

옥상녹화 평지붕의 표면온도 저감효과에 대한 고찰

A Consideration On The Surface Temperature Reducing Effect Of Green Roof System Flat Roof

이 두 호* 이 응 직**
Lee, Doo-Ho Lee, Eung-Jik

Abstract

This study analyzed the measured value came out by the field test to verify the surface temperature reduction of the flat roof due to green roof, and confirmed the influence of the green roof based on it, and assessed the possibility of saving structures' energy and reducing CO₂ emission of structures.

For the actual measurement, the differences of the average atmospheric temperature of the green roof and non-green roof flat roof were 8.67°C and 0.787°C, and the average floor temperature gaps were 11°C and 2.008°C in October and November respectively. It was expected that if it's measured on around summer solstice that the temperature gets higher, the deviation of the surface temperature should be bigger, and it was confirmed that the green roof eventually raises insulating effect of structures and will influence on cooling and heating effects such as energy saving and insulating.

키워드 : CO₂ 감축, 건물 에너지 절감, 옥상녹화
Keywords : Reducing CO₂ , Reducing Building Energy, Green Roof

1. 서 론

1.1 연구 배경 및 목적

지구온난화가 심각해짐에 따라 전 세계적으로 이상기후를 느낄 수 있었는데 사계절이 뚜렷했던 한반도도 예외가 아니다. 한 연구 보고에서 여름은 아열대 기후를 보일 것이라는 결과가 나왔고 겨울은 북극의 고온현상에 따른 북극진동의 약화로 인해 간혀 있던 찬 공기가 중위도까지 내려와 북극 한파를 느낄 수 있어 지구온난화의 심각성을 각인 시켰다.

온실가스가 국제적인 문제로 대두됨에 있어 국내 환경부에서는 온실가스 환경영향평가제도 시행을 통하여 최근 2년 동안 2020년 국가 온실가스 감축목표 2억 4400만 톤의 4.7%에 해당하는 1147만 톤의 온실가스를 감축하는 효과를 거둘 수 있는 것으로 나타났다. 또한 탄소상쇄의 숲을 시범 조성하여 30년간 3700톤의 CO₂ 흡수를 할 것으로 기대하고 있다.

이와 같은 배경아래 에너지를 줄이고 기후변화대응을 하기 위하여 신·재생에너지의 확대보급이 시급해 질것이다. 그 중 옥상녹화를 그 대안으로 서울시에서는 부족한 녹지공간을 만들기 위해 '옥상공원 지원 사업'으로 50~70%까지 조성비용을 지원하여 작년 말까지 총 104개소의 녹색공원을 조성하였고 제주시에서는 조성 면적이 100㎡에 한

하여 900만원에서 1500만원까지 총 공사비의 50%로 하는 차등지원을 할 계획이다. 이를 이어 대구광역시, 광주시, 용인시, 청주시 등 여러 시·군에서도 저탄소 녹색성장 실현을 위한 옥상녹화 조성 지원 사업이 활발히 이루어지고 있다.

본 연구는 옥상녹화 조성으로 온도저감을 확인하기 위해 현장 실측을 통한 측정 값을 분석하고 이를 중심으로 옥상녹화의 효과를 확인하여 기후변화 대응과 온도저감으로 건물 에너지 절감에 대한 기초 연구 자료가 되고자 실험을 하였다.

1.2 연구 방법 및 범위

본 연구 방법은 인터넷과 관련 참고문헌을 통한 옥상녹화의 이론적 고찰을 확인하고 그 효과를 이해하며 현장실측은 평지붕, 박공지붕, 외쪽지붕 등 여러 지붕 중 평지붕 위 옥상녹화와 비 옥상녹화에서 2011년 10월과 11월의 오전 8시에서 오후 8시까지의 일정 시간을 정해 TR-71 온도측정계를 사용하여 실측을 시행하였다. 이에 그 효과를 확인하고 기존의 연구보고서와 실험적 연구를 통한 분석 및 결과에 대한 자료를 얻는데 있다.

실험적 연구 측정은 2011년의 여름에는 폭우로 인하여 부딪히하게 10월과 11월의 2차례에 걸친 실험으로 한정하여 실측 값을 분석한다.

2. 옥상녹화의 이론적 고찰

2.1 옥상녹화의 정의

* 주저자, 세명대학교 건설공학과 석사과정(dlemgh@nate.com)
** 교신저자, 세명대학교 건축공학과 부교수
(drlee@semyung.ac.kr)

우리나라의 옥상녹화는 정확한 개념을 두고 사용하지 않지만 포괄적인 용어로 옥상공원, 옥상조경 등으로 옥상에 녹지를 조성한다는 의미로 도시의 생태적 문제 해결과 쾌적성 향상을 동시에 추구하는 건축물 외피 조성 기술로 많이 사용되어지고 있다. 도심지의 녹지공간이 부족하고 유휴지로 방치되고 있는 공간을 활용하는 것은 물론 냉난방에너지 비용 절감이 가능하고 다양하게 활용 할 수 있다.

옥상녹화는 인공적인 구조물 위의 인위적인 지형, 지질의 토양층을 만들어 식물을 식재하거나 수 공간을 만들어 습지를 조성하는 등의 녹지 공간의 넓은 의미로 사용된다.¹⁾

2.2 옥상녹화 시스템 구성요소 및 기능

옥상녹화 시스템은 건물외피의 기능과 함께 건축으로 인해 파괴된 생태계를 건물 상부에 복원하여 자연의 순환 기능을 회복하고 생물의 서식기반을 제공하는 기능을 가진다.²⁾ 옥상녹화 시스템의 구성요소로는 <그림 1>과 같이 구성되어 있다.

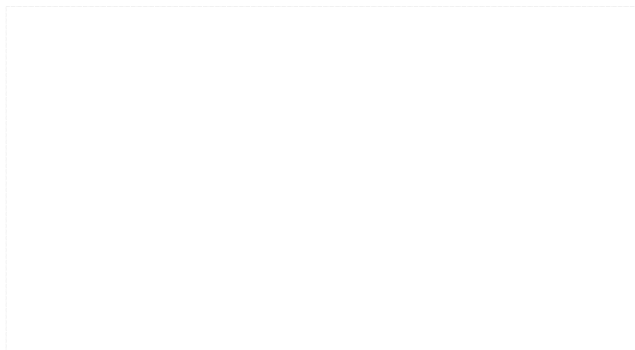


그림 1. 옥상녹화시스템을 구성하는 구조부, 식재기반, 식생층

위의 <그림 1>은 옥상녹화의 기본 구조 형태로서 건축물 또는 구조물 외피, 식재기반, 식생층으로 구성하며, 식재기반의 경우 배수층, 토양여과층, 육성 토양층으로 구성되고 구조부는 구조체(슬래브), 단열층, 방수 방근층으로 이루어진다.

표 1. 옥상녹화 시스템 구성요소의 기능³⁾

구분	구성요소	기능 및 내용
건축물 외피	구조안전 진단	· 인공지반으로서의 옥상녹화시스템을 지지하는 기능 · 옥상녹화시스템 적용의 전제 · 구조물의 허용능력 현장조사
	방수층	· 옥상녹화시스템의 수분이 구조체로 전달되는 것을 차단 · 구조물의 내구성에 가장 중요한 영향을 미침 · 구조진단과 함께 반드시 검토해야 할 전제조건 · 옥상녹화 특유의 안정한 방수소재, 공법이 요구
식재기반	방근층	· 식물뿌리로부터 방수층과 구조물을 보호하는 기능

1) 김지수, 옥상녹화의 온도저감 효과에 따른 PV효율 변화에 관한 연구, 세명대학교 대학원, 2011.02
2) 3) 출처 : 한국인공지반녹화협회

		· 시공시 기계적, 물리적 충격으로부터 방수층 보호
	배수층	· 녹화시스템의 침수로 인해 식물이 익사하는 것을 예방 · 시공 후 하자 발생이 가장 많은 부분으로 신중하게 설계
	토양여과층	· 빗물에 씻겨 내리는 세립토양이 시스템 하부로 유출되지 않도록 여과하는 기능 · 안전하고 내구성이 높은 소재요구
	육성 토양층	· 식물의 지속적 성장을 좌우하는 가장 중요한 하부기반 · 녹화시스템 중량의 대부분을 차지하므로 경량이 요구
식생층	식생층	· 녹화시스템의 최상부 구성요소로 토양층을 피복하는 기능 · 유지관리프로그램, 토양층의 두께, 토양 특성을 종합적으로 고려하여 식재소재 선택

2.3 옥상녹화의 효과

옥상녹화는 도시화로 인해 점점 사라지고 있는 녹지를 증가시켜 자연 상태의 녹지와 유사한 동식물이 서식할 수 있는 공간을 제공함으로써 도시 생태계를 복원하고 도시의 생물학적 다양성을 증진시키는데 중요한 역할을 수행하고 있다. 건축에서는 녹화 기능을 충족시키고 열섬 현상완화와 건물 에너지 절감을 할 수 있는 하나의 대안으로 옥상녹화를 이야기하고 있다.

옥상녹화를 통한 환경개선 효과의 모습은 아래 <그림 2>와 같다.



그림 2. 옥상녹화의 환경개선 효과

옥상녹화의 주요 기능은 경제적, 사회적, 환경적으로 나누어 볼 수 있으며 그 내용은 다음과 같다.

(1) 도시의 녹지 공간 확대 및 열섬현상완화

도시공간에 계속해서 늘어나는 건축물로 인해 녹지공간이 감소되고 훼손되어 쾌적한 생활공간이 점차 사라지고 있다. 특히 대도시에서 대기 환경의 문제와 기후 환경의 문제가 심각하게 대두됨에 따라 옥상녹화는 지상에서 확보하기 어려운 녹지량을 충분히 보상할 수 있는 유일한 대안이다. 이미 대도시에서는 열섬 현상으로 고온화가 되고 있어 악화 되어가는 도시환경을 보다 쾌적하게 개선해 나가기 위해서 많은 양의 녹지를 확보해야 한다.

(2) CO₂ 배출감소의 효과

옥상녹화의 식물과 토양이 이산화탄소, 질소화합물, 벤젠, 분진 등과 같은 중금속을 흡수하고 산소를 방출하여 공기를 정화시킨다.

일본의 건설 토목연구회 실험 결과에 따르면 4m의 나무가 1년 동안 흡수하는 이산화탄소는 약 11.5kg이며, 성인 1인이 배설하는 이산화탄소의 약 60kg이므로, 4m의 나무 5~6개 정도면 1인분의 이산화탄소를 처리한다는 것이다. 동경의 녹화가능공간에 모두 녹화를 할 경우 연간 이산화탄소 방출량의 0.47%, 연간 증가량의 36.4%를 절감할 수 있다고 보고 했다.⁴⁾

(3) 우수 조절 효과 및 수질 정화 효과

도시개발에 의한 불투수포장면은 우수유출량을 증가시켜 도시하천의 범람 등 재해를 초래한다. 옥상녹화는 토양층이 갖는 우수 보수능력에 의해 우수의 유출지연 및 저감효과를 볼 수 있다. 연구에 따르면 인공경량토심 10cm의 옥상녹화에서 48일간 총 강우량 249mm의 우수유출 저감률은 75%에 달한다고 한다. 또한 자동차 배기가스와 먼지로 인해 공기 중의 더러운 미세한 분진이 초기 우수에 섞여 있는데, 이러한 초기 우수는 토양층을 통해 여과하는 작용을 함으로써 수질 정화의 효과가 있다.

(4) 건축물의 내구성 증가 효과 및 소음저감

옥상녹화의 토양층은 자외선에 의한 옥상 표면의 방수층층 보호하고 콘크리트 노화를 방지하여 건축물의 내구성을 증가 시킨다.

토양층은 소리파장을 흡수하여 분쇄시킴으로서 소음을 경감시키는 역할을 한다. 기존의 콘크리트 옥상은 소리파장을 그대로 반사시키지만 토양층은 표층에 도달하면 일단 내부로 흡수시키는 효과가 있기 때문에 단파장이 경파장으로 변화되어 퍼지게 된다. 실제로 20cm의 토양층은 46dB 정도의 소음 경감 효과가 있다.

(5) 에너지 절약 및 심·미적 효과

옥상녹화는 열전도율이 낮아 외기 온도가 전달되는 시간이 오래 걸리기 때문에 건축물 냉·난방 에너지 절약에 상당한 효과를 가져 올 수 있다. 옥상녹화의 단열성능에 관한 정보제시를 목적으로 10cm 잔디식재에 의한 옥상녹화시스템의 단열성능 평가를 실시한 결과 하계 온도저감 효과에서 녹화 실시 전후 옥상표면이 10℃, 천정표면은 2℃로 나타나 단열효과로 인한 옥상 및 천정의 과열방지, 적정 실온 유지, 천정과 실온 간의 온도차 감소로 인한 실내 열 쾌적성 악화 방지효과를 지닌 것으로 나타났다.

그 밖에도 긴장감의 해소, 정신의 안정, 육체피로의 회복 촉진 등의 심적 효과와 건물 외관 향상 및 차폐, 가로경관의 향상 등 녹지가 있는 새로운 공간을 창출하여 추한 모습의 옥상을 변화시킬 수 있는 미적 효과가 있다.

3. 관련 연구 동향

3.1 옥상녹화의 온도저감효과에 관한 연구

국내에서 녹화관련 연구 및 기술개발이 활발히 이루어지고 있으며 가까운 일본의 경우, 건물녹화에 관한 과열방지 및 단열 효과에 대한 연구, 토심 및 방수, 배수 등에

관한 연구가 꾸준히 이루어지고 있다.⁵⁾

최근 대구, 광주, 용인, 청주시 등 지방도 옥상녹화 지원에 관한 조례안을 의결하여 CO₂ 배출 저감의 대안으로 옥상녹화를 추진하고 있다. 이에 국내에서도 많은 옥상녹화의 효과에 대한 실험적 연구를 실시 한 사례는 아래와 같다.

정재웅 외 2명은 학교 건물에서의 벽면 및 옥상녹화에 따른 에너지성능 평가에 관한 연구(2008.12)에서 M고등학교에 설치 된 옥상녹화 적용유무에 따른 열 측정결과 적용된 것과 적용되지 않은 옥상표면 비교 시 10℃정도의 차이를 보였고 15시경 온도차가 최대 3.5℃정도의 차이를 나타냈다. 이는 식물의 일사차단으로 인한 열 저감효과의 영향도 있었으나 이보다는 옥상녹화 층의 다양한 구성 재료로 인한 단열효과의 영향이 더 크다는 것을 알 수 있었다.

이춘우 외 2명의 옥상녹화의 녹화유형별 기온저감효과(2011.05)에서 잔디, 미식생, 플랜트(화분)녹화, 쇠석갈기, 혼합초, 녹색페인트 도색(방수층)을 녹화유형별 옥상환경을 조성하여 모의 실험을 실시하였다. 이에 실험 결과에서 옥상녹화를 적용한 유형의 실험구의 평균온도가 옥상녹화를 실시하지 않은 실험구의 평균 온도보다 1.38℃낮게 측정되었다. 그리고 옥상에 식물을 식재한 실험구의 온도를 비교하였을 경우 혼합초를 식재한 실험구의 평균온도는 28.4℃로 가장 낮게 측정되었고 플랜트(화분)로 식재했던 실험구의 온도가 28.7℃로 가장 높게 측정되었다. 이를 보아 옥상녹화 시 혼합초 등의 지피식물을 이용한 녹화방법이 기온저감에 가장 효과적이라는 것을 확인할 수 있었다.

김기형의 대도시의 옥상조경실태와 개선방안에 관한 연구(2008)는 한국건설기술연구원 실험 자료를 통해서 여름철의 경우 주간 시간대의 외기 온도 보다 옥상녹화시스템은 8℃정도 낮은 온도 분포를 보이고 콘크리트 표면은 15℃정도 높은 온도를 보여줬다 하였고 겨울철의 경우 최고온도와 최저온도의 온도차는 콘크리트 11℃, 옥상녹화의 경우 4℃로 콘크리트와 옥상녹화의 온도차는 6℃가 측정되어 옥상녹화 시스템은 겨울철 단열에도 상당한 효과가 있다고 하였다. 이와 같은 현상은 토양층 상부에 위치한 식생층의 일사차단효과와 증발산 작용에 의한 잠열효과 및 단열성능이 복합되어 영향을 미친다는 것을 알 수 있을 것이다.

김종민의 대도시에서의 옥상녹화 에너지 절약효과에 관한 연구(2009.03)에서는 옥상녹화의 에너지 절약 효과를 알아보기 위하여 국내 도시 7곳(서울, 부산, 광주, 인천, 울산, 대구, 대전)의 건물 옥상면적이 다른 건물과 주거·상업공간에 옥상녹화 전·후에 따른 냉난방 부하와 에너지의 변화를 비교 분석한 변화에 따른 시뮬레이션 실험을 실시하였다. 그 결과 옥상녹화 전·후의 부하 차이는 평균 약 27%가량의 감소 효과를 볼 수 있었고 면적의 변화율도 부하 변화율과 유사하게 나타나 옥상녹화 면적의 증가에 비하여 냉난방에너지 변화는 면적이 증가할수록 약 2~4% 감소 효과를 나타내 옥상녹화 면적이 많을수록 에너지 절약 효과가 큰 것을 확인할 수 있었다.

4) 이춘우 외 2명, 옥상녹화의 녹화유형별 기온저감효과, 제22권 제 3호 한국주거학회논문집, 2011.06

5) 토지주택 연구원, 그린홈 적용을 위한 옥상녹화 방안 연구, 2010.03

3.2 옥상녹화 적용으로 효과를 얻은 선행 사례

(1) 일본 오사카 - 난바파크⁶⁾

옥상녹화의 적용으로 효과를 얻은 곳은 가까운 일본 오사카 시내에서 남쪽으로 위치한 난바파크이다. 이 건물은 한국의 코엑스처럼 극장과 음식점, 쇼핑몰이 어우러진 복합 문화 공간이다.

옥상에는 총 300여 종, 7만그루의 나무가 심어져있고 높이가 3m에 달하는 수목도 700그루나 된다. 이는 야외 공원에서나 볼 수 있는 나무 높이이다. 미관적인 관점에서 기획된 게 아니라 친환경적인 컨셉트가 에너지 절약과도 직결된다.

이에 회사 측 실험결과 여름철 외부 기온이 섭씨 31.1℃일 때 옥상에서 녹화된 곳과 수목이 없는 콘크리트 온도는 각각 29.2℃, 45.6℃였고 같은 지역의 옥상에서도 녹화 여부에 따라 16.4℃의 차이가 났다고 한다.

중요한 점은 녹화를 통해 녹상 기온을 낮추면 그 아래에 위치한 점포 주변 온도가 상대적으로 낮아져 과거보다 에어컨 가동을 줄일 수 있다는 것이다. 이 회사 관계자 무라카미 하지메 영업부장은 “옥상녹화로 전기 및 가스 사용료를 연간 450만엔(6800만원)가량 줄였다”고 밝혔다.

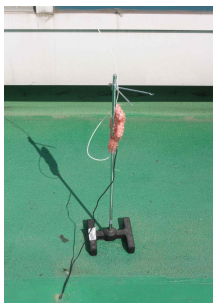
실제 단위면적당 발생열량을 보면 녹화된 곳은 시간당 38.8W/m²로 녹화가 안 된 옥상부(295.7W/m²)나 아스팔트(442.6W/m²)에 비해 크게 낮다. 또한 m²당 100W 전구로 치면 3~5개분의 열량을 줄이는 것이라면 난바파크는 녹화면적이 5300m²인 만큼 최대 2만 6000kW의 전력을 아끼고 연간 4.4t의 이산화탄소를 줄이는 셈이다.

4. 옥상녹화와 비 옥상녹화 평지붕 표면온도 변화 실측

이 실측은 위의 이론적 고찰과 옥상녹화의 적용에 따른 효과를 토대로 실측을 통해 실질적인 데이터를 확인하고자 온도 측정을 실시하였다.

4.1 장비 설치 및 온도측정

대전 서구 둔산동에 위치한 대전광역시청 5층의 옥상부에서 실험 및 측정을 실시하였다. 이 건물의 옥상녹화는 2009년 설치되어 전체 면적 2100m²에 1300m²를 녹화면으로 세덤류를 비롯하여 사철나무, 라일락 등 약 30여종의 식물을 식재하여 체계적인 관리가 이루어지고 있었다. 실측에서 장비 설치하는 세덤류인 잔디 위의 옥상녹화



<비 옥상녹화 온도계 설치 모습>



<옥상녹화 온도계 설치 모습>

그림 3. 온도계 설치 모습

6) 2010년 4월 4일 매일경제 MK뉴스

에서 실시하였다.

좌측으로는 비 옥상녹화 평지붕이고 우측은 옥상녹화 위에 온도계를 설치한 모습이다. 온도계는 TR-71U로 하나는 옥상 상부의 기온 측정을 위해서 약 1m 공중에 센서를 설치하고 다른 하나는 바닥표면에 설치하여 온도측정을 실시하였다.

측정기간은 2011년 10월 8일부터 12일까지 5일간 30분 단위로 오전 8시부터 오후 8시까지 12시간 실시하였고 2011년 11월 2일부터 6일까지 5일간은 1시간 단위로 실측을 시행 하였다.

4.2 실험적 데이터 결과 및 분석

결과의 분석을 위하여 아래와 같이 측정 값을 그래프로 나타내었다. 그래프는 비 옥상녹화 평지붕의 대기온도와 바닥면온도, 옥상녹화면의 대기온도와 녹화면 온도 측정값을 순서대로 나타내고 있다.

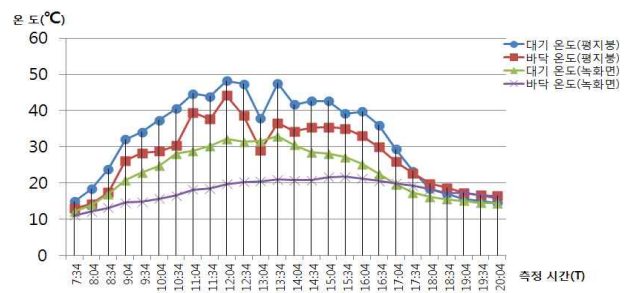


그림 4. 10/08 온도 측정 값

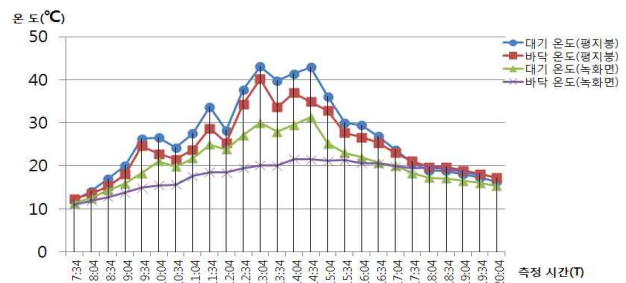


그림 5. 10/09 온도 측정 값

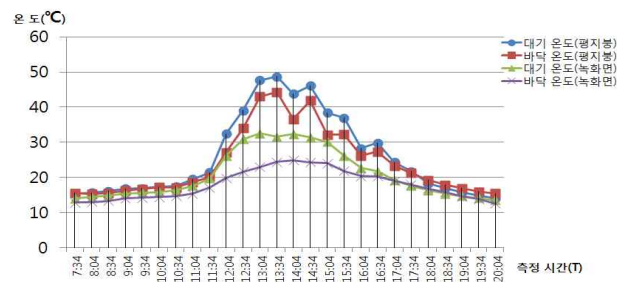


그림 6. 10/10 온도 측정 값

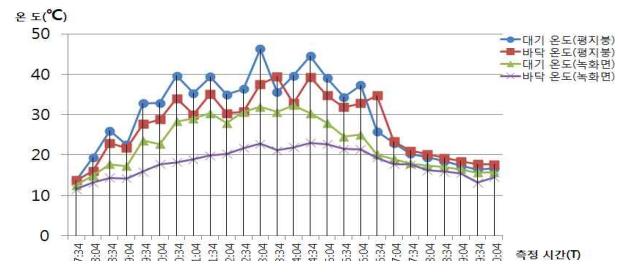


그림 7. 10/11 온도 측정 값

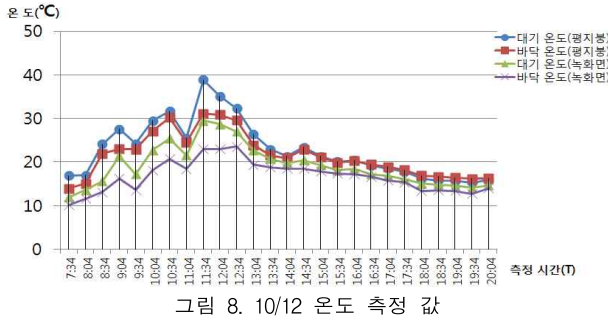


그림 8. 10/12 온도 측정 값

표 2. 10월 8일~12일까지 대기온도와 바닥면 온도의 온도차

날짜/시간	대기 온도(°C)			바닥면 온도(°C)			
	평지붕	옥상녹화	온도차	바닥면	녹화면	온도차	
10/08	11	44.7	28.9	15.8	39.5	18.2	21.3
	12	48.2	32.1	16.1	44.2	19.7	24.5
	13	37.8	31.6	6.2	29.1	20.5	8.6
	14	41.7	30.5	11.2	34.3	20.8	13.5
	15	42.6	28.1	14.5	35.4	21.6	13.8
평균온도	43.0	30.24	12.76	36.5	20.16	16.34	
10/09	11	27.5	21.7	5.8	23.7	17.6	6.1
	12	28.2	23.8	4.4	25.3	18.4	6.9
	13	43.1	30.0	13.1	40.2	20.1	20.1
	14	41.4	29.5	11.9	37.0	21.6	15.4
	15	36.1	25.2	10.9	32.8	21.2	11.6
평균온도	35.26	26.04	9.22	31.8	19.78	12.02	
10/10	11	35.3	29.0	6.3	30.0	18.9	11.1
	12	35.0	27.9	7.1	30.3	20.3	10.0
	13	46.3	31.9	14.4	37.5	22.8	14.7
	14	39.6	32.3	7.3	32.8	21.9	10.9
	15	39.1	27.9	11.2	34.7	22.7	12.0
평균온도	39.06	29.8	14.66	31.06	21.32	11.74	
10/11	11	19.5	17.6	1.9	18.7	15.4	3.3
	12	32.4	26.2	6.2	27.1	19.8	7.3
	13	47.6	32.5	15.1	43.0	23.0	20.0
	14	43.8	32.3	11.5	36.6	24.9	11.7
	15	38.4	30.1	8.3	32.1	24.0	8.1
평균온도	36.34	27.74	8.6	31.5	21.42	10.2	
10/12	11	25.5	21.6	3.9	24.5	18.4	6.1
	12	35.1	28.7	6.4	30.9	23.0	7.9
	13	26.4	22.7	3.7	23.9	19.4	4.5
	14	21.3	19.8	1.5	20.9	18.5	2.4
	15	21.3	19.3	2.0	21.1	17.9	3.2
평균온도	25.92	22.42	3.5	24.26	19.44	4.82	

위의 <표 2>는 일사량이 좋은 시간대로 11시~15시까지의 온도 차를 비교 분석한 것이다.

날짜별 각각의 평균 온도를 살펴보면 평지붕과 옥상녹화의 대기온도는 각각 8일은 43°C/30.24°C, 9일 35.26°C/26.04°C, 10일 39.06°C/29.8°C, 11일 36.34°C/27.74°C, 12일 25.92°C/22.42°C로 날짜별 12.76°C, 9.22°C, 14.66°C, 8.6°C, 3.5°C의 차이를 보였고 평지붕과 녹화면 지붕의 평균 바닥면 온도는 8일 36.5°C/20.16°C, 9일 31.8°C/19.78°C, 10일 31.06°C/21.32°C, 11일 31.5°C/21.42°C, 12일 24.26°C/19.44°C로 날짜별 16.34°C, 12.02°C, 11.74°C, 10.2°C, 4.82°C의 차이를 보였다. 측정기간 동안의 낮 시간대에 대한 평균적 온도차로 대기 온도의 온도차는 8.67°C였고 바닥

면의 온도차로는 11°C로 나타나 옥상녹화가 된 지붕의 온도가 대기온도와 바닥면 온도에서 더 낮은 온도 값이 측정되었다.

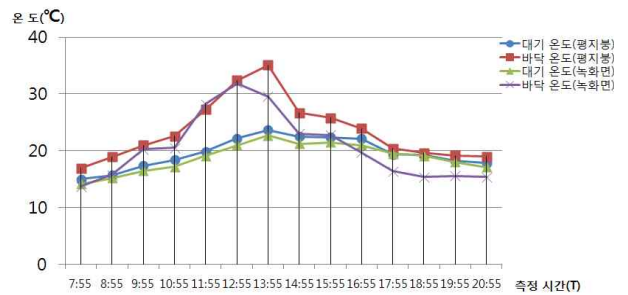


그림 9. 11/02 온도 측정 값

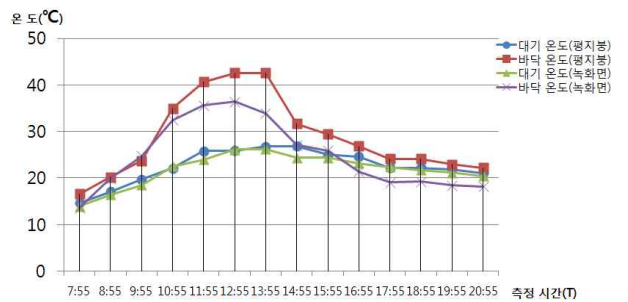


그림 10. 11/03 온도 측정 값

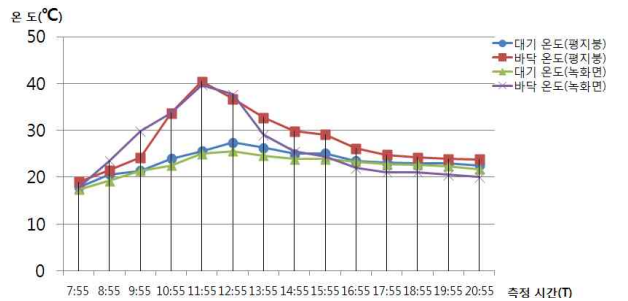


그림 11. 11/04 온도 측정 값

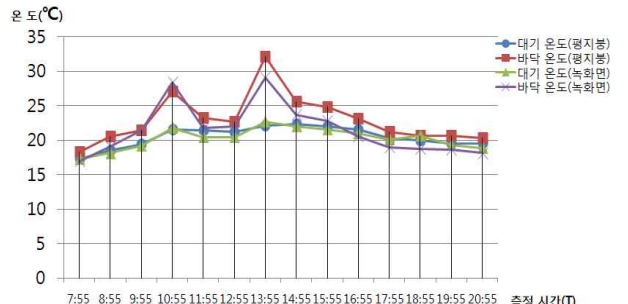


그림 12. 11/05 온도 측정 값

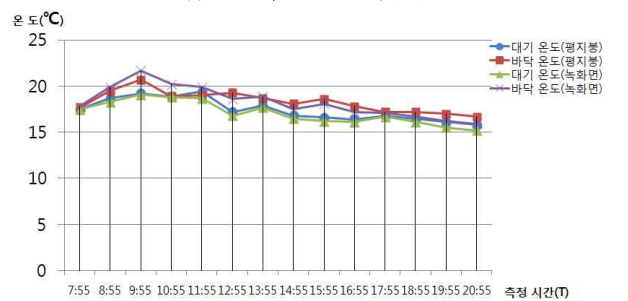


그림 13. 11/06 온도 측정 값

표 3. 11월 2일~6일까지 대기온도와 바닥면 온도의 온도차

날짜/시간	대기 온도(°C)			바닥면 온도(°C)			
	평지붕	옥상녹화	온도차	바닥면	녹화면	온도차	
11/02	11	18.4	17.2	1.2	22.6	20.5	2.1
	12	19.9	19.1	0.8	27.3	28.2	-0.9
	13	22.2	21.0	1.2	32.4	31.9	0.5
	14	23.7	22.7	1.0	35.1	29.6	5.5
	15	22.5	21.2	1.3	26.7	23.0	3.7
평균온도	21.34	20.24	1.1	28.82	26.64	2.18	
11/03	11	22.1	22.5	-0.4	35.0	32.5	2.5
	12	25.8	24.0	1.8	40.7	35.6	5.1
	13	25.9	26.1	-0.2	42.6	36.4	6.2
	14	26.8	26.2	0.6	42.6	33.9	8.7
	15	26.9	24.4	2.5	31.7	27.1	4.6
평균온도	25.5	24.64	0.66	38.52	33.1	5.42	
11/04	11	24.0	22.5	1.5	33.7	33.8	-0.1
	12	25.6	25.0	0.6	40.4	39.7	0.7
	13	27.4	25.6	1.8	36.7	37.7	-1.0
	14	26.3	24.6	1.7	32.7	29.0	3.7
	15	25.0	23.9	1.1	29.8	25.5	4.3
평균온도	25.66	24.32	1.34	34.66	33.14	1.52	
11/05	11	21.5	21.7	-0.2	27.0	28.4	-1.4
	12	21.4	20.4	1.0	23.2	21.7	1.5
	13	21.2	20.4	0.8	22.7	22.0	0.7
	14	22.1	22.6	-0.5	32.1	29.1	3.0
	15	22.3	22.0	0.3	25.6	23.7	1.9
평균온도	21.7	21.42	0.28	26.12	24.98	1.14	
11/06	11	18.9	18.8	0.1	18.9	20.2	-1.3
	12	19.4	18.7	0.7	19.0	19.9	-0.9
	13	17.2	16.8	0.4	19.3	18.6	0.7
	14	17.9	17.7	0.2	18.7	18.9	-0.2
	15	16.8	16.5	0.3	18.1	17.5	0.6
평균온도	18.04	17.7	0.34	18.8	19.02	-0.22	

이후 한 달이 지난 11월 2일부터 6일까지의 온도측정을 추가 실시하였고 위의 <표 3>은 <표 2>와 동일한 시간대의 온도 차를 비교 분석한 것이다. 태양고도가 낮아짐에 따라 일사량이 적어져 기온이 내려갔지만 온도차를 확인 할 수 있었다. 11월도 마찬가지로 날짜별 각각의 평균 온도를 살펴보면 평지붕과 옥상녹화의 대기온도의 평균은 각각 2일은 21.34/20.24°C, 3일 25.5°C/24.64°C, 4일 25.66°C/24.32, 5일 21.7°C/21.42°C, 6일 18.04°C/17.7°C로 날짜별 1.1°C, 0.66°C, 1.34°C, 0.28°C, 0.34°C의 차이를 보였고 평지붕과 녹화면 지붕의 평균 바닥면 온도는 각각 2일은 28.82°C/26.64°C, 3일 38.52°C/33.1°C, 4일 34.66°C/33.14°C, 5일 26.12°C/24.98°C, 6일 18.8°C/19.02°C로 날짜별 2.18°C, 5.42°C, 1.52°C, 1.14°C, -0.22°C의 차이를 보였다. 6일날의 평균 온도에서 녹화면 보다 평지붕 바닥면의 온도가 더 낮게 측정되었다 이것 또한 녹화면의 온도는 일정 온도를 유지하는 반면 평지붕의 바닥면은 온도 변화가 되는 것을 알 수 있었다. 전체적인 평균 대기온도의 온도차는 0.787°C였고 바닥면 온도차는 온도변동이 미미하였으나 2.008°C의 값을 보여 여전히 옥상녹화의 바닥면의 온도가 낮게 나타났다. 이 시기 옥상녹화 지붕의 바닥면 온도는 겨울에 접어들며 낮아진 기온 영향으로 10월보다 조금 낮아지는 경향을 보였지만 비 옥상녹화 지붕면 보다는 상온을 유지함을 알 수 있다.

5. 결론

본 연구는 이론적 고찰을 토대로 옥상녹화 조성으로 온도저감을 확인하기위해 현장 실측 연구를 통해 분석 및 결과를 내어 이를 중심으로 옥상녹화의 효과를 도출하여 기후변화대응과 온도저감을 통한 건물 에너지 절감에 대

한 기초 연구 자료가 되고자하는 목적으로 실험을 실시한 결과 아래와 같은 결과가 나온 것을 알 수 있었다.

이에 대한 내용의 실험·분석을 통하여 옥상녹화 적용에 따른 주요 특징을 정리하면 아래와 같다.

- 10월 8일에서 12일까지 날짜별 각각 평균 대기온도차는 12.76°C, 9.22°C, 14.66°C, 8.6°C, 3.5°C와 바닥면 온도차는 16.34°C, 12.02°C, 11.74°C, 10.2°C, 4.82°C로 나타났으며 전체적인 평균 대기온도차로는 8.67°C를 나타냈고 바닥면 온도차는 11°C를 나타냈다. 11월 2일에서 6일까지의 날짜별 각각 평균 대기온도차는 1.1°C, 0.66°C, 1.34°C, 0.28°C, 0.34°C와 바닥면 온도차는 2.18°C, 5.42°C, 1.52°C, 1.14°C, -0.22°C의 차이를 보이며 전체적인 평균 대기온도차는 0.787°C를 나타냈고 바닥면 온도차는 2.008°C의 값을 확인 할 수 있어 옥상녹화의 온도저감효과와 온도유지효과를 나타냈으며 이를 토대로 건물의 에너지 절감과 건물 내·외 온도에 영향을 미칠 수 있다는 자료 마련 도움이 되었다.

앞서 연구동향에서 말한 듯 옥상녹화의 적용에 따른 실험적 연구를 통해 녹화가 온도저감과 온도 유지, 냉·난방 효과가 있다는 것을 확인 할 수 있었다.

- 시기적으로 2011년의 여름은 폭우로 인하여 늦가을에 실시하게 되었으나 태양의 고도가 높아지는 하지를 중심으로 한 여름에는 일사량이 높아지므로 표면온도 편차는 더 클 것으로 예상할 수 있다.

- 향후, 본 연구 결과를 바탕으로 옥상녹화 건물의 내·외 온도 변화를 비교·분석하여 건물 내와 건물 주변의 에너지 절감의 효과 및 이산화탄소 배출 상황을 구체화하고자 한다.

감사의 글

본 논문은 교육과학기술부의 ‘일반연구자지원사업’에 의해 수행된 연구(2011-0006120)의 일부분임.

참고문헌

1. 김지수, 옥상녹화의 온도저감 효과에 따른 PV효율 변화에 관한 연구, 세명대학교 대학원, 2011.02
2. 한국인공지반녹화협회 <http://www.ecoearth.or.kr>
3. 2010년 4월 4일 매일경제 MK뉴스
4. 이춘우 외 2명, 옥상녹화의 녹화유형별 기온저감효과, 제22권 제 3호 한국주거학회논문집, 2011.06
5. 토지주택 연구원, 그린홈 적용을 위한 옥상녹화 방안 연구, 2010.03
6. 김종민, 대도시에서 옥상녹화 에너지 절약효과에 관한 연구, 동명대학교 건축공학과, 대한건축학회지연합논문집, 2009.03
7. 정재웅 외 2명, 학교건물에서의 벽면 및 옥상녹화에 따른 에너지 성능 평가에 관한 연구, 영남대학교 대학원, 2008.12
8. 2012년 1월 31일 HK 환경일보 기사내용

투고(접수)일자: 2012년 3월 7일
 수정일자: (1차) 2012년 4월 20일
 (2차) 2012년 5월 31일
 게재 확정일자: 2012년 6월 3일