



저작자표시-비영리-동일조건변경허락 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.
- 이차적 저작물을 작성할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



동일조건변경허락. 귀하가 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공했을 경우에는, 이 저작물과 동일한 이용허락조건하에서만 배포할 수 있습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

이 학 석 사 학 위 논 문

경북 울진 및 충남 태안 해역에서 채집된
자어 종조성의 계절변동



2015년 2월

부 경 대 학 교 대 학 원

해 양 생 물 학 과

남 윤 주

이 학 석 사 학 위 논 문

경북 울진 및 충남 태안 해역에서 채집된
자어 종조성의 계절변동

지도교수 김 진 구

이 논문을 이학석사 학위논문으로 제출함.

2015년 2월

부 경 대 학 교 대 학 원

해 양 생 물 학 과

남 윤 주

남윤주의 이학석사 학위논문을 인준함.

2015년 2월 27일



위 원 장	이학박사	백 혜 자 (인)
위 원	이학박사	박 원 규 (인)
위 원	이학박사	김 진 구 (인)

목 차

List of tables	iii
List of figures	iv
Abstract	vii
I. 서론	1
II. 재료 및 방법	4
2.1 채집 지역, 시기 및 방법	4
2.2 수온 및 염분	4
2.3 자어의 형태 동정, 계수 및 개체 수 환산	4
2.4 자료의 통계적 처리	5
2.4.1 해양환경 비교	5
2.4.2 월별 및 정점별 출현양상 분석	5
2.4.3 생태지수	6
2.4.4 군집분석	6
2.4.5 환경요인에 따른 출현양상 분석	6
III. 결과	10
3.1 해양환경 비교	10

3.1.1 수온	10
3.1.2 염분	11
3.2 경북 울진의 자어 종조성의 계절변동	14
3.2.1 월별 자어의 종조성 비교	14
3.2.2 정점별 자어의 종조성 비교	20
3.2.3 군집구조	25
3.3 충남 태안의 자어 종조성의 계절변동	30
3.3.1 월별 자어의 종조성 비교	30
3.3.2 정점별 자어의 종조성 비교	36
3.3.3 군집구조	41
3.4 두 해역 모두 출현한 종의 형태 비교	46
IV. 고찰	56
4.1 경북 울진과 충남 태안 자어 종조성의 계절변동 비교	56
4.2 주요 우점종의 출현양상 비교	57
4.3 멸치와 흰배도라치의 산란 적수온	59
V. 요약	63
VI. 참고문헌	65

List of tables

Table 1. Number of taxa of fish larvae collected every month from January to December 2010 around the coastal area of Uljin, Korea	16
Table 2. Monthly taxon composition and abundance of fish larvae around the coastal area of Uljin, Korea	17
Table 3. Taxon composition and abundance of fish larvae by station around the coastal area of Uljin, Korea	22
Table 4. Number of taxa of fish larvae collected every month from January to December 2010 around the coastal area of Taeon, Korea	32
Table 5. Monthly taxon composition and abundance of fish larvae around the coastal area of Taeon, Korea	33
Table 6. Taxon composition and abundance of fish larvae by station around the coastal area of Taeon, Korea	38

List of figures

Fig. 1. Sampling stations of fish larvae collected monthly from January to December 2010 around the coastal area of Uljin, Korea.	8
Fig. 2. Sampling stations of fish larvae collected monthly from January to December 2010 around the coastal area of Taean, Korea.	9
Fig. 3. Monthly variations of surface water temperatures from January to December 2010 around the coastal areas of Uljin and Taean, Korea.	13
Fig. 4. Monthly variations of surface water salinity from January to December 2010 around the coastal areas of Uljin and Taean, Korea.	13
Fig. 5. Monthly variations of taxon richness and abundance of fish larvae communities around the coastal area of Uljin, Korea.	19
Fig. 6. Spatial variations of taxon richness and abundance of fish larvae communities around the coastal area of Uljin, Korea.	24
Fig. 7. Monthly variations of ecological indices of fish larvae communities around the coastal area of Uljin, Korea.	27
Fig. 8. Spatial variations of ecological indices of fish larvae communities around the coastal area of Uljin, Korea.	27
Fig. 9. Dendrogram from cluster analysis that shows the relationship of fish larvae communities among sampling periods of the coastal area of Uljin, Korea. ..	28
Fig. 10. Dendrogram from cluster analysis that shows the relationship of fish larvae	

communities among sampling stations at the coastal area of Uljin, Korea, from January to December 2010.	29
Fig. 11. Monthly variations of taxon richness and abundance of fish larvae communities around the coastal area of Taean, Korea.	35
Fig. 12. Spatial variations of taxon richness and abundance of fish larvae communities around the coastal area of Taean, Korea.	40
Fig. 13. Monthly variations of ecological indices of fish larvae communities around the coastal area of Taean, Korea.	43
Fig. 14. Spatial variations of ecological indices of fish larvae communities around the coastal area of Taean, Korea.	43
Fig. 15. Dendrogram from cluster analysis that shows the relationship of fish larvae communities among sampling periods of the coastal area of Taean, Korea. ...	44
Fig. 16. Dendrogram from cluster analysis that shows the relationship of fish larvae communities among sampling stations at the coastal area of Taean, Korea, from January to December 2010.	45
Fig. 17. Developmental stages of <i>Engraulis japonicus</i> larvae.	51
Fig. 18. Developmental stages of <i>Sebastes pachycephalus</i> larvae.	51
Fig. 19. Developmental stages of <i>Sillago japonica</i> larvae.	52
Fig. 20. Developmental stages of <i>Ammodytes personatus</i> larvae.	53
Fig. 21. Developmental stages of <i>Omobranchus elegans</i> larvae.	53
Fig. 22. Developmental stages of <i>Parablennius yatabei</i> larvae.	54

Fig. 23. Developmental stages of <i>Scomber japonicus</i> larvae.	54
Fig. 24. Developmental stages of <i>Pseudorhombus pentophthalmus</i> larvae.	55
Fig. 25. Abundance by temperature of <i>Engraulis japonicus</i> around the coastal area of Uljin, Korea.	62
Fig. 26. Abundance by temperature of <i>Pholis fangi</i> around the coastal area of Taean, Korea.	62



Seasonal variation of larval fish species composition collected from
Uljin, Gyeongbuk and Taean, Chungnam, Korea

Yun Ju Nam

Department of Marine Biology, The Graduate School,
Pukyong National University

Abstract

Fish larvae were collected every month from January to December 2010 to examine the spawning characteristics of selected fish species in the East Sea of Korea and the Yellow Sea. The seasonal and spatial distributions of larvae in Uljin, Gyeongbook (East Sea of Korea) and Taean, Choongnam (Yellow Sea) were investigated in relation to environmental factors (surface temperature and salinity). A total of 30 taxa of 21 families under six orders were identified in Uljin, Korea, and a total of 37 taxa of 20 families under four orders were identified in Taean, Korea. The number of taxa and individuals in Uljin increased most during the summer and decreased during spring to fall. The number of taxa and individuals in Taean fluctuated substantially between the seasons. A significant correlation was detected between surface temperature and the population number of the dominant species. Larvae of *Engraulis japonicus* were collected in Uljin from May to October and in Taean from June to September. The abundance of fish larvae also differed, with the greatest number of total individuals collected in July in Uljin, while the most individuals were collected from June to July in Taean. The larvae of *Ammodytes personatus*, which were collected during winter in both regions, were most abundant in December to March, with the greatest number of individuals collected in January in Uljin, while in Taean they were most abundant from December to April, with the

greatest number of individuals collected in February. Moreover, warm-water dwelling fishes such as *Halichoeres poecilopterus* and *Chromis notata*, which were not found in Tae'an, were collected during summer in Uljin, and cold-water dwelling fishes such as *Pholis fangi* and *Liparis tanakai*, which were not found in Uljin, were collected during winter in Tae'an. Throughout the study, spawning seasons for the major dominant species in the East Sea of Korea and Yellow Sea, such as *E. japonicus* and *A. personatus*, were similar regardless of the water conditions. However, the spawning season for *E. japonicus*, which spawn during spring and summer, begins earlier and lasts longer in Uljin compared to Tae'an. The spawning season for *A. personatus*, which spawns during winter, lasted longer in Tae'an compared to Uljin.



I. 서론

어란 및 자치어에 대한 연구는 북유럽에서 1800년대 후반에 북대서양 대구(*Gadus macrocephalus*)와 명태(*Theragra chalcogramma*)의 어란에 대한 연구로 시작되었으며(Miller and Kendall, 2009; Sars, 1865), 우리나라에서는 1970년에 한국 근해의 어란 및 자치어 분포에 대한 연구로 시작되었다(Cha, 2002; Im et al., 1970). 어란 및 자치어 분포에 대한 연구는 어류의 산란생태나 해역의 생태계를 이해하는 기초적 자료로서 뿐만 아니라 성어의 가입과 자원변동에 대한 요인을 규명하고 예측하는데 필수적이다(Chun et al., 2004; Kim, 1991; Lasker, 1975; May, 1974). 그러나 자치어의 시·공간적 출현과 분포는 성어가 위치하는 장소, 산란시기 및 형태, 자치어의 수명, 자치어의 행동양상, 자치어의 포식, 섭식 및 성장의 비율과 같은 생물적 요인(Leis, 1991)과 해류, 바람, 소용돌이, 용승 및 물기둥의 성층화와 같은 해황을 포함하는 물리적 요인의 상호 작용 효과에 의해 영향을 받고(Haury et al. 1978; Owen 1981; Denman and Powell 1984; Norcross and Shaw 1984; Kingsford 1990; Gray, 1993), 그 중 해류 및 조류와 같은 물리적 요인들에 의해 강하게 영향을 받기 때문에 자치어가 성어로 가입되는 양은 그해의 해황 및 환경변화에 따라 큰 변이를 나타낸다(Saville and Schnack, 1981).

우리나라의 해역은 크게 동해, 황해 및 남해로 나누어져 있으며, 세 해역에는 기원과 성질을 달리하는 다양한 해류가 존재하는데(Bae and Kim, 2012), 우리나라 동해에는 고온, 고염의 대마난류(Tsushima Warm Current)의 한국쪽 지류인 동한난류(East Korean Warm Water)와 동해 북부로부터 연안을 따라 남하하는 저온, 저염의 북한한류(North Korea Cold Current)가 동해안 연안에 지배적인 영향을 주고 있다(Park et al., 2013). 이 두 해류는 계절과 기상조건에 따라 유입량 및 유입

경로가 변화하며, 수온전선의 위치가 바뀌고 저층수의 용승현상 및 냉수대 현상이 수시로 나타나기 때문에 동해는 동해 특유의 해양환경을 보인다(Lee and Chang, 2014; Han and Kim, 2007). 황해는 황해난류(Yellow Sea Warm Water)가 존재하지만 그 세력은 미약하며, 조수간만의 차가 크기 때문에 해류보다 조류의 영향을 많이 받고, 동계에는 북서 계절풍의 영향을 강하게 받는다. 또한 동해에 비하여 수심이 얕고, 복잡한 해안선과 크고 작은 만으로 이루어져 있다(Jeong et al., 2012). 따라서 황해의 수온은 하계에는 동해에 비하여 약간 높지만, 동계에는 차고 강한 북서 계절풍의 영향으로 상·하층수가 혼합되어 전 해역이 냉수대의 특성을 띄게 되므로 동해보다 낮다. 따라서 물리적 요인들에 의해 강하게 영향을 받는 어란 및 자치어는 동일한 종일지라도 서로 다른 특성을 가진 해역에 따라 산란 시기 및 산란 특성이 상이하게 나타날 수 있다.

우리나라의 어류 생산량 중 회유성 어류는 약 68.5%로 높은 비율을 차지하고 있으며(국가통계포털, KOSIS), 대부분의 회유성 어류는 우리나라 남쪽의 동중국해에서 월동하고 봄철에 북쪽으로 회유하는데, 한 그룹은 동해로, 나머지 한 그룹은 황해로 이동한다고 알려져 있다(NFRDI, 2005). 대구는 우리나라의 동·황·남해 모두에 서식하지만 Gwak and Nakayama (2011)에 의하면 한반도 주변해역에 서식 및 분포하는 대구는 유전학적으로 동해, 황해 및 남해의 세 개의 계군으로 구분할 수 있다고 보고하였으며, 황해계 대구는 동해계에 비하여 크기가 작고(Seo et al., 2007), 주 산란시기의 경우 동해계 대구는 1~2월(Chyung, 1977), 황해계 대구는 12~1월로 보고되어 해역별로 차이가 나는 것을 알 수 있다. 까나리(*Ammodytes personatus*) 또한 유전·형태학적으로 동해와 황해 계군으로 구분할 수 있다고 보고되었는데(Kim et al., 2008), 두장과 체장 모두 동해계가 황해계에 비하여 길었으며, 척추골수와 지느러미줄기수 또한 해역별로 상이하였다. 따라서 동일한 종일지

라도 해역별로 형태적 특징 및 산란시기가 다소 차이가 나므로, 어류의 지속적 생산 유지를 위해 각 해역별로 어종의 산란시기 및 산란특성을 파악하여 포획금지 및 생산 유지 방안을 마련하여야 한다.

그러나 우리나라 어란 및 자치어 분포에 관한 연구는 동해에서는 독도(Kim et al., 2002, Lee et al., 2010), 장기갑~강원도 거진(Chun et al., 2004), 영일만(Han et al., 2003), 울진(Han and Kim, 2007) 및 월성(Cha et al., 1991)에서 수행되었으며, 황해에서는 동중국해 및 황해(Kim et al., 2005b), 아산만(Kim et al., 1994a) 및 황해 중동부(Cha et al., 1990) 등의 많은 해역에서 수행되었으나, 동해와 황해에서 자어를 대상으로 조사된 선행 연구들은 특정 지역에서 서로 다른 시기에 조사가 이루어졌으므로 동해와 황해에 출현하는 자어의 종조성, 출현 시기, 분포, 군집구조 등을 해역 간에 직접적으로 비교하기에 한계가 있다.

따라서 본 연구는 동일한 시기에 경북 울진(동해)과 충남 태안(황해)에서 자어를 채집하여, (1)자어의 출현 시기와 공간적 분포 양상을 조사하고, (2)해양 환경적 인자들(표층 수온 및 염분)과 비교, 분석함으로써 (3)동해와 황해에서의 어종별 산란특성을 구명하고자 한다.

II. 재료 및 방법

2.1 채집 지역, 시기 및 방법

자어 표본의 채집은 경북 울진 및 충남 태안 해역에서 수행하였다. 울진 해역에서는 6개 정점, 태안 해역에서는 5개의 정점에서 2010년 1월부터 12월까지 매월 총 12회에 걸쳐 실시하였다(Figs. 1~2).

자어의 채집은 RN80 net (망구 0.8m, 망목 0.330mm) 2개를 연결하여 이용하였으며, 정량 분석을 위하여 망구에 유량계(Hydro-Bios Model No. 438 110)를 부착하였다. 네트는 각 정점에서 선박을 이용하여 약 2 knot의 속도로 외해에서 육지 방향으로 약 10분간 표층에서 수평예망하였다. 채집된 표본은 선상에서 1ℓ 폴리에틸렌 용기에 담은 뒤 5% 중성 해수-포르말린수용액으로 고정한 후 실험실로 운반하였다.

2.2 수온 및 염분

경북 울진 해역의 수온 및 염분은 자어 표본의 채집시 수질측정기(YSI, YSI Inc.)를 이용하여 정점별로 표층에서 측정하였으며, 수온은 1~12월, 염분은 4~12월에 매월 측정하였고, 충남 태안 해역의 수온과 염분은 국립해양조사원의 국가해양정보시스템 자료 중 조사해역과 인접한 어청도 조위관측소에서 자어를 채집한 날짜와 동일한 날짜에 측정한 자료(자료국가해양정보시스템, KOOFS)를 이용하였다.

2.3 자어의 형태 동정, 계수 및 개체 수 환산

채집된 표본은 실험실에서 고정액과 함께 체(망목 200 μ m)에 부어 수돗물로 세

척(washing)한 후, 입체해부현미경(Olympus, SZ51)을 이용하여 자어를 분리(sorting)하고 동정하였으며, 각 분류군별로 계수(counting)하였다. 자어의 개체 수는 채집 시 측정한 유량계의 값으로 여과된 해수량을 계산하여 단위 체적당 개체 수(개체/1,000 m³)로 환산하였다. 자어의 동정은 Kim et al. (1981, 1986, 2011) 및 Okiyama (1988) 등을 참고하였으며, 분류체계와 학명은 Kim et al. (2005a)을 기준으로 하였다.

2.4 자료의 통계적 처리

2.4.1 해양환경 비교

각 해역의 표층 수온과 표층 염분의 비교를 위하여, 울진에서는 월별 및 정점별 자료로, 태안에서는 계절별 자료로 SPSS (IBM Inc., ver.12.0)를 이용하여 분산분석을 실시하였고, 각 요인별로 Levene 검정으로 분산의 동질성(homogeneity)을 파악한 뒤 동질성이 같은 경우에는 모수 검정방법인 분산분석(ANOVA, analysis of variance)을 실시하고, 동질성이 다른 경우에는 비모수 검정방법인 Kruskal-Wallis test를 실시하였다.

2.4.2 월별 및 정점별 출현양상 분석

월별 및 정점별 출현 개체 수의 비교를 위하여 단위 체적당 개체 수(개체/1,000 m³)를 대수변환(log(x+1))을 한 자료로 SPSS (IBM, ver.12.0)를 이용하여 분산분석을 실시하였다. 분산분석은 각 요인별로 Levene 검정으로 분산의 동질성(Levene)을 파악한 뒤 동질성이 같은 경우에는 모수 검정방법인 분산분석(ANOVA, analysis of variance)을 실시하였으며, 동질성이 다른 경우에는 비모수 검정방법인 Kruskal-Wallis test를 실시하였다.

2.4.3 생태지수

군집구조 분석을 위한 생태지수는 각 해역에서 채집된 자어의 분류군 수와 단위 체적당 개체 수(개체/1,000 m³) 자료를 사용하였으며, PRIMER (Plymouth Marine Laboratory, ver. 5.0)를 이용하여 종다양도(H' , Shannon and Weaver, 1949), 풍부도(d , Margalef, 1958) 및 균등도(J' , Pielou, 1966)를 산출하였다.

2.4.4 군집분석

군집분석(cluster analysis)은 각 해역에서 채집된 자어의 월별 및 정점별 출현 분류군 수와 단위 체적당 개체 수(개체/1,000 m³)의 자료를 사용하여 PRIMER (Plymouth Marine Laboratory, ver. 5.0)를 이용하여 실시하였다. 군집분석시 단위 체적당 개체 수 자료를 사용하되 밀도차이에 의한 자료의 편중을 피하기 위해 로그($\log(x+1)$) 지수로 변환한 자료를 이용하였다. 자어 군집의 월별 및 정점별 유사도 측정을 위해 Bray-Curtis 유사도 지수(Bray and Curtis, 1957)를 구하고, 유사도 지수를 근거로 군집평균(group average) 연결 방식으로 실시하여, 수지도(dendrogram)를 작성한 후 비계량형다차원척도법(nMDS, non-metric multi dimensional scaling)을 실시하여 2차원 공간에서 구조 차이를 파악하였다. 또한, 군집분석의 결과로 분리된 각 군집간에 영향을 미치는 분류군을 파악하기 위해 SIMPER (similarity-percentages procedure) 분석을 실시하였다(Clarke and Warwick, 2001).

2.4.5 환경요인에 따른 출현양상 분석

표층 수온 및 표층 염분과 자어 출현 개체 수 및 자어 크기와의 관계에 대하여 환경요인별로 각각 분석하였으며, 각 해역에서 우점한 자어의 월별 출현 개체 수(개체/1,000 m³) 및 자어 크기(mm) 자료를 사용하되, 단위 체적당 개체 수 및

자어 크기를 대수변환($\log(x+1)$)을 한 자료로 SPSS (IBM, ver.12.0)를 이용하여 상관분석을 실시하였다. 상관분석은 스피어맨 순위 상관계수(r_s , Spearman rank correlation coefficient)를 구하였다.



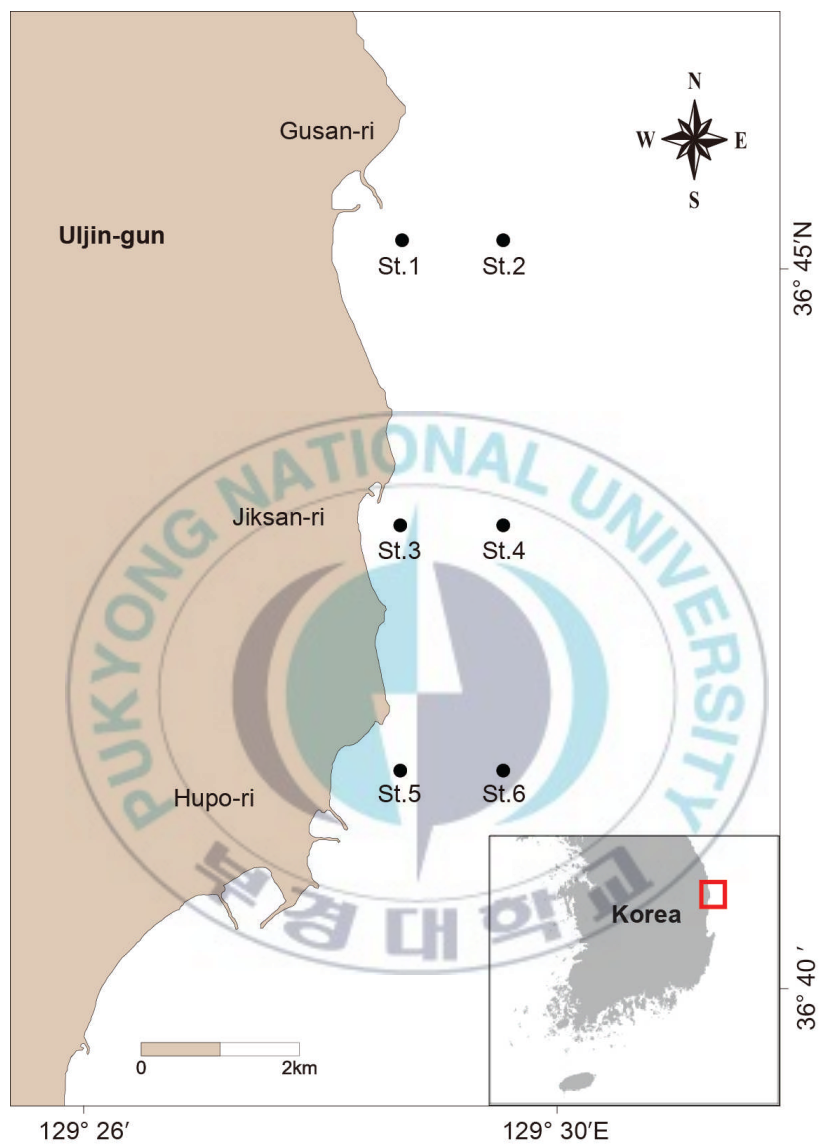


Fig. 2. Sampling stations of fish larvae collected monthly from January to December 2010 around the coastal area of Uljin, Korea.

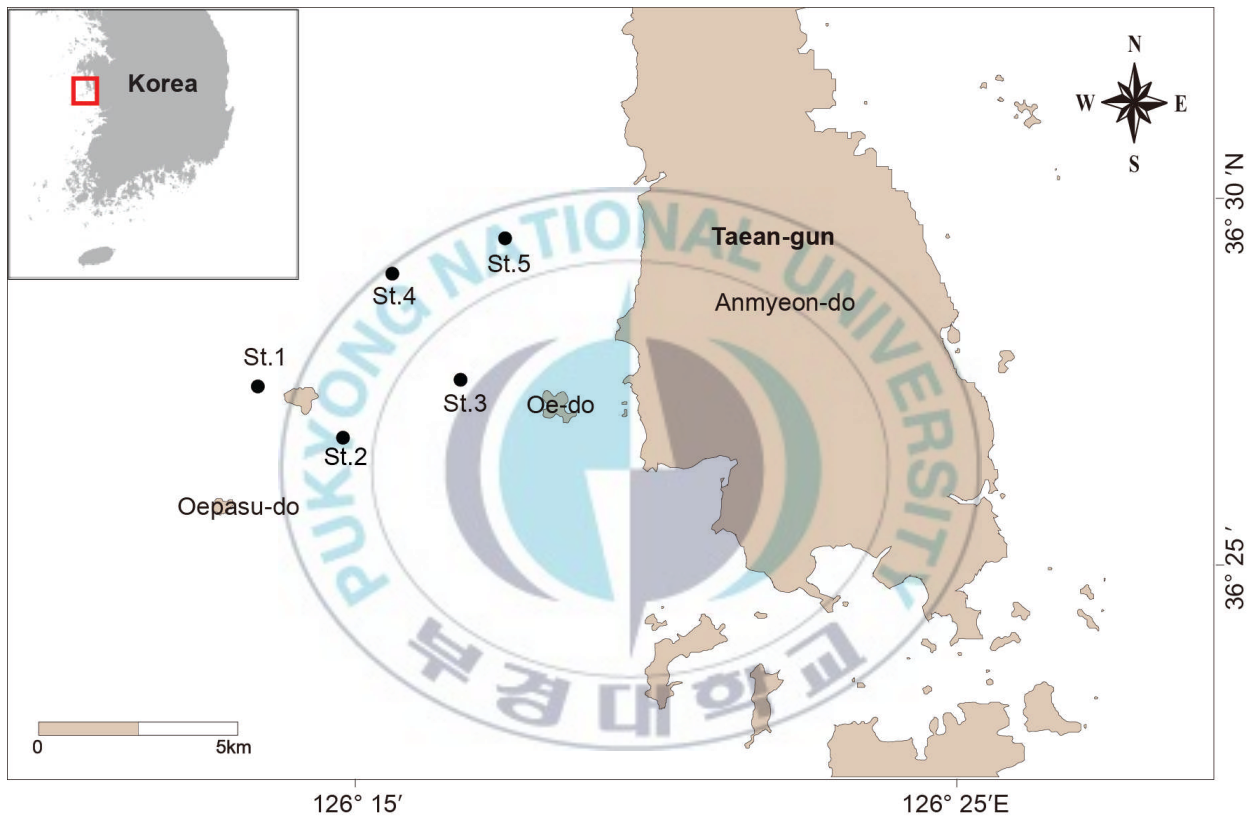


Fig. 3. Sampling stations of fish larvae collected monthly from January to December 2010 around the coastal area of Taejeon, Korea.

III. 결 과

3.1 해양환경 비교

3.1.1 수온

울진의 월별 평균 수온은 8.6~22.3℃ (평균 15.0℃)의 범위로, 2010년 1월부터 4월까지 8.6~10.6℃로 낮은 수온을 유지하다가 5월부터 증가하기 시작하여 7월에 평균 22.3℃로 가장 높았으며, 10월부터 감소하였다. 조사기간 동안 평균 20℃이상의 고수온 기간은 6, 7 및 9월로 관찰되었고 8월의 평균 수온은 17.0℃로 낮아졌는데 이는 북한한류 및 냉수대 형성의 영향으로 수온이 다소 감소한 것으로 판단된다. 그리고 정점간의 수온 차이는 크지 않았고, 정점 1~4에서는 3월에 수온이 가장 낮았으나, 정점 5와 6에서는 4월에 수온이 가장 낮았고, 정점 2와 4~6에서는 7월에 가장 높았으나, 정점 1과 3에서는 9월에 가장 높았다. 울진의 월별 수온 자료를 이용하여 분산의 동질성(Levene 통계량=10.988, $P=0.000$)을 검증한 후, 비모수검정 방법인 Kruskal-Wallis test 결과, 수온은 월별로 유의한 차이가 있었고($P<0.001$), 정점별 수온 자료를 이용하여 분산의 동질성(Levene 통계량=0.046, $P=0.999$)을 검증한 후, 모수 검정 방법인 일원분산분석(one-way ANOVA) 결과, 수온은 정점별로 유의한 차이가 없었다($P>0.05$).

태안의 월별 수온은 5.5~25.1℃ (평균 13.1℃)의 범위로, 2010년 1월부터 5월까지 5.5~9.0℃로 낮은 수온을 유지하다가 6월부터 증가하기 시작하여 8월에 25.1℃로 가장 높았으며, 10월부터 20℃이하로 감소하였다. 조사기간 동안 평균 20℃이상의 고수온 기간은 7~9월로 관찰되었고, 태안의 계절별 수온 자료를 이용하여

분산의 동질성(Levene 통계량=4.243, $P=0.045$)을 검증한 후, 비모수검정 방법인 Kruskal-Wallis test 결과, 수온은 계절별로 유의한 차이가 있었다($P<0.05$).

따라서 평균 표층 수온은 울진이 태안보다 높았고, 월별로는 7~10월을 제외한 모든 시기에 울진이 태안보다 높았다. 그리고 월별 수온 차이는 태안이 울진보다 컸다(Fig. 3).

3.1.2 염분

울진의 월별 평균 염분은 31.7~34.7psu (평균 33.8psu)의 범위로, 2010년 4월부터 8월까지 33.9~34.2psu로 높은 농도를 유지하다가 9월에 다소 감소하여 평균 31.7psu로 가장 낮았으며, 10월부터 증가하였다. 염분은 12월에 모든 정점에서 가장 높고 9월에 모든 정점에서 가장 낮았으며, 정점간의 농도 차이는 크지 않았다. 울진의 월별 염분 자료를 이용하여 분산의 동질성(Levene 통계량=2.429, $P=0.028$)을 검증한 후, 비모수검정 방법인 Kruskal-Wallis test 결과, 염분은 월별로 유의한 차이가 있었고($P<0.001$), 정점별 염분 자료를 이용하여 분산의 동질성(Levene 통계량=0.072, $P=0.996$)을 검증한 후, 모수 검정 방법인 일원분산분석(one-way ANOVA) 결과, 염분은 정점별로 유의한 차이가 없었다($P>0.05$).

태안의 월별 염분은 28.0~32.0psu (평균 31.0psu)의 범위로, 2010년 1월부터 5월까지 31.4~31.9psu로 높은 염분을 유지하다가 6월부터 감소하기 시작하여 8월에 28.0psu로 가장 낮았으며, 9월부터 다시 증가하였다. 염분은 11월에 가장 높고 8월에 가장 낮았고, 태안의 계절별 염분 자료를 이용하여 분산의 동질성(Levene 통계량=3.082, $P=0.090$)을 검증한 후, 모수 검정 방법인 일원분산분석(one-way

ANOVA) 결과, 염분은 계절별로 유의한 차이가 없었다($P>0.05$).

따라서 평균 표층 염분은 모든 시기에 울진이 태안보다 높았고, 월별 염분 차이는 태안이 울진보다 컸다(Fig. 4).



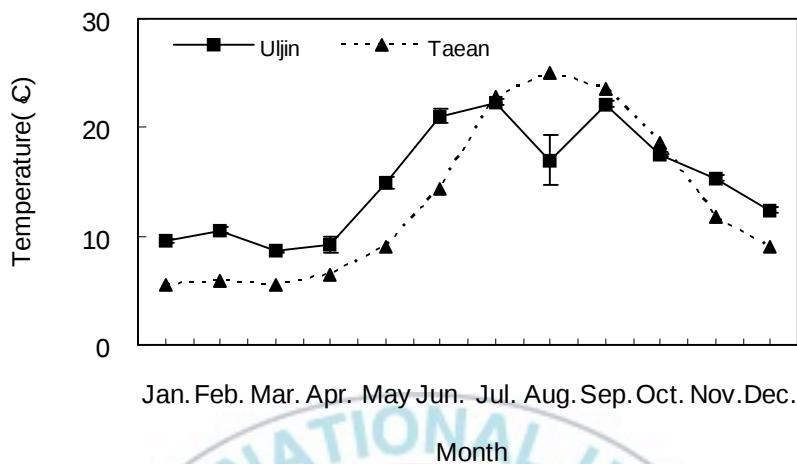


Fig. 4. Monthly variations of surface water temperatures from January to December 2010 around the coastal areas of Uljin and Taeon, Korea (Vertical bars indicate standard deviation).

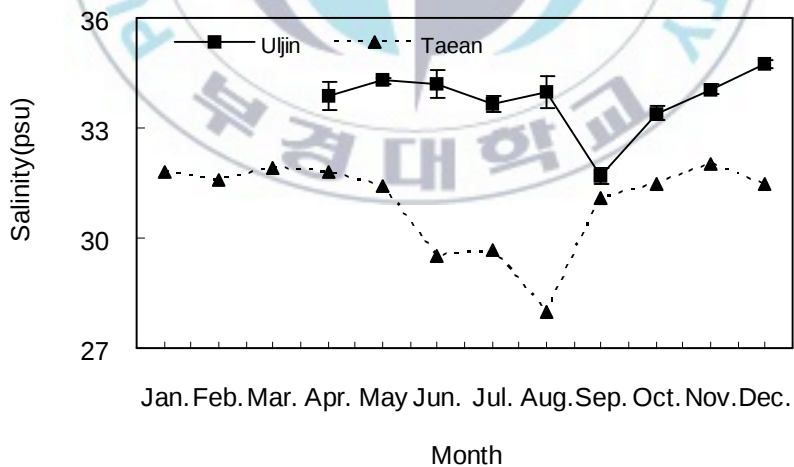


Fig. 5. Monthly variations of surface water salinity from January to December 2010 around the coastal areas of Uljin and Taeon, Korea (Vertical bars indicate standard deviation).

3.2 경북 울진의 자어 종조성의 계절변동

울진에서 채집된 자어는 총 6목 21과 30개 분류군, 평균 106.1 개체/1,000 m³로 이 중 7개 분류군은 과(family) 및 속(genus) 수준까지, 3개 분류군은 미동정 자어로 처리하였다. 이들 중 목별 출현 과 수와 분류군 수는 농어목(Perciformes) 자어가 11과 13개 분류군(43.3%)으로 가장 많이 출현하였으며, 다음으로는 쏨뱅이목(Scorpaeniformes) 자어가 4과 7개 분류군(23.3%), 가자미목(Pleuronectiformes) 자어가 2과 3개 분류군(10.0%), 복어목(Tetraodontiformes) 자어가 2과 2개 분류군(6.7%) 그리고 청어목(Clupeiformes)과 엘통이목(Stomiiformes) 자어가 각각 1과 1개 분류군(3.3%) 순으로 출현하였다. 과별로 출현 한 분류군 수를 보면 양볼락과(Scorpaenidae)와 청베도라치과(Blenniidae) 자어가 3개 분류군으로 가장 많이 출현하였으며, 다음으로 쥐노래미과(Hexagrammidae)와 넙치과(Paralichthyidae) 자어가 각각 2개 분류군씩 출현하였다(Table 1). 개체 수에 있어서 가장 우점적인 분류군은 멸치(*Engraulis japonicus*)로 89.6 개체/1,000 m³가 채집되어 전체 개체 수의 84.4%를 차지하였고, 그 다음으로 동갈양태속(*Repomucenus* spp.) 어류가 11.1 개체/1,000 m³로 전체 개체 수의 10.5%를 차지하였으며, 나머지 자어는 전체 개체 수의 10.0% 이하로 출현하였다(Table 2).

3.2.1 월별 자어의 종조성 비교

월별로 출현한 분류군 수 및 평균 개체수를 살펴보면, 1~13개 분류군, 0.2~972.6 개체/1,000 m³의 범위로, 1월에는 5개 분류군, 13.0 개체/1,000 m³, 2월에는 5개 분류군, 6.2 개체/1,000 m³ 그리고 3월에는 3개 분류군, 2.1 개체/1,000 m³

가 출현하였으며, 1~3월 모두 냉수성 어종인 까나리가 출현하였고, 까나리는 1월과 2월에 우점하며 출현하였다. 4월에는 3개 분류군, 0.9 개체/1,000 m³가 출현하였으며, 5월에는 2개 분류군, 1.1 개체/1,000 m³ 그리고 6월에는 3개 분류군, 11.6 개체/1,000 m³가 출현하였으며, 5월과 6월 모두 멸치가 출현 개체 수의 70.0% 이상을 차지하며 우점하였다. 7월에는 13개 분류군, 972.6 개체/1,000 m³가 출현하여, 출현 분류군 수와 개체 수가 매우 증가하였고, 그 중 멸치가 953.8 개체/1,000 m³로 출현 개체 수의 98.1%를 차지하며 극우점하였다. 8월에는 7개 분류군, 56.8 개체/1,000 m³가 출현하였으며, 5~7월에 우점하였던 멸치의 개체 수가 감소하였고, 동갈양태속 어류가 출현 개체 수의 77.3%를 차지하며 우점하였다. 9월에는 10개 분류군, 181.8 개체/1,000 m³로 8월에 비하여 출현 분류군 수와 개체 수가 증가하였으며, 멸치가 다시 우점하며 출현하였다. 10월에는 4개 분류군, 25.2 개체/1,000 m³, 11월에는 1개 분류군, 0.2 개체/1,000 m³, 12월에는 2개 분류군, 1.0 개체/1,000 m³로 10월 이후로 분류군 수와 개체 수가 모두 감소하였으며, 12월에는 냉수성 어종인 까나리가 다시 출현하였다. 따라서 자어의 출현 분류군 수와 개체 수는 7월에 가장 많았고, 11월에 가장 적었다(Fig. 5, Table 2). 울진에서 채집된 자어의 월별 출현 개체 수를 이용하여 분산의 동질성(Levene 통계량=6.374, $P=0.000$)을 검증한 후, 비모수검정 방법인 Kruskal-Wallis test 결과, 자어의 월별 출현 개체 수는 유의한 차이가 있었다($P<0.05$).

Table 1. Number of taxa of fish larvae collected every month from January to December 2010 around the coastal area of Uljin, Korea

Order	Family	No. of taxon	N (%) [*]
Clupeiformes	Engraulidae	1	3.3
Stomiiformes	Sternoptychidae	1	3.3
Scorpaeniformes	Scorpaenidae	3	23.3
	Platycephalidae	1	
	Hexagrammidae	2	
	Cottidae	1	
Perciformes	Sillagnidae	1	43.3
	Carangidae	1	
	Teraponidae	1	
	Pomacentridae	1	
	Labridae	1	
	Pinguipedidae	1	
	Ammodytidae	1	
	Blenniidae	3	
	Callyonimidae	1	
	Gobiidae	1	
	Scombridae	1	
	Paralichthyidae	2	
Pleuronectiformes	Pleuronectidae	1	10.0
	Monacanthidae	1	
Tetraodontiformes	Tetraodontidae	1	6.7
Unidentified species	Unidentified species	3	10.0
Total : 30 Taxa, 21 Families, 6 Orders			

* N (%) : Percentage of the total number

Table 2. Monthly taxon composition and abundance of fish larvae around the coastal area of Uljin, Korea

(unit: inds./1,000 m³)

Family	Species	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Mean	N (%) ¹⁾
Engraulidae	<i>Engraulis japonicus</i>					0.8	9.6	953.8	6.7	103.5	0.8			89.6	84.4
Sternoptychidae	<i>Maurollicus japonicus</i>	0.2												<0.1	<0.1
Scorpaenidae	<i>Hypodytes rubripinnis</i>									1.6				0.1	0.1
	<i>Sebastes pachycephalus</i>		0.3											<0.1	<0.1
	<i>Sebastes schlegelii</i>				0.2									<0.1	<0.1
Platycephalidae	<i>Platycephalus</i> sp.									2.4				0.2	0.2
Hexagrammidae	<i>Hexagrammos agrammus</i>	0.3												<0.1	<0.1
	<i>Hexagrammos otakii</i>	5.9	0.9	0.3									0.7	0.6	0.6
Cottidae	Cottidae spp.	0.3	0.5	1.1										0.2	0.2
Sillagnidae	<i>Sillago japonica</i>							1.3						0.1	0.1
Carangidae	Carangidae sp.										0.5			0.1	0.1
Teraponidae	<i>Rhyncopelates oxyrhynchus</i>							0.9						0.1	0.1
Pomacentridae	<i>Chromis notata</i>							0.4		2.3				0.2	0.2
Labridae	<i>Halichoeres poecilopterus</i>									3.5				0.3	0.3
Pinguipedidae	Pinguipedidae sp.							0.3						<0.1	<0.1
Ammodytidae	<i>Ammodytes personatus</i>	6.3	3.6	0.7									0.3	0.9	0.8
Blenniidae	<i>Omobranchus elegans</i>								1.3					0.1	0.1
	<i>Parablennius yatabei</i>							0.9						0.1	0.1
	Blenniidae spp.							5.4		2.0				0.6	0.6

¹⁾ N (%) : percentage abundance

※ Blank : Larva was not collected.

Table 2. (Continued.) Seasonal taxon composition and abundance of fish larvae around the coastal area of Uljin, Korea

(unit: inds./1,000 m³)

Family	Species	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Mean	N (%) ¹⁾
Callyonimidae	<i>Repomucenus</i> spp.						1.7	5.2	43.8	60.2	21.5	0.2		11.1	10.5
Gobiidae	Gobiidae spp.				0.2			1.4		3.8				0.5	0.5
Scombridae	<i>Scomber japonicus</i>							0.3						<0.1	<0.1
Paralichthyidae	<i>Pseudorhombus pentophthalmus</i>							1.7	1.1	1.7				0.4	0.4
	<i>Tarphops oligolepis</i>									0.8				0.1	0.1
Pleuronectidae	<i>Pseudopleuronectes yokohamae</i>		0.9											0.1	0.1
Monacanthidae	<i>Rudarius ercodei</i>								1.0					0.1	0.1
Tetraodontidae	<i>Takifugu niphobles</i>							0.2						<0.1	<0.1
Unidentified species	Unidentified spp.				0.5	0.3	0.3		1.4		2.4			0.4	0.4
	Unidentified sp. :							0.8						0.1	0.1
	Unidentified sp. :								1.4					0.1	0.1
Total		13.0	6.2	2.1	0.9	1.1	11.6	972.6	56.8	181.8	25.2	0.2	1.0	106.1	
No. of taxa		5	5	3	3	2	3	13	7	10	4	1	2	30	

¹⁾ N (%) : percentage abundance

※ Blank : Larva was not collected.

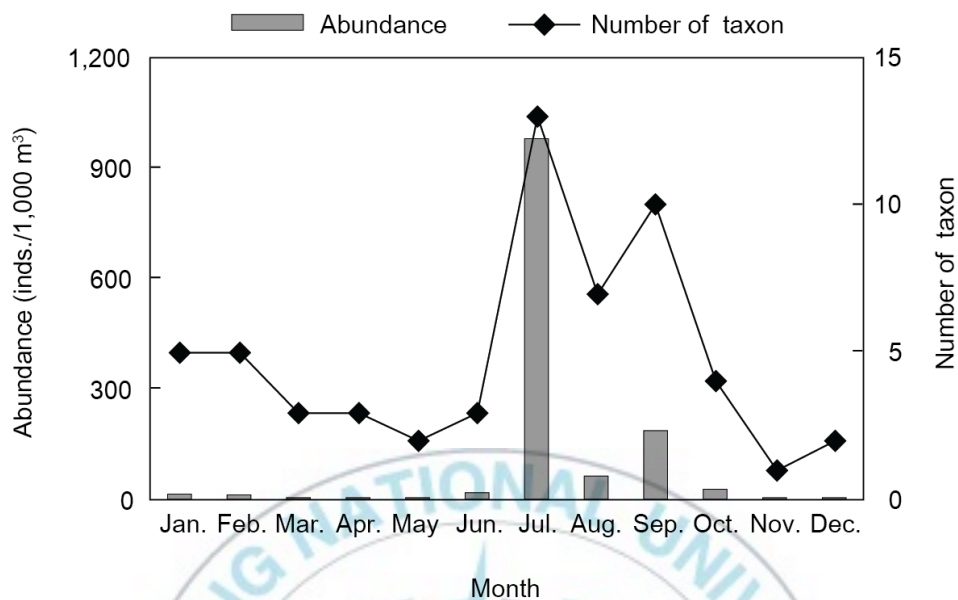


Fig. 6. Monthly variations of taxon richness and abundance of fish larvae communities around the coastal area of Uljin, Korea.

3.2.2 정점별 자어의 종조성 비교

정점별로 출현한 분류군 수 및 평균 개체 수를 살펴보면, 4~5목, 8~13과, 10~14개 분류군 및 45.7~184.6 개체/1,000 m³의 범위로, 정점 1에서는 총 4목 10과 13개 분류군 59.6 개체/1,000 m³가 출현하였으며, 이 중 농어목 자어가 6과 8개 분류군, 과별로 청베도라치과가 3개 분류군, 분류군별로 멸치가 38.3 개체/1,000 m³ (64.3%)로 가장 많이 출현하였다. 정점 2에서는 4목 8과 11개 분류군, 184.6 개체/1,000 m³가 출현하였으며, 이 중 농어목 자어가 5과 5개 분류군, 분류군별로 멸치가 158.3 개체/1,000 m³ (85.8%)로 가장 많이 출현하였다. 정점 3에서는 4목 10과 12개 분류군 45.7 개체/1,000 m³가 출현하였으며, 이 중 농어목 자어가 6과 7개 분류군, 과별로 청베도라치과가 2개 분류군, 분류군별로 멸치가 36.8 개체/1,000 m³ (80.5%)로 가장 많이 출현하였다. 정점 4에서는 4목 13과 14개 분류군 106.2 개체/1,000 m³가 출현하였으며, 이 중 농어목 자어가 7과 7개 분류군, 과별로 양볼락과가 2개 분류군, 분류군별로 멸치가 87.3 개체/1,000 m³ (82.2%)로 가장 많이 출현하였다. 정점 5에서는 5목 8과 10개 분류군 120.8 개체/1,000 m³가 출현하였으며, 이 중 농어목 자어가 4과 4개 분류군, 과별로 쥐노래미과가 2개 분류군, 분류군별로 멸치가 110.0 개체/1,000 m³ (91.1%)로 가장 많이 출현하였다. 정점 6에서는 4목 11과 13개 분류군 119.3 개체/1,000 m³가 출현하였으며, 이 중 농어목 자어가 5과 5개 분류군, 과별로 넙치과가 2개 분류군, 분류군별로 멸치가 107.0 개체/1,000 m³ (89.7%)로 가장 많이 출현하였다. 따라서 개체 수는 가장 북쪽에 위치한 정점 2에서 가장 많이 출현하였으며, 직산리 연안에 위치한 정점 3에서 가장 적게 출현하였고, 분류군 수는 정점 4에서 가장 많았다(Fig. 6, Table 3).

울진에서 채집된 자어의 정점별 출현 개체 수를 이용하여 분산의 동질성 (Levene 통계량=0.418, $P=0.835$)을 검증한 후, 모수 검정 방법인 일원분산분석 (one-way ANOVA) 결과, 자어의 정점별 출현 개체 수는 유의한 차이가 없었다 ($P>0.05$).



Table 3. Taxon composition and abundance of fish larvae by station around the coastal area of Uljin, Korea

(unit: inds./1,000 m³)

Family	Scientific name	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5	St. 6	Mean	N (%) ¹⁾
Engraulidae	<i>Engraulis japonicus</i>	38.3	158.3	36.8	87.3	110.0	107.0	89.6	84.4
Sternoptychidae	<i>Maurolicus japonicus</i>	0.1						<0.1	<0.1
Scorpaenidae	<i>Hypodytes rubripinnis</i>						0.8	0.1	0.1
	<i>Sebastes pachycephalus</i>				0.1			<0.1	<0.1
	<i>Sebastes schlegelii</i>				0.1			<0.1	<0.1
Platycephalidae	<i>Platycephalus</i> sp.	0.7			0.5			0.2	0.2
Hexagrammidae	<i>Hexagrammos agrammus</i>					0.1		<0.1	<0.1
	<i>Hexagrammos otakii</i>	1.2	1.1	0.1	1.0	0.3	0.3	0.6	0.6
Cottidae	Cottidae spp.			0.6	0.2		0.1	0.2	0.2
Sillagnidae	<i>Sillago japonic</i>			0.3	0.3			0.1	0.1
Carangidae	Carangidae sp.						0.3	0.1	0.1
Teraponidae	<i>Rhyncopelates oxyrhynchus</i>	0.1			0.3			0.1	0.1
Pomacentridae	<i>Chromis notata</i>		0.2			1.2		0.2	0.2
Labridae	<i>Halichoeres poecilopterus</i>	0.7					1.1	0.3	0.3
Pinguipedidae	Pinguipedidae sp.				0.2			<0.1	<0.1
Ammodytidae	<i>Ammodytes personatus</i>	1.1	0.6	0.5	0.6	1.4	1.3	0.9	0.8
Blenniidae	<i>Omobranchus elegans</i>	0.6						0.1	0.1
	<i>Parablennius yatabei</i>	0.2		0.2				0.1	0.1
	Blenniidae spp.	0.5	1.4	0.2	1.0		0.6	0.6	0.6

¹⁾ N (%) : percentage abundance

※ Blank : Larva was not collected.

Table 3. (Continued.) Taxon composition and abundance of fish larvae by station around the coastal area of Uljin, Korea

(unit: inds./1,000 m³)

Family	Scientific name	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5	St. 6	Mean	N (%) ¹⁾
Callyonimidae	<i>Repomucenus</i> spp.	14.3	19.5	6.2	13.5	6.2	6.6	11.1	10.5
Gobiidae	Gobiidae spp.	1.5	0.4	0.5	0.2	0.2		0.5	0.5
Scombridae	<i>Scomber japonicus</i>			0.1				<0.1	<0.1
Paralichthyidae	<i>Pseudorhombus pentophthalmus</i>		1.2		0.9		0.2	0.4	0.4
	<i>Tarphops oligolepis</i>						0.4	0.1	0.1
Pleuronectidae	<i>Pseudopleuronectes yokohamae</i>					0.1	0.3	0.1	0.1
Monacanthidae	<i>Rudarius ercodes</i>					0.5		0.1	0.1
Tetraodontidae	<i>Takifugu niphobles</i>			0.1				<0.1	<0.1
Unidentified species	Unidentified spp.	0.3	0.8	0.1		0.8	0.3	0.4	0.4
	Unidentified sp. 1		0.4					0.1	0.1
	Unidentified sp. 2		0.7					0.1	0.1
Total		59.6	184.6	45.7	106.2	120.8	119.3	106.1	
Number of taxon		13	11	12	14	10	13	30	

¹⁾ N (%) : percentage abundance

※ Blank : Larva was not collected.

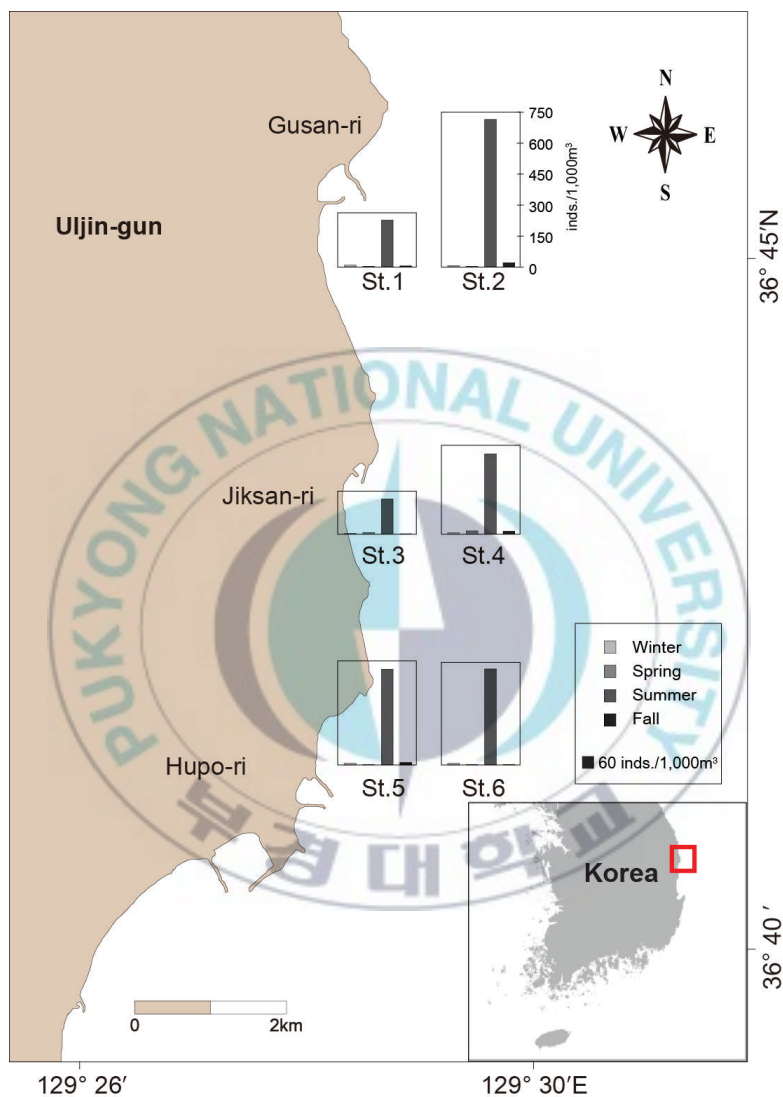


Fig. 7. Spatial variations of taxon richness and abundance of fish larvae communities around the coastal area of Uljin, Korea.

3.2.3 군집구조

1) 월별 군집구조

월별 중 풍부도(d)는 0.00~10.49 (평균 1.97 ± 2.82)로 5월에 가장 높고, 4월, 11월 및 12월에 가장 낮게 나타났으며, 균등도(J')는 0.00~0.91 (평균 0.56 ± 0.31)로 4월에 가장 높고, 11월에 가장 낮게 나타났다. 종 다양도(H')는 0.00~1.23 (평균 0.71 ± 0.38)로 2월에 가장 높고, 11월에 가장 낮게 나타났다. 출현 분류군 수와 개체 수가 가장 많은 7월에 균등도와 종 다양도가 낮은 것은 멸치 자어가 7월에 출현 개체 수의 87.9%를 차지하며 극우점하였기 때문으로 판단된다(Fig. 7).

월별 군집의 유사도를 보면 유사도 55.0%를 기준으로 3개의 그룹과 6개의 월로 구분되며, 그룹 I은 1월과 2월(유사도 60.0%), 그룹 II는 7월과 9월(유사도 57.4%) 그리고 그룹 III은 8월과 10월(유사도 56.4%)로 군집구조가 비슷하였고, 나머지 월은 앞의 그룹과 다소 차이가 나는 것을 알 수 있었다(Fig. 9). 군집 분석 결과 분리된 3개의 그룹 차이에 기여하는 분류군들의 기여도를 살펴보면, 그룹 I (1월과 2월)은 까나리가 62.8%, 그룹 II (7월과 9월)는 멸치가 47.6% 그리고 그룹 III (8월과 10월)은 동갈양태속이 84.1%의 기여도를 나타내었다.

2) 정점별 군집구조

정점별 중 풍부도(d)는 1.88~2.94 (평균 2.48 ± 0.48), 균등도(J')는 0.19~0.44 (평균 0.27 ± 0.09) 그리고 종 다양도(H')는 0.43~1.13 (평균 0.68 ± 0.25)로 생태지수 모두 정점 1에서 가장 높고 정점 5에서 가장 낮았는데, 이는 정점 1에서는 다른 정점에 비하여 출현 개체 수는 적지만 출현 분류군이 많았고, 정점 5에서는 출현 분류군

수가 가장 적으면서 멸치 자어가 출현 개체 수의 91.1%를 차지하며 극우점하였기 때문에 판단된다(Fig. 8).

정점별 군집의 유사도를 보면 유사도 73.0%를 기준으로 2개의 그룹과 1개의 정점으로 구분되며, 그룹 I은 남쪽에 위치한 정점 5와 6 (유사도 77.3%), 그룹 II는 북쪽에 위치한 정점 1, 2 및 4 (유사도 73.2%)로 군집구조가 비슷하였고, 정점 3은 앞의 두 그룹과 다소 차이가 나는 것을 알 수 있었다(Fig. 10). 모든 정점에서 멸치와 동갈양태속 어류가 출현하였지만, 북쪽에 위치한 정점에서는 남쪽에 위치한 정점보다 멸치는 적게 출현하였지만, 동갈양태속 어류는 더 많이 출현하는 양상을 나타내었고, 군집 분석 결과 분리된 2개의 그룹 차이에 기여하는 분류군들의 기여도를 살펴보면, 그룹 I (정점 5와 6)에서는 멸치가 군집의 분리에 57.7%의 기여도를 나타내어 가장 높았고, 동갈양태속 어류가 24.3%로 두 번째로 높았다. 그룹 II (정점 1, 2 및 4)에서도 멸치가 군집의 분리에 43.7%로 가장 높았고, 동갈양태속 어류가 29.9%로 두 번째였다.

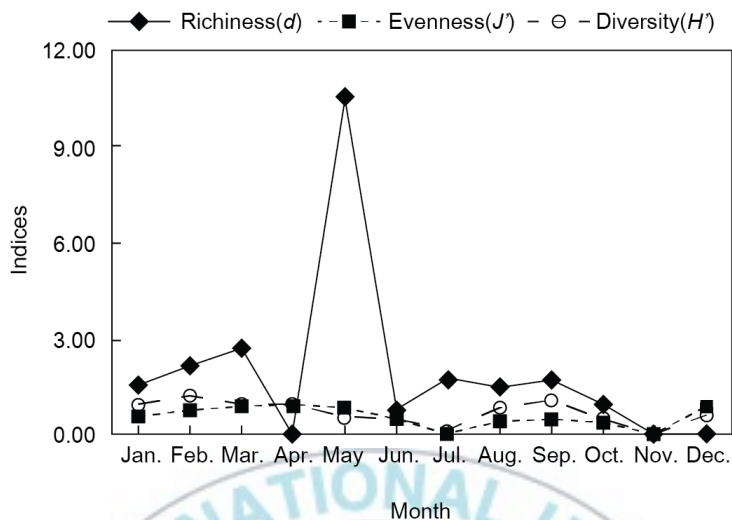


Fig. 8. Monthly variations of ecological indices of fish larvae communities around the coastal area of Uljin, Korea.

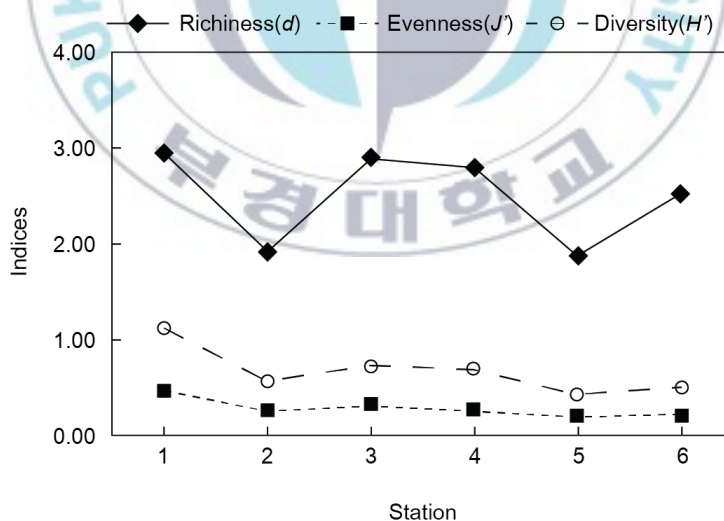


Fig. 9. Spatial variations of ecological indices of fish larvae communities around the coastal area of Uljin, Korea.

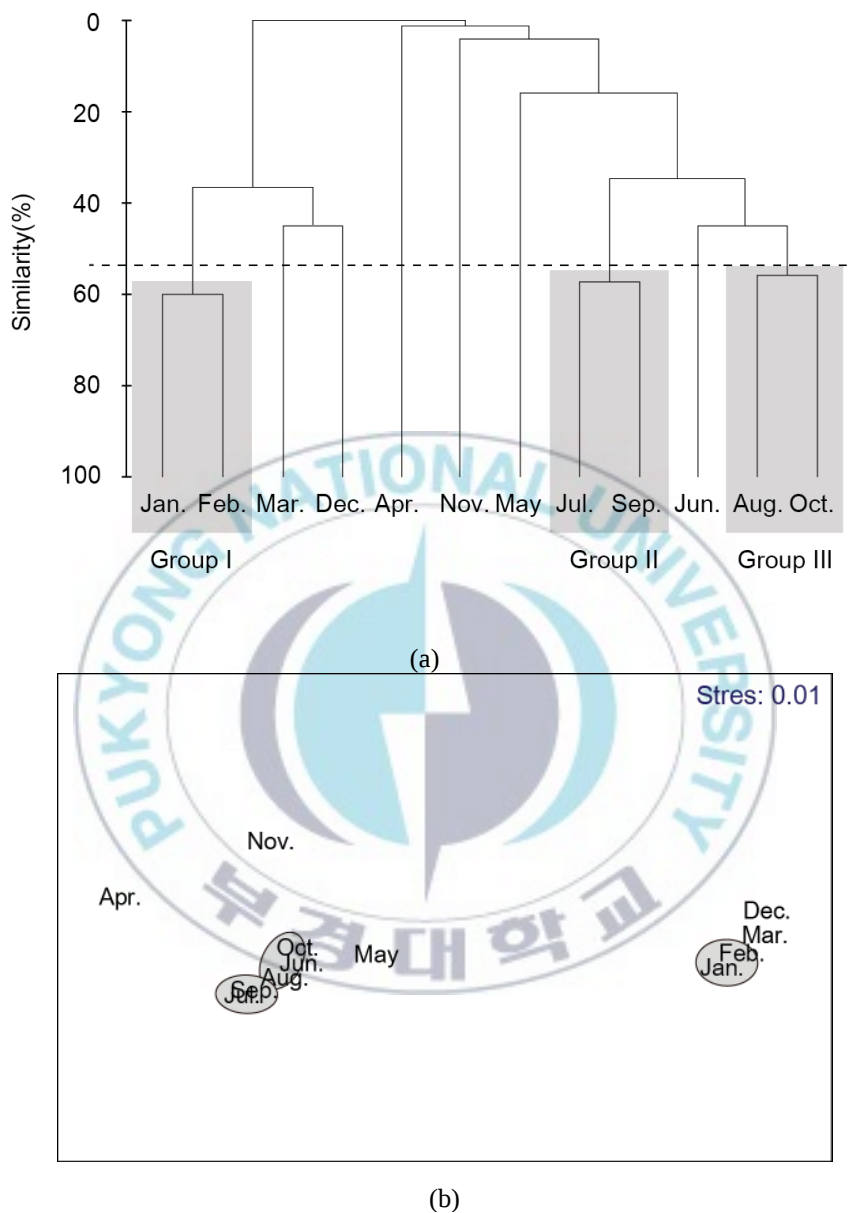


Fig. 10. Dendrogram (a) and nMDS (b) from cluster analysis that shows the relationship of fish larvae communities among sampling periods of the coastal area of Uljin, Korea.

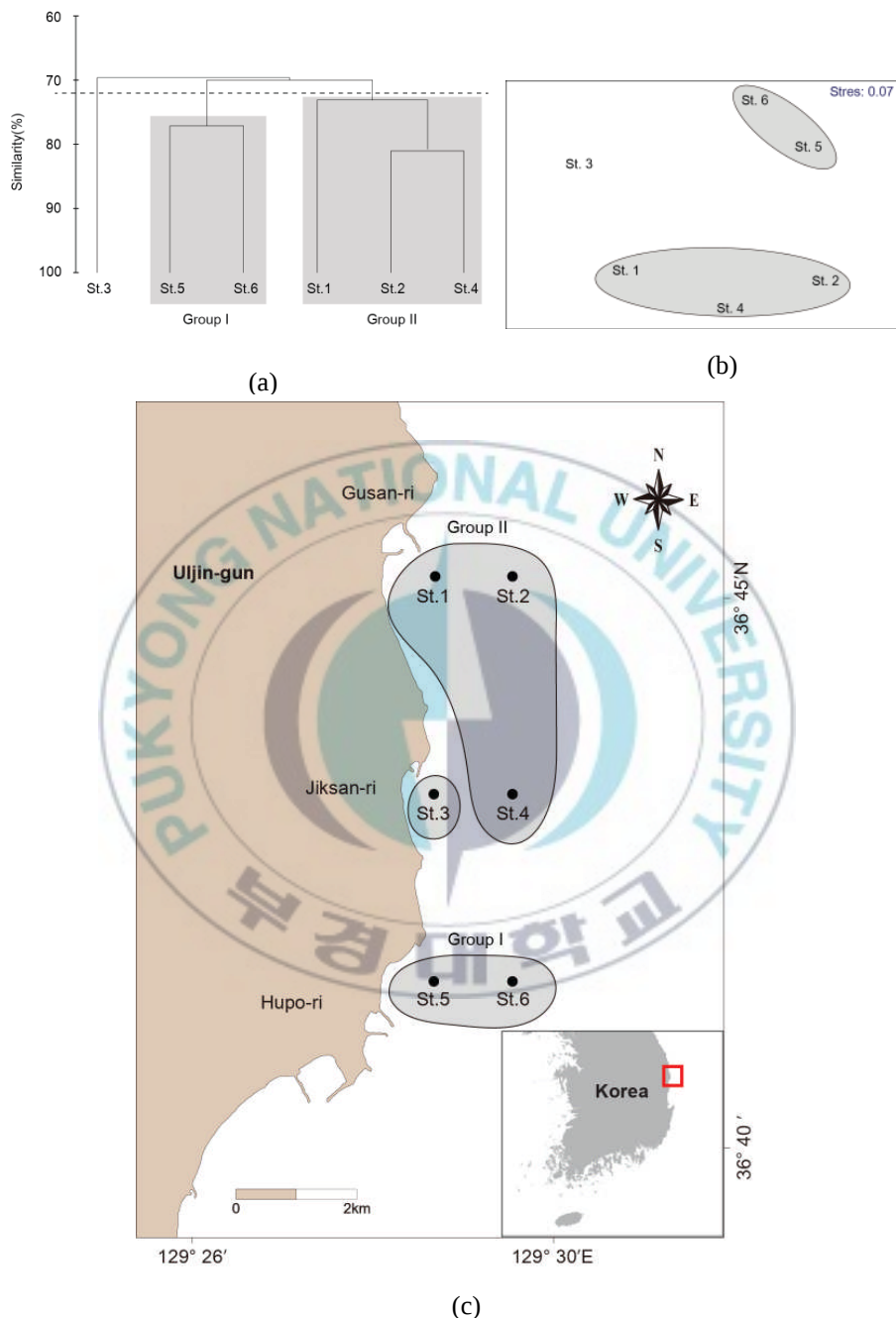


Fig. 11. Dendrogram (a) and nMDS (b) from cluster analysis that shows the relationship of fish larvae communities among sampling stations (c) at the coastal area of Uljin, Korea, from January to December 2010.

3.3 충남 태안의 자어 종조성의 계절변동

태안에서 채집된 자어는 총 4목 20과 37개 분류군, 평균 888.7 개체/1,000 m³로 이 중 13개 분류군은 과(family) 및 속(genus) 수준까지, 1개 분류군은 미동정 자어로 처리하였다. 이들 중 목별 출현 과 수와 분류군 수는 농어목 자어가 13과 22개 분류군(59.5%)으로 가장 많이 출현하였으며, 다음으로는 쏨뱅이목 자어가 3과 7개 분류군(18.9%), 가자미목 자어가 3과 6개 분류군(16.2%) 그리고 청어목 자어가 1과 1개 분류군(2.7%) 순으로 출현하였다. 과별로 출현 한 분류군 수를 보면 망둑어과(Gobiidae)가 8개 분류군으로 가장 많이 출현하였으며, 다음으로 양볼락과 자어가 4개 분류군 그리고 참서대과(Cynoglossidae)가 3개 분류군이 출현하였다(Table 4). 개체 수에 있어서 가장 우점적인 분류군은 흰베도라치(*Pholis fangi*)로 461.5 개체/1,000 m³로 전체 개체 수의 51.9%를 차지하였고, 그 다음으로 멸치가 118.0 개체/1,000 m³로 전체 개체 수의 13.3%를 차지하였으며, 나머지 자어는 전체 개체 수의 10.0% 이하로 출현하였다(Table 5).

3.3.1 월별 자어의 종조성 비교

월별로 출현한 분류군 수 및 평균 개체수를 살펴보면, 1~18개 분류군, 0.9~4,004.9 개체/1,000 m³의 범위로, 1월에는 4개 분류군, 4,004.9 개체/1,000 m³, 2월에는 3개 분류군, 1,097.5 개체/1,000 m³, 3월에는 3개 분류군, 474.3 개체/1,000 m³ 그리고 4월에는 4개 분류군, 103.0 개체/1,000 m³가 출현하였으며, 1~4월 모두 냉수성 어종인 까나리, 꼼치 및 흰베도라치가 출현하였으며, 흰베도라치는 출현 개체 수의 80.0% 이상을 차지하며 극우점하였다. 5월에는 8개 분류군, 13.6 개체

/1,000 m³로 참가자미, 볼락, 두줄망둑, 흰배도라치, 꼼치속 등 다양한 종이 비슷한 개체 수로 조성되었으며, 6월에는 3개 분류군, 543.2 개체/1,000 m³가 출현하였으며, 그 중 멸치가 539.5 개체/1,000 m³로 출현 개체 수의 99.3%를 차지하며 극우점하였다. 7월에는 14개 분류군, 1,648.8 개체/1,000 m³, 8월에는 18개 분류군, 2,603.9 개체/1,000 m³가 출현하였으며, 7월과 8월에는 출현 분류군 수와 개체 수가 많고, 멸치, 동갈양태속 어류, 망둑어류 등 다양한 종이 우점하는 경향을 나타내었다. 9월에는 14개 분류군, 143.7 개체/1,000 m³로 분류군 수는 7월과 동일하지만 개체 수는 매우 감소하였으며, 10월에는 1개 분류군, 1.2 개체/1,000 m³, 11월에는 1개 분류군, 0.9 개체/1,000 m³, 12월에는 3개 분류군, 29.3 개체/1,000 m³로 10월 이후로 분류군 수와 개체 수가 모두 감소하였으며, 12월에는 냉수성 어종인 꼼치와 까나리가 다시 출현하였다. 따라서 자어의 출현 분류군 수는 8월에 가장 많았으며, 10월과 11월에 가장 적었고, 개체 수는 1월에 가장 많았고, 11월에 가장 적었다(Fig. 11, Table 5). 태안에서 채집된 자어의 월별 출현 개체 수를 이용하여 분산의 동질성(Levene 통계량=3.277, $P=0.002$)을 검증한 후, 비모수검정 방법인 Kruskal-Wallis test 결과, 자어의 월별 출현 개체 수는 유의한 차이가 있었다($P<0.05$).

Table 4. Number of taxa of fish larvae collected every month from January to December 2010 around the coastal area of Taean, Korea

Order	Family	No. of taxon	N (%) [*]
Clupeiformes	Engraulidae	1	2.7
Perciformes	Scorpaenidae	4	59.5
	Hemitriptidae	1	
	Liparidae	2	
	Apogonidae	2	
	Sillagnidae	1	
	Carangidae	1	
	Sciaenidae	1	
	Stichaeidae	1	
	Pholididae	1	
	Pinguipedidae	1	
	Ammodytidae	1	
	Blenniidae	2	
	Callyonimidae	1	
	Gobiidae	8	
Pleuronectiformes	Sphyrnaeidae	1	16.2
	Scombridae	1	
	Paralichthyidae	1	
Pleuronectiformes	Pleuronectidae	2	16.2
	Cynoglossidae	3	
Unidentified species	Unidentified species	1	2.7
Total : 37 Taxa, 20 Families, 4 Orders			

* N (%) : Percentage of the total number

Table 5. Monthly taxon composition and abundance of fish larvae around the coastal area of Taejeon, Korea

(unit: inds./1,000 m³)

Family	Species	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Mean	N (%) ¹⁾
Engraulidae	<i>Engraulis japonicus</i>						539.5	735.7	135.7	5.2				118.0	13.3
Scorpaenidae	<i>Sebastes inermis</i>					2.3								0.2	<0.1
	<i>Sebastes longispinis</i>										1.2			0.1	<0.1
	<i>Sebastes pachycephalus</i>						2.1							0.2	<0.1
	Scorpaenidae sp.						1.6							0.1	<0.1
Hemirhamphidae	<i>Hemirhamphus villosus</i>	1.4												0.1	<0.1
Liparidae	<i>Liparis tanakai</i>	8.4	5.4	8.7	6.9								0.6	2.5	0.3
	<i>Liparis</i> sp.					1.1								0.1	<0.1
Apogonidae	<i>Apogon lineatus</i>								3.1					0.2	<0.1
	<i>Gymnapogon</i> spp.							4.7	17.7	2.4				2.1	0.2
Sillaginidae	<i>Sillago japonica</i>							36.8	63.5	0.7				8.4	0.9
Carangidae	Carangidae spp.								1.9					0.1	<0.1
Sciaenidae	<i>Nibea albiflora</i>								39.5					3.3	0.4
Stichaeidae	Stichaeidae spp.					1.1							22.7	2.0	0.2
Pholididae	<i>Pholis fangi</i>	398.7	1,029.8	440.0	85.7	1.1								461.5	51.9
Pinguipedidae	Pinguipedidae sp.							0.9						0.1	<0.1
Ammodontidae	<i>Ammodontes personatus</i>	13.4	62.3	25.6	9.4								6.5	9.7	1.1
Blenniidae	<i>Omobranchius elegans</i>							12.6	0.9	0.7				1.2	0.1
	<i>Parablennius yatabei</i>								1.0	1.7				0.2	<0.1

¹⁾ N (%) : percentage abundance

※ Blank : Larva was not collected.

Table 5. (Continued.) Monthly taxon composition and abundance of fish larvae around the coastal area of Taean, Korea

(unit: inds./1,000 m³)

Family	Species	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Mean	N (%) ¹⁾
Callyonimidae	<i>Repomucenus</i> spp.							304.8	716.7	41.8				88.6	10.0
Gobiidae	<i>Acentrogobius pflaumi</i>							174.2	22.8	0.7				16.5	1.9
	<i>Favonigobius gymnauchen</i>							329.2	168.9	6.2				42.0	4.7
	<i>Luciogobius</i> sp.					1.1								0.1	<0.1
	<i>Tridentiger trigonocephalus</i>					2.2								0.2	<0.1
	Gobiidae sp. 1							41.3	147.8	1.5				15.9	1.8
	Gobiidae sp. 2								359.9	5.3				30.4	3.4
	Gobiidae sp. 3								0.9					0.1	<0.1
Sphyraenidae	Gobiidae spp.					1.3		1.0	1.0	2.6				0.5	0.1
	<i>Sphyraena pinguis</i>							2.1						0.2	<0.1
Scombridae	<i>Scomber japonicus</i>							1.8						0.1	<0.1
Paralichthyidae	<i>Pseudorhombus pentophthalmus</i>							2.4						0.2	<0.1
Pleuronectidae	<i>Pseudopleuronectes herzensteini</i>				1.0	3.4								0.4	<0.1
	<i>Pleuronichthys cornutus</i>											0.9		0.1	<0.1
Cynoglossidae	<i>Cynoglossus joyneri</i>							1.3	911.6	73.1				82.2	9.2
	<i>Paraplagusia japonica</i>									1.0				0.1	<0.1
	Cynoglossidae spp								2.8	0.8				0.3	<0.1
Unidentified species	Unidentified spp.								8.2					0.7	0.1
Total		4,004.9	1,097.5	474.3	103.0	13.6	543.2	1,648.8	2,603.9	143.7	1.2	0.9	29.8	888.7	
No. of taxa		4	3	3	4	8	3	14	18	14	1	1	3	37	

¹⁾ N (%) : percentage abundance

※ Blank : Larva was not collected.

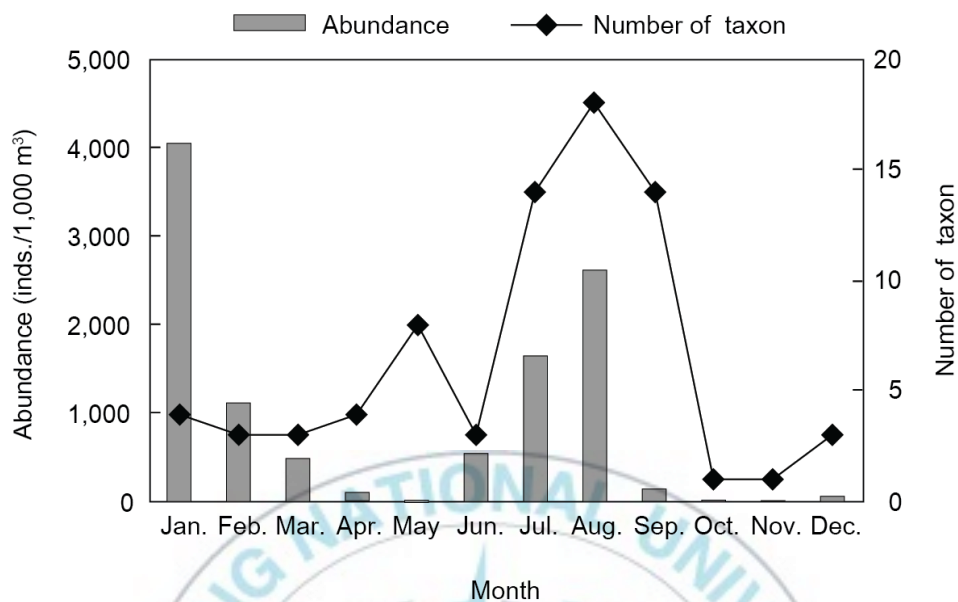


Fig. 12. Monthly variations of taxon richness and abundance of fish larvae communities around the coastal area of Taejeon, Korea.

3.3.2 정점별 자어의 종조성 비교

정점별로 출현한 분류군 수 및 평균 개체 수를 살펴보면, 4목, 12~18과, 17~26개 분류군 및 488.8~1,969.2 개체/1,000 m³의 범위로, 정점 1에서는 총 4목 12과 19개 분류군 538.1 개체/1,000 m³가 출현하였으며, 이 중 농어목 자어가 8과 13개 분류군, 과별로 망둑어과가 6개 분류군, 분류군별로 흰베도라치가 187.5 개체/1,000 m³ (34.8%)로 가장 많이 출현하였다. 정점 2에서는 4목 14과 18개 분류군, 557.4 개체/1,000 m³가 출현하였으며, 이 중 농어목 자어가 10과 14개 분류군, 분류군별로 흰베도라치가 149.7 개체/1,000 m³ (26.9%)로 가장 많이 출현하였다. 정점 3에서는 4목 15과 26개 분류군 890.6 개체/1,000 m³가 출현하였으며, 이 중 농어목 자어가 9과 16개 분류군, 과별로 망둑어과가 6개 분류군, 분류군별로 흰베도라치가 516.1 개체/1,000 m³ (57.9%)로 가장 많이 출현하였다. 정점 4에서는 4목 12과 17개 분류군 488.8 개체/1,000 m³가 출현하였으며, 이 중 농어목 자어가 9과 12개 분류군, 과별로 망둑어과가 4개 분류군, 분류군별로 흰베도라치가 129.2 개체/1,000 m³ (26.4%)로 가장 많이 출현하였다. 정점 5에서는 4목 18과 24개 분류군 1,969.2 개체/1,000 m³가 출현하였으며, 이 중 농어목 자어가 13과 18개 분류군, 과별로 망둑어과가 6개 분류군, 분류군별로 흰베도라치가 1,325.1 개체/1,000 m³ (67.3%)로 가장 많이 출현하였다. 따라서 분류군 수는 내파수도와 외도 사이에 위치한 정점 3에서 가장 많았으며, 개체 수는 가장 연안에 위치한 정점 5에서 가장 많이 출현하였고, 정점 4에서는 분류군 수와 개체 수 모두 가장 적게 출현하였다(Fig. 12, Table 6).

태안에서 채집된 자어의 정점별 출현 개체 수를 이용하여 분산의 동질성

(Levene 통계량=0.463, $P=0.762$)을 검증한 후, 모수 검정 방법인 일원분산분석 (one-way ANOVA) 결과, 자어의 정점별 출현 개체 수는 유의한 차이가 없었다 ($P>0.05$).



Table 6. Taxon composition and abundance of fish larvae by station around the coastal area of Taejeon, Korea

(unit: inds./1,000 m³)

Family	Scientific name	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5	Mean	N (%) ¹⁾
Engraulidae	<i>Engraulis japonicus</i>	61.6	105.1	124.4	117.2	181.7	118.0	13.3
Scorpaenidae	<i>Sebastes inermis</i>			1.0			0.2	<0.1
	<i>Sebastes longispinis</i>			0.5			0.1	<0.1
	<i>Sebastes pachycephalus</i>		0.9				0.2	<0.1
	Scorpaenidae sp.	0.7					0.1	<0.1
Hemitriptidae	<i>Hemitripterus villosus</i>					0.6	0.1	<0.1
Liparidae	<i>Liparis tanakai</i>	3.4	0.5	2.4	4.8	1.4	2.5	0.3
	<i>Liparis</i> sp.			0.5			0.1	<0.1
Apogonidae	<i>Apogon lineatus</i>			1.3			0.2	<0.1
	<i>Gymnapogon</i> spp.	2.2	1.8	1.8	1.3	3.3	2.1	0.2
Sillaginidae	<i>Sillago japonica</i>	6.8	9.6	4.7	3.1	17.8	8.4	0.9
Carangidae	Carangidae spp.		0.4			0.4	0.1	<0.1
Sciaenidae	<i>Nibea albiflora</i>	5.4	2.4	1.3	2.3	5.0	3.3	0.4
Stichaeidae	Stichaeidae spp.			5.3	3.2	1.5	2.0	0.2
Pholididae	<i>Pholis fangi</i>	187.5	149.7	516.1	129.2	1,325.1	461.5	51.9
Pinguipedidae	Pinguipedidae sp.					0.4	0.1	<0.1
Ammodytidae	<i>Ammodytes personatus</i>	5.3	15.9	8.5	10.2	8.9	9.8	1.1
Blenniidae	<i>Omobranchus elegans</i>			1.3	2.0	2.7	1.2	0.1
	<i>Parablennius yatabei</i>	0.4	0.4	0.3			0.2	<0.1

¹⁾ N (%) : percentage abundance

※ Blank : Larva was not collected.

Table 6. (Continued.) Taxon composition and abundance of fish larvae by station around the coastal area of Taean, Korea

(unit: inds./1,000 m³)

Family	Scientific name	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5	Mean	N (%) ¹⁾
Callyonimidae	<i>Repomucenus</i> spp.	111.4	108.5	76.6	82.1	64.4	88.6	10.0
Gobiidae	<i>Acentrogobius pflaumi</i>	11.3	24.5	15.1	10.5	21.0	16.5	1.9
	<i>Favonigobius gymnauchen</i>	46.3	67.9	29.3	35.2	31.5	42.0	4.7
	<i>Luciogobius</i> sp.			0.5			0.1	<0.1
	<i>Tridentiger trigonocephalus</i>			0.5		0.4	0.2	<0.1
	Gobiidae sp. 1	17.7	13.7	16.5	7.8	23.8	15.9	1.8
	Gobiidae sp. 2	9.0	8.5	20.1	9.1	105.5	30.4	3.4
	Gobiidae sp. 3	0.4					0.1	<0.1
	Gobiidae spp.	0.8	0.9			0.7	0.5	0.1
Sphyraenidae	<i>Sphyraena pinguis</i>		0.5			0.4	0.2	<0.1
Scombridae	<i>Scomber japonicus</i>					0.8	0.1	<0.1
Paralichthyidae	<i>Pseudorhombus pentophthalmus</i>			1.0			0.2	<0.1
Pleuronectidae	<i>Pseudopleuronectes herzensteini</i>			1.4		0.4	0.4	<0.1
	<i>Pleuronichthys cornutus</i>			0.4			0.1	<0.1
	Cynoglossidae							
Cynoglossidae	<i>Cynoglossus joyneri</i>	65.3	46.2	58.9	70.0	170.4	82.2	9.2
	<i>Paraplagusia japonica</i>	0.4					0.1	<0.1
	Cynoglossidae spp.				0.4	1.1	0.3	<0.1
Unidentified species	Unidentified spp	2.2		0.9	0.4		0.7	0.1
Total		538.1	557.4	890.6	488.8	1,969.2	888.8	
Number of taxon		19	18	26	17	24	37	

¹⁾ N (%) : percentage abundance

※ Blank : Larva was not collected.

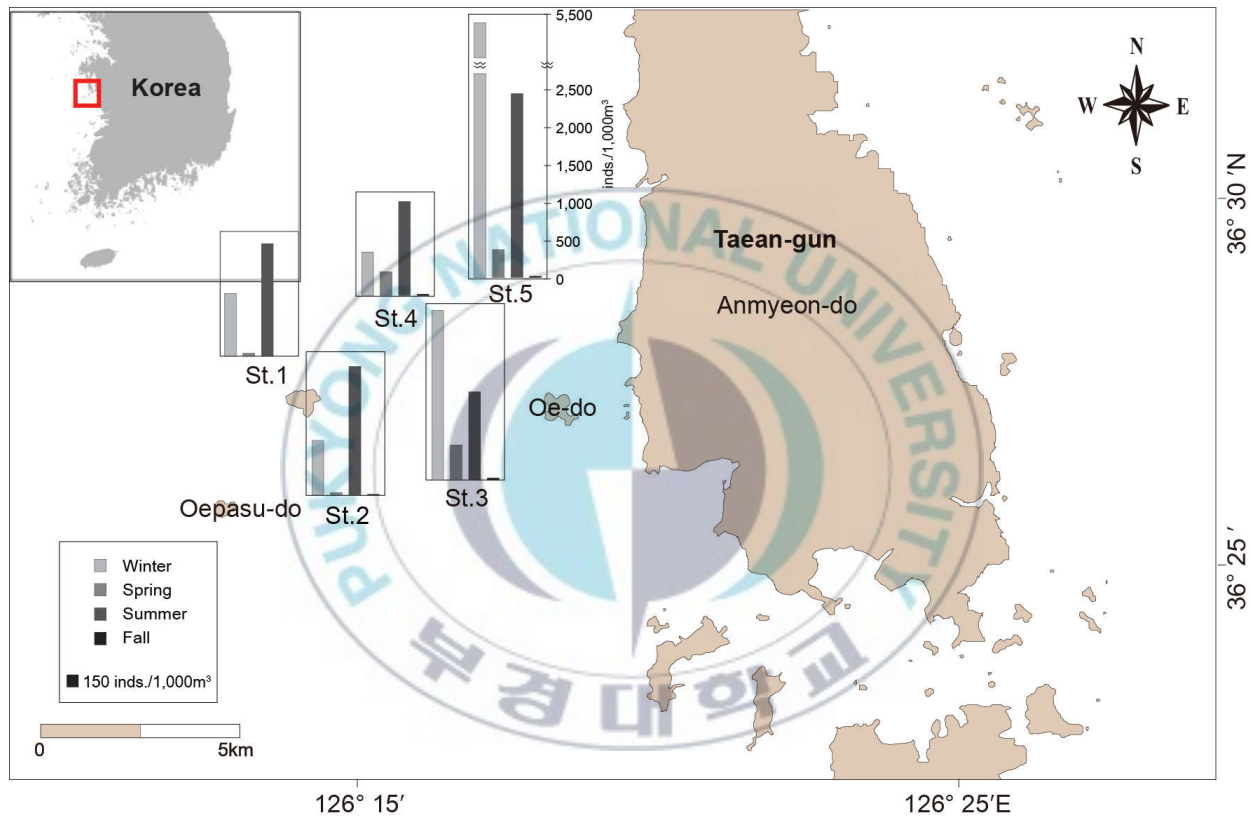


Fig. 13. Spatial variations of taxon richness and abundance of fish larvae communities around the coastal area of Taean, Korea.

3.3.3 군집구조

1) 월별 군집구조

월별 중 풍부도(d)는 0.00~2.68(평균 0.98 ± 1.02), 균등도(J)는 0.00~0.95(평균 0.35 ± 0.31) 그리고 중 다양도(H)는 0.00~1.98(평균 0.71 ± 0.75)로 모두 5월에 가장 높고 10월과 11월에 가장 낮게 나타났다. 중 풍부도, 균등도 및 중 다양도 모두 5월, 7월 및 8월에 높고 10월과 11월에 낮았는데, 5월, 7월 및 8월에는 출현 분류군 수가 많고, 군집이 다양한 종에 의해 우점하는 경향을 나타내었으나, 10월과 11월에는 출현 분류군 수와 개체 수가 가장 적었기 때문에 판단된다(Fig. 13). 월별 군집의 유사도를 보면 유사도 60.0%를 기준으로 2개의 그룹과 6개의 월로 구분되며, 그룹 I는 7월과 8월(유사도 62.9%), 그룹 II는 1~4월(유사도 78.6%)로 군집구조가 비슷하였고, 나머지는 월은 앞의 그룹과 다소 차이가 나는 것을 알 수 있었다(Fig. 15). 군집 분석 결과 분리된 2개의 그룹 차이에 기여하는 분류군들의 기여도를 살펴보면, 그룹 I (7월과 8월)은 동갈양태속이 19.4% 그리고 그룹 II (1~4월)는 흰베도라치가 53.8%의 기여도를 나타내었다.

2) 정점별 군집구조

정점별 중 풍부도(d)는 2.58~3.68 (평균 2.97 ± 0.43)로 정점 3에서 가장 높고, 정점 4에서 가장 낮게 나타났다. 균등도(J)는 0.40~0.69 (평균 0.58 ± 0.14), 중 다양도(H)는 1.27~2.00 (평균 1.74 ± 0.32)로 균등도와 중 다양도는 정점 2에서 가장 높고, 정점 5에서 가장 낮게 나타났는데, 정점 2에서는 다른 정점에 비하여 출현 분류군 수와 개체 수는 적지만 흰베도라치, 동갈양태속 어류, 멸치, 망둑어류 등 다양

한 종이 우점하는 경향을 나타내었고, 정점 5에서는 출현 분류군 수와 개체 수는 많지만 흰베도라치가 출현 개체 수의 67.3%로 극우점하였기 때문에 판단된다 (Fig. 14).

정점별 군집의 유사도를 보면 유사도 85.0%를 기준으로 2개의 그룹과 1개의 정점으로 구분되며, 그룹 I 은 서쪽에 위치한 정점 1과 2 (유사도 88.5%), 그룹 II는 동쪽에 위치한 정점 3과 4 (유사도 86.4%)로 군집구조가 비슷하였고 그리고 정점 5는 앞의 두 그룹과 다소 차이가 나는 것을 알 수 있다(Fig. 16). 모든 정점에서 흰베도라치, 동갈양태속 어류 및 멸치가 출현하였지만, 서쪽에 위치한 정점에서는 동쪽에 위치한 정점보다 멸치와 흰베도라치는 적게 출현하였지만, 동갈양태속 어류는 더 많이 출현하는 양상을 나타내었고, 군집 분석 결과 분리된 2개의 그룹 차이에 기여하는 분류군들의 기여도를 살펴보면, 그룹 I (정점 1과 2)에서는 흰베도라치가 군집의 분리에 13.8%의 기여도를 나타내어 가장 높았고, 동갈양태속 어류가 12.9%로 두 번째로 높았다. 그룹 II (정점 3과 4)에서도 흰베도라치가 군집의 분리에 13.0%로 가장 높았고 멸치가 12.7%로 두 번째였다.

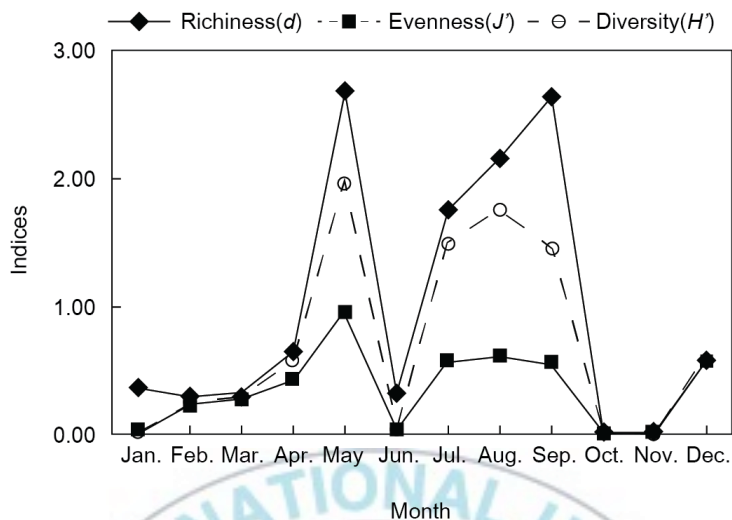


Fig. 14. Monthly variations of ecological indices of fish larvae communities around the coastal area of Taejeon, Korea.

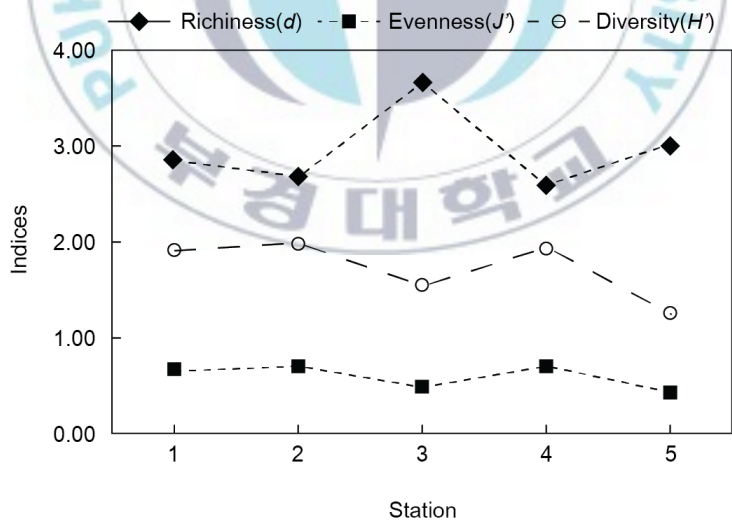


Fig. 15. Spatial variations of ecological indices of fish larvae communities around the coastal area of Taejeon, Korea.

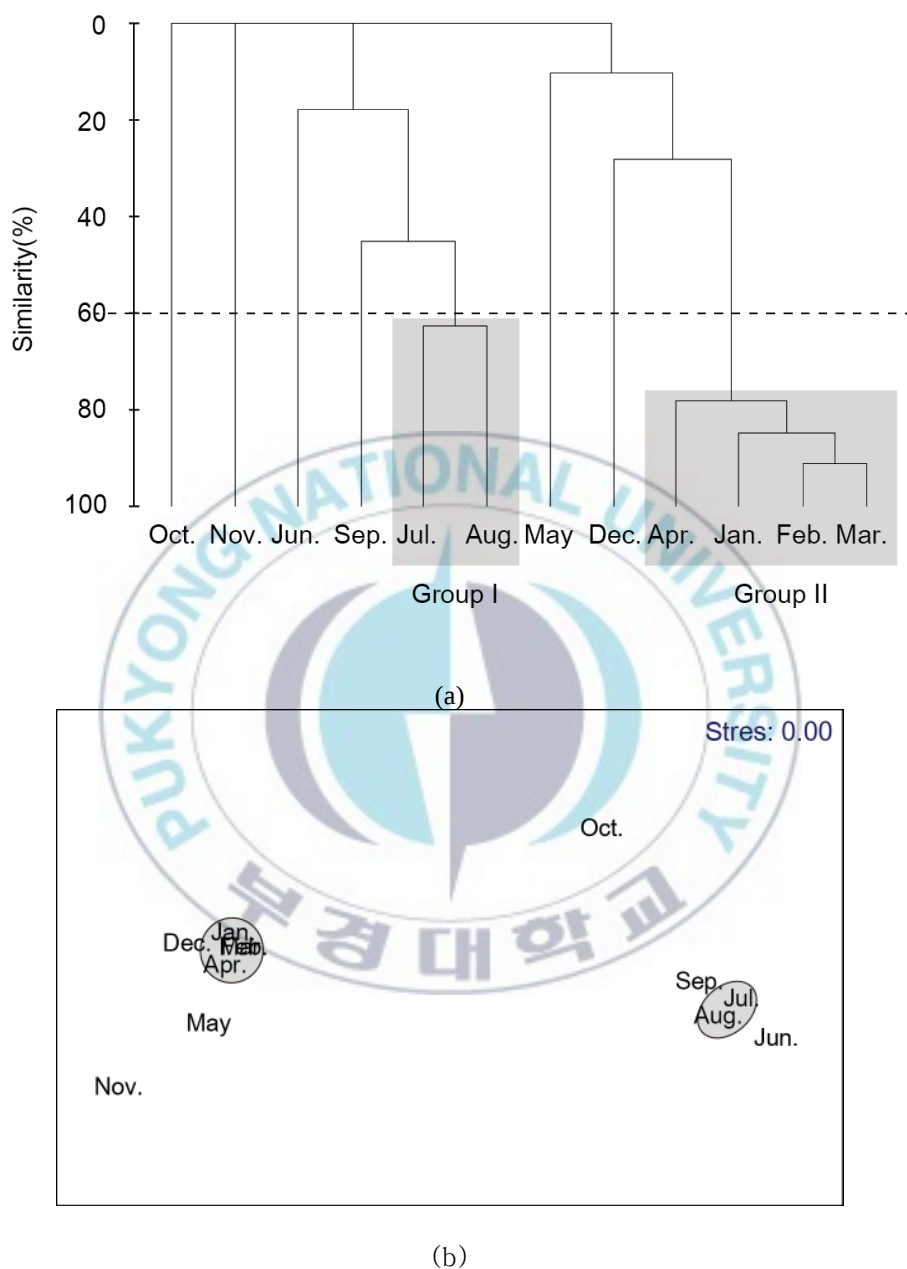


Fig. 16. Dendrogram (a) and nMDS (b) from cluster analysis that shows the relationship of fish larvae communities among sampling periods of the coastal area of Taean, Korea.

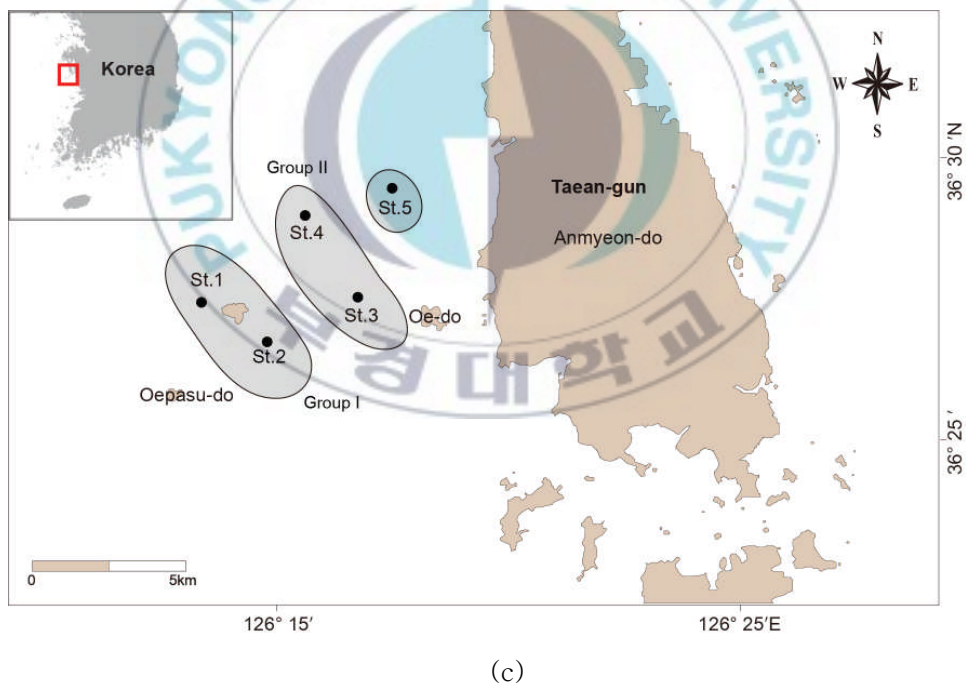
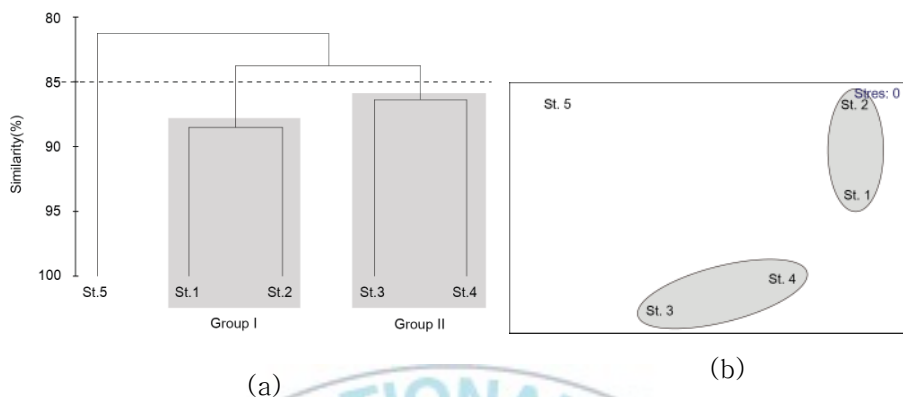


Fig. 17. Dendrogram (a) and nMDS (b) from cluster analysis that shows the relationship of fish larvae communities among sampling stations (c) at the coastal area of Taejeon, Korea, from January to December 2010.

3.4 두 해역 모두 출현한 종의 형태 비교

3.4.1 *Engraulis japonicus* (국명 : 멸치)

울진에서는 5~10월에 1.52~17.62mm 범위의 전기~후기자어가 출현하였으며, 태안에서는 6~9월에 2.55~32.11mm 범위의 전기자어~치어가 출현하였다.

울진 개체와 태안 개체 모두 몸은 가늘고 길며, 주둥이는 약간 뾰족하고, 위턱은 눈의 앞쪽 가장자리를 지난다. 등지느러미는 몸의 중앙보다 뒤쪽에 위치하며, 등지느러미 기저 말단부와 항문의 위치가 일치한다. 직선 모양의 흑색소포는 협부와 소화관 후반부 배쪽 가장자리에 1열로 있으며, 점 모양의 흑색소포는 가슴지느러미 기점 및 소화관 전반부 등쪽에 2열, 항문 위에 있으며, 소화관 후반부 등쪽과 뒷지느러미 기부에는 매몰되어 있다. 별 모양의 흑색소포는 꼬리의 배쪽 가장자리에 다수 있다.

발달단계별 평균 전장을 살펴보면, 전기자어기에 울진 개체의 전장은 1.52~3.82mm (평균 2.26mm)범위였으며, 태안 개체의 전장은 2.55~5.04mm (평균 3.36mm)범위였고, 중기자어기에 울진 개체의 전장은 4.67~8.54mm (평균 6.17mm) 범위였으며, 태안 개체의 전장은 5.52~8.55mm (평균 7.17mm)범위였고, 그리고 후기자어기에 울진 개체의 전장은 8.41~17.62mm (평균 9.40mm)범위였으며, 태안 개체의 전장은 8.74~13.97mm (평균 10.30mm)범위였다. 따라서 발달단계별 형태특징은 유사하지만, 발달단계별 평균 전장은 울진에 비하여 태안 개체가 컸다(Fig. 17).

3.4.2 *Sebastes pachycephalus* (국명 : 개볼락)

울진에서는 2월에 5.16mm의 중기자어만 출현하였으며, 태안에서는 6월에 6.81mm의 중기자어만 출현하였다.

울진 개체와 태안 개체 모두 몸은 짧고 측편되어 있으며, 두고는 높고, 위턱의 뒤끝은 눈의 중앙에 이른다. 등지느러미와 뒷지느러미의 줄기가 나타나기 시작하였으며, 척색말단은 45° 경사져 있었다. 꼬리지느러미 줄기는 분화되었다. 흑색소포는 두정부, 협부, 새개부, 머리의 뒤쪽 몸통부위, 복강 전체에 잘 발달되어 있으며, 특히 가슴지느러미 줄기부에 짙게 분포하며 척색말단에 1~2개의 흑색소포가 나타났다.

그러나 울진 개체는 태안 개체에 비하여 체고가 높고(울진 : 37.5% TL, 태안 : 26.7% TL), 항문전장은 길었으며(울진 : 52.1% TL, 태안 : 51.1% TL), 흑색소포는 울진 개체에 비하여 태안 개체가 조밀하게 분포하고 있었으며, 울진 개체는 척색말단에 흑색소포가 나타났으나, 태안 개체는 흑색소포가 나타나지 않았다 (Fig. 18).

3.4.3 *Sillago japonica* (국명 : 청보리멸)

울진에서는 7월에 2.76~6.56mm 범위의 전기~후기자어가 출현하였으며, 태안에서는 7~9월에 2.09~17.39mm 범위의 전기~후기자어가 출현하였다.

울진 개체와 태안 개체 모두 성장함에 따라 몸은 측편하고 가늘고 길었으며, 흑색소포는 전기~중기자어기에 소화관의 배쪽으로는 앞과 뒤쪽 모두 있었고, 등쪽으로는 뒤쪽에만 항문까지 나 있었다. 꼬리의 배쪽으로 가장자리를 따라 있었고 등쪽으로 후반부에 몇 개가 관찰된다. 중기자어기 후반에는 아래턱 뒤쪽 각진 부위에 1개 있었고, 후기자어기에는 나뭇가지 모양의 흑색소포가 꼬리의 체측 중앙 뒤쪽에 2개, 등지느러미 마지막 기조 아래에 있었다.

울진 개체와 태안 개체 항문은 모두 몸의 중앙보다 앞쪽에 있었으나 울진 개체의 항문전장은 전기자어기에 43.5%에서 후기자어기에 42.7%로 감소한 반면, 태

안 개체의 향문전장은 45.9%에서 후기자어기에 41.2%로 감소하여 올진 개체에 비하여 더 많이 감소하였다. 체고 또한 올진 개체는 전기자어기에 18.5%에서 후기자어기에 13.6%로 감소한 반면, 태안 개체는 전기자어기에 14.3%에서 후기자어기에 12.7%로 감소하여 올진 개체에 비하여 태안 개체가 더 가늘고 길었다(Fig. 19).

3.4.4 *Ammodytes personatus* (국명 : 까나리)

올진에서는 12~3월에 2.63~15.40mm 범위의 전기~후기자어가 출현하였으며, 태안에서는 12~4월에 4.42~16.73mm 범위의 전기~후기자어가 출현하였다.

올진 개체와 태안 개체 모두 몸은 가늘고 길며, 눈은 크고, 향문은 몸의 중앙보다 조금 뒤쪽에 위치한다. 흑색소포는 해역에 따라 분포 위치가 상이하였는데, 올진 개체는 전기자어기에 머리 뒤끝의 등쪽에 1개, 새개부에 1개 나타나며, 소화관의 배쪽으로는 앞쪽에만 몇 개 있고, 등쪽으로는 향문까지 1열로 나 있다. 꼬리의 배쪽으로는 가장자리를 따라 1열로 나 있고, 등쪽으로는 후반부에 몇 개가 관찰된다. 중기자어기에는 두정부에 4개의 흑색소포가 더 나타나며, 꼬리의 등쪽 흑색소포는 전기자어보다 앞뒤로 조금 확장되어 나타났다. 태안 개체의 흑색소포 분포 위치는 동해 개체와 유사하지만, 올진 개체는 중기 자어기에 머리 뒤끝의 등쪽에 몇 개의 흑색소포가 더 나타나지만, 태안 개체는 나타나지 않으며, 꼬리의 등쪽과 배쪽의 흑색소포 분포 또한 동해에 비하여 적게 나타났다.

발달단계별 평균 전장을 살펴보면, 전기자어기에 올진 개체의 전장은 2.63~5.01mm (평균 3.59mm) 범위였으며, 태안 개체의 전장은 4.42~8.66mm (평균 6.04mm) 범위였고, 중기자어기에 올진 개체의 전장은 4.15~9.04mm (평균 5.79mm) 범위였으며, 태안 개체의 전장은 5.17~11.17mm (평균 7.86mm) 범위였고, 그리고

후기자어기에 올진 개체의 전장은 8.61~15.40mm (평균 11.64mm)범위였으며, 태안 개체의 전장은 11.42~16.73mm (평균 13.70mm)범위였다. 따라서 발달단계별 형태 특징은 유사하지만, 평균 전장은 올진에 비하여 태안 개체가 컸다(Fig. 20).

3.4.5 *Omobranchus elegans* (국명 : 앞동갈베도라치)

올진에서는 8월에 7.07mm의 후기자어만 출현하였으나, 태안에서는 7~9월에 3.28~10.27mm 범위의 중기~후기자어가 출현하였다.

올진 개체와 태안 개체 모두 몸은 납작하였으며, 머리와 눈이 크고, 입은 작았다. 항문은 몸의 중앙보다 앞쪽에 있었다. 흑색소포는 두정부 내부의 중앙과 앞에 있고, 가슴지느러미 막 위에 조밀하게 분포하였으며, 소화관의 등쪽 피부 아래가 검은색이었다. 복강부를 제외한 몸옆에는 흑색소포가 적고, 꼬리부분 중앙의 약간 앞쪽에서부터 꼬리부분 끝 가까이까지의 몸의 배쪽 각 근육절에 1개씩 작은 점이 줄지었으며, 척색말단 주변 및 꼬리지느러미 기저에 흑색소포가 나타났다(Fig. 21).

3.4.6 *Parablennius yatabei* (국명 : 청베도라치)

올진에서는 7월에 2.56~11.43mm의 전기 및 후기자어가 출현하였으나, 태안에서는 8월과 9월에 4.11~4.62mm 범위의 중기자어만 출현하였다.

올진 개체와 태안 개체 모두 몸은 납작하였으며, 머리와 눈이 크고, 항문은 몸의 중앙보다 앞쪽에 있었다. 흑색소포는 두정부 내부의 중앙, 앞과 뒤에 있고, 소화관의 등쪽 피부 아래가 검은색이었다. 복강부를 제외한 몸옆에는 흑색소포가 적고, 꼬리부분 중앙의 약간 앞쪽에서부터 꼬리부분 끝 가까이까지의 몸의 배쪽 각 근육절에 1개씩 작은 점이 줄지었으며, 척색말단 주변 및 꼬리지느러미 기저

에 흑색소포가 나타났다(Fig. 22).

3.4.7 *Scomber japonicus* (국명 : 고등어)

울진에서는 7월에 8.15mm의 후기자어만 출현하였으나, 태안에서는 7월에 3.42~5.44mm 범위의 전기~중기자어가 출현하였다.

두 해역에서 동시에 동일한 발달단계 개체가 출현하지 않아 비교 할 수 없었다(Fig. 23)

3.4.8 *Pseudorhombus pentophthalmus* (국명 : 점넙치)

울진에서는 7~9월에 2.63~4.96mm 범위의 전기~중기자어가 출현하였으나, 태안에서는 7월에 2.74mm의 전기자어만 출현하였다.

전기자어기에 항문전장은 울진 개체는 전장의 43.1~51.2%였고, 태안 개체는 전장의 38.5%로 항문의 위치가 울진 개체보다 다소 앞에 있었으나, 흑색소포의 위치는 울진과 태안 개체 모두 아래턱 선단부, 복강의 등쪽, 복강의 배쪽, 꼬리의 등쪽 및 배쪽 가장자리를 따라 나타났으며, 특히 꼬리의 등쪽과 배쪽 가장자리에 대칭적으로 1개 나타났다(Fig. 24).

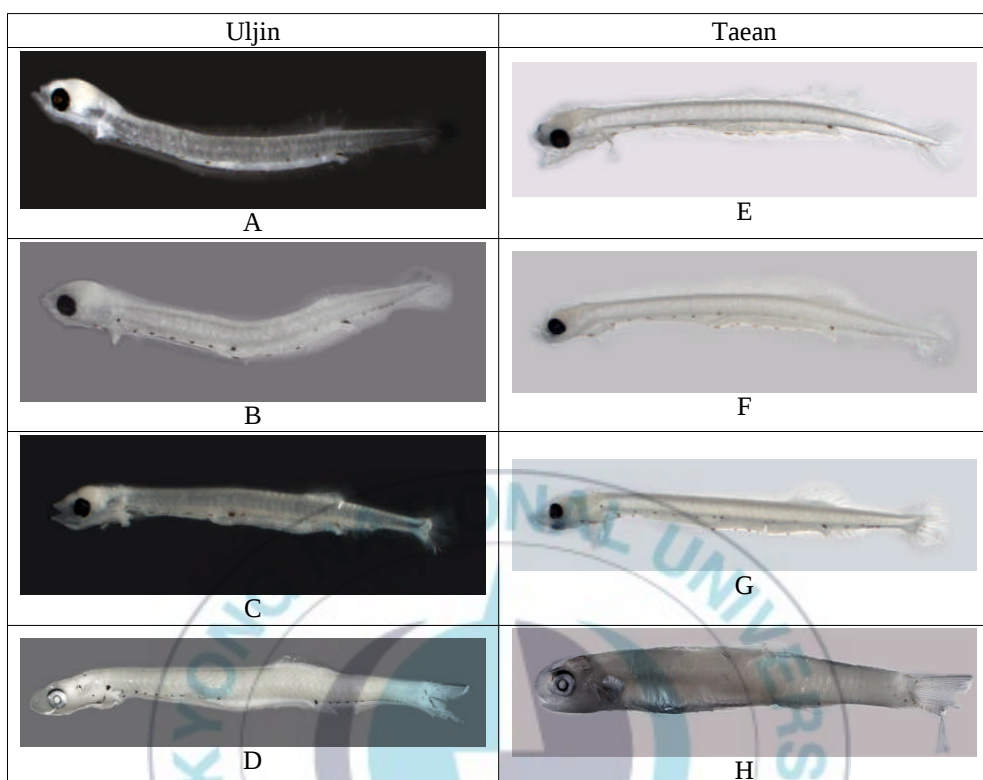


Fig. 18. Developmental stages of *Engraulis japonicus* larvae.

A: Preflexion, 5.04mm TL ; B: Flexion, 6.28mm TL ; C: Flexion, 7.85mm TL ; D: Postflexion, 17.62mm TL ; E: Preflexion, 4.31mm TL ; F: Flexion, 7.22mm TL ; G: Flexion, 8.35mm TL ; H: Juvenile, 32.11mm TL.

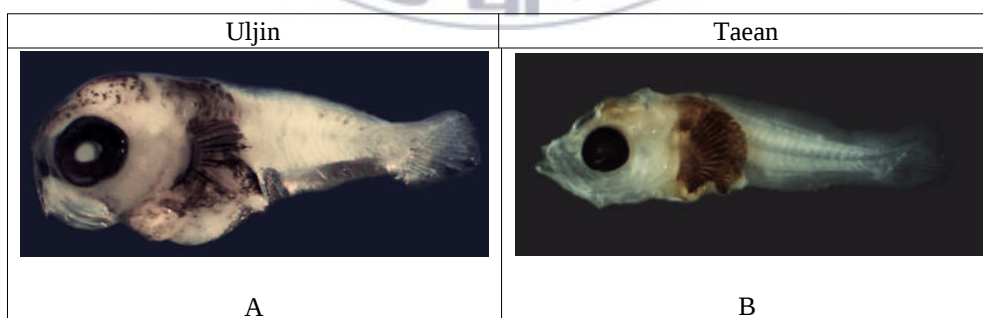


Fig. 19. Developmental stages of *Sebastes pachycephalus* larvae.

A: Flexion, 5.16mm TL ; B: Flexion, 6.81mm TL.

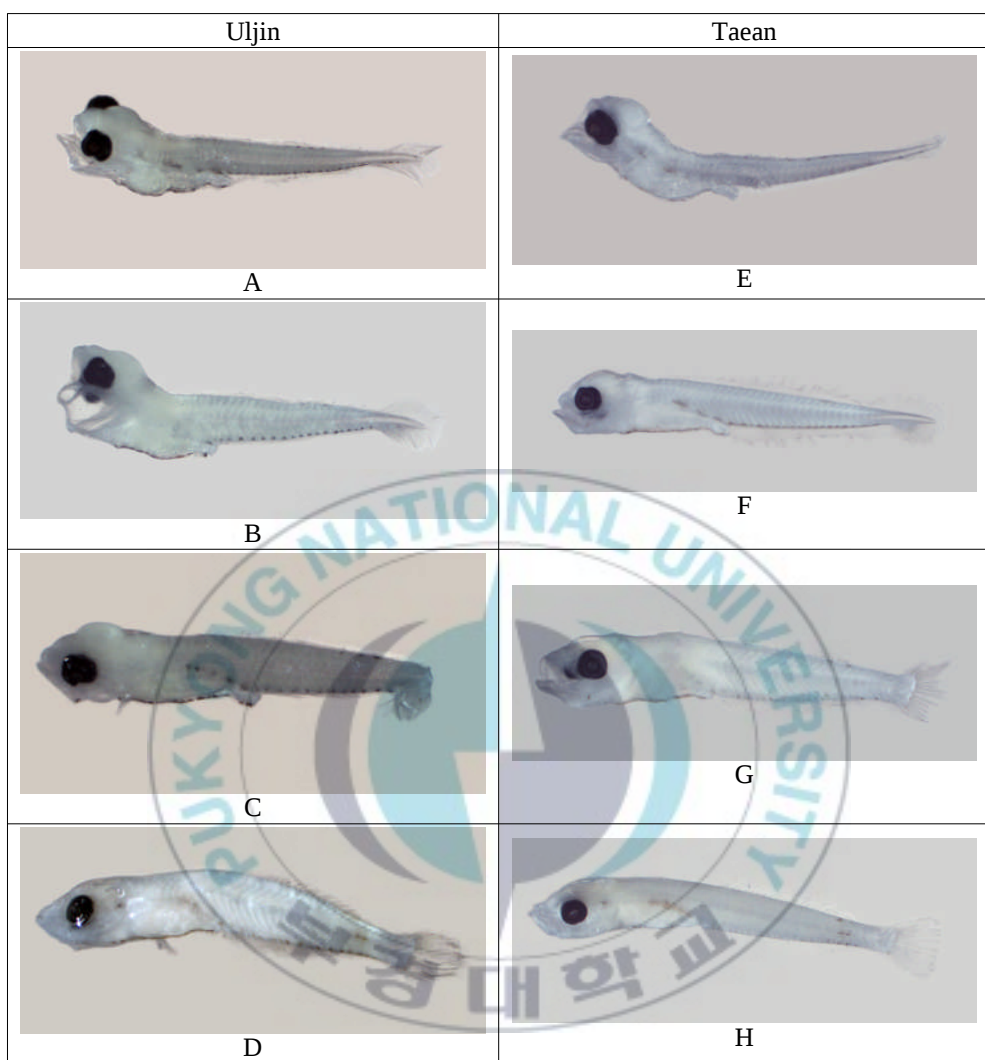


Fig. 20. Developmental stages of *Sillago japonica* larvae.

A: Preflexion, 2.76mm TL ; B: Flexion, 3.93mm TL ; C: Postflexion, 4.26mm TL ; D: Postflexion, 6.56mm TL ; E: Preflexion, 2.26mm TL ; F: Flexion, 4.66mm TL ; G: Postflexion, 6.48mm TL ; H: Postflexion, 9.14mm TL.

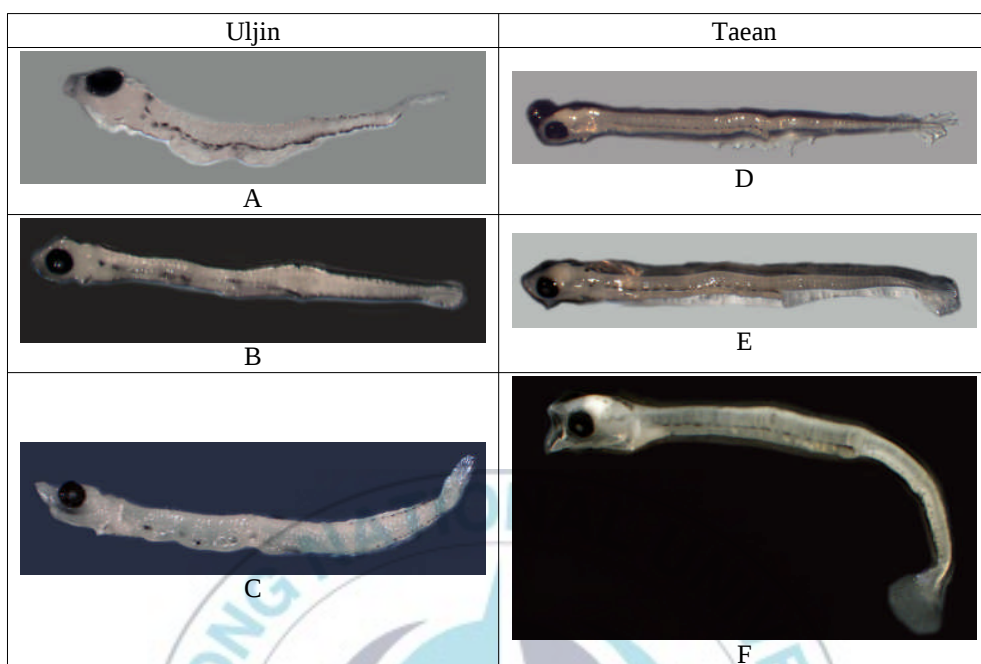


Fig. 21. Developmental stages of *Ammodytes personatus* larvae.

A: Preflexion, 3.10mm TL ; B: Flexion, 6.39mm TL ; C: Postflexion, 9.12mm TL ; D: Preflexion, 5.10mm TL ; E: Flexion, 9.07mm TL ; F: Postflexion, 11.42mm TL.

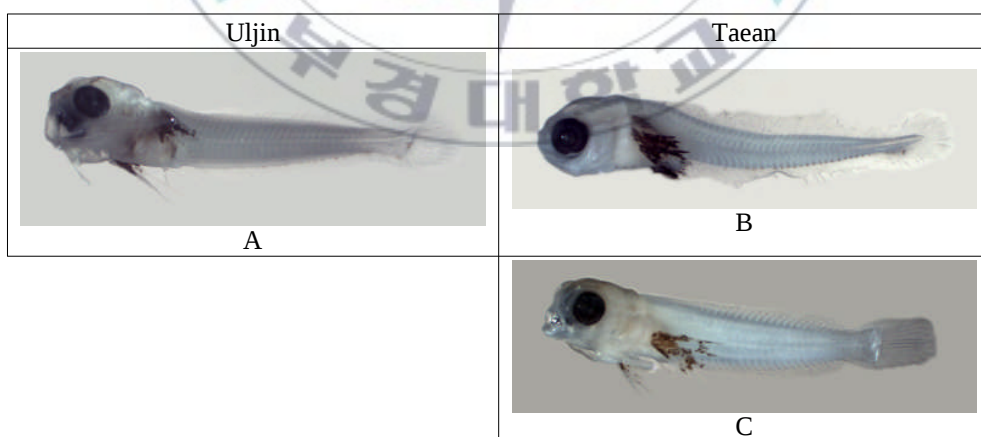


Fig. 22. Developmental stages of *Omobranchus elegans* larvae.

A: Postflexion, 7.07mm TL ; B: Flexion, 4.29mm TL ; C: Postflexion, 10.27mm TL.

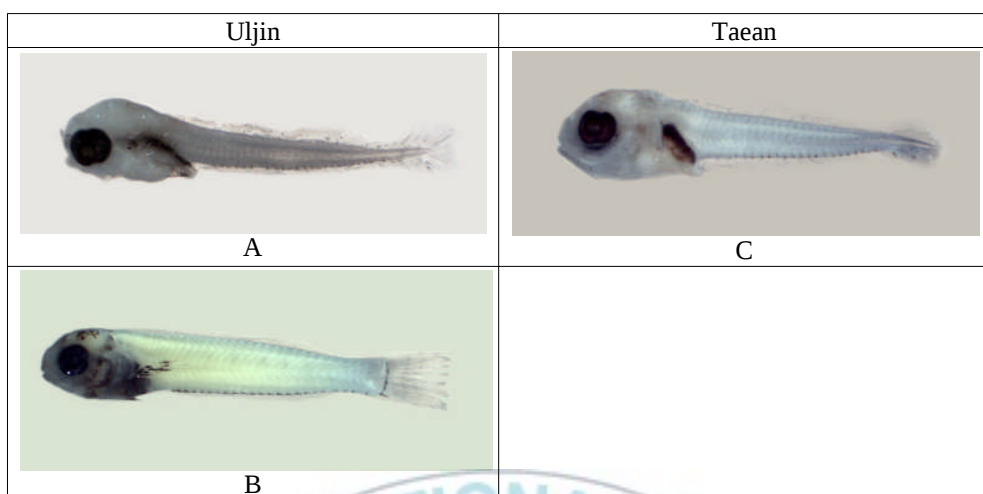


Fig. 23. Developmental stages of *Parablennius yatabei* larvae.

A: Preflexion, 2.56mm TL ; B: Postflexion, 11.43mm TL ; C: Flexion, 4.11mm TL.

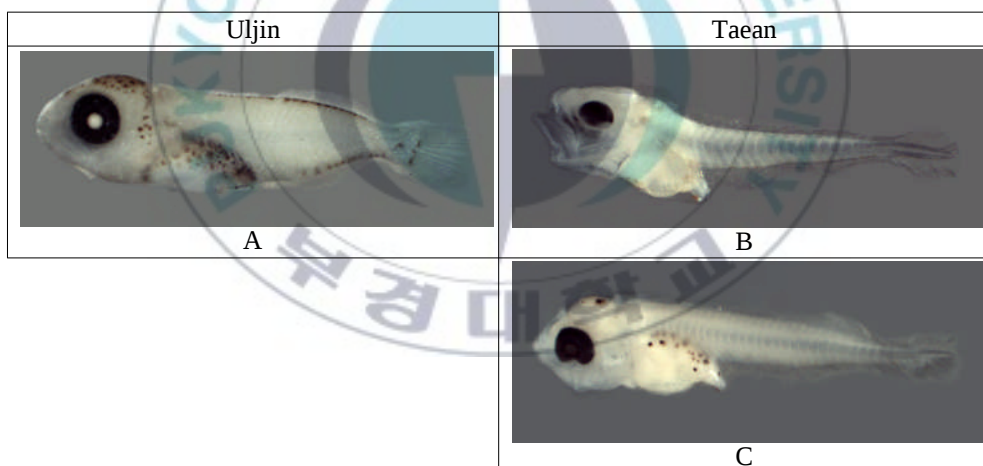


Fig. 24. Developmental stages of *Scomber japonicus* larvae.

A: Postflexion, 8.15mm TL ; B: Preflexion, 3.42mm TL ; C: Flexion, 5.44mm TL.

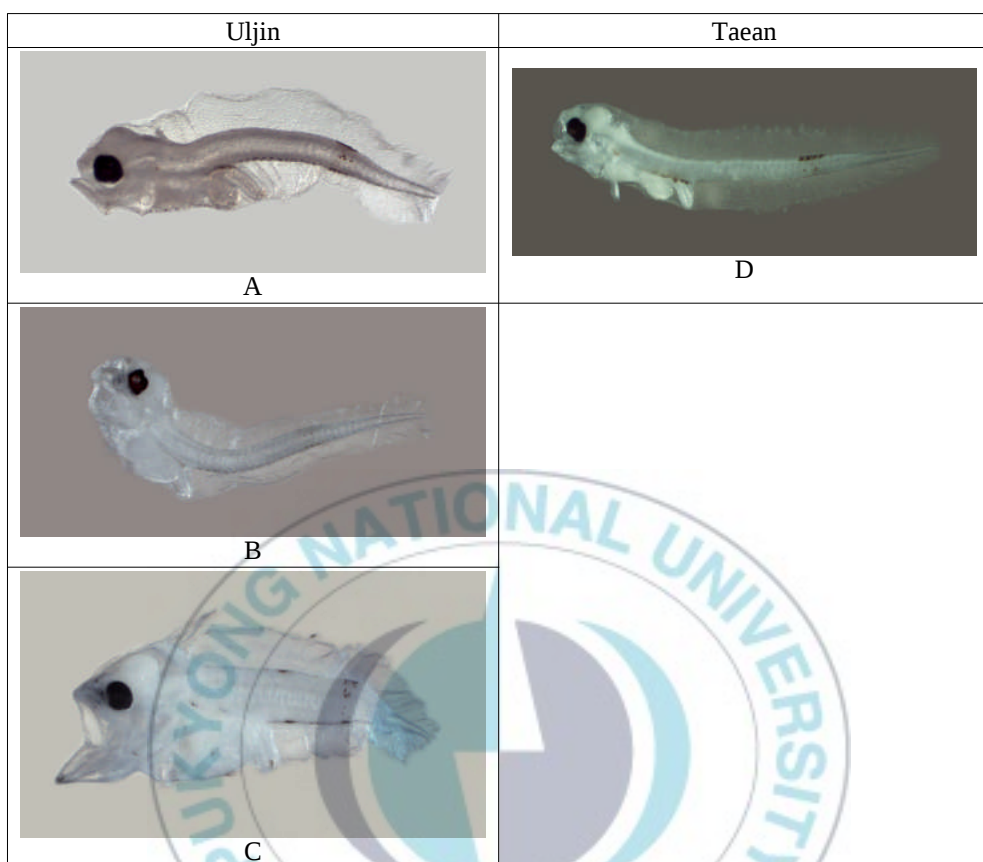


Fig. 25. Developmental stages of *Pseudorhombus pentophthalmus* larvae.

A: Preflexion, 2.63mm TL ; B: Preflexion, 3.83mm TL ; C: Flexion, 4.96mm TL ; D: Preflexion, 2.74mm TL.

IV. 고 찰

4.1 경북 울진과 충남 태안 자어 종조성의 계절변동 비교

본 연구는 서로 다른 환경 인자들에 영향을 받는 경북 울진(동해)과 충남 태안(황해)에 서식하는 자어의 출현 시기와 공간적 분포 양상을 조사하고, 해양 환경적 인자들(표층 수온 및 염분)과 비교, 고찰함으로써 동해와 황해에서의 어종별 산란특성을 구명하기 위하여 2010년 1월부터 12월까지 매월 동일한 시기에 자어를 채집하였다.

조사결과, 울진에서는 총 6목 21과 30개 분류군, 태안에서는 총 4목 20과 37개 분류군이 채집되어 태안이 울진보다 다양한 어종이 출현하였다. 흥미로운 점은 두 지역에서 채집된 어종을 비교한 결과 울진에서는 태안에서 출현하지 않은 용치놀래기(*Halichoeres poecilopterus*) 및 자리돔(*Chromis notata*)과 같은 온수성 어류가 고수온기(하계)에 출현하였으며, 태안에서는 울진에서 출현하지 않은 흰배도라치 및 꼼치와 같은 냉수성 어류가 저수온기(동계)에 출현하였다는 점이다. 이는 두 해역의 서로 다른 지리적·물리적 요인이 각 해역의 환경 특성(표층 수온 및 염분)에 영향을 미치기 때문인 것으로 판단된다. 두 해역의 환경 특성(표층 수온 및 염분)을 비교해 보면 평균 표층 수온은 울진이 태안보다 높았고, 계절별로 동계, 춘계 및 추계의 수온 모두 울진이 태안보다 더 높았으나 하계의 수온은 태안이 울진보다 높았다. 그리고 평균 표층 염분은 울진이 태안보다 높았고, 모든 계절에 울진이 태안보다 높았다. 따라서 하계를 제외한 모든 시기의 표층 수온과 염분은 울진이 태안보다 높게 나타났다.

한편, 계절별(시간적 분포)로는 출현 분류군 수와 출현 개체 수 모두 울진에서는 하계에 가장 많았으며 동계, 춘계 및 추계에는 적었고, 태안에서는 계절별로

심한 변동을 보였다. 따라서 온대해역에 위치하는 우리나라 주변에서 어류의 산란은 크게 겨울 산란군과 여름 산란군으로 나누어지며, 여름 산란군이 대부분을 차지하고 있어, 출현량은 여름철에 가장 많으며, 다른 계절에는 낮지만(Cha, 2002), 황해에서 자치어의 출현양상은 여름에 온수성 어종의 산란에 따라 출현량이 많고, 가을에 급격히 감소한 후, 겨울에 냉수성 어종의 산란에 따라 출현량이 다시 증가한다(Yoo et al., 1987; Cha et al., 1990)는 결과와 동일하였다.

4.2 주요 우점종의 출현양상 비교

울진과 태안의 공통적인 주요 우점종은 멸치와 까나리로 나타났으며, 종별로 출현양상을 살펴보면, 멸치 자어는 울진에서는 5~10월에 출현하였으며, 7월에 많은 개체가 출현하였고, 연안보다는 외해측에서 더 많이 출현하였고, 태안에서는 6~9월에 출현하였으며, 6~7월에 많은 개체가 출현하였고, 외해보다는 연안측에서 더 많이 출현하였다. 까나리 자어는 울진에서는 12~3월에 출현하였으며, 1월에 많은 개체가 출현하였고, 태안에서는 12~4월에 출현하였으며, 2월에 많은 개체가 출현하였고, 울진과 태안 모두 연안과 외해측 모두 유사하게 출현하였다. 따라서 본 연구에서 동해와 황해의 주요 우점종인 멸치와 까나리의 각 산란기는 해역에 상관없이 거의 유사한 것으로 나타났으나, 춘계와 하계에 산란하는 멸치의 산란기는 울진에서 태안보다 빠르고 길었으나, 동계에 산란하는 까나리의 산란기는 태안에서 울진보다 길었다. 이는 수온 차이에서 기인한 것으로 추정되며, 자어의 출현 개체 수와 환경요인(표층 수온 및 염분)의 관계를 상관분석을 통해 검정한 결과, 울진에서 채집된 멸치 자어는 표층 수온과 염분 모두 유의한 상관관계($r_s=0.707$, $P<0.01$, $r_s=-0.445$, $P<0.01$)가 있는 것으로 나타났고, 까나리 자어는 표층 수온과 유의한 상관관계가 있는 것($r_s=-0.431$, $P<0.01$)으로 나타났으며, 태안에서

채집된 멸치 및 까나리 자어는 표층 수온($r_s=0.695$, $P<0.01$, $r_s=-0.704$, $P<0.01$)과 염분($r_s=-0.798$, $P<0.01$, $r_s=0.493$, $P<0.01$) 모두 유의한 상관관계가 있는 것으로 나타났다. 따라서 동해는 평균 표층 수온이 높으므로 멸치와 같은 비교적 높은 수온에서 산란을 하는 종이 울진에서 태안보다 빨리 출현하고, 황해는 동계와 춘계에 낮은 수온을 울진보다 오래 유지하므로 낮은 온도에서 산란을 하는 종이 태안보다 울진보다 오랫동안 출현하는 것으로 판단된다. 또한 울진에서 채집된 멸치와 까나리 자어의 전장은 표층 수온과 유의한 상관관계($r_s=0.275$, $P<0.01$, $r_s=0.337$, $P<0.05$)가 있었고, 태안에서 채집된 멸치 자어의 전장은 표층 수온 및 표층 염분과 유의한 상관관계($r_s=0.349$, $P<0.01$, $r_s=0.569$, $P<0.01$)가 있었고, 까나리 자어의 전장은 표층 염분과 유의한 상관관계($r_s=0.363$, $P<0.01$)가 있는 것으로 나타났다. 그리고 형태적 특징의 경우, 대체적으로 발달단계별 형태 특징은 해역에 상관없이 유사하였지만, 평균 전장은 태안 개체가 울진 개체에 비하여 길었고, 까나리의 경우, 흑색소포 분포의 위치가 해역별로 상이하였는데, 울진 개체는 중기 자어기에 머리 뒤끝의 등쪽에 몇 개의 흑색소포가 더 나타나지만, 태안 개체는 나타나지 않으며, 꼬리의 등쪽과 배쪽의 흑색소포 분포 또한 동해에 비하여 적게 나타나, Kim et al. (2010)의 보고와 동일하였다. 따라서 해역의 환경특성이 자어의 발달단계별 전장에 영향을 미치는 것으로 판단되지만, Seo et al. (2007), Kim et al. (2008, 2010)에 의하면 계군에 따라 형태적 차이가 발생하므로, 표층 수온 및 염분 이외에 다른 요인의 영향도 함께 받는 것으로 판단된다. 따라서 추후에 더 많은 어종별 특성 및 해양환경자료로 추가 분석이 필요할 것으로 사료된다.

4.3 멸치와 흰배도라치의 산란 적수온

[멸치]

울진에서 동일한 시기와 장소에서 채집된 멸치 어란은 4~9월에 출현하였으며, 7월에 가장 많이 출현하였다. 4월에 조사해역의 표층 수온은 평균 9.2℃로 어란은 외해쪽에 위치한 1개 정점에서 출현하였으며, 5월(14.9℃)에 어란은 5개 정점에서 출현하였고, 6월(21.1℃)과 7월(22.3℃)에 어란은 모든 정점에서 많이 출현하였으며, 8월(17.0℃)과 9월(22.2℃)에 어란은 3개 정점에서 비교적 적은 개체 수가 출현하였다.

멸치 자어는 5~10월까지 계속 출현하였으며, 7월에 가장 많이 출현하였다. 5월(14.9℃)과 6월(21.1℃)에 자어는 2개 정점에서 적게 출현하였고, 7월(22.3℃)에는 모든 정점에서 많이 출현하였다. 8월(17.0℃)에는 7월(22.3℃)에 비하여 표층 수온이 감소하였고, 자어의 출현 개체 수도 감소하였으나, 9월(22.2℃)에는 표층 수온이 증가하였고, 자어의 출현 개체 수 또한 증가하였다. 10월(17.4℃)에 표층 수온이 감소하면서 자어의 출현 개체 수 또한 감소하며, 1개의 정점에서만 출현하였다. 따라서 멸치 어란과 자어는 7월에 가장 많이 출현하였고, 대체적으로 연안보다는 외해측에, 북측보다는 남측에서 많이 출현하였다. 7월에 채집된 멸치 자어의 전장 범위는 3.82~8.54mm, 전장의 최빈값은 5.00~5.33mm로 전장은 모두 10mm 이하였다. 자연상태에서 채집한 멸치 자어는 난황흡수 후 10일 정도의 전장이 약 10mm (Cha, 1990)로 보고된 것과 비교해 보면 울진에서 채집된 멸치 자어의 대부분의 연령은 부화 후 약 10일 이내의 것들로 보인다. 따라서 울진에서 멸치의 주산란기는 7월, 산란적수온은 22.0~22.7℃로 판단된다(Fig. 25).

태안 해역에서 동일한 시기와 장소에서 채집된 멸치 어란은 5~6월에 출현하였으며, 6월에 가장 많이 출현하였다. 5월에 조사해역의 표층 수온은 9.0℃로 어란은 내파수도와 외파수도 사이의 1개 정점에서만 출현하였고, 6월(14.4℃)에 어란은 모

든 정점에서 출현하였으며, 외해에서 연안측으로 갈수록 많이 출현하였다.

멸치 자어는 6~9월까지 계속 출현하였으며, 7월에 가장 많이 출현하였다. 6월(14.4℃)과 7월(22.9℃)에 자어는 모든 정점에서 출현하였으며, 연안측에서 많이 출현하였고, 8월(25.1℃)에도 자어는 모든 정점에서 출현하였으나, 외해측에서 많이 출현하였으며, 9월(23.5℃)에 자어는 4개 정점에서 적은 개체 수가 출현하였다. 6월에 채집된 멸치 자어의 전장 범위는 2.55~8.69mm, 전장의 최빈값은 3.00~4.00mm였으며, 7월에 전장 범위는 5.52~13.97mm, 최빈값은 7.00~8.00mm로 6월에 채집된 멸치의 전장은 모두 10mm 이하였으나, 7월에는 10mm 이상인 개체도 있었다. 또한 전장의 최빈값이 6월에 비하여 7월에 더 큰 것을 고려하면, 7월에는 부화 후 10일 이내의 개체들로부터 약 20일까지 다양한 것으로 판단된다. 따라서 태안 해역에서 멸치의 주산란기는 6~7월, 산란적수온은 약 23.0℃로 판단된다.

[흰배도라치]

태안에서 흰배도라치 자어는 1~5월에 출현하였으며, 1~4월에 조사해역의 표층 수온은 5.5~6.4℃로 모든 정점에서 많은 개체 수가 출현하였으며 그 중 1월에 가장 많은 개체 수가 출현하였고, 5월에 표층 수온은 9.0℃로 1개의 정점에서만 출현하였다. 1월에 채집된 흰배도라치의 전장 범위는 9.90~17.90mm, 최빈값은 12.00~13.00mm, 2월에 전장 범위는 9.28~17.68mm, 최빈값은 13.00~14.00mm, 3월에 전장 범위는 14.16~25.08mm, 최빈값은 16.00~17.00mm, 4월에 전장 범위는 13.96~32.09mm, 최빈값은 25.00~27.50mm로 Yoo et al. (1995)의 양상과 유사하였다. 따라서 태안에서의 흰배도라치의 주산란기는 12~1월, 산란적수온은 5.5~6.0℃로 판단된다(Fig. 26).

따라서 본 연구 결과, 울진과 태안에서 채집된 자어의 출현시기, 산란적수온,

출현양상 등이 각 해역마다 상이하게 나타났으나, 본 연구 결과가 우리나라 동해 및 황해 해역의 전체적인 출현양상을 대표할 수 없으므로 해역 간 어란 및 자치어의 시·공간적 출현과 분포를 객관적이고 통합적으로 비교하기 위해서는 우리나라 동해, 황해 및 남해를 대표할 수 있는 다양한 지역에서 동일한 시기에 조사가 이루어져야 할 것으로 사료된다.



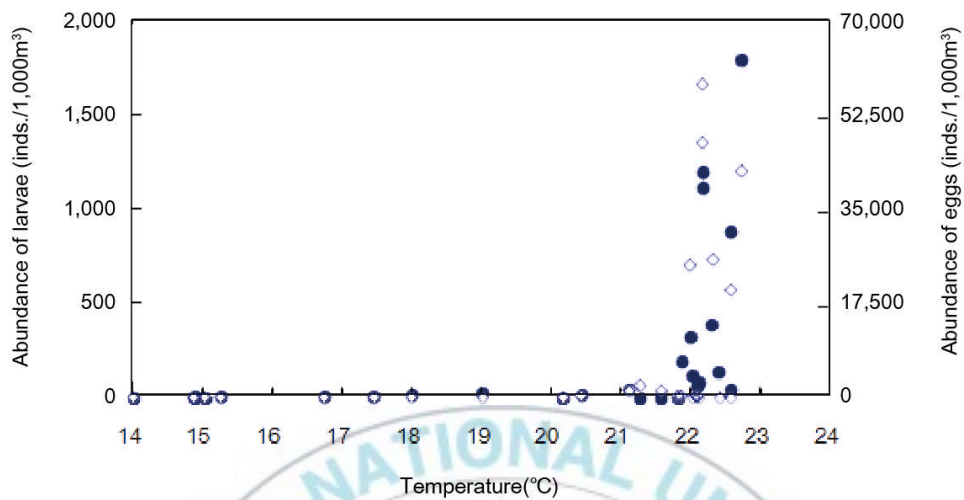


Fig. 26. Abundance by temperature of *Engraulis japonicus* around the coastal area of Uljin, Korea (open circles: eggs of *E. japonicus*, solid circles: larvae of *E. japonicus*).

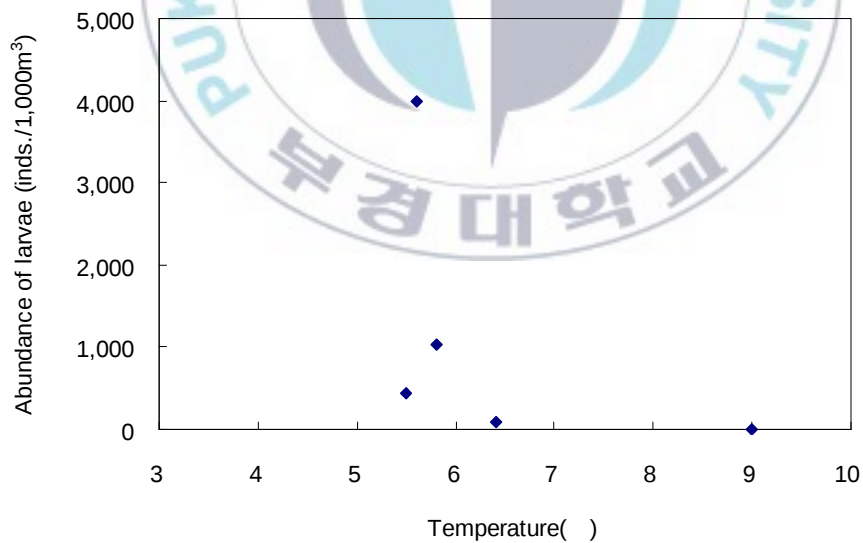


Fig. 27. Abundance by temperature of *Pholis fangi* around the coastal area of Taeon, Korea.

V. 요 약

본 연구는 서로 다른 환경 인자들에 영향을 받는 경북 울진(동해)과 충남 태안(황해)에 서식하는 자어의 출현 시기와 공간적 분포 양상을 조사하고, 해양 환경적 인자들(표층 수온 및 염분)과 비교, 고찰함으로서 동해와 황해에서의 어종별 산란특성을 구명하기 위하여 2010년 1월부터 12월까지 매월 동일한 시기에 자어를 채집하였다.

조사결과, 울진에서는 총 6목 21과 30개 분류군, 태안에서는 총 4목 20과 37개 분류군이 채집되어 태안이 울진보다 다양한 어종이 출현하였다. 흥미로운 점은 두 지역에서 채집된 어종을 비교한 결과 울진에서는 태안에서 출현하지 않은 용치놀래기(*Halichoeres poecilopterus*) 및 자리돔(*Chromis notata*)과 같은 온수성 어류가 고수온기(하계)에 출현하였으며, 태안에서는 울진에서 출현하지 않은 흰배도라치 및 꼼치와 같은 냉수성 어류가 저수온기(동계)에 출현하였다는 점이다. 두 해역의 환경 특성(표층 수온 및 염분)을 비교해 보면 평균 표층 수온은 울진이 태안보다 높았고, 계절별로 동계, 춘계 및 추계의 수온 모두 울진이 태안보다 더 높았으나 하계의 수온은 태안이 울진보다 높았다. 그리고 평균 표층 염분은 울진이 태안보다 높았고, 모든 계절에 울진이 태안보다 높았다. 따라서 하계를 제외한 모든 시기의 표층 수온과 염분은 울진이 태안보다 높게 나타났다.

한편, 계절별(시간적 분포)로는 출현 분류군 수와 출현 개체 수 모두 울진에서는 하계에 가장 많았으며 동계, 춘계 및 추계에는 적었고, 태안에서는 계절별로 심한 변동을 보였다.

울진과 태안의 공통적인 주요 우점종은 멸치와 까나리로 나타났으며, 종별로 출현양상을 살펴보면, 멸치 자어는 울진에서는 5~10월에 출현하였으며, 7월에 많

은 개체가 출현하였고, 태안에서는 6~9월에 출현하였으며, 6~7월에 많은 개체가 출현하였다. 까나리 자어는 울진에서는 12~3월에 출현하였으며, 1월에 많은 개체가 출현하였고, 태안에서는 12~4월에 출현하였으며, 2월에 많은 개체가 출현하였고, 울진과 태안 모두 연안과 외해측 모두 유사하게 출현하였다. 따라서 본 연구에서 동해와 황해의 주요 우점종인 멸치와 까나리의 각 산란기는 해역에 상관없이 거의 유사한 것으로 나타났으나, 춘계와 하계에 산란하는 멸치의 산란기는 울진에서 태안보다 빠르고 길었으나, 동계에 산란하는 까나리의 산란기는 태안에서 울진보다 길었다. 이는 수온 차이에서 기인한 것으로 추정되며, 자어의 출현 개체 수와 환경요인(표층 수온 및 염분)의 관계를 상관분석을 통해 검정한 결과, 울진에서 채집된 멸치 자어는 표층 수온과 염분 모두 유의한 상관관계($r_s=0.707$, $P<0.01$, $r_s=-0.445$, $P<0.01$)가 있는 것으로 나타났고, 까나리 자어는 표층 수온과 유의한 상관관계가 있는 것($r_s=-0.431$, $P<0.01$)으로 나타났으며, 태안에서 채집된 멸치 및 까나리 자어는 표층 수온($r_s=0.695$, $P<0.01$, $r_s=-0.704$, $P<0.01$)과 염분($r_s=-0.798$, $P<0.01$, $r_s=0.493$, $P<0.01$) 모두 유의한 상관관계가 있는 것으로 나타났다. 따라서 동해는 평균 표층 수온이 높으므로 멸치와 같은 비교적 높은 수온에서 산란을 하는 종이 울진에서 태안보다 빨리 출현하고, 황해는 동계와 춘계에 낮은 수온을 울진보다 오래 유지하므로 낮은 온도에서 산란을 하는 종이 태안보다 울진보다 오랫동안 출현하는 것으로 판단된다.

VI. 참고문헌

- Bae, S.W and D.S. Kim. 2012. Understanding the flow properties by a numerical modeling in the South Sea of Korea. Journal of the Korean Society of Marine Environment and Safety, 18(4): 295-307.
- Cha, S.S. 1990. Age and growth of anchovy (*Engraulis japonica*) juvenile in the Coastal Waters of Chonnam, Korea. Bulletin of Korean Fisheries Society, 23(5): 385-393.
- Cha, S.S. 2002. Review on the studies of ecology of fish in their early life stages off Korea. Korean Journal of Ichthyology, 14(1): 76-82.
- Cha, S.S., J.M. Yoo and J.M. Kim. 1990. Seasonal variation of the fish larval community in the coastal waters of the mid-east Yellow Sea. The Journal of the Oceanological Society of Korea, 25(2): 96-105.
- Cha, S.S., K.J. Park, J.M. Yoo and Y.U. Kim. 1991. Distribution of ichthyoplankton in the adjacent waters of Wolsong, Korea. Korean Journal of Ichthyology, 3(1): 11-23.
- Chun, Y.Y., S.J. Hwang, Y.H. Hur and K.H. Han. 2004. Characteristics of the distribution of ichthyoplankton along the Eastern coast of Korea. Journal of the Korean Society of Fisheries Resources, 6(2): 33-45.
- Chyung, M.K. 1977. The Fishes of Korea. Ilji-sa, Seoul, 727pp.
- Denman, K.L. and T.M. Powell. 1984. Effects of physical processes on planktonic

- ecosystems in the coastal ocean. *Oceanogr. mar. Biol. A. Rev.* 22: 125-168.
- Gray, C.A. 1993. Horizontal and vertical trends in the distributions of larval fishes in coastal waters off central New South Wales, Australia. *Marine Biology*, 116(1): 649-666.
- Gwak, W.S. and Nakayama. 2011. Genetic variation and population structure of the Pacific cod *Gadus macrocephalus* in Korean waters revealed by mtDNA and msDNA markers. *Fisheries Science*, 77: 945-952.
- Han, K.H. and D.G. Kim. 2007. Quantitative variation and species composition of ichthyoplankton in coastal waters of Uljin, Korea. *Korean Journal of Ichthyology*, 19(4): 332-342.
- Han, K.H., J.S. Hong, Y.S. Kim, K.A. Jeon, Y.S. Kim, B.K. Hong and D.S. Hwang. 2003. Species composition and seasonal variations of ichthyoplankton in coastal waters of Yeongil Bay, Korea. *Korean Journal of Ichthyology*, 15(2): 87-94.
- Haury, I.R., J.A. McGowan and P.H. Weibe. 1978. Patterns and precesses in the time-space scales of plankton distribution. In: Steele, J.(ed.) *Spatial Pattern in Plankton Communities*. Plenum Press, New York, pp. 277-337.
- Im, J.Y., M.K. Jo and M.J. Lee. 1970. Distribution of ichthyoplankton in the Korean coast. *Report of the Research for Fisheries Resource.*, 8(1): 7-29.
- Jeong, G.S., Y.J. Im, B.Y. Cha, H.J. Hwang, D.H. Kwon, J.S. Park and H.S. Jo. 2012. Species composition and seasonal variation of the aquatic organism caught by commercial fishing of the pot and gill net in the coastal waters off

- Taeon, Korea. Journal of the Korean Society of Fisheries Technology, 48(4): 387-400.
- Kim, I.S., Y. Choi, C.L. Lee, Y.J. Lee, B.J. Kim and J.H. Kim. 2005a. Illustrated Book of Korean Fishes. Kyo-Hak publishing, Seoul, Korea, 615pp.
- Kim, J.K., C.B. Kang, G.Ahn, D. Oki, Y.U. Kim and O. Tabeta. 2005b. Distribution of fish larvae and juveniles in the East China Sea and the Yellow Sea in spring during 1994-1997. Journal of the Korean Fisheries Society, 38(1): 29-38.
- Kim, J.K., J.H. Park, Y.S. Kim, Y.H. Kim, H.J. Hwang, S.J. Hwang, S.I. Lee and T.I. Kim. 2008. Geographic variations in Pacific sand eels *Ammodytes personatus* (Ammodytidae) from Korea and Japan using multivariate morphometric analysis. Journal of Ichthyology, 48(1): 904-910.
- Kim, J.K., J.H. Ryu, S. Kim, D.W. Lee, G.H. Choi, T.Y. Oh, K.S. Hwang, J.H. Choi, J.N. Kim, H.J. Kwun, H.S. Ji and J.N. Oh. 2011. An Identification Guide for Fish Eggs, Larvae and Juveniles of Korea. National Fisheries Research and Development Institute, Hangeul graphics, Busan, Korea, 275pp.
- Kim, J.K., W. Watson, J. Hyde, N. Lo, J.Y. Kim, S. Kim and Y.S. Kim. 2010. Molecular identification of *Ammodytes* (PISCES, Ammodytidae) larvae, with ontogenetic evidence on separating populations. Genes & Genomics, 32: 437-445.
- Kim, J.M., J.M. Yoo, J.G. Myoung and J.Y. Im. 1986. Guide to the Early Stages of

Marine Fishes in the Koreans Waters. Korea Advanced Institute of Science and Technology, Korea Ocean Research and Development Institute, 369pp.

Kim, S. 1991. Seasonal variation in the abundance of the fish larvae off Kori, in the east side of Korea. M.A. Thesis. Chonnam National University, Gwangju, 41pp.

Kim, S., J.M. Yoo and E.K. Lee. 2002. Species composition of fish eggs and larvae in spring and autumn around Dokdo in the East Sea of Korea. Ocean and Polar Research, 24(4): 443-448.

Kim, Y.U., K.H. Han and C.B. Kang. 1994a. Distribution of ichthyoplankton in Asan Bay, Korea. Bulletin of Korean Fisheries Society, 27(5): 620-632.

Kim, Y.U., P. Chin, T.Y. Lee and Y.J. Kang. 1981. Studies on the fish larvae of coastal Waters in Korea. Publication of the Institute of Marine Sciences, National Fisheries University. Busan, 13(1):1-35.

Kingsford, M.J. 1990. Linear oceanographic features: a focus for research on recruitment processes. Australian Journal of Ecology, 15(1): 391-401.

Korea Hydrographic and Oceanographic Administration. 2014. Korea Ocean Observing and Forecasting System. (<http://sms.khoa.go.kr/koofs>).

Lasker, R. 1975. Field criteria for survival of anchovy larvae: the relation between inshore chlorophyll maximum layers and successful first feeding. Fishery Bulletin, U.S., 73(3): 453-462.

Lee, H.W., J.H. Ryu, B.K. Hong, M.H. Sohn, Y.Y. Chun and J.K. Kim. 2010.

- Seasonal variation of ichthyoplankton off Dokdo in the East Sea. Korean Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 43(6): 751-755.
- Lee, J.C. and K.I. Chang. 2014. Variability of the coastal current off Uljin in summer 2006. Ocean and Polar Research, 36(2): 165-177.
- Leis, J.M. 1991. The pelagic stage of reef fishes: the larval biology of coral reef fishes. In: Sale, P.E.(ed.) The Ecology of Fishes on Coral Reefs. Academic Press, New York, pp 183-230.
- May, R.C. 1974. Larval mortality in marine fishes and the critical period concept. In: Blaxter, J.H.S. (ed.). The Early Life History of Fish. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, pp. 3-19.
- Miller, B. and A.W. Kendall, Jr. 2009. Early Life History of Marine Fishes. University of California Press, Berkeley and Los Angeles, California, U.S.A., 364pp.
- National Fisheries Research and Development Agency (NFRDA). 1981-2001. Annual report of oceanographic observation.
- Norcross B.L. and R.F. Shaw. 1984. Oceanic and estuarine transport of fish eggs and larvae: a review. Transactions of the American Fisheries Society, 113(1): 153-165.
- Okiyama, M. 1988. An Atlas of the Early Stage Fishes in Japan. Tokai University Press, Tokyo, Japan, 1154pp.
- Owen, R.W. 1981. Fronts and eddies in the sea: mechanisms, interactions and

- biological effects. In: Analysis of Marine Ecosystems. Longhurst, A.R. (ed.) Academic Press, London, pp. 197-233.
- Park, K.A, J.E. Park, B.J. Choi, D.S. Byun and E.I. Lee. 2013. An oceanic current map of the East Sea for science textbooks based on scientific knowledge acquired from oceanic measurements. Journal of the Korean Society of Oceanography, 18(4): 234-265.
- Sars, G.O. 1865. On the reproduction of the winter cod (*Gadus morrhua*). The Norwegian Academy of Science and Letters, 1(1): 237-249.
- Saville, A. and D. Schnack. 1981. Some thoughts on the current status of fish egg and larval distribution and abundance. Rapports et Procès-verbaux des Réunions du Conseil International pour l'Exploration de la Mer, 178(1): 153-157.
- Seo, Y.S., M.E. Park, J.Y. Kim and S.U. Lee. 2007. Egg development and juvenile growth of the Pacific cod *Gadus macrocephalus* (Korean East Sea Population). Journal of the Korean Fisheries Society, 40: 380-386.
- Statistics Korea. 2014. Korean Statistical Information Service. (<http://kosis.kr>).
- Yoo, J.M., J.M. Kim, H.T. Huh and S.S. Cha. 1987. Distribution of fish larvae in Kyonggi Bay. Ocean and Polar Research, 9(1,2): 15-23.
- Yoo, J.M., W.S. Kim, S. Kim and E.K. Lee. 1995. On the early life history of gunnel (*Enedrias fangi*). Korean Journal of Ichthyology, 7(1): 25-32.

감사의 글

논문을 마무리하며 돌이켜 보니 진심으로 감사드려야 할 분들이 많은 것 같습니다. 입학 후 졸업하기까지 오랜 시일이 걸렸음에도 불구하고 석사학위논문을 완성할 수 있게 항상 꼼꼼하고 세심하게 지도해 주시고, 아낌없는 조언을 해주신 김진구 교수님께 진심으로 감사의 말씀을 드립니다. 또한, 학위논문을 심사해주신 백혜자 교수님, 박원규 교수님과 많은 분야의 학문을 가르쳐 주신 김수암 교수님, 남기완 교수님, 오철웅 교수님, 김현우 교수님께 감사의 말씀을 드립니다.

또한, 어류학실험실에서 잘 적응 할 수 있도록 이끌어주시고, 연구하는데 있어 많은 도움을 주신 유정화 박사님, 박경동 박사님, 박정호 박사님, 반태우 선배님과 실험실에 가면 항상 반갑게 맞아 주시고 모든 것들을 친절하게 가르쳐 주신 권혁준 선배, 지환성 선배, 이수정 선배, 강현정 언니, 김성준 선배, 정문경 언니, 정용태 선배, 김은아 양, 구선옥 언니, 김유미 언니, 권내림 양, 박꽃님 양, 송영선 양, 명세훈 군, 배승은 양, 유효재 군, 이우준 군, 한상윤 군, 장인철 군까지 어류학 실험실원 모두에게 감사드립니다.

그리고, 제가 일과 학업을 모두 할 수 있도록 항상 든든하게 지원해 주시고, 많은 것을 가르쳐 주신 손민호 박사님께 진심으로 감사의 말씀을 드립니다. 어느덧 햇수로 10년째 근무하며 친 가족보다 더 많은 시간을 보낸 해양생태기술연구소 박사님들, 선배님들, 언니들, 후배님들 모든 직원 분들에게도 감사드립니다.

마지막으로, 지금의 제가 있도록 믿음과 사랑으로 지켜봐 주신 우리 엄마, 동생, 외할머니를 비롯한 외가 가족 분들, 그리고 항상 밤낮으로 기도해 주시고 힘을 주시는 시부모님과 가족 분들게도 진심으로 감사드리며 많이 사랑한다고 전하고 싶습니다. 그리고 철없던 21살에 만나 어느덧 10년이 지났지만, 늘 한결같은 모습으로 사랑해주고 나의 인생을 이끌어주는 든직한 남편 박재영 님에게도 진심으로 감사드리고 사랑합니다.

너무 많은 분들의 도움을 받은 탓에 그 감사의 마음을 자세히 글로 옮기지 못해 죄송합니다. 도움을 주시고 격려해주신 모든 분들께 다시 한 번 진심으로 감사드립니다.