

1981年 夏季 東海沿岸域의 異常低水溫現象⁺

洪 鐵 勳* · 曹 圭 大** · 楊 城 基***

* 統營水產專門大學 · ** 釜山水產大學 海洋學科 · *** 濟州大學 海洋學科

On the Abnormal Cooling Phenomenon in the Coastal Areas of East Sea of Korea in Summer, 1981⁺

*Chol-Hoon Hong, * Kyu-Dae Cho** and Sung-Ki Yang****

* Tong-Young National Fisheries Junior College, Chungmu 603

** Department of Oceanography, National Fisheries University of Pusan, Pusan 608

*** Department of Oceanography, Cheju National University, Cheju 590

要約 : 1981년 7월 7일~12일 기간중 동해에서의 해양관측 결과와 국립수산물진흥원(1961~1981년) 및 일본 기상청 자료(1975, 1981년)를 분석한 결과, 1981년 하계의 10°C 등온선이 130°E선의 35° 30'N 이남 해역에서 약 75m 이심에 나타났으나 이 이북 해역에서부터 20~30m로 급격히 상승했다. 한편, 1966~1981년의 130°E선에서 35°N~37°30'N의 3정점의 깊이 100m의 수온표준편차는 2~4°C로서 변동폭이 매우 컸다. 1981년 하계의 수온 편차는 표준 편차의 1.5배 이상이며, 수심 150m 이치는 평년에 비해 5~10°C 낮았다. 특히 10°C 등온선이 평년보다 20~120마일 남하하여 35°N~36°N 해역에 까지 이르렀다.

이상의 결과를 종합해 볼 때 1981년은 약 15년(1966~1981년) 동안에 처음 있는 이상 저수온년이었다.

Abstract: The abnormal cooling phenomenon occurred in the coastal areas of East Sea of Korea in summer, 1981 is studied on the basis of the oceanographical data obtained by the National Fisheries University of Pusan, in July, 1981 and by Fisheries Research and Development Agency of Korea during 1961 to 1981 and by Japan Meteorological Agency in 1975 and 1981.

The vertical section of temperature along 130°E showed that the warmer waters more than 10°C occupied at upper layer of about 75m depth in south of 35°30'N but to the north 35°30'N the layer changed rapidly thinner as 20m to 30m depth.

In the areas of East Sea during 1966 to 1981, the temperature fluctuations at 100m depth ranged greatly in standard deviation from 2°C to 4°C. The temperature anomaly in 1981 was about 1.5 times of the standard deviation and at the upper layer of 150m depth the temperatures became colder by 5~10°C than average values in August, 1961~1975. The 10°C isotherm at 100m depth in 1981 appeared between 35° and 36°N, shifting southward 20 to 120 miles than mean year.

These results showed that the abnormal cooling phenomenon in the areas of East Sea of Korea in summer occurred most predominantly in 1981 in period from 1966 to 1981.

서 론

동해는 서태평양의 연해로서 일본열도로 둘러싸여 주변해수와 거의 차단되어 있어 그 해황은

대한해협을 통해 유입되는 쓰시마난류에 큰 영향을 받는다. 동해의 해황에 관하여는 수괴분석, 해수변동(Uda, 1934; Fukuoka, 1961; 谷岡, 1962) 등의 많은 연구가 있었고, 쓰시마난류의 유동과 관련한 해황변동에 대해서도 연구된 바가 많다(Fukuoka, 1962; Moriyasu, 1972; 홍·조

原稿接受 1984年 2月 28日.

+ 부산수산대학 해양과학연구소 연구업적 제102호.

1983a). 특히 쓰시마난류의 사행에 따라 냉수의 소용돌이역이 형성되며(Moriyasu, 1972), 냉수의 남하한계선으로 깊이 100m의 10°C 등온선을 보기도 하였고(宇田, 1934; 小川, 1971), Hong and Cho(1983b)는 이 난류의 주류도 해에 따라 변동한다고 하였다.

동해의 이상저수온현상에 관하여는 Kitani and Uda (1969)가 1963년 동계에 나타난 저수온현상과 관련하여 저층냉수의 해황 변동 기구를 조사한 바가 있다. 그러나 하계에 나타난 이상저수온현상에 관하여는 연구된 바가 적고 실제로 이러한 현상이 나타난 경우도 적었던 것 같다. 더우기 하계에 나타나는 이상저수온현상은 동계에 형성되는 것과는 기상이나 해황 조건 등에서 많은 차이가 있을 것으로 생각된다.

이 연구에서는 1981년 하계 관측자료를 분석하여 우리나라 동해연안역에서 나타난 이상저수온현상을 구명코자 한다.

자료 및 방법

이 연구의 자료로서 부산수산대학 실습선 관

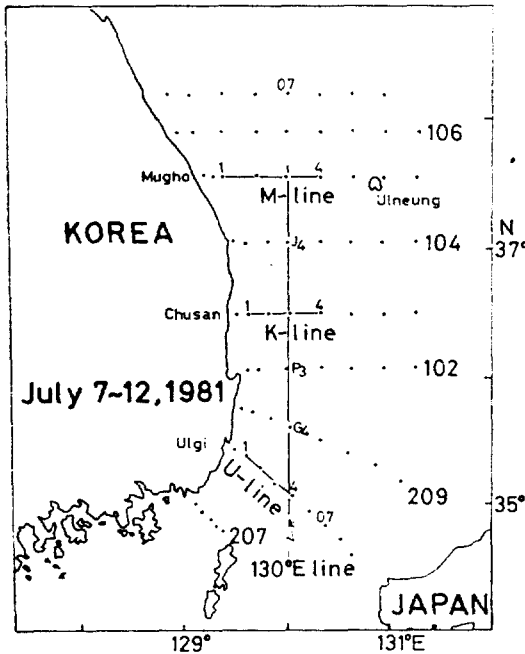


Fig. 1. Stations carried out by Kwan Ak San No. 1 (thick line) in July, 1981 and by Fisheries Research and Development Agency of Korea (FRDAK).

악산 1호로 1981년 7월 7일부터 12일까지 관측한 결과와 국립수산진흥원(1961~1981년) 및 일본 기상청(1975년, 1981년)의 해양관측결과를 사용하였다.

Fig. 1은 우리의 관측정점(실선연결부분)과 수산진흥원의 정기해양관측 정점들을 나타낸 것이다. 남북방향으로는 130°E선을 따라 약 30타일 간격으로 6개, 동서방향으로는 울기, 축산, 북호 부근을 각각 U선, K선, M선으로 정하고 각 선에서 10~15타일 간격으로 4개의 정점을 관측하였다. 이들 관측선은 국립수산진흥원의 자료와 비교하기 위하여 선정되어진 것이다.

먼저 위도에 따른 수온변동을 알기 위하여 남북방향으로는 130°E선 연직단면에서의 수온 및 수온편년치는 수산진흥원(1979)에서 구한 누년(1961~1975년) 평균치에 대한 수온편차(temperature anomaly)를 조사하였다. 동서방향으로는 U, K, M선에서의 수온 단면도를 구하고 축산 부근인 103선을 선정하여 수온 및 수온편차 단면도 구하였다. 또 평년에 대한 1981년의 저수온 현상을 비교해보기 위해서 208, 105, 105선을 선정하여 1961~1981년 하계의 깊이 100m의 수온 편차를 구하였다. 그리고 1981년과 고수온년이었던 1975년(Hong and Cho, 1983b)에 대한 수온 수평분포를 조사하였다.

결 과

1. 수온의 연직분포

Fig. 2a는 130°E선에서의 위도에 따른 수온 및 thermosteric anomaly δ_T 의 연직단면도이다. 10°C 등온선이 35°30'N(울기부근) 이남 해역에서는 약 75m 이심 해역에 나타나고 있으나, 이 이북 해역에서부터 급격히 상승하여 20~30m층에 나타나고 있다. 특히 37°N 부근에서는 약 150m 깊이까지 수온이 변동하였고, 240cl/t 등치선이 15°C와 10°C 사이에 나타났다(Fig. 2a).

Fig. 2b, 2c, 2d는 각각 동서방향의 M선, K선과 U선에서 조사한 수온 및 δ_T 단면도이다. M선과 K선에서는 10°C선이 거의 20m 깊이에 나타났고 240cl/t 등비용선도 비슷하게 나타났다. 또한 쓰시마난류가 유입되는 해역인 U선(울기부근)에서는 약 100m 깊이에 10°C선이 나타났

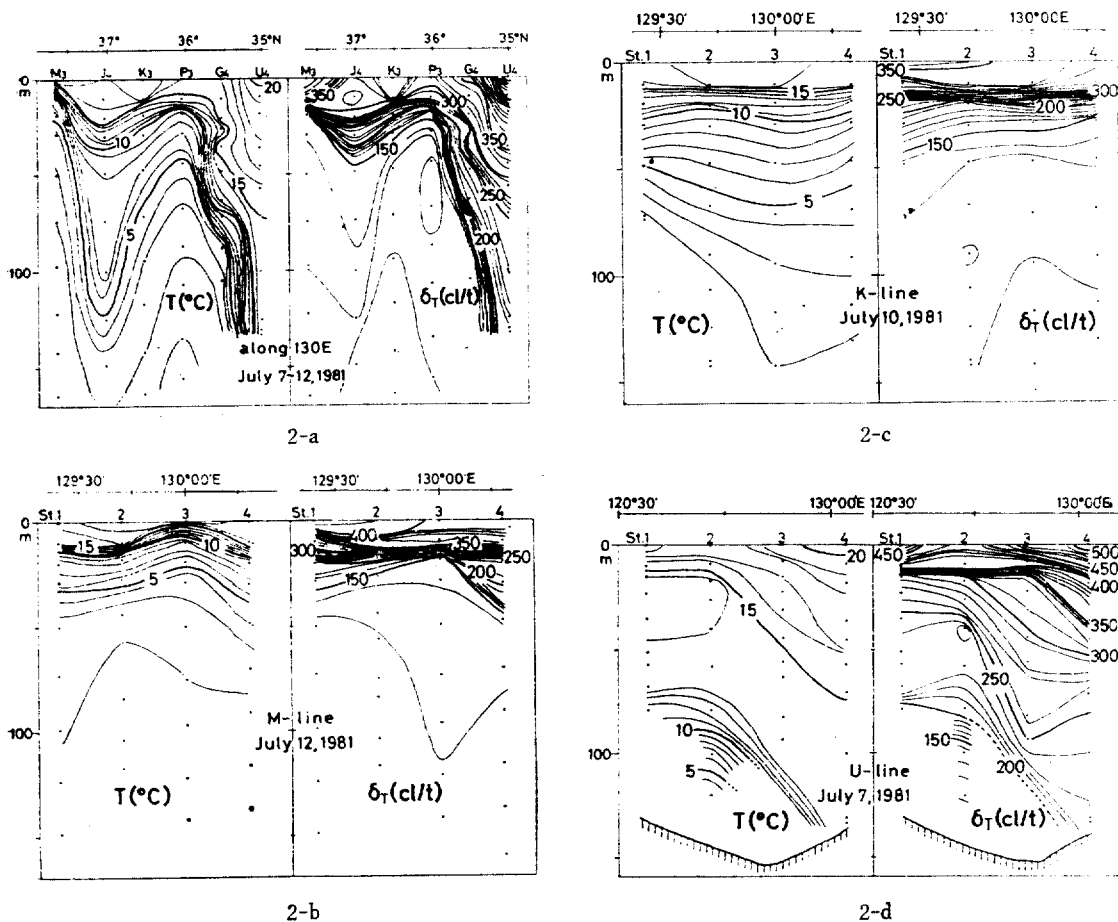


Fig. 2. Vertical sections of temperature and thermocline depth along 130°E (a), at M-line (b), K-line(c) and U-line(d).

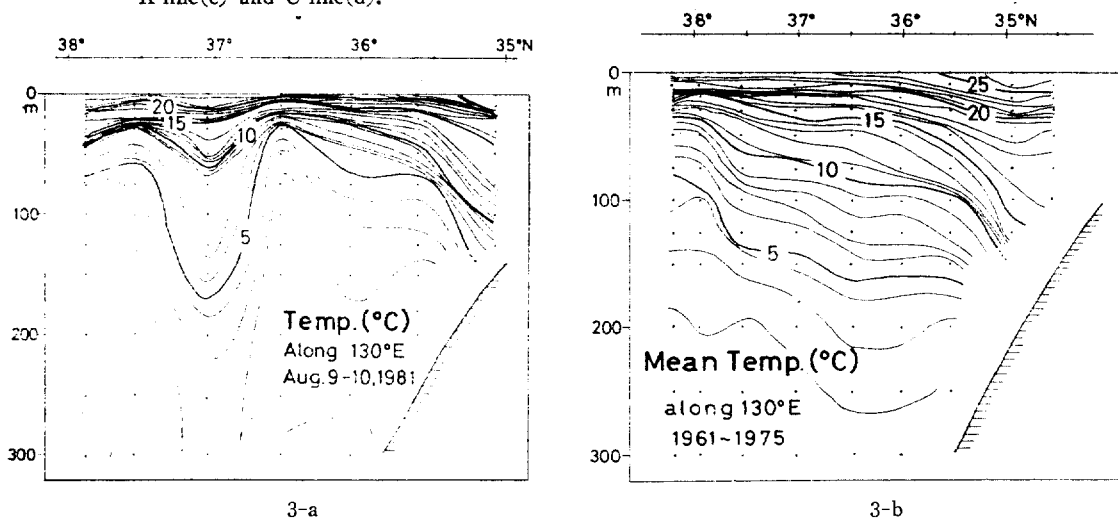


Fig. 3. Vertical sections of temperature in August, 1981 (a) and of mean temperature (b) during 1961 to 1975 by FRDAK along 130°E.

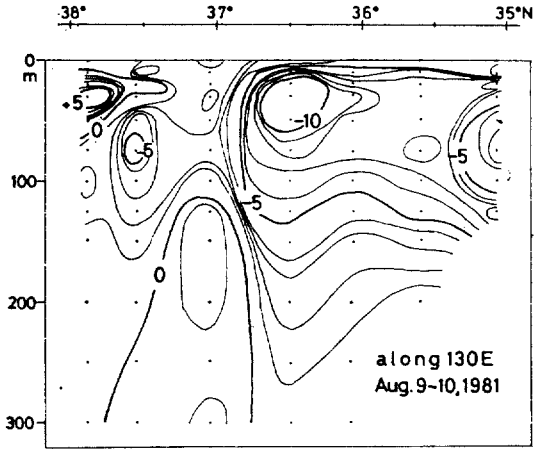


Fig. 4. Temperature anomaly ($^{\circ}\text{C}$) along 130°E to mean year (1961~1975) in August, 1981.

고 특히 5°C 이하의 냉수도 존재하였다.

Fig. 3은 수산진흥원 자료로써 조사한 130°E 선에서의 수온단면도(Fig. 3a) 및 1961~1975년 동안 이 선에서 8월의 수온을 평균한 단면도(Fig. 3b)이다. 우리의 관측일과 한달 정도 시차는 있으나 그 결과는 거의 같게 나타났다. 즉 $35^{\circ}30'\text{N}$ 이남 해역에서는 10°C 선이 75m 이심 해역에 나타났으나, 이 이북해역에서부터 급격히 상승하여 거의 50m 이천 해역에 나타났고 37°N 근처에서는 역시 약 150m 깊이에 까지 수온이 변동하였다. 누년 평균수온단면도(Fig. 3b)를 보면 10°C 선이 $36^{\circ}30'\text{N}$ 까지 거의 100m 깊이에 나타나고 있어 1981년이 평년에 비해 매우 큰 차이가 있음을 알 수 있었다.

Fig. 4는 130°E 선에서의 평년치에 대한 1981년의 수온편차도이다. 38°N 표층근처와 37°N 의 100m이심 해역을 제외한 표면에서 150m 수심에 이르기까지는 평균치보다 $-5\sim-10^{\circ}\text{C}$ 나 큰 차이를 보였고, 특히 북쪽보다, 남쪽에서 편차가 크게 나타났다.

Fig. 5는 103선에서 1981년 8월의 수온단면도 및 평균수온단면도이다. 10°C 선이 30m 이천 해역에 존재하나, 평균수온단면도에서는 약 100m 깊에서 나타나므로 1981년과는 큰 차이를 보였다. Fig. 6의 수온편차도에서 볼 때 Fig. 4의 130°E 선에서의와 같이 표면에서 150m 깊이에 이르기까지는 $-5\sim-10^{\circ}\text{C}$ 로 평년치보다 낮았다.

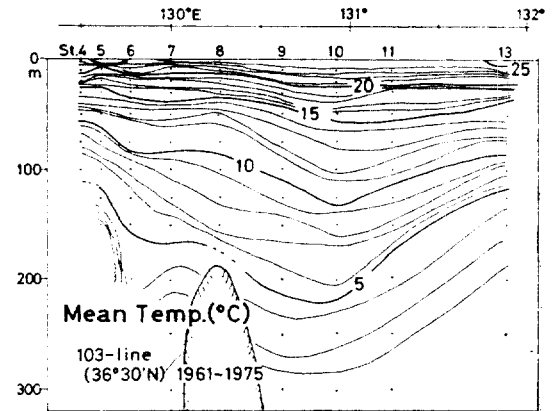
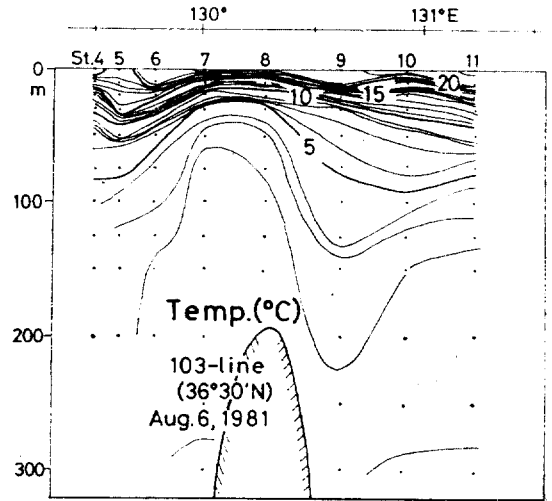


Fig. 5. Vertical sections of temperature in August, 1981 and mean temperature during 1961 to 1975 at 103 line.

2. 수온의 연변동과 대안류

Fig. 7은 1966~1981년 동안 동해 연안역의 냉수역(105-07), 중간해역(103-07) 및 난수역(208-05)의 3정점에서 100m 깊이의 수온편차도이다. 이 기간동안 저수온년은 있었으나(예로서 1974년) 1981년은 3정점에서 모두 표준편차($2\sim4^{\circ}\text{C}$)의 1.5~2배 정도의 저수온을 나타내었다.

Fig. 8은 1961~1975년 동안 동해연안의 100m 깊이의 수온 평면도이다(한국해양편람 제3권, 1979). 10°C 선이 연안쪽을 제외하고는 거의 38°N 부근에 까지 이르고 15°C 선도 35°N 근처에 위치하고 있다. 그러나 고수온년인 1975년(Fig. 9a)의 경우는 10°C 선이 38°N 이북에 까지 이르고 특히 15°C 선도 평년보다 120마일 북쪽인 37°N

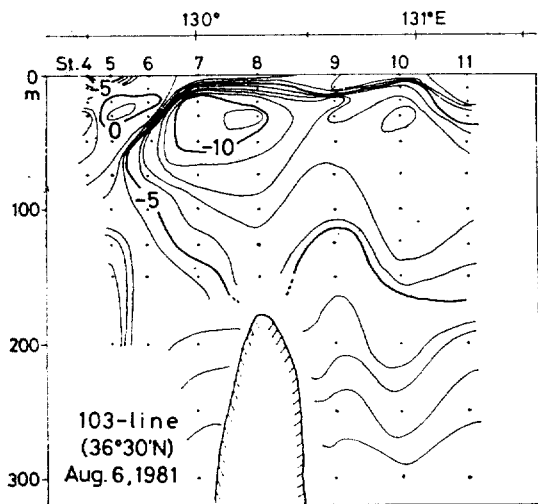


Fig. 6. Temperature anomaly (°C) at 103 line in August, 1981.

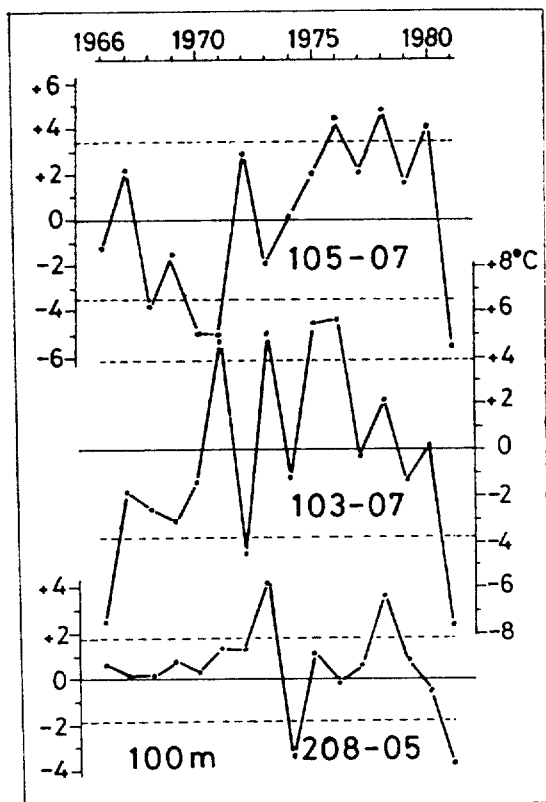


Fig. 7. Temperature anomaly (°C) of Stn. 105-07 (upper), 103-07 (medium) and 208-05 (lower) at 100m depth during 1966 to 1981.

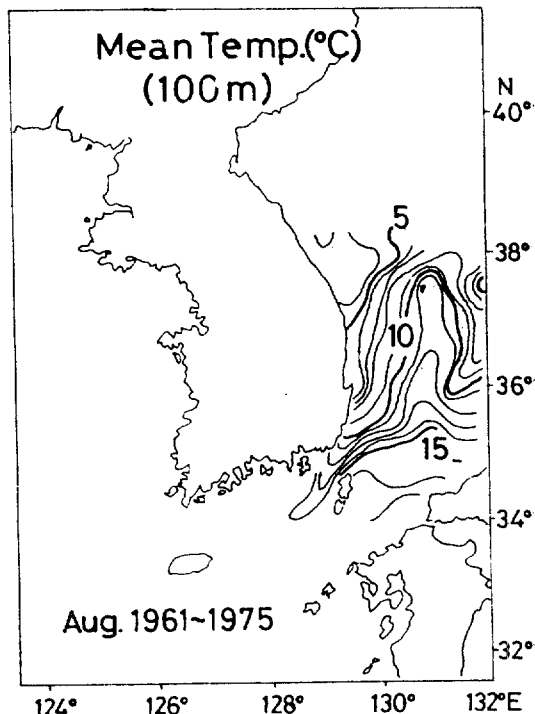


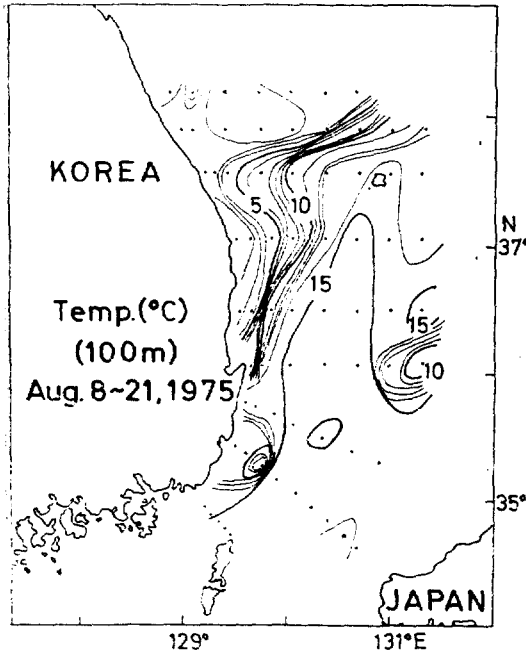
Fig. 8. Horizontal distribution of mean temperature at 100m depth in the areas of East Sea of Korea in August, 1961~1975.

이북에까지 이르렀다. 반면에 1981년 (Fig. 9b) 은 이 등온선이 평년보다 약 120마일 남쪽인 36°N 이남에 위치하였다. Fig. 10은 일본기상청 자료를 이용하여 쓰시마난류의 통과해역에서 위 두 해에 조사한 수온 단면도이다. 경위도의 차이는 다소 있으나 거의 같은 위치로 볼 수 있다. 고수온년이 1975년은 10°C선이 35°~37°N에 이르기까지 120m 깊이에 존재하고 있으나, 1981년은 36°N 이남해역에서 100m이심에 존재하고 이 이북 해역에서부터 급격히 상승하여 거의 표층에 이르렀다.

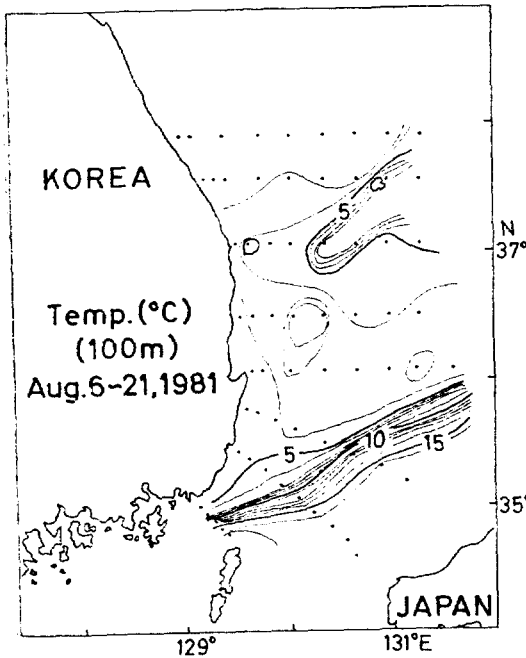
이상의 결과를 종합해 볼 때 1981년은 약 15년 동안에 처음 있는 이상저수온년이었다.

고 찰

한국 동해 연안역에서 하계부터 추계에 이르기까지 저수온이 출현하는 현상에 대해서는 수괴분석, 형성기구 등 많은 논의가 있었으나 (Fukuoka, 1961; Tanioka, 1968; 김·김, 1983), 그 원인은 충분히 규명되었다고는 할 수 없다.



9-a



9-b

Fig. 9. Horizontal distributions of temperatures in 1975(9a) and 1981(9b).

다만 저온·저염수의 동해 수역에 유입하는 고온·고염수인 쓰시마난류로 인해 동해 전체의 해황은 큰 영향을 받게 된다고 생각된다. Moriyasu

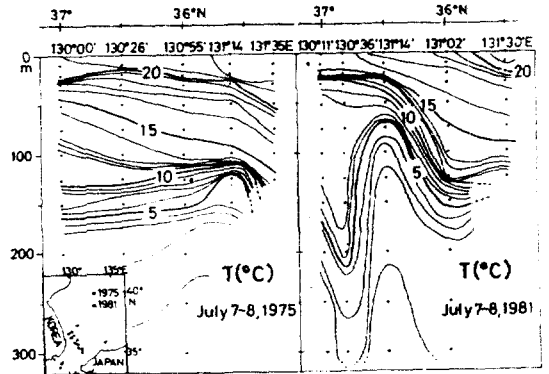


Fig. 10. Vertical sections of temperatures in 1975 and 1981 by Japan Meteorological Agency (JMA).

(1972)는 쓰시마난류의 사행에 따라 냉수 소용돌이역이 형성된다고 하였고 이 난류의 북쪽에 위치하는 냉수역과 구별하였다. 특히 동계에는 동한난류가 강제가 되어 북쪽에 까지 난류의 영향을 미친다 하더라도 기온의 급강하 및 바람의 영향 등으로 인하여 대류가 크게 일어난다면 하층의 냉수가 상층에까지 그 영향을 미쳐 냉수현상을 일으킬 수도 있겠으나(Kang, 1983), 하계에는 동계보다 쓰시마난류의 세력이 월등히 강하므로 이 난류의 변동에 따라 냉수역의 한계가 결정되리라 생각된다. 더구나 한국 동해 연안역의 수온 표준편차가 2~4°C로 컸고 남쪽보다 북쪽이 그 값이 큰 것은(Fig. 7) 동해연안역에서 해에 따른 쓰시마난류의 유동의 변동폭이 남쪽보다는 북쪽이 더 크기 때문인 것으로 보인다. 반면에 연직단면도상의 수온편차도(Fig. 4, Fig. 6)로 볼 때, 대체로 남쪽이 북쪽보다 편차가 큰 것은 1981년에는 쓰시마난류가 평년에 비해 그 북상역이 현저히 남하했기 때문이라고 생각된다. Hong and Cho (1983b)가 쓰시마난류의 종류가 해에 따라 한국연안역으로 치우쳐 북상하는 경우와 일본연안 쪽으로 북상하는 경우로 변동한다고 한 것은 이와 관련된다고 하겠다. 이러한 난류의 변동으로 수온, 염분 및 용존산소 등의 분포가 변동할 것으로 생각된다.

한편, 동해에서 냉수역과 난수역을 구분하는데에는 보통 100m 깊이에서의 수온분포를 조사하고 있으며(宇田, 1934; Moriyasu, 1972), 10°C 등온선은 냉수의 남하 한계선으로도 적당하다고

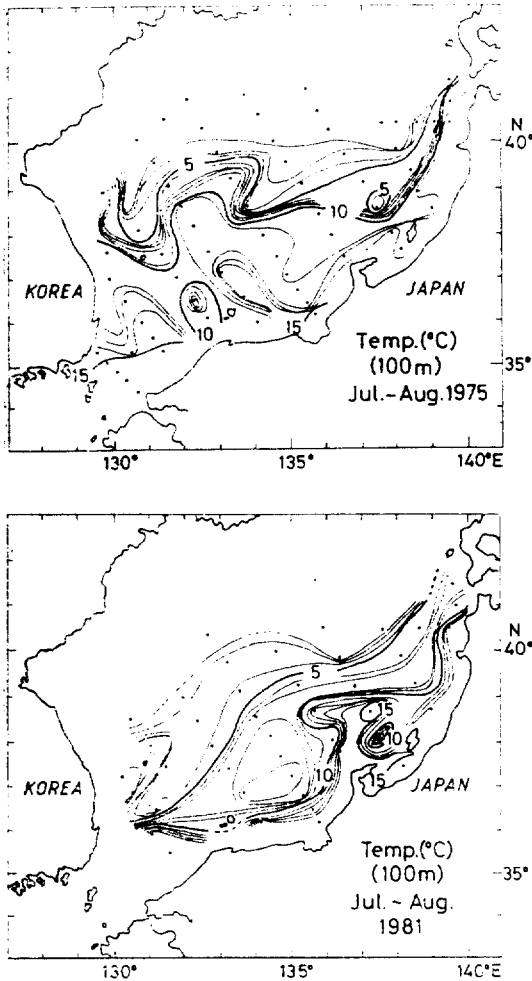


Fig. 11. Horizontal distributions of temperatures at 100m depth in Japan Sea in 1975 (Hong and Cho, 1983b) and 1981.

생각된다. 특히 쓰시마난류수의 지표 값을 240 cl/t으로 볼 때(Hong and Cho, 1983b), 이 등치선이 10°C선과 15°C선 사이에 잘 나타나고 있는 것은(Fig. 2) 이러한 생각을 뒷받침 해주는 것 같다.

Fig. 11은 고수온년이었던 1975년 및 1981년의 100m 깊이의 수온분포도이다. 1981년의 경우는 1975년과는 달리 10°C선이 일본 연안쪽에 매우 치우쳐 있어 쓰시마난류의 주류가 일본 연안쪽으로 북상한 것으로 보인다. 따라서 1981년 한국 동해 연안역에 나타난 이상 저수온 현상은 평년에 비해 쓰시마난류의 세력이 동해연안역에 크게 미치지 못하고 일본 연안 쪽으로 북상했기

때문에 나타난 것으로 생각된다. 다만, 이 연구 기간중(1966~1981년) 저수온년이 없었던 것은 아니었으나(예로서 1974년, Fig. 7) 1981년은 다른 해에 비해 특히 저수온년이였다.

참 고 문 헌

김철호, 김구. 1983. 한국동해안에 출현하는 냉수괴의 특성과 기원. 한국해양학회지, 18(1):73-83.
 국립수산진흥원. 1979. 한국해양편람 제 3권. pp.650.
 국립수산진흥원. 1981. 해양조사년보, 30.
 홍철훈, 조규대. 1983a. 하계 동해의 용존산소 분포특성과 대마난류. 한국수산학회지, 16(3):291-297.
 小川嘉彦. 1971. 日本海西南海域の海況. 山口縣外海水産試驗場, 1-42.
 谷岡克己. 1962. 日本海の海況(1). 海と空, 38(3):99-100.
 宇田道隆. 1934. 日本海及び其の隣接海區の海況. 水産試驗場報告, 5:57-190.
 Fukuoka, J. 1961. An analysis of the mechanism of the cold and warm water masses in the seas adjacent to Japan. Rec. Oceanogr. Works in the Japan, 6(1):63-100.
 Fukuoka, J. 1962. An analysis of hydrographic conditions along the Tsushima Current in the Japan Sea. Rec. Oceanogr. Works in Japan, 6(2):9-102.
 Hong, C.H. and Cho, K.D. 1983b. The northern boundary of the Tsushima Current and its fluctuations. Journ. Oceanolo. Soc. Korea, 18(1):1-9.
 Japan Meteorological Agency. 1975, 1981. The results of marine meteorological and oceanographic observations. vol. 56, 68.
 Kang, Y.Q. 1983. On the generation of temperature inversions in the upper layer of the ocean. Journ. Oceanolo. Soc. Korea, 18(1):43-48.
 Kitani, K. and Uda, M. 1969. Variability of the deep cold water in the Japan Sea particularly on the abnormal cooling in 1963. Journ. Oceanogr. Soc. Japan, 25(1):10-19.
 Moriyasu, S. 1972. The Tsushima Current. In Kuroshio, Its physical aspects ed. by H. Stommel and K. Yoshida, Univ. of Tokyo Press, Tokyo, 353-369.
 Tanioka, K. 1968. On the East Korean Warm Current (Tosen Warm Current). Oceanogr. Mag., 20(1):31-38.