

대전 3대 하천의 조류군집과 유사성에 관한 연구¹

김인규² · 이한수² · 백운기³ · 이준우^{4*}

A Study on the Bird Communities and Similarity of Three Streams in Daejeon Metropolitan City¹

In-Kyu Kim², Han-Soo Lee², Woon-Kee Paek³, Joon-Woo Lee^{4*}

요 약

대전의 3대 하천인 갑천, 유등천, 대전천에 대하여 2002년 4월부터 2004년 3월까지와 2006년 1월부터 12월까지 3년간 조류분포에 대한 조사를 수행하였다. 조사결과 관찰된 조류는 총 13목 34과 126종 12,027개체(최대합계수)로 나타났다. 우점종은 흰뺨검둥오리, 쇠오리, 집비둘기, 참새, 쇠백로 등의 순서였다. 관찰된 조류는 크게 6개 분류군이었으며, 가장 많은 종이 관찰된 분류군은 교목성 산림조류로 54종이었고, 가장 적은 종이 관찰된 분류군은 잠수성 오리류로 7종이었다. 또한 개체수는 관목성 산림조류가 721개체로 가장 적었으며, 수면성 오리류가 4,974개체로 가장 많았다. 각 하천별 조류분포를 보면 갑천은 총 13목 34과 114종 14,885개체(최대합계수), 유등천은 총 12목 30과 90종 6,642개체(최대합계수), 대전천은 총 11목 28과 69종 4,202개체(최대합계수)가 관찰되었다. 각 하천별로 조사된 종수, 개체수, 종다양도, 종풍부도, 단위면적당 밀도 등의 조류군집분석 지수에 의한 하천별 유사성을 분석한 결과, 갑천과 유등천 그리고 유등천과 대전천은 서로 유사한 특성을 가지는 하천이며, 갑천과 대전천은 서로 다른 특성을 갖는 하천으로 구분되었다. 또한 각 하천 구간별 상위 10위 우점종을 대상으로 유사성을 분석한 결과 각 하천의 상류는 산림성조류, 중류는 해오라기류와 수면성 오리류, 하류는 수면성 오리류와 일부 잠수성 오리류가 서식하였다. 이러한 결과는 대전 3대 하천에서 일부 구간이 자연형 하천으로 남아있는 갑천과 유등천이 도심지역인 대전천에 비하여 다양한 조류가 서식한다는 것을 의미하며, 각 하천의 상류와 하류가 조류의 서식에 적합하다는 것을 의미하므로 향후 도시하천의 정비나 활용에 있어 자연성이 유지되는 구간에 대한 보전 및 관리가 필요하였다.

주요어: 도시하천, 자연형 하천, 갑천

ABSTRACT

This study was conducted from April, 2002 to March 2006, using three urban streams(Gap Stream, Yudeung Stream and Daejeon Stream) in Daejeon Metropolitan City. 12,027 individual birds summed by the peak count in 126 species, 34 families, and 13 orders were observed from three stream sites. Dominant species were of *Anas poecilorhyncha*, *Anas crecca*, *Columba livia*, *Passer montanus*, and *Egretta garzetta*(in that order). The groups of birds were classified into six types. The most frequent group were the arbor birds(54 species), while the smallest group was the diving ducks(7 species). As for the number of individuals, the shrub bird group had 721

1 접수 2008년 9월 8일, 수정(1차: 2010년 3월 3일), 게재확정 2010년 3월 4일

Received 8 September 2008; Revised(1st: 3 March 2010); Accepted 4 March 2010

2 한국환경생태연구소 Korea Institute of Environmental Ecology, Daejeon(305-509), Korea(ikkim@kienv.co.kr)

3 국립중앙과학관 자연사연구실 Dept. of Natural History, National Science Museum, Daejeon(305-705), Korea

4 충남대학교 산림자원학과 Dept. of Forest Resources, Chungnam National Univ., Daejeon(305-764), Korea

* 교신저자 Corresponding author(jwlee@cnu.ac.kr)

individuals while the dabbling ducks observed had 4,974 individuals. Regarding the distribution of birds appearing in each stream, 14,885 individual numbers in 114 species were observed at Gap Stream, 6,642 individuals in 90 species at Yudeung Stream and 4,202 individuals in 69 species at Daejeon Stream. Various indices of the birds were analyzed with respects to the similarities between streams. Gap Stream had similar characteristics to Yudeung Stream, and the latter was similar to Daejeon Stream. However, Gap Stream and Daejeon Stream showed different characteristics. The dominance index of each section was calculated using ten dominant bird species top-down. Subsequently, the birds and their preferred environment were analyzed. The results showed that shrub birds and arbor birds preferred the upper stream of every stream, while herons and dabbling ducks inhabited the midstream. Dabbling ducks and some diving ducks appeared downstream.

KEY WORDS: URBAN STREAM, NATURAL-SHAPE STREAM, GAP STREAM

서론

과거 우리나라뿐만 아니라 대부분의 국가에서 하천은 농업용수를 공급하기 위한 주요 기능을 수행하였고, 도시가 발달 하면서 도시민의 상수원 공급과 동시에 도심에서 발생한 각종 하수를 배출 시켜주는 역할을 하고 있다. 하천의 기능은 크게 이수(利水), 치수(治水), 환경(環境) 등 3가지의 기능이 있다. 이수와 치수는 물을 다루거나 이용하는 기능이며, 환경기능은 동식물의 서식처 기능, 자정기능, 경관 또는 친수 기능을 말한다(Ministry of Environment, 2002). 이 3가지 기능에서 도시가 발달 하면서 이수와 치수의 기능을 증가 시켜왔으며, 환경의 기능은 상대적으로 저하되어왔다.

우리나라의 1960년대 이전은 자연하천과 농경지, 산림 등 동식물의 서식지가 서로 이어지는 유형이었다. 그러나 1960년대 이후 우리나라도 급속한 산업화와 도시화로 하천의 이수 기능의 극대화를 가져왔고, 동시에 토지이용의 고도화는 하천의 치수 기능 확대를 가져왔다. 또한, 여가선용과 교통체증의 해소 등으로 둔치의 조성, 하상도로의 개설 등 인간위주의 하천 공원이화가 진행되어왔다(Lee, 2001; Ministry of Environment, 2002). 다양한 인간 위주의 개발 압력이 증가함에 따라 수해예방 기능은 강화되었으나 반면 건전화 발생, 서식지 단절, 생태계의 불균형 등 생태적 기능이 저하되었다. 이러한 요인으로 하천 및 하천 주변에 서식하는 야생동물의 서식지 훼손이 가속화 되고 있으며, 대부분의 도심 내 하천은 서식지의 단절을 초래하기에 이르렀다. 다만 각 도시하천의 상류나 하류의 경우 개발 압력이 가중되지 않아 수변림과 하천이 연계되는 자연형 하천을 유지하고 있는 구간이 존재하고 있다(Kim, 2004). 다행이도 대전의 3대 하천에서 상류의 숲과 연계된 구간은 아직까지 자연형 하천이 유지되고 있으며, 하류의 하천 폭이 넓으

며 자연적으로 형성된 하중도(둔치)에는 덩불과 관목 또는 자갈밭과 모래밭 등의 다양한 서식지가 존재하며 서식하는 종도 다양하다(Kim and Koo, 2003). 또한 Kim *et al.*(2003)에 의하면 양재천의 경우 자연형 하천 공법을 적용한 구간은 백로류와 수면성 오리류의 개체수가 지속적으로 증가하는 것으로 나타났다. 다양한 조류가 서식하기 위해서는 이들이 살아가기 위한 적당한 온도(temperature), 수심(water depth), 먹이(food), 은신처(shelter), 번식공간(breeding site), 방해요인(disturbance factor) 등의 다양한 요구 조건이 충족되어야만 가능한 일이다. 대전의 대표 하천인 갑천은 금강과 합류되는 지류로 하천 폭이 넓고 수변식생, 하중도, 소와 여울 등 다양한 야생조류의 서식지가 존재하고 있다(Lee *et al.*, 2002a; 2003).

따라서 본 연구는 대전 3대 하천의 조류군집을 파악하고, 각 하천 구간별 조류군집분석 지수와 구간별 상위 우점조류에 의한 3대 하천 간 유사성을 분석하여, 이를 토대로 자연하천은 아니지만 아직까지 일부구간은 자연형 하천의 형태를 간직하고 있어 다양한 조류가 서식하는 도시하천의 보호와 관리에 기초자료로 활용하고자 하였다.

조사지역 및 방법

1. 조사지역

본 연구지역인 대전광역시 관내에는 도시를 가로질러 관류하는 3개의 도시하천이 존재하고 있으며, 각각 갑천, 유등천, 대전천이 이에 해당된다(Figure 1). 갑천은 대둔산(877.7m)에서 발원하여 대전광역시계로 흘러들어 금강과 합류되는 국가하천이다. 유등천을 포함하여 총 8개의 지류가 갑천으로 유입되며, 대전광역시 관내의 연장은 39.6km이다. 유등천은 충남 금산군의 진산면 삼가리 인대산과 월

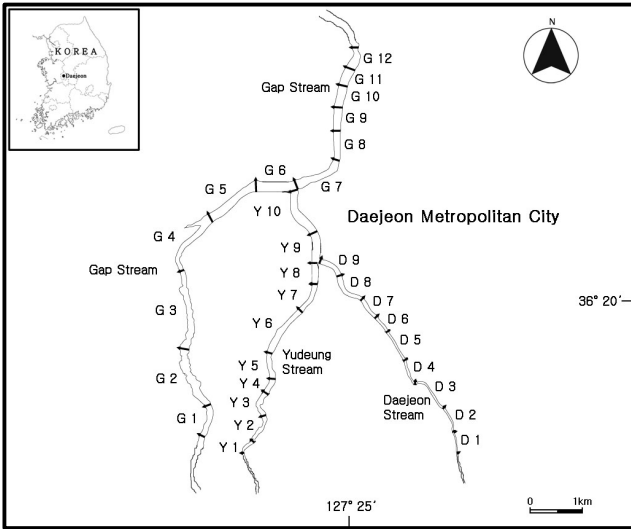


Figure 1. Map of the survey sites in the Daejeon Metropolitan City

봉산에서 발원하여 대전광역시계로 흘러들어 갑천과 합류되는 국가하천이다. 대전천을 포함하여 총 5개의 지류가 유등천으로 유입되며, 대전광역시 관내의 연장은 15.5km이다. 대전천은 대전광역시계에 속하는 만인산(537.1m)에서 발원하여 대전 도심을 관통하여 유등천과 합류되는 지방하천이다. 총 2개의 지류가 대전천으로 유입되며 연장은 22.4km이다(Daejeon Metropolitan City, 2003).

연구대상지인 하천주변 식생현황을 보면, 갑천의 상류인 가수원교~만년교와 갑천의 하류에 해당하는 구간은 자연적인 하안을 지니고 있는 구간으로 주로 침수식물군락과 추수식물군락, 목본성식물군락으로 이루어져 있다.

2. 조사방법

대전광역시 관내를 가로질러 관류하는 3개의 도시하천인 갑천, 유등천, 대전천을 대상으로, 2002년 4월부터 2004년 3월까지 2년과 2006년 1월부터 12월까지 1년의 전체 3년간 매월 중순에 1회씩 총 36회의 조사를 실시하였다. 조사지역의 구분은 각 하천별로 교량이나 수중보 등의 특정 구조물에 의해 구분하였다. 갑천은 12개, 유등천은 10개, 대전천은 9개의 총 31개의 소 구간으로 구분하였다(Figure 1).

각 하천을 상류로부터 도보로 이동하며 선정된 소 구간에서 출현하는 조류의 종과 개체수를 파악하였다. 동일한 지점을 선정하여 조사하는 정점조사법(point census)과 하천변을 따라 이동하며 조사하는 선조사법(line census)을 동시에 이용하였다. 조사범위는 하천의 제방이 포함되도록 하였으며, 산과 연결한 상류의 경우 양측 100m 이내에 출현하는

조류만 대상으로 조사하였다. 하천의 폭이 좁으며 수변 식생이나 산림이 인접한 지역은 육안 및 쌍안경(Nikon, 8×40)을 이용하였으며, 하천의 폭이 넓어 거리가 멀거나 조류의 밀집 구간은 망원경(Field scope, Nikon, ×20~60)을 이용하여 종과 개체수를 파악하였다. 관찰된 조류의 분류 및 학명, 영명은 Howard와 Moore(1980)를 따랐으며, Lee *et al.*(2000a)을 참고하여 분류한 후, 환경요인과의 관계를 고려하여 서식특성이 유사한 6개 분류군으로 구분하였다. 하천을 주 서식지로 생활하는 수조류는 해오라기류(Herons, He), 수면성 오리류(Dabbling ducks, Da), 잠수성 오리류(Diving ducks, Di), 도요·물떼새류(Waders, Wa)의 4개 분류군으로 구분하였다. 하천주변 식생과 산림을 위주로 서식하는 산림조류는 그 서식위치(Niche)에 따라 관목성 산림조류(Shrub birds, Sh), 교목성 산림조류(Arbor birds, Ar)의 크게 2개 분류군으로 구분하였다. 인위적인 환경에 서식하는 집비둘기(Feral pigeon, Fp)는 산림성 조류의 개체수에 영향을 미치므로 분류군에서는 제외하였고 우점종의 순위에는 포함하였다.

3. 분석방법

집단 내 각 종의 우점도 비교는 Brower *et al.*(1990)에 의한 우점도(RD, Relative species density)를 이용하였다. 종다양도지수(Species diversity)는 Shannon의 지수인 H' (Index of Shannon diversity)를 이용하였다(Shannon and Weaver, 1963). 종풍부도지수(Species richness)는 Margalef의 지수인 Da(Index of Margalef diversity)를 이용하였다(Lee, 2000). 단위면적당 밀도(D)는 단위면적당 서식하는 조류의 개체수를 의미하며, 일반적으로 넓은 조사구역의 경우 가로×세로가 1km² 되도록 하여 그 안에 서식하는 조류의 개체수를 나타낸다. 그러나 본 연구에서는 각 조사구간이 동일한 거리와 폭이 아니므로 단위면적당 서식하는 조류의 개체수 비교를 위해서 하천의 하폭(m)과 조사구간의 거리(m)를 곱하여 각 구간의 면적을 계산하였다(Appendix 1). 여기에 각 구간에서 관찰된 조류의 최고관찰수를 나누어 각 구간별 단위면적당(100m²) 서식개체수를 산정하였다(Bibby *et al.*, 1992). 분석에 사용된 식은 다음과 같다.

$$\text{우점도}(R.D.) = \frac{n_i}{N} \times 100(\%) \quad (n_i : \text{한 종의 개체수}, N : \text{전체 개체수})$$

$$\text{종다양도지수}(H') = -\sum \left(\frac{n_i}{N} \ln \left(\frac{n_i}{N} \right) \right) \quad (n_i : \text{한 종의 개체수}, N : \text{지역의 총 개체수})$$

$$\text{종풍부도지수}(Da) = \frac{(s-1)}{\ln(N)} \quad (s : \text{전체 종수}, N : \text{관찰된 총 개체수})$$

$$\text{단위면적당 밀도}(D) = \frac{P}{S \times W} \quad (P : \text{조사구간의 최고관찰 개체수}, S : \text{각 조사구간의 거리}, W : \text{각 조사구간의 폭})$$

통계의 분석은 SPSS(Version. 12.0 KO) 프로그램을 사용하여 분석하였으며, 구체적인 분석방법은 한글 SPSS(Park et al., 2002)를 참고하였다.

결과 및 고찰

1. 조류군집의 특성

1) 전체 서식조류 현황

대전의 3대 하천인 갑천, 유등천, 대전천에 대하여 2002년 4월부터 2004년 3월까지와 2006년 1월부터 12월까지 3년간 조사한 결과 관찰된 조류는 총 13목 34과 126종 12,027개체(Sum of peak count; 최대합계수)였다. 본 조사 지역보다 규모가 큰 강의 하구와 비교하여 보면 낙동강 하류 114종(Hong, 2004), 한강 하구 107종(Lee et al., 2000b), 금강 하구 104종(Lee et al., 2001), 만경강 일대 88종(Lee et al., 2002b) 보다 다양한 종이 관찰되었다. 또한 산림성 조류를 제외한 수조류의 경우 본 조사지역은 총 53종이 관찰되었는데, 서낙동강이 58종(Hahm and Kang, 1997), 동진강하구가 57종(Kim and Yoo, 1997)으로 전체 수조류 종수에 있어서는 큰 차이를 나타내지 않았다. 이는 아직까지 대전의 3대 하천이 도심을 관류하지만 야생조류의 서식지 및 물떼새류의 번식지로서 중요한 역할을 하고 있다고 볼 수 있다(Lee et al., 2002a, 2003; Kim et al., 2002).

각 분류군별로 관찰된 종수 및 개체수는 해오라기류 10종 1,664개체, 수면성 오리류 17종 4,974개체, 잠수성 오리류 7종 726개체, 도요-물떼새류 20종 758개체, 관목성 산림조류 17종 721개체, 교목성 산림조류 54종 2,073개체로 나타났다. 각 분류군별로 볼 때 가장 많은 종이 관찰된 분류군은 교목성 산림조류로 54종이었으며, 가장 적은 종이 관찰된 분류군은 잠수성 오리류로 7종이었다(Figure 2). 개체수는 수면성 오리류가 4,974개체로 가장 많았으며, 관목성 산림조류가 721개체로 가장 적었다(Figure 3). 이러한 결과는 대전 3대 하천의 상류는 산림과 접하고 있어 교목성 산림조류를 비롯한 다양한 조류가 서식한다는 것을 나타내며, 물고기를 주식으로 하는 해오라기류가 많은 것은 하천에 서식하는 물고기의 개체수도 많다는 것을 의미한다. 또한 전체 개체수에 있어 수면성 오리류가 가장 많았는데, 이는 갑천을 비롯한 각 하천의 하류에는 수면성 오리류의 서식에 알맞은 환경을 간직하고 있다는 것을 의미한다(Kim and Koo, 2003).

우점종은 흰뺨검둥오리 *Anas poecilorhyncha* (R.D.=17.4%), 쇠오리 *Anas crecca* (R.D.=11.4%), 집비둘기 *Columba livia* (R.D.=9.2%), 참새 *Passer montanus* (R.D.=7.8%), 쇠백로 *Egretta garzetta* (R.D.=5.5%)의 순서였다(Figure 4). 이는 대전의 하천이 오리류의 서식에 알맞은 환경을 지니고 있다고 판단되며, 도심을 관류하는 하천의 특성상 집비둘기의 서식은 많은 것으로 판단된다. Jorde et al.(1984)과 Kwon et al.(2007)에 의하면 기온이 하강하면 오리류는 큰

우점종은 흰뺨검둥오리 *Anas poecilorhyncha* (R.D.=17.4%), 쇠오리 *Anas crecca* (R.D.=11.4%), 집비둘기 *Columba livia* (R.D.=9.2%), 참새 *Passer montanus* (R.D.=7.8%), 쇠백로 *Egretta garzetta* (R.D.=5.5%)의 순서였다(Figure 4). 이는 대전의 하천이 오리류의 서식에 알맞은 환경을 지니고 있다고 판단되며, 도심을 관류하는 하천의 특성상 집비둘기의 서식은 많은 것으로 판단된다. Jorde et al.(1984)과 Kwon et al.(2007)에 의하면 기온이 하강하면 오리류는 큰

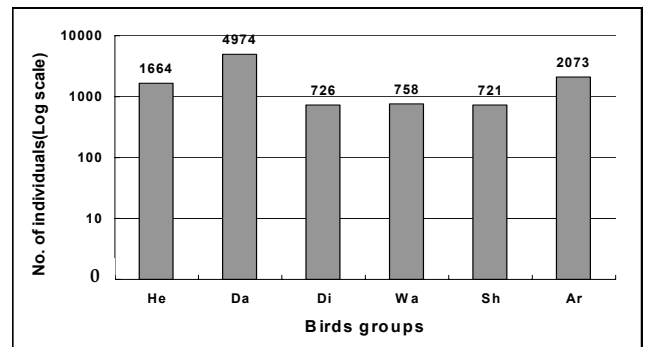


Figure 3. Comparison of number of individuals by bird groups during survey period(April, 2002~March, 2004 and January, 2006~December, 2006)

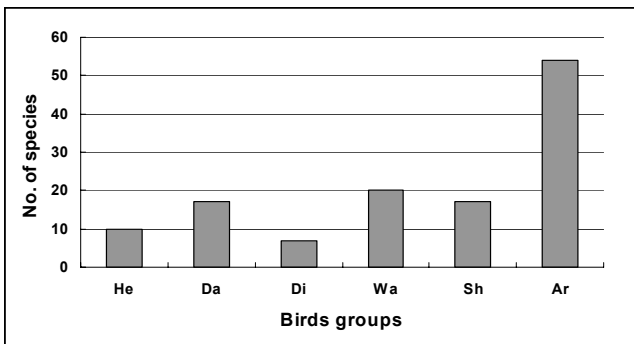


Figure 2. Comparison of number of species by bird groups during survey period(April, 2002~March, 2004 and January, 2006~December, 2006)

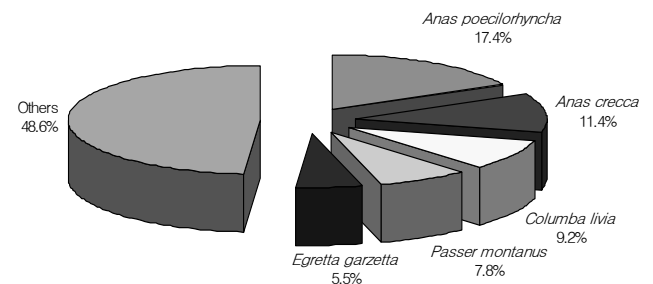


Figure 4. The result of dominant species at three streams of Daejeon Metropolitan City during survey period(April, 2002~March, 2004 and January, 2006~December, 2006)

강이나 넓은 서식지보다는 작은 하천이나 지류로 이동하여 월동한다고 보고한 바 있다. 이러한 오리류의 월동 특성으로 볼 때, 도시 하천의 하류는 우리나라의 대부분 하천이나 강, 호소 등에 흔히 서식하고, 수생식물 및 수중무척추동물 을 취식하는 흰뺨검둥오리나 쇠오리 등 수면성 오리류의 서식지로서 알맞은 것으로 판단된다(Kaminski and Prince, 1981; Ahn, 2001).

2) 각 하천별 조류분포

갑천은 총 13목 34과 114종 14,885개체(Sum of peak count; 최대합계수)가 관찰되었으며, G3구간(충진교통~만년교)이 82종으로 가장 종수가 많았고, 개체수는 G8구간(원촌교~하수처리장)이 1,789개체로 가장 많았다. G3구간은 하천의 상류지역으로 하천 폭이 넓고 풍부한 수변식생과 산림 등으로 구성되어 다양한 환경이 조성되어 있기 때문에 다양한 조류가 서식하였다. G8구간은 겨울철 오리류의 주 월동지로 기온이 하강한 겨울철에 하수처리장에서 온수의 방류로 인해 결빙 되지 않는 지역으로 대부분의 수면성 및 잠수성 오리류가 밀집하여 서식하므로 개체수가 많았다 (Figure 5).

유등천은 총 12목 30과 90종 6,642개체(Sum of peak count; 최대합계수)가 관찰되었으며, Y2구간(안영교~복수교)이 48종으로 가장 종수가 많았고, 개체수는 Y9구간(삼천교~한밭대교)이 1,285개체로 가장 많았다. Y2구간은 하천의 상류지역으로 비교적 하천 폭이 넓고 자연형 하천의 형태를 간직하고 있으며, 산림 등으로 구성되어 다양한 환경이 조성되어 있기 때문에 다양한 조류가 서식하였다. 가장 많은 개체수가 관찰된 Y9구간은 하천의 하류로 대전천과 합류지역으로 폭이 넓고 겨울철에 많은 수의 오리류가 월동하는 지역으로 개체수가 많았다(Figure 6).

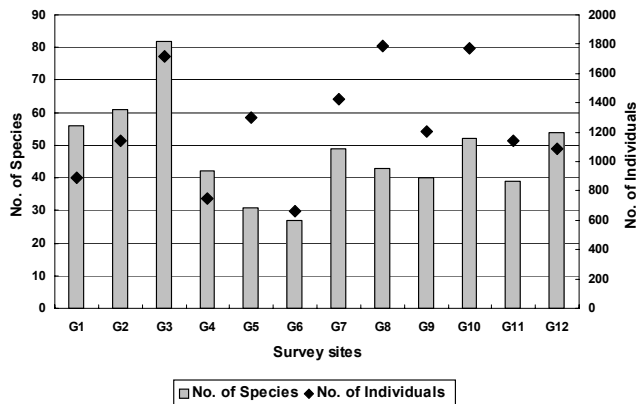


Figure 5. Comparison of number of species and individuals for survey sites in Gap Stream

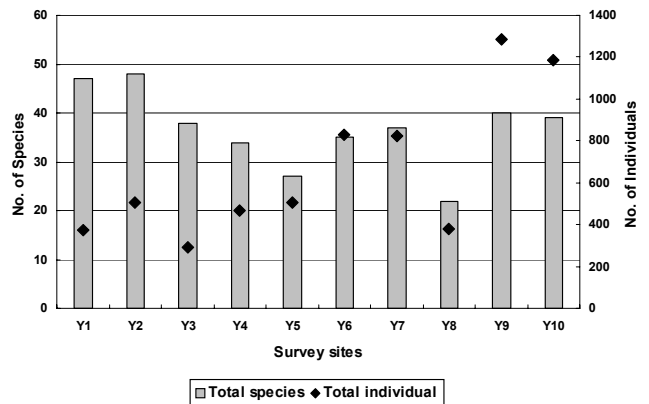


Figure 6. Comparison of number of species and individuals for survey sites in Yudeung Stream

대전천은 총 11목 28과 69종 4,202개체(Sum of peak count; 최대합계수)가 관찰되었으며, 가장 많은 종이 관찰된 구간은 D1구간(구도교~도십시작)으로 49종이 관찰되었고, 개체수는 D9구간(현암교~삼천교)이 1,323개체로 가장 많았다. D1구간은 하천의 상류지역으로 하천 폭은 좁으나 수변식생과 산림 등으로 구성되어 다양한 환경이 조성되어 있기 때문에 다양한 조류가 서식하였다. D9구간은 하천 하류지역으로 수변식생이 많으며, 하중도가 있어 오리류가 밀집하는 지역으로 개체수가 많았다(Figure 7).

Gates와 Giffen(1991)에 의하면 산림과 하천이 접하는 부분은 산림의 가장자리로 산림성 조류의 서식에 적합하며, 산림내부 보다는 가장자리가 서식밀도가 높다고 하였는데, 본 연구결과 또한 각 하천의 상류지역이 산림성 조류의 서식밀도가 높았다. 또한 Anderson *et al.*(1983)에 의하면 하천주변의 식생과 조류군집은 밀접한 관계가 있으며, 계절에 따라 그 이용식생이 변한다고 하였는데, 본 연구에서도 식

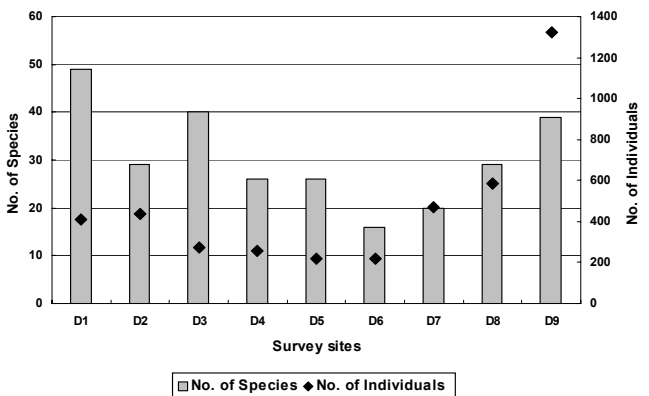


Figure 7. Comparison of number of species and individuals for survey sites in Daejeon Stream

생이 풍부한 지역에 서식하는 조류가 많은 것으로 나타났다.

Ahn(2001)과 Kim *et al.*(2005b)에 의하면 한강 중랑천의 경우 고방오리와 쇠오리 등의 수금류가 취식하기에 좋은 환경이며, 특히 하류의 경우 휴식 및 취식지로서 좋은 장소를 제공한다고 하였다. 본 연구결과 역시 각 하천의 하류지역에서 오리류의 개체수가 많은 것으로 나타났다. 다만 우점종의 경우 갑천은 흰뺨검둥오리, 쇠오리, 알락오리 등 오리류가 우점종이며, 유등천과 대전천은 집비둘기, 참새, 쇠백로 등이 우점종으로 다소 차이가 나타났다. 이는 3개 하천의 구간별 환경적인 요인은 유사하나 전체적으로 갑천이 오리류의 서식에 알맞다는 것을 알 수 있다. 갑천은 다른 2개의 하천에 비해 하천의 폭이 넓으며 수변식생이 풍부한 지역이 많고, 두 하천이 합류되어 Ahn(2001)의 결과와 마찬가지로 오리류의 먹이인 다양한 유기물 및 저서무척추동물이 풍부하기 때문인 것으로 판단된다. 우리나라에서 월동하는 대표적인 수조류인 오리류는 수면성과 잠수성으로 구분되는데, 이들은 각각의 먹이 취식에 알맞은 환경(수심, 수온 등)을 선택하고 그 지역에서 월동한다고 알려져 있다(Nichols *et al.*, 1983; Mulhern *et al.*, 1985; Hoppe *et al.*, 1986; Kim *et al.*, 2005a). 대전 3대 하천 중 갑천은 이러한 환경요인이 다른 두 하천에 비해 풍부한 것으로 판단된다. 일반적으로 월동 수조류는 다음해에 번식을 위해 월동기 동안 충분한 먹이를 취식하여야 하고, 또한 월동기 동안 수조류의 몸 상태는 다음해 또는 미래의 생존과 번식에 영향을 준다고 하였다(Haramis *et al.*, 1986; Raveling and Heitmeyer, 1989). 결과적으로 갑천을 비롯한 유등천 및 대전천의 하류는 수조류가 월동기 동안 충분한 먹이를 취식할 수 있는 먹이원이 비교적 풍부한 것으로 판단되며, 도시하천에서 수조류의 월동을 위해서는 이러한 지역에 대한 절대적인 보호가 필요하다고 판단된다.

2. 하천의 유사성 분석

1) 각 지수에 의한 유사성 분석

각 하천별로 조사된 종수, 개체수, 종다양도 지수, 종풍부도 지수, 단위면적당 밀도 등의 값에 대하여 하천별 차이를 분석하였다(Table 1, 2, 3, Appendix 1). 분석결과 종수, 개체수, 종다양도 지수는 각 하천별로 유의한 차이를 나타내었다(Kruskal-Wallis test. 종수: $\chi^2=9.08$, $p<0.05$, 개체수: $\chi^2=14.36$, $p<0.05$, 종다양도 지수: $\chi^2=7.76$, $p<0.05$). 그러나 종풍부도 지수, 단위면적당 밀도는 각 하천별로 유의한 차이가 없었다. 결과적으로 대전의 3대 하천은 갑천과 유등천, 유등천과 대전천은 서로 유사한 특성을 가지는 집단이

며, 갑천과 대전천은 서로 다른 특성을 갖는 집단으로 분류되었다(Figure 8; Tukey's multiple comparison test, $p<0.05$).

또한 두 하천 간 정확한 지수의 차이를 분석한 결과 갑천과 대전천은 종수, 개체수, 종다양도 지수에서는 유의한 차이를 나타내었으며(Mann-Whitney test. 종수: $Z=-2.81$, $p<0.05$, 개체수: $Z=-3.27$, $p<0.05$, 종다양도 지수: $Z=-2.49$, $p<0.05$), 종풍부도 지수와 단위면적당 밀도에서는 유의한 차이가 없었다. 갑천과 유등천은 종수와 개체수에서 유의한 차이를 나타내었고(Mann-Whitney test. 종수: $Z=-2.211$,

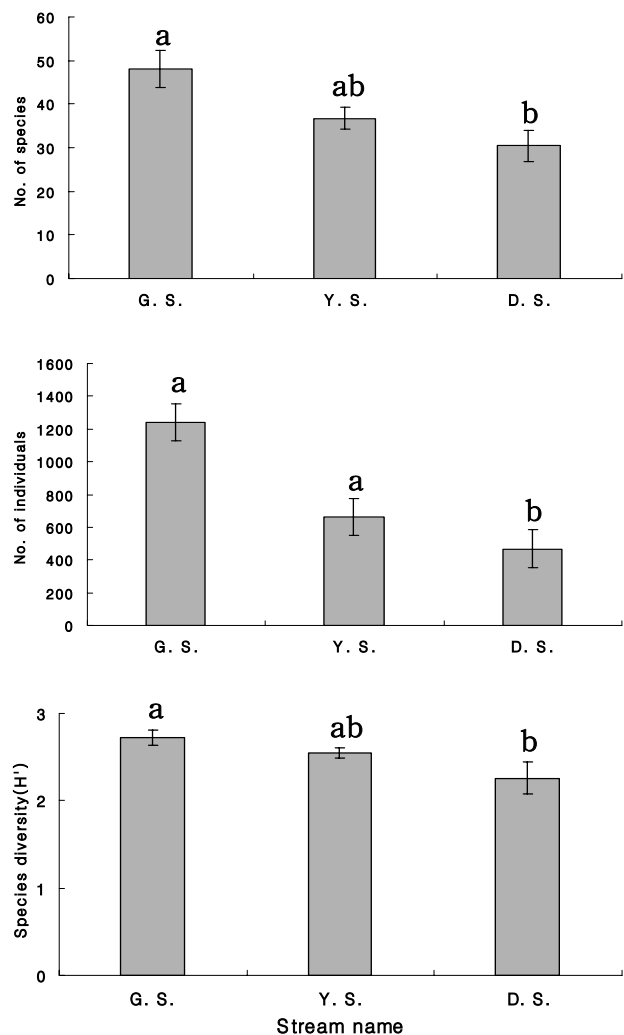


Figure 8. Comparison of Shannon diversity index and number of species and individuals(mean±SE) among each stream. Different alphabets indicate significant difference between stream based on the Tukey's multiple comparison test ($p<0.05$). G. S(Gap Stream), Y. S(Yudeung Stream), D. S.(Daejeon Stream)

Table 1. The indices for each sites at Gap Stream

Survey sites	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10	G11	G12	Mean(\pm SE)
No. of species	56	61	82	42	31	27	49	43	40	52	39	54	48.0(\pm 4.24)
No. of individuals	892	1,141	1,719	751	1,302	665	1,425	1,789	1,202	1,768	1,145	1,086	1,240.4(\pm 109.49)
Species diversity(H')	2.99	3.15	3.33	2.58	2.50	2.33	2.58	2.51	2.54	2.67	2.52	2.98	2.72(\pm 0.09)
Species richness(Da)	8.1	8.5	10.9	6.2	4.2	4.0	6.6	5.6	5.5	6.8	5.4	7.6	6.6(\pm 0.56)
Density(D)	0.4	0.3	0.4	0.3	0.2	0.2	0.4	0.9	0.7	1.3	1.1	0.2	0.5(\pm 0.11)

Table 2. The indices for each sites at Yudeung Stream

Survey sites	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10	Mean(\pm SE)
No. of species	47	48	38	34	27	35	37	22	40	39	36.7(\pm 2.52)
No. of individuals	371	504	291	464	507	830	821	381	1,285	1,188	664.2(\pm 110.94)
Species diversity(H')	2.71	2.48	2.90	2.34	2.34	2.69	2.52	2.34	2.54	2.68	2.55(\pm 0.06)
Species richness(Da)	7.8	7.6	6.5	5.4	4.2	5.1	5.4	3.5	5.4	5.4	5.6(\pm 0.42)
Density(D)	0.3	0.1	0.3	0.2	0.3	0.3	0.5	0.5	0.6	0.3	0.3(\pm 0.04)

Table 3. The indices for each sites at Daejeon Stream

Survey sites	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	Mean(\pm SE)
No. of species	49	29	40	26	26	16	20	29	39	30.4(\pm 3.48)
No. of individuals	412	440	276	257	219	218	472	585	1,323	466.9(\pm 115.14)
Species diversity(H')	3.27	2.27	2.80	2.20	2.28	1.52	1.54	2.16	2.26	2.26(\pm 0.18)
Species richness(Da)	8.0	4.6	6.9	4.5	4.6	2.8	3.1	4.4	5.3	4.9(\pm 0.55)
Density(D)	0.7	0.8	0.6	0.6	0.4	0.7	0.4	0.3	0.5	0.5(\pm 0.06)

$p < 0.05$, 개체수: $Z = -2.835$, $p < 0.05$), 종다양도 지수, 종풍부도 지수, 단위면적당 밀도에서는 유의한 차이가 없었다. 유등천과 대전천은 종다양도 지수와 단위면적당 밀도에서 유의한 차이를 나타내었으며(Mann-Whitney test. 종다양도 지수: $Z = -2.127$, $p < 0.05$, 단위면적당 밀도: $Z = -2.541$, $p < 0.05$), 종수, 개체수, 종풍부도 지수에서는 유의한 차이가 없었다(Table 1, 2, 3).

갑천은 하천 폭이 넓고, 다양한 환경이 존재하지만 대전천은 도심을 관류하고 하천 폭이 갑천에 비하여 상대적으로 좁은 특징을 가진다. 이러한 환경적인 차이에 의해 갑천과 유등천은 유사한 집단으로 구분되었고, 갑천과 대전천은 서로 다른 집단으로 구분된 것으로 판단된다. Kwon *et al.*(2007)에 의하면 하천의 폭이 넓으면 넓을수록 다양한 환경의 서식지 조성이 가능하므로 출현하는 종과 개체수가 많으며, 그로 인해 종다양성 또한 높아진다고 하였는데, 갑천과 유등천 또한 대전천에 비하여 하천 폭이 넓어 종다양성이 높은 것으로 판단된다.

2) 우점조류에 의한 유사성 분석

각 하천의 구간별 서식하는 우점조류를 분석한 결과 갑천

은 상류에 해당하는 G1~G3구간은 관목성 산림조류와 교목성 산림조류가 우점하였으며, 중류에 해당하는 G4~G8 구간으로 갈수록 수면성 오리류가 증가하였다. 하류에 해당

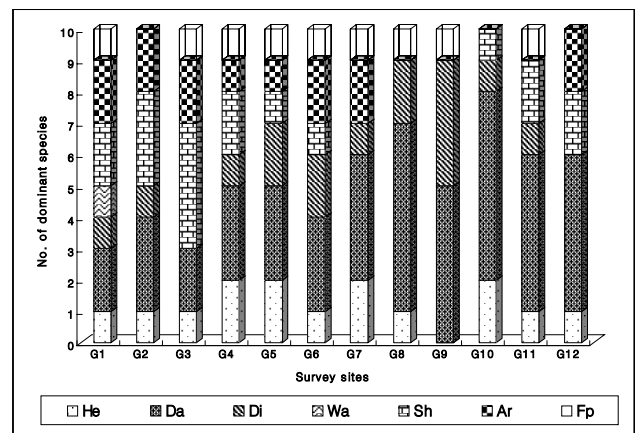


Figure 9. Number of dominant species for each survey sites at Gap Stream(He: Herons, Da: Dabbling ducks, Di: Diving ducks, Wa: Waders, Sh: Shrub birds, Ar: Arbor birds, Fp: Feral pigeon)

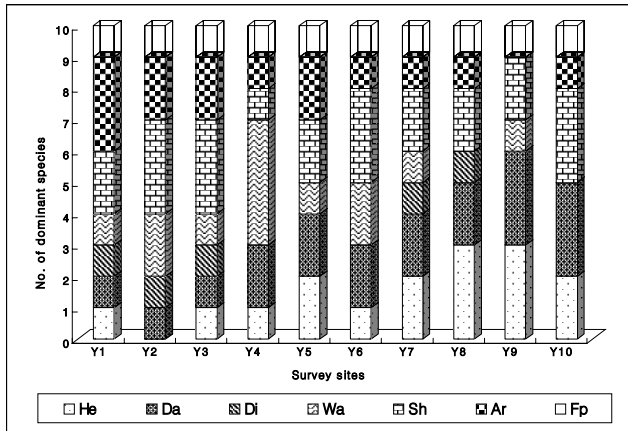


Figure 10. Number of dominant species for each survey sites at Yudeung Stream(He: Herons, Da: Dabbling ducks, Di: Diving ducks, Wa: Waders, Sh: Shrub birds, Ar: Arbor birds, Fp: Feral pigeon)

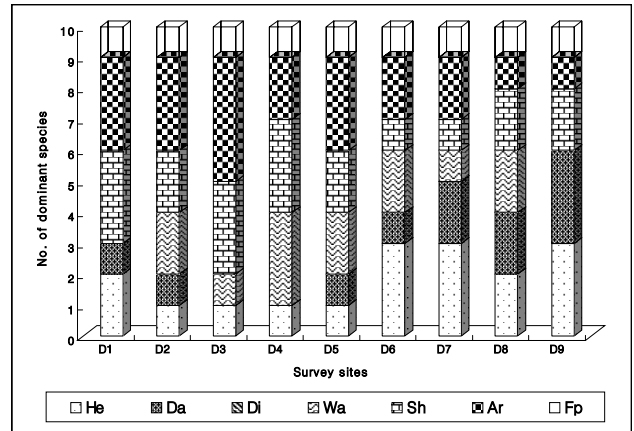


Figure 11. Number of dominant species for each survey sites at Daejeon Stream(He: Herons, Da: Dabbling ducks, Di: Diving ducks, Wa: Waders, Sh: Shrub birds, Ar: Arbor birds, Fp: Feral pigeon)

하는 G9~G12구간은 대부분 수면성 오리류와 잠수성 오리류, 그리고 일부 관목성 산림조류의 서식이 많았다(Figure 9). 유등천은 상류에 해당하는 Y1~Y4구간은 관목성 산림조류와 교목성 산림조류가 우점하였으며, Y4구간은 도요물떼새류가 특히 많았다. 중류에 해당하는 Y5~Y6구간으로 갈수록 산림성 조류는 감소하고 전반적으로 고르게 분포하였다. 하류에 해당하는 Y7~Y10구간은 대부분 수면성 오리류와 해오라기류, 그리고 일부 관목성 산림조류의 서식이 많았다(Figure 10). 대전천은 상류에 해당하는 D1~D3구간은 산림과 접하고 있으며, 하천 폭이 좁으므로 관목성 산림조류와 교목성 산림조류가 우점하였다. 중류에 해당하는 D4~D7구간으로 갈수록 산림성 조류는 감소하고 도요물떼새류와 해오라기류가 증가하였다. 하류에 해당하는 D8~D9구간은 하천의 합류점으로 수면성 오리류와 관목성 산림조류, 해오라기류의 서식이 많았다(Figure 11).

이러한 결과로 미루어보아 각 하천의 구간별 서식환경은 크게 상류, 중류, 하류로 구분되며 3개 하천은 각각 서로 유사한 환경을 간직하고 있다는 것을 알 수 있다. 하천의 상류는 관목과 교목성 산림조류의 서식에 적합하며, 중류는 해오라기류와 수면성 오리류, 하류는 다시 관목성 산림조류와 수면성 오리류의 서식에 적합하다는 것을 알 수 있다. 하천의 수변의 덩불과 관목은 다양한 조류의 서식지로 작용하는 것으로 알려져 있다(Craig and Beal, 1992; Lee, 2005). 본 연구에서도 상류나 하류의 갈대(*Phragmites communis*), 달뿌리풀(*Phragmites japonica*), 물억새(*Miscanthus sacchariflorus*), 버드나무(*Salix koreensis*), 수양버들(*Salix babylonica*) 군락 등이 존재하는 지역에서 다

양한 조류가 관찰된 것은 하천 수변의 덩불과 관목이 다양한 조류의 서식지로 작용하였기 때문으로 판단된다. 또한 이러한 관목은 주변의 산림과 서식지를 연결해주는 Corridor 역할을 하므로 도시화로 인한 서식지간의 단절을 해소할 수 있는 역할도 가능할 것으로 판단된다(Hilty *et al.*, 2006; Jongman and Pungetti, 2004). 향후 도시하천의 정비나 활용에 있어 상류와 하류에 자연적으로 형성된 수변의 덩불 및 관목의 보호와 관리가 필요하다고 판단된다.

인용문헌

Ahn, J.Y.(2001) The Foraging Site Selection of Common Teals *Anas crecca* and Pintails *Anas acuta* in the Jungang Stream. M. Sc. thesis, Univ. of Kyunghee, Seoul, Korea, 46pp.

Anderson, B.W., R.D. Ohmart and J. Rice(1983) Avian and vegetation community structure and their seasonal relationships in the lower Colorado River Valley. Condor 85: 392-405.

Bibby, C.J., N.D. Burgess and D.A. Hill(1992) Bird Census Techniques. Academic press. pp. 1-23.

Brower, J., J. Zar and C. von Ende(1990) Field and Laboratory Methods for General Ecology. Third Ed. Wm. C. Brown Publishers. Dubuque. 237pp.

Craig, R.J. and K.G. Beal(1992) The influence of habitat variables on marsh bird communities of the connecticut river estuary. Wilson Bull. 104(2): 295-311.

Daejeon Metropolitan City(2003) <http://www.daejeon.go.kr>

Gates, J.E. and N.R. Giffen(1991) Neotropical migrant birds and edge effects at a forest-stream ecotone. Wilson Bull. 103(2):

- 204-217.
- Hahm, K.H and J.H. Kang(1997) Nine Year Records of Waterbirds in the West-Nakdong River, 1988~1996. Bull. Kor. Inst. Orni. 6(1): 35-45.
- Haramis, G.M., J.D. Nichols, K.H. Pollock and J.E. Hines(1986) The relationship between body mass and survival of wintering Canvasbacks. Auk 103: 506-514.
- Hilty, J.A., W.Z. Lidicker Jr. and A.M. Merenlender(2006) Corridor ecology. Island press. pp. 177-205.
- Hong, S.B.(2004) Regional Characteristics of Bird Community in Nakdong River Basin. Korean J. Ecol. 27(5): 269-281.
- Hope, R.T., L.M. Smith and D.B. Wester(1986) Foods of wintering diving ducks in South Carolina. J. Field Ornithol. 57(2): 126-134.
- Howard, R. and A. Moore(1980) A complete checklist of the birds of the world. Oxford Univ. Press. 641pp.
- Jongman, R. and G. Pungetti(2004) Ecological networks and greenways. Cambridge Uni. press. pp. 128-150.
- Jorde, D.G., G.L. Krapu, R.D. Crawford and M.A. Hay(1984) Effects of weather on habitat selection and behavior of Mallards wintering in Nebraska. Condor 86: 258-265.
- Kaminski, R.M. and H.H. Prince(1981) Dabbling duck activity and foraging responses to aquatic macroinvertebrates. Auk 98: 115-126.
- Kim, D.I.(2004) A Study of Impacts of Human Interference on the Gap-River Basin in Daejeon City. M. Ed. thesis, Nat. Univ. of Education, Chungbuk, Korea, 123pp.
- Kim, H.J, and J.C. Yoo(1997) Wintering Waterbirds at Dongjin River Estuary. Bull. Kor. Inst. Orni. 6(1): 47-53.
- Kim, I.K, H.S. Lee, W.K. Paek(2002) Breeding Record of Long-billed Plover *Charadrius placidus* at Daejeon stream, Daejeon. Kor. J. Orni. 9(2): 135-137.
- Kim, I.K, H.S. Lee, W.K. Paek, J.W. Lee and Y.B. Choi(2005a) A Study on the Community of Wintering Waterbirds in Gangjin bay. Kor. J. Env. Eco. 19(3): 305-311.
- Kim, J.S, and T.H. Koo(2003) Influence of the Eco-park Development on Bird Community in Urban Stream. Korean J. Ecol. 26(3): 97-102.
- Kim, J.S, J.H. Chae and T.H. Koo(2003) Variation of Bird Community After Implementation of Close-to-Nature River Improvement Techniques in the Yangjae Stream. Korean J. Limnol. 36(1): 74-82.
- Kim, M.R., Y.K. Lee, J.Y. Ahn, I.H. Kim and J.C. Yoo(2005b) The Role of Jungrangchun for a Wintering Waterbirds in Hangang. Korean J. Ecol. 28(1): 45-53.
- Kwon, Y.S., H.K. Nam, J.C. Yoo, and Y.S. Park(2007) Distribution Patterns of Wintering Waterbird Communities in Urban Streams in Seoul, Korea. Kor. J. Env. Eco. 21(1): 55-66.
- Lee, J.A.(2005) A Comparative Study of Waterbird Communities on the Up-Stream Gokreungcheon and Down-Stream Kyeongancheon of Han River Watershed Region. M. Ed. thesis, Nat. Univ. of Education, Chungbuk, Korea, 60pp.
- Lee, J.W., D.H. Lee and I.H. Paik(2002a) Avifauna of Gap Stream in Daejeon Metropolitan City. Jour. Agri. Sci. Chungnam Nat'l Univ., Korea 29(2): 10-19.
- Lee, J.W., D.H. Lee and I.H. Paik(2003) Distribution of Wildbirds According to Habitat Environment in Gap Stream. Jour. Agri. Sci. Chungnam Nat'l Univ., Korea 30(1): 41-58.
- Lee, K.S.(2000) Current Status and Population Fluctuations of Waterbirds on the West Coast of Korea. Ph. D. thesis, Univ. of Kyunghee, Seoul, Korea, 211pp.
- Lee, K.W.(2001) The Development of Plant Selecting Model for the Ecological Restoration of Stream Side - With a Special Reference to the Han River System -. Ph. D. thesis, Univ. of Korea, Seoul, Korea, 126pp.
- Lee, W.S, T.H. Koo and J.Y. Park(2000a) A Field Guide to the Birds of Korea. LG Evergreen Foundation, Seoul, 320pp.
- Lee, W.S., C.R. Park and S.J. Rhim(2000b) Characteristics of Bird Community in Han River Area. Korean J. Ecol. 23(3): 273-279.
- Lee, W.S., C.R. Park, S.J. Rhim and W.H. Hur(2001) Characteristics, Protection and Management of Bird Community in Geum River Estuary. Korean J. Ecol. 24(3): 181-189.
- Lee, W.S., C.R. Park, S.J. Rhim and W.H. Hur(2002b) Characteristics of Bird Community in Mangyeong River Area. Korean J. Ecol. 25(2): 61-67.
- Ministry of Environment(2002) Stream Restoration Guideline (Tentative Edition). Ministry of Environment, 246pp.
- Mulhern, J.H., T.D. Nudds and R. Neal(1985) Wetland selection by Mallards and Blue-Winged Teal. Wilson Bull. 97(4): 473-485.
- Nichols, J.D., K.J. Reinecke and J.E. Hines(1983) Factors affecting the distribution of Mallards wintering in the Mississippi Alluvial Valley. Auk 100: 932-946.
- Park, S.H, S.S. Cho and S.S. Kim(2002) Hangul SPSS. Datasolution Co., Ltd. 529pp.
- 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.
- Shannon, C.E. and W. Weaver(1963) The mathematical theory of communication. Univ. of Illinois press, Urbana. 117pp.

Appendix 1. The results of density(number of individuals/100m²) in each study sites

Gap Stream	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10	G11	G12
Distance (m)	2,100	2,700	2,400	1,200	2,400	1,200	1,600	1,000	851	707	424	1,900
Stream width (m)	110	150	170	200	300	300	200	200	200	200	250	300
Area (m ²)	231,000	405,000	408,000	240,000	720,000	360,000	320,000	200,000	170,200	141,400	106,000	570,000
No. of peak count	892	1,141	1,719	751	1,302	665	1,425	1,789	1,202	1,768	1,145	1,086
Density	0.4	0.3	0.4	0.3	0.2	0.2	0.4	0.9	0.7	1.3	1.1	0.2
Yudeung Stream	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10		
Distance (m)	1,200	1,700	613	1,400	873	1,600	1,300	468	922	1,900		
Stream width (m)	100	200	150	150	200	150	140	150	250	250		
Area (m ²)	120,000	340,000	91,950	210,000	174,600	240,000	182,000	70,200	230,500	475,000		
No. of peak count	371	504	291	464	507	830	821	381	1,285	1,188		
Density	0.3	0.1	0.3	0.2	0.3	0.3	0.5	0.5	0.6	0.3		
Daejeon Stream	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9			
Distance (m)	1,400	1,100	979	1,400	1,300	770	1,300	1,300	1,900			
Stream width (m)	40	50	50	30	40	40	100	180	150			
Area (m ²)	56,000	55,000	48,950	42,000	52,000	30,800	130,000	234,000	285,000			
No. of peak count	412	440	276	257	219	218	472	585	1,323			
Density	0.7	0.8	0.6	0.6	0.4	0.7	0.4	0.3	0.5			