

## 제주도 북부연안역의 해황과 조석전선 특성

김상현 · 노홍길 · 최찬문  
제주대학교 해양과학대학

# A Study of the Hydrographic Conditions and Tidal Front on the Northern Coastal Area of Cheju Island

Sang-Hyun KIM, Hong-Kil RHO and Chan-Moon CHOI  
College of Ocean Sciences Cheju National University, Cheju 690-756, Korea

The general pattern of the hydrographic conditions and tidal front of the northern coastal area of Cheju Island is investigated using the CTD observation data and a stratification parameter  $V(J/m^3)$  in 1991~1993.

1. The sea water of the northern coastal area of Cheju Island has a lower temperature and higher salinity than that in the central area of the Strait, and local temperature and salinity fronts appears frequently around this area. It seems that they are caused by the upwelling and the tidal front as well as a local topography.

2. A saddle-like distribution of temperature and salinity is formed in the Cheju Strait almost every month with relation to mixing of the different water masses.

3. In the northern coastal area of Cheju Island the stratification parameter  $V(J/m^3)$  was ranged from 8.4 to 209.8  $J/m^3$  in June, 201.9 to 634.9  $J/m^3$  in August, 0.18 to 680  $J/m^3$  in September, and 2.7~462  $J/m^3$  in October, respectively. The tidal front was often formed around the place where the horizontal variation of the depth is very large and the potential energy with 10  $J/m^3$  appears roughly along 50 m isobath.

**Key words:** hydrographic conditions, tidal front, northern coastal area of Cheju Island, stratification parameter

### 서 론

제주해협은 동·서의 길이가 약 70 km이고 해협내의 해황은 제주도 남쪽해역에서 확장하는 대마난류수(Rho, 1985)의 영향을 받고, 제주해협의 북쪽해역은 한국남해안 연안수가 영향을 미치며(Cho, 1988), 하계표층은 고온·저염인 중국대륙 연안수에 의해 강하게 영향을 받는다(Kim and Rho, 1994). 한편 동계 북서계절풍에 의하여 황해중상부의 표층에서부터 냉각작용이 진전되고 저온·저염한 황해저층냉수가 계절에 따라 남하 확장하여 제주도 서방해역에 영향을 미친다(Youn, 1986). 또 제주해협의 중·저층에서 저층을 따라 해협의 동쪽입구에서 서쪽으로 향하는 설상의 고염분수의 영향을 받는다(Rho and Hirano, 1983). 이러한 이질수괴의 영향으로 제주해협의 해황은 월별·계절별 변화양상을 달리하고 있고, 제주도 연안역의 해황은 성산포 주변해역에서는 표·저층간에 수온·염분변화가 상당한 차이를 보이고 있음에 반하여, 우도수도에서는 그 차가 미미하여 표층수와 저층수가 잘 혼합된다고 보고하였고(Byun, 1981), 제주도 서쪽해역의 표층에 출현하는 냉수는 거의 수직적으로 균질한 해수로 이 표층냉수는 조석혼합 및 용승에 의해서 지역적으로 형성된 것(Kim and Lee, 1982)이라고 제시한 이후 제주도 주변해역에서의 이러한 현상, 즉 제주도 주변해역에

서의 조석전선의 구체적인 형성원인과 그 구조 및 위치에 관한 연구는 거의 없다.

따라서 본 논문은 제주도 북부연안역에서 조사된 해황 특성 자료(수온·염분)를 비교·분석하고, 조석전선의 구조와 위치에너지를 근거로 전선의 형성위치 및 그 특성을 연구하고자 하였다.

### 재료 및 방법

#### 1. 제주도 주변 연안역의 해황조사

제주도 북부연안역의 해황 및 조석전선 변동 특성을 파악하기 위하여 1993년 6월(Fig. 1), 1992년 8월(Fig. 2), 1993년 9월(Fig. 3), 1991년 10월(Fig. 4)에 제주대학교 실습선 한라호와 제주대학교 해양연구소 연구조사선 아라 2호를 이용하여 CTD(SBE-19, Sea Bird Co.) 관측을 실시하여 분석하였다.

#### 2. 조석전선위치의 파악

연안역의 조석전선위치를 조사하기 위한 각 관측점에 서의 위치 Energy는 Simpson *et al*(1977)의 다음 식에 의해 성층계수(stratification parameter- $V(J/m^3)$ )로 나타냈다. 즉

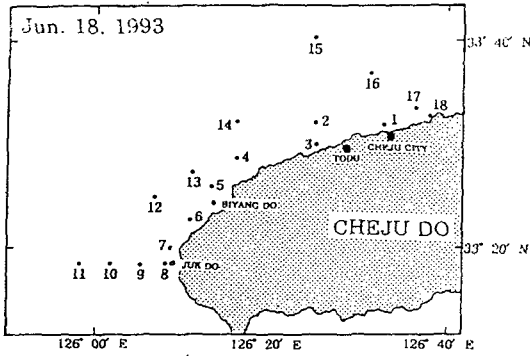


Fig. 1. Location of oceanographic stations observed by the training ship of Cheju National University in Jun. 18, 1993.

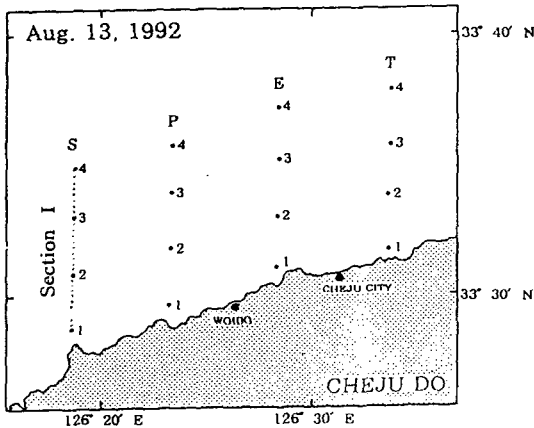


Fig. 2. Location of oceanographic stations observed by the training ship of Cheju National University in Aug. 13, 1992.

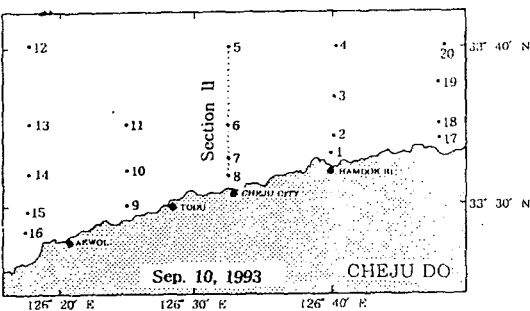


Fig. 3. Location of oceanographic stations observed by the training ship of Cheju National University in Sep. 10, 1993.

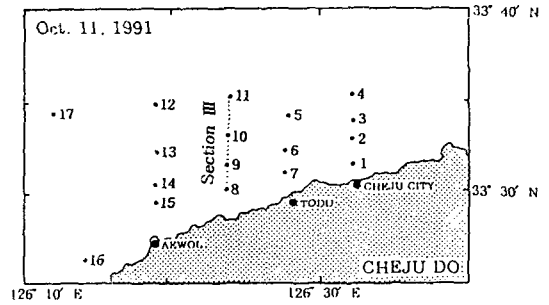


Fig. 4. Location of oceanographic stations observed by the training ship of Cheju National University in Oct. 11, 1991.

$$V = \frac{1}{h} \int_{-h}^0 (\rho - \bar{\rho}) g z dz,$$

$$\bar{\rho} = \frac{1}{h} \int_{-h}^0 \rho dz.$$

위 식의  $h$ 는 수심 (m),  $\rho$ 는 밀도 ( $kg/m^3$ ),  $\bar{\rho}$ 는 연직 평균밀도,  $g$ 는 중력가속도 ( $m/sec^2$ ),  $z$ 는 연직좌표로서 양 (+)의 방향을 연직상방으로 잡았다 (Choo and Cho, 1984; Kim and Kang, 1993).

## 결 과

### 1. 제주도 북부연안역의 해양 특성

#### 1) 1993년 6월의 해양

1993년 6월 표층·저층의 수온·염분 수평분포도를 Fig. 5에 나타냈다. 표층은 제주도 서쪽 죽도의외해역이 19°C의 분포이고, 연안역은 2°C 낮은 17°C의 수온분포를 보였다. 이 연안 냉수역의 염분도 외해역의 32.40‰ 보다 높은 33.00‰로 연안역에서는 저온·고염한 해황을 나타냈다. 이와는 대조적으로 외해측에는 수온 20°C 이상 염분 32.80°C이하의 고온·저염수가 출현하였다. 저층은 연안역이 16.0°C·33.80‰의 고온·저염이고, 외해역은 14.0°C·34.20‰로 저온·고염한 해황분포를 나타냈다. 이처럼 1993년 6월은 연안역 (약 6~7마일)의 저층에만 15°C 이상의 고온수가 나타나고 있을 뿐이며 대부분의 외해역에는 14°C 정도의 저온수가 출현하였고, 특히 죽도와 비양도를 중심으로 제주도 서쪽연안역에 저온, 고염분수가 가장 잘 발달하였다.

#### 2) 1992년 8월의 해양

Fig. 6은 1992년 8월 제주도 북부연안역의 수온·염분 수평분포도를 나타냈다. 표층의 수온·염분 분포범위는

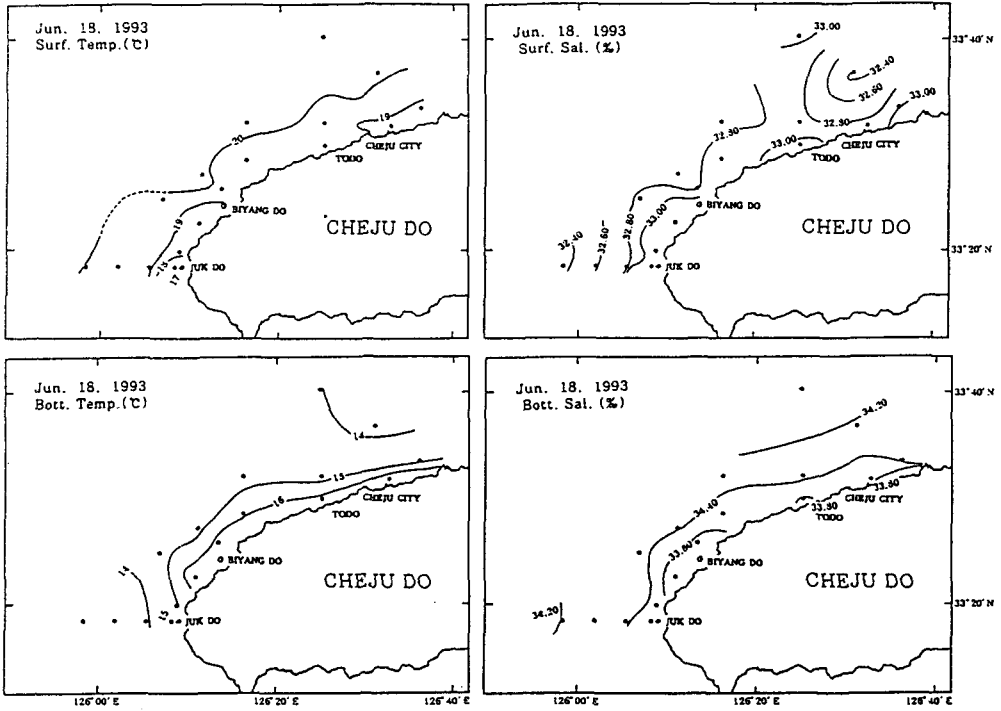


Fig. 5. Horizontal distributions of temperature ( $^{\circ}\text{C}$ ) and salinity ( $\text{‰}$ ) at the surface and bottom in Jun. 18, 1993.

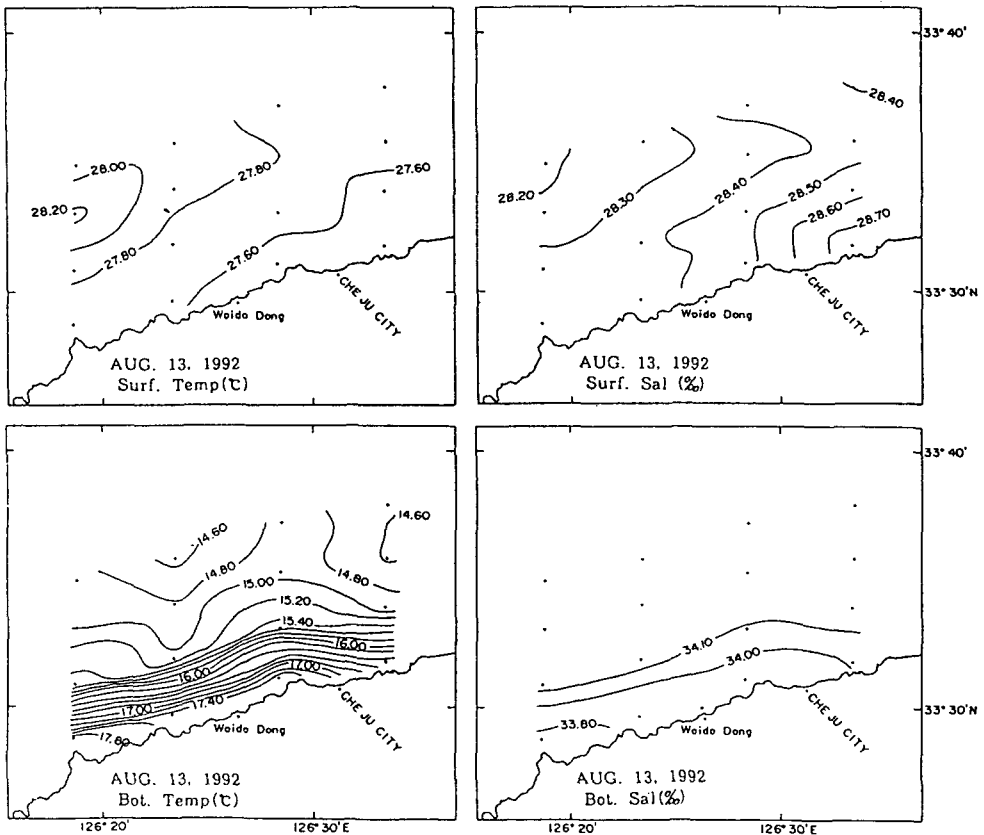


Fig. 6. Horizontal distributions of temperature ( $^{\circ}\text{C}$ ) and salinity ( $\text{‰}$ ) at the surface and bottom in Aug. 13, 1992.

27.60~28.20°C · 28.20~28.70‰로 수온은 높고 염분은 매우 낮지만, 외도동 북쪽연안역에 외해역 보다 저온 · 고염인 27.60°C · 28.70‰의 해수가 위치해 있고 외해역은 28.20°C · 28.20‰의 고온 · 저염분수가 동쪽으로 확장하고 있다. 저층의 수온 · 염분 분포범위는 14.60~17.80°C · 33.80~34.10‰로 표층수온에 비해 저층수온은 매우 낮고, 특히 염분의 경우는 중국대륙연안수의 영향을 받는 표층 저염분수보다 현저히 높아 (약 5‰) 대마난류수가 저층을 통하여 연안역까지 직접 영향을 미치고 있음을 알 수 있다. 또 연안역의 17.80°C · 33.80‰의 고온 · 저염분수와 외해역의 14.60°C · 34.10‰의 저온 · 고염분수 사이에는 조밀한 수온전선대가 형성되고 저층의 외해역에는 15°C이하의 저온수가 출현하였다.

3) 1993년 9월의 해황

1993년 9월의 표층 · 50m층 및 저층의 수온 · 염분 수평분포도를 Fig. 7에 나타냈다. 표층은 애월과 함덕 부근 연안역에 25.0°C · 32.40‰의 저온 · 고염분수가 출현

하였고, 외해역은 25.40°C · 31.40‰의 고온 · 저염분수가 연안역으로 확장하고 있다. 50m층은 연안역에 조밀한 수온 · 염분전선대를 형성하면서 13.0°C · 33.60‰의 최저수온이 출현하고, 애월과 제주시 사이의 외해역에는 33.80‰의 고염분수가 동쪽으로 확장하고 있으며, 함덕 북쪽의 외해역에는 32.80‰의 저염분수가 연안쪽으로 확장하면서 서쪽에서 확장하는 고염분수와 마주치는 현상을 하고 있다. 저층은 연안역에서 조밀한 수온 · 염분전선대를 이루면서 해암서 부근에 12.0°C · 33.80‰의 최저수온이 출현하였고, 제주도 애월쪽의 수온 · 염분분포가 동쪽의 함덕북부해역보다 낮은 수온 · 염분분포를 나타내며 외해역의 냉수와 혼합되고 있는 수온전선을 형성한다. 1993년의 경우는 13.0°C이하의 저온수가 외해쪽에 광범위하게 분포했다.

4) 1991년 10월의 해황

1991년 10월의 표층 · 50m층 및 저층의 수온 · 염분 수평분포도를 Fig. 8에 나타냈다. 수온분포에서 표층과

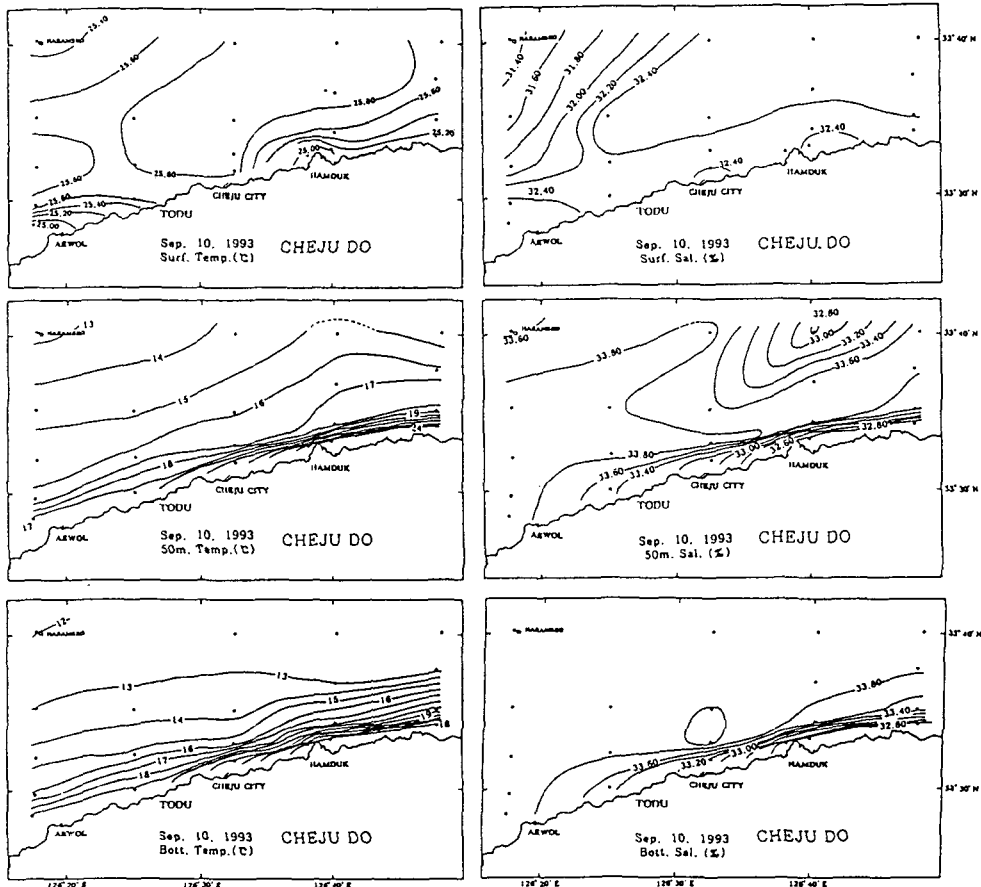


Fig. 7. Horizontal distributions of temperature (°C) and salinity (‰) at the depth of surface, 50 m and bottom in Sep. 10, 1993.

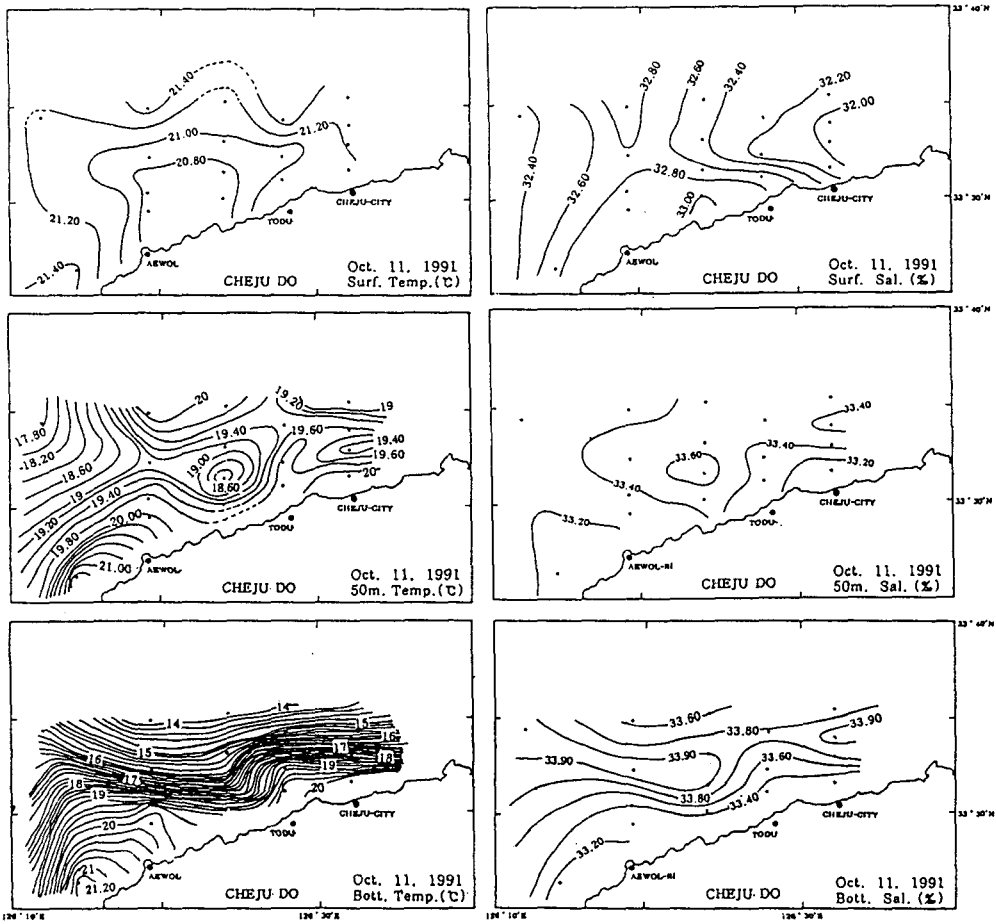


Fig. 8. Horizontal distributions of temperature (°C) and salinity (‰) at the depth of surface, 50 m and bottom in Oct. 11, 1991.

50 m층의 수온 수평분포도는 변화폭이 작은 관계로 0.2°C 간격으로 나타내었다. 수온·염분의 표층분포는 애월리와 도두동 사이의 북동쪽 연안역에 20.80°C·33.00‰의 저온·고염분수가 출현하고 외해역에서는 21.40°C·32.80‰의 고온·저염분수가 출현하고 있다. 또 외도 북쪽해역에는 연안으로부터 약 5mile의 범위내에 있으면서도 동쪽 및 서쪽 해역으로부터 확장된 32.00‰, 32.40‰의 저염분수와 제주북부외해역 및 제주도 연안역에서 남북으로 마주치는 32.80‰의 저염분수 사이에 말의 안장과 같은 안장형을 이루고 있다. 따라서 표층수의 경우는 연안역에 저온·고염분, 외해역에 고온·저염분수가 출현하고 있다. 50 m층에서는 제주도 북서쪽에서 18~19°C의 저온수가 동쪽으로 확장하여 연안역의 고온수와 마주치고, 또 도두동 연안역에서는 저온수의 Core가 나타나므로 조사해역 전체가 조밀한 수온전선대를 형성하고 있으며 특히 저온수의 Core 염분은 33.60‰로 50 m층에서는

가장 높은 염분이었다. 이와 같은 결과는 Fig. 9와 같이 제주도 북부연안역의 해저지형도에서 애월리 북쪽의 50 m 등심선이 제주도 서쪽해역의 수심의 기복보다 완만하여 제주해협 서쪽입구에서 동쪽으로 확장하는 저온·고염한 외해의 저층저온수가 해저지형 및 조석류 등의 영향으로 표층으로 용승되는 현상으로 판단되나 이와 같은 지형적인 용승현상에 대하여는 차후 상세한 연구를 필요로 한다. 또한 저층의 경우 북부연안역에 출현한 20°C이상의 고온수와 외해쪽의 14°C이하의 저온수 사이에 조밀한 수온전선이 형성되었다.

따라서 제주도 북부연안역은 표층 연안역이 저온·고염현상을 나타내고, 외해역은 고온·저염화 경향을 나타내며 저층 연안역이 고온·저염, 외해역이 저온·고염화 경향을 보이므로써 제주도를 기점으로 연안역과 외해역의 해수가 서로 성질이 다르게 취급되는 것은 제주해협의 중·저층에 출현하는 저층저온수가 제주도 연안역

으로 상승되고, 연안역의 저층 저온·고염분수와 표층 고온·저염분수가 조석류에 의하여 표·저층간 혼합으로 외해수와의 구분이 되는 조석전선이 나타내고 있기 때문이라고 사료된다. 이러한 현상은 지형이 다소 돌출되거나 수심이나 해저지형이 해·조류의 흐름에 영향을 줄 수 있는 해역에서 자주 출현하고 있다.

2. 해황의 연직특성

Fig. 10, 11, 12는 단면 I (Fig. 2), II (Fig. 3), III (Fig. 4)의 수온·염분 연직단면도를 나타내고 있다. 8월 (Fig. 10)의 표층에는 27°C 이상·29.00‰ 이하의 중국대륙연안

수가 출현하여 표·저층간에 수온·염분약층이 가장 왕성하고, 저층에는 16°C 이하·34.00‰ 이상의 저온수가 연안역 저층에 영향을 미치고 있으며, 이 저층의 저온·고염수는 해저지형을 따라 Sta. S1 쪽으로 상승하는 현상을 나타내고 있다. 또한 Sta. S1 약 20m 층까지의 수온·염분약층은 20m 이심층으로부터 연직적으로 그 폭이 넓어지면서 연안역에서 조석류에 의해 저층에서부터 상하층수의 혼합이 발생하는 것으로 판단된다.

9월 (Fig. 11)은 8월보다 수온은 하강하고 염분은 상승하여 수온·염분약층이 깊어졌고, 저층에는 8월보다 수온·염분이 각각 약 2°C, 0.2‰ 하강한 저층냉수가 출현

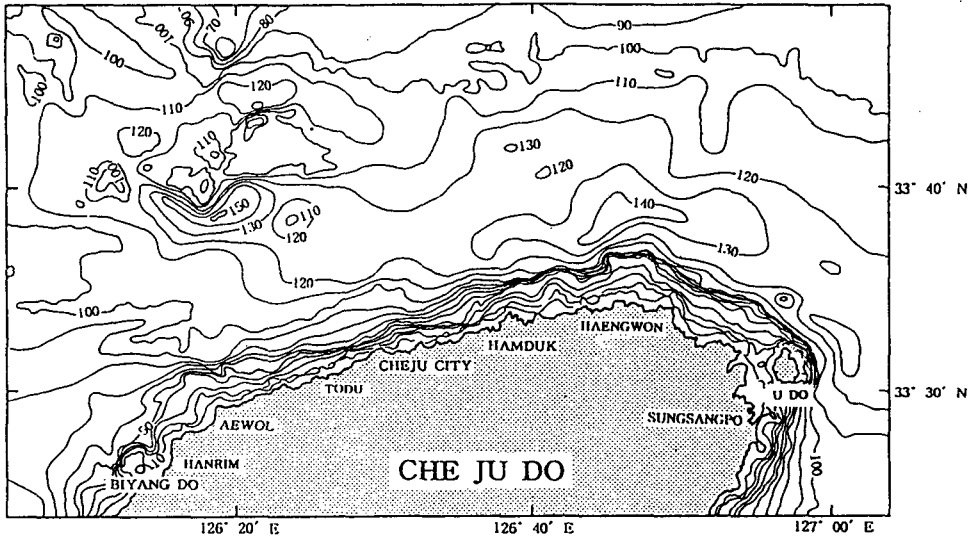


Fig. 9. Isobath in the Northern Coast of Cheju Island.

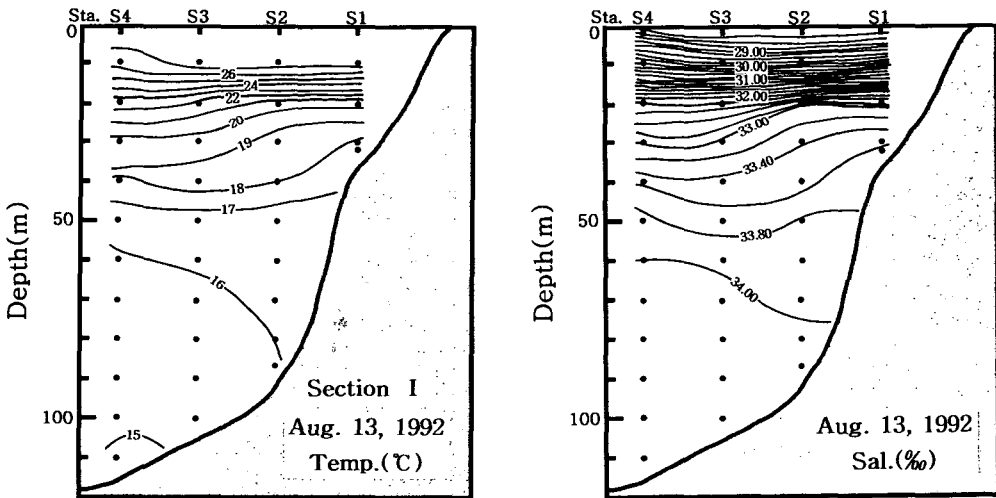


Fig. 10. Vertical distributions of temperature (°C) and salinity (‰) along section I in Aug. 1992.

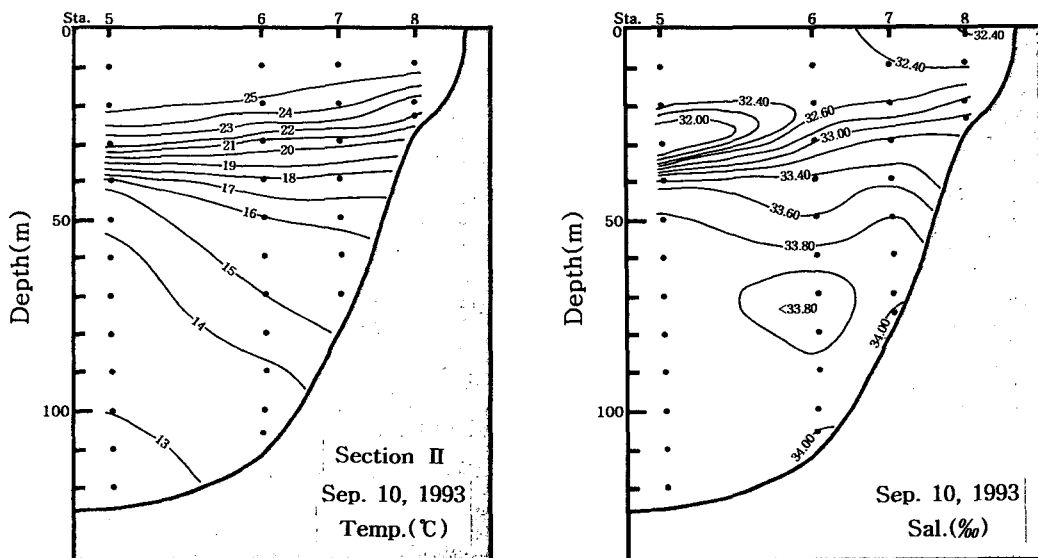


Fig. 11. Vertical distributions of temperature (°C) and salinity (‰) along section II in Sep. 1993.

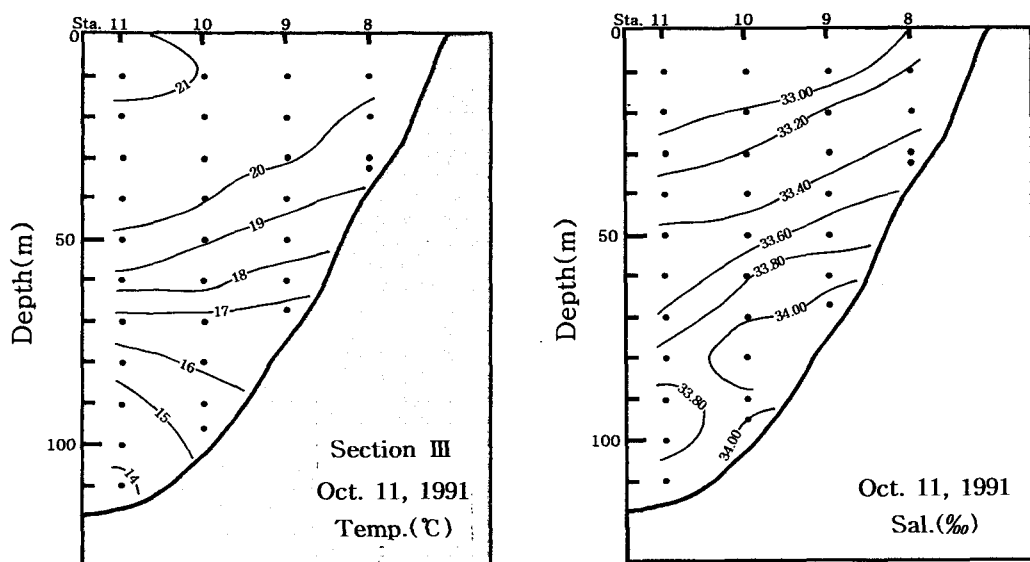


Fig. 12. Vertical distributions of temperature (°C) and salinity (‰) along section III in Oct. 1991.

하면서 제주해협에 영향을 미치고 있다. 9월에는 수온·염분약층이 깊어진 반면 약 50 m 수층에서 약층의 변화가 일어나고 있고, 염분구조에 있어서도 Sta. 7의 50 m층을 경계로 상승하는 형태를 나타냈다. 또한 연안역 Sta. 8에서의 수온·염분 연직구조에서도 조석혼합에 의해 수온·염분의 연직폭이 넓어졌다.

10월 (Fig. 12)은 9월까지의 수온·염분약층이 연직적으로 변화가 완만하여 해협내의 전수층이 균질화되어 가는 초기단계라고 판단된다. 표층에는 20~21°C, 33.00‰ 이하의 고온·저염분수가 출현하고, 저층에는 14°C·33.80‰ 이

상의 저온수가 해협의 저층에 영향을 미치고 있다. 수온·염분구조에서 저층을 따라 연안역으로 상승되는 현상을 나타내고 Sta. 8의 수온·염분 연직구조에서는 연직적으로 거의 균질한 수온·염분구조를 나타내어 조석혼합에 의한 상하층수의 혼합으로 연안역 저온·고염 (Sta. 8), 외해역 고온·저염 (Sta. 11)의 분포를 나타냈다.

### 3. 제주도 주변해역의 조석전선 특성

제주도 주변 연안해역의 해황 특성 분석 결과 외해수와 연안수의 사이에 조석전선이 출현하는 것으로 사료

되는 해역에 있어서의 조석전선의 특성을 상세히 파악하기 위하여 Fig. 6, 7, 8, 9의 각 정점에서 Simpson *et al* (1977)에 의한 성층계수 (stratification parameter)  $V$  ( $J/m^3$ )를 계산하여 Fig. 13, 14, 15, 16에 나타냈다. 성층계수는 6월이  $8.4 \sim 209.8 J/m^3$ , 8월이  $201.9 \sim 634.9 J/m^3$ , 9월이  $0.18 \sim 680 J/m^3$ , 10월  $2.7 \sim 462 J/m^3$ 의 분포범위를 나타냈다. 8월에 성층계수가 가장 높게 나타난 것은 하계 연안 천해역까지 가장 강한 성층이 이루어져 연직혼합이 힘들고, 또한 관측위치가 다소 외해역 (가장 연안쪽 관측 수심의 최저치가 32 m)에 치우쳐 있어서 나타난 현상으로 보인다. 이와 같이 조석전선의 위치판단은 지역적인 특성에 따라 그 값을 달리하는 데, Simpson *et al* (1977)은 하계 영국주변해역에서 연직 혼합이 일어나는 지점의 위치에너지는 약  $10 J/m^3$ 이며, 이 값보다 큰 해역은 성층이 강하게 이루어져 이 값을 기준으로 조석전선의 위치를 파악하였고 (Choo and Cho, 1984), 또한 Lee *et al* (1986)은 서해남부해역에서 8월 (하계)의 위치에너지

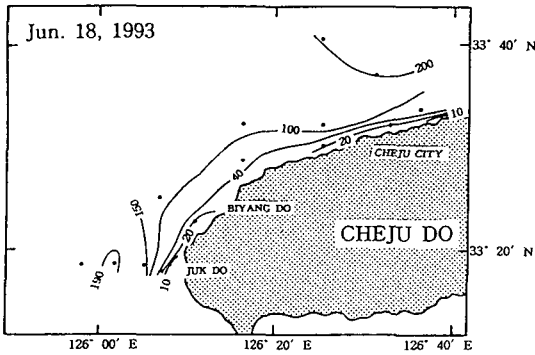


Fig. 13. Horizontal distributions of potential energy anomaly ( $J/m^3$ ) in June, 1993.

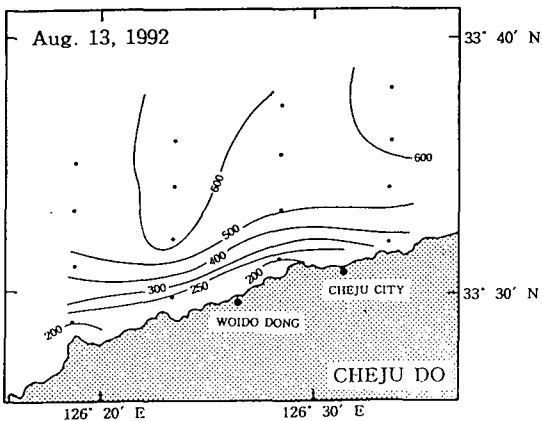


Fig. 14. Horizontal distributions of potential energy anomaly ( $J/m^3$ ) in August, 1992.

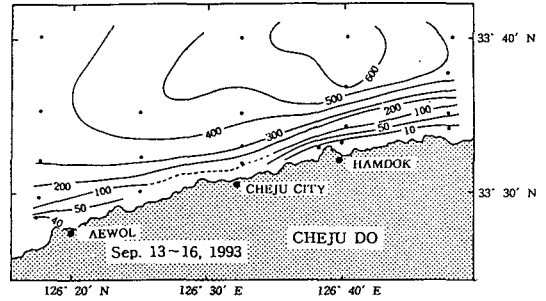


Fig. 15. Horizontal distributions of potential energy anomaly ( $J/m^3$ ) in September, 1993.

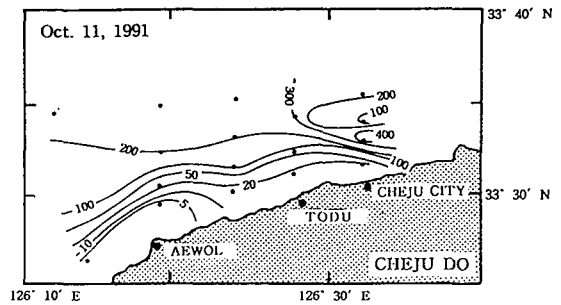


Fig. 16. Horizontal distributions of potential energy anomaly ( $J/m^3$ ) in October, 1991.

(PE: Potential energy)와 수온전선의 위치 관계에서 1983년은 PE=180등치선이, 1984년은 PE=100등치선이 거의 조석전선의 위치와 일치한다고 보고하였다. 그리고 Kim and Kang (1993)의 경우 1990년 서해남부 전선역의 PE=200~300이 50m층의 수온전선과 거의 일치한다고 보고하였다. 따라서 제주도 주변해역의 조석전선은 제주도 북부연안역 약 1~2mile 범위내에서 시기 및 지역적 특성을 나타내며 발생하고 이는 대략 50m 등심선과 일치하고 있다고 사료된다. 또한 조석전선은 동계 (12~4월)에 표·저층간에 연직적으로 잘 혼합되어 수온·염분이 균질한 해황을 나타내는 시기는 그 위치 파악이 곤란하나, 이때를 제외한 5월부터 11월까지 매월 발생하는 것으로 사료된다.

### 고찰

제주도 북부연안역의 해황과 이와 관련된 조석전선의 특성을 분석한 결과 제주도 주변해역의 조석류에 의한 천해역 표·저층간의 혼합으로 표층에서는 연안역이 저온·고염현상을 나타내고, 외해역에서는 고온·저염화 경향을 나타내며 저층에서는 연안역이 고온·저염, 외해역이 저온·고염화 경향을 나타내는 조석전선이 출현



하였다. 이 조석전선은 제주해협 서쪽입구 전단면에서 유입되는 외해수가 제주해협 동쪽입구를 통하여 대부분 유출 (Kim, 1979, Kim and Rho, 1997)되고 있어, 조석전선의 영향으로 제주도 주변해역에서는 연안역의 표·저층수가 혼합되므로써 제주도를 기점으로 연안역과 외해역의 해수가 서로 성질이 다르게 나타나는 것으로 판단된다. 즉 이처럼 연안수와 외해수가 경계를 이루며 성질이 서로 다른 해수로 취급되는 것은 제주해협의 중·저층에 출현하는 저층저온수가 제주도 연안역으로 상승하여 연안역의 저온·고염분수의 근원이 되어, 연안역의 저층 저온·고염분수와 표층 고온·저염분수가 조석에 의해 표·저층간에 혼합으로 외해수와는 구분이 되는 조석전선이 나타나고 있기 때문이라고 사료된다. 이러한 현상은 지형이 다소 돌출된 곳과 수심이나 해저지형이 해·조류의 흐름에 영향을 줄 수 있는 제주도 서쪽의 차귀도와 비양도 연안, 애월북부 연안역과 제주시 부근 및 함덕 북부해역, 제주도 동쪽의 우도 북부와 행원 부근해역에서 자주 출현하고 있다. 또한 제주도 주변해역의 해·조류와 지형적인 영향에 의해 국지적으로는 지형성 용승현상이 나타나고 연안역과 외해역의 복잡한 수온·염분분포는 자주 말의 안장과 같은 안장형을 이루고 있어, 조석전선, 국지적 용승, 안상부등의 해황특성이 제주도 북부연안역에 좋은 어장이 형성되는 주원인이 되는 것 같다.

Byun (1981)은 제주도 성산포 주변해역이 표·저층간에 수온·염분변화가 상당한 차이를 보이고 있음에 반하여, 우도수도도는 그 차가 미미하여 표층수와 저층수가 잘 혼합된다고 보고한 바와 같이 우도수도 내의 빠른 유속과 해저지형등에 의해 표·저층수가 혼합되는 조석혼합의 영향으로 파악된다. 이러한 조석전선은 제주도 북부연안역의 등수심도 (Fig. 9)에서 보는 바와 같이 조밀한 수심분포 및 연안역에서 약 3~5mile의 범위에서 수심변화가 심하게 나타나 조석류에 의한 해수유동이 이와 같은 해저지형의 영향으로 표·저층간 해수를 혼합시키며 난류로 변하는 역할을 담당하고, 어장환경에 영향을 미쳐 이료생물들의 분포에 영향을 줌으로써 어장의 위치를 변경시킬 수 있는 가능성을 제시해 주고, Han and Choi (1991)의 연구에서도 서해 중동부의 조석전선 형성해역에서 환경인자와 프랑크톤 생태에 영향을 미치고 있다고 보고하고 있다. 따라서 KORDI (1987), Kim (1979), Kim and Rho (1997) 등에 의한 제주도 주변 해역에서의 해류조사 결과, 제주도 주변 연안역은 최대 1~1.5Knot 범위의 유속분포를 나타내고 있어 해·조류의 월령에 따른 변화 및 해저지형 등에 의해 조석전선의 위치가 변경될

것으로 예상되며 제주도 북쪽연안역을 중심으로 가까워졌다 멀어졌다하는 남북방향의 이동성향을 나타낼 것으로 사료된다.

Kim and Lee (1982)에 의해 제주도 서쪽연안역에서  $\log(H/Us^3)=1.85$ 인 해역을 수직혼합된 연안냉수가 존재하는 해역으로 파악하여 조석전선의 위치를 구분하였고, 柳와 岡田 (1988)는 일본 瀬戸内海에서  $\log(H/Us^3)=2.5$ 를 조석전선의 위치로 설정하였으며, 일본 豊後水道北部 (柳·大庭, 1985), 燧灘西部 (柳·吉川, 1987) 및 大阪灣東部 (Yanagi and Takahashi, 1988)에서는  $\log(H/Us^3)=2.5\sim 3.0$  선을 따라 조석전선이 존재하는 해역으로 파악하였다. 조사해역의 대상이 되는 제주도 북부연안해역 (수로국, 항해용해도 No. 235)은  $\log(H/Us^3)=2.2$  정도에서 경계를 나타내어, 제주도 서쪽연안역의  $\log(H/Us^3)=1.85$  (Kim and Lee, 1982) 보다는 높게 나타나나, 일본 해역에서 조석전선 위치의 경계인  $\log(H/Us^3)=2.5\sim 3.0$  보다는 낮게 나타내는 특징을 보였다.

## 요 약

제주도 북부연안역의 해황 및 조석전선의 변동특성을 파악하기 위하여 1991~1993년까지 CTD에 의한 해황조사를 실시하고, 조석전선의 위치 Energy를 계산하여 분석하였다.

1. 제주도 북부연안역의 국소지역에서는 해협의 중앙부 및 주변해역보다 상대적으로 저온·고염한 해수가 자주 출현하여 주변수 사이에는 국지적 수온·염분전선을 형성하는 경우가 많았다. 이와 같은 현상은 제주도 북부연안역에서의 용승 혹은 조석전선에 의해 발생하는 것이며, 위치는 지형이 다소 돌출된 곳과 수심이나 해저지형이 해·조류의 흐름에 영향을 줄 수 있는 곳으로 제주도 서쪽의 차귀도와 비양도 연안, 애월북부 연안역과 제주시 부근 및 함덕 북부해역, 제주도 동쪽의 우도 북부와 행원 부근해역에서 자주 출현하고 있다.

2. 제주해협내에는 성질이 서로 다른 이질수괴가 마주치고 있으므로 안장형 (Saddle)의 수온·염분분포가 거의 매월 출현하여 안장형의 중앙역이나 이질수괴간의 경계역에서 수온·염분전선이 형성된다.

3. 제주도 연안역을 대상으로 계산된 조석전선의 성층계수 (stratification parameter-V ( $J/m^3$ ))는 6월이  $8.4\sim 209.8 J/m^3$ 의 범위이며, 8월이  $201.9\sim 634.9 J/m^3$ , 9월  $0.18\sim 680 J/m^3$ , 10월  $2.7\sim 462 J/m^3$ 의 분포범위로 제주도 북부연안역 약 1~2해리 범위내의 수심변화가 심한 해역

에서 위치에너지  $10 \text{ J/m}^3$  정도의 등치선이 출현해 조석전선이 형성되고 있으며 이는 대략 50 m 등심선과 일치했다.

### 참 고 문 헌

- Byun, C. I. 1981. Study on the oceanographic condition characteristic of the coastal water in Jeju Island-water around Seong San. M. S. Thesis, Cheju National Univ., pp.27 (in Korean).
- Choo, H. S. and K. D. Cho. 1984. The Structure of tidal Front in the eastern Yellow Sea in the Summer of 1982. Bull. Korean Fish Soc., 17 (2): 83~91 (in Korean).
- Cho, Y. K. 1988. A Study on the bottom water and transport in the South Sea, Korea. M. S. Thesis, Seoul National Univ., pp.55.
- Han, B. S. and J. K. Choi, 1991. A study on the environmental conditions and phytoplankton ecology in the tidal front area of the Yellow Sea. Yellow Sea Research, 4: 39~55.
- Kim, B. K. 1979. A study on the currents in the Jeju Strait. Bull. Fish. Res. Dev. Agency, Korea, 21: 7~21 (in Korean).
- Kim, K. and S. H. Lee. 1982. Vertically homogeneous waters along the west coast of Cheju Island. J. Oceanol. Soc. Korea, 17 (2): 59~68.
- Kim, B. K. and Y. Q. Kang. 1993. Oceanographic Characteristics in the Frontal Region off the Southwest Coast of Korea in 1990. Yellow Sea Research, 5: 21~32 (in Korean).
- Kim, I. O. and H. K. Rho. 1994. A Study on China Coastal Water Appeared in the Neighbouring Seas of Cheju Island. J. Korean Fish. Soc., 27 (5), 515~528 (in Korean).
- Kim, S. H. and H. K. Rho. 1997. A Study on the Residual Current in the Cheju Strait. J. Korean Fish. Soc., 30 (5), 759~770 (in Korean).
- KORDI. 1987. A study on the Atlas of Marine Resources in the Adjacent Seas to Korea, BSPG00046-163-7 (in Korean).
- Rho, H. K. and T. Hirano. 1983. Tongue-like warm water appeared in the east entrance of the Jeju Strait. Bull. Korean Fish Soc., 16 (4): 299~304 (in Korean).
- Rho, H. K. 1985. Studies on Marine Environment of Fishing Grounds in the Waters around Jeju Island. Ph. D. Thesis, Tokyo Univ., pp.215 (in Japanese).
- Simpson, J. H., D. G. Hughes and N. C. G. Morris. 1977. The relation of seasonal stratification to tidal mixing on the continental shelf. In : A voyage of discovery. Supplement to Deep-sea research: 327~340.
- Yanagi, T. and S. Takahashi. 1988. Dynamics of Atmospheres and Oceans, 12. 191~206.
- Youn, Y. H. 1986. The identification of water characteristics of the Yellow Sea Bottom Cold Water and the evidences of its southwards extension. M.S. Thesis, Cheju National Univ., pp. 54 (in Korean).
- 柳哲雄 · 岡田慎一. 1988. 日本海洋學會1988年度 春季大會 講演要旨集. 121~122.
- 柳哲雄 · 大庭哲哉. 1985. 沿岸海洋研究ノト, 23. 19~25.
- 柳哲雄 · 吉川和輝. 1987. 水産海洋研究會報, 51. 115~119.
- 이홍재 · 전동철 · 권현장 · 황쌍철. 1986. 한국서남해역에서의 조석전선, 해양연구소, 160pp.

1997년 12월 31일 접수

1998년 5월 8일 수리