

연결성 분석을 활용한 산림의 주연부와 내부의 탄소저장량 비교

성선용 · 이동근* · 모용원

서울대학교 협동과정 조경학 박사과정 · *서울대학교 조경·지역시스템 공학부

Comparison of Carbon Stock Between Forest Edge and Core by Using Connectivity Analysis

Sung, Sun-Yong · Lee, Dong-Kun* · Mo, Yong-Won

Doctoral Course, Interdisciplinary Program in Landscape Architecture, Seoul National University

**Professor, Department of Landscape Architecture and Rural System Engineering, Seoul National University*

ABSTRACT : Forest ecosystem is considered as an important stepping stone to minimize the impact of climate change. However, the rapid urbanization has caused fragmentation of forest ecosystem. The fragmentation of forest patch results in edge effect which brings about adverse impacts on forest function and structure. Degradation of forest ecosystem decreases carbon sequestration because edge effect reduces productivity. Therefore, we analyzed the impact of forest edge effect on forest ecosystem carbon stock change in Seongnam-si, Gyeonggi-do. We used connectivity analysis to determine forest edge and core area. The field study sites were selected with considering forest age, density, class and soil type. Secondly, forest carbon stock was calculated with allometric equation. The soil carbon stock was derived from Walkely-Black method. Lastly, Mann-Whitney test was conducted to validate differences between carbon stock in edge and core area. As a result of study, the connectivity analysis was effective to determine forest edge and core. The core and edge of forest patch showed different composition of tree species and soil properties. Carbon stock per tree in the edge area was lower than that in the core area. However, the difference of soil organic carbon content between the edge and core were relatively small. This assessment can be applied for the conservation of forest patch as well as quantitative assessment on the forest carbon stock change caused by fragmentation.

Key words : Soil Organic Carbon, Carbon Sequestration, Edge effect, Fragmentation, Seongnam-si

1. 서 론

기후변화에 따른 영향이 심화되면서 산림의 역할에 대한 논의가 활발하게 진행되었다(World Bank, 2012). 특히 산림이 온실가스효과기체 중 대부분을 차지하고 있는 이산화탄소를 저감할 수 있는 잠재력을 가진 것으로 알려짐에 따라 산림의 탄소 저장 능력에 대한 논의가 본격화 되었다(Lal, 2005). 산림 생태계는 인간이 화석연료와 개발에 의한 토지이용 변화로 인하여 배출하고 있는 이산화탄소의 약 25%를 흡수하고 있으므로(Global Carbon

Project, 2014) 산림생태계의 변화에 대한 이해가 필수적이다.

한편, 개발에 의한 도시의 확장과 산림의 파편화는 산림생태계 구조의 변화와 밀접한 관련이 있다(Laurance and Bierregaar, 1997). 산림의 파편화는 구조적으로 산림 패치크기 감소 및 패치수 증가의 원인이 되며(Harper et al., 2005), 패치수의 증가는 동일한 산림패치의 면적에서 산림 주연부의 길이를 증가시킨다. 또한, 산림 개발에 따른 주연부의 증가는 산림생태계 기능의 변화와도 관련이 있다(Lindenmayer and McCarthy, 2001). 산림의 주연부에서 발생하는 식생의 고사율 증가, 미기후의 변화, 외래종의 도입등과 같은 부정적인 영향을 증대시키고 나아가 산림의 생산성 변화를 가져올 수 있으나 이에 대한 논의

Corresponding author : Lee, Dong-Kun
Tel : 02-880-4875
E-mail : dklee7@snu.ac.kr

는 국내에서는 아직 미비한 수준이다(Kim et al., 2012).

산림의 주연부가 산림의 생산성 변화에 미치는 차이를 연구하기 위해서는 주연부와 내부를 구분하는 것이 선행되어야 한다. 이 때, 현장조사를 통해 산림을 특성별로 구분하는 것이 가장 정확하나 시간과 비용이 많이 소요되는 단점이 있어 경관생태학적 모형을 활용하여 이를 보완하는 것이 반드시 필요하다(Lee et al., 2005).

따라서 본 연구에서는 연결성분석을 활용하여 산림의 주연부를 설정하고 주연부와 내부 식생 및 토양조사를 통해서 주연부와 내부의 탄소저장량의 차이를 밝히고자 한다.

II. 연구의 범위 및 방법

1. 연구의 대상지

본 연구의 대상지는 경기도 성남시의 산림으로 선정하였다 (Figure 1). 성남시 전체 면적의 46%는 산림으로 구성되어 있으며(Seongnam-si, 2011) 1980년대 이후 급격한 개발 후 점차 산림이 안정화되고 있는 지역으로 산림의 주연부와 내부의 탄소저장량 차이를 가장 잘 밝힐 수 있는 지역으로 판단되었다.

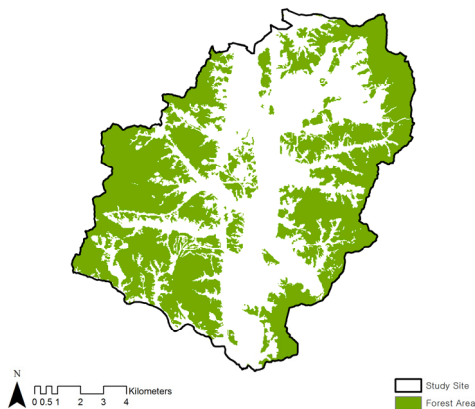


Figure 1. Study Site

2. 연구의 방법

본 연구에서는 크게 3가지 단계를 통해서 연구를 진행하였다. 첫 번째로 연결성 지수를 활용하여 성남시 산림의 주연부와 내부를 구분하고 산림의 속성을 고려하여 현장조사 대상지를 선정하였다. 두 번째로는 현장조사를 통하여 식생 및 토양의 속성을 조사하여 대상지의 식생 및 토양이 지니는 탄소저장량을 계산한 후 마지막으로

통계분석을 통해서 주연부와 내부의 차이를 통계적으로 밝히고 활용방안 및 결론을 도출하였다(Figure 2).

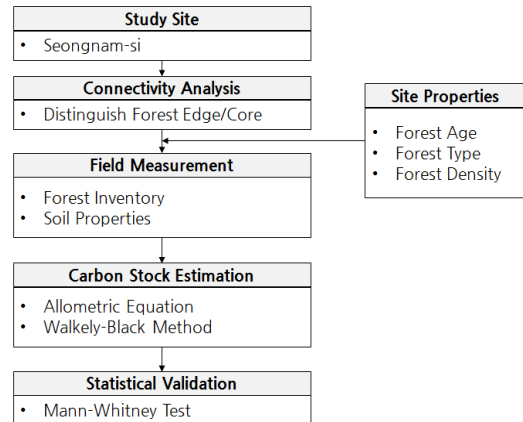
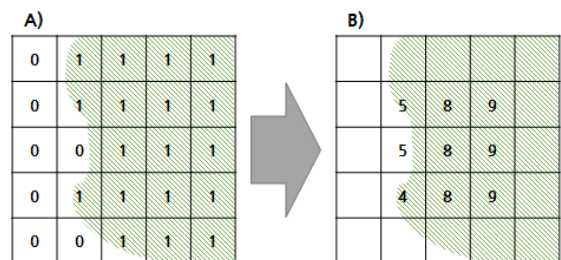


Figure 2. Research Flow

가. 연결성 지수를 활용한 주연부 설정

본 연구에서는 산림의 주연부를 설정하기 위하여 연결성 지수 분석을 실시하였다. 연결성 지수를 산출하기 위한 산림의 경계는 산림청에서 제공하고 있는 제5차 임상도를 활용하였다. 제5차 임상도를 이용하여 산림을 추출하고 격자로 변환 후 주변지역의 8개 격자의 산림여부를 고려하여 연결성 지수를 1에서 9점까지 부여하였다. 연결성 지수 분석 후 주연부를 가장 잘 표현할 수 있는 점수인 4점에서 6점까지를 주연부로 선정하였으며 7점에서 9점까지를 내부지역으로 설정하였다(Lee et al., 2005; Figure 3).

또한, 산림 패치에서의 주연부 효과는 20-40m에서 주로 나타나고 있는 것으로 알려져 있으므로(Harper et al., 2005) 이를 고려하기 위하여 대상지내의 연결성 지수분석을 위한 한 개의 격자를 30m로 하였으며, 연결성 지수 계산은 ArcGIS10.1의 Focal Statistic Tool을 활용하였다.



A) 산림지역(1), 그 외 지역(0)
B) 주변 지역을 고려한 연결성 지수 (0-9)

Figure 3. Concept of Connectivity Analysis (Lee et al., 2005)

나. 식생 및 토양 조사 방법

연결성 분석을 통해서 산림의 주연부를 설정한 후 토양도와 5차입상도를 활용하여 유사한 속성을 지니는 대상지를 선정하여 현장조사를 실시하였다. 식생조사를 위하여 널리 사용되고 있는 Quadrat 방법(Kim et al., 2004)을 이용하여 각 대상지의 주연부와 내부에 10m x 10m 방형구를 선정하였다. 그 후 방형구내에 서식하고 있는 관목 및 교목을 전수 조사하였으며 교목의 경우 흉고직경(Diameter at Breast Height; DBH) 및 수고를 조사하였으며 관목은 근원직경(Diameter at Above Ground; DAG)을 조사하였다.

토양시료는 방형구내에 무작위로 3곳을 선정하여 채취하였다. 이때, 선행연구에 따르면 0-20cm까지의 토양이 함유한 토양의 유기물량이 전체의 70%를 지하고 있으므로(Jobbagy and Jackson, 2000) 표토의 유기물을 제거한 후 오거를 활용하여 0-20cm까지의 토양을 채취하였다. 동시에 경도계와 산습도계를 활용하여 경도와 pH, 습도를 측정하였다. 채집된 시료는 전처리후 가비중과 토양의 유기물 함량을 조사하였다.

다. 탄소저장량 산정방법

식생의 탄소저장량을 산출하기 위해서 상대성장식을 활용하여 바이오매스량을 산정하였다. 교목의 경우 각각 수목의 흉고직경(DBH)을 활용하여 침엽수, 활엽수별로 현재 산림이 저장하고 있는 산림의 바이오매스량을 산출하였으며(Park and Kang, 2010; Equation 1), 관목의 경우 근원직경(DAG)을 활용하여 침엽수(Equation 2), 활엽수(Equation 3)별 상대성장식을 활용하여 관목의 바이오매스량을 계산하였다(Hwang et al., 2011).

$$W_i = a(DBH)^b \quad (1)$$

Table 1. Allometric Equation Constant of Trees in Urban Areas (Park and Kang, 2010)

	a	b
Broadleaf Trees	0.1403	2.4595
Conifer Trees	0.1915	2.1436

$$Y = 0.1800 DAG_{aver}^{1.9494} \quad (2)$$

$$Y = 0.1608 DAG_{aver}^{2.1892} \quad (3)$$

개별수목이 저장하고 있는 바이오매스량을 산정(Wi)

하고 개체수(Xi)를 곱한 뒤 대상지내의 모든 수목의 탄소량(Y) 산정을 위하여 IPCC(2003)의 탄소전환계수(Carbon Factor, CF; 0.5)를 이용하여 대상지의 바이오매스량을 탄소저장량으로 전환하였다(Equation 4).

$$Y = CF \times \sum (X_i \times W_i) \quad (4)$$

토양의 유기탄소량(Total Organic Carbon: TOC) 및 유기물 함량(Soil Organic Matter: SOM)은 Walkely-Black method(Walkley and Black, 1934)를 활용하여 계산하였다(Equation 5, 6).

$$TOC(\%) = \frac{(B - T) \times (FeSO_4) \times 12 \times 100}{S \times 1000 \times 4 \times 77} \times 100 \quad (5)$$

$$SOM(\%) = TOC(\%) \times 1.724 \quad (6)$$

B : blank 적정시 소모된 FeSO₄의 양(ml)

T : 시료 적정시 소모된 FeSO₄의 양(ml)

S : 토양시료 무게(g)

라. 주연부와 내부의 차이 검증

본 연구에서는 주연부와 내부의 탄소저장량 및 토양의 물리, 화학적 차이를 통계적으로 검증하기 위하여 SPSS 18.0를 활용하여 Mann-Whitney 검정을 실시하였다. Mann-Whitney 검정법은 비모수적 방법으로 두 집단의 분포를 알 수 없을 때 두 집단간의 평균의 차이를 밝히는데 주로 사용되고 있으며 비모수 검정시 t-test와 비슷한 신뢰도를 가지는 것으로 알려져 있다(Lee and Nho, 2009; Equation 7).

$$U = n_1 n_2 + \frac{1}{2} n_1 (n_1 + 1) - R_1 \quad (7)$$

R₁ = 표본크기가 작은 집단의 순위 합계

n₁, n₂: 집단1과 집단2의 표본수

III. 결과 및 고찰

1. 연결성 분석 결과 및 대상지 선정

연결성 분석을 활용하여 추출한 성남시 산림의 주연부와 내부를 활용하여 산림의 속성에 따라서 현장조사 대상지를 선정하였다.

현장조사 대상지는 산림의 관리에 따른 영향을 최소

화하기 위하여 자연림으로 한정하였으며 수종, 임령, 밀도가 유사한 대상지 총 네 곳을 선정하여 주변부와 내부 조사시점을 GIS를 통해서 선정한 후 GPS를 활용하여 현장조사를 실시하였다(Figure 4; Figure 5).

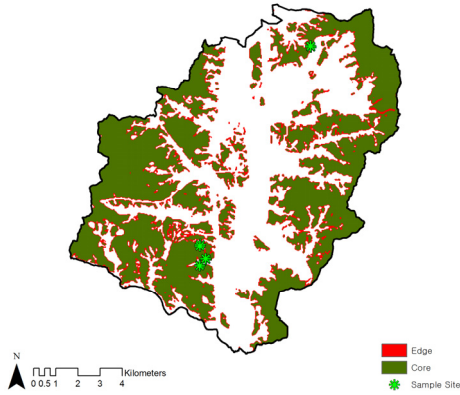


Figure 4. Result from Connectivity Analysis

2. 현장조사 결과

가. 식생조사 결과

연결성 분석을 통해서 선정된 주변부 중 산림 및 토양의 속성이 유사한 것으로 선정된 네 지역의 대상지의 식생조사를 실시한 결과, 주변부와 내부의 종 구성 및 종 다양성의 차이가 발견되었다(Table 3). 모든 대상지에서 가장자리에 더 많은 종류의 관목이 발견되었으며 내부는 주로 교목이 우점하고 있었다(Figure 5). 또한 내부와 달리 대부분의 주변부에서는 덩굴류 및 외래종이 발견되었다.

주변부는 경계지역으로서 물질의 이동이 활발하고 인

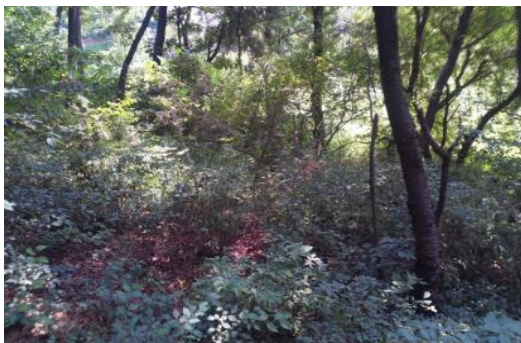
간의 교류가 왕성하므로 이로 인하여 외래종의 도입(Oosterhoorn and Kappelle, 2000) 그리고 다양한 종의 유입가능성이 내부에 비하여 높은 것(McDonald and Urban, 2006; Henry et al., 2009; Kim et al., 2012)으로 알려진 선행 연구결과와 일치하였다.

나. 토양조사 결과

주변부와 내부의 차이는 토양의 물리, 화학적인 속성에서도 나타났다(Table 2). 토양의 경도를 측정된 결과 주변부의 경도는 내부보다 높은 것으로 나타났다. 이는 주변부에서 인간의 활동에 따른 답압의 증가에 따른 것으로 풀이된다. 토양의 습도는 내부에서 더 높게 나타났는데 가장자리의 경우 햇빛의 투과량이 더 많으며, 바람의 영향에 의하여 쉽게 건조해 질 수 있기 때문(Matlack and Litvaitis, 1999)으로 풀이된다. 동시에 내부에 비하여 낙엽층이 적고 식생의 밀도가 높기 때문에 식생이 필요로 하는 수분량도 높으며 수분을 보전해 줄 수 있는 층이 없기 때문에 증발산량이 가장자리에서 높게 나타난 것(Lovejoy et al., 1986; Lindenmayer et al., 1997)으로 판단된다. 산도도 내부와 가장자리에서 다른 양상을 나타냈는데, 이는 산도가 습도와도 밀접한 관련이 있기 때문에 이에 따른 영향으로 풀이 된다.

Table 2. Soil Properties in Each Site

		pH	Hardness (Kg/cm ²)	Humidity(%)
Site A	Edge	7.0	1.3	12.0
	Core	6.5	0.5	41.0
Site B	Edge	7.0	2.1	10.0
	Core	6.7	0.9	31.3
Site C	Edge	6.7	1.2	32.5
	Core	6.8	0.4	25.0
Site D	Edge	7.0	1.4	18.8
	Core	6.7	0.5	25.3



a) Edge area



b) Core area

Figure 5. Examples of Edge Area and Core Area

3. 탄소량 조사 결과

가. 식생탄소조사 결과

대상지의 식생탄소저장량을 산정한 결과 정도의 차이는 있었으나 같은 대상지내에서는 내부의 탄소저장량이 주연부에 비하여 높은 것으로 나타났다(Table 4). 대상지 A의 경우 등산로 인근에 위치하고 있어 다른 대상지에 비하여 교란의 정도가 심하게 나타나고 있어, 수목이 생육하기에 적합하지 않아 탄소저장량이 낮게 나타났다. 대상지 B의 경우 내부와 가장자리 모두 높은 탄소 저장량을 나타냈는데 이는 다른 대상지에 비하여 대상지 B가 최근에 개발되어 차이가 적은 것으로 판단된다. 산림에서 주연부와 내부의 차이가 발생하기 위해서는 기능 및 구조의 변화가 수반되어야 하는데 이는 단기간에 걸쳐서 발생하는 것이 아니라 장기간에 걸쳐서 발생하므로 (Nascimento and Laurance, 2004) 주연부가 생성된 이후 일정 기간 시간이 지나게 된다면 주연부와 내부의 차이를 보다 명확하게 밝힐 수 있을 것이라고 판단된다.

수목 당 탄소저장량을 살펴보면 대상지 D를 제외하고

모든 대상지에서 주연부에 비하여 내부 수목의 탄소저장량이 높게 나타났다. 이는 산림의 내부는 대부분 교목으로 구성되어 있고 흉고직경이 큰 수목들 위주로 구성되어 있어 상대적으로 최근에 도입된 종이 많은 가장자리에 비하여 수종별 탄소 저장량이 낮게 나타났다.

Table 4. Carbon Stock in Each Site (Unit : KgC)

		Arbor	Shrub	Total	Per Tree
Site A	Edge	236.8	6.2	243.0	6.8
	Core	751.3	0.0	751.3	27.8
Site B	Edge	1,446.5	9.1	1,455.6	22.6
	Core	2,245.8	4.0	2,249.8	44.9
Site C	Edge	470.9	13.5	484.4	7.6
	Core	877.1	2.3	879.4	28.4
Site D	Edge	839.6	35.0	874.6	7.5
	Core	1,081.8	0.1	1,081.9	21.2

나. 토양탄소조사 결과

산림의 유기탄소 함량은 주연부보다 내부에서 높은 경향을 나타냈으나 그 차이는 미미하였다(Figure 7). 또한 오차범위가 높게 나타나 차이를 설명하기에는 부족한

Table 3. Representative Tree Species in Each Site

		Arbor	Shrub
Site A	Edge	<i>Robinia pseudoacacia</i> (14) <i>Quercus mongolica</i> (7) <i>Styrax japonica</i> (6) <i>Castanea crenata</i> (5)	<i>Rosa multiflora</i> (3) <i>Lindera obtusiloba</i> (4) <i>Phytolacca americana</i> (4)
	Core	<i>Sorbus alnifolia</i> (16) <i>Robinia pseudoacacia</i> (8)	<i>Phytolacca americana</i> (1)
Site B	Edge	<i>Quercus aliena</i> (15) <i>Quercus mongolica</i> (10) <i>Prunus serrulata var. spontanea</i> (8) <i>Rhus trichocarpa</i> (8)	<i>Rhododendron mucronulatum</i> (17) <i>Corylus heterophylla var. thunbergii</i> (11) <i>Lindera obtusiloba</i> (5)
	Core	<i>Rhus trichocarpa</i> (11) <i>Prunus serrulata var. spontanea</i> (9) <i>Quercus aliena</i> (6) <i>Quercus mongolica</i> (4)	<i>Symplocos chinensis for. pilosa</i> (7) <i>Lindera obtusiloba</i> (6) <i>Rhododendron mucronulatum</i> (6) <i>Corylus heterophylla var. thunbergii</i> (4)
Site C	Edge	<i>Symplocos chinensis for. pilosa</i> (12) <i>Styrax japonica</i> (12) <i>Castanea crenata</i> (7)	<i>Stephanandra incisa</i> (19) <i>Rhododendron mucronulatum</i> (1) <i>Rosa multiflora THUNB</i> (1)
	Core	<i>Styrax japonica</i> (5) <i>Acer pseudosieboldianum (Pax) Kom</i> (5) <i>Castanea crenata</i> (4) <i>Sorbus alnifolia</i> (4)	<i>Viburnum erosum</i> (3) <i>Rhododendron mucronulatum</i> (2) <i>Lindera obtusiloba Blume var. obtusiloba</i> (1)
Site D	Edge	<i>Styrax japonica</i> (26) <i>Symplocos chinensis for. pilosa</i> (13) <i>Castanea crenata</i> (4) <i>Prunus serrulata var. spontanea</i> (3)	<i>Stephanandra incisa</i> (48) <i>Corylus heterophylla Fisch. ex Trautv</i> (6) <i>Lindera obtusiloba</i> (4) <i>Smilax sieboldii miq. for. sieboldii</i> (1) <i>Smilax china</i> (1)
	Core	<i>Quercus mongolica Fisch. ex Ledeb</i> (11) <i>Quercus variabilis</i> (10) <i>Quercus serrata</i> (8) <i>Castanea crenata</i> (5)	<i>Corylus heterophylla Fisch. ex Trautv</i> (1)

numbers in () shows the number of trees each species

것으로 판단된다. 다른 대상지와는 달리 대상지 C에서는 주연부에서 내부보다 유기물 함량이 높게 나타났는데, 이는 대상지에 고사목이 다른 지역에 비하여 많이 분포하고 있어 유기물을 지속적으로 공급하게 되어 토양내의 유기물량이 증가 한 것으로 풀이 된다(Brady and Weil, 2007).

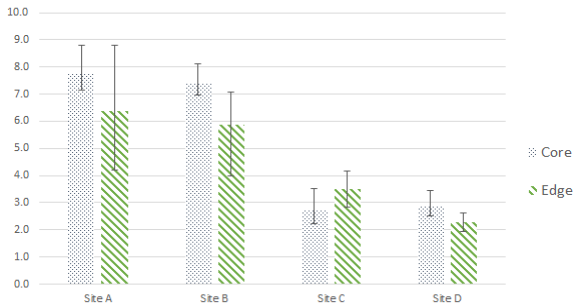


Figure 7. Soil organic carbon stock (Unit : gC/cm³)

4. 주연부와 내부의 탄소저장량 차이 검증 결과

Mann-Whitney 검정결과 산림이 저장하고 있는 총탄소량은 주연부와 내부의 차이를 설명하기에 유의하지 않았다. 이는 식생조사의 경우 방형구의 숫자가 총 8곳이어서 샘플의 수가 적었기 때문으로 풀이된다. 반면 수목 개체당 탄소 저장량은 유의수준 0.05에서 그 평균의 차이가 유의한 것으로 나타났다. 이는 개개목의 토양 특성은 가장자리와 내부에서 유의미한 것으로 나타났으나 탄소량의 경우 그 차이가 유의하지 않은 것을 나타냈는데 이는 토양탄소는 가장자리 효과에 따른 주연부와 내부의 차이에 의한 영향이 미미하게 나타난 것으로 볼 수 있다(Table 5).

Table 5. Result from Mann-Whitney Test

	Total Carbon	Tree Carbon	Soil Carbon Stock
Mann-Whitney's U	4.0	1.0	64
Wilcoxon's W	14.0	11.0	142
Z	-1.155	-2.021	-0.462
Significance	0.248	0.043	0.453

IV. 결 론

본 연구에서는 성남시를 대상으로 연결성분석을 통해 산림의 주연부를 선정하고 현장조사를 통해서 주연부와

내부의 식생 및 토양의 탄소저장량의 차이를 밝히고자 하였다.

연결성 분석을 통한 주연부와 내부의 구분은 산림의 수종 구성의 차이를 확인함으로써 효과적인 것으로 현장조사결과 밝혀졌다. 산림의 내부는 주로 교목위주로 식생이 구성되어 있었으며 외래종 및 덩굴류 식물이 적게 분포하였다. 반면에 주연부에서는 다양한 수종이 발견되었으며 관목류가 많이 분포하고 있었다. 산림 주연부와 내부의 토양의 물리 화학적 특성의 차이를 조사한 결과 통계적으로 유의한 것으로 판단된다. 주연부에서 토양의 경도가 높게 나타났으며 토양이 알칼리성을 띠는 것으로 밝혀졌다. 동시에 습도도 주연부에서 더 낮은 것으로 나타났다.

주연부와 내부의 탄소저장량을 통계적으로 검정한 결과 개별 수종이 저장하고 있는 탄소저장량은 주연부보다 내부에서 높은 것으로 밝혀졌다. 통계적으로 유의하지는 않으나 수목의 총 탄소저장량과 토양의 탄소저장량을 비교 하였을 때 내부가 더 높은 것으로 나타났다. 향후 대상지를 확대하여 추가적인 보원이 진행된다면 산림의 주연부와 내부의 탄소저장량의 차이에 대해서 명확하게 밝힐 수 있을 것이다.

본 연구는 산림의 주연부와 가장자리를 나누고 이에 따른 탄소저장량의 차이를 밝혀 향후 개발계획이나 복원계획을 수립함에 있어서 탄소의 손실을 최소화 할 수 있는 방안을 모색하는 기초자료로 활용될 수 있을 것이라고 판단된다.

본 연구는 2015년도 환경부 차세대 에코이노베이션 기술 개발사업(과제번호: 416-111-014), 2015년도 환경부 기후변화대응 환경기술개발사업(과제번호: 2014001310007, BK21 플러스 사업의 지원을 받아 수행된 연구임(서울대학교 협동과정조경학 그린인프라 창조인재 양성팀)

References

1. Brady N. C. Weil R. R., 2007, The nature and properties of soils, fourteenth edition, Pearson-Prentice Hall.
2. Global Carbon Project, 2015, Carbon budget and trends 2014.
3. Harper, K. A., MacDonald, S. E., Burton, P. J., Chen, J., Brosnoff, K. D., Saunders, S. C., Euskirchen, E.

- S., Roberts, D., Jaiteh, M. S., Esseen, P. a., 2005, Edge Influence on Forest Structure and Composition in Fragmented Landscapes, *Conservation Biology*, 19(3): 768–82.
4. Henry, M., Tiltonel, P., Manlay, R. J., Bernoux, M., Albrecht, A., Valauwe, B., 2009, Biodiversity, carbon stocks and sequestration potential in aboveground biomass in smallholder farming systems of western Kenya, *Agricultural Ecosystem Environment* 129: 238-252.
 5. Hwang, S. I. and Park, S. H. 2011, A Comparative Study on Estimation Methodologies of Carbon Sequestration Amount by Vegetation for Environmental Impact Assessment on Development Projects, *Journal of Environmental Impact Assessment*, 20(4) : 477-487.
 6. IPCC, 2003, Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry. Japan, IPCC.
 7. Jobbágy, E. G. and Jackson, R. B. 2000, The Vertical Distribution of Soil Organic Carbon and Its Relation to Climate and Vegetation, *Ecological Applications*, 10(2): 423–436.
 8. Kim, E. Y., Song, W. K., Lee, D. K., 2012, Forest Fragmentation and its Impacts : A Review, *Journal of the Korea Society of Environmental Restoration Technology*, 15(2) : 149-162.
 9. Kim, J. G., Park, J. H., Choi, B. J., Sim, J. H., Kwon, G. J., Lee, B. A., Lee, Y. W., Ju, E. J., 2004, *Method in Ecology*, Bomoondang.
 10. Lal, R., 2005, Forest Soils and Carbon Sequestration, *Forest Ecology and Management*, 220(1-3): 242–258.
 11. Laurance, W. F., and Bierregaar, R. Jr., 1997, *Tropical Forest Remnants: Ecology, Management and Conservation of Fragmented Communities*, Chicago, University of Chicago Press.
 12. Lee, D. K., Kim, E. Y., Oh. K. S., 2005, Conservation Value Assessment by Considering Patch Size, Connectivity and Edge, *Journal of the Korea Society of Environmental Restoration Technology*, 8(5) : 56-67.
 13. Lee, H. Y. and Nho. S. C., 2012, *Advanced Statistical Methods*, Bobmunsa.
 14. Lindenmayer, D.B., R.B. Cunningham and R.B. Donnelly. 1997. Decay and collapse of trees with hollows in eastern Australian forests : impacts on arboreal marsupials. *Eco. Appl.* 7 : 625-641.
 15. Lindenmayer. D. B and McCarthy, M. A., 2001, The Spatial Distribution of Non-Native Plant Invaders in a Pine–eucalypt Landscape Mosaic in South-Eastern Australia, *Biological Conservation*, 102(1): 77–87.
 16. Lovejoy, T.E., R.O. Bierregaard, A.B. Rylands, J.R. Malcolm, C. Quintela, L. Harper, K. Brown, A. Powell, G. Powell, H. Schubart, and M. Hays. 1986. Edge and other effects of isolation on Amazon forest fragments. In : Soule, M.E. (Ed.), *Conservation Biology : The Science of Scarcity and Diversity*. Sinauer, Sunderland, Massachusetts, pp. 257-285.
 17. Matlack, G.R. and Litvaitis J.A. 1999 : *Forest edges*. In Hunter M.L. Jr. (ed.) : *Maintaining Biodiversity in Forest Ecosystems*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom, pp. 210-233.
 18. Nascimento, H. E. M, and Laurance, W. F., 2004, Biomass Dynamics in Amazonian Forest Fragments, *Ecological Applications* 14 (4 SUPPL.).
 19. Oosterhoorn, M, and Kappelle, M., 2000, Vegetation Structure and Composition along an Interior-Edge-Exterior Gradient in a Costa Rican Montane Cloud Forest, *Forest Ecology and Management*, 126(3): 291–307.
 20. Park E. J., Kang, K. Y., 2010, Estimation of C Storage and Annual CO₂ Uptake by Street Trees in Gyeonggi-do, *Korea Journal of Environmental Ecology*, 24(5) : 591-600.
 21. Seongnam-si, 2011, *Seongnam statistical year book*. Seongnam-si.
 22. Walkley, A. and Black, I. A., 1934, An examination of Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method, *Soil Science*, 37: 29-37.
 23. World Bank, 2012, *Turn Down Heat: why a 4degree warmer world must be avoided*, Washington DC, World bank.

-
- Received 29 October 2015
 - First Revised 23 November 2015
 - Accepted 23 November 2015