

도시공원 일몰제에 의한 탄소고정량과 경제성 분석에 대한 연구

Change of Carbon Fixation and Economic Assessment according to the Implementation of the Sunset Provision

최지영¹ · 이상돈^{2*}

¹이화여자대학교 환경공학과 박사과정, ²이화여자대학교 환경공학과 교수

Jiyoung Choi¹ and Sangdon Lee^{2*}

¹Doctoral Student, Department of Environmental Science and Engineering, Ewha Womans University, Seoul 03760, Korea

²Professor, Department of Environmental Science and Engineering, Ewha Womans University, Seoul 03760, Korea

Received 12 May 2020, revised 7 June 2020, accepted 18 June 2020, published online 30 June 2020

ABSTRACT: In accordance with the implementation of the sunset provision to cancel the designations of urban park sites that remained unexecuted for a prolonged period until 2020, the park sites in the city center, which account for 90% of the long-term unexecuted urban facilities subjected to the provision, are currently on the verge of development. The total area of the 204 park sites that will disappear in Seoul as a result of this provision is 95 km²; moreover, 116 of these are privately-owned. It is expected that the possible changes in the use of these park sites could result in reckless development and reduction of green space, which would ultimately affect the ecosystem. This study applied the InVEST model to calculate the changes in the fixed carbon amount before and after the implementation of the sunset provision to estimate the economic value of these changes. The study focused on Jongno-gu in Seoul because it has the most unexecuted park sites subjected to the lifting of the designation. The research findings show that the fixed carbon amount provided by the unexecuted park sites in Jongno-gu was 374,448 mg, prior to the implementation of the sunset provision; however, the amount was estimated to decrease by 18% to 305,564 mg after its execution. When calculated in terms of average value of the real carbon price, this translated into a loss of approximately 700 million won. In addition, considering the social costs including both climate change and the impact on the ecosystem, an economic loss of approximately 98 billion won was projected. This study is meaningful because its predictions are based on the estimation of fixed carbon amount according to the implementation of the sunset provision in Jongno-gu and scientifically calculates the value of ecological services provided by the parks in the city. This study can serve not only as a basis during the decision-making process for policies related to ecosystem conservation and development, but also as an evidentiary material for the compensation of privately-owned land that is designated as urban park sites and was unexecuted for a prolonged period.

KEYWORDS: Economic value assessment, Ecosystem service, InVEST model, Long-Term unexecuted urban park, Seoul metropolitan city

요 약: 2020년 「장기미집행 도시공원 일몰제」 시행에 따라 장기 미집행 대상 도시계획 시설 중 약 90%가 공원으로 차지하고 있어 도심 공원이 개발위기에 있다. 이로 인해 서울시에서 사라지는 공원면적은 95 km²이며, 204개 공원 중 116곳은 사유지이다. 이는 대부분 용도변경 가능성으로 난개발과 녹지율 감소를 야기하여 생태계에 영향을 줄 것으로 예상되고 있다. 본 연구는 해저대상 공원 수가 가장 많은 서울시 종로구를 대상으로, InVEST 모델을 적용하여 일몰제 시행 전·후에 대해 탄소고정량 변화량, 이에 따른 경제적 가치 추정을 하였다. 연구결과, 종로구의 미집행 공원이 제공하고 있던 탄소고정량은 374,448 megagram (Mg)였으며, 도시공원 일몰제 시행 시, 약 18%가 감소한 305,564 megagram (Mg)로 도출되었다. 이를 실질탄소가격을 적용하였을

*Corresponding author: lsd@ewha.ac.kr, ORCID 0000-0002-3282-873X

© Korean Society of Ecology and Infrastructure Engineering. All rights reserved.

This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

때, 평균값 적용 시 약 7억 원의 손실로 추정되었다. 그리고 기후변화, 생태계에 미치는 영향을 모두 포함한 탄소의 사회적 비용을 적용하였을 때, 약 98억 원의 경제적 손실이 있는 것으로 예측되었다. 본 연구는 종로구의 일몰제 시행에 따른 탄소고정량 평가를 통한 예측하였다는 것에 의의가 있으며, 도심의 공원이 주는 생태계서비스를 과학적인 값으로 알 수 있었다. 본 연구는 생태계 보전과 개발 사이의 정책 결정 과정에서 기초자료로 활용될 수 있을 뿐 아니라, 장기 미집행 대상 사유지 공원에 대한 보상의 근거자료로 활용될 수 있을 것이다.

핵심어: 경제적 가치 환산, 생태계서비스 평가, InVEST모델, 도시공원 일몰제, 서울시

1. 서론

도심 공원이 주고 있는 혜택은 도심지역의 녹지 보호 및 유지로 ‘도시의 허파’의 기능을 하고 있으며 (Kang 2018), 시민의 여가 및 휴식 공간 제공뿐 아니라 생태적 기능을 제공한다 (Lee 2007, Irvine et al. 2013). 특히 도심의 공원은 생물다양성 증진과 도시생태계의 건전성 향상을 역할을 하며 (Kim et al. 2015), 미세먼지와 대기오염물질을 흡수하여 부유먼지의 25.6%와 초미세먼지의 40.9%를 흡수한다 (Kim et al. 2017b, Kang 2018). 이 외에도 도시의 수 재해 예방, 도시 열섬 완화와 조절, 소음 저감 등의 역할을 하고 있다 (Song and Yoon 2019a).

2020년부터 7월 시행 예정인 「장기 미집행 도시공원 일몰제」에 따라, 서울시 장기 미집행 도시계획 시설 중 공원이 약 96%를 차지하여 도심 속 공원이 개발 위기에 있다 (Kang 2018, Song and Yoon 2019a). 도시공원 일몰제 시행에 따라 예상되는 가장 큰 문제점은 난개발의 위험성이다. 해제 예정인 도시공원은 약 79%가 사유지이며, 주거 상업지구 중심인 서울 도심에서는 용도변경 가능성이 크기 때문에 대부분 개발될 것으로 보고되고 있다 (Moon and Ban 2015, Wei and Oh 2018, Eom et al. 2019). 이 외에도 민간 개발에 의한 공원의 환경권 침해 우려, 녹지공간 영향, 공원 단절로 인한 녹지 연결성 감소, 녹지율 감소, 도심의 생물다양성 훼손 등과 같은 각종 문제점이 예측되고 있다 (Kim et al. 2017b, Choi et al. 2018, Kim and Sung 2018). 그리고 제4차 국토종합계획 및 2014년에 수립된 국토해양부에 따르면, 국내 1인당 공원 면적률은 12.5 m²로 지정되어 있다. 서울시는 1인당 공원 면적률은 7.69 m²로 전국 평균인 8.8 m²보다 낮은 상황에서 도시공원 일몰제 시행이 된다면, 1인당 4 m²로 감소할 것으로 보고되고 있어 (Choi et al. 2018, Song 2018, Song and Yoon 2019b),

이로 인해 발생하는 환경적, 사회적, 경제적 영향이 클 것으로 예상되고 있다 (Choi et al. 2018, Park et al. 2019, Song and Yoon 2019b).

현재 서울시는 도시공원 일몰제 실효 대비에 따른 대응방안 구축 중이며, 국·공유지를 미집행 대상에서 제외하는 방안으로 정부에서 사유지를 매입하거나, 국립공원으로 명칭을 변경하는 대책으로 대응방안이 제시되고 있다 (Seoul Metropolitan Government 2018). 총 미집행 도시계획 시설 면적 현황으로 보면, 공원이 약 96%로 가장 많은 면적을 차지하고 있으며, 도로, 학교, 녹지 순으로 공원에 대한 미집행관리가 필요한 시점이다. 그리고 서울시 장기 미집행 도시공원은 총 130개소이다. 종로구의 미집행 공원 대상지가 17개소로 서울시에서 가장 많은 지역이었으며, 미집행 대상 중 문화재인 창덕궁공원, 탑골공원, 보신각공원은 국유지로 재정 집행 시설이다. 그리고 근린공원 중 개발사업에 의해 결정된 공원은 개발사업의 지연에 따라 공원집행이 완료되지 못하고 있다. 본 사안으로 미집행된 공원 7개소는 수송근린공원, 청진근린공원, 서린소공원, 새문안 어린이공원, 신문로어린이공원, 덕수소공원, 광화문어린이공원이 있다. 위 공원은 개발사업에 확보되는 공원은 사업지구마다 완료 시기가 상이하기 때문에 모든 지구의 사업이 완료되어야 공원 조성이 완료되는 문제점을 갖고 있다 (Kim et al. 2017b, Kim and Sung 2018, Seoul Metropolitan Government 2018).

국내에서는 도시공원 일몰제 실효에 따라 도시공원의 현황조사, 평가 구축, 관련 법적 제정 등 관련 연구가 진행되고 있다. Wei and Oh (2018) 논문에서는 미집행 도시 계획 시설에 대한 현황과 실효 시 해제에 따른 문제점과 대응방안 내용으로 보호지역으로 지정하여 개발행위허가를 억제하는 대응방안이 제시되었다. Kang (2018) 논문에서는 도시공원 일몰제의 개념, 현황, 법적 개선방안이 시사되었으며, 도시자연공원구역 지정

제도방안, 정보체계 구축방안, 보상재원에 대한 내용이 제시되었다. Kim and Sung (2018) 논문에서는 AHP 분석을 사용하여 도시공원 일몰제로 인한 문제점의 중요요인을 산정하여, 재산권 측면에서 사유재산권 침해, 보상기준 적용, 도시공원 법령의 미흡이 제시되었다. 이외에도 연구 대부분은 실효에 따른 법적 개선방안에 관련한 연구였으며, 각 지방자치단체에 맞는 대응방안에 관한 내용임을 확인할 수 있었다. 그리고 Stocker et al. (2013)에 따르면 기후조절 측면으로 토지이용변화에 따른 탄소저장량의 시계열적 변화 자료를 요구함에 따라 탄소 추정 기법이 필요되고 있다. 또한, 국내에서 탄소고정과 토지이용모델을 활용한 연구의 필요성이 지속적으로 제시되고 있다 (Lee 2007). 따라서 본 연구는 국내 도시공원의 조사 및 모니터링뿐 아니라, 도시공원 일몰제 시행에 따른 변화하는 토지이용도를 통한 생태계의 영향에 대한 자료가 필요함에 따라 생태계를 정량화 할 수 있는 방법인 InVEST 모델을 적용하였다. 생태계서비스 중 조절서비스인 탄소고정량 변화 평가와 경제적 가치 환산을 통하여 도시공원 일몰제 실효에 따른 값을 비교하고자 한다.

2. 연구대상지 및 연구방법

2.1 연구대상지

공간적 연구 범위는 장기 미집행 도시공원 일몰제 시행에 따른 서울시 공원 미집행 공원 중 면적이 넓고

(Table 1), 17개소로 가장 많은 종로구로 선정하였다 (Fig. 1). 그리고 시간적 연구 범위는 도시공원 일몰제 시행 전인 2000년과 도시공원 일몰제 시행으로 사유지가 되어 개발되었을 경우를 예측하고자 2020년으로 선정하였다.

Table 1. The status of implementation of the sunset provision in Jongno-gu (Seoul Metropolitan Government 2018)

No	Park name	Area (m ²)
1	Bukhansan Urban Nature Park	1,990,000
2	Inwangsan Urban Nature Park	412,000
3	Bugaksan Urban Nature Park	679,140
4	Samcheong Neighborhood Park	35,709
5	Waryong Neighborhood Park	223,330
6	Wonseo Neighborhood Park	8,781.5
7	Naksan Neighborhood Park	66,169
8	Sung-in Neighborhood Park	39,389
9	Susong Neighborhood Park	2,705
10	Chungjin Neighborhood Park	3,776
11	Imun children's Park	140.78
12	Seorinso Park	1,769.72
13	Tapgol Neighborhood Park	12,182
14	Saemoonan children's Park	3,620.88
15	Sinmullo children's Park	200.94
16	Deoksuso Park	358.13
17	Gwanghwamun children's Park	857.38
Total		3,480,129

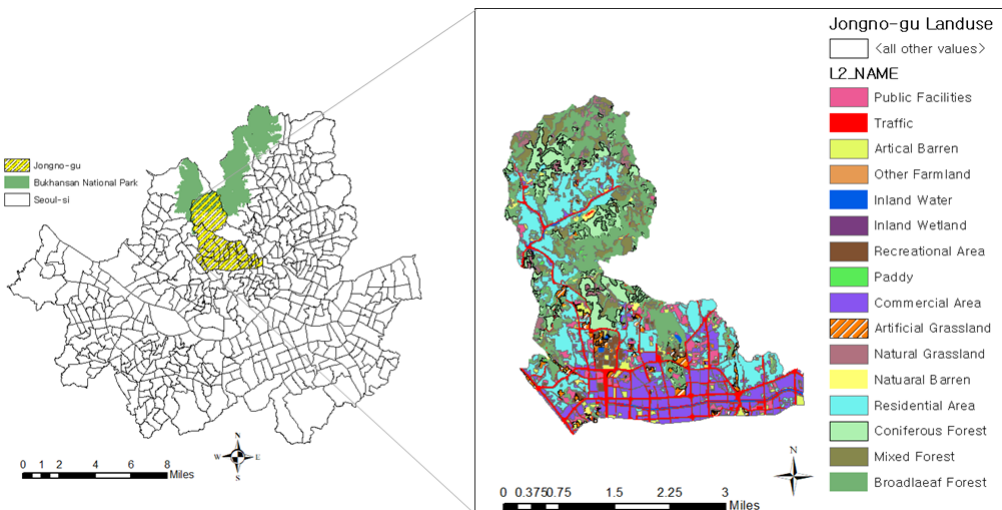


Fig. 1. Study area.

2.2 연구방법

생태계서비스 변화를 도출하기 위해 InVEST (Integrated Valuation of Ecosystem Service and Tradeoff) 모델을 활용하였다. 본 모델은 National Capital Project의 일환으로 Stanford University와 WWF (World Wildlife Funds)가 공동으로 개발한 모델이다. 이는 자연자산과 경제적 상관관계를 파악하는데 적용되어 측정된 생태계서비스 평가를 통해 정책 의사결정을 지원하는 목적으로 개발되었다 (Costanza et al. 1998, Vigerstol and Aukema 2011, Sharp et al. 2014). 모델의 장점으로 시·공간적으로 유연한 구조로 지역 단위부터 전 지구적 단위까지의 분석이 가능하다. 또한, 토지이용도를 기반으로 한 모델로 입력자료 확보가 용이하며, 개발정책 과정에서 자연과 환경적 가치를 고려할 수 있다는 점을 갖고 있다.

InVEST 모델을 적용한 생태계서비스 평가 선행연구들은 토지이용변화에 따른 생태계서비스 분석을 하거나(Fu et al. 2017, Polasky et al. 2011, Yi et al. 2018), 지역의 보호종을 위한 생태계서비스 측정 관련 연구들이(Kovacs et al. 2013, Bhagabati et al. 2014, Terrado

et al. 2016) 적용되었다. 국내 생태계서비스 평가가 필요함에 따라 (Lee et al. 2015, National Institute of Ecology 2015, 2016, Kim et al. 2017a), 본 연구에서는 생태계서비스 중 조절서비스 평가를 하였다.

2.2.1 InVEST Carbon model

Carbon 모델은 토지이용도와 이용별 탄소풀 계수를 기반으로 추정된 탄소고정량과 경제성 평가가 가능한 모델이다. 탄소고정량은 생태계서비스 중 조절서비스로 생태계의 물질순환에 의해 대기로부터 오염물질을 흡수와 CO₂를 흡수하는 기능을 하고 있는 주요 생태계 서비스 항목이다.

본 모델의 입력자료인 2000, 2020년의 토지이용도 그리고 탄소풀 테이블을 구축하였다. 그리고 탄소풀 테이블은 Aboveground mass, Belowground mass, Soil, Dead mass로 구성되어 있으며, 위 자료는 Natural Capital Project와 한국 선행논문(Kim et al. 2015, Lee et al. 2015, Choi et al. 2018)에서 제시하고 있는 계수를 고려하여 구성하였다(Table 2). 위 입력자료와 계수들을 통해 연구대상지의 탄소고정량을 추정하였으며,

Table 2. Spatial dataset for InVEST Carbon model

Input data (required)	Raw data			Source and references
LULC map	Raster file (.tiff) 1:25,000 Land-use map			Arc GIS Map ver.10.5, Ministry of Environment (egjs.me.go.kr)
Carbon pool table	Table (.csv)			Natural Capital Project (2012), Choi et al. (2014), Kim et al. (2015), Lee et al. (2015)
Price of carbon (USD)	Effective Carbon Rates (ECRs)	Average value	\$16.06	Costanza et al. (1998), Alberici et al. (2014), Kang and Lee (2014), Smith and Nils (2015), OECD (2016a, 2016b), KEITI (2018)
		Lowest value	\$33.45	
		The maximum	\$50.00	
	Social Cost of Carbon (SCC)	\$204		
Market discount in price of carbon	Number (5.6)			Lee and Kim (2015), KEITI 2018, Moon et al. (2017)

Table 3. Assessment of economic value

Year value	Before implementation of the sunset provision		After implementation of the sunset provision	Change	Rate
Carbon fixation (megagram (Mg))	374,448.31		305,564.47	-68,883.84	-18.40%
Value estimation (\$)	Effective Carbon Rates (ECRs)	Average value	\$16.06	-\$634,147.88	
		Lowest value	\$33.45	-\$1,320,812.38	
		The maximum	\$50.00	-\$1,974,308.38	
	Social Cost of Carbon (SCC)	\$204	-\$8,055,178.50		

결과 단위는 megagram (Mg) 이다 (Table 3). 모델의 입력자료인 토지이용도는 egis.me.go.kr에서 제작된 해상도 10 m인 1:25,000의 중분류 공간자료를 사용하였으며, Arc GIS ver. 10.5를 통해 모델 형식을 구축하였다.

또한, 본 모델은 추정된 탄소고정량 변화량으로 경제성 평가를 구할 수 있는 모델로, 경제적 가치 환산에 필요한 입력자료인 국내 탄소가격과 탄소할인율을 추가하여 분석이 가능하다. 탄소가격은 변동성과 불확실성이 크기 때문에 정확한 값을 도출하기 어려워 정의에 따른 두 가지를 본 연구에 적용하였다. 첫 번째, 실질탄소가격 (Effective Carbon Rates, ECRs)로, 현재 배출권 거래로 사용되는 배출허용비용 (Emission permit price)이다. 최근 CO₂가격 변동에 관한 발표들을 종합한 배출권 거래제를 하고 있는 41개국 대상을 분석한 보고서에서 평균 ECRs값은 14.4유로, 최저치는 30유로, 최댓값은 43.7유로를 달러로 보고하였다 (Alberici et al. 2014, Smith and Nils 2015, OECD 2016a, KEITI 2018). 본 연구에서 탄소의 최솟값은 이산화탄소 배출저감에 효과적 신호를 줄 수 있는 수준보다 낮게 책정되어 최저치값을 사용하였다. 두 번째, 탄소의 사회적 비용 (Social Cost of Carbon, SCC)이다. 이는 기후변화에 따른 생태계와 경제성에 미치는 영향과 피해를 고려한 사회적 비용을 말하며, 204달러로 유추하였다 (OECD 2016b).

따라서 본 연구에서 탄소가격은 본 보고서에서 제시한 ECRs의 최저치값, 평균값, 최댓값을 적용하였으며,

기후변화에 따른 생태계에 미치는 영향을 고려한 SCC 값 평균값을 적용하여 경제적 가치를 도출하였다.

3. 결과

3.1 탄소고정량 추정 결과

장기 미집행 도시공원 일몰제 시행 전인 서울시 종로구의 탄소고정량은 374,448.31 megagram (Mg) 으로 도출되었으며 (Fig. 2), 실행 후의 탄소고정량은 305,564.47 megagram (Mg) 으로 도출되었다. 종로구의 북쪽에 위치하여 평창동에 있는 북한산국립공원은 개발제한구역으로 지정되어 있고, 서쪽에 인왕산국립공원, 동쪽에 북악산국립공원의 넓은 면적의 산림지형으로 평창동, 부암동, 삼청동 일대의 탄소고정량은 높은 것으로 확인되었다.

그리고 창덕궁과 종묘는 북한산 산림과 이어져 있어 도심의 녹지 연결성을 높여주는 역할을 하여 탄소고정량이 높은 것으로 확인된다. 장기 미집행 도시공원 일몰제 시행 후의 탄소고정량은 시행 전보다 -18.40%가 감소하여 68,883.84 megagram (Mg)으로 도출되었다. 시행 전과 비교하였을 때, 큰 변화가 있는 곳은 미집행 면적률이 높았던 북한산도시자연공원 구역과 인왕산 도시자연공원 지대이다. 그리고 송인동의 유일한 녹지 지역이었던 송인근린공원이 사라진다는 도시계획으로 송인동의 탄소고정량은 모두 낮음을 나타내는 것으로 확인되었다. 그리고 수송근린공원, 삼청근린공원,

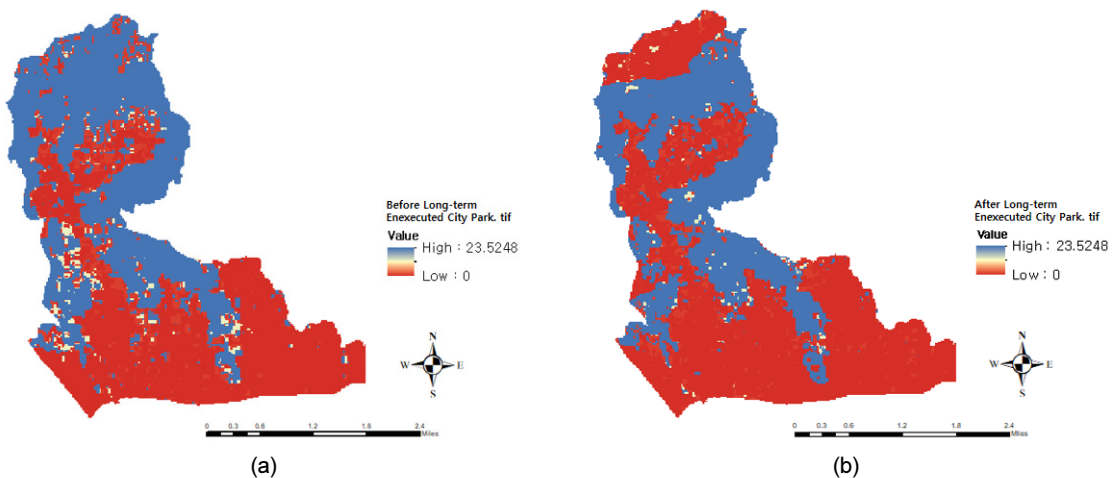


Fig. 2. The Results of Carbon Fixation before (a) and after (b) according to the implementation of the sunset provision in Jongno-gu.

청린근린공원 또한 종로구의 도심지역에서 녹지지대 연결을 감소시켜 노랑색 부분이 많이 사라진 것을 시각적으로 확인할 수 있었다.

3.2 탄소고정량 변화량에 따른 경제적 가치 환산

도시공원 일몰제 시행에 따른 2000과 2020년의 탄소고정량 변화량과 이에 따른 가치 추정의 결과를 나타내는 표이다(Table 3). 장기 미집행 도시공원 일몰제로 68,883.84 megagram (Mg)의 탄소고정량 감소에 따른 손실액은 ECRs 평균값을 적용하였을 때 약 634,147달러 손실로 도출되었고, 최저치값, 최댓값 적용하였을 때, 각각 약 1,32,812달러, 약 1,974,308달러의 손실로 도출되었다. 이를 현재 2020년 5월 기준 한화 1,226원 환율 적용 시, 평균값은 약 7억, 최저치값과 최대값은 각각 약 16억, 24억의 손실을 추정되었다. 그리고 기후변화에 따른 생산성, 경제성장률과 생태계에 미치는 모든 영향을 포함한 탄소의 사회적 비용(SCC) 환산 결과는 약 8,055,178달러로 약 98억 원의 경제적 손실이 산출되었다.

생태계서비스의 다양한 가치 추정 방법인 메타회귀 분석(Meta Analysis Function), 생태계 서비스 지불제(Payment for Ecosystem Services, PES)를 통한 가치가 평가되고 있다(Ahn 2013, Oh et al. 2019). 본 연구에서는 그 외의 방법인 InVEST모형을 이용하여 탄소고정량 변화량 결과로 탄소세와 탄소의 사회적 비용을 통한 경제적 가치 환산법으로 추정하였다. 최근 자연자원이 주는 혜택을 금전적인 가치로 환산하는 방법이 대두되고 있는 상황에서 본 연구는 다양한 가치 환산방법으로 의미를 갖고 있다고 판단한다. 또한 추정된 경제적 가치를 통하여 현재 도시공원 일몰제 사유지에 대한 환경 의견 대립이 있는 사유지 보상에 대해 기초자료로 활용될 수 있다.

4. 고찰 및 결론

본 연구는 InVEST 모형을 통해 종로구 대상으로 도시공원 일몰제에 따른 탄소고정량의 변화를 평가하였다. 탄소고정량과 변화량에 따른 경제적 가치 환산 값의 변화되는 생태계서비스를 평가하였다. 도시공원이 해제됨에 따른 지자체의 생태계서비스의 감소와 경제적 가치 손실 그리고 도시공원 해제 위기에 따른 녹지의

생태계서비스의 손실을 통해 공원의 탄소고정량값을 통해 유지관리에 활용될 수 있을 것이다. 현재 각 지자체의 장기 미집행 도시공원 실효에 대한 대응들이 나오고 있으나, 공원녹지 매뉴얼에 생물다양성에 대한 관리방안이 없는 상태로 (Song and Yoon 2019b), 가로수 식재 수종 관리방안, 외래수종 지양 방안 외에도 본 모델을 통해서 탄소고정량 정량적 변화량을 통해서 관리할 수 있다고 판단된다. 용도변경 관련 사업에서 지속 가능한 발전을 위해 자연적 생태계 보전과 사회적 문제 해결방안, 그리고 도심지역 확보를 통한 경제적 상호관계과정에서 개발정책 결정 지원에 기초자료로 활용될 수 있다고 본다. 다양한 이해관계자와 정책결정자 사이에서 개발과 보전의 조화를 이루는 국가 정책을 수립·이행할 수 있도록 생태계의 정량화방안 중 방안으로 사료된다.

연구지역은 북악산, 인왕산이 포함되어있고, 도심지역의 공원 유지로 녹지지대 연결을 통해 종로구는 산림이 높은 서울시 구 중 하나이다. 특히 국립공원의 자락인 북한산도시자연공원은 생태적으로 생물, 산림이 풍부하여, 도심지역에 생물다양성을 유지시키는 기능을 하고 있다.

앞으로 실효될 장기 미집행 도시공원 일몰제가 시행된다면, 도심지역의 녹지면적률은 감소될 것이며, 2020년 도시공원 일몰제 실효 전까지 재정비를 통해 보호한다고 하여도 공원은 1인당 6.75 m²로 예측되어, 선진국의 1인당 공원 면적인 20 - 30 m²/인에 비해 적을 것으로 예측된다. 서울시는 ‘서울 생물다양성 전략 및 이행계획(2017 - 2021)’의 중점 사업으로 ‘생태계서비스 증진 및 강화’ 제시에 따라 도심 공원이 주는 생태계서비스를 과학적인 값으로 알 수 있었다. 본 연구는 생태계 보전과 개발사이에서 환경 갈등 해소 과정에 활용될 수 있을 것이고, 가치 환산 결과를 통해 장기 미집행 대상 사유지 공원에 대한 보상의 근거자료로 활용될 수 있을 것이다. 그리고 추후 연구에서 종로구와 비교가 가능하도록 연계하여 녹지 비율이 적은 서울의 다른 지역과 비교하여 발전시키고, 본 연구보다 정확성을 향상시키기 위해 소분류 토지이용도를 활용하여 평가방법을 개발할 수 있다고 판단된다. 마지막으로 향후 연구에서 조절서비스뿐 아니라 다른 생태계서비스에 대한 평가를 중점 분석이 필요하며, InVEST모형을 통한 연구가 지속적으로 발전 될 수 있도록 다른 생태계서비스 평가

모델 (ARIES, MIMES 등)과 비교가 필요하다고 판단한다.

감사의 글

This work has been performed with the financial support in Seoul Environmental Science & Technology Center (SEST), KOREA (2019) and National Research Foundation of Korea (NRF-2017R1D1A1B03029300).

References

- Ahn, S.E. 2013. Developing index for implementation of payments for ecosystem services in Korea. Korea Environment Institute. pp. 1050-1187. (in Korean)
- Alberici, S., Sil, B., Pieter, B., Yvonne, D., Sonja, F., Ann, G., Valentijn, G., Katharina, G., Helen, G., and David, J. 2014. Subsidies and costs of energy—final report and annex 3.
- Bhagabati, N.K., Ricketts, T., Sulistywan, T.B.S., Ennaanay, M.C., Hadian, O., Mckenzie, E., Olwero, N., Rosenthal, A., Tallis, H. and Wolny, S. 2014. Ecosystem services reinforce sumatran tiger conservation in land use plans. *Biological Conservation* 169: 147-156.
- Choi, H.A., Lee, W.K., Jeon, S.W., Kim, J.S., Kwak, H.B., Kim, M.N., Kim, J.U., and Kim, J.T. 2014. Quantifying climate change regulating service of forest ecosystem - focus on quantifying carbon storage and sequestration. *The Korean Society of Climate Change Research* 5(1): 21-36. (in Korean)
- Choi, H.S., Choi, J.K., Shin, J.Y., Hong, H.Y., Park, C.K., Kang, J.E., and Lee, K.S. 2018. Environmental effects and policy response from the automatic invalidation of long-term un-implemented urban parks. *Korea Environment Institute* 2018: 1-250. (in Korean)
- Costanza, R., Arge, R., De, G.R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeen, S., Neill, R.V., Paruelo, J., Raskin, R.G., Sutton, P., and Van Den Belt, M. 1998. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Ecological Economics* 25(1): 3-16.
- Eom, Y.S., Choi, A.S., Kim, S.G., and Kim, J.O. 2019. A hedonic valuation of urban green space in Seoul, Korea. *Environmental and Resource Economics Review* 28(1): 61-93. (in Korean)
- Fu, Q., Li, B., Hou, Y., Bi, X., and Xinshi, Z. 2017. Effects of land use and climate change on ecosystem services in central Asia's arid regions: A case study in Altay Prefecture, China. *Science of the Total Environment* 607-608: 633-646.
- <http://egis.me.go.kr/api/land.do>. Accessed 10 June 2019.
- Irvine, K.N., Warber, S.L., Wright, P.D., and Gaston, K.J. 2013. Understanding urban green space as a health resource: a qualitative comparison of visit motivation and derived effects among park users in sheffield, UK. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 10(1): 417-442.
- Kang, M.Y. and Lee, S.Y. 2014. A study on the direction of introducing the carbon tax in Korea. *Korea Environment Institute*. 1-168. (in Korean)
- Kang, S.J. 2018. A study on the legal improvement of full-scale park area abolition system. *Institute for the Study of Law Dong-A University*, 80: 141-176. (in Korean)
- KEITI (Korea Environmental Industry & Technology Institute). 2018. Domestic environmental trend report June 2018: carbon price and market trends in Korea and abroad. The Ministry of Environment. pp. 1-13. (in Korean)
- Kim, B.S. and Sung, J.H. 2018. A study on the relative importance of problems due to the abolition system in a long-term unexecuted urban park using analytic hierarchy process. *Korea Real Estate Academy* 27: 5-19. (in Korean)
- Kim, C.K., Hong, H.J., Lee, H.W., and Joo, W.Y. 2017a. Development of natural capital sustainability index based on ecosystem services (II). *Korea Environment Institute*. (in Korean)
- Kim, S.H., Kong, H.Y., and Kim, T.K. 2015. Development and application of the assessment method of no net loss of greenness for urban ecosystem health improvement. *Ecology and Resilient Infrastructure* 2(4): 311-316. (in Korean)
- Kim, W.J., Shon, C.W., Jin, J.K., and Chae, J.H. 2017b. Improved urban park utilisation for health promotion. *The Seoul Institute*. pp. 1-133. (in Korean)
- Kovacs, K., Polasky, S., Nelson, E., Keeler, B.L., Pennington, D., Plantinga, A.J., and Taff, S.J. 2013. Evaluating the return in ecosystem services from investment in public land acquisitions. *PLoS One* 8(6): e62202.
- Lee, H.W., Kim, C.K., Hong, H.J., Roh, Y.H., Kang, S.I., Kim, J.H., Shin, S.C., Lee, S.J., Spencer, W., and David, F. 2015. Development of decision supporting framework to enhance natural capital sustainability: focusing on ecosystem service analysis. *Korea Environment Institute*. pp. 3479-3651. (in Korean)
- Lee, J.W. and Kim, S.K. 2015. Estimation of social cost of carbon and optimal social discount rate in Korea. *Energy Economics Research Institute*. (in Korean)
- Lee, S.B. 2007. Study on landscape ecological methodology for ecological ridgeline analysis. *Korea Environment Institute*. (in Korean)

- Moon, J.Y. and Ban, Y.U. 2015. Social-economic disparity in supplying urban parks within living zones: a case of Cheongju city. *Urban Design Institute of Korea*. 16(6): 101-117. (in Korean)
- Moon, J.Y., Han, M.S., Song, J.H., and Kim, E.M. 2017. Global application and economic analysis of carbon pricing for emissions reduction. *KIEP Research Paper Policy Analyses*. pp. 17-31. (in Korean)
- National Institute of Ecology. 2015. National ecosystem assessment for the sustainable land management. National Institute of Ecology. (in Korean)
- National Institute of Ecology. 2016. Korea national ecosystem assessment. National Institute of Ecology. (in Korean)
- Natural Capital Project. 2012. Informing land-use plans in central sumatra. *INVEST User Guide Release +VERSION*.
- OECD (Organization for Economic Cooperation and Development). 2016a. Effective carbon rates on energy. Available online: <http://www.Oecd.Org/>.
- OECD (Organization for Economic Cooperation and Development). 2016b. Effective carbon rates: pricing CO₂ through taxes and emissions trading systems.
- Oh, C.K., Jung, H.Y. and Joo, W.Y. 2019. Assessing the economic values of temple forests for the implementation of payment for ecosystem services, *Journal of the Korea Environmental Policy and Administration Society* 27(1): 217-241. (in Korean)
- Park, J.H., Kim, S.Y., and Heo, H.K. 2019. Evaluation of the economic value of potential ecosystem services of unexecuted urban planning facilities -focused on urban green spaces and urban forests in Seoul-. *Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture* 47(4): 24-32. (in Korean)
- Polasky, S., Nelson, E., Pennington, D., and Johnson, K.A. 2011. The impact of land-use change on ecosystem services, biodiversity and returns to landowners: a case study in the state of minnesota. *Environmental and Resource Economics* 48(2): 219-242.
- Seoul Metropolitan Government. 2018. National citizens' Action to respond to the 2020 urban park system: A 100-year urban park guarded by citizens of the citizens' debate for the future legacy of 1,000 years. 2018. Seoul Metropolitan Government. (in Korean)
- Sharp, R., Tallis, H.T., Ricketts, T., Guerry, A.D., Wood, S.A., Chaplin-Kramer, R., and Vigerstol, K. 2014. *INVEST user's guide*. The Natural Capital Project, Stanford.
- Smith, S. and Nils, A.B. 2015. Monetary carbon values in policy appraisal. *INVEST model assess*: <https://naturalcapitalproject.stanford.edu/software/invest>.
- Song, I.J. and Yoon, C.R. 2019a. Establishment and utilization of ecosystem service assessment in Seoul. *The Seoul Institute* 2019(4): 1-169. (in Korean)
- Song, I.J. and Yoon, C.R. 2019b. A study on the development and application of biodiversity indicators in green parks in Seoul. *The Seoul Institute*, 267: 1-20. (in Korean)
- Song, K.S. 2018. A study on the development management policy for urban forest revitalization. Master's Thesis, Kangwon University, Kangwon, Korea. (in Korean)
- Stocker, T.F., Qin, D., Plattner, G.K., Tignor, M., Allen, S.K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, N., and Midgley, P.M. 2013. *Climate change 2013: The physical science basis*. Contribution of working group I to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge University Press, New York, USA.
- Terrado, M., Sabater, S., Kramer, B.C., Mandle, L., Ziv, G., and Acuña, V. 2016. Model development for the assessment of terrestrial and aquatic habitat quality in conservation planning. *Science of the Total Environment* 540: 63-70.
- Vigerstol, K. and Aukema, J. 2011. A comparison of tools for modeling freshwater ecosystem services. *Journal of Environmental Management* 92(10): 2403-2409.
- Wei, S.Y. and Oh, C.H. 2018. A study on establishment of a response system for dismantling of unexecuted urban parks in Seoul. 2018. *Korean Society of Environment & Ecology* 28(1): 65. (in Korean)
- Yi, H., Güneralp, B., Kreuter, U.P., Güneralp, İ., and Filippi, A.M. 2018. Spatial temporal changes in biodiversity and ecosystem services in the San Antonio river basin, Texas, from 1984 to 2010. *Science of the Total Environment* 619-620: 1259-1271.