

BSPE 00195-362-1

대한해협 서수도의 수리학적 연구

Hydraulic Study of the Korea Strait (Western Channel)

1991. 6.

한국해양연구소

## 제 출 문

한국해양연구소장 귀하

본 보고서를 “ 대한해협 서수도의 수리학적 연구 ” 사업의 최종 보고서로 제출합니다.

1991 년 6 월

한국해양연구소

연구책임자 : 김철호 ( 연안물리연구실 )

연구조원 : 이대하 ( ” )

# 요 약 문

## I 제 목

대한해협 서수도의 수리학적 연구

## II 연구개발의 목적 및 중요성

대한해협에서 관측된 해류자료와 해수물성자료를 고찰함으로써 서수도의 해류특성을 파악하고, 간단한 분석모델을 적용하여 서수도의 수리학적 특성을 연구한다.

## III 연구개발의 내용 및 범위

1. 기존 해류자료를 종합하여 서수도의 종간적 해류특성을 기술함.
2. 서수도의 해황의 특성을 고찰하고 지형류 계산에 근거하여 해류분포를 파악함.
3. 1층 분석 모델을 적용하여 수심과 폭의 변화에 따른 흐름의 수리적 특성을 고찰함.

## IV 연구개발 및 활용에 대한 건의

1. 서수도의 기본적 해류구조를 규명하기 위해서는 축적된 기존 정밀관측자료의 계속적인 분석이 요구 됨.
2. 서수도의 밀도성층을 고려할 수 있는 2층 모델의 적용이 요망됨.

# SUMMARY

## I. Title

Hydraulic study of the Korea Strait (Western Channel)

## II. Objectives and significance of the study

1. Investigation on the characteristics of flow pattern in the Western Channel by using the historical hydrographic data and mean current data.
2. Studying the effect of geometric variation to the flow in the Western Channel.

## III. Contents

1. Description of synoptic current distribution in the Western Channel.
2. Consideration of oceanic condition, geostrophic current and volume transport through the Western Channel.
3. Application of one layer channel model which deals with geometric effects on the flow.

## IV. Suggestion

1. To know the basic flow pattern in the Western Channel which may vary seasonally it needs continual analysis of historical hydrographic data.
2. Application of two layer model is suggested to see the effects of stratification in the Western Channel.

# 목 차

요약문	3
영문 요약문	4
그림목차	9
표목차	15
제 1 장 서론	17
제 2 장 서수도의 평균해류 분포	21
제 3 장 서수도의 해황과 해수 유동	26
제 1 절 해황 특성	26
제 2 절 서수도의 지형류적 고찰	27
1. 지형류	44
2. 수송량	51
제 4 장 1층 해협모델의 적용	59
제 1 절 해협의 모델화	59
제 2 절 모델 해협의 흐름	63
제 5 장 토의 및 결론	74
참고 문헌	76

# CONTENTS

Summary	4
List of Figures	11
List of Tables	16
Chapter I. Introduction	17
Chapter II. Distribution of mean current in the Western Channel	21
Chapter III. Oceanic condition and current in the Western Channel	26
Section 1. Characteristics of oceanic condition	26
Section 2. Geostrophic considerations on the flow in the Western Channel	27
1. Geostrophic current	44
2. Transport	51
Chapter IV. Application of one-layer model	59
Section 1. Modelisation of the channel	59
section 2. Flow of the model channel	63

Chapter V. Discussion and conclusion ————— 74

Reference ————— 76





## 그림 목차

그림 1. 대한해협 의 해저 지형도. _____	18
그림 2. 서수도의 지형단면도. _____	19
그림 3. 대한해협 서수도 주변의 평균해류 벡터 _____ (a) 표층, (b) 아표층, (c) 중층, (d) 저층.	22
그림 4. 1972년 5월과 8월, 9월에 수로국에서 관측한 해양 관측점 위치도. _____	28
그림 5. 1972년 5월 3-5일에 관측한 수온과 염분, 밀도의 수직분포도 _____ (a) 206 단면, (b) 207B 단면, (c) 207A 단면, (d) 207 단면.	29
그림 6. 1972년 5월 28-30일에 관측한 수온과 염분, 밀도의 수직분포도 _____ (a) 206 단면, (b) 207B 단면, (c) 207A 단면, (d) 207 단면.	33
그림 7. 1972년 8월 15-16일에 관측한 수온과 염분, 밀도의 수직분포도 _____ (a) 206 단면, (b) 207B 단면, (c) 207A 단면, (d) 207 단면.	37
그림 8. 1972년 9월 10-11일에 관측한 수온과 염분, 밀도의 수직분포도 _____ (a) 207B 단면, (b) 207A 단면, (c) 207 단면.	41
그림 9. 1972년 5월 3-5일의 50 m층 밀도 분포와 해수유동. _____	45
그림 10. 1972년 5월 3-5일의 각 단면의 속도 분포 (a) 206 단면, (b) 207B 단면, (c) 207A 단면, (d) 207 단면. _____	45
그림 11. 1972년 5월 28-30일의 50 m층 밀도 분포와 해수유동. _____	47
그림 12. 1972년 5월 28-30일의 각 단면의 속도 분포 _____ (a) 206 단면, (b) 207B 단면, (c) 207A 단면, (d) 207 단면.	47
그림 13. 1972년 8월 15-16일의 50 m층 밀도 분포와 해수유동. _____	49
그림 14. 1972년 8월 15-16일의 각 단면의 속도 분포 _____ (a) 206 단면, (b) 207B 단면, (c) 207A 단면, (d) 207 단면.	49
그림 15. 1972년 9월 10-11일의 50 m층 밀도 분포와 해수유동. _____	52

그림 16. 1972년 9월 10-11일의 각 단면의 속도 분포	52
(a) 207B 단면, (b) 207A 단면, (c) 207단면.	
그림 17. 1972년 5월 3-5일의 서수도 각단면의 수송량.	55
그림 18. 1972년 5월 28-30일의 서수도 각단면의 수송량.	56
그림 19. 1972년 8월 15-16일의 서수도 각단면의 수송량.	57
그림 20. 1972년 9월 10-11일의 서수도 각단면의 수송량.	58
그림 21. (a) 서수도의 폭과 단면적의 단면별 변화와 (b) 모델 해협의 좌표계.	62
그림 22. (a) 무차원 수심 D의 폭에 따른 변화와 (b)-(i) 모델 해협	
해면변화와 유속 ( $Q=0.3 \text{ Sv}$ , $\bar{\psi}_i=-0.5$ , $\Delta=-30 \text{ m}$ ).	66
그림 23. 모델해협	
의 각 단면별 해면변화와 유속 ( $Q=1.0 \text{ Sv}$ , $\bar{\psi}_i=-0.5$ , $\Delta=-30 \text{ m}$ ).	68
그림 24. 모델해협	
의 각 단면별 해면변화와 유속 ( $Q=0.3 \text{ Sv}$ , $\bar{\psi}_i=-0.5$ , $\Delta=-15 \text{ m}$ ).	69
그림 25. 모델해협	
의 각 단면별 해면변화와 유속 ( $Q=1.0 \text{ Sv}$ , $\bar{\psi}_i=-0.5$ , $\Delta=-15 \text{ m}$ ).	70
그림 26. 모델해협	
의 각 단면별 해면변화와 유속 ( $Q=0.3 \text{ Sv}$ , $\bar{\psi}_i=-0.5$ , $\Delta=0 \text{ m}$ ).	71
그림 27. 모델해협	
의 각 단면별 해면변화와 유속 ( $Q=2.0 \text{ Sv}$ , $\bar{\psi}_i=-0.5$ , $\Delta=0 \text{ m}$ ).	72
그림 28. 모델해협	
의 각 단면별 해면변화와 유속 ( $Q=0.3 \text{ Sv}$ , $\bar{\psi}_i=-0.5$ , $\Delta=15 \text{ m}$ ).	73

## List of Figures

- Fig. 1. Bottom topography of the Korea Strait \_\_\_\_\_ 18  
(P:Pusan, U:Ulsan, K:Keoje Is., T:Tsushima Is.).
- Fig. 2. Sectional profile of bottom topography of the Korea Strait. \_\_\_\_\_ 19
- Fig. 3. Current vectors near the Western Channel of the Korea Strait \_\_\_\_\_ 22  
(a) surface layer (0-20m), (b) sub-surface layer (20-50m),  
(c) mid-depth layer (50-100m), (d) bottom layer (100-200m)
- Fig. 4. Locations of hydrographic stations occupied in May, August and  
September 1972 by the Hydrographic Office of Korea. \_\_\_\_\_ 28
- Fig. 5. Vertical distributions of temperature, salinity and density \_\_\_\_\_ 29  
(sigma-t) observed in May 3-5, 1972 along line (a) 206,  
(b) 207B, (c) 207A and (d) 207.
- Fig. 6. Vertical distributions of temperature, salinity and density \_\_\_\_\_ 33  
(sigma-t) observed in May 28-30, 1972 along line (a) 206,  
(b) 207B, (c) 207A and (d) 207.
- Fig. 7. Vertical distributions of temperature, salinity and density \_\_\_\_\_ 37  
(sigma-t) observed in August 15-16, 1972 along line (a) 206,  
(b) 207B, (c) 207A and (d) 207.
- Fig. 8. Vertical distributions of temperature, salinity and density \_\_\_\_\_ 41  
(sigma-t) observed in September 10-11, 1972 along line (a) 207B,  
(b) 207A and (c) 207.
- Fig. 9. Sigma-t distribution and flow pattern at 50 m layer \_\_\_\_\_ 45  
in May 3-5, 1972.
- Fig. 10. Geostrophic current on section (a) 206, (b) 207B, (c) 207A and  
(d) 207 in May 3-5, 1972. \_\_\_\_\_ 45

Fig. 11. Sigma-t distribution and flow pattern at 50 m layer in May 28-30, 1972. _____	47
Fig. 12. Geostrophic current on section (a) 206, (b) 207B, (c) 207A and (d) 207 in May 28-30, 1972. _____	47
Fig. 13. Sigma-t distribution and flow pattern at 50 m layer in August 15-16, 1972. _____	49
Fig. 14. Geostrophic current on section (a) 206, (b) 207B, (c) 207A and (d) 207 in August 15-16, 1972. _____	49
Fig. 15. Sigma-t distribution and flow pattern at 50 m layer in September 10-11, 1972. _____	52
Fig. 16. Geostrophic current on section (a) 207B, (b) 207A and (c) 207 in September 10-11, 1972. _____	52
Fig. 17. Volume transport at each section in the Western Channel of the Korea Strait in May 3-5, 1972. _____	55
Fig. 18. Volume transport at each section in the Western Channel of the Korea Strait in May 28-30, 1972. _____	56
Fig. 19. Volume transport at each section in the Western Channel of the Korea Strait in August 15-16, 1972. _____	57
Fig. 20. Volume transport at each section in the Western Channel of the Korea Strait in September 10-11, 1972. _____	58
Fig. 21. (a) Variation of the width and area of each section crossing the Western Channel. Width of the model channel is approximated as a linear equation of $y$ . (b) Plan view and (c) along-stream section of the model. _____	62
Fig. 22. (a) Variation of the non-dimensional water depth $D$ on geometric parameter $t$ (which is hyperbolic tangent of the width). (b)-(i) Surface elevation and velocity at each section in the model strait for the case $Q=0.3$ Sv, $\Psi_i=-0.5$ and $\Delta=-30$ m. _____	66

- Fig. 23. Surface elevation and velocity at each section in the Western Channel for the case  $Q=1.0$  Sv,  $\Psi_i=-0.5$  and  $\Delta=-30$  m. ————— 68
- Fig. 24. Surface elevation and velocity at each section in the Western Channel for the case  $Q=0.3$  Sv,  $\Psi_i=-0.5$  and  $\Delta=-15$  m. ————— 69
- Fig. 25. Surface elevation and velocity at each section in the Western Channel for the case  $Q=1.0$  Sv,  $\Psi_i=-0.5$  and  $\Delta=-15$  m. ————— 70
- Fig. 26. Surface elevation and velocity at each section in the Western Channel for the case  $Q=0.3$  Sv,  $\Psi_i=-0.5$  and  $\Delta=0$  m. ————— 71
- Fig. 27. Surface elevation and velocity at each section in the Western Channel for the case  $Q=2.0$  Sv,  $\Psi_i=-0.5$  and  $\Delta=0$  m. ————— 72
- Fig. 28. Surface elevation and velocity at each section in the Western Channel for the case  $Q=0.3$  Sv,  $\Psi_i=-0.5$  and  $\Delta=15$ m. ————— 73



## 표목차

표 1. 서수도를 횡단하는 각 단면의 폭과 단면적 및 평균수심. —————	20
표 2. 서수도 각 단면의 수송량. —————	54

## List of Tables

Table 1. Width, area and mean depth of each section in the Western Channel of the Korea Strait. _____	20
Table 2. Volume transport at each section in the Western Channel of the Korea Strait. _____	54



# 제 1 장 서 론

대한해협은 황해, 동지나해 및 남해의 해수가 수렴되어 동해로 유입하는 통로가 되는 해역이다. 대한해협에는 적어도 4개 이상 (황해냉수, 한국 연안 및 중국대륙 연안수, 대마 난류수, 장강 하천 희석수)의 주요 수괴가 상존하며 시.공간적으로 복잡한 변동을 보이는 것으로 알려져 있다 (Lie, 1984 ; Byun and Chang, 1988). 이와 같이 다양한 수괴들이 상대적으로 좁은 대한해협을 통과하여 동해로 향하는 동안 수괴 상호간에는 혼합이 일어나기도 하며 열염 전선이 형성되어 흐름의 형태에는 상당한 변화를 가져오게 된다. 한편, 대한해협 서수도는 등심선이 대체로 해안에 평행한 남서 - 북동 방향이며, 서수도 남단에서 북단으로 갈수록 폭은 좁아지고 수심은 다소 증가하고 있는데, 이러한 지형적 변화는 서수도 부근의 흐름에 어떠한 영향을 미칠까 하는 흥미있는 문제를 제기한다.

서수도의 수심분포를 좀더 면밀히 살펴보면, 대마도 서쪽 연안을 따라 깊이 150 - 200 m의 깊은 골이 형성되어 있고 이 골을 중심으로 한국 연안측은 경사가 완만하며 대마도 쪽으로는 경사가 비교적 급하다 (그림 1). 등심선을 가로지르는 방향으로 9개의 단면 (그림 1의 단면 A, B, C, D, E, F, G, H, I)을 선정하여 각 단면의 지형 및 일부 단면의 폭과 단면적, 평균수심을 그림 2와 표 1에 보였다. 거제도 남단과 대마도 남단을 잇는 H 단면의 해면상의 직선거리는 약 87 km, 면적은 약 8.0 km<sup>2</sup>인데 비해 북쪽 단면으로 갈수록 평균수심이 깊어지고 폭과 단면적은 점차 좁아진다. 부산 - 대마도 북단을 잇는 C 단면에 이르면 폭은 약 50 km, 단면적은 약 5.7 km<sup>2</sup>가 된다. 이것은 H 단면에 비해 폭은 약 0.4배, 단면적은 약 0.3배 감소된 값이다.

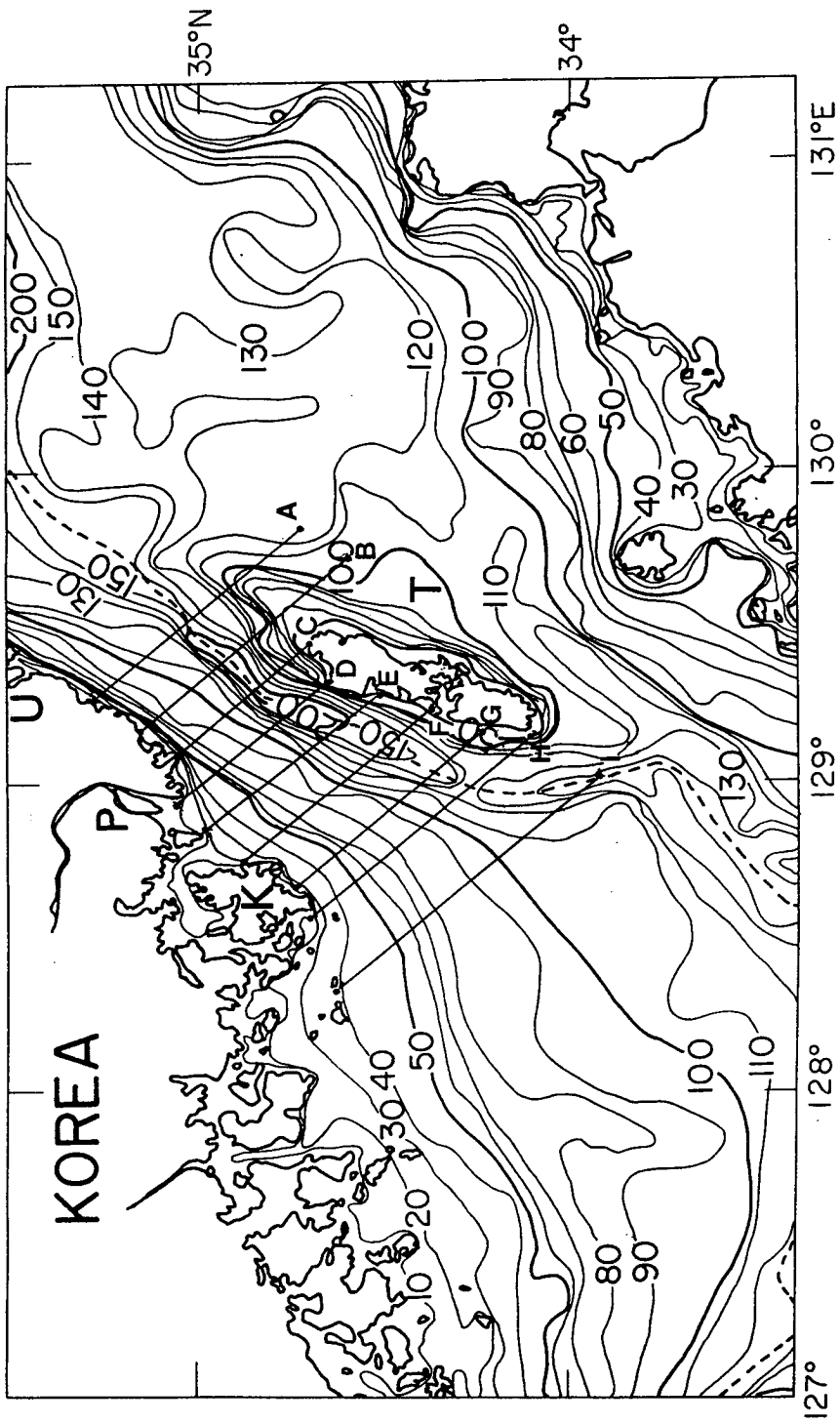


Fig. 1. Bottom topography of the Korea Strait (P:Pusan, U:Ulsan, K:Keoje Is., T:Tsushima Is.).

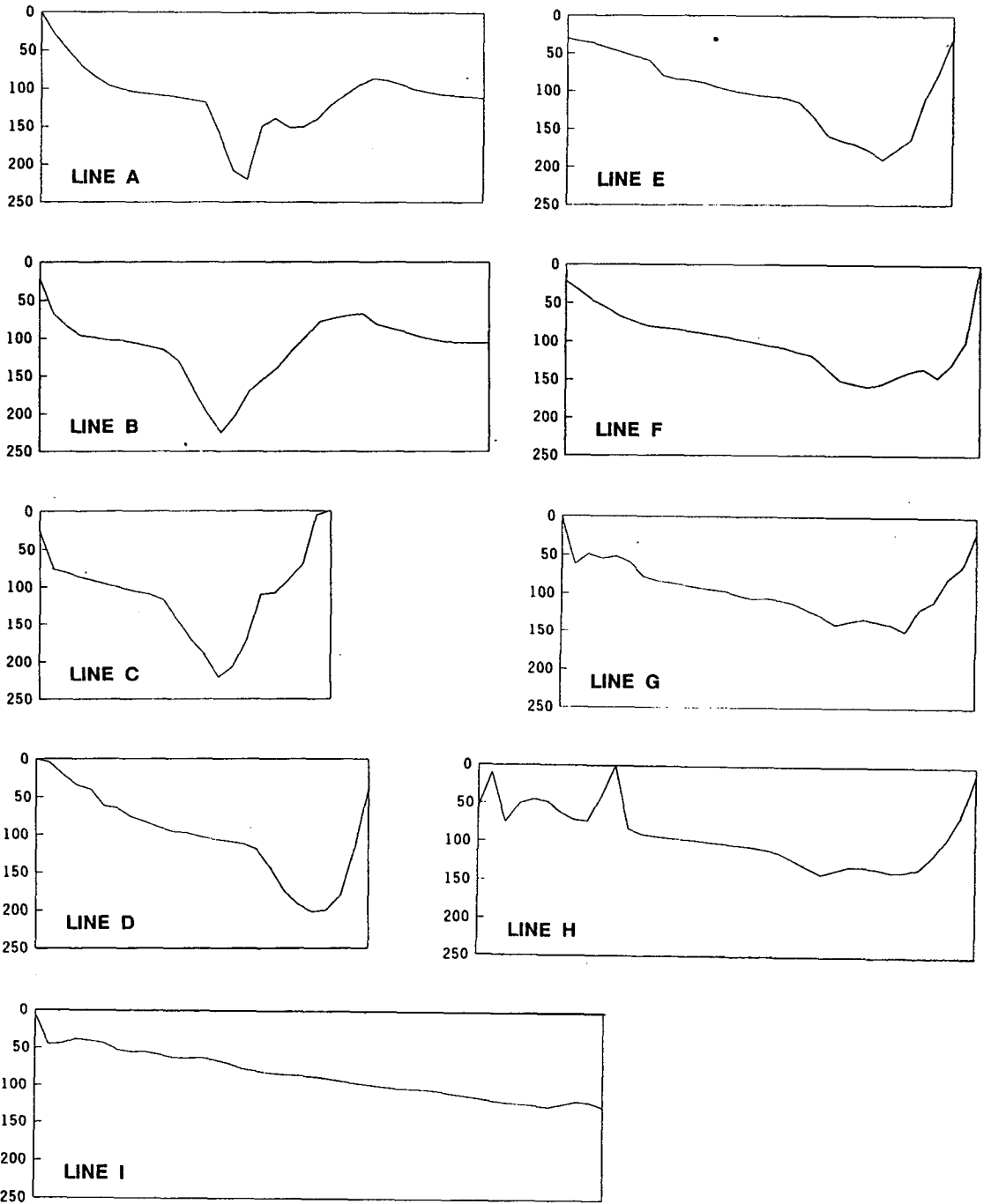


Fig. 2. Sectional profile of bottom topography of the Korea Strait.

Table 1. Width, area and mean depth of each section in the Western Channel of the Korea Strait.

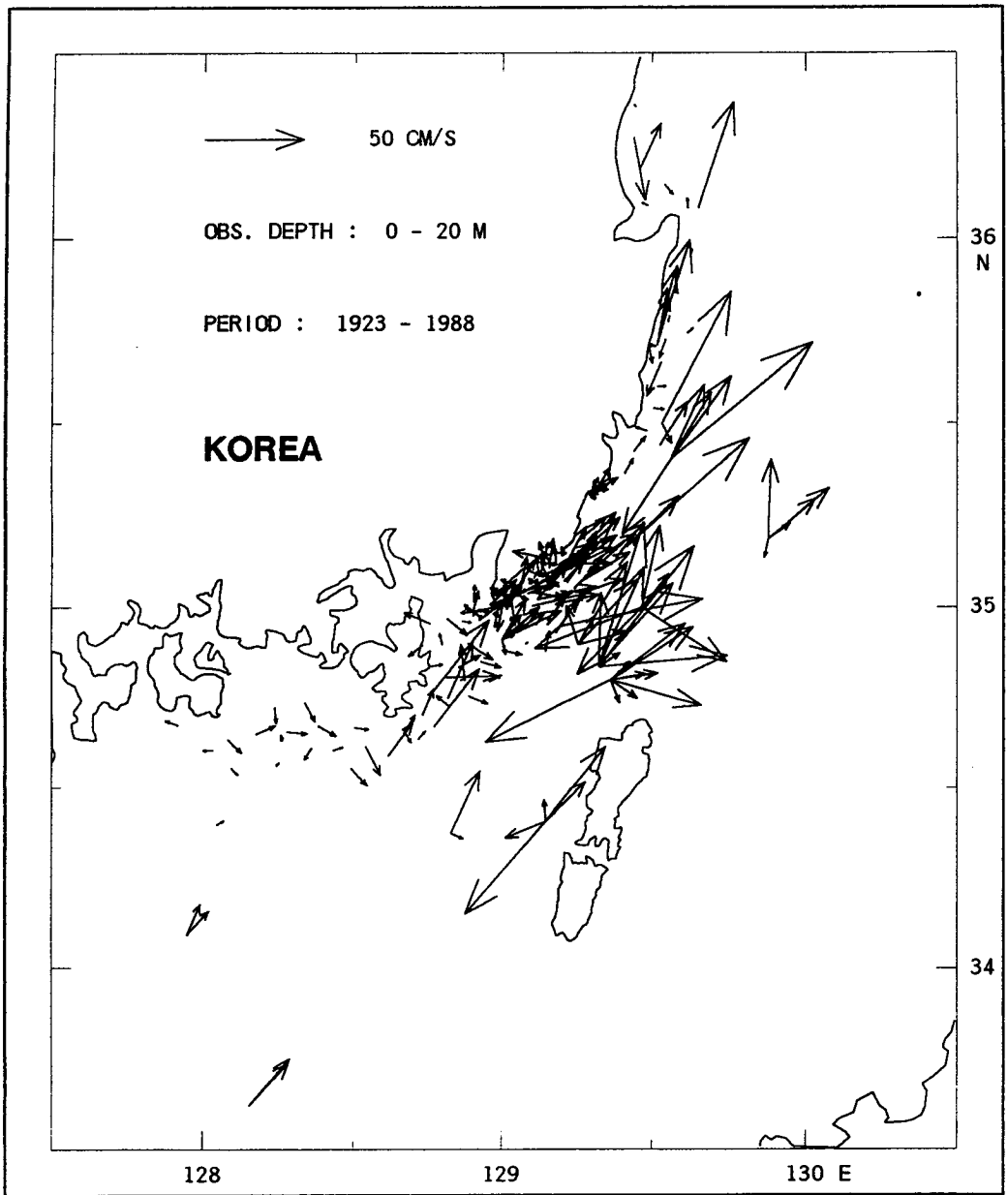
단면	양단의 위치		단면거리 (Km) (수심 0m 기준)	단 면 적 (Km <sup>2</sup> )	평균 수심 (m)
	한 국	대 마 도			
C	35° 03' 129° 06'	34° 42' 129° 27'	50.3	5.667	113
D	35° 03' 128° 55'	34° 38' 129° 20'	59.9	5.945	99
E	34° 59' 128° 50'	34° 31' 129° 18'	67.2	6.968	104
F	34° 52' 128° 45'	34° 22' 129° 15'	72.0	7.435	103
G	34° 44' 128° 41'	34° 14' 129° 11'	72.0	6.983	97
H	34° 42' 128° 34'	34° 06' 129° 10'	86.5	7.956	92

## 제 2 장 서수도의 평균해류 분포

그림 3은 1923년부터 1988년까지 대한해협 서수도 주변에서 관측된 평균해류를 계절을 구분하지 않고 수심별로 나누어 나타낸 것이다. 자료는 전체의 90 % 정도가 25 시간 관측에 의한 일평균 해류이며 일부 관측점에서 1주일 이상 장기간 관측된 자료도 포함되어 있다. 자료의 관측위치, 기간 및 관측 시행기관등은 김(1990)에서 상세히 보고하였다.

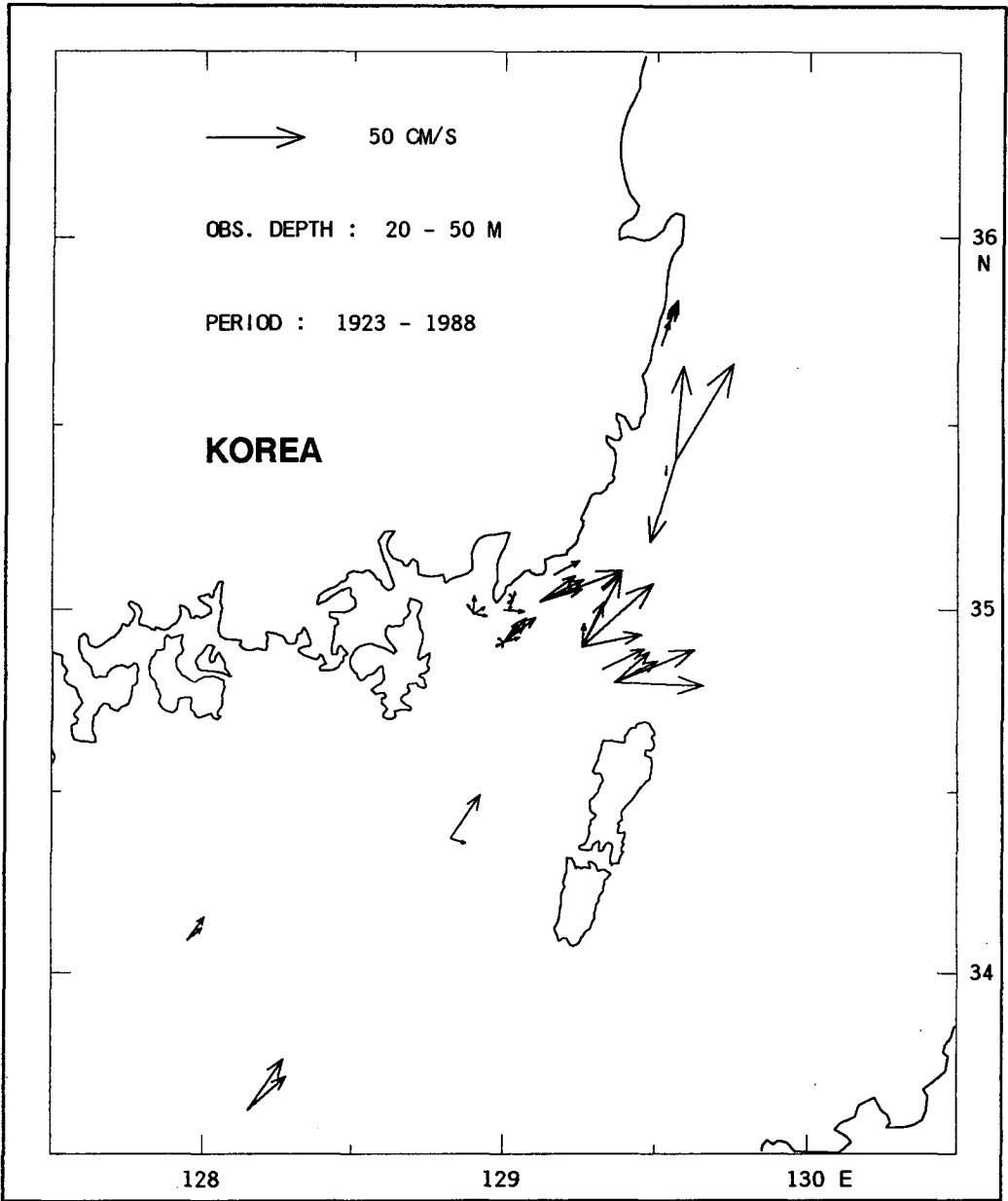
표층 (0 - 20 m 층) 해류는 거제도에서 부산에 이르기까지 한국 연안측에서 대체로 10 cm/s 미만의 유속으로 동진 또는 북동진하며 울산이북의 일부 관측점에서는 연안을 따라 남하하는 흐름도 있다 (그림 3a). 그러나 거제도에서 울산에 이르는 외해역에서는 연안해역에 비해 유속이 상당히 증가하여 20 - 50 cm/s에 달하며 일부 관측점에서는 최대 80 cm/s 이상을 나타내기도 한다. 해류의 방향은 외해에서 전체적으로 북북동 - 동북동 방향인데 대마도 북쪽과 서쪽의 일부 관측점에서 예외적으로 50 cm/s 이상의 강한 남서향류가 있음을 볼수있다. 이러한 해류분포가 대마난류의 와동에 의한 것인지, 조류성분이 포함된 때문인지 혹은 그밖의 다른 원인에 의한 것인지는 정확히 알 수 없다. 그러나 자료의 관측 기간이 불과 1일에 지나지 않기 때문에 주변의 해류 분포와 종합하여 살펴볼 때 그 관측해역에 남향류가 지속적으로 존재한다고 보기는 어렵다.

20 - 50 m 층의 해류분포 (그림 3b)와 50 m 이심층의 해류분포 (그림 3c, 3d)에서도 해류방향은 표층과 비슷하게 전체적으로 등심선에 평행한 북북동내지 동북동 방향인데 세기는 표층보다 약하다. 앞서 언급한 대마도 북방과 서방의 남서향류가 중층과 저층에서도 관측됐다. 그림 3c의 울산 연안에 가장 인접한 관측점에서 보이는 남향류는 Nishida (1927)에 의한 해류관측 결과로서 대한해협 저층냉수의 남하현상을 관측한 것인데 1925년 6월에 수심 85 m에서 5 cm/s의, 1926년 8월에는 수심 50 m와 85 m에서 18 cm/s와 15 cm/s의 유속을 각각 얻었다.



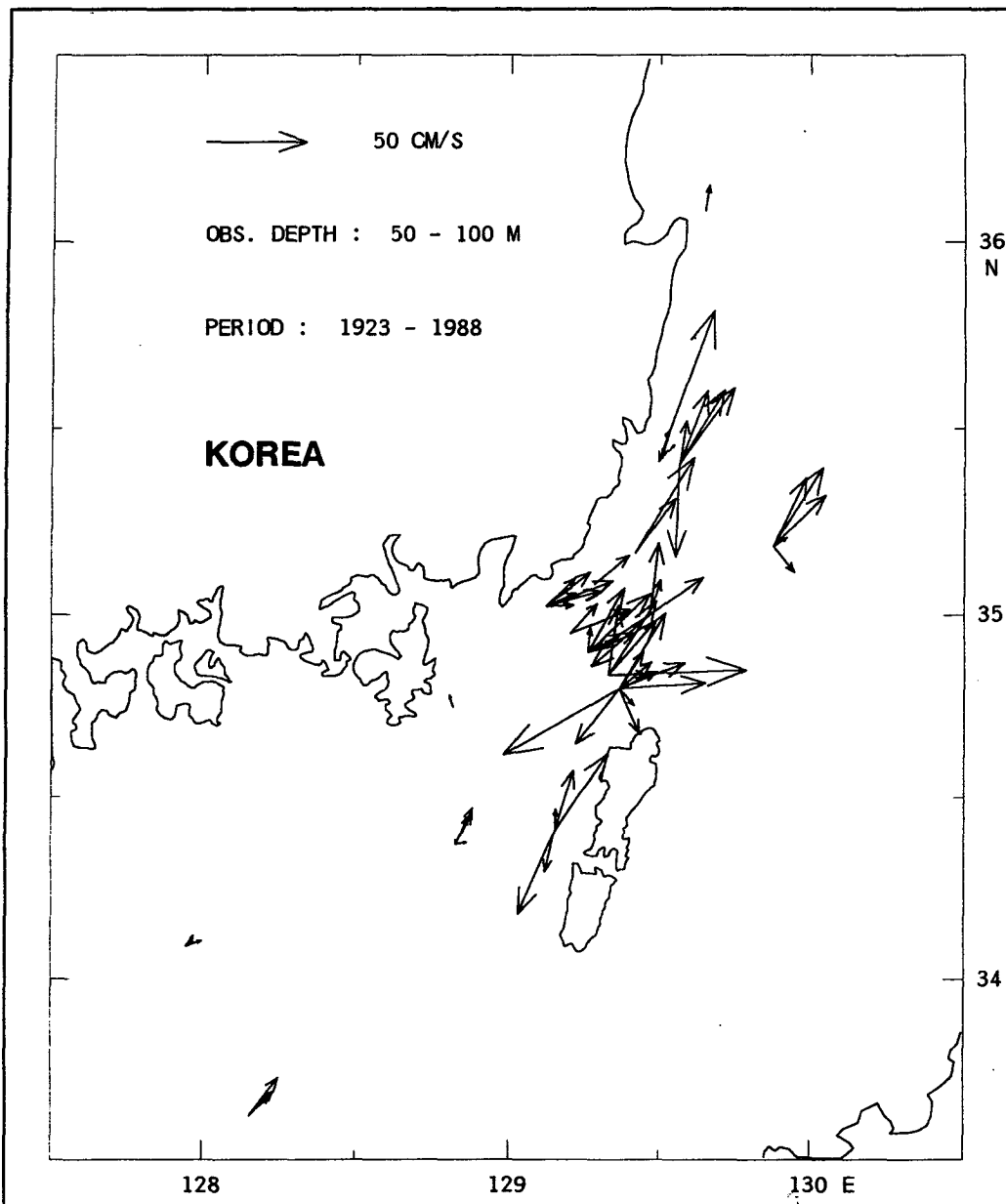
(a)

**Fig. 3. Current vectors near the Western Channel of the Korea Strait**  
 (a) surface layer (0-20m), (b) sub-surface layer (20-50m),  
 (c) mid-depth layer (50-100m), (d) bottom layer (100-200m)



(b)

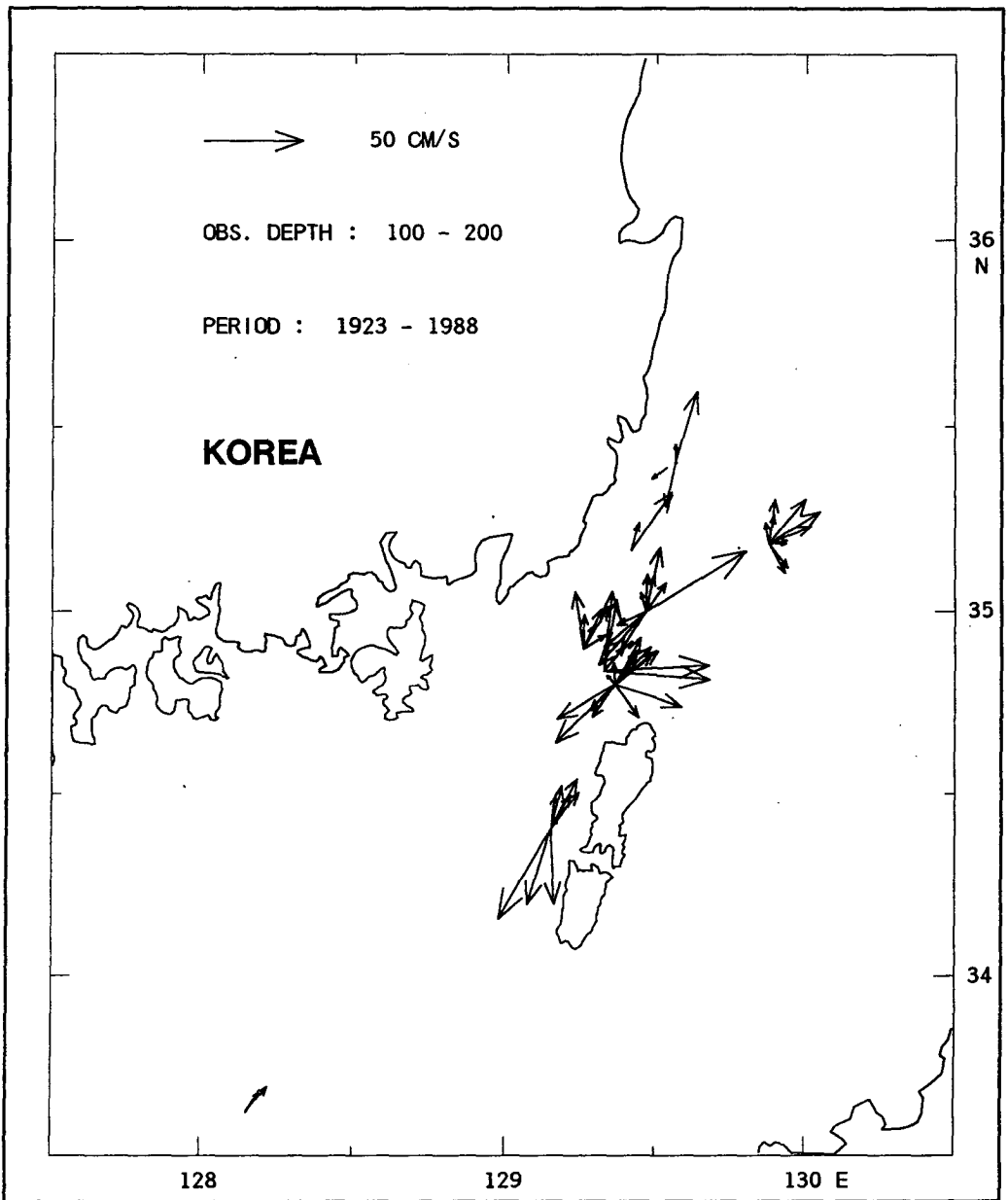
Fig. 3. (Continued)



(c)

Fig. 3. (Continued)





(d)

Fig. 3. (Continued)

# 제 3 장 서수도의 해황과 해수 이동

## 제 1 절 해황 특성

서수도의 해황을 파악하기 위하여 부산 - 거제 연안과 대마도간의 해역에서 비교적 조밀하게 관측된 해양관측 자료를 이용하였다. 그림 4는 1972년 5월 3일-5일에 수로국에서 실시한 해양 관측점이다. 관측점 1 - 5의 위치는 국립수산진흥원의 207선의 관측점과 거의 일치하며 관측점 20 - 16은 206선의 관측점과 일치하므로 편의상 관측점 1 - 5를 잇는 선부터 207선, 207A선, 207B선, 206선이라 부르도록 한다. 1972년에는 그림 4와 거의 동일한 관측점에서 5월 초 외에도 5월 하순과 8월, 9월에 각각 해양관측이 이루어졌다. 다음에 각 기간별로 서수도 해황을 살펴보도록 한다.

### 1. 1972년 5월 3 - 5일 ( 그림 5 )

206 단면 (그림 5a)은 대마난류가 서수도로 유입하는 입구에 해당되는 단면이다. 5월 초의 수온은 14 -16 °C, 염분은 거제도 연안에서 34.10 - 34.30 ‰, 대마도측에서 34.50 -34.55 ‰을 나타내며 밀도 ( $\sigma_t$ )는 25.4 - 25.9 정도로 균질하다. 207B 단면 (그림 5b)과 207A 단면 (그림 5c) 및 207 단면 (그림 5d) 모두 206 단면과 비교하여 수온, 염분, 밀도의 분포범위에 있어서 크게 다르지 않으나 관측점 1과 10, 11의 0 - 20 m층에 34.00 ‰ 이하의 저염분수가 존재하는 것이 특징이다. 이 저염분수의 수평규모는 207A 단면에서 가장 크며, 염분도 관측점 10의 표층에서 가장 낮은 것으로 보아 낙동강 하류역으로부터 유입되는 하천수에서 기원하는 것으로 보인다.

### 2. 1972년 5월 28-30일 ( 그림 6 )

206 단면의 수온은 표층에서 18 °C, 저층에서 14.5 °C 정도로서 5월 초에 비해 표층은 전 단면에서 2 °C 정도 더 높아졌다 (그림 6a). 이것은 하계로 진행하면서 태양열의 유입이 증가했기 때문이다. 염분은 거제도 연안에서 34.10 - 34.20 ‰, 대마도측에서 34.60 - 34.65 ‰ 정도의 분포를 나타낸다. 밀도는 25.0 - 25.8로서 비교적 수

직적으로 균질하다. 등온선과 등밀도선이 거의 수평방향에 가까와 이 단면에서 유속이 미약한 것을 알수 있다. 207A 단면과 207 단면에는 206 단면 및 207B 단면과 달리 저층에 냉수가 존재하고 있다. 그 결과 207 단면의 밀도는 25.0 - 27.0으로 비교적 성층화된 구조를 보인다 (그림 6d).

### 3. 1972년 8월 15-16일 ( 그림 7 )

8월에 206 단면의 해수는 대마난류 표층수와 대마난류 중층수의 특성을 가지는 수괴로 구성되었다 (Byun and Chang, 1988). 즉 표층에서 50 m 수심 사이에 수온이 20 - 28 °C, 염분이 32.20 - 34.00 ‰인 고온, 저염의 해수가 존재하며 그 밑에 수온과 염분이 각각 14-18 °C, 34.20 - 34.40 ‰인 비교적 중온, 고염의 해수가 존재하고 있다. 그러나 북쪽의 3개 단면 (그림 7b - 7d) 저층에는 모두 3-10 °C의 냉수가 유입되어있다. 이 저층냉수와 대마난류 중층수는 대략 10-14 °C에 형성된 수온전선과 Sigma-t 25.8 - 26.0에 형성된 밀도전선으로 경계지어진다.

### 4. 1972년 9월 10-11일 ( 그림 8 )

이 기간에 206선에서 일부 정점이 결측되었으므로 나머지 3개 단면만을 살펴본다. 낙동강 하구역에 해당하는 정점 1,10,11의 표층에 33.00 ‰ 이하의 저염의 물이 존재하며 이 저염수는 외해의 해수와 수직 및 수평방향의 염분전선으로 잘 구분되어진다. 이러한 연안 표층의 저염수를 제외하면 서수도는 전체적으로 8월의 해황과 유사하게 대마난류 표층수, 대마난류 중층수 및 저층냉수로 점유되어진다.

## 제 2 절 서수도의 지형류적 고찰

앞 절에서 고찰한 각 기간의 자료에 대해 관측 최대수심을 기준면으로 설정하여 지형류와 해수 수송량을 구하였다. 유속의 수직 분포도에서 긴 점선은 기준면을 나타낸다. 50m층의 수평 밀도분포에서 화살표는 역학적 고저도와 속도분포를 근거로 하여 흐름방향을 표시한 것이다. 다음에 각 기간별로 해수 유동을 고찰해 보도록 한다.

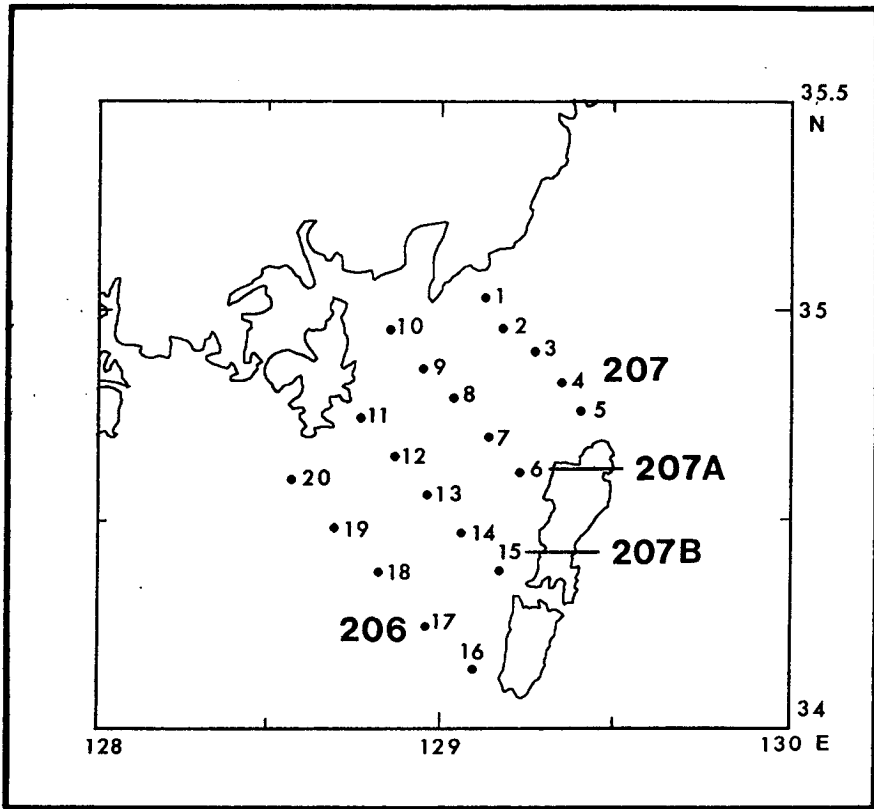
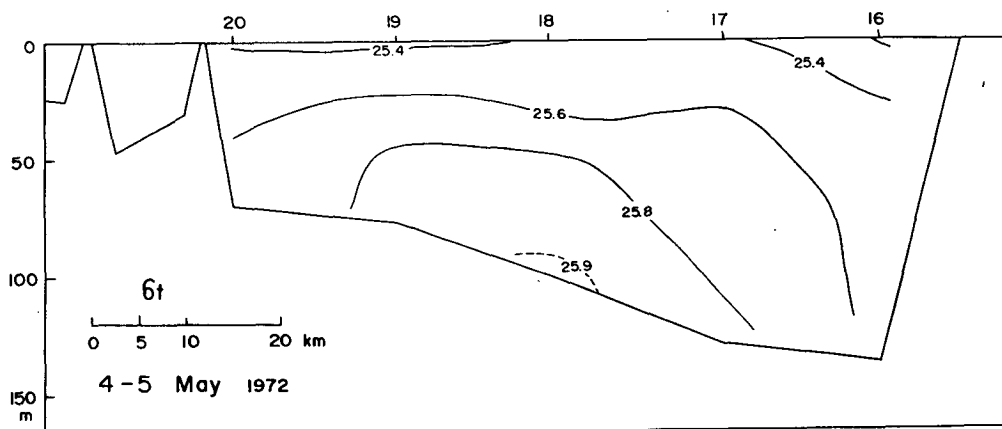
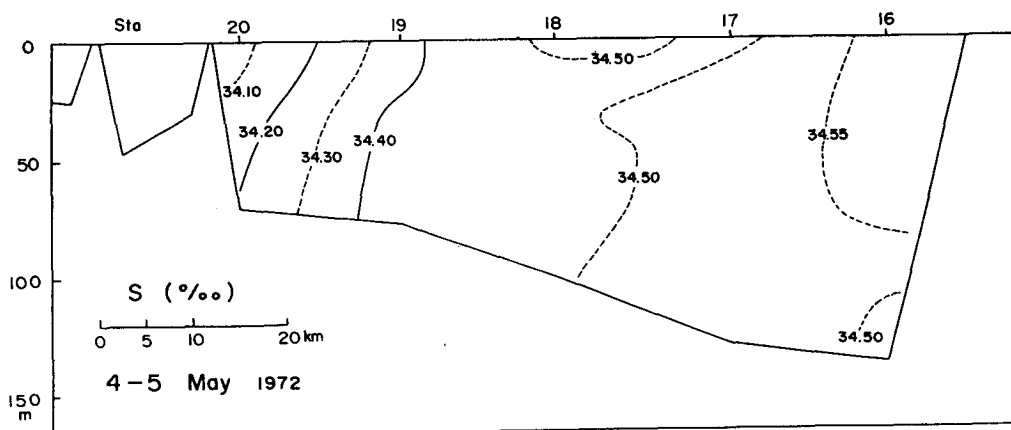
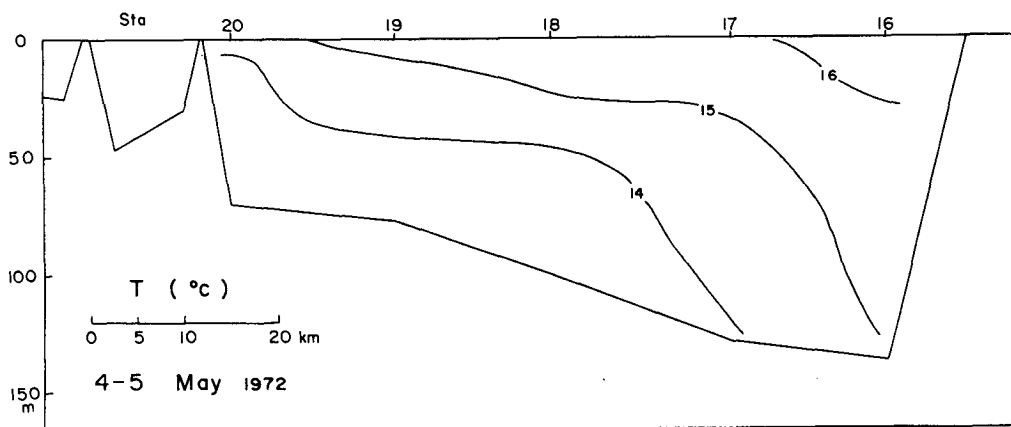
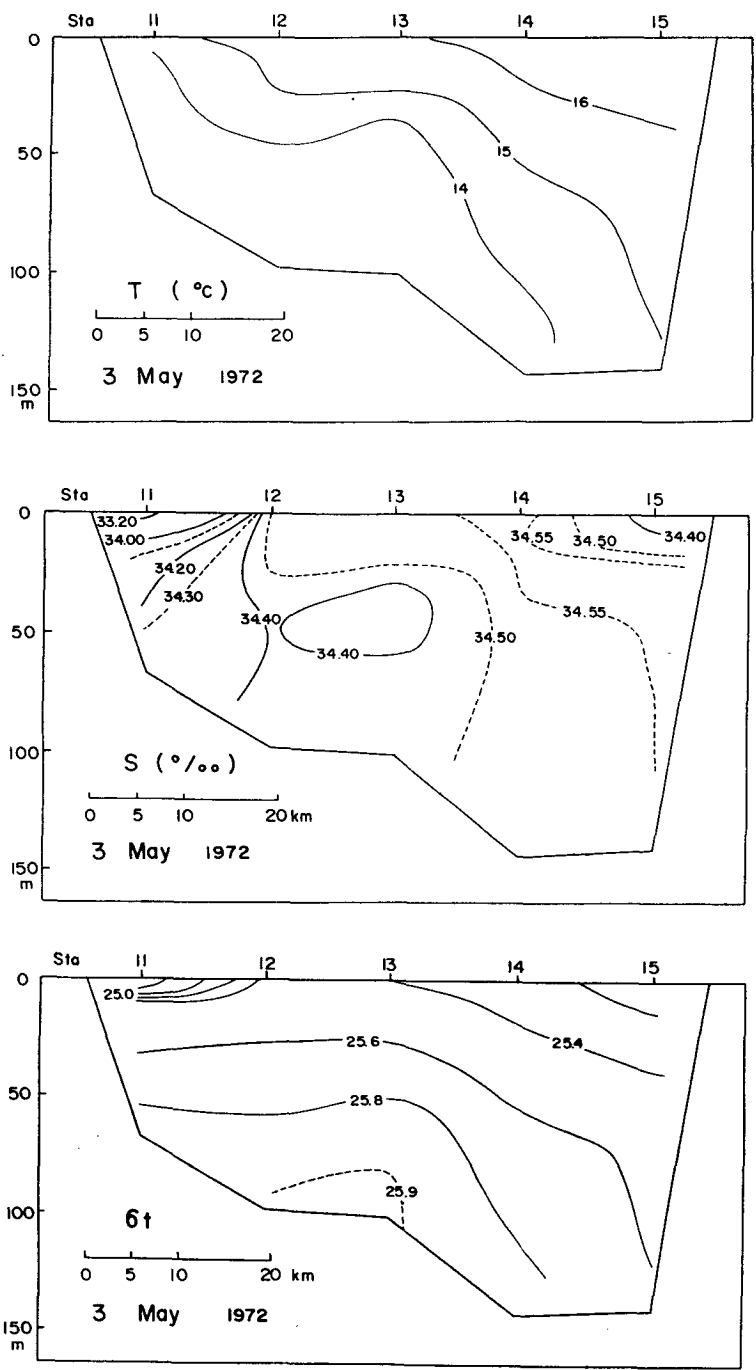


Fig. 4. Locations of hydrographic stations occupied in May, August and September 1972 by the Hydrographic Office of Korea.



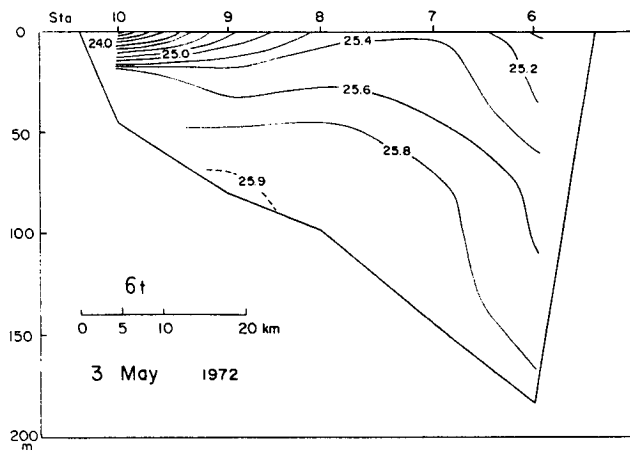
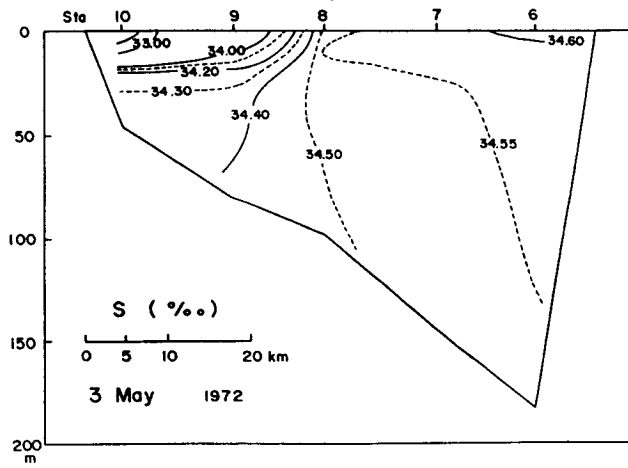
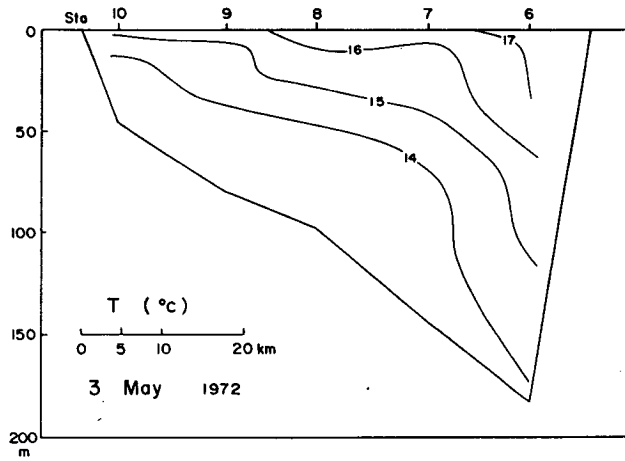
(a) 206 line

Fig. 5. Vertical distributions of temperature, salinity and density ( $\sigma_t$ ) observed in May 3-5, 1972 along line (a) 206, (b) 207B, (c) 207A and (d) 207.



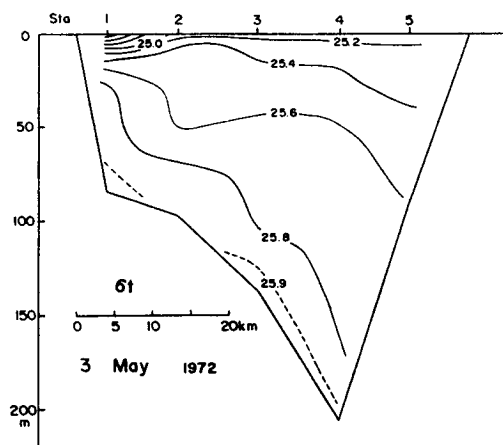
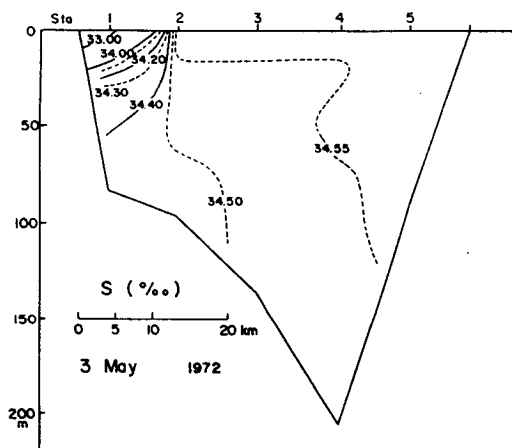
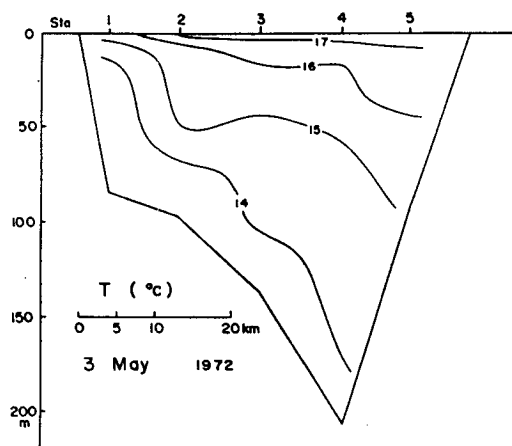
(b) 207B line

Fig. 5. (Continued)



(c) 207A line

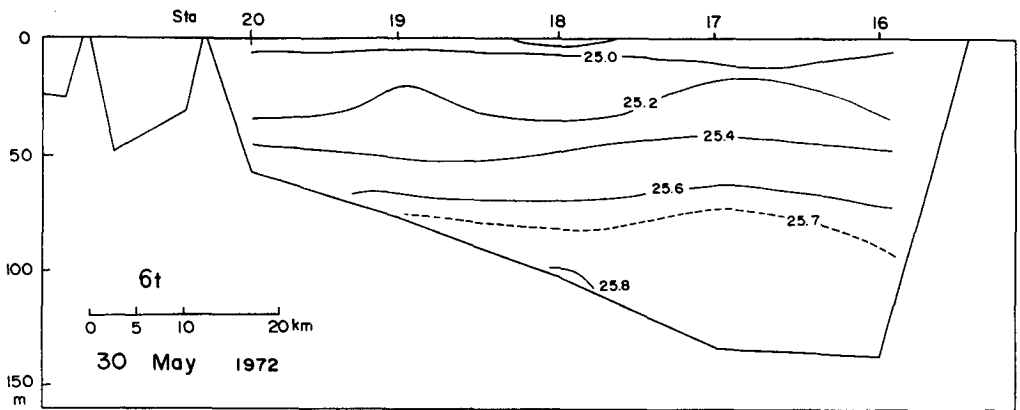
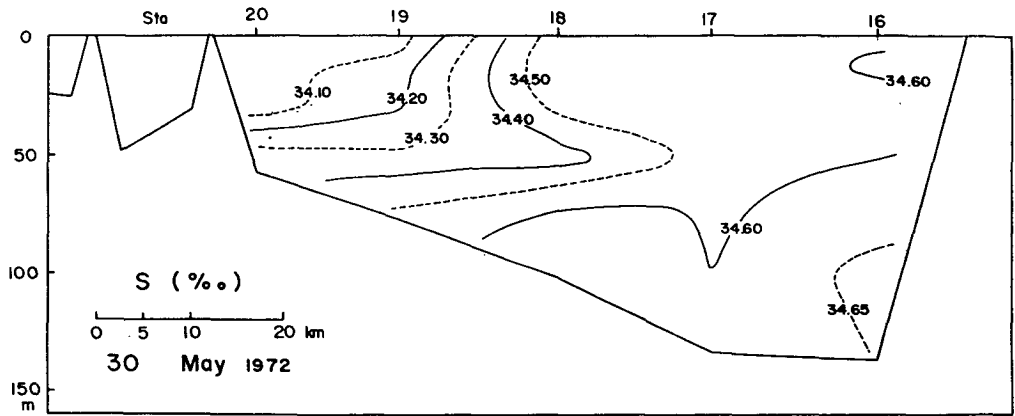
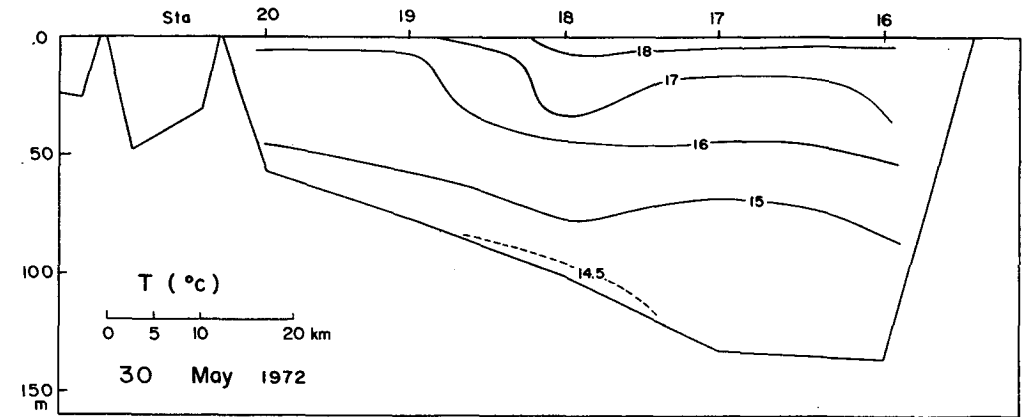
Fig. 5. (Continued)



(d) 207 line

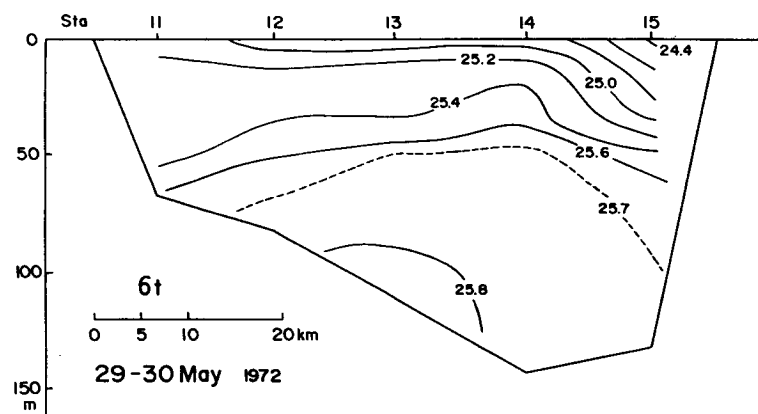
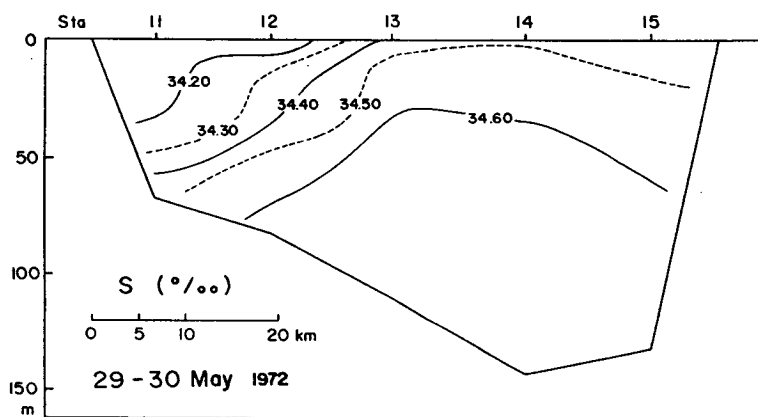
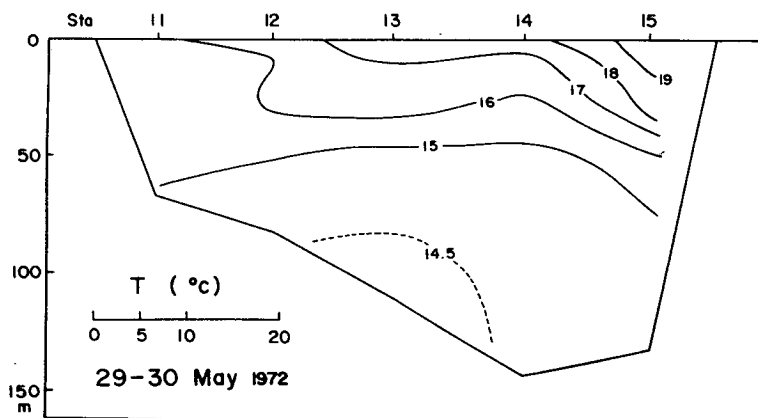
Fig. 5. (Continued)





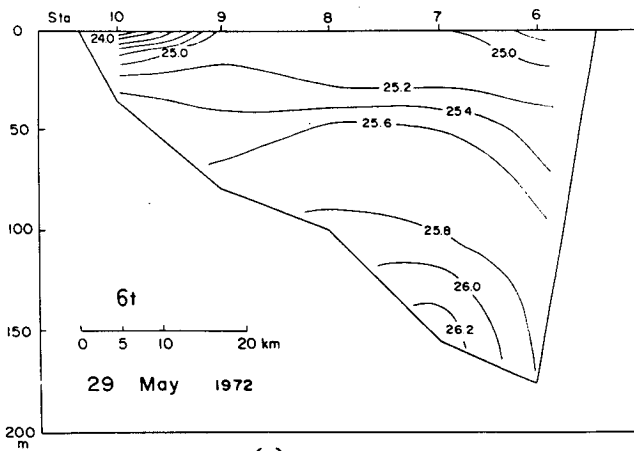
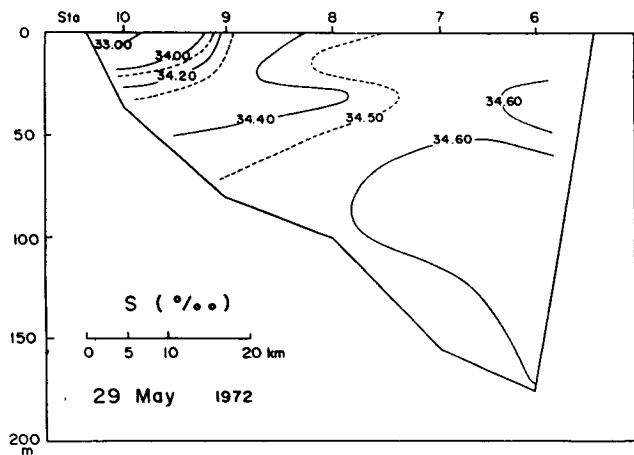
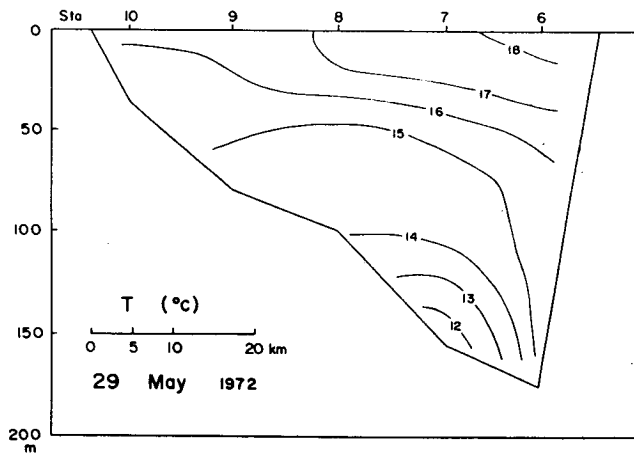
(a) 206 line

Fig. 6. Vertical distributions of temperature, salinity and density ( $\sigma_t$ ) observed in May 28-30, 1972 along line (a) 206, (b) 207B, (c) 207A and (d) 207.



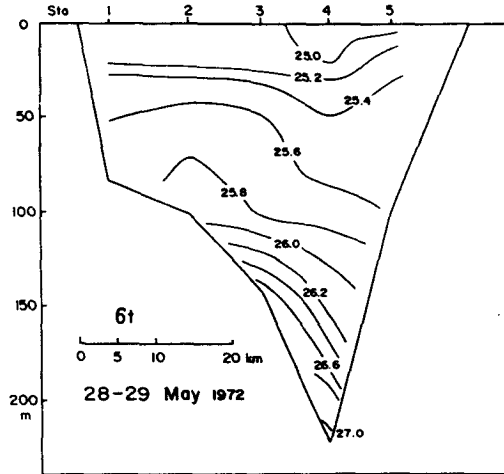
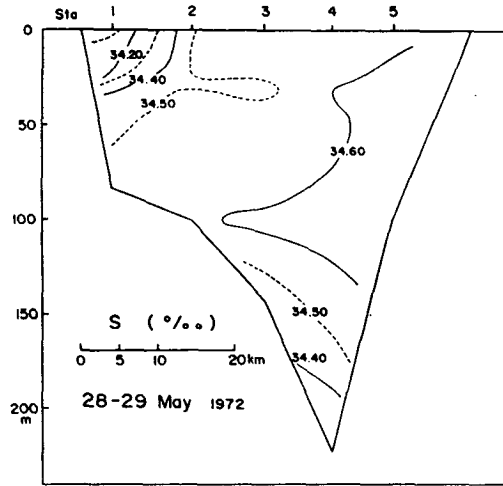
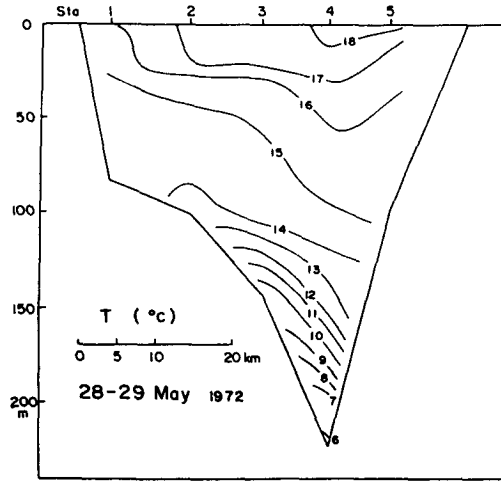
(b) 207 line

Fig. 6. (Continued)



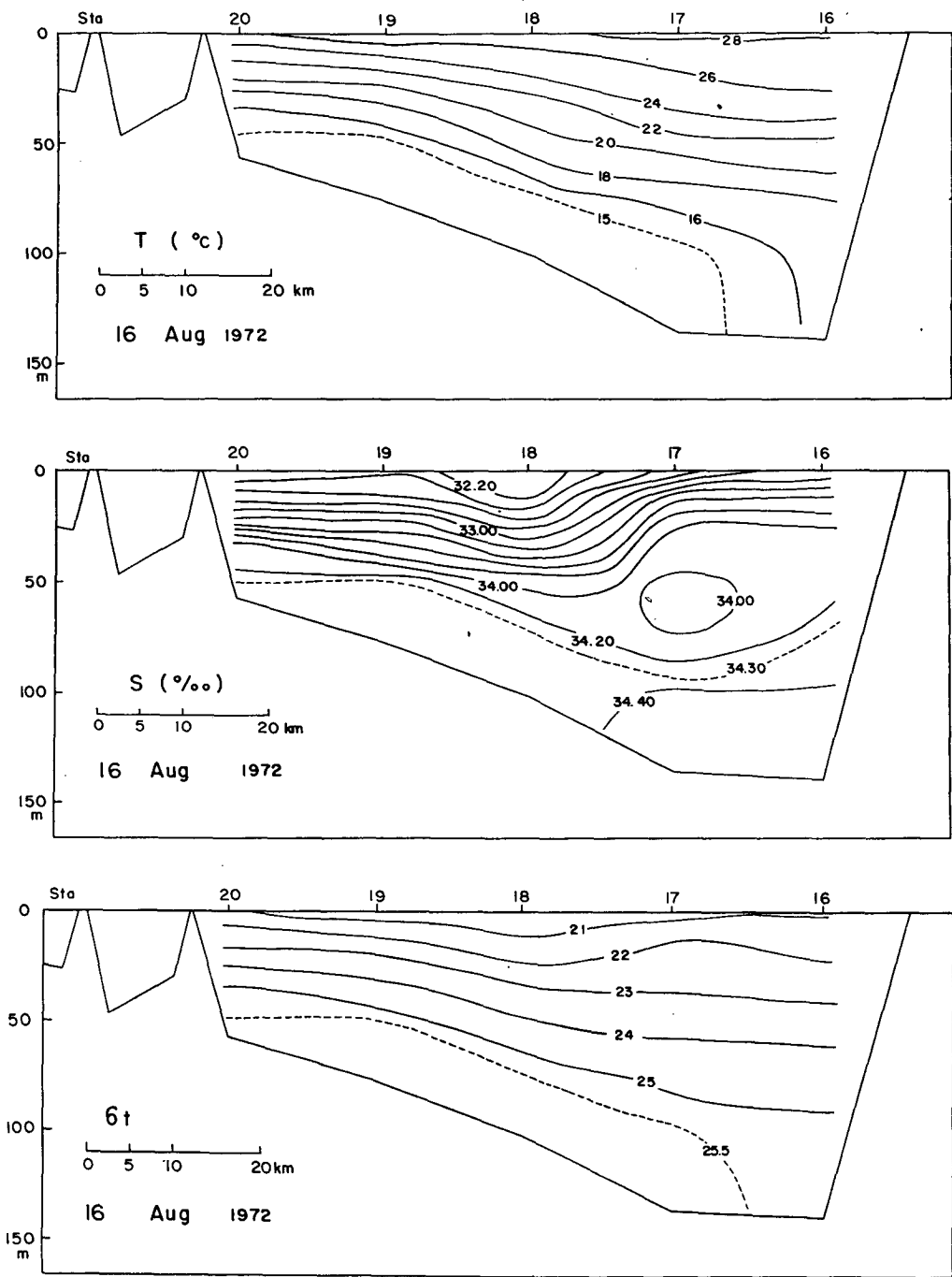
(c) 207A line

Fig. 6. (Continued)



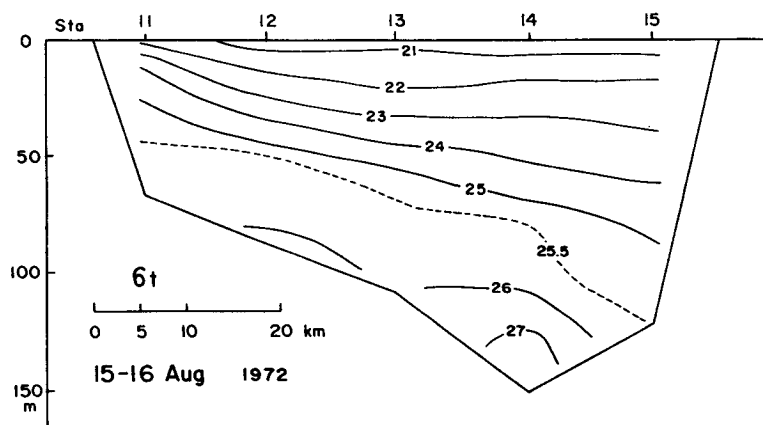
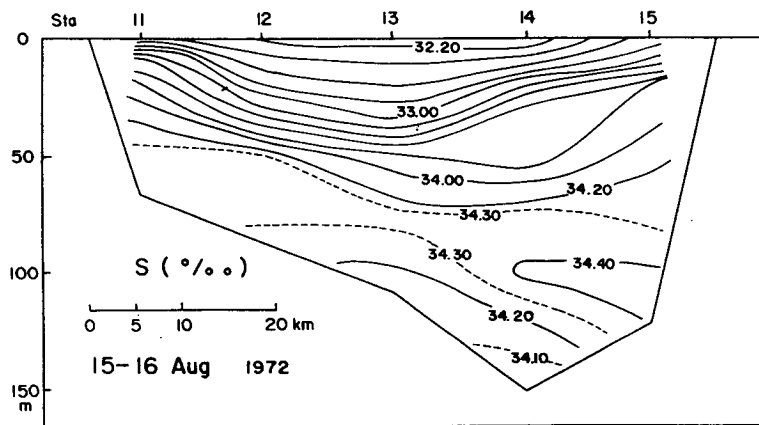
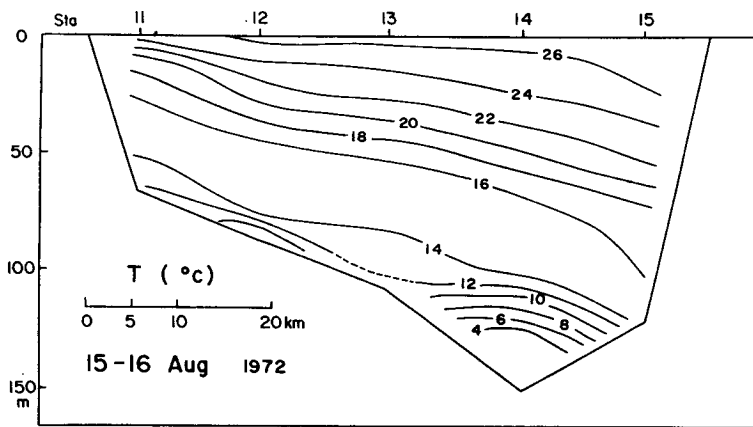
(d) 207 line

Fig. 6. (Continued)



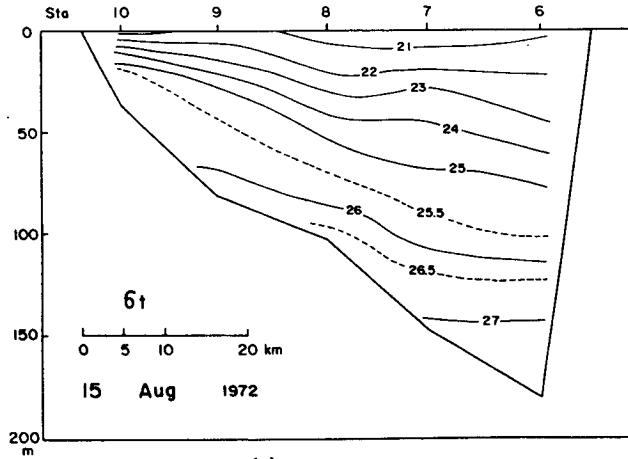
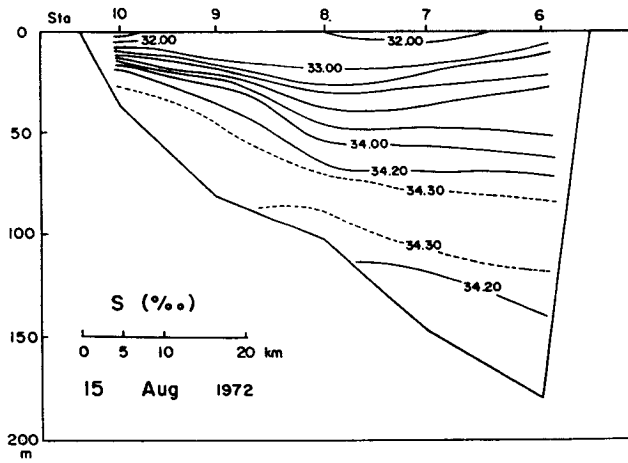
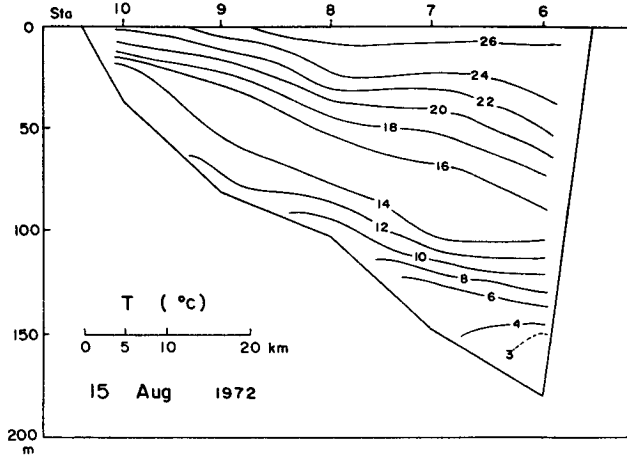
(a) 206 line

Fig. 7. Vertical distributions of temperature, salinity and density ( $\sigma_t$ ) observed in August 15-16, 1972 along line (a) 206, (b) 207B, (c) 207A and (d) 207.



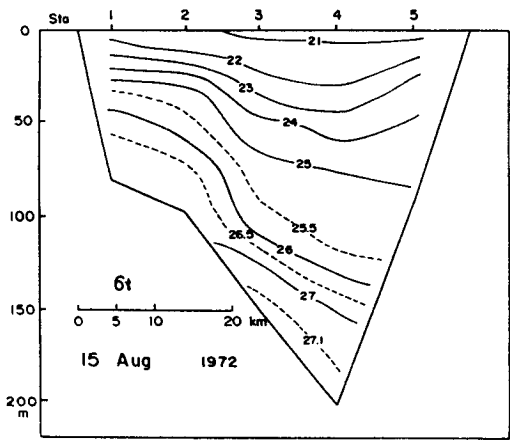
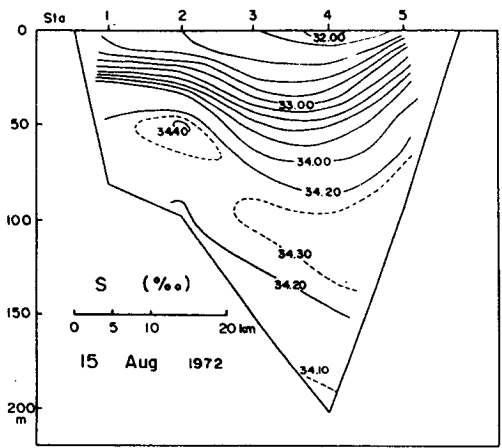
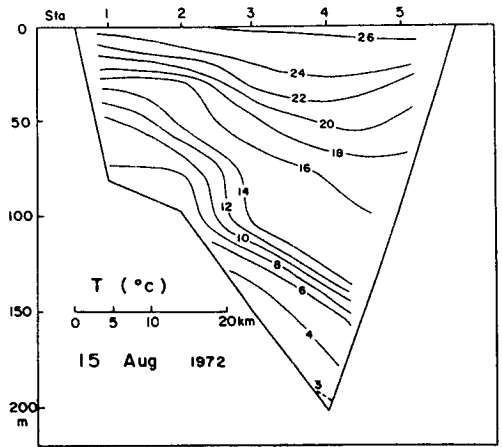
(b) 207B line

Fig. 7. (Continued)



(c) 207A line

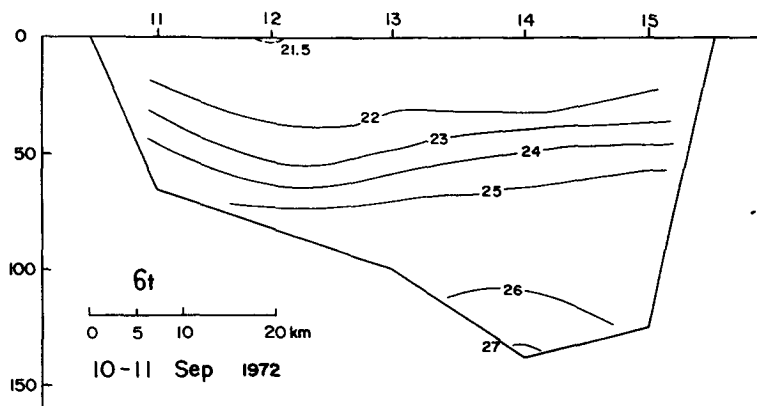
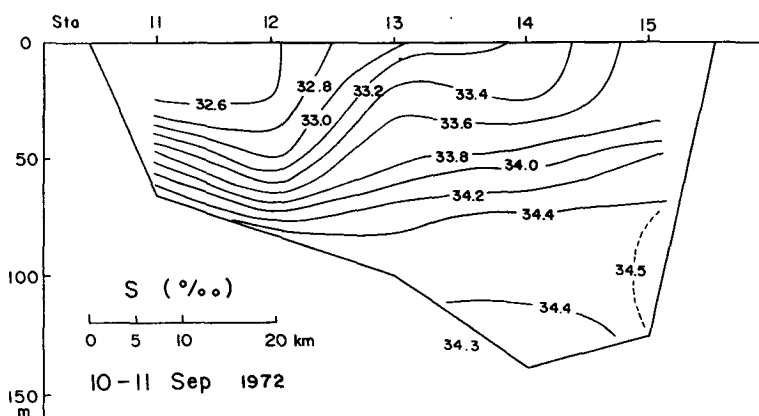
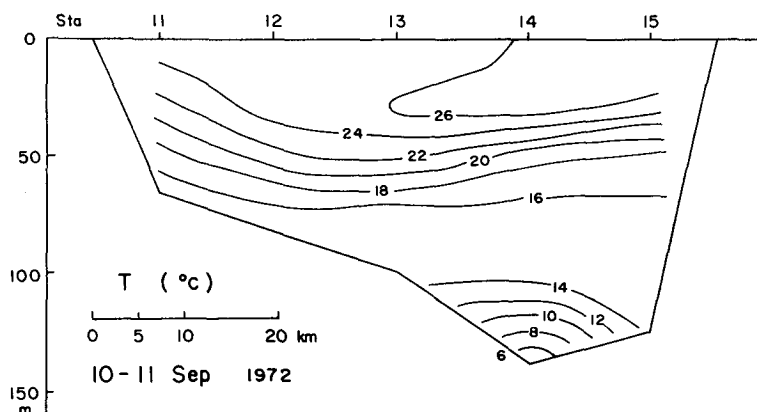
Fig. 7. (Continued)



(d) 207 line

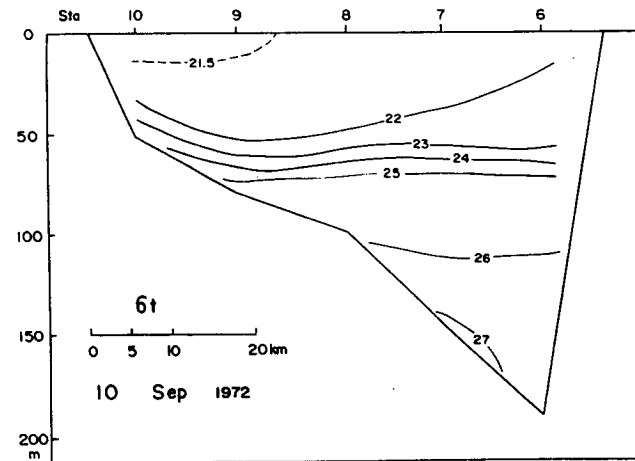
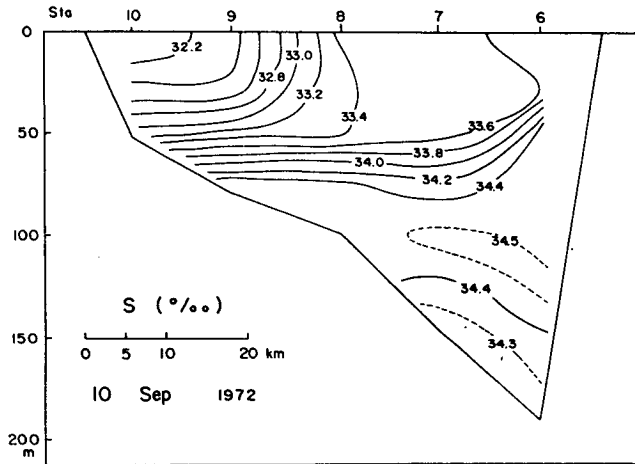
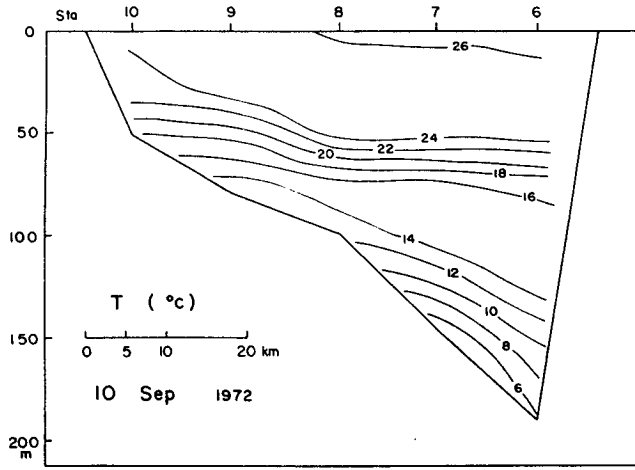
Fig. 7. (Continued)





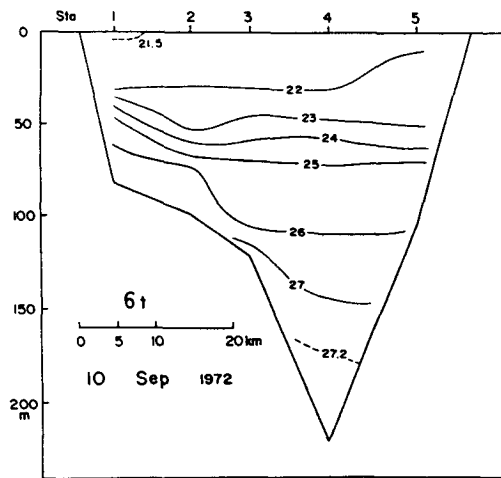
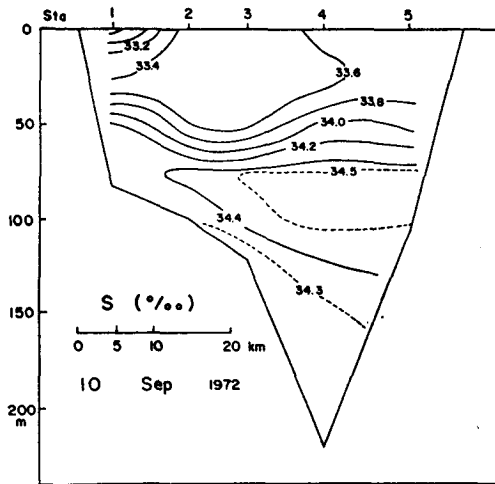
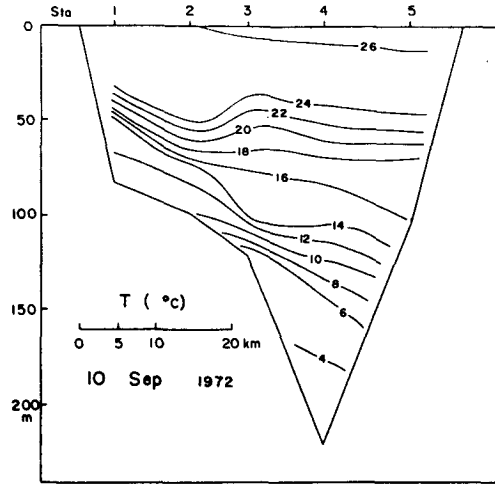
(a) 207B line

Fig. 8. Vertical distributions of temperature, salinity and density ( $\sigma_t$ ) observed in September 10-11, 1972 along line (a) 207B, (b) 207A and (c) 207.



(b) 207A line

Fig. 8. (Continued)



(c) 207 line

Fig. 8. (Continued)

## 1. 지형류

### 가. 5월 3-5일 ( 그림 9, 그림10 )

낙동포와 거제연안을 따라 5 cm/s 정도의 남향류가 있으며 대마도 서안을 따라 최대 15 cm/s의 유속으로 북상하는 흐름이 보인다 (그림 9, 그림10a, b). 이 북상류는 207A 단면의 표층에서 35 cm/s의 최대값을 나타내며 207 단면에 이르면 전 구간에서 북향류가 된다 (그림 10c, d).

### 나. 5월 28-30일 ( 그림 11, 그림 12 )

서수도 입구의 해류는 5월 초보다 더 미약해졌다. 즉 거제도 남방 정점 19와 18 사이에서 약한 북향류가 보일 뿐 단면의 나머지 부분은 3 cm/s 미만의 남향류가 나타난다 (그림 12a). 이 남향류는 부산연안과 낙동포 부근에서 시작된 남향류의 연장이다 (그림 11). 한편 북향류는 207B 단면에서부터 북쪽 단면으로 향하면서 점차 강해진다. 북향류의 중심은 207B 단면과 207A 단면 상에서 20 - 30 cm/s의 크기로 대마도쪽에 치우쳐 나타나며 (그림 12b, c), 서수도 출구부근 (207 단면)에서는 단면 중앙부에서 나타난다 (그림 12d).

### 다. 8월 15-16일 ( 그림 13, 그림 14 )

8월 중순의 흐름의 특징은 다른 시기의 경우에 비해 서수도 입구에서 출구까지 북향류가 탁월하게 발달했다는 점이다 (그림 13). 거제 - 대마 단면에도 최대 40 cm/s 정도의 비교적 강한 북향류가 존재한다 (그림 14a). 이 북향류는 서수도를 따라 북상하면서 더욱 강해져서 서수도 출구 (207 단면)에 이르면 표층에서 최대 140 cm/s 이상의 유속을 나타낸다 (그림 14d). 정점 14와 15 사이, 정점 7과 6 사이에도 비교적 강한 흐름이 대마도에 인접하여 나타남으로써 서수도내에서 흐름의 중심축이 둘로 나뉠 듯하나 (그림 14b, c), 207 단면에서는 한개의 흐름축만 나타난다. 대마도 북서연안을 따라 약한 반류가 형성되어있다 (그림 13, 그림 14d).

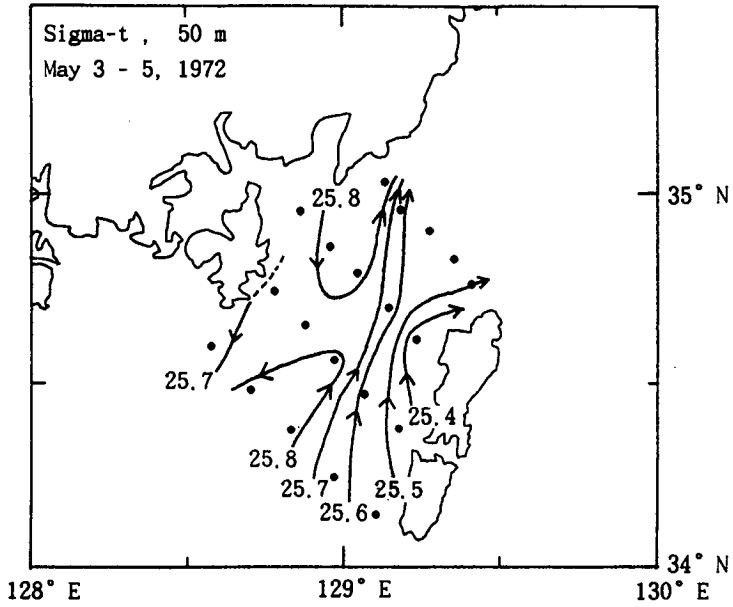


Fig. 9. Sigma-t distribution and flow pattern at 50 m layer in May 3-5, 1972.

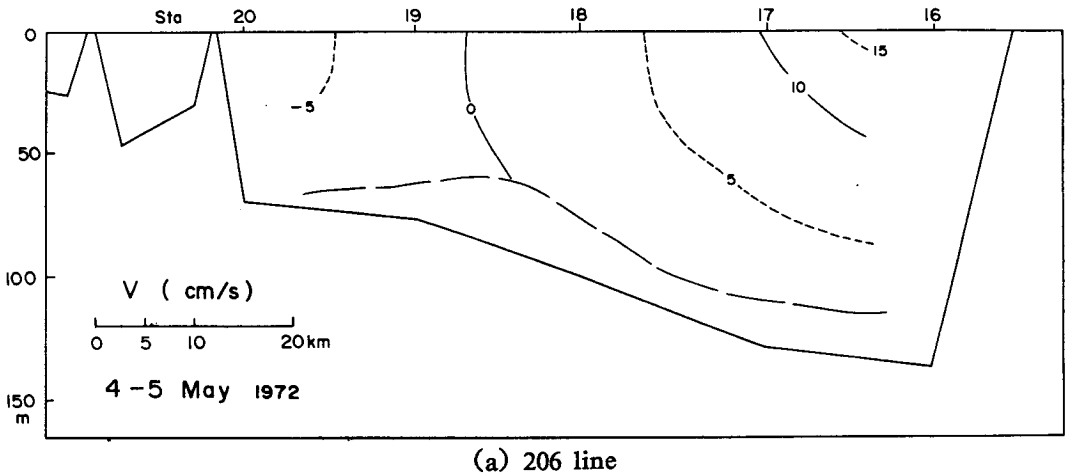
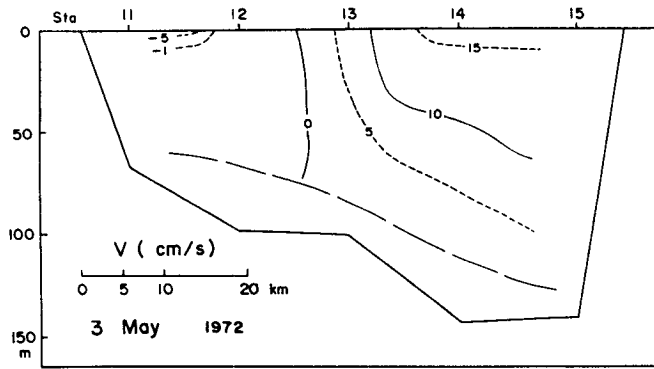
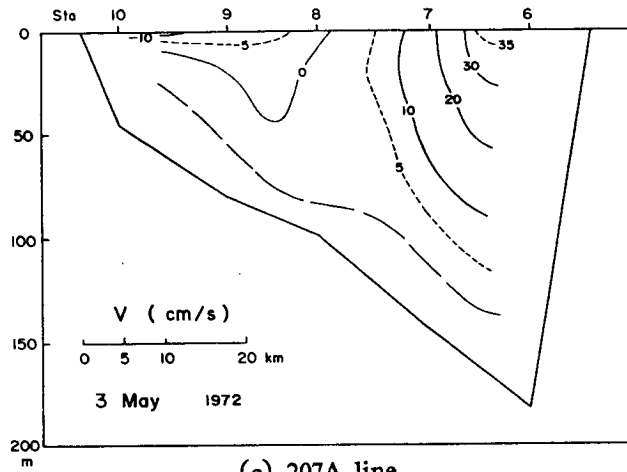


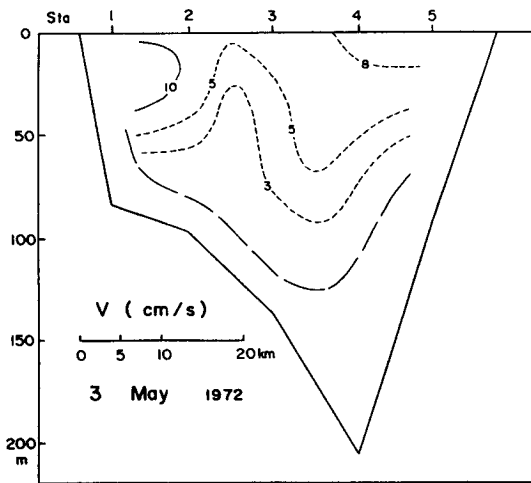
Fig. 10. Geostrophic current on section (a) 206, (b) 207B, (c) 207A and (d) 207 in May 3-5, 1972.



(b) 207B line



(c) 207A line



(d) 207 line

Fig. 10. (Continued)

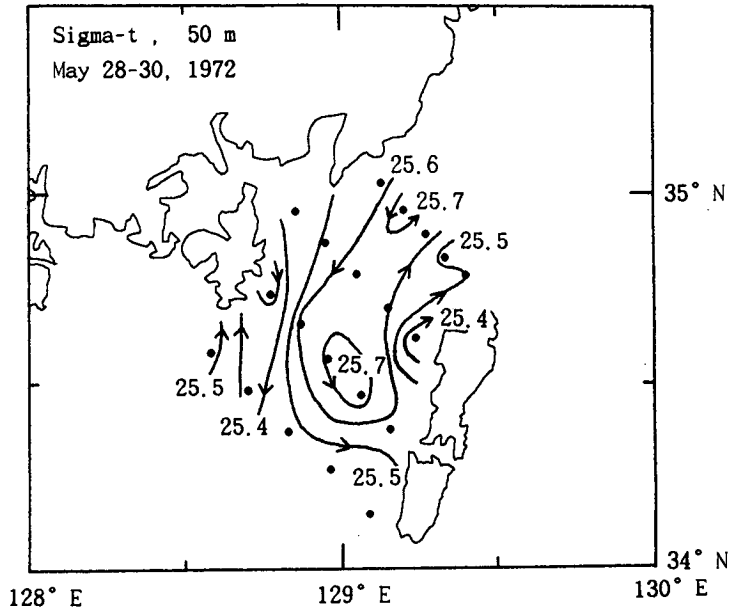
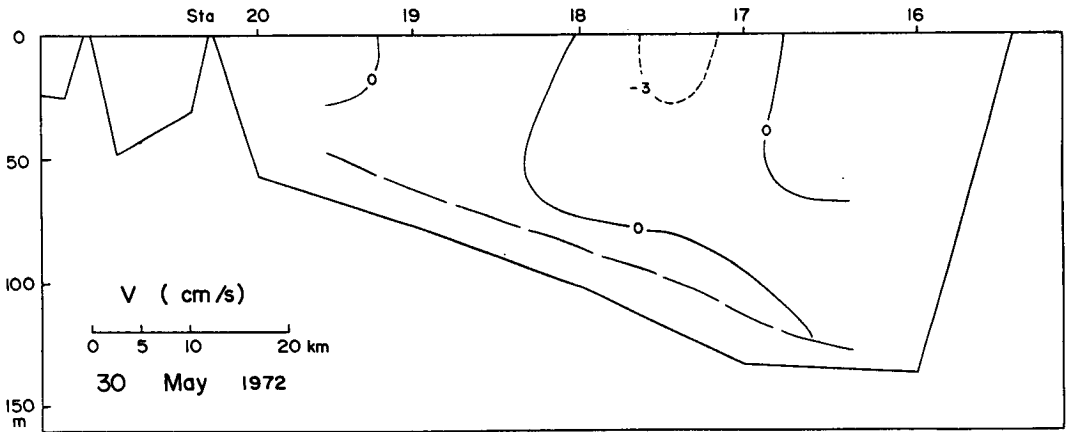
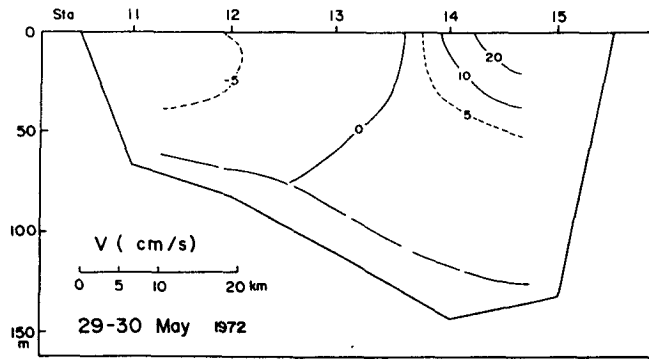


Fig. 11. Sigma-t distribution and flow pattern at 50 m layer in May 28-30, 1972

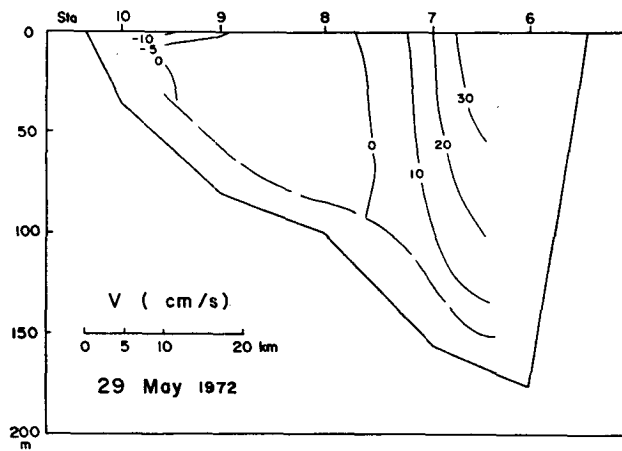


(a) 206 line

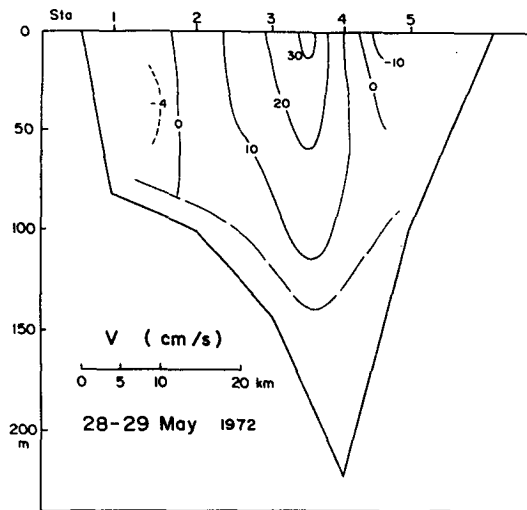
Fig. 12. Geostrophic current on section (a) 206, (b) 207B, (c) 207A and (d) 207 in May 28-30, 1972.



(b) 207B line



(c) 207A line



(d) 207 line

Fig. 12. (Continued)



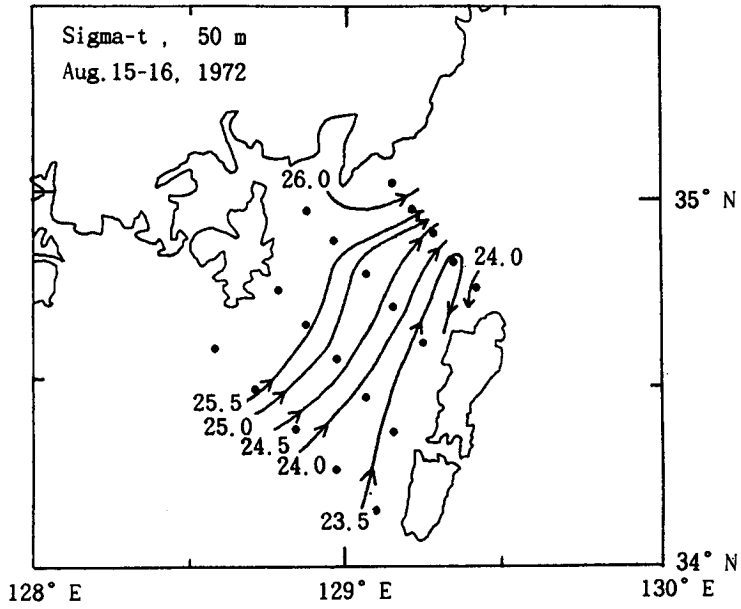
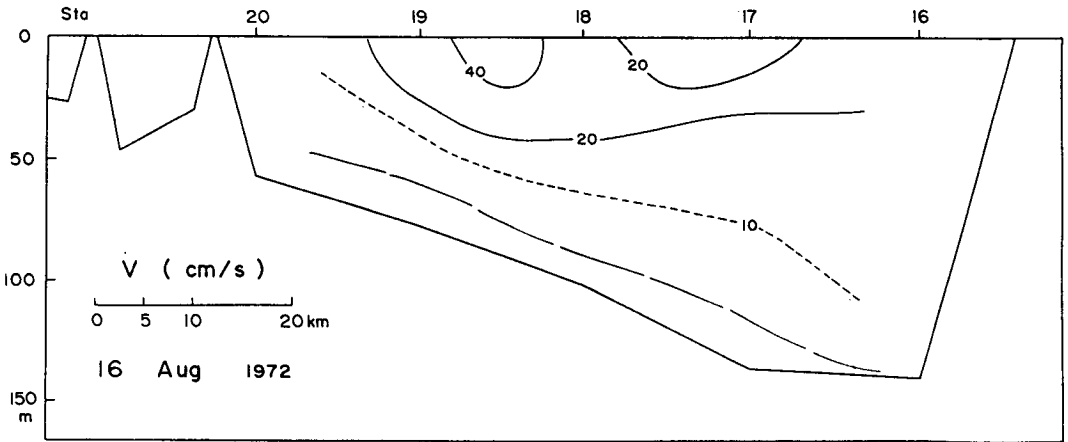
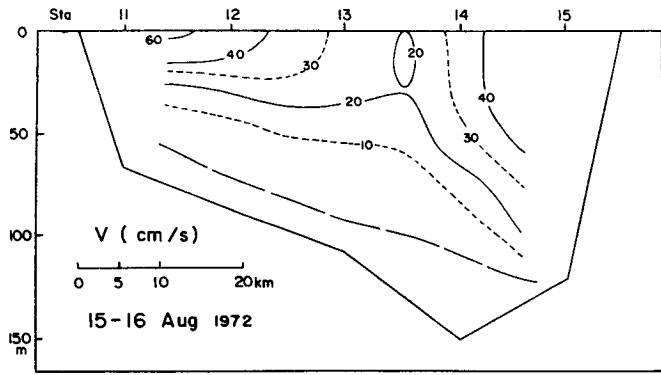


Fig. 13. Sigma-t distribution and flow pattern at 50 m layer in August 15-16, 1972.

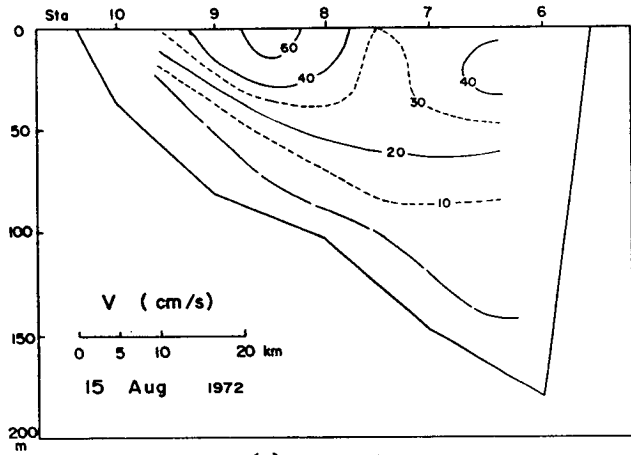


(a) 206 line

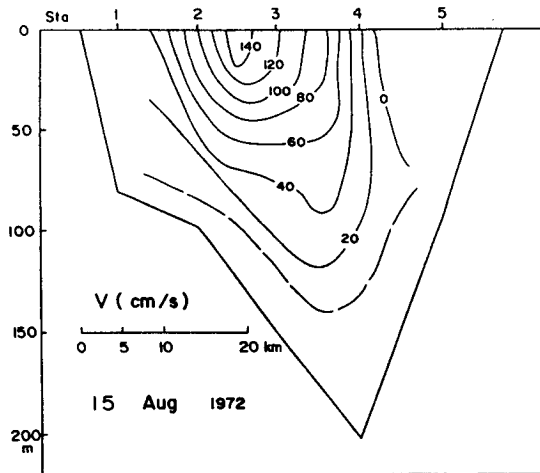
Fig. 14. Geostrophic current on section (a) 206, (b) 207B, (c) 207A and (d) 207 in August 15-16, 1972.



(b) 207B line



(c) 207A line



(d) 207 line

Fig. 14. (Continued)

라. 9월 10-11일 ( 그림 15, 그림 16 )

전체적으로 북상하는 흐름이 우세하나 207B 단면의 중앙부에서 대마도 남단으로 향하는 남향류가 나타난다 (그림 15, 그림 16a). 이 남향하는 흐름은 저염의 대마난류 표층수가 서수도에서 나타내는 복잡한 와동의 일부이다. 북향류는 점차 강하여져서 부산 연안에 이르러서는 최대 80 cm/s 이상의 유속을 나타낸다 (그림 16b, c).

## 2. 수송량

각 관측시기의 수송량을 단면별로 표 2와 그림 17- 그림 20에 보였다. 표 2에서 5월 초의 수송량은 0.2 - 0.3 Sv ( $1 \text{ Sv} = 10^6 \text{ m}^3/\text{s}$ ), 5월 하순에는 -0.0 - 0.4 Sv의 범위를 나타내며, 8월에 최대로 증가하여 0.9 - 1.4 Sv이 되고 9월에는 다시 감소하여 0.1 - 0.7 Sv의 범위를 나타낸다.

수송량 보존성을 0.1 Sv의 크기에서 검토해 볼때 5월 초에는 서수도의 쏠 단면에서, 8월에는 206, 207B, 207A 단면간에 비교적 높은 精密度로 수송량 보존이 이루어 지는데 비해 5월 하순과 9월의 관측에 있어서는 쏠 관측이 불과 48시간 이내에 이루어 졌음에도 불구하고 남쪽 단면 (206, 207B 단면)과 북쪽 단면 (207A, 207 단면)들 사이에 수송량의 차이가 비교적 크다. 그 이유로서는 우선 수송량을 정확히 산출하기에 자료수집 간격이 공간적으로 적절히 구성되었는가 하는점이다. 즉 그림 12d에서 5월 하순의 207 단면을 보면 한국 연안과 대마도 연안에 가까와지면서 남향 성분의 유속이 점차 증가하는 경향이 나타난다. 또한 정점 3과 4 사이의 저층에서도 냉수의 남하가 예상된다 (그림 12d, 그림 6d). 그러나 본 절의 지형류 계산에서는 이러한 연안측과 저층의 수송량이 정확히 산출되지 못했음을 알 수 있다.

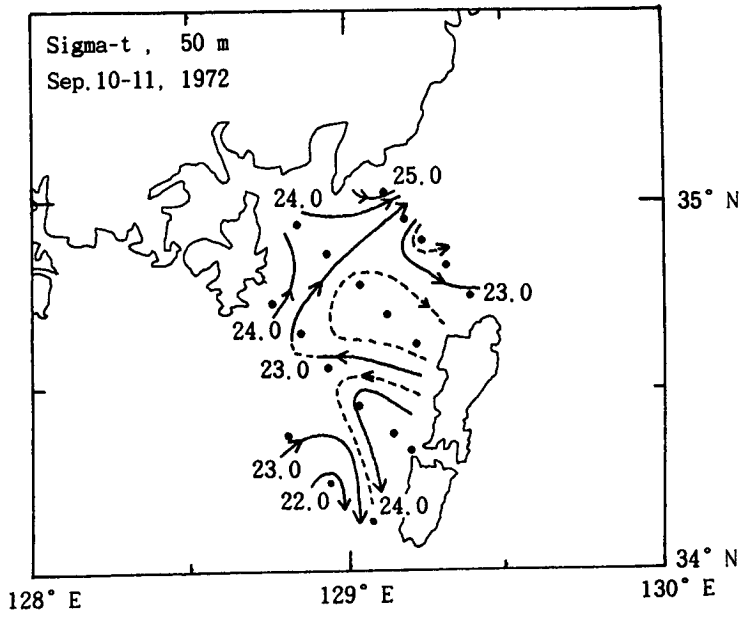
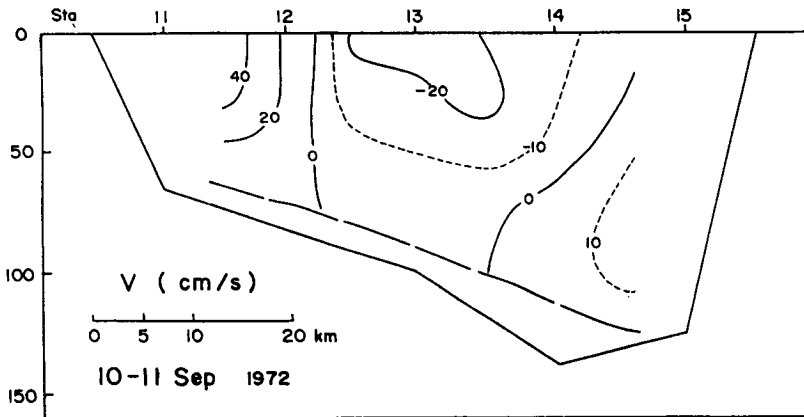
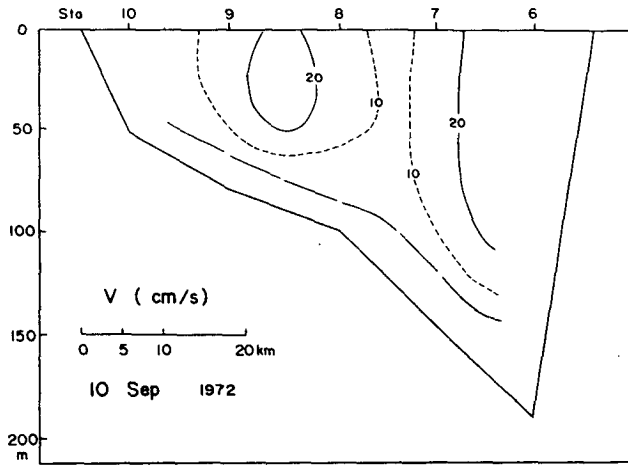


Fig. 15. Sigma-t distribution and flow pattern at 50 m layer in September 10-11, 1972.

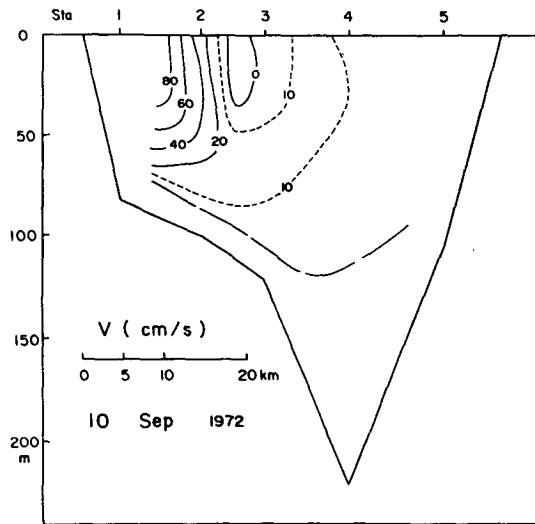


(a) 207B line

Fig. 16. Geostrophic current on section (a) 207B, (b) 207A and (c) 207 in September 10-11, 1972.



(b) 207A line



(c) 207 line

Fig. 16. (Continued)

Table 2. Volume transport at each section in the Western Channel of the Korea strait.

기간 단면	순 수송량(Sv)			
	5월 3-5일	5월 28-30일	8월 15-16일	9월 10-11일
206	0.19	-0.004	0.92	--
207B	0.25	0.07	1.09	0.07
207A	0.31	0.40	1.03	0.69
207	0.18	0.27	1.44	0.69

( 1 Sv=10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>/s)

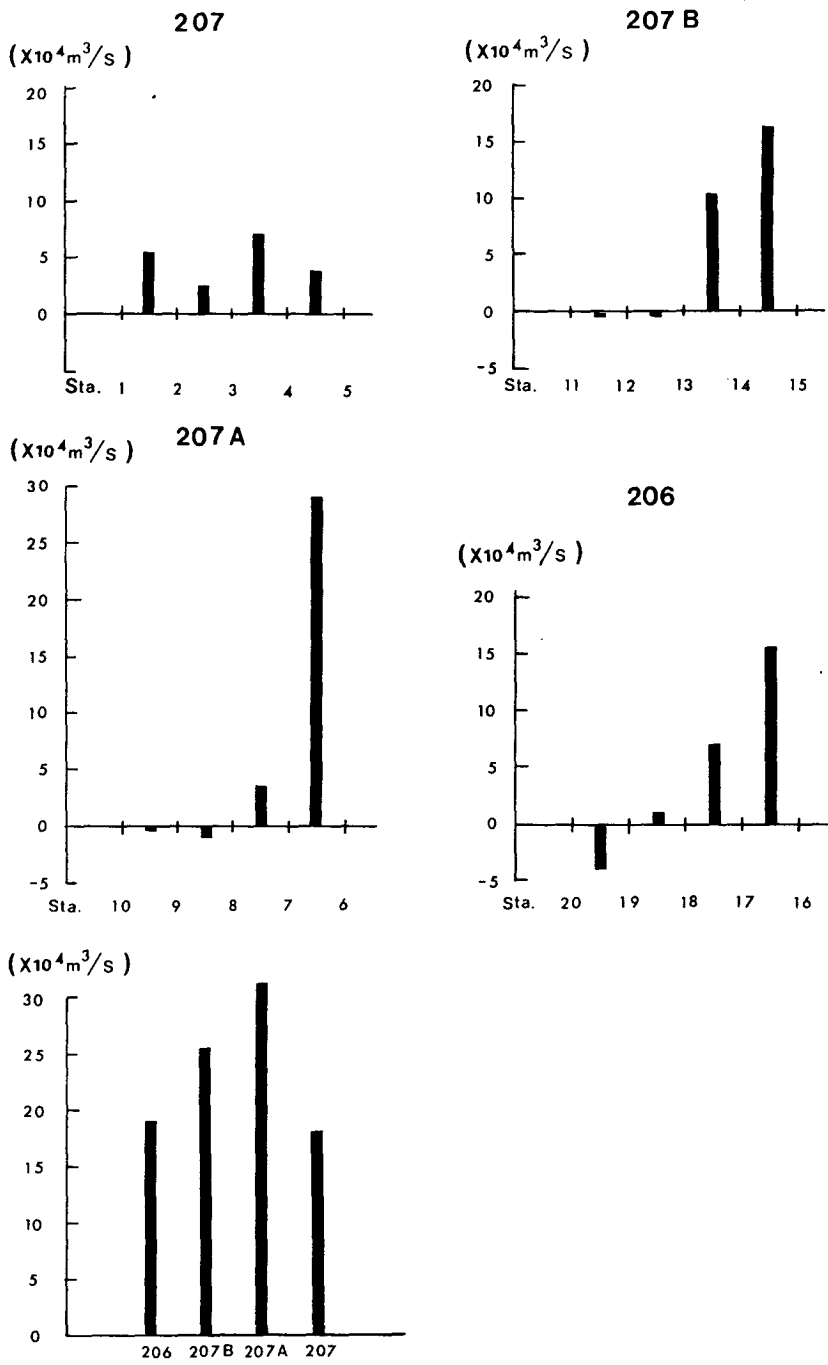


Fig. 17. Volume transport at each section in the Western Channel of the Korea Strait in May 3-5, 1972.

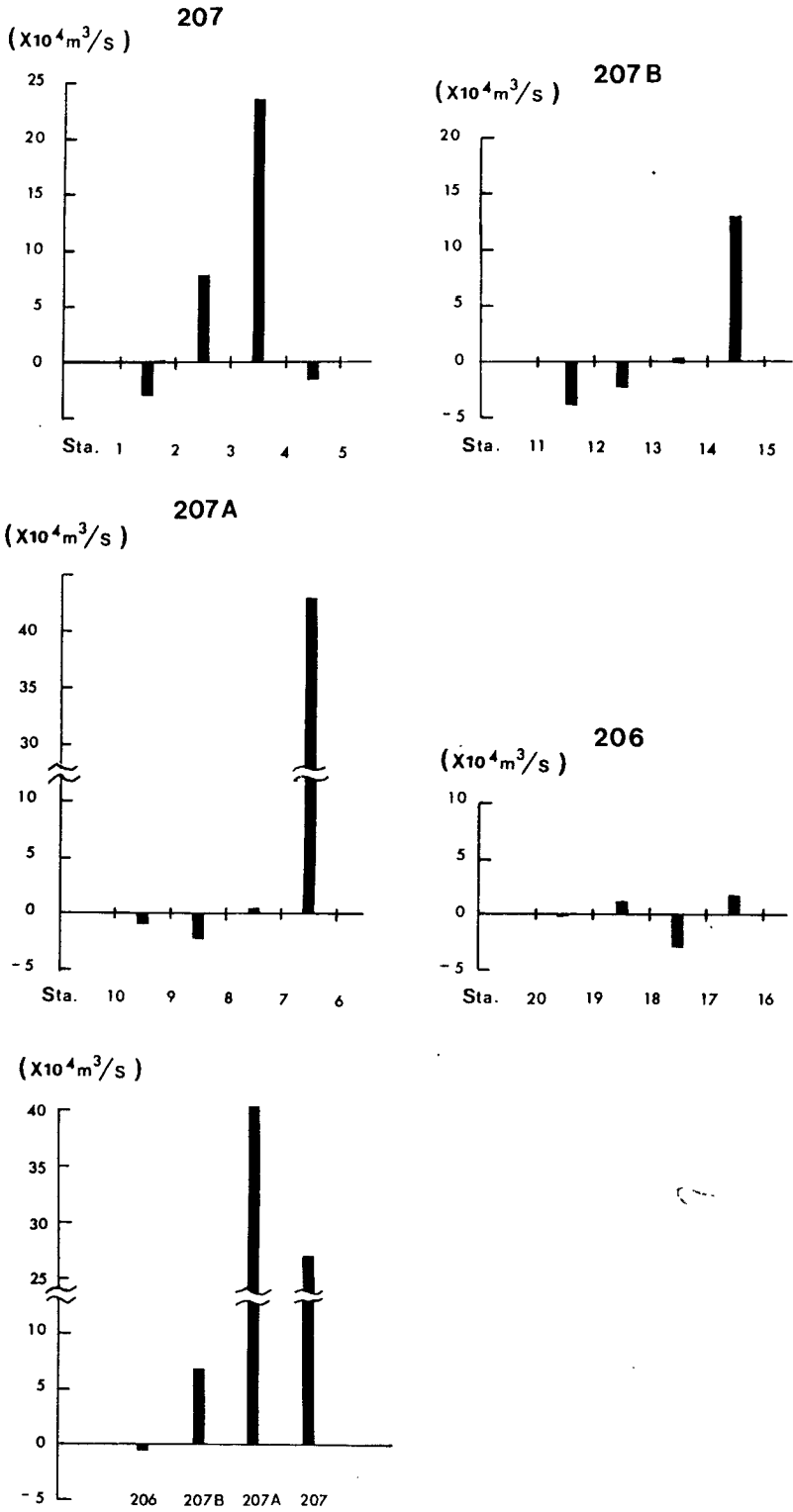


Fig. 18. Volume transport at each section in the Western Channel of the Korea Strait in May 28-30, 1972.



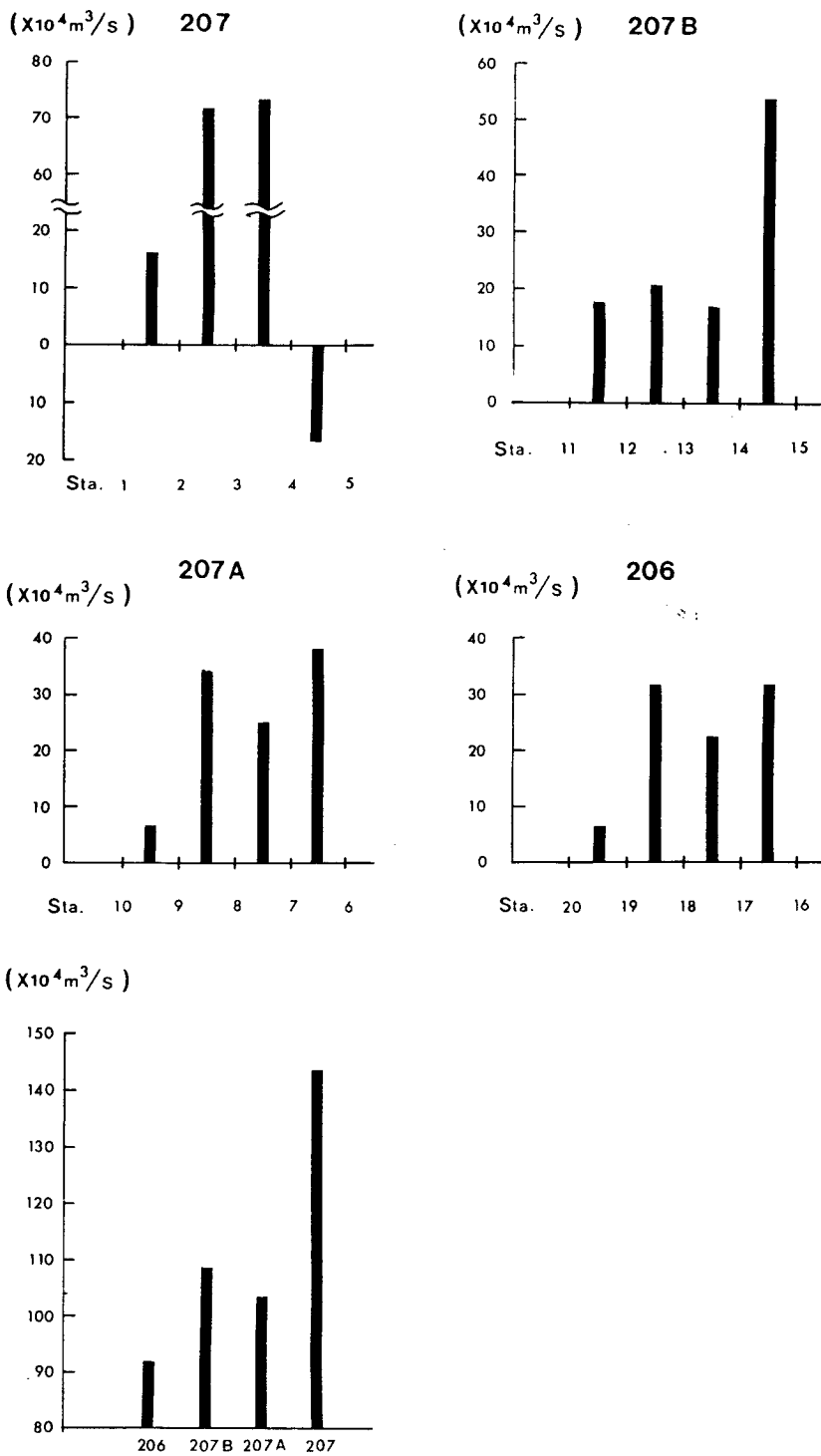


Fig. 19. Volume transport at each section in the Western Channel of the Korea Strait in August 15-16, 1972.

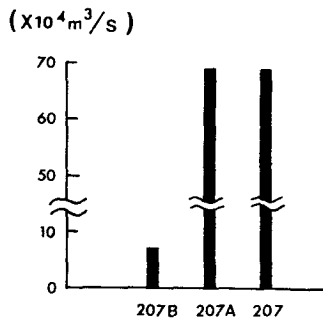
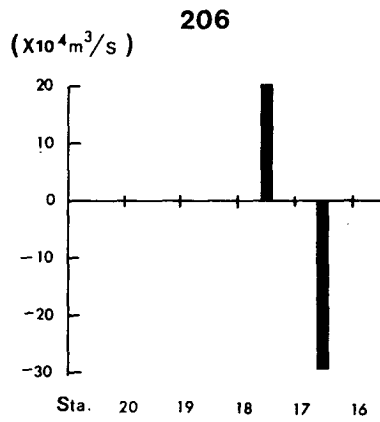
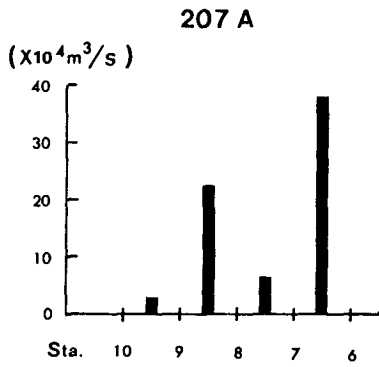
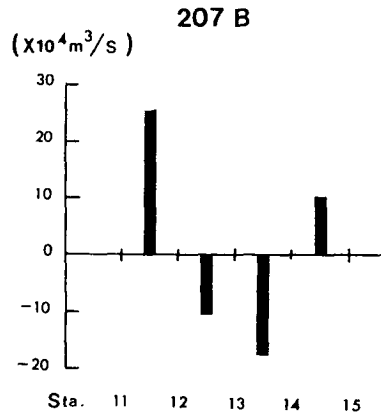
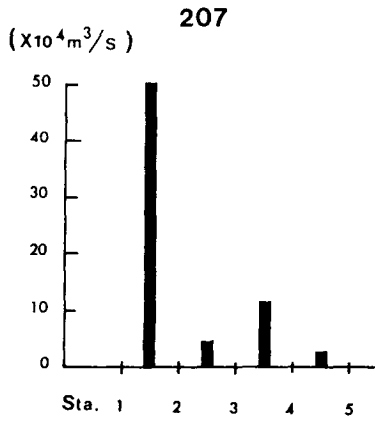


Fig. 20. Volume transport at each section in the Western Channel of the Korea Strait in September 10-11, 1972.

## 제 4 장 1층 해협모델의 적용

지형류적인 관점에서 볼 때 서수도의 해수유동은 거제주변의 연안수 혹은 낙동강 하천수의 유입과 대마난류의 와동이 복합됨으로 인해 복잡한 형태로 이루어지고 있음을 제 2 장에서 보았다. 그러나 이러한 요인들에 의해서 크게 교란받지 않는다면 서수도의 기본적인 흐름은 어떠한 형태의 해류분포를 이루게 될 것인가? 이 장에서는 Gill (1977)의 해협 모델을 근간으로 하여 서수도의 지형적 특성이 서수도의 흐름에 미칠 수 있는 영향에 대해 고찰해 보도록 한다.

### 제 1 절 해협의 모델화

그림 21a는 그림 1에 보인 서수도 각 단면의 폭과 단면적을 나타낸 것이다. 이때 서수도의 폭의 변화를 점선과 같이 거리의 일차함수로 근사시키면 폭  $w$ 는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$w = 90 - 0.625y \quad (y < 64 \text{ km})$$

여기서 원점은 거제 - 대마도 남단 (H 단면)을 잇는 선의 중앙이고,  $y$ 는 해협에 평행한 방향으로의 거리 (km)를 나타내며  $x$ 축은 해협을 가로지르는 방향이 된다. 해협의 폭은 부산 - 대마도 북단 (C 단면)을 벗어나 다시 같은 변화율로 증가하는 것으로 가정한다. 그림 21b와 c는 단순화된 서수도 모델과 좌표계를 나타낸다.  $h$ 를 수심,  $\eta$ 를 자유수면의 높이라 하면 해수의 총 두께  $D$ 는  $h + \eta$ 로 주어진다. 이제 다음과 같은 가정을 한다.

i) 해협은 밀도가 일정한 단일층의 해수로 채워져 있으며 수심  $h$ 는  $y$  방향으로만 변화가 있다. 즉  $h = h(y)$ 이다.

ii) continuity가 성립한다. 즉 서수도 내부에서 하천수의 유입은 생각지 않는다. 그리고 유함수를  $\psi$ 라 하면

$$Du = -\frac{\partial \psi}{\partial y}, \quad Dv = \frac{\partial \psi}{\partial x} \quad (4-1)$$

의 관계가 성립한다.

iii) 에너지가 보존된다.

iv)  $u \ll v$ ,  $\partial u / \partial y \ll \partial v / \partial x$ 의 근사가 가능하다. 고로 해협을 가로지르는 방향으로 지형류적 평형이 이루어 진다. 즉

$$fv = g \partial \eta / \partial x \quad (4-2)$$

이 된다. 여기서  $f$ 는 Coriolis parameter,  $g$ 는 중력 가속도이다.

v) 해협을 따라서는 steady하며 관성에 의한 운동량을 보존한다.

vi)  $y \rightarrow -\infty$  일때 potential vorticity가 일정하다.  $y \rightarrow -\infty$  일때의 해수의 두께를  $D_\infty$ 라 하면  $(f + \partial v / \partial x) / D = f / D_\infty$  가 된다.

이상의 가정하에서 다음과 같은 역학 관계가 성립한다.

$$g\eta + \frac{1}{2}v^2 = B(\psi) \quad (4-3)$$

$$(f + \frac{\partial v}{\partial x}) / D = \frac{dB}{d\psi} \quad (4-4)$$

식 (4-3)은 Bernoulli 함수  $B$ 가 유선을 따라 일정함을 의미한다. 방정식 (4-2)와 (4-4)는 한개의 2계 미분방정식으로 합성된다.

$$\left( \frac{\partial^2}{\partial x^2} - \frac{f^2}{gD_\infty} \right) (D - D_\infty) = \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} \quad (4-5)$$

역학방정식들을 무차원화하기 위하여 다음과 같이 길이척도, 수심척도 및 유속척도를 취한다.

$$W_s = 2(gD_\infty)^{1/2} / f \quad (4-6)$$

$$D_s = \left(\frac{1}{2}fQ/g\right)^{1/2} \quad (4-7)$$

$$V_s = \left(\frac{1}{2}fQ/D_\infty\right)^{1/2} \quad (4-8)$$

여기서  $(gD_\infty)^{1/2} / f$  는 Rossby 변형반경이며 위도  $34.5^\circ$  에서  $D_\infty$  를 100 m로 볼 때 약 380 km가 된다. 그러면 무차원화된 역학방정식들은 다음과 같이 표시된다.

$$\text{운동량 방정식} \quad v^* = \frac{1}{2} \frac{\partial D^*}{\partial x^*} - \frac{1}{2} \frac{\partial h^*}{\partial x^*} \quad (4-9)$$

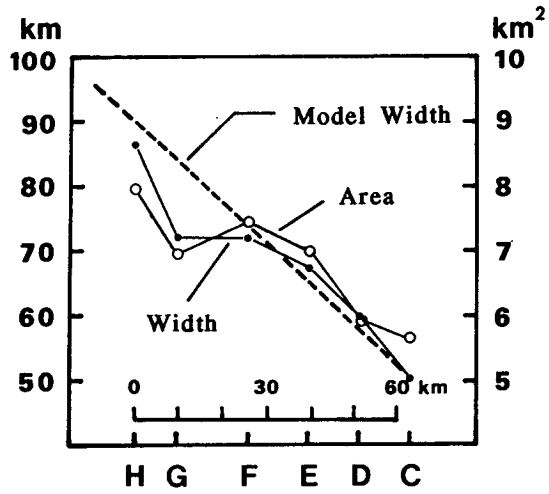
$$\text{와도 보존식} \quad \frac{1}{2} \frac{\partial v^*}{\partial x^*} = D^* - D_\infty^* \quad (4-10)$$

$$\text{Bernoulli 방정식} \quad D^* - h^* = D_\infty^{*-1} \left(-\frac{1}{2} v^{*2} + 2\psi^*\right) \quad (4-11)$$

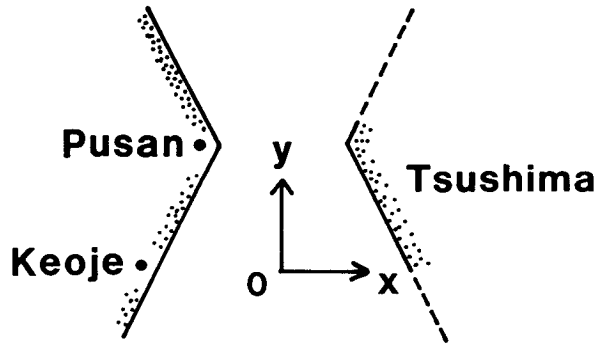
$$\text{운동량 방정식} + \text{와도 보존식} \quad \frac{\partial^2 D^*}{\partial x^{*2}} - 4(D^* - D_\infty^*) = \frac{\partial^2 h^*}{\partial x^{*2}} \quad (4-12)$$

$$\text{양측 연안 경계 조건} \quad \psi^* = \pm \frac{1}{2} \quad (x = \pm 1/2 w \text{ 에서}) \quad (4-13)$$

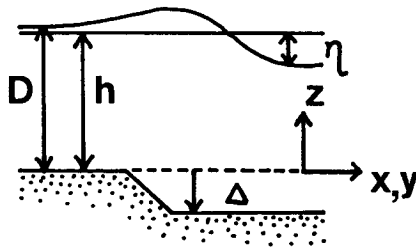
다시  $h^*$  는  $y^*$  만의 함수로 가정하였으므로  $\frac{\partial h^*}{\partial x^*} = 0$  가 된다. 그러면 식 4-12의 해는  $y \rightarrow -\infty$  인 상류부에서 해협 양쪽벽 근처에 Rossby 변형반경의 폭을 가지는 경계류로 나타난다. Gill (1977)의 방법을 따라 해협내부에서 무차원 유함수  $\psi^*_i$  를 도입하여 해협 서안의 경계류에 의한 수송량과 동안의 경계류에 의한 수송량을 나타내면 좌안의 수송량은  $1/2 + \psi^*_i$  , 우안의 수송량은  $1/2 - \psi^*_i$  로 주어진다.  $\psi^*_i$  가  $1/2$  이면 상류부 ( $y \rightarrow -\infty$ ) 에서 시작되는 흐름은 좌안에만 주어지는 경우가 된다.  $h^*$  가 하류방향으로 서서히 변하는 경우를 고려하여 상류부의 기준수심을  $hu^*$  수심의 변화량을  $\Delta^*$  라 하면  $h^* = hu^* - \Delta^*$  가 된다. 여기서는 서수도 입구 (H 단면)부터 출구까지 수심이 거리에 따라 일차적으로 변하여  $\Delta^*$  만큼 증가 (또는 감소)하며 서수도 출구 (C 단면)이후부터는 C단면의 수심을 그대로 유지하는 것으로 하였다. 다음부터 편의상 무차원 변수의 \*를 생략하여 표기토록 한다.



(a)



(b)



(c)

Fig. 21. (a) Variation of the width and area of each section crossing the Western Channel. Width of the model channel is approximated as a linear equation of  $y$ . (b) Plan view and (c) along-stream section of the model.

제 2 절 모델 해협의 흐름

좌안과 우안에서의 해수두께를  $D_-$  와  $D_+$  라 할때  $\bar{D} = 1/2(D_+ + D_-)$ 인  $\bar{D}$ 를 정의하면 식 (4-12)와 (4-9)의 해는

$$D - D_\infty = (\bar{D} - D_\infty) \frac{\cosh 2x}{\cosh w} + \frac{1}{\bar{D}} \frac{\sinh 2x}{\sinh w} \quad (4 - 14)$$

$$v = (\bar{D} - D_\infty) \frac{\sinh 2x}{\cosh w} + \frac{1}{\bar{D}} \frac{\cosh 2x}{\sinh w} \quad (4 - 15)$$

로 주어진다. 여기서  $\bar{D}$ 를 결정하면 주어진  $D_\infty$ 와  $w$ 에 대해 유속  $v$ 와 수위  $D$  및 자유 수면  $\eta$ 의 단면분포를 알 수 있다.  $\bar{D}$ 는 Bernoulli 방정식에서 유도된 다음식으로 부터 구할 수 있다.

$$4\psi_i + 2D_\infty (\Delta + \bar{D} - D_\infty) + (t\bar{D})^{-2} + t^2(\bar{D} - D_\infty)^2 = 0 \quad (4 - 16)$$

( $t = \tanh w$ )

다음에 수송량 ( $Q$ )과 내부 유함수 ( $\psi_i$ ), 수심변화 ( $\Delta$ )가 각각 달리 주어지는 경우에 대해 모델 해협의 흐름을 검토해 보자.

가)  $Q = 0.3 \text{ Sv}$ ,  $\psi_i = -0.5$ ,  $\Delta = -30 \text{ m}$ 인 경우 (그림 22)

해저면이 서수도입구 ( $y=0$ )에서부터 서수도출구까지 30 m가 깊어지는 경우이다. 표 1에서 H 단면부터 C 단면까지 수심의 증가는 약 20 m가 되고 5월 초의 유량은 약 0.3 Sv이 됨을 알 수 있다 (표 2). 가)의 경우는 수심의 변화를 실제보다 조금 큰 값인 30 m로 준 경우에 해당한다.  $\psi_i$ 가 -0.5로 주어진 것은 상류부 ( $y \rightarrow -\infty$ )에서 시작되는 흐름이 동쪽 경계층내에만 존재하는 경우이다. 그림 22a는 무차원 해수 총두께  $\bar{D}$ 의 폭에 따른 변화도이다. 폭 ( $t$ )이 상류부 ( $t=1, y \rightarrow -\infty$ )에서 서수도 입구 ( $t=0.118, y=0$ )까지 계속 좁아져도  $\bar{D}$ 의 변화는 거의 없다. 서수도 내부에서  $\bar{D}$ 의 증가는 수심이 깊어지는 것에 기인한다. 서수도 출구( $t=0.065, y=64$ )로부터 하류부( $t=1, y \rightarrow \infty$ )로 가면서

$\bar{D}$ 가 감소하는 것은 폭이 점차 넓어지는 것과 수심이 증가된 것에 기인한다. 그림 22b, c는  $y=-80$  km와  $-20$  km되는 상류 지점에서의 자유수면 ( $\eta$ )와 유속 ( $v$ )의 단면변화이다. 내부 유함수  $\psi_i$ 는 흐름에 거의 영향을 주지 못하며 유속과 해면의 기울기는 지형류적 평형관계를 나타낸다. 그림 22d-22h는 서수도 입구부터 출구까지의 변화도이다. 출구로 향하면서 해면은 점점 더 밑으로 볼록한 형태로 되며 서수도의 서안에서는 남향류, 동안에서는 북향류가 형성되고 이 두 흐름은 출구로 향할수록 더 강해진다. 출구를 벗어나서 폭이 다시 증가되어도 해면변화는 서수도 내부와 유사한 형태가 되며 유속은 계속 증가한다. 이러한 흐름형태는 서수도에서 수심이 깊어짐에 따라 상류부 ( $y \rightarrow -\infty$ )에서 일정하게 주어진 잠재와도를 보존하기 위해 서수도 내부에 양의 상대와도가 생성되고 반시계방향 순환을 형성하게 되기 때문이다.

나)  $Q = 1.0$  Sv,  $\psi_i = -0.5$ ,  $\Delta = -30$  m ( 그림 23 )

가)의 경우에 비해 수송량이 1.0 Sv으로 증가된 경우이다. 그림 22e와 그림 23b를 비교하면 나)의 경우에 수면과 유속의 profile 및  $v=0$  이 되는 지점이 좀 더 서안으로 이동된 것을 볼 수 있다. 이것은 수송량의 증가에 따라  $v$ 가 한 단면내에서 전체적으로 양의 방향으로 증가하게 되는데 증가된  $v$ 가 서수도내의 반시계방향 순환을 전체적으로 출구쪽으로 이동시키기 때문이다.

다)  $Q = 0.3$  Sv,  $\psi_i = -0.5$ ,  $\Delta = -15$  m ( 그림 24 )

가)의 경우에서 수심 증가량이 15 m로 바뀐 경우이다. 그림 24b와 그림 22e를 비교할 때 해면이 밑으로 볼록해지는 정도가 가)에 비해 감소됐다. 이것은 수심 증가에 의한 상대와도 생성이 가)에 비해 감소되었기 때문이다.

라)  $Q = 1.0$  Sv,  $\psi_i = -0.5$ ,  $\Delta = -15$  m ( 그림 25 )

다)의 경우로부터 수송량이 1.0 Sv으로 증가한 경우이다. 가)와 다) 및 라)를 비교하면 수송량의 증가는 서수도 입구에서 북향류를 증가시키고 남향류를 감소시키며  $v=0$



이 되는 점을 서안으로 이동시킨다. 또한 동안과 서안의 수면 차이를 증가시키며 서수도 내부에 형성되는 양의 상대와도에 의한 순환을 출구쪽으로 이동시킨다.

마)  $Q = 0.3 \text{ Sv}, \bar{\psi}_i = -0.5, \Delta = 0 \text{ m}$  ( 그림 26 )

바)  $Q = 2.0 \text{ Sv}, \bar{\psi}_i = -0.5, \Delta = 0 \text{ m}$  ( 그림 27 )

마)와 바)는 각각 해저면의 변화가 없고 수송량의 차이만 있는 경우이다. 두 경우 모두 동서 방향의 해면 변화는 서안에서 낮고 점차 동안으로 향해 높아지는 선형변화를 한다. 단면 양단의 해면 차이는 해협을 따라가며 일정하다. 수심의 변화가 없고 폭의 감소만 주어질 때에는 가) - 라)의 경우와 같이 서수도 내부에 남향류가 형성되지 못하며 단지 단면 전체에 걸쳐 일정한 크기의 북향류가 출구로 갈수록 점차 가속되는 속도 분포를 만든다.

사)  $Q = 0.3 \text{ Sv}, \bar{\psi}_i = -0.5, \Delta = 15 \text{ m}$  ( 그림 28 )

해저지형이 출구를 향해 높아지는 경우로서 서수도 내부에는 음의 상대와도가 형성되어 시계방향의 순환이 이루어지며 해면은 위로 볼록한 형태를 취한다.

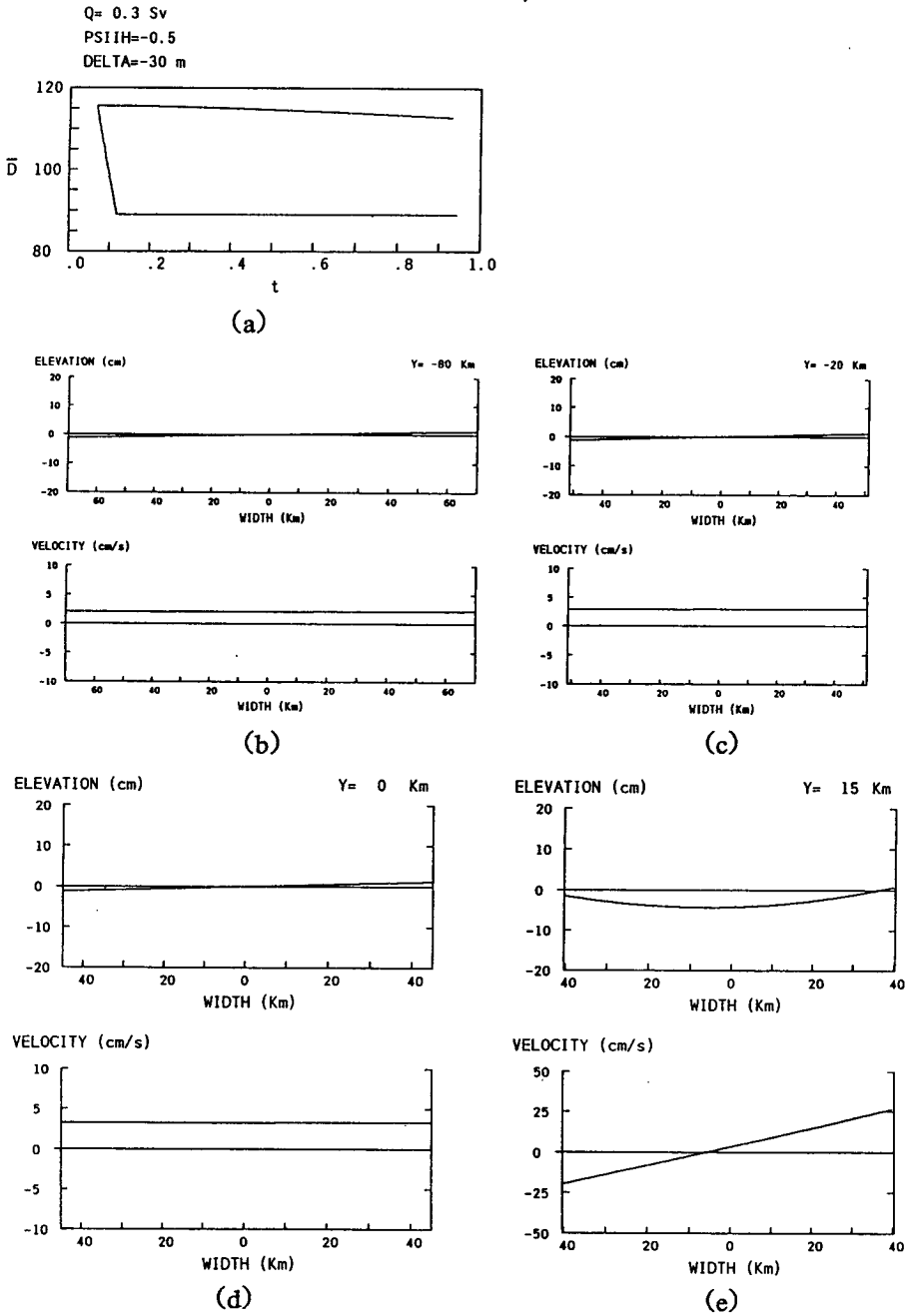
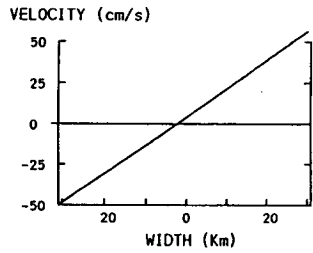
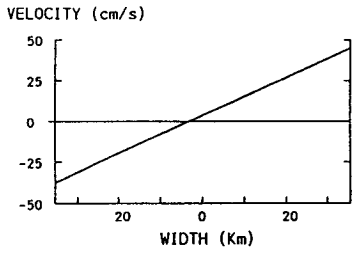
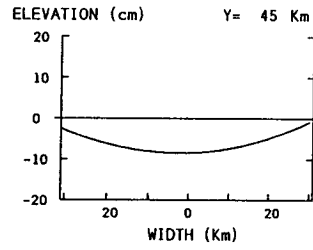
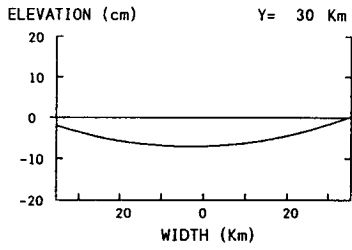
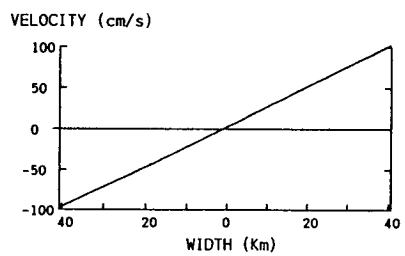
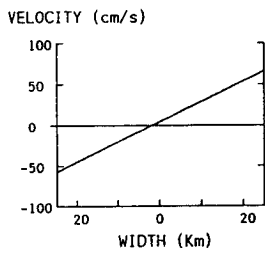
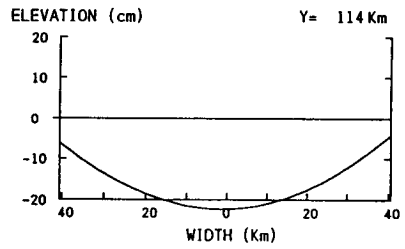
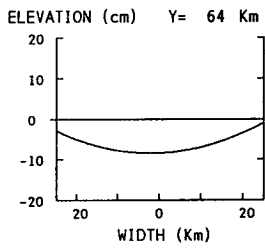


Fig. 22. (a) Variation of the non-dimensional water depth  $D$  on geometric parameter  $t$  (which is hyperbolic tangent of the width).  
 (b)-(i) Surface elevation and velocity at each section in the model strait for the case  $Q=0.3 \text{ Sv}$ ,  $\Psi_i=-0.5$  and  $\Delta=-30 \text{ m}$ .



(f)

(g)



(h)

(i)

Fig. 22. (Continued)

$Q = 1.0 \text{ Sv}$   
 $\Psi_{1H} = -0.5$   
 $\Delta = -30 \text{ m}$

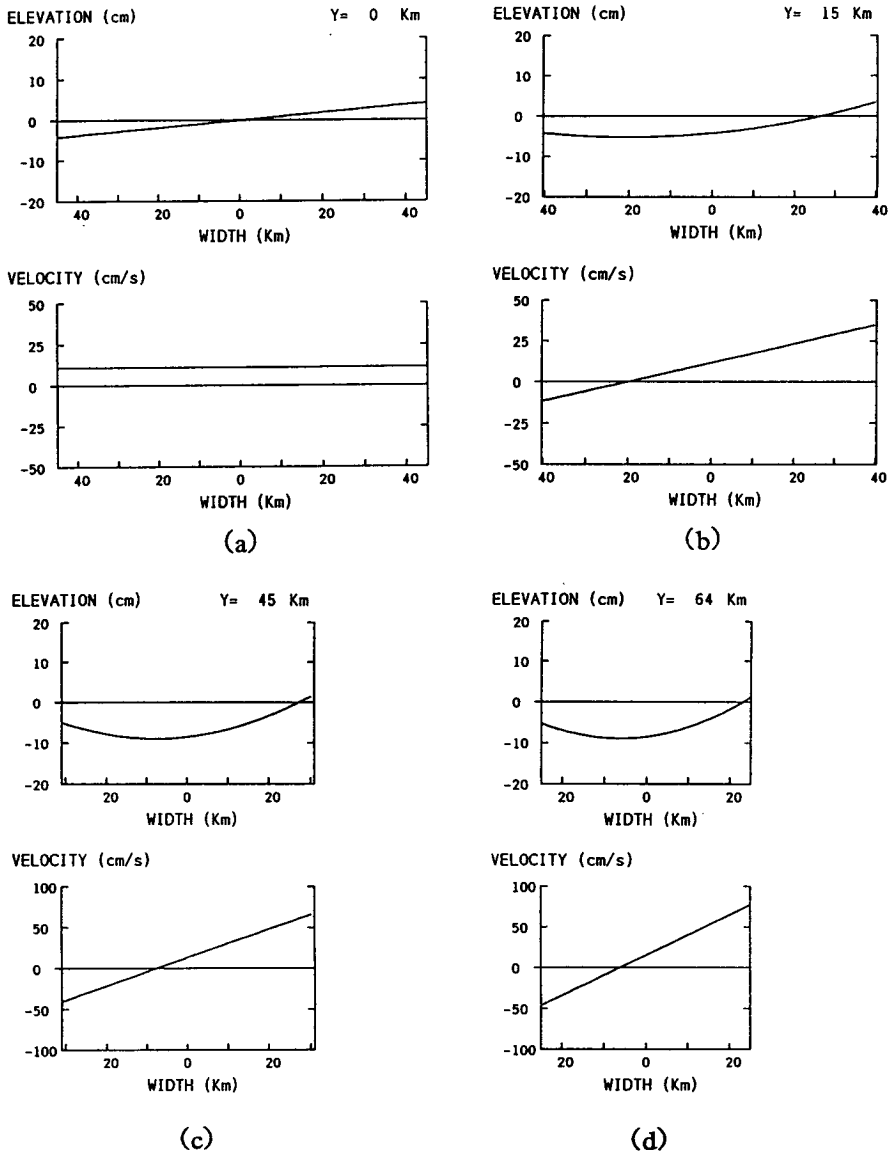


Fig. 23. Surface elevation and velocity at each section in the Western Channel for the case  $Q=1.0 \text{ Sv}$ ,  $\Psi_{1H}=-0.5$  and  $\Delta=-30 \text{ m}$ .

$Q = 0.3 \text{ Sv}$   
 $\Psi_{IH} = -0.5$   
 $\Delta = -15 \text{ m}$

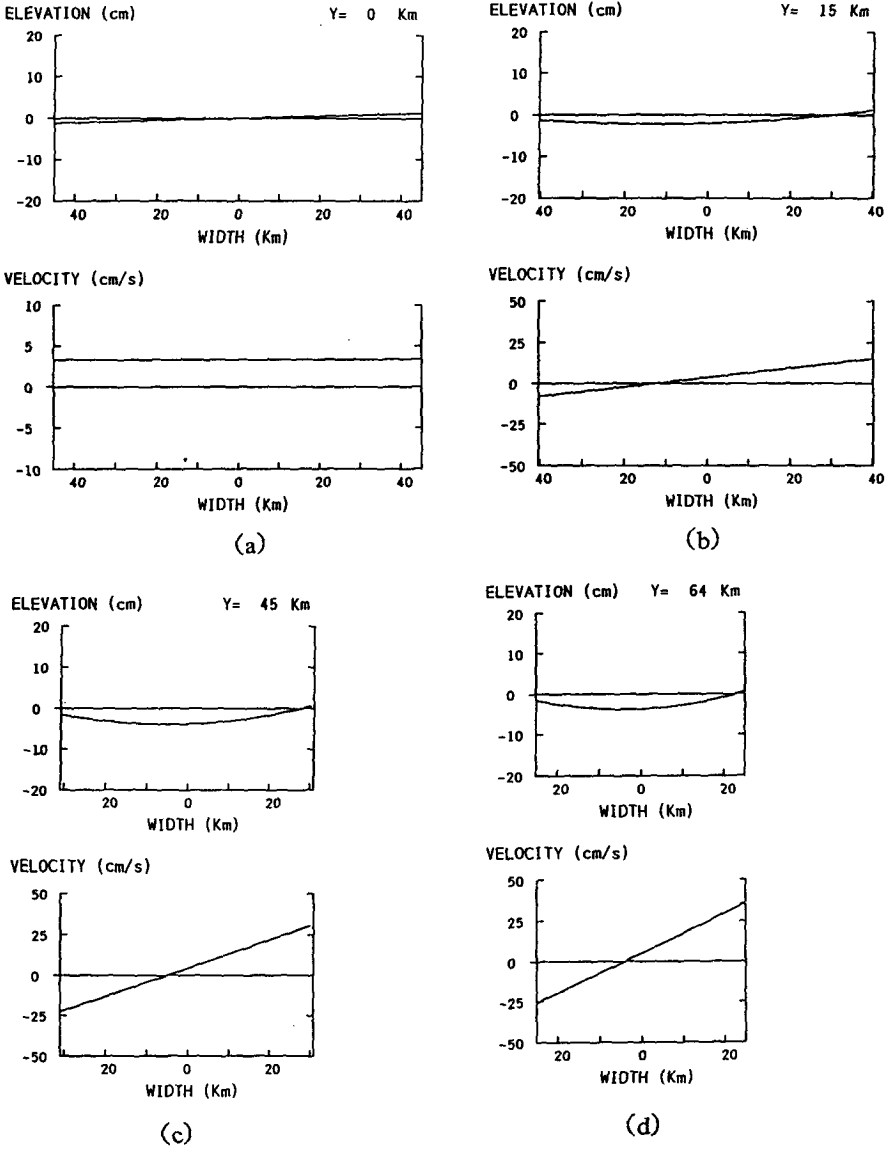


Fig. 24. Surface elevation and velocity at each section in the Western Channel for the case  $Q=0.3 \text{ Sv}$ ,  $\Psi_I=-0.5$  and  $\Delta=-15 \text{ m}$ .

$Q = 1.0 \text{ Sv}$   
 $\Psi_{IH} = -0.5$   
 $\Delta = -15 \text{ m}$

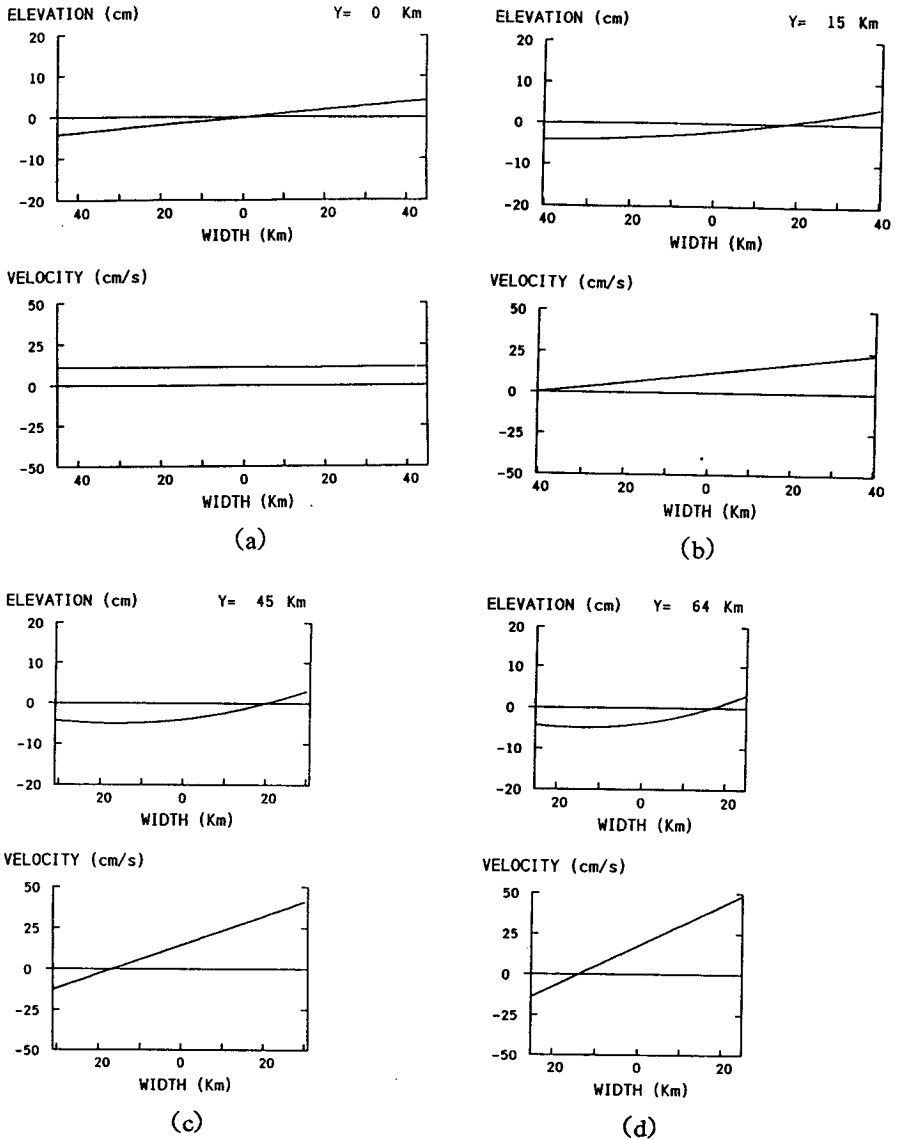


Fig. 25. Surface elevation and velocity at each section in the Western Channel for the case  $Q=1.0 \text{ Sv}$ ,  $\Psi_I=-0.5$  and  $\Delta=-15 \text{ m}$ .

$Q = 0.3 \text{ Sv}$   
 $\Psi_{1H} = -0.5$   
 $\Delta = 0 \text{ m}$

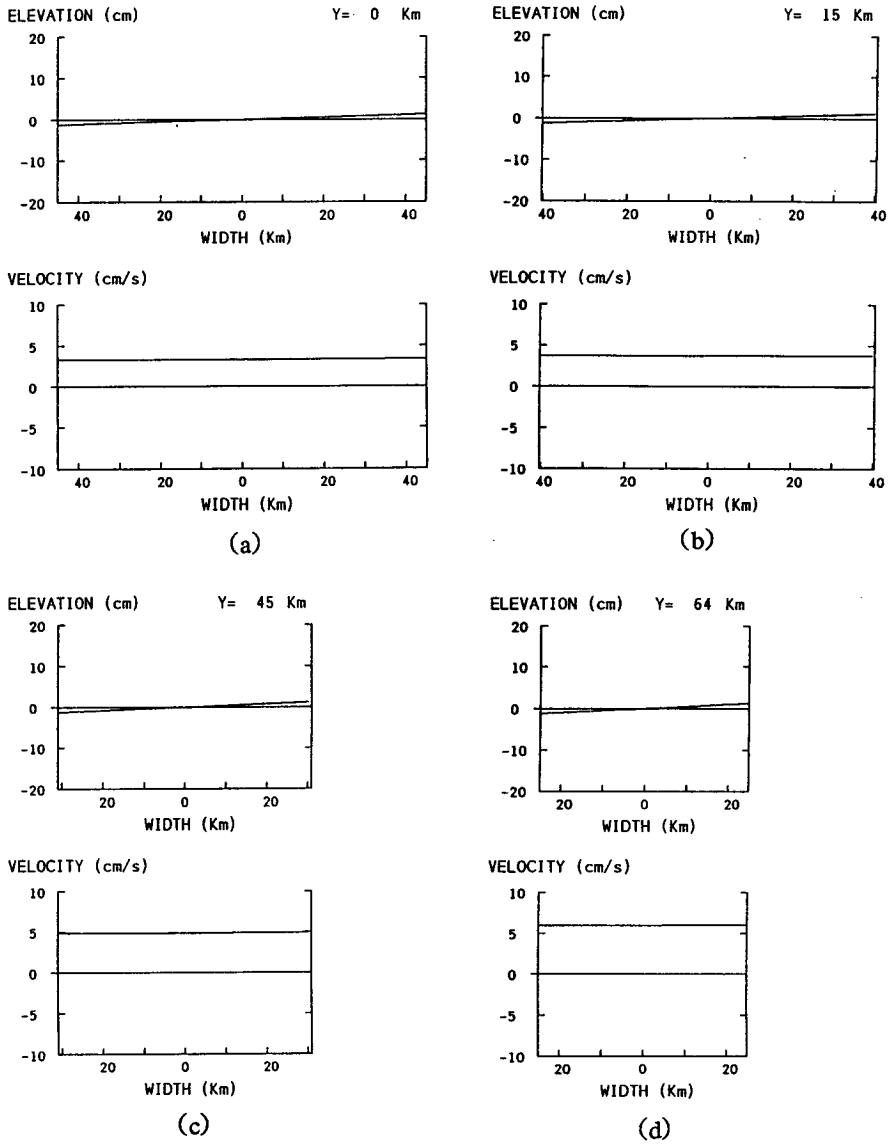


Fig. 26. Surface elevation and velocity at each section in the Western Channel for the case  $Q=0.3 \text{ Sv}$ ,  $\Psi_1=-0.5$  and  $\Delta=0 \text{ m}$ .

$Q = 2.0 \text{ Sv}$   
 $\Psi_{IH} = -0.5$   
 $\Delta = 0 \text{ m}$

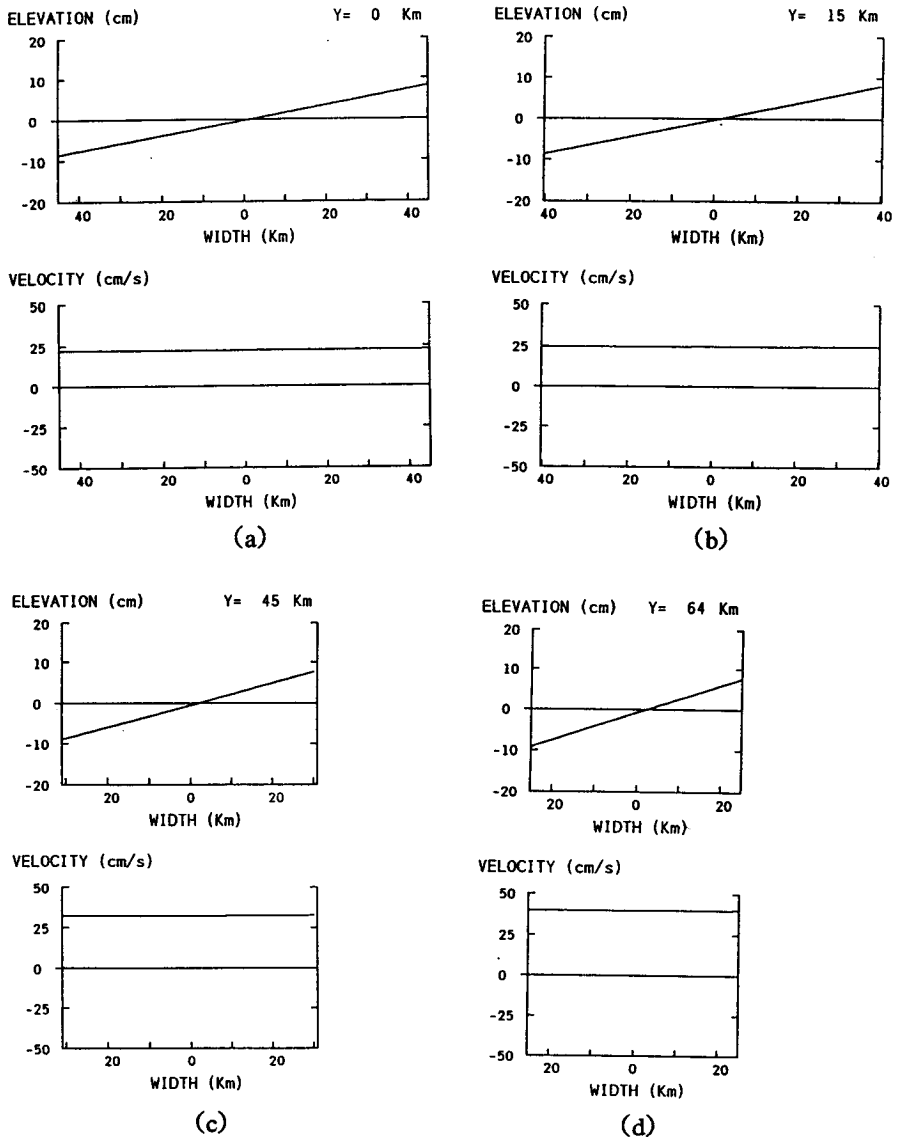


Fig. 27. Surface elevation and velocity at each section in the Western Channel for the case  $Q=2.0 \text{ Sv}$ ,  $\Psi_i=-0.5$  and  $\Delta=0 \text{ m}$ .



$Q = 0.3 \text{ Sv}$   
 $\Psi_{IH} = -0.5$   
 $\Delta = 15 \text{ m}$

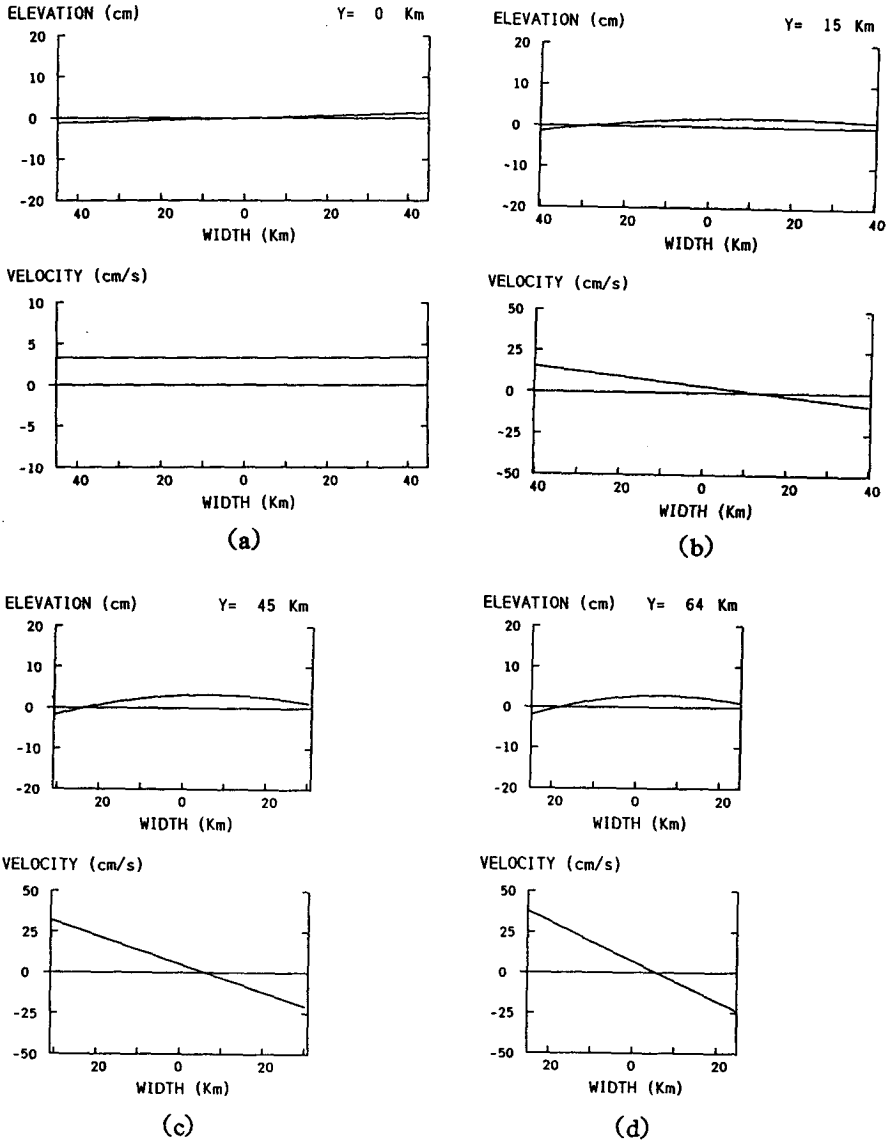


Fig. 28. Surface elevation and velocity at each section in the Western Channel for the case  $Q=0.3 \text{ Sv}$ ,  $\Psi_1=-0.5$  and  $\Delta=15\text{m}$ .

## 제 5 장 토의 및 결론

서수도의 해류특성을 지형류적인 관점에서 고찰하였을때 1972년 8월 중순에는 입구부에서 출구부까지 북향류가 탁월하며 유속도 북쪽 단면으로 향하여 점차 증대되는 특성이 발견됐다. 그러나 5월 초와 5월 하순에는 부산 - 거제 연안의 남향류로 인해서, 9월에는 대마난류의 와동으로 인해서 서수도의 해류분포는 8월 만큼 단순한 형태가 되지 못했다. 흐름이 이와 같이 복잡하게 되면 연안측을 따라서도 적지않게 해수 수송이 이루어질 가능성이 많다. 따라서 정확한 수송량 측정을 위해서는 현재보다 양 연안으로 좀더 확장되고 공간적으로도 조밀한 관측점 체계가 요구된다.

ADCP에 의한 관측과 동일시기의 지형류 계산에 근거한 속도 분포를 비교해볼때 지형류 속도가 ADCP에 의한 실측치보다 약 5-15 cm/s 적게 나타나고 있음을 발견할 수 있다 (변, 1990, 그림7과 그림8 참조). 그러므로 서수도를 통과하는 실제의 해수 수송량을 산정하는 문제에 있어서는 지형류 계산 이외에 미소하나마 한국측 연안으로부터의 하천수 유입량, 순압 (barotropic) 성분의 해류와 비지형류적 해류에 의한 수송량 등도 고려해야 할 것이다.

1층 해협모델의 적용 결과 서수도 출구쪽에서의 수심 증가가 서수도 내에 반시계 방향의 순환을 강화 시킬수 있음을 보았다. 박(1989)의 저층냉수 분포에 대한 연구와 비교하여 대마난류는 서수도의 지형조건과 수송량에서 수리적 조절 (hydraulic control)을 일으킬 가능성이 희박하다. 본 모델은 직사각형 형태의 단면을 취급하는데 반해 실제의 해저지형은 연안에서 단면 최심부까지 경사가 존재한다. 더우기 하계의 해황은 서수도 출구부에서 2층 구조를 이루고 있다. 2층 모델을 적용할 경우 대마난류수와 저층냉수의 밀도 대표치를 각각  $1.025 \text{ g/cm}^3$ 와  $1.027 \text{ g/cm}^3$ 로 취하면 내부 Rossby 변형반경은 약 15 km 정도가 되어 1층 모델에 비해 서수도 폭 (평균 70km)의 감소효과를 더 크게 느낄 것이다. 또한 저층냉수의 존재로 인해 상층의 대마난류수는 서수도 출구로 향하면서 연안쪽에서 수심이 감소되는 효과가 나타날 가능성이 있다. 대마난류수의 두께의 감소는 시계방향의 순환을 강화시켜 흐름의 중심축이 한국 연안

측에 치우치도록 기여할 것으로 추측된다 (Stommel, 1953).

본 연구는 1개년의 해황과 1층 모델의 적용에 국한되었기 때문에 계절에 따른 서수도의 해류특성을 파악하기 위하여는 적어도 수개년의 해황분석과, 성층효과 및 실제 해저지형 효과를 수용할 수 있는 2층모델의 적용이 요구된다.

## 참 고 문 헌

- 김철호, 1990. 한국해협이 해류특성과 역학적 구속조건에 관한 연구 (I). 해양연구소 보고서 BSPE 00170-288-1, pp. 111.
- 박영규, 1989. 대한해협 저층냉수의 구조에 관한 역학적 연구. 서울대학교 석사학위 논문, pp. 55.
- 변상경, 1990. 한국해협에서의 해류구조 연구 (제 3차년도). 해양연구소 보고서 BSPG 00115-320-1, pp. 34.
- 수로국, 1973. 수로기술연보, 80-120.
- Byun, S.K. and K.I. Chang, 1988. Tsushima current water at the entrance of the Korea Strait in Autumn. Prog. Oceanog. 21, 295-306.
- Gill, A. E., 1977. The hydraulics of rotating - channel flow. J. Fluid Mech. 80, 641-671.
- Lie, H.-J., 1984. A note on water masses and general circulation in the Yellow Sea (Hwanghae). J. Oceanol. Soc. Korea, 19, 187-194.
- Nishida, K., 1927. Report of the oceanographical investigation.- Results of the current measurements in the adjacent seas of Tyosen, 1923-1926. Fishery Experimental Station, 2, pp. 150.
- Stommel, H., 1953. Examples of the possible role of inertia and stratification in the dynamics of the Gulf Stream system. J. Mar. Res. 12, 184-195.