

BSPE 00258-411-1

동해중층수의 분포에 관한 연구

Study on the distribution of the East Sea  
Intermediate Water

1991. 12.

한국해양연구소

## 제 출 문

한국해양연구소장 귀하

본 보고서를 “ 동해중층수의 분포에 관한 연구 ” 사업의 최종 보고서로 제출합니다

1991 년 12 월

한국해양연구소

연구책임자 : 김철호 ( 연안물리연구실 )

# 요 약 문

## I 계 목

동해중층수의 분포에 관한 연구

## II 연구개발의 목적

동해중층수 및 기원해수의 시·공간적 분포특성을 조사하고, 동해 심층순환과의 관계를 고찰한다

## III 연구개발의 내용 및 범위

### 1. 기존 자료의 조사, 수집 및 입력

- 조선 총독부 수산시험장 관측 자료
- 수산 진흥원 관측 자료
- 한국해양연구소 관측자료

### 2. 중층수 및 기원해수의 시간적, 공간적 분포특성 고찰

### 3. 심층 순환 가능성에 대한 고찰

## IV 연구개발에 대한 건의

1. 중층수 분포특성의 고찰에 있어서 연구해역을 동해 광역 해역으로 확장함이 요구됨
2. 중층수의 심층유동 과정을 이해하기 위하여 극전선 부근 해역에서의 조밀한 간격의 CTD 관측이 요망됨

# S U M M A R Y

## I. Title

Study on the distribution of the East Sea Intermediate Water

## II. Objectives of the study

1. To investigate the spatio-temporal distribution of the East Sea Intermediate Water and its source water in the East Sea.
2. Consideration on the deep circulation from the distribution of the Intermediate Water.

## III. Contents

1. Collection of historical hydrographic data in the study area.
2. Consideration on the source water of the East Sea Intermediate Water.
3. Consideration on the deep circulation in the East Sea.

## IV. Suggestion

Intermediate Water is not confined to the western part of the East Sea (that is, Korean side), so it is necessary to examine the hydrographic features of the Intermediate Water at basin scale. Also it is suggested that intensive CTD measurement should be done at the polar frontal area to know the movement process of Intermediate Water from source region to deeper layers.

# 목 차

요약문	3
영문 요약문	5
그림목차	11
표목차	13
제 1 장 서론	15
제 2 장 동해 북서 해역의 중층수 분포	22
1. B단면 (함남선)	26
2. A단면 (함북선)	27
3. 수평분포	46
제 3 장 토의 및 결론	53
참고 문헌	57

# C O N T E N T S

Summary	5
List of Figures	11
List of Tables	13
Chapter I. Introduction	15
Chapter II. Distribution of Intermediate Water in the northwestern part of the East Sea	22
1. Section B (Hamnam Line)	26
2. Section A (Hambuk Line)	27
3. Horizontal distribution	46
Chapthr III. Discussion and conclusion	53
Reference	57

## List of Figures

- Fig. 1. Bottom topography of the East Sea (Sea of Japan). ————— 17
- Fig. 2. Horizontal distributions of mean temperature and salinity at (a) 100 m layer and (b) 200m layer in winter. ————— 18
- Fig. 3. Horizontal distributions of mean temperature and salinity at (a) 100 m layer and (b) 200m layer in summer. ————— 19
- Fig. 4. (a) Locations of hydrographic stations occupied by KORDI in August 1986 and vertical sections of (b) temperature, (c) salinity and (d) concentration of dissolved oxygen along  $36^{\circ} 30' N$  in August 9-10, 1986. Layers of salinity minimum and dissolved oxygen maximum are shaded. (from Kim, Lie and Chu, 1991) ————— 20
- Fig. 5. (a) Depth distribution of the lowest salinity in the salinity minimum layer in August 1986 and (b) its spatial distribution at the depths corresponding to (a). Isobath of 200 m is indicated. (from Kim, Lie and Chu, 1991) ————— 21
- Fig. 6. (a) Hydrographic stations observed by KORDI in December 1987 and vertical sections of (b) temperature and (c) salinity along  $38^{\circ} 13' N$  (from KORDI, 1988) ————— 23
- Fig. 7. Hydrographic stations (Line A-Line G) observed during the period of 1922-1960 in the eastern part of Korea and PM line occupied by Maizuru marine observatory. ————— 24
- Fig. 8. Monthly mean vertical distributions of (a) temperature and (b) salinity on Line B. ————— 28
- Fig. 9. Monthly mean vertical distributions of (a) temperature and (b) salinity on Line A. ————— 36

- Fig. 10. T-S relationship of monthly mean temperature and salinity of (a) Line B and (b) Line A . ————— 44
- Fig. 11. Mean horizontal distributions of salinity in March in the eastern part of Korea (northwestern to southwestern part of the East sea).— 47
- Fig. 12. Mean horizontal distributions of salinity in August in the eastern part of Korea. ————— 51
- Fig. 13. Time sequences of temperature-salinity relationship for stations along  $37^{\circ} 33' N$  (105 line). Range of temperature and salinity is  $0-5^{\circ}C$  and  $33.80-34.30\text{‰}$ . (from Kim, Lie and chu 1991 )— 55



## List of Tables

- Table. 1. Locations of hydrographic stations during the period of 1922-1960  
in the eastern part of Korea. \_\_\_\_\_ 25
- Table. 2. Locations of starting position (light house), direction of  
observation lines, number of stations and observed period of each  
observation lines along the east coast of Korea \_\_\_\_\_ 25



# 제 1 장 서 론

동해는 북서태평양의 연해로서 수심 200 m 미만의 천해부분을 제외할 때 남북 방향의 길이는 약 1600 km 정도 (35-49° N) 되며 동서 방향의 폭은 위도 39° N 에서 최대 약 1000 km (128-140° E)에 이른다. (그림1) 동해의 평균 수심은 1350 m 이며 동해 중부에 대화퇴를 중심으로 남서쪽에 울릉해분, 남동쪽에 대화해분 그리고 북쪽에 일본해분으로 구성된다. 태평양과는 4개의 해협으로 연결되는데 고온 고염의 대마난류수가 남쪽의 대한해협을 통해 유입되어 쓰가루해협과 소야해협을 통해 대부분 유출된다. 최북단에 위치하는 타타르해협은 평균수심이 7.7 m에 불과하므로 이 해협을 통한 실질적인 해수유통은 거의 없다 (Shuto, 1981; 한, 1991). 대한해협의 평균수심은 100 m 에 불과하여 이를 통해 유입되는 대마난류수는 동해의 비교적 표층부에 제한된다.

그림 2와 3은 일본 무학해양기상대가 관측한 자료로서 20년 평균된 수온 염분 분포도이다. 동계 표면하 100 m 층의 수온을 보면 대한해협 부근이 14 °C, 36° N 에서 10 °C정도이나 36° N 이북해역이 1-10 °C 가 되며, 200 m 층에 이르면 일본 연안측의 5 °C 수온을 제외하고 동해전역이 0.5-4 °C 정도가 된다. 하계에도 대한해협 부근에서 14-17 °C 의 고온수가 유입되지만 200 m 층은 동해전역에서 0.5-6 °C로 낮아져 동계와 큰 차이가 없다 (그림 3).

이와같이 동해가 동위도의 태평양과 비교해 현저히 찬 바다라는 사실은 이미 여러 학자에 의해 지적되어온 바이다 (Fukuoka, 1965; 김, 1991). Yasui 등(1967)에 의하면 동해의 약 84 % 가 1 °C 이하의 냉수인데 일찌기 Uda(1934)는 이 해수를 동해고유수 (Proper Water)라 명명하였다. 동해의 수괴는 각 연구자에 따라 다소 다르게 정의되거나 명명되기도 하지만 대체로 대마난류수 (표층수, 중층수)와 동해고유수 (심층수, 저층수)로 분류되어 많은 연구가 이루어져 왔다 (Miyazaki and Abe, 1960 ; Gong and Park, 1969 ; Nitani, 1972 ; Moriyasu, 1972). 그러나 최근들어 주목되고 있는 동해 중층수 (East Sea Intermediate Water)<sup>1)</sup>에 대해서는 Miyazaki(1953)가 별개의 수괴로

1. Miyazaki(1953)는 중층수적 특성의 해수를 중간수(中間水)라 불렀다.

서 그 존재를 지적하였지만 이 수괴가 가지는 중요성이 크게 인식되지 못한 관계로 오랫동안 별로 연구되지 못했다.

그림 4는 86년 8월에 해양연구소에서 행한 CTD 관측점과 36° 30' N 의 수온, 염분 및 용존산소의 수직단면도이다. 표층-수심 100 m 층 사이에 고온, 저염분 (20-25 °C, 32.40-34.00 ‰)의 대마난류 표층수와 고염분으로 특징지어지는 대마난류 중층수 (10-18 °C, 34.20-34.40 ‰)가 존재하며 250 m 이하로는 수온이 1 °C 이하, 염분이 34.08-34.09 ‰ 로 대단히 균질한 동해고유수가 존재한다. 수심 150 m 층을 중심으로 염분최소층이 발견되는데 이층은 용존산소 최고층과 잘 일치된다. 이 사실은 염분-최소, 용존산소 최고를 특징으로 하는 이 수괴의 기원이 대마난류역의 외부지역임을 의미한다. 대양의 경우와 같이 동해중층수 (East Sea Intermediate Water)로 명명된 이 수괴는 (Kim and Chung, 1984) 목호-울릉도간 해역 (37° 30' N)에서부터 남쪽으로 대한해협 출구해역 (35° 40' N)까지 발견되며 (Kim and Chung 1984 ; Kim, Lie and Chu, 1991), 200 m 보다 수심이 얇은 대한해협내에서는 86년 8월의 경우 35° 25' N 까지 해저면에서 동해중층수 특성치의 흔적을 확인할 수 있었다.

그림 5는 86년 8월의 관측결과를 토대로 동해중층수내의 최저염분 분포와 그 심도를 나타낸 것이다. 중층수의 core water (최저염분수)의 깊이는 연안에서 110 m, 외해측에서 200 m 까지 이르며, 최저염분값도 33.98-34.06 ‰ 까지 이른다. 일반적으로 동해중층수는 대한해협 출구부로 가까와짐에 따라 대마난류수와 점점 더 혼합되어 그 특성이 약화되어가며, 또한 sill depth의 제약으로 인하여 해저면에 위치하기 쉽기 때문에 감포이남에서는 그 존재를 분명하게 관찰하기가 어렵다.

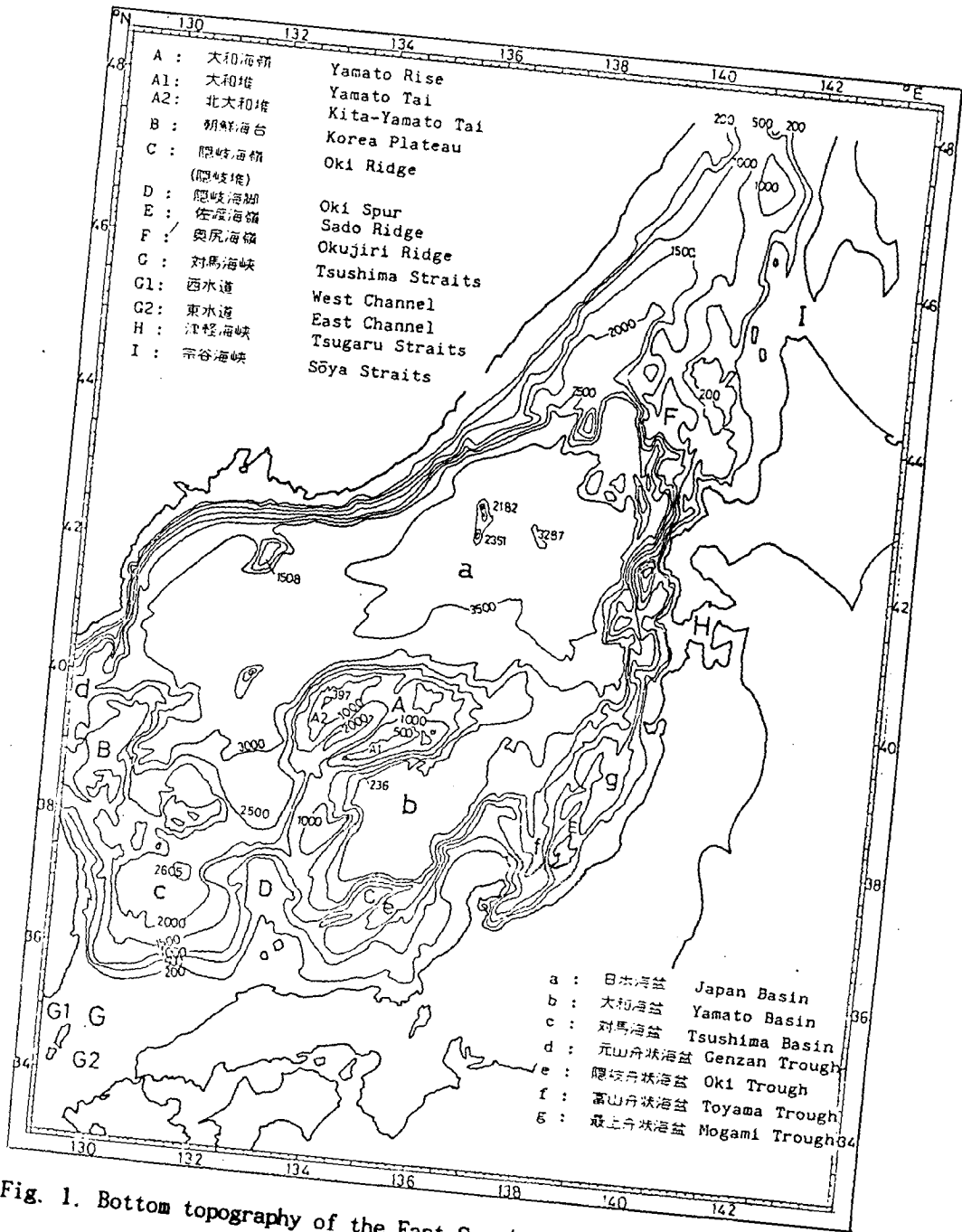
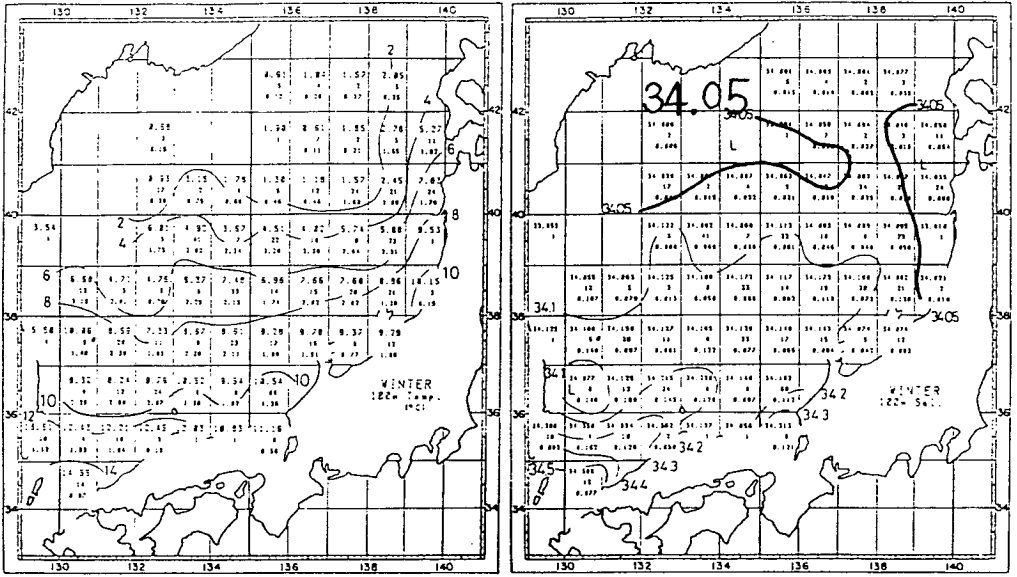
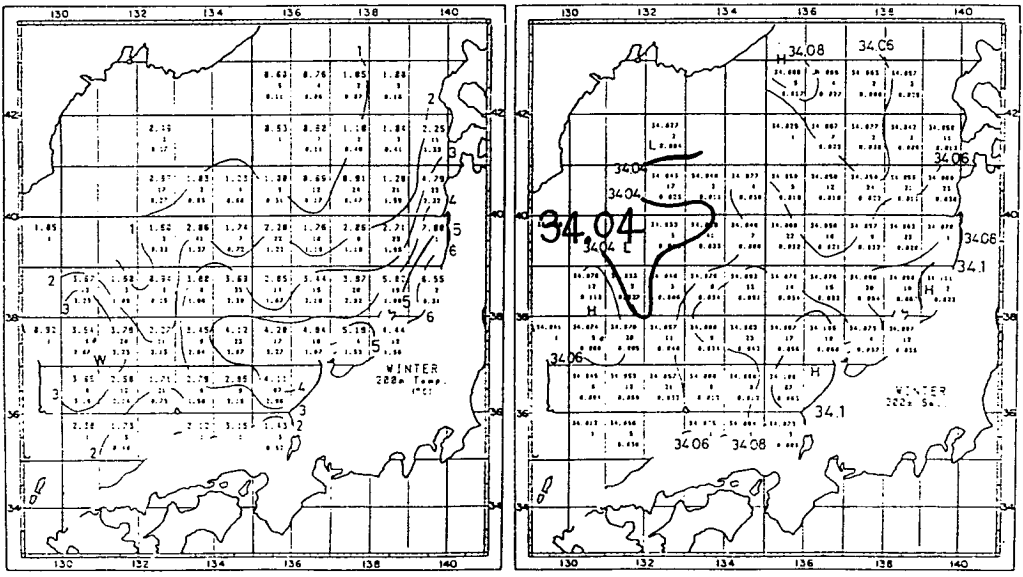


Fig. 1. Bottom topography of the East Sea (Sea of Japan).

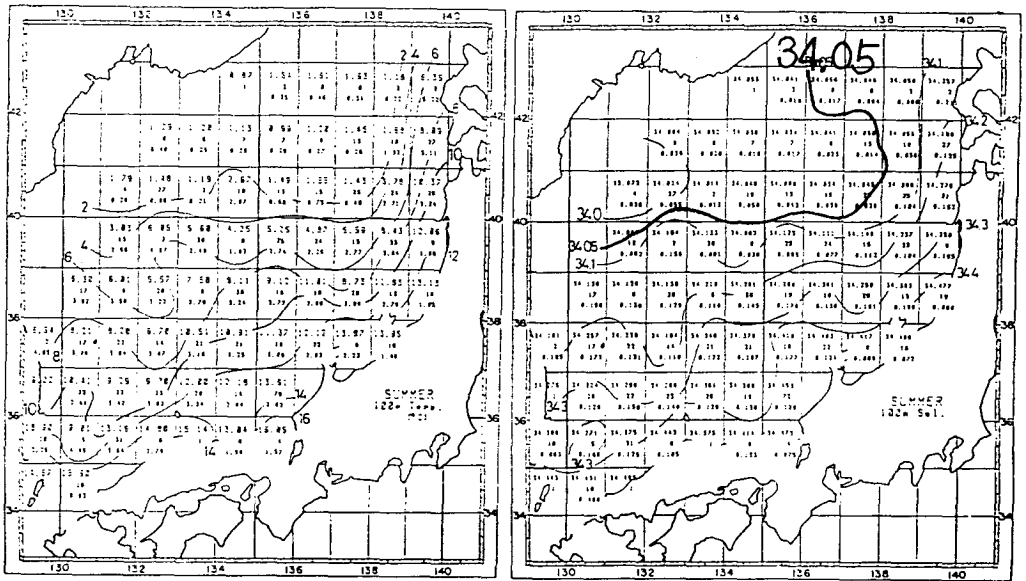


100m水温(冬) (a) 100m塩分(冬)



200m水温(冬) (b) 200m塩分(冬)

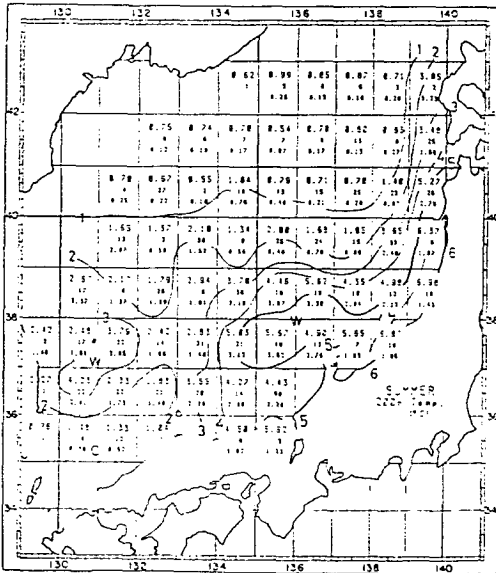
Fig. 2. Horizontal distributions of mean temperature and salinity at (a) 100 m layer and (b) 200m layer in winter.



100m水温(夏)

(a)

100m塩分(夏)

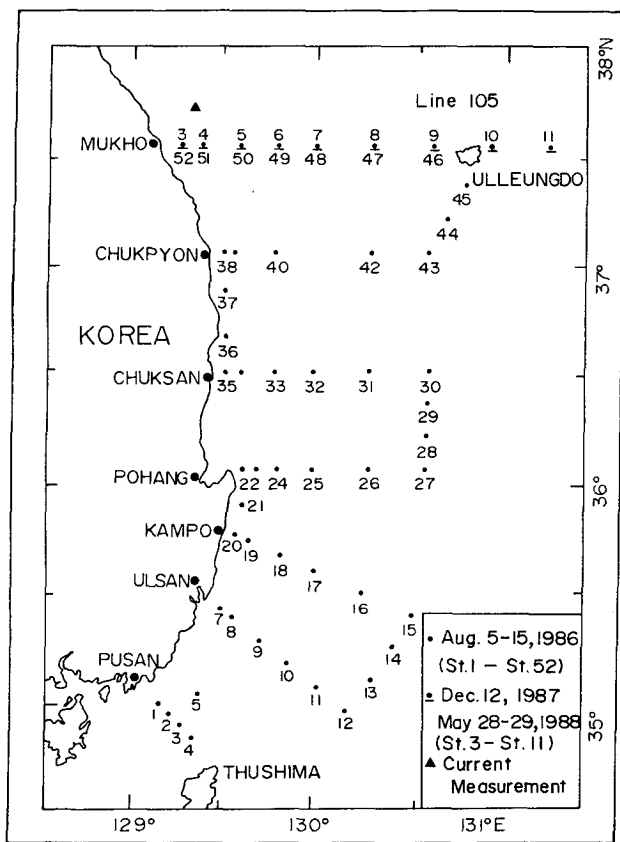


200m水温(夏)

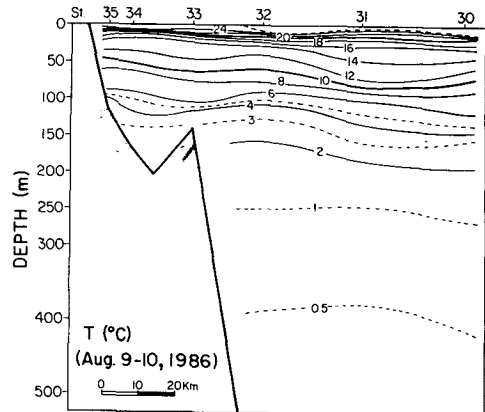
(b)

200m塩分(夏)

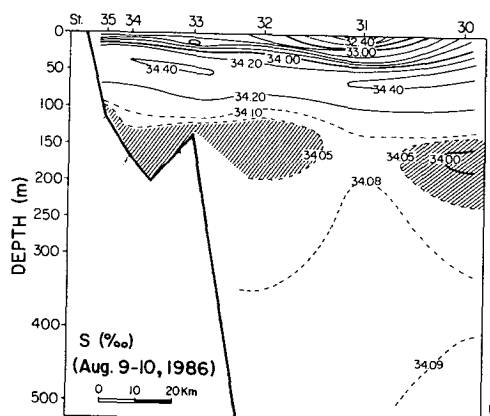
Fig. 3. Horizontal distributions of mean temperature and salinity at (a) 100 m layer and (b) 200m layer in summer.



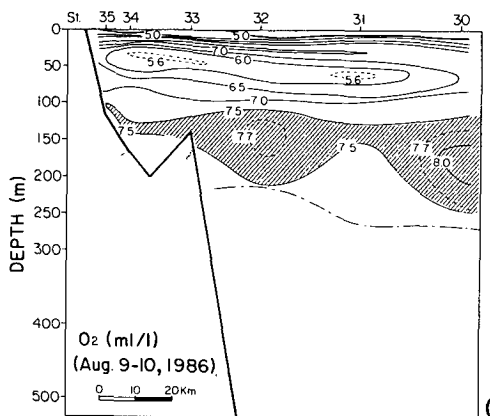
(a)



(b)



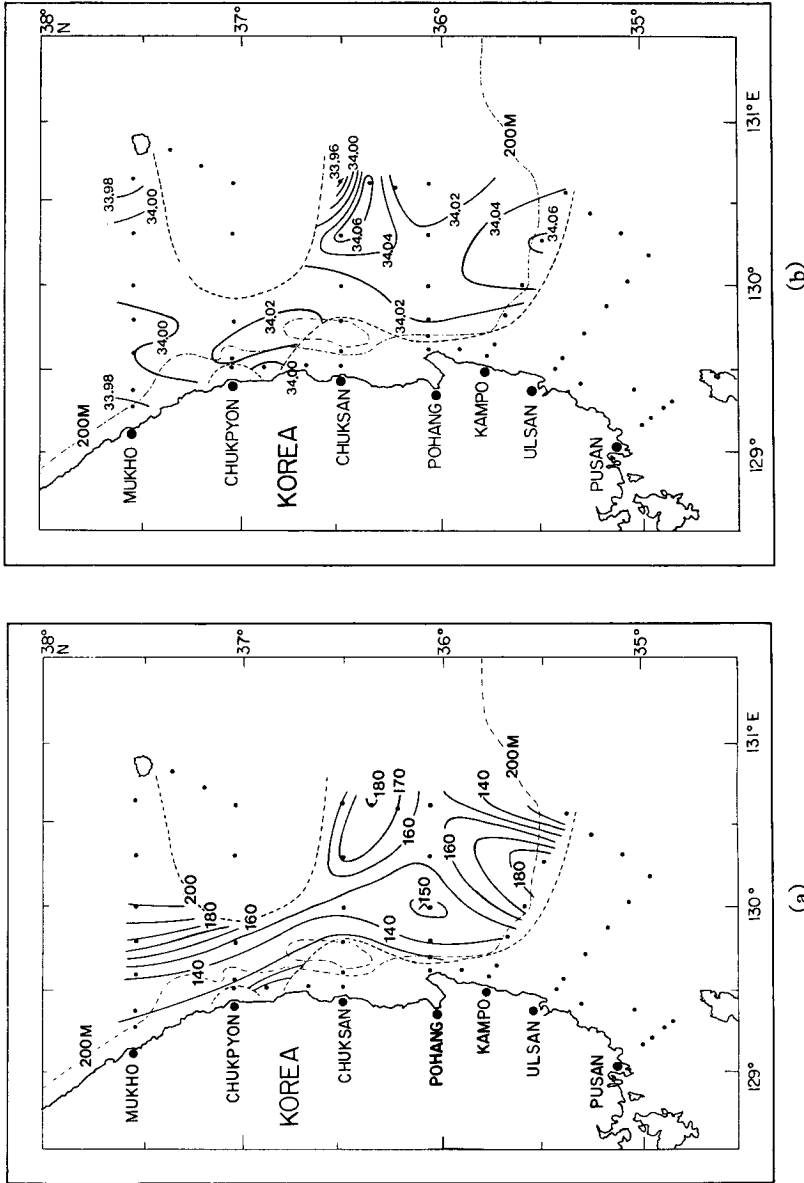
(c)



(d)

Fig. 4. (a) Locations of hydrographic stations occupied by KORDI in August 1986 and vertical sections of (b) temperature, (c) salinity and (d) concentration of dissolved oxygen along  $36^{\circ} 30' N$  in August 9-10, 1986. Layers of salinity minimum and dissolved oxygen maximum are shaded. (from Kim, Lie and Chu, 1991)





**Fig. 5. (a) Depth distribution of the lowest salinity in the salinity minimum layer in August 1986 and (b) its spatial distribution at the depths corresponding to (a). Isobath of 200 m is indicated. (from Kim, Lie and Chu, 1991)**

## 제 2장 동해 북서해역의 중층수 분포

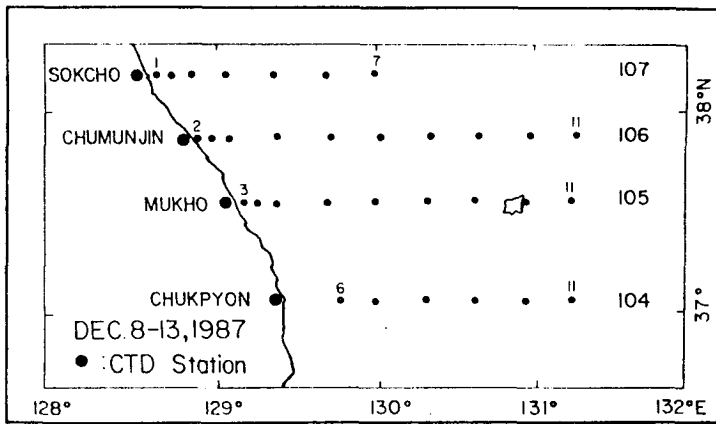
동해중층수의 연구에 있어 규명되어야 할 문제로는 대략 다음의 몇 가지를 제기할 수 있다.

- 1) 중층수는 어디에서 기원하는가? (기원 해역)
- 2) 어떻게 형성되는가? (형성과정)
- 3) 형성이후에 시·공간적으로 분포하는 형태는 어떠한가? (분포형태)
- 4) 중간수의 분포와 연관된 역학은 무엇인가? (동해 심층순환 역학)

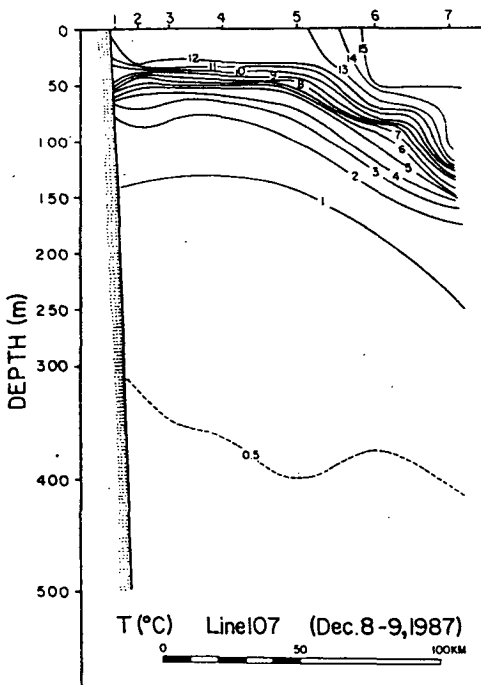
해수 특성치로 미루어볼 때 동해 중층수는 냉수역에서 기원했을 가능성이 높다 그러나 지금까지 동해중층수의 특성과 분포에 관한 연구는 비교적 대마난류가 영향을 미치는 난수역 (울릉분지)에 국한되었다.

울릉분지에서 동해중층수의 해수특성은 동한 난류수의 하부수심에 존재하며 일반적으로 염분이 최소가 되고 용존 산소가 최고가 되는 관계를 가지는 것이다. 그에 해당되는 온도는 1-4 °C 이며, 염분은 대체로 34.05 ‰ 보다 낮은 경우가 많다 (86년 8월의 관측 결과 참조, 그림 4). 때로는 염분최소층의 core water가 34.00 ‰보다 낮아지기도 하는데 그림 6은 바로 그러한 예로서 1987년 12월에 해양연구소에서 행한 CTD 관측결과중 38° 13' N 에서의 수온과 염분 단면 (수산 진흥원 107선)이다. 이 그림에서 알 수 있는 것은 이 위도의 해역에서도 중층수의 염분 최소의 특성이 나타나며 표층의 저염분수와는 고염분의 동한난류수에 해당되는 수괴에 의해 수직적으로 분리되어 있다는 사실이다. 그러나 이 관측선의 위도보다 더 고위도 해역 (냉수역)으로 향한다면 고염분의 동한난류수와 직접적으로 만나지 않게 됨으로써 표층의 해수와 동해중층수가 직접 접촉하게 되거나 아니면 동해 중층수 특성의 해수가 표층 가까이 존재하게 될 가능성이 높다.

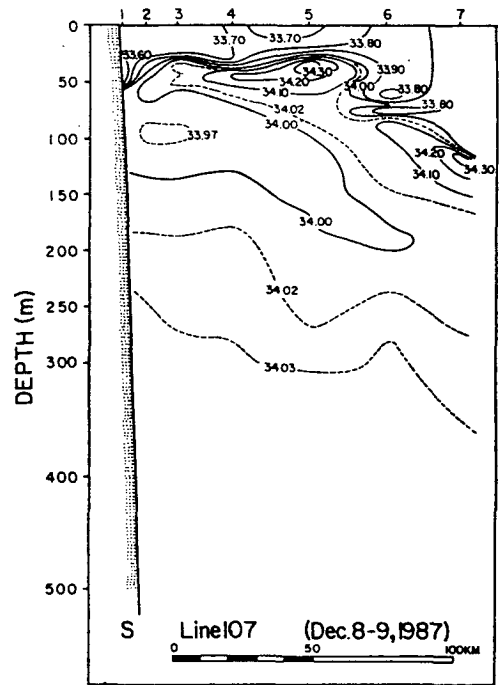
이 장에서는 과거 조선총독부 수산시험장의 관측자료를 근간으로 해서 중층수의 기원해역을 고찰하기로 한다. 표 1과 표 2는 수산시험장의 각 관측선별 관측점 위치와 관측년도이다. 관측점의 위치는 그림 7에서 보는 바와 같이 동해의 중앙해역에 미치기에는 아직 미흡하다.



(a)



(b)



(c)

Fig. 6. (a) Hydrographic stations observed by KORDI in December 1987 and vertical sections of (b) temperature and (c) salinity along 38° 13' N (from KORDI, 1988)

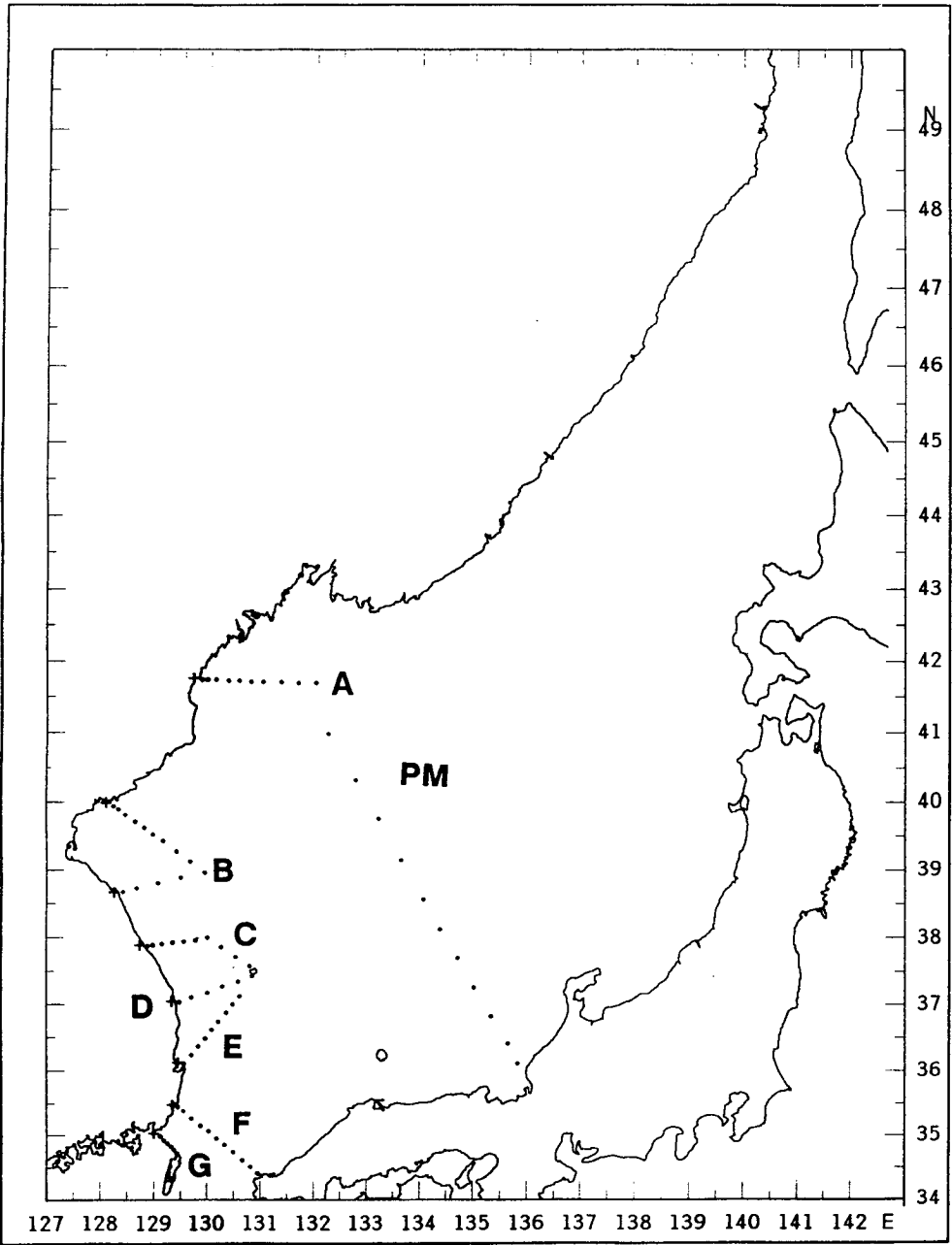


Fig. 7. Hydrographic stations (Line A-Line G) observed during the period of 1922-1960 in the eastern part of Korea and PM line occupied by Maizuru marine observatory.

Table. 1. Locations of hydrographic stations during the period of 1922-1960 in the eastern part of Korea.

觀測站 Lines	No. 位置 Position	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
		咸北線 Line A	Lat. (N) Long. (E)	41°46' 129°54'	41°46' 130°00'	41°46' 130°10'	41°45' 130°24'	41°45' 130°36'	41°44' 130°42'	41°44' 131°02'	41°44' 131°23'	41°43' 131°42'	41°43' 132°02'		
咸南線 Line B	Lat. (N) Long. (E)	37°58' 128°15'	37°55' 128°20'	37°50' 128°28'	37°44' 128°39'	37°39' 128°49'	37°33' 128°59'	37°27' 129°10'	37°18' 129°25'	37°09' 129°41'	36°59' 129°57'	36°55' 129°30'	36°50' 129°04'	36°45' 128°40'	36°42' 128°25'
江原線 Line C	Lat. (N) Long. (E)	37°54' 128°53'	37°55' 128°59'	37°56' 129°09'	37°57' 129°21'	37°58' 129°34'	37°59' 129°47'	38°01' 130°00'	37°53' 130°16'	37°44' 130°32'	37°36' 130°48'				
竹邊線 Line D	Lat. (N) Long. (E)	37°04' 129°29'	37°08' 129°43'	37°12' 130°01'	37°18' 130°18'	37°22' 130°35'	37°27' 130°51'								
慶北線 Line E	Lat. (N) Long. (E)	36°08' 129°34'	36°16' 129°42'	36°24' 129°50'	36°31' 129°58'	36°39' 130°05'	36°46' 130°13'	36°54' 130°22'	37°02' 130°29'	37°09' 130°37'					
U Line F	Lat. (N) Long. (E)	35°29' 129°27'	35°25' 129°34'	35°18' 129°43'	35°11' 129°53'	35°03' 130°02'	34°59' 130°11'	34°53' 130°20'	34°46' 130°30'	34°39' 130°40'	34°33' 130°49'	34°27' 130°57'			
B Line G	Lat. (N) Long. (E)	35°01' 129°07'	34°57' 129°11'	34°54' 129°15'	34°51' 129°19'	34°48' 129°22'	34°45' 129°26'								

Table. 2. Locations of starting position (light house), direction of observation lines, number of stations and observed period of each observation lines along the east coast of Korea

定線名	起 點	置 位	方 位	觀測點數	觀測年數
咸北線	清津燈台	北緯 41°-46'	E/S	1-10	Sta. 1-7 16個年(1929-1944)
		東經 129°-51'			Sta. 8-10 10個年(1935-1944)
咸南線	馬島燈台	北緯 40°-30'	SE	1-10	Sta. 1-7 16個年(1929-1944)
		東經 128°-13'			
江原線	江文津燈台	北緯 37°-54'	E	1-7	Sta. 1-7 25個年 (1925-1944 1952-1960)
		東經 128°-50'			
竹邊線	竹邊燈台	北緯 37°-04'	E/N	1-6	Sta. 8-10 19個年 (1935-1944 1952-1960)
		東經 129°-21'			
慶北線	迎日灣口	北緯 36°-08'	NE	1-9	18個年 (1933-1941) (1952-1960)
		東經 129°-33'			
U 線	蔚崎燈台	北緯 35°-30'	SE	1-11	Sta. 1-5 23個年(1931-1944 1951-1960)
		東經 129°-27'			Sta. 6-9 19個年(1935-1944 1952-1960)
B 線	影島燈台	北緯 35°-03'	SE/S	1-6	27個年 (1932-1944 1947-1960)
		東經 129°-06'			36個年 (1922-1944 1946-1960)

## 1. B 단면 (함남선)

그림 8은 표1에 보인 관측기간 동안의 월별 평균치에 의한 B 관측선의 수온과 염분 단면도로서 관측 수심은 200 m 까지이다. 정점 1-7과 정점 8-14간에는 자료의 평균한 기간이 서로 다르기 때문에 B 단면상의 분포가 전체적으로 동일기간의 평균적 경향을 나타내는 것은 아니다. 그러나 두 구간의 관측기간이 비교적 장기간이므로 (각각 16년, 10년) 편의상 두 구간을 한 도면상에서 함께 고찰하기로 한다.

### 수온

수온은 3월에 최저, 8월에 최고가 된다. 즉 3월에는 40° N 연안 (정점 1 근방, 함경남도 신포, 또는 마양도 연안)에서 1-3 °C, 38° 40' N (정점 14근방, 강원도 고성 연안)에서 2-4 °C, 외해 (정점 11-12)에서 2-4.5 °C가 된다. 하계에 0-50 m층에서 현저히 온도가 상승하지만 50-100 m층도 동계에 비해 2-6 °C 상승한다. 그러나 연안 200 m층의 수온은 연중 0.8-1.5 °C 범위에 머무른다.

### 염분

6월경부터 연안측 표층에서부터 시작하여 저염화되어가는데 8월에 정점 1과 정점14의 표층부분에서 33.00 ‰ 이하의 최저염분이 나타나며 B 관측선의 표층 전역이 33.40 ‰ 이하의 저염분으로 된다. 9월 이후부터 표층 -10 m 층의 염분은 서서히 높아가지만 10 m 보다 깊은 층은 계속 저염화되어서 33.80 ‰ 등염분선의 경우 7월에 25 m 정도에 위치하던 것이 10월에는 50 m 깊이로 깊어진다.

### 동해중층수적 특성의 해수

1월의 단면분포를 보면 동해중층수의 수온, 염분 범위인 1-4 °C, 약 34.05 ‰ 이하의 해수가 정점 1-5의 표층부터 200 m 수심에, 정점 5-14에서는 50-200 m 수심에 풍부히 존재하는 것을 알 수 있다. 더우기 4 °C 등온선과 33.90 ‰ 등염분선, 1 °C 등온선과 34.05 ‰ 등염분선이 수직단면 상에서 대체적으로 잘 일치하고 있는데, 거의 연중

이와 같은 관계가 인정된다. 증층수적 특성의 해수의 심도는 1-4월에는 표층부터 200 m 이심까지 미치며, 5월이후로 12월까지의 50 m 이심에 놓인다.

## 2. A 단면 (함북선)

A 관측선은  $41^{\circ} 45' N$  경을 지나며 청진 근방해역에 해당된다. 그림 9는 A 관측선의 월별 평균 수온과 염분 분포도이다.

### 수온

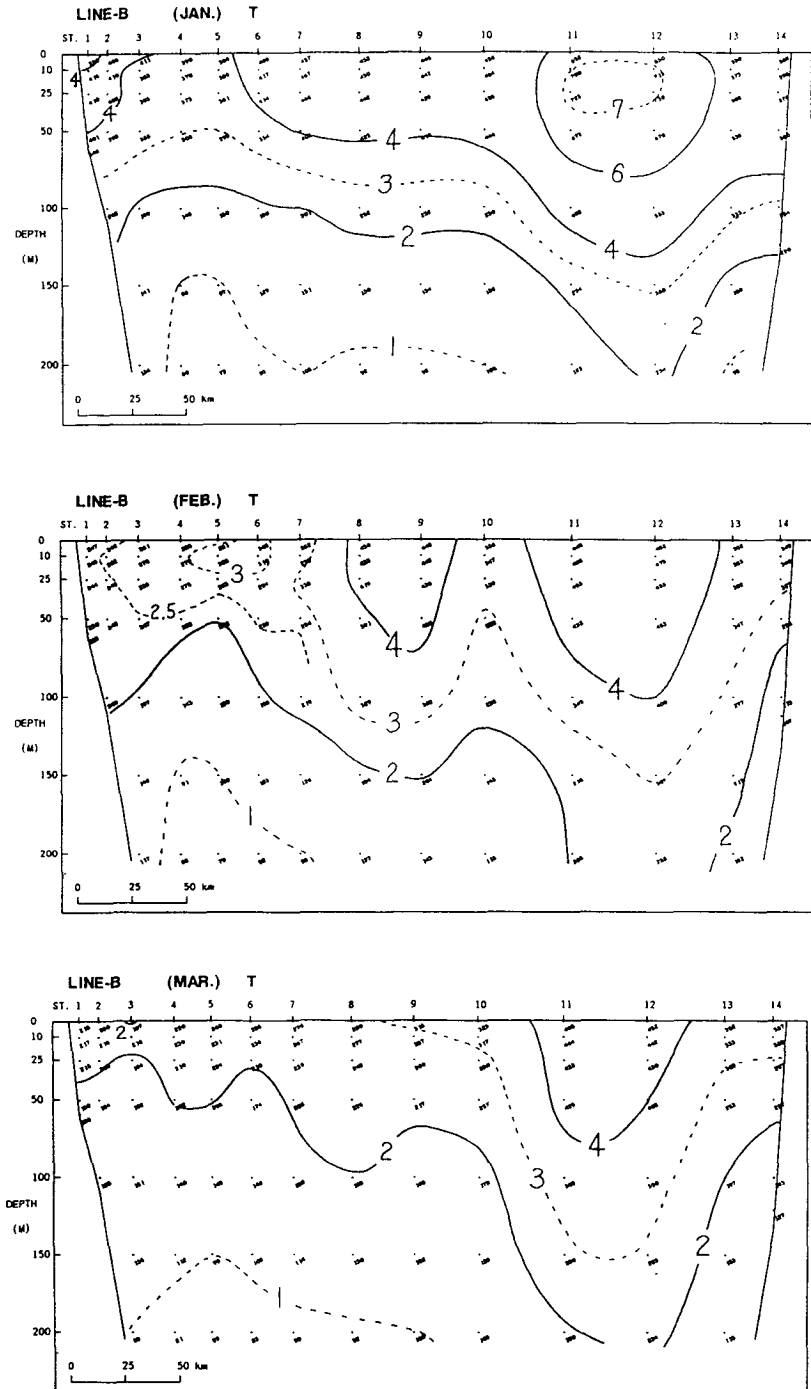
1월-4월에 표층-200 m 층에서 전체적으로  $0.1-2.5^{\circ}C$ 의 범위를 나타내는데 3월에는 연안에 인접한 정점에서  $0^{\circ}C$  이하까지 냉각된다. 표층수온은 5월부터 증가하여 8월에 최고  $22^{\circ}C$ 에 달한다. 수온 약층이심의 냉수는 9월까지도 온도가 증가하는데 6월부터 9월내지 10월경까지 연안을 따라 남향하는 흐름의 형태를 나타낸다.

### 염분

수온과 마찬가지로 1-3월에 걸쳐 수직적으로 매우 균질한 분포가 나타난다. 이러한 수온 염분 분포로부터 동계 이 해역에서 대류가 상당한 깊이까지 이루어지리라 예상된다. 5월부터 연안 표층부분에서 저염화되기 시작하여 8월에 최저가 된다. 이 표층 저염분층은 혼합층이 발달함에 따라 10월경부터 수직적으로 염분이 균질화 되어가면서 층 두께도 점차 증가한다. 그림 10은 B 관측선과 A 관측선의 월평균 수온과 염분의 관계를 나타낸 것으로 1월부터 12월까지 각 월의 자료를 함께 보였다.

### 동해증층수적 특성의 해수

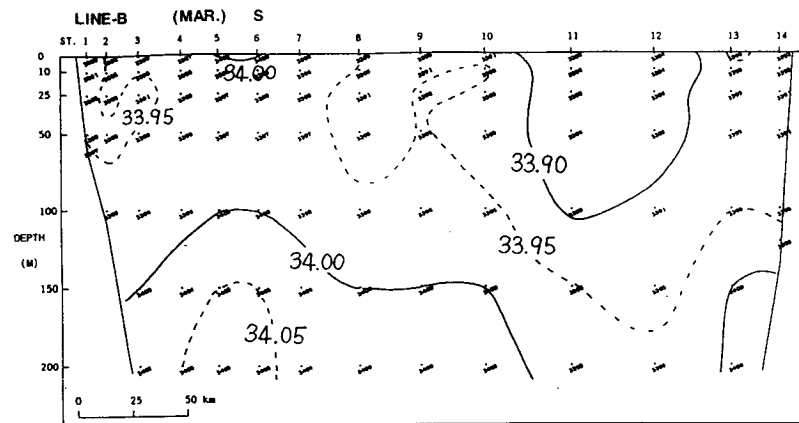
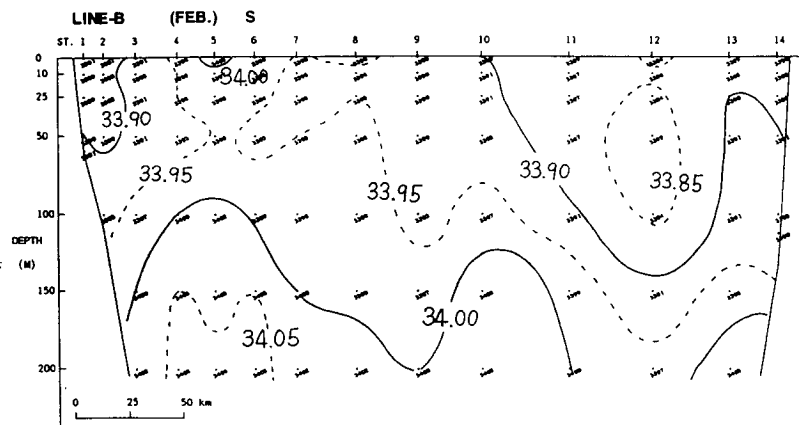
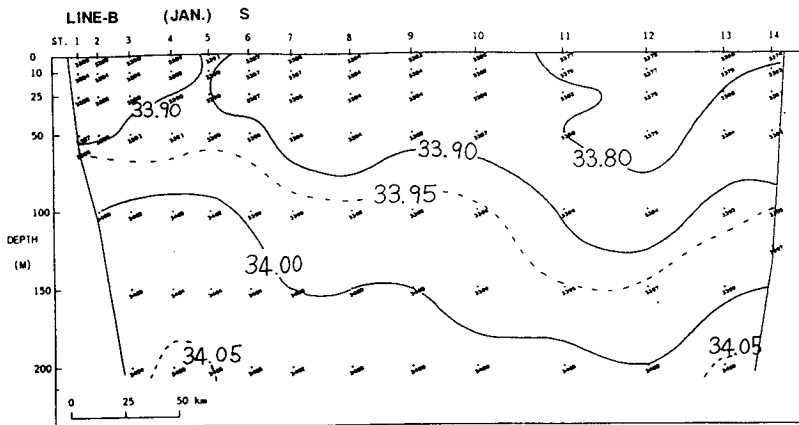
이 해역에도  $1-4^{\circ}C$ , 33.90-34.05‰의 동해증층수적 수온과 염분 특성을 나타내는 해수가 동계에 표층부터 200 m층 이상까지 존재하며, 5월부터 점차 존재하는 수심이 깊어져서 8월에는 수심 50-150 m 사이에 존재한다. 10월-11월 경에는 200 m 수심의 염분이 다소 높아짐으로써 상대적으로 이 수괴의 수직적 분포범위가 축소되는 형태가 된다.



(a)

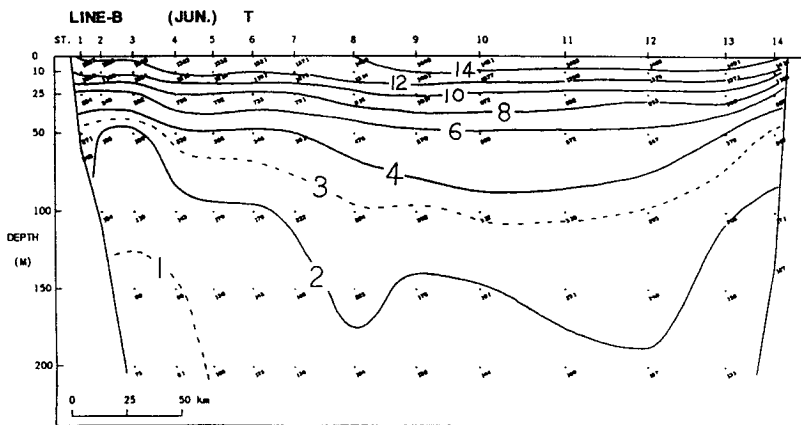
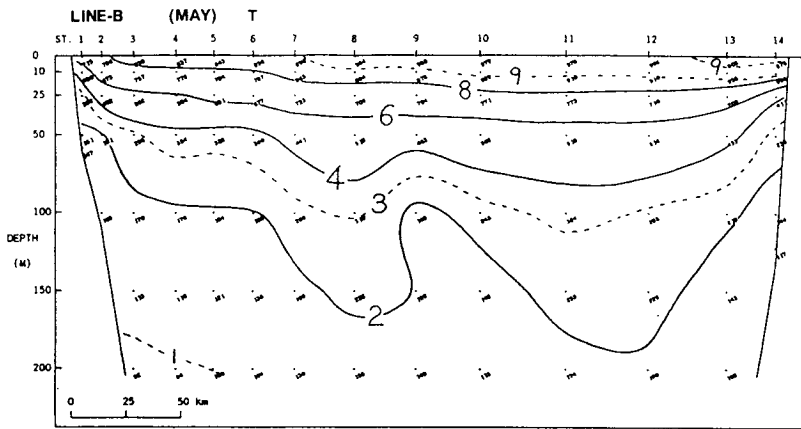
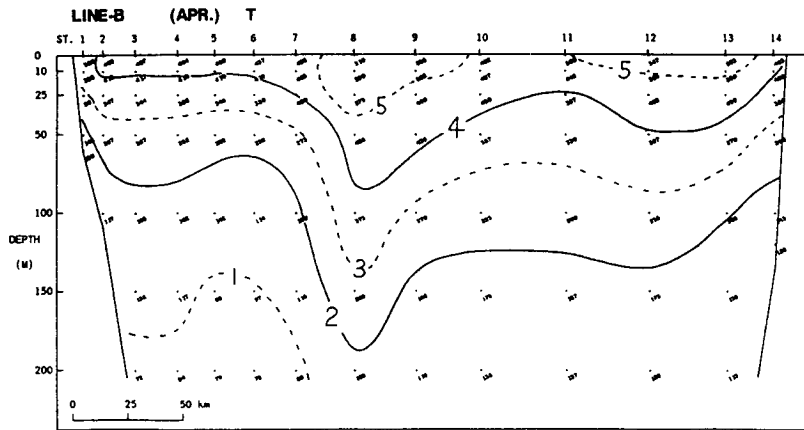
Fig. 8. Monthly mean vertical distributions of (a) temperature and (b) salinity on Line B.





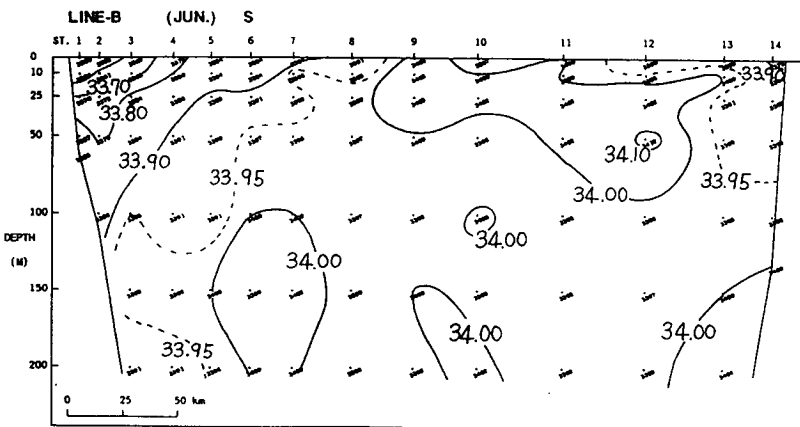
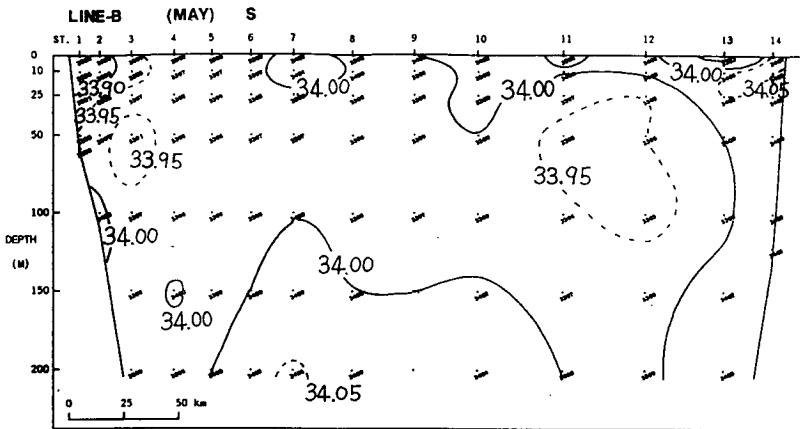
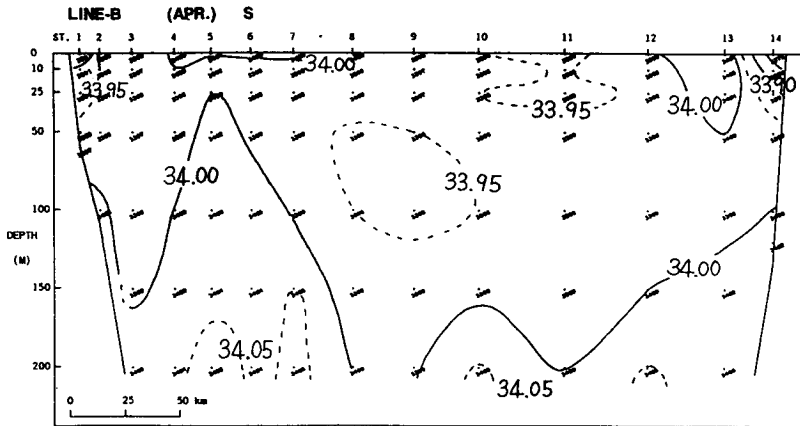
(b)

Fig. 8. (Continued)



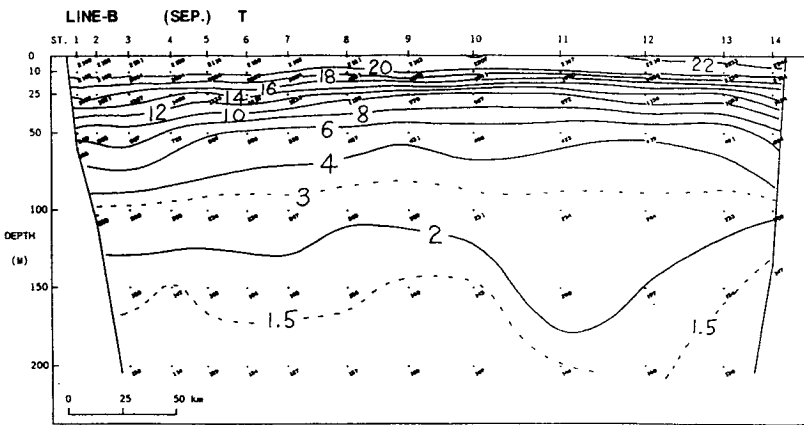
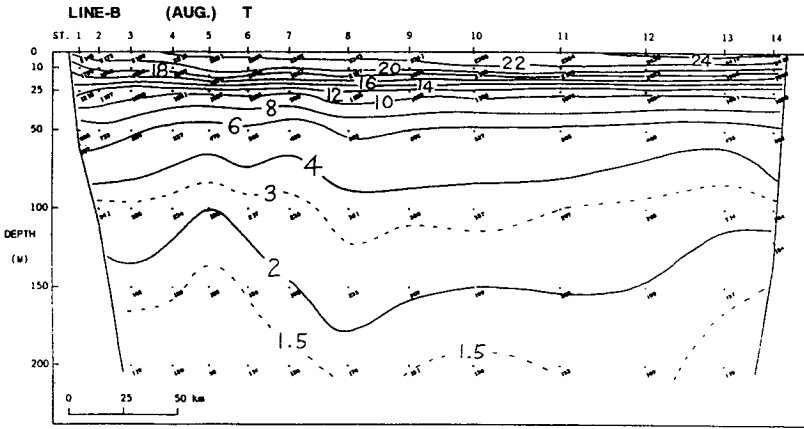
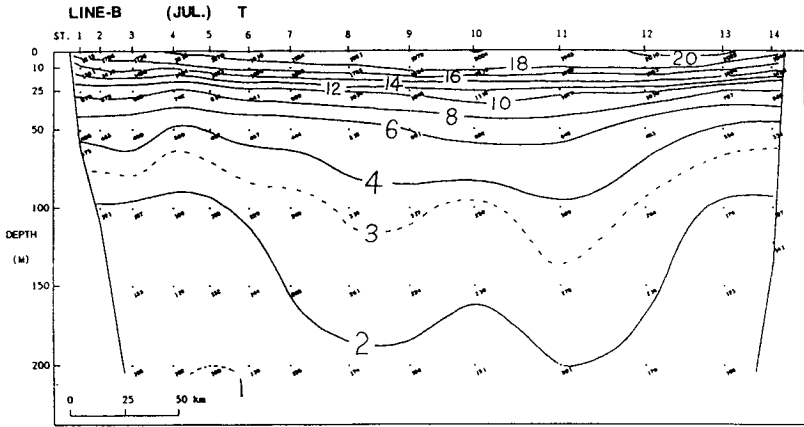
(a)

Fig. 8. (Continued)



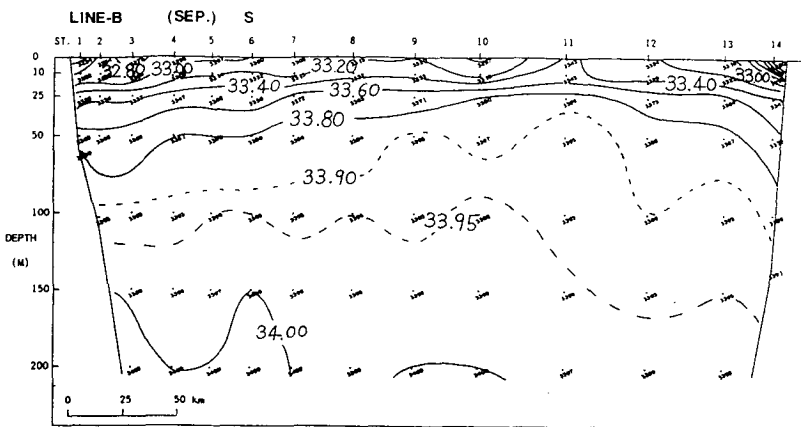
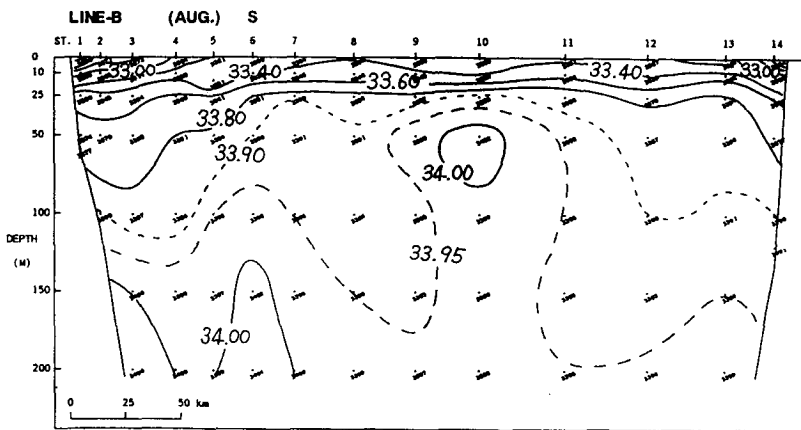
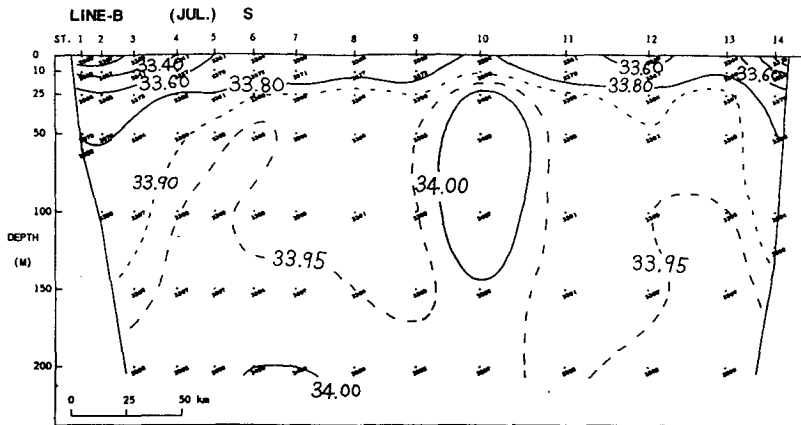
(b)

Fig. 8. (Continued)



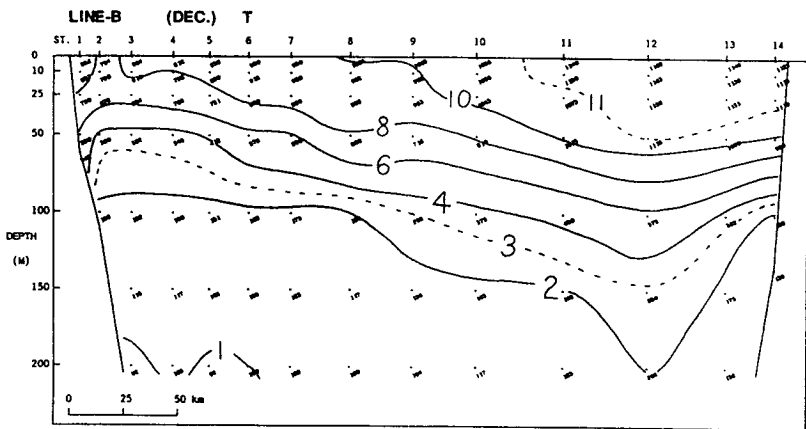
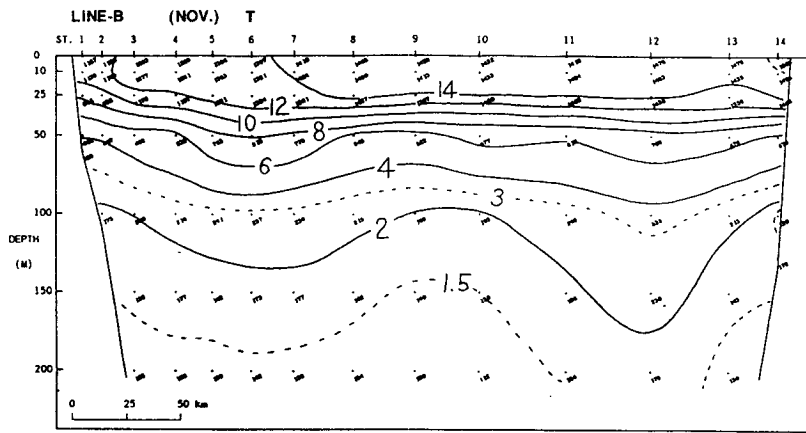
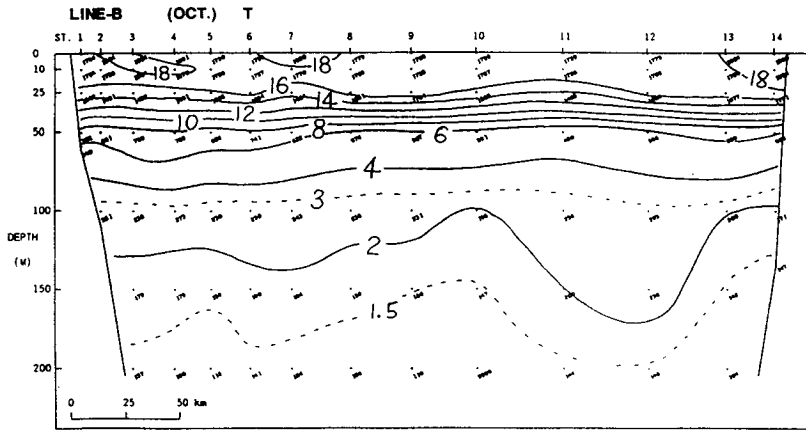
(a)

Fig. 8. (Continued)



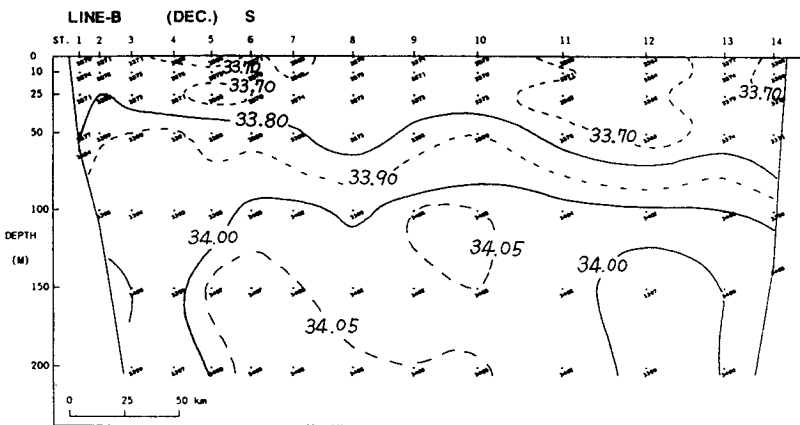
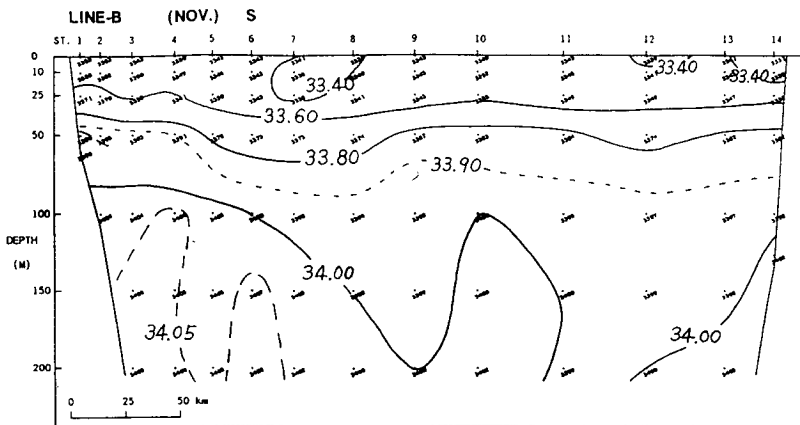
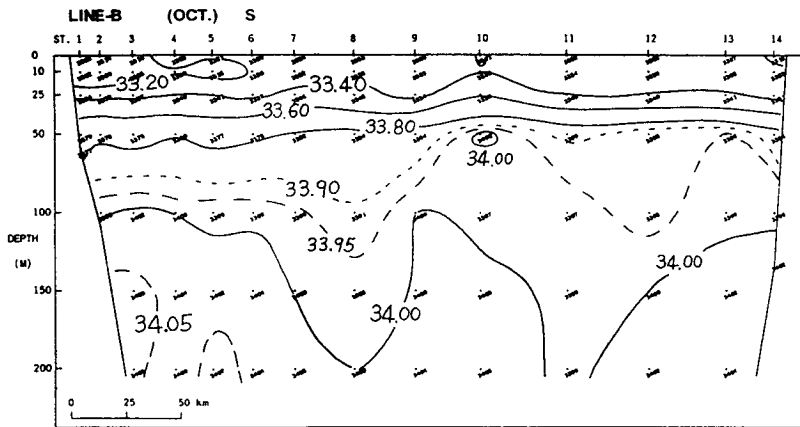
(b)

Fig. 8. (Continued)



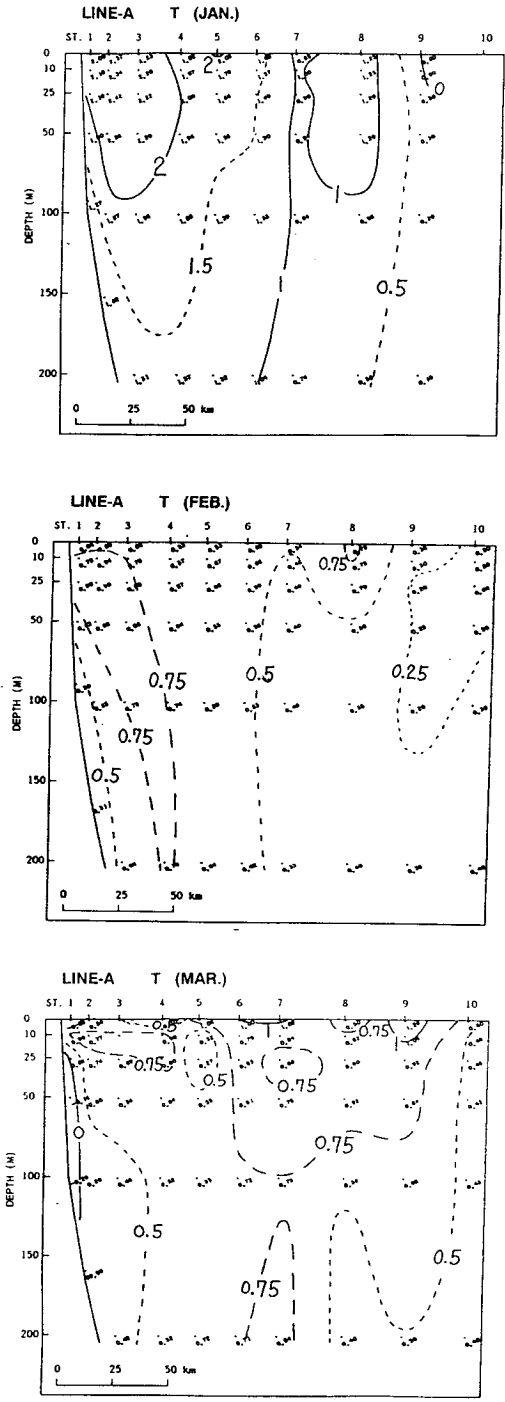
(a)

Fig. 8. (Continued)



(b)

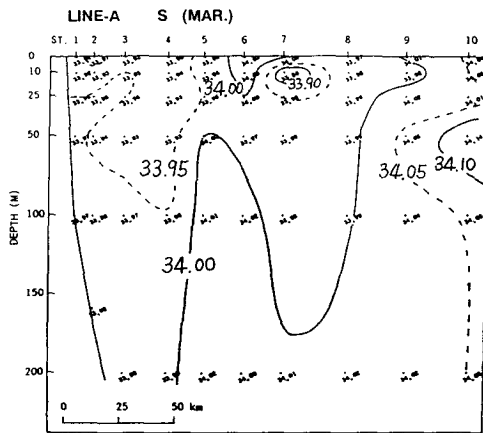
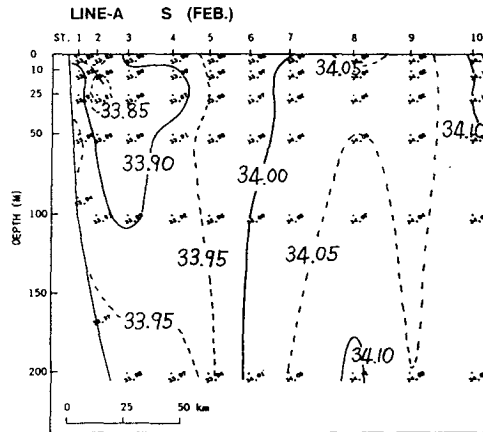
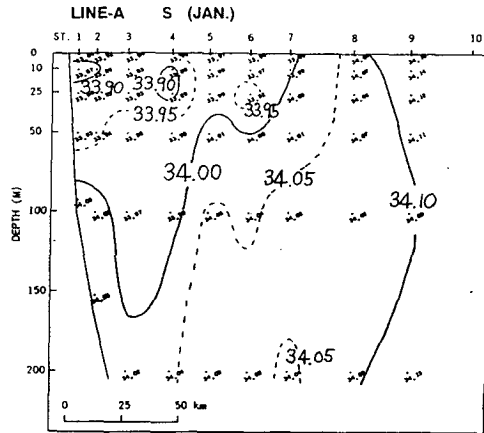
Fig. 8. (Continued)



(a)

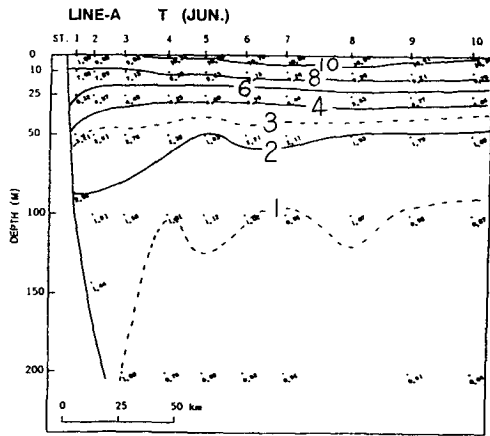
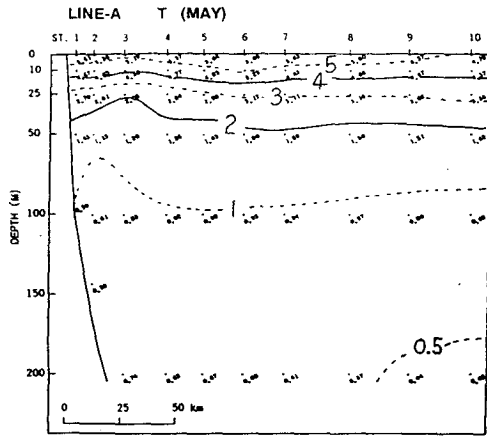
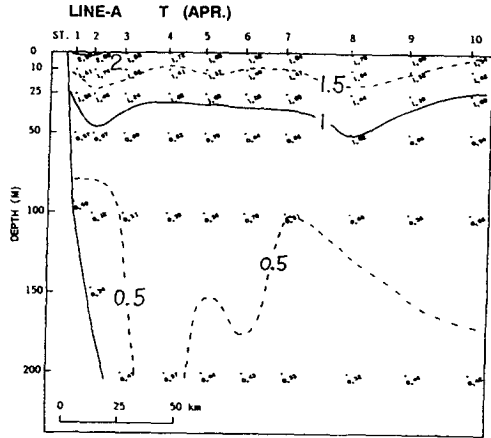
Fig. 9. Monthly mean vertical distributions of (a) temperature and (b) salinity on Line A.





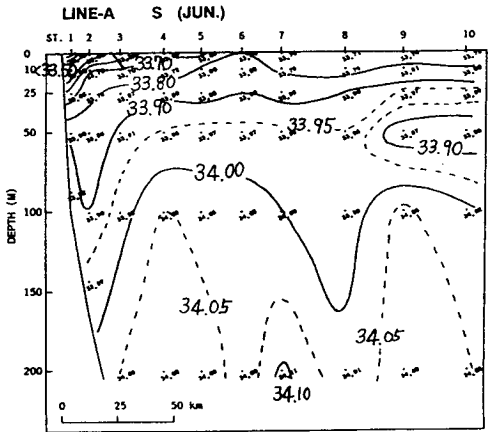
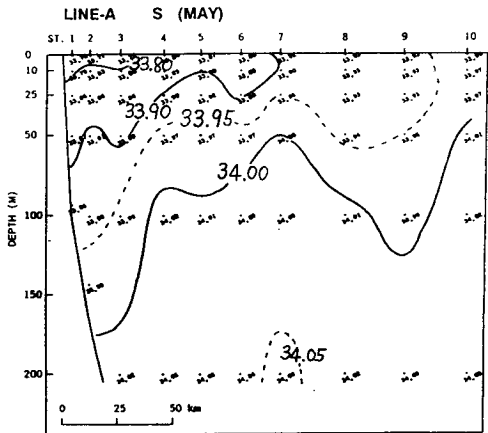
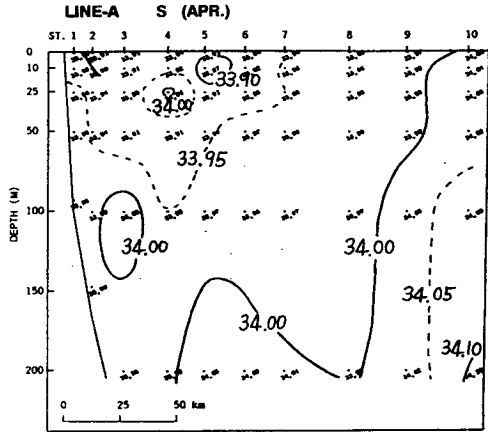
(b)

Fig. 9. (Continued)



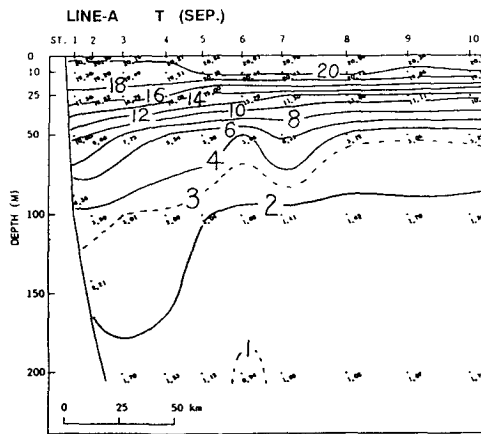
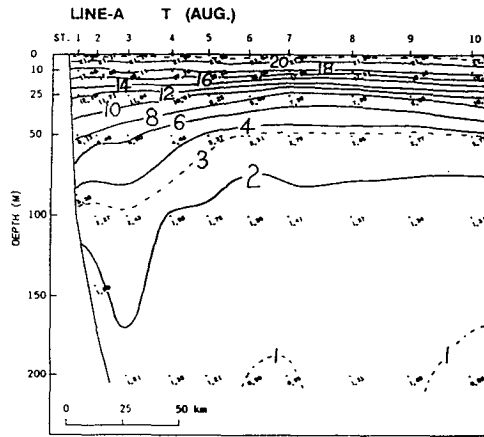
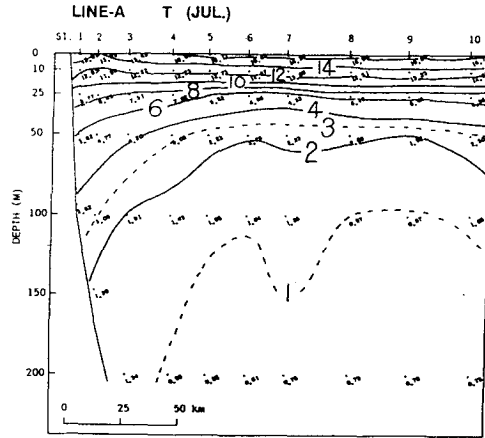
(a)

Fig. 9. (Continued)



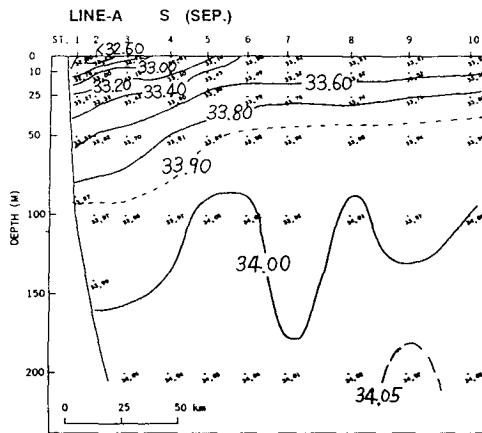
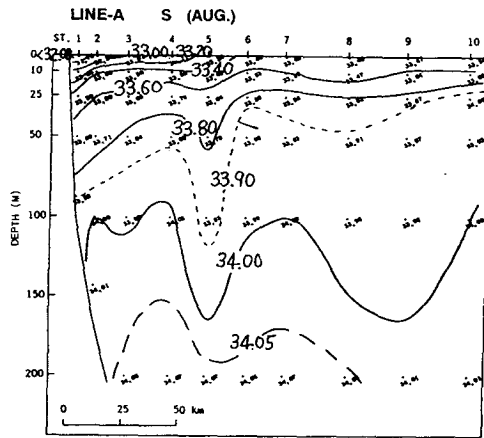
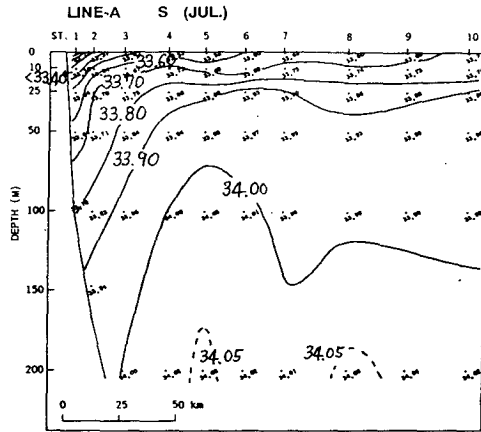
(b)

Fig. 9. (Continued)



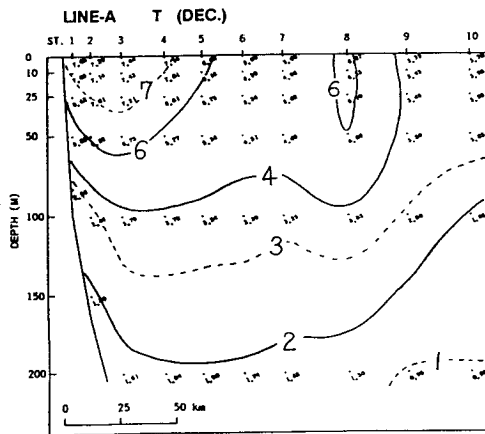
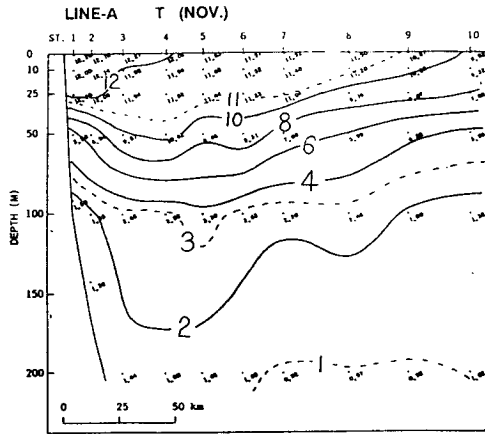
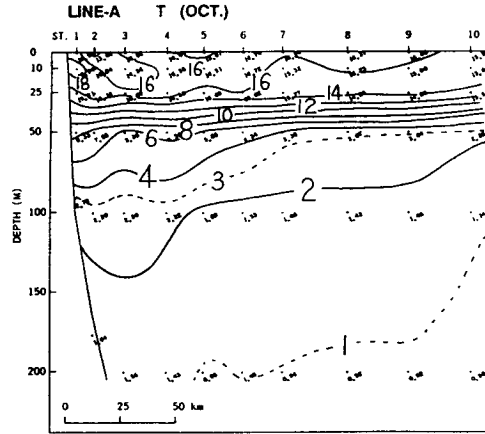
(a)

Fig. 9. (Continued)



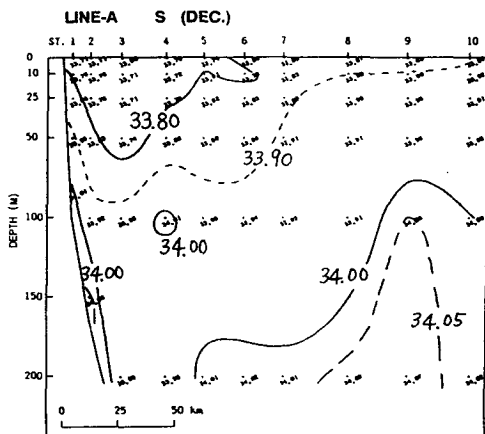
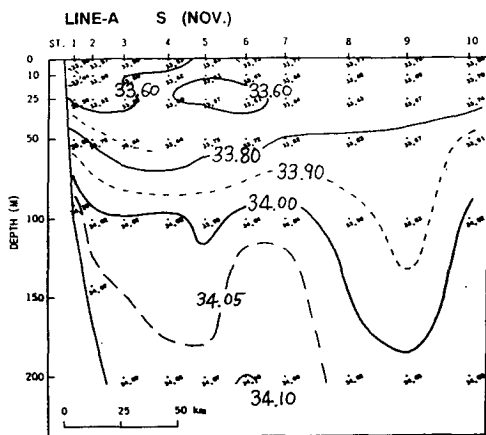
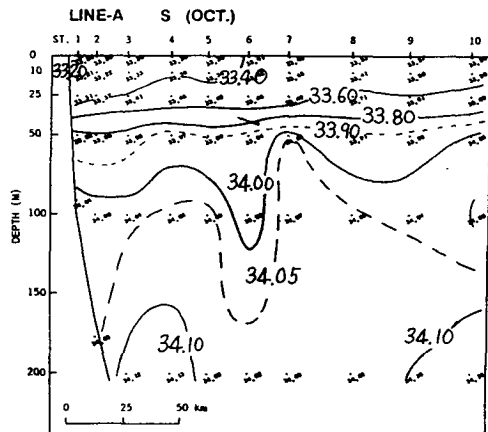
(b)

Fig. 9. (Continued)



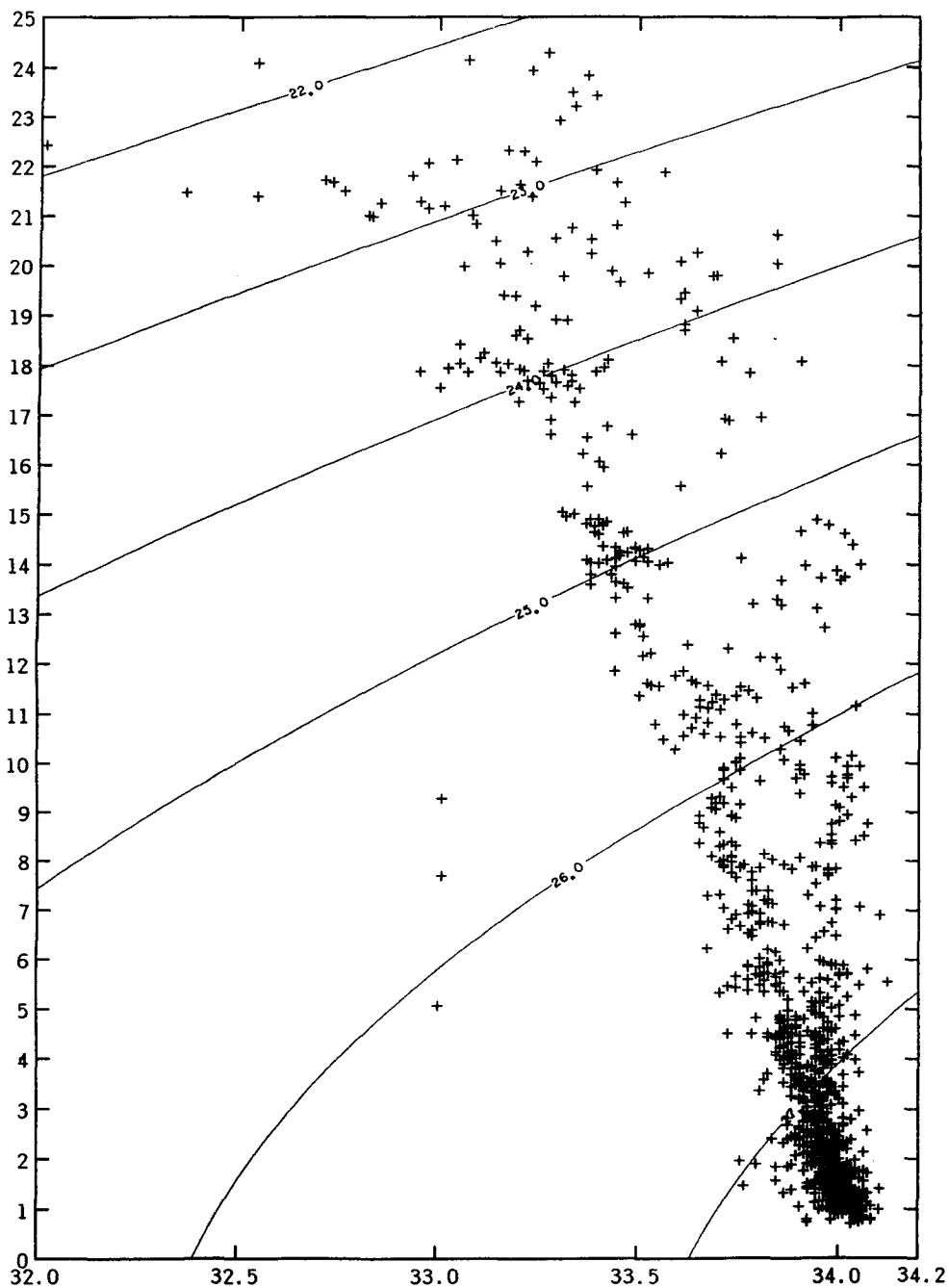
(a)

Fig. 9. (Continued)



(b)

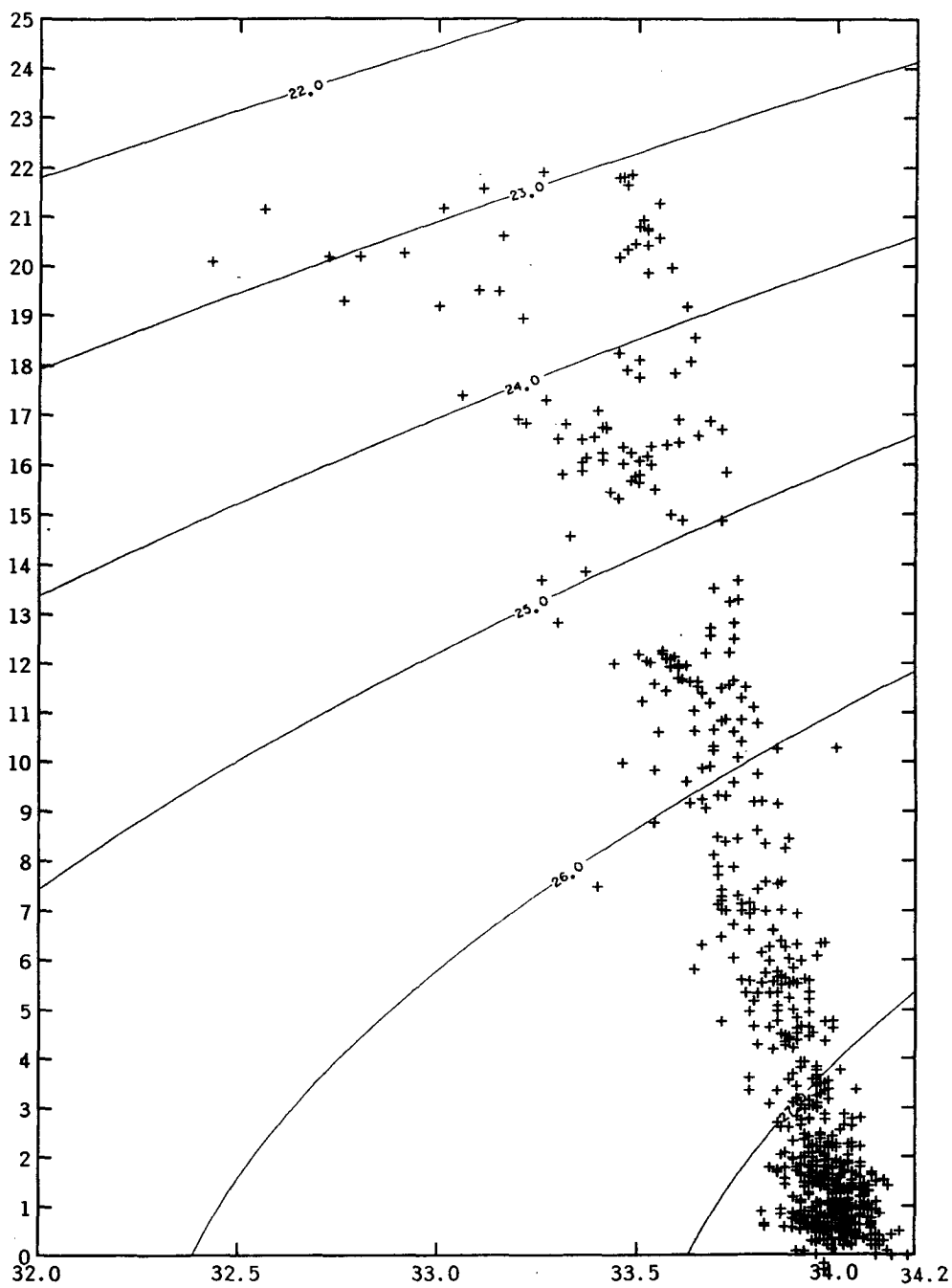
Fig. 9. (Continued)



(a)

Fig. 10. T-S relationship of monthly mean temperature and salinity of (a) Line B and (b) Line A .





(b)

Fig. 10. (Continued)

### 3. 수평분포

그림 11과 12는 3월과 8월의 수평 염분분포도이다. 3월에 대한해협을 통해서 34.40-34.65 ‰의 고염분수가 유입되는데, 38° N경에 이르면 34.10-34.20 ‰ 정도로 낮아진다. 38° -42' N 해역에 33.90-34.00 ‰ 이하의 저염분수가 넓게 분포한다. 앞서 수직 분포에서 고찰한 바와 같이 이 저염분수는 바로 증충수적 특성의 해수이다. 이 증충수적 특성의 해수는 0 m층에서 100 m층에 이르기까지 수평분포 규모에 큰 변화가 없으나 150 m층과 200 m층에 이르면 전체적으로 염분이 높아져서 34.00 ‰ 이하 해수의 수평 분포 범위는 그 윗층보다 좁게 나타난다.

8월에 38° N 이북 해역에서 증충수적 특성의 해수는 약 50 m이심부터 존재하는데 34.00 ‰ 이하의 해수가 다른 층과 비교하여 150 m층에서 가장 저위도 해역까지 분포한다. 즉 100 m층까지는 C 관측선의 연안측 (38° N)까지만 나타나지만 150 m층에 이르면 D 관측선과 E 관측선의 연안정점 (36° N)까지 분포한다.

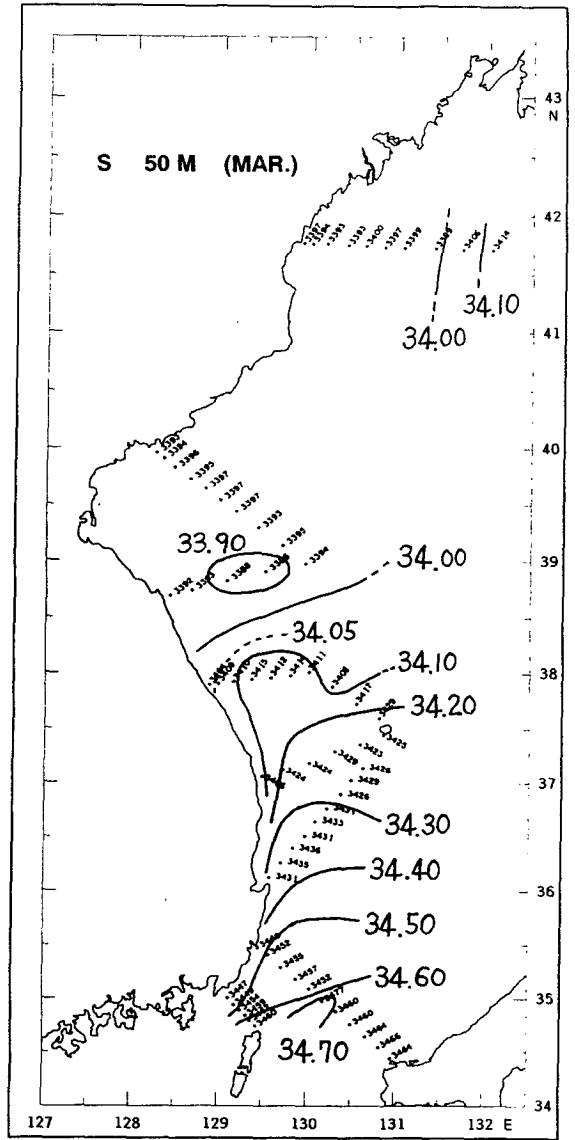
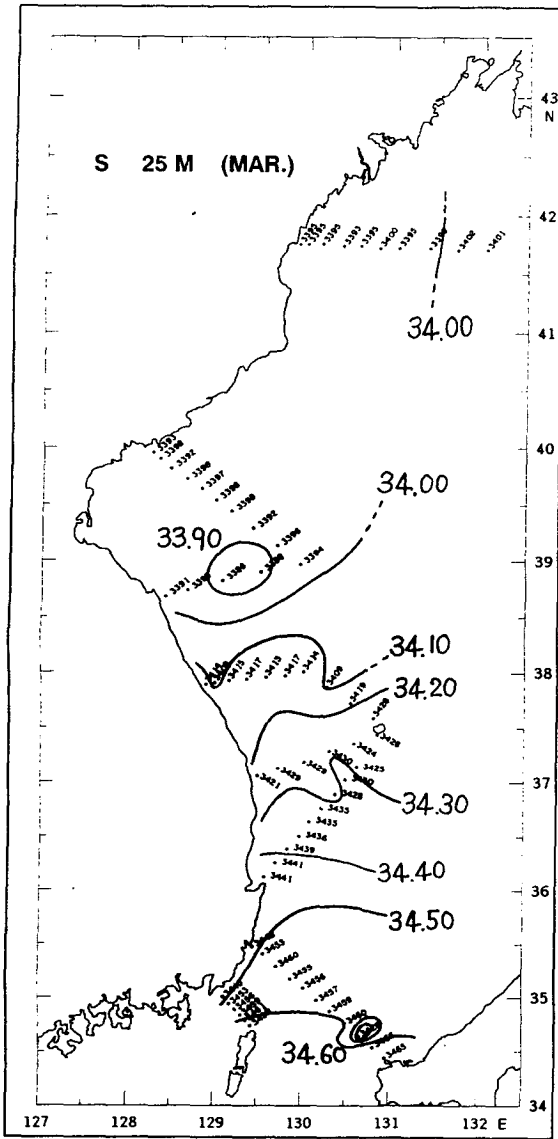


Fig. 11. (Continued)

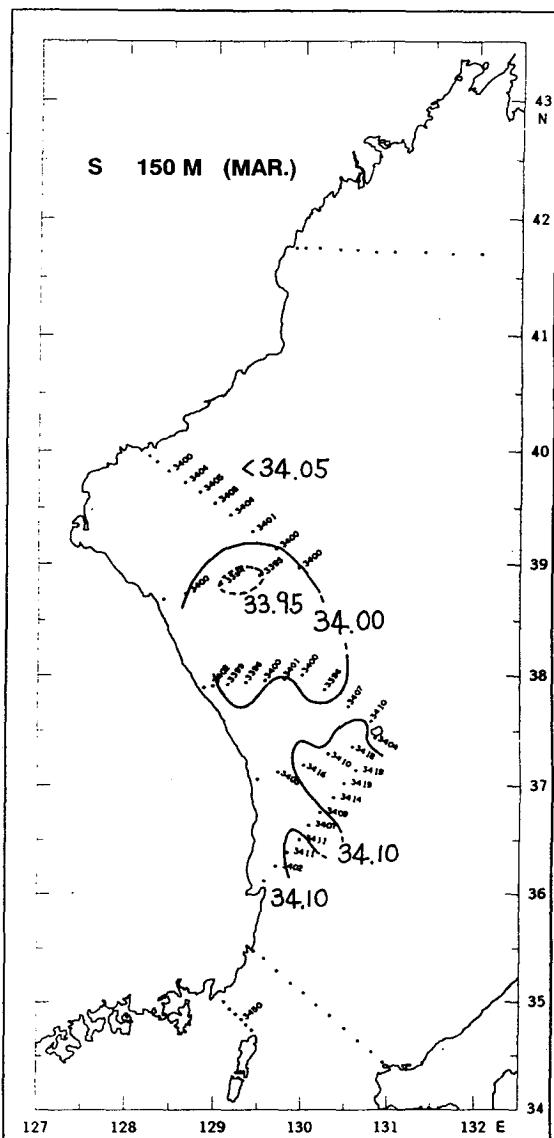
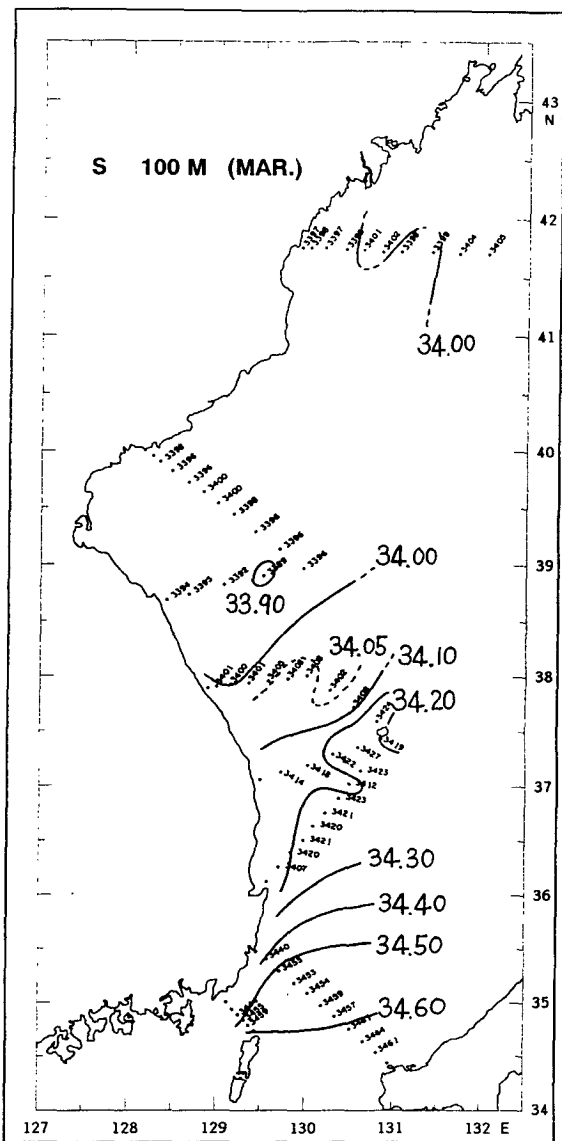


Fig. 11. (Continued)

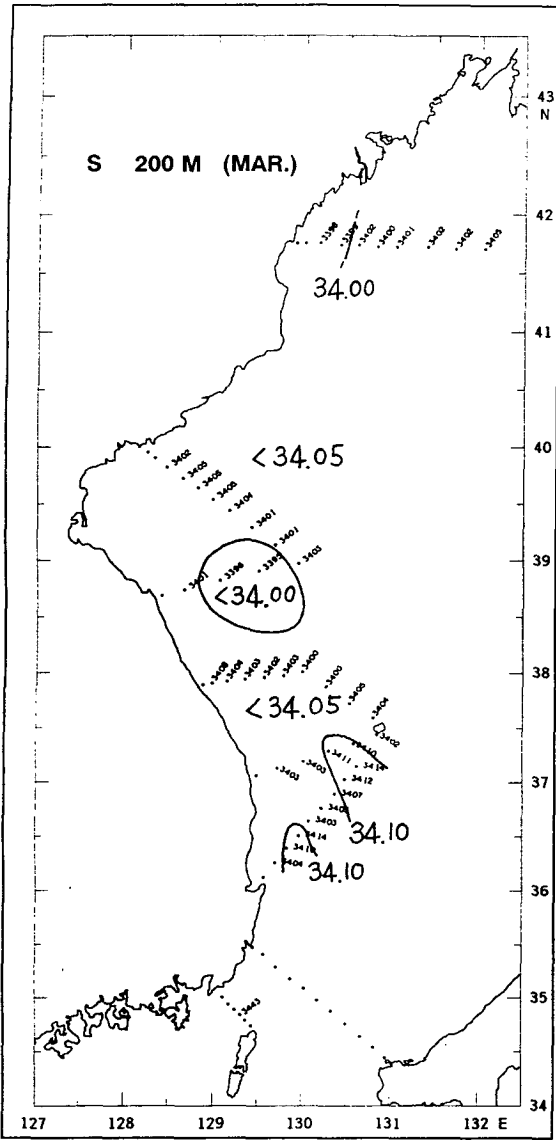


Fig. 11. (Continued)

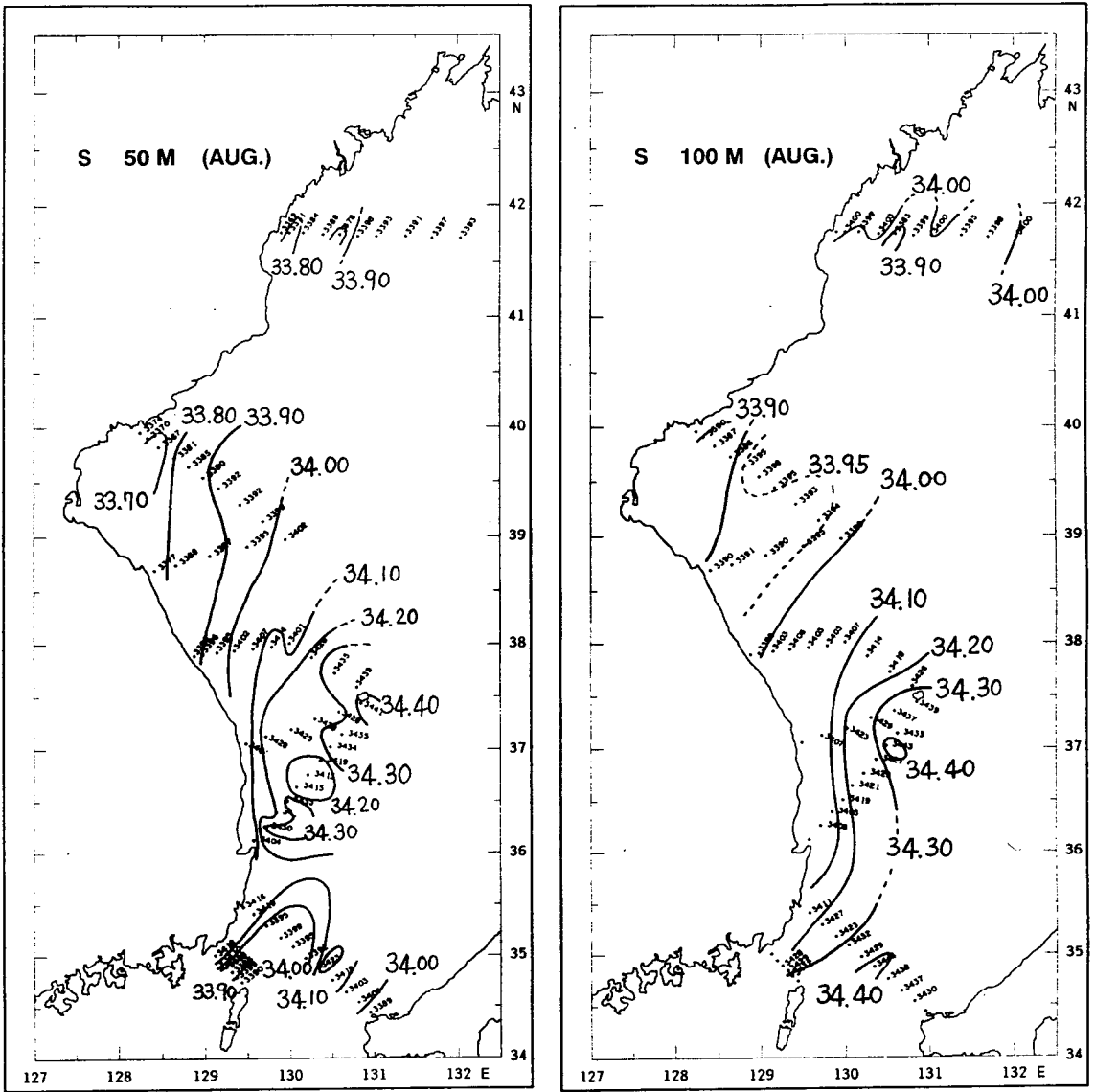


Fig. 12. Mean horizontal distributions of salinity in August in the eastern part of Korea.

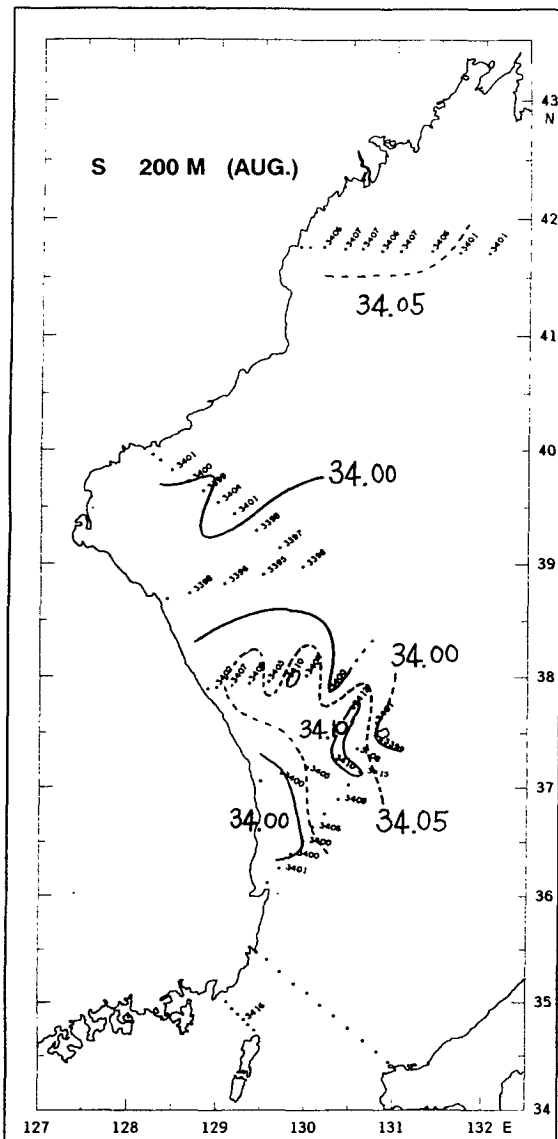
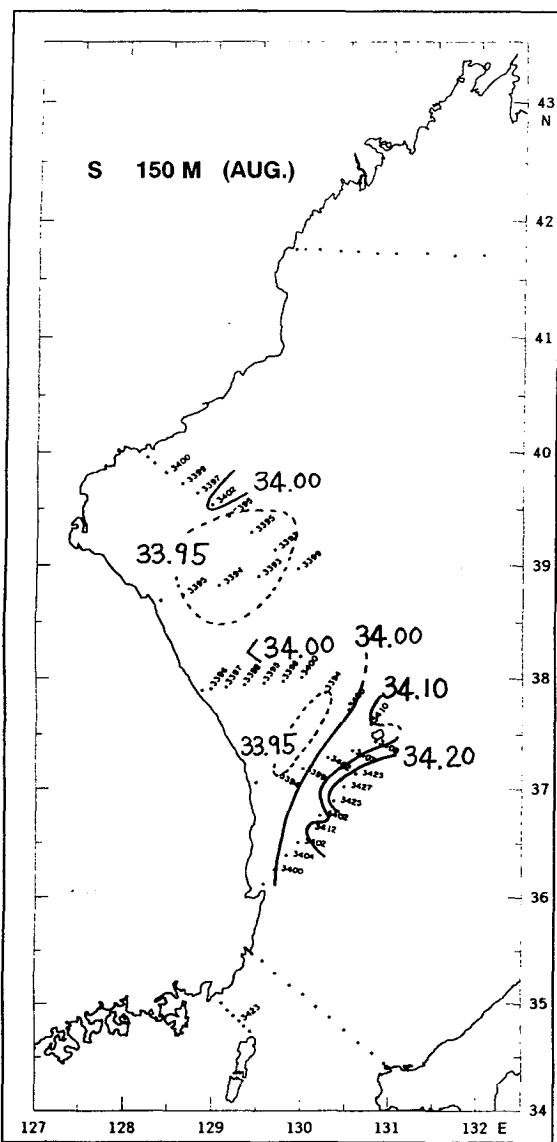


Fig. 12. (Continued)

## 제 3장 토의 및 결론

3월과 8월의 수평 염분분포를 고찰함으로써 중층수의 기원이 되는 해수가 동계에  $39^{\circ}$  -  $42^{\circ}$  N 해역에 표층부터 200 m 정도의 수심까지 분포하며 하계에는 150 m 층을 중심으로  $39^{\circ}$  N 이북해역으로부터  $36^{\circ}$  N 연안해역까지 확장됨을 알 수 있었다. 또한 저온, 저염의 중층수적 특성의 해수를 34.00 ‰ 이하로 대표해 볼 때 A 단면 보다 B 단면에서 더 넓게 나타난다. 이것은 한국 동해안의  $38^{\circ}$  N 이남 해역에서 관측되는 중층수의 기원해역이  $42^{\circ}$  N 해역근방이라기 보다는  $39^{\circ}$  -  $40^{\circ}$  N 해역일 가능성이 높음을 시사한다. 한편 하계 A 단면상에 남향하는 성분의 흐름이 뚜렷이 나타나는데 이 흐름에 의해 A 단면에 보이는 중층수적 특성의 해수역시 그보다 저위도 해역으로 수송될 것이다.

그림 2에서 동계 100 m 층의 34.05 ‰과 200 m 층의 34.04 ‰ 등염선의 평균적 분포 형태를 주목해 보자. 34.05 ‰ 이하의 저염의 해수가 동해 북서해역에 존재하며 혼수 연안을 향해 점차적으로 염분이 증가한다. 하계에도 가장 저염의 해수가 동해 북서해역에 존재하며 염분 수평 분포상의 증가 경향은 동계와 같다 (그림 3). PM 선의 수직 단면을 함께 참조하면 이 저염수는 한국 동해안 연안 해역에서와 동일하게 대마난류수 하부의 수심에서 염분 최소층을 형성하고 있음을 알 수 있다 (M.M.O., 1985). 이것은 곧 동해 북서해역에서 형성되는 중층수적 특성의 해수가 한국 동해안 연안해역 뿐만이 아니라 동해의 중부해역과 거의 혼수 가까이까지 항구적으로 존속함을 의미한다. PM 단면상에 나타나는 염분 최소층의 중심수심은 난류역 밑에서 300-400 m에 놓이며 극전선역으로 접근함에 따라 200-300 m 정도로 얕아진다. PM 단면상의 염분최소층 수심은 동해 남서해역 (그림 5a) 와 비교할 때 100m 이상 깊게 분포하는 것이다.

그림 13은  $37^{\circ}$  33' N을 지나는 단면 (105선)에서 수온이 0-5 °C의 범위에 있는 해수의 수온-염분도이다. 온도 0-5 °C의 범위는 중층수의 수온범위를 포함하므로 이 T-S Diagram 상에는 중층수의 시간에 따른 특성변화가 내포되어 있다. 1-4 °C의 범위에서 거의 매일 최소염분의 해수, 즉 중층수가 나타나는 것을 발견할 수 있다. 또한 중층수의 최소염분 자체도 월에 따라 그 염분변화 폭이 상당히 크고 변동이 심하게 나타나는데 그 원인이 중층수 기원해수의 염분의 시간적 변화에 의한 것인지, 중층수 분포세력의 변동 (advection and/or diffusion)에 의한 것인지 지속적인 연구가 필요하다.



이상의 고찰에서 동해 증층수의 특성에 관해 다음과 같이 몇가지 사항을 결론지어 본다.

- 1) 한국 남동부 해역에 나타나는 동해증층수의 기원해역은  $39^{\circ}$  -  $40^{\circ}$  N의 한국측 해역 (B 관측선 해역)일 가능성이 높다.
- 2) 동해증층수는 동해에 연중 존속하는 수괴이다. 즉 동해증층수의 염분최소층은 동해 남서해역 뿐만 아니라 동해 중부-동부해역에도 연중 상존하며 냉수역에서는 표층 가까이 (동계에는 표층까지), 난수역에서는 대마난류수 하부수심에 존재한다.
- 3) 동해증층수의 염분최소치는 월에 따라 변화한다. 이는 증층수가 동해 남서해역에서 정체되어 있지않고 계속적으로 순환, 보충되고 있음을 의미한다.

LINE 105

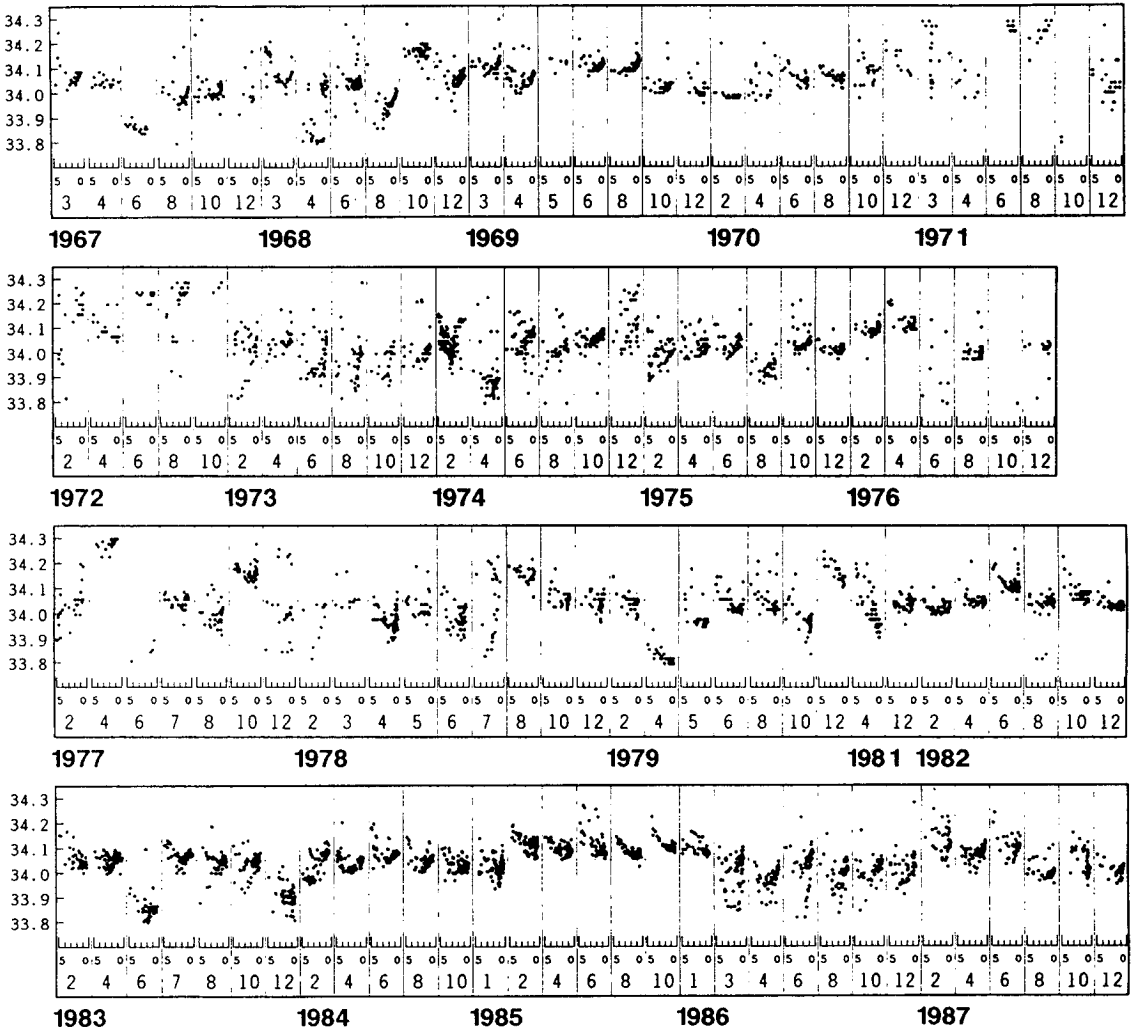


Fig. 13. Time sequences of temperature-salinity relationship for stations along  $37^{\circ} 33' N$  (105 line). Range of temperature and salinity is 0-5°C and 33.80-34.30‰. (from Kim, Lie and chu 1991 )



## REFERENCES

- 국립수산 진흥원, 1964. 한국해양 편람. 부산. pp.214.
- 김 구, 1991. 동해의 심층순환. '91 국내외 한국과학기술자 학술회의 하계 심포지움, 별채. pp.7.
- 한상복, 1988. 동해의 기원과 그 크기. 현대해양, 20 (10) 118-121.
- Akagawa, M., 1954. On the oceanographical conditions of the north Japan Sea (west off the Tsugaru Straits) in summer. Jour. Oceanogr. Soc. Japan, 10 (4):189-199.
- Fukuoka, J., 1965. Hydrography of the adjacent sea (1) - The circulation in the Japan Sea. J. Oceanogr. Soc. Japan, 21:95-102.
- Gong, Y. and C.G. Park, 1969. On the oceanographical character of the low temperature region in the eastern sea of Korea. Bull. Fish. Res. Dev. Agency, Korea, 4: 69-91.
- Kim, C.H., H.-J. Lie and K.-S. Chu, 1991. On the intermediate water in the southwestern East Sea (Sea of Japan). In: Oceanography of Asian Sea, K. Takano (editor), Elsevier Science Publishers, Amsterdam, 129-141.
- Kim, K. and J.Y. Chung, 1984. On the salinity-minimum layer and dissolved oxygen-maximum layer in the East Sea (Sea of Japan). In: Ocean Hydrodynamics of the Japan and East China Sea, T. Ichiye (editor), Elsevier, Amsterdam, pp. 55-65.
- KORDI, 1988. Study on the development of forecasting techniques for fishing and oceanographic conditions (III)- Relationships between formation of fishing grounds for pacific Saury and physical oceanography in the southwestern East Sea-Report to Ministry of Science and Technology, BSPG 00065-199-1, pp.261

- Maizuru Marine Observatory, 1985. Climatology of hydrographic and chemical properties of the Japan Sea. pp. 51.
- Miyazaki, M., 1953. On the water masses of the Japan Sea. Bull. Hokkaido Reg. Fish. Res. Lab., 7, 1-65.
- Miyazaki, M. and S. Abe, 1960. On the water masses in the Tsushima Current area. Jour. Oceanogr. Soc. Japan, 16(2): 59-68.
- Moriyasu, S., 1972. The Tsushima Current. In: Kuroshio, its physical aspects, H. Stommel and K. Yoshida (Editor), Univ. of Tokyo, pp. 353-369.
- Nitani, H., 1972. On the deep and the bottom waters in the Japan Sea. In: Researches in hydrography and Oceanography, D. Shoji, editor, Hydrographic Department of Japan, Tokyo, 151-201.
- Shuto, K. 1981. A review of sea conditions in the Japan Sea (I) Umi to sora, 57 (2-3): 93-105.
- Uda, M., 1934. Results of simultaneous oceanographic investigations in the Japan Sea and its adjacent waters during May and June, 1932. Jour. Imp. Fish. Exp. Station, 5: 57-190.
- Yasui, M., T. Yasuoka, K. Tanioka and O. Shiota, 1967. Oceanographic studies of the Japan Sea(I). Oceanogr. Mag., 19(2): 177-192.