

한강수계 달천의 어류상과 물리적 서식지 조건에 관한 연구

Investigation on Physical Habitat Condition and Fish Fauna in Dal Stream of Han River Basin

허준욱[†] · 강형식* · 장민호**
Jun Wook Hur[†] · Hyoengsik Kang* · Min Ho Jang**

생물모니터링센터 · *한국환경정책평가연구원 · **공주대학교 생물교육과
Bio-Monitoring Center · *Environmental Strategy Research Group, Korea Environment Institute
**Department of Biology Education, Kongju National University

(2011년 7월 22일 접수, 2011년 8월 29일 채택)

Abstract : In order to establish fundamental data for stream restoration and environmental flow, we investigated fish fauna, community and physical habitat conditions in the Dal Stream of Han River Basin. Field monitoring including fish sampling was conducted from September 2008 to October 2009. A total number of fish caught in the 5 sites was 2,080 representing 9 families 35 species, and 19 species (54.3%) including *Acheilognathus koreensis* and *Iksookimia koreensis* were Korean endemic species during the study period. The most frequently found species in number was pale chub (*Zacco platypus*, 25.7%, $n = 632$) followed by *Coreoleuciscus splendidus* (18.0%, $n = 375$) and *Z. koreanus* (13.0%, $n = 272$). The lower reach of Dal Stream was more abundance of species, high diversity, evenness and richness, and lower dominance index than those of the upper reach. According to the dendrogram established at 0.63 level of similarity rate, sampling stations were divided into 2 groups. Most of upper streams in Korea consist of riffles and runs that are repeatedly followed by another one. However, stream channelization and leveling have caused reduction of habitat diversity. Therefore, it is necessary to make an effort on stream rehabilitation with evaluation of physical habitat condition by indicator species in order to maintain biodiversity and perform ecological restoration.

Key Words : Dal Stream, Fish Fauna, Community, Physical Habitat

요약 : 하천복원과 환경유량을 위한 기초자료를 확립하고자 한강수계중 달천에서 어류상, 군집구조 및 물리적 서식조건을 2008년 9월부터 2009년 11월까지 조사하였다. 5개지점을 선정하여 실시된 어류 채집결과 총 9과 35종 2,089개체가 포획되었으며, 이중 한국고유종은 줄납자루 및 참중개를 포함하는 총 19종(54.3%)이 출현하였다. 출현어종중 개체수 구성비가 가장 높은 종은 피라미로 30.3%를 차지하였고, 다음은 쉬리 18.0%, 참갈겨니 13.0 등의 순으로 나타났다. 어류군집은 상류로부터 하류로 내려갈수록 어종수가 증가되는 것으로 나타났으며, 생물다양도는 양호상태를 나타내었다. 집괴분석은 0.63 수준에서 2개의 그룹으로 나누어졌다. 우리나라 대부분 상류하천은 여울과 유수역이 반복되면서 이어지는 형태를 보여주고 있으나, 무분별한 하천사업 및 직강화·수로화 공사로 인해 하천의 서식지 다양성이 계속 감소되고 있는 추세이다. 따라서 생물다양성을 유지하고 생태적 하천복원을 위해서는 각 어종에 대한 물리적 서식 조건을 자세하게 파악하여 서식지 조성에 필요한 노력을 해야 할 것이다.

주제어 : 달천, 어류상, 군집, 물리적 서식지

1. 서론

하천생태계는 여러 가지 요인들에 의하여 어류상의 변화를 유발할 수 있으며, 특히 인위적인 교란에 의해 환경변화는 심각해 질 수 있다.¹⁾ 환경변화는 어류뿐만 아니라 모든 생물의 서식지(habitat) 및 산란장 등에 영향을 줄 수 있다. 어류는 상위 소비자로서 먹이사슬에 있어 다른 생물종들과 밀접한 관계를 유지하며, 생물다양성을 대표하는 생물 집단이다.²⁾ 이러한 인위적 교란 요인(오염물질 및 하천공사 등)에 의해 하천생태계에서 어류의 먹이원인 플랑크톤의 감소 및 서식지 환경이 좋은 조건보다는 나쁜 조건으로 변화하여 결과적으로 종다양도가 감소되고 있다.

하천에 서식하는 어류는 수환경의 물리, 화학 및 생물학적 특성에 따라 직·간접적으로 많은 영향을 받는다.³⁾ 이중 하

천의 수심(water depth), 유속(velocity), 하상재료(substrate size), 여울(riffle) 및 소(pool) 배열 등은 하천의 물리적 특성으로 어류 군집(fish community) 및 생활사(life cycle)에 중요한 요인으로 작용한다.⁴⁻⁶⁾ 유량은 위와 같은 물리적 특성을 결정하는 중요한 인자로 작용하며, 하천에서 생물집단을 구성하는데 영향을 미친다.⁷⁾ 또한 급격한 유량 변동은 안정적이던 수서생태계에 혼란을 줄 수 있다.⁸⁾ 지금까지 하천에 서식하는 어류의 서식지 평가는 어류상 및 군집구조를 중심으로 이루어졌다. 최근 하천에 서식하는 어류의 물리적 서식지 평가와 관련된 연구로는 하천차수에 따른 피라미의 서식지 평가,⁵⁾ 배가사리 및 참갈겨니의 물리적 서식지 평가^{9,10)} 등이 있으나, 아직까지 어류의 물리적 서식지 평가 관련 연구는 부족한 실정이다.

달천은 한강수계의 지류로 충청북도 보은군 내속리면 사

[†] Corresponding author E-mail: junwhur@hanmail.net Tel: 042-483-4414 Fax: 042-483-4412

내리 속리산(1,021 m)에서 발원한다. 하천 길이와 유역 면적은 각각 123.0 km 및 1,614.4 km²이며, 하천의 증류에는 괴산댐이 1957년에 건설되었다. 달천은 아직까지 자연적인 하천의 구조적 특성을 지니고 있으며, 갈수시 건천화되지 않는 풍부한 수량을 보존하고 있는 하천이다. 한강수계에서 달천은 위와 같이 자연적인 조건을 다수 보존하고 있는 하천이지만 이 하천에 대한 생태학적 연구결과는 미흡한 실정이다. 달천에 서식하는 어류와 관련된 연구는 어류상¹¹⁻¹³⁾ 및 물리적 서식지 평가¹⁴⁾를 보고하였다.

본 조사연구에서는 한강수계인 달천에서 어류조사를 통해 어류상, 군집구조 및 물리적 서식지(수심, 유속 및 하상재료)를 파악하였으며, 기존의 조사결과와 비교하였다. 어류를 이용한 물리적 서식지에 대한 연구 및 조사자료는 최근 생태복원을 위한 하천의 정비사업 및 생물의 다양성 확보에 기초자료로 유용하게 이용될 것이다.

2. 재료 및 방법

2.1. 조사기간 및 지점

본 조사는 2008년 9월부터 2009년 11월까지 동절기를 제외한 매월 1회씩 주요지점을 선정하여 어류 채집을 실시하였다. 지점은 달천의 상류로부터 하류까지 5개 지점을 선정하였다(Fig. 1). 각 지점의 행정구역명 및 위치는 다음과 같다.

- St. 1 : 충청북도 청원군 미원면 옥화리 옥화교
(N36°36'55", E127°42'04")
- St. 2 : 충청북도 괴산군 청천면 화양리 도원교
(N36°41'01", E127°47'09")

- St. 3 : 충청북도 괴산군 칠성면 외사리 동막교
(N36°45'58", E127°50'35")
- St. 4 : 충청북도 괴산군 감물면 이담리 하문교
(N36°52'09", E127°52'21")
- St. 5 : 충청북도 충주시 이류면 문주리 팔봉교
(N36°53'58", E127°55'18")

2.2. 조사방법

달천의 이화학적 수질 특성은 2008년 9월부터 2009년 11월까지 환경부(Ministry of Environment)에서 측정한 수질자료를 이용하였다. 여러 일반 수질항목중 수온(water temperature), pH, 전기전도도(specific conductivity at 25°C), 생물학적 산소요구량(biological oxygen demand, BOD), 화학적 산소요구량(chemical oxygen demand, COD) 및 용존산소량(dissolved oxygen, DO)의 총 6개 항목을 분석하였다.

하상재료는 사립자 크기 등급에 따라 실트(<0.062 mm), 모래(0.062~2.0 mm), 잔자갈(2.0~16.0 mm), 굵은자갈(16.0~64.0 mm), 호박돌(64.0~256.0 mm) 및 전석(>256.0 mm)으로 나누었다.^{15,16)} 조사방법은 각 조사지점에서 50×50 cm 방형구를 사용하여 카메라로 지점당 30개씩 촬영하였으며, 촬영된 사진을 컴퓨터 화면에서 각각의 등급에 따라 면적비를 산정한 후 하상분포도를 작성하였다. 조사는 갈수기(4월과 10월)에 수면과 수중에서 촬영을 하여 분석하였다. 하천의 단면형태는 Rosgen의 방법에 따라 분류하였다.¹⁷⁾ 본 조사는 상·하류 각각 200 m 구간에서 실시하였으며, 소(pool), 여울(riffle) 및 흐름이 있는 곳(run)을 모두 포함하였다.¹⁸⁾

어류는 투망(망목, 5×5 mm) 및 족대(망목, 3×3 mm)를 사용하였다. 투망은 정량적 조사를 수행하기 위하여 15~20회씩 동일하게 투척하였으며, 족대는 하천 좌·우안 수초와 호박돌 주변에서 채집하였다. 투망 및 족대 채집지점에서 샘플 후에 유속계(Model 801, Valeport, UK)를 사용하여 유속 및 수심을 기록하였으며, 육안으로 하상재료(substrate size)를 확인하였다. 어류 채집은 하류로부터 상류로 올라가면서 하천을 지그재그(zigzag)로 조사하였다. 현장에서 채집된 어류는 동정이 가능한 종은 현장에서 확인한 후 방류하였으며, 동정이 불가능한 종은 10% 포르말린 용액에 고정하여 연구실에서 도감을 참고하였다.¹⁹⁾ 어류의 검색 및 분류체계는 Nelson의 방법에 따라 정리 및 평가하였다.²⁰⁾

조사된 자료를 기초로 하여 어류상 및 상대풍부도를 산정하였으며, 각 지점에서 우점종(dominant species) 및 아우점종(subdominant species)을 구분하였고, 군집분석은 어종의 개체수를 기준으로 우점도(simpson's index),²¹⁾ 종다양도(diversity index),²²⁾ 균등도(evenness index)²²⁾ 및 풍부도(richness index)²³⁾를 산출하였다. 상관계수를 이용하여 유사도와 집괴분석은 Ludwig and Reynolds의 방법으로 실시하였다.²⁴⁾

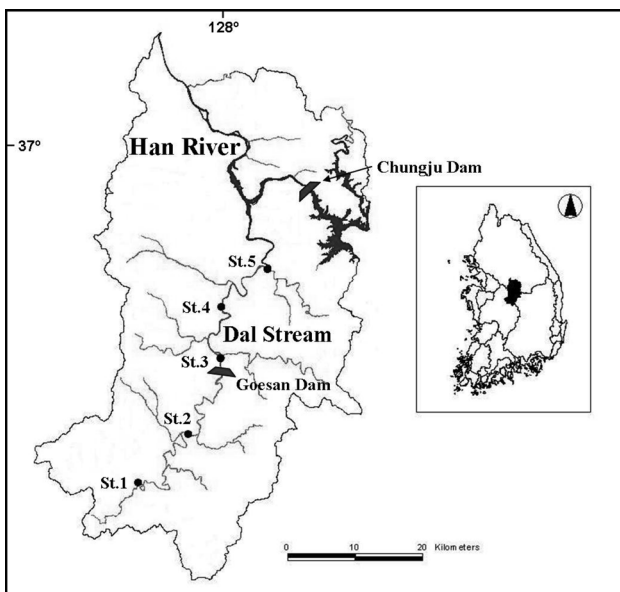


Fig. 1. Map showing the survey stations in Dal Stream.

3. 결과 및 고찰

3.1. 조사지점의 하천 환경 및 특성

하천의 구조는 물의 흐름에 따라 상류보다는 하류의 하폭이 넓고, 수심은 깊어지는 것으로 나타났다(Table 1). 그러나 유속은 차이를 보이지 않았는데, 이는 본 조사에서 여울, 유수역 및 소를 전부 포함한 지점에서 조사가 이루어졌기 때문으로 여겨진다. 하천형태는 주로 B3~B4의 형태를 보였으며, 하상재로는 굵은자갈(16.0~64.0 mm)~호박돌(64.0~256.0 mm)로 구성되었다(Table 1, Fig. 2). 이러한 하천 환경 및 형태를 종합할 때 달천은 한강수계에서 중류이상에 속하는 하천 특성을 많이 가지고 있는 것으로 나타났다.

수질 환경에서 수온은 계절에 따라 여름에는 증가하였다가 겨울에는 낮아지는 것으로 나타났다. pH는 평균 7.8~8.3으로 지점간에 큰 차이를 보이지 않았다. DO는 각 지점에서 평균 8.6~12.0으로 나타났으며, 여름보다는 겨울철이 높은 것으로 나타났다. 탁도(turbidity)는 St. 1에서 7월에 365.2

Table 1. The environmental characteristics of survey stations in the Dal Stream

Division Stations	Width (m)	Depth (m)	Velocity (m/s)	River type ^a	Substrate size ^b
1	20~40	0.2~1.3	0.1~1.2	B3~B4	4~5
2	30~40	0.2~0.9	0.1~1.3	B4	4~5
3	20~30	0.1~1.0	0.1~1.2	B4	4~5
4	40~70	0.2~1.0	0.1~1.1	B4	3~5
5	40~90	0.1~0.9	0.1~1.4	B3~B4	4~5

^aB3 : meandering river-cobble, B4 : meandering river-gravel.

^b1 (silt) : <0.062 mm, 2 (sand) : 0.062~2.0 mm, 3 (fine gravel) : 2.0~16.0 mm, 4 (coarse gravel) : 16.0~64.0 mm, 5 (cobble) : 64.0~256.0 mm, 6 (boulders) : >256.0 mm.

Table 2. Variations of water quality parameters of survey stations in the Dal Stream

Parameter	1	2	3	4	5
WT (°C)	15.3±9.6 (1.0~27.0)	13.9±9.2 (1.0~24.0)	15.1±8.2 (2.0~25.0)	15.3±8.7 (2.0~26.0)	15.1±9.1 (1.0~27.0)
pH	8.3±0.5 (7.2~9.0)	7.8±0.3 (7.2~8.2)	7.9±0.3 (7.2~8.2)	8.3±0.5 (7.2~9.2)	8.3±0.3 (7.8~8.8)
DO (mg/L)	10.4±2.0 (8.3~15.8)	12.0±2.6 (8.2~16.1)	8.6±1.1 (6.4~9.9)	9.4±2.6 (6.7~16.8)	11.3±2.1 (8.4~14.8)
Turbidity (NTU)	32.9±104.8 (0.2~365.2)	0.5±0.4 (0.1~1.5)	24.3±72.7 (1.8~255.1)	22.3±60.2 (0.8~213.8)	6.7±7.9 (0.8~30.3)
BOD (mg/L)	0.9±0.3 (0.4~1.6)	0.5±0.2 (0.3~0.8)	0.8±0.2 (0.4~1.2)	1.0±0.4 (0.5~1.7)	1.0±0.3 (0.6~1.4)
COD (mg/L)	4.0±4.0 (2.0~16.0)	1.8±0.6 (0.8~2.8)	3.3±2.3 (2.1~10.5)	3.6±2.4 (1.9~10.9)	3.5±0.9 (2.5~5.5)

Values represent the mean value with (minimum~maximum).

NTU로 가장 높은 값을 보였는데 여름철 우기에 일시적으로 증가된 것으로 판단된다. BOD는 St. 4에서 최고값이 1.7 mg/L를 보였으나, 전체 지점에서 평균 1.0 mg/L 이하로 나타났다. COD도 탁도와 비슷한 경향으로 여름철에 증가하였다가 낮아지는 것으로 나타났다(Table 2).

3.2. 어류상

달천에서 채집된 어류는 총 9과 35종 2,089개체였다(Table 3). 과(family)별로는 잉어과(Cyprinidae) 어류가 20종으로 전체 채집된 어종의 57.1%로 가장 많이 출현하였다. 다음으로 미꾸리과(Cobitidae)가 3종(8.6%), 동자개과(Bagridae), 퉁가리과(Amblycipitidae), 꺾지과(Centropomidae), 동사리과(Odontobutidae) 및 망둑어과(Gobiidae)가 각각 2종씩(5.7%), 바다빙어과(Osmeridae)와 검정우럭과(Centrachidae)가 각각

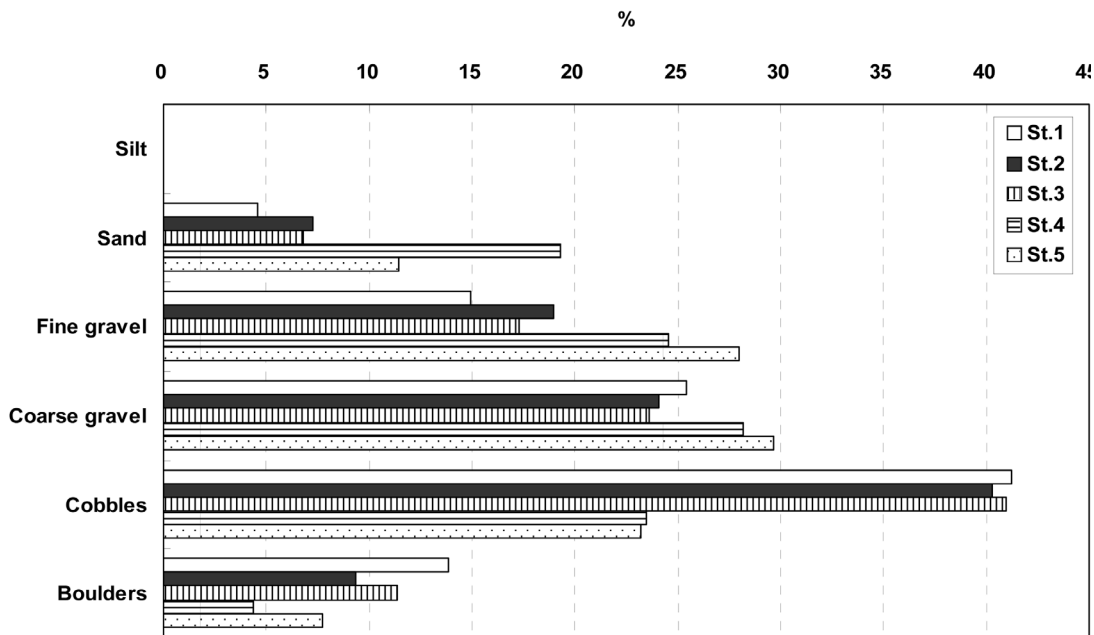


Fig. 2. Comparison of stream bed sizes at each station in the Dal Stream.

Table 3. The list, individual number and biological indices of collected fishes and biological indices of fish community at each station in the Dal Stream

Species	Stations					Total	
	1	2	3	4	5	Number	RA(%)
Cyprinidae							
<i>Acheilognathus lanceolatus</i>	2					2	0,10
° <i>Acheilognathus signifer</i>	4	1			1	6	0,29
° <i>Acheilognathus koreensis</i>			1			1	0,05
° <i>Acheilognathus yamatsutae</i>	10	8	29	23	63	133	6,37
<i>Acheilognathus rhombeus</i>	3		2		3	8	0,38
<i>Pungtungia herzi</i>	39	42	13	22	14	130	6,22
° <i>Pseudopungtungia tenuicorpa</i>	6	12	2			20	0,96
° <i>Coreoleuciscus splendidus</i>	22	82	48	124	99	375	17,95
° <i>Sarcocheilichthys variegatus wakiyae</i>	4	4	14	9	15	46	2,20
<i>Hemibarbus labeo</i>		12	5	3	13	33	1,58
<i>Hemibarbus longirostris</i>	3	5	3	1	1	13	0,62
<i>Pseudogobio esocinus</i>	1	1		3	4	9	0,43
<i>Abbottina rivularis</i>		1	2		4	7	0,34
° <i>Abbottina springeri</i>		4	6	55	13	78	3,73
° <i>Gobiobotia macrocephala</i>			3	2	3	8	0,38
° <i>Microphysogobio yaluensis</i>	4	9		6	13	32	1,53
° <i>Microphysogobio longidorsalis</i>		10	3	25	20	58	2,78
° <i>Zacco koreanus</i>	241	31				272	13,02
<i>Zacco platypus</i>	75	202	82	102	171	632	30,25
<i>Opsariichthys uncirostris amurensis</i>		7	4	2	1	14	0,67
Cobitidae							
<i>Misgurnus anguillicaudatus</i>	1					1	0,05
° <i>Iksookimia koreensis</i>					3	3	0,14
° <i>Koreocobitis rotundicaudata</i>	1	2		3	4	10	0,48
Bagridae							
° <i>Pseudobagrus koreanus</i>				1	1	2	0,10
<i>Leiocassis ussuriensis</i>				1		1	0,05
Amblycipitidae							
° <i>Liobagrus mediodorsalis</i>	1	1	2	9	8	21	1,01
° <i>Liobagrus andersoni</i>				4	1	5	0,24
Osmeridae							
<i>Plecoglossus altivelis</i>					1	1	0,05
Centropomidae							
<i>Siniperca scherzeri</i>					2	2	0,10
° <i>Coreoperca herzi</i>	9	4	2	28	17	60	2,87
Odontobutidae							
° <i>Odontobutis platycephala</i>	1	1	2		2	6	0,29
° <i>Odontobutis interrupta</i>				1	2	3	0,14
Gobiidae							
<i>Rhinogobius giurinus</i>					2	2	0,10
<i>Rhinogobius brunneus</i>		17	58	1	18	94	4,50
Centrarchidae							
* <i>Micropterus salmoides</i>			1			1	0,05
Number of family	5	6	6	7	8	9	
Number of species	18	21	20	21	28	35	
Number of individual	427	456	282	425	499	2089	
Dominance	0,74	0,62	0,50	0,53	0,54	0,48	
Diversity	1,53	1,95	2,12	2,12	2,24	2,34	
Evenness	0,53	0,64	0,71	0,70	0,67	0,66	
Richness	2,81	3,27	3,37	3,30	4,35	4,45	

° : Korea endemic species, ~ : endangered species, * : exotic species RA : relative abundance

1종씩(2.9%)이 출현하였다. 이와 같이 잉어과와 미꾸리과에 속하는 어종이 풍부하게 출현하는 것은 한국의 서해와 남해로 유입되는 하천에서 볼 수 있는 담수어류상의 공통된 특징으로 알려져 있다.²⁵⁾

한국고유종(Korea endemic species)의 출현은 해당 지역의 생물상을 특징짓는 기준으로 서식지의 수환경 상태가 악화되면 종수는 감소한다고 하였다.^{25,26)} 따라서 고유종은 조사지점의 수환경 및 생물서식 특성 등을 파악할 수 있는 기준이 된다. 본 조사에서 확인된 고유종은 줄납자루(*Acheilognathus yamatsutae*), 쉬리(*Coreoleuciscus splendidus*), 참갈겨니(*Zacco koreanus*), 꺾지(*Coreoperca herzi*) 등 19종으로 54.3%를 차지하여 높은 출현율을 보였다. 각 지점별로는 St. 4에서 16종으로 가장 많은 고유종이 확인되었으며, St. 2와 St. 4에서는 13종, St. 1과 St. 3에서는 11종이 출현하였다. 고유종은 하상구조가 다양하고 수질과 자연성이 양호한 하천 종류역 여울에 주로 분포한다.²⁷⁾ 우리나라에 서식하는 담수어류 215종 중 고유종은 61종(28.4%)으로 알려져 있다.²⁸⁾ 본 조사에서 나타난 고유종 출현율은 54.3%로 이전에 31.3%,¹¹⁾ 43.3%¹²⁾ 및 37.9%¹³⁾보다 높은 출현율을 보였다.

환경부에서 지정한 멸종위기야생동물(endangered species)로 묵납자루(*Acheilognathus signifer*), 가는돌고기(*Pseudopungtungia tenuicarpa*) 및 꾸구리(*Gobiobotia macrocephala*) 등 3종이 출현하였다. 묵납자루와 가는돌고기는 한강 및 임진강의 일부 지류에서만 제한 분포하며, 하천생태계의 교란으로 개체수가 감소하여 법적으로 보호하고 있다.²⁹⁾ 꾸구리는 서식지는 광범위하나 여울이 있는 제한된 장소에서만 분포하는 특징을 지니고 있다.³⁰⁾ 본 조사에서 묵납자루는 St. 1, 2, 5에서 6개체가 확인되어 상대풍부도 0.29%를 차지하였다. 가는돌고기는 St. 1~3에서 20개체, 꾸구리는 St. 3~5에서 8개체가 확인되어 상대풍부도가 각각 0.96%와 0.38%로 낮게 나타났다. 제한된 지역에서만 서식하는 3종은 최근 하천 바닥과 수로의 토목공사 및 수질오염 같은 물리·화학적 변화로 인하여 서식지가 감소하고 있다. 따라서 이들 종에 대한 생태적 지위(ecological niche)와 물리적 서식지에 대하여 세심한 연구가 필요하다. 천연기념물(natural monument)은 확인되지 않았으며, 외래어종(exotic species)은 St. 3에서 배스(*Micropterus salmoides*) 1종이 확인되었다.

본 조사에서 채집된 35종 중 개체수 구성비가 가장 높은 종은 피라미(*Zacco platypus*)로 30.3%(632개체)를 차지하여 우점종으로 나타났고, 아우점종은 쉬리로 18.0%(375개체), 다음은 참갈겨니 13.0%(272개체), 줄납자루 6.4%(133개체), 돌고기(*Pungtungia herzi*) 6.2%(130개체) 등의 순으로 나타났다. 또한 개체 구성비가 0.1% 이하로 나타난 희소종에 속하는 종은 칼납자루(*Acheilognathus koreensis*), 미꾸리(*Misgurnus anguillicaudatus*), 대농갱이(*Leiocassis ussuriensis*), 은어(*Plecoglossus altivelis*) 및 배스로 나타났다(Table 3).

본 조사에서 피라미 및 참갈겨니가 우점종으로 나타났

며, 괴산뱀을 중심으로 상류부에서는 참갈겨니가 우점하였으나, 중·하류부에서는 피라미가 우점하는 것으로 나타났다. 하천차수에 따른 피라미는 2차 하천 이하에서는 출현하지 않았으며, 3차 하천부터 서식하며, 2차 하천 이하에서는 산간 계곡으로 피라미보다는 참갈겨니가 우세하게 출현하는 것으로 보고하였다.⁵⁾ 한강수계중 양양남대천에서 참갈겨니와 피라미의 서식지 평가에서 4차 하천까지는 참갈겨니가 우점하고 있으며, 5차 하천에서 두 종이 비슷한 비율로 출현하여 생태적 지위를 차지하기 위한 경쟁관계에 있다고 보고하였다.³¹⁾

3.3. 군집 및 집괴분석

우점도, 다양도, 균등도 및 풍부도 결과는 Table 3과 같다. 우점도는 0.48로 군집안정도에서 양호상태로 나타났다(0.9~1.0: 매우불량, 0.7~0.9: 불량, 0.5~0.7: 다소양호, 0.25~0.5: 양호, <0.25: 매우양호). 이는 특정 어종이 우점하여 출현하지 않고 여러 종류의 어류가 출현하여 나타난 결과로 판단된다. 다양도는 2.34로 다소양호 상태를 보였으며(<1.0: 매우불량, 1.0~2.0: 불량, 2.0~3.0: 다소양호, 3.0~4.0: 양호, >4.0: 매우양호), 균등도와 풍부도는 각각 0.66과 4.45를 나타냈다. 상류로부터 하류로 내려갈수록 어종수가 증가한다고 보고하였다. 본 조사지점에서 이러한 경향은 유사하게 우점도는 St. 1에서 가장 높게 나타났으며, 이와 반대로 다양도, 균등도 및 풍부도는 하류로 갈수록 값이 높아졌다.

집괴분석을 실시한 결과, 상관계수 0.63에서 2개 그룹으로 구분되었다(Fig. 3). 괴산뱀을 기준으로 A그룹(St. 1)은 상류역, B그룹(St. 3~5)은 중류 및 하류역으로 나누어졌다.

3.4. 출현어종의 유속과 수심 범위

멸종위기종인 묵납자루의 평균 유속 및 수심은 각각 0.49 m/s, 0.5 m이며, 가는돌고기는 0.32 m/s, 0.47 m, 꾸구리는 0.43 m/s, 0.34 m로 나타났다(Table 4). 우점종인 피라미는 유속 0.1 m/s 이하부터 1.35 m/s로 광범위하게 출현하였다.

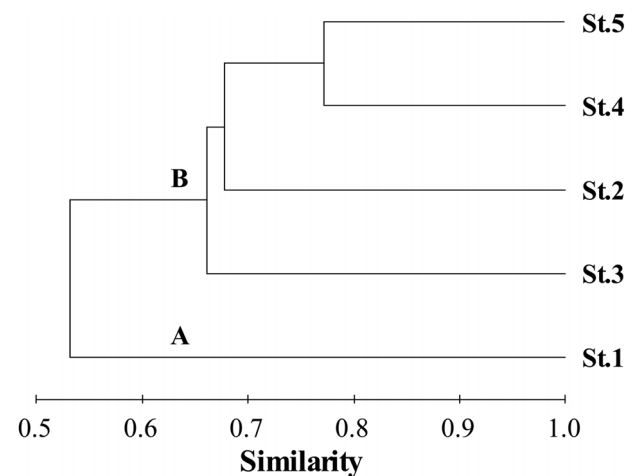


Fig. 3. Dendrogram for the cluster analysis of fish collected at each station in the Dal Stream.

Table 4. Velocity and depth distributions of collected fish species in the Dal Stream

Species	Items	Velocity (m/s)			Depth (m)			Total number
		Min	Max	Avg	Min	Max	Avg	
<i>Acheilognathus lanceolatus</i>		0,33	0,33	0,33	0,30	0,30	0,30	2
<i>Acheilognathus signifer</i>		<0,1	0,88	0,49	0,10	0,90	0,50	6
<i>Acheilognathus koreensis</i>		0,23	0,37	0,30	0,25	0,31	0,28	1
<i>Acheilognathus yamatsutae</i>		0,05	0,05	0,05	0,22	0,22	0,22	33
<i>Acheilognathus rhombeus</i>		<0,1	0,45	0,28	0,22	0,62	0,42	8
<i>Pungtungia herzi</i>		<0,1	1,30	0,70	0,21	0,92	0,56	130
<i>Pseudopungtungia tenuicarpa</i>		<0,1	0,53	0,32	0,26	0,67	0,47	20
<i>Coreoleuciscus splendidus</i>		<0,1	1,32	0,71	0,12	0,72	0,42	375
<i>Sarcocheilichthys variegatus wakiyae</i>		<0,1	1,03	0,56	0,32	1,00	0,66	46
<i>Hemibarbus labeo</i>		<0,1	1,32	0,71	0,27	0,95	0,61	33
<i>Hemibarbus longirostris</i>		<0,1	0,43	0,27	0,28	0,95	0,61	13
<i>Pseudogobio esocinus</i>		<0,1	0,68	0,39	0,21	1,00	0,60	9
<i>Abbottina rivularis</i>		0,36	1,22	0,79	0,13	0,36	0,25	8
<i>Abbottina springeri</i>		<0,1	0,63	0,36	0,14	0,85	0,50	32
<i>Gobiobotia macrocephala</i>		0,12	0,74	0,43	0,28	0,39	0,34	7
<i>Microphysogobio yaluensis</i>		0,10	1,32	0,71	0,18	0,61	0,40	78
<i>Microphysogobio longidorsalis</i>		<0,1	1,35	0,72	0,23	0,92	0,57	58
<i>Zacco koreanus</i>		<0,1	1,23	0,67	0,21	1,20	0,70	272
<i>Zacco platypus</i>		<0,1	1,35	0,72	0,13	1,00	0,56	632
<i>Opsarichthys uncirostris amurensis</i>		<0,1	0,95	0,53	0,30	0,65	0,47	14
<i>Misgurnus anguillicaudatus</i>		0,12	1,04	0,58	0,18	0,55	0,36	3
<i>Iksookimia koreensis</i>		0,21	0,95	0,58	0,21	0,38	0,29	10
<i>Koreocobitis rotundicaudata</i>		0,08	0,08	0,08	0,17	0,17	0,17	1
<i>Pseudobagrus koreanus</i>		0,34	0,47	0,41	0,36	0,37	0,36	2
<i>Leiocassis ussuriensis</i>		0,10	0,10	0,10	0,34	0,34	0,34	1
<i>Liobagrus mediadiposalis</i>		0,21	0,84	0,53	0,30	0,48	0,39	5
<i>Liobagrus andersoni</i>		0,05	0,97	0,51	0,16	0,43	0,29	21
<i>Plecoglossus altivelis</i>		1,04	1,04	1,04	0,55	0,55	0,55	1
<i>Siniperca scherzeri</i>		0,75	1,04	0,90	0,42	0,55	0,48	2
<i>Coreoperca herzi</i>		<0,1	1,15	0,63	0,20	1,30	0,75	60
<i>Odontobutis platycephala</i>		<0,1	0,33	0,22	0,30	0,47	0,39	6
<i>Odontobutis interrupta</i>		<0,1	0,65	0,38	0,15	1,00	0,57	3
<i>Rhinogobius giurinus</i>		<0,1	0,96	0,53	0,13	0,56	0,34	94
<i>Rhinogobius brunneus</i>		0,24	0,46	0,35	0,21	0,56	0,39	2
<i>Micropterus salmoides</i>		<0,1	<0,1	<0,1	0,57	0,57	0,57	1

쉬리는 유속 범위는 피라미와 유사하였으며, 수심은 평균 0.42 m로 나타났다.

3.5. 이전 자료와의 어류상 비교

이전 보고에서 달천에 출현하는 어종은 10과 48종¹¹⁾ 7과 30종¹⁴⁾ 7과 26종¹²⁾ 및 6과 29종¹³⁾으로 모두 10과 51종이 출현하였다(Table 5). 본 조사에서 9과 35종으로 이전 조사보다 적은 종수가 확인되었으나, 이는 조사지점, 지점수, 시기 및 방법 등에 의한 차이로 사료된다. 본 조사에서 처음 출현한 어종은 버들매치(*Abbottina rivularis*), 참갈겨니, 자가사리(*Liobagrus mediadiposalis*), 은어, 갈문망둑(*Rhino-*

gobius giurinus), 배스 등 6종이었다. 한편 과거에는 출현하였으나 본 조사에서 출현하지 않은 어종은 잉어(*Cyprinus carpio*), 붕어(*Carassius auratus*), 흰줄납줄개(*Rhodeus ocellatus*), 줄몰개(*Gnathopogon strigatus*), 어름치(*Hemibarbus mylodon*), 종개(*Orthrias toni*), 점줄종개(*Cobitis lutheri*), 미유기(*Silurus microdorsalis*), 동자개(*Pseudobagrus fulvidraco*) 및 버들붕어(*Macropodus ocellatus*) 등 21종이었다. 갈겨니는 분류 방법의 변화에 따라 참갈겨니로 간주하였다. 이전 보고와 비교할 때 많은 종이 감소하였음을 추측할 수 있었으며, 본 조사에서는 출현하지 않았으나 세밀한 조사를 한다면 대부분의 종들은 출현가능성이 있는 종들이라 사료된다.

Table 5. Reference comparison of the fish fauna in the Dal Stream

Species	Son ¹¹⁾ (1991)	Gen ¹⁴⁾ (1998)	Chae and Yoon ¹²⁾ (2001)	Choi and Jung ¹³⁾ (2001)	Current survey
Cyprinidae					
<i>Cyprinus carpio</i>	●			●	
<i>Carassius auratus</i>	●	●			
<i>Rhodeus ocellatus</i>		●			
<i>Rhodeus suigensis</i>	●	●			
<i>Acheilognathus lanceolatus</i>	●	●	●	●	●
<i>Acheilognathus signifer</i>	●	●	●	●	●
<i>Acheilognathus koreensis</i>				●	●
<i>Acheilognathus yamatsutae</i>	●	●	●	●	●
<i>Acheilognathus rhombeus</i>	●	●	●	●	●
<i>Acanthorhodeus gracilis</i>	●			●	
<i>Pseudorasbora parva</i>	●	●			
<i>Pungtungia herzi</i>	●	●	●	●	●
<i>Pseudopungtungia tenuicorpa</i>	●		●		●
<i>Coreoleuciscus splendidus</i>	●	●	●	●	●
<i>Sarcocheilichthys variegatus wakiyae</i>	●	●	●	●	●
<i>Sarcocheilichthys nigripinnis morii</i>	●			●	
<i>Gnathopogon strigatus</i>	●			●	
<i>Squalidus gracilis majimae</i>	●	●	●	●	
<i>Hemibarbus labeo</i>		●			●
<i>Hemibarbus longirostris</i>	●	●	●	●	●
<i>Hemibarbus mylodon</i>	●				
<i>Pseudogobio esocinus</i>	●	●	●	●	●
<i>Abbottina rivularis</i>					●
<i>Abbottina springeri</i>	●				●
<i>Gobiobotia macrocephala</i>	●				●
<i>Gobiobotia brevisbarba</i>	●	●		●	
<i>Microphysogobio yaluensis</i>	●	●	●	●	●
<i>Microphysogobio longidorsalis</i>	●		●		●
<i>Rhynchocypris oxycephalus</i>	●			●	
<i>Aphyocypris chinensis</i>	●				
<i>Zacco temminckii</i>	●	●	●	●	
<i>Zacco koreanus</i>					●
<i>Zacco platypus</i>	●	●	●	●	●
<i>Opsariichthys uncirostris amurensis</i>	●	●	●	●	●
Balitoridae					
<i>Orthrias toni</i>	●				
<i>Lefua costata</i>	●				
Cobitidae					
<i>Misgurnus anguillicaudatus</i>	●	●	●		●
<i>Misgurnus mizolepis</i>	●				
<i>Iksookimia koreensis</i>	●	●	●	●	●
<i>Koreocobitis rotundicaudata</i>	●	●	●	●	●
<i>Cobitis lutheri</i>	●	●	●	●	
Siluridae					
<i>Silurus asotus</i>	●		●		
<i>Silurus microdorsalis</i>	●			●	
Bagridae					
<i>Pseudobagrus fulvidraco</i>	●				
<i>Pseudobagrus koreanus</i>	●	●	●		●
<i>Leiocassis ussuriensis</i>	●				●
Amblycipitidae					
<i>Liobagrus mediadiposalis</i>					●
<i>Liobagrus andersoni</i>	●	●	●		●
Osmeridae					
<i>Plecoglossus altivelis</i>					●
Centropomidae					
<i>Siniperca scherzeri</i>	●			●	●
<i>Coreoperca herzi</i>	●	●	●	●	●
Odontobutidae					
<i>Odontobutis platycephala</i>	●	●	●	●	●
<i>Odontobutis interrupta</i>	●	●	●		●
Gobiidae					
<i>Rhinogobius giurinus</i>					●
<i>Rhinogobius brunneus</i>		●		●	●
Belontiidae					
<i>Macropodus ocellatus</i>	●				
Centrarchidae					
<i>Micropterus salmoides</i>					●
Number of species	10	7	7	6	9
Number of individual	48	30	26	29	35

4. 결론

2008년 9월부터 2009년 11월까지 달천의 5개 지점에서 어류상, 군집 및 물리적 서식지를 조사한 연구결과를 종합 요약하면 아래와 같다.

1) 한국고유종 19종(전체 35종)과 멸종위기종 3종이 확인되었다. 고유종 및 멸종위기종은 하상구조가 다양하고 수질과 자연성이 양호한 하천에서 주로 나타나는 것으로 볼 때 달천은 아직까지 이러한 환경조건을 유지하고 있는 것으로 판단된다.

2) 생물 다양도 및 집괴분석으로 판단할 때 달천수계는 양호상태를 나타내었다.

3) 아직까지 좋은 환경을 유지하고 있으나, 이전 어류조사 자료와 비교하였을 때, 출현하지 않은 종이 일부 있어 이에 대한 세심한 조사연구가 필요하다.

4) 우리나라 대부분 상류 하천은 여울과 우수역이 반복되면서 이어지는 형태를 보여주고 있으나, 하천사업 등으로 서식지 다양성이 계속 감소되고 있는 추세로 볼 때, 어류에 대한 생물 다양성을 유지하고 생태적 하천 복원을 위해서는 각 어종에 대한 물리 서식 조건을 자세하게 파악하여 서식지 조성에 필요한 노력을 해야 할 것이다.

KSEE

참고문헌

1. Rutherford, D. A., Echelle, A. A. and Maughan, O. E., "Changes in the fauna of the little river drainage, south-eastern Oklahoma, 1948-1955 to 1981-1982: Test of the Hypothesis of environmental degradation. Community and evolutionary ecology of north American stream fishes," Univ. of Oklahoma, pp. 17(1987).
2. 이광열, 장영수, 최재석, "평창강의 어류상 및 법적보호종의 서식 실태," 한국환경생태학회지, **20**(3), 331~339(2006).
3. Arthington, A. H., Bunn, S. E., Poff, N. L. and Naiman, R. J., "The challenges of providing environmental flow rules to sustain river ecosystem," *Ecol. Appl.*, **16**, 1311~1318 (2006).
4. 허준옥, 김정곤, "용담댐 하류의 하천 건강성 평가 및 어류 서식처를 고려한 최적유량 산정," 한국수자원학회지, **42**(6), 481~491(2009).
5. 허준옥, 박상영, 강신욱, 김정곤, "하천차수에 따른 금강수계 피라미(*Zacco platypus*)의 물리적 서식지 평가," 환경생물, **27**, 397~405(2009a).
6. 허준옥, 박진우, 강신욱, 김정곤, "금강유역의 어류상과 서식지 적합도 지수 산정," 한국환경생태학회지, **23**(6), 516~527(2009b).
7. Bunn, S. E. and Arthington, A. H., "Basic principles and

- ecological consequences of altered flow regimes for aquatic biodiversity," *Environ. Manage.*, **30**, 492~507(2002).
8. Ward, J. V., Tockner, K. and Schiemer, F., "Biodiversity of floodplain ecosystem; Ecotones and connectivity," *Res. Manage.*, **15**, 125~139(1999).
9. Hur, J. W., Park, J. W. and Kim, J., "Physical habitat assessment of Microphysogobio longidorsalis in the Han River Basin," *J. Hydrol. Environ.*, **5**(1), 49~56(2009).
10. 허준옥, 서진원, "한강의 대표적 하천에 서식하는 참갈겨니 (*Zacco koreanus*)의 물리적 서식조건에 관한 연구," 환경영향평가, **20**(2), 207~215(2011).
11. 손영목, "충청북도산 담수어류," 서원대학교 기초과학연구논총, **5**, 1~38(1991).
12. 채병수, 윤희남, "괴산 좌구산 일대의 담수어류, 제2차 전국 자연환경조사 보고서," 환경부, 105~136(2001).
13. 최신석, 정승현, "보은·상주, 속리산 일대의 담수어류, 제2차 전국 자연환경조사 보고서," 환경부, 373~432(2001).
14. 건설교통부 서울지방국토관리청, "한강수계 하천수 사용실태 조사 및 하천유지유량 산정 보고서," 건설교통부 서울지방국토관리청, p. 752(1998).
15. 우효섭, "하천수리학," 청문각, pp. 362~363(2001).
16. Wentworth, C. K., "A scale of grade and class terms for clastic sediments," *J. Geol.*, **30**, 377~392(1922).
17. Rosgen, D. L., "A classification of natural rivers," *Catena*, **22**, 169~199(1991).
18. 허준옥, 김정곤, "생태유량 산정을 위한 어류모니터링 및 적용사례," 물과 미래, **44**, 82~86(2011).
19. 김익수, 박종영, "한국의 민물고기," 교학사, p. 466(2002).
20. Nelson, J. S., "Fishes of the world," John Wiley and Sons, New York, pp. 600(1994).
21. Simpson, E. H., "Measurement of diversity," *Nature*, **163**, p. 688(1949).
22. Pielou, E. C., "Ecological Diversity," Wiley, New York, p. 165(1975).
23. Margalef, R., "Perspectives in Ecological Theory," *Chicago*, p. 111(1968).
24. Ludwig, J. A. and Reynolds, J. F., "Statistical ecology-A primer on methods and computing," John Wiley and Sons, New York, p. 337(1988).
25. 진상린, "한국산 담수어의 분포에 관하여," 중앙대학교 박사학위 논문, p. 91(1980).
26. 최준길, 변화근, 석형근, "원주천의 어류군집 동태," 한국하천호수학회지, **33**(3), 274~281(2000).
27. 최준길, 변화근, "광릉수목원의 어류상 및 어류군집," 한국하천호수학회지, **42**(2), 145~152(2009).
28. 손영목, 송호복, "금강의 민물고기," 지성사, p. 239(2006).
29. 김익수, 최윤, 이충렬, 이용주, 김병직, 김지현, "원색 한국어류대도감," 교학사, p. 613(2005).
30. 김치홍, 이완욱, 홍관의, 이철호, 김종화, "양양 남대천의 어류상과 어류군집," 한국어류학회지, **18**(2), 112~118(2006).
31. 최재석, 김재구, "홍천강의 어류상과 어류군집," 환경생물학회지, **18**(3), 446~455(2004).