

黃海東部の 大陸棚前線の 構造와 浮遊生物의 分布^{*1,*2}

曹圭大 · 洪性潤 · 金喜俊 · 梁龍林
釜山水產大學 海洋學科 · 資源生物學科 · 應用地質學科 · 漁業學科

Structure of Shelf Front and Distribution of Plankotns in the Eastern Part of the Yellow Sea

Kyu Dae CHO, Seong Yoon HONG, Hee Joon KIM and Yong-Rhim YANG
Departments of Oceanography, Marine Biology, Applied Geology and Fishing Technology
National Fisheries University of Pusan
Namgu, Pusan, 608 Korea

The formation and structure of the shelf front in the eastern part of the Yellow Sea are studied on the basis of oceanographic data collected in August, 1982 and February, 1983. This paper also describes the distribution of planktonic organisms of the shelf front.

In summer the shelf front is formed in the area (126°02'E-126°05'E) ca. 20 miles from the shore at the depths of 15-25 m. In winter, however, no distinct shelf front is formed.

Based on the cluster analysis of surface phytoplankton the species composition shaws a discontinuous pattern in the vicinity of the shelf front in summer, 1982. A similar trend is observed in distribution of some copepod species in winter, 1983.

서 론

해양에 나타나는 전선 중, 조석전선(tidal front) 혹은 대륙붕 전선(shelf front)은 하계에 수심이 얇은 연안 가까이에서 나타나며, 이는 태양복사열에 의한 표면 수온 상승으로 이루어진 성층이 저층에서 강한 조류에 의한 난류로 인해 파괴되므로써 형성된다. 이 전선의 기본적 기구(mechanism)에 대해서는 Fearnhead(1975)에 의해서 연구되었으며, Simpson and Hunter(1974), Simpson *et al.*(1978) 등은 영국 연안에서 Airborne radiation thermometer (ART)에 의한 표면수온 및 STD에 의한 관측 등으로 전선역을 파악하였다. 또한 전선을 경계로 하여 생물분포는 현저히 다르게 나타난다 (Holligan, 1981;

Pingree and Mardell, 1981).

한편 서해안의 phytoplankton 연구는 Choe(1969), Lee *et al.*(1967), Shim and Lee (1979) 등에 의하여 주로 연안수의 phytoplankton에 대하여 행하여졌다. 한국 근해의 zooplankton의 연구로는 어느 특정 무리들의 분포를 주로 한정된 지역에 관한 것들이 대부분으로 (Park, 1970; Lee, 1982), 그 중 Park(1970)은 한국산 모악류의 분포와 수괴(water mass)의 관계를 종합 정리하였다. 이 연구가 행하여진 해역에서 Shim and Park(1982)은 1981년 4월 zooplankton의 양과 분포를 조사하여 수온분포가 zooplankton 분포와 밀접한 관계가 있다고 보고하고 있다. 그러나 하계 우리 나라 서해에서 형성되는 대륙붕 전선의 구체적인 형성요인과 그 위치 및 구조에 따른 plankton 분포상에 관하여는 아직 연구된

*1 이 연구는 1982년도 문교부 기초과학 연구비의 지원으로 수행되었음.

*2 부산수산대학 해양과학연구소 연구업적 제82호 (Contribution No. 82 of Institute of Marine Sciences, National Fisheries University of Pusan)

바가 없었다.

이 연구에서는 군산부근 연안역의 1982년 하계와 1983년 동계의 해양관측자료로 조석전선의 물리적 구조를 파악하고 이 해역부근의 plankton 분포상을 규명하고자 하였다.

자료 및 방법

이 연구에 사용된 자료는 부산수산대학 실습선 관악산 1호 (243. 69 ton) 및 국립수산진흥원 조사선 한라산호(84. 01 ton)로써 Fig. 1에 표시된 관측점에서 1982년 8월과 1983년 2월에 조사한 해양관측결과를 사용하였다. 수온은 T-S meter 로써 깊이 5m 마다 관측하였고, 투명도와 수색은 Secchi disc 와 Forrel 수색제로 조사하였다.

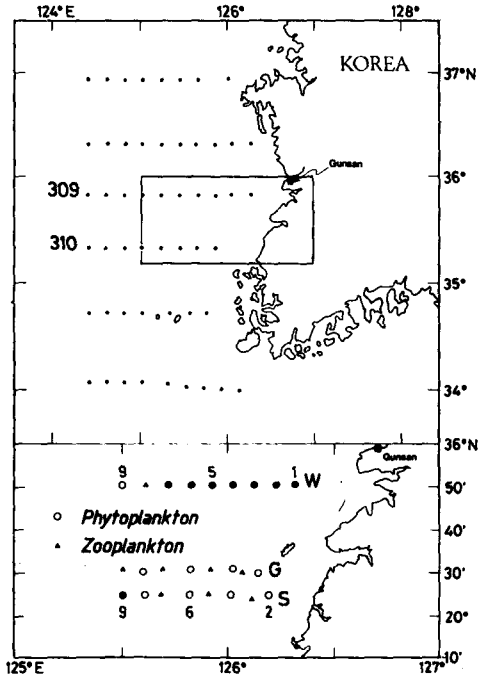


Fig. 1. The stations of Fisheries Research and Development Agency (upper) and of G-, S- and W-lines (lower).

한편 phytoplankton 의 채집은 현장에서 Nansen 채수기로 표층, 중층, 저층별로 채수한물 1ℓ를 중성 호르마린으로 고정하였다. 실험실내에서 24시간 이상 부동 방치시켜 전체 용량을 20 cc 되게 하여, 그 중에서 0.2 cc를 micropipette (Juster 1100)로 뽑아서 현미경 하에서 종의 동정과 계수를 하였다.

* G₂는 G-line의 정점 2를 뜻함.

zooplankton 의 채집은 1982년도 8월에는 변형된 Maruchi-type net (Code-end mesh 0.33 mm)를 수심보다 약 5~10 m 낮게 내려 약 1 knot 의 속도로 경사 채집을 하여 주로 정점별 종 조성의 차이를 보았다. 1983년 2월에는 Norpac net 를 사용하여 수직 채집을 하였다. 개체수의 계수는 1/8 혹은 1/6의 aliquot 를 만들어 계수하였다.

결 과

1. 하계 관측

Fig. 2는 1982년 8월에 관측한 G와 S-line 의 표면 및 저층 수온의 분포를 나타낸 것이며, Table 1 은 1982년 8월과 1983년 2월에 관측한 수온의 최대 수평경도를 하계에는 0 m, 10 m, bottom 별로, 동계에는 0m, 20m, bottom 별로 표시한 것이다. 하계에 표면수온은 연안에서 약 10~14 mile 떨어진 G₂*와 S₂에서 G₄와 S₄까지는 모두 25°C 이하의 수온분포를 보였으나, 이로부터 외양쪽은 약 25°C 였다. 저층수온은 연안쪽인 G₂와 S₂의 24.5°C 에서부터 시작하여 외해 쪽으로 갈수록 점차 낮아져 15°C 였다. 하계에 표면수온의 수평경도가 큰 곳은 G-line 의 G₃와 G₄의 0.16°C/mile, S-line 의 S₃와 S₄의 0.21°C/mile 로 이 중 후자의 값이 더 크게 나타났다. 저층의 S-line 에서는 조금 외해쪽으로 치우쳤지만 표면과 비슷하게 나타났고 그 값들은 수심에 따라 다소 달랐다. 여기서 표면수온은 외해보다 연안에서 낮게 나타나지만 저층수온은 외해에 비해 오히려 높게 나타나 표면과 저층이 서로 반대였다. 이와 같은 수온의 구조는 대륙붕 전선역의 전형적인 현상이다.

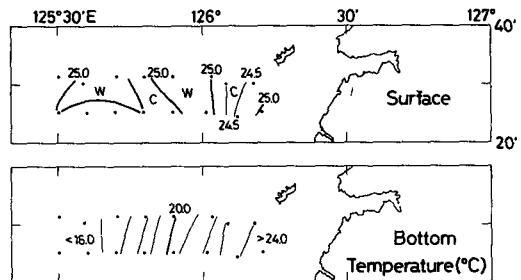


Fig. 2. Horizontal distributions of surface and bottom temperatures (°C) along G- and S-lines in August, 1982.

Table 1. Positions of the maximum horizontal gradient of temperature (°C/mile) at G- and S-lines in August, 1983 and at W-line in February, 1983

Depth (m)	Maximum gradient (°C/mile)		
	G-line	S-line	W-line
0	0.16 (G ₃ -G ₄)	0.21 (S ₃ -S ₄)	0.27 (W ₇ -W ₈)
10	0.13 (G ₃ -G ₄)	0.26 (S ₃ -S ₄)	—
20	—	—	0.14 (W ₇ -W ₈)
bottom	0.50 (G ₃ -G ₄)	0.34 (S ₅ -S ₆)	0.13 (W ₇ -W ₈)

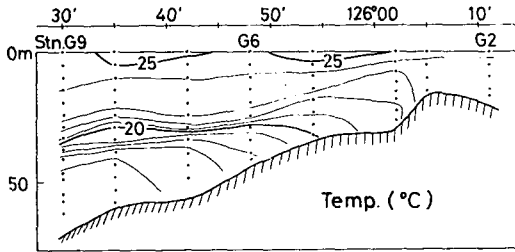


Fig. 3. Vertical distribution of temperature (°C) along G-line in August, 1982.

G-line의 수온연직분포를 Fig. 3에 그리고 S-line 대한 것을 Fig. 4에 나타내었다. G와 S-line의 약 30 m에는 현저한 약층이 있으며, G₃과 G₄ 사이, S₃와 S₄사이의 연안층은 거의 23.5~24.5°C로 수온

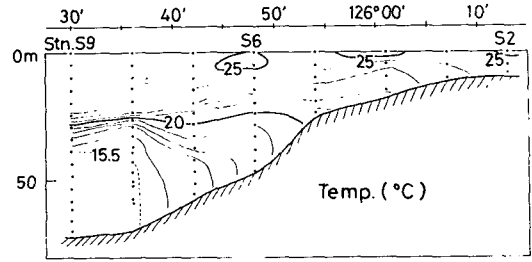


Fig. 4. Vertical distribution of temperature (°C) along S-line in August, 1982.

약층이 잔존하는 외양의 표층에 비해 약 0.7~1°C 낮으며, 저층은 1.0~1.5°C 정도 높게 나타났다.

한편, 관악산 1호에 의한 관측결과와 수산진흥원의 1982년 8월 관측 결과와의 관련성을 조사하기 위하여 서해 전역의 표층과 50 m 및 저층 부근의 수온 수평분포를 Fig. 5에 나타내었다. 그림 속의 점선의 북쪽은 태풍 Cecil (1982년 8월 13~14일, 중심 기압 940 mb)이 통과전의 관측 결과이고, 남쪽은 통과후의 관측 결과를 나타낸다. 표층수온은 309선(Fig. 1)을 기준으로 북쪽 해역이 G와 S-line의 수온분포와 같이 연안 쪽이 수온이 낮고(23~25°C)외 해쪽이 높았지만(25°C 이상) 309와 310선에서는 거의 전역이 26~27°C로 북쪽 해역보다는 높았다. 50 m 및 저층부근의 수온분포는 G와 S-line의 저층과 같이 연안(20°C)에서 외해(9°C)로 갈수록 점차 낮아졌다.

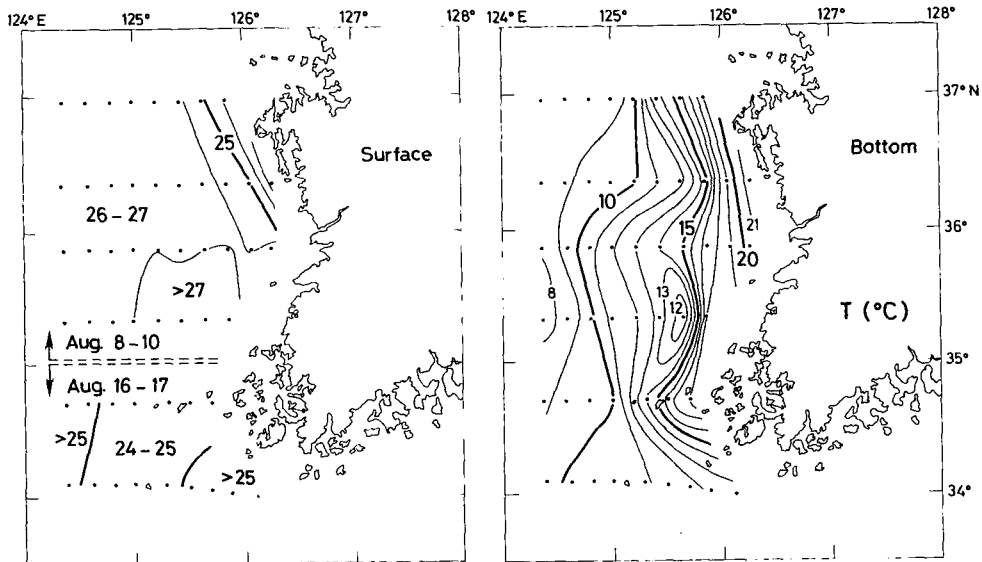


Fig. 5. Horizontal distributions of surface and bottom temperatures (°C) in the Yellow Sea in August, 1982.

G와 S-line의 수색 및 투명도의 관측결과를 Table 2에 표시하였다. 이 중 S와 G-line의 G₂는 야간 관측으로 인하여 투명도와 수색을 측정할 수 없었다. G₃과 G₅의 사이를 경계로 수색은 4에서 3이하로, 투명도는 3m에서 20m 이상으로 갑자기 바뀌었다.

Table 2. Water colour and transparency observed in August, 1982

Station	G ₃	G ₄	G ₅	G ₆	G ₇	G ₈	G ₉
Colour	4	3	3	2-3	2-3	3	3
Transparency(m)	3	9	20	21	19	18	21
Depth of bottom(m)	17	31	31	44	56	60	70

2. 통계 관측

W-line에 대한 1983년 2월 관측시의 최대 수온 수평경도는 W₇와 W₈ 사이에 나타났으며(Table 1), 일반적으로 동계에는 최대 수평경도가 하계보다 외해 쪽에 나타났다. Fig. 6은 1983년 2월에 W-line(35° 51'N)에서의 수온의 연직단면도이다. 수온의 연직 구조는 하계와는 다르며, 특히 표면 부근의 수온은 역전이 일어나는 곳도 있으나, 일반적으로 해저까지

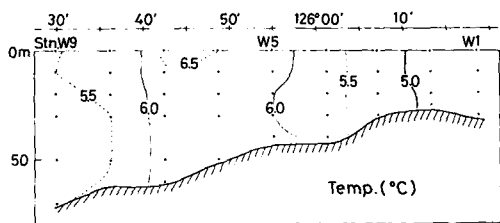


Fig. 6. Vertical distribution of temperature (°C) along W-line in February, 1983.

거의 균일한 분포를 보인다. Fig. 7은 1983년 2월의 서해 표면 수온의 수평 분포도이다. 수온은 대략 5~7°C인 범위고 수평경도는 5~6°C 부근에서 가장 크나 하계처럼 현저하지 않다. Table 3은 수색과 투

Table 3. Water colour and transparency observed in February, 1983

Station	W ₁	W ₂	W ₃	W ₄	W ₅	W ₆	W ₇	W ₉
Colour	6	6	6	6	6	3	3	3
Transparency (m)	1	1	1.5	2	3	12	12	11.5
Depth of bottom (m)	31	27	29	43	44	52	60	70

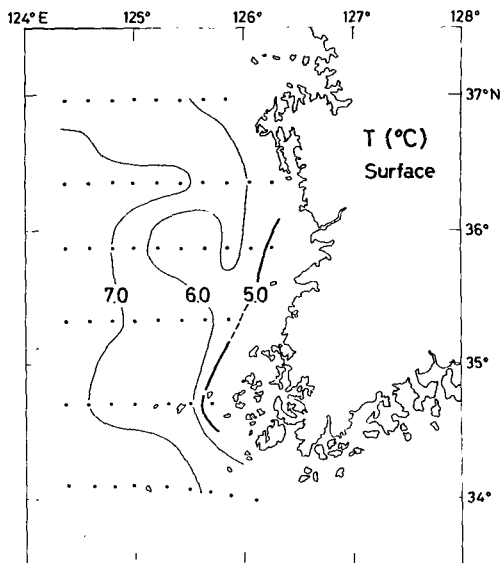


Fig. 7. Horizontal distribution of surface temperature(°C) in the Yellow Sea in February, 1983.

명도 관측 결과를 나타낸 것으로 W₅와 W₆ 사이에서 수색이 6에서 3으로 투명도는 3에서 12m로 갑자기 변하였다.

3. Plankton의 분포

가) Phytoplankton

phytoplankton의 종 조성과 분포의 결과는 Appendix 1과 Appendix 2와 같다. 각 조사 정점별 표층, 중층과 저층의 세포수의 분포는 1982년 8월에는 표층에서 저층으로 내려갈수록 세포수가 현저히 감소함을 알 수 있다(Fig. 8). 그러나 1983년 2월에는 표층에 비하여 중층 혹은 저층에도 세포수는 비교적 많이 나타남을 볼 수 있다(Fig. 9). 표층의 세포수를 보면 8월의 경우 외해측은 연안측 보다 세포수가 현저히 많아서 G₆, G₈, S₈에서는 100,000 cells/ℓ 이상의 밀도를 나타내었다. 그러나 2월의 경우에는 W₉와 W₁에 160,000 내지 180,000 cells/ℓ의 높은 밀도를 보였고, 분포의 전형적인 양상을 보기는 어렵다.

Diversity index(Shannon-Wiener index, \bar{H})로 비교해 본 정점별 표층 phytoplankton 군집의 다양도는 Table 4, 5에 나타나 있다. 다양도 지수의 결과를 볼 때 1982년 8월의 경우는 G₄와 G₆, 그리고

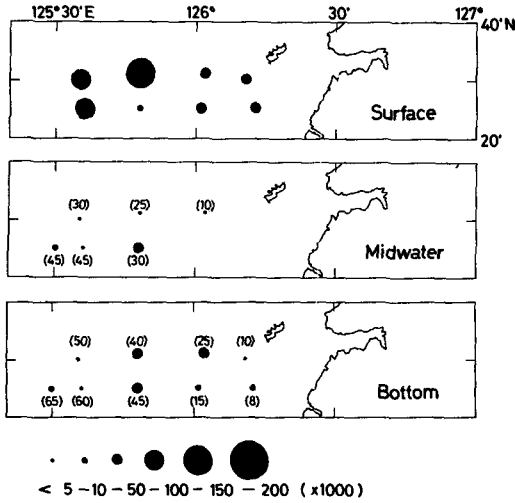


Fig. 8. The distribution of phytoplankton cells (cells/ℓ) collected in August, 1982. The numbers in the parentheses represent the depth of phytoplankton collection.

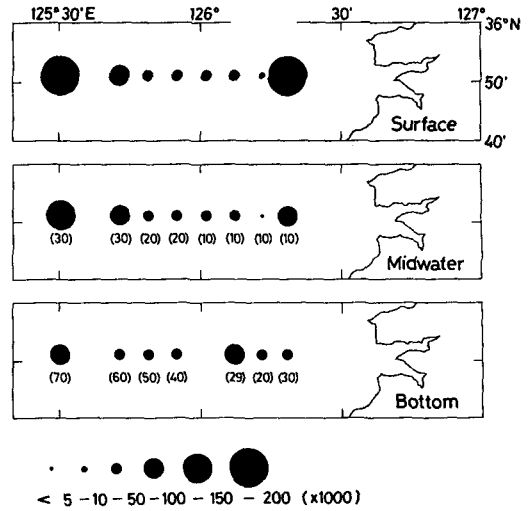


Fig. 9. The distribution of phytoplankton cells (cells/ℓ) collected in February, 1983. The numbers in the parentheses represent the depth of phytoplankton collection.

Table 4. Species diversity indices (\bar{H}) of phytoplankton in August, 1982

Station	G ₂	G ₄	G ₆	G ₈	S ₂	S ₄	S ₆	S ₈	S ₉
\bar{H}	1.103	3.165	0.963	0.469	2.796	2.428	0.391	1.295	0.616

Table 5. Species diversity indices (\bar{H}) of phytoplankton in February, 1983

Station	W ₁	W ₂	W ₃	W ₄	W ₅	W ₆	W ₇	W ₉
\bar{H}	1.390	2.883	1.388	1.530	2.136	2.052	0.758	0.873

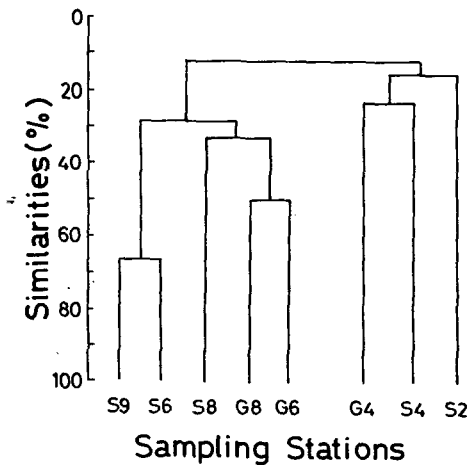


Fig. 10. Dendram indicating the clustering of the sampling stations based on the surface phytoplankton composition in August, 1982.

S₄와 S₆을 경계로 큰 차이가 있고 이는 Table 2의 해수 투명도와 깊은 관계를 보였다.

Cluster analysis로도 정점별 phytoplankton 종별 분포의 유사도를 구해 본 결과(Fig.10) 연안 측의 G₄, S₂, S₄와 외해측의 G₆, G₈, S₈ 및 S₆, S₉로 대별됨을 알 수 있다.

1982년 8월 우점 종들은 *Melosira octogona*가 G₁과 G₆를 제외한 정점들에서 11.6~83.8%로 우점종으로 출현하였으며, 다음으로는 *Thalassiosira decipiens*, *Pleurosigma affine* 등이 우점종이었다. 외해측의 G₇, G₉에서 *Chaetoceros socialis*는 각각 60.4%, 86.7%의 우점율을 보이는 것도 주목할만 하다.

Dinoflagellates 중 *Ceratium tripod*는 연안에서는 출현하지 않고, G₆, G₇에서 출현하고, *Peridinium conicum*은 G₂의 10 m, 20 m에서 출현하고 있다.

나) Zooplankton

1982년 8월에 채집된 zooplankton은 약 43 taxa가 분류되었다(Appendix 3). 우점의 무리는 주로

Copepods, Chaetognaths, Crustacean larvae 등이었다. Copepods는 약 14 종이 분류되었으나 *Calanus helgolandicus*, *Labidocera euchaeta* 등이 우점종이었으며, *Euchaeta plana*는 외해측인 G₅, G₇, S₇에만 출현하고 있다. Chaetognaths 무리는 *Sagitta crassa*가 주요 종이며, 이 종과 함께 *S. bedoti*, *S. enflata* 등이 거의 모든 정점에 출현하였다. 특히 Crustacean larvae 등이 많이 출현하고 있는데 Brachyuran zoea, Megalopa, Furcilia larvae, Natantia larvae 등이 주요 무리였다. Euphausiids는 연안측인 G₃, S₃, S₅에서 *Pseudoeuphausia latifrons*가 0.1~0.5% 출현하였다. *Euphausia pacifica*도 S₅에서 1 개체가 출현하였다. *Acetes chinensis*의 출현도 *P. latifrons*의 경우와 같이 G₃, S₃, S₅에서 0.2~1.5%의 빈도로 출현하고 있다.

이들의 분포 양상으로 볼 때에 G₃와 G₅ 사이 해역에 형성된다고 생각되는 전선을 경계로 하여 그 분포 양상이 특징적으로 나타나는 종들은 *Euchaeta plana*, *P. latifrons*, *Acetes chinensis*이었다.

1983년 2월에 채집된 zooplankton은 약 30 taxa가 분류되었다(Appendix 4). 우점의 무리는 주로 Copepods, Chaetognaths 등이었다. Copepods는 8종이 출현하였으며, *Corycaeus affinis*, *Paracalanus parvus*, *Acartia clausi*, *Oithona plumifera* 등의 종들은 전 조사정점에 출현하였다.

Copepod들의 분포는 수온(Fig. 7)과 투명도(Table 3)의 불연속이 있었던 W₆와 W₆를 경계로 하여 분포양상이 변하고 있는 종들이 있는 것이 주목할만 하다(Fig. 11). *Corycaeus affinis*의 경우 연안 수역의 W₁에서 W₅까지에서는 약 7~15%를 점유하고 있으나, 외양 수역의 W₆, W₇, W₈에서는 21~34%의 높은 점유율을 나타냈다. *Centrophages abdominalis*의 출현량은 적을지라도 분포는 *Corycaeus affinis*와 유사한 양상을 보이고 있다. 한편, *Corycaeus affinis*와 *Centrophages abdominalis*와는 달리 *Paracalanus parvus*의 분포는 연안수역(W₁~W₅)에서는 약 53~60%의 높은 점유율을 보이고 있으나, 외양수역(W₆~W₈)에서는 그 점유율이 약 17~35%로 적게 나타나고 있다.

Chaetognaths 무리는 1982년 8월의 경우와 달리 *Sagitta crassa*와 *S. bedoti*의 2종만이 출현하고 있다. *S. crassa*의 분포 양상은 *Paracalanus parvus*의 분포와 유사한 양상을 나타내고 있다.

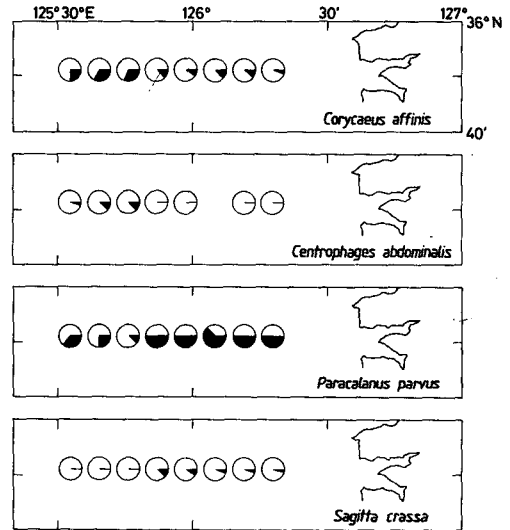


Fig. 11. Percentage composition of *Corycaeus affinis*, *Centrophages abdominalis*, *Paracalanus parvus* and *Sagitta crassa* collected in February, 1983.

고찰

8월에 군산 앞바다에서 조사한 전선의 위치는 표층에서 수온 수평경도가 0.16~0.21°C/mile 인 연안에서 약 20 mile 떨어진 수심 15~25 m 해역 (126° 02' E~126° 05' E) 이었다 (Table 1, Fig. 2). 영국 연안에서 Simpson *et al.* (1977, 1978), Pingree and Griffiths (1978), Holligan (1981) 등은 ART와 적외선 상으로 조사한 전선역의 수온 수평경도는 약 1°C/km (6월)이었다. 이러한 차이는 주로 관측 일시 및 측정 간격에 기인되는 것으로 생각되지만, 그 밖에 일사량, 조류, 바람 등의 차이, 그리고 약 1주일 전에 통과한 태풍 Cecil호의 영향이라고도 생각할 수 있다.

하계 서해 전역의 표면과 저층 수온분포(Fig. 5)을 볼 때 309선의 남쪽 해역의 표면에는 이 전선이 나타나지 않았다. 이는 310선 이북의 관측 전선은 태풍 Cecil이 25 m/sec의 속도로 서해를 통과하기 전에 관측하였고, 이 전선의 이남역은 태풍통과 후 관측하였으므로, 이로 인한 연직혼합이 외양에까지 옮겨져서 연안 쪽과 외해 쪽이 모두 균일한 수온이 되었기 때문이라고 생각된다. Simpson *et al.* (1978)은 천해에서의 해수의 혼합은 조류에 의한 해저난류

뿐만 아니라 표면의 풍력(surface wind stress)의 영향을 받는다고 하였다. 따라서 태풍이 불기 전과 불고난 후 전선의 위치와 구조는 다소 차이가 나리라 생각되며, 앞으로 이에 관한 보다 상세한 연구가 요망된다.

수색과 투명도로 본 전선의 위치는 연안쪽인 G₃에서 G₅ 사이였다(Table 2). 이러한 현상은 저층 난류에 의한 퇴적물이 혼합되어 투명도가 작아지기 때문이다. 그러나 외해쪽은 성층현상이 그대로 잔존하므로 투명도는 연안측보다 크게 된다.

phytoplankton의 연직분포를 볼 때, 표층 이하에서는 현저히 세포수가 감소하고 있는데(Fig. 8), 이러한 현상은 투명도가 낮기(3~21 m, Table 2) 때문이라고 생각되어진다. 그리고 투명도의 결과를 보면 연안측 G₃~G₅ 사이에서는 3~20 m로 갑자기 변하는 불연속대를 나타내었다. 또한 Simpson and Hunter (1974)는 Irish Sea의 전선을 경계로 수색과 투명도의 급격한 변화는 phytoplankton 군의 변화에 의한 것이며, 연직 혼합된 수괴의 엽록소 농도(chlorophyll concentration)는 약 1.5 µg/l이었다. 따라서 표층전선을 경계로 연안의 연직혼합 수괴는 녹색(green) 계통의 색을 띠고 외해쪽은 푸른(blue) 계통의 색을 나타내었다고 보고하였다. phytoplankton의 정점별 분포특성과 세포수의 변화는 전선부근에서 큰 차이를 보였다(Table 4). 즉 G₆와 G₈에서 세포수가 연안측 정점에 비하여 약 10배 이상 출현하였다. 그리고 Cluster analysis에 의한 중별 분포의 양상을 볼 때 phytoplankton의 중별분포에 의하여도 표층 전선의 존재를 알 수가 있다.

한편, 겨울에 서해는 일사량의 감소와 차고 강한 북서 계절풍의 영향으로 바다 표면의 열 손실과 표면 냉각 효과로 수온의 역전 현상까지도 일어나게 된다(Fig. 6). Kim et al. (1982)에 따르면 겨울에 탁월한 북서 계절풍이 북쪽의 냉수를 지속적으로 남쪽에 공급하여 수온 역전이 일어난다고 보고 있다. 따라서 이러한 역전에 따른 수온 구조는 연직적으로 균일한 분포를 가지게 된다. 동계에 수평경도가 큰 곳은 하계보다 다소 외해쪽에서 나타난다(Table 1). 그러나 서해 전 해역의 표면과 저층에서 대류에 의한 혼합을 일으킬 수 있는 기구(mechanism)를 가지므로 하계와 같은 구조의 전선은 형성되지 않는다(Fig. 7). 2월의 phytoplankton의 연직 분포는 8월에 비하여 볼 때 중층과 저층에서도 상당량의 세포수가 나타난다.

일반적으로 연안전선이 동식물 plankton의 분포에 주요한 영향을 미친다는 사실은 잘 알려져 있고

(Holligan, 1981; Pingree and Mardell, 1981), 생물학적인 관심은 외양에 있어서 indicator species의 분포의 중요성(Bary, 1959, 1963; Colebrook et al. 1961)의 경우와 같이 연안전선을 식별할 수 있는 indicator species를 확정하기는 힘들다. Shim and Park(1982)는 이 연구가 행하여진 해역에서 1981년 4월에 zooplankton의 분포는 7°C 등온선을 경계로 크게 대별할 수 있다고 보고하고 있다. 이 연구의 경우 8월 전선을 경계로 하여 연안측은 *Pseudoephousia latifrons*와 *Acetes chinensis*의 분포가 독특하며, 2월에는 수온, 투명도 및 수색의 불연속선(Fig. 7, Table 3)에 관계되어 *Corycaeus affinis*, *Centrophages abdominalis*, *Paracalanus parvus*의 출현량이 변하고 있음은 명백하다. 황해의 indicator species로 알려진(Park, 1970) *Sagitta crassa*, *Sagitta bedoti* 등은 이 연구에서 전선을 경계로 한 분포의 변화는 약간 있었다(Fig. 11). 황해에서 여름철에 흔히 채집되는 *Euphausiid* (Hong, 1969)의 하나인 *Pseudoephousia latifrons*는 겨울철에는 출현하지 않았다. 이것은 난류의 영향이 거의 없음을 말해준다.

요 약

하계에 형성되는 전선은 외양과 조류에 의한 해저 난류로 연직혼합이 일어나는 곳의 경계역이며, 그 위치는 G (35°31'N)와 S-line (35°25')의 G₃와 G₄, S₃와 S₄ 사이였다. 동계에는 서해 전역이 저층의 난류 혼합과 표면의 대류작용으로 인하여 전 해역에서 연직혼합이 일어나므로 하계의 구조와 같은 전선은 명확하게 형성되지 않았다.

8월은 전선을 경계로 하여 phytoplankton 중별 분포의 차이가 나타나는 현상을 보였으나 이와 같은 차이는 2월에는 볼 수 없다. 8월 zooplankton의 분포는 전선을 경계로 연안 정점들에서는 *Pseudoephousia latifrons*, *Acetes chinensis*가 배타적으로 출현하였다. 2월 zooplankton의 분포는 *Corycaeus affinis*, *Centrophages abdominalis*가 주로의 양정점들에 우점적으로 출현하고 이 두 종과는 달리 *Paracalanus parvus*는 주로 연안 수역에 우점적으로 출현하였다.

사 사

이 연구의 조사를 위하여 협조하여 주신 부산수산대학 실습실 관악산 1호와 국립수산진흥원 군산지원의 한라산호의 선장님들과 선원 여러분들께 감사로

드립니다. 아울러 부유생물 검색에 협조해 주신 국립수산진흥원 해양조사과 이 삼석 연구관님과 이 삼근 기사님, 그리고 많은 조언을 해 주신 부산수산대학교 강 용균 교수님께 심심한 사의를 표합니다.

인 용 문 헌

- Bary, B. McK. 1959. Species of zooplankton as a means of identifying different surface waters and demonstrating their movements and mixing. *Pac. Sci.*, 13, 14-34.
- _____. 1963. Distributions of Atlantic pelagic organisms in relation to surface water bodies. In *Marine Distributions*, Ed. M. J. Dunbar, Roy. Soc. Canada, Sp. Publ., 5, 51-67.
- Choe, S. 1969. Phytoplankton studies in Korean waters. IV. Phytoplankton in the adjacent seas of Korea. *J. Oceanol. Soc. Korea*, 4(2), 49-67. (in Korean)
- Colebrook, J. M., R. S. Clover and G. A. Robinson. 1961. Continuous plankton records: Contributions towards a plankton atlas of the north-eastern Atlantic and the North Sea. *Bull. Mar. Ecol.*, 5, 67-80.
- Fearnhead, P. G. 1975. On the formation of fronts by tidal mixing around the British Isles. *Deep-Sea Res.*, 22, 311-321.
- Holligan, P. M. 1981. Biological implications of fronts on the northwest European continental shelf. *Phil. Trans. R. Soc. Lond.*, A302, 547-562.
- Hong, S. Y. 1969. The euphausiid crustaceans of Korean waters. The Kuroshio (A Symposium on the Japan current), J. C. Marr. ed. Univ. Hawaii Press, 661, 291-300.
- Kim, H. J., H. J. Yoon and S. K. Yang. 1982. Inversion phenomena of temperature in the Yellow Sea. *Bull. Korean Fish. Tech. Soc.*, 18(2), 91-96. (in Korean)
- Lee, D. S. 1982. Studies on the zooplankton off the coast of Kunsan. M. S. Thesis. Department of Oceanography, S. N. U.
- Lee, M. J., J. H. Shim and C. K. Kim. 1967. Studies on the plankton of the neighboring seas of Korea. Part I: On the marine conditions and phytoplankton of the Yellow Sea in summer. *Rep. Inst. Mar. Biol, SUN*, 1(6), 1-14.
- Park, J. S. 1970. The Chaetognaths of Korean Waters. *Bull. Fish. Res. Dev. Agency*, 6, 1-174.
- Pingree, R. D. and D. K. Griffiths. 1978. Tidal fronts on the shelf seas around the British Isle. *JGR*, 83, 4615-4622.
- Pingree, R. D. and G. T. Mardell. 1981. Slope turbulence, internal waves and phytoplankton growth at the Celtic Sea shelfbreak. *Phil. Trans. R. Soc.*, A302, 663-682.
- Shim, J. H. and W. H. Lee. 1979. On phytoplankton of the Cheonsu Bay, west coast. *J. Oceanol. Soc. Korea*, 14(1), 6-14. (in Korean)
- Shim, J. H. and C. Park. 1982. On the composition and the abundance distribution of zooplankton in the Yellow Sea in April, 1981. *J. Oceanol. Soc. Korea*, 17(2), 95-101.
- Simpson, J. H., D. G. Hughes and N. C. G. Morris. 1971. The relation of seasonal stratification to tidal mixing on the continental shelf. In: *Avoyage of Discovery* (ed. by M. Angel), Pergamon, 327-340.
- Simpson, J. H. and J. R. Hunter. 1974. Fronts in the Irish Sea. *Nature*, 250, 404-406.
- Simpson, J. H., C. M. Alleu and N. C. C. Morris. 1978. Fronts on the continental shelf. *JGR*, 83, 4607-4614.

Appendix 1. Abundance (cells/ℓ) and percentage composition of phytoplankton collected in August, 1982

Station Depth(m) (cells/ℓ) × 100	G ₂		G ₄			G ₆			G ₈		
	0	10	0	10	25	0	25	40	0	30	50
	216	24	120	32	108	1000	36	136	604	24	36
Diatom											
<i>Amphiprora alata</i>		16.7		12.5	3.7						
<i>Amphor lineolata</i>								2.9			
<i>Aulacodiscus voluta-coeli</i>											
<i>Asterionella japonica</i>			16.7								
<i>Chaetoceros curvisetus</i>											
<i>Ch. affinis</i>											
<i>Ch. didymus</i>						24.0	33.3	4.6	4.6		
<i>Ch. decipiens</i>											
<i>Ch. sp.</i>											
<i>Coscinodiscus asteromphalus</i>											
<i>Cos. gigas</i>	25.0			11.1						16.7	
<i>Cos. lacustris</i>											
<i>Cos. lineatus</i>				14.8							
<i>Cos. wailesii</i>										16.7	
<i>Ditylum brightwellii</i>											
<i>Eucampia zodiacus</i>	79.6										
<i>Guinardia flaccida</i>	3.7										
<i>Melosira sulcata</i>											
<i>Melo. octogona</i>			10.0		70.4					49.9	66.7
<i>Nitzschia closterium</i>									2.0		
<i>Nit. longissima</i>			3.3								
<i>Nit. pungens</i>	11.1	13.3									
<i>Nit. seriata</i>											
<i>Nit. vitrea</i>			3.3	37.5							
<i>Peurosigma affine</i>	1.8	8.3		6.7	12.5			5.9		16.7	11.1
<i>Rhizosolenia alata</i>				6.7			56.0	66.7	91.2	92.7	22.2
<i>Rh. robusta</i>											
<i>Thalassiothrix flauenfeldii</i>				16.7							
Dinoflagellate											
<i>Ceratium fusus</i>											
<i>Cera. tripos</i>											
<i>Dictyocha fibula</i>	1.8										
<i>Eutreptiella sp.</i>		16.7		3.3							
<i>Gonyaulux catenella</i>				3.3							
<i>Gymnodinium splendens</i>				26.7							
<i>Katodinium glacum</i>		8.3							0.7		
<i>Noctiluca scintillans</i>		8.3									
<i>Peridinium depressum</i>	1.8										
<i>Per. conicum</i>											
<i>Per. oeniaticum</i>											
<i>Per. roseum</i>				3.3							
<i>Per. sp.</i>					12.5						
<i>Prorocentrum triestinum</i>				3.3	12.5						
<i>Distephanus speculum</i>											

Appendix 2. Abundance (cells/l) and percentage composition of phytoplankton collected in February, 1983

Station Depth (m) (cells/l) × 100	W ₁				W ₂			W ₃				W ₄		
	0	10	20	30	0	10	20	0	10	20	29	0	10	30
	1692	532	416	196	64	44	296	216	360	156	632	436	344	324
Diatom														
<i>Actinocyclus undulatus</i>		0.8						5.6	1.1					
<i>Amphiprora gigartea</i>										2.5				
<i>Amphora lineata</i>	3.1	0.8	0.9	2.0										
<i>Asterionella japonica</i>					8.5	4.8	5.4							11.1
<i>Bacteriastrium varians</i>														
<i>Chaetoceros curvisetus</i>	4.3											12.8		
<i>Ch. convolutus</i>								3.7						
<i>Ch. eibenii</i>														
<i>Ch. socialis</i>	66.8												2.3	
<i>Cocconeis scutellum</i>			2.9						1.1	0.4				
<i>Coscinodiscus asterompalus</i>	0.8				10.5	19.0	1.4	1.9						
<i>Cos. gigas</i>	1.0						1.4							
<i>Diploneis splendica</i>	0.2								1.1					
<i>Ditylum brightwellii</i>	0.2	0.8												
<i>Dit. sol</i>														
<i>Eucampia zoodiacus</i>														8.3
<i>Grammatophea marina</i>														
<i>Guinardia flaccida</i>														13.6
<i>Melosira octogona</i>	0.2	73.7	65.4	83.7	11.6	14.3	62.2	75.9	70.0	82.1	82.8	71.6	30.2	32.1
<i>Navicula membranacea</i>					8.5	23.8	1.4			2.5	1.7	1.8	2.8	
<i>Nitzschia closterium</i>														3.1
<i>Nit. longissima</i>		2.3	0.9			4.8	1.4		1.1	2.5			2.8	13.6
<i>Nit. paradoxa</i>		6.0		4.1							10.1			
<i>Nit. pungens</i>													3.7	
<i>Nit. seriata</i>		1.5	1.9			1.4		3.7	1.1	2.5	0.4			17.3
<i>Pleurosigma affine</i>	0.2	6.0	5.8	6.1	8.5	4.8	1.4	1.9	4.4		1.3		2.8	1.2
<i>Rhizosolenia alata</i>														5.6
<i>Rh. setigera</i>		3.0									2.5			
<i>Skeletonema costatum</i>			14.4				9.5			6.7				
<i>Thalassiosira decipiens</i>	21.2	2.3	7.7	2.0	45.8	23.8	12.2	3.7	6.7	5.1	3.4	5.5	8.3	19.7
<i>Thala. nordenskioldii</i>														
<i>Thalassionema nitzschioides</i>		1.5		2.0						4.4			25.0	1.2
<i>Thalassiothrix frauenfeldii</i>										2.2				
Dinoflagellates														
<i>Ceratium fusus</i>														
<i>Cera. massiliense</i>					19.1								1.9	
<i>Cera. tripos</i>														
<i>Gonyaulax catenella</i>														
<i>Gymnodinium splendens</i>					8.5									
<i>Gym. sp.</i>								1.9						
<i>Noctiluca scintillans</i>													0.9	
<i>Peridinium conicum</i>						4.8	1.4							
<i>Per. hirobis</i>	0.5													
<i>Prorocentrum triestinum</i>							1.4							

Appendix 3. Percentage composition of zooplanktons collected in August, 1982

	G ₃	G ₅	G ₇	G ₉	S ₃	S ₅	S ₇
<i>Calanus helgolandicus</i>	8.2	4.7	9.3	8.3	12.0	34.2	4.0
<i>Centropages dorsispinatus</i>	0.3	0.4					
<i>Centropages yamadae</i>			1.3	0.2		0.5	
<i>Corycaeus affinis</i>							0.2
<i>Euchaeta marina</i>	2.0	0.3		0.2	2.8	2.5	
<i>Euchaeta plana</i>		0.8	0.6				1.2
<i>Labidocera euchaeta</i>	18.4	19.3	1.2	0.9	27.5	21.1	3.9
<i>L. bipinnate</i>	0.7	1.6	10.6	2.9	1.9	3.0	0.5
<i>L. kroyeri</i>	0.7	1.3	4.4	1.4	1.5	1.5	
<i>Pontellina plumate</i>		0.1					
<i>Temora stylifera</i>			0.1				
<i>Toroanus forcipatus</i>					0.2		
<i>Evadne nordmani</i>			0.6				
<i>Penillia</i> sp.			0.6				
<i>Cypridina hilgendorffii</i>					0.2		
Amphipoda sp.					0.2		
<i>Euphausia pacifica</i>						1.0	
<i>Pseudo euphausia latifrons</i>	0.2				0.5	0.1	
<i>Acetes chinensis</i>	0.2				1.5	0.5	
<i>Leptochela</i> sp.					P		
<i>Sagitta crassa</i>	8.0	0.6	5.6	2.2	6.0		35.6
<i>Sagitta bedoti</i>	3.2	4.7	16.3	5.4	1.2		20.0
<i>Sagitta enflate</i>	0.3		2.7	0.2	0.5		
<i>Obelia</i> sp.						0.1	0.2
<i>Muggiae atlatica</i>			6.1	43.0	0.4	8.8	28.9
Mysid larvae	0.1				0.5	0.2	0.2
Calyptopoda larvae			8.3	3.6		P	
Furcilia larvae	0.7		26.2	15.0	0.5		1.5
Natantia larvae	6.4	45.8	4.8	0.2	5.1	1.0	1.7
Anomura larvae					0.1		
Brachyura zoea	48.5	19.3	0.8	7.3	32.8	33.1	1.7
Megalopa	0.9	0.3		0.3	2.3	2.3	1.2
Stomatopoda larvae		0.5				P	
<i>Doliolum nationalis</i>			0.3				
<i>Oikopleura fusiformis</i>		0.1					
<i>Oikopleura dioica</i>				8.8	0.2		
<i>Engraulis japonica</i> egg				0.2			
Total number of individuals	2,439	1,519	2,716	579	3,730	3,181	405

P : <0.1%

Appendix 4. Abundance (individuals/10m³) and percentage composition (numbers in parentheses) of zooplanktons collected in February, 1983.

	W ₁	W ₂	W ₃	W ₄	W ₅	W ₆	W ₇	W ₈
<i>Acartia calusi</i>	34 (5.4)		31 (1.5)	19 (1.8)	4 (1.2)	46 (5.7)	47 (8.6)	118 (4.7)
<i>Calanus helgolandicus</i>	80(12.7)	61 (7.4)	152 (7.4)	76 (7.2)	54(15.8)	36 (4.5)	51 (9.3)	315(12.5)
<i>Centropages abdominalis</i>	9 (1.4)	6 (0.7)		19 (1.8)	4 (1.2)	151(18.9)	68(12.4)	185 (7.4)
<i>Corycaeus affinis</i>	47 (7.4)	126(15.3)	262(12.8)	126(12.0)	38(11.1)	272(34.0)	177(32.4)	529(21.0)
<i>Euaedne nordmani</i>			11 (0.5)			26 (3.2)	8 (1.5)	
<i>Oithona plumifera</i>	26 (4.1)	16 (1.9)	61 (3.0)	89 (8.5)		101(12.6)	13 (2.4)	93 (3.7)
<i>Oithona similis</i>		16 (1.9)	21 (1.0)	7 (0.7)		16 (2.0)		9 (0.4)
<i>Labidocera euchaeta</i>	17 (2.7)	26 (3.2)		19 (1.8)	10 (2.9)			
<i>Paracalanus parvus</i>	353(55.9)	489(59.4)	1240(60.6)	567(53.9)	180(52.8)	131(16.5)	143(26.1)	885(35.2)
<i>Parathemisto</i> sp.			3 (0.1)					5 (0.2)
Hyperiid amphipod							3 (0.5)	3 (0.1)
<i>Gastrosaccus pelagicus</i>		6 (0.7)		2 (0.2)	4 (1.2)			
<i>Sagitta crassa</i>	63(10.0)	66 (8.0)	202 (9.9)	106(10.1)	43(12.6)	16 (2.0)	9 (1.6)	35 (1.4)
<i>Sagitta bedoii</i>	3 (0.5)	11 (1.3)	18 (0.9)	10 (1.0)	2 (0.6)	2 (0.2)	2 (0.4)	2 (0.1)
Calyptopsis larvae			3 (0.1)				2 (0.4)	3 (0.1)
Furcilia larvae			11 (0.5)	10 (1.0)	2 (0.6)	4 (0.5)	16 (2.9)	106 (4.2)
Natantia larvae							3 (0.5)	9 (0.4)
Anomuran larvae								14 (0.6)
Brachyura zoea				2 (0.2)				2 (0.1)
Polychaeta larvae								51 (2.0)
Bivalve larvae			21 (1.0)					51 (2.0)
<i>Oikopleura fusiformis</i>			11 (0.5)				5 (0.9)	76 (3.0)
Bipinnria larvae								17 (0.7)
Ophiopluteus larvae								9 (0.4)
Total number of individuals	632	823	2,047	1,052	341	801	547	2,517