

# 컴퓨터 시뮬레이션을 이용한 서울 고덕강일지구 아파트단지 인간 열환경 분석

현철지\* · 박수국\*\*

\*제주대학교 대학원 원예학과 · \*\*제주대학교 생물산업학부 원예환경전공

## I. 서론

올 해 여름철은 기상관측 111년 만에 가장 높은 기온 값을 기록했다(기상청 보도자료, 2018). 주간의 서울의 기온은 39.6°C, 야간의 기온은 30.3°C로 1994년 7월 24일 38.4°C보다 1.2°C 높게 나타났다. 이러한 영향으로 수도권 지역의 폭염일수와 열대야일수가 증가하면서 열질환자수가 증가하고, 열환경적으로 도시민의 삶의 질은 떨어지고 있다. 국립환경과학원 보도자료에 따르면 폭염주의보가 발생했던 18년 7월 19~20일과 폭염경보가 발생했던 8월 2~3일 수원 호매실 택지개발지구 측정 9곳에서 산림을 제외한 그린 및 그레이 모든 인프라에서 physiological equivalent temperature(PET; Höppe, 1999) 기준으로 인간들이 극한 열스트레스를 받는다는 연구 결과가 나왔다(환경부 보도자료, 2018).

본 연구에서는 우리나라 가구 전체의 48.6%인 9,422천 가구가 살고 있는 아파트를 대상으로 컴퓨터 시뮬레이션을 이용하여 열환경 분석 후 인간들에게 쾌적한 열환경을 조성할 수 있는 조경계획 및 설계방법을 찾아보고자 한다.

## II. 연구 방법

### 1. 미기후 자료 조사

서울특별시 강서구 마곡동 743번지 마곡 엠벨리 6단지에서 봄철 2018년 5월 26일, 여름철 7월 18일 09:00~18:00 동안 아파트 중심지점, 옥상(시멘트포장), 옥상(녹화), 운동장(잔디포장), 어린이놀이터(폴리우레탄포장), 가로수길(블럭포장) 총 6지점에서 미기후자료(기온, 상대습도, 풍속, 태양 및 지구복사 에너지)를 측정하였다.

### 2. 컴퓨터 시뮬레이션 모델

인간 열환경 분석을 위해 ENVI-met 4.3.1 Winter1718 version을 이용했다. 측정된 미기후자료와 시뮬레이션 결과 값들의 비교검정을 위해 마곡지구 엠벨리 6단지 ENVI-met file을 만들었

다. X×Y×Z 방향의 크기는 3×3×1m로 총 750×750×85m로 24시간 동안 시뮬레이션을 진행했다. 시간대별 미기후변수는 봄·여름철에 09:00~18:00까지 측정된 자료와 그 외 시간대의 기온과 상대습도는 각각 강서구 화곡동과 공항동에 위치한 지역별상세관측자료(Automatic Weather System: AWS)를 이용했다. 고덕강일지구의 ENVI-met file은 아파트 예정부지를 대상으로 만들었으며, 크기는 1×1×1m로 총 238×218×85m로 위와 같은 시간 동안 시뮬레이션을 진행했다(Table 1 참조). 시뮬레이션 날짜는 여름철 서울특별시의 30년 평균 기온과 평균 상대습도가 가장 유사한 2017년 8월 18일 자료를 이용했다.

## III. 연구결과 및 고찰

### 1. 미기후 요소 측정 결과

S1과 나머지 10개의 시나리오들의 기온 비교 결과, S6에서 평균 0.26°C(최대 0.4°C)만큼 감소하는 것으로 나타났다. 다른 시나리오들과의 기온차이는 평균 0.09~0.12°C 차이로 기온차이는 거의 없는 것으로 나타났다. 상대습도는 기온과 반대로 S6에서 S1보다 평균 1.2% 높게 나타났다. 풍속에서는 S4, 8, 4\_final에서 평균 0.03~0.1ms<sup>-1</sup> 감소하는 것으로 나타났으며, 나머지 시나리오들에서는 미미한 차이지만 평균 0~0.7ms<sup>-1</sup> 증가하는 것으로 나타났다. 평균복사온도(mean radiant temperature, T<sub>mt</sub>)에서는 식재면적이 S1보다 작은 S2, 3에서는 각각 평균 0.45°C, 0.85°C 높게 나타났다. 나머지 시나리오들은 S4, 7, 8, 6, 4\_final, 10, 9, 5 순으로 S4가 평균 1.16°C 가장 낮게 나타났다.

### 2. 인간 열환경지수 결과

인간 열환경지수 PET 비교 결과, T<sub>mt</sub>와 유사하게 S4에서 평균 0.59°C로 감소하는 것으로 나타났다. 반면에 S2, 3은 각각 평균 0.11°C, 0.29°C만큼 높은 열환경을 보였다. 나머지 시나리오들에서는 S6, 7들에서는 평균 0.45°C만큼 낮은 열환경을 보였다. 그 외 시나리오들에서는 S10, 4\_final, 8 순으로 열저감효과가 높은 것으로 보였다. S5, 9들은 평균 0.1°C 가장 낮은 열저감 효

Table 1. Computer simulation scenarios for Goduck-Gangil area

		시나리오
S1(기준)		2단지 아파트 기본 설계 - 2단지 설계도에 제시된 아파트 등 단지 내 건물 배치도 적용 - 단지 내 설계에 적용된 계획기법(투수포장, 일부 옥상녹화 등) 적용 단지 내 기본 녹지 계획(기존 아파트 식재 면적+일반 녹지 패턴) 및 외곽 녹지(완충녹지+연결녹지) 적용
S2		S1에서 단지 내 기본 녹지 계획 미적용
S3		S1에서 단지 내 기본 녹지 및 외곽 녹지(완충녹지+연결녹지) 계획 미적용
S4		S1에서 도로변 및 단지 외곽은 침엽수, 단지 내 녹지 공간은 활엽수 중심 다층식재 패턴으로 변경 - 연결녹지(북동쪽 외곽식재지)에는 수고 8m, 수관폭 6m의 활엽수 식재(3,304m <sup>2</sup> , 전체 부지면적의 6.4%, 약 401그루) - 완충녹지(남동쪽 외곽식재지)에는 수고 6m, 수관폭 4m의 침엽수 식재(2,908m <sup>2</sup> , 5.6%, 444그루) - 단지 내에는 다층식재로 다양한 크기의 활엽수/침엽수 교목과 관목, 초지로 구성되어 있음(4,979m <sup>2</sup> , 9.6%, 582그루)
S5(쿨루프)		단지 내 건물(아파트를 비롯한 모든 건물과 지붕 구조가 약한 지하주차장 출입구 지붕 등)의 모든 지붕에 쿨루프(cool roof)* 설치 *쿨루프 Albedo(0.65)로 적용('건물 에너지 효율화 자금 지원' 알베도 기준)
S6(쿨페이브먼트)		단지 내 모든 도로/보도에 열교환도료* 적용하고, 단지 내 놀이터 바닥재는 코르크 포장을 적용한 시나리오를 2단지 전체에 적용 *열교환도료의 Albedo(0.35)와 Emissivity(0.575) 적용
S7(빗물정원)		단지 내 기존 뜰 및 정원 계획지를 식생수로(빗물정원)로 변경하고, 놀이터 주변 태양고도를 고려한 교목식재(어린이놀이터의 남동·남·남서쪽에 그늘 생성을 위해 수고 18m, 수관폭 11m의 대형 교목 3그루씩 식재)
S8(옥상녹화)		아파트 및 단지 내 건물(관리사무소, 도서관 등) 지붕 전체에 옥상녹화 조성
S9(벽면녹화)		아파트 1동 당 20×10m <sup>2</sup> 규모의 벽면녹화 조성
S10		아파트 형태를 일자형에서 타워형으로 변경(건물 포함 콘크리트 바닥 면적 930m <sup>2</sup> 감소)
S4_final	녹지(식재패턴)	S1에서 도로변 및 단지 외곽은 침엽수, 단지 내 녹지 공간은 활엽수 중심 다층식재 패턴으로 변경(S4 적용)
	아파트 옥상	- 옥상면적의 50%는 "옥상녹화" 조성(2,614.5m <sup>2</sup> ) - 나머지 50%는 "쿨루프" 설치(2,614.5m <sup>2</sup> )
	시설물 지붕	녹화할 수 없는 시설물의 지붕은 전체 "쿨루프" 설치(해당사항 없음, 옥상녹화와 쿨루프 적용)
	도로 및 보도	투수기능을 유지한 "열교환도료"의 Albedo(0.35)와 Emissivity(0.575) 값을 적용(8,063m <sup>2</sup> )
	어린이 놀이터	단지 내 모든 놀이터 바닥재는 "코르크 포장" 변경(344m <sup>2</sup> )
	뜰 및 정원 계획지	"식생수로(빗물정원)"로 변경(678m <sup>2</sup> )
	수고 조정	"태양고도를 고려한 교목높이 변경안" 적용(어린이놀이터 주변 각 3그루씩 대형교목 식재, S7 참조)
	아파트 벽면	1동당 2면에 "벽면녹화" 조성(1동 당 20×10m <sup>2</sup> 규모의 벽면녹화 조성)(1,600m <sup>2</sup> )

과를 보였다.

알베도가 높은 쿨루프나 열교환도료는 보행자에게 영향을 주지 않는 건물옥상에 적용하는 것이 바람직할 것이다.

#### IV. 결론

쾌적한 열환경을 조성하는 가장 좋은 방법은 태양복사에너지와 지구복사에너지를 차양할 수 있는 교목을 식재하는 방법이다. 그러나 수목을 밀식하면 오히려 풍속이 감소하기 때문에 태양의 위치와 고도를 고려하여 식재하여야 한다. 수목식재 외 수경공간, 옥상녹화와 벽면녹화 또한 효과적인 방법이다. 그러나,

#### 참고문헌

1. 기상청(2018) 2018년과 1994년 수도권 폭염 비교. 보도자료, 2018. 8. 17.
2. 국립환경과학원(2018) 올해 폭염, 산림제의 모든 인프라에서 열스트레스 높아. 보도자료, 2018. 09. 14.
3. Höppe, P. R.(1999) The physiological equivalent temperature: A universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment. International Journal of Biometeorology 43: 71-75.