

포항시의 집합 주거공간에 있어서 외장재 및 도로 구성재료가 인체 온열 쾌적성에 미치는 영향

The Effect of the Materials of an Outer Wall and the Paved Street on Human Thermal Comfort in a Housing Complex in Pohang City

정창원*, 김경대**, 최영식***

Chang-Won Jeong*, Kyung-Dae Kim**, Young-Sik Choi***

<Abstract>

The objective of this study is to clarify the effect of thermal radiation environments on human thermal comfort, depending on different canyon types and surface materials on the human thermal comfort in a housing complex in Pohang city, Korea. For this purpose, the operative temperature and new effective temperature were calculated based on the modified mean radiant temperature of canyon models varied by the existence of direct radiation existence, surface materials, and the width and length of the street spaces in a housing complex. These indices for the canyon have been calculated from the meteorological data of Pohang city, which include air temperature, relative humidity, air velocity, global solar radiation and cloud. And the monthly averages of these climate factors measured at noon have been used. The results are as follows : (1) It is revealed that the short-wave radiosity reached the human body is affected by direct solar radiation and surface materials, and the long-wave radiosity by canyon types. (2) The existence of direct solar radiation, the kinds of surface materials and canyon types affect operative temperature(OT_n) and new effective temperature(ET_n^*). (3) The analysis of the human heat balance in the canyon indicates that the influence of radiation on human body is more likely to be affected by the existence of direct solar radiation on human model.

Key Words : Canyon Types, Solar Radiation, Thermal Comfort Index, Human Heat Load, A Housing Complex

* 정회원, 위덕대학교 건축공학과 조교수, 工博

E-mail: cwjeong@mail.uiduk.ac.kr

** 정회원, 경주대학교 건설시스템공학부 부교수, 工博

E-mail: kimkd@tour.kyongju.ac.kr

*** 정회원, 영남이공대학 건축학과 교수, 工博

E-mail: cys@ync.ac.kr

* Assistant Prof., Dept. of Architectural Eng.,
Uiduk University. Dr. Eng.

** Associate Prof. Dept. of Urban Eng.
Kyongju University, Dr. Eng.

*** Prof., Dept. of Architecture, Yeungnam college of
Science & Technology, Dr. Eng

본 연구는 선덕종합건설(주)의 지원에 의해 수행되었음

1. 연구의 목적

무더운 여름철 시가지에서 길을 걷는다든지 아니면 주위 사람들과 대화를 나누는 등, 일상 생활 가운데 옥외에서 보내는 시간이 적지 않다. 하지만 여름철의 따가운 햇살은 사람들에게 무더위와 같은 불쾌감을 가져다주기 때문에 햇빛이 비치지 않는 가로수 밑이나 그늘진 공간에서 머무르며 무더위를 피하거나 휴식을 취하기도 한다. 이와 같이 여름철 옥외공간에서의 日射는 사람들에게 불쾌감을 가져다주는 중요한 원인 중의 하나이다. 또한 건물의 외벽 및 도로를 구성하고 있는 콘크리트나 아스팔트와 같은 도로 피복물은 태양에너지를 흡수하여 표면온도를 상승시킬 뿐만 아니라 日射에 의한 반사면에서 방출되는 재복사 에너지도 사람들에게 불쾌감을 준다. 특히 많은 사람들이 거주하는 여름철의 집합주거 단지내의 옥외 공간에 있어서 日射를 포함한 복사열 환경이 인체에 미치는 영향은 실내환경과는 많은 차이를 보인다. 따라서 여름철에 보다 쾌적한 옥외 환경을 조성하기 위해서는 日射를 비롯한 물리적 열복사 환경의 조절이 필요하다.

옥외공간에 있어서 열복사 환경의 효율적인 조절을 위해서는 그 속에서 활동하는 인간의 체감기후에 대한 연구가 선행되어야 하지만 그 성과는 아직 미약한 실정이다. 기존의 옥외 체감기후에 관한 것으로서는 인체의 熱收支에 관한 연구와 인체를 포함한 열복사에 관한 상호반사 해석법에 관한 연구로 크게 나눌 수 있다.

인체의 熱收支에 관한 연구는 鄭¹⁾, Burt²⁾, 中村 등³⁾의 수치계산을 포함한 시가지내의 기하학적 특성이나 재료의 차이가 인체의 열환경 형성에 미치는 효과에 관한 연구 등이 있으나 아직 검토의 여지가 많다. 인체를 포함한 열복사에 관한 상호반사 해석법에 관하여서는 持田⁴⁾, Fanger⁵⁾, 堀越 등⁶⁾의 연구가 있으나, 대부분이 실내를 대상으로 한 연구이며 옥외를 대상으로 한 연구는 거의 없는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 옥외공간에 있어서 日射를 포함한 열복사가 체감기후에 미치는 영향이 크다는 점에 주목하게 되었다. 대상공간으로 포항시에 위치한 아파트단지와 같은 집합주거

공간을 상정하고 그 곳에서 인체에 입사하는 직달일사의 차폐여부, 주거건물의 외벽구성 표면재료의 차 그리고 주거건물의 높이와 폭의 차 등 3가지 환경조건에 대하여 검토하였다. 또한 각 조건에 따른 체감기후를 평가하기 위하여 인체열수지에 근거한 옥외 온열 환경지표로서 일사량과 장파장 복사의 상호반사 영향을 고려한 평균복사온도 MRT_n , 작용온도 OT_n , 신유효온도 ET^*_n 등을 산정하였다.

이를 통하여 집합주거 공간내의 가로형태와 외장재 및 도로구성 재료의 차이에 따른 열복사 환경이 인체에 미치는 영향을 정량적으로 검토함으로써 인체의 쾌적성이 고려된 도시계획 자료를 제안하는 것이 본 연구의 목적이다.

2. 집합주거 공간내의 가로 모델 환경조건

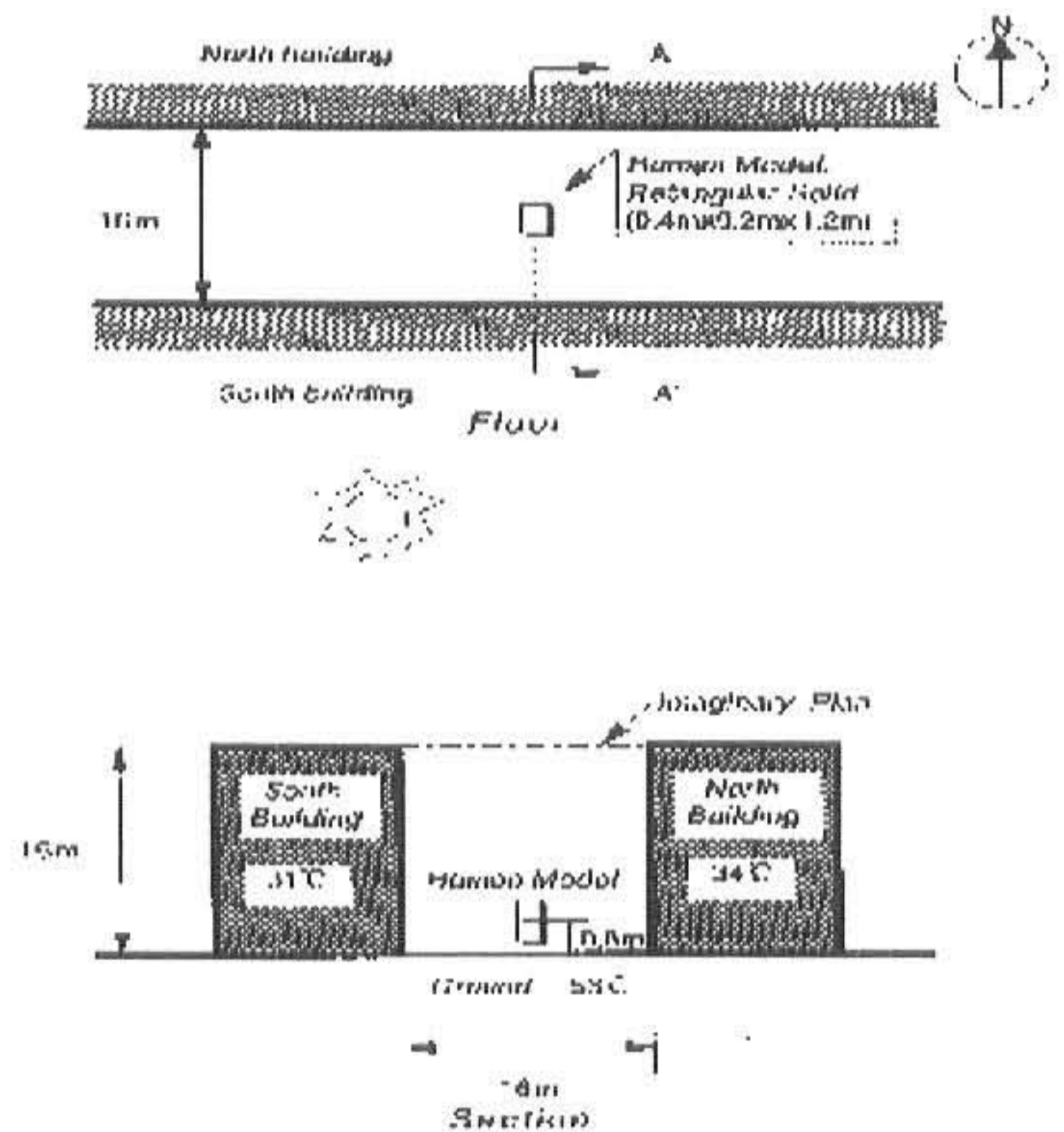


Fig. 1 집합주거 단지내의 가로모델

옥외공간의 열복사 환경이 인체의 체감기후에 미치는 영향을 검토하기 위하여, 선행연구로서 실제 몇 가지 유형의 도시가로공간 상에서 행한 실측조사 및 피실험자를 이용한 심리·생리실험¹⁷⁾을 행하였다. 이를 근거로 본 연구에서는 집합주거 공간내의 가로의 형태, 건물의 외벽 및 도로구성 재료가 다른 환경조건에서 가상의 가로모델을 상정하였다. 환경조건은 포

항시의 기상데이터를 이용하였다. 인체모델로서는 0.4m × 0.2m × 1.2m의 직방체를 가정하였다. 인체는 집합주거 단지내의 가로공간의 중간지점에 서 있는 자세로 한다. 인체 표면온도는 적외선 복사온도계에 의한 실측치로부터 33.6℃로 하였다. 옥외모델로서 Fig. 1에 나타낸 바와 같이 동서 양측으로 집합주거건물이 늘어서 있는 상당히 긴 것으로 상정한다. 시간은 오전 12시, 운량은 $\frac{1}{10}$ 로 청천일의 포항으로 정하였다. 옥외모델의 환경조건은 다음 3가지의 조건을 변화시켜 상정하였다.

첫째, 직달일사를 차폐한 경우와 하지 않은 경우

둘째, 가로구성 표면재료의 차이 : 각 구성면의 차이를 검토하기 위하여 각 구성면의 복사율, 일사반사율을 Table 1과 같이 건물벽면이 콘크리트, 지표면이 아스팔트로 구성된 경우와 건물벽면이 넝쿨, 지표면이 잔디로 구성된 경우에 대하여 검토하였다.

셋째, 가로공간의 높이(H)와 폭(W)의 변화 : 일사에 의한 반사면의 형태계수를 조절하기 위하여 가로공간의 높이(H)와 폭(W)의 변화를 Table 2와 같이 3가지 유형의 가로공간을 대상으로 검토하였다. 가로구성면간의 형태계수와 인체모델로서의 직방체와 가로구성면과의 형태계수는 Table 3 - Table 5와 같다.

3. 가로공간의 경로별 열복사환경 평가법 선정

가로공간의 열복사 해석법으로서 폐공간을 대상으로 한 Net Radiation법을 다음과 같이 옥외공간으로 수정 적용시켜 상호반사의 영향을 고려하였다. 기하학적으로 복잡한 주거단지내의 가로공간에 대하여 공간을 다분할하고 단순 모델화하여 열복사를 해석한 방법⁸⁾에 따라 Fig. 2와 같이 가로공간과 상부 반원의 천공면으로 둘러싸여진 공간과의 사이에 가상면을 두어서 2개의 폐공간으로서 분할한다. 즉, 이 2개의 폐공간은 반투명체를 공유하고 있다고 가정하였다. 반투명체의 가상면은 복사율, 반사율, 흡수율 모두 0으로 하고 투과율 1의 일체의 면인 가상천공면(假想天空面)으로 정의한다.

Table 1. 각 구성면의 장파장 복사율과 일사 반사율

구성재료	구성면과 인체	장파장 복사율	일사반사율
콘크리트	북측 건물면	0.90	0.37
	남측 건물면	0.90	0.37
아스팔트	지표면	0.90	0.30
	인체	0.98	0.29
잔디	북측 건물면	0.75	0.05
	남측 건물면	0.75	0.05
넝쿨	지표면	0.75	0.05
	인체	0.98	0.29

Table 2. 집합주거 단지내의 가로공간의 크기와 유형

크기 유형	높이(H)	폭(W)
A	16m	16m
B	16m	32m
C	32m	16m

Table 3. 각 구성면간의 형태계수 (H16m × W16m)

H16m × W16m	북측 건물면	남측 건물면	지표면	천공	인체
북측 건물면	0.000	0.351	0.285	0.365	0.000
남측 건물면	0.351	0.000	0.285	0.365	0.000
지표면	0.285	0.285	0.000	0.430	0.000
천공	0.285	0.285	0.351	0.080	0.000
인체	0.173	0.173	0.460	0.193	0.000

Table 4. 각 구성면간의 형태계수 (H16m × W32m)

H16m × W32m	북측 건물면	남측 건물면	지표면	천공	인체
북측 건물면	0.000	0.166	0.367	0.468	0.000
남측 건물면	0.166	0.000	0.367	0.468	0.000
지표면	0.183	0.183	0.000	0.633	0.000
천공	0.183	0.183	0.525	0.108	0.000
인체	0.107	0.107	0.480	0.306	0.000

Table 5. 각 구성면간의 형태계수 (H32m × W16m)

H32m × W16m	북측 건물면	남측 건물면	지표면	천공	인체
북측 건물면	0.000	0.525	0.183	0.291	0.000
남측 건물면	0.525	0.000	0.183	0.291	0.000
지표면	0.367	0.367	0.000	0.267	0.000
천공	0.166	0.166	0.525	0.143	0.000
인체	0.210	0.210	0.460	0.121	0.000

그리고 상부 반원의 천공면을 복사율 1의 시야천공면(視野天空面)으로 정의하기로 한다. 가로모델은 가상천공면과 남북의 건물과 도로의 동서로 무한히 긴 3가지 면으로 둘러싸여 있는 2차원 공간으로 취급한다.

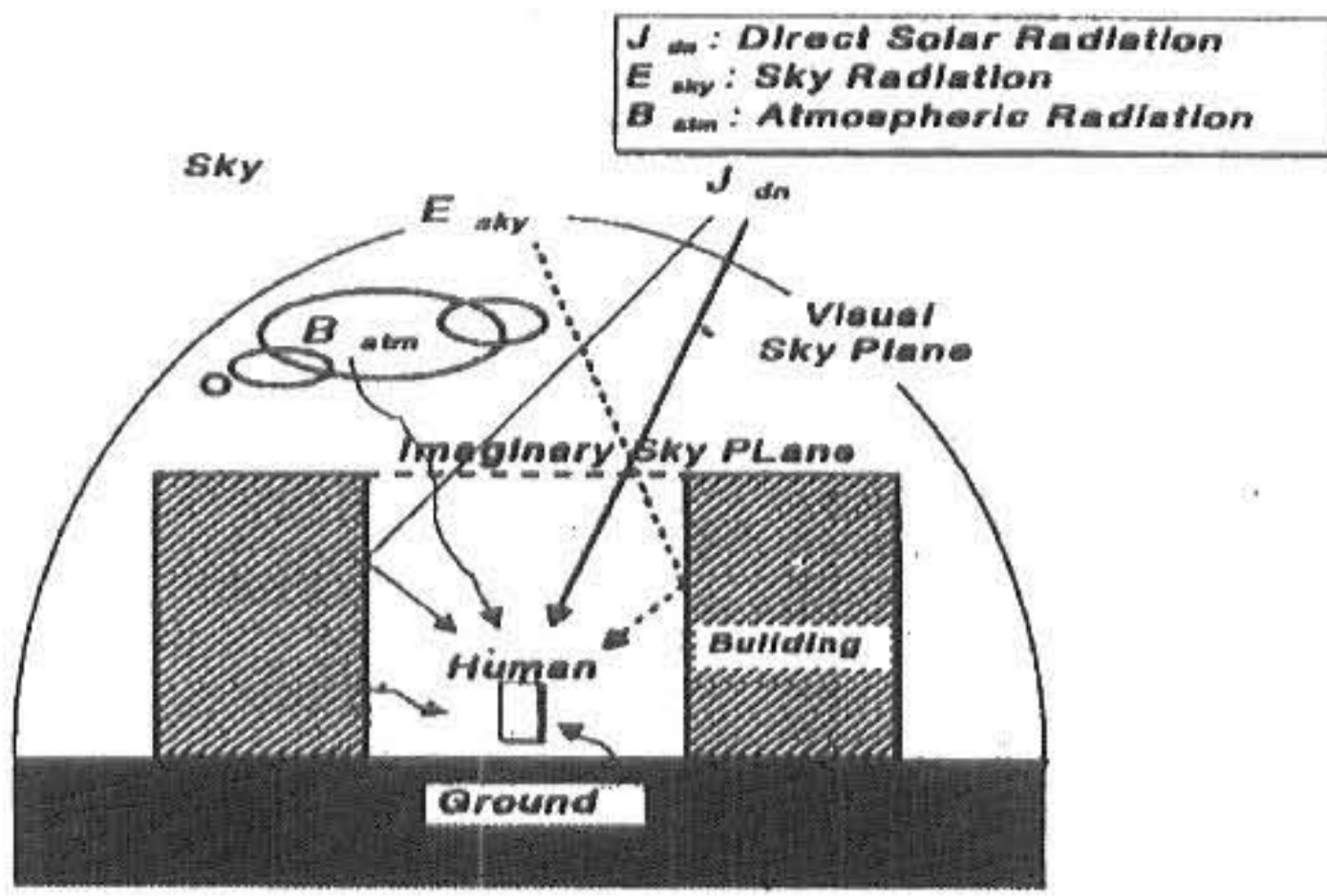


Fig. 2 인체 복사 열수지 모델

먼저, 열복사에 대하여, 단파장과 장파장 성분으로 경로별로 분리하였다. 그리고 각자의 복사열원에 의한 열복사 환경에 대하여 상호반사의 영향을 고려하기 위하여 Net Radiation법을 수정하였다. 또한 여기에서 각 구성면 뿐만 아니라 인체표면도 Net Radiation법의 대상 내에 포함시켰다. 따라서 日射와 장파장 복사의 상호반사의 영향을 고려한 평균복사온도 MRT_n 를 다음과 같이 구하였다.

3.1 장파장 복사

먼저 가상 천공면으로의 장파장 입사복사 Q_{4s} [W/m^2]는 천공을 복사율 1로 하고 절대온도를 0[K]으로 하면 반사는 고려하지 않아도 되기 때문에, 결국 입사복사는 대기복사 B_{atm} [W/m^2]이며 Brunt의 실험식을 이용한 다음 식에 의하여 구할 수 있다.

$$Q_{4s} = B_{atm} \quad (1)$$

$$B_{atm} = (0.51 + 0.076\sqrt{e})\sigma (t_a + 273.15)^4 \quad (2)$$

- B_{atm} : 대기복사량 [W/m^2]
- σ : Stefan-Boltzmann 정수 ($=5.67 \times 10^{-8} [W/K^4]$)
- e : 수증기압 [hPa]
- t_a : 기온 [$^{\circ}C$]

다음으로 장파장 복사에 의한 인체와 환경과의 사이의 복사열 교환량은 Net Radiation법을 이용하면 다음 식이 성립한다.

$$\begin{bmatrix} -1 & \phi_{1-2}\rho_{L1} & \phi_{1-3}\rho_{L1} & \phi_{1-4}\rho_{L1} & \phi_{1-s}\rho_{Ls} \\ \phi_{2-1}\rho_{L2} & -1 & \phi_{2-3}\rho_{L2} & \phi_{2-4}\rho_{L2} & \phi_{2-s}\rho_{Ls} \\ \phi_{3-1}\rho_{L3} & \phi_{3-2}\rho_{L3} & -1 & \phi_{3-4}\rho_{L3} & \phi_{3-s}\rho_{Ls} \\ \phi_{4-1}\rho_{L4} & \phi_{4-2}\rho_{L4} & \phi_{4-3}\rho_{L4} & -1 & \phi_{4-s}\rho_{Ls} \\ \phi_{s-1}\rho_{Ls} & \phi_{s-2}\rho_{Ls} & \phi_{s-3}\rho_{Ls} & \phi_{s-4}\rho_{Ls} & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R_{L1} \\ R_{L2} \\ R_{L3} \\ R_{L4} \\ R_{Ls} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\sigma\epsilon_{L1} T_1^4 \\ -\sigma\epsilon_{L2} T_2^4 \\ -\sigma\epsilon_{L3} T_3^4 \\ -(\sigma\epsilon_{L4} T_4^4 + \tau_4 Q_4) \\ -\sigma\epsilon_{Ls} T_s^4 \end{bmatrix} \quad (3)$$

- ϕ_{i-j} : i 구성면에서 j 구성면으로의 형태계수 [n.d]
- ϕ_{i-s} : i 구성면에서 인체로의 형태계수 [n.d]
- ρ_{Li} : i 구성면의 장파장 반사율 [n.d]
- ϵ_{Li} : i 구성면의 장파장 복사율 [n.d]
- ρ_{Ls} : 인체의 장파장 반사율 [n.d]
- ϵ_{Ls} : 인체의 장파장 복사율 [n.d]
- R_{Li} : i 구성면의 장파장 Radiosity [W/m^2]
- R_{Ls} : 인체의 장파장 Radiosity [W/m^2]
- T_i : i 구성면의 표면온도 [K]
- T_s : 인체의 표면온도 [K]
- τ_4 : 제 4 구성면의 투과율 [n.d]

인체모델로서의 직방체와 장방형 평면과의 형태계수와, 각 면과 면 사이의 형태계수를 Table 3 - Table 5에 나타내었다. 이와 같이 반사율, 복사율, 투과율을 이용하면 장파장 Radiosity, 장파장 평균복사온도 MRT_{nlong} 이 구해진다.

$$MRT_{nlong} = \sum_{i=0}^5 T_{bi} \phi_{s-i} \quad (4)$$

$$T_{bi} = \sqrt[4]{\frac{R_{Li}}{\sigma}} \quad (5)$$

T_{bi} : 제 i 구성 및 인체의 상당흑체온도 [K]

3.2 일사

직달일사의 반사는 가로공간의 북측면과 지표면에 입사하여 다시 반사한 이후부터 고려하기로 한다. 또한 가상천공면으로 입사하는 日射 Q_{4ss} [W/m^2]는 장파장의 경우와 마찬가지로 천공면을 복사율 1, 절대온도 0 [K]으로 하면 반사가 일어나지 않기 때문에 확산일사량만 고려하면 된다.

$$Q_{4ss} = E_{sky} \quad (6)$$

지표면으로 입사하는 수평면 직달일사량 J_{dn} [W/m^2]

과 가상 천공면으로의 입사하는 확산일사량 E_{sky} [W/m^2]는 포항시의 전천일사량 관측치에서 직산분리를 행하여 산정하였다. 장파장의 경우와 같이, 일사에 의한 인체와 환경과의 사이의 복사열 교환량을 산정하였다.

$$\begin{bmatrix} -1 & \phi_{1-2} \rho_{S1} & \phi_{1-3} \rho_{S1} & \phi_{1-4} \rho_{S1} & \phi_{1-5} \rho_{S1} \\ \phi_{2-1} \rho_{S2} & -1 & \phi_{2-3} \rho_{S2} & \phi_{2-4} \rho_{S2} & \phi_{2-5} \rho_{S2} \\ \phi_{3-1} \rho_{S3} & \phi_{3-2} \rho_{S3} & -1 & \phi_{3-4} \rho_{S3} & \phi_{3-5} \rho_{S3} \\ \phi_{4-1} \rho_{S4} & \phi_{4-2} \rho_{S4} & \phi_{4-3} \rho_{S4} & -1 & \phi_{4-5} \rho_{S4} \\ \phi_{5-1} \rho_{S5} & \phi_{5-2} \rho_{S5} & \phi_{5-3} \rho_{S5} & \phi_{5-4} \rho_{S5} & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R_{S1} \\ R_{S2} \\ R_{S3} \\ R_{S4} \\ R_{S5} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\rho_{S1} J_{vs} \\ 0 \\ -\rho_{S1} J_{dn} \\ -\tau_4 E_{sky} \\ 0 \end{bmatrix} \quad (7)$$

- $\rho_2 = 0$ 에서 $R_{S2} = 0$
- ρ_{Si} : i 구성면의 일사반사율[n.d]
- ρ_{Ss} : 인체의 일사반사율[n.d]
- R_{Si} : i 구성면의 단파장 Radiosity [W/m^2]
- R_{Ss} : 인체의 단파장 Radiosity [W/m^2]
- J_{vs} : 남측 연직면에서의 직달일사량 [W/m^2]
- J_{dn} : 지표면에서의 수평면 직달일사량 [W/m^2]
- E_{sky} : 가상천공면으로 입사하는 확산일사량 [W/m^2]

3.3 평균복사온도 MRT_n 및 작용온도 OT_n

이상에서 각 구성면의 장파장 복사에 의한 Radiosity, 일사에 의한 Radiosity 그리고 직접 인체에 도달하는 직달일사로부터 상호반사의 영향을 포함한 인체에 대한 평균복사온도 MRT_n 은 다음 식으로 나타낸다.

$$MRT_n = \left(\frac{\sum_{i=1}^5 \alpha_{Li} \phi_{i-1} R_{Li} + \sum_{i=1}^5 \alpha_{Si} \phi_{i-1} R_{Si} + J_{dn} F_p A_s}{\sigma} \right)^{\frac{1}{4}} \quad (8)$$

- α_{Li} : i 구성면의 장파장 흡수율[n.d.]
- α_{Ls} : 인체의 장파장 흡수율[n.d.]
- α_{Si} : i 구성면의 단파장 흡수율[n.d.]
- α_{Ss} : 인체의 단파장 흡수율[n.d.]
- A_s : 인체의 일사흡수율[n.d.]
- F_p : 인체로의 직사투사면적율⁹⁾[n.d.]

일사와 장파장복사의 상호반사를 고려한 작용온도 OT_n (이하 작용온도 OT_n 으로 함)는 다음 식과 같다.

$$OT_n = \frac{h_c t a + h_r MRT_n}{h_c + h_r} \quad (9)$$

4. 결과 및 고찰

본 연구에서 이용된 포항시 기상자료는 각 달의 오전 12시의 평균치를 이용하였다. Fig. 3에 포항시의 기온, 풍속, 수평면 전천일사량의 월별 변동을 나타낸다. 기온은 여름철로 갈수록 상승하고 겨울철로 갈수록 하강하는 전형적인 경향을 보였다. 상대습도는 기온과 유사한 경향이다. 각 달의 수평면 전천일사량은 대체로 400~500 W/m^2 이었으나 3, 4, 5월에 걸쳐서 600 W/m^2 을 넘는 값을 보였다.

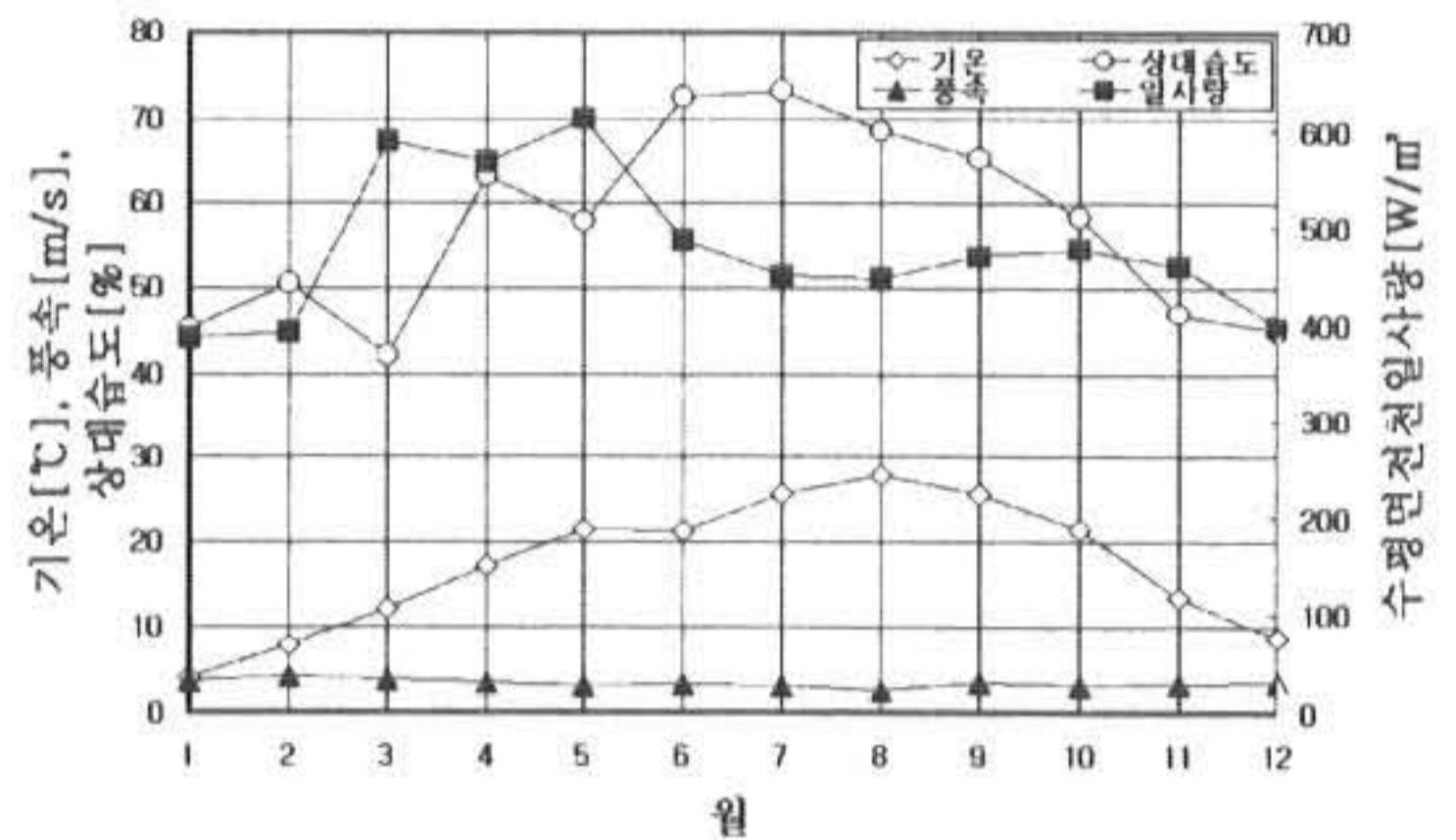


Fig 3 포항시의 기온, 풍속, 상대습도, 수평면전천일사량의 월별 변동

Fig. 4에 가로형태 및 구성재료의 차이별 각 구성면의 장파장 Radiosity를 나타낸다. 가상천공면의 장파장 Radiosity(R_{sky})이 가장 많고 그 다음으로 지표면(R_{ground}), 북측(R_{north}) 남측면(R_{south}), 인체(R_{human})의 순이다.

Fig. 5에 가로형태 및 구성재료의 차이별 각 구성면의 단파장 Radiosity를 나타낸다. 장파장 Radiosity에 비교하면 전체적으로 적은 량이다. 가상천공면의 단파장 Radiosity(R_{sky})가 다른 구성면보다 상당히 많은 것을 볼 수 있는데 이것은 가상천공면, 즉 확산일사량의 영향으로 생각된다. 또한 재료차이를 검토하면 콘크리트, 아스팔트 경우의 단파장 Radiosity가 잔디, 냉쿨 경우보다 많았다.

Fig. 6에 가로형태 및 구성재료의 차이별 각 구성면에서 인체로 입사하는 장파장 Radiosity를 나타낸다. 대체로 지표면에서 입사하는 장파 Radiosity ($R_{ground-human}$)이 가장 많으며, 다음으로 가상천공면($R_{sky-human}$), 북측면($R_{north-human}$), 남측면($R_{south-human}$)순이다. 가로형태별로 검

토하면 B형(H16m×W32m)의 가상천공면에서 인체로 입사하는 장파장 Radiosity (Rsky-human)가 A형(H16m×W16m), C형(H32m×W16m)보다 많다. 이는 가로폭이 넓어서 형태계수에 영향을 미친 것으로 생각된다.

Fig. 7에 가로형태 및 구성재료의 차이별 각 구성면에서 인체로 입사하는 단파장 Radiosity를 나타낸다. 장파장 Radiosity의 경우와는 다른 경향을 보인다. 즉, 가상천공면에서 입사하는 단파장 Radiosity(Rsky-human)가 가장 많고 그 다음으로 지표면(Rground-human), 북측면(Rnorth-human), 남측면(Rsouth-human)순이다.

가로형태별로 검토하면 B형이 가장 크고 그 다음 A형, 그리고 C형의 순서이다. 재료의 차이에서는 콘크리트, 아스팔트의 경우가 잔디, 넝쿨의 경우가 인체로 입사하는 단파장 Radiosity가 대체로 많다. 이와 같이 인공피복물보다 자연피복재료를 구성하는 경우 인체로의 영향이 작으며 가로폭이 가로높이보다 인체로의 영향이 큰 것을 알 수 있다.

Fig. 8 - Fig. 11에 직달일사 차폐유무에 따른 가로형태 및 구성재료의 차이별 인체로 입사하는 경로별 전체 Radiosity와 체감온도를 나타내었다. 가로형태별 인체로 입사하는 장파장 전체 Radiosity는 B형, A형, C형 순으로 낮아진다. 인체로 입사하는 전체 단파장 Radiosity는 콘크리트, 아스팔트의 경우보다 잔디, 넝쿨 경우가 적은 경향이 나타났다. 또한 전체 단파장 Radiosity가 직달일사 차폐가 있는 경우가 없는 경우보다 전체적으로 적은 양을 보였다.

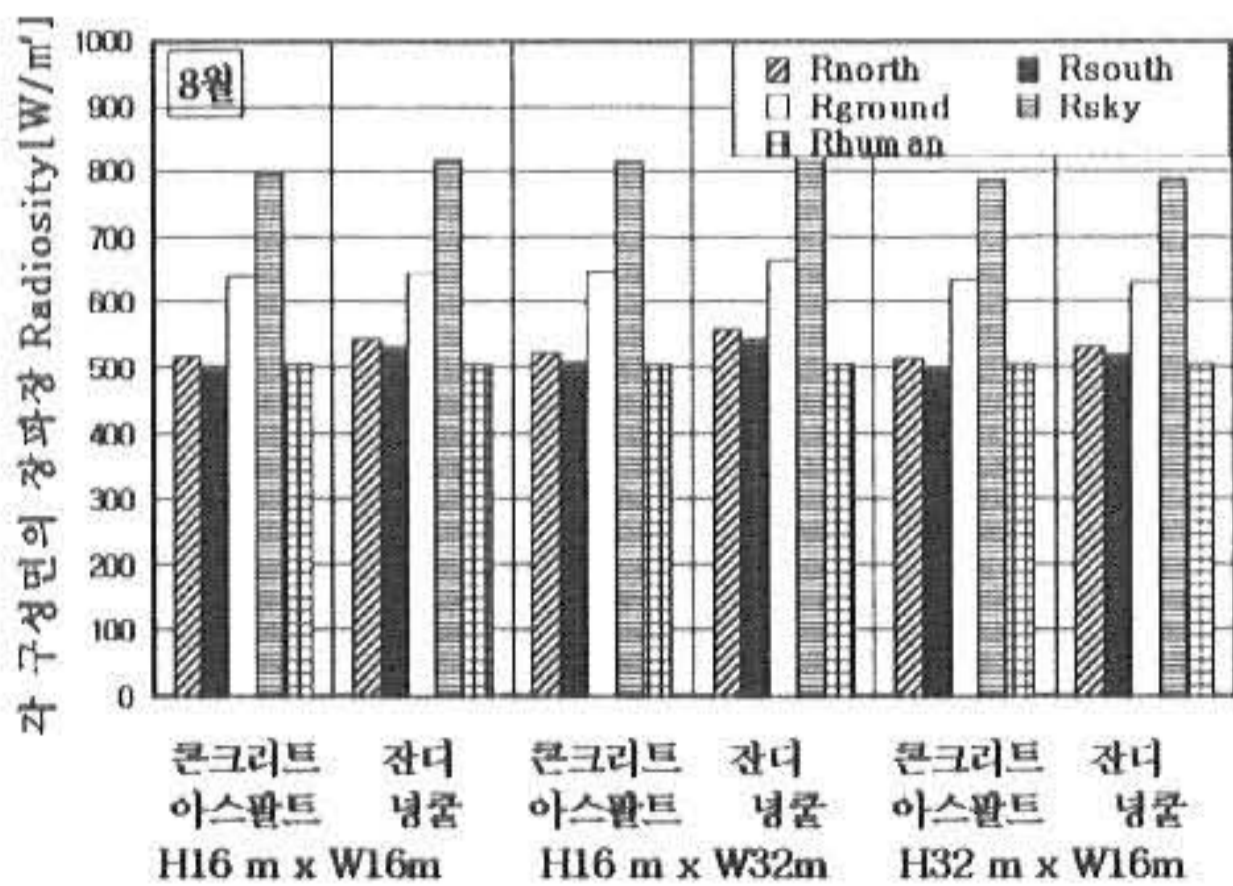


Fig. 4 각 구성면의 장파장 Radiosity

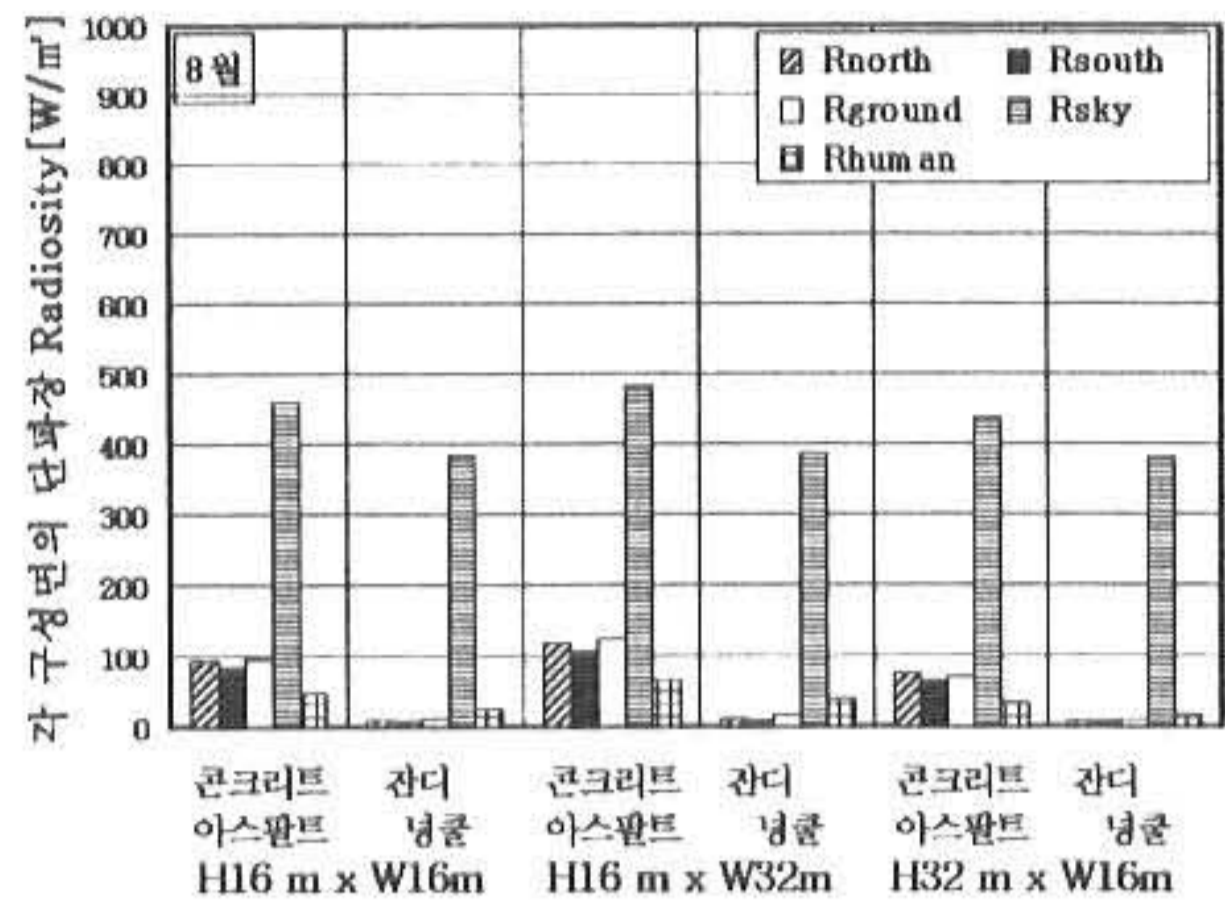


Fig. 5 각 구성면의 단파장 Radiosity

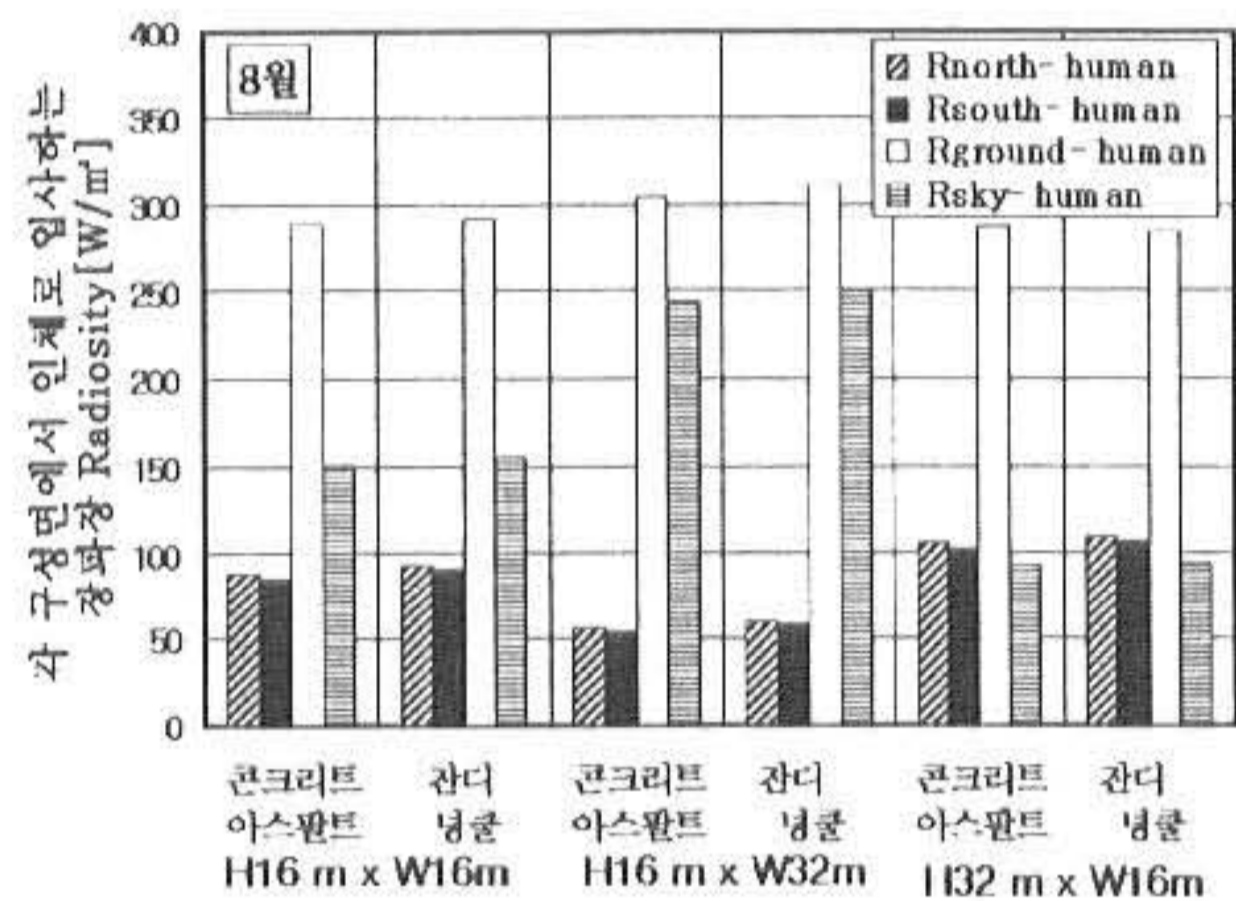


Fig. 6 각 구성면에서 인체로 입사하는 장파장 Radiosity

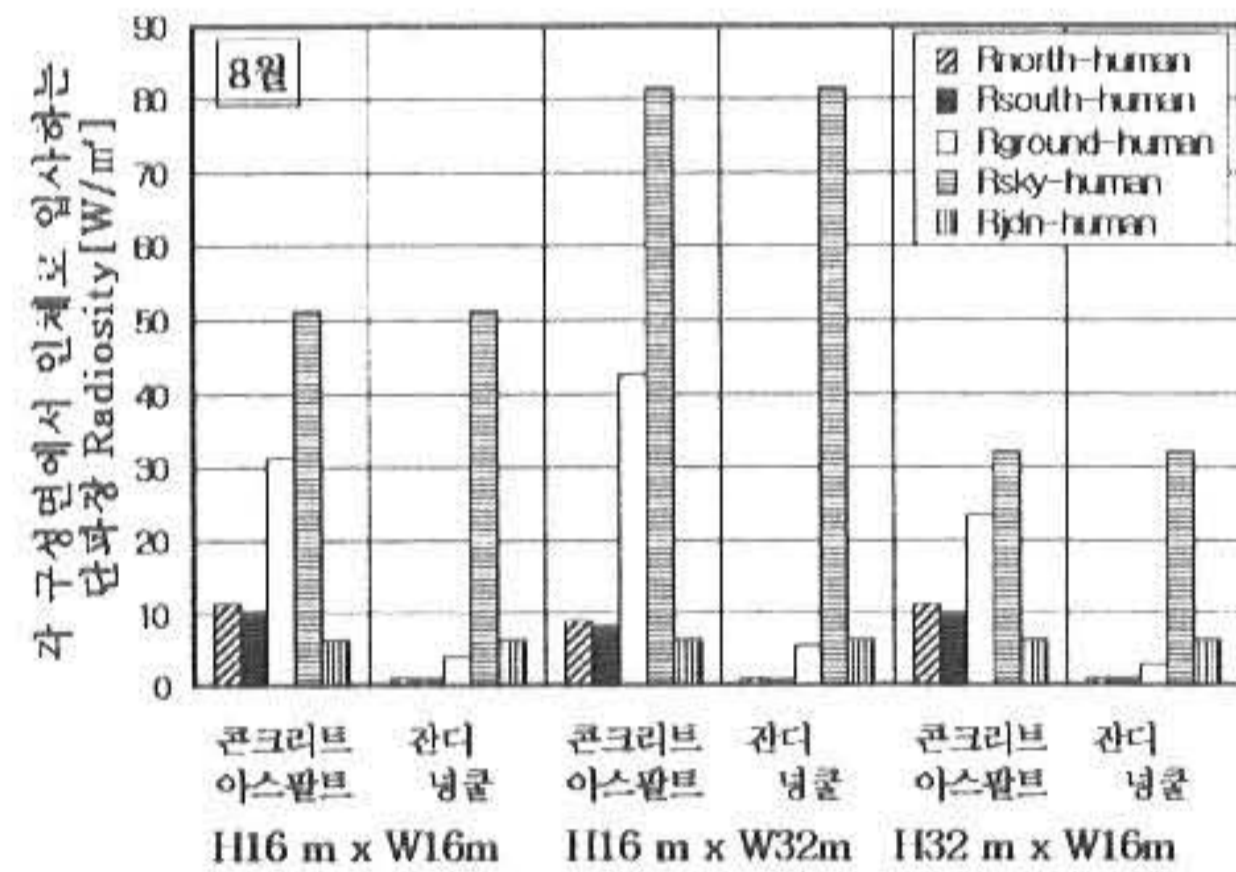


Fig. 7 각 구성면에서 인체로 입사하는 단파장 Radiosity

작용온도 OT_n 을 검토하면 이와 유사한 경향이 인정된다. 이와 같이 인체로 입사하는 전체 단파장 Radiosity는 대체적으로 직달일사와 구성재료의 차이에 따라 영향을 받는다. 이에 반하여 인체로 입사하는 전체 장파장 Radiosity는 가로형태에 영향을 받는 것으로 생각되며 이러한 조건들이 체감온도 OT_n 에 반영된 결과치로 나타났다.

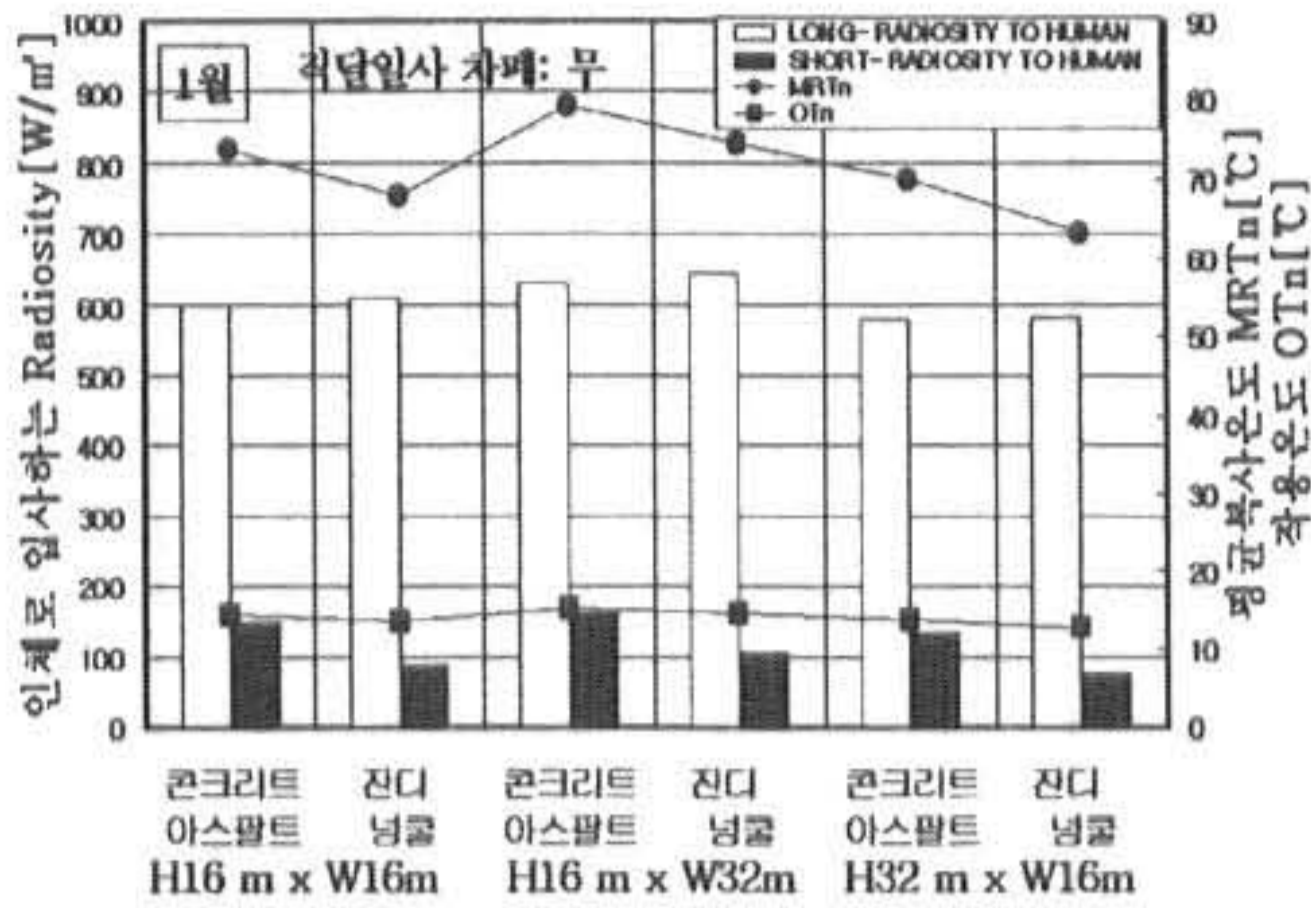


Fig. 8 1월에 있어서 인체로 입사하는 전체 Radiosity, 평균복사온도 MRTn, 작용온도 OTn(직달일사 차폐: 무)

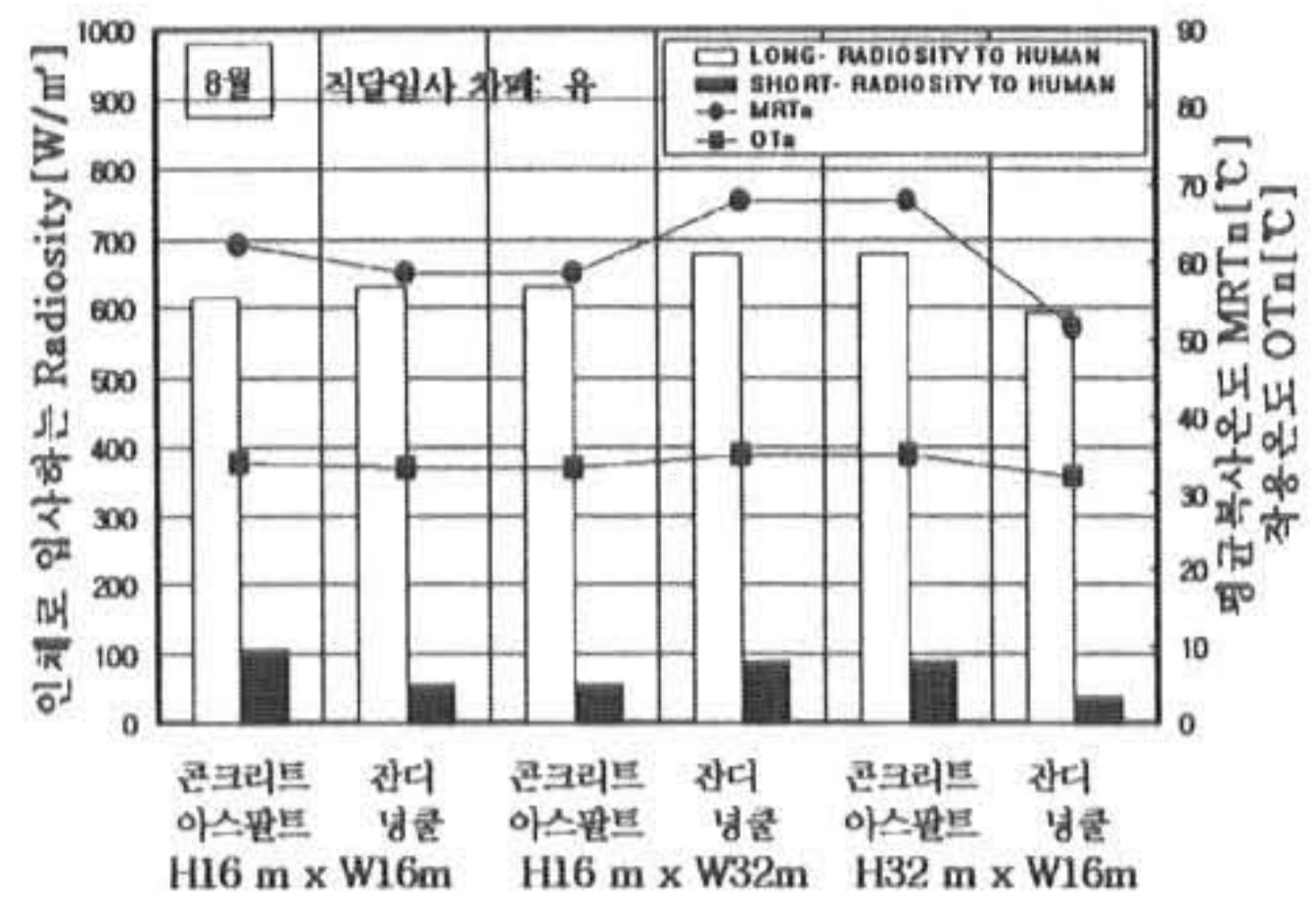


Fig. 11 8월에 있어서 인체로 입사하는 전체 Radiosity, 평균복사온도 MRTn, 작용온도 OTn(직달일사 차폐: 유)

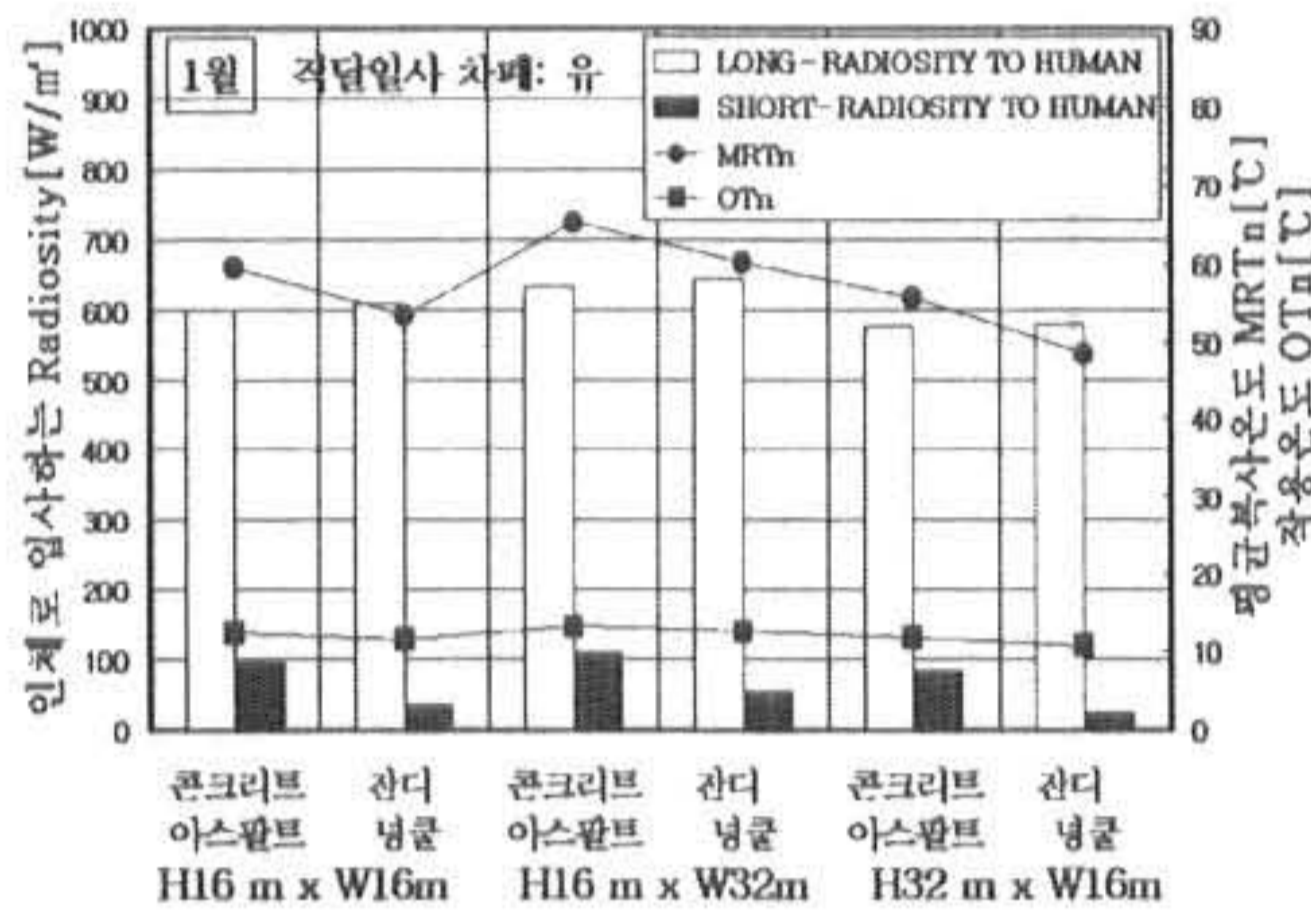


Fig. 9 1월에 있어서 인체로 입사하는 전체 Radiosity, 평균복사온도 MRTn, 작용온도 OTn(직달일사차폐: 유)

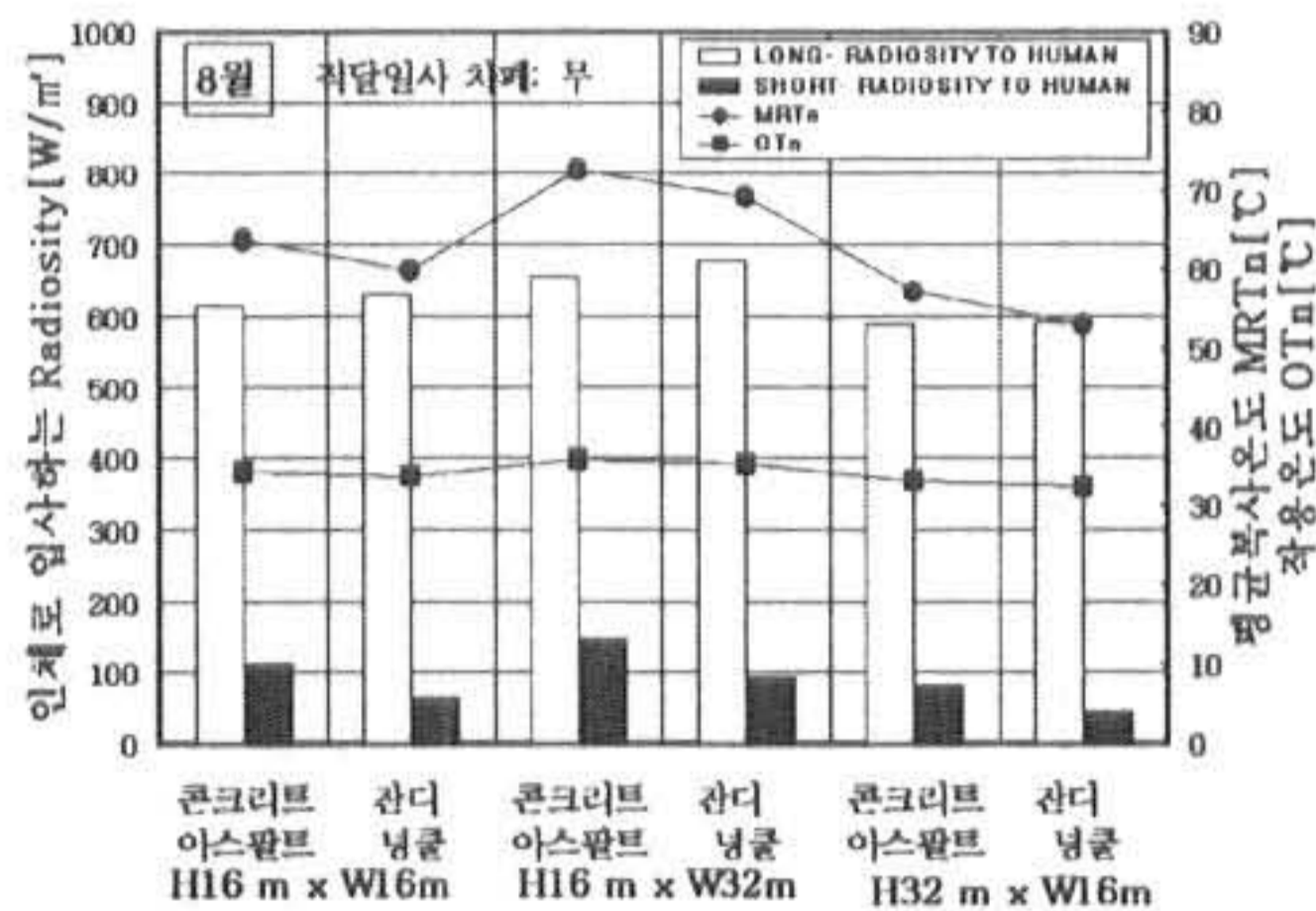


Fig. 10 8월에 있어서 인체로 입사하는 전체 Radiosity, 평균복사온도 MRTn, 작용온도 OTn(직달일사 차폐: 무)

Table 6 - Table 9에 각 환경조건에 따른 작용온도 OT_n , 신유효온도 ET_n^* 를 나타내었다. A형에 있어서 직달일사의 차폐유무에 따라 작용온도 OT_n 이 8월에는 0.3℃, 1월에는 2.2℃ 정도 낮은 결과를 보여 겨울철이 완화 효과가 큰 것

으로 나타나서 체감온에 영향을 미치는 것으로 볼 수 있다. 또한 콘크리트와 아스팔트의 경우보다 잔디와 넝쿨의 경우가 0.8℃ 정도로 완화되는 효과를 보였다. 가로공간 형태가 B형, A형, C형의 순으로 작용온도 OT_n 이 낮아졌다. 이는 가로의 높이보다는 폭의 영향을 많이 받는 것으로 생각된다.

신유효온도 ET_n^* 도 작용온도 OT_n 와 유사한 경향을 보인다.

이와 같이 직달일사의 차폐유무, 구성재료차이, 가로형태의 차에 따라서 작용온도 OT_n 이 최대로 차이를 보이는데 즉, 직달일사 차폐가 없는 B형의 철근콘크리트, 아스팔트의 경우 15.2℃(1월), 35.9℃(8월)이고 직달일사 차폐가 있는 C형의 잔디, 넝쿨의 경우는 10.7℃ (1월), 32.1℃(8월)이다. 따라서 1월에는 4.5℃, 8월에는 3.8℃의 차이가 보인다. 신유효온도 ET_n^* 으로 보면 1월에 5.2℃, 8월에 3.3℃의 차이가 보인다.

5. 결론

본 연구는 집합주거공간내의 가로의 열복사 환경이 인체에 미치는 영향을 파악하기 위하여 일사량과 장파장복사의 상호반사를 고려한 작용온도 OT_n 와 신유효온도 ET_n^* 을 산정하였다. 이를 통하여 가로공간의 형태 및 구성재료의 차이 그리고 직달일사의 차폐여부에 따른 열복사 환경이 체감기후에 미치는 영향을 정량적으로 검토하였다. 포항시를 대상으로 각 달의 오전 12시의 기온, 상대습도, 풍속, 수평면 전천일

Table 6. 가로공간에서의 작용온도 OT_n (직달일사 차폐: 무)

월	작용온도 OT_n [°C]					
	H16m × W16m		H16m × W32m		H32m × W16m	
	콘크리트 아스팔트	잔디 넙쿨	콘크리트 아스팔트	잔디 넙쿨	콘크리트 아스팔트	잔디 넙쿨
1	14.4	13.6	15.2	14.5	13.8	12.9
2	16.0	15.3	16.9	16.4	15.3	14.6
3	21.0	20.0	22.0	21.1	20.3	19.1
4	25.0	24.1	26.3	25.4	24.0	23.1
5	28.8	27.8	30.3	29.3	27.8	26.7
6	27.9	27.2	29.3	28.7	26.9	26.1
7	31.8	31.2	33.3	32.7	30.8	30.1
8	34.3	33.6	35.9	35.3	33.1	32.3
9	31.9	31.2	33.2	32.5	30.9	30.2
10	29.4	28.5	30.5	29.8	28.6	27.5
11	24.1	23.0	24.9	24.0	23.6	22.2
12	19.9	18.9	20.6	19.8	19.4	18.2

Table 7. 가로공간에서의 작용온도 OT_n (직달일사 차폐: 유)

월	작용온도 OT_n [°C]					
	H16m × W16m		H16m × W32m		H32m × W16m	
	콘크리트 아스팔트	잔디 넙쿨	콘크리트 아스팔트	잔디 넙쿨	콘크리트 아스팔트	잔디 넙쿨
1	12.3	11.4	13.1	12.4	11.7	10.7
2	15.1	14.4	16.0	15.5	14.4	13.6
3	19.6	18.5	20.7	19.7	18.9	17.7
4	24.4	23.5	25.7	24.9	23.5	22.5
5	28.4	27.4	29.9	29.0	27.4	26.3
6	27.8	27.1	29.2	28.5	26.7	26.0
7	31.7	31.1	33.2	32.6	30.6	30.0
8	34.0	33.4	35.7	35.0	32.9	32.1
9	31.4	30.7	32.7	32.0	30.4	29.6
10	28.0	27.1	29.2	28.4	27.1	26.1
11	21.1	19.9	22.0	21.0	20.5	19.1
12	16.8	15.7	17.6	16.7	16.3	14.9

Table 8. 가로공간에서의 작용온도 OT_n (직달일사 차폐: 유)

월	작용온도 OT_n [°C]					
	H16m × W16m		H16m × W32m		H32m × W16m	
	콘크리트 아스팔트	잔디 넙쿨	콘크리트 아스팔트	잔디 넙쿨	콘크리트 아스팔트	잔디 넙쿨
1	12.3	11.4	13.1	12.4	11.7	10.7
2	15.1	14.4	16.0	15.5	14.4	13.6
3	19.6	18.5	20.7	19.7	18.9	17.7
4	24.4	23.5	25.7	24.9	23.5	22.5
5	28.4	27.4	29.9	29.0	27.4	26.3
6	27.8	27.1	29.2	28.5	26.7	26.0
7	31.7	31.1	33.2	32.6	30.6	30.0
8	34.0	33.4	35.7	35.0	32.9	32.1
9	31.4	30.7	32.7	32.0	30.4	29.6
10	28.0	27.1	29.2	28.4	27.1	26.1
11	21.1	19.9	22.0	21.0	20.5	19.1
12	16.8	15.7	17.6	16.7	16.3	14.9

Table 9. 가로공간에서의 신유효온도 ET^*_n (직달일사 차폐: 무)

월	신유효온도 ET^*_n [°C]					
	H16m × W16m		H16m × W32m		H32m × W16m	
	콘크리트 아스팔트	잔디 넙쿨	콘크리트 아스팔트	잔디 넙쿨	콘크리트 아스팔트	잔디 넙쿨
1	13.9	12.9	15.0	14.0	13.3	12.1
2	15.5	14.8	16.6	16.0	14.7	14.0
3	20.8	19.5	22.0	20.8	19.9	18.6
4	24.9	23.8	26.4	25.4	23.8	22.8
5	28.6	27.5	29.9	29.0	27.5	26.5
6	28.0	27.1	29.5	28.8	26.8	26.1
7	32.1	31.5	33.4	32.9	31.1	30.4
8	34.2	33.6	35.6	35.1	33.2	32.5
9	31.8	31.1	33.0	32.4	30.9	30.1
10	29.1	28.2	30.2	29.5	28.3	27.3
11	24.2	22.8	25.1	24.0	23.4	21.9
12	19.8	18.5	20.6	19.7	19.2	17.7

Table 10. 가로공간에서의 신유효온도 ET^*_n (직달일사 차폐: 유)

월	신유효온도 ET^*_n [°C]					
	H16m × W16m		H16m × W32m		H32m × W16m	
	콘크리트 아스팔트	잔디 넙쿨	콘크리트 아스팔트	잔디 넙쿨	콘크리트 아스팔트	잔디 넙쿨
1	11.5	10.6	12.5	11.7	10.9	9.8
2	14.5	13.7	15.5	14.9	13.7	13.0
3	19.2	18.0	20.4	19.3	18.4	17.0
4	24.3	23.2	25.7	24.8	23.2	22.2
5	28.2	27.1	29.6	28.7	27.1	26.1
6	27.8	27.0	29.3	28.6	26.6	25.9
7	31.9	31.4	33.3	32.9	30.9	30.2
8	34.0	33.5	35.3	34.8	33.0	32.3
9	31.3	30.7	32.5	31.9	30.4	29.7
10	27.8	26.8	28.9	28.2	26.9	25.8
11	20.6	19.3	21.6	20.5	19.9	18.4
12	16.2	14.9	17.0	16.1	15.6	14.1

사량 등의 기상데이터를 이용하여 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 인체로 입사하는 전체 단파장 Radiosity는 직달일사와 구성재료의 차이에 따라 영향을 받는다. 이에 반하여 인체로 입사하는 전체 장파장 Radiosity는 가로형태에 영향을 받는 것으로 생각된다.

둘째, 직달일사의 차폐유무, 구성재료의 차이, 가로형태의 차이에 따라서 체감온도 OT_n , ET^*_n 에 차이가 인정된다. 직달일사차폐가 없는 B형의 철근콘크리트, 아스팔트의 경우는 15.2°C(1월), 35.9°C(8월)이고 직달일사 차폐가 있는 C형의 잔

디와 덩쿨의 경우는 10.7℃(1월), 32.1℃(8월)이다. 따라서 1월에는 4.5℃, 8월에는 3.8℃의 차이가 보인다. 신유효온도 ET^*_n 으로 보면 1월에 5.2℃, 8월에 3.3℃의 차이가 보였다.

셋째, 옥외 가로공간에서 인체의 열수지를 검토한 결과, 직달일사 차폐유무와 구성재료의 차이에 따라 많은 영향을 받는 것으로 생각된다.

금후의 과제는 건물에 대한 일사반사율과 장파장 복사율에 대한 정확한 자료가 필요하며 또한 인체의 일사흡수율이 해석결과에 큰 영향을 미치므로 사용시 세심한 주의가 필요하다.

참고문헌

- 1) 鄭相元, 堀越哲美, 福岡眞由美, 水谷章夫: 都市空間における人體への日射熱負荷の綠陰による緩和効果, 人間と生活環境, pp.20-28, (1996) 3(1)
- 2) Burt, J. E. O'rouke, P. A. Terjung, W. H.: The relative influence of urban climates on outdoor human energy budgets and skin temperature I. Modeling consideration, Int. J. Biometeor., 26, pp.3-23, (1982)
- 3) 中村泰人: 建築都市空間内の人體に對する熱輻射場の表現方法について, 日本建築學會計劃系論文報告集, 376, pp.29-35, (1987)
- 4) 持田徹: 熱ふく射の評価法に關する研究, 日本空氣調和・冷凍工學會論文集 No.2, pp47-54, 1976
- 5) Fanger: Thermal comfort, Danish Technical Press, Copenhagen, (1970)
- 6) 堀越哲美: 建築空間における熱輻射を中心とした溫熱環境條件の人體影響評價方法の研究, 東京工業大學博士學位論文, (1978)
- 7) 鄭相元, 堀越哲美, 梅村茂樹, 宮本征一, 水谷章夫: 都市の街路および開放空間における熱放射環境が人體に及ぼす影響, 日本建築學會計劃系論文集, 第493號, pp.77-84, (1997)
- 8) 中村泰人: 放射熱傳達問題の閉空間モデル化の理論, 日本建築學會計劃系論文集, 第372號, pp.44-50, (1986)
- 9) Underwood, C. R., Ward, E. J.: The Solar Radiation Area of Man, Ergonomics, 9(2), pp.155-168, (1966)
- 10) 土川忠浩, 小林陽太郎, 堀越哲美, 三輪惠美, 藏澄美仁, 平山慶太郎: 實測による人體の有効輻射面積および人體と短形面の形態係數に關する研究, 日本建築學會計劃系論文報告集, 388, pp.48-59, (1975)
- 11) 堀越哲美, 宮原英男, 小林陽太郎: 人體と短形面との間の形態係數及び人體の人體の有効輻射面積に關する研究, 日本建築學會計劃系論文報告集, 268, pp.109-117, (1978)
- 12) Gagge, A. P., fobelets, A. P., Berglund, L. G.: A Standard Predictive Index of Human Response to the Thermal Environment, ASHRAE Transaction, Vol.92, Part 2B, pp.709-731, (1986)
- 13) Gagge, A. P., Rapp, G. M., Hardy, J. D.: The Effective Radiant Field and Operative Temperature Necessary for Comfort with Radiant Heating, ASHARE Transactions, Vol.73, Part1, pp.2.1-2.9, (1967)

(2001년 5월 8일 접수, 2001년 8월 16일 채택)