

숲 조각의 고립과 연결 및 습지유무에 따른 조류군집의 차이

-철원 민간인통제지역의 지뢰지대에 서식하는 조류군집의 특성 및 중요성-

Differences of the Avian Fauna in Forest Patches by Isolation, Connectivity and Wetland

-Characteristics and Importances of Avian Community

in Mine Fields of CCZ in Cheorwon, Korea-

유승화¹ · 이기섭² · 박종화^{3*}

¹서울대학교 환경계획연구소, ²한국환경생태연구소, ³서울대학교 환경대학원

서론

경관생태학에서의 연구는 경관구성 요소의 구조와 기능에 중점을 두며, 조각의 규모와 배치 및 연결성에 대하여 집중적으로 논의하고 있다(이도원 2001). 일반적으로 조각의 크기가 클수록 서식하는 조류의 종수가 늘어나고 (Forman *et al.* 1976; Game and Peterken 1984), 멸종하는 종의 수는 감소하게 된다(Newmark 1995). 하지만, 각 조각은 습지의 유무, 피도, 식생의 구조 및 배치, 주변 조각의 특성 등에 의하여 차이가 발생하는 것이다(Honnay *et al.* 1999). 또한, 교목에 가려진 습지나 하천의 경우 경관생태학에서 자주 다루어지는 위성영상의 피복분류에 의해서 다루어지지 않을 수 있기 때문에 구분하기 힘들 수 있다.

동일한 조각 사이의 서식종의 수에서 잔차(Residual)가 존재하는 원인은 동일한 조각의 크기에서 기반환경이나 숲의 연령 등의 차이로 인한 것으로 예상할 수 있다(Honnay *et al.* 1999). 산림성 조류의 군집은 숲의 차이 뿐 아니라 숲 내에 존재하는 습지에 의하여 영향을 받을 수 있을 것이다. 따라서 전체 조류군집의 결과를 이용하지 않고 산림서식 조류에 한하여 분석할 필요성이 있다.

본 연구의 목표는 철원 민통선지역에서 지뢰지역으로 이루어진 조각의 특성(크기, 연결성, 습지의 유무) 차이가 조류 군집에 어떠한 영향을 주는지를 확인하기 위한 것이다.

연구방법 및 분석

1. 연구대상지 개황

철원지역은 한반도의 중부지역에 위치하며, 비무장지대 및 민간인통제지역으로 일반인의 출입이 제한되어 있다. 군사목적으로 설치한 지뢰지역이 산재하여 있으며 주로 교량이 교차하는 곳이나 주요 도로의 주변을 둘러싸는 형태로 배치되어 있다(철원군 2002). 이러한 지뢰지대는 비무장지대와 더불어 자연적 가치를 높게 인정받고 있으며 연구대상이다(철원군 2002). 민통선 내외에 산재하는 지뢰지대 3곳과 민통선 내 산지 3곳을 정하여 조사하였으며(그림 1) 조각 및 인근지역의 환경적 특성은 표 1과 같았다(표 1).

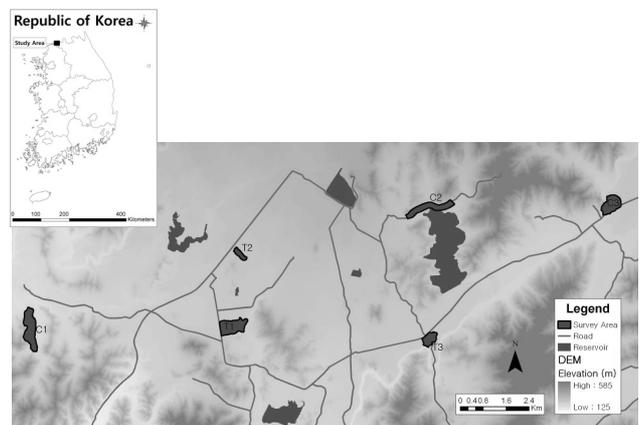


그림 1. 조사지역 및 3개 조사구(T-1, 2, 3) 및 3개 대조구(C-1, 2, 3)의 분포도.

표 1. 조사구별 넓이와 조각 및 조각인근 서식지 특성

조사구	넓이(ha)	습지	숲	하천	농경지	연결성
T1	405.7	O	O	O	O	O
T2	85.3	X	O	X	O	X
T3	174.3	O	O	O	X	O
C1	473.7	X	O	X	O	O
C2	356.9	X	O	O	X	O
C3	319.0	X	O	O	O	O

2. 조사 및 분석방법

1) 조사방법

조류의 번식시기인 2010년 4월 말에서 8월 말까지 각 지역을 동일한 시기에 5회 실시하였다(5월 2회). 지뢰지역은 직접 들어가서 조사할 수 없기 때문에 외곽지역에서 50m 이내에서 관찰되는 지역을 조사하였으며, 대조구는 조사선의 양안으로 25m 지역 이내에서 관찰되는 것을 조사하였다. 관찰은 쌍안경을 이용한 육안으로 동정하였으며, 소리를 이용한 동정은 배제하였다. 조사시간을 유사하게 하기 위하여 동트는 시기부터 2시간 이내에 조사를 마쳤으며 각 조사구의 조사선의 길이에 맞추어 시간을 정한 후 조사를 실시하였다.

2) 분석방법

조사결과에서 산림성 조류의 군집지수에 영향을 줄 수 있는 수조류 및 집단번식 백로류의 결과는 분석에서 제외하였다. 각 조사구별로 종의 수, 개체수, 우점도, 종다양도, 종풍부도, 종균등도를 산출하였으며 각 조사구별 차이를 살펴보기 위하여 Kruskal-Wallis test를 실시하였다. 각 조사구별 군집지수를 구하기 위한 수식은 다음과 같았다.

$$\text{우점도(Dom.)} = \frac{1\text{종의 개체수}}{\text{관찰 지역 내 총 개체수}} \times 100$$

$$\text{종다양도(H')} = -\sum (ni/N) \times \ln(ni/N)$$

□ N : 총 개체수
ni : i 종의 개체수

$$\text{종풍부도 지수(Da')} = (s - 1) / \ln(N)$$

s : 관찰된 전체 종수,
N : 관찰된 총 개체 수

$$\text{종균등도 지수 Hp} = (10^H - 1) / (s - 1)$$

H' : 종다양도
s : 관찰된 종 수

$$\text{유사도 지수 (CCs)} = 2C / (S1 + S2)$$

C : 1, 2 지역 공통종의 수
Si : i지역 종의 수

결과 및 고찰

1. 조류군집

전체 지역에서 조사된 결과는 63종, 최대개체수 합계 828 개체 이었으며, 종다양도는 3.8, 종풍부도는 9.2, 종균등도는 93.3 이었다(표 2). 가장 많은 종이 관찰된 조사구는 C3 지역으로 42종이 관찰되었으며, 가장 다양한 서식지가 존재하는 지역이었다. 다음으로는 면적이 가장 넓었던 C1지역이 41종이 관찰되었으며, 가장 적은 종이 관찰된 지역은 T2 지역으로 농경지로 둘러싸인 작은 조각 숲 이었다(표 1, 2).

종다양도가 3.5 이상으로 높은 지역은 T1, C1, 2, 3이었으며, 3.2를 기록한 지역은 T2, 3으로 작은 면적으로 인한 종다양도의 상대적 약세로 판단되었다. 하지만 T2 지역은 작은 면적에 비하여 높은 종다양도를 보였는데, 종의 개체군이 작기 때문에 나타나는 지수상의 특성 때문으로 사료되었다. 종풍부도의 측면에서 본다면 T2 지역의 약세는 다른 지역에 비하여 큰 차이를 보였다. 이것은 파편화된 산림조각에서 산림성 조류의 서식한계를 잘 보여주는 결과였다.

종풍부도 지수가 가장 높았던 지역은 C1 지역으로 서식지 내에서 숲과 개방습지가 존재하며, 인근지역에 하천과 농경지가 존재하는 다양한 환경이 있었기 때문으로 판단되었다. 종다양도와 비교결과 종풍부도는 종다양도 지수에 비하여 서식지의 다양성에 의한 조류군집의 다양성을 더 잘 대변하는 것으로 판단되었다. 종균등도가 가장 높았던 지역은 C1 지역으로 산림과 농경지로 이루어진 지역으로 큰 군집을 이루는 개체군이 서식하지 않았기 때문으로 보였다. 상대적으로 습지를 포함하는 T2, 3, C2 지역은 군집을 이루는 종의 서식이 관찰되어 낮은 종균등도를 보였다.

이와 같은 조류군집상의 차이는 조각의 크기 및 습지의

표 2. 각 지역별 조류군집의 조사결과

군집 지수	T1	T2	T3	C1	C2	C3	Total
N.S	39	24	31	41	38	42	63
S.M.C	122	93	140	127	175	222	867
H'	3.6	3.2	3.2	3.8	3.4	3.6	3.7
Da	7.9	5.1	6.1	8.3	7.2	7.6	9.1
Hp	104.3	71.1	53.9	144.9	74.4	95.4	89.0

N.S : 종의 수, S.M.C: 최대개체수 합계

유무, 인근지역의 서식지 배치 등에 의하여 영향을 받은 것으로 판단된다. 향후 면적의 개념을 고려하여 단위면적당 종의 수, 개체수를 이용한다면 좀 더 명확한 결과가 나타날 것으로 기대된다.

2. 유사도 분석

넓은 면적의 산림지역인 조사구 C1, C2, C3은 상대적으로 높은 유사도를 보였으며, 습지나 하천을 포함하고 있는 서식지인 T1와 T3는 T1이 여타 지역과의 유사도가 낮음에도 불구하고 T3와의 유사도가 높게 나타났다(표 3). 하지만, 농경지로 둘러싸인 작은 숲 조각인 T2 지역은 다른 지역과 유사도가 낮게 나타났다. 면적이 174ha로 T2 지역과 가장 유사한 T3 지역은 하천이 관통하며, 다른 숲과 연결되었기 때문에 T2 지역과의 군집 유사도 높지 않았다.

이러한 결과는 서식지의 연결성과 함께, 숲 조각 내에 존재하는 습지 및 하천의 유무가 산림성 조류의 서식에도 영향을 주는 결과로 판단된다(이도원 2001; Forman *et al.* 1976; Honnay *et al.* 1999).

3. 결론 및 제언

습지 및 하천이 존재하는 숲은 삼림소택지(Swamp)로 분류할 수 있으며(Finlayson and Valk 1995; 이기섭 2000), 이러한 삼림소택지는 우리나라에서 하천주변 개발에 의하여 찾아보기 힘든 습지의 형태일 것이다. 철원의 비무장지대 및 민간인통제지역의 지뢰지대는 도로의 인근으로 비교적 평지에 조성되어 습지가 형성된 경우가 많다. 본 연구의 결과, 습지를 포함하는 지뢰지대는 조류의 군집 차원에서 종다양도 등의 다양성 지수가 매우 높으며, 특징적인 조류의 서식이 확인되었다. 따라서 우리나라의 하천 및 습지에 교목식재를 통하여 숲을 조성한다면 종다양성 측면에서의

개선이 될 것으로 판단된다. 특히, 하천 인근의 숲 조성은 개발 이전의 모습인 범람원과 우각호, 배후습지 등을 복원하는 차원에서 필요할 것이다. 습지 및 하천 인근의 숲 조성은 서식지의 연결성 차원에서 권장되고 있으며(Bentrup *et al.* 2001), 비점오염원의 저감 등 다양한 생태계서비스를 제공하므로(이도원 2001), 서식지 조성이나 환경저감 계획에서 적극적으로 반영하여야 할 것이라 제안한다.

사 사

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

인용문헌

이기섭(2000) 한국의 서해안에 도래하는 수조류의 실태와 개체수 변동. 경희대학교 박사학위논문. 211pp.

이도원(2001) 경관생태학: 환경계획과 설계, 관리를 위한 공간생리. 서울대학교 출판부. 서울. 349.

Bentrup, G., M.M. Schoeneberger, S. Josiah, and C. Francis. 2001. Ecobelts: reconnecting agriculture and communities: case studies. In: Steward W.C. and A. Lisee (eds), Proceedings of the Ecospheres Conference. University of Nebraska, Lincoln, NE. June 10-12.

Newmark, W.D. (1995) Extinction of mammal populations in western North American national parks. *Conservation Biology* 9:512-527

Finlayson, C.M. and A.G. van der Valk(1995) Classification and inventory of the world's wetlands. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht. 192pp.

Forman, R. T. T. A.E. Galli and C.F. Leck(1976) Forest size and avian diversity in New Jersey woodlots with some land use implications. *Oecologia* 26: 3-12.

Game, M. and G.F. Peterken(1984) Nature reserve selection strategies in the woodlands of central Lincolnshire, England. *Biological Conservation* 29: 157-181.

Honnay, O., M. Hermy and P. Coppin(1999) Effects of area, age and diversity of forest patches in Belgium on plant species richness, and implications for conservation and reforestation. *Biological conservation* 87: 73-84.

표 3. 지역간의 유사도지수 비교행렬표.

CCs	T2	T3	C1	C2	C3
T1	0.57	0.74	0.58	0.60	0.64
T2		0.58	0.62	0.61	0.67
T3			0.69	0.75	0.77
C1				0.71	0.84
C2					0.78