

도시열섬 적응능력 제고를 위한 옥상녹화 중점지역 선정 방안

박 은 진

경기개발연구원 환경연구소

Selection of Green Roof Initiative Zone for Improving Adaptation Capability against Urban Heat Island

Park, Eun-Jin

Department of Environmental Studies, Gyeonggi Research Institute.

ABSTRACT

The improvement of adaptation capability against heat island (ACHI) by greening buildings is considered as an important measure to cope with a climate change. This study aimed to select the most appropriate zones for green roof initiative in case study sites, Bucheon, Anyang, and Suwon Cities and to investigate the characteristics of buildings for greening to improve ACHI. Relative ACHI for each lot was estimated from 0 to -9, assuming that it decreases with the distance from green space and waterbody. Low adaptation capabilities were mostly shown in the old urban blocks with dense low-rise buildings and lack of green space. Three blocks with the lowest ACHIs were chosen as a green roof initiative zone in each city. They are largely residential areas including low-rise buildings such as single, multi-household houses, townhouses, 5 or lower story apartments and few are industrial areas crowded with small factory buildings. The areas of building roof available for greening are 8.8% within the selected zones in Bucheon City, 5.3% in Anyang City, and 4.9% in Suwon City. As it were, 25.2~41.7% of the roof top areas are available for greening in these zones. It means that roof top areas of 25,000~120,000m² can be used for greening within the selected zones of 0.64~1.65km² to improve ACHI. The approach and results of the study are

First author : Park, Eun-Jin, Department of Environmental Studies, Gyeonggi Research Institute,
Tel : +82-31-250-3166, E-mail : parkej@gri.kr

Corresponding author : Park, Eun-Jin, Department of Environmental Studies, Gyeonggi Research Institute,
Tel : +82-31-250-3166, E-mail : parkej@gri.kr

Received : 16 January, 2014. **Revised** : 13 February, 2014. **Accepted** : 10 February, 2014.

significant to provide a logical basis and information on location, scale, effect, and target figure of greening as a measure to cope with climate change.

Key Words : *Climate change, Land cover, Green space, Green building.*

I. 서 론

도시지역은 도로 포장이나 건물 등으로 인해 주변지역보다 지표면이 더 어둡고 녹지면적은 부족하다. 이러한 차이는 기후, 에너지 수요, 거주 쾌적성 등에 영향을 미치게 된다(HIG, 2005). 전 세계적으로 도시지역의 온도가 농촌 지역보다 더 빠르게 증가하고 있는 것이 관찰되었는데 Akbari(2005)는 과거 30~80년 사이에 미국과 중국, 일본의 11개 대도시의 온도 변화를 분석한 결과 10년마다 0.1~0.5°C 상승했다고 보고했다. 이와 같이 도심이 주변 지역보다 높은 온도를 보이는 열섬현상은, 도심의 고밀도 개발에 따라 증발산 또는 증발에 의해 대기 온도를 낮추는 녹지공간이 부족해지는 반면 열반사율이 낮은 불투수면의 아스팔트와 건물이 증가하고 에너지 사용량 및 배기열이 증가하기 때문인 것으로 알려져 있다(Landsberg, 1981; Quattrochi and Ridd, 1994; Rosenzweig et al., 2005; Imhoff et al., 2010).

이중에서 특히 도시지역과 주변지역의 토지 피복 차이, 즉 식생의 양 차이가 지표면 온도의 차이를 가져온다는 실증적 연구들이 많다(Lo et al., 1997; Gallo and Owen, 1999; Lee and Jo, 2006; Kim and Yeom, 2012). Kim and Yeom (2012)은 일산신도시 사례연구에서 건폐율이 높은 저층 단독주택 지구보다 건폐율이 낮고 녹지율이 높은 고층 아파트단지의 지표면 온도가 현저히 낮음을 보여주었다. 또한, 토지피복 유형에서 건물이나 도로 등 도시화지역의 면적이 증가할수록 지표면 온도가 증가하고, 식생

과 수면, 그림자 지역의 면적이 늘어날수록 지표면 온도는 떨어진다고 보고하였다.

이러한 점에 착안하여 지표면의 반사율을 높여주거나 수목을 식재하여 효과적으로 도시열섬이 완화되었다는 보고도 많으며(Cummings et al., 2007; Liu and Bass, 2005; Rosenzweig and Solecki, 2006), 이에 따라 정책적으로 옥상 녹화 등 건물녹화가 활발히 이루어지는 추세이다. 특히, 지구온난화에 대한 우려가 커져가면서 미국과 독일, 일본의 대도시 건물 밀집지역에서 옥상은 열섬현상을 완화시키고 부족한 녹지공간을 보완할 수 있는 매우 중요한 공간으로 받아들여져 적극적 옥상녹화 지원과 사업화가 이루어지고 있다(Kim et al., 2008; Kwon and Kim, 2007). 국내에서도 지자체 차원에서 옥상녹화 지원조례를 제정하고 건물녹화 지원 사업을 추진하고 있으나 열섬에 대한 적응능력 향상의 목적보다는 녹시율 증진 및 도시미관 개선, 정원 휴게공간의 확보가 더 강조되었다(Park et al., 2010). 또한, 전체 녹화 가용면적 중 극히 일부만, 그것도 산재된 개별 건물별로 녹화가 이루어져 도시 전체의 온도를 낮출 수 있는 효과는 기대하기 어렵다.

개별 건물의 옥상면적은 비록 작지만, 도시에서 가장 많은 면적을 차지하고 있는 것이 건물이기 때문에 전체적으로 옥상을 녹화할 경우 도시의 온도를 낮출 것으로 기대할 수 있다. 몇몇 미기상 모델링 연구 결과들은, 옥상녹화에 의한 건물표면 온도의 저감이 실제 도시 전체 대기 온도 저감에 기여하기 위해서는 도심의 건물 밀집지역을 집중적으로 녹화하는 것이 효과적임을 보

여준다. Liu and Bass(2005)가 캐나다 토론토를 대상으로 한 연구에 따르면, 도심지에서 건물옥상의 50%를 녹화할 경우 도시 전체 기온이 0.8~1.0°C 감소하는 것으로 예측하였고, 옥상녹화지에 관수를 해줄 경우 추가적인 증발에 의해 2°C 까지 도심의 대기온도가 내려갈 것으로 예측했다. Rosenzweig and Solecki(2006) 또한 뉴욕시에서 전체 가용한 옥상면적을 모두 녹화한다고 가정하고 옥상으로부터 2m 상공의 대기 온도를 시뮬레이션 한 결과, 도시 전체의 하루 평균 온도가 0.2°C 감소하고, 오후 3시 온도는 0.4°C 감소하였으며, 일부 높은 감소를 보이는 구역들은 최대 1.0°C까지 감소하는 것으로 보고하였다.

본 연구는 시가화비율이 높은 수원시, 안양시, 부천시를 대상으로 녹지가 부족하여 도시열섬에 대한 적응능력이 약한 지역을 상대적으로 비교 분석하여 옥상녹화 중점지역을 선정하고, 해당 지역에서 옥상녹화 가능건물의 유형과 면적 등 특성을 조사함으로써 도시열섬 적응능력을 제고시킬 수 있는 방안을 제시하고자 하였다.

II. 연구 내용 및 방법

1. 조사 대상지

환경부에서 제공한 토지피복 중분류도 영상 자료를 통해 시가화비율이 높은 지역을 살펴본 결과 부천시, 수원시, 안양시가 각각 70.2%, 50.0%, 46.8%로 경기도에서 가장 높은 것으로 조사되었다. 시가화면적 비율이 높은 지역은 상대적으로 건물 밀집도가 높고 인구가 많아 도시열섬 현상이 일어날 수 있는 지역이 많으므로 이 3개의 도시를 사례지역으로 하여 옥상녹화 중점지역을 분석하였다.

2. 자료 수집

분석 대상 도시들에 대해 도시열섬 잠재성이 높은 지역을 분석하여 옥상녹화를 중점적으로 추진할 특정구역을 선정하고 각각에 대해 건물 특성 등을 분석하기 위하여 Table 1과 같은 자료를 수집하였다. 한국 교통연구원에서 제공하는 도로지도와 경기도 용도지역 지구도에 제시

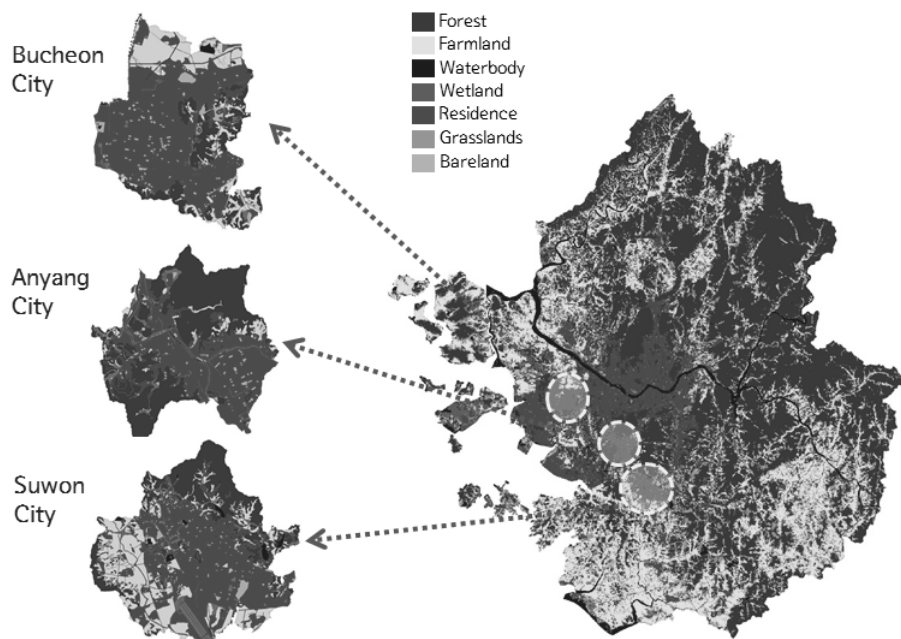


Figure 1. Location and land cover statuses of the study areas.

Table 1. List of collected data.

Category	Data name	Purpose	Source	Form	Year
Basic data	Road map	Dividing district	The Korea Transport Institute	Shp	2008
Urban planning	Prearranged urban development or improvement zone housing land development area land readjustment area urban redevelopment area residential environment improvement district public rental housing site	Excluding prearranged development area	Gyeonggi-do (land use zoning map)	Shp	2010
Land cover	Land cover map	Forest, farmland, wetland, stream	Ministry of Environment	Shp	2008
Cadastrre	Serial cadastral map	Lot number, land category	Gyeonggi-do	Shp	2010
Building	Building registration data	Characteristics of buildings (roof type, year of completion, etc.)	Ministry of Land Infrastructure and Transport	Xls	2010

된 도시정비 및 개발관련지역, 토지피복도, 연속지적도 및 건축물 관리대장을 사용하였다.

3. 상대적 도시열섬 적응능력 추정

도시열섬에 대한 적응능력이 낮은 지역을 파악하기 위해 우선 수집된 자료 중 토지피복도와 연속지적도를 중첩하여 분석하였다. 도시 내에 분포하는 녹지에 의해 열섬 적응능력이 향상될 수 있고, 녹지의 유형에 따라 그 영향의 크기가 다르다는 가정 하에 ①산림과 농업지역 및 연속된 습지, ②수역, ③도시공원녹지를 추출하였다. 산림과 농업지역 및 연속된 습지는 하나의 큰 패치 경관요소로서 주변부 온도 저감에 미치는 영향이 크고, 수역은 선형의 경관요소, 시가화구역 내 공원녹지는 작은 패치의 경관요소로서 상대적으로 주변부 온도 저감에 작은 영향을 미칠 것으로 예상하였다. Myeong (2009)은 위성영상자료를 활용하여 서울지역의 온도분포를 분석하고, 하천과 산림이라 할 수 있는 도시자연공원으로부터 거리에 따른 주변

부 온도 저감 효과를 조사하였다. 이 연구는 서울지역에서 하천과 산림녹지에 의한 주변부 온도저감 영향권을 각각 100m와 300m 정도로 제시하였다.

본 연구에서도 위와 같은 연구결과를 토대로 녹지와 수역의 경계로부터 멀어질수록 열섬 적응능력이 낮아진다고 가정하고, 산림과 농경지 및 연계 습지와 같이 하나의 큰 패치를 이루는 녹지의 경우, 그 경계로부터 150m 이내 거리에 있는 지번에 대해서는 -1점, 150~300m 범위 지번은 -2점, 300m 이상 거리의 지번은 -3점의 도시열섬 적응능력 점수를 부여하였다. 또한, 하천과 시가화구역 내 공원녹지와 같이 상대적으로 작은 패치의 경관요소의 경우, 경계로부터 거리가 50m 이내는 -1점, 50~100m는 -2점, 100m 밖의 범위는 -3점을 부여하였다(Table 2). 이와 같은 점수 부여는 도시열섬 적응능력에 대한 절대적 평가는 아니지만 도시 내에서 공간적으로 열섬 적응능력이 낮은 지역을 상대적으로 비교하는 데는 유용할 것으로 판단하였다.

Table 2. Relative adaptation capability against heat island(ACHI) by distance from green space or waterbody(D).

Type	D	Relative ACHI
Forest, agricultural area	< 150m	-1
	150m ~ 300m	-2
	300m <	-3
Urban parks, green space	< 50m	-1
	50m ~ 100m	-2
	100m <	-3
Waterbody (stream, wetland)	< 50m	-1
	50m ~ 100m	-2
	100m <	-3

4. 옥상녹화 중점지역 선정 및 특성 분석

사례 도시 내에서 택지개발예정지구, 토지구획정리 사업지구, 재개발구역, 주거환경개선지구, 국민임대주택단지 등 개발이 예정된 경우에는 도시열섬 적응능력이 낮은 지역이더라도 옥상녹화 중점지역 선정에서 우선 제외시켰다. 이후 일정 면적의 도시열섬 적응능력이 낮은 구역을 옥상녹화 중점지역으로 선정하기 위해 지번별로 평가된 열섬 적응능력 점수를 평균하여 도로경계의 블록별 평균 열섬 적응능력 점수를 산정하였다. 즉, 도로망 자료를 중첩하여 주요 간선도로 경계로 만들어지는 블록 내 지번의 열섬 적응능력 점수를 평균함으로써 블록 단위의 열섬 적응능력 점수를 산정하였다. 옥상녹화 중점지역 선정을 위하여 열섬 적응능력 평균점수가 -8.0 이하의 블록만을 나타내고, 각 도시별로 1km² 내외의 구역 면적이 되도록 가장 점수가 낮은 3개소의 녹화 중점지역 후보지를 선정하였다.

선정된 녹화 중점지역 후보지의 특성을 파악하기 위해서 각 지역의 위치, 면적, 전체 건물 수, 옥상녹화 가능 건물 수 및 유형 등을 건축물 관리대상 자료로부터 추출하여 분석하였다. 옥상녹화 가능 건물은, 건물의 노후도, 옥상녹

화 적용 용이성 및 활용성 등을 고려하여 1980년 이후 승인된 평지붕 건물 중 주거시설, 교육시설, 공공시설, 의료시설, 업무시설, 판매시설 건물만을 추출하여 비교하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 상대적 도시열섬 적응능력 분포

대상지 도시별로 열섬 적응능력을 평가한 결과는 Figure 2와 같다. 부천시외의 경우 도당동, 내동, 심곡동, 원미동 등이 열섬 적응능력 점수가 낮게 나타났다. 수원외의 경우 세류동, 지동, 고등동 등에서, 안양시는 안양동, 호계동, 관양동 일부에서 열섬 적응능력이 낮은 지역으로 조사되었다. 이들 지역 모두 녹지가 부족한 구도심지역에 해당하는 것으로 나타났다.

특히, 시가화면적 비율이 가장 높은 부천시에서는 구도심지역 전체적으로 열섬 적응능력이 매우 낮게 나타났고, 안양시의 경우도 구도심지역을 중심으로 열섬 적응능력이 낮은 지역이 집중되어 나타났다. 반면 수원시의 경우 공원녹지가 비교적 고르게 분포하고, 구도심지역의 중심에 팔달산이 자리 잡고 있어 구도심 중앙의 열섬 적응능력을 높이는 것으로 나타났다.

보지로 선정하여 그 특성을 검토하였다. 부천시와 안양시의 경우 열섬 적응능력이 전반적으로 낮게 나타나 적응능력 점수가 -8.7 이하인 블록들이 집중되는 구역을 3개소 선정하였고, 상대적으로 열섬 적응능력 점수가 높은 수원시의 경우 -8.0점 이하의 블록들이 집중되는 구역 3개소를 선정하였다.

부천시의 경우 오정동과 원종동, 신흥동과 도당동, 원미동과 심곡동 등 일부 공장지역을 포함하는 저층 주거지역이 집중 녹화 필요지역으로 선정되었다. 안양시의 경우 1호선 전철역 안양역에서 명학역 사이에 해당하는 안양동과 4호선 전철역 평촌역에서 인덕원역 사이의 공장지대 및 저층 주거지역이 선정되었다. 수원시의 경우 팔달문 우측 및 남측에 해당하는 행궁동과 지동 일대, 수원역 앞의 매산동, 그리고 세류동 일대의 저층 상업 및 주거지역이 선정되었다(Figure 3). 세 개 도시 모두에서 집중적인 건물녹화가 요구되는 지역은 저층의 상업 또는 주거지역이 대부분을 차지하고 일부 공장지역이 포함되는 것으로 나타났다.

3. 옥상녹화 중점지역 후보지별 특성

본 연구에서 상대적인 도시열섬 적응능력 분석을 통해 녹화 중점지역 후보지를 사례 도시

별로 선정하고, 각 지역 내에 분포하는 건축물의 총수와 면적 등을 분석하였다. 이 중에서 다시 1980년 이후 승인된 평지붕 건물 중 주거시설, 교육시설, 공공시설, 의료시설, 업무시설, 판매시설 건물만을 추출하여 옥상녹화 가능건물로서 추출하여 비교하였다.

부천시의 경우, 녹화 중점지역 후보지의 면적은 1.1~1.6km² 로 중점지역 후보지 내 건축물 현황을 분석한 결과 총 5,736개 건축물이 있으며, 이 중 2,964개 건물이 옥상녹화 가능 건물로 분석되었다(Table 3). 세 개의 후보지 중에서 원미동과 심곡동 일대에 해당하는 C구역이 가장 건물 밀집도가 높아 전체 구역면적 대비 옥상녹화 가능 건물 면적이 차지하는 비율은 높으나(10.8%) 많은 건물들에 비해 상대적으로 옥상녹화 가능 건물이 차지하는 비율은 가장 낮은 것(31.0%)으로 파악되었다. 이러한 결과로 C구역에 단독주택이나 다가구주택 등 소형 저층의 노후 건축물이 상대적으로 많을 것이라는 예측이 가능했는데, 이는 건물의 용도 유형 조사로 확인되었다.

건물 유형을 검토한 결과, A구역의 경우 옥상녹화 가능 건물 총 1,180개소 중에서 5층 공동주택이 88.2%로 가장 높은 비율을 차지하고 있고, 공공시설 건물이 10개소 포함되어 다른

Table 3. Area and number of buildings within the selected zones for green roof initiative in Bucheon City.

Comparison items		Total	Zone A	Zone B	Zone C	
Total Area (m ²) (I)		3,935,794	1,647,001	1,219,945	1,068,848	
Administrative area			Ojeongdong Wonjongdong	Sinheungdong Dodangdong	Wonmidong Simgokdong	
Buildings	Whole	Area (m ²) (II)	289,370	369,818	372,821	
		Number	2,225	924	2,587	
	Available for green roof	Area (m ²) (III)	344,717	109,120	120,044	115,553
		Number	2,964	1,180	456	1,328
Available green roof area ratio (%)		III / I × 100 × 100	8.8	6.6	9.8	10.8
		III / II × 100 × 100	33.4	37.7	32.5	31.0

Table 4. Comparison in types of available buildings for green roof within the selected zones in Bucheon City.

Type by purpose		Zone A			Zone B			Zone C		
		Area(m ²)	(%)	Number	Area(m ²)	(%)	Number	Area(m ²)	(%)	Number
Total		109,120	100	1,180	120,044	100	456	115,553	100	1,328
Residence	Single, multi-household houses	564	0.5	11	136	0.1	4	56,026	48.5	975
	Townhouse, apartments (5 story and lower)	96,200	88.2	1,141	945	0.8	3	28,844	25.0	291
	Apartments (6 story and higher)	5,767	5.3	7	-	-	-	5,810	5.0	20
Education	Daycare centers	728	0.7	4	-	-	-	-	-	-
	Schools	853	0.8	1	-	-	-	-	-	-
	University campus, research facilities	422	0.4	5	-	-	-	21	0.02	1
Public	Public facilities	3,775	3.5	10	311	0.3	1	1,372	1.2	5
Medical	Hospitals	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Business	Business buildings	-	-	-	-	-	-	8,083	7.0	34
Commerce	Shopping malls, markets	810	0.7	1	-	-	-	15,397	13.3	2
Industry	Factories				118,652	98.8	448			

지역에 비하여 상대적으로 공공시설 건물의 비율이 높은 것으로 나타났다(Table 4). B구역은 다른 지역과 달리 공장 건물이 밀집된 지역으로 조사되었다. B구역에서 공장건물은 전체면적의 98.8%를 차지하고 있고, 옥상녹화가 가능한 건물은 총 456개소, 약 0.12 km²인 것으로 나타났다. C구역은 단독과 다가구 건물이 48.5%로 작은 규모 건물이 많이 포함되어 있고, 5층 이하의 공동주택 25%, 판매시설 건물 13.3%, 업무용 건물 7%를 포함하여 총 1,328개소의 옥상녹화 가능건물이 있는 것으로 조사되었다. 건물의 밀집도나 전체 구역면적 대비 녹화가능면적을 고려할 때 C구역이 최우선 사업 추진지역으로서 타당할 것으로 판단된다.

안양시의 경우, 녹화 중점지역 후보지의 면적은 0.6~0.7km²로 세 개 지역 모두를 합하여

총 2,584개 건축물이 있으며, 이 중 977개 건물이 옥상녹화 가능 건물로 분석되었다(Table 5). A구역은 단독주택, 5층 이하 공동주택, 상업시설 등을 포함하는 저층 주거지역이고, B구역과 C구역은 공장 밀집지역인 것으로 나타났다(Table 6). 주거 및 상업지역인 A구역에서 건물 밀집도는 가장 높았으나 옥상녹화 가능면적 비율은 가장 낮은 것으로 조사되었다. B구역과 C구역은 둘 다 공장건물을 많이 포함하고 있으나 상대적으로 B구역의 건물밀집도가 더 높고 옥상녹화 가능 면적 비율도 더 높은 것으로 조사되었다. 안양역 주변지역인 A구역의 경우 주거지 환경의 개선과 폭염에 따른 건강 영향 저감 차원에서 건물 녹화를 추진하는 것이 바람직하고, B구역과 C구역의 경우 상대적으로 면적이 넓은 공장건물의 일괄 녹화를 통한 건물

Table 5. Area and number of buildings within the selected zones for green roof initiative in Anyang City.

Comparison items		Total	Zone A	Zone B	Zone C	
Total Area (m ²) (I)		1,997,100	641,256	659,207	696,637	
Administrative area			Anyangdong	Anyangdong	Pyeongchondong	
Buildings	Whole	Area (m ²) (II)	302,914	92,332	88,246	122,336
		Number	2,584	1,405	884	295
	Available for green roof	Area (m ²) (III)	106,457	25,106	36,802	44,549
		Number	977	511	368	98
Available green roof area ratio (%)		$\text{III/I} \times 100 \times 100$	5.3	3.9	5.6	6.4
		$\text{III/II} \times 100 \times 100$	35.1	27.2	41.7	36.4

Table 6. Comparison in types of available buildings for green roof within the selected zones in Anyang City.

Type by purpose		Zone A			Zone B			Zone C		
		Area(m ²)	(%)	Number	Area(m ²)	(%)	Number	Area(m ²)	(%)	Number
Total		25,106	100	511	36,802	100	368	44,549	100	98
Residence	Single, multi-household houses	8,529	34.0	295	3,983	10.8	160	1,796	4.0	27
	Townhouse, apartments (5 story and lower)	8,382	33.4	175	2,773	7.5	124	618	1.4	15
	Apartments (6 story and higher)	1,004	4.0	7	5,350	14.5	21	1,938	4.4	5
Education	Daycare centers	123	0.5	1	929	2.5	4	-	-	-
	Schools	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	University campus, research facilities	66	0.3	2	-	-	-	1,038	2.3	1
Public	Public facilities	1,520	6.1	10	416	1.1	3	-	-	-
Medical	Hospitals	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Business	Business buildings	-	-	-	827	2.3	6	3,041	6.8	6
Commerce	Shopping malls, markets	5,483	21.8	21	-	-	-	583	1.3	3
Industry	Factories				22,525	61.2	50	35,535	79.8	41

에너지 절감과 열섬완화를 기대할 수 있을 것으로 보인다.

수원시의 옥상녹화 중점지역 후보지는 0.6

7~1.2km²의 블록으로 세 지역을 합하여 총 7,404개 0.46km²의 건축물이 있으며, 다른 두 도시에 비해 상대적으로 단위면적 내 건물 수

Table 7. Area and number of buildings within the selected zones for green roof initiative in Suwon City.

Comparison items		Total	Zone A	Zone B	Zone C	
Total Area (m ²) (I)		2,950,663	1,193,856	671,742	1,085,065	
Administrative area			Haengungdong Jidong	Maesandong	Seryudong	
Buildings	Whole	Area (m ²) (II)	455,643	200,621	96,110	158,912
		Number	7,404	3,050	1,547	2,807
	Available for green roof	Area (m ²) (III)	144,886	50,572	31,077	63,237
		Number	2,819	923	463	1,433
Available green roof area ratio (%)		$\text{III}/\text{I} \times 100 \times 100$	4.9	4.2	4.6	5.8
		$\text{III}/\text{II} \times 100 \times 100$	31.8	25.2	32.3	39.8

Table 8. Comparison in types of available buildings for green roof within the selected zones in Suwon City.

Type by purpose		Zone A			Zone B			Zone C		
		Area(m ²)	(%)	Number	Area(m ²)	(%)	Number	Area(m ²)	(%)	Number
Total		50,572	100	924	31,077	100	463	63,237	100	1,433
Residence	Single, multi-household houses	38,913	77.0	865	20,042	64.5	421	49,819	78.8	1,288
	Townhouse, apartments (5 story and lower)	3,052	6.0	31	5,307	17.1	27	10,307	16.3	135
	Apartments (6 story and higher)	854	1.7	4	703	2.3	3	541	0.9	3
Education	Daycare centers	-	-	-	-	-	-	110	0.2	2
	Schools	1,535	3.0	1	-	-	-	1,765	2.8	2
	University campus, research facilities	350	0.7	3	-	-	-	245	0.4	2
Public	Public facilities	-	-	-	545	1.8	3	-	-	-
Medical	Hospitals	1,145	2.3	2	-	-	-	-	-	-
Business	Business buildings	2,922	5.8	10	4,481	14.4	9	450	0.7	1
Commerce	Shopping malls, markets	1,802	3.6	8	-	-	-	-	-	-

는 많지만 건물이 차지하는 면적은 안양시와 유사한 것으로 나타났다(Table 7). 세 개 지역 모두 옥상녹화가 가능한 건물의 유형은 단독주택과 다가구주택 등 저층 주거시설이 주를 이

루는 것으로 조사되었다(Table 8). B구역이 저층 공동주택을 일부 포함하고 있고, A구역과 B구역에 상업시설이 일부 분포하는 등 약간의 차이를 보였다. 다른 두 도시에 비해 상대적으로

로 유사한 건축물 특성을 보이며, 개별 건축물 평균 면적이 가장 작은 C구역에서 옥상녹화 가능면적 비율이 가장 높은 것(39.8%)으로 나타났다.

V. 결 론

기후변화에 따른 도시열섬 현상 심화에 대한 우려가 커져가고, 기후변화 적응능력 제고를 위한 방안으로서 도심 내의 녹화 중점지역 선정 등의 사업 계획이 정책적으로 수립되는 경우는 많으나 어떤 지역을 녹화 중점지역으로 정할지에 대한 논리적 근거는 다소 미약하다. 대개의 경우 직관적으로 구도심지역의 저층 주거 밀집지역을 취약지역으로 판단하여 사업을 계획하고 있으나 보다 과학적이고 논리적인 지역 선정과 건물특성 파악을 먼저 하는 것이 필요하다. 본 연구는 이러한 관점에서 경기도 내에서 가장 시가화면적 비율이 높은 세 개의 도시를 대상으로 도시열섬 저감효과가 있는 녹지와 수역의 분포에 따른 도시열섬 적응능력을 상대적으로 비교하고 녹화 중점지역 후보지를 각 도시별로 세 개소씩 선정하여 제시하였다. 이러한 과정은 도시열섬 저감을 위한 능동적인 대응으로서 녹화 중점지역을 행정구역 단위로만 단순히 선정하는 것이 아니라 도심 내 토지이용 및 녹지경관요소의 분포 특성을 고려하는 방법론을 보여주는 데 의의가 있다.

도시열섬 적응능력의 상대적 비교를 통해 사례 도시별로 선정된 녹화 중점지역 후보지들은, 대부분 건물밀집도가 높은 단독주택, 다가구주택, 5층 이하 공동주택 등 저층 주거지역이었으며 일부 소규모 공장건물 밀집지역이 포함되었다. 시가화면적 비율이 높은 순서대로(부천 70.2%, 안양 50.0%, 수원 46.8%) 옥상녹화 중점지역 내에서 옥상녹화가 가능한 건축물이 차지하는 면적 비율이 높은 것으로 나타났다. 즉, 부천은 녹화 중점지역 전체면적 중에서 옥상녹

화 가능면적이 8.8%, 안양 5.3%, 수원 4.9%인 것으로 나타났다. 각 녹화 중점지역 내의 건축물 면적 중 25.2~41.7%가 옥상녹화 가능하며, 0.64~1.65km²의 녹화 중점지역 면적 내에 25,000~120,000m² 가량의 옥상녹화 가능면적이 있는 것으로 조사되었다. 이러한 조사와 추정은 향후 도시열섬 완화를 위한 정책사업의 목표량 설정 및 효과 예측의 근거로 활용될 수 있을 것이다.

인 용 문 헌

- Akbari, H. 2005. Energy Saving Potentials and Air Quality Benefits of Urban Heat Island Mitigation. Lawrence Berkeley National Laboratory.
- Cummings, J. B. · C. R. Withers · J. Sonne · D. Parker and R. K. Vieira. 2007. UCF re-commissioning, green roofing technology, and building science training; Final Report. Cocoa, FL: Florida Solar Energy Center
- Gallo, K. P. and T. W. Owen. 1999. Satellite based adjustment for the urban heat island temperature bias. *Journal of Applied Meteorology* 38: 806-813.
- HIG. 2005. Heat Island Group world-wide web: <http://HeatIsland.LBL.gov>. Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, CA.
- Imhoff, M. L. · P. Zhang · R. E. Wolfe and L. Bounoua. 2010. Remote sensing of the urban heat island effect across biomes in the continental USA. *Remote Sensing of Environment* 114: 504-513.
- Kim, H. O. and J. M. Yeom. 2012. Effect of the urban land cover types on the surface temperature: case study of Ilsan New City. *Korean Journal of Remote Sensing*, 28(2): 203-214. (in Korean with English abstract)

- Kim, W. T. · B. J. Park and Y. H. Yoon. 2008. Comparative study on construction and support system of building rooftop greening in Korea and Japan. *Journal of Korea Society for Plants People and Environment* 11(2): 1-7. (in Korean with English abstract)
- Kwon, J. O. and Y. H. Kim. 2007. A Study on the Supply of Rooftop-Greening in the Green City. Incheon Development Institute. (in Korean with English abstract)
- Landsberg, H. E. 1981. *The urban climate*. Academic Press.
- Lee, K. J. and M. H. Jo. 2006. Analysis of urban surface temperature distribution properties using spatial information technologies. *Korean Journal of Remote Sensing* 20(6): 397-408. (in Korean with English abstract)
- Liu, K. K. Y. and B. Bass. 2005. Performance of green roof systems. *Cool Roofing Symposium Atlanta, U.S.A. 5/12/2005*. pp. 1-18 (NRCC-47705).
- Lo, C. P. · D. A. Quattrochi and J. C. Luvall. 1997. Application of high-resolution thermal infrared remote sensing and GIS to assess the urban heat island effect, *International Journal of Remote Sensing* 18: 287-304.
- Myeong, S. J. 2009. Mitigation of Heat Island Effect for Adaptation on Climate Change in Urban Areas. Korea Environment Institute. (in Korean)
- Park, E. J. · K. Kang and M. Nam. 2010. Green roof strategy for mitigating the urban heat island effect. Gyeonggi Research Institute. (in Korean)
- Quattrochi, D. A. and M. K. Ridd. 1994. Measurement and analysis of thermal energy responses from discrete urban surface using remote sensing data. *International Journal of Remote Sensing* 15(10): 1999-2022.
- Rosenzweig, C. and W. D. Solecki. 2006. Potential impact of green roofs on the urban heat island effect. Research Rreport to New York State Energy Research and Development Authority.
- Rosenzweig, C. · W. D. Solecki · L. Parshall · M. Chopping · G. Pope and R. Goldber. 2005. Characterizing the urban heat island in current and future climates in New Jersey. *Environmental Hazards* 6: 51-62.