

서울시 초등학교의 환경·생태자원 평가 연구

홍유진*

A Study on the Evaluation of Environmental and Ecological Resources in Seoul Elementary Schools

Youjin Hong*

요약 : 본 연구는 대도시 초등학교 주변 생태환경의 공간적 구조와 형평성 문제를 정량적으로 규명하고자 하였다. 서울시 초등학교를 대상으로 학교 중심 500m 범위의 환경·생태자원을 분석하였으며, 토지피복, NDVI, 녹지 연결성, 가시권 비율, 공원 접근거리의 5개 지표를 구축하였다. 주성분분석을 통해 학교 주변 환경자원이 녹지생태자원과 공원접근성이라는 이중 구조로 형성됨을 확인하였다. 분석 결과, 서울시 초등학교 주변 환경자원은 전반적으로 낮은 수준에 평준화되어 있으면서도 특정 권역에서 결핍이 집중되는 공간적 불균형을 보였다. 외곽의 자연녹지 축에서는 높은 녹지생태자원이 나타난 반면, 도심 및 남서부 고밀 지역에서는 낮은 값의 군집이 확인되었다. 한편 공원접근성은 자연피복 분포와 일치하지 않았으며, 도시계획 및 보행 네트워크 구조의 영향을 받는 도시형 환경자원임이 확인되었다. 본 연구는 초등학교 주변의 생태환경자원을 공간적 차원에서 계량화하였다는 점에서 의의를 가지며, 학교 중심 소생활권 단위의 생태환경 진단 틀을 제시함으로써 도시계획 및 교육정책 수립을 위한 기초자료를 제공한다.

주요어 : 환경생태자원, 녹지생태자원, 공원접근성, 자연연결감, 생태감수성, GIS분석

Abstract : This study aims to quantitatively examine the spatial structure and equity of ecological environments surrounding elementary schools in a metropolitan context. Focusing on elementary schools in Seoul, environmental and ecological resources within a 500-meter radius of each school were analyzed. Five indicators were constructed: landcover, NDVI, green connectivity, visible green ratio, and park accessibility distance. Principal component analysis revealed that environmental resources around schools are structured in a dual form, consisting of green-ecological resources and park accessibility. The results indicate that environmental resources surrounding elementary schools in Seoul are generally leveled at relatively low values, while spatial imbalances are concentrated in specific districts. High levels of green-ecological resources were observed along the peripheral natural green belt areas, whereas clusters of low values were identified in high-density inner-city and southwestern districts. In contrast, park accessibility did not correspond to the distribution of natural land cover and was found to be influenced primarily by urban planning and pedestrian network structures, indicating its character as an urban-type environmental resource. This study contributes by quantitatively operationalizing ecological environmental resources at the school-neighborhood scale and by proposing a diagnostic framework for assessing ecological conditions within school-centered micro-living areas. The findings provide foundational evidence to inform urban planning and education policy aimed at enhancing environmental equity for children.

Key Words : Environmental-ecological resources, Green-ecological resources; Park accessibility; Nature connectedness, Ecological sensitivity, GIS analysis

*서울대학교 지리교육과 강사(Instructor, Department of Geography Education, Seoul National University, dangmoo81@snu.ac.kr)

I. 서론

1. 연구 배경 및 연구 목적

현대 사회는 환경 문제를 넘어 기후변화와 생태계 붕괴 등 복합적인 환경·생태 위기에 직면해 있다. 그러나 국내에서는 환경 문제에 대한 인식이 다른 사회 문제에 비해 상대적으로 낮은 경향이 있다. 국민환경의식 조사에서도 환경 문제가 중요한 사회 문제로 인식되기는 하지만 경제·고용 문제에 비해 정책 우선순위가 상대적으로 낮게 나타났다(한국환경연구원, 2023). 이러한 인식 구조는 우리 사회가 단기간에 고도의 경제성장을 이루는 과정에서 형성된 성장 중심 패러다임과도 관련된다. 이른바 ‘한강의 기적’으로 불리는 산업화 과정에서 경제개발이 국가 정책의 최우선 목표로 강조되면서 환경 문제는 산업화 과정에서 발생하는 부수적 문제로 다루어지는 측면이 있었다.

또한 국토의 약 70%가 산지로 이루어진 지형적 특성은 산업화 초기 개발 과정에서 토지 이용의 제약 요인으로 인식되기도 하였으며, 이러한 개발 중심 인식은 도시화 과정에서 녹지 감소와 생태계 훼손으로 이어졌다는 지적이 제기된다(국토연구원, 2018). 이러한 역사적 맥락 즉, 경제성장을 중심으로 형성된 발전 패러다임은 환경 가치의 사회적 인식 형성을 더디게 만들었다.

이러한 인식 부족은 교육 영역에서도 나타났다. 우리의 환경교육은 세계적 흐름에 비해 비교적 늦게 제도화되었으며, 제도적 위상 또한 안정적으로 확립되지 못했다. 제6차 교육과정에서 ‘환경’이 중·고등학교 선택과목으로 도입되었으나, 이후 교육과정에서는 선택 중심 체제 속에서 과목의 위상이 점차 약화되었다. 2007 및 2009 개정 교육과정에서도 환경 관련 내용은 통합교과 및 여러 교과에 분산되어 다루어졌으며, 교과 및 입시 중심의 교육 구조 속에서 우선순위는 낮았다.

특히 초등학교에서는 환경 과목이 독립 교과로 편성된 적이 없으며, 환경교육은 교과 간 분산된 형태로 운영되어 체계적인 학습 경험을 제공하는 데 한계를 보였다. 점진적으로 환경교육의 중요성이 강화되었으나, 여전히 통합적·범교과적 구조가 유지됨에 따라 교육 내용의 일관성과 지속성 확보에는 제약이 존재한다. 이러한 구조는 환경교육 전문성이 충분히 확보되지 않은 교사에게 부담으로 작용해 왔다. 또한 교실 내에서 다른 교과내용 속에

제한적으로 다루어지는 내용만으로는 실질적인 환경교육의 효과를 기대하기 어렵다.

한편 기후위기 대응과 탄소중립 선언이라는 국가적, 세계적 전환을 배경으로, 2022 개정 교육과정은 ‘생태전환 교육(Ecological Transformation Education)’을 전면에 내세우며 인간과 환경의 공존, 지속가능한 사회 구현을 핵심 교육 목표로 명시하였다(교육부, 2022). 이에 따라 탄소중립, 생태감수성, 기후정의 등의 주제가 교과와 비교과를 아우르는 통합적 내용으로 재구성되고, 프로젝트나 체험 중심의 교수학습 방식이 활성화될 가능성이 확대되었다(교육부, 2022; 김대환·신동훈, 2024; 김서연·이상원, 2025). 그러나 이러한 변화는 교육 내용과 방법에서 한정되어 이루어졌을 뿐, 아직까지 교육이 이루어지는 공간 조건에 대한 논의는 미흡하다.

환경·생태교육은 지식 전달을 넘어, 자연과의 직접적 상호작용을 통해 환경에 대한 정서적 유대와 배려의 가치가 내면화되는 과정에 기반한다(Chawla, 2015). 따라서 학생들이 하루 중 가장 많은 시간을 보내는 학교와 그 주변 공간은 자연 경험이 발생하는 핵심적 학습 환경으로 기능한다. 그러나 우리나라의 경우 좁은 국토와 급속한 도시화 과정 속에서 학교 용지 확보는 후순위로 밀려왔고, 도심 학교의 협소한 물리적 환경은 자연 경험을 제약해 왔다. 2025년 서울시 초등학교의 학생 1인당 교지면적(21.1m²)은 수치상 전국 평균(21.9m²)과 유사한 수준이나(서울시 초등학교 통계, 2025), 대도시 학교는 제한된 부지 내에서 다양한 교육 및 지원 시설을 수용해야 하는 구조적 특성 때문에 건축물과 포장 공간의 비중이 더 높을 수 있다. 그 결과 학생들이 실제로 이용 가능한 녹지 공간은 상대적으로 제한될 수 있다. 이러한 한계를 보완하기 위해 학교숲 조성, 교내 텃밭, 녹색건축인증제, 최근의 그린스마트 미래학교 등 학교 내 녹화를 확대하려는 시도가 이루어져 왔다(교육부, 2021; 산림청, 2022).

그럼에도 불구하고, 김경록 등(2025)에 의하면 국내 도시 학교는 비도시 학교에 비해 학생 1인당 녹지 면적과 교목 개체수가 현저히 낮아, 교내 녹지 확충이 현실적으로 제약된다고 하였다. 따라서 학교 내부 공간만으로 아동의 자연 경험을 충분히 보장하기 어렵고, 외부 학습자원으로서 학교 주변 공간의 중요성이 더욱 커진다. 하지만 대도시 초등학교 주변은 도시화 과정에서 녹지가 소실되고 파편화되었을 가능성이 높으며, 지역별로 생태 자원의 수준이 구조적으로 상이할 것으로 예상된다. 이

러한 공간적 차이는 아동들이 보편적으로 누려야 할 자연 경험의 차이를 가져오며, 환경교육의 형평성 문제를 공간적 차원에서 바라볼 필요가 있음을 시사한다(Strife and Downey, 2009). 따라서 환경교육의 성과를 교육과정의 구성이나 교사의 역량 문제에만 볼 것이 아니라 환경·생태 학습을 매개하는 초등학교 주변 생태자원의 실태와 학교 간 격차를 진단할 필요가 있다.

이에 본 연구는 서울시 초등학교를 대상으로 학교 주변의 환경·생태자원을 정량적으로 분석하고, 학교별·지역별 격차를 규명하고자 한다. 이는 학교 공간을 중심으로 아동의 환경·생태 학습권을 실증적으로 검토하기 위함이며, 모든 아동에게 최소 수준 이상의 자연 경험 기회를 보장하기 위한 환경계획 및 교육정책적 대안을 모색하는 기초 자료로서 의의를 갖는다.

II. 이론고찰 및 선행연구 검토

1. 환경교육의 주요 목적과 개념

국내 많은 연구들이 환경교육의 효과성을 평가하는데 ‘환경소양(environmental literacy)’의 획득을 기준으로 삼아왔다(환경부, 2019; 남미리 등, 2021; 홍유진·김진영, 2026). 환경소양은 학습자가 인간과 자연의 관계를 이해하고, 환경 문제에 대한 책임 있는 판단과 실천을 수행할 수 있도록 지식·정서·가치·행동을 모두 통합한 개념이다. 한편, 환경소양의 개념을 생태전환교육의 맥락에서 확장하여 최근에는 생태소양 개념을 새롭게 도입하였으며 관련 연구들은 환경소양과 생태소양을 병행하여 사용하고 있다(교육부, 2022; 홍유진·김진영, 2026).

최근에는 실천과 행동을 강조하는 ‘생태시민성(Ecological Citizenship)’이 환경교육의 핵심 목표로 더욱 강조되고 있는데, 이는 환경교육의 궁극적 목적이 학습자를 환경 문제 해결의 주체적 실천자로 양성하는 데 있기 때문이다. 실천 역량이 뒷받침될 때 지속가능한 생태시민 사회의 구축이 가능하다는 점에서 생태시민성은 환경교육의 궁극적 성과로 논의된다(김병연, 2023).

그렇다면 실천과 행동을 위한 환경교육에서 가장 중요한 역량은 무엇인가? 그동안의 환경행동 연구들은 정보 제공이나 지식 향상만으로는 행동 변화로 이어지기 어렵고, 보다 강력한 행동 변화를 위해서는 정서와 동기, 사회

심리적 요인을 함께 고려해야 함을 지적해 왔다(Abrahamse et al., 2005). 이러한 요인 중 자연과의 정서적 유대 및 자기와 자연의 연속성 인식으로 요약되는 ‘자연연결감’은 친환경 행동의 주요 매개 기제로 강조되어 왔다(Nisbet et al., 2009; Strife and Downey, 2009). Otto and Pensini (2017) 역시 자연기반 환경교육 맥락에서 환경지식과 자연연결감이 함께 생태적 행동과 관련되며, 특히 자연연결감이 행동과 더 강하게 연결된다는 점을 제시하였다. 따라서 학교에서 단지 환경지식을 전달하는 것보다, 아동이 자연과 정서적으로 관계를 맺을 수 있는 환경을 제공하는 것이 더 중요하다.

국내 환경교육 문헌에서는 자연연결감보다는 주로 ‘환경감수성(environmental sensitivity)’ 또는 ‘생태감수성(ecological sensitivity)’이라는 용어를 주로 사용해 왔다(강선미 등, 2011; 주은정, 2018). 하지만 이들은 자연에 대한 정서적 공감과 친화, 윤리적 책임감의 내면화라는 점에서 자연연결감과 기능적으로 유사한 개념으로 해석될 수 있다. Hungerford and Volk(1990)는 환경 시민행동 모델에서 행동의 전단계 요인으로 생태학 지식과 환경감수성 등의 변수를 포함하였는데, 그 중 행동과 가장 강한 관계를 보인 핵심 변수가 바로 환경감수성이었다. 이러한 감수성은 환경교육의 인지적 차원과 행동적 차원을 연결하는 정서적 축으로 기능한다. 따라서 국외 문헌의 자연연결감과 국내 문헌의 생태감수성은 자연과의 정서적 연결(affective affinity)이라는 기능에 기반하여 동일한 축으로 논의될 수 있다.

이러한 논의들은 환경교육의 성과가 교육과정의 내용뿐 아니라, 자연과의 정서적 연결을 형성할 수 있는 환경 조건에 의해 좌우될 수 있음을 시사한다. 특히 아동이 일상에서 자연을 경험하는 공간 조건은 환경교육의 효과성과 형평성을 동시에 논의하는 핵심 전제가 된다(Strife and Downey, 2009; Chawla, 2015).

2. 학교주변공간의 환경생태적 중요성

Chawla(2015)는 학교를 아동이 하루 중 가장 많은 시간을 보내는 공간이자, 가정 배경에 따른 격차를 넘어 모든 아동에게 자연 접촉 기회를 제공할 수 있는 전략적 요충지로 규정하였다. 특히 집·통학로·학교 주변에 존재하는 나무, 작은 정원, 근린 공원 등 근거리 녹지는 아동이 자연을 분리된 대상이 아니라 자신의 삶의 일부로 받아들

이도록 돕는 정서적 기반이 되며, 이러한 정서적 기반은 성인기의 환경보호 행동으로 이어지는 중요한 기원을 이룬다고 논의한다.

아동의 ‘환경보호행동(pro-environmental behavior, PEB)’을 다룬 연구들에서는 외부 요인으로서 자연과의 접촉과 경험을 중요하게 다룬다. 특히 아동기(6-12세)에 학교와 근린 생활권에서 경험하는 자연 접촉은 환경 태도와 정체성 형성에 결정적이므로 학교녹지의 중요성을 강조하였다(Liu and Chen, 2021). 특히 11세 이전 야생 자연 경험이 성인 환경주의의 핵심 경로임을 입증하였다(Wells and Lekies, 2006). 즉, 환경교육의 효과는 교육과정 안의 메시지뿐 아니라 정서적으로 내면화될 수 있는 생활권 자연의 반복 노출 조건에 의해 확장될 수 있다는 것이다. 반대로 도시화로 인해 아동의 자연 경험이 감소하는 현상은 ‘경험의 소멸(extinction of experience)’로 개념화되어 왔다. Soga and Gaston(2016)은 자연 접촉 감소가 건강·웰빙 손실뿐 아니라 자연에 대한 정서적 친화도와 친환경 태도·행동의 약화로 이어지는 ‘이탈의 순환’을 낳는다고 설명했다.

학교 녹지 및 학교 주변의 녹지 환경이 아동의 정서 및 행동, 인지 기능과도 연관될 수 있음을 실증연구는 꾸준히 축적되어 왔다. 최근 Verheyen *et al.*(2025)은 학교 운동장 녹화 결과를 2년간 추적하여 녹지화가 아동의 선택적 주의력 개선과 친사회적 행동 증가와 관련될 수 있음을 확인하였다. 국내에서도 주은정(2018)은 학교안 자연을 기반으로 하는 생태교육이 학생들에게 일상적이고 지속적으로 자연에 대한 경험을 제공함으로써 자연에 대한 인식과 생태적 감수성에 긍정적인 영향을 미침을 확인하였다. 최선혜 등(2019)은 학교숲 조성이 아동들의 환경감수성, 숲에 대한 태도가 유의미하게 증가하였고 대신 우울과 불안, 공격성은 유의미하게 감소하였음을 밝혔다.

더 나아가 Khanian *et al.*(2024)은 통학과정에서 형성되는 학교 주변 자연 경험을 비교하여 사회경제적 조건에 따른 자연경험의 불평등을 확인하였다. 이는 일상적 자연경험이 개인 선택의 문제가 아니라 도시공간 구조와 사회경제적 조건이 결합된 ‘환경정의(environmental justice)’의 문제로 확장될 수 있음을 제시한 것이다.

이처럼 학교 주변 생태환경은 아이들이 반복적으로 노출되는 자연 경험의 장이 된다. 따라서 자연과의 정서적 연결을 통해 환경교육이 실천 행동으로 이어질 수 있도록 한다. 특히 공간적 제약이 큰 도시 학교에서 학교 주변에

서 확보되는 자연 경험 기회는 환경교육의 효과성과 형평성을 결정하는 핵심 요인이 될 수 있다.

3. 학교 환경자원의 평가

앞서 논의한 바와 같이 학교 주변 생태환경은 가장 중요한 환경교육의 장으로 이에 대한 평가를 위해서는 다차원적 계량화가 필요하다. 국내외 선행연구들은 생태환경을 계량화하기 위해 녹지의 양과 질 및 구조, 자원으로서의 이용가능성, 시각적 노출 등 다양한 차원을 다루고 있다.

먼저, 학교 내외의 녹지량과 질은 자연에의 노출을 늘리는 가장 기본적인 물리적 기반이 된다. 따라서 녹지 비율은 많은 연구에서 학교 환경자원 평가의 핵심 지표로 사용되었다. Dadvand *et al.*(2015)은 스페인 도시 아동들에게서 학교와 주거지 주변 NDVI 기반 녹지 노출이 자연연결감과 재활용·에너지 절약 등 친환경 행동을 촉진함을 확인하였다. 특히 중요한점은 학교 녹지의 효과는 단순한 면적 확대만으로 충분하지 않으며, 자연 경험의 질을 구성하는 요소가 중요하다는 것이다. Liefländer *et al.*(2013)은 독일 학교 연구에서 주변 녹지량(NDVI)과 식생 복잡도와 다양성의 질적 수준을 평가한 결과, 둘 다 자연연결감을 예측하며, 이는 자발적 환경보호행동에 긍정적 영향을 미쳤다. 같은 맥락에서 Luís *et al.*(2020)은 교내 녹지의 효과는 모든 인지·정서 영역에서 일관되게 나타나는 것은 아니며, 단순한 조정 확대보다는 자연과의 직접적 접촉 가능성, 식생 구조의 다양성 등 질적 요소에 의해 좌우될 수 있다고 설명했다. 특히 흙·뒹박 요소가 포함된 환경에서 자연 태도 및 자연연결감이 더 높게 나타났다.

국내에서는 김현옥(2012)이 서울시 185개 초등학교를 대상으로 녹지율과 식생의 활력상태를 분석하였다. 또, 김경록 등(2025)의 학교숲 실측 연구는 교지 내 녹지 면적뿐 아니라 교목 개체수, 수목 구성 등 질적 요소를 함께 확인하였다.

녹지에 대한 가시성이 자연연결감이나 환경보호행동으로 직접적으로 연결된다는 실증 연구는 아직 충분하지 않다. 그러나 시각적 자연 노출이 심리적·태도적 변화를 유발할 수 있다는 근거는 축적되고 있다. 예컨대 Mayer *et al.*(2009)는 자연 영상에 노출된 집단이 비자연 영상 집단에 비해 자연과의 연결감이 유의하게 증가하고, 환경

보호 태도 및 행동 의향 또한 강화됨을 보고하였다. 더 나아가 Li and Sullivan(2016)은 녹지를 직접 이용하지는 않더라도 교실에서 자연이 보이는 조건만으로도 주의회복과 스트레스 회복이 촉진될 수 있음을 실험적으로 제시하였다. 따라서 학교 생태환경을 평가할 때 자연의 존재나 접근성뿐 아니라, 일상적 시각적 노출 조건을 별도의 지표로 측정할 필요가 있다.

한편, 공간자원이 부족한 도시 학교에서 아동의 자연에 대한 경험을 증가시키려면 이용가능한 근린 공원 등 지역 자원에 대한 고려도 함께 이루어져야 한다. Gruenewald (2003)는 장초기반교육을 지역사회와 생태적 맥락에 뿌리내린 학습으로 정의하며, 학교 교육이 학교 담장을 넘어 주변의 생태적 장소와 적극적으로 상호작용하고 연결될 때 교육적 유의미성이 확보된다고 설명했다. 또, Johnson and Hurley(2002)는 도시화로 인해 아이들이 자연과 단절되고 있는 상황을 지적하며, 이를 극복하기 위해 도시 공원의 역할을 재정의해야 한다고 주장하였다. 장예나 등(2019)은 수원 영흥공원을 대상으로 도시 산림공원의 자연자원을 활용한 체험형 자연교육 프로그램을 개발함으로써, 교내 녹지 확충이 제한되는 대도시에서 근린공원이 생태체험의 실효적 대안임을 보여주었다. 비슷한 맥락에서 탁영란 등(2013)은 서울·경기 지역 초등학교 4곳의 비교연구를 통해, 학교 주변 자연환경의 개방성과 접근성이 높을수록, 자연연결감과 자아개념 간 상관성이 유의하게 높게 나타난다는 실증적 결과를 제시하였다. 특히 근접한 도시형 녹지공원이 위치하여 체험 가능성이 높은 학교에서 접근성이 낮은 큰 산이 있는 학교보다 유의미한 관계가 있었다.

이상의 논의는 본 연구가 단순한 녹지 면적 평가를 넘어, 자연과의 정서적 연결을 형성하고 친환경 행동을 유

발하는 매개 환경이며 환경교육 효과를 증폭시키는 물리적 배경을 평가하는 작업으로서 중요함을 뒷받침한다.

III. 연구방법

1. 분석단위 및 데이터

본 연구는 서울특별시 내 초등학교 605개교를 대상으로 하였으며, 공간분석 범위는 초등학교의 일상적 생활권을 고려하여 학교 중심에서 500m 이내로 설정하였다. 다만, 가시권 분석은 시각적 환경 인지가 보다 넓은 범위에서 이루어지므로 반경 1km로 설정하였다. 기준년도는 환경부 환경공간정보서비스에서 제공하는 토지피복도의 가장 최신 년도인 2024년으로 하였다.

학교주변 환경·생태자원은 표 1과 같이 5가지 지표를 모두 산출한 뒤 종합하였다.

첫째, 녹지생태적 질을 반영한 유효 녹지 비율을 고려하였다. 따라서 토지피복 유형은 생태적 기능과 교육적 경험 가능성의 차이를 반영하기 위하여 가중치를 달리 적용하였다. 구체적으로 활엽수림과 혼효림은 1.0, 내륙수와 자연초지는 0.9, 침엽수림은 0.8, 인공초지는 0.7의 가중치를 부여하였다. 이러한 체계는 생태면적을 적용지침(환경부, 2023)에서 제시하는 자연피복 유형별 생태적 기여도 및 관련 연구를 기반으로 하였다. 먼저, 활엽수림과 혼효림은 다양한 수종 구성과 수직·수평적 구조 복잡성을 특징으로 하며, 이러한 구조적 다양성은 높은 생물다양성과 밀접하게 연관된다. 특히 혼효림은 단일 수종림에 비해 다양한 생태계서비스를 제공한다(Brokerhoff et al., 2017). 반면 단일 수종으로 구성된 침엽수림은 구조

표 1. 환경·생태 자원 평가 변수 구성

지표	생태환경 자원 평가의 근거	데이터 출처 및 분석방법
토지피복내 녹지비율(가중)	생태적 질을 반영한 유효 녹지 비율로 녹지의 생태적 질과 다양성 반영	환경부 중분류 토지피복도
평균 NDVI	식생의 활력도 및 여름철 녹음 수준	Google Earth Engine Sentinel-2 Level-2A 위성영상
녹지 연결성	생태적 네트워크의 연속성 측정	QGIS FRAGSTATS
공원 접근거리	지역자원으로서 물리적 접근 및 이용 가능성	Quick OSM 도보네트워크 QGIS Network Analysis
가시권 비율	일상적 녹색 경관 노출 정도	전국연속수치지형도(국토지리정보원) QGIS Viewshed Analysis

적 단순성과 낮은 종 다양성으로 인해 생태적 복잡성과 서식처 기능이 상대적으로 제한될 수 있으며, 인공적으로 조성된 초지는 관리 강도가 높은 녹지 유형으로서 야생동물 서식처로서의 기능이 제한적이다(Tzoulas *et al.*, 2007). 내륙수와 자연초지와 같은 자연 기반 환경은 다양한 생태적 기능을 제공할 뿐만 아니라 직접적인 자연 경험과 관찰 기회를 제공하는 공간으로, 아동의 자연연결감 형성과 환경 태도 발달에 중요한 역할을 하는 것으로 보고된다(Otto and Pensini, 2017).

둘째, 식생의 활력을 보여주는 NDVI는 Google Earth Engine 기반 Sentinel-2 Level-2A 위성영상(10m 해상도)을 활용하였다. 초등학교의 야외 활동 빈도가 가장 높고 식생의 다양한 기능적 역할이 직접적으로 작용하는 4-10월, 구름 20% 미만인 날들의 평균값을 집계하였으며 세계 영역은 토지피복도의 수계를 마스크한 후 집계하였다(그림 1).

셋째, 녹지 연결성은 NDVI 기반 녹지 패치를 추출한 뒤, FRAGSTATS를 활용하여 연결성 지표(Connect)를 산출하였다(McGarigal *et al.*, 2012). 본 연구에서는 도시지역에서 식생과 비식생을 구분하기 위한 기준으로 NDVI ≥ 0.30 을 임계값으로 적용하였다. NDVI 값은 일반적으로 0.2 이하에서 비식생 표면(토양, 인공표면)이 나타나고, 0.2-0.3 구간에서 희박한 식생이 나타나며, 0.3 이상에서는 비교적 안정적인 식생 피복이 나타나는 것으로 알려져 있다(Tucker, 1979). 특히 도시지역에서는 건물, 도로, 토양 등의 혼합 픽셀 영향으로 NDVI 값이 상대적으로 낮

게 나타나는 경향이 있기 때문에, 실제 식생 패치를 안정적으로 식별하기 위해 0.3 수준의 임계값이 널리 사용된다(Yuan and Bauer, 2007; Weng, 2012). 녹지 연결성은 단순 면적이 아니라 녹지 패치 간의 공간적 연결 구조를 반영하는 지표로, 단절된 소규모 녹지와 연속된 대형 녹지는 동일 면적이라도 생태적 안정성과 활용 가능성에서 차이를 보이기 때문에 중요한 의미를 가진다(Forman, 1995).

넷째, 공원접근성은 실질적인 이용 가능성과 생태적 기능을 반영하기 위해 0.5ha(5,000m²) 이상 공원만을 분석 대상으로 설정하였다. 해외 연구 및 지침에서는 도시 녹지의 접근성 및 이용 분석 시 일정 규모 이상의 공원을 대상으로 하는 경우가 많으며, 특히 약 0.5ha(5,000m²) 수준은 기능적 녹지 단위로 사용되고 있다(WHO Europe, 2016; NSW Government, 2023). 공원접근성은 OpenStreetMap(OSM)의 도로 네트워크 데이터를 활용하여, 학교 정문에서 공원 출입구까지의 실질적인 도보 이동 거리를 통해 산출하였다.

마지막으로 가시권비율은 학생 평균 눈높이(1.4m)를 기준으로 학교 주변 1km 반경 내에서 녹지 및 수계가 시각적으로 인지 가능한 면적의 비율(%)로 정의하였다. 이를 위해 국토지리정보원의 전국연속수치지형도(1:5000)로부터 DEM과 건물 층수 정보를 확보하고 건물 층수에 3배하는 방식으로 대략적인 건물 높이를 구하여 DSM(Digital Surface Model)을 구성하였다. 일반적인 건축물의 층고는 약 2.7-3m 수준으로 알려져 있으며, 도시 및 원

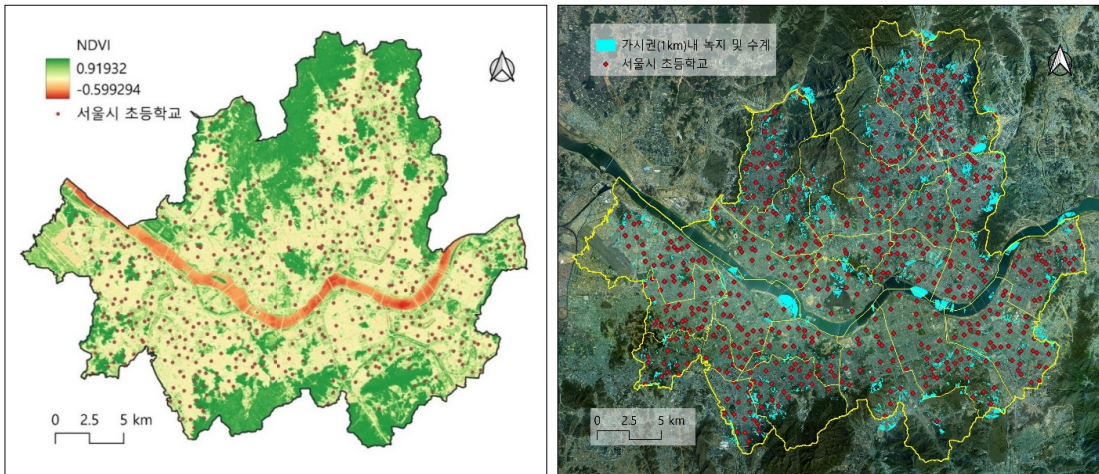


그림 1. 서울시 초등학교 주변의 NDVI와 가시권(1km)내 녹지 및 수계

격탐사 기반 연구에서는 건물 높이를 추정하기 위해 층수에 3m를 적용하는 방식이 널리 사용되고 있다(Li *et al.*, 2020). 특히 본 연구는 개별 건물의 정확한 높이를 정밀하게 재현하기보다는, 학교 주변 환경에서 건물군이 시야를 차단하는 구조적 효과를 반영하는 것을 목적으로 하였기 때문에, 층수 기반 높이 추정 방식을 적용하였다. 이를 바탕으로 QGIS의 Viewshed 분석을 통해 1km 가시권역 내 녹지 및 수계 면적 비율을 산출하였다(그림 1).

한편, 연구의 신뢰도를 확보하기 위해 각 데이터의 시기를 2024년 기준으로 일치시켜 시차 문제를 최소화하였다. NDVI 등 원격탐사 지표는 다중 시점 평균값으로 구름 및 일시적 변동 잡음을 보정하였으며, 모든 공간 데이터는 10m 단위의 동일 해상도로 통합 처리하였다.

2. 분석 과정

환경자원을 구성하는 5개 지표는 서로 다른 단위와 값의 범위를 가지므로 통합 분석을 위해 전처리를 수행하였다. 공원 입구까지의 최단 네트워크 거리는 분포가 오른쪽으로 치우친 비대칭 형태를 보였기 때문에 분포 왜곡을 완화하기 위해 로그 변환을 적용하였다. 그 외 NDVI, 생태 토지피복 비율, 녹지 연결성, 가시권 비율 등 연속형 변수들은 변수 간 단위와 분산 규모의 차이가 분석 결과에 영향을 미치는 것을 방지하기 위해 평균 0, 표준편차 1의 Z-score로 표준화하였다.

이후 지표 간 상관구조를 축약하여 도시 환경자원의 잠재적 구조를 도출하기 위해 주성분분석(Principal Component Analysis, PCA)을 수행하였다. PCA는 다수의 상관된 변수를 소수의 독립적인 성분으로 축약하여 자료의 주요 분산 구조를 파악하는 데 널리 활용되는 다변량 통계기법이다(Jolliffe and Cadima, 2016). 지표 간 공통 변동 구조를 최대한 보존한 상태에서 주요 분산 축을 파악하기 위해 성분 회전을 적용하지 않았으며, 주성분 추출 기준은 고유값(eigenvalue) 1.0 이상으로 설정하였다. 도출된 주성분 점수는 해석의 직관성을 높이기 위해 0-100 범위로 재척도화하였다. 이때 각 성분의 의미와 방향성을 고려하여, 녹지생태자원 성분은 최소-최대 변환 $(x - \min)/(max - \min)$ 을 적용하고, 공원 접근거리로 구성된 성분은 역방향 변환 $(max - x)/(max - \min)$ 을 적용하여 공원접근성 지수로 활용하였다.

다음으로 학교 간 환경자원 수준의 상대적 차이를 파악

하기 위해 재척도화 된 주성분 점수를 기준으로 전체 학교를 10분위(decile)로 구분하였다. 이는 각 학교의 상대적 위치를 체계적으로 비교하고, 환경자원의 분포 불균형 구조를 파악하기 위함이다.

특히, 도시 공간 내에서 환경자원이 공간적 군집을 형성하는가를 확인하기 위해 Getis-Ord G_i^* 통계량을 적용하였다(Getis and Ord, 1992). 이 때, 공간적 관계는 k-최근접 이웃(kNN) 방식으로 정의하였다. 이는 관측점 밀도가 불균등한 포인트 자료에서 모든 지점이 최소한의 이웃을 확보하도록 하여 보다 안정적인 공간가중치를 제공하는 방법이다(O'Sullivan and Unwin, 2010). 이웃 수(k)는 8로 설정하였으며, 이는 과도한 국지적 변동과 과도한 평활화 사이의 균형을 고려한 값으로, ArcGIS 공간통계 도구의 기본 설정을 참고하였다(ESRI, 2024).

마지막으로, 25개 자치구를 대상으로 녹지생태자원 지수와 공원접근성 지수의 평균과 지니계수(Gini coefficient)를 산출하여 자치구 내부의 환경자원 수준과 학교 간 불균등 분포 구조를 함께 분석하였다. 평균값은 자치구의 전반적인 환경자원 수준을 나타내며, 지니계수는 동일 자치구 내에서 학교 간 자원 분포의 집중 정도를 보여준다. 이 값이 클수록 일부 학교에 환경자원이 집중된 불균등 구조를 의미하며, 값이 작을수록 학교 간 자원이 상대적으로 균등하게 분포함을 의미한다. 이를 통해 단순한 평균 수준 비교를 넘어, 자치구 내부에서 환경자원이 어떻게 분배되고 있는지를 입체적으로 파악하고자 하였다.

IV. 분석 결과

1. 환경·생태자원의 구조

주성분분석 결과, 서울시 초등학교 주변 환경·생태자원은 두 개의 상이한 차원으로 구성되었다(표 2). 제1주성분은 고유값 3.112로 전체 분산의 62.25%를 설명하며, 제2주성분은 고유값 1.005, 설명분산 20.10%로 나타났다. 두 주성분은 서로 직교하는 차원으로 추출되어, 상이한 변동 축을 형성한다. 따라서 본 연구에서는 제1주성분 점수 자체를 '녹지생태자원'으로 정의하였으며, 제2주성분 점수는 '공원접근성'으로 분리하여 별도의 차원으로 분석하였다.

요인부하량을 보면, 제1주성분에는 평균 NDVI(0.549),

표 2 환경·생태자원의 주성분 변수별 부하량

변수	제1주성분	제2주성분
평균 NDVI	0.549	-0.011
자연토지피복 비율(%)	0.527	0.115
녹지 연결성	0.529	-0.078
공원 네트워크 거리(log)	-0.084	0.973
가시권 비율(%)	0.366	0.186
설명분산(%)	62.25	20.10

토지피복비율(0.527), 녹지 연결성(0.529), 가시권 비율(0.366)이 모두 양(+)의 방향으로 높게 적재되어 있다. 이는 제1주성분이 학교 주변 자연기반 생태환경의 전반적 수준을 대표하는 공통 차원임을 의미한다. 따라서 제1주성분의 점수가 클수록 학교 주변의 녹지생태환경이 전반적으로 우수한 것으로 해석된다. 제2주성분은 공원접근성(0.973)이 압도적으로 높은 부하량을 보이며, 다른 생태지표들과는 구별되는 독립적 변동 구조를 형성하였다. 즉, 서울시 초등학교 주변 환경자원은 자연기반 ‘녹지생태자원’과 ‘도시공원접근성’이라는 서로 다른 자원 차원으로 구분됨을 보여준다.

표 3은 정규화 된 두 지수의 기술통계량이다. 이를 보면, 녹지생태자원은 평균(30.97)이 중위값(28.74)보다 다소 높고, 표준편차가 19.42로 비교적 커, 학교 간 녹지생태자원 수준의 공간적 격차가 크게 나타남을 시사한다.

표 3 녹지생태자원과 공원접근성의 점수(0-100)의 기술통계량

	녹지생태자원	공원접근성
평균	30.97	25.27
중위수	28.74	22.98
표준편차	19.42	12.30
1/4수준	15.57	17.20
3/4수준	42.59	30.67

표 4 녹지생태자원 점수 분위별 학교 및 학생수(비율)

분위	녹지생태자원 점수	학교 수(누적비율, %)	학생수(누적비율, %)	분류
1분위	0.0-7.6	61(10)	30,620(8.0)	매우 취약
2분위	7.6-13.5	61(10)	36,069(18.5)	취약
3-8분위	13.7-47.6	363(80)	232,789(82.9)	보통
9분위	47.6-58.6	60(90)	32,115(91.8)	우수
10분위	58.6-100.0	60(100)	29,694(100.0)	매우 우수

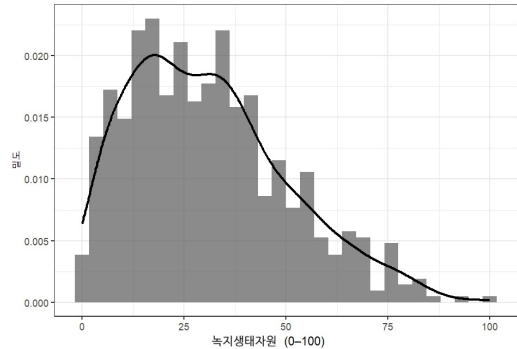


그림 2 녹지생태자원 점수(0-100)의 분포 히스토그램

이는 히스토그램(그림 2)에서 우측 꼬리가 긴 비대칭 분포로 확인되며, 대다수 학교가 낮은 수준의 생태자원 환경에 놓여 있는 반면 일부 학교만이 높은 수준의 생태자원을 확보하고 있음을 의미한다.

공원접근성은 평균(25.27)과 중위값(22.98)이 녹지생태자원보다 더 낮아, 전반적으로 접근성 수준이 낮은 학교가 대다수를 차지함을 보여준다. 표준편차는 12.30으로 녹지생태자원보다 작아, 학교 간 격차의 폭은 상대적으로 작게 나타난다. 또한 사분위 범위는 13.47(17.20-30.67)로 나타나, 공원접근성의 불리함이 특정 소수 학교에만 집중되기보다 보다 넓은 범위에서 나타날 가능성을 시사한다.

2. 초등학교 주변 환경자원 불균형

표 4는 녹지생태자원 점수를 기준으로 전체 학교를 10 분위로 구분한 결과이다. 학교수는 분위별로 약 60-61개교로 동일하게 배분되어 있으나, 점수 구간의 폭은 균등하지 않다. 특히 1-2분위는 0.0-13.5점의 매우 낮은 범위에 집중되어 있으며, 3-8분위 또한 13.7-47.6점 구간에 밀집되어 있어 전체 학교의 80%가 중·저 수준 범위에 분포

하고 있음을 확인할 수 있다. 반면 상위 20% 학교는 높은 점수 구간에 분포하지만, 실제로는 소수 학교가 매우 높은 값을 차지하는 구조를 보여 상위 구간 내부의 편차 또한 적지 않았다.

학생 수 역시 학교 수와 유사한 비율로 분포하고 있으나, 하위 20% 학교에 재학 중인 학생이 전체의 약 18.5%에 해당한다는 점은 낮은 생태자원 환경에 노출된 학생 집단이 적지 않음을 시사한다. 이러한 결과는 녹지생태자원 점수가 상위 구간으로 고르게 분산되어 있다기보다는 전반적으로 낮은 값에 평균화되어 있어 서울시 초등학교 다수는 녹지생태자원 환경을 충분히 누리지 못하고 있다고 할 수 있다. 다만 본 지수는 절대적 생태환경 기준을 의미하는 것이 아니라, 서울시 내 605개 초등학교를 대상으로 산출한 상대적 비교 결과임을 유의할 필요가 있다.

그림 3은 서울시 초등학교별 녹지생태자원 지수를 분위 구간으로 구분하여 공간적 분포를 보여준다. 우선, 상위 학교(9-10분위)는 서울 외곽의 산지 및 하천 인접 지역을 중심으로 넓게 분포하며, 특히 도봉구·노원구, 은평구 북서부, 강동구 동부 등 자연 녹지 축이 유지되는 권역에서 두드러진다. 이는 서울의 녹지생태자원이 산이나 강과 같은 지형적 조건과 자연 피복의 유지 가능성이 높은 토지이용 구조와 일관된 공간적 패턴을 보임을 보여준다.

반면, 하위 학교(1-2분위)는 서울 전역의 고밀도 시가지 내부에 산재하는 경향을 보이며, 특정 권역에서만 단

일하게 나타나기보다는 다양한 자치구에 걸쳐 분포한다. 다만 영등포구-구로구-금천구-관악구-동작구로 이어지는 남서부의 고밀 개발 축에서는 낮은 점수의 학교가 상대적으로 뚜렷하게 밀집해 나타난다. 이러한 패턴은 김현옥(2012)이 지적한 도심 고밀 주거지의 낮은 녹지율 문제와도 맥을 같이한다. 특히 재건축과 고밀화가 진행된 주거지에서는 학교 주변의 자연피복과 공원녹지가 충분히 확보되지 못할 가능성이 있다. 이러한 분포는 녹지생태자원 결핍이 일부 지역의 예외적 현상이 아니라, 고밀도 개발과 인공 피복 확대가 누적된 도시 내부에서 반복적으로 재생산되는 환경적 불리함을 보여주는 것이라 할 수 있다.

이러한 공간적 패턴은 Getis-Ord G_i^* (그림 4)를 통해 통계적으로 더욱 명확히 확인된다. 전체 605개교 중 440개교는 유의한 군집이 나타나지 않았으나, 74개교는 높은 값이 인접 학교들과 함께 높음(high)군집으로, 91개교는 낮은 값이 인접 학교들과 함께 낮음(low)군집으로 식별되었다. 앞서 확인한 바와 같이 높음군집은 외곽 자연 녹지축을 따라 형성되어, 높은 녹지생태자원 점수가 개별 학교 단위의 우수성이라기 보다 권역 단위의 자연환경 조건과 결합되어 나타남을 보여준다. 반면 낮음군집은 서남권에서 가장 뚜렷하고 연속적으로 나타나 이 지역에서 서울의 녹지생태자원 결핍 문제가 가장 두드러진다고 할 수 있다. 또한 중구-성동구-동대문구, 마포-용산구의 도심 주변부에서도 낮음군집이 나타나는데, 이는 중심부 고밀 시가지 내부에서도 생태자원 결핍이 일정 범위 내에서 공간적으로 구조화되어

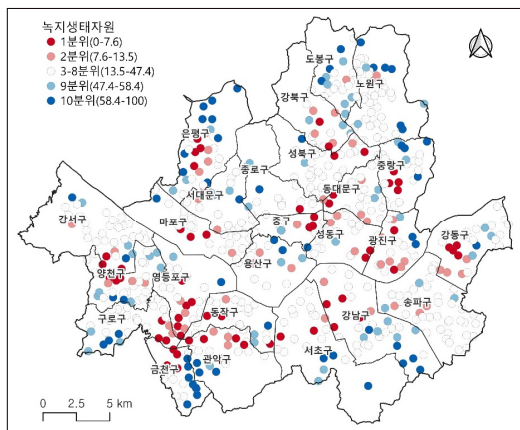


그림 3. 녹지생태자원의 공간 분포(10분위 기준)

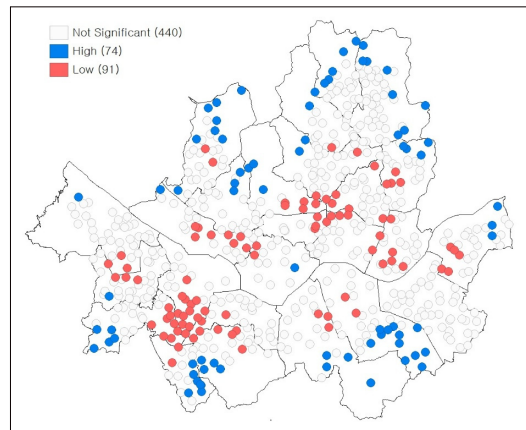


그림 4. 녹지생태자원의 높음군집 및 낮음군집의 분포(Getis-ord G_i^*)

있음을 의미한다.

두 번째로, 그림 5는 서울시 초등학교별 공원접근성 지수를 10분위로 구분하여 공간적 분포를 나타낸 것이다. 공원접근성은 녹지생태자원 지수와 달리 서울 외곽 산지 권에서 높지 않으며, 오히려 외곽 산지 및 개발제한구역 인접 지역에서 낮은 것으로 나타났다. 이는 산지의 녹지가 풍부한 지역이라 하더라도, 해당 녹지가 실제로 이용 가능한 도시공원으로 구조화되어 있지 않거나, 출입구가 없거나, 보행 네트워크 연결이 제한되는 경우가 많기 때문으로 해석된다. 즉, 공원접근성은 자연피복의 존재 자체보다 이용가능성과 생활권 내 연결성에 의해 좌우된다고 할 수 있다.

공간적으로는 송파구가 서울시 내에서 가장 양호한 공원접근성 분포를 보이며, 강동구 및 동남권 일부에서도 접근성 상위(9-10분위) 학교가 상대적으로 집중되어 있다. 이는 해당 권역이 대규모 주거지 개발 과정에서 근린공원 등이 계획적으로 확보되었고, 공원체계가 주거지 내부와 비교적 촘촘하게 연계되어 있음을 시사한다. 반

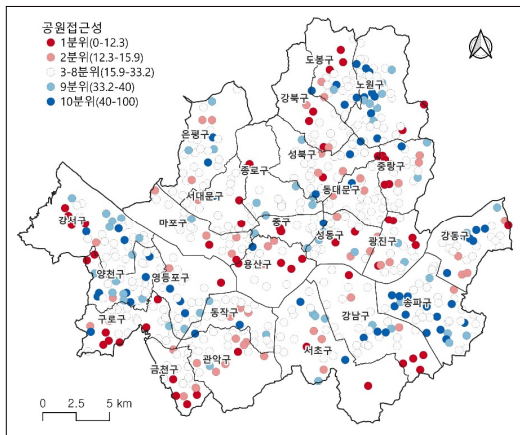


그림 5. 공원접근성의 공간 분포(10분위 기준)

면, 서남권 일부(구로-금천-관악-동작구 일대)에서는 접근성 하위(1-2분위) 학교가 비교적 뚜렷하게 분포하며, 이 지역에서 공원접근성의 구조적 취약성이 나타난다. 이는 곧, 공원접근성은 녹지생태자원과 같은 자연 기반 자원과 동일한 공간 패턴을 보이지 않으며, 도시공원 공급의 계획적 배치와 보행 접근 가능성에 의해 결정되는 도시형 환경자원임을 보여준다.

표 5는 서울시 25개 자치구를 대상으로 녹지생태자원 지수와 공원접근성 지수의 평균값을 기준으로 상위 및 하위 5개 구를 제시한 것이다. 이를 통해 자치구 간 환경자원의 절대적 수준 차이를 파악할 수 있다.

먼저 녹지생태자원의 평균값은 금천구(42.8), 도봉구(39.8), 노원구(38.6), 강남구(38.2), 은평구(37.5) 등에서 상대적으로 높게 나타난 반면, 영등포구(19.3), 마포구(20.1), 중구(21.3), 동대문구(23.5), 강북구(23.7)는 낮게 나타났다. 이는 학교 주변 녹지생태자원이 자치구별로 상이한 자연지형 조건과 도시화 과정이 결합된 결과임을 시사한다. 구체적으로, 높은 평균값을 보이는 자치구들은 산지와 하천 등 자연녹지 축과의 인접성이 높고, 개발 제한 또는 낮은 개발 밀도를 유지하고 있다. 예를 들어 금천구는 관악산과 안양천, 도봉구와 은평구는 북한산 국립공원과 인접한 입지적 조건을 가지며, 노원구 역시 불암산과 수락산을 포함한 산지 녹지축의 영향을 강하게 받는다. 강남구의 경우 대모산과 구룡산 일대의 녹지축이 일부 학교의 높은 점수 형성에 기여하였다.

반면, 낮은 값을 보이는 자치구들은 전반적으로 고밀도 시가지와 주거 기능이 집적된 지역으로, 자연피복의 유지가 구조적으로 제한된 공간적 특성을 보인다. 영등포구와 마포구는 대규모 상업·업무지구와 주거 고밀지역이 혼재된 지역이며, 중구는 도심 핵심 상업지로서 녹지 확보 여건이 매우 제한적이다. 동대문구와 강북구 또한 주거지 밀도가 높고 산지와 직접적 접촉이 제한된 학교들이 다

표 5. 자치구별 녹지생태자원과 공원접근성의 평균

	녹지생태자원 평균		공원접근성 평균	
	상위 구	하위 구	상위 구	하위 구
1	금천구(42.8)	영등포구(19.3)	송파구(35.1)	용산구(17.1)
2	도봉구(39.8)	마포구(20.1)	노원구(33.6)	강북구(18.5)
3	노원구(38.6)	중구(21.3)	양천구(31.3)	광진구(18.9)
4	강남구(38.2)	동대문구(23.5)	영등포구(28.4)	금천구(19.3)
5	은평구(37.5)	강북구(23.7)	강서구(27.2)	중랑구(19.8)

수를 차지하면서 낮은 평균값을 형성한 것으로 보인다.

이와 달리 공원접근성의 평균값은 송파구(35.1), 노원구(33.6), 양천구(31.3) 등에서 높게 나타났으며, 용산구(17.1), 강북구(18.5), 광진구(18.9), 금천구(19.3) 등은 낮은 수준을 보였다. 이는 앞서 설명한 것처럼 공원접근성이 자연환경 조건 자체보다는 공원의 유무와 출입구 배치, 보행네트워크 구조에 의해 직접적으로 결정되기 때문이다.

다음으로 동일 자치구 내 초등학교 간 환경자원 분포의 불균등성을 평가하기 위해 지니계수를 산출하고, 그 값이 높은 상위 5개 구와 낮은 하위 5개 구를 살펴보았다(표 6). 이에 따르면 자치구 내 녹지생태자원의 학교 간 상대적 격차는 관악구(0.422), 중구(0.422), 영등포구(0.416), 강북구(0.399), 광진구(0.397) 순으로 크게 나타났다. 이는 동일 자치구 내에서도 학교 입지에 따라 녹지생태자원 수준이 크게 달라질 수 있음을 의미한다.

특히 관악구의 경우, 난향초·난곡초 등 일부 학교는 관악산 자락과 인접하여 높은 녹지생태자원 점수를 보이는 반면, 원당초·남부초 등은 고밀 주거지에 위치하여 자연피복 및 녹지 연결성이 제한되었다. 이것은 산지 인접 여부에 따라 학교 간 격차가 크게 나타나는 전형적인 사례로 해석할 수 있다. 중구는 자치구 중 초등학교 수가 가장 적음에도 불구하고 지니계수가 높게 나타났는데, 이는 리라초·송의초 등 일부 학교가 남산 인접 지역에 위치하여 매우 높은 값을 보이는 반면, 도심에 위치한 학교들은 녹지 접근성이 극히 제한되기 때문이다. 즉, 공간적 이질성이 작은 규모 내에서 극단적으로 분화된 구조를 보인다. 영등포구 역시 한강변에 위치한 여의도초·당산초 등 일부 학교를 제외하면 대부분의 학교가 고밀 주거 및 상업지역 내에 위치하여 녹지생태자원 수준이 낮게 나타나며, 이로 인해 자치구 내부 격차가 확대된 것으로 이해된다. 강북구와 광진구 또한 산지 및 하천 인접 학교와 내부 시가지 학교 간 차이가 결합되면서 상대적으로 높은 불평

등 구조를 보인다.

반면, 불평등이 낮은 자치구는 송파구(0.197), 노원구(0.231), 도봉구(0.274), 성북구(0.290), 양천구(0.296) 순으로 나타났다. 이들 지역은 전반적으로 녹지생태자원의 절대 수준과 관계없이, 자치구 내부 학교 간 분포가 비교적 균질하게 형성되어 있음을 의미한다. 예를 들어 노원구와 도봉구는 산지 인접 학교 비중이 높아 전반적으로 높은 값을 유지하면서도 학교 간 편차가 크지 않은 구조를 보이며, 송파구와 양천구는 계획적 주거지 개발 과정에서 유사한 환경 조건이 반복되면서 비교적 균등한 분포를 형성한 것으로 해석된다.

한편, 공원접근성 지니계수는 녹지생태자원에 비해 자치구 간 변동 폭이 상대적으로 작게 나타났다. 이는 공원시설이 도시계획에 의해 비교적 균등하게 배치되는 경향이 있기 때문으로, 자연지형에 크게 의존하는 녹지생태자원에 비해 공간적 편차가 완화된 결과로 볼 수 있다.

그림 6은 녹지생태자원과 공원접근성의 자치구별 평균을 4분위로 구분하여 제시한 것이다. 녹지생태자원은

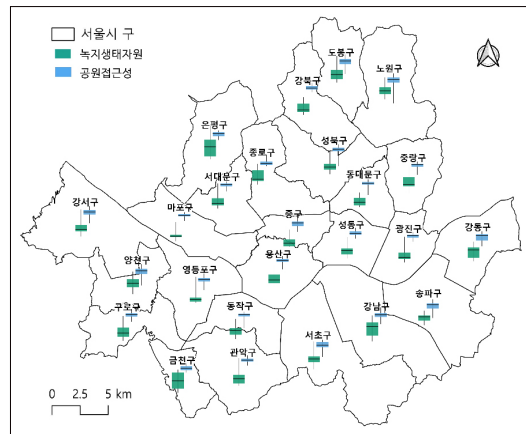


그림 6. 녹지생태자원과 공원접근성의 4분위 구간(IQR) 분포

표 6. 자치구별 녹지생태자원과 공원접근성의 불평등성(지니계수)

	녹지생태자원 지니계수		공원접근성 지니계수	
	불평등 상위 구	불평등 하위 구	불평등 상위 구	불평등 하위 구
1	관악구(0.422)	송파구(0.197)	도봉구(0.289)	마포구(0.158)
2	중구(0.422)	노원구(0.231)	강남구(0.271)	은평구(0.178)
3	영등포구(0.416)	도봉구(0.274)	노원구(0.260)	서대문구(0.183)
4	강북구(0.399)	성북구(0.290)	용산구(0.259)	관악구(0.190)
5	광진구(0.397)	양천구(0.296)	중구(0.258)	동대문구(0.195)

서울 외곽 북부권에서 상대적으로 높고 도심부 및 일부 서남권에서 낮은 경향을 보인다. 반면 공원접근성은 이와 동일한 패턴을 보이지 않으며, 일부 자치구에서는 오히려 반대 양상이 나타난다. 이러한 결과는 서울시 초등 학교 주변 환경 불평등이 자연 기반 녹지생태자원과 도시 공원접근성이라는 서로 다른 차원에서 동시에 발생하며, 자치구 간 격차뿐 아니라 자치구 내부에서도 학교 간 편차가 상당함을 보여준다. 다만 자치구 단위 집계는 구 내부의 미시적 불균형을 평균화하는 한계를 가지므로, 본 결과는 권역 수준의 구조적 경향을 보여주는 보조적 자료로 해석될 필요가 있다.

종합하면, 초등학교 주변 환경자원의 불균형은 단순한 녹지 부족의 문제가 아니라, 자연 기반 녹지생태자원과 도시공원 접근성이라는 서로 다른 차원에서 복합적으로 발생하고 있다. 특히 다수 학교가 중·저 수준의 녹지생태 자원 환경에 놓여 있으며, 일부 고밀 시가지에서는 낮은 수준이 공간적으로 집적되는 경향이 확인된다는 점에서, 학교 간 환경 격차는 구조적으로 재현되고 있다고 볼 수 있다.

이러한 불균형을 완화하기 위해서는 외부 공원 공급 확대에만 의존하기보다, 학교 자체를 일상적 생태 경험의 핵심 거점으로 전환하는 접근이 필요하다. 구체적으로는 학교숲 조성, 교내의 유휴공간의 녹지화, 소규모 생태공간 확충 등 학교 단위의 녹화 전략을 통해 물리적 환경을 개선하는 동시에, 이를 환경교육과 연계하여 학생들의 지속적인 자연 경험을 가능하게 할 필요가 있다.

아울러 본 연구에서 확인된 자치구 간 차이는 공간계획의 실행 단위로서 자치구 단위 정책 개입의 중요성을 보여준다. 예를 들어 송파구나 양천구와 같이 계획적 주거지 개발 과정에서 공원과 보행 네트워크가 체계적으로 구축된 지역은 비교적 양호한 공원접근성과 균질한 환경자원 분포를 보인다. 이는 자치구 단위에서 생활권 공원 체계와 학교 입지를 연계한 공간구조적 계획이 실질적인 효과를 가질 수 있음을 의미한다. 반면, 서남권 고밀 개발 지역과 같이 녹지생태자원과 공원접근성이 동시에 취약한 지역에서는 학교를 중심으로 한 미시적 녹화 전략과 더불어, 자치구 차원의 공원 확충, 보행 연결성 개선, 녹지 네트워크 구축을 통합적으로 추진할 필요가 있다.

결국 학교 단위의 환경 개선과 자치구 단위의 공간계획이 상호 보완적으로 작동할 때, 초등학교 주변 환경의 질적 향상과 공간적 형평성 확보가 동시에 달성될 수 있으

며, 이는 환경교육의 기반 조건을 강화하는 핵심 전략으로 기능할 수 있다.

V. 결론 및 제언

환경교육의 궁극적 목적이 학습자의 환경행동 실천을 유도하는 데 있다면, 그 기반에는 자연연결감과 생태적 감수성이 전제되어야 한다. 이는 일상적 자연 경험을 통해 형성되며, 특히 아동기는 자연과의 정서적 유대가 형성되는 핵심 시기이다. 이러한 점에서 학교와 그 주변 공간은 환경교육의 효과성과 형평성을 동시에 규정하는 중요한 생활환경으로 이해되어야 한다.

이러한 인식 하에 본 연구는 서울시 초등학교를 대상으로 학교 중심 500m 범위의 환경·생태자원을 정량적으로 분석하고, 그 구조와 공간적 불균형을 규명하였다. 그 결과, 학교 주변 환경은 자연피복 기반의 ‘녹지생태자원’과 이용 가능성을 반영하는 ‘공원접근성’이라는 이중 구조로 구성되었다. 녹지생태자원은 다수 학교가 낮은 수준에 집중된 가운데 일부 학교만 높은 값을 보이는 비대칭적 분포를 나타냈으며, 외곽 자연녹지축을 따라 높은 값이 형성되고 도심 고밀 지역에서는 낮은 값이 균집되어 나타났다. 이는 생태자원 결핍이 개별 학교 문제가 아니라 도시공간 구조 속에서 형성되고 있음을 보여준다. 반면 공원접근성은 자연피복 분포와 일치하지 않고, 공원 공급과 보행 네트워크에 의해 결정되는 별도의 공간구조를 보였다. 특히 일부 외곽 지역에서는 녹지가 풍부함에도 이용 가능한 공원 접근성이 낮았으며, 계획적 주거지에서는 상대적으로 양호한 접근성이 나타났다. 이는 자연환경의 존재와 실제 이용 가능성이 서로 다른 메커니즘에 의해 형성되고 있음을 의미한다.

이러한 결과는 초등학교 주변 환경자원의 불균형이 단일 차원이 아니라, 자연기반 자원과 도시계획적 자원이 결합된 결합되어 나타남을 시사한다. 특히 두 자원이 동시에 부족한 지역에서는 자연에 대한 일상적 노출과 실제 체험 기회가 모두 제한될 수 있으며, 이는 환경교육의 실행 조건을 구조적으로 제약하는 요인으로 작용할 가능성이 있다.

따라서 생태전환교육의 실질적 구현을 위해서는 학교 단위와 자치구 단위가 결합된 다차원적 공간 개입 전략이 필요하다. 우선 학교 단위에서는 녹지생태자원이 부족한

경우 학교숲 조성, 교내의 유휴공간의 녹지화, 소규모 생태공간 확충 등을 통해 일상적 자연 경험을 보완할 필요가 있다. 동시에 자치구 단위에서는 보다 구조적인 공간 계획 접근이 요구된다. 본 연구에서 확인된 바와 같이 송파구나 양천구와 같이 계획적 주거지 개발과정에서 공원과 보행 네트워크가 체계적으로 구축된 지역은 비교적 양호한 접근성과 균질한 환경자원 분포를 보였다. 이는 자치구 단위에서 생활권 공원 체계, 보행 연결성, 학교 입지 간 연계를 고려한 공간구조적 계획이 실질적인 효과를 가질 수 있음을 시사한다. 반면 서남권 고밀 개발 지역과 같이 녹지생태자원과 공원접근성이 동시에 취약한 지역에서는 공원을 확충하거나 출입구 배치를 개선하고 보행가능한 경로를 확보하는 등의 노력이 필요하다.

본 연구는 다음과 같은 시사점을 갖는다. 첫째, 환경교육 논의를 교육과정 중심에서 공간적 형평성의 문제로 확장하였다. 둘째, 학교 주변 환경자원이 자연기반 생태 조건과 이용가능성이라는 이중 구조로 구성됨을 규명함으로써 정책 설계에서 차별화된 접근의 필요성을 제시하였다. 셋째, 원격탐사 자료와 GIS 기반 지표를 활용하여 학교 단위 생태환경을 정량적으로 평가하는 분석틀을 제안하고, 생활권 기반 미시적 공간 분석의 가능성을 제시하였다.

다만 본 연구는 실제 자연 경험의 질과 빈도, 그리고 자연연결감과 생태감수성, 이후의 환경태도 및 행동과의 직접적 관계를 실증적으로 분석하지 못하였다는 한계를 가진다. 향후 연구에서는 공간적 환경자원이 자연연결감과 환경행동으로 이어지는 과정에 대한 다층모형 분석 등을 통해 물리적 환경과 교육 효과 간의 매개 구조를 보다 정교하게 규명할 필요가 있다.

참고문헌

강선미·이정화·정연옥, 2011, “학교 숲을 이용한 체험활동이 초등학생의 환경감수성 및 환경친화적 태도에 미치는 영향,” 한국실과교육학회지, 24(2), 105-124.
 교육부, 2021, 「그린스마트 미래학교 종합추진계획」.
 교육부, 2022, 「2022 개정 교육과정 총론」.
 국토연구원, 2018, 「지속가능한 국토환경정책 연구」.
 김경록·배경선·허재림·전보민·신해선·최송현, 2025, “경상남도 학교숲 현황 및 분석,” 한국환경생태학회지,

39(4), 409-421.
 김대환·신동훈, 2024, “학교-지역 숲 연계 생태체험 프로그램이 초등학생의 생태적 감수성 및 과학 흥미에 미치는 영향-생물과 환경 단원을 중심으로,” 생물교육, 52(2), 261-275.
 김병연, 2023, “생태시민성에 대한 국내 연구 동향 분석: 언어 네트워크 분석을 중심으로,” 한국지리학회지, 12(3), 401-414.
 김서연·이상원, 2025, “지역사회 환경문제 기반 프로젝트 학습이 초등학생의 생태시민성에 미치는 효과,” 한국초등교육, 36(1), 19-38.
 김현옥, 2012, “초등학교 주변을 중심으로 본 서울시 도시녹지 현황 분석 및 고찰,” 한국조경학회지, 40(5), 8-18.
 남미리·강진영·김정훈·김찬국, 2021, “초등학생용 환경소양 측정 도구 개발,” 환경교육, 34(4), 395-416.
 산림청, 2022, 「제3차 산림교육 활성화 기본계획, 2023-2027」.
 장예나·김성희·한봉호·최진우, 2019, “도시 산림공원의 체험형 자연교육 프로그램 개발 연구-수원 영홍공원을 대상으로,” Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture, 47(6), 12-23. <https://doi.org/10.9715/KILA.2019.47.6.012>
 주은정, 2018, “학교 안 자연 기반 생태교육을 통한 초등학생의 자연에 대한 인식 및 생태적 감수성 변화,” 생물교육, 46(1), 141-153.
 최선혜·이연희·이윤주, 2019, “초등학교 내 학교숲 조성이 아동의 인지·정신건강에 미치는 효과,” 한국산림과학회지, 108(4), 655-662.
 탁영란·안지연·이차희, 2013, “학교주변의 자연환경 개방성 및 접근성이 초등학생의 자연연계성 인식과 자아개념에 미치는 영향,” 인간식물환경학회지, 16(1), 47-52.
 한국환경연구원, 2023, 「2023 국민환경의식조사」.
 홍유진·김진영, 2026, 초등 환경·생태교육 프로그램에 관한 주제분석적 문헌고찰, 한국지리환경교육학회지, 34(1), 83-99.
 환경부, 2019, 「2019년 환경교육 사업평가 및 효과분석」, 온나라 정책연구.
 환경부, 2023, 「생태면적률 적용지침」.
 Abrahamse, W., Steg, L., Vlek, C., and Rothengatter, T., 2005, A review of intervention studies aimed at household energy conservation, *Journal of Environmental Psychology*, 25(3), 273-291.

- Chawla, L., 2015, Benefits of nature contact for children, *Journal of Planning Literature*, 30(4), 433-452. <https://doi.org/10.1177/0885412215595441>
- Dadvand, P., Nieuwenhuijsen, M. J., Esnaola, M., Forn, J., Basagaña, X., Alvarez-Pedrerol, M., Rivas, I., López-Vicente, M., De Castro, J., Su, J., Jerrett, M., Querol, X., and Sunyer, J., 2015, Green spaces and cognitive development in primary schoolchildren, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(26), 7937-7942. <https://doi.org/10.1073/pnas.1503402112>
- Forman, R. T. T., 1995, Some general principles of landscape and regional ecology, *Landscape Ecology*, 10(3), 139-142.
- Getis, A. and Ord, J. K., 1992, The analysis of spatial association by use of distance statistics, *Geographical Analysis*, 24(3), 189-206.
- Gruenewald, D. A., 2003, Foundations of place: A multi-disciplinary framework for place-conscious education, *American Educational Research Journal*, 40(3), 619-654. <https://doi.org/10.3102/00028312040003619>
- Hungerford, H. R. and Volk, T. L., 1990, Changing learner behavior through environmental education, *The Journal of Environmental Education*, 21(3), 8-21.
- Johnson, J. M. and Hurley, J., 2002, A future ecology of urban parks: Reconnecting nature and community in the landscape of children, *Landscape Journal*, 21(1), 110-115.
- Jolliffe, I. T. and Cadima, J., 2016, Principal component analysis: a review and recent developments, *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 374(2065), 20150202.
- Khanian, M., Łaszkiwicz, E., and Kronenberg, J., 2024, Exposure to greenery during children's home-school walks: Socio-economic inequalities in alternative routes, *Transportation research part D: Transport and Environment*, 130, 104162.
- Li, D. and Sullivan, W. C., 2016, Impact of views to school landscapes on recovery from stress and mental fatigue, *Landscape and Urban Planning*, 148, 149-158.
- Li, M., Koks, E., Taubenböck, H., and van Vliet, J., 2020, Continental-scale mapping and analysis of 3D building structure, *Remote Sensing of Environment*, 245, 111859. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2020.111859>
- Liefländer, A. K., Fröhlich, G., Bogner, F. X., and Schultz, P. W., 2013, Promoting connectedness with nature through environmental education, *Environment Education Research*, 19(4), 370-384.
- Liu, W. and Chen, J., 2021, Green spaces in Chinese schools enhance children's environmental attitudes and pro-environmental behavior, *Children, Youth and Environments*, 31(1), 55-87. <https://doi.org/10.7721/chilyoutenvi.31.1.0055journals.uc>
- Luís, S., Dias, R., and Lima, M. L., 2020, Greener schoolyards, greener futures? Greener schoolyards buffer decreased contact with nature and are linked to connectedness to nature, *Frontiers in Psychology*, 11, 567882.
- Mayer, F. S., Frantz, C. M., Bruehlman-Senecal, E., and Dolliver, K., 2009, Why is nature beneficial?: The role of connectedness to nature, *Environment and Behavior*, 41(5), 607-643. <https://doi.org/10.1177/0013916508319745>
- McGarigal, K., Cushman, S. A., and Ene, E., 2012, *FRAGSTATS v4: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical and Continuous Maps*[Computer software manual], University of Massachusetts, Amherst. <http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html>
- Nisbet, E. K., Zelenski, J. M., and Murphy, S. A., 2009, The nature relatedness scale: Linking individuals' connection with nature to environmental concern and behavior, *Environment and Behavior*, 41(5), 715-740.
- Brockerhoff, E. G., Barbaro, L., Castagneyrol, B., Forrester, D. I., Gardiner, B., González-Olabarria, J. R., ... and Jactel, H., 2017, Forest biodiversity, ecosystem functioning and the provision of ecosystem services, *Biodiversity and Conservation*, 26(13), 3005-3035.
- O'Sullivan, D. and Unwin, D. J., 2010, Point pattern analysis, *Geographic Information Analysis*, 121-154.
- Otto, S. and Pensini, P., 2017, Nature-based environmental education of children: Environmental knowledge and connectedness to nature, together, are related to

- ecological behaviour, *Global Environmental Change*, 47, 88-94.
- Soga, M. and Gaston, K. J., 2016, Extinction of experience: The loss of human-nature interactions, *Frontiers in Ecology and the Environment*, 14(2), 94-101. <https://doi.org/10.1002/fee.1225>
- Strife, S. and Downey, L., 2009, Childhood development and access to nature: A new direction for environmental inequality research, *Organization and Environment*, 22(1), 99-122.
- Tucker, C. J., 1979, Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation, *Remote Sensing of Environment*, 8(2), 127-150.
- Tzoulas, K., Korpela, K., Venn, S., Yli-Pelkonen, V., Kaźmierczak, A., Niemela, J., and James, P., 2007, Promoting ecosystem and human health in urban areas using green infrastructure: A literature review, *Landscape and Urban Planning*, 81(3), 167-178. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2007.02.001>
- Verheyen, L., Van Engelen, B. H., Winkens, B., Vanbrabant, K., Hannes, E., Nawrot, T. S., ... and Plusquin, M., 2025, The impact of greening interventions in school grounds on social behavior and cognitive performance among primary school children, *Frontiers in Public Health*, 13, 1620199. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2025.1620199>
- Wells, N. M. and Lekies, K. S., 2006, Nature and the life course: Pathways from childhood nature experiences to adult environmentalism, *Children, Youth and Environments*, 16(1), 1-24.
- Weng, Q., 2012, Remote sensing of urban environments, *International Journal of Remote Sensing*, 33(20), 6553-6575.
- Yuan, F. and Bauer, M. E., 2007, Comparison of impervious surface area and normalized difference vegetation index as indicators of surface urban heat island effects in Landsat imagery, *Remote Sensing of Environment*, 106(3), 375-386.
- 서울시 초등학교 통계. https://stat.eseoul.go.kr:443/statHtml/statHtml.do?orgId=201&tblId=DT_201004_O130003&conn_path=I2&obj_var_id=B&up_itm_id=001019
- 환경공간정보서비스 <https://aid.mcee.go.kr/>
- ESRI., 2024, Neighborhood Summary Statistics (Spatial Statistics) ArcGIS Pro, ArcGIS Pro Online Help. <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/3.4/tool-reference/spatial-statistics/neighborhood-summary-statistics.htm>
- Government Architect NSW, <https://www.planning.nsw.gov.au/sites/default/files/2023-10/draft-greener-places-design-guide.pdf>
- World Health Organization Regional Office for Europe, <https://www.who.int/europe/publications/i/item/WHO-EURO-2016-3352-43111-60341>
- 교신 : 홍유진, 08826, 서울시 관악구 관악로 1, 서울대학교 지리교육과(이메일: dangmoo81@snu.ac.kr)
- Correspondence: Youjin Hong, 1 Gwanak-ro, Gwanak-gu, Seoul, South Korea, Department of Geography Education, Seoul National University (Email: dangmoo81@snu.ac.kr)
- 투고접수일: 2026년 2월 24일**
심사완료일: 2026년 3월 13일
게재확정일: 2026년 3월 23일