다. 무와 양배추 썰은 재료를 각각 20 kg과 150 kg 정도의 소량을 건조시킬 때는 온도의 상승면에서나 온도편차는 빈 저장고 시험과 차이를 보이지 않았다.

저장고의 초기온도 27 °C 그리고 외기온도 27 °C에서 냉장시설이 가동되었을 때, 저장고내의 온도는 빠르게 내려가 처음 2시간 동안에 약 30 °C가 떨어졌으며 -16 °C까지 하강하는데 6시간이 소요되었다. 2시간 이후 부터는 온도의 하강속도가 낮아지기 시작하였으며 -16 °C 이하에서는 온도의 하강속도가 현저히 둔화되었으며 -20 °C에 접근하면서 온도의 하강율은 더욱 낮아졌다. 저장고의 시험에서 나타난 최저온도는 -25 °C 이하로 내려갔다. 따라서 본 다목적 저장고는 영하 15 °C 정도에서 냉동 및 냉장저장을 할 경우 가장 효율적인 사용이 될 것으로 사료된다. 영하 15 °C는 냉장저장 영역이 아닌 냉동저장을 가능하게 하는 낮은 온도로 김치와 같은 발효식품의 장기간

저장은 물론 다양한 종류의 농산물을 냉동저장까지도 가능하다. 다목적 저장시설의 건조 및 냉장시험에서 폴리머 콘크리트 샌드위치 패널의 단열성능은 매우 우수하여 저장고를 이용한 농산물의 냉장저장은 물론 냉동저장까지 가능할 것으로 입증되었으며 농가에 보급될 경우 농가소득증대에 많은 기여를 할 것으로 기대된다.

나. 활용에 대한 건의 및 금후의 연구 방향

총연구기간 2년 동안의 연구에서 폴리머 콘크리트 샌드위치 패널의 설계 및 제작, 저장고의 설계 및 건축, 냉장 및 건조시설의 설계, 제작 및 설치, 예냉실의 건축, 바이오 세라믹의 이용, 저온저장시설의 성능시험 등의 연구를 수행하였다. 폴리머 콘크리트 샌드위치 패널을 이용한 농가용 저온저장시설의 범용화를 위해서는 다음과 같은 내용의 연구가 계속되어야 한다.

1) 샌드위치 패널제작 자동화 기술의 개발 및 보급

폴리머 콘크리트 샌드위치 패널을 공장에서 자동화된 시설로 제작하기 위한 자동화 공정의 개발과, 개발된 기술의 공장 이전이 필요하다. 자동화 제품생산 시설은 다양한 규격과 모양의 샌드위치 패널을 생산할 수 있는 설비를 갖추는 것이 바람직하다. 자동화된 공장에서 폴리머 콘크리트 샌드위치 패널을 생산하기 전에는 기존의 샌드위치 패널 제품과 가격경쟁력에서 비교우위를 지킬 수 없다. 폴리머 콘크리트 샌드위치 패널은 단기적으로는 구조적으로나 단열성능면에서 매우 우수하게 판명되었다. 그러나 저장고가 건설되면 20년 이상 사용될 수 있어야 하므로 폴리머 콘크리트 샌드위치 패

널의 장기적인 거동에 대하여 연구가 되어야 한다.

2) 저온저장시설의 단열성능 및 기밀성의 구명

우수한 기밀성과 단열성을 가진 폴리머 콘크리트 샌드위치 패널로 건축된 저온저장시설의 성능이 실제 상황에서 구명되어야 한다. 본 연구에서는 저장고의 건축방법과 저장 및 건조능력의 시험이 주로 이루어졌기 때문에 저장고 단열성능의 학술적인 구명에는 미흡했다. 따라서 저장고의 단열성, 기밀성 등에 관한 학술적인 연구가 요망된다.

3) 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 연구에서는 폴리머 콘크리트 샌드위치 패널의 설계, 제작, 저장고의 건축, 냉장 및 건조시설의 설치 및 운용 등에 관한 기본적인 특성을 구명하였다. 그러나 범용화를 위해서는 저장고의 장기적인 거동, 즉 구조적 안정성과 단열성의 연간변화 등에 관한 연구가 필요하다. 농산물의 저장 및 건조 시험은 작물의 계절성과 재배작물의 다양성에 때문에 단기간에 만족할 정도로 수행될 수 없었으며 기존의 저온저장고와 비교를 할 수 없었다. 따라서

폴리머 콘크리트 샌드위치 패널을 이용한 저온저장시설의 성능비교시험을 위해서는 주위에 기존의 저온저장고를 건축하고 동일한 조건에서 다양한 농산물의 저온저장, 건조 및 저장, 창고로서의 사용성에 대한 비교연구가 필요하다.

Summary

1. Project Title

Development of small multi-purpose storage facility for farm

2. Research Necessities and Objectives

Korean farm products are subject to unlimited international competition by the agreement of so called "Uruguay Round." The production cost of agricultural products should be lowered while the quality of the products 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 maintained.

One of the methods to improve food supplies is to minimize food losses in the process of harvest, storage, 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, drying chamber, mushroom production facility and so on. Also, construction and operational costs of the storage unit should be in the reach of farmer's finance.

Polymer concrete sandwich panel that is being developed by the research team is a 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 develop and install an integrated refrigeration and dry system and to test the cold storage and drying capacities of the facility by storing and drying 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, an integrated refrigeration and dry system is developed and installed, and the capacity of the storage is tested.

Fundamental development of the sandwich panel required in the first stage is completed in the principal investigator's laboratory. Therefore, tailored sandwich panels need to be designed and manufactured to build the storage facility. The panels are manufactured as parts and assembled to form a storage facility. Structural and insulation properties of the panel are tested and assembling methods 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, roof is build with existing sandwich panels and steel pipes.

In the third stage, an integrated refrigeration and dry system is developed for the low-temperature storage facility and installed. And the cold storage and drying capacity of the storage is tested.

4. Results and Suggestions

A. Results of research and development

The following results were obtained from the two year research to develop a multi-purpose storage facility for a small and single farm.

(1) Development and test of polymer concrete sandwich panels

In order to effectively build a multi-purpose 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) kg/cm^2 , maximum moment strength from 2.5 to 8.2 (average 3.1) kg/cm^2 , maximum shear stress from 550 to 1,600 (average 800) kg/cm^2 , and compression strength from 8,000 to 28,000 kg. Relationships between load and horizontal displacement, and compression moment and compressive and tensile strain 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, side 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 110 mm. Size of the bottom and ceiling panels was about 1.0 m × 1.9 m and weighed about 40 kg. Size of the wall panel was about 1.0 m × 3.0 m and weighed about 70 kg. Twenty panels for bottom and ceiling, respectively, and 28 panels for wall were manufactured. Assembling and bonding techniques to build a storage with the panels were developed.

(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 3.70 m × 9.10 m (33.67 m²) and the height was 3.10 m. The construction works were carried out from site preparation, foundation works, assembly of box-shaped storage unit, roof construction, bio-ceramic application, and development and installation of refrigeration and dry 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 panel

joints and thus, to minimize heat losses.

(4) Installation of an integrated refrigeration and dry system

Development, production and installation of an integrated refrigeration and dry system were performed by closely cooperating with a specialty company. Air temperature of 33 °C and storage temperature of -10 °C were assumed to design a refrigeration system, and refrigeration load of 7,549 Kcal/h was computed. To meet the load, a 10 HP compressor and an 11,000 Kcal condenser were used. For the dry system, an energy pump was used. The refrigeration and dry systems were integrated into one system to cut down manufacturing and operating costs. Air duct was placed across the ceiling to evenly deliver cold air for cold storage but hot air was introduced through a duct installed at the bottom of the storage.

(5) Construction of pre-cooling room

A 10 m² precooling room was built beside the storage. Mountain toe was horizontally excavated and boulders and cement mortar were used to build walls. After completion of the walls, reinforced cement concrete slab was put on the wall to form the precooling room. Outside of the room was covered with soil of about 1 m or more and insulation door was installed.

(6) Bio-ceramic painting

The storage walls, ceiling and bottom were painted twice with

bio-ceramic material that emits far infrared rays. The far infrared rays help keep the freshness of storing products and prevent them from decaying. It also plays an important role in drying agricultural products.

(7) Test for the capability of the multi-purpose storage facility

Twenty seven T-type thermocouples were placed in the storage and three on the outside storage wall to monitor temperature changes. Under the natural condition, inside temperature followed the patterns of outside temperature fluctuation but with much less magnitude. Inside temperature was well distributed with less than 1 °C difference.

When dry system was on, inside temperature rose from 9 °C to 39 °C in 90 minutes while the outside temperature was 9 °C and control temperature 40 °C. If the control temperature set up at 50 °C, time to reach 39 °C was about 25 minutes. Inside temperature differences were about 2 to 3 °C. The temperature differences were observed at the corners of the storage where air circulation retarded. Inside temperature can be risen more than 80 °C.

When refrigeration system was on, inside temperature dropped from 27 °C to below -16 °C in 6 hours while outside temperature was 27 °C. Temperature drop was faster for the first 2 hours and then the drop rate decreased with time. As the temperature approaches -20 °C, the drop rate became small. The system was stopped when the temperature was -25 °C. By considering the drop rate, it is recommended that economic

operation temperature for cold storage be about -16°C .

It was proven that the multi-purpose storage facility developed in the study is versatile and structurally safe. And it is expected that the storage facility could help increase farmer's income if the storages could be built.

B. Suggestions

For the two year project, design and manufacture of polymer concrete sandwich panels for a small multi-purpose storage facility, design and construction of the storage, development and installation of an integrated refrigeration and dry system, construction of pre-cooling room, application of bio-ceramic material, and test of the capacity of the storage were carried out. And the following suggestions were made to improve the storage facility and to transfer the techniques to farmers.

(1) Development of automated polymer concrete sandwich panel manufacturing processes

The techniques of automated manufacturing processes must be developed and transferred to the related businesses. Automated manufacturing processes can cut down the production cost and improve the quality of the sandwich panel.

(2) Study on the long-term behavior of the panel

Polymer concrete sandwich panel is a relatively new construction

material and has the characteristics of high thermal insulation, strong structural strengths and watertightness, which were proved in this study. Because once the storage facility is built, it may last tens of years. And these characteristics need to be monitored with respect to its structural behavior, thermal insulation and watertightness through longterm studies.

(3) Construction standards and application methods

The multi-purpose storage facility is versatile and can help farmers increase income. But, in order to transfer the construction techniques and application methods to farmers, standard methods of construction should be specified and various experimental data collected. Because of limited time of study, experimental data could not be collected to develop an effective application methods for the storage facility. Many agricultural products and byproducts from forests can be dried, refrigerated, or stored in the storage. And processed product such as Kimchi can be tested by using the storage or the storage can be used as a growing chamber for various mushrooms. These techniques and experimental data will help farmer effectively use the storage all year round.

여 백

CONTENTS

| | |
|--|----|
| CHAPTER 1. RESEARCH BACKGROUND | 31 |
| Section 1. Necessities of the Research | 31 |
| Section 2. Objectives | 33 |
| Section 3. Contents and Scope | 37 |
| CHAPTER 2. STATUS OF CURRENT LOW-TEMPERATURE STORAGE FACILITY | 43 |
| Section 1. Storage Facility | 43 |
| Section 2. Operational Status | 49 |
| Section 3. Problems of Low-Temperature Storage Facility | 53 |
| Section 4. Advances in Refrigerating Technique | 58 |
| CHAPTER 3. PRODUCTION OF THE PANEL AND TESTS | 63 |
| Section 1. Introduction | 63 |
| Section 2. Materials | 63 |
| Section 3. Production of the Panel | 72 |
| Section 4. Structural Tests | 79 |
| CHAPTER 4. DESIGN OF STORAGE FACILITY | 89 |
| Section 1. Introduction | 89 |
| Section 2. Conditions for Storage | 91 |

| | |
|---|------------|
| Section 3. Design of Storage Facility | 98 |
| Section 4. Design of Refrigeration System | 120 |
| Section 5. Application of Bio-Ceramic Material..... | 131 |
| Section 6. Conclusion | 136 |
| CHAPTER 5. CONSTRUCTION OF STORAGE FACILITY | 141 |
| Section 1. Introduction | 141 |
| Section 2. Construction of Storage | 142 |
| Section 3. Preparation of Pre-cooling room | 146 |
| Section 4. Installation of Dry and Refrigeration System | 148 |
| CHAPTER 6. TEST OF STORAGE FACILITY | 153 |
| Section 1. Introduction | 153 |
| Section 2. Dry Test | 153 |
| Section 3. Refrigeration Test | 162 |
| CHAPTER 7. RESEARCH RESULTS AND SUGGESTIONS | 171 |
| Section 1. Research Results | 171 |
| Section 2. Suggestions and Future Study..... | 180 |
| REFERENCES | 185 |

목 차

| | | |
|-------|------------------------------|----|
| 제 1 장 | 연구의 배경 | 31 |
| 제 1 절 | 연구의 필요성 | 31 |
| 제 2 절 | 연구개발의 목적 | 33 |
| 제 3 절 | 연구내용 및 범위 | 37 |
| 제 2 장 | 저온저장시설 현황 | 43 |
| 제 1 절 | 시설설치 현황 | 43 |
| 제 2 절 | 시설운영 현황 | 49 |
| 제 3 절 | 저온저장 시설의 문제점 | 53 |
| 제 4 절 | 냉장방법의 새기술..... | 58 |
| 제 3 장 | 패널제작 및 구조시험 | 63 |
| 제 1 절 | 개 요 | 63 |
| 제 2 절 | 사용재료 | 63 |
| 제 3 절 | 폴리머 콘크리트 샌드위치 패널의 제작 | 72 |
| 제 4 절 | 폴리머 콘크리트 샌드위치 패널의 구조시험 | 79 |
| 제 4 장 | 저장시설의 설계 | 89 |
| 제 1 절 | 서 론 | 89 |
| 제 2 절 | 저장시설의 요건 | 91 |
| 제 3 절 | 저장고의 설계 | 98 |

| | | |
|----------------|------------------------------|------------|
| 제 4 절 | 냉장설비 설계 | 120 |
| 제 5 절 | Bio Ceramic 도장..... | 131 |
| 제 6 절 | 결 론 | 136 |
| 제 5 장 | 저온저장시설의 시공 | 141 |
| 제 1 절 | 서 론 | 141 |
| 제 2 절 | 저온저장시설의 시공 | 142 |
| 제 3 절 | 예냉실의 건축 | 146 |
| 제 4 절 | 냉장 및 건조시설 설치 | 148 |
| 제 6 장 | 저장시설의 시험..... | 153 |
| 제 1 절 | 서 론 | 153 |
| 제 2 절 | 건조시험 | 153 |
| 제 3 절 | 냉장시험 | 162 |
| 제 7 장 | 연구결과 및 금후의 연구방향 | 171 |
| 제 1 절 | 연구결과 | 171 |
| 제 2 절 | 금후의 연구방향 | 180 |
| 참 고 문 헌 | | 185 |

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 만능주의의 범주를 벗어나지 못하고 있다

지속적이며 안정적으로 식량자급율을 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 농기계 보급율도 상당한 수준에 와 있다는 점을 감안하면 이제는 무관심하였던 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, 농업인의 수익성을 제고하여 영농에 대한 애착심을 불러 일으키고, 이것이 다시 농업생산성을 높이게 되는 연쇄효과를 수반하여 농업생산활동의 극대화를 이룰 수 있게 한다.

농산물의 저장·가공 및 유통시설의 현대화에 가장 필연적으로 요구되는 시설은 제 1 차 농업생산 단위인 농가나 부락단위의 농업에서 생산된 농작

물의 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 산림으로부터 각종의 버섯, 산채 등의 임산 부산물도 중요한 농산물 중의 하나이다. 그러나, 이와 같은 계절적인 농산물은 그 생산과 출하시기가 거의 동일하여 과잉 및 과소 생산으로 인한 가격차가 극심하며 전국적인 생산 동향의 정보수집 및 이용능력이 부족한 농업인들에게는 항상 불안한 심리적 압박감(stress)을 주고 있으며, 경우에 따라서는 생산원가에도 못미치는 가격에 출하를 해야한다.

따라서 이와 같은 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 생산 시설로도 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 저온저장 시설이 필요하다. 이와 같은 개량된 저온저장시설의 개발은 농어촌의 소득 증대에 있어서 최우선 당면과제이므로 농어촌 구조 개선사업의 중요한 한 부분을 차지하여야 하며, 이는 정부가 1994년부터 1998년까지 5년간 42조원

을 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, 단열효과가 좋아 농촌, 산간, 어촌 지역은 물론 도시 등의 임시시설물 혹은 영구시설물에 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 에너지 소비량이 많은 기존의 냉매를 이용하는 냉각방법에서 탈피하여 경제적이며 효율이 높은 냉장방법을 개발하는 것이다. 새로 개발될 냉장방법은 단순한 냉장기능외에도 냉동 및 건조기능을 갖춘 다목적 설비를 개발한다. 따라서 현시대에서 응용할 수 있는 다양한 기술을 검토하고 경제성을 분석하여 우리 나라의 농촌실정에 타당한 기

술을 응용하여 냉장과 건조기능을 동시에 갖춘 장비를 개발한다. 댐이나 계곡의 냉수를 이용한 냉장방법, 히트펌프(heat pump) 혹은 에너지 펌프(energy pump)의 원리를 이용하는 냉장 및 건조장비의 개발에 목표를 두고 연구를 진행한다. 본 연구에서 중점적 연구과제고 선택한 새로운 냉장 및 건조설비의 개발은 히트펌프(heat pump)나 에너지 펌프(energy pump)의 원리를 이용하고 있으며 주변의 풍부한 수자원을 이용하여 농산물의 예냉시설을 갖추는 것이다. 에너지 펌프를 이용한 냉장 및 건조시설은 기존의 냉매를 이용하는 방법과 화석연료를 연소하여 가열하는 방법에 비하여 높은 에너지 효율을 가지고 있다. 특히 건조시에는 상당한 에너지 절약효과가 있는 것으로 알려져 있다. 에너지 펌프를 이용한 냉장 및 건조시설은 1대의 장비로 냉장과 건조시설을 동시에 발휘할 수 있으므로 기존의 시설보다 기계설비가 간단하고 설치 및 관리가 용이하다. 따라서 에너지 펌프를 이용한 냉장 및 건조시설이 농가용 소형저장시설에 적합하게 개발된다면 이의 응용성은 대단히 클 것이다. 개발시에는 기존의 제품보다 많은 비용이 투자되지만 개발이 성공되어 양산체제를 갖춘다면 시설의 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. 저장고가 완성되면 저장고의 내외부에 많은 온도감지 센서를 부착하여 주변 온도에 따른 저장고내의 온도변화, 건조능력, 냉장능력 등을 정밀

하게 연구한다. 또한 여러 분야에서 농산물의 저장에 관한 연구가 많이 이루어지고 있으므로 이들의 연구결과를 응용하여 동일한 저장조건에서도 품질을 유지하며 저장기간을 연장할 수 있는 다양한 방법을 연구한다. 특히 원적외선의 방출이 큰 Bio-ceramic 등에 관한 자료를 이용하여 농산물의 저장효과를 극대화할 수 있는 방법을 강구한다. 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, 건조시설 혹은 창고로 쓰일 수 있는 경제적인 저온저장시설의 개발은 농촌에서 가장 필요로 하는 기술이다. 본 연구에서는 저장고용 폴리머 샌드위치 패널의 양산기술, 패널을 이용한 건축기술, 냉장 및 건조시설의 설치 및 운영기술, 그리고 저장고의 유지 및 보수기술 등을 개발하여 농가용 다목적 저장시설의 범용화에 기여한다.

2. 경제적 측면

경제적 측면에서 개발의 필요성은 두가지 면에서 고려할 수 있다. 첫째가 저온저장 및 건조시설로서의 이용은 물론 생산시설로서도 사용될 수 있는 저렴한 가격의 저장시설을 개발하여 농가에 과도한 부담없이 보급을 할 수 있다. 둘째는 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 신속히 건조시키고 또한 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 건지지 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 방수이고 단열 성능이 높을 뿐아니라 설치공사비가 비교적 싸고 냉장 및 건조설비를 1대의 장비로 설치할 수 있어 설치 비용이 저렴할 뿐만 아니라 운영경비가 저렴하여 농업인들이 비교적 작은 부담으로 설치·운영할 수 있다. 그러므로 본 저온저장시설의 개발을 통하여 농업인에게 보다 많은 소득을 올릴 수 있는 길을 열어주고 또한 영농에 대한 애착심을 길러줄 수 있다.

3. 사회적 측면

우리나라 농업의 지속적 발전과 국제경쟁력 강화를 위해서 가장 필요로 하는 것은 정부의 지원도 중요하지만 무엇보다도 농업인 스스로가 “우리도 할 수 있다”는 자신감과 미래에 대한 도전적인 자세를 갖게 하는 것이다. 현재의 농업인은 UR이 우리나라 농업에 대한 사형선고나 다름 없는 것이라고 생각하며 영농에 대한 애착이 없어지고 기회만 있으면 이농을 할 생각을 하고 있다. 이와 같은 상황에서 정부의 물질적인 지원은 농업인에게 의태심만 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 농업인 각자가 영농에 대한 애착심을 갖고 자신있게 미래를 설계할 수 있는 개척정신을 불어 넣는 게 중요하다.

본 폴리머 콘크리트 샌드위치 패널 저온저장시설은 저렴한 공사비와 운영비로 농업의 소득을 높일 수 있게 하여 농업인들이 영농에 대한 애착심과 자신감을 갖도록 하여 자립의 기틀을 마련하는데 중요한 기여를 할 수 있을 것이다. 강원도에서는 몇 년전 반지하식 시멘트 콘크리트 구조의 저온저장시설을 개발하고 보급을 꾀하고 있으나 그 성능이 미비하고 공사비가 비싸 보급이 잘 되지 않고 있다. 따라서 본 저온저장시설은 침체되어 있는 농민 의식의 개혁에도 중요한 역할을 할 수 있다.

제 3 절 연구내용 및 범위

폴리머 콘크리트 샌드위치 패널을 이용한 농가용 다목적 저온저장시설의 개발은 3 단계로 구분되어 추진한다. 제 1 단계에서는 폴리머 콘크리트

샌드위치 패널의 개발과 이를 이용한 저온저장시설의 건축방법을 개발하였으며, 제 2 단계에서는 저온저장시설을 협동연구자의 농장에 실물크기로 건축한다. 폴리머 콘크리트 샌드위치 패널 저온저장시설의 건축에는 연구진이 직접 참여하여 제 1 단계에서 개발된 건축방법을 보완하고 저장고의 보급에 대비하여 건축방법에 관한 시방요령을 기술한다. 그리고 제 3 단계는 폴리머 콘크리트 샌드위치 패널을 이용하여 건축한 저온저장고에 냉장 및 건조 시설을 개발하고 설치하여 그 실용성과 응용성을 검토한다.

제 1 단계에서 필요로하는 건축재료의 개발은 이미 농공학과의 재료실험실에서 많은 연구가 진행되어 있다. 샌드위치 패널의 개발에 중심이 되는 폴리머 콘크리트가 개발되어 있어 이를 이용하여 폴리머 콘크리트 샌드위치 패널을 개발한다. 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 건축시는 패널과 패널을 조립하고 접착하여 저장고를 건축할 수 있도록 제1차년도 연구에서 개발되었다. 폴리머 콘크리트 샌드위치 패널은 중심부 재료로 단열성이 우수한 100 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 하면

서 ①상업적으로 대량생산할 수 있는 폴리머 콘크리트 샌드위치 패널 제조 방법 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. 제 1 단계에서 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 정리하고 기초콘크리트를 타설한다. 약 50평의 저장고 부지를 정리하고 두께 20cm의 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. 샌드위치 패널을 이용한 Box형의 저장고 본체가 완성되면 출입문과 지붕을 설치한다. 또한 저장고의 급격한 냉장부하를 줄이기 위한 예냉실을 저장고 주변에 건축한다.

제3단계는 건축된 저장고에 냉장 및 건조장비를 개발하고 설치한 후 성능실험을 통하여 저장고의 실용성을 연구한다. 다목적 저장시설로서의 목적을 달성하기 위하여 저장고에 설치되는 기계는 냉장 및 건조기능을 동시에 갖는 설비를 개발하여 설치한다. 다양한 분야에서 다양한 이론을 응용하여 농산물의 저장 및 건조를 위한 연구가 진행되고 있기 때문에 이들 기술을 도입하고 응용하여 현시대에서 가장 앞선 기술을 채택하여 냉장과 건조기능을 동시에 갖춘 기계설비를 냉장설비 전문업체와 공동으로 개발할 목표를 세우고 있다. 냉장 및 건조설비는 기존의 석탄이나 석유 등의 화석연료를 사용하는 기존의 냉장이나 건조시설 보다 운영 및 유지관리비가 절감될 수 있어야 한다. 또한 저장시설의 저장기능을 극대화하기 위하여 냉장 및 건조설비 외에 저장고의 기능을 보강할 수 있는 다양한 방법을 모색한다. 냉장 및 건조설비가 완료되면 다목적 저장시설의 성능을 실험하고 실용화 연구를 시작한다. 실용화 연구는 저장고의 건조능력과 냉장능력을 측정하여 평가한다. 저장고내부에 27개의 온도센서를 설치하고 저장고 외부에도 3개의 온도센서를 부착하여 Data logger로 온도변화를 모니터링하면서 저장고 내부의 온도상승 및 하강능력을 실험한다. 이상의 연구에서 개발의 타당성이 인정될 경우는 폴리머 콘크리트 샌드위치 패널을 이용한 저장고의 건축방법을 개발하고 개발된 기술의 기업이전을 통한 폴리머 샌드위치 패널의 공장제작 방법 연구, 지속적인 저장고의 실용화 연구, 그리고 전국의 농어촌으로 보급할 수 있는 준비를 한다.

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 소비되기까지에는 수송을 통하여 공간효용이 창출되고 가공을 통해서 형태적 효용이 추가되듯이, 시간적으로 발생하는 수급불균형을 조정하여 시간효용을 증대시키는 중요한 유통 시설에 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 양파기준 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 1,324개 동 중 개발자금에 의해 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 1.3동이며 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 |
| 전 국 | 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.

그림 2.1에서 볼 수 있는 바와 같이 전국적으로 '90년 이후 저장시설의 설치 물량이 급속하게 증가하고 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.

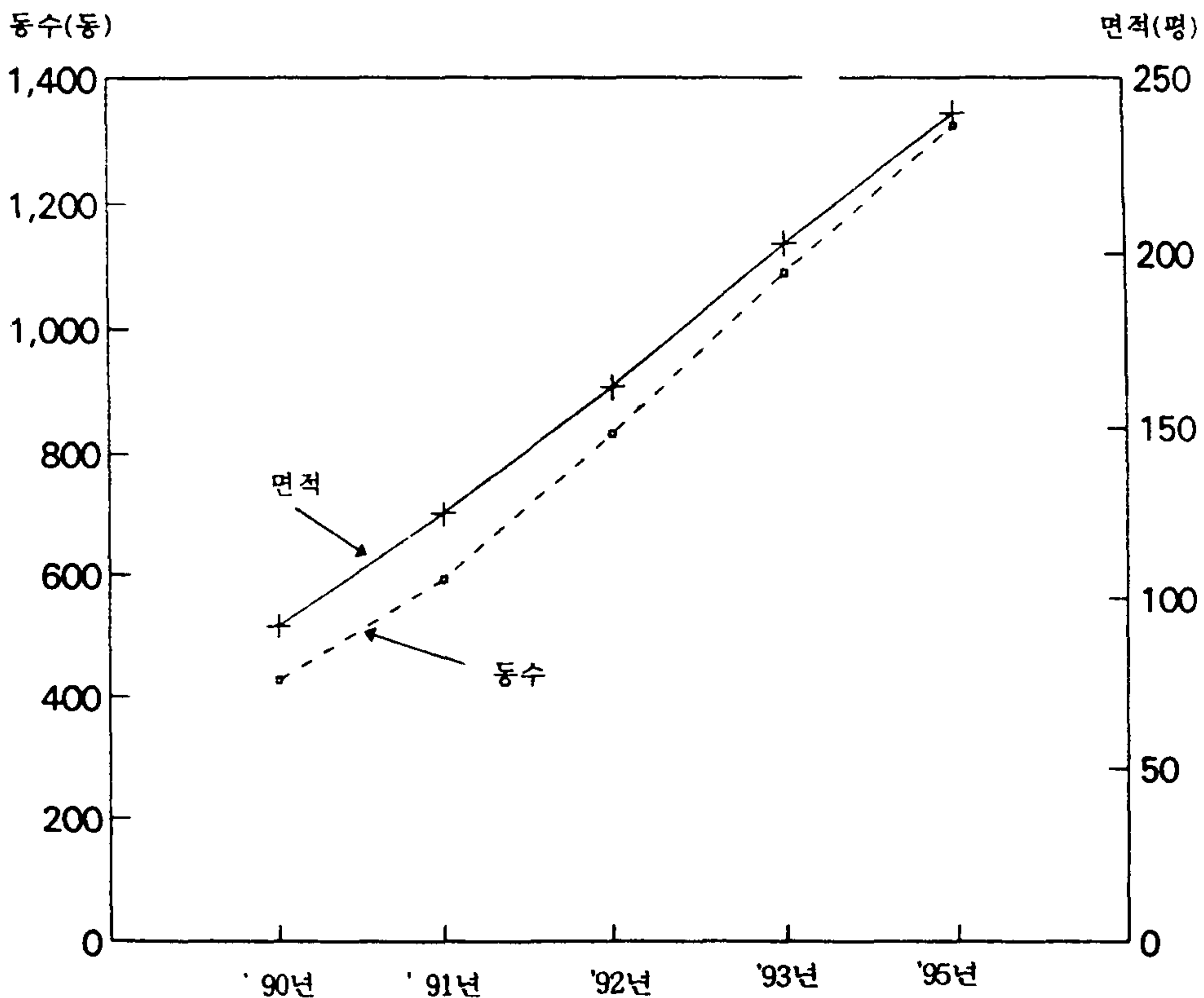


그림 2.1 년도별 동수 및 면적 증가비교

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) | |
| | 동 | 평 | | | | | | | | | % |
| 전 국 | 426 | 92,479 | 592 | 125,229 | 832 | 165,645 | 1,091 | 203,423 | 1,324 | 239,732 | 117.8 |
| 서 울 | 16 | 4,967 | 15 | 6,611 | 16 | 6,645 | 14 | 4,769 | 13 | 3,136 | 65.8 |
| 부 산 | 12 | 2,977 | 16 | 4,978 | 11 | 3,510 | 11 | 3,000 | 11 | 2,830 | 94.3 |
| 대 구 | 41 | 9,678 | 38 | 8,695 | 37 | 9,466 | 34 | 8,376 | 79 | 15,234 | 181.9 |
| 인 천 | 2 | 1,420 | 3 | 1,920 | 5 | 3,520 | 2 | 1,420 | 6 | 2,869 | 202.0 |
| 광 주 | 12 | 3,256 | 14 | 3,882 | 20 | 5,432 | 18 | 5,882 | 17 | 5,748 | 97.7 |
| 대 전 | 2 | 950 | 2 | 950 | 3 | 1,713 | 3 | 1,713 | 5 | 2,419 | 141.2 |
| 경 기 | 25 | 9,658 | 41 | 16,048 | 57 | 25,374 | 82 | 36,820 | 89 | 41,058 | 111.5 |
| 강 원 | 3 | 600 | 4 | 617 | 11 | 1,488 | 27 | 5,163 | 43 | 6,643 | 128.7 |
| 충 북 | 4 | 848 | 4 | 1,048 | 46 | 3,464 | 62 | 5,475 | 91 | 10,100 | 184.5 |
| 충 남 | 24 | 3,317 | 63 | 6,652 | 86 | 9,048 | 96 | 11,615 | 95 | 12,301 | 105.9 |
| 전 북 | 8 | 2,542 | 11 | 3,390 | 24 | 6,081 | 40 | 8,725 | 55 | 10,578 | 121.2 |
| 전 남 | 66 | 12,502 | 80 | 17,548 | 134 | 24,617 | 183 | 31,646 | 224 | 36,465 | 115.2 |
| 경 북 | 125 | 22,406 | 181 | 28,398 | 209 | 33,570 | 299 | 40,951 | 288 | 40,594 | 99.1 |
| 경 남 | 79 | 16,052 | 112 | 23,195 | 161 | 29,510 | 199 | 34,393 | 266 | 44,803 | 130.3 |
| 제 주 | 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%), 농진공이 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%), 농진공이 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 동당 면적이 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 | 1,324 | 239,732 | 274 | 44,114 | 13 | 17,309 | 1,037 | 178,309 |
| 서울 | 13 | 3,136 | | | 2 | 2,100 | 11 | 1,036 |
| 부산 | 11 | 2,830 | | | 2 | 2,000 | 9 | 830 |
| 대구 | 79 | 15,234 | 6 | 2,730 | 2 | 2,000 | 71 | 10,504 |
| 인천 | 6 | 2,869 | | | | | 6 | 2,869 |
| 광주 | 17 | 5,748 | 2 | 466 | 1 | 1,600 | 14 | 3,682 |
| 대전 | 5 | 2,419 | 3 | 906 | 1 | 750 | 1 | 763 |
| 경기 | 89 | 41,058 | 35 | 4,677 | 4 | 8,259 | 50 | 28,122 |
| 강원 | 43 | 6,643 | 10 | 1,352 | | | 33 | 5,291 |
| 충북 | 91 | 10,100 | 20 | 2,351 | | | 71 | 7,749 |
| 충남 | 95 | 12,301 | 25 | 3,759 | | | 70 | 8,542 |
| 전북 | 55 | 10,578 | 27 | 3,218 | 1 | 600 | 27 | 6,760 |
| 전남 | 224 | 36,465 | 41 | 6,278 | | | 183 | 30,187 |
| 경북 | 288 | 40,594 | 55 | 8,671 | | | 233 | 31,923 |
| 경남 | 266 | 44,803 | 43 | 8,118 | | | 223 | 36,685 |
| 제주 | 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, 지

역적 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 받는다고 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 1~2농가에서 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 수립방안을 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 있다든지 투수층이 있을 때 저장시설에는 누수가 되는 경우가 있으며, 단열성능 면에서도 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 취약

점이라고 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.

제 4 절 냉장방법의 새기술

기존의 후레온 가스 냉매를 이용하는 냉장방법은 다소간의 차이는 있어도 전력의 소모가 크고 냉매는 지구의 오존층을 파괴하는 오염물질로 분류되어 있어 새로운 방법의 냉장방법이 거의 실용화 단계에 있다. 새로운 냉장방법은 노르웨이와 일본의 과학자들이 공동으로 연구하고 있으며 냉매를 사용하지 않고 얼음물을 파이프로 순환시켜 냉각시키는 방법을 채택하고 있다.

얼음물 순환 냉각방법이 개발되지 못하였던 가장 큰 이유는 차갑게 냉각된 얼음물이 파이프를 순환하는 동안 빨리 더워져서 냉각효과가 떨어지고 이를 극복하기 위하여 다량의 냉각수를 고속으로 순환시키는데는 많은 시설과 에너지가 소요되었기 때문이다. 냉각수 대신 작은 얼음알갱이가 포함된 얼음물을 순환시키면 냉각효과가 상당히 증가되어 시설과 에너지의 소모를 줄일 수 있으나 이는 얼음덩어리들이 서로 엉키고 다짐이 되어 순환장애가 일어나기 때문에 실용화되지 못하였다. 그러나 일본과 노르웨이의 과학자들은 북극이나 남극지방에 서식하는 물고기의 피에 있는 동결저항성이 매우 큰 단백질(antifreeze protein, AFP)을 사용한다. AFP는 친수성이 강한 것과 친수성이 없는 종류가 있다.

단백질의 한쪽에는 친수성의 AFP가 자리잡고 다른 한쪽에는 친수성이 없는 AFP가 자리를 잡고 있다. AFP를 포함하는 용액이 0 °C 이하로 내려가면 친수성 AFP가 있는 쪽에는 약 2 nm 크기의 바늘같은 얼음이 얼고 다른 쪽에는 얼지 않는다. 이들 작은 얼음덩어리들은 뭉쳐져도 다져지지 않아 파이프를 잘 흐를 수 있는 얼음 슬러리를 만든다.

AFP를 혼합한 물을 사용하여 냉장시설을 개발하면 기존의 후레온 가스 냉

매를 이용하는 냉장능력 보다 약 50배에 달하는 냉장능력을 발휘할 수 있다고 한다. 이와 같은 신기술은 저온저장고용 냉장시설을 목표로 개발되고 있으며 또한 일반 자동차용 냉각수로도 사용이 될 수 있다고 한다. 우리 나라와 같이 에너지가 부족한 나라에서도 이와 같은 신개념의 냉장시설이 빨리 개발되어 환경도 보호하며 상업적인 대형의 저장시설에는 물론 농가의 소형 저온저장시설에도 응용될 수 있어야 하겠다.

여 백

제 3 장
패 널 제 작 및 구조 시험

여 백

제 3 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 3.1과 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), 활열 인장강도(KS F 2480), 휨 강도(KS F 2482)는 표 3.2와 같다. 표에서 보는 것 처럼 재령 7일에서 시험되었지만 폴리머 콘크리트의 압축강도, 활열인장강도 및 휨강도는 모두 보통 시멘트 콘크리트의 강도 보다 월등히 높았다. 압축강도는 고강도 콘크리트의 강도와 비슷하거나 높았으며 특히 활열인장강도와 휨강도 특성은 시멘트 콘크리트와는 비교할 수 없을 정도로 높았다.

표 3.1 폴리에스터 폴리머 콘크리트의 배합비

(단위 : wt.%)

| 결 합 재 | 총 전 재 | 골 재 | 비 고 |
|-------|-------|------|-----|
| 16 | 12.6 | 71.4 | |

표 3.2. 표면부용 폴리머 콘크리트의 물리·역학적 성질

| 비 중 | 탄성계수 (kg/cm ²) | 압축강도 (kg/cm ²) | 할열 인장강도 (kg/cm ²) | 휨강도 (kg/cm ²) |
|-----|-------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|------------------------------|
| 2.1 | 1.4×10 ⁹ | 650 | 91 | 175 |

2. 중심부 재료

중심부 재료로서는 발포 폴리스티렌(스티로폴), 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 3.3과 같으며 본 연구에서는 보온판 2호를 사용하였다.

표 3.3 KS에 규정된 발포 폴리스티렌의 성질

| 종류 | 밀도 (kg/m ³) | 열전도율 (평균온도 20±5°C, Kcal/m ² ·h·°C) | 굽힘강도 (kgf/cm ²) | 압축강도 (kgf/cm ²) | 흡수량 (g/100cm ²) | 투수계수 (두께 25mm당 g/m ² ·h·mmHg) |
|-----|----------------------------|--|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--|
| 보온판 | 1호 | 30이상 | 0.031 이하 | 3.5 이상 | 1.6 이상 | 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 | 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 3.4 및 표 3.5와 같다.

표 3.4 E-그라스의 물리·역학적 성질

| 비 중 | 인장강도 (kg/mm ²) | 인장탄성계수 (kg/mm ²) | 비 고 |
|------|-------------------------------|---------------------------------|-----|
| 2.55 | 350 | 7,400 | |

표 3.5 E-그라스의 화학적 성질

(단위 : %)

| SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | CaO | MgO | B ₂ O ₃ | Na ₂ 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 3.6과 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 3.7과 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 3.6 불포화 폴리에스터 수지의 성질

| 비중(25°C) | 점도 (25°C, ps) | 산 가 | 스티렌 함량 (%) |
|-----------|------------------|------|---------------|
| 1.12±0.02 | 4±1.2 | 24±4 | 38.0 |

표 3.7 개시제의 성질

| 성 분 | 비 중 (25°C) | 활성산소 (%) |
|----------------------|---------------|-------------|
| MEKPO 55% DMP 45% | 1.13 | 10.0 |

표 3.8 수축감소제의 성질

| 점 도 (25°C, 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 3.8과 같다.

7. 충전재

충전재는 무기질이며 흡수성이 작아야 하는데 비교적 고가인 폴리머의 사용량을 줄일 목적으로 사용된다. 입자크기는 1~30 μm 정도, 분말도는 2,500~3,000 cm^2/g , 수분함량 0.1% 미만의 조건을 갖추어야 한다. 본 연구에서는 저가이며 구입이 용이한 중질 탄산칼슘(Heavy Calcium Carbonate)을 사용하였으며, 그 성질은 표 3.9 및 표 3.10과 같다.

8. 골재

폴리머 콘크리트용 세골재는 보통의 강모래를 사용할 수 있으나 유기 불순물을 함유하지 않아야 하며 함유율이 0.1% 이하라야 한다. 본 연구에 사용된 세골재는 홍천강에서 채취한 것으로 골재의 물리적 성질 및 체가름 시험 결과는 표 3.11 및 그림 3.1과 같다.

표 3.9 중질 탄산칼슘의 성질

| 비 중 (gr/cc) | 흡 수 율 (cc/gr) | 함수량 (%) | pH | 평균입자 (μm) | 백색도 (%) | 325번체잔량 (%) |
|----------------|------------------|------------|-----|---------------------------|------------|----------------|
| 0.75 | 0.20 | 0.3이하 | 8.8 | 13 | 90 | 0.03 |

표 3.10 중질 탄산칼슘의 화학적 성분

(단위 : %)

| CaO | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | SiO ₂ | MgO | 강열감량 |
|------|--------------------------------|--------------------------------|------------------|------|------|
| 53.7 | 0.25 | 0.09 | 2.23 | 0.66 | 42.4 |

표 3.11 세골재의 물리적 성질

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

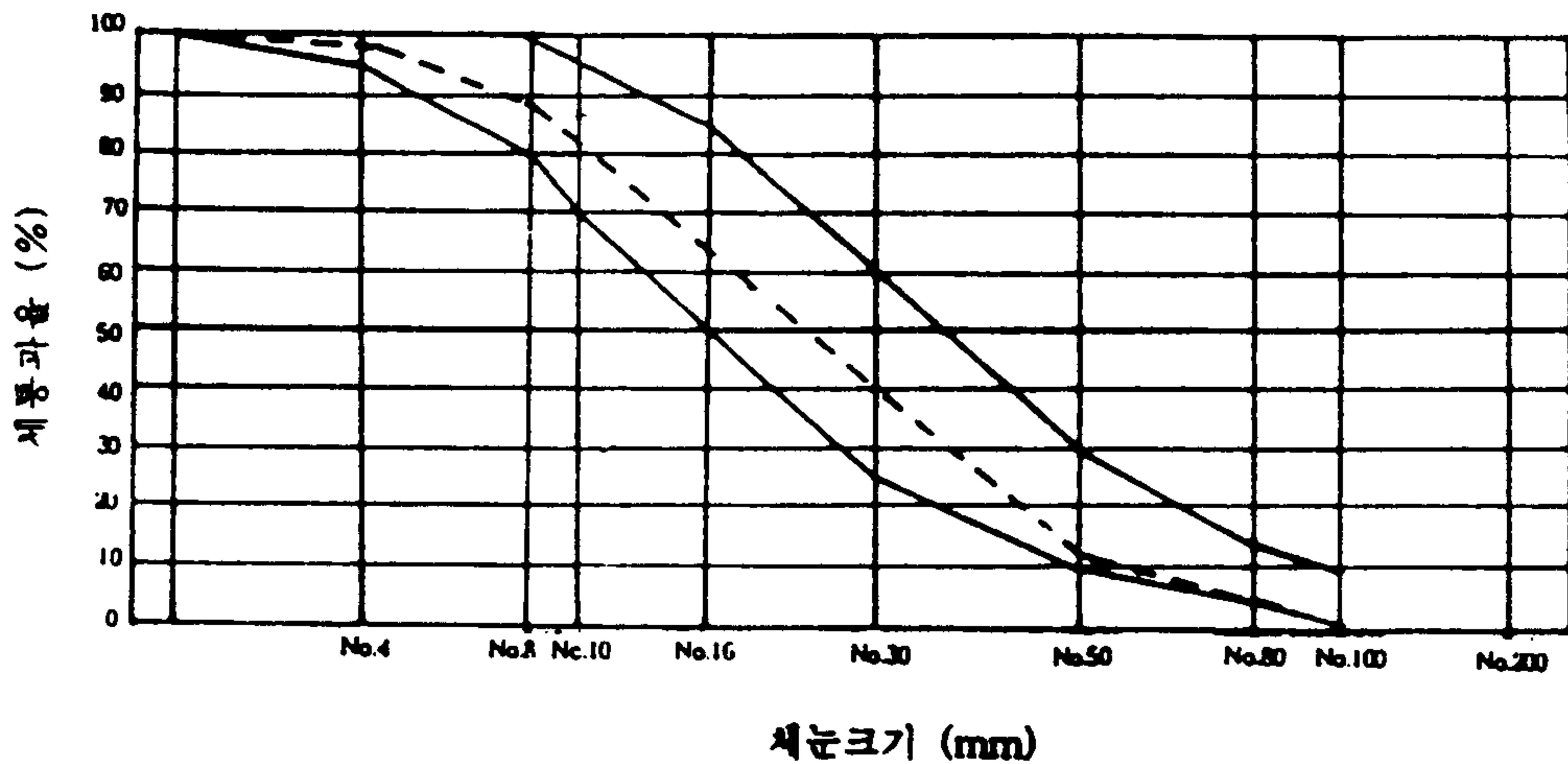


그림 3.1 세골재의 입도곡선

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 90 cm × 180 cm 이며, 중심부의 두께는 50 mm이다. 표면부의 두께는 5 mm로 하였

으며 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) 표면부에 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 샌드위치

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 3.1).

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, 패널 조립과 접착 기술의 개발, 조립시 필요한 시설 및 장비 등에 관한 기술을 축적하였다.

모형저장고의 건축에서 검토된 패널의 모형을 종합하여 그림 3.2과 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 조립, 운반 및 작업시의 파손정도 등에서 어느 정도 문제가 노출되었으나 제작의 난이도, 조립시의 난이도 및 단열성능면에서 우수하게 평가받아 최종적인 샌드위치 패널의 모양으로 결정되었다.

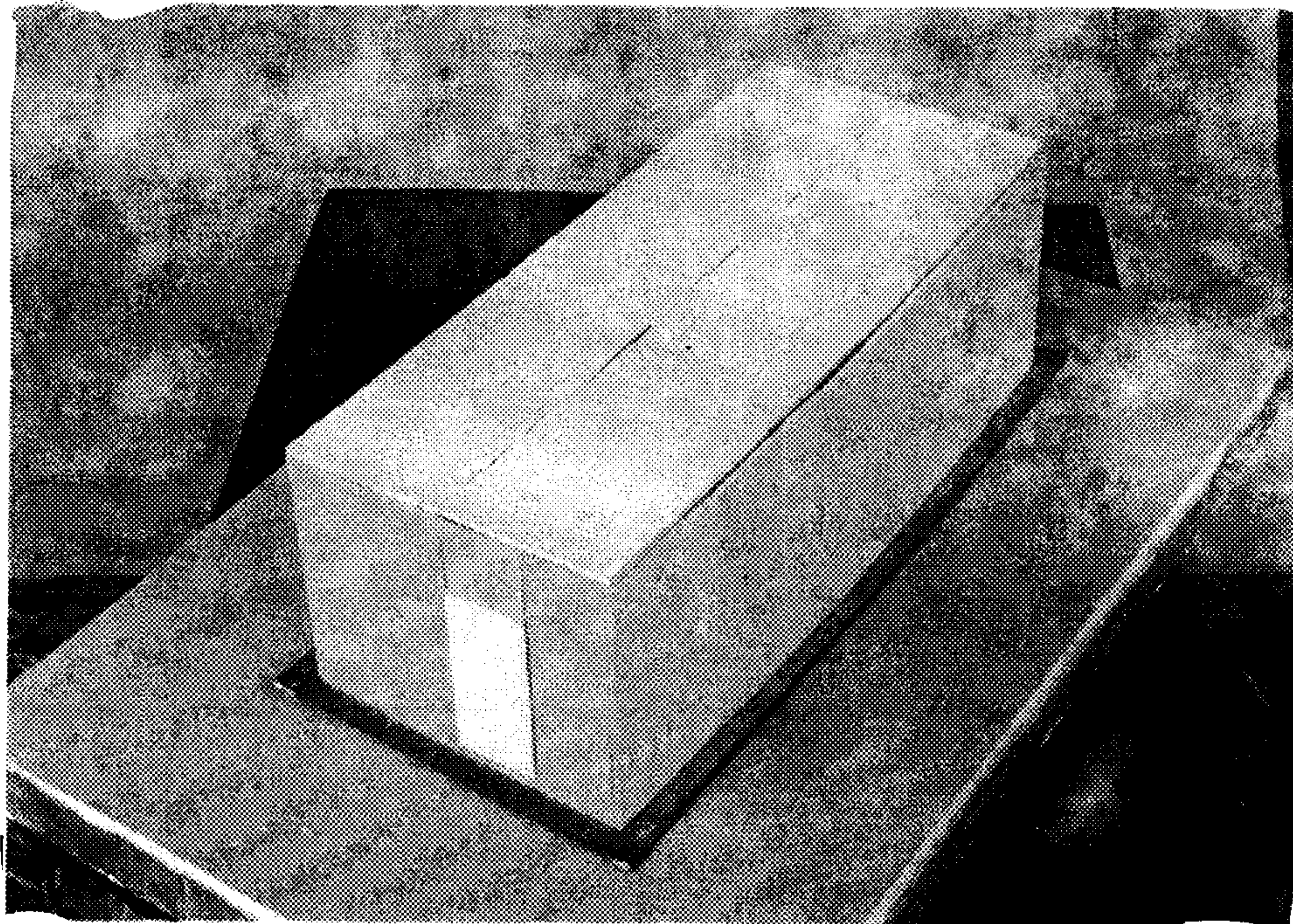
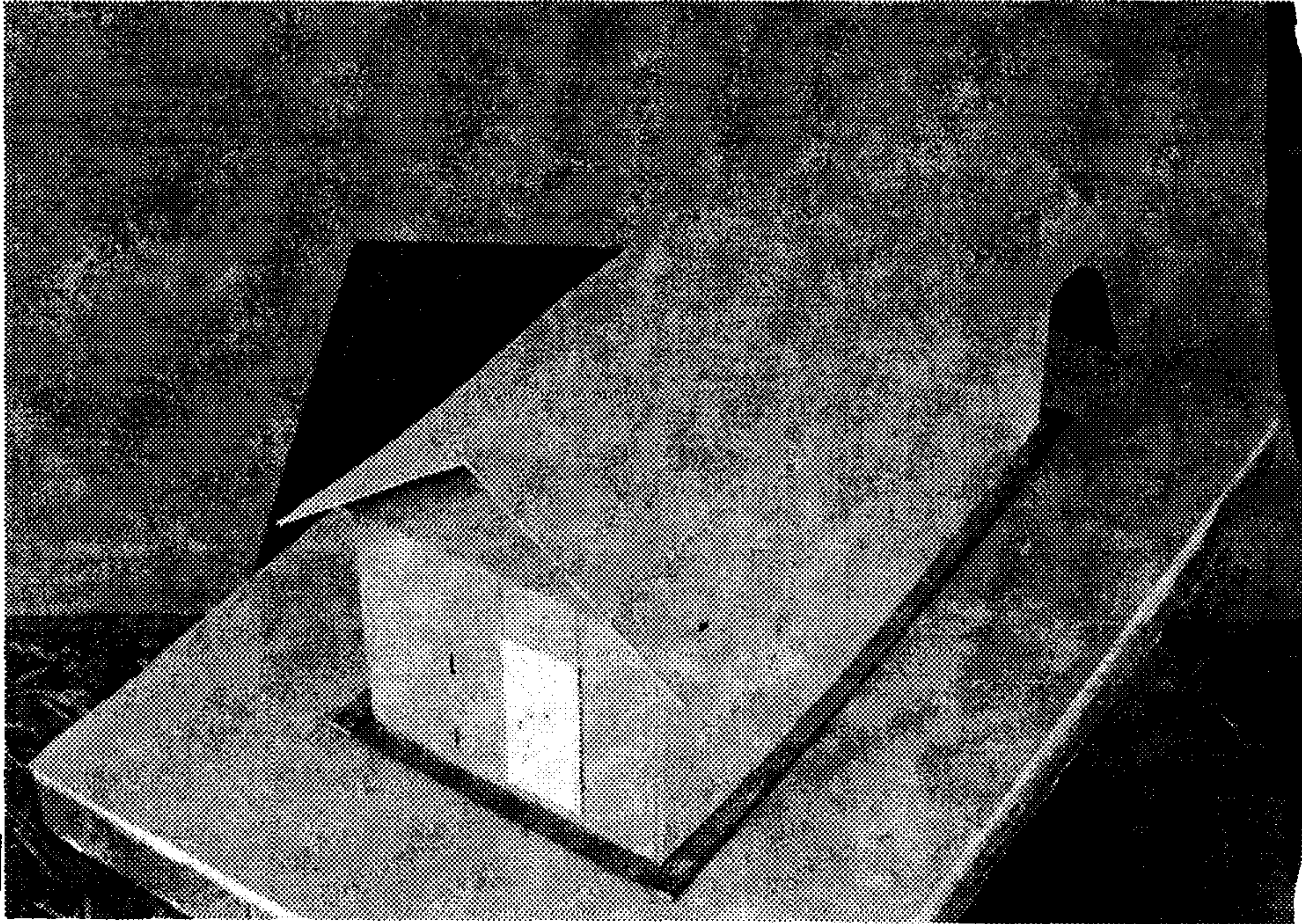
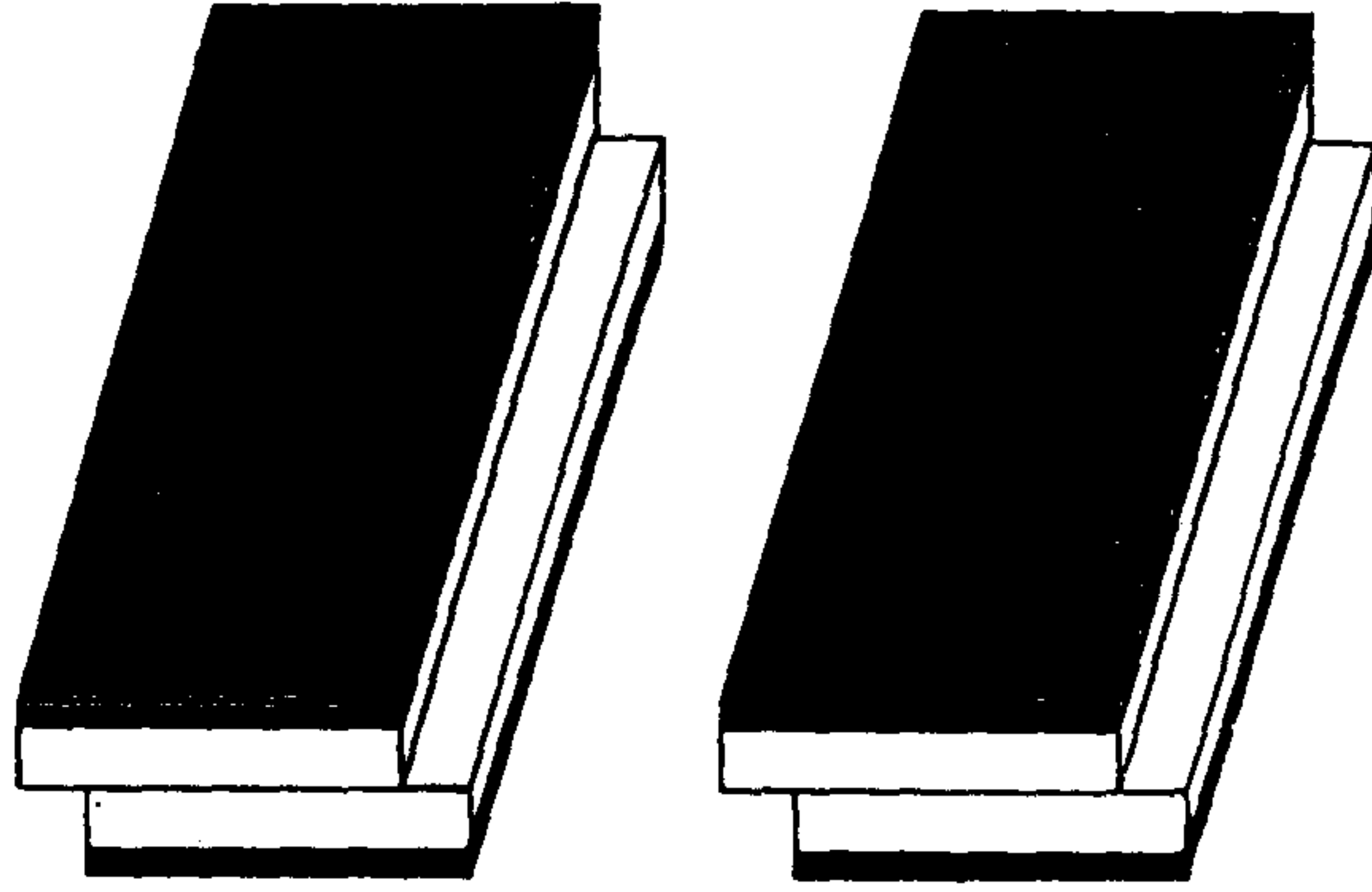
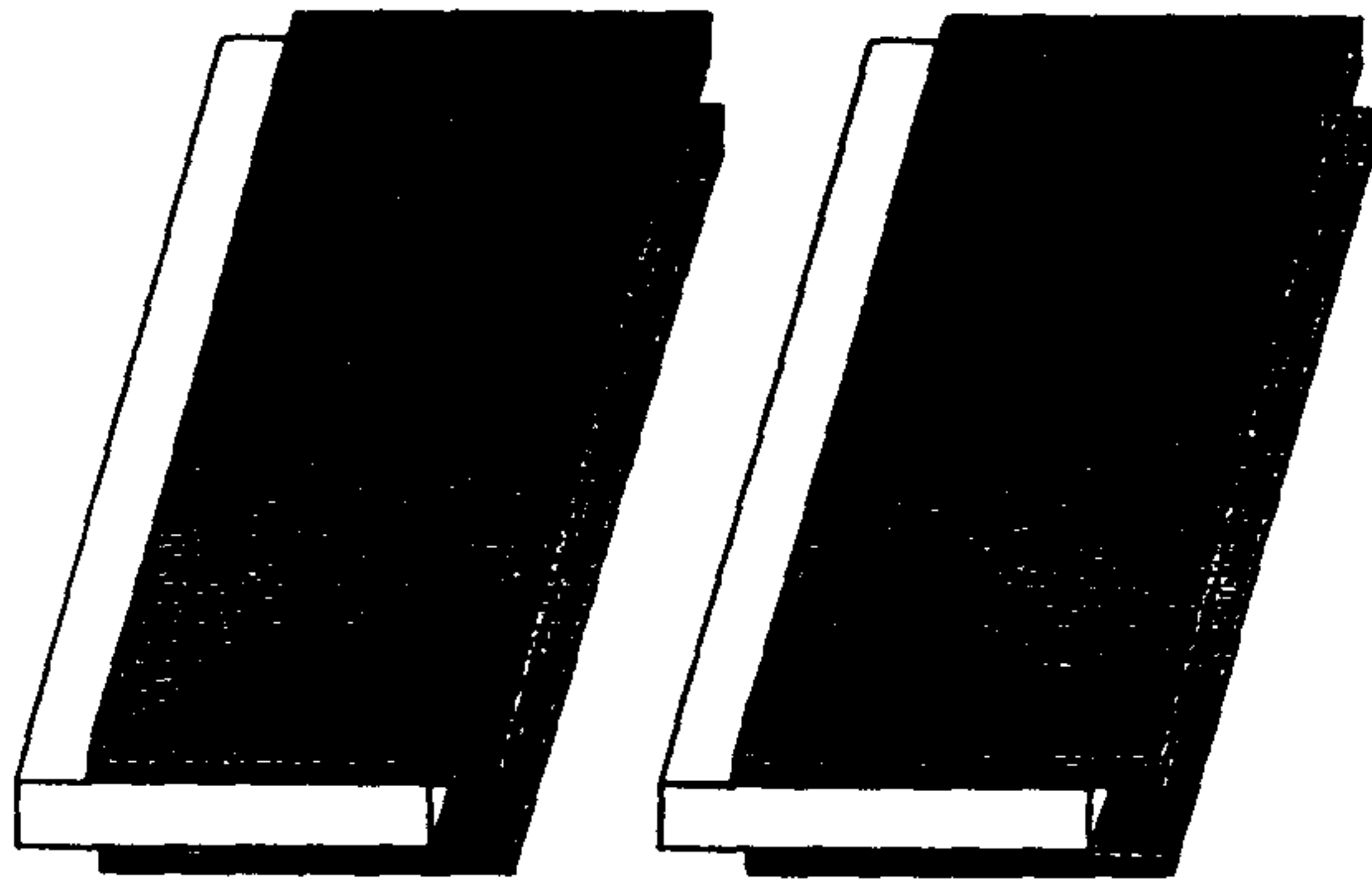


사진 3.1 저온저장시설의 모형

A)



B)



C)

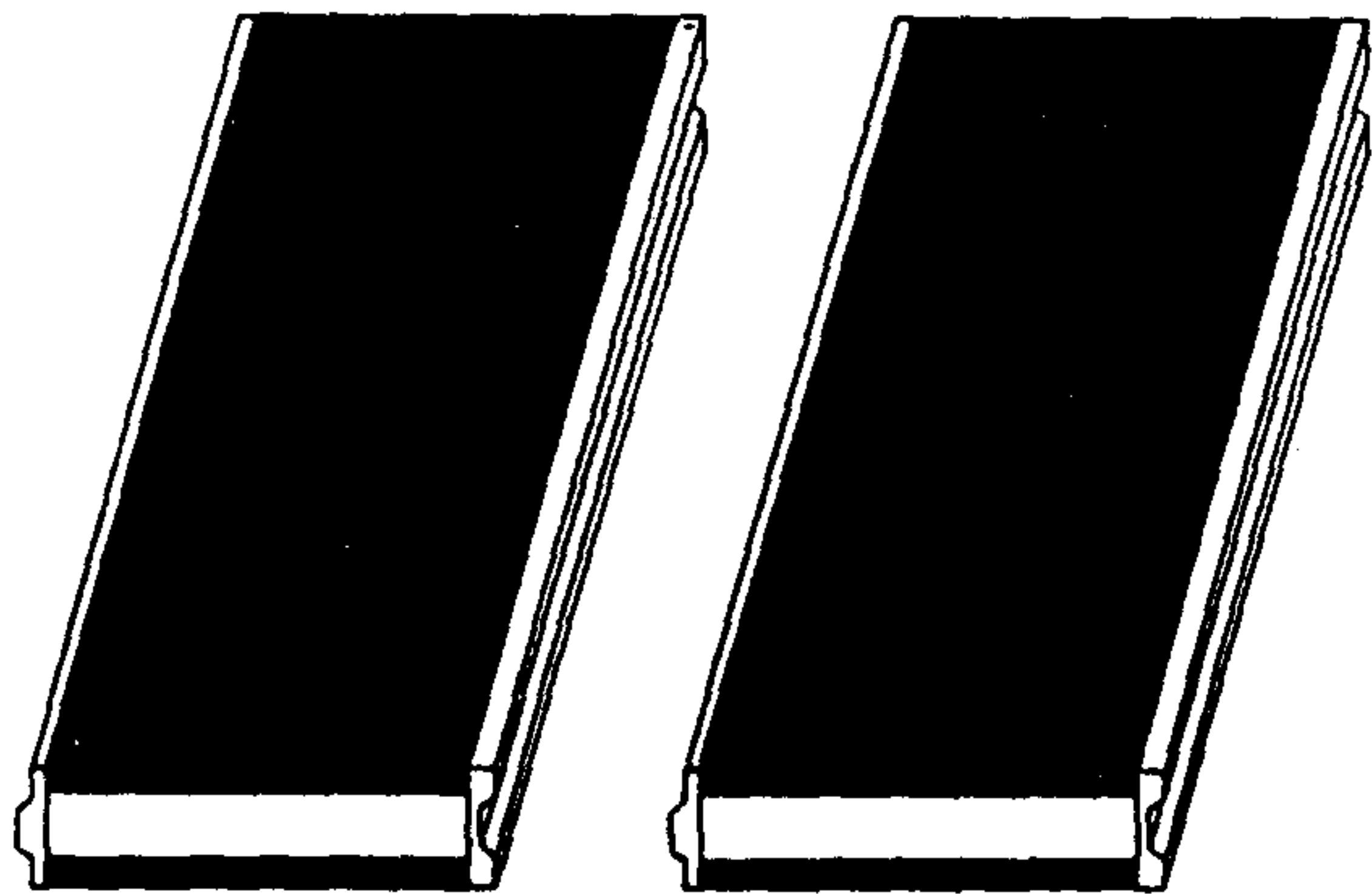


그림 3.2 폴리머 콘크리트 샌드위치 패널의 모형

나. 패널의 제작

저온저장시설 건축용 패널은 중심부 재료로 사용되는 발포 폴리스티렌의 가공을 최소화하면서도 소정 규격의 저장고를 조립식으로 건축할 수 있도록 설계되었다(그림 3.2A). 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 m × 1.9 m × 0.11 m로 완성된 후의 무게는 약 40 kg이었다. 저장고의 벽체용 패널의 크기는 1.0 m × 3.0 m × 0.11 m로 무게는 약 70 kg이었다. 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 10 cm로 두께가 11 cm였다.

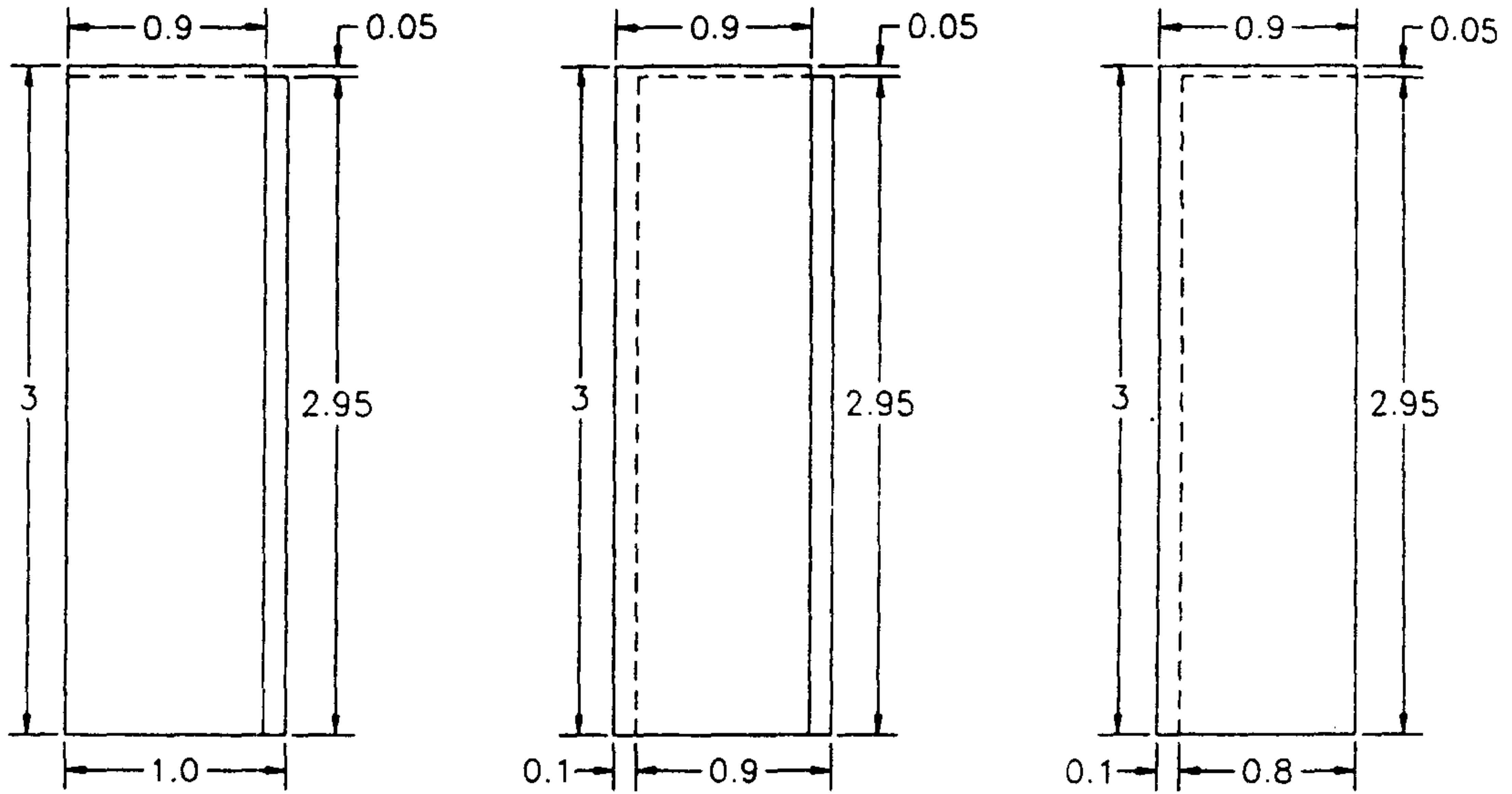


그림 3.3 벽체용 샌드위치 패널의 모양과 규격 (단위 : m)

그림 3.2의 A에서와 같이 패널의 모양은 직육면체가 아니기 때문에 10 cm 짜리 중심부 재료를 사용하면 발포 폴리스티렌을 패널의 모양에 맞게 정확하게 가공하여야 하는 어려움이 있고 또한 표면부를 접착할 때도 많은 문제점이 따른다. 따라서 본 연구에서는 5 cm 두께의 발포 폴리스티렌을 2장 사용하여 제작하는 방법을 개발하였다.

패널의 설계치수에 맞게 본 연구진이 개발한 절단기에 의해 재단된 각각의 5 cm 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 10 cm인 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 역학적 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 3.4와 같다. 패널의 표면부는 강도 뿐만 아니라 내구성도 좋아야 한다. 중심부 재료는 반드시 연속재료가 아니어도 되며 벌집모양이나 파형인 재료가 유리한 것으로 되어 있다. 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

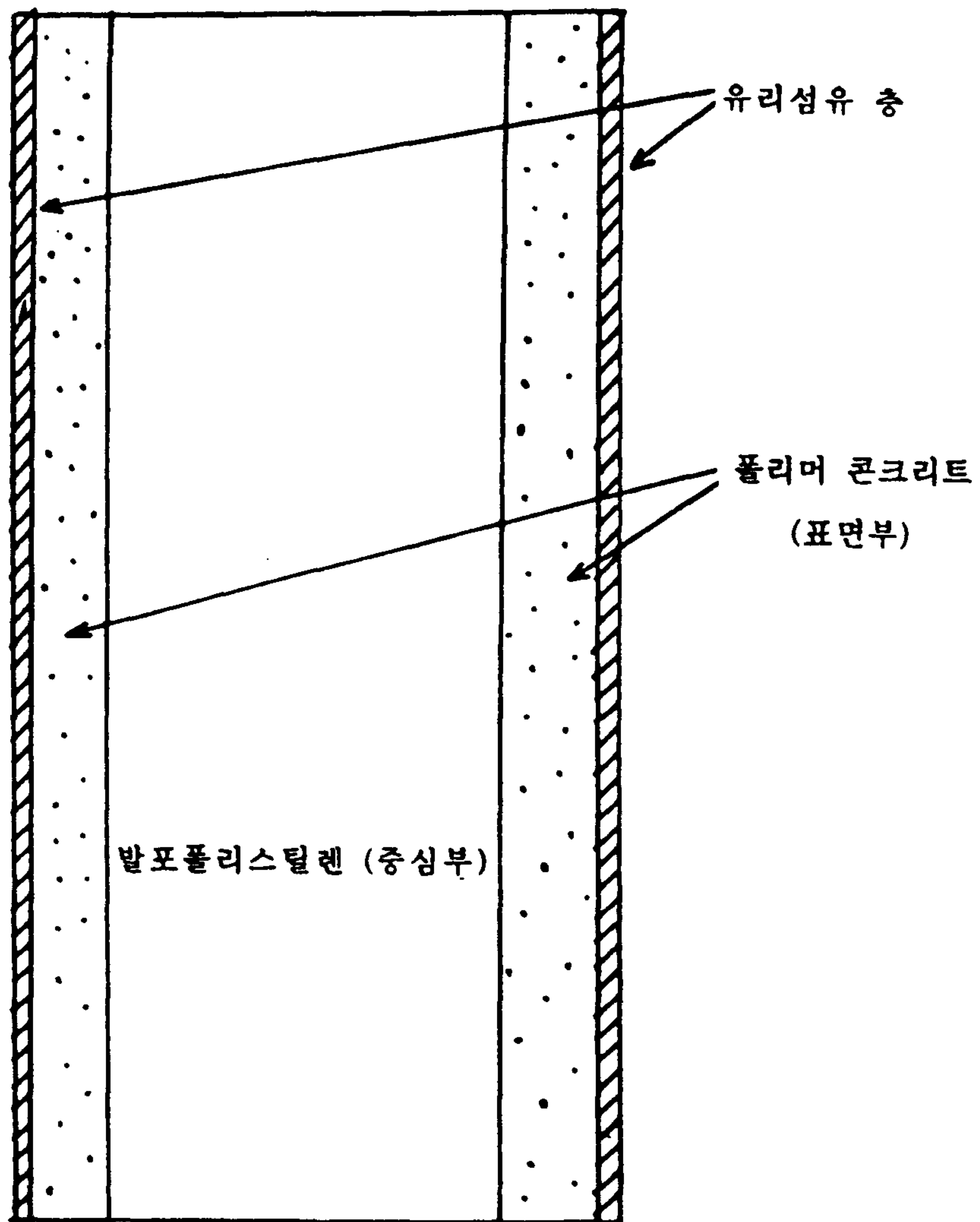


그림 3.4 샌드위치 패널의 단면구조

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 3.12에 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 3.12 대표적인 유체 및 재료의 열전도율

| 재 료 | 열전도율(W/m ² h °K) |
|---------------------------|-----------------------------|
| 외 부 | 20~30 |
| 표면공기막 | |
| 내 부 | 7~8 |
| 폴리스티렌폼 (Polystyrene Foam) | 0.03 |
| 유 리 섬 유 (Glass Fiber) | 0.04 |
| 미 송 (Pine Tree) | 0.12 |
| 콘크 리 트 (Cement Concrete) | 1.50 |
| 시멘트모르터 (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 30 cm × 30 cm 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 cm 그리고 표면부 두께는 5 mm 로 제작하였다. 단순휨시험은 KS F 2273의(조립용판 및 그 구조 부분의 성능 시험방법) 규정에 따라 3등분점 재하법으로 시험하였으며 시험결과는 표 3.13에 나타냈다.

단위면적당 휨파괴 하중은 $719 \sim 2,092$ (평균 $1,046$) kg/cm^2 으로서 표면부 두께 10 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) kg/cm^2 , 최대전단력은 $550 \sim 1,600$ (평균 800) kg 으로서 높은 값을 보였다.

표 3.13 단순 휨시험 결과

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

4. 축방향 압축 시험 결과

축방향 압축시험은 90 cm × 180 cm 크기의 실물 시험체를 대상으로 KS F 2273 에 규정된 방법에 따라 t/6 만큼 편심을 준 상태에서 실시되었다. 그 결과 좌굴하중은 8,000~28,000 kg으로서 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 500kg 재하시의 강도를 구해 본 바, 표면부의 두께 5 mm일 때 110~120

kg/cm² , 10 mm일 때 360~550 kg/cm² 이었으며, 잔류변형은 표면부 두께 5 mm일 때 4 mm 내외였으나 10 mm일 때는 거의 없었다. 그리고 국부 압축 파괴 하중은 표면부 두께 5 mm일 때 500~600 kg , 10 mm일 때 750~950 kg 이었다. 따라서 폴리머 콘크리트 샌드위치 패널은 매우 높은 국부압축 강도를 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 cm × 90 cm 크기로 시험체를 제작하여 실시하였다. 추의 무게는 6.66 kg이며, 낙하높이는 2 m 및 2.5 m 로 하였고, 이 때의 충격력은 41.7 N 및 46.6 N으로 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 4 장

저장시설의 설계

여 백

제 4 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 출하기에 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 농가소득증대 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 지원되었다. 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 , 그간의 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.

$$\alpha_1 D_1 + \alpha_2 D_2 + \alpha_3 D_3 + \dots \leq 1.0 \quad (4-1)$$

$\alpha_{1,2,3} \dots$: 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 발생 열량이 크게 되어 변화가 빨리 나타난다. 어느 온도에서의 호흡량에 대한 온도 10°C 상승시의 호흡량을 비교해서 나타낸 것을 호흡량의 온도계수라 하며, 보통 Q_{10} 으로서 표시한다. 표 4.1은 각종 야채에 대한 호흡량의 온도계수이다.

표 4.1 야채별 호흡량의 온도계수(Q₁₀)

| 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 수축시킴

으로 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 4.2와 같다.

2. 평면과 구조적 조건

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

가. 산적저장

감자는 경질로서 변형이 어렵기 때문에 4~6 m 높이까지 쌓아도 된다. 이때 감자의 가비중을 0.6으로 하면 수용중량에 대한 건물용적은 다음 식으로 계산된다.

$$\text{저장공간용적(m}^3\text{)} = \frac{\text{수용중량(ton)}}{0.6} \quad (4-2)$$

표 4.2 예냉방식과 특징

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

나. 송풍기구

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

$$Q = KM \quad (4-3)$$

여기서, Q : 송풍량 (m^3/min)

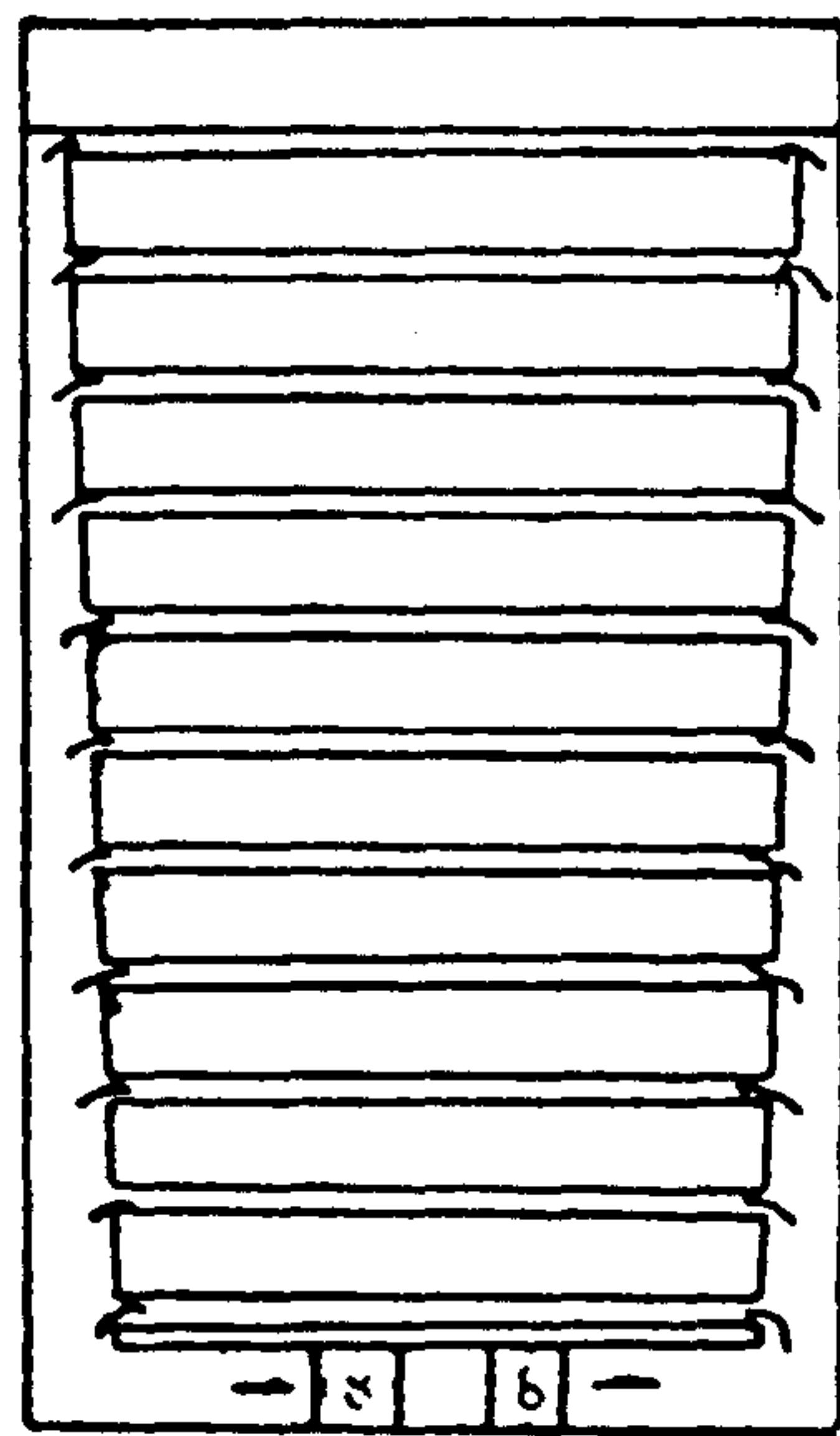
K : 송풍계수 0.4~0.5 ($m^3/min \cdot ton$)

M : 저장중량 (ton)

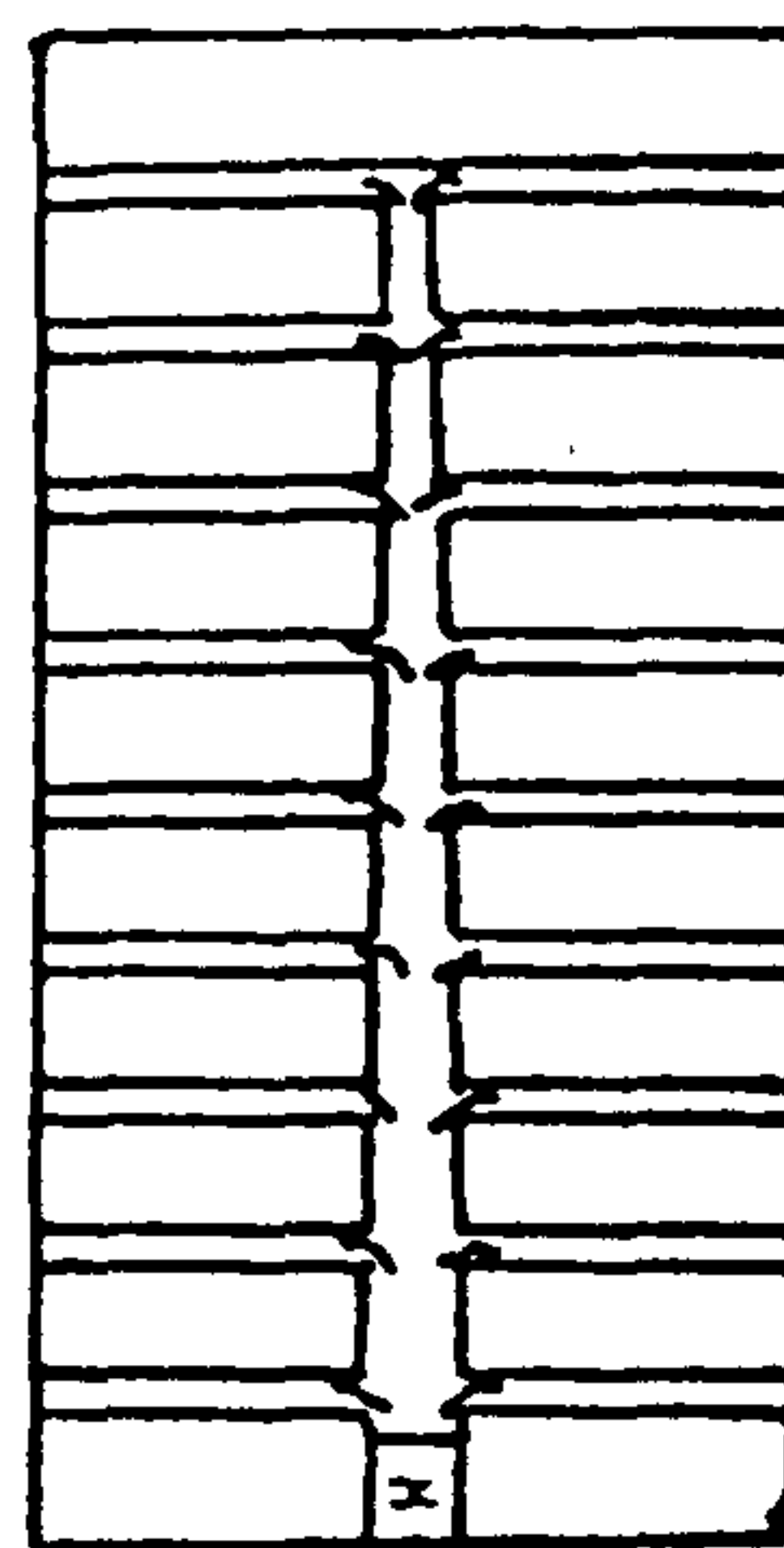
쌓는 높이가 높으면 단위면적당 송풍량이 증가하고 풍속도 크게 된다. 풍속은 감자의 수분증발에 관계하며, 무게에도 영향을 주지만 적고 5 m 전 후에는 식(4-3)에 의한 송풍량이 적당하다.

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 압력 손실을 고려해서 선정한다. 대개 송풍기의 압력은 냉각기를 사용하지 않은 경우에는 20~25 mmAg 정도, 사용하는 경우에는 50~60 mmAg 정도로 되어 있다.



방향송풍방식
(대형저장고)



중앙부송풍방식
(소형저장고)

그림 4.1 상하송풍구의 형식(평면도)

다. 환기기구

감자의 저장최적온도는 생식용이면 0~5 ℃이다. 동절기에 외기온이 그 이하로 되는 한냉지에서는 송풍기구와 환기에 의한 온·습도 조절을 조합시킴에 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.

$$Q_R = Q_C + Q_B + Q_P + Q_E \quad (4-4)$$

여기서, Q_R : 냉방부하

- Q_C : 감자의 체열 제거열량
 - Q_B : 외기에서의 열전도량
 - Q_P : 감자의 호흡열량
 - Q_E : 지중에서 (지중으로)의 열전도량
- 이상의 단위는 Kcal/hr

예를 들면, 20 °C에서 수용된 감자를 50일간 5 °C까지 저하시키려 할 때, 1일당 온도강하는 0.3 °C로 된다. 따라서 Q_C 는 다음과 같이 된다.

$$Q_C = 1,000 \times M \times 0.3 \times C \div 24 \quad (4-5)$$

여기서, M : 저장고내 감자의 중량 (ton)

C : 감자의 비열 (Kcal/kg·°C)

Q_B 는 지붕 및 벽의 R -치에 관계하며, Q_P 는 그림 4.2에서 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.

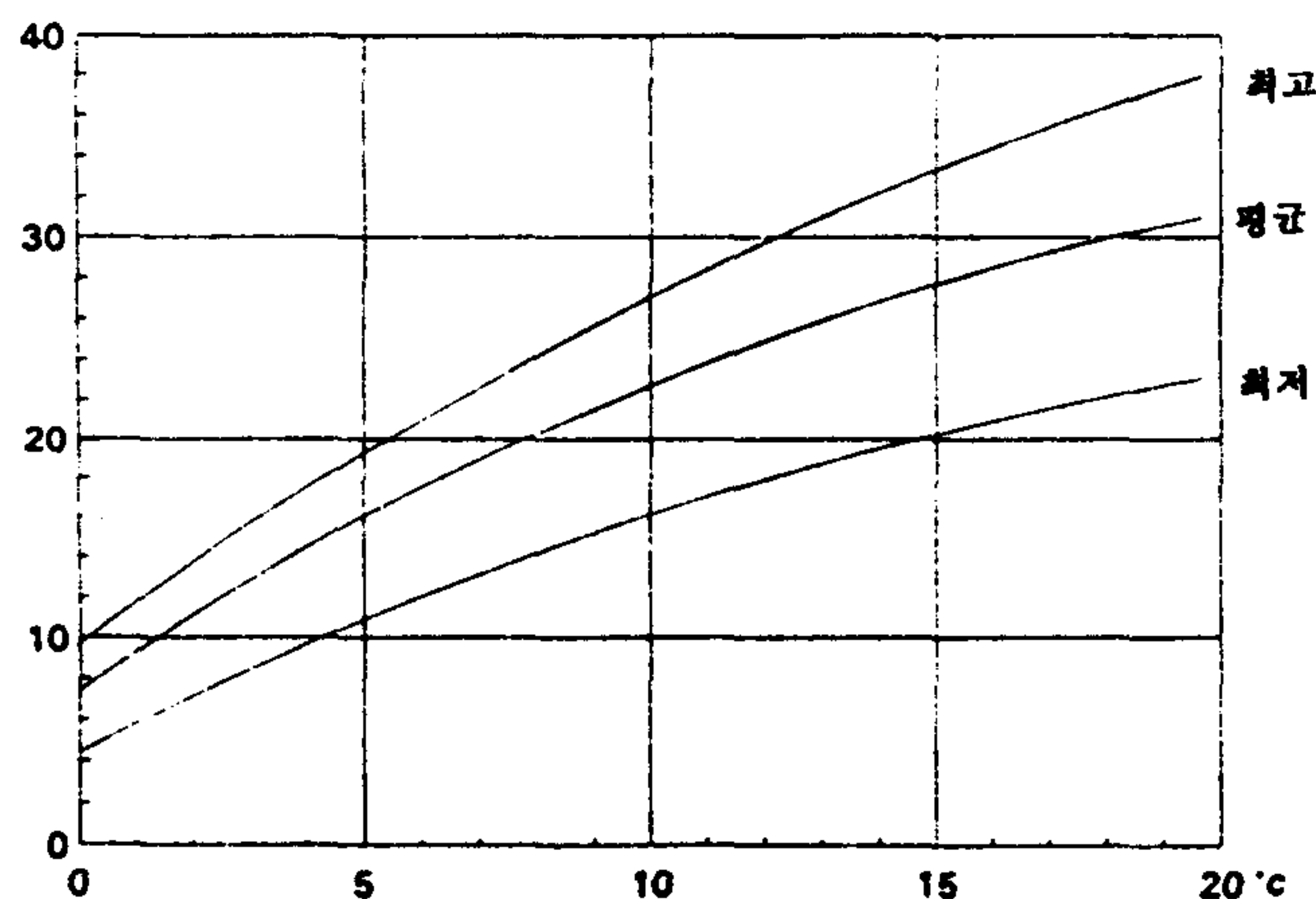


그림 4.2 저장온도와 호흡발생열

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 저장 규모가 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 저온 저장고는 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 방식을 고려할 때 정육면체 저장고 축조는 실질적으로 유리하다고 볼 수 없다. 사과 저장고를 예로 들면, 인력으로 손쉽게 쌓아 올릴 수 있는 안전한 높이는 3.6 m 이하이다. 농산물과 저장고 천정사이에는 최소한 60 cm 정도의 공간확보가 필요하므로 저장고 높이는 4.2 m로 한정된다. 만약 지게차 등을 이용한다면 6 m 높이까지 적재가 가능하며 천정과 이격 공간을 고려하면 저장고 높이는 6.6 m 정도가 될 것이다. 요즘 새로 지어지는 중·대형 저장고는 대부분 7 m 높이로 지어지고 있다.

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

최대 폭은 9~10 m 정도로 보고 있다.

전체적인 저장고의 크기 결정은 계획된 저장용량에 맞추되 자본력이나 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 4.3에 나타낸 바와 같이 벽을 사이에 두고 양측에 공기 θ_i 와 공기 θ_o 가 있어서, 그 사이에 열의 전달이 이루어지고 있다고 하면 이때 양공기의 온도를 각각 θ_i , θ_o 라고 한다면, 단위 시간, 단위면적당의 열류량 q (Kcal/m²·hr)는 다음식으로 표시된다.

$$q = K(\theta_i - \theta_o) \quad (4-6)$$

여기서, K 는 열관류율(Kcal/m²·hr·°C)이라 하며, 이것은 벽의 열전도율을 λ (Kcal/m²·hr·°C), 벽의 두께를 l , 공기와 접하는 경계층의 열전달율을 각각 α_i , α_o (Kcal/m²·hr·°C)라고 할 때 다음과 같이 된다.

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{l}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_o}} \quad (4-7)$$

한편, q_r 는 건물의 평균열관류율을 \bar{K} , 건물의 전방열 면적을 A_r , 건물내부의 온도를 θ_i , 외기온을 θ_o 라고 할 때 식(4-6)으로부터 다음과 같이 표시

된다.

$$q_r = \bar{K} \cdot A_r (\theta_i - \theta_o) \quad (4-8)$$

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

그림 4.3에 있어서 R -치는 벽의 R -치를 R_w , 양면 경계층의 R -치를 각각 R_i , R_o 라고 할 경우 다음식으로 표시된다.

$$R = \frac{1}{K} = \frac{1}{\alpha_i} + \frac{l}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_o} = R_i + R_w + R_o \quad (4-9)$$

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 4.3 및 4.4와 같다.

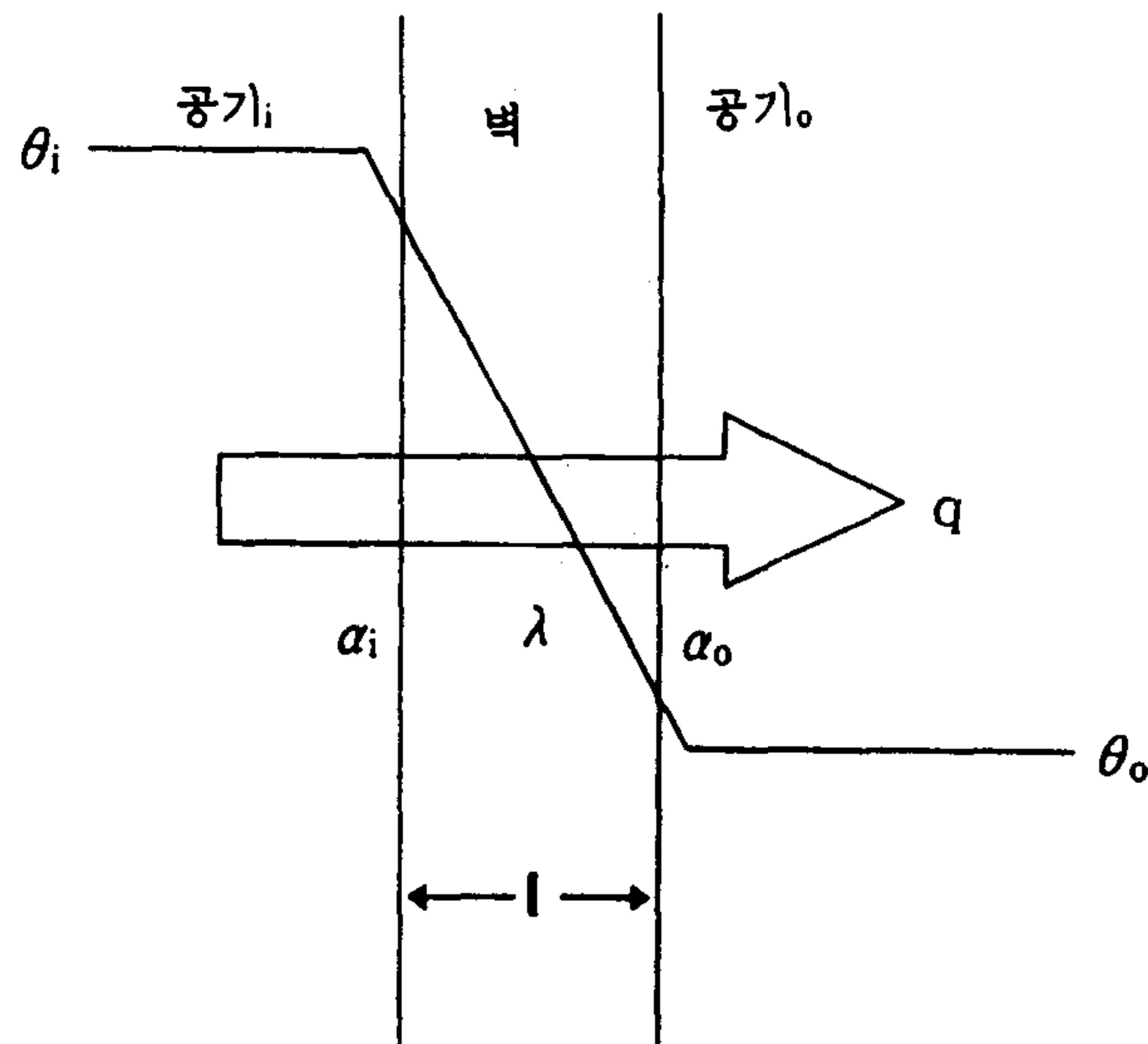


그림 4.3 벽을 통한 열의 이동

표 4.3 각종 단열재 및 일반건축재의 R-치

| 재 료 | R-치 (m ² ·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 4.4 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 4.4에서와 같이 외기온의 변동에 대한 건물 내부의 온도변화를 완화시키는데, 이것은 건물의 외관상 열용량이 커졌기 때문이다.

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

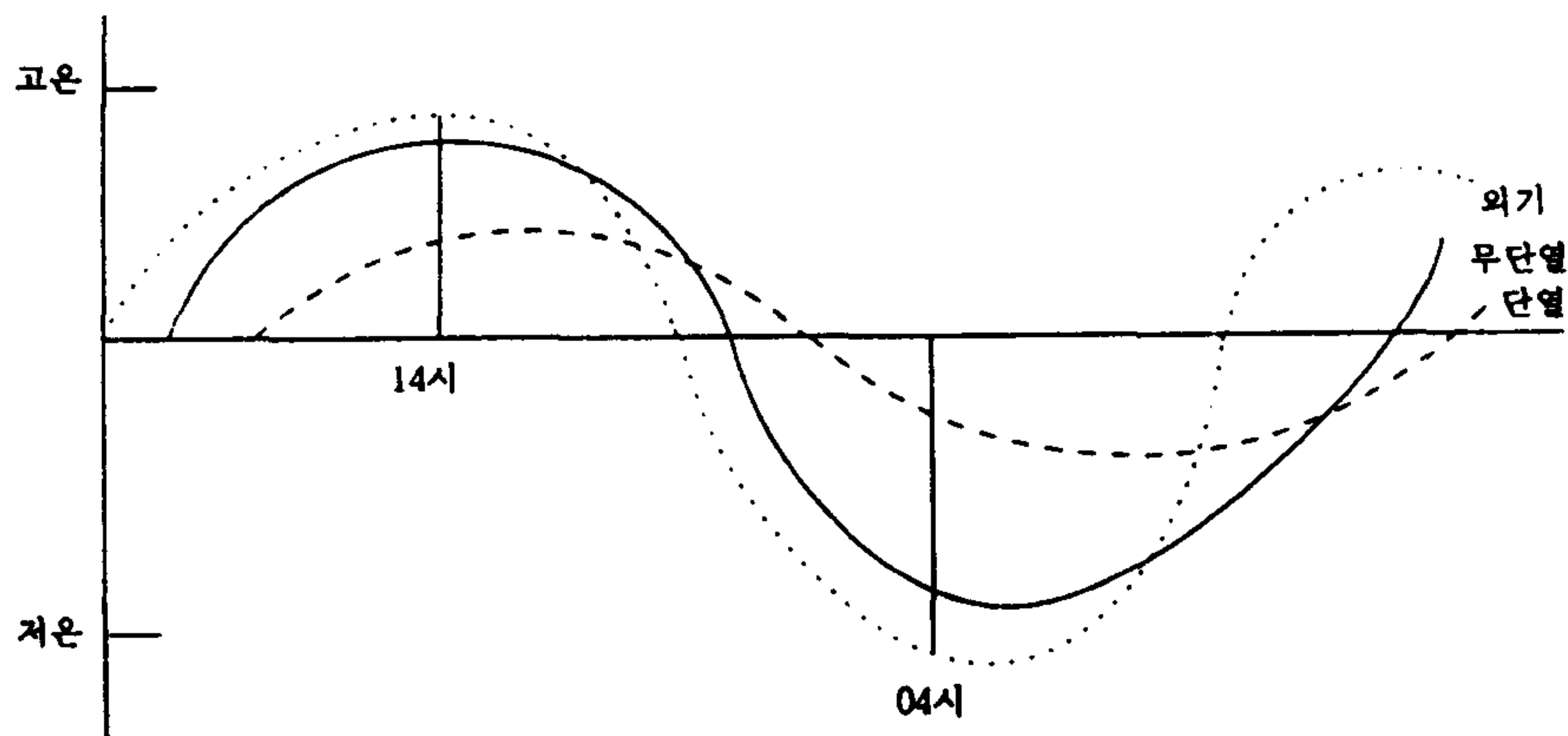


그림 4.4 단열에 의한 일온도변화의 완화

(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 0.6 mm 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 경우도 대부분 폴리우레탄 폼이나 폴리우레탄 패널을 단열재로 사용하기 때문에 실제로 방습막을 따로 설치하는 경우는 거의 없다.

참고로 각종 재료의 수증기 투과율을 살펴보면 표 4.5과 같다.

표 4.5 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 |
| 단 열 재 | 12mm 두께 단열판 | 약 4.0 |
| | 형내발포Polystyrene | 1.0 ~ 3.0 |
| | 압출Polystyrene | 0.6 |
| | Urethan Form | 2.5 |
| | Urethan Form의 양측에 Plastic Film을 붙인 것 | 0.06 |

※ 1 perm = 0.27 gr/hr·m²·cm 수은주

※ 1 perm 이하의 물질은 방습 Sheet로만 가능

(5) 지붕구조

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

접 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 배수용이하게 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 결

정하므로 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°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 과다한 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 400 m 지점으로 고냉지에 속한다.

저장고의 설치위치는 경사지를 절토하여 정지한 곳으로 대지면적 50평 정도에 10평을 저장고 건축면적으로 하였다. 대지가 높아 배수조건은 매우 양호하며, 농가와 인접해 있어 전기나 용수공급에는 별 어려움이 없다. 설치 후 사용 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 내구성 확보에 많은 문제점이 발생되고 있다. 이와 같은 문제점들을 개선할 목적으로 본 연구에서 대상으로 하는 저장고는 최근 건설신소재로 대두되고 있는

폴리머 콘크리트를 표면부로 하고 발포폴리스티렌을 중심부로 하는 샌드위치 패널을 제조하여 이를 구조재로 사용하였다.

이는 강도가 높아서 내력벽용으로도 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 350 cm × 길이 890 cm × 높이 290 cm로 하였으며(내측치수기준), 그 결과 면적은 31.15 m², 체적은 90.33 m³이다. 기초로서 10 cm 콘크리트를 타설한 다음 샌드위치 패널을 조립하였으며, 출입문의 크기는 100 cm × 220 cm로 하였다. 그리고 천정부분의 안전성 확보를 위해 천정을 지지기 위한 프레임(폭 9 cm, 높이 7.5 cm)을 C형강 2개를 용접해 그림 4.5 및 4.7과 같이 설치하였을 뿐 기둥과 같은 보강재를 사용하지 않았다.

마. 구조적 안정성 검토

(1) 설계하중

본 구조물의 구조적 안정성을 검토하기위한 설계하중 및 풍력계수는 표 4.6과 그림 4.8과 같다.

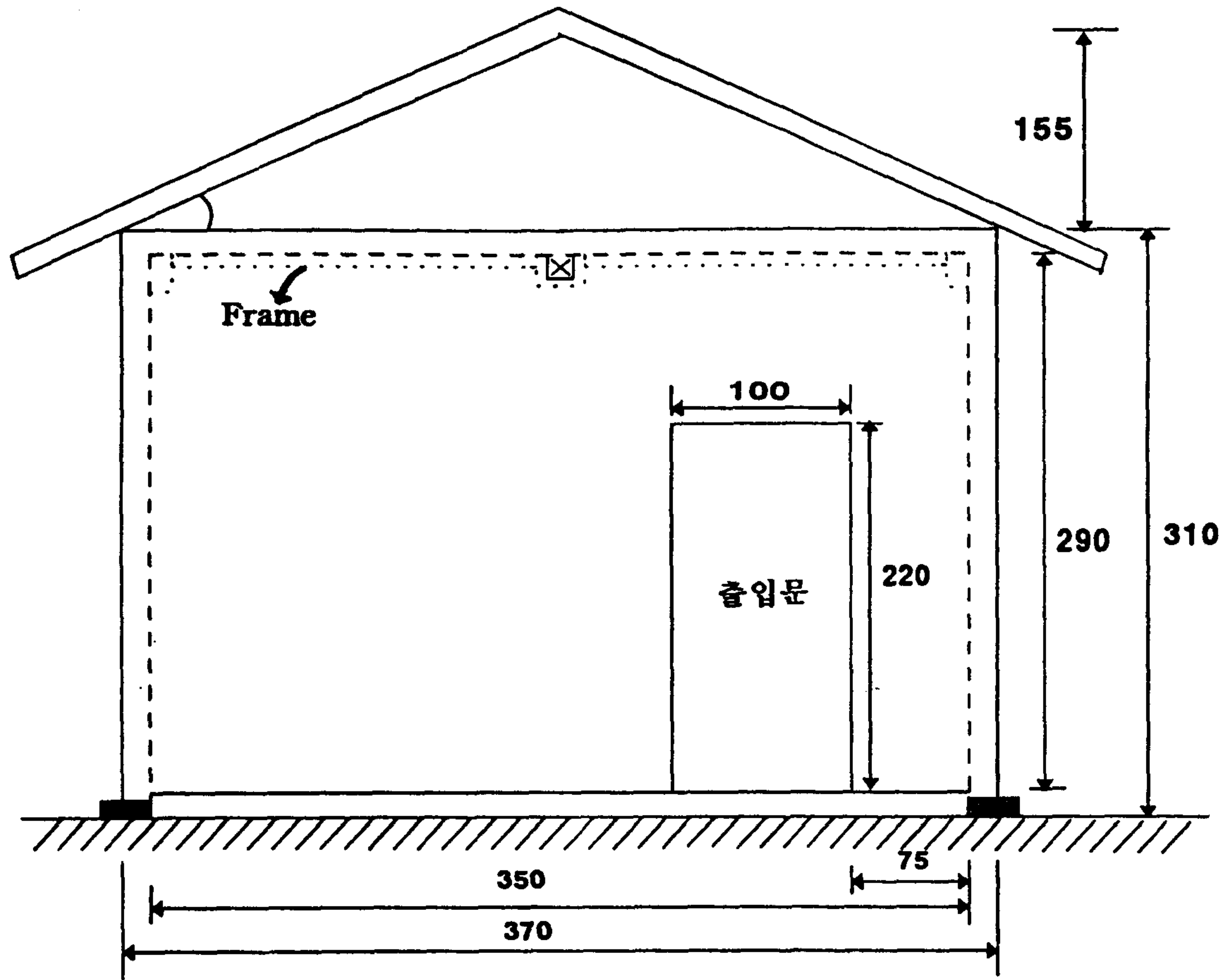


그림 4.5 저장고의 정면도 (단위 : cm)

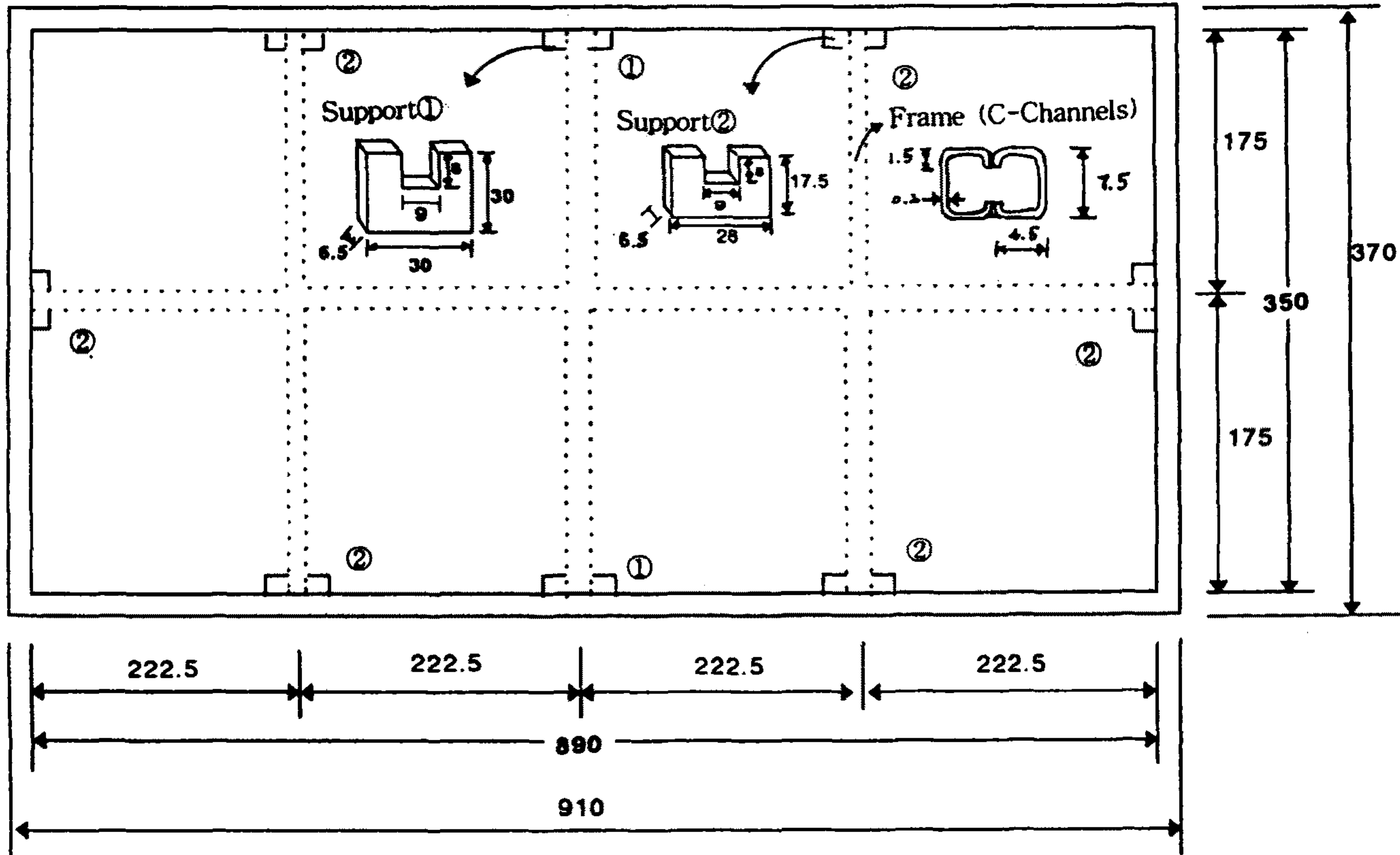


그림 4.6 저장고의 평면도 (단위 : cm)

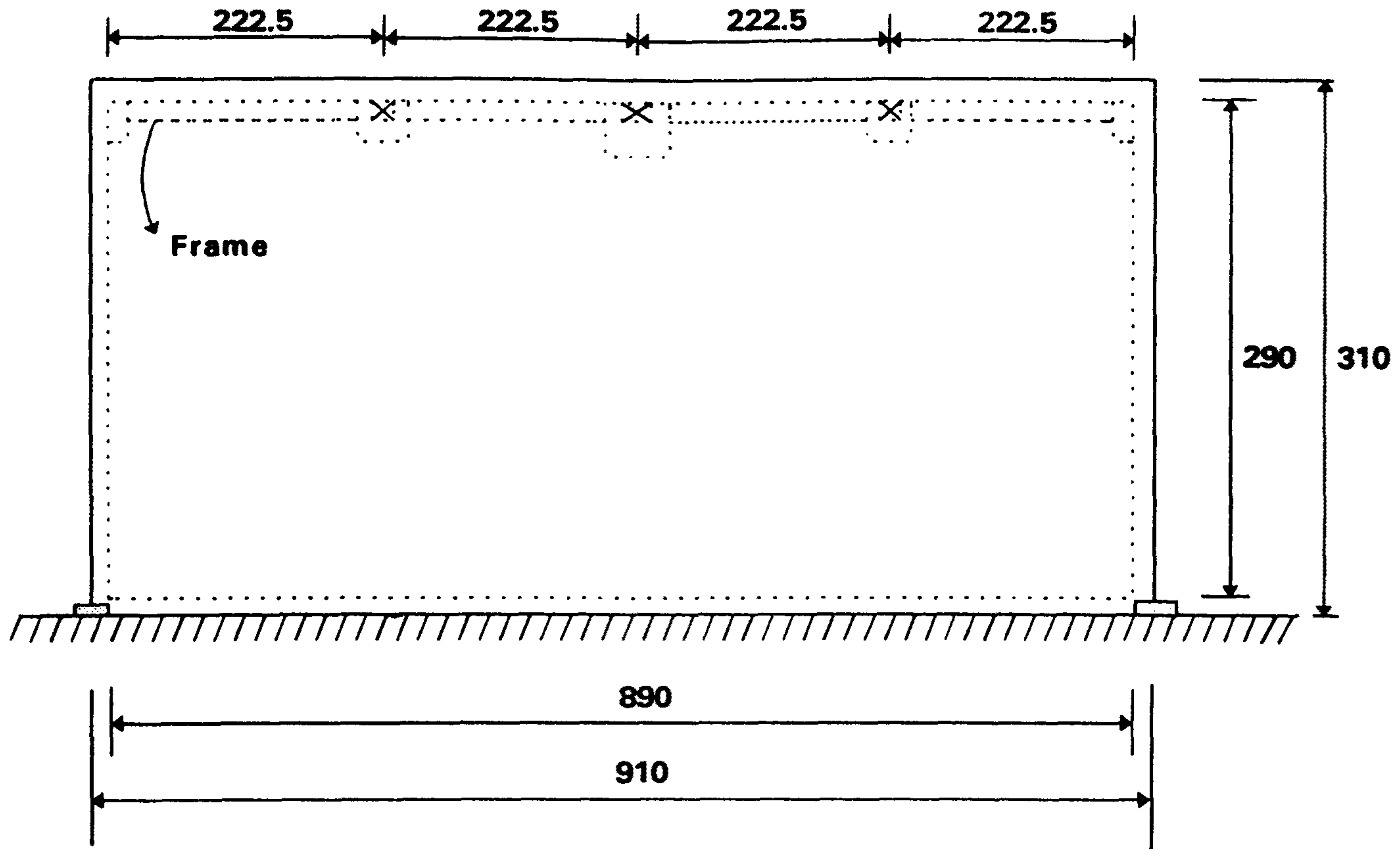


그림 4.7 저장고의 측면도 (단위 : cm)

표 4.6 설계하중

| 하 중 | 하 중 값 (kg/m ²) |
|---------|---|
| 정 하 중 | 100 |
| 적 재 하 중 | 100 |
| 풍 하 중 | 설계풍속 v=35m/sec 풍력계수 g=60kg/m ² 노풍도 B |

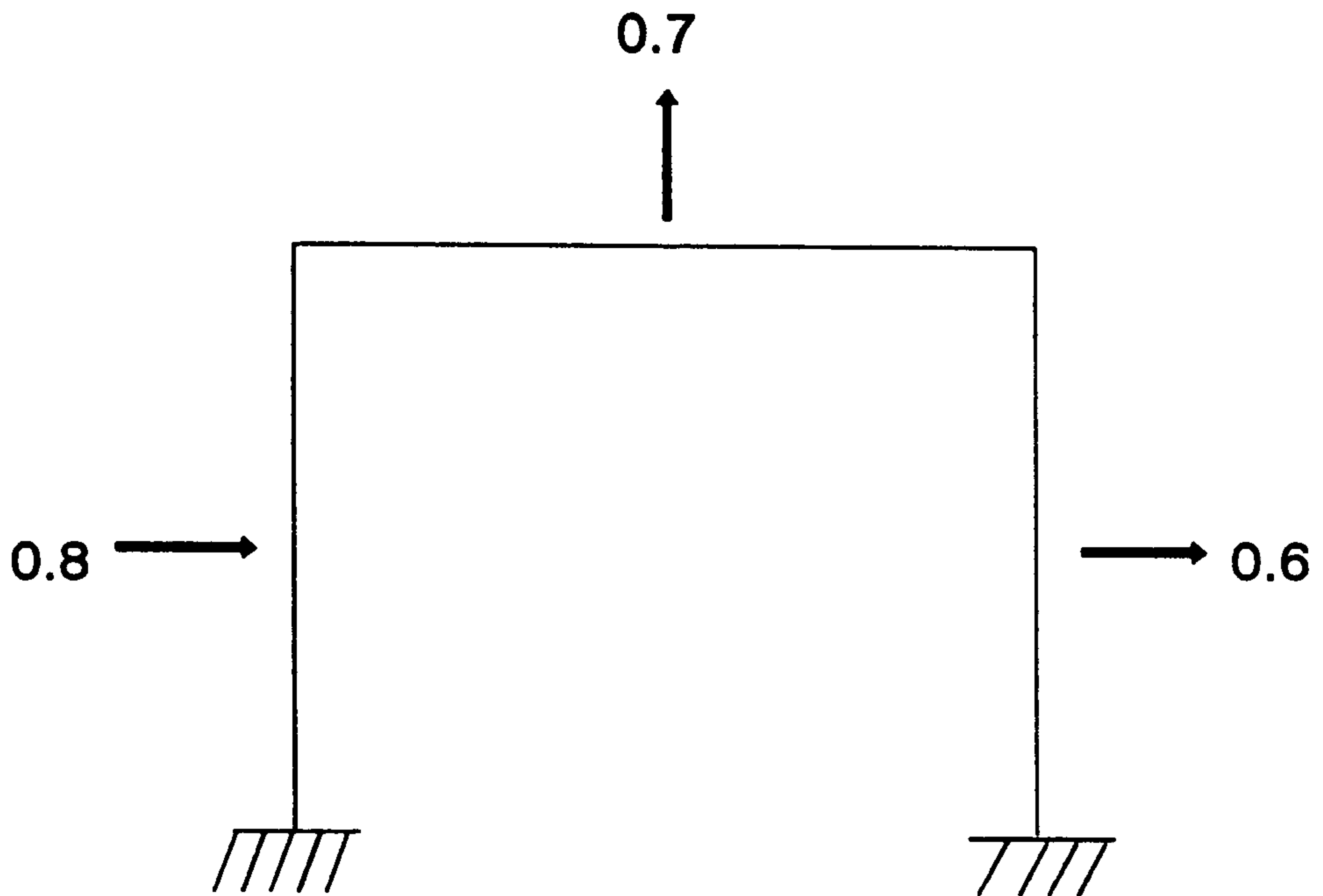


그림 4.8 풍력계수

(2) 해석방법

상용프로그램인 SAP90을 이용하여 해석하였다. 하중조합은 D+L, 0.75(D+L+W)로 하였다.

(3) 해석모델 및 재료상수

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

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

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

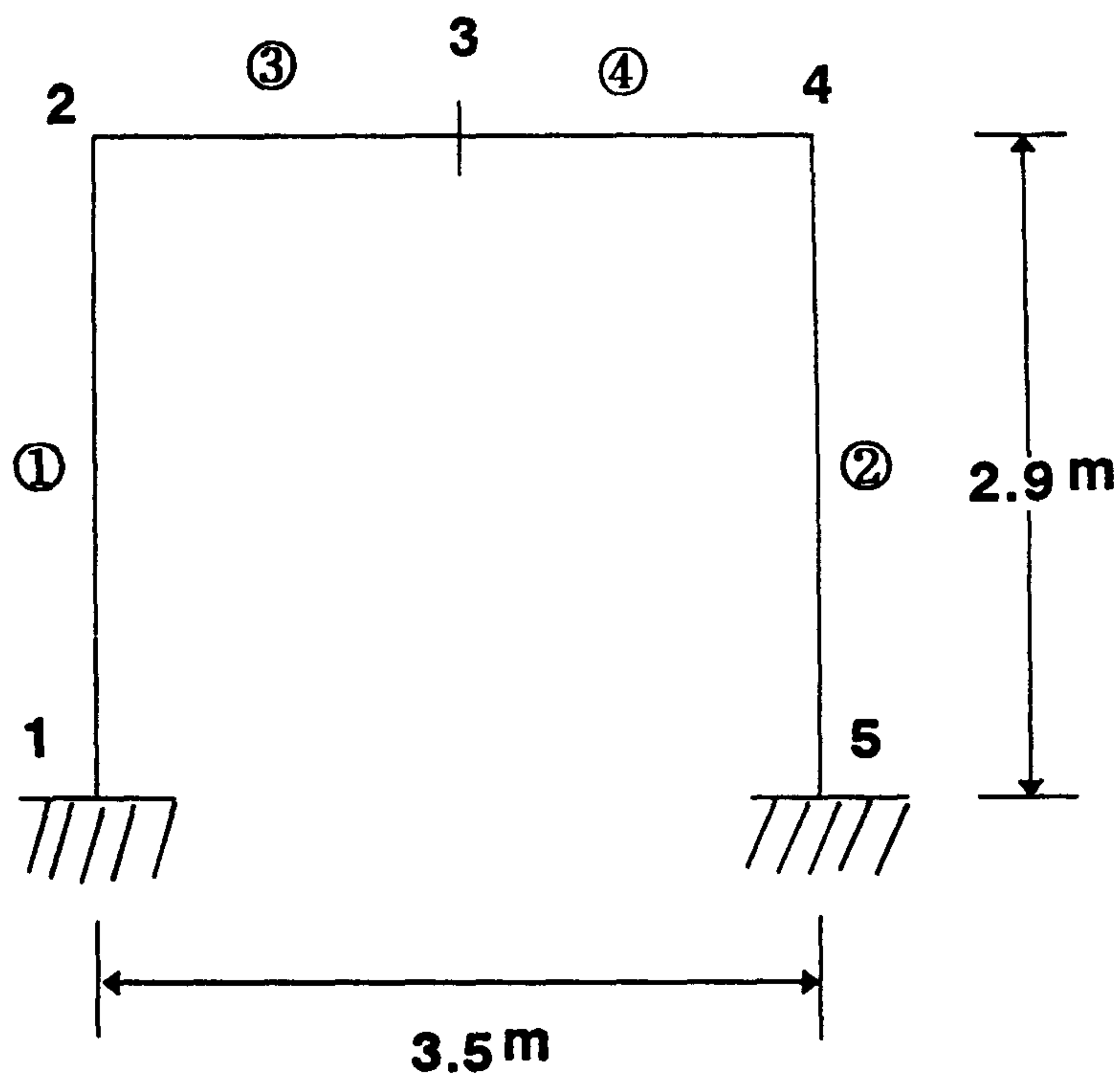


그림 4.9 해석모델

(4) 부재의 안정성 검토

㉑ 슬래브의 안전성 검토

• 응력검토 : $M = 0.172 \text{ t}\cdot\text{m}/\text{m}$

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

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

$$\sigma_t = 0.172 \times 10^5 / 5,625 = 3.0 \text{ kg}/\text{cm}^2 < \frac{1}{3} f_t$$

• 처짐검토 : $\delta = 0.2\text{mm}$

㉒ 벽체의 검토

$$P = 0.36 \text{ t}$$

$$M = 0.152 \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$\begin{aligned} \sigma_t &= 0.36 \times 10^3 / 1000 - 0.152 \times 10^5 / 5,625 \\ &= 2.34 \text{ kg}/\text{cm}^2 \end{aligned}$$

㉓ 검토결과

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

(5) 해석결과

해석결과 Data는 다음과 같다.

Frame Element Forces

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

3. 예냉실의 설계

신선농산물의 선도를 유지하고 장기간 냉장저장하기 위하여는 수확한 농산물의 온도를 가능하면 빨리 저장 최적온도로 낮추어 저장할 수 있도록 하는 것이 매우 중요하다. 저장고 냉각부하량의 계산은 저장물이 최초로 입고되어 저장될 때의 냉각부하를 사용하여 냉장설비를 설치하므로 농가용 소형저장시설에 적용하기에는 과도한 시설비가 요구된다. 따라서 효율적인 저장고 운영을 위하여는 예냉실을 따로 건축하여 농산물을 예냉시킨 후 저장하도록 하는 것이 필요하다.

본 연구에서는 저장고 옆에 10 m² 크기의 예냉실을 설계하였다. 예냉실은 저장고 옆의 산을 수평굴착하고 주변의 호박돌과 시멘트 콘크리트를 사용하여 벽을 쌓고 철근 콘크리트 슬라브로 천정을 설치하였다. 출입문을 제외한 모든 면은 최소한 1 m 이상의 흙으로 복토하여 터널식 예냉실을 건축하도록 설계하였다. 예냉실은 밭에서 수확한 농산물을 일시 저장하여 온도를 낮춘 후 저장고에 효율적으로 냉장저장할 수 있도록 하였다. 또한 예냉실은 터널식으로 설계하여 온도와 습도의 편차가 심하지 않도록 하였으므로 평시에는 배추, 무 혹은 감자 등의 일시적인 저장을 할 수 있도록 하였다.

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

작동은 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 증발 온도를 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 않는다. 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 도입하였다. 냉수를 이용한 냉장설비, 히트펌프를 이용한 냉장 및 건조설비, 에너지 펌프를 이용한 냉장 및 건조설비 등 현시대에서 가용한 다양한 기술과 경제성을 비교한 결과 에너지 펌프를 이용한 냉장 및 건조설비의 개발이 가장 타당성 있는 대안으로 분석되었다. 따라서 에너지 펌프를 이용한 냉장 및 건조설비를 서울 소재 냉장기기 전문업체인 (주)진솔에너지와 공동으로 개발하여 설치하였다. 설비는 공냉식으로서 에너지를 절약할 수 있고 환경오염을 줄일 수 있어 최근 농업용시설에 응용이 확대되고 있는 에너지 펌프를 설치하기로 하였다. 이에 대한 특징, 장점 및 주요용도를 살펴보면 다음과 같다.

(1) 에너지 펌프의 개요

에너지 펌프는 화석연료의 연소과정이 없이 주위의 공기, 물 또는 폐열 등으로 부터 저온의 에너지를 흡수하여 활용가능한 고온에너지로 증폭하여 난방을 한다. 따라서 각종 공해의 근본 원인인 화석연료를 사용하지 않아 환경공해를 유발하지 않는 미래의 냉장 및 난방장비로 여겨져 왔다. 특히 우리나라는 에너지 부존자원이 거의 없는 실정에서 수없이 많은 화석연료를 수입하여 사용하고 있기 때문에 공해없는 청정연료인 재생에너지의 개발이 절실히 요구되고 있다. 미국에서는 에너지 펌프를 이용한 냉난방이 일반화되어 있으나 난방시에는 보조연료를 사용하고 있다. 공기중의 저온 에너지를 흡수하여 고온으로 전환시키는 데는 한계가 있으므로 외기의 온도가 고온

일 경우에는 풍부한 열에너지를 이용할 수 있지만 섭씨 0도 부근의 저온에서는 난방용으로 활용할 수 있는 고온을 생성시킬 수가 없기 때문이다.

(2) 에너지 펌프의 원리 및 구조

에너지 펌프는 주위의 공기, 물, 폐열 등으로부터 에너지를 흡수축열, 축냉하여 난방과 냉방은 물론 온수까지 공급할 수 있는 온·냉·난방시스템이다. 에너지 펌프의 원리는 히트펌프와 동일하지만 외기 온도가 영하 10도 이하 수준에서도 실내난방에 유용한 열에너지를 확보하기 위한 열교환장치와 이를 이용하기 위한 회로가 추가된 점이 다르다. 히트펌프의 원리는 컴프레서를 이용하여 공기를 압축시키고 이를 다시 팽창시키면서 주위의 온도를 저온으로 만들어 냉방을 이루는 에어컨디셔너와 동일하다. 즉, 히트펌프는 공기를 압축하면서 고온을 얻어 난방에 활용하고 공기를 팽창시켜 저온을 얻어 냉방에 활용하는 것이다. 대기중의 저온 에너지를 얻는 방법은 섭씨 영하 30도 부근에서 끓는 액체 R12를 대기와 접촉시켜 증발된 R12 개스에 압력을 가하여 주변으로부터 열을 흡수하게 한다. 이는 Charles의 법칙 $T = CP$ (여기서 T=온도, C=상수, P=압력)로 설명될 수 있다. 지금까지 외기온도 섭씨 영하 10도 수준에서 히트펌프의 토출온도가 섭씨 영상 100도를 훨씬 상회하는 수준의 상업용 히트펌프를 제작하였다. 냉방시의 작동원리는 일반 냉동기와 동일하다. 난방용 히트펌프의 기본개념은 그림 4.10과 같고 기본회로는 그림 4.11과 같다.

(3) 장점

① 경제성 : 획기적인 신·재생에너지(열원:공기, 폐수열,폐열)로 석유, 가스등 연소물을 사용하지 않는다. 다만, 기계적 작동부위만 전기를 사용한다.

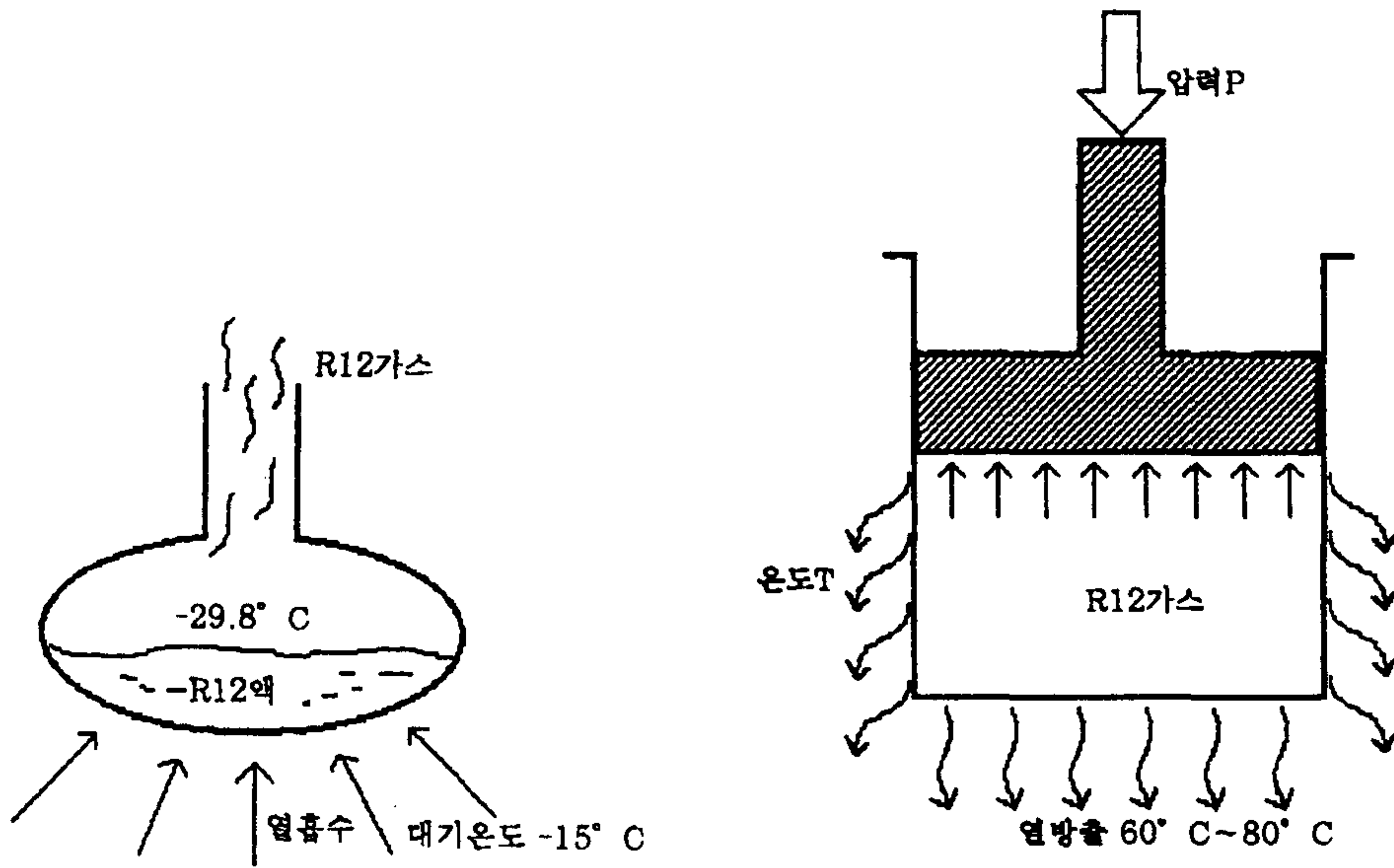


그림 4.10 난방용 히트펌프의 기본 개념

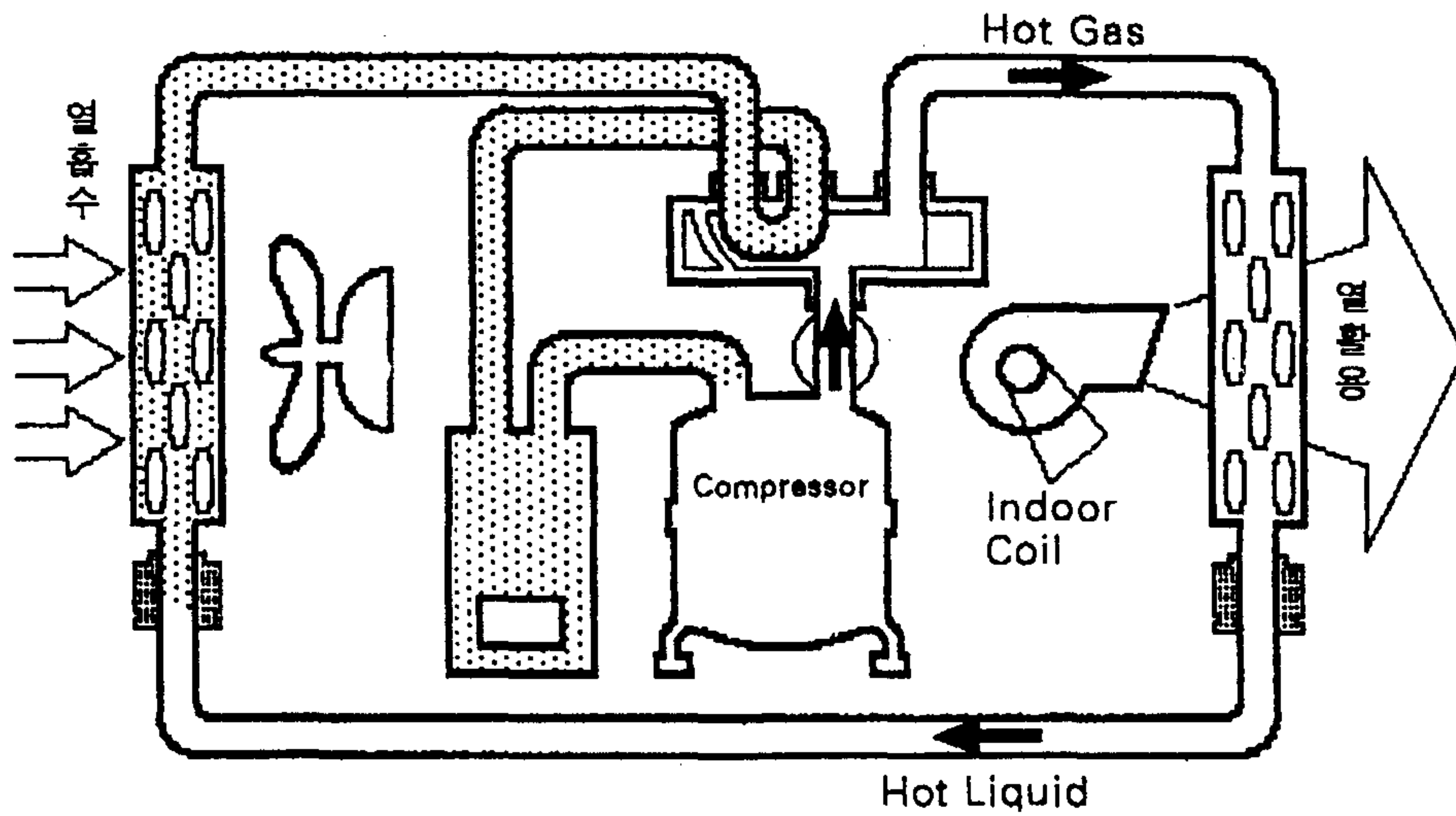


그림 4.11 히트펌프의 기본 회로도

② 안전성 : 연소과정이 없으므로 화재, 폭발 등 안전사고의 위험이 없다.

③ 편의성 : 현대의 기기로 냉·난방은 물론 온수까지 사용할 수 있으며, 전자동이므로 간편하고 별도의 연료구입이 필요없다.

④ 효율성 : 투입되는 소량의 전기에너지량에 비해 사용할 수 있는 열에너지의 효율이 매우 높다.

⑤ 청정성 : 무공해의 냉·난방 시스템이며 공기, 물 등의 폐열을 이용하므로 CO₂ 등 공해가스 배출이 없다.

(4) 에너지 펌프의 특징 및 효과

석유나 가스 등의 화석연료를 연소하지 않고 재생에너지(공기, 폐열 등)를 이용하여 고온의 난방 및 건조에너지를 얻을 수 있다. 또한 연소과정이 없어 화재나 폭발 등 안전사고의 위험이 없고 냄새가 없기 때문에 농산물 건조에는 최적의 에너지원으로 사용될 수 있다. 다만 기계적 작동을 위하여 전기를 약간 사용하고 있다. 투입되는 소량의 전기에너지에 비하여 열에너지의 생성이 많아 효율이 매우 높다. 에너지 효율은 호조건에서 5를 넘고 일반적인 조건에서도 3-4 이상되는 획기적인 에너지 효율을 나타낸다. 무연소, 무공해의 쾌적한 냉난방 시스템을 구현할 수 있어 다목적 저장고뿐만 아니라 가정용 및 산업용 설비로서도 각광을 받고 있는 설비이다.

(5) 주요 용도

- ① 일반주택, 아파트의 냉·난방설비
- ② 빌딩, 공장 등 대규모 산업시설의 에너지 절약형 냉·난방설비
- ③ 농촌의 축사, 온실, 비닐하우스, 저온저장고 냉장설비
- ④ 농·수·축산물의 건조설비

나. 경제성

본 연구에서 도입키로한 에너지 펌프에 대한 경제성을 도시가스, 등유, 경유, 전기 등과 비교한 것이 표4.6이다. 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. 냉장 및 건조설비의 개발

상기에서 기술한 에너지 펌프를 기존의 냉장기술과 접목하여 한 대의 설비로 냉장과 건조기능을 동시에 보유하는 설비를 개발하였다. 개발된 설비는 다목적 저장고에 설치하기전 공장에서 대형 콘테이너에 설치하여 그 성능을 시험한 후 홍천군 내면 창촌리의 저장고로 운반하고 설치하였다. 본 설비를 이용하여 농산물 건조를 할 경우 기존의 전열기를 사용하여 건조하는 것 보다 전기사용량이 약 1/4로 줄어드는 것으로 나타났다.

본 연구개발에서 건축된 저장고의 온도를 외기온도 33 °C일 때 -10 °C로 유지시키기 위한 냉각부하량은 표 4.7과 같이 7,549 Kca/h로 산출되었다. 이를 위해 냉장시설의 콤프레샤는 10 HP, 콘덴서는 11,000 Kcal의 용량을 가진 것을 사용하였다. 냉장설비와 건조설비가 한 대의 기계로 구성되어 있는 고효율의 냉장 및 건조설비를 개발하고 설비하였다.

표 4.6 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 ³ | 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 ³ | 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 4.7 냉각부하량 계산

| 건물 | 층 건물의 호실 | | | DB °C | WB °C | RH % | l kcal/kg | x kg/kg' |
|--------------|------------------------|---------|-------------------------|--------------------------------|---------------|-------------------|---|--|
| 치수 | 가로8.9m, 세로3.5m, 높이2.8m | | | 실내 | -10 | | | |
| 바닥면적, 체적 | 31.15m ² | | 87.22m ³ | 외기 | 33 | | | |
| 공칭능력 | TON | | 방열두께 mm | 외벽 | 내벽 | 천정 | 바닥 | |
| (1) 벽체침입열량 | 명칭 | m×m | m ² | (λ/t)K kcal/m ² h°C | (외기-고내) 온도차°C | Q1=ΣQa-Q (kcal/h) | | (K) 열통과율(λ0.033사용시) 방열두께mm K kcal/m ² °C |
| | 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 |
| | 바닥 | 8.9×3.5 | 31.15 | 0.31 | 30 | Qf | 289.7 | (E) °C kcal/h (N) m ³ n회/H |
| | 복사열 | 동서벽 3°C | 남 2°C | 천정 8°C | 외기 33°C | 바닥 20°C | 냉실외실 15°C | Q1 |
| (2) 환기손실열량 | 내법체적 | | E kcal/m ³ | n회/H | T | Q2 kcal/h | | -45 54 50이하 10 |
| | 87.22 | | 35 | 5 | 1/24 | 638 | | -40 51 50 7 |
| (3) 물품냉각열량 | 1일 입고량W 수용량×% | | C kcal/kg °C | (입고온-고내온)°C | T | Q3 kcal/h | | -35 48 100 3 |
| | 87.22×0.8×0.7×0.4 | | 0.87 | 30 | 1/24 | 21+3421 | | -30 45 100 3 |
| (4) 호흡열량 | 수용량 | | R kcal/kg24h | | T | Q4 kcal/h | | -25 42 500 2 |
| | | | | | 1/24 | | | -20 39 500 2 |
| (5) 작업인발열량 | 작업인수 | | 1인당발열량 kcal/h | 작업시간 | T | Q5 kcal/h | | -15 37 1000 1 |
| | 1 | | 300 | 3 | 1/24 | 37.5 | | -10 34 1000 1 |
| (6) 동력발열량 | KW | | 1KW당발열량 kcal/h | 사용시간 | T | Q6 kcal/h | | -5 31 3000 0.7 |
| | 전동 | 1 | 860 | 3 | 1/24 | 107.5 | | 0 28 3000 0.7 |
| | 동력 | 0.375×2 | 1,435 | 20 | 1/24 | 896.87 | | (W) 1일 입고량은 수용량 5~10%로 한다. 창고업법 2.5~3.5% |
| (7) | 동결중잠열량 | | | | Q7 kcal/h | | | (C) 고내온도 -23 -15는 0.4 고내온도 -6 0은 0.8 |
| (8) | 동결후잠열량 | | | | Q8 kcal/h | | | () 입고품 온도는 고내온도가 -23 -15는 -5°C, 고내온도가 -6 0은 15°C로 함 |
| (9) | | | | | Q9 kcal/h | | | (R) 평균치 0.75 kcal/kg24h |
| 합계(안전율10%포함) | | | Q=ΣQ1-Q9×1.1 | | Q | 7,549 | | () 작업인수체적 250m ³ 에 1인 |
| 부하검산 | | | 7,549 kcal/h (2.2 R/T) | | | | () 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 | |
| | | | | | | | () 작업시간 1일 3시간 | |
| | | | | | | | () 동력사용시간 1일 16~24시 | |
| | | | | | | | () 전동기발열량(냉장실내) 출력KW 발열량kcal/h 0.2~0.4 1435 0.4~2.2 1250 2.2~4.5 1040 | |
| | | | | | | | () 조명 바닥 1m ² 당 10W | |

* 건물높이는 2.9m에서 0.1m를 공제함

제 5 절 Bio-Ceramic 도장

1. Bio-Ceramic의 개요

열의 전달은 전도, 복사 그리고 대류를 통하여 일어나는 경우가 대부분이다. 가열체를 통하여 전도된 열은 대류와 복사에 의하여 주위로 흘러나간다. 전도(conduction)와 대류(convection)는 어떤 매질에 의하여 열이 전달되며 복사(radiation)는 물질의 구성원자나 전자배열의 변화에 의하여 생성되는 전자기파 혹은 광파에 의해서 열이 전달된다. 원적외선은 복사에 의하여 발생하는 전자기파 혹은 광파의 한 영역으로 가시광선의 적색영역 보다는 파장이 길고 열효과가 큰 적외선을 말한다. 원적외선은 표 4.8과 같이 다른 열원에 비하여 투과 깊이가 큰 특성을 가지고 있다.

적외선은 연구자나 사용분야에 따라서 근·중·원적외선으로 구분하기도 하고 근·원적외선으로만 구분하기도 한다. 원적외선의 파장범위는 일반적으로 4.0~5.6 μm 부터 1,000 μm 까지의 범위로 정의하고 있으며 특히 산업분야에서는 2.5 μm ~25 μm 의 파장영역이 열원으로 많이 이용되고 있다.

적외선의 존재는 1800년 독일의 과학자 허셀에 의하여 밝혀졌고 적외선은 가시광선과 비슷하게 직진, 반사 및 흡수하는 성질도 밝혀졌다. 적외선의 이용은 산업분야에서 서서히 발전되기 시작하였으며 1950년대에 와서 원적외선을 난방에 이용하기 시작하였다. 1970년대 이후 국제적인 에너지 무기화로 인하여 오일쇼크가 발생하자 에너지를 효율적으로 이용하자는 연구가 많이 수행되었고 원적외선 복사에 관한 기술이 많이 개발되었다. 그러나 이와 같은 기술들은 일본을 비롯한 선진국에서 대부분 개발되고 있으며 우리 나라는 아직도 이 분야에 대한 연구가 활발하지 못하며 연구자료가 매우 빈약하다.

표 4.8 적외선의 투과 깊이(단위 : mm)

| 제 품 | 방 사 체 | | | 제품수분 (%) |
|-------------------|--|-----------|-----------|-----------|
| | 원적외선 방사체 (λ_{max} 1.04, 2.5 3.8 μm) | 니크롬선 | 관상 전열기 | |
| Cotton fabric | 4 layer | - | - | - |
| Dough, wheaten | 6.0 | - | - | - |
| Ice | 30 | - | - | - |
| Photographic file | 5 layer | - | - | - |
| Quartz sand | 5.0 | - | - | - |
| Tomato paste | 1.0 | - | - | 70.0-85.0 |
| Beef | 7.0 | 3.0 | 1.5 | 75.0-78.0 |
| Water | 220-230 | 10.0-15.0 | 0.8 | 100 |
| Potato | 6.0-7.0 | 4.5 | 0.5 | 79.8-85.5 |
| Cream & butter | 5.2 | 1.5 | 0.1 | - |

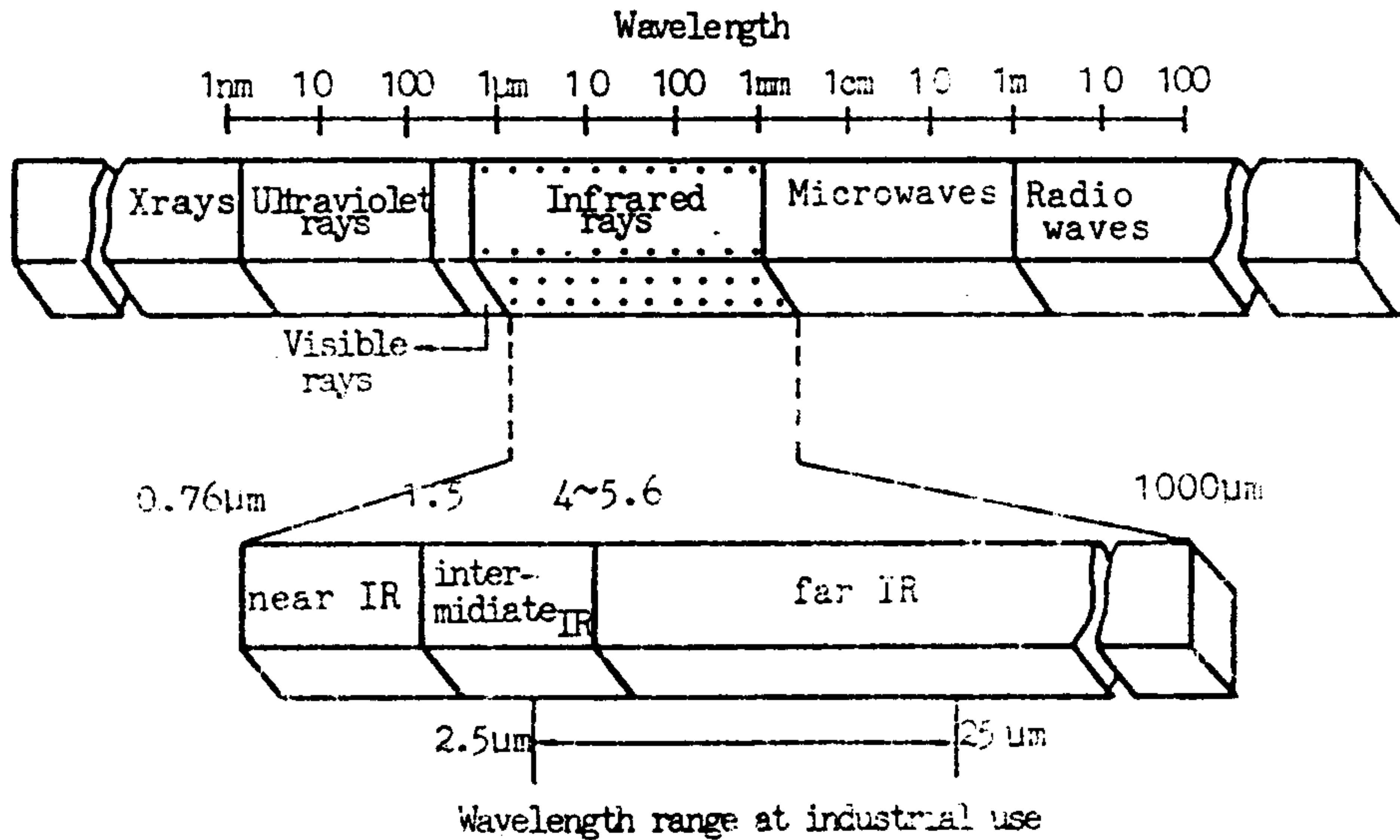


그림 4.12 전자파와 원적외선의 파장영역

2. 원적외선의 이용 분야

원적외선은 식품가공, 도장건조, 기타건조, 섬유 및 의류, 위생, 가열가공 장치, 난방, 사우나, 센서응용, 생물육성 등에 광범위하게 이용되고 있으나 국제적으로 표준규격이 설정되지 않은 새로운 개발분야이다.

우리 나라에는 원적외선을 이용하는 제품을 개발하는 회사들의 모임인 한국원적외선산업협회가 결성되어 있으나 이들 기업에서 생산하는 제품은 매우 제한되어 있다. 물질 복사열의 일종인 원적외선의 이용은 물질을 가열하였을 때 발생하는 원적외선을 이용하는 방법과 상온에서 발생하는 원적외선을 이용하는 방법으로 나눌 수 있다. 현재 국내에서는 원적외선을 발생시키기 위한 재료로 세라믹과 천연석이 사용되고 있으며 가열 원적외선의 이용은 산업용 건조기, 치료기(열매트, 램프), 찜질방 혹은 가열소재 등이 있고 비가열 원적외선의 이용은 의류(내의, 양말 등), 건강보조품, 벽지나 장판, 도자기 제품 등에 일부 이용되고 있다.

원적외선 세라믹을 이용한 제품은 가열상태에서 사용하여 효과를 얻을 수 있는 것과 상온상태(비가열 상태)에서 사용하는 효과를 얻을 수 있는 것으로 구분할 수 있다. 세라믹을 가열하여 발생하는 원적외선을 이용하는 분야는 기계, 식품공업, 전자, 화학 등으로 확산되고 있고 의료 및 건강증진을 위한 분야에서도 일부 이용되고 있다. 표 4.9는 국내외의 원적외선을 이용한 가열 및 건조작용의 응용분야를 나타내고 있다. 국내외의 식품건조 열원은 주로 열풍이 많이 이용되고 있고 고품질이 요구되는 경우는 진공건조나 진공동결건조법을 이용하고 있다. 열풍건조는 생산비가 낮고 대량생산이 가능한 반면 품질이 저하되는 경향이 있고 진공건조는 생산비가 높은 반면에 고품질의 제품을 생산할 수 있다. 이에 비해서 원적외선 건조는 진공동결건조보다 생산비가 저렴하고 열풍건조보다는 고품질의 제품생산이 이루어지는 것으로 보고 되고 있다.

표 4.9 원적외선의 응용분야

| 가열의 분류 | 응용분야 | 효 과 |
|--------|---|-------------------------------------|
| 건 조 | 농수산물·식품건조, 자동차·가전제품의 도장건조, 약품건조, 회로판 건조, 인쇄잉크 건조, 염색건조, 한약재 건조 | 균일하고 신속히 건조됨 화학변화가 적음 |
| 가 열 | 제빵류·과자류의 구움, 냉동 식품의 해동, 수지가공, 열경화성 수지의 경화, 바베큐 구이 | 균일하고 신속히 가열됨 식품은 풍미가 있음 |
| 예열, 보온 | 양조품의 숙성, 식물의 재배, 가축의 사육, 전기요·장판, 공장난방, 플라스틱의 성형가공 | 열매체가 불필요하고 직접 열전달이 가능함 (복사가열) |
| 건강, 의료 | 사우나, 신체의 일부 가열 및 마사지 | 저온복사효과 신체에 대한 흡수성 양호 |

적외선의 이용은 주로 고온에서의 이용이며 저온에서의 이용은 많은 연구가 이루어지지 않았다. 충북대학교 송현갑, 유영선 연구팀은 이점에 착안하여 우리나라의 대표적인 농산물들인 사과와 배추의 저장에 원적외선이 미치는 영향에 관한 조사를 하였다. 이들이 이용한 원적외선 방사 바이오 세라믹은 국내의 모회사 제품으로 원적외선 방사율이 96%였다. 사과는 바이오 세라믹을 처리한 PE 박스와 무처리 PE 박스에서 33일 동안의 저장하고 부패율을 조사하였다. 바이오 세라믹 처리를 한 박스의 사과의 부패율은 2.24%였으나 대조구에서는 부패율이 21.24%에 달하였다. 따라서 바이오 세라믹을 처리한 박스의 사과의 부패율이 대조구의 부패율보다 약 1/10 정도로 작았다. 배추도 동일한 처리를 하여 23일 동안 저장한 후 효과를 분석하였다. 처리된 박스에 저장한 배추의 신선도 지수는 5에서 2.9로 2.18 감소한 반면에 무처리 대조구 배추의 신선도는 0.2로 4.8 감소하였다. 따라서 원적외선을 방사

하는 재료를 사용하는 용기는 사과와 배추의 부패율이나 신선도를 유지하는 데 효과가 있는 것으로 검증되었다.

본 연구에서는 이상과 같은 원적외선이 농산물의 저장과 건조에 미치는 영향을 최대한으로 이용하기 위하여 국내 모회사의 바이오 세라믹 도장재료를 저장시설의 내외부에 도장하도록 설계하였다. 바이오 세라믹 도장은 농가형 소형 다목적 저장고의 저장 및 건조 성능을 향상시키고 저장물의 선도유지에 기여할 것으로 기대된다.

제 6 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(5 mm), 중심부에 발포폴리스티렌(100 mm)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 350 cm \times 길이 890 cm \times 높이 290 cm로서, 면적은 31.15 m², 체적은 90.33 m³으로 나타났다. 벽체는 내하력이 충분하나 천정부분의 내하력이 부족하여 C형강 2개를 맞대기 용접해 프레임으로 보강하였다.

5. 저장시설 옆에 10 m² 크기의 터널식 예냉실을 건축하여 저장물의 예냉은 물론 평시에는 저장고로 사용할 수 있도록 하였다.

6. 냉장설비는 농가용 소규모 다목적 저온저장고이므로 그 효율성을 증대시키기 위하여 냉장은 물론 건조까지도 가능한 겸용 에너지 펌프를 적용키로 계획하였다. 본 냉장 및 건조설비는 공냉식이고 화석연료를 사용하지 않아 경제성이나 청정성면에서 유리하다.

7. 본 연구에서 대상으로 하는 저장고를 기준으로 외기온도 33℃일 때,

실내온도를 -10°C 로 유지시키기 위한 총 냉각부하량은 $7,549\text{Kcal/h}$ 로 산출되었다.

7. 저장고의 도장재료로서 원적외선을 방사하는 바이오 세라믹을 사용하도록 설계하였다. 바이오 세라믹은 농산물의 저장이나 및 건조시 품질저하 방지에 기여할 것으로 기대된다.

여 백

제 5 장
저장시설의 시공

여 백

제 5 장 저장시설의 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 패널 저장고를 시행착오 없이 성공적으로 제작하기 위한 계획을 수립하였다.

분석한 자료를 이용하여 20:1의 축적으로 모형 저온저장고를 만들었으며 (사진 3.1) 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 3.2 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 고안하였다. 저장시설이 완료되면 원적외선을 방출하는 바이오 세라믹을 이용하여 저장고를 도장하도록 하였다.

제 2 절 저온저장시설의 시공

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

폴리머 콘크리트 샌드위치 패널의 크기가 1.0 m × 1.9 m × 0.11 m (무게 약 40 kg), 그리고 1.0 m × 3.0 m × 0.11 m (무게 약 70 kg)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 안전

한 조립을 위하여 벽체의 상부에 철제 프레임을 설치하고 패널을 조립하는 기술을 개발하였다.

저온저장시설의 외측크기는 3.70 m × 9.10 m이며 높이는 3.10 m로 10.2평이다. 저온저장시설의 시공은 크게 부지정지 및 기초콘크리트 타설, box형 저장고 건축, 저장고 벽체도장 및 지붕설치, 그리고 냉장 및 건조시설의 설치로 나누어 시공하였다. 저온저장시설의 장방향 단면도는 그림 5.1에 나타냈으며 구체적인 시공순서는 다음과 같다.

1. 부지정지를 하고 시멘트 콘크리트 기초를 했다. 시멘트 콘크리트 기초의 크기는 4.10 m × 9.50 m , 두께 10 cm로 했으며 철망(Wiremesh)으로 보강을 하였다(그림 5.1). 저온저장고가 건축될 장소는 기존의 농지를 피하기 위하여 협동연구자의 집옆 산자락 유희지로 정하였다. 따라서 부지정지 시에는 중장비가 동원되고 높이 약 2 m 그리고 길이 약 10 m의 옹벽의 설치가 필요하였기 때문에 현지의 건설회사에 도급을 주어 시공하였다. 저온저장고는 조립식으로 건축이 되므로 기초콘크리트는 표면이 수평이 되도록 주의를 기울여 시공하였다.

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.

3. 바닥 샌드위치 패널의 조립을 완성한 후 그림 5.1의 Concrete Block 을 만들어 벽체용 샌드위치 패널의 지지대를 만들었다. 지지대는 시멘트 모르터를 사용하여 폭 15 cm, 두께 5 cm로 바닥판 주변으로 설치하였다. 벽

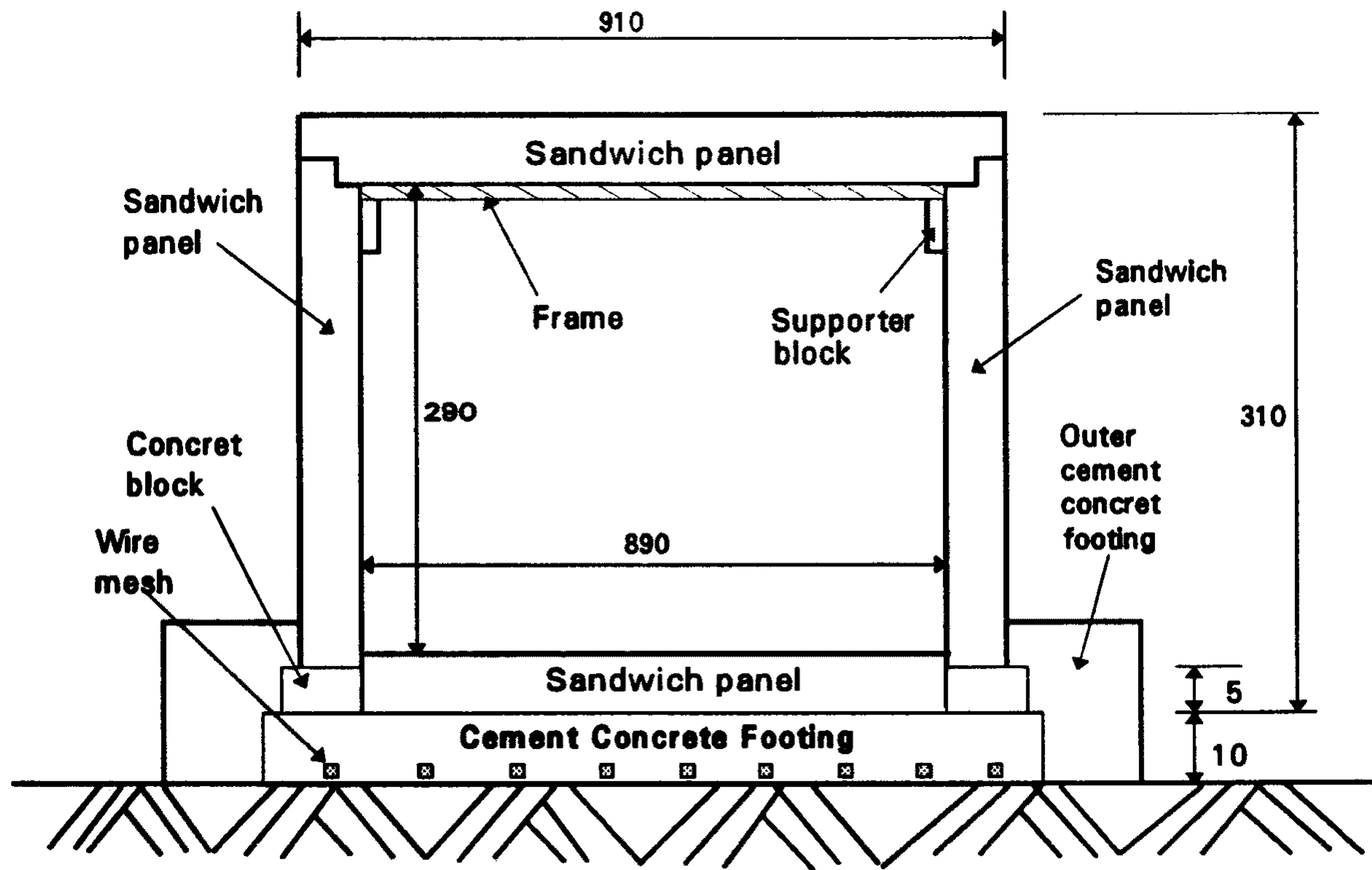


그림 5.1 저온저장시설의 장방향 단면도 (단위 : cm)

체의 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 저장고의 한 모서리부터 조립을 시작하였다. 벽체용 패널이 크고 무겁기 때문에 조립하는 연구보조원의 안전과 작업의 편의를 위하여 철제 동바리를 사용하였고 패널과 패널의 조립은 접합부에 접착제를 발라 접착시키고, 접착을 확실하게 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. 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 기본적인 저장고를 완성하였다. 1995년 12월부터 96년 3월까지의 동절기에 나타날 수 있는 패널과 패널 접합부의 누수, 샌드위치 패널의 결함 등을 면밀히 관찰하였다. 폴리머 콘크리트 샌드위치 패널을 이용한 구조물의 건축은

본 연구에서 최초로 시도되는 것으로 예측하지 못한 문제점들이 노출되었다. 패널과 패널의 접합부, 특히 천정패널의 접합부 등에서 뒤틀림과 공극이 다소 발생하여 강우시나 적설시에는 저장고 내부로 누수가 발생하였다. 따라서 96년 4월부터 접합부 보강공사를 진행하며 패널의 제작방법과 건축방법에 대한 전반적인 검토가 이루어졌다. 경우에 따라서는 샌드위치 패널의 facing을 보강하였으며 특히 box형 모서리 및 연결부에는 유리섬유와 수지로 보강을 하고 알미늄 카바를 설치하여 자외선에 노출되는 샌드위치 패널의 단면을 보호하였다.

7. 저장고 지붕의 설치는 조립식 주택 전문업체에 의뢰하여 설계하였으며 설계자와 연구팀이 공동으로 현지 실정에 맞게 지붕을 설치하였다. 지붕의 설치는 저장고의 장방향 측면으로 각 4개씩 8개의 스틸파이프를 이용하여 기둥을 세우고 트러스형의 지붕을 조립하여 완성하였다. 지붕의 한쪽은 처마를 길게하여 냉장 및 건조시설을 보호할 수 있도록 하였으며 또한 간이 건조 및 저장시설로 사용될 수 있도록 하였다. 완성된 저장고의 외형은 사진 5.1과 5.2에 나타냈다.

제 3 절 예냉실의 건축

저장시설 냉장부하의 감소와 간이저장고로 사용하기 위하여 저장고 옆에 10 m² 크기로 예냉실을 건축하였다. 예냉실은 저장고 옆의 산을 수평굴착하고 주변의 호박돌과 시멘트 콘크리트를 사용하여 벽을 쌓고 철근 콘크

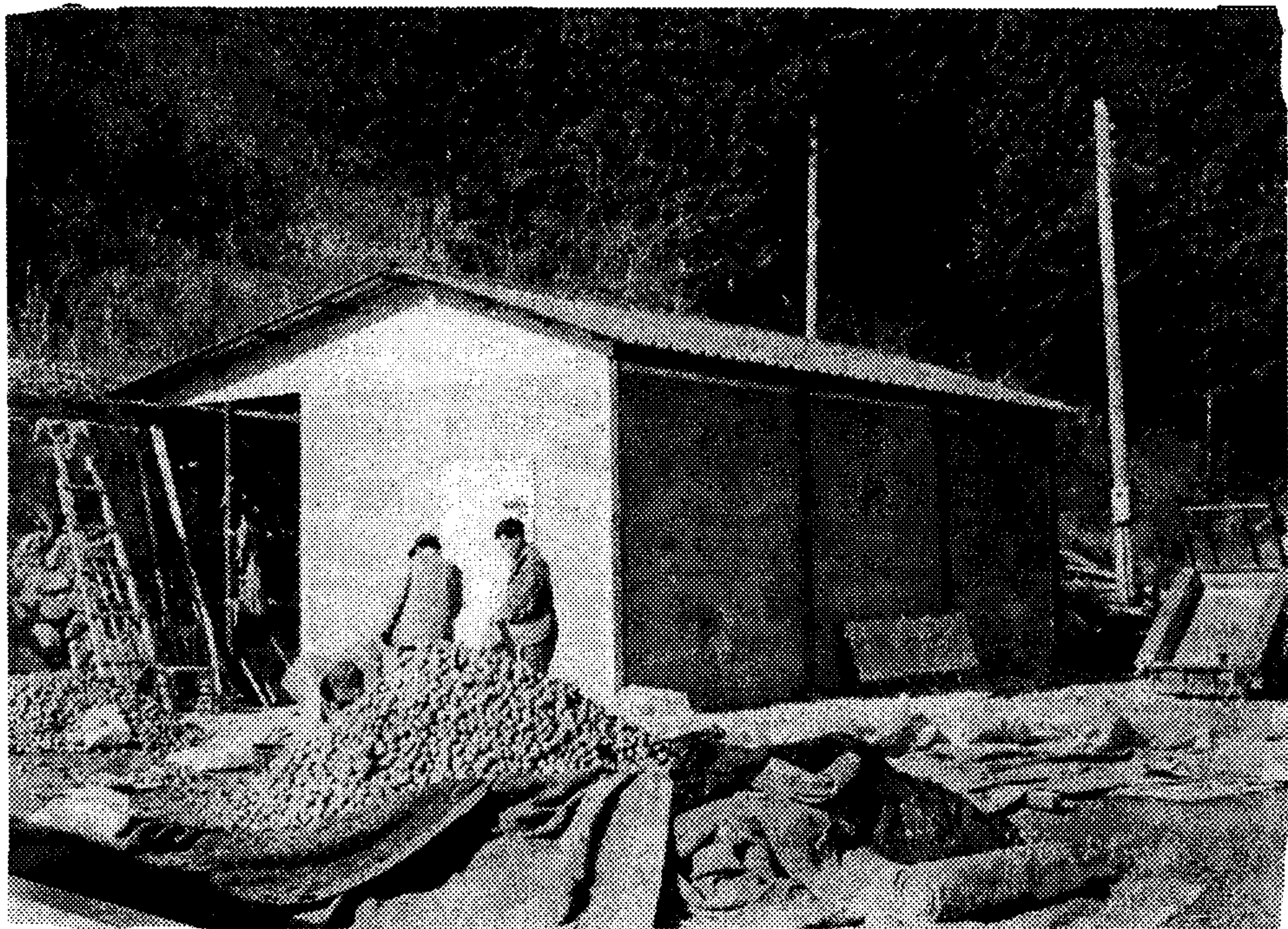


사진 5.1 농가용 다목적 저장시설의 사진 1

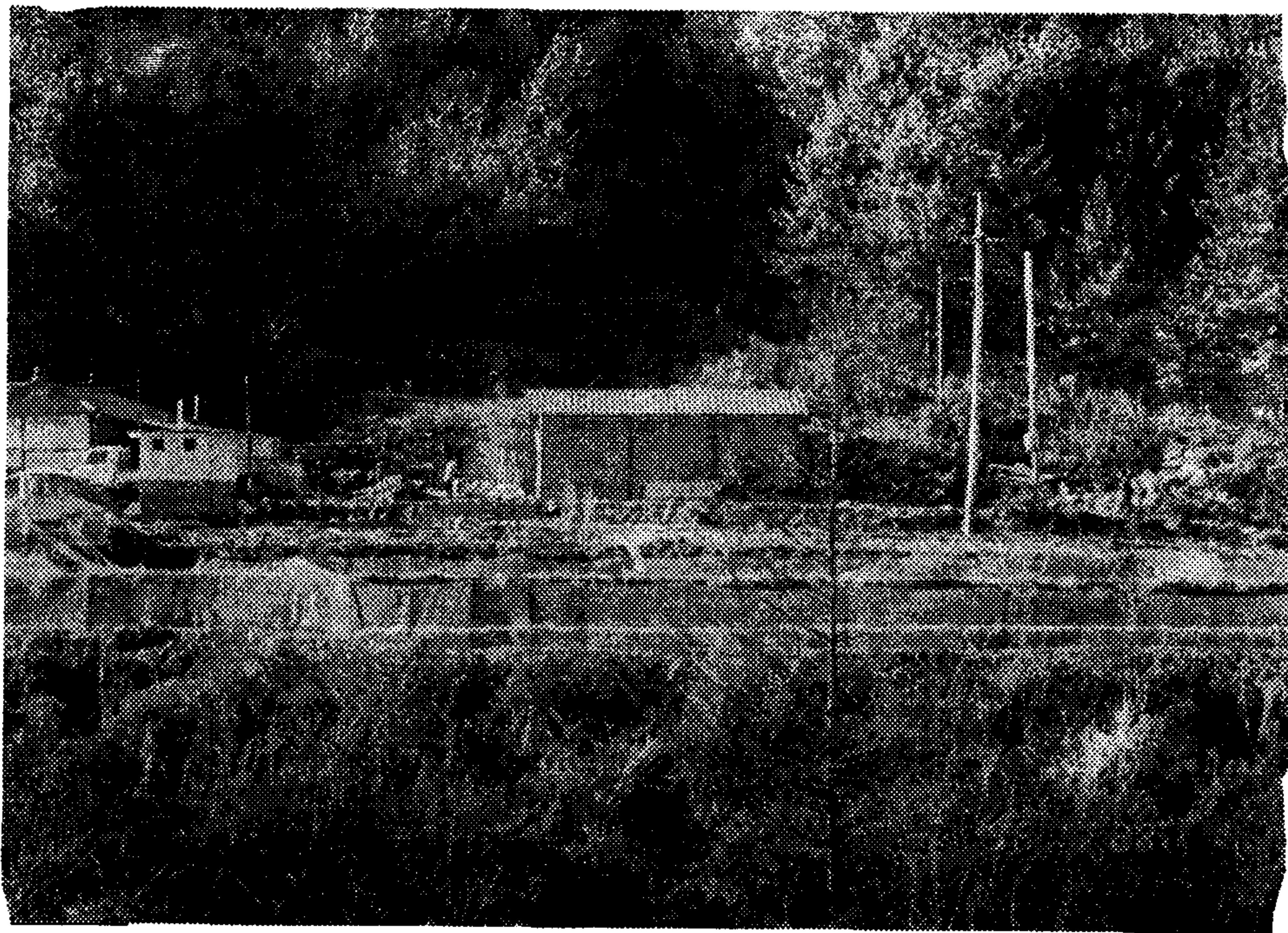


사진 5.2. 농가용 다목적 저장시설의 사진 2

리트 슬라브로 천정을 설치하였다. 출입문을 제외한 모든 면은 최소한 1 m 이상의 흙으로 복토하여 터널식 예냉실을 건축하도록 설계하였다. 출입문은 저온저장고용의 단열문을 설치하여 보온성을 유지하도록 하였다. 예냉실은 터널식으로 시공되었으므로 4계절 동안 온도와 습도의 편차가 심하지 않으므로 평시에는 배추, 무 혹은 감자 등의 일시적인 저장을 할 수 있도록 하였다. 예냉실의 시공은 현지의 건설업자에게 의뢰하여 건축하였다.

제 4 절 냉장 및 건조시설 설치

농가용 다목적 저장시설에 적합한 소형의 냉장 및 건조시설의 설계와 제작은 전문업체와 긴밀한 협조하에 이루어졌다. 공장에서 제작된 설비들은 수차례에 걸쳐 저장고 현장으로 운반되었으며 제작기술팀과 본 연구팀이 공동으로 설치공사를 하였다 (사진 5.3, 5.4).

저장고용 냉장 및 건조설비는 기계장비, 배관설비, 콘트롤 패널 및 송풍 장치로 구분된다. 기계장비는 압축기, 콘덴서, 냉각기, 가습기 등으로 구성되며 저장고 외부에 설치되었다 (그림 5.1 냉장 및 건조시설 설계도). 저장시설에 필요한 각종 배관시설은 주로 동파이프를 사용하였으며 저장고 벽체를 지지대로 하여 설치하였다. 냉장 및 건조시설을 운전하기 위한 콘트롤 패널은 기계장비 옆에 설치하였다. 냉·온풍을 저장고 내로 빠르고 효율적으로 유입시키기 위해 송풍기와 에어 덕트를 설치하였다. 냉각작용을 원활히 하여 온도분포를 일정하게 유지하기 위하여 저장시설의 천정부에 덕트를 설치

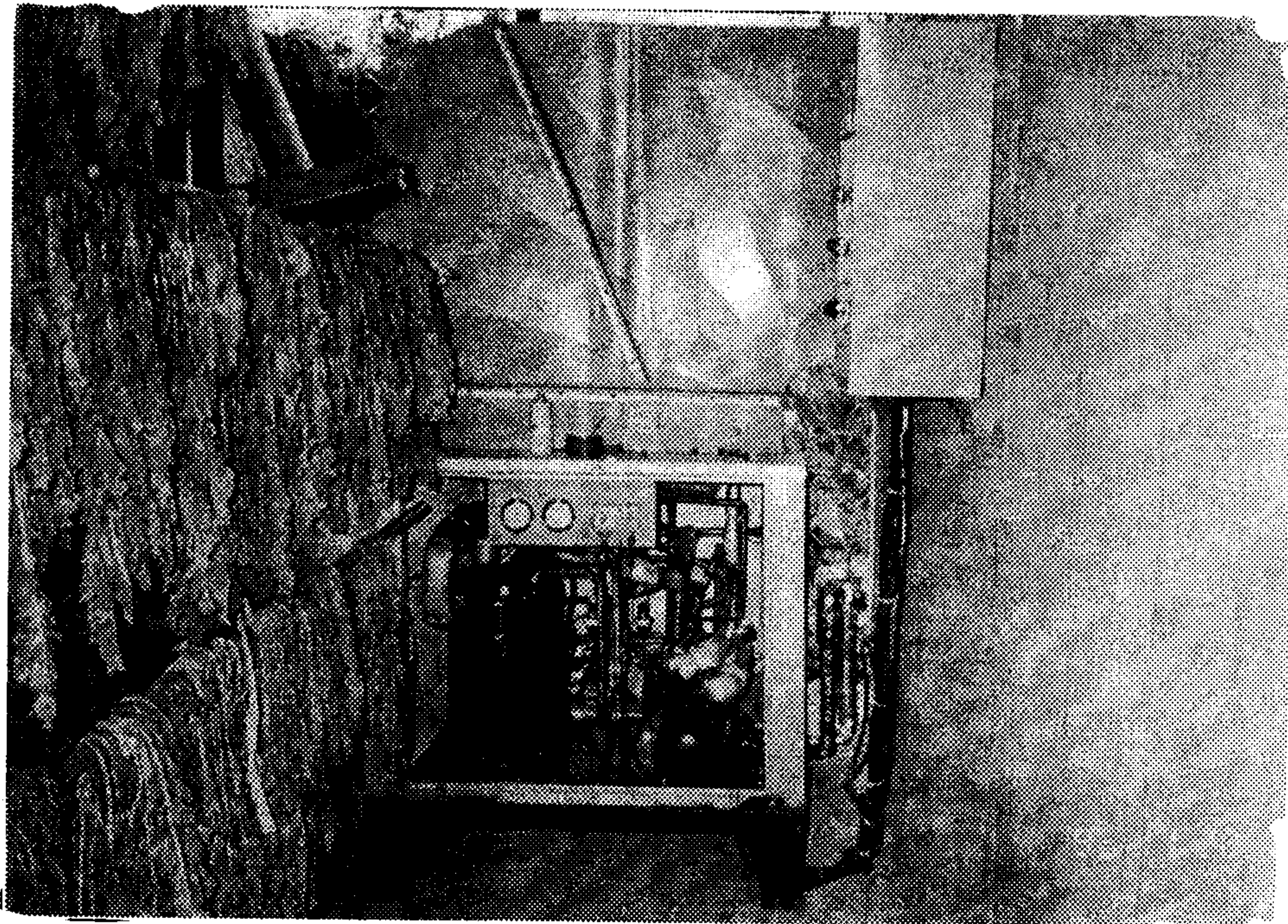


사진 5.3 냉장 및 건조장비와 컨트롤 패널

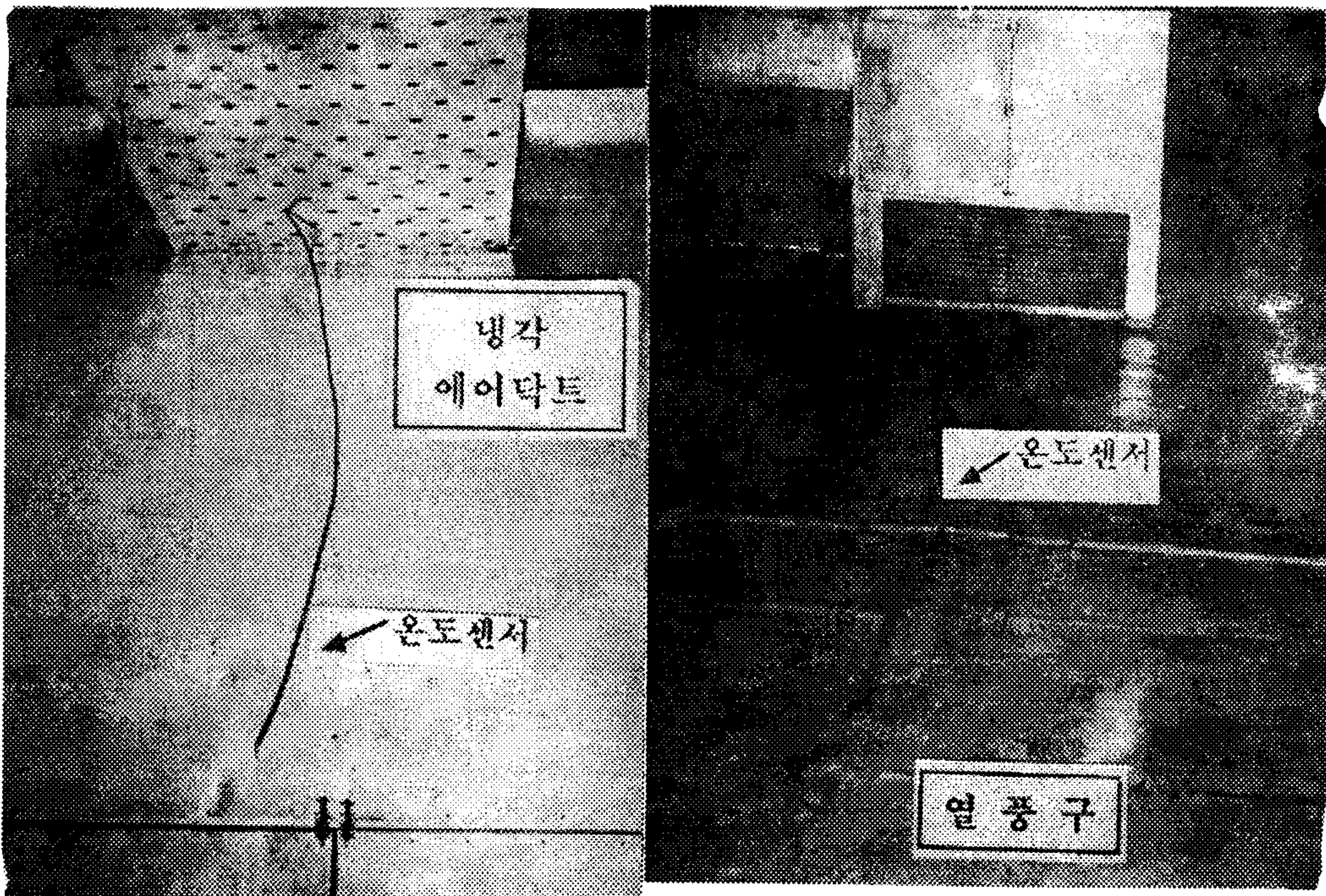


사진 5.4 다목적 저장시설의 내부와 에어 덕트

하고 냉기가 방출되도록 하였다. 이 방법은 기존의 소형 저온저장고에서 사용하고 있는 한쪽에서 냉기를 내뿜는 방법과 다른 점으로 천정다트의 시설비가 추가로 소요되지만 저장고를 고르고 빠르게 냉각시킬 수 있어 냉각효율을 높일 수 있다. 건조시에는 가열된 공기가 저장고의 하단부의 다트에서 방출되게 설치하여 건조와 냉각효율이 극대화되도록 하였다.

저장시설의 본체, 지붕, 냉장 및 건조설비가 완료된 후에 바이오 세라믹으로 저장시설의 내외부를 도장하였다. 바이오 세라믹은 원적외선을 방출하는 재료로 농산물의 건조 및 저장분야에 사용되는 신소재 재료이다.

표 5. 1 10HP용 압축기를 이용한 건조기의 제원

| 구 분 | 건조실 용적 | 압축기 | 증발기(실외기) | 응축기(실내기) | 송풍기(실내기용) |
|------------|-------------------------------|------------------------|--|-----------------------------|------------------------------|
| 용 량 | 85m ³ | 30.744kcal/H (R-22) | 0.0113m ³ | 0.149m ³ | 7,080m ³ /H |
| 전열면적 | | | 1.924m ² | 0.746m ² | |
| 전원 | | 380V, 3상, 50HZ | FAN MOTOR 220/380V, 60HZ 3상, 0.75kw | | 220/380V, 60HZ 3상, 0.88kw |
| 규격 (mm) | w) 3520 D) 8400 H) 2880 | 직경 205 H) 500 | w) 1550 D) 1050 H) 1031 | w) 1495 D) 290 H) 575 | 직경) 570 D) 260 |

제 6 장
저장시설의 시험

여 백

제 6 장 저장시설의 시험

제 1 절 서 론

저장시설의 건축, 냉장 및 건조시설의 설비, 바이오 세라믹 도장이 끝난 후 저장시설의 성능시험이 이루어졌다. 냉장 및 건조성능은 저장고 내부에 27개의 온도센서를 설치하고 외부에 3개의 온도센서를 부착하여 온도를 측정하여 시험하였다. 온도센서로는 T-type thermocouple을 사용하였으며 36 채널 데이터 로거를 사용하여 10분 단위로 온도 변화를 측정하였다. 저장고 외부의 온도센서는 저장고의 3면의 벽체 중간에 각 1개씩 설치하였으며 저장고 내부의 온도센서는 저장고의 출입문, 중앙 및 내측(출입문 맞은 편)벽에 각각 상중하 및 좌우 및 중간에 1개씩 9개씩 27개를 설치하였다. 센서는 벽에서 30 cm 정도 떨어진 위치에 설치하였다 (그림 6.1).

제 2 절 건조시험

건조시설을 이용한 산채와 같은 농산물의 건조는 가능한 최적의 자연조건과 유사한 조건하에서 건조하는 것을 선호하고 있다. 이는 고온에서 건조시킬 경우 품질의 변화가 나타날 수 있기 때문이다. 햇빛이나 그늘에서 말리는 자연조건은 기상의 영향을 많이 받기 때문에 건조시 부패나 질의 변화

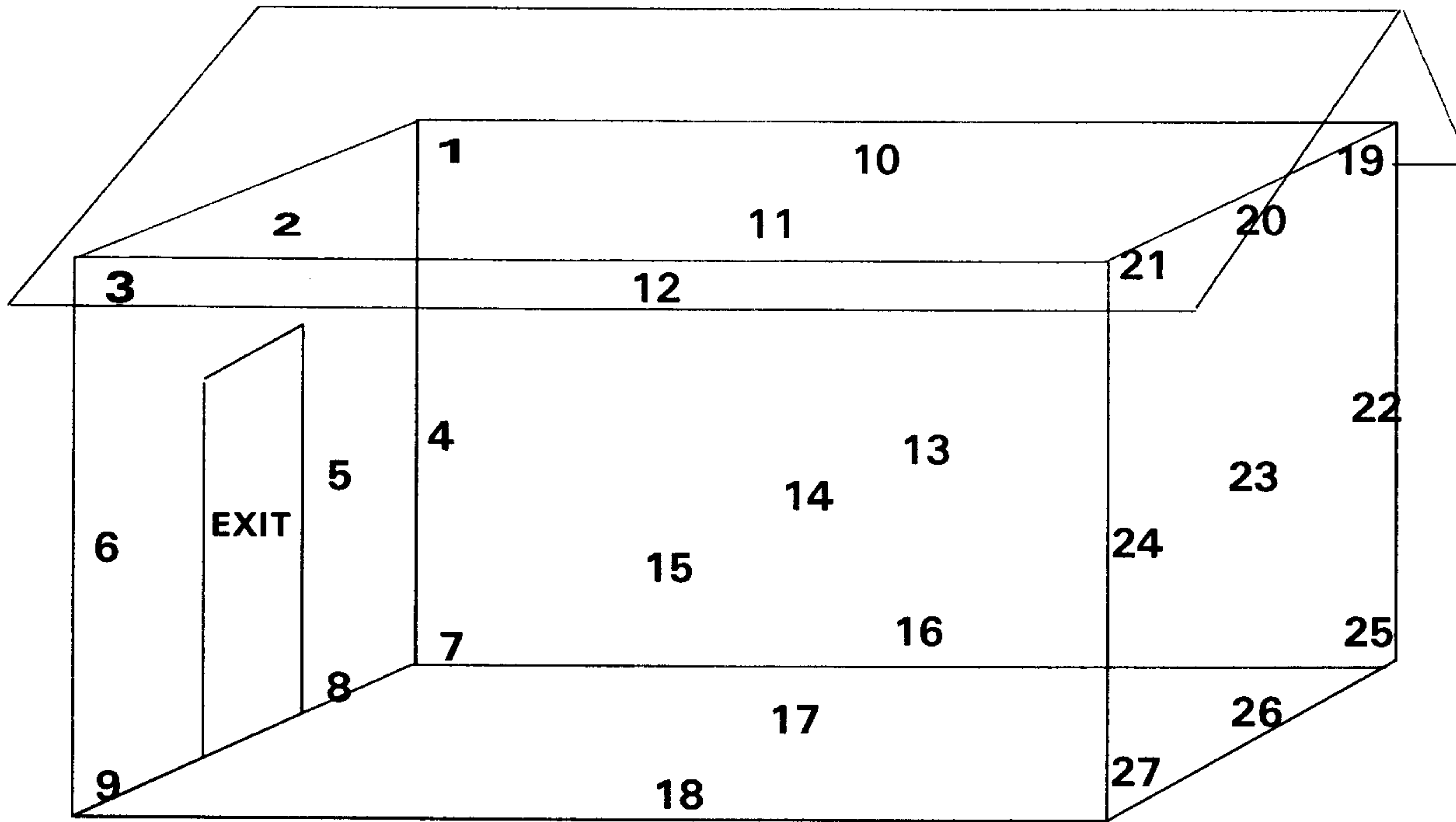


그림 6.1 저장고내 온도센서의 부착위치

가 나타나기 쉬우며 또한 자외선에 의한 색의 변질과 파리 등의 유해곤충에 의한 오염의 우려도 있다. 건조시설을 이용한 건조는 일정한 온도하에서 자외선이나 유해곤충이 없는 조건에서 건조되므로 건조가 일정하게 되어 건조농산물의 맛, 향, 색 등이 자연상태와 비슷하게 유지될 수 있는 장점이 있다. 본 연구에서는 자연의 건조온도보다 약간 높은 40 °C로 저장고의 온도를 맞추후 온도의 상승과 하강, 저장고내의 온도분포 등에 대하여 조사하였다.

그림 6.2는 냉장 및 건조시설을 가동하지 않은 상태에서 저장고 내외부의 온도변화를 보여주고 있다. 저장고 내부의 온도는 외기의 온도에 영향을 받아 온도의 변화주기가 외기온도와 비슷한 양상을 보이고 있다. 또한 저장고내의 온도분포, 즉 저장고 바닥, 중간 및 천정부분 사이에 온도편차가 1 °C 이내로 저장고의 전부분에 걸쳐 균일하게 온도분포가 이루어지고 있다.

그림 6.3은 건조시설의 가동시간에 따른 저장고내의 온도변화를 나타낸 그림이다. 저장고의 온도는 80 °C 이상으로 올릴 수 있지만 농산물의 건조온도가 너무 높으면 품질의 변화가 생길 수 있고 또한 자연상태에서 건조한 품질과 차이가 있을 수 있어 건조온도는 40 °C 정도로 조정하여 시험하였다. 외기의 온도가 9.5 °C에서 8.5 °C 정도였을 때 건조물이 없는 빈 저장고의 평균온도는 약 90분 사이에 9 °C에서 39 °C 까지 30 °C가 상승하였다. 그러나 저장고의 온도는 컨트롤 패널에서 자동온도 설정치에 따라 조정될 수 있다. 즉, 컨트롤 패널의 조절온도를 50 °C 혹은 70 °C 등으로 설정함에 따라 저장고의 온도상승을 통제할 수 있어 빠른 건조를 원할 때 사용할 수 있다. 그림 6.3은 또한 무와 양배추 썰은 재료를 각각 20 kg과 150 kg을 건조시키며 시험한 온도의 변화를 보여주고 있다. 이때의 외기온도는 -0.2 °C에서 4.2

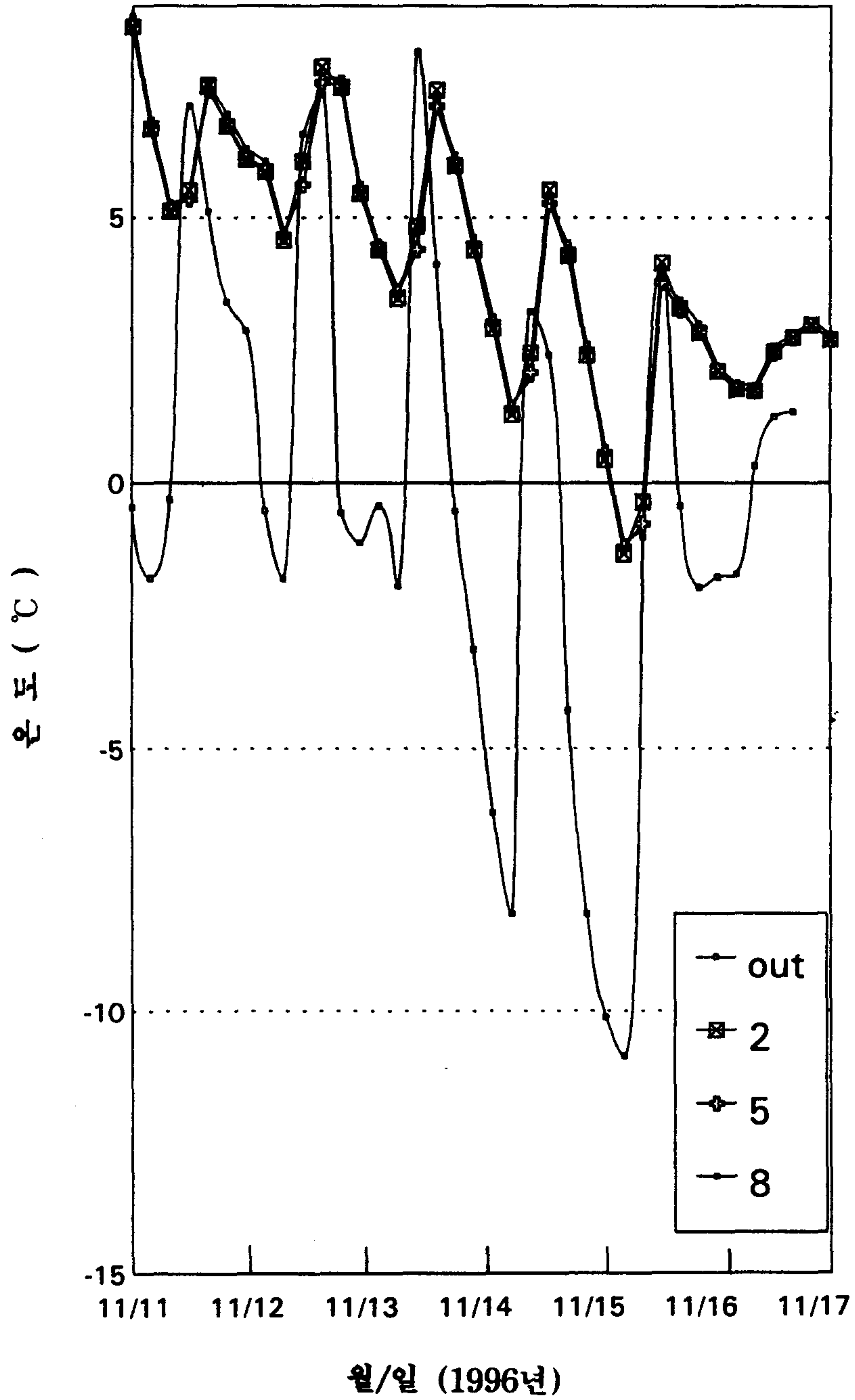


그림 6.2 냉장 및 건조 장비를 가동하지 않은 자연상태에서의 저장고 내·외부의 온도변화. (Out은 외기 평균이고 2, 5, 8은 저장고의 천정, 중간 및 바닥부근에 설치한 온도센서번호 이다.)

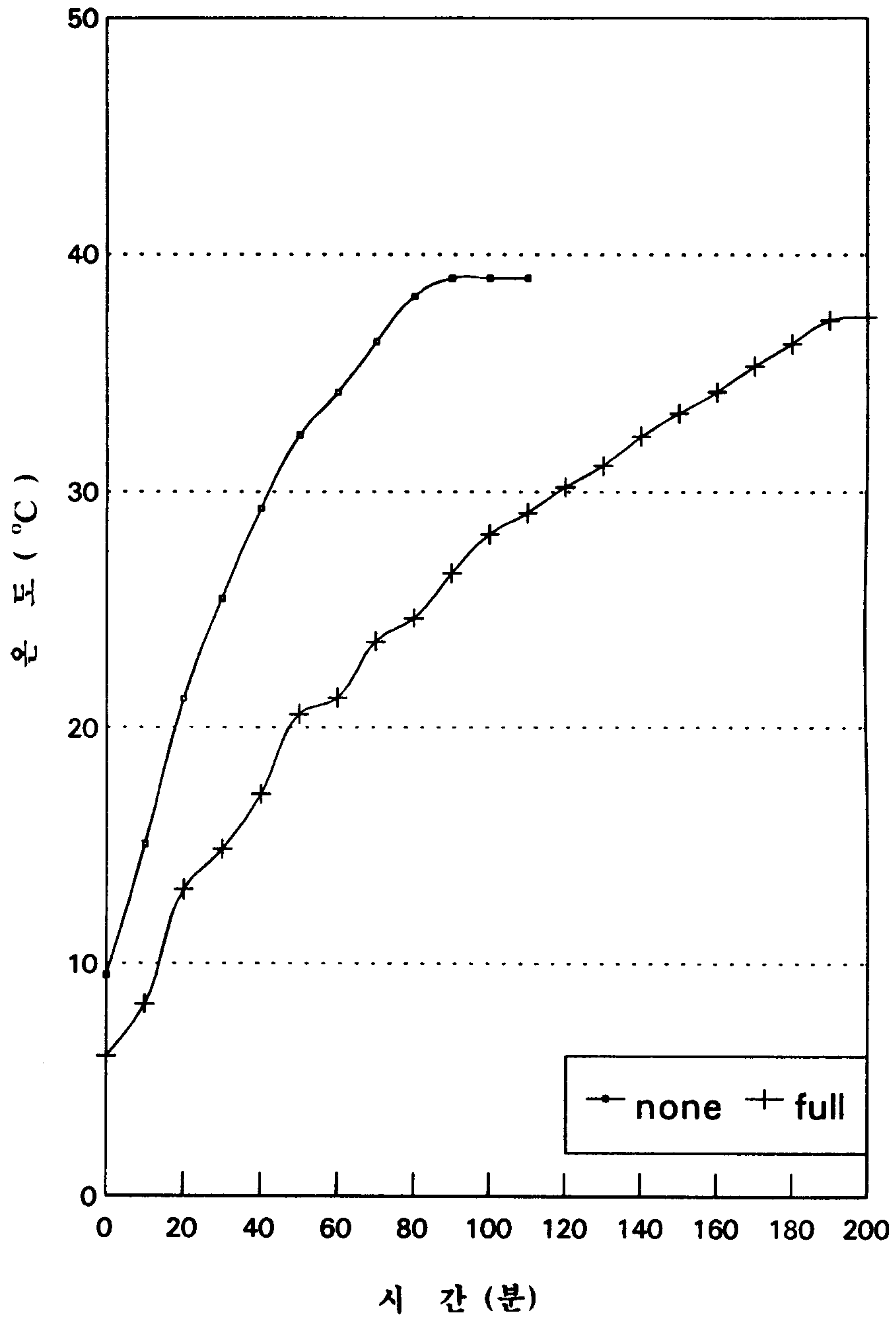


그림 6.3 건조시설 가동시간에 따른 저장고의 온도변화

°C로 빈 저장고의 온도를 상승시킬 때 보다는 온도가 5 °C에서 9 °C 정도 낮았다. 그래프 상에서 온도상승율은 빈 저장고일 때가 빠르게 나타나고 있으나 외기 온도를 고려하면 170 kg 정도의 농산물을 건조할 때는 온도상승율에 큰 변화가 없을 것으로 생각된다.

그림 6.4는 170 kg의 무와 양배추를 저장하며 온도센서별 온도를 모니터링한 결과이다. 건조시설을 가동하기 전 저장고의 평균온도는 5 °C이나 저장고의 온도는 위치별로 약 2 °C 정도 편차를 보이고 있다. 건조시설 가동 후 4시간 후에 평균온도 약 39 °C에 도달하였으며 이때의 외기온도는 -0.2 °C였다. 26번 온도센서의 온도가 높게 나타나는 이유는 이 부분에서 더운 공기가 유입되기 때문이다. 26번 온도센서를 제외하면 저장물을 건조하기 위하여 가온할 때의 온도분포는 약 3 °C 정도의 편차가 있는 것으로 나타났다. 이는 저장이나 건조를 하기 위하여 그림 6.5와 같은 선반을 저장고에 설치하였기 때문인 것으로 생각되며 3 °C 정도의 편차는 저장물의 건조에 영향이 없을 것으로 사료된다. 저장고의 온도가 컨트롤 패널에서 설정한 온도에 도달하면 건조시설의 작동은 자동으로 정지된다.

그림 6.6는 건조시설 가동 후 10분 경과 후 저장고내의 온도분포를 나타낸 그림이다. 더운 공기가 배출되는 부근에 있는 26번 센서를 제외하고는 약 3 °C 정도의 편차를 보이며 저장고의 온도가 비교적 균일하게 상승하고 있음을 보여주고 있다

그림 6.7은 저장물의 건조시와 비건조시의 저장고내의 온도분포를 비교하여 보여주고 있는 그림이다. 무와 양배추 건조시의 외기는 0 °C 정도였고 비건조시의 외기는 9 °C 정도여서 그림상 온도의 차이는 농산물의 건조 때문

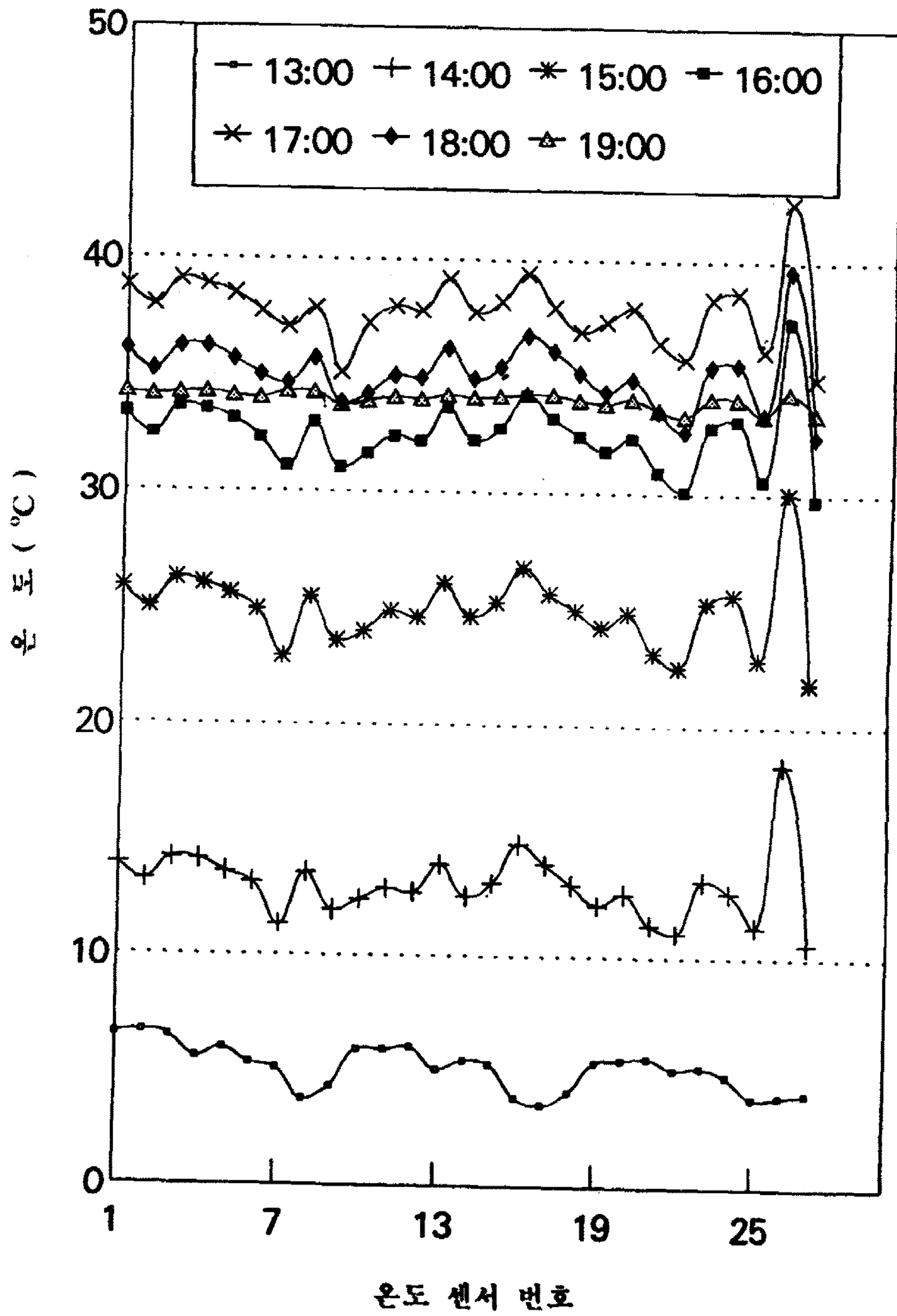


그림 6.4 저장고내 온도 센서별, 시간별, 온도변화

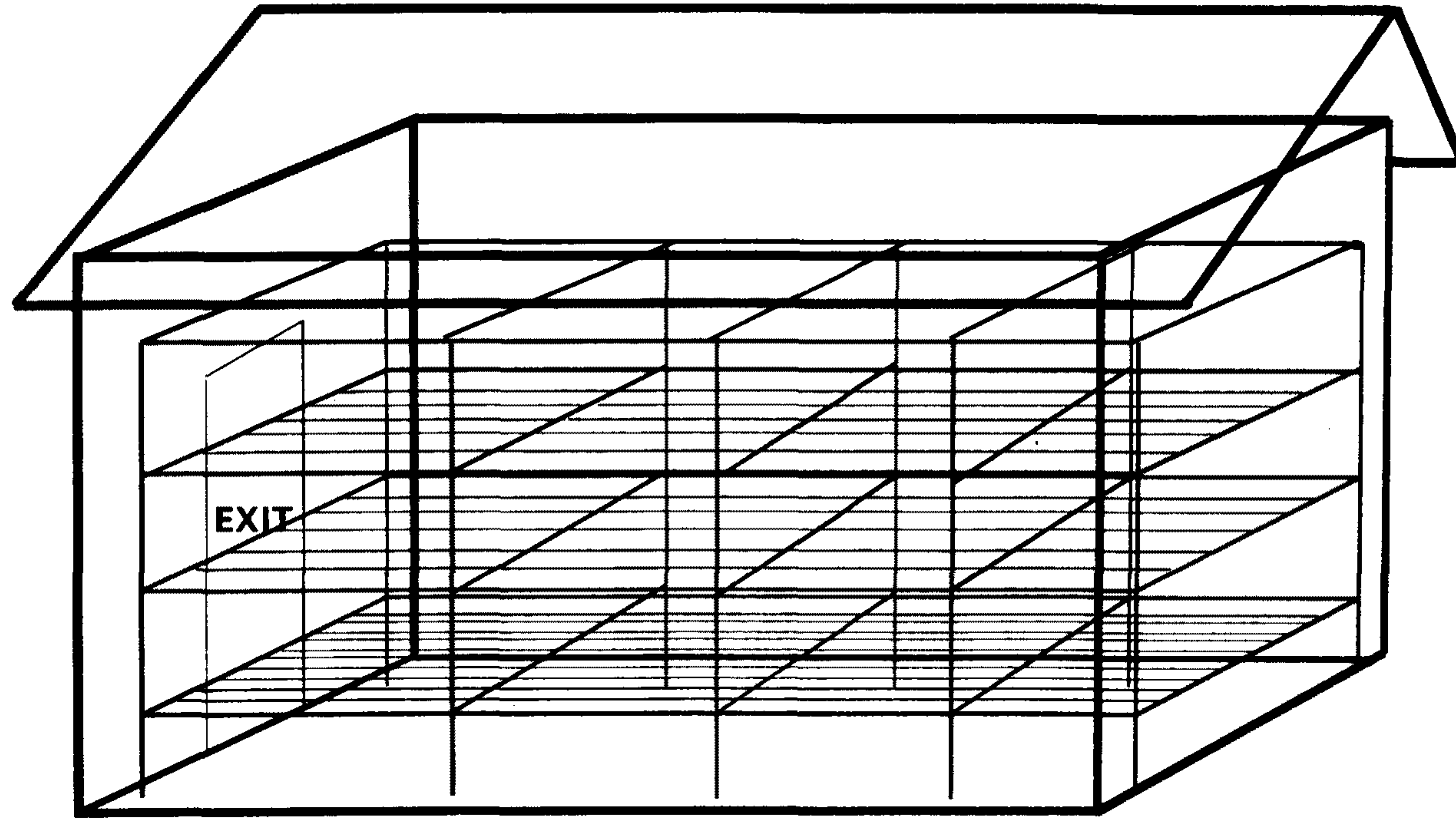


그림 6.5 저장고의 농산물 저장을 위한 선반설치 모형도

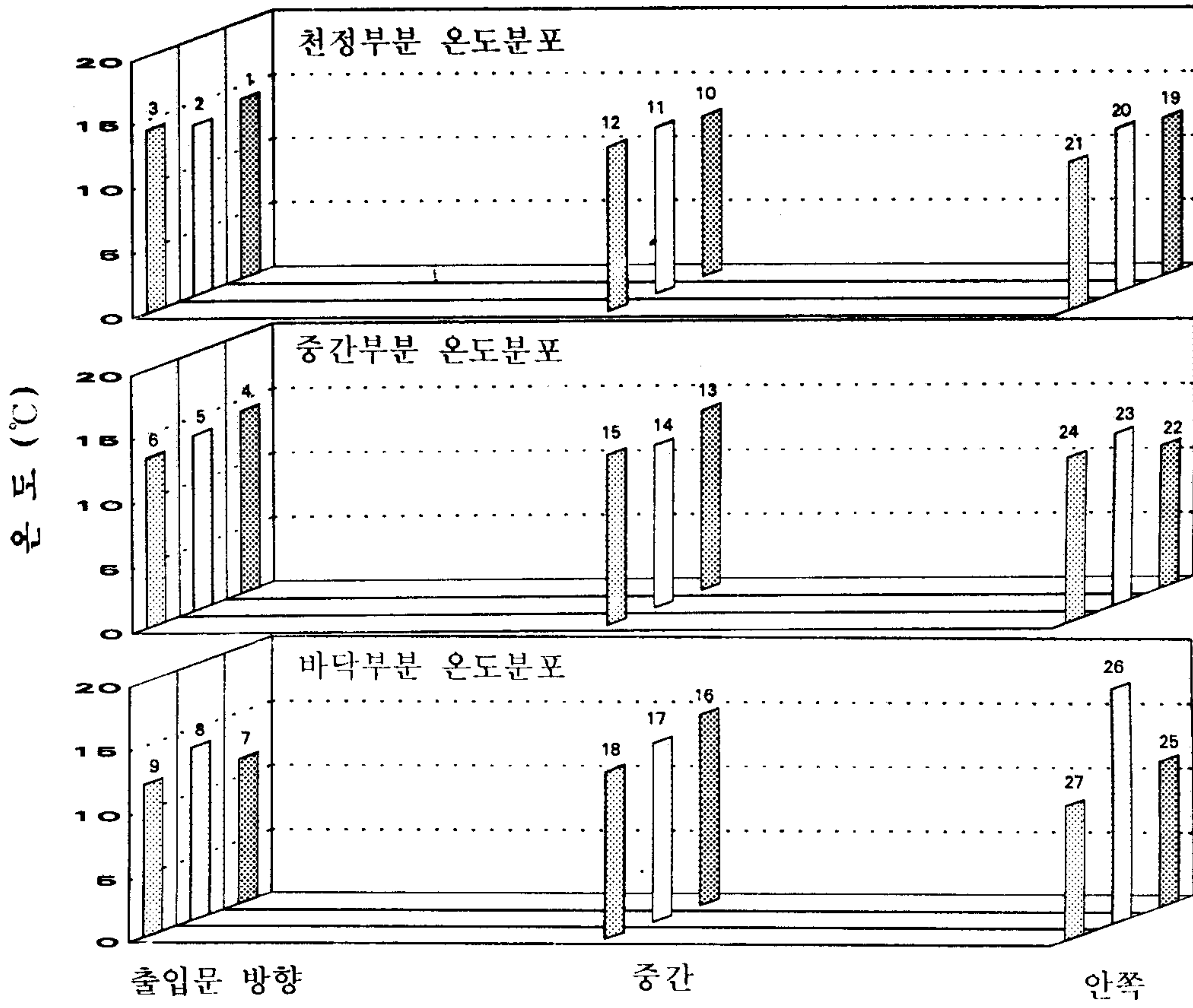


그림 6.6 건조시설 가동 10분 경과후 저장고내의 온도분포

에 생기는 것이 아니라 외기의 차이로 인하여 발생하는 것으로 생각된다. 그림상에서 9번과 27번 센서부근의 온도가 비교적 낮게 측정되는 이유는 이 부분이 모두 저장고 하단부 모서리 부분으로 공기의 유통이 원활하지 못하기 때문인 것으로 생각된다. 저장고내의 자동설정된 온도는 외기의 온도차이에 큰 영향을 받지않고 자동설정온도를 비교적 일정하게 유지하는 것으로 나타났다.

제 3 절 냉장시험

다목적 저장시설의 냉장시험은 저장물이 없는 상태에서 실내온도의 감소과정을 모니터하여 분석하였다. 그림 6.8은 1996년 8월 5일 외기온도가 27 °C 일 때 냉장시설 가동시간에 따른 저장고의 온도변화를 나타낸 것이다. 초기 저장고내 온도 27 °C에서 냉장시설의 작동이 시작되어 초기에는 빠른 속도로 온도가 감소하였으나 저장고의 온도가 내려감에 따라 저장고의 온도하강은 둔화되었다. 저장고내의 온도분포는 냉장시설 가동초기에 다소 많은 온도편차를 보였으나 (그림 6.9) 시간이 경과하며 온도가 내려감에 따라 온도의 편차는 많이 감소하였다 (그림 6.10). 온도센서 19번과 22번의 온도가 주변의 온도보다 다소 높게 나타나는 이유는 이들 지역이 냉기가 방출되는 곳으로 부터 멀리 떨어져 있으며 또한 에어덕트가 설치된 부분으로 공기의 순환이 원만하지 못한 코너이기 때문으로 생각된다. 이 부분을 제외한 저장고내의 온도분포는 온도가 -10 °C 이하로 내려가면서 2 °C 이내로 균동히

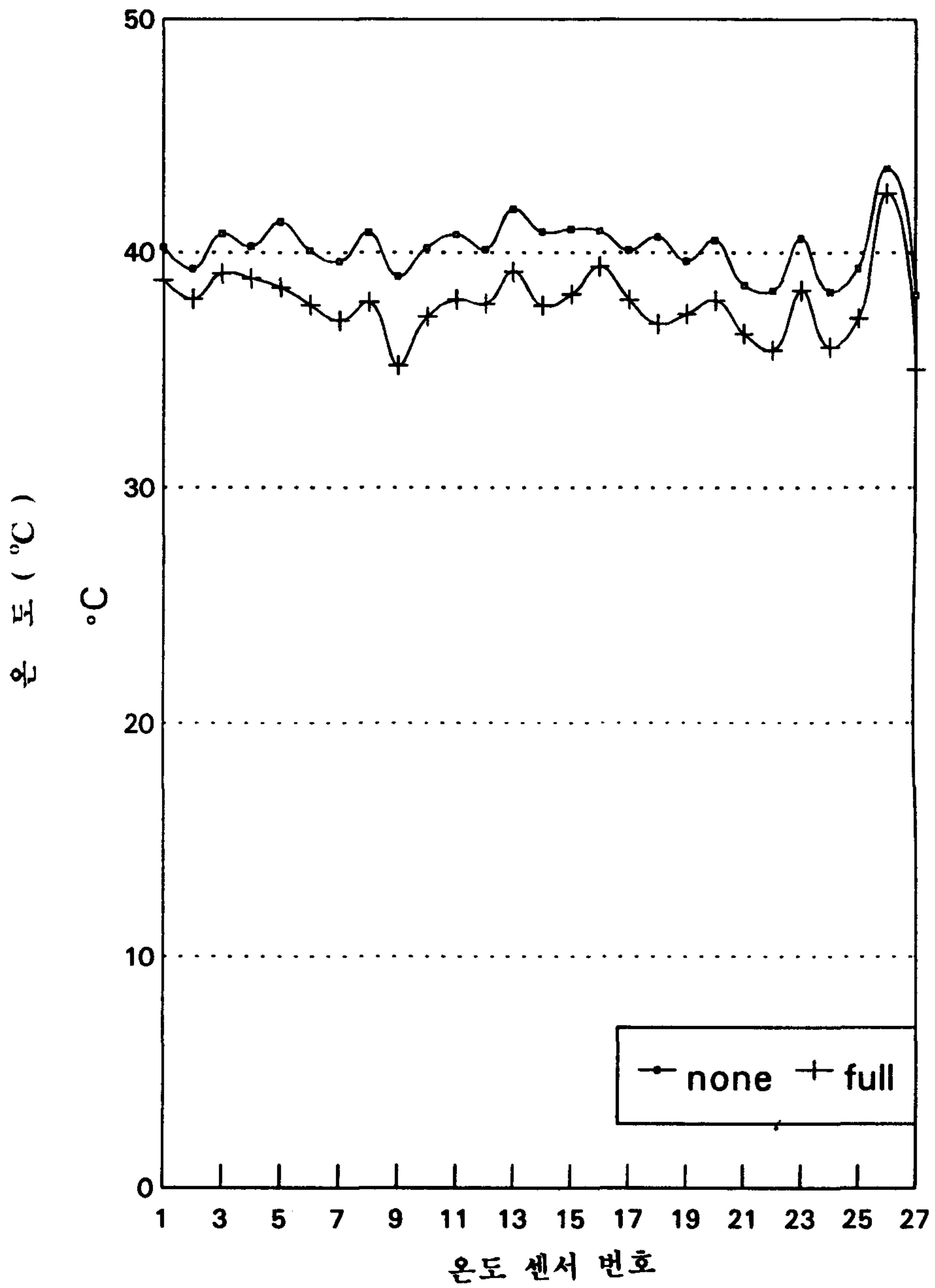


그림 6.7 저장고의 건조시와 비건조시 온도분포 비교

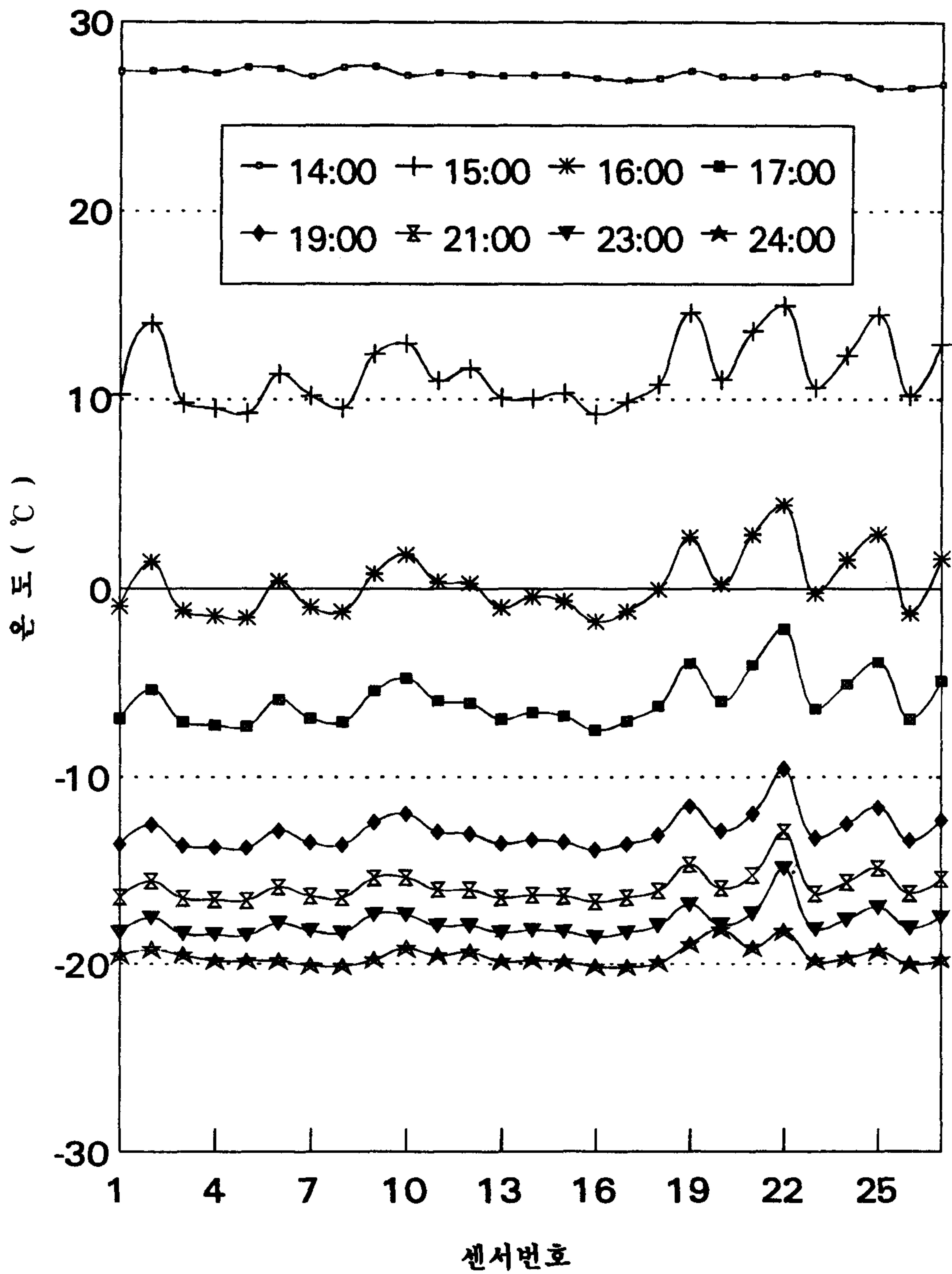


그림 6.8 냉장시설의 가동시간에 따른 저장고내의 온도변화

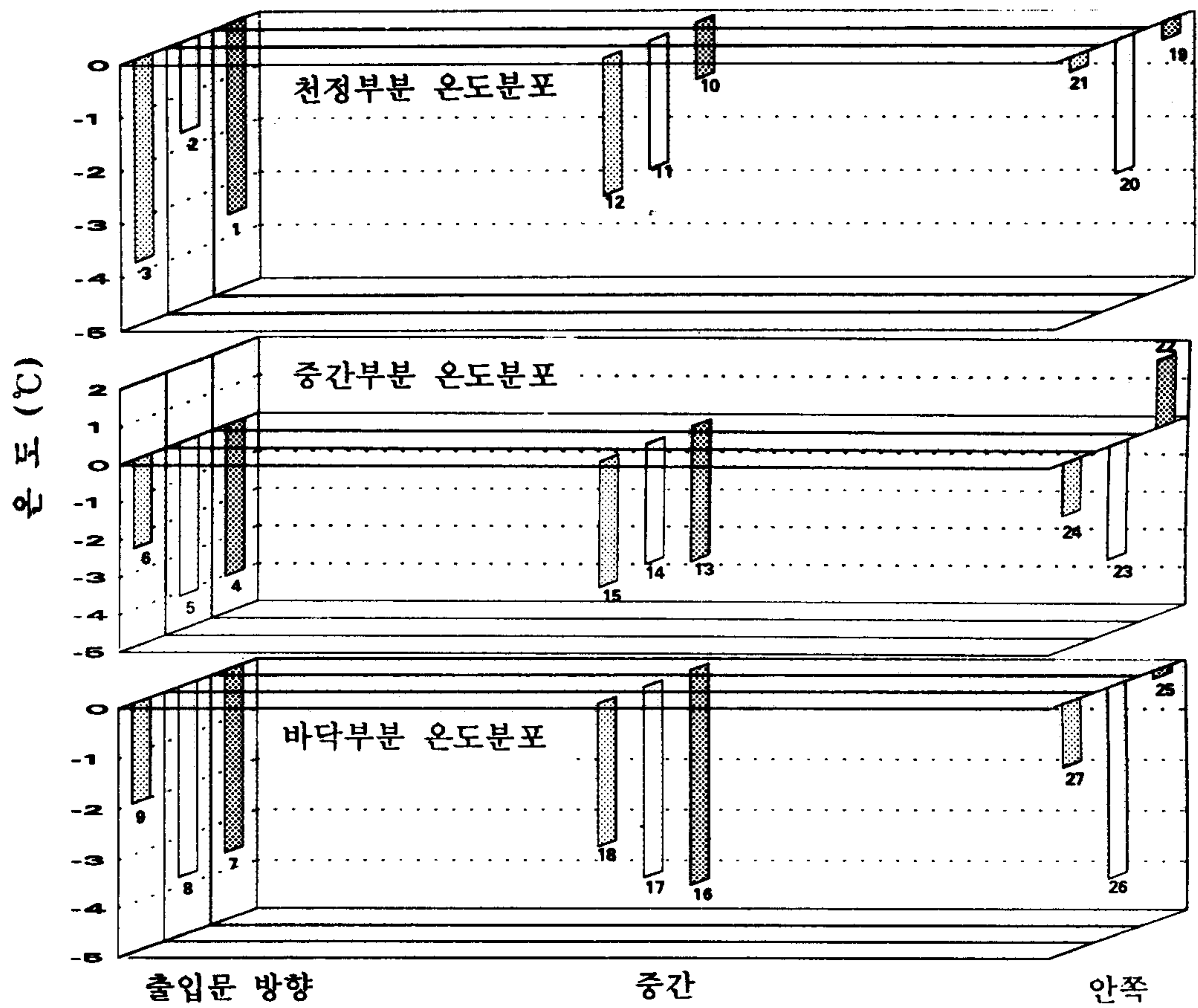


그림 6.9 냉장설비 가동 10분 경과후 저장고내의 온도분포

분포되고 있음을 알 수 있다. 그림 6.9에서 알 수 있듯이 냉장시설의 냉기는 냉기가 도입되는 안쪽 보다는 출입문쪽에서 많이 방출되어 출입문쪽의 온도가 빨리 냉각되는 것으로 나타났으나 냉장시설의 가동시간이 길어지면서 온도편차는 빠르게 줄어들었다.

그림 6.11은 냉장시설의 가동시간과 저장고내 평균온도와의 관계를 나타낸 것이다. 저장고의 초기온도 27 °C 그리고 외기온도도 27 °C에서 냉장시설이 가동되었다. 냉장시설의 가동과 함께 온도는 빠르게 내려가 처음 2시간 동안에 약 30 °C가 떨어졌다. 2시간 이후 부터는 온도의 하강속도가 낮아지기 시작하였으며 저장고내 온도가 -20 °C에 접근하면서 온도의 하강율은 더욱 낮아졌다. 저장고의 시험은 저장고의 평균온도가 -20 °C 이하로 내려가면서 중단하였으며 이때의 외기온도는 18 °C였다.

초기온도 27 °C에서 -16 °C까지 하강하는데 6시간이 소요되었다. 그러나 -16 °C 이하에서는 온도의 하강속도가 현저히 둔화되어 이 부근에서 많은 에너지 손실이 발생하는 것으로 나타났으며 본 다목적 저장고는 영하 15 °C 정도에서 냉동 및 냉장저장을 할 경우 가장 효율적인 사용이 될 것으로 사료된다. 영하 15 °C는 냉장저장 영역이 아닌 냉동저장을 가능하게 하는 낮은 온도로 김치와 같은 발효식품의 장기간 저장은 물론 다양한 종류의 농산물을 냉동저장까지도 가능하다. 냉장설비의 제조시에는 저장고의 온도가 냉장시 최대 -10 °C 정도로 예측을 하였는데 최대 -25 °C 이하까지 하강하여 폴리머 콘크리트 샌드위치 패널을 이용한 본 다목적 저장시설의 단열성능은 매우 우수하여 저장고를 이용한 농산물의 냉장저장은 물론 냉동저장까지 가능할 것으로 입증되었다.

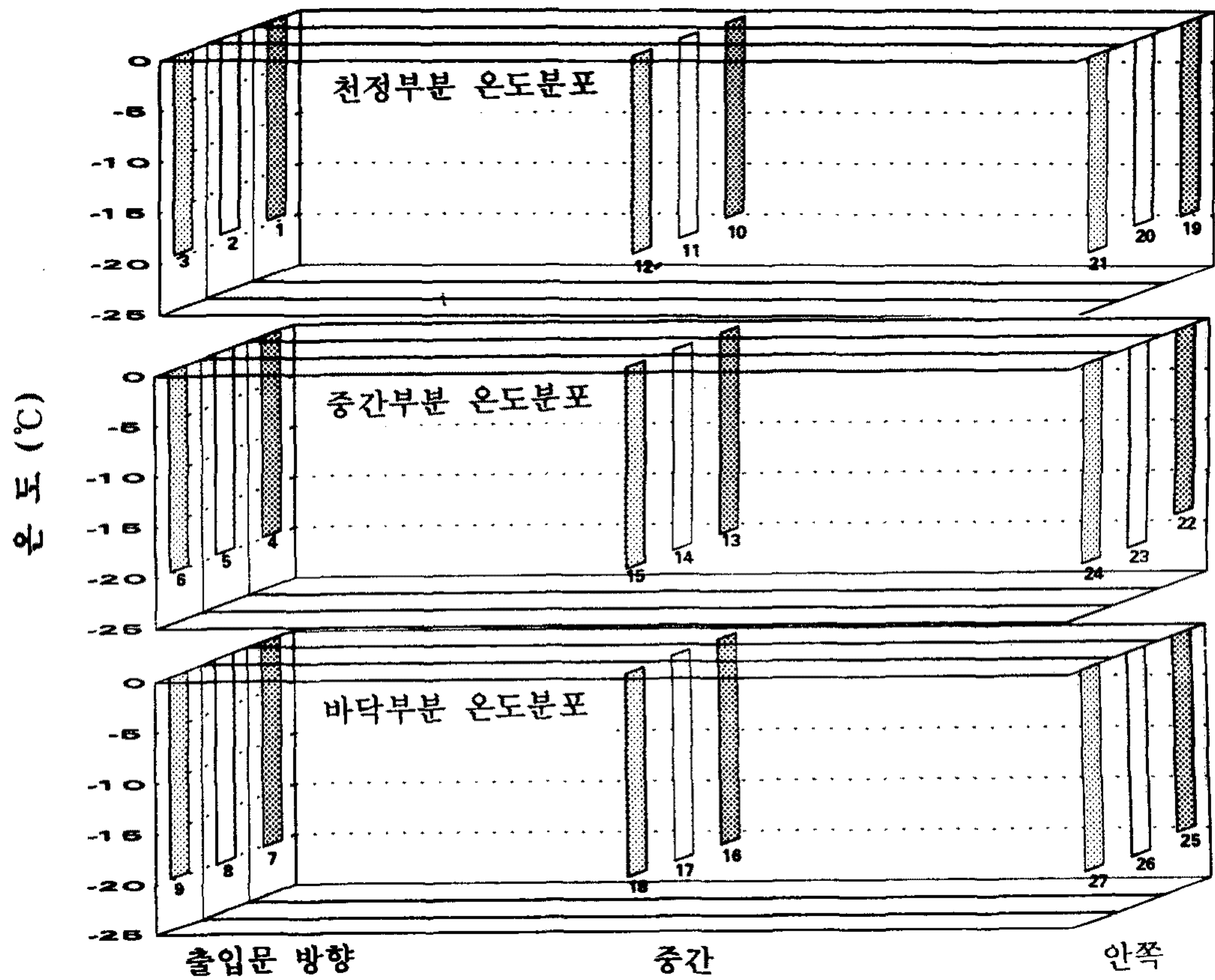


그림 6.10 냉장실비 가동 10시간 경과후 저장고내의 온도분포

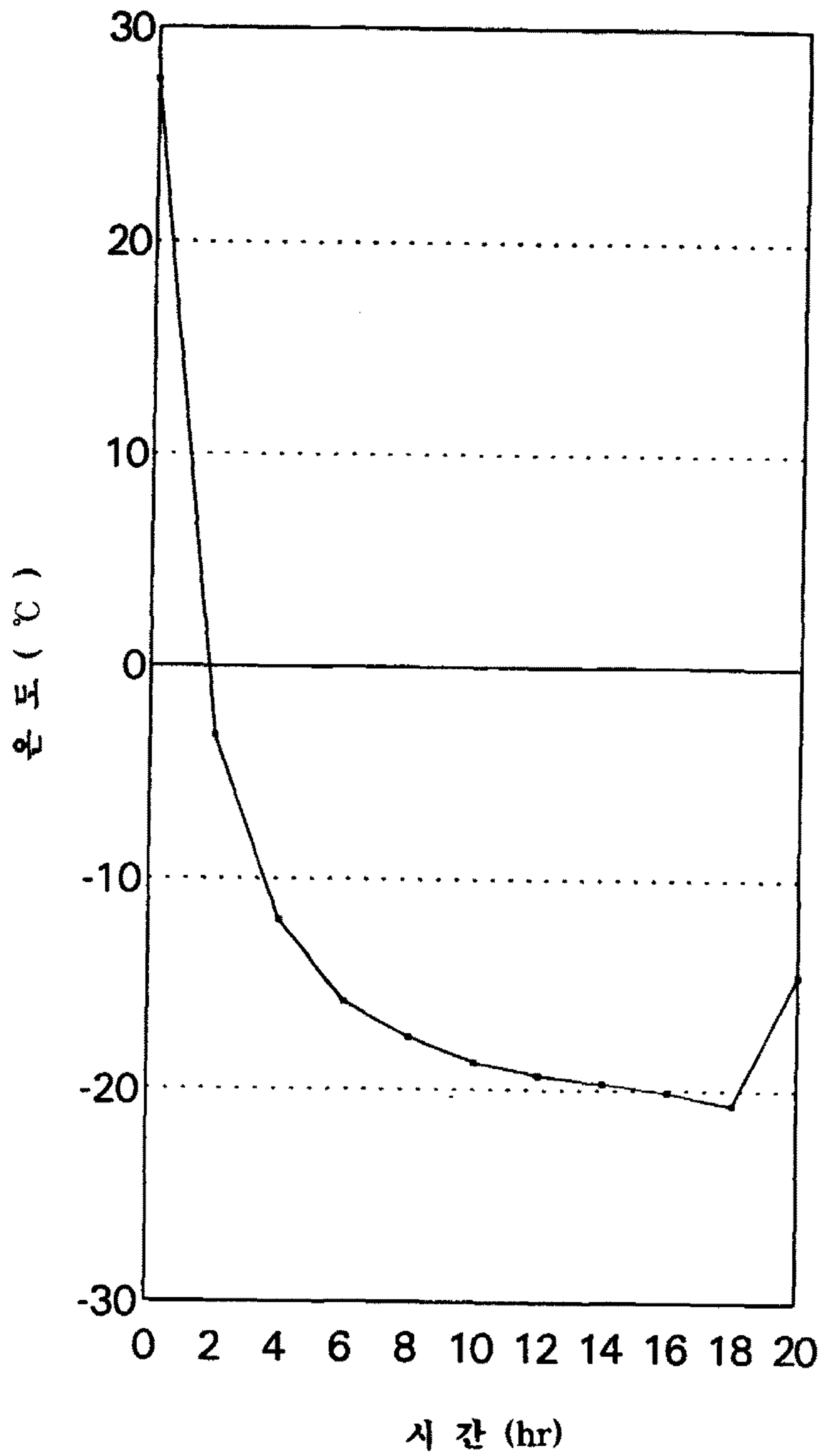


그림 6.11 저장시설의 가동시간과 저장고내 평균 온도와의 관계

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 연구이다. 2년 동안 수행된 본 연구는 새로운 건설신소재로 부상하고 있는 폴리머 콘크리트 샌드위치 패널을 이용하여 저장고를 건설하고 경제적 이고 효율적인 냉장 및 건조장비를 시설하여 기존의 농촌형 저장시설에서 진일보한 다목적 저온저장시설을 건설하였다. 제1차 및 2차년도에 걸쳐 수행된 본 연구의 주요내용은 저온저장시설 건축용 폴리머 콘크리트 샌드위치 패널의 개발 및 구조적 안정성 시험, 패널의 제작 및 저온저장시설의 건축방법 연구, 저온저장시설의 건축, 냉장 및 건조시설의 개발 및 설치, 바이오 세라믹의 이용, 예냉실의 건축, 저장고의 성능시험 등으로 다음의 연구결과를 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 패널 모형을 고안하였다. 고안된 샌드위치 패널 모형은 실물 크기로 제작하고 조립 시험을 통하여 제작상의 편의성, 조립시의 안정성, 조립후의 구조적 안정성

및 수밀성 등을 고려하여 최종적으로 1개의 모형을 선정하였다. 모형으로 선정된 샌드위치 패널은 구조적 안정성 시험과 단열성 시험을 통하여 저온 저장시설의 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 휨파괴 하중은 $719 \sim 2,092$ (평균 $1,046$) kg/cm^2 으로서 표면부 두께 10mm 인 와이어 패널이 갖는 휨파괴 하중 $250 \sim 450\text{kg/cm}^2$ 와 비교할 때 월등히 높게 나타났다. 이밖에 최대 모멘트강도는 $2.5 \sim 8.2$ (평균 3.1) kg/cm^2 , 최대전단력은 $550 \sim 1,600$ (평균 800) kg 으로서 높은 값을 보였다.

축방향 압축시험에서 좌굴하중은 $8,000 \sim 28,000\text{kg}$ 으로서 중심부와 표면부의 두께에 따라 큰 차이를 보였는데, 이는 보통 15 cm 정도의 두께를 갖는 경량 콘크리트 패널의 좌굴하중이 $10,000\text{kg}$ 내외인 것과 비교해 상당히 높은 값이다. 이밖에 재하단계별 하중-수평변위 관계, 좌굴모멘트-압축·인장축 변형도 관계 등에 대해서도 구명해 보았던 바 내력벽으로도 이용할 수 있는 충분한 강도를 가지고 있는 것으로 분석되었다.

국부압축 시험은 500 kg 재하시 강도가 $110 \sim 120 \text{ kg/cm}^2$ 였으며 잔류변형은 4 mm 내외였다. 국부 압축파괴 하중은 $500 \sim 600 \text{ kg}$ 으로 저온저장시설의 건축에 사용된 폴리머 콘크리트 샌드위치 패널은 매우 높은 국부압축 강도를 갖고 있음을 알 수 있으며, 하중 제거 후의 복원력도 상당히 우수하

여 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 18종류의 서로 다른 치수로 설계되었다.

패널의 단면은 폴리머 콘크리트를 사용하는 표면부 5 mm 씩 1 cm, 발포 폴리스티렌을 사용하는 중심부가 10 cm, 그리고 직조유리섬유를 사용하여 표면부를 보강해 두께가 11 cm 정도였다. 저장고의 바닥과 천정용 패널의 크기는 1.0 m × 1.9 m × 0.11 m로 완성된 후의 무게는 약 40 kg이었다. 저장고의 벽체용 패널의 크기는 1.0 m × 3.0 m × 0.11m로 무게는 약 70 kg이었다. 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. 저온저장 시설 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 130 km 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 3.70 m × 9.10 cm이며 높이는 3.10 m로 33.7 m²(10.2평)이다. 저온저장시설의 시공은 크게 부지정지 및 기초콘크리트 타설, Box형 저장고 건축, 지붕설치, 냉장 및 건조시설의 설치, 그리고 저장고 벽체도장으로 나누어 시공하였다.

유희지에 저장고를 건축하기 위하여 중장비를 동원하여 부지정지를 하고 4.10 m × 9.50 m의 크기에 wiremesh로 보강한 두께 10 cm의 시멘트 콘크리트 기초를 했다. 패널의 조립은 바닥용 샌드위치 패널부터 시작하여 벽체를 완성하고 마지막으로 천정패널을 조립하였다. 조립시에는 철제 동바리

와 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 수지접착제를 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 폼을 이용하여 봉합하여 열손실을 최소화하였다.

4. 냉장 및 건조시설의 개발 및 설치

냉장 및 건조설비의 개발, 제작 및 설치는 전문개발업체와 긴밀한 협조 하에 수행되었다. 본 연구개발에서 건축된 저장고 주변의 외기온도를 33 °C 라고 가정하고 저장고내의 온도를 -10 °C로 유지시키기 위한 냉각부하량은 7,549 Kcal/h로 산출되었다. 이를 위해 냉장시설의 콤프레샤는 10 HP, 콘덴서는 11,000 Kcal의 용량을 가진 것을 사용하였다. 저장고의 건조설비는 열원으로 화석연료나 전지에너지를 사용하지 않고 에너지 펌프의 원리를 이용하는 건조기를 사용하였다. 에너지 펌프는 섭씨 영하 30도 부근에서 끓는 액체 R12를 대기와 접촉시켜 증발된 R12 개스에 압력을 가하여 주변으로 부터 열을 흡수하게 하는 방법으로 본 설비는 외기온도 섭씨 영하 10도 수준에서 히트펌프의 토출온도가 섭씨 영상 100도를 훨씬 상회하는 수준의 상업용 히트펌프를 제작하였다. 에너지 펌프를 작동하기 위하여는 R12 개스의 압축 등에 필요한 기계작동과 송풍시설만이 사용되므로 본 연구에서 건축된 저장

고를 건조시설로 이용할 경우도 기존 전기요금의 1/4 수준에서 충분한 에너지를 공급받을 수 있도록 하였다.

상기에서 기술한 에너지 펌프를 기존의 냉장기술과 접목하여 한 대의 설비로 냉장과 건조기능을 동시에 보유하는 고효율의 냉장 및 건조설비를 개발하였다. 저장고용 냉장 및 건조설비는 기계장비, 배관설비, 콘트롤 패널 및 송풍장치로 구분된다. 기계장비는 압축기, 콘덴서, 냉각기, 가습기 등으로 구성되며 저장고 외부에 설치되었다. 저장시설에 필요한 각종 배관시설은 주로 동파이프를 사용하였으며 저장고 벽체를 지지대로 하여 설치하였다. 냉장 및 건조시설을 운전하기 위한 콘트롤 패널은 기계장비 옆에 설치하였다. 개발된 설비는 다목적 저장고에 설치하기전 제작공장에서 대형 콘테이너에 설치하여 그 성능을 시험한 후 홍천군 내면 창촌리의 저장고로 운반하고 설치하였다. 저장고내의 온도분포를 균일하게 분포시키기 위하여 냉장시설에서 발생하는 냉기는 천정부에 에어덕트를 설치하여 저장고에 골고루 퍼지도록 하였으며 건조시설에서 발생하는 가열된 공기는 저장고의 바닥부분에 설치된 송풍구를 통하여 도입되도록 설치하였다. 냉장 및 건조시험이 이루어지며 저장고 내부에는 조립식 선반과 건조대를 설치하였다.

5. 에냉실의 건축

효율적인 농산물의 냉장저장을 위해서는 저장대상 농산물을 가능한 빨리 저장최적온도로 낮추어서 저장하여야 한다. 그러나 저장고에 일시에 많은 농산물을 저장할 시는 농산물 수확당시의 높은 온도와 농산물의 호흡열 등으로 인하여 농산물의 온도를 단시간내에 저장최적온도로 낮추기가 매우 어려우며 또한 냉장시설의 냉장용량도 매우 크게 설비되어야 한다. 본 연구

에서는 이와 같은 문제점을 해결하고 또한 간이저장시설로도 이용할 수 있는 10 m² 크기의 예냉실을 본 저장고 옆에 건축하였다.

예냉실은 저장고 옆의 산을 수평굴착하고 주변의 호박돌과 시멘트 콘크리트를 사용하여 벽을 쌓고 철근 콘크리트 슬라브로 천정을 설치하였다. 출입문을 제외한 모든 면은 최소한 1 m 이상의 흙으로 복토하여 터널식 예냉실을 건축하도록 설계하였다. 출입문은 저온저장고용의 단열문을 설치하여 보온성을 유지하도록 하였다. 예냉실은 터널식으로 시공되었으므로 4계절 동안 온도와 습도의 편차가 심하지 않으므로 평시에는 배추, 무 혹은 감자 등의 일시적인 저장을 할 수 있도록 하였다. 예냉실의 시공은 현지의 건설업자에게 의뢰하여 건축하였다.

6. 바이오 세라믹 도장

열의 전달은 전도, 복사 그리고 대류를 통하여 일어나는 경우가 대부분이다. 전도와 대류는 어떤 매질에 의하여 열이 전달되며 복사는 물질의 구성원자나 전자배열의 변화에 의하여 생성되는 전자기파 혹은 광파에 의해서 열이 전달된다. 원적외선은 복사에 의하여 발생하는 전자기파 혹은 광파의 한 영역으로 가시광선의 적색영역보다는 파장이 길고 열효과가 큰 적외선을 말한다. 원적외선을 발생시키기 위한 재료로 세라믹과 천연석이 사용되고 있다. 농산물을 건조하기 위한 열원은 주로 열풍이 많이 이용되고 있고 고품질이 요구되는 경우는 진공건조나 진공동결건조법을 이용하고 있다. 열풍건조는 생산비가 낮고 대량생산이 가능한 반면 품질이 저하되는 경향이 있고 진공건조는 생산비가 높은 반면에 고품질의 제품을 생산할 수 있다. 이에 비해서 원적외선 건조는 진공동결건조보다 생산비가 저렴하고 열풍건조보다는

고품질의 제품생산이 이루어진다. 또한 원적외선을 방사하는 바이오 세라믹 재료를 사용하는 용기를 사용하여 사과와 배추를 저장하였을 때, 바이오 세라믹은 사과와 배추의 부패율과 신선도를 유지하는 데 효과가 있는 것으로 검증되었다. 본 연구에서는 원적외선이 농산물의 저장과 건조에 미치는 영향을 최대한으로 이용하기 위하여 국내 모회사의 바이오 세라믹 도장재료를 저장시설의 내외부에 도장하여 농가형 소형 다목적 저장고의 저장 및 건조 성능을 향상시키고 저장물의 선도유지에 기여할 수 있도록 하였다.

7. 저장고의 성능시험

냉장 및 건조성능은 저장고 내부에 27개의 온도센서를 설치하고 외부에 3개의 온도센서를 부착하여 온도를 측정하여 시험하였다. 온도센서로는 T-type thermocouple을 사용하였으며 36 채널 데이터 로거를 사용하여 10분 단위로 온도 변화를 측정하였다.

건조나 냉장설비를 가동하지 않은 상태에서 저장고 내부의 온도는 외기의 온도에 영향을 받아 온도의 변화주기가 외기온도와 비슷한 양상을 보였으나 온도의 편차는 외기보다 매우 작았다. 저장고내의 온도분포, 즉 저장고 바닥, 중간 및 천정부분 사이에 온도편차가 1 °C 이내로 저장고의 전부분에 걸쳐 균일하게 온도분포가 이루어지고 있다.

저장고의 온도는 80 °C 이상으로 자동컨트롤할 수 있지만 농산물의 건조 온도가 너무 높으면 품질의 변화가 생길 수 있고 폴리머 콘크리트의 특성상 고온은 강도의 저하를 유발할 수 있으므로 건조시험은 자연상태와 비슷하거나 약간 높은 온도인 40 °C로 맞추어 시험하였다. 외기의 온도가 9.5 °C에서

8.5 °C 정도였을 때 건조물이 없는 빈 저장고의 평균온도는 약 90분 사이에 9 °C에서 39 °C 까지 30 °C가 상승하였으며 저장고내의 온도편차는 약 2 °C 정도로 양호하였다. 무와 양배추 썰은 재료를 각각 20 kg과 150 kg 정도의 소량을 건조시킬 때는 온도의 상승면에서나 온도편차는 빈저장고 시험과 차이를 보이지 않았다.

저장고의 초기온도 27 °C 그리고 외기온도 27 °C에서 냉장시설이 가동되었을 때, 저장고내의 온도는 빠르게 내려가 처음 2시간 동안에 약 30 °C가 떨어졌으며 -16 °C까지 하강하는데 6시간이 소요되었다. 2시간 이후 부터는 온도의 하강속도가 낮아지기 시작하였으며 -16 °C 이하에서는 온도의 하강속도가 현저히 둔화되어 이 부근에서 많은 에너지 손실이 발생하는 것으로 나타났으며 저장고내 온도가 -20 °C에 접근하면서 온도의 하강율은 더욱 낮아졌다. 저장고의 시험에서 나타난 최저온도는 -25 °C 이하로 내려갔다. 따라서 본 다목적 저장고는 영하 15 °C 정도에서 냉동 및 냉장저장을 할 경우 가장 효율적인 사용이 될 것으로 사료된다. 영하 15 °C는 냉장저장 영역이 아닌 냉동저장을 가능하게 하는 낮은 온도로 김치와 같은 발효식품의 장기간 저장은 물론 다양한 종류의 농산물을 냉동저장까지도 가능하다. 다목적 저장시설의 건조 및 냉장시험에서 폴리머 콘크리트 샌드위치 패널의 단열성능은 매우 우수하여 저장고를 이용한 농산물의 냉장저장은 물론 냉동저장까지 가능할 것으로 입증되었으며 농가에 보급될 경우 농가소득증대에 많은 기여를 할 것으로 기대된다.

제 2 절 금후의 연구방향

총연구기간 2년 동안의 연구에서 폴리머 콘크리트 샌드위치 패널의 설계 및 제작, 저장고의 설계 및 건축, 냉장 및 건조시설의 설계, 제작 및 설치, 에냉실의 건축, 바이오 세라믹의 이용, 저온저장시설의 성능시험 등의 연구를 수행하였다. 폴리머 콘크리트 샌드위치 패널을 이용한 농가용 저온저장시설의 범용화를 위해서는 다음과 같은 내용의 연구가 계속되어야 한다.

1. 샌드위치 패널 제작 자동화 기술의 개발 및 보급

폴리머 콘크리트 샌드위치 패널을 공장에서 자동화된 시설로 제작하기 위한 자동화 공정의 개발과, 개발된 기술의 공장 이전이 필요하다. 자동화 제품생산 시설은 다양한 규격과 모양의 샌드위치 패널을 생산할 수 있는 설비를 갖추는 것이 바람직하다. 자동화된 공장에서 폴리머 콘크리트 샌드위치 패널을 생산하기 전에는 기존의 샌드위치 패널 제품과 가격경쟁력에서 비교우위를 지킬 수 없다. 폴리머 콘크리트 샌드위치 패널은 단기적으로는 구조적으로나 단열성능면에서 매우 우수하게 판명되었다. 그러나 저장고가 건설되면 20년 이상 사용될 수 있어야 하므로 폴리머 콘크리트 샌드위치 패널의 장기적인 거동에 대하여 연구가 되어야 한다.

2. 저온저장시설의 단열성능 및 기밀성의 구명

우수한 기밀성과 단열성을 가진 폴리머 콘크리트 샌드위치 패널로 건축된 저온저장시설의 성능이 실제 상황에서 구명되어야 한다. 본 연구에서

는 저장고의 건축방법과 저장 및 건조능력의 시험이 주로 이루어졌기 때문에 저장고 단열성능의 학술적인 구명에는 미흡했다. 따라서 저장고의 단열성, 기밀성 등에 관한 학술적인 연구가 요망된다.

3. 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 연구에서는 폴리머 콘크리트 샌드위치 패널의 설계, 제작, 저장고의 건축, 냉장 및 건조시설의 설치 및 운용 등에 관한 기본적인 특성을 구명하였다. 그러나 범용화를 위해서는 저장고의 장기적인 거동, 즉 구조적 안정성과 단열성의 연간변화 등에 관한 연구가 필요하다. 농산물의 저장 및 건조 시험은 작물의 계절성과 재배작물의 다양성에 때문에 단기간에 만족할 정도로 수행될 수 없었으며 기존의 저온저장고와 비교를 할 수 없었다. 따라서 폴리머 콘크리트 샌드위치 패널을 이용한 저온저장시설의 성능비교시험을 위해서는 주위에 기존의 저온저장고를 건축하고 동일한 조건에서 다양한 농산물의 저온저장, 건조 및 저장, 창고로서의 사용성에 대한 비교연구가 필요하다.

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. ICPIC 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. So. 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. *ACI8 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 Oleraceae* 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. Soc. 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.