

# 쿨링포그 국가건설 기준 마련을 위한 상/하향식 나노미스트의 온도저감 실험<sup>†</sup>

김재경\* · 김영욱\*\* · 백승현\*\*\* · 조준영\*\*\* · 이정준\* · 강준석\*\*\*\*

\*서울대학교 대학원 협동과정 조경학 박사과정 · \*\*한솔 SND 대표이사 ·

\*\*\*서울대학교 농업생명과학대학 생태조경 · 지역시스템공학부 석사과정 · \*\*\*\*서울대학교 농업생명과학대학 조경 · 지역시스템공학부 부교수

## I. 서론

국제재해경감전략기구(UNIDRS)에서 발표된 연도별 보고서에 따르면, 2015년은 기록 이래 가장 기온이 높은 해였으며, 지구 온난화로 인한 다양한 형태의 기상재해는 지속적으로 발생하고 있다(Kim *et al.*, 2020).

또한 NASA GISS 보고서에 따르면, 1880년도의 기온을 기준으로 약 1°C의 온도가 상승하였으며, IPCC는 21세기 동안 지구의 평균온도가 최하 1.1~2.9°C, 최대 2.4~6.4°C까지 상승할 수 있다고 예고하였다.

최근 보도자료를 확인했을 때, 기후변화 대응시설로서 쿨링포그 시스템의 사용이 증가되고 있으며, 서울특별시 · 대구광역시 · 광주광역시 등 폭염취약지역뿐만 아니라, 국가적인 사업으로 쿨링포그 시스템의 사용이 늘어날 수 있음을 알 수 있다(Kim *et al.*, 2020).

하지만, 쿨링포그 시스템과 관련된 국가적 기준 및 법령은 전무한 상태이다. 특히, 광화문 광장, 관악산 입구, 대구광역시 국제보상공원 등 각 지역을 대표하는 조경 명소 및 관광객의 방문 빈도가 높은 공간에 설치되는 사례가 많아 그 기준 마련이 매우 시급할 것으로 판단된다.

특히 국가적 스마트시티 도입으로 쿨링포그 시스템의 설비분야 · 시공분야뿐만 아니라, 이를 운영할 수 있는 통신장치와 운영 및 제어장치에 대한 전반적인 기준과 검증이 필요하다.

최근 건설기술연구원에서는 쿨링포그 시스템을 조경분야 수경시설에 삽입하기 위한 검증 연구를 시행하고 있으며, 이를 통한 기준 마련을 추진하고 있다. 본 연구는 국가기준 도입에 있어서, 적절한 한국형 쿨링포그시스템 기준이 구축될 수 있도록 사례조사 및 실증 실험 검증을 하는데 목적이 있다.

## II. 본론

### 1. 연구방법

본 연구의 연구 방법은 크게 세 가지로 나누어진다. 첫 번째는 정성적 연구 방법으로서, 국내외에 설치된 쿨링포그 시스템의 사례 조사를 실시하였다. 기존에 설치된 시설의 설계 · 시공 · 운영 방식 등을 조사 및 비교하여 국내에 적합한 형태의 기준 마련에 대한 조사를 실시하였다.

두 번째 연구방법은 쿨링포그시스템의 실내/외 테스트 및 검증을 통하여 기준에 대한 기능적 검토를 실시하였다. 실내실험은 경상남도 산청에 위치한 쿨링포그 시스템을 사용하였으며, 센서를 통한 데이터 수집을 실시하여 상/하향식 쿨링포그의 최적화 설계를 실시하였다.

실내/외 실험을 위해서 사용된 온도 센서는 Onset Computer사의 S-THC-M002를 사용하였으며, 풍향/풍속 센서는 동사의 S-WCF-M003을 사용하였다. 사용 펌프의 압력은 70 Bar로, 미스트의 온도는 17.5°C로 고정하여 실험을 진행하였다.

실내의 실험은 2021년 8월 10일부터 8월 11일까지 양일동안 실험되었으며, 하향식 쿨링포그 시스템은 높이 2.9m부터 약 40cm 간격으로 2.9m/2.5m/2.1m 세 가지 케이스의 온도저감효과를 검증하였다. 상향식 쿨링포그 시스템은 10cm/30cm/60cm/90cm 총 네 가지 케이스의 온도저감 효과를 검증하였다.

세 번째 연구 방법은 대구광역시 쿨링포그 실증 사례의 모니터링 값을 이용하여 Star CCM+ 기반의 쿨링포그의 온도저감 상관관계 및 신뢰도를 검증하였다. 이후에는 미스트의 설계에 기반한 4가지의 시나리오를 통해 Optimized 된 폭염저감 시나리오를 도출했다. 총 30개의 나노미스트를 추가로 설치하며, 풍향과 도로를 기반으로 구분하였다.

### 2. 연구결과

본 연구의 첫 번째 결과에서는 쿨링포그 국내의 사례를 분석

<sup>†</sup>: 본 연구는 쿨링포그시스템(Cooling Fog System)기준 마련을 위한 조경분야 수경시설(KDS 34 50 35/KCS 34 50 35) 건설기준 검증연구 용역과 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 스마트시티 혁신성장동력 프로젝트의 지원으로 수행되었음(과제번호: 19NSPS-B154559-02).

하여 각각의 평균 기준값을 구하고, 이를 기반으로 쿨링포그 설치기준 가이드라인을 제시하였다.

국내 기준을 살펴보았을 때, 펌프의 압력은 0~100 bar, 오리피스 크기는 0.085~0.3 mm, 물입자의 크기는 0.03 mm 이하로 분석됐다. 해외의 경우, 펌프 압력을 70 bar 이상으로 유지하는 모습을 볼 수 있었으며, 표준 오리피스의 크기는 0.15 mm, 물입자의 크기는 0.01~0.03 mm, 설치 높이는 1.2~1.5 m 사이를 유지하는 것으로 분석되었다. 쿨링포그가 폭염저감용으로 사용된 것은 그 시기가 비교적 짧아 많은 데이터베이스를 분석하는데 한계점이 있었다. 추후에는 더 많은 쿨링포그 시스템 사례를 분석하고, 시스템에 대한 연구를 통해 설치기준을 정량화하여야 한다.

두 번째 연구 결과인 상/하향식 쿨링포그 시스템의 온도저감 효과를 관찰하였을 때, 2.9m 높이에서 하향식 미스트는 온도 감변화를 관찰할 수 없었다. 반면, 미스트의 분사 높이를 2.5m로 조정하였을 때 Control 값은 각 31.2℃, 31.4℃, Test 값은 27.5℃로 나타났다. 이는 약 11.9%부터 12.4%까지 온도저감 효과가 있는 것으로 분석되었다. 2.1 m로 조절하였을 때 온도저감 효과는 -6.5℃에서 -6.6℃사이로, 약 20.4% 정도 온도저감 효과가 있었다(Table 1 참조).

Table 1. Temperature reduction effect of top-down cooling fog

쿨링포그 분사 높이	Test (쿨링포그)	Control A	Control B	Reduction ratio
2m 90cm	31.6	31.4	31.5	+0.1~+0.2
2m 50cm	27.5	31.2	31.4	-3.7~-3.9 (11.9~12.4%)
2m 10cm	25.3	31.9	31.8	-6.5~-6.6 (20.4%)

Unit of temperature and reduction: ℃.

상향식 쿨링포그의 경우, 10cm 높이에서 상향식 미스트를 분사하였을 때는 쿨링포그로 인해서 저감되는 온도는 각 -1.1℃에서 -1.3℃ 사이의 값을 보였다. 이는 Control에 비해서 약 3.5~4.1% 저감된 값이다. 미스트의 분사 높이를 30 cm로 조정하였을 때 Control 값은 각 31.3℃, 31.6℃, Test 값은 29.5℃로 나타났다. 이는 약 6.4%부터 7.3%까지 온도저감 효과가 있는 것으로 분석되었다. 높이를 60cm로 조절하였을 때 온도저감 효과

는 -3.8℃에서 -6.6℃ 사이로, 대략 11.1~11.7% 정도 온도저감 효과가 있었으며, 90cm로 조절하였을 때, 대략 16.5~17.2% 정도 온도저감 효과가 있었다(Table 2 참조).

Table 2. Temperature reduction effect of bottom-up cooling fog

쿨링포그 분사 높이	Test (쿨링포그)	Control A	Control B	Reduction ratio
10cm	30.3	31.4	31.6	-1.1~-1.3 (3.5~4.1%)
30cm	29.3	31.3	31.6	-2.0~-2.3 (6.4~7.3%)
60cm	28.7	32.5	32.3	-3.6~-3.8 (11.1~11.7%)
90cm	26.4	31.9	31.6	-5.2~-5.5 (16.5~17.2%)

Unit of temperature and reduction: ℃.

세 번째 시뮬레이션 결과 값을 살펴보았을 때, 모든 시나리오의 경우에서 10% 이상 온도저감 효과를 볼 수 있었다. 그중에서도 바람의 방향과 직각으로 된 형태의 시나리오 B가 가장 효율적인 배치로 판단되는데, 이는 미스트로 인해 저감된 대기온도가 바람을 타고 온도저감 대상지 내로 전파되는 효과가 있기 때문이다.

### III. 결론

본 연구는 최근 많이 사용되고 있는 쿨링포그 시스템의 국가적 기준 마련을 위해서 국내의 사례연구, 실내/외 테스트 및 시뮬레이션을 통한 검증을 시행했다는 데 의의가 있다. 추후 더 많은 케이스 스터디로 국가기준 마련에 근거기반(evidence-based) 데이터를 제공할 것으로 판단된다.

### 참고문헌

- Kim, J., S. Y. Lee and J. Kang(2020) Temperature reduction effects of rooftop garden arrangements: A case study of Seoul National University. Sustainability 12,15: 6032, pp. 1-17.
- 김재경, 강준석, 김희진(2020) 스테인리스 쿨링포그의 온도저감효과 검증을 위한 모델설계 및 실증 실험. 한국환경과학회지 29(6): 683-689.