Bull. Korean Fish. Soc. 24(3), 177~184, 1991

韓水誌, 24(3), 177~184, 1991

韓半島 近海의 海流와 海水特性

II. 여름철 濟州島 周邊海域 中底層에 出現하는 水塊의 地理的 分布와 化學的 特性

梁漢燮 · 金聲秀
釜山水產大學校 海洋學科

A Study on Sea Water and Ocean Current in the Sea Adjacent to Korea Peninsula

II. Geographical Distribution and Chemical Characteristics of Different Mid-Bottom Waters in the Neighbouring Sea of Cheju Island in Summer

Han-Soeb YANG and Seong-Soo KIM
Department of Oceanography, National Fisheries University of Pusan
Pusan, Korea 608-737

We have investigated geographical distribution and physico-chemical properties of water masses or water types at mid-bottom depth in the neighbouring sea of Cheju Island in August 1986.

In 50 *m* layer the Yellow Sea Bottom Cold Water(YSBCW) below 12℃ was observed in the northwestern area of Cheju Island, while the Tsushima Warm Water(TWW) with relatively high temperature(>16℃) and salinity more than 34.0‰ in its southeastern area extended as far as the coast of about 15 *km*. Also, 50 *m* layer at the outside stations of its southwestern area indicated relatively cold water temperature(11~13℃), probably due to southward transport of the Yellow Sea Bottom Cold Water(YSBCW). The Yellow Sea Warm Water(YSWW), the mixed water of the YSBCW and the TWW, ranged 13℃ to 16℃ in water temperature and was appeared mainly in the coastal and intermediate area of Cheju Island. And the relatively cold water in the southwestern area and the Tsushima Warm Water were more extensively distributed in 50 *m* layer than the deeper layer.

Horizontal distributions of nitrate and phosphate showed a pattern similar to that of water temperature. As it were, the Yellow Sea Bottom Cold Water had the highest concentration of nutrients, while southwestern outside stations had the lowest nutrient contents. Especially, the concentration of nitrate in the latter was remarkably low compared with the value at the other stations. It may be attributed to intensive vertical mixing by collision of the northward driven TWW with the southward driven YSBCW. Also, it was particular that the Tsushima Warm Water indicated relatively high silicate content corresponding to that of the Yellow Sea Bottom Cold Water. Based on the data of $\Delta Si/\Delta P$ ratio, it seems that the mid-bottom waters in this study area are younger than the surface or intermediate water in the Korean East Sea.

* 본 연구는 1987년도 한국과학재단 목적기초 연구비의 지원에 의한 것임.

緒 論

여름철 濟州島 주변해역을 포함한 남해에는 中國大陸沿岸水의 확장으로 인해 표층이 低鹽化되고, 해역별로 다소의 차이는 있으나 대개 수심 10~30 *m* 사이에 강한 鹽分躍層이 존재한다. 따라서, 전보(Yang and Kim, 1990)에서는 韓國南海表層水 중 클로로필 a와 溶存營養鹽類의 지리적 농도분포 특성과 그 농도를 지배하는 물리적과정에 대해 상세하게 고찰한 바 있다. 이를테면, 營養鹽類 및 클로로필 a의 농도분포로부터 濟州島를 중심으로 각 성분의 농도가 비교적 높은 북서쪽 해역과 농도가 낮은 남서쪽 해역으로 크게 나눌 수 있었다. 특히 북서쪽 해역중 34° N 이북해역은 강한 수직혼합에 의해 영양염류 및 클로로필 a의 농도가 가장 높았고, 中國大陸沿岸水의 주된 확장수역인 서쪽 외해역도 비교적 높은 영양염류의 농도를 보였다. 또한 제주도 연안역 표층수중 이들 기초생산관련성분의 농도가 다소 높았으며, 이는 沿岸湧昇 혹은 朝夕混合(Kim and Lee, 1982)에 의한 영향으로 보였다. 즉, 濟州島 주변의 남해에서 표층수중 클로로필 a와 영양염류의 水平濃度分布는 생물·화학적 과정보다는 주로 물리적 혼합확산과정에 의해 좌우됨을 알 수 있었다. 그러나, 이 해역의 중·저층에 출현하는 수괴들의 화학적 특성에 대해서는 아직 잘 알려져 있지 않다. 물론 東支那海와 黃海南部를 포함한 보다 넓은 해역에서 해수의 擴散流路와 각종 수괴의 물리적 특성은 비교적 상세히 보고되어 왔다(Uda, 1934; Lim, 1971; Nakao, 1977; Kondo, 1985; Park, 1985; 1986). 하지만, 남해 특히 제주도 주변해역은 시공간적 해황변화가 심하기 때문에 이 해역 중·저층수괴의 해역별 분포상태나 그 변질과정에 대해서는 아직도 충분한 연구가 이루어져 있지 않다.

따라서 본 연구는 여름철 한국 남해의 중·저층에 나타나는 각종 수괴의 지리적 분포와 이들 해수의 화학적 특성을 파악하여 해수의 유동혼합확산에 따른 각 수괴의 변화과정에 대한 지식을 얻고자 한다.

材料 및 方法

본 연구의 대상해역과 시료채취 정점 그리고 현장관측시기 및 화학분석방법은 전보(Yang and Kim, 1990)와 같으며, 조사정점은 Fig. 1에 나타내었다. 대체적으로 수심은 남동쪽해역 B, C-line의 바깥 정점들에서 120 *m* 이상으로 가장 깊고, 북서쪽해역이 비교적 얕으며, 특히 추자도 북쪽의 정점 52와 53은 50 *m*이하였다. 또한 水溫躍層은 연안정점과 남동쪽해역에서는 10~50 *m* 수층에 존재하고, 남서쪽 및 북서쪽 외해역에서는 10~30 *m* 수층에 나타난다. 그러나 34° N 이북해역에서는 水溫躍層이 약 20 *m* 상부수층에 있고, 그 두께도 더 얇다. 그래서 본 연구는 50 *m* 수층과 그 이심층의 자료를 분석 고찰하였다.

結果 및 考察

1. 水層別 水溫의 水平分布

여름철 남해 중·저층에 출현하는 각종 수괴의 지리적 분포상태를 파악하기 위하여 수온의 水平分布圖를 Fig. 1에 나타내었다.

50 *m* 수층의 수온분포를 보면, 濟州島 서쪽 가장 바깥 남북단면인 H-line상의 정점 37과 정점 38에서 수온은 각각 10.3℃ 및 10.5℃로 조사해역중 가장 낮은 값이고, 이 정점들을 중심으로 12℃의 등온선이 제주해협 서쪽입구인 J-line에까지 확장분포하고 있다. 제주도 북서쪽 바깥해역에서 이 수온범위(10.3~12.0℃)는 황해 중앙부에 있어서 黃海低層冷水의 수온특성치(Nakao, 1977; Lie, 1984) 보다는 약간 높지만, Park(1985)과 Youn et al.(1991)이 보고한 황해남부 및 제주도 북서쪽해역 동일수심에서의 수온과 큰 차가 없다. 또한, 이 해역의 염분값도 33.18~33.72‰로 비교적 低鹽分인 것으로 보아, 이 저온수는 黃海低層冷水 기원의 해수라고 생각된다. 그러나 H-line 최북단의 정점 40과 제주도 북서쪽 연안역(정점 31, 51, 56)에서는 13.4~15.0℃ 범위로 다소 높은 수온분포이다. 한편 남동쪽해역(A, B, C-line)에서는 대부분 바깥 정점들이 18.2~18.9℃ 범위로 가장 높고, 15 ℃ 이상의 고온수는 제주도 연안 약 15 *km* 해역까지 분포하고 있으며, 염분값도 34.0‰ 이상으로 비교적 고염이다. 즉, 對馬暖流水가 제주도 남동쪽 연안 가까이까지 영향을 미치고 있다고 말할 수 있다. 하지만, 제주도 남서쪽 해역에서는 E-line과 F-line의 최외각 정점들에서 11.9±0.1℃로 현저히 낮은 수온이고, 13℃ 이하의 수온도 주로 바깥 정점들에서 나타나며, 연안에서 약 25 *km* 떨어진 E-line상의 정점 23에서도 13.2℃이다. 이 저온수도 북서해역과 마찬가지로 黃海底層冷水 기원의 해수이고, 중간해역인 정점 23에서 약 13℃의 비교적 저온수가 나타나는 것은 아마도 揚子江堆를 따라 제주도 남서쪽 외해역까지 남하한 黃海底層冷水(Nakao, 1977; Kondo, 1985;

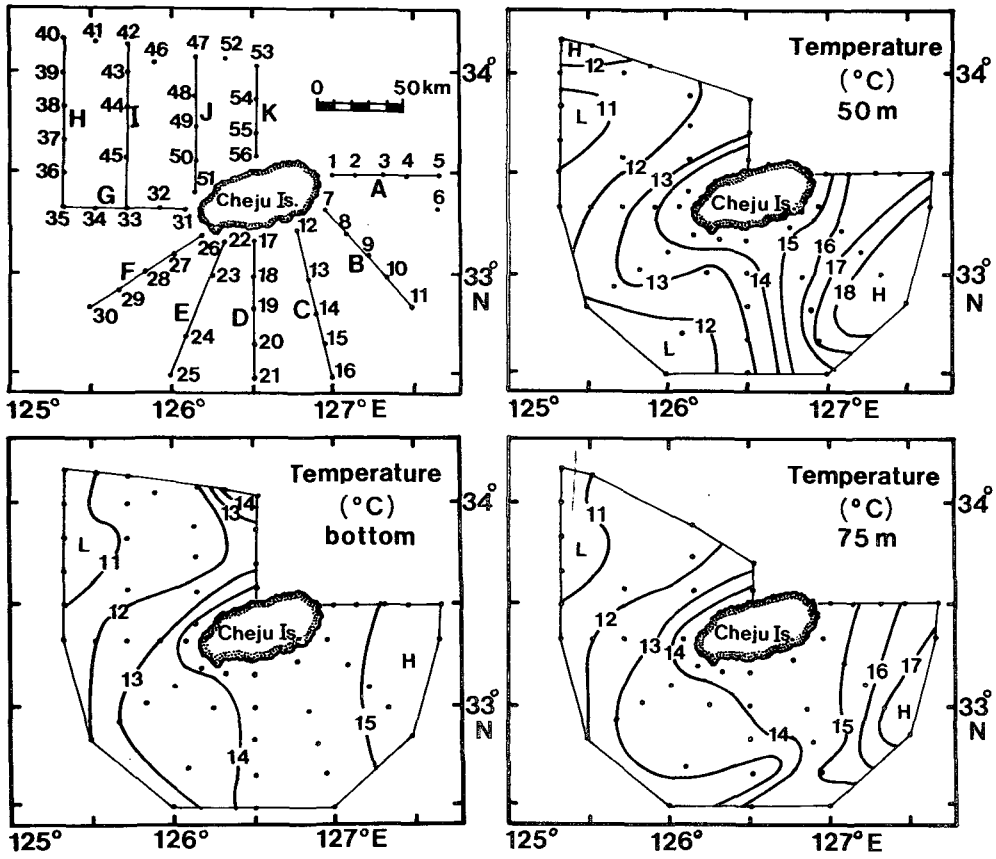

Fig. 1. Location of the sampling sites and geographical distributions of water temperature in 50 *m*, 75 *m* and bottom layer in the neighbouring sea of Cheju Island during summer season of 1986.

Park, 1985)가 큰 용적의 黃海暖流水에 편승하여 제주도 연안쪽으로 북상하면서 변질된 해수라고 사료된다. 또한, 수온이 14~15℃ 범위로 이 두 수괴의 중간정도의 값을 갖는 해수가 제주도 연안을 "Y"자형으로 감싸고 있는데, 이는 對馬暖流水와 저층냉수의 혼합수로서 흔히 黃海暖流水라고 일컬어진다(Uda, 1934; Rho, 1974; Nakao, 1977; Lie, 1984). 수온분포로 볼 때, 이 黃海暖流水는 沿岸湧昇이나 朝夕混合에 의해 제주도 연안역에 나타나고(Kim and Lee, 1982), 對馬暖流의 지류가 제주도 서쪽 연안의 중·저층을 따라 우회전한다는 보고들(Park, 1985; 1986)과도 잘 일치한다.

75 *m* 수층의 수온분포도 50 *m* 수층과 매우 유사하나, 북서쪽 외해역에 나타나는 10~11℃ 범위의 저온수가 34° N 이북해역까지 확장되고, 남서쪽해역에서 13.0℃ 이하의 수온분포 범위가 좁은 것이 다르다. 또한, 남동쪽해역에서도 15℃ 이상의 상대적 고온수의 분포해역이 50 *m* 수층에 비해 다소 좁고, 수온도 약 1℃ 정도 낮다. 즉, 남동쪽과 남서쪽 외해역에 존재하는 난수괴와 냉수괴의 분포해역이 축소된데 비해, 그 혼합수괴인 黃海暖流水域이 훨씬 넓다.

해저면으로부터 약 10 *m* 이내의 저층수온의 수평분포 역시 75 *m* 수층의 경우와 유사하나, 수심이 얕은 제주시 정북쪽의 정점 52와 53에서 14.4~14.8℃ 범위의 비교적 고온이고, 염분도 32.9‰ 전후로 다소 낮은 것이 특이하다. 이것은 아마도 여름철 저염화된 표층수가 수직적으로 잘 혼합되기 때문일 것이다. 수층별로 볼 때, 남서쪽 해역에서는 50 *m* 수층이 75 *m* 이심층보다 수온도 약간 낮고, 13℃ 이하의 상대적 저온수의 분포해역도 넓으며, 이것은 黃海底層冷水가 주로 50 *m* 수층으로 유입되고 있음을 시사한다. 남동쪽 해역에서도 75 *m* 이심층보다 50 *m* 수층에서 더 고온이고, 14~15℃의 수온범위를 갖는 黃海暖流水域도 더 좁은 것으로 보아 對馬暖流水의 주류가 50 *m* 상부수층에 있다

고 할 수 있다.

2. 營養鹽類의 水平濃度分布

영양염류의 水平濃度分布圖(Fig. 2)를 보면, 50 *m* 수층에서 窒酸鹽은 제주도 북서쪽해역에서 3~5 *μg-at/l*이나, 남쪽해역에는 3 *μg-at/l* 이하이다. 그러나, 11℃ 이하의 저온수가 나타나는 북서쪽 외해역에서 4.0~4.6 *μg-at/l*의 범위로 가장 높은 窒酸鹽 농도를 보인다. 남서쪽 해역에서는 연안에서 멀어질수록 점차 낮아져서 12℃ 정도의 비교적 저온수가 나타나는 정점 21, 24, 25에서는 窒酸鹽 농도가 0.6~0.9 *μg-at/l* 범위로 조사해역 중 가장 낮다. 또한 남동쪽해역에서 18℃ 이상의 고온수가 나타나는 외각 정점들에서 1.6~1.9 *μg-at/l* 범위로 연안 및 중간해역의 2.2~2.8 *μg-at/l*에 비해 다소 낮은 농도를 보인다. 燐酸鹽 역시 북서쪽의 외해역 정점들에서 0.60~0.83 *μg-at/l* 농도범위로 가장 높으며, 남쪽해역에서는 대체적으로 최외각 정점들로부터 약 20 *km* 이내의 해역에 0.14~0.19 *μg-at/l* 범위로 연안 및 중간해역의 0.20~0.32 *μg-at/l* 보다 낮은 농도이다. 硅酸鹽도 다른 영양염류와 마찬가지로 제주도 서쪽 바깥의 비교적 넓은 해역에서 10.5~10.7 *μg-at/l* 범위로 가장 높고, 남쪽해역에서는 연안역에서 다소 농도가 높으나, 燐酸鹽에 비해 해역별 농도차가 그다지 크지 않다.

75 *m* 수층을 보면, 窒酸鹽의 경우 북서쪽 및 남서쪽해역에서의 수평농도분포모양은 50 *m* 수층과 비슷하나, 농도는 75 *m* 수층에서 1 *μg-at/l* 정도 높다. 한편 남동쪽해역에서는 최외각 정점들에서 2.7 *μg-at/l* 정도로 연안 및 중간해역에서의 4.0~4.5 *μg-at/l* 보다 훨씬 낮은 농도를 보인다. 燐酸鹽의 水平分布도 窒酸鹽과 매우 흡사한 모양이나, 硅酸

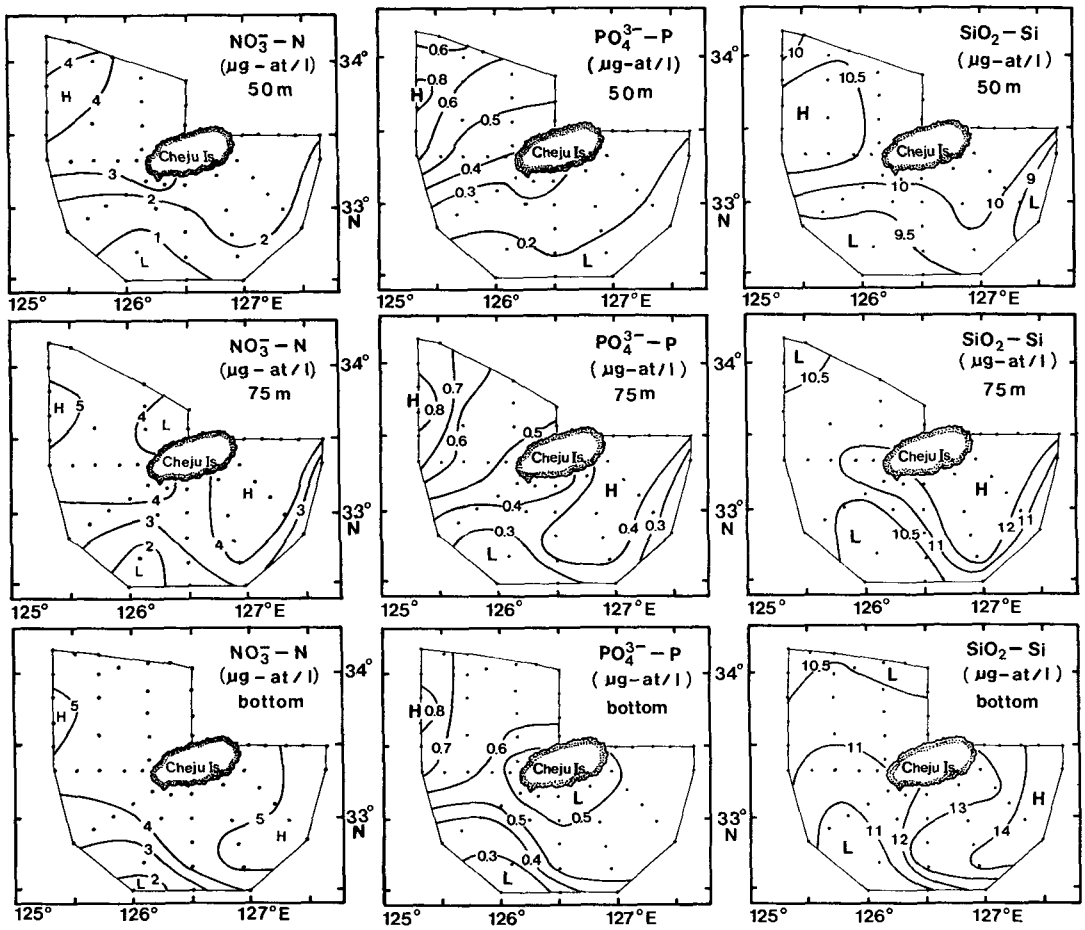

Fig. 2. Distributions of nutrients at each depth.

鹽은 다소 다르다. 즉, 남동쪽의 연안 및 중간해역에서 硅酸鹽의 농도는 11.8~12.9 *μg-at/l* 범위로 북서쪽해역에 비해 다소 높은 것이 특징적이다.

底層 窒酸鹽의 경우, 75 *m* 수층의 수평분포와 비슷하나, 15℃ 이상의 상대적 고온수가 나타나는 남동쪽 바깥 정점들이 연안역에 비해 다소 높은 5.0~5.4 *μg-at/l*의 농도범위로 북서쪽 바깥 정점들과 비슷한 농도를 보이는 것이 약간 다르다. 燐酸鹽의 수평농도분포 역시 窒酸鹽과 비슷하며, 북서쪽 해역이 남동쪽 해역보다 약 0.2 *μg-at/l* 정도 높다. 저층수중 硅酸鹽 농도는 북서쪽 및 남서쪽해역에서는 정점별 농도차이가 크지 않으며, 대체적으로 34° N 이북정점들에서 10.2~10.5 *μg-at/l* 범위로 다소 낮은 반면 남동쪽 바깥 정점들에서 14~15 *μg-at/l* 범위로 약간 높다.

3. 各 水塊의 物理·化學的特性

앞에서 언급한 바와 같이, 해역별로 수온이 보다 뚜렷하게 구분되는 50 *m* 수층에서의 수괴별 수온, 염분 및 영양염류 특성치를 살펴보고자 한다. 우선 T-S diagram(Fig. 3)을 보면, 연안정점을 제외한 제주도 남동쪽(A, B, C-line) 대부분의 정점들은 수온이 16.0~18.9℃, 염분이 34.03~34.43‰으로, 이는 對馬暖流水라고 할 수 있다. 그리고, 북서쪽 해역에서는 34° N 이북정점을 제외하면, 수온이 10.3~13.0℃이고, 염분이 33.18~33.72‰로서 黃海底層冷水 기원의 해수라 생각된다. 또한, 수온과 염분이 위 두 수괴사이의 값을 갖는 해수가 제주도 연안에 인접한 정점들과 남서쪽 중간해역에서 나타나며, 이는 對馬暖流水가 변질된 黃海暖流水이다. 그러나, 정점 23을 포함한 남서쪽(D, E, F-line) 바깥 정점들의 수온은 11.8~13.0℃ 범위로 북서쪽 정점

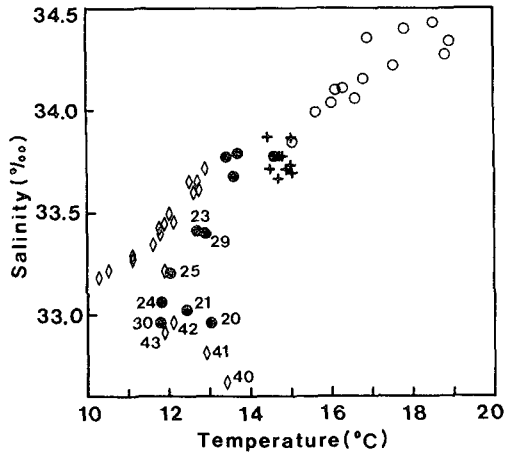

Fig. 3. A temperature-salinity diagram at depth of 50 *m*. The open circle denotes the southeastern area, the solid circle the southwestern area, the diamond symbol the northwestern area and the cross symbol the coastal region of Cheju Island.

Table 1. Values of each parameter for different waters at 50 *m* depth in the neighbouring sea of Cheju Island in August 1986

Water Type	Temperature (℃)	Salinity (‰)	Nutrient(*μg-at/l*)(1)			No. of station
			NO_3^--N	PO_4^{3-}-P	SiO_2-Si	
TWW(Tsushima Warm Water)	16.0~18.9	34.03~34.43	2.19± 0.31	0.20± 0.03	10.03± 0.65	2, 3, 4, 5, 6, 9, 10, 11, 13, 14, 15
YSWW(Yellow Sea Warm Water)	13.4~15.6	33.68~33.99	2.63± 0.50	0.30± 0.08	10.21± 0.26	1, 7, 8, 12, 16, 17, 18, 19, 22, 26, 27 28, 31, 51, 56
YSBCW-NW (Yellow Sea Bottom Cold Water, Northwestern area)	10.3~13.0	33.18~33.72	3.74± 0.49	0.59± 0.11	10.47± 0.24	32, 33, 34, 35, 36 37, 38, 39, 44, 45, 46, 48, 49, 50, 54, 55
YSBCW-SW (Yellow Sea Bottom Cold Water, Southwestern area)	11.8~13.0	32.96~33.41	0.94± 0.27	0.19± 0.03	9.51± 0.28	20, 21, 23, 24, 25, 29, 30

(1) Concentration of nutrients is indicated as mean value and standard deviation

에 비해 염분이 0.4~0.8‰만큼 낮은 黃海底層冷水系의 해수로서, 이 저염의 원인은 남서쪽 외해역까지 남하한 黃海底層冷水가 북상하는 對馬暖流水와 마주치면서 표층 저염의 中國大陸沿岸水와 보다 효과적으로 수직혼합이 이루어지기 때문이라고 생각된다. 이상의 각 수괴별 수온 및 염분범위는 이미 보고된 이들 수괴의 물리적 특성값(Rho, 1974; Park, 1985)과 약간의 차이는 있으나, 시공간적 변화를 고려하면 매우 잘 일치한다.

그러면, 이들 각 수괴의 營養鹽類 농도를 비교해 보자. 영양염류는 물리적 혼합과정 뿐만 아니라 생물화학적 작용에 의해 수심별 농도차가 생기므로 동일수층(50 *m* 수층)에서의 평균농도 및 표준편차로 나타내었다(Table 1). 표 1에서, 제주도 북서쪽 해역에 나타나는 黃海底層冷水系의 해수가 가장 높은 영양염류 농도이고, 남서쪽 바깥해역에 존재하는 黃海底層冷水 기원의 해수가 가장 낮은 영양염류이다. 영양염류중 硅酸鹽이 수괴별로 농도차가 가장 적고 窒酸鹽이 가장 크며, 특히 남서쪽 외해역의 黃海底層冷水系의 해수가 현저히 낮은 窒酸鹽 농도를 보이는 것이 특징적이다.

4. 成分相互間의 關係

50 *m* 수층에서 수온과 燐酸鹽의 관계(Fig. 4)를 보면, 대체적으로 수온이 증가함에 따라 인산염 농도가 감소하는 역의 상관성을 보이나, 남서쪽해역에서는 정의 상관관계를 보인다. 또한 남서쪽 바깥 정점들이 북서쪽의 비슷한 수온범위를 갖는 정점에 비해 燐酸鹽 농도가 현저히 낮으며, 그 원인은 영양염이 거의 고갈되어 있는 표층의 물과 수직적으로 잘 혼합되었기 때문이라 생각된다. 앞서 언급한 것처럼 북서쪽해역에 비해 상대적으로 다소 낮은 염분값을 보이고, 30 *m* 수층에도 13℃ 이하의 물이 존재하고 있는 것으로 보아 이와 같은 설명이 가능할 것이다. 또한, 50 *m* 수층에서 燐酸鹽과 窒酸鹽의 관계(Fig. 5)도 남서쪽 바깥해역의 몇개 정점을 제외하면 대체적으로 좋은 정의 직선관계(r=0.92)를 보인다. 그림은 제시하지 않았지만, 75 *m* 이심층에서도 두 성분간에는 대체적으로 좋은 정의 상관성을 보이나, 對馬暖流水의 주된 확장수역인 제주도 남동해역의 정점들에서 燐酸鹽 농도가 0.5 *μg-at/l* 정도 높았다. 이처럼 남서쪽 외해역 50 *m* 수층에서 燐酸鹽에 비해 窒酸鹽 농도가 낮고, 남동쪽해역 75 *m* 이심층에서 窒酸鹽 농도가 상대적으로 다소 높은 것은 중·저층에서의 체류시간에 따른 두 영양염류의 생물학적 흡수 혹은 재생속도의 차이에 기인하는 것으로 볼 수 있다. 이를 뒷받침할 수 있는 것으로 각 수층에 대한 회귀직선의 기울기(ΔN/ΔP)도 50 *m* 수층에서는 4.06이나, 75~80 *m* 수층에서는 5.71로 다소 높은 값을 보인다. 이 기울기 값은 북서쪽해역 표층수중의 값인 4.58(Yang and Kim, 1990)과는 큰 차가 없지만, 동해 심층수중의 13.4~14.3(Chung et al., 1989; Kido and Nishimura, 1973)에 비해 약 1/3 정도 작다. 이와 같이 낮은 ΔN/ΔP비 값은 일반적으로 하구역이나 수심이 비교적 얕은 연안역에서 흔히 발견되며, 그 원인은 燐酸鹽에 비해 窒酸鹽이 생물체에 보다 효과적으로 흡수동화되기 때문이라고 알려져 있다(Ryther and Dunstan, 1971; Maita, 1982).

한편, 남동쪽 정점들을 제외하면 硅酸鹽의 해역

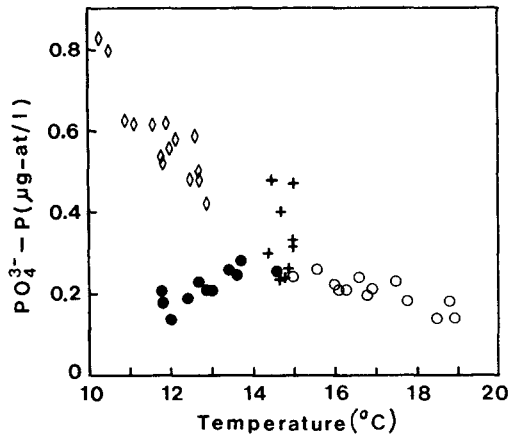

Fig. 4. Plot of phosphate versus temperature at depth of 50 *m*. Each symbol is indicated as that in Fig. 3.

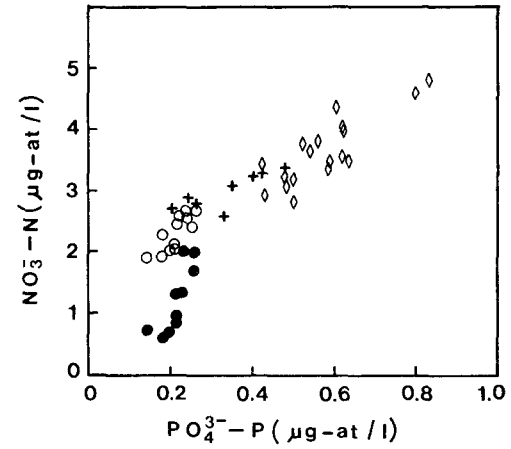

Fig. 5. Relationship between nitrate and phosphate in 50 *m* layer. Each symbol is indicated as that in Fig. 3.

별 수심별 농도차가 매우 적기 때문에 인산염과 규산염 사이에는 뚜렷한 상관성이 없다. 그러나, Fig. 6에서 보는 바와 같이 남동쪽 해역에서는 수심이 증가함에 따라 硅酸鹽 농도가 증가하는 경향이고, 두 성분 사이에는 상관계수 r=0.94로 비교적 좋은 정의 직선관계를 보인다. 또한, 그 기울기 (ΔSi/ΔP)값도 9.8로 북서쪽해역 표층수중의 11 (Yang and Kim, 1990)과 비슷하나, 동해 중·저층수의 30~80(Kido and Nishimura, 1973)에 비해 훨씬 작다. Stefansson(1968)에 의하면, 燐酸鹽 농도가 0.8 *μg-at/l* 이하의 해수중 ΔSi/ΔP비는 16보다 작고, 상관성도 낮다고 한다. 그 이유는 硅酸鹽이 燐酸鹽 보다 재생속도가 느리기 때문이며, 이 비값이 크다는 것은 비교적 오래된 해수임을 시사한다 (Tsunogai, 1972; Tsunogai, 1979). 따라서, 제주도 남동해역의 중·저층수는 동해 중·저층수보다는 훨씬 젊다고 할 수 있다.

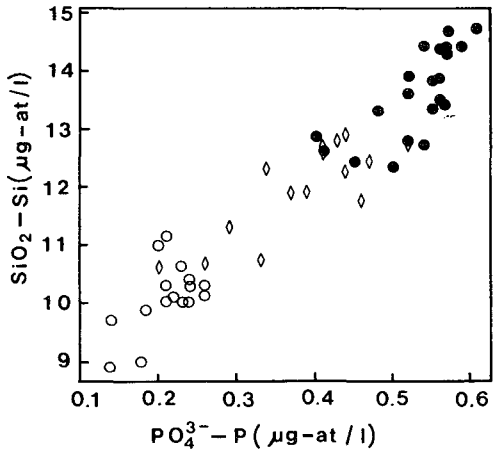

Fig. 6. Relationship between silicate and phosphate at each depth in the southeastern area of Cheju Island. The open circle represents 50 *m* depth, the diamond symbol 75 *m* depth and the solid circle depth more than 90 *m*.

要 約

여름철 한국 남해 50 *m* 이심층에 나타나는 각종 수괴들의 물리·화학적 특성과 이들 수괴의 분포에 대해 연구하였다. 그 결과를 요약하면, 濟州島를 중심으로 북서쪽해역 중·저층에는 비교적 영양염이 풍부하고, 수온 12℃ 이하의 黃海底層冷水系의 해수가 넓게 분포하고 있다. 또한, 남동쪽 해역에서는 수온 16℃ 이상이고, 염분 34.0‰ 이상인 對馬暖流水가 50 *m* 수층에서 제주도 연안 약 15 *km* 까지 나타난다. 그러나, 남서쪽 외해역에서는 13℃ 이하의 黃海底層冷水 기원의 해수가 분포하고 있으나, 북서쪽 해역에 비해 그 면적도 좁고, 질산염 농도도 현저히 낮다. 이처럼 질산염 농도가 낮은 이유는 남서쪽 외해역까지 남하한 黃海底層冷水가 북상하는 對馬暖流水와 마주치면서 질산염이 거의 고갈된 표층의 해수와 수직혼합이 잘 이루어졌기 때문이라고 판단된다. 한편, 제주도 남쪽해역에서 수층별 수온의 수평분포로부터 黃海底層冷水와 對馬暖流水의 주류는 각각 50 *m* 수층과 그 상부수층으로 유입되는 반면, 수온이 13~15℃로서 위 두 수괴의 혼합수인 黃海暖流水는 주로 75 *m* 이심층에서 보다 넓게 분포하고, 제주도 연안해역에서는 50 *m* 수층에도 黃海暖流水가 존재함을 알 수 있다. 즉, 이들 각 수괴의 분포는 해역별 또는 수심에 따라 다르며, 각 수괴의 영양염 농도는 수층별 해수 체류시간의 차이보다는 물리적 혼합의 세기에 의해 결정되는 것 같다. 그리고, ΔSi/ΔP비로 볼 때 남쪽해역 중·저층에 존재하는 해수는 동해 표·중층수 보다 훨씬 젊다고 생각된다.

文 獻

Chung, C. S., J. H. Shim, Y. C. Park and S. G. Park. 1989. Primary productivity and nitrogeneous nutrient dynamics in the East Sea of Korea. J. Oceanol. Soc. Korea, 24(1), 52~61.

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.

Kim, K. and S. H. Lee. 1982. Vertical homogeneous water along the west coast of Cheju Island. J. Oceanol. Soc. Korea, 17(2), 59~68.

Kondo, M. 1985. Oceanographic investigations of fishery gounds in the East China Sea- I. Characteristics of the mean temperature and salinity distributions measured at 50 *m* and near the bottom. Bull. Seikai Reg. Fish. Res. Lab. 62, 19~66.

Lie, H. J. 1984. A note on water masses and general circulation in the Yellow Sea(Hwanghae). J. Oceanol. Soc. Korea, 19, 187~194.

Lim, D. B. 1971. On the origin of the Tsushima

Current Water. J. Oceanol. Soc. Korea, 6(2), 85~91.

Maita, Y. 1982. Oceanographic description of the coastal of Japan XXII: Funka Bay(II)-Chemical Environments-. Bull. Coast. Oceanogr. 19(2), 183~192.

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., Japan, Spec. No. 190~369.

Park, Y. H. 1985. Some important summer oceanographic phenomena in the East China Sea. J. Oceanol. Soc. Korea, 20(1), 12~21.

Park, Y. H. 1986. Water characteristics and movement of the Yellow Sea Warm Current in Summer. Prog. Oceanogr. 17, 243~254.

Rho, H. K. 1974. On the warm water mass in the western waters of Cheju Island. Bull. Korean Fish. Techol. Soc. 12, 27~38.

Ryther, J. H. and W. M. Dunstan. 1971. Nitrogen, phosphorus and eutrophication in the coastal marine environment. Science, 171, 1008~1013.

Stefansson, U. 1968. Dissolved nutrients, oxygen and water masses in the northern Irminger Sea. Deep-Sea Res. 15, 541~575.

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. Motoda's Commemoration Volume. pp. 517~533.

Tsunogai, S. 1979. Dissolved silica as the primary factor determining the composition of phytoplankton classes in the ocean. Mem. Fac. Fish. Hokkaido Univ. 30(4), 314~322.

Uda, M. 1934. The results of simultaneous oceanographical investigations in the Japan Sea and its adjacent waters in May and June, 1932. J. Imp. Fish. Exp. St. 5, 138~190.

Yang, H. S. and S. S. Kim. 1990. A study on sea water and ocean current in the sea adjacent to Korea Peninsula. I. Physical processes influencing the surface distributions of chlorophyll and nutrients in the southern sea of Korea in summer. Bull. Korean Fish. Soc. 23(6), 417~424.

Youn, Y. H., Y. H. Park and J. H. Bong. 1991. Enlightenment of the characteristics of the Yellow Sea Bottom Cold Water and its southward extension. J. Korean Earth Sci. Soc. 12(1), 25~37.

1991년 4월 19일 접수
1991년 5월 5일 수리