

무심천 어류군집과 하천건강성 평가¹⁾

변화근²⁾

서원대학교 생물교육과

서론

생태계란 생물과 그것을 둘러싸고 있는 무생물이 하나의 조직체로서 서로 유기적인 연결을 형성하고 있는 것이다. 태양, 공기, 물, 흙 등 무생물적인 요소와 생물요소에는 생산자, 소비자, 분해자가 있다. 생태계를 기능면에서 보면 태양으로부터 오는 빛에너지는 생산자를 통하여 화학에너지로 전환되고, 이 에너지는 소비자, 분해자로 흐르게 된다. 이러한 에너지 흐름이 없으면 생물이 생명활동을 할 수 없다. 그 뿐 아니라 생물이 살아가려면 많은 물질을 필요로 하게 된다. 물, 염분, 산소, 이산화탄소, 철분 등은 모든 생물이 필요로 하는 물질이다. 이런 물질들은 끊임없이 순환하게 된다. 따라서 생태계는 정적인 것이 아니라 동적인 것이다. 어느 한 순간도 정체되는 일이 없고 끊임없이 변화한다. 하천은 유수역으로 물이 흐르며, 물속에는 산소나 이산화탄소가 녹아 있고, 바닥에는 돌, 자갈, 모래, 펄 등이 지역에 따라 구성비를 달리하며 분포한다. 하천에 있어 생산자로서는 수생식물인 수초와 수변식물, 남조류, 녹조류, 규조류(돌말) 등으로 구성된 부착조류 및 부유성 식물플랑크톤 등이 있다. 저차 소비자로는 동물플랑크톤, 수서곤충, 민물조개 등이 있고, 고차소비자로서는 어류가 있다. 분해자로서는 물곰팡이, 수중 박테리아 등이 있다. 에너지는 먹이 연쇄를 통하여 흐르고 있으며, 그 곳에 살고 있는 생물들이 필요로 하는 물질들은 끊임없이 순환한다. 이와 같은 구조와 기능이 하천은 하나의 생태계로 이루어져 있다. 그러나 하천 생태계는 일반적으로 안정성과 생산성이 약한 것이 특징이다. 어류는 전반적으로 먹이연쇄에 있어 고차 소비자에 속하지만, 종에 따라 다양한 영양단계를 이루고 있다. 따라서 어류가 차지하는 생태학적 지위는 종에 따라 다양하다. 하천에 있어 각 어종은 필요한 물리적인 공간, 영양단계, 다양한 환경 요인의 적정범위 등을 서로 달리하고 있다. 그러므로 하천에서 이루어지는 건강성 조사의 경우, 하천의 위치와 서식 어종, 어종별 생태적 특징, 건강

1) The Fish Community and Stream Health Assessment in the Musim stream, Korea

2) BYEON, Hwa Keun, Dept. of Biology Education, Seowon University, E-mail: cottus@seowon.ac.kr

상태 등에 대한 생태적 위치를 검토하여 이를 분석하는 형태로 이루어진다. 본 조사는 무심천에 있어 안정적인 어류군집과 하천건강성을 높이기 위해서는 훼손된 도심 구간을 어떻게 복원하고 관리해야 하는지에 대한 기초 자료를 제고하고자 한다.

조사 방법

1. 수환경 분석

수질측정기(YSI 556 MPS)를 이용하여 DO, 수온, pH, 전기전도도 등을 측정하였다. 평균 유폭(수면폭), 평균 수심, 하상구조, 하안상태 등을 조사하였으며, 유폭과 수심은 줄자로 측정하였고, 하상구조는 Cummins(1962)에 의거하여 현장에서 육안으로 관찰하였다.

2. 어류 채집 및 동정

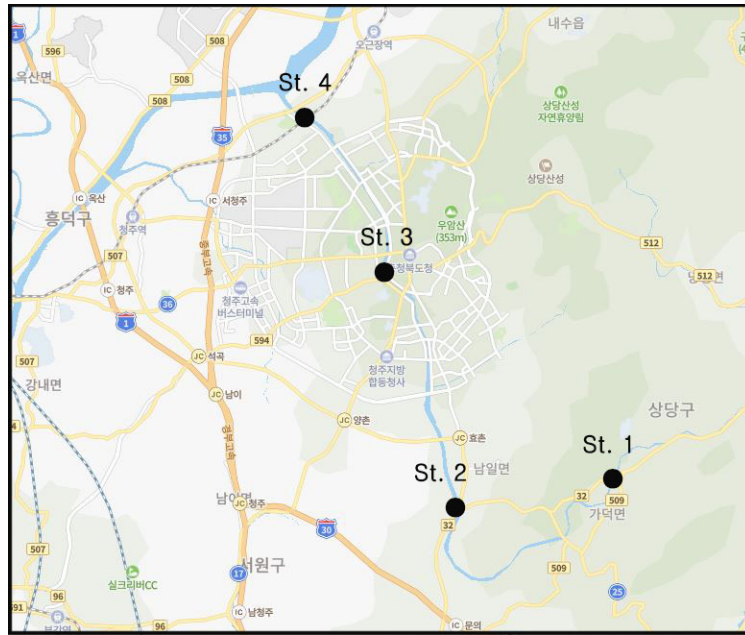
채집은 투망(망목 7mm×7mm)과 족대(망목 5mm×5mm)를 사용하였으며, 채집된 표본들은 현장에서 측정 후 즉시 방류하였다. 채집한 어류의 동정과 분류체계는 Uchida(1939), Chyung(1977), Kim(1997), Choi *et al.*(2002), Kim *et al.*(2005) 등의 검색표를 참고하였고, 분류체계는 Nelson(2006)을 따랐다.

3. 군집 분석

각 조사 지점별 어류군집 분석은 우점도, 종다양성지수, 균등도, 종풍부도, 개체수 계수, 우점종, 어종별 생태적 특성 분석 등을 분석하였다. 각 조사 지점의 어류 군집을 분석하기 위해 우점도 지수(McNaughton, 1967), 종다양성 지수(Margalef, 1958), 균등도(Pielou, 1966), 종풍부도(Margalef, 1958) 등을 산출하였다. 우점도는 각 조사지점별로 개체수 현존량에 의거하여 2종씩을 선정하며, 지수의 산출방법은 McNaughton's dominance index(DI)에 의거하여 실시하였다(McNaughton, 1967).

4. 하천 건강성 평가를 위해 메트릭 작성

각 조사 지점에서 출현한 어종의 생태적 특성과 하천건강성 평가는 환경부 수생태 건강성 조사 및 평가(Me, 2017)의 어류평가지수(Fish assessment index, FAI)에 따랐다.



〈그림 1〉 Map showing the sampling station in the Musim stream

5. 조사 지점 및 현장 조사 시기

무심천에서 상류, 중류, 하류는 구분하여 총 4개 지점에서 조사를 실시하였다(그림 1). 1차 조사는 장마가 시작되기 전인 2020년 6월 12일, 2차 조사는 2020년 9월 14일에 실시하였다.

- 지점 1 : 청원군 가덕면 시동리 문주교(무심천 상류)
- 지점 2 : 청원군 남일면 고은리 고은교(무심천 중류)
- 지점 3 : 청주시 흥덕구 모충동 청남교(무심천 중·하류)
- 지점 4 : 청주시 흥덕구 문암동 문암철교(무심천 하류)

결과 및 고찰

1. 각 조사지점의 수환경

본 조사에서 측정 또는 관찰된 각 조사 지점에서 어류의 서식환경은 (표 1)과 같다. 이 중에서 수심, 유속 등은 강우량에 따라 크게 변화하므로 각 조사 수역의 상대적 비교의 의미가 더 크며, 현장

수환경 조사는 2020년 6월 12일에 실시하였다. 지점 1(청원군 가덕면 시동리 문주교)은 무심천 상류로 하폭은 20~30m, 유폭은 7~10m로 좁았다. 유속이 매우 빠른 급여울이 광범위하게 분포하였

〈표 1〉 Stream structures of the surveyed stations

조사지점 / 특성	조사지 개황 (서식지 특성)	하상구조	조사지 사진
지점 1 청원군 가덕면 시동리 문주교 (무심천 상류)	급여울이 광범위하게 분포하였고, 수심이 1m 내외인 소형 소가 분포. 하도와 하상의 자연성은 비교적 양호한 상태를 유지하고 있었음.	작은 돌, 조약돌, 자갈, 모래 = 4 : 4 : 2 : 1 (하상 구조 다양)	
지점 2 청원군 남일면 고은리 고은교 (무심천 중류)	유속이 느린 평여울이 광범위하게 분포하였으며, 농업용보가 위치해 있었음. 최근에 하천 정비가 이루어진 상태이며, 수변부는 달뿌리풀, 줄고마리 등의 군락이 다량 생육하고 있었음.	자갈, 모래 = 3 : 7	
지점 3 청주시 흥덕구 모충동 청남교 (무심천 중·하류역)	유속이 빠른 급여울이 광범위하게 분포하였고, 자연형 하천으로 복원공사가 이루어졌음. 수변부에는 자전거 도로, 산책로, 하상 도로가 위치해 있는 도심형 하천.	작은 돌, 조약돌, 자갈, 모래 = 1 : 3 : 6	
지점 4 청주시 흥덕구 문암동 문암철교 (무심천 하류)	유폭이 다소 넓었고 수심이 얇았으며, 유속이 느린 평여울이 광범위하게 분포. 최근에 하천 정비 공사가 이루어진 상태이며 미호천과 합류되는 수역.	자갈, 모래 = 4 : 6	

고, 부분별로 수심 1m 내외의 소가 위치하였다. 수심은 10~20cm이었고, 하상구조는 작은 돌, 조약돌, 자갈, 모래 등이 3 : 4 : 2 : 1 로 조약돌이 풍부하였다. 수변부는 달뿌리풀 군락이 다량 생육하고 있었고, 콘크리트제방이 형성되어 있었으며, 주변지역에는 농경지가 분포하였다. 지점 2(청원군 남일면 고은리 고은교)는 무심천 중류로 하폭은 60~80m, 유향은 20~40m다. 유속이 느린 평율이 광범위하게 분포하였으며, 수심은 50~120cm로 다소 깊었다. 농업용 보가 위치하여 정체된 수역이 분포하였으며, 하상구조는 자갈과 모래가 3 : 7로 모래가 풍부하였다. 수변부는 달뿌리풀, 줄, 고마리 등의 군락이 다량 생육하고 있었다. 돌망태 제방이 형성되어 있었으며, 주변지역은 농경지가 인접하여 있었다. 지점 3(청주시 흥덕구 모충동 청남교)은 무심천 중·하류역으로 하폭은 80~90m, 유향은 50~80m로 넓었다. 유속이 빠른 여울이 광범위하게 분포하였고, 수심은 30~50cm로 얇으며 하상구조는 조약돌, 자갈, 모래가 1 : 3 : 6으로 자갈이 풍부하였다. 수변부는 달뿌리풀 군락이 다량 생육하고 있었고, 하상도로, 자전거도로, 산책로 등이 개설되어 있었으며, 자연형 하천으로 하천 복원공사가 이루어진 상태이었다. 주변지역은 도심지와 도로가 인접하여 있었다. 지점 4(청주시 흥덕구 문암동 문암철교)는 무심천 하류로 하폭은 120~150m, 유향은 80~100m로 넓었다. 유속이 느린 평여울이 광범위하게 분포하였고, 수심은 20~50cm로 얇고 하상구조는 자갈과 모래가 4 : 6으로 모래가 풍부하였다. 수변부는 고마리, 환삼덩굴, 갈대 등의 군락이 다량 생육하고 있었다. 주변지역은 농경지와 인접하여 있었고, 미호천과 합류되는 수역이다. 부분별로 하도를 정비한 부분이 있었으며, 하도와 하상의 자연성은 비교적 양호하였다.

본 조사에서 6월과 9월에 수질을 측정된 결과는 (표 2)와 같다. 수온은 6월 조사 시 21.6℃(St. 4)에서 25.0℃(St. 1)로 상류에서 높았고 하류역에서 낮았다. 이는 상류역에 수량이 적고 하도가 태양 직사 광선에 노출되어 있어 기온이 상승할 경우 수량이 상대적으로 풍부한 하류역보다 빠르게 상승하기 때문인 것으로 생각된다. 9월 조사 시 22.4℃(St. 1)에서 19.6℃(St. 4)로 6월 조사 시와 같은 경향을 나타내었다. 전기전도도는 조사 시기에 따른 큰 차이는 없었으며, 584 μ s/cm로 St. 2에서 6월 조사 시 중류인 고은리(St. 2)에서 가장 높았고, 상류인 시동리(St. 1)에서 9월 조사 시 305 μ s/cm로 가장 낮았다. 전반적으로 전기전도도 값이 높게 나타났는데 무심천은 전역에 걸쳐 수질이 양호하지 않은 것으로 판단된다. 고은리에서 6월 조사 시 전기전도 값이 매우 높게 나타났는데, 이는 주변의 농경지와 생활하수가 유입되었기 때문인 것으로 판단된다. 용존산소(DO)는 7.1~9.2mg/L로 대부분의 어류가 서식하기에 적합한 상태를 유지하고 있었다. 수소이온 농도(pH)는 7.5~8.3으로 어류가 서식하기에 적합한 상태를 유지하고 있었다.

〈표 2〉 Chemical water quality in Musim stream

Stations	Water temperature(°C)	Conductivity (µs/cm)	DO (mg/L)	pH
1st survey				
1	25.0	340	8.1	7.6
2	24.9	584	7.4	7.8
3	23.1	324	7.1	8.2
4	21.6	328	7.5	7.6
2nd survey				
1	22.4	305	7.2	8.3
2	21.9	365	8.1	7.5
3	20.4	404	9.2	7.6
4	19.6	417	8.7	7.7

2. 어류상

각 조사 지점에서 출현한 어종은 2020년 6월 조사 시 6과 27종 699개체, 2020년 조사 시 26종 997개가 출현하였다. 조사 기간 동안 출현한 어종은 총 6과 30종 1,696개체다(표 3). 출현한 어종 중 법적보호종인 천연기념물과 환경부 지정 멸종위기야생동·식물에 속하는 종은 없었다. 국외에서 도입된 외래종이며, 생태계 교란 야생동·식물에 속하는 종은 *Micropterus salmoides*(배스)와 *Lepomis macrochirus*(블루길) 2종이 출현하였다. *M. salmoides*(배스)는 무심천 중류인 고은리(St. 2)에서 7개체, 하류로 미호천과 합류되는 문암동(St. 4)에서 치어 1개가 출현하여 전체 출현개체수의 0.5%를 차지하였고, *L. macrochirus*(블루길)은 무심천 중·하류인 모충동(St. 3)에서 1개체가 출현하여 전체 출현개체수의 0.06%를 차지하였다. 이들 외래종은 분포역이 매우 제한적이었고, 출현한 개체가 매우 적었다. 이는 미호천에 서식하던 치어가 일부 유입된 것으로 판단되며, 무심천 토착 어류군집에 미치는 악영향은 매우 미미한 것으로 판단된다.

3. 한국고유종

출현한 어종 중 한국고유종(한국특산종)에 속하는 종은 *Sarcocheilichthys nigripinnis morii*(중고기), *Sarcocheilichthys variegatus wakiyae*(참중고기), *Squalidus japonicus coreanus*(물개), *Squalidus gracilis majimae*(긴물개), *Abbottina springeri*(왜매치), *Microphysogobio*

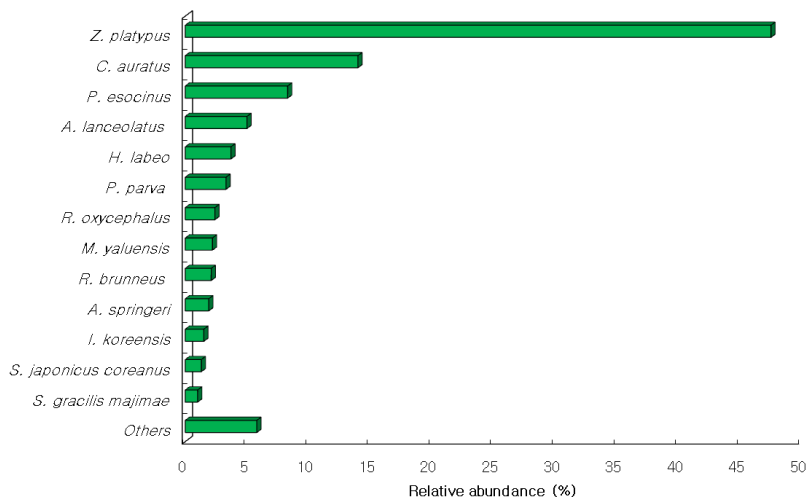
yaluensis(돌마자), *Iksookimia koreensis*(참종개), *Pseudobagrus koreanus*(눈동자개), *Odontobutis interrupta*(얼룩동사리) 등 8종으로 고유화 빈도가 30.0% 였다.

4. 어류상 과별 구성종

과별 분포종을 살펴보면 잉어과(Cyprinidae)에 속하는 종이 21종(70.0%)으로 가장 풍부하였고, 그 다음으로 미꾸리과(Cobitidae) 3종(10.0%)이었으며, 검정우럭과(Centrarchidae)와 망둑어과(Gobiidae)에 속하는 종이 각각 2종씩(6.7%) 출현하였다. 동자개과와 동사리과 등에 속하는 종이 각각 1종(3.3%)씩 출현하였다. Cyprinidae에 속하는 종이 가장 풍부하였는데, 이는 금강수계의 담수어 특징의 일반적인 현상이다.

5. 종별 개체수 구성비

출현한 1,696개체의 종별 개체수 구성비에서 *Zacco platypus*(피라미, 47.5%), *Carassius auratus*(붕어, 14.0%), *Pseudogobio esocinus*(모래무지, 8.3%), *Acheilognathus lanceolatus*(납자루, 5.0%) 등이 풍부하였다(그림 2). 이 어종들이 무심천에 서식하는 대표적인 표징종으로 판단된다. 모래무지, 피라미, 밀어 등은 무심천 전역에 걸쳐 풍부하게 분포하였고, 붕어, 납자루, 누치는 상류역을 제외한 수역에서 풍부하게 서식하고 있었다. 반면 개체수 구성비



〈그림 2〉 The relative abundance of fishes collected at each survey station

가 1.0% 이하의 희소종에 속하는 어종은 *Cyprinus carpio*(잉어), *Rhodeus notatus*(떡납줄갱이), *Acheilognathus rhombeus*(납지리), *Hemibarbus longirostris*(참마자), *S. nigripinnis morii*(중고기), *S. variegatus wakiyae*(참중고기), *Pungtungia herzi*(돌고기), *Gnathopogon strigatus*(줄물개), *Abbottina rivularis*(버들매치), *Opsariichthys uncirostris amurensis*(끄리), *Misgurnus anguillicaudatus*(미꾸리), *Cobitis lutheri*(점줄종개), *Pseudobagrus koreanus*(눈동자개), *L. macrochirus*(블루길), *M. salmoides*(배스), *O. interrupta*(얼룩동사리), *Tridentiger brevispinis*(민물검정망둑) 등이었다.

〈표 3〉 Fish fauna and the various guilds in Musim stream

Species	Sampling stations				Type of fish guild		
	1	2	3	4	Tolerance guild	Trophic guild	Habitat guild
Cyprinidae(잉어과)							
<i>Cyprinus carpio</i> (잉어)		2		3	TS	O	
<i>Carassius auratus</i> (붕어)		54	57	127	TS	O	
<i>Rhodeus notatus</i> (떡납줄갱이)				1	IS	O	
<i>Acheilognathus lanceolatus</i> (납자루)		20	39	25	IS	O	
<i>Acheilognathus rhombeus</i> (납지리)		5	2	2	IS	O	
<i>Pseudorasbora parva</i> (참붕어)		2	3	51	TS	O	
<i>Hemibarbus labeo</i> (누치)			21	41	TS	I	
<i>Hemibarbus longirostris</i> (참마자)		1	7	6	IS	I	
* <i>Sarcocheilichthys nigripinnis morii</i> (중고기)			5		IS	I	
* <i>Sarcocheilichthys variegatus wakiyae</i> (참중고기)				1	IS	I	
<i>Pungtungia herzi</i> (돌고기)			5		IS	I	
<i>Gnathopogon strigatus</i> (줄물개)			6	1	IS	I	
* <i>Squalidus japonicus coreanus</i> (물개)				21	TS	O	
* <i>Squalidus gracilis majimae</i> (긴물개)	11			6	SS	I	
<i>Pseudogobio esocinus</i> (모래무지)	8	21	45	66	IS	I	
<i>Abbottina rivularis</i> (버들매치)				1	TS	O	
* <i>Abbottina springeri</i> (왜매치)				32	TS	O	

〈표 3〉 계속

Species	Sampling stations				Type of fish guild		
	1	2	3	4	Tolerance guild	Trophic guild	Habitat guild
* <i>Microphysogobio yaluensis</i> (돌마자)	17	21			IS	O	RB
<i>Rhynchocypris oxycephalus</i> (버들치)	41				SS	I	
<i>Zacco platypus</i> (피라미)	94	215	194	303	TS	O	
<i>Opsariichthys uncirostris amurensis</i> (끄리)			2	10	TS	C	
Cobitidae(미꾸리과)							
<i>Misgurnus anguillicaudatus</i> (미꾸리)	4				TS	O	
<i>Cobitis lutheri</i> (점줄종개)		1			IS	I	
* <i>Iksookimia koreensis</i> (참종개)	26				IS	I	RB
Bagridae(동자개과)							
* <i>Pseudobagrus koreanus</i> (눈동자개)			7		SS	I	RB
Centrarchidae(검정우럭과)							
† <i>Lepomis macrochirus</i> (블루길)			1		TS	I	
† <i>Micropterus salmoides</i> (배스)		7		1	TS	C	
Odontobutidae(동사리과)							
* <i>Odontobutis interrupta</i> (얼룩동사리)	8				IS	C	
Gobiidae(망둥어과)							
<i>Rhinogobius brunneus</i> (밀어)	3	18	7	8	IS	I	RB
<i>Tridentiger brevispinis</i> (민물검정망둑)			9	1	IS	I	RB
Total number of family	4	4	4	3			
Total number of species	9	12	16	20			
Total number of individual	212	367	140	707			

SS : Sensitive species, IS : Intermediate species, TS : Tolerent species, O : omnivore, I : Insectivore, C : Carnivore, RB : Riffle-benthic species, * : Endemic species, † : Exotic species.

6. 우점종

각 조사 지점별 우점종과 아우점종을 조사한 결과(표 4), 전 조사 지점에서 *Z. platypus*가 우점종이었다. *Z. platypus*는 각 조사 지점에서 매우 높은 우점율을 나타내었는데, 이는 무심천 전역에 걸쳐 인위적인 간섭에 의한 수환경 변화에 본 종이 잘 적응한 결과로 판단된다. 아우점종으로 출현한 어종은 무심천 상류인 St. 1에서는 *I. koreensis*가 아우점종이었는데, 이는 하상 여울부에 모래로 형

〈표 4〉 Dominant and sub-dominant species each surveyed stations

Stations	Dominant species (%)		Sub-dominant species (%)	
1	<i>Zacco platypus</i>	44.3	<i>Iksookimia koreensis</i>	12.3
2	<i>Zacco platypus</i>	58.6	<i>Carassius auratus</i>	14.7
3	<i>Zacco platypus</i>	47.3	<i>Carassius auratus</i>	13.9
4	<i>Zacco platypus</i>	42.9	<i>Carassius auratus</i>	18.0

성된 수역이 광범위하게 분포하고 있었기 때문이다. 중류에서 하류에 이르는 수역에서는 *C. auratus* 가 아우점종이었다. 이는 수질이 다소 악화되었고 유속이 느린 정체된 수역이 광범위하게 분포하였기 때문이다.

7. 군집분석

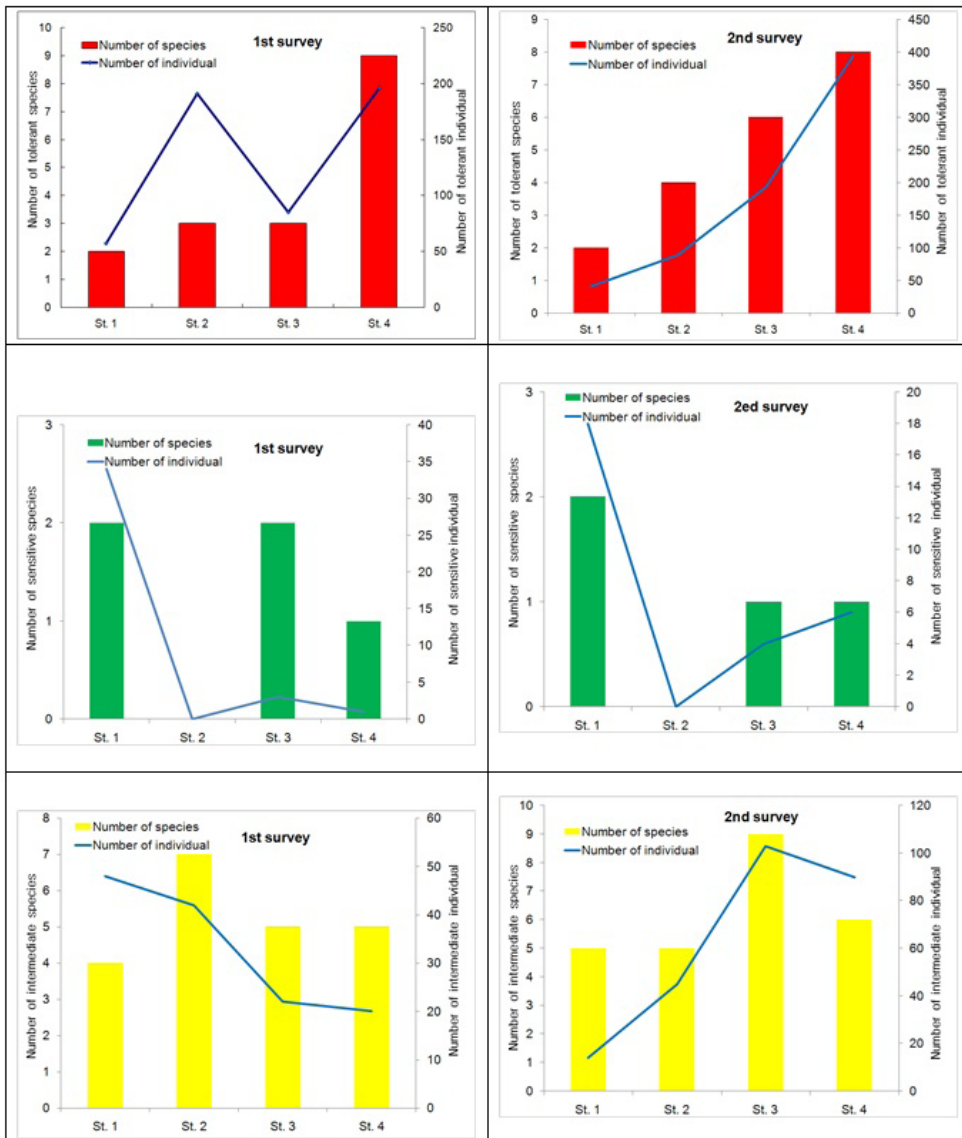
각 조사 지점에 대한 어류의 군집 분석은 조사 기간 동안 채집된 결과를 종합하여 산정하였고, 우점도지수, 종다양성, 균등도, 종풍부도 등에 관한 조사 결과는 개체수를 기준으로 하였다(표 5). 우점도 지수는 0.57(St. 1)에서 0.73(St. 2)으로 전 조사 지점에서 높았다. 이는 조사 수역에서 일부 종의 개체수가 다량으로 출현하였고, 그 외의 종은 출현 개체수가 매우 빈약하였기 때문이다. 종다양도 지수는 1.45(St. 2)에서 1.89(St. 4)로 하류역에서 종다양도 지수가 다소 높았는데, 이는 미소환경이 상류에 비해 다양하여 출현종이 많았기 때문이다. 균등도지수는 0.58(St. 2)에서 0.76(St. 1)으로 나타났다며, 종풍부도는 St. 1에서 1.49로 가장 낮았고, St. 4에서 2.89로 하류에 위치한 지점에서 출현종이 풍부하여 종풍부도가 높았다.

〈표 5〉 Community analysis, based on the species diversity index(H'), species richness index(RI), evenness index(E'), and dominance index(DI) in Musim stream

Stations	H'	RI	E'	DI
1	1.67	1.49	0.76	0.57
2	1.45	1.86	0.58	0.73
3	1.81	2.49	0.65	0.61
4	1.89	2.89	0.63	0.61

8. 어종별 수질에 대한 내성도 및 섭식특성 분석

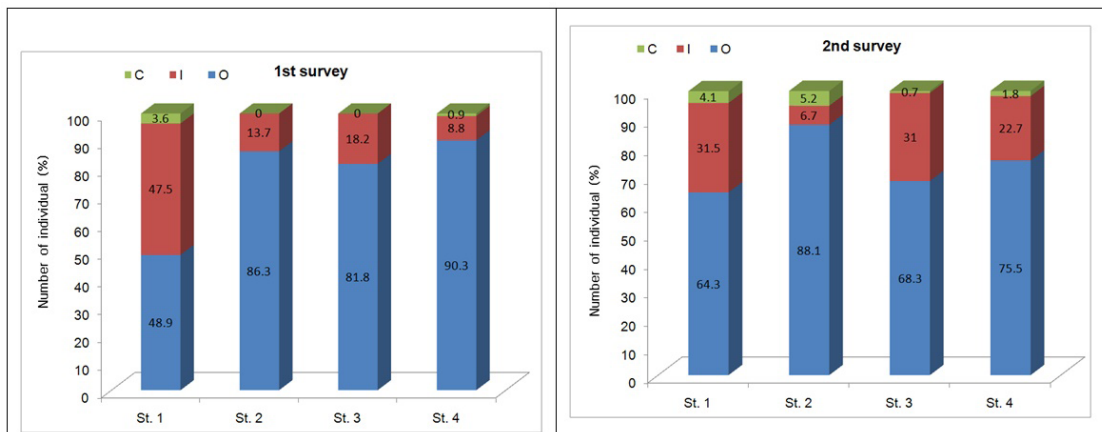
출현한 어종 30종 중 출현한 어종의 수질에 대한 내성도 guild을 분석한 결과, 민감종(sensitive species)에 속하는 종은 *S. gracilis majimae*, *Rhynchocypris oxycephalus*(버들치), *P. koreanus* 등 10%(3종), 중간종(intermediate species) 56.7%(17종)이었고, 내성종(tolerant



〈그림 3〉 Tolerance guild, sensitive guild and tolerant guild in Musim stream

species) 33.3%(10종)로 나타났다(그림 3). 무심천에서는 중간종과 내성종에 속하는 종이 많았으며, 민감종에 속하는 종이 가장 적었다. 이러한 경향은 금강 수계에 위치한 보청천(Ryu *et al.*, 2010)과 일치하였으나, 보청천에 비해 민감종의 비율이 적었고 내성종의 비율이 더 높았다. 이는 수질오염과 수환경 교란에 의한 결과로 생각된다. 내성종 어류에 속하는 종수와 개체수는 하류로 갈수록 증가하였고, 가장 하류에 위치한 St. 4에서 현저하였다. 다른 조사 지점에 비해 하류역에 속하는 St. 4에서 수질과 물리적 수환경이 악화된 원인으로 생각된다. 민감종의 수와 개체수에 있어 가장 상류에 위치한 St. 1에서 가장 풍부하였는데, 이는 다른 조사 지점에 비해 수질과 물리적 수환경이 다소 양호하였기 때문인 것으로 생각된다. 조사 시기에 따른 각 조사 지점의 내성도 guild 종의 종수와 개체수 경향은 큰 차이가 없었다.

어류의 trophic guild에서 충식종(insectivore)이 50%(15종), 잡식종(omnivore)이 40%(12종), 육식종(carnivore)이 10%(3종)로 충식종이 가장 풍부하였고 육식종이 가장 적었다(그림 4). 이러한 경향은 보청천(Ryu *et al.*, 2010)과 일치하였으나, 무심천에 있어 보청천에 비해 충식종의 비율이 낮았고 잡식종의 비율이 높았다. 각 조사 지점에 있어 상류역의 위치는 St. 1에서는 충식종의 개체수 구성비가 조사 지점 중 가장 높았고, 잡식종 어류의 개체수 구성비가 가장 낮았다. 수질이 악화되고 수환경이 교란되어 하천의 건강성이 악화되면 충식종의 개체수가 감소하고 잡식종 개체수가 증가하는 경향과 일치하였다. 육식종 어류의 개체수 구성비는 전 조사 지점에서 가장 낮게 나타났다. 이는 어류 군집에 있어 먹이 연쇄에 따른 생체량 피라미드와 관련된 것으로 추정된다.



〈그림 4〉 Trophic guild in Musim stream. The abbreviations of as follows: C=Carnivore, I=Insectivore, O=Omnivore.

9. IBI를 이용한 생태 건강도 평가

출현한 어류를 이용한 하천 건강성을 평가한 결과, 2020년 6월 조사 시 무심천 상류인 시동리(St. 1)에서는 IBI 값이 68.8로 B 등급 양호상태(good)로 나타났다(표 6). 중류인 고은리(St. 2)에서는 IBI 값이 50.0으로 C 등급으로 보통상태(fair)로 나타났으며, 무심천 중·하류인 모충동(St. 3)에서는 IBI 값이 37.5로 C 등급인 보통이었고, 하류역인 문암동(St 4)에서는 IBI 값이 43.8로 C 등급인 보통 상태였다. 어류를 통한 하천 건강성 평가 결과, 무심천은 상류역에서는 양호한 B 등급이었고, 그 이외의 수역은 보통인 C 등급이었다. 2020년 9월 조사 시 무심천 상류인 시동리(St. 1)에서는 B 등급, 고

〈표 6〉 IBI score based on the 8 metric IBI models in each surveyed stations at September 2020

Metric component / Stations	1	2	3	4
1st survey				
Stream order	3	4	4	4
Total number of native species(M1)	6.3	6.3	6.3	12.5
Number of riffle benthic species(M2)	6.3	6.3	6.3	0.0
Number of sensitive species(M3)	0.0	0.0	0.0	0.0
Proportion individuals as tolerant species(M4)	12.5	12.5	6.3	6.3
Proportion individual as omnivores(M5)	6.3	0.0	0.0	0.0
Proportion individual as insectivores(M6)	12.5	0.0	0.0	0.0
Total number of individual(M7)	12.5	12.5	6.3	12.5
Proportion individual with anomalies(M8)	12.5	12.5	12.5	12.5
Index of biological integrity(IBI)	68.5	50.0	37.5	43.8
Score	B(Good)	C(Fair)	C(Fair)	C(Fair)
2nd survey				
Stream order	3	4	4	4
Total number of native species(M1)	12.5	6.3	12.5	12.5
Number of riffle benthic species(M2)	12.5	6.3	6.3	6.3
Number of sensitive species(M3)	0.0	0.0	0.0	0.0
Proportion individuals as tolerant species(M4)	12.5	12.5	12.5	6.3
Proportion individual as omnivores(M5)	6.3	0.0	6.3	0.0
Proportion individual as insectivores(M6)	6.3	0.0	6.3	6.3
Total number of individual(M7)	6.3	12.5	12.5	12.5
Proportion individual with anomalies(M8)	12.5	12.5	12.5	12.5
Index of biological integrity(IBI)	68.8	50.0	68.8	56.3
Score	B(Good)	C(Fair)	B(Good)	B(Good)

은리(St. 2)에서는 C 등급으로 1차 조사와 동일하였으며, 중하류인 모충동(St. 3)과 하류역인 문암동(St. 4)에서는 B 등급으로 나타났는데, 1차 조사에 비해 생태건강도가 개선되었다. 이는 여름철 장마와 폭우로 하류역을 중심으로 하상에 퇴적된 유기물이 유출되고, 수환경이 다소 자연성을 회복하여 나타난 결과로 생각된다.

요약

총 4개 지점에서 2020년 6월에서 2020년 9월에 걸쳐 조사를 실시하였다. 수온은 상류에서 높았고 하류역에서 낮았다. 전기전도도는 $584\mu\text{s}/\text{cm}$ 로 St. 2에서 가장 높았고 St. 1에서 $305\mu\text{s}/\text{cm}$ 로 가장 낮았다. DO는 $7.1\sim 9.2\text{mg}/\text{L}$ 로 대부분의 어류가 서식하기에 적합한 상태를 유지하고 있었다. 수소이온 농도(pH)는 $7.5\sim 8.3$ 으로 어류가 서식하기에 적합한 상태를 유지하고 있었다. 조사 기간 동안 출현한 어종은 총 6과 30종 1,696개체 이었다. 출현한 어종 중 법적보호종인 천연기념물과 멸종위기야생동·식물에 속하는 종은 없었다. 생태계교란야생동·식물에 속하는 종은 *Micropterus salmoides*와 *Lepomis macrochirus* 2종이 출현하였다. 출현한 어종 중 한국고유종에 속하는 종은 8종으로 고유화 빈도가 30.0% 이었다. 종별 개체수 구성비에서 *Zacco platypus*(47.5%), *Carassius auratus*(14.0%), *Pseudogobio esocinus*(8.3%), *Acheilognathus lanceolatus*(5.0%) 등이 풍부하였다. 전 조사 지점에서 *Z. platypus*가 우점종이었다. 아우점종으로 출현한 어종은 무심천 상류인 St. 1에서는 *I. koreensis*이었고, 그 이외 지점에서는 *C. auratus*가 아우점종이었다. 수질에 대한 내성도 guild을 분석한 결과, 민감종에 속하는 종은 *S. gracilis majimae*, *Rhynchocypris oxycephalus*, *P. koreanus* 등 10%(3종), 중간종 56.7%(17) 이었고 내성종(tolerent species) 33.3%(10종)로 나타났다. Trophic guild에서 충식종이 50%(15종), 잡식종이 40%(12종), 육식종이 10%(3종)로 충식종이 가장 풍부하였고 육식종이 가장 적었다. 6월 조사 시 St. 1에서는 B 등급 양호 상태, 그 외 지점에서는 C 등급으로 보통상태로 나타났으며, 9월 조사 시 St. 1에서는 B 등급, St. 2에서는 C 등급으로 1차 조사와 동일하였으며, St. 3과 St. 4에서는 B 등급으로 나타났는데 6월 조사에 비해 하천건강성이 개선되었다.

참고문헌

- 김익수. 1997. 한국동식물도감. 제 37권 동물편(담수어류). pp. 21-520. 교육부.
- 김익수, 강언중. 1993. 원색 한국어류도감. 아카데미서적.
- 김익수, 최윤, 이충렬, 이용주, 김병직, 김지현. 2005. 원색한국어류도감. (주)교학사.
- 변화근, 이병룡. 2011. 어류 서식처 복원과 무심천 어류. pp.8-11. 뒷목 출판문화사.
- 전상린. 1980. 한국산담수어의 분포에 관하여. 중앙대학교 박사학위논문.
- 정문기. 1977. 한국어도보. 일지사.
- 최기철, 전상린, 김익수, 손영목, 2002. 개정원색한국담수어도감. 향문사.
- 内田惠太郎. 1939. 조선어류지. 조선총독부수산시험장보고 6 : 1~460.
- Margalef, R., 1958. Information theory in ecology. Gen. Syst., 3: 36-71.
- McNaughton, S. J., 1967. Relationship among functional properties of California Grassland. Nature. 216: 144-168.
- Me(Ministry of Environment), 2017. Water Ecosystem Health Investigation and Assessment Final Report. National Institute of Environmental Research.
- Nelson, J. S. 2006. Fishes of the world(4rd ed). John Wiley & Sons, New York.
- Pielou, E.C. 1966. The measurement of diversity in different types of biological collections. J. Theoret. Biol. 13: 131-144.
- Ryu, T. H., Kim, Y. P., Kim, J. K., and An, K. G., 2010. Analysis of ecological health using a water quality and fish in Bocheong stream. Korean J. Lim. 43(2): 255-262.