

진해만 남서부에 출현하는 자치어 군집의 종조성과 계절변동

허성희¹ · 한명일^{1,2,*} · 황선재² · 박주면³ · 백근욱^{4,5}

¹부경대학교 해양학과, ²수산자원사업단, ³전남대학교 해양기술학부,
⁴경상대학교 해양생명과학과 · ⁵해양산업연구소

Seasonal Variation in Species Composition and Abundance of Larval Fish Assemblages in the South-western Jinhae Bay, Korea by Sung-Hoi Huh¹, Myung Il Han^{1,2,*}, Seon Jae Hwang², Joo Myun Park³ and Gun Wook Baeck^{4,5} (¹Department of Oceanography, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea; ²Korea Fisheries Resource Agency, Busan 612-020, Korea; ³Division of Marine Technology, Chonnam National University, Yeosu 550-749, Korea; ⁴Department of Marine Biology & Aquaculture; ⁵Institute of Marine Industry, College of Marine Science, Gyeongsang National University, Tongyeong 650-160, Korea)

ABSTRACT Seasonal variation in species composition and abundance of fish larvae assemblages in the south-western Jinhae Bay were investigated monthly in 2009. During the study period, 49 larvae species belonging to 24 families were collected. The dominant species were *Clupea pallasii*, *Hexagrammos otakii*, *Konosirus punctatus*, *Engraulis japonicus*, *Parablennius yatabei*, and *Omobranchus elegansei*. These six species accounted for 92.7% of the total number of individuals collected. The number of species, number of individuals, and species diversity indices fluctuated with the seasons. The peak number of species and individuals occurred in July and January, respectively. Principal component analysis (PCA) and correlation analysis showed that variation in monthly water temperature could act as an indicator of seasonal variation in community structure and abundance of the dominant species; in particular, those of *C. pallasii*, *H. otakii*, *E. japonicus* and *P. yatabei* corresponded with the water temperature.

Key words : Larval fish assemblage, seasonal variation, Jinhae Bay

서 론

진해만은 한국 남해 동부해역에서 거제시, 통영시, 고성군, 창원시에 의해 둘러싸인 반폐쇄만으로 해수유동이 약하고 생산성이 높아 오래 전부터 연안어업과 양식어업이 발달하여 왔다. 진해만과 같은 연안 해역은 외해와 달리 수심이 얕고 육상으로부터 공급되는 유기물이 많아 기초 생산력이 높다. 또한 먹이생물이 풍부하고 포식자를 피할 수 있는 은신처가 많기 때문에 많은 어종들의 산란장 및 생육장으로써 중요한 역할을 한다. 특히, 대구(*Gadus macrocephalus*), 꼼치(*Liparis tanakai*) 등의 어종이 대표적으로 진해만을 산란장

으로 이용하는 것으로 알려져 있다(정, 1977; Zhang, 1984).

전 세계의 열대와 온대의 연안해역에서 어류 자치어의 군집구조에는 뚜렷한 시·공간적 구조가 존재한다. 즉, 연중 많은 분류군의 자치어가 출현하고 특정한 시기에 특정 어종들이 출현하는 특징을 나타내고 있다(Loeb *et al.*, 1983; Walker *et al.*, 1987; McGowen, 1993). 이러한 자치어 군집구조는 성어의 산란시기와 형태, 자치어의 행동양상, 자치어를 수송하는 해양학적 환경상태 등에 크게 영향을 받는다(Gray, 1993). 특히 환경 조건은 자치어 군집의 계절 변동에는 중요한 요인이 된다(Doyle *et al.*, 1993; Kingsford, 1993).

지금까지 국내를 비롯한 전 세계의 연안 해역에서 자치어 군집에 관한 많은 연구가 이루어져 왔다. 우리나라 연안해역에서 자치어 군집연구를 살펴보면 해역별로 동해(차 등, 1991; 김 등, 1994b; 한 등, 2003; 전 등, 2004; 한과 김, 2007),

*교신저자: 한명일 Tel: 82-51-629-6570, Fax: 82-51-629-6568,
E-mail: mihan@fira.or.kr

남해(한 등, 2001, 2002; 박 등, 2005), 서해(허와 유, 1984; 김 등, 1994a), 제주도(김 등, 2004; 이 등, 2006) 등에서 다양하게 실시되었다. 그러나 대부분 연구들은 자치어 군집 변동을 여러 환경요인과 관련지어 설명하는 데 부족함이 많았다.

따라서 본 연구는 어류의 산란장과 성육장으로써 중요한 한국 남해 진해만 남서부에서 1) RN80 net를 이용하여 매월 12개 정점에서 자치어를 채집하여 자치어 종조성과 계절변동을 파악하고, 2) 매월 환경요인(수온, 염분, 용존산소, 엽록소)을 조사하여 자치어 군집변동에 영향을 미치는 환경요인을 파악하였다.

재료 및 방법

진해만 남서부에 출현하는 자치어의 종조성을 파악하기 위하여 12개 정점에서 2009년 1월에서 12월까지 매월 1회 RN80 네트를 이용하여 시료를 채집하였다(Fig. 1). 각 정점의 수심은 약 5~10m 사이로 정점간 큰 차이가 없었다. 시료 채집은 네트를 약 1m 수심에서 수평채집을 하였으며, 정량채집을 위하여 입구에 유량계를 장착하였다. 환경요인은 다항목수질측정기(YSI-556)를 이용하여 매월 표층의 수온, 염분, 용존산소(DO)를 측정하였다. 엽록소(chlorophyll-*a*)는 매월 표층 해수는 500 mL 채취하여 분광광도법을 이용하여 분석하였다. 채집된 시료는 현장에서 5% 중성포르말린에 고정된 뒤 실험실로 운반한 후 해부현미경을 이용하여 가능한 종수준까지 동정하였고, 단위부피당 개체수(ind./1,000 m³)로 나타내었다. 종의 동정은 Okiyama(1988), Leis and Carson-Ewart(2004) 등을 이용하였고, 분류체계 및 학명은 김 등(2005)을 따랐다.

월별 종조성을 파악하기 위하여 Shannon and Wiener(1949)의 종다양도지수(H')를 구하였다. 통계분석을 위해 자료의 정규화(normality)하고 동분산성(homocedasticity)을 맞추며 우점종의 bias를 줄이기 위하여 환경요인과 자치어 출현량의 로그변환(logarithmic transformations, log₁₀(x+1))을 수행하였다. 월별 자치어군집과 환경요인의 변화를 분석하기 위하여 분산분석(one-way ANOVA)를 실시하였고, Tukey test를 통하여 검정하였다. 월별 자치어의 군집구조를 분석하기 위하여 Bray-Curtis 유사도지수를 이용하였다. 구해진 유사도는 group-average 방법을 이용하여 다차원척도법(MDS)으로 나타내었다. 통계분석을 위하여 PRIMER v5 statistical package를 이용하였다(Clarke and Gorley, 2001). 자치어 월별 군집구조와 환경요인과 관계를 분석하기 위하여 출현개체수비 0.3% 이상인 17종을 대상으로 주성분분석(Principal Component Analysis, PCA)을 실시하였고, 추출된 I, II성분과 환경요인과의 관계는 선형 회귀분석을 실시하였다. 또한 환경요인과 자치어 우점종의 출현량과 상관관

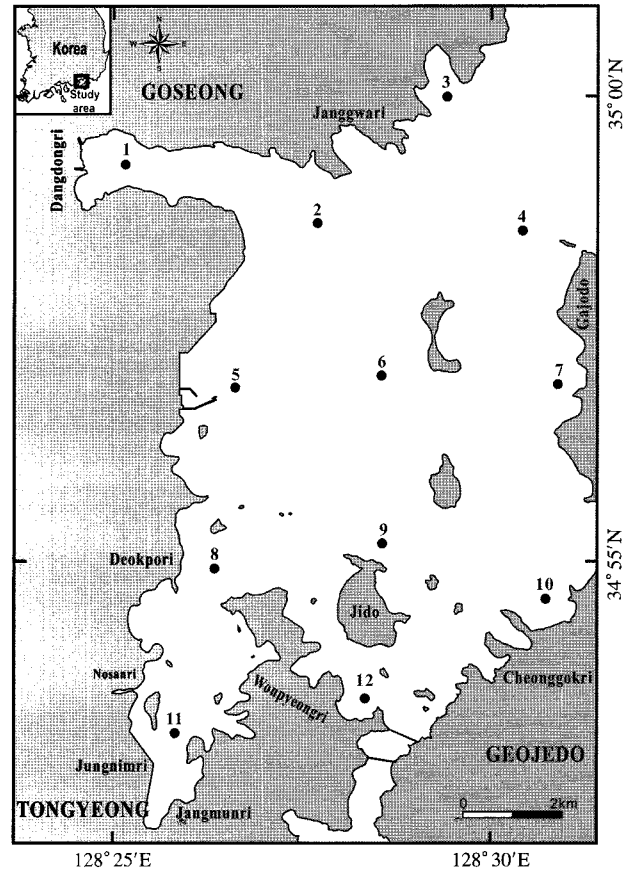


Fig. 1. Location of sampling site in the south-western part of Jinhae Bay in 2009 (●).

계는 Pearson 상관계수를 이용하여 분석하였다. 통계분석을 위하여 SPSS PC를 이용하였고, 통계적 유의성은 0.05를 적용하였다.

결 과

1. 자치어의 종조성과 계절변동

조사기간 동안 7목 24과 46종 4,140.2 ind./1,000 m³의 자치어가 채집되었다(Table 1). 분류군별(Order) 출현종수를 살펴보면 농어목(Perciformes) 어류가 10과 19종으로 가장 많이 채집되었으며, 그 다음으로 썸뱅이목(Scorpaeniformes) 어류가 4과 9종, 가자미목(Pleuronectiformes) 어류가 2과 6종, 청어목(Clupeiformes) 어류가 2과 4종 채집되었다. 그 외 동갈치목(Beloniformes) 어류가 2과 3종, 큰가시고기목(Gasterosteiformes)과 복어목(Tetraodontiformes) 어류가 2과 2종, 미확인 자치어가 1종 채집되었다. 가장 많이 채집된 어종은 청어(*Clupea pallasii*)로 1,661.4 ind./1,000 m³가 채집되어 전체 채집개체수의 40.1%를 차지하였다. 그 다음으로 쥐노래

Table 1. Species composition of fish larvae in the south-western Jintae Bay in 2009

Order	Family	Scientific name	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Total	%			
Clupeiformes	Engraulidae	<i>Engraulis japonicus</i>						74	4,255	102		5			4,437	8.9			
	Clupeidae	<i>Clupea pallasii</i>	9,089	9,550	31		36							1,267	19,936	40.1			
Beloniformes	Belonidae Exocoetidae	<i>Etrumeus teres</i>													36	0.1			
		<i>Konosirus punctatus</i>					658	5,284	22						5,964	12.0			
		<i>Strongylura anastomella</i>						49								49	0.1		
		<i>Cheilopogon agoo</i>						45		10						50	0.1		
		<i>Cypselurus hiraii</i>							45	5	6					50	0.1		
Gasterosteiformes	Gasterosteidae Syngnathidae	<i>Gasterosteus aculeatus</i>													6	<0.1			
		<i>Syngnathus schlegelii</i>					5							11	11	<0.1			
		<i>Sebastes inermis</i>												5	5	<0.1			
Scorpaeniformes	Scorpaenidae	<i>Sebastes longispinis</i>				29									29	0.1			
		<i>Sebastes schlegelii</i>												5	5	<0.1			
Perciformes	Platycephalidae	<i>Sebastiscus marmoratus</i>							78						78	0.2			
		<i>Platycephalus indicus</i>													4	<0.1			
	Hexagrammidae	<i>Hexagrammos agrammus</i>	4													4	<0.1		
		<i>Hexagrammos otakii</i>	4,537	61	5										4,573	9,175	18.5		
	Cottidae	<i>Furcina ostinae</i>													32	32	0.1		
		<i>Pseudoblennius</i> spp.					293									296	0.6		
	Sillaginidae	<i>Sillago japonica</i>								71	17					88	0.2		
		<i>Leiognathus nuchalis</i>					46	26	379							451	0.9		
	Sparidae	<i>Acanthopagrus schlegelii</i>					22	111								133	0.3		
		<i>Pennahia argentatus</i>							17							17	<0.1		
	Pomacentridae	Stichaeidae	<i>Nibea albiflora</i>								6					6	<0.1		
			<i>Chromis notatus</i>					57		12						69	0.1		
<i>Dictyosoma rubrimaculata</i>															25	<0.1			
<i>Ernogrammus hexagrammus</i>															17	<0.1			
<i>Pholis crassispina</i>			24	19											353	396	0.8		
<i>Pholis nebulosa</i>																3	<0.1		
<i>Omobranchius elegans</i>									171	1,351	58					1,580	3.2		
<i>Parablennius yatabei</i>								102	363	147	86	2,125	38			2,860	5.8		
<i>Repomucenus</i> spp.								86	65	99	10	21	53			333	0.7		
<i>Acanthogobius</i> sp.									986	135						1,121	2.3		
Perciformes	Gobiidae	<i>Acentrogobius pflaumi</i>						279	49	499					827	1.7			
		<i>Chaenogobius</i> sp.								10					10	<0.1			
		<i>Gobiidae</i> spA							111						127	0.3			
		<i>Luctogobius</i> spp.							53	20			5			175	0.4		
		<i>Synechogobius hasta</i>													686	1.4			
		<i>Eopsetta grigorjewi</i>													10	<0.1			
		<i>Pleuronectes herzensteini</i>	10													17	<0.1		
		<i>Pleuronectes yokohamae</i>													5	5	0.1		
		<i>Pleuronectidae</i> sp.													5	5	<0.1		
		<i>Cynoglossus joyneri</i>								23	11					34	0.1		
Tetraodontiformes	Cynoglossidae	<i>Cynoglossus robustus</i>						156							156	0.3			
		<i>Rudarius ercodes</i>						34	38	62	66				200	0.4			
		<i>Takifugu niphobles</i>						17	150						167	0.3			
		Unidentified						12							12	<0.1			
Total							13,683	9,671	56	51	1,381	2,976	12,352	883	2,207	166	0	6,257	49,683

미 (*Hexagrammos otakii*)가 764.6 ind./1,000 m³, 전어 (*Konosirus punctatus*)가 497.0 ind./1,000 m³, 멸치 (*Engraulis japonicus*)가 369.8 ind./1,000 m³ 채집되었다. 그 다음으로 청베도라치 (*Parablennius yatabei*)와 앞동갈베도라치 (*Omobranchus elegans*)가 100 ind./1,000 m³ 이상 채집되었다.

채집 어종수의 월변동을 살펴보면 (Fig. 2A), 월별 3~19종이 채집되었는데 4월과 9월에 가장 적었고, 7월에 가장 많았다. 채집 어종수는 여름철인 6월에서 8월에 14종 이상이

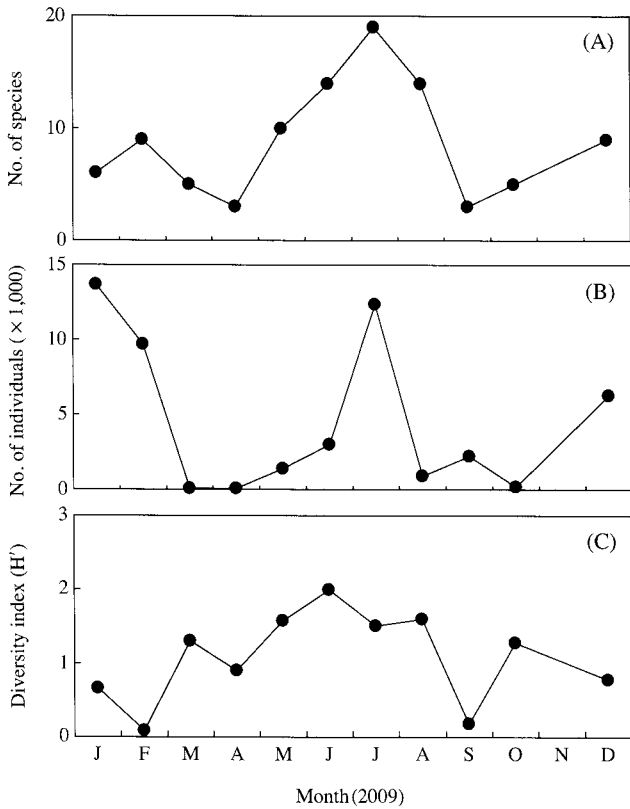


Fig. 2. Monthly variations in number of species (A), number of individuals (B) and diversity index (C) of fish larvae in the south-western Jinhae Bay.

출현하였고, 그 외의 계절에는 10종 이하가 출현하였고 11월에는 자치어가 채집되지 않았다. 채집개체수의 월변동을 살펴보면 (Fig. 2B), 1월에 가장 많은 13,682.7 ind./1,000 m³가 채집되었고, 7월에 두 번째로 많은 12,351.7 ind./1,000 m³이 채집되었다. 그리고 3월과 4월에 연중 가장 낮은 56.2 ind./1,000 m³와 50.6 ind./1,000 m³이 채집되었다. 종다양도지수 (Fig. 2C)는 0.09~1.99의 범위를 보였는데, 2월에 가장 낮았고 6월에 가장 높았다. 종다양도지수는 2월과 9월에 매우 낮은 값을 나타내었는데 2월에는 다른 어종에 비해 청어 자치어 전체 채집개체수의 98.7%를 차지하였고 9월에는 청베도라치 자치어가 전체 채집개체수의 96.3%를 차지하여 우점하였기 때문이었다.

2. 자치어의 군집구조

정점별 자치어 군집의 유사도 분석결과 50% 유사도 수준에서 정점 1~4와 정점 5~12의 2개의 군집으로 구분되었

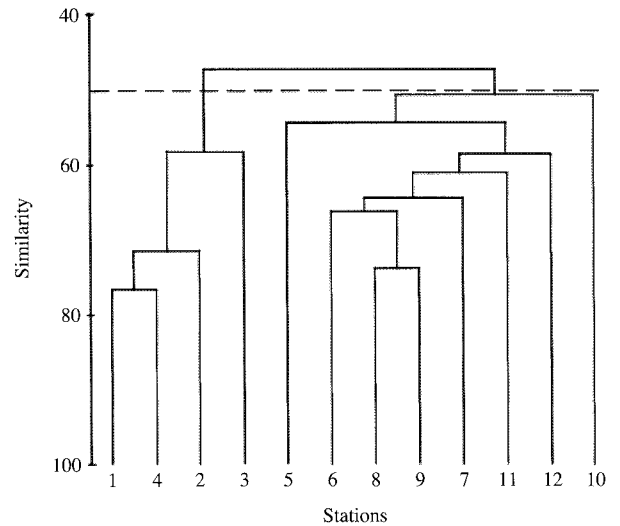


Fig. 3. A dendrogram illustrating the classification of the sampling sites in the south-western Jinhae Bay.

Table 2. Abundance (%N) of dominant larvae fish species in each station Jinhae Bay

Species	Stations											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<i>Clupea pallasii</i>	79.8	86.0	75.7	74.2	2.9	16.1	34.6	24.1	6.7	5.4	34.1	12.9
<i>Hexagrammos otakii</i>	14.9	3.7	4.2	17.6	6.2	11.2	27.7	14.1	8.2	26.9	13.8	50.4
<i>Konosirus punctatus</i>	0.2	3.2	5.1	2.1	34.3	11.3	0.6	18.3	24.0	3.3	0.7	10.2
<i>Engraulis japonicus</i>	0.4	5.2	7.7	0.8	20.9	15.3	6.9	7.1	19.6	4.6	0.5	6.4
<i>Parablennius yatabei</i>	0.9	0.6	0.5	1.4	15.6	38.2	16.4	8.9	10.3	4.4	9.8	2.3
<i>Omobranchus elegans</i>	0.4	0.6	0.3	0.3	10.1	1.3	2.5	0.9	2.1	0.4	13.1	1.9
<i>Acanthogobius</i> sp.			0.7	0.6	0.1	0.2	1.5	4.8	4.0	34.4	1.7	3.6
<i>Acentrogobius pflaumi</i>	1.4	0.1	1.6	0.5	0.6	0.8	0.7	5.9	2.5	9.7	7.9	1.8
<i>Synechogobius hasta</i>			0.2		0.7	0.6	0.5	3.6	8.3	0.6	5.2	2.2
other species	2.0	0.6	4.0	2.5	8.6	5.0	8.6	12.3	14.3	10.3	13.2	8.3

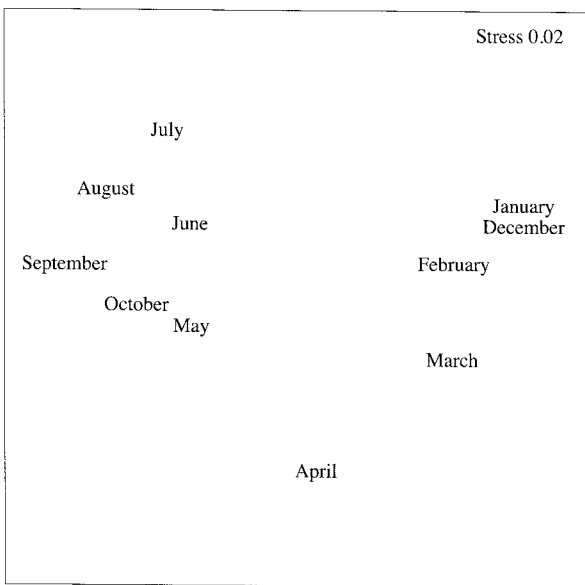


Fig. 4. A MDS ordination illustrating the classification of monthly fish larvae assemblage in the south-western Jinhae Bay.

다(Fig. 3). 첫 번째 군집(정점 1~4)은 조사지역 북쪽 지역의 정점으로 군집에서 청어의 출현량이 74% 이상을 차지하였다(Table 2). 두 번째 군집(정점 5~12)은 조사지역 남쪽 지역의 정점으로 군집에서 청어, 쥐노래미, 전어, 멸치, 청베도라치, 앞동갈베도라치 등 여러 종이 우점하는 경향을 나타내었다(Table 2).

월별 자치어 군집구조의 유사도 분석결과 여름(6~8월), 가을(9~10월), 겨울(12~1월) 군집은 높은 유사도를 나타내며 군집이 분리되는 경향을 나타내었으나, 봄(3~5월) 군집은 낮은 유사도를 나타내었다(Fig. 4). 여름 군집은 멸치, 전어, 앞동갈베도라치, 청베도라치, 돛양태류(*Repomucenus* spp.), 문절망둑류(*Acanthogobius* sp.), 줄망둑(*Acentrogobius pflaumi*) 등이 우점하였으며, 출현종수가 많고, 군집이 다양한 종에 의해 우점하여는 경향을 나타내었다. 겨울 군집은 청어와 쥐노래미에 의해 극우점하는 경향을 나타내었고 종 다양도지수가 낮게 나타났다. 그러나 봄 군집은 특정 종에 의한 우점 현상이 나타나지 않았으며 5월의 경우 여름 군집과 비슷한 자치어의 출현양상을 나타내었다.

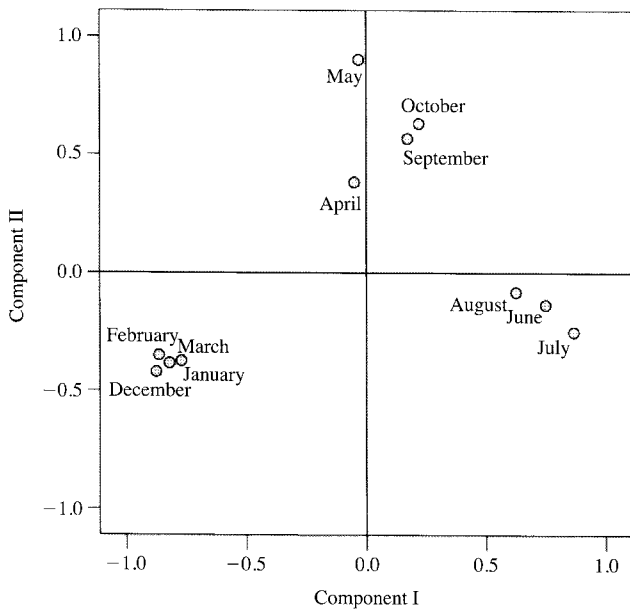


Fig. 5. A ordination diagram for the first two components from PCA on abundance 19 most numerous species in the in the south-western Jinhae Bay.

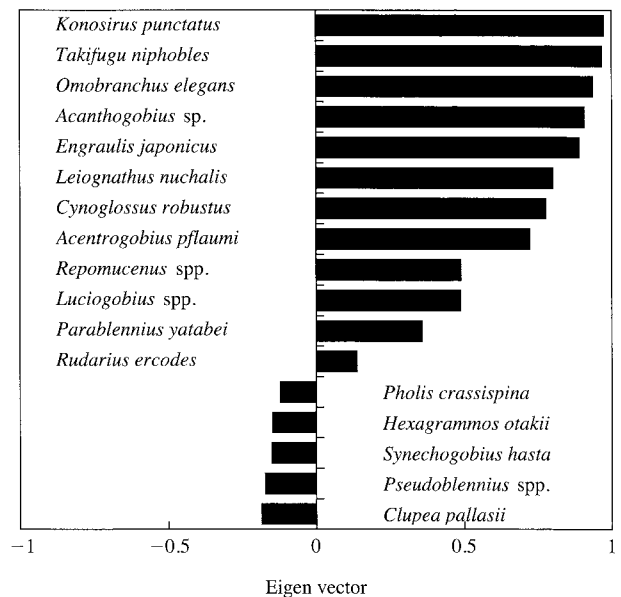


Fig. 6. Loading of variables (eigen vector) on the first principal component. The scatter diagram of the 17 most dominant fish larvae species in the south-western Jinhae Bay.

Table 3. The relationship between PC scores and water temperature, salinity, dissolved oxygen and Chlorophyll-*a*

Response	PC score I			PC score II		
	Regression equation	P	r ² value	Regression equation	P	r ² value
Water temperature	y=0.0832x-1.4450	0.011	0.832	y=-0.0319x+0.4898	0.441	0.253
Salinity	y=-0.2155x+6.7801	0.101	0.433	y=0.0072x-0.2721	0.315	0.001
Dissolved oxygen	y=-0.2139x+2.1503	0.184	0.473	y=0.1563x-1.6507	0.555	0.525
Chlorophyll- <i>a</i>	y=0.0930x-0.4128	0.150	0.179	y=0.0029x-0.0569	0.670	0.000

출현 개체수비 0.3% 이상인 17종을 대상으로 주성분 분석(PCA) 결과 고유값 1 이상에서 3개의 성분축이 구분되었다. 성분축I은 총 분산의 45.23%, 성분축II는 총 분산의 16.7%, 성분축III은 총 분산의 16.5%을 세 성분이 총 분산의 78.4%를 차지하였다. 성분축I과 II에 투영된 월별 주성분값을 살펴보면(Fig. 5), 수온이 높았던 6~8월은 성분축I에서 양의 값을 나타내었고, 수온이 낮은 12~3월은 음의 값을 나타내었다. 제I성분축에서 수온이 낮은 겨울철에 출현량이 많았던 청어, 쥐노래미, 점베도라치 등은 음의 관계를 보였고, 여름철에 출현량이 많았던 전어, 멸치, 청베도라치, 앞동갈베도라치, 문절망둑류, 줄망둑 등은 양의 관계를 보였다(Fig. 6). 추출된 성분I, II와 환경요인과 선형 회귀분석 결과(Table 3), 성분I과 수온 사이에서만 유의한 관계를 나타내었고($P < 0.05$), 다른 환경요인(염분, 용존산소, 엽록소) 및 성분II는 유의한 관계를 보이지 않았다($P > 0.05$).

3. 환경요인과 자치어 출현량

조사해역의 수온은 정점간 평균 6.3~28.0°C의 범위를 나타냈는데($F=1238.5, P < 0.05$), 1월에 가장 낮았고 8월에 가장 높았다(Fig. 7a). 염분은 정점간 평균 27.5~33.6 psu의 범위를 보였고($F=161.5, P < 0.05$), 2월에 가장 높았으며, 8월에 가장 낮았다(Fig. 7b). 대부분 조사기간동안 염분은 큰 차이를 보이지 않았으나, 7월과 8월에 표층 염분이 낮았는데, 이는 여름철 강우의 영향 때문인 것으로 판단된다. 용존산소는 정점간 평균 6.5~13.4 mg/L의 범위를 나타냈었으며($F=187.6, P < 0.05$), 9월에 가장 낮았고 1월에 가장 높았다(Fig. 7c). 엽록소(chlorophyll-a)는 정점간 평균 0.9~12.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 범위를 나타냈었는데($F=12.1, P < 0.05$), 2월에 가장 낮았고 7월에 가장 높았다(Fig. 7d).

Table 4는 Pearson 상관계수를 이용하여 환경요인(수온,

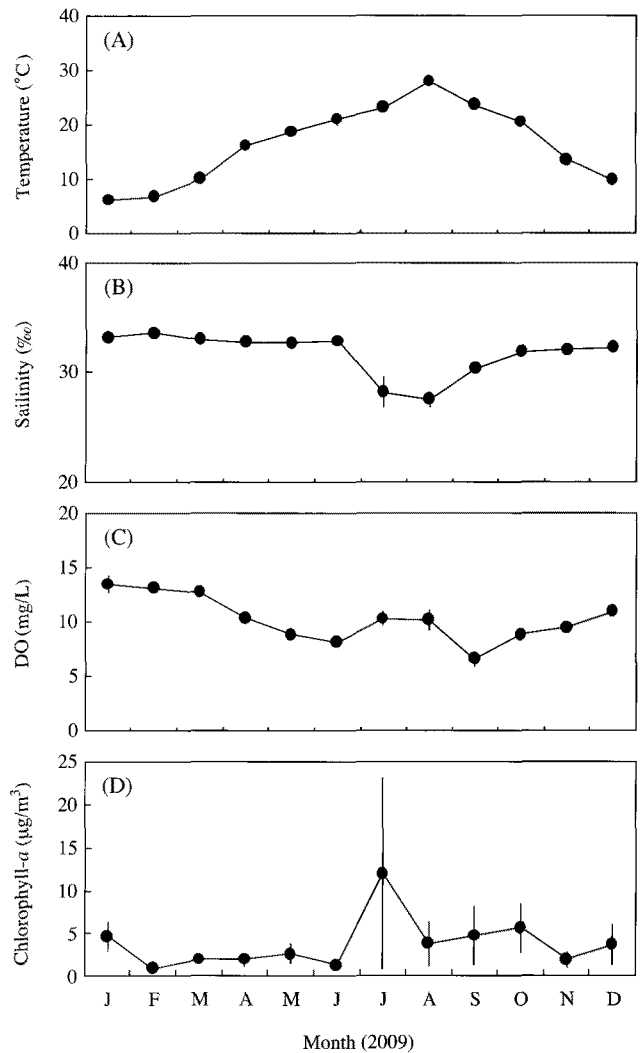


Fig. 7. Monthly variations in water temperature (A), salinity (B), dissolved oxygen (C) and chlorophyll-a (D) in the south-western Jinhai Bay (vertical bars are SD).

Table 4. The relationships between environmental characters (water temperature (T), salinity (S), dissolved oxygen (DO) and chlorophyll-a (Chl-a) and total number of all fish larvae individuals, larvae species number and abundance of the dominant species

Response	Pearson correlation				P value			
	T	S	DO	Chl-a	T	S	DO	Chl-a
Total number of individuals	-0.120	-0.143	0.133	0.309	0.710	0.658	0.681	0.328
Number of species	0.179	-0.324	0.137	0.258	0.579	0.305	0.671	0.419
<i>Clupea pallasii</i>	-0.909**	0.464	0.750**	-0.205	0.000	0.128	0.005	0.523
<i>Hexagrammos otakii</i>	-0.801**	0.378	0.626*	-0.008	0.002	0.226	0.030	0.981
<i>Konosirus punctatus</i>	0.490	-0.557	-0.168	0.367	0.106	0.060	0.602	0.241
<i>Engraulis japonicus</i>	0.578*	-0.733**	-0.145	0.532	0.049	0.007	0.653	0.075
<i>Parablennius yatabei</i>	0.812**	-0.540	-0.808**	0.384	0.001	0.070	0.001	0.218
<i>Omobranchus elegans</i>	0.536	-0.659*	-0.151	0.385	0.073	0.020	0.641	0.216
<i>Acanthogobius</i> sp.	0.354	-0.187	-0.251	0.108	0.260	0.561	0.431	0.738
<i>Acentrogobius pflaumi</i>	0.571	-0.638*	-0.187	0.145	0.052	0.026	0.561	0.653

*: $P < 0.05$

** : $P < 0.01$

염분, 용존산소, 엽록소)과 자치어 출현개체수, 출현종수, 우점종(청어, 쥐노래미, 멸치, 청배도라치, 앞동갈베도라치, 문절망둑류, 줄망둑) 출현량과의 상관관계를 보여주고 있다. 수온과 청어, 쥐노래미, 멸치, 청배도라치의 출현량이 유의한 상관관계를 나타내었고, 염분과 멸치, 앞동갈베도라치, 줄망둑, 용존산소와 청어, 쥐노래미, 청배도라치의 출현량 또한 유의한 상관관계를 나타내었다. 그러나 출현개체수, 출현종수는 모든 환경요인과 유의한 상관관계가 없었다. 우점종 중 청어와 쥐노래미의 출현량은 수온 및 엽록소와 양(+)의 상관관계, 염분 및 용존산소와 음(-)의 상관관계를 보였다. 그리고 나머지 우점종들은 반대의 경향을 보였다.

고 찰

남해안에서 연구된 자치어 군집연구들을 살펴보면, 지역마다 종수, 현존량에서 차이를 보였다. 그러나 많은 연구들에서 공통적으로 멸치가 우점종으로 나타나는 양상을 보였다(차와 박, 1994; 한 등, 2001, 2002; 박 등, 2005). 남해안을 포함하여 국내의 대부분 자치어 군집연구에서도 멸치는 우점하는 종이었는데, 특히, 통영, 고흥, 제주도 서부, 경북 동해안, 고리 연안해역 등에서는 최우점종이었다(김 등, 1994b; 한 등, 2002; 진 등, 2004; 박 등, 2005; 이 등, 2006). 멸치는 우리나라 전 연안에 출현하는 전형적인 부어류로(국립수산과학원, 2004), 자원량이 풍부하여 어획량이 가장 많은 어종이다(국가통계포털, 1990~2009). 또한 멸치는 우리나라 연안에서 산란을 하며, 봄에서 초가을까지 긴 시간동안 지속적으로 산란하는 어종으로 알려져 있다(김과 강, 1992; Kim and Lo, 2001; 국립수산과학원, 2004). 이와 같이 풍부한 자원량과 긴 산란기 때문에 우리나라 주변해역의 난자치어 연구에서 가장 우점하는 분류군으로 나타날 수 있었다.

본 연구에서 우점종 중 청어와 쥐노래미는 겨울철(12~2월)에 주로 출현하였다. 북해도에 출현하는 청어의 생식소 중량은 9월부터 증가하기 시작하여 4~5월에 산란한다고 하였지만(Kanno, 1981), 고리 주변해역에서 겨울철에 성숙한 개체가 연안에 출현한다고 하였다(박, 2010). 따라서 북해도와 달리 우리나라 연안에 출현하는 청어의 산란기는 겨울철로 유추해 볼 수 있다. 쥐노래미는 연안 내만 등에 서식하면서 가을에서 초겨울에 산란하는 대표적인 어종이다(강, 2002). 진해만과 같은 내만은 청어의 산란장소로 적합한 조건을 갖추고 있었기 때문에 겨울철에 청어 자치어가 대량 출현한 것으로 판단된다. 청어는 산란기에 연안이나 내만으로 몰려와 해조류 등에 산란하는 것으로 알려져 있고, 쥐노래미 역시 내만에 서식하면서 산란하는 어종이다(국립수산과학원, 2004). 따라서 진해만 두 종의 산란장소로 적합한 요건을 갖추고 있고, 이들의 자치어 또한 겨울철에 많이 출

현할 수 있었다.

우리나라 연안에서 멸치와 전어 자치어는 여름철인 6~8월에 대부분 출현하였다. 멸치는 봄에서 가을까지 산란하는 어종으로(Kim and Lo, 2001; 국립수산과학원, 2004), 본 연구에서 멸치 자치어도 겨울을 제외한 산란시기인 봄에서 가을까지 꾸준히 출현하였다. 전어는 늦봄에서 초여름(주로 5~6월)에 산란하는 어종이고(김과 이, 1984), 연안의 내만으로 몰려와 저층에 산란하는 것으로 알려져 있다(국립수산과학원, 2004). 멸치와 전어 자치어는 이들의 산란기에 출현하였지만, 전어는 산란기 끝난 후에도 일정시간 출현하였다.

청배도라치와 앞동갈베도라치는 늦봄에서 가을까지 출현하였다. 두 어종은 연안의 암반과 해조류 지역에 서식하는 어종으로(김 등, 2005), 과거 연구에서 두 어종의 자치어는 늦봄부터 여름까지 출현하는 것으로 나타났다(김, 1979; 김 등, 1992). 또한, 두 어종은 국내의 자치어 군집연구에서 주로 남해 중동부연안에서 출현하였다(김, 1983; 차와 박, 1994; 박 등, 2005). 갯벌이 발달한 서해, 그리고 수심이 깊은 동해안과 달리 남해안은 청배도라치와 앞동갈베도라치가 서식하기 적절한 암반과 해조군락이 잘 발달해 있어 이들 성어가 서식하면서 산란할 수 있었다.

정점간 군집구조 분석결과 청어가 극우점한 정점 1~4가 다른 정점들과 구분되는 양상을 보였다(Fig. 3). 이는 겨울철 정점 1~4와 다른 정점들 사이에 환경요인의 차이, 정점 1~4 근처에 청어의 주 산란장 존재, 해류에 의한 청어 자치어의 수송 등의 원인이 영향을 미칠 것으로 생각해 볼 수 있다. 환경요인의 경우 정점간 큰 차이가 없었고($P > 0.05$), 청어의 주 산란장과 해류에 관한 정보를 확인할 수 없었기 때문에 이러한 정점간 군집차이에 대한 추후 연구가 필요할 것으로 생각된다.

본 연구에서 자치어 군집구조는 크게 청어, 쥐노래미가 우점한 겨울 그룹과 멸치, 전어, 앞동갈베도라치, 청배도라치, 돛양태류, 문절망둑류, 줄망둑이 우점한 여름 그룹으로 구분할 수 있었다(Fig. 4). 여름 그룹은 6월에서 8월 사이에 주로 출현하였는데, 수온은 평균 18°C 이상을 보였고, 겨울 그룹은 12월에서 2월 사이에 출현하였고 수온은 평균 10°C 이하를 나타내었다(Fig. 7). 이와 같이 두 그룹은 환경요인 중 주로 수온에 따라 구분될 수 있었다.

본 연구에서 11월에는 자치어가 채집되지 않았고, 3월과 4월에는 자치어 채집량이 60 ind./1,000 m³ 이하로 매우 적었다. 이러한 자치어 출현량의 감소는 군집천이, 산란어 부채 등의 원인 때문일 것이다. 그리고 본 연구에서 자치어 군집구조는 크게 수온이 높은 시기(여름과 가을)와 낮은 시기(겨울) 구분되는 경향을 나타내었기 때문에(Fig. 4), 군집이 변하는 시기(3월과 4월, 11월)에 군집천이 과정에서 자치어 출현량이 감소된 것으로 판단된다.

환경요인은 연안해역에서 자치어를 포함한 많은 해양생물 군집의 생물상 변화에 영향을 미치는 요인인데, 특히 수온은 이러한 변화에 영향을 미치는 중요한 환경요인으로 간주되고 있다(Phil and Rosenberge, 1982). 본 연구에서 자치어 군집 또한 여러 환경요인 중 수온의 영향을 많이 받았음을 알 수 있었다. 우점종의 출현양상 또한 다른 환경요인에 비해 수온과 상관관계가 높음을 알 수 있었는데, 특히 수온과 음(-)의 상관관계를 나타낸 청어와 쥐노래미는 겨울 그룹에 속하였고, 양(+)의 상관관계를 나타낸 전어, 멸치, 청베도라치, 앞동갈베도라치는 여름 그룹에 속하였다.

본 연구의 진해만은 대표적으로 대구와 꼼치가 산란장으로 이용하는 것으로 알려져 있다(정, 1977; Zhang, 1984). 두 종은 주로 중저층에 서식하면서 해조류 등에 산란하는 어류로(국립수산과학원, 2004), 저층에서 부화한 이들의 자치어가 본 연구의 채집방법(표층 채집)에서 채집되지 않았던 것으로 판단되지만, 보다 정확한 원인 파악을 위해서 수직 채집 및 저층채집 등을 통한 추가 연구가 필요할 것으로 판단된다.

본 연구에서 자치어 군집구조는 뚜렷한 시공간적 변동을 나타내었다. 즉, 공간적으로 남쪽과 북쪽, 시간적으로 겨울과 여름 및 가을의 변동을 보였다. 이러한 군집구조의 변동은 주로 우점종의 출현량 및 환경요인(특히, 수온)에 영향을 받았다. 또한 자치어의 출현은 본 연구지역이 출현종의 산란장임을 유추해 볼 수 있다. 그러나 부유성 어란과 유영능력이 거의 없는 자치어는 해류에 의해 쉽게 확산될 수 있어 산란장 여부를 판단하기 어렵고, 이러한 자치어의 확산이 군집구조에도 영향을 미칠 수 있다. 따라서 연구해역에서 자치어 군집구조를 정확히 파악하기 위해서는 자치어와 성어의 동시 채집, 해류 조사 등 여러 요인을 함께 조사해야 할 것이다.

요 약

진해만 남서부에 출현하는 자치어 종조성의 계절변동을 연구하기 위하여 2009년 1월에서 12월까지 매월 RN80 네트를 이용하여 시료를 채집하였다. 조사 기간 동안 24과 46종의 자치어가 채집되었다. 우점종은 청어(*Clupea pallasii*), 쥐노래미(*Hexagrammos otakii*), 전어(*Konosirus punctatus*), 멸치(*Engraulis japonicus*), 청베도라치(*Parablennius yatabei*), 앞동갈베도라치(*Omobranchus elegans*) 순으로 많이 채집되었는데 이들 6종은 전체 채집개체수의 92.7%를 차지하였다. 어종수, 채집 개체수, 종다양도지수는 뚜렷한 계절변동을 나타내었다. 종수와 개체수는 각각 7월과 1월에 가장 높은 값을 나타내었다. 주성분분석(PCA)와 상관분석은 군집구조와 우점종들의 출현량이 수온과 유의한 관계가 있

음을 보여주었다. 특히, 청어, 쥐노래미, 멸치, 청베도라치의 출현량은 수온과 유의한 관련성이 있었다.

사 사

본 연구는 부경대학교 해양과학공동연구소의 지원을 받아 수행하였습니다.

인 용 문 헌

- 강희웅. 2002. 쥐노래미 *Hexagrammos otakii*의 번식생태 및 자치어의 성장. 군산대학교 박사학위논문, 135pp.
- 국가통계포털. 1990~2009. 어업생산통계. 통계청, 출처 <http://www.kosis.kr/nspotal/>.
- 국립수산과학원. 2004. 유용어류도감. 333pp.
- 김용익. 1979. 앞동갈베도라치, *Omobranchus elegans* (STEINDACHNER)의 자치어기의 형태. 한국수산학회지, 12: 297-303.
- 김용익. 1983. 남해창선해역 자치어에 관한 연구. 한국수산학회지, 16: 163-180.
- 김용익 · 명정구 · 한경호 · 강충배. 1992. 청베도라치, *Pictiblennius yatabei*의 산란습성, 난발생과정 및 부화자어의 형태. 한국어류학회지, 4: 44-54.
- 김용익 · 한경호 · 강충배. 1994a. 아산만 해역의 부유성 난과 자치어의 분포. 한국어류학회지, 27: 620-632.
- 김용익 · 한경호 · 강충배 · 고정락. 1994b. 고리 주변 해역의 부유성 난과 자치어의 분포. 한국수산학회지, 27: 633-642.
- 김익수 · 최 윤 · 이충렬 · 이용주 · 김병직 · 김지현. 2005. 한국어류도감. 교학사, 615pp.
- 김진영 · 강용주. 1992. 한국 남해 멸치의 산란 생태. 한국수산과학회지, 25: 331-340.
- 김진영 · 임양재 · 최석관 · 차형기 · 김은라 · 오지나 · 이태원. 2004. 춘계 남해 및 제주도 주변해역 주요 자치어의 분포. 한국어류학회지, 16: 141-148.
- 김형배 · 이택열. 1984. 전어, *Konosirus punctatus*의 생식생태적 연구. 한국어류학회지, 17: 206-218.
- 박경동 · 명정구 · 강용주 · 김용익. 2005. 통영해역의 자치어 종조성과 계절변동. 한국수산학회지, 38: 385-392.
- 박주면. 2010. 한국 동해 남부 고리 주변해역에 출현하는 어류의 종조성과 생식생태. 부경대학교 박사학위논문, 236pp.
- 이승종 · 고유봉 · 김병직. 2006. 제주도 서부 해역의 난 · 자치어 분포와 종조성의 계절변동. 한국어류학회지, 18: 129-140.
- 전영열 · 황선재 · 허영희 · 한경호. 2004. 한국 동해연안의 부유성 난 및 자치어 분포 특성. 한국수산자원학회지, 6: 33-45.
- 정문기. 1977. 한국어도보. 일지사, 727pp.
- 차성식 · 박광재. 1994. 광양만 부유성 난 자치어의 분포. 한국어류학회지, 6: 60-70.
- 차성식 · 박광재 · 유재명 · 김용익. 1991. 월성 주변 해역의 부유성 난과 자치어의 분포. 한국어류학회지, 3: 11-23.
- 한경호 · 김동기. 2007. 울진 연안에 분포하는 부유성 난 및 자치

- 어의 종조성 및 양적변동. 한국어류학회지, 19: 332-342.
- 한경호 · 김두용 · 진동수 · 신상수 · 백승록 · 오성현. 2001. 순천만에 분포하는 부유성 난과 자치어의 종조성 및 양적변동. 한국어류학회지, 13: 136-142.
- 한경호 · 신영호 · 황동식. 2002. 고흥만도 연안에 분포하는 부유성 난 · 자치어 종조성의 계절변동. 한국어류학회지, 14: 45-52.
- 한경호 · 홍지선 · 김영섭 · 전경암 · 김영숙 · 홍병규 · 황동식. 2003. 영일만에 출현하는 부유성 난과 자치어의 종조성 및 계절변화. 한국어류학회지, 15: 87-94.
- 허성범 · 유재명. 1984. 한국 서해안의 어류 난치어 분포. 한국수산학회지, 17: 536-542.
- Clarke, K.R. and R.N. Gorley. 2001. Getting Started with PRIMER v5: User Manual/Tutorial. Primer-E, Plymouth.
- Doyle, M.J., W.W. Morse and A.W.Jr. Kendall. 1993. A comparison of larval fish assemblages in the temperate zone of the north-east Pacific and northwest Atlantic oceans. Bull. Mar. Sci., 53: 588-644.
- Gray, C.A. 1993. Horizontal and vertical trends in the distribution of larval fishes in coastal waters off central New south Wales, Australia. Mar. Biol., 116: 649-666.
- Kanno, Y. 1981. On the life history of herring, *Clupea pallasii* Cuvier et Valenciennes, in the brackish lake Natoro, Hokkaido. III. Reproductive characteristics and feeding habits. Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ., 32: 316-328.
- Kim, J.Y. and N. Lo. 2001. Temporal variation of seasonality of egg production and the spawning biomass of Pacific anchovy, *Engraulis japonicus*, in the sothern waters of Korea in 1983 ~ 1994. Fish. Oceanogr., 10: 297-310.
- Kingsford, M.J. 1993. Biotic and abiotic structure in the pelagic environment: importance to small fishes. Bull. Mar. Sci., 53: 393-415.
- Leis, J.M. and B.M. Carson-Ewart. 2004. The Larvae of Indo-Pacific Coastal Fishes: An Identification Guide to Marine Fish Larvae, 2nd. Brill, Boston, 850pp.
- Loeb, V.J., P.E. Smith and H.G. Moser. 1983. Recurrent groups of larval fish species in the California current area. Calif. Coop. Fish. Invest. Rep., 24: 152-164.
- McGowen, G.E. 1993. Coastal ichthyoplankton assemblages, with emphasis on the southern California bight. Bull. Mar. Sci., 53: 692-722.
- Okiyama, M. 1988. An atlas of the early stage fishes in Japan. Tokai Univ. Press, 1154pp. (in Japanese)
- Pihl, L. and R. Rosenber. 1982. Production, abundance, and biomass of mobile epibenthic marine fauna in shallow waters, western Sweden. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 57: 273-301.
- Shannon, C.E. and W. Weaver. 1949. The mathematical theory of communication. Univ. Illinois Press, Urbana, 177pp.
- Walker, H.J.Jr., W. Watson and A. Barnett. 1987. Seasonal occurrence of larval fishes in the nearshore southern California Bight off San Onofre, California. Estuar. Coast. Shelf Sci., 25: 91-109.
- Zhang, C.I. 1984. Pacific cod of South Korean Waters. INPFC Bull., 42: 116-129.