

생태하천으로 조성된 반석천의 물새류 출현특성

박승기* · 나상수** · 박대순*** · 한재봉****

*공주대학교 지역건설공학과 교수

**한국토지주택공사 대전충남지역본부 단장

***한국토지주택공사 인천사업부 부장

****공주대학교 대학원 박사과정

Appearance Characteristic of Waterbirds in Banseok Ecological Stream

Park, Seungki* · Na, Sangsoo** · Park, Daesoon*** · Han, Jaebong****

*Professor, Department of Regional Construction Engineering, Kongju National University

**General Manager, Daejeon Chungnam Regional Division, Korea Land & Housing Corporation

***General Manager, Incheon Project Department, Korea Land & Housing Corporation

****Ph.. D. Course, Graduate school of Kongju National University

ABSTRACT : This study was conducted as a basic research to create a sound and vital ecological environment in the city compared to the appearance characteristics of Gap stream(G-stream), which are the main stream of Banseok stream(B-stream), by analyzing the characteristics of waterbirds, including Wild Spot-billed Duck (S-Duck), that live in B-stream built as ecological stream. The waterbird survey was conducted by the line census for 3.2km, Jukdong-bridge to Jamiseon-bridge, from January to August 2018. The analysis of the survey was conducted with Relative species density(RD) of the emerging waterbird species, the Species diversity and Density Per Unit area for 100m²(DPU).

The waterbird survey results of B-stream was conducted 65 times. The five types of water birds that appeared during the survey were Spot-billed Duck(*Anas poecilorhyncha*), Teal(*Anas crecca*), Little Egret(*Egretta garzetta*), Great Egret(*Egretta alba*), and Grey Heron(*Ardea cinerea*).

As a result, for S-Duck at B-stream, RD was 89.9%, monthly species diversity was simple as 0.3801 in January, 0.5943 in February and 0.3501 in August. The DPU of the S-Duck was 0.165/100m² in the B-Stream survey section which was 4.9 times higher than the main stream section, G-stream.

The non-freezing zone of the city's small stream is expected to play an important role as a winter stop for wild birds such as S-Duck during the freezing period of the huge stream. For this reason, considering the ecological characteristics of wild waterbirds such as S-Duck when creating ecological stream, a: space and linear selection of waterways which can minimize the impact of natural enemy and increasing the number of walkers, b: management water-friendly plants in the low flow channel, c: arrangement walking-bicycle road will be necessary.

Key Words : Density per unit area for 100m²(DPU), Line census, Relative species density(RD), Spot-billed Duck

Corresponding author : Park, Seungki

Tel.: +82-41-330-1263

E-mail : skpark@kongju.ac.kr

I. 서 론

하천은 단순히 물이 흐르는 물길이 아니라 수생 동·식물의 서식처이자 육수생태계를 상·하류로 연결해 주는 생태적 동맥 역할(종적 연결)을 하고 육상생태계와 육수 생태계를 횡적으로 연결해주는 역할을 하는 매우 중요한 영역이다. 도시 하천은 이수, 치수, 친수적 기능에 더하여 도시민이 쉽게 접근할 수 있는 개방 공간으로써 삭막한 도시 환경을 개선하고 인간과 자연생태계가 소통하며 도시의 활력을 불어넣는 매우 중요한 공간이다(MOE, 2002).

하천공간에 서식하는 야생조류는 아름다운 모습, 노래소리, 우아한 비행, 해충방제, 심리적 안전성 증진 등 인간생활에 매우 긍정적인 역할을 하는 것으로 평가되고 있으나 개발명분을 내세운 도시화로 인하여 야생조류의 서식지는 지속적으로 줄어들고 있다(Park, 2019).

야생조류중 오리는 청결한 이미지와 하늘, 땅, 물을 넘나드는 신비한 상징이며 영혼의 인도자로 신봉되어 청동기시대부터 마을의 평화와 풍요를 기원하거나 경사가 있을 때 솟대를 세웠고, 풍요와 다산의 상징으로 이용되었다. 흰뺨검둥오리, 원앙, 청동오리 등 야생 오리류들은 매우 우수한 야생성, 환경 적응성, 친밀성을 가진 동물로 도시하천에 활력을 주는 우수한 구성요소로 환영받고 있다(RDA, 2012; Park, 2019).

물새류들의 계절과 서식환경 변화에 따른 군집특성 변화에 대한 연구는 주로 넓은 간척지와 습지 및 대하천을 중심으로 실시되었고 작은 규모의 지방하천이나 도시 하천에서의 연구는 매우 부족한 실정이다(Park et al., 2017a, b). 물새류들의 계절과 서식환경 변화는 주로 하나 또는 여러 하천에서 월동수조류의 군집 분포를 조사한 연구(Lee et al., 2003; Kim et al., 2010)나 기온, 풍속 등 다양한 환경요인에 따라 수조류의 도래, 분포가 달라지는지로 연구되었다(Park et al., 2017a; 2017b, Lee et al., 2006).

양재천 자연형하천 조성사업 이후 신규 택지조성사업지구는 물론 기존 도시지역 하천들도 갖가지 사업계획에 따라 자연형하천정비사업이 실시되어 방재하천정비사업의 태생적 문제점은 탈피했지만 하천을 인간과 야생생물이 함께 공유하여 더욱더 건전하고 지속가능한 생태계로 발전시킬 수 있는 모니터링 및 연구가 매우 부족한 실정이다(Park, 2019).

Kim et al.(2003)은 자연형하천공법이 하천의 조류분포에 미치는 영향과 앞으로 하천의 적합한 조류 서식지 조성 방안에 대한 대안을 제시하기 위하여 자연형하천공법

이 적용된 서울시 양재천의 과천, 서초 및 학여울구간의 조류군집을 조사하였고 서초와 학여울구간에서 물새류의 증가를 확인하였다.

K-Water(2005)은 자연환경 훼손의 최소화와 생태계의 복원을 위한 조류 등 야생동물서식환경에 대한 설계 가이드라인을 수립하였고 수면성오리류와 잠수성오리류를 대상으로 서식환경 복원 및 보존설계 가이드라인도 제시하였으나 농촌지역에서 도시지역으로 변화한 신규개발지역의 위치적 특성과 하천결빙에 의하여 먹이가 부족한 도시하천의 물새들에 대한 연구가 부족한 실정이다.

본 연구는 생태하천으로 조성된 금강수계 반석천을 대상으로 반석천 주변의 도시생태환경을 분석하고, 반석천에 서식하는 야생 흰뺨검둥오리를 비롯한 물새류에 대한 모니터링과 서식 환경 특성을 분석하며, 반석천의 본류인 갑천의 야생물새들의 출현특성과 비교하여 도시를 건전하고 활력있는 생태환경을 조성하기 위한 기초연구로 수행하였다.

II. 자료 및 방법

1. 연구자료

가. 연구대상지역

연구대상지역인 금강수계 반석천유역은 금강하구로부터 약 137.8km 상류지점에 유입하는 금강의 제1지류인 갑천 유역의 지방2급 하천으로 동경 $127^{\circ} 16' 45'' \sim 127^{\circ} 20' 55''$, 북위 $36^{\circ} 21' 02'' \sim 36^{\circ} 23' 49''$ 사이에 위치하며 위치는 Figure 1과 같다. 반석천은 대전광역시 유성구 지족동 우 산봉(EL. 573.9m)에서 발원하고, 유역면적은 15.60km^2 , 유로연장은 8.35km이다(DMC, 2012).

반석천유역과 비교유역인 갑천은 금강 유역의 거의 중앙부인 동경 $127^{\circ} 11' 52'' \sim 127^{\circ} 30' 00''$, 북위 $36^{\circ} 05' 31'' \sim 36^{\circ} 27' 10''$ 사이에 위치하고 있으며 유역면적은 금강유역의 전체면적 $9,911.83\text{km}^2$ 의 약 1/15인 648.28km^2 이다(MOCT, 2002).

나. 반석천 물새류 조사구역 구분

반석천 생태하천조성공사는 2001년부터 2014년까지 유성구청, 한국토지공사 및 노은4지구 도시개발사업조합에 의하여 노은 2지구 택지 개발공사, 노은4지구 도시개발사업, 반석천 생태복원 사업, 반석천 하천 환경정비사업 등 단위사업을 통하여 부분적으로 시행되었다(Park, 2019).

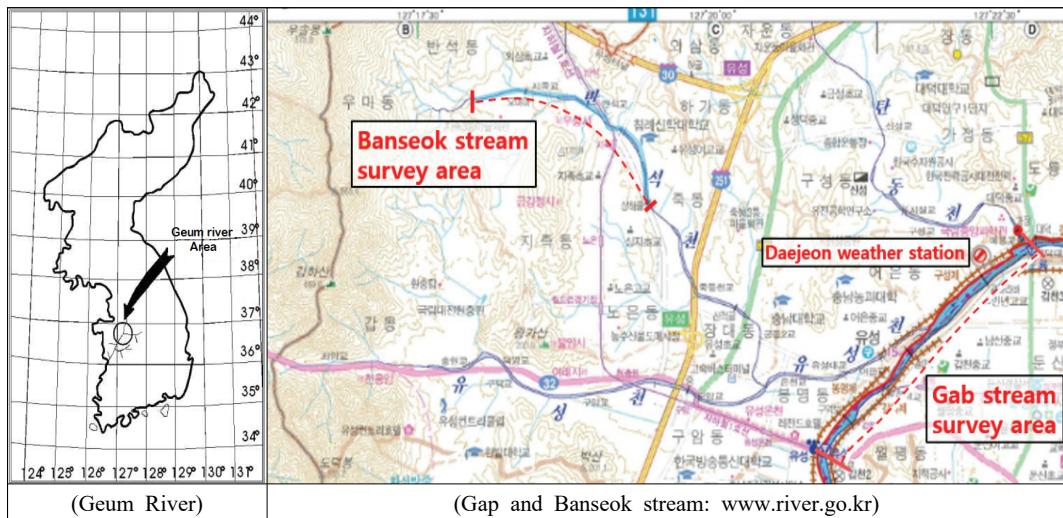


Figure 1. Map of research area

Table 1. Classification of Banseok stream waterbirds investigation zone

Survey section name	Distance (m)	Low flow revetment		Main Facilities	
		Left bank	Right bank	Left bank	Right bank
JDG - HGG	1,005	CSM, CAP	CSM, CAP	NF, DH, UP, SA	MS, NF, UP
HGG - J2G	1,144	CSM, CAP, WFR	CSM, CAP	AC, NF, UP, DH, NF, SA	UP, MS, NF, AC
J2G - JMG	1,075	CSM, CAP	CSM, CAP	MS, AC, NF, NV	NV, NF, UP, AC

CSM : Crushed Stone Masonry, WFR : Wood flooded Frame Revetment, CAP : Cast iron Assembling Panel block
 AC : Apartment Complex, DH : Detached housing Complex, MS : Main Street, SA : School Area
 NF : Neighborhood Facilities, UP : Urban neighborhood Park, NV : Natural Village

반석천 물새조사구간은 Table 1과 같으며 죽동교(JDG) 등 11개 교량이 있으며 제내지 좌·우안의 주요시설의 특징과 저수로의 호안특성을 고려하여 죽동교(JDG)-하기 1교(HGG)구간, 하기1교(HGG)-지족2교(J2G)구간, 지족2교(J2G)-자미성교(JMG)구간으로 구분·선정한다.

제내지 좌·우안 주요시설은 물새류들의 먹이활동, 비행공간 등 서식환경에 영향을 줄 수 있는 것으로 예상되며 반석천 좌, 우 제방에서 100m이내에 있는 23~35층 규모 아파트단지(AC), 3층 이하 단독주택단지(DH), 대로(MS), 근린생활시설(NF), 도시근린공원(UP), 자연부락(NV), 학교지역(SA) 등으로 구분하였다. 지족2교(J2G)부터 지족3교(J3G)구간의 개발제한구역지역과 우산봉교에서 자미성교 구간의 좌안을 제외한 전체 조사구역은 도시개발이 완료되었다.

반석천 물새 조사구간의 저수로 호안은 Figure 2와 같이 전구간이 전석쌓기공법(Crushed Stone Masonry; CSM)이 적용되었고 죽동교(JDG)에서 지족2교(J2G)까지 노은 2지구 시공구간의 낙차공 구간은 주철판넬블록공법(Cast

iron Assembling Panel block method; CAP)이 적용되었으며 반월교(BWG)에서 지족1교(J1G)까지 구간 좌안 일부 구간에 목재 침수방틀(Wood flooded Frame Revetment method; WFR)이 적용되었다(KLC, 2001a, 2001b).

제방 호안공은 매트형 돌망태위에 흙덮기 후 잔디를 식재하였다. 반석천 생태하천의 저수로는 6m이고, 제방은 제정폭이 3m이며 폭이 2m인 자전거도로를 겸한 산책로가 조성되었고, 제방비탈면기울기는 1:2이다(Park, 2019).

다. 기온자료

본 연구의 기온관측자료는 대전광역시 유성구 구성동 22 갑천변에 위치한 대전지방기상청 대전관측소 관측자료를 활용한다(Figure 1). 대전관측소와 조사시점인 반석천 죽동교는 직선거리로 4.2km 떨어져 있다. 기온자료는 순별 평균기온, 최고기온, 최저기온 등의 관측값과 평년값 기온자료이다(Park, 2019).

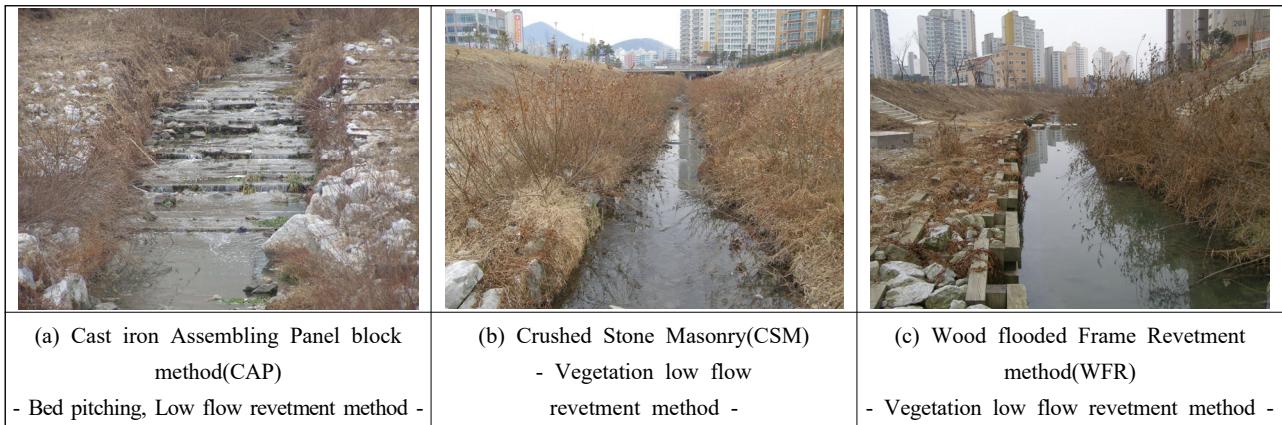


Figure 2. Main engineering methods and materials applied to the construction of the Banseok ecological stream

2. 연구방법

가. 조류조사방법

조류조사방법은 동일한 지점을 선정하여 조사하는 정점조사법(point census)과 하천변을 따라 이동하며 조사하는 선조사법(line census)을 사용한다(Lee et al., 2003). 조사된 조류의 분류 및 학명, 영명은 Howard와 Moore(1980)를 따랐으며, Lee et al.(2003)을 참고하여 분류한다.

반석천 물새류조사는 2018년 1월 1일부터 8월 27일까지 Figure 1 및 Figure 3과 같이 죽동교(JDG)부터 자미성교(JMG)까지 3.2km 구간에서 반석천 고수부지에 조성된 하상산책-자전거도로를 따라 도보로 하류인 죽동교에서 상류인 자미성교 방향으로 이동하면서 저수로를 포함한 제외지에 출현한 물새류의 종과 개체수를 파악하고 촬영한다(Park, 2019).



Figure 3. Investigation point of a water birds at the Banseok stream

갑천의 조류조사는 Figure 1과 같이 Lee et al.(2003)이 2001년 9월부터 2002년 8월까지 월별로 12회 실시한 조류조사결과 중 만년교-대덕교(구간거리: 3.4km) 구간의 조

류조사값을 활용한다(Na, 2019).

나. 군집분석

반석천내 관찰 물새종의 우점도 비교는 식(1)과 같이 Brower et al.(1990)에 의한 우점도(RD, Relative species density)를 이용한다. 일반적으로 종수, 개체수 관계로 부터 특정 군집 구조의 복잡성을 나타내는 지수인 종다양도지수(Species diversity)는 식(2)와 같이 Shannon의 지수인 H' (Index of Shannon diversity)를 이용한다(Shannon and Weaver, 1949).

$$RD = \frac{n_i}{N} \times 100 \quad (1)$$

$$H' = \sum_{i=1}^S \left(-\frac{n_i}{N} \right) \times \ln \left(\frac{n_i}{N} \right) \quad (2)$$

여기서 RD는 우점도(%), H' 는 Shannon 지수, S 는 종 수, N 은 한 조사지역내의 출현한 총 개체수, n_i 는 한 조사지역내의 출현한 한 종의 개체수이다.

다. 흰뺨검둥오리의 출현특성분석

1) 기온별 출현특성

반석천에서 흰뺨검둥오리의 자연생태적 적응성을 파악하기 위하여 반석천의 죽동교에서 자미성교 구간에서 출현하는 물새류 중 최우점종인 흰뺨검둥오리의 순별 일평균 관찰수와 기온요소별 통계학적 유의성을 검토한다.

통계분석은 SPSS(Ver.25)통계패키지를 사용하여 반석천에서 관찰된 물새류 중 흰뺨검둥오리의 순별 일평균 관찰수와 기온요소별 상관분석과 회귀분석을 실시하여 통계학적 유의성을 검토한다(Na, 2019).

2) 지점별 출현특성

지점별 흰뺨검둥오리의 출현특성은 반석천 제내지좌·우안의 주요시설과 저수로의 호안특성을 고려하여 구분된 물새조사구간의 지점별, 월별로 구분하여 분석한다(Park, 2019).

3) 본류하천인 갑천과 단위면적당 밀도 비교

반석천의 자연생태적 적응성은 반석천의 조류조사 결과와 Lee et al.(2003)이 실시하였던 반석천 본류인 갑천의 조류결과로 식(3)과 같이 단위면적당 밀도(density)를 구하여 비교·고찰한다.

$$D = \frac{P}{S \times W} \quad (3)$$

여기서 D 는 단위면적당 밀도(density), P 는 조사구간의 최고 관찰수, S 는 조사구간의 거리, W 는 조사구간의 폭이다.

Kim et al.(2010)은 단위면적당 밀도(density), 종수, 개체수, 종다양도, 종풍부도 등의 조류군집 분석지수를 활용하여 대전 3대 하천 조류 군집과 유사성에 관한 분석에 적용하였고, 갑천과 유등천, 유등천과 대전천이 서로 유사한 특징을 가지며 갑천과 대전천은 서로 다른 특징을 갖는 하천으로 구분한바 있다.

III. 결과 및 고찰

1. 2018년 대전관측소의 순별 기온자료 특성

대전 지방 기상청 대전관측소에서 관측한 2018년 1월 1일부터 8월 31일까지 24개 순(旬)의 순별 기온 자료는 Table 2와 같다.

관측 순별 평균기온의 평균은 15.0°C, 순별 최고기온의 평균은 20.4°C, 순별 최저기온의 평균은 10.2°C이고, 순별 평년 평균은 13.9°C, 평년 최고기온의 평균은 19.2°C, 평년 최저기온의 평균은 9.2°C 이었다.

관측기간의 관측 순별 평균기온은 평년값에 비하여 변화폭이 크게 나타났으며 24개 순중 17개 순별 관측값이 평년값보다 높은 평균기온을 보였다. 1월 상순, 1월 하순~2월 중순, 5월 상순, 6월 중순, 7월 상순은 평년 순별 평균기온이 높았다. 관측 순별 평균기온과 평년 순별 평균 기온의 차이는 1월 하순의 -4.4°C이고, 최고기온의 차이는 8월 상순의 5.0°C이다. 1월 최저기온은 1월 25일 -16.3°C이고 2월 최저기온은 2월 7일 -16.3°C

이다.

Table 2. Average temperature data for ten days in Jan. to Aug. 2018 at Daejeon observatory

Classifi- cation	Av. Temp.(°C)		Max. Temp.(°C)		Min. Temp.(°C)		
	Ob.	Av.	Ob.	Av.	Ob.	Av.	
Jan.	F	-1.5	-1.2	2.5	3.9	-5.0	-5.8
	M	-0.2	-0.7	4.8	4.1	-4.5	-4.9
	L	-5.5	-1.1	0.0	3.9	-10.1	-5.6
Feb.	F	-4.2	-0.3	1.9	5.1	-9.7	-5.0
	M	0.1	1.5	5.6	7.1	-4.8	-3.6
	L	3.9	3.6	10.2	9.3	-1.9	-1.4
Mar.	F	5.5	4.3	11.7	10.1	0.4	-0.8
	M	9.5	6.9	15.2	13.2	3.9	1.1
	L	11.0	8.1	17.6	14.2	4.9	2.4
Apr.	F	12.4	10.9	17.8	17.1	7.0	5.0
	M	13.5	13.3	20.7	19.7	6.7	7.3
	L	15.8	14.7	22.6	20.9	9.6	8.7
May	F	17.0	17.3	22.5	23.4	12.1	11.5
	M	19.9	17.7	24.8	23.5	15.5	12.3
	L	20.6	19.5	26.7	25.4	14.5	14.0
Jun.	F	23.4	21.4	29.6	27.1	18.0	16.1
	M	22.5	22.6	27.6	27.9	18.0	17.8
	L	25.0	23.1	30.2	27.3	20.5	19.6
Jul.	F	23.7	24.1	27.1	28.0	20.7	20.9
	M	29.1	24.7	33.6	28.7	25.1	21.5
	L	30.7	26.2	36.1	30.4	26.1	22.9
Aug.	F	31.6	26.6	36.7	31.1	27.3	23.2
	M	30.0	26.2	34.7	30.4	26.9	23.0
	L	25.9	24.3	29.3	28.5	23.2	21.0
Av.		15.0	13.9	20.4	19.2	10.2	9.2
SD.		11.8	10.2	11.6	9.8	12.2	10.7
Max.		31.6	26.6	36.7	31.1	27.3	23.2
Min.		-5.5	-1.2	0	3.9	-10.1	-5.8

(F: First 10 days of a month, M: Middle 10 days of month, L: Last 10 days of month)

2. 반석천 조류조사 결과

가. 순별 물새류의 출현수 결과

반석천 물새류의 조사는 조사구역에서 2018년 1월 1일부터 8월 27일 호우에 의하여 하상산책-자전거도로가 파괴되어 출입통제가 실시되기 전까지 65회 실시하였다.

Table 3. Status of waterbirds that appeared in the Banseok stream during the survey period

(Unit: head)

Classification	Days	Spot-billed Duck		Teal		Little Egret		Great Egret		Grey Heron		Tot.
		Sub Tot.	Av.	Sub Tot.	Av.	Sub Tot.	Av.	Sub Tot.	Av.	Sub Tot.	Av.	
Jan.	F	6	58	9.7	1	0.2	5	0.8				64
	M	7	70	10	3	0.4	4	0.6				77
	L	3	43	14.3	2	0.7	1	0.3		1	0.3	47
Feb.	F	3	36	12	3	0.5	3	0.5				42
	M	3	27	9	5	1.7				2	0.7	34
	L	3	8	2.7	1	0.3						9
Mar.	F	3	6	2								6
	M	2	2	1								2
	L	2	6	3								6
Apr.	F	3	5	1.7								5
	M	1	2	2								2
	L	1	3	3								3
May	F	1	6	6								6
	M	1	0	0								0
	L	1	2	2								2
Jun.	F	3	2	0.7			1	0.3				3
	M	3	0	0			1	0.3				1
	L	2	0	0								0
Jul.	F	3	0	0								0
	M	1	6	6								6
	L	2	4	2								4
Aug.	F	3	3	1						1	0.3	4
	M	4	16	4					1	0.2	1	0.2
	L	4	24	6					1	0.2		25
Tot.		65	329		15		15		2		5	366
RD(%)			89.9		4.1		4.1		0.5		1.4	

순별 조사횟수는 1월 중순에 7회로 가장 많았고, 4월 중순~5월 하순과 7월 중순에는 각각 1회이고 순별 평균 조사횟수는 2.7회이며 그 결과는 Table 3과 같다(Park, 2019).

조사기간중 관찰된 물새류는 흰뺨검둥오리(*Anas poecilorhyncha*), 쇠오리(*Anas crecca*), 쇠백로(*Egretta garzetta*), 중대백로(*Egretta alba*), 왜가리(*Ardea cinerea*) 등 5종이며 관찰된 총수는 366마리이다. 흰뺨검둥오리는 329마리, 쇠오리는 15마리, 쇠백로는 15마리, 중대백로는 2마리, 왜가리는 5마리이고 2018년 반석천에 출현한 물새의 순별 개체수는 Figure 4와 같으며 실선막대그래프는 전체 물새수이고 채워진 부분은 흰뺨검둥오리수이다. 흰뺨검둥오리를 제외한 다른 물새들은 쇠백로가 6월 상순과 중순에 한 마리씩 관찰된 것을 제외하고 3월 상순부

터 7월 하순까지 조사구역에서 관찰되지 않았다.

겨울철새인 쇠오리는 1월과 2월에 15마리가 관찰되었고 산책하는 주민과 자전거 통행에 민감한 반응을 보였으나, Lee et al.(2003)의 연구에 의하면 인간활동에 둔감한 반응을 보이는 것으로 제시하는 것으로 보아 위해요인, 회피 공간 등 서식환경조건에 따라 다른 행동특성을 보이는 것으로 판단된다.

반석천 및 주변지역에 대한 조류조사는 노은 3, 4지구의 환경영향평가와 반석천 하천기본계획(변경)에서 실시되었고 조사수는 총 25과 47종이다. 물새류는 백로과의 중대백로, 중백로, 쇠백로, 해오라기, 황로, 왜가리 등 6종이고 오리과는 쇠오리, 흰뺨검둥오리, 원앙 등 3종 등 총 9종으로 본 연구에서 조사된 5종과 차이를 보였다(DMC, 2012).

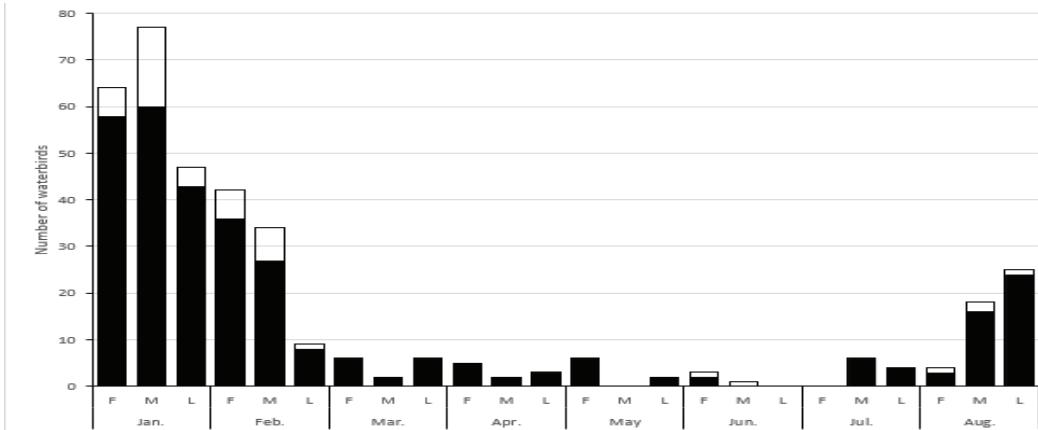


Figure 4. Number of waterbirds that appeared at the Banseok stream in 2018

(Outline: Total number of waterbirds , Filled part: The number of Spot-billed Duck)

나. 흰뺨검둥오리의 순별 일평균 출현수 결과

반석천 흰뺨검둥오리의 순별 일평균 출현현황은 Table 3과 같이 1월 하순에 14.3마리, 2월 상순에 12.0마리가 출연하였고 1월 상순에서 2월 중순까지 순별 일 평균 출현수는 9.0마리 이상이었다. 그러나 흰뺨검둥오리의 순별 일평균 출현수는 2월 하순에는 2.7 마리로 급격하게 감소하였다. 이와 같은 원인은 2월 하순 해빙되는 시기에 겨울 철새인 흰뺨검둥오리들이 월동전 번식지로 이동하였거나, 텃새인 흰뺨검둥오리들이 먹이활동이 용이하고 위해적 요인이 상대적으로 적은 대하천 지역 등으로 서식지를 옮겨간 것으로 판단된다. 3월~5월 흰뺨검둥오리의 일 평균 출현수는 2.0~2.7마리로 논벼 영농기에 맞추어 담수된 논으로 이동한 것으로 판단된다. 6월 중순부터 7월상순까지 흰뺨검둥오리의 산란 및 포란기로 인하여 반석천에 출현한 흰뺨검둥오리는 없었고, 7월 중순부터 8월말까지 일 평균 출현수는 4.0마리 수준으로 회복되었다(Park, 2019).

다. 지점별 기타 물새류 출현수

반석천 조사구간별 물새류의 출현특성은 Table 3과 같이 흰뺨검둥오리를 제외하고 출현수가 매우 적어 분석이 어려웠고 Figure 3의 교량지점을 기준으로 활용하였다. 쇠오리는 겨울철새로 죽동교(JDG)에서 하기1교(HGG)까지 구간에서 1월에 6개체, 2월에 8개체가 출현하였다. 쇠백로의 출현지점은 반월교(BWG)에서 지죽3교(J3G)까지 우산봉교(WSG)에서 지미성교(JMG)까지를 제외한 전지점에서 1마리 단위로 최대 4마리까지 출현하였다. 쇠백로는 대부분 단독으로 사냥을 하지만 흰뺨검둥오리 무리 주변에서 흰뺨검둥오리의 먹이활동과정에서 움직이는

수서곤충과 물고기를 사냥하는 것이 목격되었고 최저기온이 -7.0°C이하로 떨어진 2018년 1월 12일(-13.7°C), 1월 14일(-7.3°C)에는 반석천 조사구간에서 폭이 가장 넓은 교량인 반석교(BSG) 교량내에서 출현하였다. 쇠백로는 1월에 9마리, 2월에 3마리, 6월에 1마리가 출현하였다(Park, 2019).

라. 반석천 물새류 월별 출현수의 본류지역과 비교

Lee et al.(2003)은 갑천의 호남고속도로 갑천교부터 가수원교까지 14km 구간을 4구역으로 구분하고 2001년 9월부터 2002년 8월까지 월별로 12회의 조류조사를 실시하였으며 조사된 조류는 30종 3,501마리이다. 반석천의 상위하천인 유성천이 합류되는 구역은 만년교-대덕교 구간이며 구간거리는 3.4km이고, 이 구간에서 2002년 1월부터 8월까지 조사된 조류는 23종 2,140마리이며 이중 물새류는 17종 1,819마리로 반석천에서 조사된 5종 366마리에 비하여 상당한 차이를 보이고 있다(Park, 2019).

Lee et al.(2003)의 연구는 월별 조류군집에 관한 연구이고 본 연구와의 시공간적 이질성과 관측빈도의 차이점 등이 존재하나 연구대상지역의 본류와 지류라는 하천의 계통적 종적관계가 명확하기 때문에 연구결과의 비교값으로 활용하였다. 본 연구는 반석천에서 구한 연구결과를 Table 4와 같이 월별 평균값으로 변환한 결과는 흰뺨검둥오리 32마리를 제외한 쇠오리, 쇠백로, 중대백로, 왜가리는 각각 1마리로 본류인 갑천에 비하여 매우 제한적으로 출현한 것으로 나타났다.

Table 4. Comparison with monthly waterbirds observations and Lee et al.(2003) research

(Unit: head)

Waterbird name	Stream	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Tot.
Spot-billed Duck	Gab	14	38	23	9	4	4	10	13	115
	Banseok	11	8	2	2	3	0	2	4	32
Teal	Gab	391	380	179	20	0	0	0	0	970
	Banseok	-	1	0	0	0	0	0	0	1
Little Egret	Gab	70	12	1	6	5	24	79	116	313
	Banseok	1	-	0	0	0	-	0	0	1
Great Egret	Gab	5	3	1	2	8	8	12	15	54
	Banseok	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Grey Heron	Gab	3	5	2	3	36	19	25	33	126
	Banseok	0	-	0	0	0	0	0	1	1

3. 반석천 물새류의 군집분석 결과

반석천에서 조사기간 동안 출현한 물새류 총수는 366 마리이고 이들 물새류중 토새인 흰뺨검둥오리가 329마리로 식(1)로 구한 우점도는 89.9%로 최우점종이다. 나머지 물새들의 우점도는 쇠오리는 4.1%, 쇠백로는 4.1%, 왜가리는 1.4%, 중대백로는 0.5%이다.

반석천 물새류의 월별 종다양도지수(Species diversity)는 식(2)로 구하였으며 2018년 종다양도지수는 1월이 0.3801, 2월이 0.5943, 8월이 0.3501로 Lee et al.(2003)이 반석천의 본류인 갑천에서 2001년 9월부터 2002년 8월 까지 월별로 12회의 조류조사를 실시하여 구한 종다양도지수인 2.6838에 비하여 매우 단순하였다. 3월, 4월, 5월, 7월은 흰뺨검둥오리 1종만 출현하여 종다양도지수를 구할 수 없었다.

4. 반석천 흰뺨검둥오리의 출현특성분석

가. 기온별 출현특성

반석천에서 흰뺨검둥오리의 자연생태적 적응성을 파악

하기 위하여 반석천의 죽동교에서 자미성교 구간에서 출현하는 물새류의 순(旬)별, 지점별 출현 특성을 조사하였고 최우점종인 흰뺨검둥오리의 순별 일평균 관찰수(Table 3)와 기온요소(Table 2)별 통계학적 유의성을 검토하였다.

흰뺨검둥오리의 순별일평균관찰수와 기온요소별 순별 평균값과의 Pearson 상관분석결과는 상관계수(Correlation coefficient)가 $r = -0.947 \sim -0.974$, $p < 0.01$ 로 강한 음의 상관성을 보여 순별평균기온이 하강할수록 흰뺨검둥오리의 순별일평균관찰수가 증가하였으며 이러한 결과는 Park et al.(2017a)이 원주천에서 실시한 월동조류의 기온에 따른 군집변동에 관한 연구에서 제시한 결과와 유사한 값을 보였다. 선형회귀분석결과는 Table 5 및 Figure

Table 5. Relationship between average spot-billed ducks observation for ten days and average temperature for ten days

Classification	Coefficient	Constant	R ²
Av. Temp.	-0.959	8.498	0.937
Max. Temp.	-0.913	13.512	0.949
Min. Temp.	-0.998	3.633	0.896

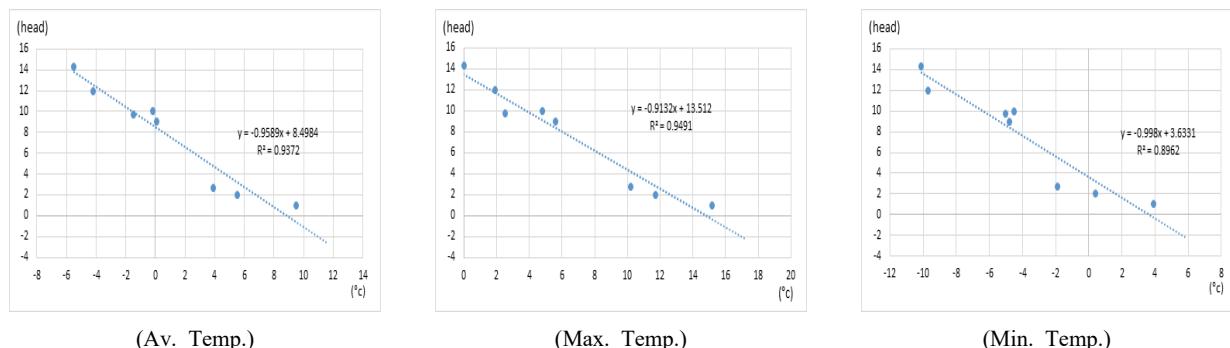


Figure 5. Relationship between average spot-billed ducks observation for ten days and average temperature for ten days

Table 6. Each survey section and monthly appearance of spot-billed ducks at Banseok stream

(Unit: head)

Survey section name	Mon.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Tot.
	Days	16	9	7	5	3	8	6	11	
JDG - HGG	31	15	4	8	1	1	8	13	81	24.6%
HGG - JSG	45	25	2	0	7	1	0	15	95	28.9%
JSG - JMG	95	31	8	2	0	0	2	15	153	46.5%
Total	171	71	14	10	8	2	10	43	329	329
	52.0%	21.6%	4.3%	3.0%	2.4%	0.6%	3.0%	13.1%		

5와 같고 결정계수(Coefficient of determination) R^2 은 0.896~0.949로 고도의 유의성을 보였다(Na, 2019).

나. 월별, 지점별 출현특성

저수로 호안과 제내지 좌·우안 주요시설을 고려하여 설정한 반석천 물새 조사구간은 Table 1과 같이 죽동교(JDG)-하기1교(HGG)구간, 하기1교(HGG)-지족2교(J2G)구간, 지족2교(J2G)-자미성교(JMG)구간으로 구분하였고 반석천의 최우점종인 흰뺨검둥오리의 월별, 지점별 출현특성은 Table 6과 같다. 저수로 호안공법에 따른 출현특성 구분은 저수로 호안이 대부분 전석쌓기공법이기 때문에 실시하지 못하였다.

조사 기간중 반석천에서 출현한 흰뺨검둥오리의 총수는 329마리이며 1월에는 171마리, 2월에는 71마리로 전체 조사 흰뺨검둥오리의 73.6%이고 3월부터 8월까지는 월별 2~43마리로 전체 출현한 흰뺨검둥오리의 0.6%~13.1% 수준이다. 조사구간별 출현율로 최상류인 지족2교(JSG)에서 자미성교(JMG) 구간은 전체 조사 흰뺨검둥오리의 46.5%를 보였고, 1월의 출현율은 55.6%를 보였다(Park, 2019).

이와같은 흰뺨검둥오리의 월별, 조사구역별 출현특성은 금강 유역의 결빙 기간 평년치가 1월 상순에서 2월 중순임을 고려할 때 대하천에서 서식하던 흰뺨검둥오리가 결빙되지 않는 상류 하천인 반석천으로 진출한 것으로

로 판단된다. 이러한 현상은 Park et al.(2017a), Kim et al.(2010), Kim et al.(2006), Lee et al.(2003) 등의 연구결과와 부합된다. 월동기 얼지 않는 도시상류하천은 야생조류의 월동지로 중요한 역할을 하는 것으로 판단되며 생태하천 조성시 이러한 흰뺨검둥오리 등의 생태적 특성을 고려하여 서식지를 조성하여야 할 것이다(Na, 2019).

다. 반석천과 갑천의 흰뺨검둥오리의 단위면적당 밀도비교

Table 3의 결과를 바탕으로 반석천과 Lee et al.(2003)이 실시하였던 반석천 본류인 갑천의 흰뺨검둥오리의 월별 단위면적당 밀도를 비교하였다. 갑천의 만년교-대덕교 구간(갑천 구간)은 구간거리가 3.4km이고 저수로 폭은 100m로 수면적은 340,000m²이다. 반석천 조사구간은 구간거리가 3.224km, 저수로 폭은 6m로 수면적은 19,344m²이다. 흰뺨검둥오리의 단위면적당 밀도는 식(3)으로 구하였다.

Lee et al.(2003)의 연구인 갑천 구간 흰뺨검둥오리의 월별 단위면적당 밀도와 반석천 조사구간 흰뺨검둥오리의 월별 단위면적당 밀도 및 월별 비율은 Table 7과 같다.

갑천의 전체 단위면적당 밀도가 0.034마리/100m², 반석천의 전체 단위면적당 밀도가 0.165마리/100m²로 전체 단위면적당 밀도 비율은 4.89이다. 1월의 반석천과 갑천의 월별 단위면적당 밀도 비율이 13.81로 전체 4.89의

Table 7. Comparison of monthly density per unit area(100m²) at Gab stream and Banseok stream(Unit: head/100m²)

Stream name	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Tot.
Gab (a)	0.004	0.011	0.007	0.003	0.001	0.001	0.003	0.004	0.034
Banseok (b)	0.057	0.041	0.010	0.010	0.016	0.000	0.010	0.021	0.165
b/a	13.81	3.70	1.53	3.91	13.18	0.00	3.52	5.41	4.89

2.8배로 아주 높은 단위면적당 밀도 나타냈으며 Table 6의 월별, 지점별 출현특성을 잘 반영하고 있다. 대하천의 결빙시 지하수가 용출되는 이득하천인 상류 하천이 흰뺨검둥오리의 경우 먹이확보 등이 유리한 서식지로 활용되는 것으로 판단된다(Na, 2019).

IV. 결 론

본 연구는 생태하천으로 조성된 반석천에 서식하는 야생 흰뺨검둥오리를 비롯한 물새류에 대한 모니터링과 서식 환경 특성을 분석하며, 반석천의 본류인 갑천의 야생물새들의 출현특성과 비교하여 도시를 건전하고 활력 있는 생태환경을 조성하기 위한 기초연구로 수행하였다.

물새류조사는 2018년 1월 1일부터 8월 27일까지 죽동교부터 자미성교까지 3.2km구간에서 하상산책-자전거도로를 따라 도보로 이동하면서 선조사법(line census)으로 실시하였고 선정한 3개 소구간의 저수로를 포함한 제외지에 출현한 물새류의 종과 개체수를 파악하고 촬영하였다. 출현 물새종의 우점도(RD, Relative species density)와 종다양도지수(Species diversity)를 구하여 군집분석을 실시하였다. 자연생태적 적응성은 반석천의 물새류조사 결과와 갑천의 물새류조사결과로 단위면적당 밀도(density)를 구하여 비교하였다.

반석천 물새류의 조사는 65회 실시하였고 조사기간중 출현한 물새 종류는 흰뺨검둥오리(*Anas poecilorhyncha*), 쇠오리(*Anas crecca*), 쇠백로(*Egretta garzetta*), 중대백로(*Egretta alba*), 왜가리(*Ardea cinerea*) 등 5종이며 출현한 총수는 366마리이다. 흰뺨검둥오리는 329마리, 쇠오리는 15마리, 쇠백로는 15마리, 중대백로는 2마리, 왜가리는 5마리이다. 반석천 흰뺨검둥오리의 순별 일평균 출현현황은 1월 하순에 14.3마리, 2월 상순에 12.0마리가 출연하였고 2월 하순에는 2.7 마리로 급격하게 감소하였다. 흰뺨검둥오리의 월별 출현수는 1월과 2월이 242마리로 전체 329마리의 73.6%를 나타내었고 반석천 최상류인 지족2교에서 자미성교까지 1.1km구간에서 출현율은 46.5%이었다.

반석천에서 출현한 물새의 우점도는 흰뺨검둥오리가 89.9%, 쇠오리가 4.1%, 쇠백로가 4.1%, 왜가리가 1.4%, 중대백로가 0.5%이다. 월별 종다양도지수(Species diversity)는 1월이 0.3801, 2월이 0.5943, 8월이 0.3501로 단순하였다.

흰뺨검둥오리의 순별일평균관찰수와 기온요소별 순별평균값과의 통계분석결과 강한 음의 상관성을 보였으며 선형회귀분석결과도 고도의 유의성을 보였다. 반석천 조사구

간 흰뺨검둥오리의 전체 단위면적당 밀도는 0.165마리/100m²로 갑천의 만년교-대덕교 구간이 0.0345마리/100m²에 비하여 4.9배 높은 밀도를 보였다. 흰뺨검둥오리의 월별 단위면적당 밀도의 월별 비율도 반석천 조사구간이 갑천조사구간에 비하여 1.5배~13.8배를 보였고 특히 겨울철 비율이 높게 나타났다.

이러한 결과는 도시하천의 상류 무결빙 지역이 대하천의 결빙시기에 흰뺨검둥오리 등 야생조류의 중요한 월동지로 활용되고 있음을 반영한 것으로 판단된다. 이러한 흰뺨검둥오리 등의 출현 특성은 도시와 농촌지역에서 생태하천 조성시 적용대상물새류의 서식처 확보를 위한 저수로 공간, 저수로선형 선정, 저수로내 친수식물 식재, 산책로-자전거도로의 배치 등의 기초자료로 활용이 기대된다.

본 논문은 2018년 공주대학교 연구년 과제로 수행되었습니다.

References

- Brower J., J. Zar and C. von Ende, 1990, Field and Laboratory Methods for General Ecology, Third Ed, Wm. C. Brown Publishers, Dubuque, 237p.
- Daejeon Metropolitan City(DMC), 2012, Banseok Stream Basic Plan (Change) Report.
- Howard R. and A. Moore, 1980, A Complete Checklist of the Birds of the World, Oxford Univ. Press, 641p.
- K-water, 2005, Guidelines for Wildlife Habitat Design.
- Kim, I. K., Lee, H.S., Paek, W.K., Lee, J.W., 2010, A Study on the Bird Communities and Similarity of Three Streams in Daejeon Metropolitan City, Korean J. Environ. Ecol., 24(2): 147-156.
- Kim, J. S., Chae, J.H., Koo, T.H., 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, K. Y., Chon, C.M., Kim, T.H., Oh, J.H., Jeoung, J.H., Park, S.K., 2006, Use of a Temperature as a Tracer to Study Stream-groundwater Exchange in the Hyporheic Zone, Econ. Environ. Geol., 39(5): 525-535.
- Korea Land Corporation(KLC), 2001a, Implementation Design (Ecological stream sector) Report of Daejeon Noeun 2 District Land Development Project.

9. Korea Land Corporation(KLC), 2001b, Detailed Design Report of Banseok Stream Repair Work.
 10. Lee, J. W., Lee, D.H., Paik, I.H., 2003, Distribution of wildbirds according to habitat environment in Gap stream, *Jour. Agri. Sci. Chungnam Nat'l Univ.*, 30(1): 41-58.
 11. Lee, K. S., Lee, K.G., Yoo, J.C., 2006, Population fluctuations of waterbirds staying on Hangang river in seoul by the temperature and wind speed, *Kor. J. Orni.*, 13(2): 73-84.
 12. Ministry of Construction and Transportation(MOCT), 2002, Geum River Basic Plan Report.
 13. Ministry of Environment(MOE), 2002, Stream Restoration Guideline(Tentative Edition).
 14. Na, S. S., 2019, Comparison of the Appearance Characteristics of Spot-billed Ducks in Gab and Banseog Stream, Master degree, Kongju National University.
 15. Park, D. S., 2019, Activity Characteristics of Water Birds at Banseog Natural Type Stream, Master degree,Kongju National University.
 16. Park, Y. W., Lee, H.G., Choi, J.K., 2017a, A study on the population fluctuation of wintering waterbirds on Wonju stream by the temperature, *Korean J. Environ. Ecol.*, 31(2): 135-151.
 17. Park, Y. W., Lee, H.G., Won, K.H., Choi, J.K., 2017b, A study on the environmental factors affecting the population of the wintering waterbirds in Wonju-stream, *J. of Wetland Research*, 19(4): 409-422.
 18. Rural Development Administration(RDA), 2012, Story of the Duck, Interrobang, RDA, Vol. 74,1-5.
 19. Shannon C. E., and W. Weaver., 1949, The mathematical theory of communication, University of Illinois Press, Urbana, 233p.
-

- Received 6 January 2020
- First Revised 18 February 2020
- Finally Revised 26 February 2020
- Accepted 26 February 2020