

폭염 대응형 스마트 가로등의 온도저감효과 및 CFD 시뮬레이션 연구[†]

김재경* · 조준영** · 강준석** · 김희진*** · 정인근**** · 김선국*****

*서울대학교 대학원 협동과정 조경학전공 박사과정 · **서울대학교 농업생명과학대학 조경·지역시스템공학부 석사과정 ·
유비 E&C 대표 · *(주) KCT 대표 · *****(주) 이도 부사장

I. 서론

최근 계속되는 이상기온으로 야기되는 폭염은 일상병 및 호흡기 질환 등 피해를 불러일으킨다. 폭염은 2018년 「재난 및 안전관리 기본법」의 개정으로 자연재난에 공식적으로 추가되었고, 그 위험성이 더욱 부각되고 있다 (Kim et al. 2020).

대구광역시에는 대한민국에서 가장 대표적인 폭염의 취약지역으로서, 2018년에는 폭염 재해에 대비하기 위한 「폭염 및 도시 열섬현상 대응 조례안」이 발의되기도 하였다. 이에 가장 대표적인 정책으로는 차양막, 보행로 그늘막 설치 등이 있었다 (대구광역시, 2018).

또한, 대구광역시는 국토교통부에서 추진 중인 스마트시티 혁신성장프로젝트의 실증지역으로서, 스마트 기술을 사용하여 폭염 등의 재해재난을 해결할 수 있는 여러 가지 방안들을 추진 중이다. 그중에서 가장 대표적인 기술로 미스트 분사형 스마트 가로등이 주목을 받고 있다.

최근 선행연구에서는 실내·외실험을 하여, 열화상 드론으로 온도 저감효과를 검증하였다. 실내실험의 경우 약 1.5 m 높이의 대기 환경을 측정함으로써, 최대 13.8℃까지 온도 저감효과가 있음을 밝혀냈다. 실외실험의 경우, 단순히 FLIR 렌즈를 이용한 드론 촬영을 하였다는 점에서 한계를 가진다. 또한, 미스트의 잠열, 습도, 바람 등의 환경 정보가 간과되었다는 미비점이 있는데, 본 연구에서는 선행연구의 한계점을 개선한 연구를 진행하였다 (김재경 et al. 2020).

이에, 본 연구진은 스마트시티 실증지역으로 선정된 대구광역시 내에서 폭염을 저감할 수 있는 IoT 접목기술을 개발하고자, 이를 계획 및 설계하였다. 또한, 실증된 시설이 얼마만큼의 온도 저감효과를 가지는지에 대해서 모니터링 및 CFD 시뮬레이션을 통해서 검증하였다.

II. 본론

1. 연구방법

본 연구의 연구방법은 크게 세 가지로 구분된다. 첫 번째는 대구광역시 도시재생지역인 인동촌백년마을 일대의 환경을 분석하여, 대구광역시 등 유관기관의 협의 하에 폭염저감 시설을 Figure 1과 같이 계획 및 설계하였다. 설계에는 대상지 분석과 폭염저감시설물의 설계, 조경요소의 배치 및 유지관리 방안을 종합적으로 기술하였다(Figure 1 참조).

두 번째는 폭염 저감시설 및 대조군의 환경요인 분석으로서, 2020년 8월 3일부터 8월 4일까지 양일에 걸쳐서 수집하였다. 2020년 8월 3일의 데이터 수집은 폭염 저감장치와 대조군의 온/

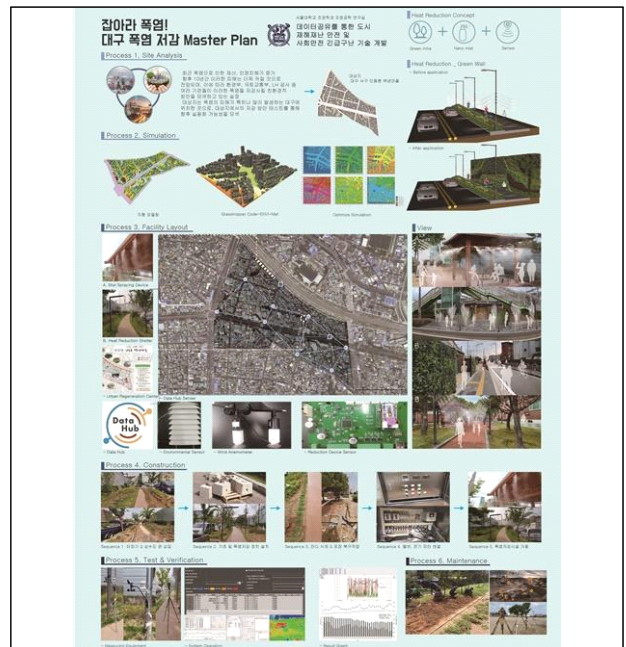


Figure 1. 폭염저감기술 및 조경요소 계획

[†]: 본 결과물은 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 스마트시티 혁신성장동력 프로젝트 지원으로 수행되었음 (과제번호 : 19NSPS-B154559-02)

습도 유의성을 검증하기 위한 것으로, 폭염 저감장치를 가동하지 않고 값들을 비교하였다. 16시부터 18시까지 2시간에 걸쳐 데이터 로거에 환경 정보가 수집되었으며, 폭염 저감장치가 분사되는 아래에 1개의 웨더스테이션 A를 설치하였다. 설치된 웨더스테이션 A를 기점으로, 20m 떨어진 북서쪽 지점에 열화상 카메라를 설치하고, 20m 떨어진 남동쪽 지점에 웨더스테이션 B를 설치하였다.

세 번째는 CFD 기반으로 미스트 분사를 통한 온도저감 효과(풍동 시뮬레이션)를 분석하였다. 적용된 물리모델은 3차원 해석을 사용하였으며, 이송방정식으로 정상상태의 해석을 실시하였다. 난류모델의 적용은 RANS Realizable K-epsilon Turbulence로 일반적으로 유동에서 가장 많이 사용되는 난류모델을 사용하여 온도 변화를 분석했다.

2. 연구결과

본 연구에서 사용된 첫 번째 방법론에 의거하여, 현재 대구광역시에는 폭염저감장치가 설치된 상태이며, 추후 조경요소를 이용해 더욱 효율적인 폭염저감효과를 낼 수 있을 것으로 판단된다.

두 번째 모니터링 방법론을 적용한 결과, 실외 온도측정 실험에서는 최대 7.4°C까지 온도가 감소하였으며, 평균적으로는 약 3°C가 감소하였다. 저감률은 8%부터 20%까지 비교적 큰 폭을 가지고 변화하였다. 온도 변화량이 많지 않은 실험군에 비해 온도 변화량이 크게 변화하는 대조군 온도의 변화로 기인한 것이다. 대조군의 변화를 평균값은 0.77°C지만, 실험군 대상지의 온도변화 평균값은 0.45°C였다. 이를 통해, 일반적인 공간에 비해 폭염 저감 미스트가 환경요인의 영향을 덜 받는 것을 확인할 수 있다 (Figure 2 참조).

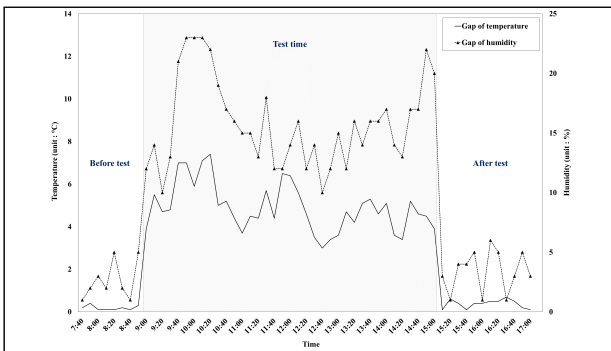


Figure 2. 폭염저감 모니터링 결과

세 번째 CFD 시뮬레이션 결과를 통해서도 전체 대상지에 약 20% 이상 온도저감 효과를 얻을 수 있었다. 평균적으로 온도는 39.1°C에서 35.96°C까지 떨어져 8% 이상 온도저감 효과를 얻을 수 있었고, 습도의 경우 39%에서 45% 정도까지 증가하는 추세를 살펴볼 수 있었다 (Figure 3 참조).

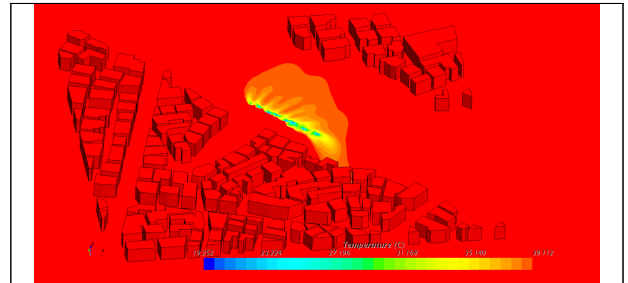


Figure 3. CFD를 이용한 폭염저감 시뮬레이션

III. 결론

본 연구는 최근 많이 사용되고 있는 미스트 분사형 스마트 가로등의 분사가 폭염기에 온도를 10% 정도 저감시키기 위한 조경시설물로 사용될 수 있음을 밝혔다. 특히, 폭염기에 미스트형 온도 저감시설을 사용할 경우, 평균 체감온도는 약 9% 정도 감소할 수 있었다. 또한, 불쾌지수에서도 소폭 감소하는 모습을 볼 수 있었다. 습도가 상승할 경우 불쾌지수 상승에 기인할 수 있는데, 상대습도가 최소 30% 이상 올라가야 불쾌지수가 상승할 것으로 판단된다. 측정 일자의 평균 습도 증가율이 15.8%, 최대 증가율이 최대 증가율이 23%인 것을 고려했을 때, 시민들이 폭염 저감시설이 설치된 조경공간을 이용할 때 쾌적함 증대의 요소로 작용할 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 김재경, 강준석, and 김희진. (2020). "스테인리스 쿨링포그의 온도저감 효과 검증을 위한 모델설계 및 실증 실험". 한국환경과학회지 29(6): 683-689.
2. 대구광역시. (2018). "대구광역시 폭염 및 도시열섬현상 대응 조례안. 대구광역시.
3. Kim, Jaekyoung, Sang Yeob Lee, and Junsuk Kang. (2020). "Temperature reduction effects of rooftop garden arrangements: a case study of Seoul National University". Sustainability, 12(15),: 1-17.