

# 자갈축열 태양열 온실의 축열층 온·습도 변화

## The Variation of Air Temperature and Humidity of Rock Bed Storage for Solar-Heated Greenhouse

이석건, 이종원\*, 이현우, 김길동  
경북대학교 농업토목공학과

S. G. Lee · J. W. Lee\* · H. W. Lee · G. D. Kim  
Department of Agricultural Engineering, Kyungpook National University

### 서 론

태양열을 이용한 축열방식은 크게 현열이용형 축열방법과 잠열이용형 축열방법이 있다. 현재 국내에는 잠열축열재과 토양축열을 이용한 지중열교환온실에 대한 연구는 다소 수행되고 있으나 이들 시스템은 겨울철 난방에너지의 절감을 목적으로 하고 있으므로 여름철 냉방시 별도의 시스템을 구비하여야 한다. 또한 현열 축열방식에서 자갈을 이용할 경우 가격이 싸고 대량 구입이 가능하며 설비비가 잠열이용형보다 저렴하며 순환유체와의 열교환이 별도의 열교환장치가 없이 직접 이루어진다. 또한, 단열시공면에서 다른 축열재에 비해 월등히 우수하므로 초기설비비가 저렴한 장점이 있는 것으로 보고된 바 있다. 따라서, 본 연구는 자갈축열층을 이용한 태양열 온실의 운영에 필요한 기초자료를 얻고자 자갈축열 태양열 온실에 있어 축열층의 온·습도 변화를 분석하였다.

### 실험장치 및 방법

#### 1. 실험장치

##### 가. 자갈축열 태양열 온실의 축열시스템

본 연구에 사용된 자갈축열 태양열 온실의 축열층은 7m(폭)×11m(길이)×0.8m(높이)의 크기로 온실하부에 설치되어 있으며 축열재는 150~250mm의 자갈을 사용하였다. 그리고, 축열층의 단열을 위해 축열층 내부에 두께 10cm의 폴리스티렌 폼을 부착하였으며 공기유동을 위해 축열층 좌우에 53m<sup>3</sup>/min의 공기유입팬 및 유출팬을 각각 4대씩 설치하였다.

##### 나. 자갈축열층의 온습도 분석을 위한 측정시스템

자갈축열층의 온·습도 분석을 위하여 그림 1에서 보는 바와 같이 축열층 내부에 온실길이방향으로 6점, 폭방향으로 3점의 온습도 센서를 축열층 높이 40cm되는 곳에 총 18점 설치하여 축열층 내부의 온습도 환경을 측정하였다.

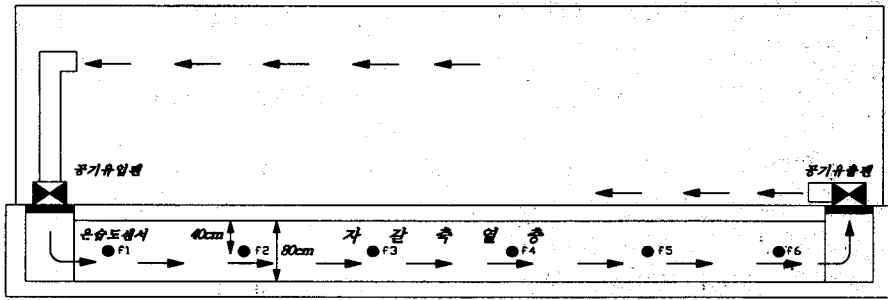


Fig. 1. 축열층내 온습도 센서 설치도

## 2. 실험방법

자갈축열 태양열 온실에 있어 효과적인 냉난방에너지 절감을 위해서는 주간동안 일사에 의해 더워진 온실내부 공기를 자갈축열층 내부로 유입시켜 많은 에너지를 축열층 내부에 저장할 필요가 있다. 따라서, 온실내부의 온습도환경이 축열층 내부의 온습도환경에 미치는 영향을 파악하고자 주·야간에 순환팬 작동방식을 각각 다르게 하였을 때 온실내부의 온·습도 변화에 따른 자갈층내의 유출·입구측의 온·습도 및 자갈층내의 온·습도를 분석하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 축열층의 온도변화

그림 2는 10:00~17:00(99. 3. 2)까지 축열시스템을 작동하여 축열한 후 22:00~08:00까지 방열하였을 때 자갈축열층내의 온도변화를 분석한 결과로서, 그림 2에서 보는 바와 같이

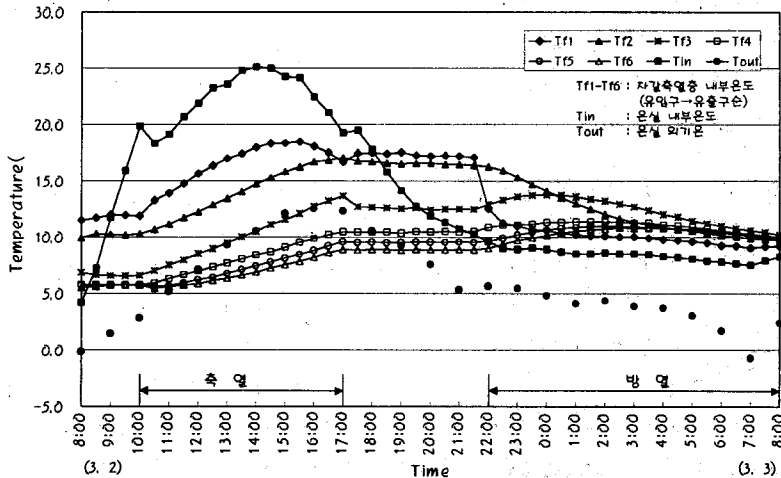
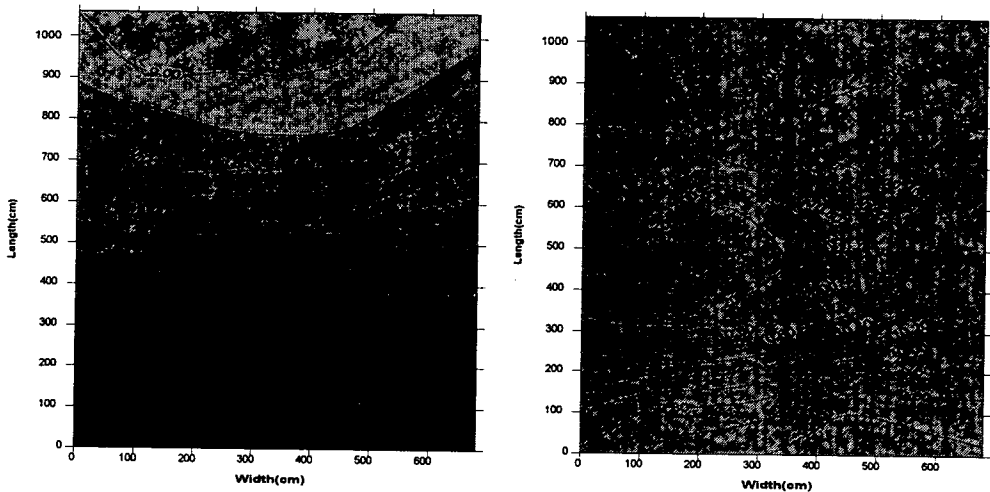


Fig. 2. 자갈축열층 내부온도 변화 (유입팬 :  $212\text{m}^3/\text{min}$ , 유출팬 :  $106\text{m}^3/\text{min}$ )

축열시 온실 내부온도가 18.3~25.1℃범위에서 변화할 때 자갈축열층 내부온도는 5.5~18.6℃에서 변화하였으며 유입구에서 멀어질수록 낮게 나타났으며 온도상승 속도 또한 감소하는 경향으로 나타났다. 그리고, 축열 7시간 동안 평균 6℃정도의 온도상승이 있는 것으로 나타났다.

방열시 축열층 내부온도는 축열층내로 유입되는 온실 내부온도의 영향을 직접적으로 받는 것으로 나타났으며 시간이 경과함에 따라 축열층 내부온도는 감소하였으며 방열 7시간 후에는 거의 일정한 온도를 유지하였다.

그림 3은 주간(10:00~17:00)에 7시간동안 축열하였을 경우와 야간(22:00~익일 08:00)에 방열하였을 때의 자갈축열층 내부온도 분포를 나타낸 것으로서, 7시간동안 축열한 후 축열층 내부온도는 공기의 흐름방향에 따라 최고 9℃ 온도편차가 있었으나 방열 7시간후에는 축열층 내부온도는 거의 일정한 분포를 나타내고 있다.



(a) 7시간동안 축열(17:00)

(b) 방열 7시간후(익일 05:00)

Fig. 3. 축열시 자갈축열층의 온도분포

## 2. 자갈축열층의 습도변화

그림 4는 주간(10:00~17:00)에 축열시스템을 작동하여 축열한 후 야간(22:00~익일 08:00)에 방열하였을 경우 자갈축열층내의 습도변화를 나타낸 것으로서, 외부습도가 14.4%~70.5%(평균 38.5%)범위에서 변화할 때 자갈축열 내부습도는 28.7%~100%(평균 652.8%)범위였으며 유입구측의 자갈축열층의 내부습도는 45.1%~91.0%(평균 71.8%)범위였으며 유출구측의 내부습도는 82.4%~98.9%(평균 96.9%)범위에서 변화하였다. 그림 4에서 보는 바와 같이 축점에 관계없이 축열층의 내부습도는 온실의 내부습도에 많은 영향을 받는 것을 알 수 있었다. 그리고, 축열시에는 유입구에서 멀어질수록 온실 내부습도의 영향을 적게 받는 것으로 나타났으며 방열시에는 온실내의 기온차로 인한 온실내부의 결로현상으로 인해 다습한 온실내부 공기가 자갈축열층 내부로 유입되면서 축열층 내부습도가 증가하는 것으로 나타났다.

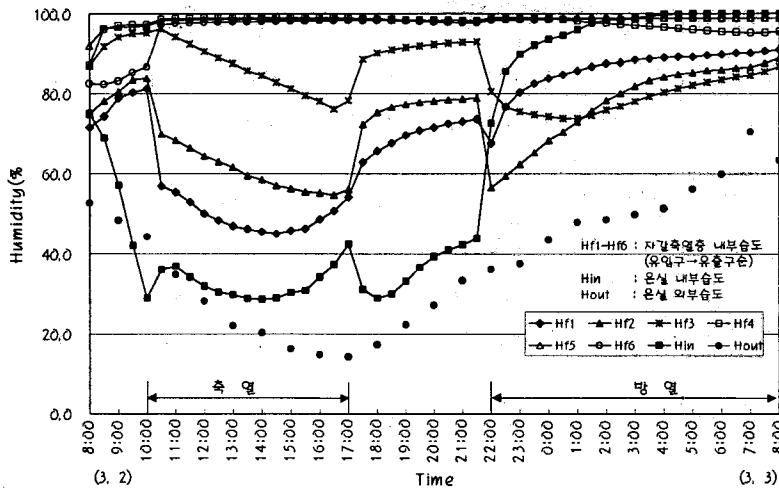


Fig. 4. 자갈축열층 내부습도 변화 (유입팬 :  $212\text{m}^3/\text{min}$ , 유출팬 :  $106\text{m}^3/\text{min}$ )

## 적 요

자갈축열 태양열 온실의 운영에 필요한 기초자료를 얻고자 주·야간 축열과 방열시 자갈축열층의 온습도환경을 분석한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 축열시 온실 내부온도가  $18.3\sim 25.1^\circ\text{C}$  범위에서 변화할 때 자갈축열층 내부온도는  $5.5\sim 18.6^\circ\text{C}$ 에서 변화하였으며 유입구에서 멀어질수록 축열층 온도는 낮게 나타났으며 온도 상승 속도 또한 감소하는 경향으로 나타났다. 그리고, 축열 7시간 동안 평균  $6^\circ\text{C}$  정도의 온도상승이 있는 것으로 나타났다.

방열시 축열층 내부온도는 축열층내로 유입되는 온실 내부온도의 영향을 직접적으로 받는 것으로 나타났으며 시간이 경과함에 따라 축열층 내부온도는 감소하였으며 방열 7시간후에는 거의 일정한 온도를 유지하였다.

2. 축열시에는 유입구에서 멀어질수록 온실 내부습도의 영향을 적게 받는 것으로 나타났으며 방열시에는 온실내외의 기온차로 인한 온실내부의 결로현상으로 다습한 온실내부의 공기가 축열층 내부로 유입되면서 축열층 내부습도가 증가하는 것으로 나타났다.

## 참고문헌

1. 박정원, 박봉규, 안상규. 1992. 자갈식 축열조의 축열특성에 관한 연구. 한국태양에너지학회지 Vol. 12(1). pp. 81-87
2. T.Mori, UTILIZATION OF SOLAR ENERGY FOR WINTER CROPPING GREENHOUSE TOMATO, Acta Horticulturae 87, 1978, pp. 321~327