

제주 천제연 하구 소상어류의 월별 종조성

황학빈 · 이태원* · 황선환¹ · 김병직²

충남대학교 해양학과, ¹한국해양연구원, ²국립생물자원관

Monthly Species Composition of Upstream-Migrating Fish in the Cheonjeyeon Estuary of Jeju, Korea by Hak Bin Hwang, Tae Won Lee*, Sun Wan Hwang¹ and Byung-Jik Kim² (Department of Oceanography, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea; ¹Korea Ocean Research and Development Institute, Ansan P.O. Box 29, 425-600, Korea; ²National Institute of Biological Resources, Incheon 404-708, Korea)

ABSTRACT Monthly variation in species composition of upstream-migrating fish in the Cheonjeyeon Estuary was determined by analyzing fish data collected January~September 2004 and January~August 2007. Fish migrating from the sea to freshwater through the channels were collected by a rectangular net with a mesh size of 2 mm during the day and at night in the new moon. Of 14 species collected, ayu (*Plecoglossus altivelis altivelis*) and mullet (*Mugil cephalus*) predominated in abundance. Glass eels (*Anguilla japonica*) occurred mainly during the night from February to May. Other fishes collected included brackish-water gobiids (*Gymnogobius urotaenia*, *Rhinogobius giurinus*, *Tridentiger obscurus*, and *Sicyopterus japonicus*), freshwater fishes (*Misgurnus anguillicaudatus* and *Rhynchocypris oxycephalus*), and coastal marine fishes (*Engraulis japonicus*, *Pempheris japonica*, *Plotosus lineatus*, *Takifugu niphobles*, and *Terapon jarbua*). Ayu occurred during almost all sampling periods. They ranged principally from 55 to 100 mm total length (TL), with some fish larger than 100 mm TL collected after April. Mullet also occurred during almost all sampling periods. They ranged principally 25~58 mm TL, with some larger fish of 103~240 mm TL collected in February and April. That only a few freshwater and brackish-water fishes occurred in the study area is probably related to the freshwater systems having long been isolated from the continental systems and to the poorly developed estuaries in Jeju Island reflecting limited river discharge.

Key words : Upstream migration, estuarine fish, *Plecoglossus altivelis altivelis*, *Mugil cephalus*, *Anguilla japonica*

서 론

하구는 민물과 바닷물이 혼합되고 조석의 영향이 커서 수온, 염분, 용존산소, 탁도 등의 환경 변화가 크다. 그러나 상류로부터 공급되는 영양염이 축적되어 생물 생산력이 높고 다양한 서식처가 제공될 수 있어, 많은 해양 생물과 회유성 또는 기수성 종들에게 산란장, 섭식장, 성육장 또는 회유로로 이용 된다(Potter *et al.*, 1986; Day *et al.*, 1989). 하구는 해양 생태계와 내륙 수서 생태계를 연결하는 통로이며

(Percy and Myers, 1974; Blaber and Blaber, 1980; Potter *et al.*, 1986, 1990; Valesini *et al.*, 1997), 어업생산성이 높아 경제적 어획장소로 이용 된다(Houde and Rutherford, 1993). 그러나 하구는 인구밀도가 높은 강과 하천 유역의 오폐수가 모여 수질이 나쁜 편이고, 하구둑 건설 등 인위적 교란이 심한 편이다. 하구에는 염분 적응 범위가 넓은 기수 어류들이 서식하나 그 수는 적은 편이며, 밀물 때는 해수가 유입되면서 해산어들이 몰려 들어오고, 썰물 때는 민물을 따라 일부 담수 어류들이 분포한다. 그리고 하구는 바다와 하천을 연결하는 통로로 바다와 민물을 오가는 왕복성 어류(diadromous fish)와 양측성 어류(amphidromous fish)들

*교신저자: 이태원 Tel: 82-42-821-6433, Fax: 82-42-822-8173, E-mail: twlee@cnu.ac.kr

이 분포한다. 왕복성 어류는 산란하기 위하여 민물로 오르는 연어와 같은 강오름(溯河) 어류(anadromous fish)와 산란하기 위해서 바다로 내려가는 뱀장어와 같은 강내림(降河) 어류(catadromous fish)로 구분되며, 이 어류들은 일생 중 산란 회유 때와 치어 때 하구를 통과한다. 양측성 어류는 산란과 관계없이 민물과 바다를 오가는 어류로, 은어와 같이 자어들이 성장을 위하여 바다로 내려가고, 봄이 되어 치어들이 강을 오르는 어류가 포함된다.

국내 기수어류에 대하여는 주로 하구둑과 관련하여 연구가 수행되었다. 낙동강하구에서 하구둑 건설 이후 어류 종조성 변화를 보고하였고(곽과 허, 2003), 금강하구에서 개량안강망(bag net) 어획 자료를 분석하여 금강하구 어류 생태계는 하구와 내만의 중간 형태임을 보고하였다(황 등, 2005; 황, 2006). 그리고 새만금 하구에서 방조제 건설 이전과 건설 이후 otter trawl로 자료를 수집하여 어류 종조성 계절 변화를 보고하였다(이 등, 2003, 2007). 근래까지 수행된 기수어류에 관한 연구는 하구둑을 중심으로 바다 쪽이나 담수역에서 otter trawl이나(양 등, 2001; 곽과 허, 2003; 이 등, 2003, 2007) 정치망 등으로 어류를 채집하여(황 등, 2005), 소상하는 어류뿐 아니라 하구역과 담수역에 서식하는 종들이 채집되어 출현종수와 밀도가 높았다. 소상어류에 대한 연구는 담수역의 어도에서 많은 연구가 수행되었고(황과 허, 2000; 박 등, 2004), 일부 하구에서 소상어류에 대하여 조사되었다(황 등, 1999; 황, 2000).

제주도 주변 해역은 해산어류상은 다양하지만, 대부분 하천의 수량이 적고 대륙과 분리되어 담수역에는 기수어를 포함하여 총 20과 42종의 어류만이 보고되어 어류상은 빈약한 편이다(조, 1980; 양, 1994, 1995; 이와 김, 1994; 이 등, 1999). 제주도는 바다로 유입되는 담수량이 적어 기수역도 크게 발달하지 않아 기수어류상도 빈약할 것으로 생각되나 아직 제주도 기수어류나 소상하는 어류와 계절에 따른 종조성 변동에 대한 연구는 수행되지 않았다.

본 연구에서는 2004년 1월에서 9월 및 2007년 1월에서 8월 사이 천제연 하구에서 소상하는 어류를 채집하여, 월별 밤낮 종조성 변화와 우점 소상어류의 소상시기와 월별 체장 조성을 분석하고 다른 하구 어류 종조성과 비교하여 소상 어류특성을 밝혔다.

재료 및 방법

채집지역인 천제연 하구는 제주도 서귀포시 중문동에 위치하며 천제연 폭포까지 약 1.5 km의 하천으로 연결된다. 천제연 하구에는 하천으로부터 유입되는 토사를 막기 위하여 폭 약 20m의 보가 건설되었고, 보에는 폭 약 1m인 3개

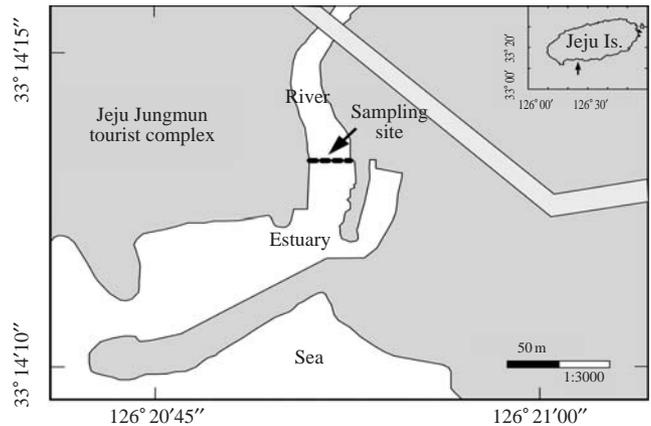


Fig. 1. Map showing the sampling site of the fish in the Cheonjeon estuary of Jeju-do.

의 수로가 있어 이곳을 통하여 담수가 바다로 흐른다. 수로의 바닥면은 조석 기준면으로부터 약 260 cm로, 사리 때에는 시기에 따라 만조기 약 1~2시간 동안 해수가 수로를 통하여 보의 안으로 유입된다. 천제연 하구의 소상 어류는 하구에 건설된 보의 수로에서 2004년 1월에서 9월까지, 2007년 1월에서 8월까지 자체 제작한 그물을 이용하여 채집하였다(Fig. 1). 채집에 이용된 그물의 입구는 수로의 폭에 맞게 1.2 m × 1.2 m로 제작하였으며, 그물의 길이는 6m, 망목은 약 2 mm였다. 그물의 내측 중간에 깔때기 모양의 허그물을 만들어 안으로 들어온 물고기가 다시 나가지 못하게 제작하였다. 채집은 그물 사리 때 1~2일간 주야로 채집하였으며, 2004년 1~4월에는 2개의 수로에, 2004년 5~9월과 2007년 1~8월에는 1개의 수로에 그물을 설치하여 만조 때 해수를 따라 보 안으로 들어오는 어류를 채집하였다. 수온은 2004년 1~4월, 2007년에는 1~8월에 야간 만조 때 측정하였다. 측정된 수온과 국립해양조사원의 서귀포 조위관측소의 수온과는 큰 차이가 없어, 측정을 하지 않았을 때는 서귀포 조위관측소의 수온 측정 자료를 이용하였다(<http://www.nori.go.kr>). 염분은 2004년과 2007년 1~4월에 야간 만조 때 표층수를 채수하여 측정하였다. 조사 시기 그물 만조 때의 조위는 조차가 가장 큰 음력 그믐 다음 날 야간 만조 때의 서귀포 조위관측소의 조석 관측 자료를 이용하였다.

채집된 어류는 냉장, 혹은 90% 알콜에 고정하여 실험실로 운반한 후, 김 등(2005)에 따라 종을 동정하였고, 각 종의 전장을 mm 단위까지 측정하였다. 채집 개체수가 많은 종에 대해서는 각 그물에서 채집된 개체 중 30~50마리를 무작위로 추출하여 전장을 측정하였다. 월별 체장 조성은 주야 및 그물 간에 차이가 없었기 때문에 월별로 합하여 정리하였다. 각 조사 시기별로 주야 채집횟수와 설치한 그

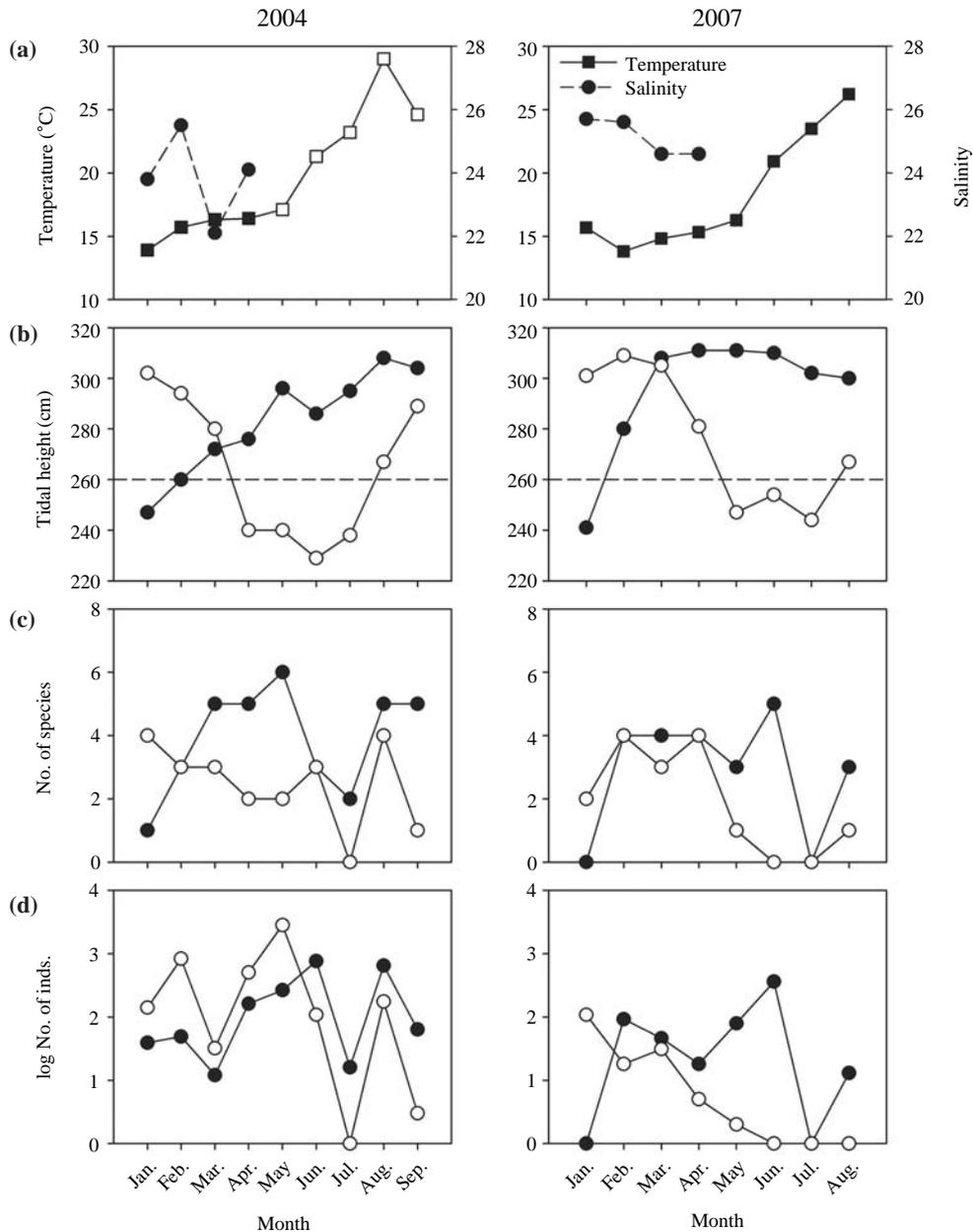


Fig. 2. Monthly fluctuation in (a) water temperature and salinity (solid square: temperature measured during sampling, open square: data from the Seoguipo station), (b) high tidal level during the new moon (horizontal dotted line represents the level of the channels), (c) number of species and (d) mean number of individuals (logtransformed) of upstream migrating fish through the channels collected by a set net in Cheonjeyeon estuary during the day (open circle) and night (solid circle) in 2004 and 2007.

물수가 다르기 때문에 종조성은 각 조사 시기 주야 그물당 평균 개체수로 표시하였다.

결 과

1. 수온, 염분과 조위

2004년 수온은 1월에 13.9°C로 가장 낮았고, 2월 이후

상승하여 4월에 16.4°C, 8월에는 29.0°C로 가장 높았으며, 9월에는 24.6°C로 낮아졌다. 2007년 1월에는 15.7°C였고, 2월에 13.8°C로 낮아졌으며, 3월 이후 상승하여 8월에 26.2°C로 높아졌다(Fig. 2). 염분은 측정된 1월에서 4월 사이 만조 때 표층의 염분은 22~26 psu의 범위였으며, 간조 때에는 4~5 psu 정도 낮았다.

서귀포의 그림 사리 때 만조위(high tidal height)는 2004년에는 1~2월에는 밤에 비하여 낮에 천제연 수로면의 약

Table 1. Diel and monthly variations in species composition of upstream migration fish in the Cheonjejeon estuary, collected by a set net in 2004. The number of individuals represents mean number of fish collected by a net during the day (D) and night (N)

Species	Jan.		Feb.		Mar.		Apr.		May		Jun.		Jul.		Aug.		Sep.		Total	
	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N
<i>Anguilla japonica</i>				9		5		17		15					2				0	48
<i>Gymnogobius urotaenia</i>								1											0	1
<i>Mugil cephalus</i>	137	39	601	39	6	1	7	73	20	20		150	5	33	81		31	804	439	
<i>Plecoglossus a. altivelis</i>	1		225		25	4	494	58	2780	225	105	600	11	136	547	3	24	3769	1469	
<i>Rhinogobius giurinus</i>	1				1		13			1	1	10		1	11		2	3	38	
<i>Sicyopterus japonicus</i>										1							1	0	2	
<i>Tridentiger obscurus</i>	1		1	1	1	1				1	2			4	3		5	9	11	
Total	140	39	827	49	32	12	501	162	2800	263	108	760	0	16	174	644	3	63	4585	2008
No. of species	4	1	3	3	3	5	2	5	2	6	3	3	0	2	4	5	1	5	4	7

Table 2. Diel and monthly variations in species composition of upstream migration fish in the Cheonjejeon estuary, collected by a set net in 2007. The number of individuals represents mean number of fish collected by a net during the day (D) and night (N)

Species	Jan.		Feb.		Mar.		Apr.		May		Jun.		Jul.		Aug.		Total		
	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	
<i>Anguilla japonica</i>				1		1	1	2	12		15							4	13
<i>Engraulis japonicus</i>						82			3		69		353					0	507
<i>Misgurnus anguillicaudatus</i>							2	1	1									1	3
<i>Mugil cephalus</i>	59		15	7	29	42	1	2		3		3			1	8	105	65	
<i>Pempheris japonica</i>						1												0	1
<i>Plecoglossus a. altivelis</i>	49		1	2					2	7		2						52	11
<i>Plotosus lineatus</i>								1										1	0
<i>Rhinogobius giurinus</i>													1					0	1
<i>Rhynchocypris oxycephalus</i>							1											0	1
<i>Takifugu niphobles</i>				2														1	0
<i>Terapon jarbua</i>																	1	0	1
<i>Tridentiger obscurus</i>							1						1				4	1	5
Total	108	0	18	92	30	46	5	18	2	79	0	360	0	0	1	13	164	603	
No. of species	2	0	4	4	3	4	4	4	1	4	0	5	0	0	1	3	7	10	

260 cm보다 높아 낮에만 보로 해수가 넘쳐 흘렀다(Fig. 1). 3월에는 밤낮의 만조위가 비슷하였으며, 4월 이후에는 밤의 만조위가 낮보다 높았으며, 4~7월의 낮에는 사리 만조 때에도 해수가 보를 넘지 못하였다. 2007년에도 월에 따른 밤낮 수위 차이는 비슷하였으나 만조위면은 2004년에 비하여 높았다. 조사 지역의 조위는 서귀포 조석 관측자료와 조사 때의 기압, 풍속과 풍향에 따라 시기에 따라 10 cm 정도의 차이가 있었다.

2. 종조성 변동

조사기간 중 2004년에는 7종, 2007년에는 12종 등 총 14종의 어류가 채집되었다(Table 1, 2). 그 가운데, 양측성 어류인 은어(*Plecoglossus altivelis altivelis*)와 송어(*Mugil cephalus*)가 매우 우세하였고, 왕복성 어류인 뱀장어(*Anguilla japonica*)의 치어인 실뱀장어가 소상시기에 채집되었다. 이외에 담수어류인 미꾸리(*Misgurnus anguillicaudatus*)와 버

들치(*Rhynchocypris oxycephalus*), 연안어류인 멸치(*Engraulis japonicus*), 주걱치(*Pempheris japonica*), 쏘롱개(*Plotosus lineatus*), 복섬(*Takifugu niphobles*)과 살뱀자리(*Terapon jarbua*), 그리고 기수성 어류인 꼭저구(*Gymnogobius urotaenia*), 갈문망둑(*Rhinogobius giurinus*), 검정망둑(*Tridentiger obscurus*) 및 열동갈문절(*Sicyopterus japonicus*)이 조사 시기에 따라 소수 개체가 채집되었고, 멸치는 2007년 5~6월에 비교적 많은 양이 채집되었다.

2004년에는 주간에 4종 4,585마리, 야간에 7종 2,008마리가 채집되어 총 7종 6,593마리가 채집되었다(Table 1). 그 가운데 은어와 송어가 전 조사 시기에 출현하였으며, 총 개체수에서 은어가 79%, 송어가 19%를 차지하여 두 종이 98%를 차지하였고, 나머지 5종은 1% 미만을 차지하였다. 은어는 조사기간 동안 계속 채집되었으며, 1월에서 5월 사이에는 낮에 많은 양이 채집되었으나 6월 이후에는 밤에 채집량이 많았다. 송어도 조사 기간 중 계속 채집되었고 1월에서 3월 사이에는 낮에 채집량이 많았으나, 4월 이후에

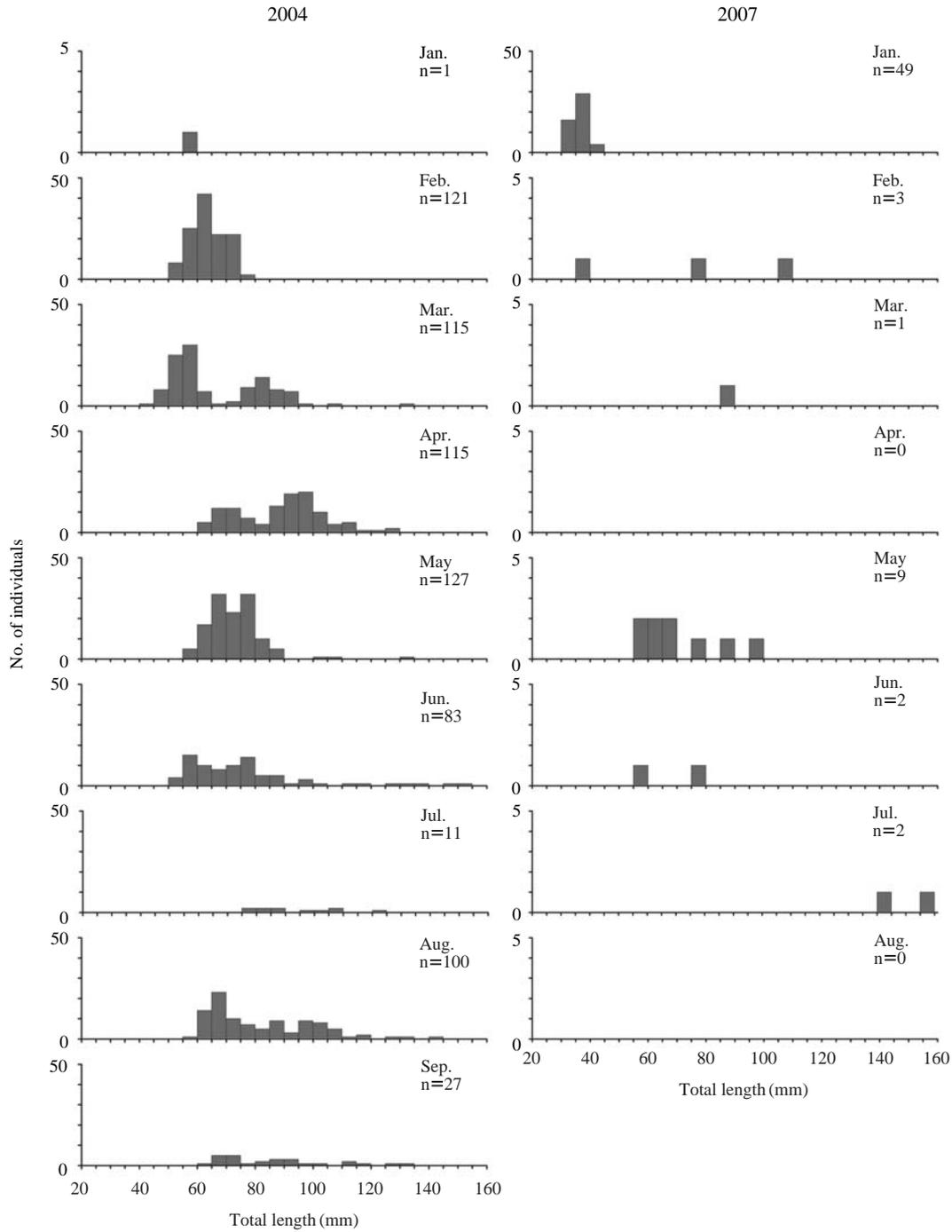


Fig. 3. Monthly length frequency distribution of ayu (*Plecoglossus altivelis altivelis*) collected by a set net in Cheonjeyeon estuary in 2004 and 2007.

는 밤에 채집량이 많았다. 뱀장어는 2월에서 5월 사이에 실 뱀장어들이 밤에만 채집되었으며, 8월에는 뱀장어 유어가 2마리 채집되었다. 월별 출현종수는 1월을 제외하고는 낮에 비하여 밤에 같거나 많았으며, 7월에는 낮에 한종도 채집되지 않았고 밤에는 은어와 송어만 채집되어 가장 낮았다 (Fig. 2). 월별 그물당 채집개체수는 우점종인 송어와 은어

의 채집량에 따라 변화였으며, 7월에 가장 채집량이 적었다 (Fig. 2).

2007년에는 주간에 7종, 164마리, 야간에 10종, 603마리가 채집되어 2004년에 비하여 출현종수는 많았으나 채집량은 적었다 (Table 2). 2004년에 우점종이었던 은어와 송어는 2007년에도 우점하였으나, 채집량은 2004년에 비하여 아주

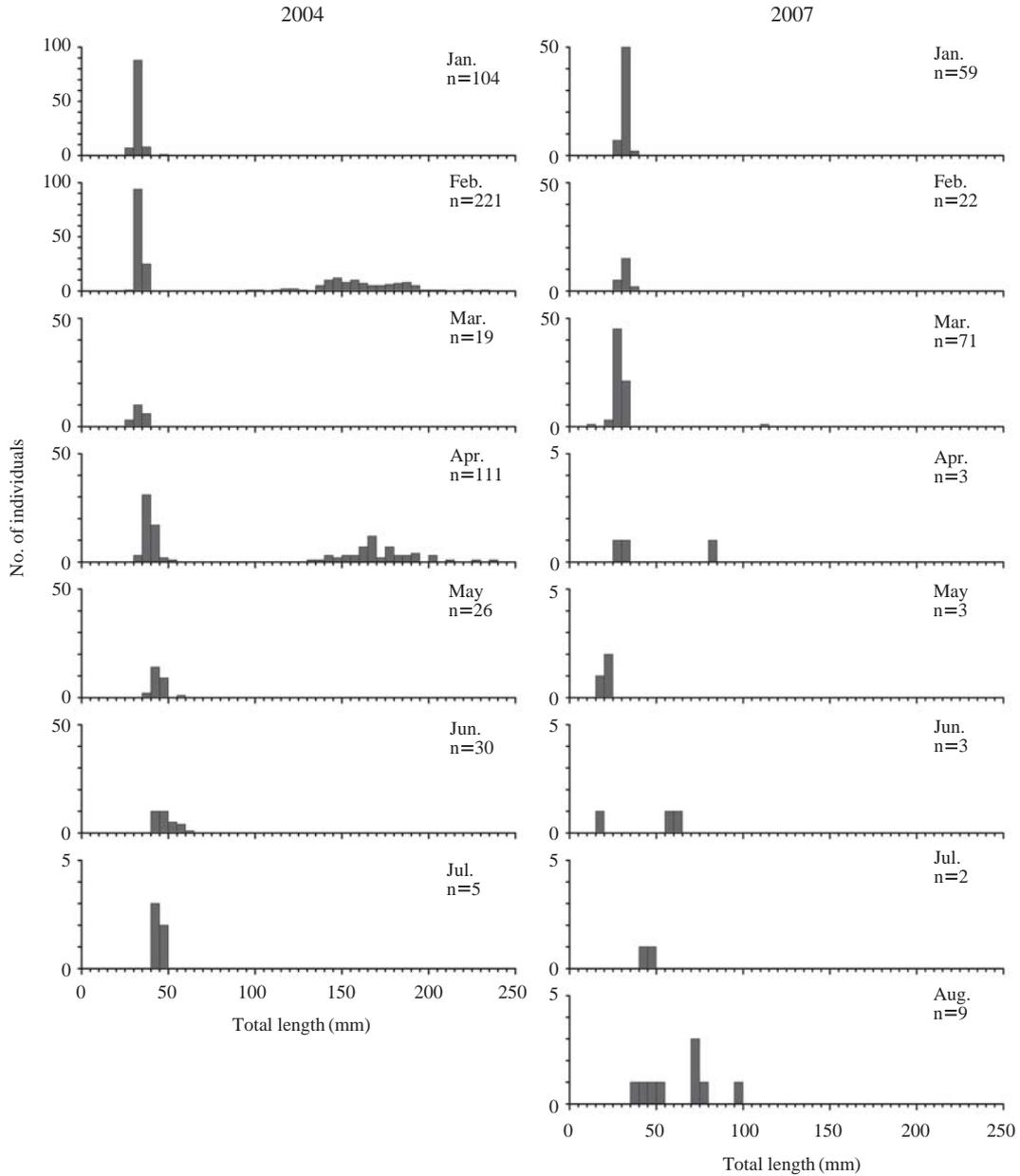


Fig. 4. Monthly length frequency distribution of mullet (*Mugil cephalus*) collected by a set net in Cheonjeyeon estuary in 2004 and 2007.

적었고 출현빈도도 적었다. 실뱀장어, 갈문망둑 및 검정망둑은 두 조사시기에 모두 채집되었으나, 꼭저구와 열동갈문절은 2007년에는 채집되지 않았고, 담수어인 미꾸리와 버들치, 연안종인 멸치, 주걱치, 솔종개, 복섬과 살뱀자리가 2007년에만 채집되었다. 2004년에는 채집되지 않았던 멸치는 2월과 4~6월에 야간에만 채집되었고, 총 507마리가 채집되어 2007년 총채집 개체수의 66%를 차지하였다. 뱀장어는 2월에서 5월 사이 실뱀장어가 채집되었으며, 2004년과 달리 2~4월에는 낮에도 1~2개체가 채집되었다. 나머지 종들은 출현빈도와 채집 개체수가 매우 적었다. 월별 출현종수는

2004년과 같이 낮에 비하여 밤에 같거나 많았으며, 5월 이후 낮에는 한 종 이하가 잡혔다(Fig. 2). 월별 그물당 채집 개체수는 우점종인 은어와 송어의 채집량이 적어 2004년에 비하여 적었으며, 1월과 7월을 제외하고는 밤에 채집량이 많았고, 4월 이후 낮에는 10마리 이하가 채집되었다(Fig. 2).

3. 우점종 전장의 월변동

1) 은어 (*Plecoglossus altivelis altivelis*)

2004년 1월에서 9월 사이 채집된 은어의 전장(TL) 범위

는 44.0~150.5 mm였다(Fig. 3). 1월에는 56 mm TL인 개체 1마리만 채집되었고, 2월에는 50~80 mm TL 범위의 단일 크기군(size group)이 채집되었다. 3월에는 55~60 mm TL과 80~85 mm TL에 최빈값을 보이는 2개의 크기군이 채집되어 작은 크기군은 새로이 가입된 것이었고, 큰 크기군은 2월에 출현하였던 크기군이 성장한 것으로 추정되었다. 130 mm TL 이상의 큰 개체도 1마리 채집되었다. 4월에는 65~75 mm TL과 95~100 mm TL에서 최빈값을 보이는 두 크기군과 120 mm TL 이상의 큰 개체들도 소수 채집되었다. 5월과 6월에는 55~90 mm TL 크기의 작은 개체들이 주를 이루었고, 6월에는 100 mm TL 이상의 개체들도 채집되었다. 7월은 채집 개체수가 적었고, 8월에는 5~6월과 비슷한 크기의 개체군이 채집되었으나 90 mm TL 이상의 개체들이 5~6월에 비해 더 많이 채집되었다. 9월에도 채집된 개체들의 전장은 60~130 mm TL의 범위로 8월과 큰 차이는 없었으나 채집량이 현저하게 감소하였다.

2007년 1월에서 8월 사이 채집된 은어의 전장은 32.2~156.1 mm TL의 범위였다. 1월에는 30~45 mm TL의 개체가 채집되었고, 2월에는 39.5 mm, 75.5 mm 및 109.0 mm TL인 3마리가 채집되었다. 3월에는 1마리, 4월에는 한 마리도 채집되지 않았고, 5월에는 55~100 mm TL인 9마리가 채집되었다. 7월에는 142.2 mm 및 156.1 mm TL인 2마리가 채집되었고, 8월에는 한 마리도 채집되지 않았다.

2) 송어 (*Mugil cephalus*)

2004년 1월에는 25~40 mm TL인 개체들이 주로 채집되었다. 2월과 3월에도 비슷한 크기의 개체들이 채집되었고, 4월 이후에는 이 크기군이 약간씩 자라는 경향을 보였다. 이 작은 크기 이외에 2월과 4월에는 100~240 mm TL인 큰 개체들이 다수 채집되었다.

2007년 1월과 2월에는 25~40 mm TL인 개체들이 채집되었다. 3월에는 10~35 mm TL인 개체들이 주를 이루었고 111 mm TL인 큰 개체 1마리도 채집되었다. 4월에서 6월 사이에 35 mm TL 이하인 개체들과 60 mm TL 이상인 개체들이 1~2 마리씩 채집되었다. 7~8월에는 35 mm TL 이상인 개체들이 채집되었다.

고 찰

조사기간 동안 14종의 어류가 채집되었으며, 우점종은 양측성 어류인 은어와 송어였고, 왕복성 어류인 뱀장어, 연안 어류, 기수어류 및 담수어류도 소량씩 채집되었다.

은어는 겨울에 연안에서 자란 후 봄에 하천으로 올라와 모래와 자갈이 깔린 곳에 세력권을 형성하고 돌위의 조류를 먹으며 자란다. 대부분 1년생으로 가을에 산란한다. 부화

한 자어는 강을 내려가서 근해에서 플랑크톤을 먹으며 자란 후 봄에 치어가 하천으로 올라온다(정, 1977; 김 등, 2005). 육봉형은 담수에서 전생활사를 보내며, 하천에서 부화 후 수심이 깊은 곳으로 내려가 겨울 동안 성장한 후 봄에 치어가 상류로 올라와 성장한다(Tachihara and Kimura, 1991; 고 등, 2007). 제주도 하천에서 관찰한 바에 의하면 은어는 10월에서 1월까지 자어들이 출현하여 이 시기가 산란기로 추정된다(김병직, unpublished data). 본 조사에서 40~100 mm TL 크기의 은어 치어들이 조사기간 동안 계속 채집되어, 산란기간도 길고 바다에 머무르는 시간이 개체에 따라 큰 차이가 있는 것으로 추정된다. 6월 이후에는 100 mm TL 이상의 개체들도 소수 채집되었고 늦 여름 채집된 개체들은 일부 혼인색을 띤 성어도 채집되어 성숙할 때까지 바다에서 자랐거나 하천에서 살다가 우기에 바다로 이동하여 다시 민물로 소상하는 과정에서 채집되었을 가능성도 있다. 월별 체장 조성을 보면 장기간 동안 치어들이 소상하는 것으로 보아 산란기가 긴 것으로 추정되어 은어 이석의 일몰을 관찰하여 정확한 산란기를 추정 중이며, 소상하는 성어들이 바다에서 계속 성장하였는지 민물에서 살다가 바다로 이동하였는지 이석의 Sr/Ca 비를 분석 중이다.

송어는 10월에서 2월사이 연안의 모래비닥에서 산란하고 치어들은 하구에서 자라고, 일부는 담수까지 이동하는 어류로 알려져 있다(Yamada *et al.*, 1985; Chang *et al.*, 2004), 본 조사에서는 70 mm TL 이하의 치어들이 조사기간 동안 계속 채집되어, 산란기간도 길고 많은 치어들이 민물로 이동하는 것으로 추정된다. 시기에 따라서는 120 mm TL이 넘는 큰 개체들도 채집되어 미성어 일부도 민물로 이동하는 것으로 보인다.

뱀장어는 2004년 8월에 잡힌 미성어를 제외하고는 실뱀장어들이었다. 제주도에서 뱀장어는 12월부터 5월 사이 하구에 출현하며, 해에 따라 출현 시기가 약간 차이가 있다(문, 2002). 실뱀장어는 야행성으로 대부분 밤에 잡혔으나 2007년에는 낮에도 1~2 마리씩 채집되었다.

담수어는 2007년 3월과 4월에 미꾸리와 버들치가 1~2 마리씩 채집되었다. 위의 2종은 담수를 따라 해수로 이동되었다가 다시 민물로 오르는 과정에서 채집된 것으로 보인다. 기수어류 4종은 망둑어과 어류로 하구와 담수까지 분포하는 어종들로, 꼭지구와 열동갈문절은 1마리씩만 채집되었으나, 검정망둑과 갈문망둑은 출현기간이 길어 하구역이 주 서식처의 일부인 것으로 보인다. 제주도의 담수역에는 기수어류를 포함하여 42종이 보고되었으며(이와 김, 1994), 1차 담수어류는 잉어, 붕어, 떡붕어, 참붕어, 버들치, 쌀미꾸리, 미꾸리, 미꾸라지, 드렁허리와 블루길의 9종과(이와 김, 1994; 김, 2006), 기름종개속 어류(*Cobitis* sp.), 파랑볼우럭(*Lepomis macrochirus*)이 보고되어(이 등, 1999) 총 11종이다. 본 조사에서 채집된 어류들은 모두 제주도에서 기록된 종들이

었다.

연안어류는 5종이 채집되었는데 멸치를 제외하고는 1마리씩만 채집되어 사리 만조 때 보의 수로를 통해 해수가 육지 쪽으로 흐를 때 빠른 조류를 따라 이동하다 채집된 것으로 추정된다. 멸치는 2007년 2월에서 6월 사이 야간에만 출현하였으며, 6월에는 353마리가 채집되었다. 멸치는 연안에서 떼를 지어 몰려다니는 물고기로, 시기에 따라 하구역에도 떼를 지어 몰려오는 것으로 보인다(황 등, 2005; 이 등, 2007).

2004년의 월평균 그물당 채집량은 366마리로, 2007년의 48마리에 비하여 7배 이상 많았다(Table 1, 2). 이 차이는 우점종인 송어와 은어가 2004년에 비하여 2007년 채집량이 적었기 때문이다. 먼저 수온을 살펴보면 2007년 1월의 수온은 15.7°C로 2004년의 13.9°C에 비하여 1.8°C 높았으나, 2월 이후의 수온은 2007년에 약 1°C정도씩 낮았고 8월에는 2.8°C가 낮아, 2007년 낮은 수온이 송어나 은어의 초기 성장에 영향을 주었을 가능성이 있고, 실험실 실험을 통해 수온이 높을 때 은어의 소상행동이 더 활발하다는 결과로 미루어 보아(Uchida and Tsukamoto, 1990) 수온이 소상에 영향을 미쳤을 것으로 판단된다. 제주 조간대에서 지인망으로 월별 채집한 자료에 의하면 2007년에는 다른 해에 비하여 은어의 채집량이 극히 적었다(김병직, unpublished data). 따라서 본 자료만으로 정확한 원인은 파악할 수 없지만, 2006년 후반기부터 2007년 초까지 은어와 송어의 산란량이 적었거나 초기 성장기에 수온을 포함한 성장 조건이 나빠 소상량이 적었을 것으로 추정되며, 앞으로 소상량의 증장기 변동에 대한 연구가 요구된다.

어류는 종에 따라 밤낮에 따라 활동력이 다르다. 본 조사에서 싹배장어나 멸치는 주로 야간에 채집되어 야행성임을 알 수 있다. 우점종인 송어와 은어는 채집시기에 따라 밤낮 채집량이 변하였는데, 이것은 채집 시기에 따른 밤낮 보의 수로를 통한 해수의 유입과 관련이 있는 것으로 보인다. 채집 장소인 천제연 보의 수로 높이는 서귀포 조석 관측 자료와 채집 기간 동안 관찰한 자료와 비교하면 약 260 cm인 것으로 추정되었다. 2004년의 경우 은어는 4~6월에 높은 소상량을 보였는데, 현장 관찰에 의하면 은어는 20 cm 이상의 높이를 튀어 오르며 소상하는 것이 관찰되어, 만조위와 수로면의 차이가 20 cm 이하였기 때문에 하구의 수로로 해수가 넘쳐흐른 양과 은어의 소상량과는 관계가 없이 4월과 6월에 소상량이 높은 것으로 보인다. 2007년의 경우는 예외적으로 은어의 채집 개체수가 적어 논의에서 제외하였다. 송어는 2004년 밤낮 소상량은 만조위가 보의 바닥면 보다 높아 해수가 보를 따라 육지 쪽으로 흐를 때 채집량이 많았고, 만조위가 보의 바닥면보다 낮을 때는 거의 채집되지 않아 송어는 주로 보의 수로로 해수가 넘칠 때 소상하는 것으로 추정된다.

본 연구와 같이 소상하는 어류에 대한 연구는 담수 어도에서는 수행되었으나, 하구에서는 하구독을 중심으로 바다 쪽이나 담수역에서 otter trawl이나(황 등, 1992; 양 등, 2001; 광과 허, 2003; 이 등, 2003, 2007) 정치망 등을 이용하여 채집하여(황 등, 2005), 소상하는 어류뿐 아니라 하구역에 서식하는 종들과 담수역에 서식하는 종들이 함께 채집되어 출현종수와 밀도가 높았다. 영암호에서는 하구독의 어도 유인수로에서 뜰망으로(황과 허, 2000), 금강하구 어도 유인수로에서는 투망, 사각망으로 채집하여(황 등, 1999) 본 연구와 비교가 가능하다. 금강하구(황 등, 1992)와 낙동강하구(양 등, 2001)의 해수역과 담수역에서 otter trawl로 채집한 결과는 비교를 위해서 담수역에서 출현한 종 가운데 해수역에서도 출현한 종을 소상한 어류로 간주하였다. 담수어는 천제연 하구 수로에서는 미꾸리나 버들치만이 채집되었지만 영암호에서는 7종, 금강하구에서는 15종이 양적으로도 높은 비중을 차지하였다(황 등, 1999; 황과 허, 2000). 이것은 제주도 담수어류가 종수나 양적으로 적는데 비하여 한반도 하천에는 종수나 양이 많아 민물을 따라 하구독 아래 바다 쪽으로 이동한 담수어가 다시 민물로 오르기 위해서 어도의 유인수로에 몰려있는 것으로 추측할 수 있다. 천제연 하구역은 토사유출방지를 위한 보를 경계로 바다와 나뉘어져 있지만, 만조시에는 제주도의 대부분 하천과 마찬가지로 해수와 담수가 쉽게 혼합되어 기수어들이 보 안쪽 하천에 쉽게 출입하거나 서식할 수 있다. 기수어류는 육지의 3개 하구에서 웅어(*Coilia nasus*)와 망둑어류가 우점하였는데(황 등, 1992; 황과 허, 2000; 양 등, 2001), 본 연구에서도 웅어를 제외한 망둑어류들이 기수어류를 우점하여 상대적으로 규모가 작지만 기수 해역의 특징을 잘 반영하였다. 연안어류는 천제연 하구에서 멸치가 일시적으로 대량 출현한 이외에는 나머지 종들은 소수 개체만이 채집되었으나, 육지의 3개 하구에서는 전어(*Konosirus punctatus*), 밴댕이(*Sardinella zunasi*), 줄공치(*Hyporhamphus intermedius*), 박대(*Cynoglossus semilaevis*) 등 여러 종의 어류가 채집되었고, 양적으로도 비중이 높았다(황 등, 1992; 황과 허, 2000; 양 등, 2001). 왕복성/양측성 어류는 모든 하구에서 송어가 많이 채집되었고, 양은 적었으나 뱀장어도 채집되었다. 참고로 황 등(1992)에 의해 금강 어도 유인 수로에 우점한 것으로 보고된 송어는 금강하구에서 개량안강망으로 2003년 2월부터 2004년 12월까지 월별 수집한 어획물에는 송어와 가송어(*Chelon haematocheilus*)의 상대 혼획률이 각각 0.8%와 99.2%인 것으로 보아(황, 2006) 가송어로 추정된다. 한반도의 하구에서 은어는 거의 채집되지 않았으나 제주도에서는 우점 소상어류였다.

천제연 하구로 소상하는 어류는 은어와 송어가 주를 이루었으며, 담수어류나 기수어류의 종수나 양이 적었다. 제주도는 대륙과 분리된 섬으로 하천이 짧고 수량도 적으며, 지

질학적 특성으로 하천 바닥은 대부분 암반이나 자갈 등으로 이루어져 있고 구배도 심하기 때문에 담수역과 기수역이 발달하지 못하여 1차 담수어류나 기수어류의 수가 적은 관계로, 이 어류들의 소상 양도 적은 것으로 판단된다. 큰 강의 넓은 하구에서는 연안어류이면서도 기수어류에 가까운 종이 많아 연안/기수 어류로 구분되는 어류들이 많다. 그러나 조사 지역인 천제연 하구는 하구역이 좁아 연안/기수 어류들이 거의 없었고 채집된 연안어류들은 해수를 선호하는 어류들이었다.

요 약

2004년 1월에서 9월 및 2007년 1월에서 8월 사이 천제연 하구에서 소상하는 어류를 채집하여 월별 밤과 낮의 종 조성 변화를 분석하였다. 천제연 하구의 하천과 바다 사이에 건설된 보의 수로에 망목 2mm의 그물을 설치하여 매월 그믐 밤과 낮에 바다에서 민물로 소상하는 어류를 채집하였다. 조사기간 동안 총 14종의 어류가 채집되었으며, 은어 (*Plecoglossus altivelis altivelis*)와 승어 (*Mugil cephalus*)가 대부분을 차지하였다. 강하성 어류인 실뱀장어 (*Anguilla japonica*)가 소상 시기인 2월에서 5월 밤에 주로 채집되었고, 기수성인 갈문망둑 (*Rhinogobius giurinus*), 검정망둑 (*Tridentiger obscurus*), 열등갈문질 (*Sicyopterus japonicus*)과 꼭저구 (*Gymnogobius urotaenia*) 같은 망둑어류가 채집되었다. 담수어류인 미꾸리 (*Misgurnus anguillicaudatus*)와 버들치 (*Rhynchocypris oxycephalus*)가 소량 채집되었는데, 이들은 간조 때 담수를 따라 바다로 이동된 후 만조 때 다시 담수로 되돌아오는 과정에서 채집된 것으로 추정된다. 해산어인 멸치 (*Engraulis japonicus*), 주걱치 (*Pempheris japonica*), 쓸종개 (*Plotosus lineatus*), 복섬 (*Takifugu niphobles*)이 소량 채집되었는데, 이들은 만조 때 담수로 유입되는 해수를 따라 이동하는 과정에서 채집된 것으로 보인다. 은어는 조사기간 동안 계속 채집되었으며, 전장(TL) 55~100mm인 개체들이 주로 채집되었으나 4월 이후에는 100mm TL보다 큰 개체들도 채집되었다. 승어도 조사기간 동안 계속 채집되었으며, 대부분 전장 범위가 28~58mm 사이였으나, 2월과 4월에는 103~240mm TL의 큰 개체들도 채집되었다. 제주도의 하천은 육지로부터 고립되었고 그 길이도 짧아 담수종의 수가 적고 기수역이 발달하지 않아, 담수종이나 기수성 어류가 많지 않은 관계로 소상 어류상이 빈약한 것으로 보인다.

사 사

자료수집 및 분석을 도와준 박종협 중문어촌계장, 충남대

학교 해양학과 김종욱, 박하영에게 감사드립니다. 본 연구는 한국해양수산기술진흥원의 수산특정연구개발비의 지원(과제번호: F10601406A220000100)으로 수행되었음을 밝힙니다.

인 용 문 헌

- 고명훈 · 김익수 · 박종영 · 이용주. 2007. 옥정호 육봉형 은어 *Plecoglossus altivelis* (Pices: Osmeridae)의 서식 분포와 생태. 한국어류학회지, 19: 24-34.
- 곽석남 · 허성희. 2003. 낙동강 하구역 어류의 종조성 변화. 한국수산학회지, 36: 129-135.
- 김병직. 2006. 제주도 담수어류와 외래도입종. 제주대학교 해양과학연구소 연구논문집, 30: 9-19.
- 김익수 · 최 윤 · 이충렬 · 이용주 · 김병직 · 김지현. 2005. 한국어류대도감. 교학사, 615pp.
- 문형태. 2002. 실뱀장어 이석의 미세구조와 어획 자료를 이용한 뱀장어 *Anguilla japonica*의 초기 생활사. 충남대학교 대학원 박사학위 논문, 111pp.
- 박상덕 · 신승숙 · 안효운 · 마수봉 · 황중서. 2004. 한강 잠실수중보 계단식어도의 어류소상가능 평가. 한국수자원학회지, 37: 541-551.
- 양계청. 1994. 제주도 북부지역의 담수어류 분포조사. 제주도민속자연사박물관 조사연구보고서, 9: 65-72.
- 양계청. 1995. 제주도 남부지역의 담수어류 분포조사. 제주도민속자연사박물관 조사연구보고서, 10: 161-168.
- 양홍준 · 김구환 · 금지돈. 2001. 낙동강하구의 어류상과 댐의 어도에서 어류의 이동. 한국육수학회지, 34: 251-258.
- 이완옥 · 김익수. 1994. 제주도의 어류목록. 한국어류학회지, 6: 256-258.
- 이인균 · 전상린 · 변화근. 1999. 제주도산 담수어의 분포에 관하여. 상명대학교 기초과학연구, 6: 1-28.
- 이태원 · 문형태 · 김광천. 2003. 방조제 건설 중인 2001-2002년 새만금 하구역 어류 종조성의 계절 변동. 한국수산학회지, 36: 298-305.
- 이태원 · 황학빈 · 황선완. 2007. 새만금 방조제 물막이 완공 후인 2006-2007년 새만금호 어류 종조성의 변화. 해양학회지-바다, 12: 191-199.
- 정문기. 1977. 한국어도보, 일지사, 727pp.
- 조재윤. 1980. 제주도의 담수어류상에 관하여. 제주대학교 해양과학연구소 연구논문집, 4: 7-14.
- 황금화 · 전상린 · 김미옥 · 황중서. 1992. 금강 하류의 어류상에 관하여. 상명대학교 기초과학연구, 6: 53-74.
- 황선완 · 황학빈 · 노형수 · 이태원. 2005. 개량안강만에 채집된 금강하구 어류 종조성의 계절변동. 한국수산학회지, 38: 39-54.
- 황선완. 2006. 금강과 만경강 하구 어류의 출현 양상과 서식처 이용. 충남대학교 대학원 박사학위 논문, 145pp.
- 황중서 · 이승호 · 허 협. 1999. 하구에 설치한 어도의 이용에 관한 연구. 농어촌진흥공사 농어촌연구원, 179pp.
- 황중서 · 허 협. 2000. 양양 남대천과 영덕 오십천의 어도 및 어

- 류의 소상. 한국농공학회지, 42: 70-77.
- 황중서. 2000. 영암호 갑문식어도를 통한 어류의 회유. 한국수자원학회논문집, 33: 561-568.
- Blaber, S.J.M. and T.G. Blaber. 1980. Factors affecting the distribution of juvenile estuarine and inshore fish. J. Fish Biol., 17: 143-162
- Chang, C.W., Y. Iizuka and W.N. Tzeng. 2004. Migratory environmental history of the grey mullet *Mugil cephalus* as revealed by otolith Sr: Ca ratios. Mar. Ecol. Prog. Ser., 269: 277-288.
- Day, J.W., C.A.S. Hall, W.M. Kemp and A. Yanez-Arancibia. 1989. Estuarine ecology. Wiley-Interscience, New York, 558pp.
- Houde, E.D. and E.S. Rutherford. 1993. Recent trends in estuaries fisheries: Predictions of fish production and yield. Estuaries, 16: 161-176.
- Tachihara, K. and S. Kimura. 1991. Maturity and spawning of land locked ayu *Plecoglossus altivelis* in Lake Ikeda, Kagoshima Prefecture. Nippon Suisan Gakkaishi, 57: 2187-2192
- Percy, W.G. and S.S. Myers. 1974. Laval fishes of Yaquina Bay, Oregon: a nursery ground for marine fishes? Fish. Bull., 72: 201-213.
- Potter, I.C., P.N. Claridge and R.M. Warwick. 1986. Consistency of seasonal changes in an estuarine fish assemblage. Mar. Ecol. Prog. Ser., 32: 217-228.
- Potter, I.C., L.E. Beckley, A.K. Whitfield and R.C.J. Lenanton. 1990. Comparison between the roles played by estuaries in the life cycles of fishes in temperate western Australia and southern Africa. Env. Biol. Fish., 28: 143-178.
- Valesini, F.J., I.C. Potter, M.E. Platell and G.A. Hyndes. 1997. Ichthyofaunas of a temperate estuary and adjacent marine embayment. Implications regarding choice of nursery area and influence of environmental changes. Mar. Biol., 128: 317-328.
- Uchida, K. and K. Tsukamoto. 1990. Ayu propagation and the effectiveness of stocking. II. Behavioural aspects of the fish quality. In: The Second Asian Fisheries Forum. Asian Fisheries Society, Manila, pp. 229-232.
- Yamada, U., M. Takawa, S. Kishida and K. Onjo. 1985. Fishes of the East China Sea and the Yellow Sea. Seikai Reg. Fish. Res. Lab., Japan. 510pp.