

2000년 5월 제주도 주변해역의 해황 및 표층 저염분수의 출현

김상현* · 노홍길¹

제주대학교 해양과환경연구소, ¹제주대학교 해양과학대학

Oceanographic Conditions in the Neighboring Seas of Cheju Island and the Appearance of Low Salinity Surface Water in May 2000

Sang Hyun KIM* and Hong Kil RHO¹

Marine and Environmental Research Institute, Cheju National University, Jeju 695-814, Korea

¹College of Ocean Science, Cheju National University, Jeju 690-756, Korea

In the adjacent seas of Cheju Island, the oceanographic conditions show low salinity surface waters starting in May. This water flows from the southeast part of the China Coastal Water, which flows southeastward along the Great Yangtze Sand Bank until April, with the help of southeasterly winds and flows from the adjacent sea off Cheju Island. In May, the Tsushima Warm Current and the low salinity surface water fluctuate in short and long-term periods as influenced by Yellow Sea Cold Water, which flows to the bottom layer at the western entrance of Cheju Strait. Temperature and salinity fronts in the northeastern sea area of U Island are formed in the boundary area between the Tsushima Warm Current, which expands towards Cheju Island from the southeastern sea area of Cheju Island and flows out from the eastern entrance of the strait. Seasonally, additional oceanographic conditions, such as coastal counter-currents, which flow southward, appears within limited areas in the adjacent eastern and western seas of Cheju Island.

Key words: Oceanographic condition, Neighboring seas of Cheju Island, Low salinity surface water, Tsushima Warm Current

서론

제주도 주변해역은 대마난류수, 황해난류수, 중국대륙연안수, 한국남해연안수, 혼합수 등 (Rho and Hirano, 1983; Rho and Kim, 1983; Rho, 1985; Cho, 1988; Kim and Rho, 1994)의 이질수괴가 출현하고, 이들 이질수괴의 경계역에는 계절에 따라 복잡한 수온전선을 형성하고 있다 (Yang et al., 1998). 그리고, 제주해협에서는 12월부터 익년 4월까지 해수가 연직적으로 균질한 동계해황을 나타내고, 5월부터 춘계해황이 시작되는 특성을 나타내는 것으로 보고되었다 (Kim, 1995; Kim and Rho, 1997b).

동계에서 춘계로 전환되는 시기인 5월의 해황을 파악하기 위 하여는 국립수산물진흥원에서 실시되는 격월 정선 관측 (2, 4, 6, 8, 10, 12월) 자료로는 그 상황을 상세히 파악할 수 없고, 관측정점 간격도 너무 멀리 떨어져 있는 실정이다. 그리고 기타 유관 기관에서도 5월에 실시된 관측 결과를 토대로 분석한 연구는 거의 없는 실정으로 제주도 주변해역에서 춘계해황에 관한 구체적인 연구가 이루어지지 않았다.

또한 어장학적으로 중요한 위치에 놓여있는 제주도 주변해역은 5월부터 시작하여 익년 1월까지 갈치 (*Hairtail, Trichiurus lepturus*) 어장이 형성되는 해역 (Kim, 1995; Kim et al., 1998;

Kim and Rho, 1998; Kim and Rho, 2002)으로, 갈치 자원을 대상으로 안강망, 선망, 저인망, 연승 및 채낚기 어업이 성행하고 제주도 어선어업의 중요한 어업자원의 하나이다. 이런 상황으로 볼 때, 5월 해황은 갈치의 회유를 유발하는 동기를 제공하고 있는 중요한 요인이기도 하다.

본 연구는 한국남해 서부 및 제주도 주변해역을 대상으로 환상의 해양관측점을 설정하고 광역에 대한 조밀한 해양조사를 실시하여 제주도 주변해역에서 춘계해황이 시작되는 시기인 5월의 해황 및 표층 저염분수의 출현 특성을 해석하였다.

재료 및 방법

제주도 주변해역에 Fig.1과 같이 환상으로 조밀한 관측점을 설정하여 2000년 5월 11일부터 17일까지 제주대학교 실습선 아라호를 이용한 STD (Applied Microsystem Ltd.) 관측을 실시하여 해황을 분석하였다.

결과

한국남해 서부 및 제주도 주변해역의 해황
표층 해황

한국남해 서부 및 제주도 주변해역에 대한 5월의 표층 해황을 Fig. 2에 나타냈다. 황해남동부 해역인 죽도 주변해역에

*Corresponding author: hairtail@cheju.ac.kr

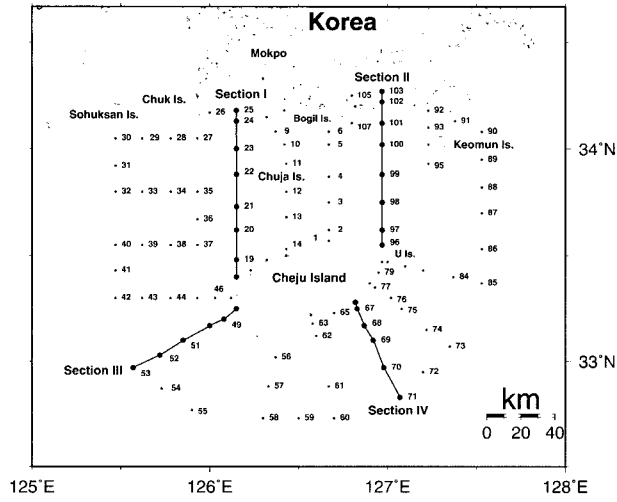


Fig. 1. Location of oceanographic stations observed by the research vessel of Cheju National University in May 11-17, 2000.

중심이 있는 11°C 이하의 황해냉수계열의 저온수가 남동쪽으로 확장하여, 추자도와 보길도 사이 해역에서는 수온 13°C 이하, 염분 33.0 psu 이상, σ_t 25.0 이상의 상대적으로 저온·고염·고밀도수가 동쪽해역으로 확장하고 있다. 제주도 남동쪽 해역에는 수온 16°C 이상, 염분 34.0 psu 이상, σ_t 24.8 이상의 특성을 나타내는 대마난류수가 제주도쪽으로 유입되면서 주변해수와 의 경계에서 남서-북동방향의 조밀한 전선대를 형성하였다. 또 제주도 남서쪽해역으로부터는 13-15°C, 33.0 psu 이하의 저염분수가 제주도 주변해역에 영향을 미치기 시작하면서 제주해협 서쪽입구를 통하여 유입된 후 사행운동을 하며 제주해협을 통과하고 있다. 더구나 제주해협의 동쪽입구를 통하여 유출된 저염분수는 한국남해 연안 및 제주도 남동쪽해역의 대마난류수와의 경계에서 조밀한 수온, 염분 및 밀도 전선대를 형성하였다. 따라서, 제주도 주변해역에는 4월까지 출현하지 않았던 저염분수 (Kim and Rho, 1997b)가 5월부터 출현하고 있는 것으로 파악되었고, 저염분수의 확장 형태는 대부분 제주해협쪽으로 유입되고 있으며, 제주도 남동쪽해역으로의 확장은 거의 볼 수 없다. 그리고 확장되는 저염분수는 소흑산도와 죽도사이해역 및 추자도 서쪽해역을 따라 황해쪽으로 유입되는 형태 및 Sta. 107의 소안도와 청산도 사이 해역을 따라 한국남해 연안역으로 유입되는 형태를 나타내기도 하여 저염분수의 한국 황해남부해역 및 한국남해안 연안수에 영향을 미치는 특이한 현상이 나타났다.

30m층 해황

30m층 (Fig. 3)에서 황해남동부 해역인 죽도 주변해역에 중심이 있는 저온수는 소흑산도 동쪽 약 25 mile 해역의 Sta. 30에서 대체로 9°C 이하, 33.0 psu 이상, σ_t 25.4 이상의 해수분포를 보이며 추자도 남서쪽해역과 제주해협 중앙쪽으로 영향을 미쳤다. 이 해수는 확장되면서 제주도남쪽에서 제주도 서

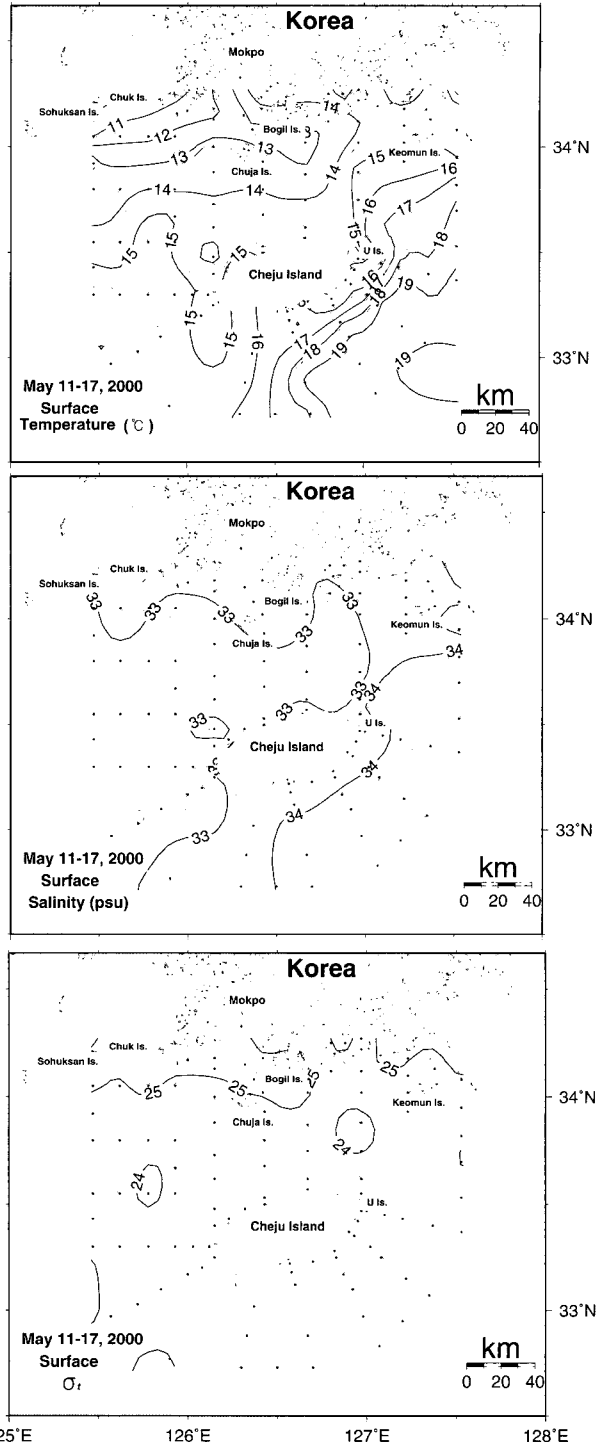


Fig. 2. Horizontal distributions of temperature (°C), salinity (psu) and σ_t at surface in the neighboring seas of Cheju Island in May 11-17, 2000.

쪽해역을 따라 해협내로 유입되는 혼합수와의 경계에서 수온 전선대를 형성하고 있어 표층과는 다소 다른 출현 양상을 하고 있었다. 또한 이 저온수는 수온분포에서 나타난 바와

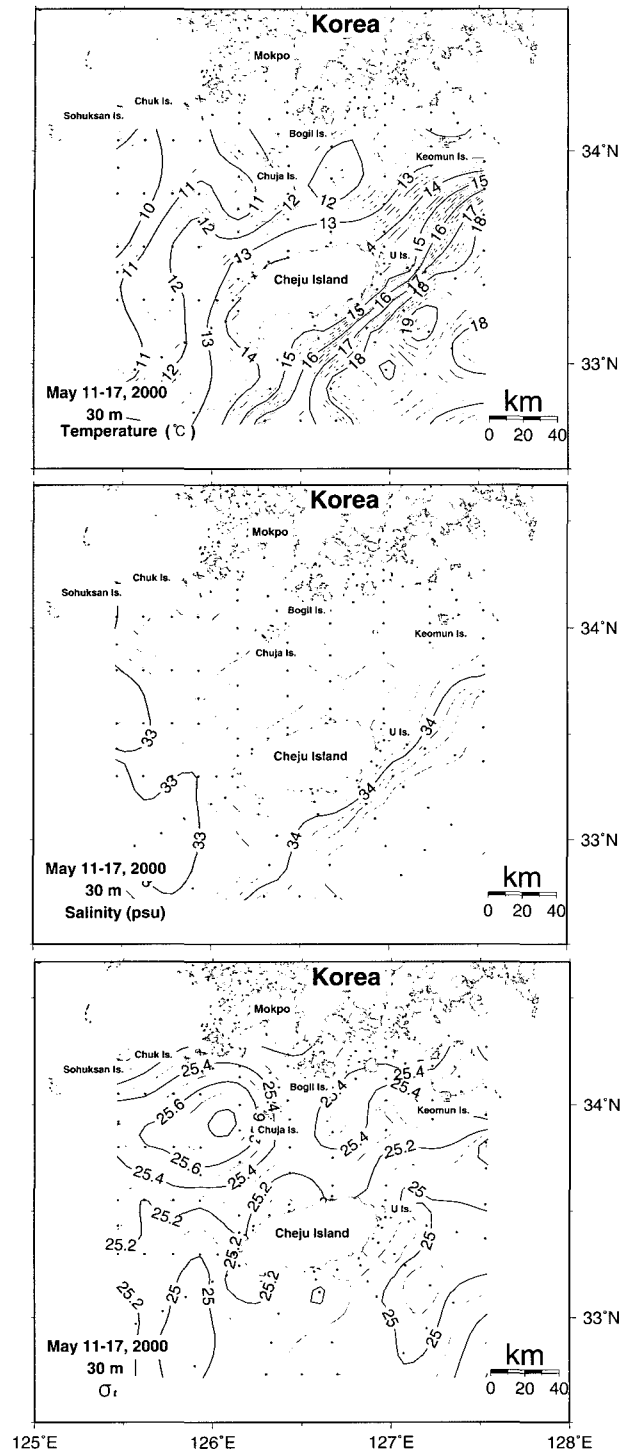


Fig. 3. Horizontal distributions of temperature ($^{\circ}\text{C}$), salinity (psu) and σ_t at 30 m in the neighboring seas of Cheju Island in May 11-17, 2000.

같이 12°C 이하의 eddy가 추자도 동쪽해역에 출현함으로써 추자도 주변해역을 통과한 후에는 지형성 eddy의 형태로 떨어져 나오면서 동쪽해역으로 유출되고 있었다.

제주도 남동쪽해역에는 수온 16°C 이상, 염분 34.0 psu 이상, σ_t 25.0 이상의 대마난류수가 제주도 남동쪽에서 북서방향으로 확장되면서 주변해수와 함께 남서-북동방향의 조밀한 전선대를 형성하였다.

또한 표층에 출현했던 33.0 psu 이하의 저염분수는 30 m층에서는 제주도 서쪽 및 남서쪽해역까지 축소되어 나타남으로써 저염분수가 표층을 따라 확장하는 특징을 잘 나타내었고, 저염분수 확장의 초기 상황이지만 표층으로부터 약 30 m층까지 영향을 미치고 있었다. 특히 30 m층까지 영향을 미치는 저염분수의 축은 제주도 북서쪽 해역에서 거의 소멸된 반면, 제주도 남서쪽 해역의 저염분수의 축은 상당히 넓은 범위까지 확장되었다.

50 m층 해황

Fig. 4의 50 m층에서는 표층 및 30 m층에서 죽도 및 소흑산도 주변해역을 거쳐 추자도 주변해역 및 보길도 사이해역으로 영향을 미쳤던 냉수가 보다 남쪽으로 치우쳤다. 즉 10°C 이하의 설상의 냉수가 제주도 서쪽 약 30 mile 해역까지 영향을 미치면서 주변해수와 경계역에서 조밀한 수온전선을 형성하였다. 그러나 이 냉수의 유출 축은 제주도 남서쪽해역에서 제주도 서방해역을 따라 유입되는 난류수에 의해 추자도쪽으로 치우치는 경향을 나타냈다.

반면에 제주도 남동쪽해역에 중심이 있던 대마난류수 (14.0°C , 34.0 psu 이상)가 북서쪽으로 확장하면서 제주도를 중심으로 남서-북동방향의 수온, 염분, 밀도전선대를 형성하였다.

제주도 주변해역의 연직 해황

제주해협 서쪽입구 단면 (Section I)의 수온, 염분 및 σ_t 의 연직분포를 Fig. 5에 나타냈다.

4월까지 표·저층까지 균질했던 해황이 (Kim and Rho, 1997b) 5월부터 태양복사열로 약 20 m 수층에서 강한 수온약층이 형성되었으며, 그 이심층에서는 동계의 대류작용에 의해 연직적으로 균질했던 수온 분포의 특징을 보이면서 서서히 변질되기 시작한다. 또한 Sta. 21과 23사이 약 20 m 이심층에는 11°C 이하, 33.25 psu, σ_t 25.6 이상의 저온, 고밀도수에 의해 남북의 해수분포를 가르는 전선이 형성된다. 이는 30 m층 수온 수평 분포도에서와 같이 흑산도와 죽도사이해역에서 추자도 남쪽해역으로 유입되는 저온수의 축과 일치함으로써, 이 저온수와 제주도 북서쪽 해역을 따라 제주해협내로 유입되는 고온·고염의 혼합계수와 사이에 형성되는 수온전선대를 잘 반영한다. 그리고, 제주해협의 서쪽입구 단면의 중앙쪽 표층을 통하여 유입되는 저염분수는 13°C 이상, 33.0 psu 이하, σ_t 25.0 이하의 고온, 저염 및 저밀도의 특성을 나타내었다.

제주해협의 동쪽입구해역 단면 (Section II)의 수온, 염분 및 σ_t 의 연직분포를 Fig. 6에 나타냈다. Sta. 98-100의 표층에 33.0 psu 이하의 저염분수가 출현하여 제주해협의 서쪽입구를 통하여 유입된 저염분수의 끝자락이 걸쳐 있다. 또한 15-60 m층에는 13.0°C 이하, 33.4-33.6 psu의 저온수가 중·저층에

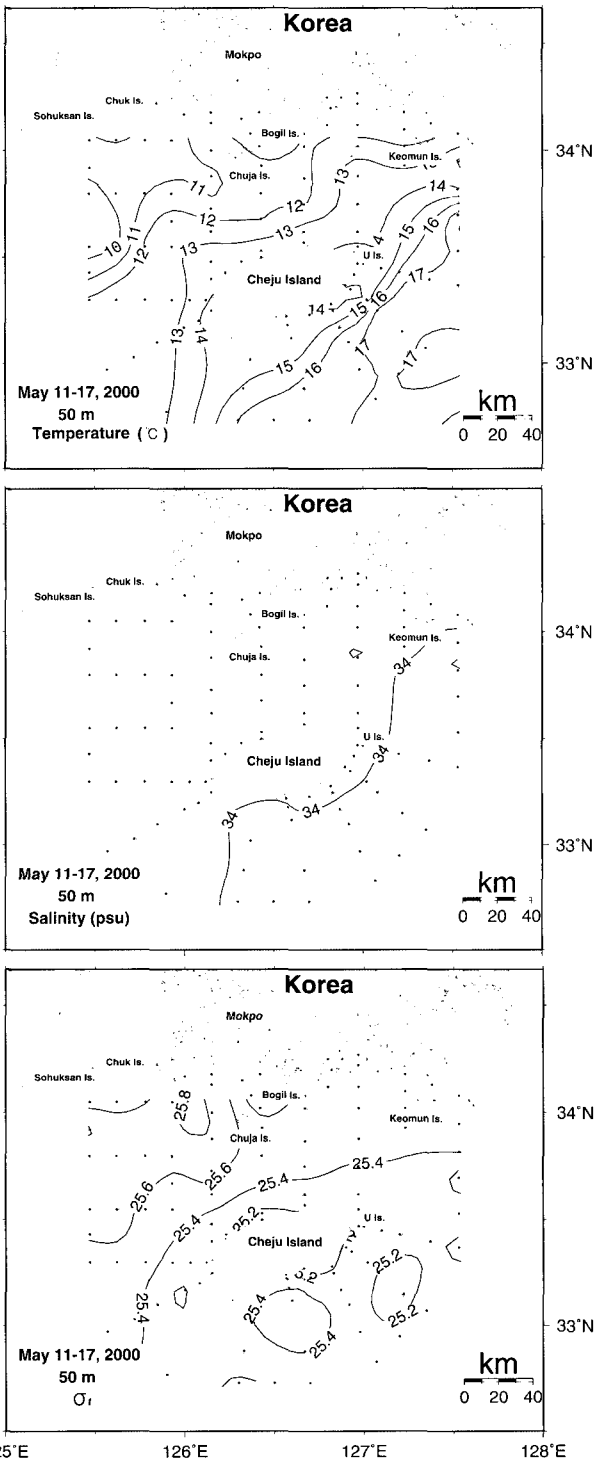


Fig. 4. Horizontal distributions of temperature ($^{\circ}$ C), salinity (psu) and σ_t at 50 m in the neighboring seas of Cheju Island in May 11-17, 2000.

위치한 34.0 psu 이상의 고염·고밀도수인 대만류수 위를 헛바다 모양으로 제주해협 북쪽에서 남쪽으로 흘러내리는 듯한 형태를 하였다. 특히, 이 저온수는 약 75 m층 이심의

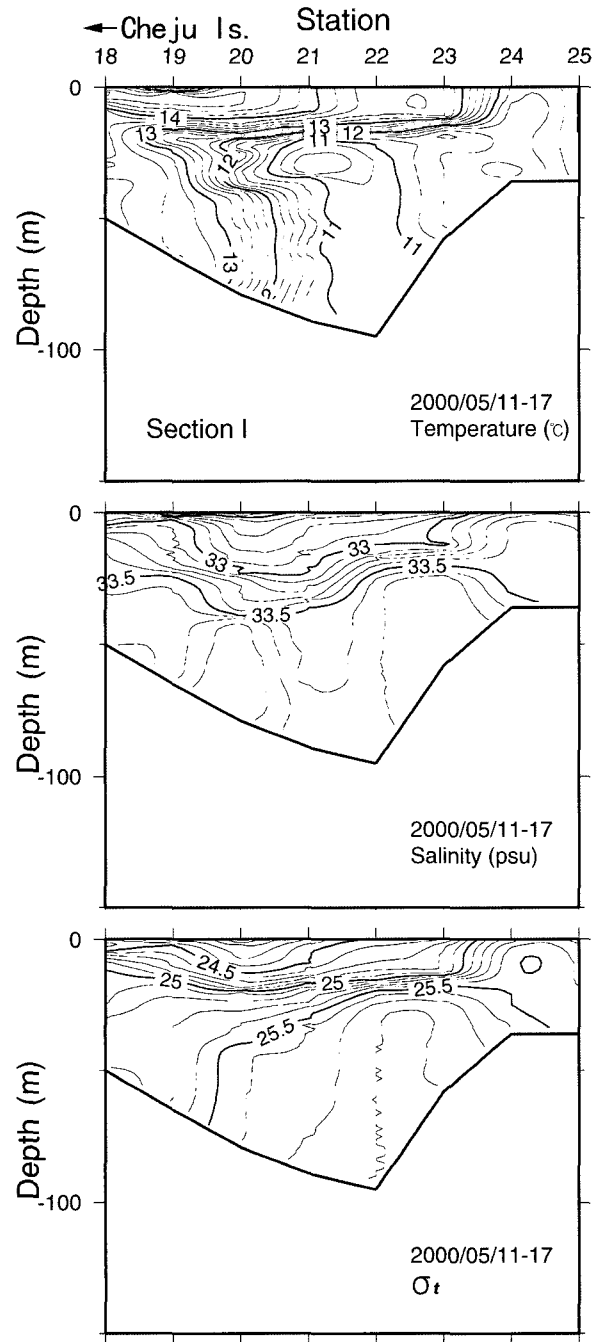


Fig. 5. Vertical profiles of temperature ($^{\circ}$ C), salinity (psu) and σ_t in May 11-17, 2000 along Section I.

14 $^{\circ}$ C 이상·34.0 psu 이상의 고밀도인 대만류수의 상층을 통과하여 제주해협을 빠져나가고 있는 형상이었다. 이 34.0 psu 이상의 고염분수는 제주해협 서쪽입구에는 출현하지 않았던 해수로 제주해협의 동·서 양쪽 입구에서도 해황을 달리 하는 특성을 나타냈다.

제주도 남서쪽해역 단면 (Section III)의 수온, 염분 및 σ_t 의 연직분포를 Fig. 7에 나타냈다.

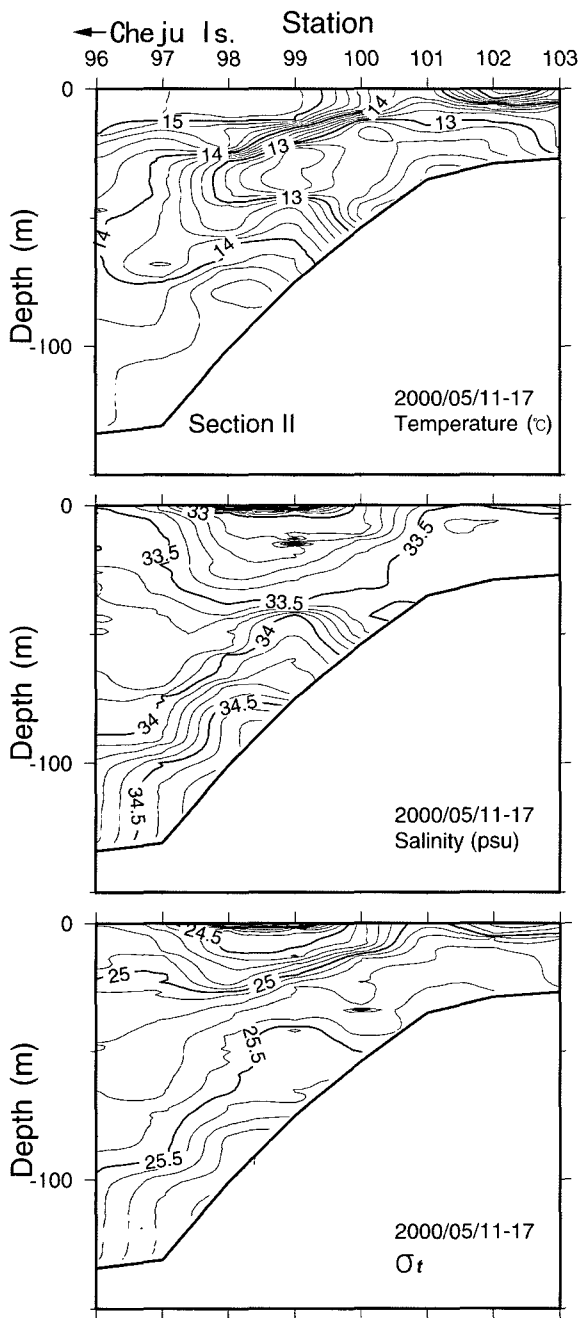


Fig. 6. Vertical profiles of temperature (°C), salinity (psu) and σ_t in May 11-17 2000 along Section II.

Sta. 48-49를 기점으로 제주도 주변 연안해역에는 표·저층간에 거의 균질한 해황을 나타내고 있어 33.0 psu 이상의 염분수가 표층까지 연결되어 용승되는 듯한 형상을 하고 있고, 저층에 수온이 14°C 이상이면서 34 psu의 대마난류수 끝자락이 제주도 주변해역까지 영향을 미쳤다.

그리고, 제주도 남서쪽 외해역인 Sta. 52의 수심 약 38m층에는 제주도 서방해역에 중심이 있는 수온 11°C 이하, 염분 32.96

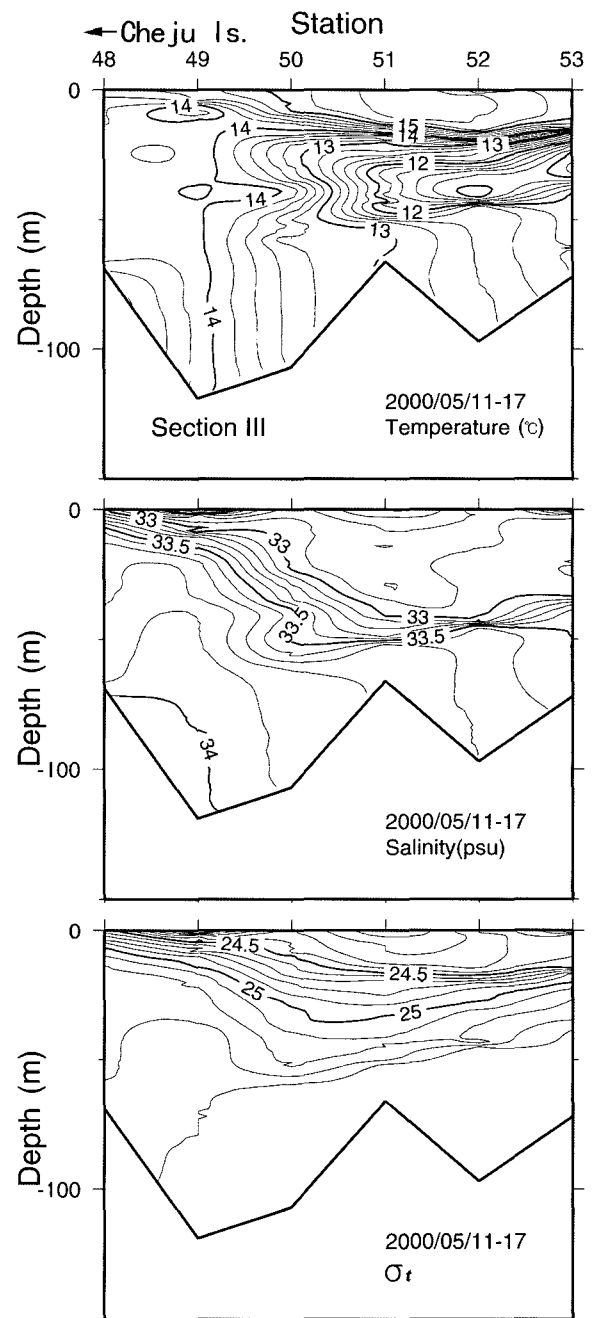


Fig. 7. Vertical profiles of temperature (°C), salinity (psu) and σ_t in May 11-17 2000 along Section III.

psu의 저온·저염수가 lens형으로 제주도 남동쪽으로 확장함으로써, 이 저온·저염분수는 Section I의 Sta. 21의 30m층에 출현한 저온·저염분수 보다 수온은 다소 높은 (0.4°C) 반면 염분이 다소 낮았다 (0.29 psu).

제주도 남동쪽해역 단면 (Section IV)의 수온, 염분 및 σ_t 의 연직분포를 Fig. 8에 나타냈다.

제주도 남동쪽해역으로부터 고온·고염의 대마난류수가 직

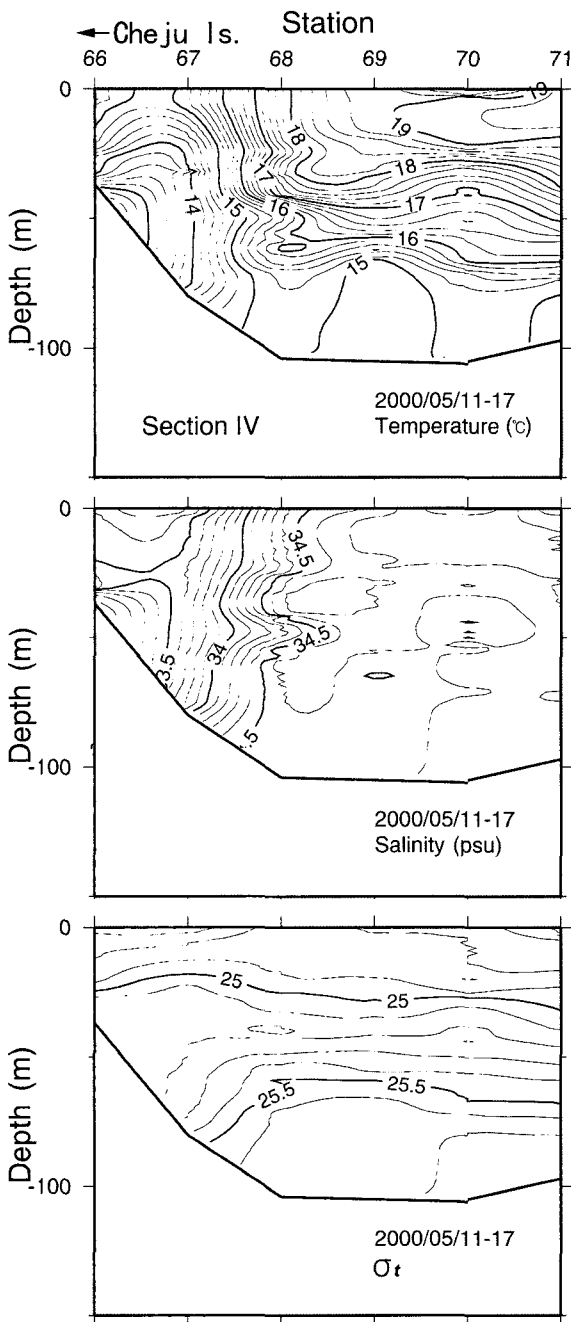


Fig. 8. Vertical profiles of temperature ($^{\circ}\text{C}$), salinity (psu) and σ_t in May 11-17, 2000 along Section IV.

집 제주도 연안역으로 유입되어오는 해역에 해당하는 단면으로 Sta. 66-67 사이에 14.5°C 이하, 33.6 psu 이하의 제주연안수로 추정되는 저온·저염분수가 출현하여 외해역의 고온·고염분수와 연속적으로 마주치며 조밀한 수온, 염분 분포를 하였다. 이 단면에서는 연안역까지 고온·고염의 대마난류수가 이곳으로 직접 유입되는 해역입에도 불구하고 연안역에 저온, 저염분수가 출현하는 특징을 나타냈다.

고 찰

5월에 출현하는 표층 저염분수의 기원

제주도 주변해역에서는 12월부터 표층에서 저층까지 연속해황이 거의 균질한 분포를 보이는 동계해황이 익년 4월까지 연결되고 (Kim and Rho, 1997b), 5월부터는 제주도 주변해역에서 춘계해황이 시작됨과 동시에, 그 신호가 저염분수가 표층을 통하여 유입됨으로써 그 시작을 알리고 있다.

본 조사결과, 이 저염분수는 표층에서 $13-15^{\circ}\text{C}$, 33.0 psu 이하의 분포 범위로 제주도 서방해역을 따라서 제주해협내로 설상으로 유입되고 있고, 수심이 깊어질수록 제주도 서쪽해역으로 후퇴하면서 33.0 psu 이하의 염분분포 범위로 깊어지고 있는 경향을 나타냈다. 그러나 이 저염분수는 소혹산도 주변해역의 중·저층을 따라 남동쪽인 제주도 주변해역으로 확장하는 10°C 이하, 33.0 psu 이하의 황해냉수 계열의 저온·저염분수와 구분이 되는 해수로 해석된다.

즉 표층해황 (Fig. 2)에서 33.0 psu 이하의 저염분수가 유입되고 있는 축은 제주도 남서쪽해역에 있고 소혹산도 서쪽해역에서의 유입경향은 보이지 않았다. 그리고 30 m층 해황 (Fig. 3)에서도 33.0 psu 이하의 저염분수 분포범위가 제주도 주변해역에서 축소되면서 소혹산도 남쪽해역보다 제주도 남서쪽해역에 더 넓게 분포해 있다. 또한 연직단면도에서도 제주해협 서쪽입구단면 (Section I, Fig. 5)에 출현한 수온 11°C 이하·염분 33.25-33.60 psu의 저염분수가 30 m층에서부터 저층까지 기동모양으로 확장되는 반면, 제주도 남서쪽단면 (Section III, Fig. 7)에 출현한 저염분수는 수온이 약 0.2°C 높고 염분은 0.29 psu 낮으면서 수심 38 m층에서 표층까지 영향을 미쳤다.

그러므로 이러한 특성상 최저염분수가 황해중앙부에서 Section III의 제주도 남서쪽해역까지 확장하였다면 염분도 수온에 비례하여 상승하여야하나 낮은 경향을 보여 제주도 남서쪽해역의 저염분수는 황해냉수 계열의 저온·저염분수와 구분이 되었다.

이러한 현상에 대하여 Fig. 2의 표층 수온수평분포를 관측시기와 같은 시기의 NOAA 위성에 의한 SST ($^{\circ}\text{C}$) 합성자료인 Fig. 9(c) (2000년 5월 11-16일)의 동중국해역 화상자료와 비교해볼 때, 거의 유사한 분포를 나타내고 있어 그 전후의 해황을 SST ($^{\circ}\text{C}$) 합성자료로 비교·분석하여 보았다.

Fig. 9(a) (2000년 3월 25-28일의 합성자료)와 같이 12월부터 연취되는 북서계절풍에 의해 황해냉수가 황해동부해역을 따라 황해남부해역까지 남하 확장되고, 동중국해 북부해역의 양자강퇴를 따라서는 중국대륙연안수 (Kondo, 1985)가 남동쪽으로 확장하였다. 이 두 수괴 (황해냉수와 중국대륙연안수)의 사이 해역에는 황해난류수로 보이는 고온수가 북서쪽의 황해중앙해역으로 유입되는 것으로 파악되었다. Fig. 9(b) (2000년 4월 9-11일의 합성자료)와 같이 시간의 경과와 함께 황해냉수 및 양자강퇴를 따라 남동쪽으로 확장하는 중국대륙연안수는 4월까지 확장을 계속하였다. 그러나 5월이 되면서 춘계해황이 시작됨과 동시에 남동계절풍이 불기시작하고 그

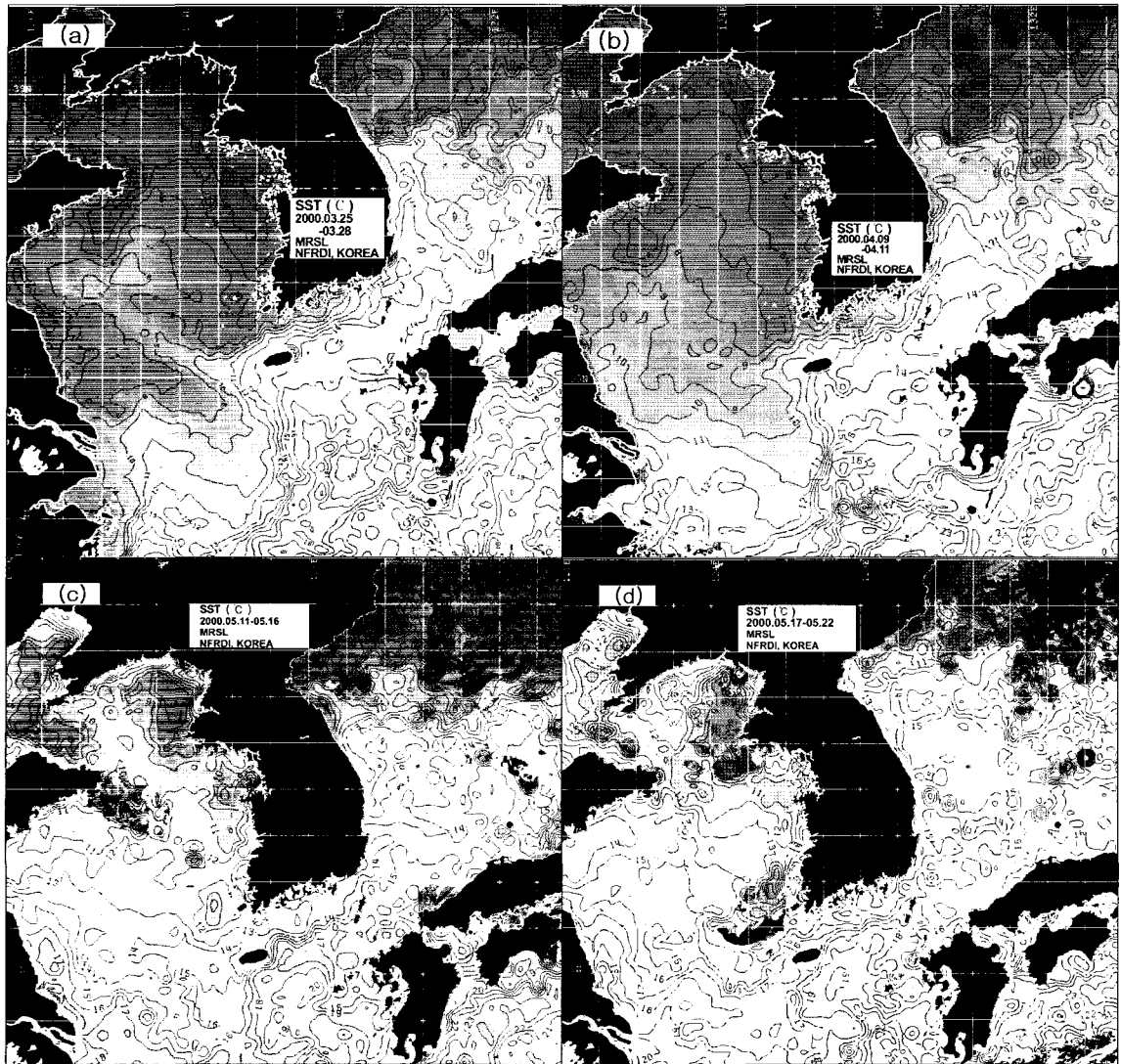


Fig. 9. SST ($^{\circ}\text{C}$) variations using the composed images of NOAA-12 from NFRDI (2000).

에 편승하여 황해난류수, 황해냉수 및 중국대륙연안수의 확장이 축소되기 시작하면서, 황해냉수는 황해남부해역으로 축소되고, 양자강퇴를 따라 남동쪽으로 확장하던 중국대륙연안수의 끝자락 중 오른쪽 부분의 저온·저염분수는 먼저 제주해협 쪽으로 확장하여 나타나는 현상을 보이게 된다. 따라서 이 해수는 Fig. 9(c) (2000년 5월 11-16일의 합성자료)의 14°C 등온선이 제주해협의 서쪽해역에서부터 해협의 동쪽까지 확장하여 나타나고 있고, Fig. 9(d) (2000년 5월 17-22일의 합성자료)와 같이 시간의 경과와 함께 점점 축소하여 제주도 북서쪽 해역까지 고온수로 뒤덮이게 되면서 축소되는 해황을 나타냈다. 따라서 2000년 5월 춘계해황을 기준으로 제주도 서방해역의 표층으로부터 제주해협쪽으로 확장하는 저염분수는 동계에 제주도 남서쪽 해역의 양자강퇴를 따라 남하했던 중국대륙연안수의 끝자락 부분이 유입되고 있는 것으로 분석된다.

이와 같은 특성 때문에 5월의 저염분수는 다음의 여러 연구자들에 의하여 거론되는 해수와는 다른 특성을 나타낸다. 즉 중국 양자강에서 유출되어 제주도 주변해역으로 확장하는 하계 저염분수이면서 같은 이름인 중국대륙연안수 (China Coastal Water) (Kim and Rho, 1994), 양자강 연안수 (Yangtze Coastal Water) (Hyun and Pang, 1998), 양자강 희석수 (Changjiang Diluted Water) (Matsuno et al., 2003; Chang and Isobe, 2003) 등의 해수와는 특성을 달리하는 것 같다. 이들 하계 저염분수는 약 6월경에 제주도 주변해역으로 확장되는 반면, 본 연구에서의 저염분수는 이보다 약 1개월 빠른 5월에 이미 제주도 주변해역으로 확장해 오는 것으로 사료된다.

제주도 주변해역 대마난류수의 장·단기변동
대마난류수의 장기변동

제주도 주변해역에 출현하는 대마난류수는 제주도 남동쪽 해역으로부터 북서방향으로 확장하며 영향을 미치고 있어, 그 변화는 크게 나타날 것으로 파악된다. 따라서 2000년 5월 이외의 다른 해에도 이러한 변화 경향을 나타내는지 알아보기 위하여 1992년 5월 (Fig. 10)과 1993년 5월 (Fig. 11)에 관측된 자료 (Kim, 1995)를 비교하였다.

1992년 5월 (Fig. 10)의 경우 33.80 psu 이하의 저염분수가 제주해협을 넘어 중양해역까지 영향을 미치고 있으나, 본 연구결과 제주도 주변 전해역의 표층 (33.0 psu 이하)을 덮고 있는 염분보다 높았고, 제주도 북쪽 해역에 16.0°C, 34.2 psu 이상의 대마난류수가 분포함으로써, 2000년 5월의 결과와는 달리 대마난류수가 제주해협의 북쪽연안역까지 넓게 확장하였다. 그리고 저층 염분 분포에 있어서도 34.2 psu 이상의 고염분수가 제주해협 전해역에까지 확장해 있어서 대마난류 세력이 상당히 영향을 미쳤다.

1993년 5월 (Fig. 11)의 경우도 수온과 염분이 17°C 이상, 33.60 psu 이하의 중국대륙연안수가 제주도 서방해역을 통하여 제주해협내로 유입되고 있어 5월부터 저염분수가 제주도 주변해역에 영향을 미치고 있음을 다시 한번 확인할 수 있다. 또한, 표층에서 34.0 psu 이상의 고염분수가 출현하는 해역은 제주도 북동쪽 해역 및 추자도 북쪽해역인 한국남해연안역에 분포하는 특징을 나타냈다. 저층의 수온·염분분포에서는 제주해협 전해역에 34.0 psu 이상의 고염분수가 분포하였다.

이처럼 제주해협내에서의 대마난류수에 대한 변화 경향을 저층 저온수의 확장형태를 중심으로 더 상세히 분석해 보면, 1992년처럼 13°C 이하의 저온수가 제주해협 서쪽입구 중앙저층에 작은 설상의 형태로 출현하였을 경우는, 제주도 동·서양쪽입구쪽에 34.3 psu의 고염분 대마난류수가 강하게 유입되어 34.2 psu의 등염분선이 제주도 북쪽외해역까지 넓게 확장되어 있고, 이때 표층의 최저염분이 33.6 psu로 다소 높은 염분을 나타냈다. 그리고, 1993년의 경우는 1992년보다 저층의 13°C 저온수의 확장범위가 제주해협 서쪽입구의 중앙해역을 따라 동쪽으로 깊숙이 파고들면서 폭 넓게 확장하였다. 염분 분포에서는 추자도 서쪽 및 여서도쪽을 돌아 확장하는 고염분수를 제외하면 제주도 동·서양쪽 외해역을 따라 해협내로 영향을 미치는 고염의 대마난류수가 축소되었으며 제주도 북쪽 34.2 psu의 고염분수 확장범위는 연안역에 축소되어 나타났다. 이때 표층의 최저염분은 33.4 psu로 1992년의 경우보다 0.2 psu 정도 낮은 염분을 나타냈다.

따라서 제주해협 서쪽입구의 저층에서 유입되는 저온수의 세력소장에 따라 대마난류수 및 표층의 최저염분수의 출현양상이 달라지는 특성을 나타냈다.

즉 이러한 경향을 종합하여 2000년 5월의 경우를 분석해보면 50 m층 (Fig. 5) 13°C의 저온수는 제주도 북서쪽 서방해역에서 제주도의 북쪽 5 mile 외해역을 통과하여 거문도 남쪽 약 6 mile 해역까지 연결됨으로써, 1992년과 1993년에 비하여 아주 넓게 세력을 확장하여 제주해협에서 유출되었다. 이에

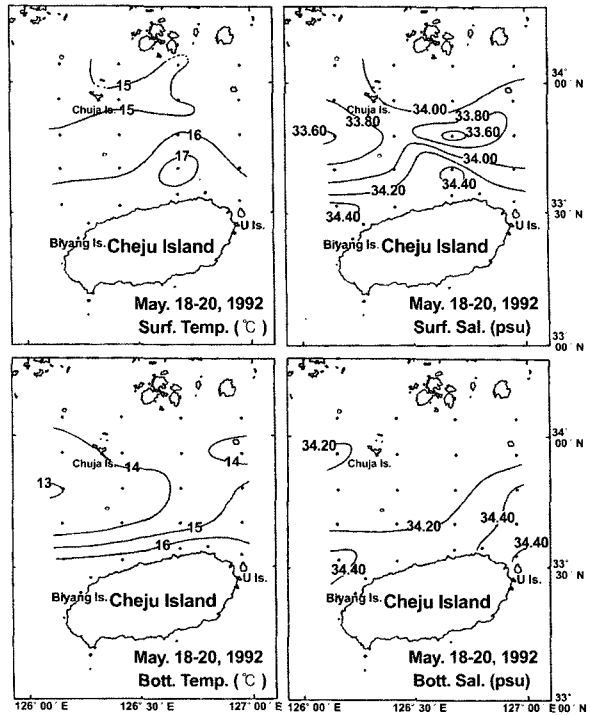


Fig. 10. Horizontal distributions of temperature (°C) and salinity (psu) at surface and bottom in May 18-20, 1992 (Kim, 1995).

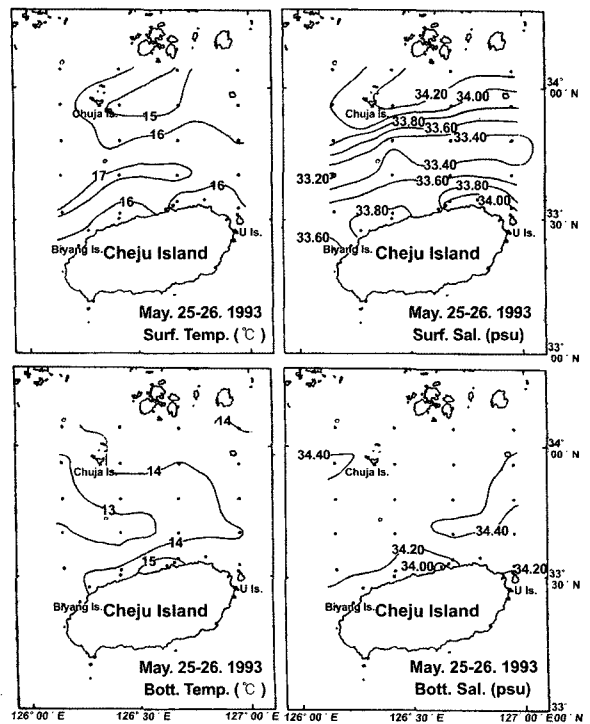


Fig. 11. Horizontal distributions of temperature (°C) and salinity (psu) at surface and bottom in May 25-26, 1993 (Kim, 1995).

따라 중·저층 저온수의 영향으로 14°C·34.0 psu 이상 고온·고염분의 대마난류수는 제주도 남동쪽으로 세력이 축소되었으며, 표층의 최저염분도 1992년과 1993년에 비하여 1-1.2 psu 정도 낮은 32.2 psu의 최저염분수가 출현하였다.

그러므로 5월 제주해협을 대마난류수 및 표층 최저염분수의 변화는 제주도 서방해역에서 해협의 서쪽입구를 통하여 유입되는 중·저층 저온수, 즉 황해냉수세력의 세력소장에 의하여 크게 변화하는 변동 특성을 보이는 것으로 사료된다. 그러나 앞으로 대마난류수 및 황해냉수와와의 역학관계는 더 자세히 규명되어야 할 과제라 사료된다.

대마난류수의 단기변동

Fig. 9(c)는 2000년 5월 관측시기와 동시기 (2000. 5. 11-16)에 국립수산진흥원 (NFRDI)의 NOAA위성에서 수신한 SST (°C)의 화상자료를 나타내고 있다. 대체로 NOAA SST 화상자료를 볼 때 극히 표층의 수온을 반영한다는 것과, Fig. 2의 표층수온 수평분포와 같이 NOAA SST 화상자료 (Fig. 9(c))에서 14°C의 수온대가 제주도 서방해역을 따라 마라도 주변해역에까지 걸쳐있는 상황 및 제주도를 중심으로 남서-북동 방향의 수온 전선대가 걸쳐있는 현상은 CTD 관측자료와 거의 유사하게 나타나고 있음을 알 수 있다. 따라서 NOAA SST 화상자료가 동계 혹은 춘계 대마난류수의 단기변동을 분석하기 위한 하나의 방법으로 간주 될 수 있다. 그러므로 본 관측기간 동안의 화상자료 (Fig. 9(c). 2000. 5. 11-16)와 1주일 후의 화상자료 (Fig. 9(d). 2000. 5. 17-22)를 비교해 보면, 14°C의 수온대가 한국남해서부 해역으로 확장해 있고, 제주도를 중심으로 남서-북동방향의 연안역에 걸쳐있던 수온 전선대가 제주해협 북쪽 외해역으로 확장하여 대마난류수가 전체적으로 북서쪽 방향으로 확장하고 있음을 보여주었다.

그러므로 제주도 주변해역에 출현하는 대마난류수는 단기 간에도 많은 변동을 하고 있는 것으로 사료된다.

제주도 우도 북동쪽 주변해역의 전선대

표층 (Fig. 2), 30 m (Fig. 3) 및 50 m층 (Fig. 4)의 해황을 보면 제주도 우도 북쪽해역에서부터 거문도사이 해역에 수온, 염분 및 밀도 전선대가 형성되었다.

이 전선대의 특성을 파악하기 위하여 제주도 동쪽해역에서의 대마난류수와 주변해수와의 경계를 구분할 수 있는 34.0 psu 등염분선의 층별 최대 확장 영역을 나타내보면 (Fig. 12), 표층에서는 제주도 남동쪽 외해역에서 남서-북동방향으로 걸쳐있는 반면, 수심이 깊어짐에 따라 34.0 psu의 등염분선은 점차로 북서쪽으로 확장하여 저층에서는 제주도 서쪽의 연안역, 제주해협의 동쪽입구까지 확장되고 있는 형태를 나타냈다. 따라서 이러한 고염분수와와의 사이에 전선대의 방향이 남서-북동쪽으로 뻗어있는 양상이다.

이처럼 제주도 우도 북동쪽에서부터 거문도사이해역에 형성된 전선대는 제주도 남동쪽 외해역에서 북서쪽으로 확장하는 고온·고염의 대마난류수와, 제주해협의 서쪽입구를 통하여 유입된 외해수가 해협의 동쪽입구를 통하여 유출되는 해수

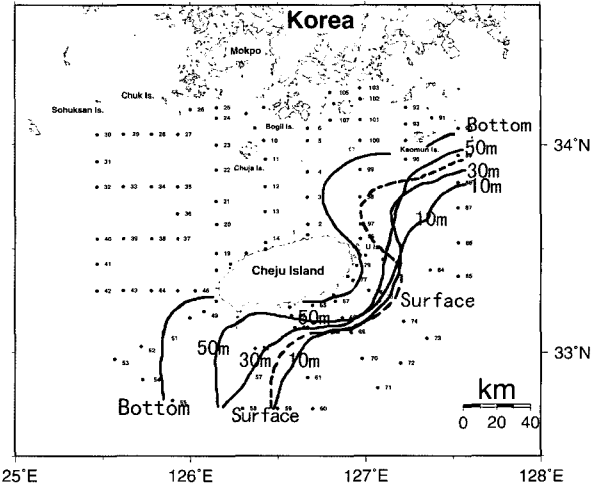


Fig. 12. Distribution of 34.0 psu isohaline in the neighboring seas of Cheju Island.

와의 사이에 형성되는 전선이라 볼 수 있다. Kim (1995)에 의하면 제주해협에서의 해황관측결과 해협의 표·중층에는 출현하지 않던 고온·고염분수가 저층에 자주 출현하고 있다는 결과와 같이 고염분의 대마난류수는 고밀도의 특징을 나타내며, 중·저층을 통한 확장이 강하게 이루어지고 있는 것으로 파악된다.

그렇지만 이 전선대는 대마난류수 및 주변 해수와의 세력소장에 따라 변동이 크게 나타나고, 또한 제주해협의 동쪽입구를 통하여 유출되는 외해수 세력에 따라 전선대가 동서 혹은 남서-북동방향으로 형성될 가능성이 높고, 이 전선대는 한국남해 동부해역까지도 확장될 것으로 사료된다. 따라서 이 전선대에 대한 구조적인 특성, 전선대의 확장범위, 지속시간 등에 대하여 보다 상세한 연구가 필요하다고 사료된다.

제주도 주변 연안역의 국지적 해황

제주도는 동서의 길이 73 km, 남북 길이 31 km의 큰 섬으로서 여러 이질수괴에 의한 세력 확장과 더불어 국지적으로 특이한 해황이 연출되고 있다.

Fig. 2의 표층 수온·염분 분포에서와 같이 제주도 서쪽 연안역인 차귀도 부근 연안해역을 따라 15°C 이하의 저온수가 설상으로 남하하고 있는 현상은 Fig. 9(b)의 SST 화상자료와 같이 14°C의 등온선이 남하하는 것과 거의 같은 결과를 나타냈다. 그렇지만 이 해역은 대마난류수가 제주도 서방해역으로 확장해와 제주해협의 서쪽입구로 고온·고염분수를 공급해주는 창구역할을 하는 해역임에도 불구하고 시기에 따라서는 연안반류가 형성되는 해역으로 사료된다. 이와 같은 결과는 최근에 제주대학교에서 실시한 차귀도 주변해역 TGPS Buoy 유동조사 결과를 살펴보면, 연안역에 투하한 Buoy가 우선와의 형태를 하면서 남서쪽 외해역으로 유출되는 결과와도 일치하였다.

또한 Fig. 8의 Section IV의 연안역 (Sta. 66과 67 사이 해역)에 14°C 이하·34.0 psu 이하의 저온·저염분수가 출현하였다. 이는 제주도 남동쪽 외해역에서 제주도쪽으로 확장하는 대마난류수와 연안수 사이에 형성된 것으로, Fig. 4의 50 m층 수온·염분수평 분포도에서 보는 바와 같이 14°C 이하·34.0 psu 이하의 해수가 대상해역의 서쪽에 분포해 있지 않음에도 불구하고 출현하는 특징을 나타냈다. 이처럼 제주도 남동쪽 연안역의 저온·저염분수는 해수유동 특성상 제주도 외해역에서의 대마난류수의 북동쪽 확장으로 인한 연안보류 혹은 반류의 성격을 갖는 해수로 Drogue 추적결과 (Kim, 1987; Kim and Rho, 1997a)에서도 제주도 우도 북쪽해역에 투하한 것이 거의 남쪽으로 흐르는 유동특성을 보이는 것과 일치하였다.

따라서 제주도 주변해역은 이러한 국지적으로 아직 밝혀지지 않은 여러 현상이 있으므로 앞으로 이에 대한 연구의 방향 전환으로 보다 확실한 해황이 분석될 수 있는 계획이 필요하다고 사료된다.

어장학적 특성 고찰

지금까지의 결과와 같이 2000년 5월은 제주도를 중심으로 북서쪽의 저온·저염분수와 남동쪽 해역의 고온·고염분수인 대마난류수 및 제주도 남서쪽 해역의 저염분수 세력에 의해 복잡한 해황 및 조밀한 수온·염분 및 밀도전선이 형성되었다. 이러한 해황과 2000년도의 어황을 비교해보면 다음과 같은 몇 가지 특징적인 현상이 출현하였다.

첫째, 제주도 주변해역 오징어 및 멸치어장이 흥어를 나타냈고, 둘째, 한국남해연안역의 멸치 기선권현망어업 어장이 형성되지 않아 어구를 조기에 철수시켰으며, 셋째, 제주도 주변해역 갈치 채낚기 어선에 의한 어획량이 평년수준을 상회하였고, 마지막으로 추자도 주변해역에서 조기어장이 평년대비 약 1개월 빨리 어장이 형성되는 특징을 보였다. 따라서 춘계 해황의 변동특성에 따라서는 그 해의 각 어종별 풍·흉을 예측하거나 어장형성 시기의 빠르고 느림을 예측할 수 있는 것으로 사료된다. 즉, 제주도 주변해역의 오징어·멸치 어장 및 한국남해연안역의 멸치 권현망 어업에 있어서는 제주도 서방해역에서 중·저층을 통하여 유입되는 13°C 이하의 저온수가 제주해협 및 한국남해 연안역까지 영향을 미침으로써 냉수의 영향으로 흥어를 나타낸 것으로 사료된다. 그리고 제주도 주변해역에서의 갈치 어장 및 추자도 주변해역에서의 조기어장은 주변해역 수괴의 세력소장에 따라 상당히 민감하게 반응하여 나타나는 것으로 사료된다. 그리고 5월부터 표층 저염분수가 제주도 남서쪽해역에서 확장되어 오는 것과 갈치어장이 제주도 주변해역에서 형성되기 시작하는 인과관계 등은 앞으로 다른 어종들과 상호 연계하여 연구되어야 할 것으로 사료된다.

그러므로 춘계해황에 대한 보다 명확한 조사 및 비교·분석 등을 통하여 우리나라 주변해역에서 형성되는 어장형성 기구의 연구에 중요한 자료로 활용될 것으로 사료된다.

사 사

이 논문은 2003년도 두뇌한국21 사업과 해양수산부의 “이도해양과학기지활용연구” 사업 (M24103)에 의하여 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- Chang, P.H. and A. Isobe. A numerical study on the Changjiang diluted water in the Yellow and East China Seas. *J. Geophys. Res.*, 108 (C9), 3299, doi:10.1029/2002JC001749, 2003.
- Cho Y.K. 1988. A study on the bottom water and transport in the South Sea, Korea. M.S. Thesis, Seoul Natl. Univ., pp. 55. (in Korean)
- Huyn K.H. and I.C. Pang. 1998. Abnormally low salinity waters around Cheju Island in summer. *Bull. Mar. Res. Inst. Cheju Natl. Univ.*, 22, 69-78. (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. Kor. Fish. Soc.*, 27(5), 515-528. (in Korean)
- Kim S.H. 1987. A study on the current in the Cheju Strait. M.S. Thesis, Cheju Natl. Univ., pp. 61. (in Korean)
- Kim S.H. 1995. Studies on the assembling mechanism of the Hairtail, *Trichiurus lepturus*, at the fishing grounds of the Cheju Strait. Ph.D. Thesis, Cheju Natl. Univ., pp. 168. (in Korean)
- Kim S.H. and H.K. Rho. 1997a. A study on the residual current in the Cheju Strait. *J. Kor. Fish. Soc.*, 30(5), 759-770. (in Korean)
- Kim S.H. and H.K. Rho. 1997b. Characteristics of hydrographic conditions of the Cheju Strait in winter. *Bull. Mar. Res. Inst. Cheju Natl. Univ.*, 21, 65-73. (in Korean)
- Kim S.H., Y.D. Lee and H.K. Rho. 1998. The study on the fisheries biological features of Hairtail, *Trichiurus lepturus* from the Cheju Strait. *J. Kor. Fish. Soc.*, 31(1), 17-25. (in Korean)
- Kim S.H. and H.K. Rho. 1998. A study on the assembling mechanism of the Hairtail, *Trichiurus lepturus*, at the fishing grounds of the Cheju Strait. *Bull. Kor. Soc. Fish. Technol.*, 34(2), 117-134. (in Korean)
- Kim S.H. and H.K. Rho. 2002. The fluctuation of fishing grounds of Hairtail, *Trichiurus lepturus*, in the Cheju Strait by the distribution of feeding biomass. *Bull. Kor. Soc. Fish. Technol.*, 38(1), 1-10. (in Korean)
- Kondo, M. 1985. Oceanographic investigation of fishing grounds in the East China Sea and the Yellow Sea - I. Characteristics of the mean temperature and salinity distributions measured at 50 m and near the

- bottom. Bull. Seikai Reg. Fish. Res. Lab., 62, 19-66.
- Matsuno, T., M. Shimizu, A. Isobe, J. Ishijaka, I.C. Pang, S.H. Kim and J. Zhu. 2003. Behavior of Changjiang diluted water observed by drifting buoys with salinity sensor. Int. Sym. for PEACE, Seoul Korea, pp. 14-16.
- Rho H.K. and T. Hirano. 1983. Tongue-like warm water appeared in the east entrance of the Jeju Strait. Bull. Kor. Fish. Soc., 16(4), 299-304. (in Korean)
- Rho H.K. and K. Kim. 1983. Variations of sea surface temperature between Jeju and Mogpo and between Jeju and Wando. J. Oceanol. Soc. Korea, 18(1), 64-72. (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)
- Yang Y.J., S.H. Kim and H.K. Rho. 1998. A study on the temperature fronts observed in the south-west sea of Korea and northern area of the East China Sea. J. Kor. Fish. Soc., 31(5), 695-706. (in Korean)

2003년 12월 30일 접수

2004년 4월 16일 수리