

조류 서식지로서 지뢰지대 삼림습지의 경관생태학적 평가^{1a}

유승화² · 이기섭³ · 박종화^{4*}

Landscape Ecological Evaluation for Avian Fauna Habitats at the Forest Swamp Minefields of Civilian Control Zone(CCZ) Close to the Demilitarized Zone(DMZ) of Korea^{1a}

Seung-Hwa Yoo², Ki-Sup Lee³, Chong-Hwa Park^{4*}

요 약

본 연구는 선택되어진 지뢰지역과 습지조각의 산림성조류의 군집에 대하여 경관생태학적 가치를 평가하도록 하였다. 각각 면적이 다른 세 곳(8.5ha, 17.4ha, 40.6ha)의 지뢰지역과 산지지역의 세 개 비교지역의 조류상분석을 이용하여 평가하였다. 평균 산림성조류의 종수, 개체수, 종다양성, 종풍부도와 종균등도를 조각의 크기와 습지의 존재와 연결성과 같은 환경적 특성에 의하여 분석하였다. 군집 유사도지수는 실험군과 대조군 조사구사이를 비교하였다. 조류군집은 다음과 같이 요약되었다. 첫째, 63종의 조류가 조사되었으며, 최대개체수 합계는 828개체였다. 종다양성지수는 3.8이었으며, 종풍부도는 9.2, 종균등도는 93.3 이었다. 둘째, 작고 숲과 고립된 숲은 낮은 평균 종의 수와 개체수를 가졌지만, 소하천을 가진 작은 숲 조각은 개활수면이 없는 숲 조각에 비하여 높은 조류 밀도를 보였다. 셋째, 갈대습지를 가진 숲 조각은 단위면적당 조류 종의 수(/10ha), 단위면적당 개체수, 종다양도지수, 종풍부도와 종균등도에서 낮은 가치를 가진 것으로 평가되었다. 마지막으로, 군집 유사도지수는 소하천을 가진 작은 숲 조각은 다른 숲과 연결되어 있는 큰 산지 숲과 유사성이 높게 나타났다. 결과적으로, 지뢰지대 숲 조각은 작은 면적에도 불구하고 다른 서식지와 연결되고 서식지가 넓은 산지의 숲 조각과 군집유사도가 비슷하였다. 따라서, 하천숲의 복원은 산림성조류의 군집에서 생물다양성을 향상시킬 것으로 제안한다.

주요어: 산림성 조류군집, 면적 효과, 습지 효과, 연결성 효과, 밀도

ABSTRACT

We evaluated the landscape ecological value of selected minefields and wetland patches as a habitat of the forest bird community. The avian fauna of three minefields of 8.5ha, 17.4ha, and 40.6ha were evaluated by comparing that of three control sites of mountain area. Average number of forest bird species, number of individuals, species diversity index, species richness, and species evenness were analyzed according to the size of patch and environmental characteristics such as the presence of wetland and connectivity. Community similarity was evaluated between test and control plots. Avian fauna can be summarized as follows. First, 63

1 접수 2011년 10월 4일, 수정(1차: 2012년 1월 6일, 2차: 2012년 3월 5일), 게재확정 2012년 3월 6일

Received 4 October 2011; Revised(1st: 6 January 2012, 2nd: 5 March 2012); Accepted 6 March 2012

2 서울대학교 환경대학원 환경계획연구소 Institute of Environmental Planning, Graduate School of Environmental Studies in Seoul National University, Seoul(151-742), Korea(ecogrus@gmail.com)

3 한국환경생태연구소 Institute of Environmental Ecology, Daejeon(305-509), Korea

4 서울대학교 환경대학원, Graduate School of Environmental Studies, Seoul National University, Seoul(151-742), Korea

a 본 연구는 환경부 수변녹지 및 생태벨트 조성기술 개발사업(과제번호 03-III-8)의 지원을 받아 이루어졌음. 이 논문은 기 발표된 2011년 한국환경생태학회 춘계학술발표대회의 발표내용을 발전시킨 것임.

* 교신저자 Corresponding author(rsgis@snu.ac.kr)

species were recorded, and the sum of maximum counts was 828 individuals. Species diversity index was 3.8, and the species richness was 9.2. Species evenness was 93.3. Second, small, isolated forest patch had a low average number of species and individuals as expected. But, small forest patches with streams had higher bird density than patches without water surface. Third, forest patches with marsh wetland were evaluated as lower habitat quality than forest patches with stream wetland in terms of the number of bird species per unit area, number of individuals per unit area, species diversity index, species richness index, and species evenness. Finally, Community similarity of the small forest patches with streams was similar with large connected forest. As a result, lowland forest patch was shown the good quality for the forest bird community in spite of small extents, and community structure was similar with mountain forest bird community. Thus, riparian forest restoration could improve the biodiversity of the forest bird community.

KEY WORDS: FOREST BIRD COMMUNITY, SIZE EFFECT, WETLAND EFFECT, CONNECTION EFFECT, DENSITY

서론

경관생태학에서의 연구는 경관구성 요소의 구조와 기능에 중점을 두며, 조각의 규모와 배치 및 연결성에 대하여 집중적으로 논의하고 있다(Turner *et al.*, 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 발생하게 된다(Honnay *et al.*, 1999). 또한, 동일한 조각 사이의 서식종 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 생산성이 달라지므로, 영향을 받을 수 있을 것이다. 하지만, 산림성 조류의 번식기에 요구되는 먹이는 대부분 습지성 곤충이 아닌 산림성 곤충의 유충이므로 영향을 받지 않을 가능성이 있다. 따라서 습지의 유무에 따라 구분된 지역에서 조류의 군집지수를 비교함으로써 평가할 필요성이 있다. 또한, 결과에 대한 혼동을 방지하기 위하여, 전체 조류군집의 결과를 이용하지 않고 산림성 조류에 한하여 분석할 필요성이 있다. 교목에 가려진 습지나 하천의 경우 경관생태학에서 자주 다루어지는 위성영상의 피복분류에 의해서 다루어지지 않을 수 있기 때문에 구분하기 힘들 수 있다. 따라서, 인공위성에 의한 피복분류에 의존하지 않고, 현장에서의 육안에 의한 구분은 병행하여야 할 것이다.

많은 농업경관의 생물다양성은 증가하는 영농강도와 도시화의 압력에 의하여 초래된 서식지의 감소와 파편화에 의하여 감소해왔다(Krebs *et al.*, 1999). 무엇보다도 서식지의 이질성과 연결성의 감소로 인하여 생물다양성은 감소하였는데, 서식지의 이질성과 연결성은 농업경관에서의 생물다양성에 중대한 영향을 주는 요인으로 여겨지고 있다(Benton *et al.*, 2003). 한국의 농업경관 및 영농 강도 또한 크게 변모하여 왔다. 저지대의 숲은 사라지고, 하천인근 자연녹지는 개간되었으며, 논들은 개간되어 대규모의 기계화 농경지로 전환되었다(Jones *et al.*, 2010). 이러한 농업경관의 변화는 서식 조류의 군집에 중요한 영향을 줄 것이라 예상할 수 있다(Brotons *et al.*, 2005; Choi, 2009). 우리나라에서 비교적 자연성이 높게 보전되어 있는 지역은 비무장지대에 인접한 민간인통제지역이라 할 수 있다(Pae, 2000; Cheorwon County, 2002).

한국의 비무장지대 및 민간인통제지역은 군사적 목적에 의해 개발제한으로 자연이 보전되어 있어서 이에대한 연구가 지속적으로 이루어져 왔으며 서식지 유형별 동물상에 대한 평가가 필요한 것으로 제안되어 왔다(Lee *et al.*, 2001; Cheorwon County, 2002; Lee *et al.*, 2004), 철원지역에 잔존하고 있는 지뢰지대는 저지대에 설치되어 있으며, 습지를 포함하고 있어 종다양성을 보전하는 서식처의 이질성(농업경관내의 숲)을 보전하고, 산림성 조류에 있어서 징검다리 서식지로서의 역할을 할 것으로 기대된다(Pain and Pienkowski, 1997). 따라서 지뢰지대와 같은 산림습지의 보전은 생물다양성의 보전에 기여할 수 있을 것이다. 하지만 지금까지 철원지역의 민간인통제지역에 대한 연구는 주로 두루미류 및 멸종위기종에 대한 연구가 우선적으로 수행되어 왔다(Lee *et al.*, 2001; Cheorwon County, 2002; Lee *et al.*, 2004;

Yoo *et al.*, 2011). 반면, 민간인통제지역 내의 지뢰지대는 현장으로 진입할 수 없다는 한계 때문인지, 구체적인 연구 결과가 없는 상황이다. 따라서 본 연구자는 민간인통제지역 내에 산재하는 지뢰지대의 조류상을 조사함으로써 특이성과 보전가치를 파악하면서, 서식지의 특성에 따른 조류상은 차이가 어떻게 날 것인지에 의문을 갖게 되었다.

본 연구는 철원 민통선지역에서 지뢰지역의 특수성 및 중요성을 알아보고, 경관 모자이크의(조각의 크기, 연결성, 습지의 유무) 차이가 산림성 조류의 군집에 어떠한 영향을 주는지를 확인하기 위한 것이다. 특히 습지가 있는 경우의 산림성조류 군집이 어떻게 달라지는지에 대하여 확인하도록 하였다.

연구방법 및 분석

1. 연구대상지 개황

철원지역은 한반도의 중부지역에 위치하며, 비무장지대 및 민간인통제지역으로 일반인의 출입이 제한되어 있다. 군사목적으로 설치한 지뢰지역이 산재하여 있으며 주로 교통이 교차하는 곳이나 주요 도로의 주변을 둘러싸는 형태로 배치되어 있다(Pae, 1994; 2000; Cheorwon County, 2002). 이러한 지뢰지대는 비무장지대와 더불어 자연적 가치를 높게 인정받고 있으며 연구대상이다(Cheorwon County, 2002). 민통선 내외에 산재하는 지뢰지대 3곳과 민통선 내 산지 3곳을 정하여 조사하였으며(Figure 1, 2), 조각 및 인근 지역의 환경적 특성은 Table 1과 같았다.

Table 1. Characteristics of size, connectivity and wetland type in each plots

Indices	Size(ha)	Connectivity with Forest	Wetland
T1	40.6	○	Reed Marsh
T2	8.5	×	Dry
T3	17.4	×	Stream
C1	25.8	○	Channel
C2	35.7	○	Reservoir
C3	31.9	○	River

2. 조사 및 분석방법

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.

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 ANOVA를 실시하였다. 각 조사구별 군집지수를 구하기 위한 수식은 다음과 같았다. 일반적으로 군집의 특성 비교는 유사도 지수(CCs, CCj)를 이용하지만, 종구성만을 고려하지 않고 개체수의 유사성도 고려하는 것이 필요하다(Lee, 2000). 따라서 군집 특성의 차이 분석하기 위해 종다양성 지수에서 유추된 Ro(Horn's index of community overlap) 지수를 이용하여(Brower *et al.*, 1990; Lee, 2000), 조각지와 존치지역의 군집에 대한 집괴분석을 실시하였다. 도출된 유사도지수를 MVSP version 3.0 프로그램을 이용하여 UPGMA(unweighted pair-group mean average) 집괴분석을 시행하였다. 유클리디안 거리(euclidean distance)를 척도로 하고, 평균연결법을 사용하여 수지도(dendrogram)로 표시하였다.

유사도 지수(CCs, Ro)

- CCs = $2C/(S1+S2)$ C: 1, 2 지역 공통종의 수
Si : i지역 종의 수

- Ro = $(H'_4 - H'_3)/(H'_4 + H'_3)$

H'_3 : $[N \ln(N) - \sum \{(x_i + y_i) \ln(x_i + y_i)\}] / N$

H'_4 : $[N \ln(N) - \{\sum x_i \ln(x_i) + \sum y_i \ln(y_i)\}] / N$

H'_5 : $[N_1 H'_1 + N_2 H'_2] / N$

(N : 1집단과 2집단에서 관찰된 총 개체수의 합, xi : 1 집단 내 한 종의 개체수, yi : 2 집단 내 한 종의 개체수, N1 : 1 집단의 총 개체수, N2 : 2 집단의 총 개체수, H'i : i 집단의 H')

연구결과

1. 조사구간 조류군집의 특성

전체 지역에서 조사된 결과 중 수조류를 제외한 조류는 63종, 최대개체수 합계 828개체 이었으며, 종다양도는 3.8, 종풍부도는 9.2, 종균등도는 93.3 이었다(Table 2). 가장 많은 종이 관찰된 조사구는 C3 지역으로 42종이 관찰되었으며, 선적인 숲과 연결되어 있으며, 하천을 포함하고 있는

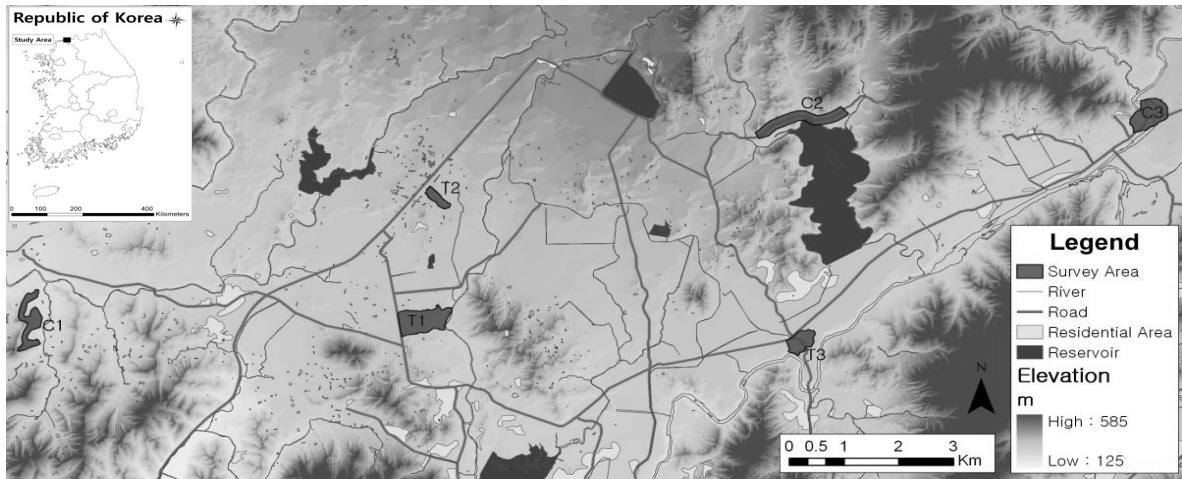


Figure 1. Survey area and distribution of the quadrats in low land(T-1, 2, 3) and mountain forest (C-1, 2, 3)

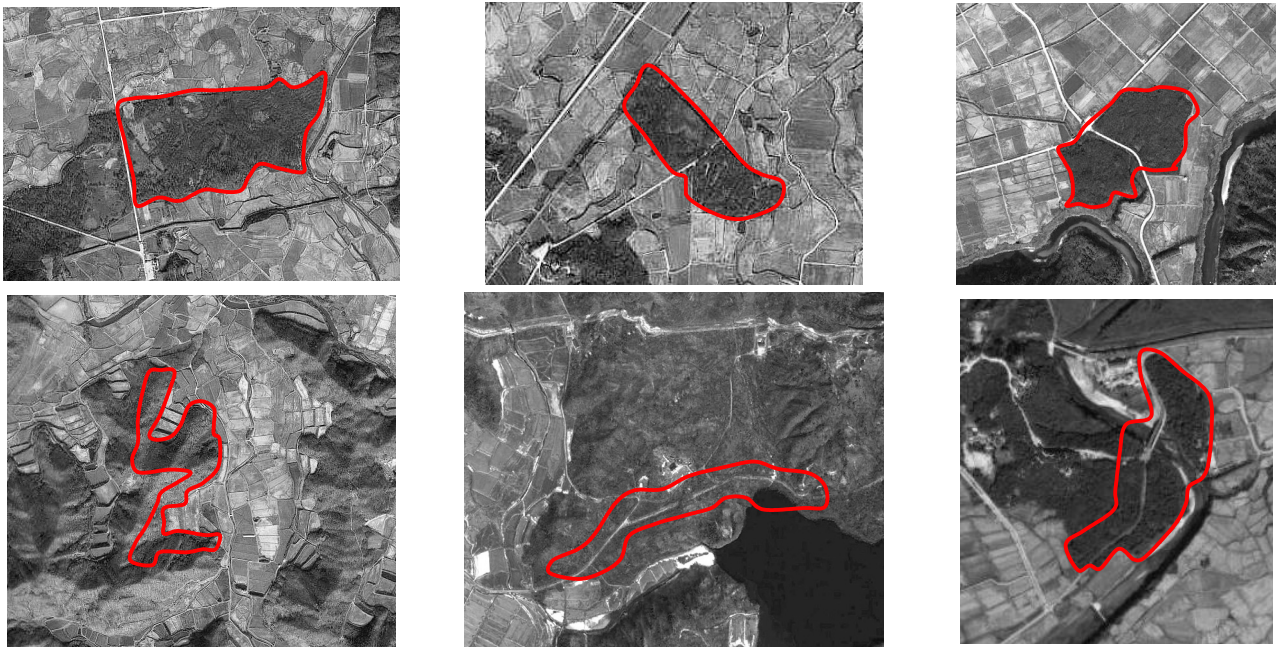


Figure 2. Satellite Images(Google earth) and boundaries of the test(minefield, forest patch: T1, 2, 3) and control (mountain forest : C1, 2, 3) plots

지역이었다. 다음으로는 면적이 가장 넓었던 C1지역이 41 종이 관찰되었으며, 가장 적은 종이 관찰된 지역은 T2 지역으로 농경지로 둘러싸인 작은 조각 숲 이었다(Table 2). 각 지역별 조류의 종 수와 개체수의 차이는 통계적 차이를 확인할 수 없었다(ANS: $F=2.280$, $df=4$, $p=0.079$, Figure 3, ANI: $F=2.460$, $df=4$, $p=0.062$, Figure 4). 하지만, 단위면적당 종의 수와 개체수가 가장 높은 곳은 서식지가 작았던 T2, T3 지역이었다(ANS/10ha: $F=5.591$, $df=4$, $p=0.01$,

Figure 5, ANI/10ha: $F=3.407$, $df=4$, $p=0.01$, Figure 6). 반면에 두가지 군집지수에서 가장 낮은 값을 보였던 지역은 T1과 C1 지역이었다(Figure 5, 6).

종다양도가 3.5 이상으로 높은 지역은 T1, C1, C2, C3이었으며, 종다양도가 3.2였던 지역은 T2, T3이었다(ANOVA test, $F=2.669$, $df=4$, $p=0.047$, Figure 7). 하지만, T2와 T3 지역은 작은 면적에 비하여 높은 종다양도를 보였다(Figure 7). 종풍부도 지수가 가장 높았던 지역은 C1 지역

Table 2. Average values of each community indices in test and control plots(N=5)

Indices	T1	T2	T3	C1	C2	C3	Merged
ANS	39	24	31	41	38	42	63
ANS /10ha	0.3	1.1	1.0	0.4	0.5	0.6	-
ANI	122	93	140	127	175	222	867
ANI /10ha	1.2	3.2	2.9	1.1	1.9	2.7	-
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

ANS : average number of species, ANI : average number of individuals, H' : species diversity index, Da : species richness index, Hp : Species evenness index

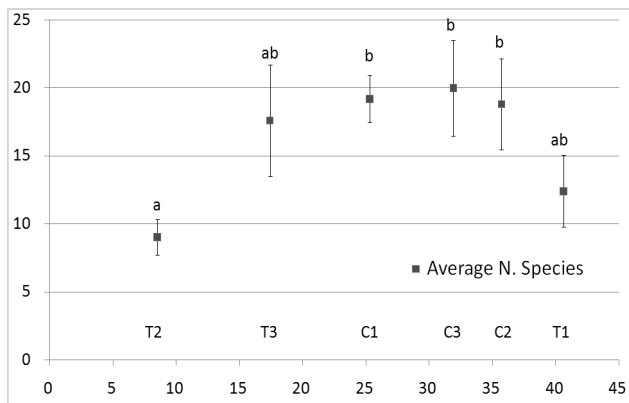


Figure 3. Differences of the average number of species among test and control plots (x-axis means the size of survey plots)

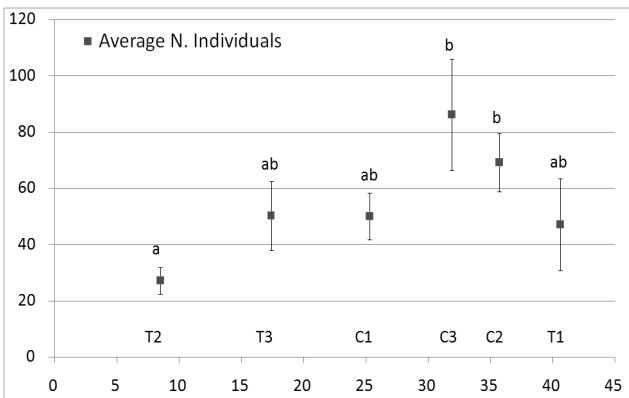


Figure 4. Differences of the average number of individuals (x-axis means the size of survey plots)

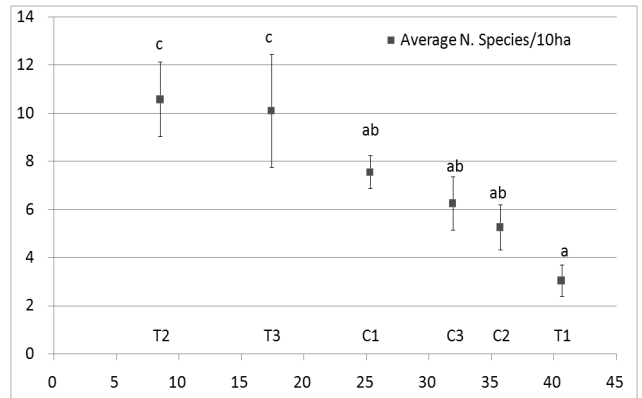


Figure 5. Differences of the average number of species/10ha (x-axis means the size of survey plots)

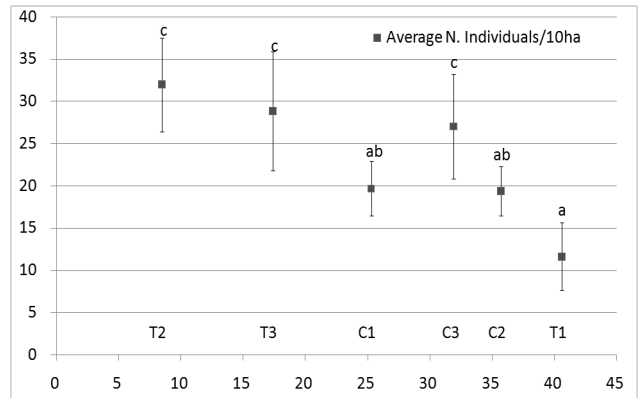


Figure 6. Differences of the average number of individuals/10ha (x-axis means the size of survey plots)

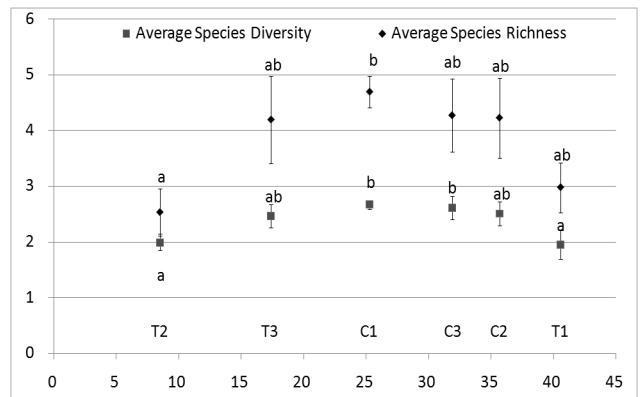


Figure 7. Differences of the average species diversity and species richness (x-axis means the size of survey plots)

이였으며, 산림성 지역인 C2, 3지역 또한 높은 종풍부도를 나타내었으나, T1, 2 지역은 낮은 종풍부도를 나타내었다

($F=2.16$, $df=4$, $p=0.093$, Figure 7).

중균등도가 높았던 지역은 C1, C3 지역으로 산림과 농경지로 이루어진 지역이었으며, 상대적으로 습지를 포함하는 T1, T2, T3, C2 지역은 균집을 이루는 종의 서식이 관찰되어 낮은 중균등도를 보였다($F=2.651$, $df=4$, $p=0.048$, Figure 8).

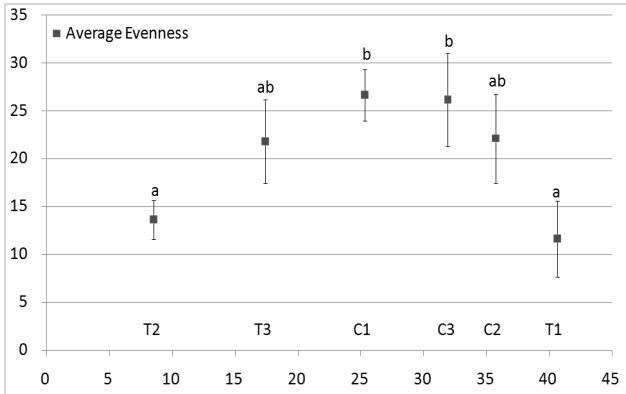


Figure 8. Differences of the average species evenness

2. 조사구별 균집유사도

넓은 면적의 산림지역인 조사구 C1, C2, C3은 서로 높은 유사도를 보였으며, 습지나 하천을 포함하고 있는 서식지인 T1와 T3는 서로 차이가 크게 나타났다(Figure 9). 하지만, 농경지로 둘러쌓여 격리되고, 작은 숲 조각인 T2 지역은 다른 지역과 유사도가 낮게 나타났다. 면적이 17.4ha로 T2 지역과 가장 유사한 T3 지역은 다른

숲과 연결되지는 않았지만, 하천이 관통하기 때문에 T2 지역과의 균집유사도 높지 않았다. CCs 와 Ro 지수로 달리 분석한 결과에서의 차이점은 CCs 분석에서 T2 지역이 별도의 균집으로 구분되는 차이가 있었다. Ro 분석에서는 T1이 별도의 균집으로 분석되었다(Figure 9).

고찰

중풍부도 지수가 가장 높았던 지역은 C1 지역으로 서식지 내에서 숲과 개방습지가 존재하며, 인근지역에 하천과 농경지가 존재하는 다양한 환경이 있었기 때문으로 판단되었다. 중풍부도는 종다양도 지수에 비하여 차이의 정도가 크기 때문에, 서식지의 다양성에 의한 조류균집의 다양성을 더 잘 대변하는 것으로 판단되었다(Figure 7). 중균등도가 가장 높았던 지역은 C1 지역으로 농경지가 인접한 지역으로 큰 균집을 이루는 개체군이 서식하지 않았기 때문으로 보였다. 상대적으로 습지를 포함하는 T2, 3, C2 지역은 균집을 이루는 종의 서식이 관찰되어 낮은 중균등도를 보였다.

작은 서식지는 낮은 종의 다양성을 가지는 경향이 일반적으로 제안되는 결과(Robin and Quin, 1988; Collinge, 2009)와 유사하게 나타났다. 하지만, 작은 서식지에서 개체수 밀도가 높게 나타나는 것은, 세력권을 가진 번식조류에 있어서 제한된 서식지를 분할하여 이용하기 때문인 것으로 판단된다. 중풍부도의 측면에서 본다면 T2 지역의 약세는 다른 지역에 비하여 큰 차이를 보였다. 이것은 파편화되고 다른 산림과의 연결성이 떨어지는 산림에서 산림성 조류의 서식한계를 잘 보여주는 결과였다. 이와 같은 조류균집상의

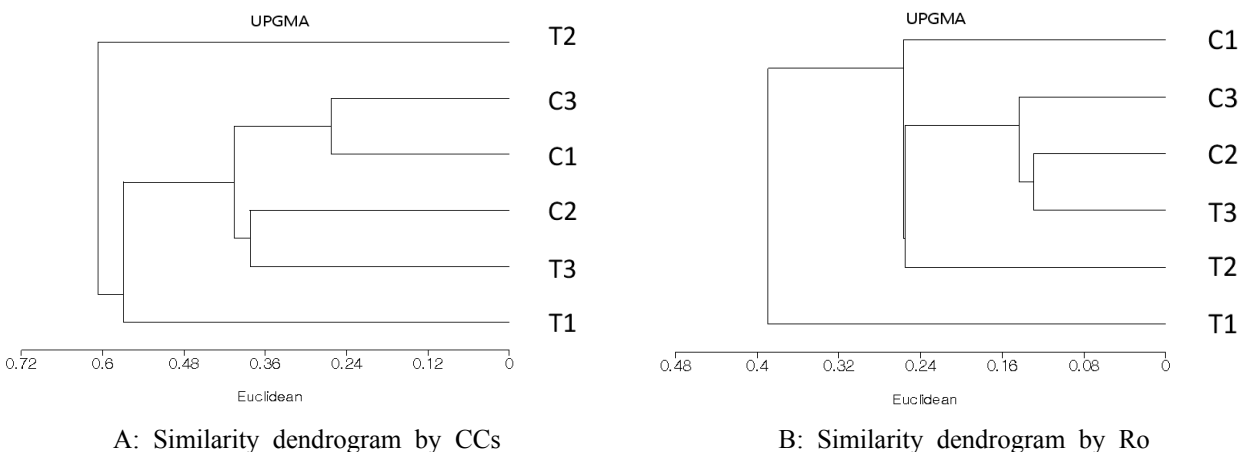


Figure 9. Dendrograms of avian community in testing quadrats by UPGMA clustering analysis using 6 quadrats by similarity index CCs(A) and Ro(B)

차이는 조각의 크기 및 습지의 유무, 인근지역의 서식지 배치, 바탕지역의 특성 등에 의하여 영향을 받은 것으로 판단된다(Forman *et al.*, 1976; Honnay *et al.*, 1999).

숲의 규모가 작더라도 하천이 관통하는 지역(T3)은 산지 지역과 산림성 조류의 군집유사도가 높게 나타났다(연구결과 2). 이러한 결과는 서식지의 연결성과 함께, 숲 조각 내에 존재하는 습지 및 하천의 유무가 산림성 조류의 서식에도 영향을 주는 결과로 판단된다(Forman *et al.*, 1976; Honnay *et al.*, 1999). 본 연구에서는 수조류를 제외한 후 분석한 결과임에도, 수공간의 유무는 조류군집의 차이를 나타내게 하였다. 하지만, 현재 일반적으로 수행하고 있는 교목에 의한 식생분류에 따르면 원인을 파악하기 어려운 상황이었다. 또한 일반적으로 경관생태학에서 평가하는 위성영상 및 수치지도에 의한 토지피복은 생물의 서식과 크게 다른 경향을 반영하는 것이다(Horning *et al.*, 2010). 현재 경관생태학적 지식의 축적은 토지이용에 따른 생태계의 영향 등에 대하여 체계적이고 합리적인 이해를 제공하고 있다(Turner *et al.*, 2001). 하지만, 경관생태학적 분석에서 토지피복의 특성 차이를 좀 더 세부적으로 고려할 필요성이 있을 것으로 판단된다.

민간인통제지역 내의 산림(C)과 지뢰지대(T)는 종다양도가 3.5 이상으로 매우 높은 지역이었다(Appendix). 두 지역간을 비교하면, 서식종의 수와 개체수는 산림지역 민간인통제지역이 높게 나타났지만, 종균등도 측면을 제외하면 종다양도 및 종풍부도는 매우 유사하였다(Appendix). 하지만 조류의 종 구성을 본다면, 지뢰지역(T-1, 2, 3)에서 서식하지만 산림지역(C-1, 2, 3)에 서식하지 않는 종이 10종(18.9%), 반대로 지뢰지역에 서식하지 않지만 산림지역에 서식하는 종이 14종(28.6%)이었다. 이러한 조류 종조성의 차이는 동일한 지뢰지대 내에 존재하는 습지의 존재에 의한 차이로 판단되었다.

미국에서 하천수림대(buffer strip, riparian forest: Dierschke, 1994; Kim *et al.*, 2011)는 우각호, 배후습지 등을 포함하는 지역으로서 지속적으로 개발되어 농경지 등으로 전환되어 왔다(Jones *et al.*, 2010). 우리나라 또한 강은 직강화 되고 하폭은 감소하여 왔을 것이다. 또한 하천수림대의 완충지역은 자연지역의 토지피복을 구성하여 경관내의 공간적 면적을 초과하는 범위에 생태적 중요성을 가진다(Baker *et al.*, 2006). 또한 이동성 동물의 통로로서 역할을 하며, 인근 지역에 비하여 높은 종을 부양한다(Groom and Grubb, 2002; Boutin and Belanger, 2003; Lees and Peres, 2008; Jones *et al.*, 2010). 습지 및 하천이 존재하는 숲은 삼림소택지(Swamp)로 분류할 수 있으며(Finlayson and Valk, 1995; Lee, 2000), 이러한 삼림소택지는 우리나라에서 하천 주변 개발에 의하여 찾아보기 힘든 습지의 형태일 것이다. 철원

의 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(Figure 5, 6). 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(Turner *et al.*, 2001; Sweeney *et al.*, 2004; Vidon and Hill, 2004; Dwire and Lowrance, 2006), 서식지 조성이나 환경저감 계획에서 적극적으로 반영하여야 할 것이라 제안한다.

인용문헌

- Benton, T.G., J.A. Vickery and J.D. Wilson(2003) Farmland biodiversity: is habitat heterogeneity the key? *Trends of Ecology and Evolution* 18: 182-188.
- 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.
- Boutin, C., J.B. Belanger(2003) Importance of riparian habitats to flora conservation in farming landscapes of souther Quebec, Canada. *Agriculture, Ecosystem and Management* 94: 73-87.
- Brontons, L., A. Wolf, G. Paulus and J.L. Martin(2005) Effect of adjacent agricultural habitat on the distribution of passerines in natural grasslands. *Biological Conservation* 124: 407-414.
- Brower, J., J. Zar and C. van Ende(1990) *Field and laboratory methods for general biology*(3rd ed.). Wm. C. Brown Publishers. Dubuque. 237pp.
- Cheorwon County(2002) *Conservation plan of the migratory birds and the establishment strategy of sustainable development*. Cheorwon County Office, 398pp. (in Korean)
- Choi, C.Y.(2009) *Changes in diet, and ecological interaction of the breeding Chinese Sparrowhawk *Accipiter soloensis**. Dissertations of Seoul National University, 164pp.
- Collinge, S.K.(2009) *Ecology of fragmented landscapes*. The Johns Hopkins Univ. Press, Baltimore, USA.
- Dierschke, H.(1994) *Pflanzensoziologie*. Stuttgart, 683pp.
- Dwire, K.A. and R.R. Lowrance(2006) Riparian ecosystems and buffers-multiscale structure, function, and management. *Journal American Water Resource Association* 42: 1-4.

- 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.
- Groom, J.D. and T.C. Grubb(2002) Bird species associated with riparian woodland in fragmented, temperate deciduous forest. *Conservation Biology* 16: 832-836.
- 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.
- Horning, N., J.A. Robinson, E.J. Sterling, W. Turner and S. Spector(2010) Remote sensing for ecology and conservation: a handbook of techniques. *Techniques in Ecology and Conservation Series*, Series Ed. by W.J. Sutherland. Oxford Univ. Press, New York, 467pp.
- Jones, K.B., E.T. Slonecker, M.S. Nash, A.C. Neale, T.G. Wade and S. Hamann(2010) Riparian habitat changes across the continental United State(1972-2003) and potential implications for sustaining ecosystem services. *Landscape Ecology* 25: 1,261-1,275.
- Kim, H.J., B.K. Shin and Y.H. You(2011) A study on the planning of riparian forest in flood plain, Korea. *Korean Journal of Environment and Ecology* 25(2): 189-210. (in Korean with English abstract)
- Krebs, J.R., J.D. Wilson, R.B. Bradbury and G.M. Siriwardena(1999) The second silent spring? *Nature* 400: 611-612.
- Lee, K.S.(2000) Current status and population fluctuations of waterbirds on the West Coast of Korea. Dissertations of Kyunghee University, 211pp. (in Korean with English abstract)
- Lee, W.S., S.J. Rhim and C.R. Park(2001) Habitat use of cranes in Cheolwon Basin, Korea. *Korean Journal of Ecology* 24(2): 77-80.
- Lee, W.S., S.J. Rhim, W.H. Hur and C.Y. Choi(2004) Differences in species composition of bird and mammal communities due to habitat type near the Demilitarized Zone, South Korea. *Korean Journal of Forest Science* 93(3): 181-187. (in Korean with English abstract)
- Lees, A.C. and C.A. Peres(2008) Conservation value of remnant riparian forests corridors of varying quality for Amazonian birds and mammals. *Conservation Biology* 22: 439-449.
- Newmark, W.D.(1995) Extinction of mammal populations in western North American national parks. *Conservation Biology* 9: 512-527.
- Pae, S.H.(1994) Wintering ecology of Red-crowned Crane *Grus japonensis* and White-naped Crane *Grus vipio* in Cholwon basin, Korea. M. Sc. Thesis, Kyung Hee University, 43pp.
- Pae, S.H.(2000) A study on habitat use of wintering cranes in DMZ, Korea: with carrying capacity and spatial distribution analysis using GIS. Dissertations of Kyunghee University, 77pp. (in Korean with English abstract)
- Pain, D.J. and M.W. Pienkowski(1997) Farming and birds in Europe: The Common Agricultural Policy and its Implications for Bird Conservation. Academic Press, London.
- Robin, G.R. and J.F. Quin(1988) Extinction, turnover and species diversity in an experimentally fragmented California annual grassland. *Oecologia* 76: 71-82.
- Sweeney, B.W., T.L. Bott, J.K. Jackson, L.A. Kaplan, J.D. Newbold, L.J. Standley, R.J. Horwitz and W.C. Hession(2004) Riparian deforestation, stream narrowing, and loss of stream ecosystem services. *Proceedings of the National Academy of Science* 101: 14,132-14,137.
- Turner, M.G., R.H. Gardner and R.V. O'Neill(2001) *Landscape Ecology: in the theory and practice*. Springer, LLC, USA, 401pp.
- Vidon, P.G.F. and A.R. Hill(2004) Landscape controls of nitrate removal in stream riparian zones. *Water Resource Reseruation* 40: W03201. doi:10.1029/2003WR002473.
- Yoo, S.H., K.S. Lee, J.H. Kim and C.H. Park(2011) Long-term monitoring result and factors of the wintering Crane's population change in Cheorwon, Korea: historic change and impact of assessment of weather change by the MODIS. *Korean Journal of Ornithology* 18(1): 59-71. (in Korean with English abstract)

Appendix 1. List of maximum counts in landmine and mountain survey plots in Cheorwon, Korea(N=5)

Scientific Name	Korean Name	Landmines Plots			T Total	Mountain Plots			C Total	T and C Merged
		T1	T2	T3		C1	C2	C3		
<i>Pernis apivorus</i>	벌매						1		1	1
<i>Accipiter soloensis</i>	붉은배새매	1		1	2	2		2	4	6
<i>Buteo buteo</i>	말뚱가리						2		2	2
<i>Falco tinnunculus</i>	황조롱이		1	1	2	1		2	3	5
<i>Falco subbuteo</i>	새홀리기			1	1		1		1	2
<i>Phasianus colchicus</i>	평	2	3	4	9	3	9	10	22	31
<i>Streptopelia orientalis</i>	멧비둘기	11	6	8	25	6	8	12	26	51
<i>Cuculus micropterus</i>	검은등빠꾸기					1	1	1	3	3
<i>Cuculus canorus</i>	빠꾸기	2	1	2	5	2	2	3	7	12
<i>Cuculus saturatus</i>	병어리빠꾸기	1			1	1	1	1	3	4
<i>Cuculus poliocephalus</i>	두견이					1	1	1	3	3
<i>Otus scops</i>	소쩍새	1		1	2		1		1	3
<i>Ninox scutulata</i>	솔부엉이	1		1	2					2
<i>Caprimulgus indicus</i>	쏙독새	1			1					1
<i>Alcedo atthis</i>	물총새	1	2	2	5	2	2	2	6	11
<i>Halcyon coromanda</i>	호반새	1		1	2	1	3	2	6	8
<i>Halcyon pileata</i>	청호반새	2	1	2	5	1	2	2	5	10
<i>Eurystomus orientalis</i>	파랑새	1		2	3	4	4	4	12	15
<i>Dendrocopos kizuki</i>	쇠딱다구리	5	2	1	8	2	2	1	5	13
<i>Dendrocopos leucotos</i>	큰오색딱다구리	1			1					1
<i>Dendrocopos major</i>	오색딱다구리	4		1	5			1	1	6
<i>Dryocopus martius</i>	가막딱다구리					2			2	2
<i>Picus canus</i>	청딱다구리	1		2	3	2	2	1	5	8
<i>Alauda arvensis</i>	종다리		3		3					3
<i>Hirundo rustica</i>	제비		7		7		3	2	5	12
<i>Motacillaalba</i>	알락할미새					2		2	2	4
<i>Hypsipetes amaurotis</i>	직박구리	3	2	2	7	4	10	13	23	34
<i>Lanius tigrinus</i>	취때까치	2			2					2
<i>Lanius bucephalus</i>	때까치		1		1	1	1	1	3	4
<i>Lanius sphenocercus</i>	물때까치		4		4					4
<i>Erithacus cyane</i>	쇠유리새	1			1	1			1	2
<i>Phoenicurusauroreus</i>	딱새					2	1	1	4	4
<i>Saxicola torquata</i>	검은딱새	1			1			4	4	5
<i>Turdus dauma</i>	호랑지빠귀	1			1	1		3	4	5

(Appendix 1. Continued)

Scientific Name	Korean Name	Landmines Plots			T Total	Mountain Plots			C Total	T and C Merged
		T1	T2	T3		C1	C2	C3		
<i>Turdus hortulorum</i>	되지빠귀	8	3	6	17	1	6	8	15	32
<i>Turdus pallidus</i>	흰배지빠귀	1		1	2	2	2	1	5	7
<i>Paradoxornis webbiana</i>	붉은머리오목눈이	2	15	15	32	12	19	23	54	86
<i>Cettia diphone</i>	휘파람새					6	1	2	9	9
<i>Cettia squameiceps</i>	숲새	3		1	4		2	4	6	10
<i>Locustella fasciolata</i>	붉은허리개개비	1			1					1
<i>Acrocephalus bistrigiceps</i>	쇠개개비	1			1					1
<i>Acrocephalus arundinaceus</i>	개개비					10			10	10
<i>Phylloscopus borealis</i>	쇠솔새					2			2	2
<i>Phylloscopus occipitalis</i>	산솔새	2	2		4	1	5	8	14	18
<i>Ficedula zanthopygia</i>	흰눈썹황금새	2	2	2	6	1	2	4	7	13
<i>Terpsiphone atrocaudata</i>	삼광조	2			2		1		1	3
<i>Aegithalos caudatus</i>	오목눈이	10		10	20		20	5	25	45
<i>Parus palustris</i>	쇠박새	14	2	12	28	4	8	7	19	47
<i>Parus major</i>	박새	10	3	5	18	9	8	9	26	44
<i>Parus varius</i>	곤줄박이					5			5	5
<i>Emberiza cioides</i>	멧새	1			1		1	7	8	9
<i>Emberiza elegans</i>	노랑턱멧새		9		9	7	2	10	19	28
<i>Carduelis sinica ussuriensis</i>	방울새		4	5	9			1	1	10
<i>Eophona migratoria</i>	밀화부리	6			6					6
<i>Passer montanus</i>	참새					2		27	29	29
<i>Sturnus philippensis</i>	쇠찌르레기			1	1					1
<i>Sturnus cineraceus</i>	찌르레기	2		30	32	5		4	9	41
<i>Oriolus chinensis</i>	폐꼬리	8	8	6	32	3	8	8	19	41
<i>Garrulus glandarius</i>	어치					1	2	2	5	5
<i>Cyanopica cyana</i>	물까치	4	2	6	12	2	25	3	30	42
<i>Pica pica</i>	까치	1	9	7	17	8	5	19	32	49
<i>Corvus corone</i>	까마귀					1			1	1
<i>Corvus macrorhynchos</i>	큰부리까마귀		1	1	2	3	1	4	8	10
Number of Species		39	24	31	49	41	38	42	53	63
Number of Individuals		122	93	140	355	127	175	227	529	884
Species Diversity		3.6	3.2	3.2	3.6	3.8	3.4	3.6	3.7	3.7
Species Richness		7.9	5.1	6.1	8.2	8.3	7.2	7.6	8.3	9.1
Species Evenness		104.3	71.1	53.9	86.2	144.9	74.4	95.4	102.4	89.0