

# 광양만의 수온과 염분의 년변화에 관하여

한 영 호\*

## On the Annual Variations of Water Temperature and Salinity in Kwang Yang Bay

Young Ho HAN\*

### Abstract

The physical oceanographic investigations in Kwang Yang Bay, were carried out for seven times from May 1974 to May 1975.

The results of this survey show that the salinity of the bay water is generally lower than that of the adjacent sea water, and mean surface salinity in March and July were 20.8~25.2‰ and 31.8~32.5‰.

The month with the minimum surface water temperature was January with 2.5~5.2℃; the maximum monthly value was 23.8~24.2℃ in September.

The surface water temperature were related to the heat budget at the sea surface in the bay water, the degree of relationship was good.

The mean vertical stability in the bay water(0~10m) were  $297 \times 10^{-6}$  in July and  $-1 \times 10^{-6}$  in January.

The computed vertical stability indicate that the vertical mixing could move down to the depths of 15m during late autumn and winter, but the rest of season hardly take place to the depths of 10m.

### 서 론

광양만은 우리나라 남해의 중앙부에 위치하고 있으며 여천군, 승주군 및 광양군, 남해군으로 둘러싸인 내만 전역을 말한다.

만의 동북단에는 노랑수도가 있고 남동단에는 여수 해만과 연결되어 외해와 통하여 있다.

만의 북쪽에는 유역면적이 4,896 km<sup>2</sup>나 되는 섬진강 하구가 있어, 일년 평균유출되는 총유량이 25억 8천 만톤의 담수가 유출 된다는 金(1968)의 추정치가 발표 되었으나 張등(1975)의 실제 관측치는 5월에 1억4천 만톤, 11월과 1월이 약 8천만톤으로 추정치보다 적다.

광양만은 중화학 공업단지과 인접하여있고 만의 북쪽은 백합 및 패류양식장이 있어 해양오염의 염려도가

큰 해역의 하나이다.

이러한 이유로 전반적인 물리적 해황조사가 張, 韓, 尹, 梁, 金(1974)에 의하여 실시되었으며 수질, 해황 및 생태학적 조사가 한국원자력연구소(1975), 수질조사가 元(1975)에 의하여 실시 되었다.

이 조사 결과로 물리적 해황 측면에서 해양오염물질의 확산능을 알기 위하여 Rhodamine B를 사용하여 45분후에 수평확산계수가 32 m<sup>2</sup>/sec라는 것을 알아냈다(張등, 1974).

그러나 만내의 확산능을 정확히 알기 위하여서는 수평확산계수와 수직안정도를 알아야 하므로 본 논문은 수직안정도의 조사를 하기 위하여 1974년 5월부터 1975년 5월까지 격월로 만의 수온 및 염분변화를 수평, 수직으로 조사하여 그 결과로 수직안정도를 계산하였다.

\* 부산수산대학, National Fisheries University of Busan

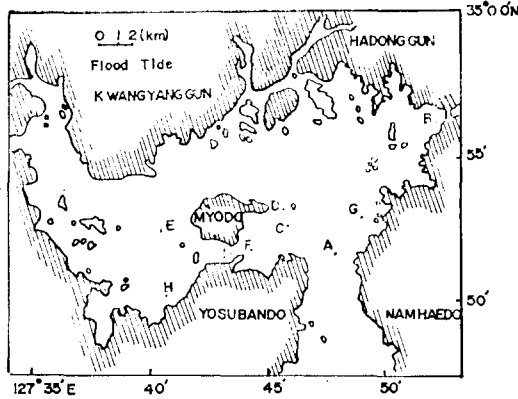


Fig. 1 Observational Stations in KwangYang Bay.

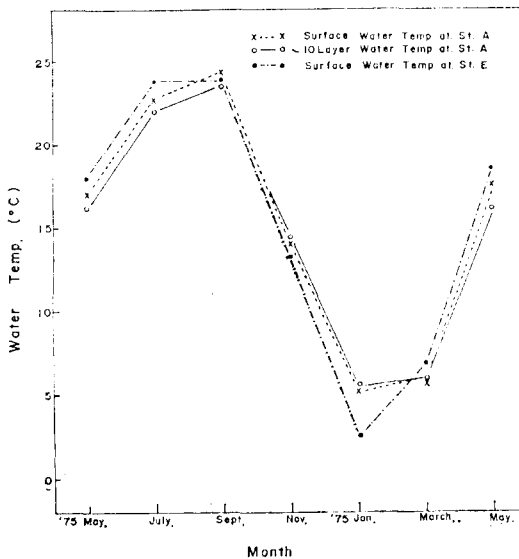


Fig. 2 Annual variations of water temperature at the Station A and E.

자료 및 방법

관측은 소형선박을 사용하여 운항가능 해역에서 실시 하였으며 그림 1의 A, B, C, D, E, F, G, H, I는 그중에 비교관측을 위한 관측점으로 하여 수온과 염분의 표면과 10m층을 주로 관측하였고 필요에 따라 2m, 4~5m, 10m, 15m, 20m까지 수직관측을 실시 하였다.

기상자료는 여수 측후소의 관측치를 사용 하였다.

수온의 변화와 비교검토하기 위한 수면의 일수지(Q)는

$$Q = Q_s - Q_r - Q_b - Q_e - Q_h \dots\dots\dots(1)$$

로 표시된다. 여기서  $Q_s$ 는 일사량,  $Q_r$ 는 일사량의 수면 반사량,  $Q_b$ 는 수면의 장파복사량,  $Q_e$ 는 증발잠열,  $Q_h$ 는 현열방출량이다.

(1) 식을 사용하여 수면의 일수지를 계산하기 위하여  $Q_s$ 는 실제 관측치를 사용 하였고  $Q_r$ 과  $Q_b$ 는 Laevastu(1960)의 식

$$Q_r = 0.15Q_s - (0.01Q_s)^2 \dots\dots\dots(2)$$

$$Q_b = Q_{ob}(1 - 0.0755C) \dots\dots\dots(3)$$

$$Q_{ob} = \frac{14.28 - 0.09T_w - 0.046V}{69.72}$$

을 사용하여 구하였다. 여기서  $Q_{ob}$ 는 쾌청일의 수면 복사량이고, C는 운량,  $T_w$ 는 수온, V는 풍속이다.

그리고  $Q_e$ 와  $Q_h$ 는 Jacobs(1951)의 식에서

$$Q_e = 5.34V(T_w - T_a) \dots\dots\dots(4)$$

$$E = 0.143V(e_s - e_a) \dots\dots\dots(5)$$

을 이용하였다. 여기서  $T_a$ 는 기온, E는 증발량이고,  $e_s$ 는 수온에 해당하는 포화증기압이고  $e_a$ 는 대기의 수증기압이다.

또한 해양에서 두층사이의 수직안정도(E)는 Hesselberg(1918)에 의하여

$$E = \lim_{\Delta z \rightarrow 0} \frac{1}{\rho} \frac{d\rho}{dz} = \frac{1}{\rho} \frac{d\rho}{dz} \dots\dots\dots(6)$$

로 정의 되었다. (6)식에서 Sverdrup(1941)는 단일성에서 변화가 극히 적은 인자  $1/\rho$ 를 무시 하였다. 그러므로 (6)식에  $1/\rho$ 를 무시하고  $\sigma_t = (\rho - 1)1000$ 을 대입하면

$$E = 10^{-3} \frac{d\sigma_t}{dz} \dots\dots\dots(7)$$

로 된다. 본 논문에서는 (7)식을 사용하여 수직안정도를 구하였다.

결과 및 고찰

수온 변화

만내에서 비교적 수심이 깊은 여수해만 입구인 St. A와 수심이 4m내외인 St. E와 비교한것이 그림 2와 같다.

전반적으로 9월이 최고로 23.8~24.2℃이고, 1월이 최저로 2.5~5.2℃여서 년 변화량이 19~21℃이다.

이것은 만의 대부분이 10m미만의 해역으로 대기의 영향을 크게 받는것으로 생각된다.

또한 St. A와 St. E의 표면수온의 차는 3, 5, 7월은 St. E가 St. A보다 높고 9, 11, 1월은 St. A가 St. E보다

광양만의 수온과 염분의 년변화

Table 1 Heat Budget at the Water Surface

		$Q_s$	$Q_r$	$Q_b$	$Q_E$	$Q_h$	$Q$
74'	May	396	42	116	138	-20	93
	July	215	28	52	66	26	43
	Sept.	316	37	120	306	30	-177
	Nov.	218	28	156	282	88	-336
	Jan.	163	22	230	186	65	-340
	Marc.	326	38	168	138	-23	23

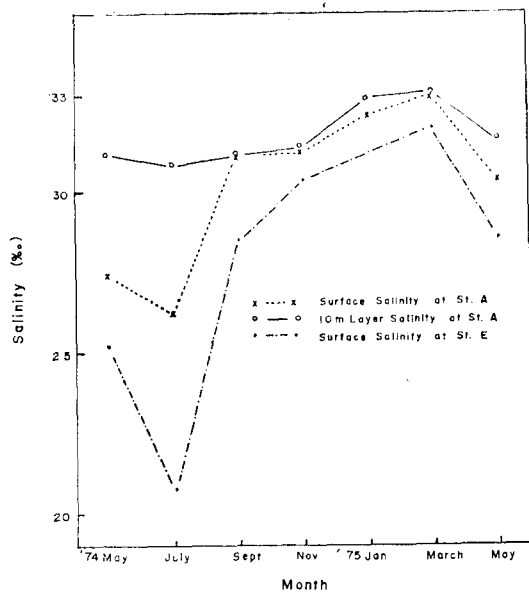


Fig. 3 Annual variations of water salinity at the Station A and E.

Table 2 P-E Values in Kwang Yang Bay.

	74'				75'	
	May	July	Sept	Nov.	Jan	March
Precipitation(mm) "P"	500	650	400	30	20	60
Evaporation(mm) "E"	72	33	150	140	93	70
P-E	428	613	250	-110	-73	-10

표층수의 수평분류

위에서 언급되어진 바와 같이 만이 넓어서 해역에 따라 수온과 염분의 차가 심하기 때문에 이것을 수평 분류하기 위하여 표층수의 T-S diagram을 그려서 해역별로 분류하면 그림 4와 같다.

높다. 이것은 (1)~(6)식에 의하여 얻어진 표.1에서와 같이 수면에서 열수지가 (+)때는 수심이 얇은 St. E가 수심이 깊은 St. A보다 수온이 높고, (-)인 때는 St. A가 St. E보다 수온이 높다. 그러므로 수심이 얇은 묘도서쪽 해역에서는 수온이 대기의 조건에 따라 쉽게 변화를 일으키나 St. A는 그 변화폭이 적다고 볼 수 있다.

염분 변화

광양만 전체가 섬진강의 담수 유입량에 따라서 염분 변화가 크게 변화하며 그림 3와 같이 수심이 깊고 외해와 가까운 St. A는 수심이 얇은 St. E보다 표면수의 염분이 늘 1~3% 높게 나타나지만 연변화 경향은 비슷하다. 그러나 St. A에서의 10m층의 염분의 연변화는 그 변화량이 2% 미만인 것으로 보아 섬진강의 담수의 영향이 저층까지는 크게 영향을 미치지 못하는 것으로 해석된다.

St. A에서 표면수의 염분은 7월이 최저로 25.2%이고, 3월이 최고로 32.5%이며 St. E에서는 역시 7월이 최저로 20.8%, 3월이 31.8%로 최고값을 나타내고 있어 연변화량이 11%나 된다.

하천수의 영향을 거의 받지않는 St. A의 10m층과 St. E의 표층수의 염분을 비교하면 표 2에서 P-E값이 가장 많았던 7월에 10%로 가장 차이가 많았으며 P-E 값이 가장 적었던 11월이 1.0%로 그 차이가 가장 적었다.

이것은 섬진강의 하천수의 영향이 주로 표층에 영향을 미치며 특히 묘도 서쪽해역에는 큰 영향을 미치는 것으로 해석된다.

일년을 통하여 일반적으로 섬진강의 하천수 영향과 대기의 영향을 비교적 적게 받는 여수 해만입구와 노량수도를 잇는 A해역, 영향을 다소받는 묘도주위의 B해역, 영향을 많이 받는 묘도 서쪽의 C해역으로 나누어진다.

이것은 어떠한 기준에 의하여 분류한것이 아니라 T-S diagram에 나타나 있는 동일성이라고 간주되는 것들을 묶어서 분류한 것이다.

여기서 7월은 A, B 해역과 달리 C 해역이 저염분 고수온이며, 9월의 수온은 A, B, C 해역이 비슷하나 염분은 다소 차이가 나타나며, 11월과 1월은 A, B 해역에 비교하여 C 해역이 저염분 저수온의 특성을 나타낸다. 그리고 3월과 5월은 다시 7월과 비슷하게 C 해역이 저염분 저수온 현상을 나타낸다.

이것으로 보아 역시 C 해역이 대기의 영향과 섬진강의 하천수 영향을 가장 많이 받고 있으며 모도주위가 그 다음이고 가장 적게 영향을 받는것이 여수해 만과 노량수도를 잇는 수심이 깊은 해역이다.

### 수직 안정도

만내의 수직안정도를 조사하기 위하여 표면과 10m 층 사이의 수직안정도를 (7)식에 의하여 월별로 계산한 결과가 그림 5와 같다.

관측전에 강수량이 많았던 1974년 5월은 해역별로 수직안정도(표면-10m)의 차가 커서  $95 \times 10^{-6} \sim 494 \times 10^{-6}$ 였고 그 평균값이  $251 \times 10^{-6}$ 이었다. 7월은 년중 최고값을 나타내어 그 평균값이  $297 \times 10^{-6}$ 있으며 11월

1월 그리고 3월은  $-1 \times 10^{-6} \sim 14 \times 10^{-6}$ 으로 그 평균값이 최소값을 보여서 그 안정도가 낮았음을 나타낸다.

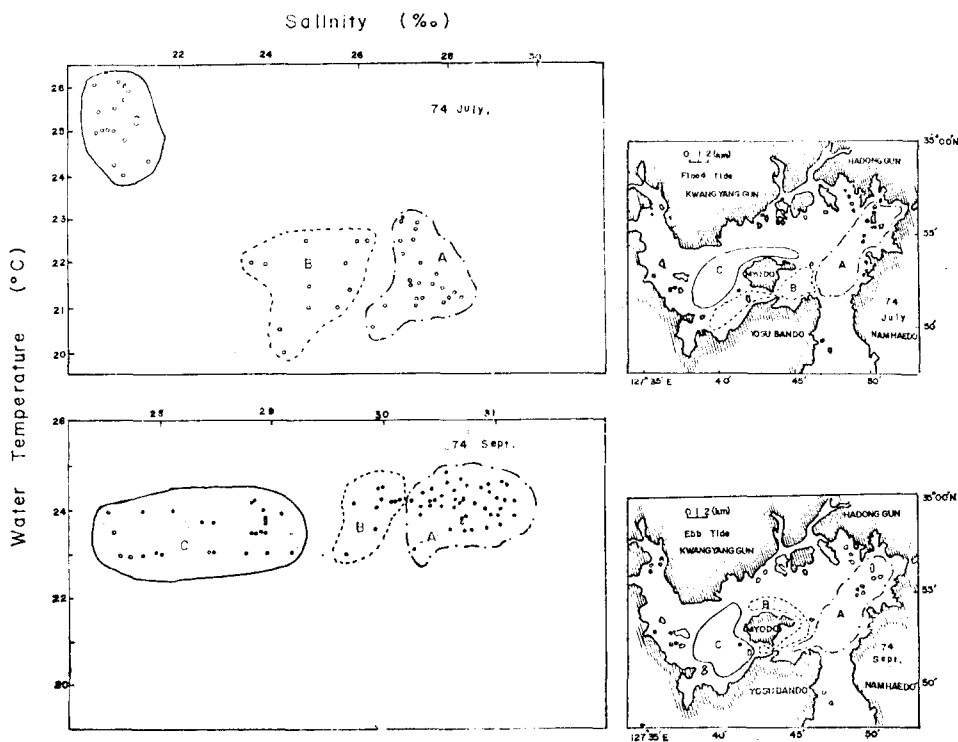
이것으로 보아 강수량이 많았던 달은 표층의 안정도가 높고, 수면에서 열손실이 많은 달은 안정도가 낮았다.

또한 수직안정도가 낮았던 11월, 1월 그리고 3월을 선택하여 월별로 안정도의 수직분포를 살펴보면 그림 6과 같아서 11월은 표층부터 5~10m층까지 (-)이며 10~15m층에서 다소 값이 증가하나 그값이  $2 \times 10^{-6}$ 밖에 되지 않아 15m층까지는 쉽게 수직혼합이 일어날 수 있다.

1월은 수심 증가에 따라 다소 증가는 하나 5~10m층에서 최고로  $2 \times 10^{-6}$ 이므로 이것도 역시 수직혼합이 쉽게 일어날 수 있다.

3월은 표층과 2~4m층이 최저로  $1.6 \times 10^{-6}$ 이고 4~10m층에서 다소 증가하여  $7.4 \times 10^{-6}$ 으로 표층과 4~10m층과는 쉽게 수직혼합이 일어나기 어렵다고 보아진다.

그리고 만내 전반적인 유동의 원인은 조류이므로 밀물과 썰물때의 안정도의 시간적 변화를 알아보기 위하여 St. I와 St. C에서 13시간 정점관측을 실시한 결과는 그림 7과 같다.



광양만의 수온과 염분의 년변화

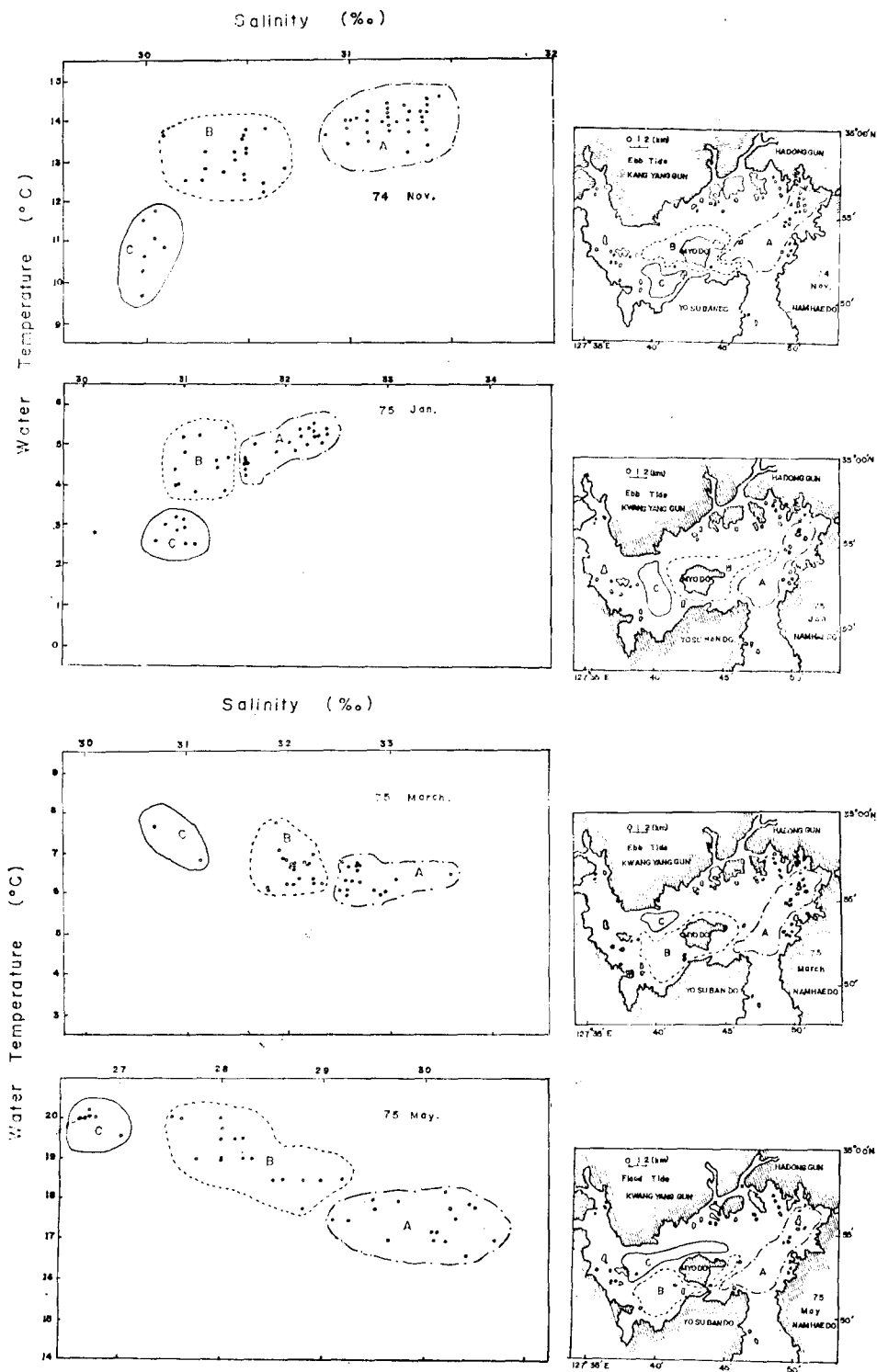


Fig. 4 T-S diagrams of surface water in Kwang Yang Bay.

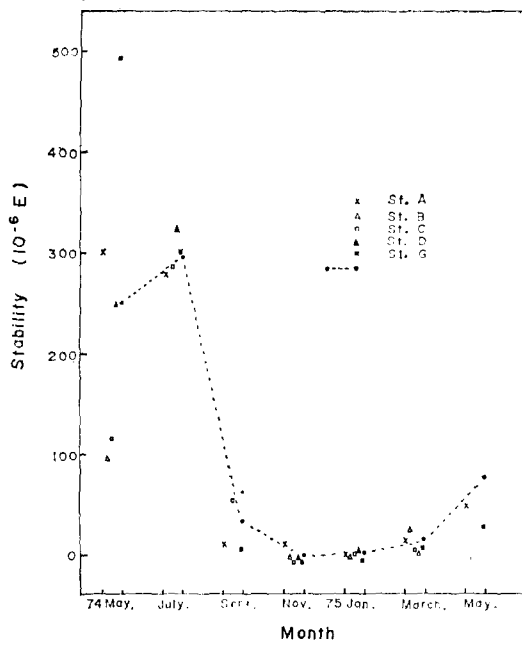


Fig. 5 Annual variation of vertical stability at the stations A, B, C, D and E.

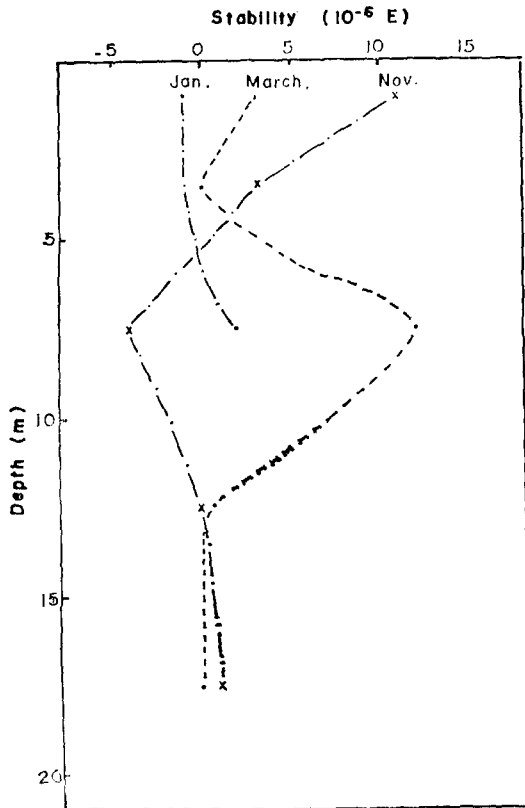


Fig. 6 Distributions of vertical stability.

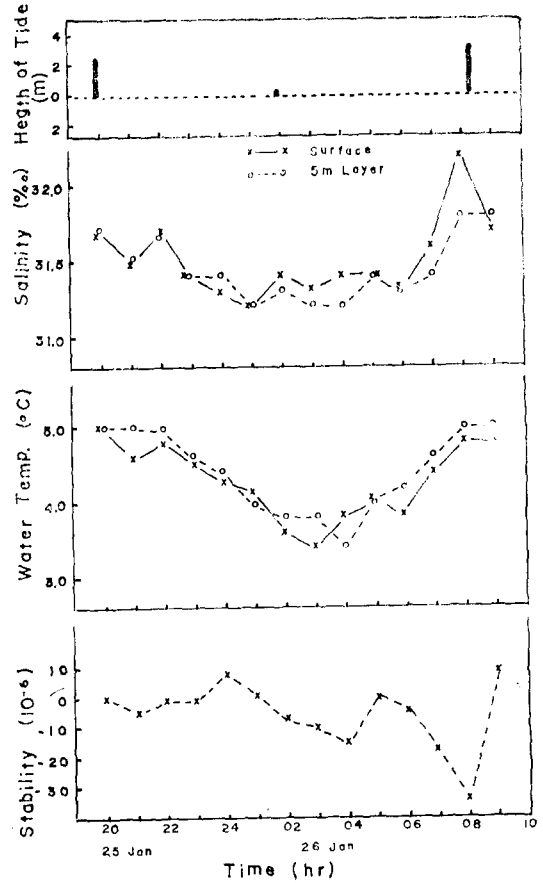


Fig. 7-1 Variations of water salinity, temperature and vertical stability at the Station I.

St. I와 St. C는 다같이 조류에 의하여 썰물때 염분이 낮아지고 밀물때 염분이 다소 높아지는 경향은 뚜렷하나 수직안정도는 크게 변화하지는 않는것으로 판단된다.

요 약

광양만의 수온과 염분의 관측을 1974년 5월부터 격월로 1975년 5월까지 7회 걸쳐서 실시한 자료와 그밖에 여수 측후소의 기상관측 자료를 분석한 결과, 그것을 요약하면 다음과 같다.

- 1) 수온은 9월이 최고로 23.8~24.2℃였고, 1월이 최저로 2.5~5.2℃여서 연변화량이 19~21℃이다.
- 2) 표면에서의 열수지가 (+)인 때는 수심이 얇은 교도 서쪽해역이 비교적 높은 수온을 나타내며 (-)인 때는 수심이 깊은 여수해만쪽의 수온이 높게 나타난다

## 광양만의 수온과 염분의 년변화

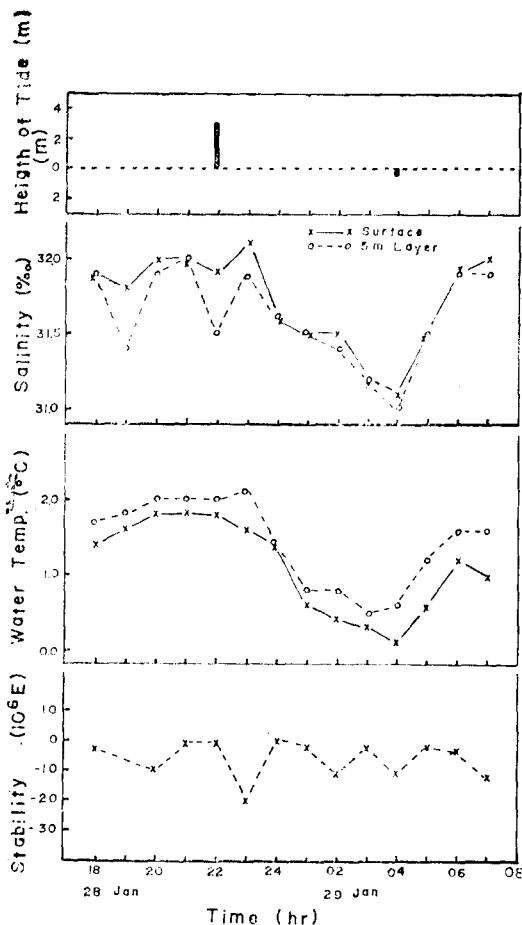


Fig. 7-2 Variations of salinity, water temperature and vertical stability at the station C.

3) 수면의 열수지는 1974년 5월이  $93 \text{ cal/cm}^2$ 로 가장 크게 나타났고 1975년 1월이  $-340 \text{ cal/cm}^2$ 로 최저로 나타났다.

4) 수심이 얇은 St. E에서의 표층염분의 년변화는 7월이 20.8%로 최저, 최고는 3월이 31.8%로 연변화량이 11%이며 수심이 다소 깊은 St. A에서의 염분의 연변화는 역시 7월최저로 25.2%, 최고는 3월이 32.5%로 연변화량은 7.3%밖에 되지 않는다.

5) St. A에서 10m층의 염분의 연변화는 7월이 30.8%로 최저, 최고는 3월이 33.0%로 연변화량이 2.2%밖에 되지 않아 섬진강의 하천수영향이 10m이상 깊이에는 크게 영향을 미치지 못하는 것으로 해석된다.

6) St. A의 10m층과 St. E의 표층수의 염분의 차는 P-E값이 큰 7월이 10‰로 최고이고 P-E값이 최저인 11월은 1.0‰로 역시 최저이다. 이것으로 보아 만

내의 수심이 얇은 해역에서의 염분은 강수량이나 증발량과 밀접한 관계가 있다.

7) 표층수를 분류하면 섬진강의 하천수와 대기의 영향을 가장 많이 받는 곳이 묘도 서쪽의 C해역이고 그 다음이 묘도 주위의 B해역이며, 여수해면과 노량수도름 잇는 A해역은 가장 적게 영향을 받는다.

8) 강수량이 많고 수면에서 열수지도(+)인 5월과 7월은 표층과 10m층의 안정도가 커서  $251 \times 10^{-6} \sim 297 \times 10^{-6}$ 이며 수면에서 열손실이 크고 강수량이 적었던 11월, 1월 그리고 3월은 수직안정도가  $-1 \times 10^{-6} \sim 14 \times 10^{-6}$ 으로 수직혼합이 쉽게 일어날수 있어 오염물질의 확산이 훨씬 잘될 것으로 사료된다.

9) 수직안정도는 조류의 영향을 별로 받지 않는다.

## 사 사

본 연구를 위하여 문교부에서 연구 조성비를 지급하여준데 대하여 사의를 표한다.

또한 처음부터 끝까지 도와주신 장지원 교수님과 관측을 도와준 송성일, 송영균, 문경출, 그리고 황범용 군에게 감사의 뜻을 포함합니다.

## 문 헌

- 장지원 · 한영호 · 윤갑동 · 양용립 · 김천덕(1974); 광양만의 물리적 해황에 관한 연구(I). 어업기술연구 10(1) 1~18.
- 원자력 연구소(1975); 호남정유 공장을 중심으로한 광양만 일대의 수질, 해상 및 생태학적 조사, 과학기술처. SF7-74-6, 1~184.
- 원종훈 · 고남표(1975); 광양만 백합양식장 수질에 미치는 영향에 대하여, 한국수산학회지 8(2) 73~84.
- 김광식(1968). 10대강 유역의 물수지. 한국기상학회지 4(1)1~7.
- Neumann, G. and Pierson, W. T. (1966): Principles of Physical Oceanography. Prentice-Hall, 139-143, 403.
- Sverdrup-Johnson-Fleming(1942): The Ocean. Prentice-Hall 416-418.
- Jacobs, W. C. (1951): Large scale aspect of energy transformation over the ocean. Compendium of Meteor. 1057-1070.
- Laevastu, T. (1960): Factors affecting the temperature of the surface layer of the sea. Helsinki 136p.