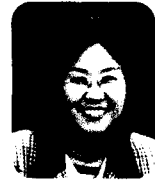


청계천 복원에 따른 열환경 개선효과의 실증



엄 항 희 | 기상연구원, 학술박사, 기상연구소, hhum@metri.re.kr

1. 도시의 열환경

도시가 점점 더워지는 고온현상이 일어나고 있다. 도시화에 따라 지표면 피복이 변하고 녹지와 수면이 적어지면서 증발에 의한 잠열이 감소하게 되면 대기 중으로 열이 축적된다. 또한 인구 밀집에 의한 많은 에너지 소비로 인공배열이 증가되어 대기로의 현열 및 복사가 증가함으로써 도심지에서는 주야간에 걸쳐

고온화 현상이 나타나게 된다(그림 1). 도시의 열환경을 결정하는 요인과 요소는 여러 가지가 있다. 위도와 해발고도, 해안으로부터의 거리, 식생의 유무 등의 자연적인 요인과 도시기능의 차이 등 사회적인 요인에 의해 도시의 열환경이 달라지며, 대기오염 등에 의한 일사환경, 인공배열 등에 의한 온도환경, 강수, 증발 등의 수문환경을 포함한 각 기상요소가 도시의 열환경을 더욱 복잡하게 하고 있다.

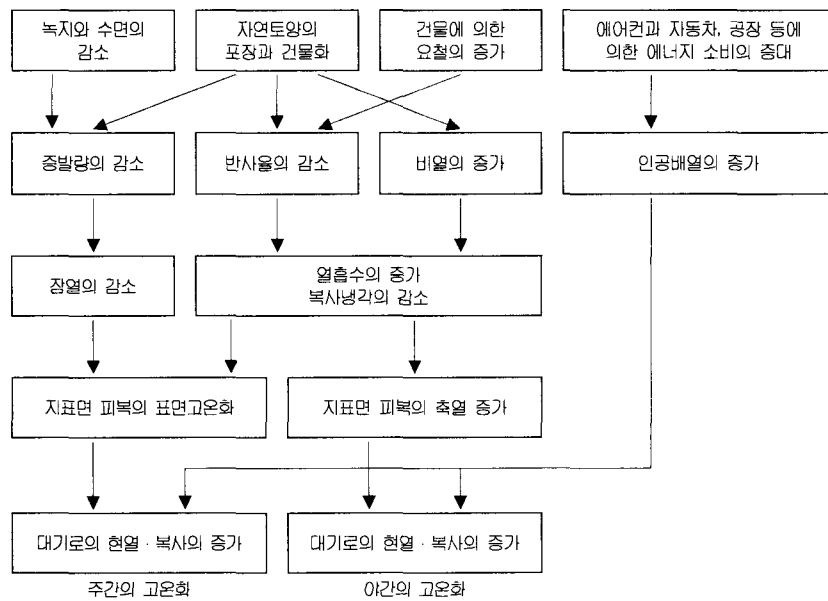


그림 1. 도시화에 의한 고온화

자연적인 요인과 요소는 크게 변화하지 않지만 사회적인 요인과 요소는 기술적으로나 정책적으로 개선 가능한 방법이 많이 있을 것이다. 최근 많이 알려진 도시의 온난화와 건조화를 범추게 하기 위한 하나의

방법으로 도심에 많은 하천과 녹지의 조성을 들 수 있다. 그러나 여기에는 한계가 있으며 도시의 기능을 충실히 하면서 쾌적한 도시 열환경을 유지하기 위하여는 아스팔트나 콘크리트 대신 침투성이 큰 지표면을

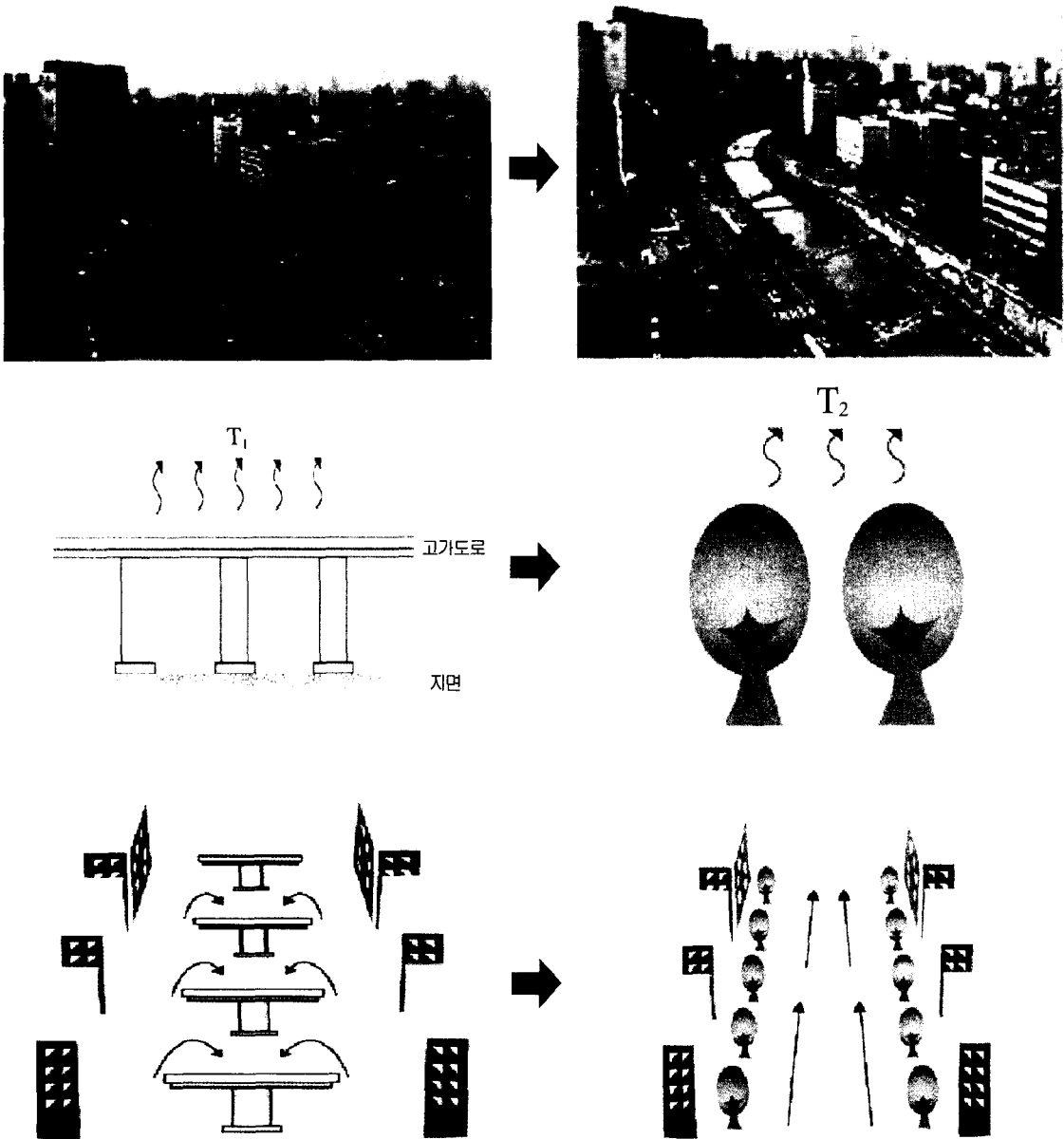


그림 2. 청계천 복원전과 후의 예상도(상) 및 전후의 열섬완화(중)와 바람길형성(하) 모형도

만드는 기술개발이 필요할 것이다.

하천 등 도시에서의 물은 도시를 구성하는 다른 지표면에 비해 표면온도가 낮고, 현열방출이 적으며 또한 증발에 의한 잠열 방출이 커져서 그 장소에서의 지표면이 대기를 데우는 효과가 적어진다. 도심지 내 이와 같은 공간은 그 규모면에서 결코 크지 않지만 때로는 도시와 교외의 기온 차에 상당하는 기온 차가 생길 수도 있다. 온도 분포는 풍향 및 풍속에도 크게 영향을 받으며 예를 들면, 하천의 흐름 방향과 바람이 평행하게 불 때는, 풍하측의 온도 분포에 따라서도 달라지겠지만, 하천 내외의 온도 차는 더욱 커지게 된다.

최근 서울시에서는 청계천 지역의 대규모 하천 복원사업을 시작하였으며, 이는 복원 후에 열환경 개선 효과가 나타날지 여부를 검증할 수 있는 좋은 기회라고 사료된다.

2. 청계천 복원공사

서울의 도심지내 청계천 지역에서 대규모 하천 복원공사가 2003년 7월 1일부터 시작되었다. 공사구간은 길이 약 5.84km로서 이러한 도심지내 대규모 복원사업은 세계적으로도 그 사례가 드물다. 청계천 구역의 수km에 이르는 고가도로를 철거하고 과거의 하천으로 복원하며 주변에 환경친화형 녹지공간을 조성하는 것이다.

세계의 많은 도시에서 도시환경의 재생에 대하여 관심을 가지고 있으며, 시가지에 자연친화형 비오톱을 재생하는 완화수법이 주목되고 있다. 또한 그 주변 환경에 미치는 생태학적 효과에 대해서도 관심이 집중되고 있지만, 이번 서울시의 청계천과 같은 대규모 복원사업은 세계에서 그 사례가 드물다.

이 사업의 효과는 여러 방면으로 다양하겠지만 특히, 환경개선효과로 본다면 우선 교통량의 감소에 의한 대기정화뿐만 아니라 바람길의 형성 및 하천 주변의 여름철 고온현상의 완화효과에도 주목이 집중되고 있다(그림 2). 도시의 열환경을 해석·평가하는 데는 대상으로 하는 지역의 온도, 습도 등의 시·공간적 기상관측 자료가 중요한 정보가 된다. 그러나, 이러한

평가를 위하여 지금까지는 도시기후 모델을 이용한 수치 시뮬레이션에 의한 평가만 이루어지고 있었으며, 실측에 의한 열환경 개선효과 등의 검증은 극히 미흡하다. 실측에 의한 검증을 위하여는 청계천 복원 전후의 관측과 충분한 관측지점 수의 확보가 이루어져야 한다.

일본의 경우, 최근 도시내 하천의 열섬 완화효과를 실증하기 위하여 실측에 의한 많은 사례 연구가 이루어지고 있으며, 독일의 경우, 많은 관측과 연구를 거쳐 실제 도시계획수립에 활용하고 있는 단계이다. 바람의 상세한 조사에 기초하여 청정한 기류를 시가지에 도입하기 위하여 엄격한 도시계획제도를 도입하여 도로, 공원, 건축물 등의 재배치를 포함한 도시정비 계획이 이루어지고 있다. 이와 같은 도시기후 보전을 위한 도시계획을 실현하기 위한 방법 중의 하나로 도시기후학자가 도시계획 수립에 큰 역할을 하고 있다. 청계천 사업 추진에서 하나의 아쉬운 점은 도시기후 연구에 있어서 환경 개선효과와 실측에 의한 검증은 그 선행 사례가 없는 절호의 기회임에도 불구하고 적어도 1년 전에 먼저 기상관측이 시작되지 않았다는 점이다. 시기적으로 늦은 감은 있지만 다행히 복원 전인 2003년 6월 중순부터 온·습도 관측을 시작하였으나 많은 아쉬움이 남는다. 어쩌면 세계적으로 대표적인 좋은 선행연구가 될 수 있는 기회였다고 생각된다.

3. 기상관측

기상연구소에서는 도심지내 복원 공사가 이루어지고 있는 청계천 구역을 대상으로 복원 전후의 기상환경 변화 분석을 위하여 집중관측을 하고 있다. 청계천 구역 관측대상 영역은 청계천 고가도로를 포함한 가로 약 6km, 도로 중심에서 남북으로 각각 500m 구역으로 그림 3과 같다(북위 37° 34' 39", 37° 38' 41", 동경 126° 59' 02", 127° 02' 33"). 관측기간은 온·습도 관측의 경우, 복원 전인 2003년 6월 19일부터 시작하여 복원 후 일정기간까지 계속될 것이며, 2003년 6월 19일부터 25일까지 1차, 8월 11일부터 17일까지

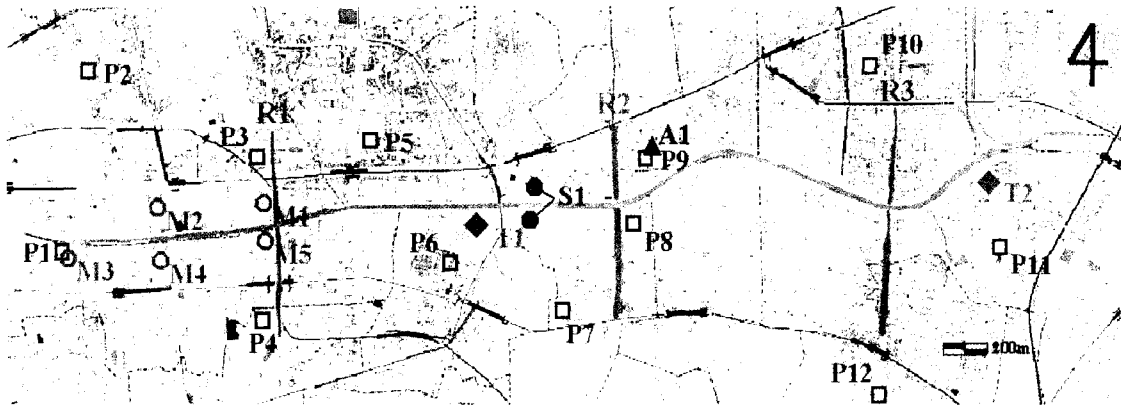


그림 3. 청계천 구역 관측 지점

2차 집중관측을 각각 7일간씩 실시하였다.

관측종류로는 그림 3에서 P1-P12의 12개 지점에서 백엽상에 온·습도계를 설치한 정점관측과 도로를 경계로 한 남북방향의 이동관측(R1, R2, R3), M1-M5에서의 이동관측, 청계천 고가도로에 인접한 학교 옥상에서의 AWS관측(A1), 지표면의 열적외 화상 측정(T1, T2, S1), 지면 현열 측정(S1), 존대를 이용한 연직 온도와 바람 측정(A1)등이 있다. 관측 시간 간격은 고정관측은 10분, 이동관측 2시간, 열화상 측정 30분, 존대 관측 3시간이다.

관측에 사용된 측기는 휴대용 온·습도계, 휴대용 온·습도·풍속계, Scintillometer, Thermography, 존대, 그리고 AWS에 설치한 각 기상요소 관측 측기이다. 관측요소는 기온, 습도, 기압, 바람, 복사, 지표면 온도, 현열 등이다. 그림 4는 지난 2003년 8월 집중관측시의 관측 모습이고, 그림 5와 6은 측정결과의 일부를 보여준다. 이동관측에 의하면 인구가 밀집되어 있는 구역은 온도가 높으며, 가로수가 많은 도로 및 공원에 인접한 도로 등에서는 낮은 경향으로 나타났다. 열적외 화상에 의한 지표면 온도는 고가도로와 보통의 지상도로에서도 시간대에 따라 온도 차이가 분명히 나타남을 알 수 있다.

4. 청계천 복원 후의 열환경 개선 효과 및 활용

청계천과 같은 도심지내 대규모 복원공사 사업은

세계적으로 그 예가 드물며, 실측에 의한 도시기후 모델 등의 검증에 위한 귀중한 자료가 될 것이다. 특히 복원 전후의 열환경 개선효과는 그 영향이 미치는 범위는 크지 않겠지만 열섬완화 효과는 예측될 수 있으며, 고가도로의 철거와 하천, 녹지로의 복원에 따른 바람 길의 조성 등을 기대할 수 있다.

복원 후의 지속적인 기상관측에 의하여 하천과 녹지의 열완화 효과를 정량화하여 향후 상세 도시기후 모델 개발 및 개선에도 기여할 수 있을 것이다. 이는 도시 구조물 존재여부에 따른 기상환경 변화 및 도시 열섬 원인 분석을 위한 자료로 활용할 수 있으며, 또한 도시지역 상세기후 모델 검증을 위한 Case Study 자료로 활용할 수 있을 것으로 사료된다.

5. 향후 계획

한일 공동으로 2003년 6월과 8월에 걸쳐 2차례 집중관측을 한 바 있으며, 향후 2004-2006년 8월에도 청계천 구역 집중관측을 계획하고 있다. 복원 전부터 시작된 상세한 기상관측 데이터에 추가하여, 더욱 세밀한 관측지점 자료와 3차원적인 기상관측 자료를 확보하여 청계천 복원에 따른 도시기후 완화의 정량적 평가가 가능하여짐과 동시에, 열수지 관측 결과를 포함하여 도시에서의 하천과 녹지의 도시기후 완화 효과의 메카니즘을 해석하고자 한다. 또한 향후 도시열섬 문제가 심각화 되고 있는 아시아의 대도시에서 갈

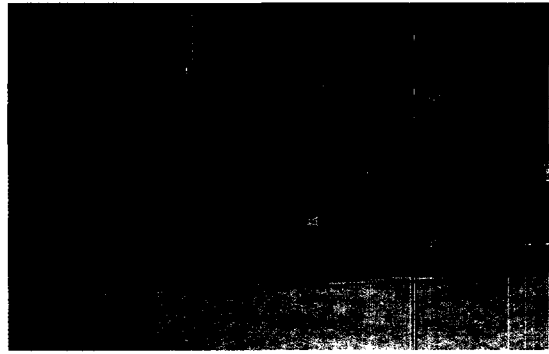
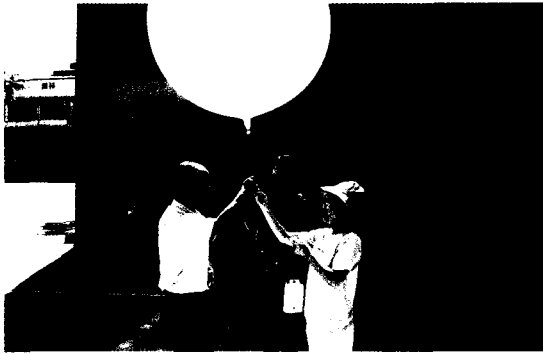
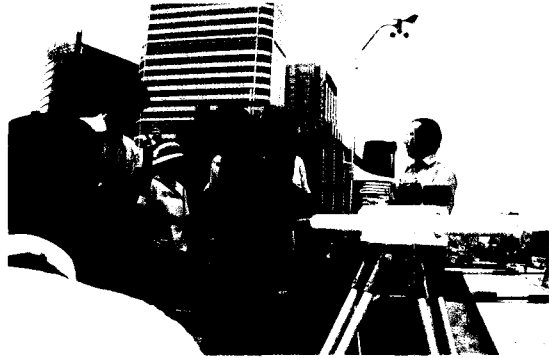


그림 4. 청계천 주변구역에서의 집중관측 모습(2003년 8월)

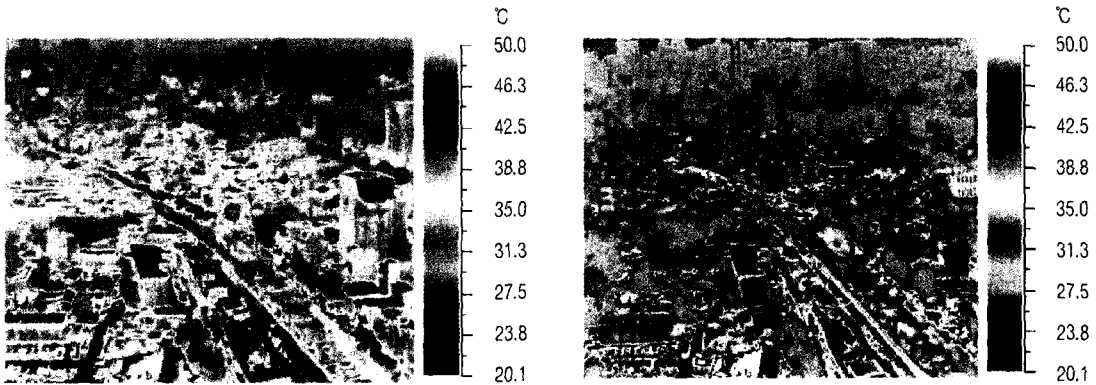


그림 5. 성동구청 건물옥상에서 측정된 청계천 고가 열적외 화상(상)

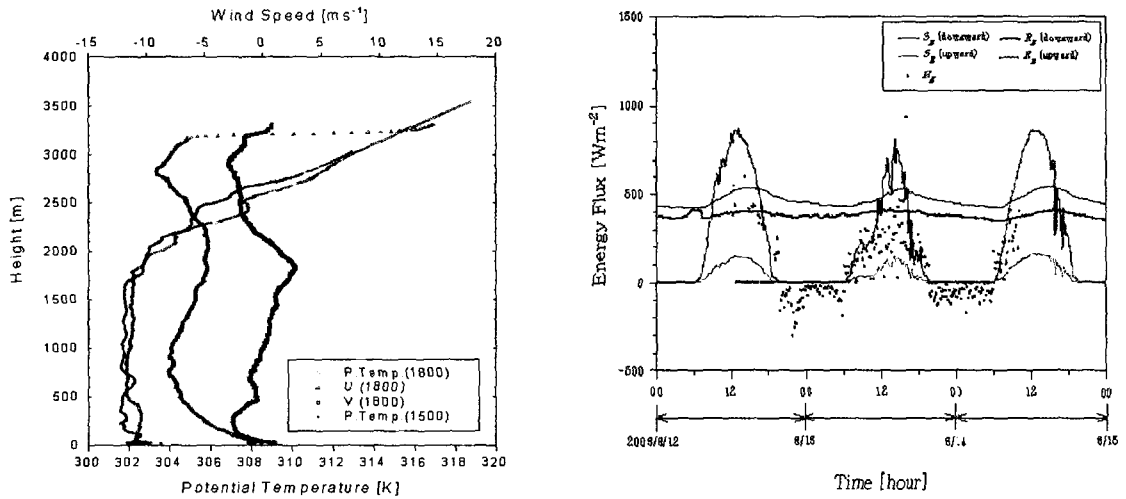


그림 6. 송신초교에서의 존데관측 및 신평화시장 건물옥상에서 측정된 현열(하)

은 형태의 대규모 도시 개조를 계획할 때, 급변 연구에 의한 실증 데이터와 그 정량적 평가 결과가 활용되어 질 수 있기를 기대한다.

본 연구는 21세기 프론티어연구개발사업인 수자원의 지속적 확보기술개발사업단의 연구비지원(과제번호: 6-1-2)에 의해 수행 되었습니다.