Korean J. Ichthyol. 11(1), 72~85, 1999

여름철 대한해협의 전선구조에 따른 자치어의 분포 특성

김 성 · 유 재 명

한국해양연구소 해양생물연구단

Distribution of Fish Larvae and the Front Structure of the Korea Strait in Summer

Sung Kim and Jae Myung Yoo

Biological Oceanography Laboratory, Korea Ocean Research & Development Institute, Ansan, P.O. Box 29. Kyenggi 425-600, Korea

A study on the larval fish assemblage around the front area was conducted in the Korea Strait in August, 1993. The front was found in the shelf break located in 35～36° N. A total of 125 species were found in the study area. Of these *Engraulis japonicus* was the most dominant species comprising 84.3% of the total fish larvae collected and followed by *Maurolicus muelleri* accounting for 7.7%. Gobiidae, Callionymidae and Pomacentridae showed higher frequency of occurrence. These five species can be divided into three groups. First group was comprised in the larval fish species such as *E. japonicus* and Callionymidae which were found in the whole study area. The second group was comprised of Gobiidae and Pomacentridae which were found in the warm area located in the southern part of the front area. The other species was *M. muelleri* found in the cold area located in the northern part of the front area including the front area. The assemblage, geological distribution and body length composition of the fish larvae in the Korea Strait would be mainly determined by the spawning ecology of the fishes, and the geological distribution and structure of the front which is formed in the ocean boundary between the Tsushima Current and the East Sea Cold Water.

Key words : fish larvae, front structure, Korea Strait

서 론

동해에는 연중 고온 · 고염의 대마난류수가 대한해협을 통하여 유입되고, 동해의 저염냉수는 대륙사면을 통하여 대한해협으로 유입되어 대한해협저층냉수를 형성하며 계절에 따라 그 구조가 변한다. 특히, 여름철에 저층냉수의 세력이 강하여 동해남부의 대륙사면으로부터 대한해협쪽으로 100 km 이상 들어오며 그 두께는 20～50 m에 달한다(Cho and Kim, 1988).

전선역에는 물이 수직 · 수평으로 활발히 혼합되어, 일차생산력과 이차생산력이 증가하고 수렴대의 형성으로 생물의 현존량이 증가하기도 한다(Olson and Backus, 1985; 박 등, 1991; Simpson *et al*., 1982; Nishikawa *et al*., 1995; 박과 최, 1997). 뿐만 아니라 어류자원의 분포 및 이동을 제한하는 장벽의 역할을 하므로(공과 손, 1982) 이러한 해역에는 좋은 어장이 형성된다(공, 1971; Kondo, 1985).

난 · 자치어의 밀도는 계절에 따른 물성과 산란기 등에 의하여 변하지만 전선역에서는 서로 다른 수괴의 만남으로 종 조성의 공간 변화가 크고, 수렴대의 형성으로 인하여 이들의 밀도가 증가하기도 한다(김, 1983;

Sakamoto and Tanaka, 1986; Munk *et al*., 1995; Lochmann *et al*., 1997; 추와 김, 1998). 그리고 전선에서 형성된 warm streamer는 난류수역에서 산란 부화된 회유성 어류의 난과 자어를 연안으로 수송하는 것으로 알려져 있다(추와 김, 1998).

대한해협을 중심으로 실시된 부유성 난·자치어 연구에는 낙동강 하구부근(차와 허, 1988), 울산만 및 주변해역(김 등, 1985), 월성 주변해역(차 등, 1991), 고리 주변해역(김 등, 1994) 등 연안역을 대상으로 계절별 종 조성과 분포 등의 연구가 있다. 이러한 연구 이외에도 임 등(1970), 김(1984), Kim (1984), Kitagawa *et al*. (1995), 이(1996) 등은 대한해협을 포함하여 광범위한 해역에서 자치어의 종 조성과 분포특성을 조사하였다. 그리고 단일종을 대상으로 한 연구에는 멸치(임과 옥, 1977; 김과 최, 1988; 이 등, 1996), 노랑벤자리(Kim and Okiyama, 1989), 꽁치(조, 1977) 그리고 앨퉁이(Okiyama, 1981; 김과 강, 1995; 차 등, 1998) 등이 있다.

그러나 이러한 연구들은 본 연구해역에 형성된 전선과 같은 물리적인 요인이 자치어의 종 조성과 분포 특성에 어떤 영향을 미치는지 구체적으로 밝히지 않았다. 따라서 본 연구에서는 전선의 구조에 따른 자치어의 종 조성과 분포 특성을 연구하였다.

재료 및 방법

재료는 북위 33～36°, 동경 129～133°의 동해남서부 해역인 대한해협을 중심으로 설정된 47개의 정점(Fig. 1)에서 1993년 여름철(8월 1일～19일)에 수집되었다. 시료는 Bongo net(망구직경 60 cm, 망목 505 μm)를 사용하여 1.5～2.0 knot의 속도로 저층부터 표층까지 경사 채집하였다. Bongo net를 통과한 물의 양은 네트 입구에 부착된 유량계를 이용하여 측정하였다. 채집된 표본은 현장에서 중성포르말린(최종 농도 7%)으로 고정하여 실험실로 옮겨 해부현미경을 이용하여 어란과 자치어를 골라내어 동정하였다. 자치어 동정은 Okiyama (1988), 정(1977), 이 등(1981), Moser *et al*. (1984), 김 등(1986) 등을 참고하였다. 동정된 시료는 각 분류군별로 계수한 후 단위체적 당 개체수로 환산한 후 정점간 출현량 비교를 위해 시료의 채집수심(40～1,300 m)을 고려하여 10 m^2의 단위면적 당 개체수로 표준화하였다.

그리고 수심이 적어도 80 m 이상인 정점을 대상으로 표층 고온수의 두께 변화에 따른 자치어의 출현종 수(앨퉁이 제외), 멸치와 앨퉁이 자치어 그리고 기타 어종의 출현량변화를 파악하기 위하여 표층 고온수의 두께와 1차 회귀 분석을 실시하였다. 표층 고온수는 표층의 수온이 최저～최고 값인 20～26°C로 정의하였다. 단, 자치어의 출현량 자료는 상용대수 변환을 실시하였다.

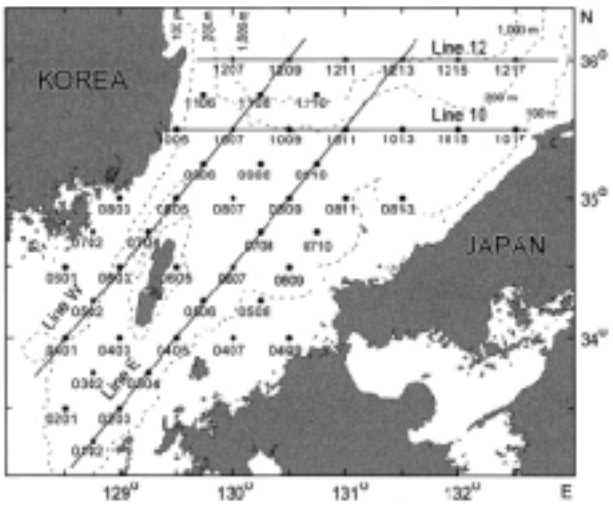


Fig. 1. The sampling stations in the southern part of the East Sea.

자치어 채집 때 각 정점의 수온과 염분은 Neil Brown 사의 CTD MK-IIIB로 측정하였다. 이 결과 중 대한해협을 중심으로 서수도와 동수도에 정선 W(정점 0401～1209)와 정선 E(정점 0102～1213)를 대상으로 수온과 염분의 수직분포도를 작성하였다. 전선역 주변해역의 정선 10(정점 1005～1017)과 12(정점 1207～1217)의 수직분포도 그리고 수층별 분포도는 곽 등(1994)의 자료를 이용하였다.

결 과

1. 수온과 염분

수온의 수평분포는 5개의 수층 모두 북동에서 남서방향을 축으로 한국연근해에서 일본 연근해 방향으로 온도가 점점 증가하는 경향을 보였다(Fig. 2). 대마난류수는 표층에서부터 수심 100 m에 걸쳐 분포하였다. 북위 35～36°의 대륙사면 주변해역의 수심 50～100 m 수층에서 대마난류수와 동해고유수사이에 전선이 형성되었으며 수심이 깊어질수록 강하게 나타났다. 수온의 최대 구배는 수심 100 m에서 7°C/25 km였다(곽 등, 1994). 수심 50 m에서는 수온전선이 북위 35～36°의 해역에서 북동에서 남서방향으로 형성되었다. 수심 75 m에서는 수심 50 m와 유사한 경향을 보였으나 북위 35.5°, 동경 130.5° 부근해역에서는 고수온의 물이 북쪽으로 확장되어 전선의 위치가 변화되었다. 수심 100 m에서 수온전선은 북위 35°의 중서부해역은 동서방향으로 형성되었

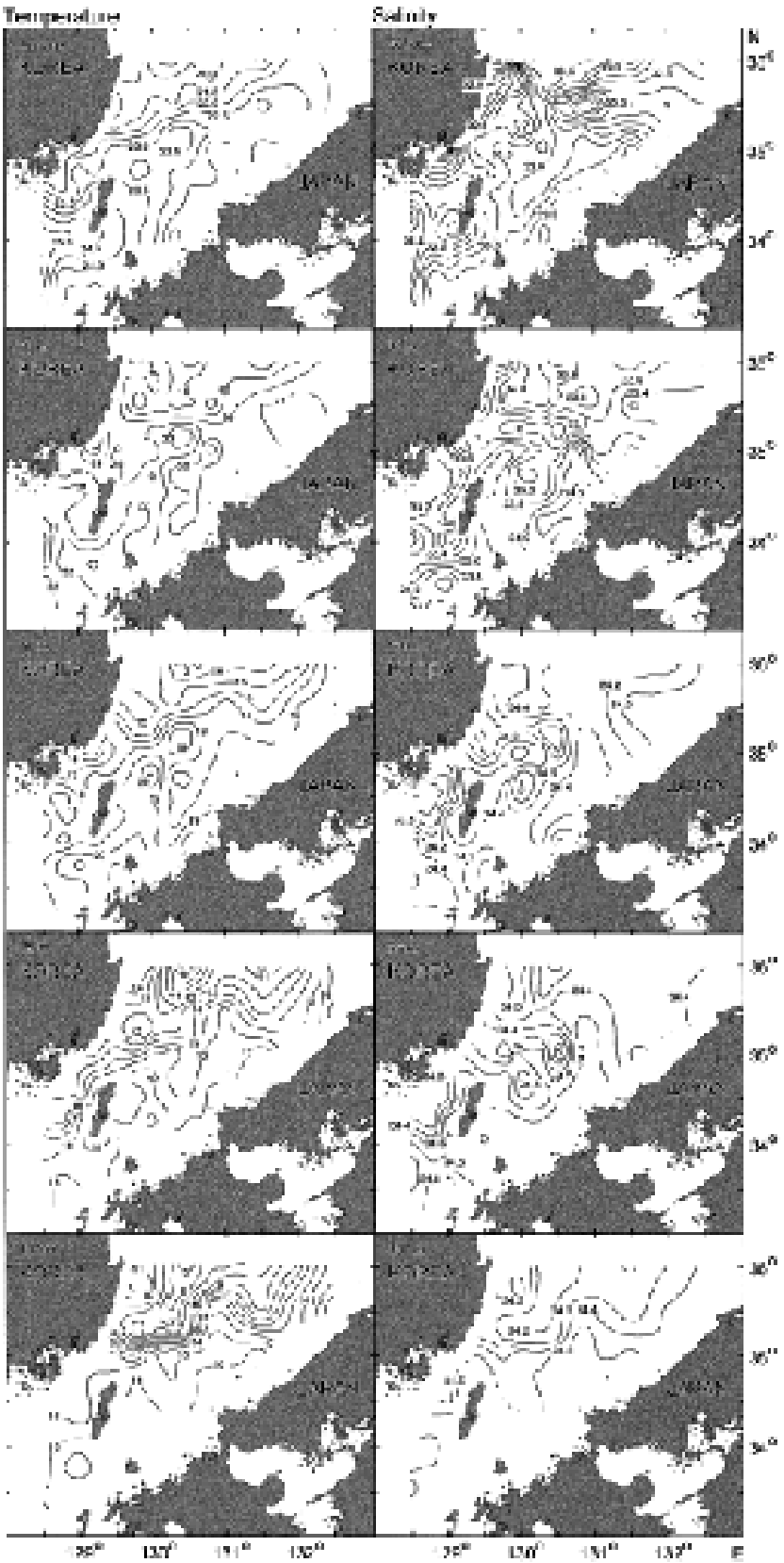


Fig. 2. Distribution of temperature (˚C) and salinity (psu) at 0, 30, 50, 75 and 100 m depths observed in August, 1993 (Kwak *et al.*, 1994).

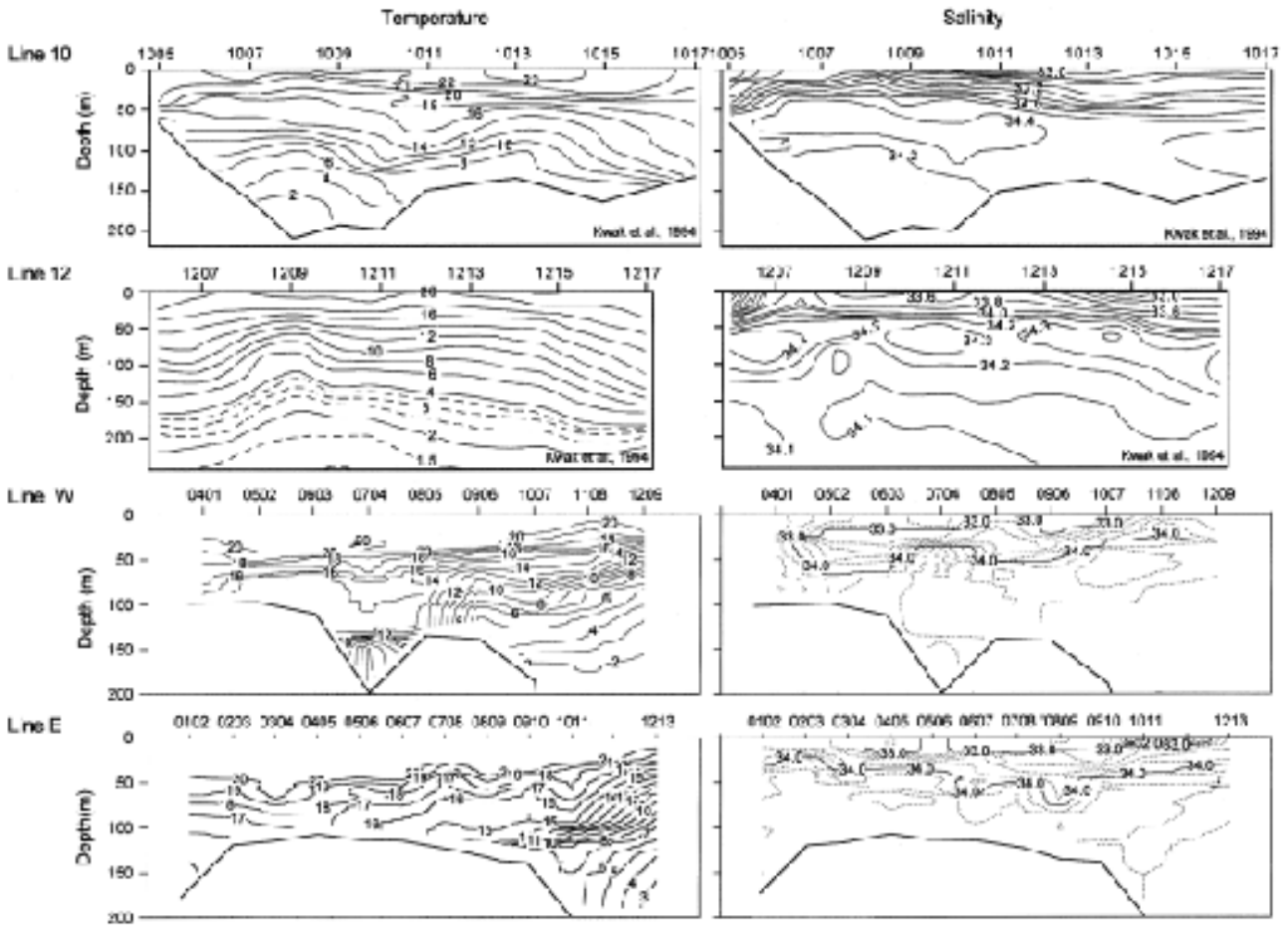


Fig. 3. Vertical distribution of temperature (°C) and salinity (psu) of the line 10 and 12 in the front area and the line E and W along the cross-section of the front area in August, 1993.

고, 북위 35～36°의 동부해역에서는 일본 연안선과 비교적 평행하게 발달하였지만 중동부해역은 수심 75 m보다 굴곡이 더 강하게 발달하였다.

염분의 수평분포는 수온의 분포경향과 달리 상대적으로 매우 복잡하였다. 표층의 경우 한국 연안역에서 강한 염분전선이 형성되었다(Fig. 2). 북위 35.5°의 중앙해역과 일본연안역 사이에 저염수가 분포하였다. 북위 35.0° 이남 해역의 30～100 m 수층에서는 한국연안에서 일본 연안방향으로 갈수록 염분이 증가하였고, 북위 35.0～35.5°의 수심 100 m에서는 동서방향으로 약한 염분전선이 형성되었다.

북위 35～36°의 전선역 부근해역에 위치한 정선 10과 12의 수온과 염분의 수직분포는 Fig. 3과 같다. 수온은 표층～50m의 수층에서는 두 개의 정선 모두 한국연안에서 일본의 연안방향으로 갈수록 수온이 점점 증가하였다. 염분은 수온과 달리 표층～50 m의 수층에서 두 개의 정선 모두 한국과 일본 연안으로 갈수록 점점 감소하는 경향을 보였다. 그리고 수심 50～100 m에서는 대마난류수의 중심부인 염분 최대층이 나타나고 있으며, 그 이하의 수심에서는 동해고유수의 영향으로 염분이 약간 감소하였다(곽 등, 1994).

전선역을 포함하여 대한해협의 동수도에 설정된 정선 E와 서수도에 설정된 정선 W의 수온과 염분의 수직분포는 Fig. 3과 같다. 수온전선은 정선 W에서는 정점 0805～1209, 정선 E에서는 정점 0809～1213 등 대륙사면 주변해역에 위치하였으며 두 개의 정선 모두 남쪽에서 북쪽으로 갈수록 전선의 분포 수심은 점점 낮아졌다. 염분의 수직구조는 두 개의 정선 모두 수온의 수직구조와 비슷하게 나타났다.

2. 종 조성과 우점종

자치어는 총 12목 63과 125 종류가 출현하였으며 종별 평균 출현량, 출현량 비율 그리고 출현빈도는 Table 1과 같다. 본 조사에서 멸치(*Engraulis japonicus*)는 평

Table 1. Mean abundance (N : Number/10 m²) and frequency of occurrence (O) of larval fish captured in the Korea strait in August, 1993

Species	N	%	O	Species	N	%	O
Engraulis japonicus	3,090	84.4	47	*Hygophum* spp.	0.5	–	2
Maurolicus muelleri	279.9	7.6	22	Paralichthyidae *spp*	0.5	–	3
Callionymidae spp.	27.1	0.7	29	Pleuronectidae spp.	0.5	–	3
Pomacentridae spp.	22.4	0.6	20	*Scomber* spp.	0.5	–	1
Hypodytes rubripinn	15.8	0.4	18	Sparidae spp.	0.5	–	2
Gobiidae spp.	15.3	0.4	26	*Dysomma* spp.	0.4	–	1
Parapristipoma trilineatum	9.8	0.3	17	*Hygophum proximum*	0.4	–	2
Etrumeus teres	9.7	0.3	13	*Lampadena* spp.	0.4	–	2
Sphyraena pinguis	9.7	0.3	18	*Nibea* spp.	0.4	–	2
Halichoeres tenuispinnis	8.4	0.2	10	*Saurida* spp.	0.4	–	3
Auxis spp.	8.1	0.2	12	*Scartella cristata*	0.4	–	2
Parapercis snyderi	7.5	0.2	17	*Spratelloides gracilis*	0.4	–	2
Labridae spp.	7.3	0.2	19	*Argyrosomus argentatus*	0.3	–	2
Sillago japonica	6.7	0.2	13	Bothidae spp.	0.3	–	2
Ophichthidae spp.	5.7	0.2	11	*Cypselurus hiraii*	0.3	–	1
Bregmaceros spp.	5.4	0.1	12	*Lutjanus* spp.	0.3	–	2
Pseudorhombus penthophthalmus	5.0	0.1	12	*Pictiblennius yatab*	0.3	–	2
Mullidae spp.	4.7	0.1	11	Platycephalidae spp.	0.3	–	2
Halichoeres spp.	4.6	0.1	11	*Synodus variegatus*	0.3	–	2
Trachurus japonicus	4.5	0.1	11	*Enneapterygius etheostomus*	0.2	–	1
Branchiostegus japo	3.9	0.1	8	*Epinephelus* spp.	0.2	–	1
Lethrinus nematacan	3.7	0.1	11	*Evynnis* spp.	0.2	–	1
Cynoglossus spp.	3.5	–	13	*Hyporhamphus* spp.	0.2	–	1
Caranx spp.	3.4	–	6	*Laemonema nana*	0.2	–	1
Saurida undosquamis	3.2	–	5	*Neobythites sivicola*	0.2	–	1
Minous monodactylus	2.9	–	9	*Parapercis* spp.	0.2	–	1
Trichiurus lepturus	2.8	–	6	*Petroscrites breviceps*	0.2	–	1
Scombridae spp.	2.5	–	3	*Priacanthus macracanthus*	0.2	–	1
Halichoeres poecilopterus	2.4	–	7	*Samariscus latus*	0.2	–	1
Apogon spp.	2.3	–	6	*Saurida elongata*	0.2	–	1
Carangidae spp.	2.3	–	8	*Saurida gracilis*	0.2	–	1
Champsodon snyderi	2.0	–	10	*Scomberomorus niphonius*	0.2	–	1
Leiognathus nuchali	2.0	–	9	*Synagrops philippinensis*	0.2	–	1
Scomberomorus spp.	2.0	–	8	*Syngnathus schlegeli*	0.2	–	1
Auxis thazard	1.8	–	1	Synodontidae spp.	0.2	–	1
Bregmaceros neonectabanus	1.8	–	2	*Thunnus* spp.	0.2	–	1
Leioganthidae	1.8	–	2	*Benthosema* spp.	0.1	–	1
Chromis notatus	1.7	–	6	*Bregmaceros arabicus*	0.1	–	1
Lepidotrigla spp.	1.6	–	4	*Cepola schlegeli*	0.1	–	1
Nibea albiflora	1.6	–	4	*Ceratoscopelus warmingi*	0.1	–	1
Rhyncopelatus oxyrhynchus	1.6	–	4	*Cyclothone* spp.	0.1	–	1
Stephanolepis cirrhifer	1.5	–	7	*Decapterus* spp.	0.1	–	1
Kyphosus cinerascens	1.4	–	3	*Diaphus* spp.	0.1	–	1
Myctophidae spp.	1.4	–	2	*Glossanodon semifasciatus*	0.1	–	1
Parapercis sexfasciatus	1.3	–	2	Gonostomatidae spp.	0.1	–	1
Platycephalus indicus	1.3	–	5	*Hoplichthys* spp.	0.1	–	1
Scorpaenidae spp.	1.2	–	6	*Icichthys lockingtoni*	0.1	–	1
Upeneus bensasi	1.2	–	5	*Lestidium atlanticum*	0.1	–	1
Decapterus muroadsi	1.1	–	3	*Melanostomias* spp.	0.1	–	1
Siganus fuscesces	1.1	–	5	Nemipteridae spp.	0.1	–	1

Table 1. Continued

Species	N	%	O	Species	N	%	O
Coryphaena hippurus	0.9	–	5	*Nemipterus bathybius*	0.1	–	1
Engyprosopon spp.	0.9	–	3	Ophidiidae spp.	0.1	–	1
Psenopsis anomala	0.9	–	3	*Parapercis pulchella*	0.1	–	1
Benthosema pterotum	0.7	–	3	*Priacanthus* spp.	0.1	–	1
Pagrus major	0.7	–	1	*Rudarius ercodes*	0.1	–	1
Spinapsaron spp.	0.7	–	4	*Samaris* spp.	0.1	–	1
Callanthias japonicus	0.6	–	3	Serranidae spp.	0.1	–	1
Lutjanus vitta	0.6	–	3	*Siganus* spp.	0.1	–	1
Saurida wanieso	0.6	–	2	*Synodus* spp.	0.1	–	1
Scomber japonicus	0.6	–	2	*Trachyrhamphus* spp.	0.1	–	1
Sillago spp.	0.6	–	2	*Trichonotus filamentosus*	0.1	–	1
Synodus macrops	0.6	–	2	Unidentified spp.	29.1	0.8	30
Blennidae spp.	0.5	–	2	Total	3,661.8	100.0	47
Ctenotryphauchen microcephalus	0.5	–	1	Number of species		125	

– : < 0.1%

Table 2. Dominant larval fish species in the around sea of Korean waters

Sampling area	Month	Dominant species	%	References
Southern Yellow Sea	Aug., 1982	*Engraulis japonicus*	93.4	Yoo, 1988
	Aug., 1983	*Engraulis japonicus*	88.5	
The adjacent waters of Wolsong	July, 1990	*Engraulis japonicus*	65.4	Cha *et al*., 1991
		Callionymidae spp.	16.8	
		Maurolicus muelleri	11.4	
Mid-east Yellow Sea	July ~ Aug., 1985	*Engraulis japonicus*	53.3	Cha *et al*., 1990
		Sardinella zunasi	22.9	
The adjacent waters of Cheju Island	Aug., 1988	Gobiidae spp.	28.0	Yoo *et al*., 1990
		Chromis notatus	22.5	
		Engraulis japonicus	20.9	
Korea Strait	July, 1983	*Engraulis japonicus*	95.7	Kim, 1984
Cheju aroud sea	Aug., 1988	*Engraulis japonicus*	67.6	Yoo, 1991
		Auxis sp.	5.8	
Changson channel in Namhae	July ~ Aug., 1992	*Engraulis japonicus*	84.9	Kim, 1983
		Acanthogobius flavimanus	7.8	
Western Waters of Korea	July ~ Aug., 1982	*Engraulis japonicus*	74.4	Hur and Yoo, 1984
		Callionymus spp.	8.3	
		Konosirus punctatus	4.2	
Ulsan Bay	July, 1984	*Engraulis japonicus*	85.6	Kim *et al*., 1985
The adjacent waters of Kori	Aug., 1987 July ~ Aug., 1988 July ~ Aug., 1989	*Engraulis japonicus*	72.8	Kim, 1991
The Korea Strait	July, 1993	*Engraulis japonicus*	95.2	Lee, 1996

균 출현량과 출현빈도가 가장 높은 종으로 평균 출현량은 3,090 ind./10 m² (전체 출현량의 84.4%)였다. 다음은 앨퉁이 (*Maurolicus muelleri*)로 평균 출현량은 280 ind./10 m² (전체 출현량의 7.6%)였다. 그리고 돛양태과 (Callionymidae spp.), 자리돔과 (Pomacentridae spp.), 미역치 (*Hypodytes rubripinnis*), 망둑어과 (Gobiidae spp.),

벤자리 (*Parapristipoma trilineatum*), 꼬치고기 (*Sphyraena pinguis*), 동미리 (*Parapercis snyderi*)와 놀래기과 (Labridae spp.) 등 8 종은 종별 출현량 비율은 각각 1.0% 미만이지만 출현빈도는 47개의 조사 정점 중 17회 이상 출현한 종으로 비교적 출현빈도가 높은 종들이다.

자치어의 정점별 출현종 수는 1～32종이며 그 분포는 Fig. 4와 같다. 자치어의 출현종 수는 대한해협을 중심으로 대한해협의 서수도보다 동수도에서 많았다. 북위 35.5～36.0° 부근 해역에서 자치어의 출현종 수는 정선 10의 중동부해역에서 많을 뿐 이 해역의 중서부 및 북부해역에서는 매우 적었다.

자치어의 정점별 출현량은 222～19,020 ind./10 m²이

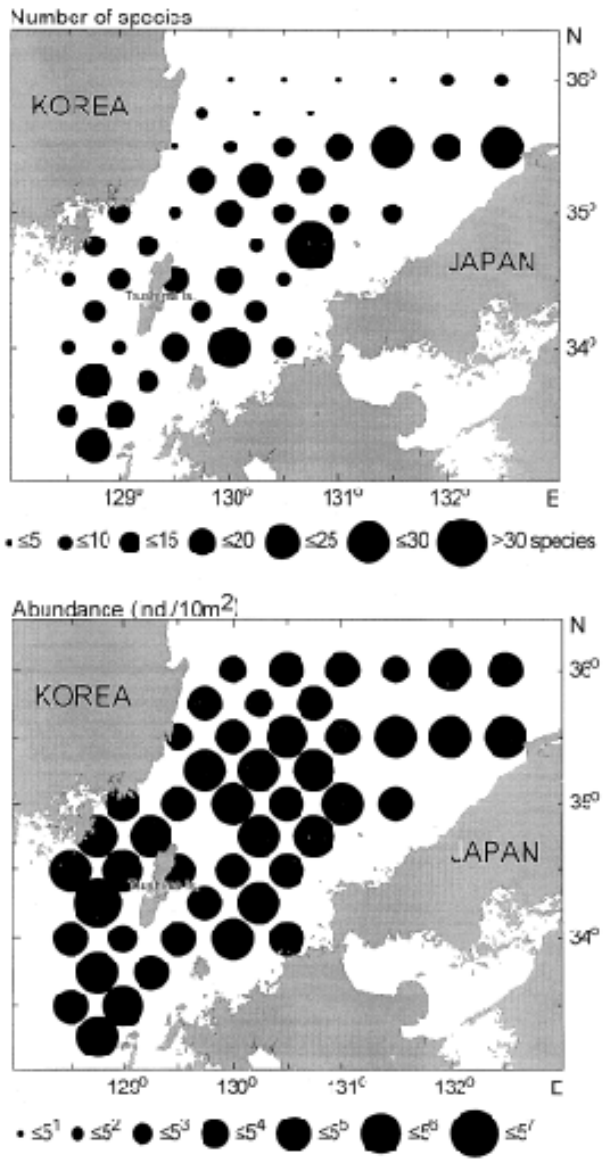


Fig. 4. Number of species and abundance of the fish larvae in the Korea Strait in August, 1993.

며 그 분포는 Fig. 4와 같다. 자치어의 출현량은 대한해협의 동수도와 서수도간에 큰 차이를 보이지 않았지만 정선 10의 한국연근해와 정선 10의 북부해역 및 정선 12의 중서부해역에서는 비교적 적은 것으로 나타났다.

주요 우점종인 멸치와 앨퉁이를 포함하여 돛양태과, 망둑어과, 자리돔과 등 5종의 출현량 분포는 Fig. 5와 같다. 멸치는 모든 정점에서 출현하였으며 출현량 범위는 67～18,144 ind./10 m²였다. 이 종의 출현량은 대마도를 중심으로 대한해협의 동수도와 서수도간에 큰 차이를 보이지 않았지만 북위 35.5° 이북해역은 남부해역보다 적은 것으로 나타났다. 돛양태과는 29개 정점에서 출현하였으며 출현량 범위는 7～440 ind./10 m²였다. 이 종은 전 해역에 걸쳐서 출현하였지만 한국연안역에서는 주변해역보다 출현량이 많았다. 망둑어과는 26개 정점에서 출현하였으며 출현량 범위는 7～181 ind./10 m²였다. 이 종은 북위 35.5° 이남해역에 주로 출현하였으며, 특히 한국연안역에서 출현량이 많았다. 자리돔과는 20개 정점에서 출현하였으며 출현량 범위는 6～361 ind./10 m²였다. 이 종은 대마도를 중심으로 동북－서남방향을 축으로 북위 35.5° 이남해역에 주로 분포하였다. 앨퉁이는 22개 정점에서 출현하였으며 출현량 범위는 6～3,114 ind./10 m²였다. 앨퉁이는 북위 35.0° 이북해역에 주로 출현하였지만 대한해협의 동수도와 서수도에서는 출현량과 출현빈도가 매우 낮았다.

3. 전선역에서 자치어의 종 조성

정선 10과 12에서 정점별로 출현한 자치어의 종 수는 각각 1～26종과 2～10종이었다. 자치어의 출현종 수는 정선 10에서는 정점 1005에서 1017쪽으로 갈수록 점점 증가하는 경향을 보였지만 정선 12에서는 정선 10과 같은 경향은 잘 나타나지 않았다 (Fig. 6).

본 조사에서 출현량 비율이 높은 상위 6개 분류군인 멸치, 앨퉁이, 돛양태과, 자리돔과, 미역치, 망둑어과 그리고 기타 어종의 정점별 출현량은 Fig. 6과 같다.

멸치는 정선 10과 12의 모든 정점에서 출현하였으며 두 정선의 정점별 출현량은 각각 33～7,058 ind./10 m² 와 67～3,883 ind./10 m²였다. 정선 10에서는 정점 1005에서 정점 1017쪽으로 갈수록 출현량이 증가하였으나, 정선 12에서는 정선 10과 같이 뚜렷한 증감은 나타나지 않았다. 출현량이 가장 많은 정점은 정선 10에서는 정점 1013이었고, 정선 12에서는 정점 1214였다 (Fig. 6).

앨퉁이는 정선 10에서 정점 1005를 제외한 모든 정점과 정선 12의 모든 정점에서 출현하였다. 두 정선의 정점별 출현량 범위는 정선 10과 12에서 각각 48～1,668 ind./10 m²와 234～999 ind./10 m²였다. 정선 10에서 한국

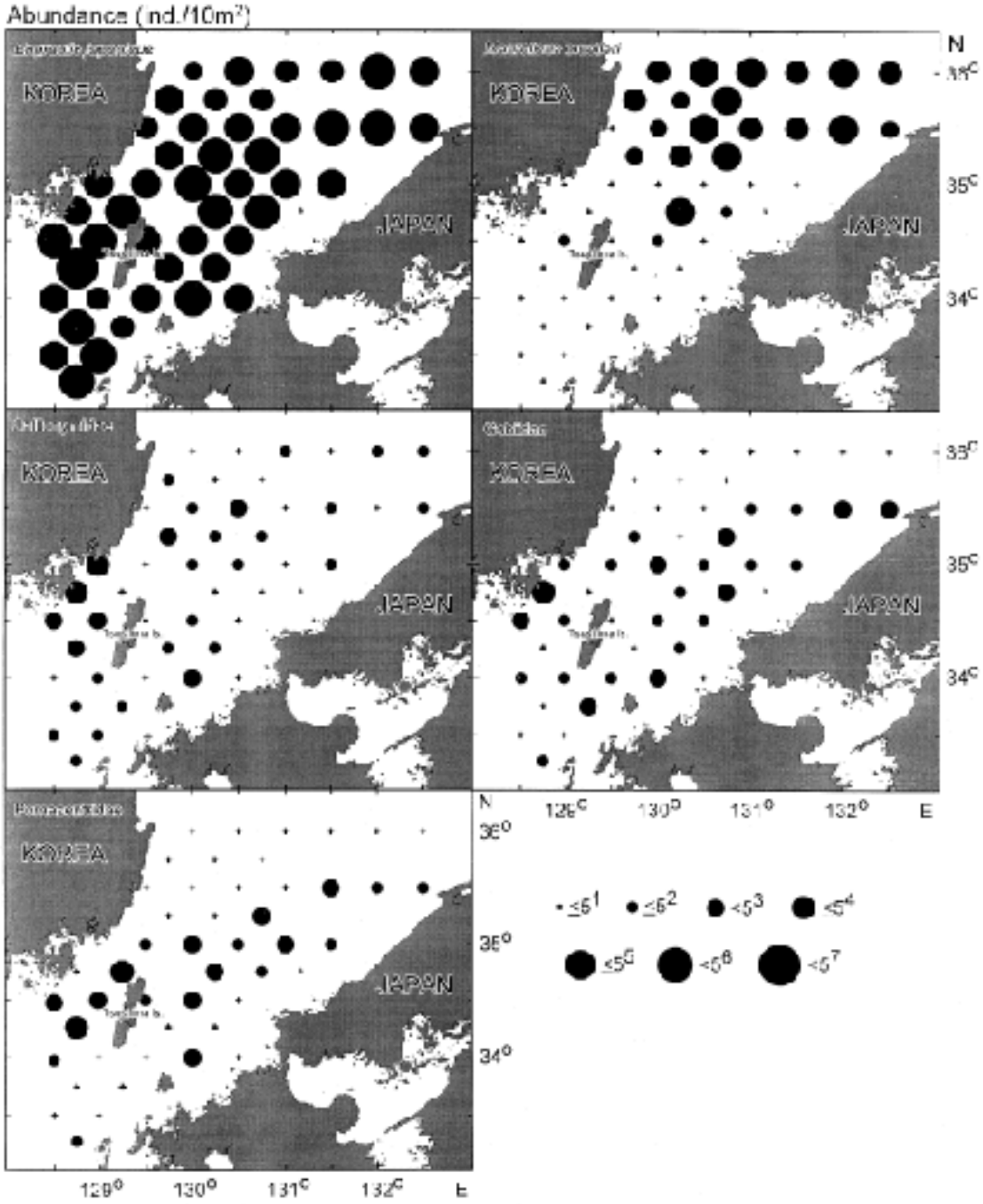


Fig. 5. Abundance of the dominant larval fish in the Korea Strait in August, 1993.

연안에 가까운 정점 1005와 일본연안에 가까운 정점 1017에서는 출현하지 않았거나 출현량이 매우 적었다. 정선 12에서는 정점에 따라 출현량의 뚜렷한 증감현상은 나타나지 않았다(Fig. 6).

정선 10과 12에서 멸치와 앨퉁이를 제외한 나머지 4종과 기타 어종 중 돛양태과는 정선 10의 4개 정점에서 9～54 ind./10 m² 출현하였고, 정선 12에서는 3개 정점에서 8～23 ind./10 m² 출현하였다. 자리돔과, 미역치 그리고 망둑어과는 정선 12에서는 출현하지 않았지만 이 종들은 정선 10의 3～4개 정점에서 출현하였으며, 이들의 출현량 범위는 각각 6～29 ind./10 m², 10～19 ind./10 m² 그리고 13～48 ind./10 m²였다. 기타 자치어는 정선 10과 12에서 한국연안에 가까운 정점 1005와 1207을 제외한 모든 정점에서 출현하였으며 출현량 범위는 각각 25～

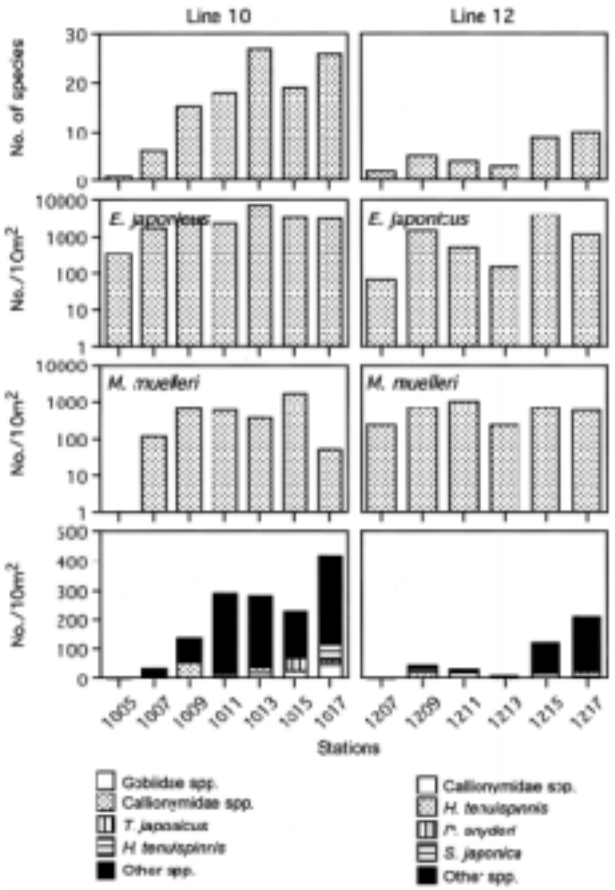


Fig. 6. Variation of the number of larval fish species and distribution of the six dominant larval fish in the line 10 and 12 in August, 1993.

287 ind./10 m², 8～100 ind./10 m²였다. 정선 10에서는 한국연안에서 일본연안쪽으로 갈수록 출현량이 증가하는 경향을 보였다. 정선 12에서는 정선 10과 같은 경향이 뚜렷하게 나타나지 않았지만, 일본 연안쪽에 가까운 정점(정점 1215, 1217)에서는 비교적 출현량이 많았다(Fig. 6).

멸치의 정점별 평균 척색장은 정선 10과 12에서 각각 4.1～7.5 mm와 3.4～5.3 mm였다. 정선 10에서 이 종의 평균 척색장은 정점 1005에서 1017쪽으로 갈수록 점점 감소하는 경향을 보였다. 정점 12에서는 정선 10과 같은 뚜렷한 증감 현상은 나타나지 않았다. 정점별 척색장 범위는 정선 10과 12에서 각각 1.4～11.8 mm와 2.1～10.7 mm였다. 정점별 척색장 조성을 보면 정선 10에서는 각 정점마다 비교적 다양한 크기의 개체가 출현하였다. 정점 12에서는 정점 1209와 1213에서만 다양한 크기의 개체가 출현하였을 뿐 나머지 정점에서는 비교적 척색장이 비슷한 개체들로 구성되어 있었다(Fig. 7).

앨퉁이의 정점별 평균 척색장은 정선 10과 12에서 각

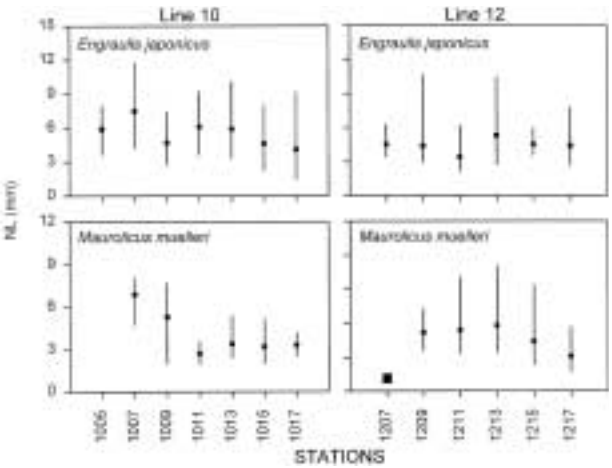


Fig. 7. Variation of notochord length (NL) of *Engraulis japonicus* and *Maurolicus muelleri* in the Line 10 and 12. ■ : no data.

각 2.7～6.9 mm와 3.1～5.8 mm였다. 정선 10에서 이 종의 평균 척색장은 정점 1007이 가장 크고, 다음은 정점 1009였지만 그 이외의 정점에서는 이 두 정점보다 상대적으로 적었다. 정점별 척색장 범위는 정선 10과 12서 각각 1.9～8.1 mm와 1.7～11.1 mm였다. 정점 10에서는 정점 1007과 정점 1009에서만 비교적 다양한 크기의 개체로 구성되어 있을 뿐 나머지 정점에서는 비교적 척색장이 비슷한 개체들로 구성되었다. 정선 12에서는 한국과 일본연안에서 중앙부해역의 정점으로 갈수록 다양한 크기의 개체가 출현하였다(Fig. 7).

4. 동수도와 서수도에서 자치어의 종 조성

정선 W와 E에서 정점별로 출현한 자치어의 종 수는 정선 W에서 3～16종, 정선 E에서 3～24종 이었다. 정선 W에서 자치어의 정점별 출현종 수는 정점 0401에서 정점 0502보다 적었지만 정점 0502에서 정점 1209쪽으로 갈수록 점점 감소하는 경향을 보였다. 정선 E에서 자치어의 출현종 수는 정점 0102에서 정점 0708쪽으로 갈수록 점점 감소하였고, 정점 1213에서는 정점 1011보다 적지만 정점 0708에서 정점 1011쪽으로 갈수록 증가하였다(Fig. 8).

본 조사에서 출현량 비율이 높은 상위 6개 분류군을 포함한 기타 어종의 정점별 출현량은 Fig. 8과 같다.

멸치는 정선 W와 E의 모든 정점에서 출현하였으며 출현량 범위는 각각 183～10,511 ind./10 m²와 146～7,884 ind./10 m²였다. 정선 W에서 이 종의 정점별 출현량은 정점 0401에서 정점 0502 보다 매우 적었지만 정점 0502에서 정점 1209쪽으로 갈수록 점점 감소하였다. 정선 E에서 이 종의 출현량은 정점 0102, 0203, 0607～

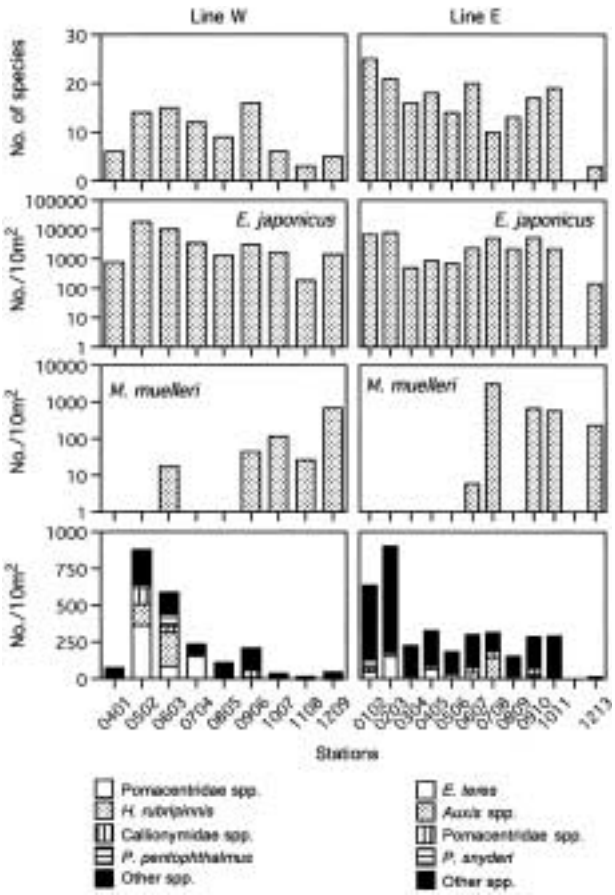


Fig. 8. Variation of the number of larval fish species and distribution of the six dominant larval fish in the line W and E in August, 1993.

1011에서 많았지만 나머지 정점에서 는 상대적으로 매우 적었다(Fig. 8).

앨퉁이는 정선 W와 E에서 각각 5개의 정점에서 출현하였으며 정점별 출현량 범위는 각각 18～678 ind./10 m^2와 10～903 ind./10 m^2였다. 이 종은 정선 W에서 정점 0603에서도 출현하였지만 정점 0906～1209에서 출현하였고, 정선 E에서는 대부분 정점 0607～1213에서 주로 출현하였다(Fig. 8).

정선 W와 E에서 멸치와 앨퉁이를 제외한 나머지 4종과 기타 어종 중 돛양태과는 정선 W의 4개 정점과 정선 E의 7개 정점에서 각각 9～114 ind./10 m^2와 7～24 ind./10 m^2 출현하였다. 자리돔과는 정선 W와 E에서 각각 5개의 정점에서 출현하였으며 정점별 출현량 범위는 각각 6～361 ind./10 m^2와 16～48 ind./10 m^2였다. 미역치는 정선 W와 E에서 각각 3개 정점과 6개 정점에서 출현하였으며 정점별 출현량 범위는 각각 6～230 ind./10 m^2와 7～20 ind./10 m^2였다. 망둑어과는 정선 W와 E

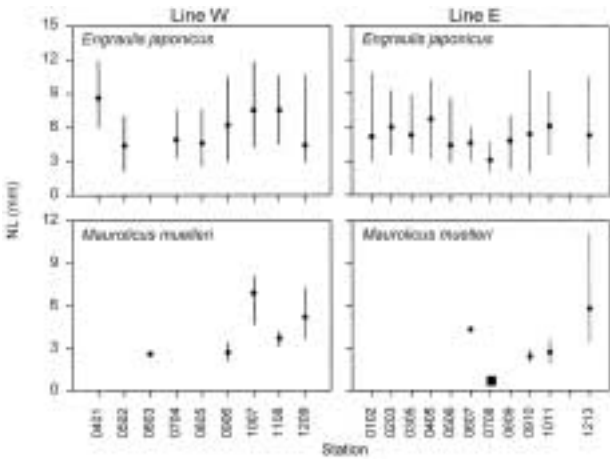
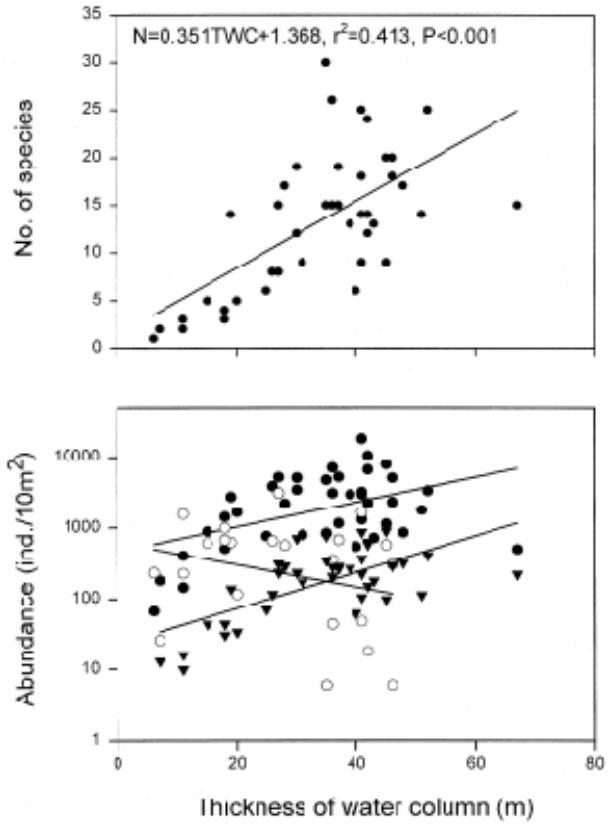


Fig. 9. Variation of notochord length (NL) of *Engraulis japonicus* and *Maurolicus muelleri* in the Line W and E. ■ : no data.

에서 각각 4개 정점과 8개 정점에서 출현하였으며 정점별 출현량 범위는 각각 7～19 ind./10 m^2와 7～39 ind./10 m^2였다. 마지막으로 기타 어종은 정선 W의 모든 정점과 정선 E의 1개 정점을 제외한 모든 정점에서 출현하였으며 정점별 출현량 범위는 각각 13～257 ind./10 m^2와 104～880 ind./10 m^2였다(Fig. 8).

멸치의 정점별 평균 척색장은 정선 W와 E에서 각각 4.4～8.6 mm와 3.1～6.7 mm였다. 정선 W에서 이 종의 정점별 평균 척색장은 정점 W의 정점 0401에서 가장 큰 것으로 나타났다. 이 종의 평균 척색장은 정점 0502에서 정점 1108쪽으로 갈수록 점점 증가하였지만 정점 1209에서는 큰 폭으로 감소하였다. 정선 E에서는 이 종의 평균 척색장은 정점 0102에서 정점 0405로 갈수록 점점 증가하였다. 정점 0405에서 정점 0708쪽으로 갈수록 이 종의 평균 척색장은 감소하였지만 정점 0708을 기점으로 정점 1011쪽으로 갈수록 점점 증가하였다. 이 종의 척색장 범위는 정선 W와 E가 각각 2.1～11.9 mm와 2.0～11.1 mm였다. 두 줄의 정선 중에서 정점 E의 정점 0607과 0708이 작을 뿐 대부분의 정점에서는 다양한 크기의 개체가 출현하였다(Fig. 9).

앨퉁이의 정점별 평균 척색장은 정선 W와 E에서 각각 2.6～6.9 mm와 2.4～5.8 mm였다. 이 종의 평균 척색장은 정점 W에서는 정점 1007～1209와 정점 E의 정점 1213에서 비교적 큰 것으로 나타났다. 이 종의 척색장범위는 정선 W와 E가 각각 2.1～8.1 mm와 1.9～11.1 mm였다. 정선 W의 정점 1007과 1209, 정선 E의 정점 1213 등 3개 정점에서는 비교적 다양한 크기의 개체가 출현하였다(Fig. 9).



● *Engraulis japonicus* (A=0.017TWC+2.665, r^2=0.206, P<0.01)
○ *Maurolicus muelleri* (A=−0.016TWC+2.792, r^2=0.072, P>0.05)
▼ Other species (A=0.026TWC+1.355, r^2=0.439, P<0.001)

Fig. 10. Relationship between the thickness (m) of high temperature (20～26°C) water column (TWC) at the surface and the number of species (N. except for *Maurolicus muelleri*) and abundance (A) of fish larvae.

고 찰

본 조사해역에서 총 125종의 다양한 종류의 자치어가 출현하였다. 이 중에서 우점 종은 멸치와 앨퉁이였으며 이 두 종 이외의 나머지 종들은 출현량 비율이 1% 미만이었다(Table 1). 멸치가 한반도 주변 해역에서 여름철에 우점하는 것은 일반적인 현상이지만(Table 2), 한국 연근해에서 앨퉁이는 멸치와 달리 동해 남부연안(김 등, 1994; 차 등, 1991), 동해 남부해역(Kim, 1984; 김과 강, 1995; 차 등, 1998; 곽 등, 1993; 곽 등, 1994), 동해 중서부(변 등, 1995; 변 등, 1997; 변 등, 1998) 등 북위 40° 이남의 동해에 분포하는 것으로 알려져 있다(Okiyama, 1981).

대한해협은 남쪽으로는 동중국해, 북쪽으로는 동해와 연결되어 있다. 대한해협을 통하여 동해로 유입된 대마난류수(Pang *et al*., 1993; Hsueh *et al*., 1996)는 대륙사면 주변해역에서 동해고유수와 접촉하여 전선을 형성하는데(공과 손, 1982) 본 연구에서도 역시 북위 35～36° 사이의 대륙사면 주변해역에서 전선이 형성되었다(Fig. 2, 3). 뿐만 아니라 동해에서 대한해협으로 유입된 차가운 물이 대한해협저층냉수(수온 3～10°C, 염분 34.00～34.30 psu)를 형성하는데(Cho and Kim, 1998), 이러한 물은 본 연구에서 대한해협의 서수도의 저층에서 나타났으며(Fig. 3), 이와 같은 현상은 여름철에 가장 강하게 나타난다(Cho and Kim, 1998).

자치어 출현종 수의 수평분포는 Fig. 4와 같이 대마도를 중심으로 북동–남서방향을 축으로 수온이 상대적으로 높은 대한해협의 동수도에서 출현종 수가 많았다(Fig. 4). 이러한 분포는 표층～75 m 수층의 수온 분포 경향(Fig. 2)과 유사한 것으로 나타나 자치어의 출현종 수는 수온의 분포 경향과 매우 밀접한 관련이 있는 것으로 판단된다. 이러한 경향은 정선 10과 12 그리고 정선 W와 E에서도 비교적 잘 나타났다. 정선 10에서는 한국연안에서 일본연안쪽으로 갈수록 표층 고온수의 두께의 증가(Fig. 3)와 함께 자치어의 종수가 큰 폭으로 증가하였고, 정선 12는 정선 10과 같이 뚜렷하지 않지만 수온이 높은 표층수 두께가 두꺼운 일본 연근해의 정점에서 비교적 많았다(Fig. 6). 정선 W와 E에서도 역시 수온이 높은 표층수의 두께가 두꺼운 정점에서는 자치어의 정점별 출현종 수가 많았지만 그 두께가 좁아질수록 자치어의 종 수가 점점 감소하였다(Figs. 3, 8). 이러한 결과는 표층 고온수의 두께와 자치어의 출현종 수와 매우 밀접한 관련이 있음을 시사한다(Fig. 10, r^2=0.413, $p<0.001$).

본 조사에서 우점종인 멸치와 앨퉁이 그리고 출현 빈도가 높은 돛양태과, 망둑어과, 자리돔과 등 5 종의 분포 경향은 크게 본 조사해역에서 광범위하게 분포하는 종(멸치, 돛양태과), 북위 35.5° 이남해역에 주로 분포하는 종(망둑어과, 자리돔과), 북위 35° 이북해역에 출현하는 종(앨퉁이) 등 3개의 부류로 구분이 된다. 중층성 어류인 앨퉁이를 제외한 나머지 4종은 표영성 어류이지만 산란 생태에 차이가 있다. 멸치와 돛양태과는 부유성 난을 산란하지만, 망둑어과와 자리돔과는 부착난을 산란한다(정, 1977; Masuda *et al*., 1984; Okiyama, 1988). 이러한 종간 산란생태의 차이가 종간 지리적인 분포차이에 영향을 주는 하나의 요인으로 판단된다.

위의 5종 중에서 멸치의 출현량은 정선 10과 12 그리고 정선 W와 E 등 4개의 정선 모두 표층 고온수의 두께가 두꺼울 수록 증가하는 경향을 보였고, 이 수층의 두께가 주변의 정점보다 상대적으로 얇은 정점일수록

큰 폭으로 감소하였다. 이러한 경향은 전선의 형성으로 수온이 높은 표층수의 두께가 급격하게 변하는 북위 35～36°의 대륙사면부근해역에서 더욱 뚜렷하게 나타나(Figs. 3, 6, 8) 멸치의 출현량은 표층 고온수의 두께와 관련이 있는 것으로 판단된다(Fig. 10, r^2=0.233, $p < 0.001$). 멸치와 앨퉁이를 제외한 기타 어종은 멸치보다 더욱 뚜렷하게 나타났다(Fig. 10, r^2=0.439, $p < 0.001$).

멸치의 평균 척색장은 4개의 정선 모두 수온이 높은 표층수의 두께가 상대적으로 두꺼운 해역에서 얇은 해역으로 갈수록 평균 척색장이 작고 비슷한 크기의 개체에서 평균 척색장이 크고 다양한 크기의 개체로 구성이 변하였다.

앨퉁이는 멸치와 반대로 저층수의 수온이 높은 해역보다 낮은 해역에 주로 분포하였고, 이러한 해역에서 이 종의 평균 척색장도 크고 다양한 크기의 개체가 출현하였다(Figs. 3, 7, 9). 이 종의 출현량은 표층 고온수의 두께와 관련성이 거의 없는 것으로 나타났다(Fig. 10, r^2= 0.072, $p > 0.05$)

전선역은 일반적으로 성질이 다른 두 수괴의 접촉면으로 이러한 해역에는 물리적인 수렴대가 형성되어 생물의 밀도와 종 수가 다양한 것으로 알려져 있다(박 등, 1991; 박과 최, 1997; Nishikawa *et al*., 1995; 조 등, 1983). 자치어의 경우에도 역시 전선의 강약에 의해 전선역에서 자치어의 밀도가 높아지거나 또는 전선을 경계로 양분되어 분포하기도 한다(Richards *et al*., 1993; 김, 1983; 김과 최, 1988; 추와 김, 1998; Olson and Backus, 1985). 그러나 자치어를 대상으로 한 본 연구에서는 조사 정점사이의 간격이 약 45～70 km로 매우 넓게 설정되어 이와 같은 전선역의 일반적인 특징인 자치어 종 수와 밀도가 증가 현상은 잘 나타나지 않는 것으로 판단된다. 지금까지의 결과로 보아 본 연구해역에 자치어의 종 조성과 지리적인 분포 그리고 척색장 조성 등은 어종별 산란전략 뿐만 아니라 대마난류수와 대한해협저층냉수의 지리적인 분포, 대마난류수와 동해고유수 사이에 형성된 전선의 세기와 그 구조 뿐만 아니라 표층 고온수의 두께 등 물리적인 요인과 매우 밀접한 관련이 있는 것으로 판단되며 추후 보다 심도 있는 연구가 필요한 것으로 생각된다.

적 요

전선역 주변해역의 자치어 종 조성에 관한 조사가 대한해협을 대상으로 1993년 8월에 실시되었다. 북위 35～36°의 대륙사면 주변해역에 전선이 형성되어있었다. 총 125 종류의 자치어가 출현하였다. 우점종은 멸치와 앨퉁이였으며 두 종의 출현량 비율은 각각 84.3%와 7.7%였다. 출현 빈도가 높은 종은 망둑어과, 돛양태과 그리고 자리돔과 등이다. 위의 5종은 크게 모든 조사해역에서 출현하는 멸치와 돛양태과, 전선역을 경계로하여 수온이 높은 전선역의 남부해역에 주로 출현하는 망둑어과와 자리돔과 그리고 전선역을 포함한 전선역의 북부해역에 주로 출현하는 앨퉁이로 크게 구분되었다. 본 연구해역에서 자치어의 종 조성과 지리적인 분포는 어류의 종별 산란생태 뿐만 아니라 대마난류수와 동해고유수의 접촉으로 형성된 전선의 지리적인 분포와 구조 등과 같은 물리적인 영향을 받는 것으로 판단된다.

사 사

본 연구는 1993～1994년에 실시된 한국해양연구소의 "한국해역 종합해양환경도 작성연구-대한해협(3차년도)" (과제번호 BSPN 00227-733-3)와 1997년에 실시된 "남해 대륙붕 물질순환과 생지화학 환경연구" (과제번호 BSPE 97612)의 일환으로 수행되었다. 현장조사와 실내분석에 많은 도움을 주신 해양생물연구단의 명철수 선생님과 이은경선생님, 물리자료를 정리하여 제공해주신 물리연구단의 전동철박사님, 많은 조언을 해주신 충남대학교 이태원교수님과 전남대학교 차성식교수님께 감사드립니다.

인 용 문 헌

Cho, Y. K. and K. Kim. 1998. Structure of the Korea Strait bottom cold water and its seasonal variation in 1991. Continent. Shelf Res., 18 : 791～804.

Hsueh, Y., H.J. Lie and H. Ichikawa. 1996. On the branching of the Kuroshio west of Kyushu. J. Geophys. Res. C. Oceans, 101(2) : 3851～3857.

Kim, J.M. 1984. Studies on the ichthyoplankton in the Tsushima Current regions during the autumn seasons. Ph.D. Thesis Univ. of Tokyo, 258 pp.

Kim, J.M. and M. Okiyama. 1989. Larval morphology and distribution of *Callanthias japonicus* (Franz) (Serranidae). Ocean Res., 11(1) : 1～7.

Kitagawa, Y., Y. Nishikawa, T. Kubota and M. Okiyama. 1995. Distribution of ichthyoplankton in the Japan Sea during summer, 1984, with special reference to scombroid fishes. Bull. Jap. Soc. Fish. Oceanogr., 59(2) : 107～114.

Kondo, M. 1985. Oceanographic investigations of fishing grounds in the East China Sea and the Yellow Sea-I. Characteristics of the mean temperature and salinity

distributions measured at 50 m and near bottom. Bull. Seikai Reg. Res. Lab., 62 : 19～62.

Lochmann, S.E., C.T. Taggart, D.A. Griffin, K.R. Thompson and G.L. Maillet. 1997. Abundance and condition of larval cod (*Gadus morhua*) at a convergent front on Western Bank, Scotian Shelf. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 54 : 1461～1479.

Masuda, H., K. Amaoka, C. Araga, T. Uyeno and T. Yoshino. 1984. The Fishes of the Japanese Archipelago. Tokai Univ. Press, 437 pp.

Moser, H.G., W.J. Richards, D.M. Cohen, M.P. Fahay, A.W. Kendall, Jr. and S.L. Richardson. 1984. Ontogeny and Systematics of Fishes. The American Society of Ichthyologists and Herpetologisits, 760 pp.

Munk, P., P.O. Larsson, D. Danielsen and E. Moksness. 1995. Larval and small juvenile cod *Gadus morhua* concentrated in the highly productive areas of a shelf break front. Mar. Ecol. Prog. Ser., 125 : 21～30.

Nishikawa, J., A. Tsuda, T. Ishigaki and M. Terazaki. 1995. Distribution of euphausiids in the Kuroshio front and warm water tongue with special reference to the surface aggregation of *Euphausia pacifica*. J. Plankton Res., 17(3) : 611～629.

Okiyama, M. 1981. Abundance and distribution of eggs and larvae of a sternoptychid fish, *Maurolicus muelleri*, in the Japan Sea, with comments on the strategy for successful larval life. Rapp. P.-v. Réun. Cons. int. Explor. Mer., 178 : 246～247.

Okiyama, M. 1988. An Atlas of the Early stage Fishes in Japan. Tokai Univ. Press, 1154 pp.

Olson, D.B. and R.H. Backus. 1985. The concentrating of organism at fronts: A cold-water fish and a warm-core Gulf Stream ring. J. Mar. Res., 43 : 113～137.

Pang, I.C., T.H. Kim, T. Matsuno and H.K. Rho. 1993. On the origin of the Tsushima Current (I): Barotropic case. Bull. Korean. Fish. Soc., 26(6) : 580～593.

Richards, W.J., M.F. McGowan, T. Leming, J.T. Lamkin and S. Kelley. 1993. Larval fish assemblages at the loop current boundary in the Gulf of Mexico. Bull. Mar. Sci., 53(2) : 475～537.

Sakamoto, W. and Y. Tanaka. 1986. Water temperature patterns and distributions of fish eggs and larvae in the vicinity of shallow sea front. Bull. J. Soc. Sci. Fish., 52(5) : 767～776.

Simpson, J.H., P.B. Tett, M.L. Argote-Espinoza, A. Edwards, K.L. Jones and G. Savidge. 1982. Mixing and phytoplankton growth around and island in a stratified sea. Continent. Shelf Res., 1(1) : 15～31.

공 영. 1971. 한국 남해연안 전선에 관한 연구. 한국해양학회지, 6(1) : 25～36.

공 영 · 손송정. 1982. 한국동해의 해양열전선에 대한 연구. 국립수산진흥원 연구보고, 28 : 25～54.

곽희상 · 방인권 · 김은수 · 제종길 · 이희준. 1994. 한국해역 종합 해양환경도 작성연구 -대한해협(3차년도). 한국해양연구소보고서, BSPN 00227-733-3, 715pp.

곽희상 · 방인권 · 김은수 · 제종길 · 정대교. 1993. 한국 해역 종합 해양 자원도 작성 연구 -대한해협(2차년도). 한국해양연구소, BSPN 00185-601-3, 392pp.

김 성. 1991. 고리 해역 자치어 출현량의 계절 변동. 전남대학교 이학석사 학위 논문, 41 pp.

김용억. 1983. 남해창선해협의 자치어에 관한 연구. 한국수산학회지, 16(3) : 163～180.

김용억. 1984. 대한해협의 자치어 분포상. 한국수산학회지, 17(3) : 230～243.

김용억 · 한경호 · 강충배 · 고정락. 1994. 고리 주변 해역의 부유성 난과 자치어의 분포. 한국수산학회지, 27(5) : 633～642.

김종만 · 유재명 · 명정구 · 임주열. 1986. 한국연근해 어란 치어도감. 한국해양연구소 보고서, BSPE 00060-98-3, 369 pp.

김종만 · 유재명 · 허형택 · 차성식. 1985. 울산만 및 그 주변 해역의 치자어분포. 해양연구, 7(2) : 15～22.

김진영. 1983. 한국남해 및 서해 연안해역에서의 멸치난치어의 분포. 한국수산학회지, 16(4) : 401～409.

김진영 · 강영실. 1995. 한국 동해남부해역 앨퉁이 난 · 자어의 연직분포. 한국어류학회지, 7(1) : 64～70.

김진영 · 최영민. 1988. 멸치, *Engraulis japonica* 난 · 치어의 연직분포. 한국수산학회지, 21(3) : 139～144.

박주석 · 이삼석 · 강영실 · 허성회. 1991. 한국 동해 중부 해역의 지표성 요각류 및 모악류의 분포와 수괴 특성. 한국수산학회지, 24(3) : 203～212.

박철 · 최중기. 1997. 동해 전선역 동물플랑크톤 군집 : 1. 종목록, 우점종 분포, 종간 유연관계. 한국수산학회지, 30(2) : 225～238.

변상경 · 장경일 · 김은수 · 유재명 · 신동혁. 1997. 한국근해 해양환경도 작성연구 -동해남서부(2, 3차년도). 한국해양연구소 보고서, BSPN 00316-963-1, 601 pp.

변상경 · 장경일 · 김은수 · 유재명 · 신동혁 · 곽희상 · 이동섭. 1995. 한국근해 해양환경도 작성연구 -동해 남서부(1차년도). 한국해양연구소 보고서, BSPN 00262-806-1, 336pp.

변상경 · 전동철 · 김은수 · 유재명 · 신동혁. 1998. 한국근해 해양환경도 작성연구 -동해남서부(4차년도). 한국해양연구소 보고서, BSPN 97600-00-1041-1, 320 pp.

유재명. 1988. 황해 동남해역의 여름철 치자어 분포. 해양연구, 10(2) : 9～15.

유재명. 1991. 한국 남해 치자어에 관한 생태학적 연구. 한국해양연구소 보고서, BSPE 00190-323-3, 230 pp.

유재명 · 김종만 · 김용억 · 차성식. 1990. 여름철 제주도 연안역의 치자어 분포. 해양연구, 12(2) : 73～85.

이은경. 1996. 대한해협 치자어의 수직분포. 인하대학교 이학석사학위논문, 100 pp.

이은경 · 유재명 · 김 성 · 이영철. 1996. 대한해협 멸치 치자어의 수직분포. 한국어류학회지, 8(2) : 47～56.

이택열 · 김용억 · 진 평 · 강용주. 1981. 한국근해 난치자 도감. 부산수대 해양연구소, 109 pp.

임주열 · 옥인숙. 1977. 한국근해에 있어서 멸치 난 치자어의 출현분포에 관한 연구. 수진원연구보고, 25 : 73～85.

임주열 · 조문규 · 이미자. 1970. 한국근해에 있어서 어란 치자어의 출현분포. 수진원자원조사보고, 8 : 7-29.

정문기. 1977. 한국어도보. 일지사, 727 pp.

조규대 · 홍성윤 · 김희준 · 양용림. 1983. 황해동부 대륙붕전선의 구조와 부유생물의 분포. 한국수산학회지, 16(4) : 316～329.

조문규. 1977. 한국근해 꽁치난치자의 분포에 대하여. 수진원연구보고, 14 : 87～99.

차병일 · 김주일 · 김진영 · 허성회. 1998. 앨퉁이 (*Maurolicus muelleri*)의 산란생태 및 식성. 한국어류학회지, 10(2) : 176～183.

차성식 · 박광재 · 유재명 · 김용억. 1991. 월성주변해역의 부유성 난과 자치어의 분포. 한국어류학회지, 3(1) : 11～23.

차성식 · 유재명 · 김종만. 1990. 황해 중동부 연안역의 자치어 군집의 계절 변동. 한해지, 25(2) : 96～105.

차성식 · 허성회. 1988. 낙동강 하구부근의 부유성 난 자치어의 출현량 변동. 한국어업기술학회지, 24(4) : 135～143.

추효상 · 김동수. 1998. 한국 남해의 대마난류 변동이 멸치 난 · 자어의 연안역 수송에 미치는 영향. 한국수산학회지, 31(2) : 226～244.

허성범 · 유재명. 1984. 한국 서해안의 어류 난치어 분포. 한국수산학회지, 17(6) : 536～542.

Received March 31, 1999
Accepted May 21, 1999