

## 여름철 제주도 서북방 해역의 해수 특성

최 영 찬  
제주대학교 해양학과

### Sea Water Properties in the Northwestern Sea of Cheju Island in Summer

Young-Chan Choi

*Department of Oceanography, Cheju National University, Cheju-do, 690-756, Korea*

For the distributions of nutrient, chlorophyll-*a*, suspended materials, etc., their regional characteristics and their relations with water masses through temperature and salinity have been investigated in the northwestern sea of Cheju Island in early July, 1992.

The concentrations of all nutrients, nitrate, phosphate, and silicate are quite lower in the layer of surface to 30 *m* than in the layer deeper than 50 *m*. The concentration of chlorophyll-*a* is the highest in the layer of 30 *m*, and higher in the layer of 50 *m* than in the surface layer, which indicates that phyto-plankton is active up to the depth.

The ratio of  $\Delta N/\Delta P$  is about 3 in the layer of surface to 30 *m*, 6 in the layer of 50 *m* and 10 in the layer of 75 *m* and the values are by large lower than Redfield ratio. The reason seems to be the differences of assimilation by organics and regeneration in organic resolution between two constituents. However, the ratio of  $\Delta Si/\Delta P$  is about the same in all layers.

According to temperature and salinity, water masses are vertically quite distinguished as the surface water influenced by China coastal water of higher than 21 °C and lower than 32.5 ‰, the bottom water influenced by Yellow Sea Bottom Cold Water of lower than 13.5 °C and higher than 33.5 ‰, and the middle layer water of 14-16 °C and 33.5-34.0 ‰,

Key words : nutrient, chlorophyll-*a*, Redfield ratio, Yellow sea botton cold water

## 서 론

제주도는 남해, 서해 및 동중국해와 인접하고 있어서 그 주변해역의 해황은 매우 복잡하고 시공간적 변화도 심하다. 이에 따른 해류들은 쿠로시오(흑조)에서 분기된 대난류수로 제주도 남동쪽 해역에 큰 영향을 미치고 있으며, 그 지류는 제주도 남서쪽연안까지 접근한다고 한다(金, 1980 ; 金·盧, 1982 ; Park, 1985). 또한 서해 중앙부에서 겨울철에 형성된 황해 저층냉수가 계절수온약층의 하부를 따라 제주도 남서쪽 해역까지 남하 확장하여 동경 125°, 북위 30° 부근까지 이르는 것으로 보고하고 있다(Nakao, 1977 ; Park, 1985). 그리고 양자강등 중국 대륙연안수가 여름철에는 대량

유입되어 저역의 수괴가 형성되어 동 중국해로부터 제주도 남서쪽까지 확장하여 제주도 주변 해역은 물론 남해까지 저역화현상을 나타낸다고 보고하고 있다(Uda, 1936 ; Miyazak and Abe, 1960 ; 姜, 1971, 1974 ; Lim, 1976).

이와같이 제주도 주변해역에는 몇개의 수괴에 의한 계절적 소장, 혼합, 확산의 현상도 다양하다. 이와같은 해양의 물리, 화학적 과정을 이해하는데 중요한 해역에 대하여 비교적 많은 연구가 이루어져 왔지만(Dong, 1970 ; 盧, 1976 ; 盧·平野, 1984 ; 盧, 1985 ; 金, 1987 ; 尹, 1987) 그러나 해수의 화학적특성 특히 기초 생산력에 관련되는 화학성분들의 물질순환에 관한 보고는 극히 적다(全·高, 1983 ; 朴, 1982 ; 金, 1987). 金(1987)은

하계에 제주도 주변역을 대상으로 하여 해수의 화학적특성에 관하여 보고한 바가 있다. 그러나 이러한 보고들도 연구해역이 국한되었거나 하계, 추계의 자료가 대부분이다.

본 연구는 봄철 상하혼합이 이루어진 직후인 초여름에 이러한 수괴에 따른 영양염류, 클로로필등에 관하여 해역별·수층별 농도 분포특성을 파악하고 수온 및 염분과 각 성분들의 분포 모양으로부터 수괴특성을 규명하고자 한다.

(SS)은 선상에서 시수 1~3 l를 GF/C 여과지에 여과하여 상압 가열건조법에 의하여 구하였다. 부유물질중 휘발성성분(VSS)은 부유물질 측정후 500±50 °C에서 회화시킨후 SS 와의 차로 구했다. 엽록소-a는 선상에서 시수 1~3 l를 GF/C 여과지에 여과하여 여과가 끝날무렵 1 % MgCO<sub>3</sub> 용액 0.5 ml로 도포하여 냉동 보관후 실험실에서 90 % 아세톤에 용출시킨 후 원심분리시켜 상등액의 흡광도를 측정하여 농도를 계산하였다(Strickland and Parsons, 1968).

## 재료 및 방법

### 시료채취

본 대학 실습선 한라호에 승선하여 1992. 6. 29 부터 1992. 7. 6까지 8일간 Fig. 1의 제주도 서북 방해역 15개 정점에서 표층, 30 m, 50 m, 75 m 층으로 구분하여 채수하였다.

### 분석방법

수온 및 염분측정은 CTD(SBE 19-03, USA)를 사용하여 선상에서 현장측정하였으며 영양염류 중 질산 질소는 Cu-Cd 칼럼법으로 측정하였으며, 인산인은 Strickland and Parsons(1968)의 방법에 의한 비색정량 하였다. 규산염은 몰리브덴산 청법에 의한 비색정량(JIS, 1980) 하였으며, 부유물질

## 결과 및 고찰

Table 1은 전 정점, 전 수심에서의 최대, 최소 및 평균값과 각 수심에서의 최대, 최소, 평균값을 나타내고 있다.

### 수층별 수온 염분의 수평분포

초여름 제주 서북해역에 출현하는 각종 수괴의 지리적 분포상태를 파악하기 위하여 수온, 염분의 수평분포도를 Fig. 2, 3에 나타나 있다.

수온 분포는 표층에서 제주도 서쪽해역의 21 °C 이상의 고온수이 B-line 중심으로 하여 정북 방향인 추자군도와 소혹산도 사이를 통과한 C-line의 중간지점인 정점 13까지 확장하고 있었으며,

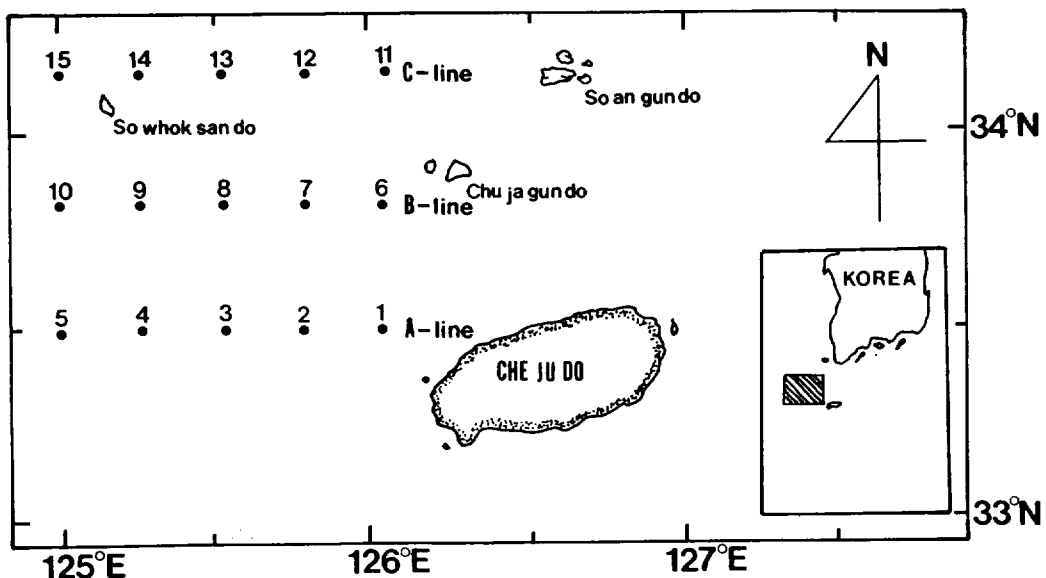


Fig. 1. Location of the sampling stations on 3 transects in the northwestern sea of Cheju Island.

여름철 제주도 서북방 해역의 해수 특성

Table 1. Range and mean values of temperature, and chemical constituents at each depth of all stations.

Depth	Temp. (°C)	Sal. (‰)	Nutrients( ug-at/ℓ)			Chl.a (mg·m <sup>3</sup> )	TSS (mg·ℓ)	VSS (mg·ℓ)	ΔN/ΔP	ΔSi/ΔP
			NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -P	SiO <sub>2</sub> -Si					
0 m	18.05~22.74	31.40~33.88	0.10~2.83	0.08~0.37	3.12~14.28	0.28~1.88	3.05~7.45	1.05~3.80	0.50~8.83	5.78~82.38
	21.21	32.18	0.75	0.34	5.87	0.83	4.88	1.77	3.13	27.48
30 m	12.77~18.78	33.42~34.14	0.13~2.21	0.13~0.79	3.80~18.38	0.28~1.82	3.10~11.33	1.00~3.20	0.85~8.71	7.51~78.77
	15.35	33.58	1.18	0.38	8.02	0.83	5.41	1.77	3.23	28.87
50 m	11.78~15.80	33.48~34.41	0.58~4.53	0.20~1.10	3.80~24.31	0.31~1.52	3.30~8.80	0.95~3.10	2.88~20.70	8.18~58.28
	13.78	33.81	2.75	0.54	11.71	0.77	8.23	1.88	8.33	28.12
75 m	11.82~15.40	33.58~34.47	2.88~8.41	0.24~0.87	5.81~28.78		5.80~14.08	1.05~3.78	3.73~16.31	10.88~46.31
	13.02	33.88	5.01	0.58	13.28		8.20	2.05	8.87	24.12
Max	22.74	34.47	8.41	1.10	28.78	1.81	14.08	3.78	20.70	82.38
Min	11.82	31.28	0.10	0.08	3.12	0.28	3.05	0.85	0.50	5.78
Avg	15.84	33.33	2.28	0.48	8.53	0.74	8.23	1.85	5.44	26.73

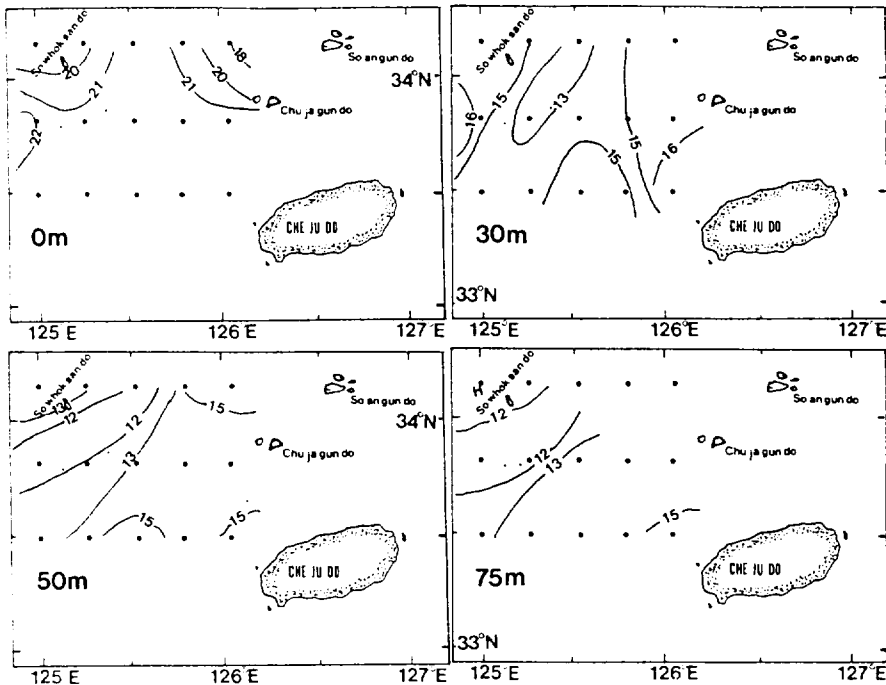


Fig. 2. Horizontal distributions of water temperature at the water depth of 0 m, 30 m, 50 m, and 75 m in July 1992.

보다 낮은 수온의 분포는 소록산도 서북쪽해역과 우리나라 남해안인 소안군도쪽에 나타나고 있어 쿠로시오의 고온수는 제주도 서북쪽을 향해 그 세력을 확장하고 있다고 보아진다.

30 m층에서는 제주도 서쪽 연안쪽부근에서 타

해역보다 비교적 고온수(17 °C 이상)이 서북해역쪽으로 세력을 확장하고 있으나 그 영향은 미미하다. 반면에 C-line 중앙부(정점 13)을 중심으로 하여 13 °C 이하의 저온수가 B-line 서쪽(정점 9)으로 그 영향의 확장되고 있었다. 그러나 중국대륙 연안

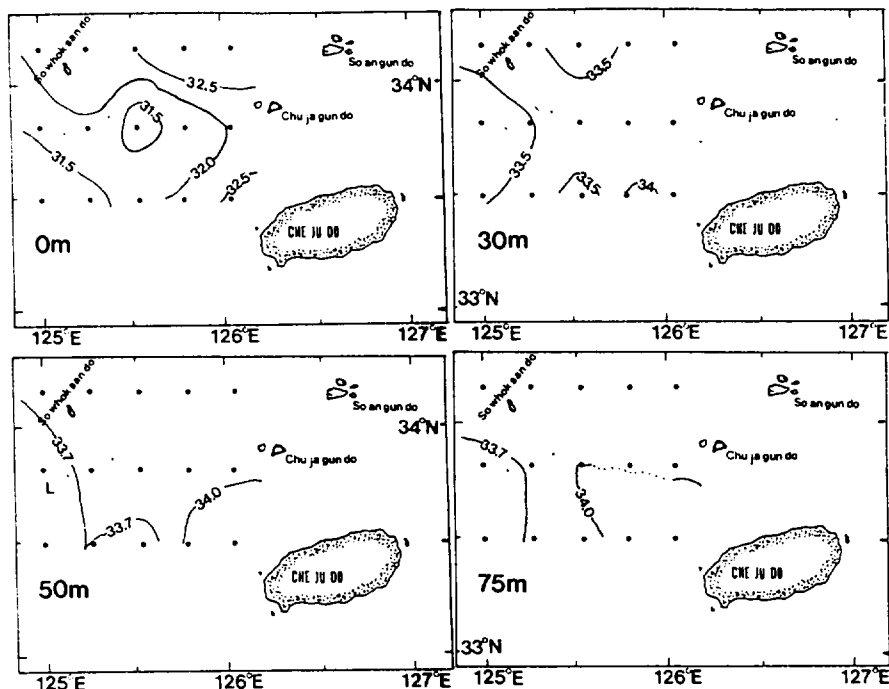


Fig. 3. Horizontal distributions of salinity at the water depth of 0 m, 30 m, 50 m, and 75 m in July 1992.

쪽인 정점 10에서는 이 보다 고온수(16 °C)인 수괴가 형성되고 있었다.

50 m층에서는 30 m층에서와 분포 양상은 비슷하나 C-line의 중앙부(정점 13)를 중심으로 하여 B-line의 서쪽해역(정점 8, 9, 10)과 A-line의 서쪽(정점 4, 5)까지 13 °C이하의 수괴가 발달하고 있다. 또한 C-line의 중앙부에서 B-line의 서쪽 정점인 9까지 또다른 냉수괴인 12 °C이하의 저온수가 형성하여 그 세력을 번치고 있었다.

75 m층에서는 12 °C이하의 냉수괴가 서쪽해역(정점 9, 10) 남쪽까지 확장되고 있어 이러한 저온수는 황해저층 냉수괴라 생각되며, 그 세력권은 초여름에 제주도 서북해역 30 m층에까지 영향을 미치며 서남쪽으로 확장되고 있다고 할 수 있다.

염분 분포는 표층에서 수온 분포와 비슷하나 C-line의 서쪽에서부터 B-line 동쪽역(정점 6,7), A-line의 중간역(정점 3)까지 비교적 저염인 32.0 ‰이하의 농도가 확장되고 있었다. 30 m층에서는 표층에서의 저염수가 그 세력권이 약화되어 B-line의 서쪽역(정점 9)까지와 C-line의 중앙정점인 13을 중심으로 하여 33.5 ‰이하의 농도 수괴가 형성되고 있었다.

50 m와 75 m수층에서는 A, B, C-line의 서쪽역에서 33.7 ‰이하의 상대적 저염수가 형성되고 있었으며 제주도 서북연안을 중심으로 하여 서북쪽으로 34.0 ‰이상의 고염수가 그 세력을 확장하고 있었다.

제주도 주변해역에 중국대륙연안수의 출현에 대하여 Uda (1934, 1936)가 최초로 보고된 후, 최근 들어 Yu *et al.* (1983), Beardsley *et al.* (1983), Limeburner *et al.* (1983)의 보고에 의하면 양자강 배출수가 중국대륙연안을 따라 남쪽을 흐르다가 대만 해류와 혼합된 후 북상한다고 한다. 또한 김 (1987)은 제주도 주변해역에 출현하는 32.2 ‰이하의 저염수를 중국대륙연안수로 정의하고, 그 유로는 제주도 서쪽해역에서 제주해협으로 유입되어 대한해협쪽으로 이동한다고 보고하고 있으며, 또 제주도 서쪽해역의 20 m상층부에서 염분 및 밀도의 수평분포에서 저염의 중국대륙연안수가 제주해협 서쪽으로 유입되어 오는 것을 확인 보고하고 있다.본연구에서도 B-line 서쪽에서 제주서북 추자군도까지 표층수의 32.0 ‰이하의 저염수가 확장하고 있음을 알 수 있다.

이러한 저염수 확장은 30 m수층에서는 고염의

저층수 영향때문에 고염화 되어가면서 제주해협으로의 영향은 감소되고 있어 중국대륙연안수의 세력권을 표층수에 한하고 있었다.

이때 수온분포는 표층에서 중국대륙연안수의 유로에 따른 쿠로시오 영향권인 고온수는 제주해협과 남해안 저온수의 영향으로 고온수 세력권은 염분영향보다 매우 적어지고 있었다. 또한 30 m이심층의 수온분포는 황해저층냉수괴(12~13 °C)의 출현으로 연구해역의 서남방향으로 확장되고 있음을 알 수 있다.

### 영양염류의 수심별 수평분포

영양염류중 질산질소와 인산인, 규산규소의 수심별 수평분포도(Fig 4, 5, 6)을 보면 질산질소는 표층에서 A-line의 제주도 연안쪽과 C-line의 한국남해안역인 소안군도해역에서 상대적으로 높은 반면 서쪽해역에서 낮은 현상을 보이고 있다. 30 m층에서는 C-line 동쪽부근해역인 소안군도해역에서 고농도수가 서남쪽으로 확장하고 있었으며, 서쪽해역의 비교적 저농도수가 B-line 중앙까지 확장되고 있다. 그러나 50 m층에서는 농도분포양상이 복잡하며 농도도 높다. 이는 저층수의 고농도수가 이 수심까지 영향을 미치고 있다고 보이며 실제 75 m층의 농도분포는 50 m층의 농도보다 2배이상 높았다. 이는 해저 퇴적물영향으로 보아 지나 더 연구되어야 할 사항으로 보아진다.

인산인은 표층에서 서쪽해역보다 동쪽해역인 제주도 부근과 한국남해안 부근에서 고농도였으며, 이러한 분포양상은 30 m, 50 m, 75 m층 모두 비슷하였다.

규산규소는 표층에서 C-line의 중앙부에서 고농도로 분포를 하고 있는 반면 서쪽해역에서의 농도는 비교적 저농도로 그 영향은 B-line, A-line중앙까지 미치고 있었다. 30 m층에서도 표층에서와 같이 C-line 중앙의 고농도수가 더 남쪽으로 B-line, A-line 동남쪽으로까지 영향을 미치는 반면 서쪽해역의 저농도 확장은 줄어들고 있었다.

50 m이심층에서도 C-line의 중앙부 고농도수가 B-line 서쪽방향까지 영향을 미치고 있으며 A-line의 동쪽인 제주도 인근 해역에서도 고농도가 나타나고 있다. 그러나 서쪽해역의 상대적 저농도수는 그 세력이 미미하게 나타날 뿐이다.

영양염류 분포 특성에서 질산질소는 중국대륙연안수의 영향을 받는 표층수에서는 낮은 농도를 보이고 있었으며 오히려 한국남해안 및 황해쪽의 농도가 높았다. 이러한 분포양상은 30 m이심에서도 같은 형태를 보이고 있어 중국대륙연안수에 의한 질산질소 농도 증가현상은 미미하다고 할 수 있다. 인산인이나 규산규소의 농도분포도 표층수나 30 m이심층에서도 질산질소의 농도분포와 비슷한 경향을 보이고 있었다.

金(1987)에 의하면 중국대륙연안수의 영향은 고온, 저염, 풍영양염이라고 하였지만 본연구에서는 고온, 저염, 저영양염의 형태로 구분되어져 중국대륙연안수의 유로상 계절적인 영향인지는 앞으로 더 연구되어야 할 사항으로 생각되어진다.

이상의 연직 수평 분포로부터 확실히 구분되어지는 중국대륙연안수와 황해저층냉수괴의 화학적 특성을 규명하기 위하여 각 수심별  $\Delta N/\Delta P$ 와  $\Delta Si/\Delta P$ 의 원자몰비를 비교해 보았다. 중국대륙연안수의 영향이 큰 표층수에서의  $\Delta N/\Delta P$  및  $\Delta Si/\Delta P$ 는 각각 3.13과 27.49였으며 30 m수심에서는 3.23과 28.67, 50 m수심에서는 6.33과 26.12, 75 m수심에서는 9.97과 24.12로  $\Delta Si/\Delta P$ 값은 비슷한 비를 보이고 있으나,  $\Delta N/\Delta P$ 값은 표층과 30 m층에서 비슷하나 50 m이심과는 큰 차이를 나타내고 있어 질소 소비가 큰 반면 재생이 뒤따르지 못해 질소제한요소작용이 크다고 할 수 있다. 이와 같은 농도는 제주도 외해역중(Yang *et al.*, 1991) 남쪽해역(3  $\mu g-at/l$ ) 및 북쪽해역(4.6  $\mu g-at/l$ ), 제주도 우도 주변역(최 등, 1989), 서부연안역(최 등, 1994)의 농도보다 표층, 30 m수층까지는 매우 낮은 농도였으며 50 m이심층에서의 농도와는 비슷하였다.

인산인과 규산규소는 제주도 주변역(최 등, 1989, 1991, 1992)과 제주도 남쪽해역(Yang *et al.*, 1991)과 비슷한 분포였다.

$\Delta N/\Delta P$ 는 30 m이심층까지의 값 3.23은 일반 외양수 16보다 1/5, 제주도 주변역(최 등, 1991, 1992)의 9.4이상의 값보다도 매우 낮은 분포였다. 그러나 Yang and Kim (1990)의 제주 북서쪽해역의 8월말 표층수중의 4.58과 비슷한 값이었다. 50 m수층에서 6, 75 m수층에서 10은 태평양 심층수중의 비 12(Tsunogai, 1972)와 동해의 13~14(Kido and Nishimura, 1974)에도 낮은 값이었다.

이와 같은 결과를 볼 때 표층수중에서 한국 남해안수와 황해수의 영향을 받는 곳보다 중국 대륙

최영찬

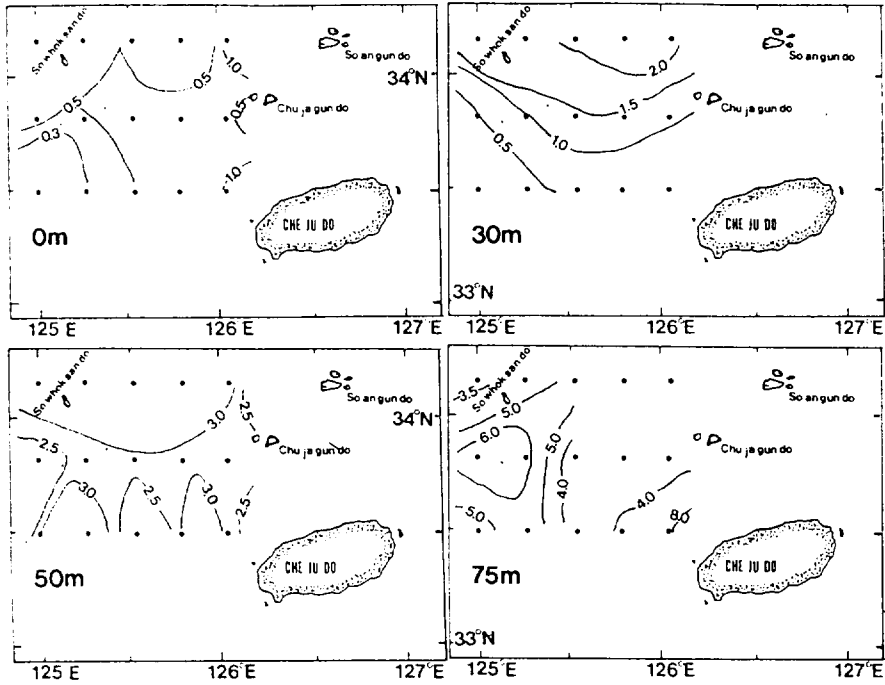


Fig. 4. Horizontal distributions of nitrate at the water depth of 0 m, 30 m, 50 m, and 75 m in July 1992.

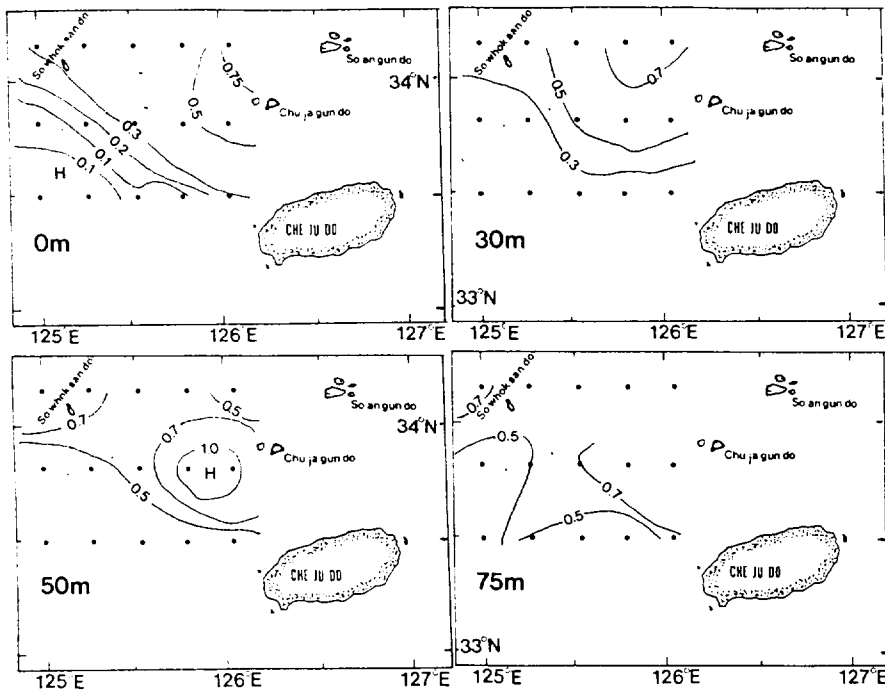


Fig. 5. Horizontal distributions of phosphate at the water depth of 0 m, 30 m, 50 m, and 75 m in July 1992.

여름철 제주도 서북방 해역의 해수 특성

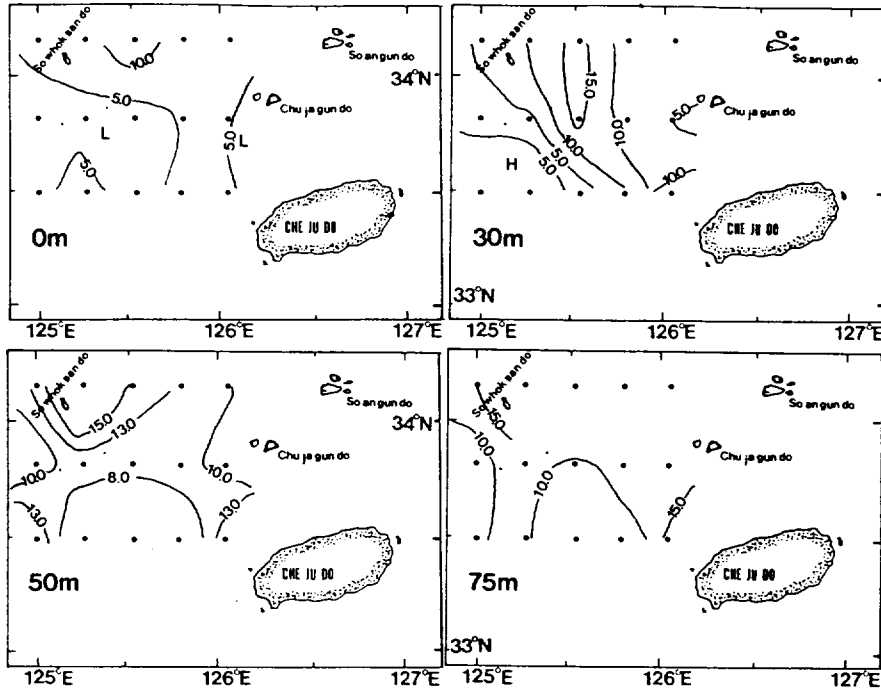


Fig. 6. Horizontal distributions of silicate at the water depth of 0 m, 30 m, 50 m, and 75 m in July 1992.

연안수 영향권내에서 저영양상태인 것은 소모에 의한 영향으로 판단된다.

엽록소-a 및 부유물질의 농도 분포

표층, 30 m, 50 m층에서의 엽록소-a 농도분포도 (Fig. 7)에 보면 표층에서는 제일 남쪽해역인 A-line에서가 0.5 mg/m<sup>3</sup>이상으로 가장 높은 농도 분포였으나 30 m층에서는 B-line에서 1.0 mg/m<sup>3</sup>이상의 고농도 분포를 하고 있었다. 모든 해역에서 50 m 수심까지 엽록소-a 농도가 비교적 높은 농도를 보이고 있어 초여름 제주도 서북방해역의 기초생산력을 높다고 할 수 있다.

수심별 농도 분포는 표층수에서 평균농도가 0.63 mg/m<sup>3</sup>, 30 m 수층에서 0.83 mg/m<sup>3</sup>, 50 m 수층에서는 0.77 mg/m<sup>3</sup>로 30 m 수심에서 가장 높은 농도를 보이고 있었으며 50 m 수층에서는 표층에서 보다 높은 농도를 나타내고 있는 것으로 보아 이 수심에서 광합성작용이 활발한 것으로 보아진다.

부유물질의 농도 분포는 6.23 mg/l(3.05~14.08 mg/l)였으며, 부유물질 중 휘발성 물질인 VSS

농도는 1.85 mg/l(0.95~3.78 mg/l)였다.

부유물질의 수심별 농도분포는 수심이 깊어짐에 따라 농도가 높아지고 있으나, 부유물질중 휘발성 성분이 차지하는 비율은 표층수가 34 %, 30 m 수층에서 33 %, 50 m 수층에서 30 %, 75 m 수층에서는 22 %로 낮아지고 있어, 엽록소-a 농도와 비교해 볼때 50 m 수심까지도 엽록소-a 농도가 높게 나타나고 있으며 또한 SS중의 VSS 함유비율이 30 % 이상을 나타내고 있는 것으로 보아 부유물질 대부분이 플랑크톤이 대부분이라 생각되어진다.

이와 같은 클로로필-a 농도 분포는 제주도 주변역(최 등 1991, 1994)보다도 높은 농도였으며, 제주도 북서해역(全·高, 1983)의 6월말 농도분포중 비교적 생산력이 높은 제주연안역의 농도보다도 높게 나타나고 있었으며, 또한 金(1987)의 제주도 북서해역에서의 8월말 조사값들과 비교해 보면 Chl-a와 SS농도가 본 연구기간인 7월초 값이 훨씬 높았다. 이러한 결과는 수온상승과 봄철 상하혼합에 의한 풍부한 영양염을 함유한 저층수의 공급에 의한 영향으로 생각되며 실제 유광층에서의 고농도의 엽록소-a와 저영양 분포로 확인되어진다.

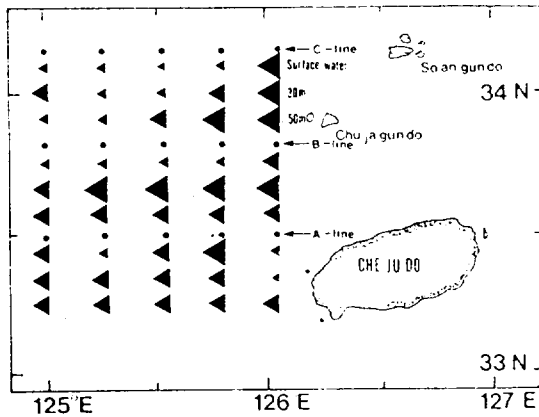


Fig. 7. Spatial distribution of chlorophyll-a at the water depth of 0 m, 30 m, 50 m in July, 1992

각 수괴의 물리·화학적 특징

연구해역의 수온-염분 분포도(Fig. 8)를 보면 표층수는 수온이 20.5~22.5 °C이며 염분농도가 31.3~32.5 ‰였으며, 30 m 수층의 수온은 13~17.5 °C, 염분농도는 33.0 ‰~33.8 ‰, 50 m 이상의 수층은 수온이 11.5~15.0 °C, 염분농도가 33.5~34.5 ‰로 뚜렷한 수괴 형성을 보이고 있다.

Yang and Kim (1991)은 여름철 제주도 주변역의 8월달에 13.0 °C이하와 33.7 ‰ 수괴를 황해 저층 냉수괴의 기원이라 보고하고 있는데 본 연구의 7월초의 결과로 볼때 13.0 °C이하 수괴형성은 50 m 이심에서 나타나고 있으며 이러한 수괴 세력은 제주도 서쪽 연안역보다는 서북 외해역에 형성되고 있었다. 그러나 이러한 수괴 영향이 30 m층까지는 미치지 못하나 염분농도는 이 수심까지 미치고 있어 이러한 수온상승은 표층수의 영향으로 보인다.

수온 염분도에 따른 수괴는 저염고온수인 표층수와 중온 고염인 30 m층, 저온 고염인 50 m 이심의 수괴로 구분되어지고 있다. 이러한 수괴에서의 영양염 분포특성을 살펴보면 저염 고온수인 표층수에서는 모든 영양염이 다른 수괴보다도 가장 낮은 농도를 나타내고 있었으며, 염록소-a 농도도 또한 낮았다. 30 m 수심층의 수괴에서는 영양염 농도가 표층수와 비슷하나 염록소-a 농도는 가장 높은 값을 나타내고 있어 표층수보다 수온이 낮은

14.0~17.0 °C로 식물 플랑크톤의 생육환경이 좋았던 것으로 보인다.

표층과 30 m 수층까지의 영양염 평균 농도는 총질소가 3 ug-at/l이하, 인산인이 0.4 ug-at/l이하, 규산규소가 8 ug-at/l이하를 보이고 있었다. 그러나 50 m이심의 저온고염수괴에서 영양염 농도는 30 m이층층의 농도보다 높게 나타나고 있었으며, 특히 50 m 수층에서 염록소-a 농도는 표층수 보다 높은 농도를 보이고 있는 것으로 보아 이 수심까지 광합성 작용이 활발한 것으로 보인다.

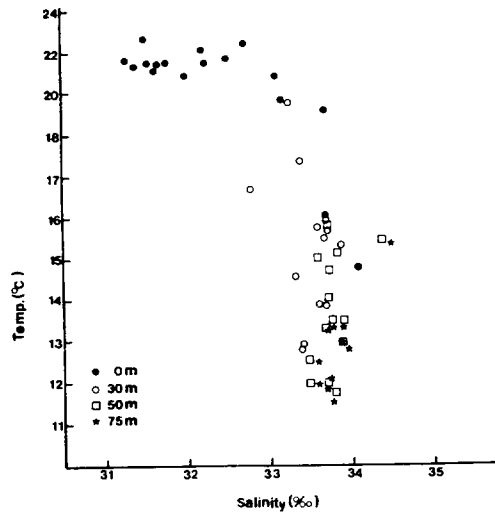


Fig. 8. A temperature-salinity diagram at all depth.

이러한 수괴분석은 金(1987)의 8월말 조사값에서 본고한 중국대륙연안수, 황해저층냉수괴등과 일치하고 있어 7월초부터 저염고온인 중국대륙연안수가 우리나라 남해안까지 확장하고 있음을 알 수 있으며 황해저층냉수괴는 30 m 이심층에서 우리나라 서남방향으로 그 세력이 커지고 있음이 확인되고 있다.

요 약

7월초 제주도 서북방 해역에 있어서 영양염류, 클로로필-a 및 현탁물질등의 해역별 분포특성과 수온, 염분에 따른 수괴와의 관계에 대하여 연구했다.



영양염류 농도분포는 표층수에서 30 m 수층까지 질산질소, 인산인, 규산규소 모두 50 m 이심층보다 매우 낮은 분포를 하고 있다. 클로로필-a 농도는 30 m 수층에서가 가장 높은 농도를 보이고 있었으며, 50 m 수층에서가 농도는 표층수보다 높은 농도를 나타내고 있는 것으로 보아 이 수심까지 식물플랑크톤의 활성이 활발한 것으로 보아진다.

$\Delta N/\Delta P$  값은 수층별로 표층과 30 m 수층에서 3, 50 m 수층에서 6, 75 m 수층에서 10으로 대체적으로 Redfield비보다 낮게 나타나는 것으로 보아 이들 두 성분이 생물에 의한 흡수를 또는 유기물 분해시 재생물에 차이때문이라 생각된다. 그러나  $\Delta Si/\Delta P$  값은 모든 수심층에서 비슷한 값을 보이고 있었다.

수온염분에 의한 수괴는 32.5 %이하 21.0 °C 이상의 고온저염의 중국대륙연안수 영향의 표층수와 33.5 %이상 13.5 °C이하의 저온고염의 황해저층냉수 영향인 저층수, 33.5~34 ‰, 14.0~16.0 °C의 고염중온의 중층수로 확연히 구분되고 있다.

## 참 고 문 헌

- 姜喆中, 1971. 韓國西海 海況의 季節的 變動에 關하여. 國立水産振興院研究報告, 8, 9~29.
- 姜喆中, 1974. 韓國南海岸 沿岸水의 季節變動에 關한 研究. 國立水産振興院 研究報告, 12, 102~121.
- 金仁鈺, 1987. 濟州島 周邊海域에 出現하는 中國大陸沿岸水에 關한 研究. 濟州大學校 碩士學位論文. 46 pp.
- 金 圻, 1980. 韓國南海의 海流分布와 그 影響에 關한 研究. 서울大學校 自然科學大學. 未發表 技術報告.
- 金 圻·盧洪吉, 1982. 韓國南海의 海流分布와 그 影響에 關한 研究. 서울大學校 自然科學大學, 未發表 技術報告.
- 盧洪吉, 1976. 濟州島 沿岸의 水溫鹽分變動에 關한 研究-I. 濟州大學校 論文集(자연과학편), 8, 115~122.
- 盧洪吉, 平野敏行, 1984. 濟州海峽 東쪽 入口에 出現하는 舌狀의 暖水. 韓國水産學會誌, 16, 299~304.
- 盧洪吉, 1985. 濟州島 周邊海域의 漁場環境에 關する 研究, 博士學位論文, 東京大學, 215 pp.
- 朴吉淳, 1982. 濟州島 沿岸海水의 營養鹽類에 關한 研究. 韓國水産學會誌, 15, 255~262.
- 尹龍勳, 1987. 黃海低層冷水의 特性糾明과 南下證據, 濟州大學校. 碩士學位論文. 55 pp.
- 全得山, 高有峰, 1983. 濟州島 周邊海域의 Chlorophyll a含量分布. 大學校 海洋資源研究報告, 7, 23~27.
- 金聲秀, 1987. 여름철 濟州島 周邊海域에 있어서 海水의 化學적특성에 關한 研究. 濟州大學校. 碩士學位論文.
- 최영찬, 이준백, 고유봉, 1994. 제주도 서부 연안역의 생물생태학적 기초연구(I) - 고산 주변 연안역의 해수특성-. 제주대. 해양연구보고, 18, 39~48
- 최영찬, 고유봉, 이준백, 1989. 제주도 해안선 주변의 해수특성(1987년 6월~1988년 4월), 한국 지구 과학회지, 10(1), 54~61.
- 최영찬, 문영석, 고유봉, 이준백, 1991. 제주도 북부 연안역의 생물생태학적 기초연구. - 제주도 북방 합덕해역의 화학적 특성- 한국 지구과학회지, 12(1), 38~45.
- 최영찬, 고유봉, 이준백, 1992. 제주도 남부 연안역의 생물생태학적 기초연구(I) - 서귀포 주변 연안역의 해수특성-. 한국 지구과학회지, 13(3), 327~335.
- Beardsley, R. C., R. Limeburner, D. Hu, K. Le, G. A. Cannon and D. J. Pashinski, 1983. Structure of the Changjiang River Plume in the East China Sea during June 1980. Int Symp. on Sedimentation on the Continental shelf, with Special Reference to the East China Sea, Hangzhou, April, 265~284
- Dong, H. I., 1970, The drift bottle experiment in the Korea Strait during 1966~1969. Technical Rept. Hydrogr. off Korea, 85~97.
- JIS. 1980, 공해관계, 일본규격협회.
- Kido, K. and M. Nishimura. 1973. Regeneration of silicate in the Ocean. I. The Japan Sea as a model of closed system. J. Oceanogr. Soc. Japan. 29.185~192.
- Lim, D. B., 1976. The movement of waters of the south coast of Korea. J. Oceanogr. Soc. Korea, 11, 77~88.

- Limeburner, R., R. C. Beardsley and J. Zhao, 1983. Water masses and circulation in the East China Sea. Int. Symp. On Sedimentation on the Continental shelf, with special Reference to the China Sea, Hangzhou, April, 266~269.
- Miyazaki, M. and S. Abe, 1960. On the Water masses in the Tsushima current area. J. Oceanogr. Soc. Japen, 16, 59~68.
- Nakao, T., 1977. Oceanic Variability in relation to fisheries in the East China Sea and the Yellow Sea. J. Fac. Mar. Sci. Tech., Tokyo Univ., Japen, Spec. No., 190~367.
- Park, Y. H., 1985. Some important summer oceanographic phenomena in the East China Sea. J. Oceanogr. Soc. Korea, 20, 12~21.
- Redfield, A. C., B. H. Ketchum and F.A. Richards, 1963. The influence of organisms on the composition of seawater. The Sea. Vol.2. Interscience Publishers New York~London.
- Strickland, J. D. H. and T. R. Parsons, 1968. A practical handbook of seawater analysis. Fish. Res. Bd. Canada, Bull. 167, Ottawa, Canada.
- Tsunogai, S., 1972. An estimation of the rate of decomposition of organic matter in deep water of the Pacific Ocean. In Biological Oceanography of the Northern North Pacific Ocean Prof. S.Modea's Commemoration Volume. p.517~533
- Uda, M., 1934. The results of simultaneous Oceanographical investigation in the Japan Sea and its adjacent water in May and June, 1932. J. Imp. Fish. Exp. St., 5, 57~190.
- Uda, M., 1936. The results of simultaneous Oceanographical investigation in the Japan Sea and its adjacent water during October and November, 1933. J. Imp. Fish. Exp. St., 7, 91~151.
- Yang, H. S., and S. S. Kim, 1990. A study on the sea water and ocean current in the Sea adjacent to Korea Peninsula sular. I.Physical processes influenceing in the surface distribution of chlorophyll and nutrients in the southern sea of Korea in summer. Bull. Korea Fish. Soc. 23(6), 417~424.
- Yang, H. S., and S. S. Kim, 1991. A study on Sea water and Ocean current in the sea adjacent to Korea Peninsula sular, II. Geographical distribution and chemical characteristics of different mid-botton waters in the neighbour'ng sea of Cheju Island in Summer. Bull. Korea Fish. Soc. 24(3), 177~184.
- Yu, H., D. Zueng and J. Jiang, 1983. Basic hydrographic characteristics of the studied area. Int. Symp. On Sedimentation on the Continental Shelf, with Special Reference to the East China Sea, Hangzou, April, 270~279.