

碩士學位論文

황해저층냉수의 특성규명과 남하증거

濟州大學校 大學院
海 洋 學 科



尹 龍 勳
제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

1986年 12月

황해저층냉수의 특성규명과 남하증거

指導教授 盧 洪 吉

尹 龍 勳

이 論文을 理學碩士學位 論文으로 提出함.

1986年 12月

尹龍勳의 理學碩士學位 論文을 認准함.

審査委員長 바응향 (인)
委 員 盧洪吉 (인)
委 員 高有峰 (인)

濟州大學校 大學院

1986年 12月

**THE IDENTIFICATION OF WATER
CHARACTERISTICS OF THE YELLOW
SEA BOTTOM COLD WATER AND THE
EVIDENCES OF ITS SOUTHWARDS EXTENSION**

Yong-Hoon Youn

(Supervised by Professor Hong Kil-Rho)



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE

DEPARTMENT OF OCEANOGRAPHY

GRADUATE SCHOOL
CHEJU NATIONAL UNIVERSITY

1986. 12

目 次

Summary	1
그림目次	3
表目次	5
I. 序 論	6
II. 資料 및 研究方法	9
III. 結 果	11
1. 黃海底層冷水의 海水特性	11
1) 冬季의 海水特性	11
2) 夏季의 海水特性	17
2. 黃海底層冷水의 南下證據	27
1) 50 m 層의 隔月別 水溫變化	27
2) 黃海中央골의 水溫·鹽分의 垂直構造	38
3. 黃海底層冷水와 冬季의 氣溫	42
1) 氣溫의 月·隔年變化	42
2) 10℃等溫線의 水平分布	44
3) 1977年과 1979年 8月의 水溫 水平分布	47
4) 冬季의 氣溫과 黃海底層冷水의 水溫과의 相關關係	48
IV. 考 察	51
V. 要 約	53
參考文獻	54

Summary

Based on the long-term hydrographic data from the Fisheries Reserach & Development Agency together with the recent hydrographic data from Cheju National University and the monthly mean air temperature data from the Korea Meteorological Service, water characteristics of the Yellow Sea Bottom Cold Water(YCBCW) and its southward extension were investigated. The correlationship between the wintertime air temperature and the intensity of southward extension of the YCBCW was also examined. The followings are the major findings from the present study.

- (1) Water characteristics of the YCBCW very according to season and geographical position. In winter, the YCBCW may be defined by waters having temperature and salinity ranges of $T < 10^{\circ}\text{C}$ and $32.0 < S < 33.7\text{‰}$ in the Yellow Sea. The temperature range of the water from this study accords with that defing by Nakao(1977) and Lee(1984), however, the salinity range is much higher in the present study than those by the above two authors who proposed $32.0\text{--}32.5\text{‰}$ and $32.0\text{--}33.0\text{‰}$, respectively. The higher salinity water found in this study is distributed near the southern end of the Yellow Sea where the wintertime front between the cold water and the Yellow Sea Warm Current water appears.

A commonly observed tongue-like distribution of the near-bottom cold water which can be outlined by isotherms 12°C from the southern Yellow Sea to the west and southwest of Chejudo Island may suggest a southward extension of the YCBCW from spring to summer. Considering the southward extension of the cold water and a seasonal warming of environmental waters, the YCBCW in summer is proposed to have temperature and salinity ranges of $T < 12^{\circ}\text{C}$ and $32.5 < S < 33.7\text{‰}$. These ranges cover the bottom cold water found in the central part of the Yellow Sea but also in the western and southwestern seas of chejudo Is.

(2) The water temperature at 50m depth in the Yellow Sea is generally lowest in February and less frequently in April. However, the water temperature at 50m depth in the west of Chejudo Is. shows very frequently its lowest value in June and August rather than in February and April. The average water temperature at 50m depth over 14 years shows also lower temperature in August than in February, in the west of the island. In this area, the average temperature at 50m depth increases only slightly by 0.5°C from April to August. This can be compared with much higher increase by 4°C in the cold water region of the Yellow Sea. Mean air temperature along the western coast of Korea is minimum in February(0.44°C) and maximum in August(25.34°C), so that the bottom cold water below 50m can be considered almost completely isolated from surface heating and the water temperature is affected mainly by an advection of near-bottom waters.

The relationship between the water temperature at 50m depth in August and the wintertime air temperature shows relatively high coefficients(0.56-0.70) in the west of the island, compared to those in the cold water region further north in the Yellow Sea(<0.53).

The ensemble of the above mentioned results confirms strongly the southward extension of the YSBCW through the west of Chejudo Is. from spring to summer.

(3) The YSBCW formed in colder winter distributes broadly and extends much more southward than usual in summer. While the distribution of the YSBCW which is formed in less cold winter is generally limited in the central area of the Yellow Sea and its southern limit retreats further north in summer.

It seems, therefore, to be clear that the wintertime air temperature can play a significant role in controlling the intension of seasonal extension of the YSBCW.

List of Figures

Fig. 1.	Schematic representation of the water mass distribution in winter(a) and in summer(b) (After Kondo, 1985).	7
Fig. 2.	Hydrographic stations of the Fisheries Research and Development Agency, Korea.	9
Fig. 3.	Mean temperature and salinity distribution at 50m depth in winter(a) and in summer(b) (After Kondo, 1985).	12
Fig. 4a.	Temperature-Salinity correlation in February during 5 years ('80-'84) along the hydrographic section 308 line.	13
Fig. 4b.	Same as in Fig. 4a, except along the 309 line.	14
Fig. 4c.	Same as in Fig. 4a, except along the 311 line.	15
Fig. 4d.	Same as in Fig. 4a, except along the 313 line.	16
Fig. 4e.	Temperature-Salinity correlation in August during 5 years ('80-'84) along the hydrographic section 308 line.	18
Fig. 4f.	Same as in Fig. 4e, except along the 309 line.	19
Fig. 4g.	Same as in Fig. 4e, except along the 311 line.	20
Fig. 4h.	Same as in Fig. 4e, except along the 313 line.	21
Fig. 5a.	Hydrographic stations in the southwestern sea of Chejudo Island, 5-12 July 1983.	23
Fig. 5b.	Horizontal distribution of temperature at 50m depth.	24
Fig. 5c.	Temperature-Salinity correlation.	25
Fig. 6.	Spatial distribution of temperature at 50m depth during July-August 1977 in the East China Sea. After Park(1985)	26
Fig. 7a.	Yearly variation of the bimonthly water temperature at 50m depth, at 309-8 station.	29
Fig. 7b.	Same as in Fig. 7a, except at 309-10 station.	30
Fig. 7c.	Same as in Fig. 7a, except at 311-8 station.	31
Fig. 7d.	Same as in Fig. 7a, except at 311-10 station.	32

Fig. 7e.	Same as in Fig. 7a, except at 313-8 station.	34
Fig. 7f.	Same as in Fig. 7a, except at 313-10 station.	35
Fig. 7g.	Same as in Fig. 7a, except at 314-10 station.	36
Fig. 8.	Averaged bimonthly temperatures at 50m depth over 14 years('71-'84), at stations 309-10 to 314-10.	37
Fig. 9a-1.	North-south temperature section from st. 308-10 to st. 313-10 in February 1984.	39
Fig. 9a-2.	North-south salinity section from st. 308-10 to st. 313-10 in February 1984.	39
Fig. 9b.	Same as in Fig. 9a-1, except in April.	40
Fig. 9c.	Same as in Fig. 9a-1, except in June.	41
Fig. 9d.	Same as in Fig. 9a-1, except in August.	41
Fig. 9e.	Same as in Fig. 9a-1, except in October.	42
Fig. 10.	Yearly variation of the mean air temperature(solid line) and wind speed(dotted line) in winter(Jan. & Feb.) during 1971-1984 along the west coast of Korea. Each data point in the figure represents the averaged value over three meteorological stations, Inchon, Kunsan and Mokpo.	43
Fig. 11.	Bimonthly variation of the mean air temperature over 14 years('71-'84) along the west coast of Korea(Inchon, Kunsan and Mokpo).	44
Fig. 12a.	Horizontal distribution of 10°C isothermal line at 50m depth in February, 1980-1984.	45
Fig. 12b.	Same as in Fig. 12a, except in April.	45
Fig. 12c.	Same as in Fig. 12a, except in June.	46
Fig. 12d.	Same as in Fig. 12a, except in August.	46
Fig. 12e.	Same as in Fig. 12a, except in October.	46
Fig. 12f.	Same as in Fig. 12a, except in December.	46
Fig. 13a.	Horizontal distribution of temperature at 50m depth in August 1979.	
Fig. 13b.	Horizontal distributioun of temperature at 50m depth in August 1977.	

List of Tables

Table 1. The identification of water characteristics of the Yellow Sea Bottom Cold Water.	27
Table 2. Averaged bimonthly correlation coefficients over 14 years('71-'84) between the wintertime air temperature and water temperature at 50m depth, at different stations.	49



I. 序 論

黃海는 大部分 100 m 以內의 얇은 水深을 갖는 淺海로서 諸般 物理的 現象들이 심한 季節的, 位置的 變動性을 나타낸다. 研究海域에 顯著한 影響을 주는 水塊는 季節에 따라 달라지는데, 冬季는 對流 混合期로서 寒冷 乾燥한 北西 季節風에 의해 上下層이 混合되어 水溫·鹽分 등의 物理的 特性이 垂直的으로 均一한 分布를 나타내며 山東半島쪽에서 中國大陸 沿岸을 따라 南下하는 低溫, 低鹽의 冷却된 中國大陸 沿岸水가 양자강퇴를 따라 南東方向으로 突出되어 나타난다. 한편, 濟州道 西南方에서 黃海中央域으로는 대마난류에서 分岐한 比較的, 高溫·高鹽의 黃海暖流가 北上한다(Fig. 1). 夏季는 中國大陸 沿岸水의 한반도 周邊으로 擴張 및 強인 日射量에 의한 表層의 高溫·低鹽의 海水와 底層의 比較的 低溫·高鹽의 海水가 확실히 區別되어 나타나는 二層 海洋構造를 보인다. 特히 黃海中央域에는 冬季에 形成된 黃海底層冷水가 春季에서 秋季에 걸쳐 季節的 水溫躍層의 下部를 따라 漸次 南下 擴張하는 것으로 알려져 왔고, 11月~12月경 季節的 水溫躍層의 消滅과 함께 勢力이 緩和되는 것으로 믿어왔다(Uda, 1934; Nakao, 1977). Nakao(1977)에 依하면 冬季 北西季節風이 強하면 黃海底層冷水가 南쪽으로 보다 많이 擴張된다고 報告하고 있다. 黃海의 水塊區分은 著者에 따라 매우 다르게 使用되고 있으며 嚴格한 區別이 힘든 것 같다. 現在까지 가장 普遍的으로 引用되는 黃海의 代表的 水塊는 黃海冷水, 黃海底層冷水, 中國大陸 沿岸水, 黃海暖流水, 韓國 沿岸水의 다섯가지로 分類되며, 黃海底層冷水 特性에 대하여 Nakao(1977)는 봄부터 가을에 걸쳐 黃海底層에 자리잡은 10°C 以下의 水溫과 32.0~32.5%의 鹽分을 갖는 水塊로 定義하고 있으나, Lie(1984)는 이보다 더 높은 鹽分範圍(32.0~33.0%), 10°C 以下 水溫으로 限定하고 있다. Park(1985, 1986)은 濟州 西南方域에서 觀測된 資料를 利用하여 水溫($T < 12^{\circ}\text{C}$), 鹽分($S < 33.5\%$), 溶存酸素($O_2 > 5\text{ml/l}$)의 範圍를 갖는 海水들은 黃海底層冷水에 起源을 둔 海水로 規定하였다. Park은 季節的 溫度 上昇效果 및 隣接海水와 熱交換을 考慮한다면 비록 10°C보다 높은 海水라도 海水特性의 垂直的 또는 水平的 句配가 뚜렷이 區別되고 이 冷水가 黃海中部에 있는 黃海底層冷水와 連結되는 分布를 갖는다면 이 冷水의 起源을 黃海底層冷水로 規定하였다. 또한 양(1984)은 겨울철 氣溫이 顯著히 낮은 해에는 여름철에 黃海底層冷水가 보다 많이 擴張됨을 提示하였다. 그리고 黃海에서 黃海冷水와 黃海底層冷水에 대

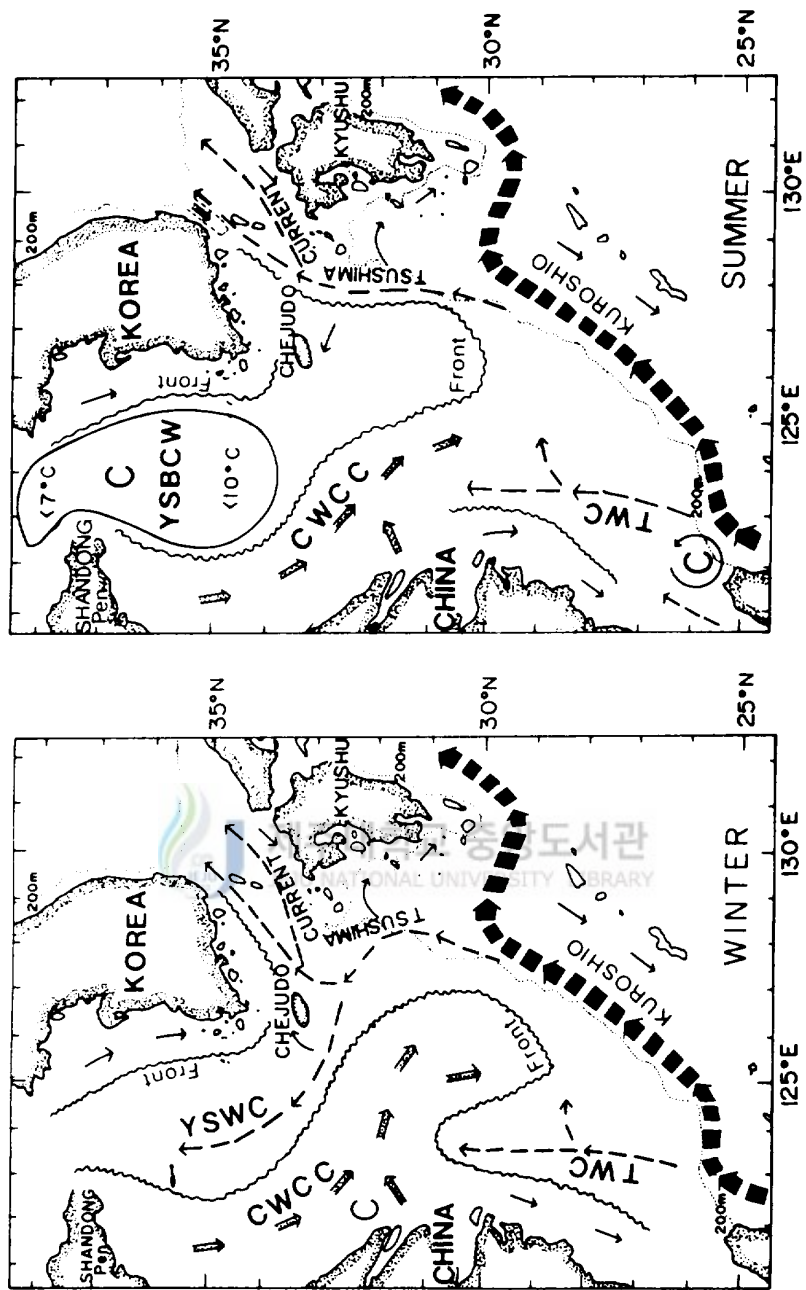


Fig. 1. Schematic representation of the water mass distribution in winter(a) and in summer(b) (After Knodo, 1985).

해 著者에 따라 다르게 命名하고 있다. Nakao(1977)는 黃海底層冷水는 봄부터 가을까지 黃海底層에 자리잡은 10℃以下 水溫, 32.0~32.5%의 鹽分値를 갖는 海水로 定義하고 黃海冷水는 中國大陸沿岸水와 黃海底層冷水의 混合水라고 定義하고 있어 黃海冷水의 定義가 分明치 않다. 本 研究에서는 解釋 편의상 黃海에서 冬季에 寒冷·乾燥한 北西季節風에 依해 上下層이 混合되어 水溫·鹽分이 垂直的으로 均一하며 水溫이 10℃ 以下인 海水를 黃海冷水로서 規定하였다. 冬季에 形成된 이 黃海冷水는 春季부터 秋季에 걸쳐 表層에 形成된 強力한 水溫躍層에 依해 大氣와의 열교환이 거의 차단되어져서 水溫躍層下部에 자리하는 底層冷水塊를 形成한다. 이러한 底層冷水塊를 黃海底層冷水라고 規定하였다. 本 研究에서는 黃海底層冷水의 海水特性和 이것의 季節的, 位置的 變化를 보다 確實히 糾明하고자 한다. 지금까지 黃海底層冷水에 대한 많은 研究에도 不拘하고 確實히 糾明되지 않은 몇가지 問題點이 提起된다.

첫째, 黃海底層冷水의 海水特性 定義가 明確하지 않다. 이는 黃海底層冷水의 分布域인 黃海 中央域의 資料缺乏과 지금까지 報告된 論文 또한 1년 내지 短期間의 資料를 利用하였기 때문에 著者에 따라 相當한 差異를 보이고 있다.

둘째, 지금까지 黃海底層冷水가 夏季에 南下한다고 믿어져 왔다(Nakao, 1977; Park, 1985, 1986). 이는 實在 海流觀測이 없는 狀態에서 但只, 水溫의 水平·垂直 分布로 부터 연역하였다. 그러나 實際로 黃海底層冷水가 南下하는지에 對한 長期間의 統計的證據가 아직까지 提示되어 있지 않았다.

셋째, 氣象條件을 考慮하여 冬季의 北西季節風 및 氣溫이 黃海底層冷水의 南下에 影響을 미침을 Nakao(1977), Asaoka and Moriyasu(1966), 양(1984) 등이 類推하였다. 이는 短期間의 氣象資料를 利用하였기 때문에 變化가 심한 氣象狀態를 考慮해 볼때, 長期間 資料를 利用한 보다 信憑性있는 統計的 證據提示가 要求된다. 따라서, 本 研究目的은 長期間의 水產振興院의 水溫·鹽分資料(1971~1984)와 濟州 西方 및 西南方 海域에 대한 濟州大學校 海洋學科의 최근의 해양관측 資料를 이용하여 黃海中央域과 濟州 西南方 海域에 이르는 海域의 黃海底層冷水의 海水特性을 把握하고, 黃海底層冷水의 南下에 對한 證據를 提示하며, 氣象條件과 黃海底層冷水의 南下와의 關係를 糾明하기 爲한 것이다.

II. 資料 및 研究方法

黃海의 季節別 位置別 海水特性 分布를 알기 爲해 1980~1984年 사이 隔月別로 觀測된 水産振興院 定線觀測資料 308~314定線(Fig. 2)의 水溫·鹽分 資料를 利用하여 水塊分析을 하였으며, 그 중 308定線(36°19.8'N), 309定線(35°51.3'N), 310定線(34°43.0'N) 그리고 313定線(33°24.4'N)을 擇하여 冬季(2月)와 夏季(8月)에 따른 海域別 海水特性 分布圖를 作成하였다. 또한 濟州西方 海域과 濟州西南方域의 黃海底層冷水의 勢力擴張을 알아보기 爲해 濟州大學校 海洋學科에서 1983年 7月에 觀測한 水溫·鹽分資料에 依한 水溫·鹽分의 水平分布圖와 T/S Diagram을 作成하고, Park(1985)이 作成한 1977年 7月~8月의 濟州南方 東支那海의 50 m層 水溫分布圖를 引用하였다.

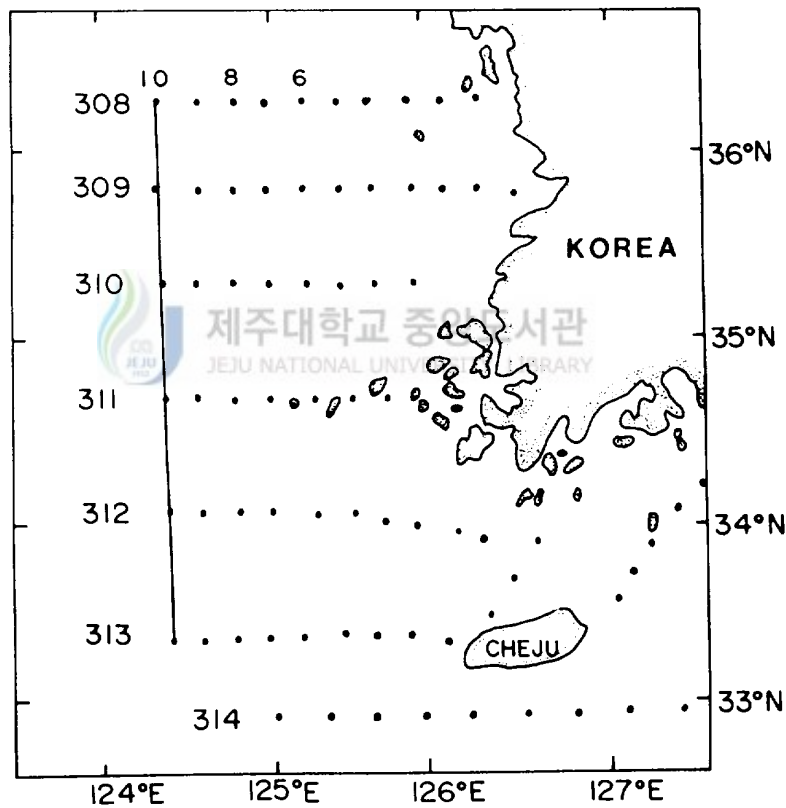


Fig. 2. Hydrographic stations of the Fisheries research and Development Agency, Korea.

氣象資料는 中央氣象臺에서 1971年~1984年 사이 仁川과 群山 그리고, 木浦에서 觀測한 隔月別 平均氣溫과 風速을 利用하였다(氣象年報, 1971~1984). 또한 黃海底層冷水의 南下 與否를 把握하기 爲해서 研究海域의 7개 定點(309-8, 309-10, 311-8, 311-10, 313-8, 313-10, 314-10)을 擇하여 1971~1984년에 걸친 50m層의 季節別 海域別 水溫變化圖를 作成하였다. 冬季氣溫과 黃海底層冷水의 勢力擴張과 의 關係를 알아보기 爲하여 冬季 仁川과 群山 그리고 木浦에서 觀測된 1月과 2月의 月平均 氣溫의 平均值와 12개의 定點(309-8, 309-10, 310-8, 310-10, 311-8, 311-10, 312-8, 312-10, 313-8, 313-10, 314-10)의 隔月別 50m層의 水溫과 의 相關係數를 求하였다.



III. 結 果

1. 黃海底層冷水의 海水特性

Nakao(1977)는 黃海底層冷水에 對해 봄에서 가을에 걸쳐 黃海底層에 자리잡은 10°C 以下의 水溫과 32.0~32.5%의 鹽分을 갖는 水塊로 定義하고, Lie(1984)는 이보다 더 높은 鹽分範圍(32.0~33.0%)와 10°C 以下의 水溫으로 限定하였다. 이들의 定義가 黃海底層冷水의 位置의 季節的 變化에 合당한지 알아보기 爲해서 Kondo가 提示한 50 m 層의 水溫·鹽分分布圖(Fig. 3a-b)를 參照하여 考察하기로 한다. 季節에 關係없이 Nakao(1977)와 Lie(1984)가 提示한 바와 같이 10°C 以下의 水溫으로 黃海底層冷수를 定義했을때 冬季(Fig. 3a) 10°C 等溫線은 濟州道와 韓半島南部사이 北緯 34° 近方에 나타나며 10°C 等溫線에 相應하는 鹽分값은 33.6~33.7%로 나타나 이들이 提示한 鹽分値보다 훨씬 큰 값을 알 수 있다. 夏季(Fig. 3b)의 等溫線 分布로 보았을때 周圍海水에 比해서 相對的으로 차가운 海水의 分布는 冬季와 反對로 北쪽에서 南쪽을 向하여 舌象으로 分布함을 알 수 있다. 特히 濟州西南方에서 南쪽으로 等溫線 13°C 線과 14°C 線은 黃海底層冷水의 南下를 意味한다고 볼 수 있다. 이때, 等溫線의 水平的 勾配를 考慮하여 14°C 等溫線을 黃海底層冷水의 限界로 한다면 이에 相應하는 鹽分은 33.6% 程度이다. 이러한 鹽分値는 Park(1985, 1986)이 提示한 濟州西南方域에서 黃海底層冷水의 特性値($T < 12^{\circ}\text{C}$, $S < 33.5\%$)와 相當히 近接한 값을 알 수 있다. 이처럼 季節的 變動과 水溫의 水平的 勾配 그리고 周邊海水와 相對的 溫度差등에 依해 黃海底層冷水의 特性値가 定義되어야 하며, 特定한 一律的인 값으로 定義하긴 困難하다. 보다 定性的으로 黃海底層冷水의 季節的 特性을 糾明하기 爲해서 水產振興院 定線資料(1980~1984)를 가지고 水塊分析을 했다(Fig. 4a-h).

1) 冬季의 海水特性

冬季의 黃海冷水의 特性을 보기 爲해 308定線, 309定線, 311定線, 그리고 313定線의 T/S Diagram을 Fig. 4a-d 에 나타냈다. 北쪽에 位置한 群山 앞바다 近處의 308定線(36°19.8'N)과 309定線(35°51.3'N)의 全層이 大體로 3.0~7.0°C의 값을 가지며 鹽分은 32.0~33.1%의 範圍를 보이고 있다(Fig. 4a-b). 反面, 보다

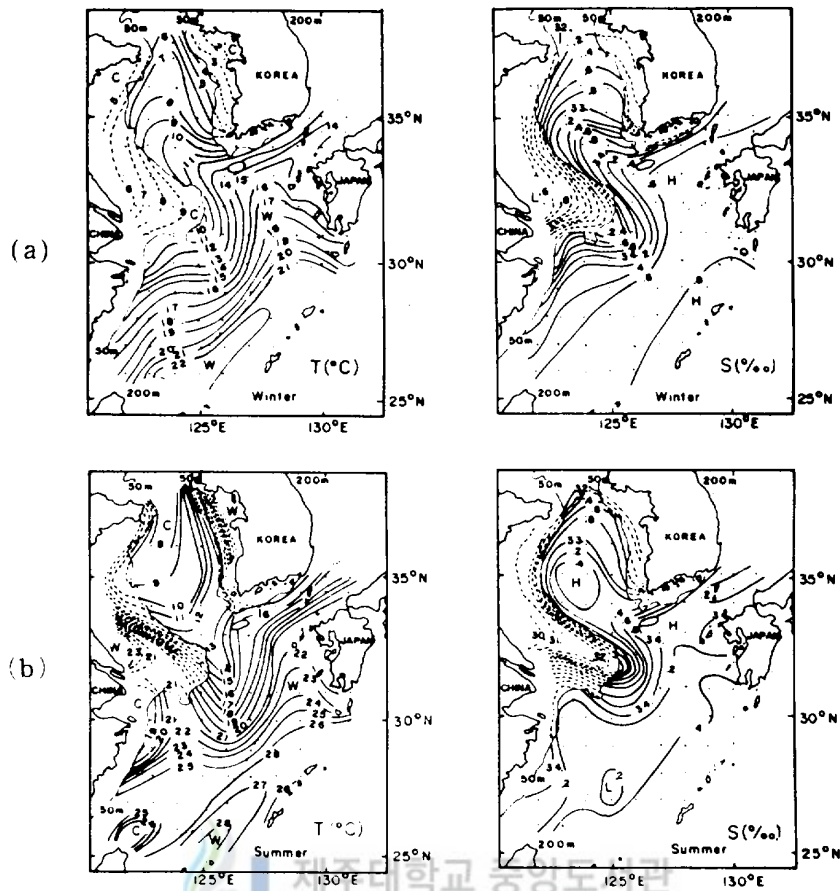


Fig. 3. Mean temperature and salinity distribution at 50m depth in winter(a) and in summer(b) (After Knodo, 1985).

南쪽의 木浦 앞바다의 311定線(34°43.0'N)의 水溫의 範圍는 보다 北쪽에 位置한 308定線 및 309定線과 비슷한 값(3~8°C)을 維持하나 鹽分값은 다소 높아 32.0~33.7%을 갖는다(Fig. 4c). 濟州西方 海域의 313定線(33°24.4'N)은 T/S 分布가 北쪽 定線들에 비해 相當히 擴散되어 나타난다(Fig. 4d). 즉 大部分의 T/S 點들은 6°C, 32.8%의 低溫·低鹽에서 15°C, 34.7%의 高溫·高鹽사이에 分布되어 나타난다. 보다 北쪽에 位置한 311定線의 鹽分과 水溫의 上限값(8°C, 33.7%)을 考慮해 볼 때 313定線의 低溫(6~9°C)·低鹽(32.8~33.7%)의 水塊는 黃海冷水의 特性을 比較的 잘 保存하는 것으로 볼 수 있다. 反面에 高溫·高鹽域에 密集되어 나타

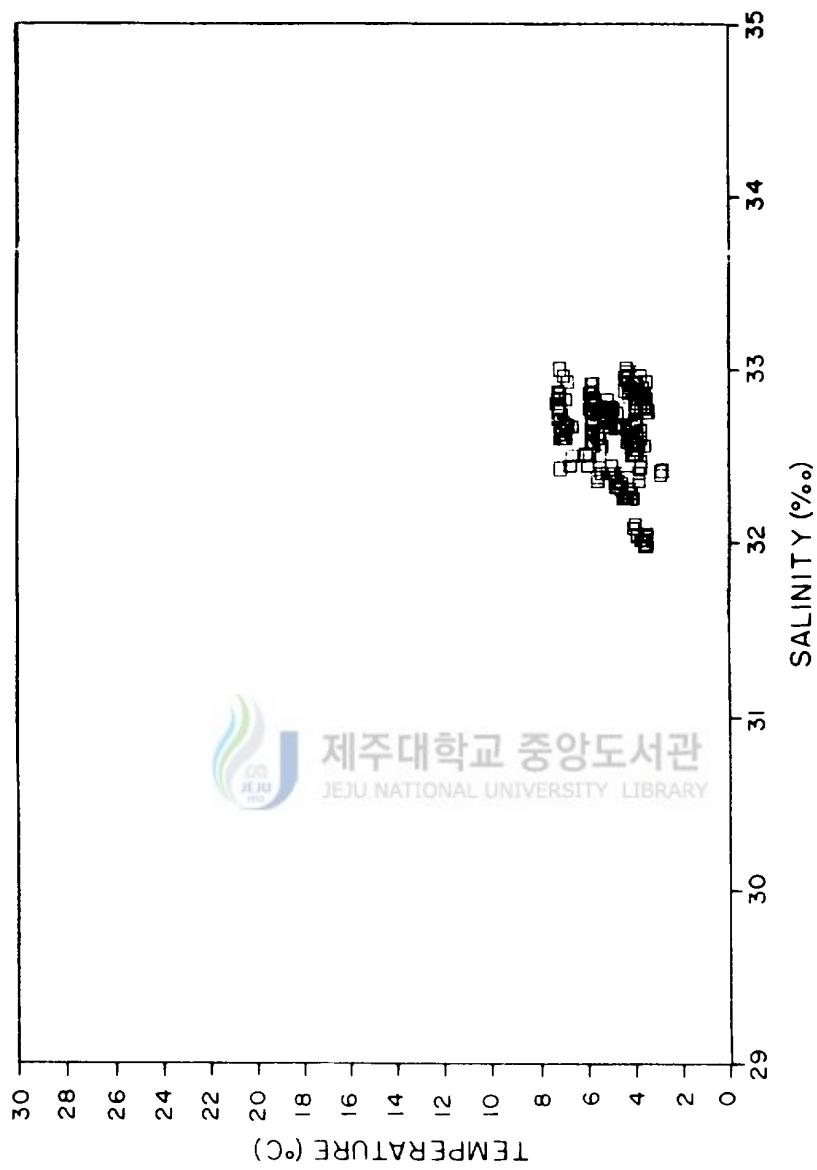


Fig. 4a. Temperature-salinity correlation in February during 5 years ('80-'84) along the hydrographic section 308 line.

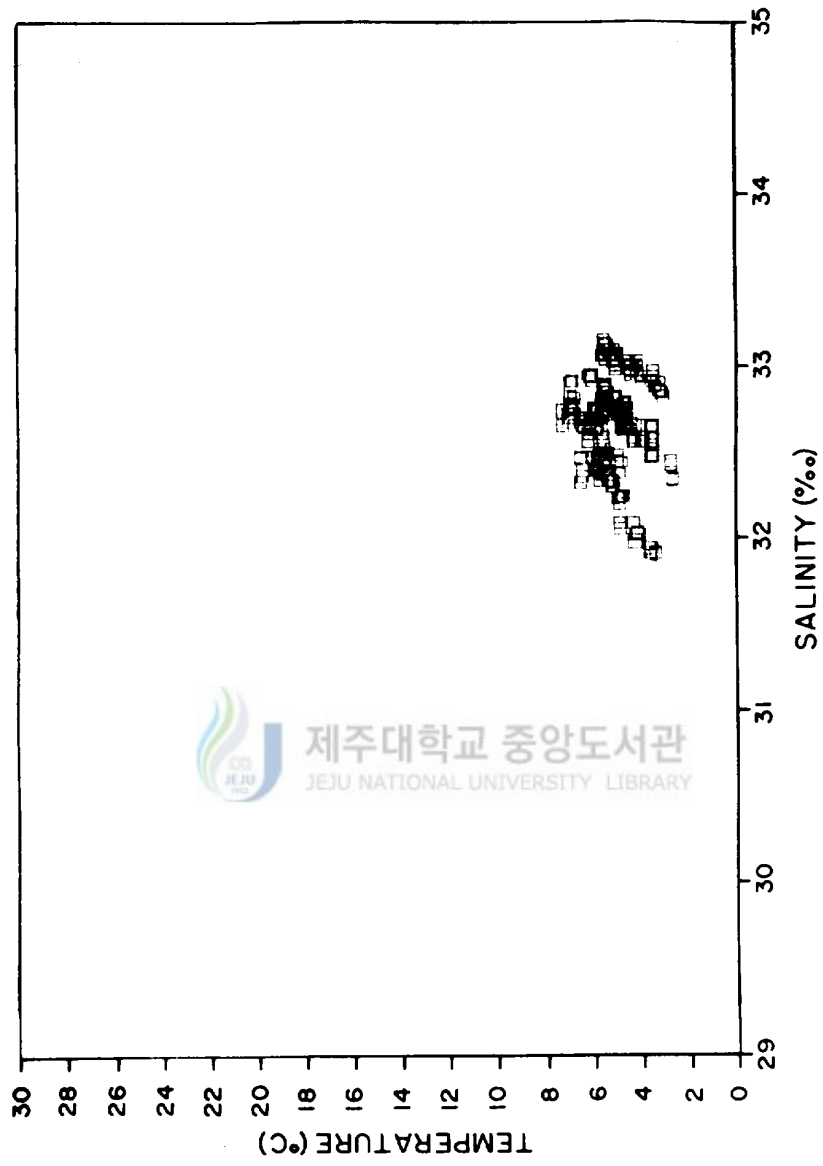


Fig. 4b. Same as in Fig. 4a, except along the 309 line.

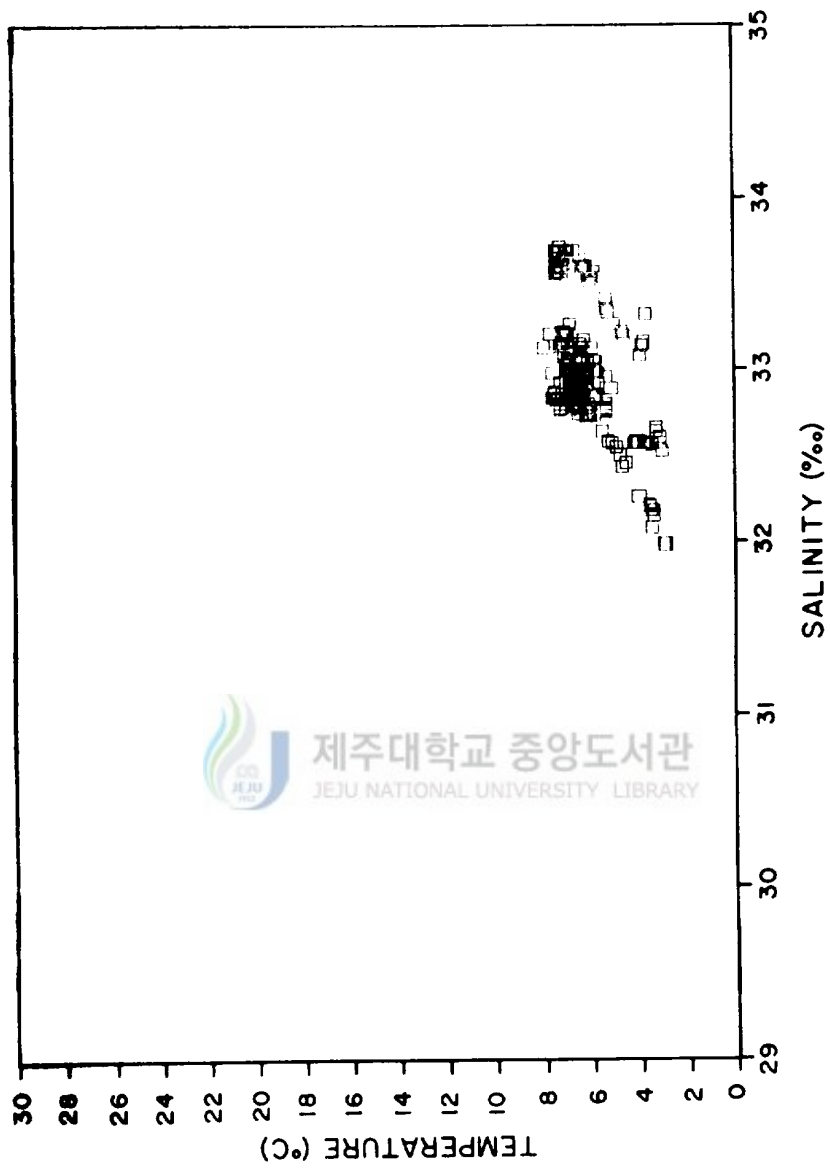


Fig. 4c. Same as in Fig. 4a, except along the 311 line.

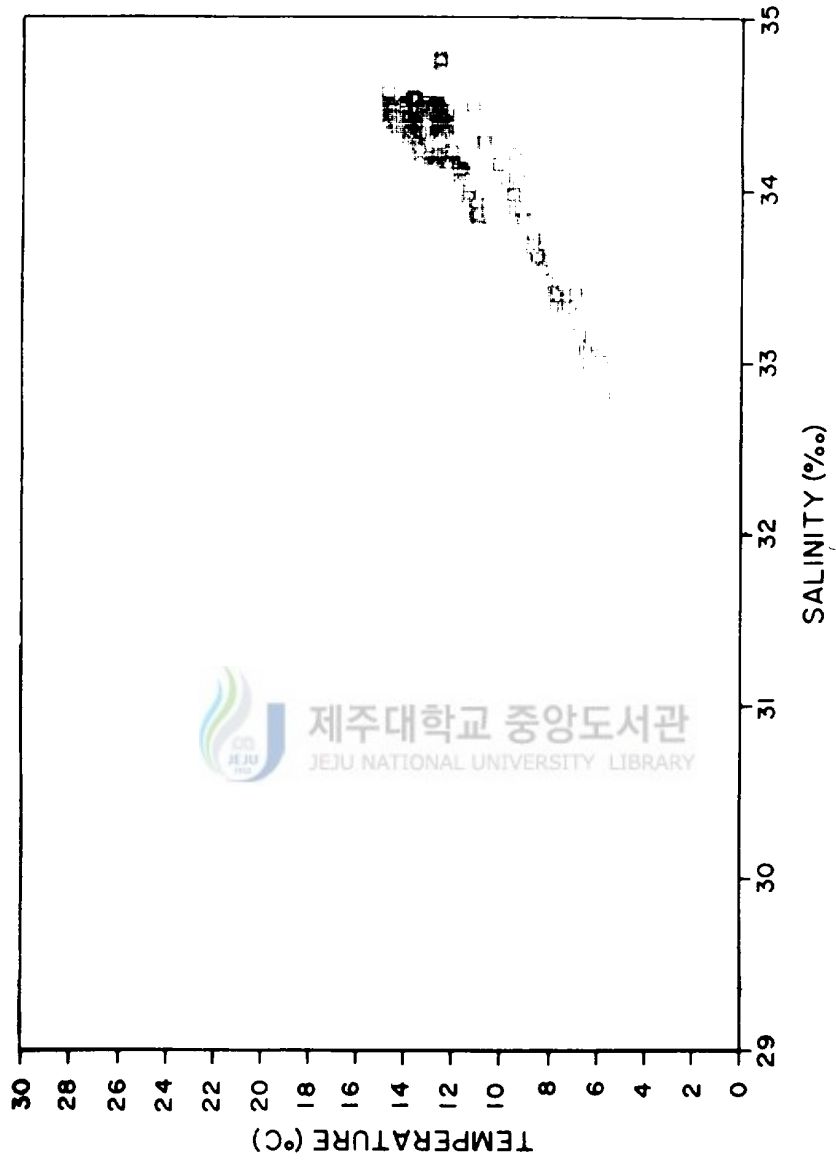


Fig. 4d. Same as in Fig. 4a, except along the 313 line.

나는 수塊(12~15°C, 34.1~34.7‰)은 大部分 濟州島 西쪽 沿岸가까이의 定點에서 나타나며, 이는 濟州島 西方域을 통한 黃海暖流水의 北上에 關聯된 것으로 判斷된다. 또한 그 中間값을 갖는 수塊(9 < T < 12°C, 33.7 < S < 34.4‰)는 黃海底層冷水와 黃海暖流水에 依한 混合域에 該當하는 것으로 思料된다(Fig. 4d). 冬季(2月)의 T/S Diagram을 中心으로 해서 겨울철 黃海冷水의 수塊特性을 定義해 본다면, 水溫은 3~9°C 鹽分은 32.0~33.7‰의 範圍를 갖는 것으로 알 수 있다. 卽 冬季의 黃海冷水의 特性은 Nakao(1977), Lie(1984)가 提示한 10°C以下의 水溫 限界는 거의 一致하나 鹽分分布에 있어서는 이들이 提示했던 32.0~32.5‰ 32.0~33.0‰보다 훨씬 높은 32.0~33.7‰이다.

2) 夏季의 海水特性

夏季 黃海底層冷水의 特性을 보기위해 308定線, 309定線, 311定線 그리고 313定線의 T/S Diagram을 Fig. 4e-h에 나타냈다. 8月은 全體의으로 308定線과 309定線 그리고 311定線에서 6 < T < 28°C의 水溫範圍를 보이고, 南쪽에 位置한 313定線은 8 < T < 29°C로 多少 높은 水溫範圍를 갖는다. 鹽分은 北쪽에 位置한 308定線에서의 31.5 < S < 33.5‰와 309定線에서의 31.8 < S < 33.6‰로 比較的 類似한 分布 樣相을 보이고, 이보다 南쪽에 位置한 311定線은, 鹽分分布 範圍가 多少 擴大되어 31.2 < S < 34.1‰를 보인다. 濟州西方에 位置한 313定線의 境遇 鹽分分布 範圍가 더욱 擴大 되어 29.8 < S < 34.3‰를 보인다. 여기서 表層에 있는 相對的 低鹽(29.8 < S < 32.0‰)의 수塊는 Park(1985, 1986)이 提示한 低鹽의 中國大陸 沿岸水(30 < S < 32‰)가 양자강퇴를 따라 濟州西南方 海域으로 擴張된다는 事實과 一致한 것 같다.

反面에 濟州道 西쪽 沿岸 가까운 定點에서 相對的 高溫·高鹽(13 < T < 14°C, 34.0 < S < 34.3‰)이 나타나는데 이것은 黃海暖流가 夏季에는 黃海中央域으로 北上하지 않고, 濟州 西岸과 北岸의 中底層을 따라 右回轉하고 있기 때문이다(김, 1980; 김과 노, 1982; Park 1986). 冬季에는 表層에서 底層에 이르기까지 全水層이 잘 混合되어 T/S點들이 密集되어 나타나지만 夏季에는 表層에서 底層에 이르는 水溫 및 鹽分의 變化가 매우 크기 때문에 Fig. 4e-h에서 黃海底層冷水의 特性 值를 求하기가 容易하지 않다. Nakao(1977)와 Lie(1984)는 冬季와 夏季 모두 10°C以下의 수塊를 黃海底層冷水로 定義하고 있고 Park(1985, 1986)은 夏季의 濟

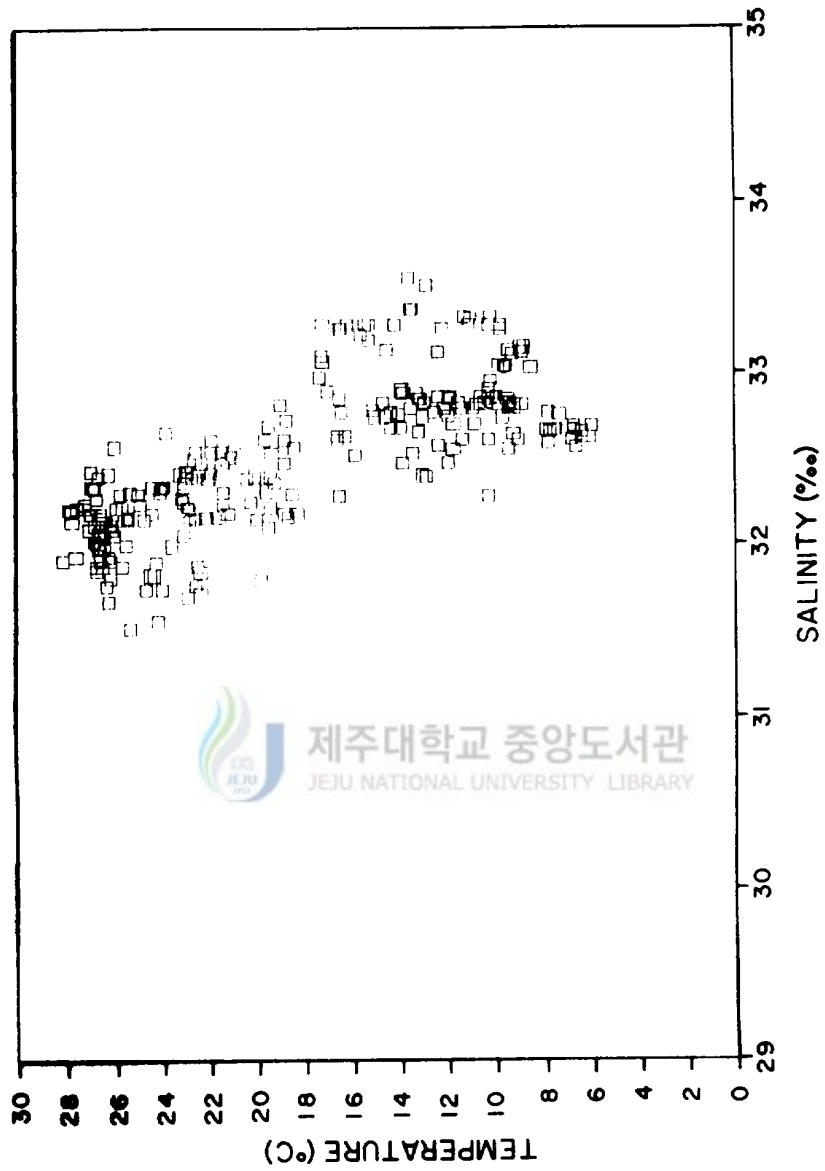


Fig. 4e. Temperature-Salinity correlation in August during 5 years ('80-'84) along the hydrographic section 308 line.

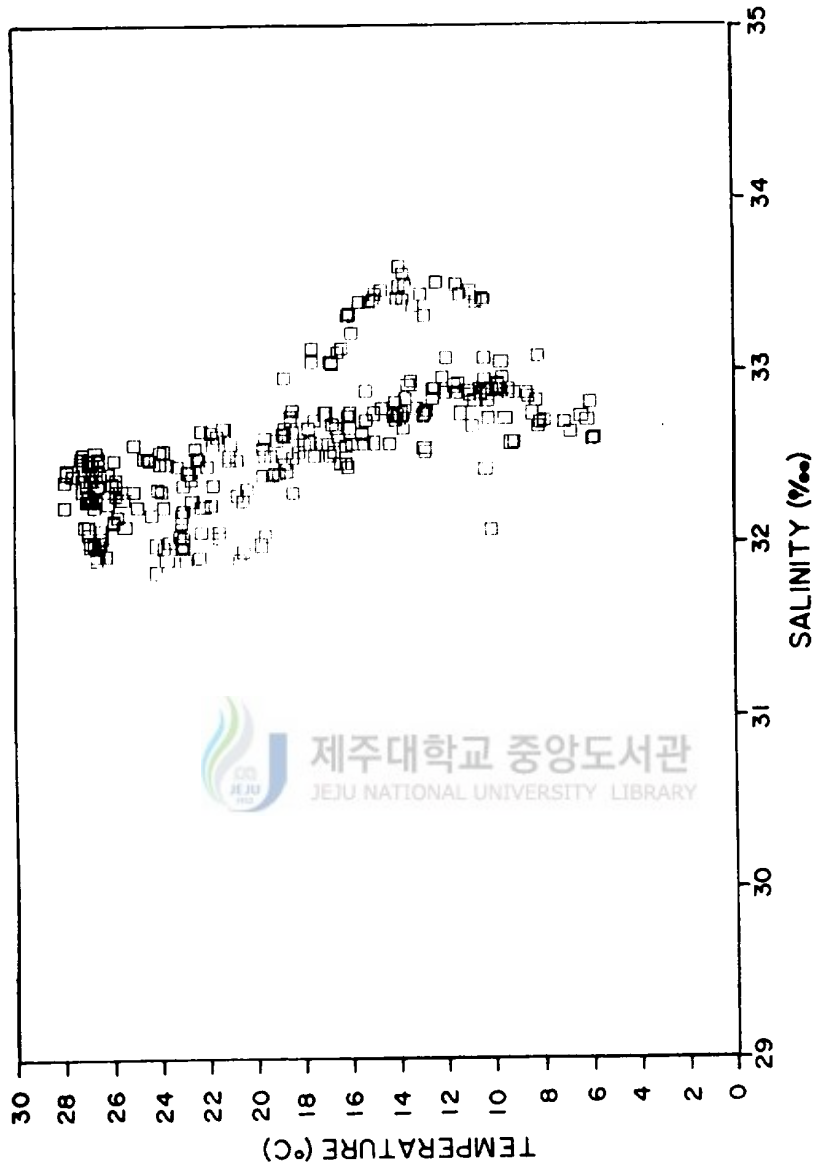


Fig. 4f. Same as in Fig. 4e, except along the 309 line.

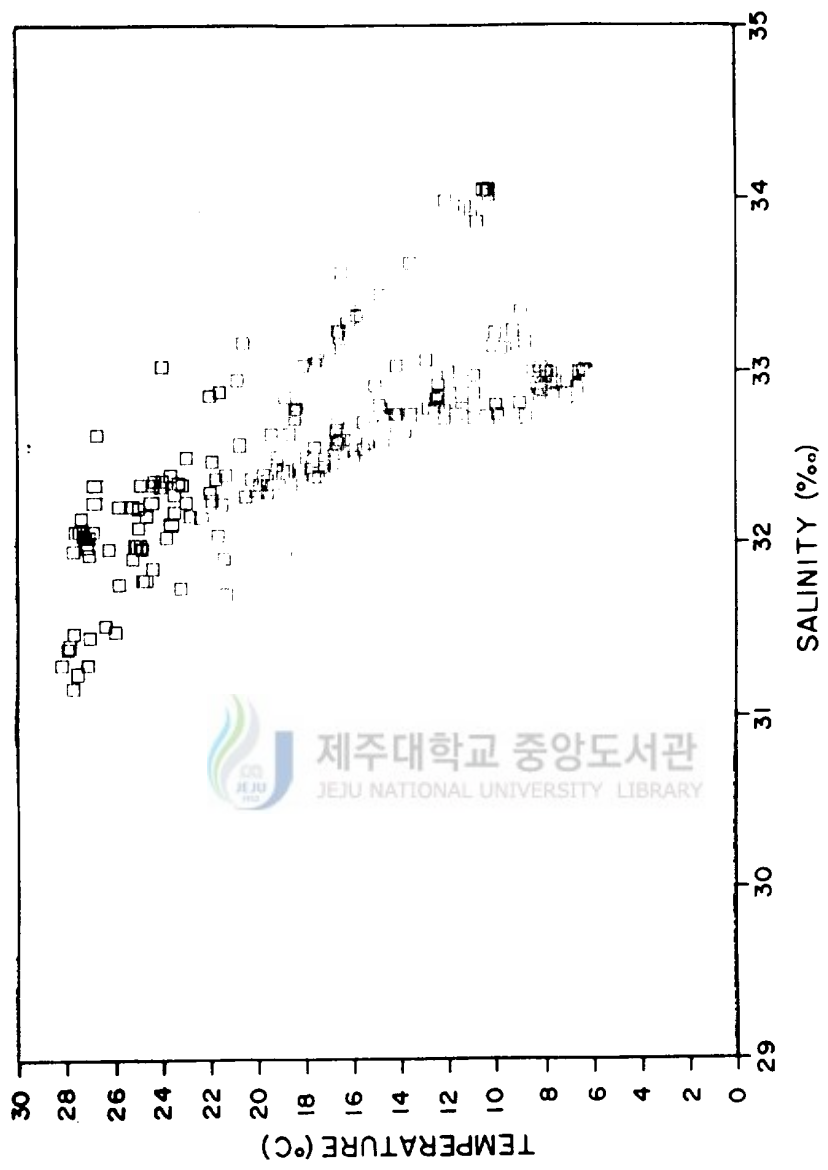


Fig. 4g. Same as in Fig. 4e, except along the 311 line.

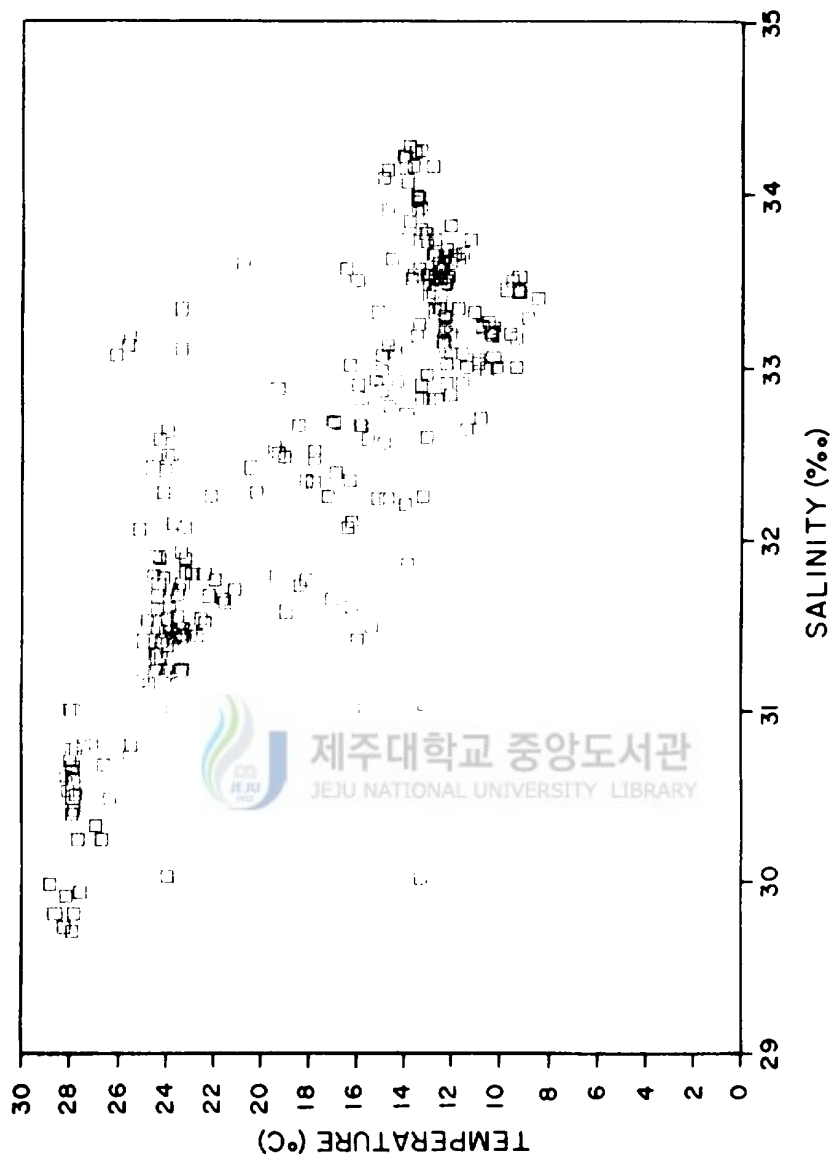


Fig. 4h. Same as in Fig. 4e, except along the 313 line.

州西方域에 있어서는 12°C 이하의 해수로 규정하고 있다. 본 연구에서는 黃海中部는 10°C 이하로 濟州西方域 以南에는 10°C 이하와 12°C 이하로 구분하여 이때 鹽分値를 알아 보기로 한다. 比較的 北쪽에 位置한 群山 앞바다에 308定線과 309定線의 10°C 이하의 해수는 32.5~33.2%의 鹽分값을 가짐을 알 수 있다(Fig. 4e-f). 또한 木浦 앞바다에 位置한 311定線은 10°C 이하의 水溫값이 北쪽에 位置한 308定線이나 309定線보다 多少 높게 나타나 32.7 < S < 33.4%의 鹽分값을 보인다(Fig. 4g). 反面에 濟州西方域의 313定線에서는 10°C 이하의 해수는 33.0 < S < 33.5%의 鹽分값을 보여 311定線과 類似하게 나타나며 12°C 이하의 해수는 32.6~33.7%을 나타낸다. 以上에서와 같이 夏季 亦是 冬季와 마찬가지로 Nakao(1977), Lie(1984)가 提示한 鹽分範圍 32.0~32.5%나 32.0~33.0%보다 훨씬 높게 나타난다. 夏季(8月)의 各定線에서의 T/S Diagram을 根據로 하여 여름철 黃海中部에서의 10°C 이하의 해수가 32.5~33.2%이고, 濟州 西方海域에서의 10°C 이하 해수는 33.0~33.5%을 보이고 12°C 이하의 해수는 32.6~33.7%을 나타낸다. 그렇다면, 夏季 黃海底層冷水의 水溫限界를 明確히 하기 爲해서 Fig. 5a의 濟州西北方(34°N)에서 濟州西南方(32°N)까지 1983年 7月에 濟州大學校 海洋學科에서 觀測한 50m層의 水溫과 鹽分分布圖를 提示한다(Fig. 5b). 西北端에는 11°C 이하의 黃海底層冷水가 보이고, 이 冷水의 先端部는 양자강퇴를 右側 境界로 하여 濟州 西方海域을 지나 南東方向으로 擴張되어 있음이 12°C 等溫線의 分布로 부터 類推할 수 있다. 이보다 훨씬 南쪽에서 異例的으로 추운 겨울을 보낸 1977年(Fig. 10參照; 1月, 2月의 平均氣溫; -2.62°C) 夏季에 觀測된 50m層의 水溫分布(Fig. 6)을 보면 31°N와 126°E를 中心으로 12°C 이하의 冷水가 周邊海水와 강한 水溫勾配를 나타내고 있어 黃海底層冷水가 31°N와 126°E까지 擴張됨을 알 수 있다. 또한 Fig. 3에서 黃海底層冷水의 先端部 (32°N, 126°E)의 平均氣溫이 14°C임을 考慮해 볼 때, 1977年과 같이 겨울철 氣溫이 異例的으러 낮을 때, 그 해 여름철에 黃海底層冷水는 보다 南쪽으로 南下하며, 冷水의 水溫도 보다 낮아짐을 示唆한다. 따라서, 夏季 濟州西方域의 黃海底層冷水 特性値를 알기 爲해 Fig. 5a의 觀測點에서 T/S Diagram을 살펴 보면(Fig. 5c) 觀測海域의 西北方에 位置한 觀測點 16, 17, 18, 19, 20의 底層은 가장 낮은 水溫(8.5~10°C)과 比較的 低鹽(32.9~33.3%)의 黃海底層冷水의 存在를 알 수 있으며, 이는 대양자강퇴(50m 等水深線)를 右側 境界로 하여 濟州 西方海域을 지나 南東方向으로 擴張되어 있음이 12°C 等溫線의 分布로 알 수 있다(Fig.

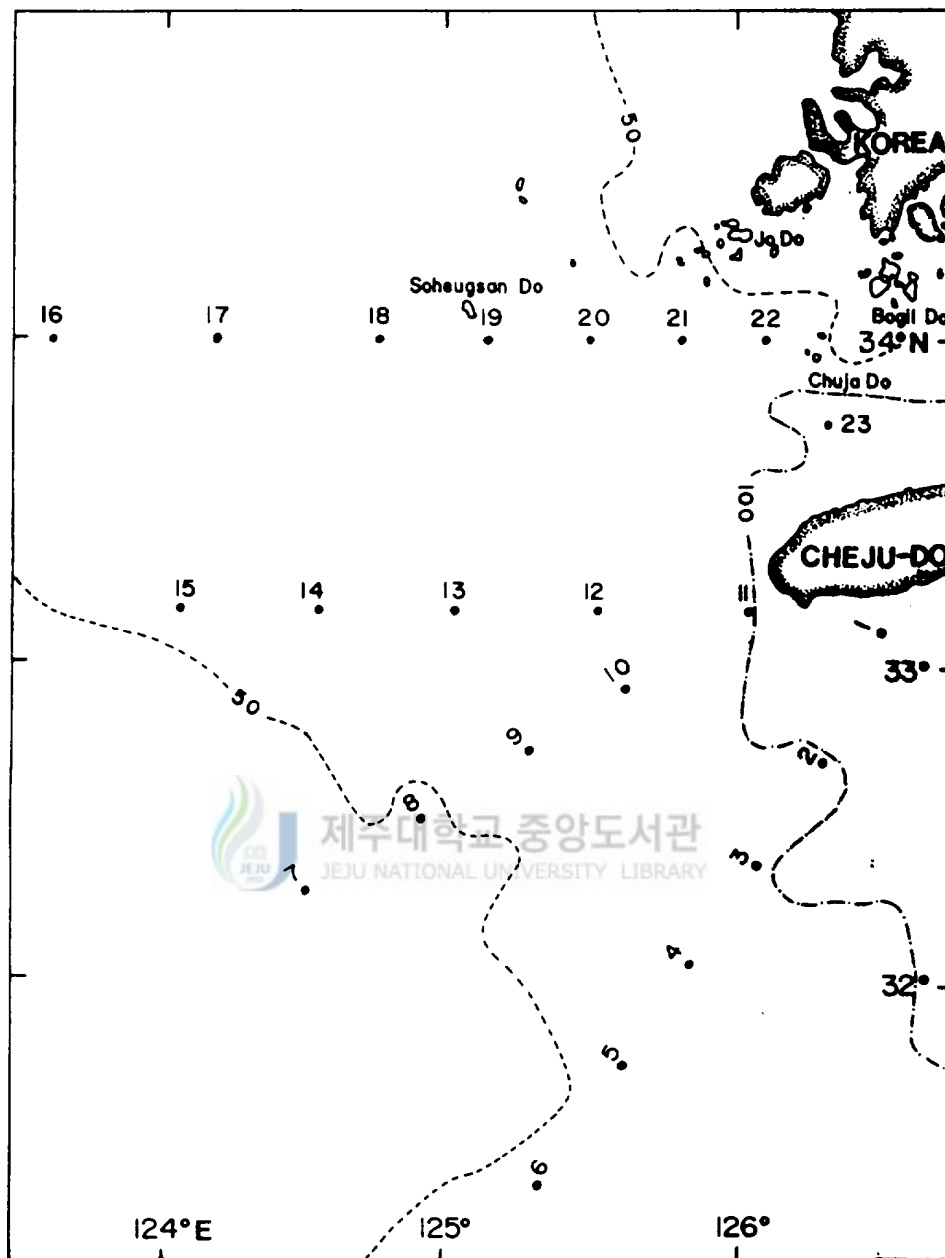


Fig. 5a. Hydrographic stations in the southwestern sea of Cheju-do Island, 5-12 July 1983.

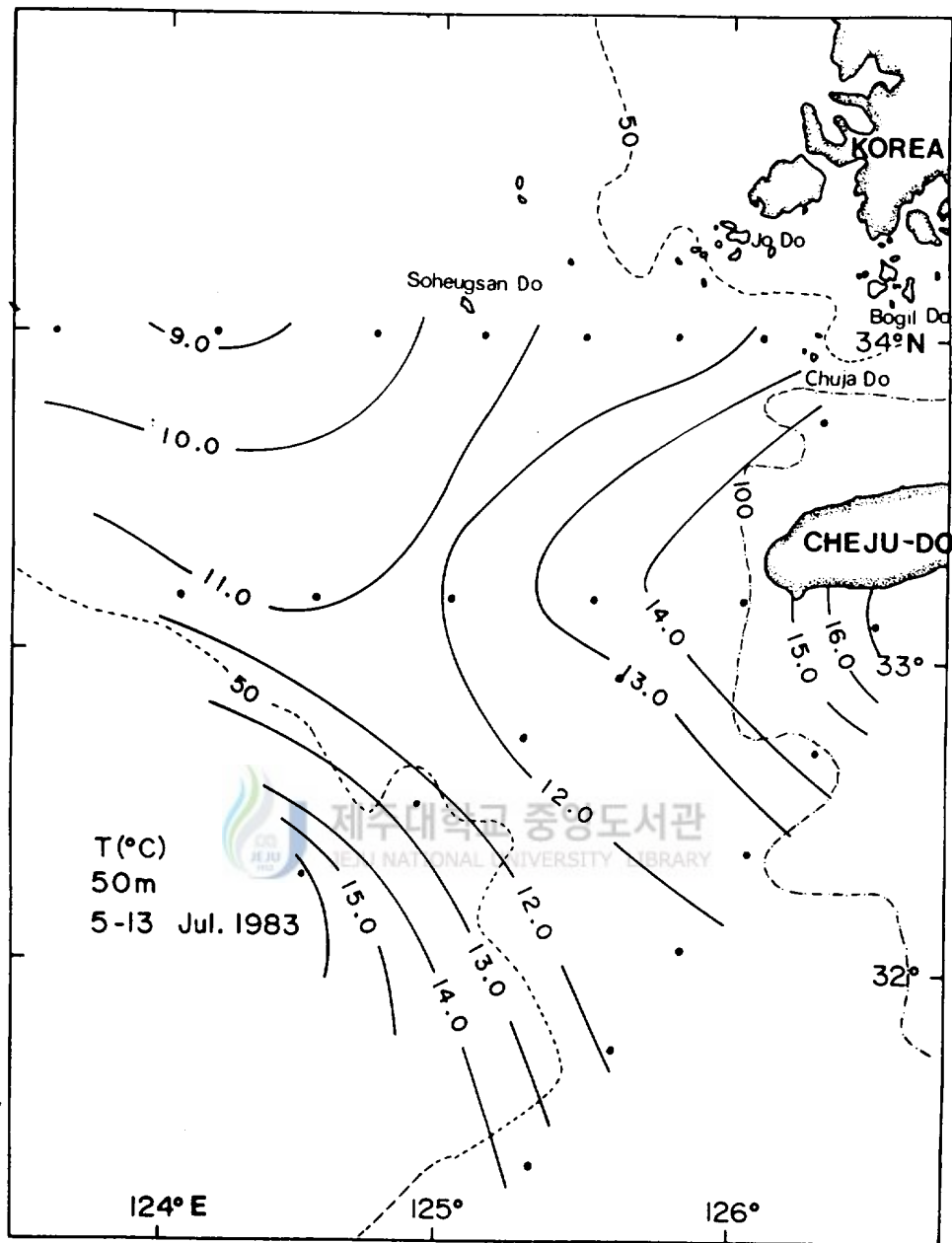


Fig. 5b. Horizontal distribution of temperature at 50m depth.

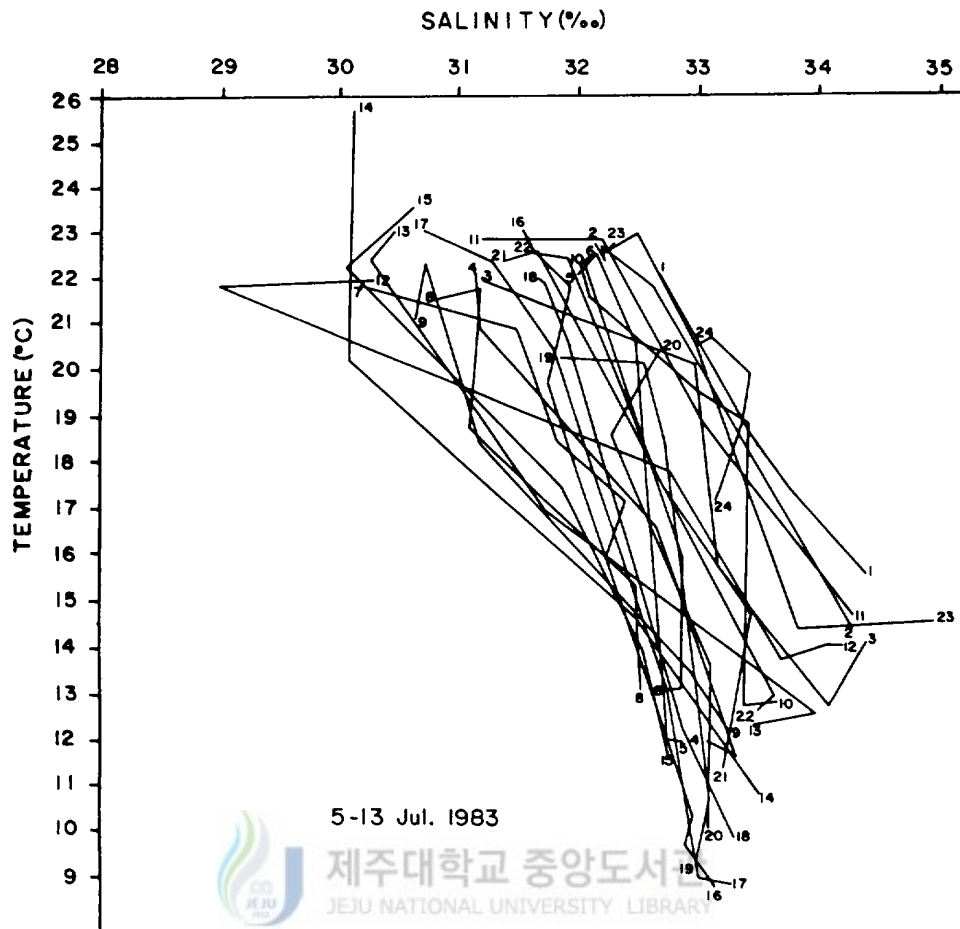


Fig. 5c. Temperature-Salinity correlation.

5, b). 12°C 이하의冷水塊이 지나는西方과西南方海域의觀測點 13, 14, 15, 9, 5, 4의底層海水는 $T < 12^{\circ}\text{C}$, $32.7 < S < 33.5\text{‰}$ 인特性을 보인다. 以上の結果로夏季에 있어서黃海底層冷水의海水特性値는鹽分이全體적으로 보아 $32.5 < S < 33.7\text{‰}$ 의 값을 가지며,水溫은黃海中部에서 10°C 以下이고,濟州西方과西南方海域에서는季節的 水溫上昇效果 및隣接海水와의熱交換을考慮한다면 12°C 以下로限定지을수 있겠다. 또한黃海底層冷水의先端部に該當되는 $31^{\circ}\sim 32^{\circ}\text{N}$, 126°E 에서는冷水의水溫이 $12\sim 14^{\circ}\text{C}$ 로前年の겨울철氣溫에關聯性을 가지고 어느정도變動이豫想된다. 以上을綜合해 보았을 때黃海底層冷水는季節에 따라,場

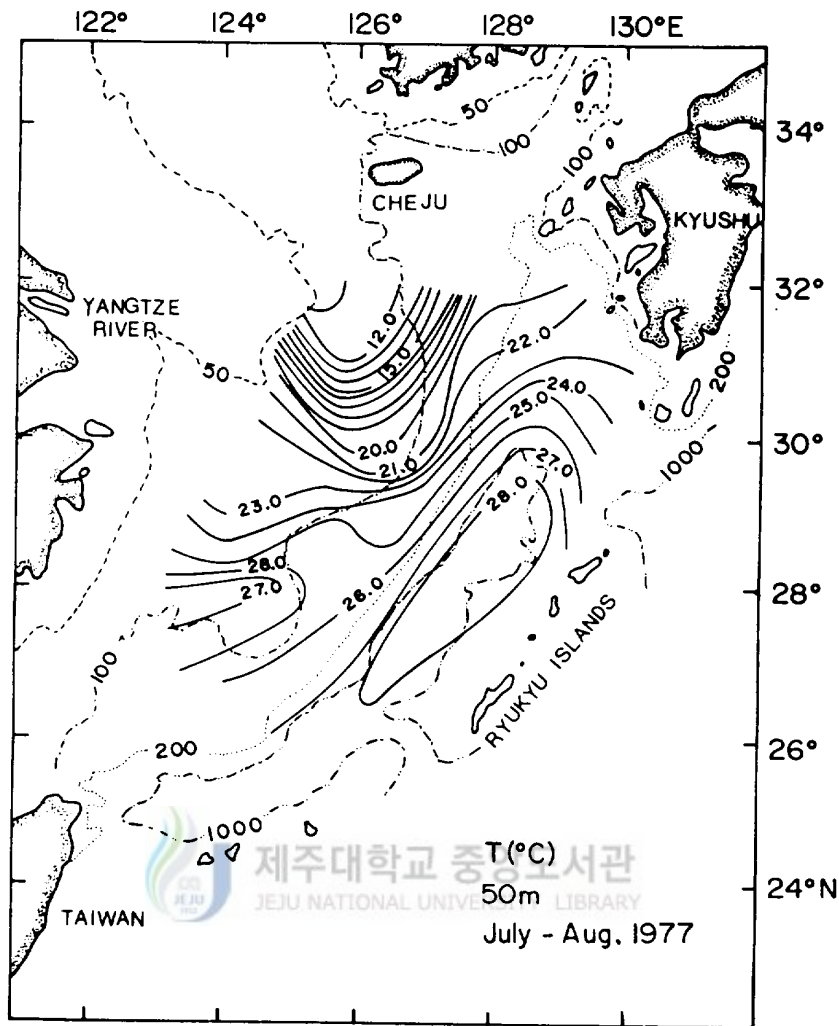


Fig. 6. Spatial distribution of temperature at 50m depth during July-August 1977 in the East China Sea. After Park(1985).

所에 따라 定義가 달라질 수 있다.

따라서, 本 研究에서 提示한 季節別·海域別 黃海底層冷水의 特性을 Nakao (1977), Lie(1984), Park(1985, 1986)이 提示한 黃海底層冷水 特性値와 比較하기 로 한다(Table 1). Table 1에서 본 바와 같이 Nakao(1977)는 黃海底層冷수를 10°C 이하 水溫, 32.0 < S < 32.5‰의 鹽分値로, Lie(1984a)는 10°C 以下 水溫, 32.

Table 1. The identification of water characteristics of the Yellow Sea Bottom Cold Water.

	Season	Temperature range(°C)	Salinity range(‰)	Applied Sea area
Nakao(1977)	Winter-Summer	T < 10	32.0 < S < 32.5	Yellow Sea
Lie(1984)	Winter - Summer	T < 10	32.0 < S < 33.0	Yellow Sea
Park (1985, 1986)	Summer	T < 12	S < 33.5	Southwestern sea of Cheju Is.
Present study	Winter	T < 10	32.0 < S < 33.7	Yellow Sea, Western sea of Cheju Is.
		T < 10	32.5 < S < 33.2	Central Yellow sea
	Summer	T < 12	32.5 < S < 33.7	Southern Yellow Ses-south western sea of Cheju Is.
		T < 12-14	32.5 < S < 33.6	Around 31°-32°N, 126° E

0 < S < 33.0‰의 염분값으로 定義하고 있어 이는 黃海 中部域의 限定된 領域에서 適用되는 값이지 夏季 黃海底層冷水의 南下를 考慮한 黃海南部와 濟州 西南方 海域에서는 合當치 않은 것으로 判斷된다. 本 研究에서는 黃海冷水의 特性值를 冬季에는 10°C 以下의 水溫, 32.0 < S < 33.7‰의 鹽分값으로 特性지을 수 있으며, 夏季는 黃海底層冷水의 南下로 인한 黃海南部, 濟州西南方 海域에서는 T < 12°C 水溫, 32.5 < S < 33.7‰의 鹽分값으로 限定지을 수 있다. 또한 黃海底層冷水의 先端部에 該當하는 31°~32°N, 126°E에서는 前年의 겨울철 氣溫에 關聯性을 가지고 12~14°C로 어느 程度 變動性을 示唆한다.

2. 黃海底層冷水의 南下證據

1) 50m 層의 隔月別 水溫變化

Fig. 7a~g는 黃海底層冷水의 中心域(Fig. 3參照)에 近接한 定點들에 있어서 14 年間(1971~1984)에 걸친 50m層 水溫의 隔月變化를 나타낸다. 季節別 水溫變化는 312定線을 境界로 相異한 樣相을 보이는데 312定線 以北에는 大體로 2月에 最低

水溫을 보이고 2月에서 10月까지 점차 上昇하여 10月に 最高水溫을 나타내고 12月に 이르러 다시 下降하는 趨勢를 보인다. 反面 312定線 以南海域에서는 2月과 4月보다는 6月과 8月に 最低水溫이 보이는 境遇가 많으며 12月に 最高水溫을 나타낸다. 이를 좀 더 具體的으로 海域別로 나누어 考察해 보기로 한다. 群山 앞 바다에 位置한 309定線의 309-8定點에서는(Fig. 7a) 最低水溫이 一般的으로 2月に 나타나지만 例外的으로 72, 73, 74, 75, 83, 84年の 境遇는 2月보다 4月の 水溫이 낮게 나타난다. 水溫은 점차 上昇하여 大部分 10月に 最高 水溫을 나타내지만 74, 76, 78, 83年은 最高水溫이 8月に 나타나고 特異하게 '84 年の 境遇 12月に 最高水溫을 보인다. 309-10定點(Fig. 7b)에서도 大部分 2月に 最低水溫을 나타내지만 71, 72, 73, 74, 75年の 境遇는 4月に 最低水溫을 보인다.

最高水溫은 大部分 10月に 나타나고 例外的으로 78, 80, 82年은 '71年과 '84年은 12月に 나타난다. 木浦 앞 바다에 位置한 311定線의 311-8定點과 311-10定點(Fig. 7c, 7d)에서도 309-8定點과 309-10定點에서와 類似한 樣相을 나타내고 있다. 311-8定點에서는 前년에 걸쳐 2月に 最低水溫을 보이고 10月に 最高水溫을 보이나, 71, 72, 74年の 境遇 8月に 最高水溫을 보이고 '75年은 6月に 最高水溫을 보이며 '83年은 12月に 最高水溫을 보인다. 特히 75, 77, 78, 84年の 境遇, 例外的으로 8月水溫이 6月水溫보다 낮게 나타난다. 311-10定點은 71, 74, 76, 78, 84年은 4月に 最低水溫을, '83年은 特異하게 8月に 最低水溫을 보이나 大體的으로 2月に 最低水溫을 보이고 最高水溫은 '81年에는 6月, 71, 72, 74, 75年에는 8月, 73, 76, 77, 78, 79, 80年에는 10月, 82, 83, 84年에는 12月に 나타난다. 反面에 黃海南部, 濟州西方域에 位置한 313-8定點(Fig. 7e)에서는 71, 72, 76, 77, 78, 83年の 境遇, 6月 또는 8月に 最低水溫을 나타내고 8月 水溫이 2月 또는 4月 水溫보다 낮은 횟수가 71, 72, 73, 74, 76, 77, 78, 80, 83年으로 9個年이나 되어 全 觀測年數의 64%에 該當된다. 또한 71, 73, 79, 81年の 境遇에는 10月に 最高水溫을 보이나 거의 大部分 12月に 最高水溫을 나타내고 있어 309, 311定線에서와 相異한 樣相을 보이고 있다. 313-8定點에서와 類似하게 313-10定點(Fig. 7f)에서도 觀測年數의 57%가 6月이나 8月に 最低水溫을 記錄하고 있다. 또한 8月 水溫이 2月이나 4月 水溫보다 낮은 횟수가 71, 73, 74, 77, 78, 80, 82, 83, 84年으로 全 觀測 횟수의 약 64%에 該當된다. 特히 74, 77, 78, 82, 84年の 5個年은 8月の 水溫이 6月보다 낮고 74, 77, 78, 84年은 4月

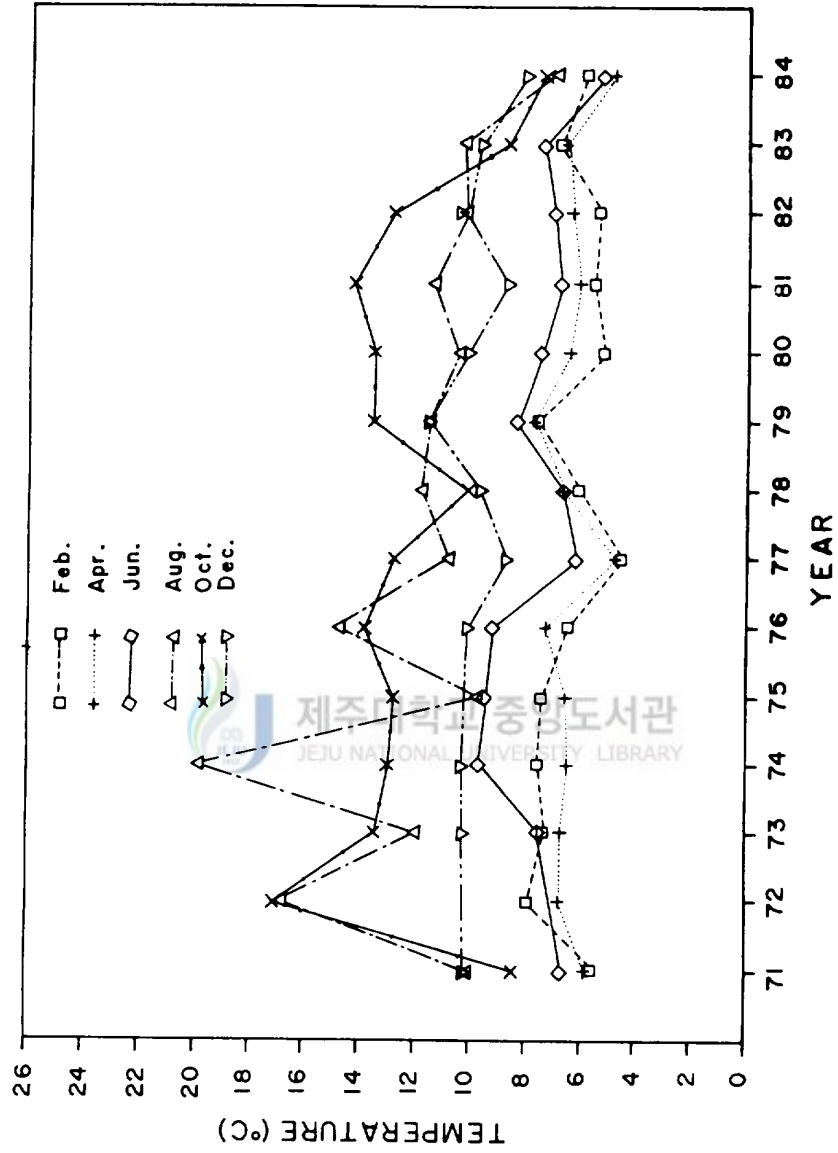


Fig. 7a. Yearly variation of the bimonthly water temperature at 50m depth, at 309-8 station.

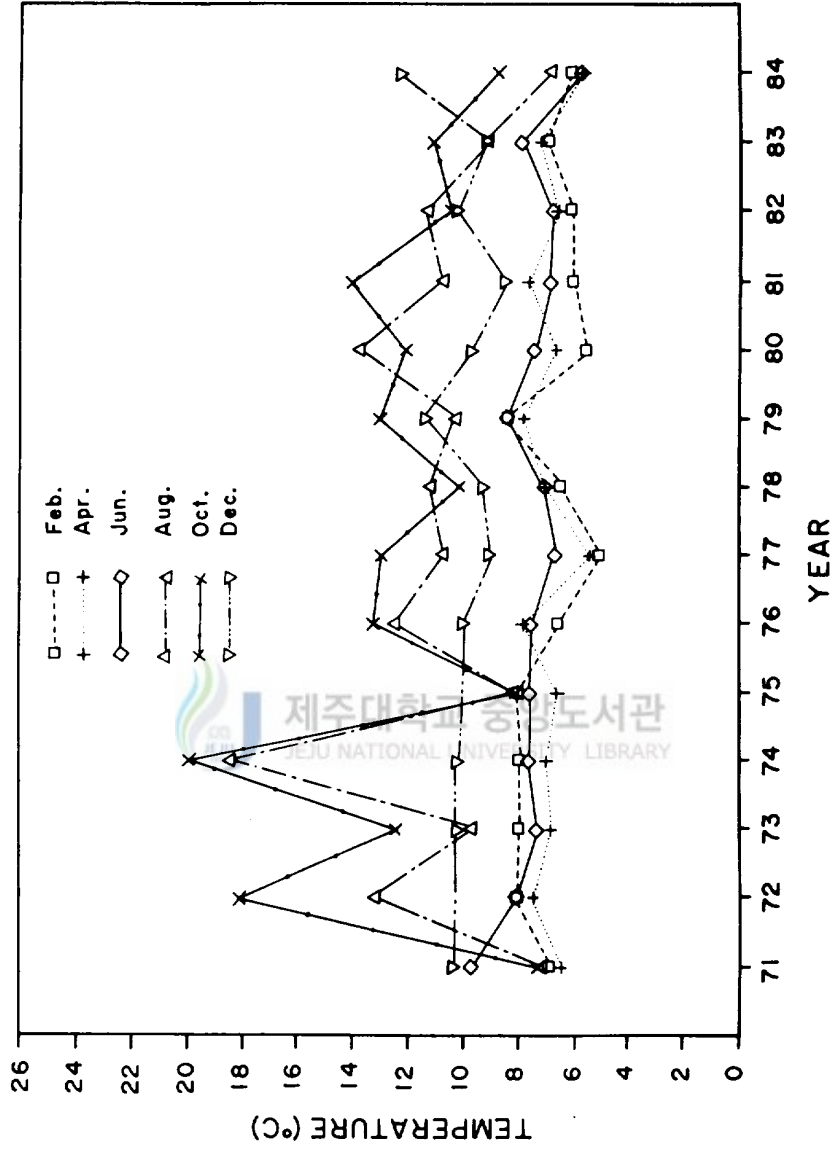


Fig. 7b. Same as in Fig. 7a, except at 309-10 station.

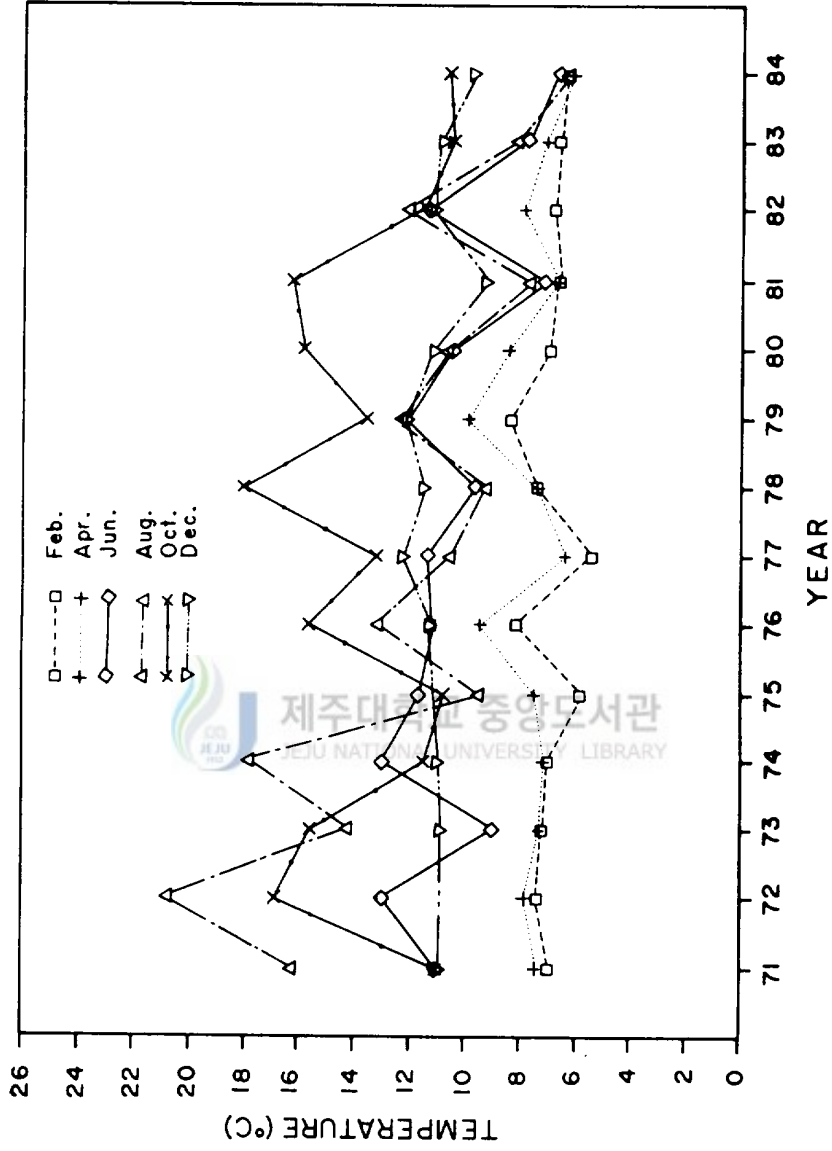


Fig. 7c. Same as in Fig. 7a, except at 311-8 station.

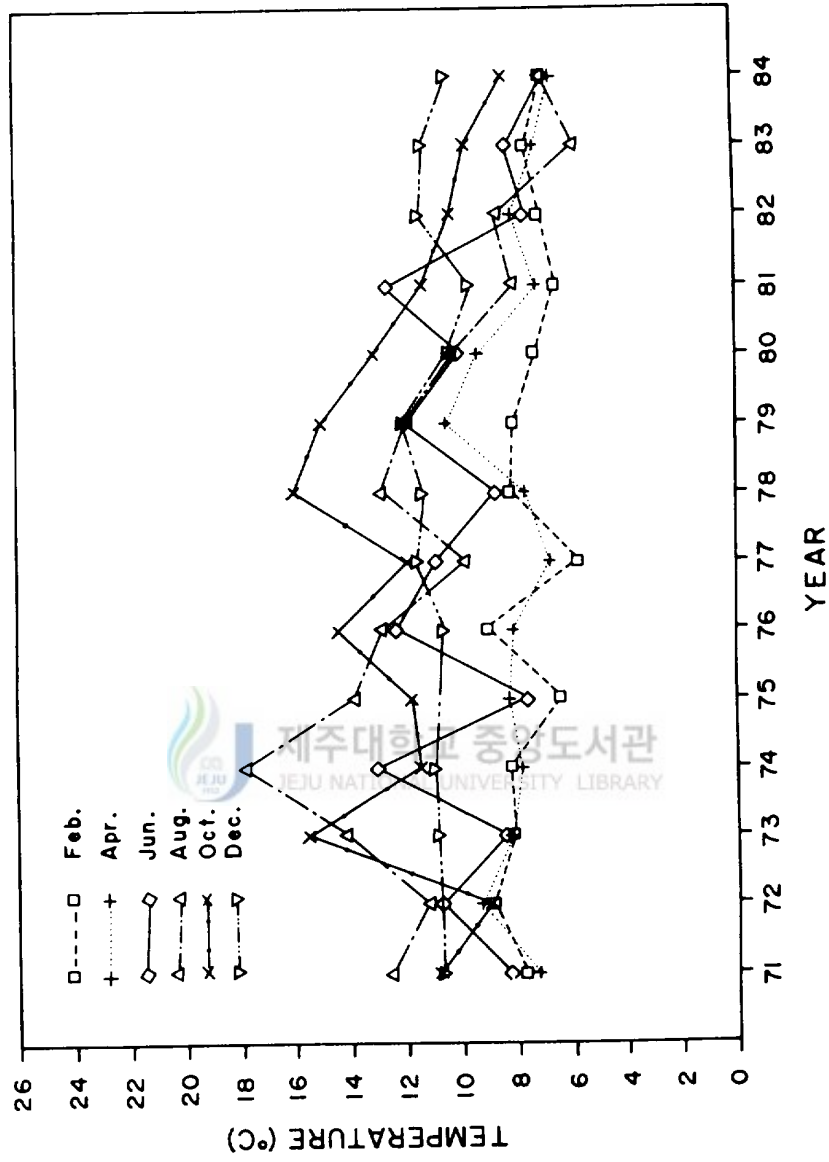


Fig. 7d. Same as in Fig. 7a, except at 311-10 stration.

부터 8월에 이르기까지 漸次 낮아지고 있으며 異例的으로 추운 겨울을 보낸 77, 84年(Fig. 10 參照)의 境遇 2월에서 8월까지 水溫이 漸次 下降하는 傾向을 보인다. 이보다 南쪽에 位置한 314-10定點(Fig. 7g)은 71, 72, 76, 78, 80年은 6월이나 8월에 最低水溫을 보이고 特히 '83年의 境遇 10월에 最低水溫을 나타내고, 73, 75, 77, 79, 82, 84年에는 4월에 最低水溫을 기록한다. 또한 71, 72, 73, 74, 76, 77, 78, 79, 80, 83, 84年의 11個年의 境遇, 8月 水溫이 2월이나 4月보다 낮게 나타나며 이것은 使用한 全 觀測年數의 79%에 該當된다. 그리고, 72, 74, 75, 82, 83年에는 8月 水溫이 6月보다 낮고 72, 74年은 4月부터 8월에 이르기까지 漸次 水溫이 下降하는 傾向을 보인다. 以上の 事實을 미루어 볼 때 312定線을 境界로 以北과 以南海域이 顯著히 다른 水溫分布를 나타내고 있고 特히 313定線의 最低水溫이 2월이나 4월에 나타나지 않고 오히려 6월이나 8월에 나타나는 境遇가 많은데, 이러한 現狀은 이보다 南쪽에 位置한 314定線에서 보다 顯著히 나타난다. 이것은 冬季에 312定線 以北에 形成된 黃海冷水가 봄부터 여름에 걸쳐 漸次 312定線 以南으로 擴張된다는 좋은 證據가 되고 있다. 또한 312定線 以北에는 最高水溫이 보통 10월에 나타나고 312定線 以南(313定線)에서 12월에 나타나는 點은 冬季에 접어들면서 濟州西方을 통해 黃海暖流水의 北上과 聯關시켜 볼 수 있겠다. Fig. 8은 309-314定線의 黃海中央골쪽에 位置한 各 10定點에서 隔月別 50 m層의 14年間 平均水溫을 나타내고 있다. 全體的으로 볼 때 312-10定點을 中心으로 해서 以南과 以北이 顯著히 다른 水溫分布를 나타내고 있다. 312定線 以北에 位置한 309-10定點, 310-10定點과 311-10定點에서는 最低水溫이 約 70°C로 2월에 나타나며, 水溫이 漸次 上昇하여 最高水溫은 約 12°C로 10월에 나타난다. 反面에 312定線의 以南에 位置한 313-10定點과 314-10定點에서는 最低水溫이 12~12°C로 4월에 나타나고 最高水溫은 16.5~17.0°C로 12월에 나타난다. 또한 4월에서 8월에 이르기까지 水溫上昇을 보면 北쪽에 位置한 309~10, 310~10定點에서는 7°C에서 11°C로 4°C 정도 增加하나 南쪽에 位置한 313-10定點과 314~10定點에서는 水溫의 增加幅이 좁아져 0.5°C以下를 나타내고 있다. 特히 8월의 境遇, 全域에 걸쳐 水溫 變化가 거의 없고 312定線 以南에 位置한 313~10定點과, 314~10定點에서는 8月 水溫이 2月보다 낮게 나타나고 4月부터 8월에 걸쳐 0.5°C以下의 小規模 水溫增加를 보인다. 그런데 Fig. 11의 仁川과 群山, 그리고 木浦의 14年間(1971~1984) 隔月別 平均氣溫을 보면 2月보다 4월이 10.8°C 높고, 4月보다 6월이 9.5°C 높으며 6月보다 8월이 약 4.7°C가 增加된다.

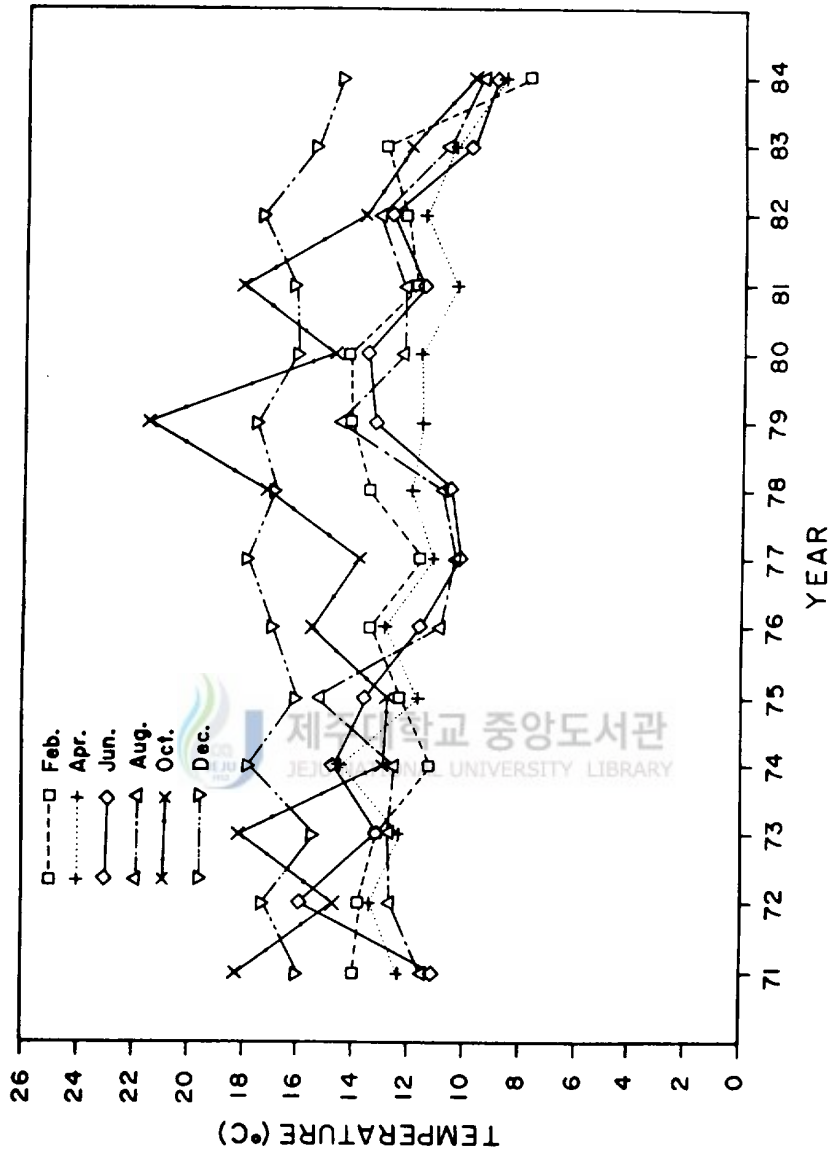


Fig. 7e. Same as in Fig. 7a, except at 313-8 station.

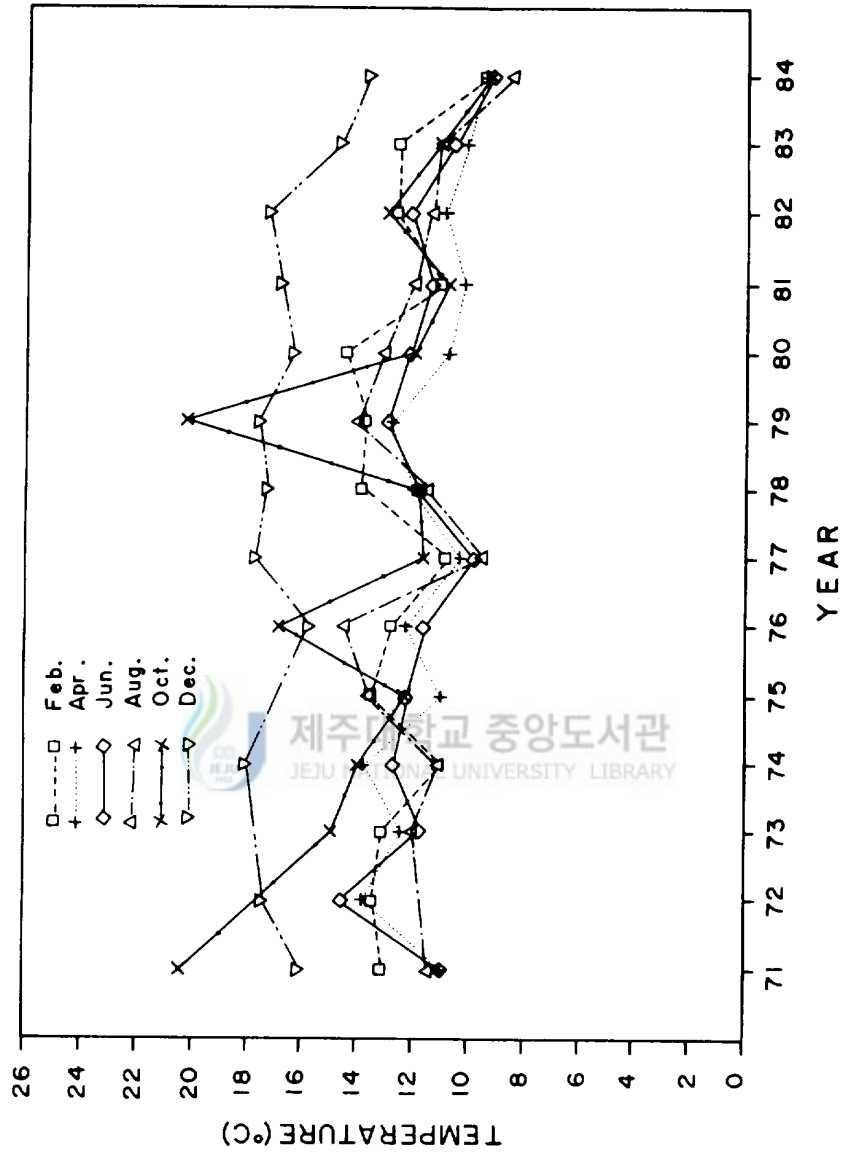


Fig. 7f. Same in Fig. 7a, except at 313-10 station.

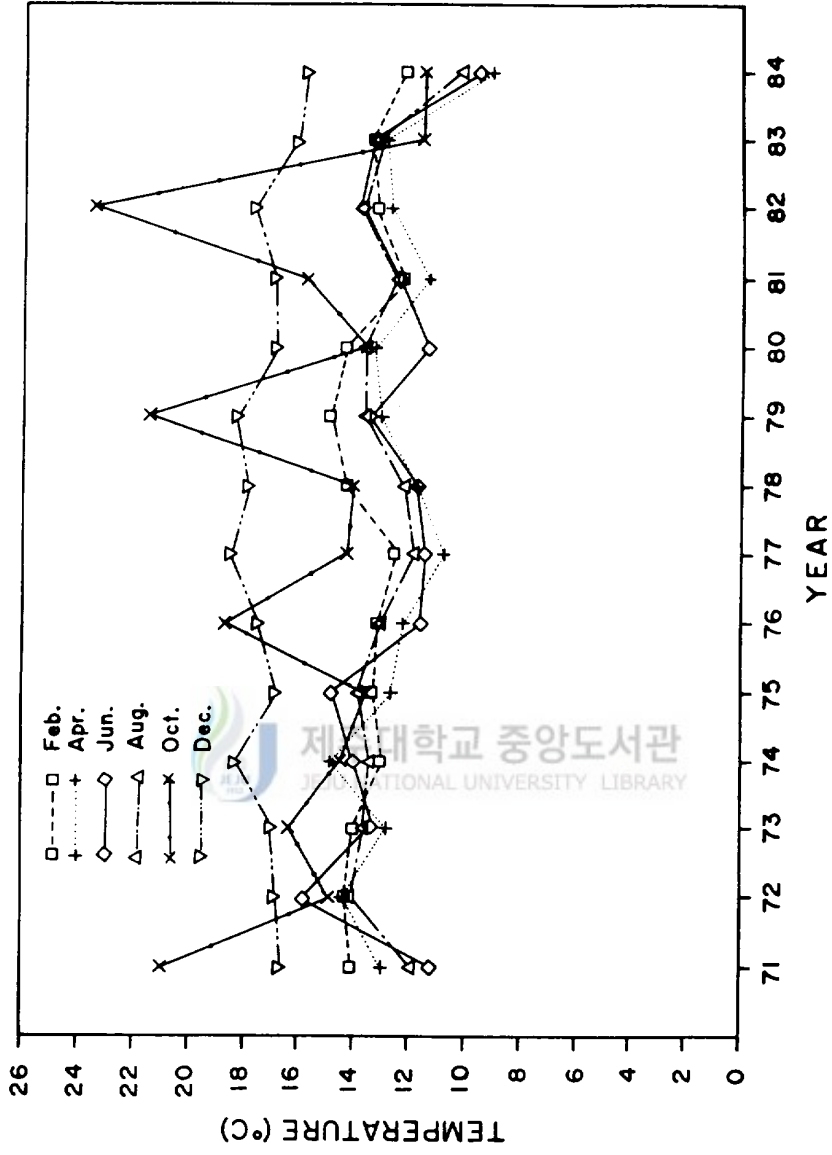


Fig. 7g. Same as in Fig. 7a, except at 314-10 station.

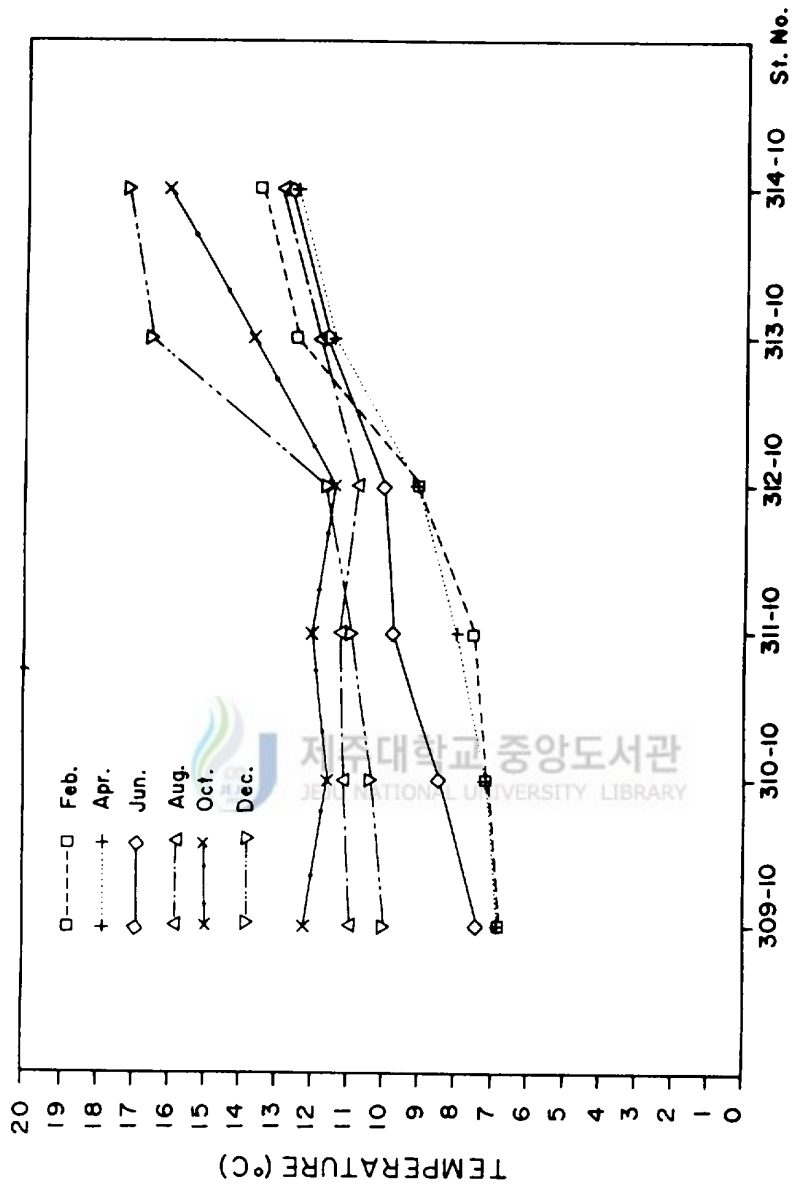


Fig. 8. Averaged bimonthly temperatures at 50m depth over 14 years ('71-'84), at stations 309-10 to 314-10.

312-10定點 以北에서는 50m層 海水水溫이 氣溫의 季節的 變化 樣相에 어느 程度 부응하여 變化함을 알 수 있다. 卽 最低水溫이 2월에 나타나고 最高水溫은 8월을 지나 10월에 나타난다. 反面에 濟州 西方海域인 313-10定點과 314-10定點의 50m層 海水水溫은 季節的 氣溫變化에 相反된 變化樣相을 나타낸다. 卽 最低水溫이 4월에 나타나고 4월부터 8월까지 水溫變化는 0.5℃ 程度의 增加에 그친다. 氣溫이 最低가 되는 2月の 水溫은 오히려 氣溫이 最高가 되는 8月の 水溫보다 약간 낮은 값을 보이고 12月の 水溫은 2月の 水溫보다 5℃程度 높게 나타난다. 特히 313-10定點과 314-10定點의 12月水溫은 312-10定點의 以北에서의 水溫보다 6℃程度 높게 나타나는데 이것은 冬季에 濟州 西方域을 통해 高溫의 黃海暖流의 北上과 聯關시켜 볼 수 있겠다. 313-10定點과 314-10定點에서 2月の 水溫보다 4~8月の 水溫이 多少 낮은 값을 나타내는 事實은 黃海暖流의 北上이 2月以後는 衰退해지고 代身 黃海中部의 底層冷水가 濟州 西方域을 따라 南下한다고 假定한다면 無理없이 잘 說明될 수 있겠다. 卽 濟州 西方域의 底層水는 季節的 氣溫變化보다는 이 곳 海域을 通過하는 冬季의 黃海暖流水 北上과 春季부터 夏季에 이르는 黃海底層冷水의 南下에 의해 顯著한 影響을 받는다고 볼 수 있겠다.

2) 黃海中央골의 水溫·鹽分의 垂直構造

黃海底層冷水의 季節的 垂直分布를 보기 爲해 最近에 比較的 겨울철 氣溫이 낮았던 1984年(Fig. 10 參照, 약 -2.32℃)에 黃海中央골을 따라 北(308-10)에서 南(313-10)으로 차른 水溫의 垂直斷面圖를 Fig. 9a-h에 나타내고 있다. 2月에는 313-10定點의 底層에는 相對的 高溫(8~10℃), 高鹽(33.6~34.0‰)을 보이는데 이것은 黃海暖流水의 影響으로 解釋된다. 그 北쪽 海域에 있는 定點들은 垂直的으로 完全 混合된 水層을 보인다(Fig. 9a-1, a-2). 4월에 접어들면서 312-10定點 以北에는 10m層 附近에서 서서히 水溫躍層을 形成하기 始作한다(Fig. 9b). 또한 2月の 313-10定點의 底層에 보였던 9℃以上의 相對的 高溫의 海水의 核은 4月에는 나타나지 않는 점으로 보아 黃海暖流의 北上이 4月以後는 制限되며 代身 底層冷水가 차츰 313-10定點 以南海域으로 南下하는 것으로 類推할 수 있겠다. 이와같은 事實은 이미 앞에서 言及된 Fig. 8의 313-10定點과 314-10定點의 4月の 水溫이 2月の 水溫보다 낮게 나타나는 事實과 잘 一致되고 있다. 6月에는 表層 水溫이 18~19℃로 加熱되어 10~30m層에서 水溫躍層이 形成되어 冷水는 水溫躍

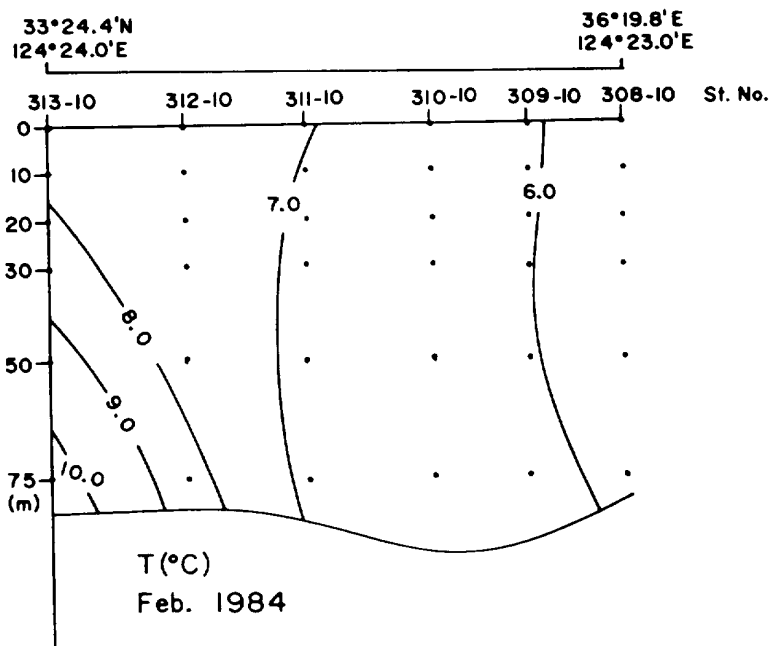


Fig. 9a-1. North-south temperature section from st. 308-10 to st. 313-10 in February 1984.

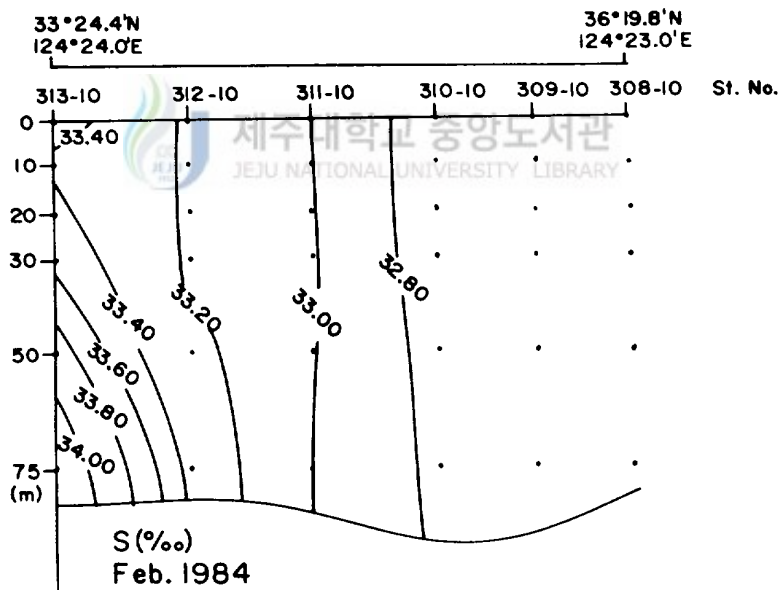


Fig. 9a-2. North-south salinity section from st. 308-10 to st. 313-10 in February 1984.

層 下部에 限定되어지기 때문에 表層의 大氣와의 直接的인 熱交換이 遮斷되어진다 (Fig. 9c). 夏季(8月)에는 表層水溫이 26.0~27.0°C로 加熱되어 年中 가장 강한 水溫躍層이 20~30m層에서 形成되며 特히 6月에 313-10定點 下部에 位置한 9.0°C 等溫線의 先端部가 8月에는 313~10定點의 以南으로 擴張되어 Fig. 9d의 垂直斷面圖에는 나타나지 않고 있다(Fig. 9d). 反面에 10月에 접어들면서 表層은 8月에 比해 冷却되어 水溫躍層이 比較的 弱화되고 313-10定點과 312-10定點 사이의 底層에는 8月에 313-10定點 以南으로 擴張되었던 9.0°C等溫線의 先端部가 나타나고, 8.0°C等溫線 亦是 8月에 比해 北쪽으로 後退하여 나타난다(Fig. 9e). 以上の 事實을 綜合한다면 冬季에 形成된 黃海冷水는 春季부터 夏季에 걸쳐 表層에 形成된 強力한 水溫躍層에 依해 大氣와의 熱交換이 거의 遮斷되어져서 水溫躍層 下部에 자리하는 底層冷水塊를 形成한다. 이러한 底層冷水塊는 2月以後의 黃海暖流水의 北上이 衰退함과 同時에 漸次 濟州西方 海域으로 南下하며, 秋季에 접어들면서 黃海底層冷水의 南下는 漸次 衰退해지고 冷水塊의 分布도 北쪽으로 後退하게 된다.

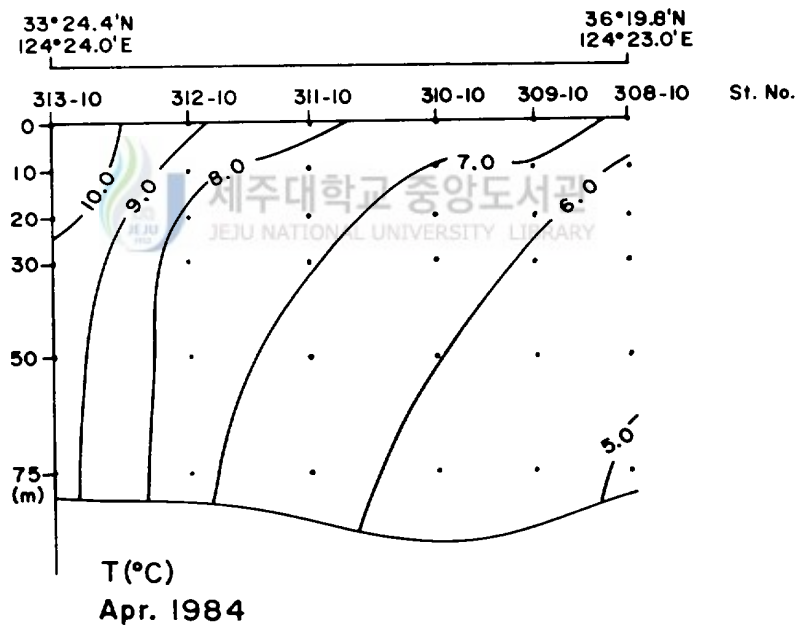


Fig. 9b. Same as in Fig. 9a-1, except in April.

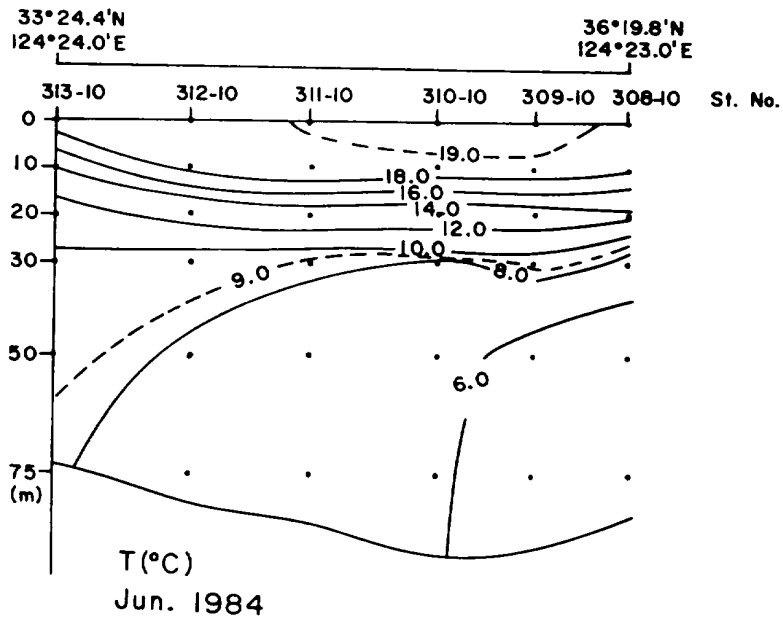


Fig. 9c. Same as in Fig. 9a-1, except in June.

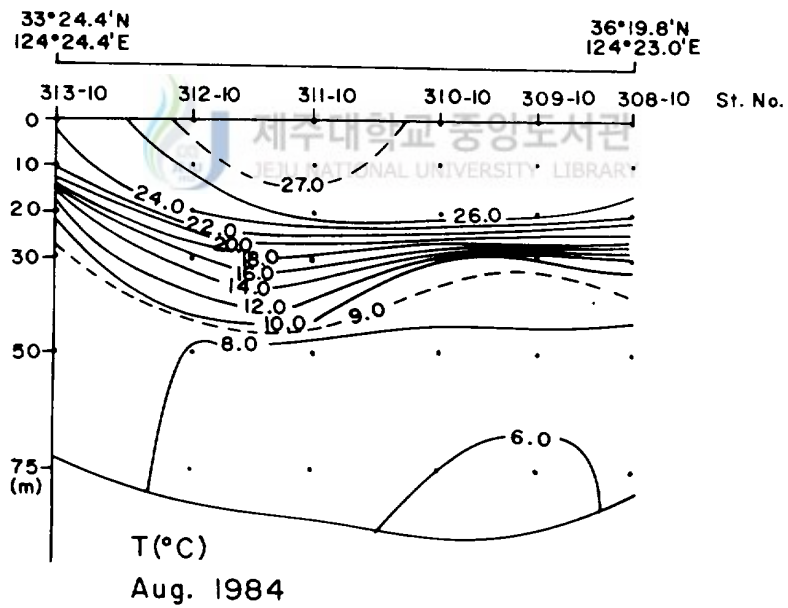


Fig. 9d. Same as in Fig. 9a-1, except in August.

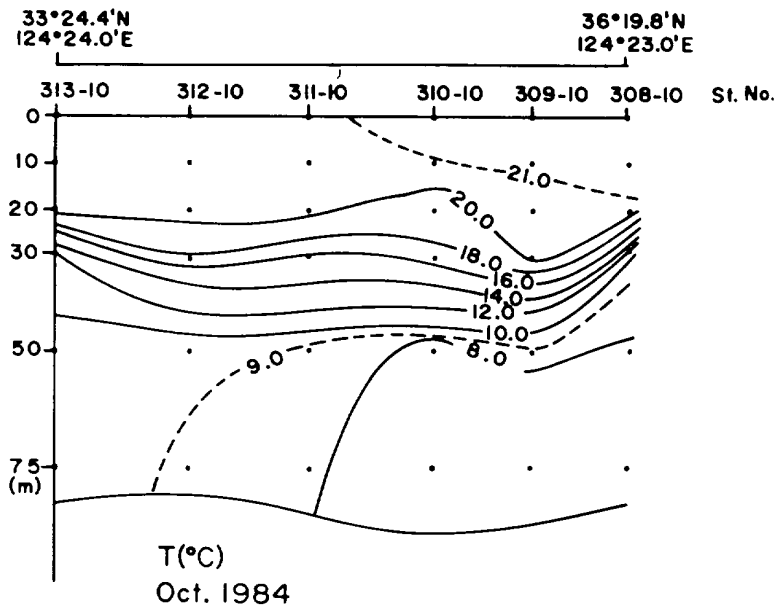


Fig. 9e. Same as in Fig. 9a-1, except in October.

3. 黃海底層冷水와 冬季의 氣溫

1) 氣溫의 月·隔年 變化

黃海中部域에서 冬季의 氣溫과 黃海底層冷水와의 關係를 알아보기 爲해 沿岸 測候所의 平均氣溫과 바람을 調査하였다. 調査에 앞서 冬季(1月, 2月)의 西海岸 測候所中 仁川과 群山, 그리고 木浦의 氣溫은 相互 0.97以上の 相關關係를 갖고 있으며(氣象研究所, 未發刊) 이들 測候所가 海岸에 連하여 位置하고 있어 黃海中部域의 氣溫變化的 代表값으로 選定하였다. Fig. 10은 14年間(1971~1984)仁川과 群山, 그리고 木浦의 冬季(1月, 2月)의 平均氣溫과 風速을 나타내고 있다. 그림에서 風速은 統計期間을 通하여 4 내지 5 m/s로 變化가 거의 없었으며 氣溫은 +3°C에서 -3°C幅으로 심하게 變化하고 있다. 風速은 地形的인 影響으로 實際 海上 風과는 相當한 差異가 豫想되어 여기서는 주로 氣溫과 黃海底層冷水와의 關係를 考察하기로 한다. Fig. 11은 同一期間에 걸쳐 仁川과 群山, 그리고 木浦의 隔月平

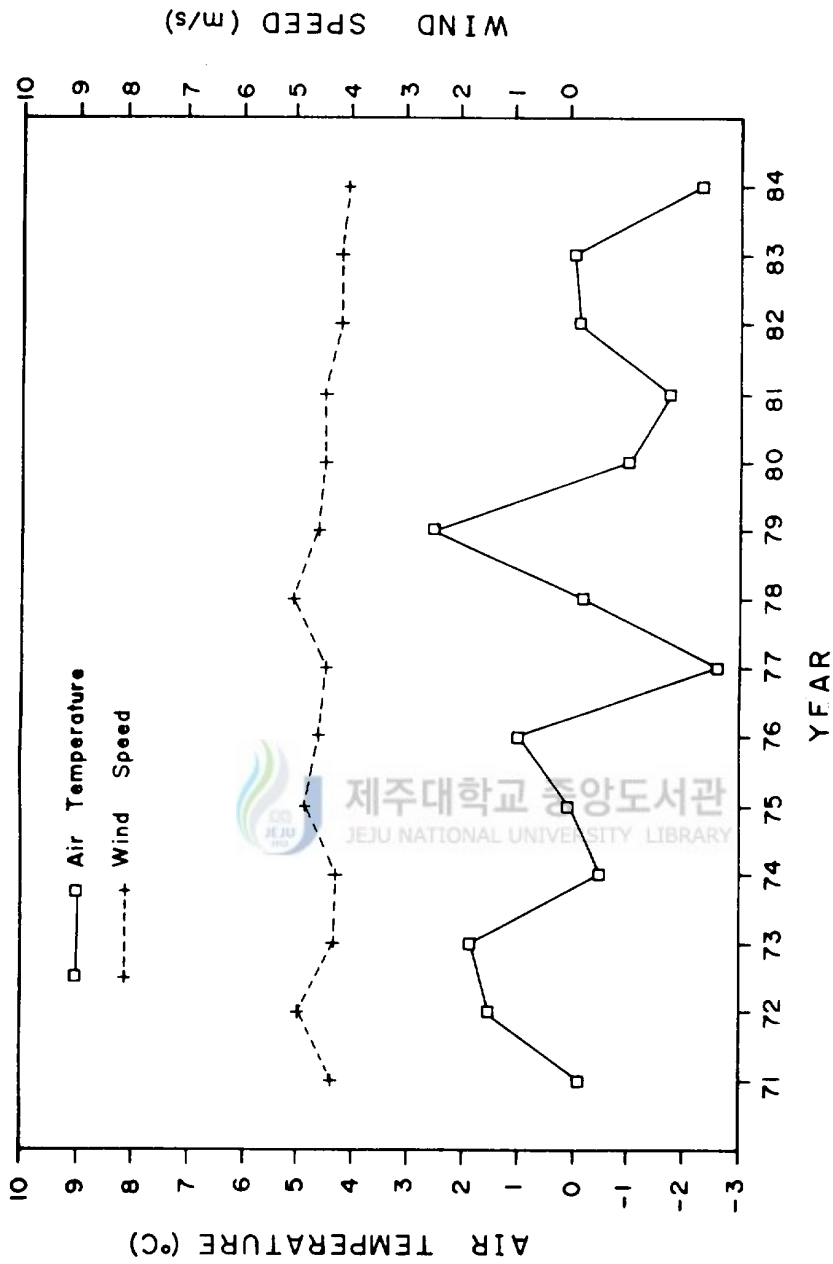


Fig. 10. Yearly variation of the mean air temperature (solid line) and wind speed (dotted line) in winter (Jan. & Feb.) during 1971-1984 along the west coast of Korea. Each data point in the figure represents the averaged value over three meteorological stations, Incheon, Kunsan and Mokpo.

均값을 平均하여 隔月變化和 標準偏差를 나타내었다. 隔月變化는 8月이 높고 2月이 낮은 大陸性 氣候의 特色을 나타내고 있음을 알 수 있으며, 또한 冬季(2月, 12月)의 氣溫偏差가 相對的으로 크게 나타나는데 이는 冬季(2月, 12月) 平均氣溫의 變化가 심하였음을 보여준다.

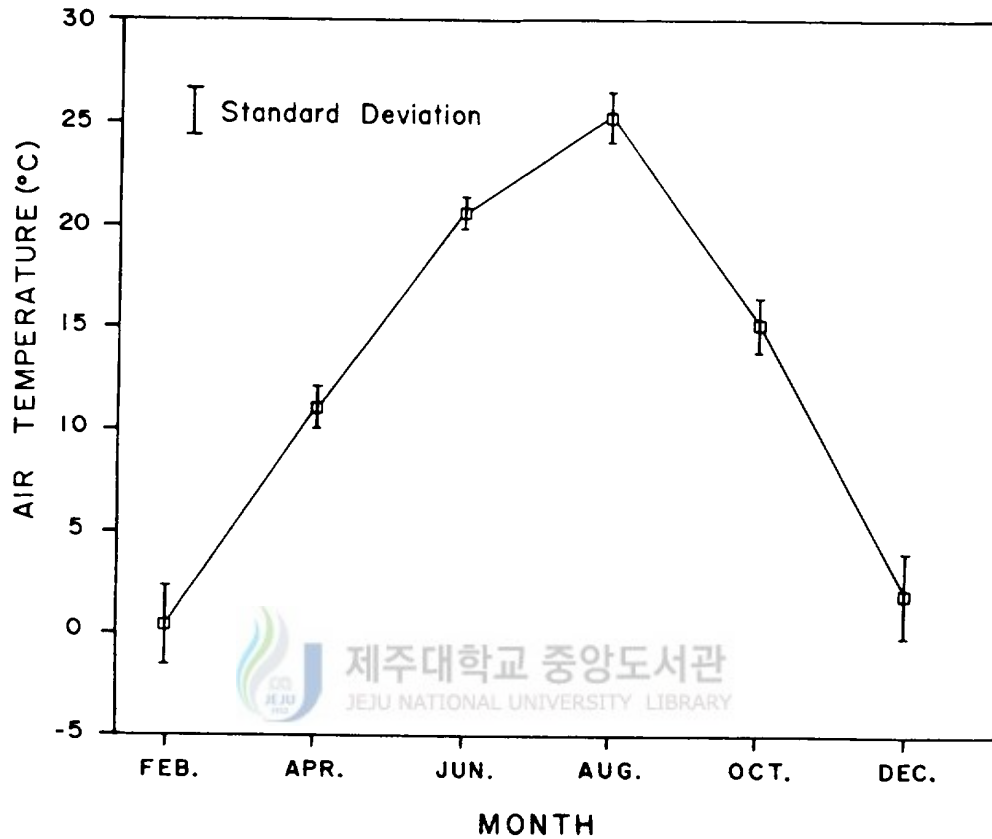


Fig. 11. Bimonthly variation of the mean air temperature over 14 years ('71-'84) along the west coast of Korea(Inchon, Kunsan and Mokpo).

2) 10°C等溫線의 水平分布

Fig. 12a-f는 本 研究에 있어서 冬季의 限界水溫인 10°C等溫線의 隔月別 水平分布를 나타내고 있다. 2月の 境遇(Fig. 12a), 大部分 韓半島 西南海域의 北緯 34°를 中心으로 平行하게 分布되어 나타나고 있으나, '84년에는 南쪽으로 擴張하여

濟州 西方域까지 分布한다. Fig. 10의 겨울철 平均氣溫과 關聯시켜 볼 때, '81年 (-1.72°C)과 '84年(-2.32°C)의 境遇 다른 해에 比較 比較的 추운 겨울 氣溫을 나타내고 있다. 10°C等溫線은 '84년에는 다른 해에 比較 南쪽으로 치우쳐 分布하는데 '81년에는 比較的 따뜻한 겨울을 보낸 '80年과 '82年 그리고 '83年の 10°C等溫線 分布와 類似한 樣相을 보인다(Fig. 12a). 4월에 접어들면서 全體적으로 南西·北東方向으로 기울어져 分布하고, 추운 겨울을 보낸 '84年の 境遇 4月の 10°C等溫線이 2月の 10°C等溫線 보다 훨씬 南쪽으로 後退하여 濟州 西岸域 가까이 分布하며 '81年 亦是 10°C等溫線이 比較的 따뜻한 겨울을 보낸 '80年과 '82年 그리고 '83年の 境遇보다 더 南쪽으로 擴張하여 分布함을 알 수 있다(Fig. 12b). 6月에는 거의 南北方向으로 기울어지고 黃海中央골 쪽으로 後退하여 分布한다. '84年の 境遇, 4月の 10°C等溫線의 分布에 比較 濟州 西岸域에서 멀어져 125°E를 中心으로 다른 해의 10°C等溫線보다 南쪽으로 擴張되어 分布하며, 比較的 추운 겨울을 보낸 '81年の 境遇 10°C等溫線이 韓半島 西쪽 沿岸에서는 '80年과 '82年 그리고 '83年 보다 南쪽에 分布하나 特異하게 濟州 西方域에서는 比較的 따뜻한 겨울을 보

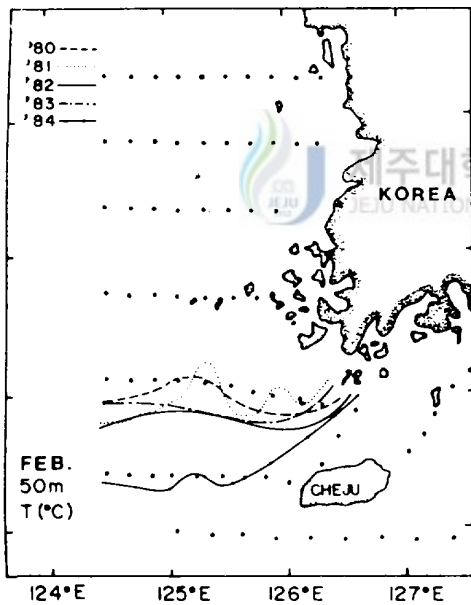


Fig. 12a. Horizontal distribution of 10°C isothermal line at 50m depth in February, 1980-1984.

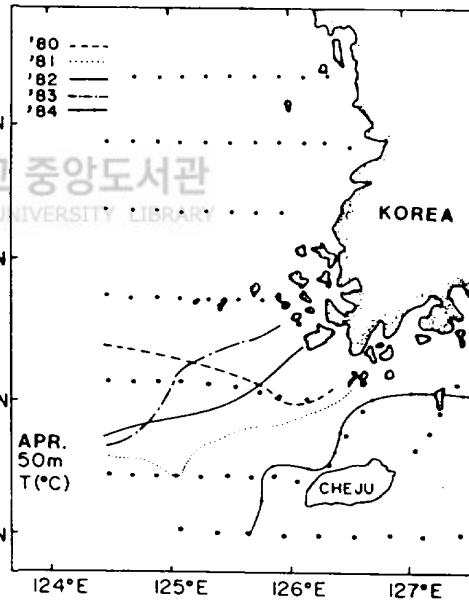


Fig. 12b. Same as in Fig. 12a, except in April.

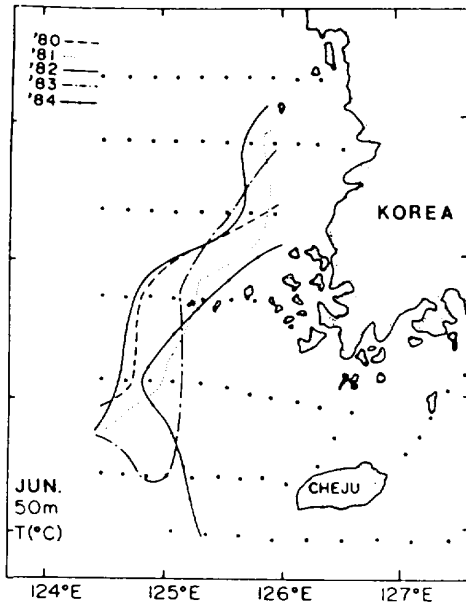


Fig. 12c. Same as in Fig. 12a, except in June.

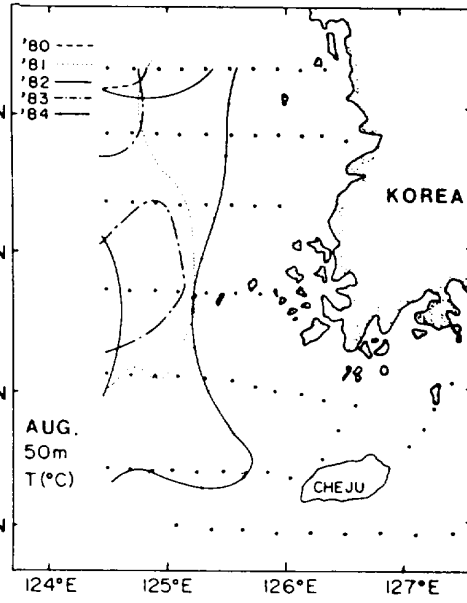


Fig. 12d. Same as in Fig. 12a, except in August.

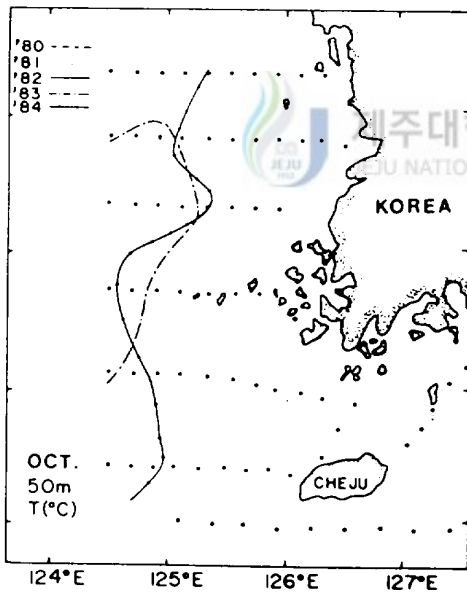


Fig. 12e. Same as in Fig. 12a, except in October.

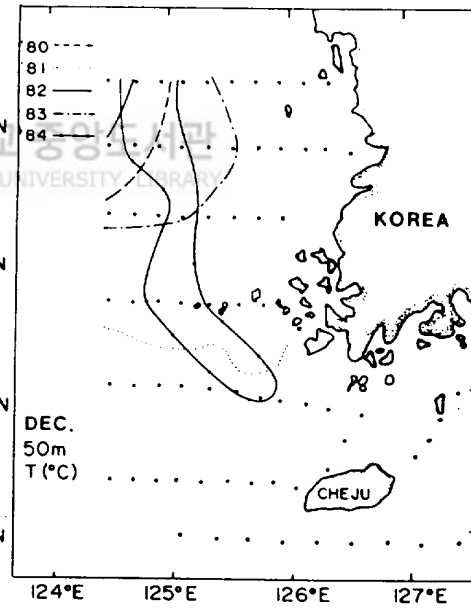


Fig. 12f. Same as in Fig. 12a, except in December.

년 '83년이 추운 겨울을 보낸 '81년에 비해 남쪽에 위치한다(Fig. 12c). 8월에 접어들면서 10°C 등온선이 대부분 黃海中央域에 限定되어 分布하나, '84년의 境遇는 濟州 西方域에까지 舌像으로 分布한다(Fig. 12d). 10월에는 研究海域 內에 '83년과 '84년의 等溫線만 나타나고 다른 해의 10°C 등온선이 存在하지 않고, 大體로 南北方向으로 黃海中央골쪽에 자리잡고 있다(Fig. 12e). 12월에는 全體的으로 北쪽으로 後退하여 分布하며, '84년의 境遇 濟州 西北方 沿岸가까이 舌像으로 分布하며 '80년과 '82년 그리고 '83년은 群山 앞 바다의 黃海中央골쪽에 나타난다. 10월에 研究海域에는 나타나지 않았던 '81년의 10°C 등온선이 12월에는 '84년의 10°C 등온線 先端部 附近에 나타나는 特異한 樣相을 보인다(Fig. 12f). 以上の 事實을 綜合해 보면 추운 겨울을 보낸 '81년과 '84년의 境遇 10°C 등온線은 比較的 따뜻한 겨울을 보낸 해에 비해 훨씬 남쪽에 위치하여 分布한다. 또한 全季節을 通해 黃海底層冷水의 上限 溫度를 冬季 限界水溫인 10°C 로 限定시킨 關係로 여름철 黃海底層冷水가 다른 季節에 비해 보다 많이 남쪽으로 擴張되는지 與否가 明確하게 나타나지 않는다. 여기서는 但只 겨울철 氣溫과 黃海底層冷水의 隔月別 變動과의 關係를 알아보기 爲해 冬季의 限界水溫인 10°C 등온線을 考察하였다.

3) 1977년과 1979년 8월의 水溫水平分布

本 研究에서 夏季의 黃海底層冷水 特性值를 季節의 水溫 上昇效果와 隣接海水와의 熱交換을 考慮하여 12°C 以下의 水溫으로 限定하였다. 冬季의 黃海周邊域 氣溫이 夏季의 黃海底層冷水 南下 擴張에 미치는 影響을 알아보기 爲해 Fig. 10에서 統計期間中 겨울철 氣溫이 가장 낮았던 1977년(-2.62°C)과 가장 높았던 1979년(2.55°C)의 夏季(8월) 50m層의 水溫 水平分布를 살펴보기로 한다(Fig. 13a-b). Fig. 13a는 1979년 8월의 50m層 水溫의 水平分布圖이다. Fig. 13a의 中西部域에 나타나는 12~13°C의 比較的 낮은 海水를 除外한다면, 9~12°C의 水溫을 갖는 冷水塊는 海域의 西北端에 限定되어 진다.

여기서 冬季期間中 가장 추운 겨울을 보낸 1977년 8월의 50m層 水溫의 水平分布를 살펴보면(Fig. 13b), 夏季 黃海底層冷水의 限界水溫인 12°C 등온線은 125°30'E를 따라 南北方向을 이루며 濟州 西方沿岸을 通過해서 1979년의 境遇보다 훨씬 남쪽으로 擴張되어 分布함을 알 수 있다. 그리고, 黃海中央골쪽에는 골을 따라 10~12°C의 冷水가 자리한다. 韓半島 西岸 가까이 相對的 高溫(16~20°C)의

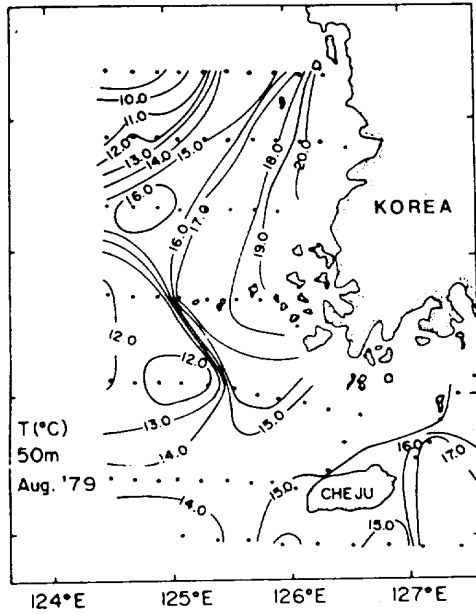


Fig. 13a. Horizontal distribution of temperature at 50m depth in August 1979.

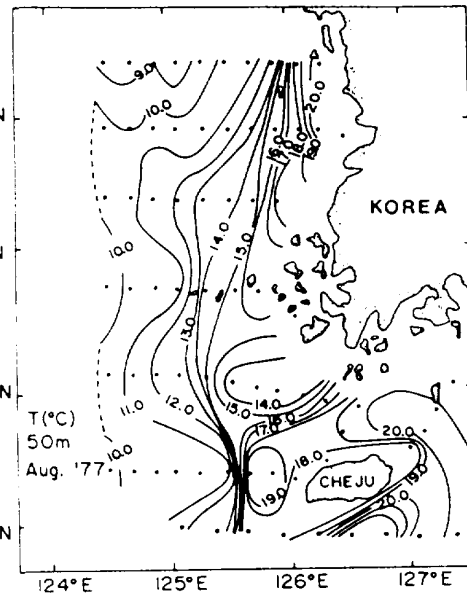


Fig. 13b. Horizontal distribution of temperature at 50m depth in August 1977.

海水가 分布하여 黃海底層冷水와 境界를 이루고 있는데, 이것은 얇은 水深(30m以下)으로 因한 夏季의 강한 日射量의 影響으로 底層(30m)까지 水溫이 上昇하여 黃海底層冷水와 境界를 이룬것으로 判斷된다. 또한 濟州 西岸 가까이에서 黃海底層冷水와 境界를 이루는 16~19°C의 高溫의 海水는 黃海暖流水의 影響으로 思料되는데, 이는 김(1980), 김과 노(1982), Park(1986) 등이 提示한 黃海暖流水가 夏季에 濟州 西岸과 北岸의 中·底層을 따라 右回轉한다는 事實과 聯關시켜 볼 수 있겠다. 以上の 事實로 미루어 冬季의 氣溫이 異例的으로 낮았던 해에는 黃海底層冷水의 勢力이 強해지며 또한 冬季 氣溫이 높았던 해에 比해 훨씬 더 南쪽으로 擴張되어 나타나고 冷水의 水溫도 보다 낮게 나타난다. 卽, 冬季의 氣溫과 夏季의 黃海底層冷水의 水溫 및 勢力 擴張에는 相當히 密接한 關係가 있음을 알 수 있다.

4) 冬季의 氣溫과 黃海底層冷水의 水溫과의 相關關係

겨울철 黃海의 氣溫과 黃海底層冷水의 水溫과의 相關關係를 알아 보기 위해서 韓半島 西海岸에 位置한 仁川과 群山 그리고 木浦의 1月과 2月の 月平均氣溫

의 平均值와 各 定點에 있어서 50m層의 隔月別 水溫과의 相關係數를 求했으며, 그 結果는 Table 2와 같다. 冬季(2月)에는 313定線의 以北에 位置한 309定線과 310定線 그리고 311定線의 8 定點과 10定點에서는 0.74~0.91의 높은 相關度를 보이고, 以南에 位置한 313定線과 314定線의 8 定點과 10定點에서는 0.65~0.74程度의 相關度가 있다. 冬季에 가장 相關度가 떨어지는 312-8定點과 312-10定點에서는 0.35~0.58의 낮은 相關度를 갖는데, 이것은 이들 定點들이 冬季의 黃海暖流 進入路에 位置한다는 점을 考慮한다면 이들 定點들에서 海水의 溫度는 大氣의 溫度 뿐만 아니라 黃海暖流水의 影響도 相當히 받는 것으로 보인다. 4月에는 全體의 所以로 2月보다 若干 낮거나 類似한 값을 보이거나 特히 309-8定點에서는 2月보다 相當히 높은 相關度를 갖는다. 夏季에 접어들면서 312定線 以北에 位置한 定點에서는 6月부터 漸次 相關度가 떨어지고 8月の 境遇에는 大部分 0.55以下の 낮은 相關度를 나타내는 反面, 312定線 以南에 位置한 313定線과 314定線의 定點에

Table 2. Averaged bimonthly correlation coefficients over 14 years ('71-'84) between the wintertime air temperature and water temperature at 50m depth, at different stations.

Month Station	Feb.	Apr.	Jun.	Aug.	Oct.	Dec.
309- 8	0.74	0.86	0.55	0.35	0.38	0.85
309-10	0.78	0.68	0.58	0.09	0.18	0.24
310- 8	0.91	0.85	0.68	0.55	0.48	0.24
310-10	0.87	0.82	0.77	0.50	0.42	0.32
311- 8	0.77	0.71	0.42	0.53	0.23	0.34
311-10	0.73	0.74	0.11	0.41	0.43	0.41
312- 8	0.35	0.51	0.45	0.49	0.14	0.57
312-10	0.58	0.54	0.62	0.23	0.36	0.29
313- 8	0.65	0.51	0.55	0.56	0.55	0.17
313-10	0.67	0.70	0.68	0.70	0.71	0.27
314-10	0.74	0.61	0.58	0.67	0.46	0.13

서는 6월에 若干 떨어지나 8월에는 0.56~0.70으로 比較的 높은 相關도를 보이고 있다. 여기서 相關도가 높다는 것은 夏季 50m層의 水溫이 冬季의 낮은 氣溫에 依해 形成된 黃海底層冷水의 影響을 顯著히 받고 있다는 점으로 解釋할 수 있겠다. 또한 10월에 313定線과 314定線의 定點에서는 8월에 比해 若干 낮거나, 거의 類似한 값(0.46~0.71)을 維持하나 그 以北域에서는 0.14~0.48로 以南에 比해 낮은 相關도를 나타낸다. 12월에는 309-8定點에서의 높은 相關度(0.85)를 除外하고는 다른 달에 比해 大體的으로 낮게 나타난다. 夏季에 있어서 313定線과 314定線의 50m層 水溫과 冬季氣溫 사이의 높은 相關關係와, 이들 層의 水溫의 隔月別 變化에서 8月の 水溫이 2月の 水溫에 比해 낮다는 事實은 黃海底層冷水가 봄부터 여름에 걸쳐 濟州 西方域을 통해 南下한다는 점을 強力히 뒷받침해 준다.

IV. 考 察

本 研究에서는 水溫·鹽分 資料와 氣溫 資料를 根據로 黃海底層冷水의 特性을 糾明하고 南下與否를 考察하였다. 黃海底層冷水의 特性에 對한 定義는 黃海底層冷水가 주로 分布하는 黃海中央골(124°E)에서의 資料 缺乏과 黃海暖流水의 影響으로 明確한 海水特性을 定義하기엔 어려운 점이 많다. 本 研究에서는 冬季의 黃海冷水를 10°C 以下의 水溫을 갖고 垂直的으로 均一한 海水特性을 갖는 冷水로서 規定하였다. 이때 10°C 以下의 水溫에 相應하는 鹽分範圍는 32.0~33.7‰이었다. 이와같이 冬季의 黃海冷水를 10°C 以下의 海水로 規定하였을 境遇 여기에는 中國大陸沿岸水, 韓國沿岸水 및 黃海暖流水의 影響을 받는 海水등도 包含될 수 있겠다. 이 冷水는 春季부터 秋季에 걸쳐 表層에 形成된 強力한 水溫躍層에 依해 大氣와의 熱交換이 거의 차단되게 된다. 따라서 水溫躍層 下部에 冬季의 黃海冷水의 特性을 잘 保存하는 底層冷水塊가 자리한다. 이를 黃海底層冷水라고 規定하고 季節別 海域別 黃海底層冷水의 海水特性을 定義하였다. 지금까지 黃海底層冷水의 特性에 대한 定義는 Nakao(1977)가 10°C 以下 水溫과 32.0~32.5‰의 鹽分을 갖는 水塊로 限定하고, Lie(1984)는 10°C 以下의 水溫과 32.0~33.0‰의 鹽分範圍로 規定하였다. 이들이 提示한 定義는 黃海底層水의 位置의 季節的 變化를 考慮치 않은 黃海中部域의 限定된 領域에 適用된다. 단일 이들의 定義에 따라 黃海底層冷水의 限界水溫을 10°C 以下로 본다면, 1977年 夏季에 觀測된 50m層의 水溫分布(Fig. 6)에서 31°N 126°E를 中心으로 12°C 以下의 冷水가 周邊海水와 강한 水溫勾配를 이루며 舌像으로 分布하고, 夏季 濟州 西方海域의 50m 層의 水溫分布(Fig. 5, b)에서도 11°C 이하의 냉수가 濟州 西方에 存在하며 12°C 等溫線으로부터 이 冷水가 南 東方向으로 擴張되어 있음을 알 수 있는데 이들 冷水의 起源을 어디에서 찾을 것인가?

비록 10°C 以上の 海水이지만 周邊海水와 確然히 구별이 되는 冷水로서 黃海中部의 底層冷水와 聯結된 分布 樣相을 갖는 冷水라면 그 起源은 黃海中部에서 冬季에 形成된 黃海 冷水로 判斷되어야 겠다. 따라서, Nakao(1977)와 Lie(1984) 등이 提示한 黃海底層冷水의 特性値는 봄부터 여름에 걸쳐 黃海底層冷水의 南下로 因해 黃海南部와 濟州 西南方 海域에서는 合當치 않은 것으로 判斷된다. 位置의 季節的 變動에 따라서 黃海底層冷水 特性이 定義되어야 하겠고, 이를 爲해서는 黃海底層冷水의 特性糾明이 優先되어야 하겠다. 本 研究에서는 冬季에는 10°C 以下의 水溫과 32.0 < S < 33.7‰의 鹽分값으로 特性지을 수 있으며, 夏季에는 黃海底層冷

水の南下로 인한 黃海南部 濟州 西方海域을 考慮하여 $T < 12^{\circ}\text{C}$ 의 水溫과 $32.5 < S < 33.6\%$ 의 鹽分값으로 規定지을 수 있겠다. 그렇다면 果然 黃海底層冷水가 南下하는지에 對한 問題가 提起된다. 아직까지 이 問題에 對한 明確한 解答이 없으며 實地 海流 觀測이 없는 狀態에서 黃海底層冷水의 南下에 對한 疑懼心을 갖는 海洋學者도 相當數 있다. 이를 糾明하기 爲해 50m層 水溫 變化를 提示했고, 冬季 氣溫과 相關度를 알아 보았다. Fig. 8에서 濟州 西方域에 位置한 313-10定點과 314-10定點은 8月水溫이 2月水溫보다 낮게 나타나며 4月부터 8月까지의 氣溫은 14.2°C 增加하나 水溫 變化는 0.5°C 程度로서 아주 작다는 事實은 어떤 경로로든 濟州西方 海域에 4月부터 8月에 걸쳐 冷水의 供給이 있어야만 한다. 만일 이 冷水가 濟州西方 以南海域에서 流入된다고 가정할 때, Fig. 3의 夏季 50m層의 等溫線의 分布로 보아 冷水의 根源地를 濟州西方 以南海域에서는 찾을 수 없기 때문에 이러한 가정은 不合理하다고 볼 수 있다. 또한 濟州海峽을 통해 濟州西方 海域에 冷水의 供給을 생각해 볼 때, 濟州 西方海域의 50m層 水溫이 濟州海峽의 50m層 水溫보다 대체로 낮게 나타나기 때문에 이 가정 역시 不合理하다. 一般的으로 底層海流는 海底地形의 影響을 크게 받고 있으며 따라서 底層冷水는 海域의 깊은골을 따라 이동하게 될 것이므로 판단된다. 즉 黃海底層冷水가 黃海中央골을 따라 濟州西方海域을 통과하여 南下한다고 가정한다면 앞에서 提示했던 여러가지 海水 特性分布를 무리없이 잘 설명될 수 있겠다. 또한 冬季의 黃海沿岸의 氣溫과 濟州 西方 海域에서의 8月 50m層 水溫과의 相關度 역시 比較的 높게 나타난 점은 黃海底層冷水의 南下를 더욱 뒷받침 해준다. 本 研究에서 黃海底層冷水의 南下를 주로 50m層의 水溫과 氣溫資料를 이용하여 糾明하였다. 그러나 黃海底層冷水의 南下에 對한 보다 信賴할 만한 證據를 提示하기 爲해서는 濟州 西方海域에서의 長期間 海流觀測이 切實히 要求된다.

V. 要 約

水産振興院에서 觀測한 長期間의 水溫·鹽分資料와 最近 濟州大學校 海洋學科에서 觀測한 夏季 濟州西南方 海域의 水溫·鹽分資料 그리고 中央氣象臺에서 測定한 氣溫 資料를 根據로 하여 黃海에서 濟州西南方 海域(32°~36°30'N, 124°~126°E)에 걸쳐 黃海底層冷水의 特性 糾明과 南下, 그리고 黃海의 겨울철 氣溫과 黃海底層冷水의 擴張과의 關係를 考察한 結果를 要約하면 다음과 같다.

1) 夏季에 濟州西方 海域에서의 冷水의 舌像分布와 이 冷水의 先端部가 濟州西方 海域을 지나 南東方向으로 擴張되어 있음을 12°C等溫線 分布로 부터 잘 說明할 수 있다. 黃海底層冷水의 特性은 季節과 地理的 位置에 따라 變動될 수 있으며 Nakao(1977)나 Lie(1984)처럼 黃海底層冷水를 10°C以下の 海水로서 限定시키는 것은 濟州西方 및 西南方 海域을 包含한 黃海底層冷水의 南下끝의 海水特性 分布를 잘 說明할 수 없겠다. 本 研究에서는 黃海冷水의 特性을 冬季에는 10°C以下の 水溫과 $32.0 < S < 33.7\%$ 의 鹽分값으로 定義하였다. 夏季에는 黃海底層冷水의 南下와 季節的 溫度 上昇을 考慮하여 黃海南部와 濟州西南方 海域을 包含하는 冷水域에서 12°C以下の 水溫과 $32.5 < S < 33.7\%$ 의 鹽分値로 規定하였다.

2) 濟州西方 以南海域의 50m層 水溫이 2月과 4月에 最低水溫을 나타내지 않고 오히려 6月이나 8月에 最低水溫을 보이는 境遇가 많다(Fig. 7e~g). 또한 이들의 14年間 平均 50m層水溫을 나타낸 Fig. 8의 境遇, 312定線을 中心으로 해서 以南과 以北이 顯著히 다른 水溫分布를 보인다. 特히 313-10定點과 314-10定點에서는 8月水溫이 2月보다 낮게 나타나고 4月부터 8月에 걸쳐 기온은 14.2°C程度 增加하는 反面, 水溫變化는 0.5°C程度의 增加에 그친다. 또한 이 海域의 8月 50m層 水溫과 겨울철 水溫이 他 海域에 비해 높은 相關度(0.56~0.70)를 나타낸다. 以上の 諸般 研究 結果는 夏季 濟州西方域을 통해 黃海底層冷水가 南下한다는 事實을 強力히 뒷받침 해주고 있다.

3) 比較的 추운 겨울을 보낸 1984年과 1977年의 8月에는 黃海底層冷水가 濟州西方 以南海域으로 幅넓게 擴張된 事實과, 相當히 따듯한 겨울을 보낸 1979年의 8月에는 濟州 西方 以北海域으로 後退하여 限定된 海域에 小規模로 分布하는 점은 겨울철 氣溫이 黃海底層冷水의 擴張에 絕對的인 影響을 미친다고 할 수 있다.

參 考 文 獻

- 국립수산진흥원, 1971~1984, 해양조사 연보.
중앙기상대, 1971~1984, 기상연보
- Asaoka, O., and S. Moriyasu, 1966. On the circulation in the East China Sea and the Yellow Sea in Winter(Preliminary Report). *Oceanogr. Mag.* 18(1-2), p. 73~81.
- Kim, K., 1980. Ocean currents in southwstern sea off Korea. Seoul National University Technical Report, p. 80(Unpublished document).
- Kim, K. and H. K. Rho, 1982. Ocean currents in southwestern sea off Korea. Seoul National University Tehcincal Report, p. 55(Unpublished document).
- Kondo, M., 1985. Oceanographic investigation of fishing grounds in the East China Sea and the Yellow Sea- I. Charactenstics of the mean temperature and salinity distributions measured at 50m and near the bottom. *Bull. Seilkai Reg. Fish. Res. Lab.*, No. 62, p. 19~66.
- Lie, H. J., 1984. A Note on Water masses general circulation in the Yellow Ses(Hwanghae). *J. Oceanogra. Soc. Korea.* Vol. 19(2), p. 187~194.
- Nakao, T., 1977. Oceanic variability in relation to fisheries in the East China Sea and the Yellow Sea. *J. Fac. Mar. Sci. Tech., Tokai. Univ., Japan,* Spec. No., p. 190~367.
- Park, Y. H., 1985. Some important summer oceanographic phenomena in the East China Sea. *J. Oceano. Soc. Korea,* 20(1), p. 22~21.
- Park, Y. H., Water characteristics and movements of the Yellow Sea Warm Current in summer. Submitted to the Deep-Sea Research.
- 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.* 7p. 91~151.
- Yang, S. K., Cho, K. D., and CH. Hong, 1984. On the abnormal Low temperature phenomenon of the Yellow Sea Bottom Cold Water, in sumer 1981, *J. Oceano. Soc. Korea.* Vol. 19, No. 19, No. 2, 125~132.

謝 辭

本 研究를 위해 끝까지 精誠으로 이끌어 주시고 指導하여 주신 朴庸向教授님께 깊은 感謝를 드립니다. 그리고 本 論文을 校閱하여 주신 濟州大學校 高有峯教授님, 梁漢燮教授님, 尹正守教授님, 全得山教授님, 盧洪吉教授님께 感謝드립니다. 아울러 모든 면에서 指導鞭撻을 아끼지 않으신 氣象研究所 奉鍾憲所長님, 聖學重室張님께 感謝드리며 또한 物心兩面으로 指導해 주신 서울大學校 정종률教授님, 김구教授님께 感謝드립니다. 海洋研究所 卞相慶博士님, 崔孝博士님의 親切과 好意에도 感謝드리며 本 論文이 完成되기 까지 資料整理와 圖案作成을 도와준 김태희 군에게 謝意를 表합니다.

끝으로 오늘의 제가 있기까지 보살펴 주신 父母님과 배움의 길을 열어 주신 형님 내외분께 깊은 感謝를 느끼며 어려운 가운데도 끝까지 애쓰며 함께 수고해 준 사랑하는 아내에게 고마움을 전합니다.

