

한국 남해 연안 전선구조에 따른 멸치 알의 분포

김주일* · 김진영 · 최용규 · 오현주 · 추은경

국립수산과학원 남해수산연구소

Distribution of the Anchovy Eggs Associated with Coastal Frontal Structure in Southern Coastal Waters of Korea

Joo-Il Kim*, Jin-Young Kim, Yong-Kyu Choi,
Hyun-Ju Oh and Eun-Kyeong Chu

South Sea Fisheries Research Institute, Anpo-ri Hwayang-myeon Yeosu, 347

Variation of anchovy spawning grounds was analyzed based on egg distribution and oceanographic factors in southern coastal waters of Korea in April, June, and August of 2003 and 2004. Environmental factors showed a range of 10.2~30.7°C in surface temperature, 25.7~34.7 in surface salinity, 0.14~0.67 µg/L in chlorophyll-*a*, and 111.52~262.37 mg/m² in zooplankton biomass. Eggs were mainly distributed in temperatures of 14.7~26.9°C and salinities of 31.0~34.6 in accordance with seasonal variation of temperature and salinity. Egg density increased in accordance with the high level of zooplankton biomass during the summer season. Anchovy spawning grounds during August of 2004 tended to concentrate in the outward front area between offshore warm-water and coastal cool-water masses.

Key words : Anchovy, chlorophyll, zooplankton biomass, front, cold water mass

서 론

우리나라 남해의 해양환경에 영향을 미치는 수괴는 대마 난류, 동해 및 서해의 고유냉수, 남해연안수 등이며 (Lim, 1971), 남해 연안수와 대마 난류수 사이에 형성되는 전선에 의해서 수평적으로 수괴의 구조가 달라지고, 수직적으로도 수온약층에 의해서 표층수와 저층수로 구분된다. 이와 같이 남해는 물리적 과정이 복잡한 해황 특성을 보이며, 특히 대마 난류의 사행에 의한 와동류의 발생도 뚜렷하다 (Lim, 1976; 추와 김, 1998; 추, 2002).

특히 한국 남해의 뚜렷한 특징은 대마 난류수와 한국 남해 연안수 사이에 형성되는 전선이다. 여름철 한국 남해 연안의 전선역은 쿠로시오로부터 분기된 고온·저염

(수온 28.5°C, 염분 30.4)의 대마 난류수와 이보다 고밀도의 남해안 연안수(수온 25.5°C, 염분 31.8)가 만남에 따라서 전선이 형성되고, 남해안 연안수와 대마 난류 사이에는 중간수(혼합수)가 존재한다 (공, 1971; 近藤, 1985). 중간수는 전선역의 혼합 작용에 의해 형성되어 시공간적 변동이 심하며, 대마 난류수보다 수온은 다소 낮고, 염분은 다소 높다 (추와 김, 1998). 또한 여름철 한국 남해는 뚜렷한 층상 구조를 보이는데, 이러한 성층 작용에는 태양 복사열 뿐만 아니라 저염의 양자강수의 유입에 의한 부력 효과도 크고 (Park, 1985; Chen *et al.*, 1994), 여러 수괴들의 상호작용으로 인하여 남해연안 전선의 사행과 함께 저기압성 와동류가 생겨난다 (공, 1971; Lim, 1976; Lee *et al.*, 1984; Lee *et al.*, 2003).

이와 같이 복잡한 남해의 해황은 어업자원의 어장 형성에도 큰 영향을 주고 있다 (장 등, 1980). 특히, 많은 중

*Corresponding author: jikim@nfrdi.re.kr

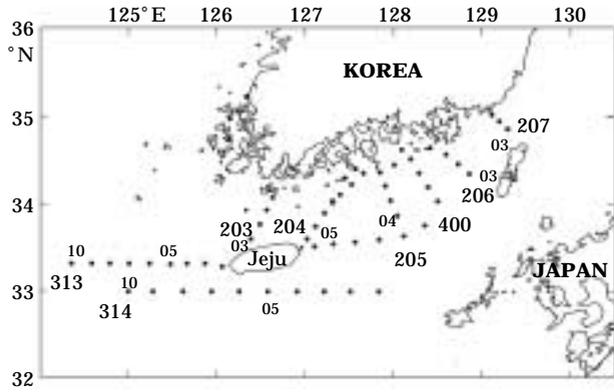


Fig. 1. Sampling stations of anchovy egg in the southern Korean waters.

류의 어업자원의 산란장이 분포하는 남해안에는 연안수와 외양수간에 전선이 형성됨으로서 알과 자어의 분포에 제한요인으로 작용한다(Kim, 1983). 일반적으로 알의 분포는 성어자원의 분포, 해류에 의한 수괴분포(Power, 1986; Yoo *et al.*, 2004)에 따르며, 초기발육단계의 분포량은 주변해역의 가입량에도 영향을 미친다(Santander, 1987; Dimmlich *et al.*, 2004). 멸치는 우리나라 전 해역에 분포하는 표층성 어류로서 이른 봄부터 가을까지 남해안에서 산란장을 형성한다. 멸치알은 부성란의 특성이 있으며, 우리나라의 해양환경에서는 대부분 산란후 2일 내외에 부화되고, 1~2개월 후 치어로 성장하여 남해안의 연안어장에 가입된다(Kim and Lo, 2001). 따라서 멸치자원의 연안 보급과 재생산 기구는 남해 연안 전선역 주

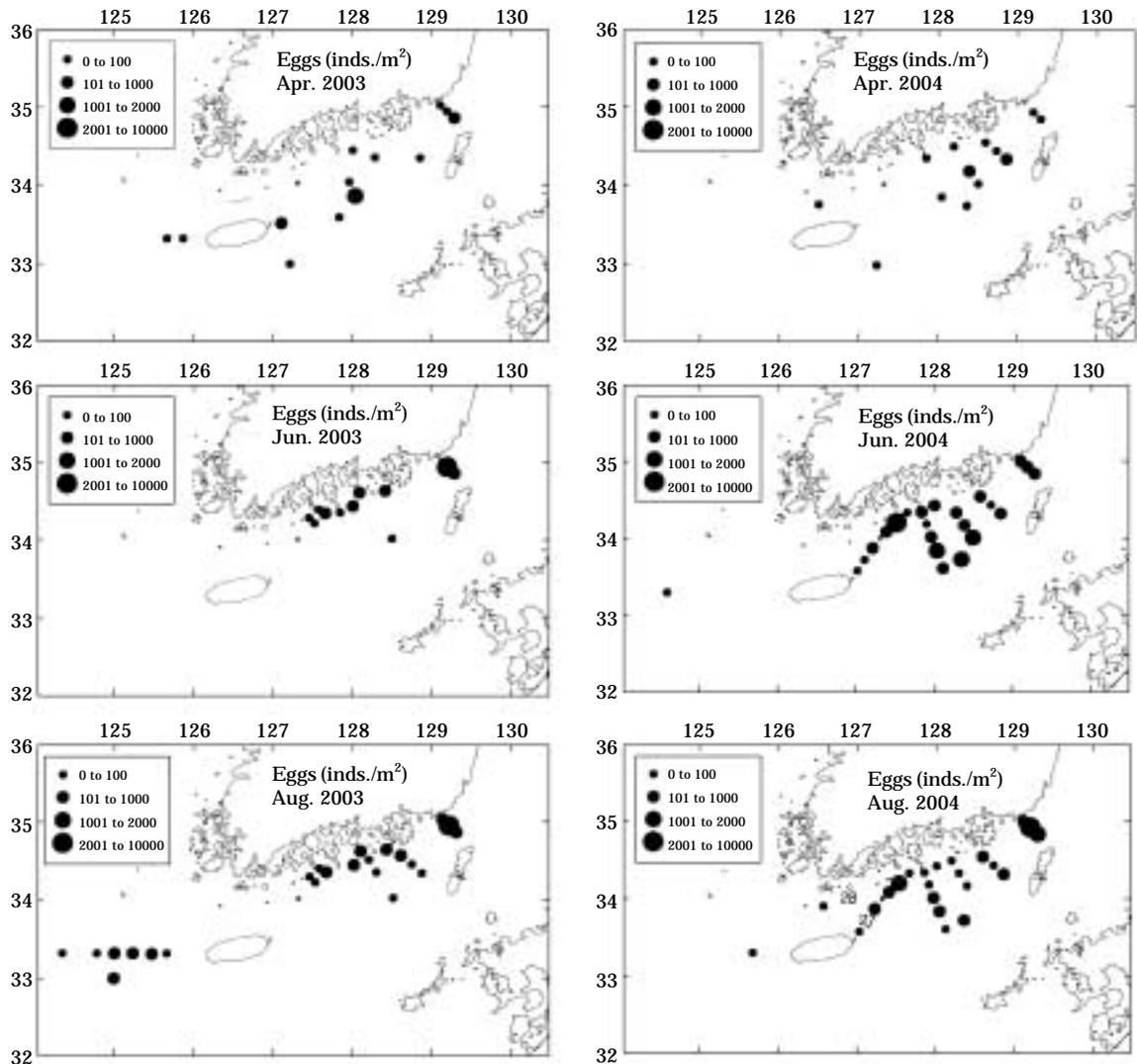


Fig. 2. Horizontal distributions of anchovy egg, *Engraulis japonicus* in the southern Korean waters in April, June and August in 2003 and 2004.

변의 미소 규모의 해양 구조와 유동 특성을 통하여 이해될 수 있다. 본 연구에서는 2003년과 2004년 남해안 멸치 산란장이 형성되는 해양환경 특성을 비교하여 냉수대 형성이 멸치 알 분포양상에 미치는 영향을 분석하였다.

재료 및 방법

2003년과 2004년의 4, 6, 8월에 국립수산과학원 소속의 탐구 3호(359G/T) 시험선을 이용하여 멸치 알의 채집과 해양환경조사를 수행하였다. 해양의 물리적인 특성은 54개의 정점 (Fig. 1)에서 CTD (SBE 25)를 통하여 수온과 염분을 측정하여 분석하였다. 클로로필 a는 해수 500 mL을 Membrane Filter (0.45 μm)에 여과한 다음 냉

암소에서 보관 후 90% 아세톤으로 추출하였으며, 실험실에서 형광분광광도계 (Spectrofluorometer, Perkin Elmer LS50B)로 측정하였다. 동물플랑크톤과 멸치 알의 채집은 NORPAC 네트 (망구 45 cm, 망목 334 μm, 길이 1.8 m)를 사용하여 100 m 수심으로부터 표층까지 수직으로 인망하여 채집하였다. 정량 분석을 위하여 망 입구에 여수계 (TSK)를 장착하였다. 여수계의 여수율 보정을 위하여 5회의 무망시험을 실시하였다. 여수량은 식 (1)에 의하여 보정하였다.

$$V = V_c \times R/R_c \tag{1}$$

(V: 채집시여수량, V_c: 무망시험시 여수량, R: 채집시여수계회전수, R_c: 무망시험시의 평균회전수)

시료는 채집 즉시 선상에서 7% 중성 포르말린으로 고

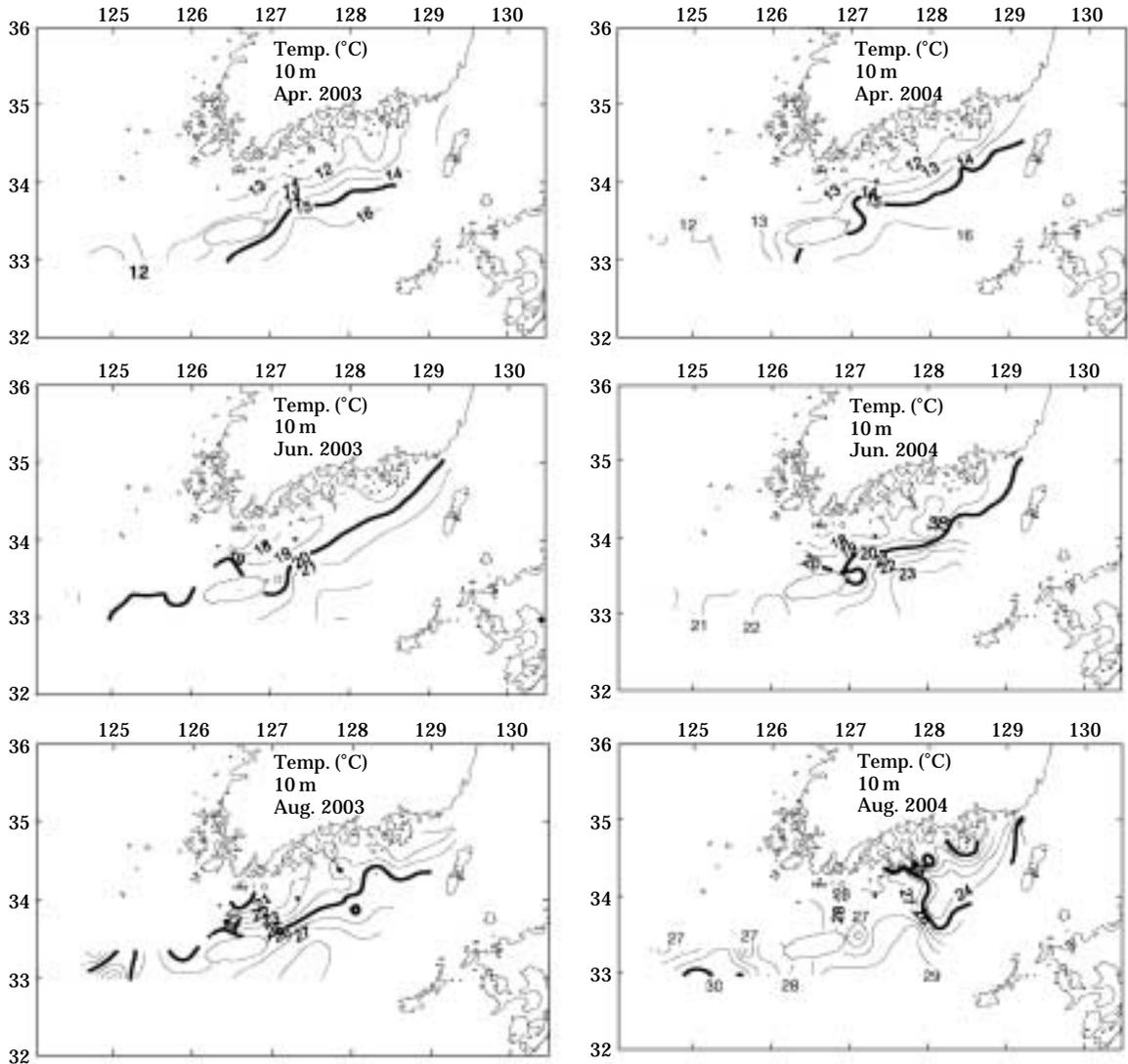


Fig. 3. Horizontal distributions of temperature at 10 m depth in April, June and August in 2003 and 2004.

정한 후 실험실로 운반하여 분류하고 멸치 알을 동정하였다 (Uchida *et al.*, 1958). 동물플랑크톤 현존량은 습중량으로 구하였다. 알의 밀도는 각 채집 정점별 멸치 알의 채집개체수 (e)를 여수량 (V)으로 환산하여 m³당 개체수 (E1)를 식 (2)로 계산하고,

$$E1 = e/V \tag{2}$$

이에 채집 수심 (D)을 적용하여 해면 m²당 개체수 (E2)를 식 (3)으로 환산하였다.

$$E2 = E1 \times D \tag{3}$$

관측된 해양환경 자료는 1m별로 평균하여 나타낸 수

온과 염분 값을 사용하였다. 수온의 수평 및 연직 분포 도로써 해황을 분석하였으며 수온-염분에 의하여 수괴의 분포를 비교하였다. 또한 정선 205에 대해서 2003년과 2004년의 4월, 6월 그리고 8월에 대해서 수온의 평년 이상을 살펴보았다. 멸치 알의 주 분포 수층인 수심 10m층의 수온과 염분의 변화와 냉수대가 발생한 해역에서의 멸치 알의 분포 밀도를 비교하였다. 해양생태계에서 1차 생산자로 중요한 역할을 하는 식물플랑크톤 양은 색소 중 가장 높은 비율을 나타내는 클로로필 농도를 계산하여 (Harvey, 1934; Richard and Thomson, 1952) 2차 유기물질을 생산자인 동물플랑크톤 현존량과 멸치의 평균 알 밀도와의 관계를 비교하였다.

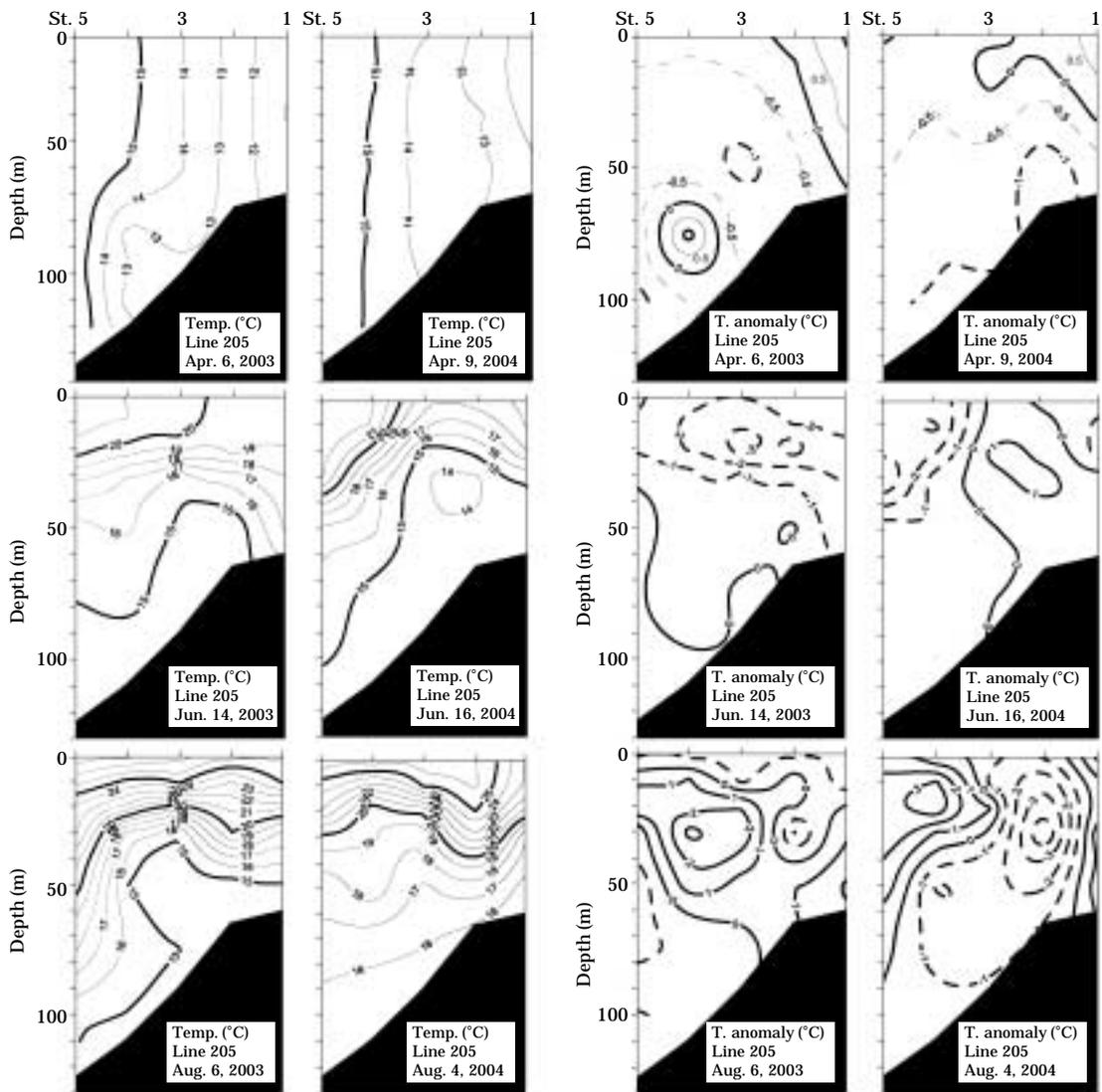


Fig. 4. Vertical distributions of temperature and anomaly at line 205 in April, June and August in 2003 and 2004. (Dashed lines indicate the negative values)

결 과

1. 멸치알의 분포특성

남해안의 멸치알 분포를 2003년과 2004년에 분석한 결과, 멸치 알은 4월에 낮은 밀도로 분산되어 분포하였으나, 6월과 8월이 되면서 밀도는 점차 높아지고, 밀집되는 경향을 보였다(Fig. 2). 즉, 2003년 4월에는 남해안 전역에서 평균 45 inds/m²의 낮은 밀도로 분산되어 분포하였고, 6월이 되면서 부산~거제도~남해도~고흥반도에 이르기까지 평균 136 inds/m²의 높은 밀도로 연안역에 밀집하여 분포한 반면에, 8월에는 부산~거제도간 해역과 제주도 서부해역에서 평균 217 inds/m²로 밀도가 높았다. 2004년 4월에는 남해안 동부해역을 중심으로 10 inds/m²의 낮은 밀도로 분산되어 분포하여 2003년에 비하여 좁은 해역에서 낮은 밀도로 분포하는 경향을 보였고, 6월에는 남해도~거제도 주변의 연안역을 제외한 남해안 전역에서 평균 203 inds/m²의 높은 밀도였으나,

제주도 서남부 외해역에서는 멸치 알이 전혀 출현하지 않았다. 8월에는 제주도 북부로부터 부산연안에 이르는 넓은 해역에서 253 inds/m²의 높은 평균밀도로서, 외해측에서 고밀도를 보인 반면에 남해도~거제도 인근해역은 출현밀도가 낮은 2003년과 다른 분포 특성을 보였다.

2. 멸치알 분포와 해양의 물리적 특성변동 비교

2003년과 2004년의 4월, 6월 그리고 8월의 10m 수심의 수온 수평 분포도는 Fig. 3과 같다. 4월의 수온은 연안의 12°C에서부터 외양의 16°C까지 2003년과 2004년 모두 유사한 형태를 나타내었고, 제주도에서 대마도까지 14°C를 중심으로 수온전선이 형성되어 있었다. 그러나 6월이 되면서 수온의 분포 범위는 17~23°C의 분포를 보였으며, 연안에서 19°C 이하의 수온대와 외양에서 22°C 이상의 수온대가 2003년보다 2004년에 훨씬 넓게 분포함으로써, 수온 전선도 2003년보다 2004년에 뚜렷하였다. 수온전선은 2003년 6월에서 8월로 경과하면서 더욱 뚜렷하였다. 그러나 2004년에는 6월에서 8월로 접어들면서 제주도와 대마도를 잇는 수온전선이 뚜렷하게

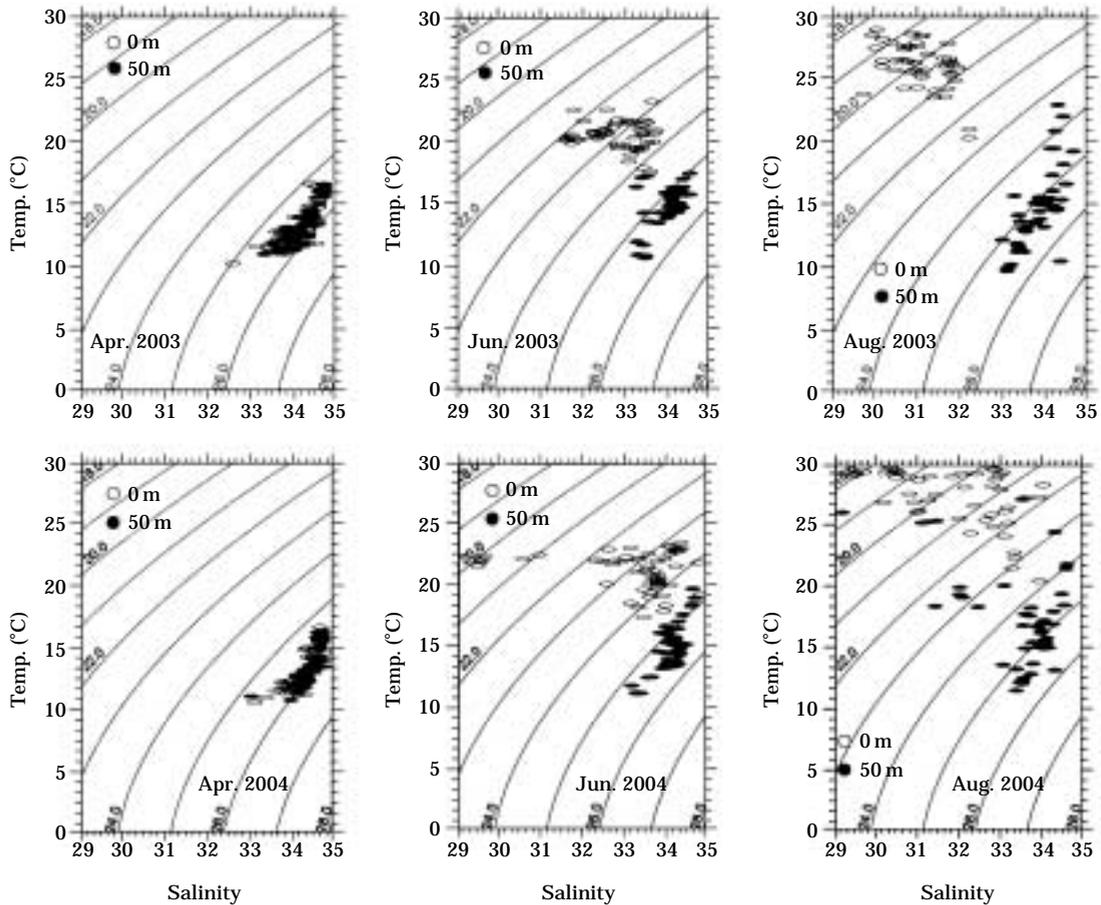


Fig. 5. T-S diagram of April, June and August in 2003 and 2004.

나타나지 않았다. 2004년 8월의 뚜렷한 특징은 여수 반도와 거제도 사이의 해역에서 발생한 냉수대로서 수온 연직분포에서는 10 m 수층의 수온이 거제도에서는 약 19°C의 냉수 핵을 보였으며, 여수반도에서는 약 20°C의 냉수 핵을 보였다.

정선 205에서 측정된 수온의 연직분포를 보면 (Fig. 4), 4월에는 2003년과 2004년 모두 표층과 저층이 혼합되어 있었으며, 수온 약층은 2003년과 2004년 6월과 8월간에 20~30 m 깊이에서 나타났다. 특히, 2003년과 2004년의 6월과 8월은 대비되는 분포로서 2003년 6월은 18°C를 중심으로 한 수온 약층이 30 m 깊이에서 연안부터 외양까지 일정한 깊이에 분포하였지만, 2004년 6월은 18°C를 중심으로 나타나는 수온 약층이 정점 3에서는 거의 표층에까지 18°C 등온선이 분포하였다. 2004

년 8월은 2004년 6월의 연직 분포도와는 다르게 수온약층이 연안역(정점 2)에서 아래로 오목한 형태를 나타내었다.

정선 205의 수온 평년 이상을 살펴보면 (Fig. 4), 4월에는 2003년과 2004년 모두 외양역에서는 음의 수온 이상, 연안역에서 양의 수온 이상을 나타내었다. 2003년 6월은 깊이 30 m 이천이 모두 음의 수온 이상을 보인 반면에 2004년 6월에는 정점 2와 3에서 표층부터 저층까지 양의 수온 이상을 나타내었다. 2003년 8월에는 표면에서 10 m 수층까지 저온상을 보였다. 그러나 2004년 8월에는 정선 205의 정점 2부터 정점 4까지는 표층에서 저층까지 수온 이상이 0~-4°C로 음의 값을 나타내므로 냉수대의 형성을 시사하였다.

Fig. 5는 2003년과 2004년의 4월, 6월 그리고 8월에

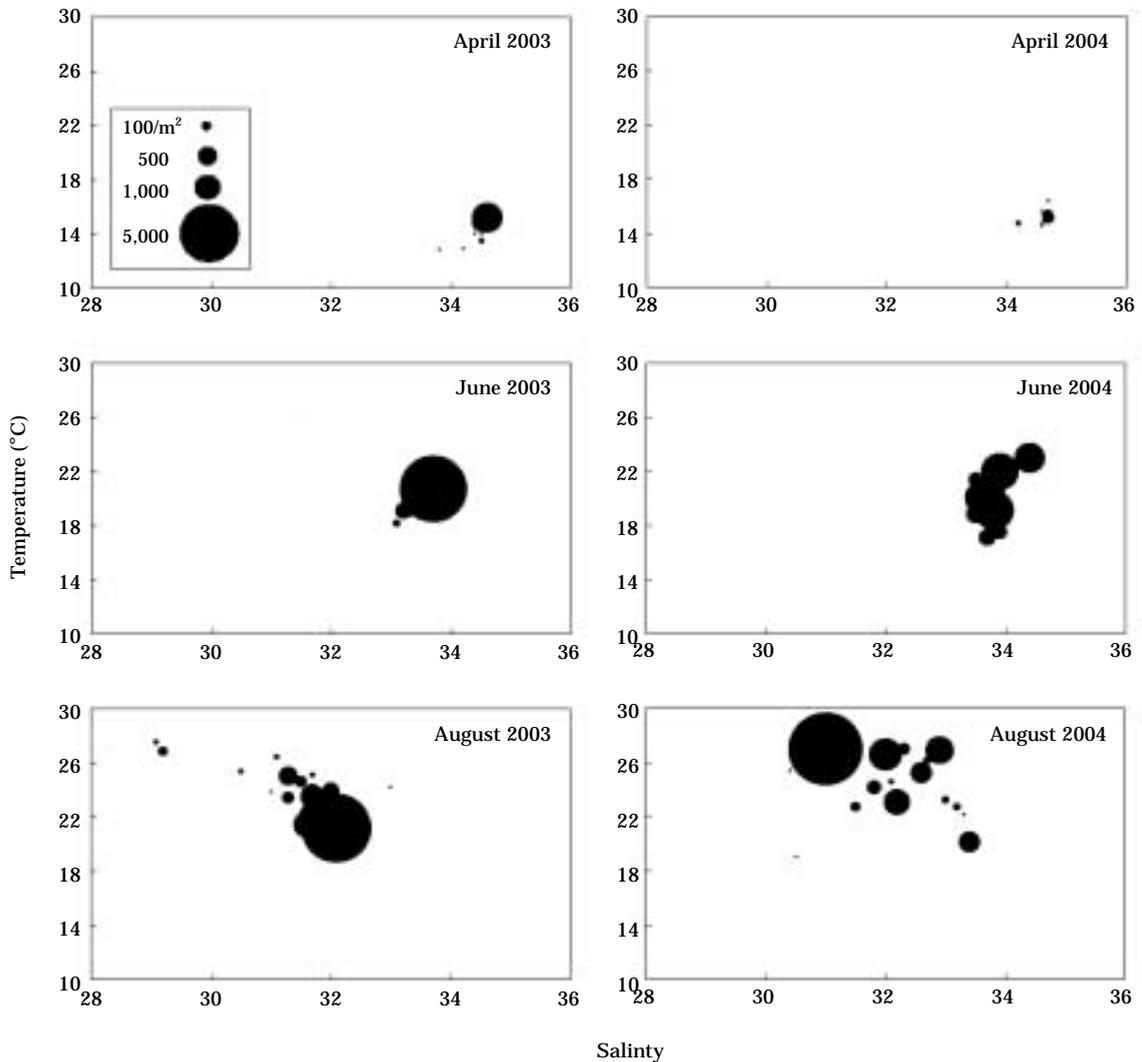


Fig. 6. Density of anchovy egg (Ind.No./m²) related temperature (°C) and salinity in April, June and August in 2003 and 2004

대해서 각각 표층과 수온 약층 아래의 50m층의 T-S도를 격월별로 나타낸 것이다. 2003년과 2004년의 4월은 표층과 저층의 수괴가 연직 혼합되어 거의 같은 수괴 분포를 나타내었다. 그러나 6월부터 수온 약층의 발달로 고온 저염의 표층 수괴와 비교적 저온 고염의 저층 수괴로 구분되었다. 이러한 현상은 2003년의 경우 8월에 들어 더욱 뚜렷해져서 고온 저염의 표층수와 저온 고염의 저층수로 확연히 구분되는 수괴 분포를 나타낸 반면 2004년 8월에는 상호 접근된 분포양상을 보이므로 표층 주변의 냉수대 형성에 의한 혼합수층의 분포 특성을 나타내었다.

2003년과 2004년의 남해안에 분포하는 멸치 알의 분포특징을 수온분포와 비교하면 (Fig. 6) 4월에는 제주도

에서 대마도 사이의 15°C 수온대를 중심으로 주로 출현하였으며, 2003년 6월에는 남해 연안층에 주로 분포하였으며 부산 연안에서 고밀도의 분포 밀도를 보인 반면, 2004년 6월에는 남해안 전역에서 고온 분포를 보였다. 8월에는 2003년에 남해 동부해역과 제주도 서부해역으로 분리되어 분포하는 양상을 보였고, 2004년에는 남해안 전역에서 25°C 내외의 수온대에 걸쳐서 높은 밀도로 분포하였다. 특히 2004년 8월의 남해안의 냉수대는 남해도 남방 114 km까지 뻗어 있으며, 여수반도와 거제도 간인 남해안 중부와 동부 연안해역에 분포하였다. 깊이 10m의 수온 분포도에서 이 냉수대는 남해도 남방 약 10 km 지점에서 20°C 이하의 냉수 핵을 형성하였으며, 또한 거제도 서쪽 해역에서도 19°C 이하의 냉수 핵을

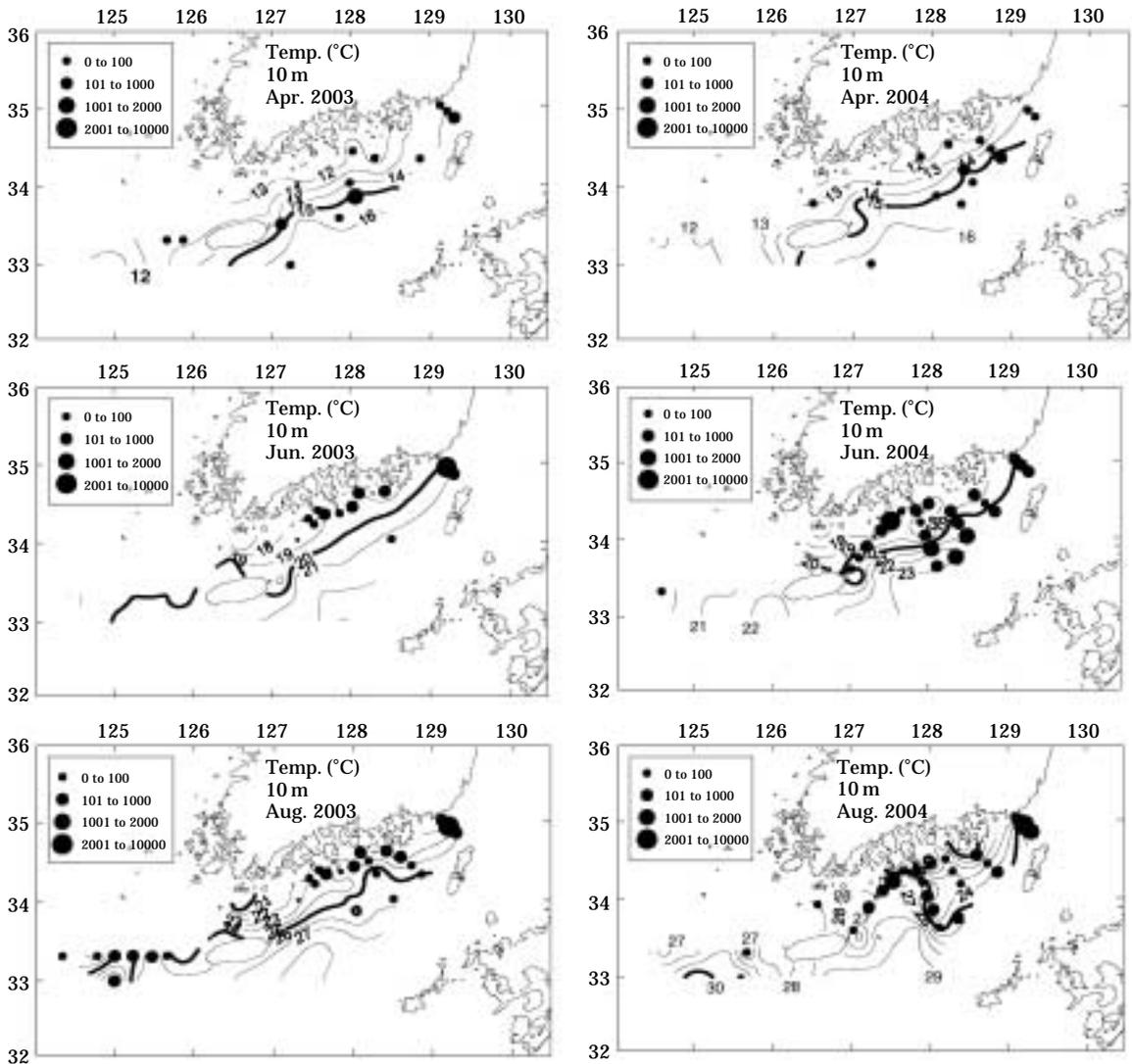


Fig. 7. Horizontal distributions of temperature (°C) and egg of anchovy, *Engraulis japonicus* (Ind.No./m²) in the southern Korean waters in April, June and August in 2003 and 2004.

형성하고 있었다. 이 냉수대와 대마 난류 ($26 \sim 29^{\circ}\text{C}$)와 의 사이에는 강한 수온 전선대가 형성되어 있으며, 수온 전선역인 외해측에 멸치의 알이 많이 집적되어 있었다.

멸치 알이 집중되는 수온과 염분을 비교하면 (Fig. 7), 2003년의 경우 4월에는 멸치 알이 염분 34.5의 해역에서 집중되었으나, 6월에는 수온 21°C 및 염분 33.5에서, 8월에는 수온 $20.5 \sim 25^{\circ}\text{C}$ 및 염분 32.5에서 집중되어, 봄철에는 저수온과 고염분역에서, 여름철로 진행되면서 고수온과 저염분역에서 주로 나타났다. 2004년에는 4월에 수온 15°C 및 염분 34.7, 6월에 수온 $16.5 \sim 23^{\circ}\text{C}$ 및 염분 $33.5 \sim 34.2$ 에서, 8월에는 수온 $20 \sim 27^{\circ}\text{C}$ 및 염분 31~33에서 출현하여 2003년에 비하여 광온 광염성을 보였다.

3. 남해안 멸치 알 분포와 클로로필 및 동물플랑크톤의 분포 특성 비교

남해안의 식물플랑크톤 현존량의 지표가 될 수 있는 클로로필의 분포를 살펴보면 (Fig. 8), 2003년 4월에는 여수~거제간 해역에서 $0.5 \mu\text{g/L}$ 이상으로 나타났으며, 6월에는 클로로필이 목포~부산간 연안역에서는 $0.2 \mu\text{g/L}$ 내외의 분포를 보였으나, 외해측은 $0.1 \mu\text{g/L}$ 내외의 농도 분포를 보였다. 8월에는 제주도를 중심으로 서측해역은 클로로필 농도 $0.2 \mu\text{g/L}$ 내외, 동측해역은 $0.3 \mu\text{g/L}$ 내외의 분포를 보였다. 2004년에는 4월에 거제~부산간 해역에서 $0.6 \mu\text{g/L}$ 를 중심으로 클로로필이 조밀하게 분포 하였으며, 6월에는 제주~목포간 해역에서 $1.3 \mu\text{g/L}$ 를

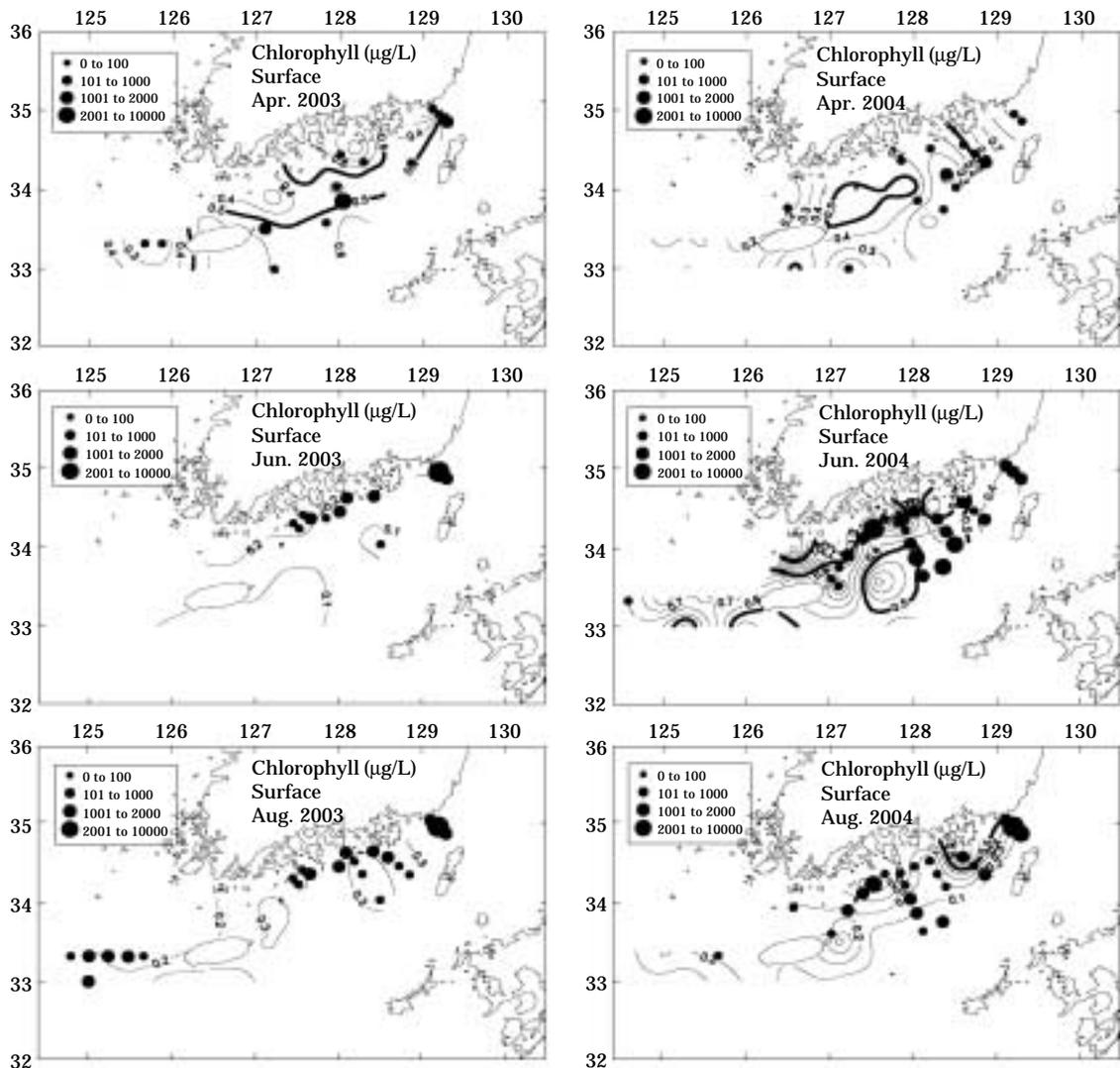


Fig. 8. Horizontal distributions of chlorophyll a and egg of anchovy, *Engraulis japonicus* (Ind.No./m²) in the southern Korean waters in April, June and August in 2003 and 2004.

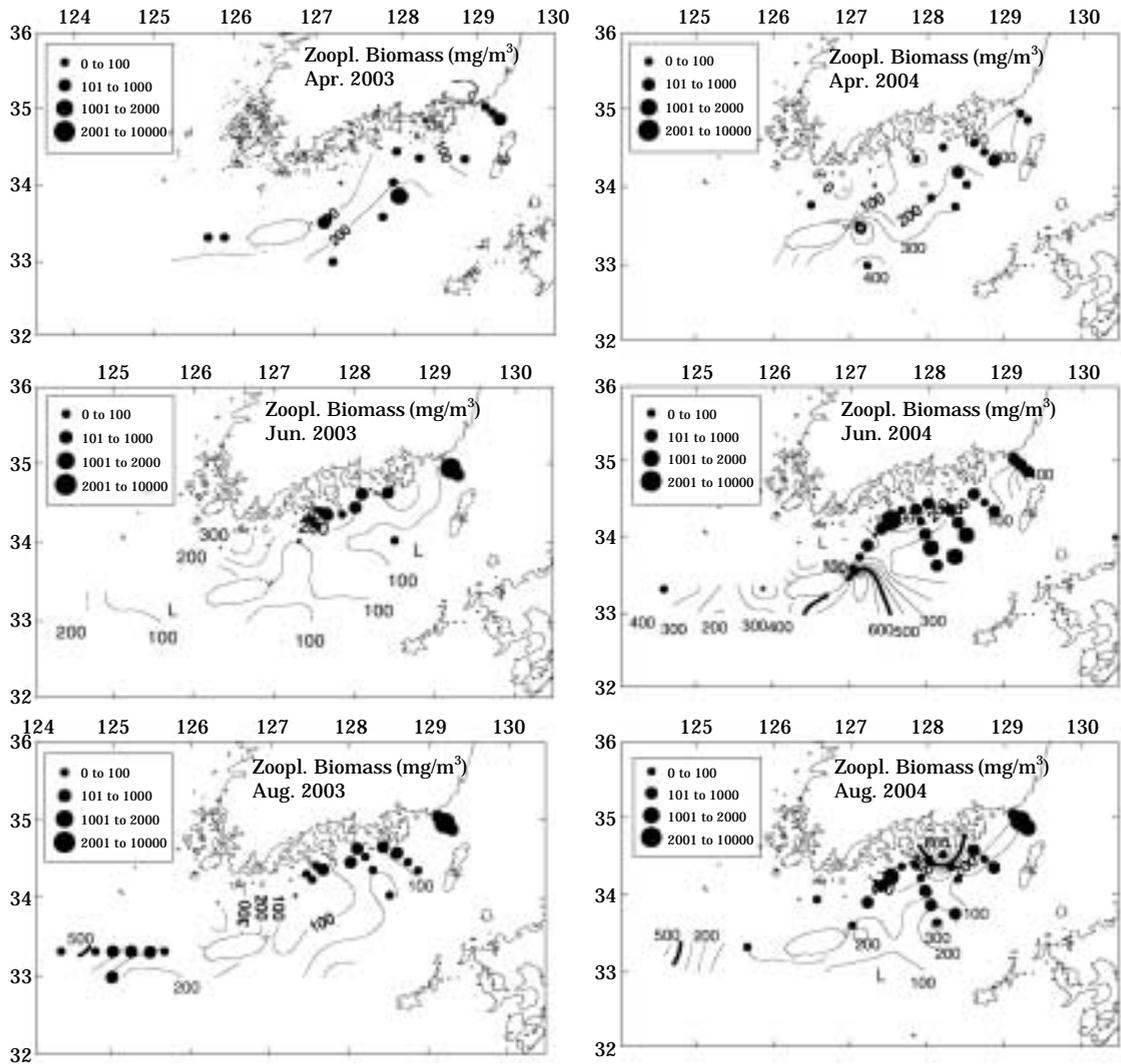


Fig. 9. Horizontal distributions of zooplankton biomass (mg/m^3) and egg of anchovy, *Engraulis japonicus* ($\text{Ind.No.}/\text{m}^2$) in the southern Korean waters in April, June and August in 2003 and 2004.

중심으로 조밀한 농도 분포를 보였다. 8월에는 제주도~대마도 내측 해역에서는 $1.0 \mu\text{g}/\text{L}$ 이상의 분포를 보였으며, 특히 거제~부산간 해역에서 클로로필 농도가 $0.5 \mu\text{g}/\text{L}$ 를 중심으로 조밀한 분포를 보였다. 멸치 알은 2003년 6월과 8월에 클로로필 농도가 $0.2 \mu\text{g}/\text{L}$ 주변에 밀집 분포하는 특징을 보였으며, 2004년에는 클로로필 농도와는 분포 특징이 나타나지 않았다.

동물플랑크톤의 현존량은 (Fig. 9) 2003년 4월에 제주도~대마도간의 외해역에서 높은 밀도를 보인 반면, 6월에는 부산~여수~목포간 연안해역에서 $200 \text{ mg}/\text{m}^3$ 이상의 고밀도를 나타낸 후, 8월에는 제주도 서부해역과 동부 외해역에서 고밀도로, 남해안 연안해역에서는 극히 낮은 밀도를 보였다. 2004년 4월에는 제주도 남부에서

$400 \text{ mg}/\text{m}^3$ 이상의 고밀도역을 형성하였고, 남해안은 전반적으로 $200 \text{ mg}/\text{m}^3$ 이하의 저밀도를 나타내었다. 거제도 인근 및 고흥반도 서부해역은 극히 낮은 밀도였다. 6월에는 제주도 서남 및 동남해역과 대마도 동북해역에서 $300 \text{ mg}/\text{m}^3$ 이상의 고밀도역을 형성하였다. 여수반도 인근의 일부해역을 제외한 전 연안에서 $100 \text{ mg}/\text{m}^3$ 이하의 낮은 밀도로 분포하였다. 8월에는 서해남부 외해역에서 $600 \text{ mg}/\text{m}^3$ 이상의 고밀도역을 형성하였고, 남해도~육지도간 연안에서 $200 \text{ mg}/\text{m}^3$ 내외, 그 외의 해역에서 $100 \sim 300 \text{ mg}/\text{m}^3$ 내외의 밀도로 분포하였다. 멸치 알은 2003년 6월을 제외하고는 상대적으로 동물플랑크톤이 낮은 밀도역에 많이 분포하는 특징을 보였다.

해양의 생산력 특성과 멸치 알의 월별 평균값을 비교

Table 1. Mean density of chlorophyll *a*, zooplankton biomass and anchovy egg

		2003			2004		
		April	June	August	April	June	August
Chlorophyll <i>a</i> (µg/L)	Mean	0.48	0.14	0.26	0.39	0.67	0.23
	C.V.*	0.38	0.37	0.28	0.57	0.56	0.85
Zooplankton biomass (mg/m ²)	Mean	111.52	126.70	160.20	153.26	262.37	180.92
	C.V.	0.71	0.75	0.83	0.98	0.90	1.10
Anchovy egg (inds./m ²)	Mean	45.08	135.83	217.15	9.67	202.59	252.68
	C.V.	4.41	6.05	4.12	3.76	2.31	4.12

*C.V.: Coefficient of variation

한 결과 (Table 1), 클로로필은 2003년에는 4월에, 2004년에는 6월에 가장 높은 값을 보였고, 동물플랑크톤은 2003년에는 8월에, 2004년에는 6월에 가장 높은 값을 보였다. 그러나 멸치 알은 클로로필의 고밀도시기에 비하여 다소 늦은 반면, 동물플랑크톤의 고밀도시기와 유사한 2003년과 2004년 8월에 모두 높은 값을 보였다.

고 찰

한국 남해 연안은 반시계방향의 와동류가 자주 관측된다 (Lim, 1977; Lee *et al.*, 1984; 추와 김, 1998; 추, 2002; Lee *et al.*, 2003). 이러한 와동류와 관련하여, 추와 김 (1998)은 하계 한국 남해 연안에 산란된 멸치의 알과 자치어는 흐름의 수렴역인 대마난류계수와 연안수 사이의 전선에 수렴되어 전선에서 연안으로 파급되는 warm streamer에 의해 연안으로 수송된다고 하였다. 또한 추 (2002)는 1997년 7월말~8월초에 수행된 남해의 해황변동과 관련한 멸치의 초기 생활기 분포에서 멸치의 알과 자치어는 연안수와 대마난류계간 전선이 형성되는 거문도와 욱지도, 거제도 남서해역 주변에 많이 분포한다고 하였다. 본 연구에서는 거제도 여수 사이의 해역에서 형성된 냉수대 때문에 연안으로 접근하는 warm streamer가 나타나지 않았다. 이와 같은 사실은 거제도-여수 사이에 형성된 냉수대가 멸치의 알과 자치어의 외해에서 연안으로 수송되는 경로를 방해한 것으로 해석된다.

차와 심 (1988)에 의하면 황해의 연안역에서 멸치 알의 출현양은 계절변동이 크지 않은 염분보다 계절변동이 큰 수온에 의해 영향을 받는다고 한다. 이 연구에서도 염분보다 수온의 분포에 따른 수온전선대가 형성된 곳에 알이 다량 출현하였다.

우리나라의 연안에 출현하는 멸치 알의 수온범위는 9~30°C로 광범위하게 알려져 있다 (임과 옥, 1977). 본

연구에서는 2004년 8월을 제외한 전조사 월에서 12~27°C에 멸치 알이 주로 분포하여 15~25°C에서 멸치의 산란이 왕성하게 이루어진다는 차와 심 (1988) 및 Kim and Lo (2001)의 연구결과와 일치하였다.

클로로필은 좌선환류측 좌측연안과 저층, 거제도 연안에서 높아서 하계 남해 전선역 내측의 연안수역이 생물 생산력이 높고, 하계에 식물플랑크톤의 현존량이 높은 곳에 멸치 알과 자어의 출현 개체수가 많고, 영양염의 농도가 높은 해역에서 알과 자어가 주로 출현한다. 또한, 하계 한국 남해 연안에 산란된 멸치 알과 자어는 흐름의 수렴역인 대마난류계수와 연안수 사이의 전선에 수렴되어 전선에서 연안으로 파급되는 warm streamer에 의해 연안으로 수송된다. 이때 전선 내측의 연안역은 생물 생산력이 크고, 클로로필 및 식물플랑크톤의 양이 외해의 난수역보다 많아 멸치 자어의 성육에 적합한 환경이 된다 (추와 김, 1998). Laser (1975)와 Funakoshi (1984)는 멸치 자어 출현역에 클로로필의 양이 많아 초기 자어 먹이인 식물플랑크톤의 양이 많음을 지적하였다. 그러나, 본 연구에서는 2004년 8월에는 거제도-여수간 해역에서 형성된 냉수대의 영향으로 연안으로 접근하는 warm streamer가 나타나지 않았고, 멸치의 산란군이 냉수대로 인하여 외해에서 연안측으로의 접근 경로가 방해받아서 멸치 알의 분포역과 먹이생물분포역이 일치하지 않은 것으로 생각된다. 그 외 해역은 멸치 알과 자어의 출현이 남해연안수와 외해의 난류사이에 형성된 전선역에 집중되어 나타난다는 Kim (1992)의 연구결과와 일치하였다. 식물플랑크톤의 생물량의 변동에 따라 동물플랑크톤의 현존량도 변동한다는 Harvey (1955)의 연구 결과를 고려하면 본 연구에서도 2003년의 경우 6월보다 8월에 클로로필의 농도가 증가하면 동물플랑크톤 현존량과 멸치 알의 밀도 또한 증가하여 나타났다.

따라서 한국 남해 멸치 자어의 연안 보급과 재생산 기구는 남해연안 전선역 주변의 미소 규모의 해양구조와 그 유동 특성을 파악함에 따라 명확해질 수 있으

로 해수의 유동과 해류의 흐름의 강약에 따른 알의 분포 양상과 산란군의 이동 경로에 대한 지속적인 연구가 필요하다.

적 요

한국 남해안에서 2003년~2004년의 4월, 6월, 8월에 멸치 알의 분포 및 해양환경 특성을 비교하고 냉수대 형성과의 관계를 분석하였다. 조사해역의 수온은 10.2~30.7°C, 염분은 25.7~34.7, 클로로필은 0.14~0.67 µg/L, 동물플랑크톤은 111.52~262.37 mg/m³의 범위였다. 멸치 알은 수온 14.7~26.9°C와 염분 31.0~34.6 범위에서 주로 나타났고, 봄에서 여름으로 진행될수록 고수온과 저염분역에서 출현하였으며, 동물부유생물 생산의 증가와 함께 알의 평균분포밀도도 높아졌다. 2004년 8월의 멸치산란장은 외양의 난류수와 연안 냉수대간의 수온전선 외해측 해역에 집중되는 경향을 보이므로 연안역의 냉수대형성이 멸치 산란장분포의 제한요인이 되는 것으로 분석되었다.

인 용 문 헌

- Chen, C., R.C. Beardsley, R. Limeburner and K. Kim. 1994. Comparison of winter and summer hydrographic observations in the Yellow and East China Seas and adjacent Kuroshio during 1986. *Continental Shelf Research*, 14 (7/8) : 909~929.
- Dimmlich, W.F., W.G. Breed, M. Geddes and T.M. Ward. 2004. Relative importance of gulf and shelf waters for spawning and recruitment of Australian anchovy, *Engraulis australis*, in South Australia. *Fish. Oceanogr.*, 13 (5) : 310~323.
- Funakoshi, S. 1984. Food and survival of the early post-larvae of the Japanese Anchovy, *Engraulis japonicus* (Houttuyn). *Bull. Japan. Soc. Oceanogr.*, 45 : 21~30 (In Japanese).
- Harvey, H.W. 1934. Measurement of phytoplankton population. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.* 19 : 761~773.
- Harvey, H.W. 1955. The chemistry and fertility of sea waters. Cambridge Univ. Press. 224 pp.
- Kim, J.Y. 1983. Distribution of anchovy eggs and larvae off the western and southern coasts of Korea. *Bull. Korean Fish. Soc.* 16(4) : 401~409 (In Korean).
- Kim, J.Y. 1992. The early life history and recruitment of anchovy, *Engraulis japonicus*, in the southern waters of Korea. Ph. D. Thesis, N.F.U.B., PP. 70~72 (In Korean).
- 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. *Fish. Oceanogr.*, 10(3) : 297~310.
- Lasker, R. 1975. Field criteria for survival of anchovy larvae: the relation between inshore chlorophyll maximum layers and successful first feeding. *Fish. Bull.*, 73 : 453~462.
- Lee, J.C., J.Y. Na and S.D. Chang. 1984. Theimohaline structure of the shelf front in the Korea strait in early winter. *J. Oceanol. Soc. Korea*, 11(2) : 77~88.
- Lee, J.C., S.H. Lee, Y.T. Son, H.T. Perkins, J.C. Kim and I.C. Pang. 2003. Circulation in the central south sea of Korea in spring 1999. *J. Korean Soc. Oceanogr.*, 38(3) : 143~155.
- Lim, D.B. 1971. On the origin of the Tsushima Current water. *J. the Oceanol. Soc. Korea*, 6 : 85~91 (In Korean).
- Lim, D.B. 1976. The movements of the waters off the south coast of Korea. *J. Oceanol. Soc. Korea*, 11(2) : 77~88.
- Park, Y.H. 1985. Some important summer oceanographic phenomena in the East China Sea. *J. Oceanol. Soc. Korea*, 20(1) : 12~21.
- Power, J.H. 1986. A model of the drift of northern anchovy, *Engraulis mordax*, larvae in the California Current. *U. S. Fish. Bull.*, 84 : 585~603.
- Richard, F.A. and Thomson. 1952. The estimation and characterization of plankton population by pigment analyses. II A spectrophotometric method for the estimation of plankton pigments. *J. Mar. Res.*, 11 : 156~172.
- Santander, H. 1987. Monthly spawning stock and egg production of Peruvian anchoveta (*Engraulis ringens*) 1953 to 1982. *ICLARM*, pp. 167~178.
- Tsuda, A., H. Sugisaki, K. Takahashi and K. Furuya. 1994. Succession of pelagic organisms in the size ranges 0.5~200 µm during a diatom bloom in the Otsuchi Bay, Japan. *Estuarine, Coastal shelf Sci.*, 39 : 173~184.
- Yoo, J.T., H. Nagata and T. Sugimoto. 2004. Effect of horizontal advection induced by intrusion of the Kuroshio water on plankton biomass in the spring fishing period of shirasu on the Pacific coast of Japan. *Fish. Sci.*, 70 : 937~944.
- 공영. 1971. 한국 남해 연안 전선에 관한 연구. *한국해양학회지*, 6(1) : 25~35.
- 임주열·육인숙. 1977. 한국근해에 있어서 멸치 난, 치자어의 출현분포에 관한 연구. *수진원 연구보고*, 25 : 73~85.

- 장선덕 · 홍성윤 · 박청길 · 진 평 · 이택열 · 이병기 · 강용주 · 공영. 1980. 멸치 자원의 회유에 관한 연구. 釜山水大 海 研報, 12 : 1~38.
- 차성식 · 심재형. 1988. 황해 중동부 연안역의 부유성 어란 군 집의 계절 변동. 한국해양학회지, 24(4) : 191~192.
- 추효상 · 김동수. 1998. 한국 남해의 대마난류 변동이 멸치 난 · 자어의 연안역 수송에 미치는 영향. 한국수산학회지, 31(2) : 226~224.
- 추효상. 2002. 하계 한국 남해의 해양변동과 멸치 초기 생활 기 분포 특성. 한국수산학회지, 35(1) : 77~85.
- 近藤正人. 1985. 東シナ海 · 黄海漁場の海況に関する研究-I. 50 m深及び底層における平均水温 · 鹽分の分布. 西海 研報, 62 : 19~66.

Received: June 13, 2005

Accepted: September 1, 2005