환경영향평가 제19권 제6호(2010) pp.607~615

연구논문

도시 녹지 가치 평가를 위한 탄소 흡수량 추정

– 서울시를 대상으로 –

이동근* · 박진한** · 박 찬**
서울대학교 조경 · 지역시스템공학부*, 서울대학교 대학원**
(2010년 11월 29일 접수, 2010년 12월 10일 승인)

Estimation of Carbon Uptake for Urban Green Space: A Case of Seoul

Lee, Dong Kun* · Park, Jin Han** · Park, Chan**
Dept. of Landscape Architecture and Rural System Engineering, Seoul National University*
Graduate School, Seoul National University**
(Manuscript received 29 November 2010; accepted 10 December 2010)

Abstract

Urban green space is often at the centre of the debate on urban substantiality because it provides functions of space, e.g. for wildlife, recreation, growing vegetables, psychological well-being, social interaction, etc. Traditionally, the various functions of urban green spaces clearly show that green spaces contain important values that contribute to the overall quality of urban life. After Kyoto protocol, it has becoming important to more accurately evaluate carbon uptake by urban green space. Many studies have analyzed the benefits, costs, and carbon storage capacity associated with urban green space. These studies have been limited by a lack of research on urban tree biomass and carbon uptake by soil, such that estimates of carbon storage in urban systems. This study calculate more accurately the amount of carbon uptake by urban green space. This study also complement the existing methods to estimate the urban green space carbon uptake. It has been studied how to evaluate carbon uptake function of urban green space. The surface area of urban green space increased 5% by complemented method and carbon uptake is also increased. Based on this result, the carbon uptake per capita was analysed and compared to the area of carbon uptake. And this study discussed the reasons for the differences between the new and earlier estimates, as well as implications for our understanding of the global carbon cycle. In conclusion, these results could contribute as preliminary data to policy makers when climate change adaptation strategy is established.

Keywords : Urban forest, Carbon uptake, Carbon sink, Carbon sink index, Low carbon city

Corresponding Author: Park, Jin Han, Dept. of Landscape Architecture and Rural System Engineering, Seoul National University, Seoul, 151-921, Korea Tel: +82-2-880-4885 E-mail: cupid83@snu.ac.kr

I. 서 론

도시 녹지는 도시림뿐만 아니라 도로변 녹지, 학교숲, 담장녹화지, 자연휴양림, 도시자연공원 등을 포함하는데, 일반적인 산림의 공익적 기능인 수원함양기능, 대기정화기능, 산림휴양기능, 야생동물의 서식처기능 뿐만 아니라 도시민을 위한 여가와 휴양 기능을 제공하는 등의 다양한 공익적 기능을 제공한다(김종호 등, 2006). 이러한 도시 녹지는 도시민들 가까이에 위치하며 나무를 심고 숲을 가꾸는 과정에서 휴식공간을 제공할 수도 있고, 생태계의 보전에도 기여할 수 있으며, 경관가치 역시 크게 증가시킨다(배민기 외, 2009).

1997년 교토의정서를 계기로 기존 산림의 기능뿐 아니라 기후변화와의 관계에 있어 흡수원으로서의 산림의 기능에 주목하게 된다. 식물의 탄소동화작용은 대기 중의 탄소를 붙잡아 고정시키는 가장 효율적인 시스템이다. 녹지를 늘리는 것은 현실적으로 흡수원을 증가시키기 쉬우면서도 탄소를 줄이기에 용이한 수단이라 할 수 있다(Stavisns and Richards, 2005; Masahiro and Roger, 2006).

하지만 도시 녹지의 기존의 기능에 비하여 흡수원으로서의 기능에 대현 평가는 미흡한 실정이다. 기존의 기능은 주로 녹지의 양과 관련된 지표에 의해서 도시 녹지에 관한 평가가 이루어지고 있다. 대표적인 지표는 1인당 녹지면적, 녹지율, 녹지용적율, 녹지향유도, 종다양성 지수, 서식처 구조, 식생활력도 등을 예로 들 수가 있는데 이들 지표로는 탄소흡수원의 기능을 평가하기 어렵다.

본 논문에서는 도시 녹지의 흡수원으로서의 기능을 평가하기 위하여 기존 탄소흡수량을 계산 하는 방법을 보완한 방법으로 탄소흡수량을 계산하고, 이를 바탕으로 도시 녹지를 평가할 수 있는 방안을 연구하였다.

II. 이론적 배경

1. 탄소흡수량 추정 방법 고찰

탄소흡수량을 추정하는 방법은 크게 수목의 생장량을 이용하는 방법, 위성영상을 이용하는 방법, 호흡량을 측정하는 방법 등이 있다. 수목의 생장량을 이용하는 방법은 수목을 직접 계측하여 바이오매스량을 구하는 방법, 기존의 자료에서 생장량을 추정하여 바이오매스량을 구하는 방법, 조사된 자료를 이용하여 바이오매스량을 구하는 방법 등이 있다. 조현길(1999)과 조현길 등(2003)에서는 수종별 생체방정식들을 이용하여 생체량을 구한 후 CO_2 량으로 환산하였다. 김종호 등(2006)에서는 산림의 대기정화기능에서 이산화탄소 흡수량을 추정하였는데 추정 방법은 이산화탄소 순흡수량은 현재 3년간의 평균 축적×전환계수-전년도 3년평균 축적×전환계수로 추정하였다. 위성영상을 이용하는 방법은 MODIS 자료를 이용하여 총1차 에너지생산력(GPP)과 순1차 에너지생산력(NPP)을 구하고 이를 바탕으로 식물의 호흡량을 계산해서 탄소흡수량을 추정하는 방법이다. 김태민 등(2007)은 GIS 및 RS를 이용하여 소나무림 식생탄소저장능력을 산출하였다. 이 연구에서의 소나무림 탄소흡수량 추정 방법은 임목의 바이오매스를 계산하여 바이오매스-탄소저장량 전환식을 이용하였다. 마지막으로 호흡량으로 측정하는 방법은 이산화탄소 플럭스 측정 타워를 이용하여 직접 측정한 식물의 호흡량으로 탄소흡수량을 추정하는 방법이다. 하지만 생장량을 이용하는 방법은 조사 방법의 특성으로 인하여 넓은 지역의 조사는 불가능하며, 위성영상을 이용하는 방법은 평면화 시킨 넓이를 사용하므로 산림과 같은 지역의 고도를 반영시키지 못하는 단점이 존재한다. 또한 호흡량을 직접 측정하는 방법은 적은 수의 이산화탄소 플럭스 측정 타워로 인하여 플럭스 측정 타워 설치 지역 외의 흡수량 추정은 어렵다는 단점이 존재한다.

2. 도시 녹지와 관련된 지표 고찰

녹지에 관한 평가는 양적인 측면과 질적인 측면에서 이루어지고 있다. 양적인 측면에서의 평가는 1인당 녹지면적, 녹지율, 녹지용적율, 녹지향유도 등의 지표로 평가가 이루어지고 있으며(홍석환과 이경재, 2004; 박인석 등, 2007; 이경재 등, 2008; 정다정 등, 2010; Whitford *et al.*, 2001), 질적인 측면에서는 주로 생태적인 관점에서 종다양성 지수, 서식처 구조, 식생활력도 등의 지표로 평가가 이루어지고 있다(김창환 등, 1999; 양인태와 김응남, 1999; 엄태원 등, 2009; Noack *et al.*, 2010).

녹지에 관한 지표는 대부분 녹지의 양적인 측면과 질적인 측면에서 이루어지고 있다. 질적인 측면에서는 주로 생태적인 관점에서 녹지의 기능을 평가하고 있으며, 탄소흡수원 측면에서의 평가는 미흡한 실정이다.

III. 서울시 탄소흡수량 추정과 평가

1. 연구 대상지

산림청(2008)에서 발표한 전국 도시림 현황에 따르면 서울시가 도시지역 면적 대비 산림과 도시림의 면적이 가장 작았으며, 1인당 도시림 면적 또한 가장 낮은 값을 보였다. 따라서 저탄소사회 구현을 위한 향후 지자체의 도시 녹지 관리 방향의 기초자료를 위해 서울시를 대상으로 하였다.

2. 연구 재료

서울시 도시 녹지의 탄소흡수량 추정을 위하여 2010 서울시 도시생태현황도를 사용하였다. 2010 서울시 도시생태현황도는 1999년 2월 27일부터 2000년 2월 26일, 2000년 3월 13일부터 2001년 2월 28일까지 2차 년도에 걸쳐 조사된 자료를 바탕으로 제작되었으며, 1차 정비는 2003년 4월 11일부터 2004년 2월 17일, 2004년 3월 2일부터 2005년 2월 21일까지 2차 년도에 걸쳐 보완되었다. 그 후 2008년 3월 12일부터 2009년 2월 26일, 2009년 1월 29일부터 2010년 3월 25일까지 2차 년도에 걸쳐 2차 정비가 이루어졌다. 인구 자료는 서울시 통계자료를 이용하였으며, 도시 녹지 면적은 2010 서울시 도시생태현황도, 지자체 별 면적 자료는 서울시 행정구역도를 이용하였다.

하지만 도시생태현황도의 조사 공간 단위의 데이터는 2010년 자료이지만 탄소흡수량 추정에 중요한 수목에 대한 수고, 흉고직경, 식피율의 측정치는 2000년 자료와 차이가 없어 2000년 자료로 판단하였다.

3. 연구 방법

1) 입체적인 면적을 고려한 탄소흡수량 추정 방법

(1) 식생 분류 방법

본 연구에서 사용된 2010 서울시 도시생태현황도는 식생유형이 경작지, 가중나무림, 기타산림, 리기다소나무림, 물박달나무림, 물오리나무림, 밤나무림, 서어나무림, 소나무림, 아까시나무림, 오리나무림, 일본잎갈나무림, 잣나무림, 초지, 현사시나무림, 조경수목식재지 등 17종류로 나뉜다. 본 연구에서 사용하고자 하는 방법론으로 탄소흡수량을 추정하기 위해서는 수목의 개체수가 필요하다. 현재 공원, 가로수 등 작은 단위의 연구에서는 실제 조사하는 방법으로 개체수를 측정하지만 본 연구와 같이 규모가 크고 특히 산림이 있는 지역의 경우 단위 면적 당 개체수와 면적의 곱으로 개체수를 추정한다. 본 연구에서 사용한 1ha당 산림의 임목본수는 산림청자료를 사용하였다. 산림청 자료는 서울시 도시생태현황도 만큼 식생유형이 분류되어 있지 않아 재분류가 필요하였다. 먼저 같은 식생의 경우 그대로 사용하였으며, 다른 식생의 경우 생물분류체계의 한 단계 상위 단계에서 추정하였다. 또한 조경수목식재지의 경우 대부분이 가로수와 공원임을 감안하여 침엽수와 활엽수가 각각 반으로 존재한다고 가정하여 연구를 진행하였다.

(2) 입체적 면적 산출 방법

본 연구에서 도시 녹지의 입체적 면적을 산출하기 위해서는 ESRI ArcGIS 9.3의 Surface Area

and Ratio for ArcGIS 프로그램[1)]을 이용하였다. Surface Area and Ratio for ArcGIS 프로그램은 래스터 형식의 파일의 고도자료 값을 이용하여 표면적을 분석하는 프로그램으로 토지 면적을 좀 더 현실적으로 측정할 수 있다.

Surface Area and Ratio for ArcGIS 에서는 그림 1의 b와 같이 각각의 셀에서 중심점을 생성하여 각 중심점간을 삼각형 형태로 연결한다. 이 삼각형은 고도값이 반영이 되어있기 때문에 삼각형의 면적을 계산한다면 실질적인 표면적의 넓이를 구할 수 있다.

(3) 탄소흡수량 추정 방법

본 연구에서는 2010 서울시 도시생태현황도를 사용하였으며, 2010 서울시 도시생태현황도에서 얻을 수 있는 데이터는 흉고직경, 식피율, 수목 종류 등이 있으므로 바이오매스를 이용하여 탄소저장량을 구하는 방법으로 탄소흡수량을 추정하였다.

$$W_i = a(DBH)^b \quad \text{식(1)}$$

$$Y = CF \times \Sigma X_i \times W_i \quad \text{식(2)}$$

a, b는 수목의 바이오매스를 구하기 위한 생대생장식 계수이고, DBH는 수목의 흉고직경, CF는 탄소전환계수(0.5), X는 수목의 개체수, W는 수목의 바이오매스, Y는 수목의 탄소저장량이다. 수목의 흉고직경은 2010 서울시 도시생태현황도에서 군락별 흉고직경의 크기가 주어져 있어서 그 값을 사용하였다(박은진, 2009).

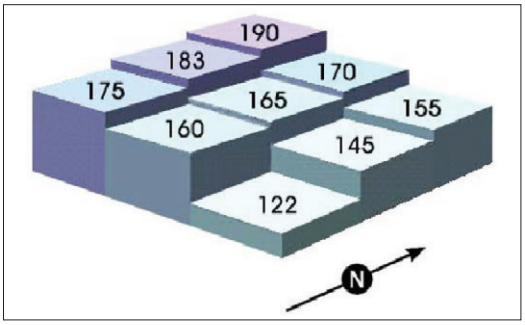
수목의 바이오매스를 구하기 위한 상대생장식의 a, b 상대생장식 계수는 활엽수 a=0.1403, b=2.4595, 침엽수 a=0.1915, b=2.1436을 이용하였다(박은진, 2009).

수목의 개체수를 구하기 위해서는

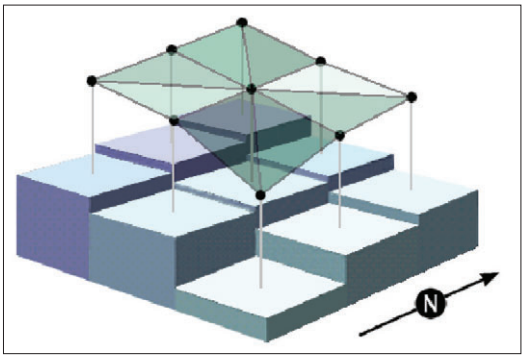
$$X_i = (\text{면적}) \times (\text{토지식피율}) \times (\text{산림의임목본수}/ha) \quad \text{식(3)}$$

를 이용하였으며 토지식피율은 2010 서울시 도시생태현황도의 군락별 분류자료를 사용하였으며, 1ha당 산림의 임목본수는 산림과학원 자료를 사용하였다.

토양탄소량은 (면적)×(토양탄소/1ha)을 이용하였으며 1ha당 토양탄소는 이경학 등(2001)과 박찬(2009)의 자료를 이용하였다. 초지의 경우 국내 연구 결과값이 없어 밭의 토양탄소량을 사용하였다(박찬, 2009).



a: 기존의 표면적 산출 구조



b: Surface Area and Ratio for ArcGIS에서 표면적을 산출하는 구조

그림 1. 기존의 표면적을 산출하는 구조와 Surface Area and Ratio for ArcGIS에서 표면적을 산출하는 구조

자료: Manual: Surface Area and Ratio for ArcGIS

2) 탄소흡수량 평가 방법

도시 녹지의 기능을 평가하기 위해서 각종 지표를 사용하고 있다. 녹지량에 관한 지표 중에서는 1인당 녹지면적을 가장 많이 사용하고 있어서 이를 토대로 1인당 탄소흡수량을 도출하였다.

또한 도시 녹지의 탄소흡수량은 녹지 면적의 넓이가 중요하다고 판단하여 지자체 행정구역 별 전체면적 대비 흡수량을 도출하여 지자체별 단위당

1) 본 연구에서 Surface Area and Ratio for ArcGIS 프로그램을 사용한 이유는 래스터 형식의 데이터를 이용하여 입체적인 면적을 산출하지만 결과 값은 TIN 형식의 데이터를 사용하여 산출한 결과값과 유사하기 때문이다.

흡수량을 도출하였다. 특히 서울시의 경우 구에 따라서 인구의 편차와 구별 면적의 편차가 심하다. 따라서 절대적인 양으로 평가하기에는 무리가 있다고 판단하여 1인당 녹지면적과 지자체 별 면적 대비 흡수량을 도출하였다.

앞서 고찰한 지표들을 토대로 1인당 탄소흡수량, 행정구역 별 전체면적 대비 흡수량을 저탄소사회 구현을 위한 지표로 도출하였다.

Ⅳ. 결과 및 고찰

1. 입체적 면적 산출 결과 및 탄소흡수량 추정

도시의 녹지 면적 산출 결과 서울시 전체적으로 기존 면적에 비하여 약 5%, 9,837,265m^{2}가 증가하였으며 구별로는 강북구 10%, 은평구 9%, 종로구 9% 순으로 증가하였다. 서대문구, 송파구, 중랑구는 기존 방법대로의 면적은 모두 565만~589만m^{2}로 비슷하나 입체적인 측면을 고려하면 서대문구는 589만m^{2}에서 629만m^{2}으로, 중랑구는 565만m^{2}에서 590만m^{2}으로, 송파구는 573만m^{2}에서 574만m^{2}로 변화하는 것을 보았을 때 면적 산출 방법에 따라 면적 값의 차이가 크게 나타났다.

면적 증가량이 높은 구는 주로 산을 포함하고 있다. 강북구, 은평구, 종로구는 모두 해발 342m의 북악산을 포함하고 있으며, 해발 629m의 관악산을 포함하고 있는 관악구, 해발 300m의 안산을 포함하고 있는 서대문구, 해발 837m의 북한산을 포함하고 있는 성북구, 해발 740m의 도봉산을 포함하고 있는 도봉구, 해발 293m의 우면산을 포함하고 있는 서초구 등 산을 포함하고 있는 구가 평면적 면적 산출의 결과에 비하여 높은 증가량을 보였다. 탄소흡수량 추정에 있어 면적이 중요하다는 점은 산지나 구릉지를 포함하고 있는 지역은 다른 지역에 비해 탄소흡수량의 잠재량이 크다는 것을 의미한다.

표 1. 평면적 녹지 면적과 입체적 녹지 면적 비교

	평면적 녹지 면적 (m^2)	입체적 녹지 면적 (m^2)	증가율 (%)
서울시	194,479,300	204,316,566	5.06

표 2. 입체적 녹지 면적을 기반으로 추정한 탄소흡수량

	산림탄소량 (tC)	토양탄소량 (tC)	탄소흡수량 (tC)
서울시	419,592	1,224,423	1,644,035

위에서 산출한 입체적 녹지 면적을 바탕으로 도시 녹지의 탄소흡수량을 구한 결과 서초구 191,135tC, 노원구 138,673tC, 은평구 137,036tC의 순을 보이며 서울시 전체적으로는 1,644,035tC의 흡수량을 보였다. 탄소흡수량은 도시 녹지의 면적과 순위가 거의 같음을 알 수 있다. 이는 면적을 기반으로 산림의 탄소흡수량과 토양탄소량을 추정하였기 때문이다. 산림의 탄소흡수량의 경우 수목의 종류, 크기, 영급 등 단순한 면적 외의 변수가 작용 할 수 있지만, 토양 탄소의 경우 절대적으로 면적에 의존성이 크기 때문에 탄소흡수량과 녹지의 면적과 밀접한 관련이 있는 것으로 판단된다. 비슷한 면적일 때, 탄소흡수량의 순위 변화가 생기는 원인은 식생 유형에 따라 산림과 토지가 흡수하는 양이 달라지기 때문이다. 따라서 식생 유형의 분포와 토지이용에 따라 탄소흡수량이 변화하기 때문에 탄소흡수량의 순위가 녹지 면적과 완전히 일치하지는 않는다.

2. 탄소흡수량 평가 방안

1) 1인당 탄소흡수량

1인당 탄소 흡수량의 경우 저탄소사회 구현에 있어 녹지를 보는 또 다른 시각이 될 수 있다. 기존 1인당 녹지 면적은 단순히 녹지의 면적만 관계가 있다. 하지만 탄소 흡수능의 측면에서 본다면 흡수량은 앞서 언급하였듯 면적뿐만 아니라 나무 수종의 차이, 크기, 영급 등 다양한 변수에 의해 결과값이 달라질 수 있다.

이는 1인당 탄소흡수량과 1인당 녹지면적을 비교하여 보면 녹지의 질의 중요성은 더욱 분명해진다. 1인당 탄소흡수량과 1인당 녹지면적이 높은 상위 7개의 구와 용산구, 성동구, 영등포구, 동대문구 등 11개의 구는 순위의 변화가 없다. 하지만 9개 구는

표 3. 1인당 녹지면적에서 1인당 탄소흡수량으로의 순위 변화량 비교

		순위 증가 상위 구			순위 하락 상위 구		
		성북구	중 구	구로구	강서구	마포구	중랑구
순위 변화량 (위)		△3 (11 → 8)	△2 (14 → 12)	△2 (18 → 16)	▽5 (8 → 13)	▽4 (16 → 20)	▽2 (13 → 15)
인구수 (명)		48만	6만	17만	58만	39만	17만
행정구역 면적 (m^2)		2,438만	1,005만	1,983만	4,281만	2,463만	1,794만
녹지면적* (m^2)		847만	176만	469만	1,224만	434만	571만
녹지면적 증가율** (%)		6	4	3	1	1	4
탄소흡수량 (tC)	수목	26,621	6,001	14,348	9,545	12,082	9,738
	토양	56,781	11,686	27,350	64,008	17,712	30,265
	계	83,402	17,687	41,698	73,553	29,794	40,003
1인당 녹지면적 (m^2/인)		17	13	10	21	11	13
1인당 탄소흡수량 (tC/인)		0.17	0.13	0.09	0.13	0.07	0.09
주요 녹지 평균식피율 (%)		58	64	62	47	34	60
수목 평균흉고직경 (cm)		14	19	15	12	11	11

*녹지면적: 입체적인 표면적 넓이
**녹지면적 증가율: 평면적인 표면적 넓이에서 입체적인 표면적 넓이의 증가율

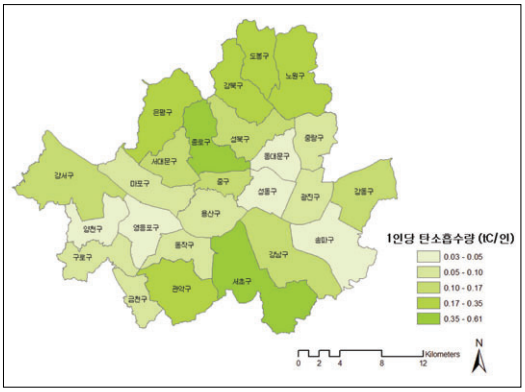


그림 2. 서울시 구별 1인당 탄소흡수량

1인당 녹지면적 지표보다 1인당 탄소흡수량 지표 적용 시 순위가 상승하고 4개 구는 순위가 하락하는 것을 알 수 있다.

1인당 녹지면적에서 1인당 탄소흡수량으로 변화 시 순위가 증가한 상위 3개구와 순위가 하락한 상위 3개구를 비교하여 보면 순위 변화의 원인은 녹지의 양이 아니라 녹지의 질에서 찾을 수 있다. 순위 변화에 있어 인구수, 행정구역 면적, 녹지면적, 녹지면적 증가율, 탄소흡수량, 1인당 녹지면적, 1인당 탄소흡수량 등은 영향을 미치지 않음을 알 수 있다. 하지만 주요 녹지의 평균식피율과 수목의 평균흉고직경을 보면 순위 변화의 원인을 찾을 수 있다. 순위가 증가한 성북구, 중구, 구로구를 보면 성북구는 녹지의 평균 식피율이 58%, 중구는 64%, 구로구는 62% 임을 알 수 있다. 그에 비해 강서구는 47%, 마포구는 34%, 중랑구는 60% 임을 알 수 있다. 단순히 식피율만 보면 중랑구의 식피율이 높은데도 불구하고 순위가 하락한 이유를 알 수 없다. 하지만 수목의 평균 흉고직경을 보면 그 차이는 분명해진다. 순위가 증가한 구의 평균흉고직경은 약 16cm이다. 하지만 강서구, 마포구, 중랑구의 평균흉고직경을 보면 약 11cm임을 알 수 있다.

성북구와 강서구를 비교해 보면 녹지의 질의 차이는 더욱 분명해진다. 강서구는 녹지의 면적이 1,224만m^2로 성북구보다 377만m^2 더 넓다. 하지만 탄소흡수량을 비교하여 보면 토양탄소량은 면적이 넓은 강서구가 더 많지만 수목의 탄소량까지 더하면 성북구의 탄소흡수량이 9,849tC 많아진다. 이는 녹지의 식피율과 수목의 크기 차이에서 나타나는 결과이다. 성북구가 강서구에 비해 평균식피율은 약 10% 높으며 평균흉고직경 역시 약 2cm 가량 크기 때문이다.

1인당 녹지면적과 1인당 탄소흡수량을 비교하였을 때, 더 이상 양적인 증가만 고집할 것이 아니라

질적인 증가도 고려해야 할 것이다. 특히 저탄소사회 구현을 위해서는 같은 면적당 더 많은 탄소를 흡수 할 수 있는 질 좋은 수목이 필수적이다.

2) 면적 대비 탄소흡수량

서울시 25개 구의 면적은 모두 다르다. 그에 따라 녹지의 절대적인 넓이도 다르게 나타나므로 단순한 탄소배출량에 관한 수치의 비교는 무의미하다고 판단하여 지자체 면적 대비 흡수량을 추정하였다. 그 결과 전체면적 대비 흡수량은 강북구가 0.52kgC/m^2로 가장 높게 나타났으며 도봉구, 종로구, 은평구, 관악구 순으로 나타났다. 이들 지역은 모두 북한산과 관악산을 포함한 지역임을 알 수 있다. 그 뒤를 이어서 수치가 높은 지역은 서초구와 노원구인데 이들 지역 역시 우면산과 도봉산을 포함하고 있음을 알 수 있다.

강북구, 도봉구, 종로구, 은평구, 관악구 순으로 면적 대비 탄소흡수량이 높게 나타났다. 이들 지역의 도시 녹지는 타 지역에 비하여 탄소흡수 효율이 좋다고 볼 수 있을 것이다. 면적 대비 흡수량 지표는 배출량 대비 흡수량 지표와 더불어 지자체에서 도시 녹지에 대한 관리 방안을 제시할 수 있을 것이다.

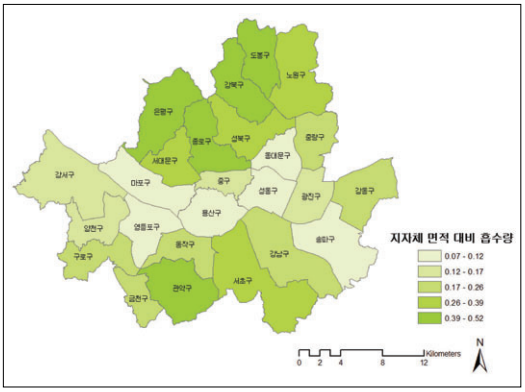


그림 3. 서울시 구별 면적 대비 탄소흡수량

V. 결 론

본 연구에서는 도시 녹지의 면적을 입체적인 표면적 넓이로 산출한 후 이를 바탕으로 구별 탄소흡수량을 추정하였다. 탄소흡수량은 도시 녹지의 수목의 탄소흡수량과 토양의 탄소흡수량을 동시에 고려하였다. 아울러 도시 녹지의 탄소흡수량 평가 방법에 있어 새로운 지표의 가능성을 제안하였다.

본 연구의 결론은 다음과 같다.

첫째, 탄소흡수량 추정을 위해서는 정확한 면적의 산출이 필요하며, 특히 산지나 구릉지의 경우 고도를 고려한 입체적인 표면적을 산출할 필요성이 있다. 이는 향후 지자체의 탄소흡수원 관리 계획 시 산지나 구릉지가 같은 넓이의 평지보다 더 큰 탄소흡수량의 잠재력을 지니고 있다는 점을 간과해서는 안 된다는 것을 의미한다.

둘째, 1인당 녹지면적으로 대표되는 녹지에 대한 지표를 대신하여 1인당 탄소흡수량 지표의 제안과 함께 지자체별 면적 대비 탄소흡수량 지표를 제안하였다. 이러한 지표들은 저탄소사회 구현에 있어 도시 녹지에 대한 관점의 변화를 제시한다. 1인당 녹지면적과 1인당 탄소흡수량을 비교해보면 양적인 순위는 큰 변화가 없으나, 산림의 질에 따라서 같은 면적이라도 탄소흡수량은 더 많은 결과가 나타나기도 하였다. 이는 향후 지자체의 저탄소 대응방안 수립 시 도시 산림의 질에 대한 중요성을 말하고 있다.

본 연구는 탄소흡수량 산정에 있어 고도를 고려하여 입체적으로 도시 산림에 대한 면적을 구한 것에 대해 의의를 지니며, 아울러 도시 녹지의 평가 방법에 있어 녹지의 단순한 양이 아닌 탄소흡수기능으로써의 평가 방법을 제안하고자 하는 것에 의의가 있다. 하지만 탄소흡수의 기능을 강조하여 흡수량이 많은 수종으로의 변화는 지양해야 한다. 본 논문에서 주장하는 것은 구릉지, 산지 등을 보호하고 보존하여 과소평가 되었던 흡수원의 기능에 주목하자는 것이다.

보다 나은 연구결과를 위해서는 다음과 같은 사항이 보완되어야 할 것이다.

첫째, 데이터의 한계를 극복할 수 있어야 한다. 2010 서울시 도시생태현황도 패치에 대한 공간적인 데이터는 2010년을 나타내고 있지만 수목에 대한 시간적인 데이터는 2000년 자료로 추정되어 시간의 차이에서 발생하는 자료의 한계가 존재한다. 향

후 연구에서는 직접 조사의 방법으로 이러한 한계점을 극복할 수 있을 것이다.

둘째, 수목의 바이오매스량 추정에 있어 다양한 수종만큼의 추정식과 상대생장식의 적용계수의 부재로 인한 한계점을 지니고 있다. 본 연구에서 사용한 2010 서울시 도시생태현황도에서는 경작지, 가중나무림, 기타산림, 리기다소나무림, 물박달나무림, 물오리나무림, 밤나무림, 서어나무림, 소나무림, 아까시나무림, 오리나무림, 일본잎갈나무림, 잣나무림, 초지, 현사시나무림, 조경수목식재지 등 17종류의 식생유형으로 나뉜다. 하지만 상대생장식의 적용 계수는 활엽수와 침엽수로만 분류되어지므로 바이오매스 추정에 있어 한계를 지닌다고 판단된다. 향후 연구에서는 수목의 종류별로 생장량 추정식을 도출할 필요성이 요구된다.

사 사

본 연구는 (사)한국환경영향평가학회 2010년 추계학술대회 발표 내용을 기초로 하여 발전시킨 연구입니다.

본 연구는 국토해양부 첨단도시개발사업의 연구비지원(07첨단도시 A01)에 의해 수행되었습니다.

인용문헌

김종호, 이경학, 박찬우, 서정원, 손영모, 김경하, 윤호중, 박찬열, 이승우, 오정수, 2006, 산림의 공익기능 평가, 한국산림휴양학회지 10(2), 7-15.

김창환, 명 현, 신병철, 1999, 전라북도 장안산 산림식생 종다양성, 한국환경생태학회지, 13(3), 271-279.

김태민, 송철철, 이우균, 손요환, 배상원, 김춘식, 2007, GIS 및 RS를 이용한 소나무림 식생 탄소저장능력의 공간분포 특성규명, 한국GIS학회, 추계학술대회.

박은진, 2009, 도시 수목의 이산화탄소 흡수량 산정 및 흡수효과 증진 방안, 경기개발연구원.

박인석, 이상현, 임태영, 송승호, 오유진, 2007, 주거지 성능지표로서의 '녹지향유도'에 관한 연구, 서울도시연구, 8(3), 161-172.

박찬, 2009, 저탄소사회 구현을 위한 이산화탄소 저감 잠재량 분석-토지이용변화를 중심으로-, 서울대학교 대학원 석사학위논문.

배민기, 정환도, 손영모, 2009, 기후변화대응을 위한 도시내 녹지공간의 역할-대전광역시를 사례로-, 환경정책, 17(2), 181-199.

산림청, 2008, 전국 도시림현황.

서정호, 손영모, 이경학, 이우균, 손요환, 2005, 동적 임분생장모델을 이용한 임분 바이오매스 및 탄소흡수량 추정, 임산에너지, 24(2), 37-45.

양인태, 김응남, 1999, 근적외선 디지털 카메라에 의한 수목의 NDVI 추출과 분석, 대한토목학회, 19(1), 49-57.

엄태원, 김갑태, 추갑철, 2009, 변산반도국립공원 신선봉 지역의 식생구조, 한국환경생태학회지, 23(2), 143-150.

이경재, 최진우, 한봉호, 2008, 도시 공원녹지의 총량 산정을 위한 지표 비교 및 적용-서울시 구로구를 사례로-, 한국조경학회지, 36(4), 27-35.

이경학, 손영모, 김영수, 2001, 임업 및 토지이용부문의 온실가스 흡수 및 배출 현황, 임산에너지, 20(1), 53-61

정다정, 허준, 박성원, 2010, 도심 온도에 영향을 미치는 주요 인자 분석, 한국지형공간정보학회, 춘계학술대회.

조현길, 1999, 강원도 일부도시의 경관내 탄소흡수 및 배출과 도시녹지의 역할, 한국조경학회지, 27(1), 39-53.

조현길, 조용현, 안태원, 2003, 도시녹지의 대기환경개선 효과-서울시 중구를 중심으로-, 한국조경학회지, 31(3), 114-121.

홍석환, 이경재, 2004, 서울 강남지역 아파트단지

의 녹지면적에 따른 온도변화 모형, 한국환경생태학회지, 18(1), 53-60.

Jeff, J., 2010, Manual: Surface Area and Ratio for ArcGIS.

Masahiro Amano and Roger A. Sedjo, 2006, Forest Sequestration: Performance in selected countreis in the kyoto period and the potential role of sequestarion in post-kyoto agreements, Resources for the future.

Noack A. W. Frederik, Michael Manthey, Jack H. Ruitenbeek and M.R. Marvie Mohadjer, 2010, Separate or mixed production of timber, livestock and biodiversity in the Caspian Forest, Ecological Economics, 70: 67-76.

Robert N. Stavina and Kenneth R. Richards, 2005, The cost of U.S. forest-based carbon sequestration, Pew Center on Global Climate Change.

Whitford V., Ennos A. R., and Handley J. F., 2001, "City form and natural process"-indicators for the ecological performance of urban areas and their application to Merseyside, UK, Landscape and Urban Planning, 57: 91-103.

서울특별시 도시계획국 도시생태현황도 (http://urban.seoul.go.kr/)

서울특별시 통계정보 (http://stat.seoul.go.kr/)

최종원고채택 10. 12. 14