

한국 남해안 여수~통영 연안해역의 멸치 난자치어 분포특성

고준철* · 서영일 · 김희용 · 이선길 · 차형기 · 김주일¹

국립수산과학원 남서해수산연구소, ¹남동해수산연구소

Distribution Characteristics of Eggs and Larvae of the Anchovy *Engraulis japonica* in the Yeosu and Tongyeong Coastal Waters of Korea by Jun Cheoul Ko*, Young Il Seo, Hee Young Kim, Sun Kil Lee, Hyung Kee Cha and Joo Il Kim¹ (South West Sea Fisheries Research Institute, NFRDI, Yeosu 556-823, Korea; ¹South East Sea Fisheries Research Institute, NFRDI, Tongyeong 650-943, Korea)

ABSTRACT The distribution characteristics of the eggs and larvae of anchovy *Engraulis japonica*, and environmental factors in the southern coastal waters of Korea were investigated from May to August 2009. Eggs and larvae were mainly distributed in the waters off Naro Island, Namhae Island and Saryang Island. High densities of eggs and larvae in temperatures of 19.0~24.0°C, salinities of 33.0~34.4 psu, DO of 6.05~8.13 mg/L and chlorophyll-a 1.2~2.3 µg/L were observed. Water temperature in the coastal region was higher than that in the open sea, while salinity was lower. Evidence of sea water intrusion toward Sori Island and Maemul Island, and an inner-water intrusion from Yeoja Bay, Gamak Bay and Gwangyang Bay were observed. High densities of eggs in early developmental stage occurred in waters off Naro Island, Dolsan Island and Namhae Island, but high densities of eggs in a later developmental stage occurred in waters off Yokji Island and Maemul Island. During the survey period, the proportion of later developmental-stage eggs was higher in the eastern part of the study area.

Key words : Anchovy, egg, larvae, ocean environment

서 론

한국 남해안에 위치한 여수~통영 연안역은 수심이 50m 미만의 연안역으로 수심이 비교적 얇고 주변 천해역에 여러 개의 작은 섬들과 만으로 이루어져 있으며 하구역이 발달하여 육지의 강우 및 하천수 유입에 의해 주변 연안역의 해황이 시기에 따라 쉽게 변할 수 있는 해역이다. 이러한 환경조건에 의해 남해 연안역은 먹이생물과 영양염이 풍부하여 연안 정착성 및 회유성 어종들의 산란장과 성육장으로서 역할을 하고 있으며 멸치, 삼치, 갈치 등 주요 어종의 어획 생산력이 매우 높은 연안 어장으로 알려져 있다.

남해안에서 멸치는 주요한 상업어종으로서 대부분 경남과 전남의 권현망 어업에 의해 어획되고 있으며 2000년도부터 현재까지 년 평균 20만톤 이상의 생산량을 보이고 있

지만 년도별 생산량 변동폭 증감이 크게 나타나고 있다(Fig. 1). 이처럼 어획 생산량 변동차가 크게 나타나는 원인은 그 해의 기상 및 해황상태가 주요한 요인으로 작용하지만, 산란을 위한 멸치 성어의 접안회유, 어장거입 이전 난자치어 시기의 연안수와 외해수 사이의 세력거동과 산란장, 성육장의 먹이생물 밀도와 종류, 포식, 사망 및 해수유동 등 초시 생활시기의 모든 상황들이 그 해의 어획량 변동에 큰 영향을 미치게 된다(Ricker, 1954; Nakata, 1991; Garcia *et al.*, 2002; Lee and Kim, 2007).

지금까지 멸치 난자치어에 대한 생활사, 초기성장, 분포, 생태, 해양환경 및 수송에 관한 연구가 해역별로 활발히 진행되어져 왔다. 남해안 연근해 해역을 대상으로 한 연구로는 Kim (1983), Kim and Kang (1992), Kim and Kim (1993), Kim *et al.* (1994), Choo and Kim (1998), Kim *et al.* (2005) 등이 있고, 초기 성장에 관한 연구로는 Kim (1983), Kim (1992), Kim and Kim (1993), Lee and Ko (2002)에 의해 보고되었다.

*교신저자: 고준철 Tel: 82-61-690-8942, Fax: 82-61-686-1588, E-mail: kjc3410@nfrdi.go.kr

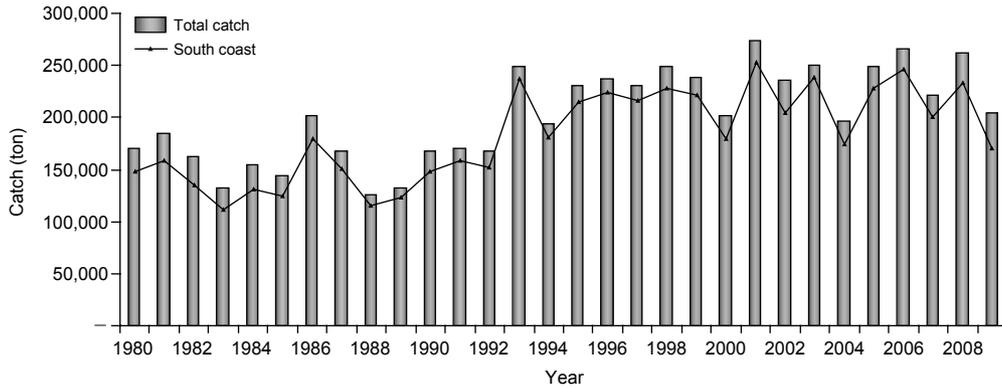


Fig. 1. Time series of catch of anchovy in southern coastal waters of Korea, 1980~2009.

동해안에서 조사된 연구로는 Kim and Choi (1988), Kim (1992) 등이 있으며, 제주도 주변해역에서는 Lee and Ko (2002), Lee and Ko (2003), Ko (2004), Kim and Pang (2005), Ko et al. (2007) 등 많은 연구가 수행되어져 왔다. 그러나, 본 연구의 조사해역과 유사한 해역에서 실시된 기존 연구로는 Cha et al. (2007), Hwang et al. (2008), Kim et al. (2008) 및 Oh et al. (2009)에 의한 산란밀도와 어장가입, 난자치어 채집방법 간 비교, 음향을 이용한 자원밀도 추정에 관한 보고가 있을 뿐, 해양환경요인, 기상상태에 따른 멸치 난자치어 시·공간 분포특성 및 난과 자치어의 해역별 초기발달 특징에 관한 연구는 미흡하다고 할 수 있다. 따라서, 본 연구는 멸치의 산란장이면서 기선권현망 어업의 주 조업해역인 여수~통영 연안역에서 기상과 해양상태에 따른 시기별 멸치 난자치어 시·공간 분포특성에 대해 조사하였다.

재료 및 방법

조사선은 남서해수산연구소 소속 탐구 11호(17 ton)를 이용하여 2009년 5월~8월까지 Fig. 2와 같이 여수~통영 연안역에 32개 정점을 설정하여 월 1회 조사를 실시하였다. 해양환경요인을 조사하기 위한 수온, 염분, 용존산소 측정은 CTD (SBE-19, Sea Bird Co.), 클로로필은 YSI (6600 V2 Sonde, YSI Inc.), 투명도는 Secchi disc (ø: 30 cm)를 이용해 조사하였고, 멸치 난자치어 채집은 해양환경조사와 병행하여 RN-80네트(망구 80 cm, 망목 334 μm, 길이 3 m)를 이용해 표층~저층까지 각 정점별로 1회 수직 채집을 실시하였다. 정량분석을 위해 여수계 (flowmeter)를 장착하여 여수율 보정을 위해 5회의 무망시험을 실시하였고, 시료는 채집 즉시 선상에서 10% 중성 포르말린으로 고정하였다. 현장 샘플을 실험실로 운반하여 현미경을 사용하여 멸치 난자치어를 각각 분류·동정하였고, 자치어는 채집된 모든 개체를 0.1 mm 단위로 전장을 측정하였다. 난자치어 분포밀도는 정

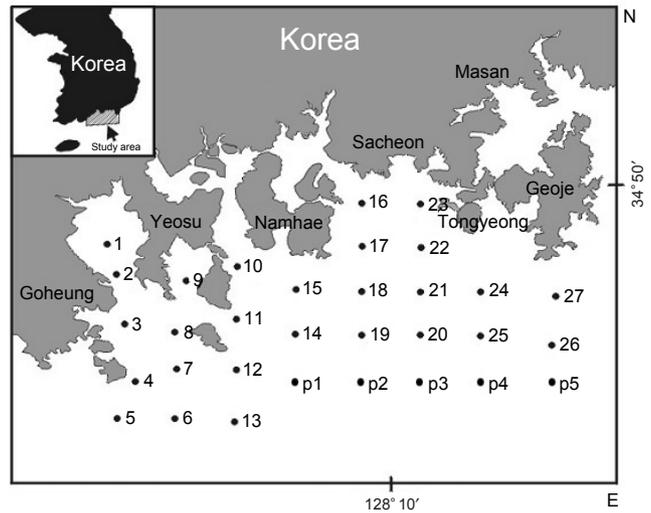


Fig. 2. Study area showing oceanographic observation stations in southern coastal waters of Korea.

점별 채집 개체수를 여수량으로 환산하여 m²당 개체수로 환산하였다. 멸치 난에 대한 발생단계별 구분은 Kim (1992) 이 보고한 IX단계 방법을 사용하여 구분하였고, 다시 산란에서 배체의 꼬리가 형성되기 직전인 I~IV 단계를 초기 발달단계, 꼬리가 형성된 후 부터 부화 직전인 V~IX 단계를 후기 발달단계로 각각 구분하여 멸치 난의 초기성장애 대한 채집시간과 해역별 분포특성과의 관계를 파악하였다.

결 과

1. 해양환경 요인

1) 수온, 염분, 용존산소 수평분포

2009년 5월~8월까지 여수~통영 주변 연안역에서 관측된 수온, 염분, 용존산소 수평분포에 대한 결과를 Fig. 3에

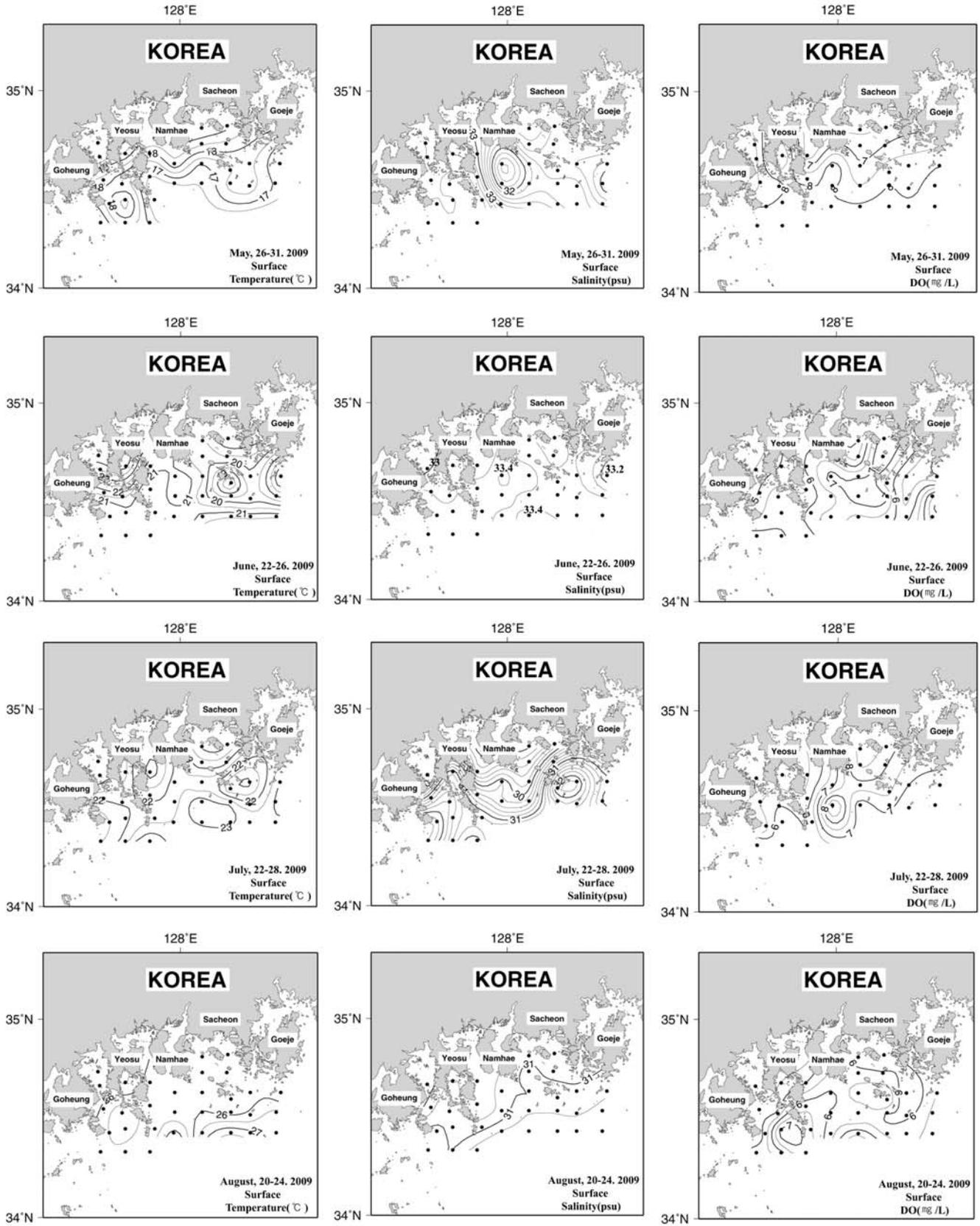


Fig. 3. Horizontal distribution of temperature (°C), salinity(psu) and dissolved oxygen (mg/L) in southern coastal waters of Korea from May to August, 2009.

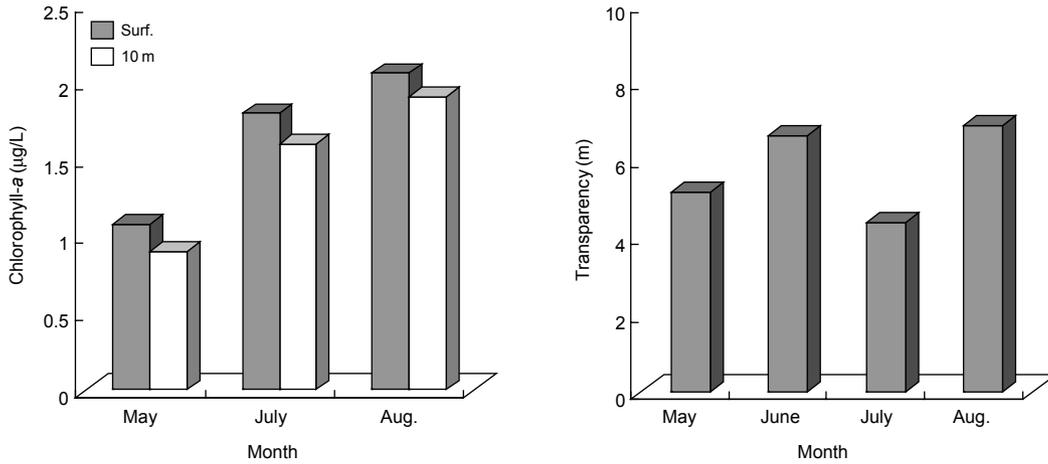


Fig. 4. Monthly variation of chlorophyll-a (µg/L) and transparency (m) in southern coastal waters of Korea, 2009.

나타났다.

5월 수온, 염분은 17.0~19.0°C, 31.6~34.4 psu 범위로 나타났으며 연안역은 18.0~19.0°C, 외해역은 16.5~17.0°C로 연안역에서 수온이 높게 분포하였고, 금오도 동쪽해역에서 출현한 16.5°C의 저온수가 돌산도 및 남해도 남부해역으로 유입되고 있으며 남해도 및 육지도 주변 18.0°C의 고온수와 상접하면서 전선을 형성하고 있다. 염분분포의 경우 남해도 남쪽해역 St. 15에서 국지적인 저염분수(31.6 psu)가 관측되어 이 해역을 중심으로 수직방향의 염분전선을 형성하고 있으며 그 이외의 해역에서는 33.2 psu의 비교적 균질한 염분분포를 나타냈다.

6월의 수온, 염분은 19.0~24.0°C, 33.0~34.4 psu 범위로 여수주변 가막만과 여차만 천해역의 수온이 주변해역에 비해 높게 나타났고, 육지도 부근해역에서 19.0°C의 저온수와가 출현하여 주변해역 서쪽방향으로 확장하고 있으며 염분분포의 경우 조사해역 전반에 걸쳐 33.0~33.4 psu로 균질한 상태를 나타냈다.

7월의 해황은 수온 21.0~23.0°C, 염분 29.0~32.4 psu로 6월에 비해 수온차가 크지 않고 염분은 상당히 낮게 나타났다. 특히, 나로도 남동쪽과 육지도 남쪽해역에서 주변해역보다 염분이 높은 물이 외해역에서 유입되고 있지만, 남해도 주변해역에서 29.0 psu의 저염분수가 출현하여 주변 연안역 해수와 혼합되면서 남쪽방향 외해역에 설상의 모양으로 확장하고 있으며 이러한 저염분수 출현으로 조사해역 동서방향으로 조밀한 염분전선을 형성하며 매우 저염화된 해황을 나타냈다.

8월의 수온, 염분은 25.5~27.5°C, 29.0~31.8 psu의 범위로 육지도 남쪽 외해역에 27.0°C의 고온수를 비롯해 조사해역 대부분 26.0°C로 5~7월에 비해 수온은 상승한 것으로 나타났지만, 염분의 경우 7월과 같이 복잡하진 않고 31.0 psu 전후로 낮은 염분분포를 보였다.

용존산소의 경우 5월에 평균 8.13 mg/L, 6월에 6.05 mg/L, 7월에 6.64 mg/L, 8월에 5.56 mg/L로 5월에 가장 높고 8월에 낮은 분포를 보였고, 연안역과 외해역의 분포차는 크지 않지만 외해수의 영향을 받는 돌산도 남부 및 동부해역과 육지도 남부해역에서 농도가 높게 나타났다.

2) 클로로필 a와 투명도

조사기간 중 조사장비 오류에 따른 6월 결과를 제외한 클로로필 a 및 Secchi disc로 관측된 월별 평균 투명도 변화에 대한 결과를 Fig. 4에 나타냈다. 5월에서 8월까지 표층과 10m 층과의 차이는 크지 않았지만 10m 층에 비해 표층에서 높게 관측 되었고, 월별 변화의 경우 5월부터 서서히 증가하여 7월에 평균 1.7 µg/L, 8월에 2.0 µg/L으로 하계철로 접어들수록 높은 값을 나타냈다. 투명도의 경우 5월과 7월 각각 5.2, 4.4 m로 7월에 가장 낮게 나타났으며 이 시기에 관측된 멸치 난 밀도는 낮게 나타났다. 그러나, 6월과 8월에 투명도는 각각 6.6, 6.9m로 6월보다 8월에 약간 높게 나타났고, 멸치 난 밀도는 6월에 가장 높았으나, 8월에 가장 낮게 나타났다.

3) 수괴분포

여수~통영 연안역의 월별 수괴분포 특성을 파악하기 위해 각 정점별 표층~저층까지 수온, 염분에 대한 T-S Diagram 결과를 Fig. 5에 나타냈다. 조사해역 내 연안 수괴의 월별 특성은 6월에 13.8~24.4°C, 32.5~34.6 psu의 범위로 저온·고염, 7월의 경우는 14.4~24.4°C, 29.3~34.6 psu로 저온·고염, 8월에는 13.9~27.7°C, 29.0~33.7 psu로 고온·저염상의 특징을 나타냈다. 수심이 비교적 낮은 남해 연안역은 태양 복사열과 강우에 의한 담수 유입으로 연안역 해황의 단기적 변동이 계절별로 복잡 다양한 양상을 보인다. 즉, 춘계인 6월의 경우 수온과 염분의 변동차가 크지 않지만, 하계인 7월과 8월에는 고수온, 저염분 현상이 뚜렷

히 나타나 기상변화에 따른 수괴의 성질이 다르게 나타나고 있다.

2. 난자치어 분포

2009년 5월~8월까지 여수~통영 주변 연안역에서 채집된 멸치 난자치어 분포밀도에 대한 결과를 Fig. 6에 나타냈다.

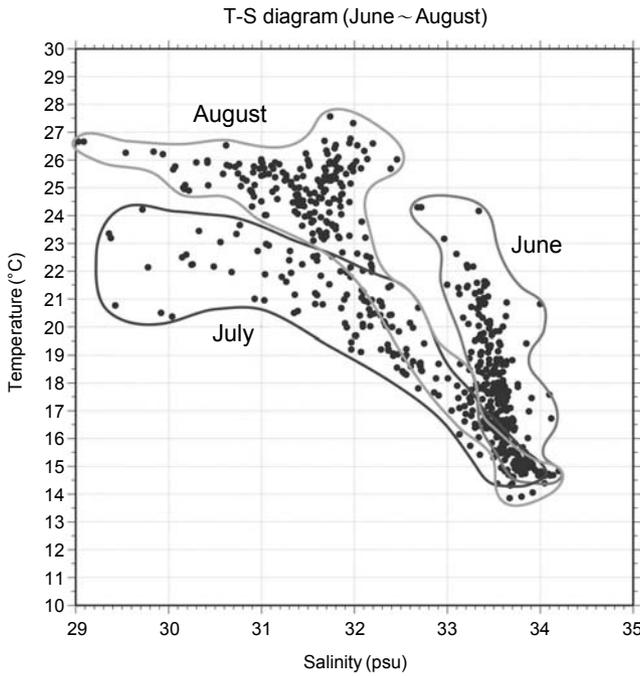


Fig. 5. Monthly variation of water mass in southern coastal waters of Korea from June to August.

5월에 멸치 난자치어 채집 개체수는 총 난 7,860 ind./m², 자치어 1,170 ind./m²가 채집되었으며, 난의 분포가 높은 해역은 사랑도 부근 St. 16에서 967 ind./m²로 가장 많았고, 통영 남쪽 해역과 욕지도 주변해역 및 나로도 남동쪽해역에서도 750 ind./m² 이상으로 분포밀도가 높게 나타났다. 자치어의 경우 욕지도 부근 St. 21에서 474 ind./m²로 가장 높았고, 통영 주변해역(St. 24, 343 ind./m²) 및 여자만 입구인(St. 1, 104 ind./m²) 내만 천해역에서도 출현밀도가 높게 나타났다. 난의 출현밀도가 높게 나타난 해역은 18.0~19.0°C 고수온역에서 주로 출현하였고, 자치어는 고수온이 나타나는 여자만 주변과 이보다 낮은 욕지도 주변 17.5°C의 저수온역에서도 분포하였다.

6월에는 난 18,291 ind./m², 자치어 1,132 ind./m²로 조사 기간 중 멸치 어란의 분포밀도가 가장 높게 나타났다. 멸치 난의 분포가 높게 나타난 해역은 St. 16(5,185 ind./m²), St. 15(3,533 ind./m²), St. 10(2,027 ind./m²)로 사랑도 주변 및 남해도 남부해역에서 가장 많이 채집되었고, St. 7(1,092 ind./m²), St. 11(1,697 ind./m²)인 금오도 및 돌산도 주변해역과 거제도 남부해역인 St. 24(1,315 ind./m²)에서도 분포밀도가 높게 나타났다. 자치어의 분포는 금오도 동쪽해역의 St. 14와 통영 서부해역의 St. 23에서 300 ind./m² 이상으로 밀도가 높았고, 자치어 분포양상은 5월과 달리 대부분 금오도 동부 및 남부해역의 외해역에서 다량 분포하는 특징을 보였다.

7월에는 난 6,945 ind./m², 자치어 1,777 ind./m²로 조사 기간 중 자치어 출현 분포가 가장 높게 나타났다. 멸치 난은 금오도 동부해역인 St. 14에서 1,995 ind./m²로 분포밀도가 가장 높았고, 그 밖의 남해도 동부해역(St. 16, 1,019 ind./m²)

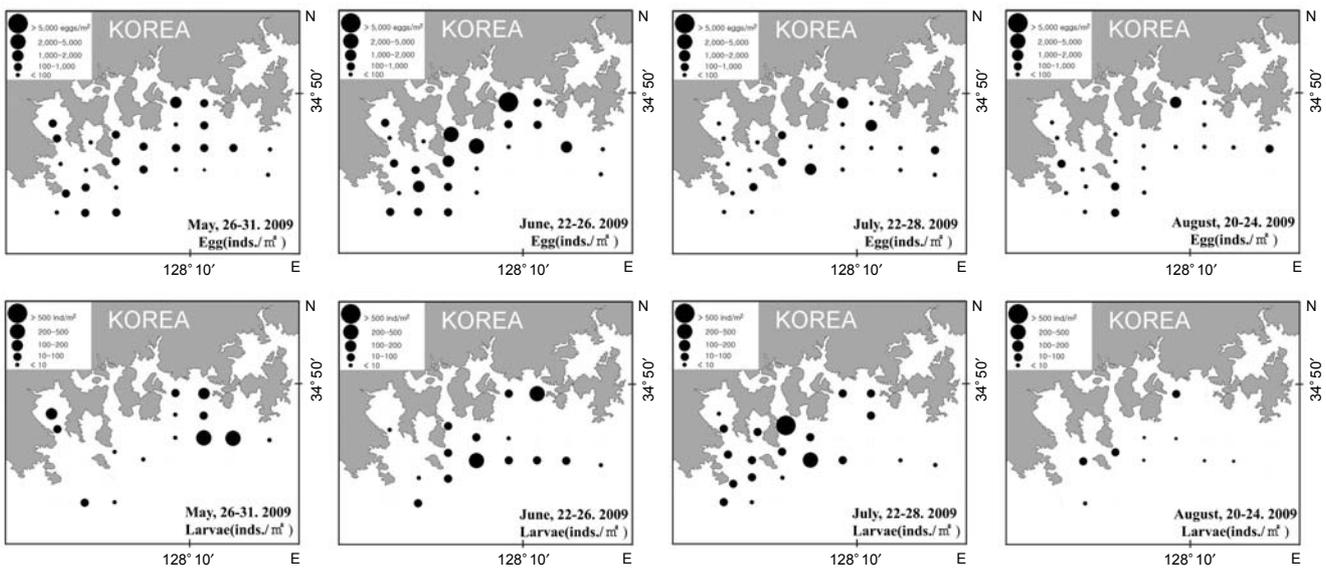


Fig. 6. Density distribution of *Engraulis japonica* eggs and larvae of southern coastal waters of Korea from May to August, 2009.

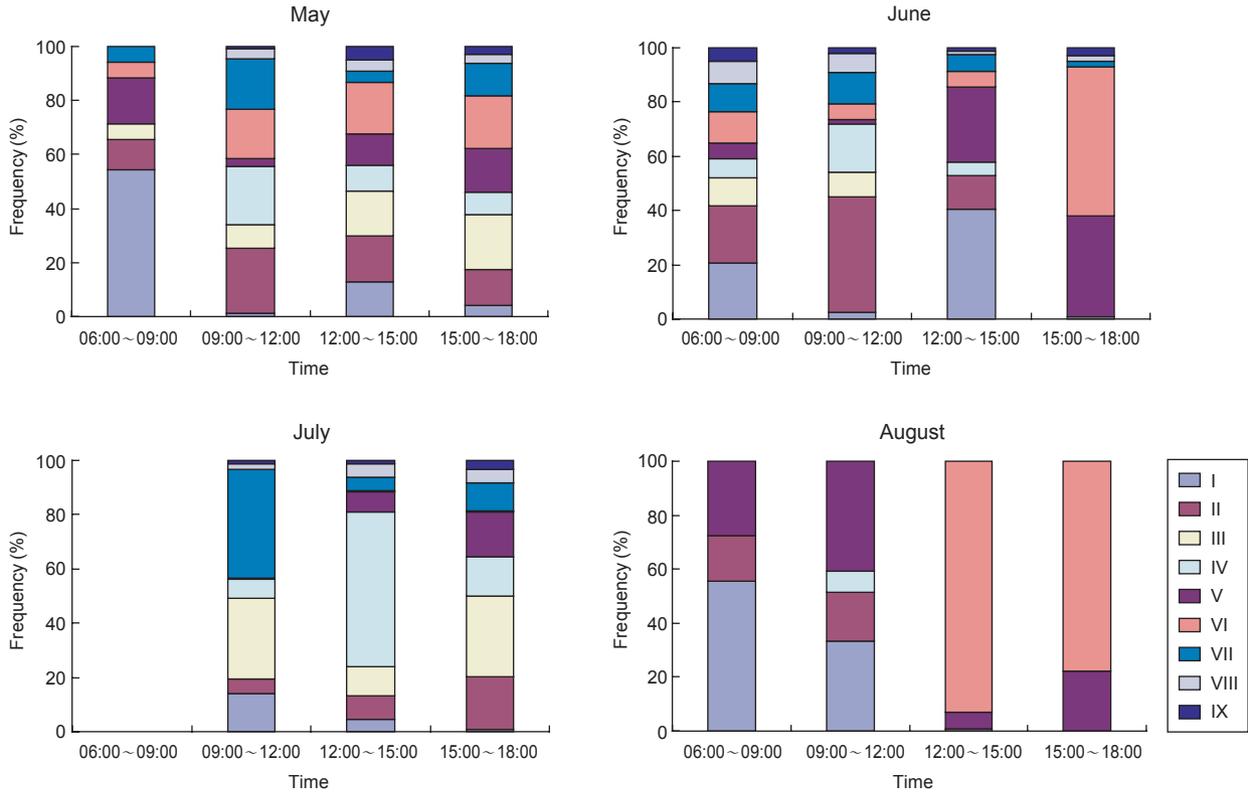


Fig. 7. Monthly variations in eggs density-frequency by developmental stage and elapsed time from the study area to sampling in southern coastal waters of Korea from May to August, 2009.

과 사랑도 남부해역 (St. 22, 1,096 ind./m²)에서도 많이 채집되었다. 자치어의 경우 돌산도 동쪽해역인 St. 10에서 1,157 ind./m²로 타 정점에 비해 자치어 출현이 가장 많았고, 다음으로는 금오도 동쪽해역 St. 14에서 202 ind./m²로 나타났으며 자치어 분포양상은 고흥 동쪽과 여수 남부 주변인 특정해역에서만 분포밀도가 높게 나타나고, 그 밖의 해역에서는 채집되지 않거나 소량 채집되어 5월과 6월 분포양상과는 다르게 나타났다.

8월은 난 2,379 ind./m², 자치어 226 ind./m²로 5월~7월까지 조사해역에서 채집된 난자치어 분포밀도에 비해 현저하게 줄어든 것으로 나타났다. 난은 5월~7월의 채집 개체수에 비해 감소하였지만 St. 16 (1,239 ind./m²), St. 27 (215 ind./m²)을 비롯한 모든 정점에서 소량 채집되었다. 그러나, 자치어의 경우 남해도 남부 및 동부해역과 금오도 주변해역의 9개 정점에서만 출현하였고, 분포밀도도 매우 낮게 나타났다.

3. 난의 발생단계와 출현양상

조사해역 내에서 각 조사정점별로 채집 시간경과에 따른 난 발생단계 변화를 파악하기 위해 각 정점에서 정선하여 1회 수직채집을 실시하였고, 저층에서 표층까지 양방향 시

간을 채집시간으로 나타냈다 (Fig. 7).

5월에 멸치 난이 가장 많이 채집된 시간은 09:00~12:00 사이로 평균 채집 개체수의 경우 II 단계 난이 다량 채집되었다. 시간대별 멸치 난의 출현비율을 많이 채집된 순서대로 살펴 본 결과, 06:00~09:00 경에는 I 단계 난이 54.3%, 09:00~12:00 경은 II, IV 단계 난이 각각 24.1%, 21.3%로 나타났고, 12:00~15:00 경은 VI 단계 난이 19.0%, II, III 단계가 각각 16.9%, 16.7%였다. 15:00~18:00 경은 III 단계의 난이 20.2%, VI 단계가 19.4%의 순으로 나타났으며 오후 시간대 이후에 VII~IX 단계로 부화직전의 난들도 채집되었다.

6월에 멸치 난이 가장 많이 채집된 시간은 09:00~12:00 경 II 단계 및 15:00~18:00 경 VI 단계 난이 대부분을 차지하였다. 06:00~09:00 경에는 I 및 II 단계 난이 각각 20.6%, 21.3%로 산란초기 발생난의 비율이 높았고, 09:00~12:00 경은 II 단계 난이 42.4%로 가장 높았다. 12:00~15:00 경은 I 단계 난이 40.6%로 가장 높았고, 다음으로는 V 단계가 27.8%였으며 15:00~18:00 경에는 VI 및 V 단계가 각각 54.8%, 37.2%를 차지하였다. 6월 발생단계 분포양상은 V~VI 단계로 5월에 비해 진행단계가 높은 난들이 채집되었다.

7월에 멸치 난이 가장 많이 채집된 시간은 15:00~18:00

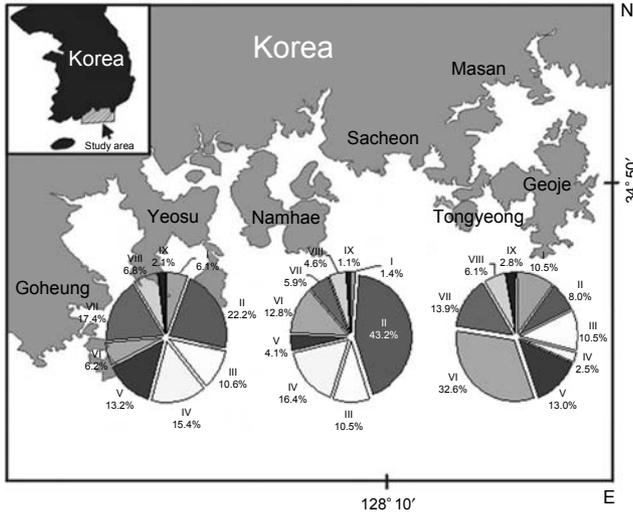


Fig. 8. Spatial distribution of anchovy eggs by developmental stages in southern coastal waters of Korea.

경으로 III 단계 난이 가장 높게 나타났다. 06:00~09:00 경에는 채집이 이루어지지 않았고, 09:00~12:00 경은 VII 단계 난이 40.0%, III 단계가 29.4%로 가장 높게 나타났다. 12:00~15:00 경은 IV 단계 난이 56.9%로 가장 높았고, 15:00~18:00 경에는 III, II, IV 단계가 각각 26.7%, 19.5%, 16.3%를 차지하였다. 7월 발생단계 분포양상은 II~IV 단계의 난이 주를 이루었지만, 발달 진행이 높은 V, VII 단계의 난들도 높은 비율을 차지하였다.

8월의 경우 12:00~15:00 경에 채집 개체수가 가장 많았고, 이 중 VI 단계 난이 가장 많이 채집되었다. 채집시간대 별로 06:00~09:00 경과 09:00~12:00 경에는 I와 V 단계 난이 각각 55.6%, 41.0%로 나타났고, 12:00~15:00 및 15:00~18:00 경에는 VI 단계 난이 각각 93.2%, 77.6%로 대부분 진행단계가 높은 난들이 차지하였다. 8월 발생단계 분포양상은 I~II 단계의 난은 주로 오전 시간대에 채집되었지만, 발달 진행이 높은 V~VI 단계의 난은 오후 시간대에 채집되는 특징을 나타냈다.

여수~통영 연안역의 조사해역을 각 정점별로 여수권역 St. 1~13, 남해권역 St. 14~19, 통영권역 St. 20~27로 3개의 해역별로 구분하여 5월~8월까지 각 정점에서 채집된 멸치 난에 대해 해역별로 구분한 발생 단계별 출현양상을 Fig. 8에 나타냈다.

우선, 수정 직후부터 배체의 꼬리가 형성되기 직전까지의 초기 발달 난을 1~4단계, 배체 꼬리 형성에서 부화직전까지의 후기 발달 난을 5~9단계로 구분하여 살펴본 결과 여수 주변해역에서는 1~4단계 초기 발달 난이 54.3%, 5~9단계 후기 발달 난이 45.7%로 초기 발달 난의 출현비율이 약간 높게 나타났으나, 대체적으로 균등하게 분포하였다. 남해 주변해역에서는 II 단계 난이 43.2%로 출현비율이 가장

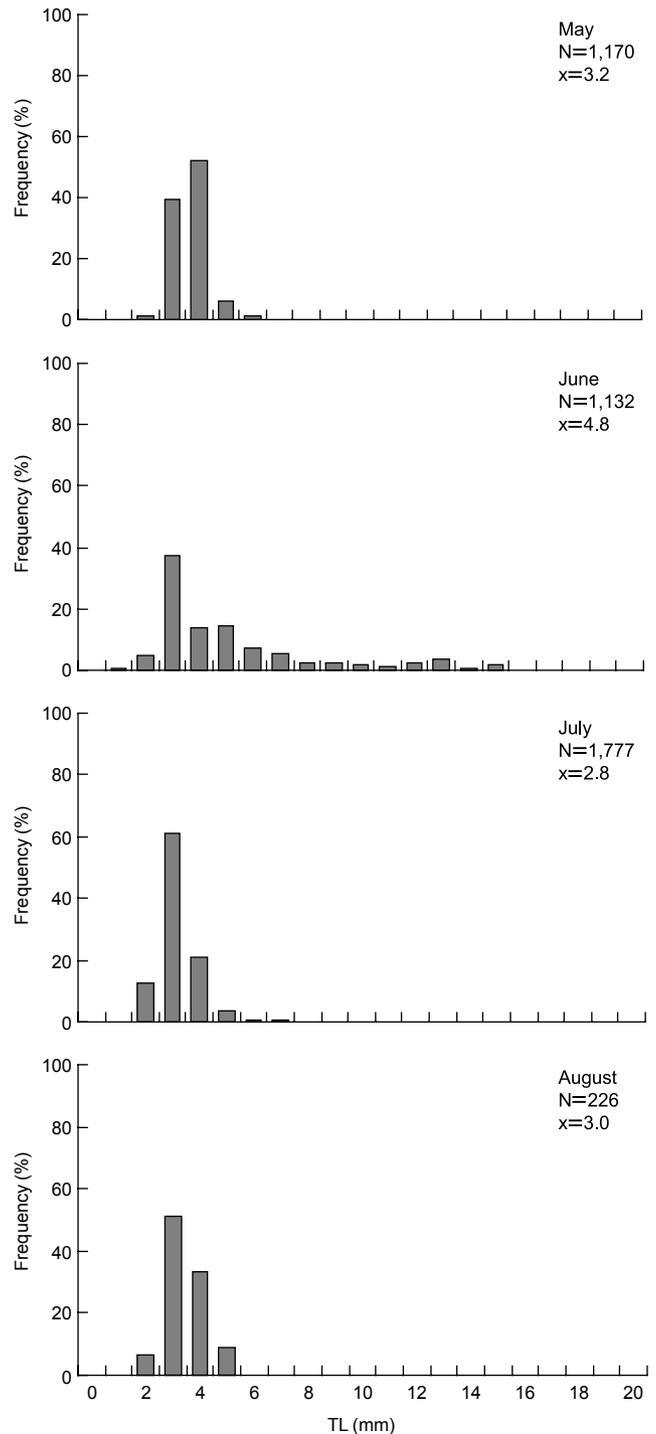


Fig. 9. Monthly variations in body length-frequency distribution of the Anchovy (*Engraulis japonica*) larvae in southern coastal waters of Korea from May to August, 2009.

높게 나타났으며 그 결과 초기 발달 난이 71.5%, 후기 발달 난이 28.5%로 발생 초기 난들의 비율이 높게 나타났다. 그러나, 조사해역 동쪽에 위치한 통영 주변해역에서는 여수와 남해 주변해역의 결과와는 달리 후기 발달 난의 출현비

율이 68.4%로 높게 나타나고 있어 부화하기 직전인 V~IX 단계의 난들이 조사해역 동쪽으로 갈수록 출현비율이 증가하는 경향이 나타났다.

4. 자치어 체장조성

조사기간 동안 여수~통영 연안역에서 채집된 멸치 자치어의 체장분포 범위는 1.0~15.0 mm로 나타났다(Fig. 9). 월별 체장분포를 살펴보면 5월에 1.5~6.1 mm, 평균 3.2 mm로 나타났으며 체장 3.0~4.0 mm 범위의 개체 출현율이 높게 나타났다. 6월의 체장범위는 1.0~15.0 mm, 평균 4.8 mm로 조사기간 중 10 mm 이상의 대형개체 비율이 높게 나타났다. 이는 6월 조사 시 St. 14, 19, 20, 25, 26에서 일몰 후 야간 채집을 실시한 결과에 의해 대형개체 출현이 높게 나타난 것으로 판단된다. 7월에는 1.1~7.3 mm, 평균 2.8 mm로 체장 3 mm 범위 내 비율이 높게 나타났으며 6~7 mm의 중형개체도 소량 채집되었다. 8월의 경우 체장범위 1.8~5.0 mm, 평균 3.0 mm로 5 mm 이상의 개체는 출현하지 않았고, 5~8월 출현 양상과 같이 체장 3.0~4.0 mm 개체 출현이 높게 나타났다. 채집량의 월별 변화의 경우 5월과 6월에 각각 1,170 ind./m², 1,132 ind./m²로 5월에 4 mm 범위의 개체수 출현율이 높게 나타난 결과 6월에 비해 채집량이 높게 나타났고, 이후 7월에는 3 mm개체 출현율이 60% 이상으로 총 1,777 ind./m²가 채집되어 조사기간 중 가장 높은 채집량을 나타냈다. 그러나 8월의 경우 주 모드를 이루는 3~4 mm 체장구성은 다른 조사월과 비슷한 양상이지만 총 채집 개체수가 226 ind./m²로 가장 낮게 나타났다.

고 찰

한국 남해안의 해황에 영향을 미치는 중요한 물리, 환경적 요인으로는 제주도 남동부해역에서 북동진하여 대한해협으로 빠져 나가는 대마난류수와 계절 및 시기별로 기상 상태에 따라 수괴의 성질이 달라지는 한국 남해 연안수로 이들 수괴의 세력 확장과 유출입 거동에 의해 지배된다. 즉, 성질이 다른 수괴가 마주치는 경계면을 따라 전선이 형성되고 주변해역의 이료생물들을 집적시키는 역할을 하며 연안수와 난류수 사이에 형성되는 좌선환류에 의해 멸치 난자치어의 수송과 확산 및 어장 형성에 영향을 미치게 된다(Watanabe, 1982; Choo and Kim, 1998). 본 조사에서도 여자만과 남해도 주변해역에서 고온·저염한 혼합수 계열의 연안수가 조사해역 중앙부로 유입되고, 소리도, 육지도 및 매물도를 잇는 남부해역을 중심으로 저온·고염한 외해수의 유입이 잘 나타나고 있었다. 수온, 염분에 의한 환경요인과 난자치어 분포밀도를 파악한 결과, 5월~8월까지 관측된 수온, 염분 범위는 17.0~27.5°C, 29.0~34.4 psu로 8월

에 최고치 수온과 최저치 염분을 나타냈고, 난자치어 밀도의 경우도 8월에 가장 낮게 나타났다. 한국 남해안에서 분포한 멸치 난자치어는 수온 20.0~26.9°C (Kim *et al.* 2005), 26.0~28.0°C (Choo and Kim, 1998)의 범위로 수온이 가장 높은 시기인 8월에 그 분포밀도가 가장 높다고 보고하였다. 그러나, 본 조사에서는 수온이 가장 높게 관측된 시기임에도 불구하고 난은 2,319 ind./m², 자치어는 226 ind./m² 개체로 조사기간 중 가장 낮은 분포를 나타냈다. 이러한 원인으로서는 7월에 조사된 염분수평분포(Fig. 3)에서 잘 나타났듯이 국지성 강우로 인한 침전강 및 주변 하천수가 유입되어 남해도 일대의 연안수와 혼합되면서 염분이 매우 저하된 연안수를 형성하게 되고, 지속적인 하천수 유입으로 인해 저염분수 세력이 확장되어 소리도 동쪽해역인 외해역까지 설상의 모양으로 확산되는 형상을 하고 있다. 이로 인해 연안역에서 산란, 부화된 멸치 난자치어들이 연안수 확장에 의한 강제이송으로 외해역 내지 타 해역으로 이동됨에 따라 조사해역 정점별 채집 개체수가 현저히 감소된 것으로 판단된다. 따라서, 멸치 성어의 산란 집안회유에 있어 중요한 환경요인 중 그 해역에 영향을 미치는 수괴의 영향 외에 기상상태에 따른 단기간 해황변화에 의해 멸치 난자치어의 시·공간 분포특성이 달라질 수 있다고 판단된다.

남해 연안역은 육지 하천수 유입과 일사량에 의해 영양염이 풍부하고, 난류와 냉수세력에 의해 연안역에 조밀한 수온, 염분전선을 형성하게 된다. 이러한 전선역에서 파생된 난수성 와는 용승현상을 일으켜 영양염이 풍부한 저층수를 상층부에 공급하므로 이료생물 분포를 집중시켜 생물 생산성을 높이는 역할을 하며(Kasai, 1995), 그 해역은 탁도 및 클로로필 농도를 증가시켜 멸치 친어들의 산란에 적합한 환경을 제공한다(Nakata *et al.*, 1986). 본 연구에서 조사된 클로로필 *a* 전체 평균값은 1.56 µg/L로 5월은 0.99 µg/L로 조금 낮았지만, 8월에는 2.0 µg/L로 하계로 갈수록 클로로필 농도가 점차 높아지고 있었다. 본 조사에서 관측된 클로로필 농도값은 제주해협에서 관측된 0.79 µg/L (Lee and Ko, 2003)과 남해 중부 연안에서 조사된 0.92 µg/L (Kang and Jeon, 1999)의 평균값보다도 높게 나타났으며 이는 남해 연안역의 육지 하천수 공급으로 식물클랑크톤의 기초생산력을 향상시켜 클로로필 농도가 높아진다는 Choi *et al.* (2005)의 보고와 유사한 경향을 나타냈다. 조사해역에서 관측된 투명도의 평균값은 5.8 m로 돌산도와 육지도의 동서방향을 기점으로 천해역을 비롯한 연안역에서 낮고 외해역에서 높게 나타났으며 5월과 7월은 낮고 6월과 8월에는 높게 관측되었다. 이처럼 투명도의 수색변화를 통해 연안수와 외해수의 유출입 경향을 파악할 수 있는데, Choo and Kim (1998)에 의하면 한국 남해안역을 따라 북동진하는 대마난류계수와 연안수 사이에 형성되는 전선에서 파생된 warm streamer에 의한 연안용승이 표·저층간 연직혼합을 일으켜 투명

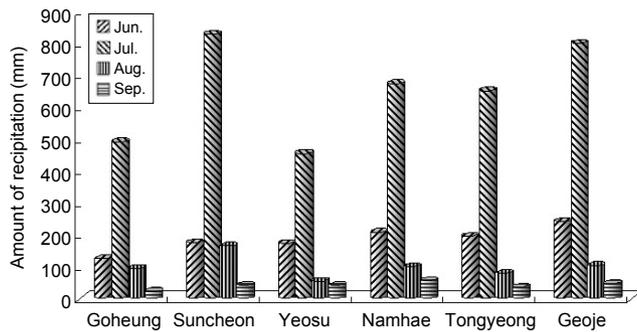


Fig. 10. Regional variation of amount of precipitation (mm) from June to September, 2009.

도, 영양염류, 클로로필 농도를 증가시켜 생물 생산력을 높 이게 된다고 보고하였다. 본 연구에서도 5월과 7월은 연안 수 세력의 남파 확장에 의해 투명도가 낮게 나타난 반면, 6 월과 8월의 경우 외해수의 유입세력이 연안수보다 강하게 나타나 평균 투명도 관측값이 증가한 것으로 판단된다.

Kim *et al.* (2003)은 한국 남해안 나로도 주변해역에 형성 되는 수괴특성을 염분만을 이용하여 연안수, 혼합수 및 외 해수로 구분하여 동계와 춘계의 염분범위는 33.5~34.3 psu 로 외해수의 연안역 유입으로 인해 고염분상을 나타내고, 하계와 추계의 경우 염분범위는 31.3~33.0 psu로 외해수의 세력이 약해지고 강수와 육수의 유입에 의해 중간 혼합수 계열인 고유의 연안수가 형성되어 분포하다고 보고하였다. 본 연구에서도 Fig. 5의 수괴특성을 파악한 결과 춘계인 6 월의 염분분포가 조사해역 전반에 걸쳐 33.0~34.4 psu의 고염분상을 나타냈고, 소라도 남서쪽해역과 육지도 남동쪽 해역에서 출현한 외해수가 연안역으로 확장 유입되어 왕성 한 연직혼합에 의해 염분농도가 높게 나타났다. 그러나, 하 계인 7월과 8월의 경우 조사해역 내 염분농도(29.0~32.4 psu)가 현저히 낮아진 것으로 나타났다. 이는 2009년 7월 중 장기간 장마로 인해 남해안 내린 강우량이 700 mm 이 상을 기록하였고(Fig. 10), 이러한 극심한 강우로 인해 육수 및 하천수가 연안역으로 유입되고 주위의 연안수와 강제혼 합 되어 염분농도가 매우 낮아진 혼합수가 조사해역에 영 향을 미친 것으로 판단된다.

남해안 연안역은 수심이 비교적 얇은 천해역으로 태양복 사열에 의한 해면가열과 일교차에 의해 연안역 수온이 시 간 때 별로 차이가 나타나며 특히, 수온의 편차가 심하게 나타나는 시기는 일출 전후이며, 낮 최고기온은 정오시간 이후에 나타나기 때문에 수온이 상승하는 시간경과에 따라 멸치난의 발생단계에 영향을 미칠 수 있다. 즉, 일출 후 일 사량 증가로 인해 수온이 점차 상승하게 되고 최고기온이 나타나는 정오시 이후에 표층수온이 가장 높게 나타나게 된다. 이에 본 연구에서는 멸치 난에 대해 채집시간대 별로 발생단계 변화를 살펴본 결과 발생 초기인 I~IV 단계의

난은 오전시간대 주로 채집되었고, 발생 진행이 높거나 부 화 직전인 V~IX 단계는 오후시간에 채집되었다. 또한, 채 집시기별 발생단계 변화의 경우 5월과 6월에 비해 수온이 점차 높아지는 시기인 7월과 8월에 발생 진행단계가 높은 난의 출현비율이 증가한 것으로 나타났다. Kim (1992)에 의 하면 멸치 난의 성장은 봄에서 여름으로 계절이 진행됨에 따라 II 단계와 III 단계의 발생경과시간이 0.5~1일 단축되 고, 계절별로 수온이 상승할수록 발생 및 부화속도가 빨라 지며 (Fukuhara, 1983) 6월에 비해 7월과 8월에 발생이 더욱 진행된 난이 많이 분포한다는 보고와 유사한 경향이 나타 났다. 또한, 채집시간별 난 발생단계 변화에 따라 멸치 성어 의 산란시각을 추정해본 결과 7월을 제외한 5~8월까지 I~II 단계인 산란초기 난의 채집시간이 06:00~09:00 시 간 대에 대부분 채집되었다. 즉, 멸치 난이 산란하여 부화하기 까지 30시간이 소요 (Chyung, 1977) 됨을 감안했을 때 조사 해역 내 멸치 성어의 산란시각은 일출 전 내지 새벽시간대 에 산란한 것으로 판단된다.

조사해역을 여수, 남해 및 통영의 3개 해역별로 구분하여 멸치 난에 대한 발생단계별 분포특성을 파악한 결과, 조사 해역의 서쪽과 중앙부에 위치한 여수 및 남해 주변해역에 서는 발생 초기인 I~IV 단계의 난이 주로 분포한 반면, 동 쪽에 위치한 통영 주변해역은 V~IX 단계로 발생 후기 및 부화 직전인 난의 출현이 증가한 것으로 나타났다. Park and Lim (1965), Kim (1992)은 남해안 멸치 난의 분포역은 3월 부터 7월로 갈수록 주 분포역이 동쪽으로 이동하고, Ko (2004)는 제주도 주변해역 및 한국 남해안의 해수유동을 조사하기 위해 인공위성 추적부이(TGPS Buoy)를 이용하 여 난자치어 수송기작에 대한 해류패턴을 제주도 동쪽해역 에서 복상하는 대마난류 좌측을 따라 북동방향의 항류에 의한 해수유동 특성을 보고하였고, 한국 남해연안은 계절에 관계없이 동내지 북동방향의 항류가 존재한다고 하였다. 따 라서, 본 조사해역에서 산란, 부화된 멸치 난자치어들은 시 간이 경과함에 따라 성장하면서 동쪽방향의 항류에 의해 통영 및 거제도 주변해역에 수송 될 가능성을 시사 한다고 할 수 있다.

조사해역에서 채집된 멸치 자치어 체장조성 범위는 1.0~ 15.0 mm였고, 월별 체장조성에 있어 주 모드는 3~4 mm로 대부분 전기 및 후기자어 (Kim, 1992) 시기인 개체들로 나 타났다. 또한, 야간의 출현상황을 파악하기 위해 6월에 St. 14, 19, 20, 25, 26에서 일몰 후 야간채집을 실시한 결과 주 간 채집양상과는 달리 10~15 mm 이상의 대형개체 출현이 높게 나타났다. 멸치 자치어는 주야 일주 수직이동이 활발 하며 이로 인해 수심별 주 분포층이 다르게 나타나고, 주로 야간의 표층에 출현량이 증가한다 (Kim and Choi, 1988; Lee *et al.* 1996). 본 조사에서도 6월에 육지도 주변 외해역 정점 에서 야간채집에 따른 결과로 유영력을 갖춘 10~15 mm

(Lee and Ko, 2003)의 대형개체들이 주간에 깊은 층에 분포하다 야간에 색이활동으로 인해 표층내지 중층에 분포하여 채집된 것으로 판단되며 앞으로 주간과 야간에 채집된 개체크기의 차이를 파악하기 위해 야간채집도 병행 실시하는 것이 바람직하다고 생각된다. 멸치 자치어는 연안역에서 산란, 부화되어 초기 성장기를 지내고 점차 유영력을 갖춰 성장하면서 외해역의 색이장으로 이동한다. 본 연구에서도 10 mm 이상 대형개체들이 조사해역 동쪽에 위치한 육지도 및 매물도 주변해역에 주로 분포하였다. 이처럼 남해 연안역에서 산란된 난이 동쪽으로 이동하는 향류에 의해 운반되어 성장하면서 매물도 주변의 외해역에 수송되는 것으로 해석될 수 있다. 즉, 본 조사해역의 서쪽과 동쪽 경계를 나로도 와 매물도로 하고, 해역간 거리는 약 60 mile 정도이며 남해 연안의 평균 향류 유속을 0.3 knot로 가정했을 때, 조사해역 서쪽의 나로도 주변에서 부화한 자치어가 조석성분을 제외한 동쪽방향의 향류에 의해 매물도 주변까지 운반되려면 약 8~9일이 소요되고, Chyung (1977) 및 Garacia *et al.* (2002)가 보고한 부화 당시 자치어 체장 2.3 mm, 일일 성장크기 0.6~0.7 mm를 적용하여 나로도에서 매물도 주변해역까지 도달할 때의 체장은 약 12~14 mm 정도로 성장하는 것으로 판단되며, 앞으로 한국 남해안의 난자치어를 비롯한 이료생물들의 연안수송 및 어장가입과 관련된 해수유동특성에 관한 연구가 시급히 선행되어야 할 것이다.

요 약

2009년 5월부터 8월까지 한국 남해안의 여수~통영 연안역에서 멸치 난자치어 분포특성에 대해 조사하였다.

멸치 난의 밀도는 6월에 가장 높았고, 자치어는 7월에 높게 나타났으며 주 분포해역은 나로도, 남해도 및 사량도 주변해역에서 수온 19.0~24.0°C, 염분 33.0~34.4 psu, 용존 산소 6.05~8.13 mg/L, 클로로필 *a* 1.2~2.3 µg/L 범위에 분포밀도가 높게 나타났다.

수온은 외해역보다 연안역에서 고수온을 나타냈고, 염분은 연안역에서 낮고 외해역에서 높게 나타났으며 연안수의 유입은 조사해역 북쪽의 여자만, 가막만, 광양만 등지에서 유입되고, 외해수의 연안유입은 나로도 및 매물도 남쪽 외해역에서 유입되는 것으로 조사되었다.

여름철 국지적 강우에 따른 다량의 섬진강 하천수 유입은 주변해역의 염분을 감소시키면서 남쪽해역으로 확장되어 산란 및 부화된 난자치어들을 외해역 내지 다른 해역으로 이송시키는 요인으로 판단된다.

발생 초기 난들은 (I~IV) 나로도, 돌산도 및 남해도 주변해역에 주로 분포한 반면, 발생 후기 난은 (V~IX) 육지도 및 매물도 주변해역에서 고밀도로 분포하였고, 부화직전 후

기 단계의 난과 자치어 대형개체들은 조사해역 동쪽방향으로 갈수록 출현율이 높게 나타났다.

사 사

본 연구는 국립수산물연구원 남서해수산연구소 경상과제 「남해 서부해역 연안어업 자원조사 RP-2101-FR-028」의 지원에 의해 수행되었다.

인 용 문 헌

- Cha, B.Y., W.S. Yang, J.I. Kim, S.I. Jang, E.K. Chu and J.S. Park. 2007. Spawning density and recruitment of janpanese anchovy, *Engraulis japonica*, in the Southern sea of Korea in 2007. Korean J. Ichthyol., 20: 190-197.
- Choi, Y.K., E.S. Cho, K.Y. Kwon, Y.H. Lee and Y.S. Lee. 2005. Temporal variations of nutrients and chlorophyll-*a* in the Bottol Bada in July, 2004. J. Environ. Sci., 4: 397-404.
- Choo, H.S. and D.S. Kim. 1998. The effect 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: 226-224.
- Chyung, M.K. 1977. The fishes of Korea. Iljisa, Seoul, 727pp.
- Fukuhara, O. 1983. Development and growth of laboratory reared *Engraulis japonica* (Houttuyn), larvae. J. Fish. Biol., 23: 641-652.
- Garcia, J., A. Garcia, S. Mazzola, L. Quintanilla, J. Delgado, A. Cuttita and B. Patti. 2002. Hydrographic phenomena influencing early life stages of the Sicilian Channel anchovy. Fish. Oceanogr., 11: 31-44.
- Hwang, S.D., L.S. Kim and E.K. Chu. 2008. Comparison of sampling Methods for anchovy eggs and larvae in coastal water of the South sea of Korea. Korean J. Ichthyol., 20: 228-232.
- Kang, Y.S. and K.A. Jeon. 1999. Biological and chemical characteristics and trophodynamics in the frontal zone in the southern waters of Korea. J. Kor. Fish. Soc., 32: 22-29.
- Kasai, A. 1995. Effect of variations in the Kuroshio and Oyashio currents on the egg and larvae transport and recruitment of Japanese ardine (*Sardinops melanostictus*). Doctoral Thesis, Tokyo University, Japan, 60pp.
- Kim, D.S., C.S. Joo and J.S. Park. 2003. The characteristics of fishing ground in the adjacent sea of Naro Island. 2. seasonal variation of watermass. Bull. Kor. Soc. Fish. Tech., 39: 19-26.
- Kim, J.I., J.Y. Lim, Y.K. Chio, H.J. Oh and E.K. Chu. 2005. Distribution of the anchovy egg associated with coastal frontal structure in Southern coastal waters of Korea. Korean J. Ichthyol., 17: 141-148.
- Kim, J.L., W.S. Yang, T.Y. Oh, Y.L. Seo, S.T. Kim, D.J. Hwang,

- E.H. Kim and S.B. Jeong. 2008. Acoustic estimates of anchovy biomass along the Tongyoung-Namhae Coast. J. Kor. Fish. Soc., 41: 61-67.
- Kim, J.Y. 1992. Relationship between anchovy, *Engraulis japonica*, egg and larval density and environmental factors in the eastern waters of Korea. Bull. Kor. Fish. Soc., 25: 495-500.
- Kim, J.Y. 1992. The early life history and recruitment of anchovy, *Engraulis japonica*, in the southern waters of Korea. Doctoral Thesis, Busan University, Korea, pp. 1-132.
- Kim, J.Y. 1983. Distribution of anchovy eggs and larvae off the Western and Southern coasts of Korea. J. Kor. Fish. Soc., 16: 401-410.
- Kim, J.Y. and J.I. Kim. 1993. Distribution and mortality of eggs and larvae of anchovy, *Engraulis japonica*, in the Southern coastal water Korea. Korean J. Ichthyol., 5: 217-225.
- Kim, J.Y. and Y.J. Kang. 1992. Spawning ecology of anchovy, *Engraulis japonica*, in the Southern waters of Korea. J. Kor. Fish. Soc., 25: 331-340.
- 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. J. Kor. Fish. Soc., 27: 299-305.
- Kim, J.Y. and Y.M. Choi. 1988. Vertical distribution of anchovy, *Engraulis japonica*, eggs and larvae. Bull. Kor. Fish. Soc., 21: 139-144.
- Kim, S.H. and I.C. Pang. 2005. Distribution and characteristic of transport mechanism of egg and larvae of anchovy, *Engraulis japonica*, in the southsestern sea of Korea in July and November, 2001. J. Kor. Fish. Soc., 38: 331-341.
- Ko, J.C. 2004. Studies on the transportation mechanism of the eggs and larvae of anchovy, *Engraulis japonica*, in the surrounding sea of Jeju Island. Doctoral Thesis, Cheju University, Korea, pp. 98-160.
- Ko, J.C., J.T. Yoo and H.K. Rho. 2007. Environmental factors and the distribution of eggs and larvae of the anchovy, *Engraulis japonica*, in the coastal waters of Jeju Island. J. Kor. Fish. Soc., 40: 394-410.
- Lee, C.I. and H.J. Kim. 2007. Effect of temperatre on anchovy catch and laver production in the Eastern part of the South Sea of Korea. J. Env. Sci., 16: 97-906.
- Lee, E.K., J.M. Yoo, S. Kim and Y.C. Lee. 1996. Verical distribution of anchovy, *Engraulis japonicus* larvae in the Korea strait. Korean J. Ichthyol., 8: 47-56.
- Lee, S.J. and Y.B. Ko. 2003. Distribution of eggs and larvae of the anchovy, *Engraulis japonica*, and its relationships to environmental factors around Jeju strait in summer. 2. relationship with environmental factors. Korean J. Ichthyol., 15: 162-174.
- Lee, S.J. and Y.B. Ko. 2002. Distribution of eggs and larvae of the anchovy, *Engraulis japonica*, and Its realationships to environmental factors around Jeju strait in summer. 1. distribution of anchovy eggs and larvae. Korean J. Ichthyol., 14: 223-233.
- Nakata, H. 1991. Coastal processes related to the transport, survival and recruitment of fish larvae. Bull. on Costal Oceanography, 28: 195-220.
- Nagata, H., K. Kitani and K. Watanabe. 1986. Environmental features in the coastal water of the saninidstrict, especially with reference to the spawning ground of the Japanese sardine, *Sardinops melanostictus* in April, 1984. Bull. Jap. Soc. Fish. Oceanogr, 50: 298-303.
- Oh, T.Y., J.L. Kim, Y.L. Seo, S.K. Lee, D.J. Hwang, E.H. Kim, E.A. Yoon and S.B. Jeong. 2009. Comparison of geostatistic and acoustic estimates of anchovy biomass around the Tongyeong inshore area. 2009. Korean J. Fish. Aquat. Sci., 42: 290-296.
- 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. Reports of Fisheries Resources, 6: 37-49.
- Ricker, W.E. 1954. Stock and recruitment. J. Fish. Res. Board Can., 11: 559-623.
- Watanabe, T. 1982. Distribution of eggs and larvae of netic migratory fish in relation to the Kuroshio. Bull. Coast. Ocean., 19: 149-162.