

# 해양 화학적 특성으로 본 대한해협 의 수계 \*1, \*2

이.원.재 · 조.규.대 · 추.효.상  
부산수산대학 해양학과

## Chemical Characteristics of Water Types in the Korea Strait\*2

Won Jae LEE, Kyu Dae CHO and Hyo Sang CHOO  
Department of Oceanography, National Fisheries University of Pusan,  
Namgu, Pusan, 608 Korea

Physical and chemical survey on western channel of the Korea Strait was made using oceanographic data from July 25 to July 31, 1983.

Four water types were distinguished at western channel: runoff of the Nakdong River, Tsushima Current Waters, Keoje Coastal Waters, and Ulsan Coastal Waters. Influence of the Nakdong River was greater at Southern East Coast near Yeong-Do Island in Pusan than at Keoje Coast. General characteristics of these four water types were as follows :

For runoff of the Nakdong River, transparency was within 3 m, water colour chinese yellow (number 11), surface temperature 18~19°C, salinity less than 31‰, surface dissolved oxygen (D.O.) 4.5~5.0 ml/l, contents of phosphate 0.25~0.5 µg-at./l; these values were the highest among these four water types.

For Tsushima Current waters, transparency was greater than 15 m, waters color blue (number 2~4), surface temperature about 23°C, salinity 32~33‰, and surface D.O. greater than 5.0 ml/l. Phosphate, nitrate and silicate were less than 0.25, 2.0, and 2.5 µg-at./l, respectively; these values were the lowest among these four water types.

Keoje Coastal Waters had low temperature ranging 20~21°C at surface, and high salinity greater than 33‰. D.O. was less than 5.0 ml/l, phosphate, 0.5 µg-at./l nitrate and silicate were less than 3.5 µg-at./l.

Ulsan Coastal Waters had the lowest surface temperature among these four types; surface temperature was less than 16°C, salinity greater than 33.5‰, and D.O., phosphate and nitrate had very high values. It seems that these high values resulted from upwelling phenomena.

### 서 론

대한해협은 쓰시마 난류, 한국 남안 연안수, 북한 난류 등의 각종 수괴가 존재하고 있으며(朴, 1978;

宮崎·阿部, 1960), 이 해협 의 물 은 하계 에는 고온·저 염의 특성을 지닌다. 또한 이 해협은 부산과 대마도 사이가 약 23 마일 의 좁은 수로로서, 동지나해로 부터 흘러 들어오는 쿠로시오의 저류인 쓰시마 난류와

\*1 이 연구는 1983년도 문교부 기초과학 연구비의 지원으로 수행되었음.

\*2 부산수산대학 해양과학 연구소 연구업적 제101호 (Contribution No.101 of Institute of Marine Sciences, National Fisheries University of Pusan)

이보다 수온이 낮고 염분이 적은 한국 연안수와와의 사이에 매년 연안 전선이 형성되고 있다.

이 해협 수괴에 관하여 Lim and Chang (1969)은 쓰시마 난류의 기원이 동지나해의 쿠로시오에 의한다고 하였으며, 宮崎·阿部(1960)와 洪·曹(1983)는 이 해역의 수괴는 동지나해의 쿠로시오의 중층수인 고염수의 유입에 의한다고 하였다. 또한 한국 남해동부해역의 비교적 고염인 냉수괴는 북한 한류의 남하(김·김, 1983) 혹은 바람에 의한 용승현상에 의한다고 박(1978)과 An (1974), Lee (1978)는 설명하고 있다.

그러나 이 해역은 낙동강 물의 유출로 인한 확산이 대한해협 서수도의 어느 방향으로 향하고 있으며, 한국 남안 연안수와 쓰시마 난류의 구별에서 약간 불명확한 점이 있다. 또한 저염한 양자강 물의 영향을 받은 쓰시마 난류와 낙동강 물의 유출에 의해 형성된 수괴와의 관계가 명확하지 않다. 본 연구는 대한해협의 서수도에서 1983년 하계의 해양관측 자료로서 한국 연안수, 쓰시마 난류수 및 낙동강의 유출수에 대한 수온, 염분, 용존산소, 질산염, 인산염 및 규산염의 화학적 분석을 토대로 이들 수괴의 분포해역과 수괴의 특성을 조사하였다.

### 자료 및 방법

자료는 부산수산대학 실습선 부산 403호로 대한해협의 서수도에서 1983년 7월 25일부터 7월 31일까지 7일 동안 조사한 해양관측결과를 사용하였다 (Fig. 1).

해양관측은 기존 해양관측 자료로 대한해협의 서수도에 존재하는 수괴의 분포 영역과 특성을 파악한 다음, 대마도 남단에서 15~25 mile 떨어진 해역에서부터 울산 앞 바다까지 약 20 마일 간격으로 5개 관측선을 설정한 다음 이 관측선을 따라 약 10 mile 간격으로 4~6 개의 정점을 설정하였다.

수온과 염분은 Tsurumi Seiki의 T-S meter로써 표준관측층에 대하여 관측하였고 연안에 가까운 곳은 필요에 따라 5 m 간격으로도 측정 하였다. 또한 이 외에 채수한 시료는 Backman Salinometer를 사용하여 염분을 측정하였다. 용존산소는 현장에서 난센 채수기로 채수하여 Winkler 법으로 측정하였다. 투명도와 수색은 투명도판과 Forel 수색계로서 조사하였다. 그리고 난센 채수기로 채수한 시수는 동결시켜 실험실로 옮긴 다음 분석하였다.

\* B<sub>5</sub>는 B line의 정점 5를 나타냄.

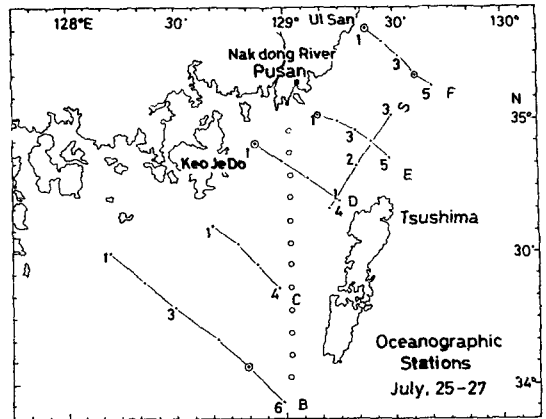


Fig. 1. Location of oceanographic stations of lines B, C, D, E, F and S in the western channel of the Korea Strait in July, 1983. Open circles represent the observation points of surface temperature and salinity

인산염 ( $PO_4^{3-}-P$ )은 Murphy 등 (1962)의 법으로, 규산염 ( $SiO_4^{2-}-Si$ )은 규소몰리브덴산에 의한 비색법으로 발색시켜 측정 하였다. 그리고 질산염 ( $NO_3^- -N$ , 아질산염도 포함)은 Wood 등의 법으로 측정하였다.

### 결 과

#### 1. 수온, 염분 및 thermosteric anomaly $\delta_T$ 의 분포

##### 1) 수온

Fig. 2는 표면의 수온, 염분 및 thermosteric anomaly  $\delta_T$ 의 수평분포도이다. 여기서 표면수온 분포는 일반적으로 대마도 앞 바다의 24.0°C를 기점으로 하여, 서쪽인 거제도 주변은 20~23°C로 약간 저온이고, 동쪽인 울산 연안역은 15~20°C로 아주 낮았으며, 쓰시마 난류역은 22~24°C의 가장 높은 수온분포를 나타냈다. 표면수온의 최고치는 대마도 남단의 정점 B<sub>5</sub>\*의 25.7°C였으며, 최소치는 울산 연안의 F<sub>1</sub>에서 14.7°C였다.

표면의 수평경도가 가장 큰 곳은 대마도 앞바다와 영도 앞 E<sub>1</sub>사이의 약 0.40°C/mile과 울산 외해의 F<sub>2</sub>와 F<sub>3</sub>사이의 0.45°C/mile이었다.

Fig. 3의 50 m 수온분포는 표면수온 분포와 비슷하나 영도 앞의 E<sub>1</sub>에서 울산 연안의 F<sub>1</sub>까지는 수온이 가장 낮아 8.2~11.5°C였으며 거제도 부근 연안역은 약간 높아 14~15°C의 분포를 보였다. 수평경

해양 화학적 특성으로 본 대한해협 의 수계

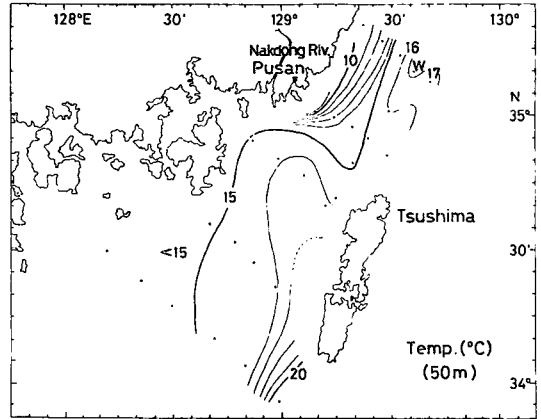
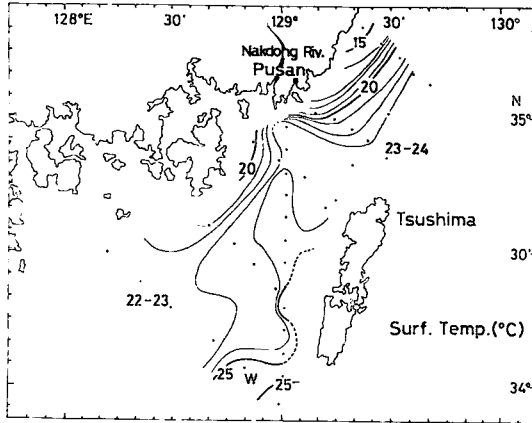


Fig. 3. Horizontal distribution of temperature at 50 m in July, 1983

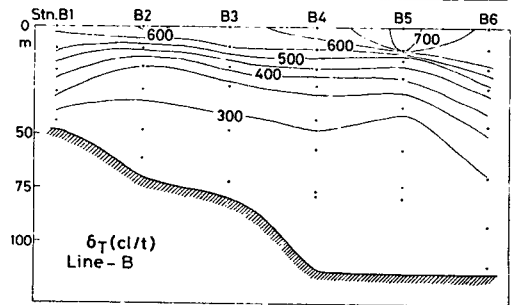
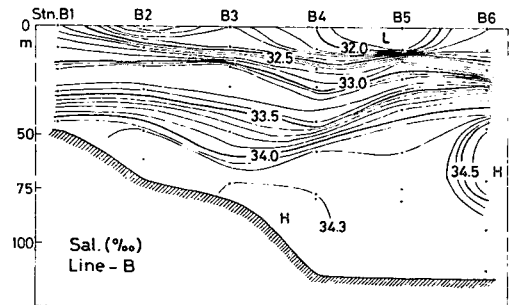
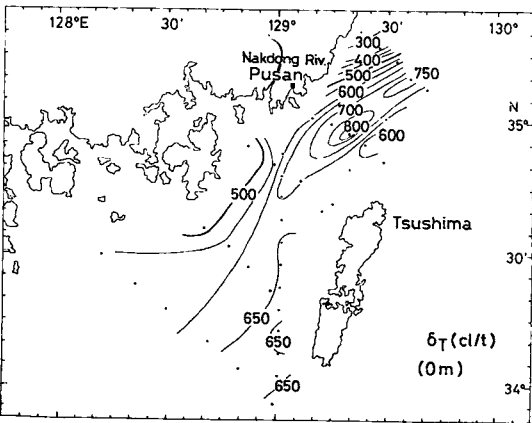
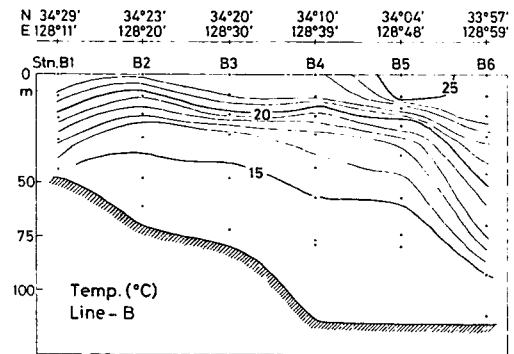
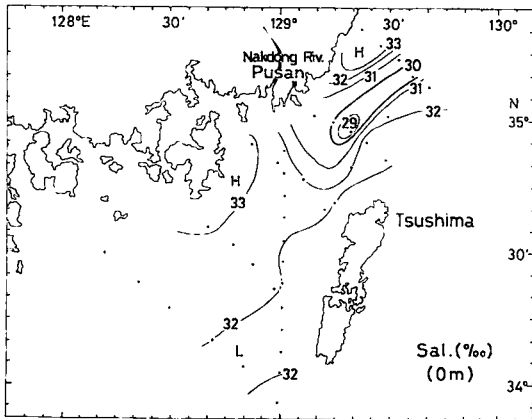


Fig. 2. Horizontal distributions of surface temperature, salinity and thermocline anomaly  $\delta_T$  in July, 1983

Fig. 4. Vertical distributions of temperature, salinity and thermocline anomaly  $\delta_T$  along B line in July, 1983

도는 B<sub>5</sub> 와 B<sub>6</sub> 사이에서 0.48 °C/mile 로 크게 나타났 다.

Fig. 4 는 B line 의 수온, 염분,  $\delta_T$  의 연직단면 도를 나타낸 것이다. 대체로 수온은 15.0~25.0°C

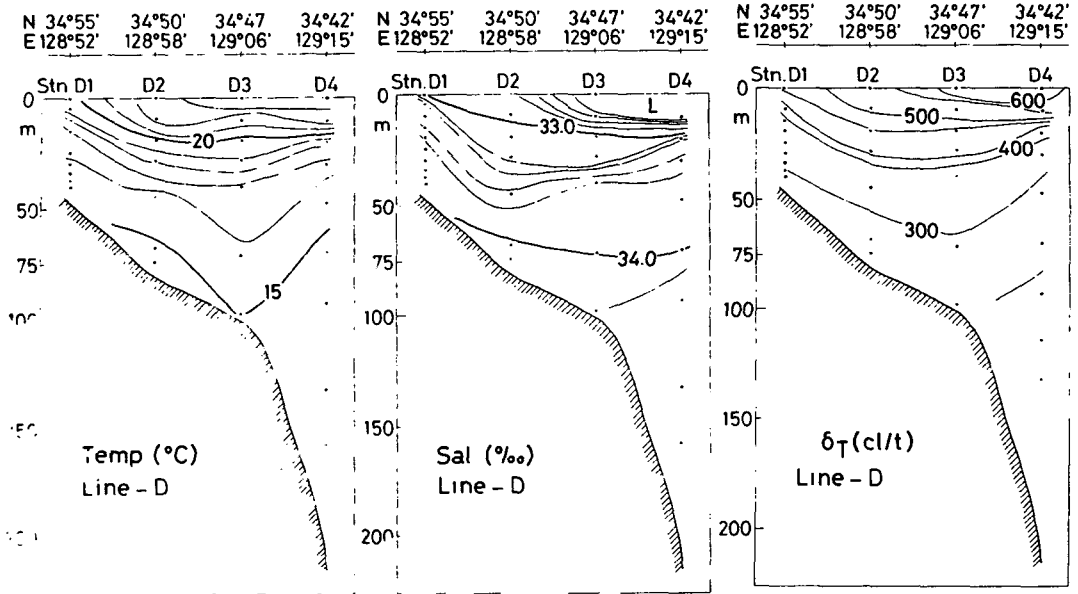


Fig. 5. Vertical distributions of temperature, salinity and thermostic anomaly  $\delta_T$  along D line in July, 1983

의 분포를 보이고 B<sub>6</sub>의 표면에서 수심 10 m까지는 수온이 25.0°C 이상으로 가장 높았다. 수온약층은 연안쪽의 10~20 m에서 B<sub>6</sub>쪽인 외해쪽으로 갈수록 20~50 m로 깊어진다.

Fig. 5는 D line에서의 수온, 염분,  $\delta_T$ 의 연직 단면도를 나타낸 것이다. 수온은 B line과 비슷하여 14~23°C의 분포 범위이고 연직경도는 D<sub>4</sub>의 수

심 10~20 m 사이에서 0.43°C/m로 가장 컸으며, D<sub>2</sub>로부터 연안쪽에는 10 m 이심의 수온이 표층에 올라온 것이 특징적이다.

Fig. 6은 F line에서의 수온, 염분,  $\delta_T$ 의 연직 단면도이다. 수온은 B나 D line에 비해 연안 가까운 곳인 F<sub>1</sub>과 F<sub>2</sub>의 수온이 외해쪽인 F<sub>3</sub>, F<sub>4</sub>, F<sub>5</sub>보다 4~8°C 낮았으며, 특히 F<sub>1</sub>의 표면수온이 14.7

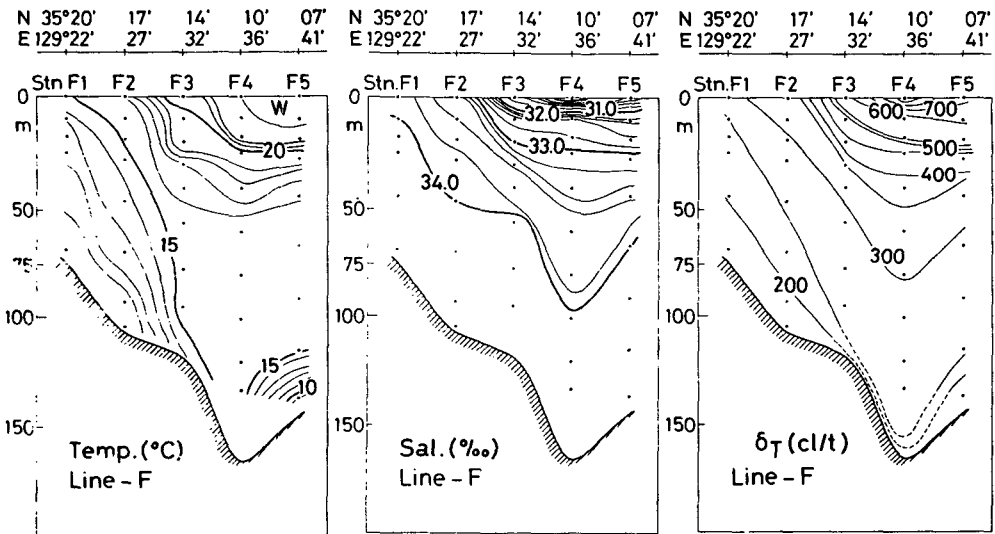


Fig. 6. Vertical distributions of temperature, salinity and thermostic anomaly  $\delta_T$  along F line in July, 1983

°C, F<sub>2</sub>의 표면수온이 16.0°C로 F<sub>3</sub>와 F<sub>4</sub>의 23.0°C에 비하면 7~8°C 낮은 수온이다. 이처럼 연안 쪽의 수온이 현저히 낮은 것은 용승현상으로 주목할 만한 것이라 생각된다. 또한 연직 경도가 큰 곳은 F<sub>4</sub>의 20~30 m 사이의 0.33°C/m이었다.

2) 염분

Fig. 2에서 표면 염분은 표면수온 분포와 거의 같아서 대대포 앞바다의 약 32.2‰를 기준으로하여 동쪽인 울산 이남의 연안 부근까지는 30~32‰였고, 쓰시마 난류역에서는 31~32‰로 양 해역 모두 염분이 낮았다. 특히 F<sub>4</sub>에서 E<sub>3</sub>를 연결하는 해역 부근은 30‰이하로 다른 해역보다 가장 낮은 분포를 보인 것이 특이하였다. 거제도 주변과 울산 근해는 33.0‰이상의 비교적 고염이었고, F<sub>1</sub>은 33.9‰로서 가장 고염이었으며, 또한 가장 저염한 곳은 E<sub>4</sub>로 28.5‰였다.

Fig. 4에서 B line 염분의 연직분포는 수온과 같이 B<sub>5</sub>의 표층에서 32.0‰이하로 가장 낮고 B<sub>6</sub>의 수심 40~75 m에서 34.5‰이상의 고염인 물이 나타났다. 염분약층은 대체로 연안쪽에서는 표면에서 저층까지 있으나 B<sub>4</sub>보다 외양쪽은 수심 10~30 m로 표층수와 34‰ 이상의 저층수가 뚜렷이 구별되었다.

Fig. 5에서 D line 염분의 연직분포는 수온분포와 같아서 D<sub>3</sub>와 D<sub>4</sub>의 표면에서 32.2‰이하로 가장 낮고 저층은 34.0~34.3‰로 거의 일정하다. 연직경도는 D<sub>4</sub>의 수심 10~20 m에서 0.13‰/m로 가장 크다.

Fig. 6에서 F line 염분의 연직분포는 수온과 비슷하며 F<sub>1</sub>의 수심 10 m와 F<sub>2</sub>의 외양쪽 정점에서 50 m 이심은 표층 보다 고염인 34‰ 이상이었으며, 이 수심보다 얇은 층은 33‰ 이하이고 가장 저염인 곳은 F<sub>4</sub>의 표층으로 30‰ 미만을 나타내었다.

3) δT 및 투명도·수색

Fig. 2에서 해양표면의 δT 값은 대대포 앞의 640 cl/t을 기점으로 울산부근 해역까지는 300~600 cl/t 이하, F<sub>4</sub>~E<sub>3</sub>을 연결하는 서수도 중앙부에서 700~850 cl/t, 그리고 쓰시마 난류역은 600~650 cl/t으로 가벼운 물이었으나, 서쪽의 거제도 주변해역은 500 cl/t 이하였다. 수평경도는 F<sub>4</sub>~E<sub>3</sub> 사이의 해역에서

울산 연안쪽으로 갈수록 커지는 경향이였다.

Fig. 4에서 B line δT의 연직분포는 역시 수온과 염분의 경우에서 처럼 B<sub>5</sub>의 수심 0~10 m에서 700 cl/t 이상으로 가장 크고 수심 500 m 이심은 300 cl/t 이하의 거의 균일한 물 이었다.

Fig. 5에서 D line의 δT 분포는 수온, 염분과 비슷하여 D<sub>3</sub>와 D<sub>4</sub>에서 600 cl/t 이상으로 가장 높았으며, 연직경도는 D<sub>4</sub>의 10~20 m 사이에서 20 cl/t/m로 가장 크다.

Fig. 6에서 F line의 δT 분포는 연안쪽에 비해 외해로 갈수록 점차 값이 커져서 F<sub>4</sub>와 F<sub>5</sub>에서는 650~750 cl/t이나, F<sub>1</sub>과 F<sub>2</sub>에서는 250~350 cl/t의 분포이다. 특히 F<sub>1</sub>에서는 F<sub>2</sub>보다 외해쪽의 300 cl/t 이하의 물이 표면에 나타나고 있다.

한편 Fig. 7은 관측해역의 투명도를 나타낸 그림이다. 투명도는 대체로 쓰시마 난류역과 연안수역과의 사이에서 수평변화가 커져, 연안에서 대마도쪽으로 2~24 m 까지 급격히 변화하고 있다. 이러한 투명도의 급격한 변화는 낙동강 하구역에서 더욱 두드러지게 나타났다. 수평으로 투명도의 변화가 가장 큰 곳은 E<sub>3</sub>~E<sub>4</sub>사이로 2.51 m/mile이었다. 또한 대한

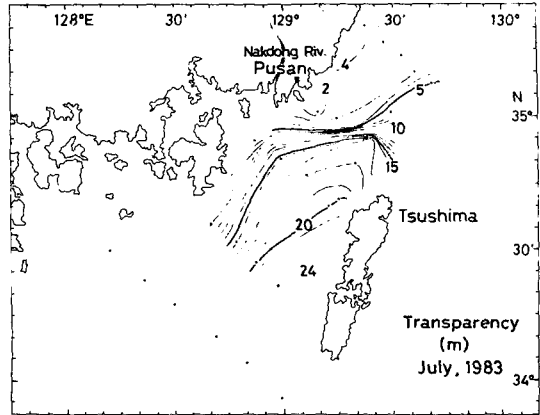


Fig. 7. Horizontal distribution of transparency in July, 1983

해협을 지나 동해안 쪽으로는 투명도가 5 m 이하로 작으나, 대마도 주변의 물은 투명도가 17~24 m 이상으로 컸다. 가장 작은 값은 낙동강 하구 부근의 3 m

Table 1. Water colour in July, 1983

Stations	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	D <sub>4</sub>	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>	E <sub>4</sub>	E <sub>5</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>3</sub>	F <sub>4</sub>	F <sub>6</sub>
Colours	4	3	3	2	7	2	1	1	7	6	6	3	1	6	7	6	5	5

이하였으며, 울산주변인 F<sub>1</sub>에서는 4m로 F<sub>2</sub>~F<sub>4</sub>보다 약간 크게 나타났다.

참고로 수색의 관측결과를 Table. 1에 나타내었다.

## 2. 용존산소 및 영양염의 분포

### 1) 용존산소

Fig. 8는 표면의 용존산소 및 인산염의 수평분포를 나타낸 것이다. 용존산소는 대체로 4.07~5.64 ml/l의 분포를 보였다. 쓰시마 난류해역에서는 5.0~5.5 ml/l였고 거제도 주변해역은 5.0 ml/l 이하의 분포를 보였으나, 울산 부근 해역에서는 5.0 ml/l 이상으로 용존산소량이 많았다. 용존산소량이 가장 낮은 해역은 E<sub>1</sub>으로 약 4.0 ml/l 이고 F<sub>4</sub>~E<sub>3</sub>을 연결하는 주변해역에서는 4.5 ml/l 이하로 비교적 낮다.

Fig. 9는 B line의 용존산소, 인산염, 질산염, 규산염의 연직적인 분포도이다. 먼저 용존산소는 수심 20m 부근의 수온약층에서 5.0~5.75 ml/l 이상으로 가장 높게 나타났고 비교적 염분이 높았던 B<sub>6</sub>의 40~70m 사이에서는 4.5 ml/l 이하의 저산소의 물이 나타났다.

Fig. 10은 D line의 용존산소, 인산염, 질산염, 규산염의 연직 분포도이다. 용존산소는 D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub>에서는 표층과 저층에서 거의 동일한 5.0 ml/l 전후이고 D<sub>3</sub>는 30m, D<sub>4</sub>는 75m까지 5.0 ml/l 전후의 값으로 나타났다.

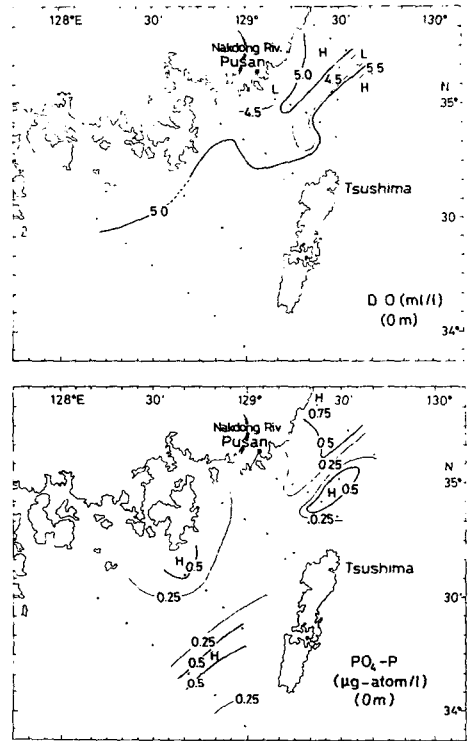


Fig. 8. Horizontal distributions of dissolved oxygen and phosphate in July, 1983

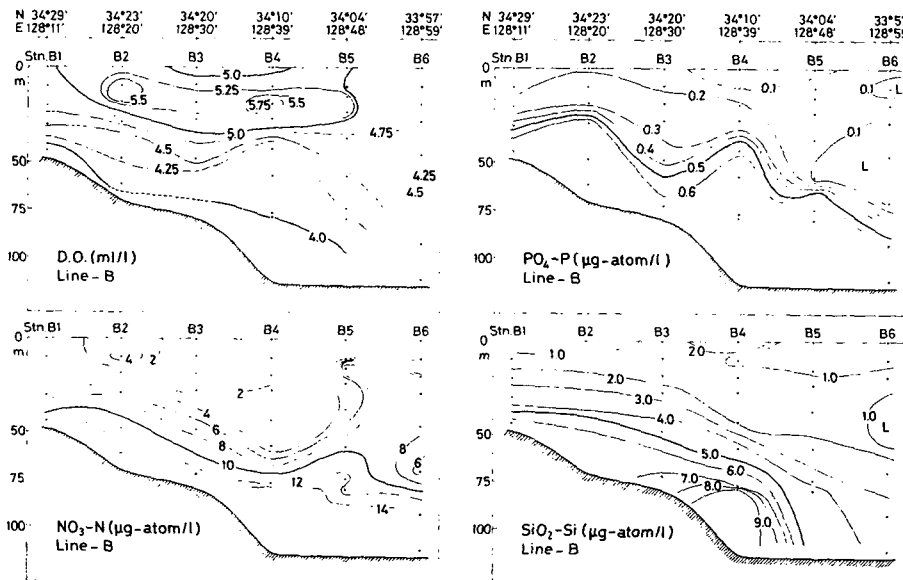


Fig. 9. Vertical distributions of dissolved oxygen, phosphate, nitrate, and silicate along B line in July, 1983

해양 화학적 특성으로 본 대한해협 의 수계

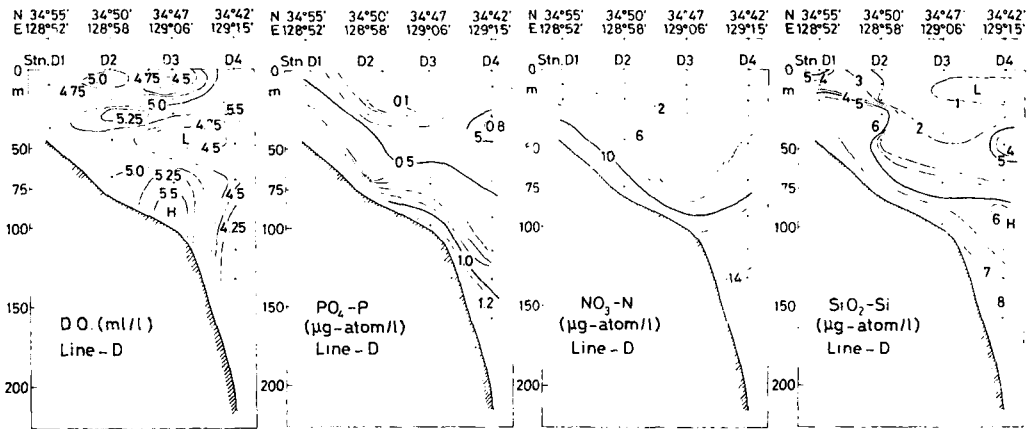


Fig. 10. Vertical distributions of dissolved oxygen, phosphate, nitrate and silicate along D line in July, 1983

Fig. 11 은 F line 의 용존산소, 질산염, 인산염과 규산염의 연직 단면도를 나타낸 것이다. 용존산소는 저층이 4.5 ml/l 이하로 비교적 적고 또 F<sub>1</sub>의 수심 20 m 이십에서도 4.0 ml/l 의 낮은 분포를 보였으나 수심 10~30 m 사이에서는 용존산소가 4.5~5.0 ml/l 로 약간 큰 편이다.

2) 인산염

Fig. 8 에서 인산염(PO<sub>4</sub>-P)의 수평분포는 수온이나 염분과 거의 유사한 분포를 보인다. 거제도 남동해역에서 인산염은 0.25~0.5 µg-atom/l 으로 줄어드나 울산부근 해역에서는 다시 0.5 µg-atom/l 이상으로 커진다.

한편 쓰시마 난류역에서는 0.25 µg-atom/l 이상의 낮은 분포였으나, B<sub>4</sub>와 C<sub>4</sub>해역에서는 부분적으로

약간 많아 0.5 µg-atom/l 이 상이고 E<sub>4</sub>~S<sub>3</sub>에서도 부분적으로 비교적 높아서 0.6 µg-atom/l 로 가장 높게 나타났다.

연직분포 Fig. 9 에서 인산염은 표층이 0.2 µg-atom/l 이하이고, 저층으로 갈수록 많아져 0.6 µg-atom/l 이상으로 점차 커진다. B<sub>6</sub>의 수심 30~70 m 에서는 0.1 µg-atom/l 이하로 값이 적다.

Fig. 10 은 D line 의 용존산소 인산염, 질산염 및 규산염의 연직분포도이다. 이 중 인산염은 0.1~1.2 µg-atom/l 범위의 분포를 보이며, 연안쪽인 D<sub>1</sub>과 D<sub>2</sub>에서는 D<sub>3</sub>와 D<sub>4</sub>보다 얕은 수심에서 값이 크다. 특히 D<sub>1</sub>은 표층이십에서 0.4~0.6 µg-atom/l 로 D<sub>2</sub>~D<sub>5</sub>의 각 정점 중층 이십의 농도와 비슷한 값을 나타내고 있다. 그러나 연직경도는 D<sub>1</sub>의 수심 20~30 m 및 D<sub>4</sub>의 수심 30~50 m에서 각각 약 0.02 µg-

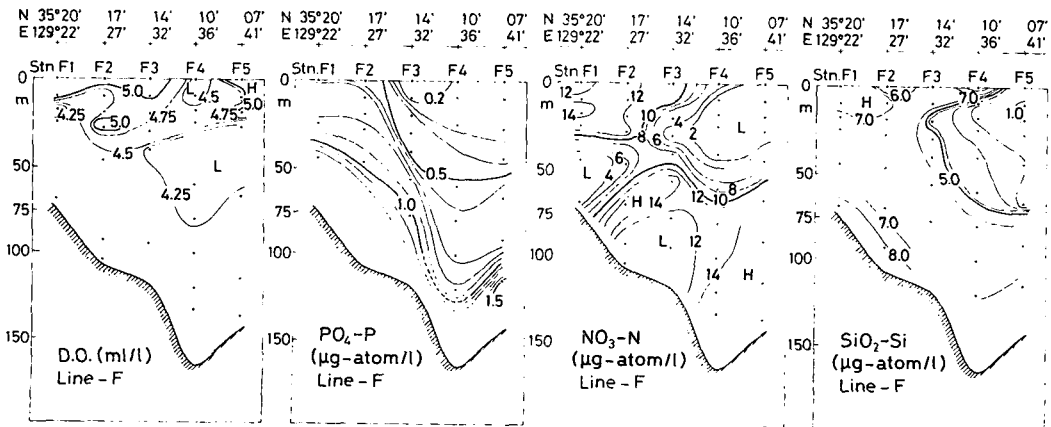


Fig. 11. Vertical distributions of dissolved oxygen, phosphate, nitrate and silicate along F line in July, 1983

atom/l/m로 가장 크다.

Fig. 11은 F line의 용존산소, 인산염 및 질산염의 연직분포를 나타낸 것이다. 인산염의 분포는 연안쪽이 외해쪽에 비해 그 값이 아주 크며 외해 쪽으로 갈수록 급격하게 줄어들고 있다. 전 수심에서 대략 0.1~1.5  $\mu\text{g-atom/l}$  이상의 분포를 보이나, 일반적으로 저층의 값이 크다. F<sub>1</sub>과 F<sub>2</sub>의 표층은 0.6~1.0  $\mu\text{g-atom/l}$ 의 분포를 보이고 F<sub>3</sub>~F<sub>5</sub>에서는 저층의 인산염이 F<sub>1</sub>과 F<sub>2</sub>의 상층으로 상승하는 분포였다.

3) 질산염

Fig. 12의 질산염과 규산염의 수평분포에서, 질산염의 농도 범위는 0~13  $\mu\text{g-atom/l}$ 이며, 그 값이 가장 큰 곳은 다대포 앞바다에서 울산 연안역이며 수평경도도 이 해역주변이 가장 크다.

Fig. 9에서 질산염은 B line의 수심 20m 이천에서 2.0  $\mu\text{g-atom/l}$  이하로 낮으나 저층으로 갈수록

질산염의 분포는 커져 14.0  $\mu\text{g-atom/l}$  이상으로 되나, B<sub>6</sub>의 수심 45~75m에서 그 값이 조금 적어진다. 또한 B<sub>5</sub>와 B<sub>6</sub>에서의 중층과 저층에서는 다른 정점에서 보다 다소 그 값이 많아진다.

Fig. 10에서는 D line의 질산염 분포를 나타낸 것으로서, 표층은 2.0  $\mu\text{g-atom/l}$  이하로 B line과 유사하며 저층으로 갈수록 커져 14.0  $\mu\text{g-atom/l}$ 이었다. 그러나 D<sub>1</sub>과 D<sub>2</sub>는 같은 수심인 D<sub>3</sub>, D<sub>4</sub>에 비해 그 값이 크다.

Fig. 11의 F line의 질산염 분포는 다소 복잡하다. 연안측 정점 F<sub>1</sub>과 F<sub>2</sub>의 수심 0~40m까지는 11.0  $\mu\text{g-atom/l}$  이상의 높은 값을 보이고 외해측인 F<sub>3</sub>~F<sub>5</sub>는 수심 0~45m까지 2.0  $\mu\text{g-atom/l}$  이하의 낮은 값이나, 저층으로 갈수록 점차 커져 14.0  $\mu\text{g-atom/l}$  정도로 된다.

4) 규산염

Fig. 12에서 표면의 규산염은 낙동강 하구역 부근에서 10.0  $\mu\text{g-atom/l}$  이상으로 그 값이 가장 크며 쓰시마난류역 부근에서는 2.5  $\mu\text{g-atom/l}$  이하로 적게 나타났다. 그리고 낙동강 하구역에 가까운 부산 부근에서는 2.5~10.0  $\mu\text{g-atom/l}$ 의 분포를 보였으나, 울산부근의 연안역에서는 7.5  $\mu\text{g-atom/l}$  이상으로 다시 높아졌다.

Fig. 9에서, 규산염은 표층에서 그 값이 1.5  $\mu\text{g-atom/l}$  이하로 적으나 B<sub>4</sub>에서 약 3.0  $\mu\text{g-atom/l}$  이상으로 점차 많아진다.

Fig. 10에서 규산염도 인산염의 경우와 같이 D<sub>1</sub>과 D<sub>2</sub>에서 그 값이 더 크다. D<sub>1</sub>의 표층은 4.0~6.0  $\mu\text{g-atom/l}$ , D<sub>2</sub>는 2~1.5  $\mu\text{g-atom/l}$ , D<sub>3</sub>와 D<sub>4</sub>는 1.5  $\mu\text{g-atom/l}$  이하이다. 일반적으로 저층으로 갈수록 그 값이 점차 커져 D<sub>4</sub>의 저층에서는 8.0  $\mu\text{g-atom/l}$  이상이었다.

Fig. 11의 F line에서의 규산염은 전반적으로 1.0~8.0  $\mu\text{g-atom/l}$  분포를 보이나, 연안쪽의 정점 F<sub>1</sub>과 F<sub>2</sub>는 외해쪽보다 크다. 저층은 대략 7.0~8.0  $\mu\text{g-atom/l}$ 의 분포이고 연안쪽은 6.0~7.0  $\mu\text{g-atom/l}$ 이었다.

고찰

대한해협은 최대 수심이 약 227m로 쿠로시오의 지류인 쓰시마 난류가 동·서양 수로를 통해서 동해로 유입된다. 하계에 이 수로를 통과하는 쓰시마 난류는 쿠로시오가 동지나해의 연안수의 영향을 많이

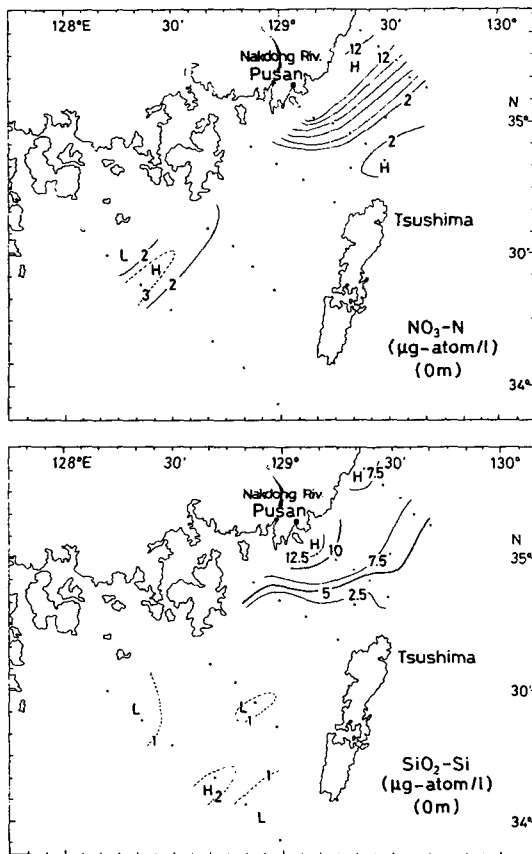


Fig. 12. Horizontal distributions of nitrate and silicate in July, 1983



받은 것이다. 서수로를 통과하는 표층수는 동수로 보다 더욱 저염한 물이며 저층수는 서부 북태평양의 중앙수가 유입한 것이다(宮崎·阿部, 1960). 이외에 이 해협의 북서쪽에는 한국남안 연안수와 낙동강 물이 존재하며, 북동쪽인 울산 부근에는 수년 주기로 표층에 출현하는 냉수가 존재한다. 이 냉수는 동해에서 생성된 수피로 여름철에 해저를 따라 남서 방향으로 흘러온다고 하였으며(Lim and Chang 1969; 김·김 1983). 또한 이 냉수의 출현을 연안용승에 의한 것으로도 보고있다(朴, 1978; An, 1974; Lee, 1978). 이와 같이 대한해협 주변의 수계는 상당히 복잡한 양상을 띠고 있다.

## 1. 대한해협의 수계

### 1) 낙동강의 유출수

낙동강 하구에서 가까운 정점 E<sub>1</sub>에서는 투명도가 3 m 이하로 가장 낮았으며(Fig. 7), 18~19°C 와 31‰ 이하이고 δ<sub>T</sub>가 600~650 cl/t 인 비교적 가볍고 저온·저염분인 물이 떠 모양으로 북북동쪽으로 연결되어 있다(Fig. 2). 이것은 낙동강 물의 유출·확산 방향이 쓰시마난류가 흘러가는 쪽으로 향하고 있다는 것을 알 수 있다. Chu(1975)는 홍수시 낙동강 유출수의 주류가 부산의 다대포와 목도 부근 해역의 수심 0~5 m 층에서 외양수와 혼합·확산되어 동해로 유입 된다고 한 것과 거의 같은 결과이다.

또한 표면의 용존산소는 4.5~5.0 ml/l, 인산염은 0.25~0.5 μg-atom/l 로 비교적 높은 값이었고, 질산염과 규산염은 조사 해역 중에서 가장 높은 값인 10.0 μg-atom/l 이상이였으며(Fig. 8, Fig. 12), 이들의 분포 특징은 수온·염분 및 δ<sub>T</sub> 와 비슷하였다. 이러한 원인은 낙동강 하천수의 영향으로 육지의 많은 영양염류가 유입된 것으로 볼 수 있다.

### 2) 쓰시마난류 수

낙동강의 유출수와는 달리 쓰시마난류수는 투명도가 비교적 큰 15 m 이상, 수색 4~2의 맑은 물이며(Fig. 7, Table 1), 표면수는 23°C 내외, 염분은 32~33‰ 의 고온·저염이고, δ<sub>T</sub> 값은 600~800 cl/t 으로 대한해협에 존재하는 수계 중 가장 가벼운 물임을 알 수 있다(Fig. 2).

표면의 용존산소는 5.0 ml/l 이상으로 주변 수계 보다 크며 인산염, 질산염, 규산염은 각각 0.25 μg-atom/l 이하, 2.0 μg-atom/l 이하, 2.5 μg-atom/l 이하로 가장 낮은 값으로 나타나고 있다(Fig. 8, Fig.

12). 이러한 원인은 낙동강 물과는 달리 연안수나 하천수의 영향을 비교적 적게 받아, 장기간 해류가 진행해 오는 동안 풍부한 영양염이 소비된 것으로 볼 수 있다.

### 3) 거제도 연안수

거제도 남단 쪽인 C<sub>1</sub>, D<sub>1</sub>의 부근 해역은 표면수는 20~21°C 로 비교적 낮고 염분은 33.0‰ 이상으로 비교적 높으며 δ<sub>T</sub> 값은 500 cl/t 이하로 울산 연안수에 이어 두번째로 무거운 물이었다(Fig. 2).

용존산소는 5.0 ml/l 이하의 저산소이고 인산염은 0.5 μg-atom/l 내외의 높은 값이다(Fig. 8). 질산염과 규산염은 각각 주변 해역보다 낮은 3.0 μg-atom/l 이하, 5.0 μg-atom/l 이하로 나타났다(Fig. 12).

### 4) 울산 연안수

조사 해역 중 가장 특이한 수계로 F line 의 연안 쪽인 F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>에서는 투명도가 부산 영도 부근인 E<sub>1</sub>, E<sub>2</sub>와 F line 의 외해쪽인 F<sub>3</sub>, F<sub>4</sub> 보다 큰 4 m 정도의 투명도를 보였다(Fig. 7). 그리고 수색은 D<sub>1</sub>, E<sub>1</sub> 보다 더 푸른 계통인 6으로 나타나고 있다(Table 1). 또한 표면수온이 조사 해역 중 가장 낮은 16°C 이하, 염분은 가장 높은 33.5‰ 이상으로 저온·고염의 수계로 나타났다. δ<sub>T</sub> 값도 330 cl/t 이하로 가장 무거운 물임을 알 수 있다(Fig. 2). 또한 용존산소 및 인산염, 질산염, 규산염과 같은 영양염류도 F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>에서 조사 해역중 가장 높거나, 비교적 높은 값을 가진다(Fig. 8, Fig. 12).

이러한 원인은 저층의 차고 비교적 고염한 물이 바람에 의해 용승된 것이라 할 수 있고, 염분이 34.00~34.05‰의 특성을 가진 동해 고유냉수와는 달라서 동해 고유수라고 단정하기 어렵다. 그러나 F line 보다 더 북쪽으로 관측하지 않았기 때문에 명확히 이야기 할 수 없으나, 이 연구대상 해역에서 7월 25~31 일에 연속으로 한국 남동 해안에 평행하게 남서풍이 불었기 때문에 연안용승에 의한 것이 아닌가 추측되며 앞으로 이에 관한 상세한 연구가 요망된다.

이와같이 대한해협의 관측에서 나타난 수계를 더욱 명확하게 비교하기 위하여 낙동강 물은 E<sub>1</sub>을, 쓰시마난류수는 B<sub>s</sub>, 거제 연안수는 D<sub>1</sub>, 울산 연안수는 F<sub>1</sub>을 각각 대표점으로 선정 T-S diagram 상에 표시하였다(Fig. 13). 또한 F<sub>4</sub>는 이상에서 구분한 수계와는 달리 다소 특이한 성질을 보였으므로 함께 조사하였다.

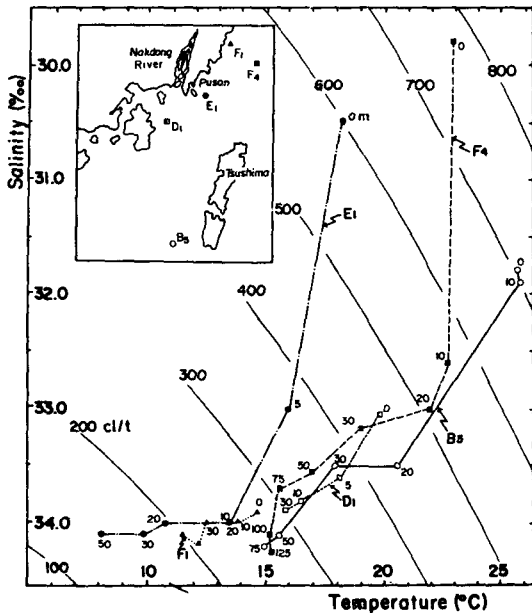


Fig. 13. The T-S diagram at selected stations according to the water types in July, 1983.

F<sub>4</sub>의 표면수온은 23°C로 주변수와 별로 차가 없으나, 수심 50m에서 17°C로 주변보다 약간 높고, 표면 염분이 30‰ 이하로 아주 낮아 δ<sub>T</sub>가 750 cl/t 이상의 밀도가 아주 작은 물이었다. 또한 표면의 용존산소도 매우 낮아 4.5 ml/l 이하로 저 산소의 성질을 띠고 있었다.

T-S diagram 상에서 울산 연안의 F<sub>1</sub>은 영도 앞의 E<sub>1</sub>에 비해 저온 고염이며, 표면에서 저층까지의 물은 E<sub>1</sub>의 약 10~20m와 거의 같은 δ<sub>T</sub>인 200~300 cl/t였으므로 특성이 아주 달리 나타남을 알 수 있다. 그러나 F<sub>4</sub>의 물은 F<sub>1</sub>과는 아주 이질적으로 F<sub>4</sub>의 수심 100m 이심에 있는 물과 F<sub>1</sub>의 수심 0~10m에 존재하는 물과 δ<sub>T</sub>가 거의 동일하였다.

거제도 주변의 연안수인 D<sub>1</sub>을 대마도 남서쪽 B<sub>5</sub>의 쓰시마 난류수와 비교하여 보면, 거제도 연안수가 저온 고염의 특성을 지니고 있으므로 B<sub>5</sub>의 수심 0~20m의 고온저염한 표층수와는 그 특성이 전혀 판이하게 달랐다. 그리고 B<sub>5</sub>의 50m 이심의 물과 F<sub>1</sub>의 수심 0~10m의 물은 δ<sub>T</sub> 250~300 cl/t의 등비용면상에 있는 점으로 보아 쓰시마 난류는 F<sub>2</sub>에 까지 북상하지 않으며, F<sub>1</sub>에 있는 물은 저층에서 용승된 물로 볼 수 있다.

고온 저염한 쓰시마 난류수(B<sub>5</sub>)는 낙동강 유출수(E<sub>1</sub>) 보다 수온이 8°C 정도 높고 표층을 제외한 30m 이천에서는 1~3‰ 낮은 염분이어서 낙동강 수의 유출방향은 영도쪽이 우세하다고 추측되며, 또 이 양수계가 혼합된 것이 F<sub>4</sub>의 특성을 가지는 물로 나타남을 알 수 있다.

이상과 같은 결과에서 낙동강 유출수는 낙동강 하구에서 대마도 앞을 거쳐 북동으로 흘러가고 있음을 알 수 있다.

## 2. 용승현상

Fig. 13의 T-S diagram에서 울산 연안쪽인 F<sub>1</sub>은 저온 고염의 δ<sub>T</sub>가 250~300 cl/t인 무거운 물로서 영도 앞 E<sub>1</sub>의 10m 이심의 물과 거의 유사하며, B<sub>5</sub>의 50m 이심, F<sub>4</sub>의 50~100m에서의 저층수 δ<sub>T</sub>의 특성과도 유사하다. 따라서 Nishida(1927)와 Lim and Chang(1969) 및 Lee(1978)의 저층 냉수 남하 현상으로 설명하기 보다는 바람에 의한 용승현상으로 볼 수가 있다.

화학적 성분의 분석에서 Fig. 11의 질산염과 인산염 그리고 규산염의 분포를 보면 저층의 높은 농도가 F<sub>1</sub> 및 F<sub>2</sub>의 표층 근처에 나타나며, F<sub>3</sub>, F<sub>4</sub>, F<sub>5</sub>의 표층은 아주 낮은 농도를 보이므로 표면의 최대 수명경도도 이들 두 해역 사이에 나타난다(Fig. 12). 그러나 10~45m 층에서는 4.5 ml/l 이하로 주위보다 다소 낮는데 이것은 용승이 탁월하여 저층의 저 산소의 물이 용승한 것으로 설명할 수 있으며, 표층이 고산소인 것은 저층의 풍부한 영양염이 표층으로 올라 오게되면 광합성 층에 있는 phytoplankton의 증식이 활발히 일어나기 때문에 용존산소가 많아진 것으로 해석된다(朴, 1978).

또한 보다 상세한 관측은 이루어지지 않았지만 관측시 연안에 거의 평행하게 연속적으로 7일 동안 불었던 남서풍의 영향도 고려하면 울산 연안이 다른 해역보다 저온 고염인 것을 연안용승에 의한 현상으로 설명할 수 있다.

## 요 약

1983년 7월 25~31일의 대한해협에서 실시한 관측 자료를 사용하여 대한해협 서수도 수계의 화학적 성분을 분석 조사하였다.

그 결과 낙동강 유출수, 쓰시마 난류수, 거제도 연안수 및 울산 연안수의 4개의 수계로 구분되었다.

한편 낙동강 유출수의 영향은 거제도쪽 보다 부산 영도인 동해 남부 연안쪽이 더 컸다.

이들 수계의 특성으로 먼저 낙동강 유출수는 투명도 3 m 이하, 수색 7인 황토색 물로 표면의 수온, 염분, 용존산소, 인산염은 각각 18~19°C, 31‰ 이하, 4.5~50 ml/l, 0.25~0.5 µg-atom/l 이었고 또 질산염과 규산염은 해역중 가장 높은 값인 10.0 µg-atom/l 이상이였다.

쓰시마 난류수는 투명도 15 m 이상, 수색 4~2의 맑은 물로 표면수온 23°C 내의 염분 32~33‰의 고온 저염수이다. 또한 표면의 용존산소는 5.0 ml/l 이상, 인산염, 질산염, 규산염은 각각 0.25, 2.0, 2.5 µg-atom/l 이하로 해역중 가장 낮은 값이었다.

거제도 연안수는 표면수온 20~21°C, 염분 33‰ 이상의 비교적 저온 고염이고 표면 용존산소량이 5.0 ml/l 이하, 인산염 0.5 µg-atom/l 내의 질산염과 규산염은 각각 3.5 µg-atom/l 이하로 나타났다.

또한 울산 연안수는 관측 해역중 가장 표면수온이 낮은 16°C 이하, 33.5‰ 이상의 저온 고염이고, 용존산소, 인산염, 질산염, 규산염은 상당히 높은 값을 가져 저층수의 연안용승으로 인한 것이 아닌가 생각된다.

### 참 고 문 헌

An, H. S. 1974. On the cold water mass around the southeast coast of Korean peninsula. J.

Oceanol. Soc. Kor. 9(1~2), 10-18.

Chu, K. S. 1975. The effect of fresh water flowing from NAG-DONG River to the Korea strait in flood season. Korea Hydrogr. Off. Tech. Rep. 75-78.

Lee, K. B. 1978. Study on the coastal cold water near Ulsan. J. Oceanol. Soc. Kor. 13(2), 5-10.

Lim, D. B. and S. D. Chang. 1969. On the cold water mass in the Korea Strait. J. Oceanol. Soc. Kor. 4(2), 71-82.

Murphy, J. and J. P. Riley 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. Analytica chim. Acta. 27, 31-36.

Nisida, K. 1927. Results of the current measurements in the adjacent seas of Tyosen, 1923-1926. Rep. Oceanogr. Invest. Fish. Exp. Sta. Husan, 2.

朴滄吉. 1978. 韓國 東海岸 冷水塊의 海洋化學的 考察. 韓水誌 11(2), 49-54.

洪鐵融·曹圭大. 1983. 夏季東海의 溶存酸素分布特性과 對馬暖流. 韓水誌 16(3), 291-297.

김철호·김구. 1983. 韓國東海岸에 出現하는 冷水塊의 特性과 起源. 韓國海洋學會誌 18(1), 73-83.

宮崎道夫·阿部成雄. 1960. 對馬海流々域の水塊について. 日本海洋學會誌 16(2), 19-28.