[논문] 한국태양에너지학회 논문집
Journal of the Korean Solar Energy Society
Vol. 27, No. 3, 2007

다목적 그린하우스의 동절기 실내온열환경 특성에 관한 실측 연구

김순주*, 나수연**

*제주대학교 대학원 건축공학과(batuenara@hanmail.net), **제주대학교 건축학부(nater@cheju.ac.kr)

A Study on the Thermal Environment in the Multipurpose Greenhouse in Winter

Kim, Soon-Joo*, Na, Su-Yeun**

*Dept. of Architectural Engineering, Graduate School, Cheju National University(batuenara@hanmail.net),
**Dept. of Architecture, Cheju National University(nater@cheju.ac.kr)

Abstract

The purpose of this study is to provide the basic data for passive control and energy conservation strategies of multipurpose greenhouse. Passive design strategies which are appropriate to Jeju environmental circumstance were applied in the multipurpose greenhouse. The field measurement were conducted to examine relationship of micro climate and indoor thermal environment in the multipurpose greenhouse.

The result of this study can be summarized as follow ; (1) The indoor temperature was ranged from 5 to 21℃ without a heating system, when the exterior temperature was -1 to 19℃. (2) The multi-purpose greenhouse requires almost no heating energy in winter, when it is used as a greenhouse, an exhibition hall or a cafeteria.

Keywords : 온실(Greenhouse), 실내온열환경(Indoor Thermal Environment), 실측(Field Survey)

1. 서 론

환경친화적이고 에너지절약적인 건축개발은 설계 초기 단계에서부터 지역환경 특성을 충분히 반영하여 계획하는 것이 중요하다. 특히 제주지역은 내륙지방에 비해 연중 온난한 기온이 유지될 뿐 아니라 바람, 일사 등의 자연에너지를 활용할 수 있는 잠재력도 매우 크다. 그러나 자연형 설계기법을 활용한 에너지설계 방안은 경제성, 적용성, 실용성 측면에서 매우 효율적임에도 불구하고 아직까지 친환경적

접수일자 : 2007년 5월 25일, 심사완료일자 : 2007년 7월 12일
교신저자 : 나수연(nater@cheju.ac.kr)

인 건축개발 개념 및 건물 에너지절약에 대한 인식 부족으로 실제적인 적용에 어려움이 따르고 있다.

따라서 본 연구에서는 시공이 완료된 다목적 그린하우스를 대상으로 동절기 외기변동에 따른 실내 온열환경 변화 패턴을 측정, 분석함으로서 자연형 설계전략을 통한 실내환경조절 성능 및 에너지 절약 가능성을 평가하기 위한 기초자료로 활용하고자 하였다.

2. 대상건물의 특성

2.1 건물 개요

대상건물은 **그림** 1과 같이 제주도 남제주군 중산간 지역에 위치한 다목적 그린하우스로 서측에는 테라스로 연결된 주거 부분이 위치한다. 주로 원예공간으로 사용되는 일반적인 온실과는 달리 대상건물은 상황에 따라 전시장, 취미모임을 위한 강당, 카페테리아 등 다양한 용도로 사용될 예정이므로 설계초기단계에서부터 다양한 에너지 절약기법을 적용하였다. 특히 방위별 창면적과 유리재료, 지붕형태 및 건축재료 등은 정밀에너지 해석프로그램인 DOE2.1e를 이용한 냉·난방부하분석과 경제성, 공간기능, 수자원절약, 조망성 등을 고려하여 최적안을 선택하였다[1]. **그림** 2는 대상 건물의 전체 외관을 보여준다.

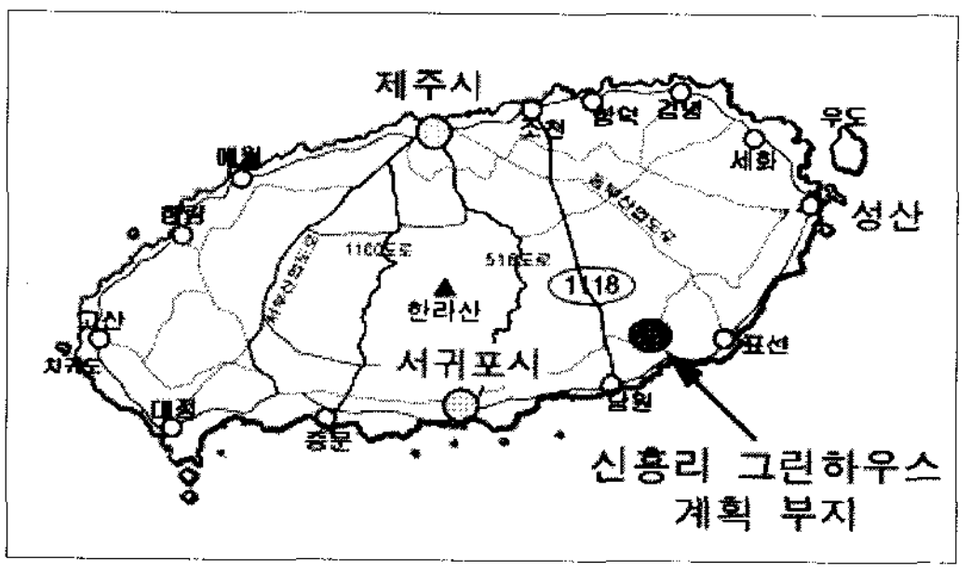


그림 1. 부지위치

그림 2. 대상건물 전체외관

2.2 부지의 동절기 미기후 특성

대상 부지의 전반적인 동절기 기후 특성을 살펴보기 위하여 2006년 12월 4일에서 2007년 3월 3일까지 측정한 기후 요소를 주변 지역의 기상청 데이터와 비교, 분석하였다.

그림 3에서 볼 수 있듯이, 대상 부지의 겨울철 외기온은 서귀포 지역보다 1~4℃정도 낮고, 성산포보다도 더 낮은 것으로 나타났다. 이는 대상 부지가 온난한 산남 지역에 있지만 서귀포 및 성산포의 기상 측정위치보다 고도가 높은 중산간 지역에 위치하기 때문인 것으로 보인다. 상대습도는 **그림** 4처럼, 서귀포나 성산포보다 더 높은 것으로 나타났다. 전반적으로 대상부지의 겨울철 기온과 상대습도는 성산포와 유사한 것으로 관측되었다.

그림 5는 측정된 부지의 미기후를 시간별로 생체기후도에 도시한 결과이다. 여기서 볼 수 있듯이 측정기간 동안 외기온은 대부분 쾌적 범위를 벗어나 있지만 전체 난방요구기간 중에서 1,014시간, 즉, 49%는 자연형 태양열 난방이 가능한 것으로 분석되었다.

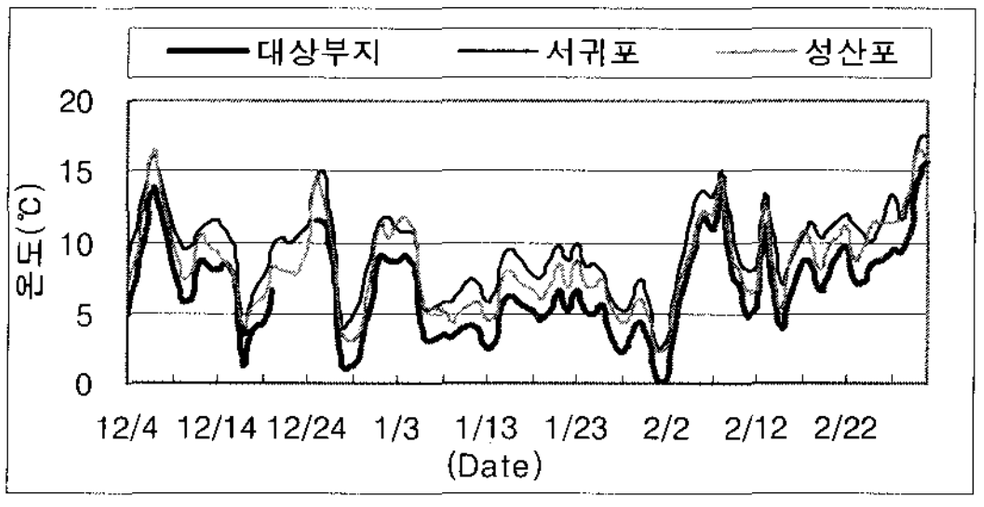


그림 3. 서귀포, 성산포 및 부지내 외기온

1) 김순주, 나수연, 다목적 그린하우스의 에너지절약설계 사례연구, 한국태양에너지학회 논문집, 2006. 12.

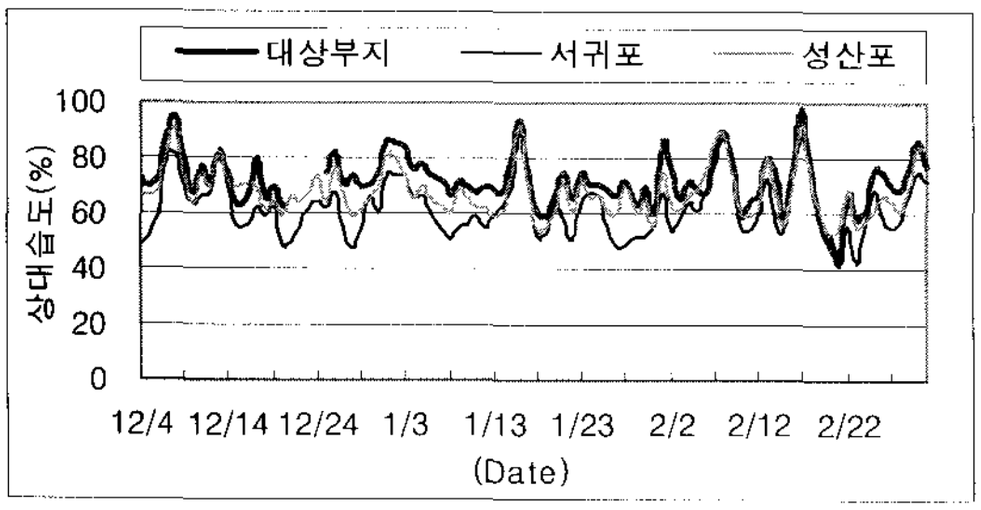


그림 4. 서귀포, 성산포 및 부지내 상대습도

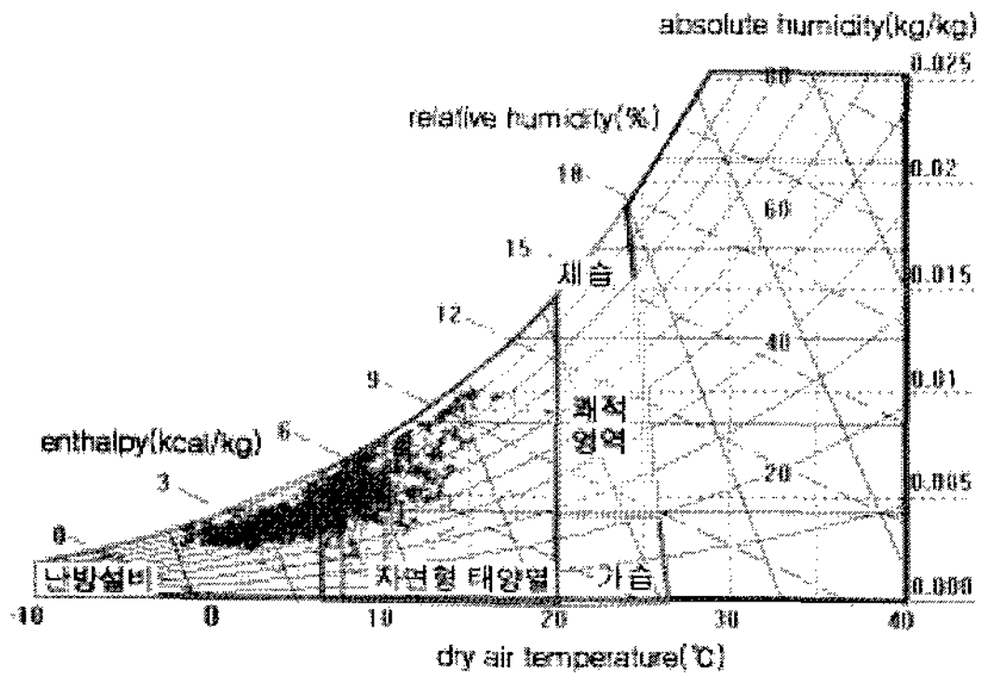


그림 5. 생체기후도

3. 그린하우스의 동절기 실내온열환경

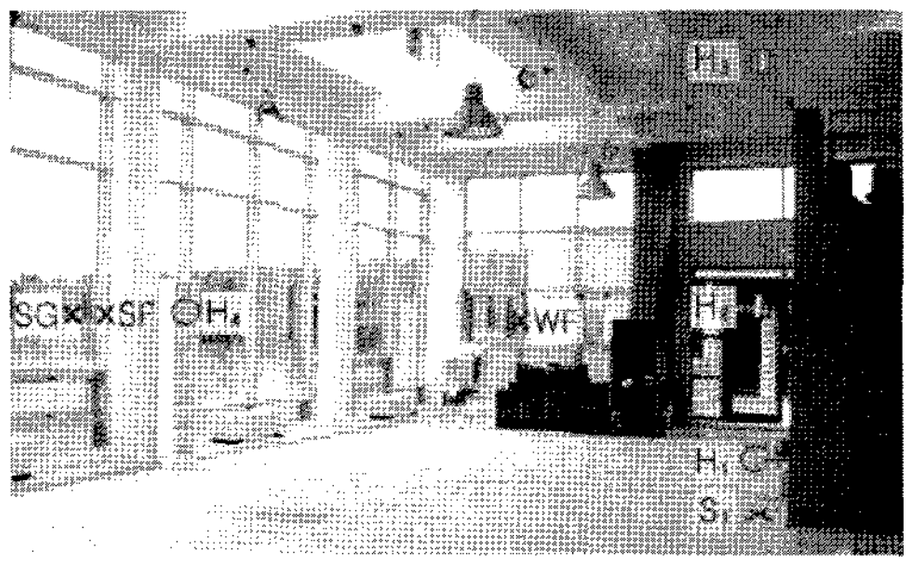
3.1 개 요

본 연구에서는 자연형 설계의 실내 환경조절 특성을 파악하고 난방 에너지 절약 가능성을 검토하고자, 다목적 그린하우스의 동절기 외기 변화에 따른 실내온열환경 변동을 실측, 분석하였다.

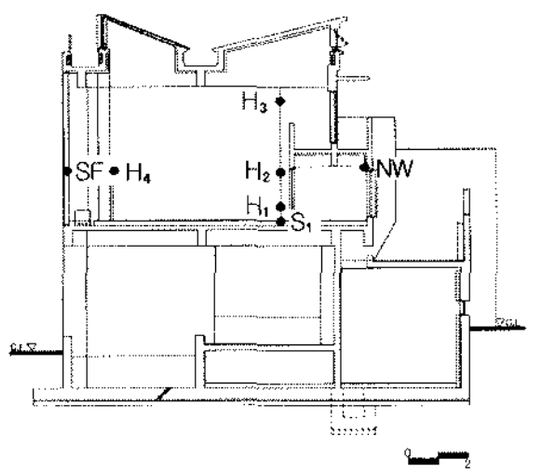
측정기간은 2006년 12월 4일에서 2007년 3월 3일까지 부지 내 기후요소 및 실내기온을 동시에 측정하여 외기 변동에 따른 실내온열환경 변화를 분석하였다. 단, 정전 및 기자재 결함으로 12월 21일~1월 11일까지의 실내기온 자료는 확보하지 못하였다.

3.2 측정 방법

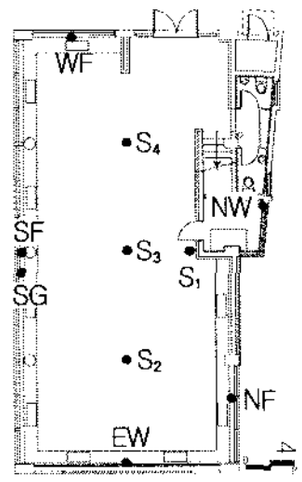
부지내 외기 조건은 대상건물의 옥상에 Capricorn 2000을 설치하여 기후요소(일사량, 기온, 상대습도, 강수량, 풍향, 풍속)를 1분 간격으로 실시간 측정하였다. 동시에 그린하우스 실내 온열환경을 평가하기 위하여 DataScan 7320과 Dalite ver.2.33 프로그램을 이용하여 4개 지점의 실내 기온과 10개 지점의 표면온도를 측정하였다.



(a) 실내기온측정 센서 설치모습



(b) 단면도



(c) 평면도

그림 6. 측정지점

표 1. 주요 측정요소와 위치

구분	측정요소 및 위치	구분	측정요소 및 위치
H2	기온기준점(높이1.8m)	SG	남측유리표면온도
H1	실내기온(높이0.5m)	NW	북측벽체표면온도
H3	실내기온(높이4.1m)	EW	동측벽체표면온도
H4	실내기온(높이1.8m)	WF	서측창틀표면온도
S1	바닥표면온도기준점	SF	남측창틀표면온도

그림 6과 **표 1**은 실내기온 및 표면온도의 주요 측정 위치를 보여준다. 북측벽면에서 1m 떨어진 바닥면에 바닥표면온도 측정점(S1)을 두고 같은 위치의 0.5m, 1.8m, 4.1m 높이에서 실내기온을

측정하였으며 남측 벽면에서 1m 떨어진 높이 1.8m 지점에서도 기온을 측정, 비교하였다. 모든 센서는 알루미늄 박판으로 표면처리한 원통을 이용하여 공기유통은 충분히 되면서 일사가 직접 닿지 않도록 하였다. 또한 각 내벽면에는 바닥에서 1.8m 높이에 측정점을 설정하여 유리 및 창틀 표면온도와 벽체의 표면온도를 측정하였다.

3.3 측정 결과

그림 7은 2006년 12월 4일에서 2007년 3월 3일까지 측정된 일사량, 외기온, 실내기온 및 바닥 표면온도를 보여준다. 대상부지의 일평균 일사량은 7,823kJ/m^{2}이었으며 제주시의 동절기 평균일사량이 5,030~7,740kJ/m^{2}인 것을 감안하면 비교적 청명한 기상조건으로 나타났다. 부지 외기온이 -1~19℃로 변동하는 동안 그린하우스의 실내기온(H2)은 5~21℃(평균 14℃), 바닥표면온도는 8~22℃(평균 15℃)로 변화하였다. 흐린 날씨에서는 외기온 변동이 적고 그린하우스 내부의 온도 변화도 근소하였다. 청명한 날씨일 때 외기온은 일교차가 크고 변동이 심했지만 실내 기온은 비교적 완만한 변화를 보이고 있었다. 또한 외기온이 갑자기 10℃이상 하강하더라도 실내기온은 5℃정도로 변동하였으며 측정기간동안 외기온보다 실내기온이 평균 7℃이상, 최고 14℃까지 높게 유지되었다.

외기 변동에 따른 그린하우스의 실내 온열환경 변화를 보다 자세히 알아보기 위하여, 동절기 기상조건을 '춥고 흐린 날씨', '춥고 청명한 날씨', '따뜻하고 청명한 날씨' 및 '흐렸다가 맑아지는 날씨'등 4가지로 구분하고 각각 3-6일의 대표 기간을 추출하여 다음과 같이 분석하였다.

(1) 춥고 흐린 날씨(2006년12월11일~12월14일)

그림 8은 일평균 외기온이 약 6~8℃이고 일사량이 1,164~2,744kJ/m^2 비교적 흐린 날씨일 때, 외기와 실내 기온의 변동을 비교하여 보여준다. 외기온이 5℃~10℃까지 변동하는 동안 실내기온은 15℃정도로 거의 일정하게 유지되었으며 남측 유리표면온도(SG)는 13~17℃로 변동을 보였다.

그림 9는 일평균기온이 8℃, 일사량이 1,924kJ/m^{2}이었던 12월 13일의 실내수직온도 변화를 보여준다. 높이에 따라 뚜렷한 기온차는 보이지 않으며 대부분의 시간대에서 바닥표면온도와 실내기온은 비슷한 수준으로 유지되었다.

(2) 춥고 청명한 날씨(2007년1월18일~1월22일)

그림 10은 일평균 외기온이 4~6℃이고 일사량이 7,437~11,476kJ/m^{2}로 구름이 조금 낀 맑은 기간동안 실내외 온도변화를 보여준다. 외기 평균일

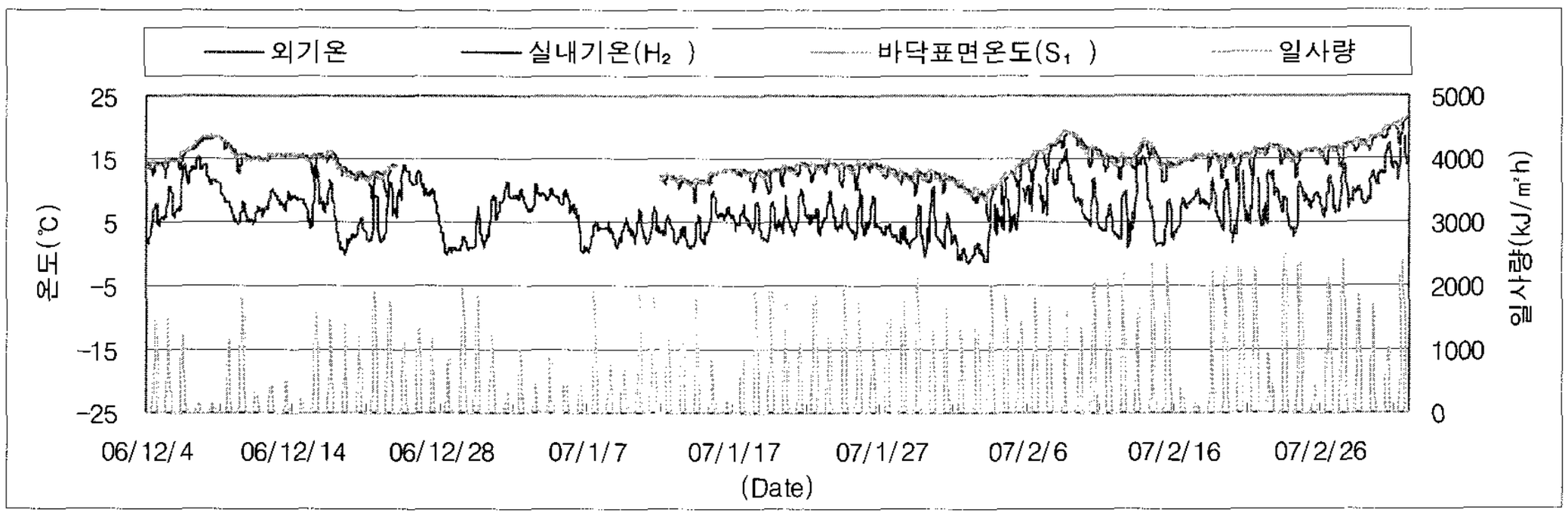


그림 7. 2006년 12월 4일 ~ 2007년 3월 3일의 일사량, 외기온, 실내기온 및 바닥표면온도

교차는 약 6℃이고 실내 일교차는 3℃내외였으며 실내가 외기보다 평균 7℃정도 더 높게 나타났다.

외기온이 2~10℃로 변동할 때, 실내기온은 9~14℃, 바닥표면온도는 12~14℃로 외부보다 따뜻하고 온도 변화폭이 작았다. 반면 유리표면온도는 -2~16℃로 변동폭이 크고, 새벽에는 외기보다 4℃까지 더 낮게 떨어졌다.

그림 11은 일평균기온 5℃, 일사량이 11,476kJ/m^2이었던 1월 22일의 실내 수직온도 변화를 시간별로 보여준다. 야간에 실내기온이 크게 떨어지면서 0.5m 높이 아래 부분과 1.5m이상 상부의 실내기온차이가 2℃까지 벌어졌다. 바닥표면온도 변화는 1℃정도였지만 상부로 갈수록 실내기온의 일변화폭이 큰 것으로 나타났다. 전체적인 기온 변화는 새벽 4시에서 8시 사이에 큰 폭으로 떨어졌다가 점차 상승하여 오후 4시경에 가장 높게 나타났다. 새벽 6시에서 오후 2시까지는 바닥표면온도가 실내 기온보다 최고 3℃까지 높지만 오후 4시 이후에는 실내기온이 조금 더 높아진다.

(3) 따뜻하고 청명한 날씨(2007년2월26일~3월3일)

그림 12는 일평균 외기온은 8~15℃이고 일사량은 6,646~15,601kJ/m^2로 청명한 기간 동안 실내외 온도변화를 보여준다. 이 기간동안 일교차는 3~8℃ 정도였으며 외기온은 지속적으로 상승하는 패턴을 보이고 있었다.

외기온이 6~20℃로 큰 변동을 보이는 동안 실내기온 비교적 완만하게 변화하였다. 외기 일교차는 8℃ 정도였지만 실내기온은 4℃ 이내의 온도변화를 보이는 것으로 나타났으며 바닥표면온도변화는 2℃ 이내였다. 유리표면온도는 외기 조건에 따라 6~16℃의 일교차를 보였으며 맑은 날 새벽이 흐린 날 새벽보다 일교차가 2배 이상 큰 것으로 나타났다.

그림 13은 평균기온 14℃, 일사량은 6,646kJ/m^2이었던 3월 2일의 실내수직온도 분포를 보여준다. 청명한 날씨가 앞서 4일 이상 계속되었고 3월 2일의 외기온은 계속 상승하는 추세였으며 야간에도 10℃이상을 유지하고 있었다. 실내기온은 야간에도 18℃이상을 유지하고 수직온도차이는 0.5℃이내였으며 바닥표면온도는 기온보다 항상 높은 것으로 나타났다.

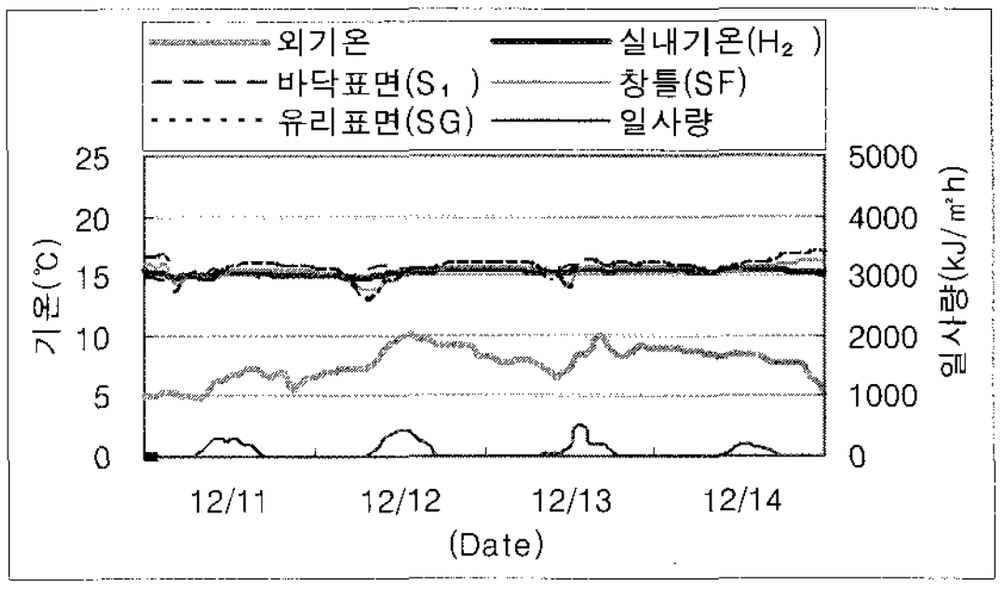


그림 8. 12월11일~12월14일의 실내 · 외기온 및 일사량

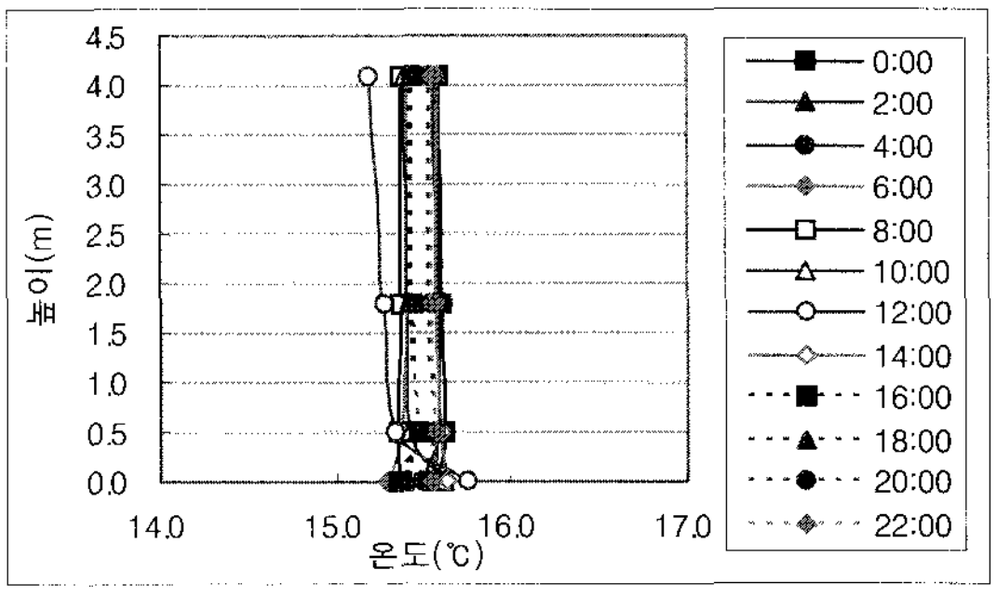


그림 9. 12월 13일의 실내수직온도 분포

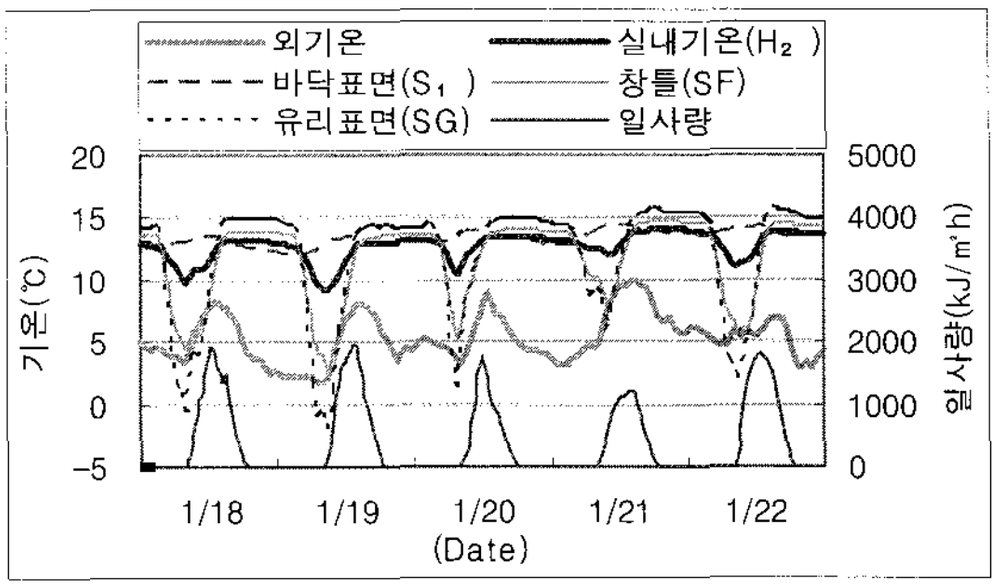


그림 10. 1월 18일~1월 22일의 실내 · 외기온 및 일사량

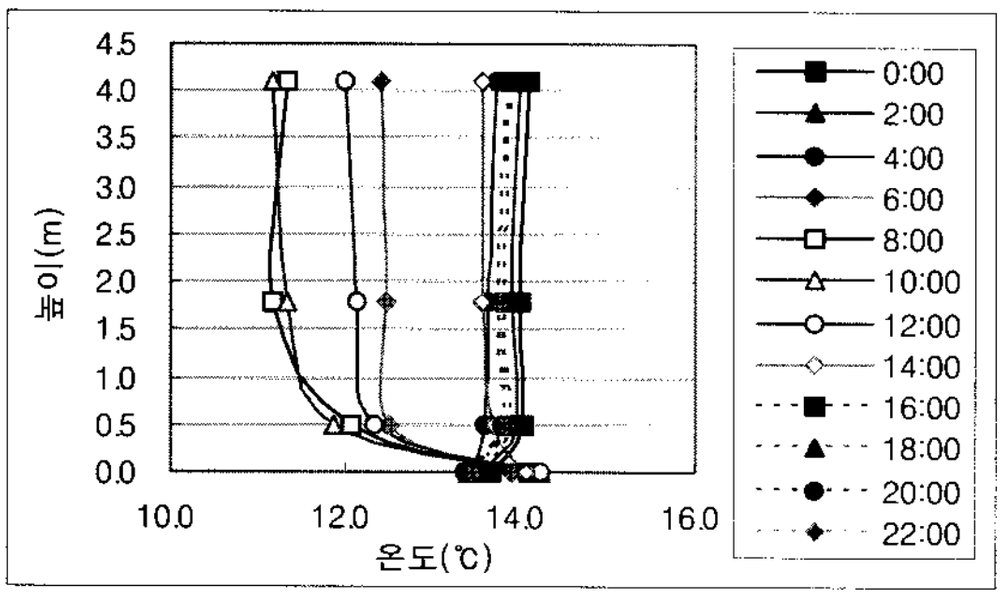


그림 11. 1월 22일의 실내 수직온도분포

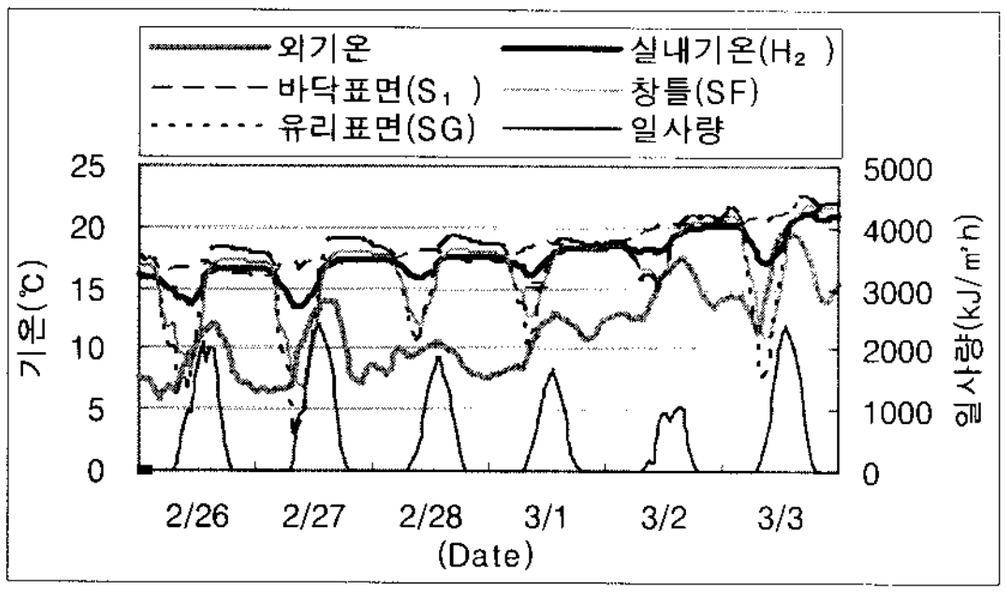


그림 12. 2월 26일~3월 3일의 실내·외기온 및 일사량

(4) 흐렸다가 맑아지는 날씨(12월8일~12월10일)

그림 14는 2006년 12월 8일~12월 10일까지 3일간 외기온과 일사량을 보여준다. 이 기간의 외기 특성을 살펴보면 외기온이 14℃에서 5℃로 점점 떨어지는 반면 일사조건은 776~10,401kJ/m^{2}로 점점 좋아진다.

일사량이 776kJ/m^{2}인 12월 8일의 경우 실내기온, 바닥표면온도, 창틀 및 유리표면온도 차이는 1℃ 이내로 유사한 수준으로 측정되었다. 실내기온은 기온이 점점 떨어지는 외기온과 유사한 패턴을 보였지만 청명한 날씨가 계속되면서 표면온도는 야간에 크게 떨어져 남측 유리표면온도는 12월 10일 새벽에는 외기온보다 3℃ 더 떨어지고 낮에는 급격하게 상승하여 16℃의 일교차를 보였다.

그림 15는 12월10일 실내 수직 기온분포를 보여준다. 바닥표면온도와 실내기온은 최고 3℃(평균 1℃)정도 차이가 있으며 야간에는 바닥온도보다 실내기온이 더 낮았지만 오후 4시 이후부터 실내기온이 0.7℃정도 더 높아진다. 전반적으로 바닥표면온도의 변화는 1℃정도로 근소하였지만 실내기온은 시간에 따라 4℃까지 차이가 났다.

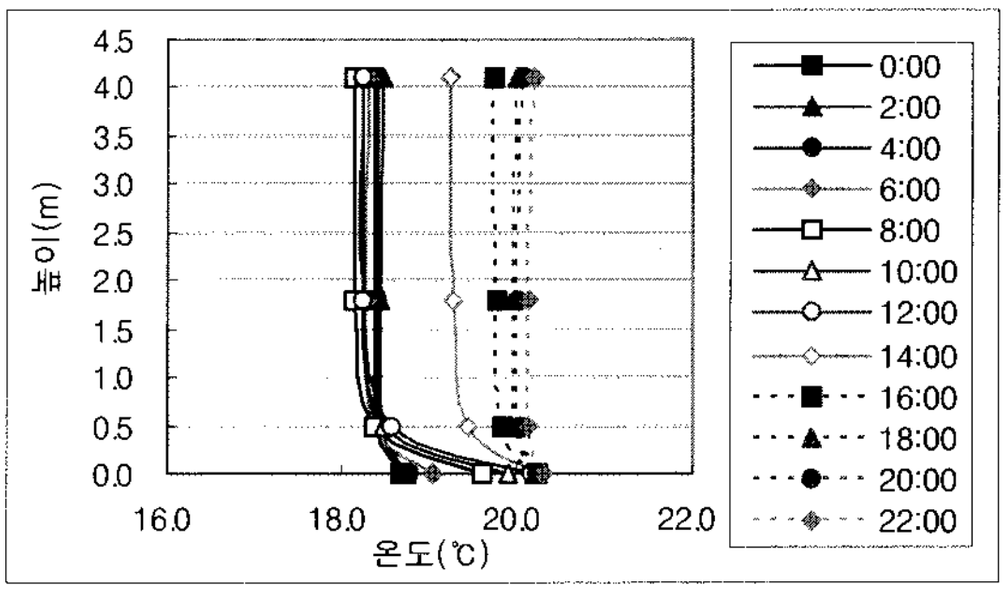


그림 13. 3월 2일의 실내수직온도

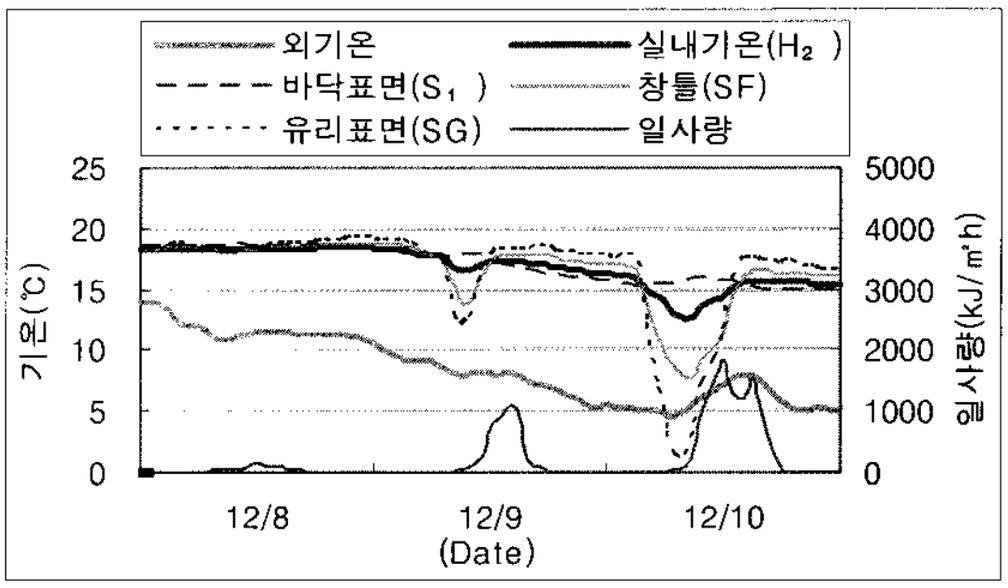


그림 14. 12월8일~12월 10일의 실내·외기온 및 일사량

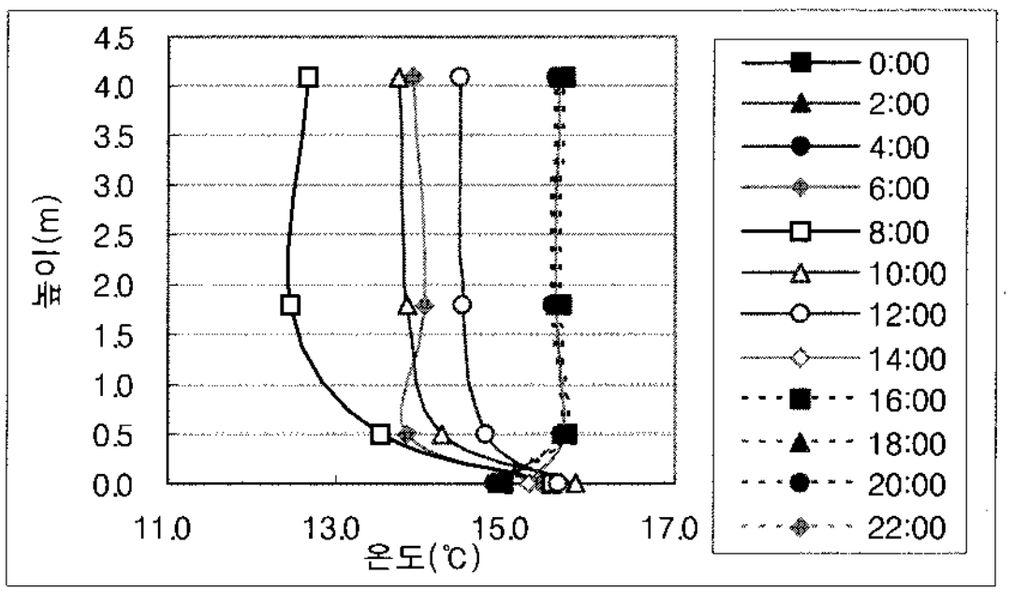


그림 15. 12월 10일 실내수직온도

4. 결 론

본 연구에서는 다목적 그린하우스를 대상으로 동절기 외기변동에 따른 실내기온의 변화를 측정함으로써 자연형 설계전략의 실내 온열 환경조절 성능 및 에너지절약 가능성을 평가하기 위한 기초데이터를 제시하고자 하였다. 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

(1) 동절기(2006년 12월 4일~2007년 3월 3일) 동안 부지내 미기후를 실측하여 시간별로 생체기후도에 도시하여 분석한 결과, 전체 난방요구기간 중에서 49%(1,014시간)는 자연형 태양열 난방이 가능한 것으로 분석되었다.

(2) 대상 부지의 외기온은 -1~19℃, 일일총일사량은 604~16,527kJ/m^{2}이었으며 난방장치 없이 그린하우스의 실내기온은 5~21℃(평균 14℃), 바닥표면온도는 8~22℃(평균 15℃)로 유지되었다. 또한 외기온이 갑자기 10℃이상 하강하더라도 그린하우스 실내기온은 5℃정도 변동하였으며 난방장치 없이도 외기온보다 실내기온이 평균 7℃이상, 최고 14℃까지 높게 유지되었다.

(3) 흐린 날씨에서는 외기온 변동이 적고 그린하우스 내부의 온도변화도 근소하였다. 일평균 외기온이 6~8℃이고 일사량이 1,164~2,744 kJ/m^{2}로 흐린 날씨가 계속된 3일 동안, 외기온이 5℃~10℃까지 변동하더라도 그린하우스의 실내기온은 15℃정도로 거의 일정하게 유지되었다.

(4) 청명한 날씨일 때 외기온은 일교차가 크고 변동이 심했지만 그린하우스 내부의 기온은 비교적 완만한 변화를 보이고 있었다. 일평균 외기온이 4~6℃이고 일사량이 7,437~11,476 kJ/m^{2}로 춥고 청명한 날씨가 4일간 지속된 경우, 외기 일교차는 평균 6℃이고 실내 일교차는 3℃내외였으며 실내기온이 외기보다 평균 7℃정도 더 높게 나타났다.

일평균 외기온이 8~15℃이고 일사량은 6,646~15,601kJ/m^{2}로 따뜻하고 청명한 기간 동안 외기온은 6~20℃로 큰 변동을 보였지만 실내기온은 비교적 완만하게 변화하였으며 야간에도 18℃이상을 유지하는 것으로 나타났다.

(5) 측정기간동안 그린하우스의 실내기온이 18℃ 이상으로 유지된 경우는 6%(105시간)이며 10℃이하로 떨어진 경우는 3%(45시간)에 지나지 않았다.

이와 같이 실내기온 뿐 아니라 일사로 인한 복사열획득 및 바닥표면온도를 고려해볼 때 쾌적한 기간은 더 확장될 수 있으며, 특히 그린하우스가 온실이나 강당, 전시장, 카페테리아 등으로 운영될 것을 감안해볼 때 동절기 동안 난방은 거의 필요하지 않는 것으로 평가되었다.

참 고 문 헌

1. 김순주, 나수연, 다목적 그린하우스의 실내온열환경에 관한 실측연구, 한국태양에너지학회 학술대회 논문집, 2006. 04.
2. 김순주, 나수연, 다목적 그린하우스의 에너지절약설계사례연구, 한국태양에너지학회논문집, 2006. 12.
3. Annette Osso 외, Sustainable Building Technical Manual, Public Technical Inc. and US Green Building Council, 1996.
4. Waton, Donald and Labs, Keneth, Climatic Design : Energy Efficient Building, Principles and Practices, McGraw-Hill, 1983.
5. 제주지방기상청 : http://jeju.kma.go.kr/