

## 양재천에서 자연형 하천공법적용에 의한 조류(鳥類)군집의 변화

김 정 수 · 채 진 학 · 구 태 회\*

(경희대학교 환경학 및 환경공학전공)

Variation of Bird Community after Implementation of Close-to-Nature River Improvement Techniques in the Yangjae Stream. Kim, Jungsoo, Jinhwak Chae, Tae-Hoe Koo\* (Dept. of Environmental Science & Engineering, Kyung Hee University, Yongin, 449-701, Korea)

This study was carried out to understand how the bird community would change in a stream ecosystem after implementation of close-to-nature river improvement techniques conducted on the Gwacheon, Seocho and Hakyul reaches in the Yangjae Stream, Seoul. At the Gwacheon reach, the number of species and individuals tended to decline. However, at the Seocho reach, the number of species was increased while the number of individuals appeared to be not changed greatly. Especially, density of Dabbling Ducks were rapidly increased. At the Hakyul reach was both the number of species and the number of individuals were increased. Density of Herons and Dabbling Ducks rose, while density of Wagtails was decreased suddenly. Except the Gwacheon reach, the survey areas were gradually improved in species richness and density after the construction of river improvement. We suggested that the naturally-formed meandering (channel) bar, restoration of riparian vegetation and artificial ponds were helpful for birds habitation, however bicycle path constructed in flood plain was negative.

**Keywords :** artificial pond, bicycle path, close-to-nature river improvement techniques, meandering bar, Yangjae Stream

### 서 론

우리나라의 하천관리와 정비는 1990년대 중반까지 주로 치수와 이수기능에 초점을 둔 하천의 공학적 공법을 적용해 왔다. 이러한 공법에서 치수의 목적으로 하천의 선형을 직강화하고 양안에 제방을 축조하여 저수로를 정비하고 고수부지를 조성하였으며, 이수 기능의 확대를 위해 댐, 보, 수문 및 취수장 등 수리시설물을 만들어 하천수를 이용하여 왔다. 이러한 결과로 인하여 경관적 측면에서 하천은 획일적인 단면과 직강화된 선형을 갖게

되어 하천의 생태적 고유특성을 소멸시켰다. 생태적인 측면에서 치수와 이수목적의 정비는 하상과 하천부지를 콘크리트로 차단하여 하천 생태계의 연속성을 단절시키는 결과를 초래하였다(한국건설기술연구원, 2002).

국내에서는 1990년대 중반 이후 자연형 하천을 표방한 하천정비사업이 서울의 중랑천, 우이천, 홍제천 및 수원시의 수원천 등의 도시하천을 중심으로 추진되었다. 그러나 이러한 사업들은 대부분 자연형 하천을 강조하고 있지만 생물 서식처의 보전과 복원, 창조보다는 하천의 공원에 초점을 맞추고 있는 실정이다. 자연형 하천공법이라는 것은 하천의 친수성을 강조한 공원화보다는

\* Corresponding author: Tel: 031-201-2427, Fax: 031-203-4589, E-mail: thkoo@khu.ac.kr

도시화와 산업화로 훼손된 하천을 본래의 모습에 가깝게 복원하거나 치수나 다른 목적으로 새롭게 정비할 필요가 있는 경우, 서식하고 있는 나무, 풀과 함께 돌이나 흙 등 자연재료를 최대한 이용하여 자연에 가깝게 복원하는 방법과 기술이다. 이러한 공법적용을 통해 하천의 자정능력을 높이고, 생태적 서식처를 조성하고, 나아가 친수공간을 확보함으로써 사람과 생물이 어우러지는 자연환경을 보전, 복원, 창조할 수 있다(한국건설기술연구원, 2002).

자연형 하천공법은 1970년대부터 시작한 독일과 스위스의 “Naturnahe Wasserbau (근자연형 하천공법)”에 그 근간을 두고 있고 하천을 정비할 때에는 이수 또는 치수 문제뿐만 아니라 자연생태계를 고려하는 시도가 필요하였다. 즉 하천에서 인위적인 제방을 최대한 지양하고, 거석, 통나무, 식생 등 자연재료를 이용하여 제방이나 호안을 만들었다. 하천의 형태도 직선을 지양하고 사행하천으로 만들었으며, 또한 하천에 여울과 소를 적절히 조성하여 자연의 형태에 가깝게 정비하였다.

이에 본 연구는 자연형 하천공법이 적용된 서울시 양재천의 과천, 서초 및 학여울구간의 조류군집을 조사하여 공법 적용 후에 나타난 조류군집의 변화를 비교·분석하였다. 이에 이러한 공법이 하천의 조류분포에 미치는 영향과 앞으로 하천에 적합한 조류서식지 조성 방법에 대해 대안을 제시하고자 한다.

경기도 관악산에서 발원하여 하류에서 탄천과 합류한다 (Fig. 1).

자연형 하천공법을 적용한 구간의 환경특성은 다음과 같다.

과천구간(과천시 부림동 일원, 상류)은 경기도 과천시의 부림동지역 (300 m)으로서 하천의 북쪽은 도로이고 남쪽은 고밀도 주거지역(빌라와 아파트단지)이다. 본 지역은 1996년 공법을 시험 적용하였다.

서초구간(서울시 서초구 우면동 일원, 중류)은 서울시 서초구 우면동 무지개 다리에서 우면교 사이 구간 (300 m)으로서 1998년 11월 공법을 시험 적용하여 모니터링을 실시하였다. 하천경사가 비교적 완만하고 하상재료는 모래로서 양안 고수부지의 우점 식생은 환삼덩굴 (*Humulus japonicus*)이다. 또한 하천의 남쪽은 시민의 숲이 있으며, 북쪽은 우면산과 산아래에는 주택가가 위치하고 있다.

학여울구간(서울시 강남구 학여울 일원, 하류)은 서울 강남구 학여울 지역(약 300 m)으로 1995년 10월에 자연형 저수로 호안(정확히는 식생호안)을 시공하였다. 탄천과 합류하는 지역으로서 제방상단은 교목이 비교적 잘 발달되어 있다.

공법적용 후 위의 세 지역 모두 1997년 5월과 7월, 1998년 8월 홍수로 일부 피해가 발생하여 다시 보강, 복구되었다.

조 사 지 역

양재천 (동경 126° 57'30" ~ 127° 04'50", 북위 37° 24' 10" ~ 37° 29'55")은 탄천의 제1지류인 준용하천으로써



Fig. 1. Map of survey sites.

조 사 방 법

조사방법은 전 지역을 도보로 조류의 식별이 가능한 최단거리까지 접근하여 쌍안경 (Nikon 8×32)과 Field scope (Nikon ED)를 이용하여 선센서스 (line census)와 정점센서스 (point census)를 병행하였다. 종 및 개체수는 직접관찰 및 조류의 소리로 식별하여 산출하였다. 조사시간은 조류의 활동이 가장 활발한 오전 8시부터 10시까지이며, 조사지역을 각 연도별 (1996 ~ 2001년)로 1월부터 12월까지 월 1회씩 조사하였다.

연도별 조류군집의 차이를 분석하기 위하여 SPSS 10.0을 이용하여 one-way ANOVA로 분석하였으며, 연도별, 구간별로 조류군집을 비교하기 위하여 종다양도지수 (H')와 유사도지수 (SI)를 구하였다.

종다양도지수 (Species diversity: H')는 Shannon-Weaver (1949)의 식을 이용하였다.

$$H' = - \sum_{i=0}^s P_i \text{Log } P_i$$

H' : 다양도, S: 총 종수, P<sub>i</sub>: i번째에 속하는 개체수의 비율 (n<sub>i</sub>/N)로 계산 (N: 군집내의 총 개체수, n<sub>i</sub>: 각 종의 개체수)

유사도지수 (Similarity Index: SI)는 각 조사구별 종 구성의 유사한 정도를 나타내는 것으로 Whittaker (1972)의 유사도지수를 사용하였다.

$$SI = \frac{2C}{A+B} \times 100 (\%)$$

- A: 1 조사구에서 관찰된 종수의 합
- B: 2 조사구에서 관찰된 종수의 합
- C: 1, 2 조사구에서 공통으로 관찰된 종수의 합

### 조사지역에 적용된 공법 및 특징

하천의 각 구간에 시공한 공법과 식생, 연못 및 Biotope은 Table 1에 나타났다.

비오톱은 서초구간에 하천과 연계한 개방형 비오톱을 만들었으며, 연못은 서초구간의 수질정화 목적으로 자유수면습지 (surface flow wetlands)와 여과습지 (subsurface flow wetlands) 2개소를 시공하였다. 학여울구간에는 수질정화의 목적보다는 서식지 다양화의 일환으로 폐쇄형 연못 (off-line pond)을 만들었다.

각 구간의 호안 및 제방에 적용된 공법의 특성을 살펴보면

블록 떼기 (Block replacement)는 콘크리트 호안 블록에서 블록의 일부분을 떼어내 고정철근을 설치한 후 흙이 노출되는 부분에 식물을 식재하는 방법이다.

야자섬유 두루마리 (Coir roll)는 하안의 물이 직접 접하는 부위에서 수류에 의한 세굴을 방지하고 갈대 (*Phragmites communis*)가 활착할 때까지 근경부를 보호해 주는 역할을 한다.

섞다발 (Fascine)공법은 하천의 기단부에 설치하는 비탈멈춤공으로서 가는 버드나무 (*Salix koreensis*)가지로 쉼단을 만들었다.

돌망태 (Gabion)공법은 수층부 호안의 기단부에 설치되는 재료로서 호안의 기단부 보호기능을 한다.

녹색주머니 (Green bag)는 상수위면에 맞닿는 부위에서 호안 사면의 하단부를 채우고 정수식물의 발생을 촉진시키기 위해 설치하였다. 황마섬유 주머니 내부에는 주변에서 채취한 토양과 함께 갈대의 근경부를 심었다.

식생블록 (Green block)공법은 재료는 콘크리트이지만 블록자체의 형상이 자연석 형태이거나 블록 사이에 충분한 공극이 생겨 지피류를 식재하면 사면녹화의 효과를 얻을 수 있다.

황마섬유망 (Jute-net)은 복단부 사면의 침식을 예방하기 위해 피복한 토양섬유 (Soil texture)로서 사면을 유지하는 기능을 한다. 섬유망에는 달뿌리풀 (*Phragmita japonica*)과 물억새 (*Miscanthus sacchariflorus*)를 식재하였다.

자연석 놓기 (Rip-rap)는 일반적인 자연석을 수층부

**Table 1.** Types of vegetation revetments, pond and biotope constructed in the survey of the Yangjae Stream.

Reach	Gwacheon	Seocho	Hakyeoul	
Revetments	Row flow	Aquatic plant colony Coir roll, Coir-net, Gabion, Rip-rap, Wood dike, Wood frame, Stone frame,	Crushed stone, Fascine, Gabion, Green bag, Stepping stone, Wattling	Coir Roll, Green Bag, Jute Net, Rip-rap, Wattling, Wire Netting
	Bank	Gabion, Block replacement	Greenblock (circle and natural stone type)	Gabion, Block replacement, Greenblock, etc.
Vegetation	Row flow	<i>Phragmites communis</i> , <i>Typha orientalis</i> , <i>Salix gracilistyla</i> , <i>Phragmita japonica</i> , Natural vegetation	<i>Salix gracilistyla</i> , <i>Phragmita japonica</i> , Emerged plant	<i>Miscanthus sacchariflorus</i> , <i>Phragmites communis</i> , <i>Acorus calamus</i> , <i>Typha angustata</i>
	Bank	<i>Lonicera japonica</i>	<i>Phragmita japonica</i> , <i>Phragmites communis</i>	
Pond and biotope	None	Open biotope, Off-line pond (2)	Off-line pond	

호안과 하중도에 두는 것으로 호안 보호기능을 한다.

윗가지(Wattling)공법은 사면의 표면침식을 예방하기 위하여 버드나무 가지를 엮어 놓은 것으로 표면침식 예방과 유사의 퇴적이 이루어져 이입된 중에 의해 식생피복상태가 양호하게 나타난다.

위의 공법들 중에서 식물을 식재하는 공법들은 식물이 활착되면 조류의 서식지를 제공해 준다.

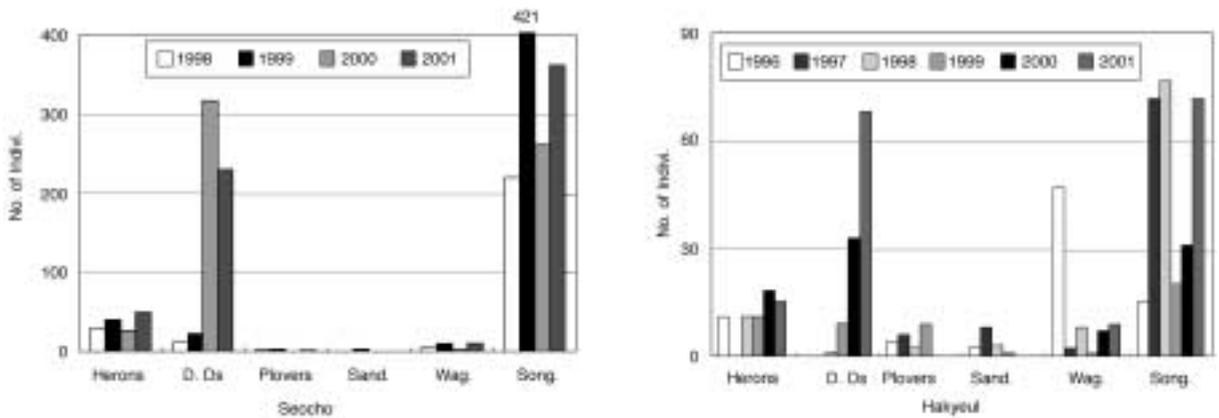
결 과

과천구간

공법 적용 직전인 1996년에는 14종이 관찰되었으나 이후에는 1998년과 1999년에 각각 12종씩 관찰되었고 2000년에는 8종, 2001년에는 5종으로 종수는 점차적으로

Table 2. Yearly comparison of bird community in Gwacheon reach of the Yangjae Stream.

Species	Year	1996	1997	1998	1999	2000	2001
1. 중대백로 <i>Egretta alba modesta</i>				1			
2. 쇠백로 <i>E. garzetta</i>		1		2	1		
3. 왜가리 <i>Ardea cinerea</i>					1		
4. 꼬마물떼새 <i>Charadarius dubius</i>		1					
5. 멧비둘기 <i>Streptopelia orientalis</i>		3	5	11	7		
6. 제비 <i>Hirundo rustica</i>		17	19	14	11		
7. 노랑할미새 <i>Motacilla cinerea</i>		3			1		
8. 알락할미새 <i>M. alba leucopsis</i>		3		5	5	1	
9. 흥동새 <i>Anthus hodgsoni</i>					7		
10. 직박구리 <i>Hypsipetes amaurotis</i>						2	
11. 홍여새 <i>Bombycilla japonica</i>		17					
12. 딱새 <i>Phoenicurus aureoreus</i>		2		3	1	2	
13. 붉은머리오목눈이 <i>Paradoxornis webbianus</i>		25	29	37	39	5	4
14. 쇠박새 <i>Parus palustis</i>		4	3	8			4
15. 박새 <i>P. major</i>		15	8	11	4	5	13
16. 멧새 <i>Emberiza cioides</i>		1		1			
17. 노랑턱멧새 <i>E. elegans</i>			2			1	
18. 참새 <i>Passer montanus</i>		98	75	104	174	71	35
19. 까치 <i>Pica pica</i>		59	48	75	45	64	41
Total species		14	8	12	12	8	5
Total individuals		248	189	272	296	151	96
Species diversity (H')		1.806	1.577	1.625	1.369	1.125	1.264



D. Ds: Dabbling ducks, Sand.: Sandpipers, Wag.: Wagtails, Song.: Songbirds.

Songbirds: *Paradoxornis webbianus*, *Emberiza sp.*, *Passer montanus*. In Hakyuel, Songbirds individuals were  $\times 10$ .

Fig. 2. Variation of major species for year in Seocho and Hakyuel reach of the Yangjae Stream.

**Table 3.** Yearly comparison of bird community in Seocho reach of the Yangjae Stream.

Species	Year	1998	1999	2000	2001
1. 논병아리 <i>Podiceps ruficollis</i>			1		1
2. 해오라기 <i>Nycticorax nycticorax</i>		2		5	
3. 검은댕기해오라기 <i>Butorides striatus</i>		1	4	1	
4. 중대백로 <i>Egretta alba modesta</i>		5	9	8	16
5. 쇠백로 <i>E. garzetta</i>		12	10	6	11
6. 왜가리 <i>Ardea cinerea</i>		8	17	7	22
7. 청둥오리 <i>Anas platyrhynchos</i>		3		6	8
8. 흰뺨검둥오리 <i>A. poecilorhyncha</i>		8	22	26	9
9. 쇠오리 <i>A. crecca</i>				284	213
10. 청머리오리 <i>A. falcata</i>					2
11. 황조롱이 <i>Falco tinnunculus</i>		1	1		1
12. 꿩 <i>Phasianus colchicus</i>		2	1		
13. 꼬마물떼새 <i>Charadrius dubius</i>		1	4		2
14. 갯도요 <i>Tringa hypoleucos</i>			4		
15. 멧비둘기 <i>Streptopelia orientalis</i>		1	14	12	6
16. 후투티 <i>Upupa epops</i>				1	
17. 청딱다구리 <i>Picus canus</i>				1	
18. 오색딱다구리 <i>Dendroscops major</i>			1		
19. 제비 <i>Hirundo rustica</i>		8			
20. 귀제비 <i>H. daurica</i>		1			
21. 노랑할미새 <i>Motacilla cinerea</i>		1	4		2
22. 알락할미새 <i>M. alba leucopsis</i>		5	7	3	9
23. 검은등할미새 <i>M. grandis</i>			1		
24. 직박구리 <i>Hypsipetes amaurotis</i>			1	1	3
25. 딱새 <i>Phoenicurus aureus</i>		2	2	1	2
26. 개똥지빠귀 <i>Turdus naumanni euronus</i>					2
27. 붉은머리오목눈이 <i>Paradoxornis webbianus</i>		59	26	46	71
28. 쇠박새 <i>Parus palustris</i>		6	2	3	
29. 곤줄박이 <i>P. varius</i>			2		
30. 박새 <i>P. major</i>		14	7	5	9
31. 참새 <i>Passer montanus</i>		160	395	216	292
32. 피꼬리 <i>Oriolus chinensis</i>				4	1
33. 어치 <i>Garrulus glandarius</i>		2			
34. 까치 <i>Pica pica</i>		13	99	135	106
35. 까마귀 <i>Corvus corone</i>					1
Total species		22	23	20	22
Total individuals		436	635	769	791
Species diversity (H')		1.891	1.470	1.731	1.801

로 감소하였다. 개체수는 연도에 따라 증감이 불규칙하였지만, 1999년 이후부터 급격히 감소하는 것으로 나타났다 (Table 2). 종다양도지수 ( $H'$ )도 1996년 이후 감소하는 경향을 보였다. 하지만 년도에 따른 조류군집에서는 각 년도별로 유의적인 차이가 없었다 (ANOVA,  $p > 0.05$ )

### 서초구간

서초구간에서 관찰된 조류를 살펴보면, 가장 많은 종과 개체수가 관찰된 시기는 각각 1999년의 23종과 791

개체를 기록한 2001년이었으며, 종다양도는 1998년에 1.891로 가장 높게 나타났다 (Table 3). 종수와 개체수의 연도별 변화를 살펴보면, 종수는 변화가 거의 나타나지 않았지만, 개체수는 점차적으로 증가하였다 (Table 3). 하지만 연도별 조류군집에서는 유의한 차이가 없었다 (ANOVA,  $p > 0.05$ ).

하천에 서식하는 주요종을 대상으로 살펴보면, 백로류 (Herons)와 수면성오리류 (Dabbling Ducks)는 공법 적용 이후 지속적으로 개체수가 증가하였으며, 특히 수면성오리류는 2000년 11월부터 쇠오리 (*Anas crecca*)가 이 지역을 월동지로 이용하면서 개체수가 급격히 증가하였다.

명금류 (Songbirds)는 공법적용 이후 점진적으로 증가하는 경향을 보였다. 반면에 하천의 모래밭이나 자갈밭 등에 주로 서식하는 소형도요류 (Small Sandpipers), 물떼새류 (Plovers) 및 할미새류 (Wagtails)는 개체수의 변화가 나타나지 않았다 (Fig. 2).

본 조사지역에서는 1999년 북쪽둔치의 자갈밭에서 꼬마물떼새 (*Charadarius dubius*)가 번식하였다.

학여울구간

본 지역에서 나타난 특징은 공법 적용 초기에 비해 시간이 경과될수록 종수가 증가하는 경향을 보였으며, 2001년에 가장 많은 종 (28종)이 관찰되었다. 개체수는 1998년의 1,016개체가 가장 높은 것으로 나타났으며, 공법 적용 후 소폭의 증가하는 경향을 보였다. 종다양도는

**Table 4.** Yearly Comparison of bird community in Hakyeul reach of the Yangjae Stream.

Species	Year	1996	1997	1998	1999	2000	2001
1. 해오라기 <i>Nycticorax nycticorax</i>						3	1
2. 검은댕기해오라기 <i>Butorides striatus</i>				1	1		1
3. 중대백로 <i>Egretta alba modesta</i>				1	2	4	2
4. 쇠백로 <i>E. garzetta</i>		4		7	2	10	7
5. 왜가리 <i>Ardea cinerea</i>		7		2	6		4
6. 청둥오리 <i>Anas platyrhynchos</i>						10	6
7. 흰뺨검둥오리 <i>A. poecilorhyncha</i>				1	9	13	15
8. 쇠오리 <i>A. crecca</i>						10	47
9. 새홀리기 <i>Falco subbuteo</i>					1		
10. 황조롱이 <i>F. tinnunculus</i>	1			1	3		1
11. 꿩 <i>Phasianus colchicus</i>				2	2	2	4
12. 꼬마물떼새 <i>Charadarius dubius</i>	4		6	2	9		
13. 백백도요 <i>Tringa ochropus</i>			2	3			
14. 갯도요 <i>T. ochropus</i>		2	6		1		
15. 멧비둘기 <i>Streptopelia orientalis</i>		3		2			
16. 빠꾸기 <i>Cuculus saturatus</i>		1		2			
17. 물총새 <i>Alcedo atthis</i>							1
18. 청딱다구리 <i>Picus canus</i>						1	
19. 쇠딱다구리 <i>Dendrocopos kizuki</i>							1
20. 제비 <i>Hirundo rustica</i>	7		4	28	13		
21. 노랑할미새 <i>Motacilla cinerea</i>			2				2
22. 알락할미새 <i>M. alba leucopsis</i>		46		8	1	7	5
23. 검은턱할미새 <i>M. a. ocularis</i>							2
24. hing동새 <i>Anthus hodgsoni</i>			12	1			
25. 직박구리 <i>Hypsipetes amaurotis</i>							2
26. 딱새 <i>Phoenicurus aureus</i>		5		3	4	2	2
27. 때까치 <i>Lanius bucephalus</i>		2	1				1
28. 개똥지빠귀 <i>Turdus naumanni eunomus</i>				59		20	80
29. 개개비 <i>Acrocephalus orientalis</i>				5		1	3
30. 붉은머리오목눈이 <i>Paradoxornis webbianus</i>	70		205	129	90	10	15
31. 오목눈이 <i>Aegithalus caudatus</i>			4	2	1	1	8
32. 쇠박새 <i>Parus palustis</i>				9	1		
33. 진박새 <i>P. ater</i>						1	
34. 박새 <i>P. major</i>	5		9	26	10	15	10
35. 멧새 <i>Emberiza cioides</i>					1		
36. 노랑턱멧새 <i>E. elegans</i>				7	1	1	
37. 축새 <i>E. spodocephala</i>							2
38. 참새 <i>Passer montanus</i>		76	515	633	107	303	706
39. 피꼬리 <i>Oriolus chinensis</i>			6	1			1
40. 어치 <i>Garrulus glandarius</i>			2	1			
41. 까치 <i>Pica pica</i>		130	91	81	22	38	42
Total species		15	13	23	21	20	28
Total individuals		363	863	1,016	288	454	972
Species diversity (H')		1.773	1.183	1.440	1.852	1.444	1.225

1999년에 1.852로 가장 높게 나타났다(Table 4). 그러나 공법적용 이후 조류군집은 연도에 따라 유의적인 차이가 나타나지 않았다(ANOVA,  $p > 0.05$ ).

백로류와 오리류는 공법적용 후에 증가하는 것으로 나타났으며, 백로류에 비해 오리류의 증가가 뚜렷하였다. 소형도요류, 물떼새류 및 할미새류의 개체수는 공법적용 이후에 지속적으로 감소하였으며, 이들 중 중에서 할미새류의 감소가 두드러지게 나타났다. 명금류는 공법적용 이후 1999년과 2000년도에 덩불제거작업에 의해서 일시적으로 감소하였으나 전반적으로 개체수는 증가하는 경향이었다(Fig. 1).

그리고 1998년부터 개똥지빠귀(*Turdus naumanni eunomus*)가 이동시기에 제방의 교목군락을 중간기착지로 이용하였고 1999년에는 호안의 갈대군락에서 흰뺨검둥오리(*Anas poecilorhyncha*)가 번식하였다.

### 유사도 지수 비교

지역간 유사도 지수를 비교해 보면, 과천구간과 서초구간은 55.6%, 과천구간과 학여울구간은 53.3%로 거의 비슷하였으나 서초구간과 학여울구간은 71.1%로서 유사도 지수가 가장 높게 나타났다(Table 5).

**Table 5.** Similarity index (%) between three survey reaches in the Yangjae Stream

	Gwacheon	Seocho	Hakyeul
Gwacheon		55.6	53.3
Seocho			71.1
Hakyeul			

## 고 찰

도시하천에서 생태적 환경을 복원시키는 것은 야생동물의 서식환경을 인위적으로 조성하는 것이다(Gore and Bryant, 1985). 그러나 대부분 하천의 생태적 복원은 인위적으로 생태계의 구조와 기능을 직접 다루기보다는 그 기반이 되는 호안, 하상구조 및 수로형태 등 물리적 구조를 인공상태에서 자연상태에 가까운 형태로 변화시키고 하천 내의 식생을 도입하여 경관을 조성하고 자연적 회복을 돕는 방향으로 행해지고 있다(조, 1997). 양재천에 적용된 자연형 하천공법은 설계구간의 하천 특성 고려, 자연재료의 사용, 물과 흙의 자연스런 연결, 수리안정성 확보라는 원칙에 의거하여 시공하였다(한국건설기술연구원, 2002).

하천에서 생물의 서식환경 및 군집 조사는 1~2년의 단기간의 연구로는 변화를 파악하기 힘들기 때문에 오랜 기간(5~10년)의 연구가 필요하다(Ohmart and Anderson, 1986). 특히 조류는 이동성이 크기 때문에 더욱더 장기간의 연구가 요구된다. 따라서 본 연구에 대한 6년의 기간은 서식지변화(복원)와 조류분포와의 관계를 파악하는데 부족하지 않았지만, 조류의 이동성을 고려했을 때 공법적용구간 300m는 짧은 것으로 생각된다.

자연형 하천공법적용 이후 과천구간에서 조류의 종수와 개체수의 감소는 주변지역이 고밀도 주거지역으로 이루어져 있어 자동차의 소음과 사람의 왕래가 빈번하는 등의 인위적 방해 요인이 많았기 때문이며, 이 구간은 조류서식지로서 부적합한 것으로 사료된다. 따라서 공법적용구간 선정시에는 위와 같은 인위적인 요인에 대한 영향이 적은 지역을 선정하여야 할 것이다.

학여울구간과 서초구간에서 나타난 변화는 과천구간과 달리 공법적용 이후에 종과 개체수가 증가하는 경향을 보였고 특히, 백로류는 양재천을 휴식 또는 취식지역으로 이용하였고 두 지역에서 지속적으로 증가하는 것으로 나타났다. 백로류의 개체수 증가는 서식지에서 은신처로서의 역할을 하는 갈대밭의 조성과 함께 수심을 일정하게 유지시킴으로서 나타난 결과로 생각된다(Bauer and Glutz von Blotzheim, 1966; Cramp and Simmons, 1977; Hölzinger, 1987; Van der Kooij, 1991; Voisin, 1991; Grüll and Ranner, 1998; 김과 구, 1999).

그리고 수면성 오리류도 공법적용 이후에 학여울과 서초구간에서 증가하였다. 특히 서초구간에서는 하천을 사행화하여 모래톱(sand bar or meandering bar)이 자연적으로 형성되고, 하천의 하안부에 식재한 수생식물 군락이 활착하여 이들의 취식공간을 증가시켰기 때문에 수면성 오리류의 개체수가 증가하였다(Smith *et al.*, 1989; Baldassare and Bolen, 1994; 이 등, 2002). 뿐만 아니라 수질정화 목적으로 만든 습지도 서식지로 이용하였다. 그리고 학여울구간에서는 수면성 오리류가 인공연못에 주로 서식하였으며, 이들은 연못에서 자생하여 활착한 돌피(*Echinochloa crus-galli*), 갯버들(*Salix gracilistyla*), 물억새, 여뀌(*Persicaria hydropiper*) 및 쑥(*Artemisia princeps*) 등을 서식지(은신처)와 먹이로 이용하였다. 그리고 오리류는 주로 갈대밭이나 관목지대에서 번식하는 것으로 알려져 있는데(Treweek and Benstead, 1997), 학여울구간에서 흰뺨검둥오리가 호안의 갈대군락이 활착한 후(1999년) 이 지역에서 번식하였다.

소형도요류, 물떼새류 및 할미새류는 개체수가 많지는 않지만 공법적용 이후에 감소하는 경향을 보였으며, 특

히 학여울구간에서 감소폭이 두드러졌다. 이는 학여울구간에 친수환경 조성을 위해 만든 둔치의 자전거도로가 이들의 서식지인 자갈밭과 모래밭을 감소시켰기 때문으로 사료된다.

명금류는 서초구간과 학여울구간에서 공법적용 이후 증가하는 경향을 보였지만, 학여울구간에서는 년도에 따라 개체수 증감의 폭이 크게 나타났다. 이는 학여울구간에서 부정기적으로 발생하는 제방의 덩불제거작업이 이들의 서식지를 파괴하였기 때문에 개체수에 영향을 미친 것이며, 앞으로 이에 대한 시정이 필요하다.

하천의 갈대밭에서 주로 번식하는 개개비(*Acrocephalus arundinaceus*)는 하천의 하안부에 식재한 갈대가 활착한 이후에 관찰되었는데, 이들의 서식은 서식지의 갈대 밀도, 활착정도와 관련이 있는 것으로 판단된다.

유사도지수의 비교에서 서초구간과 학여울구간이 71.1%로 가장 높게 나타났다. 이는 두 지역의 서식환경이 유사했고 공법적용 이후에 새로이 나타난 종이 두 지역에서 비슷했기 때문이다.

자연형 하천공법이 도시하천인 양재천의 서초구간과 학여울구간에서 조류의 종과 개체수를 증가시킨 것으로 판단된다. 특히 직강화 하천이 아닌 사행하천에서 나타나는 모래톱, 콘크리트 제방을 제거하고 하천의 하안에 식재한 수생식물군락과 식생이 정착된 연못 등은 수면성 오리류를 비롯한 많은 조류의 주요한 서식지가 되었고 하천의 하안에 활착하는 갈대, 달뿌리풀 그리고 갯버들은 백로류의 개체수와 개개비의 서식에 영향을 주는 요인이었다. 따라서 자연형 하천 공법을 적용할 때 시공한 다양한 서식환경의 조성이 조류의 종과 개체수를 증가시킨 것으로 사료된다.

그러나 본 연구지역에서의 하천복원은 대부분 저수로 부분에 치중하였기 때문에 제방상단의 관목이나 교목에 서식하는 조류에 대한 고려가 없었다. 따라서 향후 하천복원은 저수로 부분과 아울러 제방 상단부도 고려한 생태적 복원이 이루어져야 할 것이다.

## 적 요

본 연구는 자연형 하천공법을 적용한 서울시 양재천의 과천, 서초 및 학여울 등 3개구간에서 공법 적용 이후에 나타난 조류상의 변화를 파악하고, 향후 하천을 복원할 경우 알맞은 조류 서식지조성에 대한 의견을 제시하고자 수행하였다. 각 구간별로 자연형 하천 공법적용 이후 과천구간에서는 조류의 종수와 개체수가 모두 감

소하는 경향을 보였다. 서초구간에서의 조류의 종수는 거의 변화가 없었지만 개체수는 증가하였으며, 특히 수면성 오리류(*Dabbling Ducks*)가 많이 증가하였다. 학여울구간에서도 종수와 개체수 모두 증가하는 경향을 보였으며, 백로류(*Herons*)와 수면성 오리류의 개체수는 증가하였지만 할미새류(*Wagtails*)는 급격히 감소하였다.

과천구간을 제외한 두 지역에서 자연형 하천공법을 적용한 이후 조류의 종수와 개체수는 증가하는 경향을 보였다. 특히 하천의 사행화(곡선화)로 인하여 발생한 모래톱, 저수호안의 식생복원과 둔치에 만든 인공연못은 조류의 서식에 많은 도움을 주었다. 하지만, 둔치 가장자리를 따라 만들어진 자전거도로는 조류의 서식에 부정적인 영향을 미친 것으로 사료된다.

## 인 용 문 헌

- 김정수, 구태희. 1999. 도시하천의 서식환경에 의한 조류의 분포. 경희대 환경연구소 논문집 9: 42-49.
- 이우신, 박찬열, 임신재, 허위행. 2002. 만경강 지역의 조류군집의 특성과 관리방안. 한국생태학회지 25: 61-67.
- 조용현. 1997. 생태적복원을 위한 중소하천 자연도 평가방법 개발. 서울대학교 대학원 박사학위논문. 189 p.
- 한국건설기술연구원. 2002. 국내 여건에 맞는 자연형 하천 공법의 개발. 환경부. 583 p.
- Baldassare, G.A. and E.R. Bolen. 1994. *Waterfowl Ecology and Management*. John Wiley & Sons, Inc. New York. 609p.
- Bauer, K. and U.N. Glutz von Blotzheim. 1966, *Hand buch der Vögel Mitteleuropas*. Band 1. Akademische Verlagsgesellschaft, Frankfurt am Main, Germany.
- Cramp, S.C. and K.E.L. Simmons. 1977. *Handbook of the birds of Europe, the Middle East and North Africa* 1. Oxford University Press, London, U.K.
- Gore, J.A. and F.L. Bryant. 1985. *Rehabilitating Damaged Ecosystems*. Butterworth. Boston. pp. 24-36.
- Gröll, A. and A. Ranner. 1998. Populations of the Great Egret and Purple Heron in relation to ecological factors in the reed belt of the Neusiedler See. *Colonial Waterbirds*, 21: 328-334.
- Hölzinger, J. 1987. *Die Vögel Baden-Württembergs* 1. Eugen Ulmer, Karlsruhe, Germany.
- Ohmart, R.D. and B.W. Anderson. 1986. Riparian habitat. pp.169-199. in Cooperrider, A.Y., R.J. Boyd, and H.R. Stuart, eds. *Inventory and monitoring of wildlife habitat*. U. S. Dept. Inter., Bur. Land Manage. Service Center. Denver, Co. xviii, 858p.

- Shannon, C.E. and E. Weaver. 1949. The mathematical theory of communication. Univ. of Illionis Press, Ubana. 64 p.
- Smith, L.M., R.L. Pederson and R.M. Kaminski. 1989. Habitat management for migrating and wintering waterfowl in North America. Texas Tech University Press. Texas. 560 p.
- Treweek, J.P. and P. Benstead. 1997. The wet grassland guide-Managing floodplain and coastal wet grassland for wildlife-. Royal Society for the Protection of birds. Bedfordshire. 252 p.
- Van der Kooij, H. 1991. Nesthabitat van de Purperreiger *Ardea purpurea* in Netherland. *Limosa*. **64**: 103-112.
- Voisin, C. 1991. The herons of Europe. T. & A. D. Poyser, London, U. K.
- Whittaker, R.H. 1972. Evolution and measurement of species diversity. *Taxon* **21**: 213-251.

(Received 3 Jan. 2003, Manuscript accepted 3 Mar. 2003)