

[논문] 한국태양에너지학회 논문집

Journal of the Korean Solar Energy Society

Vol. 27, No. 4, 2007

# 하절기 복사환경 관측을 통한 수목과 일사차폐 막 구조물의 자연냉각효과

최동호\*, 이부용\*\*

\* 대구가톨릭대학교 건축학과 교수(dhchoi2@cu.ac.kr)

\*\* 대구가톨릭대학교 환경과학과 부교수(bylee@cu.ac.kr)

## Analysis of Passive Cooling Effect of Membrane Shading Structure and the Tree by Field Observations in the Summer

Choi, Dong-Ho\*, Lee, Bu-Yong\*\*

\* Professor, Dept. of Architecture, Catholic University of Daegu(dhchoi2@cu.ac.kr)

\*\* Associate Professor, Dept. of Environmental Science, Catholic University of Daegu(bylee@cu.ac.kr)

### Abstract

This study is about the passive cooling effects of three outdoor solar shading facilities as trees, pergola with wistaria vine and membrane shading structure, which are expected to provide cool spots in the summer. Field observations of measuring thermal environment of selected facilities is executed. Thermal environment measuring was categorized as short wave radiation, long wave radiation, net radiation, globe temperature, surface temperature measured by infrared camera. Heat transfer mechanism is analyzed with overall data from field measurement. Results from this study are as below; 1) Radiation balance measured on shaded surface under membrane shading structure was 17%(86W/m<sup>2</sup>) of the unshaded surface radiation balance(511W/m<sup>2</sup>). 2) Surface temperature comparison between vegetation and membrane of the shading structure is performed at 3 o'clock in the afternoon. Surface temperature of vegetation was same as air temperature and that of membrane was 5°C higher than air temperature. Vegetation transpiration is considered as the causing factor which make those differences. 3) Results from this study could be used as fundamental data for reducing heat island phenomena and continuous research on this subject would be needed.

**Keywords** : 복사환경(Radiant environment), 자연냉각(Passive cooling), 열화상(Thermal infrared image), 일사차폐(Solar shading device)

접수일자 : 2007년 11월 6일, 심사완료일자:2007년 12월 3일

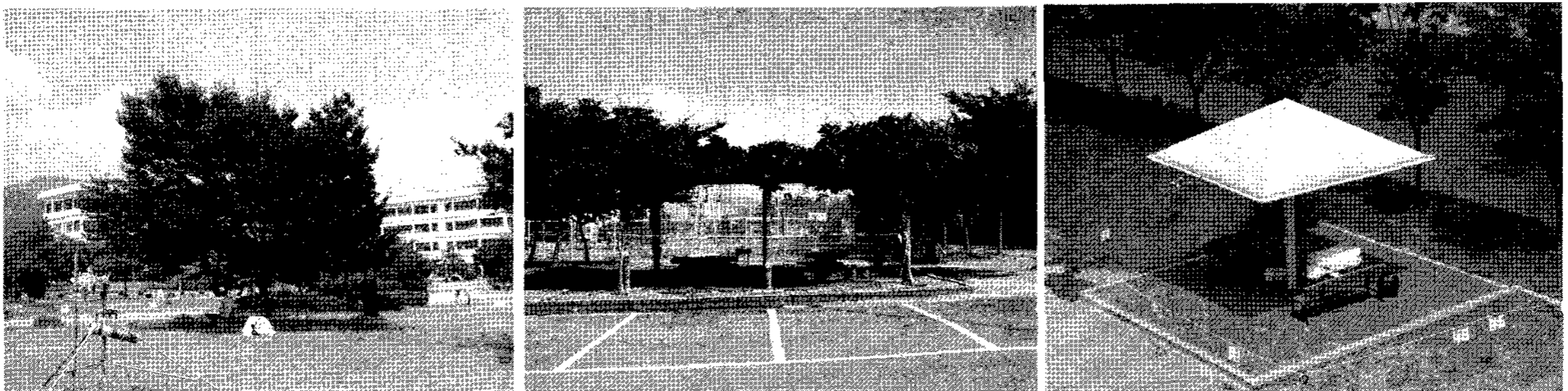
교신저자 : 최동호(dhchoi2@cu.ac.kr)

## 1. 서론

도시의 과밀화, 집중화가 점차 심화되고 있는 가운데, 도시환경은 에너지 집중에 따른 인공배열의 증가, 도시를 구성하는 건물 및 지면피복 재료의 열특성, 녹지면적 감소, 시가지 형태에 기인한 풍환경 특성 등과 같이 인공적인 요인들에 의해 도시특유의 미기상이 나타나고 이러한 현상이 장기간 지속됨으로서 특유의 도시기후를 형성하게 된다. 그리고 도시기후는 건축스케일의 외부공간 열특성에 의해서도 크게 영향을 받으므로 건축외부공간을 구성하는 재료들에 대한 열적 특성, 옥외환경에 대한 녹화계획, 도시 풍환경 특성을 고려한 건물 배치계획 등 도시의 열환경 완화를 위한 연구추진의 필요성이 제기되고 있는 가운데, 국내에서도 이에 대한 연구<sup>1)-4)</sup>가 진행되고 있다.

건축외부공간은 거대한 공간규모와 환경제어상의 난점 등을 고려할 때 인위적 방법에 의해 제어

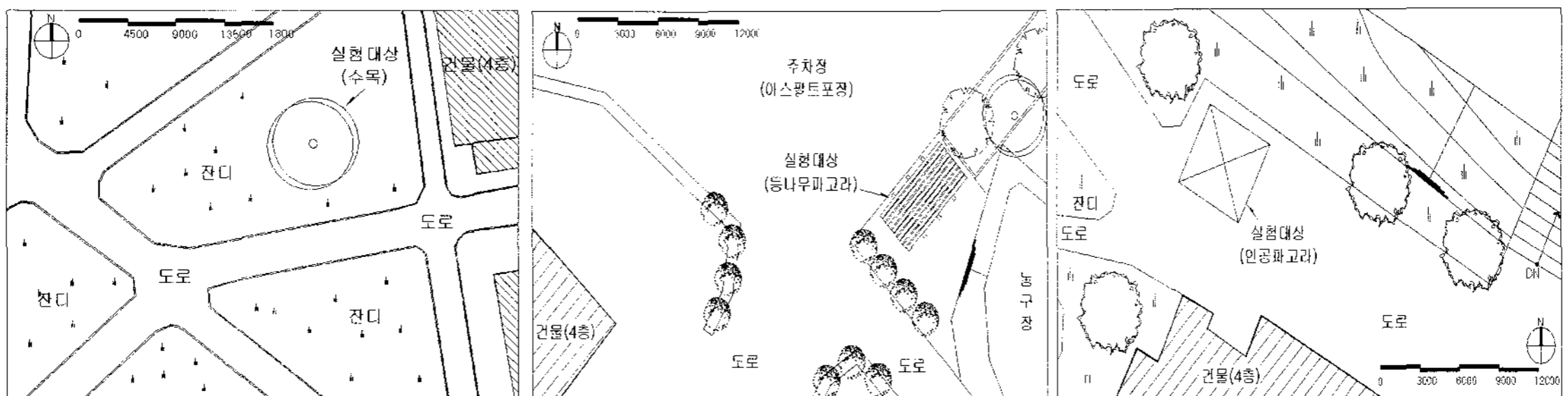
하는 것은 현실적으로 불가능하며 그 제어효과 또한 미미하여 자연이 가진 열 대사기능을 고려한 패시브적 환경조절방법 적용이 최선의 대안으로 인식되고 있는 가운데 지면녹화, 도시공원조성 등을 통한 녹지면적 확대와 옥상녹화 등의 사업이 건축분야에서도 진행되고 있다. 이와 같은 맥락에서 필자들은 수목을 연구대상으로 선정하여 수목하부의 미기상을 주로 복사환경 해석의 관점에서 고찰한 연구성과를 발표<sup>5)</sup>한 바 있다. 본 연구에서는 기존 연구에 대한 후속 연구로서, 일사차폐기능을 가진 옥외 시설물(수목, 등나무파고라, 막 구조물)을 선정하여 하절기 일사차폐효과에 의한 cool spot의 역할이 기대되는 이들 대상물에서의 온도와 복사환경에 주안점을 둔 열환경 분석을 통해 식생과 인공구조물에서의 자연냉각효과를 정량적으로 검토하였다. 특히 대상물 하부 관측에서는 복사환경해석을 위해 단파복사, 장파복사, 순복사, 흑구온도, 열화상카메라에 의한 표면온도 측



a) 수목

b) 등나무파고라  
그림 1. 실험대상물 전경

c) 막 구조물



a) 수목

b) 등나무파고라  
그림 2. 배치도

c) 막 구조물

정과 대상물 및 그 주변의 열이동 메카니즘을 통합적으로 해석하였다. 본 연구의 결과는 궁극적으로 건축외부공간의 열환경 완화와 하절기 수목 및 막 구조물의 spot cooling 효과를 정량적으로 평가하기 위한 기초자료로 활용될 것으로 기대된다.

## 2. 실험개요

### 2.1 실험대상공간

실험대상공간을 그림 1, 2에 나타내었다. 실험대상공간은 옥외 휴게시설로 사용되는 3가지의 대상물(그림 2)로 선정하였다. 실험은 데이터 수집의 편의와 관측 장비의 원활한 관리를 위하여 대학 캠퍼스 내에서 실시하였다. 그 대상은 단일 수목과 등나무 파고라, 기 설치된 인공 막 구조물(이하 막 구조물)로 설정하였다. 수목은 잔디정원에 위치하고 있으며 주변의 건물 등으로부터 일정거리 이격되어 열적 영향이 적은 위치에 있는 수고 약 7m, 폭 약 8m의 느티나무이다. 등나무 파고라는 7m(길이)×5m(폭)×2.4m(높이) 크기의 프레임에 등나무 넝쿨로 덮여 있다. 막 구조물은 4m(길이)×4m(폭)×2.7m(높이)의 규격이며, 막 재료는 백색의 테프론으로 제작되었다.

### 2.2 측정개요

측정기와 측정점을 표 1에 나타내었다. 측정점은 실험대상물의 하부 음영부와 그 외측(양지)으로 설정하여 기온, 표면온도, 흑구온도, 상대습

도, 풍향풍속, 적외선 복사온도, 장·단파 복사를 관측하였다. 대상물 하부(음영부)의 공기온도 및 흑구온도에 대해서는 수직 온도변화 추이를 검토하기 위하여 지상 0.8, 1.5, 2.0m 높이에서 관측하였으며, 복사환경 계측항목 중 장파복사에 대해서는 장비조달의 어려움으로 대상물별로 순차계측을 실시하였다.

표 1. 측정항목별 측정기와 측정점 위치

측정 항목	측정기기	
	측정점 위치	
기온	Datscan 7320, 7020, T-type열전대(0.25)	
	지상 0.8, 1.5, 2.0m 높이	
표면온도	Datscan 7320, 7020, T-type열전대(0.25)	
	대상물 각부의 표면, 지면, 아스팔트 표면	
흑구온도	Datscan 7320, 7020, T-type열전대(0.25)	
	지상 0.8, 1.5m 높이	
일사 (단파 복사)	①CM6B Pyranometer / Kipp&Zonen ②LI200X Pyranometer / Campbell Scientific	
	대상물 하부(음지), 대상물 외부(양지)	
상대습도	HMP45AC / Campbell Scientific	
	수목하부(음지), 수목외부(양지)	
복사온도 (열화상)	ThermaCAM S60 / FLIR사	
	대상물 및 대상물 주변	
장파복사	CGR3 Pyrgeometer / Kipp&Zonen	
	대상물 하부(음지), 대상물 외부(양지)	
풍향풍속	05103 / Campbell Scientific	
	수목외부	

### 2.3 실험조건 및 측정기간

실험조건 및 대표일의 측정결과를 표 2에 나타내었다. 실험대상물의 패시브 냉각효과를 정량화하기 위하여 각 대상물의 하부 음영부와 그 외부

표 2. 실험설정조건 및 대표일의 측정결과

구분	실험기간	대표일	기온[°C]			흑구온도[°C]			상대습도[%]		풍속[m/s]		
			최고	최저	평균	최고	최저	평균	최고	최저	최고	최저	평균
수목외부(양지)	2005.08.1 2~08.15	2005. 08.13	35.9	22.6	27.9	50.8	21.7	32.4	95	47	3.4	0.0	0.7
수목하부(음지)			35.0	22.3	27.7	41.4	22.5	29.4	94	49	-	-	-
등나무파고라(양지)			37.3	23.5	29.2	50.5	23.0	33.6	-	-	-	-	-
등나무파고라(음지)			34.2	23.6	28.6	40.1	23.7	29.7	-	-	-	-	-
막 구조물(양지)			34.5	23.7	28.7	49.4	23.5	33.3	-	-	-	-	-
막 구조물(음지)			34.5	23.9	28.9	52.4	23.7	32.1	-	-	-	-	-

(양지)에서의 복사수지를 비롯한 열환경을 파악할 수 있도록 실험조건을 설정하였다. 관측은 2005년 8월 12~15일, 8월 27~28일에 이루어졌으며 기상상태가 양호한 8월 12~15일 중 기온이 높은 8월 13일을 대표일로 설정하여 분석하였다. 열전대 이외에 적외선 열화상 카메라를 이용하여 기온과 실험대상물의 표면온도를 측정하였으며, 본 논문에서는 지상 0.8m를 기준높이로 설정하여 이 높이의 열환경에 대해 중점적으로 관측하였다. 8월 27일, 28일 양일간은 장파복사 관측장비가 조달되어 장파복사환경요소를 추가하여 관측하였고 이에 대한 분석도 이루어졌다.

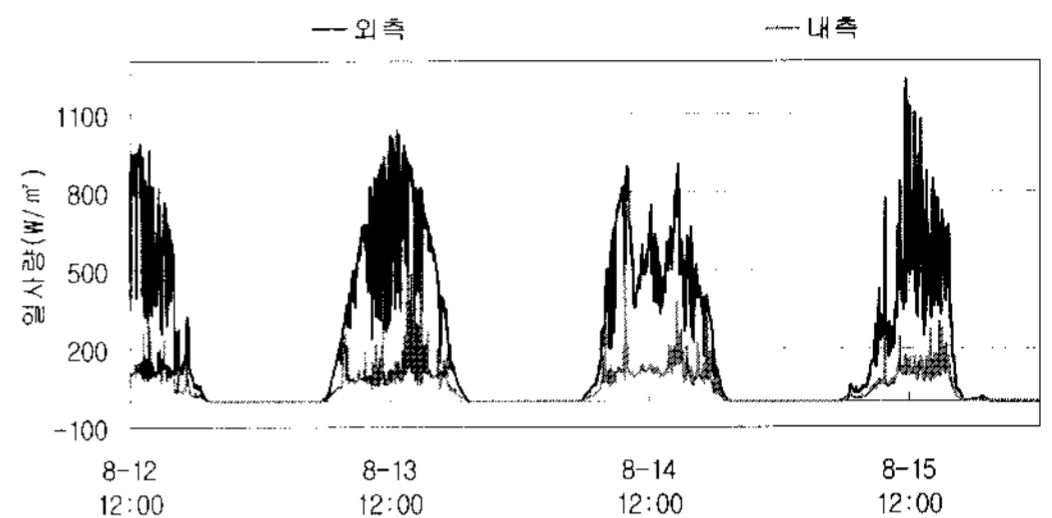
표 3. 각 측정지점에서의 상향 형태계수

측정 지점	상향 형태계수
수목 하부	0.73
등나무파고라 하부	0.77
막 구조물 하부	0.58

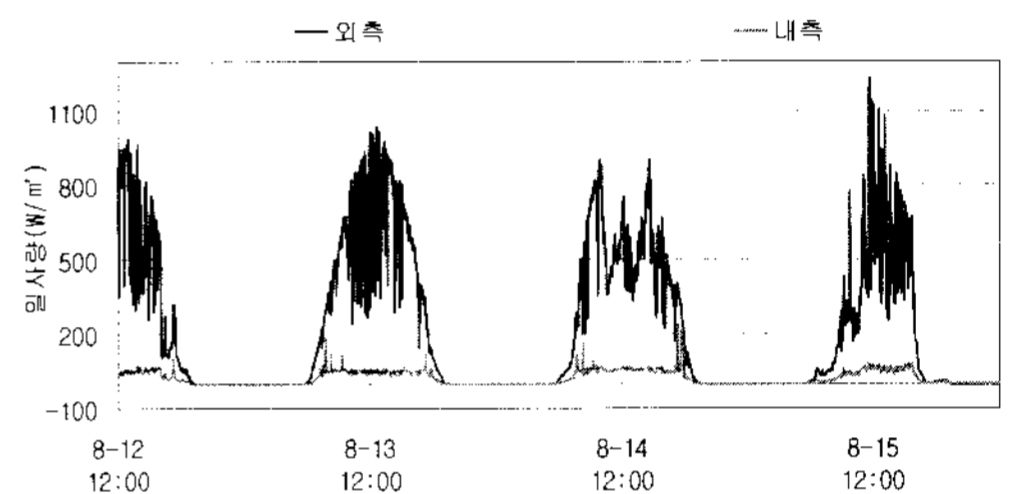
### 2.4 측정지점에서의 형태계수산출

각 실험대상물 측정지점에서의 형태계수산출을 위한 천공측 어안렌즈 촬영결과를 그림 3에, 형태계수 산출결과를 표 3에 각각 나타내었다. 먼저 수목하부에서 산출한 형태계수는 상향 즉 전체 천공 면적에 대한 수목이 차지하는 비율이 0.73(73%)으로 나타났으며, 등나무 파고라는 0.77(77%), 막 구조물은 0.58(58%)로 나타났다. 이들 대상물 중 등나무 파고라의 차폐율(형태계수)

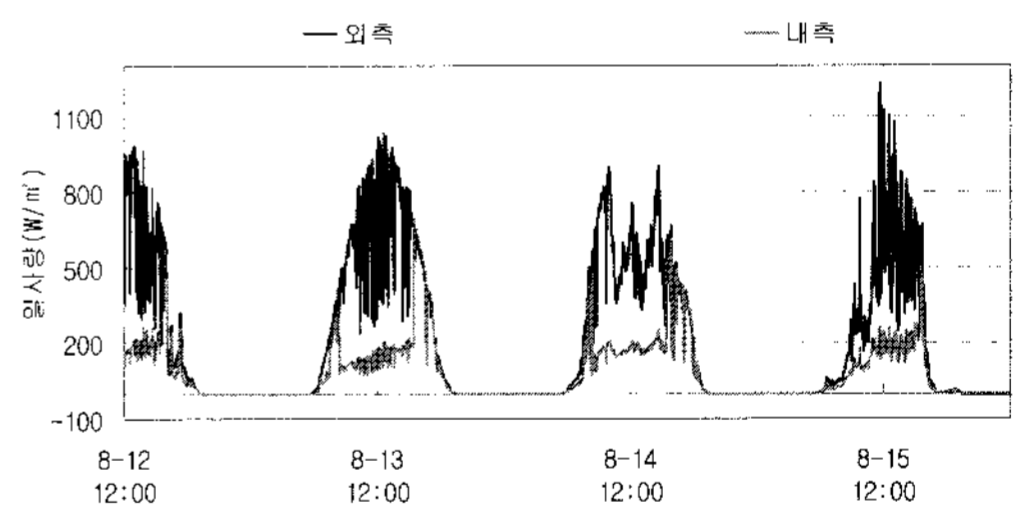
이 가장 높게 나타났으며, 막 구조물이 가장 낮게 나타난 것으로 파악되었다.



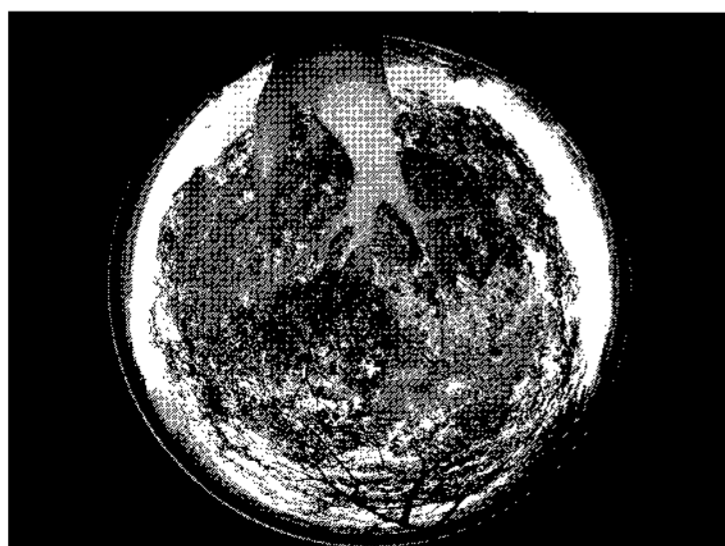
a) 수목



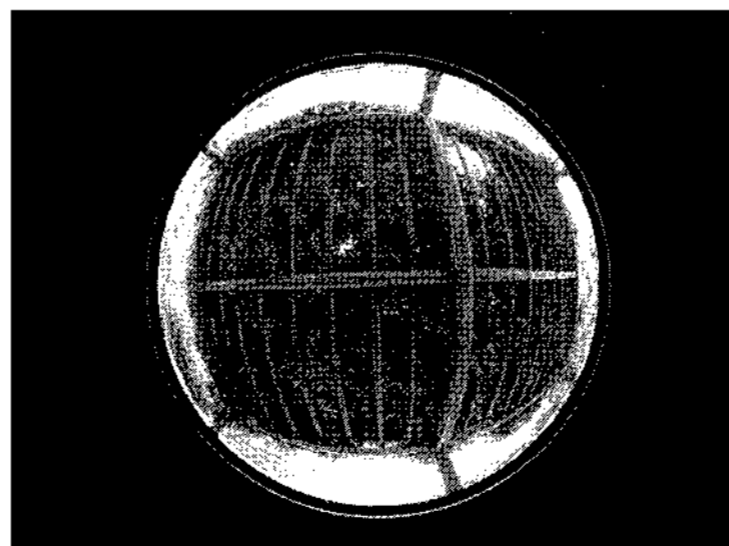
b) 등나무파고라



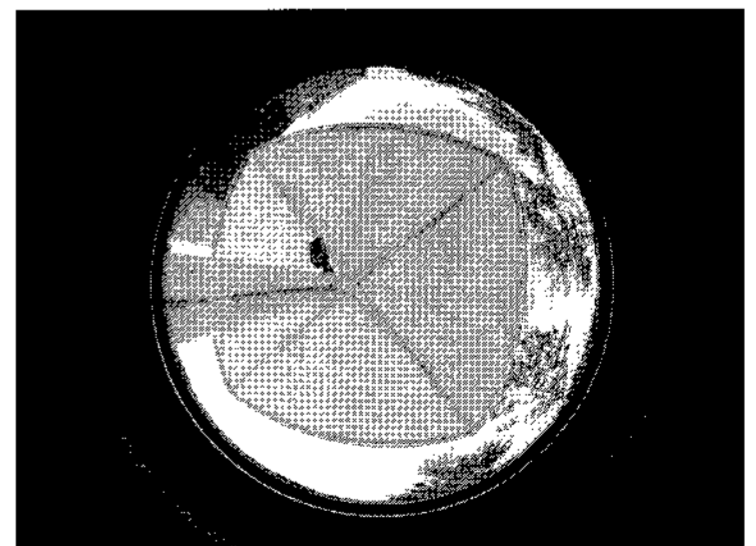
c) 막 구조물  
그림 4. 일사량 분포



a) 수목하부



b) 등나무파고라 하부



c) 막 구조물 하부

그림 3. 어안렌즈에 의한 천공측(상향) 사진자료

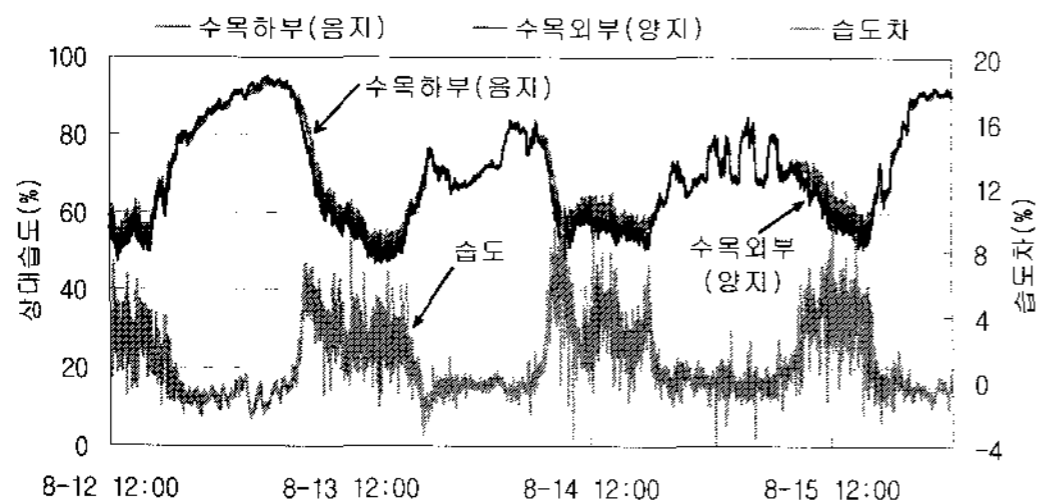


그림 5. 상대습도분포

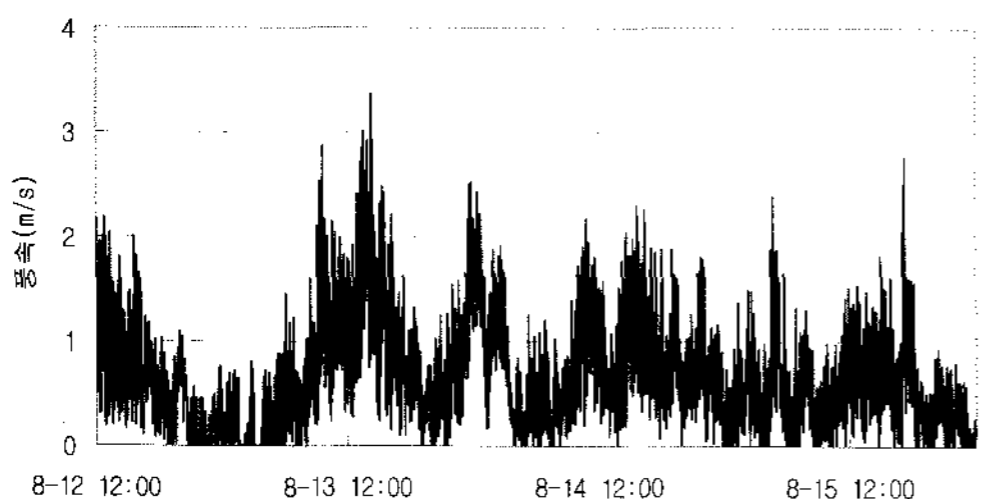


그림 6. 풍속분포

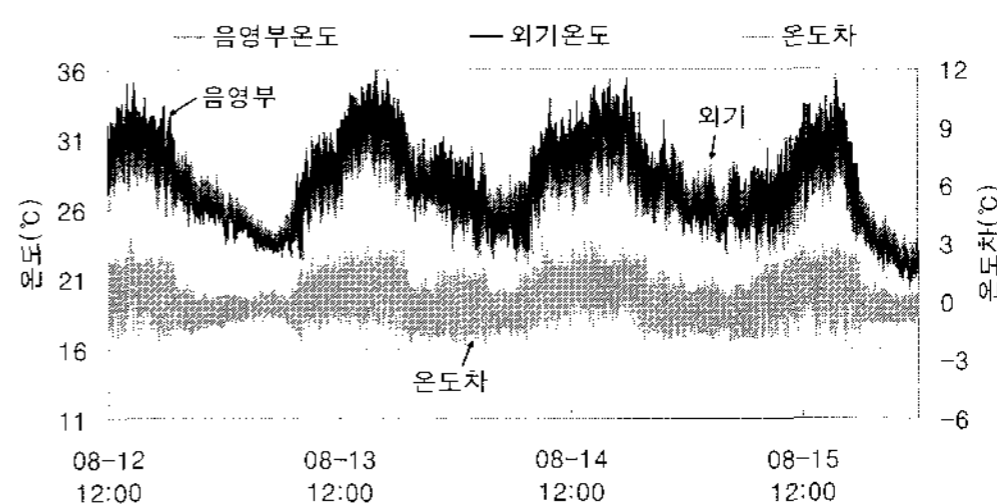
### 3. 실험결과 및 고찰

#### 3.1 일사량, 상대습도, 풍속분포

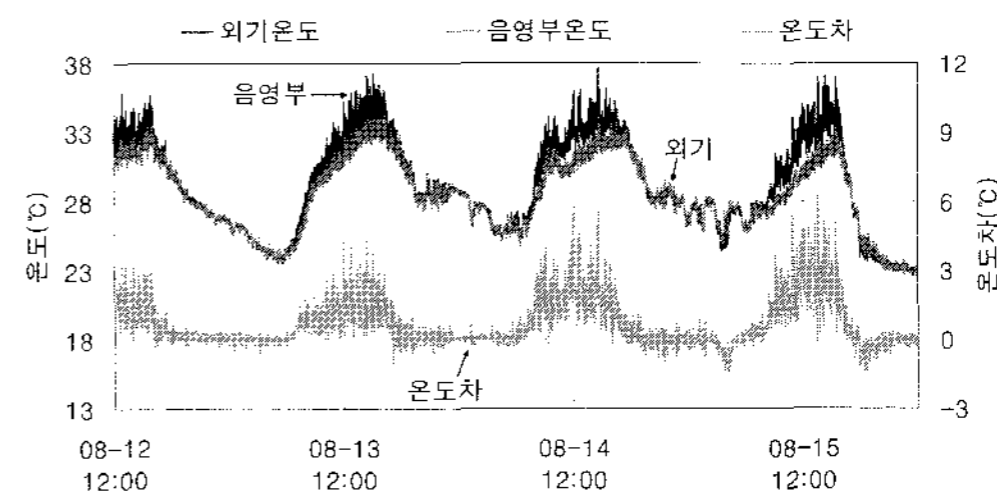
일사량, 상대습도, 풍속분포를 그림 4, 5, 6에 각각 나타내었다. 대표일의 일사량은 정오를 전후하여 최대  $1,000\text{W/m}^2$ 을 상회하였으며, 수목하부의 음영부에서는 정오를 전후하여  $60\sim 120\text{W/m}^2$  사이의 값을, 등나무파고라에서  $40\sim 60\text{W/m}^2$  사이의 값을, 막 구조물에서는  $80\sim 200\text{W/m}^2$ 이었다(그림 4). 정오(11:30~12:30)를 기준으로 볼 때 각 대상물 음영부의 일사량은 외측(양지) 일사량(1시간 평균치:  $601\text{W/m}^2$ ) 대비 수목하부, 등나무파고라, 막 구조물에서는 각각 15%( $88\text{W/m}^2$ ), 8%( $48\text{W/m}^2$ ), 22%( $129\text{W/m}^2$ )가 되었다(그림 4). 이상의 결과에서 태양복사는 등나무파고라에서 가장 높은 차폐효과가 관측되었고 막 구조물에서 가장 낮은 것으로 판명되었다. 이러한 결과는 수목과 등나무파고라를 덮고 있는 다층구조 식생(잎)의 높은 복사차폐율과 막 구조물(흰

색)이 지닌 태양복사의 반사효과, 그리고 형태계수 등의 상호작용에 의한 결과로 풀이된다.

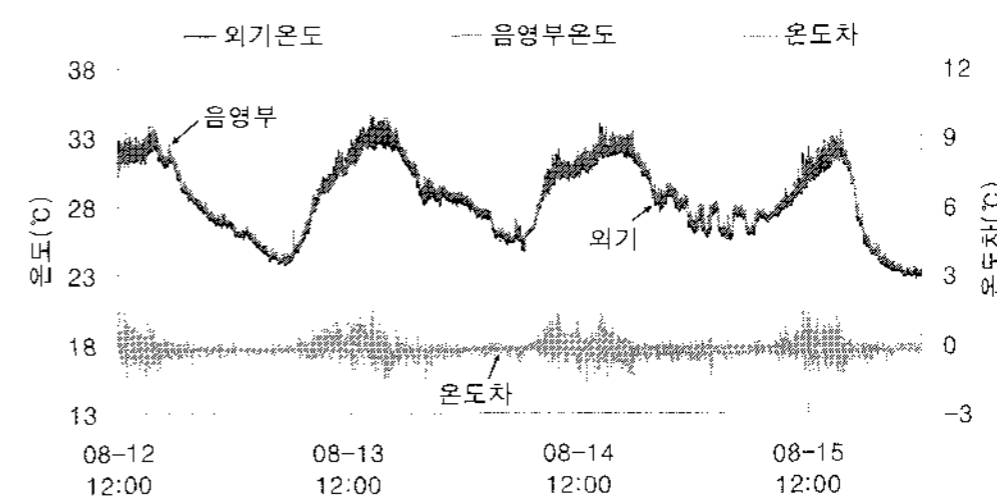
대표일의 일중 상대습도는 47~95%였으며, 장비가 설치된 수목외부와 수목하부의 상대습도 차는 최대 8% 정도이다(그림 5). 한편, 대표일의 풍속범위는 최대  $3.4\text{m/s}$ , 평균  $0.7\text{m/s}$ 로 관측되어 비교적 바람이 약한 기상조건하에서 실험이 진행되었다(그림 6).



a) 수목 (외기온도, 음영부온도)



b) 등나무파고라 (외기온도, 음영부온도)

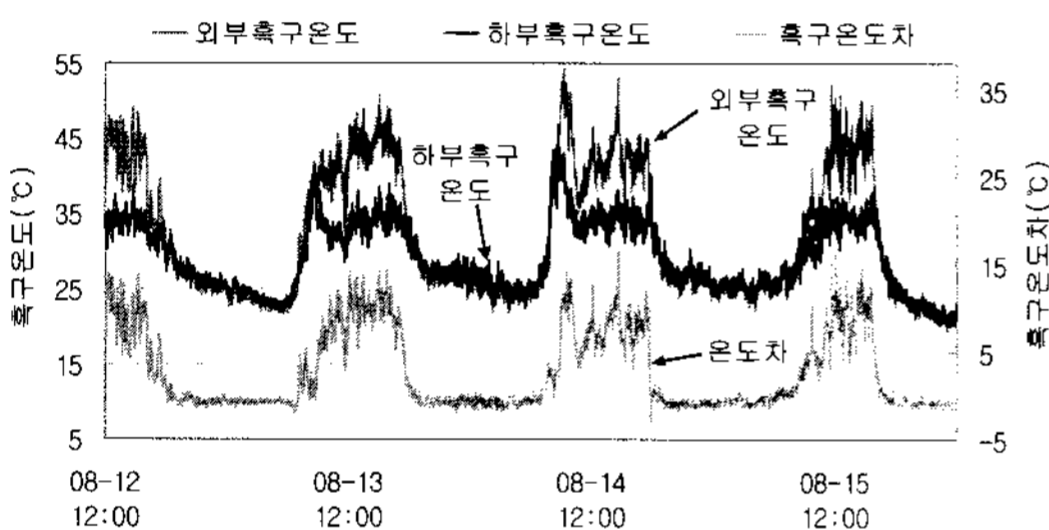


c) 막 구조물 (외기온도, 음영부온도)

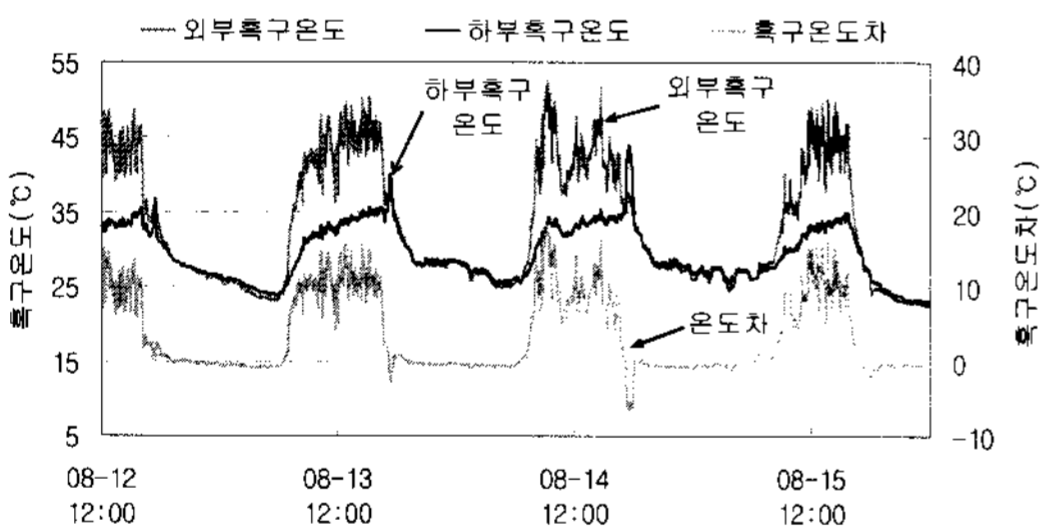
그림 7. 외기온도와 대상물하부(음영부)의 공기온도

표 4. 대표일의 흑구온도 측정 결과  
(2005년 8월 13일 10:00~15:00)

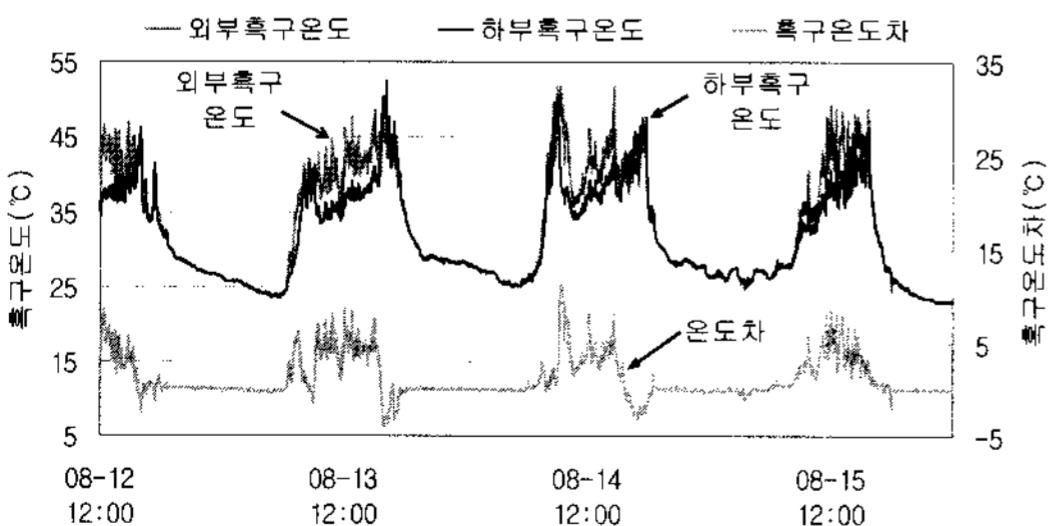
측정 대상	측정 위치	흑구온도 변화폭[°C]	평균치[°C]		
			흑구온도	공기온도	온도차
수목	외부(양지)	33.2~50.2	42.6	-	-
	하부(음지)	28.7~38.5	33.2	30.2	1.7
	차	4.5~11.7	9.4	-	-
등나무 파고라	외부(양지)	36.6~50.1	44.5	-	-
	하부(음지)	31.6~35.5	33.4	31.7	1.6
	차	5.0~14.6	11.1	-	-
막 구조물	외부(양지)	35.4~48.2	41.4	-	-
	하부(음지)	34.1~40.8	36.6	31.8	4.8
	차	1.3~7.4	4.8	-	-



a) 수목

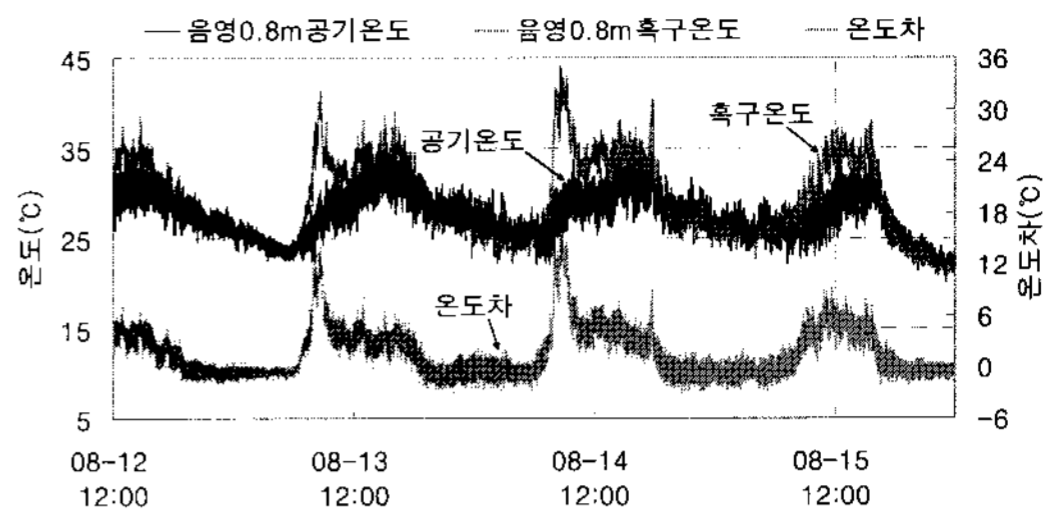


b) 등나무파고라

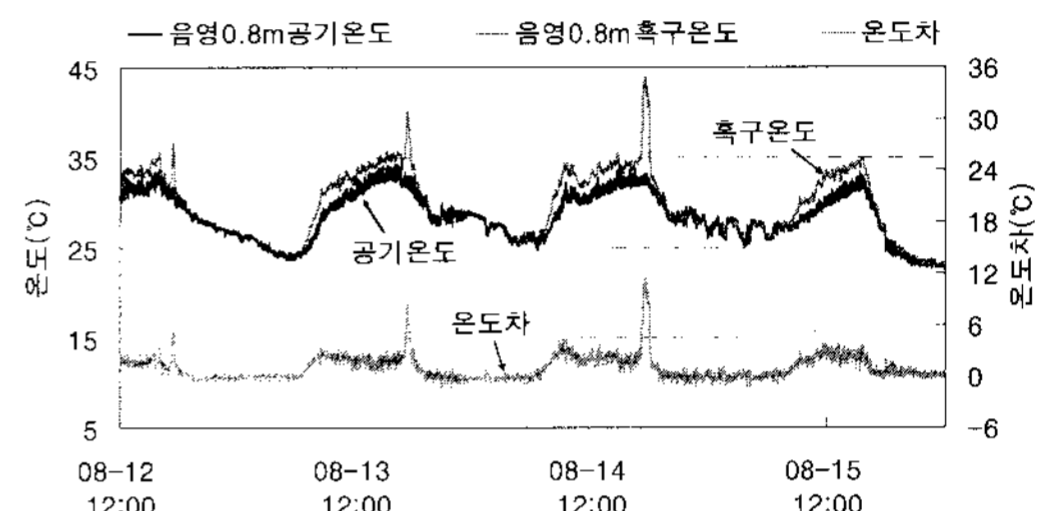


c) 막 구조물

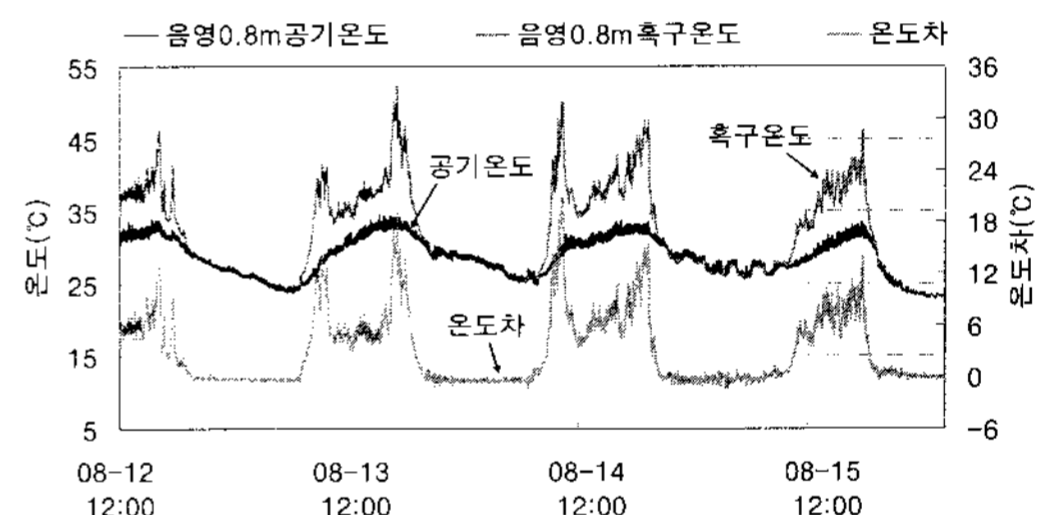
그림 8. 대상물 내·외부 흑구온도



a) 수목



b) 등나무파고라



c) 막 구조물

그림 9. 대상물 하부(음영부)의 공기온도, 흑구온도

### 3.2 온도분포

#### 3.2.1 공기온도

대상물의 하부와 외부의 공기온도를 그림 7에 나타내었다. 먼저 대표일(8월 13일) 수목의 외부공기온도는 05:40분을 전후하여 일중 최저온도(23.7°C)를, 15:50분 무렵에 일중 최고온도(35.2°C)를 각각 기록하였다. 등나무파고라에서의 외부공기온도는 05:40분을 전후하여 최저온도 23.9°C, 15:10분을 전후하여 최고온도 36.6°C를 나타내었다. 막 구조물에서의 외부공기온도는 05:40분을 전후하여 최저온도 23.8°C, 14:40분을 전후하여 최고온도 34.5°C를 나타내었으나, 그 변화의

경향은 유사하였다. 수목하부에 비해 등나무 파고라의 하부기온이 외부보다 다소 큰 온도차가 관측되었다. 등나무파고라에서는 정오를 전후하여 수목과 막 구조물에 비해 내외부 공기온도차가 다소 크게 관측되었고, 막 구조물에서는 그 온도차이가 거의 없었다(그림 7). 한편, 각 대상물 하부에서 관측된 지상 0.8m와 1.5m 높이의 공기온도는 관측을 하였으나 두 지점 간에는 특기할 만한 온도차이가 관측되지 않아 본 논문에서는 다루지 않았다.

### 3.2.2 흑구온도

대상물 하부와 외부에서의 복사성분과 주변공기에 의한 대류성분을 복합적으로 반영한 온도지표인 흑구온도 측정결과를 그림 8, 9, 표 4에 나타내었다. 대상물 하부(음영부)와 외부(양지)의 흑구온도 변화추이를 동일한 조건하에서 비교검토하기 위하여 태양고도가 높고 대상물하부의 음영이 안정적으로 형성되는 10:00~15:00사이 시간대의 자료로 분석하였다. 먼저 흑구온도관측에서 수목의 경우, 태양복사의 영향을 직접적으로 받는 수목외부(양지)에서는 33.2~50.2°C(평균 42.6°C)를, 수목

하부(음영부)에서 28.7~38.5°C(평균 33.2°C)를 각각 나타내어, 수목외부에서는 17°C, 내부에서는 9.8°C의 온도차가 관측되어 수목하부에서 온도변화가 적음을 알 수 있었다. 수목하부와 외부간에는 최대 4.5~11.7°C의 온도차와 평균치 대비 9.4°C의 차가 관측되었다(표 4, 그림 8 a)). 등나무파고라에서는 등나무파고라 외부(양지)에서 36.6~50.1°C(평균 44.5°C)를, 등나무파고라 하부(음영부)에서 31.6~35.5°C(평균 33.4°C)를 나타내어 수목과 비교할 때 외부의 흑구온도가 평균치대비 약 2°C 높음에도 불구하고 하부 음영부에서는 0.2°C밖에 높지 않았다(표 4, 그림 8 b)). 마지막으로, 막 구조물은 외부(양지)가 35.4~48.2°C(평균 41.4°C), 하부에서 34.1~40.8°C(평균 36.6°C)를 나타내어 다른 대상물에 비해 외부(양지)가 평균치대비 약 3°C 낮음에도 불구하고 하부 음영부는 이보다 3°C이상 높아 일사차폐에 따른 냉각효과가 높지 않음을 확인할 수 있었다(표 4, 그림 8 c)). 공기온도와 흑구온도 비교의 경우, 공기온도와 수목과 등나무 파고라 하부에서는 공기온도와 흑구온도차가 각각 1.7°C, 1.6°C로 작게 형성되었

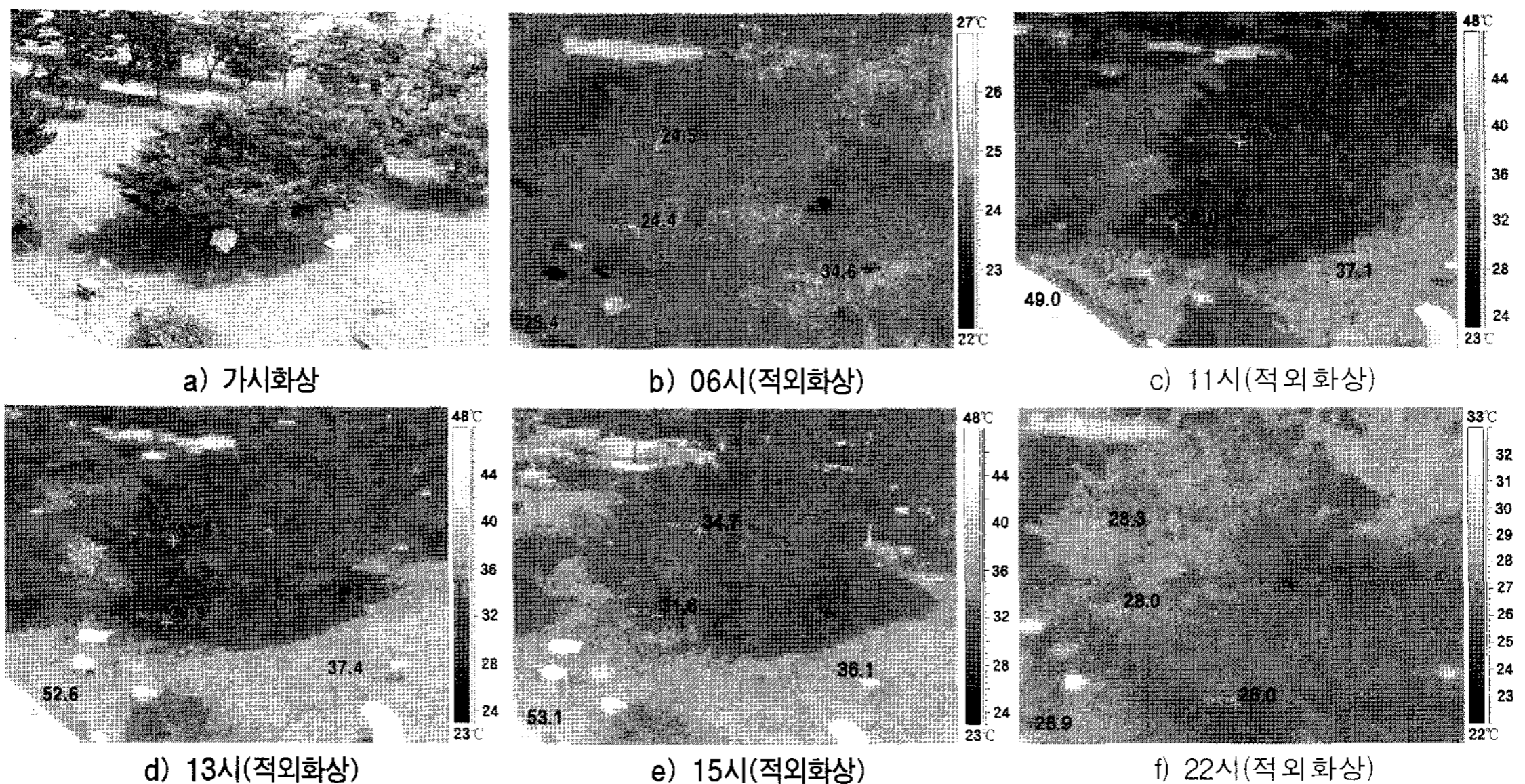


그림10. 열화상장비에 의한 표면온도 측정결과(수목)

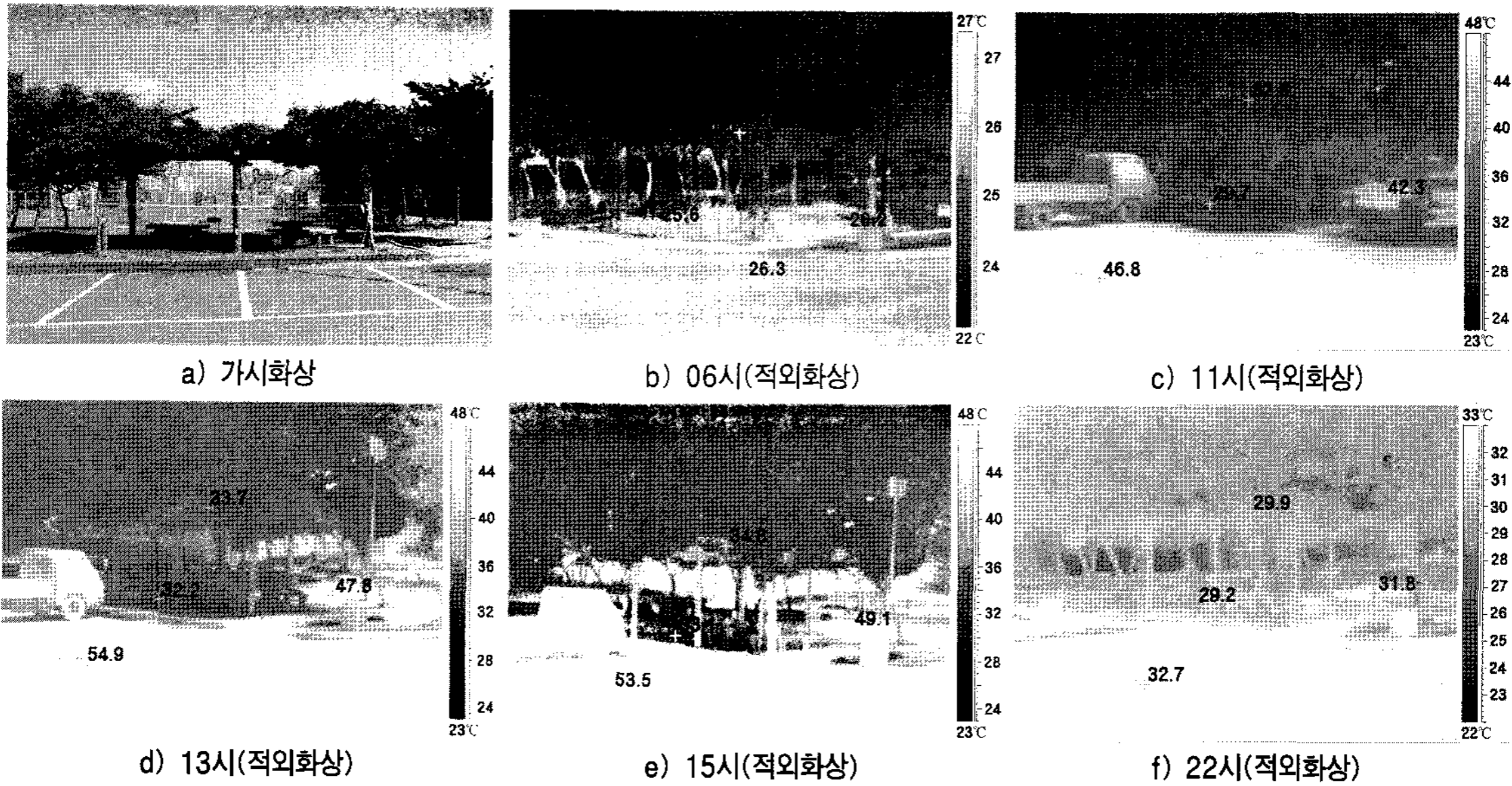


그림 11. 열화상장비에 의한 표면온도 측정결과(등나무파고라)

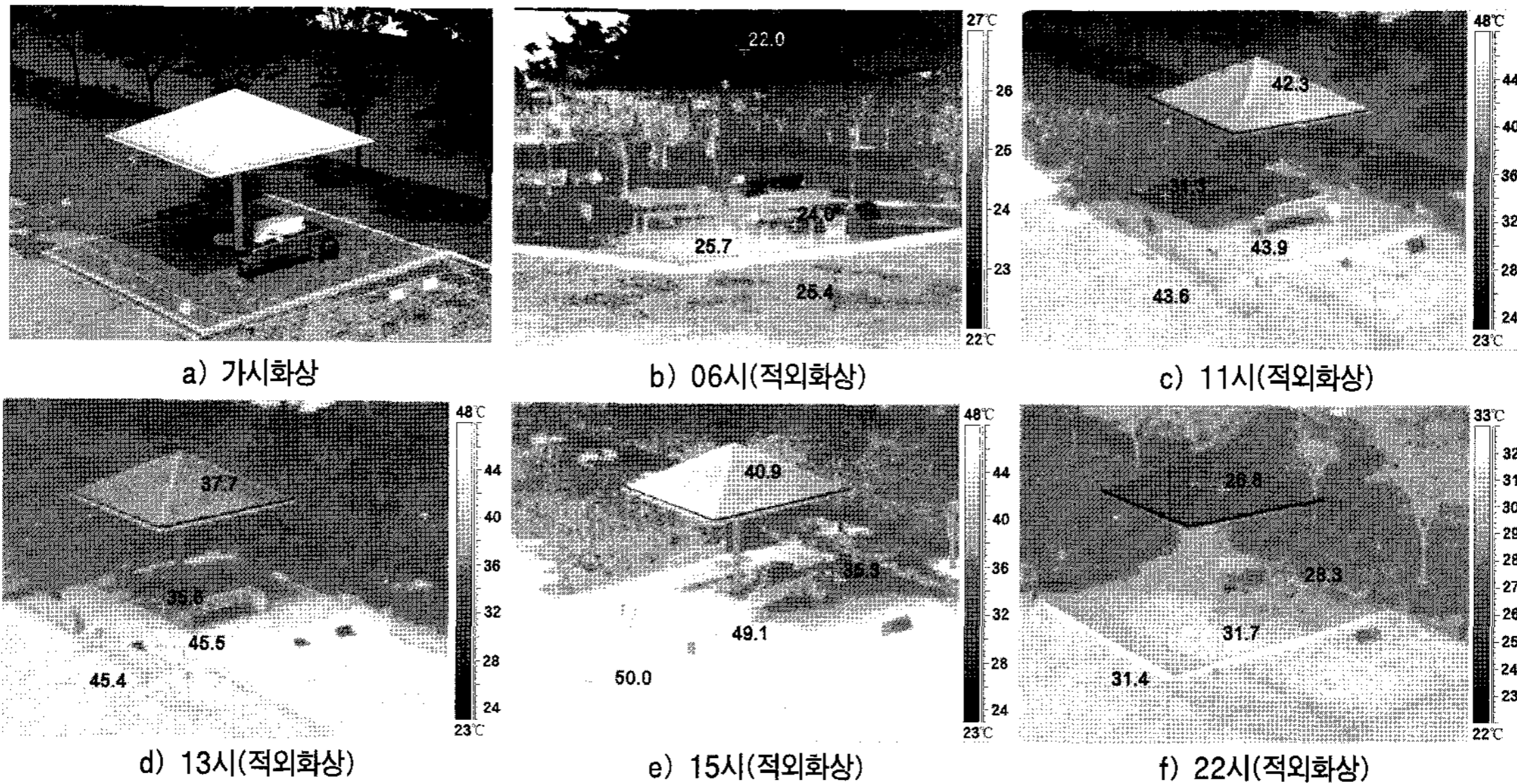


그림 12. 열화상장비에 의한 표면온도 측정결과(막 구조물)

으나, 막 구조물하부에서는 4.8°C로 식생(수목, 등나무)조건보다 온도차가 비교적 크게 나타났다(그림 9). 이것은 막 구조물에 의한 복사에너지의 재반사 결과로 사료된다.

### 3.2.3 대상물 표면온도

대표일의 열화상카메라에 의한 대상물의 표면온도 측정결과를 그림 10~12에 나타내었으며 a)는 대상물의 가시화상을, b)~f)는 각 시각의 적외화상(방사율 0.96)을 나타낸 것이다. 시각대별 표면온도 측정화상 중에서는 15시가 가장 높게 나타났으며, 식생(수목, 등나무파고라)의 표면온도는 주



변 공기온도에 근사한 값을 나타낸 반면, 인공재료인 막 구조물은 공기온도보다 5°C정도 높게 나타났다. 이것은 식생과 인공재료간의 열적특성에 기인한 결과로 풀이되며 그 원인으로서는 식생의 증산작용에 따른 냉각효과로 해석된다. 한편 이와는 반대로 새벽(06시)의 표면온도는 인공재료인 막 구조물이 식생보다 낮게 나타났다. 일몰 후 야간시간대(22시)의 표면온도도 06시와 유사하여, 주간에서는 막 구조물의 온도가 높고 일몰 이후에는 온도가 낮은 특징을 확인할 수 있었다.

### 3.3 복사환경

8월 28일의 대상물 외부(양지)에서 측정한 단파복사량과 순복사량 그래프를 그림 13에 나타내었다. 그리고 이날(8월 28일) 정오 무렵 각 대상물 하부와 외부에서 순차적으로 관측된 상·하향 복사수지(단파복사량, 장파복사량, 순복사량)에 대한 분석결과를 표 5에 나타내었다.

#### 3.3.1 단파복사량

그림 13의 단파복사량과 순복사량 관측결과를 보면 일중 최대값은 12:30분 무렵에 각각 902 W/m<sup>2</sup>, 605W/m<sup>2</sup>을 나타내어 맑은 날씨임을 확인할 수 있었다. 각 대상물 하부에서 관측된 하향성분의 단파복사관측에서 막 구조물이 154W/m<sup>2</sup>으로 다른 두 대상물 보다 월등히 높은 값을 나타내었으며, 상향성분 또한 막 구조물이 82W/m<sup>2</sup>으로 가장 높았다. 하향성분에 대한 상향성분의 값 차이가 72W/m<sup>2</sup>으로 나타나 단파복사를 가장 많이 흡수하는 것으로 판명되었다. 수목외부(양지)에서의 알베도(일사하향성분에 대한 상향성분의 비)는 0.30(=249÷838)으로 계산되었다(표 5). 막 구조물에서 단파복사 하향성분이 높게 나타난 것은 다른 대상물(녹색)과는 달리 반사율이 높은 색상(흰색)으로 되어 있어 반사의 영향이 크게 작용한 결과로 추정된다.

표 5. 복사수지 분석결과(2005년 8월 28일)

측정대상	방향	단파복사 [W/m <sup>2</sup> ]	장파복사 [W/m <sup>2</sup> ]	총복사량 [W/m <sup>2</sup> ]
수목하부 (음영부)	하향성분	84	459	543
	상향성분	32	460	492
	차	▼ 52	▲ 1	▼ 51
	합	116	919	1,035
등나무 파고라 하부 (음영부)	하향성분	25	476	501
	상향성분	22	463	485
	차	▼ 3	▼ 13	▼ 16
	합	47	939	986
막 구조물 하부 (음영부)	하향성분	154	500	654
	상향성분	82	486	568
	차	▼ 72	▼ 14	▼ 86
	합	236	986	1,222
수목외 부양지 (잔디상부 노출위치)	하향성분	838	431	1,269
	상향성분	249	509	758
	차	▼ 589	▲ 78	▼ 511
	합	1,087	940	2,027

주) ▲, ▼는 에너지의 이동방향을 나타냄

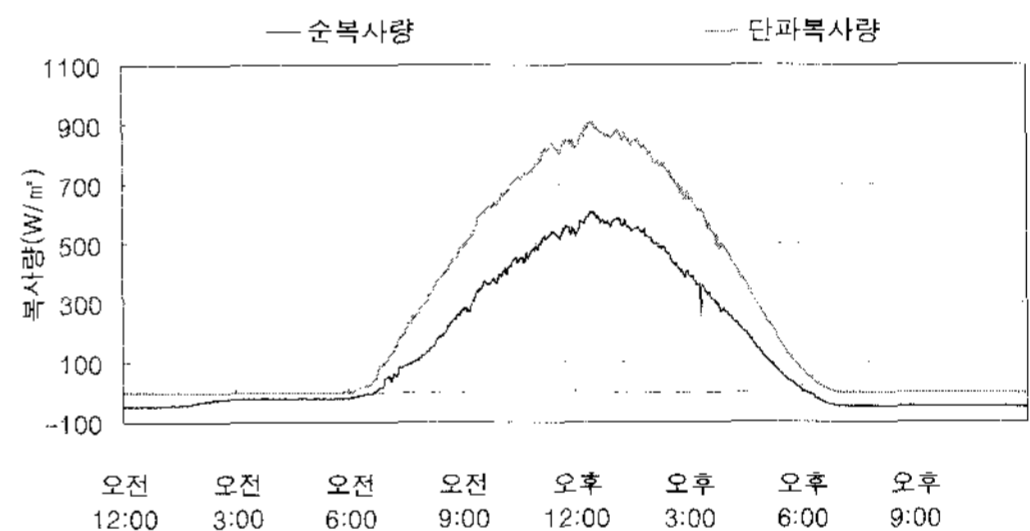


그림 13. 대상물 외부의 단파복사량, 순복사량 분포(8월 28일)

#### 3.3.2 장파복사량 및 순복사량

물체의 표면온도에 따라 주변으로 복사되는 장파복사는 앞(3.3.1항)에서 검토한 단파복사 고찰결과와 같은 경향으로, 대상물들 중 막 구조물이 가장 높게 나타났으며, 이러한 결과는 막 구조물의 표면온도가 다른 대상물에 비해 높기 때문이다. 반면 식생(수목, 등나무)은 막 구조물보다 표면온도가 상대적으로 낮아 장파복사 또한 낮게 관측되었다. 표 5의 총복사량 항목내 “▼표시”는 총복사수지를 계산한 결과 그 방향이 하향성분으로 나타난 것을 의미하는 것이다. 이와 같이 계산한 총복사량 수치(순복사량) 값은 그 물체 주변의 복사에너지 수지를 의미하며, 계산결과 수목외부(511

W/m<sup>2</sup>)는 막 구조물(86W/m<sup>2</sup>)에 비해 월등히 높은 값을 나타내었다. 이와 같이 막 구조물 하부(음영)에서 86W/m<sup>2</sup>으로 낮은 것은 음영의 결과로 단파복사 하향성분(154W/m<sup>2</sup>)이 수목외부의 양지(838W/m<sup>2</sup>)보다 낮기 때문으로 해석된다. 그리고 단파복사의 합 성분에서 수목외부(양지)는 1,087W/m<sup>2</sup>인 반면, 등나무파고라 하부에서는 47W/m<sup>2</sup>을 기록하여 1,040W/m<sup>2</sup>의 차이를 나타내었다. 그렇지만 장파복사에서는 막 구조물 하부(음영) 986W/m<sup>2</sup>, 수목하부(음영) 919W/m<sup>2</sup>을 기록하여 그 차이는 불과 67W/m<sup>2</sup> 밖에 되지 않아 장파복사는 대상물에 따라 큰 차이가 없음을 알 수 있었다. 막 구조물 하부의 장파복사 합이 986W/m<sup>2</sup>으로 가장 높게 나타난 것은 그 물체의 표면온도가 다른 대상물(식생) 보다 상대적으로 높으며, 그 원인은 증산작용이 수반되지 않고 증산형태의 식생과는 상이한 단일 막(인공재료)으로 되어 있기 때문으로 풀이된다.

#### 4. 결 론

- 1) 대상물 하부 음영부에서의 공기온도와 흑구온도 비교에서는 식생(수목, 등나무)보다 흰색으로 반사율이 높은 막 구조물에서 두 지표간의 차가 크게 관측되었다. 이것의 주된 원인은 다른 대상물(녹색)과는 달리 높은 반사율(흰색)에 의한 영향으로 사료된다.
- 2) 관측일의 시각대별 표면온도의 측정화상에서 15시가 가장 높게 나타났으며, 식생(수목, 등나무파고라)의 표면온도는 주변 공기온도와 근사한 값을 나타낸 반면, 막 구조물은 공기온도보다 5°C정도 높게 나타났다. 이것은 식생과 인공재료간의 열적특성에 기인한 것이며 수목에서 온도가 낮은 것은 증산작용의 결과로 해석된다.
- 3) 관측일의 복사수지 측정결과, 외부양지에서는 511W/m<sup>2</sup>의 값의 에너지가 지표면으로 유입되고 있었으나, 대상물 중 복사에너지 유입이 가

장 많은 막 구조물하부(음영)에서는 86W/m<sup>2</sup>을 나타내어 외부양지 대비 17%에 해당하는 값으로 음영이 갖는 자연냉각효과를 확인할 수 있었다.

- 4) 장파복사를 해석한 결과, 막 구조물 하부의 장파복사 합이 986W/m<sup>2</sup>으로 가장 높게 나타난 것은 그 물체의 표면온도가 다른 대상물(식생) 보다 높으며, 그 원인은 증산형태의 식생과는 달리 증산작용이 없는 단일 막 구조(인공재료)로 되어 있기 때문으로 풀이된다.

#### 후 기

본 논문은 2004년 정부재원(교육인적자원부 학술연구조성사업비)으로 한국학술진흥재단에 지원을 받아 연구되었음(KRF-2004-202-D00702).

#### 참 고 문 헌

1. 정창원, 윤인, "도시가로에 있어서 일사와 장파장 복사의 상호반사가 체감기후에 미치는 영향에 관한 연구", 대한건축학회논문집 계획계, Vol.17, No.9, pp.219-226, 2001.09.
2. 정창원, 윤인, "옥외열환경에 있어서 일사를 고려한 체감기후평가에 관한 연구", 대한건축학회논문집 계획계, Vol.17, No.5, pp.153-162, 2001.05.
3. 윤용한, 조계현, 백승엽, 김승태, 김원태, "녹지주변의 토지이용형태가 녹지내의 기온저감효과에 미치는 영향", 한국산디학회지, Vol.17, No.1, pp.45-51, 2003.03.
4. 윤용한, "녹지의 배치와 식재형태가 열환경 저감효과에 미치는 영향", 한국산디학회지, Vol.17, No.4, pp.165-172, 2003.12.
5. 최동호, 이부용, "하절기 단일 수목의 열 환경 관측을 통한 서열완화효과 해석", 한국태양에너지학회 논문집, Vol.26, No.4, pp.109-118, 2006.12.