

BSPE 00159 - 275 - 5

한국 서·남해역 음속도면 작성연구(Ⅱ)

A Mapping Study of Sound Speed
in
the South and West Sea of Korea(Ⅱ)

1990. 3.

한국과학기술연구원
해양연구소

제 출 문

해양연구소 소장 귀하

이보고서를 “한국 서·남 해역 음속도면 작성연구(Ⅱ)” 과제의
최종보고서로 제출합니다.

1990년 3월 일

한국과학기술연구원 해양연구소

연구책임자 : 김 성 렬 (해양지구물리연구실)

연 구 원 : 한 상 준 (기술지원부)

이 용 국 (해양지질연구실)

지 상 범 (해양지질연구실)

요 약 문

I. 제 목 :

한국 서·남 해역 음속도면 작성연구(II)

II. 연구개발의 중요성 및 목적

수중에서의 정확한 음속자료의 획득은 정밀수심측정에의 필요성은 물론이고, 최근들어 급증되는 한반도 주변의 석유탐사, 지구물리탐사 및 수중탐지 기술등에 근간자료로서 활용될 수 있으며, 최소음속층(Sound Channel Axis) 및 표층도파관(Surface Duct)의 분포 또한 수중통신분야 연구에 필수적 자료로 요구된다. 특히 본 연구해역과 같이 천해특성의 환경하에서는 수중에서의 위치측정에는 필수 불가결의 기본자료이다. 이와같은 요구에 부응할 수 있도록 국립수산진흥원의 기존정선관측자료(수온, 염분 및 수심)를 이용하여 서해 및 남해의 정점 및 수층별 수중음속을 산출, 도면화하여 쉽게 이용할 수 있도록 하고, 본 연구해역에서의 해양조사에 앞서 정확한 산출음속에 의한 수심보정으로 정밀 해저지형 조사를 할 수 있도록 기반을 조성하는 것은 매우 중요한 연구과제로 1989년도의 “한국 동해해역 음속도면 작성연구”과 더불어 한반도 주변의 전해역에 대한 산출음속의 제시는 중요한 자료일 것이다.

III. 연구개발의 내용 및 범위

본 연구의 분석자료는 국립수산진흥원의 1966년부터 1986년까지의 21년간 정선관측자료중 수온, 염분 및 수심값이 이용되었고, 100m내의 표준수심(0, 10, 20, 30, 50, 75m)의 자료를 EOS-80(International Equation of Sea Water-1980)

의 염분률을 적용하여 Chen and Millero(1977)의 음속계산식을 이용하여 각 수층별 음속을 산출한 후 격월별의 음속분포와 그 범위에 관하여 분석하였다.

한국 서·남해역에서의 일반적 음속구조를 파악하기 위하여 변화의 양상이 복잡한 여름철(8월)에 대한 수직음속분포를 고려하였으며, 음속분포의 변화양상과 분포특성에 대한 수평, 수직적 자료에 대해서는 그 환경요인적 분석이 시도되었다.

IV. 연구 결과

서해(황해 동부해역)와 남해해역에서의 산출음속의 분포는 겨울철(2월)과 여름철(8월)로 대표할 수 있으며, 수평적인 분포는 겨울철 및 여름철의 수온 분포와 밀접한 관계를 보인다. 연구해역의 음속분포는 겨울철에는 1,460 m/sec에서 1,508 m/sec의 분포를 보이며, 여름철에는 1,484 m/sec에서 1,532 m/sec의 분포를 보인다. 겨울철 황해 동부해역의 등음속선은 북서-남동방향이고 연안에 접근될수록 음속값은 낮아진다. 황해 남동해역의 경우에는 조밀한 등음속선이 동-서로 이어져 남해의 연안에까지 이어져 있으며, 남해의 외해에서는 상대적으로 높은 음속선이 연안선에 평행한 분포를 보인다. 여름철(8월)의 음속분포는 겨울철(2월)에 비해서 음속의 분포범위가 심한 변화양상을 보이면서 30 m층을 중심으로 상·하의 분포가 상층에서는 1,526 m/sec~1,532 m/sec이고 그 하층에서는 1,484 m/sec~1,522 m/sec의 분포를 각각 보인다.

SUMMARY

I. Title :

A Mapping Study of Sound Speed in the South and West Sea of Korea
(II)

II. Importance and Objectives :

Accurate sound velocity in sea water is essential for precise depth measurements. The sound speed can also be used in oil exploration and other geophysical survey as well as in detection of underwater targets. Underwater communication is closely related to both a sound channel axis and a surface duct. In this study, the underwater sound speed was estimated using the existing data of temperature, salinity and depth of water collected by Fisheries Research and Development Agency(F. R. D. A). The computed sound speed in a desired water layer was mapped to correct the water depth and to utilize in distance measurements beneath the surface in the South Sea(Namhae) and West Sea(Yellow Sea or Hwanghae) of Korea.

III. Contents

- Mapping both horizontal and vertical distributions of underwater sound speed using the long-term observation data obtained during 1966 ~1986.
- General distribution of sound speed pattern in the South and West Sea of Korea.

IV. Results

The horizontal distribution of sound speed shows seasonal variation of iso-sound speed pattern. In winter season, it is possible to divide the study area into three by the distribution of sound speed ; area of low sound speed ($< 1,474 \text{ m/sec}$) in the Eastern Yellow Sea, area of sound speed front in Southeastern Yellow Sea and in the coastal area of the South Sea, and area of high sound speed ($> 1,500 \text{ m/sec}$) in the South Sea of Korea. In summer, however, the entire study area is divided into two layers vertically and they are bounded at a depth of 30m. The upper layer of the study area can be divided into three subareas ; area of high sound speed ($> 1,522 \text{ m/sec}$) in the Eastern Yellow Sea, of low sound speed ($1,514 \text{ m/sec} \sim 1,528 \text{ m/sec}$) halo structure in the Southeastern Yellow Sea and of high sound speed ($> 1,522 \text{ m/sec}$) in the South Sea of Korea. And the lower layer can be divided into two subareas ; One area is low sound speed ($1,486 \text{ m/sec} \sim 1,504 \text{ m/sec}$) in Eastern Yellow Sea Sea, and the other is high sound speed ($1,504 \text{ m/sec} \sim 1,536 \text{ m/sec}$) in the South Sea of Korea.

CONTENTS

SUMMARY

List of Figures

List of Tables

Chapter I. Introduction	1
1. Importance and Necessity	3
2. Objectives	4
3. General View	4
Chapter II. Study Methods	7
1. Equipments	9
2. Data	9
3. Sound Speed Calculation	10
4. Statistical Processing	18
5. Mapping of Sound Speed	19
Chapter III. Results	21
1. Horizontal Distribution	23
2. Vertical Distribution	63
Chapter IV. Conclusion	73
References	77
Appendix	83

목 차

요 약 문

SUMMARY

그림목차

표 목 차

제 1 장 서 론	1
제1절 연구의 중요성 및 필요성	3
제2절 연구의 목적	4
제3절 연구해역의 개관	4
제 2 장 연구방법	7
제1절 사용기기	9
제2절 연구자료	9
제3절 수중음속의 산출	10
제4절 산출음속의 통계처리	18
제5절 산출음속의 도면화	19
제 3 장 연구결과	21
제1절 수중 음속의 수평분포	23
제2절 수중 음속의 수직분포	63
제 4 장 결 론	73
참고문헌	77
별첨자료	83

그림 목 차

Fig. 1. Map showing the study area and F. R. D. A's serial oceanographic stations in the South and West Sea of Korea.	15
Fig. 2. Contour map of iso-sound speed(m/sec) in February(at the water depth of 0m(a), 10m(b), 20m(c), 30m(d), 50m(e), and 75m(f), separately).	27
Fig. 3. Contour map of iso-sound speed(m/sec) in April (at the water depth of 0m(a), 10m(b), 20m(c), 30m(d), 50m(e), and 75m(f), separately).	33
Fig. 4. Contour map of iso-sound speed(m/sec) in June (at the water depth of 0m(a), 10m(b), 20m(c), 30m(d), 50m(e), and 75m(f), separately).	39
Fig. 5. Contour map of iso-sound speed(m/sec) in August (at the water depth of 0m(a), 10m(b), 20m(c), 30m(d), 50m(e), and 75m(f), separately).	45
Fig. 6. Contour map of iso-sound speed(m/sec) in October (at the water depth of 0m(a), 10m(b), 20m(c), 30m(d), 50m(e), and 75m(f), separately).	51
Fig. 7. Contour map of iso-sound speed(m/sec) in December (at the water depth of 0m(a), 10m(b), 20m(c), 30m(d), 50m(e), and 75m(f), separately).	57

Fig. 8. Selected section line from F. R. D. A's serial oceanographic stations in August.....	66
Fig. 9. Vertical section of iso-sound speed(m/sec) at Line-A(a), map showing sound speed(m/sec) versus distance(km) for depth of 0 to 75m(b).	67
Fig. 10. Vertical section of iso-sound speed(m/sec) at Line-B(a), map showing sound speed(m/sec) versus distance(km) for depth of 0 to 75m(b).	68
Fig. 11. Vertical section of iso-sound speed(m/sec) at Line-C(a), map showing sound speed(m/sec) versus distance(km) for depth of 0 to 75m(b).	69
Fig. 12. Vertical section of iso-sound speed(m/sec) at Line-D(a), map showing sound speed(m/sec) versus distance(km) for depth of 0 to 75m(b).	70
Fig. 13. Vertical section of iso-sound speed(m/sec) at Line-E(a), map showing sound speed(m/sec) versus distance(km) for depth of 0 to 75m(b).	71

표 목 차

Table 1. Instruments used for the data processing of F.R.D.A's oceanographic data in the South and West Sea of Korea.	9
Table 2. Position of the serial oceanographic stations in the South and West Sea of Korea.	11
Table 3. Expression for sound speed (m/sec) in terms of temperature ($^{\circ}C$), salinity(‰) and depth(m).	17
Table 4. Comparison of mean difference and standard deviation in the calculated sound speed(m/sec) using two formulars according to salinity variation.	18

제 1 장
서 론

제 1 장 서 론

제1절 연구의 중요성 및 필요성

수중음향학(Underwater Acoustics)에 관한 연구는 1912년 Thomas Green Fesseden 에 의해 개발된 해수를 매질로한 전기기계적인 형태의 Fesseden Oscillator의 개발을 시초로 하여 시작되었으며, 1, 2차 양대 세계대전을 걸쳐 군사적 필요로 진일보 발전단계를 거친후 1960년대 들어 Wilson(1960)의 수온, 염분 및 수심에 따른 해수중에서의 음속계산식 발표이후 그 발전이 가속화 되었다. 1970년대의 냉전기에 들어와서는 강대국들 간에 군사적 목적에 따라 정량적인 실측 수중음속자료의 획득은 물론이고, 수층에서 측정된 자료와 함께 정선관측자료(수온, 염분 및 수심)를 이용하여 음속자료의 축적을 자국 주변은 물론 대양으로까지 음속 자료를 산출, 기본음속도면 작성에 각각 독자적으로 주력해 왔다. 이러한 연구결과 및 자료는 군사적 이용과 함께 대륙붕에서의 석유탐사, 지구물리탐사 자료의 정밀 해석에는 물론 수중탐지기술 및 통신기술 개발에 큰 공헌을 하였다. 그러나 연구방법 및 결과에 대한 각국의 철저한 보안과 자료누출을 차단한 관계로 공개적으로 발표된 자료나 논문은 많지 않다. 우리나라의 경우에도 이와같은 기본음속자료는 1980년대 들어 각종탐사(석유탐사, 지구물리탐사, 수중거리측정 및 통신기술개발)와 군사적 이용은 물론 정밀측심을 통한 해저지형 연구를 위해 절실히 요청되고 있으나 아직 이러한 시도가 이루어진 바 없다.

이러한 연구결과는 정밀한 수중음속의 대입에 의한 정확한 수심의 측정을 가능케 하고, 수중음속에 대한 수평, 수직적 전파경로의 연구에 기본자료를 제공하며, 수중통신 및 각종 해양탐사등에 매우 유용하게 이용될 것이다.

제2절 연구 목적

본 연구의 목적은 1966년부터 1986년까지 국립수산진흥원에서 수행한 정선관측자료(수온, 염분 및 수심)를 수집하여, 전산통계처리, 분석과정을 거쳐 도면화하여 기본 수중음속도면에 대한 수평, 수직의 등음속도의 작성과 향후 계속 수집되는 자료에 의한 정밀한 수중음속자료를 이용토록 제시하고 광범위한 수직, 수평적 정선관측자료의 이용에 따른 서해 및 남해의 음속분포와 기존의 해양물리학적 특징에 의한 해수유동 환경하에서의 음속분포의 이해에 그 초점을 두었다.

제3절 연구해역의 개관

본 연구의 대상해역은 대략 동경 $124^{\circ}20'$ 에서 $129^{\circ}40'$, 북위 $33^{\circ}00'$ 에서 $37^{\circ}20'$ 의 황해와 남해에 포함되는 해역으로 최대수심은 황해에서는 약 $90m$, 남해에서는 약 $150m$ 이다. 특히 조사해역의 음속변동의 요인으로 크게 작용될 해수의 특성을 보면, 황해에서는 일반적으로 황해저층냉수, 황해난류수, 연안수 및 양자강회석수로 분류되는데(Lie, 1984), 이 중에서 황해저층냉수는 염분이 $32\% \sim 33\%$, 수온이 $10^{\circ}C$ 이하의 특징을 갖는다(KORDI, 1984). 또한 황해에서의 표층수온의 분포는 연안을 따라 $5.9 \sim 12.5^{\circ}C$ (Gong, 1968 ; Kim, 1983)를 보이고 이에 대한 분포를 기상요인에 의한 총열교환량의 연편차 진폭에 따라서 중앙해역, 연안해역, 및 남부해역으로 구분하기도 한다(Lee and An, 1987). 또한 이해역에서의 성층모델의 적용결과에 의하면 연안의 혼합수는 북향하지만 외양의 성층수는 남향하는 것으로 알려져 있다(Seung, 1987). 남해는 흑조(Kuroshio)의 지류인 대마난류(Tsusima Warm Current)의 유입해역으로 수괴 상, 하층간이 균일하며

(Nishida and Iwanaga, 1978), 수온의 변동은 황해와 비교하여 년교차의 변동이 심하지 않다. 겨울철 황해연안에서 냉각된 천해역의 저온수는 북향몬순의 영향에 의하여 육지로부터 유입되는 담수와 희석되어 대마난류와 강력한 염분전선을 형성한다(Gong, 1971 ; Huh, 1982).

본연구해역의 수증음속은 해·조류의 일별, 계절별 변화에 따라 밀접한 양상을 보이는데 동해의 년변화(KORDI, 1989)에 비해서 그 변화폭이 크고, 여름철의 경우 황해남동해역에서 관측되는 조석혼합현상과 주변수괴(황해저층냉수, 황해난류, 양자강 유입수 및 연안수 등)의 유입등에 따라 복잡한 양상을 보인다. 특히 황해 및 남해 연안에서는 조석의 영향으로 인하여 일별, 계절별의 변동이 심하다.

제 2 장
연구 방법



제 2 장 연구 방법

제1절 사 용 기 기

본 연구의 자료처리에는 주로 PC-386 개인용 컴퓨터가 사용되었으며, Roland사의 DX880A Plotter와 Summagraphics사의 MM1812가 자료의 도면화 및 입력에 이용되었다(표 1). 결과에 대한 도면은 PC-386와 Monitor 및 Plotter를 사용하여 지면으로 옮겨졌다.

Table 1. Instruments used for the data processing of F.R.D.A*'s Oceanographic data

Instrument	Specification	Purpose
PC-386 (32bit)	CPU 4MB	Editing, Test and Calculation
CRT	IBM 8512	"
X-Y Data Tablet	Summagraphics MM1812	Coordination, Digitizing
X-Y Plotter	Roland DX-880A	Mapping

* Fisheries Research and Development Agency

제2절 연 구 자 료

본 연구에 이용된 자료는 1966년부터 1986년까지의 국립수산진흥원에서 관측한 정점자료(수온, 염분 및 수심)를 토대로 하였고, 자료의 통일을 기하기 위하여 관측수심은 표준수심 75m까지의 자료를 이용하였다.

이에 따른 국립수산진흥원의 각 정선관측점은 표2 및 그림 1에 표시하였다.

제3절 수중음속의 산출

국립수산진흥원 정점자료에 대한 수중음속의 정밀을 기하기 위하여 EOS80 (International Equation of Sea Water-1980)의 염분올에 준하여 표3에 표시한 각종 수중음속의 산출식 중 다음의 Chen and Millero(1977)의 계산식을 이용하였다. 이 계산식과 Wilson(1960) 계산식과의 비교표는 표4에 나타내었다. Chen and Millero에 의한 수중음속은 정선, 정점, 월별 및 수심별로 각각 대응하여 1차로 음속을 산출하였다.

$$SV(s, t, p) = Cw(t, p) + A(t, p) \cdot S + B(t, p) \cdot S^{3/2} + D(t, p) \cdot S^2$$

여기에서

$$\begin{aligned} Cw(t, p) = & C_{00} + C_{01} \cdot t + C_{02} \cdot t^2 + C_{03} \cdot t^3 + C_{04} \cdot t^4 + C_{05} \cdot t^5 \\ & + (C_{10} + C_{11} \cdot t + C_{12} \cdot t^2 + C_{13} \cdot t^3 + C_{14} \cdot t^4) \cdot p \\ & + (C_{20} + C_{21} \cdot t + C_{22} \cdot t^2 + C_{23} \cdot t^3 + C_{24} \cdot t^4) \cdot p^2 \\ & + (C_{30} + C_{31} \cdot t + C_{32} \cdot t^2) \cdot p^3 \end{aligned}$$

$$C_{00} = +1,402.388$$

$$C_{10} = +0.153563$$

$$C_{01} = +5.03711$$

$$C_{11} = +6.8982 \text{ E}-4$$

$$C_{02} = -5.80852 \text{ E}-2$$

$$C_{12} = -8.1788 \text{ E}-6$$

$$C_{03} = +3.3400 \text{ E}-4$$

$$C_{13} = +1.3621 \text{ E}-7$$

$$C_{04} = -1.47800 \text{ E}-6$$

$$C_{14} = -6.1185 \text{ E}-10$$

$$C_{05} = +3.1464 \text{ E}-9$$

Table 2. Position of the Serial Oceanographic Station in the South and West Sea of Korea

Station No. Line	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10
307				B = 36.56300000 L = 126.00000000 *N = 4088414.0000 E = 473286.6000 **38	B = 36.55300000 L = 125.37420000 N = 4086677.0000 E = 469969.6000 35	B = 36.55300000 L = 125.25000000 N = 4086746.0000 E = 468083.6000 55	B = 36.55300000 L = 125.12300000 N = 4086818.0000 E = 466227.3000 62	B = 36.55300000 L = 125.00000000 N = 4086893.0000 E = 464370.8000 60	B = 36.55300000 L = 124.47300000 N = 4086974.0000 E = 462514.2000 65	B = 36.55300000 L = 124.34480000 N = 4087059.0000 E = 460627.9000 68	B = 36.55300000 L = 124.22180000 N = 4087147.0000 E = 458771.0000 78
308		B = 36.19480000 L = 126.14240000 N = 4020505.0000 E = 475229.0000 22	B = 36.19480000 L = 126.02180000 N = 4020558.0000 E = 473418.4000 31	B = 36.19480000 L = 125.50000000 N = 4020617.0000 E = 471578.1000 52	B = 36.19480000 L = 125.37000000 N = 4020683.0000 E = 469632.8000 53	B = 36.19480000 L = 125.25180000 N = 4020746.0000 E = 467881.6000 53	B = 36.19480000 L = 125.12240000 N = 4020819.0000 E = 465951.2000 60	B = 36.19480000 L = 125.00000000 N = 4020894.0000 E = 464095.3000 70	B = 36.19480000 L = 124.27300000 N = 4020974.0000 E = 462224.3000 77	B = 36.19480000 L = 124.35060000 N = 4021057.0000 E = 460368.2000 85	B = 36.19480000 L = 124.23000000 N = 4021142.0000 E = 458556.7000 82
309		B = 35.51180000 L = 126.14420000 N = 3967822.0000 E = 475124.5000 31	B = 35.51180000 L = 126.02000000 N = 3967875.0000 E = 473313.0000 47	B = 35.51180000 L = 125.49180000 N = 3967938.0000 E = 471300.8000 55	B = 35.51180000 L = 125.37000000 N = 3968000.0000 E = 469449.3000 60	B = 35.51180000 L = 125.24240000 N = 3968068.0000 E = 467552.2000 71	B = 35.51180000 L = 125.12180000 N = 3968136.0000 E = 465730.3000 65	B = 35.51180000 L = 125.00000000 N = 3968210.0000 E = 463878.1000 66	B = 35.51180000 L = 124.47480000 N = 3968288.0000 E = 462040.9000 84	B = 35.51180000 L = 124.35060000 N = 3968372.0000 E = 460128.3000 84	B = 35.51180000 L = 124.22480000 N = 3968458.0000 E = 458725.7000 89
310				B = 35.20060000 L = 125.49180000 N = 3910270.0000 E = 471114.4000 30	B = 35.20060000 L = 125.36300000 N = 3910334.0000 E = 469174.8000 59	B = 35.20060000 L = 125.24240000 N = 3910399.0000 E = 467341.3000 71	B = 35.20060000 L = 125.12060000 N = 3910468.0000 E = 465377.1000 73	B = 35.20060000 L = 125.00000000 N = 2910541.0000 E = 463643.3000 83	B = 35.20060000 L = 124.47540000 N = 3910617.0000 E = 461809.3000 89	B = 35.20060000 L = 124.35360000 N = 3910698.0000 E = 459944.6000 92	B = 35.20060000 L = 124.23300000 N = 3910781.0000 E = 458110.3000 91

Station No. Line	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10
311					B = 34.43000000 L = 125.43540000 N = 3841729.0000 E = 470071.4000 35	B = 34.43000000 L = 125.31540000 N = 384.1790.0000 E = 468239.1000 77	B = 34.43000000 L = 125.19240000 N = 3841858.0000 E = 466330.4000 91	B = 34.43000000 L = 125.00000000 N = 3841971.0000 E = 463367.8000 93	B = 34.43000000 L = 124.47540000 N = 3842047.0000 E = 461519.9000 93	B = 34.43000000 L = 124.35480000 N = 38421260000 E = 459671.6000 90	B = 34.43000000 L = 124.23240000 N = 3842211.0000 E = 457777.5000 85
312			B = 33.58300000 L = 126.06000000 N = 3759388.0000 E = 473312.8000 86	B = 33.59480000 L = 125.54000000 N = 3761846.0000 E = 471369.2000 75	B = 34.01180000 L = 125.42000000 N = 3764673.0000 E = 469632.8000 85	B = 34.02360000 L = 125.30000000 N = 3767141.0000 E = 467691.1000 92	B = 34.04060000 L = 125.18000000 N = 3769977.0000 E = 465853.9000 102	B = 34.05300000 L = 125.00000000 N = 3772669.0000 E = 463093.8000 92	B = 34.05300000 L = 124.48000000 N = 3772743.0000 E = 461247.4000 93	B = 34.05300000 L = 124.36000000 N = 3772821.0000 E = 459400.6000 87	B = 34.05300000 L = 124.24000000 N = 3772898.0000 E = 457656.3000 87
313			B = 33.24240000 L = 126.00000000 N = 3696408.0000 E = 472102.8000 99	B = 33.24240000 L = 125.48000000 N = 3696464.0000 E = 407242.3000 99	B = 33.24240000 L = 125.36000000 N = 3696523.0000 E = 468381.5000 98	B = 33.24240000 L = 125.24000000 N = 3696582.0000 E = 466624.0000 92	B = 33.24240000 L = 125.12000000 N = 3696652.0000 E = 464659.7000 87	B = 33.24240000 L = 125.00000000 N = 3696722.0000 E = 462798.5000 85	B = 33.24240000 L = 124.48000000 N = 3696795.0000 E = 460937.3000 80	B = 33.24240000 L = 124.36000000 N = 3696872.0000 E = 459075.6000 82	B = 33.24240000 L = 124.24000000 N = 3696948.0000 E = 457317.2000 80
314	B = 33.00000000 L = 128.00000000 N = 3650970.0000 E = 490659.3000 163	B = 33.00000000 L = 127.42000000 N = 3651000.0000 E = 487960.7000 154	B = 33.00000000 L = 127.24000000 N = 3651038.0000 E = 485158.2000 125	B = 33.00000000 L = 127.06000000 N = 3651084.0000 E = 482355.6000 110	B = 33.00000000 L = 126.48000000 N = 3651141.0000 E = 479440.0000 108	B = 33.00000000 L = 126.48000000 N = 3651141.0000 E = 479449.0000 108	B = 33.00000000 L = 126.12000000 N = 3651274.0000 E = 473842.5000 115	B = 33.00000000 L = 125.54000000 N = 3651353.0000 E = 471038.8000 110	B = 33.00000000 L = 125.36000000 N = 3651440.0000 E = 468234.8000 110	B = 33.00000000 L = 125.18000000 N = 3651534.0000 E = 465430.5000 94	B = 33.00000000 L = 125.00000000 N = 3651637.0000 E = 462625.7000 90

Station No. Line	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10
203		B= 33.56360000 L= 126.31240000 N= 3755777.0000 E= 477113.4000 61	B= 33.47300000 L= 126.26180000 N= 3788981.0000 E= 476285.8000 103	B= 33.38180000 L= 126.21180000 N= 3722002.0000 E= 475470.5000 140	B= 33.54060000 L= 127.15120000 N= 3751019.0000 E= 483852.3000 86	B= 33.45300000 L= 127.09120000 N= 3735144.0000 E= 482899.2000 95	B= 33.35480000 L= 127.03120000 N= 3717238.0000 E= 481939.2000 128				
204		B= 34.20480000 L= 127.43540000 N= 3800290.0000 E= 488336.1000 43	B= 34.13420000 L= 127.35240000 N= 3787188.0000 E= 487015.0000 35	B= 34.06420000 L= 127.26480000 N= 3774273.0000 E= 485675.2000 55	B= 33.51300000 L= 128.03000000 N= 3746117.0000 E= 491316.1000 100	B= 33.37180000 L= 128.09120000 N= 3719872.0000 E= 492147.6000 130					
205		B= 34.22180000 L= 127.48300000 N= 3803054.0000 E= 489044.4000 53	B= 34.15000000 L= 127.52060000 N= 3789559.0000 E= 489581.0000 72	B= 34.05300000 L= 127.56540000 N= 3771996.0000 E= 590299.5000 87	B= 34.15180000 L= 128.58000000 N= 3790054.0000 E= 498421.9000 110	B= 34.08060000 L= 129.06180000 N= 3775751.0000 E= 500968.0000 130					
206		B= 34.35300000 L= 128.34300000 N= 3827390.0000 E= 496103.2000 62	B= 34.29360000 L= 128.41120000 N= 3816483.0000 E= 497123.4000 70	B= 34.22240000 L= 128.49420000 N= 3803176.0000 E= 498421.9000 94	B= 34.15180000 L= 128.58000000 N= 3790054.0000 E= 498421.9000 110	B= 34.08060000 L= 129.06180000 N= 3775751.0000 E= 500968.0000 130					

Station No. Line	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10
207	B = 35.01180000 L = 129.07120000 N = 3875061.0000 E = 501094.6000 84	B = 34.57360000 L = 129.11120000 N = 3868225.0000 E = 501704.1000 103	B = 34.53540000 L = 129.15240000 N = 3861388.0000 E = 502344.9000 115	B = 34.50120000 L = 129.19300000 N = 3854553.0000 E = 502971.0000 240	B = 34.48000000 L = 129.21480000 N = 3851720.0000 E = 503322.6000 160						

* U.T.M (Universal Transverse Mercator) North and East distance in meters

** Station depth in meters

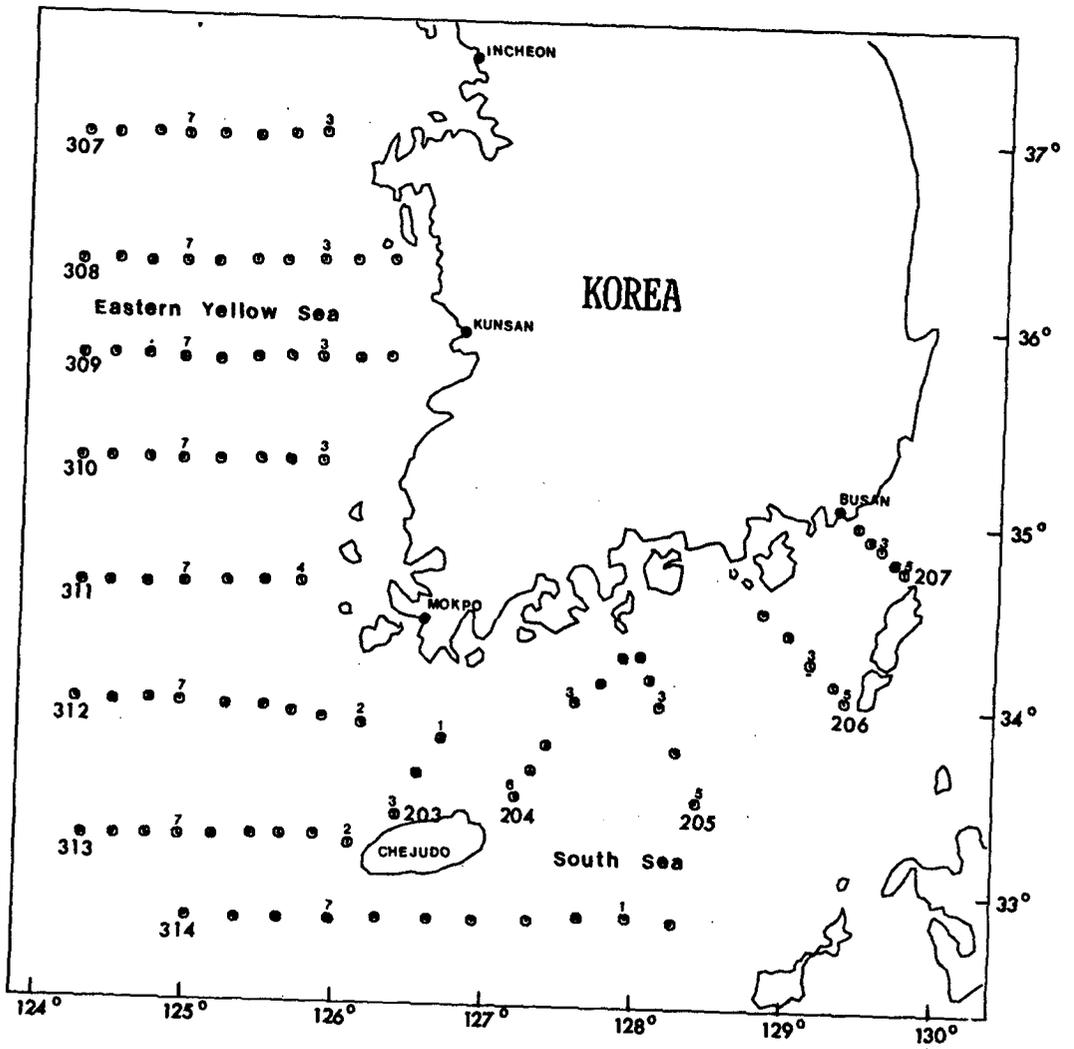


Fig. 1. Map Showing the study area and Fisheries Research and Development Agency(F.R.D.A)'s serial oceanographic stations in the South and West Sea of Korea.

$$\begin{aligned}
C_{20} &= +3.1260 \text{ E-5} & C_{30} &= -9.7729 \text{ E-9} \\
C_{21} &= -1.71707 \text{ E-6} & C_{31} &= +3.8054 \text{ E-10} \\
C_{22} &= +2.5974 \text{ E-8} & C_{32} &= -2.3624 \text{ E-12} \\
C_{23} &= -2.5335 \text{ E-10} \\
C_{24} &= +1.0405 \text{ E-12}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
A(t, p) &= A_{00} + A_{01} \cdot t + A_{02} \cdot t^2 + A_{03} \cdot t^3 + A_{04} \cdot t^4 \\
&\quad + (A_{10} + A_{11} \cdot t^2 + A_{12} \cdot t^2 + A_{13} \cdot t^3 + A_{14} \cdot t^4) \cdot p \\
&\quad + (A_{30} + A_{31} \cdot t + A_{32} \cdot t^2) \cdot p^3
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
A_{00} &= +1.389 & A_{10} &= +9.4742 \text{ E-5} \\
A_{01} &= -1.262 \text{ E-2} & A_{11} &= -1.2580 \text{ E-5} \\
A_{02} &= +7.164 \text{ E-5} & A_{12} &= -6.4885 \text{ E-8} \\
A_{03} &= +2.006 \text{ E-6} & A_{13} &= +1.0507 \text{ E+8} \\
A_{04} &= -3.21 \text{ E-8} & A_{14} &= -2.0122 \text{ E-10} \\
A_{20} &= -3.7064 \text{ E-7} & A_{30} &= +1.100 \text{ E-10} \\
A_{21} &= +9.1041 \text{ E-9} & A_{31} &= +6.649 \text{ E-12} \\
A_{22} &= -1.6002 \text{ E-10} & A_{32} &= -3.389 \text{ E-13} \\
A_{23} &= +7.988 \text{ E-12}
\end{aligned}$$

$$B(t, p) = B_{00} + B_{01} \cdot t + (B_{01} + B_{11} \cdot t) \cdot p$$

$$\begin{aligned}
B_{00} &= -1.922 \text{ E-2} & B_{10} &= +7.367 \text{ E-5} \\
B_{01} &= -4.42 \text{ E-5} & B_{11} &= +1.7945 \text{ E-7}
\end{aligned}$$

$$D(t, p) = D_{00} + D_{10} \cdot p$$

$$D_{00} = +1.727 \text{ E-3} \quad D_{10} = -7.9836 \text{ E-6}$$

Table 3. Expression for sound speed (m/s) in terms of temperature($^{\circ}C$), salinity(‰) and depth(m)

Expression	Limits	Reference
$SV = 1,445.5 + 4.664T - 0.0554T^2 + 1.307$ $(S - 35) + \dots$	$0^{\circ} \leq T \leq 30^{\circ}$ $30 \leq S \leq 40$ $0 \leq D \leq 1,000$	Kuwahara, 1939
$SV = 1,448.6 + 4.618 - 0.0523T^2 + 1.25$ $(S - 35) + \dots$	$0^{\circ} \leq T \leq 30^{\circ}$ $30 \leq S \leq 40$ $0^{\circ} \leq D \leq 1,000$	Del Grosso, 1952
$SV = 1,449.2 + 4.623T - 0.0546T^2 + 1.391$ $(S - 35) + \dots$	$0^{\circ} \leq T \leq 30^{\circ}$ $30 \leq S \leq 40$ $0 \leq D \leq 1,000$	Wilson, 1960
$SV = 1,492.9 + 3(T - 10) - 6 \times 10^{-3}(T - 10)^2$ $- 4 \times 10^{-2}(T - 18)^2 + 1.2(S - 35) - 10^{-2}$ $(T - 18)(S - 35) + D/61$	$-2^{\circ} \leq T \leq 24.5^{\circ}$ $30 \leq S \leq 42$ $0 \leq D \leq 1,000$	Leroy, 1969
$SV = 1,449.2 + 4.6T - 5.5 \times 10^{-3}T^2 + 2.9 \times$ $10^{-2}T^3 + (1.34 - 10^{-2}T)(S - 35) +$ $1.6 \times 10^{-2}D$	$0^{\circ} \leq T \leq 35^{\circ}$ $0 \leq S \leq 45$ $0 \leq D \leq 1,000$	Medwin, 1975
$SV = 1,448.96 + 4,591T - 5.304 \times 10^{-2}T^2 +$ $2.374 \times 10^{-4}T^3 + 1.340(S - 35) + 1.630$ $\times 10^{-2}D + 1.675 \times 10^{-7}D^2 - 1.025 \times$ $10^{-2}T(S - 35) - 7.139 \times 10^{-13}TD$	$0 \leq T \leq 30^{\circ}$ $30 \leq S \leq 40$ $0 \leq D \leq 8,000$	Mackenzie, 1981

D=depth in meters.

S=salinity in parts per thousand.

T=temperature in degrees Celsius. SV=sound speed in meters per second.

윗식에서 염분은 0~40‰, 수온은 0~40°C, 그리고 수심은 0~10,000 decibar의 범위를 갖는다.

Table 4. Comparison of mean difference and standard deviation in the calculated sound speed(m/sec) using two formulars according to salinity variation.

Chen/Millero (1977) Formula - U (EOS 80)										
S	0	5	10	15	20	25	30	35	40	‰
Δ	0.15	0.24	0.32	0.39	0.42	0.42	0.38	0.30	0.18	m/sec
σ	0.20	0.20	0.23	0.27	0.30	0.31	0.31	0.32	0.40	m/sec
Wilson (1960) Formula - U (EOS 80)										
S	0	5	10	15	20	25	30	35	40	‰
Δ	0.10	0.85	0.65	0.51	0.48	0.49	0.60	0.82	1.13	m/sec
σ	0.15	1.04	0.96	0.89	0.85	0.85	0.80	0.77	0.75	m/sec

S : salinity (‰)

Δ : mean difference

σ : standand deviation

제4절 산출음속의 통계처리

산출된 음속값은 다음식에 의하여 21년간의 평균 및 표준편차를 구하였으며 (별첨표참조), 관측되지 않아 누락된 수심 및 정점의 자료는 제외시켰다.

$$\overline{SV}(m,l,p,d) = \frac{\sum_{i=1966}^{1986} SV(m(i), l(i), p(i), d(i))}{\text{Count}(m(i), l(i), p(i), d(i))}$$

$$\sigma(m,l,p,d) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1966}^{1986} (SV(m(i), l(i), p(i), d(i)) - \overline{SV}(m(i), l(i), p(i), d(i)))^2}{\text{Count}(m(i), l(i), p(i), d(i))}}$$

여기에서

$SV(m,l,p,d)$: 20년간 월(m), 점선(l), 정점(p), 수심별(d)의 평균음속값

$Count(m,l,p,d)$: 20년간 월(m), 점선(l), 정점(p), 수심별(d)의 관측회수

$\sigma(m,l,p,d)$: $SV(m,l,p,d)$ 에 따른 표준편차

제5절 산출음속의 도면화

산출음속은 1차적으로 각 정점을 월별 구분하여 정선별로 수직분포곡선이 작성되었고, 정점의 월별 자료는 전체 연구해역에 대한 수평분포도를 작성하여 도시하였다. 수평분포도의 격자망 간격은 위도와 경도 모두 10' 간격으로 나누었으며(24X30격자), 이는 다시 부격자로 16등분하여 보간(Interpolation)하였다. 이때 이용된 보간법은 Laplacian과 Spline의 혼합형으로 다음식으로 표현된다 (PLOTWORKS, 1984).

$$[\nabla^2 \cdot X(z) + \nabla^2 \cdot Y(z)] - cay \cdot [\nabla^4 \cdot X(z) + \nabla^4 \cdot Y(z)] = 0$$

여기서 $X(z)$, $Y(z)$ 는 좌표함수이고, cay 는 전술의 두 보간법의 상대적 편향의 정도를 나타내는 상수로 본 연구의 수평분포도 작성시에는 4의 값을 대입하여 Spline보간법의 상대적 비율을 높여 수행하였다.

제 3 장
연구 결과

제 3 장 연구 결과

제1절 수중음속의 수평분포

1. 2월

2월의 음속분포범위는 $1,460\text{ m/sec}$ 에서 $1,508\text{ m/sec}$ 로 전수층에서 수직적인 분포는 거의 균일한 값을 보인다(Fig. 2). 황해동부해역의 등음속선은 북서-남동 방향이며, 연안에 접근될 수록 음속은 낮아진다. 그러나 황해남동해역의 경우 황해동부해역 보다 조밀한 등음속선이 동-서방향으로 형성되어 있고 이러한 동-서방향성의 등음속선은 남해연안을 따라 남해 고흥반도의 남단까지 이어져 있다. 제주도를 포함한 남해의 외해쪽에서는 비교적 높은 음속분포대를 보이지만 등음속선의 구배는 완만하다. 황해동부 해역의 음속분포 특성은 최저층(75 m)에서 $1,474\text{ m/sec}$ 이하의 음속은 나타나지 않지만(Fig. 2), 표층으로 부터 최저층까지의 전수층에서 $1,474\text{ m/sec}$ 의 음속선의 위치는 거의 변하지 않는다(Fig. 2). 또한 황해남동해역과 남해연안해역에서는 $1,474\text{ m/sec}$ 에서 $1,500\text{ m/sec}$ 의 음속분포를 보이며 특히 30 m 층(Fig. 2(a)~(d))까지는 고흥반도 부근에서 혀모양의 음속전선이 외해쪽으로 향하고 있으나 50 m 와 75 m 층(Fig. 2(e)~(f))에서는 계속 연장되는 뚜렷한 양상은 발견할 수 없다. 그리고 제주도의 동, 서측에서는 $1,500\text{ m/sec}$ 음속이 남해의 전수층에서 사행의 형태로 분포하고, 75 m 층에서는 그 형태가 더욱 뚜렷해 지고 수평적인 음속의 구배가 비교적 작게 나타난다. 남해의 외해쪽에서는 전수층의 수평적 음속 구배는 연안에 비해서 작게 나타나고 등음속선의 분포방향이 제주도의 서측에서는 남-북방향으로 동측에서는 동-서 방향으로 발달되어 있다.

2. 4월

4월의 전반적인 등음속선의 분포는 2월과 거의 유사하나 황해동부의 연안에서는 등음속선의 분포가 수직하게 발달되어 있으나 외해쪽으로 진행될수록 연안선에 평행한 등음속선의 분포를 보인다. 4월의 음속분포대는 2월에 비해서 다소간 상승하여 1,460m/sec에서 1,512m/sec의 분포를 보이고, 2월중에 보였던 황해남동해역의 조밀한 등음속선의 분포는 그구배가 완만한 형태를 보인다. 특히 4월의 음속분포에서는 표층에서는 나타나지 않는 상대적 고음속의 핵을 갖는 환구조의 음속분포가 제주도의 남쪽해역에서 나타난다(Fig. 3(a)~(f)).

3. 6월

6월의 음속분포는 20m층을 중심으로 상, 하가 전혀 다른 분포양상을 보이는 데 상층에서는 1,496m/sec에서 1,526m/sec이고(Fig. 4(a)~(c)), 그 하층에서는 1,474m/sec에서 1,524m/sec의 분포를 보인다(Fig. 4(d)~(f)). 20m내의 상층에서는 황해남동해역에서 저음속 핵의 환구조 음속분포해역이 나타나고, 표층에서는 1,514m/sec, 10m층에서는 1,510m/sec의 등음속선이 황해동부의 중항해역으로부터 남해연안으로 이어져 있고, 20m층에서는 황해동부해역의 중앙에 저음속의 핵을 보이는 환구조의 음속분포를 보인다(Fig. 4(c)). 이러한 환구조의 음속분포형태는 50m층이하에서는 희미해진다. 또한 황해동부해역의 중앙에 나타나는 환구조의 해역을 중심으로 연안해역 및 그 외해쪽의 해역에서는 수평적인 음속값은 증가 및 감소가 상이하게 나타난다. 남해의 음속분포는 고흥반도의 남단 20~30m층에서 1,512m/sec 및 1,510m/sec의 등음속선이 사행 분포를 보이면서 남해 전해역에서 분포되어 있으며 50m층에서는 1,508m/sec 등음속선이 상층의 사행의 구조에 준하는 분포를 보인다(Fig. 4(e)).

4. 8월

8월의 음속분포(Fig. 5)는 겨울철(12월 및 2월)의 음속분포와는 전혀다르게 나타나는데 표층의 경우 $1,526\text{ m/sec}$ 에서 $1,532\text{ m/sec}$ 로 분포의 범위가 비교적 좁지만, 저층(75 m)의 경우 $1,484\text{ m/sec}$ 에서 $1,522\text{ m/sec}$ 로 분포의 범위는 넓으나 음속의 분포대는 낮게 나타난다(Fig. 5(f)). 일반적으로 수온, 염분 및 수심 중에서 본 연구해역과 같이 천해의 환경하에서는 수온의 영향이 가장 큰 요인임을 감안하여 저층일수록 음속값이 작아지는 것은 당연하나 음속의 변화폭이 넓어지는 것은 저층에서의 음속변동 요인일 것으로 판단되는 해수의 유동과 밀접한 연관이 있음을 암시한다.

전반적인 8월의 음속분포 경향은 30 m 수층을 중심으로 상, 하의 분포가 상이하게 나타나며 황해동부와 남해의 경계부에 해당되는 흑산도를 중심으로한 황해 남동해역이 음속분포는 30 m 층 이내에서는 $1,516\text{ m/sec}$ 에서 $1,528\text{ m/sec}$ 의 분포를 보이는 환구조(Low Sound Speed Halo)를 하고 있으며, 이러한 환구조의 음속분포는 30 m 층 이하에서는 외해쪽으로 이동된 분포형태를 보인다(Fig. 5(a)~(d)). 황해동부해역에서는 $1,552\text{ m/sec}$ 에서 $1,534\text{ m/sec}$ 의 음속분포를 보이면서 음속선이 비교적 해안선에 나란하게 발달되어 있으나, 30 m 층을 중심으로 그 상부에서는 외해쪽으로 음속이 증가하며, 그 이하층에서는 외해쪽으로 음속이 감소하는 전혀 반대되는 음속의 분포형태를 보인다. 남해에서는 제주도를 중심으로 서측에서는 음속선이 남-북으로 발달되어 있고, 그 동측에서는 동서방향으로 발달되어 있는데 연안에 접근될 수록 낮은 음속값을 보인다. 남해에서는 $1,528\text{ m/sec}$ 에서 $1,540\text{ m/sec}$ 의 고음속의 분포를 보이며, 연중 편차가 가장 적게 나타난다. 남해의 고음속의 원인으로서는 대마난류의 하계 유입에 따른 고온, 고염의 공급이 원활하며, 이러한 고음속의 분포는 연구해역에서 년중 상대적으로 큰 값을 보인다.

5. 10월

10월의 음속은 $1,488\text{ m/sec}$ 에서 $1,532\text{ m/sec}$ 의 음속분포를 보이는데(Fig. 6), 20 m층 내의 황해동부해역에서는 $1,514\text{ m/sec}$ 에서 $1,518\text{ m/sec}$ 로, 음속의 분포대가 4 m/sec 내외로 전해역이 수평적으로 균일한 분포를 보인다(Fig. 6(a)~(c)). 특히 8월에 보인 황해 남동해역의 저음속 환구조해역은 그 분포해역과 형태가 유사하나 분포정도가 현격히 희미해져서 나타난다. 특히 $1,516\text{ m/sec}$ 의 음속선은 30 m층까지 황해동부해역에서 남해서부의 연안까지 이어져 나타나고 30, 50, 75 m층에서는 그 분포가 나타나지 않는다(Fig. 6(d)~(f)). 50, 75 m층의 등음속선의 분포는 연안선에 평행하며, 남해의 경우 수평적인 음속선의 구배가 크게 나타난다.

6. 12월

12월에는 $1,484\text{ m/sec}$ 에서 $1,520\text{ m/sec}$ 의 음속분포를 보이고, 전수층에서 수평 및 수직적인 음속이 거의 균일하다. 황해동부 및 황해남동해역의 경우에는 2월에 비해서 변화된 분포양상이 일부 나타난다. 그러나 남해의 경우 $1,494\text{ m/sec}$ 에서 $1,520\text{ m/sec}$ 의 등음속선이 동-서 방향으로 높은 수평 구배를 보이며 이어져 있다(Fig. 7).

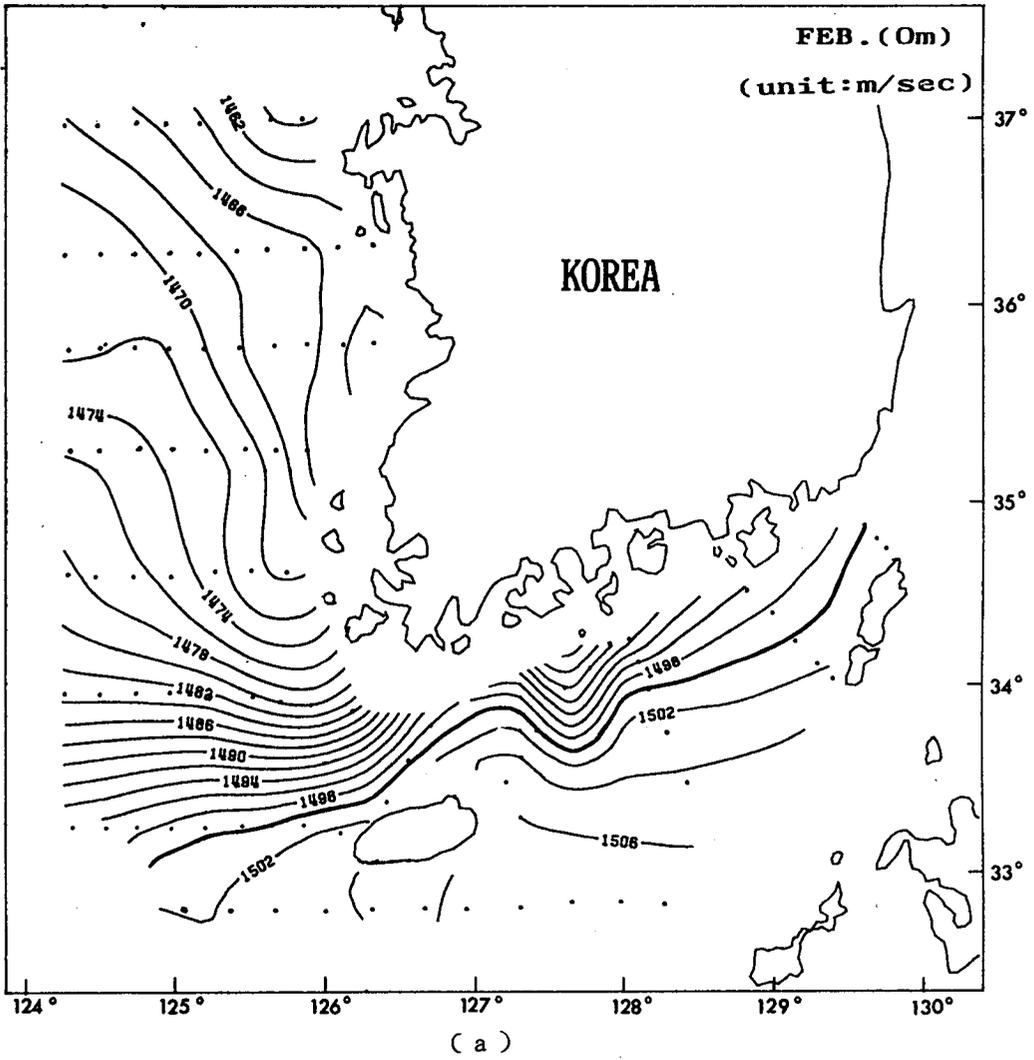
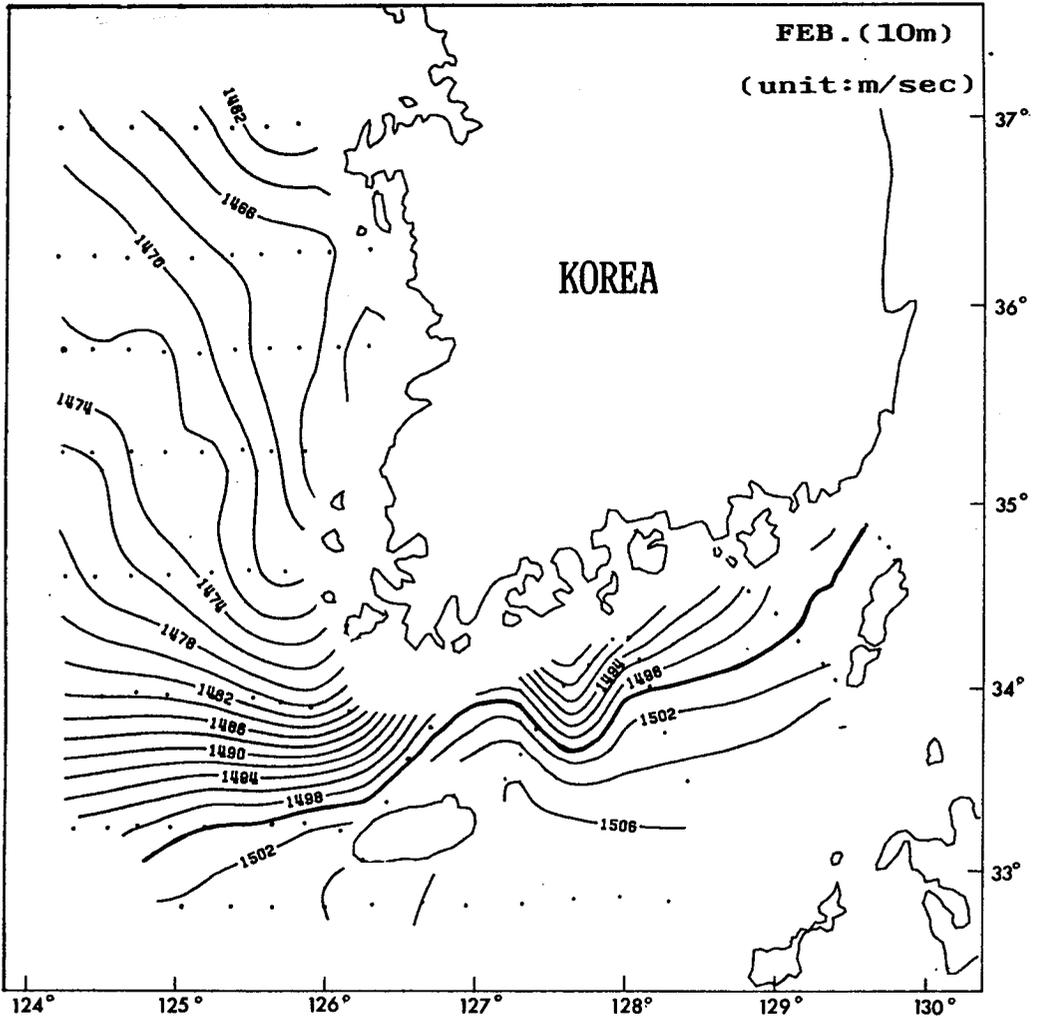
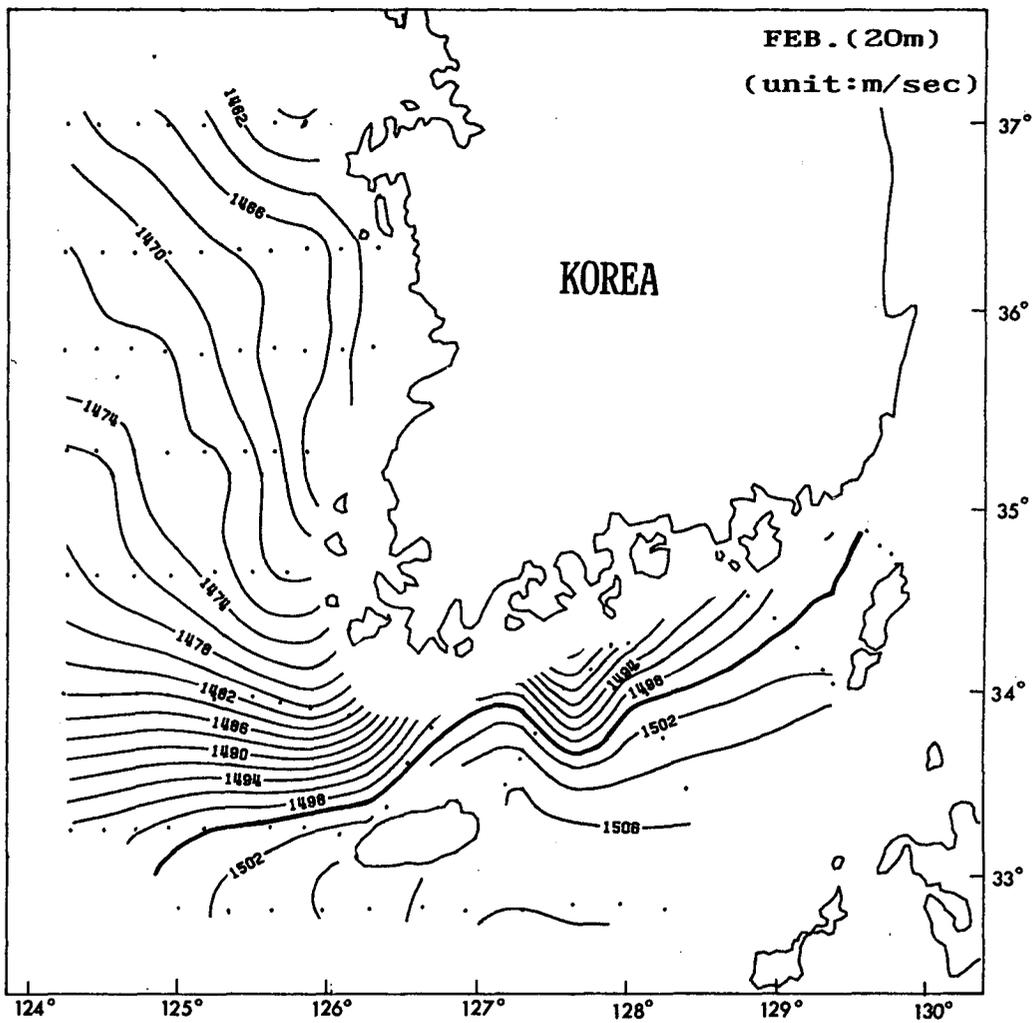


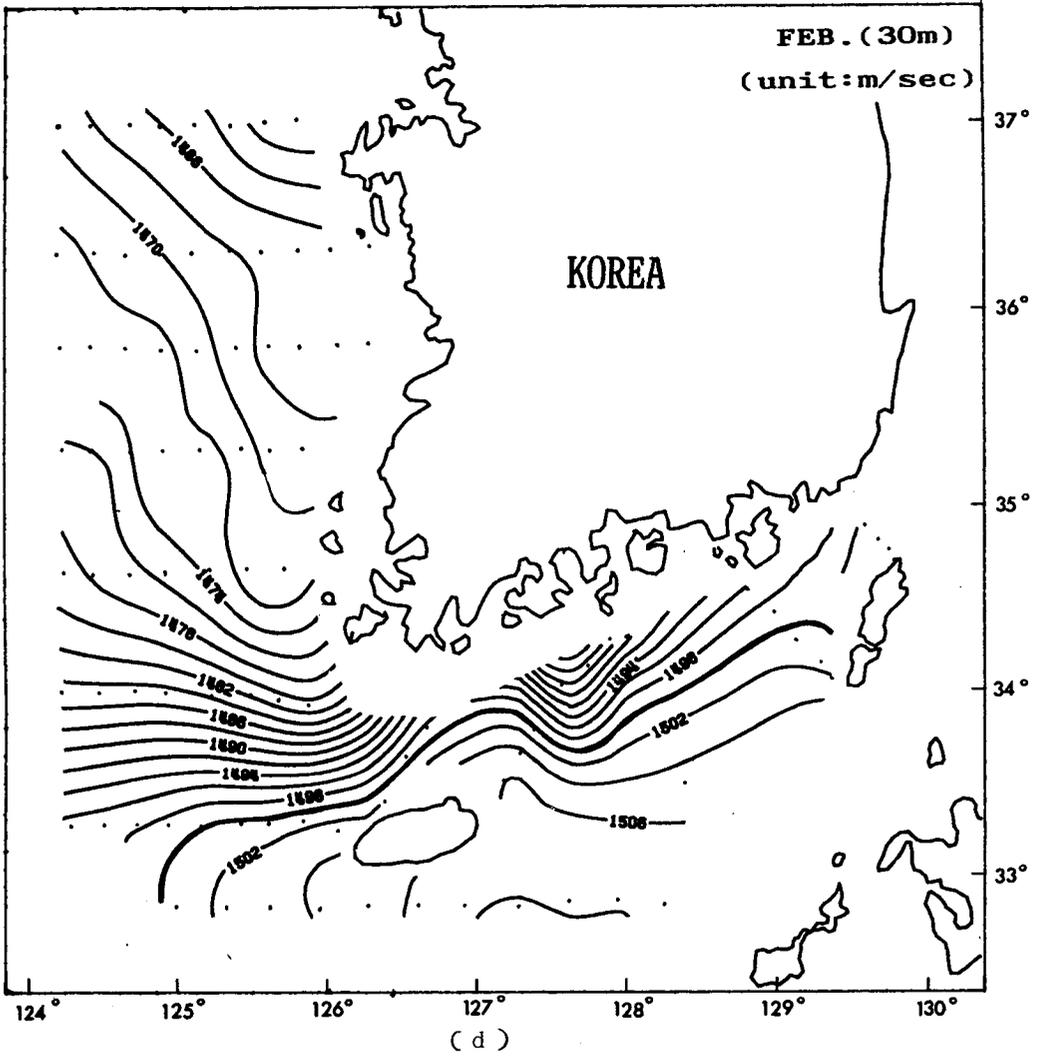
Fig. 2. Contour map of iso-sound speed(m/sec) in February(at the water depth of 0m(a), 10m(b), 20(c), 30(d), 50(e), and 75m(f), separately).

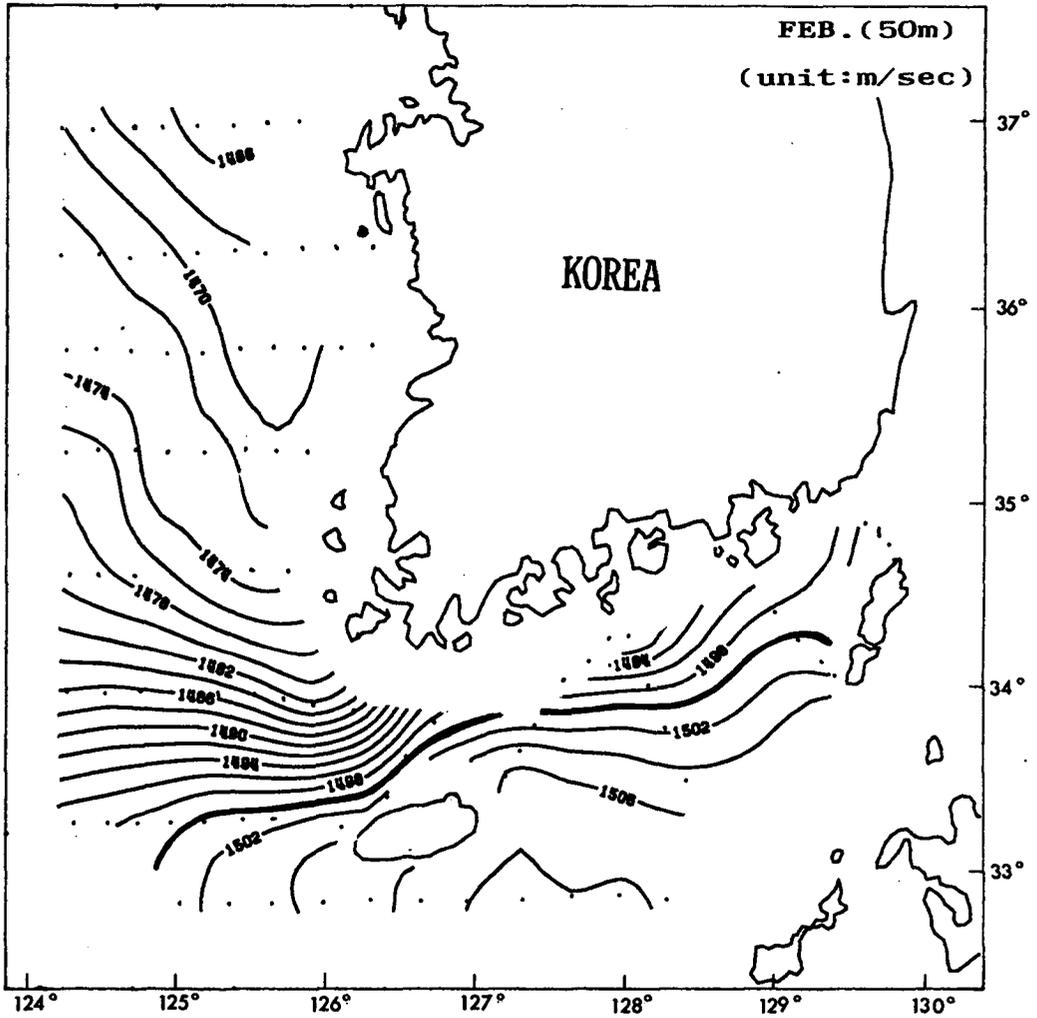


(b)

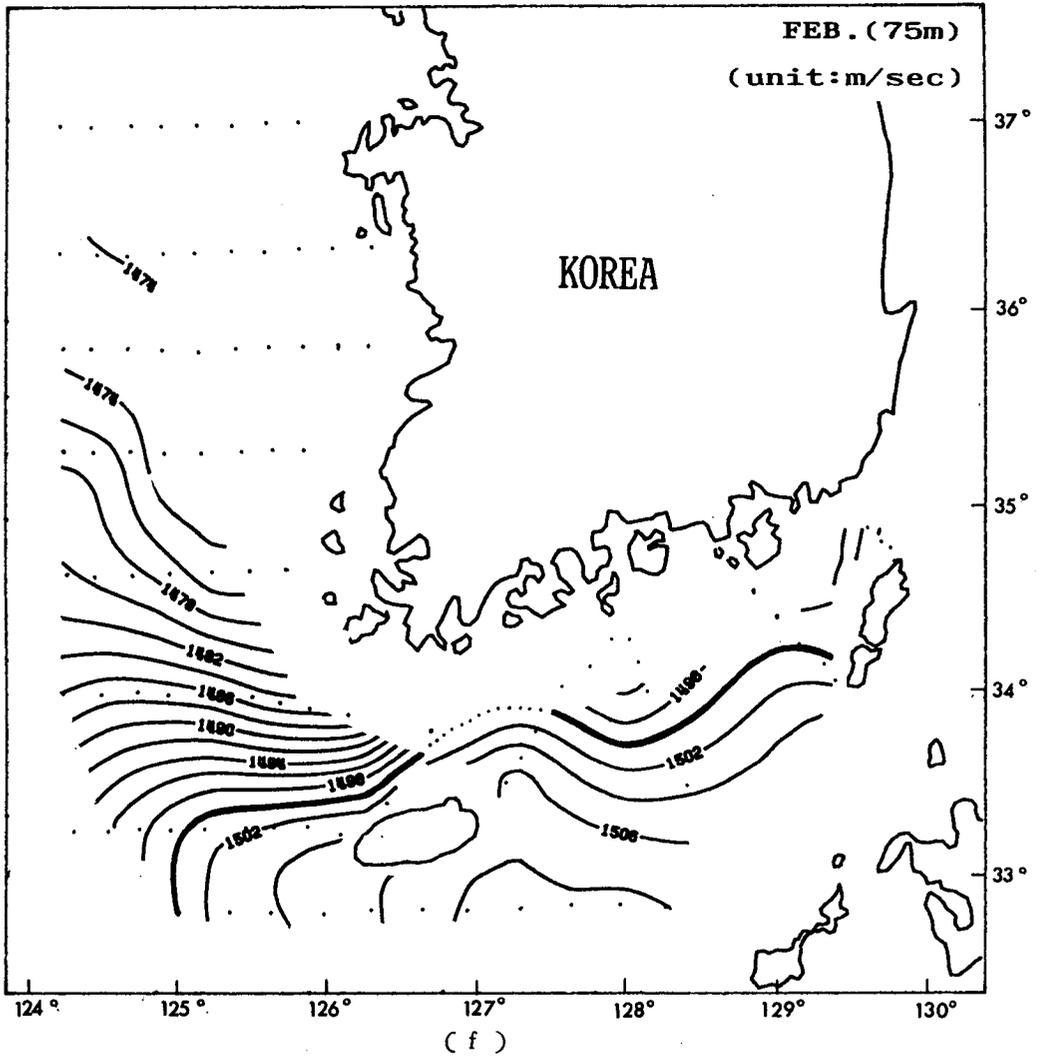


(c)





(e)



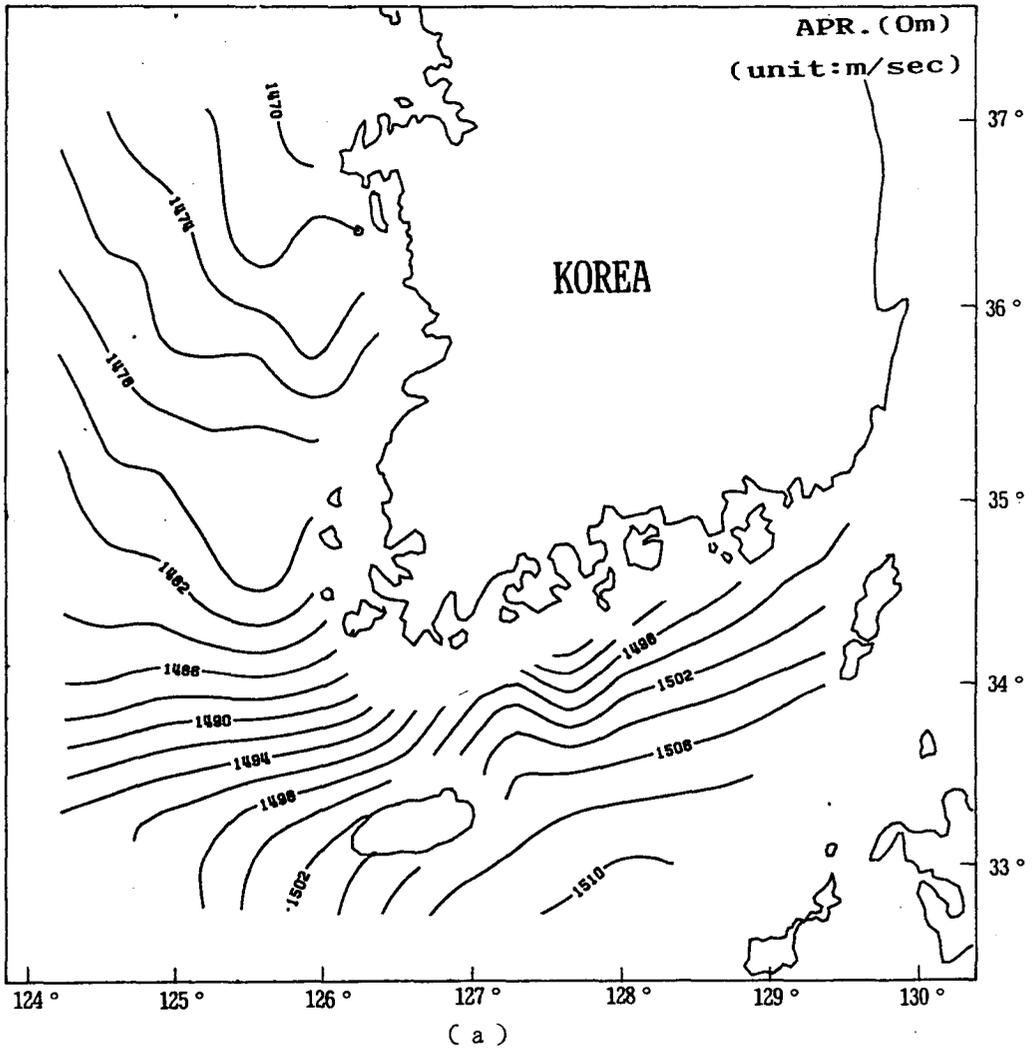
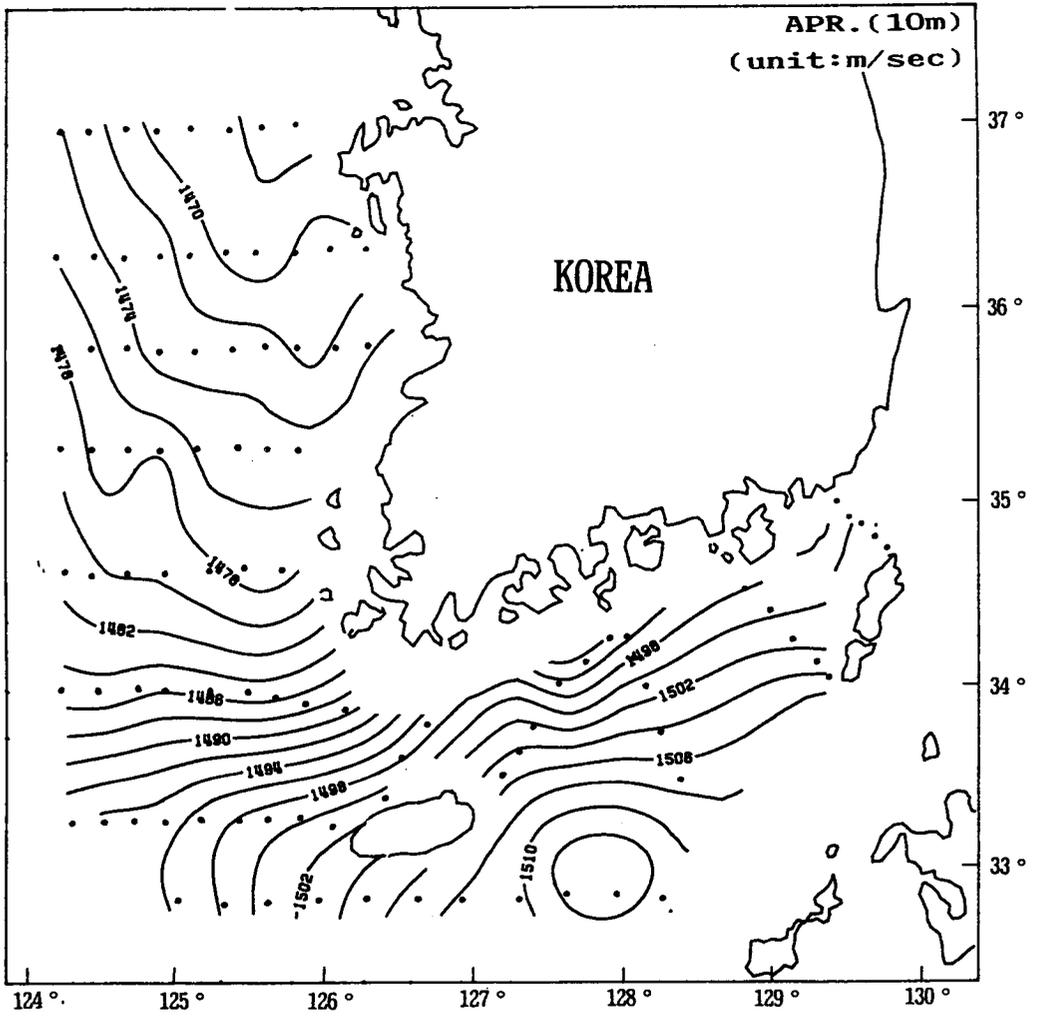
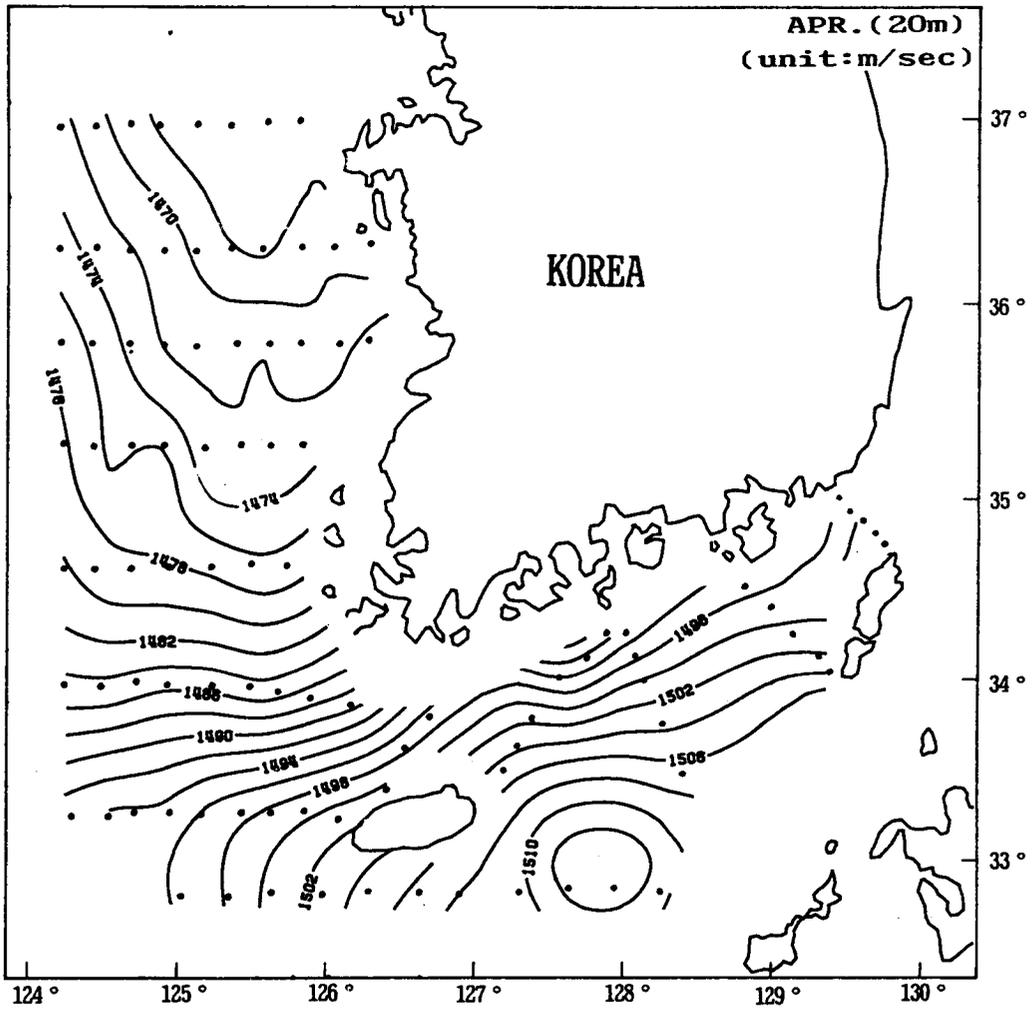


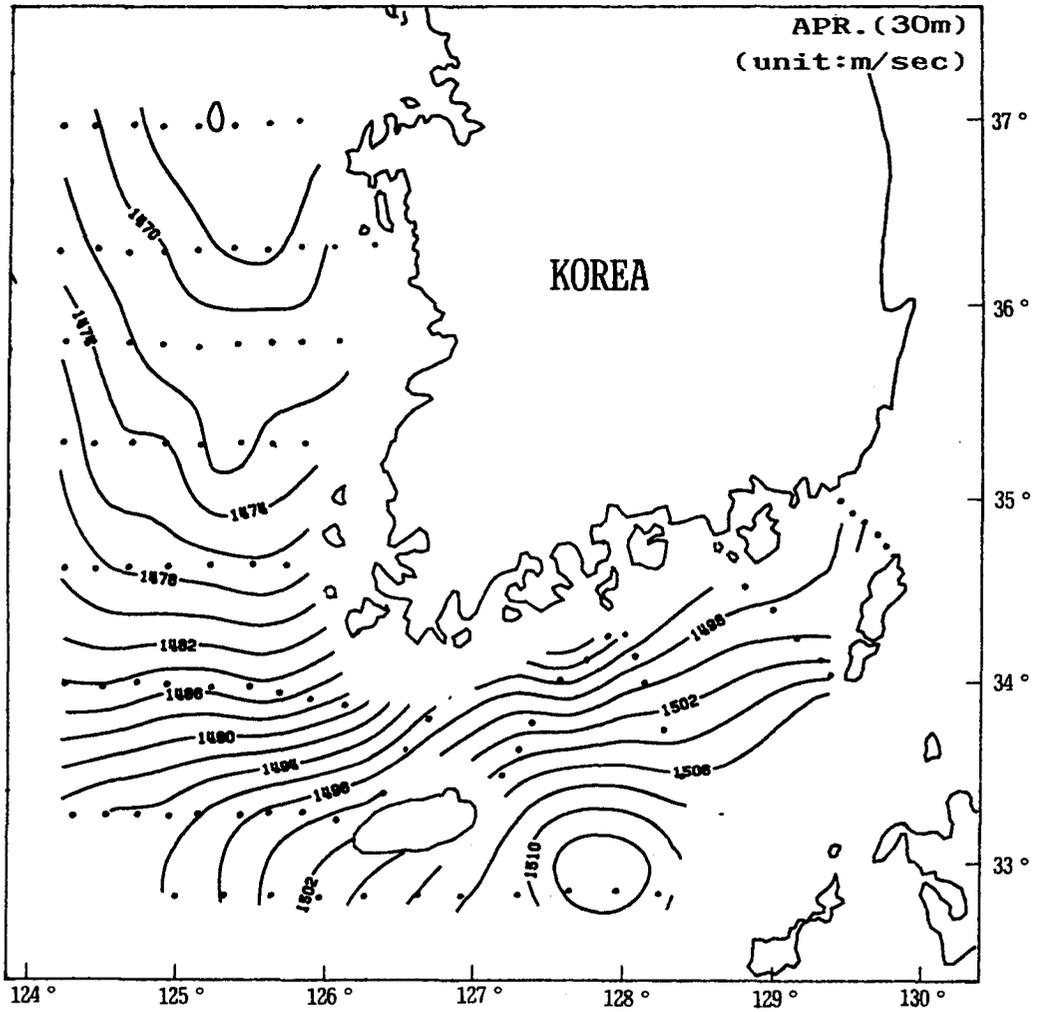
Fig. 3. Contour map of iso-sound speed(m/sec) in April (at the water depth of 0m(a), 10m(b), 20m(c), 30m(d), 50m(e), and 75m(f), separately).



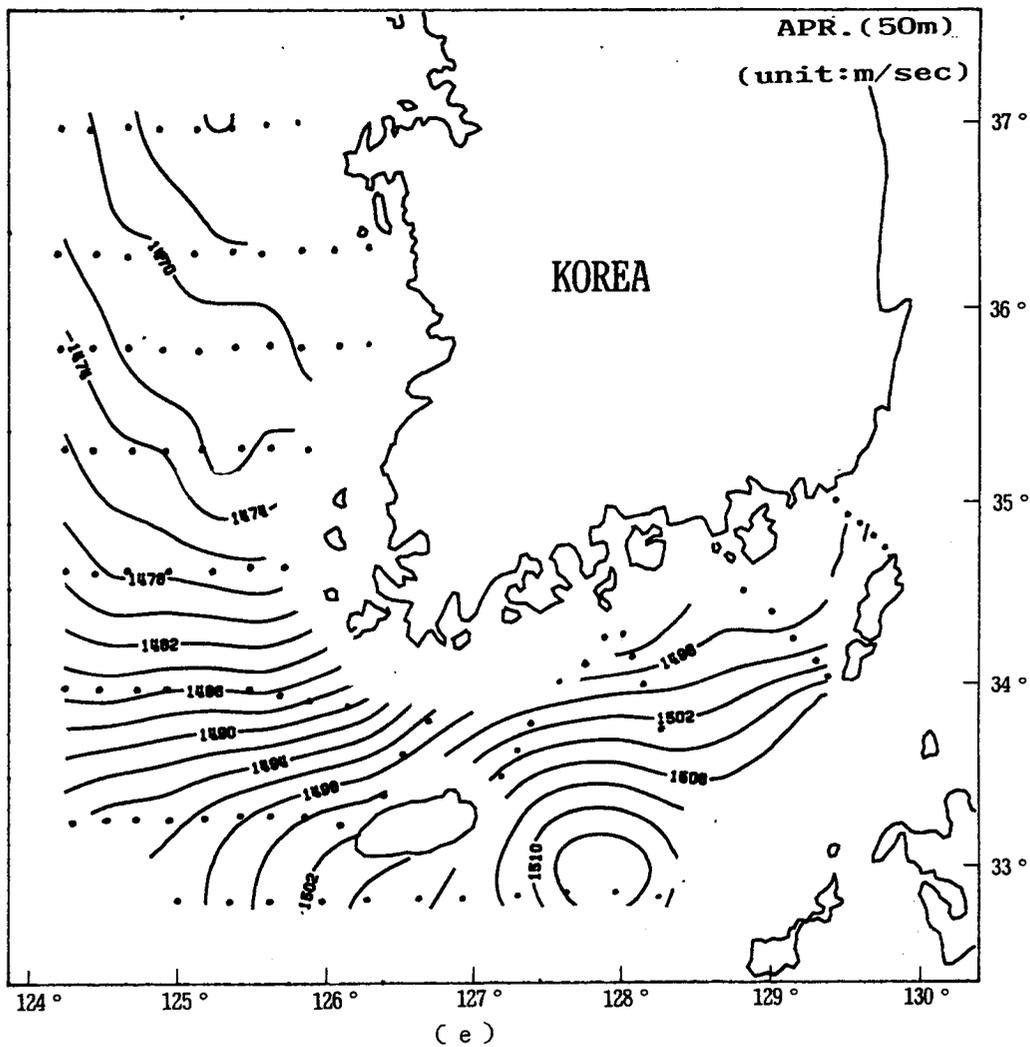
(b)

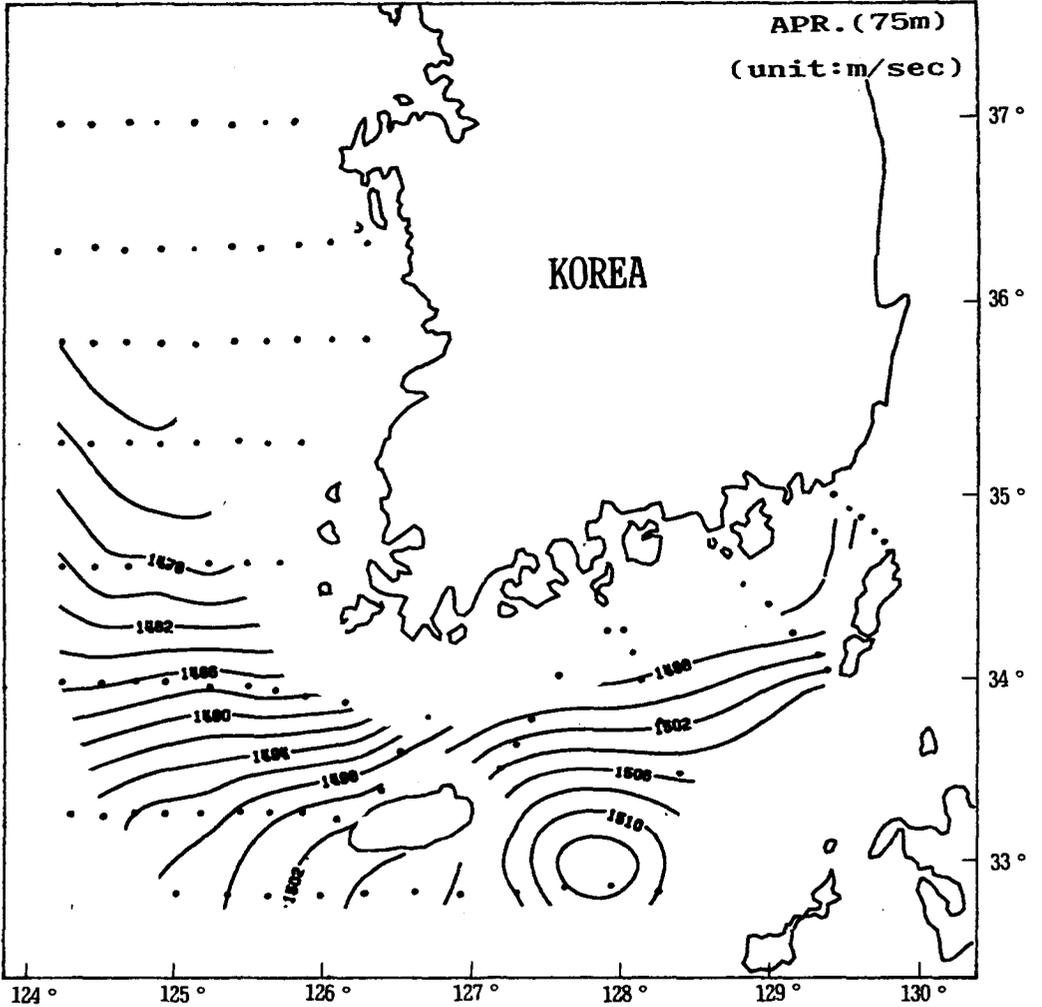


(c)



(d)





(f)

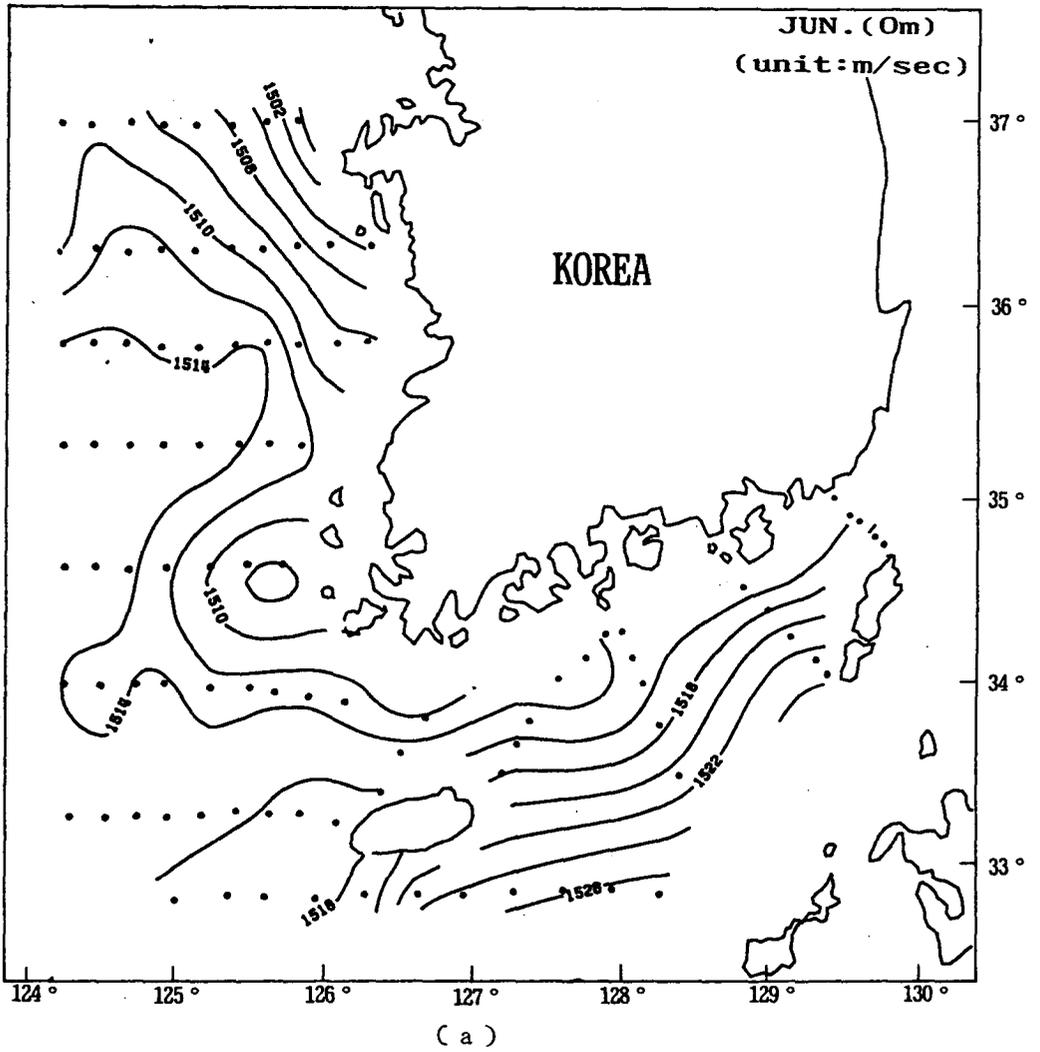
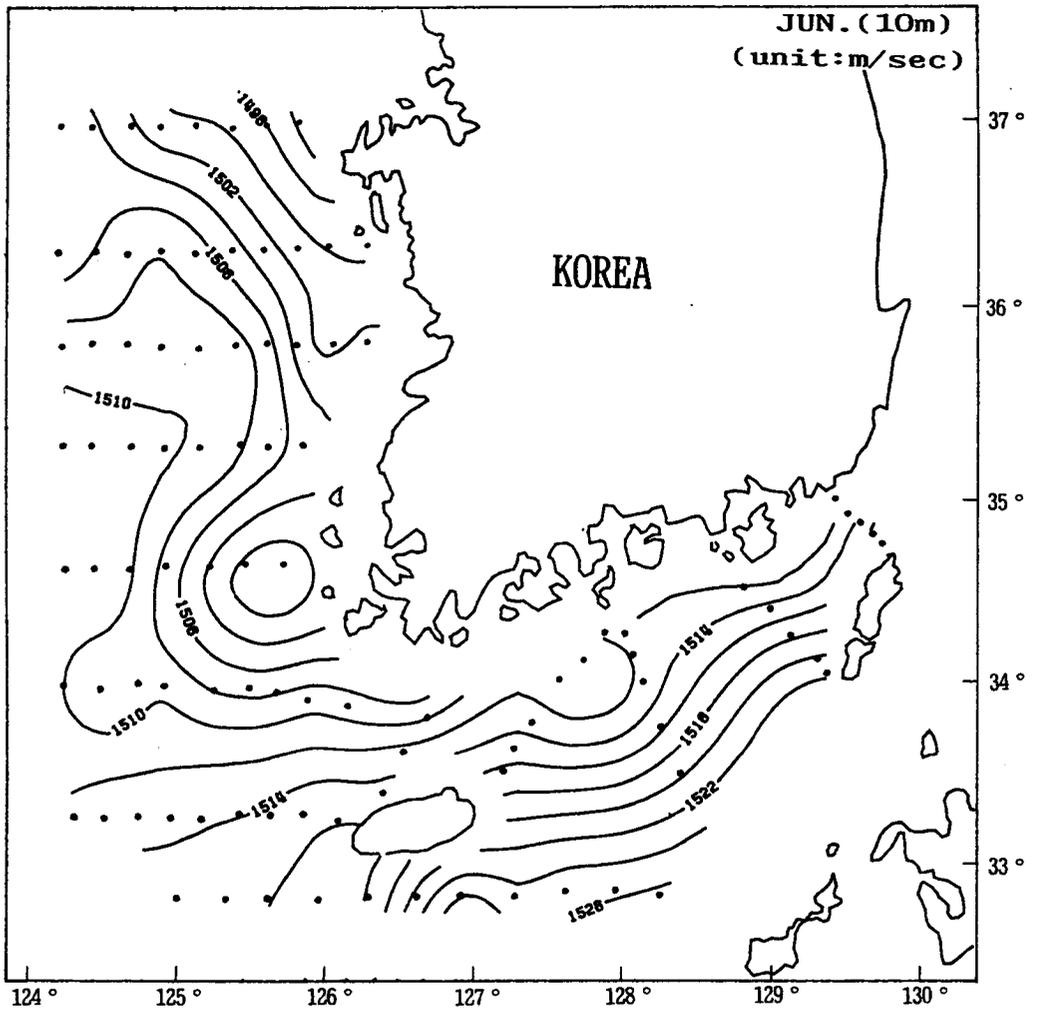
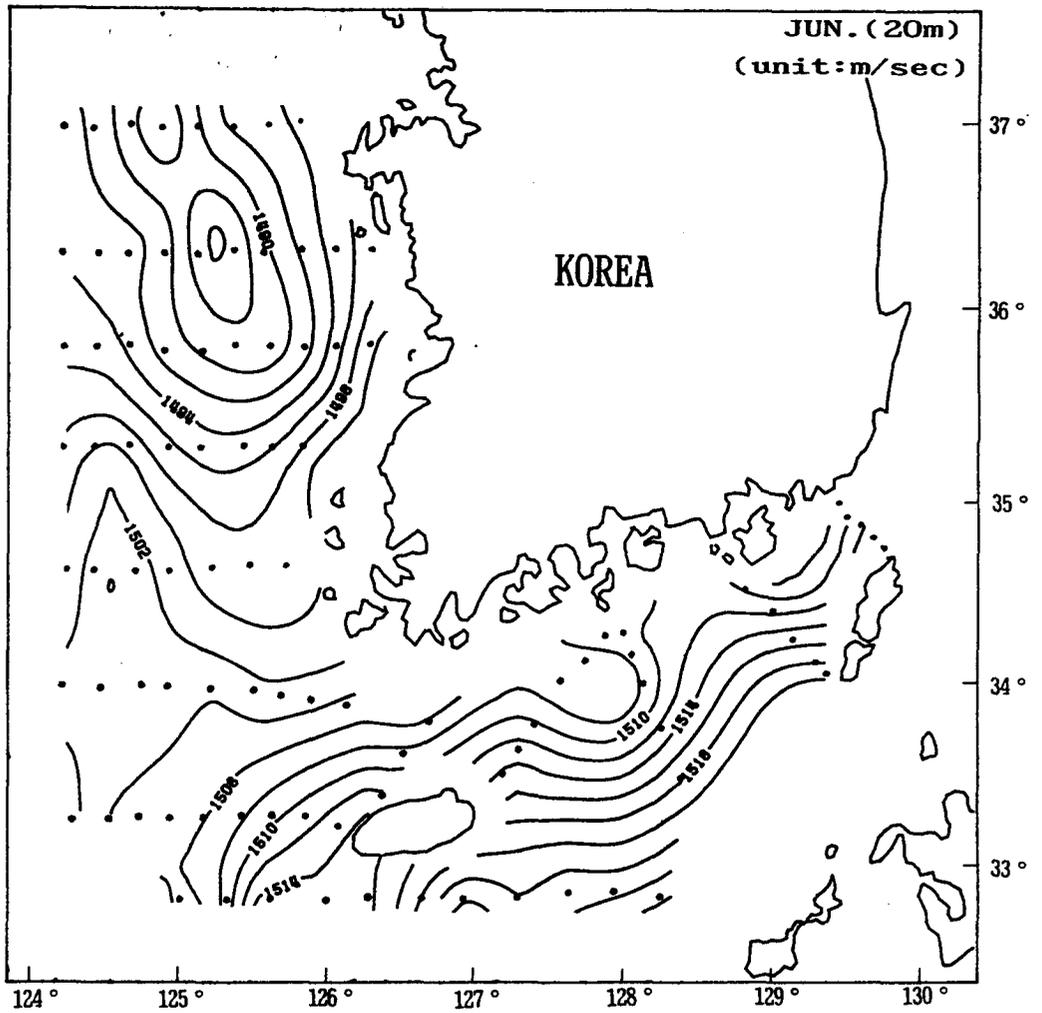


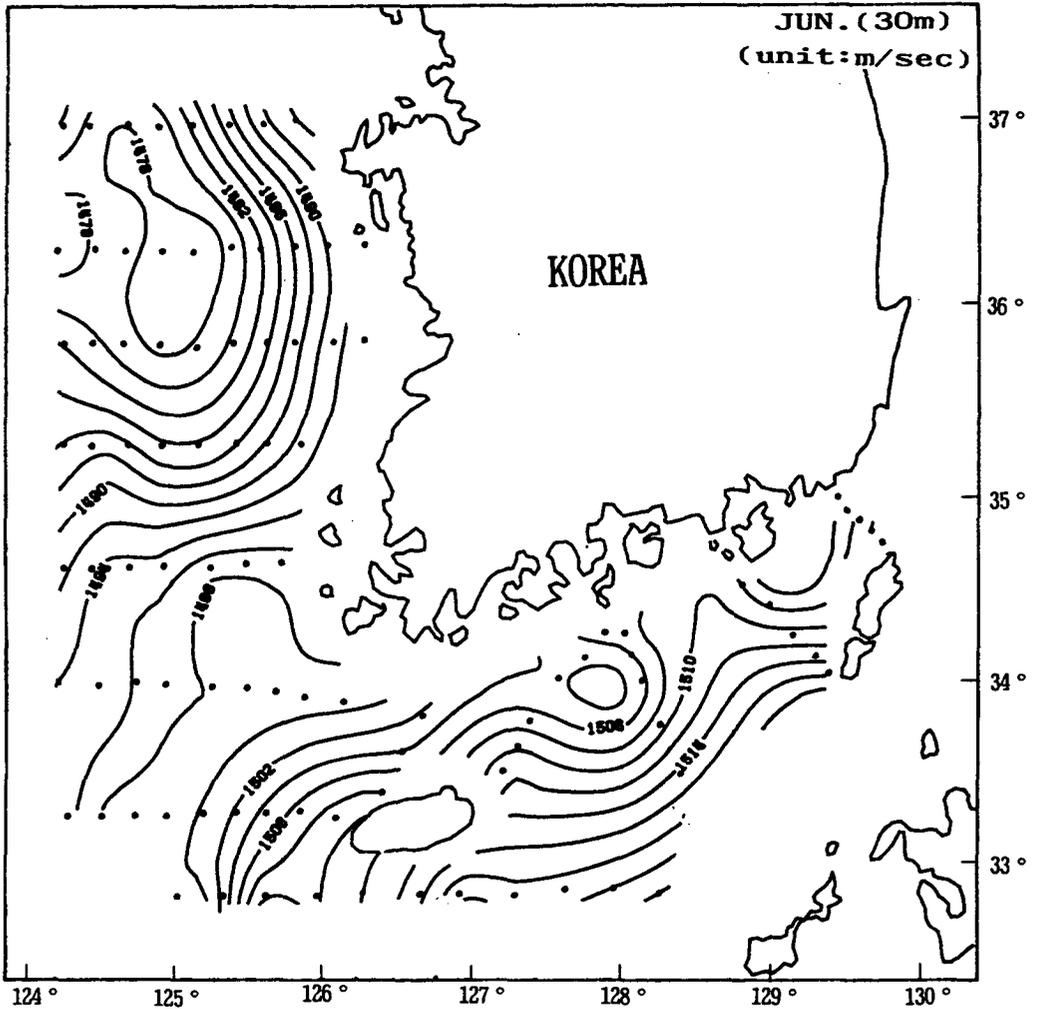
Fig. 4. Contour map of iso-sound speed(m/sec) in June (at the water depth of 0m(a), 10m(b), 20m(c), 30m(d), 50m(e), and 75m(f), separately).

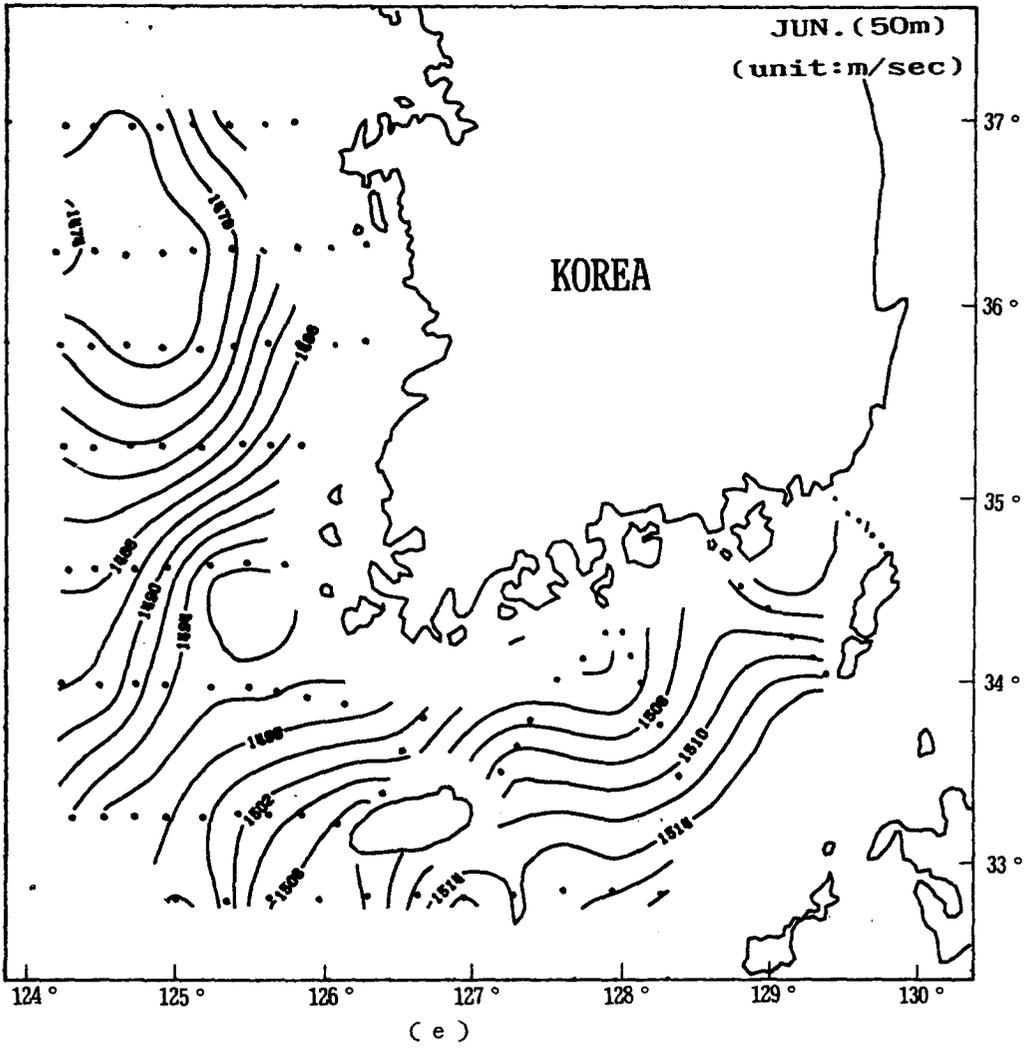


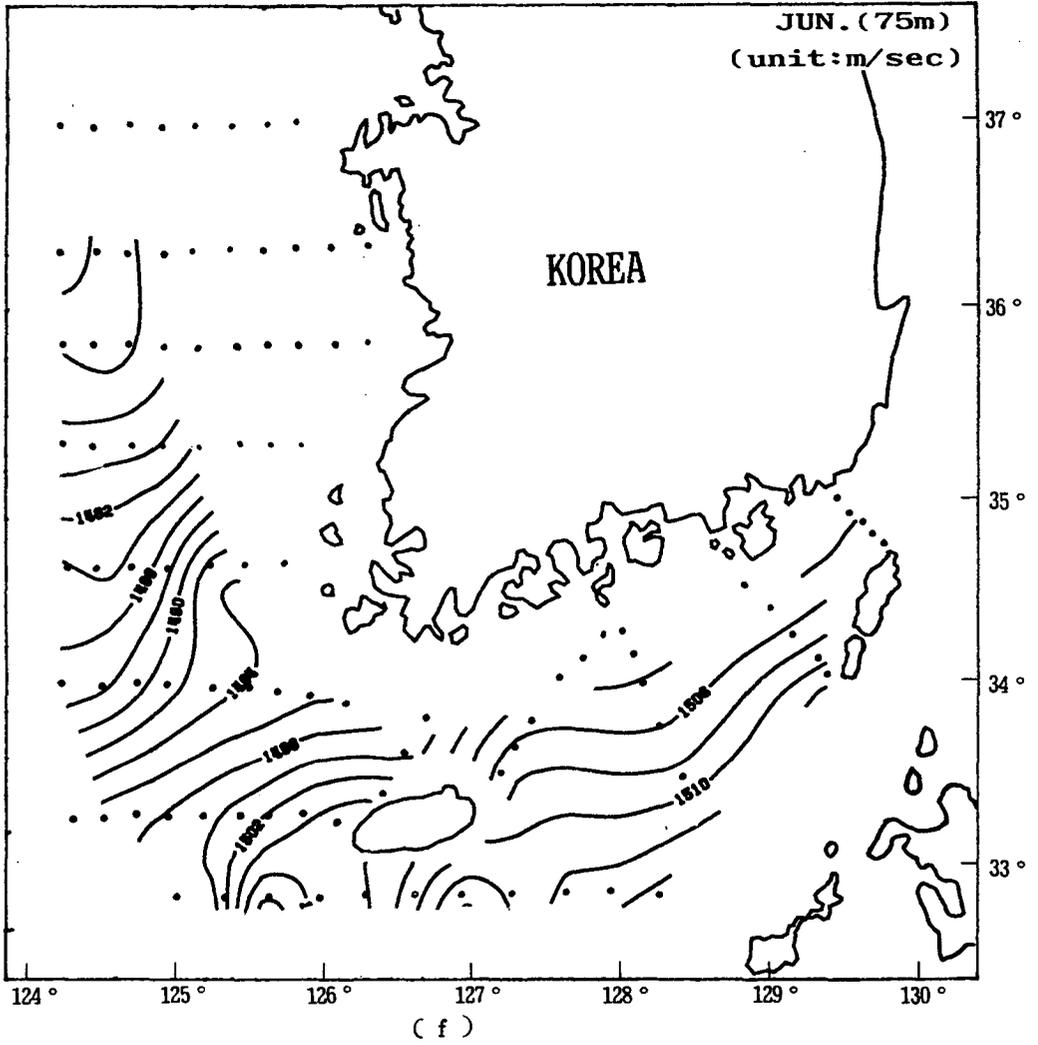
(b)



(c)







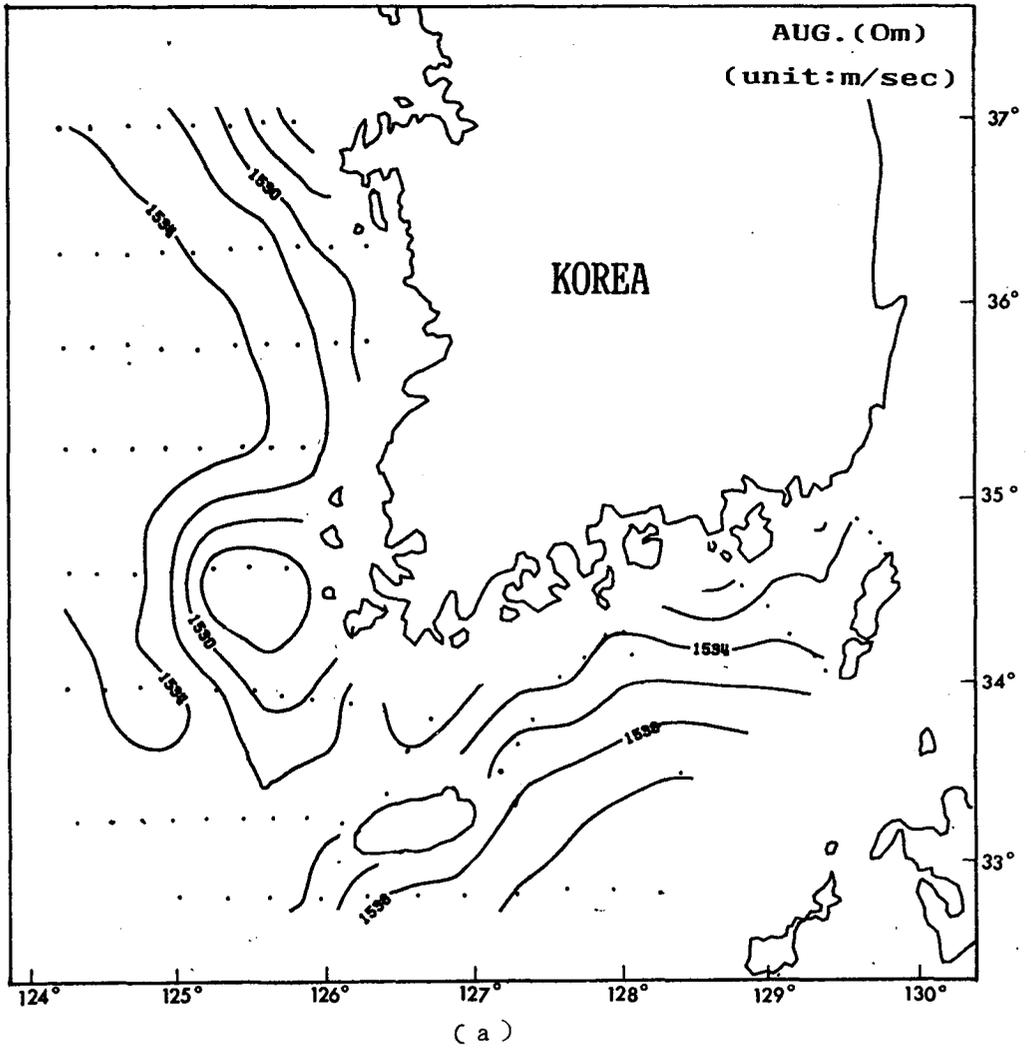
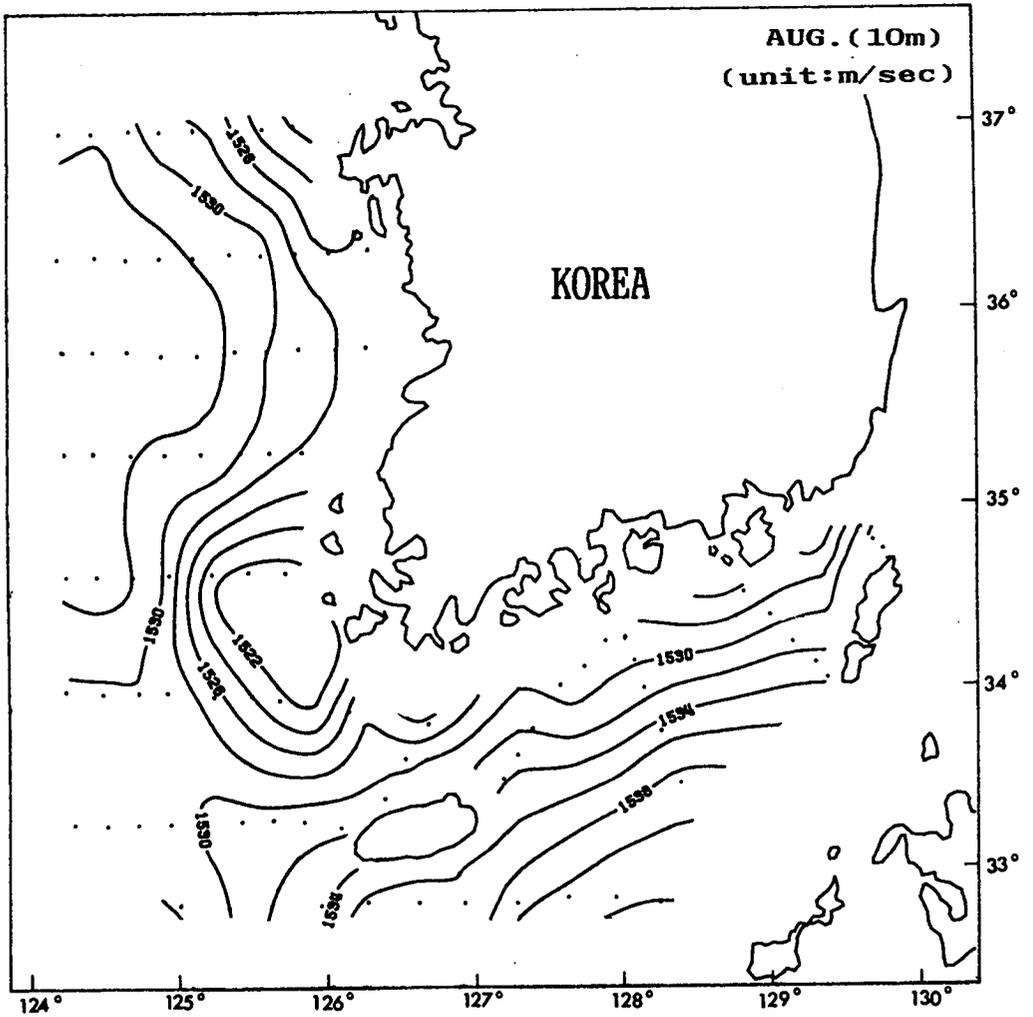
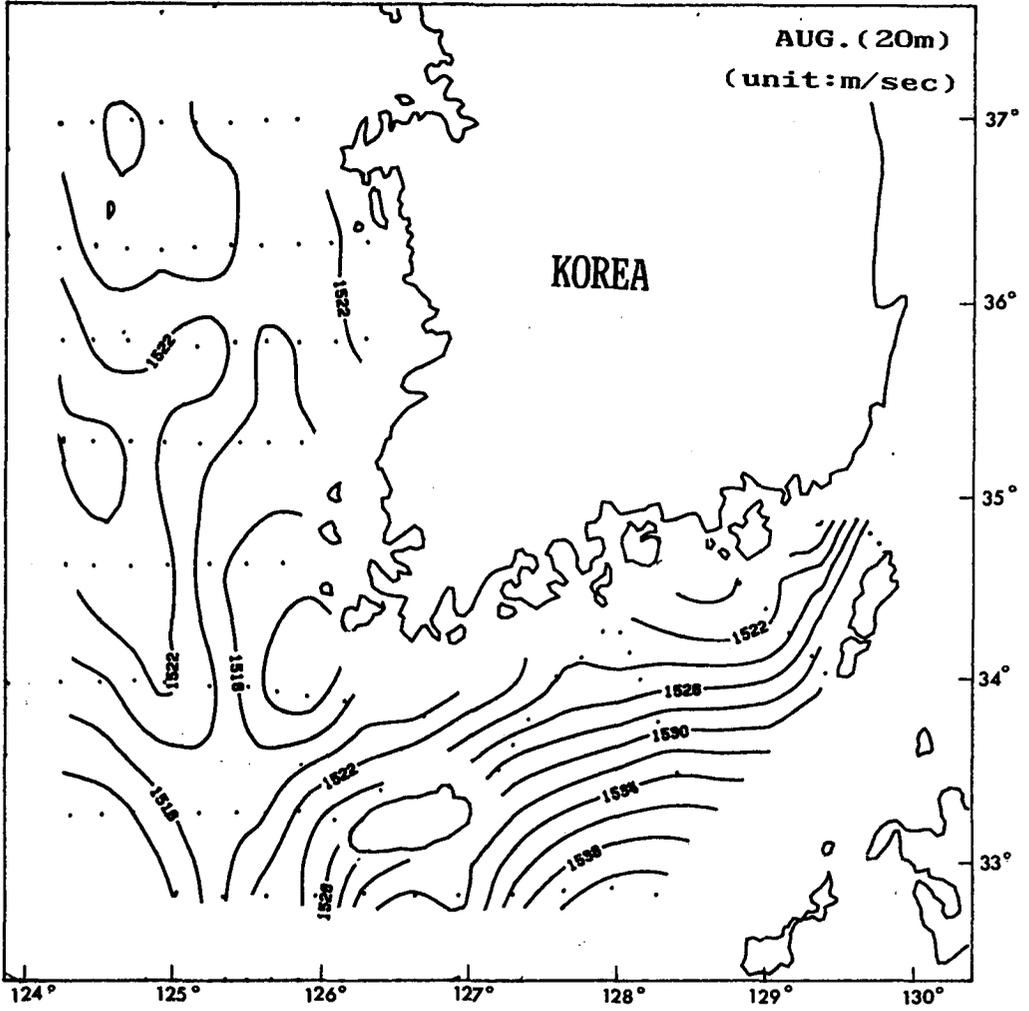


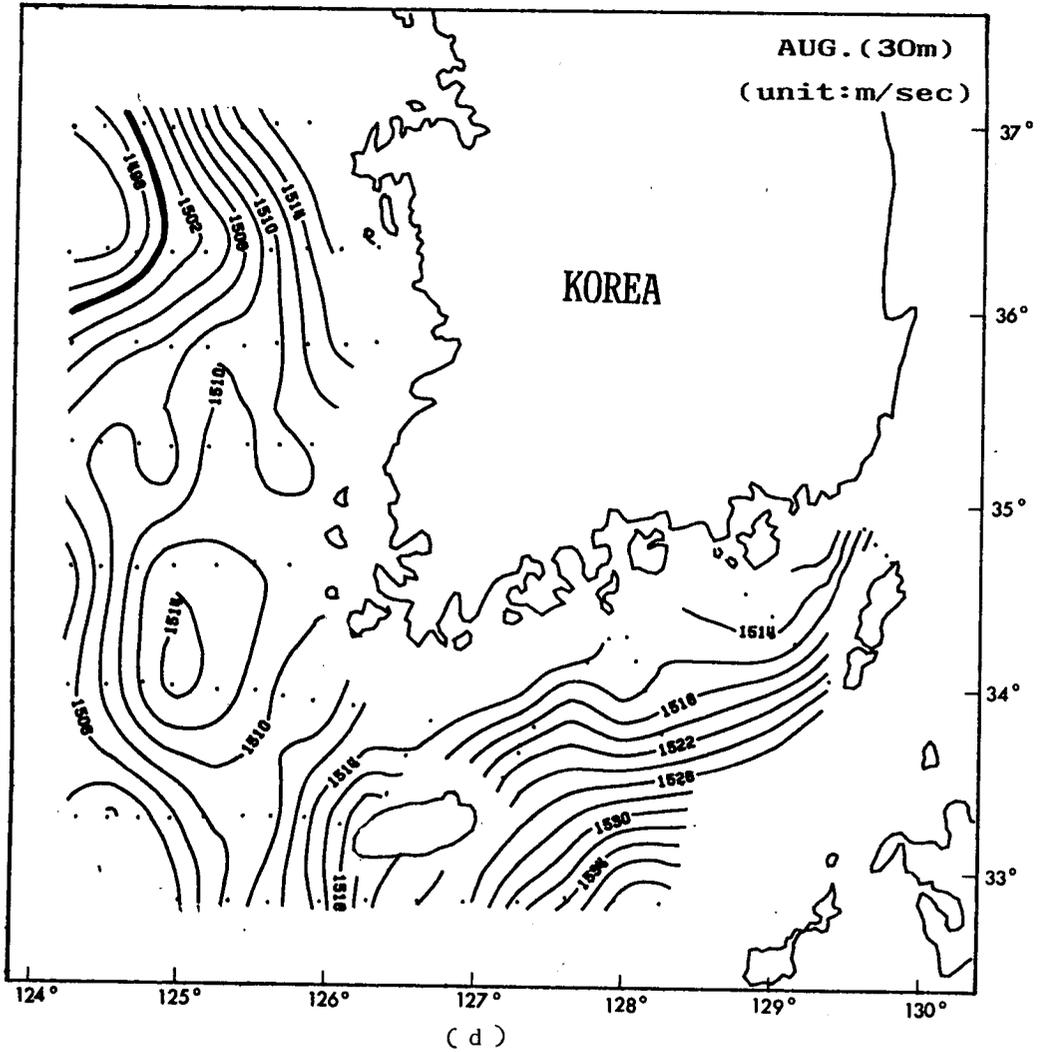
Fig. 5. Contour map of iso-sound speed(m/sec) in August (at the water depth of 0m(a), 10m(b), 20m(c), 30m(d), 50m(e), and 75m(f), separately).

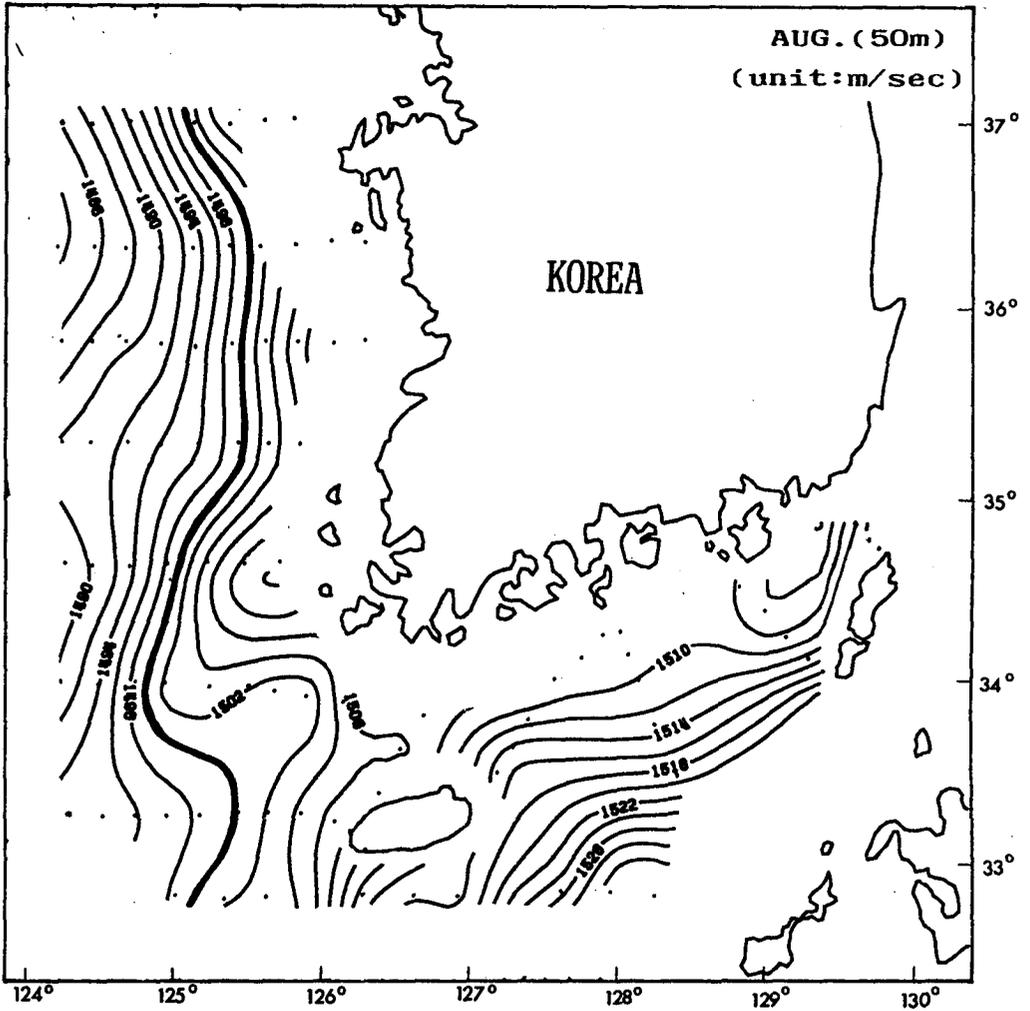


(b)

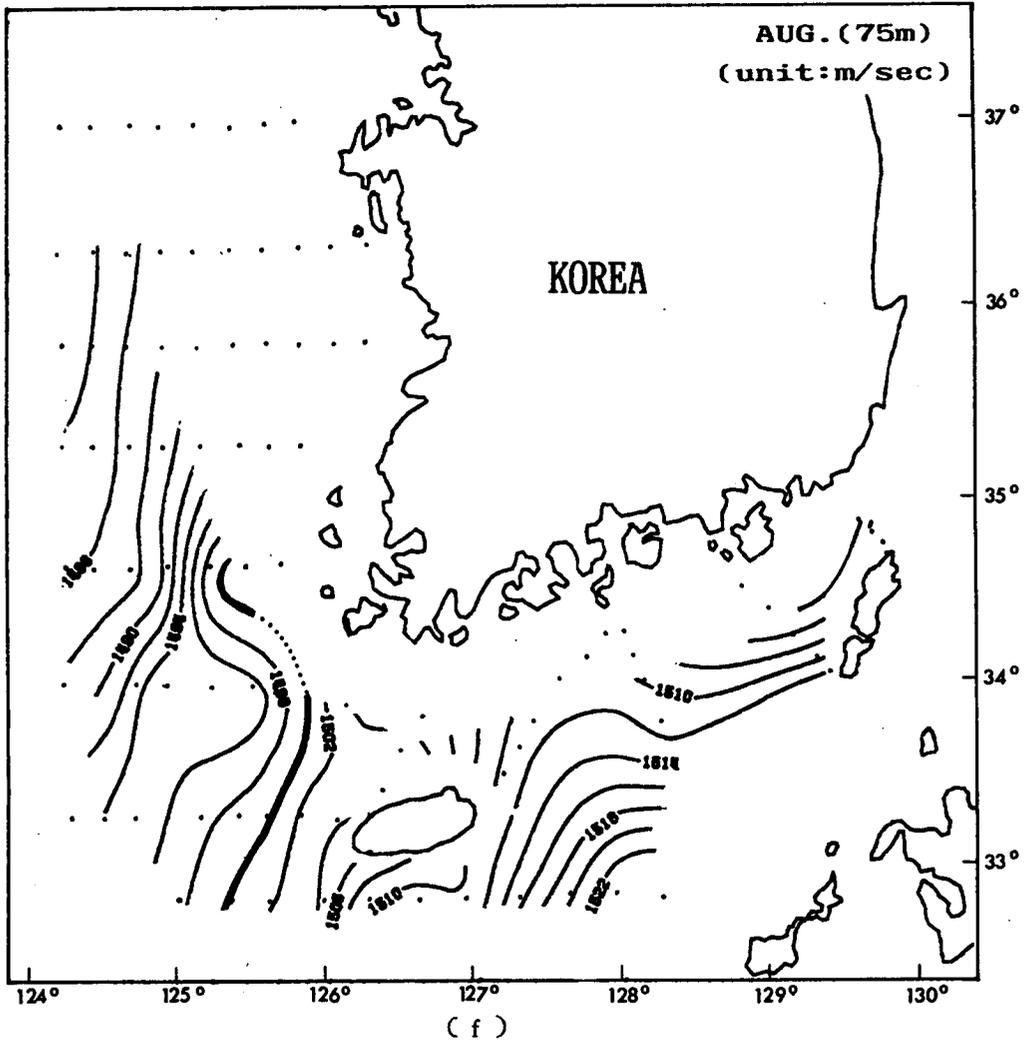


(c)





(e)



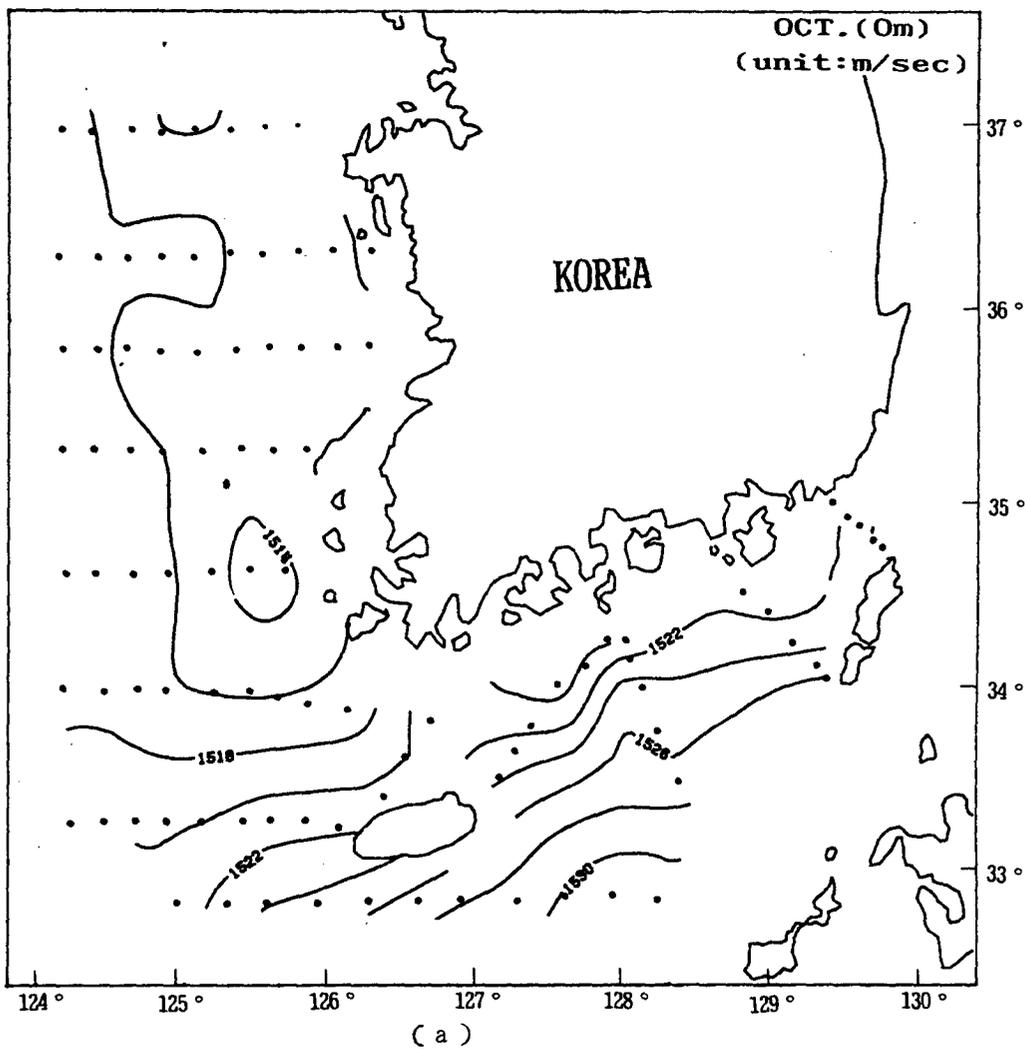
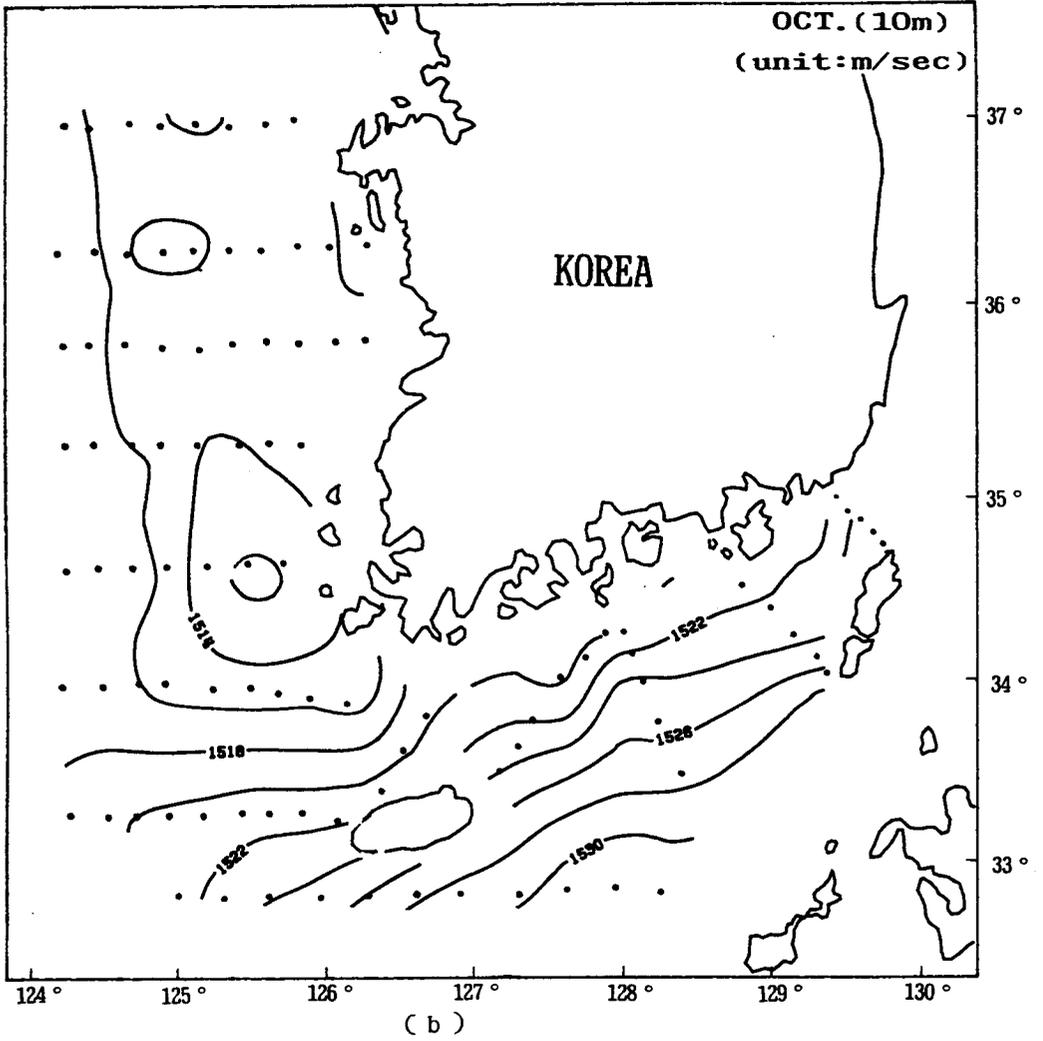
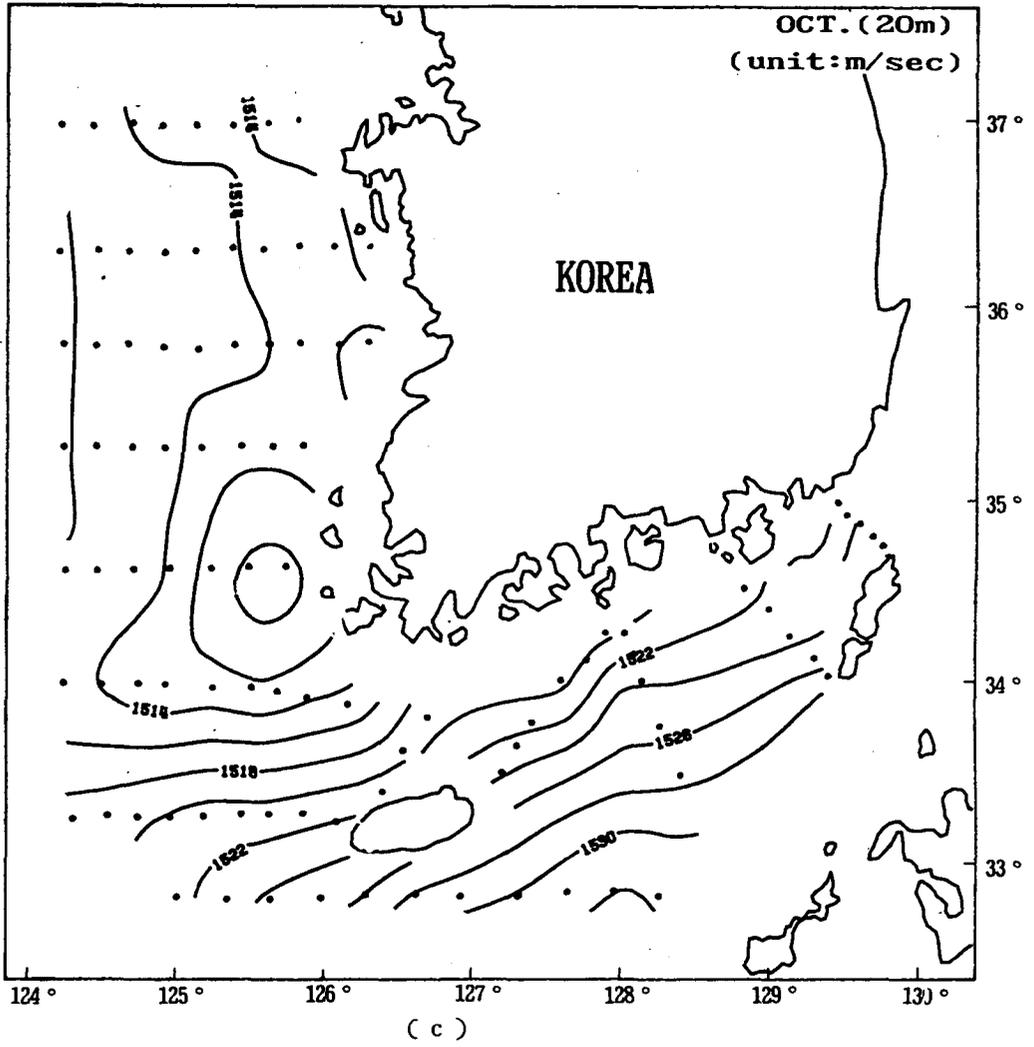
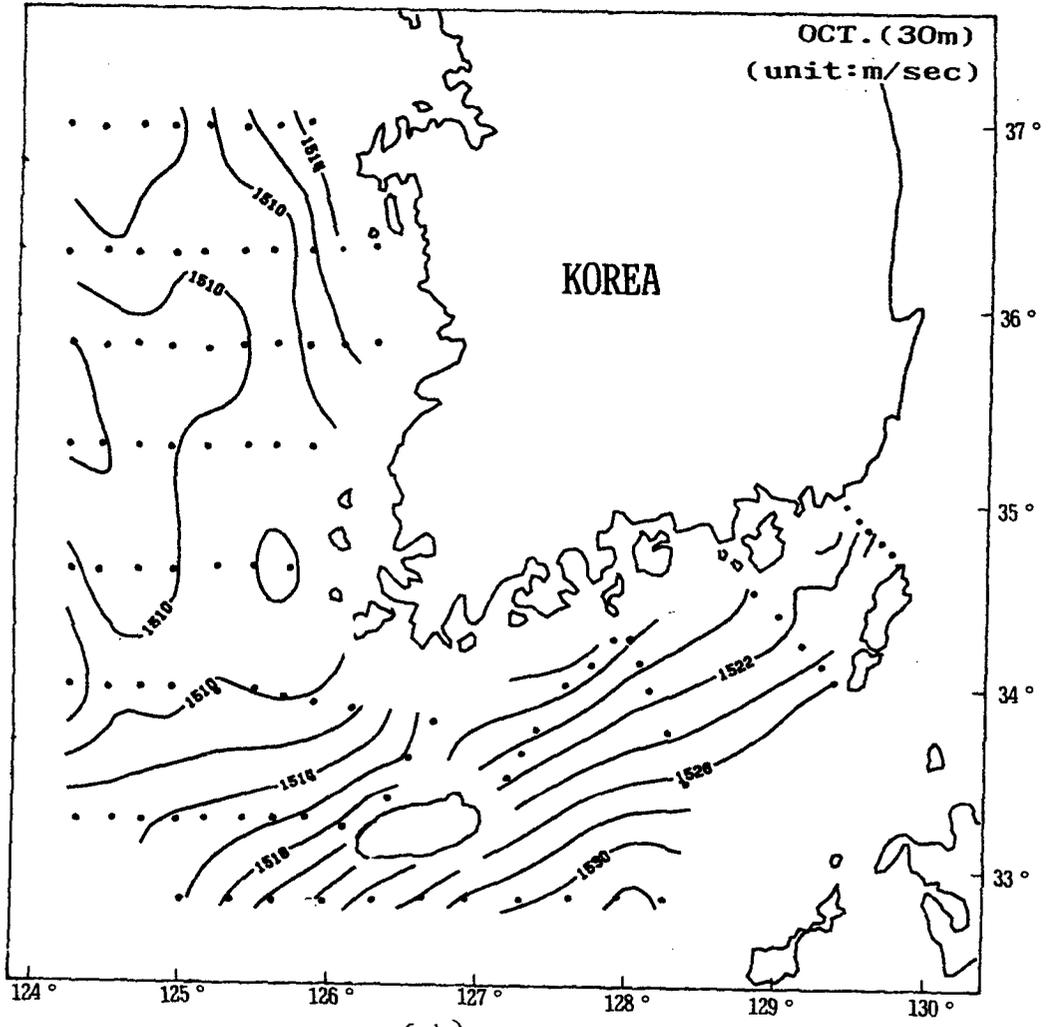


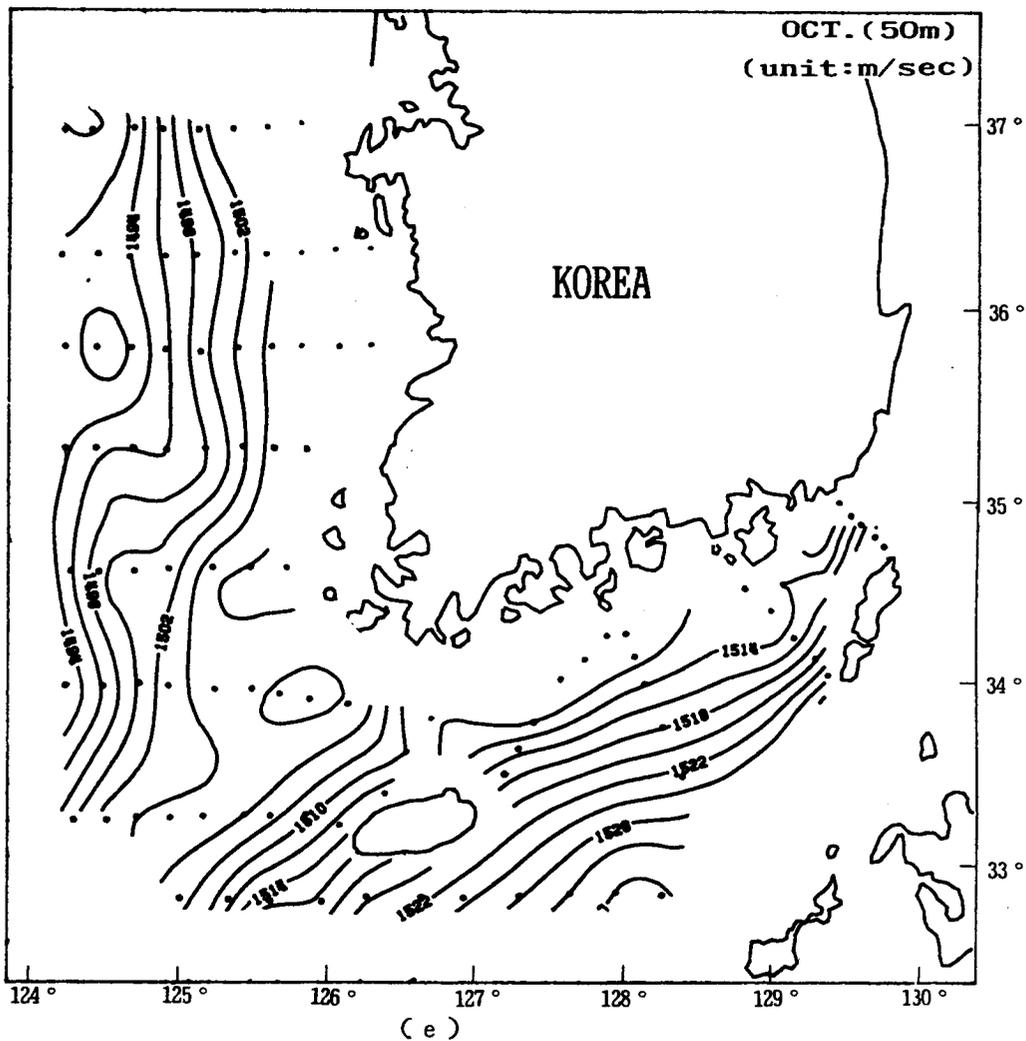
Fig. 6. Contour map of iso-sound speed(m/sec) in October (at the water depth of 0m(a), 10m(b), 20m(c), 30m(d), 50m(e), and 75m(f), separately).

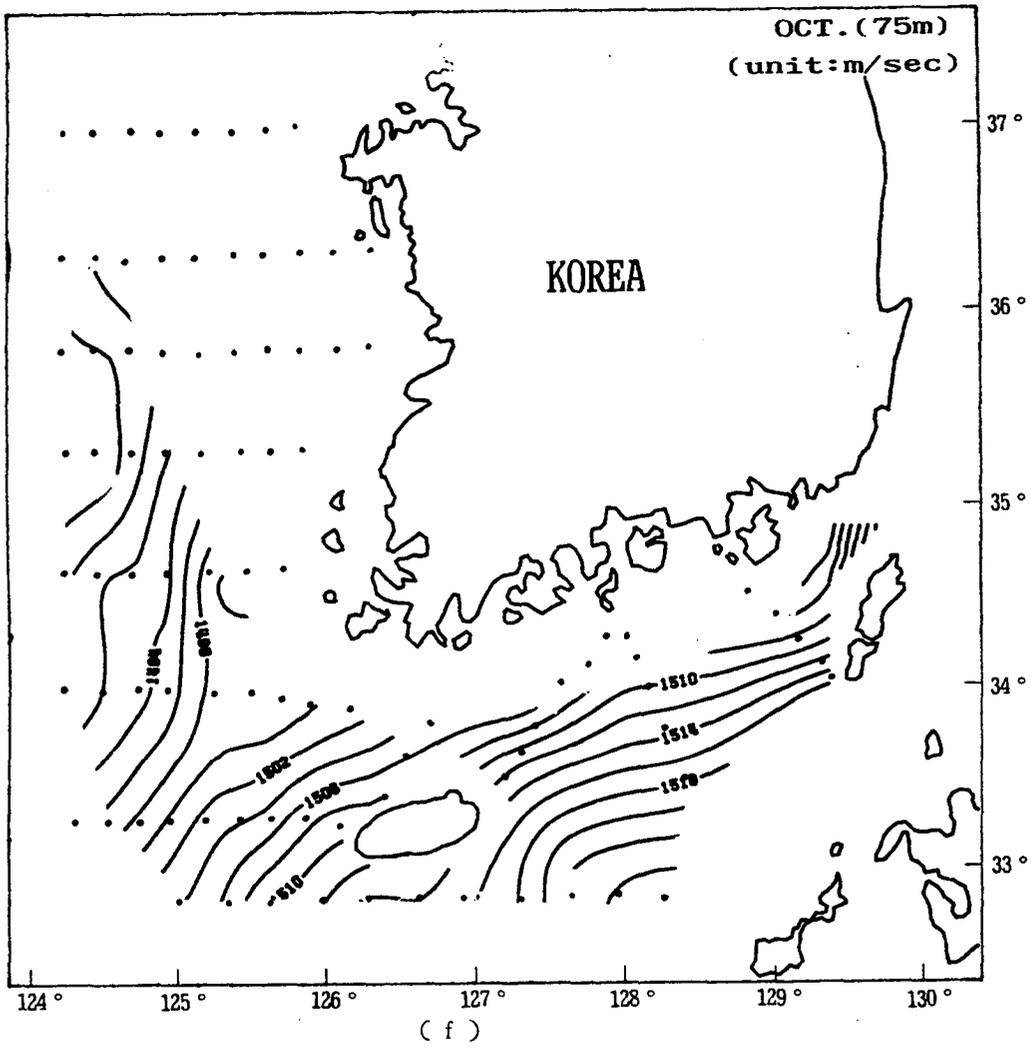






(d)





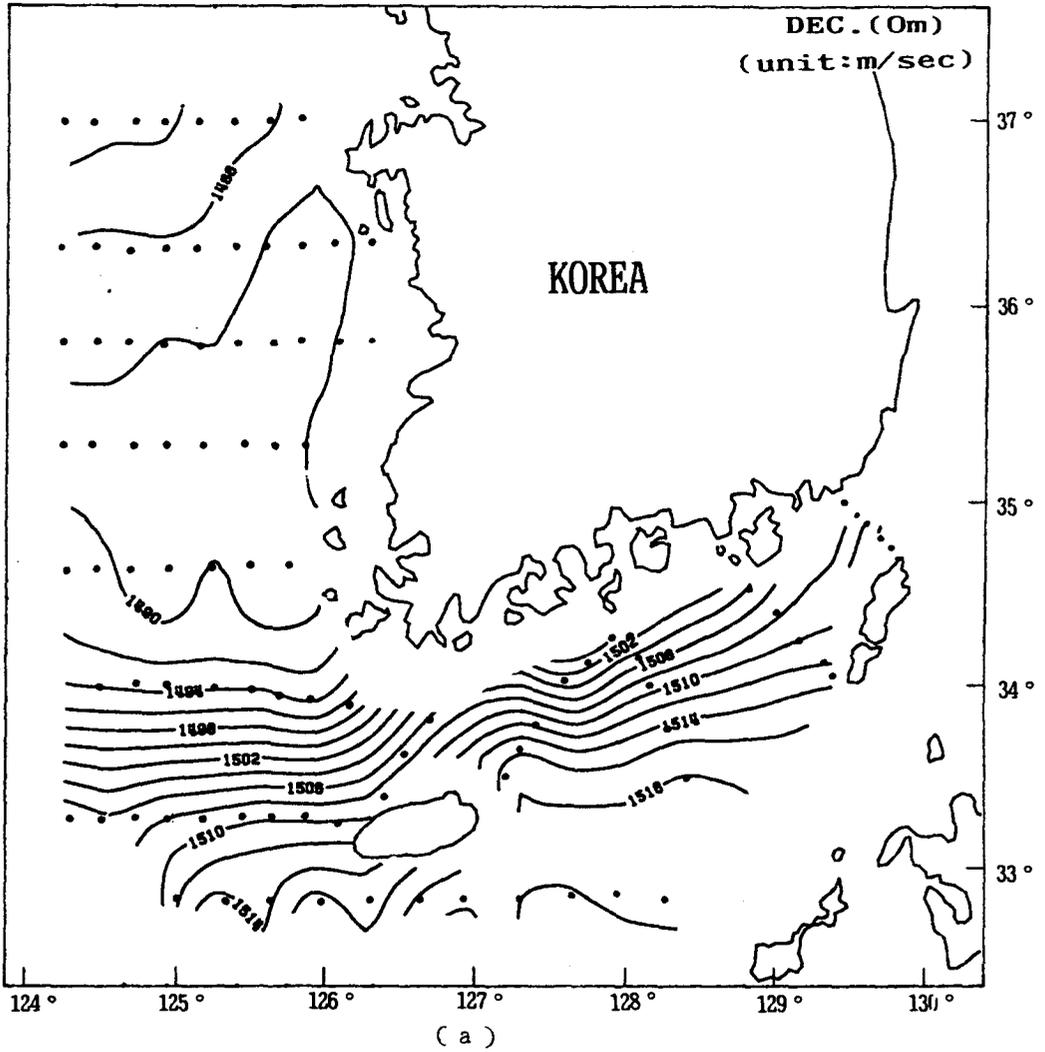
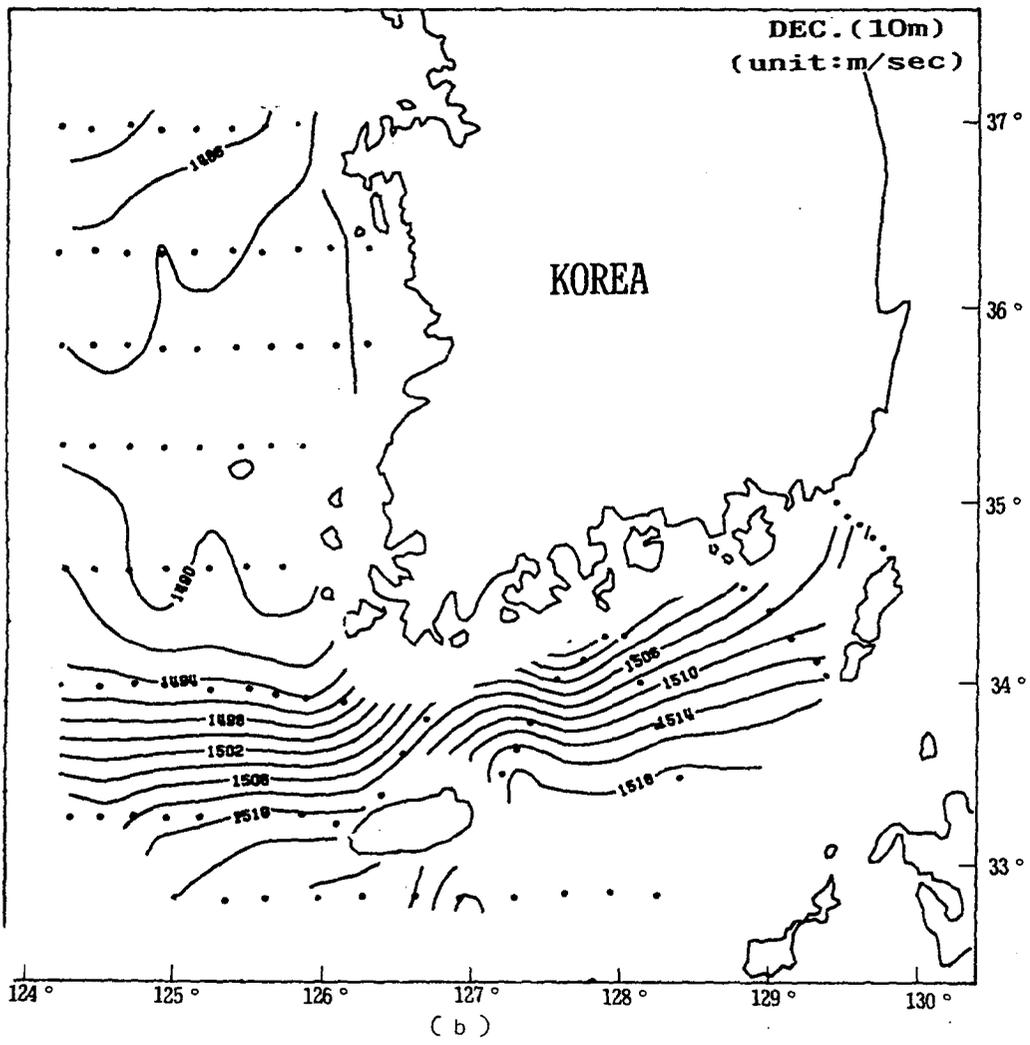
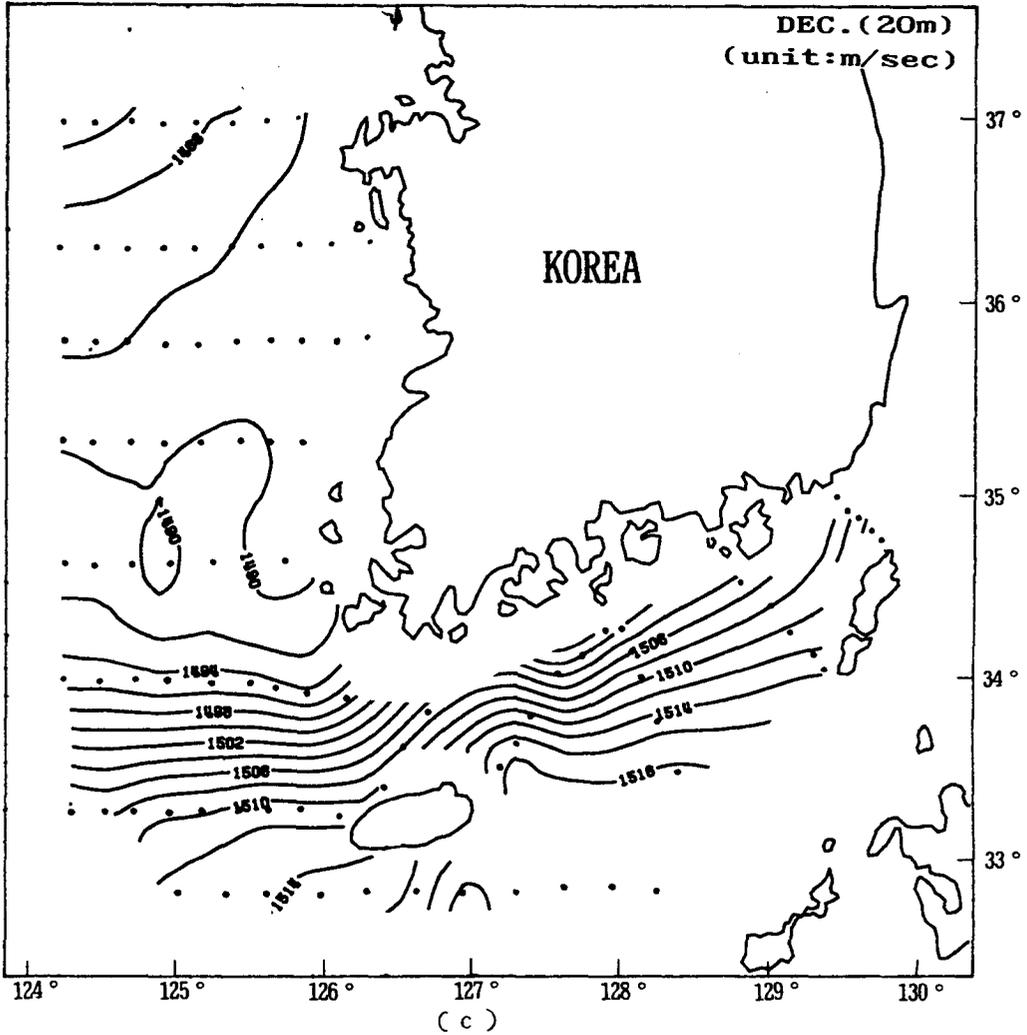
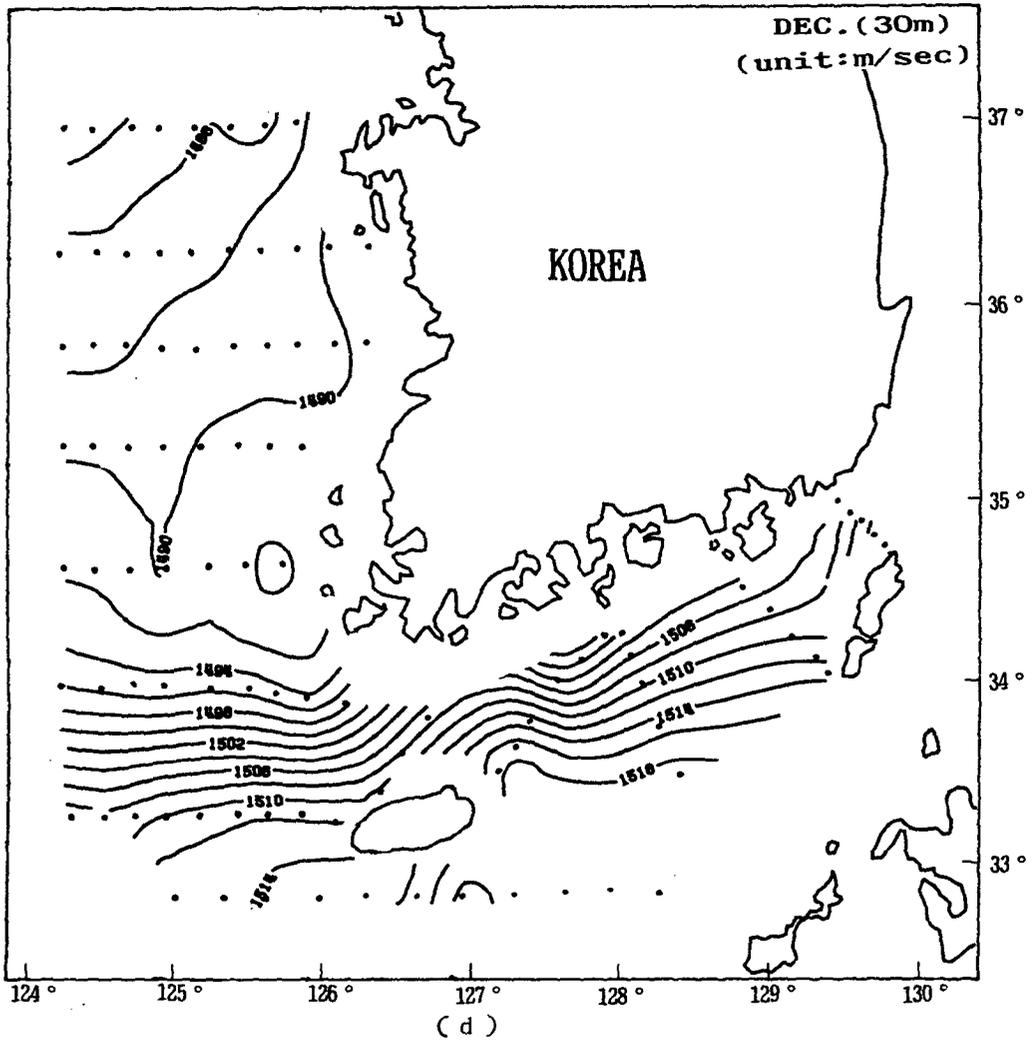
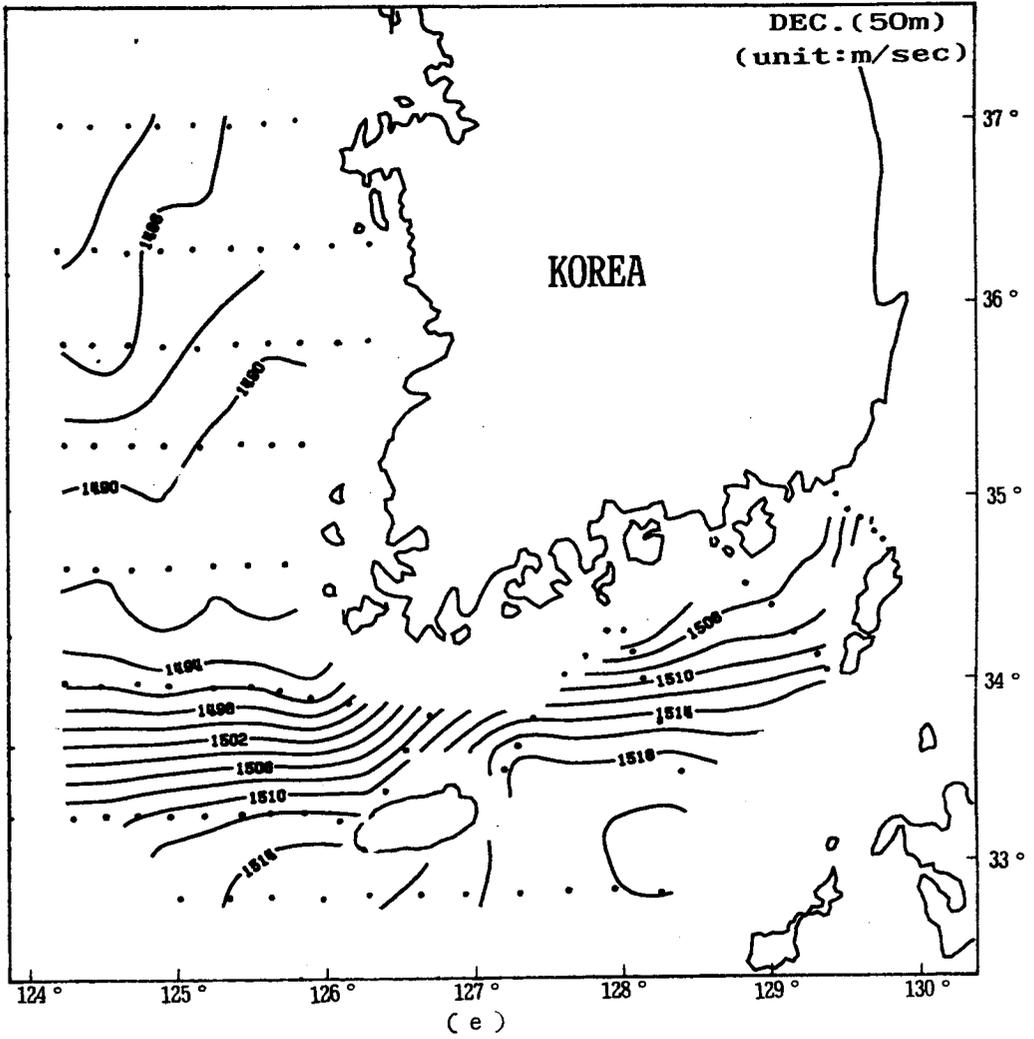


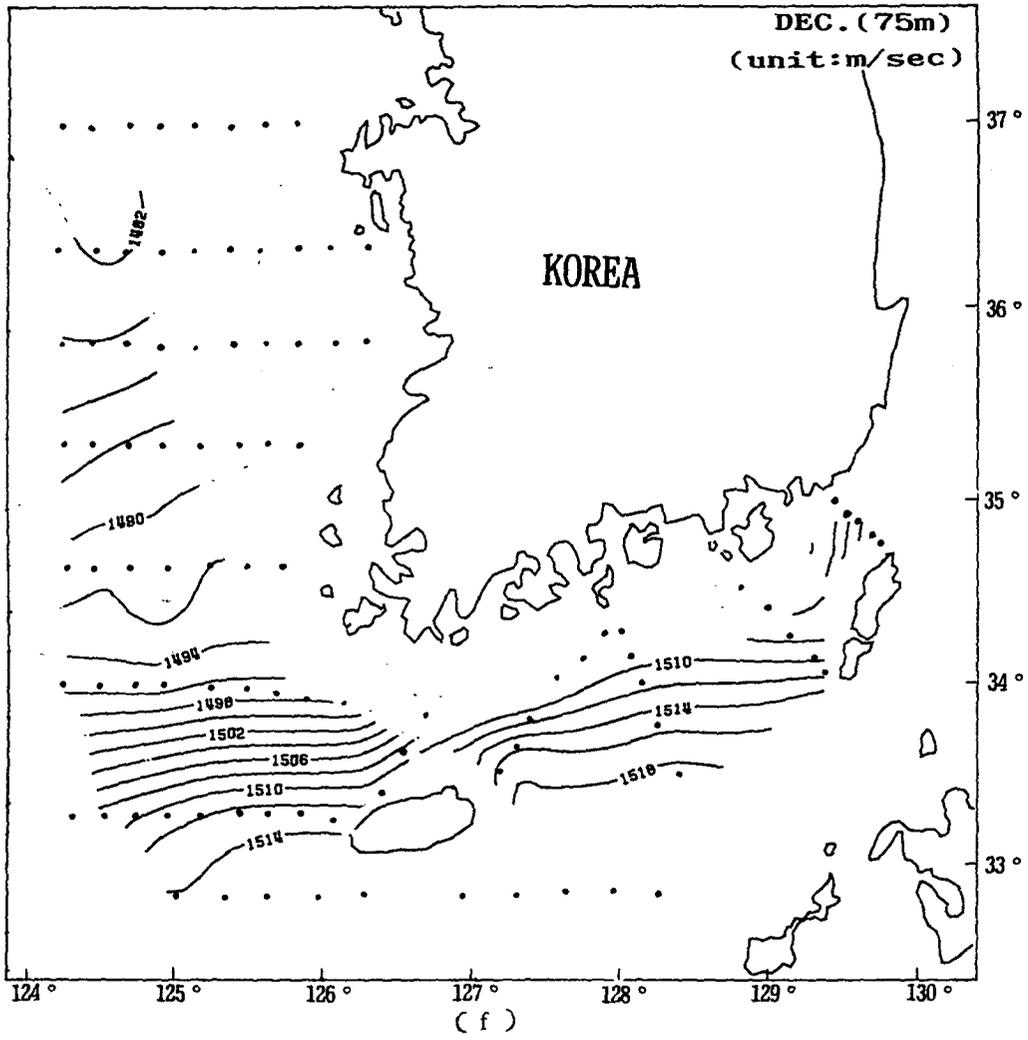
Fig. 7. Contour map of iso-sound speed(m/sec) in December (at the water depth of 0m(a), 10m(b), 20m(c), 30m(d), 50m(e), and 75m(f), separately).











제2절 수중음속의 수직분포

제1절의 수평분포의 특성을 고려하여 수직적으로 복잡한 양상을 보이는 하계의 음속분포 상황에 따라 8월에 대한 음속의 수직구배를 고려하기 위하여 5개의 측선 단면을 설정하였다(Fig. 8). A, B 및 C의 측선단면에서는 황해동부를 남북 방향으로 종단하여 표층과 저층간의 수직적인 음속구배를 확인하였으며, D측선은 제주도의 동측에서 8월에 황해남동해역에서 나타나는 저음속의 환구조 해역을 통과하면서 해안선에 평행하도록 설정하였다. 그리고 마지막으로 E측선은 제주도의 남쪽으로 부터 진입하는 대마난류의 고온, 고염에 의한 수직적인 음속분포를 확인하기 위하여 대한해협을 통과하도록 단면을 설정하였다.

1. 측 선 A

측선 A는 황해동부의 제일 외해쪽의 측선으로 수심 10m에서 50m까지의 수층에서는 음속의 수직적 변화가 심하나 0~10m와 50~75m에서는 음속의 구배가 4m/sec미만으로 대단히 미약함을 알 수 있다(Fig. 9). 또한 표층의 낮은 음속구배는 여름철의 강력한 태양복사 에너지에 의한 수온의 증가에 기인된 영향으로 판단된다.

2. 측 선 B

측선 B에서도 측선 A와 비슷한 음속구배 특징을 보이고 있어 표층과 저층을 제외하고는 비교적 음속의 수직적 변화가 심하게 나타나고 있는 반면 저층의 음속은 A측선보다 다소 낮게 분포한다(Fig. 10). 또한 황해남동해역(Fig. 10의 오른쪽) 보다 황해 동부해역(Fig. 10의 왼쪽)이 음속구배가 좀더 크게 나타나고

있는데 이것은 황해 동부해역이 B측선의 남쪽에 위치한 해역 보다 수직적인 음속의 분포특성이 강력하게 유지되고 있음을 보인다.

3. 측 선 C

측선 C의 음속구배는 정선관측점 311-6 부근에서 특이한 양상을 보이는데, 수층의 전구간에서 음속의 변화 구배가 작게 나타난다(Fig. 11). 즉 상, 하층의 수직적인 음속의 변동이 거의 없는 구간으로 해석할 수 있다. 특히 Fig. 11(a)에서는 수심 20~30 m 부근의 1,515 m/sec의 등음속선을 중심으로 상·하층간의 음속선이 대칭형의 분포를 보이고 있다. 이러한 상·하층의 집중현상은 여름철에 이 해역에서 발생하는 조석 혼합현상에 기인된 결과일 것으로 판단된다(Fig. 11(b)).

4. 측 선 D

측선 C와 마찬가지로 측선 D(Fig. 12)에서는 관측점 203-2 정점의 남쪽(Fig. 12(a))에서는 음속이 급격히 감소하여 1,505 m/sec까지 낮아지지만, 311-5(약 280 km 부근) 정점의 30 m 이하에서는 음속이 다소 상승하고 있다. 그리고 20 m 층을 경계로 상·하층의 음속분포가 1,520 m/sec 음속선을 중심으로 대칭형의 분포를 보인다(Fig. 12(b)). 음속의 구배가 가장 작은 이 구역은 대흑산도를 중심으로 하는 해역으로 하계의 조석혼합에 의한 상·하층의 혼합에 따른 음속의 분포 양상으로 해석될 수 있다.

5. 측 선 E

측선 E에서도 10 m 층까지의 음속차이는 4 m/sec이하로 균일하며 20~50 m 층에서는 상·하층간의 음속차가 일정하게 감소한다. 이러한 감소양상은 206-3 정점까지 계속되며(Fig. 13), 측선의 끝구역까지 음속의 변동없이 일정하게 이어진다. Fig. 13(a)에서 보면 음속 1,535 m/sec이상의 분포는 206-3 정점까지 연장되어 있고 그 하층에서는 반대로 저층의 1,515 m/sec이하의 음속선이 진출되어 있는 분포이다(Fig. 13(b)).

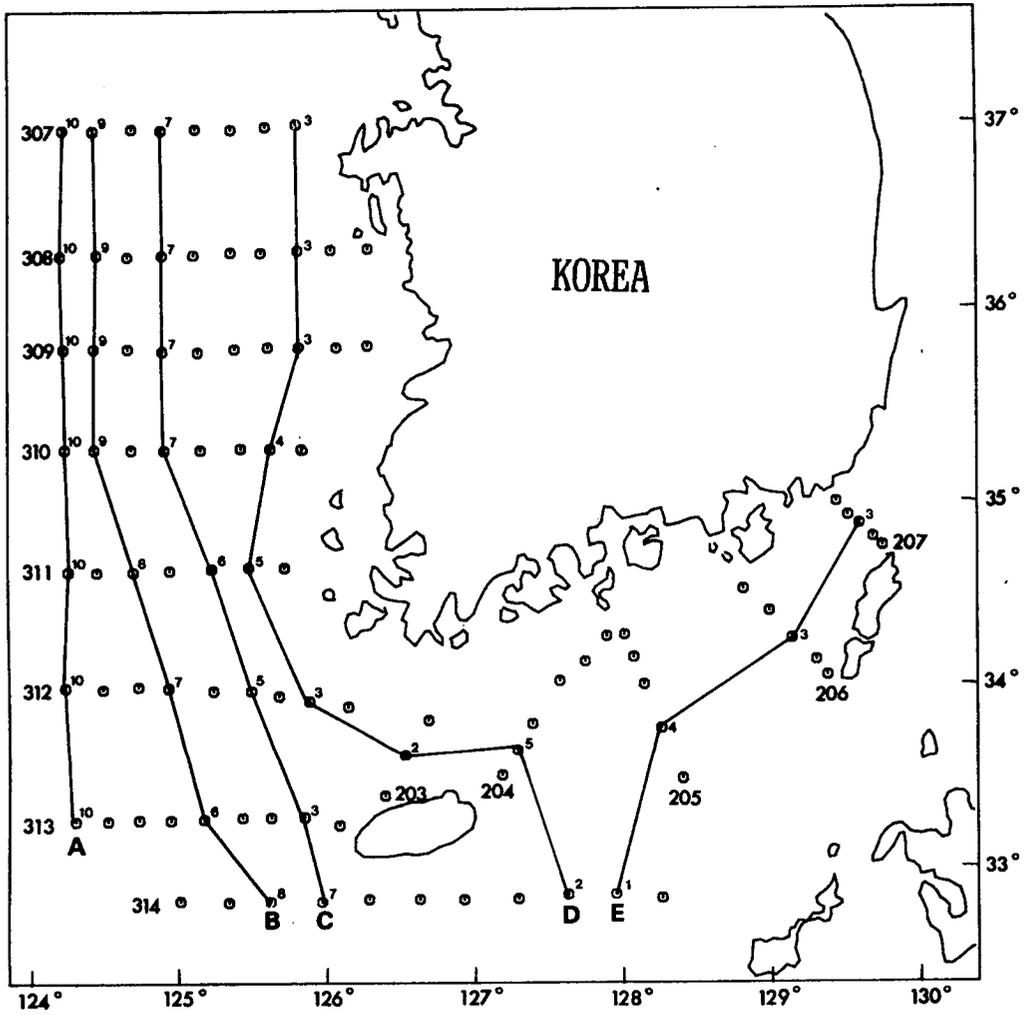
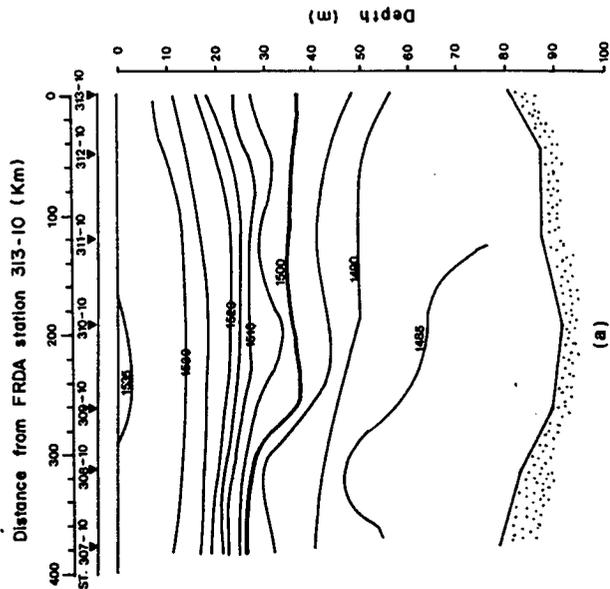


Fig. 8. Selected section lines from F. R. D. A's serial oceanographic stations.

Line A (AUG.)



Line A (AUG.)

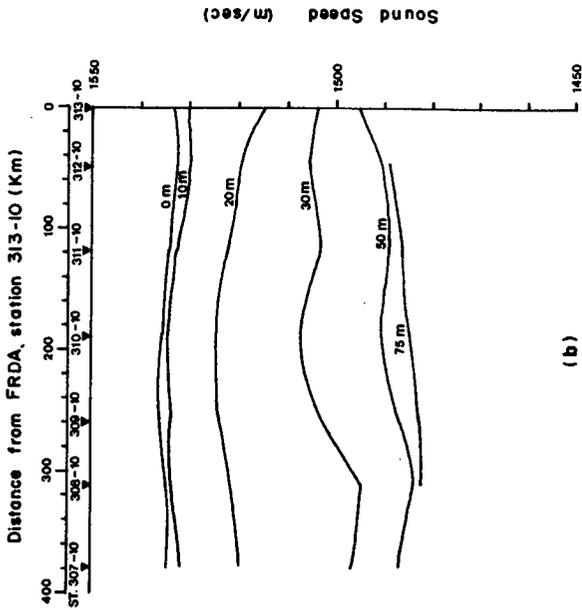


Fig. 9. Vertical section of iso-sound speed (m/sec) at Line-A(a), Map showing sound speed (m/sec) versus distance (km) for depth of 0 to 75 m (b).

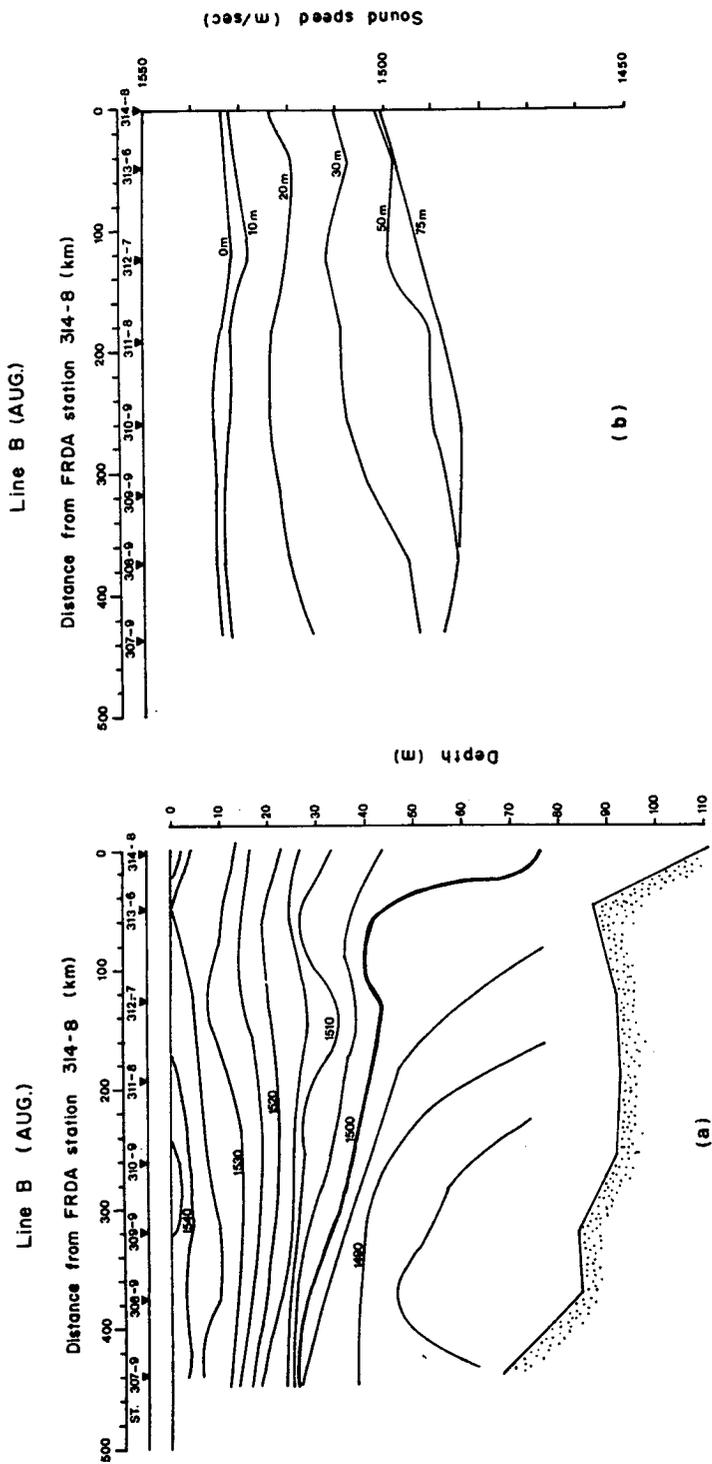


Fig. 10. Vertical section of iso-sound speed(m/sec) at Line-B(a), Map showing sound speed(m/sec) versus distance(km) for depth of 0 to 75 m (b).

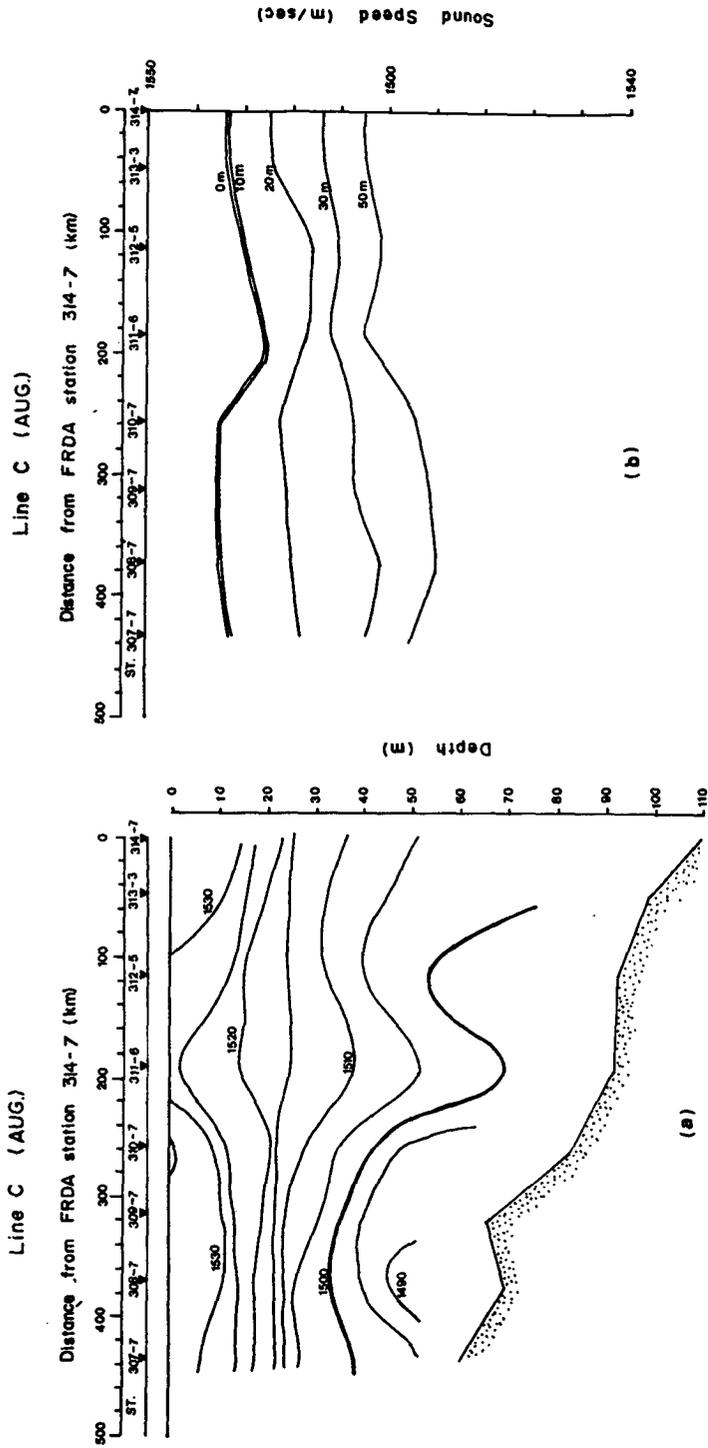


Fig. 11. Vertical section of iso-sound speed(m/sec) at Line-C(a), Map showing sound speed(m/sec) versus distance(km) for depth of 0 to 75m (b).

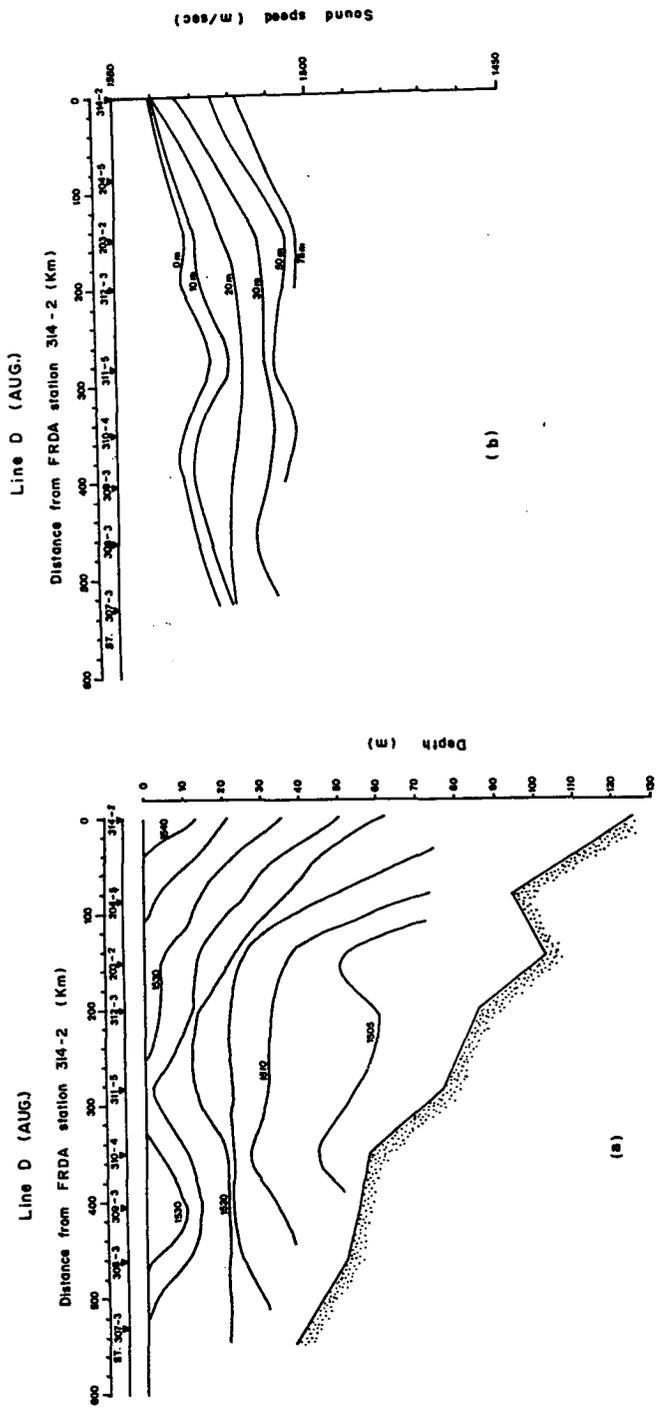
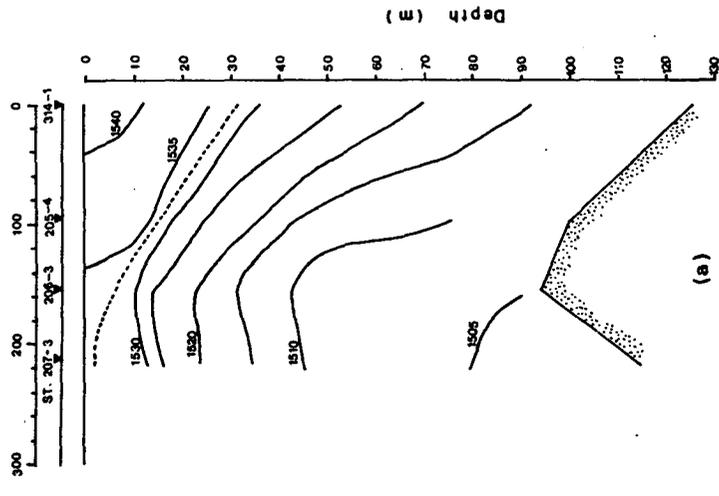


Fig. 12. Vertical section of iso-sound speed(m/sec) at Line-D(a), Map showing sound speed(m/sec) versus distance(km) for depth of 0 to 75 m (b).

Line E (AUG.)

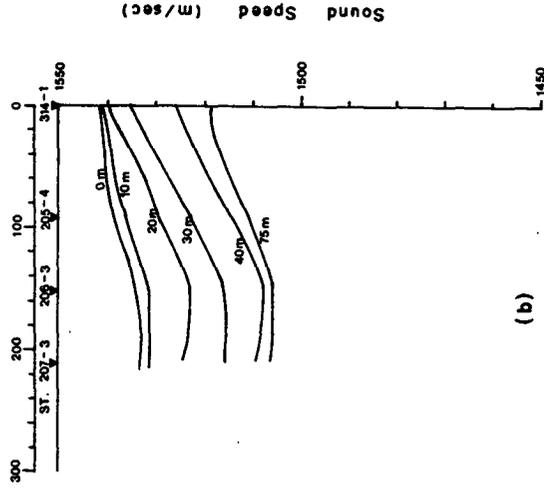
Distance from FRDA station 314-1 (Km)



(a)

Line E (AUG.)

Distance from FRDA station 314-1 (Km)



(b)

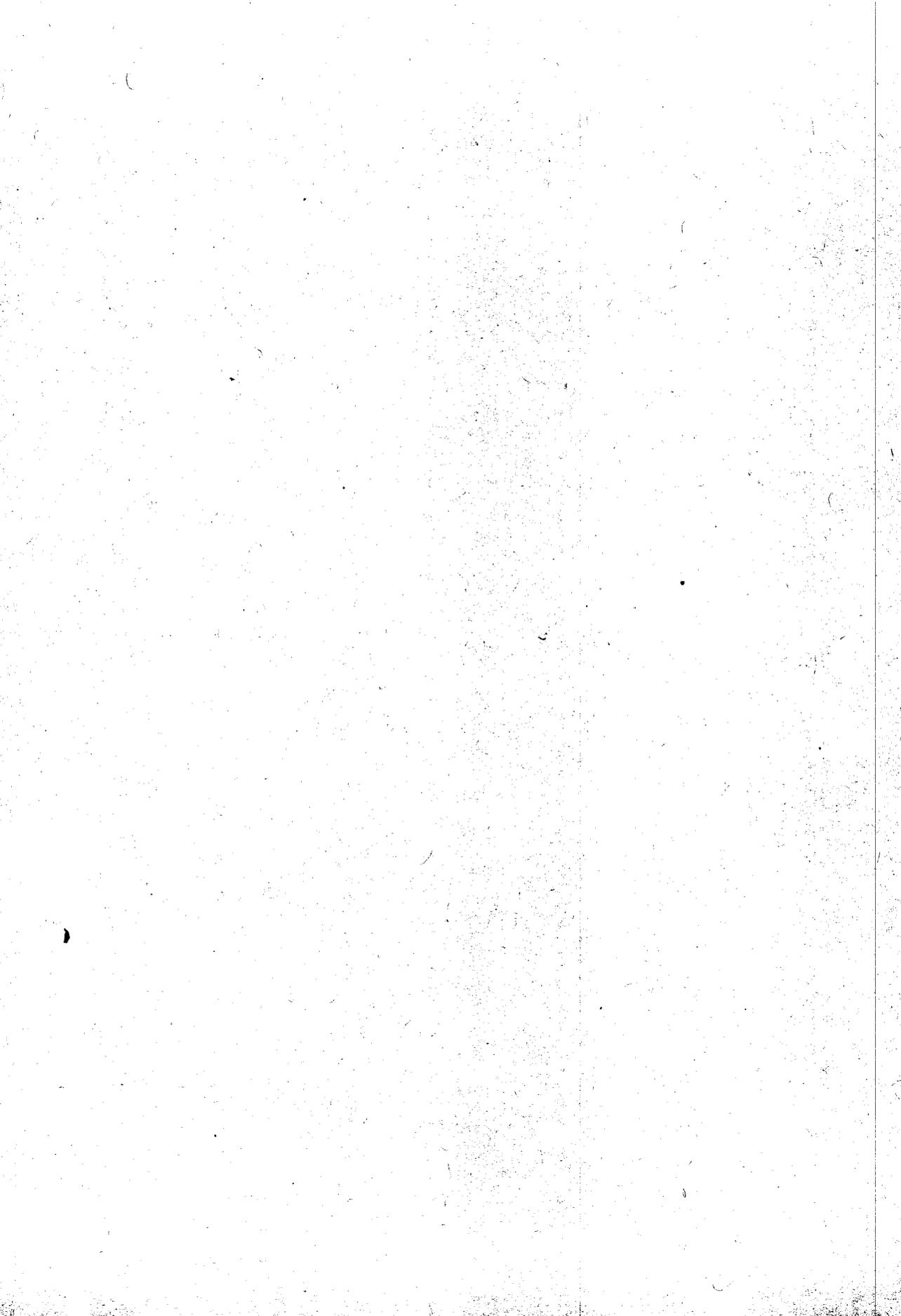
제 4 장
결 론

제 4 장 결 론

본 연구해역의 음속의 분포양상은 겨울철(2월) 및 여름철(8월)의 대표적 분포로 분리가 되며, 겨울철의 음속은 $1,460\text{ m/sec} \sim 1,508\text{ m/sec}$ 이고, 황해 남동해역에서는 동-서로 잇는 $1,484\text{ m/sec} \sim 1,500\text{ m/sec}$ 의 음속을 보이는 높은 구배의 음속해역이 형성된다. 이 해역에서 보이는 일부 음속선은 남해의 일부까지 연장되며, 남해 고흥반도의 남단에서는 $0 \sim 30\text{ m}$ 수층에서 혀모양의 음속선 분포를 보인다. 이러한 모양의 분포는 제주도를 중심으로 하는 겨울철 대마난류의 유입 정도에 따른 결과로 판단되며, $1,500\text{ m/sec}$ 의 음속선이 사행분포하고 있다. 이러한 사행의 분포는 75 m 수층에서는 더욱 뚜렷하게 나타나나 그 수직적인 분포는 거의 균일하게 연안선에 평행한 음속분포를 보인다.

여름철에는 30 m 수층을 중심으로 상·하층간의 음속분포가 서로 다르게 나타나며, 황해 동부해역의 50 m 수층 이하에서는 저음속선이 황해남동해역의 30 m 수층에 까지 이어져 있다. 그러나 $0 \sim 30\text{ m}$ 수층에서는 전해역이 $1,530\text{ m/sec}$ 이상의 분포를 보이지만, 황해 남동해역에서는 황해동부의 고음속선과 남해의 고음속선이 단절되어 나타난다. 황해 남동해역의 저음속의 환구조 해역은 조석혼합현상의 영향으로 인해 30 m 수층으로 부터 육지쪽의 상부 수층으로 음속선이 점진적으로 이동되어 분포한다.

참고문헌



참 고 문 헌

- 국립수산진흥원, 1966 ~ 1986. 해양조사연보, 제15권 ~ 제35권.
- Chen, T. C and F. J. Millero, 1976. Re-evolution of Wilson's sound-speed measurements for pure water. *J. Acoust. Soc. Am.*, 60(6), 1270 : 1273.
- Chen, T. C. and F. J. Millero, 1977. Speed of sound in seawater at high pressures. *J. Acoust. Soc. Am.*, 62(5), 1129 : 1135.
- Del Grosso, V. A., 1952. Velocity of Sound in Sea Water at Zero Depth, U. S. Nav. Res. Lab. Rept. 4002 : 1.
- Gong, Y., 1968. On the Seasonal variation of coastal surface water temperature. *Bull. Fisheries Research Development Agency*, 3, 59 : 79 (in Korea).
- Gong, Y., 1971. A study on the South Korean Coastal front. *J. Oceanol. Soc. Korea*, 6, 25 : 36.
- Huh, O. K., 1982. Satellite observation and the annual cycle of surface circulation in the Yellow Sea, East China Sea and Korea Strait. *La Mer.*, 20, 210 : 222.
- Kim, B. K., 1983. Periodic and Correlation analysis between water temperature and air temperature in the Korean waters. *J. Oceanol. Soc. Korea*, 18, 55 : 63(in Korea).
- Korea Ocean Research and Development Institute, 1984. A Study on the Atlas of Marine Resources in the Adjacent Seas to Korea - Yellow Sea -. KORDI Rep. BSPG00023-79-7.

- Korea Ocean Research and Development Institute, 1989. A Mapping Study of Sound velocity in the East Sea of Korea(I). KORDI Rep. BSPE00128-210-5.
- Kuwahara, S., 1951. Velocity of Sound in Sea Water and Calculation of the Velocity for Use in Sonic Sounding, Hydrgr. Rev., 16, 123 : 126.
- Lee, H. C. and H. S. An, 1987. A Study on the Heat Budget in the South Eastern Area of the Yellow Sea. J. Oceanol. Soc. Korea, 22(4), 217 : 227.
- Leroy, C. C., 1969. Development of Simple Equations for Accurate and More Realistic Calculation of the Speed of Sound in Sea Water. J. Acoust. Soc. Am., 46, 216 : 219.
- Lie, H. J., 1984. A note on water masses and general circulation in the Yellow Sea(Hwanghae). J. Oceanol. Soc. Korea, 19, 187 : 194.
- Mackenzie, K. V., 1981. Nine-term Equation for Sound Speed in the Oceans. J. Acoust. Soc. Am., 70, 807 : 810.
- Medwin, H., 1975. Speed of Sound in Water for Realistic Parameters. J. Acoust. Soc. Am., 58, 1318 : 1320.
- Nishida, H. and Y. Iwanaga, 1978. On the water mass characteristics in autumn on the continental shelf of East China Sea. Rep. Hydrogr. Rel., 13, 37 : 49.
- PLOTWORKS, 1984. PLOT88 Software Library Reference Manual, CA 92037-85, PLOTWORKS Inc.
- Seung, Y. H., 1987. A Summer Circulation Inferred from Density (Temperature) Distribution in the Eastern Yellow Sea. J. Oceanol. Soc. Korea. 22(2), 63 : 70.

Wilson, W. D., 1960. Speed of sound in the sea water as a function of temperature, pressure and salinity. J. Acoust. Soc. Am., 32, 641 : 644.

별첨자료



```

C...
SUBROUTINE SPEED(S, T, P, SVEL)
C.....
C... SOUND SPEED SEAWATER CHEN AND MILLERO 1977, JASA,
C... UNIT:
C          PRESSURE          P          DECIBARS
C          TEMPERATURE       T          DEG CELCIUS(IPTS-68)
C          SALINITY          S          (PSS-80)
C          SOUND SPEED       SBEL       METERS/SECOND
C... SCALE PRESSURE TO BARS
      P=P/10.0
      SR=SQRT(ABS(S))
C... S**2 TERM
      D=1.727E-3-7.9836E-6*P
C... S**3/2 TERM
      B1=7.3637E-5+1.7945E-7**T
      B0=-1.922E-2-4.42E-5*T
      B=B0+B1*P
C... S**1 TERM
      A3=(-3.389E-13*T+6.649E-12)*T+1.100E-10
      A2=((7.988E-12*T-1.6002E-10)*T+9.1041E-8)*T+ -3.9064E-7
      A1=((-2.0122E-10*T+1.0507E-8)*T-6.4885E-8)*T+ -1.2580E-5
      A0=((-3.21E-8*T+2.006E-6)*T+7.164E-5)*T-1.262E-2+*
      T+1.389
      A=((A3*P+A2)*P+A1)*P+A0
C... S**0 TERM
      C3=(-2.3643E-12*+3.8504E-10)* -9.7729E-9
      C2=( )1.0405E-12* -2.5335E-10)* +2.5974E-8)*
      + -1.7170E-6)* +3.1260E-5
      C1=((( -6.1185E-10* +1.3621E-7)*8.1788E-6)*
      + +6.8982E-4)* +0.153563
      C0=(((3.1464E-9* *T-1.47800E-6)*T+3.3420E-4)*T
      + -5.80852E-2)*T+5.03711)*T+1402.388
      C=((C3*P+C2)*P+C1)*P+C0
C... SOUND SPEED RETURN
      SVEL=C+(A+B*SR+D*S)*S
C...
      RETURN
      END

```

LI: E-203

M	St.	WATER DEPTH (m)						AVE.	DEV.	
		0	10	20	30	50	75			100
F	1	1497.4	1498.3	1498.3	1498.4	1498.0			1498.1	0.37
E	2	1499.9	1500.0	1500.3	1500.5	1500.6	1501.1		1500.4	0.40
B	3	1501.0	1500.8	1501.2	1501.5	1501.8	1502.1	1502.3	1501.5	0.52
A	1	1497.5	1497.0	1496.9	1497.0	1496.7			1497.2	0.26
P	2	1497.6	1497.7	1497.8	1497.9	1497.9	1497.8		1497.8	0.11
R	3	1501.1	1500.6	1500.4	1500.0	1500.2	1500.3	1499.7	1500.4	0.44
J	1	1511.3	1508.7	1504.8	1502.8	1499.9			1505.5	4.07
U	2	1515.0	1512.9	1508.2	1503.7	1500.7	1498.8		1506.6	6.01
N	3	1516.3	1515.0	1513.4	1508.9	1506.2	1503.9	1501.9	1509.4	5.24
A	1	1530.0	1524.5	1518.9	1512.6	1505.8			1518.4	8.54
U	2	1532.0	1529.6	1523.0	1513.7	1505.1	1502.3		1517.5	11.37
G	3	1532.8	1530.8	1524.8	1519.7	1507.8	1503.4	1502.0	1517.3	11.96
O	1	1521.1	1520.0	1519.2	1517.3	1512.9			1518.1	2.88
C	2	1519.7	1519.5	1519.1	1516.0	1509.5	1505.8		1514.9	5.40
T	3	1520.7	1520.8	1521.0	1519.0	1513.2	1508.0	1505.7	1515.5	6.04
D	1	1505.9	1506.2	1505.9	1506.2	1506.8			1506.2	0.33
E	2	1507.7	1507.8	1508.3	1508.5	1509.0	1509.1		1508.4	0.54
C	3	1508.7	1509.2	1509.6	1510.0	1510.4	1511.2	1511.3	1510.1	0.91

Sound Speed : m/sec

M : Month

St. : Station

AVE. : Average

DEV. : Standard Deviation

LINE - 204

M	St.	WATER DEPTH (m)							AVE.	DEV.
		0	10	20	30	50	75	100		
F E B	1	1489.7	1490.5	1489.5	1488.8				1489.6	0.61
	2	1487.0	1487.9	1487.1	1483.4				1486.4	1.74
	3	1488.7	1488.9	1488.8	1488.3				1488.7	0.23
	4	1501.4	1502.2	1502.1	1501.6	1501.4	1502.6		1501.9	0.45
	5	1505.0	1505.7	1505.5	1505.7	1505.9	1506.1		1505.7	0.35
	6	1505.1	1506.4	1506.3	1506.5	1506.7	1506.8	1506.7	1506.4	0.54
A P R	1	1495.2	1494.6	1493.9	1493.5				1494.3	0.65
	2	1492.3	1493.7	1493.3	1492.8				1493.0	0.53
	3	1496.3	1495.9	1496.0	1495.5				1495.9	0.29
	4	1503.8	1502.8	1502.1	1501.4	1501.2	1500.3		1501.9	1.14
	5	1505.5	1504.7	1504.1	1504.2	1504.0	1503.5		1504.3	0.63
	6	1505.4	1505.0	1504.6	1494.5	1504.2	1503.9	1500.0	1502.5	3.67
J U N	1	1514.3	1512.1	1509.1	1506.9				1510.6	2.82
	2	1513.6	1511.6	1508.4	1505.9				1509.9	2.95
	3	1512.7	1510.3	1506.8	1504.0				1510.7	6.73
	4	1515.1	1513.5	1501.4	1507.0	1505.6	1505.3		1508.0	4.80
	5	1516.8	1515.3	1513.9	1510.7	1508.2	1506.5		1511.9	3.74
	6	1518.0	1516.2	1514.1	1511.4	1509.3	1507.3	1506.3	1511.8	4.14
A U G	1	1534.8	1530.9	1524.2	1517.5				1526.9	6.60
	2	1533.8	1530.2	1524.6	1513.5				1525.5	7.68
	3	1533.6	1529.2	1523.9	1516.9				1525.9	6.23
	4	1535.4	1532.1	1523.9	1517.3	1510.6	1511.1		1521.7	9.62
	5	1537.1	1533.1	1528.1	1522.3	1515.1	1510.1		1524.3	9.54
	6	1537.1	1534.4	1528.0	1521.7	1515.9	1511.5	1510.4	1522.7	9.97
O C T	1	1519.7	1519.9	1529.3	1518.5				1521.9	4.33
	2	1519.6	1519.8	1519.5	1515.9				1518.7	1.62
	3	1519.0	1519.1	1519.0	1517.8				1518.7	0.54
	4	1521.2	1521.8	1521.1	1519.1	1510.7	1506.3		1516.7	5.99
	5	1522.8	1522.8	1522.2	1519.9	1514.2	1509.5		1518.6	5.03
	6	1524.5	1524.4	1524.4	1522.8	1519.2	1514.0	1510.4	1520.0	5.27
D E C	1	1499.7	1500.7	1500.8	1501.0				1500.6	0.50
	2	1498.8	1499.3	1499.1	1498.8				1499.0	0.21
	3	1503.8	1504.3	1504.4	1504.1				1504.2	0.23
	4	1511.1	1511.4	1511.8	1512.0	1512.3	1509.1		1511.3	1.05
	5	1516.3	1516.8	1517.1	1517.3	1517.0	1515.9		1516.7	0.49
	6	1518.4	1519.4	1519.6	1519.8	1519.7	1518.8	1513.8	1518.5	1.98

LINE-205

M	St.	WATER DEPTH (m)							AVE.	DEV.
		0	10	20	30	50	75	100		
F E B	1	1490.8	1490.8	1490.1	1498.2				1490.6	0.33
	2	1494.6	1495.4	1494.2	1492.4	1491.4			1493.6	1.48
	3	1501.2	1501.0	1500.0	1499.0	1497.9	1495.8		1499.2	1.88
	4	1502.8	1503.1	1503.1	1502.6	1501.8	1499.4		1502.1	1.30
	5	1504.4	1504.7	1505.0	1504.9	1504.9	1504.5	1503.6	1504.6	0.45
A P R	1	1495.8	1494.9	1494.4	1494.5				1494.9	0.55
	2	1498.8	1497.9	1497.2	1496.4	1496.1			1497.3	0.99
	3	1501.7	1500.8	1500.2	1499.8	1499.2	1497.9		1499.9	1.20
	4	1504.9	1504.4	1503.9	1503.1	1502.3	1501.4		1503.7	1.21
	5	1507.3	1506.9	1506.4	1505.9	1505.9	1505.7	1504.9	1506.1	0.74
J U N	1	1515.5	1513.3	1510.0	1507.9				1511.7	2.92
	2	1514.7	1512.0	1508.8	1506.5	1502.9			1509.0	4.12
	3	1515.1	1512.3	1507.3	1504.5	1503.0	1503.9		1507.7	4.52
	4	1518.0	1515.9	1512.6	1509.7	1507.0	1505.8		1511.5	4.45
	5	1520.2	1519.7	1517.9	1514.7	1510.3	1508.3	1507.0	1515.0	4.89
A U G	1	1534.5	1527.3	1524.9	1517.4				1526.0	6.11
	2	1534.6	1529.9	1520.0	1512.7	1509.1			1521.3	9.75
	3	1536.3	1531.3	1524.7	1515.1	1509.8	1510.2		1521.2	10.25
	4	1538.4	1536.0	1529.2	1522.5	1514.5	1510.3		1526.4	10.81
	5	1540.0	1539.0	1535.1	1524.4	1516.2	1515.0	1511.7	1527.7	11.05
O C T	1	1520.5	1520.4	1520.3	1518.7				1520.0	0.74
	2	1520.0	1520.5	1520.2	1517.5	1510.2			1517.7	3.89
	3	1525.4	1524.8	1524.3	1521.4	1513.8	1510.2		1520.0	5.88
	4	1524.6	1524.5	1524.3	1523.3	1516.9	1512.1		1521.0	4.79
	5	1527.2	1527.9	1528.2	1526.8	1523.7	1518.1	1514.4	1523.8	5.04
D E C	1	1500.7	1501.1	1501.5	1501.9				1501.3	0.45
	2	1505.2	1505.3	1505.0	1505.1	1502.8			1504.7	0.95
	3	1509.3	1509.0	1509.6	1509.4	1509.2	1511.4		1509.7	0.80
	4	1514.0	1514.3	1514.3	1515.1	1514.6	1514.7		1514.5	0.35
	5	1519.9	1520.0	1519.6	1519.6	1520.8	1519.9	1511.3	1518.7	3.06

LINE-206

M	St.	WATER DEPTH (m)							AVE.	DEV.
		0	10	20	30	50	75	100		
F E B	1	1496.7	1496.6	1496.7	1496.6	1496.3			1496.6	0.15
	2	1498.6	1499.6	1499.8	1499.3	1498.5			1498.8	0.17
	3	1500.4	1500.3	1500.8	1500.9	1500.4	1499.7		1500.4	0.39
	4	1501.6	1501.6	1501.3	1501.0	1500.7	1500.0	1498.8	1500.7	0.94
	5	1502.9	1503.5	1503.2	1503.2	1503.2	1502.6	1501.8	1502.9	0.52
A P R	1	1498.4	1498.0	1497.4	1497.2	1497.4			1497.7	0.45
	2	1500.8	1499.7	1499.0	1498.6	1497.6			1499.2	1.07
	3	1502.4	1501.2	1500.7	1499.9	1498.2	1497.1		1499.9	1.79
	4	1504.1	1502.3	1501.9	1501.3	1500.6	1499.4	1498.4	1501.1	1.75
	5	1505.9	1505.2	1505.2	1505.1	1504.9	1503.9	1503.6	1504.8	0.74
J U N	1	1514.5	1511.9	1509.0	1508.4	1506.1			1510.0	2.92
	2	1516.6	1513.1	1509.3	1506.4	1504.6			1510.0	4.38
	3	1521.3	1517.0	1515.4	1510.8	1508.0	1506.5		1513.2	5.21
	4	1522.7	1519.0	1517.3	1512.7	1509.2	1509.1	1510.0	1514.3	5.01
	5	1523.9	1522.7	1521.0	1517.6	1513.2	1511.6	1510.6	1517.2	5.08
A U G	1	1529.8	1525.8	1519.0	1513.0	1508.5			1519.2	7.86
	2	1533.2	1528.6	1522.3	1513.6	1506.7			1520.9	9.67
	3	1533.8	1531.3	1522.8	1515.1	1507.8	1505.9		1519.5	10.77
	4	1533.8	1532.3	1528.0	1520.5	1512.2	1509.2	1507.4	1520.5	10.29
	5	1535.3	1534.4	1529.4	1524.3	1518.9	1513.6	1509.4	1523.6	9.35
O C T	1	1521.2	1521.5	1521.3	1520.3	1514.6			1519.8	2.62
	2	1520.9	1522.4	1522.9	1522.4	1514.1			1520.5	3.29
	3	1523.2	1523.3	1523.4	1522.5	1514.1	1508.1		1519.1	5.92
	4	1524.3	1524.5	1524.8	1524.5	1520.3	1511.3	1509.7	1519.9	6.14
	5	1527.6	1527.6	1527.4	1526.8	1524.9	1517.0	1512.1	1523.3	5.78
D E C	1	1503.5	1504.4	1504.5	1504.6	1505.5			1504.5	0.64
	2	1507.9	1508.0	1507.6	1507.1	1506.5			1507.4	0.56
	3	1509.0	1510.2	1510.3	1509.6	1507.7	1507.2		1509.0	1.18
	4	1511.4	1511.6	1511.9	1510.9	1509.9	1508.9	1508.8	1510.5	1.19
	5	1513.9	1514.7	1514.2	1514.4	1513.0	1513.5	1512.5	1514.1	0.73

LINE-207

M	St.	WATER DEPTH (m)						AVE.	DEV.	
		0	10	20	30	50	75			100
F E B	1	1497.2	1497.3	1497.7	1497.8	1497.4	1496.5		1497.3	0.42
	2	1499.1	1499.1	1499.5	1499.6	1499.5	1498.5		1499.2	0.38
	3	1500.4	1500.4	1500.9	1500.8	1500.9	1500.9	1499.9	1500.6	0.35
	4	1502.1	1502.4	1502.8	1503.1	1503.3	1503.6	1503.2	1502.9	0.49
	5	1502.4	1502.3	1502.7	1502.9	1503.3	1503.3	1502.8	1502.8	0.36
A P R	1	1497.3	1496.9	1497.1	1496.8	1496.2	1496.1		1496.7	0.44
	2	1500.2	1500.1	1499.8	1498.9	1497.9	1496.0		1498.8	1.49
	3	1501.4	1501.0	1500.5	1499.7	1498.8	1497.4	1495.9	1499.2	1.86
	4	1501.1	1502.9	1502.5	1502.4	1501.0	1501.3	1500.4	1501.7	0.87
	5	1503.5	1502.0	1502.8	1502.6	1502.3	1501.5	1501.2	1502.3	0.73
J U N	1	1513.8	1511.5	1507.6	1505.5	1503.1	1502.2		1507.2	4.22
	2	1515.4	1512.7	1509.4	1506.7	1504.5	1503.3		1508.7	4.32
	3	1517.9	1515.5	1513.1	1508.2	1503.9	1503.3	1503.3	1509.3	5.72
	4	1518.7	1517.1	1513.3	1510.8	1506.4	1505.1	1504.4	1510.8	5.36
	5	1518.8	1517.3	1514.8	1512.4	1509.0	1507.1	1506.3	1512.2	4.59
A U G	1	1528.5	1522.0	1516.3	1509.6	1503.7	1497.2		1512.9	10.64
	2	1531.5	1527.3	1519.5	1512.5	1506.4	1502.2		1516.6	10.59
	3	1533.8	1531.7	1524.3	1515.9	1509.5	1506.2	1502.8	1517.7	11.49
	4	1533.1	1533.5	1528.0	1520.9	1512.9	1508.7	1506.6	1520.5	10.52
	5	1535.3	1534.4	1529.0	1523.8	1516.5	1512.5	1510.1	1523.4	8.95
O C T	1	1520.8	1521.4	1520.9	1518.1	1509.3	1502.9		1515.6	7.02
	2	1522.8	1523.2	1523.4	1521.3	1513.2	1504.6		1518.1	6.98
	3	1522.9	1523.8	1523.0	1523.5	1518.9	1510.8	1506.9	1518.5	6.40
	4	1526.2	1526.5	1525.7	1526.4	1519.5	1517.0	1512.7	1522.0	5.19
	5	1524.1	1528.1	1527.7	1526.9	1523.6	1518.7	1513.2	1523.2	5.06
D E C	1	1506.3	1506.4	1506.2	1506.2	1505.8	1504.9		1506.0	0.51
	2	1509.1	1509.1	1509.2	1508.4	1507.1	1505.0		1508.8	1.52
	3	1511.5	1511.5	1511.4	1511.4	1510.5	1509.0	1507.4	1510.4	1.48
	4	1513.2	1514.0	1514.2	1514.1	1513.8	1512.7	1511.5	1513.4	0.91
	5	1513.6	1514.2	1514.4	1514.6	1514.4	1514.2	1513.1	1514.1	0.49

LINE-307

M	St.	WATER DEPTH (m)						AVE.	DEV.	
		0	10	20	30	50	75			100
F E B	3	1459.5	1460.2	1459.0	1460.1			1459.7	0.49	
	4	1459.9	1460.1	1460.2	1460.9			1460.3	0.39	
	5	1462.8	1463.2	1463.2	1463.8	1464.1		1463.4	0.47	
	6	1464.6	1464.6	1464.8	1464.9	1465.3		1464.7	0.13	
	7	1465.9	1465.9	1466.6	1466.2	1466.7		1466.3	0.34	
	8	1466.3	1466.3	1466.5	1466.8	1467.3		1466.6	0.38	
	9	1467.8	1467.0	1468.0	1468.2	1468.6		1467.9	0.53	
	10	1468.4	1469.1	1469.4	1469.6	1470.1		1469.3	0.56	
	A P R	3	1468.8	1467.2	1467.0	1466.0			1467.3	1.00
		4	1470.5	1467.7	1467.5	1467.3			1468.3	1.31
5		1469.0	1466.8	1465.2	1464.6	1464.4		1466.0	1.72	
6		1474.3	1470.2	1468.1	1467.1	1467.3		1469.4	2.68	
7		1472.5	1469.2	1467.6	1467.0	1466.9		1468.6	2.10	
8		1474.7	1472.3	1470.3	1469.9	1469.9		1471.4	1.87	
9		1473.5	1471.4	1469.3	1468.7	1468.6		1470.3	1.89	
10		1475.8	1474.2	1472.6	1471.5	1471.3		1473.1	1.71	
J U N		3	1498.7	1494.7	1494.3	1494.1			1495.5	1.89
		4	1503.9	1498.2	1493.5	1492.1			1496.9	4.62
	5	1504.6	1498.5	1491.6	1485.5	1481.9		1492.4	8.30	
	6	1508.6	1501.7	1491.7	1484.8	1481.6		1493.7	10.16	
	7	1507.7	1500.4	1485.7	1478.8	1476.4		1489.8	12.25	
	8	1510.9	1505.3	1490.9	1480.0	1476.9		1492.8	13.45	
	9	1508.3	1501.6	1489.2	1475.9	1474.1		1489.8	13.58	
	10	1509.9	1505.3	1493.4	1482.3	1474.1		1493.0	13.48	
	A U G	3	1524.7	1521.4	1520.6	1519.0			1521.4	2.08
		4	1526.9	1523.0	1519.0	1516.8			1521.4	3.86
5		1530.3	1527.0	1521.4	1516.0	1507.6		1520.5	8.07	
6		1531.4	1528.6	1520.4	1509.0	1501.2		1515.1	11.50	
7		1532.7	1528.7	1518.2	1504.4	1495.6		1515.9	14.11	
8		1533.3	1531.4	1520.8	1504.1	1492.1		1516.3	15.95	
9		1534.2	1531.0	1514.8	1493.1	1487.5		1512.1	19.07	
10		1534.0	1531.5	1519.7	1496.3	1485.0		1513.3	19.45	
O C T		3	1515.4	1515.6	1515.3	1515.1			1515.4	0.18
		4	1514.8	1514.7	1514.3	1513.1			1514.2	0.68
	5	1512.9	1512.9	1512.3	1510.1	1504.1		1510.5	3.34	
	6	1515.1	1514.7	1514.3	1511.9	1502.3		1511.7	4.81	
	7	1513.8	1514.1	1512.8	1507.1	1496.9		1508.9	6.53	
	8	1516.3	1516.2	1515.5	1510.5	1492.6		1510.2	9.07	
	9	1514.6	1514.6	1513.6	1504.0	1487.8		1506.3	11.51	
	10	1517.0	1516.8	1515.7	1507.6	1490.0		1509.4	10.31	
	D E C	3	1486.0	1487.7	1487.0	1487.8			1487.1	0.72
		4	1485.7	1485.8	1486.2	1485.2			1485.7	0.36
5		1485.3	1485.0	1486.4	1486.3	1485.7		1485.7	0.55	
6		1485.5	1485.3	1485.8	1485.9	1485.7		1485.6	0.22	
7		1483.5	1484.6	1484.8	1484.9	1484.1		1484.4	0.52	
8		1483.5	1483.5	1484.1	1484.3	1483.6		1483.8	0.33	
9		1483.7	1482.9	1483.4	1483.3	1482.7		1483.2	0.35	
10		1482.7	1482.9	1483.0	1482.7	1482.6		1482.8	0.15	

LINE-308

M	St.	WATER DEPTH (m)							A VE.	DEV.
		0	10	20	30	50	75	100		
F E B	1	1464.0	1465.2	1462.7					1464.0	1.02
	2	1466.0	1466.5	1466.4					1466.3	0.22
	3	1466.6	1466.7	1467.1	1467.2				1466.9	0.26
	4	1467.2	1467.3	1467.7	1467.8				1467.5	0.26
	5	1467.4	1467.4	1467.7	1467.9	1467.9			1467.7	0.22
	6	1468.7	1468.9	1469.2	1469.3	1469.6			1469.1	0.31
	7	1469.7	1469.6	1469.9	1470.2	1470.5			1470.0	0.33
	8	1470.5	1471.0	1471.2	1471.3	1471.5	1475.3		1471.8	1.60
	9	1471.5	1471.5	1471.8	1471.0	1472.3	1472.8		1471.8	0.59
	10	1471.6	1471.8	1472.3	1472.6	1472.9	1473.5		1472.5	0.65
A P R	1	1472.3	1470.6	1468.3					1470.4	1.64
	2	1472.5	1470.7	1469.9					1471.0	1.09
	3	1473.5	1471.1	1469.8	1469.1				1470.9	1.68
	4	1470.8	1468.2	1467.1	1467.0				1468.3	1.53
	5	1474.1	1470.6	1469.3	1468.6	1469.2			1470.4	1.98
	6	1472.3	1469.9	1468.1	1467.5	1467.7			1469.1	1.81
	7	1475.0	1472.9	1471.4	1470.2	1470.2			1471.9	1.82
	8	1474.7	1472.3	1470.7	1469.6	1469.1	1473.2		1471.6	1.99
	9	1477.1	1475.3	1474.3	1472.4	1471.8	1472.1		1473.8	1.93
	10	1477.7	1475.8	1474.9	1473.2	1472.4	1472.6		1474.4	1.91
J U N	1	1503.7	1499.5	1497.1					1500.6	2.73
	2	1504.0	1499.2	1494.7					1599.3	3.80
	3	1507.2	1501.3	1492.5	1486.8				1497.0	7.86
	4	1509.1	1502.0	1489.6	1481.4				1495.3	10.73
	5	1510.0	1506.7	1486.4	1478.4	1477.6			1491.8	13.88
	6	1509.0	1505.3	1484.3	1475.5	1474.2			1489.7	14.74
	7	1512.5	1508.4	1491.6	1477.3	1474.9			1492.9	15.45
	8	1512.5	1508.1	1492.1	1477.4	1474.0	1475.3		1489.9	15.65
	9	1512.6	1505.7	1494.1	1480.6	1476.1	1474.8		1490.7	14.63
	10	1509.6	1504.0	1493.7	1476.2	1472.4	1472.5		1488.1	15.15
A U G	1	1529.6	1526.9	1524.3					1526.9	2.16
	2	1528.9	1525.9	1521.1					1525.3	3.21
	3	1530.8	1526.5	1520.6	1514.1				1523.0	6.29
	4	1533.3	1531.3	1522.3	1580.8				1541.9	22.82
	5	1532.7	1530.6	1516.3	1503.1	1494.6			1515.5	14.93
	6	1534.4	1532.5	1520.1	1502.7	1494.9			1516.9	15.78
	7	1534.5	1532.6	1519.8	1500.0	1489.5			1515.3	17.82
	8	1534.1	1532.3	1515.0	1496.3	1488.3	1484.2		1508.4	20.05
	9	1534.7	1533.1	1520.4	1495.2	1484.5	1485.1		1508.8	21.34
	10	1534.6	1533.1	1521.7	1494.9	1483.4	1481.9		1508.3	22.30
O C T	1	1512.8	1512.5	1509.8					1511.7	1.35
	2	1515.0	1514.3	1513.7					1514.3	0.53
	3	1515.5	1515.1	1514.1	1512.4				1514.3	1.20
	4	1514.3	1513.0	1512.3	1507.6				1511.8	2.53
	5	1516.3	1515.7	1515.3	1510.3	1499.9			1511.5	6.18
	6	1516.7	1516.5	1515.9	1508.6	1498.9			1511.3	6.91
	7	1516.5	1516.3	1516.0	1510.1	1496.5			1511.1	7.67
	8	1515.1	1514.9	1514.6	1507.8	1491.7	1493.8		1506.3	9.93
	9	1517.0	1516.9	1515.5	1508.6	1494.6	1489.3		1507.0	11.10
	10	1516.9	1516.8	1516.4	1508.9	1492.2	1487.7		1506.5	12.08
D E C	1	1487.2	1486.2	1488.2					1487.2	0.82
	2	1488.8	1489.3	1489.5					1489.2	0.29
	3	1488.7	1489.4	1489.6	1489.7				1489.4	0.39
	4	1488.2	1488.5	1488.7	1488.0				1488.4	0.27
	5	1486.7	1487.2	1487.7	1487.6	1485.8			1487.0	0.70
	6	1486.6	1487.2	1487.5	1487.3	1487.2			1487.2	0.30
	7	1486.3	1488.5	1487.8	1487.6	1487.0			1487.4	0.75
	8	1486.3	1486.6	1487.1	1486.3	1485.4	1480.7		1485.4	2.16
	9	1486.6	1489.9	1487.2	1486.6	1484.0	1482.4		1486.1	2.39
	10	1486.3	1486.6	1487.1	1486.5	1483.6	1482.5		1485.9	1.35

LINE-309

M	St.	WATER DEPTH (m)							A VE.	DEV.
		0	10	20	30	50	75	100		
F E B	1	1462.3	1462.1	1462.2					1462.2	0.08
	2	1463.0	1463.9	1464.4	1464.4				1643.9	0.57
	3	1468.2	1468.4	1468.7	1468.0	1469.3			1468.5	0.45
	4	1466.6	1467.0	1467.2	1467.2	1467.8			1467.2	0.39
	5	1469.0	1470.1	1470.6	1470.9	1471.2			1470.4	0.77
	6	1468.7	1469.0	1469.1	1469.1	1469.4			1469.1	0.22
	7	1472.4	1472.6	1472.5	1472.8	1473.1			1472.7	0.25
	8	1470.0	1470.3	1470.6	1470.7	1471.0	1471.2		1470.6	0.40
	9	1473.6	1473.7	1473.9	1474.3	1474.5	1474.8		1474.1	0.43
	10	1471.4	1472.1	1472.3	1472.6	1473.1	1473.4		1472.5	0.65
A P R	1	1475.0	1473.6	1472.6					1473.7	0.98
	2	1474.2	1472.4	1471.6	1471.8				1472.5	1.02
	3	1472.6	1470.5	1469.3	1469.4	1468.7			1470.1	1.38
	4	1475.6	1473.0	1471.9	1471.5	1471.9			1472.8	1.50
	5	1474.6	1471.5	1470.2	1470.2	1470.2			1471.3	1.71
	6	1476.8	1474.3	1472.2	1472.1	1472.3			1473.5	1.82
	7	1475.9	1472.0	1471.7	1470.9	1470.4			1472.2	1.95
	8	1478.8	1476.1	1475.2	1473.4	1473.0	1473.5		1475.0	2.02
	9	1476.8	1474.0	1473.9	1472.3	1471.2	1471.9		1473.4	1.85
	10	1479.7	1477.0	1477.2	1475.6	1474.7	1473.9		1476.4	1.90
J U N	1	1508.4	1502.5	1499.7					1503.5	3.63
	2	1507.6	1501.6	1495.3	1492.0				1499.1	5.99
	3	1510.4	1501.7	1489.5	1486.5	1485.6			1494.7	9.7
	4	1514.2	1507.1	1488.4	1483.5	1483.6			1495.4	12.80
	5	1512.7	1507.9	1485.7	1478.8	1478.4			1492.7	14.68
	6	1514.5	1510.9	1492.4	1479.4	1476.6			1494.8	15.63
	7	1513.7	1508.7	1490.0	1477.1	1475.1			1492.9	15.86
	8	1515.5	1508.7	1493.8	1479.5	1477.1	1476.6		1491.8	15.54
	9	1513.4	1508.3	1495.3	1479.6	1474.3	1473.6		1490.8	15.97
	10	1514.3	1509.4	1495.4	1482.3	1477.8	1475.9		1492.5	15.08
A U G	1	1529.0	1526.6	1522.6					1526.1	2.63
	2	1531.3	1527.8	1521.1	1516.2				1524.1	5.85
	3	1533.1	1530.2	1520.4	1511.5	1507.7			1520.6	9.98
	4	1533.5	1529.8	1519.2	1508.9	1503.5			1519.0	11.57
	5	1534.4	1532.4	1523.7	1510.7	1499.0			1520.0	13.43
	6	1534.6	1532.6	1522.8	1509.0	1494.8			1518.8	15.02
	7	1534.7	1533.0	1521.9	1506.9	1490.9			1517.5	16.59
	8	1534.7	1531.9	1520.4	1505.5	1492.2	1486.9		1511.9	18.47
	9	1534.0	1533.0	1521.6	1504.7	1486.5	1483.6		1510.6	20.47
	10	1535.4	1533.4	1523.7	1502.4	1486.5	1482.1		1510.6	21.47
O C T	1	1515.4	1515.4	1515.0					1515.3	0.19
	2	1515.4	1515.1	1514.6	1513.6				1514.7	0.68
	3	1513.5	1513.3	1511.0	1509.4	1507.1			1510.9	2.42
	4	1513.4	1515.0	1514.2	1508.6	1504.6			1512.2	3.96
	5	1514.7	1514.0	1513.1	1510.1	1501.6			1510.7	4.81
	6	1516.8	1516.5	1516.1	1512.9	1500.7			1512.6	6.11
	7	1515.0	1514.7	1514.2	1510.2	1495.6			1509.9	7.38
	8	1516.9	1516.9	1515.9	1512.4	1495.4	1491.6		1508.2	10.55
	9	1514.0	1515.0	1514.0	1508.7	1486.3	1484.5		1503.8	13.14
	10	1517.1	1516.8	1516.4	1512.3	1492.9	1487.9		1507.2	12.10
D E C	1	1486.9	1487.5	1487.2					1487.2	0.25
	2	1488.3	1488.9	1488.9	1489.4				1488.9	0.38
	3	1488.5	1489.2	1489.7	1489.9	1489.6			1489.4	0.50
	4	1488.0	1489.4	1489.6	1489.6	1489.9			1489.3	0.67
	5	1487.0	1488.6	1488.9	1489.0	1488.2			1488.3	0.73
	6	1488.1	1488.7	1488.5	1488.9	1489.2			1488.7	0.37
	7	1488.3	1488.2	1488.4	1488.5	1487.3			1488.1	0.43
	8	1487.2	1487.7	1487.6	1487.7	1485.5	1484.9		1486.8	1.13
	9	1487.3	1487.3	1487.0	1487.4	1484.3	1483.3		1486.1	1.66
	10	1487.3	1488.1	1487.7	1487.4	1485.9	1484.1		1486.8	1.37

LINE-310

M	St.	WATER DEPTH (m)							AVE.	DEV.
		0	10	20	30	50	75	100		
F	3	1465.4	1464.8	1464.5					1464.9	0.37
	4	1470.6	1469.0	1470.2	1470.3	1476.6			1471.3	2.69
	5	1470.3	1469.8	1469.9	1469.9	1470.3			1470.0	0.22
E	6	1472.9	1472.8	1472.7	1473.0	1473.4			1472.9	0.24
	7	1473.7	1471.3	1471.6	1471.6	1471.9	1472.5		1472.0	0.81
B	8	1474.9	1474.8	1475.3	1475.4	1475.5	1475.9		1475.2	0.37
	9	1475.5	1475.5	1475.6	1475.8	1476.2	1476.8		1475.9	0.47
	10	1475.9	1476.4	1476.5	1476.6	1477.0	1477.5		1476.6	0.50
A	3	1478.2	1474.3	1472.9					1475.1	2.24
	4	1476.8	1473.7	1470.0	1470.8	1470.8			1472.4	2.53
	5	1480.8	1476.3	1473.3	1473.0	1473.1			1475.3	3.01
P	6	1478.4	1475.4	1472.4	1471.5	1471.5			1473.8	2.69
	7	1479.4	1478.2	1476.4	1474.7	1474.1	1474.0		1476.1	2.07
R	8	1477.9	1474.5	1473.3	1471.8	1473.1	1473.5		1474.0	1.91
	9	1481.6	1479.4	1477.8	1476.6	1475.8	1476.2		1477.9	2.04
	10	1481.9	1479.6	1478.3	1477.3	1476.3	1476.5		1478.4	1.95
J	3	1512.5	1505.2	1499.2					1505.6	5.44
	4	1513.6	1505.0	1495.7	1489.1	1488.2			1500.1	8.62
	5	1514.2	1509.2	1495.0	1486.2	1483.8			1499.3	10.59
U	6	1515.3	1510.2	1494.9	1483.9	1481.9			1497.2	13.51
	7	1515.2	1510.3	1496.6	1484.0	1480.2	1479.9		1494.4	14.20
N	8	1516.0	1510.9	1501.3	1488.9	1481.3	1480.2		1496.4	13.94
	9	1515.6	1511.4	1489.8	1485.9	1479.6	1478.2		1493.4	14.76
	10	1515.3	1510.6	1498.4	1485.0	1481.6	1478.6		1494.9	14.23
A	3	1533.1	1527.9	1519.9					1527.0	5.43
	4	1533.0	1528.2	1518.4	1509.9	1503.3			1518.6	11.04
	5	1534.8	1530.3	1520.1	1509.0	1489.7			1516.8	16.20
U	6	1534.9	1531.0	1520.7	1510.0	1495.3			1518.4	14.43
	7	1535.2	1531.5	1521.6	1506.6	1494.2	1489.0		1513.0	17.70
G	8	1535.1	1532.4	1525.0	1508.8	1493.0	1486.9		1513.5	18.73
	9	1535.5	1532.5	1524.1	1508.3	1489.6	1484.4		1512.4	19.98
	10	1535.6	1533.9	1524.1	1507.5	1490.6	1484.4		1512.7	20.08
O	3	1515.9	1514.9	1512.8					1514.5	1.29
	4	1513.2	1512.8	1510.0	1506.8	1503.0			1509.2	3.84
	5	1515.8	1515.5	1514.2	1510.3	1502.9			1511.7	4.84
C	6	1514.3	1513.9	1513.3	1508.0	1497.1			1509.3	6.52
	7	1516.1	1515.8	1514.9	1510.1	1495.5	1491.9		1507.4	9.93
T	8	1515.7	1515.3	1513.0	1510.8	1496.1	1487.1		1506.3	10.86
	9	1517.6	1516.0	1516.4	1512.9	1496.1	1487.3		1507.7	11.70
	10	1517.9	1517.4	1516.2	1512.3	1493.7	1486.3		1507.3	12.55
D	3	1487.6	1488.2	1488.4					1480.7	0.34
	4	1489.4	1490.0	1490.4	1490.4	1490.5			1490.1	0.41
	5	1489.6	1490.2	1490.5	1490.6	1491.0			1490.4	0.47
E	6	1489.5	1489.8	1490.2	1490.3	1490.3			1490.0	0.32
	7	1489.1	1489.7	1489.9	1489.3	1489.2	1488.9		1489.4	0.35
C	8	1489.3	1489.6	1489.5	1489.6	1488.9	1488.0		1489.2	0.57
	9	1489.4	1489.4	1489.6	1489.6	1489.3	1486.9		1489.0	0.96
	10	1489.3	1489.6	1489.9	1489.8	1488.9	1486.9		1489.1	1.02

LINE - 311

M	St.	WATER DEPTH (m)							AVE.	DEV.
		0	10	20	30	50	75	100		
F	4	1468.4	1467.5	1467.6	1468.0				1467.8	0.36
	5	1471.0	1471.4	1471.0	1472.3	1472.7			1471.7	0.70
	6	1472.0	1473.1	1473.3	1473.6	1473.9	1474.5		1473.4	0.77
E	7	1475.3	1475.1	1475.1	1475.3	1475.0	1477.1		1475.5	0.73
	8	1476.5	1476.2	1476.4	1476.5	1477.4	1478.6		1476.9	0.84
B	9	1477.2	1477.1	1477.6	1477.7	1478.2	1479.5		1477.9	0.81
	10	1478.4	1478.6	1478.4	1478.6	1479.2	1480.1		1478.9	0.61
A	4	1480.8	1477.7	1476.7	1476.8				1478.0	1.66
	5	1477.4	1476.2	1476.0	1475.8	1476.1			1476.4	0.60
	6	1480.2	1478.3	1477.4	1476.8	1476.9	1477.1		1477.8	1.19
P	7	1482.3	1479.6	1478.2	1477.4	1477.7	1478.3		1479.0	1.66
	8	1483.1	1480.4	1478.8	1478.3	1478.3	1479.2		1479.7	1.68
R	9	1481.8	1479.2	1478.2	1477.4	1476.0	1477.5		1478.4	1.82
	10	1483.2	1481.3	1480.1	1479.5	1479.4	1480.4		1480.7	1.30
J	4	1509.3	1501.2	1499.6	1498.4				1502.1	4.25
	5	1505.5	1499.5	1497.1	1496.4	1496.3			1499.0	3.47
	6	1509.8	1503.4	1498.7	1497.6	1495.6	1493.4		1499.8	5.44
U	7	1512.3	1507.0	1500.9	1495.8	1490.4	1487.2		1498.9	8.83
	8	1514.8	1511.0	1503.7	1495.7	1487.5	1484.1		1499.5	11.40
N	9	1515.5	1511.0	1504.7	1493.0	1484.2	1483.3		1498.6	12.58
	10	1514.6	1511.0	1500.1	1491.6	1485.6	1484.5		1497.9	11.73
A	4	1527.7	1521.0	1517.3	1511.3				1519.3	5.95
	5	1525.4	1520.7	1516.0	1512.4	1509.9			1516.9	5.60
	6	1526.3	1521.9	1518.5	1512.5	1505.6	1500.1		1514.5	9.13
U	7	1532.0	1529.0	1523.1	1513.0	1498.1	1489.9		1514.2	15.63
	8	1534.5	1532.5	1522.5	1508.0	1491.4	1487.7		1512.8	18.55
G	9	1534.8	1532.9	1524.8	1508.4	1491.2	1485.8		1513.0	19.35
	10	1534.5	1532.6	1522.0	1502.9	1488.8	1485.8		1511.1	19.72
O	4	1514.4	1512.0	1510.3	1507.8				1511.1	2.41
	5	1512.3	1510.3	1508.2	1507.6	1506.6			1509.0	2.05
	6	1514.4	1512.4	1511.1	1509.1	1505.7	1500.2		1508.8	4.71
C	7	1516.5	1515.8	1514.0	1510.1	1500.7	1493.0		1508.4	8.67
	8	1517.4	1516.6	1515.6	1511.7	1501.0	1494.2		1509.4	8.77
T	9	1517.5	1516.9	1515.6	1512.3	1500.9	1490.4		1508.9	10.31
	10	1517.6	1517.2	1515.9	1509.4	1495.4	1489.8		1507.6	11.03
D	4	1487.2	1487.6	1488.5	1488.6				1487.9	0.59
	5	1489.7	1490.5	1490.4	1490.7	1491.1			1490.5	0.46
	6	1490.4	1490.8	1491.2	1491.5	1491.7	1492.2		1491.3	0.59
E	7	1488.4	1488.7	1489.0	1489.5	1489.7	1489.9		1489.2	0.54
	8	1489.7	1490.3	1490.0	1491.1	1491.5	1491.5		1490.7	0.72
C	9	1490.3	1490.0	1491.3	1491.4	1491.7	1491.4		1491.0	0.63
	10	1490.7	1492.1	1491.3	1491.7	1490.8	1490.8		1491.2	0.52

LINE - 312

M	St.	WATER DEPTH (m)							AVE.	DEV.
		0	10	20	30	50	75	100		
F	2	1482.3	1482.5	1482.8	1483.4	1483.9			1483.0	0.59
	3	1479.3	1479.1	1479.4	1480.0	1481.3	1484.5		1480.6	1.89
	4	1478.9	1479.2	1479.9	1480.5	1482.3	1483.7		1480.8	1.72
	5	1480.5	1480.9	1481.7	1482.6	1484.3	1485.5		1482.6	1.80
	6	1482.7	1482.9	1483.4	1484.2	1485.0	1487.1		1484.2	1.51
	7	1483.3	1484.2	1484.6	1485.2	1486.3	1487.3		1485.2	1.33
	8	1482.2	1482.3	1483.6	1484.3	1485.2	1486.0		1483.9	1.40
	9	1483.2	1483.5	1484.0	1484.8	1486.5	1487.3		1484.9	1.53
	10	1483.0	1483.5	1483.8	1484.7	1485.7	1485.0	1498.1	1486.3	4.91
	A	2	1489.9	1488.7	1488.5	1488.6	1489.5			1489.0
3		1488.6	1486.8	1486.8	1486.8	1488.0	1488.3		1487.6	0.77
4		1487.6	1485.4	1484.8	1484.9	1485.8	1487.0		1485.9	1.05
5		1486.9	1484.6	1484.3	1484.3	1485.0	1486.9		1485.3	1.13
6		1487.4	1485.5	1485.6	1485.6	1486.2	1487.9		1486.4	0.95
7		1487.6	1485.8	1485.5	1485.3	1485.8	1486.7		1486.1	0.80
8		1486.5	1485.4	1484.9	1484.9	1485.2	1485.0		1485.3	0.56
9		1486.1	1484.5	1484.2	1483.9	1484.8	1485.7		1484.9	0.79
10		1485.0	1484.8	1484.4	1484.1	1485.2	1485.4	1488.7	1485.6	1.42
J		2	1513.4	1508.9	1504.8	1499.2	1496.4			1504.5
	3	1513.9	1509.3	1503.1	1498.8	1496.2	1495.9		1502.9	6.74
	4	1514.3	1507.2	1502.6	1499.3	1495.5	1493.0		1502.0	7.18
	5	1512.3	1508.0	1502.1	1497.6	1495.5	1494.2		1501.6	6.63
	6	1512.5	1507.8	1503.9	1497.9	1495.6	1493.2		1501.8	6.86
	7	1514.2	1508.8	1502.5	1497.9	1493.8	1491.0		1501.4	8.14
	8	1515.0	1510.2	1502.5	1496.0	1491.1	1489.4		1500.8	9.44
	9	1513.1	1508.3	1502.7	1494.3	1488.1	1487.3		1499.0	9.80
	10	1513.0	1510.0	1502.9	1494.3	1487.8	1486.6	1492.1	1498.1	9.80
	A	2	1533.3	1527.5	1518.2	1511.6	1506.3			1519.4
3		1529.9	1520.8	1514.3	1507.5	1499.9	1504.4		1512.8	10.20
4		1528.8	1521.9	1515.3	1510.5	1500.5	1496.3		1512.2	11.34
5		1529.6	1524.8	1516.4	1510.2	1501.7	1494.4		1512.9	12.30
6		1532.9	1527.0	1520.8	1513.5	1503.7	1494.2		1515.4	13.29
7		1532.4	1527.7	1520.5	1512.1	1499.5	1493.0		1514.2	14.26
8		1537.1	1532.4	1524.2	1516.3	1503.4	1497.7		1518.5	14.36
9		1534.1	1529.5	1519.3	1508.5	1493.7	1489.7		1512.5	16.79
10		1532.8	1529.4	1519.1	1505.2	1490.5	1488.5	1491.4	1508.1	17.59
O		2	1516.6	1514.9	1514.2	1511.3	1503.4			1512.1
	3	1516.4	1515.6	1513.7	1510.1	1503.0	1500.6		1509.9	6.10
	4	1516.2	1515.1	1511.9	1509.6	1503.6	1498.3		1509.1	6.34
	5	1515.6	1514.0	1512.6	1510.0	1504.3	1497.5		1509.0	6.28
	6	1515.9	1515.1	1512.9	1510.3	1504.8	1498.0		1509.5	6.31
	7	1516.0	1516.4	1514.3	1511.2	1504.7	1495.8		1509.7	7.37
	8	1515.5	1514.8	1510.9	1506.9	1499.2	1492.1		1506.6	8.47
	9	1517.6	1516.7	1513.8	1509.4	1495.9	1491.0		1507.4	10.30
	10	1517.8	1517.0	1514.3	1506.3	1491.8	1490.4	1493.7	1504.5	11.40
	D	2	1496.3	1496.4	1496.9	1497.2	1497.6			1496.9
3		1493.2	1493.4	1493.7	1493.4	1494.4	1497.0		1494.1	1.32
4		1493.1	1493.2	1493.4	1493.7	1494.8	1496.1		1494.1	1.08
5		1495.1	1495.4	1495.9	1495.0	1496.5	1497.2		1495.9	0.79
6		1494.0	1494.7	1495.0	1495.6	1495.9	1496.4		1495.3	0.80
7		1494.0	1493.9	1494.2	1494.3	1494.4	1494.6		1494.2	0.24
8		1492.7	1493.0	1494.4	1494.7	1494.0	1495.2		1494.2	0.89
9		1493.9	1494.9	1495.3	1495.3	1485.7	1495.3		1493.4	3.50
10		1493.8	1494.4	1494.0	1495.5	1495.4	1495.3		1494.7	0.69

LINE-313

M	St.	WATER DEPTH (m)						AVE.	DEV.
		0	10	20	30	50	75		
F E B	2	1502.4	1502.7	1503.1	1503.3	1503.5		1502.9	0.40
	3	1502.1	1502.2	1502.5	1502.7	1503.0	1503.9	1502.7	0.60
	4	1500.1	1500.4	1500.8	1501.2	1501.9	1503.3	1500.9	1.07
	5	1499.8	1500.2	1500.5	1500.6	1500.0	1502.2	1500.6	0.79
	6	1499.6	1500.2	1500.3	1500.5	1500.9	1502.1	1500.6	0.77
	7	1498.6	1498.9	1499.1	1499.2	1499.5	1501.3	1499.4	0.87
	8	1497.6	1497.7	1498.0	1497.9	1498.5	1498.8	1497.9	0.43
	9	1496.8	1497.9	1497.4	1497.6	1498.1	1498.2	1497.7	0.47
	10	1496.3	1496.7	1496.8	1497.2	1497.8	1495.9	1497.2	0.70
	A P R	2	1502.5	1502.3	1502.3	1501.9	1502.4		1502.3
3		1498.9	1499.1	1498.7	1498.8	1499.4	1502.7	1499.6	1.40
4		1499.6	1499.7	1499.2	1499.1	1499.3	1499.5	1499.4	0.22
5		1498.0	1497.0	1497.1	1497.7	1497.9	1500.0	1498.0	0.99
6		1497.1	1497.0	1496.5	1496.4	1496.8	1498.1	1497.0	0.56
7		1495.9	1494.9	1494.5	1494.5	1495.3	1496.0	1495.2	0.61
8		1496.6	1494.7	1494.4	1494.7	1495.1	1495.3	1495.1	0.72
9		1495.4	1494.7	1494.5	1494.5	1495.0	1498.0	1495.3	1.23
10		1494.8	1493.0	1493.5	1493.5	1493.9	1495.4	1493.9	0.83
J U N		2	1516.0	1515.0	1513.7	1510.3	1506.3		1512.3
	3	1516.8	1515.6	1510.7	1506.2	1504.2	1505.2	1509.8	4.98
	4	1516.5	1514.7	1509.3	1503.6	1502.9	1503.5	1508.4	5.53
	5	1515.5	1513.6	1507.0	1503.8	1502.1	1502.1	1507.4	5.37
	6	1515.6	1513.8	1505.8	1499.0	1499.5	1500.8	1505.8	6.72
	7	1515.5	1513.1	1506.3	1499.9	1498.0	1499.4	1505.4	6.87
	8	1515.7	1513.8	1503.7	1498.3	1496.5	1498.0	1504.3	7.71
	9	1515.8	1513.7	1504.1	1498.7	1496.6	1497.8	1505.8	7.75
	10	1515.3	1512.6	1501.1	1495.2	1493.9	1497.2	1502.6	8.40
	A U G	2	1533.5	1531.9	1524.8	1517.6	1507.1		1523.0
3		1533.6	1530.9	1522.8	1512.9	1504.4	1505.5	1518.4	11.54
4		1532.8	1530.4	1519.4	1508.6	1503.2	1501.4	1516.0	12.47
5		1531.5	1531.1	1519.1	1507.1	1499.2	1499.0	1514.5	13.63
6		1533.0	1530.5	1519.5	1508.3	1498.1	1496.3	1514.3	14.50
7		1532.8	1529.2	1517.4	1505.2	1496.9	1497.6	1513.2	14.32
8		1532.8	1528.8	1516.0	1503.0	1495.7	1496.4	1512.1	14.84
9		1532.7	1529.4	1514.5	1500.9	1494.7	1494.6	1511.1	15.90
10		1533.2	1530.0	1514.6	1503.5	1495.2	1494.3	1511.8	15.53
O C T		2	1521.6	1521.8	1521.7	1517.5	1511.2		1518.7
	3	1521.3	1520.0	1521.4	1516.8	1510.5	1508.9	1516.5	5.05
	4	1520.0	1521.4	1520.8	1515.8	1507.3	1508.1	1515.6	5.85
	5	1520.8	1520.0	1520.6	1514.0	1505.4	1504.1	1514.2	7.04
	6	1519.0	1520.6	1520.8	1514.6	1504.4	1504.1	1513.9	7.13
	7	1519.6	1520.3	1519.3	1513.1	1504.6	1502.9	1513.3	7.17
	8	1519.9	1520.3	1520.6	1515.0	1504.0	1502.4	1513.7	7.67
	9	1519.0	1519.8	1519.3	1513.4	1503.3	1496.3	1511.9	9.01
	10	1518.7	1518.8	1518.0	1513.0	1499.3	1496.7	1510.8	9.26
	D E C	2	1510.3	1510.9	1511.2	1511.8	1512.7		1511.4
3		1510.3	1510.8	1511.5	1512.1	1512.8	1513.5	1511.9	1.82
4		1510.4	1511.0	1511.3	1512.3	1512.7	1513.3	1511.8	1.01
5		1509.8	1510.5	1511.1	1511.6	1511.9	1513.1	1511.3	1.05
6		1509.1	1509.6	1509.0	1510.9	1511.3	1512.0	1510.3	1.15
7		1508.2	1509.2	1509.4	1509.9	1510.4	1512.3	1509.9	1.27
8		1507.9	1509.6	1509.7	1510.1	1510.7	1509.9	1509.7	0.86
9		1506.4	1507.0	1507.8	1508.4	1509.7	1511.3	1508.4	1.65
10		1508.3	1508.7	1509.1	1509.4	1509.8	1509.1	1509.1	0.48

LINE-314

M	St.	WATER EDTPH (m)							AVE.	DEV.
		0	10	20	30	50	75	100		
F	0	1507.1	1507.4	1507.5	1507.5	1507.7	1507.0	1508.1	1507.5	0.34
	1	1507.2	1507.8	1507.9	1508.1	1508.3	1508.5	1508.9	1508.1	0.50
	2	1506.8	1507.5	1507.6	1507.6	1508.0	1508.3	1508.5	1507.8	0.53
	3	1506.7	1507.7	1508.1	1508.3	1508.7	1508.8	1508.8	1508.2	0.71
	4	1506.9	1507.2	1507.7	1507.8	1508.1	1508.3	1507.6	1507.7	0.45
	5	1505.4	1505.0	1506.4	1506.5	1506.7	1507.0	1505.9	1506.1	0.67
	6	1504.0	1504.7	1504.9	1504.9	1505.3	1505.6	1505.3	1504.9	0.48
	7	1503.5	1503.9	1504.0	1504.2	1504.5	1504.9	1504.7	1504.2	0.45
	8	1502.6	1502.6	1502.8	1502.9	1503.2	1503.6		1503.0	0.35
	9	1501.8	1502.2	1502.3	1502.5	1502.9	1503.2		1502.5	0.46
10	1501.9	1502.1	1500.9	1500.2	1500.5	1499.6		1500.9	0.89	
A	0	1510.5	1510.4	1510.1	1510.0	1509.9	1509.2	1508.6	1510.0	0.63
	1	1510.7	1513.8	1513.8	1513.8	1513.8	1513.4	1512.6	1513.1	1.07
	2	1509.9	1513.1	1513.1	1513.1	1513.1	1512.7	1511.9	1512.4	1.11
	3	1509.3	1509.1	1508.8	1508.6	1508.3	1507.5	1506.6	1508.3	0.89
	4	1508.6	1508.4	1508.4	1508.4	1507.3	1506.4	1506.5	1507.7	0.86
	5	1507.1	1506.8	1506.5	1506.2	1505.5	1505.2	1505.7	1506.2	0.65
	6	1505.0	1504.9	1504.7	1504.6	1504.7	1504.5	1504.2	1504.7	0.24
	7	1502.8	1502.9	1502.7	1502.8	1502.8	1502.8	1500.0	1502.4	0.98
	8	1501.4	1500.8	1500.5	1500.5	1500.8	1501.3		1500.9	0.35
	9	1498.9	1498.2	1497.0	1498.1	1498.9	1499.8		1498.5	0.87
10	1497.1	1495.0	1495.0	1496.2	1496.9	1498.5		1496.5	1.23	
J	0	1527.2	1526.7	1526.1	1522.5	1518.3	1515.0	1513.2	1521.3	5.38
	1	1526.5	1525.7	1523.5	1520.2	1515.6	1512.9	1510.7	1519.3	5.85
	2	1525.8	1525.3	1523.4	1519.0	1515.9	1512.4	1510.6	1518.9	5.72
	3	1525.5	1524.1	1521.6	1518.6	1513.2	1510.9	1510.8	1517.8	5.75
	4	1524.5	1522.2	1524.5	1520.3	1516.7	1514.2	1506.5	1519.1	6.70
	5	1523.6	1522.7	1519.8	1515.1	1512.5	1509.6	1505.7	1515.6	6.28
	6	1518.3	1517.5	1514.8	1511.9	1507.5	1505.3	1504.4	1511.4	5.32
	7	1517.9	1517.2	1514.3	1509.4	1506.8	1504.8	1503.0	1511.7	5.01
	8	1517.3	1515.9	1517.0	1511.8	1506.5	1509.0		1513.0	4.04
	9	1516.7	1514.8	1507.9	1501.2	1499.8	1500.4		1506.8	6.90
10	1516.2	1514.7	1506.5	1499.9	1498.3	1498.0		1506.6	7.52	
A	0	1542.4	1542.1	1541.2	1539.2	1532.5	1524.9	1519.6	1534.6	8.50
	1	1542.1	1541.7	1540.9	1538.8	1531.9	1523.8	1518.0	1533.9	8.94
	2	1541.0	1540.6	1539.3	1533.5	1525.2	1519.3	1514.4	1530.5	10.08
	3	1540.4	1539.8	1537.0	1531.1	1522.5	1515.4	1507.8	1527.7	11.80
	4	1538.3	1535.9	1530.0	1524.9	1515.1	1509.6	1513.3	1523.9	10.58
	5	1538.9	1537.3	1532.5	1524.2	1516.1	1511.1	1511.5	1524.5	11.05
	6	1538.3	1537.1	1531.3	1522.2	1513.8	1510.2	1504.3	1522.5	12.53
	7	1534.2	1533.1	1524.3	1514.2	1505.1	1503.5	1502.9	1516.8	12.75
	8	1533.0	1532.3	1523.4	1511.4	1502.6	1501.9		1517.4	12.89
	9	1532.9	1529.9	1520.0	1509.2	1502.4	1500.3		1515.8	12.73
10	1532.5	1527.0	1515.9	1503.0	1498.3	1497.2		1512.3	13.83	
O	0	1530.0	1531.2	1531.6	1531.5	1530.0	1525.4	1520.8	1528.6	3.76
	1	1531.3	1531.9	1532.3	1532.6	1530.7	1524.5	1518.9	1528.9	4.82
	2	1530.4	1530.9	1531.2	1530.7	1528.0	1522.8	1518.5	1527.5	4.59
	3	1528.8	1529.5	1530.1	1529.0	1525.9	1517.8	1512.5	1524.8	6.38
	4	1528.2	1529.1	1529.3	1529.1	1523.6	1515.7	1511.0	1523.7	6.92
	5	1526.0	1527.7	1528.5	1526.3	1521.4	1513.8	1512.6	1522.3	6.15
	6	1525.5	1525.0	1525.9	1524.9	1520.1	1514.6	1509.1	1520.8	5.94
	7	1524.5	1524.6	1525.2	1522.6	1515.9	1511.7	1501.6	1518.0	8.21
	8	1524.2	1524.0	1524.3	1520.7	1516.4	1510.5		1520.0	5.10
	9	1522.9	1522.9	1523.0	1518.7	1511.3	1506.4		1517.5	6.48
10	1520.8	1521.1	1521.3	1515.4	1507.5	1504.1		1515.0	6.90	
D	0	1518.3	1519.1	1519.4	1519.6	1519.9	1520.2	1519.0	1519.4	0.58
	1	1518.5	1519.1	1519.5	1519.8	1520.1	1520.4	1519.7	1519.6	0.59
	2	1517.9	1518.3	1518.6	1518.0	1519.1	1519.2	1518.1	1518.5	0.47
	3	1517.7	1517.0	1518.4	1518.6	1518.8	1518.8	1516.0	1517.9	0.99
	4	1520.2	1520.8	1520.0	1521.2	1517.6	1517.3	1515.4	1518.9	2.00
	5	1518.7	1515.8	1516.2	1516.2	1516.5	1515.9	1515.5	1516.4	0.99
	6	1514.2	1514.9	1515.1	1515.5	1515.5	1515.7	1513.8	1515.0	0.66
	7	1517.8	1514.5	1514.8	1515.2	1515.8	1516.0	1514.0	1515.4	1.16
	8	1512.9	1513.2	1513.6	1514.2	1514.7	1514.8		1513.9	0.72
	9	1515.7	1512.8	1513.1	1513.4	1513.9	1514.0		1513.8	0.94
10	1510.9	1511.6	1512.2	1512.7	1513.3	1514.1		1512.5	1.06	