

토지이용유형별 야생조류 군집구조 특성 분석¹

- 시흥시를 사례로 -

김지석² · 홍석환^{3*} · 오충현⁴

The Characteristics of the Bird Communities by Land-use Types¹

- The Case Study of Siheung City, Korea -

Ji-Suk Kim², Suk-Hwan Hong^{3*}, Choong-Hyeon Oh⁴

요 약

시흥시 토지이용유형별 야생조류 군집 특성을 분석하기 위하여 43개조사구를 선정하여 2009년 3월부터 2010년 2월까지 계절별로 군집구조 조사를 실시하였다. 조사는 정점조사법을 활용하였으며 군집분류는 TWINSpan과 DCA 기법을 활용하였다. 군집분류 결과 4개의 군집으로 분류되었으며 첫 번째 분류는 흰뺨검둥오리(*Anas poecilorhyncha*), 중대백로(*Egretta alba*)와 같은 물새류를 식별종으로 하여 나누어졌다. 분류된 2개 군집은 각각 논병아리(*Tachybaptus ruficollis*)와 참새(*Passer montanus*)를 식별종으로 다시 분류되어 총 4개의 군집으로 분류되었다. 분류된 군집은 토지 이용유형에 따라 나누어졌으며, 군집 I 은 산림지역, 군집 II 는 시가지지역과 반자연지역 일부(하천, 논습지)를 포함하였다. 군집 III 은 하천과 논습지, 군집 IV 는 저수지이었다. 하천과 논습지는 동일 토지이용유형이 서로 다른 군집으로 구분되었으나, 논습지와 주변 하천 규모에 따라 차이가 나타나고 있어 동일 토지이용유형의 면적 크기가 군집의 종 구성에 영향을 미침을 확인하였다. 종다양도지수는 군집 III (대규모 논습지와 주변 하천)이 가장 높았고, 군집 IV 가 낮았다. 최대종다양도나 균등도도 군집 III 이 높은 것으로 나타났다. 연구결과, 비오톱 유형화의 경우 도심 내 논습지 및 도시공원의 규모, 하천변의 토지이용형태를 고려할 경우 최소면적기준의 적용이 필요하였다.

주요어: TWINSpan, DCA, 종다양도지수, 논습지 규모

ABSTRACT

To analyze the bird communities by the land use type, we surveyed 43 plots in Siheung City, Korea from Mar. 2009 to Feb. 2010 and classified the community by TWINSpan and DCA. Classification result by TWINSpan was classified into 4 communities. In the first division, waterbirds, such as spot-billed duck(*Anas poecilorhyncha*) and great egret(*Egretta alba*) operated as the differential species. In the second and third division, little grebe(*Tachybaptus ruficollis*) and eurasian sparrow(*Passer montanus*) were operated as the differential species. The relationship between land use types and classified bird communities, all plots of community I were located in the forest. Community II plots were contained all urban and several semi-natural land use types. Community III contains stream and rice paddy. Plots in the reservoir were classified community

1 접수 2012년 2월 26일, 수정(1차: 2012년 4월 4일, 2차: 2012년 5월 29일), 게재확정 2012년 5월 30일

Received 26 February 2012; Revised(1st: 4 April 2012, 2nd: 29 May 2012); Accepted 30 May 2012

2 부산대학교 바이오환경에너지학과 Dept. of Bio Environmental Energy, Pusan Nat'l Univ.(627-706), Korea(gstone1@empal.com)

3 부산대학교 조경학과 Dept. of Landscape Architecture, Pusan Nat'l Univ., Pusan(627-706), Korea(hwan9430@gmail.com)

4 동국대학교 바이오환경과학과 Dept. of Biological and Environmental science, Dongguk Univ., Seoul(100-744), Korea(ecology@dongguk.edu)

* 교신저자 Corresponding author(hwan9430@gmail.com)

IV. The stream and rice paddy were classified into different communities, which were colselly related with the size of wetland paddy. Community III had the highest species diversity index and community II had lowest. Community III also had the highest maximum species diversity index and evenness index. The result of this study, small stream and small rice paddy located within the city have insignificant characteristics as the habitat for birds. Management size of semi-natural land use for wildbird habitat in the urban area should be considered for showing their habitat characteristics. If the classification of biotope type based on the scale of rice paddy and urban park and the type of landuse type in the riverside then we should be consider the standard of minium area.

KEY WORDS: TWINSpan, DCA, SPECIES DIVERSITY INDEX, HABITAT SIZE

서 론

생물군집(biotic community)이란 어떤 지역이나 서식처에서 생활하고 있는 개체군의 집합체로 그것은 내부가 조직화된 하나의 단위로서 구성요소인 개체나 개체군에서 볼 수 없는 새로운 속성을 가지고 있고, 종개체군의 합병에 따른 물질대사의 재편성을 통하여 단위로서의 기능을 갖추고 있다. 군집분류법은 유사한 표본 단위들을 모아 하나의 군으로 만들어 다른 군과는 구분이 되게 하는 과정으로 군집분류를 위하여 다양한 방법이 개발되었다. 식물사회학에서는 군집 분류를 위해서 표조작법(Braun-Blanquet 방법), TWINSpan 등을 이용한 분류가 이루어지고 있다. 이 중 TWINSpan은 출현종을 바탕으로 한 종분류법의 하나로 CA의 제 1축 기초 상에서 식별종을 이용한 분류방법이고 Blaun-Blanquet의 표조작법과 유사한 점이 있으며 컴퓨터 분석프로그램의 개발로 손쉽게 분석이 가능하여 가장 널리 이용되는 방법이다.

생물의 서식은 주변 환경과 밀접한 관계를 가지고 있기에 생물과 주변 환경과의 관계를 분석하는 다양한 기법이 개발되어왔다. 서열분석기법은 주변 환경과의 관계를 분석하는데 유용한 방법으로 1930년대 Ramensky에 의해 발전된 개념이다. 표본단위의 다차원 공간을 한 개 또는 두 개의 축으로 변환시켜 이 축이 만드는 좌표 상에 있는 표본단위들의 상대적 위치를 찾는 과정으로 러시아 외에는 잘 알려지지 않았으나(Greig-Smith, 1980), 1950년대 군집연속체의 개념 전개와 더불어 크게 발달(Jin *et al.*, 2002)하였다. 서열분석기법의 목적은 군집의 구조를 밝히고, 군집과 환경과의 상호관계에 대한 가정을 유추해 내는 것이다(Greig-Smith, 1983; Ter Braak, 1986; 1987). 이러한 군집분류법이나 서열분석기법은 군집을 분류하고 주변 환경과의 관계를 분석하는데 유용한 방법이라 할 수 있으며 식물군집 뿐만 아니라 동물 군집 분류에도 활용되고 있다.

야생조류 군집과 주변 환경과의 관계 연구에서 야생조류는 토지이용 변화, 산림관리, 다른 분류군의 변화에 대한 지표로서 이용되었다(Gregory *et al.*, 2004; Schulze *et al.*, 2004; Tankersley, 2004; Müller *et al.*, 2005). 야생조류와 환경과의 관계에 대한 많은 연구가 진행된 이유는 야생조류가 이동성이 매우 강하고 물질대사가 활발하여 환경변화에 즉각 반응할 수 있는 특징을 가지고 있기 때문이다. 즉, 야생조류는 식생구조, 토지이용, 기후 변화(Gaston *et al.*, 2003; Watkinson *et al.*, 2004), 침입종(Blackburn and Duncan, 2001; Duncan *et al.*, 2003) 등의 변화에 큰 영향을 받는다. 이러한 이유로 야생조류는 환경변화에 대한 지표종으로 아주 적당하다(Juutinen and Mönkkönen, 2004; Schulze *et al.*, 2004; Tankersley, 2004; Venier and Pearce, 2004).

토지이용은 야생조류를 포함한 생물의 분포를 결정하며, 경관유형을 변화시키고 에너지와 물질 순환에 영향을 미친다. 토지이용유형은 다양한 모자이크상으로 나타나게 되며, 토지이용유형별로 독특한 생물 서식공간을 형성하게 된다. 이러한 측면에서 도시지역의 서로다른 토지이용유형에 따라 야생조류 군집이 서로 다르게 나타날 수 있다. 현재까지 진행된 야생조류와 토지이용유형에 대한 연구는 주로 조류 서식지와 서식처 구성 요소들 간의 관계를 분석한 연구가 진행되었으나(Pearson 1993; Bolger *et al.* 1997; Pärt and Söderström 1999; Söderström and Pärt 2000; Chae and Koo, 2004), 토지이용유형에 따른 군집의 차이를 비교하는 연구는 거의 없는 실정이다. 이에 본 연구에서는 식물의 군집생태학에서 활용되고 있는 군집분류법과 서열분석기법을 활용하여 야생조류 군집을 분류하고 군집별 토지이용유형에 따른 야생조류 군집의 특성을 밝히고자 하였다. 현재 시가지지역의 생태적 유형구분은 주로 토지이용과 식물군집의 특성을 기준으로 구분하고 있다. 본 연구는 이에 더하여 동물생태, 즉 야생조류의 서식특성을 함께 적용할 수 있는 기초자료로 활용하고자 하였다.

연구방법

1. 연구대상지

시흥시는 인천광역시와 경기 서남부 서해와 인접하고 있으며 서울에서 반경 10km내에 위치한 도시이다(Figure 1). 인구는 2010년 현재 약 415,000명이며 면적은 133.97km²이다. 토지이용현황을 보면, 임야가 전체의 29.9%로 가장 넓은 면적이었으며 논 14.4%, 밭 14.0%, 도로 10.4%, 대지 8.0% 등으로 구성되어 있다.

연구대상지는 시흥시 중 해안지역을 제외한 내륙으로 하였으며 토지이용유형 중 비교적 넓은 면적을 차지하고 있는 산림, 논습지, 시설농업지역, 단독주택지 등을 포함하였다. 또한 야생조류 서식에 영향을 미치는 요소가 풍부한 하천, 저수지, 도시지역(공원시설, 교육시설)도 조사대상지에 포함하였다.

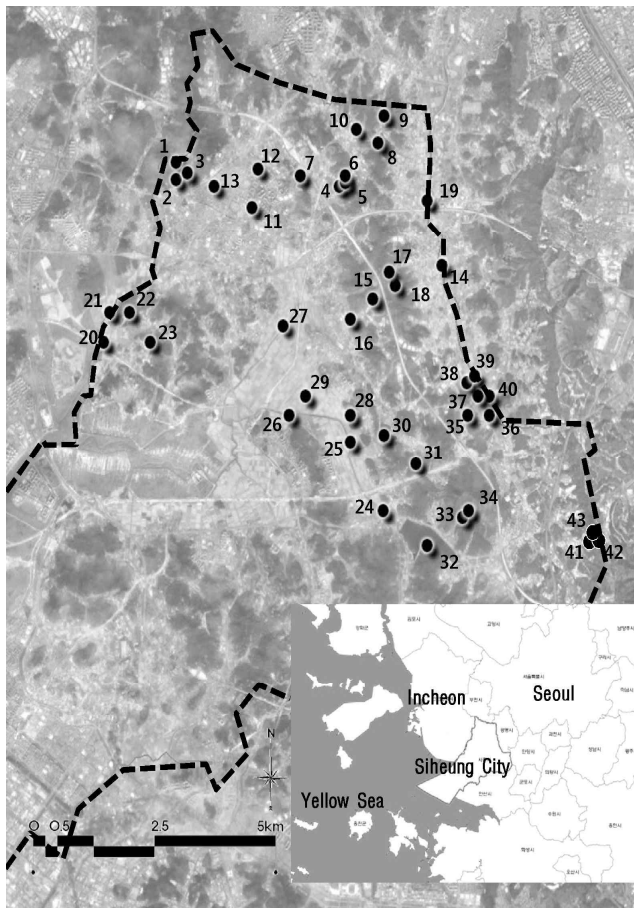


Figure 1. The location of survey site

2. 조사분석 방법

1) 조사구 선정

토지이용유형은 크게 자연지역과 반자연지역, 시가화지역으로 구분하여 유형별로 조사대상지를 설정하였다(Table 1). 자연지역은 인간의 간섭이 상대적으로 적으며 지형변형이 거의 없는 상태의 공간을, 반자연지역은 인간 이용이나 지형변형은 있으나 이용을 위한 시설물이 거의 없는 지역을, 시가화지역은 인간의 이용을 위한 지형변형과 함께 시설물의 면적이 넓게 분포하는 공간으로 설정하였다. 시흥시를 포함하여 도심을 흐르는 하천은 제방조성을 통해 하천의 유로가 고정되었고, 대부분 지역이 둔치 이용을 위해 포장 및 시설이 설치되어 있어 반자연지역으로 분류하였다. 자연지역은 산림을 대상으로 총 17개소의 조사구를 설정하여 조사하였으며, 반자연지역은 공원과 논습지, 저수지, 하천을 대상으로 20개소, 시가화지역은 학교와 단독주택지, 시설농업지역을 대상으로 총 6개소를 선정하여 조사하였다.

Table 1. Study plots of each landuse type

Land use Type		Site No.	No. of Sites
Natural	Forest	1, 2, 3, 4, 5, 6, 15, 17, 18, 22, 23, 31, 33, 34, 41, 42, 43	17
	Neighborhood Park	11	2
Semi Natural	Children's Park	12	
Civilized	Rice Paddy	16, 28, 29	3
	Reservoir	7, 8, 21, 30, 32, 35	6
	Stream	14, 19, 20, 24, 25, 26, 27, 39, 40	9
	School	13	1
Civilized	Detached houses	9, 10	2
	Greenhouse	36, 37, 38	3
Total			43

2) 조사방법

야생조류 조사는 정점조사법을 활용하였다. 정점조사법은 효과적으로 상대 풍부도를 측정하는 훌륭한 방법이다(Reynolds *et al.*, 1980). 특히 이 방법은 유럽과 미국에서 명금류를 파악하는 방법으로 널리 사용되고 있으며(Bibby *et al.*, 2000) 야생조류 군집구조를 분석하고 비교함에 있어 유용한 샘플링 방법이라 할 수 있다.

정점조사법을 위한 각 조사구의 크기는 반경 25m(약 2,000m²)로 하였다. 하천의 경우, 수면을 중심으로 해야 하기 때문에 일반적 정점조사법과 달리 하천 전체 폭을 조사하는 것으로 하되, 조사면적을 2,000m²로 동일하게 설정하기 위해 조사길이를 조정하였다. 저수지는 토지이용 특성상 면적에 관계없이 저수지 전체를 대상으로 하였다. 조류 현장조사는 계절별 1회씩 조사하는 것을 기준으로 하였다. 2009년 3월부터 2010년 2월까지 봄철(5월 9일, 10일, 19일), 여름철(8월 22일, 24일), 가을철(10월 24일, 27일, 28일), 겨울철(1월 31일, 2월 1일, 7일)로 나누어 43개 조사구를 대상으로 계절별로 동일지점을 반복조사 하였다. 조사시간은 오전시간과 오후시간으로 나누어 오전시간은 일출 후 3시간 이내에 조사를 마쳤으며, 오후시간은 해지기 2시간 전부터 해질 때까지로 하였다(Bibby *et al.*, 2000).

43개 대상지의 군집을 분류하기 위하여 대상지별 4회 조사한 결과의 최대개체수를 대상지에 서식하는 조류로 하여 상대우점치를 산출하였다. 야생조류 군집분류는 산출된 상대우점치를 바탕으로 TWINSpan과 DCA 분석 기법을 적용하였다. 분류된 군집별 특성 분석을 위해 상대우점치, 종다양도지수, 유사도지수를 분석하였다. 상대우점치는 조사지역 간 상대적인 중요성을 알아보기 위한 것으로 상대밀도와 상대빈도를 합하여 산출하였으며 종다양도지수는 Shannon and Weaver(1949)의 방법을 사용하여 산출하였다. Shannon의 종다양도지수는 군집연구에 가장 많이 이용되고 있으며 희소종의 중요성을 인정해주는 방법이다. 종다양도지수는 조사구 개수에 따른 영향이 크므로 군집별 조사구 중 개수가 가장 적은 것을 기준으로 하여 무작위 추출한 후 계산하였다. 유사도지수는 종간이나 군집간 유사성의 정도를 측정하기 위한 것으로 Sørensen(1948)의 방법을 따랐다.

결과 및 고찰

1. 토지이용 유형별 야생조류 출현현황

조사결과 대상지내에서 12목 34과 78종류의 야생조류가 확인되었다. Table 2는 토지이용유형별 야생조류 출현 종수 및 개체수이다. 산림지역과 하천지역 출현 종수가 42종으로 가장 많았으며 논습지 24종, 저수지 21종의 순이었다. 이외에도 도시화지역에 위치한 공원과 학교, 단독주택의 출현 종수는 6~9종으로 비교적 적었다. 이는 인위적 교란이 심한 지역에서 도심에서 흔히 접할 수 있는 조류가 많고 출현 종수도 적다(Chae and Koo, 2004)는 기존의 연구와 유사한 결과를 보였다.

Table 2. The number of species and individuals by each land use types

Land Use	No. of Sites	No. of Species	No. of Individuals
Park	2	9	62
Rice Paddy	3	24	249
Forest	17	42	678
Greenhouse	3	7	66
Reservoir	6	21	843
Stream	9	42	822
School	1	6	107
Detached house	2	9	158

2. 야생조류 군집분류 및 서열분석

1) TWINSpan을 이용한 군집분류

TWINSpan을 이용한 군집분류 결과, 크게 4개의 군집으로 분류되었다. 첫 번째 분류에서는 흰뺨검둥오리(*Anas poecilorhyncha*), 중대백로(*Ardea alba modesta*), 쇠백로(*Egretta garzetta*), 논병아리(*Tachybaptus ruficollis*) 등 4종을 식별종으로 구분되었고, 두 번째 분류에서는 참새(*Passer montanus*)를 식별종으로 구분되었다. 마지막으로 세 번째 분류에서는 논병아리를 식별종으로 군집이 분류되었다(Figure 2).

첫 번째 분류의 식별종 4종은 모두 물을 서식처로 하는 종으로 이들 식별종에 의해서는 물가에 서식하는 종과 그렇지 않은 종으로 군집이 분류된 것을 확인할 수 있었는데, 각 토지이용형태가 하천이나 습지를 포함하는가에 따라 야생조류 종의 군집이 구분된다고 할 수 있다. 두 번째 분류의 식별종인 참새의 경우 주로 도시화지역에서 서식하는 종으로 이와 밀접한 관계가 있을 것으로 판단되었다. 세 번째 분류군의 식별종인 논병아리는 잠수성 조류로 하천 또는 저수지의 수심과 밀접한 관계를 갖는 것으로 예측되었다. 4개 군집으로 분류한 결과 군집 I은 모두 산림지역의 조사구이었으며 군집 II는 시가지지역 전체와 일부 하천, 논습지를 포함하고 있었다. 하천과 논습지의 대부분은 군집 III으로 구분되었으며, 저수지에 설정한 모든 조사구는 군집 IV로 구분되었다.

이상의 결과 산림과 저수지, 시가지지역은 야생조류 서식처 측면에서 특성이 명확히 구분되는 것을 확인할 수 있었으나 하천과 논습지의 구분은 명확하지는 않았다. 이는 하천 및 습지의 포함여부가 야생조류 군집에 강하게 영향을 준다고는 하나, 그 면적이 협소하고, 시가지지역에 영향을 받을 경우에는 독특한 생태계 특성이 조류군집에 반영되지 않음을 의미한다.

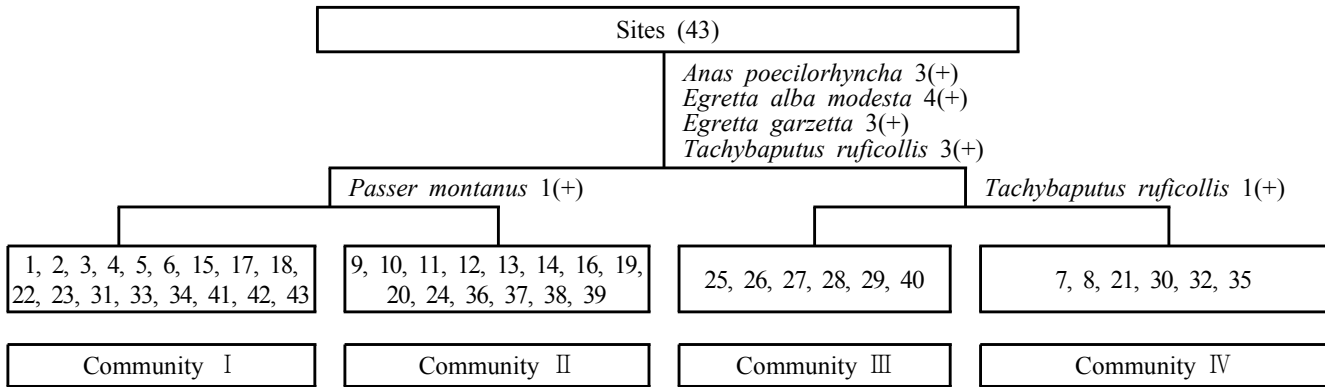


Figure 2. Classification result of bird community by TWINSpan

2) 서열분석

군집분류법에 의하여 분류된 조사구를 서열분석기법 중 하나인 DCA 분석결과와 비교하기 위하여 DCA 결과와 TWINSpan에 의해 분류된 군집을 묶어 본 결과는 그림 3과 같았다. DCA 분석결과도 TWINSpan에 의한 분석결과와 유사한 결과를 보이나 서열분석결과로는 군집 분류가 명확하지 않은 조사구가 일부 있었다. 조사구 11은 군집 I 과 인접하면서도 군집 II로 구분되었으며 조사구 25와 27은 군집 II와 인접하면서도 군집 III으로 구분된 조사구이다. 조사구 25, 27, 40은 TWINSpan에서 군집 III으로 분류되었으나 DCA 분석 결과 군집 II와 군집 III 사이에 위치하였다. 이는 군집 II와 군집 III이 비교적 유사한 성격을 가진 집단임을 보여주고 있다.

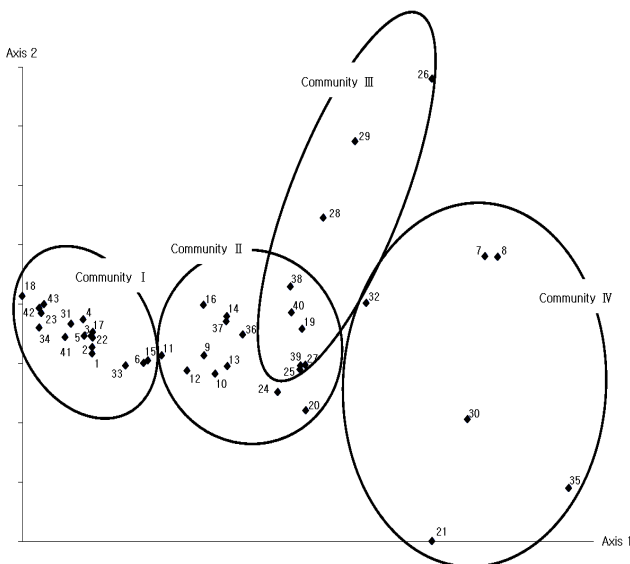


Figure 3. Classification result of bird community by DCA

3. 군집별 특성

1) 상대우점치

TWINSpan 및 DCA 분석 결과 분류된 4개 군집 중, 군집 I 은 붉은머리오목눈이(*Paradoxornis webbianus*)와 노랑턱멧새(*Emberiza elegans*)가 우점하였으며, 군집 II는 참새와 붉은머리오목눈이가 우점하였다. 군집 III은 붉은머리오목눈이와 참새가 우점하였으며 군집 IV는 흰뺨검둥오리가 우점하였다. 군집 I, II, III에서 우점종으로 나타나고 있는 붉은머리오목눈이는 텃새로, 고도가 낮은 산림의 경계 부에 서식하며, 대부분 무리를 지어 행동하는 특성을 보이고, 키 작은 관목을 중심으로 살아간다(Mackinnon and Phillips, 2000). 이러한 특성을 고려하면 군집 I, II, III은 산림 가장자리나 키 작은 관목이나 초본식생이 우점하는 지역일 것으로 판단할 수 있다. 참새는 박새 및 까치와 함께 도시지역의 조류군집을 주도하기에(Jokimäki, 2003) 군집 II와 군집 III은 도시지역의 영향을 많이 받는 토지이용유형인 것으로 예측할 수 있다.

군집 II와 군집 III의 우점종은 참새와 붉은머리오목눈이로 큰 차이를 보이지 않는데, 이는 DCA 분석결과에서 군집 II와 군집 III의 일부 조사구가 겹치는 것과 유사하였다.

2) 종다양도지수

4개 군집별 종다양도지수를 분석한 결과, 종다양도지수는 군집 III이 1.1532로 높았으며 군집 I(1.1346), 군집 II(0.9010), 군집 IV(0.7460) 순이었다. 균등도는 군집 I이 가장 높았으며, 군집 III, 군집 II, 군집 IV 순이었다. 군집 I은 종다양도지수가 군집 III에 비하여 낮았으나 균등도는 높아 비교적 다양한 종과 균일한 개체수를 보이고 있음을 알 수 있었다. 군집 II는 종다양도지수가 비교적 낮는데 이는 군집 II가 인접 시가지지역에 영향을 받는 오픈스페이스

Table 3. Importance value (%) of bird species by each community.

Species name	Scientific name	Comm. I	Comm. II	Comm. III	Comm. IV
Vinous-throated parrotbill	<i>Paradoxornis webbianus</i>	11.8	16.7	12.5	-
Yellow-throated bunting	<i>Emberiza elegans</i>	10.4	2.2	2.3	-
Great tit	<i>Parus major</i>	7.6	2.8	2.8	3.6
Marsh tit	<i>Parus palustris</i>	7.4	2.3	2.6	3.6
Oriental turtle dove	<i>Streptopelia orientalis</i>	5.5	5.3	4.0	-
Blue magpie	<i>Pica pica</i>	5.1	4.1	4.1	3.7
Brown-eared bulbul	<i>Microselis amaurotis</i>	5.0	2.5	-	2.8
Long-tailed tit	<i>Aegithalos caudatus</i>	2.7	1.4	-	-
Great Spotted Woodpecker	<i>Dendrocopos major</i>	2.6	-	-	-
Rustic bunting	<i>Emberiza rustica</i>	2.6	1.9	2.3	-
Eurasian sparrow	<i>Passer montanus</i>	-	18.5	12.1	-
Feral rock pigeon	<i>Columba livia</i>	-	2.6	1.5	-
Black-backed wagtail	<i>Motacilla alba lugens</i>	-	2.2	3.2	2.8
Spot-billed duck	<i>Anas poecilorhyncha</i>	-	1.8	3.9	28.1
Grey heron	<i>Ardea cinerea</i>	-	1.8	2.7	8.1
Great Egret	<i>Ardea alba modesta</i>	-	1.8	3.5	5.1
Little egret	<i>Egretta garzetta</i>	-	1.8	3.7	3.8
Night heron	<i>Nycticorax nycticorax</i>	-	1.7	2.0	3.8
Green heron	<i>Butorides striata</i>	-	1.6	2.0	2.9
Black-tailed gull	<i>Larus crassirostris</i>	-	1.6	2.1	2.7
Common kingfisher	<i>Alcedo atthis</i>	-	1.6	2.0	2.7
Little grebe	<i>Tachybaptus ruficollis</i>	-	1.1	-	6.6
Wood sandpiper	<i>Tringa glareola</i>	-	-	5.4	-
Eurasian skylark	<i>Alauda arvensis</i>	-	-	3.7	-
Vega gull	<i>Larus vegae</i>	-	-	1.5	6.9
Little tern	<i>Sterna albifrons</i>	-	-	2.0	4.8
Others		39.3	22.6	18.1	7.9
Total		100.0	100.0	100.0	100.0

스이기 때문에 판단된다.

군집 III은 가장 다양한 종이 출현하고 있으며, 균등도도 비교적 높았다. 반면에 군집 IV는 종다양성지수와 균등도가 가장 낮아 종의 다양성이 떨어지는 군집이었다. 군집 III은 대규모 논습지 및 대규모 논습지 주변 하천으로 이들 지역이 도심내 야생조류 서식공간으로 매우 유용한 지역임을 알 수 있었다. 군집 IV는 저수지 지역으로 수면이라는 단일한 서식처 유형을 지니고 있어 종다양도가 낮은 것으로 판단되었다.

3) 유사도지수

군집별 유사도지수(S.I)를 분석한 결과 토지이용유형이 산림인 군집 I은 저수지지역(군집 IV)과 가장 이질적(S.I.: 0.36)이었으며, 상대적으로 소규모 논습지·주변 하천·도시화지역 등(군집 II)과 유사(S.I.: 16.52) 하였다. 군집 II는 토지이용유형이 소규모 논습지·주변 하천·도시화지역으로 군집 III(대규모 논습지와 주변 하천)과 가장 유사(S.I.: 29.44)하였으며, 군집 IV(저수지)와는 유사도지수 1.60으로 매우 이질적이었다. 군집 III은 토지이용유형이 소규모 논습지와 주변 하천지역으로 군집 II와 유사도가 가장 높았으며

Table 4. Species diversity index of each community

Comm.	No. of Species	No. of Indi.	H'(Shannon)	J'(evenness)	D'(dominance)	H'max
I	28	241	1.1346	0.7840	0.2160	1.4472
II	30	508	0.9010	0.6100	0.3900	1.4771
III	32	377	1.1532	0.7662	0.2338	1.5051
IV	22	843	0.7460	0.5557	0.4443	1.3424

(S.I.: 29.44), 군집 IV(저수지)와는 유사도가 낮았다(S.I.: 7.48). 군집 IV의 토지이용유형은 저수지지역으로 다른 군집과의 유사도지수가 0.36~7.48로 낮았다. 그나마 대규모 논습지와 주변 습지지역인 군집 III과의 유사도지수 7.48로 높은 편이었다.

전체적으로 저수지지역은 산림, 논습지, 도시화지역 등과 서로 다른 종구성을 보였으며, 산림은 저수지보다는 논습지 및 주변 하천, 도시화지역과 유사한 종구성이었다. 또한 논습지와 주변 하천은 규모에 따라 서로 다른 군집으로 분류되었으나, 가장 유사한 종구성을 보였다. 즉, 군집 사이의 유사성은 서식지 구조에 의존하고 있음(Jokimäki, 2003)을 확인할 수 있었다.

Table 5. Similarity index of each community

Comm.	I	II	III
II	16.52	-	-
III	14.12	29.44	-
IV	0.36	1.60	7.48

4. 토지이용유형별 야생조류 군집특성

토지이용유형별 야생조류 군집특성을 분석한 결과, 군집 I은 17개 조사구 모두가 산림지역으로, 토지이용유형 중 산림지역은 다른 야생조류 군집과 명확하게 구분되고 있었다. 군집 IV의 경우도 6개 조사구 모두가 저수지 지역으로 다른 야생조류 군집과 명확히 구분되었다. 도시화된 경관에서 특정 야생조류는 교목이나 관목, 초본, 잔디, 숲 가장자리에서의 거리, 경사, 건물, 포장 등 다양한 요소(Blair, 1996; Bolger *et al.*, 1997; Pärt and Söderström, 1999)에 의해 서식지 유형을 분류할 수 있으며 토지이용유형에 따라 조류 군집도 분류되었다.

Table 6. Classified landuse type of each community.

Land Use Type		Site No.			
		Comm. I	Comm. II	Comm. III	Comm. IV
Natural	Forest	1, 2, 3, 4, 5, 6, 15, 17, 18, 22, 23, 31, 33, 34, 41, 42, 43	-	-	-
	Park	-	11, 12	-	-
Semi Natural	Rice paddy	-	16	28, 29	-
	Reservoir	-	-	-	7, 8, 21, 30, 32, 35
	Stream	-	14, 16, 19, 20, 24, 39	25, 26, 27, 40	-
Civilized	School	-	13	-	-
	Detached house	-	9, 10	-	-
	Greenhouse	-	36, 37, 38	-	-

본 연구에서는 토지이용유형이 산림인 군집 I 지역의 최대종다양도는 시가화지역과 반자연지역이 혼재되어 있는 군집 II, 군집 III에 비하여 낮은 것으로 나타났다. Kim *et al.*,(2001)은 논습지, 반자연 농경지, 산림에 서식하는 조류의 종 풍부도는 논습지가 가장 높은 것으로 보고하여 본 연구결과와 유사하였다. 반면에 Chae and Koo(2004)는 도시비오톱 특성을 정주지 비오톱과 산림지 비오톱으로 구분하여 조류 종 구성에 차이가 있음을 보고하였고, 조류 종수 또한 산림지 비오톱이 다양하다고 하였다.

시가화지역과 반자연지역 중 공원은 군집 II로 구분되었으며, 반자연지역 중 논습지와 하천은 군집 II와 군집 III으로 구분되었다. 이는 서식처의 규모가 영향을 미친 것으로 판단되며, 특히 논습지 규모는 군집의 종 구성에 큰 영향을 미치는 것으로 보인다. 군집 III으로 분류된 논습지는 대규모 논습지(조사구 28, 29)였으며, 군집 II의 논습지는 규모가 작았다. 하천의 경우는 군집 III의 하천(조사구 25, 26, 27)은 주변 토지이용이 대부분 대규모 논습지였으며, 군집 II의 하천은 주변 토지이용이 소규모 논습지(조사구 14, 16, 20, 39)이거나 도시화지역(조사구 19, 24)이었다. 이러한 결과는 논습지의 규모가 야생조류 종 다양성에 영향을 미치고 하천의 경우 주변 토지이용유형의 영향을 받고 있음을 보여 주고 있다. 서식지 면적의 크기는 야생조류 종수에 가장 큰 영향을 미치며(Natuhara and Imai, 1999; Fernández-Juricic 2000; Park and Lee; 2000), 산림면적의 증가에 따른 조류 종수의 증가(Ford, 1987; Park, 1994; Lee, 1998; Kim *et al.*, 2011)현상은 잘 알려져 있다. 본 연구에서도 논습지는 규모에 따라 군집이 분류(군집 II, III)되었고, 논습지 면적이 큰 군집 III의 종다양성 지수가 더 높았다.

지금까지의 조사결과를 정리하면, 시흥시의 야생조류 군집은 산림, 저수지, 도시화지역, 논습지, 하천 등 토지이용유형별로 종 구성에 차이가 있었으며, 특히 대규모 논습지는 야생조류 군집의 종다양도가 높아 생물다양성 측면에서 중

요한 역할을 하고 있었다. 그러나, 하천 및 논습지의 경우에는 주변 토지이용유형에 따라 종 구성이 다름을 알 수 있었다. 경관생태학이 발달하면서 각각의 생태계 특성을 반영하는 토지이용유형 또는 비오톱유형의 구분에 대한 연구는 지속적으로 진행되어 왔으나 각 패치의 크기를 결정하는 것은 아직까지도 결정하기 어려운 문제로 남아있는데 (Forman, 1995), 본 연구에서도 면적의 차이에 따라 동일 토지이용유형이 서로 다른 야생조류 군집을 형성하는 데에서 이러한 특성이 나타나고 있었다. 이러한 결과는 야생조류를 기준으로 비오톱을 유형화할 때 도심에 둘러싸인 논습지의 규모나 도시내 공원의 규모, 하천주변의 토지이용형태 등을 고려하여 유형분류 기준을 설정할 경우, 최소면적기준을 적용할 필요성이 있음을 보여준다.

본 연구는 토지이용유형별 야생조류 종 구성 차이를 알아보기 위한 것으로 토지이용유형별로 조류의 종구성이 다름을 확인할 수 있었으며 동일 토지이용유형이라 하더라도 면적에 따라 군집특성이 달라짐을 확인할 수 있었다. 하지만 모든 토지이용유형에 대한 연구가 되지 못하고, 동일 토지이용유형을 다양한 면적으로 구분하여 조사분석하지 못한 것은 본 연구의 한계라 할 수 있다. 향후 도시지역에 남아있는 자연상태의 동일 토지이용유형이 면적에 따라 생물군집이 어떻게 변화하는지에 대한 연구는 도시생태계 특성 연구에서 중요한 과제가 될 것이며 이는 도시 토지이용유형의 구분에 있어 패치의 최소면적 기준으로 적용이 가능할 것으로 판단된다. 또한 토지이용유형 중 교목이나 관목, 건물, 초지, 잔디, 포장 등 토지이용유형에 직접적으로 영향을 미치는 요소와 조류 군집과의 관계를 밝히는 세부적인 연구가 지속적으로 진행되어야 할 것이다.

인용문헌

- Bibby, C.J., N.D. Burgess, D.A. Hill and S.H. Mustoe(2000) Bird census techniques. 2nd ed. Academic Press, 302pp.
- Blackburn, T.M. and R.P. Duncan(2001) Determinants of establishment success in introduced birds. *Nature* 414: 195-197.
- Blair, R.B.(1996) Land use and avian species diversity along an urban gradient. *Ecological Applications* 6(2): 506-519.
- Bolger, D.T., T.A. Scott, and J.T. Rotenberry(1997) Breeding bird abundance in an urbanizing landscape in coastal southern California. *Conserv. Biol.* 7: 406-421.
- Chae, J.H. and T.H. Koo(2004) Habitat feature analysis in urban biotope for bird diversity promotion in Seoul urban area. *KRIHS* 40: 87-100.
- Duncan, R.P., T.M. Blackburn and D. Sol.(2003) The ecology of bird introductions. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics* 34: 71-98.
- Fernández-Juricic, E.(2000) Bird community composition patterns in urban parks of Madrid: the role of age, size, and isolation. *Ecological Research* 15: 373-383.
- Ford, H.A.(1987) Bird communities on habitat island in England. *Bird Study* 34: 205-218.
- Forman, R.T.T.(1995) Land mosaics: The ecology of landscapes and regions. Cambridge University Press, 632pp.
- Gaston, K.J., T.M. Blackburn and K. Klein Goldewijk(2003) Habitat conversion and global avian biodiversity loss. *Proceedings of the Royal Society of London Series B* 270: 1,293-1,300.
- Gregory, R.D., D.G. Noble and J. Custance(2004) The state of play of farmland birds: population trends and conservation status of lowland farmland birds in the United Kingdom. *Ibis* 146: 1-13.
- Greig-Smith(1983) Quantitative plant ecology. 3rd ed. Blackwell, 358pp.
- Jin, G.J., T. Yan and J.H. Kim(2002) The interpretation of community structure for the natural deciduous forest of Mt. Chumbong classified by TWINSpan. *Journal of Korean Forest Society* 91(4): 523-534. (in Korean with English Abstract)
- Jokimäki, J., and M-L. Kaisanlahti-Jokimäki(2003) Spatial similarity of urban bird communities: a multiscale approach. *Journal of Biogeography* 30: 1,183-1,193.
- Juutinen, R. and M. Mönkkönen(2004) Testing alternative indicators for biodiversity conservation in old-growth boreal forests: ecology and economics. *Ecological Economics* 50: 35-48.
- Kim, J.H., B.H. Yoo, C.M. Won, J.Y. Park and J.Y. Yi(2001) An agricultural habitat indicator for wildlife. *OECD Expert Meeting on Agri-Biodiversity Indicator*, pp. 1-12.
- Kim, W.Y., C.Y. Park and D.P. Lee(2011) Relationship between bird diversity and forest area and adjacent distance. *Kor. J. Orn.* 18(2): 149-163. (in Korean with English Abstract)
- Lee, W.S.(1998) Inhabitation status and protection discipline of wildbirds in urban area - in the case of Seoul city -. *Kor. J. Env. Eco.* 11(2): 240-248. (in Korean with English Abstract)
- Mackinnon, J. and K. Phillips(2000) A field guide to the birds of China. Oxford University Press, 586pp.
- Müller, M., R. Spaar, L. Schifferli and L. Jenni(2005) Effects of changes in farming of subalpine meadows on a grassland bird, the whinchat (*Saxicola rubetra*). *Journal of Ornithology* 146: 14-23.
- Natuhara, Y. and C. Imai(1999) Prediction of species richness of breeding birds by landscape-level factors of urban woods in Osaka Prefecture, Japan. *Biodiversity and Conservation* 8: 239-253.
- Park, C.R. and W.S. Lee(2000) Relationship between species composition and area in breeding birds of urban woods in Seoul, Korea. *Landscape and Urban Planning* 51: 29-36. (in Korean)

- with English abstract)
- Park, C.R.(1994) Establishment and management of urban forests for the inhabitation of wild birds . Master's Thesis, Seoul National Univ., 73pp. (in Korean with English abstract)
- Pärt, T. and Söderström, B.(1999) The effects of management regimes and location in landscape on the conservation of farmland birds breeding in seminatural pastures. *Biol. Conserv.* 90: 113-123.
- Pearson, S.M.(1993) The spatial extent and relative influence of landscape-level factors on wintering bird populations. *Landscape Ecol.* 8: 3-18.
- Reynolds, R.T., J.M. Scott and R.A. Nussbaum(1980) A variable circular-plot method for estimating bird numbers. *Condor* 82: 309-313.
- Schulze, C.H., M. Waltert, P.J.A. Kessler, R. Pitopang, Shahabuddin, D. Veddeler, M. Muhlenberg, S.R. Gradstein, C. Leuschner, I. Steffan-Dewenter and T. Tschardtke(2004) Biodiversity indicator groups of tropical land-use systems: Comparing plants, birds, and insects. *Ecological Applications* 14: 1,321-1,333.
- Shannon, C.E. and W.Weaver(1949) The mathematical theory of communication. University of Illinois Press, 117pp.
- Söderström, B. and T. Pärt(2000) Influence of landscape scale on farmland birds breeding in seminatural pastures. *Conserv. Biol.* 14: 522-533.
- Sørensen, T.A.(1948) A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species content, and its application to analyses of the vegetation on Danish commons. *Biologiske Skrifter* 5(4): 1-34.
- Tankersley, R.D.(2004) Migration of birds as an indicator of broad-scale environmental condition. *Environmental Monitoring and Assessment* 94: 55-67.
- Ter Braak, C.J.F.(1986) Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology* 67: 1167-1179.
- Ter Braak, C.J.F.(1987) The analysis of vegetation-environment relationships by canonical correspondence analysis. *Vegetatio* 69: 69-77.
- Venier, L.A. and J.L. Pearce(2004) Birds as indicators of sustainable forest management. *Forestry Chronicle* 80: 61-66.
- Watkinson, A.R., J.A. Gill and M. Hulme(2004) Flying in the face of climate change: a review of climate change, past, present and future. *Ibis* 146: 4-10.