



## 중문천에 서식하는 담수어류

이완옥<sup>1)</sup> · 양계청 · 김대한<sup>1)</sup> · 김대희<sup>1)</sup>

국립수산과학원 중앙내수면연구소<sup>1)</sup> · 민속자연사박물관

### I. 연구 배경 및 목적

제주도 각 하천의 특징은 상류측으로 갈수록 대단히 급한 경사를 이루고 있어 집중 호우 시 세굴이 심하게 일어나며 하상은 대부분 화산활동에 의한 화산분출암으로 이루어져 있다. 하천의 제방 현황을 살펴보면 하류부 및 제방상부로 도로가 개설된 지역에서 옹벽의 형태를 나타내고 있으며, 상류로 갈수록 자연제방 및 돌쌓기의 형태로 이루어져 있다. 평상시 하천은 건천화되어 있고, 옹포천, 광령천, 효돈천, 강정천 등의 일부 하천은 인근에서 용출되는 용천수의 하천유입으로 인하여 하천 유지유량으로서의 기능을 유지하고 있다. 또한 총 강우량의 대부분 지하로 침투되기 때문에 일부 하천을 제외하고는 담수어

류의 서식조건은 매우 열악하다(문 등, 2005). 제주도의 어류 분포에 관한 연구는 Ychida and Yabe(1939)의 최초 보고를 비롯하여 수산청(1970), 김(1970), 조(1980), 양(1994, 1995), 이(1999)등의 조사연구가 보고되어 있다.

중문천은 한라산 남서쪽에서 발원하여 남류하다가 녹하지악(EL.624.0m)을 거쳐 지방하천인 색달천과 합류한 후 천제연폭포 등 중문관광단지를 거쳐 대포리 해안으로 유입되는 지방하천이다. 동경 126° 24' ~ 126° 28', 북위 33° 13' ~ 33° 20' 사이에 위치하며, 유로연장은 12km이고, 유역면적은 25.93km<sup>2</sup>이며 하상경사는 비교적 급경사를 이루고 있다. 중문천은 전 구간에 걸쳐 수자원이 풍부하지는 않지만 천제연폭포 하류는 지하수 용출 등으로 인하여 수량이 풍부하여 담수어류가 이 곳을 중심으로 대부분 분포하고 있다.

## II. 조사 방법

### 2-1. 하천 환경 조사

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

### 2-2. 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, 채집된 개체는 현장에서 계측하거나 동정이 어려운 종은 포르말린으로 고정 후 실험실로 옮겨 동정 및 전장, 체장, 체중 등을 측정하였다. 채집된 어류의 동정은 김과 박(2002), 김 등(2005), 이완옥(2006)을 따랐으며, Nelson(2006)의 분류체계에 따라 정리하였다.



그림 1. 조사방법(A-B: 환경측정, C: 투망, D: 족대)

### 2-3. 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)를 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 파악하였다. (McNuaghton, 1967)

$$DI = (n1 + n2) / N$$

DI : 우점도 지수

N : 총 개체수

n1, n2 : 제 1, 2 우점종의 개체수

## (2) 다양도 지수(diversity index)

Margalef(1958)의 정보이론(information theory)에 의하여 유도된 종의 다양도는 Shannon-Wiever(1969) 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.

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

H': 다양도  
S : 전체 종수  
P<sub>i</sub>: i번째에 속하는 개체수의 비율을 말하는 (n<sub>i</sub>/N)으로 계산  
(N: 군집내의 전 개체수, n<sub>i</sub>: 각 종의 개체수)

## (3) 균등도 지수(evenness index)

균등도 지수는 각 지수의 최대치에 대한 실제치의 비로서 표현하는데, 각 다양도 지수는 군집내 모든 종의 개체수가 동일할 때 최대가 되므로 결국 균등도 지수는 군집 내 종 구성의 균일한 정도를 나타내는 것으로 Pielou(1975)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. 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

## 2-4. 조사지역

### ○ 조사 시기 및 조사 지점

중문천 조사는 2013년 9월 2일 ~ 9월 6일까지 총 5일간 진행되었다.

조사지점은 중문천의 St.1 지점은 하천의 흐름이 거의 없는 정수역으로 조사지점 위쪽의 용출수에 의해 하천이 유지되고 있었다.

St.2 지점은 천제연폭포가 위치하는 지점으로 유량이 많고 유속이 빠르게 흐르는 지점이었다.

St.3 지점은 하폭이 좁고 수심이 얇은 계류형 하천이었으며, St.4 지점은 기수역으로 조류의 영향을 크게 받는 지점이다.

표 1. 조사지점별 행정구역 및 GPS지점

조사지점	행정구역	GPS	
		N	E
St.1	제주특별자치도 서귀포시 색달동	33° 14' 43.85	126° 25' 06.79
St.2	제주특별자치도 서귀포시 중문동	33° 14' 50.31	126° 25' 07.42
St.3	제주특별자치도 서귀포시 중문동	33° 14' 59.35	126° 24' 59.47
St.4	제주특별자치도 서귀포시 색달동	33° 15' 33.26	126° 25' 23.83

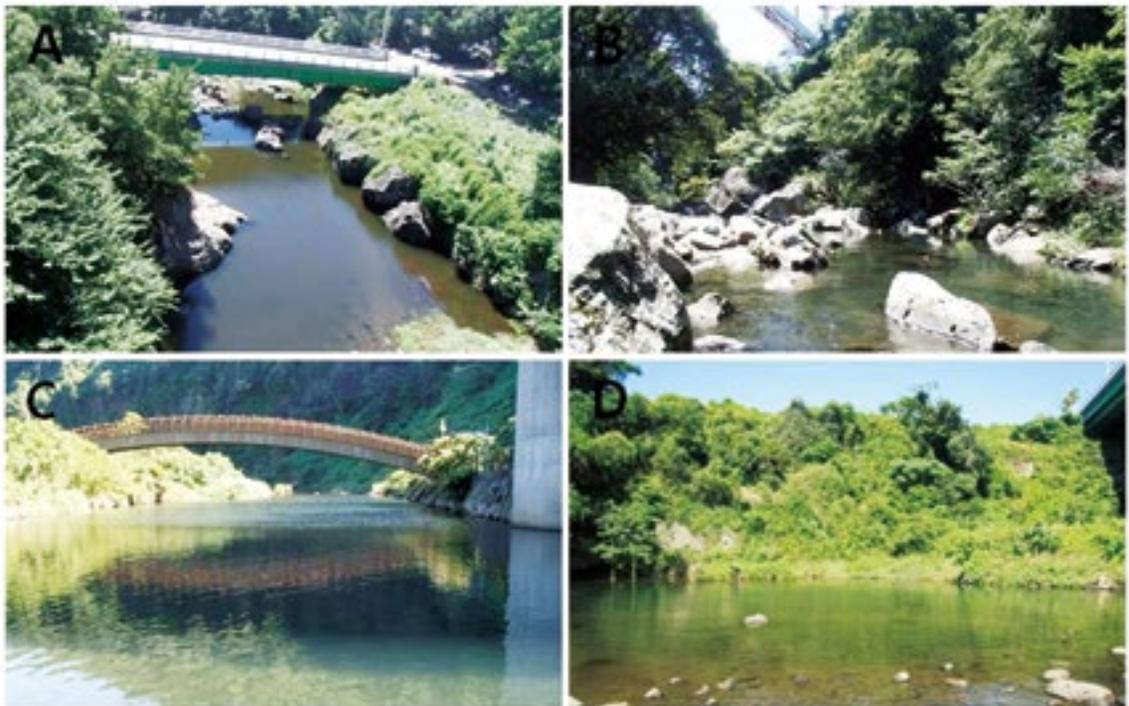
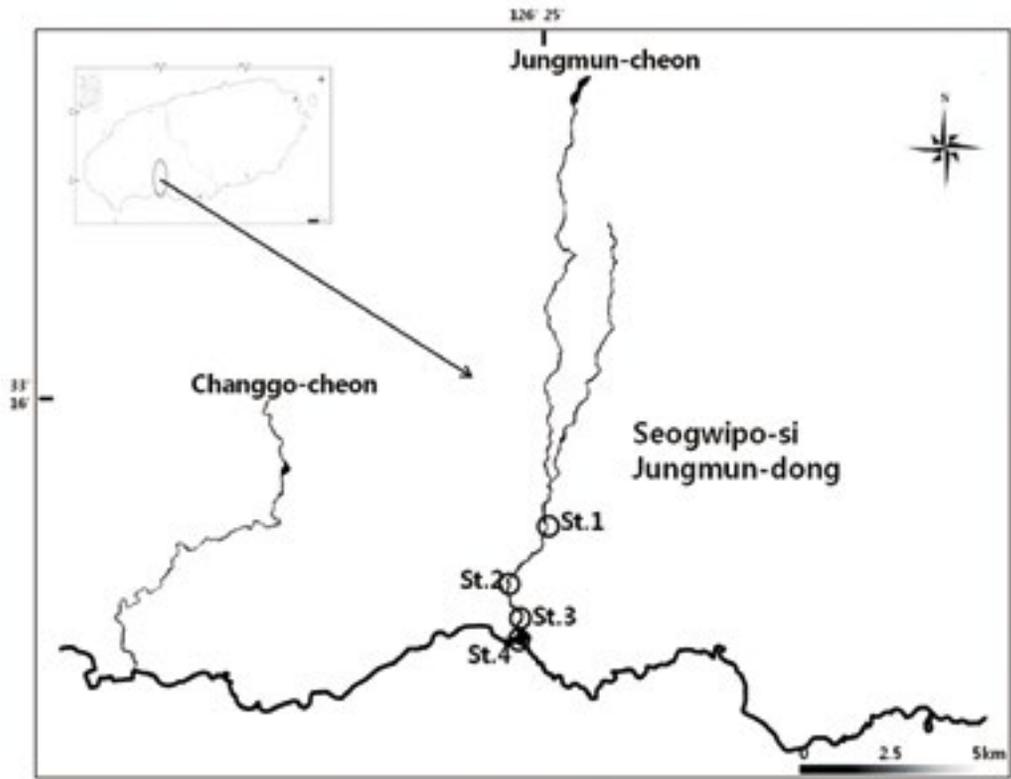


그림 2. 중문천 조사지점(A: St.1, B: St.2, C: St.3, D: St.4)

### III. 결과 및 고찰

#### 3-1. 조사지점별 수질환경

St.1은 조사시 수온 23.39℃, 전기전도도 36 $\mu$ s/cm, 염분도 0.01‰, DO 2.78mg/L, pH 7.28, ORP -57.3mV이었고, St.2는 수온 17.14℃, 전기전도도 124 $\mu$ s/cm, 염분도 0.06‰, DO 5.38mg/L, pH 7.66, ORP -74.8mV이었다. St.3은 수온 17.23℃, 전기전도도 122 $\mu$ s/cm, 염분도 0.06‰, DO 4.73mg/L, pH 7.54, ORP -7.21mV이었고, St.4는 수온 17.3℃, 전기전도도 121 $\mu$ s/cm, 염분도 0.06‰, DO 5.23mg/L, pH 7.44, ORP -66.9mV의 결과를 보였다. St.1은 다른 조사지점에 비해 수온은 높게 나타났으며 전기전도도, 염분도, DO, pH, ORP는 낮게 나타났는데, 이는 유입되는 수량이 매우 적어 정체된 수역으로 어류서식에도 영향이 있을것으로 추정되었다(표 2).

표 2. 중문천 조사지점별 환경조건

조사지점	수온 (℃)	전기전도도 ( $\mu$ s/cm)	염분도 (‰)	DO (mg/L)	pH	ORP (mV)
St.1	23.39	36	0.01	2.78	7.28	-57.3
St.2	17.14	124	0.06	5.38	7.66	-74.8
St.3	17.23	122	0.06	4.73	7.54	-7.21
St.4	17.3	121	0.06	5.23	7.44	-66.9

#### 3-2. 조사지점별 물리적 환경

St.1은 중류형 하천으로 하폭 24m, 유속 0m/s, 수심 2m이며, 하상 구조는 큰돌과 모래가 2:8 비율로 모래가 대부분이었다. St.2 지점은 천제연폭포 하류로 하폭 20m, 유속 1.5m/s, 수심 0.8m로 상류형 하천이며 큰돌, 호박돌, 잔돌, 모래가 5:3:1:1로 대부분이 큰돌로 구성되어있는 하상구조를 나타냈다. St.3지점은 중하류형 하천으로 하폭 25m, 유속 0.3m/s, 수심 1.3m이며 하상 구조는 큰돌, 호박돌, 잔돌, 자갈, 모래가 1:2:2:2:3으로 구성되어있다. St.4 지점은 하류형 하천으로 하폭 38m, 유속 0.5m/s, 수심 1.5m이며 하상 구조는 큰돌, 모래가 1:9의 비율로 모래가 대부분인 지점이었다(표 3).

표 3. 중문천 조사지점별 하상구조

조사 지점	하폭 (m)	유속 (m/s)	수심 (m)	하 천 형태*	하상 구조(%)**				
					큰돌	호박돌	잔돌	자갈	모래
St.1	24	0	2	Bb	20				80
St.2	20	1.5	0.8	Aa	50	30	10		10
St.3	25	0.3	1.3	Bb-C	10	20	20	20	30
St.4	38	0.5	1.5	C	10				90

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

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

### 3-3 중문천 어류상

전체 조사지점에서 출현한 담수어류는 총 5과 6종 157개체가 채집되었다(표 4). 이 중 망둑어과 어류가 2종(33.3%)이었고, 잉어과(16.7%), 미꾸리과(16.7%), 바다빙어과(16.7%), 송어과(16.7%)가 각각 1종씩 출현하였다. 멸종위기종이나 한국고유종은 출현하지 않았다. 출현 개체수의 우점종은 버들치가 54.42%(123개체)로 가장 많이 채집되었으며 차우점종은 갈문망둑이 23.89%(54개체)로 확인되었다. 그 외 은어 13.72%(31개체), 밀어 6.64%(15개체), 미꾸리 1.33%(3개체) 순으로 나타났다. 출현 종별 생체량은 은어가 76.36% 우점하였고, 밀어 9.83%, 갈문망둑 8.72%, 버들치 2.75%, 미꾸리 2.35% 순으로 확인되었다. 금번 조사시 물이 맑고 깨끗한 수역에서만 서식하는 은어와 버들치가 대부분 출현하여 중문천의 하천환경이 청정한 지역이라는 것을 확인할 수 있었다.

조사 지점별 어류상 특성은 아래 표 4, 5, 6, 그림 3과 같다. St.1에서는 미꾸리과 1종이 확인되었는데 이는 평상시 유입되는 유량이 매우 소량이었으며 하천의 흐름이 거의 없는 웅덩이 형태를 나타내고 있는 정수역이었다. 하상구조는 하천의 가장자리가 큰돌로 이루어져 있었고, 하천 내에는 모래로 주로 이루어져 있었다. 또한 식물성플랑크톤이 크게 번성하여 다양한 어종이 서식하기 어려운 조건을 보여주었으며, 미꾸리 1종만이 출현하였기에 종다양도, 균등도, 풍부도는 산출되지 않았다.

St. 2에서는 2과 3종을 채집하였으며 이지점은 천제연폭포 직 하류로 유속이 빠르고 수심이 얕은 급여울 형태로 하상은 주로 큰돌과 작은돌로 단순하게 구성되어 있으며 폭포에서 옆으로 흐르는 개천에 다수의 버들치가 서식하여 66.67%로 우점하고 있고 폭포 아래의 큰돌 밑에 서식하는 밀어가 차우점종으로 29.68%로 나타났다. 균집분석 결과 종다양도 0.75, 균등도 0.69, 풍부도 0.61로 확인되었다.

St.3에서는 중하류형으로 수심이 얕으며 호박돌과 작은돌, 잔돌, 모래가 혼합되어 있는

하상으로 구성되어 있는 지점으로 출현종은 3과 4종이며, 우점종은 버들치 70.08%, 차우점종은 갈문망둑 14.96%였다. 군집분석 결과 종다양도 0.89, 균등도 0.65, 풍부도 0.62로 확인되었다.

St.4는 하류형 하천으로 바다와 인접해 있으며 하천 가장자리는 큰돌이며, 하천 내에는 모래가 주된 하상으로 구성되어 있고 보가 설치되어 있었다. 출현종은 3과 5종으로 St.3 지점과 유사한 양상을 나타냈으며 바다에서 소상한 송어가 추가로 확인되었다. 우점종은 갈문망둑 55.07%, 차우점종은 버들치 17.35%이었지만 다수의 은어가 서식하고 있었다. 그러나 채집이 어려워 개체수는 적었다. 군집분석 결과 종다양도 1.11, 균등도 0.80, 풍부도 0.71로 확인되었다.

표 4. 조사지점별 중문천의 담수어류 출현 개체수

Species	Station			
	St.1	St.2	St.3	St.4
Order Cypriniformes 잉어목				
Family Cyprinidae 잉어과				
<i>Rhynchocypris oxycephalus</i> 버들치		18	89	16
Family Cobitidae 미꾸리과				
<i>Misgurnus anguillicaudatus</i> 미꾸리	3			
Order Osmeridae 바다빙어목				
Family Osmeridae 바다빙어과				
<i>Plecoglossus altivelis</i> 은어			19	12
Order Mugilidae 송어목				
Family Mugilidae 송어과				
<i>Mugil cephalus</i> 송어				●
Order Perciformes 농어목				
Family Gobiidae 망둑어과				
<i>Rhinogobius giurinus</i> 갈문망둑		1	15	38
<i>Rhinogobius brunneus</i> 밀어		8	4	3
No. individual	3	18	108	28
No. species	1	3	4	5

● 확인

표 5. 중문천에 출현하는 우점종과 아우점종의 출현 비율

Station	Dominant species	Sub-dominant species
St.1	<i>Misgurnus anguillicaudatus</i> (100%)	-
St.2	<i>Rhynchocypris oxycephalus</i> (66.67%)	<i>Rhinogobius brunneus</i> (29.63%)
St.3	<i>Rhynchocypris oxycephalus</i> (70.08%)	<i>Plecoglossus altivelis</i> (14.96%)
St.4	<i>Rhinogobius giurinus</i> (55.07%)	<i>Rhynchocypris oxycephalus</i> (17.35)

표 6. 중문천의 조사지점별 군집구조

조사지점	다양도(H')	균등도(E)	풍부도(RI)
St.1	-	-	-
St.2	0.75	0.69	0.61
St.3	0.89	0.65	0.62
St.4	1.11	0.80	0.71

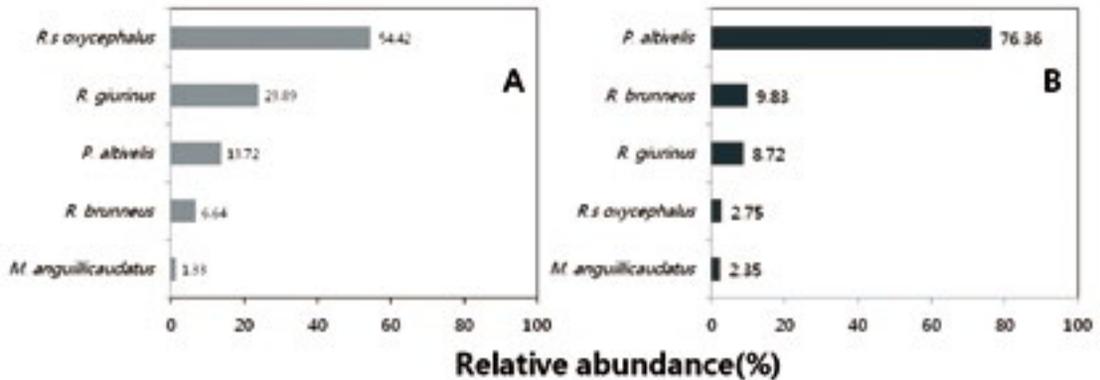


그림 3. 중문천에 출현하는 담수어류의 개체수 및 생체량의 상대빈도

## IV. 고찰

기수역을 포함한 중문천에서 출현한 전체 담수어류는 6종이었다(표 4). 이는 이전 조사에서 알려진 조사 중에 조(1980)의 10종 와 김 등(2005)의 조사에서 8종보다는 적은 종수를 보였지만 이 등(1999)의 조사에서 3종보다는 다양한 종이 출현하였다. 본 조사에서 기수역에 분포하는 어류는 채집이 원활하지 못하였으며, 하천은 대부분이 건천화가 되어 있었다. 이는 이전 연구와 비교하여 조사 장소가 제한적이었으며, 조사 횟수도 1회로 한정되었기 때문에 추후 계절별조사가 이루어지고 기수역을 중심으로 집중적으로 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; 송 등, 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(문 등, 2005).

그러나 본 조사에서 서식이 확인된 은어는 회유종이면서 중요한 수산자원이었고, 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 중문천 뿐만 아니라 화북천, 산지천, 광령천 등 제주도내의 대부분 하천 하구에서 대량 서식하고 있었다(조, 1980; 이 등, 1999, 김 등, 2005).

## [참고문헌]

- 김을배. 1970. 제주도 양식어류의 전말. 내수면 3: 26-29.
- 김익수 · 박종영. 2002. 한국의 민물고기. 교학사, 서울. pp. 1-465.
- 김익수 · 최윤 · 이충렬 · 이용주 · 김병직 · 김지현. 2005. 원색한국어류대도감. 교학사, 서울. pp. 1-615.
- 김익수. 1995. 한국의 위기 담수어류의 서식현황과 보존. '95 한국생태학회 한국어류학회 공동 심포지움. 한국담수생태계의 특성과 어류상. pp. 31-50.
- 문덕철 · 양성기 · 고기원 · 박원배. 2005. 제주도 주요하천의 기저유출량 산정. 한국환경과학회지 14(4): 405-412.
- 변화근 · 전상린. 국내에 도입된 파랑볼우럭(*Lepomis macrochirus*)의 식성. 환경생물학회지 15(2): 165-174.
- 손영목 · 송호복. 1998. 거제도의 담수어류상과 분포상의 특징. 한국어류학회지 10: 87-97.
- 손영목. 1995. 우리나라 도서지방 담수어류의 생물지리. '95 한국생태학회 한국어류학회 공동 심포지움. 한국담수생태계의 특성과 어류상. pp. 51-62.
- 송미영 · 정승윤 · 김경환 · 백재민 · 이완옥. 2013. 보령 대천천의 어류상과 어류 군집 특성. 한국환경생태학회지 27(4): 437-448.
- 수산청. 1970. 내수면 잠재력조사 7.
- 양계청. 1994. 제주도 북부지역의 담수어류 분포조사. 제주도민속자연사박물관 조사연구보고서 제 9집. pp. 65-72.
- 이완옥 · 노세윤. 2006. 특징으로 보는 한반도 민물고기. 지성사. pp. 432pp.
- 이용주. 1995. 제주도산 망둑어과 어류에 관하여. 전주교육대학교, 과학교육연구논문집 17: 31-44.
- 이인균 · 전상린 · 변화근. 1999. 제주도산 담수어의 분포에 관하여. 상명대학교 자연과학연구소 6: 1-28.
- 제주도민속자연사박물관. 1994. 제주도 담수어류. 대영인쇄사. 제주, pp. 1-174.
- 조재윤. 1980. 제주도의 담수어류상에 관하여. 제주대해자연보 4: 7-14.
- Azuma, M. 1992. Ecological release in feeding behavior: the case of bluegills in Japan. Hydrobiologia 244: 269-276.
- 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 with English abstract).
- 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.
- 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 with English abstract).
- Kani. 1944. Ecology of mountain stream insects. Reserch history Tokyo. (In Japanese).
- Kim, I.S. and W.O. Lee. 1994. Fish fauna from Cheju Island, Korea. Rec. Korean Fish Fauna No. 1, pp. 1-51.

- Lee, J.H., K.H. Han, W.I. S대, S.M. Yoon, C.C. Kim, S.Y. Hwang and K.S. Kim. 2004. Ichthyofauna and fish community of Sora Stream in Y대, Korea. Korean J. Ichthyol. 16(4): 348–365. (in Korean with English abstract)
- Margales, R. 1958. Information theory in ecology, Gen. Syst. 3: 36–71.
- McNaughton, S.J. 1967. Relationship among functional properties of California grassland. Nature, 216: 168–148.
- Mori, T. 1952. Check list of the fishes of Korea. Hyogou Univ. Agr. 1(3): 1–228.
- Nelson, J.S. 2006. Fishes of the world. Fourth edition. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey 99: 397–398.
- 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).

## ▣ 중문천의 주요 출현 어류



버들치 *Rhynchocypris oxycephalus*



미꾸리 *Misgurnus anguillicaudatus*



밀어 *Rhinogobius brunneus*



갈문망둑 *Rhinogobius giurinus*



은어 *Plecoglossus altivelis*