

제주해협에서 봄철에 관측되는 저염수에 관한 연구

A study on the low salinity water observed
in the Cheju Strait in spring

1994. 6.

제 출 문

한국해양연구소장 귀하

본 보고서를 “제주해협에서 봄철에 관측되는 저염수에 관한 연구” 과제의 최종 보고서로 제출합니다.

1994년 6월

한국해양연구소

연구책임자 : 변상경 (해양물리연구부)

요 약 문

I. 제 목

제주해협에서 봄철에 관측되는 저염수에 관한 연구

II. 연구개발의 목적 및 중요성

봄철 제주해협내에서 출현하는 저염수의 특성과 운동을 기존자료의 활용을 통해 분석하여 제주 주변의 해양파악에 기여한다.

III. 연구개발의 내용 및 범위

1. CTD 및 유속자료의 재 정리로부터 저염수의 형태 파악
2. 저염수가 출현하는 시기 및 범위 파악
3. 남해 광역의 해수특성 분석으로 기원 파악
4. 기존 문헌의 정리 및 분석

IV. 연구개발결과 및 활용에 대한 건의

1. 저염수의 출현 원인 파악
2. 저염수가 주변 해황에 미치는 역할 파악

SUMMARY

I. Title

A study on the low salinity water observed in the Cheju Strait in spring

II. Objectives of the study

The goal of this study is to know oceanographical conditions in the seas around Cheju Island through the analysis of low salinity water observed in the Cheju Strait in spring. This study is based on the collected data of CTD and current measurements

III. Contents

1. Characteristics of low salinity water by re-analysis of collected CTD and current data
2. Observing period and area of low salinity water
3. Source area of low salinity water
4. Historical data analysis

IV. Suggestions

1. It is necessary to understand how the low salinity water appears in the Cheju Strait in May.
2. It should be understood how much the low salinity water can influence the general oceanic condition in the seas around Cheju Island.

목 차

요약문	i
영문 요약문	ii
그림목차	v
제 1 장 서론	1
제 2 장 자료 및 분석 방법	2
제 3 장 봄철 저염수의 특성	6
제 1 절 1987년 5월	6
제 2 절 1988년 5월	11
제 3 절 1989년 5월	14
제 4 절 저염수의 기원	20
제 4 장 결론 및 토의	24
참고문헌	25

CONTENTS

Summary	ii
List of Figures	v
Chapter 1. Introduction	1
Chapter 2. Data and Method	2
Chapter 3. Characteristics of low salinity water in spring	6
Section 3.1 May 1987	6
Section 3.2 May 1988	11
Section 3.3 May 1989	14
Section 3.4 Source area of low salinity water	20
Chapter 4. Conclusion and discussion	24
References	25

List of Figures

Fig. 2-1. Station map of CTD and current observed during (a) May 12 - 15, 1987, (b) May 5 - 11, 1988, (c) May 4 - 9, 1989.	3
Fig. 3-1. Temperature-salinity relation observed near the northeast coast of Cheju Island on (a) May 12, 1987 and (b) May 15, 1987.	7
Fig. 3-2. Vertical distribution of (a) temperature, (b) salinity and density observed in the section toward the northeast from Cheju city on May 12, 1987.	8
Fig. 3-3. Vertical distribution of (a) temperature, (b) salinity and density observed in the section toward the northwest from the northeastern tip of Cheju Island on May 12, 1987.	9
Fig. 3-4. Vertical distribution of (a) temperature, (b) salinity and density observed in the section toward the northeast from Cheju city on May 15, 1987.	10
Fig. 3-5. Vertical distribution of (a) temperature, (b) salinity and (c) density observed at the western entrance of Cheju Strait on May 11, 1988.	12
Fig. 3-6. Vertical distribution of (a) temperature, (b) salinity and (c) density observed in the section between Cheju city and Chuja Island on May 11, 1988.	13
Fig. 3-7. Vertical distribution of (a) temperature, (b) salinity and (c) density observed in the section of Cheju city - Chuja Island - Pokil Island on May 4, 1989.	15
Fig. 3-8. Vertical distribution of (a) temperature, (b) salinity and (c) density observed in the section of Cheju city - Chuja Island - Pokil Island - Sinji Island on May 9, 1989.	16
Fig. 3-9. Vertical distribution of (a) temperature, (b) salinity and (c) density observed in the section between Cheju city and Chongsan Island on May 7, 1989.	17

Fig. 3-10. Vertical distribution of (a) temperature, (b) salinity and (c) density observed in the section between U Island and Geomun Island on May 8, 1989.	18
Fig. 3-11. Horizontal distribution of salinity observed at 20m depth during May 7 - 9, 1989.	19
Fig. 3-12. Horizontal mean distribution of temperature, salinity and density observed at the surface in April between 1967 and 1987 by KFRDA.	21
Fig. 3-13. Horizontal mean distribution of temperature, salinity and density observed at the surface in June between 1967 and 1987 by KFRDA.	22
Fig. 3-14. Horizontal distribution of temperature, salinity and density observed at the surface during May 13 - 23, 1991.	23

제 1 장 서론

한반도 남단과 제주도 사이에 위치하고 있는 제주해협은 해협 동편에서 수심130m 이상되는 깊은 골(최대수심 143m)이 제주도 해안으로부터 5-10km에 위치함으로써 남해연안편보다 제주해안쪽에서 급한 수심변화가 나타나고 있다. 이러한 해저면 수심의 형태는 제주해협내 해황이 남해안과 제주도사이에서 비 대칭적으로 나타날 수 있도록 영향을 미치고 있다.

제주해협내 해황은 서쪽에서 동쪽으로 이동하는 해류의 영향을 받고 있으며 제주도 연안부근에서는 대마난류수에 그리고 남해안 부근에서는 남해연안수에 의해 크게 좌우되고 있다. 남쪽 Kuroshio 해역에서 발원되는 고온, 고염의 대마난류수는 대부분이 대한해협을 통해 직접 동해에 진입하고 있으나 일부는 제주도 남쪽을 거쳐 황해도로 진입하고 있다. 황해도로 진입하는 해류중 일부가 제주도 서안을 끼고거쳐 우선회하여 제주해협내 제주해안부근을 통과하여 동향하므로써 북쪽의 남해연안수와 뚜렷이 구분되고 그 경계부근에서는 남해연안전선이 형성되고 있다.

제주해협내에서의 해수유동에 관해서는 여러차례의 연구 보고가 있었으며, 특히 한국해양연구소에서는 1986년부터 1991년 사이에 제주도를 포함하는 남해광역에서 총 9회에 걸친 CTD관측을 실시하여 많은 자료를 수집하였다(변 등: 1987, 1988, 1989, 1990, 1991). 1987년부터 1989년사이 매년 5월에 제주해협에서 CTD관측과 병행하여 단기간의 유속관측도 실시하였는데 표층에서 저염수가 매년 관측되었다.

본 연구는 한국해양연구소에서 관측한 상기의 자료를 기초로 하여 봄철 제주해협에서 출현하는 저염수의 특성을 파악하고 그 운동을 분석하는 것을 목표로 하였다.

제 2 장 자료 및 분석방법

제주해협에 출현하는 저염수의 특성을 파악하기 위해 한국해양연구소에서 3차에 걸쳐 매년 5월에 관측한 기존자료를 주로 활용하였는 바, 제 1 차 조사는 1987년 5월 12-15일에, 제 2차는 1988년 5월 5-11일에, 그리고 제3차는 1989년 5월 4-9일에 각각 CTD에 의한 관측이 실시되었으며 관측된 위치는 Fig. 2-1에 나타내었다.

한편 제주도를 포함한 남해 광역에서의 해황파악을 위해 1991년 5월 13 - 23일에 관측된 CTD자료를 활용하였고 (관측위치는 변 등(1991) p 37 참조), 평균 해황 파악을 위해 국립수산진흥원에서 1967년부터 1987년사이 6월에 관측한 수온과 염분의 자료를 활용하였다.

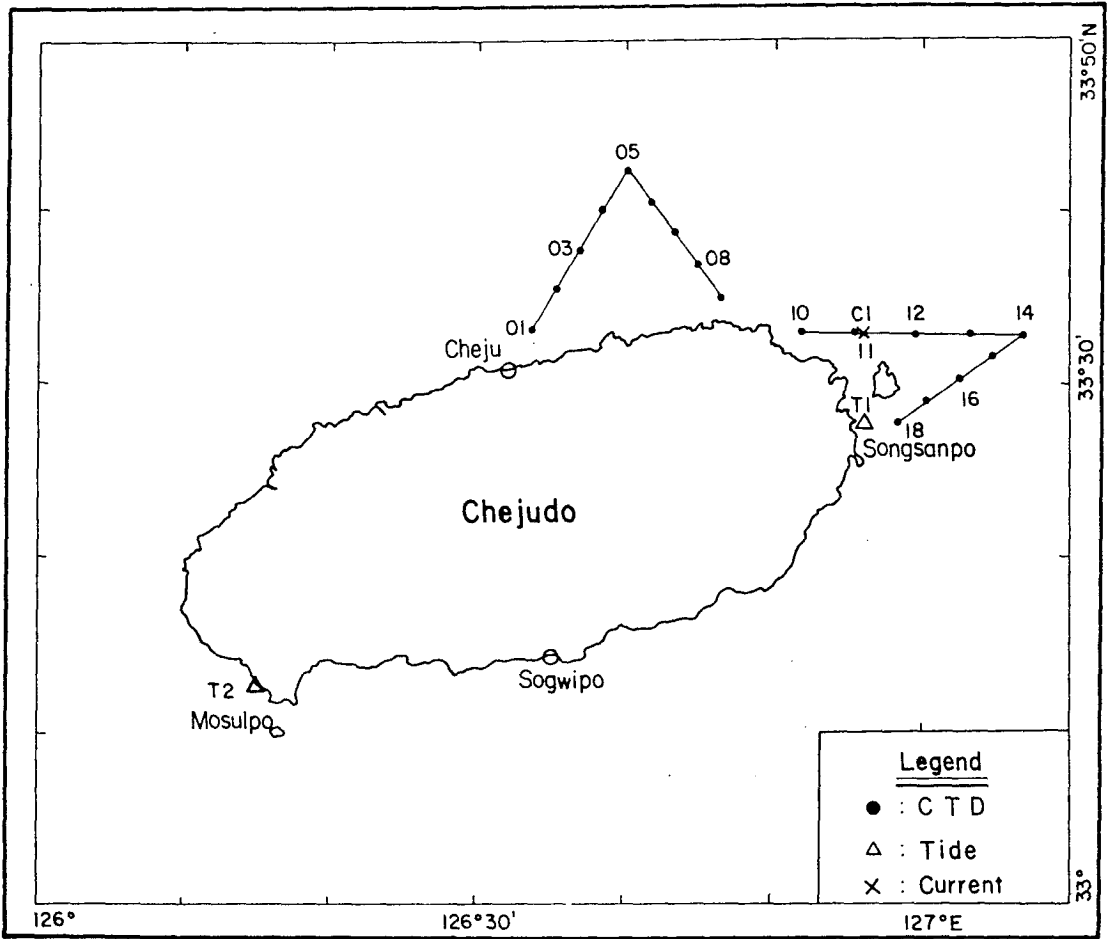


Fig. 2-1. Station map of CTD and current observed during (a) May 12 - 15, 1987.

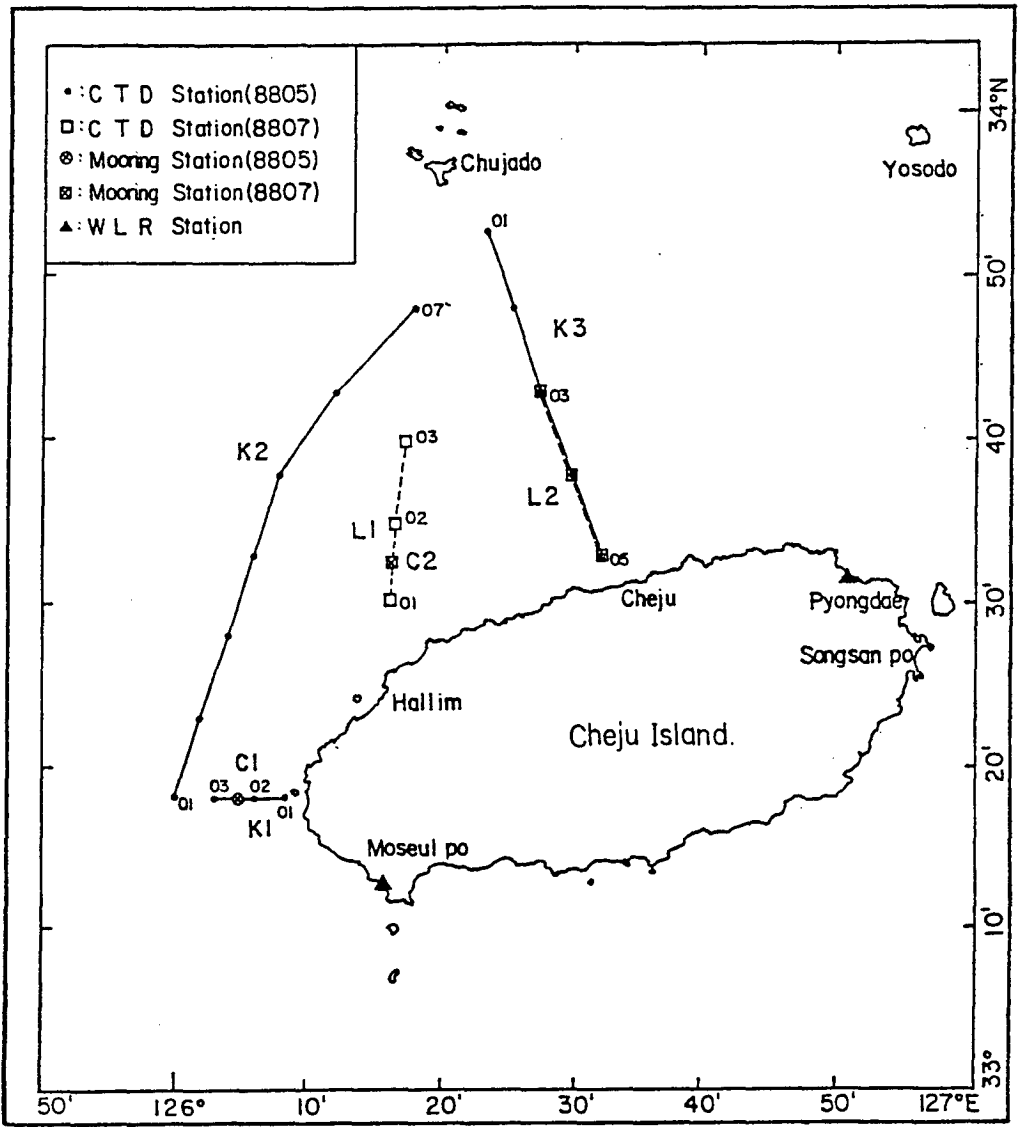


Fig. 2-1 (Cont'd). (b) May 5 - 11, 1988

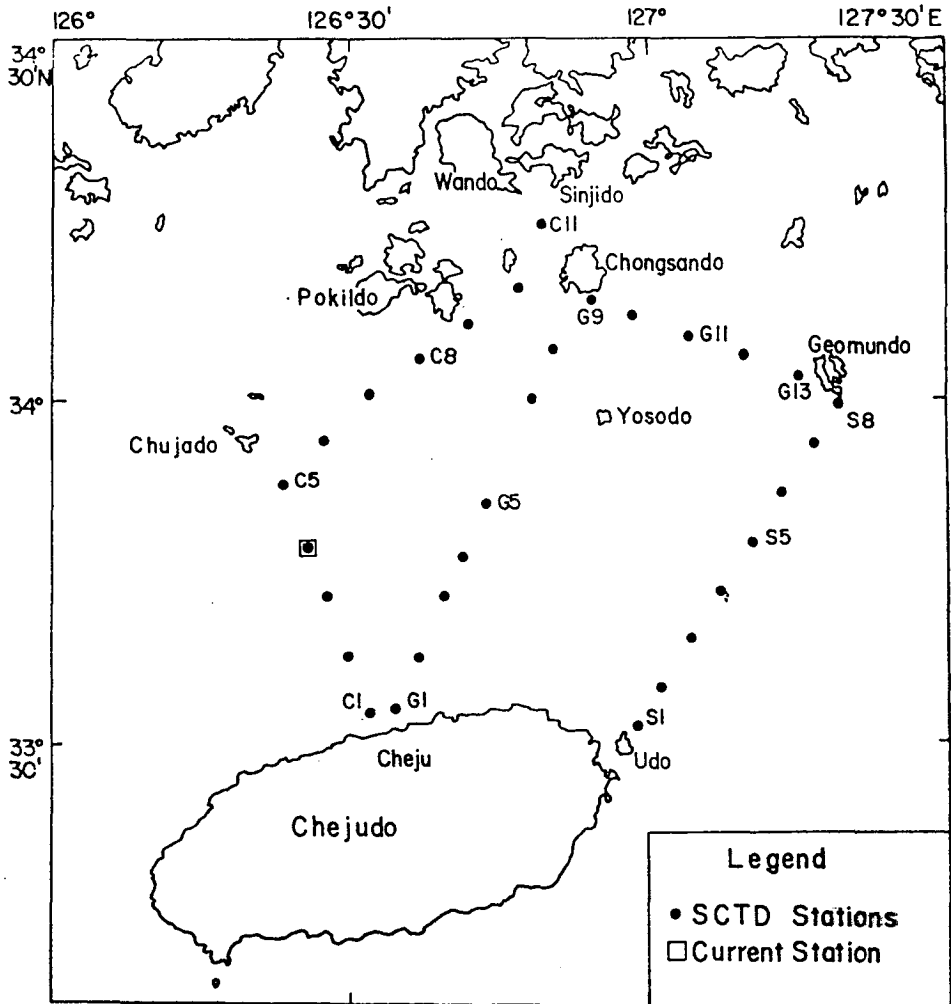


Fig. 2-1 (Cont'd). (c) May 4 - 9, 1989.

제 3 장 봄철 저염수의 특성

제 1 절 1987년 5월

1987년부터 1989년사이 매년 5월에 한국해양연구소에서는 제주 주변에서 해양조사를 실시하였는데, 제주 해협내 봄철 표층부근에서 주변의 해수보다 저염인 해수가 매년 관측되었으나(변 등; 1987, 1988, 1989) 그 특성에 대해서는 자세히 분석되지 못하였다.

제주도 북동부에서 1987년 5월 12일과 15일 두차례 관측된 CTD자료로부터 매회의 수온과 염분의 관계를 Fig. 3-1의 T-S 도표에 나타내었다. 5월 12일에는 염분 34.0% 이하이고 수온 15℃ 이하인 저염·저온의 해수가 5개 정점에서 나타나고 있었으나 15일에는 이러한 저염수가 사라져 보이지 않고 있다.

Fig. 3-2는 1987년 5월 12일 제주항에서 북동쪽으로 약 24km까지의 5개 정점에서 CTD에 의해 관측된 수온, 염분, 밀도의 수직단면도이다. 이 단면상에서는 해안으로부터 10km가량 떨어져 위치한 정점 03을 중심으로 해표면으로부터 30m 이내의 표층에 33.2-34.2 %의 저염수가 출현하고 있었으며, 이 저염수의 수온은 12-15℃ 로써 주위보다 1-3℃ 낮게 나타났고 밀도는 24.6-25.4 범위에 해당되었다. 이 저염수는 정점 02와 정점 03 사이에서 수온과 염분이 급격히 변하므로써 주위 해수사이에 수평적인 해표면 전선을 형성하고 수직적으로는 하층보다 밀도가 낮아 매우 안정된 형태를 보이고 있었다. 따라서 이 저염수는 수평적으로 타 해역으로부터 이동되어진 것으로 판단된다. 한편 5월12일 정점 05로부터 제주도 북동단으로 향한 수온, 염분, 밀도의 수직단면도(Fig.3-3)에서는 정점 06과 정점 05 사이에 33.6-34.0%의 저염수가 나타나고 있지만, 앞서 보인 정점03과 정점 04에서와 같이 33.6% 이하의 저염수는 출현하지 않음으로써 동쪽으로 갈수록 저염수의 염분이 증가되고 있다. 또한 Fig. 3-2에 보인 단면보다 동편에 위치한 두개의 다른 단면에서는 저염수가 나타나지 않음으로써 저염수의 기원이 제주해협 서편에 위치할 가능성을 제시하고 있다.

한편 Fig. 3-4는 앞서 보인 Fig. 3-2와 동일한 정점에서 5월15일에 관측된 수온, 염분, 밀도를 나타낸다. 3일전과 비교할 때 5월15일에는 저염수가 완전히 사라지고 16℃ 이상이고 34.2-34.4%의 해수가 표층에 나타나고 있는데, 이는 저염수가 5월 내내 제주해협에 존재하는 것이 아니고 수일내에서도 변화되고 있음을 잘 보여주고 있다.

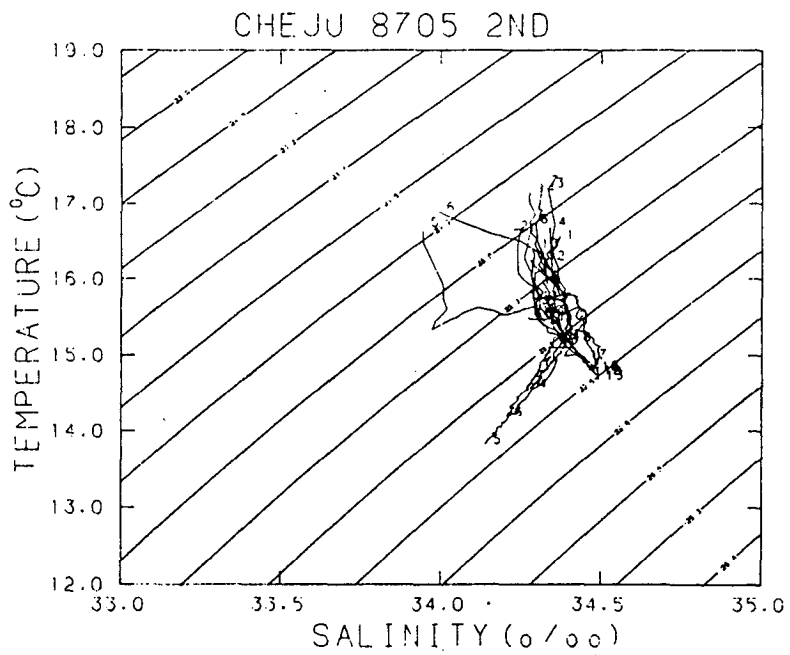
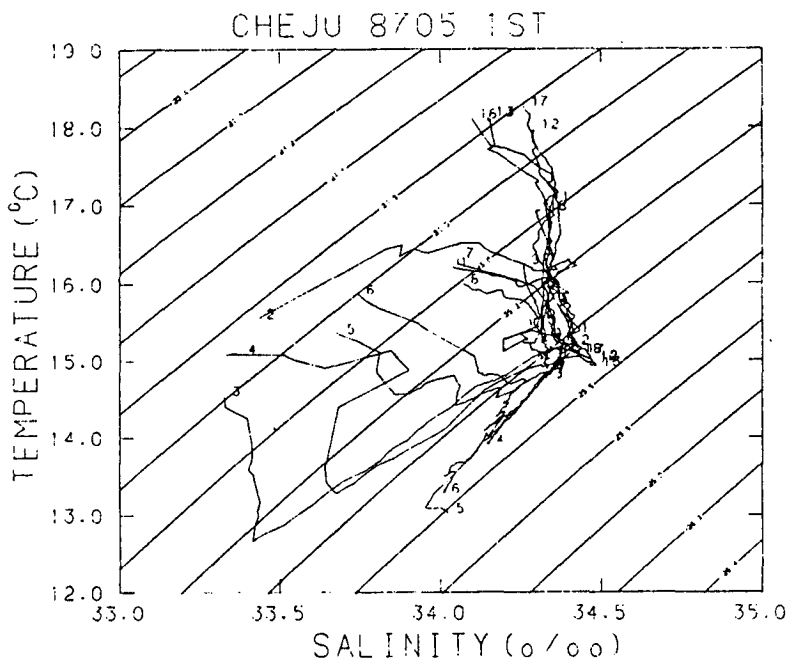


Fig. 3-1. Temperature-salinity relation observed near the northeast coast of Cheju Island on (a) May 12, 1987 and (b) May 15, 1987.

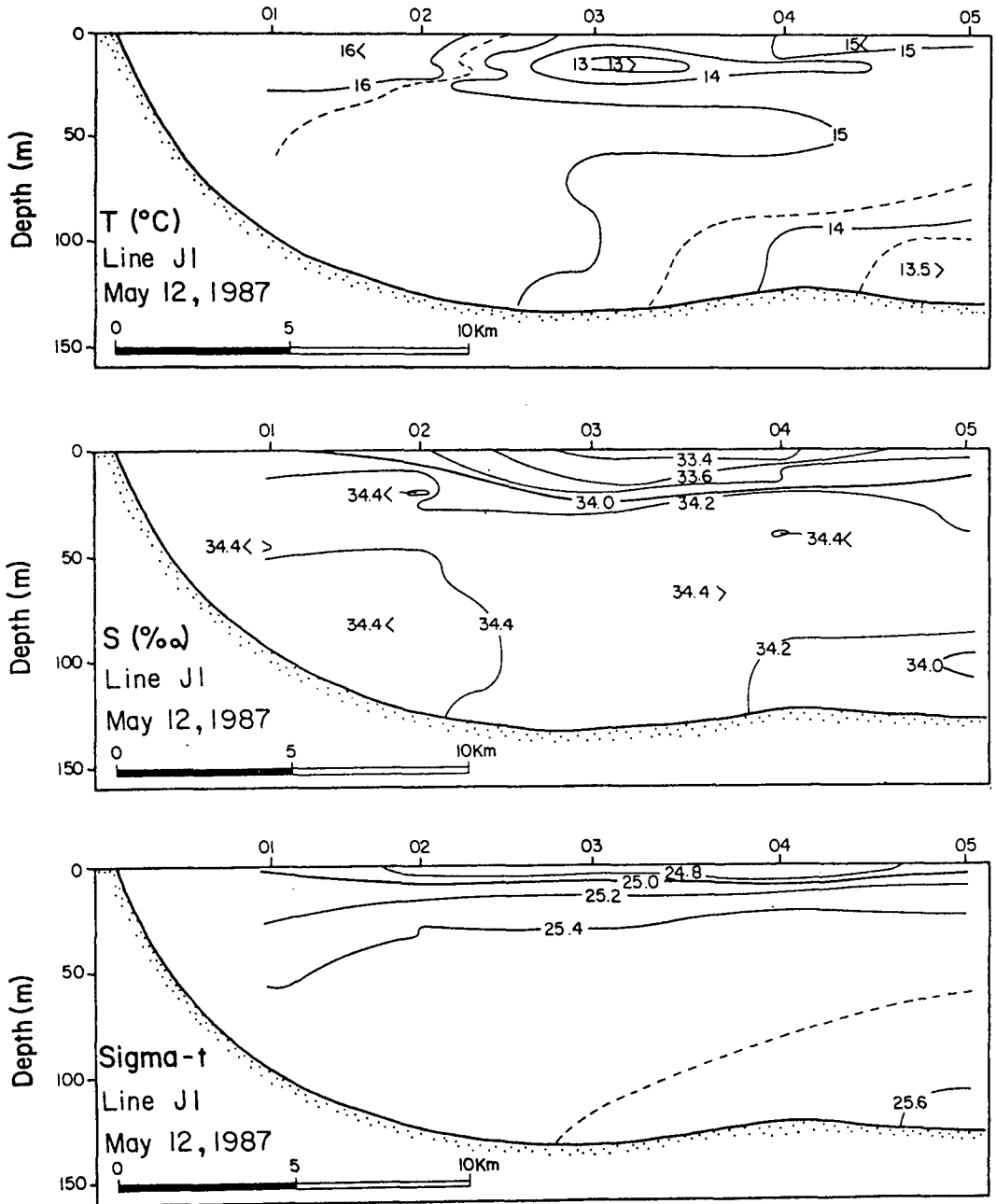


Fig. 3-2. Vertical distribution of (a) temperature, (b) salinity and density observed in the section toward the northeast from Cheju city on May 12, 1987.

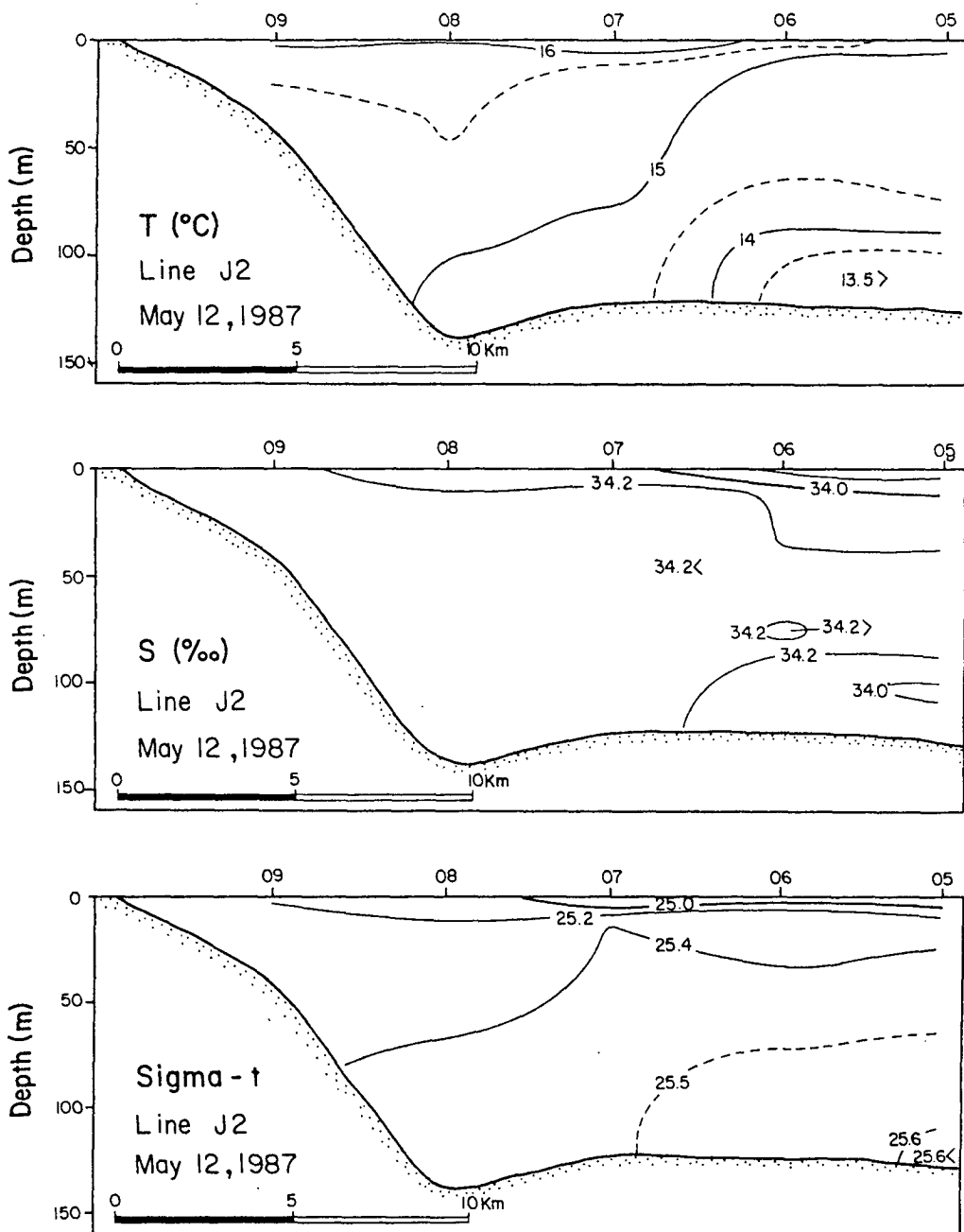


Fig. 3-3. Vertical distribution of (a) temperature, (b) salinity and density observed in the section toward the northwest from the northeastern tip of Cheju Island on May 12, 1987.

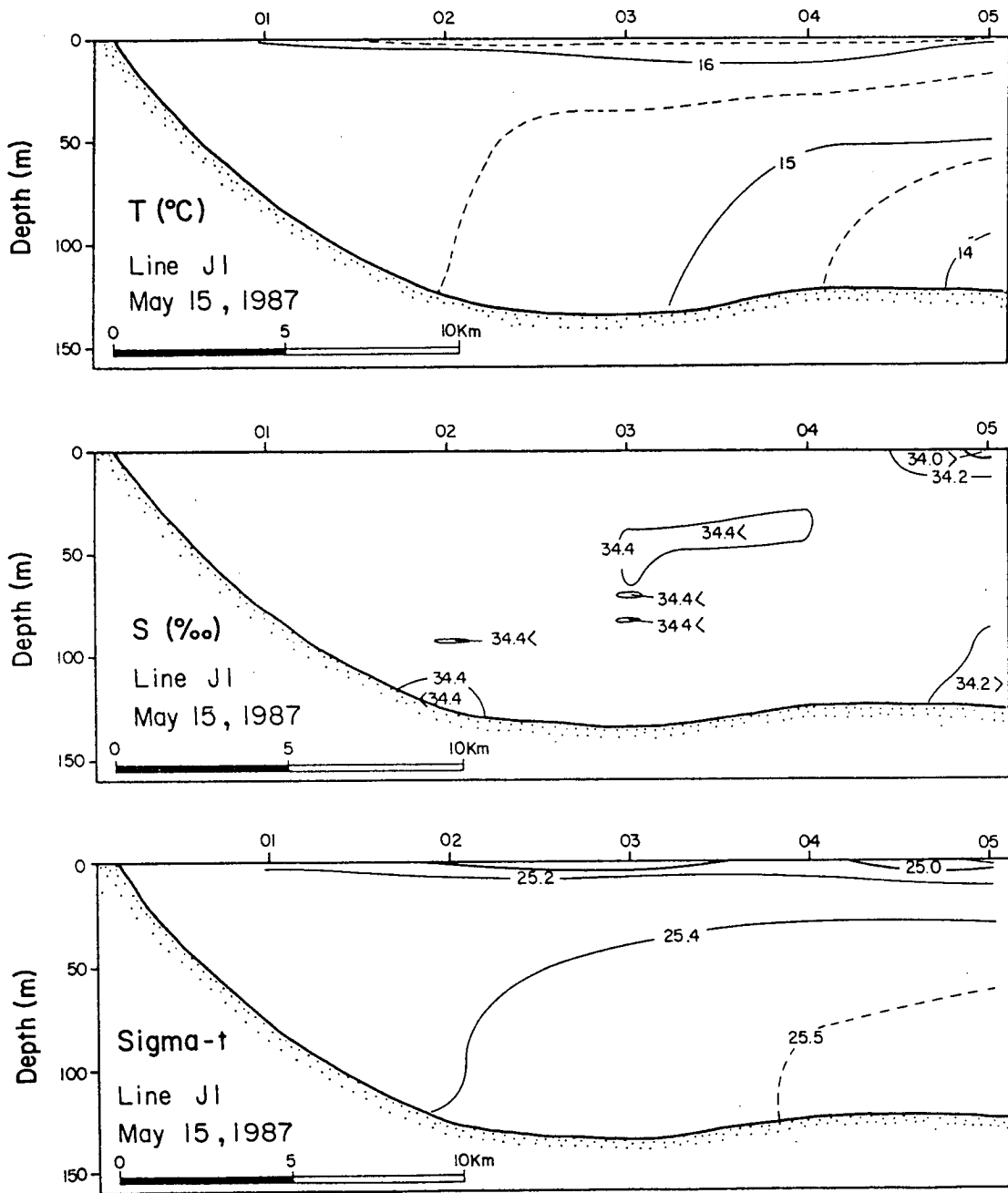


Fig. 3-4. Vertical distribution of (a) temperature, (b) salinity and density observed in the section toward the northeast from Cheju city on May 15, 1987.

제 2 절 1988년 5월

1988년 5월에는 제주도 북서해안 부근의 제주해협 서편에서 CTD 관측이 실시되었다. Fig. 3-5.는 제주해협 서편 입구에서 1988년 5월11일에 관측된 수온, 염분, 밀도의 수직단면도이다. 제주해협 중앙부에 해당하는 정점 04에서 정점 07사이 약 15km의 폭으로 해표면에서 수심 30m사이에서 걸쳐 염분 32.6-34.0%를 갖는 저염수가 관측되었고, 이때 수온은 14-16℃, 밀도는 24.4-25.2에 해당되었다. 1987년 5월에 관측한 Fig. 3-2와 비교할 때 Fig. 3-2가 제주해협의 동편에 위치기 때문에 서로 동일한 위치는 아니지만 저염수내 염분이나 수온이 거의 비슷하게 나타났음을 알 수 있다. 또한 이 저염수는 주변의 해수와 뚜렷이 구분되어 20-30km 폭을 갖는 plume 형상으로 해협 중앙부 표층 30m 이내에서 국한되어 나타나고 있다. Fig.3-6은 제주시와 추자도를 잇는 해협 중앙부에서 5월 11일에 관측된 수온, 염분, 밀도의 수직 단면도이다. 정점 03을 중심으로 33.0-34.0 %로 대표되는 저염분의 해수가 해표면으로부터 수심 30m 까지의 표층에 국한되어 나타나고 있으며, 이 부근에서는 수온도 13-15℃범위로써 주변의 해수 온도에 비해 낮다. 밀도는 수온분포보다 염분의 영향을 많이 받아 02와 정점 03에서 25.2 이하로 낮게 나타나고 있다. 앞서보인 제주해협 서편의 단면 (Fig. 3-5)에서는 염분최저치가 32.8%이하로 이 단면상의 염분보다 낮게 나타났는데 이는 제주해협 부근의 해수가 서편에서 동편으로 이동하고 있기 때문에 저염수의 염분최저치가 해협 서편에서 중앙부나 동편보다 낮게 나타난다고 판단된다.

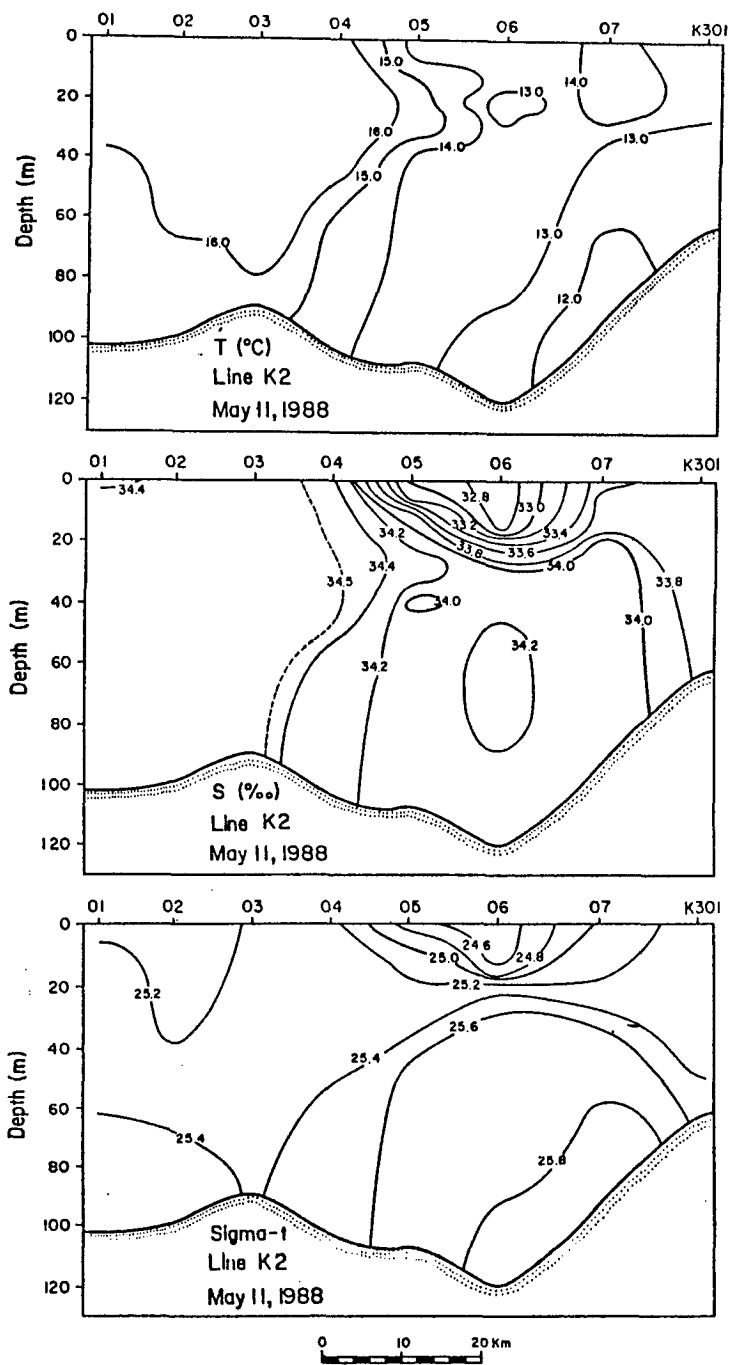


Fig. 3-5. Vertical distribution of (a) temperature, (b) salinity and (c) density observed at the western entrance of Cheju Strait on May 11, 1988.

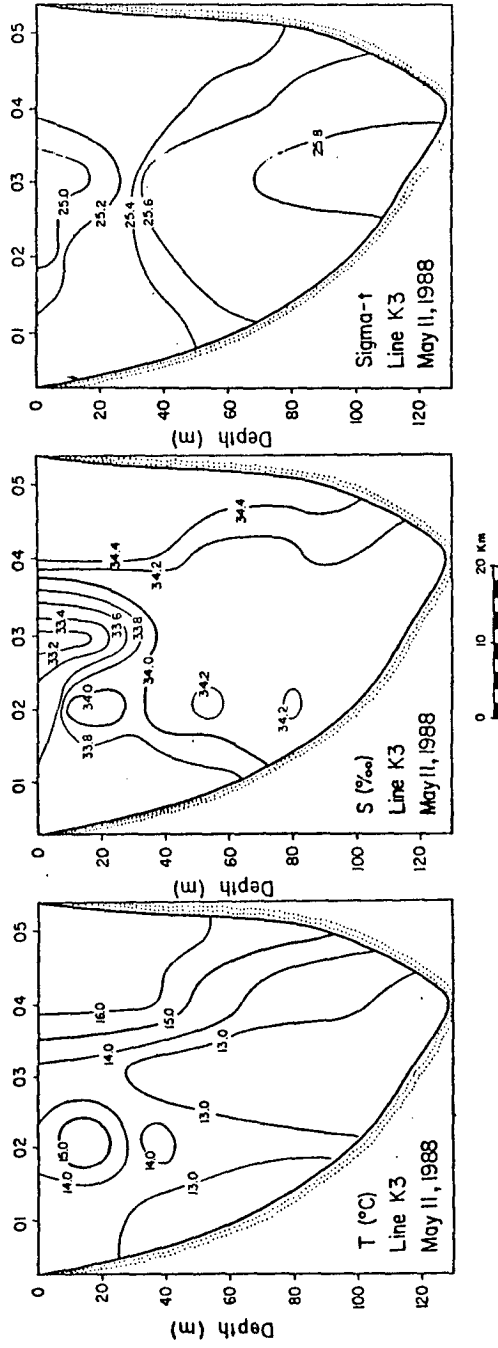


Fig. 3-6. Vertical distribution of (a) temperature, (b) salinity and (c) density observed in the section between Cheju city and Chuja Island on May 11, 1988.

1989년 5월에는 제주도 북동부 해안으로부터 추자도와 거문도를 포함하는 제주해협 동부해역에서 CTD관측을 실시하였다(Fig. 2-1c). Fig. 3-7은 제주 - 추자도 - 보길도를 잇는 단면상에서 5월 4일 관측된 수온·염분·밀도의 수직분포이다. 이 단면은 해협 중앙부를 관통하고 있는데 정점 04를 중심으로 염분이 33.8-34.1%로써 주위보다 저염인 해수가 폭20km로써 수심 30m 이내의 표층에 국한되어 나타나고 있다. 이 저염수는 수온이 13.0-14.5℃로써 주위보다 낮으며 밀도는 25.2-25.6에 해당되고 있다.

Fig. 3-8은 앞서보인 Fig. 3-7보다 북동쪽으로 신지도까지 연장된 단면상에서 5일 후인 5월9일에 관측된 수온, 염분, 밀도의 수직분포이다. 전체적으로는 5일전에 관측된 Fig. 3-7과 비슷한 분포양상이 나타나고 있다. 정점 03을 중심으로 저염수가 표층에 나타나 제주도 연안의 고온 고염인 대마난류수와 뚜렷이 구분되고 있으나 밀도분포로부터 알 수 있듯이 이 저염수와 대마난류수가 모두 함께 단면을 통과하여 동향하고 있다. 저염수의 염분최저치가 나타나는 위치도 남쪽으로 10km정도 이동되었음을 알 수 있다.

Fig. 3-9는 제주시에서 북동쪽으로 청산도까지를 잇는 단면상에서 1989년 5월7일에 관측된 수온, 염분, 밀도의 수직분포이다. 염분이 34.1% 이하가 되는 해수가 정점 04의 수심 20-40m되는 곳에 핵(core) 형태로 나타나고 있으며 이 저염수가 나타나는 수심에서의 수온도 13.5-14.0℃로써 저수온을 나타내고 있다. 그러나 앞서 보인 3일전 해협중앙부에서 관측된 염분최저치에 비하면 0.1%정도 증가된 것으로 나타났다. 이는 제주해협의 서편에서 저염수가 유입되어 동편으로 이동하면서 고온, 고염화되고 있음을 잘 보이고 있다.

Fig. 3-10은 우도와 거문도를 잇는 직선상에서 1989년 5월8일 관측된 수온, 염분, 밀도의 수직분포이다. 앞서의 두 단면상에서 보였던 34.1% 이하의 저염수가 표층에 나타나지 않았고 오히려 17℃이상의 대마난류수가 우도부근 정점 03과 02에서 해표면으로부터 수심 20m까지의 표층에 나타나고 있다. 따라서 1989년 5월에 제주해협에 출현한 저염수는 제주해협 동편에까지 영향을 주지 않았음을 알 수 있다.

Fig. 3-11은 수심 20m에서 관측된 염분의 수평분포이다. 저염수의 특징이 표층에 국한되어 나타나고 특히 수심 20m 부근에서 염분최저치를 보이고 있기 때문에 이 수평도로부터 저염수의 분포특성을 잘 알 수 있다. 저염수의 핵(core)이 해협 중앙부에 위치하여 동편으로 설상(tongue-like)형태로 영향을 주고 있음을 알 수 있다.

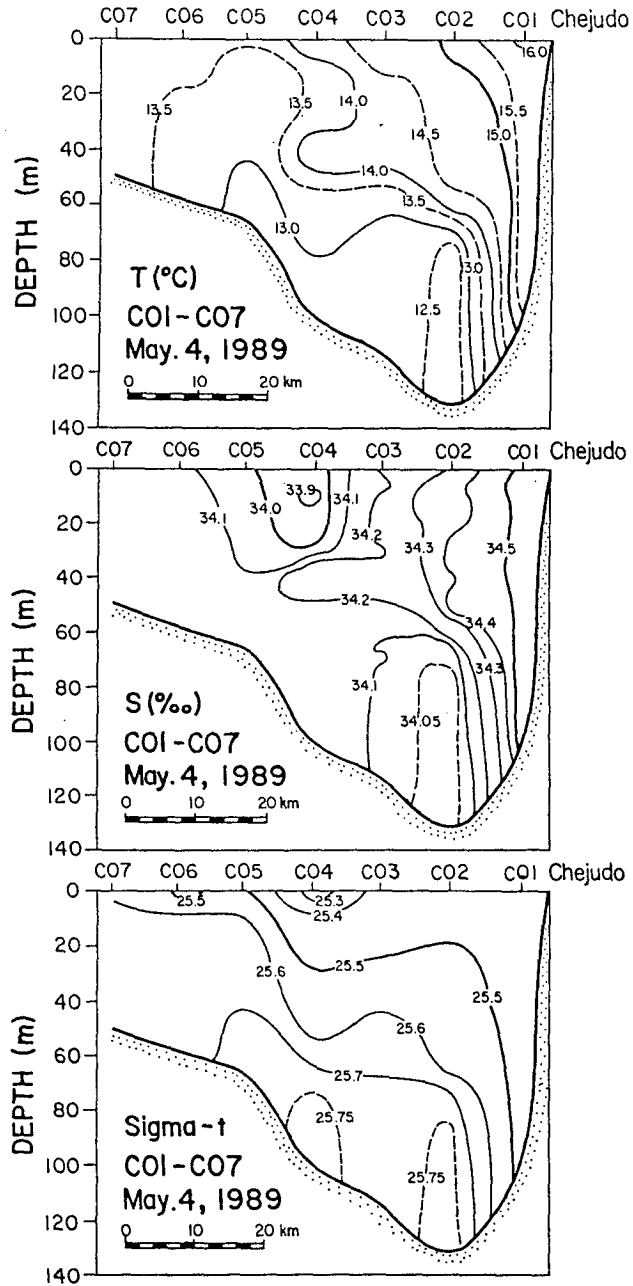


Fig. 3-7. Vertical distribution of (a) temperature, (b) salinity and (c) density observed in the section of Cheju city - Chuja Island - Pokil Island on May 4, 1989.

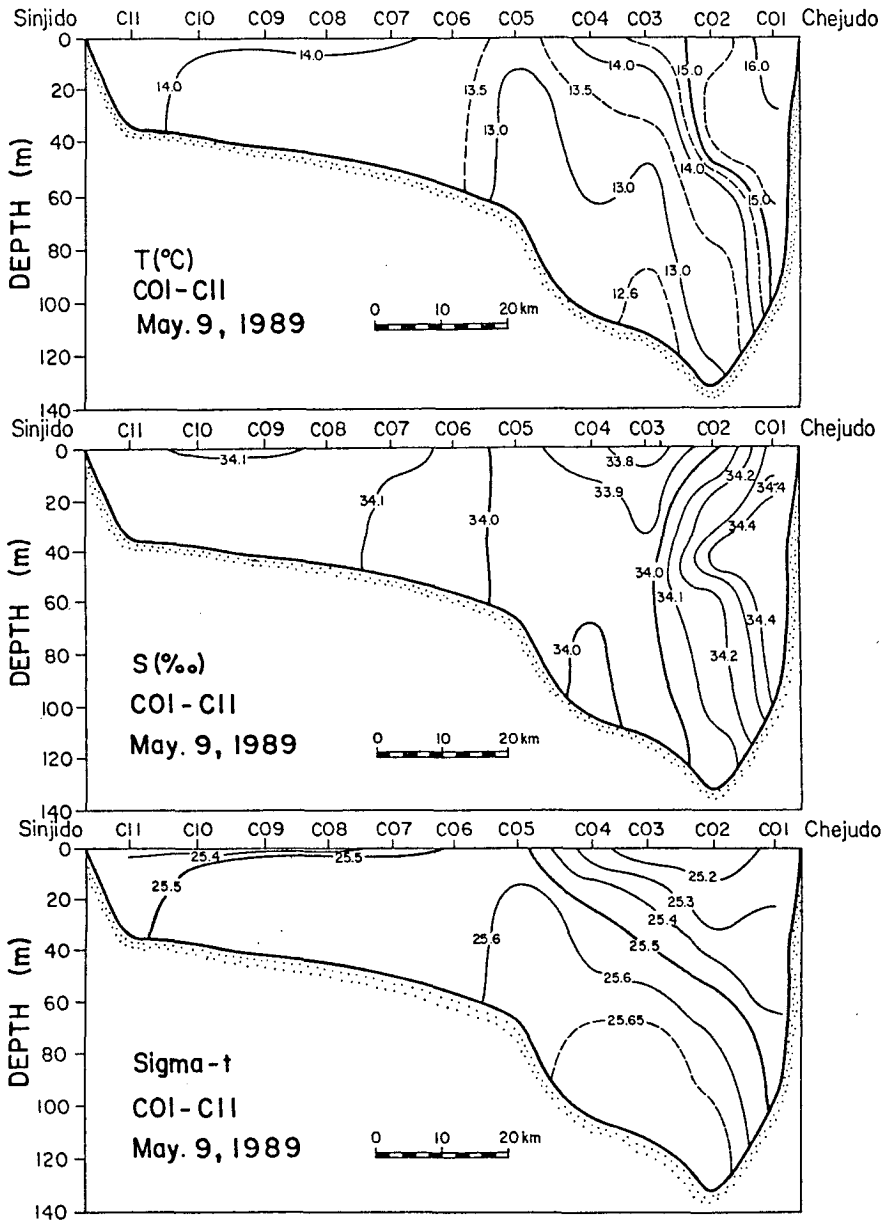


Fig. 3-8. Vertical distribution of (a) temperature, (b) salinity and (c) density observed in the section of Cheju city - Chuja Island - Pokil Island - Sinji Island on May 9, 1989.

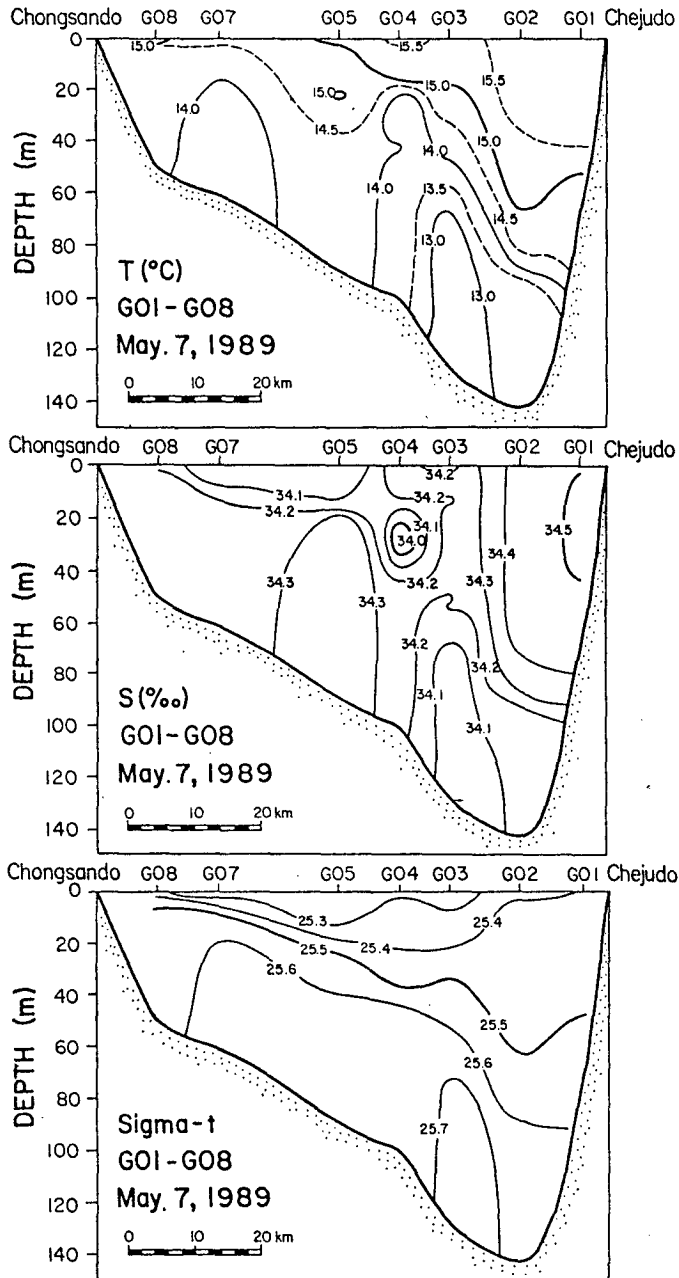


Fig. 3-9. Vertical distribution of (a) temperature, (b) salinity and (c) density observed in the section between Cheju city and Chongsan Island on May 7, 1989.

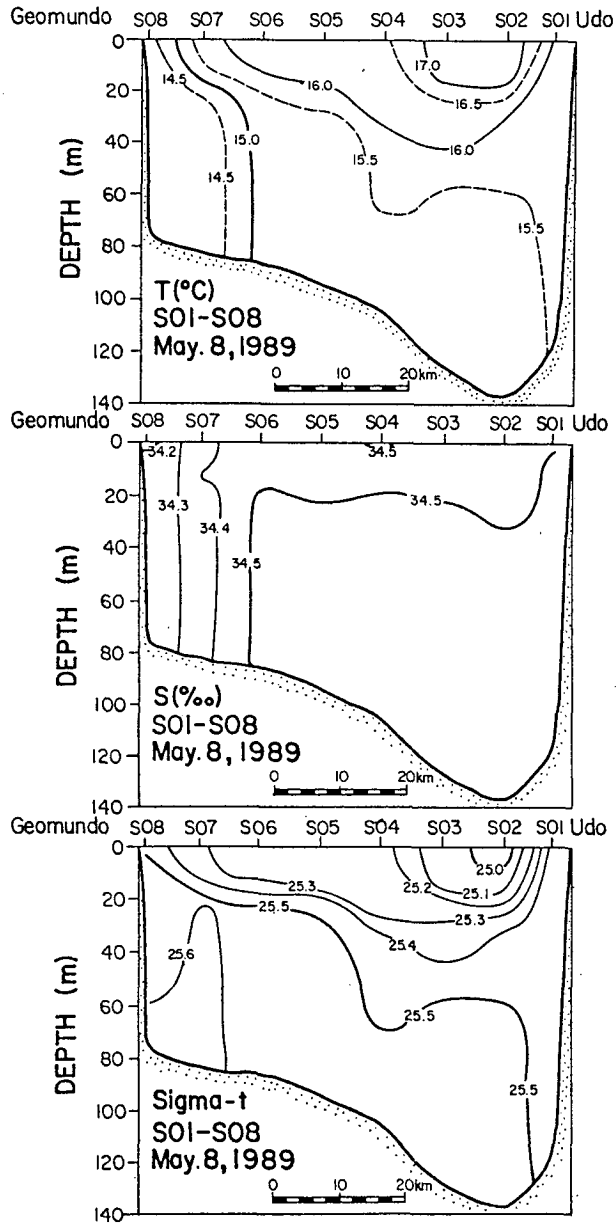


Fig. 3-10. Vertical distribution of (a) temperature, (b) salinity and (c) density observed in the section between U Island and Geomun Island on May 8, 1989.

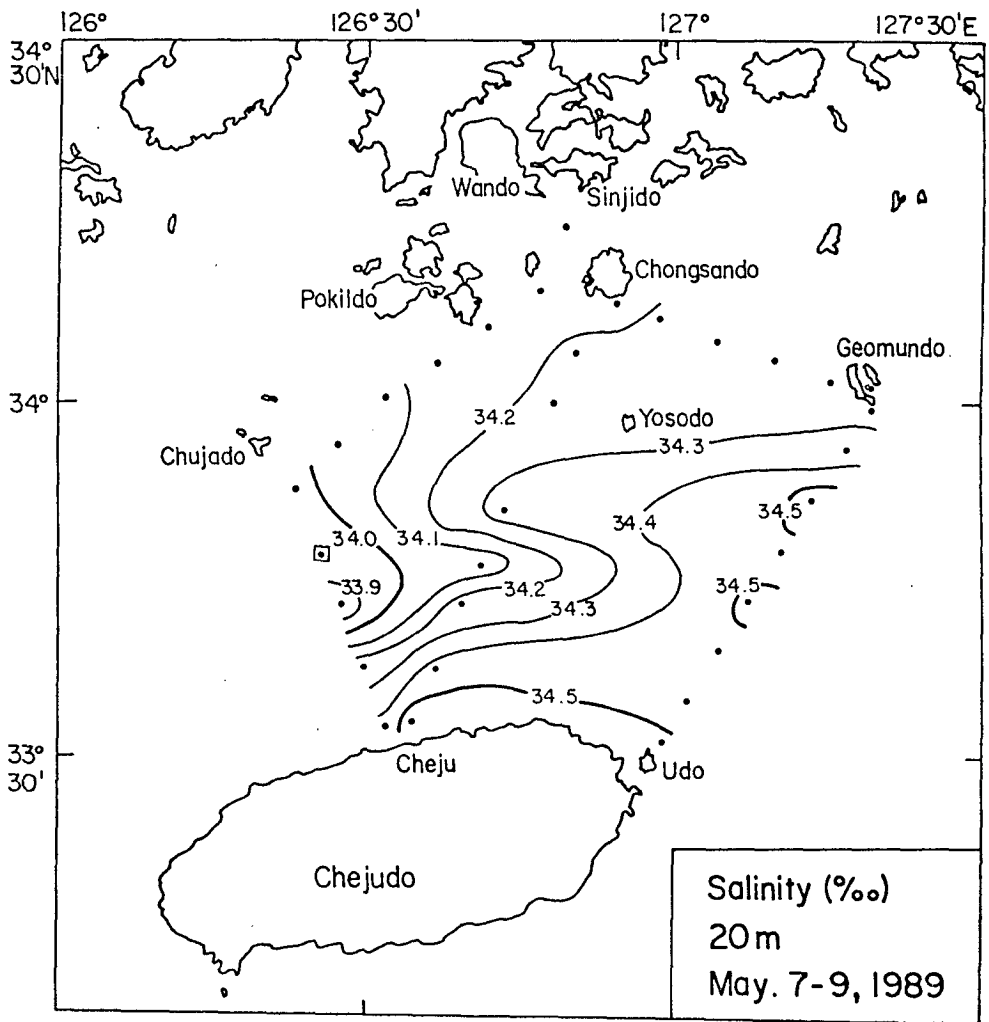


Fig. 3-11. Horizontal distribution of salinity observed at 20m depth during May 7 - 9, 1989.

제 4 절 저염수의 기원

제주해협에서 5월에 관측되는 저염수가 어느곳으로부터 기원되어 지는 것인지 알아보기 위해 남해 광역의 염분분포를 고찰해 볼 필요가 있다. Fig. 3-12 와 Fig. 3-13은 국립수산진흥원에서 1967년과 1987년 사이 4월과 6월에 각각 정선관측한 해표면에서의 수온, 염분, 밀도의 평균 분포이다. 4월의 경우 제주해협내 염분은 34.0-34.5%로써 상당히 높은 값을 보이고 있으나, 6월에는 표면염분이 33.0-33.4%로써 4월에 비해 1.0-1.1% 낮아지는 저염화 경향을 나타낸다. 또한 6월의 경우 해협 중앙부에 서쪽으로부터 동쪽으로 향하는 설상형태의 저염수가 보이고 있는데 이는 1989년 5월 7-9일에 관측된 Fig. 3-11 과 흡사한 모양이다. 황해 입구 중국대륙 연안 쪽으로 32.0% 이하의 저염분인 중국대륙연안수가 4월에는 보이지 않으나 6월에는 뚜렷이 형성되어 있고 그 영향이 제주해협쪽으로 미치고 있음을 감안할 때 제주해협내에서 관측된 저염수의 근원을 중국대륙연안수로 추정할 수 있을 것이다.

한편 1991년 5월13일부터 23일 사이에 제주도를 포함한 광역에서 CTD 관측이 이루어 졌는데 표층에서의 수온, 염분, 밀도의 분포를 나타내면 Fig. 3-14와 같다. 조사해역내 최저 염분치가 나타나는 해역은 126° E, 33° N의 서남해역이며 이것은 앞서 보인 6월 평균염분분포도 (Fig. 3-13)와 잘 일치하고 있다.

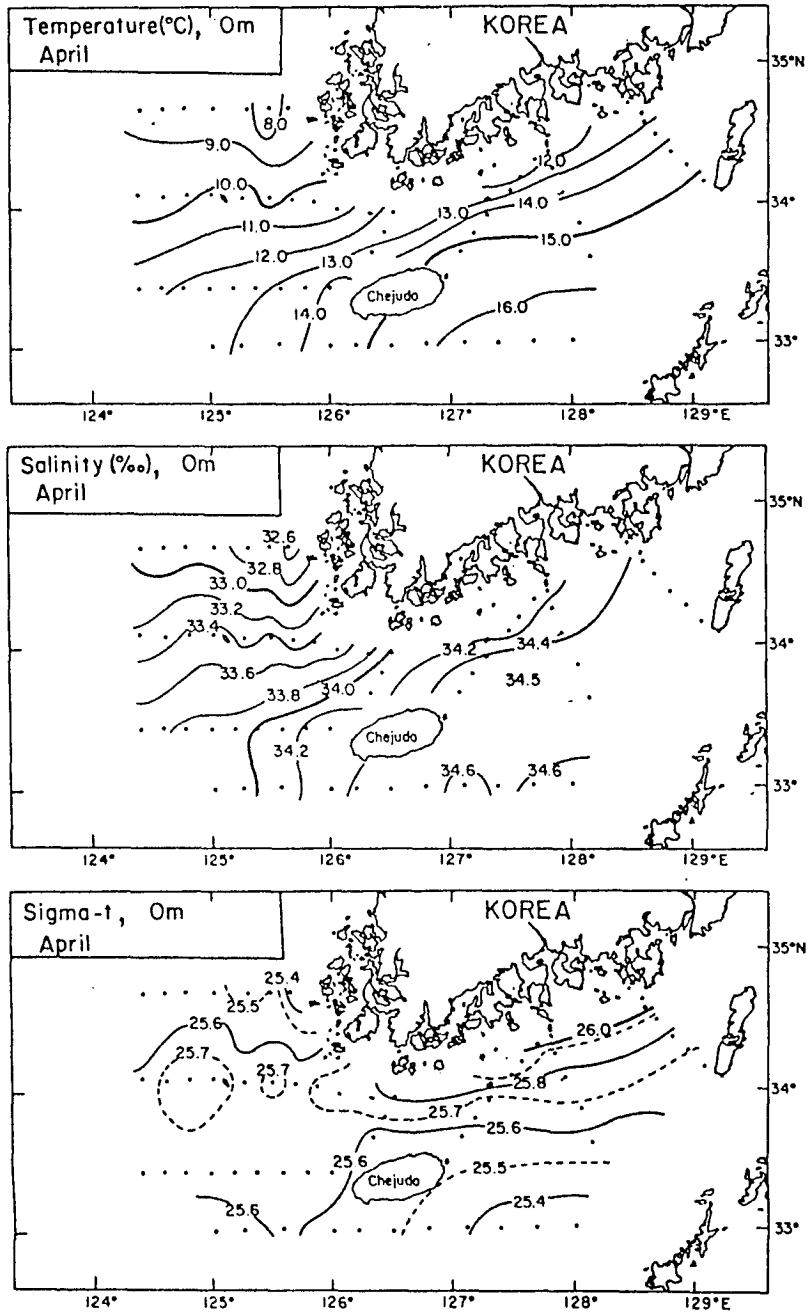


Fig. 3-12. Horizontal mean distribution of temperature, salinity and density observed at the surface in April between 1967 and 1987 by KFRDA.

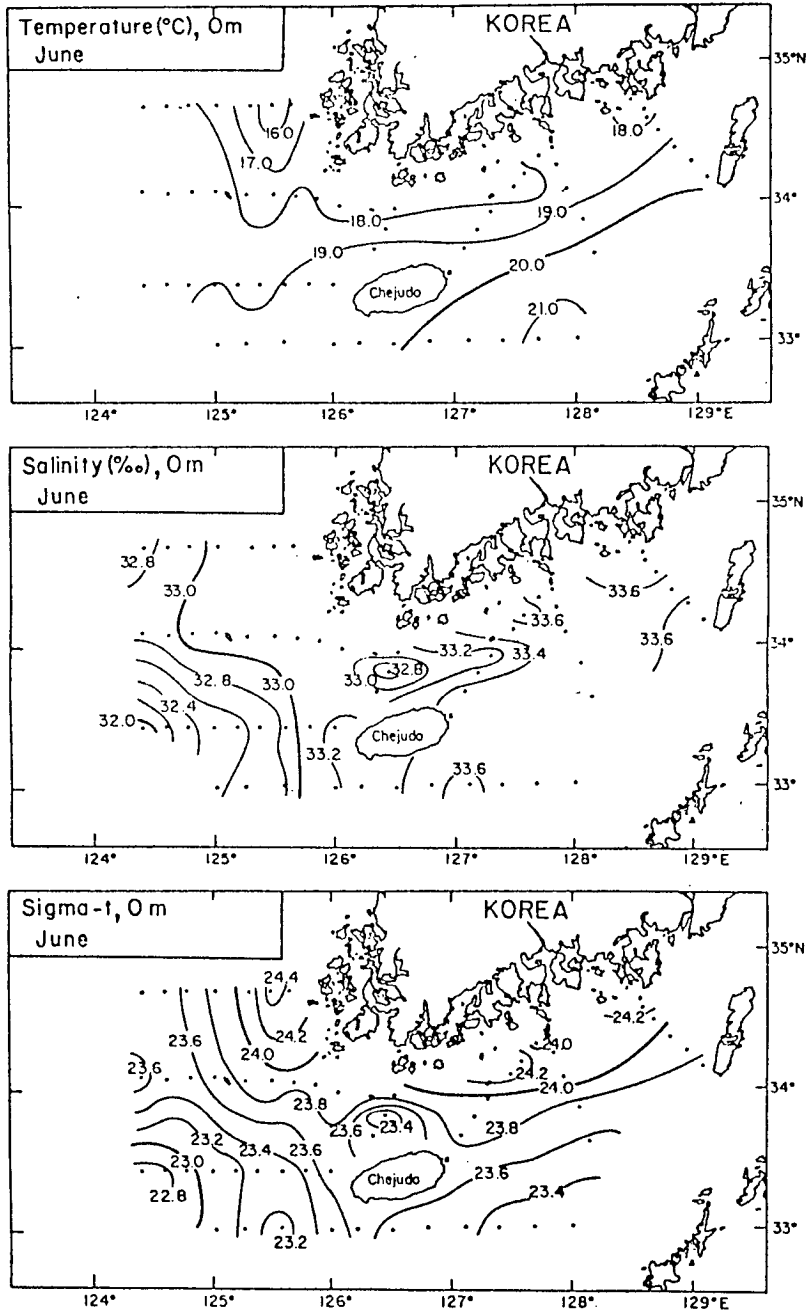


Fig. 3-13. Horizontal mean distribution of temperature, salinity and density observed at the surface in June between 1967 and 1987 by KFRDA.

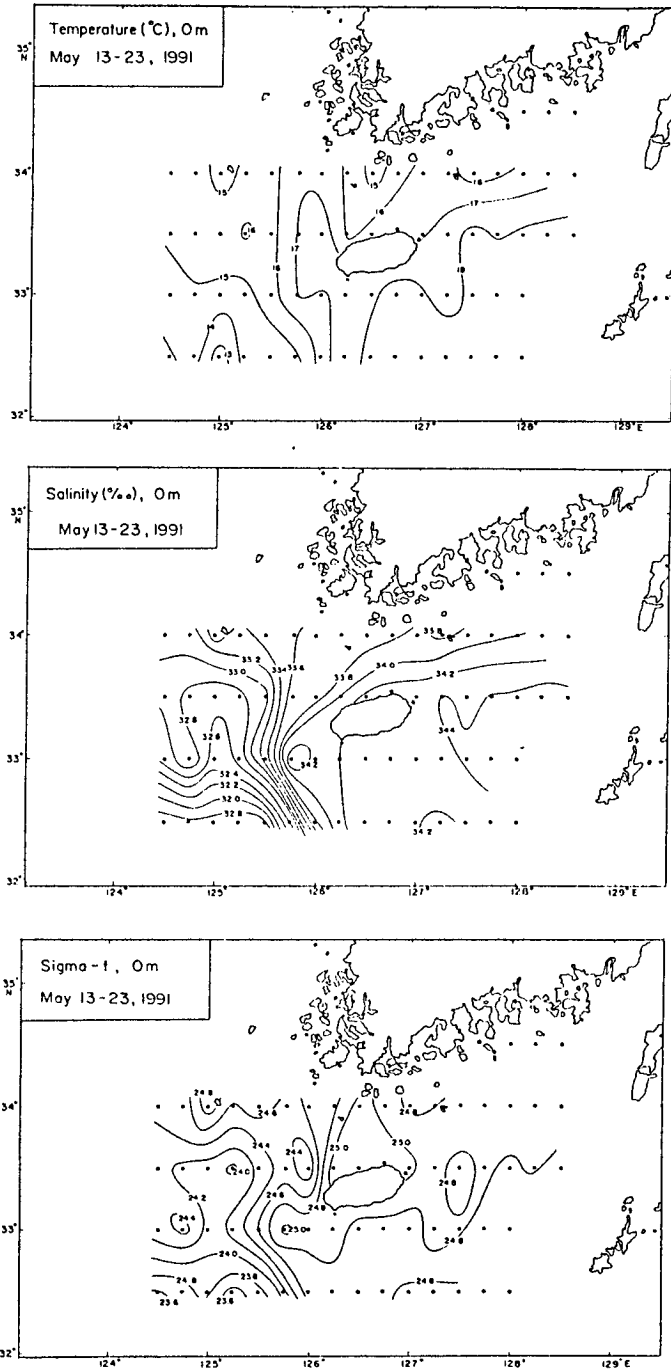


Fig. 3-14. Horizontal distribution of temperature, salinity and density observed at the surface during May 13 - 23, 1991.

제 4 장 결론 및 토의

제주해협에서 5월에 관측되어진 저염수는 앞에서 분석 고찰한 바와 같이 염분이 34.0%이하로써 고염분을 갖는 대마난류수와 뚜렷이 구분되어 그 경계부근에는 염분과 수온전선이 형성된다.

1988년 5월의 경우 해협 서편에서 관측된 저염수의 염분 최저치가 32.8%이하인 경우도 있었듯이 최저염분치는 매년 상당한 변화가 있는 것으로 보인다. 저염수의 경우 수온은 13-15°C로 역시 낮은 수온값을 나타내지만 밀도는 염분의 영향을 크게 받아 매우 낮아 저염수가 해표면으로부터 수심 30m이내에서 대마난류수 해역의 밖인 해협 중앙부에 국한되어 나타나고 있다.

제주해협에서 5월에 관측된 저염수는 해협의 서편에서 동편으로 감에 따라 염분과 수온이 증가되는 것으로 미루어 서편에서부터 유입되고 있는 것으로 생각된다. 제주해협을 포함한 남해 광역의 염분 분포로부터 염분이 표층에서 5월에 가장 낮은 해역은 양자강 입구임을 알 수 있었고 남해 광역의 표층에 나타나는 저염수의 기원이 되고 있다. 누년 평균 격월 염분자료는 4월에 저염화가 나타나지 않고 6월에 나타남을 보이는데 시기적으로는 5월부터 저염화가 시작되기 때문에 제주해협내에서도 저염수가 출현하는 것으로 판단된다.

한편 제주해협내에서의 유속관측은 활발한 어로활동으로 인해 장기간의 계류가 어렵기 때문에 수일동안의 자료밖에 없는 실정이다. 한국해양연구소에서는 제주해협에서 1987년부터 1989년사이 매년 5월에 유속을 관측하였는데(변 등; 1987, 1988, 1989) 해류가 5-10cm/s 크기로 제주도를 끼고 우선회 하고 있는 것으로 나타났다. 해협의 동서길이를 90km라 할 때 5-10cm/s의 유속으로는 해협통과에 10-20일이 소요될 것이며 저염수가 10-20일 사이에 제주해협을 빠져 나갈 수 있음을 말해주고 있다. 이는 제주해협 서편에 출현한 저염수가 patch형태로 존재하고 있다면 10-20일 후에는 해협 동편으로 빠져 나감으로써 10-20일 동안 해협에서 저염수의 큰 변화가 나타날 수 있음을 의미한다.

참 고 문 헌

- 변상경 등. 1987. 한국해역 종합자원도 작성연구 - 남해(예비조사)
: 제2장 해수특성 및 유동. 해양연구소 보고서
BSPG 00046 - 163 - 7, p. 63 - 108.
- 변상경 등. 1988. 한국해역 종합자원도 작성연구 - 남해(2차년도)
: 제2장 해수특성 및 유동. 해양연구소 보고서
BSPG 00062 - 200 - 7, p. 71 - 123.
- 변상경 등. 1989. 한국해역 종합자원도 작성연구 - 남해(3차년도)
: 제2장 해수특성 및 유동. 해양연구소 보고서
BSPG 00091 - 251 - 7, p. 67 - 165.
- 변상경 등. 1990. 한국해역 종합자원도 작성연구 - 남해(최종년도)
: 제2장 해수특성 및 유동. 해양연구소 보고서
BSPG 00116 - 313 - 3, p. 77 - 130.
- 변상경 등. 1991. 한국해역 종합자원도 작성연구 - 남해(보완조사)
: 제2장 해수특성 및 유동. 해양연구소 보고서
BSPG 00129 - 401 - 3, p. 39 - 58.