

## 환경친화적인 도시공원녹지계획 연구

- 생물서식처 연결성 향상을 위한 서울시 녹지조성 방안을 중심으로 -

안동만\* · 김명수\*\*

\*서울대학교 조경학과 교수 · \*\* 서울대학교 조경학과 연구원

## Environment Friendly Urban Open Space Planning - Enhancing the Connectivity of Habitats in Seoul, Korea -

Ahn, Tong Mahn\* · Kim, Myoung Soo\*\*

\* Dept. of Landscape Architecture, Seoul National University

\*\* Researcher in Dept. of Landscape Architecture, Seoul National University

### ABSTRACT

Connectivity is a quantitative indicator of landscape structure, and connectivity of urban green areas is an indicator of ecological integrity in urban landscapes. The purposes of this study are to assess the connectivity of urban green areas in Seoul, and to develop a method of siting new green areas for better connectivity.

Diverse methods for connectivity assessment and indices of connectivity are reviewed and applied to the connectivity assessment of green areas in Seoul.

The indices of connectivity of green areas in Seoul turned out to be higher than expected, maybe because many of them are rather evenly distributed, serving as stepping stones, and because there are many riparian corridors, including the Han River.

Analysis also shows the optimum location of new green space patches or corridors will be those spots that would link the mainland, or large green areas outside the city, and existing green areas in the city. Restoration of urban streams as ecological corridors will significantly enhance connectivity. Three different scenarios with increasing numbers of new green areas in the city were then prepared.

The changes of connectivity were measured and the possible success rates of animal dispersal were simulated. The results revealed that restoration of streams will increase the connectivity and success rates of animal dispersal.

*Key Words : Landscape Ecology, Urban Green Space, Connectivity( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  index, dispersion, isolation) Patch, Corridor.*

## I. 서론

경관은 인간의 토이이용 등 간섭에 의해 변화한다. 특히, 대도시는 토지이용 강도가 높고, 여러 가지 개발 행위로 인한 교란이 집중적으로 일어난다.

도시의 형성과 확대는 자연 서식처를 파편화(fragmentation)시키고 패취(patch)의 구조를 변화시킨다. 즉 패취 규모의 감소, 형태의 변화, 패취 간의 격리화를 가져오고, 이는 다시 패취 내 종 다양성의 감소를 가져와 중국에는 국지적인종의 멸종을 가져온다. 특히, 도시는 교란의 형태, 빈도, 강도가 강하여 파편화, 이질성, 패취 구조의 변화가 빠른 곳이다. 따라서 인공적인 바탕(matrix) 내에 존재하는 도시 내 녹지에 대한 적절한 관리가 이루어지지 않으면, 자연 서식처 파편화가 가속화되고 도시 내 서식처간 연결성이 감소하여 종의 공급원(source)인 도시 주변의 대규모 서식처(mainland)와 연결이 단절되어 생물 이입이 감소하고, 결국 도시 내 생물다양성도 감소할 것이다(김명수, 2001).

도시화로 인한 도시내 자연 서식처 파편화와 격리화는 패취 간 종의 이동을 방해한다. 이는 패취 내에 서식하는 개체수 감소를 가져와 최소 존속개체군(Minimum Viable Population : MVP) 이하로 개체수가 감소하면, 결국 도시 내 생물종 감소로 귀결될 것이다.

현재 도시 내 녹지는 건폐지로 둘러싸인 잔여 패취(remnant patch)가 산재(散在)한 형태를 보이고 있다. 이러한 패취들은 도시 내 생물서식공간으로서 중요한 기능을 수행한다. 패취 면적, 형태, 연결성, 분산도, 통로(corridor) 길이와 분포 등 경관구조는 생물서식 및 다양성과 깊은 관련을 갖고 있다. 따라서 경관구조에 대한 평가, 특히 연결성에 대한 평가와 증대방안의 제

시는 중요한 연구과제이다.

도시 내 녹지의 양뿐만 아니라 녹지의 유기적인 연결에 의한 생물이동 증진이 필요하지만, 우리나라에서는 1인당 공원녹지 면적 등 절대량과 유치거리에 의한 배치기준으로 공원녹지계획을 수립하고 있으며, 경관 생태학적 접근에 의해 연결성을 고려한 연구와 계획은 부족한 실정이다.

본 연구의 목적은 경관구조 중 도시녹지의 연결성 평가방법을 제시하고, 과거 여러 연구에서 개념적으로 정의한 연결성을 서울시에 적용함으로써, 연결성 증대를 위한 녹지 및 통로의 입지선정 방법을 제시하는 것이다. 구체적인 연구목적은 다음과 같다.

- 경관생태학적 접근을 통한 연결성 평가방법 제시
- 평가방법을 서울시에 적용하여 서울시 녹지의 생태적 연결성 평가
- 녹지조성 모의상황을 작성하고 연결성 및 동물 이동성공율에 미치는 영향을 파악하여 연결성 증진을 위한 녹지조성 방안 제시

## II. 기존 연구의 검토

파편화는 자연 서식처 패취의 평균 크기를 감소시키고, 패취 간의 거리를 증대시키며, 주변부 면적에 대한 내부 면적의 비율을 줄이고, 바탕(matrix)의 부정적인 영향을 증대시킨다(Pickett and White, 1985; 김명수, 2001).

파편화와 관련하여 가장 심각한 문제는 과도한 주변부 생성이다. 연속된 산림이 도로, 철도, 송전선 등 시설물 설치, 도시개발 등에 의해 단절된다. 서식처 단절은 이전과는 다른 자연적이지 못한 주변부를 만든다.

또한 주연부 길이가 길어져 환경적으로 부정적인 영향<sup>1)</sup>을 받게 된다. 일반적으로, 파편화가 임계점에 도달할 때까지는 개체군 크기가 서식처 손실과 비례해서 감소한다(Andren, 1994). 대부분의 기존 연구는 패취면적과 개체군 크기에 초점을 맞추고 있다(Fahrig and Merriam, 1985; Dooley and Bowers, 1998).

파편화된 서식처를 연결하기 위해 일반적으로 패취 사이의 최단거리를 생태통로 위치로 선정하지만, Gustafson과 Gardner(1996)이 제안한 동물개체 이동 모의 실험 방법, 원격측정을 이용한 이동패턴 조사<sup>2)</sup>, 도로상의 동물 사체 빈도 조사, 지형도로부터 단절된 서식처를 찾는 방법 등이 사용되고 있다.

서식처 연결성을 위한 생태통로는 메타개체군 이론에 근거하고 있으며, 연결성 증대는 이동증진에 기여하고 파편화에 의한 서식처 격리를 완화한다(Bowne et al., 1999; Brooker et al., 1999).

통로에 의한 생물이동 증진의 이론적 근거는 섬생물 지리학과 메타개체군 이론이다(Hess and Fisher, 2001). 도시 내 녹지를 이동에 장애가 되는 바탕(matrix)으로 둘러싸인 서식처 섬으로 상정하고 이러한 섬들 사이에 통로나 징검다리 녹지를 조성함으로써 이동과 이입률을 증대하여 녹지 내 종 수를 증대할 수 있다는 것이다.

Hawkins와 Selman(1994)는 영국 서부 Swidon시 주변 산림에 대한  $\alpha$   $v$ 지수를 계산하고, 가장 적합한 통로의 입지에 대한 시나리오를 제시하였다.

패취 간의 동물이동에 통로가 미치는 영향을 예측한 연구로, Haddad(1999)의 3종의 나비에 대한 연구, With et al.(1999)의 메뚜기(*Acheta domestica*)에 대해 연구가 있다. Jaarsma와 Willems(2002)는 파편화된 농촌경관에서 생물이동 증진을 위한 도로노선 변경안을 제안했다.

도시 내 녹지와 도시 주변경관의 연결은 도시내 생물다양성을 위해 중요하며, 도시 주변 증공급처(source)와 연결되지 못한 도시녹지의 종은 소멸되어 갈 것이다. Pirnat(2000)는 위성 영상을 이용해 도로건설로 단절된 도시 내 서식처와 도시 주변 경관을 연결하는 통로 위치를 제안하였다.

지금까지 연구들은 개념적 연구, 소규모 스케일에서의 연구(김명수와 안동만, 1996)라는 한계점을 가지고

있다. 본 연구는 기존 연구의 이러한 한계를 극복하고 실제 대도시에 다양한 연결성 지수를 적용, 비교한데 의의가 있다.

### III. 연구의 범위 및 방법

#### 1. 연구의 범위

본 연구는 서울시를 대상으로 녹지 연결성과 분산도를 평가하고 연결성 증대방안을 제시하였다. 서울시를 선정한 이유는 개발에 따른 녹지 파편화가 심하며, 또한 도시환경의 질이 계속 악화되고 있고, 생물 다양성의 감소도 빠르게 일어나고 있어서 경관생태학적 녹지 계획이 시급한 실정이기 때문이다.

분석대상 녹지<sup>3)</sup>는 공원과 녹지뿐만 아니라 하천과 하천 주변의 식생 등 생물서식공간이 될 수 있는 공간은 모두 포함했다. 여기에는 도시공원법상의 공원과 녹지, 자연공원법상의 국립, 도립, 군립공원, 하천 및 하천변 식생, 습지, 유수지 및 농경지, 학교 같은 공공시설 부대 녹지 등을 포함한다. 이 중에서 생물서식공간으로 의미가 있는 면적(面的)인 요소는 10,000㎡ 이상<sup>4)</sup>의 패취, 선적(線的)인 요소는 폭 30m 이상<sup>5)</sup>의 통로를 분석 대상으로 했다.

#### 2. 연구방법

서식처 파편화는 서식처 손실이라는 직접적 영향과 격리화에 따른 패취간 생물이동을 감소시키는 간접적인 영향으로 나타난다. 특히, 파편화 과정에서 발생하는 잔여 패취는 다른 서식처와 격리되고, 격리는 면적 감소에 의한 종의 감소를 가속화시킨다. 서식처 파편화에 의한 이동의 장애를 정량화하기 위해 경관생태학자들은 연결성 개념을 도입했다(Schumaker, 1996; Forman and Godron, 1986; Forman, 1995). 본 연구에서 사용한 연결성 지수 각각의 계산식을 요약하면 표 1과 같다.

$\alpha$ ,  $v$ 지수에서 패취의 수는 서울시에 존재하는 전체 산림패취의 수가 아니라, 통로로 연결된 패취의 수를 사용하였다.

표 1. 연결성 관련 지수

지수명	계산식	특징 및 장단점
지수	$\alpha = \frac{(L-V+1)}{(2V-5)}$ L = 연결된 링크 수 V = 통로로 연결된 패취 수	· 이동통로의 단선 평가 · 통로의 길이는 무시
지수	$\gamma = \frac{L}{L_{max}} = \frac{L}{3(V-2)}$ L = 연결된 링크 수 L <sub>max</sub> = 연결가능한 최대 링크 수 V = 패취의 수	· 이동시 대안적 통로에 대한 평가 · 통로의 길이는 무시
지수	$\beta = \frac{L}{N}$ L = 통로의 수 N = 결절점의 수	· 패취와 통로의 비율
연결된 통로 길이	$L = \sum d_{ij}$ L = 연결된 통로의 길이 n = 고려된 패취의 수 d <sub>ij</sub> = 패취 i와 인접 패취 j를 연결하는 통로의 길이	· 전체 통로의 길이 평가
연결성	$CCF = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \frac{A_i \times A_j}{P_{ij}}}{N}$ A <sub>i</sub> = 패취 i의 면적 A <sub>j</sub> = 패취 j의 면적 P <sub>ij</sub> = 가장 가까운 패취간 거리(패취 무게중심간 거리) N = 패취의 수	· 패취면적에 가중치 부여 · 두 패취간 거리의 제곱에 반비례 · 패취 중심간 거리 측정
연결성	$CCI = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \frac{A_i \times A_j}{P_{ij}}}{N}$ A <sub>i</sub> = 패취 i의 면적 A <sub>j</sub> = 패취 j의 면적 P <sub>ij</sub> = 가장 가까운 패취간의 거리(가장 가까운 주변부간의 거리) N = 패취의 수	· 패취면적에 가중치 부여 · 두 패취간 거리의 제곱에 반비례 · 패취 주변부간 거리 측정
분산도	$R_c = \left(\frac{\lambda}{2}\right) \frac{\sum d_c \times (A_i + A_j)}{N}$ R <sub>c</sub> = 분산도 d <sub>c</sub> = 최단거리에 있는 패취까지의 거리 λ = 패취의 밀도 A <sub>i</sub> = i 번째 패취의 면적 A <sub>j</sub> = j 번째 패취의 면적 N = 패취의 수	· 패취의 밀도 고려 · 단위밀도당 패취의 집중도 평가
격리도 (I)	$I = \frac{\sum P_{ij} \times A_i}{N}$ P <sub>ij</sub> = 패취 j에서 가장 가까운 패취 i까지의 거리. A <sub>i</sub> = 패취의 면적. N = 패취의 총 수	· 패취면적에 가중치 부여
격리도 (D)	$D = \frac{\sum \sqrt{(\sigma_x^2 + \sigma_y^2)}}{N}$ σ <sub>x</sub> = 대상지 중심을 xy좌표 (0, 0)으로 할 때 x좌표 σ <sub>y</sub> = 중심에서 y좌표	· 패취의 집중된 정도 평가 · 대상지의 중심에 밀집된 정도를 평가

## IV. 결과 및 고찰

지피 분류체계에 따라 위성영상을 분류한 후, 지피 면적, 주변부의 길이, 형태지수를 파악하여 경관현황을 분석하였다. 분석에 사용한 프로그램은 David J. Mladenoff와 Barry DeZonia가 개발한 APACK 2.17을 사용하였다(Mladenoff and DeZonia, 2001).

### 1. 경관분석결과

서울의 지피별 면적분포를 보면, 건폐지역이 절반 이상을 차지하며, 건폐지역과 산림이 대부분을 차지하여 다른 지피의 면적은 적은 편이다(표 2 참조).

표 2. 서울시 지피 유형별 면적

구분	산림	건폐지	초지	농경지	나지	수면	합계
면적(ha)	18,809	30,099	5,967	605	1,099	2,697	59,276
비율(%)	31.73	50.78	10.07	1.02	1.85	4.55	100

서울시 산림패취의 평균면적은 2.7ha로 나타났고, 가장 큰 산림패취는 5,983ha로 나타났다<sup>6)</sup>. 각 지피유형별 패취 형태의 특성을 형태지수 분석을 통해 알아보았다. 패취 형태지수<sup>7)</sup>는 농경지가 가장 높고 나지가 가장 낮았다(표 3 참조).

표 3. 서울시 패취의 형태지수

산림	건폐지	초지	농경지	나지	수면
1.44	1.45	1.48	1.62	1.26	1.42

### 2. 연결성 평가 결과

#### 1) α, β, γ 지수

α, β, γ 벡터 분석한 연결성 지수 중 γ지수는 0.27로 나타났다. 이것은 예상보다는 큰 것으로서, 서울시 도심 내에 녹지가 남아 있고, 강에 의해 녹지가 서로 연결되어 있기 때문으로 해석된다. 그러나, α지수가 음수 값을 보이는 것에서 알 수 있듯이 패취간을 연결하는 코

리도가 연결 가능한 최대 수보다 상당히 적어서 절대적인 연결성은 낮은 것으로 볼 수 있다(표 4 참조).

표 4. 서울시 녹지 연결성 평가결과(벡터분석)

Link 수	Node 수	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	거리도 길이(km)
25	33	-0.12	0.76	0.27	113.8

2) 분산도

분산도는 도시 내에 존재하는 패취의 집분산(集分散) 정도를 나타내는 지수이며, 패취의 수, 패취의 밀도, 가장 가까운 패취까지의 거리에 따라 달라진다. 도시녹지 패취의 파편화가 진행될수록 패취 간의 거리가 격리되어 도시녹지 분산도 값이 커지고, 분산도가 커지면 패취간의 연결성이 낮아져 동물이동을 방해한다. 서울시 녹지의 분산도는 991.48로 나타났다. 서울은 도심에 녹지가 발달하여 가장 가까운 패취까지의 거리가 작아서 분산도가 비교적 낮았다(표 5 참조).

표 5. 서울시 녹지 분산도 측정 결과

$\frac{\sum d_{ij} \times (A_i + A_j)}{N}$ (1)	면적(km <sup>2</sup> ) (2)	패취수(N) (3)	패취밀도(D) (4) = (3)/(2)	분산도 (5)
3,380	593	546	0.92	991.48

- 1) 패취밀도 = 패취수 / 면적(km<sup>2</sup>)
- 2) 분산도(5) = (4)/ $\pi \times (1)$ , 계산 =  $0.92 / 3.14 \times 3,380 = 991.48$

3) 격리도

서울시 녹지의 격리도(I)는 1.14로 나타났고, 격리도(D)는 6.77로 나타났다. 면적은 작지만 많은 녹지들이 도심에 분포하여 도심내 녹지 밀집도가 높기 때문에 비교적 격리도가 낮게 나타난 것으로 해석된다(표 6, 7 참조).

표 6. 격리도(I) 분석결과

$\sum(P_{ij} \times \text{면적})$ (1)	(1)/1000 (2)	패취수(N) (3)	격리도 I (4)
620,157	620	546	1.14

- 1) P<sub>ij</sub>는 패취 i에서 가장 가까운 패취까지의 거리
- 2) 격리도 I = (2) / (3)

표 7. 격리도(D) 분석결과

$D = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2}$ (1)	(1)/1000 (2)	패취수 (3)	격리도2
3,699.071	3,699	546	6.77

1) 격리도 D = (2) / (3)

4) 연결성 지수

연결성 지수는 가장 가까운 두 패취의 면적을 곱한 값을 두 패취간의 거리의 제곱으로 나누어 합한 값이다. 연결성 지수는 패취간 거리 측정방법에 따라 CCE와 CCI로 구분된다.

CCE는 무계중심간 거리를 측정하고, CCI는 가장 인접한 주변부의 이격거리를 측정한다. 서울시의 CCE 값은 0.01, CCI 값은 5.03으로 나타났다. 두 값의 차이가 큰 것은 패취간 거리측정 방법의 차이에서 기인하며, 패취가 클수록 중심-중심간 거리와 주변부-주변부 거리 값의 차이가 커져 CCI 값이 CCE 값보다 상당히 크게 나타난다(표 8 참조).

표 8. 연결성 지수(CCE, CCI) 분석결과

연결성지수(CCE)* (중심간 거리측정)	연결성지수(CCI)** (주변부간 거리 측정)
0.01	5.03

- \* CCE : 중력모델에 의한 연결성 지수(패취의 중심간 거리 측정)
- \*\* CCI : 중력모델에 의한 연결성 지수(패취의 주변부간 거리 측정)

3. 녹지조성 방안이 연결성에 미치는 영향

1) 녹지조성 방안

지금까지의 분석은 현황 분석이며, 새로운 녹지가 조성될 경우, 연결성과 동물이동에 어떠한 영향을 미치는지에 대한 분석이 필요하다. 이러한 분석은 도시녹지 정책수립 대안 분석도구로 유용할 것이다.

도시 내 녹지조성 가능지는 많이 있지만, 본 연구에서는 서울시의 면적인 녹지조성 대상지로서 대표적인 대규모 공원화 예정지역 및 옥상녹화가 가능한 곳을 선정하였다. 그리고, 도시 녹지로 많은 잠재력을 가지고 있는 10개 학교를 대상지로 선정하였다(그림 1 참조).

선적인 녹지조성 대상지로는 한강과 주요 지천을 대

표 9. 녹지조성 방안

조성 방안	녹지조성지역	비 고
조성 방안 1	1. 난지도 2. 독섬 경마장 3. 세운상가 옥상 녹화 4. 선유도, 노들섬 녹화	주요 공원 녹화 옥상 녹화
조성 방안 2	5. 여의도고 6. 경기고 7. 반포중 8. 반포고 9. 동서울상고 10. 풍문여고 11. 전농중 12. 영훈고 13. 창일중 14. 충암고	학교 녹화
조성 방안 3	15. 한강 16. 중랑천 17. 안양천 18. 탄천	주요 하천 녹화

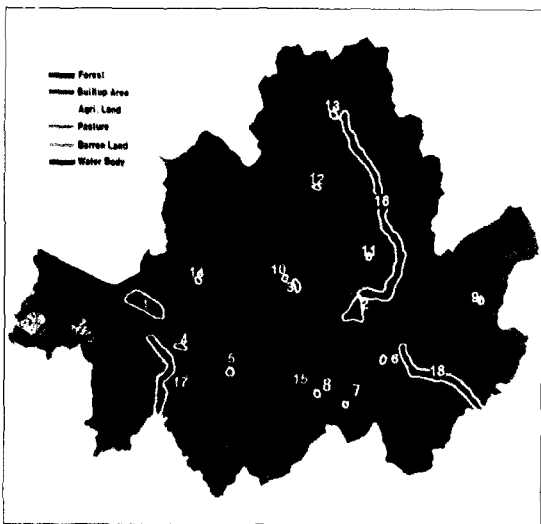


그림 1. 서울시 녹지조성 대안 도면

상으로 선정하였다. 즉, 한강, 탄천, 안양천, 중랑천의 양안을 녹화하는 방안을 대상으로 모의실험을 실시했다.

하천 양안의 현재 지피상태는 나지, 건폐지, 초지로 분류되고 있지만, 이러한 지피를 녹지로 전환했을 때의 연결성과 동물이동을 모의실험하여 변화를 살펴보았다.

2) 녹지조성 방안별 연결성 분석

녹지조성대안을 작성한 후, 모의실험은 각 대안을 중첩하여 만들었다. 즉, 모의실험 1은 녹지조성방안 1을 분석하였고 모의실험 2는(조성방안 1+조성방안 2), 모의실험 3은 (조성방안 1+조성방안 2+조성방안 3)을

표 10. 녹지조성 조성방안별 연결성 지수 변화

조성 방안	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	분산도*	격리도1	격리도2	CCE	CCI
현 황	-0.11	0.76	0.27	991 (2.27)	1.14	6.77	0.01	5.0
조성 방안 1	-0.11	0.77	0.28	918 (1.90)	1.12	6.93	0.08	76.9
조성 방안 2	-0.10	0.78	0.27	861 (1.61)	1.08	6.91	0.09	77.9
조성 방안 3	-0.08	0.82	0.29	540 (0.00)	0.93	1.15	0.13	125.4

\* 분산도의 ( )은 표준화 값 : (분산도 - 평균) / (표준편차)

분석하였다(표 9 참조).

알파, 베타, 감마지수의 경우 모의실험 1과 2보다는 모의실험 3의 경우에서 연결성 지수의 증가 폭이 컸다. 이들 지수의 특성상 하천 통로의 녹화가 지수에 직접적인 영향을 주기 때문으로 해석된다.

분산도, 격리도의 경우 모의실험 1과 모의실험 2에서는 약간의 변화를 보이지만, 모의실험 3의 경우 연결성이 크게 증가했다.

CCE, CCI의 경우 모의상황 1, 2, 3 모두에서 큰 폭으로 증가하였다. 그 중 모의상황 3에서의 증가폭이 상대적으로 크게 나타났다. 이들 두 가지 지수는 도시 내 작은 지역을 대상으로 녹지를 조성하여도 지수값의 변화가 크게 나타날 수 있음을 보여주었다. 따라서, 하천변의 복원 및 녹화가 도시녹지 연결성에 매우 중요한 것으로 나타났다(표 10 참조).

V. 결론 및 제언

본 연구는 녹지의 절대량뿐만 아니라 연결성이 중요한 생태적 건강성의 지표라는 전제에서 출발했다. 서울시 내 녹지의 생태적 연결성을 평가하고, 새로운 녹지를 조성할 경우 생태적으로 더 건강한 도시녹지 조성방안을 제시하는 것으로 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 서울시 연결성 분석 결과  $\gamma$ 지수 0.27, 분산도 991로 나타난 것은 도시 내 녹지가 정검다리(stepping

stone) 형태로 균일하게 분포하기 때문에 해석된다.

- 2) 주요 공원 및 옥상녹화, 학교녹화, 주요 하천녹화를 할 경우 감마지수는 0.27에서 0.29로 증가하고 분산도는 991에서 540으로 감소하였다.
- 3) 녹지조성 방안별 모의실험 결과, 하천변의 복원 및 녹화가 도시녹지 연결성에 매우 중요한 것으로 나타났다.

그러나 본 연구는 새로 조성할 녹지의 위치를 제안함에 있어 경관생태학적 측면만을 고려할 뿐 도시의 지가(地價)나 토지이용규제 등 여러 제약요인은 고려하지 않는 한계가 있다. 따라서 이러한 연구결과를 활용함에 있어 정책결정자는 여타 여러 제약요인을 종합적으로 고려하여 판단해야 할 것이다.

본 연구에서 사용된 연구방법과 연구결과는 대도시 녹지확충 사업을 실시할 경우, 녹지조성 대상지역의 우선순위를 평가·선정하는 수단으로 사용될 수 있을 것이다.

- 
- 주 1. 주변부 효과는 100cm 이상 미치는 것으로 알려져 있으며, 강풍에 노출되는 면적이 증가하고 쓰러지는 나무에 의한 피해, 바람에 의한 조류 보금자리의 파손, 내부식처의 건조를 가져온다. 이러한 환경변화가 식생패턴을 바꾸고 이것은 동물 중에 영향을 줄 수 있다.
  - 주 2. 공간적으로 다양한 scale에서 동물의 이동패턴을 외삽하는 방법으로 fractal analysis도 있다(Turchin, 1996).
  - 주 3. 녹지는 좁은 뜻으로 도시계획법에 의해 설치되는 도시계획시설을, 넓은 뜻으로 오픈스페이스 또는 녹지공간을 말한다. 본 연구에서 녹지의 개념은 도시계획법상의 녹지가 아니라 지피가 식생으로 피복된 생물 식처를 말한다.
  - 주 4. 10,000㎡는 근린공원 면적의 하한선이며, 생태적 섬으로 존재하는 녹지의 자기 유지 가능한 최소규모(Wilcove, 1986 : 245 ; Kohn and Walsh, 1994)이다.
  - 주 5. 생태통로의 폭에 대한 연구 및 제안은 다양하나, 본 연구에서 분석에 사용하는 위성영상의 해상도가 30m이고, Harris 등(1991)이 제안한 통로 최소폭도 30미터이기 때문에 분석대상 통로 폭은 30이상으로 정했다.
  - 주 6. 각 지피의 평균면적과 최대면적은 견폐지(7.6, 27,760ha) 초지(0.5, 132ha), 농경지(4.2, 147ha), 나지(2.0, 33ha), 수면(21.4, 652ha)이다.
  - 주 7. 패취의 형태지수는  $D_i = \frac{P}{2\sqrt{A_i}}$  로 계산함. A는 패취의 면적, P는 패취 둘레의 길이.

## 인용문헌

1. 김명수, 안동만(1996) 도시공원의 경관생태학적 분석 : 경관 조각의 형태지수와 분산도 분석을 중심으로. 한국조경학회지 23(4) : 12-19.
2. 김명수(2001) 파편화된 서식처 복원을 위한 기초 이론 고찰. 한국환경복원녹화기술학회지 4(2) : 52-61.
3. Andren, H.(1994) Effects of habitat fragmentation on birds and mammals in landscapes with different proportions of suitable habitat : a review. OIKOS 71(3) : 355-366.
4. Bowne, D. R., J. D. Peles and G.W. Barrett(1999) Effect of Landscape Spatial Structure on Movement Patterns of the Hispid Cotton Rat. Landscape Ecology 14 : 53-66.
5. Brooker, L., M. Brooker and P. Cale(1999) Animal Dispersal in Fragmented Habitat: Measuring the Habitat Connectivity, Corridor Use, and Dispersal Mortality : Conservation Ecology. <http://www.consecol.org/vol3/iss1/>
6. Dooley, J. L. and M. Bowers(1998) Demographic Responses to Habitat Fragmentation : Experimental Test at the Landscape and Patch Scale. Ecology 79(3) : 969-980.
7. Fahrig, L. and G. Merriam(1985) Habitat patch connectivity and population survival. Ecology 66 : 1762-1768.
8. Forman, R. T. T. and M. Godron(1986) Landscape Ecology. New York, John Wiley and Sons.
9. Forman, R. T. T.(1995) Land Mosaic : The Ecology of Landscapes and Regions. Cambridge(UK), Cambridge University Press : 68-72.
10. Gustafson, E. J. and R. H. Gardner(1996) The Effect of Landscape Heterogeneity on the Probability of Patch Colonization. Ecology 77(1) : 94-107.
11. Haddad, Nick M.(1999) Corridor Use Predicted from Behaviors at Habitat Boundaries. The American Naturalist 153(2) : 215-227.
12. Hawkins, V. and P. Selman(1994) Landscape Ecological Planning and the Future Countryside : A Research Note. Landscape Research 19(2) : 88-94.
13. Hess, G. and R. A. Fisher(2001) Communicating Clearly about Conservation Corridors. Landscape and Urban Planning 55 : 195-208.
14. Jaarsma, C. F. and G. P. A. Willems(2002) Reducing Habitat Fragmentation by Minor Rural Roads through Traffic Calming. Landscape and Urban Planning 58 : 125-135.
15. Kohn, D. D. and D. M. Walsh(1994) Plant species richness : the effect of island size and habitat diversity. *J. of Ecology* 82 : 367-377.
16. Mladenoff, David J. and Barry DeZonia(2001) APACK 2.17(Analysis Software) User's Guide.
17. Pickett, S. T. A. and P. S. White (eds.)(1985) The Ecology of Natural Disturbance and Patch Dynamics. San Diego, Academic Press.
18. Pirnat, J.(2000) Conservation and Management of Forest Patches and Corridors in Suburban Landscapes. Landscape and Urban Planning 52 : 135-143.
19. Schumaker, N. H.(1996) Using Landscape Indices to Predict

- 
- Habitat Connectivity. Ecology 77(4) : 1210-1225.
20. Turchin, P.(1996) Fractal Analysis of Animal Movement :  
A Critique. Ecology 77(7) : 2086.
21. With, K. A., S. J. Cadaret, and C. Davis(1999) Movement  
Responses to Patch Structure in Experimental Fractal  
Landscapes. Ecology 80(4) : 1340-1353.

---

원 고 접 수 : 2002년 12월 26일  
최종수정본 접수 : 2003년 4월 9일  
3인의명 심사필