

[논문] 한국태양에너지학회 논문집
Journal of the Korean Solar Energy Society
Vol. 26, No. 4, 2006

다목적 그린하우스의 에너지절약설계 사례연구

김순주* , 나수연**

*제주대학교 대학원 건축공학과(batuenara@hanmail.net)

**제주대학교 건축학부(nater@cheju.ac.kr)

A Case Study on the Energy Conservation Design Strategies of the Multipurpose Greenhouse

Kim, Soon-joo*, Na, Su-yeun **

*Dept. of Architectural Engineering, Graduate School, Cheju National University(batuenara@hanmail.net),

**Dept. of Architectural Engineering, Cheju National University(nater@cheju.ac.kr)

Abstract

The purpose of this study is to provide the basic data for energy conservation strategies of the multipurpose greenhouse which is appropriate to Jeju environmental circumstance. In this study, climatic analysis, field works, literature reviews and building load calculations were performed to identify solutions to design needs. As conceptual design strategies, various energy conservation strategies such as passive solar design, natural ventilation and high performance glazing system were examined and applied to design alternatives.

Keywords : 그린하우스(Greenhouse), 에너지절약(Energy conservation), 자연형 태양에너지 설계(Passive Solar Design)

1. 서 론

최근 국가 경제발전의 압박요소로 작용하고 있는 유가급등과 환경문제에 대한 위기감 및 지속가능한 개발에 대한 인식은 건축분야에 있어서도 보다 합리적이고 에너지 효율적인 대안을 요구하고 있다. 에너지 절약 및 환경을 보전하고 쾌적하고 편리한 생활의 질적 수준을 향상시키면서 동시에 경제적 부담을 상쇄할 수 있는 건축 개발 계획이

절실한 실정이다. 외피가 주로 유리로 구성되는 그린하우스는 단열성능이 떨어지기 때문에, 거주공간으로 사용되는 경우 실내 쾌적 수준을 유지하기 위해서 상당한 냉난방 에너지가 소모되어 환경적, 경제적 부담이 되고 있다.

본 연구에서는 다목적으로 계획되는 그린하우스를 대상으로 사례연구를 실시하여 건물 기능과 지역 환경에 적합한 에너지절약 설계 전략들을 제시하였다. 또한 각 대안들의 건물부하 및 연간에너지

접수일자:2006년 11월 6일, 심사완료일자:2006년 12월 12일

소비량을 정밀에너지해석 프로그램을 이용하여 비교 분석함으로써 보다 구체적이고 효율적인 에너지 절약 설계대안을 제시하고자 한다.

2. 대상분석

2.1 건축개요 및 부지조건

대상부지는 제주 남제주군 지역에 위치하며 초지 식생이 발달된 중간간 지역의 자연상태를 그대로 가지고 있다. 그림 1은 부지의 지리적 위치를 간략하게 보여준다. 부지 동측으로는 접근도로가 접해 있으며 북동쪽으로 침엽수림과 잡목이 혼합된 자연수림대가 형성되어 있고 서측면에는 최고높이 7m 정도의 나지막한 언덕이 있다(그림 2). 부지 내부는 역새, 고사리 등 다양한 지피식물군으로 이루어진 초지로서 투수성이 비교적 우수한 화산회토이다.

대상 그린하우스는 상황에 따라 허브농장, 임업 연구실험장, 전시장, 취미생활을 위한 강당 및 카페테리아 등 다양한 기능을 수용하도록 계획되었다. 그린하우스 서측면에는 건축주를 위한 주거부분이 따로 계획되어 외벽이 없는 복도형태(테라스)로 연결된다.

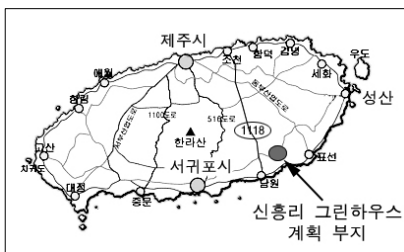


그림 1. 계획부지의 위치



그림 2. 부지전경

2.2 기후 조건

남제주군에 위치한 대상 부지의 기후환경적 특성을 조사하고 자연에너지 활용가능성을 검토하기 위하여 그림 3에서 그림 6과 같이, 서귀포 지역의 기후요소를 분석하였다. 이 지역은 겨울철 최저 온도가 1.9°C인 반면 여름에는 30.3°C까지 이르는 온난한 기후대에 속한다. 그림 4와 그림 5를 보면 여름철 상대습도가 높아서 냉방요구도가 높지만, 6월에서 9월까지의 평균풍속이 2.74m/s로서 자연 통풍의 활용 가능성이 높다.

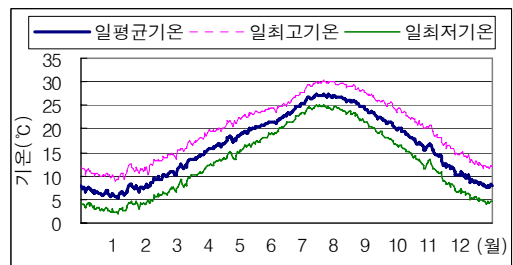


그림 3. 서귀포 지역의 연간 기온변화

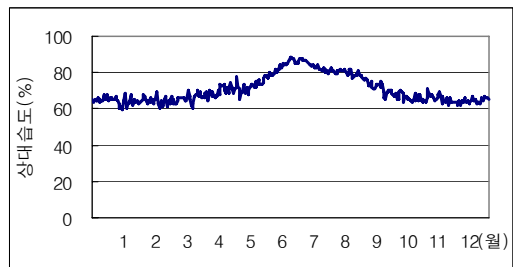


그림 4. 서귀포 지역의 일평균 상대습도 변화

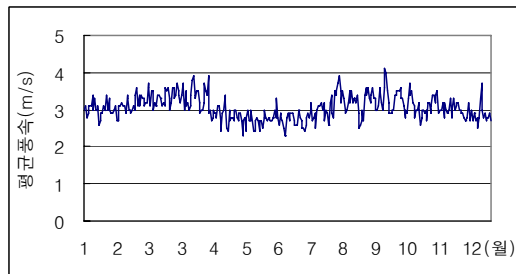


그림 5. 서귀포지역의 일평균풍속

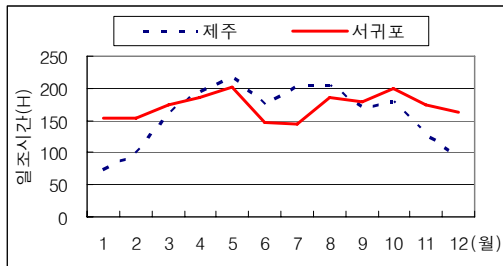


그림 6. 서귀포와 제주기의 연간 일조시간 비교

그림 6은 서귀포의 평균 일조시간을 보여주는데 서귀포 지역의 연간 일조시간은 2061시간으로서 제주시(1898시간)보다 태양열을 이용하기에 유리한 지역인 것으로 나타났다.

2.3 주요 설계전략

다목적 그린하우스의 에너지절약을 위한 주요 설계전략은 외피설계를 통한 자연형 조절(Passive Design)을 활용하여 건물부하를 줄이고 태양에너지를 적극적으로 활용하는 것으로 설정하였다.

(1) 부지 및 배치 계획

자연채광과 자연냉방을 최대한 활용하기 위하여 평면형태를 장단변비 1:2로 구성하였으며 남향 15도를 향하도록 길게 배치하였다. 그림 7은 배치도를 보여주며 그림 8은 최종 설계안의 모형사진이다.

조경계획은 서측과 남서측 침엽수림대는 그대로 유지하여 일사조절에 활용하고 남서측면에 수고(樹高)가 2m 이상인 활엽수를 식재하였다. 건물 후면의 북동쪽 잡목림을 보전하고 다양한 높이의 나무와 덩굴을 추가하여 건축물이 강풍에 그대로 노출되는 것을 방지하기 위한 완충지역을 만들었다.

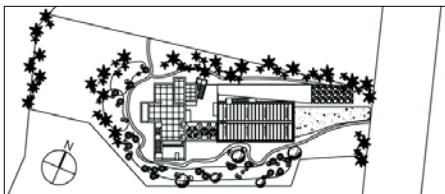


그림 7. 배치도



그림 8. 최종 설계안의 모형

또한 터파기 과정에서 굴착된 흙을 재활용하여 앞측면과 서측면에 작은 언덕을 만들어 제주산 잔디를 식재하여 바람을 조절하고 폭우로 인해 전면 부지에서 쏟아 내려오는 지표수를 조절하도록 하였다. 지하층 테라스 하부와 우수가 자연 배수되는 부지 북서측면에는 바이오톱을 계획하여 우수조절과 여름철 증발냉각을 고려하였다.

(2) 건축계획

주로 농예공간으로 사용되는 온실은 외피를 모두 유리로 구성하지만 계획 대상인 다목적 그린하우스는 원예를 위한 공간 뿐 아니라 상황에 따라 전시 및 상업공간으로도 사용되어야 하므로 보다 적극적인 외피 계획이 필요하다. 건물 향과 주변환경 및 건물의 자연채광, 일사, 외부조망 및 자연통풍 전략을 통합적으로 고려하여 외피전략을 세웠다. 그림 9와 같이, 초기계획에서는 일반적인 온실과 마찬가지로 전체 입면을 유리로 구성하였으나 그린하우스의 다양한 기능과 에너지절감을 위하여 남향 창호 면적은 최대화하면서 동·서측 및 북측 창호에는 최소한의 창호를 계획하는 대안을 제시하였다. 여기에 일반 이중유리 및 고성능 유리들을 적용하였을 경우 에너지소비 감소율과 경제성을 각각 검토하였다.

지붕형태는 그림 10과 같이, butterfly type으로 계획하여 각 수직면과 북향으로 경사진 지붕면에 천창을 설치하여 자연광 유입과 일사조절을 고려하였다. 남측으로 경사진 지붕면에는 추후 태양열 집열판과 PV를 설치할 수 있도록 노출 콘크리

트로 마감하였다. 효과적인 자연통풍을 위하여 날개형 지붕의 수직창은 전동으로 가동되는 환기창을 전면과 후면에 각각 2개씩 설치하여 상승한 더운 공기가 쉽게 배출될 수 있도록 계획하였다. 또한 그림 10처럼 거주역으로도 맞통풍이 일어날 수 있도록 하부에도 가동창을 계획하였다.

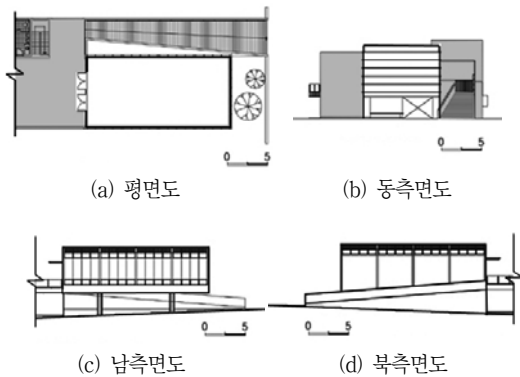


그림 9. 계획초안의 평면도와 입면도

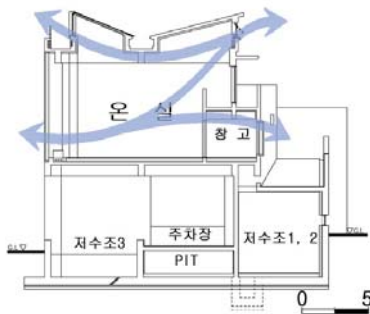


그림 10. 통풍계획

3. 건물에너지성능 평가를 통한 대안 제시

본 연구에서는 각 외피설계 대안의 에너지 절감 성능을 비교, 검토하기 위하여 정밀 에너지해석 프로그램인 DOE2.1e를 사용하여 건물 순간최대 냉난방부하 및 연간 에너지소비량을 산정, 분석하였다. 그림 9는 그린하우스 초안의 평면도와 입면도를 개략적으로 보여준다.

표 1은 동절기와 하절기의 순간최대부하(peak load)를 산정한 결과로서 순간최대 냉방부하가 난방부하보다는 3배정도 크게 나타났다. 냉방부하는 유리창을 통한 일사획득, 난방부하는 유리를 통한 전열손실이 주된 원인으로 분석되었다.

표 1. 초안의 최대 냉난방부하

부하요소	건물부하	냉방부하 (kW)	난방부하 (kW)
벽체의 전열부하		0.28	-0.84
지붕면의 전열부하		0.06	-0.04
유리면의 전열부하		-1.38	-19.16
유리를 통한 일사부하		83.58	0.03
틈새바람부하		1.00	-6.57
총 부하량		83.54	-26.58
m ² 당 총 부하량(W/m ²)		443.48	-141.10

이에 따라 에너지성능을 향상시키기 위한 설계대안은 주로 유리창의 종류를 고성능으로 바꾸거나 향에 따라 창면적을 조절하는 방안들로 제안되었으며 표 2는 주요 설계전략을 요약하여 보여준다. 그림 11과 그림 12는 주요 대안의 평면도 및 입면도이다. 그림 13은 대안 4의 에너지 해석 모델의 모습을 예로 보여준다.

표 2. 온실에 대한 설계대안의 주요 변경내용

구분	온실의 외피 디자인전략
초안	<ul style="list-style-type: none"> 남측과 북측 창면적비 95% 동측과 서측 창면적비 95% 지붕 천창 창면적비 96% 복층유리(6*12A*6)
대안 1	<ul style="list-style-type: none"> 초안에서 복층유리(6*12A*6)를 고효율유리(low-e sunblock green)로 변경
대안 2	<ul style="list-style-type: none"> 복층유리(6*12A*6) 사용 북측 창면적비 30%(건식패널) 동측 창면적비 0%(노출콘크리트) 지붕창면적비 55%
대안 3	<ul style="list-style-type: none"> 고효율유리(low-e sunblock green) 사용 북측 창면적비 30%(송이벽돌) 동측 창면적비 0%(콘크리트위 적삼목) 지붕창면적비 24%
대안 4	<ul style="list-style-type: none"> 고효율 유리(low-e blue) 사용 북측 창면적비 30%(송이벽돌) 동측 창면적비 0%(콘크리트위 적삼목) 지붕창면적비 24%

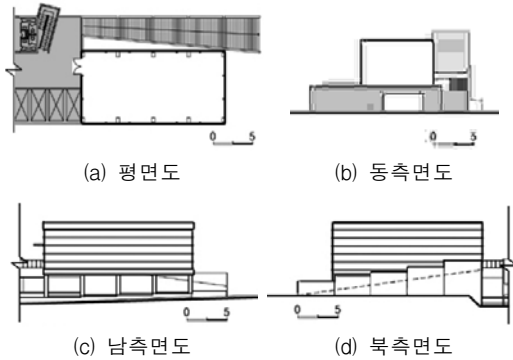


그림 11. 대안 2의 평면도와 입면도

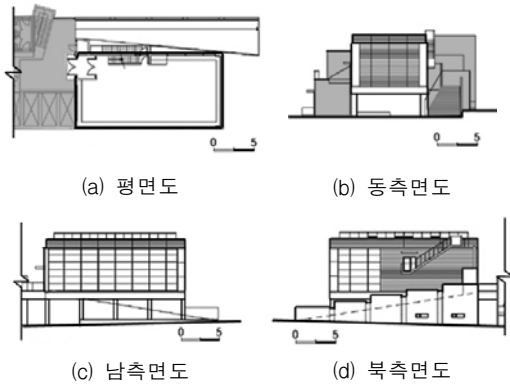


그림 12. 대안 3과 대안4의 평면도와 입면도

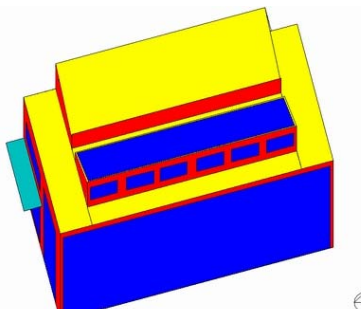


그림 13. 시뮬레이션 모델(대안4)

그림 14는 각 대안의 순간최대 냉난방부하를 비교하여 보여준다. 전반적으로 유리종류에 따라 냉방부하가 크게 차이가 나고 난방부하의 감소는 창면적의 조절이 유효한 것으로 분석되었다.

그림 15는 기본 설계단계에서 초기투자비를 개략적으로 산정한 결과를 비교하여 보여준다.

그림 14에서 각 대안별 냉방부하를 비교해보면, 기존 설계안에서 고효율 유리로 재료만 변경한 대안1은 초안보다 순간최대부하가 37% 감소하였고 유리창의 종류는 그대로 두고 동향과 북향의 창면적만 줄이는 대안 2에서는 초안보다 32% 감소하였다. 즉, 냉방부하 절감효과는 대안 1이 대안 2보다 약 5% 효과가 더 좋은 것으로 나타났지만, 그림 15에서 경제성을 비교해 보면 대안 1의 초기투자비가 대안 2보다 1.87배 정도 많이 든다. 냉난방부하 총량을 비교해보면 대안 3, 대안 4, 대안 1과 대안 2의 순서로 효율적이지만 대안 3은 예산을 1.5배 이상 초과하여 적합하지 않은 것으로 판단되었다.

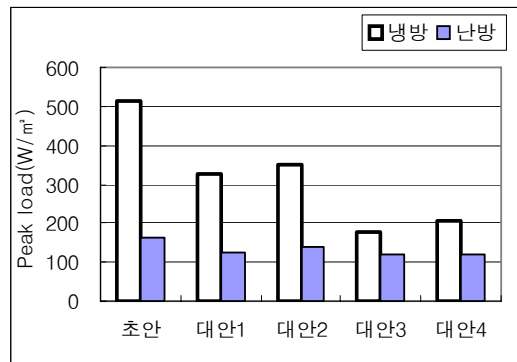


그림 14. 바닥면적당 순간최대 냉난방부하 비교

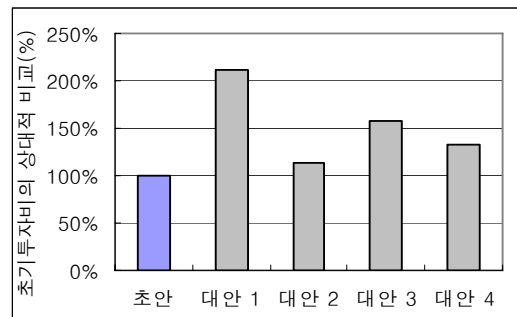


그림 15. 각 대안의 경제성 비교

그림 16은 그린하우스를 FCU(Fan coil Unit)으로 냉난방할 경우, 각 대안의 연간 냉난방에너지 소비량을 보여준다. 난방 에너지소비비는 대안 3이 46.25(MWH)로서, 초안 116.45(MWH)에 비하여 60% 감소되고, 연간 냉방 에너지소비량도 최대 73%까지 줄어드는 것으로 분석되었다. 초안과 비교해서 연간 에너지 소비량을 비교해 보면 각각 62%(대안1), 66%(대안2), 33%(대안3), 37%(대안4)로 감소되었다. 대안 3의 에너지 소비량이 가장 적게 나왔지만 대안 4와의 차이는 4%정도였다.

따라서 초기 투자비, 에너지, 온실의 다목적 기능, 외관, 인테리어 및 구조 등을 통합적으로 고려하여 대안 4를 최종안으로 선정하였다. 그림 17은 완공된 그린하우스의 외관을 보여준다.

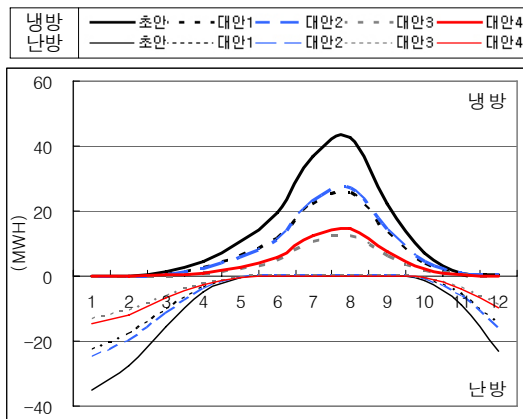


그림 16. 연간 에너지소비량의 비교



그림 17. 완성된 그린하우스 외관

4. 결 론

본 연구에서는 다목적 그린하우스를 대상으로 사례연구를 실시하여, 지역 환경에 적합한 설계 전략들을 제시하고 각 대안들의 건물에너지성능을 정밀에너지해석 프로그램으로 분석, 검토함으로써 보다 구체적이고 효율적인 에너지 절약 설계대안을 제시하고자 하였다.

지역기후분석 및 현장조사를 통해 부지 및 건물 기능을 고려하여 자연형 설계전략(passive design strategies)을 적극적으로 활용하였다. 또한 건물의 냉난방부하 산정결과를 토대로 에너지 절약 방안을 모색하고 각 대안들의 연간 에너지소비량, 초기투자비 및 기타 건축요소를 통합적으로 검토하여 최적안을 선정하였다. 즉, 남향 유리면적은 최대화 하면서 북쪽은 창면적비 30%로 계획하고동측엔 창을 내지 않았으며 지붕의 천창면적비도 건물기능과 자연채광을 고려하여 24%로 하였다. 동시에 K-값은 $1.6W/m^2K$ 이하, 복사열투과율 37%이하이면서 자연광 투과율은 51%이상인 Low-e유리를 적극적으로 활용하는 방안을 제시하였다. 순간최대 냉방부하는 초안보다 $311.64 (W/m^2)$, 순간최대난방부하도 $45.41(W/m^2)$ 까지 감소되었으며 연간 에너지소비량은 초안에 비해 63%가 감소되었다.

본 연구에서는 기본 설계단계에서 정밀에너지해석프로그램을 이용하여 상세한 연간 에너지소비량을 분석하였으나 시공 후 실측을 통한 검토 연구가 계속되어야할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. 이수연, 주택의 에너지 절약설계기법 및 효율평가에 관한 연구, 중앙대, 1994
2. 이수연 외, 사례연구를 통한 다목적 그린하우스의 에너지절약계획, 한국태양에너지학회, 2004
3. 대한주택공사주택연구소, 환경친화형 주거단지에 관한 연구, 대한주택공사, 1996

4. Annette Osso, Sustainable Building Technical Manual, Public Technical Inc. and US Green building Council, 1996
5. Doxsey, W.L, The City of Austine Green Builder Program, Us Green Building Conference, 1994
6. The National Prevention Center for Higher Education, Sustainable Design and Sustainable Building Materials, 1996
7. Watson, Donald and Labs, Kenneth, Climatic Design: Energy Efficient Building, Principles and Practices, McGraw-Hill, 1983