

서울 도시하천에서 월동하는 수조류의 분포 특성¹

권영수² · 남형규² · 유정철² · 박영석^{2*}

Distribution Patterns of Wintering Waterbird Communities in Urban Streams in Seoul, Korea¹

Young-Soo Kwon², Hyung-Kyu Nam², Jeong-Chil Yoo², and Young-Seuk Park^{2*}

요약

본 연구는 2006년 1월 16일부터 25일까지 한강본류와 5개의 지류에서 월동하는 수조류의 군집이 환경요인에 따라 어떻게 다르게 분포하는지에 대해 알아보려 수행되었다. 66개의 조사지점에서 14개의 환경요인과 종 분포를 평가 분석하였다. 전체 조사지역에서 총 65종 39,560개체가 관찰되었으며 이 중 한강 본류에서 48종 28,989개체, 탄천에서 14종 1,395개체, 중랑천에서 15종 2,306개체, 안양천에서 22종 5,990개체, 창릉천에서 18종 283개체 그리고 곡릉천에서 24종 597개체가 각각 관찰되었다. 전체 조사지역에서 가장 높은 우점도를 나타낸 종은 8,960개체(22.65%)가 관찰된 청둥오리 *Anas platyrhynchos*였으며 다음으로 5,546개체(14.01%)가 관찰된 흰뺨검둥오리 *A. poecilorhyncha*, 5,243개체(13.25%)의 흰죽지 *Aythya ferina*, 3,180개체(8.04%)의 댕기흰죽지 *Aythya fuligula*, 및 2,781개체(7.03%)의 비오리 *Mergus merganser* 순이었다. 오리류는 총 16종 30,650개체가 관찰되었으며 이중 수면성오리(dabbling ducks)는 8종 18,286개체, 잠수성오리(diving ducks)는 8종 12,364개체였다. 주성분분석의 결과로 나타난 66개 지역의 성분도표를 지역적 특성을 고려하여 크게 4개의 집단으로 분류하였으며 평균 종다양도지수와 균등도지수가 가장 높은 집단은 강폭이 넓고 휴식공간이 상대적으로 많은 탄천, 중랑천, 안양천 등의 도심하천으로 구성된 집단1이었으며 가장 낮은 집단은 한강하류나 상류에 위치한 지역과 곡릉천, 창릉천 등으로 구성된 집단2였다. 서울의 도심하천에서 월동하는 수조류들은 주로 강폭이 넓고 수심이 낮으며 쉴 수 있는 공간이 많은 지역을 선호하였다.

주요어: 한강, 월동 수조류, 주성분분석, 조류군집, 종다양도

ABSTRACT

This study was conducted to analyze the distribution patterns of wintering waterbird communities in relation to local environmental factors in the urban streams of Seoul, Korea. A field survey was conducted at 66 sites of 5 tributaries and the main channel of the Hangang River in Seoul in January 2006. The total of 65 species and 39,560 individuals were recorded in the field survey. There were 48 species and 28,989 individuals in the Hangang River, 14 species and 1,395 individuals in the Tancheon stream, 15 species and 2,306 individuals in the Jungrangcheon stream, 22 species and 5,990 individuals in the Anyangcheon, 18 species and 283 individuals in the

1 접수 8월 30일 Received on Aug. 30, 2006

2 경희대학교 생물학과, 한국조류연구소 Department of Biology and The Korea Institute of Ornithology, Kyung Hee University, Seoul 130-701, South Korea

* 교신저자, Corresponding author (parkys@khu.ac.kr)

Changrungcheon stream, and 24 species and 597 individuals in Gokrungcheon stream. The dominant species were *Anas platyrhynchos* (22.65%), *A. poecilorhyncha* (14.01%), *Aythya ferina* (13.25%), *Aythya fuligula* (8.04%), and *Mergus merganser* (7.03%). Among the 16 species (with 30,650 individuals) of ducks, the dabbling and diving ducks were 8 species with 18,286 individuals and 8 species with 12,364 individuals, respectively. Through the principal component analysis, the study sites were classified into four main groups according to the similarity of their waterbirds' species compositions: 3 tributaries in the urban area (Group 1), 2 tributaries in the rural area (Group 2), one in the rural area, one in the urban area, the urban area in Hangang River (Group 3) and the main channel of the Hangang River in the urban area (Group 4). Species diversity index and species evenness were the highest in Group 1, while the lowest Group 2. Analysis on their environmental factors showed that the waterbirds wintering in urban streams of Seoul prefer broad water width, low water depth and broad resting sites.

KEYWORDS : HANGANG RIVER, WINTERING WATERBIRD, PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS, BIRD COMMUNITY, SPECIES DIVERSITY

서론

내륙습지는 조류에게 중요한 서식공간과 번식지를 제공한다. 특히 겨울철새와 통과철새에게는 휴식하고 취식할 수 있는 중요한 월동지(wintering site)와 중간기착지(stopover site)를 제공한다. 지금까지 야생조류의 약 20% 정도가 멸종위기종(endangered species)과 멸종위기근접종(near-threatened species)으로 분류되고 있다(유정철과 권영수, 2004). 이들 종들은 앞으로 인간의 지속적인 관심과 보호가 없으면 개체수가 빠르게 감소될 것으로 예상되고 있다(Sibley and Monroe, 1990).

도시화는 도심지역의 자연환경의 비율을 감소시키고 상대적으로 인간의 활동영역은 넓힌다(Miller, 1997). 이러한 인간의 활동과 이에 따른 도심의 확장은 인근 산림, 강, 및 하천 등의 환경을 크게 변화시킬 수 있다. 도시화로 인해 방출되는 오염물질은 도심지역의 하천생태계에 큰 간섭과 파괴를 초래하는 원인이 되며 이러한 하천생태계의 구조와 기능의 변화는 그 지역에 서식하고 있는 생물군집에 있어서도 많은 영향을 미친다(주기재 등 1997). 우리나라에서는 하천의 기능보다는 공학적 기능만을 강조한 하천정비와 토지이용 등으로 도시하천이 인공화된 상태이다(우효섭과 김성태, 2000).

대표적인 도심지역인 서울의 중심부를 흘러 서해로 유입되는 한강은 시민의 상수원 및 수자원으로서의 역할뿐만 아니라 많은 생물들의 서식지로서도 중요한 역할을 하고 있다(이우신 등, 2000). 특히 한강수역은 해마다 많은 종의 조류(특히, 수조류)가 10,000개체 이상 도래 기착하거나 월동하는 하천이며 국제습지회의에서

의결된 조류보호상 국제적 중요습지 선정기준인 수금류 10,000개체(Lyster, 1985) 이상이 도래하여 국제적으로 보호가 필요한 조류 월동지이다(원병오, 1983; 원병오 등, 1986; Yoo, 1999). 우리나라의 여러 하구역과 내륙의 습지대는 개간사업 등으로 인해 지속적으로 사라져가고 있는 실정이다. 이에 따라 겨울철에 도래하는 수조류들은 월동 서식지로 이용할 수 있는 습지대가 줄어들고 있다. 우리나라는 현재 하구언, 제방건설, 댐건설, 하천 정비공사 등으로 인해 얕은 수역의 수심이 2m이상의 깊은 수역으로 변화되고 있다(이기섭, 2000). 이로 인해 한강 일대에서 월동하는 수조류들은 이용 가능한 서식지를 점차 잃어가고 있는 실정이다. 월동기간의 수조류 몸 상태는 다음해 혹은 미래의 생존과 번식에 영향을 준다(Heitmeyer and Fredrickson, 1981; Nicols and Hines, 1987; Raveling and Heitmeyer, 1989). 그러므로 월동지에서의 충분한 에너지 보충은 다음 번식에 중요하게 작용되므로 많은 에너지 보충을 위한 월동지 선택은 월동 수조류에게 매우 중요한 일이다. 월동 수금류의 많은 종들은 취식행동, 깃갈이, 구애행동 등에 필요한 에너지를 주로 월동지에서 얻는다(Smith and Sheeley, 1993). 한강과 연결된 여러 지류는 수심이 비교적 얇고 모래톱(하안 사주)이 많아 주로 수면성오리류(dabbling ducks)가 먹이를 취식하거나 휴식하는 장소로 이용한다(안지영, 2001). 한강 둔치의 덩불과 관목 또는 자갈밭과 모래밭 등의 서식지에 따라 서식하는 종이 달라질 수 있다(김정수와 구태희, 2003).

한강에 분포하는 조류에 관한 기존 연구는 우한정(1984), 우한정 등(1987), 임업연구원(1992), 원병오 등(1993), Pae et al.(1995), 이우신 등(2000), 안지영

(2001), 이석원(2001) 및 이경규 등(2002)이 있다. 그러나 한강본류와 지류에서 월동하는 조류의 서식지 별 조류군집의 변화와 특성에 대한 자세한 연구는 아직 보고 되지 않았다. 따라서 본 연구는 겨울철 한강본류와 여러 지류에서 서식하는 월동 수조류의 종 분포와 군집특성이 다양한 서식환경에 따라 어떻게 변화되는지 분석하여 각 지역별 서식지를 평가하고 향후 한강 일대 월동 수조류 서식지 보호 관리를 위한 목적으로 수행되었다.

조사지역 및 방법

1. 조사 지역 및 일시

조사지역은 한강 본류와 탄천, 중랑천, 안양천, 창릉천, 곡릉천 등의 5개 지류들이며 한강본류는 상류의 팔당댐에서부터 하류의 이산포 I.C. 까지 조사하였으며 지류는 각 지역별로 한강본류에서 약 10km 지점까지의 구간을 설정하여 실시하였다(Table 1). 조사 시기는 겨울철 수조류의 월동시기인 2006년 1월 16일부터 25일까지 매일 오전 9시부터 오후 4시까지 수행되었다. 지역별 월동 수조류의 개체수는 중복산정을 피하기 위해 20일부터 22일까지 3일간 집중적으로 실시하였으며 동일한 지역을 중복 관찰하였을 경우는 그 지역의 최대개체수를 기준으로 산정하였다. 나머지 기간은 주로 서식지 환경을 분석하였고 이전에 관찰되지 않은 주요 종 및 개체수를 추가로 조사하였다.

2. 조사방법

조사지역주변을 걸거나 차량을 이용하여 선센서스(line census)와 점센서스(point census)를 병행하여

Table 1. Number of study sites at different study areas

River/Tributary	Location	Number of study sites
Main channel of Hangang River	Paldangdam ~ Isanpo IC	30
Tancheon Stream	Stream mouth ~ Deagum Bridge	8
Jungrangcheon Stream	Stream mouth ~ jangahn Bridge	8
Anyangcheon Stream	Stream mouth ~ Giadaegyo Bridge	10
Changrungcheon Stream	Stream mouth ~ Yashap Bridge	3
Gokrungcheon Stream	Stream mouth ~ Gyohagyo Bridge	7
Total		66

조사하였으며 출현하는 모든 종과 개체수를 쌍안경(Leica 10×25)과 망원경(Carl zeiss 30~60배율)으로 확인하였다. 관찰된 모든 종은 그 지역의 최대개체수 기준으로 분석하였다. 조사지역 주변의 식생이나 지형으로 인해 강변에서 관찰하기 어려운 경우는 선박을 이용하여 관찰하였다. 서식지는 조사지점 별로 월동 수조류에게 주로 영향을 미칠 수 있는 환경요인을 강폭(실제로 흐르는 강물의 폭), 자연제방(강폭을 제외한 전체 하천 폭의 비율), 수심(하천 수심의 깊이), 하안 식생(조사지점에서의 식생분포 비율), 다리와의 거리(관찰된 수조류와 가장 가까운 다리까지의 거리), 주변의 야산(조사지점에서의 야산의 비율), 수문과의 거리(관찰된 수조류와 가장 가까운 다리까지의 거리), 하중도(하천 내의 작은 섬의 비율), 아파트(조사지점 주변 아파트 및 빌딩의 비율)이며 비율이 높을수록 도심지역 임, 자갈(하천 내 자갈의 비율), 결빙(하천의 결빙 비율), 산책로(하천 주변 산책로의 비율), 방해(수조류에게 미치는 방해의 정도) 및 하안 사주 혹은 모래톱(하천 내의 모래톱의 비율) 등 총 14개로 구분하였고 모두 해당 지역 내의 상대적인 거리나 비율을 기준으로 1~10단계의 범위로 분류하였다(Table 2). 거리측정은 Leica Rangemaster 1200 Scan을 사용하였으며 수심은 참고자료를 이용하였고 지방하천인 곡릉천과 창릉천은 직접 측정하였다. (한강관리사업소 2000). 서식지환경요인에 따른 조류분포의 비교분석은 한강본류와 5개 지류 내 총 66개 지점에서 조사되었으며 각 지점별 조사범위는 스킵프로 관찰할 수 있는 범위인 반경 약 2km 이내에 있는 서식환경과 조류를 대상으로 구분하였다.

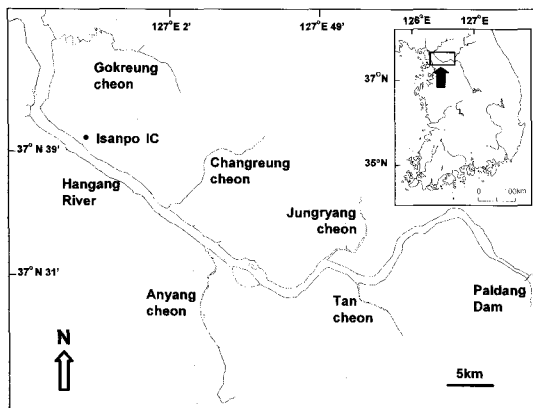


Figure 1. The location of the study areas.

Table 2. Categories of each environmental factors in study sites

Environmental factor	Category (Score)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Water width (m)	<20	20-50	50-80	80-100	100-150	150-200	200-350	350-500	500-650	≥ 650
Distance from bridge (m)	≥81	80-70	70-60	60-50	50-40	40-30	30-20	20-10	10-5	≤5
Water depth (m)	≤0.5	0.5-1	1-1.5	1.5-3	3.5-4	4-6	6-8	8-10	10-14	≥14
Distance from sluice	≥80	80-70	70-60	60-50	50-40	40-30	30-20	20-10	10-5	≤5
Small islet in river(%)	≤10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	≥90
Disturbance (%)	≤10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	≥90
Mountain (%)	≤10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	≥90
Vegetation (%)	≤10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	≥90
Apartment (%)	≤10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	≥90
Gravel (%)	≤10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	≥90
Sand bar (%)	≤10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	≥90
Promenade (%)	≤10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	≥90
Freezing (%)	≤10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	≥90
Natural levee (%)	≤10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	≥90

3. 종다양도 및 균등도 지수

각 지역별 조류군집의 특성을 비교하기 위하여 종다양도지수(H')와 균등도지수(J')를 사용하였다. 종다양도는 한 지역에 출현하는 종 전체를 대상으로 하고, 출현종의 개체수는 1회 조사시 관찰된 최대 개체수로 나타내었으며 아래의 공식을 사용하였다(Odum 1971; Krebs 1989;).

- 종다양성 지수(Species diversity) : $H' = -\sum(ni/N)\ln(ni/N)$
- 균등도 지수(Evenness) : $J' = H'/H'max$
(단, $H'max = \ln K$)
(ni: 각 종의 개체수, N: 총개체수, K: 총 종수)

4. 통계분석

한강분류와 지류간의 수면성 오리와 잠수성 오리류의 분포 비율의 비교는 χ^2 -test를 실시하였다. 서식환경에 의한 월동조류 분포는 주성분분석(PCA; Principal Components Analysis)을 실시하여 총 66개 조사지점을 몇 개의 집단으로 분류하였으며 각 집단별로 종다양도 지수와 균등도 지수 등을 비교하였다. 집단 간의 종다양도 지수, 균등도 지수, 종수, 개체수 및 환경요인의 비교는 Kruskal-Wallis test로 분석하였으며, 집단 간의 정확한 차이를 알기 위해 다중비교분석을 실시하였다. 관찰된 종과 환경요인 간의 관계와 주성분분석 결과에서 나온 PC1, PC2와 환경요인과의 관계는 모두 상관분석을 사용하였다. 통계분석은 SPSS for Window Release 11.5

를 사용하였다.

결 과

1. 월동 수조류 군집 특성

한강 분류와 지류(5지역)에서 관찰된 조류는 총 65종 39,560개체였다. 이중 한강 분류에서는 48종 28,989개체, 탄천 지역은 14종 1,395개체, 중랑천은 15종 2,306개체, 안양천은 22종 5990개체, 창릉천은 18종 283개체 그리고 곡릉천은 24종 597개체였다. 전체 조사지역에서 종 구성 별 월동 수조류 군집을 살펴보면 수면성 오리류(77.0%)가 가장 높은 비율을 나타냈고 다음으로 잠수성 오리류(10.1%), 기러기류(5.6%), 갈매기류(4.9%), 백로류, 가마우지류 및 논병아리류 순이었다(Figure 2). 가장 높은 우점도를 나타낸 종은 8,960개체(22.65%)가 관찰된 청둥오리 *Anas platyrhynchos*였으며 다음으로 5,546개체(14.01%)가 관찰된 흰뺨검둥오리 *Anas poecilorhyncha*, 5,243개체(13.25%)의 흰죽지 *Aythya ferina*, 3,180개체(8.04%)의 멧기흰죽지 *Aythya fuligula*, 및 2,781개체(7.03%)의 비오리 *Mergus merganser* 순이었다(Appendix 1).

지역별 우점종을 살펴보면, 한강분류는 청둥오리가 7,764개체로 가장 많은 개체수가 관찰되었으며 다음으로 흰죽지 5,147개체, 흰뺨검둥오리 3,409개체, 비오리 2,745개체 및 멧기흰죽지 2,260 개체 순이었다. 탄천지

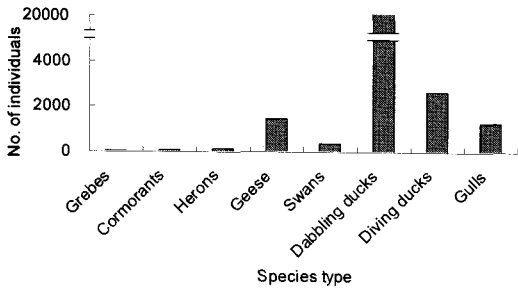


Figure 2. Species composition of waterbird community wintering in the study areas

역에서는 쇠오리가 573개체로 가장 많이 관찰되었고, 다음으로 흰뺨검둥오리 243개체, 청둥오리 178개체, 고방오리 120개체 및 흰죽지 75개체 순이었다. 중랑천에서는 뚝방흰죽지가 960개체로 가장 많이 관찰되었으며, 다음으로 고방오리 367개체, 쇠오리 314개체, 청둥오리 139개체 및 넓적부리 129개체 순이었다. 안양천에서는 흰뺨검둥오리가 1,658개체로 가장 많이 관찰되었으며 다음으로 쇠오리 1,559개체, 고방오리 1,388개체, 청둥오리 696개체 및 넓적부리 534개체 순이었다. 창릉천에서는 쇠오리가 53개체로 가장 많이 관찰되었고, 다음으로 참새 50개체, 붉은머리오목눈이 40개체, 되새 35개체 및 청둥오리 32개체 순이었다. 곡릉천에서는 청둥오리가 150개체로 가장 많이 관찰되었으며, 다음으로 집비둘기 110개체, 흰뺨검둥오리 99개체, 쭉새 70개체, 및 붉은머리오목눈이와 멧새 각각 30개체 순이었다. (Appendix 1).

서식지 형태로 구분하면, 물새류가 29종 36,212개체(각각 전체 종과 개체수의 44.6%와 91.5%)였고 산새류는 27종 3,321개체(전체종과 개체수의 41.5%와 8.4%)였으며 맹금류는 9종 27개체(전체종과 개체수의 13.8%와 0.07%)가 관찰되었다. 오리류는 모두 16종 30,650개체가 관찰되었으며 이 중 수면성 오리(dabbling ducks)는 8종 18,286개체, 잠수성 오리(diving ducks)는 8종 12,364개체가 관찰되었다. 한강 본류와 지류에서 관찰된 수면성 오리와 잠수성 오리의 개체수 간에는 유의한 차이가 나타났다($\chi^2=2962.731$, $df=1$, $p<0.001$)(Figure 3). 한강 본류에서는 수면성 오리와 잠수성 오리의 개체수에 차이가 없었지만 지류에서는 수면성오리가 더 많이 관찰되었다. 그러나 종수에서는 두 지역 간에 유의한 차이가 없었다($\chi^2=0.942$, $df=1$, $p=0.449$ n.s.). 한강 지류 중 수면성 오리는 안양천에서 가장 많은 개체수가 관찰되었으며 다음으로 탄천, 중랑천, 곡릉천 및 창릉천 순이었다. 잠수성 오리류는 중랑천이 가장 많았고 다음으로 탄천, 안양천, 곡릉천 및 창릉천 순이었다.

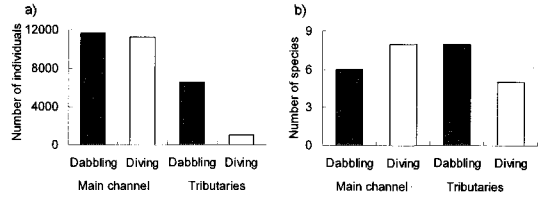


Figure 3. Differences of number of individuals and species of dabbling and diving ducks in the main channel of Hangang River and its tributaries. a) number of individuals, b) number of species

2. 서식지 환경요인에 따른 군집 분석

한강 본류와 5개의 지류 내 66개 조사구간(약 반경 2km)에서 나타난 조류분포를 대상으로 주성분분석(PCA)을 실시한 결과, 66개 지역의 성분도표를 지역적 특성을 고려하여 4집단으로 분류하였다(Figure 4). 집단 1은 탄천, 안양천, 중랑천 등의 도심하천 중심의 집단이며, 집단2는 한강의 상류지역과 하류지역 그리고 창릉천, 곡릉천 등 비도심하천 중심의 집단이었고 집단3은 곡릉천, 중랑천, 한강 도심구간으로 구성되었으며, 집단 4는 한강의 도심구간이었다.

14개 환경요인과 성분 1, 2 간의 상관분석 결과 두 요인 모두 강폭과 가장 높은 상관관계를 보였고, 다음은 자연제방, 강 수심 등의 순이었다. 특히 요인 2는 결빙, 식생, 야산, 방해 등과도 상관관계를 보였다. 그림 4와 같이 분류된 4개의 집단 간의 평균 종다양도지수(H'), 균등도지수(J'), 종수 및 개체수를 비교·분석하였다(Figure 5). 평균 종다양도지수(H')와 균등도지수(J')가 가장 높은 집단은 탄천, 중랑천, 안양천 등의 도심하천으로 구성된 집단1이었으며 가장 낮은 집단은 한강하류, 상류, 창릉천 및 곡릉천 등으로 구성된 집단2로 나타났다. 이들 4집단 간의 종다양도 지수와 균등도 지수는 집단1과 집단2 간의 차이로 인해 서로 유의한 차이가 보였다(Kruskal Wallis Test. 종다양도 지수: $p<0.05$, 균등도 지수: $p<0.05$). 그러나 종수와 개체수는 유의한 차이가 없었다.

4개 집단 간의 환경요인의 차이는 강폭의 넓이, 자연제방의 비율, 수심, 식생의 비율, 모래의 비율, 야산의 비율, 수문과의 거리, 하중도의 비율, 아파트의 비율, 자갈의 비율, 결빙율, 산책로 등에서 유의하게 나타났다(Figure 6; Kruskal Wallis Test. 강폭: $p<0.001$, 자연제방의 비율: $p<0.001$, 다리와의 거리: $p<0.001$, 식생의 비율: $p<0.001$, 아파트의 비율: $p<0.001$, 야산의 비율: $p<0.001$,

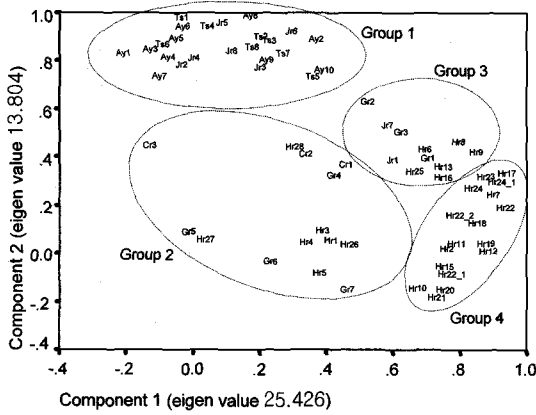


Figure 4. PCA ordination of 66 study sites based on bird communities. Hr, Ts, Jr, Ay, Cr and Gr are the acronyms for the main channel of Hangang River, Tancheon Stream, Jungrangcheon Stream, Anyangcheon Stream, Changrungcheon Stream and Gokrungcheon Stream, respectively. The numbers following the stream names are location of study sites.

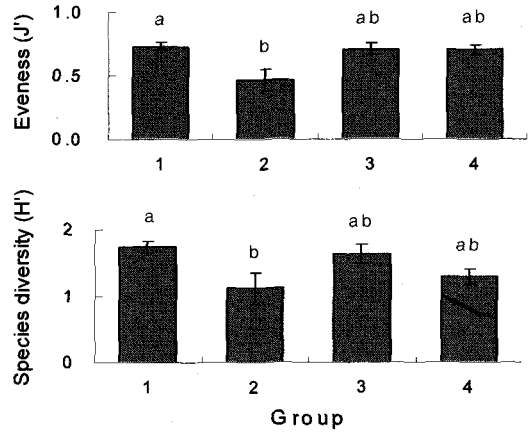


Figure 5. Comparison of Shannon diversity index and evenness index (mean±SE) among four groups defined on the PCA ordination. Different alphabets indicate significant difference between groups based on the Tukey's multiple comparison test ($p < 0.05$)

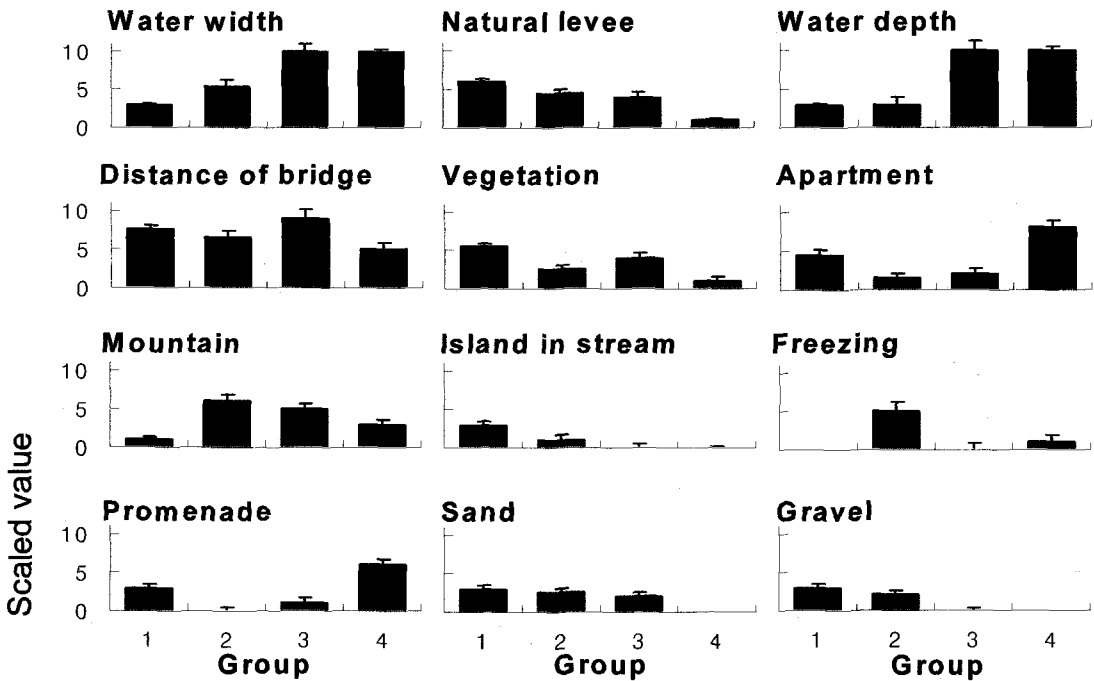


Figure 6. Comparison of environmental factors (mean ± SE) among four groups defined on the PCA ordination.

하중도의 비율: $p < 0.01$, 결빙율: $p < 0.001$, 산책로의 비율: $p < 0.001$, 모래의 비율: $p < 0.001$, 자갈의 비율: $p < 0.001$). 도심하천으로 구성된 집단 1은 자연제방, 식생의 비율, 모래의 비율 및 하중도가 다른 집단보다 높았으며, 한강 상류와 하류 및 곡릉천, 창릉천 등의 비도심하천으로 구성된 집단 2는 야산의 비율과 결빙율, 곡릉천, 중랑천, 한강 도심구간으로 구성된 집단 3은 수문까지의 거리, 한강 도심구간으로 구성된 집단 4는 강폭, 수심, 아파트(주변의 빌딩포함)의 비율, 산책로가 상대적으로 높았다.

주요 환경요인과 몇몇 월동조류 간에는 유의한 상관관계가 있었다(Figure 7). 하천 내의 자갈의 비율은 알락오리와 가장 높은 양의 상관관계를 보였으며 다음으로 댕기흰죽지, 넓적부리, 큰고니 및 물닭 순이었다. 강폭은 넓적부리와 비오리는 음의 상관관계를 나타냈으며 고방오리, 재갈매기 및 청둥오리는 양의 상관관계를 보

였다. 수심은 수면성 오리인 넓적부리, 청둥오리, 고방오리와는 음의 상관관계를 보였고 비오리와 재갈매기와는 양의 상관관계를 보였다. 하중도는 재갈매기와 가장 높은 양의 상관관계를 나타냈고 다음으로 큰고니, 댕기흰죽지, 쇠오리 및 노랑발도요 순이었다. 자연제방의 비율은 비오리, 재갈매기와 음의 상관관계, 쇠오리와 노랑발도요와는 음의 상관관계를 나타냈다. 야산의 비율은 댕기흰죽지, 큰고니와는 양의 상관관계를 보였으며 넓적부리와 고방오리와는 음의 상관관계를 보였다.

고찰

한강 내의 각 지역들은 서로 다른 환경 특성으로 인해 서식하는 수조류 군집의 분포 특성이 다양하게 나타났

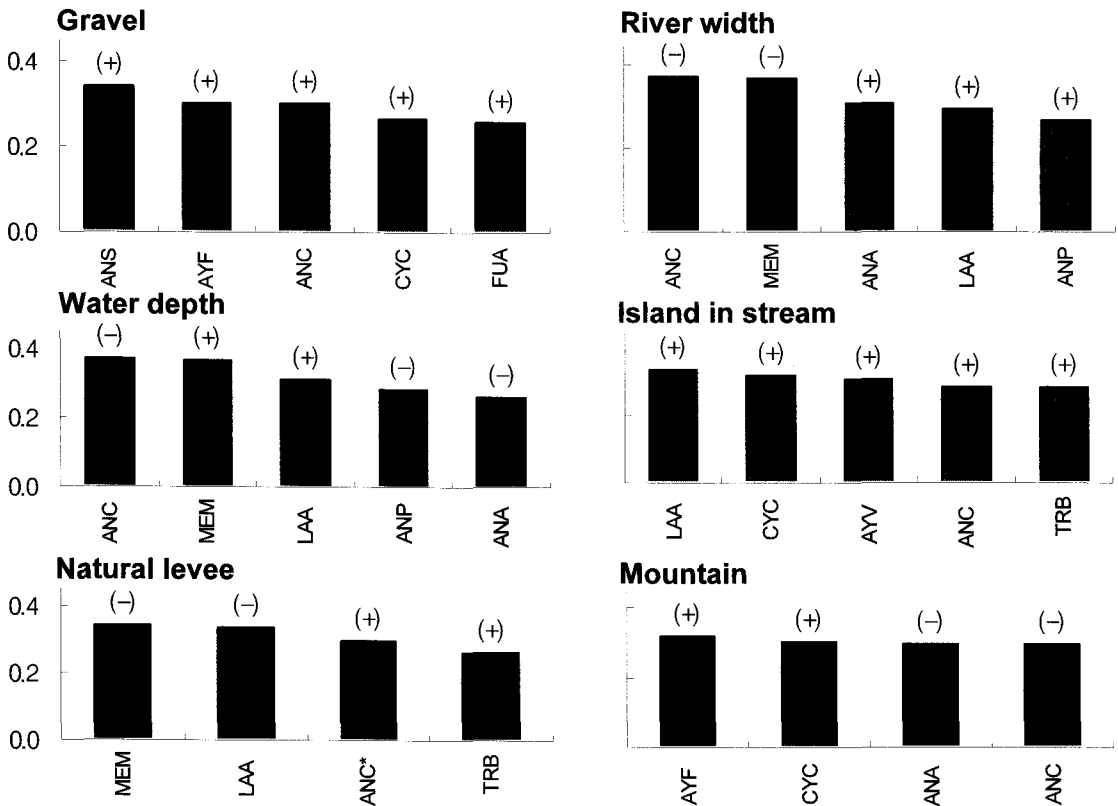


Figure 7. Correlation coefficients between environment factors and wintering waterfowl. Positive plus (+) and minus (-) symbols on the bars indicate positive and negative correlation coefficients, respectively. ANA; *Anas acuta*, ANC; *Anas clypeata*, ANP; *Anas platyrhynchos*, ANS; *Anas strepera*, AYF; *Aythya ferina*, CYC; *Cygnus cygnus*, FUA; *Fulica atra*, LAA; *Larus argentatus*, MEM; *Mergus merganser*, TRB; *Tringa brevipes*.

다. 66개 세부 조사지역에서 관찰된 수조류를 대상으로 주성분분석을 수행한 결과 크게 4집단으로 분류되었다(Figure 4). 집단1은 주로 중랑천, 탄천 및 안양천 등이 포함된 도심하천, 집단2는 한강 하류에 위치한 비도심하천과 한강상류 지역, 집단3은 곡릉천, 중랑천일부 및 한강 도심구간, 집단4는 도심에 있는 한강분류를 중심으로 구성되었다. 종다양성 지수와 균등도 지수는 중랑천, 탄천 및 안양천 등이 속해있는 집단1에서 가장 높게 나타났다(Figure 5). 이와 같은 결과는 자연제방, 식생의 비율, 모래의 비율 및 하중도와 같은 환경조건이 다른 집단에서 보다 유의하게 높았기 때문이다. 이러한 환경조건들은 한강 내에서 월동하는 수조류들이 안정되게 휴식할 수 있는 중요한 환경조건이 될 수 있다. 월동조류들은 특히 주변환경에 많은 영향을 받는다(Balla, 1994). 특히 자연제방의 비율은 수조류로 하여금 포식자의 접근을 멀리서도 파악할 수 있는 조건을 제공해 주기 때문에 중요하다. 수조류들은 보통 강폭이 작은 지역보다는 넓은 개방수역을 선호한다. 결국, 집단1에서 가장 높은 종다양도와 균등도 지수가 나타난 것은 수조류들이 선호하는 조건을 충족시켜 주기 때문이라고 판단된다. 이와 같이 서울의 여러 도심하천들은 월동 수조류들에게 중요한 취식장소와 휴식장소를 제공하기 때문에 매년 다양한 수조류들이 주기적으로 도래한다(권영수와 유정철, 2004; 환경부, 2004). 한강 상류, 하류, 곡릉천 및 창릉천이 속해 있는 제2집단은 종다양성과 균등도 지수가 가장 낮게 나타났다(Figure 4). 이들 지역의 환경적 특성은 다양하게 나타났다. 특히, 창릉천과 곡릉천은 강폭, 자갈 등의 비율이 낮았고 한강분류는 자연제방, 식생, 자갈 등의 비율이 낮게 나타났다. 한강 하류에 위치한 곡릉천과 창릉천은 자연하천이지만 수로의 폭이 너무 작아 건천화되거나 결빙된 곳이 많았고 일부 구간에서는 공사가 진행되고 있어 수조류가 서식하기에는 적합하지 않은 장소였다. 주변에 식생이 많고 하천의 본류에 비해 야산과 자연제방의 비율이 더 많아 오히려 산새류가 더 많이 관찰되었다. 산새류의 분포도 포함한다면, 종다양도와 균등도 지수가 오히려 도심하천보다 더 높았다. 한강 상류와 하류 지역은 강폭도 넓고 인간의 방해도 비교적 적어 많은 종과 개체수가 관찰되었다. 하지만 곡릉천과 창릉천의 종다양성과 균등도가 매우 낮아 집단2의 전체 평균은 4개의 집단 중에서 가장 낮았다.

한강 본류와 지류에서 월동하는 조류를 취식유형에 따라 살펴보면, 탄천, 안양천 및 중랑천 등의 지류에서 쇠오리, 고방오리, 넓적부리 등의 수면성오리(dabbling ducks)의 개체수가 비오리, 흰뺨오리 등의 잠수성오리(diving ducks)보다 더 많이 관찰되었다(Figure 3). 이는

상대적으로 잠수능력이 부족한 수면성오리들이 비교적 수심이 낮은 탄천, 중랑천 및 안양천 등의 지류를 주요 취식장소로 이용한다는 것을 암시한다. 그러나 종수에 있어서는 두 지역 간에 별다른 차이가 없었다. 흰족지나 땀기흰족지 등과 같은 일부 잠수성 오리들은 비교적 수심이 깊은 지류와 본류의 합류지점에서 휴식을 하거나 취식하기 때문에 판단된다.

일부 월동조류들은 주변 환경요인과 유의한 상관관계를 보였다(Figure 7). 알락오리, 땀기흰족지, 넓적부리, 큰고니 및 물닭은 하천 내 자갈의 비율과 높은 양의 상관관계를 보였다. 하천 내에는 휴식이나 수면을 취할 수 있는 지역이 매우 부족하기 때문에 자갈과 같은 환경은 이들에게 매우 중요하다. 넓적부리와 비오리는 강의 폭이 좁을수록 개체수가 많았으며 고방오리, 재갈매기 및 청둥오리는 넓은 강폭을 선호하였다. 고방오리와 청둥오리는 얇고 개방되어 있는 넓은 서식지를 이용하는 것으로 알려져 있다(원병오 2004). 수면성오리인 넓적부리, 청둥오리, 고방오리는 얇은 지역을 선호하였고 잠수성 오리인 비오리와 재갈매기는 깊은 곳을 선호하였다. 특히 재갈매기는 잠수능력이 없어 비오리가 취식한 먹이를 빼앗아 먹기 위해 깊은 곳에서 서식하였다. 주로 휴식장소로 이용되는 하중도는 재갈매기가 가장 많이 이용하였으며 다음으로 큰고니, 땀기흰족지, 쇠오리 및 노랑발도요 순이었다. 자연제방의 비율은 잠수성인 비오리보다는 쇠오리와 노랑발도요가 더 높은 관계를 보였다. 야산의 비율은 땀기흰족지, 큰고니와는 양의 상관관계를 보였으며 넓적부리와 고방오리와는 음의 상관관계를 보였다. 이는 큰고니나 땀기흰족지는 도심보다는 비도심지역을 선호하는 경향이 있기 때문이며 넓적부리와 고방오리는 도심하천 구간에서 주로 휴식하기 때문이다. 야산의 비율이 높은 곳은 도심지역보다 비도심지역인 한강 하류나 상류를 의미한다. 이와 같이, 한강 내 월동조류들이 선호하는 지역의 환경조건은 주로 자연제방, 자갈, 식생, 하천 내의 모래비율, 하중도 등이 잘 조성된 장소임을 알 수 있다. 도심하천인 탄천, 중랑천 및 안양천은 인간에 의한 방해가 있지만 한강 내 다른 지역에 비해 월동조류가 선호하는 환경조건을 제공하고 있기 때문에 매년 많은 수조류들이 도래하는 것으로 판단된다. 현재 겨울철에 도래하는 수조류들은 월동서식지로 이용할 수 있는 습지대가 점차 줄어들면서 상대적으로 이용 가능한 서식지인 도심하천으로 모이는 현상을 나타나고 있다(안지영과 유정철, 2004). 반면에 한강 하류에 위치한 창릉천과 곡릉천은 강폭과 수로가 좁아 개활지를 선호하는 수조류들에게는 그다지 좋은 서식장소는 아닌 것으로 판단된다. 특히 겨울철에는 수심이 낮고 결

방울이 높아 월동 수조류들이 휴식을 하거나 취식하기에 부적절한 상태가 유지되었다.

식생분포, 수심, 강폭 및 기타 환경요인들과 같은 서식처 형태는 수생생태계에서 조류군집구조를 결정하는 가장 중요한 요인들 중의 하나이다(Weller, 1999). 한강과 주변 지류는 월동 수조류에게 매우 중요한 휴식 및 취식 장소를 제공함에 틀림없다. 특히 한강과 연결된 하천의 환경은 수조류에게 매우 중요하다. 왜냐하면, 기온이 많이 떨어져 견디기 힘들 경우 강의 본류보다는 지천에서 휴식을 취하기 때문이다. 예를 들면, 청동오리는 기온이 떨어져 날씨가 매우 추워지면 강의 본류 보다는 인근 지천에 주로 모여서 휴식한다(Jorde *et al.*, 1984).

서울시의 중심에 흐르고 있는 한강은 다양한 수조류들에게 중요한 월동지를 제공하고 있다. 하지만 계속되는 개발로 인해 이들이 휴식 및 취식할 수 있는 공간은 점차 줄고 있는 실정이다. 본 연구결과 월동 수조류에게 중요한 환경요인은 강폭, 자연제방, 수심 등이었다. 하지만 강폭이 넓다고 종다양성이 높은 것은 아니었으며 보다 더 중요한 요인은 수심과 자연제방의 비율이었다. 한강 하류의 곡룡천이나 창릉천은 비록 사람에게 의한 방해가 비교적 적었지만 강폭이 매우 좁고 건천화되어 도심형 하천인 중랑천, 안양천, 탄천에서보다 수조류의 다양성이 낮았다. 종다양성이 가장 높았던 집단1은 강폭은 좁았지만, 수심이 낮고 다양하였으며 자연제방, 식생비율, 하중도, 모래톱 및 자갈비율 등이 높았다. 결국 월동 수조류의 보호 및 관리를 위해 조성해 주어야 할 하천이나 강의 가장 중요한 조건은 수심이었으며, 특히 얕고 깊은 곳을 다양하게 조성해 주면 더욱 좋은 조건이 될 수 있을 것이다. 또한 하천 중간에 하중도, 모래톱 및 자갈 등을 조성해 준다면 휴식 및 잠자리 장소로 이용할 수 있어 많은 수조류가 월동할 수 있는 조건이 될 수 있을 것이다. 본 조사에서는 한강의 5개 지류와 본류를 대상으로 조사하였지만 차후에는 한강본류와 합류되는 그 외의 모든 지류도 포함시켜 더욱 자세한 수조류 보호·관리를 위한 연구를 수행해야 할 것이다.

인용문헌

- 권영수, 유정칠(2004) 한강 강서습지생태공원 일대의 조류. 경희대학교 한국조류연구소 연구보고 9: 49-57.
- 김정수, 구태희(2003) 도시하천의 생태공원화가 조류군집에 미치는 영향. 한국생태학회지 26(3): 97-102.
- 안지영(2001) 중랑천에 도래하는 쇠오리와 고방오리의 취식 지역 선택. 경희대학교 대학원 석사학위논문, 29쪽.
- 안지영, 유정칠(2004) 중랑천 하류에서 월동하는 수금류 개체군 변동 및 요인 연구. 한국조류연구소 연구보고 9: 29-34.
- 우한정(1984) 한강수계생태계의 현황과 보호. 자연보존 48: 16-18.
- 우한정, 김상욱, 윤무부, 구태희, 유병호(1987) 한강의 조류. 자연환경보호중앙협의회 논문집 323-350.
- 우효섭, 김성태(2000) 수변복원의 이해와 외국의 관련 가이드라인의 검토. 한국환경복원녹화 기술학회 3: 126-144.
- 원병오(1983) 한강의 조류. 郷土서울. 서울특별시사 편람 위원회 41: 169-19.
- 원병오(2004) 자연생태계의 복원과 관리 '조류서식지 조성 과 보호를 중심으로', 다른세상, 서울, 448쪽.
- 원병오, 우한정, 김상욱, 구태희, 이두표, 최동신(1986) 한강의 월동조류. 경희대학교 한국조류연구소 연구보고 1: 81-86.
- 원병오, 박진영, 김은영, 김화정(1993) 한강의 수조류조사. 경희대학교 한국조류연구소 연구보고 4: 83-94.
- 유정칠, 권영수(2004) 아산(평택)만 일대의 조류서식지 평가. 경희대학교 한국조류연구소 연구보고 9: 1-18.
- 이경규, 이석원, 유정칠(2002) 한강의 밤섬에 도래하는 수면성 및 잠수성 오리의 월동개체수변화와 취식 행동. 한국조류학회지 9(1): 31-47.
- 이기섭(2000) 한국의 서해안에 도래하는 수조류의 실태와 개체수 변동. 경희대학교 대학원 박사학위논문, 211쪽.
- 이석원(2001) 한강에 도래하는 수금류의 월동생태와 보호관리방안에 관한 연구. 경희대학교 대학원 석사학위논문, 111쪽.
- 이우신, 박찬열, 임신재(2000) 한강지역 조류군집의 특성. 한국생태학회지 23(3): 273-279.
- 임업연구원(1992) 겨울철새의 도래실태. 임업연구원, 서울, 56쪽.
- 주기재, 김현우, 하경(1997) 하천 생태학의 발전과 우리나라 하천 연구의 현황. 한국생태학회지 20: 69-78.
- 한강관리사업소(2000) 한강 저수조류량 1/5,000 수심도. 한강관리사업소, 서울, 122쪽.
- 환경부, 국립환경연구원(2004) '99~'04년 겨울철 조류 동시 센서스 종합보고서. 서울, 620쪽.
- Balla, S.(1994) Wetlands of the swan coastal plain, volume 1. Their nature and management. water authority of western australia and the department of environmental protection, Australia.
- Heitmeyer, M.E. and L.H. Fredrickson(1981) Do wetland conditions in the Mississippi Delta hardwoods influence mallard recruitment? Trans. North Am. Wildl. Nat. Resour. Conf. 46: 44-57.
- Jorde, D.G., G.L. Krapu, D.C. Crawford and M.A. Hay(1984) Effects of weather on habitat selection and behavior of mallards wintering in Nebraska. Condor. 86: 258-265.
- Krebs, C. J.(1989) Ecological Methodology. Univ. of British

- Columbia press, pp. 328-367.
- Lyster, S.(1885) International wildlife law. Grotius publ. Cambridge, 470pp.
- Miller, R.W.(1997) Urban Forestry. Planning and managin-gurban green spaces (2nd ed.). Prentice-Hall Inc., London, 404pp.
- Nichols, J.D. and J.E. Hines(1987) Population ecology of the mallard. VIII. Winter distribution patterns and survival rates of winter-banded mallards. U.S. Fish and Wildl. Serv., Publ. 162. 154pp.
- Odum. E. P.(1971) Fundamental of ecology. Saunder Co. pp. 574.
- Pae, S.-H., J.-Y. Park, J.-H. Kim, J.-C. Yoo(1995) Habitat Use by Wintering Waterbirds at Han River Estuary and Imjin River, Korea. Kor. J. Orni. 2(1): 11-21.
- Raveling, D.G. and M.E. Heitmeyer(1989) Relationships of population size and recruitment of pintails to habitat conditions and harvest. J. Wildl. Manage 53: 1088-1103.
- Sibley, C.G. and B.L. Monroe Jr.(1990) Distribution and Taxonomy of Birds of the World. Yale Univ. Press, New Haven and London.
- Smith, L.M. and D.G. Sheeley(1993) Factors affecting condition of northern pintails wintering in the southern high plains. J. Wildl. Manage 57(1): 62-71.
- Weller, M.W.(1999) Wetland Birds: Habitat resources and conservation implications. Cambridge University Press, Cambridge.
- Yoo, J.C.(1999) Current status of birds on the west coast and Cholwon basin of Korea. Proceedings of IUCN/WCPA-EA-3 Seoul Conference, pp. 166-183.

Appendix 1. Abundance of bird species in the study areas in the Hangang River

Family	Species	HR ¹	TC ²	JR ³	AY ⁴	CR ⁵	GR ⁶	Total	DI ^{**}
Podicipedidae	<i>Podiceps ruficollis</i>	47			2	2	2	53	0.13
	<i>Podiceps cristatus</i>	11						11	<0.1
Phalacrocoracidae	<i>Phalacrocorax carbo</i>	87						87	0.22
Ardeidae	<i>Egretta alba modesta</i>				1			1	<0.1
	<i>Egretta garzetta</i>				1			1	<0.1
	<i>Ardea cinerea</i>	49	28	46	1	2	8	134	0.34
Antidae	<i>Anser albifrons</i>	60						60	0.15
	<i>Anser fabalis</i> *						1	1	<0.1
	<i>Anser fabalis</i>	430						430	1.09
	<i>Cygnus cygnus</i> *	358						358	0.9
	<i>Tadorna ferruginea</i>	416					3	419	1.06
	<i>Aix galericulata</i>			3				3	<0.1
	<i>Anas platyrhynchos</i>	7764	178	139	696	32	151	8960	22.65
	<i>Anas poecilorhyncha</i>	3409	243	127	1658	10	99	5546	14.01
	<i>Anas crecca</i>	109	573	314	1559	53	2	2610	6.6
	<i>Anas falcata</i>			3	4			7	<0.1
	<i>Anas strepera</i>	4			2			6	<0.1
	<i>Anas acuta</i>	19	120	367	1388			1894	4.79
	<i>Anas clypeata</i>	5	67	129	534			735	1.86
	<i>Aythya ferina</i>	5147	75		21			5243	13.25
	<i>Aythya fuligula</i>	2260		920				3180	8.04
	<i>Bucephala clangula</i>	516						516	1.3
	<i>Mergus alellus</i>	198						198	0.5
<i>Mergus merganser</i>	2745	1	27	6		2	2781	7.03	
Accipitridae	<i>Haliaeetus albicilla</i> *	6						6	<0.1
	<i>Haliaeetus pelagicus</i> *	2						2	<0.1
	<i>Buteo lagopus</i> *	1						1	<0.1
	<i>Buteo hemilasius</i> *	1						1	<0.1
	<i>Buteo buteo</i> *	3		1			1	5	<0.1
	<i>Aegypius monachus</i> *	4						4	<0.1
Falconidae	<i>Falco peregrinus</i> *	1						1	<0.1
	<i>Falco tinnunculus</i>				1		2	3	<0.1
Phasianidae	<i>Phasianus colchicus</i>						1	1	<0.1
Gruidae	<i>Grus vipio</i>	70						70	0.18
Rallidae	<i>Fulica atra</i>	381			1			382	0.97
Charadriidae	<i>Charadrius dubius</i>		1					1	<0.1
Scolopacidae	<i>Tringa brevipes</i>					1		1	<0.1
Laridae	<i>Larus argentatus</i>	1179	1	73	8		19	1280	3.24
	<i>Larus cachinnans</i>	18						18	<0.1
Columbidae	<i>Streptopelia orientalis</i>	41	3			12	21	77	0.19
Picidae	<i>Picus canus</i>	1						1	<0.1
Alaudidae	<i>Alauda arvensis</i>	35						35	<0.1
Motacillidae	<i>Motacilla alba leucopsis</i>				2			2	<0.1
	<i>Motacilla alba lugens</i>	1	1		12	1		15	<0.1
	<i>Anthus spinoletta</i>				1			1	<0.1
Pycnonotidae	<i>Hypsipetes amaurotis</i>	4						4	<0.1

Table 5. (Continued)

Family	Species	HR ¹	TC ²	JR ³	AY ⁴	CR ⁵	GR ⁶	Total	DI ^{**}
Troglodytidae	<i>Troglodytes troglodytes</i>	2						2	<0.1
Prunellidae	<i>Prunella montanella</i>						1	1	<0.1
	<i>Turdus naumanni naumanni</i>	1						1	<0.1
	<i>Paradoxornis webbiana</i>	80	30	70	10	40	30	260	0.66
Paridae	<i>Parus parustris</i>					2		2	<0.1
	<i>Parus varius</i>	2						2	<0.1
	<i>Parus major</i>	7				4		11	<0.1
Emberizidae	<i>Emberiza cioides</i>						30	30	<0.1
	<i>Emberiza rustica</i>						70	70	0.18
	<i>Emberiza elegans</i>					8	4	12	<0.1
Fringillidae	<i>Fringilla montifringilla</i>					35		35	<0.1
	<i>Coccothraustes coccothraustes</i>					24	3	27	<0.1
Ploceidae	<i>Passer montanus</i>	113			52	50	16	231	0.58
Corvidae	<i>Pica pica</i>	108	74	2	30	6	6	226	0.57
	<i>Corvus monedula</i>	8						8	<0.1
	<i>Corvus frugilegus</i>	130						130	0.33
	<i>Corvus corone</i>	33					11	44	0.1
	<i>Corvus macrothynchos</i>						4	4	<0.1
Columbidae	<i>Columba livia</i>	3		85		1	110	199	0.5
	Geese undetermined	970						970	2.45
	Ducks undetermined	2150						2150	5.43
Number of individuals		28989	1395	2306	5990	283	597	39560	
Number of species		48	14	15	22	18	24	65	

1; Main channel of Hangang River, 2; Tancheon Stream 3; Jungrangcheon Stream, 4; Anyangcheon Stream, 5; Changrungcheon Stream 6; Gokrungcheon Stream. * : Endangered birds designated by the Ministry of Environment,

** Dominant index