

## 2001년 7월과 11월의 한국남해 서부해역에서의 멸치(*Anchovy, Engraulis japonica*) 어란과 자·치어의 분포 및 수송 특성

김상현\* · 방익찬<sup>1</sup>

제주대학교 해양과환경연구소, <sup>1</sup>제주대학교 해양과학대학

### Distribution and Characteristic of Transport Mechanism of Eggs and Larvae of Anchovy, *Engraulis japonica*, in the Southwestern Sea of Korea in July and November, 2001

Sang-Hyun KIM\* and Ig-Chan PANG<sup>1</sup>

Marine and Environmental Research Institute, Cheju National University, Cheju-Do 695-814, Korea

<sup>1</sup>College of Ocean Science, Cheju National University, Cheju-Do 695-756, Korea

Distribution of anchovy (*Engraulis japonica*) eggs and larvae was studied in the southwestern sea of Korea in July and November, 2001. Anchovy eggs were found mainly in the oceanic fronts of the northern sea area which were formed in the offshore area of Chuja Is. Bogil Is. and Chungsan Is. from west to east. Anchovy eggs were also found in the surrounding sea of Cheju Is. in the southern sea front area. The waters were highly heterogeneous and the water masses were bordered based on temperature (10.8-26.4°C) and salinity (28.9-33.7 psu). The anchovy eggs were mostly found outside of the China Coastal Water, where salinity was below 31 psu. The anchovy eggs were not found in November. Abundance of the anchovy larvae were higher in July than November. Temperature ranged from 10.8°C to 25.9°C and 15.9°C to 20.5°C, and salinity ranged from 28.9 psu to 34.1 psu and 33.2 psu to 34.1 psu in July and November, respectively. Non-swimmable larvae were found throughout the whole area of the southwestern sea of Korea. The area beyond the oceanic front had anchovy eggs dispersed from the spawning grounds to offshore. Dispersion pattern showed that the eggs were transported from the spawning grounds with a process of advection and diffusion based on the flow pattern which were caused by winds. Distribution pattern of the anchovy eggs and larvae may be used for the prediction of oceanic currents in each area.

Key words: Anchovy (*Engraulis japonica*) eggs and larvae, Transport, Chinese Coastal Water, Advection, Diffusion

#### 서론

제주도를 포함하는 한국남해 서부해역은 여러 이질 수괴들이 시기별로 달리 출현하여 복잡한 해황을 나타내는 특성을 나타내는 해역이면서(Rho and Kim, 1983; Rho, 1985; Cho, 1988; Kim and Rho, 1994) 어장학적으로는 우리나라 연근해에 내유하는 여러 중요어종(조기, 갈치, 멸치, 고등어, 전갱이, 오징어 등)의 산란장 및 서식장이 되고 있어 국내 어느 해역보다도 자원생물학적 가치가 높은 해역이다. 이들 중요어종 중 멸치(*Engraulis japonica*)는 우리나라의 모든 해역에 분포하나, 주로 남해 일대에 주어장이 분포하고 있으며 자원량도 멸치는 자어부터 성어단계에 이르기까지 다양한 해양생물들 계속 증가하고 있는 중요 어종이다(Chang et al., 1980). 또한 의 공통적인 먹이생물이 되는 중간소비자(Odate, 1957; Hayashi, 1966)이므로 이들의 분포와 양적 크기에 따라 한국남

해역의 생태계뿐만 아니라 이를 먹이생물로 하는 연안성·외양성 어종 어장의 변화가 예상된다.

우리나라 주변 해역의 멸치 난·자치어 분포에 관한 연구는 Park and Lim (1965), Lim et al. (1970), Lim and Ok (1977), Yoo (1991) 등이 있고, 난·자치어 분포와 해양환경과의 관계에 대하여는 Chang et al. (1980), Kim (1983), Park et al. (2004) 및 Kim et al. (1994), Choo (2002), Lee and Go (2003) 등이 수온과 염분 변동에 따라 멸치의 회유와 분포가 대마난류수와 한국남해 연안수의 분포에 영향을 받으며, 이 두 수괴의 접촉으로 형성되는 전선의 위치가 멸치의 생활사에 중요하게 작용하고 있음을 지적하기도 하였다. 반면에 일본에서는 최근 들어서 자·치어의 생산, 가입과정에 관한 다양한 정보를 종합화하고 실험적 연구와 현장연구를 결합하여 수치모델의 다양한 형태로 멸치 난·자치어의 수송에 관한 연구가 도입되기 시작하였다(Nakata et al., 2000). 이처럼 멸치가 수산자원학적 또는 생태학적으로 중요한 역할을 담당하고 있음에도 불구하고

\*Corresponding author: hairtail@cheju.ac.kr

아직까지 제주도를 포함하는 한국남해 서부해역의 멸치 자·치어를 대상으로 분포해역까지의 수송기작에 대한 구체적인 논의와 연구는 전무한 실정이다.

본 연구는 조밀한 해양관측점과 채집점을 설정하여 멸치 어란의 초기감모에 영향을 끼치는 물리·생물 상호작용과 전생활사에 있어 자·치어 시기의 생산률이 어류 가입 및 자원량에 대한 영향을 끼치는 중요한 요소 중 하나이기 때문에 멸치 어란 및 자·치어 분포양상을 구체적으로 파악함과 동시에 이들의 구체적인 수송기작과 분포에 영향을 끼치는 요인 중 단기간에 형성된 유동변화에 따른 특성을 분석하였다.

### 재료 및 방법

제주도를 포함하는 한국남해 서부해역에 Fig. 1과 같이 조밀한 관측점을 설정하여 2001년 7월 16일부터 21일까지 및 11월 12일부터 17일까지 제주대학교 실습선(아라호)을 이용한 CTD (SBE-19, Sea-Bird Elec. Co.) 및 ADCP (JLN-615, JRC) 관측을 각 정점(●)에서 실시하여 해황과 해수의 유동상황을 분석하였으며, 관측과 동시에 멸치 어란과 자·치어의 분석을

위하여 생물채집(◆)을 실시하였다. 멸치 어란과 자·치어의 채집은 출현량의 차이를 알아보기 위하여 망목이 다른 두개의 붓고 네트(333  $\mu$ m 및 505  $\mu$ m, 망구 직경 60 cm)를 부착하였으며, 채집정점의 10 m, 20 m, 30 m층에서 2-3 Knot 속도로 약 10분간 예인하여 채집하였다. 현장에서 채집된 시료는 5%의 해수 포르말린으로 고정시킨 다음 멸치 어란과 자·치어를 분리하고 계수하였다. 그리고 멸치 어란 및 자·치어의 분포밀도는 채집시 네트입구에 부착시킨 유량계의 회전수에 의해 여과수량을 계산한 후 해수 10<sup>3</sup> m<sup>3</sup>당 개체수로 환산하였다.

### 결 과

하계(7월)의 멸치 어란 및 자·치어 분포와 해황

Fig. 2는 관측시의 T-S 분포 및 그에 따른 10 (●), 20 (▽), 30 m층(⊗)에서 멸치 어란과 자·치어가 채집된 위치의 T-S이다. 멸치 어란이 10 m층에서 수온 14.3-26.4°C, 염분 28.9-32.8 psu의 범위에서 채집되었고, 20 m층은 수온 12.4-24.1°C, 염분 31.7-33.4 psu, 30 m층은 수온 10.8°C-20.7°C, 염분 32.3-33.7 psu의 범위대에서 채집되었다. 전체적으로는 수온 10.8-

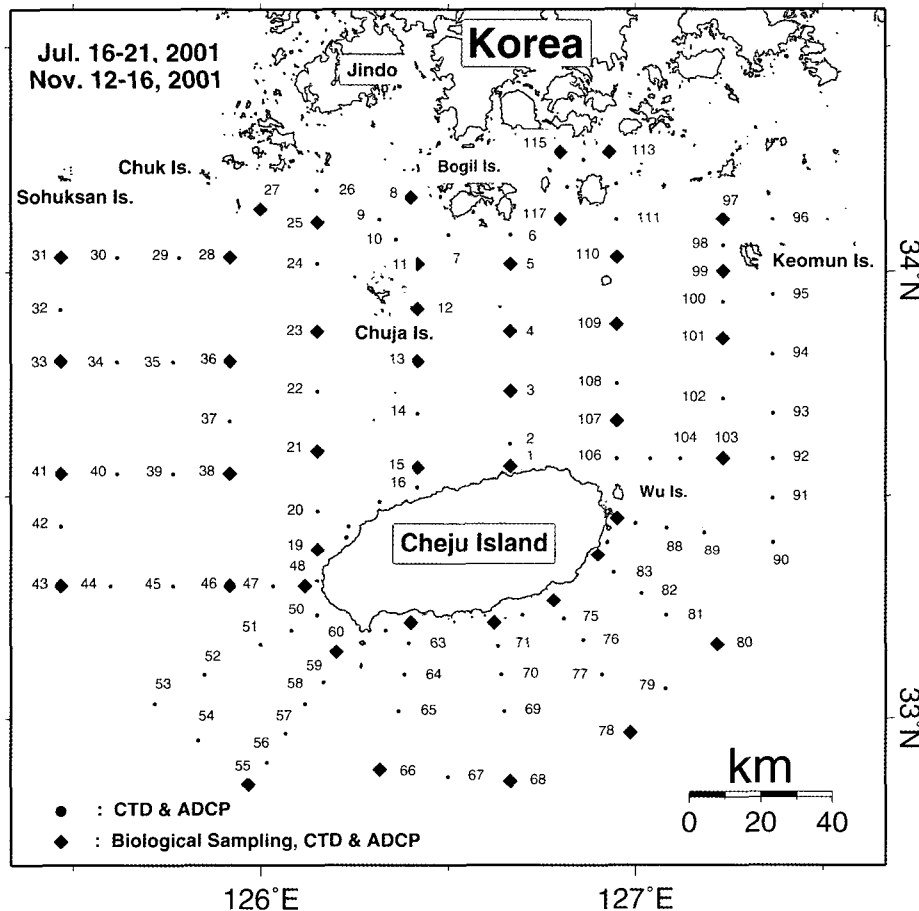


Fig. 1. Location of oceanographic stations observed by the research vessel of Cheju National University on July 16-21 and November 12-16, 2001.

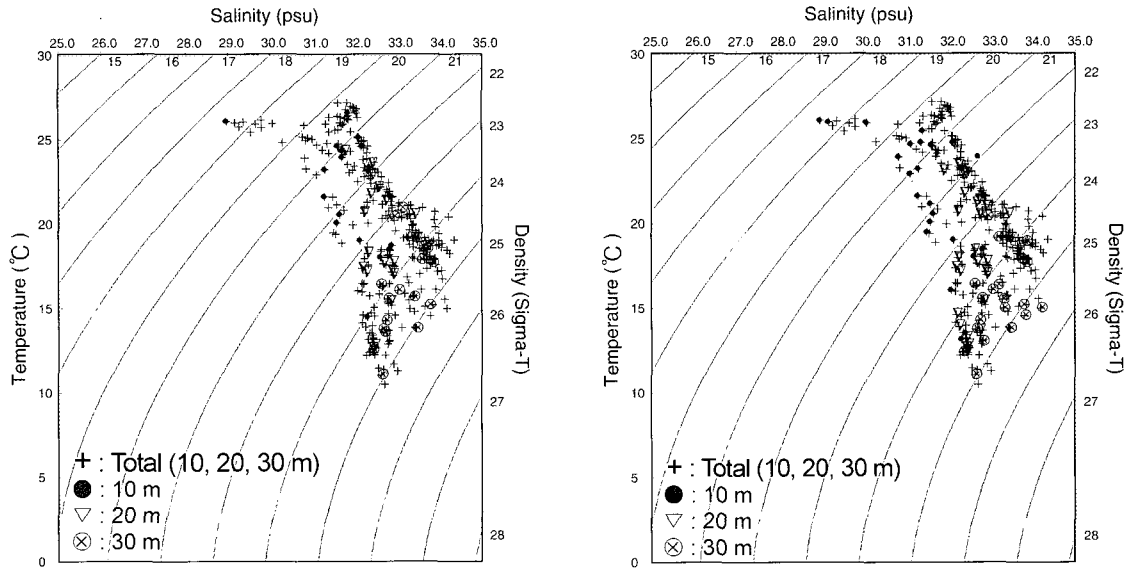


Fig. 2. Anchovy eggs (left) and larvae (right) distribution of each layer as related to T-S diagram in the southwestern sea of Korea on July 2001.

26.4°C, 염분 28.9-33.7 psu의 범위였다. 수심이 깊어질수록 저수온·고염분대에서 채집되는 특징이었다.

멸치 자·치어는 10 m층에서 수온 12.9-25.9°C, 염분 28.9-32.7 psu의 범위에서 채집되었고, 20 m층은 수온 12.2-23.1°C, 염분 31.8-33.4 psu, 30 m층은 수온 10.8°C-20.2°C, 염분 32.2-34.1 psu의 범위에서 채집되었다. 전체적으로는 수온 10.8-25.9°C 및 염분 28.9-34.1 psu의 광범위한 범위에서 채집됐다. 멸치 어란이 고온·저염의 해수를 벗어난 수역대에서 채집이 이루어진 반면, 멸치 자·치어의 경우는 거의 고온·저염의 중심역 뿐만 아니라 전 수역대에 분산되어 채집되었다.

멸치 어란 및 자·치어 분포와 해황과의 관계를 살펴보기 위하여 조사된 10 m층 해황(Fig. 3)은 제주도 서방해역에서 유입되는 수온 25°C 이상, 염분 31 psu 이하의 고온, 저염한 중국대륙연안수(양자강 저염분수 혹은 양자강 희석수로도 명명됨)가 추자도를 중심으로 하는 한국남해 서부해역으로 확장하며 제주해협을 통과하면서 제주도 및 한국남해역의 연안수(수온 20°C 이하, 염분 32.0 psu 이상)와의 사이에 수온, 염분전선이 조밀한 조경역을 형성하였다. 반면에 제주도 남동쪽해역에서는 수온 26°C 이상, 염분 32 psu 이상의 상대적으로 고온, 고염인 대마난류세력이 북서쪽으로 확장하고, 한국남해 서부해역에서는 황해 남부해역에서 유입되는 수온 14°C 이하, 염분 32.20 psu 이상의 상대적으로 저온, 고염한 황해냉수가 확장하였다.

이러한 해황에서 멸치 어란은 주변포역이 제주도 주변, 추자도 동쪽해역 및 보길도 동쪽해역의 섬주변에 집중되어 분포하였다. 가장 많은 분포밀도를 나타낸 곳은 제주도 남동쪽해역인 St. 74에서 40,342 No./10<sup>3</sup> m<sup>3</sup>였고, 다음으로 많은 분포밀도를 나타낸 곳은 보길도와 청산도 사이 해역인 St. 117에서

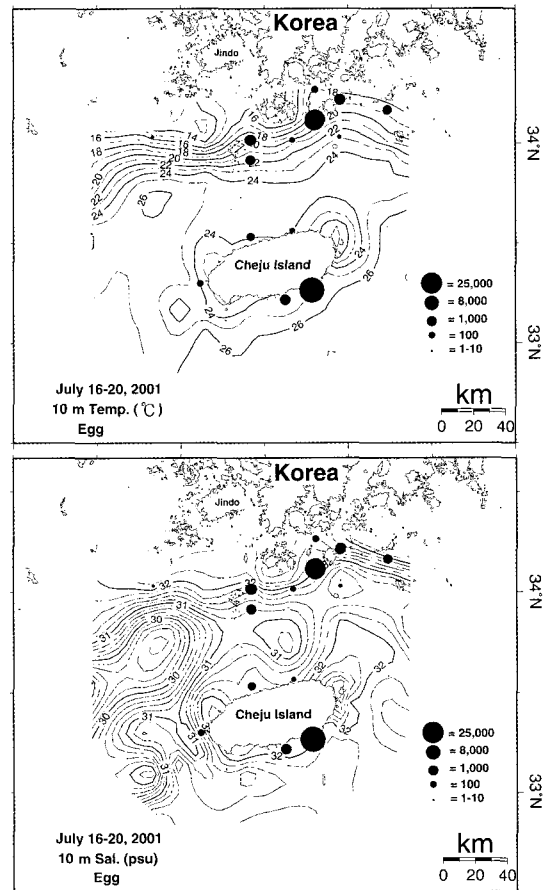


Fig. 3. Density (No./10<sup>3</sup> m<sup>3</sup>) of anchovy (*Engraulis japonica*) eggs with horizontal distribution of temperature (°C) and salinity (psu) at 10 m in the neighbouring seas of Cheju Is. and the southwestern sea of Korea on July 16-21, 2001.

24,726 No./10<sup>3</sup> m<sup>3</sup>였다. 가장 적게 채집된 해역은 제주도 우도 남쪽해역인 St. 86과 동쪽해역인 St. 103에서 각각 2, 3 No./10<sup>3</sup> m<sup>3</sup>였다. 반면에 44개 채집점 중 전혀 채집이 되지 않은 해역은 26개 정점으로 주로 고온·고염의 대마난류수역(St. 55, 60, 62, 66, 68, 78, 80, 84, 99, 107), 저온·저염의 황해냉수역(St. 25, 27, 31) 및 고온·저염의 중국대륙연안수역(St. 3, 4, 8, 13, 19, 21, 23, 33, 36, 38, 43, 46, 109) 등이었다.

멸치 자·치어의 경우(Fig. 4)는 주변포역 해역이 제주도를 남서-북동방향으로 자르는 선을 중심으로 북서쪽해역에 주로 분포하고 있으며, 한국남해 서부해역의 추자도를 중심으로 동서 및 남북방향의 폭 넓은 해역에 걸쳐 분포하였다. 가장 많이 채집된 해역은 보길도 남쪽 외해역의 St. 5와 추자도 외해역의 St. 23에서 각각 364 ind./10<sup>3</sup> m<sup>3</sup>, 343 ind./10<sup>3</sup> m<sup>3</sup>였고, 다음으로 많은 분포밀도를 나타낸 곳은 추자도 남쪽외해역인 St. 13에서 263 ind./10<sup>3</sup> m<sup>3</sup>였다. 가장 적게 채집된 해역은 죽도 남쪽해역(St. 25)과 한국남해역(St. 113)에서 각각 4 ind./10<sup>3</sup> m<sup>3</sup>, 3 ind./10<sup>3</sup> m<sup>3</sup>가 채집되었다.

따라서 10m층에서는 멸치 어란이 제주도, 보길도와 청산도 등 섬주변 외해역의 혼합수역(서로 다른 수괴나 해류계간의 경계역 및 해저지형 등으로 원래 갖고 있던 해수의 성질이 변질되어 분포하는 해역) 즉, 수온·염분의 구배가 큰 전선대내의 연안측에서 주로 채집이 되었으며, 특히 중국대륙연안수역, 대마난류수역 및 황해냉수역 내에서는 거의 채집이 이루어지지 않는 특징을 나타냈다. 반면에 자·치어는 멸치 어란이 분포하지 않는 중국대륙연안수의 중심수역뿐만 아니라 제주해협의 광범위한 범위에 걸쳐 분포하였다.

20m층(Fig. 5)은 10m층과는 달리 관측 해역의 곳곳에 와류역이 출현하였다. 이와 같이 20m층의 곳곳에 와류역이 형성된 것은 고온·저염한 중국대륙연안수와 이심층의 해수 사이에 상당한 혼합이 이루어지고 있는 것으로 해석되어진다. 그러나 한국남해 서부해역에 출현한 15℃ 이하, 32.20 psu 이상

의 해수는 황해 남부해역의 황해냉수인 상대적으로 저온, 고염수가 한국남해역으로 유입되는 현상과 제주도 남동쪽해역에서 확장하는 대마난류계수의 출현은 10m층의 해황과 유사하였다.

이러한 해황에서의 멸치 어란은 주변포역이 제주도, 추자도 동쪽 및 청산도 주변과 같은 섬주변에 집중되어 분포하는 것은 10m층과 유사하였다. 가장 많은 분포밀도를 나타낸 곳은 제주도 남동쪽해역인 St. 74에서 28,731 No./10<sup>3</sup> m<sup>3</sup>였고, 다음으로 많은 분포밀도를 나타낸 곳은 보길도와 청산도 사이 해역인 St. 117에서 8,818 No./10<sup>3</sup> m<sup>3</sup>로 10m층보다는 약 29-64% 적게 채집되었다. 가장 적게 채집된 해역은 제주도 서쪽해역인 St. 41과 46해역에서 각각 6, 4 No./10<sup>3</sup> m<sup>3</sup>이었다. 44개 채집점 중 전혀 채집이 되지 않은 해역은 24개 정점으로 주로 고온·고염의 대마난류수역(St. 55, 60, 62, 66, 68, 78, 80, 84, 99, 103, 109, 110), 저온·저염의 황해냉수역(St. 23, 25, 27, 31) 및 고온·저염의 중국대륙연안수역(St. 3, 4, 8, 19, 21, 36, 38, 43) 등이었다. 20m층에서는 10m층과는 확연하게 혼합수역에서 채집되는 특징을 나타냈으며, 특히 고온·고염의 대마

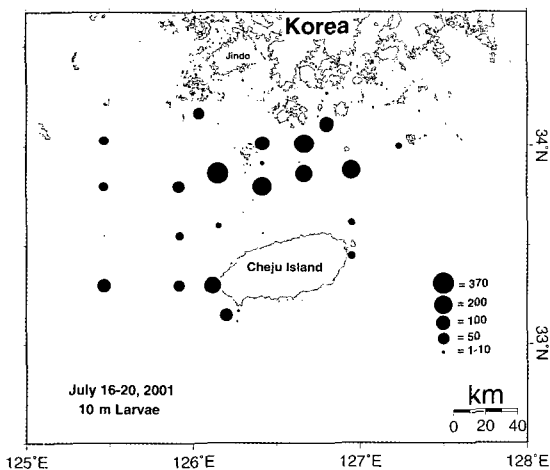


Fig. 4. Density (ind./10<sup>3</sup> m<sup>3</sup>) of anchovy (*Engraulis japonica*) larvae at 10 m in the neighbouring seas of Cheju Is. and the southwestern sea of Korea on July 16-21, 2001.

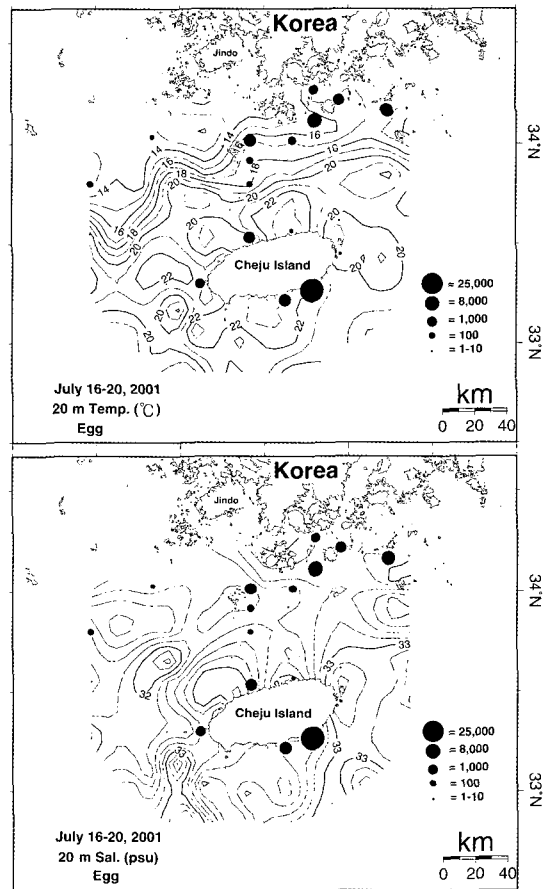


Fig. 5. Density (No./10<sup>3</sup> m<sup>3</sup>) of anchovy (*Engraulis japonica*) eggs with horizontal distribution of temperature (°C) and salinity (psu) at 20 m in the neighbouring seas of Cheju Is. and the southwestern sea of Korea on July 16-21, 2001.

난류역에서 거의 채집이 이루어지지 않는 현상이 다르게 나타났다. 또한, 10 m층에서는 채집되지 않았던 St. 41과 46해역에서 가장 적은 양이지만 어란이 출현한 것은 황해남부해역에서 황해냉수가 확장하며 중국대륙연안수와 혼합되면서 혼합수역으로 변질되었기 때문에 채집이 이루어진 것으로 사료된다.

따라서 20 m층에서의 멸치어란의 분포는 10 m층과 유사하나 10 m층의 멸치 어란이 수온·염분의 구배가 큰 전선대의 내측에서 채집된 반면, 20 m층에서는 제주도 서쪽의 St. 41, 46과 같이 외해역의 혼합수역내에서도 채집되는 특징을 나타냈다. 이는 St. 41, 46이 표층의 고온·저염한 중국대륙연안수가 영향을 미치는 수괴의 이심층에 해당하므로 이 수괴의 영향을 덜 받는 수층에서는 멸치 어란이 채집되었다.

20 m층의 멸치 자·치어(Fig. 6)는 10 m층의 자·치어 분포와 비슷한 경향을 나타냈다. 가장 많은 분포밀도를 나타낸 곳은 추자도 남동쪽 외해역에 인접한 St. 109와 4에서 각각 223 ind./10<sup>3</sup> m<sup>3</sup>, 212 ind./10<sup>3</sup> m<sup>3</sup>가 채집되었다. 다음으로 많이 채집된 곳은 제주도 서쪽연안역인 St. 48에서 169 ind./10<sup>3</sup> m<sup>3</sup> 및 추자도 서쪽외해역인 St. 23에서 146 ind./10<sup>3</sup> m<sup>3</sup>이 채집되어 추자도를 중심으로 동서방향의 외해역에서 많이 분포하였고 보길도와 청산도 남쪽해역, 제주도 서방해역에서 상당수 분포하였다. 20 m층에서도 제주도 남동쪽해역의 고온·고염한 대마난류수역내에서는 멸치 자·치어 채집이 이루어지지 않았다.

30 m층(Fig. 7)은 10 m 및 20 m층에서 여러 이질수괴들이 접하면서 심한 조경을 이루고 있었으나, 제주도 남동쪽해역에서 추자도 남동쪽해역으로 확장하는 16°C, 33.20 psu 이상의 대마난류수와 14°C 이하, 32.80 psu 이하의 황해냉수 사이에 북동-남서 방향의 수온·염분 전선이 형성되는 특징을 나타냈다.

멸치 어란의 분포는 10 m, 20 m층과는 달리 분산이 많이 이루어졌지만 주분포역은 20 m층과 비슷하게 섬주변의 외해

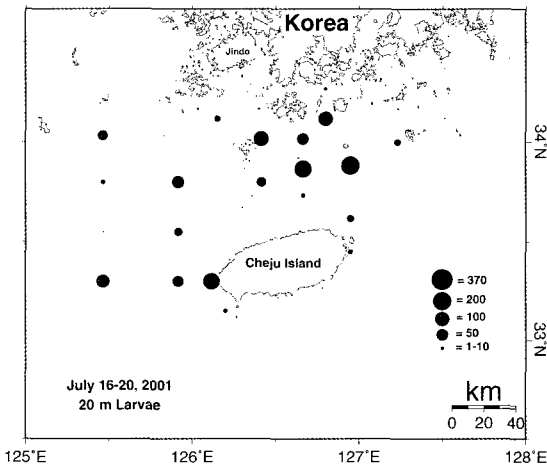


Fig. 6. Density (ind./10<sup>3</sup> m<sup>3</sup>) of anchovy (*Engraulis japonica*) larvae at 20 m in the neighbouring seas of Cheju Is. and the southwestern sea of Korea on July 16-21, 2001.

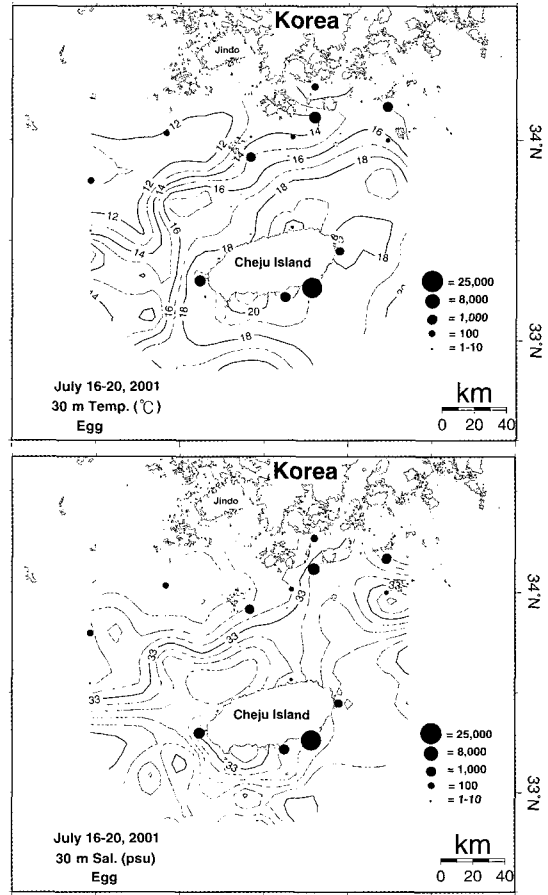


Fig. 7. Density (Eggs/10<sup>3</sup> m<sup>3</sup>) of anchovy (*Engraulis japonica*) eggs with horizontal distribution of temperature (°C) and salinity (psu) at 30 m in the neighbouring seas of Cheju Is. and the southwestern sea of Korea on July 16-21, 2001.

역에서 주로 분포하였고, 추자도 서쪽 외해역에서도 채집되는 특징을 나타냈다. 가장 많은 분포밀도를 나타낸 곳은 제주도 남동쪽해역인 St. 74에서 21,534 No./10<sup>3</sup> m<sup>3</sup>였고, 다음으로 많은 분포밀도를 나타낸 곳은 보길도와 청산도 사이 해역인 St. 117에서 5,927 No./10<sup>3</sup> m<sup>3</sup>로 10 m층보다는 약 47-77%, 20 m층보다는 약 26-33% 적게 채집되어 수심이 깊어질수록 채집되는 양이 줄어들었다. 가장 적게 채집된 해역은 제주도 북쪽해역인 St. 15에서 4 No./10<sup>3</sup> m<sup>3</sup>였다. 44개 채집점 중 전혀 채집이 되지 않은 해역은 26개 정점으로 주로 고온·고염의 대마난류수역(St. 3, 4, 13, 19, 21, 43, 55, 60, 62, 66, 68, 78, 80, 84, 103, 109, 107), 저온·저염의 황해냉수역(St. 8, 23, 25, 27, 31, 36, 38, 46, 113)으로 크게 구분을 지을 수 있었다. 따라서 30 m층에서의 멸치 어란은 10, 20 m층과 유사하게 제주도, 추자도 동쪽, 청산도 주변해역 등 섬주변 외해역에서 주로 채집이 되며, 대마난류수내에서는 채집이 되지 않는 특징을 나타냈다. 또한 수심이 깊어질수록 채집되는 개체수는 적어지고 있었다.

30 m층의 멸치 자·치어(Fig. 8)는 제주도 서쪽해역에서부터

북동쪽으로 연결되는 전선대의 연변에서 주로 채집되고 있었다. 가장 많이 채집된 해역은 제주해협 동쪽입구의 중앙인 St. 109에서  $123 \text{ ind./}10^3 \text{ m}^3$ 였고, 다음으로 보길도와 청산도사이 해역인 St. 117과 제주도 북서쪽해역인 St. 36에서 각각  $89 \text{ ind./}10^3 \text{ m}^3$ ,  $80 \text{ ind./}10^3 \text{ m}^3$ 가 채집되었다. 이러한 현상은 St. 33에서  $20 \text{ ind./}10^3 \text{ m}^3$ 가 채집된 것을 제외하면 황해남부 해역에서 확장하는  $13^\circ\text{C}$  이하의 황해냉수가 추자도 및 보길도 주변해역으로 확장하는 해역에서는 멸치 자·치어가 거의 채집되지 않았으며, 이 해수와 제주도 남동쪽해역에서 제주해협 내로 확장하는 고온·고염의 해수와의 경계역에도 분포하는 특징을 나타냈다. 또한 제주도 남동쪽의 고온·고염한 대마난류수내에서도 멸치 자·치어는 채집되지 않았다.

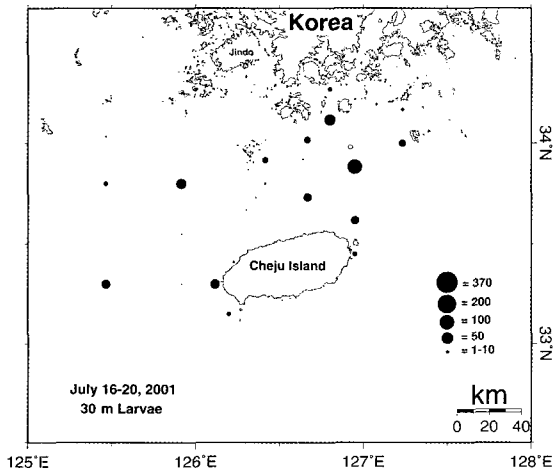


Fig. 8. Density ( $\text{ind./}10^3 \text{ m}^3$ ) of anchovy (*Engraulis japonica*) larvae at 30 m in the neighbouring seas of Cheju Is. and the southwestern sea of Korea on July 16-21, 2001.

추계(11월)의 멸치 어란 및 자·치어 분포와 해황

11월에 관측된 자료 중 10m층의 해황 및 자·치어의 분포를 Fig. 9에 나타냈다. 제주도 남동쪽해역에서  $21^\circ\text{C}$ , 34.0 psu 이상의 대마난류수가 북서쪽으로 확장하고, 황해남부해역을 통하여 한국남해 서부해역으로 확장하는 저온, 저염한 해수와의 사이에 수온전선대를 형성하였다. 7월에 출현하였던 고온, 저염수에 해당하는 혼합수 및 중국대륙연안수는 관측해역에서 소멸되었다.

11월에 멸치 어란은 관측 전해역 및 전층에서 채집이 되지 않았으며, 반면 멸치 자·치어는 극히 일부 정점에서만 채집이 되었다. 채집은 10 m층에서 제주도 서쪽해역인 St. 41, 43에서 각각  $12 \text{ ind./}10^3 \text{ m}^3$ ,  $3 \text{ ind./}10^3 \text{ m}^3$ , 20 m층에서는 제주도 서쪽인 St. 41, 43 그리고, 보길도 남동쪽해역인 St. 110에서 각각 2, 5, 3  $\text{ind./}10^3 \text{ m}^3$ , 30 m층에서는 제주도 서쪽인 St. 41과 제주도 북동쪽 해역인 St. 107에서 각각  $2 \text{ ind./}10^3 \text{ m}^3$ 의 개체가 채집되었을 뿐이었다. 채집시 10 m층은 수온  $18.9\text{--}20.5^\circ\text{C}$ , 염분 33.2-33.9 psu 범위에서 채집되었고, 20 m층은 수온  $15.9\text{--}20.2^\circ\text{C}$ , 염분 33.6-34.1 psu, 30 m층은 수온  $15.9\text{--}18.9^\circ\text{C}$ , 염분

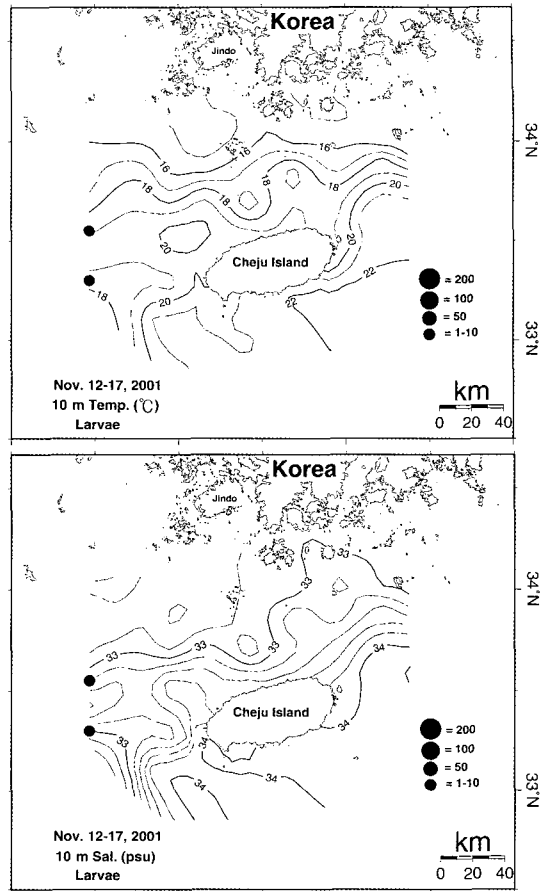


Fig. 9. Density ( $\text{ind./}10^3 \text{ m}^3$ ) of anchovy (*Engraulis japonica*) larvae with horizontal distribution of temperature ( $^\circ\text{C}$ ) and salinity (psu) at 10 m in the neighbouring seas of Cheju Is. and the southwestern sea of Korea on November 12-17, 2001.

$33.3\text{--}33.6 \text{ psu}$ 의 범위였다. 전체적으로는 수온  $15.9\text{--}20.5^\circ\text{C}$ , 염분  $33.2\text{--}34.1 \text{ psu}$  범위에서 채집되었다.

고찰

멸치 어란의 출현 특성

우리나라 연안에서의 멸치 산란은 거의 연중 이루어지고 있으며, 한국남해안산 멸치의 산란시기는 3-11월이면서 주산란기가 5-7월(Lim and Ok; 1977)로 알려져 있는데, 하계(7월)의 멸치 어란 출현 특성은 제주도를 포함한 한국남해서부해역의 보길도와 청산도, 추자도 같은 섬주변 외해역의 혼합수역에서 채집이 이루어지고 있으며, 추계인 11월에는 멸치 어란이 거의 채집되지 않았다.

그리고 11월 관측에서 관측해역에서 멸치 어란이 거의 채집되는 것으로 볼 때 제주도를 포함한 한국남해 서부해역에서의 산란은 10월까지로 Lim et al. (1970)이 3월부터 10월까지 산란이 이루어진다는 결과와 일치하였으나, Yoo et al. (1998)의 결과에서는 11월에 상당수의 멸치 자치어가 채집된 것을 보면 본 연구해역에서의 산란기 추정은 해에 따른 변동

이 심하게 나타나고 있어 이에 대한 결과들에 대하여 자세한 연구가 필요하다고 사료된다.

### 멸치 어란 채집형태로 본 성어의 산란 특성

제주도를 포함하는 한국남해 서부해역에서의 멸치 어란은 제주도, 추자도, 보길도, 청산도 및 거문도와 같은 섬 주변 외해역에서 채집이 이루어지고 있었다. 반면 중국대륙연안수, 황해냉수 및 대마난류수가 확장하는 수괴의 내부에서는 거의 채집이 이루어지지 않는 특징을 나타냈다. 해역에 따른 특성을 달리하겠지만, 멸치의 생활사에서 보는 것처럼 산란에서부터 부화까지의 시간이 대략 30시간으로 약 1.25일이 소요되고 있었다(Chyung, 1991). 그러므로 어란이 채집된 정점은 멸치의 성어가 산란하여 만 하루가 지나지 않는 것으로 판단할 때 멸치 성어의 산란 특성을 파악할 수 있다. 즉, 멸치 어란이 채집된 정점 주변은 산란기를 맞은 멸치 성어가 체류했던 해역임과 동시에 산란한 해역임을 나타내고 있다.

결과적으로 멸치 어란이 중국대륙연안수, 황해저층냉수 및 대마난류수의 외측, 즉 혼합수역에서 채집된 것은 어란이 유영력이 없기 때문에, 결국 멸치의 성어가 특히 이 수괴를 회피하여 섬주변의 외해역인 혼합수역으로 이동하여 산란을 하고 있는 것으로 사료된다. 멸치는 주로 33.2-34.9 psu의 염분대에서 산란이 이루어진다(Nakai et al., 1955)는 보고에서와 같이 멸치 성어의 습성이 저염분수대를 회피하여 호적조건이 형성되는 해역에서 산란한다고 판단된다. 또한 하천수의 연안역 유입으로 인한 표면 염분 변화가 멸치 어장 형성에 미치는 영향에 관한 연구(Mitani and Hasegawa, 1988)에서, 표층 염분이 28 psu 이하와 33 psu 이상에서는 멸치어장이 소멸된다고 보고 하였다. 그러나 본 연구에서는 Mitani and Hasegawa (1988)의 결과에서 얻은 28 psu 이하의 염분보다 높은 31 psu 이하의 중국대륙연안수역에서 멸치 어란이 거의 채집되지 않았다. 따라서 Mitani and Hasegawa (1988)의 결과처럼 연안역으로부터의 하천수 유입에 따른 결과가 아니라 외양수, 즉 중국 양자강입구에서 유출되어 동중국해 북부해역의 표층을 따라 이동되는 고온·저염분수(중국대륙연안수)에 의해 영향을 받는다는 사실이다. 따라서, 염분이 산란에 그다지 영향을 미치지 않는다는 결과(Lee and Go, 2003)와는 달리, 산란기의 멸치 성어의 이러한 대염분 반응에 대하여 보다 구체적인 연구가 진행될 필요가 있다. 중국대륙연안수가 5월부터 10월까지 제주도 주변해역에 출현(Kim, 1995)하고 있는 것으로 볼 때, 멸치 성어의 분포에 영향을 미치는 이 수괴의 출현 형태에 따라 멸치 어장이 어떻게 변할 것인가를 추정할 수도 있는 것으로 사료된다. 또한 10 m층에서 제주도 남동 외해역에서 북동쪽으로 확장하는 고온·고염의 대마난류수역에서도 멸치 어란이 채집되지 않고 제주도 남동쪽 연안역인 St. 74에서 가장 많은 어란이 채집된 것도 33 psu 이상의 대마난류수에 의해 멸치 성어가 연안역으로 밀리면서 산란한 결과와 일치하는 것으로 판단되나, 20 m 및 30 m층의 33-33.7 psu 염분대에서도 어란이 채집되기도 하였다. 이와 같이 고염분역에서도

어란이 채집되는 것이 수송기작에 의한 것인지, 아니면 다소 높은 염분대에서 채집되었다고 보고(Kim, 1992)와 같이 실제로 고염분역에서도 산란이 이루어지는지 등에 대하여는 앞으로 많은 고찰이 있어야 할 것으로 판단된다.

그리고 멸치 어란이 섬주변의 외해역에서 주로 채집이 되었는데, 섬의 천해역에서는 실제로 채집이 이루어지지 않는 지를 알아보기 위하여 Fig. 10과 같이 2001년도에 제주도내의 5개 수협과 추자도수협에 의뢰하여 멸치 어획량을 월별로 나타내 보았다. 제주시와 한림수협에서는 멸치의 위판이 전혀 없었고, 성산포, 서귀포, 모슬포 및 추자도수협에서 위판이 이루어졌다. 제주도 주변해역에서는 주로 1월부터 10월까지 위판이 이루어졌다. 2001년 7월의 경우 제주도 모슬포 해역에서 2,293 kg의 위판이 있었을 뿐 타지역에서의 위판은 없었다. 반면에 관측시 멸치 어란이 채집된 해역은 모슬포 해역보다 북쪽인 St. 48로 마라도 외해역에서 산란된 어란이 외해역을 따라 수송되었을 것으로 추정할 수 있다. 따라서 멸치는 섬주변의 외해역에서 주로 산란이 이루어지고 있는 것을 추정할 수 있다.

이처럼 멸치가 섬주변의 천해역에서 산란이 이루어지지 않고 다소 외해역에서 이루어지는 것은 천해역의 연안 정착성 어종들에 의해 멸치 어란이 섭취되는 것을 방지하기 위하여 멸치 성어가 흐름이 다소 있는 외해역에서 산란하거나, 멸치 성어가 산란 장소를 전선대의 내측이나 경사도가 급한 해역에 산란하면서 확산이나 이산을 방지하여 생존율을 높이는 방법을 택하는 것으로 추정된다.

### 멸치 자·치어의 수송 특성

2001년 7월의 ADCP 관측 결과와 멸치 어란(Fig. 11-a) 및 자·치어(Fig. 11-b)의 분포를 10 m층에 대하여 나타낸 것이다. 결과에서 살펴본 것처럼 멸치 어란은 섬주변의 연안역과 외해역의 극히 한정된 해역에 분포(Fig. 11-a)하는 반면, 멸치 자·치어는 어란이 채집되지 않는 해역에서도 분포하는 결과가 나타났다(Fig. 11-b).

이러한 결과들은 수송기작에 대한 몇 가지 과제가 해결되어야만 해석이 가능하다. 첫째, Chang (1984), Kim and Rho (1997), Lie et al. (2000) 등의 결과에 의하면 제주해협에서의 해류는 제주도 서방해역으로부터 해협의 서쪽입구를 통하여 유입된 후, 해협의 동쪽입구를 통하여 유출되어 한국남해 동부해역으로 이동하는 해류 양상을 취하고 있음을 보고하였다. 이처럼 제주해협내에 형성된 해류구조를 볼 때 제주도, 추자도, 보길도, 청산도 주변해역에서 채집된 멸치 어란이 이들 해류에 편승하여 한국남해 동부로 수송되면서 부화하여 분포해야 함에도 불구하고 멸치 자·치어가 해협의 전역에 걸쳐 광범위하게 분포한다는 점이 해석하기 곤란한 것이다. 둘째, 각 층의 해황구조에서 살펴본 것처럼 제주도 주변의 조석전선역(Kim et al., 1998)이나, 추자도, 보길도, 청산도 및 거문도 부근해역에 동서방향으로 형성된 수온전선(Yang et al., 1998)과 염분전선대내에 분포했던 멸치 어란이 유영력이 없음에도

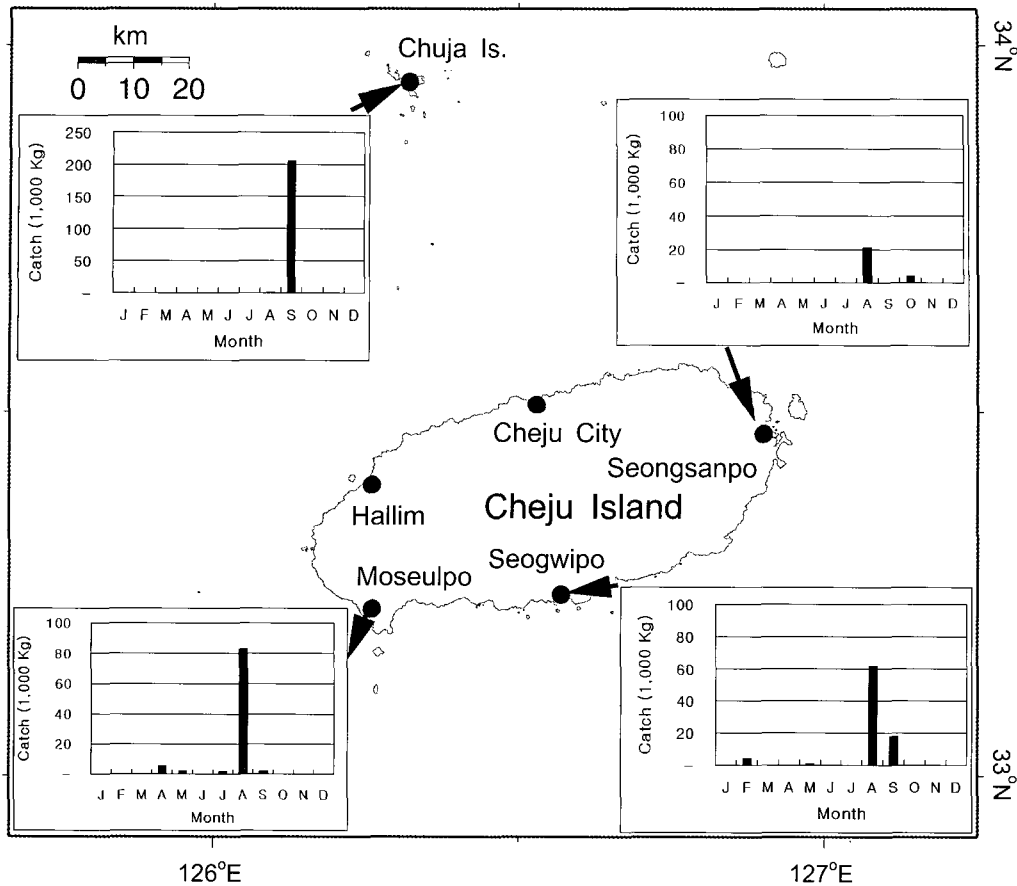


Fig. 10. Catch amount of Anchovy (*Engraulis japonica*) in the neighbouring seas of Cheju Is. in 2001.

불구하고 이들 전선대를 뛰어넘어 수송되면서 부화하여 자·치어가 중국대륙연안수의 중심역 및 제주해협외의 광범위한 범위에 걸쳐 분포한다는 점이다. 이처럼 제주해협내의 해류구조 및 전선대의 장벽효과에도 불구하고 멸치 자·치어가 광범위한 범위에 분포하는 것은 멸치 어란이 어떤 외력에 의해 이송되는 과정에서 부화하는 수송기작이 작용하고 있을 것으로 사료된다. 일본 연안의 정어리 난·치어어 분포에 있어서도 주로 단기적인 해류의 변동에 의해 지배되고 난수의 연안역 수송이 자원 가입에 크게 기여한다고 하였으며(Kasai, 1995), 한국 남해에서는 warm streamer가 멸치 난·치어의 연안역 수송에 기여한다고 하였다(Choo and Kim, 1998).

따라서 한국남해 서부해역에서 단기간에 형성된 유동장의 특성에 의해 멸치 어란이 이루어 확산과 같은 수송기작에 의해 자·치어가 분포하는 위치까지 수송되는 과정을 분석하기 위해 ADCP로 관측된 자료를 A에서 F까지의 해역으로 구분하여 유동패턴을 나타냈다(Fig. 11-a).

A해역의 멸치 어란은 보길도와 청산도 해역에서 남서쪽으로 향하는 흐름에 의해 추자도 주변해역으로 확산과 이루어지고, B해역은 제주도 북쪽연안역 어란이 일시적으로 형성된 흐름에 의해 추자도 주변연안역으로 확산 및 이루어진다. C해역에서는 한국남해 서부해역에서 황해 남부해역으로의 흐름에

의해 연안역으로 복잡한 후 다시 남하하여 추자도 주변으로 되돌아오는 순환류에 의해 이루어진 것으로 추정된다. 또한, D해역의 제주도 서쪽연안역에서는 마라도 주변해역을 거쳐 남하하는 흐름과 함께 멸치 어란이 남쪽 외해역으로 이동된 뒤 외해역에서 제주도 추자도 주변으로 확장하는 유동장에 편승하여 해협내로 유입되는 양상을 나타낸다. 따라서 이러한 결과로 Fig. 11-b의 추자도 주변해역에 많은 양의 자·치어가 분포하게 되는 결과를 낳았다고 판단된다. E해역에서는 제주도 성산포에서부터 연안을 따라 남서쪽으로 확장하는 흐름에 의해 확장된 뒤 외해역의 대마난류수에 의해 북동쪽으로 유동되는 결과로 St. 78, 80 등에서 어란이나 자·치어가 채집되지 않았으며 그 사이 해역을 통하여 유출되고 있는 것으로 판단된다. F해역에서는 연안역을 따라 거문도쪽으로 확장하는 흐름에 의해 멸치 어란을 이루시키는 것으로 판단된다. Lee and Go (2002)의 멸치 자·치어 채장분석 결과 추자도 및 청산도, 보길도 주변해역에서 채집된 자치어는 이 해역을 벗어난 해역, 즉 보길도 서쪽과 남쪽해역, 제주도 북서쪽 해역 등에서 채집된 채장 분포 비율보다 낮게 나타나는 결과로 볼 때 해협내에 형성된 유동장에 의해 이루어 확산과 같은 수송기작에 의해 이동되었을 것으로 추정되어 이들 결과와 일치하였다. 따라서 제주도 주변해역을 포함하는 한국남해 서부해역에



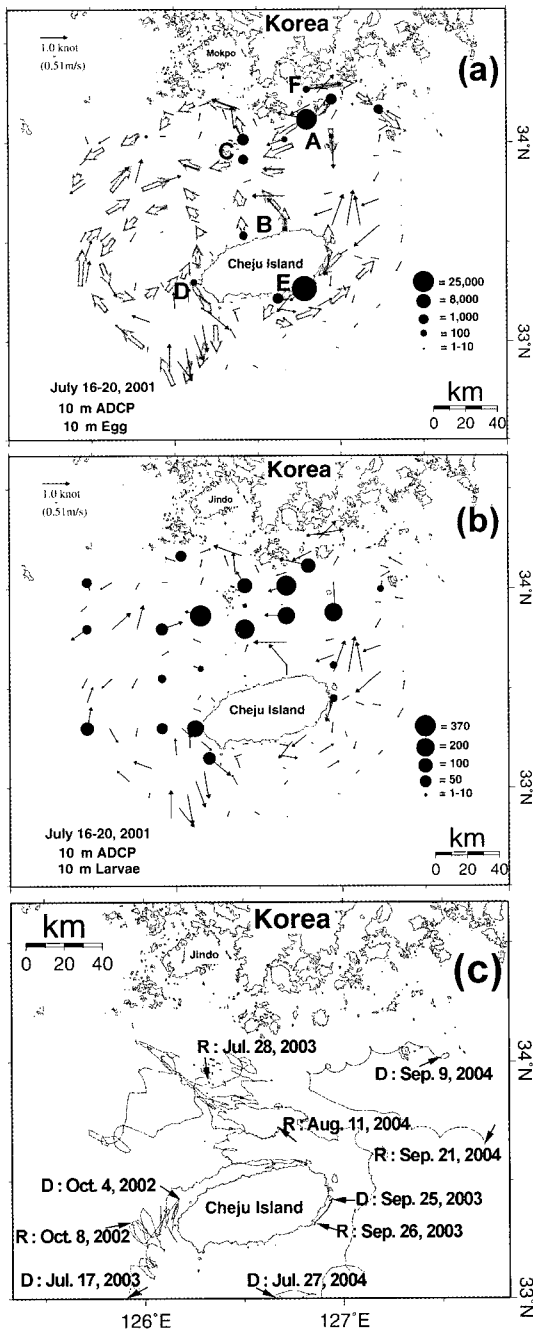


Fig. 11. (a) Distribution of Anchovy egg and the observation result by ADCP on Jul. 16-20, 2001. Shadow arrows represent a reconstructed flow pattern. (b) Distribution of Anchovy larvae and the observation result by ADCP on Jul. 16-20, 2001. (c) The tracking of drift buoy at a depth of 5 m and 15 m in summer and autumn. D and F represents a dropping and recovery points of drift buoys, respectively.

서 단기간에 형성된 유동장의 변화를 파악하는 것이 성육장이 되고 있는 이 해역에서의 멸치 어장의 과학적인 관리와 자원 조성, 자원량 변동기구의 해석 및 멸치를 이료생물로 하는 원양 및 연안성 어종 어장의 어장학적 어황예측에 도움이

될 것으로 사료된다.

제주도를 포함하는 한국남해역에서 ADCP에 의해 나타난 순간적인 유동상황은 이 해역에서 하계와 추계에 TGPS (Ko, 2004), ORBCOMM (Matsuno et al., 2003) 및 위성관측 Buoy에 의해 얻어진 자료(Fig. 11-c)와 비교해 보면 해협내에 형성된 흐름장이 ADCP 결과와 잘 일치하고 있는 것을 확인할 수 있다. 즉 한국남해 서부해역에서 실시된 유동특성(Chang, 1984; Kim and Rho, 1985; Lie et al., 2000)에서 대부분 제주해협의 서쪽입구로 유입된 해수가 동쪽입구를 통하여 유출된 후 한국남해 동부해역으로 이송되는 결과와는 달리, 하계와 추계에 걸쳐 주변 해역에 바람과 같은 외력에 의해 일시적으로 형성된 유동 양상에 따라 Fig. 11-c와 같은 결과를 초래하고 있는 것으로 사료된다. 따라서 한국남해 서부해역의 멸치 어란이 이 해역에 형성된 수온·염분전선대의 장벽을 통과하여 Fig. 11-b의 자·치어 분포 결과와 같이 해역에 단기간에 형성된 유동장의 변화에 대응하여 나타난 결과라고 판단된다. 그러므로 멸치 성어에서 산란된 어란은 부화 후부터 해협내에 형성된 유동장에 의해 크게 지배되며 부화하고, 넓은 해역에 걸쳐 확산과 이류되면서 추자도 주변해역과 같은 지형적인 원인에 의해 용승 및 와류 현상 등이 출현하여 생육장이 되는 해역에서 조금씩 성장하면서 최종적으로는 해협내의 해류(Kim and Rho, 1997; Lie et al., 2000)에 편승해 제주해협의 동쪽입구를 통과하여 한국남해동부해역인 거문도 및 통영 주변해역으로 이송되고 있는 것으로 사료된다. 따라서 한국남해 동부해역 등에서는 제주해협을 빠져나간 멸치 자·치어들이 모이는 해역으로 추정되어 우리나라에서도 가장 멸치어업이 성행하는 해역으로 멸치어장이 형성되고 있는 것으로 판단된다. 또한 이류와 확산되는 과정에서 성육되고 있으며, 주변해수와와의 환경변화에 적응전략이 요구된다. 반면에 추계(11월)의 경우 Yoo et al. (1998)의 결과와는 달리 출현 개체수 및 장소가 극히 한정되어 해에 따른 해황변동 특성에 따라 출현양상을 달리하여 나타나는 것으로 사료된다.

### 사 사

이 연구는 해양수산부 ‘산사댐 건설에 의한 동중국해 해수 순환 및 해양환경변동 연구’와 M24103의 지원으로 수행되었습니다. 본 연구에 있어 어란 및 자·치어 자료를 제공해주신 제주대학교 고유봉 교수님 및 해양생태학 연구실 이승중 박사에게 진심으로 감사의 마음을 전합니다. 또한 본 논문을 위하여 세심하게 검토하여 주신 익명의 세분 심사위원님께도 감사드립니다.

### 참 고 문 헌

Chang, K.I. 1984. The structure of currents and its flow dynamics of the Jeju Straits. M.S. Thesis, Seoul National Univ., Korea, pp. 62.

- Chang, S.D., S.Y. Hong, C.K. Park, P. Chin, B.G. Lee, T.Y. Lee, Y.J. Kang and Y. Gong. 1980. Studies on the migration of anchovy, *Engraulis japonica* in Korean waters. Publ. Inst. Mar. Sci. Natl. Fish. Univ. Busan, 12, 1-38.
- Cho Y.K. 1988. A study on the bottom water and transport in the South Sea, Korea. M.S. Thesis, Seoul National Univ., Korea, pp. 55.
- Choo, H.S. 2002. The variations of oceanic conditions and the distributions of eggs and larvae of anchovy in the Southern Sea of Korea in summer. J. Kor. Fish. Soc., 35, 77-85.
- Choo, H.S. and D.S. Kim. 1998. The effects of variations in the Tsushima Warm Currents on the egg and larval transport of anchovy in the Southern Sea of Korea. J. Kor. Fish. Soc., 31, 226-244.
- Chyung, M.K. 1991. The Fishes of Korea. Iljisa, Seoul, pp. 727.
- Hayashi, S. 1966. A note on the biological and fishery of the Japanese anchovy *Engraulis japonica* (Houttuyn). CalCOFI Rep., 11, 44-57.
- Kasai, A. 1995. Effect of variations in the Kuroshio and Oyashio Currents on the egg and larvae transport and recruitment of Japanese sardine (*Sardinops melano-stictus*). Ph.D. Thesis., Tokyo Univ., Japan, pp. 60.
- Kim, I.O. and H.K. Rho. 1994. A study on China Coastal Water appeared in the neighbouring seas of Cheju Island. J. Kor. Fish. Soc., 27, 515-528.
- Kim, J.Y. 1983. Distribution of anchovy eggs and larvae off the western and southern coast of Korea. Bull. Kor. Fish. Soc., 16, 401-409.
- Kim, J.Y. 1992. Relationship between anchovy, *Engraulis japonica* egg and larvae density and environmental factors in the eastern waters of Korea. Bull. Kor. Fish. Soc., 25, 495-500.
- Kim, J.Y., J.I. Kim and G.H. Choi. 1994. Comparisons of egg distribution and mortality rate between anchovy and sardine during spring in the southern waters of Korea. Bull. Kor. Fish. Soc., 27, 299-305.
- Kim S.H. 1995. Studies on the assembling mechanism of the Hairtail, *Trichiurus lepturus*, at the fishing grounds of the Cheju Strait. Ph.D. Thesis, Cheju National Univ., Korea, pp. 168.
- Kim, S.H. and H.K. Rho. 1997. A study on the residual current in the Cheju Strait. J. Kor. Fish. Soc., 30, 759-770.
- Kim, S.H., H.K. Rho, C.M. Choi. 1998. A study on the hydrographic conditions and tidal fronts on the northern coastal area of Cheju Island. J. Kor. Fish. Soc., 31, 437-446.
- Lee, S.J. and Y.B. Go. 2002. Distribution of the eggs and larvae of anchovy, *Engraulis japonica*, and its relationships to environmental factors around Jeju Strait in summer. 1. Distribution of anchovy eggs and larvae. Kor. J. Ichthyol., 14, 222-233.
- Lee, S.J. and Y.B. Go. 2003. Distribution of the eggs and larvae of anchovy, *Engraulis japonica*, and its relationships with environmental factors around Jeju Strait in summer. Kor. J. Ichthyol., 15, 162-174.
- Lie, H.J., C.H. Cho, J.H. Lee, S. Lee and Y. Tang. 2000. Seasonal variation of the Cheju Warm Current in the northern East China Sea. J. Jap. Oceanogr., 56, 167-211.
- Lim, J.Y., M.K. Jo and M.J. Lee. 1970. The occurrence and distribution of the fish eggs and larvae in the Korean adjacent sea. Rep. Fish. Resour., 8, 7-29.
- Lim, J.Y. and I.S. Ok. 1977. Studies on the occurrence and distribution of eggs and larvae of anchovy in the Korean waters. Bull. Fish. Res. Dev. Agency Korea, 16, 73-86.
- Matsuno, T., M. Shimizu, A. Isobe, J. Ishijaka, I.C. Pang, S.H. Kim and J. Zhu. 2003. Behavior of Changjiang diluted water observed by drifting buoys with salinity sensor. Int. Sym. for PEACE, Seoul, Korea, 14-16.
- Mitani, I. and Hasegawa T., 1988. The shirasu fishing ground formations and sea surface salinity change in Sagami Bay. Jap. Soc. Fish. Oceanogr., 52, 297-303.
- Nakai, J., S. Usami, S. Hattori, K. Honjo and S. Hayashi. 1955. Progress report of the cooperative IWASHI resources investigation. Apr. 1949-Dec. 1959. Tokai Reg. Fish. Res. Lab., Fisheries Agency, Japan, pp. 116.
- Nakata, H., M. Fujihara, Y. Suenaga, T. Nagasawa and T. Fujii, 2000. Effect of wind on the transport and settlement of brown sole (*Pleuronectes herzensteini*) larvae in a shelf region of the Sea of Japan: Numerical experiments with an Euler-Lagrangian model. J. Sea Res., 44, 91-100.
- Odate, S. 1957. Studies on the larval fish of the Japanese anchovy, *Engraulis japonica*, in the northeastern sea area of Japan. Bull. Tohoku Reg. Fish. Res. Lab., 9, 111-128.
- Park, B.H. and J.Y. Lim. 1965. Fisheries biology of anchovy (*Engraulis japonica* Houttuyn) in the waters around Korea. 1. On the ecology of anchovy in the southern waters of Korea. Rep. Fish. Resour., 6, 37-49.

- Park, J.H., Y.J. Im, H.K. Cha and Y.S. Suh. 2004. The relationship between oceanographic and fishing conditions for anchovy, *Engraulis japonica*, in the Southern Sea of Korea J. Kor. Soc. Fish. Res., 6, 46-53.
- Rho, H.K. and K. Kim. 1983. Variations of sea surface temperature between Jeju and Mogpo and between Jeju and Wando. J. Oceanol. Soc. Korea, 18, 64-72.
- Rho, H.K. 1985. Studies on marine environment of fishing grounds in the waters around Jeju Island. Ph.D. Thesis, Tokyo Univ., Japan, pp. 215.
- Yang, Y.J., S.H. Kim and H.K. Rho. 1998. A study on the temperature fronts observed in the south-west sea of Korea and northern area of the East China Sea. J. Kor. Fish. Soc., 31, 695-706.
- Yoo, J.M. 1991. Distribution of fish larvae in the South Sea of Korea. Ph.D. Thesis, National Fisheries Univ. Pusan, Korea, pp. 238.
- Yoo, J.M., S. Kim, E.K. Lee and Y.U. Kim. 1998. Studies on the fish larvae community in the sea around Cheju Island in November, 1986. J. Kor. Oceano. Soc., 3, 71-79.

---

2005년 7월 8일 접수

2005년 10월 21일 수리