

단열재에 따른 저온양봉사 내부의 온·습도변화

The Variations of Temperature and Humidity with the Insulator Materials in Wintering Beehouse

이석건·김란숙*·이현우·이종원(경북대)

Lee, Suk Gun · Jin, Lan Shu · Lee, Hyun Woo · Lee, Jong Won

Abstract

The simulation and experiments were conducted to analyze the variation of the temperature and humidity in the wintering beehouses which had two kinds of the insulator materials of urethane foam and sandwich panel individually. It was found that inside temperature of sandwich panel beehouse was similar to the urethane foam at the same outside temperature by the simulation results. The variation of the inside temperature and humidity for the urethane foam was less than the sandwich panel.

I. 서론

우리 나라에 있어서 꿀벌의 저온실내월동에 관한 연구는 아직 시작단계에 불과하다. 따라서 보다 경제적이고 안정적인 양봉사 설계를 위하여서는 양봉사 내부환경에 영향을 미치는 여러 가지 요소들에 대한 검토가 필요하다. 특히 우리 나라의 기후특성에 알맞은 양봉사를 건축하기 위해서는 겨울철에 꿀벌의 월동에 알맞은 온도를 유지할 수 있어야 할뿐만 아니라 외기온이 비교적 높은 봄철에는 외기온보다 수℃ 낮게 유지할 수 있는 저온양봉사가 바람직하다. 따라서 본 연구에서는 《환기팬 작동방법에 따른 양봉사내부 온·습도환경 조절효과》에 이어 양봉사의 단열재 종류가 월동양봉사내부의 온·습도에 미치는 영향에 관한 연구를 진행함으로써 양봉사 최적설계를 위한 기초자료를 제공하고자 한다.

II. 실험방법

가. 양봉사 열환경 시뮬레이션 프로그램

저온양봉사의 최적설계를 위하여 양봉사내의 열환경 시뮬레이션을 수행하였으며 시뮬레이션 프로그램의 Flow chart는 그림 1과 같다. 또한 양봉사의 단열재종류에 따른 양봉사 내부의 온도변화를 예측하기 위해 시뮬레이션을 수행하였다. 본 연구에서는 표 1과 같이 양봉사에 단열재로 동일한 두께의 우레탄 폼과 샌드위치 판넬로 하였을 경우 양봉사 내부의 온도변화를 예측하였고, 앞으로 다양한 단열재 종류에 대하여 분석을 수행하고자 한다.

표 1. 시뮬레이션에 적용한 단열재 종류

	Material I (Youngju) From outside to inside	Material II (Youngin) From outside to inside
Roof & Wall	1mm galvanized plate 200mm urethane 1mm galvanized plate	1mm galvanized plate 200mm polystyrene 1mm galvanized plate
Floor	rammed soil 100mm concrete 100mm polystyrene 100mm reinforced concrete	rammed soil 100mm concrete 100mm polystyrene 100mm reinforced concrete

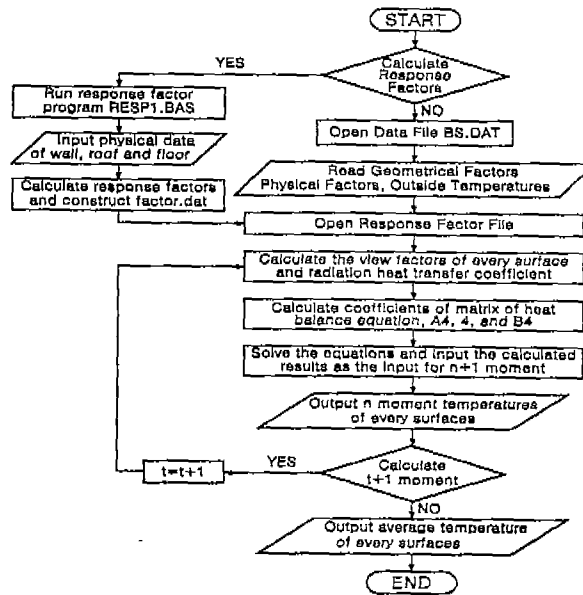


그림 1. 시뮬레이션 프로그램의 플로우 차트

나. 실험온실의 설계

그림 2와 3에서 보는 바와 같이 영주와 용인 지역에 크기가 약 7.2×4.2×2.88m(약 9평) 정도의 저온양봉사를 건축하고, 양봉사의 단열재를 다르게 하였다. 영주 양봉사의 단열재로는 우레탄 폼을 이용하였고, 용인 양봉사 단열재로는 샌드위치 판넬을 사용하였으며 양봉사내부의 온·습도 조절과 환기를 위하여 동일규격의 환기팬과 공기순환팬을 설치하였다.

다. 온·습도 센서의 설치

양봉사 내부에 온도센서 두 점과 습도센서를 한 점을 설치하고, 양봉사 외부에 온·습도센서를 각각 한 점씩 설치하였다.

라. 실험기간 및 분석기간

	실험 기간	분석 기간
영주	'97. 2. 16 ~ '97. 3. 13	'97. 3. 4
용인	'97. 11. 13 ~ '98. 3. 20	'98. 3. 4

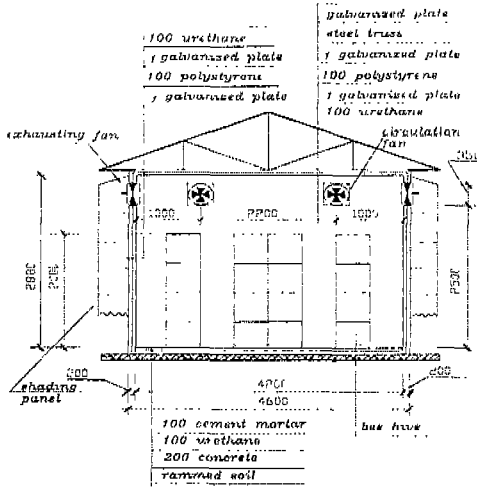


그림 2. 영주 양봉사 단면도

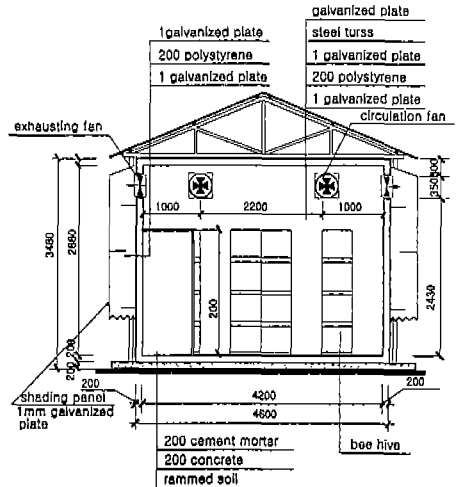


그림 3. 용인 양봉사 단면도

III. 결과 및 고찰

가. 단열재에 따른 양봉사내부의 온도예측

단열재에 따른 양봉사 내부온도를 예측하고자 시뮬레이션을 수행한 결과는 그림 4와 같다. 그림에서 볼 수 있는 바와 같이 벽체의 단열재로 동일한 두께의 우레탄 폼과 샌드위치 판넬을 각각 사용하였을 경우에 양봉사의 내부온도가 거의 비슷하게 나타났기 때문에 값이 더 싼 샌드위치 판넬을 사용하는 것이 경제적인 것이다.

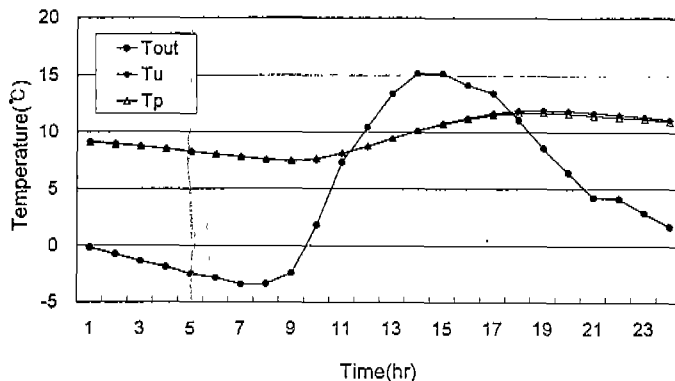


그림 4. 단열재 종류에 따른 양봉사 내부온도의 예측 결과

나. 양봉사 내부의 온·습도 환경변화

1) 양봉사 내부의 온도변화

표 2 및 그림 5와 6에서 알 수 있는 바와 같이 단열재를 샌드위치 판넬로 한 경우('98. 3. 4, 용인), 외기온이 $-3.3 \sim 14.5^{\circ}\text{C}$ (평균온도 5.5°C) 범위에서 변화할 때 양봉사의 내부온도는 $4.4 \sim 10.6^{\circ}\text{C}$ (평

균온도 7.6°C)범위였으며 외기온의 최고최저 온도편차가 17.8°C 일 때, 양봉사내부의 최고최저 온도 편차는 약 6.6°C이었다. 또한 단열재를 우레탄 폼으로 한 경우('97. 3. 4, 영주), 외기온이 -1.1~16.8°C(평균온도 5.8°C)범위에서 변화할 때 양봉사의 내부온도는 7.8~10.3°C(평균온도 8.7°C)범위로 나타났으며 외기온의 최고최저 온도편차가 17.9°C일 때, 양봉사내부의 최고최저 온도편차는 약 2.5°C정도 이었다. 이러한 결과로부터, 양봉사 단열재를 우레탄 폼으로 마감한 경우에는 샌드위치 판넬의 경우보다 양봉사 내부온도가 다소 높게 나타났으나 최고최저온도 편차는 적게 나타났다.

표 2. 단열재료에 따른 양봉사내부의 온도변화

단열재 온도(°C)	샌드위치 판넬('98. 3. 4, 용인)				우레탄 폼('97. 3. 4, 영주)			
	최고	최저	온도편차	평균	최고	최저	온도편차	평균
Tout	14.5	-3.3	17.8	5.5	16.8	-1.1	17.9	5.8
Ti	10.6	4.4	6.2	7.6	10.3	7.8	2.5	8.7

(온도편차=최고온도-최저온도)

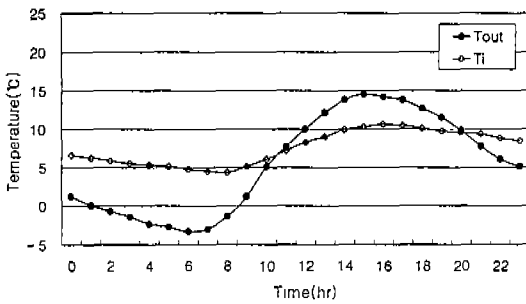


그림 5. 단열재가 샌드위치 판넬인 경우 양봉사내부 온도변화('98. 3. 4, 용인)

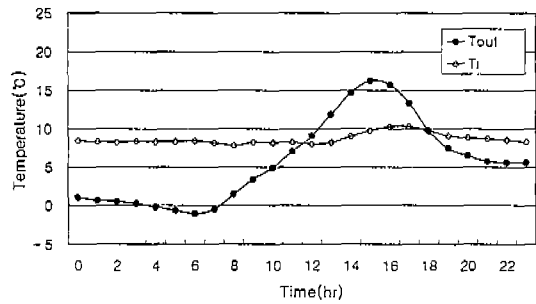


그림 6. 단열재가 우레탄 폼인 경우 양봉사내부 온도변화('97. 3. 4, 영주)

2) 양봉사 내부의 습도변화

표 3 및 그림 7과 8에서 알 수 있는 바와 같이 단열재를 샌드위치 판넬로 한 경우('98. 3. 4, 용인), 외부 습도가 27.3~100%(평균습도 70.2%)범위에서 변화할 때 양봉사의 내부습도는 46.2~69.1%(평균습도 58.8%)범위였으며, 외부 최고최저 습도편차가 75.8%일 때, 양봉사 내부의 최고최저 습도편차는 약 22.9%이었다. 또한 양봉사 단열재로 우레탄 폼을 사용한 경우('97. 3. 4, 영주), 외부습도가 45.6~74.3%(평균습도 63.2%)범위에서 변화할 때 양봉사의 내부습도는 55.9~65.4%(평균습도 61.1%)범위로 나타났으며, 외부의 최고최저 습도편차가 28.7%일 때, 양봉사내부의 최고최저 습도편차는 약 9.5%였다. 이로부터 양봉사 단열재로 우레탄 폼을 이용한 경우, 온실내부 습도 편차는 샌드위치 판넬의 경우보다 적은 것으로 나타났다.

표 3. 단열재에 따른 양봉사 내부의 습도변화

단열재 습도(%)	샌드위치 판넬('98. 3. 4, 용인)				우레탄 폼('97. 3. 4, 영주)			
	최고	최저	습도편차	평균	최고	최저	습도편차	평균
Hout	100	27.3	72.7	70.2	74.3	45.6	28.7	63.2
Hi	69.1	46.2	22.9	58.8	65.4	55.9	9.5	61.1

(습도편차=최고습도-최저습도)

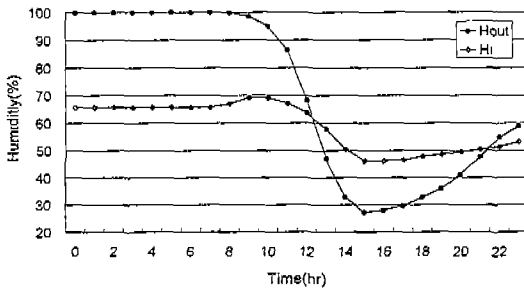


그림 7. 단열재가 샌드위치 판넬인 경우 양봉사내부 습도변화('98. 3. 4, 용인)

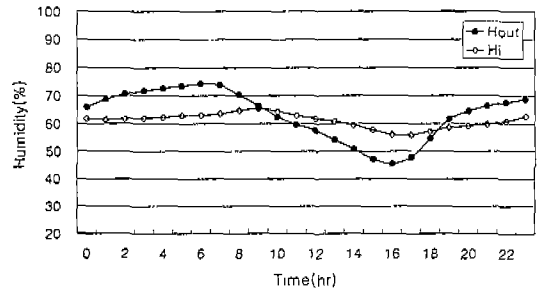


그림 8. 단열재가 우레탄 폼인 경우 양봉사내부 습도변화('97. 3. 4, 영주)

IV. 결 론

꿀벌의 월동에 적합한 실내 저온양봉사의 최적설계를 위한 기초자료를 제공하기 위하여 저온양봉사의 단열재 종류가 월동양봉사 내부의 온·습도에 미치는 영향을 분석한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 단열재에 따른 양봉사 내부온도를 예측하고자 시뮬레이션을 수행한 결과 우레탄 폼(200mm)을 같은 두께의 샌드위치 판넬로 대체할 경우에 양봉사 내부의 온도변화는 아주 적었다. 따라서, 경제적인 여건을 고려하여 우레탄 폼보다는 샌드위치 판넬이 유리한 것으로 판단된다.
2. 양봉사 내부를 샌드위치 판넬로 마감한 경우 양봉사 내부온도는 4.4~10.6℃(평균온도 7.6℃) 범위였으며, 양봉사내부의 온도편차는 6.6℃이었다. 그리고 양봉사의 내부벽체를 우레탄 폼으로 마감한 경우, 양봉사 내부온도는 7.8~10.3℃(평균온도 8.7℃)범위로 평균온도는 샌드위치 판넬보다 다소 높았으나, 최고최저온도 편차는 2.5℃로 적게 나타났다.
3. 양봉사의 단열재로 내부벽체를 샌드위치 판넬로 마감한 경우 양봉사 내부습도는 46.2~69.1%(평균습도 58.8%)범위로 양봉사내부의 습도편차는 22.9%이었으며, 양봉사의 내부벽체를 우레탄 폼으로 마감한 경우 양봉사 내부습도는 55.9~65.4%(평균습도 61.1%)범위로 양봉사내부의 습도편차는 9.5%로 보다 안정하였고, 두가지 단열재 모두 꿀벌이 월동하는 적정습도 범위 (50~75%)를 유지할 수 있었다.

참 고 문 헌

1. Graham J, M., 1993, The Hive and the Honey Bee. Dadant & Sons, pp.850-868.
2. Hellickson, M., A., 1983, Ventilation of Agricultural Structures. A.S.A.E, pp.25-41.
3. Lee Suk Gun, Li Zhenhai, Lee Hyun Woo, Choi Kwang Soo, 1998, Simulation of Thermal Environment in Wintering Honey Bee House. KSAE, Vol. 40, pp.39-44.
4. 이석건, 김란숙, 이종원, 이현우, 최광수, 1999, 환기팬 작동방식이 월동용 양봉사내의 온·습도환경에 미치는 영향. 한국생물환경조절학회, 제 8권 1호, pp.20-23.
5. 이석건 외, 1998, 월동용 양봉사의 설계. 한국생물생산시설환경학회 심포지엄 및 학술논문발표요지, 제 6권 1호, pp.80-86.
6. 이석건 외, 1998, 월동용 양봉사의 구조 및 환경조절. 한국양봉학회지, 제 13권 1호, pp. 15-20.