

식물 모방을 이용한 우산형 냉각시스템

Umbrella Cooling System imitating a tree

*이영제¹, 라수민¹, 이현석¹, 이광훈¹, #박종규¹

*Y. J. Lee¹, S. M. Ra¹, H. S. Lee¹, K. H. Lee¹, #J. K. Park¹(chong@changwon.ac.kr)

¹창원대학교 기계공학과

Key words : Biomimetics, Evaporation heat, Cooling, Umbrella, Tree

1. 서론

21세기에 접어들며 냉각에 쓰이는 에너지의 소모량이 급격히 증가하고 있으며 이 현상은 향후 더 심화될 가능성이 많다. 이를 해결하기 위해서는 원가를 절감하면서도 친환경적인 제품을 생산해야 한다. 현재 연구동향은 대형화 된 연구에 편중되어 있으므로 실생활에 적용될 소형제품 연구도 필요한 실정이다. 이와 관련하여 공해를 배출하지 않으면서 친환경 에너지를 이용한 생체 모방형(Biomimetics) 냉각 시스템을 설계, 제작해봄으로써 생체 모방에 관한 기술 및 지식을 축적하고 우리나라의 에너지 수요 문제를 조금이나마 해소하고자 한다.

2. 구동 원리

본 냉각 시스템은 나무의 광합성 과정에서 생기는 현상을 모방한 것이다. 나무 그늘 아래에서는 주위 대기 기온에 비해 상대적으로 기온이 낮은 것을 확인할 수 있고, 이 현상의 원리는 다음과 같다. 나무가 광합성을 함으로써 뿌리에서 잎까지 수분을 끌어올리고 그 것은 잎을 통하여 방출된다. 이 현상을 모세관 현상이라 하며 그 식은 다음과 같다.

$$h = \frac{2T \cos \theta}{d\rho g} \quad (1)$$

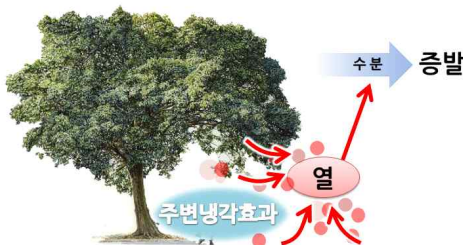


Fig. 1 Principal of the cooling effect of under the tree

위의 식에서, h 는 물이 올라가는 높이, T 는 표면장력, θ 는 표면장력과 접촉면의 사잇각, d 는 관의 직경, ρ 는 접촉 각, g 는 중력가속도이다.

이 때 수분은 기체로 상태 변화를 일으키며 주위의 열을 흡수(증발열)하고, 이 때문에 나무 주변의 온도는 주위에 비해 상대적으로 낮아지게 되는 것이다. 증발열 공식은 다음과 같다.

$$\Delta H_{vap} = 2.303RT(\log(P_{vap}) - C) \quad (2)$$

위의 식에서, ΔH_{vap} 는 증발열, P_{vap} 는 증기압, R 은 기체상수, T 는 온도, C 는 각 물질의 고유한 상수, 2.303은 상용대수와 자연 대수 사이의 전환인자($\ln x = 2.303 \log x$)이다.

3. 구동 시스템

본 연구에서 제안하는 생체 모방형 냉각 시스템의 개략적인 구상도는 Fig 2와 같다. 친환경 모델을 연구하고자 함에 따라 자가발전을 위해 태양열 집열판으로 전력을 공급한다. 증발 부에는 모세관 현상을 최대한 모방하기 위해 흡수성과 속건성이 좋은 쿨맥스(Coolmax) 원단을 사용 하였다. 구동 과정은 다음과 같다. 물 공급에 필요한 펌프 구동을 위해 태양 에너지를 흡수하여 전기를 생산한 다음, 그 전기를 이용하여 물 펌프를 구동한다. 구동된 물 펌프는 물을 파이프 위로 이송시켜 파이프에 물이 충만하게 함으로서 쿨맥스 원단이 모세관 현상을 일으키기 용이하도록 유도한다. 모세관 현상으로 인해 물이 흡수되어 원단의 모든 부분으로 확산되고 동시에 물 분자들이 증발하게 된다. 이 때 발생하는 증발열을 통하여 주위의 온도 하강 효과를 도모한다. 파이프에서 넘쳐흐르는 물은 파이프 하부의 물 저장고로 흘러내려 초기에 물 공급만 이루어지면 추가적인 보충을 할 필요가 없도록 설계하였다.

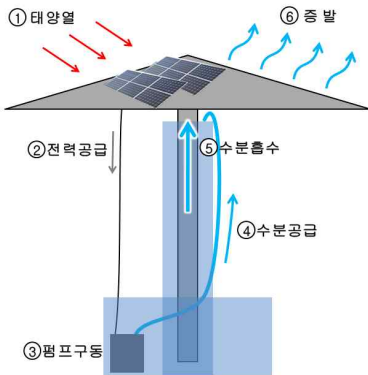


Fig. 2 Operating procedures of the experimental model

4. 실험조건

외부요인이 배제된 환경에서의 효율을 증명하기 위한 실내 실험과 실제 효율을 증명하기 위한 실외 실험을 실시하였다.

실내 실험은 Fig. 3과 같이 0.5mm두께의 비닐로 밀폐 공간(1.7m × 0.75m × 1.65m)을 만들고 그 내부에 실험 모델을 설치하였다. 공간 내의 초기온도를 28℃로 맞추고 25분간 1분 간격으로 밀폐 공간 내의 대기, 우산의 표면, 우산의 하부로 나누어 온도 측정을 하였다. 우산 하부의 온도는 우산 지붕으로부터 아래로 0.4m이격된 위치에서 측정하였고 물의 온도는 실험을 진행하는 동안 19℃를 유지시켰다.

실외 실험은 습도가 30%인 야외에 나무를 대조 대상으로 설정하여 실험 모델을 설치하였다. 약 40분간 3분 간격으로 온도를 측정하였고, 그 외 조건은 상위 실험과 동일하다.

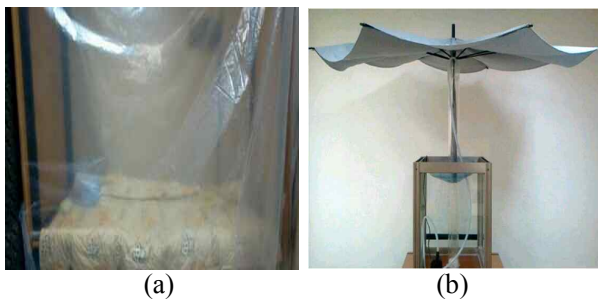


Fig. 3 (a)Installed confined space and (b)the proto type

5. 실험결과

실험 결과 각각의 평균온도는 Table 1과 같이 시간에 따른 그래프는 Fig. 5, Fig. 6과 같이 나타났다. 실내 실험에서 대기와 우산 하부의 평균온도차는 약 1℃였다. 실외 실험에서는 1.7℃의 차이를 보였고 이 차이는 나무 그늘의 온도와 매우 유사했다.

Table 1 Average temperature of experiment

Average temperature			
Indoor		Outdoor	
Atmosphere	28.5℃	Atmosphere	21.5℃
Surface of the roof	24.5℃	Shade of a tree	19.4℃
Under the roof	27.7℃	Under the roof	19.8℃

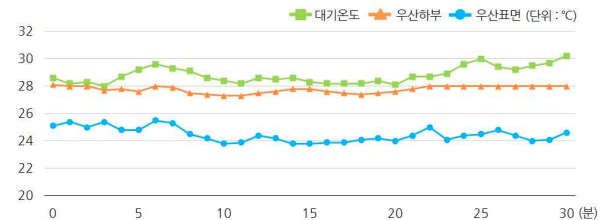


Fig. 5 Graph of temperature changes of indoor experiment that shuts off interruptions

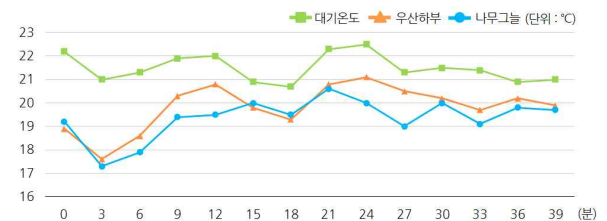


Fig. 6 Graph of temperature changes of outdoor experiment that sets a tree as comparison

6. 결론 및 고찰

본 연구 및 실험에서 실외의 평균 온도 차가 1.7℃임을 확인하였고 실제 나무 그늘과 비슷한 효율이 도출되는 것을 확인 할 수 있었다. 추후 모세관 현상의 축진을 유도하는 방안과 더욱 효율적인 형상 연구가 과제로 남아있다. 위의 실험 결과로 미루어 보아 본 논문에서 제안하는 친환경냉각 시스템이 버스 정류장 및 공원 쉼터 등 실생활에 응용될 가능성이 충분히 있다고 평가할 수 있다.

후기

이 논문은 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NO. 2011-0030806)

참고문헌

1. 윤정인, 김재돌, "냉동 및 공기조화," 문운당, 23-28, 2002.
2. Yunus A. Cengel, "Heat Transfer ; A Practical Approach," McGraw-Hill Korea, 2nd Edition, 23-24, 2011.