

동지나해 저서어류의 자원조사 연구*

3. 1989년 11월 동지나해의 해황

김정창 · 조규대 · 양용림 · 박중희 · 増田紀義**

부산수산대학교, **북해도대학

(1990년 4월 30일 접수)

Investigation of Demersal Fisheries Resources of the East China Sea

3. The Oceanographic Condition of the East China Sea in November, 1989

Jeong-Chang KIM, Kyu-Dae CHO, Yong-Rhim YANG

Jung-Hee PARK and Noriyoshi MASUDA**

National Fisheries University of Pusan and **Hokkaido University

(Received April 30, 1990)

Using the data observed on the Oshoro-maru from November 4 to November 12, 1989 in the East China Sea, the oceanographic conditions were investigated. The results are as follows:

The oceanographic condition of surface layer was divided into two regions. One was the Tsushima Current Waters and the other was the China Coastal Waters. The oceanic front was formed between above two waters.

Tsushima Current Waters had high temperature ranging 22~24°C, high salinity ranging 33.5~34.5‰, and low D.O less than 4.5ml/l. And China Coastal Waters had low temperature ranging 18~20°C, low salinity less than 32.0‰, and high D.O ranging 4.0~5.0ml/l.

In the case of the bottom layer, Tsushima Current Waters and China Coastal Waters appeared the same as the surface layer. In addition, the Yellow Sea Bottom Cold Waters and the Southern Bottom Waters of East China Sea distributed together with two surface waters above. This was temperature ranging 15~19°C, salinity 34.5‰, and low D.O ranging 2.0~3.5ml/l and that was temperature less than 10°C, salinity less than 33.3‰, and high D.O greater than 4.5ml/l.

The waters of intermediate characteristics between China Coastal Waters and Tsushima Current Waters seem to be resulted from the mixing occurred between the above two waters, and it had temperature of 20.5~22.0°C, salinity of 32.3~33.3‰.

서론

동지나해는 대부분 수심 200m 이천의 대륙붕으로 이루어져 있고 중국 대륙의 하천으로 부터 풍부한 영양염류의 유입등으로 인하여 생산성이 높은 좋은 어장이 형성되고 있다. 그러므로 저서

어류, 부어류 등 유용생물 자원의 산란장 및 생육장으로서도 최적의 환경 조건을 구비하고 있다.

이 해역은 남동방에 쿠로시오계수, 북서방에 중국대륙 연안계수 및 황해 저층냉수, 그리고 북동방에 한국 연안수 등이 분포하고 중국대륙에서

* 이 논문은 1988년도 재단법인 동원학술연구재단의 학술연구비 지원에 의하여 연구(출판)되었음.

유출되는 하천수, 천해역 자체의 특수성, 기상 등의 변동 요인에 따라 해황이 복잡하게 변화하고 있다.

동지나해의 해황 연구는 많이 이루어 졌다. 그 중 Miyazaki와 Abe(1960)는 큐우슈우 서방에서 쿠로시오계수와 동지나해수의 현저한 측면 혼합을 지적하였고, Lim(1971)은 쓰시마 난류수가 대륙붕상 수심 100~200m에서 동지나해수와 쿠로시오 표면수가 혼합되어 형성된다고 하였다. Sawara와 Hanzawa(1979)는 이러한 혼합이 대륙붕단을 따라 일어난다고 하였다.

그리고 Lie(1984)는 황해 남부역에 연중 반시계 방향의 해수 순환이 존재하며 동계의 강한 북·북서풍에 의해 남하하는 연안류가 강해진다 하였고, Asaoka(1975)는 이 연안류에 대한 보류로써 황해 난류가 쓰시마 난류에서 갈라져서 황해로 유입된다고 하였다.

Fukase(1975)는 동지나해의 봄철에 형성된 수온 약층 아래에는 4계절에 걸쳐 동지나해 저층수가 존재한다고 하였으며, 쿠로시오 본류역의 수심 200~300m에 존재하는 서부 북태평양 중앙수가 제주 남쪽 대륙붕상까지 관입되어 동지나해 저층수 해황에 영향을 미친다고 하였다(Miyaji and Inoue, 1986; Park, 1985). 또 황해 중부에는 겨울철에 차고 건조한 계절풍에 의하여 형성된 10°C 이하의 저층 냉수가 항상 잔존한다고 하였다(Lee, 1984).

이상과 같은 연구 등에 부산수산대학교와 북해도대학 수산학부는 공동 연구과제인 "동지나해 저서어류의 자원 조사에 관한 연구"의 일환으로 1989년도 11월 Oshoro-maru로 해양 관측을 실시하였는데 이 자료를 이용하여 자원 조사에 앞서서 연구 해역의 수온, 염분, 용존산소 및 영양염류의 분포로서 해황을 밝히고자 한다.

자료 및 방법

본 연구에서는 북해도 대학 실습선 Oshoro-maru가 동지나해에서 1989년 11월 4일부터 11월 12일까지 9일 동안 조사한 수온, 염분, 영양염류 등의 해양 관측 자료를 사용하였다.

해양 관측은 제주 남단 약 80 mile 해역에서부터 대략 60~90 mile 간격으로 15개의 관측점

을 설정하여 (Fig. 1) Neil Brown제의 CTD로서 수온, 염분, 용존산소를 관측하였다. 그리고 항해중 때 30분 간격으로 해표면의 수온과 염분, 유향, 유속 등을 측정하였다.

해황 상태는 수온, 염분, 밀도 및 영양염류 등의 표·저층에 대한 수평 분포도와 연직 단면도를 작성하여 분석하였다.

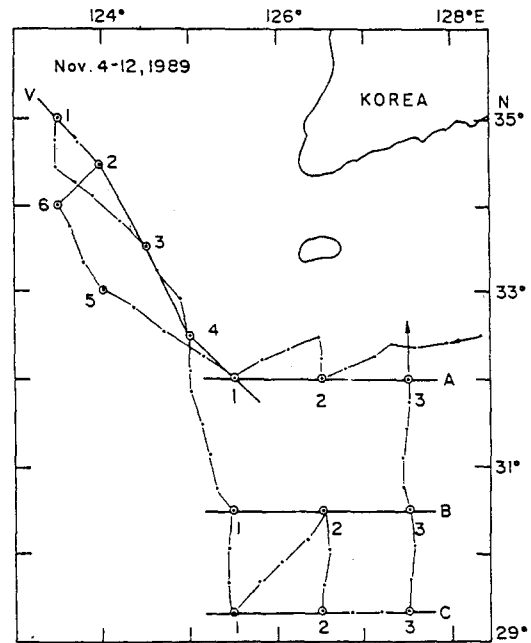


Fig. 1. Location of oceanographic stations of lines A, B, C and V in the East China Sea. Solid lines denote track of Survey.

결 과

1. 수온, 염분 및 thermosteric anomaly δ_T 의 분포

수온, 염분 및 thermosteric anomaly δ_T 의 수평 분포도는 Fig. 2~Fig. 4에, 그리고 연직 단면도는 Fig. 5~Fig. 8에 각각 나타내었다.

1) 수 온

Fig. 2에서 표면 수온의 분포는 동지나해의 가장 북쪽인 황해 남부 해역은 18.0~20.0°C의 저온으로 나타났으며, 제주 남서 해역은 제주 남서쪽 정점 A₁의 20.3°C를 중심으로 약 20.0°C의

균일한 수온 분포를 보였고, 제주 남쪽의 쓰시마 난류역은 22.0~25.0°C로 높은 수온 분포를 보였다.

표면 수온의 최고치는 남동쪽 쓰시마 난류역 정점 C₃의 25.3°C였으며, 최소치는 북서쪽 황해 남부역 정점 V₁에서 18.0°C였다. 표면 수온 수평 경도는 정점 A₂부근에서 약 0.15°C/mile, B₂부근에서 0.1°C/mile로 각각 나타났다.

Fig. 3에서 수심 50m의 수온 분포는 정점 V₁, V₂를 중심으로한 황해 남부역은 9.6~12.8°C의 저온으로 표층보다 크게 낮아졌으나, 제주 남서해역은 표층과 거의 같은 19.0~20.5°C 사이로 나타났고, 제주 남동쪽의 쓰시마 난류역은 표층과 유사한 모양으로 21.0~24.0°C의 높은 수온

분포를 나타냈다. 수평 경도는 정점 V₅ 부근에서 약 0.18°C/mile과 A₂ 부근에서 약 0.15°C/mile로 나타났다.

Fig. 4에서 저층 수온 분포는 표면 수온 분포와는 다르게, 정점 B₁의 최고치 22.0°C를 중심으로 등심원형으로 멀어질수록 낮아졌으며, 정점 V₁에서는 수심 50m의 것과 같이 낮았고, 수심이 가장 깊은 남동쪽 정점 C₃에서 6.8°C로 가장 낮았다.

Fig. 5에서 V line 수온 연직 분포는 대체로 9.0~20.0°C의 범위를 보이고 정점 V₁~V₃의 12.0~17.0°C의 수온 약층은 연직 경도가 강하게 나타나며 약 15.0°C 등온선을 중심으로 가장 북쪽 정점 V₁의 수심 30~40m에서 남동쪽의 정점 V₃

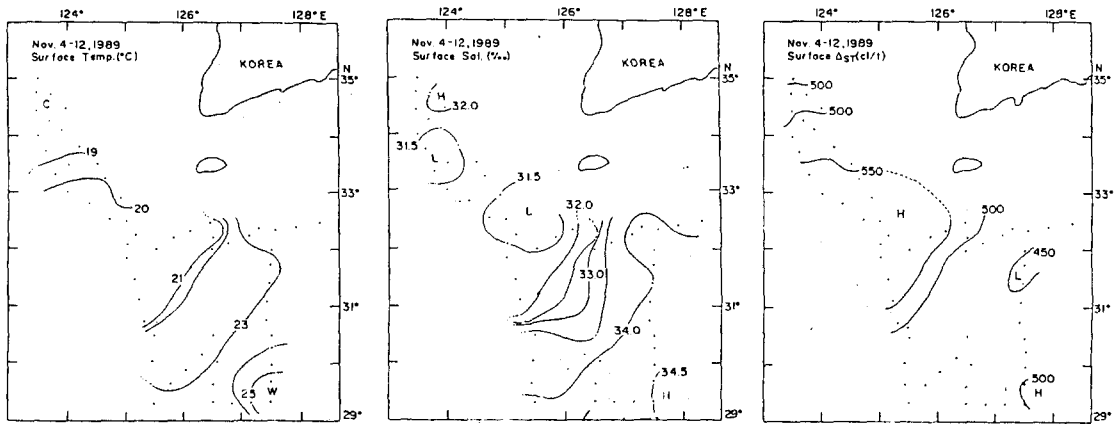


Fig. 2. Horizontal distributions of surface temperature, salinity and thermocline anomaly δ_T in November, 1989.

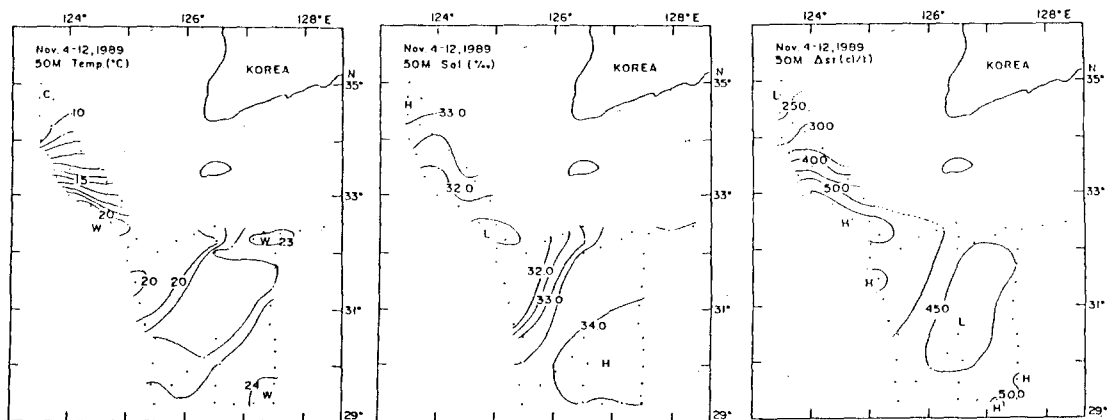


Fig. 3. Horizontal distributions of temperature, salinity and thermocline anomaly δ_T at 50m depth in November, 1989.

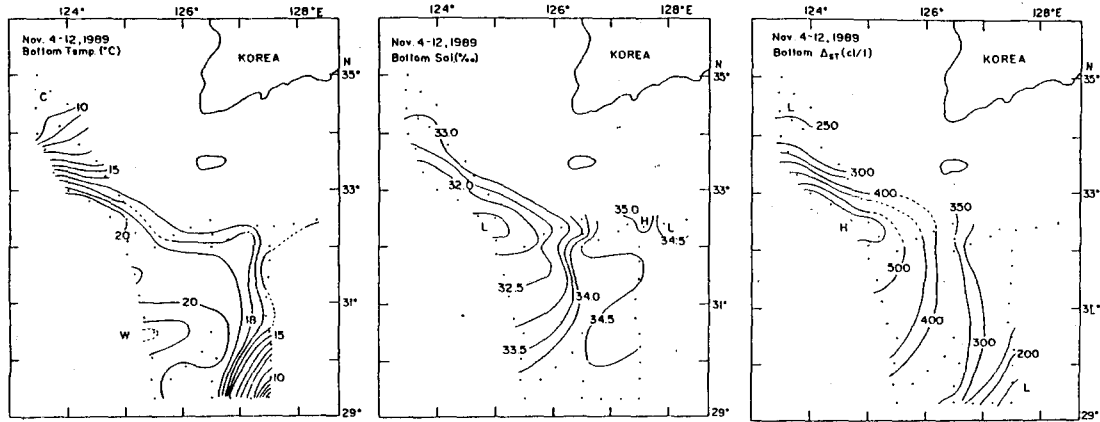


Fig. 4. Horizontal distributions of bottom temperature, salinity and thermocline depth δT in November, 1989.

쪽으로 가면서 수심 50~60m로 점차 깊어진다. 그리고 제주 남서쪽 정점 V₄에서는 연속적으로 균일하게 20.0°C 이상의 고온으로 높게 나타났다.

Fig. 6에서 A line 수온 연직 분포는 17.0~22.0°C의 범위이고 정점 A₃의 표면에서 수심 50m까지는 22.0°C 이상으로 높았다. 중국쪽인 정점 A₁에서는 수심 50m까지 20°C의 등온선이 균일하게 연속적으로 나타났으며, 수온 약층은 수심 60~80m사이에서 그 연직 경도가 약하게 나타났다.

Fig. 7에서 B line 수온 연직 분포는 A line에서와 비슷하게 16.0~23.0°C의 범위이고, 수심 50m이내에서는 등온선이 연속적으로 균일하게 나타났으며, 수온 약층은 수심 60~80m 사이에서 연직 경도가 약하게 보이고 있다. 중국쪽인 정점 B₁에서는 수온 역전이 나타났다.

Fig. 8에서 C line 수온 연직 분포는 15.0~25.0°C의 범위를 보이며 수심 60~80m부근에 수온 약층이 형성되어 있고, 동쪽의 정점 C₃의 표면 수온이 최고치 25.1°C를 보였다.

2) 염분

Fig. 2에서 표면 염분 분포는 표면 수온 분포와 거의 비슷하였고, 조사해역의 남동쪽 쓰시마 난류역 정점 C₃의 최대치 34.5‰을 기준으로하여 제주 남서쪽 정점 A₁부근의 31.1‰까지 북서 방향으로 큰 변화폭을 보였고, 정점 A₁에서 가장 북쪽인 정점 V₁ 사이는 31~32‰사이로 염분이

낮게 나타났다. 특히 염분의 수평 경도는 표면 수온과 같이 정점 A₂와 B₁에서 가장 크게 나타났다. 이 두정점을 잇는 선을 중심축으로 남동쪽 쓰시마 난류역은 33.0~34.5‰의 고염이었고, 북서쪽 황해 남부역은 32.0‰이하의 저염이었다.

Fig. 3에서 수심 50m 염분 분포는 제주 남서쪽 정점 V₄의 최소치 31.4‰을 기점으로 북서쪽 황해 남부역과 남동쪽 쓰시마 난류역은 각각 32.0~33.3‰, 32.0~34.0‰의 고염으로 나타났으며, 제주 남서 해역은 31.5~32.0‰의 저염분으로 나타났다. 염분의 수평 경도는 표층과 같이 정점 A₂와 B₁에서 크게 나타났다.

Fig. 4에서 저층 염분 분포는 수심 50m 염분 분포와 비슷하며, 황해 남부역과 쓰시마 난류역은 32.0~33.3‰, 32.0~34.5‰의 고염, 제주 남서 해역은 31.5~32.0‰의 저염으로 수심 50m와 거의 같은 분포 값을 나타냈다.

Fig. 5에서 V line 염분 연직 분포는 제주 남서쪽 정점 V₄의 표면에서 수심 50m까지는 31.4‰ 이하로 낮았고, 북쪽인 정점 V₁의 저층에서 33.3% 이상으로 가장 높게 나타났다. 염분 약층은 수온과 마찬가지로 가장 북쪽 정점 V₁의 수심 30~40m에서 남동쪽 정점 V₃쪽으로 가면서 수심 50~60m까지 깊어진다.

Fig. 6에서 A line 염분 연직 분포는 31.5~34.5% 범위내에 있으며 동쪽에서 서쪽으로 갈수록

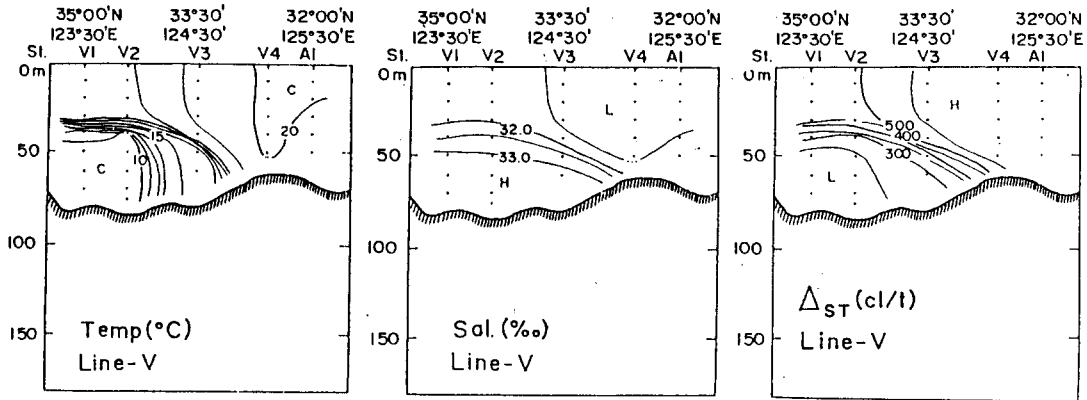


Fig. 5. Vertical distributions of temperature, salinity and thermosteric anomaly δ_T along V line in November, 1989.

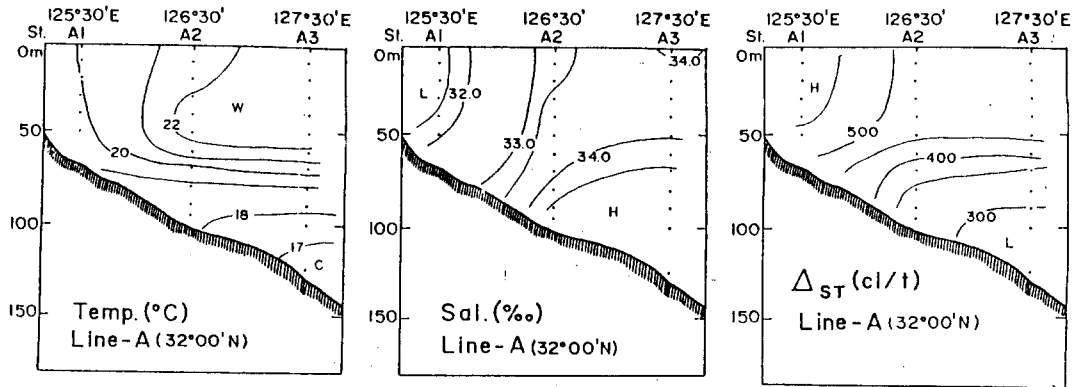


Fig. 6. Vertical distributions of temperature, salinity and thermosteric anomaly δ_T along A line in November, 1989.

염분 농도가 낮아진다. 또 수온 분포와 같이 정점 A₂ 서쪽에서는 등염선이 수심 50m까지 연속적으로 분포하였다.

Fig. 7에서 B line 염분 연직 분포는 정점 B₁의 표면에서 수심 20m까지 32.3‰로 낮고 서에서 동으로, 수심이 깊어질수록 고염으로 나타나 정점 B₃의 저층에서 34.6‰로 높게 나타났다.

Fig. 8에서 C line 염분 연직 분포는 정점 C₁의 33.8‰로부터 정점 C₃의 34.8‰까지 전해역이 비교적 고염으로 나타났다.

3) Thermosteric anomaly δ_T

Fig. 2에서 표층의 δ_T 분포는 정점 A₁과 V₄ 사이의 최대치 608cl/t를 중심으로한 제주 남서해역은 550~600cl/t의 낮은 밀도를 보였고 조사해역의 북서쪽 황해 남부 해역은 480~550cl/t

사이로 비교적 밀도가 높았으며, 남동쪽의 쓰시마 난류역은 450~550cl/t 사이의 높은 밀도를 나타냈다. 특히 정점 A₃와 B₃ 사이가 442cl/t로 가장 밀도가 높았으며, 수평 경도는 수온, 염분과 마찬가지로 정점 A₂와 B₁에서 높게 나타났다.

Fig. 3에서 수심 50m δ_T 분포는 제주 남서쪽 정점 V₄의 581cl/t를 기점으로 남동쪽의 쓰시마 난류역은 410~500cl/t사이의 비교적 균일한 밀도를 나타냈으며, 북서쪽 황해 남부 해역은 230~500cl/t사이로 변화폭이 컸다. 북으로 갈수록 밀도는 높아져 정점 V₁에서 227cl/t의 낮은 값을 보였으며 제주 남서 해역은 500~580cl/t사이로 밀도가 낮았다.

Fig. 4에서 저층 δ_T 분포는 저층의 수온, 염분

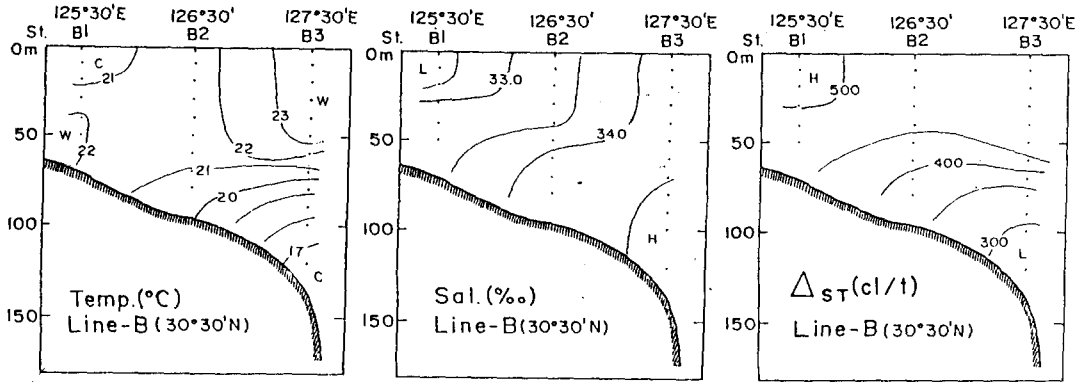


Fig. 7. Vertical distributions of temperature, salinity and thermocline anomaly δ_T along B line in November, 1989.

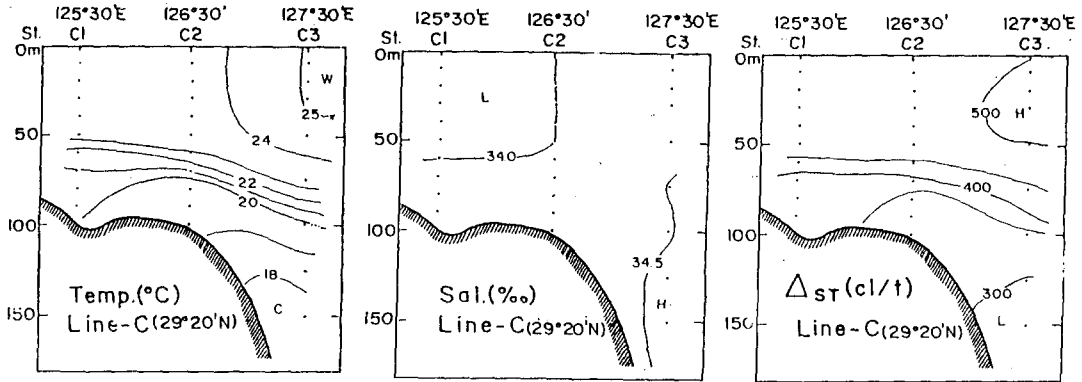


Fig. 8. Vertical distributions of temperature, salinity and thermocline anomaly δ_T along C line in November, 1989.

분포와 비슷하며, 정점 V_4 의 581cl/t 를 기점으로 조사해역의 남동·북서쪽으로 멀어질수록 낮게 나타나 북서쪽 황해 남부 해역은 $250\sim 500\text{cl/t}$, 남동쪽은 $150\sim 500\text{cl/t}$ 의 범위로 나타난다. 정점 V_1 부근이 222cl/t 로 비교적 밀도가 높았으며, 정점 C_3 의 114cl/t 이 최저값을 나타내었다.

Fig. 5에서 V line δ_T 연직 분포는 수온, 염분과 같이 정점 V_4 의 표면에서 수심 50m까지 580cl/t 이상으로 밀도가 낮았으며 조사해역의 북쪽인 정점 V_1 의 저층에서는 250cl/t 이하로 밀도가 높았다. 밀도 약층은 북쪽 정점 V_1 의 수심 30~40m층에서 존재하다가 남동쪽 정점 V_3 쪽으로 갈수록 수심 50~60m로 깊게 나타난다.

Fig. 6에서 A line δ_T 연직 분포는 $265\sim 580\text{cl/t}$ 범위내에 있으며, 염분 분포와 유사한 분포를 보이고, 수온, 염분과 마찬가지로 정점 A_2 의 서쪽은 등밀도선이 연직적으로 균일하게 나타난다.

Fig. 7에서 B line δ_T 연직 분포는 $255\sim 520\text{cl/t}$ 범위로 A line δ_T 분포와 비슷하게 나타났다.

Fig. 8에서 C line δ_T 연직 분포는 수심 60m 이내에서 $480\sim 510\text{cl/t}$ 사이로 비교적 균일하게 나타났다으며, 정점 C_3 의 표층에서 최대치 513cl/t , 저층에서 최소치 223cl/t 를 보였다.

2. 용존산소 및 영양염류의 분포

용존산소, 인산염, 질산염 및 규산염의 수평 분포도는 Fig. 9~Fig. 11에 그리고 연직 단면도는 Fig. 12~Fig. 15에 각각 나타내었다.

1) 용존산소

Fig. 9에서 표층의 용존산소 분포는 $3.00\sim 5.00\text{ml/l}$ 의 범위를 보였다. 제주 남동쪽 쓰시마 난류 해역에서는 $3.0\sim 4.5\text{ml/l}$ 였고 북서쪽 황해 남부 해역의 정점 V_1 부근은 5.0ml/l 이상으로

용존산소량이 높게 나타났다. 용존산소가 가장 적은 곳은 정점 C₁으로 3.01ml/l였다.

Fig. 10에서 수심 50m의 용존산소 분포 범위는 2.30~5.10ml/l로 나타났으며, 북서쪽의 황해 남부 해역은 표층과 같이 5.0ml/l 이상으로 높게 나타났고, 쓰시마 난류역은 2.30~4.80ml/l 사이로 나타났다. 용존산소가 가장 적은 곳은 정점 B₂로 2.30ml/l를 보였다.

Fig. 11에서 저층의 용존산소 분포는 2.10~4.70ml/l의 범위를 보이며 황해 남부역과 중국 대륙쪽은 4.0ml/l 이상으로 용존산소량이 높고,

쿠로시오계 쓰시마 난류역은 3.5ml/l 이하로 적게 나타났다.

Fig. 12에서 V line 용존산소 연직 분포는 정점 V₁의 수심 40m 수온 약층 부근에서 5.97ml/l로 가장 높게 나타났으며 제주 서쪽인 정점 V₃의 수심 70m 부근에서는 3.67ml/l로 낮게 나타났다.

Fig. 13에서 A line 용존산소 연직 분포는 정점 A₂의 수심 75m에서 2.01ml/l로 가장 낮았으며, 중국쪽인 정점 A₁의 표층에서 수심 40m까지는 4.50ml/l 이상으로 높게 나타났다.

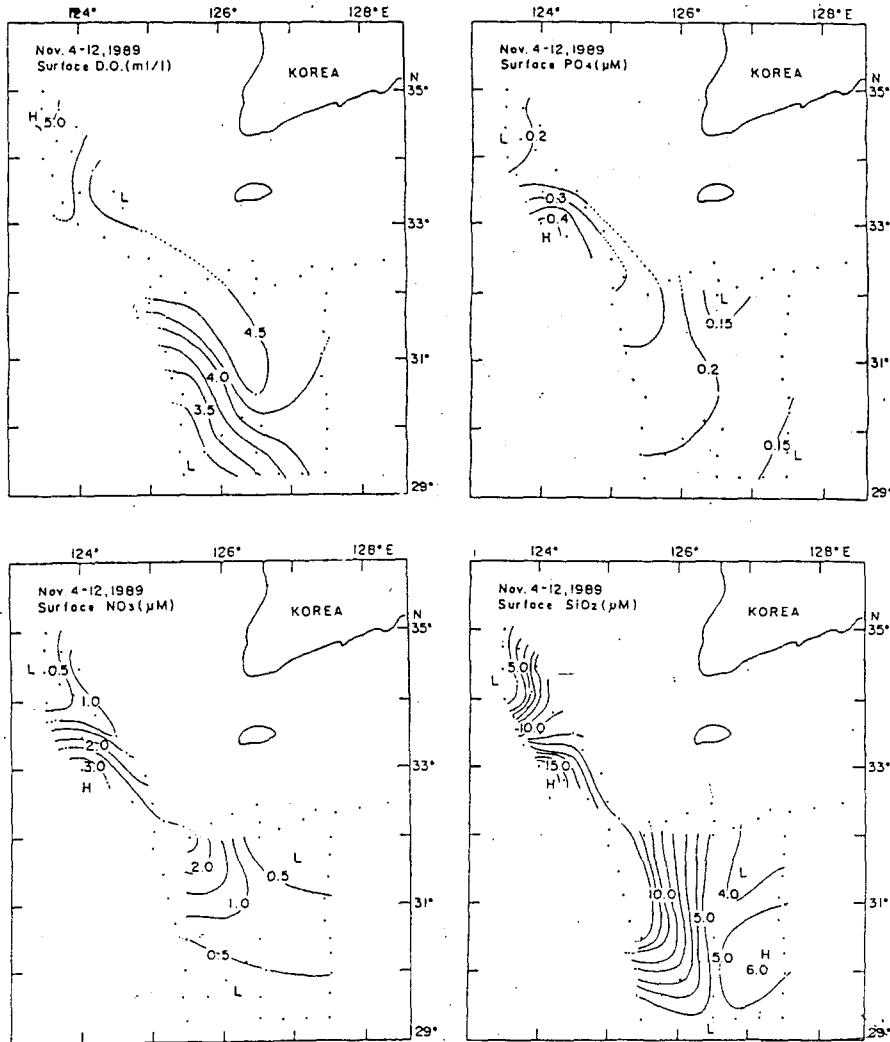


Fig. 9. Horizontal distributions of surface dissolved oxygen, phosphate, nitrate and silicate in November, 1989.

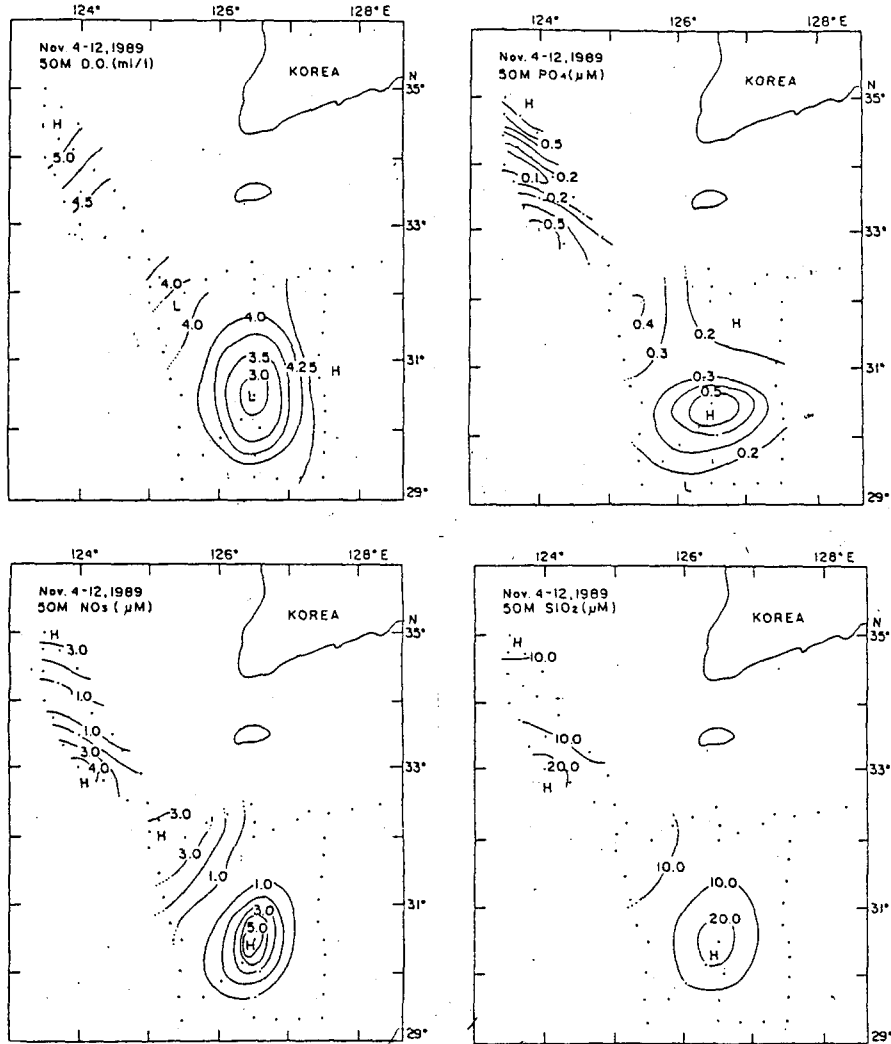


Fig. 10. Horizontal distributions of dissolved oxygen, phosphate, nitrate and silicate at 50m depth in November, 1989.

Fig. 14에서 B line 용존산소 연직 분포는 제주 남쪽 정점 B₂의 수심 80m에서 2.14ml/l의 낮은 값을 보이며, 전해역이 표층에서 수심 50m까지는 4.30~4.70ml/l 사이로 나타났다.

Fig. 15에서 C line 용존산소 연직 분포는 정점 C₁의 수심 90m에서 2.20ml/l로 낮은 값을 보이며, 정점 C₁, C₂에서는 표층이 4.0ml/l 이하로 낮고 수심 20~60m 사이는 4.00~4.27ml/l로 표층보다 높게 나타났다.

2) 인산염

Fig. 9에서 인산염의 표층 분포는 최대치 0.42

μM 인 제주 남서쪽의 정점 V₅를 기점으로 남동·북서쪽으로 멀어질수록 낮아졌으며 제주 남쪽 정점 A₂에서 최저치 0.12 μM 로 나타났다. 한편 제주 남쪽의 쓰시마 난류역은 0.25 μM 이하의 낮은 분포였으며, 황해 남부역도 0.20 μM 이하의 낮은 값을 나타냈다.

Fig. 10에서 수심 50m 인산염 분포는 제주 남쪽 정점 B₂에서 0.72 μM 로 가장 높게 나타났고, 황해 남부역의 정점 V₁과 제주 서쪽의 정점 V₅에서도 비교적 높은 0.67 μM 과 0.57 μM 로 나타났다.

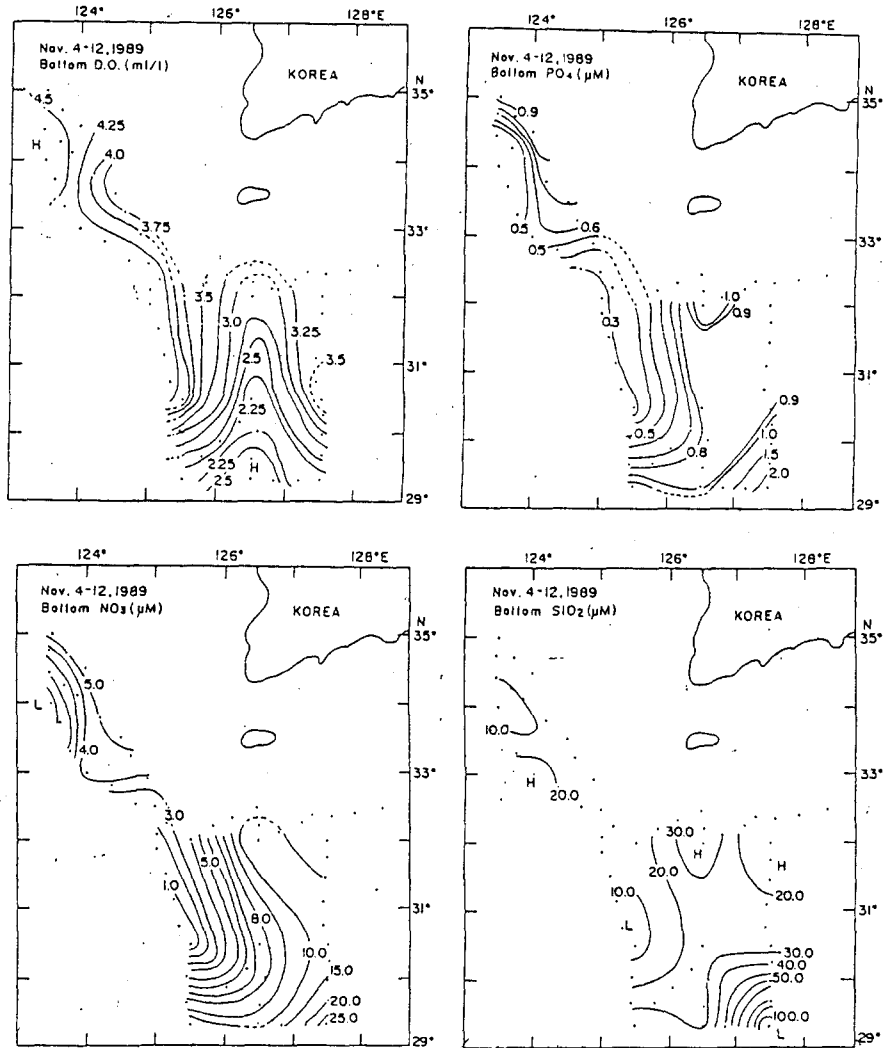


Fig. 11. Horizontal distributions of bottom dissolved oxygen, phosphate, nitrate and silicate in November, 1989.

Fig. 11에서 인산염 저층 수평 분포는 쓰시마 난류역의 수심이 깊은 정점 C₃에서 2.24μM로 가장 높았으며, 북서쪽인 황해 남부역 정점 V₁에서는 비교적 높은 0.92μM로 나타났고, 중국 대륙 연안쪽이 대체로 0.30μM 이하의 낮은 값을 보였다.

Fig. 12에서 V line 인산염 연직 분포는 정점 V₁의 표면에서 수심 40m까지 0.2μM이하로 낮고, 40m이하로 깊어지면서 0.9μM까지 점차 높아진다. 제주 서쪽의 정점 V₄에서는 전수심에

걸쳐 다른 곳보다 비교적 높은 0.3~0.5μM 범위의 분포를 보이며 그 중 수심 10m에서 0.51μM로 높은 값을 보인다.

Fig. 13에서 A line 인산염 연직 분포는 0.1~1.0μM 범위를 보이며 정점 A₂의 저층에서 최대치 1.06μM이었다. 연직 경도는 정점 A₂의 수심 80~90m 사이, 정점 A₃의 수심 60~70m 사이가 약 0.05μM/m로 나타났다.

Fig. 14에서 B line 인산염 연직 분포는 0.2~0.8μM의 범위를 보였고 수심 40~50m까지는

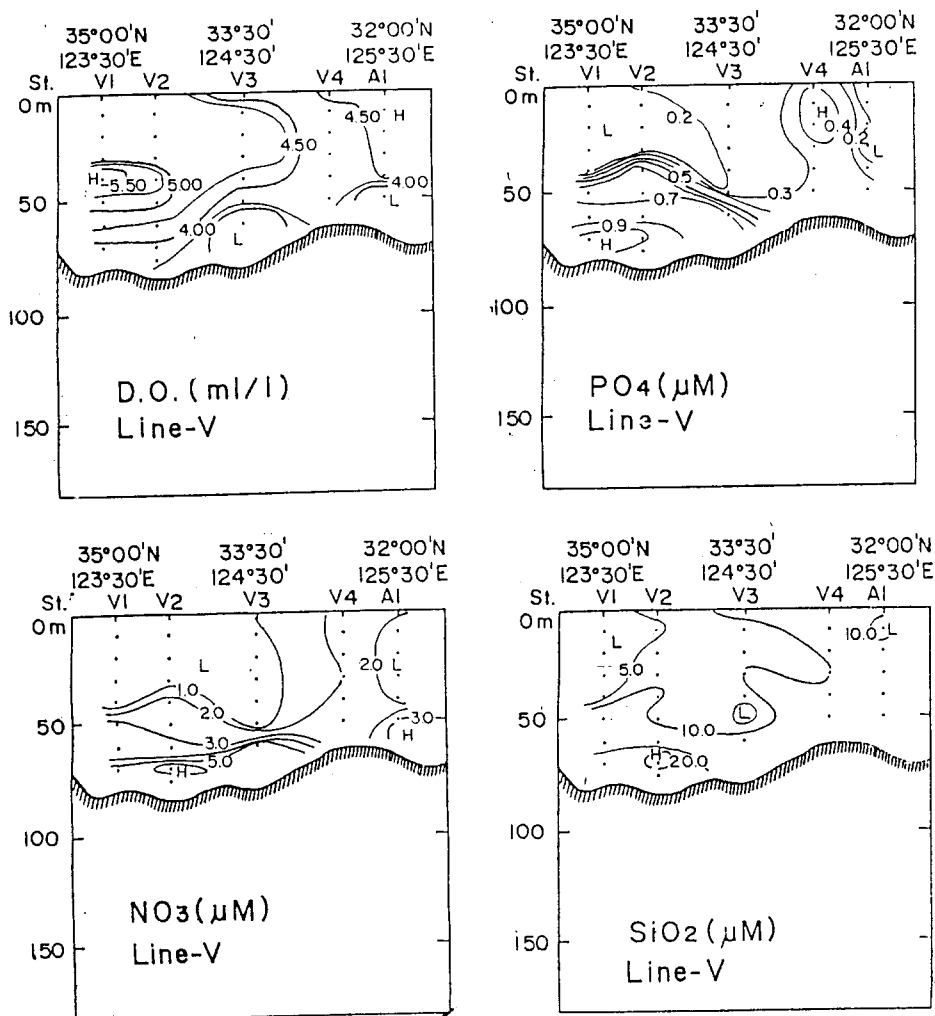


Fig. 12. Vertical distributions of dissolved oxygen, phosphate, nitrate and silicate along V line in November, 1989.

전해역이 $0.3\mu M$ 이하의 낮은 분포를 보였으며 연직 경도는 정점 A₂의 수심 40~50m에서 약 $0.05\mu M/m$ 로 나타났다.

Fig. 15에서 C line 인산염 연직 분포는 전해역이 표층에서 수심 60m까지는 $0.2\mu M$ 이하의 낮은 분포였으며 정점 C₃의 저층에서 $1.04\mu M$ 로 높았다. 연직 경도는 정점 C₁의 수심 70~80m 사이에서 $0.08\mu M/m$ 로 크고, 정점 C₂의 수심 90~100m 사이에서는 $0.05\mu M/m$ 를 나타냈다.

3) 질산염

Fig. 9에서 질산염의 표층 수평 분포는 인산염과 비슷하며 농도 범위는 $0.1\sim 3.7\mu M$ 사이로,

제주 서쪽 정점 V₅에서 $3.7\mu M$ 로 컷으며 북서쪽의 황해 남부역 정점 V₁에서는 $0.2\mu M$ 로 작게 나타났고, 남동쪽의 쓰시마 난류역 정점 C₃에서는 최소값 $0.1\mu M$ 을 보였다.

Fig. 10에서 수심 50m의 질산염 분포는 인산염의 수심 50m 분포와 비슷하며 농도 범위는 $0.1\sim 7.8\mu M$ 이었다. 제주 남쪽 정점 B₂에서는 $7.8\mu M$ 로 크게 나타났으며 제주 서쪽 정점 V₅도 비교적 큰 $4.6\mu M$ 을 나타냈다.

Fig. 11에서 저층의 질산염 분포는 인산염의 저층 분포와 흡사하며, 범위는 $0.1\sim 27.7\mu M$ 로 나타난다. 제주 북서쪽 정점 V₆에서는 가장 작은

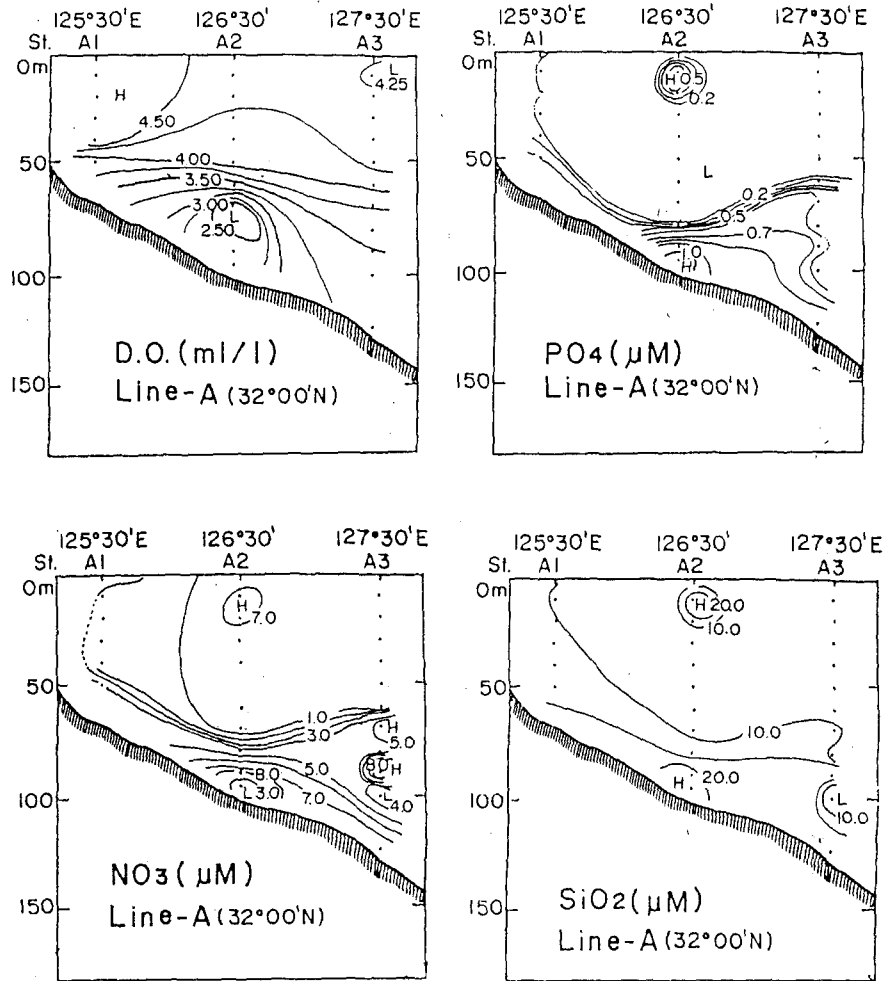


Fig. 13. Vertical distributions of dissolved oxygen, phosphate, nitrate and silicate along A line in November 1989.

0.1 μM , 남동쪽의 쓰시마 난류역 정점 C₃에서는 가장 큰 27.7 μM 이었다.

Fig. 12에서 V line 질산염 연직 분포는 인산염의 경우와 같은 분포 형태를 나타냈으며, 분포 범위는 0.1~6.8 μM 이었다.

Fig. 13에서 A line 질산염 연직 분포는 인산염 경우와 비슷하며, 0.1~8.6 μM 사이의 분포 범위를 보이고, 제주 남쪽의 정점 A₂의 수심 80~90m 사이에서 0.45 $\mu M/m$ 로 연직 경도가 크게 나타났으며 수심 90m에서 8.6 μM 의 최대치를 보이고, 정점 A₃의 수심 80~90m 사이에서는 다소 주위보다 그 값이 커진다.

Fig. 14에서 B line 질산염 연직 분포는 인산염

경우와 흡사하며, 정점 B₂의 수심 40~50m 사이에서 0.7 $\mu M/m$ 로 연직 경도가 크다. 정점 B₃의 수심 20~50m 사이에서 0.1 μM 로 최소 값을 보이고, 저층으로 갈수록 점차 커져 120m에서는 10.6 μM 을 나타냈다.

Fig. 15에서 C line 질산염 연직 분포는 0.1~11.8 μM 의 분포 범위를 보이며 인산염과 마찬가지로 수심 60m까지는 0.3 μM 이하의 낮은 농도를 나타내고, 정점 C₁의 수심 60~70m 사이에서 연직 경도가 1.1 $\mu M/m$ 의 가장 큰 값을 보인다. 정점 C₃의 경우 수심 120m 부근에서 주위보다 다소 작아져 2.7 μM 를 보이다 깊어짐에 따라 점차 값이 커져 10.0 μM 정도로 크게 나타난다.

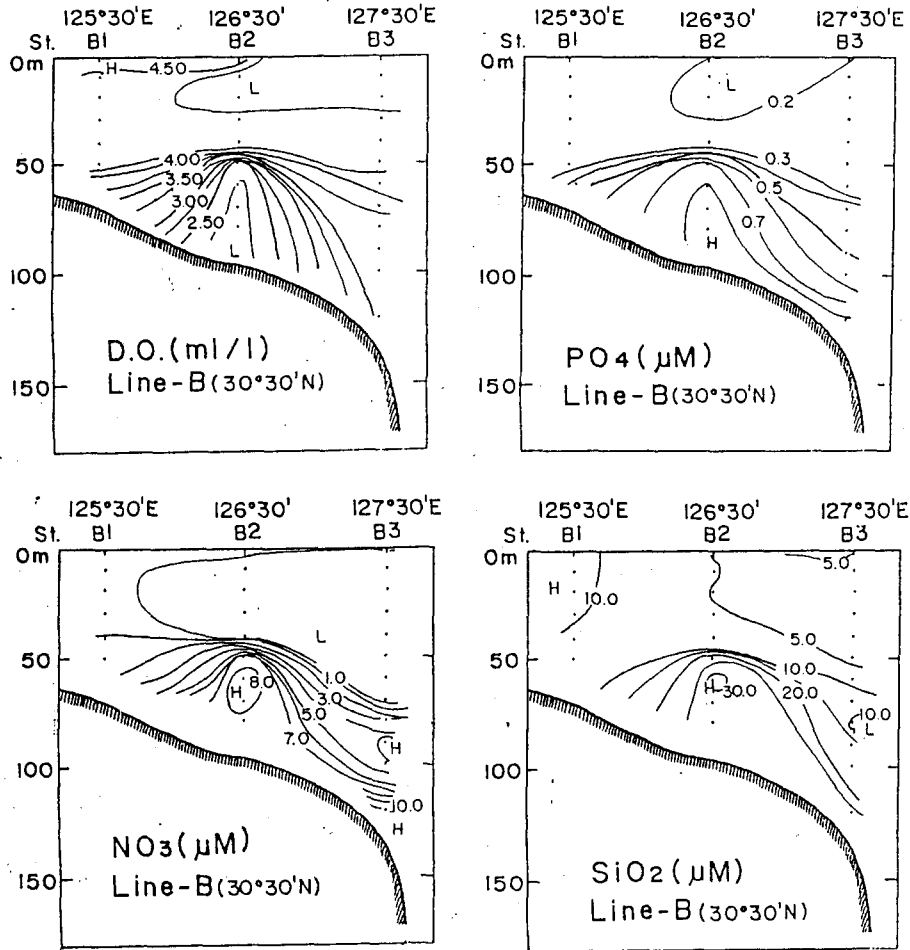


Fig. 14. Vertical distributions of dissolved oxygen, phosphate, nitrate and silicate along B line in November, 1989.

4) 규산염

Fig. 9에서 규산염의 표면 수평 분포는 $3.0 \sim 18.4 \mu M$ 범위이며 북서쪽 황해 남부역의 정점 V_1 , V_6 부근과 남동쪽 쓰시마 난류역의 정점 C_3 에서 $3.9 \mu M$ 로 낮았고, 정점 A_3 에서 가장 낮은 $3.0 \mu M$ 을 보였으며, 최대치는 정점 V_5 에서 $18.4 \mu M$ 로 나타난다. 제주 남동쪽의 쓰시마 난류역은 대체적으로 $3.0 \sim 6.0 \mu M$ 정도의 낮은 농도를 보인다.

Fig. 10에서 수심 50m의 규산염 분포는 인산염, 질산염 분포와 유사하며 $3.0 \sim 28.0 \mu M$ 의 범위를 보이고, 최대치는 제주 남쪽 정점 B_2 에서

$28.0 \mu M$ 로 나타났으며 제주 서쪽 정점 V_5 에서도 높은 $24.2 \mu M$ 이었다.

Fig. 11에서 저층의 규산염 분포는 $5.9 \sim 113.0 \mu M$ 범위로, 정점 B_1 에서는 $5.9 \mu M$ 로 낮게 나타났고 북서쪽 정점 V_1 에서는 $19.3 \mu M$ 로 비교적 높았다. 수심이 깊은 제주 남동쪽 정점 C_3 는 $113.0 \mu M$ 의 최대치를 보인다.

Fig. 12에서 V line 규산염 연직 분포는 표층에서 $2.0 \sim 12.6 \mu M$ 의 범위를 보이며 북쪽에서는 $5.0 \mu M$ 이하로 낮고 남으로 내려 올수록 값은 점차 커진다. 최대치는 정점 V_2 의 수심 70m에

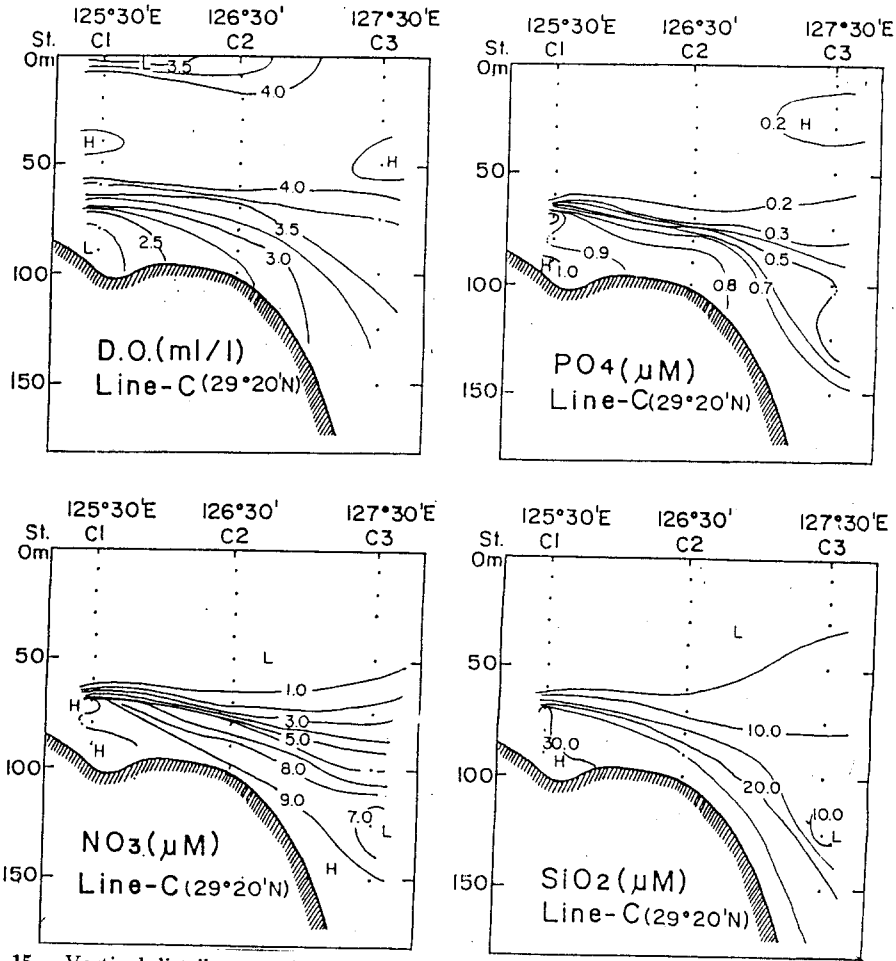


Fig. 15. Vertical distributions of dissolved oxygen, phosphate, nitrate and silicate along C line in November, 1989.

서 $21.3\mu M$ 로 나타났다.

Fig. 13에서 A line 규산염 연직 분포는 $1.0 \sim 33.8\mu M$ 의 범위를 보이며, 서쪽보다 동쪽이 값이 낮으며, 정점 A₂의 수심 95m에서 최대값 $33.8\mu M$ 를 보인다. 정점 A₃의 수심 70~90m 사이에서도 값은 주위보다 비교적 높게 나타났다.

Fig. 14에서 B line 규산염 연직 분포는 $3.7 \sim 31.9\mu M$ 의 범위를 보이고, 표층 40m까지는 서쪽에서 동으로 갈수록 낮아진다. 정점 B₂의 수심 40~50m 사이에서 연직 경도가 가장 큰 $2.0\mu M/m$ 를 나타내며, 수심 60m에서는 최대치인 $31.9\mu M$ 를 나타냈다.

Fig. 15에서 C line 규산염 연직 분포는 3.0

$\sim 37.6\mu M$ 의 범위이고 정점 C₁의 수심 70~80m 사이에서 약 $3.4\mu M/m$ 로 연직 경도가 크게 나타났으며 90m에서 $36.7\mu M$ 로 최대치를 보였다.

고찰

조사 해역의 표층 해황은 고온·고염의 쓰시마 난류수와 저온·저염의 중국 대륙 연안수로 대별되고(Fig. 16), 그 사이에는 제주 남쪽 정점 A₂에서 정점 B₁까지 남서 방향의 강한 전선이 표층에서 50m까지 나타나고 있다(Fig. 2, Fig. 3). 이 전선의 남동쪽에 분포하는 수온 $22\sim 24^\circ C$, 염분 $33.5\sim 34.5\text{‰}$, δ_T 450~500cl/t인 고온·고염수

는 쓰시마 난류수이며, 전선의 북서쪽 황해 남부역과 제주 남서 해역에는 수온 18~20°C 염분 32.0‰ 이하, δ_T 550~600cl/t인 저온·저염수로 중국 대륙 연안수이다. 이것은 Fig. 9의 용존산소 수평 분포에도 뚜렷이 나타나는 것처럼 중국 대륙 연안수 보다 무거운 쓰시마 난류수는 용존산소가 3.5~4.5ml/l이고 중국 대륙 연안수는 이보다 용존산소가 풍부하여 4.5~5.0ml/l로 나타난다. Fujiwara(1981)의 연구 결과에 의한 20년 평균치를 보면 동지나해에 나타나는 수괴의 용존산소량이 중국 대륙 연안수역은 동계에 5.6~6.4ml/l, 하계에 4.8~4.9ml/l이고 쓰시마 난류역은 동계에 4.8~4.9ml/l, 하계에 4.6~4.8ml/l로 동·하계 모두 중국 연안수역이 쓰시마 난류역 보다 높다. 본 연구 결과와 Fujiwara의 결과는 용존산소의 절대치에서 차이가 있으나 동계·하계에 양 수괴의 상대적인 용존산소량의 변화는 같은 경향을 나타내고 있다. 쓰시마 난류역이 중국 대륙 연안수역 보다 용존산소가 적은 것은 수온에 따른 포화도의 차이로 인하여 생긴 결과라고 생각된다.

또 Fig. 9에서 보면 인산염, 질산염 규산염은 각각 $0.25\mu M$ 이하, $1.0\mu M$ 이하, $10.0\mu M$ 이하로서 중국 대륙 연안수의 인산염, 질산염, 규산염 $0.2\sim 0.4\mu M$, $1.0\sim 2.5\mu M$, $10\sim 18\mu M$ 보다 모두 낮게 나타나고 있다. 여기서 제주 남서 해역의 대륙 연안쪽에서 가장 높은 값을 보이는 것은 영양염이 풍부한 양자강수의 영향을 받은 중국 대륙 연안수가 표층으로 확장되어 유입되기 때문이라 볼 수 있다(Kato, 1969).

한편, 저층의 해황은 표층보다 복잡한 양상을 보이며, 제주 남서 해역의 정점 V_4 , V_5 에서 저층의 수형은 표층과 동일한데(Fig. 16) 이것은 관측 당시 바람이 많이 불고, 파고가 3~4m였으며, 11월은 기온 하강기였으므로 표면 수온이 낮아지고 연직 대류가 왕성하게 일어나 중국대륙 연안수가 표층에서 저층까지 균질적인 혼합층을 형성한 것으로 판단된다. 이 중국대륙 연안수의 분포역의 북쪽인 황해 남부역의 정점 V_1 , V_2 에서는 수심 40~60m에 강한 수온 약층이 형성되어 있으며 그 밑에는 수온 10°C 이하, 염분 32.0~33.3‰, δ_T 300cl/t 이하인 저온·고염수가 존재한다(Fig. 5). 이 물은 동계에 차고 건조한

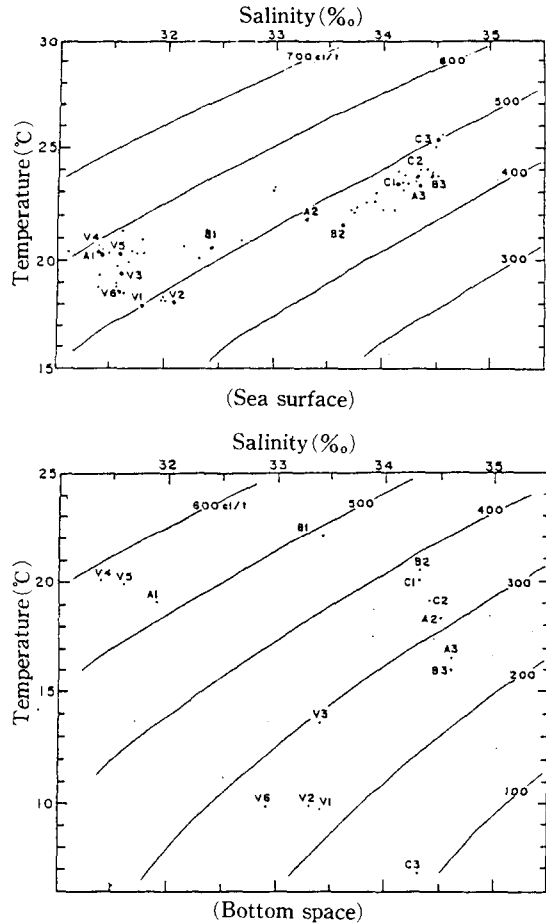


Fig. 16. T-S diagrams of surface and bottom plotted based on the data of 15 oceanographic stations of Fig. 1 in November, 1989.

계절풍에 의하여 교란된 표층수가 연직 대류에 의하여 균질적인 수주로 되고(Ho et al, 1959; Nakao, 1977; Lacombe et al, 1981), 봄부터 가을까지 표층수가 가열되어 강한 수온 약층을 형성하면서 새로운 표층수밀에 분리되어 남은 황해 저층 냉수이기 때문에 용존산소가 4.5~5.5ml/l로 높게 나타난다(Fig. 12). 그리고 인산염, 질산염, 규산염은 $0.8\mu M$ 이상, $5.0\mu M$ 이상, $10\mu M$ 이상으로 표층보다 높은 값을 보인다(Fig. 9, Fig. 11).

Fukase(1975)는 동지나해 대륙붕 해역에 봄철에 현저한 수온 약층이 발달하며 그 밑에는 동지나해 저층수가 4계절 존재한다 하였다. 제주 남

방 31°N 부근에 수온 12~15°C, 염분 33.0~34.2‰인 수괴를 중부 저층수, 대륙붕 남부에 있는 수온 16~19°C, 염분 34.4~34.8‰의 난류성 수괴를 남부 저층수라 하였는데 이 남부 저층수의 북단은 오오시마 열도의 서방 대륙붕상, 31°N의 중부 저층수 동측에 접하는 곳이라 하였다. 그리고 이 동지나해 남부 저층수는 쿠로시오 본류역 수심 200~300m에 수온 10~18°C, 염분 34.2~34.8‰, δ_T 160~290cl/t 및 용존산소 4.0 ml/l 이하의 특징을 갖는 서부 북태평양 중앙수가 대륙붕상에 관입됨에 따라 영향을 받는다 하였다(Park, 1985).

제주 남동쪽 정점 A₃, B₃의 수심 70~90m에는 18~20°C의 수온 약층이 형성되어 있으며 그 밑에 수온 15~19°C, 염분 34.5‰의 저온·고염수가 나타난다. 이 물은 δ_T 330cl/t 이하인 동지나해 남부 저층수로 황해 저층 냉수와 거의 같은 밀도를 보이거나 용존산소가 2.5~3.5ml/l인 저산소수이다(Fig. 11). 인산염, 질산염, 규산염은 각각 0.5 μ M 이상, 1.0 μ M 이상, 10.0 μ M 이상으로 표층보다 높게 나타난다(Fig. 9, Fig. 11). 남북 방향으로 분포하는 δ_T 350cl/t 등치선(Fig. 4)과 수온 약층이 형성되어 있는 수심을 비교하면 정점 A₂, B₂와 C₂ 부근 80~100m 등심선을 중심으로 남북 방향의 조경이 형성되는 것으로 판단된다. 이 조경의 서쪽 수심이 얇은 해역에는

제주 남서 해역의 중국 대륙 연안수와 접하면서 수온 20~21°C, 염분 34‰의 쓰시마 난류수가 분포한다(Fig. 4). 용존산소는 표층의 3.0~4.5 ml/l보다 낮은 2.5~3.5ml/l이며, 인산염, 질산염, 규산염은 각각 0.3 μ M 이상, 5.0 μ M 이상, 10.0 μ M 이상으로 표층보다 높게 나타난다(Fig. 9, Fig. 11).

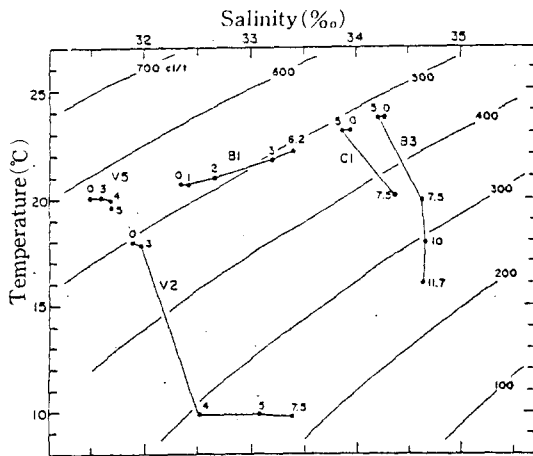
이와 같은 조사 해역의 해황을 명확하게 하기 위하여 중국 대륙 연안수는 정점 V₅, 황해 저층 냉수는 정점 V₂, 쓰시마 난류수는 정점 C₁, 동지나해 남부 저층수는 정점 B₃를 대표점으로 선정하여 T-S-Diagram 상에 표시하였다(Fig. 17). 정점 B₁은 쓰시마 난류수와 중국 대륙 연안수의 중간적 특성을 보였으므로 함께 조사하였다.

정점 B₁의 표면 수온은 20.6°C로 주변수와 별로 차가 없으나 저층의 경우는 가장 높은 22.1°C를 나타내는 수온 역전 현상을 보이고 있다. 염분은 32.3~33.3‰ 사이로 약간 낮았으며 δ_T 는 490~530cl/t으로 비교적 가벼운 물이었다. 용존산소는 4.3~4.7ml/l 사이로 표층은 주위와 비슷했으나 저층은 높은 값을 나타냈다.

그리고 정점 C₁, C₂에서는 표층보다 오히려 수심 20~40m에서 용존산소가 크게 나타나고 있다. 이것은 혼합 해역내의 연안 용승으로 인한 수온 역전현상(Kim and Yang and Yoon, 1982)과 중국 대륙 연안수와 쿠로시오수가 혼합되는 과정에선 혼합도가 틀린 물이 연직적으로 다른 위치에 분포하게 되어 발생한 현상(Sawara and Hanzawa, 1979)으로 생각된다.

T-S diagram 상에서 중국 대륙 연안수인 정점 V₅와 쓰시마 난류수의 정점 C₁과 함께 비교하여 보면 정점 B₁은 수온, 염분, 밀도에 있어서 중간적인 위치를 나타내어 표층은 중국 대륙 연안수에 가깝고 저층은 쓰시마 난류수의 표층과 가까운 특성을 보이는데 이는 쓰시마 난류수와 중국 대륙 연안수의 혼합 해역임을 나타내고 있다고 사료된다. 그리고 정점 B₁의 동쪽 정점 B₂에서는 (Fig. 10) 저층수의 upwelling 현상과 비슷한 현상이 나타나는 것으로 생각되나 확실한 원인은 알 수가 없다.

이상과 같은 결과에서 조사 해역내의 해황은 표층보다는 저층이 복잡한 양상을 보이며 황해 저층냉수, 동지나해 남부 저층수, 혼합층이 잘



Small numbers represent depth(x 10m unit)
 Fig. 17. T-S diagram at selected stations according to the water types in November, 1989.

발달된 중국 대륙 연안수 및 쿠로시오계 쓰시마 난류수 그리고 중국 대륙 연안수와 쿠로시오계 쓰시마 난류수의 중간적 특성을 가진 물이 함께 분포하는 것으로 생각된다.

요 약

1989년 11월 4~12일의 동지나해에서 관측한 자료를 사용하여 해황을 조사하였다. 그 결과 표층의 해황은 쓰시마 난류수와 중국 대륙 연안수로 대별되고 그 사이에는 강한 전선이 형성되고 있다. 쓰시마 난류수는 수온 22~24°C, 염분 33.5~34.5‰의 고온·고염수로 용존산소는 4.5ml/l 이하로 낮았다. 그리고 중국 대륙 연안수는 수온 18~20°C, 염분 32.0‰ 이하인 저온·저염수로 용존산소는 4.5~5.0ml/l로 높게 나타났다.

저층에도 역시 표층과 같이 쓰시마 난류수와 중국 대륙 연안수가 존재하였다. 이 외에도 북쪽에는 수온 10°C 이하, 염분 33.0‰ 내외, 용존산소는 4.5ml/l 이상의 고산소수인 황해 저층 냉수가 분포하고, 동남쪽에는 수온 15~19°C 염분 34.5‰, 용존산소는 2.0~3.5ml/l의 저산소수인 동지나해 남부 저층수도 분포하였다.

그리고 중국 대륙 연안수와 쓰시마 난류수의 중간 특성을 나타내는 수온 20.5~22.0°C, 염분 32.3~33.3‰의 물은 중국 대륙 연안수와 쓰시마 난류가 혼합된 결과라고 판단된다.

참고문헌

Kato, T. (1969): On the Distribution of the Water Mass produced by Water Mixing and the Change of Chemical Composition. *Oceanography and Meteorology* 44 (1-2), 17-42 (in Japanese).

Lim, D. B. (1971): On the Origin of the Tsushima

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

Lie, H. J. (1984): A Note on Water Masses and General Circulation in the Yellow Sea(Hwanghae). *J. Oceanol. Soc. Korea* 19(2), 187-194.

Kondo, M. (1985): Oceanographic Investigations of Fishing Grounds in the East China Sea and the Yellow Sea-I. Characteristics of the Mean Temperature and Salinity Distributions Measured at 50m and near the Bottom. *Bull. Seikai Reg. Fish. Res. Lab.* 62, 19-66(in Japanese).

Miyazaki, M. and S. Abe (1960): On the Water Masses in the Tsushima Current Area. *J. Oceanol. Soc. Japan* 16(2), 19-68(in Japanese).

Sawara, T. and Y. Hanzawa (1979): Distribution of Water Type in the East China Sea. *Oceanography and Meteorology* 54(4), 13-26(in Japanese).

Inoue, N. (1975): Bottom Current on the Continental Shelf of the East China Sea. *Marine Sciences*, 7(1), 12-19(in Japanese).

Fukase, S. (1975): Bottom Water on the Continental Shelf in the East China Sea. *Marine Sciences* 7(1), 19-26(in Japanese).

Asaoka, O. (1975): Biological Oceanography of the East China Sea. *Marine Sciences* 7(1), 38-45(in Japanese).

Park, Y. H. (1985): Some Important Summer Oceanographic Phenomena in the East China Sea. *J. Oceanol. Soc. Korea* 20(1), 12-21.

국립수산진흥원(1979): 한국 해양 편람 제3판. 110-111.

김희준·양성기·윤홍주(1982): 한국 서해의 수온 역전 현상. *어업 기술* 18(2), 91-96.