



# 친환경 도시건설 이념에 따라 조성된 도시의 녹지 구조 및 기능 비교 분석\*

: 행정중심복합도시와 일본 쓰쿠바시를 사례로

## Comparative Analysis of Green Structure and Function of Cities Constructed according to the Eco-Friendly Urban Construction Philosophy

: In the Case of Multifunctional Administrative City in Sejong, South Korea and Tsukuba-si in Ibaraki, Japan

아이다야야노\*\* · 박찬\*\*\* · 최재연\*\*\*\* · 조민균\*\*\*\*\* · 김수련\*\*\*\*\*

Aida, Ayano · Park, Chan · Choi, Jae Yeon · Cho, Min Gyun · Kim, Su Ryeon

### Abstract

This study compares and analyzes the structure and function of green spaces from the perspective of humans and ecosystems, targeting the Multifunctional Administrative City and Tsukuba-si, which were planned as Eco-cities. Through a review of previous research on both aspects of people's use and ecosystems, three analysis items were set: "Green Connectivity," "Accessibility of Urban Parks", and "Quality of Urban Parks". In addition, changes in the green space of Tsukuba-si were also analyzed. As a result, the Multifunctional Administrative City has relatively high accessibility to urban parks, but the connectivity and quality of green areas were found to be low. Green connectivity was more than doubled depending on the area of green and distribution, and quality of urban parks was significantly different in terms of dense vegetation (above NDVI 0.6). Although there has been little change in green areas of Tsukuba-si for 30 years, the dense vegetation area and connectivity was found to have improved in the core area. To develop into an Eco-city, the following is required: (1) Green space plans and development methods that assure connectivity and area, (2) improve the layout of urban parks to increase equity, and (3) interaction between vegetation plan and sustainable management.

**주제어** 생태도시, 지속가능한 개발, 녹지 연결성, 도시공원의 질, 접근성

**Keywords** Eco-city, Sustainable Development, Green Connectivity, Quality of Urban Parks, Accessibility

\* 본 논문은 환경부의 재원으로 한국환경산업기술원의 도시생태 건강성 증진 기술개발사업의 지원을 받아 연구된 것임(2019002760001).

\*\* Master Student, Dept. of Landscape Architecture, University of Seoul (First Author: a.a.s.ryeon91@gmail.com)

\*\*\* Associate Professor, Dept. of Landscape Architecture, University of Seoul (chaneparkmomo7@uos.ac.kr)

\*\*\*\* Ph.D Student, Dept. of Landscape Architecture, University of Seoul (istel\_en@naver.com)

\*\*\*\*\* Ph.D Student, Dept. of Landscape Architecture, University of Seoul (lq2173@uos.ac.kr)

\*\*\*\*\* Postdoctoral Researcher, Dept. of Landscape Architecture, University of Seoul (Corresponding Author: ksl85@naver.com)

# I. 서론

## 1. 연구의 배경 및 목적

1970년대 후반부터 대기오염, 교통혼잡, 자연환경파괴 등의 도시문제를 해결하고 환경보전과 개발의 조화를 지향하는 새로운 도시계획의 대안으로 생태도시(Eco City)가 제안되기 시작하였다(윤상욱, 2010). 이후 WHO는 건강도시 프로젝트를 진행하고, 1992년 리우 유엔환경개발회의(UNCED)에서는 '지속가능 개발(Sustainable Development)'과 '의제21(Agenda 21)' 등이 채택되면서 생태도시가 점차 확산되었다(정순오, 2014). 생태도시는 도시를 하나의 유기체로 보고 다양한 활동이나 구조를 자연생태계의 다양성, 자립성, 순환성, 안정성에 가깝도록 계획하는 인간과 환경이 공존하는 도시라고 정의할 수 있다(윤상욱, 2010). 그리고 이러한 균형상태에 도달하기 위한 과정의 노력으로 여러 실천 방안을 추진하는 도시를 뜻하는 개념으로 불리기도 한다. 그런 과정의 노력에는 에너지 절감, 폐기물의 감축과 재활용, 녹지보전과 확대를 통한 도시지역 생물종 다양성의 확대, 환경오염 감축을 통한 자연환경자원의 청정 순환 촉진 등이 포함된다(정순오, 2014).

국내에서는 1960년대부터 1980년대에 걸쳐 급속하게 도시가 발전됨에 따라 난개발 문제를 겪게 되었다. 난개발 문제 해결을 위해 1990년대 이후에는 도시기본계획의 도시발전상과 계획목표에 생태적 비전을 포함하는 등 도시계획의 패러다임에 생태도시가 중요한 이슈로 자리 잡았으며, 2000년대 이후에는 대부분의 개발사업에서도 친환경, 자연친화, 환경친화 등 생태도시와 관련한 목표를 설정하였다(박종철·김정연, 2010). 정부에서 생태도시와 관련하여 추진한 사업으로 국토교통부의 살고 싶은 도시 만들기 사업, 환경부의 에코시티 시범사업, 기후변화 대응 시범도시 사업 등이 있었다. 사업의 주요 내용은 정기적으로 우수도시를 선정하고 생태도시 실현을 위한 목표와 계획을 수립하고 실행하였다(김새림, 2010).

생태도시 관련 기존 연구를 살펴보면 도시의 환경문제 해결을 위한 대안으로 생태도시를 제안하고, 과거 국내의 사례를 토대로 미래의 생태도시 원칙이나 목표, 조성방안 등 방향성을 제시하는 등 대부분 정책·행정적인 관점에서 진행되었다(최병두 외, 1996; 김철수, 2001; 박종철·김정연, 2010; 이미홍·김륜희, 2011; 정순오, 2014). 동시에 생태도시의 녹지 기능에 관해서 연구하거나, 생태도시의 환경적 가치를 평가하는 연구도 진행되었다(한봉호, 2001; 김새림, 2010; 이재준 외, 2012). 그러나 생태도시에 거주하는 인간과 생태계의 양 측면을 고려한 가치에 대한 논의는 상대적으로 미흡하였다.

이에 따라 본 연구에서는 생태도시로 계획된 세종특별자치시(이하 세종시) 행정복합중심도시(이하 행정도시)를 대상으로 인간과 생태계 관점에서 녹지의 구조 및 기능을 분석하고자 하였다. 생태도시로 평가받고 있는 일본 쓰쿠바시를 비교대상으로 설정하여 도시계획적 차이와 시간적 흐름이 생태도시의 모습에 주

는 영향을 파악하고 세종시를 비롯한 국내 도시가 앞으로 생태도시로 더욱 발전하기 위하여 지향해야 하는 방향성을 제시하고자 한다.

## II. 연구방법

### 1. 연구의 흐름

본 연구는 준비, 분석, 결론 단계의 순으로 진행하였다(Figure 1). 준비 단계에서는 분석대상지 및 항목을 설정하고 분석 항목에 적합한 자료 및 데이터를 수집·가공하였다. 분석 단계에서는 Arc Map10.5를 이용하여 녹지 연결성, 도시공원의 접근성, 도시공원의 질의 세 가지 항목에 대하여 분석하였다. 마지막 단계에서는 분석 결과를 바탕으로 시사점과 결론을 도출하였다.

### 2. 연구 대상지 설정

본 연구는 세종시 행정도시와 일본 이바라키현에 위치한 쓰쿠바시를 대상지로 설정하였다. 행정도시는 행정기능을 갖춘 도시, 쓰쿠바시는 연구기능을 갖춘 도시로 만들어졌다. 두 도시는 생태도시 실현을 목표로 두고 노력하고 있는 점, 수도권에 과하게 집중된 기능을 분산시키는 역할의 자립도시로 건설되었다는 점이 공통된다. 또한 행정도시는 2006년에 건설기본계획이 수립된 행정기능을 갖춘 젊은 도시인 반면, 쓰쿠바시는 1960년대에 계획이 수립되고, 1970년대에 입주가 시작된 연구기능을 갖춘 도시로 성숙도 측면에서 행정도시의 미래 모습의 하나를 나타내는 도시라고 할 수 있다. 이러한 관점에서 행정도시와 그 비교 대상으로 쓰

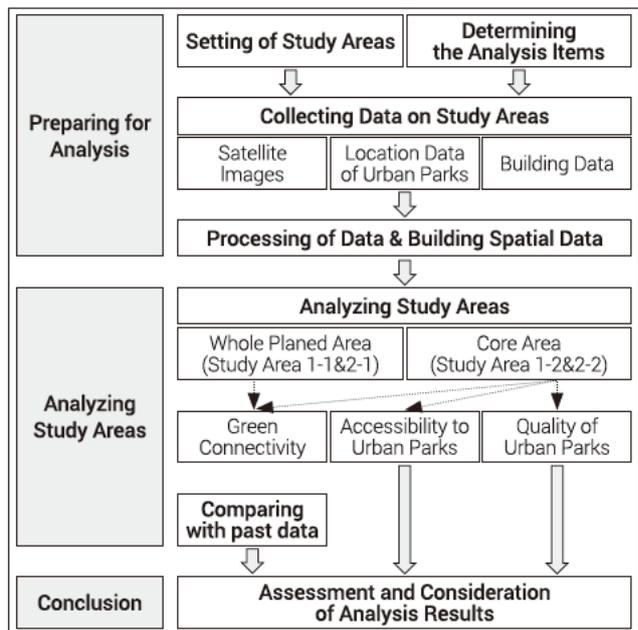


Figure 1. Conceptual model structure

쿠바시를 연구대상으로 하는 것이 적절하다고 판단하였다.

행정도시는 국가균형발전을 선도하여 국가경쟁력을 제고하는 동시에 도시 수준을 향상시켜 미래세대를 위한 지속가능한 모범 도시 조성을 도시의 목표로 설정하였다(건설교통부, 2006). 행정 도시의 공간구조는 6개의 생활권과 대중교통 이용 특성에 따라 23개의 독립적인 기초생활권으로 구성된다(건설교통부, 2006). 또한, 국사봉, 원수산, 전월산을 거점으로 하는 주녹지축과 금강과 미호천을 중심으로 하는 하천축을 연계하여 생태 네트워크를 구축하고, 생활권에 도시공원과 보행축으로 빼기형 녹지를 구성하여 도시 내 녹지 공간을 연결하고 자연과 도시가 조화되는 경관을 창출하고자 하였다(Figure 2). 이와 같이 행정도시는 녹지를 통해 인간이 거주하는 생활권과 생태 공간을 연계하고 인간과 환경이 공존하는 도시를 추구하였다.

쓰쿠바시는 도시 전체가 1963년에 과학기술 및 고등 교육의 발달과 수도에 집중한 국가기관 및 연구기관 이전을 목적으로 연구 학원도시(研究学園都市)로 조성되었다(Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, 2008). 직주일체형(職住一体型)의 질적 거주 환경 조성에 초점을 맞추어 계획·건설된 신도시이자 일본 최초의 자립도시이다. 공간구조는 도심지구와 도심지구를 포함하는 연구학원지구, 그리고 주변개발지구가 둘러싸고 있는 형태로 구성되어 있다. 도심지구는 주로 상업지구로 이루어져 있고, 주변개발지구는 기존 경작지와 시가지로 구성되어 있다(Kawanaka and Kaneko, 2015). 도시 개발 과정에서 도심지구와 연구학원지구는 산림, 나지 등 비경작지를 중심으로 개발되고 주변개발지구는 원래의 모습을 가능한 남겨두는 방식으로 진행되었으며, 연구학원지구와 주변개발지구의 경관적인 조화를 지향하였다(Sato, 2016). 또한, 쓰쿠바시는 인간과 자연이 공생하는 전원도시를 미래상으로 설정하고, 북쪽에 위치한 쓰쿠바산과 시내로 흐르는 하천의 자연환경 보전과 도시에 설정한 거점을 중

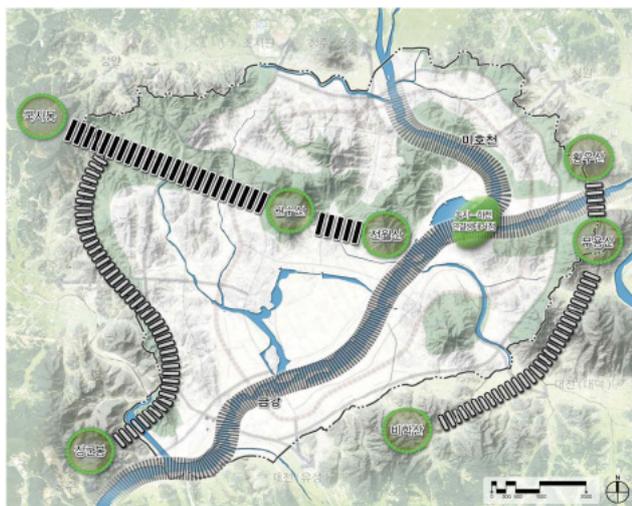


Figure 2. Concept map of ecological network

Source: Ministry of Land Infrastructure Transport (2006)

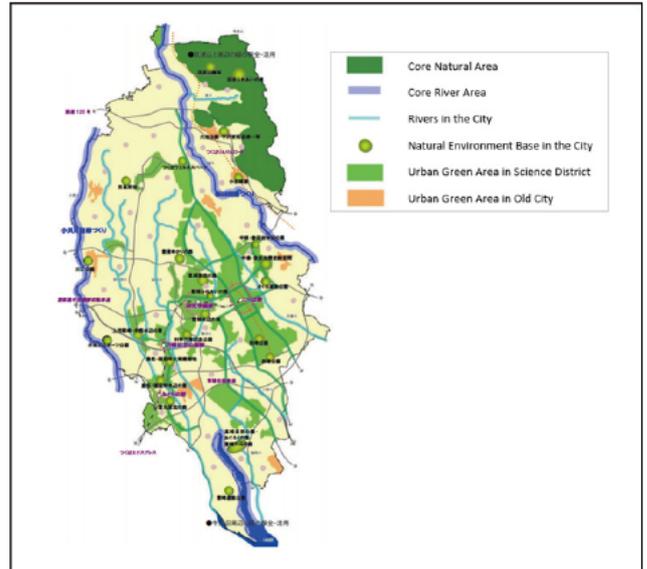


Figure 3. Future image of green space environment in Tsukuba  
Source: Tsukuba City(2016)

심으로 환경 및 시설을 정비하고 있다(Sato, 2016)(Figure 3). 도심지구에는 비교적 큰 규모의 도시공원을 중심으로 주변 공원과 시설이 연계되고, 연구학원지구에는 작은 규모의 도시공원이 주거지 사이에 점재하고 있다. 2012년에는 자연자원의 최대 활용, 저탄소화, 지속가능한 발전 등을 선도하는 도시로 일본 환경모델도시에 선정되면서 생태도시로 자리 잡았다(Prime Minister's Office of Japan Regional Revitalization Promotion Office, 2014).

본 연구에서는 도시민의 삶에 밀접한 녹지 구조 및 기능을 파악하고자 도시 전체와 인구가 밀집된 지역으로 구분하여 분석하였다. 세종시는 행정도시 전체를 Study Area 1-1로, 지구단위계획에서 대부분 조성이 완료된 1생활권과 세종호수공원에 해당하는 지역을 핵심지역(Study Area 1-2)으로 설정하였다. 쓰쿠바시는 연구학원지구 전체를 Study Area 2-1, 인구집중지구<sup>1)</sup>(Densely Inhabited Districts, DID)에 해당하는 범위를 핵심지역(Study Area 2-2)으로 설정하였다(Statistics Agency Statistics Bureau, 2019)(Table 1, Figure 4). 또한, 과거(1987)와 현재(2015)의 쓰쿠바시 녹지 현황 변화를 살펴보기 위하여 1987년 쓰쿠바시 건설지역은 Study Area 2-3, 핵심지역은 Study Area 2-4로 설정하였다.

### 3. 분석 항목의 설정

생태도시가 인간과 자연이 공존하는 지속가능한 도시인 점(김철수, 2001), 생태도시는 자연과 공생할 수 있도록 생태 및 녹지 환경을 풍부하게 조성해야 하는 점(이재준, 2005; 박종기·진경일, 2012)을 고려할 때, 생태도시에서 공원·녹지는 시민에게 쾌적한 환경과 휴식공간을 제공하며, 생물종에게 서식 공간의 역할을 하는 것을 알 수 있다. 이와 같은 점을 고려하여 분석 항목은 생물

Table 1. Comparison of basic information of both cities

Parameter	Multifunctional Administrative City		Tsukuba City	
	Study Area 1-1	Core Area (Study Area 1-2)	Study Area 2-1	Core Area (Study Area 2-2)
Starting a Project year	2005		1963	
Move-in year	2011		1972	
Area (km <sup>2</sup> )	72.80	14.02	283.66	16.65
Planning Population (Persons)	500,000	122,999	350,000	100,000
Present Population (Persons)	237,338('19.06)	-	235,602('19.06)	81,990('14.12)

Source: Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism (2008), Multifunctional Administrative City Construction Agency (online), Tsukuba City (2019)

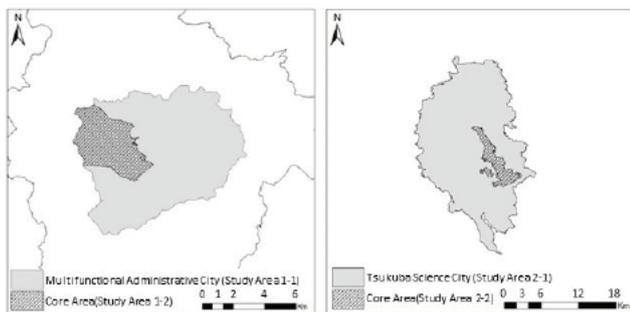


Figure 4. Study area

중 서식 측면, 인간의 이용 측면, 인간과 생물종의 공존 측면으로 구분하였으며, 관련 문헌 고찰을 통해 대표 항목을 선정하였다.

‘생물종 서식 측면’에서 최재용 외(2009), Chan et al.(2014), Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism(2016), 안동만·김명수(2003), 이동근 외(2005) 등 도시생태계 보전과 관련한 연구를 검토하였으며, 그 결과 ‘녹지의 연결성’이 도시 내 네트워크화와 생물다양성의 지속가능성을 위해 중요한 것으로 도출되었다. ‘인간의 이용 측면’에서는 Tanaka et al.(2017), Ishikawa and Asami(2012), 엄정희·이윤구(2016), 김은정 외(2016) 등 도시공원이나 녹지에 대한 접근의 편리함이 시민의 거주 만족도를 높인다고 하여 ‘도시공원의 접근성’을 분석 항목으로 선정하였다. 마지막으로 ‘인간과 생물종의 공존 측면’은 도시민의 쾌적성과 생물종 서식 각각에 대해 분석한 사례를 살펴본 결과, 공통적으로 식피율, 녹지 면적, 수관의 성장정보, Normalized Difference Vegetation Index(NDVI, 식생지수) 등을 활용하여 ‘도시공원의 질’적인 부분을 평가하여, 본 연구에서 분석 항목으로 선정하였다 (Table 2).

4. 분석의 방법

1) 녹지 연결성에 대한 분석

녹지 연결성은 패치 간의 연계성뿐만 아니라, 주변과의 관계성도 검토될 필요가 있으므로 핵심지역을 비롯해 세종시 행정도시 전체(Study Area 1-1)와 쓰쿠바시 전체(Study Area 2-1) 지역도

분석하여 연결 특성을 살펴보았다.

Hashiba et al.(2001), Saito and Ishikawa(2009), Sonobe and Hashiba(2017), Zhumanova et al.(2018), Liu et al.(2019)의 연구에서는 NDVI를 활용하여 도시지역 내의 녹지를 신뢰성이 있는 수준으로 추출할 수 있다는 결과를 도출하였다. 이에 따라 녹지 연결성 분석에서는 NDVI를 활용한 녹지 연결성과 공간적인 녹지의 분포 특징을 비교하였다.

먼저, Akbar et al.(2019)를 참고하여 NDVI 값이 0.36 이상인 지역을 녹지, 0.6 이상인 지역을 밀도가 높은 녹지로 정의하고 대상지의 녹지 규모를 파악하였다. NDVI 산출은 USGS(<https://www.usgs.gov/>)가 제공하는 Landsat 8 위성영상데이터(해상도 30m)를 활용하였으며, 행정도시는 2018년 7월 28일, 쓰쿠바시는 2015년 8월 6일에 촬영된 데이터를 사용하였다. 이후 녹지의 연결 정도를 백분율로 표시할 수 있어 직관적인 비교가 가능한 Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism(2016)의 일본 도시의 생물다양성 지표(간이판) 방법에 따라 녹지 연결성을 분석하였다. 해당 문헌에서 서로 250m 이내에 녹지가 위치한 경우 연결된 녹지로 보는 근거를 참고하여 각 녹지 패치에 125m의 Buffer를 생성하고, Buffer로 인해 연결된 녹지(이하, 녹지군)의 면적을 산출하였다. 마지막으로 다음 수식과 같이 NDVI를 활용한 녹지 연결성 결괏값을 산출하고, 항목 간 비교 외에 대상지 전체에 대한 녹지 면적 비율과 연결성 결괏값을 곱하여 도출된 값으로 종합 비교하였다.

또한, 도시에서 NDVI 0.36 이상~0.6 미만인 녹지와 0.6 이상인 녹지의 공간적 분포 특징을 함께 비교하여 밀도에 따른 녹지의 연결 특성을 살펴보았다.

$$Green\ Connectivity(\%) = \frac{(A_1^2 + A_2^2 + A_3^2 + \dots + A_n^2)}{A_{total}^2}$$

A<sub>total</sub>: 분석대상지의 전체 녹지 면적(m<sup>2</sup>)

A<sub>1</sub>-A<sub>n</sub>: 각 녹지군의 면적(m<sup>2</sup>)

\*출처: Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism(2016)

Table 2. Perspectives and literature for setting analysis items

Perspective	Analysis items	Case		
		Author (Year)	Indicators	
Species habitat	Green connectivity	Chan et al. (2014)	1) Proportion of Natural Areas in the City, <b>2) Connectivity Measures</b> , 3) Native Biodiversity in Built Up Areas, 4) Change in Number of Vascular Plant Species, 5~8) Change in Number of Species, 9) Proportion of Protected Natural Areas 10) Proportion of Invasive Alien Species, And 13 other indicators	
		Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism Japan (2016)	1) Area of green space and water in urban area, 2) Proportion of Protected Natural Areas, <b>3) Connectivity Measures</b> , 4) Change in Number of Species, 5) Functions of ecosystem services 6) Local government efforts 7) Resident participation	
		Choi et al. (2009)	1) Stability, <b>2) Connectivity</b> , 3) Naturality, 4) Diversity, 5) Rareness, 6) Potential	
Comfortable life	Accessibility of urban parks	Tanaka et al. (2017)	<b>Convenience (Accessibility)</b>	
		Ishikawa and Asami (2012)	<b>Convenience (Accessibility, in high density &amp; commercial area)</b>	
		Kim et al. (2016)	Equity (Income, <b>Accessibility</b> )	
Coexistence of human and environment	Species habitat	Ichinose (2002)	1) Existence of large habitats 2) Ratio of surrounding green area <b>3) Existence of vegetation</b>	
		Katoh et al. (2015)	<b>1) Area covered by trees</b> , 2) Vegetation structure, 3) The degree of urbanization in the surrounding area, 4) Area of surrounding arable land or grassland 5) Distance to large habitats	
		Imamura et al. (2012)	1) Area of forest land, <b>2) Area covered by trees</b> , 3) Ratio of forest land around 300m	
		Kuroda et al. (2009)	<b>1) Vegetation of river coriander</b> , 2) Use and management of grassland, <b>3) Existence of green space in surrounding area</b> , 4) Land use of surrounding area	
		Tsuchikane and Osawa (2008)	<b>1) Ratio of surrounding green area</b> , 2) Area of porous structures	
	Urban amenity (thermal comfort)	Quality of urban parks	Cho et al. (2014)	<b>1) Ratio of green area</b> , 2) Average wind speed
			Li et al. (2019)	<b>1) Area of green area</b> , 2) Area of river, 3) Elevation, 4) Slope
			Oh and Hong (2005)	1) Area of river, <b>2) Area covered by trees</b> , 3) Elevation
			Ko and Park (2019)	1) Area of residential building, <b>2) NDVI</b>
			Taniba et al. (2016)	<b>1) Ratio of green coverage</b> , 2) Shade of tree layer, 3) Amount of solar radiation
		Kato et al. (2015)	<b>1) Degree of development of canopy</b>	

## 2) 도시공원의 접근성에 대한 분석

도시공원의 접근성은 도시공원에서의 거리를 기준으로 세 단계로 범위를 설정하며 그 범위 내에 포함되는 건축물 연면적의 비율로 평가하였다.

범위는 도시공원 및 녹지 등에 관한 법률 시행규칙 제6조 제3항44의 도시공원 설치기준에 따른 유치거리 250m, 500m, 1,000m로 하며 그 외는 도시공원 소외지역으로 하였다. 선행연구에서는 유치거리에 포함되는 인구수 또는 시설 이용자수로 도시공원의 접근성을 분석하는 경우가 많았다. 그러나 유치거리에 거주하는 실제 인구분포 관련 데이터를 확보하는 데 한계가 있어, 공원별 유치거리 내에

분포하는 건축물의 연면적을 기준으로 대체하였다. 가까운 거리 내에 포함되는 건축물의 연면적 비율이 높을수록 많은 도시민이 공평하고 쉽게 접근할 수 있도록 공원이 배치되어 있다고 판단하였다.

도시공원 경계 데이터는 행정도시의 경우, 공공 데이터 포털 (<https://www.data.go.kr/>)에서 공개되는 도시공원의 위치정보(2019년 9월 23일 기준)를 확보하고 네이버 맵과 Arc Map10.5의 편집 기능을 이용하여 41개의 도시공원 경계를 작성하였다. 쓰쿠바시의 경우 홈페이지에서 도시공원·녹지정보(2018년 7월 5일 기준)를 확보하고 Google Map과 Arc Map10.5를 이용하여 67개의 도시공원 경계를 작성하였다(Figure 5).

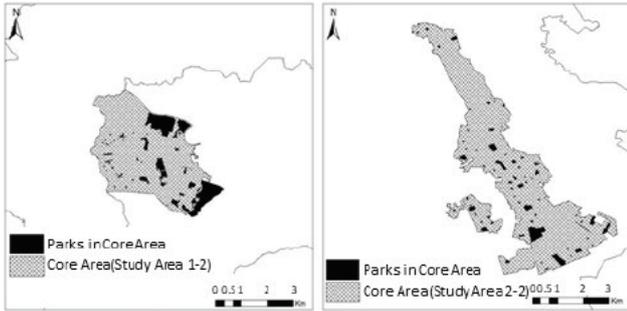


Figure 5. Parks in study area

행정도시의 건축물 연면적은 국토정보플랫폼(<http://map.ngii.go.kr/mn/mainPage.do>)에서 공개하는 건축물 데이터에 포함되는 각 건축면적과 층수에 대한 정보를 기준으로 산출하였다. 쓰쿠바시의 경우, 일본 국토지리원 기반지도정보 다운로드 서비스(<https://fgd.gsi.go.jp/download/menu.php>)에서 무료로 공개하는 건축물 데이터를 활용하였다. 공개 데이터에 층수 정보가 포함되어 있지 않기 때문에 Digital Surface Model(DSM)과 Digital Elevation Model(DEM)의 표고 차이를 계고(3m)로 나눈 값을 건축물의 층수로 가정하여 대상지 내의 각 건축물의 연면적을 산출하였다. DSM과 DEM의 표고 차이에서 구한 건축물 높이는 건축물의 중심점의 값으로 적용하였다. DSM 데이터는 JAXA가 공개하는 “ALOS World 3D-30m”를 통해 확보하고, DEM 데이터는 기반지도정보 다운로드 서비스에서 공개되는 수치표고 모델 5m 메쉬 데이터를 가공하여 사용하였다.

### 3) 도시공원의 질에 대한 분석

도시공원의 질은 공원 전체 면적 대비 식생의 NDVI 등급별 면적 비율을 활용하여 평가하였다. 선행연구에서 식생의 유무와 비율, 수관의 성장상태가 도시의 열쾌적성 또는 생물종 서식지에 영향을 미치는 것으로 밝혀져 있다(Table 2). 이러한 식생의 유무 및 생육 현황에 관련하는 정보는 위성영상을 기반으로 작성되는 NDVI를 이용하여 도출가능하기 때문에 본 연구에서는 NDVI 값을 이용하여 도시공원의 질을 측정할 수 있다고 판단하였다.

NDVI에서 산출된 각 셀의 값에 따라 5등급(0.3 미만, 0.3 이상~0.4 미만, 0.4 이상~0.5 미만, 0.5 이상~0.6 미만, 0.6 이상)으로 재분류하였다. 그리고 대상지 전체의 도시공원 전체 면적 중 각 등급의 면적 비율을 산출하였다. NDVI 값이 높은 부분의 면적 비율이 클수록 도시공원이 열쾌적성과 서식지 제공의 기능성을 높였다고 판단하였다.

도시공원의 NDVI 값의 산출은 1)의 녹지 연결성 분석과 동일한 데이터를 사용하고, 경계 데이터는 2)의 도시공원의 접근성 분석에서 작성한 것을 사용하였다.

### 4) 시간 흐름으로 인한 녹지 변화에 대한 분석

쓰쿠바시는 1968년에 착공하고 1972년에 입주가 시작한 도시인 한편, 행정도시는 2007년에 착공하고 2019년 12월 기준 23개 생활권 중 17개 생활권의 최근 조성된 도시이다(행정중심복합도시건설청, 2020). 녹지 규모 파악과 녹지 연결성에 대한 분석 방법은 검토 단계에서 확인하였지만 두 도시의 조성 시기가 다르기 때문에 NDVI로 녹지를 비교하는 데 한계가 있었다. 이 한계점을 보완하기 위하여 쓰쿠바시의 1987년 7월 24일의 Landsat 5 위성 영상 데이터를 활용하여 그 당시의 녹지 규모 파악과 연결성 분석을 실시하여 도시건설 직후와 약 30년 후에 어떤 변화가 이루어졌는지를 파악하였다. 쓰쿠바시의 변화 분석을 통해 행정도시의 녹지 현황과 미래 모습에 대한 새로운 시사점을 도출하고자 하였다. 녹지 규모 파악 및 녹지 연결성 분석은 1)의 방법과 동일하게 실시하였다.

## III. 연구결과

### 1. 녹지 연결성

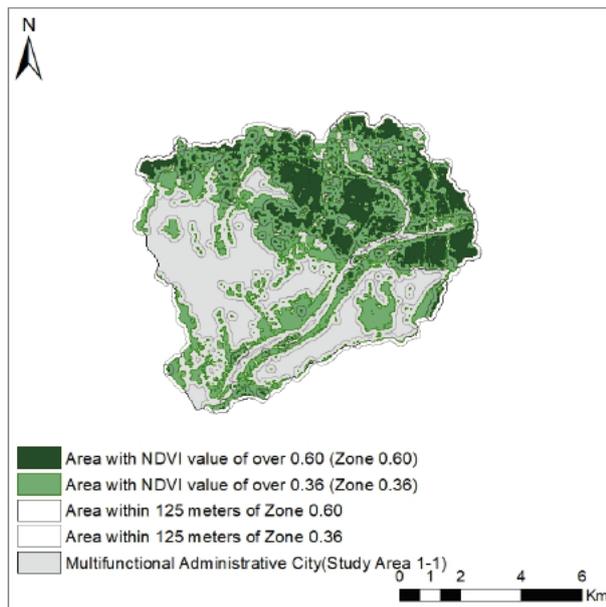
NDVI 값이 0.36 이상인 녹지면적은 행정도시 전체(Study Area 1-1)는 55,745,608.100m<sup>2</sup>, 대상지 전체 면적 대비 76.569%이고 녹지의 연결성은 54.568%, 면적 비율과 녹지 연결성을 곱한 종합 결괏값은 4,177.726점이었다. 쓰쿠바시 전체(Study Area 2-1)의 녹지 면적은 230,908,500.000m<sup>2</sup>, 녹지 비율은 81.402%, 녹지의 연결성은 100%, 종합 결괏값은 8,140.200점이었다. 행정도시 핵심지역(Study Area 1-2)은 녹지 면적 5,214,320.003m<sup>2</sup>, 녹지의 비율이 37.183%이고 녹지의 연결성은 44.904%, 종합 결괏값은 1,669.665점이었다. 쓰쿠바시 핵심지역(Study Area 2-2)은 녹지의 면적이 8,741,106.090m<sup>2</sup>, 녹지의 비율이 52.498%, 녹지의 연결성은 89.858%, 종합 결괏값은 4,717.365점이었다.

NDVI 값이 0.6 이상인 지역은 행정도시 전체(Study Area 1-1)는 녹지의 면적이 9,294,776.956m<sup>2</sup>, 대상지 전체 면적에 대한 녹지의 비율이 12.767%이고 녹지의 연결성은 69.015%, 종합 결괏값이 881.115점이었다. 쓰쿠바시 전체(Study Area 2-1)는 녹지의 면적이 135,869,400.000m<sup>2</sup>, 녹지의 비율이 47.898%이고 녹지의 연결성은 99.996%, 종합 결괏값이 4,789.608점이었다. 행정도시 핵심지역(Study Area 1-2)은 녹지의 면적이 441,283.332m<sup>2</sup>, 녹지의 비율이 3.147%이고 녹지의 연결성은 86.049%, 종합 결괏값이 270.796점이었다. 쓰쿠바시 핵심지역(Study Area 2-2)은 녹지의 면적이 3,378,796.393m<sup>2</sup>, 녹지의 비율 20.293%, 녹지의 연결성 94.612%, 종합 결괏값 1,919.961점이었다(Table 3, Figure 6).

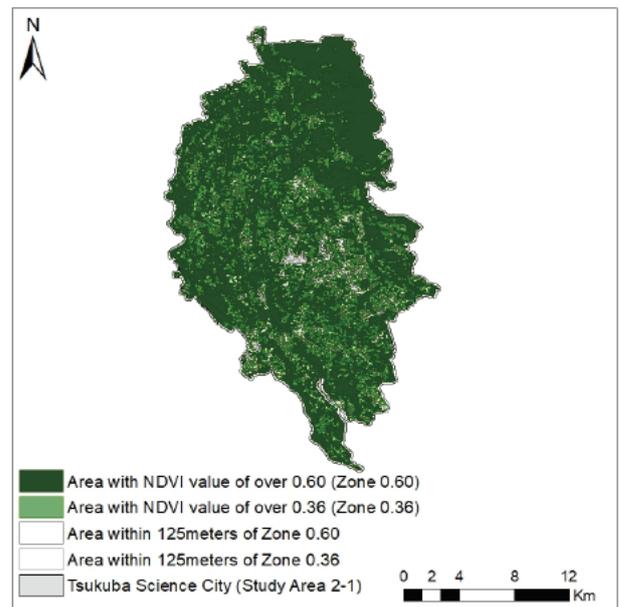
도시생물다양성 지표(CBI)에서 도시 내 자연 면적 비율 평가 기준 중 20%를 최고 점수로 평가하고(Chan et al., 2014), 서울 특별시(2015)는 2030년까지 도시 녹피율 목표를 25% 이상, 대전

Table 3. Results for green connectivity

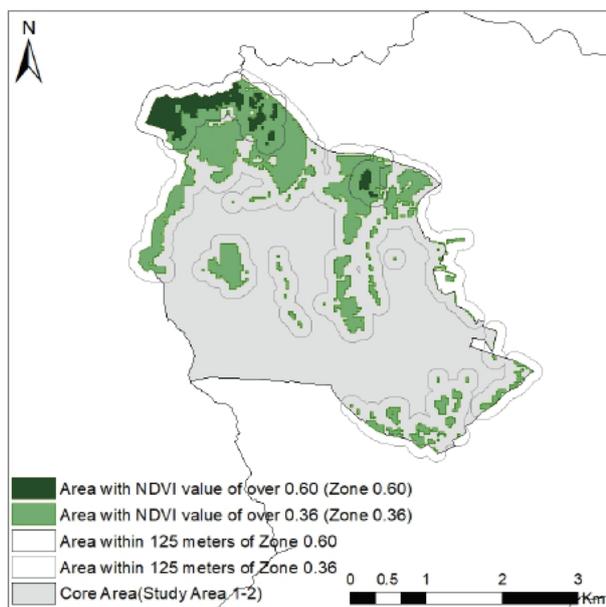
Items	Multifunctional Administrative City		Tsukuba City		
	Study Area 1-1	Study Area 1-2	Study Area 2-1	Study Area 2-2	
above NDVI0.6	Green area (m <sup>2</sup> )	9,294,776.956	441,283.332	135,869,400.000	3,378,796.393
	Ration of green area (%)	12.767	3.147	47.898	20.293
	Green connectivity (%)	69.015	86.049	99.996	94.612
	Multiplied value(point)	881.115	270.796	4,789.608	1,919.961
above NDVI0.36	Green area (m <sup>2</sup> )	55,745,608.100	5,214,320.003	230,908,500.000	8,741,106.090
	Ration of green area (%)	76.569	37.183	81.402	52.498
	Green connectivity (%)	54.568	44.904	100.000	89.858
	Multiplied value (point)	4,177.726	1,669.665	8,140.200	4,717.365



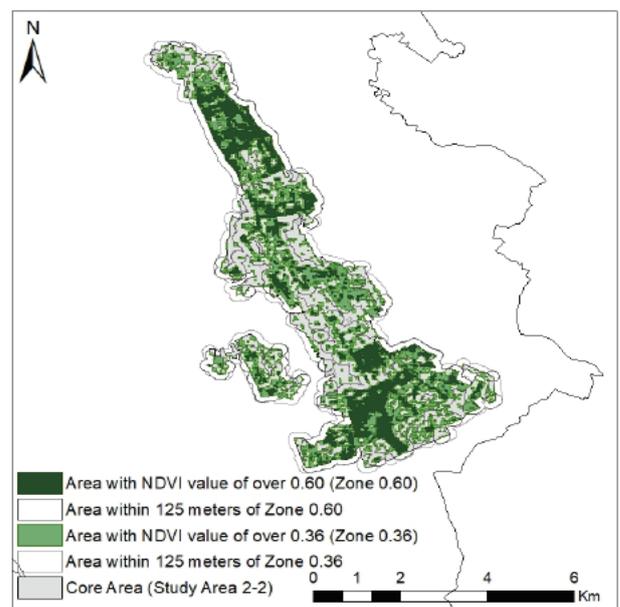
a) Multifunctional Administrative City(Study Area 1-1)



b) Tsukuba City(Study Area 2-1)



c) Core Area in Multifunctional Administrative City (Study Area 1-2)



d) Core Area in Tsukuba City(Study Area 2-2)

Figure 6. Results for green connectivity

광역시(2017)는 2020년까지 녹피율 60.37%, 시가화지역 내 19.36%, 생물다양성 보호를 위해 녹지를 적극적으로 조성하고 있는 일본의 고베시는 녹피율 68.5%, 시가화지역 내 32.9%의 수준을 보이고 있었다(Kobe City, 2011). 이러한 사례와 비교해볼 때, NDVI 값이 0.36 이상인 녹지면적 비율이 행정도시는 76.569%, 행정도시의 핵심지역은 37.183%로 비교적 높은 수준으로 나타났다.

행정도시와 쓰쿠바시 두 도시를 비교해보면, 쓰쿠바시 전체는 NDVI 0.36 이상인 지역과 0.6 이상인 지역의 녹지면적 비율이 33.504%의 차이가 있어도 연결성은 모두 100%에 가까웠고, 핵심 지역도 녹지 면적 비율이 20.293%, 52.498%였지만 연결성은 94.612%와 89.858%로 높게 나타나, 도시 내 녹지의 공간적 배치가 양호한 것으로 볼 수 있다. 행정도시의 경우, 행정도시 전체 중 0.36 이상인 지역의 녹지 면적이 76.569%, 연결성은 54.568%이었고, 핵심지역은 녹지 면적이 37.183%, 연결성은 44.904%로 나타나 도시 내 녹지의 공간 배치가 고립된 형태로 이루어진 것으로 판단되었다.

또한, 행정도시의 도시 전체(Study Area 1-1) 및 핵심지역(Study Area 1-2) 모두에서 NDVI 0.6 이상인 지역의 연결성은 NDVI 0.36 이상인 지역보다 높게 나타났다. 그러나 녹지 비율과 연결성을 함께 고려한 종합 결과값을 보면 낮게 나타났다. 이는 식생밀도가 높은 일부 산림이 존치됨에 따라 0.6 이상인 지역의 연결성이 높은 것이었으며, 행정도시 핵심지역은 0.6 이상인 지역이 가장자리에만 분포하고 대부분 0.36 이상 0.6 미만의 지역이 내부에 점적으로 분포하고 있기 때문으로 나타났다.

특히, 행정도시 핵심지역(Study Area 1-2)과 쓰쿠바시 핵심지역(Study Area 2-2)의 NDVI 0.36 이상인 녹지 면적율은 15.315% 차이가 났으나 연결성은 44.954%의 차이를 보였다. 이는 쓰쿠바시가 계획 초기 단계부터 쓰쿠바산, 경작지 등을 비롯한 기존 녹지를 가능한 남기고 연구학원지구에는 도시공원, 가로수, 보행 도로, 시설부지 등에서도 녹지 연결성을 확보하고자 하였기 때문으로 판단된다. 행정도시도 기존 산림은 존치하여도 도

시 내 점적으로 존재하는 녹지는 모두 제거하고 새로 도시를 건설함에 따라 단기적으로 개발에 따른 파편화, 또는 훼손으로 개발 전보다 연결성이 약화될 것으로 판단된다. 이에 도시건설 초기부터 녹지의 연결성 확보를 위한 시설 배치, 공간 활용 등 녹지공간 확충 방안의 적극적 도입이 필요하다.

## 2. 도시공원의 접근성

핵심지역(Study Area 1-2, 2-2)을 대상으로 도시공원까지의 접근성을 분석한 결과, 행정도시 핵심지역(Study Area 1-2)의 도시공원이 쓰쿠바시 핵심지역(Study Area 2-2)에 비해 접근성이 높게 나타나며 행정도시의 도시공원 분배 계획이 효과적으로 기능하고 있다고 볼 수 있었다. 행정도시 핵심지역(Study Area 1-2)은 250m 범위에 포함되는 건물 연면적이 7,334,573.195m<sup>2</sup>이고 비율은 88.009%이었다. 500m 범위는 건물 연면적이 8,331,111.458m<sup>2</sup>이고 비율이 99.967%, 1,000m 범위는 건물 연면적이 8,333,515.072m<sup>2</sup>이고 비율이 99.995%이었다. 소외지역에 포함되는 건물 연면적은 385.638m<sup>2</sup>이고 비율이 0.005%이었다. 한편 쓰쿠바시 핵심지역(Study Area 2-2)은 250m 범위에 포함되는 건물 연면적이 4,519,145.168m<sup>2</sup>이고 비율이 68.409%이었다. 500m 범위는 6,160,474.544m<sup>2</sup>이고 비율이 93.255%, 1,000m 범위는 6,562,640.714m<sup>2</sup>이고 비율이 99.343%이었다. 그리고 소외지역은 43,381.540m<sup>2</sup>이고 비율이 0.657%이었다(Table 4, Figure 7).

도시공원의 접근성은 500m, 1,000m 범위에서 두 지역 모두 90% 이상으로 높게 나타나, 큰 차이를 보이지 않았다. 소외지역은 행정도시 핵심지역은 산림지역, 쓰쿠바시 핵심지역은 대학교가 입지하여 도시공원의 소외지역이 발생되었다.

특히 250m 범위에서 19.6%의 큰 차이가 나타났다. 이는 행정도시는 공원녹지축과 대중교통축을 중심으로 주변에 도시시설이나 주거시설이 배치되는 형태로 조성되었기 때문에 건축물 이용자의 도시공원 접근성이 높게 나타난 것으로 판단되었다. 한편 쓰쿠바시 핵심지역은 비교적 규모가 큰 도시공원이 배치되고 외부에는 작은 규모의 도시공원이 조성되며 배치가 불규칙적이고 도시시설

Table 4. Results for accessibility of urban parks in core area

Items	Core area in Multifunctional Administrative City (Study Area 1-2)		Core area in Tsukuba City (Study Area 2-2)	
	Floor space (m <sup>2</sup> )	Ratio (%)	Floor space (m <sup>2</sup> )	Ratio (%)
250m	7,334,573.195	88.009	4,519,145.168	68.409
500m	8,331,111.458	99.967	6,160,474.544	93.255
1,000m	8,333,515.072	99.995	6,562,640.714	99.343
Alienation area	385.638	0.005	43,381.540	0.657
Sum	8,333,900.710	100	6,606,022.255	100

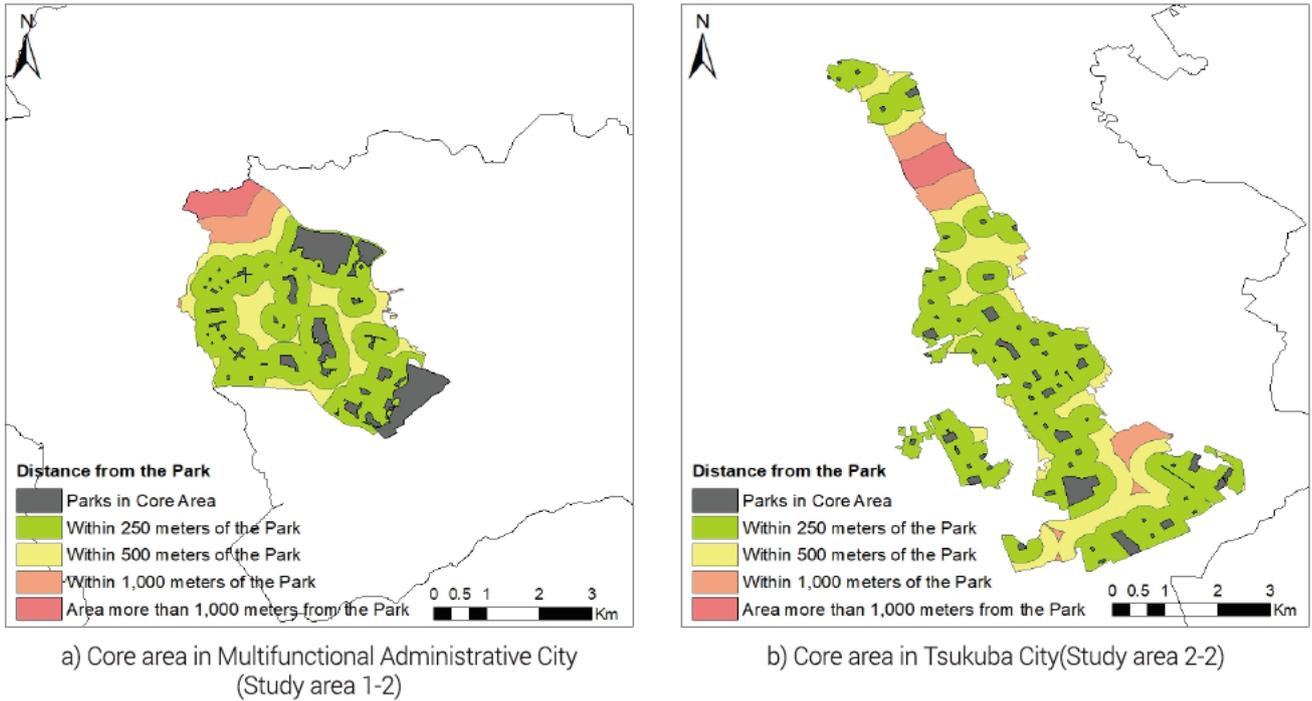


Figure 7. Results for accessibility of urban parks in core area

이나 주거시설과의 관계성이 약하기 때문에 250m 기준의 도시공원 접근성은 행정도시에 비해 낮게 나타난 것으로 판단되었다.

다만, 쓰쿠바시는 주거형식이 단독아파트 또는 단독주택으로 이루어져 있고, 행정도시는 아파트와 같은 고층건물로 이루어져 아파트 단지의 녹지를 공원처럼 이용할 수 있어 실제 시민들이 체감하는 접근성과 차이가 있을 수 있다.

### 3. 도시공원의 질

핵심지역(Study Area 1-2, 2-2)의 도시공원을 대상으로 분석한 결과, 행정도시 핵심지역(Study Area 1-2)의 도시공원은 전체 면적 대비 NDVI 값이 0.6 이상인 면적 비율이 1.5%로 나타났다. 이어서 0.5 이상~0.6 미만 11.06%, 0.4 이상~0.5 미만 15.49%, 0.3 이상~0.4 미만 22.38%, 0.3 미만 지역이 49.57%를 차지하였다. 쓰쿠바시 핵심지역(Study Area 2-2)의 경우,

NDVI 값 0.6 이상인 지역이 전 도시공원 면적 대비 49.72%로 나타났다. 이어서 0.5 이상~0.6 미만 22.81%, 0.4 이상~0.5 미만 12.95%, 0.3 이상~0.4 미만 8.80%, 0.3 미만 5.71%를 차지하였다 (Table 5, Figure 8).

NDVI 값 0.3~0.6 범위의 비율이 행정도시 핵심지역(Study Area 1-2)의 도시공원은 48.93%, 쓰쿠바시 핵심지역(Study Area 2-2)은 44.56%로 비슷한 수준이었으나, NDVI 0.6 이상의 지역은 1.5%와 49.72%로 큰 차이를 보였다. 이를 통해 전반적인 도시공원의 질이 행정도시 핵심지역(Study Area 1-2)이 쓰쿠바시 핵심지역(Study Area 2-2)에 비해 상대적으로 낮게 나타나 현재 행정도시는 도시공원으로 인한 혜택을 많이 받지 못하는 상황이라는 것을 알 수 있었다. 이에 따라 도시민이 휴식을 즐길 수 있고 생물종이 양호한 서식환경으로 도시공원이 조성되도록 공원 계획 단계부터 도시민의 휴식공간으로의 기능 및 생물종의 서식환경으로의 기능을 충분히 갖출 수 있는 식생 조성방식이 고려될

Table 5. Results on the quality of urban parks in core area

Items	Core area in Multifunctional Administrative City (Study Area 1-2) (%)	Core area in Tsukuba City (Study Area 2-2) (%)
Over 0.6	1.50	49.72
0.5 - 0.6	11.06	22.81
0.4 - 0.5	15.49	12.95
0.3 - 0.4	22.38	8.80
Under 0.3	49.57	5.71
Sum	100	100

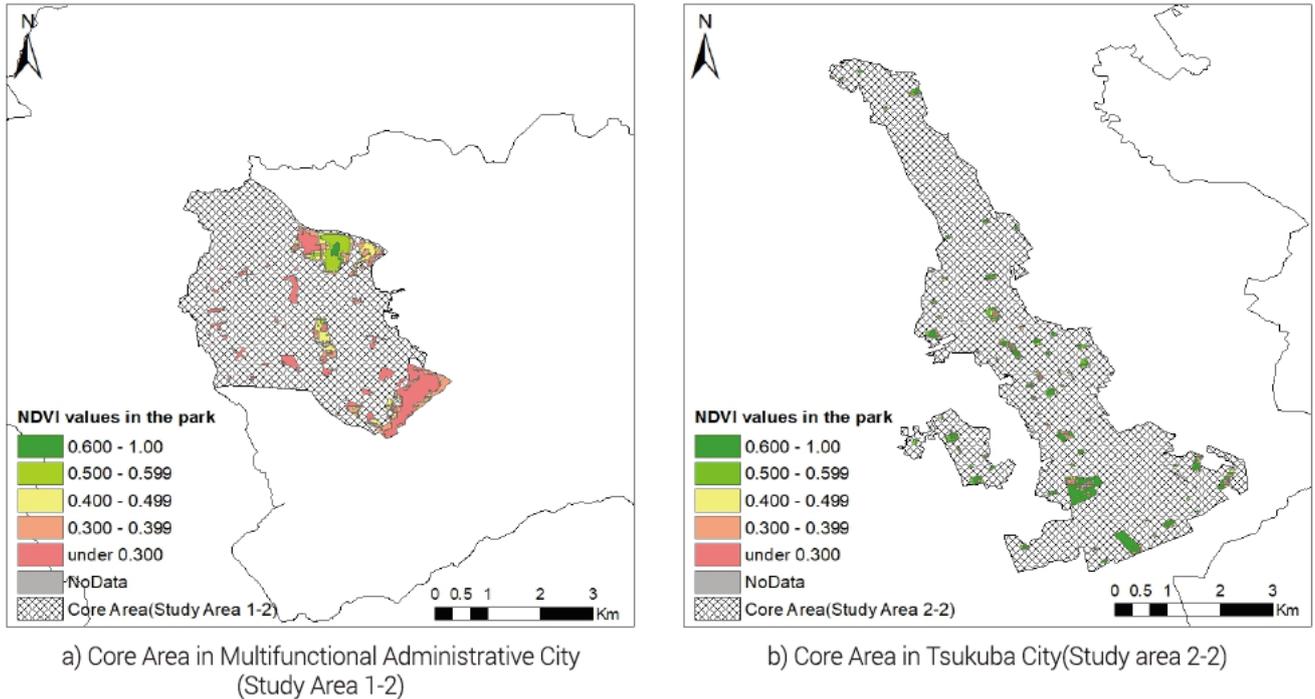


Figure 8. Results on the quality of urban parks in Core Area

필요가 있는 것으로 나타났다.

#### 4. 시간 흐름으로 인한 녹지 변화에 대한 분석

쓰쿠바시의 과거(1987년)와 현재(2015년) 녹지 규모 및 연결성 변화를 살펴본 결과, NDVI 0.6 이상의 1987년 쓰쿠바시(Study Area 2-3)는 녹지의 면적이 127,427,821.000m<sup>2</sup>, 녹지의 비율이 44.922%이고 녹지의 연결성이 99.984%, 종합 결괏값은 4,717.365점이었다. 1987년 쓰쿠바시 핵심지역(Study Area 2-4)은 녹지의 면적이 1,862,505.627m<sup>2</sup>, 녹지의 비율이 11.186%, 녹지 연결성이 25.296%, 종합 결괏값은 282.961점이었다.

NDVI 0.36 이상의 1987년 쓰쿠바시(Study Area 2-3)는 녹지의 면적이 241,694,703.400m<sup>2</sup>, 녹지의 비율이 85.204%이고 녹지의 연결성이 100%, 종합 결괏값은 8,520.400점이었다. 1987년 쓰쿠바시 핵심지역(Study Area 2-4)은 녹지의 면적이 9,400,117.725m<sup>2</sup>, 녹지의 비율이 56.456%, 녹지 연결성이 86.913%, 종합 결괏값은 4,906.760점이었다.

최근 30년 동안 쓰쿠바시는 NDVI 0.6 이상의 녹지 면적 증가율은 2.976%, 0.36 이상의 녹지 면적은 3.802%가 감소하였으며, 연결성은 큰 차이가 없었다. 핵심지역은 NDVI 0.6 이상 지역의 녹지 면적 9.107%, 연결성 69.316%가 증가하였고, NDVI 0.36 이상의 녹지 면적은 3.958%가 감소하고, 연결성은 2.945%가 증가하였다. 즉, 식생 밀도가 높아져 질적으로 향상되었으나, 녹지 면적의 변화는 거의 없었으며, 오히려 식생 밀도가 낮은 지역은 면적이 감소되기도 하는 것으로 나타났다(Table 6).

쓰쿠바시의 경우, 주변개발지구의 경작지와 기존 시가지를 남기는 개발 방식과 주변 녹지에 대한 개발 제한 등을 통한 환경 보전으로 입주 개시 후 15년 시점을 비롯해 2015년까지도 유지할 수 있었던 것으로 볼 수 있다.

또한, 쓰쿠바시 핵심지역은 NDVI 0.6 이상인 녹지 면적, 비율, 연결성 모든 부문에서 30년 동안 두 배, 종합 결괏값은 4배가 증가하였다. 이는 초기에는 산림이나 나지 등을 중심으로 매수, 개발됨에 따라 핵심지역의 녹지 비율과 연결성이 떨어졌으나, 이후 시간이 흐르고 지자체에서 식생 관리를 지속하면서 현재의 결과가 나타났다. 행정도시는 쓰쿠바시 핵심지역과 비슷한 방식으로 개발이 진행되었기 때문에 적절한 녹지를 보호할 수 있는 제도와 관리를 지속적으로 실시하면 녹지 면적과 연결성이 향상되며 생태환경이 풍부한 도시를 실현할 수 있을 것으로 판단된다.

#### IV. 결론 및 시사점

본 연구는 세종시 행정도시의 녹지 구조 및 기능을 평가하기 위해 일본 쓰쿠바시를 비교 대상으로 녹지의 연결성, 도시공원의 접근성, 도시공원의 질의 세 가지 관점에서 분석하였다. 이 결과, 행정도시는 녹지 연결성과 도시공원의 접근성은 상대적으로 높은 수준을 가지는 것으로 밝혀졌다. 한편, 녹지의 규모와 도시공원의 질은 쓰쿠바시에 비해 미흡하였다. 그러나 쓰쿠바시의 과거 위성영상데이터를 이용한 녹지 현황의 분석을 통해, 계획도시 건설 직후에는 도시 내 녹지가 상실되지만 시간의 흐름과 식생 관리, 개발 제한 등으로 인하여 녹지의 상태가 구조적으로도 기능

Table 6. Comparison of green connectivity with Tsukuba city(1987)

Items	Multifunctional Administrative City(2018)		Tsukuba City(2015)		Tsukuba City(1987)		
	Study Area 1-1	Study Area 1-2 (Core area)	Study Area 2-1	Study Area 2-2 (Core area)	Study Area 2-3	Study Area 2-4 (Core area)	
Above NDVI 0.6	Green area(m <sup>2</sup> )	9294776.956	441,283.332	135,869,400.000	3,378,796.393	127,427,821.000	1,862,505.627
	Ration of green area(%)	12.767	3.147	47.898	20.293	44.922	11.186
	Green connectivity(%)	69.015	86.049	99.996	94.612	99.984	25.296
	Multiplied value(Point)	881.115	270.796	4,789.608	1,919.961	4,717.365	282.961
Above NDVI 0.36	Green area(m <sup>2</sup> )	55,745,608.100	5,214,320.003	230,908,500	8,741,106.090	241,694,703.400	9,400,117.725
	Ration of green area(%)	76.560	37.183	81.402	52.498	85.204	56.456
	Green connectivity(%)	54.568	44.904	100.000	89.858	100.000	86.913
	Multiplied value(Point)	4,177.726	1,669.665	8,140.200	4,717.365	8,520.400	4,906.760

적으로도 양호해질 수 있다는 가능성도 밝혀졌다.

본 연구를 통해 향후 세종시 및 국내 도시들이 생태도시로 더욱 성숙하기 위하여 지향해야 하는 부분은 아래와 같다.

첫째, 생물종 서식 환경 형성의 측면에서 계획도시 건설로 인하여 새롭게 조성하는 지역은 계획수립 단계부터 연결된 녹지 면적을 확보해야 하고, 기존 녹지와 융합적으로 조화하여 연결된 녹지 환경을 만들어 낼 수 있는 식생계획이 필요하다. 그리고 조성 직후에는 녹지 밀도가 낮아 서식지로서의역할이 어려우므로 조성 단계에서도 서식지 환경으로의 효과를 발휘할 수 있는 개발 방식에 대한 고려가 필요하다. 쓰쿠바시의 경우, 공원 조성단계부터 면밀한 식생 조사를 실시하고, 보전 가치가 있는 수목 근처에 공원을 조성하여 초기부터 울창한 숲을 제공하였다. 또한, 가급적 기존의 정원 풍경을 그대로 남기고 새로운 도시와 일체화를 시도하였다는 데서 기존 한국의 도시건설, 공원·녹지 조성 방식과 차이를 보인다. 일반적으로 신도시 개발 시 기존에 자생하던 식생은 제거하고 새로운 조경수로 식재하거나, 보전 가치가 있는 수목은 다른 공간으로 이식하는 등의 방법으로 지역의 고유한 경관을 사라지고 도시별로 유사한 경관을 형성하게 된다. 도시가 개발되어도 생물종 서식환경의 변화 최소화를 위해 기존 녹지 면적과 연결성을 확보하고 녹지의 질적 저하를 최소화하여 본래의 기능이 유지될 수 있도록 해야 한다.

둘째, 인간의 이용 측면에서 1인당 도시공원 면적에 대한 개념도 중요하지만 형평성을 높이기 위하여 도시민들이 용이하게 접근할 수 있는 도시공원 계획이 중요하다. 즉, 커뮤니티 단위로 도시공원을 규칙적으로 배치하거나, 도시민들이 이용하는 도시시

설, 대중교통시설, 주거시설 등과의 관계성을 고려한 계획이 도시민의 도시공원 이용에 긍정적인 영향을 준다. 또한, 도시공원 이외에도 쓰쿠바시에서는 녹지협정,<sup>2)</sup> 경관협정,<sup>3)</sup> 시민녹지인정제도<sup>4)</sup> 등 제도의 활용으로 생활권 곳곳에 녹지 공간을 확보하여 실제 시민이 체감하는 수준을 높이고 있다. 계획 초기 단계부터 충분한 녹지 면적을 확보하는 것 이외에도, 이미 건설된 도시나 인구가 증가하는 도시는 다양한 제도와 정책을 활용하여 녹지 공간을 확충하여 시민의 만족도를 높일 필요가 있다.

셋째, 도시민의 쾌적한 녹지 이용 측면과 생물종 서식 측면에서 녹지 조성 시 식생계획과 지속적인 관리가 융합적으로 작용해야 질적 향상과 효과적인 기능을 볼 수 있다고 판단된다. 쓰쿠바시 녹색기본계획(Tsukuba City, 2016)에서는 도시 전체 토지이용 중 산림, 농경지, 공원·녹지 등 생태적 기능을 하는 녹지 총량 목표를 도시 면적의 60%(기존 63%)로 선언하였다. 그리고 목표 달성을 위한 제도적, 정책적인 측면의 구체적인 실행 계획을 수립·이행하였으며, 특히 공원청소 등 공원 관리에 시민참여 기회를 제공(2015년 기준 35개 단체가 44개 공원에서 활동)하고 있었다. 이러한 과정을 통해 공원·녹지의 추가적인 훼손을 방지하고, 시민의 지속적 관심 확보로 녹지의 질적 향상을 유도하고 있었다. 쓰쿠바시 사례를 토대로 볼 때, 도시건설 이후 시민에게 쾌적한 녹지 공간을 지속적으로 제공하고, 생태적 기능을 유지하기 위한 강력한 목표 설정과 계획의 이행, 민관의 협력적 관리 체계 도입 등으로 녹지의 양적, 질적 유지 및 향상을 유도해야 할 것이다.

본 연구에는 인간과 생태계의 공존이라는 관점에서 생태도시를 바라보고, 세 가지 관점과 시간적 변화를 고려하여 분석한 점

에 의의가 있다. 그러나, 생태도시는 자연생태계가 지니고 있는 다양성, 자립성, 순환성, 안정성을 가지고 있는 도시이기도 하므로 향후 자연생태계의 특성을 고려한 생태도시 분석 및 평가로 연구 영역을 확장해볼 수 있을 것이다. 또한, 도시공원의 접근성 분석에서 건축물 연면적을 활용하였지만 건축물의 용도에 따라 도시공원 서비스 인구가 균일하지 않다는 한계점을 가지고 있다. 그리고 실제 거주하는 사람들이 체감하는 열 쾌적성이나 생물종 이용은 식물의 생육 이외에 시설 및 배치 등의 요소에서도 영향을 받을 수 있어 이 부분에 대한 추가적인 연구가 필요하다. 마지막으로 행정도시가 생태도시의 기능을 더욱 향상하기 위하여 도시 건설 과정별 데이터를 수집하여 녹지의 구조 및 기능 변화에 대해 지속적으로 모니터링할 필요가 있다.

- 주1. 인구집중지구(Densely Inhabited Districts, DID): 국내 인구주택총조사와 유사한 일본 국세조사(国勢調査)의 결과를 바탕으로 설정되는 도시적지역의 특징을 나타내는 통계상의 지역단위. 인구밀도가 4,000명/1km<sup>2</sup> 이상의 기본단위구 등이 시군동촌(국내 시군구읍면동에 해당)의 경계 내에서 서로 인접. 2) 인접 지역의 인구가 국세조사에 5,000명 이상을 가진 지역을 DID로 설정.
- 주2. 녹지협정: 도시녹지법에 따라 도시계획 구역 내 상당 규모의 개인 토지 등 소유자 전원의 합의에 의해 시정촌의 인가를 받아 체결되는 녹지의 보전 또는 녹화 추진에 관한 협정.
- 주3. 경관협정: 경관법에 따라 경관 지역 내의 개인 토지 소유자와 임차의 전원의 합의에 의해 양호한 경관의 형성에 대해 경보 행정 단체장(시장)의 인가를 받아 체결된 협정.
- 주4. 시민녹지인정제도: 2017년 개정된 도시녹지법에 따라 시행되는 제도로, 민간 주체로 녹지공간을 확충, 정비, 관리하게 됨. 녹화중점지구 내 300m<sup>2</sup> 이상의 지역에 대해 조성 가능하며, 녹화율 20% 이상을 확보하는 조건으로 관리 기간은 5년이며, 계획을 작성하고 시장 승인 후 조성 가능. 특정 조건에 따라 세제 우대 혜택 제공.

인용문헌  
References

1. 건설교통부, 2006. 「행정중심복합도시 건설기본계획」, 세종. Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2006. *Master Plan for Multifunctional Administrative City Construction*, Sejong.
2. 고동원·박승훈, 2019. “근린환경특성과 도시열섬현상과의 상호관계에 관한 연구”, 「한국도시계획학회지」, 20(3): 55-67. Ko, D.W. and Park, S.H., 2019. “How the Neighborhood Environment Characteristics Affect the Urban Heat Island Effect in Seoul, Korea”, *Journal of the Urban Design Institute of Korea Urban Design*, 20(3): 55-67.
3. 김새림, 2010. “생태도시 성과측정에 관한 연구: 환경성과지수(EPI)를 중심으로”, 숙명여자대학교 대학원 석사학위논문. Kim, S.R., 2010. “A Study on the Performance Measurement of Eco-city: Focusing on Environmental Performance Index (EPI)”, Master Dissertation, Sook-myeong Women’s University.
4. 김은정·김지훈·김동원, 2016. “공급적정성 평가를 활용한 신규 도시공원 입지 분석: 경기도 시흥시를 대상으로”, 「한국도시지리학회지」, 19(3): 87-102. Kim, E.J., Kim, J.H., and Kim, D.W., 2016. “Location Analysis for New Urban Parks Using Assessment of Urban Park Service Provision: Focused on Siheung, Gyeonggi-do”, *Journal of the Korean Urban Geographical Society*, 19(3): 87-102.
5. 김철수, 2001. “생태도시 조성방안 모색에 관한 연구”, 「한국행정학보」, 35(3): 21-48. Kim, C.S., 2001. “A Study on the Ways of Ecopolis Development Programs in Korea”, *Korean Public Administration Review*, 35(3): 21-48.
6. 대전광역시, 2017. 「2020 대전 공원녹지기본계획 변경」, 대전. Daejeon Metropolitan City, 2017. *2020 Daejeon Park Greenery Basic Plan Change*, Daejeon.
7. 박종기·진정일, 2012. “생태도시 구축을 위한 계획 특성에 관한 연구: 독일 함부르크 하펜시티 사례를 중심으로”, 「한국생태환경건축학회 논문집」, 12(4): 3-12. Park, J.K. and Chin, K.I., 2012. “A Study on the Planning Characteristics of Ecological City: A Case Study of Hafencity, Hamburg”, *KIEAE Journal*, 12(4): 3-12.
8. 박종철·김정연, 2010. “저탄소 녹색도시 조성을 위한 계획요소와 공간구조 측면의 도시계획수립방안: 일본과 한국 사례분석 및 적용”, 「한국지역개발학회지」, 22(1): 17-52. Park, J.C. and Kim, J.Y., 2010. “Urban Planning Measurements in Pursuit of a Low-carbon Green City –Case Analyses of Basic Planning Elements and Spatial Urban Structures in Korea and Japan–”, *Journal of the Korean Regional Development Association*, 22(1): 17-52.
9. 서울특별시, 2015. 「2030 서울시 공원녹지 기본계획」, 서울. Seoul Metropolitan Government, 2015. *2030 Seoul Metropolitan City Greenery Basic Plan*, Seoul.
10. 안동만·김명수, 2003. “환경친화적인 도시공원녹지계획 연구 –생물서식처 연결성 향상을 위한 서울시 녹지조성 방안을 중심으로–”, 「한국조경학회지」, 31(1): 34-41. Ahn, T.M. and Kim, M.S., 2003. “Environment Friendly Urban Open Space Planning –Enhancing the Connectivity of Habitats in Seoul, Korea–”, *Journal of Korean Institute of Landscape Architecture*, 31(1): 34-41.
11. 엄정희·이윤구, 2016. “도시공원 유치거리를 고려한 녹지취약지역 분석 –대구광역시 남구를 대상으로–”, 「한국지리정보학회지」, 19(2): 117-131. Eum, J.H. and Lee, Y.G., 2016. “Analysis on Green Vulnerable Areas Considering the Catchment Area of Urban Parks –Focused on Nam-gu in Daegu–”, *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies*, 19(2): 117-131.
12. 오규식·홍재주, 2005. “도시공간 구성요소와 도시열섬현상의 관련성 연구”, 「한국도시계획학회지」, 6(1): 47-63. Oh, K.S. and Hong, J.J., 2005. “The Relationship between Urban Spatial Elements and the Urban Heat Island Effect”. *Journal of the Urban Design Institute of Korea Urban Design*, 6(1): 47-63.
13. 윤상욱, 2010. 「'생태도시', 도시와 생태」, 서울: 문음사. Yoon, S.U., 2010. *'Eco City', City and Ecology*, Seoul: MoonUmSa.
14. 이동근·윤소원·김은영·전성우·최재용, 2005. “보전가치평가를 위한 경관생태학적 지표의 활용 및 적용”, 「한국조경학회지」, 32(6): 14-22. Lee, D.K., Yoon, S.W., Kim, E.Y., Jeon, S.W., and Choi, J.Y., 2005. “Application of Landscape Ecology Indicators for Conservation

- Value Assessment”, *Journal of Korean Institute of Landscape Architecture*, 32(6): 14-22.
15. 이미홍·김륜희, 2011. “녹색도시 조성을 위한 법·제도 개선방안”, 「환경법연구」, 33(2): 275-296.  
Lee, M.H. and Kim, R.H., 2011. “A Suggestion on the Laws and Institutions for the Green City”, *Environmental Law Review*, 33(2): 275-296.
  16. 이재준, 2005. “한국형 생태도시 계획지표 개발에 관한 연구”, 「국토계획」, 40(4): 9-25.  
Lee, J.J., 2005. “A Study on the Development of the Planning Indicator of the Korean Style Eco-city”, *Journal of Korea Planning Association*, 40(4): 9-25.
  17. 이재준·최석환·김세용, 2012. “저탄소 녹색도시 계획기법의 중요도 평가: 전문가 설문조사 및 비용대비 탄소저감효과 분석을 중심으로”, 「국토지리학회지」, 46(1): 11-23.  
Lee, J.J., Choi, S.H., and Kim, S.Y., 2012. “A Study on the Evaluation of Planning Techniques of Low Carbon Green City: Focused on Specialist Questionnaire Survey and Cost vs. Carbon Reduction Effect Analysis”, *The Geographical Journal of Korea*, 46(1): 11-23.
  18. 정순오, 2014. “생태도시 추진의 전략적 과제와 추진 시스템에 관한 연구”, 「도시행정학보」, 27(1): 283-315.  
Chung S.O., 2014. “Strategic Agenda and Propulsion System of Eco-city in Korea”, *Journal of the Korean Urban Management Association*, 27(1): 283-315.
  19. 조희선·정유진·최막중, 2014. “도시공간특성이 열섬현상에 미치는 영향”, 「한국환경정책학회지」, 22(2): 27-43.  
Cho, H.S., Joung, Y.J., and Choi, M.J., 2014. “Effects of the Urban Spatial Characteristics on Urban Heat Island”, *Journal of Environmental Policy and Administration*, 22(2): 27-43.
  20. 최병두·구자인·조은숙·이상현, 1996. “도시환경문제와 생태도시의 대안적 구상”, 「도시연구」, 2: 221-258.  
Choi, B.D., Ku, J.I., Cho, E.S., and Lee, S.H., 1996. “Urban Environmental Question and Alternative Approach for Eco-City.” *Journal of Urban Studies*, 2: 221-258.
  21. 최재용·이동근·김은영·이상혁, 2009. 「녹지자원 총량관리제 지표 및 기준마련 연구」, 세종.  
Choi, J.Y., Lee, D.G., Kim, E.Y., and Lee, S.H., 2009. *Research on Indicators and Standards for Green Resource Management*, Sejong.
  22. 한봉호, 2001. “생태도시 구현을 위한 도시녹지축의 생태적 특성 평가 및 식재 모델에 관한 연구”, 「한국환경생태학회 학술발표논문집」, 2001(1): 41-45.  
Han, B.H., 2001. “Ecological Assessment and Planting Models of Green Linkage for Eco-city Realization”, *Journal of Korean Society of Environment & Ecology*, 2001(1): 41-45.
  23. Li, Yige·이수기·한재원, 2019. “도시의 3차원 물리적 환경변수와 지표온도의 관계 분석”, 「국토계획」, 54(2): 93-108.  
Li, Y., Lee, S.G., and Han, J.W., 2019. “Analysis of the Relationship between Three-Dimensional Built Environment and Urban Surface Temperature”, *Journal of Korea Planning Association*, 54(2): 93-108.
  24. Akbar, T., Hassan, Q., Ishaq, S., Batool, M., Butt, H., and Jabbar, H., 2019. “Investigative Spatial Distribution and Modelling of Existing and Future Urban Land Changes and Its Impact on Urbanization and Economy”, *Remote Sensing*, 11(2): 105.
  25. Chan, L., Hillel, O., Elmqvist, T., Werner, P., Holman, N., Mader, A. and Calcaterra, E., 2014. *User’s Manual on the Singapore Index on Cities’ Biodiversity (also known as the City Biodiversity Index)*, Singapore.
  26. Liu, L., Wang, Y., Wang, Z., Li, D., Zhang, Y., Qin, D., and Li, S., 2019. “Elevation-dependent Decline in Vegetation Greening Rate Driven by Increasing Dryness Based on Three Satellite NDVI Datasets on the Tibetan Plateau”, *Ecological Indicators*, 107.
  27. Zhumanova, M., Mönnig, C., Hergarten, C., Darr, D., and Wrage-Mönnig, N., 2018. “Assessment of Vegetation Degradation in Mountainous Pastures of the Western Tien-Shan, Kyrgyzstan, Using eMODIS NDVI”, *Ecological Indicators*, 95(1): 527-543.
  28. 石川徹·浅見泰司, 2012. “都市における居住満足度の評価構造に関する研究—居住属性、価値観、物的環境との関係から—”, 「都市計画論文集」, 47(3): 811-816.  
Ishikawa, T., and Asami, Y., 2012. “Perception of the Quality of Urban Living and Residential Satisfaction—In Relation to Residential Characteristics, Human Values, and Physical Environments—”, *Journal of the City Planning Institute of Japan*, 47(3): 811-816.
  29. 一ノ瀬友博, 2002. “公園緑地における鳥類の出現状況と公園緑地の植生及び周辺土地利用との関係に関する研究: 都市域における生態的ネットワーク計画の構築のための基礎的研究”, 「都市計画」, 別冊, 都市計画論文集」 37: 919-924.  
Ichinose, T., 2002. “Relationship between the Appearance of Birds in Urban Park and the Vegetation and Surrounding Land Uses: A Basic Study for Ecological Network Planning in Urban Areas, City Planning Review”, *Special Issue, Papers on City Planning*, 37: 919-924.
  30. 今村史子·城野裕介·徳江義宏, 2012. “都市近郊域におけるコゲラの生息環境の評価”, 「応用生態工学」, 15(1): 91-99.  
Imamura, F., Shirono, Y., and Tokue, Y., 2012. “Habitat Evaluation of Dendrocopos Kizuki in Suburban Area”, *Ecology and Civil Engineering*, 15(1): 91-99.
  31. 加藤顕·沖津優麻·常松展充·本條毅·小林達明·市橋新, 2015. “森林の樹冠構造がヒートアイランド現象緩和機能に及ぼす影響”, 「日本緑化学会誌」, 41(1): 169-174.  
Kato, A., Okitsu, Y., Tsunematsu, N., Honuyo, T., Kobayashi, T., and Ichihashi, A., 2015. “Mitigation Effect of Urban Heat Island from Forest Canopy Structure of Urban Forest”, *Journal of the Japanese Society of Revegetation Technology*, 41(1): 169-174.
  32. 加藤和弘·吉田亮一郎·高橋俊守·笠原里恵·一ノ瀬友博, 2015 “都市および近郊の小規模樹林地で記録された鳥類の種組成に影響する要因”, 「ランドスケープ研究」, 78(5): 671-676.  
Katoh, K., Yoshida, R., Takahashi, T., Kasahara, S., and Ichinose, T., 2015. “Factors Influencing Avian Species Composition Recorded in Urban and Suburban Small Wooded Patches”, *Landscape Research Japan*, 78(5): 671-676.
  33. 河中俊·金子弘, 2015. “筑波研究学園都市の現状と諸課題にみる都市形成過程上の問題”, 「国土技術政策総合研究所資料」, 815: 1-105.  
Kawanaka, T. and Kaneko, H., 2015. “Tsukuba Science City’s Problems on Formation Process through a Present State and Subjects”, *Technical Note of National Institute for Land and Infrastructure Management*, 815: 1-105.
  34. 黒田貴綱·小島仁志·勝野武彦, 2009. “ネズミ類の生息地としての多摩川河川敷草地の保全に関する研究”, 「環境情報科学論文集」, 23(0): 119-124.  
Kuroda, T., Kojima, H., and Katsuno, T., 2009. “Conservation of the Floodplain Grassland along the Tama River as a Habitat for Wild Mice”, *Journal of Environmental Information Science*, 23(0): 119-124.
  35. 国土交通省, 2008. 「筑波研究学園都市」, つくば.

- Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, 2008. *Tsukuba Science City*, Tsukuba.
36. 국토교통부, 2016. 「도시における生物多様性指標(簡易版)」, 東京. Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, 2016. *Biodiversity Index in Cities (Simplified Version)*, Tokyo.
37. 神戸市, 2011. 「生物多様性 神戸プラン 2020 ~生きものと共生する国際都市をめざして~」, 神戸. Kobe City, 2011. *Biodiversity Kobe Planning 2020*, Kobe.
38. 斉藤直哉·石川幹子, 2009. 「衛星データを用いた緑被率・炭素吸収量の推計に基づく都市内緑地の評価に関する研究:横浜市を事例として」, 「都市計画. 別冊, 都市計画論文集」, 44(3): 19-24. Saito, N. and Ishikawa, M., 2009. "Study on the Evaluation of the Green Space in Urban Area Based on the Estimation of the Vegetation Cover Ratio and the Amount of CO2 Sink Using Remote Sensing Data; A Case Study in Yokohama City", *Journal of the City Planning Institute of Japan*, 44(3): 19-24.
39. 佐藤健正·(株)市浦ハウジング&プランニング, 2016. 「日本のニュータウン開発と(株)市浦ハウジング&プランニングの取り組み」, 東京. Sato, K. and Ichiura Housing & Planning, 2016. *New Town Development in Japan and Ichiura Housing & Planning Initiatives*, Tokyo.
40. 首相官邸, 2014. 「環境モデル都市と環境未来都市」, 東京. Prime Minister's Office of Japan Regional Revitalization Promotion Office, 2014. "Eco-Model City & Future City", Tokyo.
41. 園部雅史·羽柴秀樹, 2017. 「高分解能衛星画像を用いた屋上緑化領域の抽出手法の検討と精度評価」, 「土木学会論文集」, 73(2): 308-316. Sonobe, M. and Hashiba, H., 2017. "Examination of Extraction Method of Roof Top Greening Area and Accuracy Evaluation by Using High Resolution Satellite Image", *Journal of JSCE*, 73(2): 308-316.
42. 田中貴宏·小沢啓太郎·西名大作, 2017. 「地方小都市における居住者の生活環境評価と居住地周辺の物理的環境の関連に関する研究 -生活環境を考慮したコンパクトシティのシナリオ作成のための基礎的検討-」, 「日本建築学会大会学術講演梗概集」, 911-912. Tanaka, T., Ozawa, K., and Nishina, D., 2017. "Relationship among Living Environment Evaluations by the Residents and Surrounding Environments: Basic Study for Compact City Scenario Design with Considering Living Environments of the Residents." *Environmental Engineering*, 911-912.
43. 谷葉留佳·村本優里·伊原さくら·木原己人·高口洋人, 2016. 「都市内中小規模緑地の温熱環境改善効果の実測と評価手法に関する研究」, 「日本建築学会関東支部研究報告集」, 86: 25-28. Taniba, R., Muramoto, Y., Ihara, S., Kihara, T., and Taniguchi, H., 2016. "Study on Measurement and Evaluation Method of Thermal Environment Improvement Effect of Small and Medium-sized Green Space in City", *Report of Japan Kanto Architectural Institute*. 86: 25-28.
44. つくば市, 2016. 「つくば市緑の基本計画(改訂版)」, つくば. Tsukuba City, 2016. *Tsukuba City Green Basic Plan*, Tsukuba.
45. 土金慧子·大澤啓志, 2008. 「小規模な都市緑地におけるトカゲ類の生息に関する研究」, 「環境情報科学論文集」, 22: 181-184. Tsuchikane, S. and Osawa, S., 2008. "Study on the Habitat of Lizards on the Small Scale Green Space in Urban Area", *Journal of Environmental Information Science*, 22: 181-184.
46. 羽柴秀樹·亀田和昭·田中総太郎·杉村俊郎, 2001. 「高分解能衛星画像データによる 都市域の小規模植生分布の抽出」, 「土木学会論文集」, 685: 27-39. Hashiba, H., Kameda, K., Tanaka, S., and Sugimura, T., 2001. "Extraction of Distribution for Small-scale Vegetation in Urban Area Using High-resolution Satellite Data", *Journal of JSCE*, 685: 27-39.
47. 행정중심복합도시건설청, 「지구단위계획」, 2020.4.28. 읽음. <http://www.naacc.go.kr/sub.do>. National Agency for administrative City Construction, "District Unit Plan", Accessed April 28, 2020. <http://www.naacc.go.kr/sub.do>.
48. 행정중심복합도시건설청, 「추진개요」, 2020.03.20. 읽음. <http://www.naacc.go.kr/sub.do>. Multifunctional Administrative City Construction Agency, "Promotion Outline of Multifunctional Administrative City", Accessed March 20, 2020. <http://www.naacc.go.kr/sub.do>.
49. U.S. Geological Survey. "Landsat 8 OLI/TIRS scenes", Accessed August 20, 2019. <https://earthexplorer.usgs.gov/>.
50. U.S. Geological Survey. "Landsat 5 Thematic Mapper (TM) scenes", Accessed August 20, 2019. <https://earthexplorer.usgs.gov/>.
51. 総務省統計局, 「人口集中地区とは」, 2019.11.28. 읽음. <https://www.stat.go.jp/data/chiri/1-1.html>. Statistics Agency Statistics Bureau. "About DID", Accessed November 28, 2019. <https://www.stat.go.jp/data/chiri/1-1.html>.
52. つくば市, 「筑波研究学園都市」, 2019.11.20. 읽음. <https://www.city.tsukuba.lg.jp/jigyosha/machinami/kenkyugakuen/index.html>. Tsukuba City, "Overview about Tsukuba Science City", Accessed November 20, 2019. <https://www.city.tsukuba.lg.jp/jigyosha/machinami/kenkyugakuen/index.html>.
53. つくば市, 「令和元年度行政区別人口表」, 2020.03.12. 읽음. [https://www.city.tsukuba.lg.jp/cgi-opd/opendata\\_detail.cgi?id=23f9b96f97d0f0fcd59ce9db4bd1ccb671977594](https://www.city.tsukuba.lg.jp/cgi-opd/opendata_detail.cgi?id=23f9b96f97d0f0fcd59ce9db4bd1ccb671977594). Tsukuba City, "Administratively distinct population table", Accessed March 12, 2020. [https://www.city.tsukuba.lg.jp/cgi-opd/opendata\\_detail.cgi?id=23f9b96f97d0f0fcd59ce9db4bd1ccb671977594](https://www.city.tsukuba.lg.jp/cgi-opd/opendata_detail.cgi?id=23f9b96f97d0f0fcd59ce9db4bd1ccb671977594).

Date Received 2020-06-09  
 Date Reviewed 2020-07-22  
 Date Accepted 2020-07-22  
 Date Revised 2020-08-24  
 Final Received 2020-08-24