

조류서식지 평가모형을 이용한 서울시 녹지네트워크 구상

차수영* · 박종화**

*서울대학교 환경대학원 · **서울대학교 환경대학원 교수

Development of Green Network Plan Using Bird Habitat Evaluation Model - A Case Study of Seoul, Korea -

Cha, Su-Young* · Park, Chong-Hwa **

*Dep. of Landscape Architecture, Graduate School of Environmental Studies, Seoul National University

**Prof., Dep. of Landscape Architecture, Graduate School of Environmental Studies, Seoul National University

ABSTRACT

Present green space planning of Korea pay little attention to biodiversity conservation in urban areas. The quality of urban wildlife habitat has been deteriorated severely due to fragmentation and isolation of urban open spaces. The application of ecological corridors to urban green space planning and management can greatly enhance the bird habitat of Seoul.

The objectives of this study were to evaluate bird habitat potential of existing urban parks of Seoul, and to investigate methods to develop ecological corridors for wild birds. This study consists of three parts. The first part is to construct bird species/habitat relationship model. The second part is to evaluate 207 urban parks of Seoul with the model. Based on the relative potential for bird habitat, urban parks of Seoul can be classified into cores, nodes, and points of the network. Outcomes of this part can also be used to enhance the quality of bird habitats by identifying limits or weakness of existing green spaces for bird habitat. The final part is to develop three green network plans; north-south network, the Han river network, and a district network for Kangnam-Gu.

Key Words : wild birds, urban green space, network, gis

I. 서론

현대인들의 도시생태계에 대한 관심은 점점 증가하고 있는 반면 그 기초가 되는 도시녹지 관리방법은 여전히 정체되어 있다. 건강한 도시환경을 조성하기 위해서는 도시를 생물이 서식할 수 있는 공간으로 조성하는 것이 급선무라 할 수 있는데, 우리나라의 도시녹지계획에서는 생태계 먹이 사슬의 기초가 되는 녹지를 회복하여 야생동물의 생활환경을 제공하기 위한 고려가 대단히 부족하다. 근래에는 경관생태학의 발전에 따라서 생태통로 조성기법을 적용한 도시녹지체계 구축에 관한 노력이 세계 각국에서 활발히 진행되고 있고 환경부도 국토 차원에서 생태통로의 구축, 야생동물 이동통로의 건설 사업을 추진하고 있다(환경부, 1995). 그러나, 우리나라 최대의 도시인 서울은 도시 성장에 따른 녹지면적의 축소, 도시녹지의 단편화 및 고립 등으로 인하여 야생동물 서식환경이 극도로 악화된 상황이다(박중화, 1992). 따라서 본 연구의 목표는 생태계의 고차소비자인 조류를 목표생물종으로 선정하여 녹지와 조류 서식지 관계를 평가하는 모델을 구축하고, GIS기법을 활용하여 평가한 후 서울시 녹지네트워크 구상 및 도시녹지의 생태적 관리방안을 제시하는 것이다.

II. 연구의 범위 및 방법

1. 도시녹지와 야생조류

도시성장에 따른 도시녹지의 파편화는 야생동물 서식지로서의 녹지의 기능을 현저히 저하시켰다. 대도시 지역을 중심으로 한 급격한 환경의 변화 즉, 녹지의 파괴는 우리를 가까이에 있던 야생동물들을 절멸시켜 버렸다. 이러한 상황에서 이들 야생의 생물들이 인간생활에 여유를 주고 이른바 인간성의 유지에 필요하다고 하는 것을 인식하기 시작하였고 자연성이 높은 녹지의 확보에 대한 관심이 높아지게 되었다. 그래서, 도시녹지의 생태학적 관리가 필요 불가결하게 되었고 이를 위해 식생, 야생조류, 곤충등에 대한 연구성과가 공간계획 및 관리계획에서 응용되게 되었다.

초기에는 조류학자의 관점에서 조류의 환경 요구도 및 서식지의 평가에 집중하였으나(Adams, 1995;

Cook, 1994; Flores, 1998) 근래에는 경관생태학적 접근법을 이용한 도시녹지의 생태적 회복을 위한 연구가 활발히 진행되고 있다. 도시녹지는 환경의 보전 및 개선이라는 도시문제를 해결하기 위한 하나의 메카니즘인 동시에 생태계의 서식처로서, 또한 녹지 그 자체로서도 중요하며 다양한 사회적 역할을 수행하고 있다. 따라서, 녹지와 조류 서식지와와의 관계에 대한 연구는 도시녹지에 조류 종다양성을 증진시키기 위한 중요한 지표가 될 수 있다. 즉, 기존의 녹지에 조류가 살기에 적합하도록 서식조건을 개선해 줌으로써 생태계 충실을 위한 그 질적 향상이 가능한 것이다. 도시녹지체계를 구성하는 각 녹지는 대거점, 중거점, 소거점, 및 생태통로로서 분류되기도 하고(日本生態系協會, 1994) 근래에는 GIS를 적용하여 단편화된 도시녹지와 고립화된 녹지체계의 연계를 통한 야생동물생태계 회복을 위한 연구도 수행되고 있다(Swetnam, 1998; Van Apeldoorn, 1999).

국내의 도시녹지에서 관찰되는 조류에 대한 연구 중 김태욱(김태욱, 1980)은 서울의 관악산, 남산, 도봉산에 대한 조사에서 서울 근교 도시에서 4계절 동안 관찰할 수 있는 종은 50여종 정도라고 했다. 그리고, 우한정(우한정, 김상욱, 1988)은 남산의 조류 군집을 1년간 조사한 후 기존 연구와 비교하여 남산의 조류는 계속 감소상태에 있고 맹금류의 감소도 보고하였다. 최근 박찬열(박찬열, 1994)은 서울시 도시림을 대상으로 번식기에 면적에 따른 조류군집의 구성변화를 길드개념을 도입하여 살펴보았으며 41종을 기록하였다. 그의 연구결과에 따르면 면적이 증가함에 따라 대부분 종의 관찰빈도는 증가하였고 면적의 증가에 따라 뚜렷하게 감소하는 경향을 나타내는 임연부 종은 관찰되지 않았다. 한편 이러한 경향은 동경 도시림의 연구(Higuchi et al., 1982)에서도 비슷하게 보고되었지만, 미국 메릴랜드주(Whitcomb et al., 1981)의 연구에서는 면적의 증가에 따라 현저히 감소하는 임연부종이 뚜렷하게 나타났다. 이러한 차이는 동경과 서울의 도시림은 콘크리트에 둘러싸여 있어 주변부를 형성할 수 없는 것과 관련이 있다고 판단된다. 즉, 도시림에서 서식하는 조류 종 수는 도시림 자체의 패치 뿐만 아니라, 주변의 상황도 중요함을 나타낸다. 또한, 이는 경관규모(landscape scale)에서 통합적 접근방식(integrated

approach)으로 도시림을 연구 및 관리하여 주변 폐지와 연계성을 증시해야 함을 암시한다.

2 연구의 범위

본 연구는 조류 서식지 평가모형을 통한 도시생태계 관리방안을 계획하는 것이다. 도시생태계는 크게 녹지와 야생동물의 먹이사슬로 엮여져 있기 때문에 생물다양성 보전 및 관리를 위해서는 공간적으로 생물상 및 식물상의 분포를 파악하는 것이 우선 과제이다. 그러나, 우리 나라 도시생물상에 관한 연구 및 자료의 부족으로 인하여 기존에 알려진 조류종 분포와 국내의 서식지 특성에 관한 연구들을 바탕으로 조류서식지 평가모형을 만들었다. 그리고, 그것을 통하여 도시녹지의 생물서식공간으로의 가치와 잠재성을 평가하였다. 또한 평가된 결과를 이용하여 도시생태계회복을 위한 도시녹지 네트워크를 구축하였다.

연구의 대상지는 파편화된 도시녹지의 전형적인 모습을 보여주는 서울시로 하였다. 조류서식지 평가모형은 서울시에서 발견되는 산림조류의 서식조건을 고려하여 작성되었고 평가의 범위는 도시자연공원과 근린공원, 국립공원, 기타 공원을 포함한 도시계획법상의 도시공원으로 지정된 도시녹지를 대상으로 하였다. 도시생태계 회복을 위한 서울시 녹지네트워크를 위한 구상에서는 한강과 지천변의 녹지, 도시계획법상 녹지지역으로 지정된 모든 곳도 잠재 서식지로 고려하였다.

또한, 연구대상지인 서울의 조류서식지 평가모형을 구축하기 위한 자료수집은 두 단계로 구분할 수 있다. 첫째, 서울시 도시녹지현황과 조류상에 관한 공간정보를 수집하고, GIS 데이터베이스를 구축하였다(김윤중, 이인성, 1997). 둘째, 서울시에서 연중 관찰이 가능한 50여종의 산새류의 서식조건과 식습성을 조사하여 속성 데이터베이스를 구축하여 도시녹지와 조류 서식지와의 관계 평가에 활용할 수 있도록 하였다(우한경, 김상욱, 1988; 박찬열, 1994). 목표 생물종으로 선정된 조류에 관한 자료는 1980-1998년도까지 서울시에서 관찰된 자료를 토대로 작성되었다(서울시산림생태조사 연구보고서, 1998; 대학연합야생조류연구회, 1995; 박찬열, 1994; 구태회 외4인, 1987; 윤무부 외, 1982).

3 연구의 방법

본 연구는 그림 1의 과정으로 진행되었다. 먼저, 도시생태계의 파괴현상을 규명하고 도시환경의 생태성 회복을 위한 목표생물종으로 야생조류를 선정하였다. 그리고, 이들의 서식조건과 도시환경- 특히 녹지와와의 관계를 조사하였다. 이를 토대로 목표생물종의 서식환경으로 적합한 도시녹지 평가모형을 구축하여 개별 녹지들에 대한 조류서식지로의 적합성을 평가하였다. 마지막으로 평가결과를 토대로 도시녹지를 조류서식지의 핵과 거점, 점으로 구분하여 도시녹지네트워크를 구성하고 파편화된 도시녹지의 생태적 관리방안을 구상하였다.

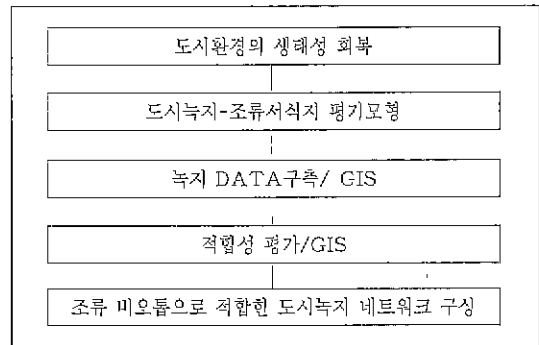


그림 1 연구의 진행과정

조류 특성에 관한 연구는 서울시 조류상 조사 자료를 통하여 그들의 서식지 특성과 식습성을 조사하였고, 관련 논문들을 바탕으로 조류 중 다양성을 높이기 위한 서식지 조건을 연구하였다. 도시생태계 회복을 위한 공간분석도구로는 GIS를 이용하여 조류종에 대한 정보와 조류-서식지 인자들의 데이터 베이스를 구축하였다. GIS기법은 이러한 평가모델링을 하고 평가에 기초한 보전전략을 수립하는데 유용하다. 구축된 데이터 베이스를 바탕으로 도시녹지의 조류서식지로의 적합성을 평가하고 도시녹지 네트워크를 구상하였다. 즉 지리정보체계의 복잡한 공간자료를 조직화하고 분석하는 능력은 서식지와 생물종간의 관계에 대한 지식을 축적하고, 이 지식을 바탕으로 하여 서울시 전체의 생태성을 회복하는데 유용한 도구로 사용되었다.

4 도시녹지의 조류서식지 적합성 평가모형

도시녹지와 조류서식지의 평가들은 조류의 종 다양성을 증진시키는 방향으로 시도하였고, 서식지의 형태와 식생구조를 평가요소로 구성하였다. 평가항목은 조류 종 다양성에 가장 큰 영향을 미치는 서식지의 면적과 모양, 종의 공급과 유입에 영향을 미치는 고립도, 등지, 먹이, 은신처의 역할을 하는 식생요소와 물(water)등을 고려하였고 각 항목의 분류와 평가 및 집계방법은 다음과 같다.(Jukka, 1998; Forman, 1995; 이우신, 박찬열, 1995; Robbins, 1989).

1) 평가부문 및 항목

서식지 형태에 있어서 첫째, 면적은 가장 조류 종 다양성에 영향을 많이 미치는 환경요소로서 서울시 도시립의 녹지 면적과 종수와의 관계를 연구한 $S = 4.76A^{0.2111}$ 을 이용하였다. 이 관계식에 의하면 10ha 정도의 녹지면적에서는 7종의 조류가, 50ha 정도의 녹지면적에서는 10종의 조류가 서식할 수 있는 것으로 추정되었고, 최소 10ha에서 100ha사이의 공원에서 천연기념물의 관찰빈도는 0.1정도로 보여주었다. 따라서 본 연구에서는 조류서식지로 적합한 녹지평가 기준으로 최소 7종 이상의 조류를 볼 수 있는 도시녹지로 조성하는 것을 목표로 녹지면적 10ha이하는 부적합, 10ha-100ha는 보통, 100ha이상은 적합으로 평가하였다. 둘째, 종의 공급과 유입에 영향을 미치는 고립도 항목은 조류가 서식하기 위한 최소규모로 제한된 면적(30ha²)을 기준으로 반경 1km²이내에 30ha이상의 대규모의 공원과 인접해 있는 녹지를 가장 적합한 것으로 하고, 30ha이하의 공원과 인접해 있는 녹지는 보통, 반경 1km이내에 어떠한 녹지와도 인접해 있지 않은 것은 부적합지역으로 평가기준을 선정하였다. 주변의 환경과 서식지와의 관계는 다른 어떤 요소보다도 중요한 요소일 뿐 아니라 조류뿐만 아니라 모든 종의 공급과 이주에 영향을 미친다. 조류의 경우 행동권이 수십~수백km에 이르는 경우가 많지만 등지를 중심으로 이동하는 경우 이들의 먹이가 되는 곤충상의 풍부도에 따라 서식환경이 달라질 수 있다. 따라서 본 연구에서는 생태계 먹이 피라미드에서 조류의 하위구조인 곤충생태계를 먼저 조성하기 위해 조류의 먹이가 되는 곤충들의 종의 재공급이 가능한 한계거리인 1km를 고립도의 기준으로 선정하였다. 셋째, 산림조류의 서식환경에 관

한 연구(우한정, 1988)에서 보면 수원(水源)에 관한 서식지의 요구조건으로서 항상수가 충분히 흐를 것을 제시하고 있다. 물은 생물이 생존하기 위한 필수요소이므로 본 연구에서는 조류 서식지를 위한 수(水)환경요소로 흐르는 물과 호수, 연못 및 웅덩이를 평가항목으로 선정하였다. 녹지 내부에 계류나 연못, 웅덩이가 있으면 적합, 평가 대상지에는 존재하지 않지만 물을 보유한 녹지나 하천의 1km이내에 있으면 보통, 전혀 물의 영향을 받지 못하는 곳은 부적합으로 평가하였다. 연못과 웅덩이는 공원현황을 통하여 속성자료를 입력하였고 대규모 자연공원의 경우는 계류를 보유하고 있는 것으로 평가하였다. 여기서, 웅덩이는 지하수를 끌어올려 만든 악수터와 비슷한 것으로 이는 쉽게 조성할 수 있는 서식지 요건이 아니므로 향후 녹지의 조성시 관리의 우선권을 고려한 것이다. 서식지의 형태요소 중 마지막 항목으로 서식지의 모양을 고려하였다. 도시녹지의 경우는 파편화 되어 고립되어 있으므로 종의 멸종을 막는데 중점을 두어야 한다. 종의 이동성을 고려한 패치(patch)의 연구는 많이 이루어져 있는데, 종의 활발한 이동과 유입을 위해서는 녹지의 형태가 단조로운 것보다는 다양한 것이 종 풍부도를 높이는데 적합하다 (Forman, 1995). 패치의 모양을 측정하기 위해서는 여러 가지 수식이 있는데 종의 유입과 이입에 영향을 주는 패치 가장자리의 다양성을 측정하는 수식을 이용하여 도시녹지의 조류서식지의 적합성 여부를 평가하였다. 본 연구에서는 면적과 지름에 기초한 수식인 Shoreline Development(or Patton's diversity)⁴를 사용하였다. 다양도 지수는 값이 클수록 다양도가 높은 형태를 나타내게 되는데, 본 연구 대상지에 적용시켜 본 결과 그 값의 분포범위는 332,415 ~ 2,267,451,614,609으로 나타났고, 이것을 0.3~10은 부적합, 10~100은 보통, 100이상은 적합으로 다시 분류하였다.

다음으로 조류의 생활에 필수적인 등지와 먹이, 은신처를 제공하는 식생구조를 고려하였다. 식생요소는 침엽수보다는 활엽수와 혼효림에서 조류의 서식환경이 높고, 직경이 굵은 나무와 오래된 나무일수록 수동을 이용하는 조류의 번식이 많아지므로(이우신, 1995) 조류서식지로 적합한 도시녹지를 평가하기 위해서는 녹지를 구성하고 있는 수종과 연령, 직경 그리고, 수관

층의 피도의 개념을 대신할 수 있는 밀도를 평가항목으로 선정하였다. 본 연구의 평가항목으로 선정된 수목의 유형(임상)은 대상녹지내의 우점정도에 따라 혼효림, 활엽수림, 침엽수림으로 분류하였다. 혼효림은 조류 종 다양성이 가장 높게 나타나는 산림구조이므로 적합으로 평가하였고 단일 식생구조인 활엽수림과 침엽수림은 각각 보통, 부적합으로 평가하였다. 침엽수림이 활엽수림보다 낮게 평가되어진 이유는 조류가 주로 생활하고 먹이를 구하는 산림환경구조는 수관층의 피도가 높은 것이기 때문이다. 다음으로, 나무의 두께가 두꺼운 대경급의 임목과 고시목등에 등지를 짓는 조류를 위해 수목의 연령을 평가의 항목으로 선정하였다. 임상도상의 분류에 따라 5,6영급(41~51년생 이상)을 적합, 3,4영급(21~40년생)을 보통, 1,2영급(1~20년생)

을 부적합으로 평가하였다. 그리고, 수목의 연령 평가 요소와 같이 수동을 등지로 이용하는 조류를 위해서는 수목의 직경이 두꺼울수록 좋으므로 직경 또한 임상도상의 분류에 따라 대경목(30cm 이상), 중경목(18~28cm), 소경목(6~16cm)을 각각 적합, 보통, 부적합으로 평가하였다. 마지막으로, 수관의 수직적 층위가 다양하고 관목층이 잘 발달한 숲에서 조류 관찰빈도가 높으므로(이우신, 1995) 조류서식지로 적합한 도시녹지를 평가하기 위해서는 녹지를 구성하고 있는 수관층 피도의 평가가 필요하다. 그러나, 임상도상에서 수관층의 수직적 다양성을 추출할 수 없으므로 밀도로 대신하여 평가항목으로 선정하였다. 즉, 밀도가 높은 곳이 수관층 피도가 높은 곳이고 따라서 서식하기에 적합한 녹지로 평가된다.

표 1. 도시녹지의 조류서식지 적합성 평가모형

조건	관련인자	평가항목		평가	
		평가내용	평가방법	적합성	점수
서식지형태	면적(ha)*	S = 4.76A ^{0.21}	A < 10	○	0
			10 ≤ A ≤ 100	●	10
			A > 100	◎	20
	고립도**	인접녹지와의 거리(1km 이내)	없음	○	0
			30ha 미만의 녹지 존재	●	10
			30ha 이상의 녹지 존재	◎	20
	물	수자원의 보유 유무	반경1km 이내 전무	○	0
			반경1km 이내 수자원 인접	●	5
			흐르는 물, 호수, 연못 보유	◎	10
	모양(D)	D = P / 2√πA	D < 10	○	0
			10 ≤ D < 100	●	5
			D ≥ 100	◎	10
식생구조	임상		침엽수림	○	0
			활엽수림	●	5
			혼효림	◎	10
	경급		소경목	○	0
			중경목	●	5
			대경목	◎	10
	영급		1,2영급	○	0
			3,4영급	●	5
			5,6영급	◎	10
	밀도		소밀도(소)	○	0
소밀도(중)			●	5	
소밀도(밀)			◎	10	
계				100	100

* . (S = 4.76A^{0.21}, S: 종수, A: 면적)(박찬열, 1994)

** : D = P / 2√πA (D: 다양도 지수, A: 면적, P: 지름)(Patton 1975) 적합성 ○: 부적합, ●: 보통, ◎: 적합

2) 평가 척도 및 방법

평가에는 통상적으로 지수들이 사용된다. 이는 지수에 의해서 의사결정을 위한 많은 정보들이 단일 지수로 요약되기 때문이다. 본 논문에서도 평가에 정량적 지수를 사용하였으며, 사용된 척도는 등간척도로서 3등간 척도로 분류하였고, 점수의 위계는 각 항목별로 각각 0, 5, 10점의 점수를 부여하였다. 0점은 조류서식지로서 가장 부적합한 지역이고 5점은 보통, 10점은 최적 조건으로 하였다. 종합점수의 산출을 위한 항목간 가중치는 조류 종다양성에 가장 많은 영향을 주는 면적요소와 종의 이주와 서식지의 고립을 막기 위한 고립도에 2배의 가중치를 주었다.

본 연구의 평가과정에서는 GIS기법을 통하여 거리나 지름, 면적과 같은 공간적 요소는 쉽게 분석되어진다. 공간 자료는 도면 자료를 통하여 데이터 베이스로 구축되어질 때 자동적으로 공간간의 위계가 생성되고 구축된 공간자료에 속성을 입력하여 여러 가지 분석을 실시하였다. 먼저, 서식지의 면적과 모양을 평가하기 위해서 면적과 지름 등 공간적 크기를 측정(Measurements)하였다. 여기서 m단위로 입력되어진 자료는 서식지의 크기를 나타내는 ha 단위로 바꾸어졌다. 서식지 모양의 다양성을 평가하기 위해서 요구되는 면적과 지름도 $D = P/2\sqrt{\pi A}$ 수식에 대입하여 지수를 산출하였다. 물을 보유한 녹지나 하천에서의 거리를 측정하기 위해서는 인접도 분석(Neighborhood Analysis)을 하였고, 대상 녹지의 반경 1km 이내에 면적이 30ha 이상 되는 녹지가 있는지의 유무를 평가하기 위해서는 속성 질문(Database Queries)과 공간 분석(Spatial Analysis)을 동시에 사용하였다. 고립도 평가의 경우 먼저 대상녹지의 1km 이내에 있는 녹지를 추출하고, 1km 이내에 있는 녹지들 중에서 30ha 이상 되는 녹지를 속성질문을 통해 다시 추출해 내어 새로운 속성값을 부여하였다. 수환경 항목에 있어서도 녹지 내부에 물이 있는 녹지를 속성 질문을 통해 먼저 추출하고 추출된 녹지 중 평가대상 녹지와의 거리가 1km 이내에 있는 녹지를 추출하였다.

집계방법은 앞에서 언급한 도시녹지의 조류서식지 적합성 평가모형의 항목당 점수를 합산하였다. 면적, 고립도, 물, 모양을 평가한 서식지의 형태는 면적과 고립도 항목에 대해서 2배의 가중치를 부여하여 60점,

수림의 유형과 수령, 직경, 밀도를 평가한 식생구조는 40점으로 평가하였다. 따라서, 조류가 서식할 수 있는 가장 적합한 도시녹지의 최대 점수는 100점이 된다.

$$\text{녹지평가점수}(100\text{점}) = \text{서식지형태}(60\text{점}) + \text{식생구조}(40\text{점})$$

III. 연구의 결과 및 고찰

1. 도시녹지의 조류서식지 적합성 평가

본 연구의 평가모형을 통한 개별 녹지의 점수는 조류가 서식할 수 있는 환경으로서의 적합성을 수치적으로 나타내는 것이므로 전체합계 점수가 70점 이상인 곳은 생태적 환경이 양호한 것으로 평가할 수 있다. 서울시 녹지의 조류서식지 적합성 평가결과에 의하면 청계산과 인능산이 90점으로 조류서식지로 가장 적합한 것으로 나타났고 관악산, 우면산, 온수, 현충, 오동, 서오릉, 북한산 순이었다. 합계가 10점으로 가장 낮은 점수를 받은 곳은 구로, 온수 공원등 이었다.

합계가 이에 미치지 못하는 서식지 형태의 점수가 40점 이상인 곳, 식생구조의 점수가 20점 이상인 곳은 조류 서식지로서의 각 요소에 대한 잠재력을 가진 녹지로 평가할 수 있다. 따라서, 서식지 형태에 있어 높은 점수를 획득한 곳 중 식생구조의 평가가 낮은 곳은 수목을 보식하여 복층구조를 조성함으로써 조류서식지로서의 가치를 높일 수 있다. 이 방법은 특히 면적이 넓고 인접한 곳에 대규모 녹지가 존재하는 녹지에 대하여 조류서식환경을 비교적 단시일 내에 획기적으로 개선할 수 있다. 서울시의 경우 서식지 형태에 대한 평가결과 40점 이상은 전체의 33.3%이었고, 그 중 합계 점수가 60점 이상이 되지 않는 곳은 10%로 이들 녹지에 대해서 식생을 개선하기 위한 관리방안이 요구된다. 식생구조의 평가결과에서 20점 이상(46.6%)은 조류가 서식하기에 양호한 식생구조를 이미 보유하고 있으므로 지속적으로 관리 및 서식지 형태를 개선함으로써 야생 조류 서식지 기능을 증대시킬 수 있다. 식생구조의 평가내용에선 전체공원 207개소 중 99개소인 47.8%가 수림대가 존재하지 않기 때문에 0점을 받았는데, 이것은 서울시 도시녹지의 약 1/2정도가 조류가 서식할 수 없는 상태이거나 아주 열악한 환경에 있음을 의미한다.

서울시 도시녹지의 조류 서식지로서의 적합성을 이와 같이 평가한 후 이를 다시 조류가 살기에 적합한 핵, 거점, 점으로 분류하여 녹지네트워크를 구상하였다. 평가 결과에 따라 서울시 도시녹지를 핵(22.8%), 거점(27.9%), 점(49.3%)으로 분류하였다. 여기서 핵은 조류생태계 회복을 위한 큰 규모의 자연공간으로 본 평가에서 70점 이상인 공원을 추출하였고, 거점은 자연적 또는 인위적으로 조성된 중·소규모의 생태적 공간으로서 핵과 거점을 연결하는 공간이 되며, 40-70점까지의 녹지를 추출하였다. 나머지 40점 이하의 녹지는 점으로 분류되며, 핵-핵, 거점-거점의 연결선 상의 일부를 구성하는 패치의 기능을 한다. 현재 서울시 녹지는 전반적으로 조류 서식지로는 양호한 편은 아니지만 도시녹지의 대부분이 산지형 공원을 이루고 있어서 소생물권의 회복을 위한 잠재력이 내재되어 있고 대규모 도시자연공원을 중심으로 패치들이 분포되어 있으므로 이들의 통합적인 네트워크가 가능한 것으로 평가된다.

표 2 평가모형에 의한 핵, 거점, 점의 분류 (서울시) (T=녹지평가점수)

녹지분류	핵	거점	점
적합성 평가	적합	보통	부적합
점수범위	T ≥ 70	40 ≤ T < 70	T < 40
녹지(개소)	47	58	102
점유율(%)	22.8	27.9	49.3

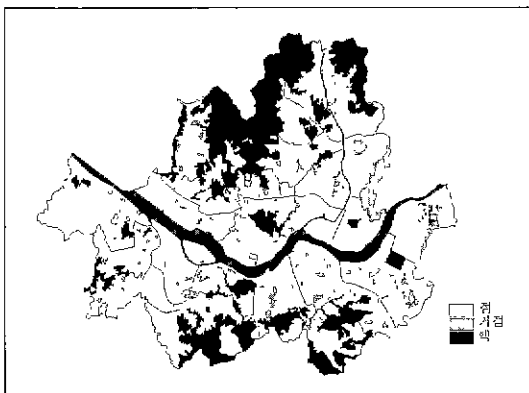


그림 2. 조류서식지 평가모형을 이용한 서울시 녹지평가

2 서울시 녹지 네트워크 구상

네트워크 구상방법은 먼저 조류서식지 적합성 평가 모델에 따라 서울시의 녹지를 핵, 거점, 점으로 분류하

고 대규모 산림 즉, 핵을 연결하는 가상의 축을 선정하여 그림 3과 같이 이들의 연결선상에 있는 녹지들의 평가점수가 높은 곳들을 계속적으로 연결하였다. 본 연구의 결과를 바탕으로 서울시 녹지네트워크 구상에 있어서는 서울시를 남북으로 연결하는 북한산-남산-현충-관악산을 연결하는 축과 동서로는 한강을 이용한 축, 지구별로는 강남구를 대상으로 한강-대모산을 연결하는 축을 제시하였다.

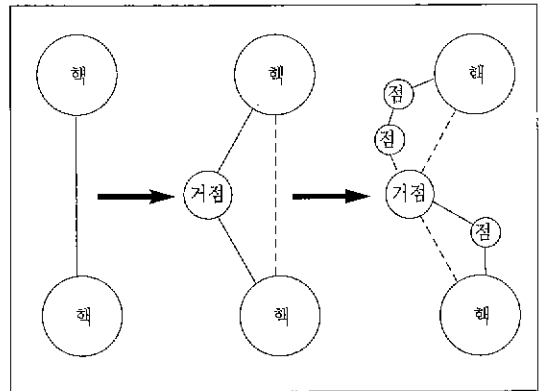


그림 3. 녹지 네트워크 연결방법

다음 표 3과 그림 4는 강남구의 녹지 평가 결과와 녹지 네트워크 구상안이다. 모든 항목에서 높은 점수를 받은 대모산을 비롯하여 개포, 대왕근린, 인능산3이 녹지 핵으로 분류되었고, 거점으로는 40-70점을 받은 청담, 선릉정릉, 도곡, 돌산, 세곡녹지, 나머지는 점으로 분류되어 진다. 점으로 분류된 13개의 공원 중 유일하게 식생요소가 나타난 곳은 봉은 녹지로 청담과 선릉정릉 사이에 위치하고 식생구조 점수가 20점, 서식지 형태 요소가 15점이었다. 서식지 형태 점수 총합이 60점임을 고려해볼 때 이 녹지는 양호한 식생구조에도 불구하고 조류 서식지로서의 그 기능을 다하지 못하고 있는 것으로 평가할 수 있다. 점의 역할을 하는 녹지 가운데 봉은을 제외한 12곳의 녹지는 모두 임상이 나타나지 않았고, 면적과 서식지 모양의 다양성 점수에 있어서도 모두 0점으로 도시속의 생물서식공간으로는 매우 열악한 환경을 가지고 있다. 그러나, 고립도의 평가를 보면, 학동, 역삼, 도산을 제외하고는 모두 인접한 곳에 30ha이상의 녹지에 인접하고 있는 것으로 나타나므로 이들은 대규모 숲의 가장자리에 위치하여 종의 활발한

유입과 이동에 영향을 줄 수 있는 기회인자로 작용할 수 있다. 또한, 이와같이 평가된 녹지들은 녹지 네트워크로 연결됨으로써 조류의 이동을 위한 통로나 더 나은 서식환경으로 발전되어질 수 있다. 강남구의 경우는 핵

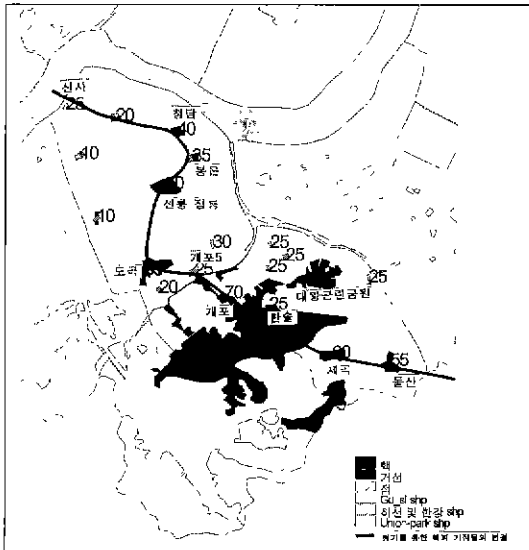


그림 4. 강남구의 녹지네트워크 구성

으로 작용할 수 있는 대모산과 양재천의 지류를 가지고 있으므로 대모산을 핵으로 조성하고 도곡공원을 거점으로 하여 대모산-개포-도곡-선릉-봉은-청담-도산-신사-한강으로 이어지는 네트워크를 구상할 수 있다. 특히 개포공원의 경우는 대모산과 강남구 시가지를 끊어 지지 않게 하는 다리역할을 하고 있다. 거점과 거점사이의 점으로서 연결고리 역할을 할 수 있는 포이공원과 개포5공원은 다른 공원들보다 우선적으로 보존되어야 하고, 선릉과 도곡공원 사이의 중의 공급 한계거리를 보완하기 위한 신규 녹지의 조성이 필요하다. 이와같이, 강남구는 양재천을 하천축으로 하는 잠재 적지를 가지고 있으므로 한강-양재천-대모산으로의 연결이 가능하고 대왕근린공원과 양재천 사이의 대진, 대청, 늘푸른 공원은 양재천의 물새와 산새 서식을 위한 중요 적지로 선정된다.

본 연구에서 제시한 조류서식지 평가모형을 통한 녹지 네트워크 계획은 1인당 공원면적을 기준으로 한 녹지의 양적 확보에만 치우쳐 질의 문제가 제기되어 온 기존 공원조성방법과 차별화 된다. 도시녹지는 다른 도

표 3. 강남구의 녹지 평가

공원명	평가	합계	면적(ha)	침수	S_D	침수	물	침수	고립도	침수	소계1	임상	침수	경급	침수	영급	침수	밀도	침수	소계2
학동		10	3.20	0	2.05	0	-	0	보통	10	10									0
역삼		10	3.35	0	2.79	0	-	0	보통	10	10									0
도산		20	3.14	0	2.01	0	보유	10	보통	10	20									0
포이		20	1.33	0	0.54	0	-	0	적합	20	20									0
신사		25	1.13	0	0.47	0	영향	5	적합	20	25									0
대진		25	1.00	0	0.37	0	영향	5	적합	20	25									0
대청	점	25	1.84	0	0.89	0	영향	5	적합	20	25									0
늘푸른		25	1.32	0	0.53	0	영향	5	적합	20	25									0
개포5		25	3.39	0	2.49	0	영향	5	적합	20	25									0
단천		25	1.36	0	0.88	0	영향	5	적합	20	25									0
한솔		25	0.95	0	0.42	0	영향	5	적합	20	25									0
한티		30	1.46	0	0.75	0	보유	10	적합	20	30									0
봉은		35	5.08	0	4.26	0	영향	5	보통	10	15	H	5	2	5	3	5	B	5	20
청담		40	5.44	0	4.62	0	보유	10	보통	10	20	M	10	2	5	2	0	B	5	20
선릉정릉		40	21.92	10	37.26	5	-	0	보통	10	25	D	0	2	5	3	5	B	5	15
도곡	거점	55	26.82	10	75.05	5	-	0	적합	20	35	H	5	2	5	3	5	B	5	20
들산		55	12.81	10	19.41	5	-	0	적합	20	35	M	10	2	5	2	0	B	5	20
세곡		60	15.38	10	23.74	5	영향	5	적합	20	40	H	5	2	5	3	5	B	5	20
개포		70	42.80	10	425.15	10	영향	5	적합	20	45	HM	10	2	5	3	5	B	5	25
대왕근린		70	55.14	10	279.81	10	영향	5	적합	20	45	M	10	2	5	3	5	B	5	25
인능산3	핵	75	71.55	10	341.10	10	보유	10	적합	20	50	M	10	2	5	2	0	C	10	25
대모산		80	545.05	20	11,464.24	10	보유	10	적합	20	60	H	5	2	5	3	5	B	5	20

시계획 요소와는 달리 생명이 있는 유기체임을 고려하지 못한 종래의 도시계획은 다수의 파편화된 도시녹지를 생성하여 생태계의 단절을 가져왔다. 반면, 조류서식지 평가모형을 이용한 녹지 네트워크는 자연과 인간의 공생을 위한 생태적 도시계획방법이다. 그림 5와 같이 기존에 녹지 A와 B가 있을 때 전혀 생태적 고려를 하지 않고 D에 녹지를 조성할 경우 그 효과는 표 4와 같이 D가 조성되기 전이나 후나 기존의 A와 B에 미치는 생태적 효과는 없다. 그러나, 신규 녹지 조성 시 A와 B녹지 사이에 C녹지를 조성한다면 C가 생성됨으로 인하여 A와 B의 녹지도 그 질이 증가되고 따라서 C도 같이 주변의 큰 녹지의 영향을 받을 수 있는 생태적 연결점 역할을 할 수 있는 장점이 있는 것이다.

표 4. 신규녹지조성 (점수는 녹지의 효과)

	생태적 녹지 조성 방법		기존 녹지 조성 방법	
	C조성 이전	C조성 이후	D조성 이전	D조성 이후
A	100	200	A	100
B	100	200	B	100
C	50	100	D	50
		500		250

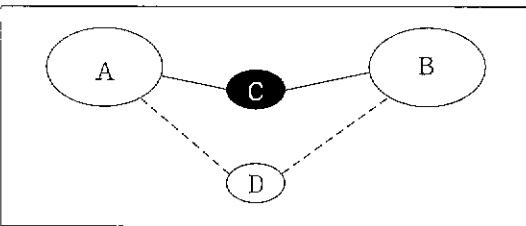


그림 5. 신규녹지조성

록 각 서식지별로 부족한 요소를 찾아 우선적으로 보완할 수 있다. 그리고, 조류이동통로의 중간기착지(Stepping Stone)를 위한 녹도(Green Way)나 고립된 거점들을 연결하여 네트워크를 조성하면 이들은 야생조류의 이동시 은신처로서 활용가치가 증대된다. 또한 서울시 용도지역의 50%를 차지하는 주거지역 및 하천과 인접한 녹지에는 관목층을 갖는 소규모 평지형 녹지를 다수 조성하여 인간과 야생동물이 공생하는 공간을 확충하여야 한다.

표 5. 단편화된 도시녹지의 생태적 관리방안

	구상	방법
핵과 핵의 연결		조류 서식지로 적합한 두 녹지 사이에 신규 녹지 조성
완충지역 (Buffer Zone) 지정		조류 서식지의 핵으로 선정된 도시자연공원을 야생조류 보존 녹지로 지정하고 주변의 패치를 연계한 완충지역 지정
보완요소 평가		산지형 녹지주변의 패치가 종의 이동과 유입을 위한 조류서식지로 작용하도록 서식지 요소의 부족한 점 보완
단절된 링크 (Missing Link) 연결		조류 이동통로의 중간기착지(Stepping Stone) 조성 -고립된 거점 간의 연결 -녹도 (Green Way) 조성
녹지와 하천의 연결		서울시 용도지역의 50%를 차지하는 주거지역을 대상으로 하는 녹지 확보 -주목가 녹화, 조류유치 수종 식재
평지형 녹지 개선		수관층 다양 관목층 보완

3. 단편화된 도시녹지의 생태적 관리방안

단편화된 도시녹지의 생태적 회복을 위한 관리방안은 표 5와 같다. 조류 서식지로서 최적의 역할을 할 수 있는 녹지 핵 사이에 새로운 녹지를 조성하고, 도시주변의 산림을 생물종의 저장공간 또는 유전자의 공급원(Central Pool)으로의 핵(Core)의 역할을 증대할 수 있도록 주변의 패치들과 연계한 완충지역(Buffer Zone)을 조성할 수 있다. 또한, 산지형 녹지와 그 주변의 패치들로 이루어진 경우 소규모 패치들이 종의 이동과 유입을 위한 조류서식지로서의 역할을 할 수 있다.

IV. 결론

본 연구에서 제시한 조류서식지 평가모형을 통한 녹지 네트워크 계획은 단순한 녹지만의 연결이 아니다. 평가결과에 따라 개별 녹지들을 생물서식지로서의 핵과 거점, 점으로 구분하여 녹지네트워크를 구상하고, 도시생태계를 전반적으로 회복할 수 있도록 서식환경을 조성해 줄 수 있는 방법이다. 네트워크 축 상에 놓여 있는 녹지 각각의 점수가 평가되므로 대상 녹지의 환경이 쉽게 분석되어지고, 개별 녹지들이 그 기능을 다 할 수 있도록 평가항목별로 보완해 줄 수 있다. 따라서, 녹지

관리자는 대상 녹지의 부족 요소를 우선적으로 개선해 줌으로써 효율적으로 도시녹지를 관리할 수 있다. 그리고, 도시녹지의 관리방법과 우선순위를 과학적으로 도출할 수 있으므로 획일적인 나무심기의 도시녹지 정책에서 탈피하여 효율적으로 생물서식공간을 조성할 수 있다.

연구 수행과정에서 나타난 문제점을 살펴보면 국내의 생물종에 대한 자료가 극히 미비하고 단순한 관측만을 중심으로 이루어져 있었다. 이는 조류의 경우도 예외가 아니어서 대상지인 서울시의 조류상 조사도 체계적으로 이루어져 있지 않아 종의 고유 서식특성을 바탕으로 이루어져야 할 향후 연구들의 어려움이 예상된다. 그러므로 도시생태계를 회복하기 위한 방법을 마련하기 위해서는 대상지의 야생동물에 대한 조사 및 서식환경에 대한 체계적 연구가 시급히 요구된다. 본 연구는 조류종만을 대상으로 한 평가모형을 통하여 서식지 적합성 평가 및 도시녹지 네트워크를 구축하였지만 향후에는 여타 포유류 및 양서 파충류의 서식지 요구도 또한 고려한다면 사람과 생물이 공생하는 이상적인 도시 녹지체계를 구축할 수 있을 것이다.

- 주1. $S = 4.76A^{0.71}$ (S 종수, A 면적) (박찬열, 1994)
- 주2. 비오토프 조성에 필요한 동물들의 서식특성에 관한 독일에서의 연구결과중 종별 최소서식 공간규모는 나비, 직시류 1ha, 딱정벌레 2-3ha, 평야 나무들의 텃밭새 5-10ha, 도요새 10ha, 일반적인 중부 유럽의 새종류는 80-1000ha 등이었고 미국의 연구결과에 따르면 조류가 서식하기 위한 최소규모로 25 ~ 30ha의 면적을 제안하고 있다 (Adams, L. W. et al., 1989, Jedicke E., 1994, 환경부, 1995).
- 주3. 비오토프 조성에 필요한 동물들의 서식특성에 관한 독일에서의 연구결과 중 종의 제공급이 가능한 한계거리의 숲 비오토프의 동물군들은 0.8km, 벌류는 1km, 나비, 왕귀뚜라미류는 1 ~ 3km, 중간크기의 새종류들은 5 ~ 10km 등이었다 (Jedicke E., 1994, 환경부, 1995)
- 주4. $D = P/2\sqrt{\pi A}$ (D 다양도 지수, A 면적, P 지름) (Patton 1975, Taylor 1977, Cole 1983)

인용문헌

- 1 김윤종, 이인성 (1997) 녹지충량관리방안 서울시정개발연구원.
- 2 박종화(1992) 도시녹지의 확보방안 도시문제. pp.56-59
- 3 박찬열(1994) 야생조류의 서식에 적합한 도시환경립 조성 및 관리방안 서울대학교 농학석사학위논문.

4. 우한정, 김상욱(1988) 산림조류의 서식환경에 관한 연구. 김상욱 정년퇴임 논문집. pp.161-173.
5. 원병오(1996) 한국의 조류 서울 교학사.
- 6 이상호(1997) 서울시 공원·녹지 확충방안 서울시정개발연구원.
- 7 이우신, 박찬열(1995) 길드개념을 이용한 산림환경과 조류군집 변화 분석. 한국생태학회지. 18: 397-408.
- 8 조 우(1992) 도시립관리를 통한 식물 및 야생조류 종다양성 증진에 관한 연구. 서울시립대학교 석사학위논문.
- 9 조용현(1997) 생태적 복원을 위한 중소하천 자연도 평가방법 개발. 서울대학교 박사학위논문
- 10 환경부(1995) 전국 그린 네트워킹화 구상.
- 11 日本生態系協會(1994) ビオト プネットワ ク: 都市農村 自然の新秩序. 東京: ぎょうせい.
12. 杉山志一(1995) 進士五十八 自然環境復元の 技術 朝創書店
- 13 杉山恵一 外(1997) ビオトプの 計画 - 生物生息環境創造
14. Adams, L. W(1995) Urban Wildlife Habitats. A Landscape Perspective, Minneapolis U of Minnesota Press.
15. Adams, L W, et al(1989) Wildlife Reserves and Corridors in the Urban Environment' A Guide to Ecological Landscape Planning and Resource Conservation, National Institute for Urban Wildlife. Columbia
- 16 Cook, E. A., Van Lier, Hubert N(1994) Landscape Planning and Ecological Networks, Amsterdam' ELSEVIER.
17. Frederick, Janis M.(1993) Landscape Restoration Framework for Wildlife and Agriculture in the Rural Landscape Landscape and Urban Planning 27: 7-17.
18. Flores, Alejandro, et al(1998) Adopting a Modern Ecological View of the Metropolitan Landscape: The Case of a Greenspace System for the New York City Region, Landscape and Urban Planning 39. 295-308
- 19 Forman, Richard T. T(1995) Land Mosaics - The Ecology of Landscapes and Regions: U. of Cambridge Press.
- 20 Jukka, Jokimaki, Suhonen Jukka,(1998) Distribution and Selection of Wintering Birds in Urban Environments Landscape and Urban Planning 39: 253-263
- 21 Jedicke E (1994) Biotopverbund - Grundlagen und Maßnahmen einer neuen Ulmer.
- 22 Robbins, Chandler S. et al.(1989) Habitat Area Requirements of Breeding Forest Birds of the Middle Atlantic States. Wildlife Monographs 103' 1-34.
- 23 Swetnam, R D et al.(1998) Applying Ecological Models to Altered Landscapes Scenario' Testing With GIS, Landscape and Urban Planning 41: 3-18.
24. Van Apeldoorn, et al.(1998) Applying Ecological Knowledge in Landscape Planning: A Simulation Model as a Tool to Evaluate Scenarios for the Badger to the Netherlands. Landscape And Urban Planning 41: 57-69.