



4 창고천 학술탐사

창고천에 서식하는 담수어류에 대하여

이 완 옥 · 홍 양 기 · 양 계 청¹⁾

국립수산과학원 중앙내수면연구소, ¹⁾제주특별자치도민속자연사박물관

I. 연구 배경 및 목적

우리나라의 남, 서해에는 많은 섬이 있으며, 각각의 섬에는 바다로 직접 유입되는 독립 소하천들이 있고, 이곳에는 다양한 담수어류가 서식하고 있다(Son and Song, 1998). 제주도는 우리나라의 가장 큰 섬이고, 또 가장 남쪽에 위치하여 대륙과 멀리 떨어져 있다. 또한 다공질의 화산암으로 되어 있어 토질의 흡수력이 약하기 때문에 물이 땅속으로 스며들어 바닷가 가까운 곳에서 용천수로 솟아나는 지질학적인 특성으로 인하여 큰 하천이나 호소가 발달하지 못하였고 이로 인하여 담수어류상은 한반도의 본토에 비하여 빈약한 편이다(Jo, 1980).

제주도 각 하천의 특징은 상류 측으로 갈수록 대단히 급한 경사를 이루고 있어 집중 호우시 세굴이 심하게 일어나며 평상시 하천은 건천화 되어있고, 옹포천, 한림천의 경우만이 하류부 우안에 위치한 한림정수장 및 하천인근에서 용출되는 용천수의 하천유입으로 인하여 하천 유지유량으로서의 기능을 유지하고 있다(Moon et al., 2005). 제주도의 어류 분포에 관한 연구는 Uchida and Yabe (1939)의 최초 보고를 비롯하여 Fisheries Agency (1970), Kim (1970), Jo (1980), Kim and Lee (1994), Yang (1994, 1995), Lee et al. (1999), Kim (2006)등이 알려져 있다.

제주도 남부 서귀포시에 위치한 창고천은 1100도로변 삼형제오름 일대에 펼쳐진 고산습원에서 발원하여 남쪽으로 흘러서 서귀포시 안덕면 화순리 해안으로 유입되는 하천으로 유로 연장은 23.35 km이고, 유역면적은 45.53 km²이다. 창고천은 전 구간에 걸쳐 수자원이 풍부하지는 않지만, 창천교 하류 안덕계곡 인근부터는 지하수 용출로 인하여 제주도의 하천 중에서는 수자원이 비교적 풍부하다. 특히 안덕계곡은 독특한 식물상으로 구성된 상록활엽수림이 울창하게 우거져 국가지정 천연기념물로 지정 보호되고 있는 지역을 관통하고 있는 제주도에서는 중요한 하천이다.

본 연구에서는 제주도의 담수어류상을 조사하면서 일부 포함되기는 하였지만 창고천의 전체 하천을 따라 상류와 중류 하구에 이르기까지 전 구간에 서식하는 담수어류의 분포 현황과 군집특성을 조사하여 추후 제주도 담수어류의 분포에 대한 기초자료를 제공하고, 최근 제주도에 출현이 보고되고 있는 외래종의 출현에 대한 정확한 정보를 파악하여 제주도에 출현하는 토종담수어의 종 및 개체군 보전 방안에 대하여서도 논의하고자 하였다.

II. 재료 및 방법

1. 하천 환경 조사

하천의 물리적 특성을 조사하고자 단안경거리측정기(NEWCOME LRM 1500)를 이용하여 좌, 우안에서 횡단면의 거리를 측정하였고, 이화학적 조사를 위해 수온, DO, pH는 다항목 수질측정기(YSI 556 MPS)를 이용하여 측정하였다(그림 1). 하상은 Cummins (1962)의 분류법에 따라 큰돌(지름 256 mm이상), 호박돌(256~64 mm), 잔돌(64~16 mm), 자갈(16~2 mm), 모래·펄(2 mm이하)의 비율(%)로 표기하였으며, 유속은 유속계(Flowwatch)를 이용하여 측정하였다.

2. 담수어류 채집 및 분류

서식하는 어류의 특성을 파악하기 위하여 과거 문헌조사를 실시하고 이를 근거로 실제 조사한 결과와 비교하였으며, 담수어류 채집은 투망(망목 7×7mm, 15회), 족대(망목 6×6mm, 30분)를 이용하여 실시하였고(그림 1), 채집된 개체는 현장에서 계측 하거나 동정이 어려운 종은 포르말린으로 고정 후 실험실로 옮겨 동정 및 전장, 체장, 체중 등을 측정하였다. 채집된 어류의 동정은 Kim and Park (2002), Kim et al.(2005), Lee and Roh (2006)를 따랐으며, Nelson (2006)의 분류체계에 따라 정리하였다.



사진 1 . 조사방법(A-B : 환경측정, C : 투망, D : 족대).

3. 군집분석

출현하는 어류의 생태적 위치를 파악하기 위하여 조사지점별 우점도 지수(dominance index), 다양도 지수(diversity index), 종 풍부도(species richness index), 균등도 지수(evenness index)을 조사하여 조사지점별, 종별 생태계의 위치를 파악하였다.

(1) 우점도 지수(dominance index)

각 조사지점별로 개체수 현존량에 의하여 2종씩 선정하여, 가장 일반적으로 이용하는 지수의

산출방법인 McNuaghton' dominance index(DI)에 의하여 우점도를 파악한다(McNuaghton, 1967).

$$DI = (n_1 + n_2) / N$$

DI : 우점도 지수

N : 총 개체수

n_1, n_2 : 제 1, 2 우점종의 개체수

(2) 다양도 지수(diversity index)

Margalef (1958)의 정보이론(information theory)에 의하여 유도된 종의 다양도는 Shannon-Weaver (1963) function을 사용하여 diversity index를 산출하는데 이렇게 산출된 지수는 조사지역의 어류 군집의 종 풍부 정도와 개체수의 상대적 균형성을 의미하며 군집의 복잡성을 나타내는 중요한 지수로 상대적으로 유사한 환경이나 다른 환경에 서식하는 어류의 다양도를 나타낼 수 있다.

S

$$H' = -\sum_{i=1}^S P_i (\ln P_i)$$

I=1

H' : 다양도

S : 전체 종수

P_i : i번째에 속하는 개체수의 비율을 말하는 (n_i/N)으로 계산

(N : 군집내의 전 개체수, n_i : 각 종의 개체수)

(3) 균등도 지수(evenness index)

균등도 지수는 각 지수의 최대치에 대한 실제치의 비로서 표현하는데, 각 다양도 지수는 군집 내 모든 종의 개체수가 동일할 때 최대가 되므로 결국 균등도 지수는 군집 내 종 구성의 균일한 정도를 나타내는 것으로 Pielou (1966)의 식을 이용하여 산출하였다.

$$E = H' / \ln(S)$$

E : 균등도

H' : 다양도

S : 전체 종수

(4) 종 풍부도(species richness index)

종 풍부도 지수는 각 조사지점별로 총 개체수와 종수만을 가지고 군집의 상태를 표현하는 지수로서 지수 값이 높을수록 종의 구성이 풍부하게 되므로 환경의 정도가 양호하다는 것을 전제로 하고 있다. 보통 가장 일반적으로 사용하고 있는 Margalef (1958)의 Species richness index를 산출하여 하천의 환경 상태를 추정하였다.

$$RI = (S-1) / \ln(N)$$

RI : 풍부도

S : 전체 종수

N : 총 개체수

4. 조사지역

창고천 조사는 2013년 9월 4일과 2014년 11월 7일 총 2회 진행되었으며, 2014년 조사에서 St. 1지점은 새롭게 추가되어 2013년 자료와 취합하여 나타났다.

조사지점별 위치 및 전경사진은 아래 표 1, 그림 2와 같다. 조사지점 중 St.1은 창고천의 상류지역으로 주위는 대부분 산으로 둘러싸여 있고 하천주변으로는 일부 논, 밭 및 시설하우스가 있었다. 유폭은 1~42 m, 수심은 0.1~1.0 m였다. 하천을 횡단하는 높이 약 1.5 m의 보가 설치되어 있었으며, 보위로 하상이 돌로 이루어진 넓은 정수역이 형성되어진 반면 보 아래는 펄과 모래가 80% 정도로 대부분을 차지하였다. St.2는 안덕계곡이 위치하는 지점으로 계곡 양쪽을 따라 원시 고목림을 이루는 상록활엽수림으로 둘러 쌓여있었으며, 하천형은 Aa형으로 여울과 소가 짧게 반복적으로 나타나고 유속은 빨랐다. 유폭은 3~20 m, 수심은 0.1~1.0 m였으며, 하상은 호박돌 이상의 큰돌이 하상의 70%이상 높은 비율로 차지하였다. St.3은 창고천의 중류지역으로 주위는 낮은 산으로 일부 둘러싸여 있고 하천주변으로는 밭과 공장이 있었다. 하천형은 Aa-Bb형으로 유폭은 1~10 m, 수심은 0.3~1.0 m였으며, 하상은 모래가 40%로 가장 높았고 그 다음으로 자갈이 30%, 잔돌, 호박돌 및 큰돌은 10%를 차지하였다. St.4는 기수역으로 조류의 영향을 크게 받는 지점이었으며 하천형은 거의 물 흐름이 없는 C형이었다. 유폭은 30~50 m로 상류에 비해 넓었으며, 수심은 0.3~1.5 m, 하상은 담수화가 진행되면서 상류로부터 퇴적된 모래가 80%로 가장 높았고 그 다음으로는 호박돌과 큰돌 순으로 구성되어 있었다.

표 1. 조사지점별 행정구역 및 GPS 지점

조사 지점	행정구역	GPS	
		N	E
St. 1	제주특별자치도 서귀포시 안덕면 창천리	33° 15′ 34.62	126° 25′ 56.49
St. 2	제주특별자치도 서귀포시 안덕면 감산리	33° 15′ 22.69	126° 21′ 13.52
St. 3	제주특별자치도 서귀포시 안덕면 감산리	33° 14′ 38.93	126° 20′ 30.27
St. 4	제주특별자치도 서귀포시 안덕면 감산리	33° 14′ 19.27	126° 20′ 39.50

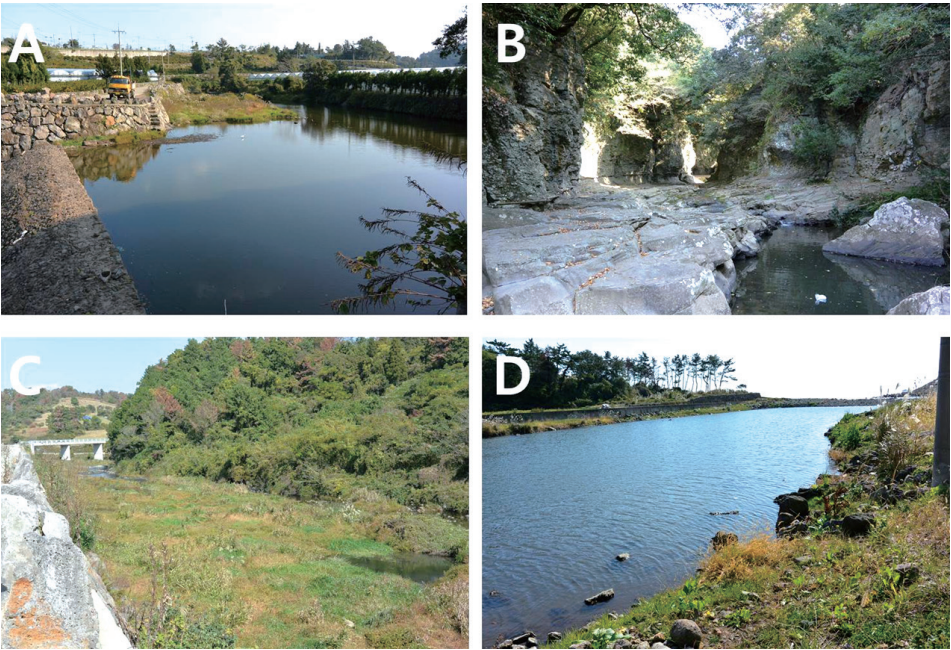
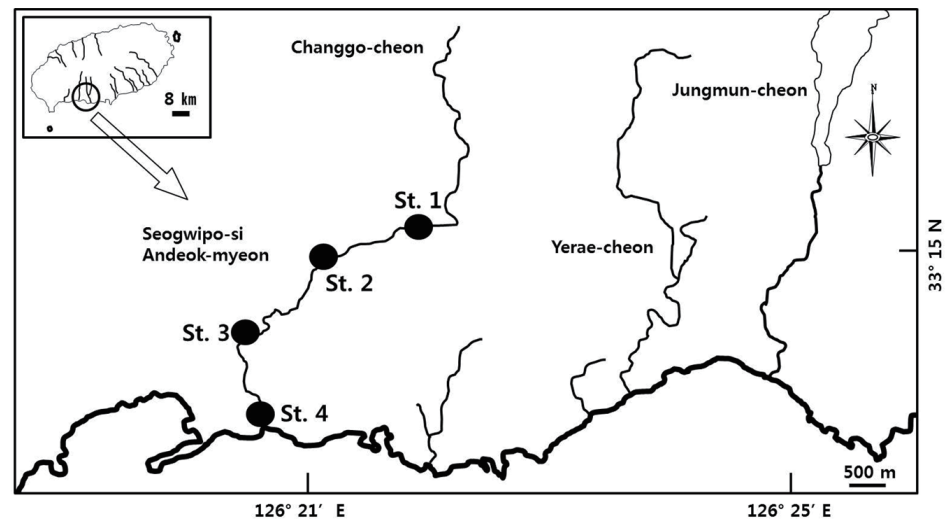


사진 2. 창고천 조사지점(A: St.1, B: St.2, C: St.3, D: St.4).

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 조사지점별 수질환경

조사기간 중 수온은 9월에 21.81~18.78℃로 높았다가 11월에 12.87~15.50℃로 낮아졌다. St.2가 가장 낮았으며 하류로 갈수록 수온이 높아지는 경향을 보였다. 전기전도도는 순담수지역인 St.1~St.3은 136~168 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 로 유사했지만 기수역인 St.4의 경우 2013년에는 17,998 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 로 상류에 비해 매우 높았다. 염분도 또한 전기전도도와 유사한 경향을 보였으며, St.1~St.3은 0.07~0.09 ‰로 낮았으나 St.4의 경우 2013년에는 10.79 ‰로 상류에 비해 높았다. 용존산소량은 9월이 3.46~3.94로 11월 9.82~12.12에 비해 매우 낮았다. pH는 9월에 7.32~7.79, 11월에는 8.08~8.70으로 거의 유사하였다. ORP는 -60.9~-112.0 mV의 결과를 보였다. St.2는 다른 조사지점에 비해 수온과 전기전도도가 낮게 나타났는데 이는 하천 주변이 원시상록수림으로 둘러싸인 계곡형으로 일조량이 적고 유속이 빠른 여울과 소가 반복적으로 형성되어 있어 다른 지점에 비해 부유물질의 체류시간이 적어 전기전도도값에 영향을 미쳤을 것으로 추정되었다. 한편 St. 4는 2014년 조사 시 담수화가 진행되어 기수역이었던 2013년에 비해 전기전도도와 염분도가 상대적으로 낮게 나타났다(표 2).

표 2. 창고천 조사지점별 환경조건

조사지점		St. 1	St. 2	St. 3	St. 4
수온 (℃)	Sep. 2013	-	21.81	26.34	28.78
	Nov. 2014	14.14	12.87	15.50	15.23
전기전도도 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Sep. 2013	-	148	168	17,998
	Nov. 2014	164	136	157	320
염분도 (‰)	Sep. 2013	-	0.07	0.08	10.79
	Nov. 2014	0.08	0.08	0.09	0.19
DO (mg/L)	Sep. 2013	-	3.94	3.67	3.46
	Nov. 2014	10.3	9.82	12.12	10.37
pH	Sep. 2013	-	7.32	7.69	7.79
	Nov. 2014	8.51	8.08	8.70	8.39
ORP (mV)	Sep. 2013	-	-60.9	-81.5	-87.4
	Nov. 2014	-96.7	-70.2	-112.0	-90.5

2. 조사지점별 물리적 환경

St. 1은 중류형 하천으로 하폭 30~45 m, 유속 0 m/s, 수심 0.1~1.0 m이며 하상 구조는 호박돌, 잔돌, 자갈 및 모래가 0.5:1:0.5:8 비율로 모래가 대부분이었다. St. 2는 안덕계곡으로 하폭 20~70 m, 유속 0.1~0.3 m/s, 수심 0.1~1.0 m로 상류형 하천이며 큰돌, 호박돌 및 모래가 6:3:1로 대부분이 큰돌로 구성되어있는 하상구조를 나타냈다. St. 3은 중상류형 하천으로 하폭 20~40 m, 유속 0.1 m/s, 수심 0.3~1.0 m이며 하상 구조는 큰돌, 호박돌, 잔돌, 자갈, 모래가 1:1:1:3:4로 구성되어있다. St. 4는 하류형 하천으로 하폭 30~100 m, 유속 0~0.1 m/s, 수심 0.3~1.5 m이며 하상 구조는 큰돌, 호박돌, 자갈 및 모래가 1:2:2:5의 비율로 모래의 비율이 상대적으로 높았다(표 3).

표 3. 창고천 조사지점별 하상구조

조사 지점	하폭 (m)	유속 (m/s)	수심 (m)	하천 형태*	하상 구조(%)**				
					큰돌	호박돌	잔돌	자갈	모래
St. 1	30-45	0	0.1-1.0	Bb-C	-	5	10	5	80
St. 2	20-70	0.1-0.3	0.1-1.0	Aa	60	30	-	-	10
St. 3	20-40	0.1	0.3-1.0	Aa-Bb	10	10	10	30	40
St. 4	30-100	0-0.1	0.3-1.5	C	10	20	-	20	50

★ 하천형태 Aa; 상류형, Aa-Bb; 중상류형, Bb; 중류형, Bb-C; 중하류, C; 하류, (Kani, 1944),

★★ 하상구조 : 큰돌 > 256mm, 호박돌 256~64mm, 잔돌; 64~16mm, 자갈; 16~2mm, 모래; 2mm > (Coummins, 1962)

3. 창고천 어류상

전체 조사지점에서 출현한 담수어류는 총 6과 11종 248개체가 채집되었다(표 4). 이 중 잉어과 어류가 3종(45.6%), 망둑어과 어류는 4종(38.7%)이었고, 송어과(6.9%), 바다빙어과(4.8%), 미꾸리과(3.6%), 뱀장어과(0.4%)가 각각 1종씩 출현하였다. 멸종위기종이나 한국 고유종은 출현하지 않았다. 출현 개체수의 우점종은 버들치가 18.95%(47개체)로 가장 많이 채집 되었으며 아우점종은 붕어가 17.74%(44개체)로 확인되었다. 그 외 검정망둑 15.32%(38개체), 밀어 11.69%(29개체), 민물검정망둑 8.47%(21개체) 순으로 나타났다.

조사 지점별 어류상 특성은 아래 표 4, 5, 6, 및 그림 3과 같다. St. 1은 2014년 조사시 새롭게 추가된 지점으로 위치상 하천 상류임에도 보가 설치되어 있어 하천형은 중류형으로 보 위에는 수심이 깊고 넓은 정수역이 형성되어 붕어, 참붕어, 버들치 3종이 출현한 반면 보아래쪽 주로 모래로 이루어진 곳에서는 미꾸리가 돌과 자갈이 깔린 곳에서는 검정망둑 1개체가

함께 채집되었다. 전체 어종 중 다수의 참붕어가 서식하여 40.00%로 우점하고 있고, 버들치가 26.67%를 보여 아우점종으로 나타났다. 군집분석 결과 종다양도 1.40, 균등도 0.87, 풍부도 1.18로 확인되었다. St. 2에서는 2과 3종을 채집하였으며 안덕계곡이 위치한 지점으로 유속이 빠르고 짧은 여울과 수심 1 m 내외의 소가 반복되는 형태로 하상은 주로 큰 돌과 호박돌로 단순하게 구성되어 있었다. 여울 아래 형성된 소에 다수의 버들치가 서식하여 71.43%로 우점하고 있고 유속이 거의 없는 소에 참붕어가 22.86%로 아우점종으로 나타났다. 군집분석 결과 종다양도 0.74, 균등도 0.67, 풍부도 0.56으로 확인되었다. St.3에서는 중상류형으로 10 m 내의 유속에 큰돌, 호박돌, 잔돌, 자갈 및 모래가 혼합되어있는 하상으로 구성되어있는 지점으로 출현 종은 4과 8종이며 우점종은 붕어 37.86%, 아우점종은 밀어 26.21%였다. 한편 맑은 물에 서식하는 양측회유성 어류인 은어가 다수 채집되어 주목되었다. 군집분석 결과 종다양도 1.63, 균등도 0.71, 풍부도 1.51로 확인되었다. St.4는 하류형 하천으로 2014년 조사 시에는 바다와 인접한 강 하구지역의 퇴적작용으로 넓은 정수역이 형성되면서 버들치와 참붕어와 같은 일차 담수어가 채집되었다. 하천 가장자리는 큰돌과 호박돌이며, 하천 내에는 모래가 주된 하상으로 구성되어있었다. 출현종은 4과 7종으로 바다에서 소상한 송어와 강하형인 뱀장어가 추가로 확인되었다. 우점종은 검정망둑 42.50%, 아우점종은 민물검정망둑 26.25%이었지만 다수의 송어가 서식하고 있었다. 군집분석 결과 종다양도 1.38, 균등도 0.71, 풍부도 1.37로 확인되었다.

표 4. 조사지점별 창고천의 담수어류 출현 개체수

Species	Stations				Total	*R.A.	**Remark
	1	2	3	4			
Order Anguilliformes 뱀장어목							
Family Anguillidae 뱀장어과							
<i>Anguilla japonica</i> 뱀장어				1	1	0.40	Ca
Order Cypriniformes 잉어목							
Family Cyprinidae 잉어과							
<i>Carassius auratus</i> 붕어	5		39		44	17.74	
<i>Pseudorasbora parva</i> 참붕어	12	8	1	1	22	8.87	
<i>Rhynchocypris oxycephalus</i> 버들치	8	25	13	1	47	18.95	
Family Cobitidae 미꾸리과							
<i>Misgurnus anguillicaudatus</i> 미꾸리	4		5		9	3.63	
Order Osmeridae 바다빙어목							
Family Osmeridae 바다빙어과							
<i>Plecoglossus altivelis</i> 은어			12		12	4.84	Am
Order Mugilidae 송어목							

Species	Stations				Total	*R.A.	**Remark
	1	2	3	4			
Family Mugilidae 숯어과科							
<i>Mugil cephalus</i> 숯어				17	17	6.85	
Order Perciformes 농어목目							
Family Gobiidae 망둑어과科							
<i>Rhinogobius giurinus</i> 갈문망둑			3	5	8	3.23	
<i>Rhinogobius brunneus</i> 밀어		2	27		29	11.69	L
<i>Tridentiger obscurus</i> 검정망둑	1		3	34	38	15.32	
<i>Tridentiger brevispinis</i> 민물검정망둑				21	21	8.47	
No. individual	30	35	103	80	248	100	
No. species	5	3	8	7	11		

*R.A: 상대풍부도, **Ca: Catadromous (강하형), Am: amphidromous (양측회유형), L: land-lock (육봉형)

표 5. 창고천에 출현하는 우점종과 아우점종의 출현 비율

Station	Dominant species	Sub-dominant species
St. 1	<i>Pseudorasbora parva</i> (40.00%)	<i>Rhynchocypris oxycephalus</i> (26.67%)
St. 2	<i>Rhynchocypris oxycephalus</i> (71.43%)	<i>Pseudorasbora parva</i> (22.86%)
St. 3	<i>Carassius auratus</i> (37.86%)	<i>Rhinogobius brunneus</i> (26.21%)
St. 4	<i>Tridentiger obscuru</i> (42.50%)	<i>Tridentiger brevispinis</i> (26.25%)

표 6. 창고천의 조사지점별 군집구조

조사지점	다양도(H')	균등도(E)	풍부도(RI)
St. 1	1.40	0.87	1.18
St. 2	0.74	0.67	0.56
St. 3	1.63	0.78	1.51
St. 4	1.38	0.71	1.37

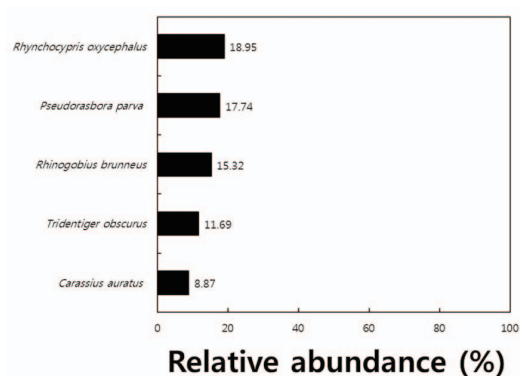


그림 3. 창고천에 출현하는 담수어류의 개체수의 상대빈도.

IV. 고찰

기수역을 포함한 창고천에서 출현한 전체 담수어류는 총 11종이었다(표 4). 이는 이전 Kim (2006)의 조사에서 붕어, 은어, 송어 3종보다는 다양한 종이 출현하였다. 본 조사에서 뱀장어, 참붕어, 버들치, 미꾸리, 갈문망둑, 밀어 검정망둑, 민물검정망둑 등 8종은 새롭게 확인되었으며, 이 중 민물검정망둑은 제주도 담수역에서 처음으로 확인되어 주목되었다. 출현종수는 조사방법, 조사범위, 조사대상에 따라 달라질 수 있는데 이전조사 비해서 상류부터 하류까지 다양한 지점에서 조사가 실시되었고 조사 시기 또한 9월과 11월 2회에 걸쳐 진행되어 다양한 어류가 출현한 것으로 생각된다. 추후 채집방법과 조사지역을 확대하여 정밀한 조사가 이루어진다면 더 많은 종이 출현할 것으로 예상되었다.

제주도내의 하천은 유사한 크기의 내륙에서 바다로 흐르는 하천과 비교하여 출현종이 매우 적었는데 내륙에서 바다로 흐르는 소하천인 웅천천에서 29종, 변산반도의 백천에서 22종, 여수의 소라천에서 21종, 대천천에서 42종이 보고된 결과와 비교하여 매우 빈약한 담수어류 분포를 보여주는 결과였다(Choi et al., 1992; Hong et al., 1999; Lee et al., 2004; Song et al., 2013). 이는 대륙과 분리된 섬의 서식하는 담수어류의 종수는 섬에서 떨어진 거리와 반비례하여 개체수가 출현한다는 보고와 같았다(Gorman, 1979). 또한 제주도 하천의 특징이 유로 연장이 짧고 하상이 다공질의 화산암류 및 화산회토로 이루어져 대부분의 강우량이 지하로 침투하여 하천으로 흐르는 유량이 부족하고 서식환경이 매우 열악하기 때문이었다(Moon et al., 2005).

그러나 본 조사에서 서식이 확인된 은어는 회유종이면서 중요한 수산자원이었으며, 특히 하류에서 깨끗한 수질과 풍부한 수량으로 충분히 성장하였다. 또한 갈문망둑과 밀어는 육지의 다른 수역에서보다 개체 수는 많지 않았지만, 매우 크게 성장하였다. 송어는 바다로 유입되는 하천의 기수역을 선호하는 어류로 제주도의 창고천 뿐만 아니라 화북천, 상지천, 광령천, 중문천 등 제주도내의 대부분 하천 하구에서 대량 서식하고 있었다(Jo, 1980; Lee et al., 1999; Kim, 2006). 한편 본 조사에서는 과거 제주도 담수역에 출현하는 것으로 보고된 떡붕어, 무지개송어, 블루길은 출현하지 않았으나(Jo, 1980; Yang, 1994; Lee et al., 1999; Kim, 2006), 제주도는 외래도입종의 원산지와 달리 상위 포식자가 없고 다른 종들과 종간 경쟁이 심하지 않아 번식과 성장이 용이하여 토착 담수어류의 종다양성 감소를 초래할 가능성이 높기 때문에 제주도 담수어류의 보전을 위해 외래 담수어의 추가도입을 금지하고 확산을 막기 위한 적극적인 구제 노력을 병행해 나가야 할 것이다.

| 참고문헌 |

- Choi, C.G., J.B. Lee and Y.J. Hwang. 1992. On the ichthyofauna of Paikchon streams, Puan, Cholla-bukdo, Korea. Korea J. Ichthyol. 4(2): 63-71. (in Korean)
- Cummins, K.W. 1962. An evolution of some techniques for the collection and analysis of benthic samples with special emphasis on lotic waters. Ames. Midl. Nat'l., 67: 477-504.
- Fisheries Agency. 1970. Survey the potential yield of inland water fisheries. No. 7.
- Gorman, M. L. 1979. Island Ecology. Chapman and Hill, New York, pp. 22-70.
- Hong, Y.P., M.H. Chang, H. Kang and S.S. Choi. 1999. The fish community of the Ungchon Stream around the new dam in-tended area. Korean K. Environ. Biol. 17: 79-88. (in Korean)
- Jo, J.Y. 1980. On the freshwater fish fauna on Jeju Island. Bull. Mar. Resour. Res. Inst. Jeju Nat. Univ. 4: 7-14.
- Kani. 1944. Ecology of mountain stream insects. Reserch history Tokyo. (In Japanese)
- Kim, B.J. 2006. Freshwater fishes including introduced species of Jeju Island, Korea. Bull. Mar. Environ. Res. Inst. Jeju Nat. Univ. 30(2): 9-19. (in Korean)
- Kim, E.B. 1970. Status of aquaculture in Jeju Island. Inland Fisheries. 3: 26-29.
- Kim, I.S. and W.O. Lee. 1994. Fish fauna from Cheju Island, Korea. Rec. Korean Fish Fauna No. 1, pp. 1-51.
- Kim, I.S. and J.Y. Park. 2002. Freshwater fishes of Korea. Kyohaksa. 465pp.
- Kim, I.S., Y. Choi, C.R. Lee, Y.J. Lee, B.J. Kim and J.H. Kim. 2005. Illustrated book of Korean fishes. Kyohaksa. 615pp.
- Lee, I.K., Jeon, S.R. and H.K. Byeon. 1999. Studies on the distribution of freshwater fishes from Jeju Island, Korea. J. Natural Sci., Sang Myung University 6: 1-28. (in Korean)
- Lee, J.H., K.H. Han, W.I. Seo, S.M. Yoon, C.C. Kim, S.Y. Hwang and K.S. Kim. 2004. Ichthyofauna and fish community of Sora Stream in Yeosu, Korea. Korean J. Ichthyol. 16(4): 348-365. (in Korean)
- Lee, W.O. and S.Y. Rho. 2006. Colored book of freshwater fish of Korea. Jisungsa, 432pp.
- Margalef, R. 1958. Information theory in ecology, Gen. Syst., 3: 36-71.
- McNaughton, S.J. 1967. Relationship among functional properties of california Glassland. Nature, 216: 168-148.

- Moon, D.C., S.K. Yang, G.W. Goh and W.B. Park. 2005. Estimation of base flow discharge through several streams in Jeju Island, Korea. *Journal of the Environ. Sci.* 14(4): 405-412.
- Nelson, J.S. 2006. *Fishes of the world*. Fourth edition. John Wiley & Sons. Inc., Hoboken, New Jersey, 99. 397-398.
- Pielou, E.C. 1966. The measurement of diversity in different types of biological collections. *J. Theoret. Biol.* 13: 131-144.
- Shannon, C.E. and W. Weaver. 1963. *The mathematical theory of communication*. University of Illinois Press, Urbana. 177pp.
- Son, Y.M. and H.B. Song. 1998. Freshwater fish fauna and distribution in Kojedo, Korea. *Korean J. Ichthyol.* 10: 87-97.
- Song, M.Y., S.Y. Jung, K.H. Kim, J.M. Baek and W.O. Lee. 2013. Characteristics of fish fauna and community structure in Daecheon stream in Boryeong, Korea. *Korean J. Environ. Ecol.* 27(4): 437-448.
- Uchida, K. and H. Yabe. 1939. The fish-fauna of Saisyu-to (Quelpart Island) and its adjacent waters. *J. Chosen Natl. Hist. Soc.*, 25: 3-16. (in Japanese)
- Yang, G.C. 1994. Distribution survey of freshwater fish in the northern region of Jeju-do. *Folklore & Natural History Museum of Jeju*, Research Survey Report no. 9: 65-72.
- Yang, G.C. 1995. Distribution survey of freshwater fish in the Southern region of Jeju-do. *Folklore & Natural History Museum of Jeju*, Research Survey Report no. 10: 161-168.



| 부록 | 창고천의 주요 출현 어류



붕어 *Carassius auratus*



버들치 *Rhynchocypris oxycephalus*



밀어 *Rhinogobius brunneus*



민물검정망둑 *Tridentiger brevispinis*



은어 *Plecoglossus altivelis*