

한국 남해안에서 살파류(Tunicata: Thaliacea)의 대번식과 해양생태계에 미치는 영향

강영실 · 조영조 · 고우진 · 김성수 · 전경암 · 오현주
국립수산진흥원

Swarm of Salps (Tunicata: Thaliacea) and its Impact on Marine Ecosystem in the South Sea of Korea

YOUNG SHIL KANG, YEONG JO JO, WOO JIN GO, SEONG SOO KIM,
KYEONG AM JEON AND HYUN JU OH
National Fisheries Research and Development Institute, Pusan 619-900, Korea

한국 남해안에서 1997년 4월과 6월에 대량 출현한 살파류(salps)의 출현밀도 및 분포 특성을 밝히고, 이들 중의 대량 발생과 해양환경과의 관계를 연구하였다. 또한, 이러한 살파류의 대량 발생이 해양생태계의 영양역학 구조에 미치는 영향을 논의하였다. 살파류는 주로 제주도 동남부 해역을 중심으로 대량 발생하였으며, 쓰시마난류와 밀접한 상관성을 보였다. 또한 1997년 4월과 6월의 표층수온이 평년(1961~1998)에 비해 2~5°C내외로 높았으며, 표층 염분은 평년에 비해 낮게 나타났다. 살파류의 출현밀도가 높은 4월과 6월에는 클로로필-*a* 농도와 요각류의 출현 밀도가 매우 낮았다. 고등어 어획량 역시 이 시기에 매우 낮았다. 따라서 한국 남해안에서 살파류의 대량 발생은 쓰시마난류의 강한 영향 및 이 시기에 먹이생물이 충분히 공급되므로서 일어난 것으로 판단된다. 이러한 살파류의 대량 발생은 상대적으로 먹이경쟁관계에 있는 요각류의 생산에 영향을 미치게 되고, 또한 피·포식자관계 및 먹이공급 변동 등으로 영양역학구조에 영향을 미치게 된다. 이러한 결과로 어류생산에도 영향을 미쳐 고등어의 어획량이 1997년 4월과 5월에 매우 낮아진 것으로 판단된다.

Geographical distribution of salps was elucidated in the South Sea of Korea with focusing on the April and June, 1997 when swarm of salps occurred. We also discussed on its distributional pattern in relation to environment conditions and its impact on marine ecosystem with emphasizing on trophodynamics. Salps were abundantly distributed in the south-eastern area of Cheju Island where is closely associated with the Tsushima Warm Current. In April and June, 1997, surface water temperature was 2-5°C higher than the average over 1961-1998, while surface water salinity was lower. Chlorophyll-*a* concentration, density of copepods and catches of mackerel sharply decreased in April and June, 1997. These results suggest that the swarm of salps was due to not only transportation by strong Tsushima Warm Current but also supply of abundant foods. Low densities of copepods may be related to the presence of swarm of salps because of food competition between them. The fact that the catches of mackerel were very low in April and May, 1997 suggests that the trophodynamics between salps and copepods also influence the fish resources.

서 론

기후변동, 부영양화 등에 의한 환경변화는 해양생태계내 생물종 구성 및 영양역학 구조에 크게 영향을 미치고 있다. 최근 해파리류, 살파류(salps), 유형동물(larvaceans)과 같은 젤라틴성 동물플랑크톤이 생태계내 급증하면서 먹이경쟁 및 피·포식자의 관계등의 변화로 생물생산에 영향을 주고 있다. 후해의 경우, 젤라틴성 동물플랑크톤이 15년 전에 비해 약 1500배가 증가되었으며, 출현종은 *Aurelia aurita*와 *Mnemiopsis leidyi*였다. 이들 종은 부영양화와 밀접한 관계가 있으며, 이들 종이 대량 출현하면

서 요각류의 출현량이 급격히 낮아졌다(Kovalev and Piontkovski, 1998).

젤라틴성 동물플랑크톤 중 우점종인 살파류는 태평양, 남극 등 전 해상에 넓게 분포하는 범세계적인 종으로 유성생식과 무성생식을 하는 복잡한 생활사를 가지며, 짧은 시간에 대량 번식을 할 수 있는 생식적 특성을 가지고 있다. 특히, 먹이생물이 충분히 공급되는 경우, 빠른 증식률을 보이며 거대한 무리를 형성하는 것으로 알려져 있다(Deibel, 1982; Crocker *et al.*, 1991; Tebeau and Madin, 1994). 멕시코만 에서는 >3000 inds./m³의 밀도로 수 천 평방 킬로미터의 범위로 대량 발생한 경우가 보고된 바도 있다

(Atkinson *et al.*, 1978).

이들 살파류는 박테리아와 같은 미세 크기에서 대형 구조류 크기까지의 부유입자를 모두 먹이로 섭취하는 여과섭식자로서 요각류나 자치어와 먹이경쟁 관계에 있다. 또한, 어류의 먹이생물로서도 영양학적으로 가치가 있는 것으로 밝혀진 바 있다 (Kashkina, 1986; Heron *et al.*, 1988; Harbison, 1993). 따라서, 이들 종은 먹이경쟁 및 피·포식자와의 관계등에 변화를 가져오면서 결과적으로 어류자원량에 영향을 미치는 것으로 나타났다 (Kideys, 1994; Zaika, 1994). 이와 같이 살파류의 대량 발생은 생태계내 영양역학 구조에 중요한 영향을 미친다(Pond and Sargent, 1998).

따라서, 살파류의 대량 발생 요인 및 이들이 생태계의 영양역학 구조에 미치는 영향에 대한 연구는 생태계 변동과 어류 및 주요 수산자원의 생산량 변동을 파악하는 데 매우 중요하다.

1997년 남해안 동물플랑크톤 현존량이 다른 해에 비해 약 6~7배 높은 값을 보이며, 살파류가 대량 출현하였다. 본 연구에서는 1997년의 계절별 살파류의 출현 및 분포 양상을 파악하고 이들의 대량 발생과 해양환경과의 관계 및 생태계내 영양역학구조에 미치는 영향을 논의하였다.

재료 및 방법

국립수산진흥원에서 한국 근해 해양변동조사 사업의 일환으로 1997년 2월부터 겨울로 6회, 한국 남해안 28개 정점에서 채집한 동물플랑크톤 시료와 57개 정점에서 실시한 해양관측 조사결과를 분석하였다(Fig. 1).

동물플랑크톤은 저층에서 표층까지 NORPAC 네트(구경 45 cm, 망목 0.33 mm)로 수직 채집하였다. 채집 즉시 5% 중성 포르말린으로 고정하여, 실험실에서 3 cm 이상 크기의 동물플랑크톤을 제거한 후 습중량을 측정하여 현존량을 계산하였다. 주요 동물플랑크톤인 요각류(Copepoda), 난바다곤쟁이류(Eupausiacea), 단각류(Amphipoda), 모악류(Chaetognatha)를 계수하였으며, 또한 살파류도 계수하였다.

해양환경요인으로는 수온과 염분을 CTD(Seabird 19)로 0, 10, 20, 30, 50 m 수층에서 각각 측정하였으며, 클로로필-*a* 농도도 같은 수층에서 해수 500 ml를 채수하여 형광광도계(Tuner

Designe, Model 10-AU-000)로 측정하였다. 이 중 수온과 염분은 표층자료를 사용하였으며, 클로로필-*a* 농도는 전 조사 수층의 평균값을 사용하였다. 이와 더불어 1995년, 1996년, 1998년의 주요 동물플랑크톤 자료와 클로로필-*a* 농도 그리고 고등어와 멸치의 어획량 자료도 함께 분석하였으며, 수온과 염분은 1961~1998년간의 자료를 평균하여 평년값으로 사용하였다.

결 과

살파류의 출현밀도 및 분포특성

살파류의 연평균 출현밀도는 9.5 inds./m³이며, 4월에 평균 출현밀도가 24.2 inds./m³로 가장 높았다. 다음으로 6월에 22.5 inds./m³로 높았으며, 동계인 2월과 12월에는 각각 0.5, 0.9 inds./m³로 출현밀도가 매우 낮았다(Fig. 2).

살파류의 지리적 분포양상을 보면(Fig. 3), 2월의 경우, 0.1~2.6 inds./m³ 범위로 제주도~대마도간 외양역에서 출현밀도가 1~2 inds./m³내외로 다른 해역에 비해 높았다. 반면에 소리도~

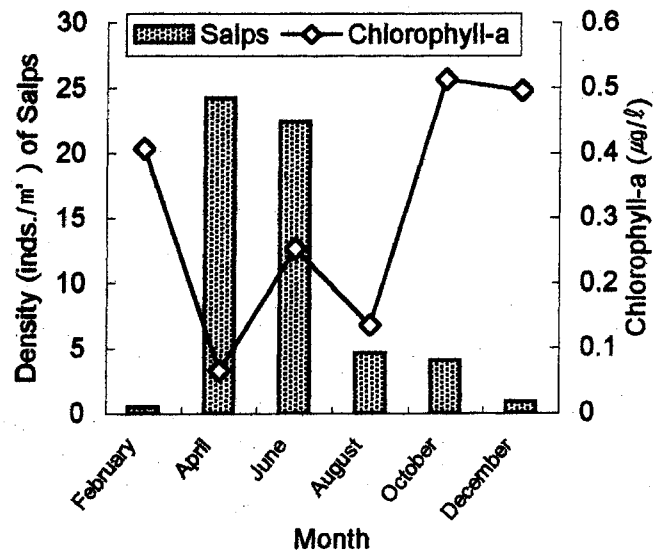


Fig. 2. Seasonal variations in chlorophyll-*a* and density of salps in the South Sea of Korea in 1997.

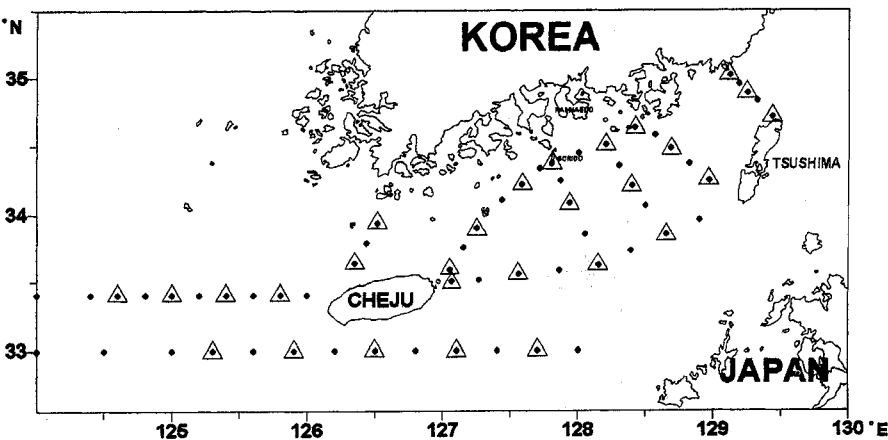


Fig. 1. Map showing the study area and stations; Dots indicate oceanographic survey stations and triangles show zooplankton sampling stations.

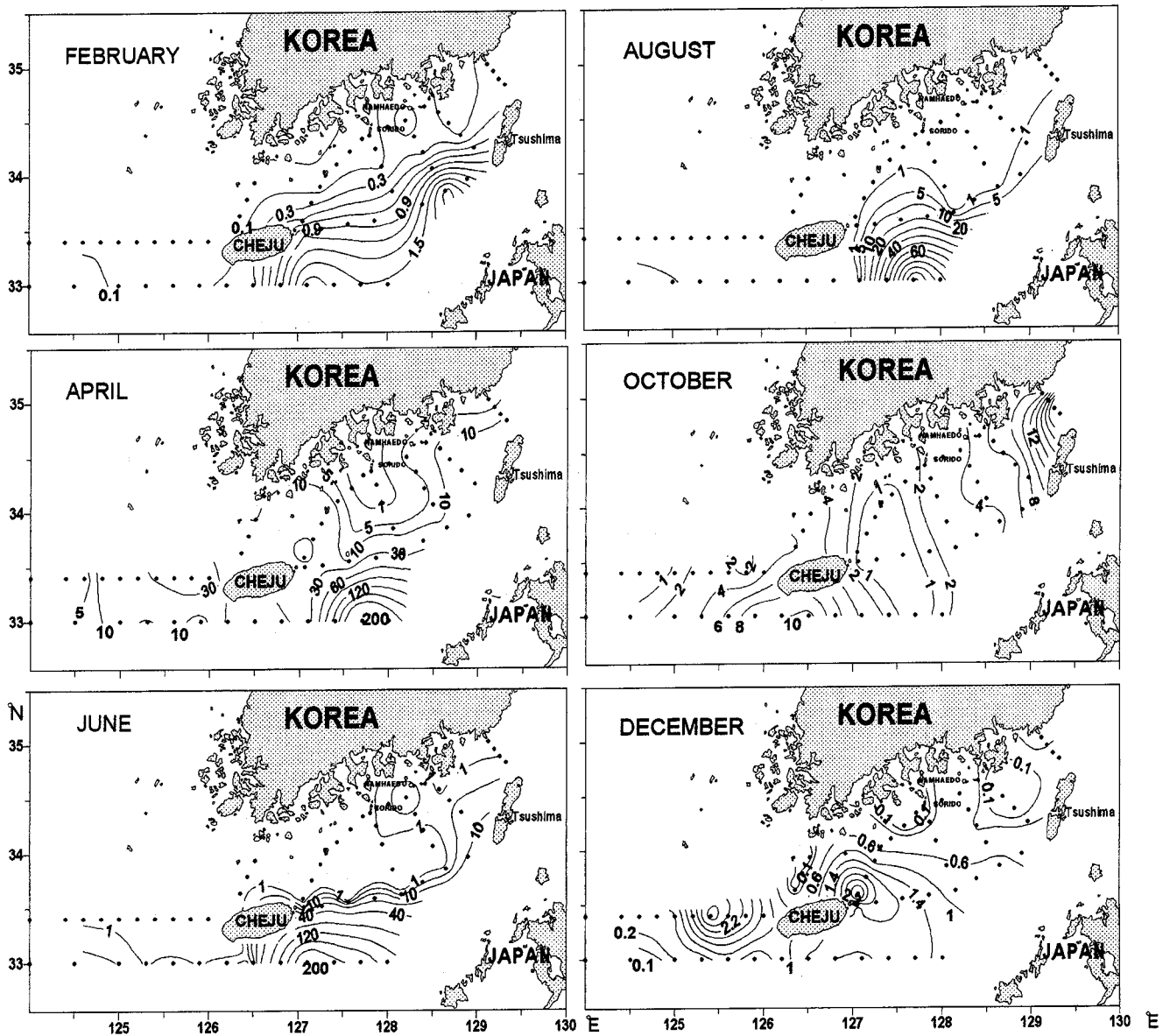


Fig. 3. Distributions of salp density (ind./m³) in February, April, June, August, October and December, 1997 in the South Sea of Korea.

제주도 및 제주도 서부해역에서는 전혀 출현하지 않았다. 4월의 경우, 출현밀도는 0.7~268.0 inds./m³ 범위로 정점간 차이가 매우 컸다. 제주도 동부해역에서는 200 inds./m³ 이상으로 매우 높은 출현밀도를 보였으며, 소리도 주변해역을 중심으로한 연안해역에서는 밀도가 1 inds./m³ 이하로 매우 낮았다. 또한, 제주도 서부해역에서도 동부해역에 비해 매우 낮은 출현밀도를 보였다. 6월에는 0.1~264.2 inds./m³ 범위로 4월과 같이 정점간 밀도차가 매우 컸다. 100 inds./m³ 이상의 고밀도 분포가 제주도 동부해역과 대마도 인접해역에서 나타났으며, 1 inds./m³ 이하의 저밀도분포가 제주도~대마도간을 경계로 한 연안역에서 주로 나타났다. 그러나 제주도 서부해역에서는 거의 출현하지 않았다. 8월의 경우, 제주도~대마도간 일부 외양역에서만 출현하였다. 10월에는 0.1~3.8 inds./m³ 범위로 정점간 밀도차가 매우 작았으며, 주로 제주도 남부해역과 대한해협에서 출현밀도가 10 inds./m³ 내외로 다

른 해역에 비해 높았다. 12월 역시, 정점간 밀도차가 작았으며 제주도를 중심으로 한 인접해역에서 출현밀도가 상대적으로 높았다.

수온 및 염분의 변동특성

1997년 표층수온의 분포 특성을 보면, 2월의 경우, 10.4~16.3°C 범위로 외양에서 연안으로 접근 할 수록 점차적으로 낮아졌으며 (Fig. 4), 제주도~대마도간 연안역에서 수온 14°C를 중심으로 수온전선이 형성되었다. 4월에는 13.9~18.6°C의 범위로 16~17°C를 중심으로 한 수온전선이 역시, 제주도~대마도간에서 약하게 형성되었으나, 2월에 비해 외해역으로 치우쳤다. 6월의 경우, 20.3~24.7°C의 범위로 제주도 동남부 외해역에서 24°C 이상의 따뜻한 물이 분포하며, 8월에는 25°C 이상의 따뜻한 물이 제주도~대마도간 외해역과 제주도 서남부 외해역에서 주로 분포하

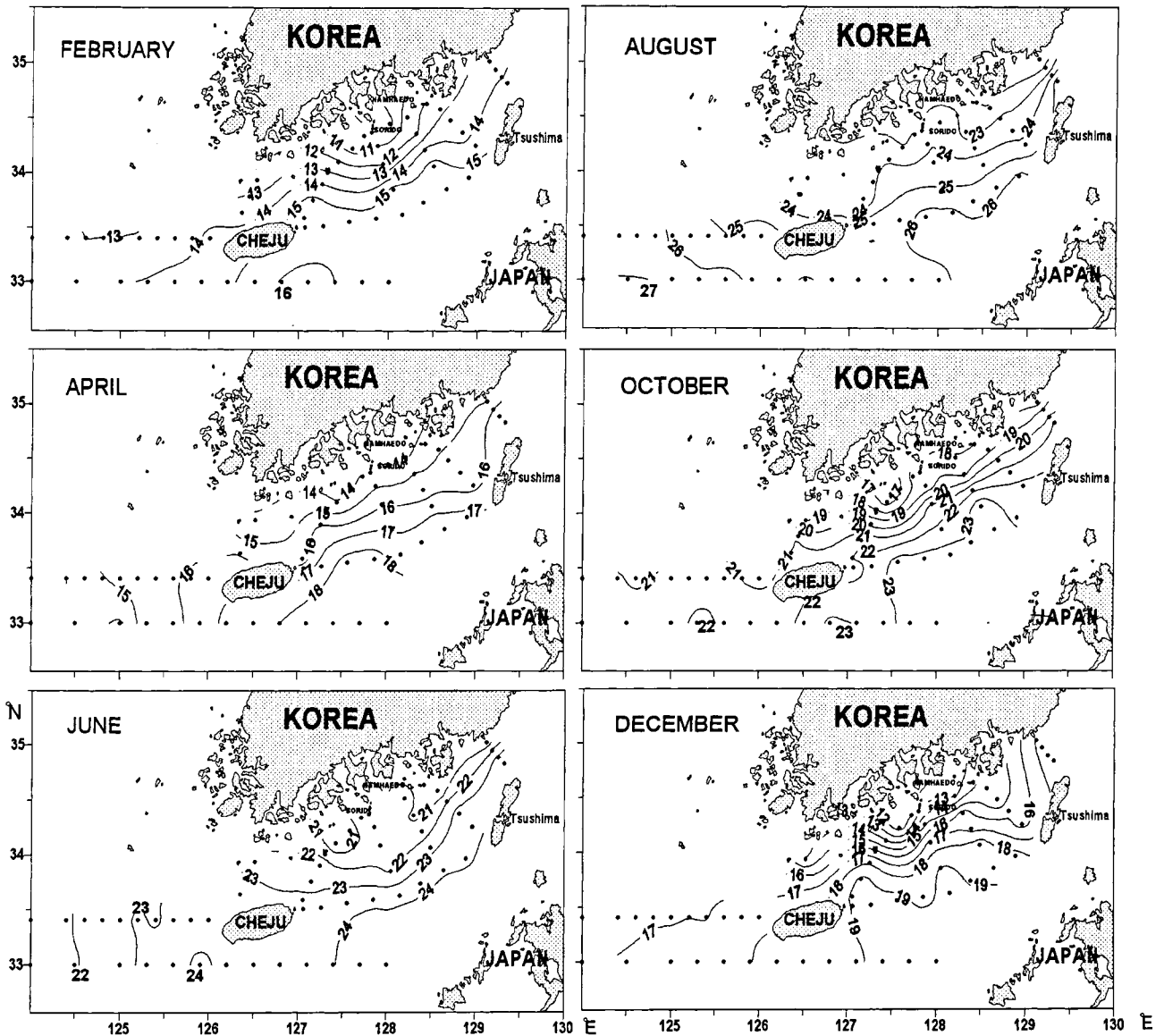


Fig. 4. Distributions of sea surface temperature (°C) in February, April, June, August, October and December, 1997 in the South Sea of Korea.

였다. 10월에는 20~21°C의 수온전선이 제주도~대마도간을 경계로 하여 연안역에서 다시 형성되기 시작하였으며, 23°C 이상의 따뜻한 물이 제주도 일부 외양역에서 출현하였다. 12월에는 13~14°C를 중심으로 한 수온전선이 연안역에서 강하게 형성되었다.

1997년의 표층수온과 평년값(1961~1998)의 편차분포를 보면 (Fig. 5), 2월에는 소리도~거제도간 연안 및 제주도 서남부 일부 외해역을 제외하고 평년비 1°C 내외의 고온상을 보였다. 4월에는 제주도 서남부 외해역에 있는 1개 정점을 제외한 전 해역이 평년비 2~3°C 내외의 고온상을 보였다. 특히, 제주도 서남부해역에서 높게 나타났다. 6월 역시, 전 해역이 4~5°C 내외의 평년비 고온상을 보이며, 특히 제주도 주변해역에서 높게 나타났다. 8월에는 4, 6월과 달리 거의 전 해역이 평년비 저온상을 나타내었으며, 10월에는 연안역 및 대한해협에서 저온상을 보였다. 12월

경우, 10월과 같이 연안역 일부 해역에서 저온상을 보이나 10월에 비해 그 해역이 축소되었다.

1997년 표층염분의 분포특성을 보면(Fig. 6), 2월의 경우, 34.3~34.5 psu 내외로 고른 분포상을 보이며, 제주도~대한해협간 외해역에서 34.5 psu 이상을 보였다. 4월 역시, 주로 34.2~34.5 psu 내외의 분포를 보이나 제주도 서남부 일부 외해역에서 34.0 psu이하의 낮은 염분이 분포하였다. 6월에는 28.5~33.8 psu 범위로 정점간 차이가 컸으며, 제주도를 중심으로 한 서부 및 남부해역에서 28.0~31.0 psu의 저염분수가 출현하였다. 8월의 경우, 29.4~32.4 psu의 범위로 32.0 psu 이상의 고염분수가 제주도 동남부 외해역 및 남해도~대한해협간 연안역 일부해역에서 분포하였다. 반면에 30.0 psu 이하의 저염분수는 제주도 서남부 외해역에서 주로 출현하였다. 10월은 31.9~33.6 psu 범위이며, 고염분수가 제주도~대마도간 외해역에서 출현하였으며, 8월과 같이 역

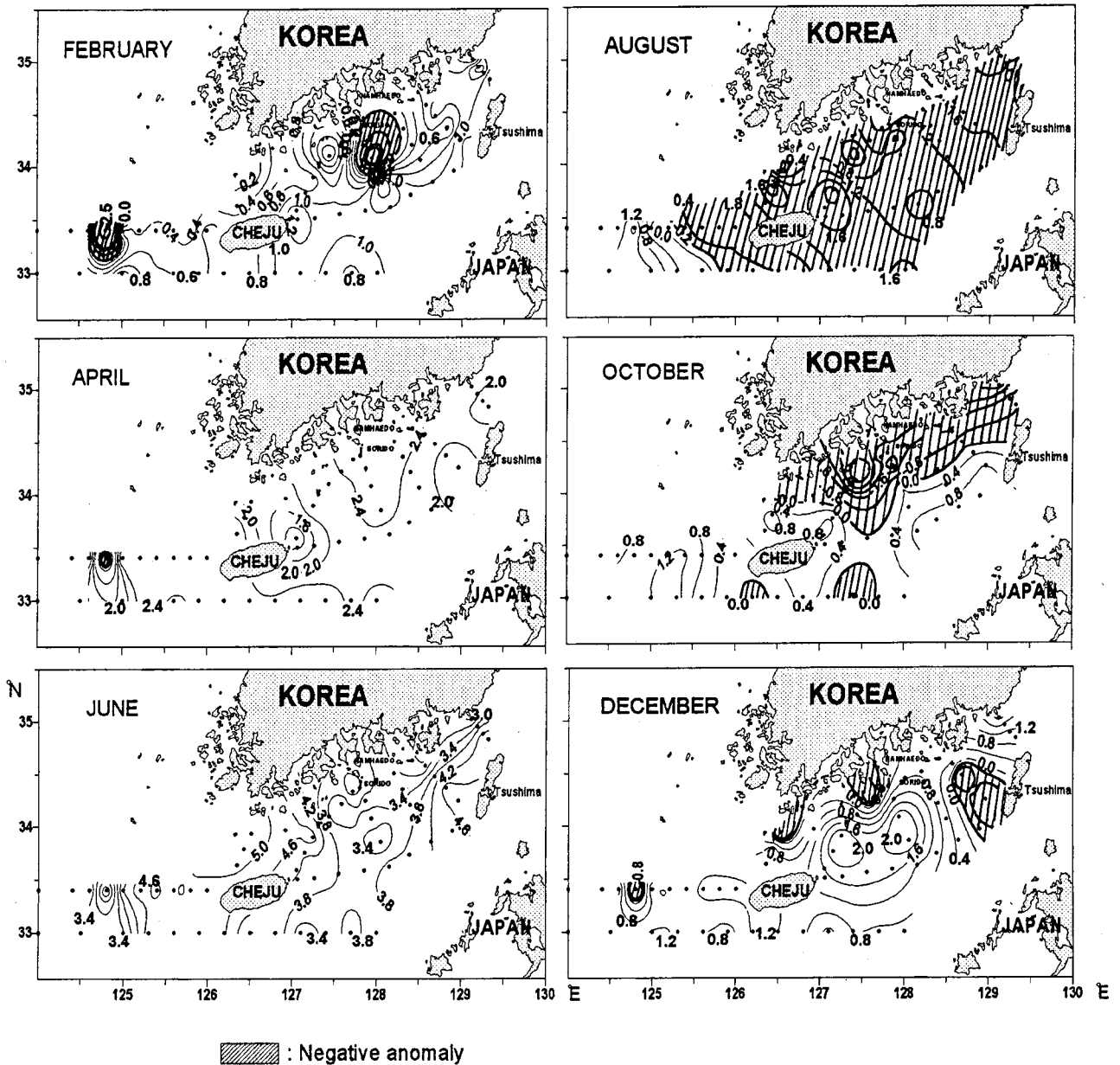


Fig. 5. Distributions of sea surface temperature anomaly in February, April, June, August, October and December, 1997 in the South Sea of Korea.

시, 제주도 서남부 해역에서 32.0 psu 이하의 저염분수가 출현하였다. 12월에는 34.0 psu 이상의 고염분수가 제주도~대마도간 외해역 및 제주도 서부해역에서 출현하였다.

1997년의 표층염분과 평년값(1961~1998)의 편차분포를 보면, 2월에는 제주도 남부해역에서 소리도 연안까지의 일부 해역을 제외한 전 해역에서 평년비 고염상을 보였다(Fig. 7). 4월의 경우, 제주도~대만해협간 외해역에서 저염상을 보였으며, 또한 일부 연안역에서도 저염상을 보였다. 6월에는 거의 전 해역을 저염상을 보였으며, 특히 제주도 서부해역에서 약 3~4 psu 내외의 저염상을 보였다. 8월과 10월에는 제주도 서부해역을 중심으로 한 제주도 주변해역과 거제도~부산간 일부 연안에서 고염상을 보였

다. 12월에는 제주도 서부 일부 외해역에서 고염상을 보이며, 그 외 대부분의 해역은 저염상을 보였다.

클로로필-a 농도의 변동특성

1995~1998년, 4개년간 조사된 클로로필-a 농도의 연평균 값의 변동을 보면(Fig. 8), 1995년이 0.38 $\mu\text{g/L}$ 로 가장 높으며 1997년이 0.31 $\mu\text{g/L}$ 로 가장 낮았다. 계절별 변동을 보면, 주로 춘계인 4월과 추계인 10월에 높으며, 6월과 8월에 낮게 나타났다. 그러나 1997년의 경우에는 이와 달리 4월에 0.07 $\mu\text{g/L}$ 로 연중 가장 낮았으며, 또한 다른 조사해의 4월보다도 월등히 낮았다.

1997년 클로로필-a 농도의 계절별 분포를 보면(Fig. 9), 2월의

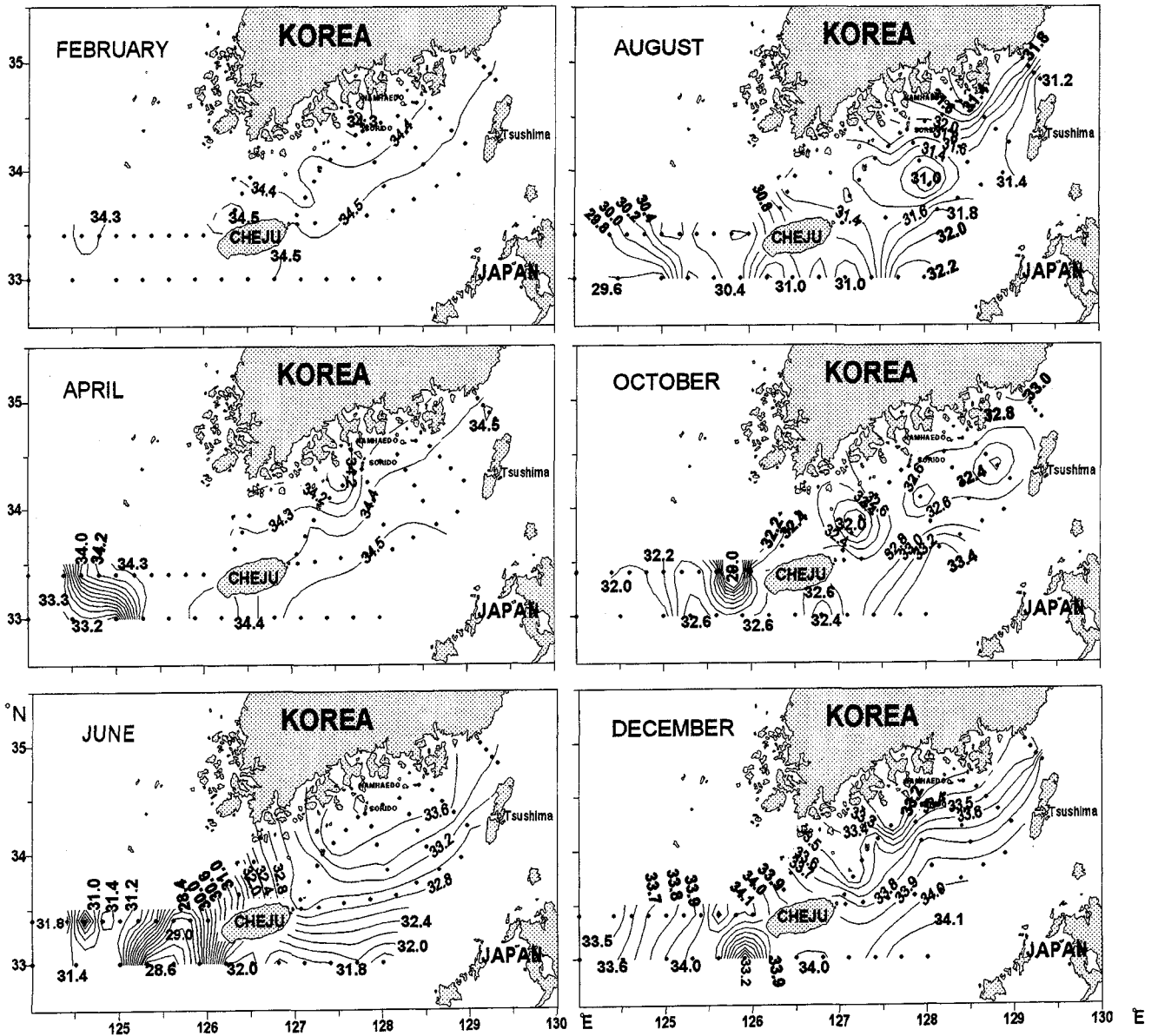


Fig. 6. Distributions of surface salinity (psu) in February, April, June, August, October and December, 1997 in the South Sea of Korea.

평균값은 0.41 $\mu\text{g/L}$ 이며, 범위는 0.30~1.01 $\mu\text{g/L}$ 로 주로 소리도를 중심으로 한 연안역에서 높으며, 제주도 주변해역에서 낮았다. 4월에는 평균값이 0.07 $\mu\text{g/L}$ 로 2월에 비해 월등히 낮으나 분포 경향은 비슷하였다. 6월의 평균값은 0.25 $\mu\text{g/L}$ 이며, 범위는 0.10~0.62 $\mu\text{g/L}$ 로 남해 연안역과 제주도 남부 해역에서 0.50 $\mu\text{g/L}$ 이상으로 높았다. 8월에는 정점간 차이가 작으며, 제주도 동남부 해역이 0.10 $\mu\text{g/L}$ 로 타 해역에 비해 특히 낮았다. 10월의 평균값은 0.51 $\mu\text{g/L}$ 이며, 범위는 0.30~1.47 $\mu\text{g/L}$ 로 2, 4월과 유사한 분포 경향을 보였다.

1997년 클로로필-*a* 농도와 1995~1998년간 평균값과의 편차 분포를 보면(Fig. 10), 2월에는 제주도 동남부해역 및 소리도~대한해협간을 경계로 한 동부해역에서 평년보다 높은 클로로필-*a* 농도의 분포를 보였다. 4월에는 전 해역에서 낮게 나타났으며 특히 제주도를 중심으로한 해역에서 매우 낮았다. 6월에는 4월과

달리 제주도 서부해역에서 평년에 비해 높은 클로로필-*a* 농도의 분포상을 보였다. 8월에는 대한해협 일부 해역에서 평년에 비해 높은 클로로필-*a* 농도의 분포를 보였으며, 그 외 해역은 평년에 비해 낮았다. 10월에는 대한해협 일부해역을 제외한 거의 전 해역이 평년에 비해 높은 클로로필-*a* 농도의 분포를 보였으며 12월에는 소리도를 중심으로 한 인접해역을 제외한 전해역에서 높았다.

동물플랑크톤 및 주요 부어자원의 변동특성

1995~1998년간 주요 동물플랑크톤인 요각류, 모약류, 난바다 곤쟁이류, 단각류의 연간 변동과 1997년을 비교 분석하였다.

1995~1998년, 4개년간의 주요 동물플랑크톤인 요각류의 연변 동양상을 보면, 연평균 값은 103.9 inds./ m^3 이며 1998년이 140.3 inds./ m^3 로 가장 높고 1997년이 74.4 inds./ m^3 로 가장 낮은 출현

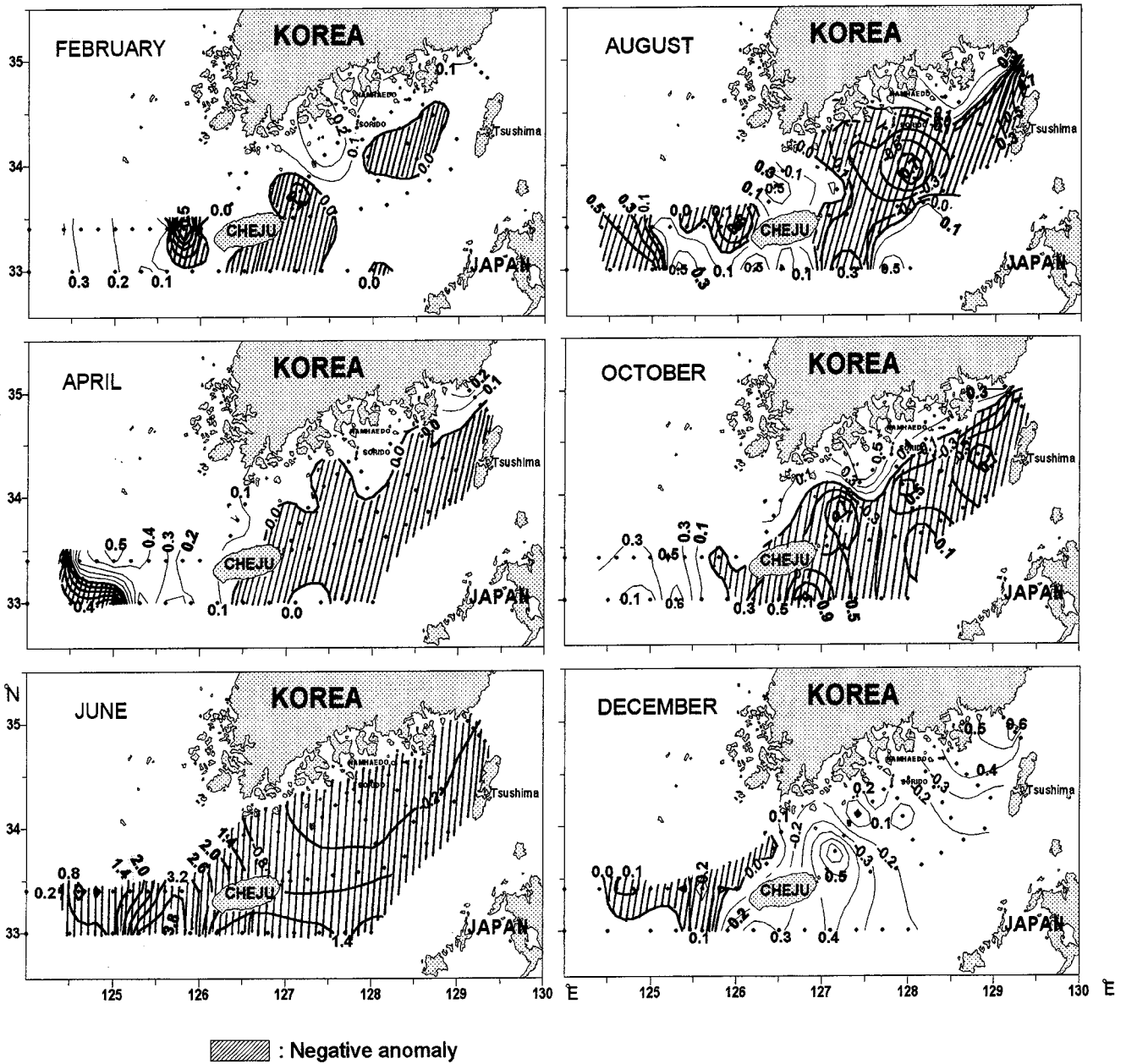


Fig. 7. Distributions of surface salinity anomaly in February, April, June, August, October and December, 1997 in the South Sea of Korea.

밀도를 나타내었다(Fig. 11).

계절별 변동을 보면(Fig. 12), 주로 추계인 10월에 출현 밀도가 높았으나, 1995년에는 4월에 1998년에는 12월에 각각 높은 밀도를 보였다. 이에 반해 동계인 2월에는 평균 50.8 inds./m³로 연 중 가장 낮은 출현 밀도를 보였다. 그러나 1996년과 1997년의 경우에는 춘계인 4월과 6월에 매우 낮은 출현 밀도를 보였다.

모약류의 경우, 연평균 출현밀도는 3.6 inds./m³이며, 1995년에 6.2 inds./m³로 가장 높고, 1996년에 1.2 inds./m³로 가장 낮았다(Fig. 11). 계절별 변동을 보면(Fig. 12), 1996년과 1998년에는 계절별 변동이 작은 반면, 1995년과 1997년에는 매우 컸다. 1997년의 경우에는 각각 4월과 8월에 두 번의 대번식이 나타났으며, 1995년에는 6월부터 서서히 증가하기 시작하여 10월에 최

대치를 보였다.

난바다곤쟁이류의 연평균 출현밀도는 2.7 inds./m³이며, 1995년에 3.9 inds./m³로 가장 높았다가 서서히 낮아져 1998년에는 1.0 inds./m³로 가장 낮았다(Fig. 11). 계절별 변동을 보면(Fig. 12) 1995년과 1996년에는 6월에 가장 높은 밀도를 보였으나, 1997년에는 4월에 높은 밀도를 보였다.

단각류의 경우, 연평균 출현밀도는 4.7 inds./m³이며, 1995년에 출현밀도가 0.8 inds./m³로 가장 낮았다(Fig. 11). 계절변동을 보면(Fig. 12), 1996년과 1998년에는 6월부터 서서히 밀도가 높아지기 시작해 10월에 최대치를 보였다. 그러나 1995년과 1997년에는 6월에 최대밀도를 보였다.

한국 남해안에서 주요 부어자원인 고등어(*Scomber japonicus*)

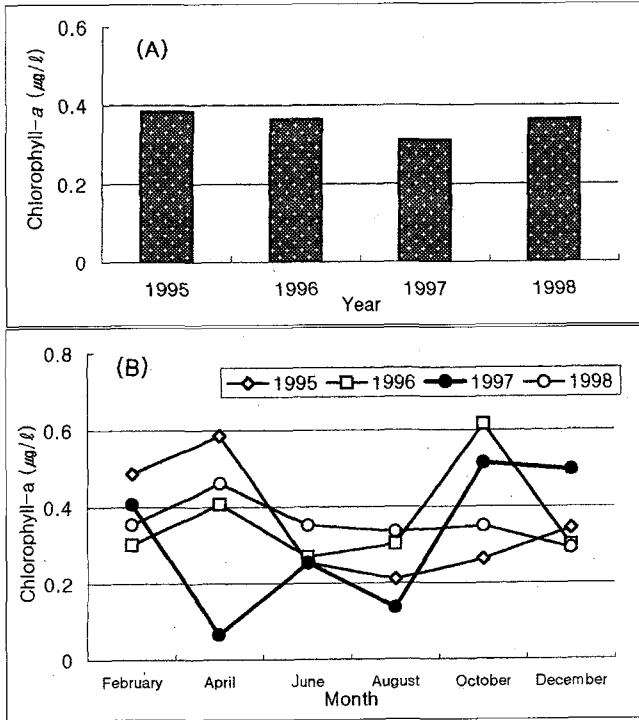


Fig. 8. Year-to-year (A) and Seasonal (B) variations in chlorophyll-a in the South Sea of Korea during 1995-1998.

와 멸치(*Engraulis japonica*) 어획량의 변동을 1995~1998년에 걸쳐 살펴보았다(Fig. 13). 고등어의 경우, 1995~1998년 중 1996년의 어획량이 가장 높았으며 1997년이 가장 낮았다. 특히, 1997년의 2~5월간의 어획량이 510~3,609만톤 내외로 매우 낮았다. 멸치의 경우, 1995~1998년의 연평균 어획량이 19,223~20,727만톤 범위로 연간 변동이 작았다. 주로 하계인 7~9월에 어획량이 높았으며, 춘계인 4~6월에 어획량이 낮았다.

고찰

최근 북해, 발틱해, 지중해등에서 동물플랑크톤 현존량의 급격한 증가추세는 주로 젤라틴성 동물플랑크톤의 급격한 증가에 의한 것이라고 보고된 바 있다(Polichuk *et al.*, 1984; Mashtakova, 1985; Kovalev and Pointkovski, 1998). 따라서 이들 젤라틴성 동물플랑크톤이 생태계내에 대량 발생하는 원인과 이들의 대량 발생이 생태계에 미치는 영향 등에 관하여 많은 관심이 모아지고 있다. 1997년 한국 남해안에서 살파류의 대량 출현으로 동물플랑크톤 현존량의 급격한 증가를 초래하였다. 따라서 본 연구에서는 살파류의 대량 출현 원인과 이들이 생태계에 미치는 영향을 논의하였다.

1997년 4월과 6월에 제주도 동남부해역을 중심으로한 살파류의 대량 출현은 난류의 영향과 밀접한 상관성이 있는 것으로 판단된다. 살파류가 대량 출현한 제주도 동남부해역의 경우, 4월에

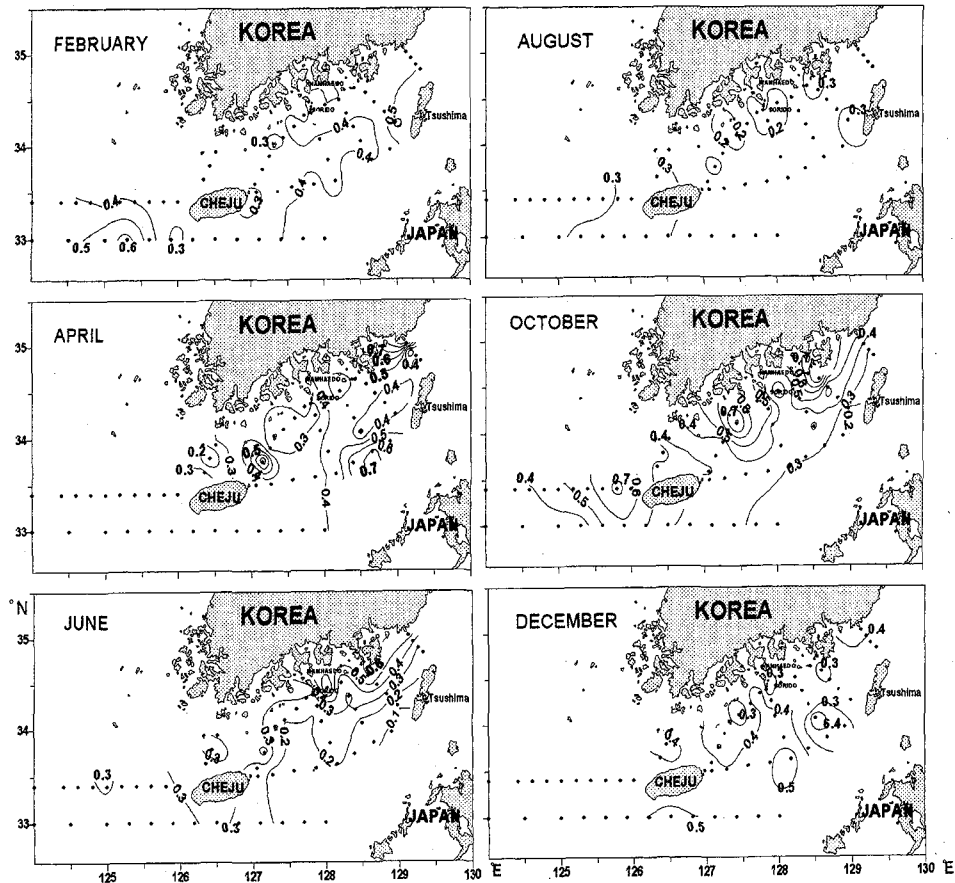


Fig. 9. Distributions of chlorophyll-a ($\mu\text{g/L}$) in February, April, June, August, October and December, 1997 in the South Sea of Korea.

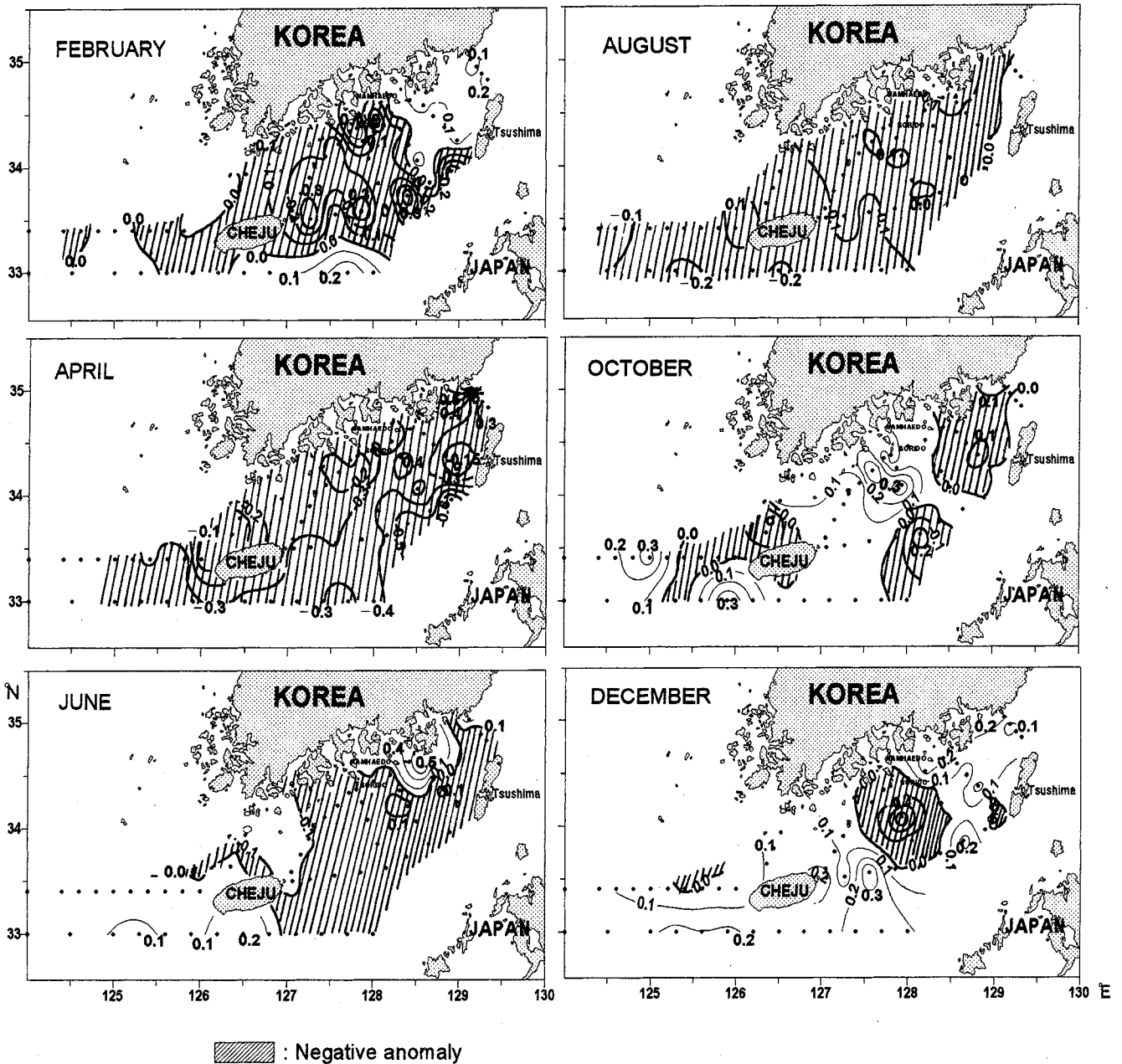


Fig. 10. Distributions of chlorophyll-a anomaly in February, April, June, August, October and December, 1997 in the South Sea of Korea.

는 표층수온이 17°C 이상이며 6월에는 표층수온 23°C 이상으로 쓰시마난류의 주축을 이루는 해역이었다(Kim, 1982). 또한, 평년(1961~1998)과 비교하였을 때 표층수온의 경우 4, 6월 모두 2~5°C 내외의 고수온으로 나타나, 특히 1997년 4, 6월에 쓰시마난류의 영향을 강하게 받은 것으로 나타났다. 살파류는 범세계적으로 분포하는 종이냐 주로 외양성종인 것으로 알려졌다(Hunt, 1968; Madhupratap *et al.*, 1980; O'Sullivan, 1982; Deibel, 1985), 연안에서도 대번식이 발생하기도 하나 이는 외양수의 유입에 의한 것으로 밝혀진 바 있다(Lucas, 1933; Lindiey *et al.*, 1990). 이와 같은 사실을 고려 할 때 제주도 동남부 해역을 중심으로 1997년 4월과 6월에 살파류가 대량 발생

한 것은 이시기에 특히 강했던 쓰시마난류수에 의해 살파류가 대량 수송되었기 때문이라 판단된다.

살파류가 대량 출현한 1997년 4월과 6월에는 제주도 동남부 해역을 중심으로 한 제주도 주변해역의 표층 염분이 평년에 비해 낮았다. Yang and Kim(1990)은 여름철 제주도 주변해역 표층수의 클로로필 농도와 영양염류의 지리적 분포특성에 대하여 연구하였다. 그 결과 중국대륙 연안수의 형성에 가장 큰 영향을 미치는 양자강과 황화강수의 배출량 변동에 따라 제주도를 중심으로 한 우리나라 주변해역 표층수의 영양염류 농도가 현저히 달라 질 수 있음을 밝혔다. 또한, Kim *et al.*(1998)은 하계에 제주도를 중심으로 나타나는 30.0 psu이하의 저염수는 양자강 유출

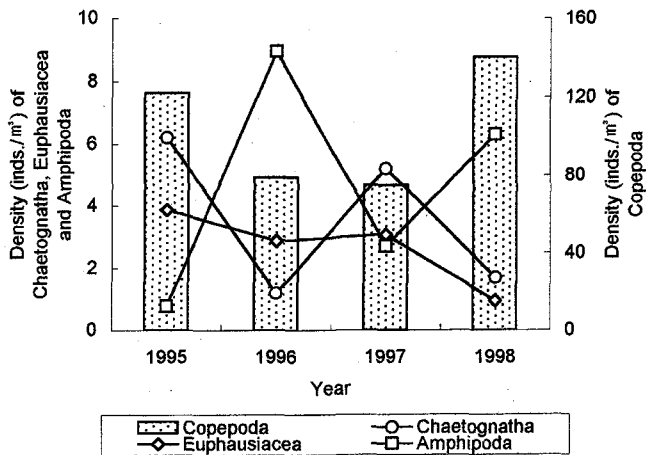


Fig. 11. Year-to-year changes in densities of Copepoda, Chaetognatha, Euphausiacea and Amphipoda in the South Sea of Korea during 1995-1998.

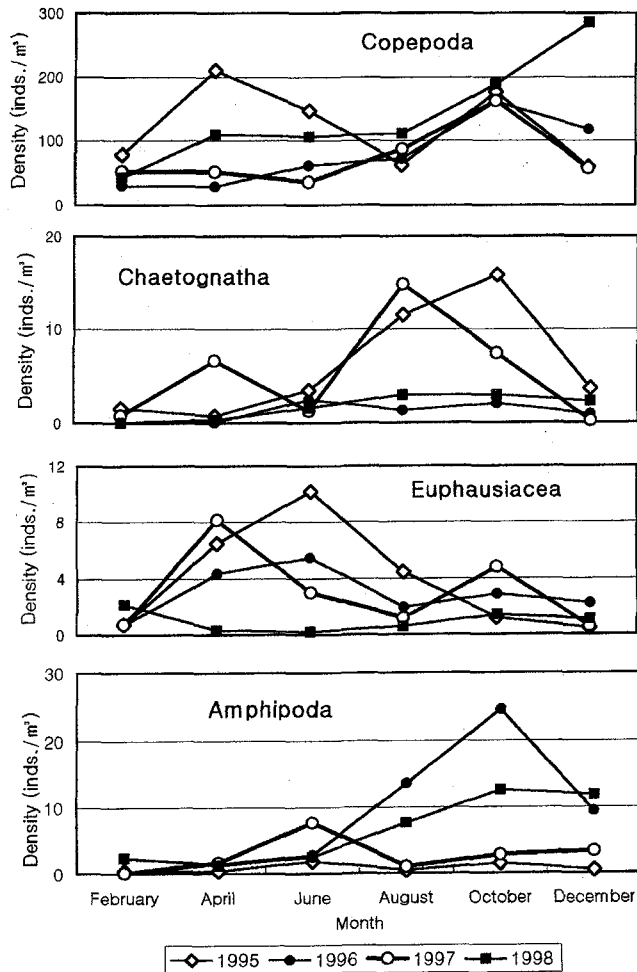


Fig. 12. Seasonal variations in densities of Copepoda, Chaetognatha, Euphausiacea and Amphipoda in the South Sea of Korea during 1995-1998.

수와 밀접한 상관성이 있으며, 높은 영양염 농도를 보인다고 하였다. 이 저염수는 주로 수심 10~20m를 경계로 한 상부층에

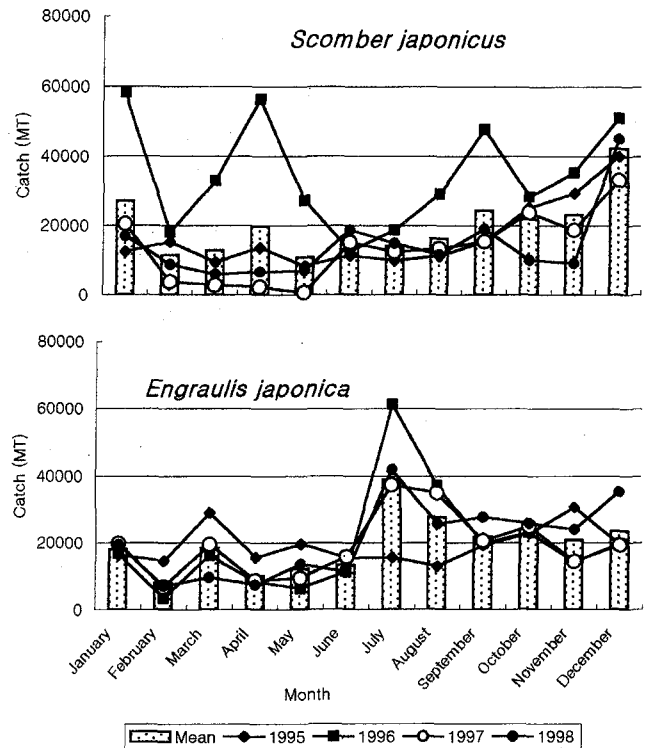


Fig. 13. Monthly changes in catches of *Scomber japonicus* and *Engraulis japonica* in the period of 1995 to 1998.

존재하며, 춘계부터 이러한 저염수의 영향이 나타나기 시작한다고 밝혔다. 이와같은 사실을 고려 할 때 표층염분이 평년에 비해 낮은 것은 양자강 희석수의 영향을 받은 것으로 생각되며, 이에 따른 충분한 영양염의 공급이 식물플랑크톤의 생산을 증가시켰을 것으로 판단된다.

그러나 1997년의 경우, 연평균 클로로필-a 농도가 다른 해에 비해 낮으며, 특히 1997년 4월과 6월의 클로로필-a 농도가 매우 낮았다. 이러한 사실은 온대해역의 경우 춘계나 추계에 식물플랑크톤의 대번식이 일어난다는 사실과도 상반되는 결과였다. 이와 같이 클로로필-a 농도가 매우 낮은 것은 살파류에 의해 대량 소비되었기 때문이라 판단된다. 따라서 1997년 4월과 6월 제주도 동남부 해역을 중심으로 한 살파류의 대량 발생은 강한 쓰시마 난류에 의해 대량 수송되어진 살파류가 먹이생물이 풍부한 좋은 환경을 만났기 때문이라 생각된다.

살파류의 대량 발생은 생태계 내에서 이들이 기간종(key species)으로 역할을 하면서 영양역학구조에 커다란 영향을 미친다(Pond and Sargent, 1998). 특히 식물플랑크톤을 먹는 요각류나 치자어와 먹이 경쟁관계에 있으므로 이 종들의 성장 및 생산에 직접적인 영향을 미칠 것으로 판단된다.

본 연구에서는 1995~1998년간 중 요각류의 출현밀도가 1997년에 가장 낮았으며, 1997년 중에서도 4월과 6월에 그 출현밀도가 매우 낮아 살파류와 밀접한 상관성이 있는 것으로 나타났다. 그러나 이 외의 주요 동물플랑크톤인 난바다곤쟁이류, 모악류, 단각류와는 상관성을 나타내지 않았다. 살파류와 비슷한 섭이 및 생식적 특성을 가진 유형동물의 경우, 자마이카의 부영양화된 연

안역에서 대량 발생하여 요각류와의 상관성을 분석하였으나 상관성이 없는 것으로 밝혀졌다(Hopcroft and Roff, 1998). 이는 이들 유형동물이 먹이생물이 아닌 포식자에 의해 조절되기 때문이라고 밝혔다. 본 연구에서 살파류의 출현밀도가 모악류나 단각류와 상관성이 없는 것은 이들 종이 육식성 포식자이기 때문인 것으로 판단된다.

살파류의 지방조성 연구결과, 이들 종의 지방은 주로 극지방으로 이루어져있으며, 포식자에게 영양학적으로 가치가 높은 것으로 밝혀졌다(Lucas, 1994; Pond and Sarget, 1998). 또한, 많은 어류들이 비록 섭이량은 적지만 이들 종을 먹이로 이용하고 있으나 살파류가 빨리 소화됨에 따라 위내용물에서 직접적으로 발견하기는 힘들다고 밝혀졌다(Kashkina, 1986; Heron *et al.*, 1988; Harbison, 1993). Lockwood *et al.*(1981)는 영국 주변 해역에서 살파류의 분포와 고등어 어장과 밀접한 상관성을 보인다고 보고한 바 있다. 그러나 본 연구에서 1995~1998년간 고등어 및 멸치의 어획량을 보면 고등어는 1997년에 어획량이 가장 작았으며 특히 4월~6월에 매우 낮았다. 한국 남해안에서 어획되는 고등어의 식성연구(Park *et al.*, 1973)에서 고등어는 주로 요각류인 *Euchaeta* spp. *Calanus* spp. 등을 섭이하며, 다음으로 난바다곤쟁이류와 단각류의 순으로 섭이한다고 밝혀졌다. 특히 4월에는 위내용물로 식물플랑크톤 중 규조류인 *Coscinodiscus*가 다량 출현하였으며, 이는 식물플랑크톤의 춘계 대번식의 영향에 의한 것이라고 고찰되어졌다. 따라서 본 연구에서 고등어 어획량이 1997년 4월과 6월에 매우 낮은 것은 살파류와의 먹이경쟁에 의한 요각류 생산의 감소와 살파류에 의한 식물플랑크톤의 대량 소비에 의한 것이라 판단된다. 멸치의 경우, 고등어와 달리 1997년도 어획량이 다른 해와 비슷하였으며 또한 1997년 4월과 6월의 어획량도 다른해와 차이를 보이지 않았다. 이는 고등어 어장은 주로 살파류가 대량 출현하였던 제주도 주변해역에서 형성되나 멸치어장은 주로 연안역에서 형성되기(Park *et al.*, 1998) 때문이라 생각된다.

이상의 결과를 보면, 한국 남해안에서 살파류의 대량 발생은 강한 쓰시마 난류에 의해 남해안으로 대량 수송되어진 살파류가 영양염 농도가 높은 양자강 유출수의 영향으로 충분한 먹이생물이 공급됨에 따라 이루어진 것으로 판단된다. 이러한 살파류의 대량 발생은 상대적으로 먹이 경쟁관계에 있는 요각류의 생산에 영향을 미치게 되고 또한 피·포식자간의 관계등을 변화시키므로 생태계 내 영양역학 구조에 변화를 일으키는 것으로 밝혀졌다.

참고문헌

- Atkinson, L.P., G.A. Paffenhofer and W.M. Dunstan, 1978. The chemical and biological effects of a Gulf Stream intrusion off St. Augustine, Florida. *Bull. Mar. Sci.*, **28**: 667-679.
- Crocker, K.M., A.L. Allredge, A.L. and D.K. Steinberg, 1991. Feeding rates of the doliolid *Doliolletta gegenbauri*, on diatoms and bacteria. *J. Plankton Res.*, **13**: 77-82.
- Deibel, D., 1982. Laboratory-measured grazing and ingestion rates of the salp, *Thalia demoncratica* Forskal and *Doliolletta gegenbauri* Uljanin (Tunicata, Thaliacea). *J. Plankton Res.*, **4**: 189-201.
- Deibel, D., 1985. Blooms of pelagic tunicate, *Doliolletta gegenbauri*: Are they associated with Gulf Stream frontal eddies? *J. Mar. Res.*, **43**: 211-236.
- Harbison, G.R., 1993. The potential of fishes for the control of gelatinous. ICES Committee Meetings Papers and Reports, 13 pp.
- Heron, A.C., P.S. McWilliam and G.D. Pont, 1988. Length-weight relation in the salp *Thalia demoncratica* and potential of salps as a source of food. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **42**: 125-132.
- Hopcroft, R.R. and J.C. Rof., 1998. Production of tropical larvaceans in Kingston Harbour, Jamaica: are we ignoring an important secondary producer? *J. Plankton Res.*, **20**: 557-569.
- Hunt, H.G., 1968. Continuous plankton records: contribution towards a plankton atlas of the North Atlantic and the North Sea. XI. The seasonal and annual distributions of Thaliacea. *Bull. Mar. Ecol.*, **6**: 225-249.
- Kashkina, A.A., 1986. Feeding of fishes on salps (Tunicata, Thaliacea). *J. Ichthyol.*, **26**: 57-64.
- Kideys, A.E., 1994. Recent dramatic changes in the Black Sea ecosystem: The reason for the sharp decline in Turkish anchovy fisheries. *J. Mar. Syst.*, **5**: 171-181.
- Kim, B.K., 1982. The variation coefficient of water temperature and salinity in the Southern Sea of Korea. *J. Oceanol. Soc. Korea*, **17**: 74-82 (in Korean).
- Kim, S.S., W.J. Go, Y.J. Jo, P.Y. Lee and K.A. Jeon., 1998. Low salinity anomaly and nutrient distriubtion at surface waters of the South Sea of Korea during 1996 summer. *The Sea, J. Korean Soc. Oceanogr.*, **3**: 165-169.
- Kovalev, A.V. and S.A. Piontkovski, 1998. Interannual changes in the biomass of the Black Sea gelatinous zooplankton. *J. Plankton Res.*, **20**: 1377-1385.
- Lindley, J.A., J. Roskell, A.J. Warner, N.C. Halliday, H.G. Hunt, A.W.G. John and T.D. Jonas, 1990. Doliolids in the German Bight in 1989: evidence for exceptional inflow into the North Sea. *J. Mar. Biol. Assoc. U.K.*, **70**: 679-682.
- Lockwood, S.J., J.H. Nichols and W.A. Dawson, 1981. The estimation of a mackerel (*Scomber scombrus* L.) spawning stock size by plankton survey. *J. Plankton Res.*, **3**: 217-233.
- Lucas, C.E., 1933. Occurrence of *Doliolletta gegenbauri* (Uljanin) in the North Sea. *Nature*, **132**: pp. 858.
- Lucas, C.H., 1994. Biochemical composition of *Aurelia aurita* in relation to age and sexual maturity. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **183**: 179-192.
- Madhupratap, M., V.P. Devassy, S.R. Sreekumaran-Nair and T.S.S. Rao, 1980. Swarming of pelagic tunicates associated with phytoplankton bloom in the Bay of Bengal. *Indian J. Mar. Sci.*, **9**: 69-71.
- Mashtakova, G.P., 1985. The multilayear dynamic of the planktonic communities of the eastern parts of the Black Sea. In: Oceanological and Fishery Investigations of the Black Sea. edited by Vinogradov, M.E., Nauka, Moscow, pp. 50-61 (in Russian).
- O'Sullivan, D., 1982. A guide to the pelagic tunicates of the Southern Ocean and adjacent waters. *ANARE Res. Notes*, **8**: 1-98.
- Park, C.S., Y.S. Kim, J.H. Park, Z.G. Kim, Y.M. Choi, D.W. Lee, K.H. Choi, S.T. Kim and K.S. Hwang 1998. Ecology and fishing

- grounds of major commercial fish species in the coastal and offshore of Korean waters. *Natl Fish. Res. Dev. Inst.*, 304 pp. (in Korean).
- Park, J.S., S.S. Lee and K.U. Bae, 1973. Studies on the relation between the food habits of mackerel, *Scomber japonicus* Houttuyn and the composition of plankton in the South Sea of Korea. *Bull. Fish. Res. Dev. Agency*, **10**: 7–23.
- Polichuk, L.N., E.V. Nastenko and G.P. Garkavaya, 1984. Some peculiarities of the modern state of the Black Sea pelagic and neustonic zoocenoses. *Ecol. Sea.*, **18**: 25–34 (in Russian).
- Pond, D.W. and J.R. Sargent, 1998. Lipid composition of the pelagic tunicate *Dolioletta gegenaburi* (Tunicata, Thaliacea). *J. Plankton Res.*, **20**: 169–174.
- Tebeau, C.M. and L.P. Madin, 1994. Grazing rates for the three life history stages of the doliolid *Dolioletta gegenaburi* Jjkanin (Tunicata, Thaliacea). *J. Plankton Res.*, **16**: 1075–1081.
- Yang, H.S. and S.S. Kim, 1990. A study on sea water and ocean current in the sea adjacent to Korea peninsula. 1. Physical processes influencing the surface distributions of chlorophyll and nutrient in the southern sea of Korea in summer. *Bull. Korean Fish. Soc.*, **23**: 417–424.
- Zaika, V.E., 1994. The drop in anchovy stock in the Black Sea: Result of biological pollution? Report of the second Technical Consultation on Stock Assessment in the Black Sea. Ankara, Turkey, 15 ~ 19 February 1993. *Rome, Italy, FAO No. 495*: pp. 78–83.

1999년 9월 6일 원고접수

1999년 12월 21일 수정본 채택