

## 도시의 개발 사업에 따른 생물다양성 변화 추세 분석\* - 환경영향평가의 육상 동물종을 중심으로 -

김은섭<sup>1),2),3)</sup> · 이동근<sup>2,3,4)</sup> · 전윤호<sup>5)</sup> · 최지영<sup>6)</sup> · 김신우<sup>1)</sup> · 황혜미<sup>3,7)</sup> · 김다슬<sup>6)</sup> · 문현빈<sup>7)</sup> · 배지호<sup>7)</sup>

<sup>1)</sup>서울대학교 협동과정 조경학 학생 · <sup>2)</sup>서울대학교 융합전공 스마트시티 글로벌 융합 학생 ·

<sup>3)</sup>서울대학교 지능형에코사이언스 특성화대학 학생 · <sup>4)</sup>서울대학교 조경지역시스템공학부 교수 ·

<sup>5)</sup>한국환경연구원 연구원 · <sup>6)</sup>서울대학교 농업생명과학연구원 연구원 ·

<sup>7)</sup>서울대학교 생태조경·지역시스템공학부 학생

## Analysis of biodiversity change trend on urban development project - Focusing on terrestrial species in Environmental Impact Assessment -

Kim, Eun-Sub<sup>1,2,3)</sup> · Lee, Dong-Kun<sup>2,3,4)</sup> · Jeon, Yoon-Ho<sup>5)</sup> · Choi, Ji-Young<sup>6)</sup> · Kim, Shin-Woo<sup>1)</sup> ·  
Hwang, Hye-Mi<sup>3,7)</sup> · Kim, Da-Seul<sup>6)</sup> · Moon, Hyun-Bin<sup>7)</sup> and Bae, Ji-Ho<sup>7)</sup>

<sup>1)</sup>Interdisciplinary Program in Landscape Architecture, Seoul National University,

<sup>2)</sup>Integrated Major in Smart City Global Convergence Program, Seoul National University,

<sup>3)</sup>Specialized Graduate School of Intelligent Eco-Science, 4 Dept.  
of Landscape Architecture, Seoul National University,

<sup>4)</sup>Department of Landscape Architecture and Rural System Engineering, Seoul National University, Professor,

<sup>5)</sup>Korea Adaptation Center for Climate Change, Korea Environment Institute,

<sup>6)</sup>Research Institute of Agriculture and Life Sciences,

<sup>7)</sup>Department of Landscape Architecture and Rural System Engineering, Seoul National University.

### ABSTRACT

The Environmental Impact Assessment (EIA) plays a pivotal role in predicting the potential environmental impacts of proposed developments and planning appropriate mitigation measures to minimize effects on species. However, as concerns over biodiversity loss rise, there's ongoing debate

\* 본 결과물은 환경부의 재원으로 한국환경산업기술원의 ICT기반 환경영향평가 의사결정지 기술개발 사업의 지원을 받아 연구되었습니다(MOE) (2021003360002).

**First author** : Kim, Eun-Sub, PhD Student, Lab of Landscape Ecology & Climate Change Adaptation Interdisciplinary Program in Landscape Architecture, Seoul National University,  
Tel : +82 2-880-4885, E-mail : mr.solver92@snu.ac.kr

**Corresponding author** : Dong-Kun Lee, Department of Landscape Architecture and Rural System Engineering, Seoul National University, Professor,  
Tel : +82-2-880-4875, E-mail : dklee7@snu.ac.kr

**Received** : 28 August, 2023. **Revised** : 28 November, 2023. **Accepted** : 23 November, 2023

about the efficacy of these mitigation plans. In this study, we utilized data from EIAs and post-environmental impact surveys to understand the trends in biodiversity during construction and operation phases. By examining 30 urban development projects, we categorized species richness indices of mammals, birds, amphibians, and reptiles into pre-construction, during construction, and post-construction operational stages. The biodiversity trends were analyzed based on the rate of change in these indices. The results revealed three distinct biodiversity change patterns: (A) An initial increase in biodiversity indices post-development, followed by a gradual decline over time; (B) a sustained increase in biodiversity as a result of mitigation measures; and (C) a continuous decline in biodiversity post-development. Furthermore, all species exhibited a higher rate of biodiversity decline during the construction phase compared to the operational phase, with mammals showing the most significant rate of change. Notably, the biodiversity change rate during operation was generally lower than during construction. In particular, mammals seemed to be most influenced by mitigation measures, displaying the smallest rate of change. This study provides empirical evidence on the efficacy of mitigation measures and deliberates on ways to enhance their effectiveness in minimizing the adverse impacts of urban development on biodiversity. These findings can serve as foundational data for addressing terrestrial biodiversity reduction.

**Key Words:** *Post-Environment impact survey, Ecological resilience, Mitigation measures planning, Effectiveness, Decision making support tool*

## I. 서론

생물다양성 손실 문제는 급속한 개발 속도와 도시화로 인해 다양한 종과 서식지에 심각한 위협을 가하면서 전 세계적으로 대두되고 있다(Butchart et al., 2010). 이러한 맥락에서 환경영향평가(Environmental Impact Assessment, EIA)는 제안된 개발의 잠재적인 환경 영향을 결정하고 이러한 영향을 완화 또는 보상하기 위한 적절한 조치를 제안할 수 있는 프로세스이다(Morgan, 2012). 이 과정에서 개발계획을 수정하거나, 저감방안 계획을 수립하여 생물다양성을 보호함으로써, 도시개발이 환경에 미치는 부정적인 영향을 줄이는 역할을 하고 있다(Hill and Arnold, 2012). 1977년에 처음 도입된 환경영향평가는 대한민국의 경제발전 상황에 대응하여 점진적으로 진화하고 발전해왔으나, 일부 프로

젝트들에서는 미흡한 현장조사와 평가 부실 등으로 인하여 환경영향평가의 효과성에 대한 논란이 지속적으로 제기되고 있다(Yi & Yi, 1997; Lee et al., 2018).

환경영향평가 자연생태환경 분야에서는 저감방안계획 수립을 통해 개발 프로젝트에 따른 생물종 영향을 최소화하는 단계를 필수적으로 진행되고 있다(Samarakoon & Rowan, 2008). 기존 연구에서는 저감방안 계획 수립을 통한 생물종 영향 최소화의 실효성을 분석하기 위해 부실조사 및 허위조사 등에 대한 검토가 중점적으로 이루어져 왔으며(Byron et al., 2000; Tinker et al., 2005; Yi and Yi, 1997), 경관 기능적 연결성(Harkat et al., 2020; Tarabon et al., 2019), 메타개체군 모델(Hanski, 1994; Graham 2018; Kim et al., 2023) 등 정량적인 평가 기술을 활용한 생태통로 및 대체서식지 등 저감방안 계획 수립의 의

사결정을 지원하기 위한 많은 연구가 진행되어 왔다 (Drayson & Thompson, 2013; Drayson et al., 2017).

하지만, 저감방안 계획 수립에 따른 생물 종 영향에 대한 실효성을 분석한 연구는 매우 제한적이다. 최근 사례에서는 저감방안 계획 수립은 상대적으로 높은 반면 효과는 낮았으며(Drayson & Thompson, 2013), 생태통로, 유도울타리와 같은 물리적 요인에 대한 저감방안 계획은 비세면지 제거, 교육 등과 같은 비물리적 저감방안들은 이행률이 낮은 것을 확인할 수 있었다(Lee et al., 2022). 이러한 격차는 개발 프로젝트에 따른 저감방안 계획 수립이 생물다양성 및 생물 종 영향 최소화 목적에 진정으로 부합하는지에 대한 중요한 질문에 답하지 않은 채로 남겨두기 때문에 상당한 한계를 나타냈다. 이 제한 사항을 해결하기 위해 본 연구에서는 저감방안 계획 수립에 따른 생물다양성에 미치는 영향에 대한 포괄적인 분석을 중점으로 검토하였다.

따라서 본 연구에서는 환경영향평가에서의 저감방안 계획 수립이 생물다양성에 미치는 영향을 포괄적으로 검토하였다. 이를 위해 30개의 프로젝트 사업에 대한 환경영향평가서 및 사후환경경조사서 데이터를 활용하여 개발 프로젝트에 따른 생물다양성 영향과 저감방안 계획 수립 후 종 풍부도 지수 추세를 파악하여 저감방안 계획의 실효성을 검토하였다. 이는 저감방안의 실효성에 대한 사례 적 증거를 제시하며, 환경영향 최소화를 위한 저감방안 계획 수립의 필요성에 대해 중요한 시사점을 제시한다.

## II. 연구방법

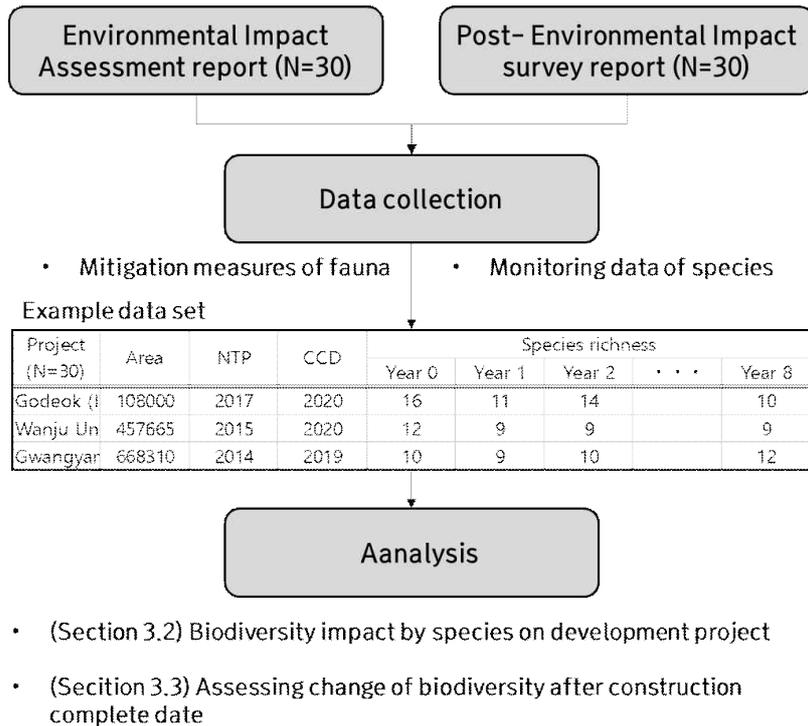
본 연구는 환경영향평가 동물 상 항목을 중심으로 저감방안 계획 수립에 따른 생물다양성 영향을 분석하고자 하였다. 분석을 위한 데이터는 프로젝트명, 착공일, 준공일, 생물 종 모니터링 데이터로 환경영향평가서 및 사후환경영향조사

서 내 동물 상 항목에서 데이터를 취득하였다. 특히 저감방안의 실효성을 검토하기 위해 사업 대상지는 경기 남부지역에 위치한 사업을 중심으로 데이터를 선정하였다. 사업기간은 사업유형은 면형 사업 중 도시의 개발로 제한하였으며, 공사기간은 착공 후(Notice To Proceed), 4년 이상, 준공 후(Construction Complete Date) 3년 데이터가 모두 취득된 사업으로 선별하여, 총 30개의 사업을 추출하였다. 위와 같은 데이터 취득 과정은 협의완료 기간을 기점으로 2005년~2017년 사이의 환경영향평가서를 추출되었으며, 개발 사업 후 생물다양성이 증가하는 사업은 제외하였다. 취득된 모든 사업의 개발 기간은 2~5년이며, 착공 후 3년 데이터를 포함하여 총 6~8년 사이의 종 풍부도 지수 값을 도출하여 분석하였다. 마지막으로, 수집된 데이터를 3단계: 환경영향평가 단계, 착공이후, 준공이후로 분류하여 생물다양성 추세를 검토하고, 저감방안 계획의 실효성을 검토하고자 하였다(Figure 1).

### 1. 데이터수집 및 전 처리

본 연구는 환경영향평가 동물 상 항목에 대한 저감방안 수립에 따른 생물다양성의 영향을 분석하기 위해 환경영향평가서 데이터와 사후환경조사서 데이터를 활용하였다. 특히 저감방안 계획 수립 이후(준공 후)3년동안 사후환경영향조사서 작성이 완료된 영향평가서를 선정하였다. 또한 저감방안 계획 수립에 따른 영향을 파악하기 위해 1)도시개발 사업 2)모니터링 기간은 공사 시, 운영 시 각 3년 이상, 보호구역이 있는 사업으로 총 30개의 사업을 선정하였다.

연구대상지는 수원, 평택, 안산 등 경기남부에 위치하였다(Figure2). 경기도는 서울과 가깝고 인구밀도가 높기 때문에 급격한 도시화와 산업화가 진행되고 있다. 이러한 개발은 생물다양성을 포함한 지역 전반적인 생활 조건에도 부정적인 영향을 미칠 수 있으므로, 환경영향평가가 중요한 지역으로 판단된다. 선정된 도시의 개발 사



**Figure 1.** Research flow. This dataset comprised species richness data through environmental impact assessments (EIA) and post-EIA surveys on urban development project(n=30). Year 0 means to species richness (SR) obtained from EIA reports, while Year 1 to Year 8 means to SR from post-EIA survey data.

업들의 특성은 108,000~5,564,014 규모로, 수원, 안산, 남양 호 주변으로 경관지구가 위치했으며, 산림보호구역, 자연환경보전지역 등이 작은 패치 단위로 분포되어 있다. 취득한 포유류, 조류, 양서류, 파충류에 대해 생물 종 조사한 데이터를 이용하여 생물다양성의 변화를 확인하였다.

**2. 저감방안 계획 수립 후 생물다양성 추세 분석**

개발사업진행에 따라 환경영향평가서와 사후 환경영향조사서 데이터는 의무적으로 작성되어야 하며, 매년 모니터링이 진행된다. 이 때 공사 착공 시점부터 사후환경영향조사를 작성하며, 공사 준공시점으로 공사 시, 운영 시로 구분된다. 본 연구에서는 1)공사 기간을 고려하여 생물다양성 변화 추세를 검토하였으며, 2)개발 사업으

로 인한 영향은 환경영향평가 시점~공사 시 기간, 3)저감방안 계획 수립에 따른 생물다양성 실효성 분석은 준공 이후 생물다양성 변화율을 통해 검토하였다(Mandelik et al., 2005; Naser et al., 2008) (Figure3).

생물다양성은 종, 유전적, 기능적 다양성으로 데이터 가용 및 연구 목적에 따라 지수를 선정하여 평가된다. 그중 종 풍부도지수는 환경영향평가서에서 활용되고 있으며, 종 출현수로 평가되므로, 생물다양성을 표현하는 다양한 지수 중 가장 직관적이고 간단하다. 이는 서로 다른 지역이나 시간대의 생물다양성을 비교하기에 용이하게 활용될 수 있다. RI는 총 종의 수(S)와 개체 수(N) 데이터를 활용하여 평가되며, 군집내 종의 수에 근거한 종의 밀도를 의미하며, 로그변환을

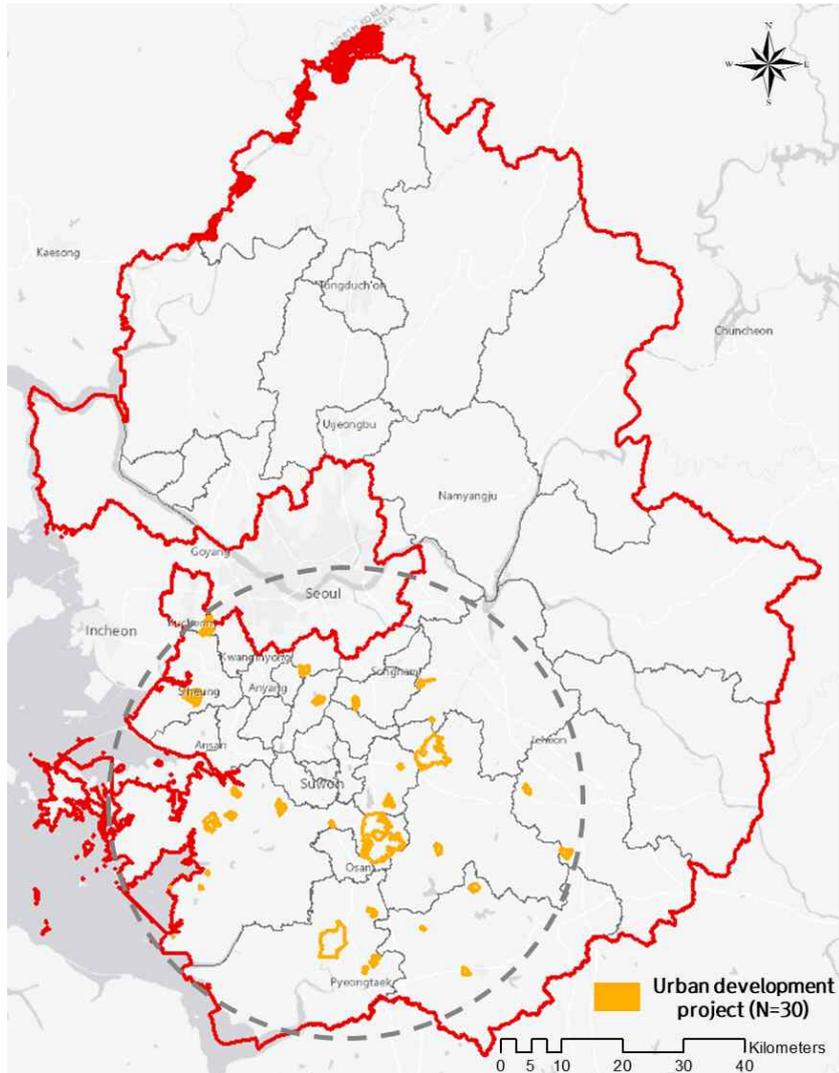


Figure 2. Study area of urban development project(N=30).

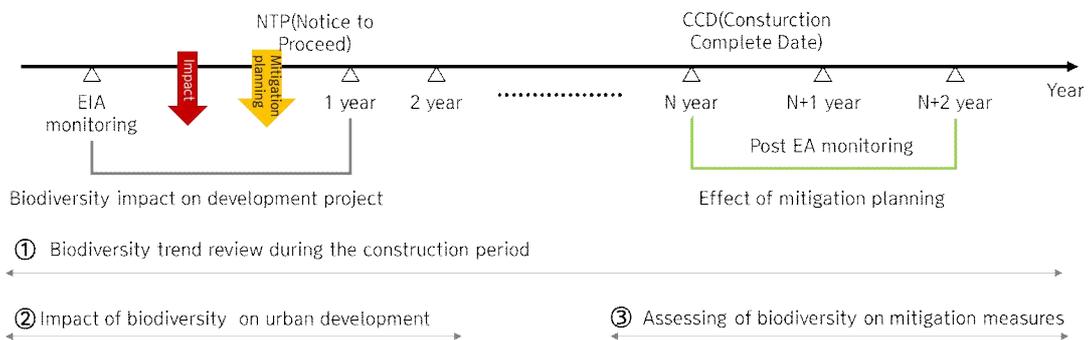


Figure 3. Analysis of biodiversity impact based on urban development project period

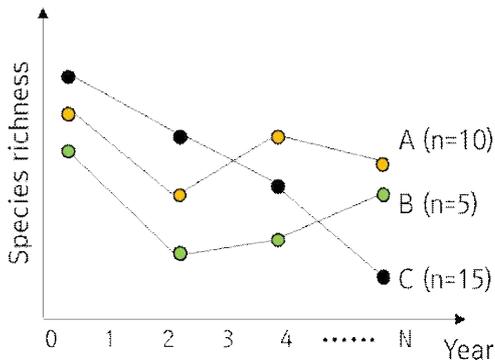


Figure 4. Trends in biodiversity change over times

통해 표본크기에 따른 민감성을 줄여준다. 따라서 본연구에서는 포유류, 양서·파충류는 종 출현수로 평가하였으며, 종 개체 수를 모니터링하는 조류의 경우, RamonMargalef가 개발한 RichnessIndex를 활용하여 산출하였다 (수식 1) (Margalef, R. 1958).

### III. 연구 결과 및 고찰

#### 1. 저감방안 적용 후 생물다양성 변화 추세

환경영향평가 및 사후환경조사서 기반 종 풍부도 지수 변화를 검토한 결과, 생물다양성은 개발이 진행된 그 다음해에 생물다양성이 급격하게 감소하는 것을 확인할 수 있다. 그러나 그 이후 생물다양성은 증가 및 감소가 반복되었다 (Figure 4). 본 연구에서는 30개의 개발사업의 생물다양성 변화량 추세를 검토를 통해 3가지 그룹으로 분류하였다. (A) 개발 사업 이후 생물다양성이 급격하게 감소하나 이후 증가, 감소 추세가 반복적으로 발생하는 경우, (B) 개발 사업 전 종 풍부도 지수보다는 낮으나, 개발 사업 후 지속적으로 생물다양성이 증가하는 경우, (C) 개발 사업 이후 지속적으로 생물다양성 지수가 감소하는 경우로 분류할 수 있었다.

(A) 개발 후, 생물다양성 지수가 증가하는 경향을 보이나, 시간이 지남에 따라 점점 감소하는 경우: 일부 개발 프로젝트에서는 초기에는 생물

다양성이 증가하는 경향을 보이지만, 장기적으로는 점점 감소하는 추세를 나타냈다. 이는 시간이 지남에 따라 저감방안 계획의 효과가 미비하게 나타나거나, 개발로 인해 예상치 못한 생물종 영향이 발생한 것으로 판단된다.

(B) 개발 후, 저감방안 적용에 따라 생물다양성이 증가하는 경우: 일부 개발 프로젝트에서는 저감방안 계획의 적용으로 인해 생물다양성이 증가하는 경향을 보였다. 이는 적절한 저감방안 계획 수립과 실행에 따른 결과로 해석된다. 저감방안 계획이 생태적 요구에 부합하고, 생물종의 서식지 확보와 보호, 등지 설치 등의 조치가 효과적으로 이루어진 경우로 생물다양성 감소를 완화 위한 가장 이상적인 결과이자 앞으로 지향해야 할 부분이다.

(C) 개발 프로젝트 후 지속적으로 생물다양성이 감소하는 경우: 일부 프로젝트에서는 개발 이후 생물다양성이 계속해서 감소하는 경향을 보였다. 이는 저감방안 계획을 수립하였음에도 불구하고 생태적 요충지나 적절하지 못한 저감방안 계획으로 인해 발생할 수 있다. 해당 유형에 포함된 사업 규모는  $824,860 \sim 5,564,014 m^2$  으로 나타났다. 하지만 생물다양성 변화는 주변 환경의 훼손된 면적, 보호구역의 유무, 생태자연도 등급 등, 개발 주변 환경에 따라 영향을 받을 수 있으므로, 추가적인 연구가 필요하다(Khera and Kumar, 2010).

이러한 분석 결과를 바탕으로 가장 이상적인 경우는 개발 후 생물다양성이 감소하는 경향을 완화하고, 지속적으로 생물다양성을 증가시키는 것이다. 따라서 개발 프로젝트에서는 저감방안 계획 수립 시 기존 생물종의 서식지 확보와 보호에 더하여 추가적인 생물종의 먹이자원과 이주를 위한 조치를 고려해야 한다. 이는 지속적인 모니터링과 조사를 통해 정확한 원인을 파악하고, 개발 프로젝트의 환경적 영향을 최소화하기 위해 필요한 조치를 적용하는 데 도움될 것으로 판단된다.

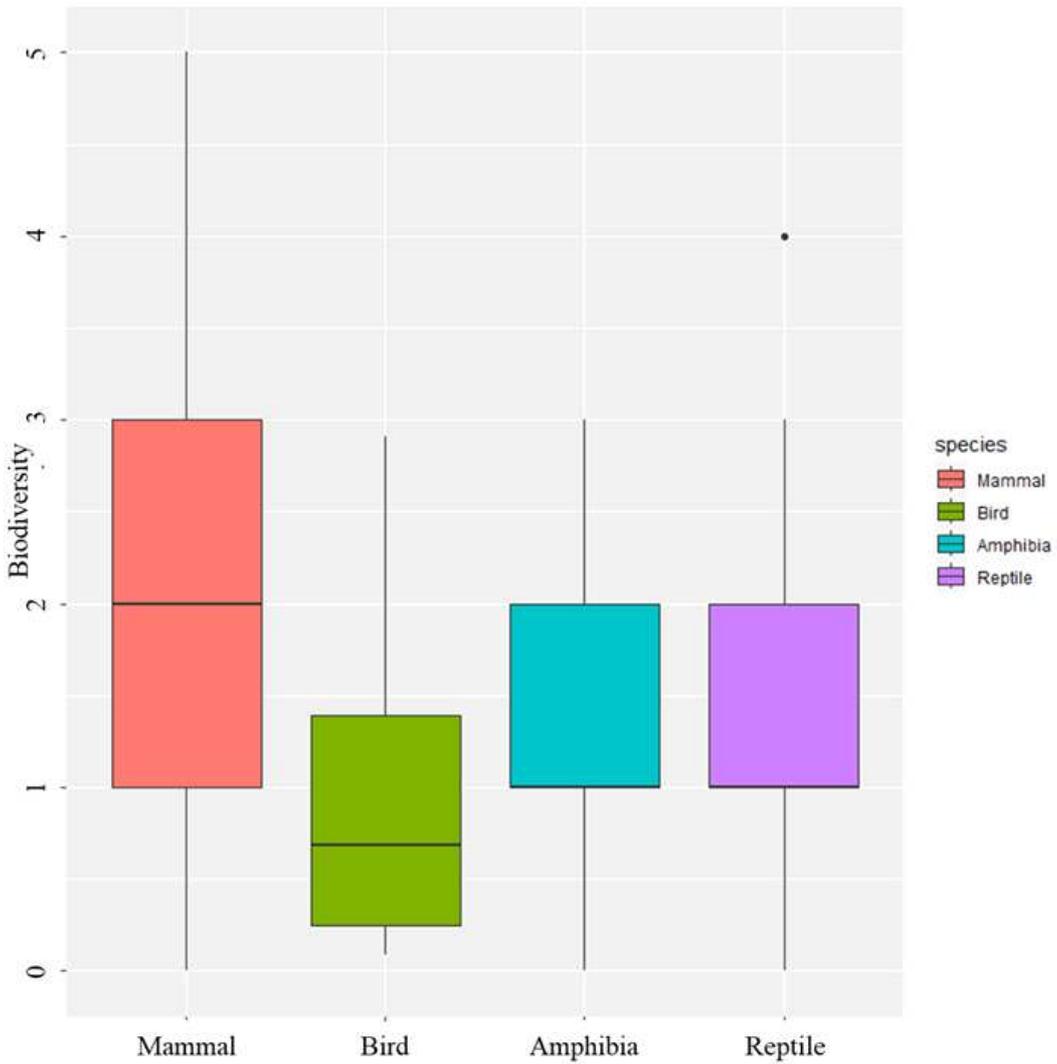


Figure 5. Impact on biodiversity on urban development project. The x-axis represents species, and the y-axis means the change in biodiversity before and after development.

## 2. 개발 프로젝트에 따른 생물다양성 영향

본 연구에서는 도시 개발 프로젝트로 인한 생물 종별 생물다양성 변화를 환경영향평가서와 사후환경영향 조사서의 공사 시 데이터를 통해 비교 분석하였다. 분석 결과, 생물종은 평균적으로 개발 후 종 풍부도 지수의 변화율이 1이상의 값을 보이며, 개발 프로젝트가 생물다양성에 영향을 미치는 것으로 나타났다(Figure 5). 포유류

는 개발로 인한 생물다양성이 2(변화율을 보이며, 다른 생물종에 비해 큰 변화율을 보였다. 이는 개발된 사업지구에서의 먹이자원이 급격하게 감소하여 주변 산림지역이나 먹이자원이 풍부한 지역으로 포유류가 이주하는 것으로 판단되었다. 양서류, 파충류, 조류는 포유류에 비해 변화 비율이 낮았으며, 각각 1, 1, 0.4순으로 변화 비율의 차이가 보였다. 특히 조류는 개발로 인한 종

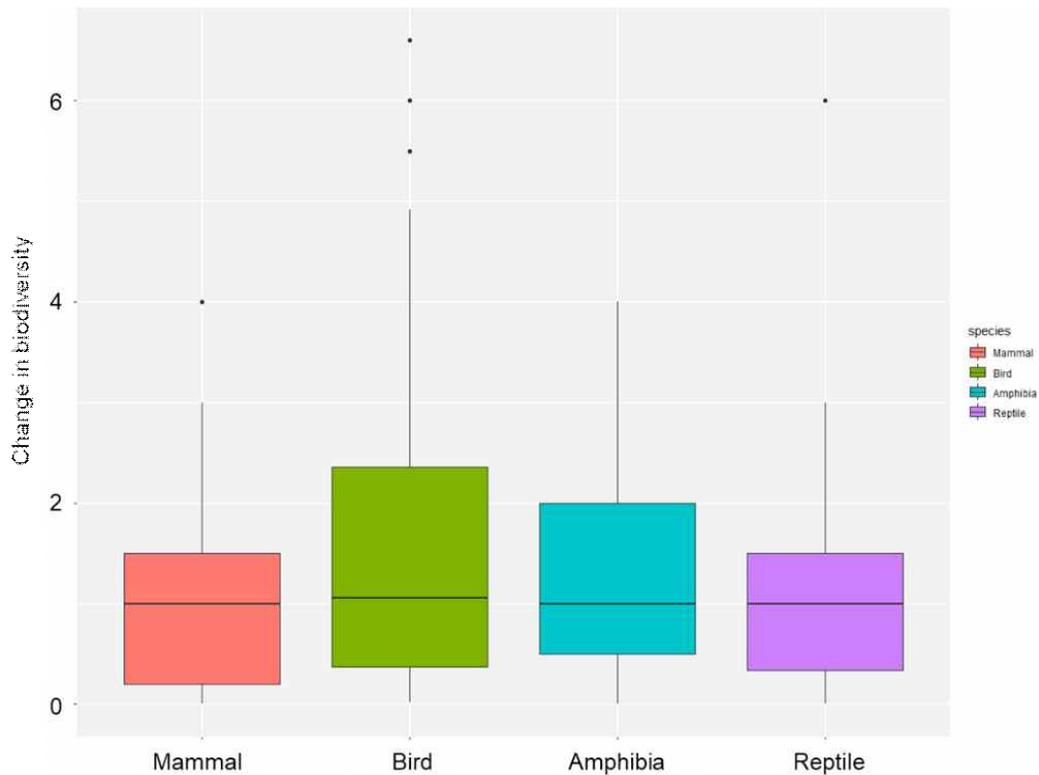


Figure 6. Change ratio of species richness on mitigation measures planning

풍부도 지수 변화율이 가장 낮았다. 이러한 결과는 환경영향평가서와 사후환경영향 조사 공사 시 데이터를 기반으로 분석된 것으로서, 개발 프로젝트가 생물다양성에 영향을 미치는 것을 확인할 수 있다.

### 3. 저감방안 계획 수립에 따른 생물다양성 실효성 검토

본 연구에서는 사후환경영향조사 운영 시 데이터를 활용한 생물다양성 변화율을 통해 저감방안 계획 수립 후 생물다양성 영향을 평가하였다 (Figure 6). 결과적으로 저감방안 계획에 따른 생물다양성 변화율은 조류 및 양서류가 높게 나타났으며, 파충류, 포유류 순으로 나타났다. 즉, 포유류는 준공 이후 생물다양성 변화율이 가장 낮게 나타났으며, 이는 개발 후 영향을 민감하게 반

응하지 않음을 나타낸다. 또한, 저감방안 계획 수립 후 생물다양성 감소율이 가장 낮음을 의미할 수 있다. 즉, 포유류, 파충류를 위한 저감방안 계획 수립은 다른 생물종과 비교해볼 때, 생물다양성에 긍정적인 영향을 미치는 것을 확인할 수 있다. 우리는 저감방안 계획 별 생물종에게 미치는 긍정적인 영향이 다르게 나타남을 확인하였다.

예를 들어 포유류를 위한 저감방안 계획 중 생태통로, 유도울타리는 생물다양성 감소 완화에 가장 크게 영향을 주는 것으로 확인되었다. 또한, 생태축구를 포함한 저진동 공법, 녹지 조성, 야간공정 지양 등 저감방안은 양서류와 파충류에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 인공등지 설치, 생태통로, 생태축구, 야간공정 지양 등 다양한 저감방안 계획이 조류의 생물다양성에 긍정적인 영향을 보였다. 하지만 저감방안 계

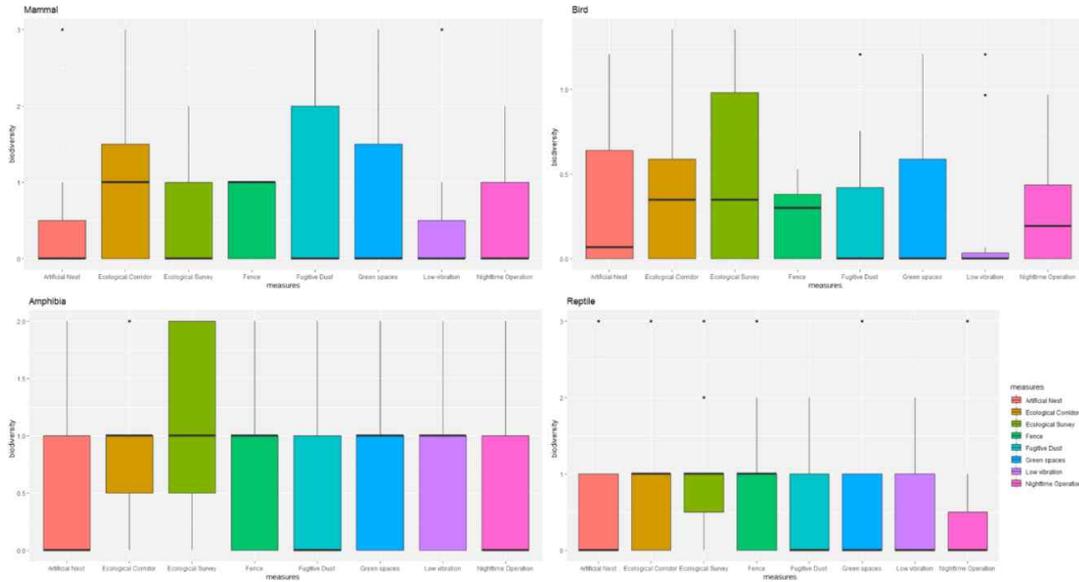


Figure 7. Species richness change ratio by mitigation measures planning

획 별 생물다양성 0 이하의 값은 생물다양성에 긍정적인 영향을 미치지 않았음을 의미한다. 이는 생물 종 별 적합한 저감방안 계획의 미흡함과 개발 규모 등 주변 환경요인의 복합적인 요인을 고려한 저감방안 계획의 중요성을 시사한다.

선행연구에서는 물리적인 저감방안 계획의 이행률이 공사 비용 및 계획 공간 미비 등과 같은 원인으로 낮게 나타났다(Lee et al., 2022). 하지만 본 연구의 결과에서 생태통로, 유도울타리, 생태측구 등은 각 생물 종별 생물다양성에 긍정적인 영향을 미치는 것을 확인하였다. 따라서, 공사 비용 내 적절한 저감방안 계획 수립으로 인한 높은 이행률은 저감방안 계획의 실효성을 높일 수 있는 방안이 될 수 있을 것으로 사료된다(Wegner et al., 2005).

#### IV. 연구의 한계점 및 향후 연구

본 연구는 환경영향평가서를 기반으로 생물다양성 추세를 파악하였으며, 저감방안 계획수립에 따른 실효성을 검토하였다. 저감방안 계획 수립 후 종 풍부도 지수의 변화율은 공사 기간에

비해 점점 감소하였다. 하지만 생물 종별 저감방안 계획 수립에 대한 분석한 결과, 생태통로, 유도울타리와 같은 저감방안은 포유류에 긍정적인 영향을 미치는 것을 확인하였으며, 생태측구 또한 양서·파충류에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이러한 분석은 저감방안 계획수립의 기초자료로 활용될 수 있으나, 연구 결과의 신뢰성 확보 및 일반화를 위해서는 다음과 같은 한계점 극복이 필요하다.

첫째, 본 연구에서는 저감방안의 적용 시기를 특별히 구분하지 않고 모든 저감방안이 준공 이후에 적용되었다고 가정하였다. 이러한 가정은 저감방안의 효과를 정확하게 평가하는 데에 제약을 가져올 수 있음을 의미한다. 둘째, 본 연구에서 사용된 생물다양성 지수는 종 풍부도와 RI 지수에 기반하여 있어, 생태계 내의 복잡한 동태를 완전히 반영하기 어렵다는 문제가 있다. 또한, 환경 변화, 기후 변화, 인간의 활동 등 외부 요인은 생물다양성에 큰 영향을 줄 수 있음에도 불구하고, 본 연구에서는 이러한 외부 변수들을 상세하게 고려하지 않았다. 마지막으로, 생물다양성의 변화를 관찰하기 위한 데이터는 한정된 기간

동안의 것이므로 장기적인 변화 추세나 계절별 변화 등을 포괄적으로 이해하기에 한계가 있다.

기존 환경영향평가서 데이터를 기반으로 분석한 결과, 여러 한계점이 있음에도 불구하고, 본 연구에서는 저감방안별 생물종에게 미치는 영향의 차이가 발생하는 점을 확인하였다. 또한, 사후환경영향조사 데이터 기반 공사 운영 시 생물 다양성 추세 분석결과, 생물다양성 변화율이 감소하고 있는 부분은 저감방안이 긍정적인 영향을 미치고 있음을 확인할 수 있었다. 하지만 공사의 제한된 비용내 저감방안 수립의 실효성을 높이기 위해서는 높은 이행률이 중요하며, 검토자,사업자를 위한 저감방안 계획 수립의 의사결정지원 모델 개발이 필요할 것으로 사료된다.

## V. 결 론

본 연구에서는 환경영향평가내 육상 생물을 중심으로 저감방안 계획 수립에 따른 생물다양성 추세를 분석하고 실효성을 검토하고자 하였다. 우리는 개발사업이 모든 생물종들의 생물다양성에 영향을 미치는 것을 확인하였다. 특히 포유류는 개발 후 생물다양성 변화율이 가장 크게 나타났으나, 저감방안 계획 수립 후 변화율은 가장 낮게 나타났다. 즉, 포유류의 생물 종 영향을 최소화하기 위한 생태통로, 유도올타리와 같은 저감방안 계획은 생물다양성 감소 문제 해결을 위한 긍정적인 역할을 함을 확인하였다. 또한, 일부 저감방안은 생물다양성 변화율에 크게 영향을 미치지 않았으며, 이는 저감방안의 효과가 시간이 지남에 따라 미비해지거나 생물 종 영향을 예측하지 못한 요인으로 인해 발생한 것으로 판단된다. 따라서 저감방안 계획 수립 이후에도 지속적인 모니터링과 추가적인 저감방안 수립이 필요하다. 저감방안 계획의 실효성을 높이기 위해서는 생물종의 특성에 맞는 저감방안을 개발하고 이행해야 한다. 물리적 요인에 대한 저감방안의 이행률을 높이고, 생태측구, 인공 둥지 설

치와 같은 생물종의 저감방안을 우선 고려해야 한다.

현재 환경영향평가는 사업지구에 대한 현황조사 및 영향예측을 기반으로 저감방안 계획을 수립하고 있으며, 저감방안에 따른 객관적인 효과성 분석 연구가 부족하다. 하지만 본 연구에서 분석한 연구 결과는 저감방안 별 생물다양성 변화율 평가에 기초자료로 활용될 수 있으며, 향후 영향예측을 기반으로 생물다양성 감소 문제를 해결할 수 있는 중요한 정보를 제공할 수 있을 것으로 기대된다. 특히, 개발과 생물다양성 보존을 조화롭게 추진하기 위해서는 저감방안의 효과성을 고려하여 계획을 수립하고 이행하는 것이 필요하다. 더 나아가, 저감방안의 효과성 평가를 위한 모니터링과 연구가 지속적으로 이루어져야 하며, 이는 지속가능한 도시개발을 추진할 것으로 있을 것으로 사료된다.

## References

- Butchart, S. H. M, Walpole, M., Collen, B., Strien, A., Scharlemann, J. W, Almond, R. A, Baillie, J.M, Bomhard, B., Brown, C., Bruno, J., Carpenter, K., Carr, G., Chanson, J., Chenery, A., Csirke, J., Davidson, N., Dentener, F., Foster, M., Galli, A, Galloway, J., Genovesi, P., Gregory, R., Hockings, m., Kapos, V., Lamarque, J., Leverington, F., Loh, J., Mcgeoch, M., Mcrae, L., Minasyan, A., Morcillo., M. H., Oldfield, T. E., Pauly, D., Quader, S., Revenga, C., Sauer, J., Skolnik, B., Spear, D., Smith, D. S., Stuart, S. N., Symes, A., Tierney, M., Tyrrell, T.D., Vie, J. C., Watson, R. (2010). Global biodiversity: indicators

- of recent declines. *Science*, 328(5982), 1161-1164. <https://doi.org/10.1126/science.1186777>
- Drayson, K., & Thompson, S. (2013). Ecological mitigation measures in English Environmental Impact Assessment. *Journal of Environmental Management*, 119, 103-110. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2012.12.050>
- Drayson, K., Wood, G., & Thompson, S. (2017). An evaluation of ecological impact assessment procedural effectiveness over time. *Environmental Science and Policy*, 70, 54-66. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2017.01.003>
- Helen, J. B., Joanna R, T., William R, S., & Stewart, T. (2000). Road Developments in the UK : An Analysis of Ecological Assessment in Environmental Impact Statements Produced between 1993 and 1997. *Journal of Environmental Planning and Management*, 43(1), 71-97.
- Graham, L. J., Haines-Young, R. H., & Field, R. (2018). The incidence function model as a tool for landscape-scale ecological impact assessments. *Landscape and Urban Planning*, 170, 187-194. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2017.10.008>
- Hanski, I. (1994). A Practical Model of Metapopulation Dynamics. In *Source: Journal of Animal Ecology* (Vol. 63, Issue 1). <https://about.jstor.org/terms>
- Harker, K. J., Arnold, L., Sutherland, I. J., & Gergel, S. E. (2021). *Perspectives from landscape ecology can improve environmental impact assessment*. <https://doi.org/10.1139/facets>
- Hill, D., & Arnold, R. (2012). Building the evidence base for ecological impact assessment and mitigation. In *Journal of Applied Ecology* (Vol. 49, Issue 1, pp. 6-9). <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2011.02095.x>
- Khera, N., & Kumar, A. (2010). Inclusion of biodiversity in environmental impact assessments (EIA): A case study of selected EIA reports in India. *Impact Assessment and Project Appraisal*, 28(3), 189-200. <https://doi.org/10.3152/146155110X12772982841005>
- Kim, E. S., Mo, Y. W., Park, T. Y., Jeon, Y., Choi, J., & Lee, D. K. (2023). Analyzing the Impact of Species on Urban Development Using Meta Population Model. *J. Environ. Impact Assess*, 32(2), 61-71. <https://doi.org/10.14249/eia.2023.32.2.61>
- Lee, J.H., Kim, E.S., Mo, Y.W., Lee, D.K., & Author, F. (2022). Evaluating Implementation Rate of Wildlife Mitigation Measures in the Environmental Impact Assessment. *J. Environ. Impact Assess*, 31(6), 359-368. <https://doi.org/10.14249/eia.2022.31.6.359>
- Lee, S.W., Kim, J.G., Seo, J.K. (2018). A Study on the Issues and Improvement of the Existing Environmental Impact Assess-

- ment System-Evaluation in an operator Viewpoint-. *Journal of Environmental Science International*, 27(5), 281~289. <https://doi.org/10.5322/JESI.2018.27.5.281>
- Mandelik, Y., Dayan, T., & Feitelson, E. (2005). Planning for biodiversity: The role of ecological impact assessment. *Conservation Biology*, 19(4), 1254-1261. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2005.00079.x>
- Margalef, R. (1958) Information Theory in Ecology. *General Systems*, 3, 36-71.
- Morgan, R. K. (2012). Environmental impact assessment: The state of the art. In *Impact Assessment and Project Appraisal* (Vol. 30, Issue 1, pp. 5-14). <https://doi.org/10.1080/14615517.2012.661557>
- Naser, H., Bythell, J., & Thomason, J. (2008). Ecological assessment: An initial evaluation of the ecological input in environmental impact assessment reports in Bahrain. *Impact Assessment and Project Appraisal*, 26(3), 201-208. <https://doi.org/10.3152/146155108X333271>
- Samarakoon, M., & Rowan, J. S. (2008). A critical review of environmental impact statements in Sri Lanka with particular reference to ecological impact assessment. In *Environmental Management* (Vol. 41, Issue 3, pp. 441-460). <https://doi.org/10.1007/s00267-007-9039-5>
- Tarabon, S., Bergès, L., Dutoit, T., & Isselin-Nondedeu, F. (2019). Environmental impact assessment of development projects improved by merging species distribution and habitat connectivity modelling. *Journal of Environmental Management*, 241, 439-449. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.02.031>
- Tinker, L., Cobb, D., Bond, A., & Cashmore, M. (2005). Impact mitigation in environmental impact assessment: Paper promises or the basis of consent conditions? *Impact Assessment and Project Appraisal*, 23(4), 265-280. <https://doi.org/10.3152/147154605781765463>
- Wegner, A., Moore, S. A., & Bailey, J. (2005). Consideration of biodiversity in environmental impact assessment in Western Australia: Practitioner perceptions. *Environmental Impact Assessment Review*, 25(2), 143-162. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2004.03.003>
- Yi, Y. K., & Yi, P. I. (1997). Content Analysis of Mitigation Measures in Environment Impact Statement. *J. Environ. Impact Assess*, 6(2), 165-180.