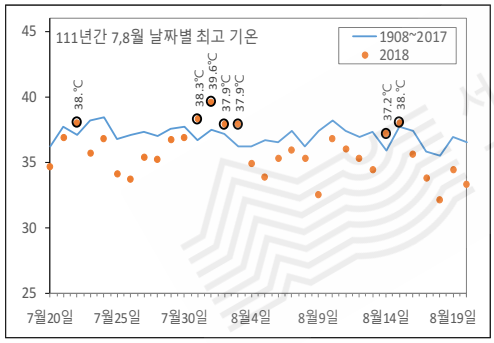
요약

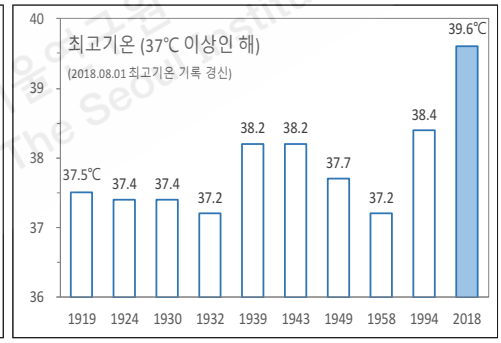
잦아지는 폭염에 효과적으로 대응하려면 서울시, 포괄적 열환경관리전략 마련해야

2018년 서울의 여름, 최고기온·폭염일수 최고치 '갈수록 덥고 길어져'

2018년 서울의 여름은 매우 뜨겁고 유난히도 길었다. 기온이 39.6℃까지 올라 111년의 기상관측 역사상 최고기온을 경신하였다. 폭염일수도 35일로 1943년 이후 75년 만에 최대치를 기록하였다. 열대야 지속일수 또한 26일로 1973년 이래 최장기간이라 한다. 이외에 7월, 8월 날짜별 최고기온도 7차례나 경신되었다.



[그림 1] 서울시 7, 8월 날짜별 최고기온



[그림 2] 최고기온이 37℃ 이상인 해

10년 평균 기준으로 서울의 여름철 기온 변화를 살펴보면, 1908년~1917년에는 여름철 평균기온이 23.2℃였으나 100년이 지난 2008년~2017년에는 25℃로 약 1.8℃가 상승하였다. 2000년대 들어서는 여름일수가 부쩍 증가하였다. 일 최고기온이 25℃ 이상인 날의 연중일수인 여름일수가 2001~2010년 평균은 약 122일이었지만, 2016년에는 136일을 기록하였다.

기상청 예측에 따르면, 21세기 후반기(2071~2100년) 서울의 여름철 평균기온은 29.8℃에 이르고, 평균 일 최고기온은 무려 40℃에 다다를 전망이다.[1] 또한, 여름일수는 146일로 일 최고기온이 25℃를 넘는 여름철 기후가 5개월가량 지속될 전망이고, 열대야일수는 72일로

2001~2010년 평균인 8.2일보다 63.8일 증가한 72일이 되어 9배가량 오르고, 폭염일수 역시 2001~2010년 평균 11.1일보다 62.3일이 많아진 총 73.4일로 6.6배가량 증가할 것이라 한다.

[표 1] 21세기 서울의 여름일수, 열대야일수, 폭염일수 전망(RCP 8.5 시나리오)

(단위: 일)

구분	현재 기후값 2001~2010	전반기 2011-2040	중반기 2041-2070	후반기 2071-2100
여름일수	121.8	126	142.7	146.2
열대야일수	8.2	17.9	41.9	72.0
폭염일수	11.1	22.0	38.6	73.4

서울, 인구밀도 높고 불투수 지표면적 상당… 고온·폭염에 취약한 환경

서울의 인구밀도는 17,000명/㎢로 매우 높다. 서울에서 건물이 차지하는 토지면적은 약 101.6㎢로 서울시 총면적의 약 17%이며, 673,000여 동의 건물이 있다. 높은 인구밀도와 빌딩숲에 더해 불투수 지표 면적 역시 상당하다. 서울의 주거·상업·공업 지역 등 시가화지역 366.5㎢ 내 불투수 지표 면적은 280.8㎢로 77%에 달한다. 특히, 불투수층 비율 80% 이상인 지역의 면적은 약 247㎢로 시가화지역의 67%를 차지한다.

서울은 도시화에 따른 공간상의 변화로 태양열 저장량 증가, 열흡수원의 감소, 인공열 배출 증가, 공기흐름 저하 등 고온과 폭염에 취약한 환경이 되어버렸다. 아스팔트와 콘크리트는 많은 열을 흡수·저장 후 배출하면서 폭염을 촉진한다. 포장된 지표면은 수분 증발을 막아 열에너지를 수증기로 전환하는 과정을 방해하고, 도시의 빌딩 역시 바람 통로를 막아 축적된 열기의 외부 유출을 막는다. 이 외에도 자동차 배기가스 및 건물의 냉난방열 등 인간 활동이 만들어내는 인공열도 국지적인 기온 상승에 영향을 미친다. 도시화로 인한 열환경 악화는 폭염 가중뿐만 아니라 열대야의 장기화를 초래하게 된다.

서울의 여름철 평균기온 상승은 대부분 밤 시간대 최저기온의 상승에서 기인하는 특성을 보인다.

---

1) 온실가스배출량감축 노력이 없이 온실가스 배출이 현재의 증가 추이를 유지하는 조건으로 예측한 결과임

2016년도 우리나라의 평균 열대야일수는 10.8일이지만 서울은 32일로 전국 평균의 3배에 달했다.[2] 또한, 2016년 서울시 열대야일수가 폭염일수(24일)보다 8일 더 많은 것으로 집계되었다. 서울의 열대야일수는 폭염일수와 달리 지속 증가했는데, 이는 기상현상과 밀접하게 연관된 폭염과 달리 열대야는 서울의 도시화의 영향을 받은 것으로 유추된다.

특히, 서울 내에서도 도시화가 발달한 지역일수록 폭염 강도가 높은 것으로 판단된다. 2016년 7월 한 달 동안의 평균 최고기온을 보면, 도시화 정도가 높은 강남 3구, 용산구, 양천구가 다른 구보다 높은 최고기온을 기록하였다. 이는 도시화에 따른 태양에너지 흡수량의 변화와 바람 세기 및 방향의 변화가 지역별 폭염의 강도에 영향을 주고 있다는 간접적 증거로 볼 수 있다.

2016년과 2018년 우리나라에 발생한 극심한 폭염은 일본, 인도, 태국, 이라크, 미국, 남아프리카공화국 등 세계 각지에서도 나타나고 있다. 인도와 아프리카 지역에서는 폭염과 함께 최악의 가뭄이, 미국 루이지애나, 중국, 파키스탄, 인도네시아 등지에서는 호우 및 폭우로 많은 재산 및 인명 피해가 발생하였다. 폭염·가뭄과 같은 이상기상현상이 전 세계적으로 더 잦아질 것으로 예상된다.

폭염, 기상재해 중 인명피해가 가장 많아…고령자·장애인 등에게 취약

2018년 온열질환자 수는 2016년 대비 전국적으로는 2.1배, 서울은 3.7배 증가하였다. 폭염은 온열질환뿐 아니라, 사망 등 대규모 인명피해를 입힐 수 있는 기상재해이다. 1995년 미국 시카고에 발생한 폭염으로 700여 명이 사망하였고, 2003년 유럽에 발생한 극심한 폭염으로 2만여 명이 사망하는 피해가 발생하였다. 한국에서 발생한 1994년 폭염으로 서울에서는 738명이 초과사망하였다.

폭염으로 발생한 초과사망자 수는 일반기상재해의 2배에 달한다. 기온 상승 및 폭염 지속일과 사망자 증가 관계에 관한 연구결과에 의하면, 기온이 29.9℃ 이상에서 1℃ 오르면 사망자가 3% 증가하고(기상청 보도자료, 2012.7.31), 7일 이상 폭염이 이어지면 사망자가 9% 증가한다

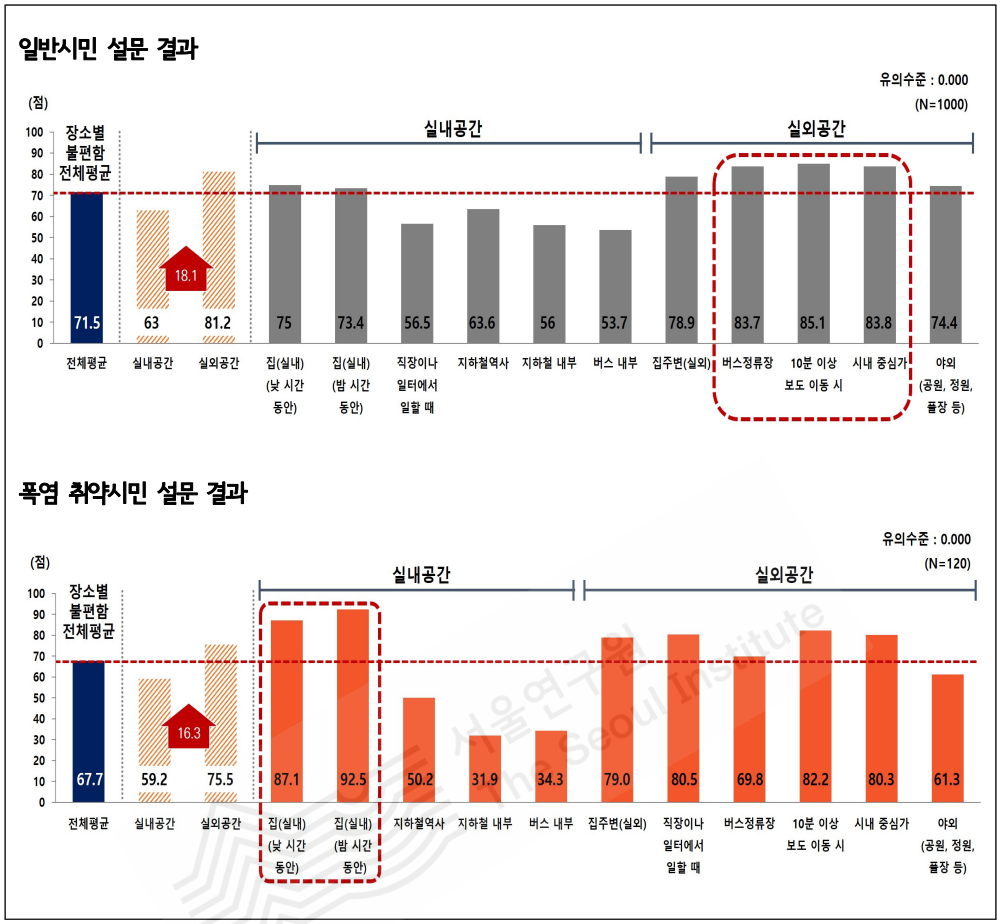
[2] 열대야: 오후 6시 1분부터 다음날 오전 9시까지의 최저기온이 25℃ 이상인 날

(김소연, 2004). 특히, 도시화가 많이 이루어진 지역일수록 폭염에 의한 사망자 수가 더욱 증가한다. 기상청이 1991년에서 2005년까지 15년간 6대 도시의 폭염에 의한 초과사망률을 추정한 자료에 따르면, 서울은 인구 천만 명당 19.8명으로 인천에 이어 두 번째로 높으며, 대구(6.9명)의 2.9배에 달한다.

전국적으로 폭염에 의한 연령별 사망자 수는 40대부터 급증하여 60대 이상 고령자가 전체의 58.7%를 차지한다. 즉, 고령자일수록 폭염에 취약하다는 것을 알 수 있다. 고령자뿐만 아니라 장애인 등 폭염에 취약한 시민에 적합한 폭염 대응방안이 필요하다. 장애인 인구는 약 39만 명으로 서울 총인구의 3.8%이며, 기초생활수급자 수는 약 25만 명으로 서울 총인구의 2.4%를 차지한다. 또한, 앞으로 20년 이내에 65세 이상 고령인구가 서울 인구의 25%까지 증가할 전망이다.

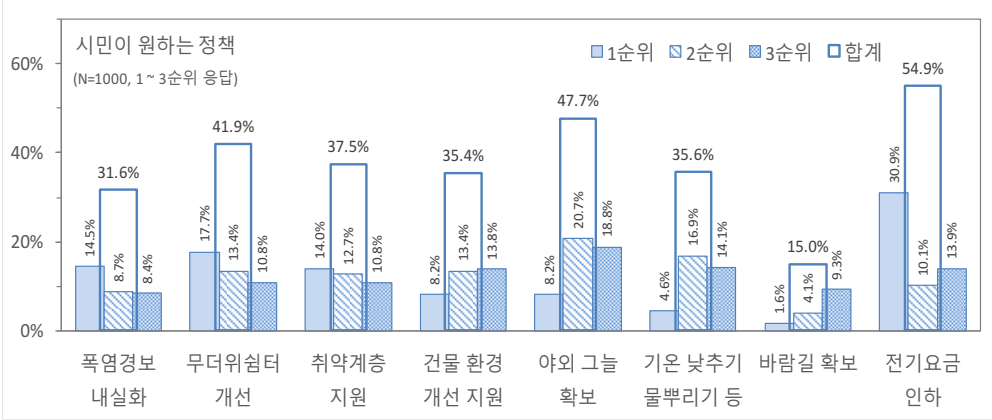
서울시민이 원하는 폭염대책, 전기요금 인하·야외 그늘 확보 등의 순

서울시민을 대상으로 폭염특보 인지 및 폭염 시 대비행동, 폭염 대응방안 등을 설문조사하였다. 폭염특보 인지율은 일반시민 93.4%, 폭염 취약시민 85%이었고, 일반시민의 폭염특보 수신율이 73.9%임에 비해 폭염 취약시민은 65%로 낮은 편이었다. 폭염 발생 시 행동변화에 대한 질문에는 서울시민의 25%가 폭염특보 입수 후에도 평소와 다름없이 행동한다고 응답하였다. 무더위쉼터에 관해 서울시민의 30% 정도만 무더위쉼터를 인지하고 있음을 확인하였다. 무더위쉼터를 이용한 경험이 있는 시민들은 무더위쉼터 이용에 가장 큰 걸림돌을 다양한 연령층에 대한 포용성 부족으로 꼽았다. 폭염 시 불편함을 느끼는 장소에 대해서는 일반시민은 보도, 시내중심가, 버스정류장 등의 야외활동과 대중교통 시설을, 폭염 취약시민은 밤 시간에 집에 있는 것을 가장 불편하다고 응답하였다.



[그림 3] 폭염 시 서울시민이 불편함을 느끼는 장소

시민이 원하는 폭염 대응정책 3가지를 물어본 결과, 전기요금 인하 54.9%, 야외공간 그늘확보 47.7%, 폭염대피소 개선 41.9%, 폭염 취약시민 지원 37.5% 등의 순으로 응답하였다. 1순위 응답은 전기요금 인하가 30.9%, 폭염대피소 홍보 및 개선이 17.7%, 폭염 대응 정보 안내 및 폭염경보 발령 내실화가 14.5%, 폭염 취약시민 지원 강화가 14.0%이었고, 2순위 응답은 야외공간 그늘확보가 20.7%, 물뿌리기 등을 활용한 기온 낮추기는 16.9%, 폭염대피소 개선이 13.4%, 건물 등의 환경개선이 13.4%로 나타났다. 3순위는 야외공간 그늘확보(18.8%), 물뿌리기 등을 활용한 기온 낮추기(14.1%), 전기요금 인하(13.9%), 건물 등의 환경개선(13.8%) 등이었다.



[그림 4] 서울시민이 원하는 폭염 대응정책 조사 결과

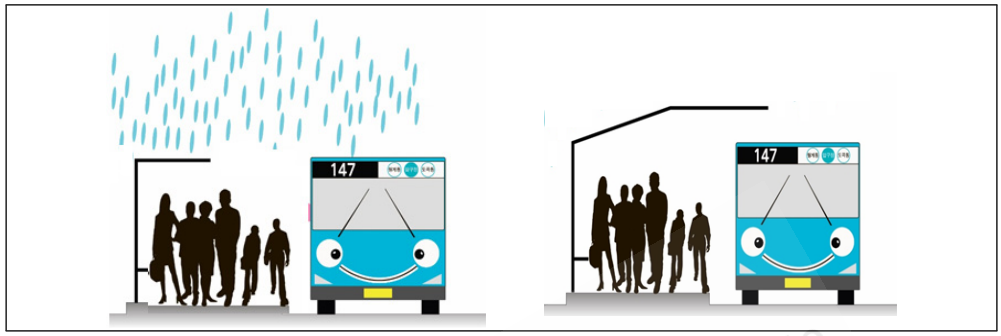
야외 그늘 형성, 시민이 원하고 서울시가 쉽게 시행할 수 있는 정책

서울시 정책에 우선적으로 반영할 수 있는 부분은 야외의 도보 공간 및 대중교통 시설에 그늘을 형성하는 것이다. 도보 환경 개선으로 녹음이 풍부한 가로수를 조성하여 여름철 도보공간에 햇빛을 차단하도록 한다. 이를 위해, 그늘확보 및 증발산을 고려한 가로수 관리 지침 마련, 과도한 가지치기(强剪定) 지양, 충분한 폭으로 가지 유지 등이 필요하다.



[그림 5] 과도하게 가지를 자른 가로수(왼쪽)와 녹음이 풍부한 가로수(오른쪽)

야외 버스정류장의 열환경 개선 방안으로 버스정류장 차양시설의 길이를 늘이고, 높이와 폭을 버스 지붕 위까지 확장하는 방법이 있다. 버스차양 개선을 통해 열기가 많은 도로에서 버스 이용자가 직사광선에 노출되는 상황을 예방할 수 있다. 또한, 쿨링포그를 설치하여 버스정류장 주변의 기온을 낮출 수 있다. 물을 20마이크론(μ) 이하의 미세입자 형태로 분사하면 공기 중의 열이 수증기로 전환되면서 주변 기온을 2~3℃ 낮추는 효과를 볼 수 있다.



[그림 6] 버스정류장 차양 확대(예시)

건물밀집 지역에는 옥상이나 벽면 등을 녹지화하여 도시 내 온도를 저감하는 효과를 볼 수 있다. 도심의 건물옥상을 녹화할 경우, 국지적으로 여름철 옥상 온도를 최대 2℃ 낮출 수 있다. 옥상 녹화 시, 태양광 발전 시설이 공존할 수 있는 솔라쉐어링 기법[3]을 적용할 수도 있다. 건물 벽면 녹화 방법으로는 그린월, 그린커튼, 미스트 샤워 등이 있다. 단독·다가구 주택지역은 도시농업과 연계하여 자투리 공간이나 옥상에 식용 작물을 재배할 수 있다.

수변공간 조성 역시 열환경 개선에 도움이 된다. 도시하천의 하상이나 둔치는 주변의 도로보다 온도가 낮아 냉각된 공기가 하천공간에 갇혀있어 상부의 도로면보다 낮은 기온을 유지할 수 있다. 도시열환경 개선효과를 고려한 하천복원을 통해 시민들에게 시원한 휴식공간도 제공할 수 있다. 또한, 물길 조성은 물의 증발을 극대화하여 주변의 기온을 낮추어 준다. 물길 조성 시 나무식재, 그린월, 그린커튼 등 녹화기법과 분수, 쿨링포그, 벽천 등 인공 물순환 기법을 융복합형으로 적용하여 기온저감 효과와 경관증진 효과를 극대화할 수 있다.

---

3) 태양광 패널면적과 채광면적의 비율을 적절히 설정하여 같은 부지에서 발전도 하면서 식물도 재배하는 기법

서울시, 열방출 최소화·열축적 방지 등 포괄적 열환경개선전략 세워야

서울시가 폭염에 효과적으로 대응하려면 포괄적인 열환경 관리 전략이 마련되어야 한다. “열을 방출하지 않을 것, 열을 저장하지 않을 것, 열기를 낮출 것”을 기본 전략으로 하여, 기반시설 및 건물, 야외 공간 등에 열환경을 개선할 수 있는 방안이 적용되어야 한다. 열을 방출하지 않도록 하기 위해서는 자동차·냉방기기·건물 등에서 나오는 열(인공배열)을 최소화해야 한다. 지면에 저장된 열은 기온상승의 주요 원인이므로, 녹지확대·물순환 촉진 등으로 열 축적을 방지한다. 사람은 물론 건물이나 시설도 되도록 열기를 낮추기 위해서는 차양, 보수성포장, 쿨링포그 등을 활용한다.

[표 2] 서울시 열환경 개선 전략과 실행과제

열을 방출하지 않을 것	열을 저장하지 않을 것	열기를 낮출 것
· 에너지 사용을 줄여 인공배열을 최소화 · 냉방기기 이용과 자동차 운행 시 발생하는 인공배열을 감소 · 건물의 단열·차열 시공으로 에너지효율을 향상 · 공조기기의 배열을 이용하여 물을 수증기로 변환시켜 기온상승을 완화	· 녹지확대, 물순환 촉진, 물과 지면을 개선하여 열을 축적하지 않을 것 · 수성 포장, 차열성 포장, 고반사성 도료 등을 활용하여 축열을 예방 · 벽면녹화, 옥상녹화, 운동장 잔디 식재, 연못 확대 등으로 축열을 예방 · 식물과 물을 이용하여 도시의 열기를 수증기로 변환	· 차양이나 쿨링포그 등을 설치하여 열기를 낮출 것 · 차양·녹화로 햇빛을 막을 것 · 보수성포장, 차열성 포장, 반사성 도료 등으로 도로나 벽면의 온도를 낮출 것 · 쿨링포그, 도로물청소 등으로 주변의 기온을 낮출 것 · 사람이 모이는 곳에 시원한 공간을 만들 것

무엇보다도, 서울시 열환경 관리를 위해 기후환경본부를 중심으로 안전총괄본부와 물순환안전국, 도시교통본부, 푸른도시국, 도시계획국, 주택건축국 등 서울시 내부 협력 체계가 구축되어야 한다.

서울시 행정 부서의 협력체계와 함께, 열환경 개선을 위해 미기상 자동측정망, 빅데이터 분석 활용 등 도시열환경 모니터링 시스템이 구축되어야 한다. 도시열환경 모니터링 시스템을 기반으로 서울시 세부지역별로 국지적인 폭염을 예측하고, 지역 특성을 고려한 효과적인 대응이 이루어질 수 있도록 ‘국지적 폭염 예측시스템’이 개발되어야 할 것이다.