

제주도 서부 해역의 난·자치어 분포와 종조성의 계절변동

이 승 종* · 고 유 봉¹ · 김 병 직

제주대학교 해양과환경연구소, ¹제주대학교 해양생산과학부

Seasonal Variation of Species Composition and Distribution of Fish Eggs and Larvae in the Western Part of Jeju Island, Korea

Seung-Jong Lee*, You-Bong Go¹ and Byung-Jik Kim

Marine and Environmental Research Institute, Cheju National University,
3288 Hamdeok-ri, Jocheon-eup, Bukjeju-gun, Jeju-do 695-814, Korea

¹Division of Applied Marine Science, Cheju National University,
1 Ara-dong, Jeju-do 695-756, Korea

To find out the seasonal variation of species composition and distribution of fish eggs and larvae in the western part of Jeju Island, investigations were carried out with plankton net during five different months from September 2004 to August 2005.

The mean abundance of fish eggs and larvae showed a maximum values in summer (August). During the survey period, total 59 species (51 genus, 26 families and 10 orders) of fish larvae were identified. Among the 10 orders, Perciformes (41 species, 15 families), Scorpaeniformes (7 species, 2 families) and Gasterosteiformes (2 species, 2 families) were the dominant species in this study area. The number of species was higher in high water temperature period than in low one, showing a peak in August as 25 species, and the lowest in May as 6 species. *Engraulis japonicus*, *Scomber japonicus* and Scombridae spp. which were migratory fish species occurred abundantly in summer. On the other hand, *Sebastiscus marmoratus* and *Sebastes inermis* which were sedentary fish species occurred abundantly in winter.

Key words : Jeju Island, fish eggs, larvae, species composition, migratory, sedentary

서 론

어류의 초기생활사에 해당하는 난·자치어 시기는 여러 가지 환경변화에 극심한 영향을 받기 때문에 어류 전체 생활사를 통틀어 초기 사망률이 매우 높은 시기

서 정기적인 난·자치어 채집을 통한 이들의 양적 또는 지리적 분포상황에 관한 연구는 해역 내 어류자원의 산란 및 분포현황 뿐만 아니라 초기단계의 가입변동 상황을 파악하는데 유용한 자료로 활용할 수 있어서 향후 해역 내 어류자원의 관리 및 이용가능성을 예측하는데 매우 중요한 기초 자료를 얻을 수 있다.

제주도 주변해역은 연중 대마난류의 영향으로 우리나라 타 해역보다 높은 수온대를 유지하면서 다양한 어종

*Corresponding author: sjlee1225@hanmail.net

들이 서식하는 곳으로서 지금까지 제주도 주변 해역에서 행해진 난·자치어 출현에 관한 연구로는 유 등 (1990a, b), 고 등 (1991), 유 등 (1998) 등의 연구가 보고된 바 있지만 최근에 들어서는 연구가 거의 없는 실정이다. 이와 더불어 본 연구의 대상 해역인 제주도 서부 해역은 해저지형과 계절적인 바람의 영향 등으로 인하여 용승이 발생하는 해역으로서 (Kim and Lee, 1982; 방과 김, 1993; 강 등, 1996) 계절에 따라 각종 회유성 어종들의 회유경로가 되는 동시에 다양한 어종들의 산란장 및 자치어의 성육장으로 추정되지만 현재까지 본 해역에서의 어류 난·자치어 출현에 관한 연구는 전혀 이루어진 바 없다.

따라서 본 연구에서는 제주도 서부 해역에서 출현하는 부유성 어란과 자치어에 대해 출현 종조성 및 출현량의 변화양상을 계절별로 상세히 조사하고 나아가 이러한 결과들을 본 해역에 분포하는 주요 어류자원의 합리적인 이용 및 관리방안에 관한 생태적 기초 자료로 활용하는데 연구의 목적을 두었다.

재료 및 방법

어류의 난·자치어 조사를 위해 2004년 9월, 11월 그리고 2005년 2월, 5월, 8월에 각각 1회씩 총 5회에 걸쳐 제주도 서부 해역에 설정된 총 8개의 정점에서 난·자치어를 채집하였다 (Fig. 1).

난·자치어의 채집은 NORPAC Net (망구 45 cm, 길이 120 cm, 망목 333 μ m)를 이용하여 표층과 10 m 수층에서 1~2 knot의 속도로 약 15분간 수평에 인하여 채집하였다. 채집된 시료는 선상에서 즉시 5% 중성포르말린으로 고정시킨 후 실험실에서 난·자치어만을 따로 분리·계수하여 동정하였다. 채집된 자치어의 동정 및 분류에는 Okiyama (1988), Nelson (1994)을 따랐으며, 시료 중 몸체가 심하게 파손되어 동정이 불가능한 미동정 자치어들은 중 분류에서 제외시켰다. 또한 채집시 네트 입구에 유량계 (HYDRO-BIOS flowmeter)를 부착하여 여과효율과 채집 당시 유량계의 실제 회전수에 의해 여과된 수량을 계산하고, 난·자치어의 출현량을 해수 1,000 m³당 개체수로 환산하여 표시하였다.

조사해역 내 환경변화를 살펴보기 위해 각 채집정점에서 휴대용 디지털 수온계 (HI-93510, HANNA Ins.)를 이용하여 표층 수온을 측정하였다.

이와 더불어 본 해역에서 채집된 자치어들을 대상으로 월별 종 다양도지수 (Shannon and Wiener, 1963), 우점도지수 (McNaughton, 1968), 균등도지수 (Pielou, 1966)

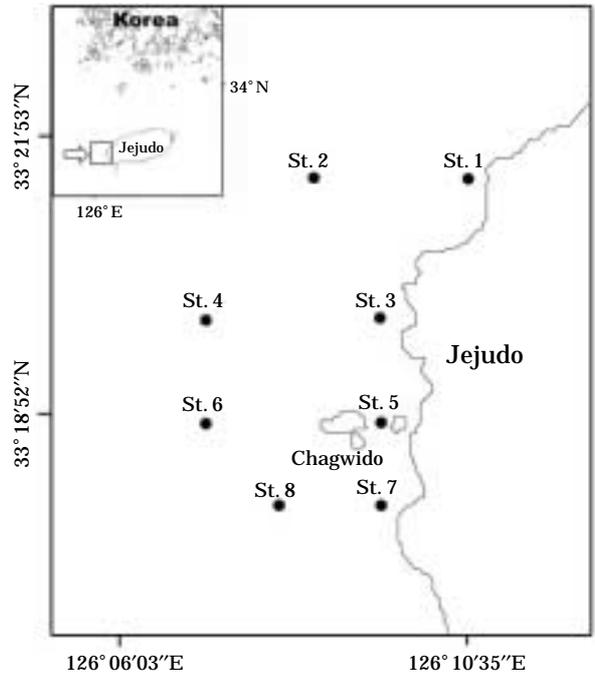


Fig. 1. Map showing the fish eggs and larvae sampling station in the western part of Jeju Island.

를 각각 구하여 월별 군집구조 변화를 분석하였다.

결 과

1. 월별 수온변화

조사기간 동안 연구해역 내 수온변동 상황을 월별, 정점별로 정리하여 Table 1에 나타내었다. 우선 평균 수온을 월별로 살펴보면 겨울철인 2월에 14.2°C로 수온이 가장 낮았고 5월에 들어 19.1°C로 점차 상승하다가 여름철인 8월에 27.5°C로 수온이 가장 높았다. 또한 연안측 정점들 (St. 1, 3, 5, 7)과 외해측 정점들 (St. 2, 4, 6, 8)로 구분하여 살펴본 결과, 전반적으로 외해측이 연안측보다 수온이 높게 나타났다.

2. 월별 난·자치어 출현량

Table 2에 조사기간 동안 전체 정점에서 채집된 부유성 난과 자치어의 월별 평균 출현량을 표시하였다. 난은 전체 기간 평균 3,373 inds./1,000 m³의 출현량을 보였으며 가장 수온이 높았던 8월에 11,420 inds./1,000 m³으로 난이 가장 많이 출현하고 있었고, 가장 수온이 낮은 2월에 332 inds./1,000 m³로 가장 적게 출현하였다. 자치어인 경우에는 전체 기간 평균 707 inds./1,000 m³의 출현

Table 1. Monthly variation of surface water temperature (°C) at each station in the western part of Jeju Island

Stations	2004		2005			
	Sep.	Nov.	Feb.	May	Aug.	
Inshore	1	23.5	20.8	13.9	17.8	28.3
	3	21.9	21.1	14.0	18.2	28.1
	5	22.4	21.6	14.1	18.5	25.6
	7	23.3	21.1	14.0	19.4	26.2
	Mean ±SD	22.8 ±0.8	21.2 ±0.3	14.0 ±0.1	18.5 ±0.7	27.1 ±1.4
Offshore	2	24.9	21.4	14.2	19.1	28.8
	4	25.3	21.2	14.3	19.8	27.6
	6	23.2	21.2	14.4	19.7	27.5
	8	23.1	21.2	14.3	20.0	27.7
	Mean ±SD	24.1 ±1.1	21.3 ±0.1	14.3 ±0.1	19.7 ±0.4	27.9 ±0.6
Total mean	23.5 ±1.1	21.2 ±0.2	14.2 ±0.2	19.1 ±0.8	27.5 ±1.1	

Table 2. Mean abundance of the fish eggs and larvae collected in the western part of Jeju Island during survey period (Unit : inds./1,000 m³)

	2004		2005			Mean
	Sep.	Nov.	Feb.	May	Aug.	
Egg	1,847	2,625	332	639	11,420	3,373
Larvae	716	136	53	16	2,612	707

량을 보였는데 자치어가 가장 많이 출현한 시기는 난과 마찬가지로 8월로 2,612 inds./1,000 m³의 출현량을 보인 반면 가장 적게 출현한 시기는 난과 달리 5월로 16 inds./1,000 m³의 매우 적은 출현량을 나타내었다.

3. 정점별 난·자치어 분포현황

제주도 서부 해역에 위치한 8개 정점에서 출현한 부유성 난과 자치어 출현량의 수평분포상황을 Fig. 2와 Fig. 3에 각각 나타내었다. 우선 난인 경우에는 전체 기간을 통해 모든 정점에서 출현하고 있었는데 난이 가장 많이 출현한 8월을 제외한 다른 시기들은 모든 정점에서 5,000 inds./1,000 m³ 이하로 난들이 출현한 반면에, 8월에는 모든 정점에서 5,000 inds./1,000 m³ 이상으로 난이 출현하였으며 특히 외해측 정점들보다 연안측 정점 1, 5, 7번에서 10,000 inds./1,000 m³ 이상으로 고밀도로 분포하였다. 한편 자치어는 전체 기간을 통해 5월에 정점 3번을 제외하고는 모든 정점에서 출현하였다. 9월에는 모든 정점에서 100 inds./1,000 m³ 이상으로 출현하였고, 특히 조사해역의 가장 남쪽에 위치한 정점 7, 8번에서 1,000 inds./1,000 m³ 이상의 고밀도로 자치어들이 출현하고 있었다. 11, 2월 그리고 5월에는 모든 정점에서 1,000 inds./1,000 m³ 이하의 적은 출현량을 보인 반면에 자치어가 가장 많이 출현한 8월에는 모든 정점에서 1,000 inds./1,000 m³ 이상으로 출현량이 많았고, 특히 연

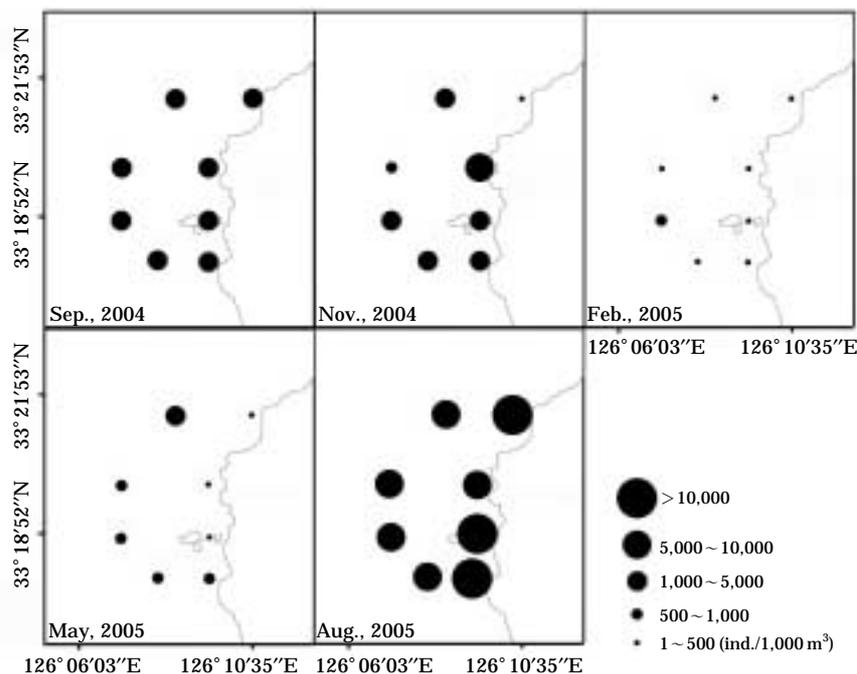


Fig. 2. Horizontal distribution of the fish eggs in the western part of Jeju Island.

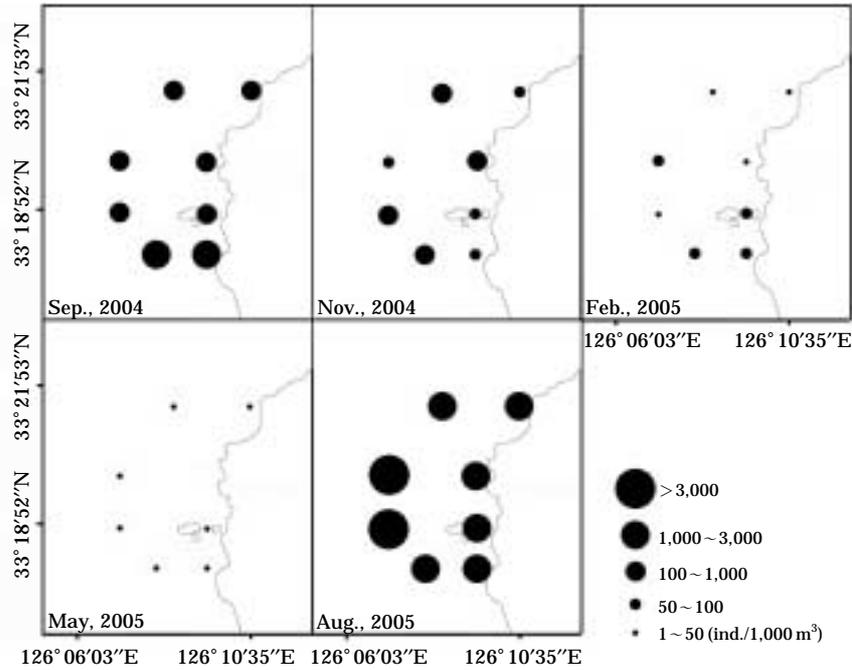


Fig. 3. Horizontal distribution of the fish larvae in the western part of Jeju Island.

안측 정점들보다는 외해측에 위치한 정점 4, 6번에서 3,000 inds./1,000 m³ 이상으로 고밀도의 자치어들이 출현한 것이 특징이었다.

4. 자치어 종조성

1) 출현 현황

조사기간 동안 제주도 서부 해역에서 채집된 자치어의 전체 출현현황을 Table 3에 표시하였다. 전체 자치어는 총 10목 26과 51속 59종으로 이들 중 농어목 (Perciformes) 어류가 15과 41종으로 가장 많이 출현하였고, 다음으로 쏨뱅이목 (Scorpaeniformes) 2과 7종, 큰가시고기목 (Gasterosteiformes) 2과 2종의 순으로 출현하였다. 그 외 뱀장어목 (Anguilliformes), 홍메치목 (Aulopiformes), 청어목 (Clupeiformes), 셋비늘치목 (Myctophiformes), 송어목 (Mugiliformes), 대구목 (Gadiformes), 북어목 (Tetraodontiformes)은 모두 한 개의 과들이 출현하였다. 각 과별로 출현한 종수를 살펴보면 망둑어과 (Gobiidae) 어류가 17종으로 가장 많은 종이 출현하였고, 다음으로 양볼락과 (Scorpaenidae)와 청베도라치과 (Blenniidae) 5종, 셋비늘치과 (Myctophidae), 먹도라치과 (Tripterygiidae) 3종, 독중개과 (Cottidae), 전갱이과 (Carangidae), 자리돔과 (Pomacentridae), 학치과 (Gobiesocidae), 고등어과 (Scombridae) 2종의 순으로 출현하였으며, 그 외의 과들은 모두 1종씩 출현하였다.

Table 3. Numbers of species by fish larvae collected in the western part of Jeju Island from September 2004 to August 2005

Order	Family	Species
Anguilliformes	Ophichthidae	1
Aulopiformes	Aulopodidae	1
Clupeiformes	Engraulididae	1
Myctophiformes	Myctophidae	3
Mugiliformes	Mugilidae	1
Gadiformes	Moridae	1
Gasterosteiformes	Aulorhynchidae	1
	Syngnathidae	1
Scorpaeniformes	Scorpaenidae	5
	Cottidae	2
Perciformes	Serranidae	1
	Carangidae	2
	Nemipteridae	1
	Pomacentridae	2
	Champsodontidae	1
	Percophidae	1
	Uranoscopidae	1
	Tripterygiidae	3
	Labrysomidae	1
	Blenniidae	5
	Gobiesocidae	2
	Gobiidae	17
	Trichiuridae	1
	Scombridae	2
	Centrolophidae	1
Tetraodontiformes	Tetraodontidae	1

Table 4. Monthly variation of the abundance of the fish larvae in the western part of Jeju Island (Unit : inds./1,000 m³)

Species	2004		2005			Total	Dominance (%)
	Sep.	Nov.	Feb.	May	Aug.		
<i>Aspasmichthys ciconiae</i>	-	-	-	-	256	256	0.5
<i>Aulichthys japonicus</i>	-	-	-	-	30	30	0.1
<i>Aulopus japonicus</i>	-	25	-	-	-	25	0.0
<i>Bathygobius fuscus</i>	-	-	-	6	-	6	0.0
<i>Benthosema</i> spp.	-	118	-	-	-	118	0.2
Blenniidae spp.	32	-	-	-	-	32	0.1
Centrolophidae sp.	32	-	-	-	-	32	0.1
<i>Chaeturichthys hexanema</i>	187	-	-	-	-	187	0.4
<i>Champsodon</i> sp.	-	11	-	-	-	11	0.0
<i>Chromis notata</i>	2,182	-	-	-	-	2,182	4.3
<i>Decapterus maruadsi</i>	56	-	-	-	109	165	0.3
<i>Elagatis bipinnulata</i>	-	-	-	-	200	200	0.4
<i>Engraulis japonicus</i>	27	-	-	120	20,816	20,963	41.5
<i>Enneapterygius etheostoma</i>	700	36	-	-	2,910	3,646	7.2
<i>Enneapterygius</i> sp.	-	49	-	-	-	49	0.1
<i>Entomacrodus stellifer</i>	-	-	-	-	664	664	1.3
<i>Eviota abax</i>	-	-	-	-	458	458	0.9
Gobiidae spp.1	75	-	-	-	283	358	0.7
Gobiidae spp.2	29	-	-	-	83	112	0.2
Gobiidae spp.3	23	-	-	-	167	190	0.4
Gobiidae spp.4	-	9	-	-	83	92	0.2
Gobiidae spp.5	-	-	-	-	150	150	0.3
Gobiidae spp.6	-	-	-	-	200	200	0.4
Gobiidae spp.7	-	-	-	-	50	50	0.1
Gobiesocidae spp.	-	-	-	-	60	60	0.1
<i>Istigobius campbeill</i>	-	-	-	-	45	45	0.1
<i>Istigobius hoshinonis</i>	-	-	-	-	100	100	0.2
<i>Istigobius</i> spp.	151	-	-	-	-	151	0.3
<i>Laemonema</i> sp.	-	66	-	-	-	66	0.1
<i>Luciogobius koma</i>	44	-	-	-	-	44	0.1
<i>Luciogobius</i> sp.	-	-	-	26	-	26	0.1
<i>Mugil cephalus</i>	27	-	-	-	-	27	0.1
<i>Mycotophum</i> spp.	-	47	-	-	-	47	0.1
Myctophidae spp.	120	-	-	-	-	120	0.2
<i>Neoclinus bryope</i>	-	-	8	-	-	8	0.0
Nemipteridae sp.	-	-	-	-	383	383	0.8
<i>Omobranchus elegans</i>	-	-	-	-	15	15	0.0
<i>Omobranchus loxozonus</i>	-	-	-	-	33	33	0.1
Ophichthidae sp.	-	11	-	-	-	11	0.0
<i>Parablennius yatabei</i>	-	-	-	-	400	400	0.8
Percophidae sp.	-	12	16	-	-	28	0.1
<i>Periophthalmus modestus</i>	35	-	-	-	-	35	0.1
Pomacentridae sp.	21	-	-	-	-	21	0.0
<i>Pseudoblennius marmoratus</i>	-	-	5	-	-	5	0.0
<i>Pseudoblennius percoides</i>	-	-	14	7	-	21	0.0
<i>Pterogobius zonoleucus</i>	1,773	-	-	-	-	1,773	3.5
<i>Scomber japonicus</i>	2,960	-	-	-	121	3,081	6.1
Scombridae spp.	11	-	-	-	11,216	11,227	22.2
Scorpaenidae spp.	-	13	-	-	-	13	0.0
<i>Sebastes inermis</i>	-	-	105	-	-	105	0.2
<i>Sebastes pachycephalus</i>	-	-	7	-	-	7	0.0
<i>Sebastiscus marmoratus</i>	-	1,415	616	72	-	2,103	4.2

Table 4. To be continued.

Species	2004		2005			Total	Dominance (%)
	Sep.	Nov.	Feb.	May	Aug.		
<i>Sebastes</i> sp.	-	13	-	-	-	13	0.0
Serranidae spp.	37	-	-	-	-	37	0.1
<i>Springerichthys bapturnus</i>	44	95	-	-	-	139	0.3
Syngnathidae sp.	-	-	-	-	15	15	0.0
<i>Takifugu</i> sp.	-	-	-	6	-	6	0.0
<i>Trichiurus lepturus</i>	46	66	-	-	-	112	0.2
<i>Xenoccephalus elongatus</i>	18	12	-	-	-	30	0.1
Total abundance	8,630	1,998	771	237	38,847	50,483	100.0
Number of species	23	16	7	6	25	59	

2) 월별 종조성

월별 자치어 출현종 및 출현량 상황을 Table 4에 나타내었다. 월별 출현현황을 살펴보면 우선 비교적 고수온기에 해당하는 9월에 출현한 전체 자치어 출현종수는 23종, 전체 출현량은 8,630 inds./1,000 m³으로 비교적 많은 출현종수 및 출현량을 보였다. 이 중 회유성 어종인 고등어 (*Scomber japonicus*)가 2,960 inds./1,000 m³ (34.3%)으로 가장 많이 출현하였고, 다음으로 자리돔 (*Chromis notata*) 2,182 inds./1,000 m³ (25.3%), 흰줄망둑 (*Pterogobius zonoleucus*) 1,773 inds./1,000 m³ (20.5%)의 순으로 출현하였다. 11월에는 전체 자치어 출현종수가 16종, 출현량은 1,998 inds./1,000 m³으로 나타났는데 이 중 정착성 어종인 썸뱅이 (*Sebastes marmoratus*)가 1,415 inds./1,000 m³ (70.8%)으로 가장 많이 출현하였으며 다음으로 갯비늘치속 (*Benthoosema* spp.) 118 inds./1,000 m³ (5.9%), 청황베도라치 (*Springerichthys bapturnus*) 95 inds./1,000 m³ (4.8%), 짧은수염대구속 (*Laemonea* sp.)과 갈치 (*Trichiurus lepturus*)가 각각 66 inds./1,000 m³ (3.3%)의 순으로 출현하였다. 가장 저수온기인 2월의 경우 전체 자치어 출현종수와 출현량은 각각 7종, 771 inds./1,000 m³로 고수온기에 비해 자치어 출현이 급격히 감소하였으며 이 중 썸뱅이가 616 inds./1,000 m³ (79.9%)으로 출현종의 대부분을 차지하였고 다음으로 볼락 (*Sebastes inermis*)이 105 inds./1,000 m³ (13.6%) 정도 출현하고 있어 저수온기인 2월에는 양볼락과에 속하는 어류가 대부분 출현하고 있음을 알 수 있었다. 5월에 들어서는 2월에 비해 수온이 상승했음에도 불구하고 전체 자치어 출현종수와 출현량이 각각 6종, 237 inds./1,000 m³로 전체 조사기간 동안 가장 적은 출현종수 및 출현량을 보여주었다. 출현 자치어 중 가막베도라치 (*Enneapterygius theostomus*)가 120 inds./1,000 m³ (50.6%)으로 가장 많았고 다음으로 썸뱅이 72 inds./1,000 m³

(30.4%), 미끈망둑속 (*Luciogobius* sp.) 26 inds./1,000 m³ (11.0%)의 순으로 출현하였다. 가장 고수온을 보인 8월의 경우에는 전체 자치어 출현종수와 출현량이 각각 25종, 38,847 inds./1,000 m³으로 조사기간 중 가장 많은 자치어들이 출현하였다. 이들 중 회유성 어종인 멸치 (*Engraulis japonicus*)가 20,816 inds./1,000 m³ (53.6%)으로 가장 많은 출현량을 보였으며 다음으로 고등어과 (Scombridae spp.) 11,216 inds./1,000 m³ (28.9%), 가막베도라치 2,910 inds./1,000 m³ (7.5%), 저울베도라치 (*Entomacrodus stellifer*) 664 inds./1,000 m³ (1.7%), 풀비늘망둑 (*Eviota abax*) 458 inds./1,000 m³ (1.2%), 청베도라치 (*Parablennius yatabei*) 400 inds./1,000 m³ (1.0%)의 순으로 출현하였다.

5. 주요어종의 출현현황

총 5회의 채집기간 동안 조사해역에서 2회 이상 연속적으로 출현한 어종들의 출현상황을 Fig. 4a-d에 각각 나타내었다.

1) 멸치

멸치는 전체 조사기간 중 2004년 9월과 2005년 5월, 8월에 출현함으로써 대체로 고수온기인 봄철과 여름철에 주로 출현하고 있음을 알 수 있었다 (Fig. 4a). 월별 출현양상을 살펴보면 우선 9월에는 연안측에 위치한 정점 5번에서만 50 inds./1,000 m³ 이하로 출현하였다. 이후 저수온기인 11월과 2월에는 출현하지 않다가 그 이듬해인 5월에 접어들면서 50 inds./1,000 m³ 이하이긴 하지만 모든 채집정점에서 멸치 자치어들이 출현하고 있었고, 가장 고수온기인 8월에는 모든 정점에서 100 inds./1,000 m³ 이상의 고밀도로 멸치 자치어가 출현하였다. 특히, 조사해역의 중앙에 위치한 정점들에서는 3,000 inds./1,000 m³ 이상으로 매우 높은 출현량을 나타냈다.

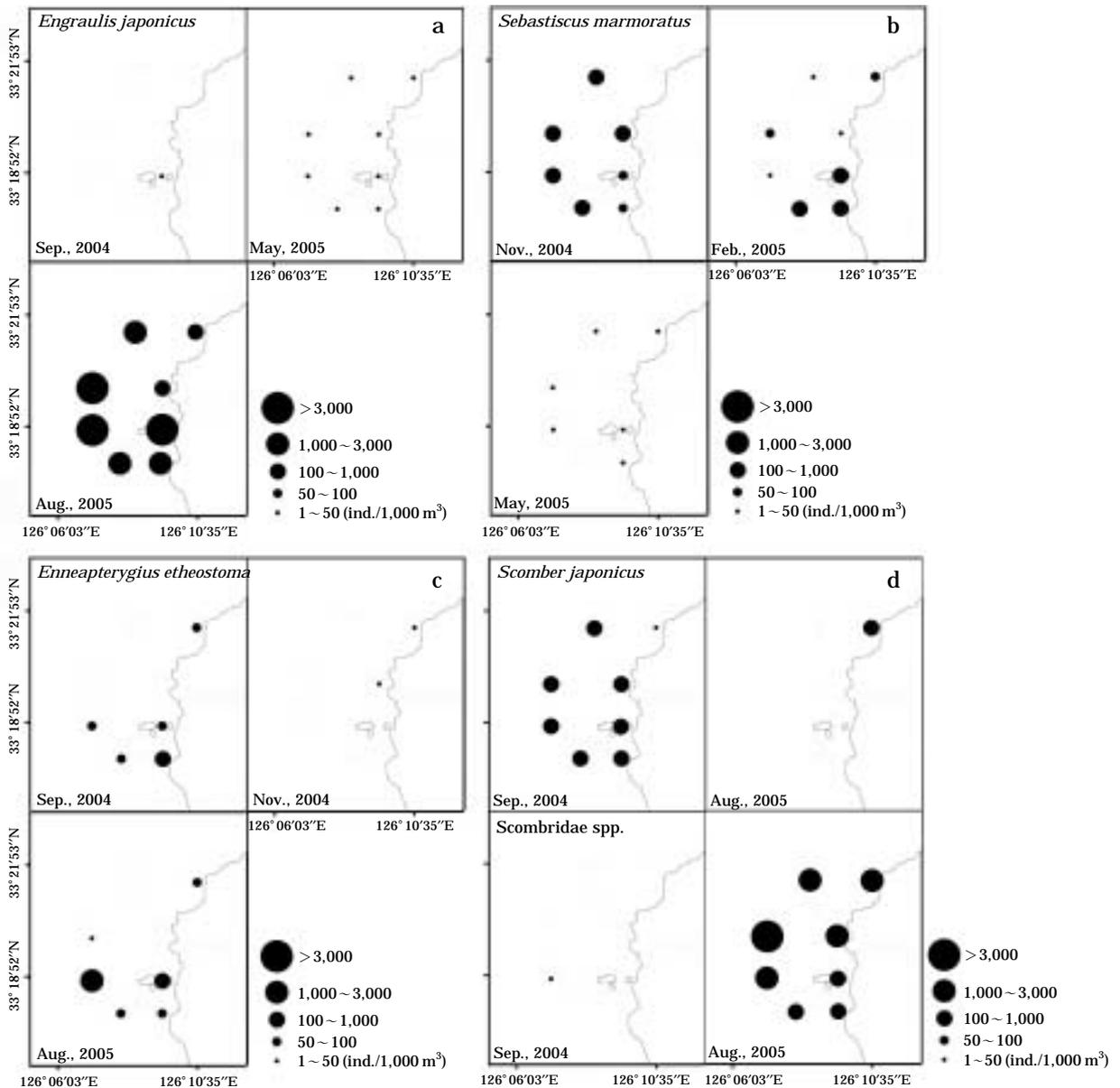


Fig. 4. Horizontal distribution of the major fish larvae in the western part of Jeju Island. a: *Engraulis japonicus*, b: *Sebastiscus marmoratus*, c: *Enneapterygius etheostoma*, d: *Scomber japonicus* and Scombridae spp.

2) 썸뱅이

썸뱅이는 2004년 11월과 2005년 2월, 5월에 출현하는 것으로 나타나 대부분 저수온기에 출현하고 있음을 알 수 있었다 (Fig. 4b). 11월에는 조사해역 북부의 정점 1을 제외하고 모든 정점에서 100 inds./1,000 m³ 이상의 높은 출현량을 보였다. 또한 가장 수온이 낮은 2월에는 모든 정점에서 썸뱅이가 출현하였으나 상대적으로 조사해역의 남부에 위치한 정점들에서 100 inds./1,000 m³ 이상의 고밀도로 출현하였고, 수온이 상승하는 5월에는 모든 출현 정점에서 50 inds./1,000 m³ 이하의 적은 출현량을 보

였다.

3) 가막베도라치

가막베도라치가 출현한 시기는 2004년 9월과 11월 그리고 2005년 8월로 비교적 고수온기에 해당하는 시기에 출현하였다 (Fig. 4c). 월별 출현양상을 보면 9월에는 조사해역의 북부에 위치한 한 개 정점을 제외하고 대부분 남부에 위치한 정점들에서 100 inds./1,000 m³ 이상으로 출현하였다. 수온이 하강하는 11월에 접어들면서 조사해역 북부의 연안측에 위치한 2개의 정점에서 50

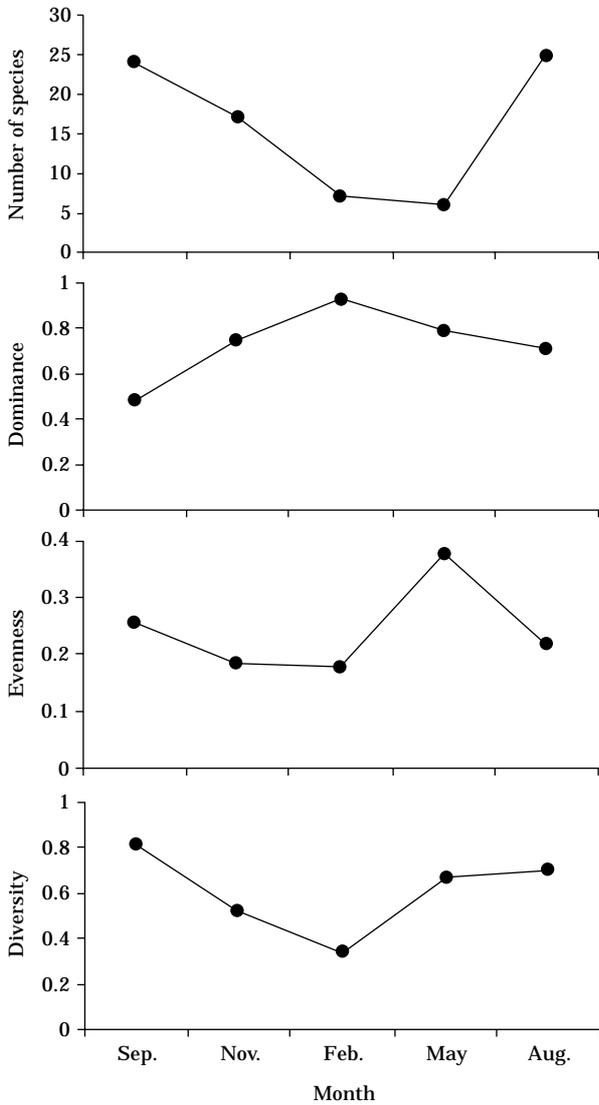


Fig. 5. Monthly variations in diversity, evenness, dominance and number of species of fish larvae collected in the western part of Jeju Island.

inds./1,000 m³ 이하로 출현량이 현저히 줄어들다가 이듬해인 8월 고수온기에 다시 조사해역의 남부에 위치한 정점들에서 고밀도로 출현하였다.

4) 고등어류

고등어를 포함한 고등어류에 속하는 어류는 모두 조사기간 중 고수온기인 2004년 9월과 2005년 8월에만 출현하였다 (Fig. 4d). 우선 고등어인 경우에는 9월에 대부분의 조사정점에서 100 inds./1,000 m³ 이상의 출현량을 보이며 골고루 출현하였으나 이듬해인 8월에는 오직 조사해역의 북부에 위치한 정점 1에서만 출현하였다. 반면에 고등어과 어류는 9월에 조사해역 외해측에 위치한

정점 6에서만 50 inds./1,000 m³ 이하로 출현하다가 이듬해인 8월에는 모든 조사정점에서 100 inds./1,000 m³ 이상의 많은 출현량을 보였고, 특히 외해측에 위치한 정점들에서는 1,000 inds./1,000 m³ 이상의 고밀도로 출현하였다.

6. 군집구조 변화

Fig. 5에 자치어의 군집구조를 나타내는 월별 종다양도 지수, 균등도 지수, 우점도 지수 그리고 출현종수를 표시하였다. 우선 종다양도 지수를 살펴보면 전체 조사기간 동안 0.34~0.81의 범위를 보였는데 출현종수가 많았던 고수온기 8월, 9월에 각각 0.70, 0.81로 높은 값을 나타냈고, 가장 저수온기인 2월에 0.34로 가장 낮았다. 균등도 지수는 전체 기간 동안 0.18~0.38의 범위로 변화하였는데 출현종수가 6종으로 가장 적은 5월에 0.38로 가장 높은 값을 나타냈다. 우점도 지수인 경우에는 전체 기간 동안 0.48~0.93의 범위로서 전반적으로 종다양도 지수와는 상반된 형태로 변화하였는데 출현종수가 많았던 고수온기 8월, 9월에는 각각 0.48, 0.71로 낮은 값을 보인 반면에 출현종수가 적었던 저수온기 2월에 0.93으로 가장 높았다.

고 찰

이번 연구대상 해역인 제주도 서부 해역은 40~60 m의 수심 범위를 보이는 해역으로서 대체로 연안측은 전형적인 암반해안으로 이루어져 있고 외해쪽으로 나갈수록 조립질의 퇴적층이 얇게 덮혀 있는 것으로 알려져 있다. 또한 본 해역의 남부는 북부에 비해 상대적으로 수심이 낮고 노출암반이 넓게 분포하는 등 해저지형이 매우 복잡한 양상을 띠는 동시에 연중 따뜻한 대마난류의 영향을 받으므로 (고 등, 1998; 해양수산부, 2005) 많은 어류들의 산란 및 자치어 성육에 적합한 장소라고 생각된다. 이와 관련하여 본 연구에서는 제주도 서부 해역에서의 난·자치어 출현상황을 수평적으로 살펴본 결과, 전반적으로 난들은 조사해역의 연안측에서 높은 밀도로 출현하는 것으로 나타나 제주도 서부 해역에서 어류들은 외해측 보다는 주로 저질이 암반으로 이루어진 연안측에서 산란이 주로 일어난다는 것을 알 수 있다. 반면에, 자치어들은 오히려 조사해역의 연안측 보다는 수온이 더 높았던 외해측에 위치한 정점들에서 상대적으로 풍부하게 출현하고 있는 것으로 나타났다. 이에 대해서 고 (2004)는 TGPS Buoy를 이용하여 본 연구해역의 해

수유동 상황을 관측한 결과, 일반적으로 본 연구해역은 북상류의 흐름이 우세한 해역이지만 일시적인 조석류의 영향 등으로 인하여 연안역에서 외해역 방향으로 흐르는 비정상적인 흐름이 관측되었다고 보고한 바 있다. 따라서 이와 같은 일시적인 해수 흐름은 연안 가까이에서 부화한 자치어들을 외해쪽으로 수송시키는데 어느 정도 영향을 줄 것이라 생각되며 앞으로 본 해역에서의 난·자치어 수송과 관련하여 해역내의 해수유동 상황을 더욱 면밀히 조사해 볼 필요성이 있다고 판단된다.

다음으로, 이번 연구를 통해 전체 조사기간 동안 출현한 난·자치어의 평균 출현량과 자치어의 출현종수를 기존에 보고된 국내 해역들에서의 상황과 비교해 보면 (Table 5), 우선 난인 경우 기존 남해의 광양만 28,520 inds./1,000 m³ (차와 박, 1994), 여수 주변해역 2,610 inds./1,000 m³ (유 등, 1999), 순천만 38,632 inds./1,000 m³ (한 등, 2001), 고흥반도 주변해역 5,750 inds./1,000 m³ (한 등, 2002), 동해의 영일만 574 inds./1,000m³ (한 등, 2003), 서해의 새만금 주변해역 610 inds./1,000 m³ (차 등, 2004)의 평균 난 출현량을 보인 바 있으며 이것과 비교하여 이번 연구에서는 전체 조사기간을 통틀어 평균 3,373 inds./1,000 m³의 난이 출현하였다. 이는 곧 만이라고 하는 특수한 환경을 갖는 남해안의 순천만과 광양만을 제외하면 본 연구해역에서의 난 출현량이 다른 해역들에 비해 양적으로 많다는 것을 보여주는 결과라 할 수 있다. 이러한 사실은 본 연구해역에서도 국내 다른 해역에 못지않게 많은 어류들의 왕성한 산란활동이 이루어지고 있다는 것을 시사하는 것으로서 따라서 제주도 서부 해역이 어류들의 산란장으로 충분히 이용

되고 있음을 짐작할 수 있다.

자치어의 경우에는 기존 남해의 광양만 606 inds./1,000 m³ (차와 박, 1994), 여수 주변해역 70 inds./1,000 m³ (유 등, 1999), 순천만 51,262 inds./1,000 m³ (한 등, 2001), 고흥반도 주변해역 5,750 inds./1,000 m³ (한 등, 2002), 동해의 영일만 565 inds./1,000 m³ (한 등, 2003), 서해의 새만금 주변해역 254 inds./1,000 m³ (차 등, 2004)의 평균 출현량을 보인 것에 대해 이번 연구에서는 전체 기간동안 707 inds./1,000 m³의 평균 출현량을 보이고 있어 남해의 순천만과 고흥반도 주변 해역을 제외하고 본 연구해역에서의 자치어 출현량도 난과 마찬가지로 타 해역들과 비교하여 많게 출현하고 있음을 알 수 있었다. 이러한 결과는 곧 제주도 서부 해역이 어류들의 산란장 뿐만 아니라 자치어들의 성육장으로도 충분히 활용되고 있음을 시사하는 것이라 할 수 있겠다.

또한 이번 조사해역 내에서 출현한 전체 자치어 분류군수는 총 26과 51속 59종으로 나타났다. 이번엔 출현한 자치어들을 분류군별로 조사한 결과 전체 조사기간을 통틀어 망둑어류, 볼락류, 베도라치류 등의 어종들이 가장 많이 출현하는 것으로 밝혀졌고, 출현종수면에서는 고수온기인 8월과 9월에 모두 20종 이상씩이 출현하고 있어 여름철에 자치어의 출현종수가 가장 많다는 사실 (Yamashita and Aoyama, 1984; 고 등, 1991; 유 등, 1999; 한 등, 2002)을 잘 뒷받침해주고 있었다. 특히 이번 연구에서는 9월에 제주도 연근해 우점종으로서 제주도 이외에 다른 해역에서는 잘 출현하지 않는 자리돔 (유 등, 1999)이 많이 출현한 것도 특이할 만한 사항이라 하겠다.

Table 5. Comparison of this study and other studies on the mean abundance of fish eggs and larvae and number of species

Sampling area	Sampling period	Sampling times	No. of station	Mean abundance (inds./1000 m ³)		No. of species	Reference
				Egg	Larva		
Kwangyang Bay	Feb. ~ Dec., '90	6	8	28,520	606	21	Cha and Park, 1994
The adjacent waters of Yosu	Aug., '96 ~ Apr., '97	4	13	2,610	70	24	Yoo <i>et al.</i> , 1999
Sunchon Bay	Jan. ~ Nov., '98	6	6	38,632	51,262	12	Han <i>et al.</i> , 2001
Kohung Peninsula	Jan. ~ Oct., '00	4	9	890	5,750	37	Han <i>et al.</i> , 2002
Yeongil Bay	Feb. ~ Nov., '01	4	8	574	565	37	Han <i>et al.</i> , 2003
The waters of Saemangeum	Jan. ~ Aug., '03	5	12	610	254	18	Cha <i>et al.</i> , 2004
The western part of Jeju Island	Sep., '04 ~ Aug., '05	5	8	3,373	707	59	This study

본 조사해역에서 출현한 자치어의 출현종수와 기존 다른 해역들에서의 자치어 출현종수를 비교해 보면, 남해의 광양만 21종(차와 박, 1994), 여수 주변해역 24종(유 등, 1999), 순천만 12종(한 등, 2001), 고흥반도 주변해역 37종(한 등, 2002), 동해의 영일만 37종(한 등, 2003), 서해의 새만금 주변해역 18종(차 등, 2004)의 출현종수를 보이고 있어 이번 연구에서 출현한 자치어 종수가 다른 해역들에 비해 현저히 많게 나타나고 있었고, 이는 곧 제주도 서부 해역의 어류 종다양성이 매우 높다는 것을 보여주는 결과라 하겠다. 이와 관련하여 고 등(1991)의 보고에 따르면 제주도 북부에 위치한 함덕 연안에서 1년여에 걸쳐 자치어를 채집한 결과 총 64종이 출현하는 것으로 나타나 전반적으로 제주도 주변해역에서의 자치어 출현종수는 국내 타 해역에 비해 월등히 많다는 것을 알 수 있다. 이와 같이 국내 타 해역에 비해 제주도 주변해역에서 많은 종류의 자치어들이 출현하고 그 출현량도 높게 나타나는 원인으로서 먼저 연중 제주도 주변을 흐르는 고온의 대마난류수 영향이 가장 크게 작용하겠지만 이 외에 이번 연구대상 해역인 제주도 서부 해역은 지형적, 계절적 영향으로 인해 용승이 자주 발생하는 해역으로서 제주도 다른 해역에 비해 독특한 해양환경을 보이는 것으로 알려져 있다(방과 김, 1993). 이와 관련된 기존의 보고에 따르면 본 해역은 다른 해역에 비해 부영양화 해역으로서(최와 문, 1991), 기초생산력을 가늠할 수 있는 엽록소-*a* 농도는 제주도 동부 해역보다 본 조사해역이 상대적으로 높고(조 등, 2001), 생물생산 속도의 높고 낮음을 나타내는 1일 평균 생물량(B)에 대한 1일 평균 생산량(P)의 비인 P/B 값도 본 조사해역이 제주도 다른 해역의 평균 수준을 웃도는 것으로 알려져 있다(고 등, 1994). 또한 본 연구해역에 분포하는 화살벌레류와 익족류와 같은 몇몇 부유성 동물플랑크톤들은 용승현상이 발생하는 시기에 개체수가 증가하고 있다고 보고되고 있다(고 등, 1996). 따라서 이와 같은 제주도 서부 해역에서 나타나는 독특한 이·화학적, 생물학적 환경 특징들은 많은 어류들이 산란을 행하고 후에 부화한 자치어들이 성장하는데 있어 유리하게 작용하고 있으리라 추측되며, 따라서 앞으로 본 연구해역에서 발생하는 연안용승과 관련하여 나타나는 여러 가지 환경변화와 어류들의 산란현황과의 관계에 대해 좀 더 구체적인 조사가 이루어져야 할 것으로 판단된다.

이번 연구에서는 조사기간 동안 출현한 전체 자치어들을 대상으로 출현한 회수가 2회 이상 연속적으로 출현하고 양적으로도 우점을 보이는 몇몇 주요어종들의 출현양상을 자세히 조사해 보았다. 우선 전체 조사기간을 통틀어 양적으로 가장 많이 출현한 멸치는 국내 연

안역에서 흔히 출현하는 어종으로서 주로 여름철에 주산란이 이루어지는데(임과 옥, 1977; 최와 김, 1988; Lee and Go, 2005) 이번 조사결과에서도 2004년 9월과 2005년 5월, 8월에 출현함으로써 대체로 고수온기인 봄철과 여름철에 출현하고 있었고 특히 가장 고수온을 보인 8월에 전체 출현량 중 53.6%를 차지하며 멸치 자치어들이 높은 밀도로 출현하였다. 통상 여름철에 멸치 난이 산란하고 부화하는데 1~2일 정도가 소요된다는 것을 고려했을 때(정, 1977; 김, 1992) 멸치 자치어의 출현을 통한 본 연구해역에서의 멸치 산란양상을 추측해 보면 수온이 상승하기 시작하는 봄철인 4~5월에 서서히 산란이 행해지기 시작하여 고수온기를 나타내는 6~8월에 산란이 활발하게 이루어지는 것으로 판단되며 9월에 접어들면서는 산란이 거의 종료되고 있는 것으로 사료된다. 결론적으로 본 조사해역에서의 멸치 산란기는 국내 다른 해역에서의 산란시기와 크게 다르지 않음을 알 수 있다.

양볼락과에 속하는 썸뱅이는 우리나라 연안의 암초지대에 주로 서식하는 정착성 어종으로서 체내수정을 통해 자어를 산출한다(정, 1977). 기존 보고에 따르면 우리나라 남해안 연안과 제주도 북부연안에 서식하는 썸뱅이의 산출시기는 주로 11~4월의 겨울철인 것으로 보고되고 있다(배 등, 1998; 김 등, 1999). 본 연구 결과 썸뱅이 자치어는 2004년 11월과 2005년 2월, 5월에 출현하였으나 양적으로는 11월에 70.8%, 2월에 79.9%를 차지하며 가장 많았고 5월에 들어서면서 30.4%로 출현량이 급격히 적어지고 있음을 알 수 있었다. 따라서 제주도 서부 해역에서의 주된 썸뱅이 산출시기도 기존 보고와 비슷하게 겨울철에 이루어지고 있어서 국내 다른 해역에서의 산출시기와 비슷한 시기에 역시 본 해역에서도 썸뱅이의 산출이 이루어지고 있음을 알 수 있다.

가막베도라치는 연안에서 흔히 볼 수 있는 암초성 어류로서(정, 1977) 이번 연구에서는 출현량면에서 고수온기에 해당하는 8월과 9월에 상대적으로 많이 출현하였다. 아직까지 국내에 서식하는 가막베도라치 생태에 관해서는 자세한 조사가 이루어지지 않은 실정이지만 기존 제주도 주변 해역에서의 출현패턴을 보면 가막베도라치 자치어는 6월부터 9월까지의 고수온기에 주로 출현하고 있었고 이 중 7월에 최대우점을 보인 바 있다(고 등, 1991). 따라서 제주도 주변 해역에 서식하는 가막베도라치는 주로 여름철에 산란하는 것으로 추정되며 앞으로 가막베도라치의 산란생태에 관한 세부적인 연구가 이루어져야 할 것이다.

제주도 근해를 포함한 우리나라 연근해에 출현하는 고등어류의 산란시기는 4~7월로 알려지고 있다(정,

1977; 국립수산진흥원, 1998; 차 등, 2002). 이번 연구결과 고등어류 자치어들은 주로 연구기간 중 봄철(5월)에는 전혀 출현하지 않았고 고수온기에 해당하는 8월에는 고등어류 자치어, 9월에는 고등어 자치어가 양적으로 풍부하게 출현하고 있었다. 따라서 본 연구해역에서 고등어류들의 출현시기는 주로 여름철로서 봄철에는 거의 산란활동을 하지 않고 여름철에 본 조사해역을 주된 산란장으로 활용하고 있는 것으로 보인다.

이상의 결과를 종합해 보면, 이번 연구대상 해역인 제주도 서부 해역에서 출현하는 자치어들의 계절별 출현량으로 미루어 보았을 때 고수온기인 여름철에는 가막베도라치와 같은 정착성 어종의 산란도 이루어지고 있었지만 양적으로는 멸치, 고등어류와 같은 회유성 어종들의 왕성한 산란활동이 이루어지면서 자치어들이 풍부하게 출현하고 있었고, 반면에 저수온기인 겨울철에는 썸뱅이, 불락과 같이 주로 해역내에서만 머무는 정착성 어종들의 자치어들이 풍부하게 출현하면서 제주도 서부 해역을 주된 산란장 및 성육장으로 활용하고 있는 것으로 나타났다.

결론적으로, 이번 연구를 통하여 제주도 서부 해역이 계절에 따라 회유성 및 정착성 어종 등 다양한 어종들의 산란장과 자치어들의 성육장으로 활용되고 있음이 밝혀졌다. 따라서 앞으로 본 연구해역에 서식하는 어류 자원을 합리적으로 이용하고 체계적인 관리방안을 마련하기 위해서 정기적인 난·자치어 채집조사가 꾸준히 실시되어야 할 필요가 있다고 생각되며, 특히 본 연구해역이 용승해역이라는 점을 감안하여 해수유동 상황을 포함한 본 연구해역에서 발생하는 특징적인 해양환경 변화양상들도 동시에 조사하여 실제 제주도 서부 해역 내에서의 난·자치어 수송현황 및 친어들의 재생산전략 파악, 자치어들의 생존전략 파악 등을 위한 다양한 연구조사가 이루어져야 하리라 판단된다.

적 요

제주도 서부 해역에서 어류 난·자치어의 계절별 출현현황을 조사하기 위해 2004년 9월부터 2005년 8월까지 총 5회에 걸쳐 각 계절별로 난·자치어를 채집하였다.

조사기간 동안 난과 자치어는 모두 여름철인 8월이 가장 많이 출현하고 있었다. 본 연구해역에서 조사기간 동안 출현한 전체 자치어는 총 10목 26과 51속 59종으로 이들 중 농어목 어류가 15과 41종으로 가장 많이 출현하였고, 다음으로 썸뱅이목 2과 7종, 큰가시고기목 2

과 2종의 순으로 출현하고 있었다. 계절별 자치어 출현현황에 있어서 출현종수는 8월에 25종으로 가장 많이 출현한 반면에 5월에 6종으로 가장 적은 출현종수를 나타내고 있었다. 계절별 자치어 출현량에 있어서 고수온기인 여름철에는 주로 멸치, 고등어류와 같은 회유성 어종들이 풍부하게 출현하여 우점을 이루고 있는 반면에 저수온기인 겨울철에는 썸뱅이, 불락과 같은 정착성 어종들이 우점을 이루고 있었다.

사 사

본 연구는 2004~2005년도 북제주 해역의 바다목장화 사업에 의해 지원되었음을 밝힙니다.

인 용 문 헌

- Kim, K. and S.H. Lee. 1982. Vertically homogeneous water along the west coast of Jeju Island. *J. Oceanol. Soc. Korea*, 17(2) : 59~68.
- Lee, S.J. and Y.B. Go. 2005. Occurrence and Distribution of the Eggs and Larvae of Anchovy, *Engraulis japonicus*, in Jeju Strait, Korea, with Descriptions of Environmental Characteristics. *J. Oceanogr.*, 61(3) : 603~611.
- McNaughton, S.J. 1968. Structure and function on California grass lands. *Ecology*, 49 : 962~972.
- Nelson, J.S. 1994. *Fishes of the World*. Third edition. John Wiley & Sons, New York. pp. 1~600.
- Okiyama, M. 1988. *An Atlas of the Early Stage Fishes in Japan*. Tokai. Univ. Press, 1154 pp.
- Pielou, E.C. 1966. *An Introduction to Mathematical Ecology*. Wiley & Sons, Inc, New York, 286 pp.
- Shannon, C.E. and W. Wiener. 1963. *The Mathematical Theory of Communication*. Univ. Illinois Press, Urbana, 177 pp.
- Yamashita, Y. and T. Aoyama. 1984. Ichthyoplankton in Otsuchi Bay on northeastern Honshu with reference to the time-space segregation of their habitats. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, 50(2): 189~198.
- 강태연·최영찬·고유봉. 1996. 제주도 주변 용승역의 생물생태학적 기초 연구 (I)-제주도 남서부 연안해역의 해수화학적 특성과 용승현상. *한국수산학회지*, 29(5) : 603~613.
- 고유봉·고경민·김종만. 1991. 제주도 북방 함덕 연안역의 자치어출현. *한국어류학회지*, 3(1) : 24~35.
- 고유봉·고방연·이화자. 1994. 제주도 서부 연안역의 생물생태학적 기초연구: 고산 주변 부유성 갑각류의 현존량과 생산량. *한국지구과학회지* 15(4) : 272~277.

- 고유봉 · 노홍길 · 방익찬 · 오봉철 · 윤석훈 · 윤정수 · 이준백. 1998. 제주의 바다. 프리랜서 제주, 196 pp.
- 고유봉 · 오봉철 · 최영찬. 1996. 제주도 주변 용승역의 생물생태학적 기초 연구. 부유성 동물 플랑크톤의 현존량과 분포 특성. 한국수산학회지 29(3): 271~278.
- 고준철. 2004. 제주도 주변해역의 멸치 난치어 수송기구에 관한 연구. 제주대 박사학위논문, 169 pp.
- 국립수산진흥원. 1998. 연근해 주요어종의 생태와 어장. 국립수산진흥원, 부산, pp. 21~27.
- 김경민 · 이정희 · 강용진 · 양상근 · 김성철 · 황형규 · 이영돈. 1999. 실내사육 썸뱅이, *Sebastes marmoratus*의 생식주기와 체내수정. 수진연구보고 56 : 73~81.
- 김진영. 1992. 한국 남해 멸치, *Engraulis japonica*의 초기생 활사와 가입. 부산수산대, 박사학위논문, 139 pp.
- 방익찬 · 김태희. 1993. 제주도 서부 연안역의 용승. 제주대 해양연보 17 : 1~12.
- 배희찬 · 정상철 · 이정재 · 이영돈. 1998. 제주산 썸뱅이 (*Sebastes marmoratus*)의 생식년주기와 체내자어 발달. 한국수산학회지 31(4) : 489~499.
- 유재명 · 김 성 · 이은경 · 김용역. 1998. 제주도 주변 해역의 치자어 군집에 관한 연구-가을철. 한국해양학회지, 바다 3(2) : 71~79.
- 유재명 · 김종만 · 김용역 · 차성식. 1990a. 여름철 제주도 연안역의 자치어 분포. 해양연구 12(2) : 73~85.
- 유재명 · 김용역 · 차성식. 1990b. 여름철 제주도 연안역의 치자어 표층출현량의 일주기 변동. 해양연구, 12(2) : 87~96.
- 유재명 · 이은경 · 김 성. 1999. 여수주변해역의 치자어. 한국수산학회지 32(3) : 295~302.
- 임주열 · 옥인숙. 1977. 한국근해에 있어서 멸치란 치자어의 출현분포에 관한 연구. 수진연구보고 16 : 73~80.
- 조인숙 · 최영찬 · 고유봉. 2001. 하계 제주도 동·서해역 해수의 특성과 일주 변화. 한국환경과학회지 10(3) : 179~185.
- 정문기. 1977. 한국어도보. 일지사, 서울, 727 pp.
- 차성식 · 박광재. 1994. 광양만 부유성 난 자치어의 분포. 한국어류학회지 6(1) : 60~70.
- 차성식 · 천숙진 · 양재삼 · 최강원. 2004. 2003년 새만금 해역 어류플랑크톤의 종조성과 출현량. 한국어류학회지 16(4) : 321~330.
- 차형기 · 최영민 · 박종화 · 김진영 · 손명호. 2002. 한국 연근해 고등어, *Scomber japonicus* Houttuyn의 성숙과 산란. 한국수산자원학회지 5 : 24~33.
- 최영민 · 김진영. 1988. 한국 남해안산 멸치, *Engraulis japonica* (Houttuyn)의 재생산력. 수진연구보고 41 : 27~34.
- 최영찬 · 문영석. 1991. 제주도 남방 연안역의 4월달 해수특성. 제주대학교 해양연구소 연구보고 15 : 73~80.
- 한경호 · 김두용 · 진동수 · 신상수 · 백승록 · 오성현. 2001. 순천만에 분포하는 부유성 난과 자치어의 종조성 및 양적 변동. 한국어류학회지 13(2) : 136~142.
- 한경호 · 신영호 · 황동식. 2002. 고흥반도 연안에 분포하는 부유성 난·자치어 종조성의 계절변동. 한국어류학회지 14(1) : 45~52.
- 한경호 · 홍지선 · 김영섭 · 전경암 · 김영숙 · 홍병규 · 황동식. 2003. 영일만에 출현하는 부유성 난과 자치어의 종조성 및 계절변화. 한국어류학회지 15(2) : 87~94.
- 해양수산부. 2005. 동·서·제주해역 바다목장화 개발 연구용역-북제주바다목장-(1단계 1차년도). 한국해양연구원, 279 pp.

Received: May 2, 2006
Accepted: June 5, 2006