

## 대구시 중구의 옥상녹화를 통한 환경 및 경제적 편익 분석

김 수 봉 · 장 중 근  
계명대학교 에너지환경계획학과  
(2006년 6월 12일 접수; 2007년 3월 12일 채택)

### An Analysis of Environmental and Economic Benefits of Green Roof in Jung-Gu, Daegu

Soo-Bong Kim and Jung-Keun Chang

Department of Energy & Environmental Planning, Keimyung University, Daegu 704-701, Korea  
(Manuscript received 12 June, 2006; accepted 12 March, 2007)

Recent urban sprawl has destroyed various kinds of green space in the city. It has affected quality of people's life in the city, as well as urban ecosystem. Recent study shows the possibilities of roofs as green spaces in urban central site where the land costs are generally high. This research focuses on Jung-Gu district in Daegu Metropolitan city as a study area and calculates possible area of green roof using 2002 Autocad program based on aerial photographs and land registration maps. And the purpose of this research is to analyze environmental and economic effects of green roof. The environmental effects are as follows. It is expected that 91,106 m<sup>2</sup> green spaces, 12.13 % of study site, will be added if green roof is performed in the study site. It is assumed that the expanded areas could reduce the highest temperature to 0.5-1.0 °C during the summer in terms of environmental effect. And the following shows the economic effects. If green roof and greening urban central site are created as a same size of 91,106 m<sup>2</sup>, it will be expected that the costs of green roof will be much more inexpensive than about 98 billions won. It will be also found that the expense of cooling energy can be saved out about 8 millions won per day in summer, if grass planting is accomplished on the possible areas of green roof in the study site. Therefore, it is desirable to take legal supports such as enacting regulations to activate green roof for more environmental and economic effects. For instance, green roof for public institutions, school and model area selection are desirable method to publicize the effect of greening program for citizen's participation.

Key Words : Green roof, Environmental effect, Economic effect

#### 1. 서 론

산업 활동에 따른 온실가스 배출량의 증가와 대기오염의 심화, 삼림의 무분별한 벌채와 녹지의 급속한 파괴 등의 결과로 세계는 지금 지구온난화(Global warming)라는 거대한 환경문제에 봉착해 있는 상태이다. 이산화탄소 등의 온실가스에 의해 지구의 평균기온이 올라가는 현상으로 요약되는 지구온난화는 해수면의 상승, 생태계 파괴, 농작물 수확량의 감소 등 지구 전역에 심각한 환경파괴와 생

태계 교란을 유발시켜 인류의 생존마저도 위협하고 있다.

이러한 지구온난화현상의 원인 중 인공열(AH) 발생의 근원지인 거대 도시의 출현은 간과할 수 없는 문제이다. 특히, 도심의 기온이 외곽지역보다 높게 나타나는 도시열섬(Urban Heat Island)현상은 도시환경문제의 결과물이자 지구온난화의 한 원인으로 주목받고 있다. 도시열섬현상은 도시의 인공열 배출과 대기오염의 심화, 인공재료에 의한 도시 내 피복상태의 변화, 밀집된 건물배치 등이 주원인으로 작용하고 있다.

한편, 최근 도시열섬현상으로 인하여 여름철에 빈번히 발생하는 열대야는 도시의 사람들의 밤잠을 설치게 하는 경우가 허다했다. 또한 에어컨의 과다

Corresponding Author : Soo-Bong Kim, Department of Energy & Environmental Planning, Keimyung University, Daegu 704-701, Korea  
Phone: +82-53-580-5254  
E-mail: sbkim@kmu.ac.kr

사용으로 전력소비량이 증가하게 되며, 더불어 냉방 기구들에 의해 뿜어져 나오는 인공열은 도시의 열섬현상을 한층 더 가중시켰다. 대구광역시 역시 최근 급속한 공업화 및 도시화의 진행으로 이와 같은 도시환경문제에 직면하고 있다.

도시열섬문제를 해결하기 위해서는 삭막하고 인공구조물로만 이루어진 도심 내에 녹지를 확보하거나 콘크리트 및 아스팔트 포장의 불투수면이 우점하고 있는 도시 내에 복사열을 반사시킬 수 있도록 알베도(albedo)를 높일 수 있게 하는 재료를 사용해야 한다. 그리고 가로와 공원 등의 녹지의 네트워크화를 추진하여 녹지의 효과를 극대화함은 물론 이러한 녹색띠를 통하여 도시외부의 신선하고 찬 공기를 도시 내에까지 끌어들이 수 있는 바람길 통로를 확보하고, 건축물의 옥상녹화와 벽면녹화 등의 인공지반을 녹화하는 것을 비롯하여 도시열섬현상 완화를 위한 다양한 연구가 이루어지고 있다<sup>1)</sup>.

선행 연구에 따르면 도시열섬현상의 완화를 위해서는 도시녹지의 역할이 중요하다는 것이 공통된 결과였다. 그리고 도시의 녹지는 기온의 저감, 대기정화, 미기후 조절, 소음 감소 등 물리적 안정감을 개선, 에너지 절약 그리고 도시의 쾌적성을 높이고 여가공간까지 창출하는 등 여러 가지 기능을 한다. 이러한 녹지의 기능을 활용하여 도심 내에 녹지를 확보하는 하나의 방법으로 옥상녹화를 적극 활용하여 도시열섬현상을 저감할 수 있을 것으로 기대된다. 왜냐하면 도심에 녹화를 위해서는 부지확보가 어렵고 땅값이 비싸서 새로운 녹지공간을 만든다는 것이 현실적으로 어렵기 때문에 기존 도시의 옥상을 녹화공간을 확충하는 방안을 도시환경문제의 해결안으로 제시하고 있다.

아울러 이러한 옥상녹화는 환경적인 이익 외에도

경제적인 편익도 가져다주는 것으로 보고되고 있다. 일본 국토교통성 산하 '도시녹화기술개발기구'가 동경의 23개 구에서 평평한 형태로 되어 있는 옥상(약 4,140 ha)의 절반을 녹화한다고 가정하여 경제적인 편익을 계산한 결과에 따르면, 여름철 최고 기온이 약 0.8 ℃ 내려가고, 냉방경비도 하루에 약 11억 원이 절약되는 것으로 나타났다<sup>2)</sup>.

한편, 국내의 옥상녹화와 관련한 기존의 연구 유형을 살펴보면 크게, 정책적 대안제시<sup>3,4)</sup>, 기술적인 연구<sup>5,6)</sup>, 옥상녹화 활성화를 위한 사례연구<sup>7,8)</sup> 그리고 옥상녹화에 따른 정량적 효과 및 도시 생태적 활용 가능성에 대한 연구<sup>9~12)</sup> 등이 있다. 그러나 옥상녹화를 통한 환경 및 경제적인 편익에 대한 분석을 시도한 연구는 아직까지 없었다.

따라서 본 연구는 대구광역시 중구를 대상으로 옥상녹화의 시행에 따른 환경 및 경제적 효과를 분석하여 옥상녹화의 보급을 제도적으로 활성화하기 위한 기초자료를 제공하는데 그 목적이 있다.

## 2. 연구방법

### 2.1. 대상지 현황

본 연구의 대상지인 대구광역시 중구는 주거지와 상업지가 주를 이루며, 인공구조물이 혼합·밀집된 인공경관 위주의 공간구조로 이루어져 있는 대구광역시 중구의 최고 중심지이다. 중구는 다른 행정구역에 비하여 인구밀도가 높고, 공원 및 녹지의 면적이 부족하다. 또한, Table 1에서 보는 바와 같이 다른 구와 비교하여 대형상가 비율이 높아 건물이 밀집되어 있음을 알 수 있다.

또한, 대구지역에서 추정된 연평균 인공열 산정의 연구<sup>13)</sup>를 살펴보면 중구가 다른 행정구역에 비해 인공열이 가장 높게 나타남을 알 수 있다. 이는 중구

Table 1. The proportion of megastore area to total area

Administrative district	Total area (m <sup>2</sup> )	Megastore area (m <sup>2</sup> )	Total area/Megastore area (%)
Jung-Gu	7,080,000	147,588	2.08457
Dong-Gu	182,360,000	53,565	0.00029
Seo-Gu	17,510,000	81,163	0.46352
Nam-Gu	17,450,000	55,424	0.31761
Buk-Gu	95,530,000	37,097	0.03883
Suseong-Gu	76,470,000	113,288	0.14814
Dalseo-Gu	62,260,000	323,183	0.51908
Dalseong-Gun	427,050,000	36,482	0.00854
Total	885,710,000	488,125	0.09571

Data : Daegu statistical yearbook, Daegu, 2003.

가 다른 행정구역에 비하여 행정구역면적대비 대형상가면적이 가장 높게 나타나고 상가가 밀집되어 있으며, 대형극장, 서점 등의 문화시설과 금융기관 등 공공시설의 집중이 도심의 인공열 방출을 증가시키는 요인으로 판단된다.

2.2. 대상지 선정이유

중구를 본 연구의 대상지로 선정할 이유는 다음과 같다.

첫째, Table 2에도 나타나듯이 다른 행정구역에 비하여 공원녹지면적이 부족하다. 둘째, 대형상가 및 업무시설 등 인공구조물의 과밀로 인한 인공열 발생이 많다. 셋째, 옥상녹화를 유도하기에 용이한 관공서, 금융시설 등의 공공시설이 많다.

2.3. 조사방법

본 연구를 위하여 도시열섬의 발생원인과 문제점, 도시녹지의 기능 그리고 옥상녹화의 효과와 관련된 문헌조사를 실시하였으며, 항공사진(축척 1:5,000, 2001년 11월)과 지적도(축척 1:1,000) 그리고 현장사진촬영을 병행하여 옥상녹화 가능지를 파악하였다. 이렇게 파악된 옥상녹화 가능지의 면적을 산출하기 위해 항공사진과 지적도를 바탕으로 AutoCad 2002 프로그램을 사용하였다. 또한, 대상지를 답사하여 가로와 도로 및 옥상부분에 대한 사진촬영을 실시하였으며, 대상지 내 건물옥상에 올라가 옥상면적을 실측하였다. 항공사진으로 얻어진 옥상녹화 가능면적과 답사하여 실측한 면적을 비교하여 실제 옥상녹화 가능면적을 산출하였다.

2.4. 분석방법

분석은 다음과 같은 방법으로 이루어졌다.

첫째, 대구광역시의 항공사진(축척 1:5,000, 2001년 11월)과 중구 지적도(축척 1:1,000) 그리고 현장답사 사진을 바탕으로 지붕과 경사면이 있는 건물, 임시건축물을 제외한 건물의 옥상부분을 선택하고,

AutoCad 2002 프로그램을 사용하여 대상지의 옥상녹화 가능지 도출 및 그 면적을 산출하였다.

둘째, 대상지의 항공사진 및 지적도를 바탕으로 파악된 옥상녹화 가능지와 4차례의 현장답사에서 실측을 통해 확인된 면적을 비교하여 옥상녹화 가능면적에 대한 오차보정을 실시하였다.

셋째, 기존 문헌조사<sup>11,14,15,18)</sup>에서 얻어진 자료를 이용하여 중구의 옥상녹화에 따른 기온저감, 에너지 절약 등과 같은 환경적 효과와 시가지 내 녹화 대비 옥상녹화의 경제성 비교 및 에너지소비 비용저감 등과 같은 경제적 효과를 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

본 연구는 최근 대두되고 있는 도시열섬현상을 완화하기 위해 대구광역시 중구를 대상으로 옥상녹화 가능지를 파악하여 옥상녹화 가능면적과 녹지의 증가량을 산출하였으며, 옥상녹화로 인해 확보될 녹지의 환경 및 경제적 효과를 분석해 보았다.

3.1. 옥상녹화 가능지 분석

중구의 옥상녹화 가능지 분석에 있어서 개인연구의 한계를 넘지 않기 위해 옥상녹화 가능지는 다음과 같은 조건을 만족하는 곳으로 한정하였다.

첫째, 고층건물들이 가장 밀집되어 있는 상가 및 업무지역과 주거지역, 둘째, 공공시설 및 금융시설, 문화시설 등이 많이 분포하고 있는 지역, 셋째, 옥상녹화를 유도하기에 용이한 관공서 및 학교 등의 주요 시설들이 가장 많이 존재하고 있는 지역을 대표지로 선정하고자 하였다.

이상의 조건을 만족시키는 옥상녹화 가능지를 추출하기 위해 Fig. 1과 같이 주요 도로를 중심으로 동서방면은 태평로, 달구벌대로, 명덕로를 기준으로, 남북방면은 큰장길, 달성로, 중앙로, 동덕로, 신천로 등을 기준으로 하여 ㉠부터 ㉨까지 8개의 블록으로 나누었다.

Table 2. Green-space area and Green-space area per head by district(Gu)

	Jung-Gu	Dong-Gu	Seo-Gu	Nam-Gu	Buk-Gu	Suseong-Gu	Dalseo-Gu	Dalseong-Gun
Total area (m <sup>2</sup> )	7,080,000	182,360,000	17,510,000	17,450,000	95,530,000	76,470,000	62,260,000	427,050,000
Green-space area (m <sup>2</sup> )	254,607	34,550,532	429,290	16,902,415	1,399,102	21,729,575	3,844,322	46,954,411
Population (persons)	90,097	336,999	282,847	193,064	416,227	457,704	604,371	158,278
Green-space area per head (m <sup>2</sup> )	2.82	102.52	1.51	87.54	3.36	47.47	6.36	296.65

Data : The condition of parks & amusement parks in Daegu, Daegu, 2002.

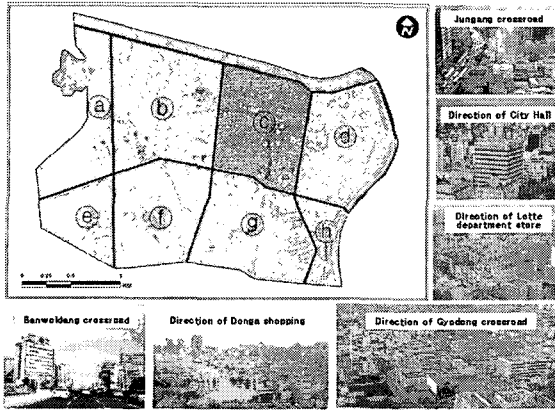


Fig. 1. Map & photographs for sample site.

이러한 방법으로 나누어진 8개의 블록 중 ㉠구역이 대규모 상가건물을 포함하고 있을 뿐만 아니라 건물이 가장 많이 밀집되어 있는 것으로 나타났으며, 관공서, 금융시설, 교육시설 그리고 복지시설 등과 같은 주요시설이 다른 행정구역에 비해 많이 분포하고 있었다. 따라서 ㉠구역을 옥상녹화를 시행하기에 가장 양호한 표본 구역으로 선정하였다.

표본 구역에 대한 옥상녹화 가능지를 파악하고 그 면적을 산출하기 위해서, Table 3과 같이 2004년 4월(11일, 17일, 25일)에 대상지를 탐방하여 가로와 옥상부분 사진촬영 및 현장조사를 실시하였으며, 5월(9일, 20일)에는 대구역, 롯데백화점 및 동아쇼핑 주변을 탐방하여 옥상부분 사진촬영과 관측을 하였다. 그리고 6월(6일, 25일)에 한국경찰고시학원 주변을 관측하고 상층부에서 주변 옥상의 모습을 사진촬영 하였으며, 도로 및 주차장 그리고 주거지역의 일반주택지를 대상으로 면적과 거리를 실측하였다. 8월(5일, 12일, 24일)에는 밀리오레건물 주변을 관측하고 상층부에서 주변 옥상의 모습을 사진촬영 하였다. 이렇게 하여 파악된 옥상녹화 가능 건물 수는 635 개이며, 옥상녹화 가능면적은 92,054 m<sup>2</sup>였다.

다음으로 항공사진을 통해 확인된 옥상면적과 실

제 측정된 옥상면적을 비교하여 오차를 보정한 후 옥상녹화 가능 면적을 산출하였다.

오차를 보정하기 위하여 대표적인 주거지역과 상업지역을 정한 후에, Fig. 2와 같이 100 m × 100 m로 나누어 주거지역 10 개소와 상업지역 10 개소를 선정 후 실측하여 면적을 구하였다.

표본으로 선정된 20 개의 옥상면적을 측정한 값은 Table 4 및 Table 5와 같다. 항공사진에 의한 면적의 오차를 줄이기 위해서 항공사진의 면적과 실측한 면적을 비교하였는데, 실측한 면적을 100 % 보았을 때 항공사진에 의한 면적은 각각 101.51 %와 100.55 %로 실제면적 보다 크게 나타난 것을 알 수 있으며, 이를 통해 1.03 %의 오차가 있음을 확인할 수 있었다.

항공사진을 통해 산출된 옥상녹화 가능면적(92,054 m<sup>2</sup>)에 오차를 적용하여, Table 6에서 보는 바와 같이 총 635 개의 건물과 총면적 91,106 m<sup>2</sup>의 면적에 옥상녹화가 가능함을 확인하였다. 이는 C 구역 전체면적(751,206 m<sup>2</sup>)의 약 12 %에 해당된다.

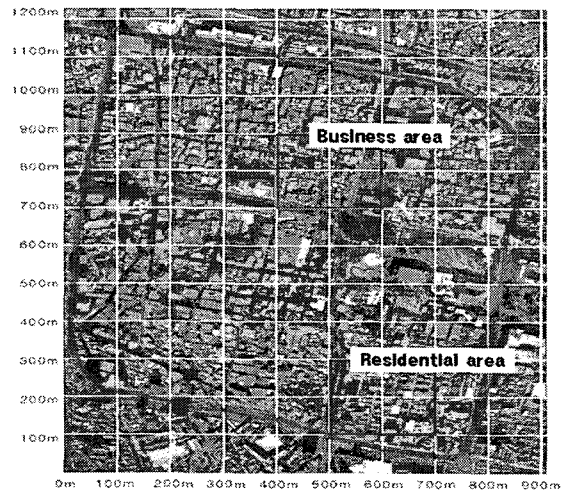


Fig. 2. Sample site for survey.

Table 3. Survey schedule for the grasp of possible area to green roof

On-the-spot survey schedule	Location	Purpose
11th/17th/25th, April	A whole area of study site	Grasp of possible zone for green roof
9th/20th, May	Daegu station, Lotte department store, Donga shopping and their outskirts	Real measurement of road and parking place
6th/25th, June	Korea police academy and its outskirts	Real measurement of general housing
5th/12th/24th, August	Milliore and its outskirts	Real measurement of Milliore and its outskirts

Table 4. Possible area of green roof of the business area

Location	Measurement area by aerial photograph (m <sup>2</sup> )	Real measurement area (m <sup>2</sup> )
Business area	56.13	68.07
	32.30	33.24
	163.67	142.45
	65.01	62.53
	68.27	84.39
	148.05	122.82
	234.80	246.18
	33.88	28.17
	106.69	102.13
-90.80	94.72	
Total	999.6	984.7
Proportion (%)	101.51	100

Table 5. Possible area of green roof of the residential area

Location	Measurement area by aerial photography (m <sup>2</sup> )	Real measurement area (m <sup>2</sup> )
Residential area	88.99	86.24
	96.81	84.67
	68.99	72.07
	60.06	64.45
	115.74	112.68
	74.44	80.43
	139.14	126.81
	77.44	82.74
	90.95	96.49
63.95	65.07	
Total	876.51	871.65
Proportion (%)	100.55	100

Table 6. Possible area of green roof in sample site

Division	Area (m <sup>2</sup> )
Sample site (C district)	751,206
Possible area of green roof (635 buildings)	91,106 (12.13 %)

### 3.2. 옥상녹화의 환경적 효과 분석

#### 3.2.1. 옥상녹화를 통한 녹지 확충

연구 대상지인 중구는 대구의 중심부로서 다른 지역에 비해 개발이 가장 많이 이루어졌기 때문에 도시환경이 가장 열악한 지역이다. 이러한 도심에는 많은 녹지가 필요함에도 불구하고 적은 수의 도시공원과 가로수 등을 제외하고는 푸르름을 찾아보기 힘든 실정이다. 또한 현재 도심의 대부분은 다양한 형태로 개발이 이루어져 있고, 높은 지가로 인하여 용지 확보에 엄청난 비용이 들기 때문에 도심에 녹지를 확충한다는 것은 쉽지 않은 것이 사실이다.

따라서 기존 건축물의 옥상을 활용하여 도심의 공간을 입체적으로 활용할 수 있는 옥상녹화를 활성화한다면 높은 지가의 대지를 매입하지 않고도 녹지량을 증가시킬 수 있을 것으로 사료된다.

대구시 중구의 표본 구역(C 구역)에 대하여 옥상녹화 시행을 가정하였을 때, Table 7에서 보는 바와 같이 12.13%(91,106 m<sup>2</sup>)의 녹지를 확보 할 수 있는 것으로 추정되었으며, 이 면적은 기존의 국채보상운동기념공원 면적(42,509 m<sup>2</sup>)의 2배, 또한 2.28기념중앙공원 면적(14,353 m<sup>2</sup>)의 6배가 넘는 면적이다. 한편, 중구전체에 옥상녹화를 시행하였을 경우에는 약 858,804 m<sup>2</sup>(7,080,000 m<sup>2</sup>(중구전체면적) × 0.1213(옥상녹화 가능지의 비율))의 녹지량이 추가될 것으로 예상할 수 있으며, 이는 2.28기념공원의 약 60개와 비슷한 면적이다.

#### 3.2.2. 기온저감 효과

진병화 등은 녹지면적이 10 % 증가할 때마다 평균최고기온은 0.9 °C 감소한다<sup>15)</sup>고 주장하였고, Huang et al.<sup>16)</sup>과 Profous<sup>17)</sup> 역시 수목피도 10 %의 증가는 여름철 온도를 0.5-1 °C 감소시키는 역할을 한다고 하였으며, 본 연구에서 얻어진 옥상녹화 가능면적은 대상지의 12.13 %에 해당하는 것으로 추정되었다.

따라서 기존의 연구결과를 바탕으로 종합해볼 때, 옥상녹화로 인한 12.13 %의 녹지면적의 증가는 대

Table 7. Comparison between possible area of green roof and main parks

Division	Area (m <sup>2</sup> )	Proportion (%)
Sample site (C district)	751,206	100
Gukchaebosang Memorial Park	42,509	5.66
2.28 Memorial Park	14,353	1.91
Possible area of rooftop greening (635 buildings)	91,106	12.13

상지 내 여름철 최고온도를 최소 0.5-1 °C정도 저감할 수 있을 것으로 예측할 수 있다.

3.2.3. 에너지절약 효과

식물은 증산작용이라는 신진대사과정을 통해 자신이 흡수한 양분을 증발시킨다. Robinette에 의하면 식물은 토양에서 수분을 흡수하고 광합성을 통해 잎으로 수분을 증발시키는데 여름철에는 하루에 2,400 갤런(gallon=약 3.785195 ℓ)으로 약 9,084 ℓ라는 엄청난 양의 물이 1 에이커(acre), 약 4,046 m<sup>2</sup>의 잔디밭에서 증산작용과 기화작용을 통해 증발하는 것이라고 주장했다. 또 Federer는 나무가 갖는 이러한 증산작용효과를 에어컨과 비교하였는데, 수목이 하루에 100 갤런의 물을 증발시키는 것을 기계적인 힘으로 환산하면 각각 2,500 kcal/h의 에너지를 소비하며 하루 19 시간 작동하는 5 대의 에어컨의 힘과 같은 효과를 가져 온다고 하였다<sup>18)</sup>.

위 연구에 따르면 수목 1 그루가 하루에 100 갤런의 증산작용을 하며, 1 에이커의 잔디밭은 하루에 2,400 갤런이므로, 1 에이커(acre)의 잔디밭은 수목 24 그루와 같은 효과를 나타내는 것으로 판단할 수 있다.

표본 구역(C 구역)의 옥상녹화 가능면적을 잔디만으로 녹화한다고 가정할 경우, 녹화면적 91,106 m<sup>2</sup>는 약 22.5 에이커(acre), 즉 수목 540 그루 정도가 증산작용을 하는 효과와 같다고 할 수 있다. 이는 2,500 kcal/h의 에너지를 소비하며 19 시간 작동하는 2,700 대의 에어컨과 같은 효과다.

이로 인해 대상지에 옥상녹화를 시행하였을 경우 냉방에너지 사용량을 줄일 수 있으며, 냉방기 사용으로 인한 인공열의 발생이 줄어들 것으로 예상된다.

3.3. 옥상녹화의 경제적 효과 분석

3.3.1. 옥상녹화와 시가화구역내 녹화와의 경제성 비교

Table 8에 따르면, 도심에 새로이 91,106 m<sup>2</sup>만큼

의 녹지량을 늘리기 위해서는 우선적으로 용지를 확보하여야 하며, 이러한 용지 등이 국·공유지, 사유지와는 다르게 사유지이면 대략 보상비를 100만원/m<sup>2</sup>으로 보았을 때<sup>19)</sup> 전체 910억 원 정도의 용지보상비가 소요되는 반면, 옥상녹화는 기존 건축물의 옥상을 활용하기 때문에 용지보상비는 전혀 없다. 그리고 조성비 측면에서 살펴보면, 대상지의 옥상녹화 가능면적을 보급형 옥상녹화시스템을 이용하여 녹화할 경우 공사비는 23억 원 정도로 예상되지만, 일반적인 시가지내 녹지공간을 조성할 경우는 91억 원 정도의 공사비가 소요될 것으로 판단된다.

따라서 기존 건축물의 옥상을 활용하여 녹화할 경우 소요되는 공사비와 일반적으로 시행하는 시가지 도시녹화조성비를 비교해보면, 대략 980억 원이라는 경제적인 비용저감 효과를 가져 온다고 추정할 수 있다.

3.3.2. 에너지절감 효과

앞의 절에서 표본 구역(C 구역)의 옥상녹화 가능면적 91,106 m<sup>2</sup>(약 27,560 평)에 잔디만으로 녹화하였을 경우 2,500 kcal/h(소비전력 0.6 kW)의 에너지를 소비하는 2,700 대의 에어컨이 19 시간 작동하는 것과 같은 효과를 나타낼 것으로 분석되었다. 이때 소비되는 전력량을 한전의 전기요금계산법으로 환산해보면, 약 8,064,380 원/일으로 나타났다. 따라서 표본 구역(C 구역)에 옥상녹화를 했을 경우 여름철 하루 약 800만 원 이상의 냉방비용이 절감되는 효과를 얻을 수 있을 것으로 추측된다.

4. 결 론

본 연구는 대구광역시 중구를 대상으로 도심의 녹지 확충을 위한 옥상녹화의 환경 및 경제적 효과를 분석하기 위하여 항공사진, 지적도, 그리고 Auto Cad 2002 프로그램을 이용하여 옥상녹화 가능지를 도출하고 그 면적을 산출하였으며, 현장조사와 옥상

Table 8. Comparison of economical efficiency

	Green roof	Greening urban central site	Note
Greening area (m <sup>2</sup> )	91,106	91,106	
Land acquisition cost (million won)	nothing	91,106	1,000,000 won/m <sup>2</sup> <sup>19)</sup> (Greening inside city)
Construction unit cost (won/m <sup>2</sup> ) <sup>19)</sup>	25,000	100,000	
Rough construction cost (million won)	2,278	9,111	
Sum of construction cost (million won)	2,278	100,217	Difference between two costs : 97,939

면적의 실측을 통하여 오차보정을 실시한 후, 옥상 녹화를 통해 확보될 수 있는 녹지면적으로부터 환경 및 경제적 효과를 분석해 보았다.

먼저 옥상녹화의 환경적 효과를 분석한 결과는 다음과 같다.

조사대상지의 표본 구역에 대하여 옥상녹화를 시행하였다고 가정하였을 때, 표본 구역(751,206 m<sup>2</sup>)의 12.13%인 91,106 m<sup>2</sup>의 녹지를 확보할 수 있는 것으로 나타났으며, 녹지면적 12.13%의 증가는 여름철 최고기온을 0.5-1 °C 정도 저감시키는 효과를 얻을 수 있을 것으로 추정된다.

그리고 옥상녹화 가능면적 91,106 m<sup>2</sup>(약 27,560 평)에 잔디만으로 녹화를 하였을 경우 기온저감을 위해 2,500 kcal/h(소비전력 0.6 kW)의 에너지를 소비하는 2,700 대의 에어컨이 19 시간 작동하는 것과 같은 효과를 가져 오는 것으로 예측된다.

한편, 옥상녹화의 경제적 효과를 분석한 결과는 다음과 같다.

도심에 새로이 91,106 m<sup>2</sup>만큼의 녹지량을 늘리기 위해서는 우선적으로 용지를 확보하여야 하며, 이러한 용지보상비가 910억 원 정도 소요될 것으로 추정된다. 또한 확보된 용지를 녹지공간으로 조성할 시에 약 91억 원의 공사비가 예상되어 도심의 새로운 녹지공간 조성에는 총 1,001억 원의 투자가 필요한 것으로 나타났다. 반면 옥상녹화는 기존 건축물의 옥상을 활용하기 때문에 용지보상비는 전혀 없고, 조성비는 대상지의 옥상녹화 가능면적을 보급형 옥상녹화시스템을 이용하여 녹화할 시 23억 원 정도의 비용이 소요될 것으로 예상된다.

따라서 기존 건축물의 옥상을 활용하여 녹화할 시 소요되는 공사비와 일반적으로 시행하는 시가지 도시녹화조성비를 비교하였을 경우 대략 980억 원이라는 경제적인 비용저감 효과를 가져 올 것으로 판단된다.

또한, 앞서 언급한 환경적 효과에서 옥상녹화 가능면적 91,106 m<sup>2</sup>(약 27,560 평)에 잔디만으로 녹화를 하였을 경우 2,500 kcal/h(소비전력 0.6 kW)의 에너지를 소비하는 2,700 대의 에어컨이 19 시간 작동하는 것과 같은 효과를 가져 올 것이라 제안하였는데, 이것은 여름철 하루 약 8백만 원 정도의 냉방에너지 사용비용을 절감할 수 있는 것으로 추정된다.

따라서 이러한 환경 및 경제적 효과를 가져다주는 옥상녹화를 활성화시키기 위해서는 다음과 같은 문제점을 우선적으로 해결해야 할 것으로 사료된다.

첫째, 대구시에서는 현재 옥상녹화 추진을 뒷받침할 어떠한 단체나 법규 및 행정 체계가 마련되어 있지 않기 때문에 조례 제정 등의 법제적인 뒷받침이

필요하겠다. 둘째, 옥상녹화에 관해 소개하는 홍보 프로그램이 전무한 실정이므로 시민들의 추진의지가 부족한 것은 당연한 결과이다. 따라서 관공서 및 학교 또는 일부 시범단지를 조성하여 옥상녹화의 효과 등을 홍보하고 교육하여 시민들의 관심과 참여를 유도하여야 하겠다. 셋째, 옥상녹화를 시행하는데 있어서 개인이 부담하기에는 많은 비용이 들기 때문에 정부나 시 차원에서 적절한 규모의 지원을 통해 녹화를 유도하여야 하겠다. 넷째, 기존의 건물들은 보통 옥상녹화를 고려하지 않고 설계되어 있거나, 혹은 구조적으로 옥상녹화가 가능한지에 대한 기술적인 검토를 할 수 있는 방법이 미약하므로 옥상녹화에 대한 전문기술의 개발과 보급에 대한 논의가 좀 더 구체적이고 본격적으로 이루어져야 하겠다.

끝으로 본 연구는 대구의 중심지역인 중구를 대상으로 수행하였으나 앞으로 시민의 적극적인 참여를 유도하기 위하여 시민들 개개인의 옥상공간 활용에 대한 의식과 제도적 문제점에 대한 연구가 추후 이루어져야 할 것으로 생각된다.

#### 감사의 글

본 연구는 대구지역환경기술개발센터 2006년도 연구개발사업의 일환으로 이루어졌으며, 이에 감사드립니다.

#### 참고 문헌

- 1) 김수봉, 2002, 인간과 도시환경, 대영문화사, 186-206pp.
- 2) 김수봉, 2004, 공원녹지정책, 대영문화사, 308-309pp.
- 3) 이행렬, 2002, 인공지반 녹화의 실태분석, 산업과학연구, 10, 125-141.
- 4) 이재준, 박철수, 황경희, 1996, 아파트단지내 녹화공간 확대를 위한 한국과 일본의 인공지반 사례조사 비교연구, 대한국토도시계획학회지, 31(1), 149-163.
- 5) 심경구, 허근영, 2000, 인공지반의 녹화를 위해서 단용 또는 노지토양과 혼합하여 이용되는 인공토양의 특성, 한국조경학회지, 28(2), 28-38.
- 6) 이영무, 1998, 하중제한이 기존건물의 옥상조경에 미치는 영향, 한국조경학회지, 26(21), 166-180.
- 7) 김유일, 강석희, 이진동, 1996, 분당시범단지 인공지반 옥외환경 평가, 대한국토도시계획학회지, 34(4), 113-122.
- 8) 김동찬, 2000, 대학캠퍼스의 옥상공간 활용방안

- 에 관한 사례연구(경희대학교 사회과학관을 중심으로), 한국정원학회지, 18(3), 77-85.
- 9) 김현수, 강재식, 변혜선, 1998, 환경건축: 옥상녹화시스템의 열성능에 관한 연구, 대한설비공학회 하계 학술발표회 논문집, 702-707.
  - 10) 김수봉, 심근정, 이홍대, 권진오, 2003, 옥상녹화 활성화방안에 관한 연구: 대구를 중심으로, 한국전통조경학회, 21(3), 54-62.
  - 11) 안태경, 2003, 공동주택 최상층부의 옥상녹화에 따른 에너지절약 평가, 한국생활환경학회지, 10(3), 182-186.
  - 12) 김인혜, 허근영, 최아현, 김유일, 2003, 병원 옥상정원의 이용후 평가: 서울아산병원을 대상으로, 한국조경학회지, 31(5), 58-72.
  - 13) 안지숙, 2001, 대구시 인공열 산정에 관한 연구, 석사학위논문, 환경과학과, 계명대학교, 대구.
  - 14) 조현길, 조용현, 안태원, 2003, 도시녹지의 대기환경개선 효과, 한국조경학회지, 31(3), 114-121.
  - 15) 진병화, 변희룡, 2000, 녹지대분포가 도시지역의 소기후에 미치는 영향, 한국환경과학회지, 9(2), 101-108.
  - 16) Huang J., H. Taha. Akbari., Rosenfeld A., 1987, The potential of vegetation in reducing summer cooling loads in residential buildings, Journal of Climate and Applied Meteorology, 26, 1103-1116.
  - 17) Profous G. V., 1992, Tree and urban forestry in Beijing China, Journal of Arboriculture, 18, 145-153.
  - 18) 박재철, 2004, 전통 도시 전주의 기온 변화 분석 고찰, 한국전통조경학회지, 22(2), 44-50.
  - 19) 차명숙, 2003, 도시 옥상녹화 활성화를 위한 기초 연구(부산광역시를 중심으로), 석사학위논문, 조경학과, 동아대학교, 부산.