

## 도시녹지네트워크 구축에서 연결요소를 활용한 도시공원의 생태적 연결 가능성 평가

김미리<sup>1)</sup> · 성현찬<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> 단국대학교 대학원 · <sup>2)</sup> 단국대학교 녹지조경학과

## Ecological Linkage Assessment of Urban Park by Using Connection Components in Establishment Green Network

Kim, Mi-Ri<sup>1)</sup> and Sung, Hyun-Chan<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Graduate School of Dankook University,

<sup>2)</sup> Dept. of Green & Landscape Architecture, Dankook University.

### ABSTRACT

We implemented ecological linkage assessment, through the connection components of the urban forests, rivers and parks, for the ecological connection of the urban parks which are standing out as the core of the urban green networks, so as to suggest basic data to compare, evaluate and improve urban green networks, as a basic study for the evaluation of the ecological connectabilities between the cities. For the ecological linkage assessment, we analyzed to see if the urban parks of Goyang, Ansan and Yongin, which are the subject cities, are actually ecologically connected with forests and rivers, using distance and roads, which are physical connection elements, in consideration of the mobility of the wild animals, and greening ratios and impervious pavement ratios, which are ecological connectabilities in consideration of the ecological values. The overall result of the ecological linkage assessment the physical connection elements and the ecological connection elements shows that the ecological green network ratio through direct connection states is 36.62% in Goyang, 42.55% in Ansan and 64.00% in Yongin, respectively, giving the ecological connectability ratio of less than half, with the average urban ecological green network ration of 47.72%. The comparison result of the ecological

---

**First author** : Kim, Mi-Ri, Graduate School of Dankook University,  
Tel : +82-41-529-6273, E-mail : loveangel@dankook.ac.kr

**Corresponding author** : Sung, Hyun-Chan, Dept. of Green & Landscape Architecture, Dankook University,  
Tel : +82-41-550-3632, E-mail : wona2000@dankook.ac.kr

**Received** : 26 November, 2014. **Revised** : 23 December, 2014. **Accepted** : 22 December, 2014.

connectabilities between the object cities employing the connection elements indicates that when you set up green networks, you should consider together the physical connection elements, such as the roads, which will lower the ecological connectabilities - rather than do it simply based on areas and distances - while the ecological connection elements with the forests and the streams should be reinforced, so that the ecological connectabilities of the urban parks may be enhanced.

Key Words : *Biodiversity, Fragmentation of wildlife habitats, Ecological connection distance, Effects of roads, Ecological green network ratio.*

## I. 서론

우리나라는 급격한 도시화의 진전과 각종 개발로 인하여 도시 내의 가용녹지가 현저히 감소하고 있으며(Park, 2006), 급격한 도시화에 따른 난개발과 무분별한 도시 확장과정에서 도시녹지는 양적측면의 감소뿐만 아니라 경관 생태적 질의 훼손도 가중되어왔다(Ryu et al., 2007). 특히 개발로 인한 녹지 파편화는 동·식물의 서식지의 감소를 야기했으며, 단절된 녹지는 종의 이동뿐만 아니라 물질의 흐름에 방해가 되었다(Kim, 2009).

도시녹지의 파편화 현상을 개선하기 위하여 단절된 녹지들 간의 연결은 녹지체계 확립을 위한 전략으로 주목받고 있다(Park, 2007). 그러나 도시에 산재한 공원이나 산림, 녹지대 등은 도로와 주거지 및 각종 건축물로 인해 고립화되고 분절화되어 생태적 안정성이 더욱 취약해지고 있으며(So, 2012), 현재 도시공원녹지는 기존의 산림과의 연계나 녹지네트워크의 개념보다는 단순히 도시계획시설로서만 개발되고 있다(Sung, 2006).

그 예로 인천광역시 지역의 산림은 남북의 S자 형태로 녹지축을 형성하고 있어 생물들의 주요 서식공간이 되고 있다. 그러나 남북 녹지축은 단절되고 훼손되어 생태계의 질을 떨어뜨렸으며 생물이동통로 단절로 인한 생물종 감소와 식물생육 쇠퇴 현상을 보이고 있다(Jo, 2001).

이러한 현황에 따라 녹지네트워크는 현재 이

론적인 연결에 불과하며, 도시공원 및 녹지 또한 도시녹지네트워크의 연결적 기능을 수행하지 못하고 있으므로 도시공원녹지를 통한 생태적 연결을 높일 수 있는 방안이 시급히 필요한 실정이다. 이에 따라 도시 내 녹지네트워크의 핵심으로 부각되고 있는 도시공원을 대상으로 연결요소를 활용한 생태적 연결 가능성 평가를 통하여, 도시 도시공원이 실제로 생태적으로 연결되는지 분석하고자 한다. 즉, 녹지네트워크에서 종 공급원의 역할을 하는 핵으로써의 산림·하천과 거점의 기능을 수행하는 도시공원을 대상으로 개념적 수준이 아닌 실제 물리적 연결요소를 통해 생태적 연결 가능성을 평가하고자 한다. 핵과 거점 사이공간이 생태적 측면에서 연결 통로로써 기능할 수 있는지를 정량적으로 파악할 수 있는 기준을 제시하고, 이를 서로 다른 도시에 적용해 봄으로써 도시녹지네트워크를 비교·평가하고 개선할 수 있는 기초자료를 제시하는 것이 본 연구의 궁극적인 목적이다.

## II. 연구범위 및 방법

### 1. 연구 범위

생물종의 서식처 및 유전자의 공급원인 산림·하천을 중심으로 도시공원의 연결 가능성 추세를 파악하고자, 경기도 31개 시·군을 대상으로 도시 면적 및 인구수, 도시 내 산림면적, 도시공원결정수 및 면적에 따라 도시면적 대비

전체조성완료 공원면적 비율, 1인당 전체 조성 완료공원면적, 산림면적율을 통하여 대상 도시를 선정하였다.

위의 기준을 고려하여 선정된 대상 도시는 고양시, 안산시, 용인시로, 총 3개 도시를 선정하였다. 고양시는 도시 내 공원면적 비율 1.86%, 1인당 공원면적 5.17m<sup>2</sup>이며, 산림면적율은 30~40%내, 안산시는 도시 내 공원면적 비율 3.29%, 1인당 공원면적 6.52m<sup>2</sup>이며, 산림면적율은 40~50%내, 용인시는 도시 내 공원면적 비율 6.56%, 1인당 공원면적 6.85m<sup>2</sup>이며, 산림면적율은 50~60%내에 해당된다. 선정된 3개 도시를 대상으로 실제 생태적 연결 가능성 평가가 가능한 도시공원을 선정하기 위하여, 경기도 도시공원 조성현황 총괄(2013)에 제시된 도시결정공원 중 입지 및 경계가 명확한 전체조성완료 도시공원을 대상지로 선정하였다.

## 2. 연구의 방법

### 1) 물리적 연결요소를 활용한 도시공원의 생태적 연결 가능성 평가

#### 가. 개념 설정

산림·하천과 도시공원의 생태적 연결 가능성을 파악하기 위하여 생물종의 이동성에 대한 기능적 측면을 고려하여 물리적 연결요소를 도출하고자 한다. 이에 Ministry of Environment (1995), いきものまちづくり研究會(1993) 등의 연구를 토대로 Figure 1과 같이 중소동물의 평균생활권은 300m 내외인 것으로 파악되었다.

또한 Cha(1999), Ministry of Environment (2007) 등은 핵심(거점)지역 간의 거리가 1km 이상 떨어진 경우는 연결이 곤란하다고 보았으며, Sung et al.(2014)은 소동물의 이동가능거리로 300m 이내는 직접 연결형, 조류·곤충 등의 이동가능거리 300m~1km 이내는 개념적 연결형, 생태적 연결이 불가능한 1km 초과는 고립형으로 유형을 구분하였다.

도로 또한 생물종의 이동성에 대한 생태적 연

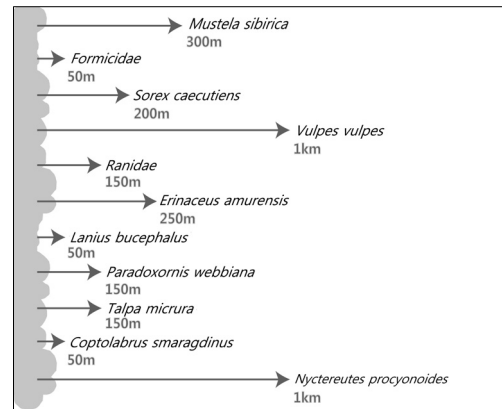


Figure 1. Living in the small and medium-sized animals from the forest.

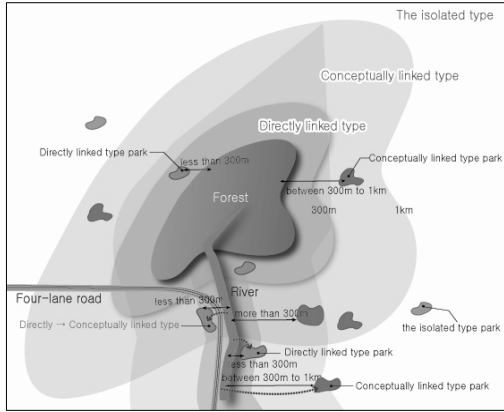
\* いきものまちづくり研究會, 1993. p.163.

Quotation and modification to researcher.

결 가능성에 영향을 미치는 요소로써, Park(2007)은 도로로부터 400m 이내의 산림에서 서식하는 모든 동물들은 도로의 영향을 받는다고 기술하였다. 또한 도로의 생태적 영향으로 Miriam Goosem(2001), Lee(2006) 등은 동물종에 따라 20m 이상, 4차선 이상의 도로는 횡단하지 않는다는 것을 발견하였다.

#### 나. 평가 방법

물리적 연결요소를 활용한 도시공원의 생태적 연결 가능성 평가를 위하여 산림·하천과 10,000m<sup>2</sup> 이상 도시공원의 연결 가능성 평가를 2단계에 걸쳐 수행하였다. 평가는 도면조사와 현장조사를 토대로 분석하였으며, 물리적 연결요소는 앞의 개념설정에서 제시된 선행연구에 따라 거리와 도로를 활용하여 실시하였다. 도시공원의 유형은 Figure 2와 같이 산림·하천으로부터 야생소동물의 이동이 가능한 300m 이내의 거리에 포함되는 ‘직접 연결형’, 300m~1km 이내의 거리에 포함되는 ‘개념적 연결형’, 1km 초과와 ‘고립형’도시공원을 1차적으로 구분하였으며, 300m 이내의 ‘직접 연결형’도시공원을 대상으로 4차선 이상의 도로가 존재할 경우 2차적으



**Figure 2.** Conceptual diagram of the ecological linkage for the urban park by using physical connection components.

로 ‘개념적 연결형’ 도시공원으로 구분하였다.

평가 방법으로 산림·하천 및 도시공원의 가장자리에서부터 가장 가까운 대상과 직선으로 연결하여 거리를 산출하였으며, QGIS 2.2, ARC MAP 10.1 프로그램을 활용하여 해당 범위에 포함된 도시공원을 파악하였다. 또한 도시공원과 산림·하천 사이를 가로지르는 4차선 이상의 도로 여부는 2013년 국토지리정보원 공간영상 위성지도 및 공개 API와 현지조사를 활용하여 파악하였다. 본 연구에서는 핵과 거점의 300m 이내에 해당되는 직접 연결형 도시공원은 생태적으로 가치가 있다고 판단하여 도시공원의 연결 가능성 평가결과 값에만 근거를 두었으며, 도시공원의 질이나 양에 대한 구체적인 분석은 제외하였다.

2) 생태적 연결요소를 활용한 도시공원의 생태적 연결 가능성 평가

가. 개념 설정

생태적 연결요소에 관한 연구로 Sagong et al. (2006)은 녹지 상호간 기질 특성 평가로 녹지율과 투수포장률을 연결 가능성 요소로 선정하였으며, Kim(2005)은 시가화지역의 생태적 가치 평가를 위한 항목으로 충고, 녹지율, 불투수포장

비율을 선정하였다. 또한 Choi et al.(2003), Park et al.(2006) 등은 도시지역 내 불투수포장면적비율로 인한 생태적 문제점을 도출하였다.

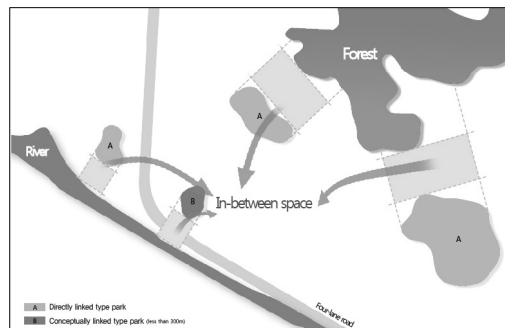
나. 평가 방법

직접 연결형 도시공원을 대상으로 녹지율, (불)투수포장률 등 생태적 연결요소를 활용하여 생태적 연결 가능성을 평가하였다. 물리적 연결 요소 평가 시 300m 이내에 위치해 있으나 4차선 이상의 도로로 인해 개념적 연결형으로 분류된 도시공원 또한 생태적 연결 가능성이 있다고 판단하여 평가를 동일하게 진행하였다.

평가대상공간으로 Sagong et al.(2006)의 선행연구에 따라 Figure 3과 같이 산림·하천과 도시공원의 사이 공간을 대상으로 평가를 진행하였으며, 사이 공간은 연결 대상 중 짧은 폭을 수직으로 유지하면서, 직선의 최단거리로 연장시켜 형성되는 공간으로 한정하였다.

생태적 연결요소를 활용한 생태적 연결 가능성 평가는 도면조사와 현장조사 2단계로 구분하여 분석하였다. 1단계로 도면조사는 산림·하천과 도시공원 사이 공간에 대하여 생태적 연결요소로 녹지율, 불투수포장률을 2013년 국토지리정보원 공간영상 위성지도 및 공개 API와 환경부 중분류토지피복지도를 통한 QGIS 2.2, AutoCAD 2009 프로그램을 활용하여 산출하였다.

평가 방법으로 Park et al.(2007), Sagong et al.



**Figure 3.** Ecological linkage valuation method of urban park.

(2006) 등의 연구를 토대로 식생에 의해 피복되어 있는 부분의 면적을 포함하여 녹지율을 산출하였으며, 불투수포장은 Chol et al.(2003), Sagong et al.(2006) 등의 연구를 토대로 불투수 여부를 분류기준에 따라 산출하였다. 또한 Kim et al.(2000), Hong et al.(2008)의 선행연구에 따라 녹지율 기준 30% 이상, Choi et al.(2003), Kim(2005)의 선행연구에 따라 불투수포장률 기준 25% 이하를 적용하여 해당 도시공원은 생태적 연결이 가능하다고 보았다.

2단계로 실제 생태적 연결이 가능한 지 여부를 파악하기 위하여 1단계 평가 결과에서 직접 연결형 도시공원 사이 공간의 녹지율과 불투수포장률이 모두 기준에 미치지 않거나, 개념적 연결형 도시공원 사이 공간의 녹지율과 불투수포장률 모두 기준을 만족하는 도시공원을 대상으로 위성지도 분석 및 현장조사를 통하여 연결 가능성을 분석하였다. 또한 위성지도 분석 시 개념적 연결형 도시공원 사이 공간에 육교형 생태통로가 존재하는 도시공원은 2단계 분석대상에 포함하였다. 2단계 평가방법으로는 위성지도를 통하여 해당 도시공원 사이 공간의 녹지 및 투수포장의 연속성을 파악한 후, 생태적 연결가능경로를 통해 소동물의 이동이 가능할 수 있는 여건인지 현장조사를 통해 생태적 연결 가능성을 파악하였다. 또한 개념적 연결형 도시공원 중 육교형 생태통로로 연결되는 경우, 식재 구조가 다층으로 이루어져 소동물의 이동이 가능한 지 여부를 파악하였다.

### 3) 대상도시 간 연결요소를 활용한 생태적 연결 가능성 평가 비교

도시별 연결요소를 활용한 생태적 연결 가능성 평가 결과를 근거로 도시 간 비교를 통하여 추후 녹지네트워크 구축 시 활용될 수 있는 방안을 제안하고자 하였다.

첫째, 물리적 연결요소 및 생태적 연결요소를 활용한 생태적 연결 가능성 평가 결과 비교를 통

하여 도시 간 생태적 연결 가능성을 분석하였다. 물리적 연결요소 평가 결과를 토대로 도시 간 산림·하천과의 생태적 연결 정도 및 도로에 따른 도시 간 생태적 연결 정도를 비교하였으며, 생태적 연결요소 평가 결과를 토대로 도시 간 녹지율, 불투수포장률 비교 및 재 분석과 현장조사 결과를 포함한 생태적 연결 정도를 비교하였다.

둘째, 도시 간 연결요소를 활용한 생태적 연결 가능성 평가 결과 비교를 통하여 도시별 연결 증가·감소 요인을 분석하였다. 물리적 연결요소 평가 결과를 토대로 도시 간 산림면적율, 도로에 따른 증가·감소 요인을 분석하였으며, 생태적 연결요소 평가 결과를 토대로 도시별 녹지율, 불투수포장률 및 현장조사 결과를 토대로 증가·감소 요인을 분석하였다.

마지막으로 생태적 연결 가능성 평가 결과 직접 연결형으로 도출된 도시공원 비율을 대상으로 도시별 생태적 녹지네트워크율을 도출하고, 연결요소를 활용한 생태적 연결 가능성 평가 결과를 토대로 추후 녹지네트워크 구축 시 활용할 수 있는 방안을 제안하였다.

## III. 연구 결과 및 고찰

### 1. 물리적 연결요소를 활용한 도시공원의 생태적 연결 가능성 평가 결과

물리적 연결요소인 1단계 거리, 2단계 도로를 활용한 총 2단계의 조사를 통한, 고양시의 평가 결과는 총 71개소 도시공원 중 직접 연결형 29개소, 개념적 연결형 39개소, 고립형 3개소로 나타났다. 직접 연결형 도시공원은 29개소인 40.84%로 1단계 거리 분석 결과인 47개소인 66.20%보다 25.36% 감소하였다. 개념적 연결형 도시공원은 산림·하천으로부터 300m 이내에 위치해 있으나 4차선 이상의 도로가 있어 직접 연결형에서 개념적 연결형으로 구분된 도시공원 18개소, 1단계 분석 결과에서 도출된 개념적 연결형 21개소를 포함하여 총 39

개소인 54.93%이며, 1단계 도로 분석 결과인 29.57%보다 25.36% 증가하였다. 고립형 도시공원은 1단계 결과와 동일한 3개소인 4.23%로 나타났다.

안산시의 평가 결과는 총 47개소 도시공원 중 직접 연결형 19개소, 개념적 연결형 28개소, 고립형은 없는 것으로 나타났다. 직접 연결형 도시공원은 19개소인 40.43%로 1단계 분석 결과인 87.23%보다 46.80% 감소하였다. 개념적 연결형 도시공원은 산림·하천으로부터 300m 이내에 위치해 있으나 4차선 이상의 도로가 있어 직접 연결형에서 개념적 연결형으로 구분된 도시공원 22개소, 1단계 분석 결과에서 도출된 개념적 연결형 6개소를 포함하여 총 28개소인 59.57%이며, 1단계 분석 결과인 12.77%보다 46.80% 증가하였다. 고립형 도시공원은 없는 것으로 나타났다.

용인시의 평가 결과는 총 75개소 도시공원 중 직접 연결형 45개소, 개념적 연결형 30개소, 고립형은 없는 것으로 나타났다. 직접 연결형 도시공원은 45개소인 60.00%로 1단계 분석 결과인 92.00%보다 32.00% 감소하였다. 개념적 연결형 도시공원은 산림·하천으로부터 300m 이내에 위치해 있으나 4차선 이상의 도로가 있어 직접 연결형에서 개념적 연결형으로 구분된 도시공원 24개소, 1단계 분석 결과에서 도출된 개념적 연결형 6개소를 포함하여 총 30개소인 40.00%이며, 1단계 분석 결과인 8.00%보다 32.00% 증가하였다. 고립형 도시공원은 없는 것으로 나타났다.

## 2. 생태적 연결요소를 활용한 도시공원의 생태적 연결 가능성 평가 결과

물리적 연결요소를 활용한 도시공원의 생태적 연결 가능성 평가 결과를 토대로 생태적 연결요소를 활용하여 1단계 녹지율, 불투수포장률의 도면조사 분석, 2단계 위성사진 분석 및 현장조사를 기준으로 총 2단계의 생태적 연결

가능성 평가를 진행한 결과는 다음과 같다.

고양시 총 71개소 도시공원 중 47개소 도시공원 사이 공간의 1단계 분석 결과로 직접 연결형 평가 대상 도시공원 29개소 중 녹지율과 불투수포장률 기준 모두를 만족하는 도시공원은 18개소인 62.07%로 나타났으며, 기준 모두를 만족하지 못하는 도시공원은 마상공원, 고양공원, 식사근린2공원, 농업체험공원 4개소로 분석되었다. 또한 개념적 연결형 평가 대상 도시공원 18개소 중 녹지율과 불투수포장률이 모두 기준을 만족하는 도시공원은 식골공원, 일산문화공원 2개소로 분석되어 총 6개소 도시공원을 대상으로 2단계 평가를 진행하였다.

2단계 분석 결과로 마상공원, 고양공원은 녹지대가 부족하고 식사근린2공원은 높은 담장이 있어 소동물의 이동이 불가능할 것으로 판단하였다. 농업체험공원은 거리상 가까워 생태적 연결이 가능하다고 판단하였다. 또한 식골공원 사이 공간은 이동통로가 조성되어 있지 않았고, 일산문화공원은 사이 공간에 위치한 도로변 가로수는 6차선 도로 사이에 중앙분리대 녹지대가 위치해 있으나 폭이 좁으며 단층 식생으로 실제 소동물의 이동은 불가능할 것으로 판단하였다. 따라서 마상공원, 고양공원, 식사근린2공원 3개소를 직접 연결형에서 개념적 연결형으로 변경하였다.

결과적으로, 총 71개소 도시공원 중 직접 연결형 26개소, 개념적 연결형 42개소, 고립형 3개소로 나타났다. 직접 연결형 도시공원은 26개소인 36.62%로 물리적 연결요소 결과인 29개소(40.84%)보다 4.22% 감소하였다. 개념적 연결형 도시공원은 42개소인 59.15%로 물리적 연결요소 결과인 39개소(54.93%)보다 4.22% 증가하였다. 고립형은 물리적 연결요소와 동일한 4.23%로 나타났다.

안산시는 총 47개소 도시공원 중 41개소 도시공원 사이 공간의 1단계 분석 결과로 직접 연결형 평가 대상 도시공원 19개소 중 녹지율과

불투수포장률 기준 모두를 만족하는 도시공원은 16개소인 84.21%로 나타났으며, 기준 모두를 만족하지 못하는 도시공원은 없는 것으로 분석되었다. 개념적 연결형 평가 대상 도시공원 22개소 중 녹지율과 불투수포장률 모두 기준을 만족하는 도시공원은 없었으나, 이 중 생태통로로 연결되어 있는 정지제1공원 1개소가 분석되어 총 1개소 도시공원을 대상으로 2단계 평가를 진행하였다.

2단계 분석 결과로 정지제1공원 생태통로의 식재구조는 다층구조이며, 녹지가 연속성을 가지고 있어 소동물의 이동이 가능할 것으로 판단하였다. 따라서 정지제1공원 1개소를 개념적 연결형에서 직접 연결형으로 변경하였다.

결과적으로, 총 47개소 도시공원 중 직접 연결형 20개소, 개념적 연결형 27개소, 고립형 0개소로 나타났다. 직접 연결형 도시공원은 20개소인 42.55%로 물리적 연결요소 결과인 19개소(40.43%)보다 2.12% 증가하였다. 개념적 연결형 도시공원은 27개소인 57.45%로 물리적 연결요소 결과인 28개소(59.57%)보다 2.12% 감소하였다. 고립형은 없는 것으로 나타났다.

용인시는 총 75개소 도시공원 중 69개소 도시공원 사이 공간의 1단계 분석 결과로 직접 연결형 평가 대상 도시공원 45개소 중 녹지율과 불투수포장률 기준 모두를 만족하는 도시공원은 38개소인 84.44%로 나타났으며, 기준 모두를 만족하지 못하는 도시공원은 없는 것으로 분석되었다. 또한 개념적 연결형 평가 대상 도시공원 24개소 중 녹지율과 불투수포장률 모두 기준을 만족하는 도시공원은 없었으나, 생태통로로 연결되어 있는 죽전제1공원, 영덕2근린공원, 영덕3근린공원 3개소가 분석되어 총 3개소 도시공원을 대상으로 2단계 평가를 진행하였다.

2단계 분석 결과로 죽전제1공원, 영덕2근린공원, 영덕3근린공원 생태통로의 식재구조가 다층구조로 구성되어 있었고 녹지가 연속성을 가지고 있어 소동물의 이동이 가능할 것으로 판

단하였다. 따라서 죽전제1공원, 영덕2근린공원, 영덕3근린공원 3개소를 개념적 연결형에서 직접 연결형으로 변경하였다.

결과적으로, 총 75개소 도시공원 중 직접 연결형 48개소, 개념적 연결형 27개소, 고립형 0개소로 나타났다. 직접 연결형 도시공원은 48개소인 64.00%로 물리적 연결요소 결과인 45개소(60.00%)보다 4.00% 증가하였다. 개념적 연결형 도시공원은 27개소인 36.00%로 물리적 연결요소 결과인 30개소(40.00%)보다 4.00% 감소하였다. 고립형은 없는 것으로 나타났다.

### 3. 대상도시 간 연결요소를 활용한 생태적 연결 가능성 평가 비교 결과

대상도시인 고양시, 안산시, 용인시 3개 도시 간 연결요소를 활용한 생태적 연결 가능성 평가 결과를 종합한 것은 Table 1과 같다. 물리적 연결요소 1단계 평가 결과로 직접 연결형의 생태적 연결율은 용인시 92.00% - 안산시 87.23% - 고양시 66.20%의 순이었으며, 이는 산림면적율의 순서와 동일한 결과로써 도시 내 산림이 많을수록 생태적 연결 가능성 또한 높은 것으로 나타났다. 그러나 2단계 평가 결과, 직접 연결형의 생태적 연결율은 용인시 60.00% - 고양시 40.84% - 안산시 40.43% 순으로 1단계와 차이가 있었다. 직접 연결형의 생태적 연결율 감소 폭은 안산시 46.80% - 용인시 32.00% - 고양시 25.36%로 '도로'에 의해 생태적 연결 가능성이 감소되고 있었다. 따라서 도시공원의 생태적 연결 가능성을 감소시키는 요인은 도시 내 산림·하천 주변에 위치한 '4차선 이상의 도로'이며, 생태적 연결 가능성을 높이기 위해서는 도로에 대한 단절을 최소화해야 할 것으로 판단된다.

생태적 연결요소 1단계 평가 결과인 물리적 연결요소 결과에서, 직접 연결형으로 도출된 도시공원 중 생태적 연결요소인 녹지율, 불투수포장

**Table 1.** Comprehensive evaluation result of the ecological linkage for the urban park by using connection components.

City	Category	Physical Connection Components				Note	Physical+Ecological Connection Components		Note
		Stage 1(Distance)		Stage 2(Distance+Road)			Park (Site)	Connec-tion rate (%)	
		Park (Site)	Connec-tion rate (%)	Park (Site)	Connec-tion rate (%)				
Goyang-si	Directly linked	47	66.20	29	40.84	-25.36%	26	36.62	-4.22%
	Conceptually linked	21	29.57	39	54.93	+25.36%	42	59.15	+4.22%
	The isolated type	3	4.23	3	4.23	-	3	4.23	-
	Total	71	100.00	71	100.00	-	71	100.00	-
Ansan-si	Directly linked	41	87.23	19	40.43	-46.80%	20	42.55	+2.12%
	Conceptually linked	6	12.77	28	59.57	+46.80%	27	57.45	-2.12%
	The isolated type	0	0.00	0	0.00	-	0	0.00	-
	Total	47	100.00	47	100.00	-	47	100.00	-
Yongin-si	Directly linked	69	92.00	45	60.00	-32.00%	48	64.00	+4.00%
	Conceptually linked	6	8.00	30	40.00	+32.00%	27	36.00	-4.00%
	The isolated type	0	0.00	0	0.00	-	0	0.00	-
	Total	75	100.00	75	100.00	-	75	100.00	-

를 모두를 만족하는 도시공원은 고양시 62.07% - 안산시 84.21% - 용인시 80.85%로 나타나 생태적 연결성은 부족한 것으로 나타났다. 따라서 거리, 도로 등 물리적 연결요소 뿐만 아니라 녹지율, (불)투수포장률과 같은 생태적 연결요소를 통하여 실제 생태적 연결 가능성을 높여야 하며, 도시공원 내부의 생태적 양·질의 향상뿐만 아니라 대상 녹지와와의 사이 공간에 생태적 연결을 강화해야 할 것이다.

생태적 연결요소 2단계 평가 결과로 직접 연결형을 통한 생태적 연결율은 용인시 64.00% - 안산시 42.55% - 고양시 36.62% 순이었다. 도시 내 비교 도시공원의 수는 용인시 75개소 - 안산시 47개소 - 고양시 71개소로 안산시는 도시공원의 수가 적으나 생태적 연결율이 높게 나타났으며, 고양시는 도시공원의 수가 많으나 생태적 연결율이 낮게 나타났다. 이에 따라 도시 내 조성된 도시공원의 양이 많더라도 생태적 연결 가

능성이 높게 도출되지 않는 것으로 나타났다. 따라서 도시공원의 양을 증가시키는 것보다 현재 조성되어 있는 도시공원의 생태적 연결 가능성을 향상시키는 것이 중요한 것으로 판단된다.

도시 간 비교를 통해 도시별 생태적 연결 가능성 증가·감소 요인을 분석한 결과, 고양시는 도시 내 산림면적이 적어 물리적 연결요소 1단계 평가에서 고립형 근린공원이 분석되었다. 따라서 도시 내에서 고립화된 점적인 도시공원을 산림·하천과 연계할 수 있는 도시 내 녹지네트워크의 구축기법이 도입되어야 할 것이다. 그러나 물리적 연결요소 2단계 평가 결과, 산림·하천 주변에 2차선 도로가 대부분이 분포하고 있어 도로에 따른 생태적 연결율이 다른 도시에 비해 적은 비율로 감소하였다. 이에 따라 산림·하천과 도시공원 사이에 시가지가 위치하는 경우가 많아, 계획 시 생태적 연결 가능성을 높일 수 있도록 생태통로를 병행하거나, 되도록 차로수



를 줄이도록 설계하여 도시공원이 산림·하천과 생태적 연결이 가능하도록 해야 할 것이다.

고양시 생태적 연결요소 1단계 평가에서 직접 연결형 근린공원 사이 공간의 녹지율, 불투수면적율 모두 기준을 만족하지 못하는 도시공원 4개소가 분석되었으며 생태적 연결요소 2단계 평가 결과 가장 낮은 생태적 연결율이 도출되었다. 이는 도시공원 사이 공간의 녹지와 투수면적이 적으며, 사이 공간 내 주거지, 교육시설의 녹지대가 양적·질적으로 부족하여 생태적 연결이 불가능하였다. 따라서 도시 내 우수침투형 화단 등 투수성 녹지와 투수성 포장의 확대가 필요하다.

또한 2단계 평가 결과 개념적 연결형 도시공원으로 분류되었으나, 4차선 이상의 도로 중앙분리대에 녹화가 되어 있어 추후 비오톱의 기능을 할 수 있을 시에 생태적 연결이 가능한 도시공원이 존재하였다. 이에 따라 개념적 연결형 도시공원의 경우, 도로중앙분리대 녹화에 따른 생태적 연결 가능성을 향상시킬 수 있는 노력이 필요하다. 또한 도시 내 녹화에서 소동물이나 곤충의 생태적 서식처가 가능하도록 도로변 완충녹지대 및 가로수, 중앙분리대 녹지의 다층식재 및 입체적 식재기법이 필요하다.

고양시의 경우, 물리적 연결요소 평가 결과 직접 연결형 도시공원으로 구분되었으나 생태적 연결요소 평가 결과 개념적 연결형 도시공원으로 구분된 어린이공원 1개소는, 법적 유치거리 기준인 250m이하를 고려하였을 때 생태적 거점역할로서 가치가 매우 높은 도시공원이다. 따라서 해당 어린이공원의 생태적 연결 가능성을 향상시킨다면 주변 도시공원과의 연결 가능성이 높아지므로, 추후 공원 내 생태적 질을 향상시킬 뿐만 아니라 사이공간의 생태적 질 또한 향상시키는 조성기법의 적용이 필요할 것이다.

안산시는 산림면적이 보통 수준이나 도시 내 도로가 격자형으로 형성되어 있으며, 산림·하천과 도시공원 사이에 4차선 이상의 도로가 있

어 물리적 연결요소 2단계 평가 시 생태적 연결율은 1단계 평가 결과보다 절반 이상이 감소하였다. 이는 4차선 이상의 도로가 산림·하천 주변을 대부분 둘러싸고 있어 도시공원의 생태적 연결을 저하시키는 요인으로 나타났다.

또한 생태적 연결요소 1단계 평가에서 직접 연결형 도시공원 사이 공간의 녹지율과 불투수면적율 기준 모두를 만족하지 못하는 도시공원은 없었으며, 개념적 연결형 도시공원 중 생태통로를 통한 생태적 연결이 가능한 도시공원이 1개소가 분석되어 물리적 연결요소 결과에 비해 생태적 연결요소 평가 결과가 증가하였다. 그러나 생태적 연결요소 1단계 평가에서 개념적 연결형 도시공원 사이 공간의 녹지율과 불투수면적율 기준 모두를 만족하는 도시공원은 없었으므로 도로로 인한 단절을 보이는 도시공원은 생태적 연결요소를 활용한 생태적으로 연결 가능성이 낮은 것으로 도출되었다.

용인시의 경우 물리적 연결요소 평가뿐만 아니라 생태적 연결요소 평가 결과 모두 가장 높았다. 물리적 연결요소 평가 결과가 높게 도출된 요인으로는 도시 내 산림이 많이 분포해 있어, 도시 내부에서 산림과 쉽게 접촉이 가능하였다. 이에 따라 도시 내부의 산림과 도시공원의 연계가 가능하도록 도시 내부의 잔존산림 중 도시 내부 깊숙이 들어온 켄기형 녹지를 최대한 보전해야 할 것이다.

또한 생태적 연결요소 1단계 평가에서 직접 연결형 도시공원 사이 공간의 녹지율, 불투수면적율 기준 모두를 만족하지 못하는 도시공원은 없었으며, 개념적 연결형 도시공원 중 생태통로를 통한 생태적 연결이 가능한 도시공원이 3개소가 분석되어 물리적 연결요소 결과에 비해 생태적 연결요소 평가 결과가 증가하였다. 그러나 생태적 연결요소 1단계 결과에서 개념적 연결형 도시공원 사이 공간의 녹지율과 불투수면적율 기준 모두를 만족하는 도시공원은 없었으므로 도로로 인한 단절을 보이는 도시공원은 생태

적 연결요소를 활용한 생태적으로 연결 가능성이 낮은 것으로 도출되었다.

고양시, 안산시, 용인시의 물리적 연결요소와 생태적 연결요소를 활용한 생태적 녹지네트워크율을 도출한 결과, 고양시의 직접 연결형을 통한 생태적 녹지네트워크율은 36.62%, 안산시는 42.55%로 도시공원의 생태적 연결 가능성이 중간이하 수준의 낮은 것으로 분석되었다. 용인시 생태적 녹지네트워크율은 64.00%로 도시공원의 생태적 연결 가능성이 3/5으로 매우 높은 수치를 보이는 것으로 나타났다.

이에 따라 사례 도시 내 평균 생태적 녹지네트워크율은 47.72%로 절반에도 못 미치는 생태적 연결 가능성을 보이고 있는 것으로 분석되었다. 즉, 도시 내 조성되어 있는 도시공원은 생태적으로 연결되어 있는 것처럼 보이지만 실제로는 절반 이상의 도시공원이 점적으로 고립되어 있었다. 따라서 도시녹지네트워크의 실제 생태적 연결 가능성을 높이기 위해서는 도시 내 면적요소인 도시공원의 생태적 연결을 높일 수 있도록 산림·하천과의 연결성을 강화해야 한다.

대상도시의 연결요소를 활용한 생태적 연결 가능성 평가를 종합한 결과, 도시 내 생태적인 녹지네트워크를 위하여 생태적 연결 가능성을 높이기 위해서는 Figure 4와 같이 산림·하천 주변에서는 폭이 좁은 도로를 설계하여 도시공원까지 소동물의 이동이 가능하도록 생태적 연

결을 높여야 할 것이며, 산림·하천과 도시공원 사이에 4차선 이상의 도로가 존재할 경우 소동물이 이동할 수 있는 도로 내 중앙분리대 녹지대, 생태통로 등의 이동통로를 조성하여 연결 가능성을 높여야 할 것이다.

#### IV. 결 론

본 연구는 도시 내 녹지네트워크의 핵심으로 부각되고 있는 도시공원의 생태적 연결을 위해 고양시, 안산시, 용인시 3개 도시 내 산림·하천과 도시공원을 대상으로 생태적 연결 가능성 평가를 실시하였다. 생태적 연결 가능성 평가로써 야생동물의 이동성을 고려한 물리적 연결요소인 거리, 도로와 생태적 가치를 고려한 생태적 연결요소인 녹지율, 불투수포장율을 활용하여 도시공원이 산림·하천과 실제 생태적으로 연결되고 있는지 분석하였다.

본 연구결과를 요약하면 첫째, 물리적 연결요소를 활용한 생태적 연결 가능성 평가로 1단계 거리를 기준으로 분석한 결과, 고양시 총 71개소 도시공원 중 47개소인 66.20%, 안산시 총 47개소 도시공원 중 41개소인 87.23%, 용인시 총 75개소 도시공원 중 69개소인 92.00%가 생태적 연결이 가능한 직접 연결형 도시공원으로 도출되었다. 이에 따라 산림면적율이 높은 도시일수록 도시공원의 생태적 연결 가능성이 높으며, 시가지 내 산림·하천 유입률이 많을수록 생태적 연결 가능성이 높게 나타났다.

둘째, 물리적 연결요소를 활용한 생태적 연결 가능성 평가로 2단계 도로를 포함하여 분석한 결과, 고양시 총 71개소 도시공원 중 29개소인 40.84%, 안산시 총 47개소 도시공원 중 19개소인 40.43%, 용인시 총 75개소 도시공원 중 45개소인 60.00%가 생태적 연결이 가능한 직접 연결형 도시공원으로 도출되었다. 따라서 도시 내 산림·하천 주변에 위치한 도로가 생태적 연결 가능성을 감소시키는 요인으로 분석되었다.

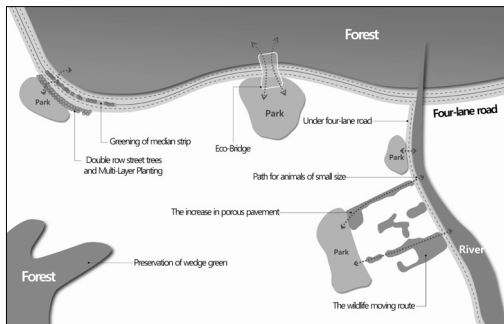


Figure 4. The development plan for improving ecological linkage in cities.

셋째, 물리적 연결요소 결과를 토대로 생태적 연결요소를 활용한 생태적 연결 가능성 평가로 1단계 녹지율과 불투수포장률을 분석한 결과, 직접 연결형 도시공원 중 녹지율과 불투수포장률 모두 기준을 만족하는 도시공원은 고양시 직접 연결형 29개소 중 18개소인 62.07%, 안산시 직접 연결형 19개소 중 16개소인 84.21%, 용인시 직접 연결형 45개소 중 38개소인 80.85%로 도출되었다. 이에 따라 녹지네트워크 설정 시 거리, 도로 등의 물리적 연결요소 뿐만 아니라 생태적 연결요소를 통하여 실제 생태적 연결 가능성을 높여야 하며, 도시공원의 생태적 양·질만 평가하여 녹지네트워크를 설정하는 것보다 대상 녹지와와의 사이 공간에 생태적 연결요소를 강화하여 녹지네트워크를 구축할 것을 제안하였다.

넷째, 물리적 연결요소 결과를 토대로 생태적 연결요소를 활용한 생태적 연결 가능성 평가로 2단계 위성사진 분석 및 현장조사를 포함하여 분석한 결과, 산림·하천과 도시공원 사이 공간은 소동물의 이동통로의 역할을 하므로 생태적 연결 가능성을 높이기 위한 방안으로 잔존산림 중 켜기형 녹지 보전, 도로 내 중앙분리대 녹지대 또는 생태통로 조성, 투수성 녹지와 투수성 포장의 확대 및 연속성을 통한 생태적 연결가능 경로 마련, 가로수 2열식재와 하부식재를 통한 다층구조 형성, 소동물의 이동이 가능한 웅스 또는 이동통로 마련 등을 제시하였다.

다섯째, 물리적 연결요소와 생태적 연결요소를 활용한 생태적 연결 가능성 평가 종합 결과로 직접 연결형을 통한 생태적 녹지네트워크율은 고양시 36.62%, 안산시 42.55%, 용인시 64.00%로 도출되었다. 이에 따라 도시 내 생태적 녹지네트워크율은 평균 47.72%로 절반에도 못 미치는 생태적 연결 가능성을 보이고 있는 것으로 분석되었다.

여섯째, 대상도시 간 연결요소를 활용한 생태적 연결 가능성 평가를 비교한 결과, 녹지네트워크 설정 시 단순히 면적, 거리를 기준으로 설정

하는 것이 아닌 도로와 같은 생태적 연결을 저하시키는 물리적 연결요소를 같이 고려하여 평가할 것을 제안하였다. 또한 도시녹지네트워크의 실제 생태적 연결 가능성을 높이기 위해서 도시 내 면적 요소인 도시공원의 생태적 연결을 높일 수 있도록 생태적 연결요소를 통한 산림·하천과의 연결성을 강화할 것을 제안하였다.

따라서, 본 연구는 도시 간의 생태적 연결 가능성 평가 기초 연구로써 도시녹지네트워크를 비교·평가하고 개선할 수 있는 기초자료를 제시하는데 의의가 있다.

## References

- Cha SY. 1999. The development of green network plan using bird habitat evaluation model: a case study of Seoul, Korea. Master's Thesis, Seoul National University. (in Korean with English summary)
- Cho W. 2001. conservation and restoration of Green Corridors in Incheon. Incheon Development Institute.
- Choi JY and Jang SH. 2003. The Development of Imperviousness Index for Effective Watershed Management I. Korea Environment Institute.
- Gyeonggi Province, 2013. The Present Situation of Urban Park in Gyeonggi-do.
- Hong SH and Lee KJ. 2008. A Study on the Criteria for Demarcating Ecological Types of Urban Areas by the Affection of Ecosystems -Case Study in Gangdong-Gu, Seoul-. Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture. 36(2), pp. 24-31.
- Park KN. 2006. A study on the improvement of the urban's open space policy. Master's Thesis, Korea National Open University. (in Korean with English summary)

- Kim HS · Park GS · Pyun HS and An GY. 2000. Seoul Biotope Survey for the application in urban planning of urban ecology concept and guideline of ecological polis. Korea Institute Of Construction Technology.
- Kim JH. 2005. Ecological land use planning considering the characteristic of urban ecosystem: A case study of Hanam, Kyeonggi province. Doctor's Thesis, The University of Seoul. (in Korean with English summary)
- Kim KD. Establishing an Urban Eco-network System based upon the Landscape Ecology. Master's Thesis, Hanyang University. (in Korean with English summary)
- Lee YW. 2006. A Study on Change of Green Space Arrangement and Planting Structure of Apartment Complexes in Seoul. Master's Thesis, The University of Seoul. (in Korean with English summary)
- Ministry of Environment. 1995. National Green Network initiative. (in Korean)
- Ministry of Environment. 2007. Development of guidelines for building the Urban ecological axis. (in Korean)
- Miriam Goosem. 2001. Effects of tropical rainforest roads on small mammals: inhibition of crossing movements. *Wildlife Research*. 28(4), p. 351-364.
- Park EJ · Kang GI · Lee HJ and Jwa SH. 2007. Improving the Function of Urban Green Space for Stormwater Management. Gyeonggi Research Institute.
- Park EJ · Seo JY and Kang GI. 2007. Expansion and Ecological Management of Green Spaces through Improving Impervious Surfaces in Urban Areas. Gyeonggi Research Institute.
- Park SS. 2007. Decrease Scheme for Wildlife Road-kill on Highway: Practical Using with Alternative Corridor. Master's Thesis, Chonbuk University. (in Korean with English summary)
- Piao, X. C. 2007. Research on the Method of Green Network to Establish the Green Area Connector-The Case Study of Firstly-developed 5 Newtowns in the Metropolitan Area-. Master's Thesis, Seoul National University. (in Korean with English summary)
- Ryu YS · Lee HT and Ra JW. 2007. The Landscape Ecological Proposal of an Urban Park by Analysis of Its Connection, Circulation, and Isolation. *The Journal of Korea Society of Environment Restoration Technology*. 10(6), pp. 15-32.
- Sagong JH and Ra JH. 2006. Analysis of Connectivity and Characters between Green Spaces for Introducing Green-Networks. *Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture*. 34(4), pp. 18-36.
- So BY. 2012. The study on network planning of severed green corridor for wildbirds' migration in Dobong-gu, Seoul: in case of Ssangmun park to Choansan park. Master's Thesis, The University of Seoul. (in Korean with English summary)
- Sung HC. 2006. Study of construction measures green network from the municipality. Gyeonggi Green & Agriculture Foundation. Urban forest coordinator training course seminar. (in Korean with English summary)
- Sung HC · Kim MR · Hwang SY and Kim SR. 2014. A Basic Study on Connectivity of Urban Parks for the Urban Ecological Network Establishment. *The Journal of Korea Society of Environment Restoration Technology*. 17(2), pp. 125-136.
- いきものまちづくり・研究会. 1993. *エコロジカルデザイン*・株式会社 ぎょうせい, p.163.