

# 인공용승류 해역에서 채집한 난자치어의 종조성 및 시공간 변동

곽석남\*† · 허성희\*\* · 김하원\*\*\*

\*, \*\*\* 환경생태공학연구원, \*\* 부경대학교

## Temporal and Spatial Variations and Species Composition of Ichthyoplanktons in a Sea Area, with the Construction of Artificial Upwelling Structure

Seok-Nam Kwak\*† · Sung-Hoi Huh\*\* · Ha-Won Kim\*\*\*

\*, \*\*\* Environ-Ecological Engineering Institute Co., Ltd., 110-54 Millak-Dong, Suyeong-gu, Busan, 613-827 Korea.

\*\* Department of Oceanography, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

**요 약 :** 인공용승류 해역에서 난자치어의 종조성 및 시공간 변동을 파악하기 위하여 2012년 6월 13일, 9월 21일 및 25일에 난자치어 네트를 이용하여 조사하였다. 조사기간 동안 출현한 어란은 4,849 ind./1,000 m<sup>3</sup>, 자치어는 641 ind./1,000 m<sup>3</sup>이었다. 출현한 어란 중 가장 우점한 종은 멸치(*Engraulis japonicus*)로써 총 출현량의 약 57.5%를 차지하였다. 그 외 미동정(Unidentified) 어란 I, II, III, IV이 출현하였다. 자치어는 청베도라치(*Pictiblennius yatabei*)가 가장 우점하였으며, 그 다음으로 돛양태류(*Repomucenus* sp.A, sp.B), 고등어(*Scomber japonicus*), 멸치(*Engraulis japonicus*), 전어(*Konosirus punctatus*) 등의 순으로 나타났다. 그리고 미동정(Unidentified) 자치어 I, II가 출현하였다. 대조구 해역에서는 어란은 멸치, 자치어는 돛양태류가 출현하였다. 시기별 변동에서는 어란 및 자치어 모두 7월에 가장 많았으며, 8월에 가장 낮았다. 정점별 변동에서는 인공용승이 일어나는 인근 정점인 2, 3번에서 어란 및 자치어의 출현량이 가장 많았다. 대조구 해역과의 비교하여 정점당 약 4배 이상 많은 어란 및 자치어가 출현하였다. 인공용승에 의한 영양염류 및 먹이생물의 증가로 인하여 어란 및 자치어의 출현량이 증가한 것으로 판단된다.

**핵심용어 :** 종조성, 난자치어, 인공용승해역, 멸치, 청베도라치

**Abstract :** Temporal and spatial variations and species composition of ichthyoplanktons were investigated by Bongo net in a sea area with the construction of artificial upwelling structure at 13, June, 21 September, and 23 September in 2012. A total of fish eggs was 4,849 ind./1,000m<sup>3</sup>, and fish larvae was 641 ind./1,000m<sup>3</sup> in the study area. The common fish eggs was *Engraulis japonicus* which was composed of 57.5%, and unidentified I, II, III and IV were occurred with decreased number of individuals order. For fish larvae, *Pictiblennius yatabei*, *Repomucenus* sp.A, sp.B and *Scomber japonicus* were dominated, however, other species were *Engraulis japonicus*, *Konosirus puntatus*, and unidentified I, II. Temporal variations of fish eggs and larvae were remarkable differed. Higher numbers of fish eggs and larvae were July 2012, whereas those were lower at August 2012. Spatial variations of those were also significantly differed with higher numbers were at station 2 and 3 during study periods. The total number of fish eggs and larvae was about 4 fold against numbers of those in the compared area far from study area. These results indicated that higher numbers of fish eggs and larvae were due to influx much more nutrients and food organisms with artificial upwelling.

**Key Words :** Species composition, Ichthyoplanktons, Artificial upwelling area, *Engraulis japonicus*, *Pictiblennius yatabei*

### 1. 서 론

일반적으로 인공적 혹은 자연적인 요인에 의하여 생성된 구조물 근처에는 많은 어류들이 운집하면서 서식지와 산란장으로 이용한다. 이러한 원리를 이용하여 인공어초와 같은 인위적인 구조물을 바다에 투입하여 물고기들의 서식공간을 조성함으로써 자연적인 수산자원의 증대를 가져올 수

있다. 우리나라에서는 지속적으로 감소하는 수산자원을 회복하기 위하여 인공어초사업을 지속적으로 수행하고 있다. 인공어초 지역에서 수산자원 증대, 인공 산란장 및 서식지 조성에 관한 연구는 국내외로 많이 진행되었다(Ohno et al., 1990; Lee and Kang, 1994; Pickering and Whitmarch, 1996; Park and Shin, 2003). 과거 연구에 의하면 인공어초는 기초생산의 증가와 어업생산성의 증가를 가져온다고 보고하였다.

인공어초들은 수산자원을 증대시킬 수 있을 뿐만 아니라 해류의 흐름을 바꿔 놓을 수 있다. 바닥이 평탄한 해역에

† Corresponding Author : seoknam@hotmail.com, 051-757-0097

서는 해저지면과 수평인 해류의 흐름이 발생하는 것이 일반적이며, 수온이 증가하는 여름철에는 성층의 형성으로 바닷물은 표층과 저층이 섞이지 않게 된다. 따라서 여름에는 표층에 영양염의 농도가 감소하여 생물들이 서식하기에 적합한 환경이 되지 않는다. 그러나 이러한 해역에서 해류의 흐름을 변화시켜 표층과 저층의 대류를 발생시키게 되면 표층으로 영양염이 풍부한 저층수가 공급 되어 기초생산이 증가하게 된다(Beer, 1996). 이러한 용승현상을 인위적으로 조성하는 것이 인공용승 구조물이다. 인공용승 구조물은 조석에 의해서 발생하는 창조류와 낙조류의 이동시 해류를 상승시키는 방향으로 설치를 하며, 이렇게 조성된 인공용승 구조물 주위에 발생하는 인공용승류에 의하여 표층의 영양염 공급이 기초생산을 증대시켜 난자치어의 분포와 현존량에 변화를 가져올 수 있다.

본 연구는 남해 동부 인공용승류 조성 해역에서, 여름과 가을철 난자치어 군집의 종조성과 인공용승류에 의한 난자치어의 분포와 현존량의 변동을 분석하기 위하여 수행하였다.

## 2. 재료 및 방법

본 조사는 매물도와 국도사이의 인공용승류 구조물 설치 해역에 서식하는 난·자치어의 종조성과 현존량 등 군집특성을 파악하기 위하여, 2012년 6월 13일(1차), 9월 11일(2차), 9월 25일(3차) 3회 조사를 실시하였다. 시료는 용승류 조성 해역의 9개 정점과 대조구 2개 정점, 총 11개 정점에서 채집하였다(Fig. 1). 시료채집은 망구직경 60 cm, 망목 330 µm인 네트를 사용하였고, 정량분석을 위하여 망구 입구에 유량

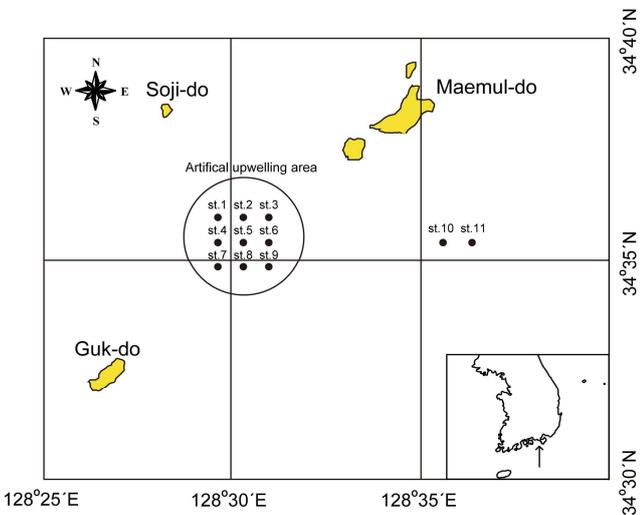


Fig. 1. Map of the study area.

계(hydro-bios)를 부착하였다. 네트는 각 정점에서 평균 1~1.5 Knot 속도로 10분간 표층에서 예망하였다. 채집된 표본은 선상에서 5% 중성 포르말린으로 고정한 후, 실험실로 운반하였다. 운반된 시료는 해부현미경을 이용하여 어란과 자치어를 분리한 후 동정하였으며, 채집된 종의 동정은 Cha et al.(1991)의 검색표와 Okiyama(1988) 등을 따랐다. 동정된 종의 분류체계 및 학명은 Nelson(1994)과 Kim et al.(2005)에 따랐다. 각 종은 분류군별로 계수한 후 1,000m<sup>3</sup>의 개체수로 환산하였다. 난·자치어의 군집구조를 파악하기 위한 풍부도 지수(Margalef, 1963)와 종다양도지수(Shannon and Weaver, 1949)를 구하였다.

$$H' (\text{종다양도지수}) = - \sum P_i \times \log P_i$$

P<sub>i</sub> : 전체 개체수(N)에서 i번째 종이 차지하는 비율(ni/N)

$$RI (\text{종 풍부도지수}) = \frac{S-1}{\ln(N)}$$

S : 종 출현종수

N : 총개체수

## 3. 결과

### 3.1 난자치어의 종조성

조사기간 동안 총 5종, 4,849 eggs/1,000 m<sup>3</sup>의 어란이 출현하였다(Table 1). 멸치(*Engraulis japonicus*) 어란이 2,790 eggs/1,000 m<sup>3</sup>으로 57.5%를 차지하였고, 그 외 미동정 어란이 4종 채집되었다. 자치어는 총 9종, 641 larvae/1,000 m<sup>3</sup>이 채집되었다. 청베도라치(*Parablennius yatabei*)가 318 larvae/1,000 m<sup>3</sup>으로 49.6%를 차지하였고, 그 다음으로 돛양태류 sp.A (*Repomucenus* sp.A)와 돛양태류 sp.B (*Repomucenus* sp.B)가 각각 73 larvae/1,000 m<sup>3</sup>과 72 larvae/1,000 m<sup>3</sup>로 11.4%와 11.2%를 차지하였다.

### 3.2 난자치어 군집의 시간 변동

채집 어종수의 시간적 변동을 살펴보면(Fig. 2A), 어란은 2~4종이 채집되었는데, 3차 조사에서 가장 많은 4종이 채집되었고, 1차와 2차 조사에서는 2종이 채집되어 비교적 적은 종수를 나타내었다. 자치어는 1~5종이 채집되었는데, 1차와 2차 조사에서는 5종씩 채집되었고, 3차 조사에서는 1종이 채집되었다. 채집개체수의 시간적 변동을 살펴보면(Fig. 2B), 어란은 936~2,322 ind./1,000 m<sup>3</sup>가 채집되었는데, 1차 조사에서 가장 많았고 2차 조사에서 가장 적었다. 자치어의 경우 9~439 ind./1,000 m<sup>3</sup>가 채집되었는데, 2차 조사에서 가장 많았고 3차 조사에서 가장 적었다. 종다양도지수의 변동을 살펴보면(Fig. 2C), 어란은 0.19~0.60, 자치어는

인공용승류 해역에서 채집한 난자치어의 종조성 및 시공간 변동

Table 1. Species composition of ichthyoplanktons in the coastal water off artificial upwelling area (eggs and larvae/1,000m<sup>3</sup>)

Taxa	Scientific name	13 Jun.	11 Sep.	25 Sep.	Total	%
Eggs	<i>Engraulis japonicus</i>	593	869	1,328	2,790	57.5
	Unidentified fish eggs I	1,729			1,729	35.7
	Unidentified fish eggs II		67	80	147	3.0
	Unidentified fish eggs III			157	157	3.2
	Unidentified fish eggs IV			26	26	0.5
	Total	2,322	936	1,591	4,849	100.0
Larvae	<i>Engraulis japonicus</i>	30	16		46	7.2
	<i>Konosirus punctatus</i>	18			18	2.8
	<i>Parablennius yatabei</i>		318		318	49.6
	<i>Repomucenus</i> sp.A	73			73	11.4
	<i>Repomucenus</i> sp.B		72		72	11.2
	<i>Scomber japonicus</i>	49		9	58	9.0
	<i>Sillago japonica</i>		18		18	2.8
	Unidentified fish larvae I	23			23	3.6
	Unidentified fish larvae II		15		15	2.3
Total	193	439	9	641	100.0	

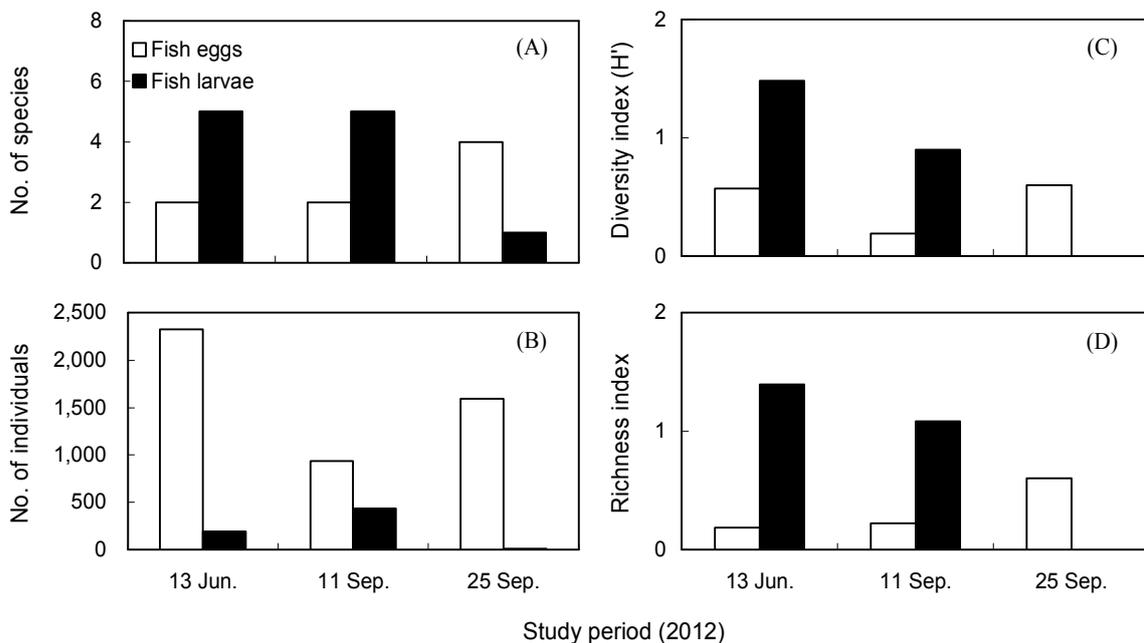


Fig. 2. Temporal variations in number of species (A), number of individuals (B), diversity index (C) and richness index (D) of ichthyoplankton assemblage in the coastal waters of artificial upwelling area.

0.90~1.48의 범위를 보였는데, 1차 조사에서 비교적 높은 값을 보였다. 종다양도지수는 어란의 경우 전반적으로 낮은 값을 나타내었으며, 자치어는 어란에 비해 비교적 높은 값을 보였다. 풍부도지수의 경우(Fig. 2D), 어란은 0.19~0.60, 자치어는 1.09~1.40의 범위를 보였는데, 종다양도지수와 유사하였으며, 1차 조사에서 비교적 높은 값을 나타내었다.

### 3.3 난자치어 군집의 공간분포

조사해역에 출현한 난자치어 군집은 뚜렷한 시공간 분포 양상을 보였다(Fig. 3, 4). 어란의 경우 1차 조사에서는 인공용승류 해역 정점 2, 3, 7, 8에서 300 eggs/1,000 m<sup>3</sup> 이상의 높은 현존량을 보였고, 대조구 정점에서는 현존량이 낮았다. 2차 조사에서는 인공용승류 해역 전반에 걸쳐 15~142 eggs/1,000 m<sup>3</sup>의 범위를 보였으며 대조구에서는 어란이 출현하지 않았다. 3차 조사에서는 1차, 2차 조사에 비해 전반적인 현존량을 높였지만 인공용승류 해역에서는 46~248 eggs/1,000 m<sup>3</sup>의 범위, 대조구에서는 64~86 eggs/1,000 m<sup>3</sup>의 범

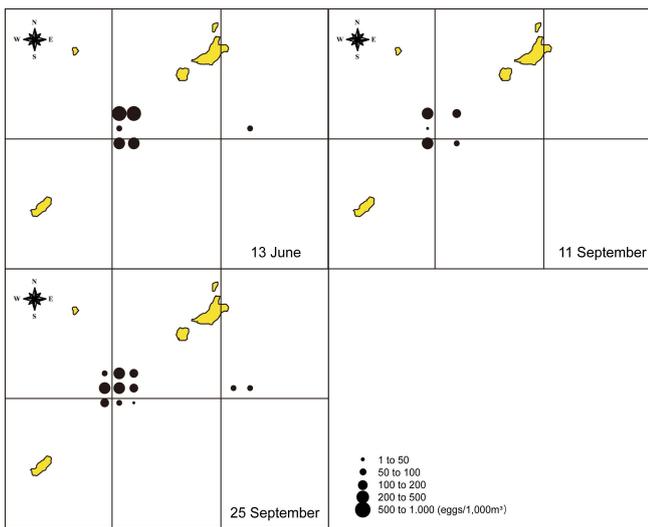


Fig. 3. Temporal horizontal distribution of fish eggs in the coastal water off artificial upwelling area.

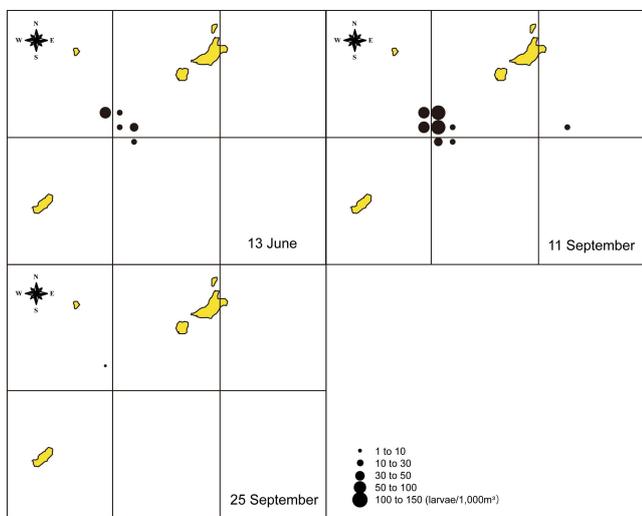


Fig. 4. Temporal horizontal distribution of fish larvae in the coastal water off artificial upwelling area.

위로 또한 인공용승류 해역에서 비교적 높은 어란의 출현 밀도를 보였다. 자치어는 어란에 비해 전반적으로 낮은 현존량을 보였다. 1차 조사에서는 인공용승류 해역 북서쪽의 정점 1에서 가장 높은 현존량을 보였고, 대조구 정점에서는 자치어가 채집되지 않았다. 2차 조사에서는 인공용승류 해역 북쪽과 중앙의 정점 2와 5에서 100 larvae/1,000 m<sup>3</sup> 이상의 높은 현존량을 보였고, 정점 1과 4에서는 50 larvae/1,000 m<sup>3</sup> 이상의 개체수밀도를 보였다. 그리고 대조구에서는 정점 11에서만 11 larvae/1,000 m<sup>3</sup>의 자치어가 출현하였다. 3차 조사에서는 오직 정점 1에서만 9 larvae/1,000 m<sup>3</sup>의 자치어가 출현하였다.

### 3.4 인공용승류 해역과 대조구 해역의 난자치어 현존량 비교

인공용승류 해역과 대조구 해역 사이의 어란과 자치어 평균 현존량은 유의한 차이를 나타내었다(Fig. 5)(t-test, P<0.05). 1차 조사에서 어란은 인공용승류 해역에서 대조구 해역보다 약 7.5배 더 높은 현존량을 보였고, 자치어는 인공용승류 해역에서만 출현하였다. 2차 조사에서는 어란의 평균 현존량은 1차 조사보다 낮았지만 평균 100 eggs/1,000 m<sup>3</sup> 이상의 현존량을 보였고 대조구 해역에서는 어란이 채집되지 않았다. 3차 조사에서는 어란은 인공용승류 해역에서 대조구 해역보다 2배 이상의 높은 현존량을 보였다. 자치어는 인공용승류 해역의 1개 정점에서 소수의 개체가 출현하였고, 대조구 해역에서는 출현하지 않았다. 평균적으로 어란과 자치어의 현존량을 살펴보면, 인공용승류 해역에서 어란은 평균 171.6 eggs/1,000 m<sup>3</sup>, 자치어는 평균 23.1 larvae/1,000 m<sup>3</sup>가 출현하였고, 대조구 해역에서 어란은 평균 36.2 eggs/1,000 m<sup>3</sup>, 자치어는 평균 2.8 larvae/1,000 m<sup>3</sup>가 출현하여, 어란과 자치어의 현존량은 인공용승류 해역에서 각각 4.7배와 8.2배 더 높은 값을 보였다.

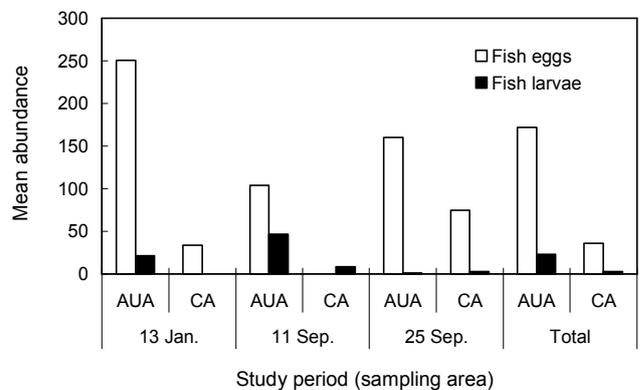


Fig. 5. Mean abundance of fish eggs and larvae between artificial upwelling area (AUA) and control area (CA).

#### 4. 고찰

본 연구에서 어란은 총 4종, 자치어는 9종이 출현하여 비교적 적은 출현종수를 보였다. 본 연구는 비교적 단기간 조사에 의한 인공용승류가 난자치어 군집에 미치는 영향을 조사하였기 때문에 장기간 조사에 비해 출현종수가 적었다. 그리고 종다양도지수와 풍부도지수 또한 비교적 낮은 값을 나타내었다. 종다양도지수는 출현종이 많고 다양한 종이 군집내에서 우점할 경우 높게 나타나며, 특정종의 우점도가 높을수록 다양도지수는 낮은 값을 보인다. 개체수와 출현종수에 의해 산출하는 풍부도지수는 개체수에 비해 출현종수가 많을수록 높게 나타난다. 본 연구에서는 출현종수가 적고 각 조사시기에 우점종의 우점율이 높아 두 지수가 낮은 값을 나타낸 것으로 판단된다.

본 연구에서 어란의 최우점종은 멸치였고, 3회 조사시기 모두 최우점하였으며 그 외 종들은 미동정 어란으로 분류되었다. 우리나라 남해안에서 멸치 어란은 광양만(Cha and Park, 1994), 순천만(Han et al., 2001), 고흥반도 연안(Han et al., 2002)에서도 최우점하는 어란이었다. 멸치는 우리나라 전 연안에서 출현하는 전형적인 부어류로, 자원량이 풍부하여 어업생산통계에 따르면 어획량이 가장 많은 어종이다(NFRDI, 2004; KOSIS, 1990-2012). 그리고 봄에서 가을까지 긴 시간동안 지속적으로 산란하는 어종으로 알려져 있다(Kim and Lo, 2001). 이와 같이 남해 연안에서 멸치는 많은 개체들이 긴 시간동안 지속적으로 부유성 어란을 산란하여 난자치어 군집에서 최우점 어란으로 출현할 수 있었던 것으로 판단된다.

자치어의 경우 어란과 달리 청베도라치가 최우점종이었다. 청베도라치는 2차 조사에서만 318 larvae/1,000 m<sup>3</sup>가 채집되었다. 청베도라치는 통영해역 자치어 군집 연구에서 5월에서 9월까지 출현하였고 현존량이 높아 세 번째 우점종이었다(Park et al., 2005). 그리고 남해안의 다른 지역에서는 출현하지 않았으며, 제주도 서부해역에서 여름인 8월에 출현하였다(Lee et al., 2006). Kim et al.(1991)은 통영 연안에서 청베도라치는 해안의 조수웅덩이나 암반 사이에 서식하며 여름철에 진주담치와 굴 패각 내면에 산란하는 것으로 보고하였다. 통영해역은 본 연구지역에서 북서쪽으로 약 20 km 떨어진 비교적 지리적으로 가까운 지역으로 본 연구에서 초가을인 2차 조사에서 청베도라치 자치어의 현존량이 높을 수 있었던 것으로 판단된다.

본 연구에서 인공용승류가 난자치어 군집에 미치는 영향을 조사하기 위하여 인공용승류 해역과 대조구 해역에서 자치어 평균 현존량을 조사한 결과 인공용승류 해역에서 더 높은 난자치어 현존량을 보였다. 일본 분고수도(Bungo

channel)에서 인공용승 구조물을 설치한 결과 클로로필 a 농도가 2~3배 증가하였고, 동물플랑크톤 현존량이 2배 증가한 것으로 보고되었다(Yanagi and Nakajima, 1991). 그리고 본 연구해역에서 과거 연구에 의하면 인공용승 구조물 설치 후 식물플랑크톤과 동물플랑크톤 현존량이 각각 50배와 2.3배 증가한 것으로 보고하였다(Jeong et al., 2013). 연안해역에서 자치어의 생존과 현존량은 연안역에서 일차 또는 이차생산성과 밀접한 관련이 있는 것으로 알려져 있다(Auth, 2008; Brodeur et al., 2008). 대부분 자치어는 난에서 부화 후 첫 먹이섭식 시기에 먹이생물로 동식물플랑크톤에 의존한다(Park, 1999). 따라서 인공용승 구조물에 의한 기초생산의 증가는 동식물플랑크톤 현존량의 증가 뿐만 아니라 난자치어 현존량의 증가에 기여할 수 있으며, 나아가 가장 중요한 수산자원생물의 어류 자원량 증가에 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

#### 참고 문헌

- [1] Auth, T. D.(2008), Distribution and community structure of ichthyoplankton from the northern and central California Current in May 2004-06, Fisheries Oceanography, Vol. 17, No. 4, pp. 316-331.
- [2] Brodeur, R. D., W. T. Peterson, T. D. Auth, H. L. Souless, M. M. Parnel and A. A. Emerson(2008), Abundance and diversity of coastal fish larvae as indicators of recent changes in ocean and climate conditions in the Oregon upwelling zone, Marine Ecology Progress Series, Vol. 366, pp. 187-202.
- [3] Beer, T.(1996), Environmental Oceanography. 2nd ed. Boca Raton: CRC Press; p. 367.
- [4] Cha, S. S. and K. J. Park(1994), Distribution of the ichthyoplankton in Kwangyang Bay, Korean Journal of Ichthyology, Vol. 6, No. 1, pp. 60-70.
- [5] Cha, S. S., K. J. Park, J. M. Yoo and Y. K. Kim(1991), Distribution of ichthyoplankton in the adjacent waters of Wolsong, Korea, Korean Journal of Ichthyology, Vol. 3, No. 1, pp. 11-23.
- [6] Han, K. H., D. Y. Kim, D. S. Jin, S. S. Shin, S. R. Baik and S. H. Oh(2001), Seasonal variation and species composition of ichthyoplankton in Suncheon Bay, Korea, Korean Journal of Ichthyology, Vol. 13, No. 2, pp. 136-142.
- [7] Han, K. H., Y. H. Shin and D. S. Hwang(2002), Seasonal variations in species composition of ichthyoplankton off Kohung Peninsula, Korea, Korean Journal of Ichthyology,

- Vol. 14, No. 1, pp. 45-52.
- [8] Jeong, Y. K., H. N. Lee, C. I. Park, D. S. Kim and M. C. Kim(2013), Variation of phytoplankton and zooplankton communities in a sea area, with the building of an artificial upwelling structure, *Animal Cells and Systems*, Vol. 17, No. 1, pp. 63-72.
- [9] Kim, I. S., Y. Choi, C. R. Lee, Y. J. Lee, B. J. Kim and J. H. Kim(2005), *Illustrated Book of Korean Fishes*, Kyo-Hak, Seoul, p. 615.
- [10] Kim, J. Y. and N. C. H. Lo(2001), Temporal variation of seasonality of egg production and the spawning biomass of Pacific anchovy, *Engraulis japonicus*, in the southern waters of Korea in 1983-1994, *Fisheries Oceanography*, Vol. 10, No. 3, pp. 297-310.
- [11] Kim, Y. U., J. G. Myoung, K. H. Han and C. B. Kang(1991), Morphology of larvae, egg development and spawning behavior of the blennioid fish, *Pictiblenius yatabei* (Jordan et Snyder), *Korean Journal of Ichthyology*, Vol. 4, No. 2, pp. 44-54.
- [12] KOSIS(1990-2010), Korean Statistical Information Service, Statistic Database for Fisheries Production, Retrieved from <http://www.kosis.kr/nsportal/>.
- [13] Lee, J. W. and Y. S. Kang(1994), Variations of fish community and density on artificial reefs, *Bulletin Korean Fisheries Society*, Vol. 27, No. 5, pp. 535-548.
- [14] Lee, S. J., Y. B. Go and B. J. Kim(2006), Seasonal variation of species composition and distribution of fish eggs and larvae in the western part of Jeju Island, Korea, *Korean Journal of Ichthyology*, Vol. 18, No. 2, pp. 129-140.
- [15] Margalef, R.(1963), On certain unifying principles in ecology, *The American Naturalist*, Vol. 97, No. 897, pp. 357-374.
- [16] Nelson, J. S.(1994), *Fishes of the World*(3rd ed.), New York, John Wiley & Sons, p. 550.
- [17] NFRDI(2004), *Commercial Fishes of the Coastal and Offshores Waters in Korea*, National Fisheries Research Development Insititute, Busan, p. 333.
- [18] Ohno, M., S. Arai and M. Watanabe(1990), Seaweed succession on artificial reefs on different bottom substrata, *Journal of Applied Phycology*, Vol. 2, No. 4, pp. 327-332.
- [19] Okiyama, M.(ed.)(1988), *An atlas of the early stage fishes in Japan*, Tokai University Press, p. 1154.
- [20] Park, H. H. and J. K. Shin(2003), An effect on fisheries resources enhancement of hollow jumbo structure and a search for artificial reefs by side scan sonar in the western Sea of Korea, *The Korean Society of Fisheries Technology*, Vol. 39, No. 3, pp. 230-238.
- [21] Park, K. D., J. G. Myoung, Y. J. Kang and Y. U. Kim(2005), Seasonal variation of abundance and species composition of ichthyoplankton in the coastal water off Tongyoung, Korea, *Journal of Korean Fisheries Society*, Vol. 38, No. 6, pp. 385-392.
- [22] Park, K. J.(1999), Species composition of the ichthyoplankton and feeding ecology of early stage in Kwangyang Bay, Korea. Ph.D. Thesis, Chonnam National University, p. 131.
- [23] Pickering, H. and D. Whitmarsh(1996), Artificial reefs and fisheries exploitation: a review of the 'attraction versus production' debate, the influence of design and its significance for policy, *Fisheries Research*, Vol. 31, pp. 39-59.
- [24] Shannon, C. E. and W. Wiever(1949), *The mathematical theory of communication*. Urbana, University of Illinois Press, p. 125.
- [25] Yanagi, T. and M. Nakajima(1991), Change of oceanic condition by the man-made structure for upwelling, *Marine Pollution Bulletin*, Vol. 23, pp. 131-135.

---

원고접수일 : 2013년 03월 21일

원고수정일 : 2013년 05월 22일

게재확정일 : 2013년 08월 28일