

# 한국 동남해역의 해양현상에 관한 연구

김 구\* · 민 병 언\*\*

## Hydrography and Currents in the Southeastern Sea of Korea, October 1982

*Ku Kim · Byeong-Eon Min*

### < 目 次 >

Abstract	5. 대한해협 해수 성질의 시간적 변화
1. 머리말	6. 저층냉수의 분포
2. 자료 및 측정방법	7. Drogue 추적 실험
3. 수괴의 특성	참고문헌
4. 단면분포	

### Abstract

Spatial and temporal variations of hydrography and currents are investigated in the Southeastern Sea of Korea during October 1982.

The distribution of the water mass of high salinity ( $>34.40\%$ ) and low dissolved oxygen concentration ( $<5.0\text{ml/l}$ ) indicates that the Tsushima current flows northward as it passes the Western Channel of the Korea Strait.

The cold water ( $<6.0^{\circ}\text{C}$ ) with low salinity ( $<34.20\%$ ) and high dissolved oxygen concentration ( $>6.0\text{ml/l}$ ) reaches the bottom of the western channel of the Korea Strait after flowing southward leaning against the slope rather than following the deepest part of the Channel.

Repeated sections in the Korea Strait show a remarkable change of hydrographic structure over a period of 4 days; both warm and cold waters are intensified, particularly in the eastern part of the strait toward the Tsushima Island.

### 1. 머리말

한국 동남해역의 해양조사는 1920년대에 조선총독부 수산시험장에 의하여 최초로 실시되었고, 2차 세계대전 후에는 국립수산진흥원의 정선관측과 수로국의 조석, 연안수온 관측으로 많은 자료들이 수집되었다.

\* 서울대학교 자연과학대학 해양학과

\*\* 진희원, 한국 해양대학

동남해역의 해양현상에 관한 연구를 대별하면, 대한해협을 통과하여 동해로 유입하는 대마난류의 용적 수송량의 계절적인 변화에 관한 연구(Yi, 1966), 대마난류의 분지(Branching)에 관한 연구(Tanioka, 1968; Moriyasu, 1972; Kawai, 1974; Yoon, 1982; Kawabe, 1982), 그리고 본 연구와 깊이 관련된 냉수 출현에 관한 연구로 구분할 수 있다.

Nishida(1926)는 일찌기 동해안의 냉수 출현을 보고하면서 울기 부근에서 냉수의 남하하는 속도가 0.1~0.35 knot에 이르고 있음을 제시하였다. 대한해협 저층에 나타나는 저층냉수에 대해 Lim and Chang(1969)은 울기 앞 8~18마일 해저를 통해 동해로부터 유입되는 동해 고유수가 그 기원이다 하였으며 그 속도는 Lim(1973)에 의하면 6월 울기 부근에서 0.1 knot를 나타낸다고 하였다.

An(1974)은 한국 동남해역에 출현하는 냉수역은 측면 부근으로부터 100m 등심 부근을 따라 남하하는 냉수의 영향이고 대마난류의 중층수와 동해 중층수가 혼합되어서 형성된 수괴가 대한해협 서수도 저층으로 들어온다고 하였다. 최근의 남하하는 저층냉수의 속도, 유량에 관한 관측결과 보고(Byeon, 1982)를 살펴보면 울기 연안으로부터 50km 이내 해저 부근에서 나타나는 저층냉수는 유속이 20cm/sec 미만으로 남하하고 있으며 그 용적 수송량은  $5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{sec}$ 로 대마난류의 수송량보다는 적다.

여름철 울기부근에 관측되는 냉수의 원인에 대하여 An(1974)과 Seung(1974)은 대마난류의 강도와 바람에 의한 영향에 기인한다고 하였다. 이에 대하여 Byeon(1982)은 울기 부근에 출현하는 냉수역은 대마난류수층과 표층수 사이의 경계면이 연안에서 상승되는 효과에 의한 영향이 크다고 설명하였다.

한국 동남해역에서 본 연구진이 실시한 1981년 9월 관측은 수온, 염분, 용존산소도 관측으로 대한해협 서수도의 저층에 나타나는 냉수의 특성을 파악하여 그 기원을 밝혔으며(Lim, 1983), 1982년 10월 관측은 부표 추적과 수온, 염분, 용존산소 등을 조사하여 냉수의 구조를 파악하는데 주력하였다. 또한 냉수 분포의 단기간 변화를 조사하기 위하여 5일 간격으로 대한해협에서 조사가 실시되었다.

## 2. 자료수집 및 측정방법

본 연구를 위한 자료는 1982년 10월 25일~29일 사이에 Fig. 1에 표시된 51개의 관측점에서 한국해양대학의 한바다호를 이용하여 수집되었다. 수온은 전도온도계와 Mechanical Bathythermograph (MBT)로 측정하였고, 염분은 Van Dorn과 Nansen 채수기로 채수된 해수를 AUTOSAL Salinometer (Model, 8400)로 분석하여 측정하였다. 용존산소도의 측정은 Y.S.I. Analyzer와 Winkler Titration을 겸용하였다.

MBT로 수집된 수온 자료는 전도온도계에 의해 측정된 수온자료와 상관관계를 구하여 아래의 식으로 보정하였다.

$$\text{수온}(^{\circ}\text{C}) = \text{MBT 수온}(^{\circ}\text{C}) + 0.31$$

또한 Y.S.I. Analyzer로 측정된 용존산소도는 Winkler의 방법으로 측정된 값을 이용하여 보정하였

다.

$$\text{용존산소도 (ml/l)} = Y.S.I. \text{ 용존산소도 (ppm)} \times 0.7 + 0.36 \text{ (ml/l)}$$

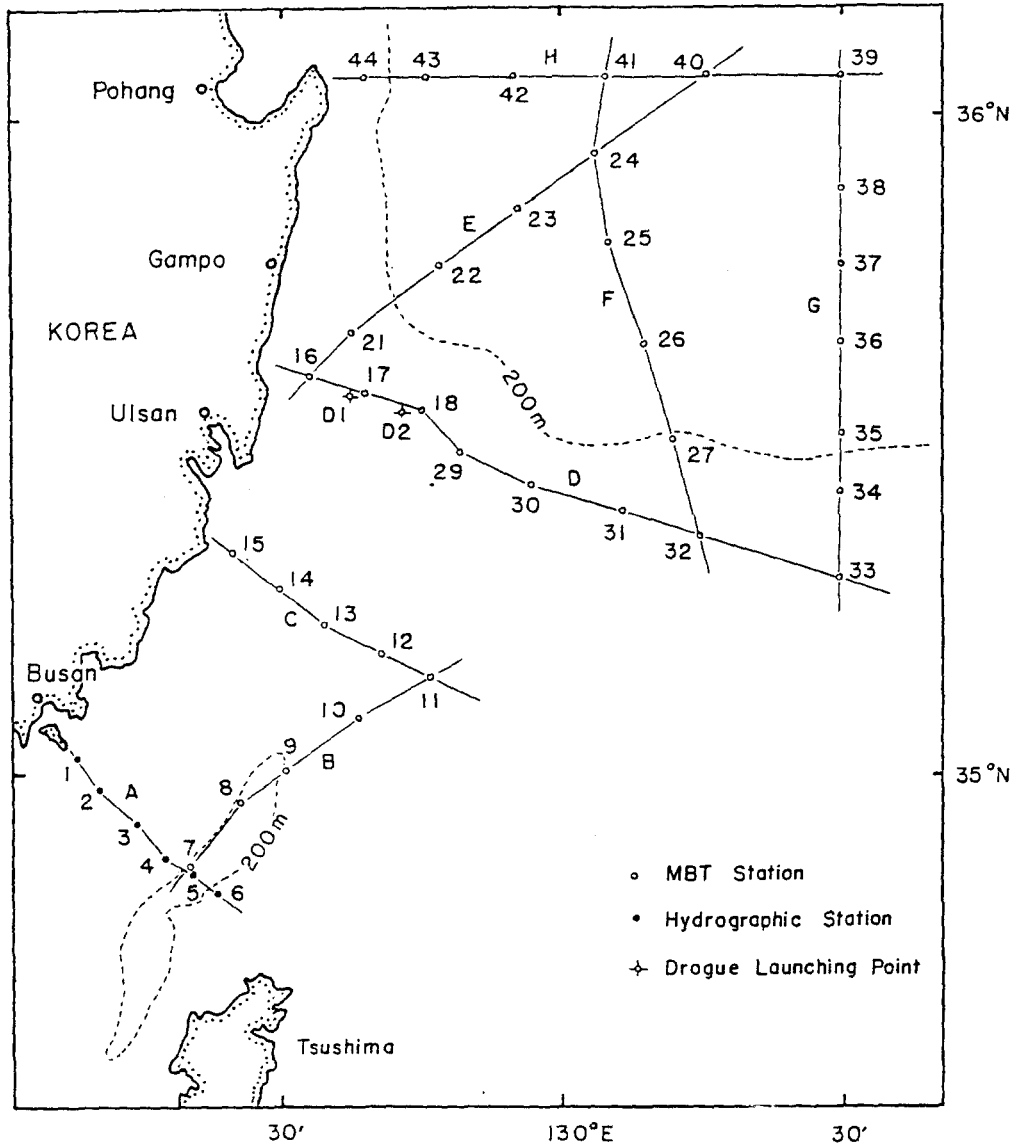


Fig. 1 Location of stations.

### 3. 수괴의 특성

동남해역의 전반적인 수괴 특성을 알아보기 위해 모든 관측점에서 수집된 수온과 염분자료를 T-S Diagram 으로 표시하면 Fig. 2 와 같다.

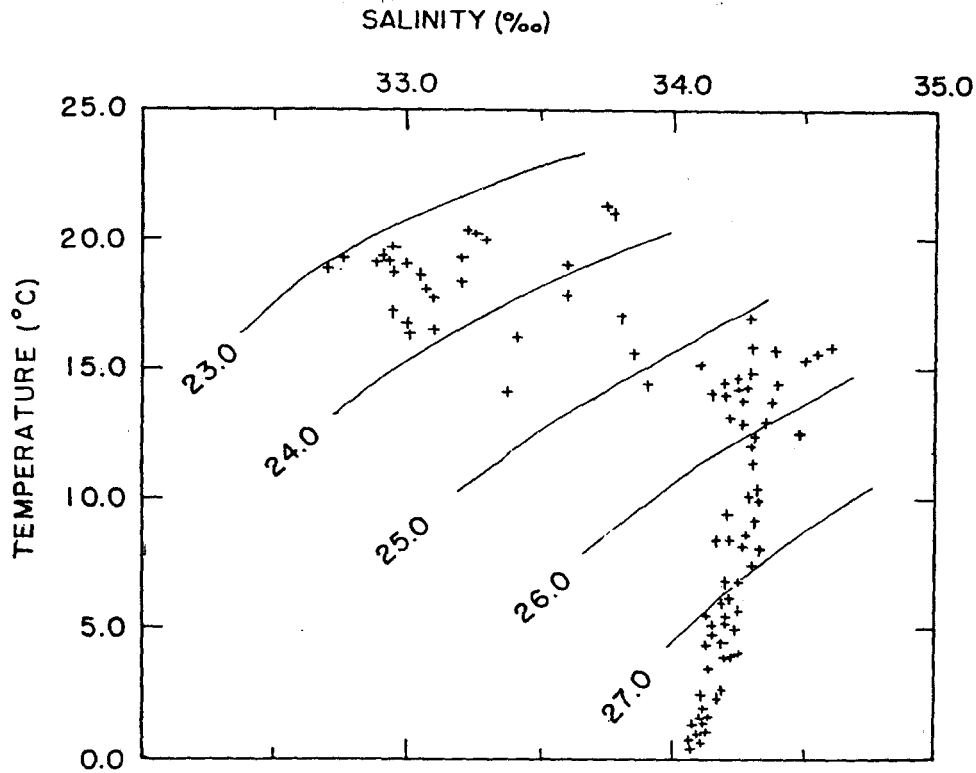


Fig. 2 T-S diagrams (Oct. 25-29, 1982)

수온과 염분의 관계는 수심에 따라 표층수, 중층수, 저층냉수로 대별된다. 대부분의 표층수는 17.0~22.0°C의 수온과 32.70~33.80‰의 염분, 23.0~24.0의 sigma-t 사이에 분포하고 있다. 1981년 9월에 관측된 자료와 비교하여 보면, 표층수온은 2.0~5.0°C정도 낮다.

중층수는 13.0~17.0°C의 수온, 34.10~34.50‰의 염분, 25.0~26.0의 sigma-t 값을 가지며, 높은 염분으로 보아 Kuroshio 해류로부터 분리된 난류수임을 알 수 있다. 중층수는 50~100m층에 분포하고 있다.

1.0~5.0°C의 수온, 34.00~34.20‰의 염분, 27.0~28.0의 sigma-t 사이에 존재하는 저층수는 중층수와 뚜렷이 구분되고 있다. 이 저층수의 특성과 기원은 1차 해양관측(1981년 9월)의 결과로 정밀 분석되었다.

#### 4. 단면 분포

동남해역 및 대한해협의 해수 성질 분포를 알기 위하여 8개의 단면을 설정하고(Fig. 1), 각 관측점에서 관측은 표준깊이(0, 10, 20, 30, 50, 75, 100, 125, 150, 200, 250, 300m)에서 실시하였다. 수온 단

면도에서 실선은 2.0°C 간격, 점선은 1.0°C 간격을 표시하며, 염분 단면도에서는 굵은 실선은 0.5%, 가는 실선은 0.1% 간격을 표시하고, 용존산소도의 단면도에서 실선은 0.5ml/l의 간격을 표시한다. 단면에 대한 설명은 편의상 A, B, C, D, E, F, G, H 순으로 정하였다.

[단면 A]

단면 A는 부산과 대마도 사이에서 관측된 수직단면이다. 그림 3-a, b, c는 단면 A의 수온, 염분, 용존산소도의 분포를 나타낸다. 전체적으로 5.0~23.0°C의 수온, 32.80~34.70%의 염분, 3.3~6.5 ml/l의 용존산소도가 분포하고 있다.

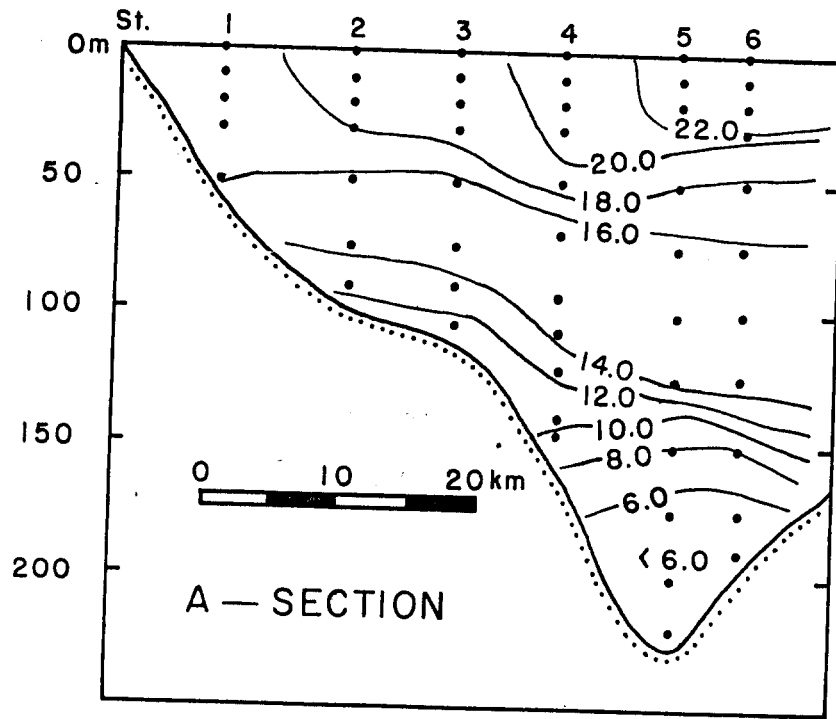


Fig. 3-a Temperature profile of section A

수온의 최대값은 대마도에 가까운 해역의 표층에서 나타난다. 이 밑으로 30~50m층에 16~22°C 사이의 약한 계절적 수온약층이 나타나고, 수심 130~160m층에 6.0~14.0°C사이의 또 하나의 강한 수온약층이 존재하고 있다. 이 저층에 존재하는 수온약층은 저층냉수의 유입으로 인하여 형성된 수온약층이다. 따라서 동계에는 나타나지 않고 하계에만 형성된다.

수온이 14.0~16.0°C인 층은 50~75m의 두께로 상당히 두껍다. 이 층에서의 용존산소도는 3.0~5.0ml/l이며, 염분을 살펴보면 34.50% 이상의 고염핵이 부산쪽 20km 이내의 50~100m층에 존재하고 대마도쪽으로 갈수록 34.30~34.40%의 염분이 100~150m층으로 깊어진다. 이러한 특성분포에서 Kuroshio의 지류인 대마난류를 확인할 수 있다. 용존산소도의 분포(Fig. 3-c)를 보면 표층 50m층에 5.0~5.5ml/l의 비교적 높은 값이 나타나며, 관측점 4의 120m층에서 3.5ml/l 이하의 최

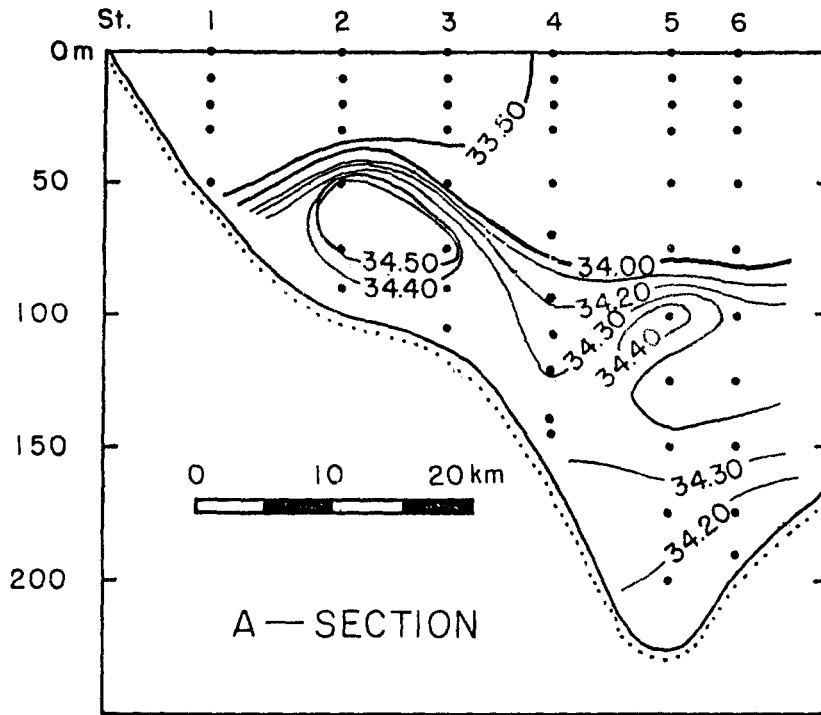


Fig. 3-b Salinity profile of section A

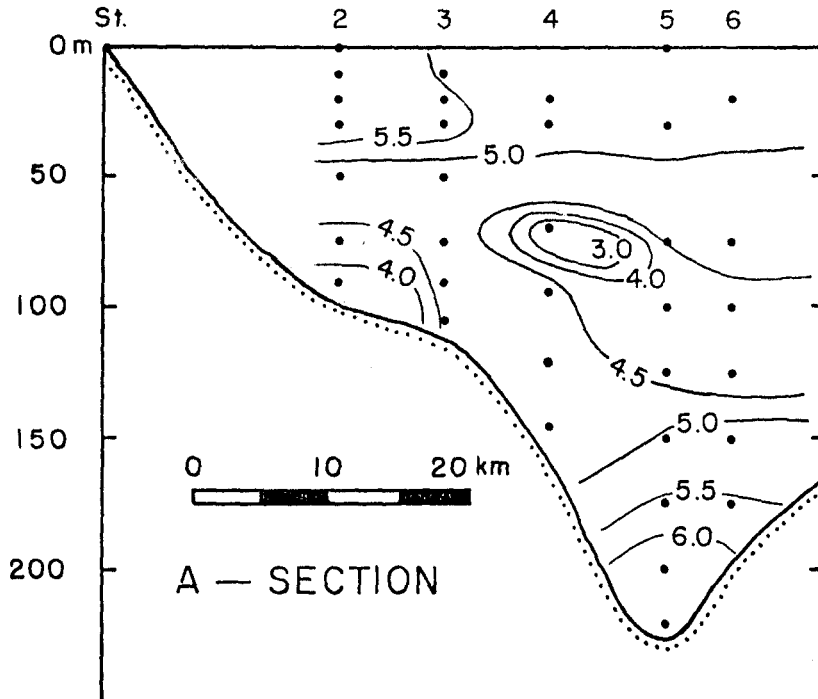


Fig. 3-c Dissolved oxygen profile of section A

소값이 나타나고 부산연안 15km 이내의 60m~해저까지 3.5~4.5ml/l의 낮은 용존산소도가 분포한다. 따라서 3.5~4.5ml/l의 용존산소도를 갖는 대마난류수가 부산연안 20km 이내의 60m~해저까지 분포한다고 추측된다.

관측점 4와 5의 100m이하 수온 분포를 살펴 보면 12.0~14.0°C의 등온선이 부산에서 대마도를 향하여 깊어지는 반면에 6.0~10.0°C의 등온선은 얕아지는 경향이 있다. 이러한 분포는 저층냉수의 세력과 관련이 있을 것으로 추측된다. Hahn(1979)에 의하면 대한해협 서수도 저층에 6.0°C이하의 냉수가 나타난 해는 1926, 1934, 1935, 1952, 1955, 1956, 1963, 1964, 1972년이다. 이로써 1982년은 평년보다 저층수의 세력이 강했음을 알 수 있다. 6.0°C이하의 냉수가 분포한 160~220m층의 용존산소도는 5.5~6.5ml/l의 높은 값이다. 따라서 이 냉수의 기원은 5.0~5.5ml/l의 용존산소도를 갖는 동해 고유수일 수는 없으며 이보다 0.5~1.0ml/l의 높은 용존산소도를 지닌 북한한류계수입이 타당하다. 이 결과는 1981년 9월 같은 해역에서 관측된 결과와 일치한다.

[단면 B]

단면 B (Fig. 4)는 동남해역에서 처음으로 시도하는 관측으로서 부산~대마도 사이의 수심이 가장 깊은 곳을 기점으로 하여 수심이 깊은 골을 따라 북동방향으로 55km까지 관측한 단면이다. 전체적으로 수온의 범위는 3.0~23.0°C로서 30~30m층에 계절적인 수온약층이 있고, 관측점 7, 8, 9, 10에는 100~150m층에 저층냉수의 유입으로 인한 수온약층이 뚜렷이 존재한다. 그러나 관측점 10과 11

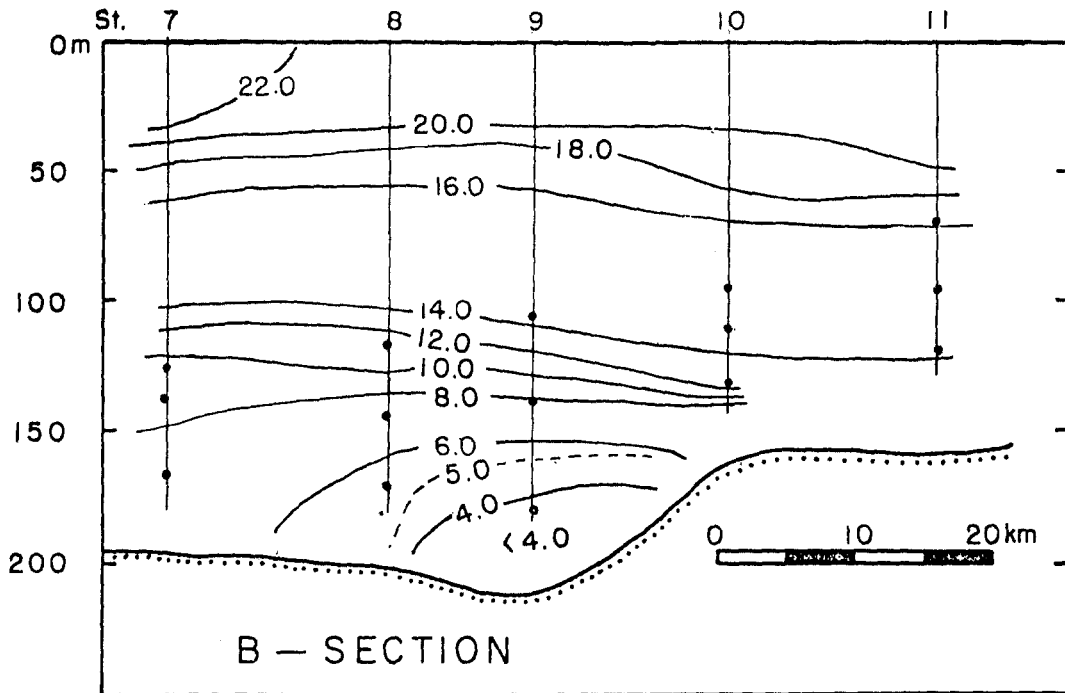


Fig. 4 Temperature profile of section B

에서는 6°C이하의 냉수가 보이지 않는다. 따라서 이러한 수온분포는 대한해협 서수도의 저층에 존재하는 냉수는 수심이 가장 깊은 지형을 따라 들어오는 것이 아니라는 것을 제시한다.

[단면 C]

단면 C (Fig. 5)는 울산을 기점으로 하여 남동 방향으로 북위 34°10', 동경 129°50' 까지 45km를 관측한 수온의 수직단면이다. 관측점 13, 14, 15에는 저층에 6.0°C이하의 냉수가 존재하여 강한 수온약층이 나타나며, 관측점 11과 12에는 16.0~20.0°C의 미약한 계절적인 수온약층만이 있다. 6.0°C이하의 냉수는 약 15m의 두께를 가지고 경사진 해저에 분포하며, 연안 10km 이내에서는 냉수가 수심 80m에서 나타난다. 울산~울기 연안의 표층수온이 외해쪽의 표층수보다 4.0~5.0°C 낮은 이유는 동해의 냉수가 연안의 해저 경사면을 따라 남하하고 있기 때문이다. 관측점 14의 해저에는 4.0°C이하의 가장 낮은 수온이 분포를 하고 있다.

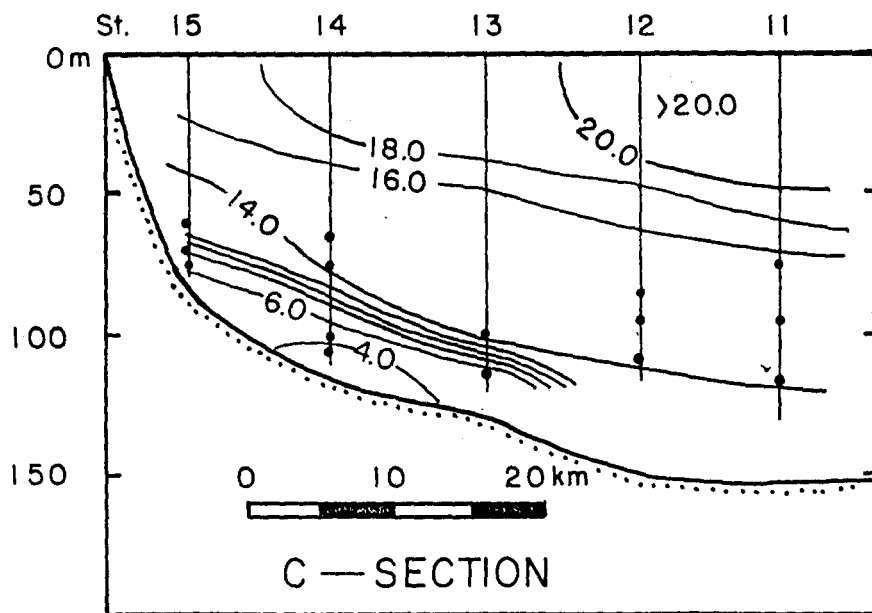


Fig. 5 Temperature profile of section C

[단면 D]

울기를 기점으로 남동방향으로 100km까지 관측한 단면 D (Fig. 6)는 수심이 200m 미만으로 대한해협 서수도 저층으로 유입하는 냉수의 상류구조를 밝히는 중요한 단면이다. 전체적으로 1.0~22.0°C의 수온 분포를 나타내며, 관측점 17과 30의 해저에서 2.0°C이하의 매우 낮은 수온이 나타난다. 표층에서 50m층까지는 18.0~22.0°C의 균일한 분포를 나타내고 있으며 전 단면에 걸쳐서 6.0°C이하의 냉수가 존재한다. 저층냉수의 위에는 6.0~12.0°C의 강한 수온약층이 100~125m층에 존재한



다. 관측점 16, 17, 18에는 4.0~12.0°C의 등온선이 연안을 따라 상승하는 기울기를 갖고 있고, 울기 연안 10km 이내에 10°C의 수온이 60m층에까지 나타나고 있다.

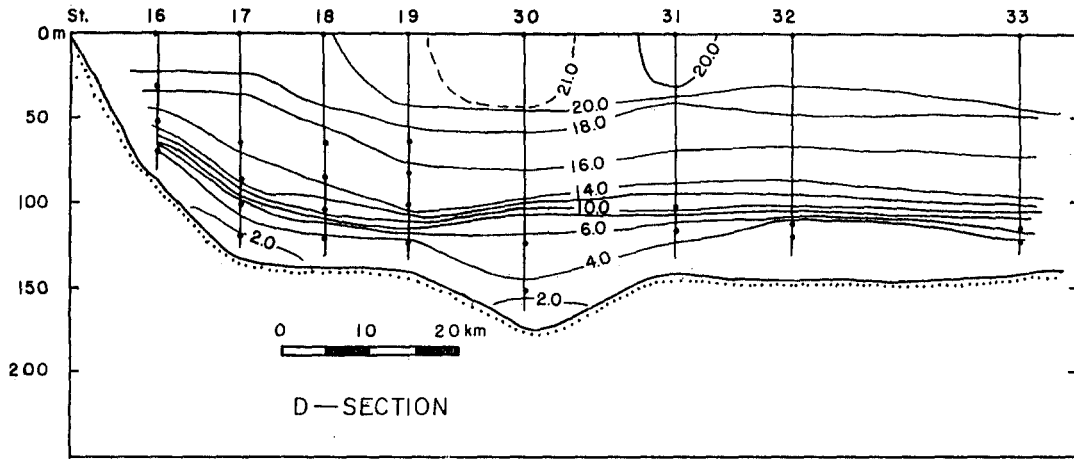


Fig. 6 Temperature profile of section D

[단면 E]

단면 E (Fig. 7-a, b, c)는 한국 연안을 따라 북상하는 대마난류의 분포와 남하하는 냉수의 분포를

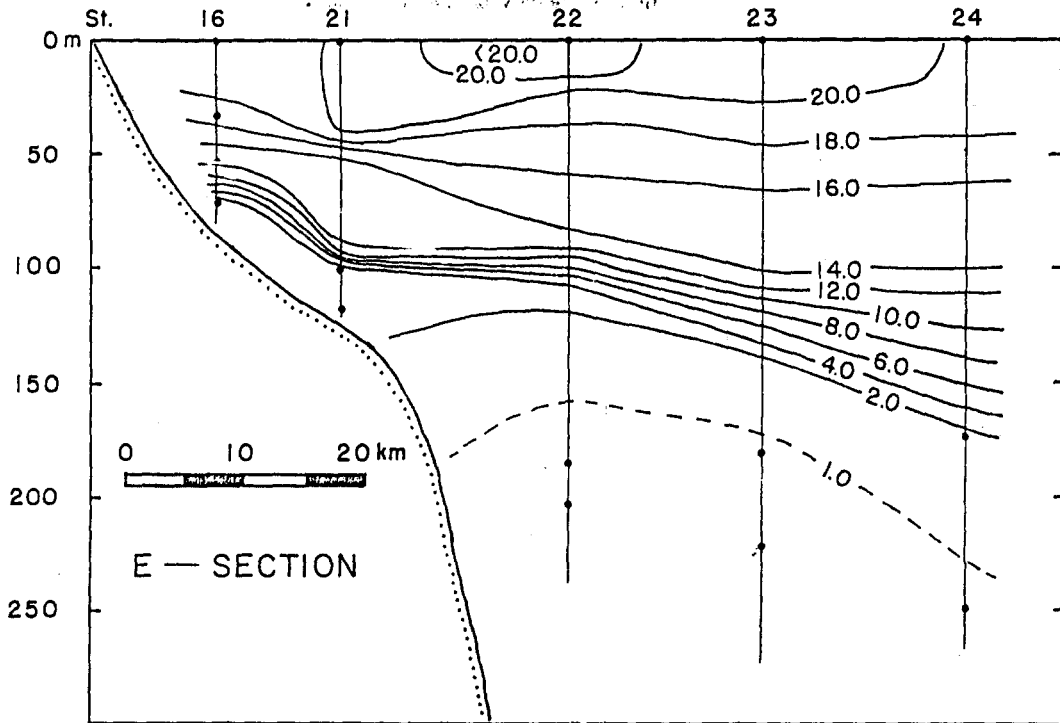


Fig. 7-a Temperature profile of section E

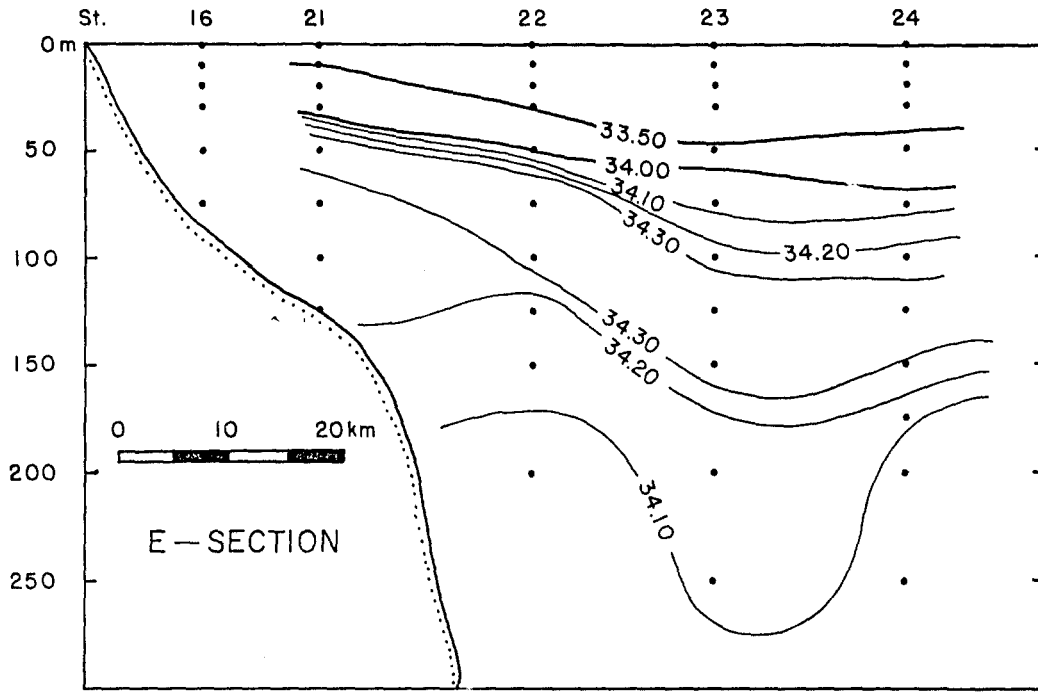


Fig. 7-b Salinity profile of section E

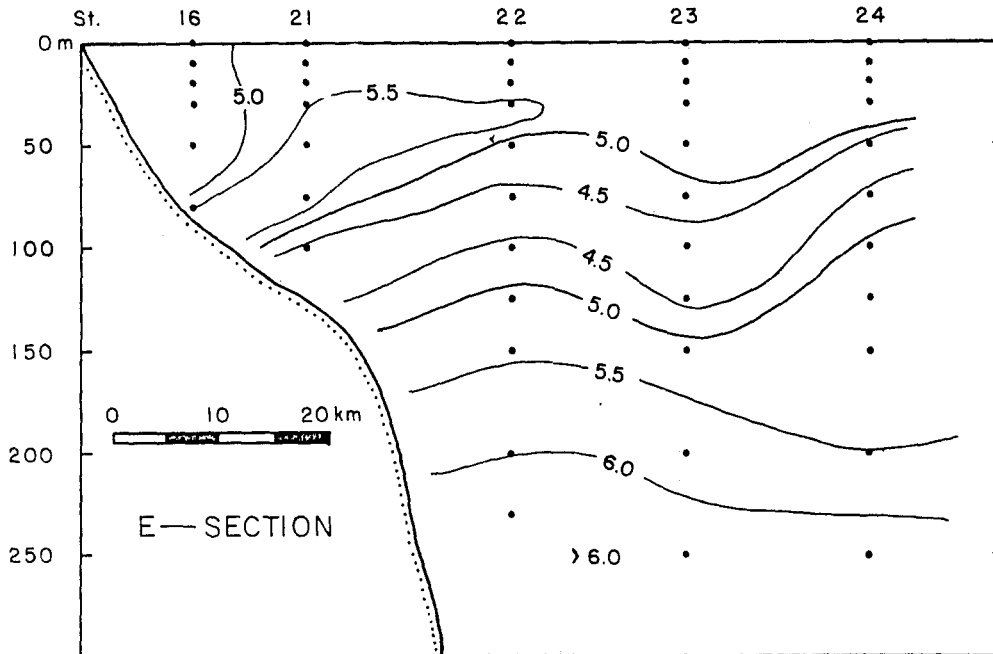


Fig. 7-c Dissolved oxygen profile of section E

알기 위하여, 울기를 기점으로 하여 북동방향으로 75km 까지 관측한 단면이다. 대한해협 서수도를 통과한 대마난류가 한국 동해안을 따라서 북상하는 과정을 설명하는 데는 필수적인 단면이고 아울러 대한해협 서수도 저층에서 발견되는 냉수의 유입 과정을 밝히는데 있어서 유입 직전의 냉수 특성을 규명하기 위하여 단면 E의 냉수 분포는 중요하다. 1984년 9월의 제 1차 동남해역 관측에서도 같은 단면에서 관측이 실시되었다.

표층수온은 18.0~22.0°C이고, 200m이심에서는 1.0°C이하의 낮은 수온이 분포한다. 염분은 표층에서 33.00~34.00% 사이이며, 수심에 따라 증가되어 중층인 75~125m 사이에서는 34.30~34.40% 이상으로 최대치가 나타나고 다시 감소되어 200m이하에서는 34.30~34.40%이하가 된다. 용존산소도의 분포는 표층 50m 사이에서 5.0~5.5ml/l의 분포를 이루고 중층 75~125m 사이에서는 용존산소의 최소층이 존재한다. 150m이하의 깊이에서는 용존산소가 증가되어서 200m이상이 되면 6.0ml/l 이상의 분포를 보이고 있다. 앞서의 단면과 마찬가지로 30~50m사이에는 약한 수온약층이 분포하고 100~125m 사이에는 강력한 수온약층이 존재하고 있으며, 이 두 수온약층 사이에는 14.0~16.0°C의 균일한 수온 분포를 나타내는 대마난류수가 존재한다. 14.0~16.0°C의 수온, 34.30~34.40%의 염분, 4.0~5.0ml/l의 용존산소도 분포가 거의 일치하고 있어서, 고온 고염의 특성을 지닌 대마난류 수임을 확인할 수 있다. 한편 10.0°C의 등온선은 인안에 가까운 관측점 16에서는 60m층에, 외해의 관측점 24에서는 125m층에 보이고 있어 외해쪽으로 등온선의 수심이 깊어지며, 관측점 21~24의 50~100m층에서 높은 염분, 낮은 용존산소도의 분포를 나타내고 있어 81년 9월의 경우와는 달리, 82년 10월에는 한국 동해안을 따라 대마난류수가 북상함을 알 수 있다.

[단면 F]

단면 F (Fig. 8-a, b, c)는 대마난류가 대한해협 서수도를 통과한 후 동편으로 편향하는지를 알아보

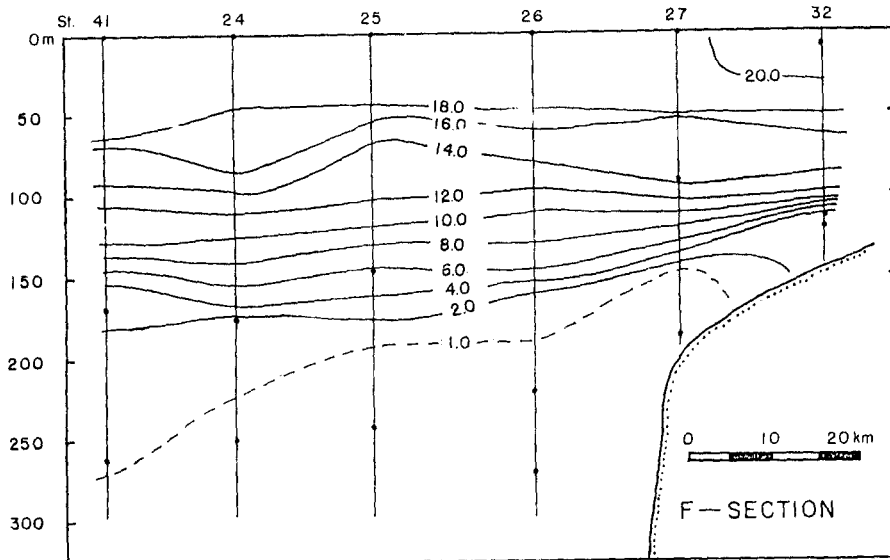


Fig. 8-a Temperature profile of section F

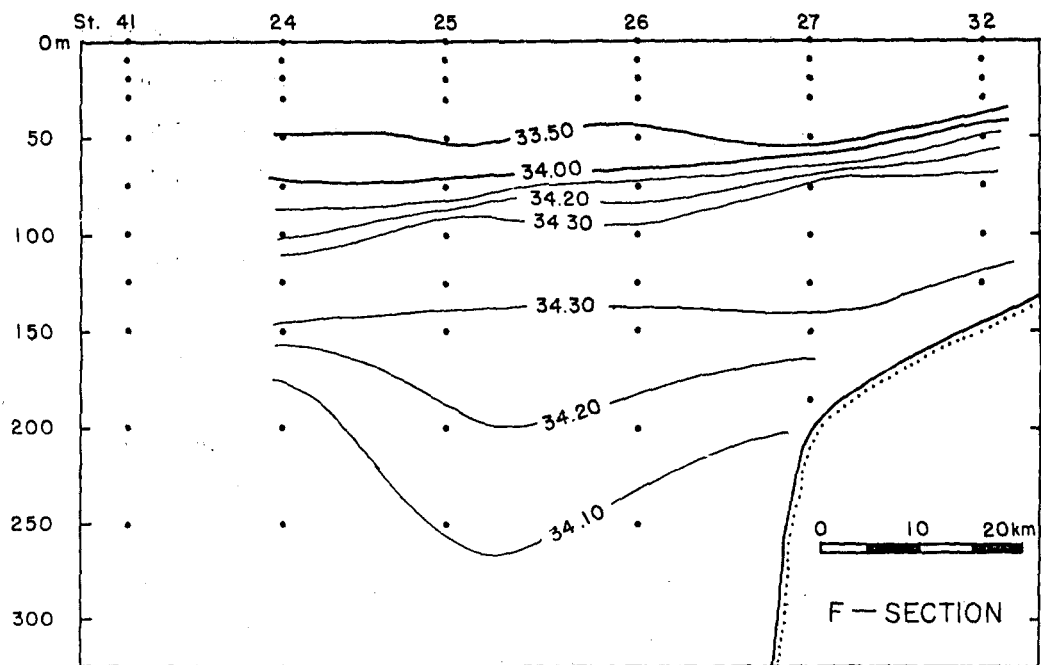


Fig. 8-b Salinity profile of section F

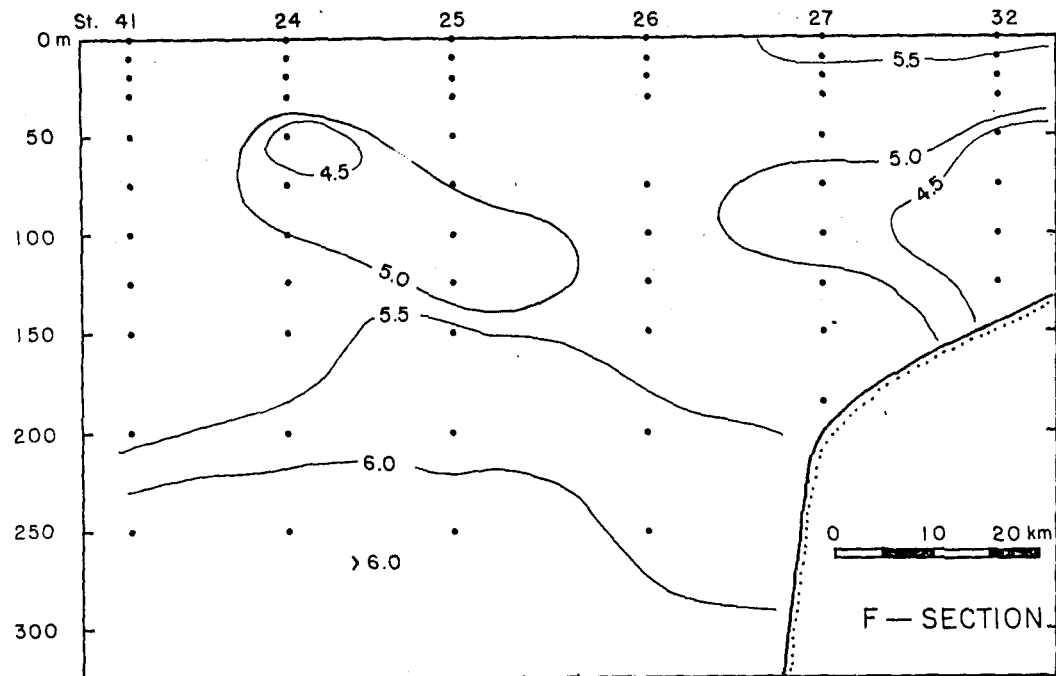


Fig. 8-c Dissolved oxygen profile of section F

기 위하여 설정한 단면이다. 수온의 분포를 보면 0~50m 사이에는 18.0°C 이상의 균일한 분포를 보이고, 6.0°C이하의 수온은 150m 아래층에 존재하고 있으며 관측점 27, 32에서는 20~30m 정도 알아지는 경향이 있다.

표층~50m층 사이에는 33.00~33.50%의 염분이 분포하고 있으며, 34.30%이상의 염분 최대층이 75~150m층에 걸쳐 존재하고 있다. 250m층 아래에서는 34.10%이하의 염분이 분포하고 있다. 용존산소도는 전체적으로 4.0~6.5ml/l 사이에 분포하고 있으며 관측점 27, 32의 50m~바닥까지는 4.0~5.0ml/l의 매우 낮은 용존산소도가 존재한다. 또한 관측점 24, 25의 50~100m층에도 4.0~5.0ml/l의 낮은 용존산소도가 분포한다. 수심 250m이심에는 6.0ml/l이상의 높은 용존산소도가 분포한다. 14.0~18.0°C의 수온, 34.20~34.30%의 염분, 4.0~5.0ml/l의 용존산소도 특성을 지닌 대마난류수가 전반적으로 50~125m층에 분포하고 있다. 대마난류수가 81년 하계에는 일본 연안쪽으로 편향되어 있으나 82년 하계에는 단면 F의 50~125m의 중층에 전반적으로 걸쳐 있어 대조적이다.

[단면 G]

단면 G (Fig. 9-a, b)의 수온 분포를 보면, 관측점 33, 34, 35에서 표층 50m층에 20.0°C 이상이며 약 100m층에 제철 수온약층이 보인다. 관측점 36, 37, 38, 39에서는 뚜렷한 수온약층이 보이지 않는다.

관측점 34와 35의 대륙사면 위에 1.0~5.0°C의 냉수가 용승되어 있으며, 이는 81년 9월의 경우와 매우 비슷하다. 대륙사면을 따라 용승되어지는 현상은 앞으로 더욱 정밀한 관측으로 분석해야 할 과제이다.

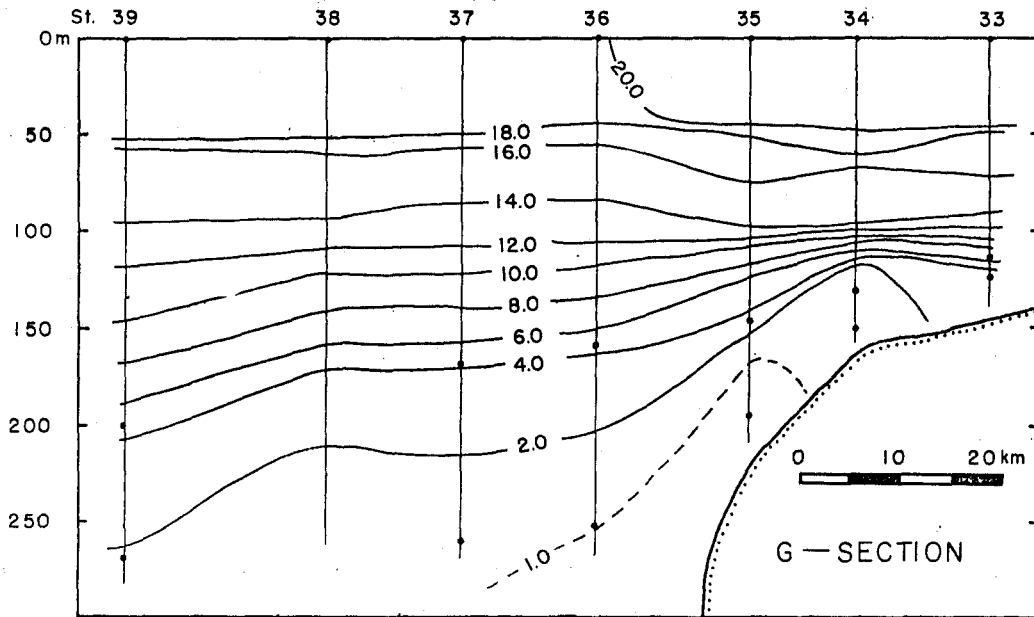


Fig. 9-a Temperature profile of section G

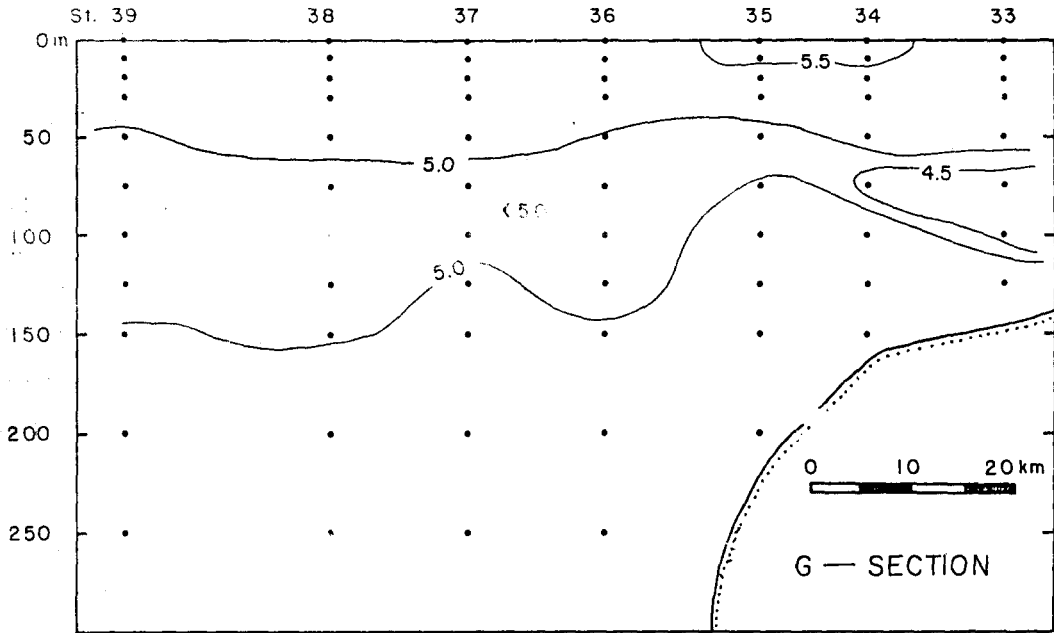


Fig. 9-b Dissolved oxygen profile of section G

단면 G의 수온분포는 81년 9월의 수온 분포와 비교해 보면, 81년의 경우는 대마난류수가 일본연안 쪽으로 뚜렷이 편향되었음을 알 수 있는데 반하여 82년 10월에는 이와 같은 현상이 나타나지 않는다.

용존산소도는 표층 50m층까지는 5.0~5.5ml/l의 분포를 하고, 관측점 35, 36, 37, 38, 39의 75~125m층에 4.0~4.5ml/l의 낮은 용존산소층이 분포하고 있다. 150m이하의 수심에서는 5.0ml/l 이상의 분포가 보이거나 최대값은 5.5ml/l를 넘지 않는다.

[단면 H]

단면 H(Fig. 10-a, b)는 포항 앞에서 북위 35°05'를 따라 동쪽방향으로 85km까지 관측한 결과로서, 81년 9월에는 기상관계로 관측을 실시하지 못하여 비교가 불가능하다.

표층~50m층 사이에는 18.0~20.0°C의 수온이 균일하게 분포하고, 2.0~12.0°C의 수온약층이 관측점 44의 75~100m층에 있는 반면에 관측점 41에는 100~150m층에 존재하고 있다. 따라서 2.0~10.0°C 등온선의 기울기는 약 1/800이다. 150m층 이하에는 2.0°C이하의 냉수가 전 단면에 걸쳐 보이며 연안쪽으로 가면서 상승되어 나타난다.

용존산소도의 분포를 살펴보면, 관측점 42, 43의 50~100m층에 3.5~4.0ml/l의 매우 낮은 용존산소도가 존재하다. 이러한 분포는 대마난류수의 중심층이 장기급 연안 해역에 바짝 붙어서 북상하고 있음을 제시한다. 표층 50m 사이에는 5.0~5.5ml/l의 용존산소도가 분포하고, 200m 아래에는 6.0~6.5ml/l의 높은 용존산소도가 나타난다.

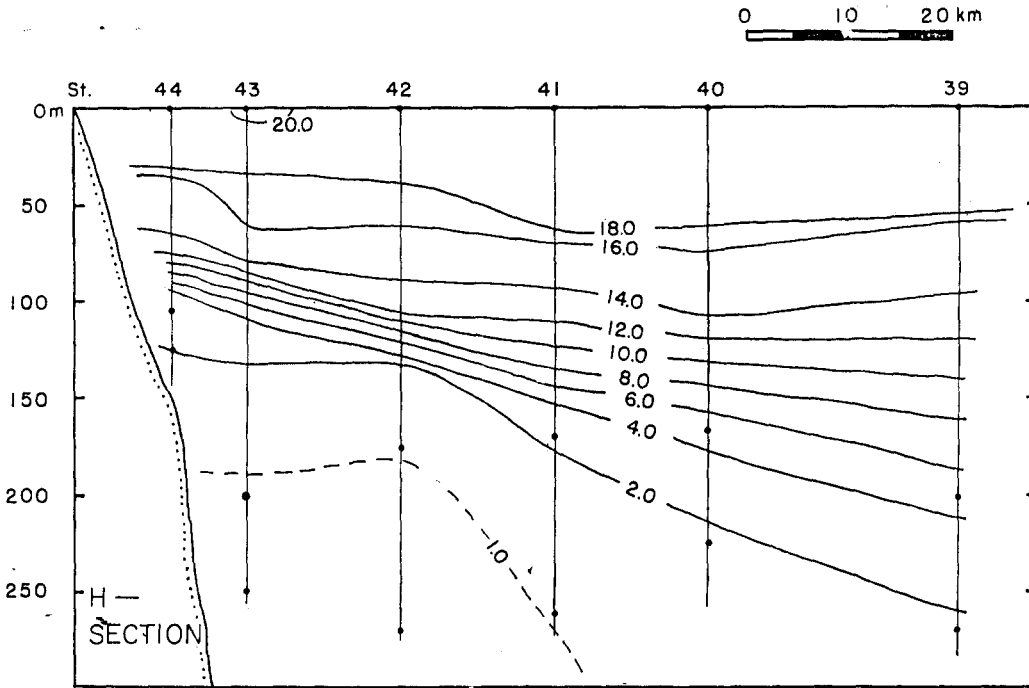


Fig. 10-a Temperature profile of section H

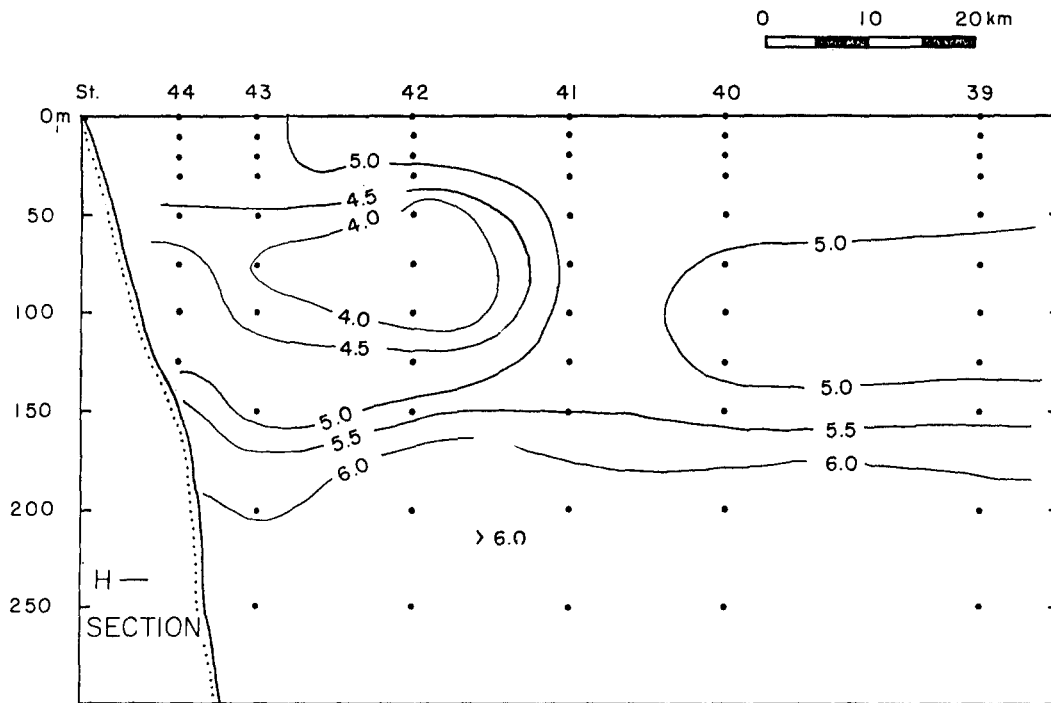


Fig. 10-b Dissolved oxygen profile of section H

### 5. 대한해협 해수 성질의 시간적 변화

관측기간(1982. 10. 25~10. 29)중의 해황 변화를 알아보기 위하여 부산~대마도 사이의 단면을 두 번(A, I 단면) 관측하였다. 첫 관측은 10월 25일에, 두번째 관측은 10월 29일에 실시하였다.

같은 위치에서 5일 간격으로 되풀이 관측한 관측점 1과 2, 관측점 5와 6의 수온-염분 선도를 보면 Fig. 11과 같다. 연안에서 10km 정도 떨어진 관측점 1과 2에서는 거의 같은 T-S 선도를 보이나, 연안에서 15~22km 정도 떨어진 관측점 5와 6에서는 30~50m층에서 염분의

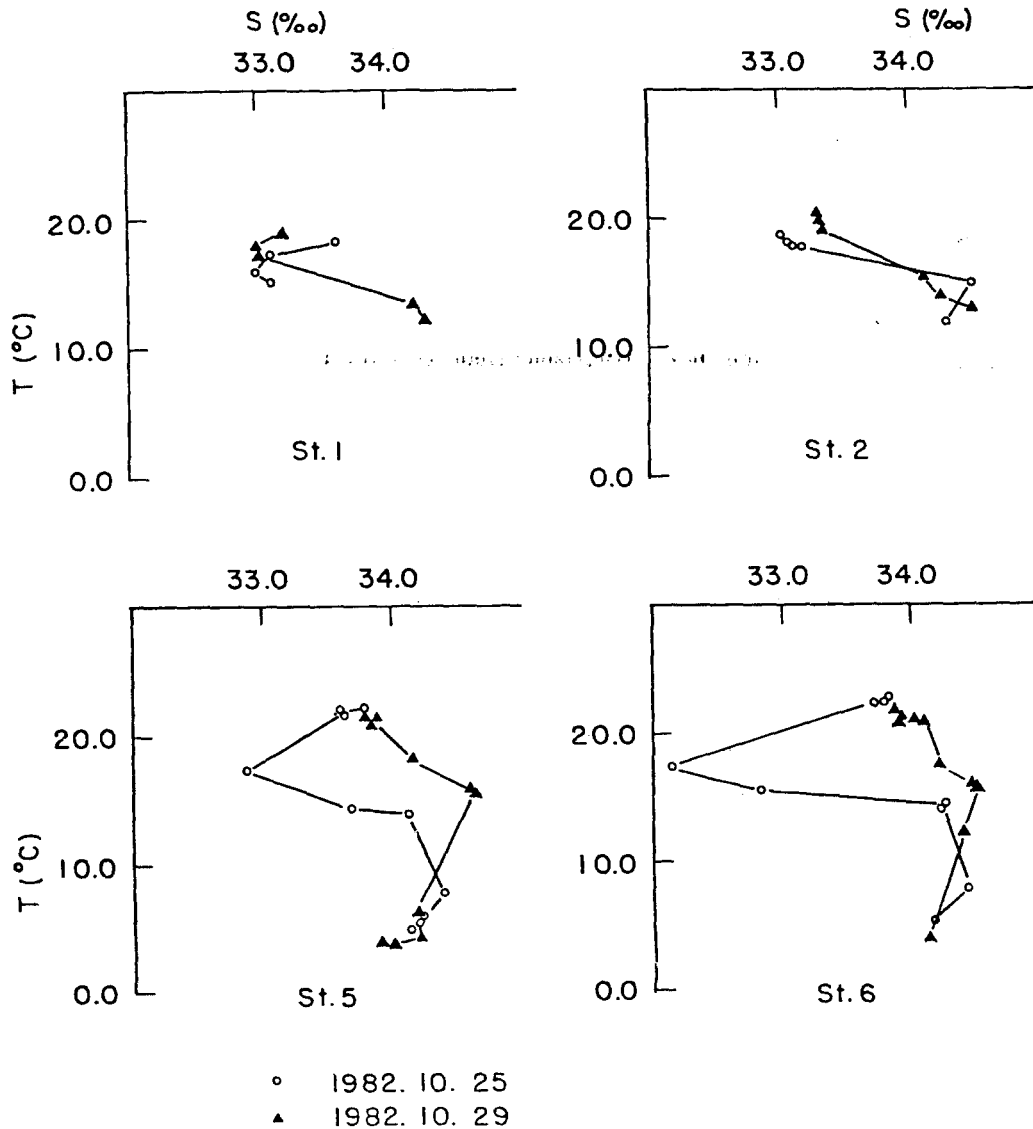


Fig. 11 Variation of temperature salinity relation in the Korea Strait.



큰 변화가 있음을 알 수 있다. 10월 25일에 관측된 수온-염분을 보면, 30~50m층에서 32.60~32.90%의 염분 최소값이 나타나고 있으나 10월 29일에는 30~50m층에서 34.10~34.20%의 염분이 나타나고 있다. 따라서 5일 정도 관측시간의 차이로 1.0~1.5%의 염분 변화를 보여주고 있다.

단면 I (Fig. 12-a, b, c)는 단면 A의 관측 후 5일 후에 되풀이 한 단면이다. 수온의 변화범위는 4.0~21.0°C로서 14.0~18.0°C의 수온은 50~125m층에 균일하게 나타나고 6.0°C이하의 냉수는 150m에서 해저까지 분포하여 단면 A보다 냉수의 면적은 증가하였다. 즉 냉수가 5일 동안에 더욱 강하게 남하하였음을 추측할 수 있다. 염분은 전체적으로 33.00~34.60% 사이에 분포하고 있으며 표층 50m사이에는 단면 A와 비슷한 양상을 나타내고 있다. 34.40~34.50%이상의 고염이 관측점 48, 49, 50의 100~125m층으로 이동되어 대마난류수의 중심이 5일 사이에 크게 변화하고 있음을 알 수 있다.

한편 대한해협 저층냉수(6.0°C이하)의 염분은 단면 A의 34.10~34.20%에서 5일 사이에 33.90~34.00%로 변화하였다. 용존산소도를 비교해 보면 3.5~4.0ml/l의 낮은 용존산소도 분포가 단면 A보다 해협중앙 부분에 더욱 넓게 자리를 잡으며, 6.0°C이하의 냉수의 용존산소도는 5.5~6.5ml/l로서 단면 A와 비슷하다.

종합적으로 단면 A와 단면 I를 비교해 보면 5일 후에 관측한 단면 I에서 대마난류의 특징인 높은 염분 중심층이 단면 A의 위치에서 20km 정도 해협 중앙부분의 100~125m중층으로 이동하면서,

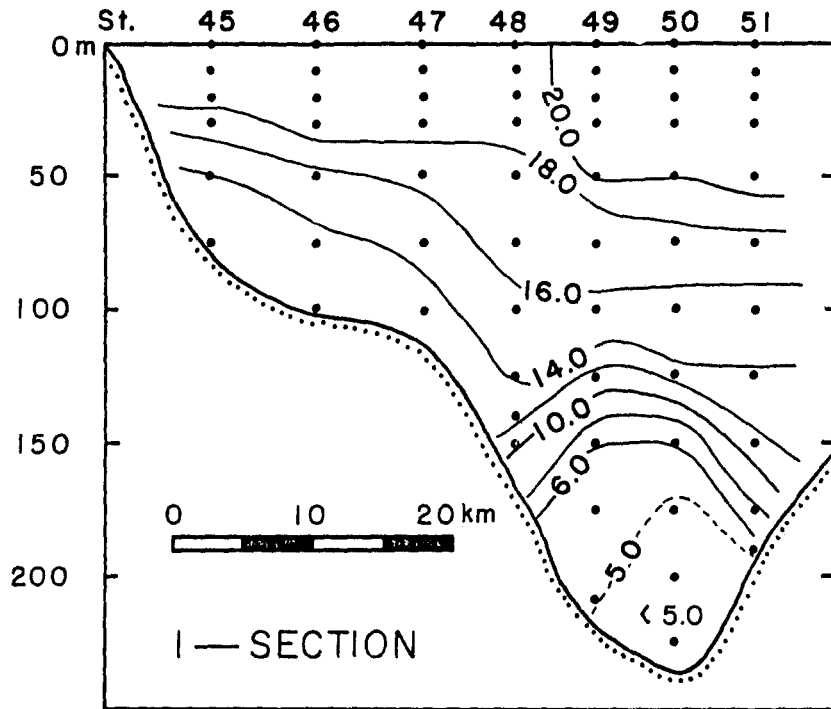


Fig. 12-a Temperature profile of section I.

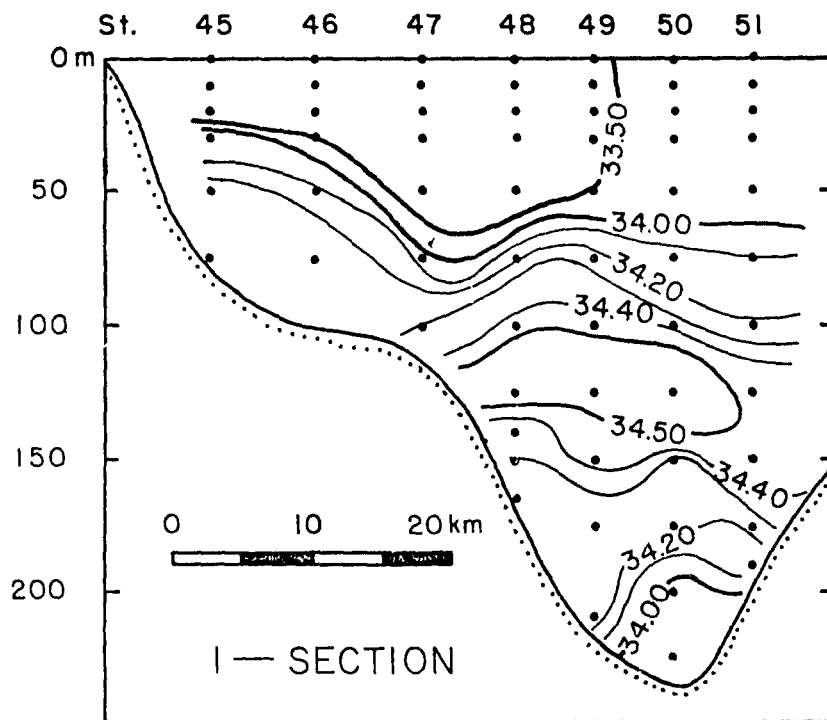


Fig. 12-b Salinity profile of section I.

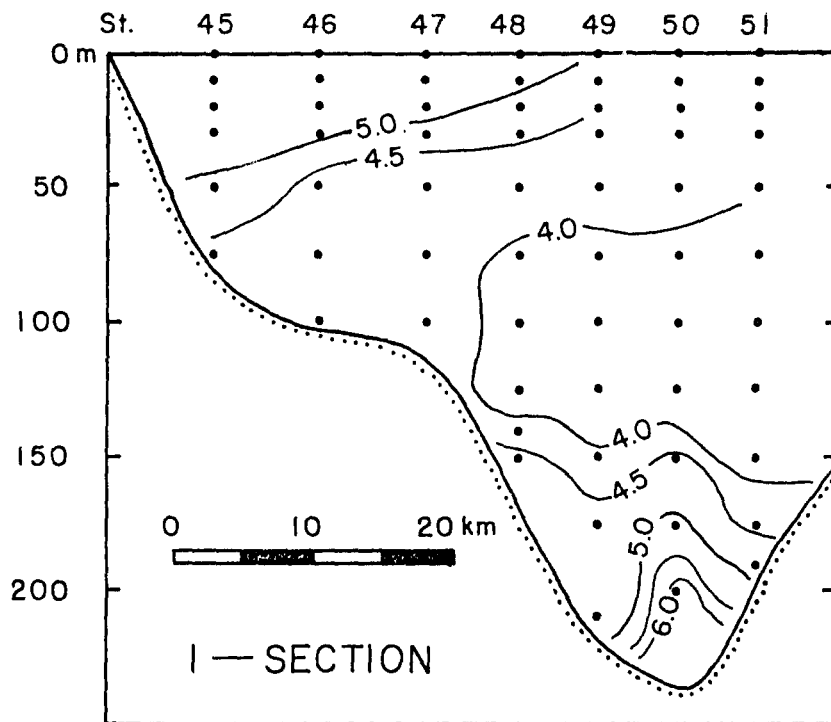


Fig. 12-c Dissolved oxygen profile of section I.

6.0°C이하의 냉수분포가 크게 확장되었고, 그 냉수의 염분이 단면 A의 34.10~34.20%에서 단면 I의 33.90~34.00%로 0.2정도 낮아졌다. 용존산소도는 5.5~6.5ml/l로서 변화하지 않았다.

## 6. 저층냉수의 분포

포항 앞의 단면 H에서는 4.0°C이하, 용존산소도 5.5ml/l 이상의 냉수가 전 단면의 150m이심에서 존재하며, 동해안 쪽으로 낮아져 포항 앞 관측점 44에서는 100m층에 존재한다. 반면에 단면 E에서의 감포 앞 해역관측점 16에서는 4.0°C이하의 냉수가 75m층에 존재하고 있어서 오히려 포항 앞 해역에서 보다 감포해역이 4.0°C이하의 냉수가 상승되었음을 알 수 있다.

단면 E와 F의 150m층 이심에는 수온 4.0°C이하, 염분 34.20%이하, 용존산소도 5.5~6.5ml/l까지의 냉수가 전 단면에 걸쳐 나타난다. 인접한 G단면에서는 180m층 이심에 수온 분포로는 4.0°C이하의 냉수가 존재하나 용존산소도는 5.0~5.5ml/l 사이로서 단면 E와 F의 냉수와는 그 기원을 달리하는 것으로 추측된다.

단면 E에 나타나는 냉수의 분포를 81년 하계의 냉수분포와 비교하여 보면, 울기연안 가까운 관측점에서는 냉수가 출현하는 수심이 50~80m층으로 81년과 82년이 비슷한 경향을 나타낸다. 그러나 81년 9월에는 외해측으로 나갈수록 4.0°C의 등온선이 해수면에 평행하게 분포하고 있는 반면에 82년 10월에는 4.0°C의 등온선이 깊어져 125~150m층에 나타나고 있는 점이 다르다. 81년과 82년 모두 대한해협 저층에 냉수가 출현하고 있음은 외해보다 울기-감포 연안의 냉수 분포가 대한해협 저층의 냉수 출현과 더 밀접한 연관이 있음을 뜻한다. 이러한 관계는 냉수의 유입과정을 결정하는 역학적 균형에 의한 것으로 추측되며 이론 및 실험적 연구가 수행되어야 할 것이다.

한편 냉수의 용존산소도를 살펴 보면, 81년 9월에는 표면에서 550m층 사이에서 염분 최소층과 용존산소도 최대층이 일치하여 나타났으나 82년 10월에는 관측이 270m까지만 실시되어 이러한 구조가 확인되지 않았다.

단면 D에서는 4.0°C이하의 냉수가 전 단면의 해저에 20~30m의 두께로 분포하고 연안 가까이의 관측점 16에서는 70m층까지 상승하여 나타나고 관측점 17과 30의 해저에서 2.0°C이하의 물이 나타난다. 단면 C에서는 관측점 13, 14, 15 사이의 연안쪽 사면을 따라 6.0°C이하의 냉수가 나타나고, 4.0°C이하의 냉수는 관측점 14의 저층에 보인다. 단면 E에서 나타나는 저층냉수가 단면 C에서는 연안에 붙어서 남하하고 있다고 사료된다. 단면 B에서는 6.0°C이하의 냉수가 관측점 8과 9의 저층에서만 나타나는 것으로 보아 대한해협 서수도의 저층에 존재하는 냉수는 수심이 깊은 지형을 따라 흘러 들어오는 것이 아니라 감포-울기 연안의 경사면을 따라서 유입하는 것으로 추측된다.

## 7. Drogue 추적 실험

B. T. 관측에서 저층냉수는 관측점 16에서 18에 걸쳐 확인되었으며 약 100m 깊이에서 층층수와 경계를 이루고 있다(Fig. 6). 이 저층냉수의 흐름을 확인하기 위하여 B. T. 관측후 10월 26일~27일

간 울산 외해 7.2해리와 12해리 해상에서 Drogue를 2회 투하 추적하였다(Fig. 1).

Drogue는 정육면체의 측면을 Canvas로 둘러 제작하였으면 Drag면적이 1차 6.3m<sup>2</sup>(D<sub>1</sub> 투하점), 2차 4.6m<sup>2</sup>(D<sub>2</sub> 투하점)가 되게 하였다. 표면 부표와 Drogue는 피아노선(#12)으로 연결하였으며 표

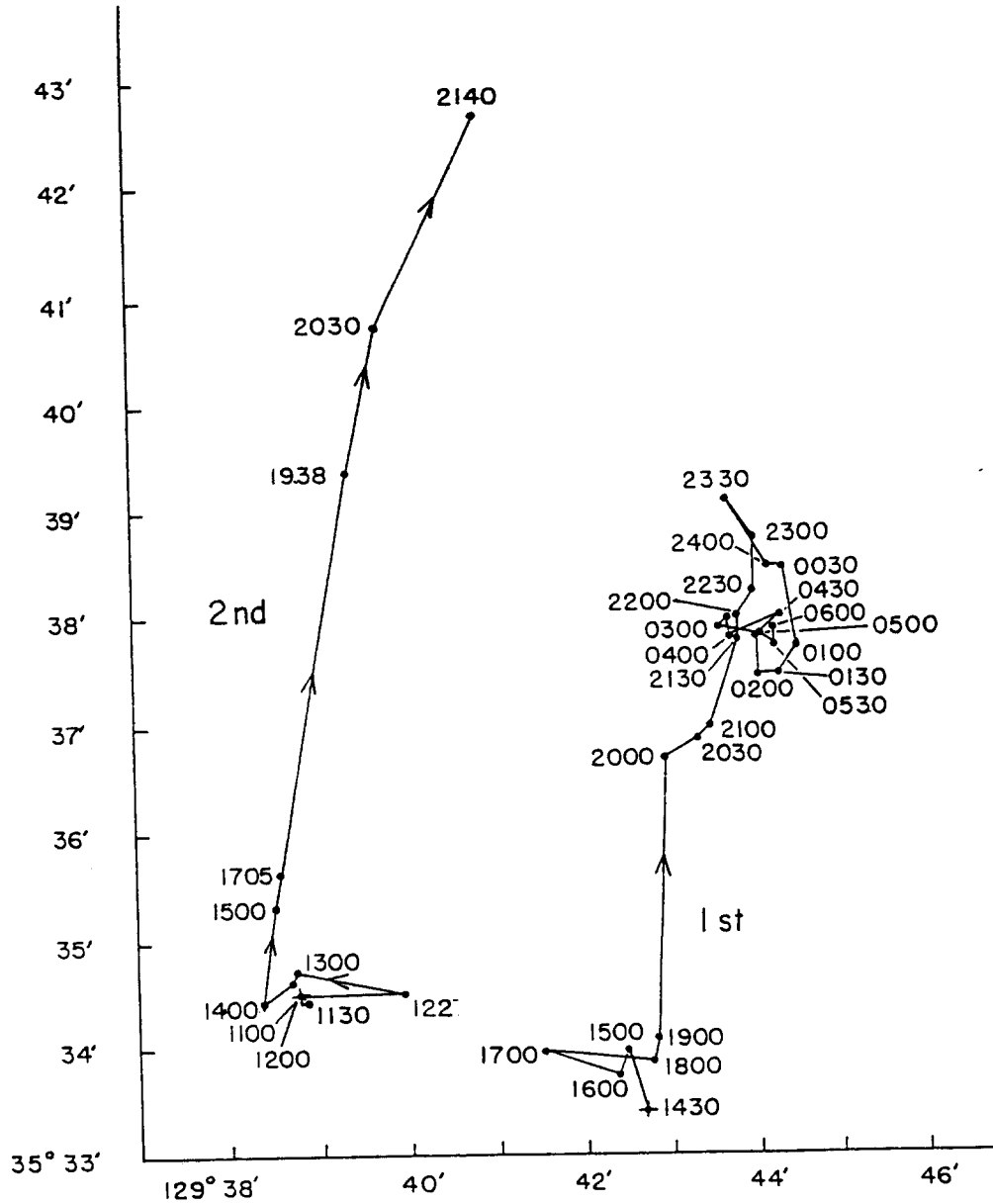


Fig. 13 Drogue tracks  
 First track October 26, 1982  
 Second track October 27, 1982

면부표는 식별을 위하여 위에서부터 깜박이등, 깃발 그리고 Radar reflector 의 순으로 부착하였다. 부표 추적을 전후하여 약 4일간은 풍속이 5 m/sec 이하였고 해면상태는 잔잔하였다.

### 결과 및 토의

Drogue 는 1, 2 차 모두 125m 깊이가 Drogue 의 중심깊이가 되게 투하하였으며 두 차례에 걸친 추적은 Fig. 13과 같다.

10월 26일 추적시는 투하후 약 4시간동안 거의 정체상태에 있었으나 이후 1시간동안 약 2 knots 의 속도로 북쪽으로 빠르게 움직였다. 투하후 9시간동안 평균적으로 북북동쪽으로 움직였으나 23시 30분 이후는 2시간동안 계속 남쪽으로 움직였으며 그 후는 다시 정체상태였다.

10월 27일 2차 추적시는 투하후 약 3시간동안 거의 정체상태였으며 이후 7시간 40분동안 8.5 mile 을 움직여 약 1.1 knots 의 속력으로 북북동쪽으로 움직였다.

감포, 울산 연안에서 발견되는 저층냉수는 앞의 hydrography 자료 분석에 의하여 남쪽으로 흐를 것으로 예상되었었다. 이 저층냉수의 흐름은 Lim and Chang(1969), Lim(1973), An(1974) 그리고 Byeon(1982) 등에 의해서도 예견되었던 것이다. 그러나 1, 2 차 Drogue 추적 결과는 평균속도가 북북동쪽이었으며, 정체되거나 혹은 매우 빠른 속도로 짧은 시간동안 움직였다. 이는 조류의 효과가 매우 강하게 나타나는 것으로 판단되며 동 시기에 관측된 울산에서의 검조 자료(Fig. 14)와의 관계를 검토하였다.

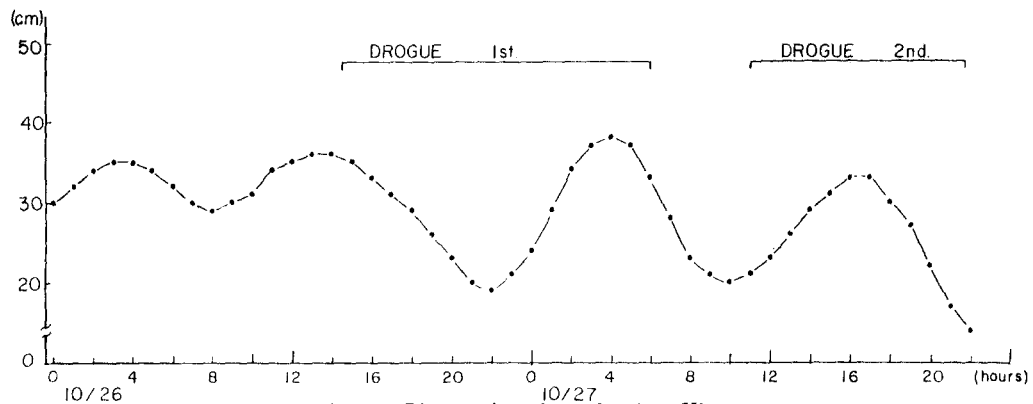


Fig. 14 Time series of sea level at Ulsan.  
Drogue tracking periods are indicated.

10월 26일 1차 Drogue 투하시는 울산에서 고조이었다. 이후 약 4시간 반 동안 Drogue 는 정체상태였으며, 울산 저조전 약 2시인 19시에서 20시까지 약 2.0 knots 의 강한 북향류를 보였다. 이 북향류는 울산 저조후 약 1시간 반동안 계속되었다. 이후 Drogue 는 10월 27일 23시 30분, 방향을 바꾸어 27일 02시까지 약 0.7 knots 의 속도로 남쪽으로 움직였으며 27일 02시는 울산 고조전 약 2시이다. 이후 Drogue 는 약 4시간동안 다시 정체상태를 나타냈다.

2 차 추적시도 1 차때와 비슷하게 울산의 조위기록과 상당한 관련이 있는 것으로 판단된다. 즉 2 차 투하시는 울산 저조후 약 1 시로서 Drogue 는 투하후 약 6 시간 동안 평균 0.2 knots 의 속도로 북쪽으로 미약한 움직임 을 보였으며 울산고조(17시)이후부터 평균 1.7 knots 의 속도로 4 시간 반동안 빠르게 북북동쪽으로 움직였다.

이상의 비교는 Drogue 의 움직임이 울산 조위기록과 약 1~2 시간의 위상차이를 보이며 조류의 영향을 받고 있음을 보여준다. 즉 저층냉수가 발견되는 수심에 투하된 Drogue 는 상층의 대마난류의 강한 흐름과 정압적인 흐름을 나타내는 조류의 영향으로 미약한 저층냉수의 흐름을 따라 움직이지 못하고 평균적으로 북북동쪽으로 움직여 간 것으로 해석된다.

### 참 고 문 헌

1. An, H.S., 1974, On the Cold Water Mass around the Southeast Coast of Korean Peninsula. J. Oceanol. Soc. Korea, Vol. 9, No. 2, pp. 10~18.
2. Byeon, S.K., 1982, Water Circulation of the East Sea and its Applicability to Industry. KAIST, KORDI, BSPE 00042-62-1.
3. Hahn, S.D., 1979, Variability of Physical Structure in Korea Strait.
4. Kawabe, M., 1982, Branching of the Tsushima Current in the Japan Sea. J. Oceanogr. Soc. Japan, Vol. 38, pp. 95~107.
5. Kawai, H., 1974, Transition of Current Images in the Japan Sea. In, the Tsushima Warm Current—Ocean Structures and Fishery. ed. by Fishery Soc. Japan, Koseisha-koseikaku, pp. 7~26 (in Japanese).
6. Lim, D.B. and S. Chang, 1969, On the Cold Water Mass in the Korea Strait. J. Oceanol. Soc. Korea, Vol. 4, No. 2, pp. 71~32.
7. Lim, D.B., 1973, The Movement of the Cold Water in the Korea Strait. J. Oceanol. Soc. Korea, Vol. 8, No. 2, pp. 46~52.
8. Lim, K.S., 1983, The Characteristics and the Origin of the Cold Water Mass in the Southeastern Sea off Korea. M.S. Thesis, Dept. of Oceanography, Seoul National University.
9. Moriyasu, S., 1972, The Tsushima Current, in the Kuroshio, its Physical Aspects, ed. by H. Stommel and K. Yoshida. Univ. of Tokyo Press. pp. 352~369.
10. Nishida, K., 1926, Report of the Oceanographic Investigation 1. Gover. Fish. Exp. Stat.
11. Seung, Y.H., 1974, A Dynamic Consideration on the Temperature Distribution in the East Coast of Korea in Augvst. J. Oceanol. Soc. Korea, Vol. 9, No. 2, pp. 38~52.
12. Tanioka, K., 1968, On the East Korean Warm Current (Tosen Warm Current). Oceanogr. Mag., Vol. 20, No. 1, pp. 31~38.
13. Yi, S.U., 1966, Seasonal and Secular Variations of the Water Volume Transport across the Korea Strait. J. Oceanol. Soc. Korea, Vol. 1, pp. 7~13.
14. Yoon, J.H., 1982, Numerical Experiment on the Circulation in the Japan Sea. J. Oceanogr. Soc. Japan, Vol. 38, pp. 81~94.