

개발사업지구의 공원·녹지 유형별 탄소효과 원단위 산정에 관한 기초연구*

강명수·김종림·김남정

한국토지주택공사 토지주택연구원

A Study of Estimation of Carbon Effects per Unit Area by Park & Green Type in Development Project Area*

Kang, Myung-Soo · Kim, Jong-Rim and Kim, Nam-Jung

Land & Housing Institute, Korea Land & Housing Corporation.

ABSTRACT

This study is aimed to provide basic data for the estimation of carbon effects in development project areas such as Happy Housing Project which includes redevelopment and reconstruction projects by inducing the basic unit of carbon effects and strategic planning and management to enhance carbon effects.

According to the analysis, in urban parks, carbon uptake and carbon storage by the unit area of living area parks were 7.614kg/m² and 18.5203kg/m² respectively while carbon uptake and carbon storage by the unit area of theme parks were 1.2261kg/m² and 2.831kg/m² each. In facility greens, carbon uptake and carbon storage were 0.5683kg/m² and 0.6636kg/m² respectively while they were 10.77kg/m² and 13.69kg/m² individually in other urban planning facilities. In other greens, on the contrary, carbon uptake and carbon storage were 0.45kg/m² and 1.02kg/m² respectively. In site landscape, carbon uptake and carbon storage by the unit area of apartment landscape were 3.7394kg/m² and 9.2292kg/m² each.

Key Words : *Urban parks, Facility greens, Apartment landscape, Carbon storage, Carbon uptake.*

* 본 연구는 한국토지주택공사 토지주택연구원의 2011년도 기본과제의 연구결과 일부를 재구성하여 작성함.

First author : Kang, Myung-Soo, LHI, Korea Land & Housing Corporation,
Tel : +82-42-866-8463, E-mail : mskang@lh.or.kr

Corresponding author : Kim, Jong-Rim, LHI, Korea Land & Housing Corporation,
Tel : +82-42-866-8440, E-mail : jlkim@lh.or.kr

Received : 22 August, 2013. **Revised** : 2 October, 2013. **Accepted** : 12 September, 2013.

I. 서 론

최근 기후변화 문제와 에너지 위기에 대응하기 위하여 지속가능한 녹색도시를 개발하려는 노력이 선진국을 중심으로 진행되고 있다. 특히, 산업혁명 이후 도시화가 지속되고 화석 연료를 사용하는 인간의 경제활동이 공간적으로 집적됨에 따라 도시공간은 온실가스 감축을 실천하는데 있어서 중요한 무대가 되고 있다. 이에 구미 선진국에서는 2000년 이전부터 탄소배출량을 줄이고 기후변화에 적응하는 지속가능한 주거단지 및 도시공간 개발을 시도해 오고 있다.

우리나라도 세계적인 추세에 발맞춰 이명박 정부부터 본격적인 저탄소 녹색성장 정책이 추진되어 오고 있다. 2008년 대통령 광복절 축사를 통해 “저탄소 녹색성장”을 국가비전으로 선포한 이후, 2009년 11월에 정부는 국가 온실가스 중기감축목표를 2020년의 배출전망치 대비 30%를 감축하는 것으로 설정하였고 2010년 4월에는 녹색성장기본법을 통해 온실가스 감축 목표관리제도를 시행하면서 일정 규모 이상의 신도시개발 또는 도시재개발을 하는 경우에는 녹색건축물을 확대·보급하는 법적근거가 마련되었다. 이에 따라 개발사업 부문에서 에너지 절감 및 온실가스 감축을 위한 건축물 및 도시공간의 조성이 중요한 과제로 대두되고 있다.

그러나 이러한 대내·외적 여건변화에도 불구하고 아직까지 개발사업에서 저탄소 녹색도시를 실현하기 위한 계획요소의 도입이 적극적으로 이루어지지 못하고 있는 실정이다. 이는 첫째, 관련 계획요소의 적용이 기존 도시개발방식에 있어서 추가적인 사업비 투입으로 이루어질 수 있기 때문에 사업시행자 입장에서는 비용부담에 대한 거부감이 높기 때문이며 둘째, 최근에 많은 연구과제와 연구논문 등에서 녹색도시 조성을 위한 계획요소와 다양한 아이디어들이 제

안되고 있으나 탄소효과 측정과 기술도입 등에 대한 신뢰성 있는 연구결과가 부족한 상황에서 관련 계획요소를 반영하는데 위험부담이 크다는 점에서 원인을 찾을 수 있다.

이러한 시점에서 무엇보다 필요한 것은 개발사업에 적용 가능한 탄소효과 추정방식의 개발이라 할 수 있다. 개발사업을 통해 어떤 부문에서 어느 정도의 탄소효과가 유발되는지를 예측가능하게 될 경우, 사업시행자 뿐만 아니라 정부의 중·장기 온실가스 감축계획에 유용한 정보를 전달할 수 있기 때문이다.

본 연구는 이러한 여건에 기초하여 개발사업 지구의 탄소효과 원단위를 도출함으로써 향후 재개발·재건축사업을 비롯한 행복주택사업 등 개발사업지구의 탄소효과 추정 및 탄소효과 제고를 위한 전략적 계획·관리를 위한 기초자료를 제공하는데 연구의 목적을 갖는다.

II. 탄소효과 측정에 관한 선행연구 검토

탄소효과와 관련된 연구들은 크게 탄소저장과 탄소흡수의 2개 영역에서 진행되어 왔다. Peper *et al.*(2001)은 미국 캘리포니아 가로수를 대상으로 일정 면적의 나무 그루수와 분포, 흉고직경과 관련 공식 등을 바탕으로 탄소저장량을 추정하였고, Nowak and Crane(2002)은 제한적인 현장 데이터를 바탕으로 전미 도시림에 대하여 탄소저장량을 추정한 바 있다. Masanori(2008)는 일본의 대표적인 교목 6종에 대하여 흉고직경 및 수령으로 1년간의 이산화탄소 저장량을 산정하는 연구결과를 발표하였다.

이와 같은 연구성과를 바탕으로 현재는 녹지를 구성하는 식물의 이산화탄소 흡수량 및 저장량을 수목의 생체량 방정식, 직경생장률, 녹지면적, 식생 피도 등의 측정인자를 이용하여 측정할 수 있게 되었다

우리나라에서도 도시녹지에 대한 이산화탄소 흡수효과를 산정하기 위한 지속적인 연구가 추

진되어왔다. 대표적으로 Jou *et al.*(1995)은 춘천시를 대상으로 토지이용별로 녹지에 의해 농경지가 0.02kgC/m³, 상업지가 0.13kgC/m³, 자연지가 4.36kgC/m³의 탄소저장량을 갖는 다고 분석한 바 있으며, 수목의 직경(흉고직경)을 변수로 하는 이산화탄소 저장 및 흡수량을 산정하는 지표가 우리나라 녹지를 대상으로 개발되었다(Jou, 1999; Jou *et al.*, 2000; Jou *et al.*, 2012). 이후, Lee(2003)는 아파트단지 내 녹지에 의한 이산화탄소 저장 및 흡수량을 산정하기 위해 교목낙엽수, 교목상록수, 관목상록수, 관목낙엽수로 수종을 단순화시키고 상대생장식을 도출하였다. 나아가 Son *et al.*(2010a)은 서울시 학교녹지와 가로수를 대상으로 식재수종에 대한 이산화탄소 흡수량을 산정하였으며, Son *et al.*(2010b)은 세계주요수종별 바이오매스를 추정한 바 있다. 그리고 Park *et al.*(2009)은 Lee(2003)가 도출한 상대생장식 계수를 활용하여 도시공원의 수목과 가로수, 산림수목의 탄소저장량과 이산화탄소 흡수율을 산정하는 방법을 개발하였다.

그 동안의 탄소효과에 대한 연구들은 수종을 기본으로 하여 탄소저장량과 탄소흡수량을 산정한 것으로서 수종에 대한 공간데이터 활

용시 탄소효과를 추정하는데 기초자료로 활용할 수 있다는 점에서 의미를 가진다. 다만, 개발사업지구에 적용하기에는 수많은 수종과 식재공간에 대한 정보가 필요하고, 계획단계에서 추정 가능한 탄소효과를 도출하는데 한계를 갖고 있다. 따라서 기존 연구를 보완·활용하여 개발사업지구의 계획요소별로 적용 가능한 탄소효과 추정방식에 대한 추가적인 연구가 필요한 실정이다.

III. 분석의 틀

1. 분석의 대상

본 연구는 향후 개발사업지구에서 활용 가능한 탄소효과 원단위를 도출하기 위하여 도시공원및녹지등에관한법률에 의한 공원·녹지 유형을 대상범위로 한다.

사업지구 내 녹지는 크게 산림형 자연녹지와 도시녹지가 포함되나, 본 연구에서는 개발사업지구 적용을 고려하여 사업지구 내 계획적으로 조성되는 도시녹지 즉, 도시공원와 시설녹지, 도시계획시설외 녹지, 그리고 단지내 조경을 대상으로 한다(Table 1).

Table 1. Research scope of park & green types.

Classification	Big class level	Medium class level	Small class level	Note
Woodland-types natural green	Conservation natural green	-	-	Except range of study
	Original natural green	-	-	
	Natural green	-	-	
Urban green	Urban parks	Living area parks	Small park, children's park, neighborhood park	Include range of study
		Theme parks	Historical park, culture park, waterfront park, sports park	
	Facility greens	Buffer green, link green, landscape green		
	Other urban planning facility	Street	Pedestrian, tree	
		Public open space, plaza, traffic plaza, green link bridge, reservoir, pond, river,		
	Site landscape	Apartment landscape		

2. 분석의 방법

공원·녹지의 탄소효과 산정을 위하여 본 연구는 공원·녹지 유형별로 식재량 및 밀도 원단위를 설정하고, 기존 연구결과 중 본 연구에 적용 가능한 탄소효과 산정방식을 도입하

여 탄소효과 원단위를 도출하였다.

먼저, 식재량 및 밀도 원단위 설정을 위해서 2010년 기준으로 한국토지주택공사에 계획완료 및 조성한 16개 사업지구를 대상으로 하여 (Table 2) 공원·녹지 유형별 조성면적과 식재

Table 2. Site conditions.

Classification		Total count	Site(sum count)
Urban parks	Living area parks	Small park	2ea Chuncheon Janghak(2)
		Children's park	6ea Incheon Cheongna2(3), Chuncheon Janghak(1), Hongseong Namjang(2)
		Neighborhood park	12ea Gimpo Masong(4), Seongnam Yeosu(1), Daejeon Doan 1-2(1), Incheon Cheongna2(2), Cheongju Seonghwa2(2), Chuncheon Janghak(1), Hongseong Namjang(1)
	Theme parks	Historical park	1ea Gwangmyeongyeoksegwon(1)
		Culture park	2ea Paju Unjeong2(2)
		Waterfront park	3ea Daejeon Doan1-2(3)
		Sports park	1ea Daejeon Gwanjeo(1)
Facility greens	Buffer green	134ea Gimpo Masong(39), Daejeon Gwanjeo5(13), Cheongju Seonghwa2(13), Chuncheon Janghak(5), Gwangmyeongyeoksegwon(18), Suwon Homaesil(5), Sacheon Yonghyeon(6), Incheon Cheongna2(19), Incheon Cheongna3(13), Jeju Samhwa(3)	
	Link green	1ea Sacheon Yonghyeon(1)	
	Landscape green	27ea Daejeon Gwanjeo5(12), Chuncheon Janghak(2), Sacheon Yonghyeon(2), Incheon Cheongna2(1), Incheon Cheongna3(5), Jeju Samhwa(5)	
Other urban planning facility	Street	Pedestrian	62ea Gimpo Masong(27), Daejeon Gwanjeo5(11), Cheongju Seonghwa2(11), Chuncheon Janghak(8), Incheon Cheongna2(3), Incheon Cheongna3(2)
		Tree	5,909m Gimpo Masong(1,355), Paju Unjeong2(4,554)
	Public open space	21,549m ² Gimpo Masong(713), Daejeon Gwanjeo(668), Chuncheon Janghak(541), Paju Unjeong2(655), Seongnam Yeosu(2,260), Incheon Cheongna2(7,499), Incheon Cheongna3(3,731), Hongseong Namjang(1,855), Jeju Samhwa(3,627)	
	Plaza	21,494m ² Gimpo Masong(5,044), Daejeon Gwanjeo5(4,288), Gimpo Yanggok(2,938), Paju Unjeong2(722), Hongseong Namjang(2,002)	
	Traffic plaza	13,694m ² Cheongju Seonghwa2(13,694)	
	Green link bridge	4,037m ² Paju Unjeong2(4,037)	
	Reservoir	7,553m ² Gimpo Yanggok(7,553)	
	Pond	4,700m ² Hongseong Namjang(4,700)	
	River	12,513m ² Gimpo Masong(1,054), Hongseong Namjang(11,459)	
Site landscape	Apartment landscape	65 unit BL Seoul region(45unit BL), NonSeoul region(20unit BL) * Average House number : 944house/BL Average Area : 53,496m ² /BL	

Table 3. Equation for urban green carbon effect.

Classification	Itemized equation*
A. Carbon storage of Tree (kg/Tree)	$A = \text{Broad-leaved tree's Population} \times A_{T1} + \text{Tall Evergreen tree's Population} \times A_{T2} + \text{Broad-leaved shrub's Population} \times A_{S1} + \text{Evergreen shrub's Population} \times A_{S2}$ A_{T1} : Broad-leaved tree's storage $Y = 0.2572 DBH_{aver.}^{2.4595}$ A_{T2} : Tall Evergreen tree's storage $Y = 0.3510 DBH_{aver.}^{2.1436}$ A_{S1} : Broad-leaved shrub's storage $Y = 0.1800 DAG_{aver.}^{1.9494}$ A_{S2} : Evergreen shrub's storage $Y = 0.1608 DAG_{aver.}^{2.1892}$
B. Carbon uptake of Tree (kg/Tree/yr)	$B = \text{Broad-leaved tree's Population} \times B_{T1} + \text{Tall Evergreen tree's Population} \times B_{T2} + \text{Broad-leaved shrub's Population} \times B_{S1} + \text{Evergreen shrub's Population} \times B_{S2}$ B_{T1} : Broad-leaved tree's uptake $Y = -4.2136 + 1.9006 DBH_{aver.} - 0.0068 DBH_{aver.}^2$ B_{T2} : Tall Evergreen tree's uptake $Y = -2.7714 + 0.9714 DBH_{aver.} - 0.0225 DBH_{aver.}^2$ B_{S1} : Broad-leaved shrub's uptake $Y = 0.0333 DBH_{aver.}^{1.5823}$ B_{S2} : Evergreen shrub's uptake $Y = 0.0568 DBH_{aver.}^{1.3350}$
C. Carbon storage of Soil (kg/m ²)	$C = 9.2 \text{kg/m}^2 (= 92 \text{t/ha}) \times \text{Green area (m}^2)$

* $DBH_{aver.}$: Average of diameter at breast height(5-40cm),

$DAG_{aver.}$: Average of source diameter(1-4cm; above ground 15cm height)

* Source : LEE(2003) p.61. cited

자료를 조사하였다. 관련자료는 주로 도시기반 시설 조경설계자료와 블록별 공동주택 조경설계자료 등 설계도서를 참조하였다.

다음으로 탄소효과 산정을 위해서 Lee(2003)의 연구에서 도출한 도시녹지의 교목과 관목, 토양에 대한 산정방법을 활용하였다(Table 3). 다만, 기존 연구는 대기정화효과 측정을 위한 이산화탄소 저장량과 흡수량을 산정하고 있어 이를 탄소흡수량과 탄소저장량으로 변환하여 적용하였다.

$$\text{탄소흡수량} = \text{이산화탄소흡수량} / 3.667 \quad (\text{식 1})$$

$$\text{탄소저장량} = \text{이산화탄소저장량} / 3.667 \quad (\text{식 2})$$

본 연구에서 적용하고자 하는 기존 연구의 탄소산출식은 교목규격이 흉고직경이 최소 5cm 이상, 최대 40cm 이하이며, 관목의 경우 근원직경이 최소 1cm 이상, 최대 4cm 이상의 범위에 적용되도록 되어 있다. 하지만 공원·녹지계획시 관목의 경우, 근원직경보다는 수관폭에 대한 규격을 사

용하고 있기 때문에 향후 연구결과를 활용하기 위해서는 수고와 수관폭에 대한 산출식으로 제시되는 것이 필요하다. 관목의 경우, 교목에 비해 한 주당 탄소효과는 크지 않지만 균식하여 밀식하는 식재패턴을 고려하면 사업지구 전체에 대한 총체적 탄소효과에 미치는 영향은 적지 않을 것으로 판단되기 때문이다.

3. 공원·녹지 유형별 식재 원단위 설정

본 연구에서는 식생의 수목구분을 교목과 관목, 초본·지피로 구분하였다. 교목과 관목은 다시 상록과 낙엽으로 나누어 각각의 탄소산출식을 적용하였다. 초본·지피의 경우는 1년생이 많고 다년생인 경우도 식생에 축척되는 양이 없이 매년 줄기와 잎부분이 토양으로 환원되는 등 단기간의 생애사이클을 갖고 있기 때문에 탄소효과 산정에서 제외하였으며, 토양의 경우는 자연지반과 인공지반을 구분하지 않고 공간내 수목이 식재된 녹지면적을 대상으로 하였다.

Table 4. Park & green type's estimation of plant per unit area.

Classification			Tree species	Planting density (Tree/m ²)		Average planning size		
				Tree	Shrub	Tree(R)	Shrub(W)	
Urban parks	Living area parks	Small park	Evergreen	0.13	1.27	10.38	0.06	
			Broad-leaved	0.20	10.04	9.04	0.34	
		Children's park	Evergreen	0.26	5.88	8.83	0.16	
			Broad-leaved	0.38	8.88	8.81	0.36	
		Neighborhood park	Evergreen	0.19	5.96	9.91	0.15	
			Broad-leaved	0.40	18.88	10.24	1.27	
	Theme parks	Historical park	Evergreen	0.02	2.73	13.65	0.15	
			Broad-leaved	0.02	0.97	13.25	0.13	
		Culture park	Evergreen	0.02	1.67	10.73	0.17	
			Broad-leaved	0.06	2.59	11.48	0.29	
		Waterfront park	Evergreen	0.04	2.24	13.26	0.15	
			Broad-leaved	0.07	6.39	11.74	0.29	
		Sports park	Evergreen	0.01	0.07	12.40	0.15	
			Broad-leaved	0.02	0.42	9.68	0.30	
Facility greens	Buffer green		Evergreen	0.02	0.21	5.48	1.55	
			Broad-leaved	0.04	0.89	5.17	0.37	
	Link green		Evergreen	0.05	0.30	5.38	0.41	
			Broad-leaved	0.10	1.47	6.47	0.31	
	Landscape green		Evergreen	0.01	0.10	4.58	0.36	
			Broad-leaved	0.02	0.51	5.96	0.37	
Other urban planning facility	Street	Pedestrian	Evergreen	0.01	0.82	5.75	0.30	
			Broad-leaved	0.02	0.78	10.93	0.36	
		Tree	Evergreen	0.01	0.76	20.00	0.30	
			Broad-leaved	1.03	9.61	13.20	0.30	
	Public open space		Evergreen	0.01	0.93	24.06	0.37	
			Broad-leaved	0.02	0.44	12.03	0.30	
	Plaza		Evergreen	0.01	0.78	26.40	0.30	
			Broad-leaved	0.09	0.95	7.60	0.30	
	Traffic plaza		Evergreen	0.003	0.96	28.26	0.30	
			Broad-leaved	-	0.14	-	0.30	
	Green link bridge		Evergreen	0.04	-	8.00	-	
			Broad-leaved	0.02	1.76	9.10	0.36	
	Reservoir		Evergreen	-	0.17	-	0.30	
			Broad-leaved	0.004	0.05	9.39	0.30	
	Pond		Evergreen	-	-	-	-	
			Broad-leaved	0.002	-	10.00	-	
	River		Evergreen	0.002	0.17	6.00	0.30	
			Broad-leaved	0.006	0.23	8.50	0.30	
	Site landscape	Apartment landscape		Evergreen	0.10	2.43	8.23	0.32
				Broad-leaved	0.12	3.76	11.14	0.35

먼저, 도시공원의 식재 원단위 도출을 위해 분석한 도시공원 및 시설녹지, 도시계획시설 외녹지, 단지내조경 분석대상지 현황은 다음의 Table 3과 같다. 다음으로 분석대상 개발사업지구의 공원·녹지 유형별 식재 원단위를 도출한 결과, 다음의 Table 4와 같이 나타났다. 구체적으로 단위면적당 식재밀도는 상록교목이 0.05주/m², 낙엽교목이 0.14주/m²이며, 상록관목이 1.53주/m², 낙엽관목 3.62주/m²로 상록보다 낙엽수종이 더 많이 식재되고 있는 것으로 나타났다. 공원·녹지 유형별로 살펴보면, 도시공원과 시설녹지는 상록과 낙엽 규격이 서로 유의하게 식재되고 있는 경향을 보이고 있으며, 주제공원과 생활권공원은 흉고 직경이 10이내의 규격이나 주제공원은 흉고 직경 5전후로 상대적으로 작은 규격이 식재되고 있는 것으로 나타났다. 반면, 도시기반시설외의 녹지는 가로수, 공공공지, 광장, 교통광장 등이 흉고직경이 큰 상록교목이 식재되고 있으며, 보행자도로, 녹지연결교, 하천 등은 낙엽교목의 규격이 큰 것으로 나타났다. 공동주택 조경의 경우는 도시공원과 같은 규격패턴을 보이고 있으며 상록보다는 낙엽교목의 규격이 더 큰 것으로 나타났다.

IV. 개발사업지구의 공원·녹지 유형별 탄소효과 원단위 산정

본 연구에서는 개발사업지구에서 탄소효과가 가장 큰 공원·녹지에 대한 탄소효과 원단위를 도출하였다. 먼저, 수목에 대한 탄소효과는 크게 탄소를 저장하는 기능과 광합성작용을 통한 이산화탄소 흡수기능으로 접근할 수 있다. 이에 따라 본 연구에서는 탄소효과 도출을 탄소저장량과 탄소흡수량으로 구분하였으며, 이러한 접근은 향후 탄소효과 비용 및 탄소저장에 의한 탄소거래비용과 대기 중 이산화탄소 정화효과 비용을 도출하는데 활용되도록 하는데 목적이

있다. 그리고 탄소효과 원단위는 단위 면적당 (m²) 탄소효과로 산출하여 계획수립시 사전에 탄소효과 추정이 용이하도록 하였다.

1. 공원·녹지 유형별 탄소효과 추정결과

지구단위계획 수립단계에서 계획되어지는 공간크기를 고려하여 공원·녹지를 3단계로 구분하여 분석한 결과, 다음의 Figure 1과 같은 탄소효과 추정결과가 도출되었다.

첫째, 수목이 가지는 탄소효과는 탄소흡수량보다 탄소저장량이 약 2배 정도 높은 것으로 나타났다.

둘째, 도시공원 중에서 생활권공원의 탄소효과가 큰 것으로 나타났다. 이는 대규모로 조성되는 주제공원이 도시의 탄소저장고로서의 역할을 할 것이라는 일반적인 견해와는 상반되는 결과이다.

셋째, 탄소효과가 클 것으로 예상되었던 시설녹지의 탄소효과는 상대적으로 낮은 것으로 나타났다. 특히, 완충녹지는 소음과 진동을 저감시켜주기 위한 녹색 범퍼존으로 활용하기 위하여 교목 밀식 식재를 행하고 있는 점을 감안했을 때 의외의 결과이다. 이는 시설녹지의 평균 식재규격 및 식재밀도가 도시공원보다 작고 낮다는 점에서 원인을 찾을 수 있다.

넷째, 공동주택 조경의 탄소효과가 주제공원과 비교해서 매우 높은 것으로 나타났다. 이는 최근 지하통합개발 확대에 따른 주차장 지하화로 일정규모이상 녹지면적 확보가 용이하게 되면서 식재면적 확대에 기인한 것으로 판단된다. 이에 따라 그동안 공원·녹지 면적으로 고려되지 못했던 공동주택 조경공간이 탄소효과 측면에서 재인식되어질 필요성이 제기된다.

2. 공원·녹지 유형별 탄소효과 원단위 도출결과

공원·녹지 유형별 탄소효과 원단위를 도출한 결과, Table 5와 같이 도시공원 중 생활권공원의 단위 면적당 탄소저장량이 18.5203kg/m²,

Table 5. Park & green type's estimation of the effect of carbon per unit area.

Classification			Tree species	Small class level				Medium class level		Big class level		
				Carbon storage (kg/m ²)		Carbon uptake (kg/m ²)		Carbon storage (kg/m ²)	Carbon uptake (kg/m ²)	Carbon storage (kg/m ²)	Carbon uptake (kg/m ²)	
				Tree	Shrub	Tree	Shrub					
Urban parks	Living area parks	Small park	Evergreen	2.8910	0.0557	0.7717	0.0721	9.2389	4.5814	18.5203	7.6140	
			Broad-leaved	5.6987	0.5935	3.3488	0.3888					
		Children's park	Evergreen	12.9503	0.2578	1.9497	0.3340	22.3008	8.2767			
			Broad-leaved	8.6568	0.4359	5.6973	0.2957					
		Neighborhood park	Evergreen	8.0952	0.2613	1.3833	0.3385	24.0213	9.9837			
			Broad-leaved	14.5487	1.1160	7.5309	0.7310					
	Theme parks	Historical park	Evergreen	0.5909	0.1197	0.1317	0.1551	2.7748	0.9369	2.8310	1.2261	
			Broad-leaved	1.9592	0.1050	0.5889	0.0614					
		Culture park	Evergreen	0.4832	0.0732	0.1226	0.0949	2.8261	1.4466			
			Broad-leaved	2.0577	0.2120	1.0985	0.1306					
		Waterfront park	Evergreen	1.2709	0.0982	0.2695	0.1272	4.8511	2.1334			
			Broad-leaved	2.9588	0.5231	1.4144	0.3223					
		Sports park	Evergreen	0.4051	0.0031	0.0720	0.0040	0.8722	0.3874			
			Broad-leaved	0.4346	0.0294	0.2928	0.0187					
Facility greens	Buffer green	Evergreen	0.3080	0.0092	0.1009	0.0119	0.7682	0.5337	0.6636	0.5683		
		Broad-leaved	0.3983	0.0526	0.3863	0.0345						
	Link green	Evergreen	0.1996	0.0132	0.1017	0.0170	0.9853	0.9530				
		Broad-leaved	0.7004	0.0722	0.7853	0.0490						
	Landscape green	Evergreen	0.0399	0.0044	0.0203	0.0057	0.2374	0.2182				
		Broad-leaved	0.1681	0.0250	0.1751	0.0170						
Other urban planning facility	Street	Pedestrian	Evergreen	0.0302	0.0360	0.0152	0.0466	1.3883	0.5769	13.69	10.77	
			Broad-leaved	1.2839	0.0383	0.4891	0.0260					
		Tree	Evergreen	0.5887	0.0333	0.3108	0.0432	25.9763	20.9542			
			Broad-leaved	24.8826	0.4717	20.2802	0.3200					
	Public open space	Evergreen	0.3315	0.0408	0.0682	0.0528	1.0397	0.4915	1.02	0.45		
		Broad-leaved	0.6458	0.0216	0.3558	0.0147						
	Plaza	Evergreen	1.2578	0.0342	0.0664	0.0443	4.2447	1.7432				
		Broad-leaved	2.9061	0.0466	1.6009	0.0316						
	Traffic plaza	Evergreen	0.3495	0.0421	0.0208	0.0545	0.3985	0.0800				
		Broad-leaved	-	0.0069	-	0.0047						
	Green link bridge	Evergreen	0.3303	-	0.1424	-	0.8588	0.5112				
		Broad-leaved	0.3380	0.1904	0.2575	0.1113						
	Reservoir	Evergreen	-	0.0075	-	0.0097	0.3867	0.1271				
		Broad-leaved	0.3768	0.0025	0.1158	0.0017						
	Pond	Evergreen	-	-	-	-	0.0404	0.0282				
		Broad-leaved	0.0404	-	0.0282	-						
	River	Evergreen	0.0089	0.0075	0.0045	0.0097	0.1401	0.1033				
		Broad-leaved	0.1125	0.0113	0.0815	0.0077						
Site landscape	Apartment landscape	Evergreen	2.9985	0.2589	0.6615	0.2372	9.2292	3.7394			9.2292	3.7394
		Broad-leaved	5.2590	0.7128	2.4658	0.3749						

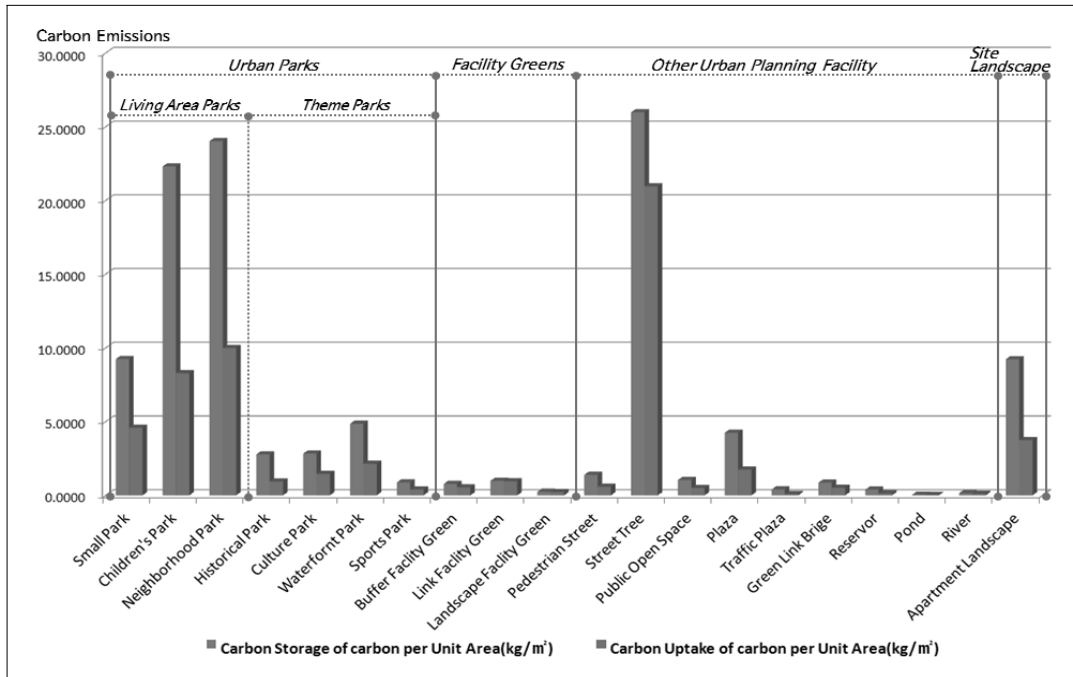


Figure 1. Park & green type's estimation of the effect of carbon per unit area.

탄소흡수량이 7.6140kg/m², 주제공원은 각각 2.8310kg/m²과 1.2261kg/m²로 나타났다.

다음으로 시설녹지는 탄소저장량이 0.6636kg/m², 탄소흡수량이 0.5683kg/m²으로 나타났으며, 도시계획시설외 녹지 중 가로공간은 탄소저장량이 13.69kg/m², 탄소흡수량이 10.77kg/m², 기타 녹지에서 각각 1.02kg/m²와 0.45kg/m², 단지내 조경에 해당하는 공동주택 조경은 탄소저장량이 9.2292kg/m², 탄소흡수량이 3.7394kg/m²의 탄소효과를 갖는 것으로 분석되었다.

이상의 공원·녹지 유형별 탄소효과 원단위를 세부적으로 살펴보면 다음과 같다.

첫째, 도시공원 중 생활권공원은 근린공원의 탄소저장량이 24.0213kg/m², 탄소흡수량이 9.9837kg/m²로 나타나 어린이공원의 22.3008kg/m²과 8.2767kg/m², 소공원의 9.2389kg/m²와 4.5814kg/m² 보다 탄소효과가 큰 것으로 나타났다. 그리고 주제공원에서는 수변공원의 탄소효과가 가장 큰 것으로 나타났는데 탄소저

장량이 4.8511kg/m², 탄소흡수량이 2.1334kg/m²이며, 문화공원이 각각 2.8261kg/m²과 1.4466kg/m², 역사공원이 각각 2.7748kg/m²과 0.9369kg/m²로 나타났다.

둘째, 시설녹지 중에서는 연결녹지의 탄소효과가 가장 큰 것으로 나타났는데 탄소저장량이 0.9853kg/m², 탄소흡수량이 0.9530kg/m²이며, 완충녹지가 각각 0.7682kg/m²와 0.5337kg/m², 경관녹지가 각각 0.2374kg/m²와 0.2182kg/m²로 나타났다.

셋째, 도시계획시설외 녹지 중 가로공간에서는 가로수의 탄소저장량이 25.9763kg/m², 탄소흡수량이 20.9542kg/m²로 나타나 보행자도로의 1.3883kg/m²과 0.5769kg/m² 보다 매우 높은 것으로 분석되었다. 기타 녹지에서는 광장의 탄소효과가 가장 큰 것으로 나타났는데 탄소저장량이 4.2447kg/m², 탄소흡수량이 1.7432kg/m²이며, 공공공지가 각각 1.0397kg/m²과 0.4915kg/m²로 상대적으로 높게 나타났다.

V. 결 론

본 연구는 저탄소 녹색도시 구현을 위한 공원·녹지의 탄소효과 원단위를 산출하는데 연구의 목적을 갖고 있다. 이를 위해 먼저, 공원·녹지 유형을 구분하여 각 유형별 단위면적당 식재 원단위를 도출하였으며, 다음으로 식재 원단위에 선행연구에서 제시된 식재별 탄소효과를 탄소흡수량과 탄소저장량으로 적용하여 탄소효과 원단위를 산정하였다. 이러한 과정으로 도출된 연구결과 및 정책적 시사점은 다음과 같다.

먼저, 탄소효과 제고를 위해서는 공원·녹지의 면적보다는 공간내 녹지면적율과 식재의 규격 및 밀도를 향상시키는 것이 효과적인 것으로 나타났다. 이러한 방안은 공급단가가 높은 시설면적을 줄이는 효과도 있어서 사업시행자의 사업비 부담을 감소시키는 부가적인 효과도 기대할 수 있다.

다음으로 개발단계에서 공원·녹지율을 결정할 이후에는 공원·녹지 유형별 면적배분 계획을 수립할 때, 생활권공원과 공동주택 조경, 가로수 등의 면적비율을 높이고 시설녹지 등은 면적비율을 줄이는 것이 탄소효과 측면에서는 효과가 큰 바 공원·녹지의 이용성과 탄소효과를 동시에 고려하는 계획수립이 필요할 것으로 판단된다.

구체적으로 첫째, 탄소효과가 상대적으로 낮은 것으로 나타난 주제공원은 주제공원 계획시 기존의 자연산림과 토양기반을 최대한으로 활용한 입지선택과 인공지반 시설중심의 공간 조성원칙을 자연지반내 설치가 가능하도록 시설물 기반공사를 최소화 할 필요가 있다.

둘째, 탄소효과가 가장 낮은 시설녹지는 탄소효과 제고를 위해서 일정규격 이상의 교목을 계획하도록 지침상 규정화하는 노력이 요구된다.

셋째, 단지내 조경에 해당되는 공동주택 조

경은 탄소효과 측면에서 충분히 다른 공원·녹지와 비금가는 녹지기능을 가지고 있음에도 불구하고 현재 개발사업지구의 계획 및 설계단계에서 공원·녹지 관련 지표로 활용되고 있지 못하고 있는 한계가 있으므로 공동주택 조경에 대한 새로운 법적·제도적 검토가 요구된다.

본 연구는 개발사업계획단계에서 식재탄소량을 사전 예측·진단하기 위한 시도로, 본 연구에서 제시하는 원단위는 각 녹지공간에 대한 일반적인 경향으로 해석하기에는 한계를 가진다. 그럼에도 불구하고 사업지구별 탄소효과와의 상대적 비교가 가능하여, 탄소효과 제고를 위한 식재계획시 도움을 줄 수 있을 것으로 기대된다.

인 용 문 헌

- Jou, H. K. · Yun, Y. H. and Lee, K. U. 1995. *Atmospheric CO₂ sequestration by Urban Greenspace*. Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture 23(3) : 80-93.
- Jou, H. K. · Han, K. S. and Sou, O. H. 1998. *Function of Home Energy Savings and Carbon Emission Reduction by Urban Vegetation - Case of Chuncheon -*. Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture 71 : 104-117.
- Jou, H. K. 1999. *Carbon Uptake and Emissions in Urban Landscape, and the Role of Urban Greenspace for several Cities in Kangwon Province*. Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture 73 : 39-53.
- Jou, H. K. and Lee, K. W. 2000. *Energy Saving and Reduction of Atmospheric CO₂ Concentration by, and Planning Guideline for Urban Greenspace*. Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture 27(5) : 38-47.

- Jou, H. K. and An, T. W. 2012. *Carbon Storage and Uptake by Deciduous Tree Species for Urban Landscape*. Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture 40(5) : 160-168.
- Lee, K. K. 2003. *A Study on Development of Greenspace Sustainable Index in Apartment Housing*. Ph. D. Dissertation. Seoul National University.
- Masanori YUSAWA. 2008. *Urban Greening of CO₂ Absorber*. Urban Greening Technical No.69, pp.10-13, Organization for Landscape and Urban Green Infrastructure.
- Nowak, D. J. and Crane, D. E. 2002. *Carbon Storage and sequestration by urban trees in the USA*, Environmental Pollution 116 : 381-389.
- Peper, P. J. · McPherson, E. G. and Mori, S. M. 2001. *Predictive equations for dimensions and leaf area of coastal Southern California street trees*. Journal of Arboriculture 27 : 169-180.
- Park, U. J. and Kang, K. E. 2010. *Estimation of C Storage and Annual CO₂ Uptake by Street Trees in Gyeonggi-do*. Journal of the Korean Society of Environment and Ecology 24(5) : 591-600.
- Son, Y. M. · Lee, K. H. · Kim, K. N. · Son, Y. H. · Uo, S. Y. · So, K. W. and Yang, S. J. 2010a. *Greenhouse Gases Inventory of Urban Green - Case of Seoul Mega City*, Korea Forest Research Institute.
- Son, Y. M. · Lee, K. H. · Kim, L. H. · Pou, J. G. · Park, I. H. · Son, Y. W. · Lee, Y. J. and Kim, C. S. 2010b. *World Main Tree Types Carbon Emission Factor for Forest Greenhouse Gases Inventory*. Korea Forest Research Institute.