

# Space Syntax를 이용한 야생동물 이동통로 적지선정

## Site Selection for Wildlife Passage Using Space Syntax

박종준<sup>1</sup> · 유승화<sup>1</sup> · 박종화<sup>2</sup> · 우동걸<sup>3</sup>

<sup>1</sup>서울대학교 환경계획연구소, <sup>2</sup>서울대학교 환경대학원, <sup>3</sup>국립환경과학원

### 서론

급격한 도시화와 산업화로 인한 시가지와 도로의 증가로 인해 야생동물의 서식지가 감소되고 파편화되었다. 서식지의 단절로 인해 생물다양성의 감소 및 메타개체군 소멸이 이루어지고 있다.

서식지 단절 및 감소의 부정적인 영향을 줄이기 위해 1990년대부터 국내에 야생동물 이동통로가 도입되어 설치되고 있다. 이동통로의 생물서식처 연결과 생물다양성 유지의 목표 달성을 위해서는 이동통로 규모와 위치 선정이 중요한 요소로 작용한다.

국내에서의 이러한 이동통로의 조성은 야생동물 입장에서 생태학적 원리보다는 예산 절감과 건설상의 편의에 의해 만들어져 실효성이 적다는 비판을 받아왔다(김명수, 2005; 이용욱·이명우, 2006).

야생동물 이동통로 신규위치 선정에 대한 연구로는 설치지역 선정을 위한 평가항목분석(박지희 외, 2009), 이동시 물레이션을 통한 고속도로 생태통로 위치 선정(신수안·2008) 등이 있다.

로드킬 방지와 단절된 서식지의 연결이라는 이동통로의 목적과 효용성 제고를 위해서는 야생동물의 생태적 특성을 기반으로 한 이동통로의 설치가 요구된다. 특히 목표종의 확산에 대한 실효성을 극대화할 수 있는 이동통로의 위치 선정이 중요하다.

본 연구에서는 서울 강서습지 생태공원에 서식하는 야생동물의 이동 경로를 추적하고, Space Syntax를 이용하여 야생동물 이동의 공간 이용 특성을 규명하여 서식지에서의 인공시설물에 의한 이동이 제한되거나 단절이 우려되는 지점을 찾아 야생동물 이동통로의 적지를 선정한다.

### 재료 및 방법

#### 1. 연구지역

본 연구는 서울특별시 강서구의 강서습지생태공원을 대상으로 하였다. 강서습지생태공원은 서울특별시 강서구 개화동 47번지 일대 방화대교 남단에서 행주대교남단 사이의 한강 둔치에 자리 잡고 있다(그림 1).

강서습지생태공원은 1996년 한강조류생태공원으로 계획되었으나 인근 김포공항에서 이착륙하는 항공기와의 조류충돌의 위험이 제기되어 명칭과 계획이 변경되어 2002년 7월 개원하였다(<http://hangang.seoul.go.kr>). 강서습지생태공원은 북쪽으로는 한강이 흐르며, 남쪽으로는 올림픽 대로와 접해있으며 올림픽 대로 너머 지하철 5호선 방화차량기지과 개화산이 위치하고 있다. 동남쪽으로 체육공원과 한강을 따라 호안 콘크리트 제방이 이어지며, 행주대교 남단으로 이어지는 서쪽은 나대지와 비닐하우스, 파밭 등이 굴포



그림 1. 연구 대상지  
출처: Google Earth

천까지 이어진다. 최근 김포 고촌 등 굴포천 일대는 아라뱃길 사업으로 김포터미널 공사가 진행중이다.

## 2. 원격 무선추적

### 1) 흔적조사와 포획

강서습지생태공원 일대의 포유류 흔적조사는 2008년 10월부터 2009년 8월까지 총 8회 실시하였다. 지표면에 남겨진 발자국, 배설물, 동지, 터널 등 흔적을 통해 종을 파악하고, 그 위치를 GPS(60CSX Garmin Inc. USA)를 이용하여 기록하였다.

포획은 삼의 흔적조사를 기초로 2008년 12월부터 2009년 11월까지 12개월 동안 실시하였다. Tomahawk Live Trap #208(Tomahawk Inc. USA)을 사용하였으며, 미끼는 닭고기, 등줄쥐를 사용하였다. 포획작업은 야생동물이 주로 활동하는 야간에 12개의 트랩발신기를 설치하여 3시간 단위로 트랩을 확인하였다.

포획된 개체는 표 1과 같은 삼 3개체이다.

표 1. 포획된 개체

종	구분	성별	연령	체중	추적시기	비고
삼	LC-1	암	성체	3.5	3~6월	
삼	LC-2	수	성체	5.6	-	로드킬
삼	LC-3	수	아성체	2.8	-	폐사 발신기 탈락

### 2) 원격무선추적

원격무선추적 기법은 야생동물의 이동 패턴, 행동권 크기, 포식관계, 서식지 선호 및 사망률 등의 연구에 사용되어 왔다(White and Garrott, 1990).

포획된 삼 3개체 중 1개체(LC-1)만이 무선추적이 가능했다. 전파 발신기가 부착된 삼은 각 개체별로 1달 1회 72시간 연속 1시간 간격으로 위치를 확인하였다. 발신기는 VHF용 ATX150AA(Wildsys, Korea), 수신기는 VHF 야기 안테나(4-Element Yagi, ATS Inc. USA)와 컴퍼스(Eye compass, Silva Inc. Sweden)을 이용하여 개체의 방향을 판단하고, 삼각측량법을 이용하여 해당 동물의 좌표를 추정하였다. 무선추적의 오차는 GPS 실험을 통해 추정좌표와 비교하였으며 평균오차거리 12.18m로 나타났다.

강서습지 일대의 수치지형도(1:5000)에서 Polyline을 추출하고, 이를 WGS84 UTM 좌표체계를 로 변환하여 추정된 동물의 좌표와 중첩하였다.

## 3. Space Syntax

Space syntax는 건축 및 도시 분야에서 주로 연구되고 있으며, 공간의 접근성과 연결성에 대한 정량화 분석을 위해 시도되고 있다(Batty, 2004; 이병욱·이승재, 2005; 김태호, 2008, 김태호 외, 2009).

Space syntax의 공간분석방법은 단위축 분석(axial analysis)과 단위 공간 분석(convex analysis)로 구분된다. 이 중 단위축 분석은 공간의 물리적 구조를 단위축을 설정하여 분석하는 것으로, 여기서 단위축은 시각적 최대점을 설정하여 연결한 축으로 단위 공간 내에서 시각적으로 최대한 보일 수 있는 정도를 직선으로 표현한 것이다(김승제, 1988).

공간의 접근성과 연결성은 통합도(integration)로, 특정 공간의 Global Integration 값이 높을수록 연결성이 높으며, 공간구조상 중요도가 높은 공간임을 의미한다. Local Integration은 해당 공간을 중심으로 3개의 공간(radius=3)까지만을 고려한 연결성으로 국지적인 지역내 연결성을 의미한다.

야생동물의 이동 경로에 대한 단위축 분석을 위해 ArcGIS9.3에서 Hawth's Tools(Spatial Ecology LLC.)의 Animal Movement를 이용하여 추정된 좌표의 Point File를 이동경로의 Polyline File로 전환하였다.

이동경로에 대한 Space Syntax 분석은 ArcGIS 9.3에서 Axowman 4.0을 이용하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 야생동물 이동 특성

동물의 이동은 먹이 사냥, 채집, 사회적 접촉, 짝짓기 등을 목적으로 한다(Schmidt *et al.*, 2003).

삼의 하루 이동거리는 2.099±1.08km로 주로 강서습지생태공원 내부와 개화 인터체인지, 한강 골재 적치장에서 많은 활동을 하였으며, 행주담단 인터체인지 근처 올림픽대로에서의 횡단이 확인되었다.

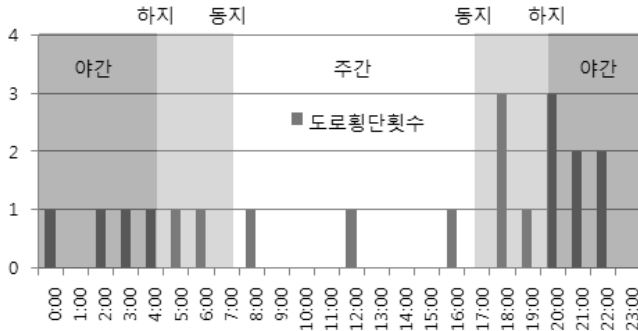


그림 2. 삶의 도로 횡단 횟수

삶은 전형적인 야행성 동물로서 21시부터 3시까지 이동이 많았으며, 7시부터 17시까지 휴식을 취했다.

삶의 행동권은 한강과 올림픽대로의 장벽 효과로 인해 다른 지역의 삶의 행동권(Schmidt *et al.*, 2003; Grassman *et al.*, 2005)보다 작았지만 많은 이동을 통해 서식지를 집약적으로 이용하였다(우동걸 2010).

삶은 조사 기간 동안 올림픽대로를 최소 20회 횡단하였으며, 이는 행주남단 인터체인지 내부 시설녹지를 주간 잠자리로 이용하고 강서습지생태공원 일대에서 먹이활동을 하기 때문이다. 도로횡단은 주로 야간시간에 이루어지며, 18시에서 22시 사이에 집중되었다.

## 2. 야생동물 이동통로 적지 선정

### 1) 이동경로의 Space Syntax

원격무선추적을 통해 파악된 삶(LC-1)의 이동경로를 Space Syntax 분석을 하였다(그림. 3).

행동권 내에서 신행주대교 남단과 개화 인터체인지 인근 그리고 강서습지 생태공원 내부 일대의 Global Integration 값이 높게 나타났다. 이들 지역은 삶의 행동권에 대한 Harmonic mean 50% 분석의 핵심 서식지(Core area)에 해당하는 지역과 일치한다(우동걸, 2010). 반면, 전호산, 방화대교 남단, 개화 인터체이지 내부의 Global Integration 값은 상대적으로 낮게 나타났다. Global Integration은 삶의 이동이 활발한 경우에는 높게 나타나고, 잠자리와 같이 이동이 거의 없는 경우에는 낮게 나타났다. Global Integration이 높은 공간은 접근성과 연결성이 좋아 삶의 이동에서 이용도가 높은 공간인 반면, Global Integration이 낮은 지역은 잠자리와 같이 휴식을 취하는 공간으로 판단된다.



그림 3. 삶 이동경로의 Space Syntax

### 2) 이동통로 적지 선정

야생동물 이동경로 중에서 올림픽대로 및 행주남단 인터체인지와 중첩되는 지점은 6개 지역이다(그림 4).

야생동물 이동통로 후보 지역의 통합도는 표 2와 같으며, Global Integration이 가장 높은 지점은 지점 3으로 삶의 전체 서식 공간과의 접근성과 연결성이 높은 이동경로를 의미한다. Local Integration은 지점 2에서 가장 높아 국지적인 연결성을 고려했을 때, 지점 2를 이동통로 설치지역으

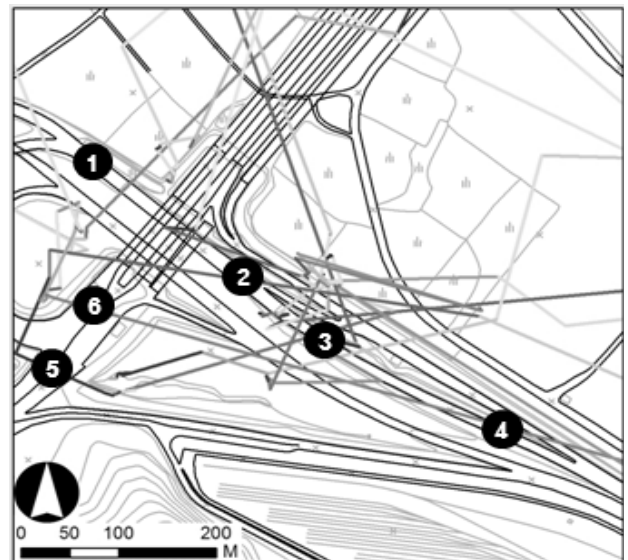


그림 4. 이동통로 설치 후보 지역

표 2. 이동통로 설치 후보 지역

지점	Global Integration	Local Integration	비고
1	1.0923	2.6609	
2	1.6536	4.3694	개화 IC
3	1.7116	4.0322	
4	1.5608	3.8813	
5	0.8987	1.0559	신행주대교
6	-	-	지점 4와 연결 수로박스

로 검토할 필요가 있다. 따라서 강서습지 생태공원에서 삼을 목표종으로 올림픽대토상에 이동통로를 조성한다면 지점 2와 지점 3 지역에 설치하는 것이 효과적이다.

현재 지점 6은 개화 인터체인지의 수로 박스가 설치되어 별도의 이동통로를 조성할 필요는 없으나, 집중호우 또는 한강의 범람으로 수위가 높아질 경우 이동통로로서의 기능이 상실되기 때문에 양측 벽면에 이동턱을 설치하는 수로박스의 구조 개선이 필요하다(그림 5).

## 결론

서울 강서습지 생태공원에 서식하는 삼의 이동 경로를 원격무선추적 기법을 이용하여 추적하고, Space Syntax 분석으로 야생동물 이동의 공간 이용 특성을 파악하였다. 야행성 동물인 삼은 주간에는 잠자리에서 정체하고 있으며, 주로 야간에 이동하는 특성을 보였다. 또한 조사기간 동안에 최소 20회 이상 횡단하였으며, 이는 곧 삼이 다른 야생동물에 비해 로드킬에 취약하다는 것을 의미한다. 조사기간 중 2009년 3월 30일에 무선추적 중이던 삼(LC-2)이 로드킬



그림 5. 지점 6의 수로박스

되었으며, 개화 인터체인지 내부에 로드킬로 인한 야생동물의 사체가 다수 발견되었다.

서식지에서의 인공시설물에 의한 이동이 제한되거나 단절이 우려되는 지점을 찾아 야생동물 이동통로를 설치해야 하며, 이동통로 선정하는데 있어 야생동물의 이동 및 공간 이용 특성을 고려해야 한다.

## 사사

본 연구는 환경부 수변녹지 및 생태벨트 조성기술 개발사업(과제번호 03-Ⅲ-8)의 지원을 받아 이루어졌다.

## 인용문헌

- 김명수(2005) 생태통로 식재수종의 현황 및 문제점 고찰. 한국환경복원녹화기술학회지, 8(1); 17-26쪽
- 박지희, 유현석, 박미영(2009) 생태통로 우선 설치지역의 평가항목 중요도 분석. 환경영향평가, 18(5); 301-312쪽
- 김태호(2008) 지속가능한 보행환경을 위한 보행자 서비스 질 평가 지표 개발. 한양대학교 박사학위 논문.
- 김태호, 박주원, 고영선, 박계진(2009) Space Syntax를 이용한 보행자 네트워크 연결성 변화연구 - 청계천복원사업을 중심으로, 한국도로학회 논문집, 11(2); 55-66쪽
- 신수안, 안동만(2008) 고속도로 생태통로 위치 선정 방법에 관한 연구. 한국환경복원녹화기술학회지 11(2); 19-22쪽.
- 우동걸(2010) 서울 강서습지생태공원에 서식하는 삼과 너구리의 서식지 보전계획. 서울대학교 석사학위논문.
- 이병욱, 이승재(2005) Space Syntax를 이용한 서울시 버스개편의 접근성 효과분석. 대한교통학회지 23(8); 163-170쪽
- 이용욱, 이명우(2006) 목표정 생태통로의 위치선정. 한국환경복원녹화기술학회지 9(3); 51-58쪽.
- Michael Batty(2004) A New Theory of Space Syntax. CASA Working Paper 75, Centre for Advanced Spatial Analysis, University College London.
- Krzysztof Schmidt, Nozomi Nakanishi, Maki Okamura, Terou Doi and Masako Izawa(2003) Movement and use of home range in the Iriomote cat(*prionailurus bengalensis iriomotensis*). Journal of Zoology.
- White Gary C., Garrott Robert A(1990) Analysis of wildlife radio-tracking data. Academic Press.
- 한강사업본부 <http://hangang.seoul.go.kr>