

BSPE 00044 - 66 - 7

# 鎮海灣의 赤潮 및 汚染 모니터링 시스템 開發을 위한 研究

1982. 12.



韓國科學技術院  
海洋研究所

## ABSTRACT

The objectives of this study were to conduct a comprehensive oceanographic survey in Jinhae Bay and to develop a monitoring system for red tides and pollution in the bay. This report comprises the results of the third year (1982) of the ongoing investigation and consists of three parts; 1) physical, 2) chemical and 3) biological studies.

Physical oceanographical surveys were conducted around Jindong Bay for three weeks in March. The wind observation at the Sogwangi Do showed that the predominant wind directions were determined by the local topography and over 70% of the wind speeds were between 1-4m/sec. Wind spectra showed that the diurnal and semidiurnal components were dominant, although components with periods of 16, 9, 7 hour and less were also existent.

The characteristic features of the water movements at the mouth of Jindong Bay were as follows. Firstly, the dominant current components were mainly semidiurnal and diurnal with less significant quarter-diurnal and terdiurnal components. Secondly, the current directions at stations A11 and A12 were bidirectional although considerably diffused, and the maximum

and mean current speeds were 23-27cm/sec and 10-11cm/sec, respectively. Thirdly, the residual current flowed counterclockwise during the spring tide and clockwise during the neap tide at the mouth of Jindong Bay, and the bottom currents became very weak during the transition period between the spring and neap tides. Fourthly, the effects of winds on the residual flow seemed to be negligible.

The results of chemical oceanographic investigation at 11 stations in Jinhae Bay in 1982 are summarized as follows. Temperatures of surface waters in Masan Bay were higher in summer and lower in winter than those of Jindong Bay, Haengam Bay and Masan waterway. Annual mean salinities of surface waters in Masan Bay appeared to be lower than those of the other areas, while Masan Waterway showed the highest mean salinities in bottom waters. The pH and saturation percentages of dissolved oxygen were extremely high in surface waters of Jinhae Bay during summer when red tides were in bloom. The levels of chemical oxygen demand and suspended solids were the highest in Masan Bay during summer. The annual mean concentrations of the dissolved nitrate and chlorophyll  $\alpha$  were the highest in Masan Bay. In contrast, Haengam Bay showed the highest mean contents of the dissolved phosphate.

The results of the continuous monitoring at St. 7 in Masan Bay showed that the levels of nitrate, chlorophyll  $\alpha$ , particulate nitrogen were high in seawater of low salinity, whereas the levels of salinity, phosphate, and chlorophyll  $\alpha$  were relatively high at the high tide.

The mean concentrations of Cd, Cu, Pb, and Zn of surface waters appeared to be higher than those of bottom waters. Masan Bay showed relatively high levels of Cd, Cu, and Zn. More than 70% of the total Cd, Cu, Pb, and Zn were in the dissolved form, while the rest was particulate.

The mean concentrations of Cd, Cu, Cr, Pb, and Zn in sediments were the highest in Masan Bay and the metal levels decreased gradually with increasing distance from the head of the bay. The levels of Co, Ni, Mn, and Fe in sediments of Jinhae Bay did not show any significant differences among the areas.

Biological oceanographic studies were conducted from February to November, 1982 at 9 stations in Jinhae Bay and the results were as follows.

Phytoplankton communities with more than  $10^5$ - $10^6$  cell/l persisted, causing red tide blooms, in the study area from May to October, 1982. The causative organisms of red tides were com-

posed of 28 taxa of Chrysophyta, 23 Dinophyta, and 1 Euglenophyta during the period from August, 1979 to November, 1982 in Jinhae Bay. The dominant red tide organisms in 1982 were *Skeletonema costatum*, *Gymnodinium splendens*, *Prorocentrum* spp., *Noctiluca miliaris*.

Among zooplankton in Jinhae Bay, copepod and larvae were the dominant groups throughout the study period, but the dominance of these groups in 1982 appeared to be less strong than that in 1979-81. Relatively large amounts of zooplankton occurred during red tide blooms, although there seemed to be no direct relationship between the number of zooplankton and the red tides phenomena.

# 目 次

第 I 章 鎮海灣의 物理 海洋學的 特性 .....	1
第 1 節 序 論 .....	3
第 2 節 바 람 .....	10
第 3 節 海水流動 .....	14
第 4 節 結 論 .....	47
第 II 章 鎮海灣의 化學的 特性 .....	49
第 1 節 序 論 .....	51
第 2 節 調查內容 및 方法 .....	51
第 3 節 一般水質指數의 調查結果 및 考察 .....	59
第 4 節 營養鹽 및 플랑크톤 色素量의 調查結果 및 考察 .....	73
第 5 節 連續測定結果 및 考察 .....	78
第 6 節 重金屬의 調查結果 및 考察 .....	96
第 7 節 結 論 .....	110
第 III 章 鎮海灣의 生物學的 特性 .....	119
第 1 節 序 論 .....	121
第 2 節 材料 및 方法 .....	121
第 3 節 結果 및 考察 .....	124
1. 赤潮原因生物의 分類學的 考察 .....	124
2. 植物性플랑크톤現存量의 變化 .....	130
3. 動物性플랑크톤 .....	153
第 4 節 結 論 .....	161

## LIST OF FIGURES

Fig. I-1a.	Station map of the Jinhae Bay in 1982. ....	4
Fig. I-1b.	Occupation periods of the stations in the Jinhae Bay in 1982. ....	5
Fig. I-2a.	Recording paper for analog type recording of wind. ....	11
Fig. I-2b.	Time plots of the wind data observed at Sowangi Do in the Jinhae Bay during March 7-26, 1982. ....	12
Fig. I-2c.	Histograms of the wind direction and speed at Sowangi Do in March, 1982. ....	12
Fig. I-2d.	Progressive vector diagram of the wind at Sowangi Do in March , 1982. ....	13
Fig. I-2e.	Spectra of the East-West component of the wind speed at Sowangi Do in March, 1982. ....	15
Fig. I-2f.	Spectra of the North-South component of the wind speed at Sowangi Do in March, 1982. ....	15
Fig. I-3.	Filters used in the current data processing. ....	17
Fig. I-4a.	Time plots of the RCM-4 data at the Station A11 (upper) occupied in March, 1982. ....	20
Fig. I-4c.	Time plots of the RCM-4 data at the Station A12 (upper) occupied in March, 1982. ....	22
Fig. I-4d.	Time plots of the RCM-4 data at the Station A12 (bottom) occupied in March, 1982. ....	23

Fig. I-4e.	Time plots of the Aanderra WLR data at Stations T <sub>2</sub> and T <sub>3</sub> in March, 1982. ....	24
Fig. I-5a.	Histogram of the current direction at the Station A11 (upper). ....	26
Fig. I-5b.	Histogram of the current direction at the Station A11 (bottom). ....	26
Fig. I-5c.	Histogram of the current direction at the Station A12 (upper). ....	27
Fig. I-5d.	Histogram of the current direction at the Station A12 (bottom). ....	27
Fig. I-5e.	Current directions at the Station A11 (upper). ....	28
Fig. I-5f.	Current directions at the Station A12 (upper). ....	29
Fig. I-6a.	Histogram of the current speed at the Station A11 (upper). ....	31
Fig. I-6b.	Histogram of the current speed at the Station A11 (bottom). ....	31
Fig. I-6c.	Histogram of the current speed at the Station A12 (upper). ....	32
Fig. I-6d.	Histogram of the current speed at the Station A12 (bottom). ....	32
Fig. I-7a.	Progressive current vector diagram at the Station A11 (upper). ....	33
Fig. I-7b.	Progressive current vector diagram at the Station A11(bottom). ....	33
Fig. I-7c.	Progressive current vector diagram at the Station A12(upper). ....	33
Fig. I-7d.	Progressive current vector diagram at the Station A12 (bottom) ....	33



Fig. I-8a.	Stick diagrams of the tidal, smoothed, and residual currents at the Station A11 (upper). . . . .	35
Fig. I-8b.	Stick diagrams of the tidal, smoothed, and residual currents at the Station A11 (bottom). . . . .	35
Fig. I-8c.	Stick diagrams of the tidal, smoothed, and residual currents at the Station A12 (upper). . . . .	36
Fig.I-8d.	Stick diagrams of the tidal, smoothed, and residual currents at the Station A12 (bottom). . . . .	36
Fig. I-9.	Precipitation at Busan and Chungmu in March, 1982. . . . .	37
Fig.I-10a.	Spectral decomposition of the East-West current component at the Station A11 (upper). . . . .	38
Fig. I-10b.	Spectral decomposition of the North-South current component at the Station A11 (upper). . . . .	38
Fig.I-10c.	Spectral decomposition of the East-West current component at the Station A12 (upper). . . . .	39
Fig. I-10d.	Spectral decomposition of the North-South current component at the Station A12 (upper). . . . .	39
Fig. I-11a.	Cross-spectral density between the East-west component of the wind at Sowangi Do and the East-West componet of the current speed at the Station A11(upper) . . . . .	40
Fig.I-11b.	Coherences between the East-West component of the wind at Sowangi Do and the East-west component of the current speed at the Station A11 (upper). . . . .	41

Fig. I-11c.	Phases between the East-West component of the wind at Sowangi Do and the East-West component of the current speed at the Station A11 (upper). . . . .	41
Fig. I-12a.	Cross-spectral density between the North-South component of the wind at Sowangi Do and the North-South component of the current speed at the Station 11 (upper).....	42
Fig. I-12b.	Component of the wind at Sowangi Do and the North-South component of the current speed at the Station 11(upper). . . . .	43
Fig. I-12c.	Phases between the North-South component of the wind at Sowangi Do and the North-South component of the current speed at the Station 11 (upper). . . . .	43
Fig. I-13a.	Cross-spectral density between the East-West component of the wind at Sowangi Do and the East-West component of the current speed at the Station 12 (upper). . . . .	44
Fig. I-13b.	Coherences between the East-West component of the wind at Sowangi Do and the East-West component of the current speed at the Station 12 (upper). . . . .	44
Fig. I-13c.	Phases between the East-West component of the wind at Sowangi Do and the East-West component of the current speed at the Station 12 (upper). . . . .	45
Fig. I-14a.	Cross-spectral density between the North-South component of the wind at Sowangi Do and the North-South component of the current speed at the Station A12 (upper). . . . .	45
Fig. I-14b.	Coherences between the North-South component of the wind at Sowangi Do and the North-South component of the current speed at the Station A12 (upper). . . . .	46

Fig.1-14c.	Phases between the North-South component of the wind at Sowangi Do and the North-South component of the wind at Sowangi Do and the North-South component of the current speed at thd Station A12 (upper). . . . .	46
Fig. 11-1.	Sampling stations of Jinhae Bay. . . . .	52
Fig. 11-2.	Monthly variations of salinity of surface seawater in Jinhae Bay. . . . .	62
Fig. 11-3.	Sampling stations of Masan Bay in May, 1982. . . . .	79
Fig. 11-4.	Vertical distribution of DO in Masan Bay in May, 1982. . . . .	80
Fig. 11-5.	Vertical distribution of NO <sub>3</sub> -N in Masan Bay in May, 1982. . . . .	81
Fig. 11-6.	Vertical distribution of PO <sub>4</sub> -p in Masan Bay in May, 1982. . . . .	82
Fig. 11-7.	Vertical distribution of Chl. <i>a</i> of surface seawater in Masan Bay in May, 1982. . . . .	82
Fig. 11-8.	Diurnal variation of NO <sub>3</sub> -N, PO <sub>4</sub> -P and Chl. <i>a</i> of surface seawater at St. 7 on May 18-19, 1982. . . . .	87
Fig. 11-9.	Relationship between NO <sub>3</sub> -N and salinity of surface seawater at St.7 on May 18-19, 1982. . . . .	88
Fig. 11-10.	Diurnal variations of particulate N and particulate C of surface seawater at St. 7 on May 18-19, 1982. . . . .	90
Fig. 11-11.	Diurnal variations of temperature, DO and Chl. <i>a</i> at the 5m layer at St. 7 on May 18-19, 1982. . . . .	91

Fig. III-12. Vertical distribution of temperature and DO St. 7 on May 18, 1982. ....	92
Fig. II-13. Diurnal variation of salinity, NO <sub>3</sub> -N, PO <sub>4</sub> -P and Chl. <i>a</i> of surface water at St. 7 on Sep. 17-18, 1982. ....	94
Fig. III-1. Sampling stations in Jinhae Bay. ....	122
Fig. III-2. Sampling stations in Masan Bay (May, 1982). ....	123
Fig. III-3. Monthly variation of the diatom and dinoflagellate standing crops at St. 1. ....	131
Fig. III-4. Monthly variation of the diatom and dinoflagellate standing crops at St. 2. ....	132
Fig. III-5. Monthly variation of the diatom and dinoflagellate standing crops at St. 3. ....	133
Fig. III-6. Monthly variation of the diatom and dinoflagellate standing crops at St. 6. ....	134
Fig. III-7. Monthly variation of the diatom and dinoflagellate standing crops at St. 7. ....	135
Fig. III-8. Monthly variation of the diatom and dinoflagellate standing crops at St. 8. ....	136
Fig. III-9. Monthly variation of the diatom and dinoflagellate standing crops at St. 9. ....	137
Fig. III-10. Monthly variation of the diatom and dinoflagellate standing crops at St, 10. ....	138
Fig. III-11. Monthly variation of the diatom and dinoflagellate standing crops at St. 11. ....	139
Fig. III-12. Vertical distribution of phytoplankton standing crops in Masan Bay (May, 1982). ....	141
Fig. III-13. T-S diagram in surface water of Masan Bay (May 1982). ....	142

Fig. III-14. Vertical distribution of phytoplankton standing crops in the patch point of Masan Bay, May 1982. ....	144
Fig. III-15. Monthly variation of the number of <i>Noctiluca miliaris</i> in Jinhae Bay, 1982. ....	145
Fig. III-16. Monthly variation of zooplankton in Jindong Bay. ....	156
Fig. III-17. Monthly variation of zooplankton in Masan Bay. ....	156
Fig. III-18. Monthly variation of zooplankton in Haengam Bay. ....	159
Fig. III-19. Monthly variation of zooplankton in Jamdo Area. ....	159

## LIST OF TABLES

Table I-1. Wind data specifications (Jinhae Bay, 1982). .....	5
Table I-2. Tide data specifications (Jinhae Bay, 1982). .....	6
Table I-3. RCM-4 current meter data specifications (Jinhae Bay, 1982). .....	7
Table I-4. Current directions at the Station A11 and A12 in March, 1982. ....	25
Table I-5. Max., min., and average current speed at the Station A11 and A12 in March, 1982.....	25
Table II-1. Monthly mean water temperatures in each area. ....	61
Table II-2. Monthly mean salinities in each area. ....	61
Table II-3. Monthly mean saturation percentages of dissolved oxygen in each area. ....	65
Table II-4. Monthly means of pH in each area. ....	65
Table II-5. Annual means of COD at each station. ....	67
Table II-6. Monthly means of COD in each area. ....	68
Table II-7 Annual means of suspended solids at each station. ....	69
Table II-8. Monthly means of suspended solids in each area. ....	70
Table II-9. Annual means of transparency at each station. ....	71

Table II-10. Monthly means of transparency in each area. ....	72
Table II-11. Organic nitrogen and organic carbon contents in marine sediments of Jinhae Bay in September, 1982. ....	77
Table II-12. Mean heavy metal concentrations at each station in Jinhae Bay in 1982. ....	98
Table II-13. Dissolved and particulate fractions of heavy metals in Jinhae Bay. ....	100
Table II-14. Annual means of total cadmium in surface waters of Jinhae Bay. ....	100
Table II-15. Annual means of total copper in surface waters of Jinhae Bay. ....	102
Table II-16. Annual means of total lead in surface waters of Jinhae Bay. ....	102
Table II-17. Annual means of total zinc in surface waters of Jinhae Bay. ....	105
Table II-18. Continuous monitoring data for heavy metals at St. 7 on September 17-18, 1982. ....	106
Table II-19. Heavy metal concentrations in sediments in Jinhae Bay. ....	107
Table III-1 The check-list of the causative organisms of red tides in Jinhae Bay (August, 1979-November, 1982).....	125
Table III-2 Yearly variations of <i>Noctiluca miliaris</i> in Jinhae Bay (1979-1982).....	146
Table III-3 Comparison of physical, chemical, and biological characteristics in Jinhae Bay with those of eutrophic seawater (1979-1982). ....	147

Table III-4.	The optimum environmental conditions for causative organisms of red tides in Jinhae Bay. ....	150
Table III-5.	Environmental conditions during red tides of <i>Noctiluca miliaris</i> in Jinhae Bay. ....	151
Table III-6	Red tide breakout by <i>Noctiluca miliaris</i> in Gagawa prefecture in Japan. ....	152
Table III-7	The range and mean numbers of zooplankton in Jinhae Bay .....	155





# 第 I 章 鎮海灣의 物理海洋 學的 特性

研究責任者：南 基 樹(海洋物理研究室)

研 究 員：方 仁 權

研究助員：咸 錫 賢

策 I 章 巽 卦 學  
巽 卦 學 的 特 性

南：答升資巽  
巽 二 式：員 資 巽  
資 巽 知：員 也 資 巽

## 第 1 節 序 論

本 研究는 鎭海灣 일대에서의 赤潮 現象 및 汚染 모니터링 시스템 연구를 위한 長期 計劃의 일환으로 1980年, 1981年에 이어서 1982年에 실시한 물리해양학적 조사의 分析 檢討를 그 內容으로 하고 있다.

1981年度의 물리해양학적 조사는 鎭山灣 주위와 馬山灣內에서 7月과 9월에 약 7日間 實施되었으며 鎭동만의 주위와, 부도수도-가덕수도를 연결하는 海路上에서의 長期 觀測은 실시되지 않았다.

1982年度의 現場 조사는 Fig. I-1a에서 보는 바와 같이 3月 8日에서 3月 26日까지 鎭동만 入口 兩側에서 潮汐과 潮流의 觀測이 실시되었고 鎭山灣 入口에서 가덕수도 남단에 이르기까지의 水路에 4개의 固定 觀測定點을 선정하여 5月 中旬부터 8月 中旬까지 潮汐 및 潮流를 觀측하였다. 海水流動에 미치는 바람의 영향을 알기위해서 소광이도와 鎭山灣 入口의 막개도에서 潮流 觀測期間 동안에 風向 및 風速도 아울러 觀측하였다. 觀측된 바람의 資料에 대한 觀측 부호, 觀측 기간, 위치, 장비명은 Table I-1에, 鎭동만, 원전 마을 앞 및 鎭山灣 入口에서 觀측된 潮汐資料에 대한 觀측 부호, 觀측 기간, 觀측 시간 간격, 최대치, 최소치, 計器名 등은 Table I-2에 수록되어 있고 潮流 觀測資料에 대한 觀測附號, 觀測期間, 觀測定點의 水深, 觀測時間間隔, 觀測水深, 水路의 軸方向 등은 Table I-3에 실려있으며, 조석, 바람, 조류 觀측 기간은 Fig. I-1b에 圖示하여 놓았다.

本 研究에서는 上記한 觀측 자료중에서 3월에 鎭동만 주위에서 觀측된 조석, 바람 및 조류의 時系列(time series) 資料로부터 스펙트럼분석을 實施하여 바람과 조류의 週期成分 및 에너지 分布 상태를 알아보았고, 殘差流의 流動特性和 바람과 조류의 상관 관계를 알아보았다. 第2節에서는 바람에 對한 觀측 방법, 자료 처리, 분석 방법, 수온·염분, 해수 유동에 관한 시계열 변화, 유

향·유속, 연속벡터도 (progressive vector diagram), 스펙트럼분석 結果 등이  
 취급되었다. 結論은 제 4 절에 포함되어 있다.

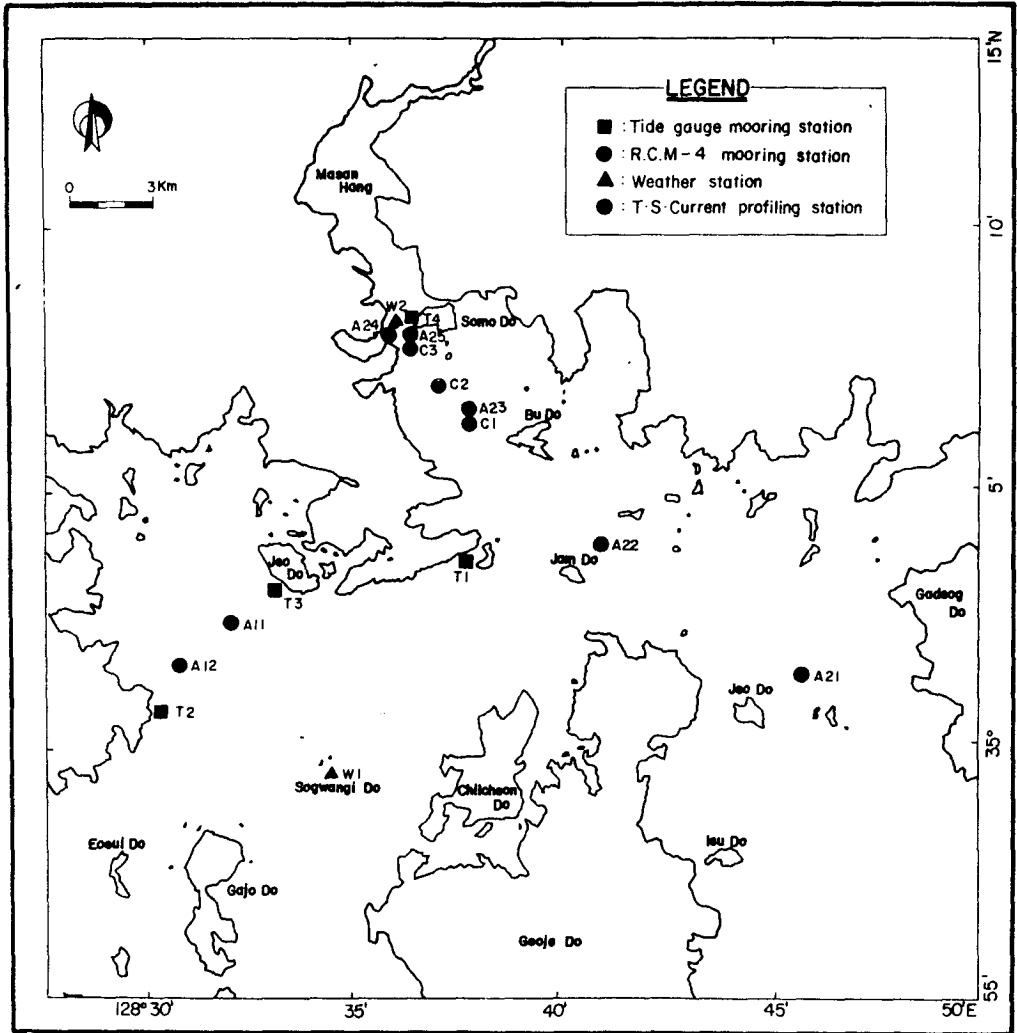


Fig. I-1a. Station map of the Jinhae Bay in 1982 .

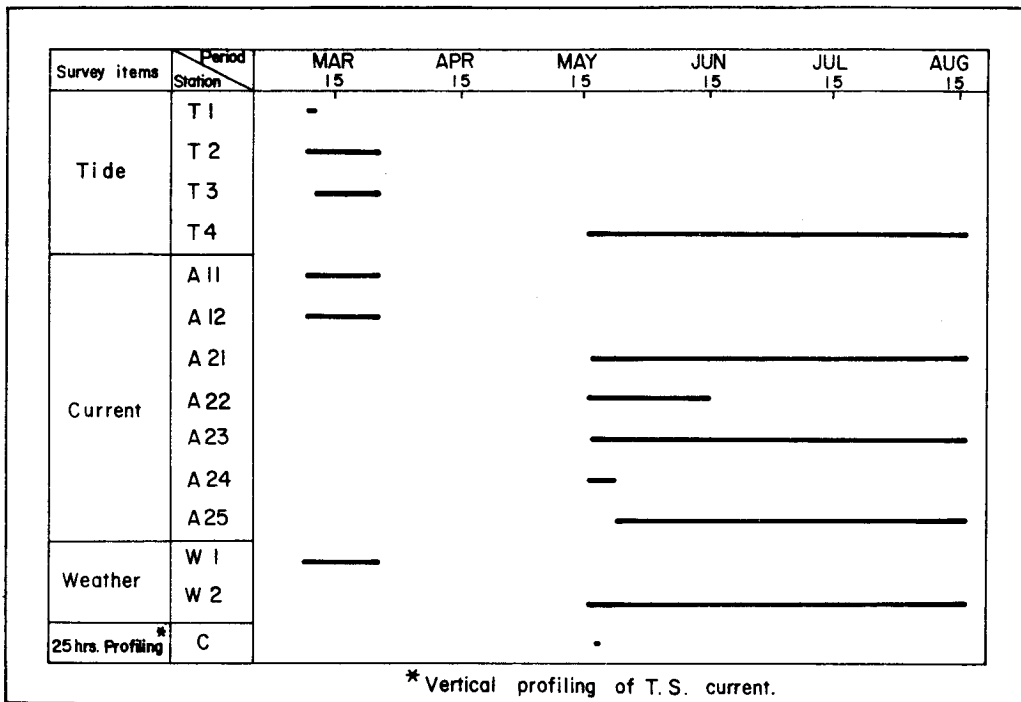


Fig. I-1b. Observation periods of the survey stations in the Jinhae Bay in 1982.

Table I - 1. Wind Data Specifications ( Jinhae Bay, 1982 )

stiation No	W1	W2			
	code No	JH8203WIND	JH8205WIND	JH8206WIND	JH8207WIND
observation	3. 7. 15:00	5.16. 13:40	6.15. 18:20	7.15. 14:00	
period	3.26. 12:00	6.15. 18:00	7.15. 13:20	8.18. 08:30	
observation length (hour)	443	724	715	810	
location	lat.	34° 59'43"	35° 01'10"		
	lon.	128° 34'15"	128° 45'50"		
instrument	WS-755 Mechanical Weather Station				

**Table 1 - 2. Tide Data Specification(Jinhae Bay, 1982)**

station no.	T1	T2	T3	T4		
code no.	JH8203T1	JH8203T2	JH8203 T3	JH8205T4	JH8206T4	JH8207T4
observation period	3. 8.10:31	3. 8.14:14	3.10.09:00	5.16. 9:55	6.15.18:00	7.15.08:50
	-	-3.10.10:21	-	-	-	-
observation length (hr)	3.10.08:40	3.10.10:35	3.26.12:53	6.15.17:46	7.16.15:00	8.20.10:00
	46	44	388	728	743	865
sampling interval (min)	1	386	5	10	10	10
		1				
max. value (cm)	1501.65	1401.00	1385.10	1768.67	1687.89	1519.66
		1427.60				
min. value (cm)	1283.82	1169.51	1136.73	1227.18	1463.83	1292.43
		1129.99				
ave. value (cm)	1385.91	1284.63	1259.73	1474.36	1556.25	1362.72
		1296.87				
no.of data		2648	4608	4368	4447	5196
		4608				
instrument	WLR 58801	WLR 52402	WLR 58802	WLR 524	WLR 52405	WLR 58702
		WLR 52403				

Table I - 3a. Current Data Specifications(Jinhae Bay, 1982 )

Station No.	A11		A12		A 21					
	U	B	U	B	U			B		
Code No.	8203A11-U5M	8203A11-B5M	8203A12-U5M	8203A12-B5M	JH8205-A21U1OM	JH8206-A21U5M	JH8207-A21U5M	JH8205-A21B1OM	JH8206-A21B1OM	JH8207-A21B1OM
Observation Period	3. 8.13:40 3.26.10:30	3. 8.13:25 3.26.10:30	3. 8. 12:10 3.26. 09:40	3. 8. 12:10 3.26. 09:35	5.23.13:30 6.15.11:40	6.15.12:55 7.15.10:20	7.15.10:40 8.17.12:00	5.23.13:30 6.15.11:40	6.15.13:00 7.16.15:00	7.15.10:50 8.17.12:00
Observation length ( hour)	429	429	430	430	550	717	793	550	746	793
Bottom depth ( m )	21	"	18	"	24	"	"	"	"	"
Observation depth ( m )	2	16	4	13	10	10	10	20	20	20
Sampling interval (min)	5	5	5	5	10	5	5	10	10	10
Angle of channel axis (degrees from the true north)	320.0	"	320.0	"	140.0	"	"	"	"	"



**Table I - 3b Current data specifications (Jinhae Bay, 1982) ( continue )**

Station No.	A 22		A 23				A 24			
	U	B	U		B		U	M	B	
Code No.	JH8205-A22U5M	JH8205-A22B5M	JH8205-A23U10M	JH8206-A23U5M	JH8207-A23U10M	JH8205-A23B10M	JH8207-A23B10M	JH8205-A24U5M	JH8205-A24M5M	JH8205-A24B5M
Observation Period	5.16.16:25 - 5.23.06:15	5.16.16:25 - 6.15.10:20	5.17.16:00 - 6.15.14:50	6.15.16:00 - 7.16.12:10	7.15.12:40 - 8.17.10:10	5.17.16:00 - 6.15.14:50	7.15.09:40 - 8.17.07:00	5.16.14:00 - 5.23.10:05	5.16.11:35 - 5.23.08:05	5.16.11:35 - 5.23.10:00
Observation length ( hour )	157	714	695	716	790	695	789	164	165	166
Bottom depth ( m )	22	"	12.8	"	"	"	reading 안됨	28	"	"
Observation depth ( m )	6	17	5	5	5	9	9	1	11	23
Sampling interval ( min )	5	5	10	5	10	10	10	5	5	5
Angle of channel axis (degrees from the true north)	130.0	"	140.0	"	"	"	"	160.0	"	"

Table I-3c Current data specifications (Jinhae Bay, 1982) ( continue )

Station No.	A 25											
	U			M			B					
	JH8205- A25U5M	JH8206- A25U10M	JH8207- A25U10M	JH8205- A25M5M	JH8206- A25M5M	JH8207- A25M10M	JH8205- A25B5M	JH8206- A25B	JH8207- A25B10M	Observation	Period	Observation
Observation	5.23,10:50	6.15,17:30	7.15,14:50	5.23,10:20	6.15,17:40	7.15,14:40	5.23,10:30		7.15,14:40			7.15,14:40
Period	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Observation length (hour)	588	717	787	556	716	787	457	tape 진행 안됨.	787			787
Bottom depth (m)	28	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
Observation depth (m)	1	1	1	11	11	11	23					23
Sampling interval (min)	5	10	10	5	5	10	5					10
Angle of channel axis (degrees from the true north)	160.0	"	"	"	"	"	"					"

## 第 2 節    바    랍

### 1. 觀測方法

1982年 3月 7日~26日의 약 20日間은 소광이도(W1)에서, 5月 16日~8月 18日의 약 3個月間은 막개도(W2)에서 관측하였으며(Fig. I-1a) 관측 장비로는 WS-755 Mechanical Weather Station을 使用하였다. 上記 장비를 통하여 풍향, 풍속, 기온, 강수량, 상대 습도, 기압 등이 記錄紙(analog chart)에 기록된다. 氣象資料의 수집 기간, 자료의 길이, 자료 번호, 관측점의 위치, 관측 기기 등은 Table I-1에 수록된 바와 같다.

### 2. 資料處理

진해만 부근에서의 潮汐(tide), 潮流(current)와의 상관 관계를 알아보기 위하여 一次的으로 풍향과 풍속만을 선택하였다. 記錄紙上的 1cm마다의 橫線은 1時間을 나타내며, 風向은  $0^{\circ} \sim 360^{\circ}$ 까지 時計方向의 角度로 表示되고,  $0^{\circ}$  ( $360^{\circ}$ )가 北(N)으로 표시되어 있다. 風速은 橫으로 0~10 km로 표시되어 있고, 그 이동 거리가 10 km이상이 되면 다시 0에서부터 出發하도록 되어 있다(Fig. I-2a).

가변성향이 강한 풍향은 기록지에 波와 같이 표시되어 있으므로 우선 그 방향 변화 범위의 중심을 잡아 평균치를 택하였으며, 1時間 거리를 3등분하여 매 20분마다 풍향은  $10^{\circ}$ 간격의 각도로, 풍속은 0에서부터의 직선거리(km)로 기록하여 원시자료로서 자기 테이프에 보관하였다. 풍속은 20분간의 이동거리를 기록하였으므로 각각 20분간의 평균 초속을 계산하여 이웃한 두 평균치의 산술평 균을 내고, 이런 방법으로 얻은 값들을 풍향과의 동시값을 얻기 위해서 다시 이웃한 두 값의 평균치를 내어 각 時點의 풍속(m/sec)으로 취하였고, 풍향과 풍속으로부터 풍속의 동서 성분과 남북 성분을 계산하였다. 이렇게하여 얻은 매 20

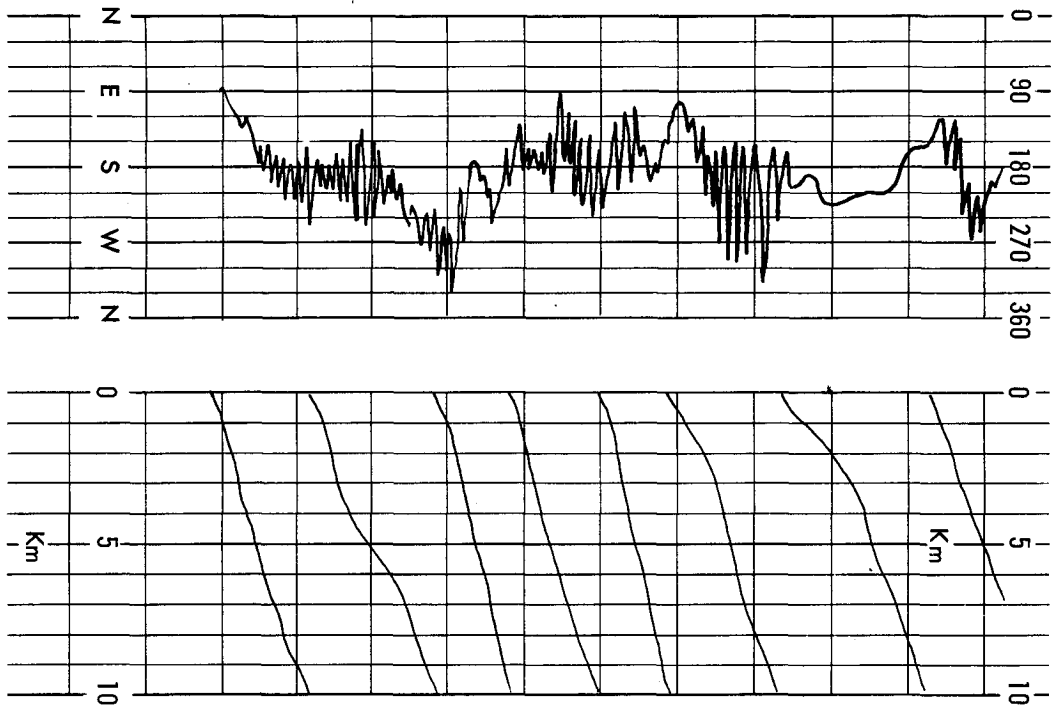


Fig. I-2a. Recording paper for analog type of wind speed and direction.

분마다의 풍향, 풍속, 동서 성분, 남북 성분을 1組로 하여 일련으로 정리한 값들을 자기 테이프에 보관하였다.

### 3. 結 果

3월에 소광이도에서 관측된 풍향, 풍속, 풍속의 동서 성분, 남북 성분의 시간에 따른 변화 양상은 Fig. I-2b에 나타나 있는 바와 같다. 관측 기간동안의 풍향은 Fig. I-2c에 나타나 있는 바와 같이 磁北으로부터 각각  $100^{\circ}$ - $110^{\circ}$ ,  $210^{\circ}$ - $220^{\circ}$ ,  $340^{\circ}$ - $350^{\circ}$  방향을 정점으로해서,

$60^{\circ}$  -  $110^{\circ}$  이 21.7% : 잠도 방향

$190^{\circ}$  -  $250^{\circ}$  가 24.7% : 원문도 방향

$310^{\circ}$  -  $350^{\circ}$  가 23.5% : 진동만 방향

의 분포를 보이고 있으며, 연속 풍속 벡터도 (progressive vector diagram) (Fig. I-2d)는 이러한 바람의 진행 경향을 잘 나타내고 있다. 이로써 풍향이 소광이도 주위의 국부적 지형 요소의 현저한 영향을 받고 있음을 알 수 있다.

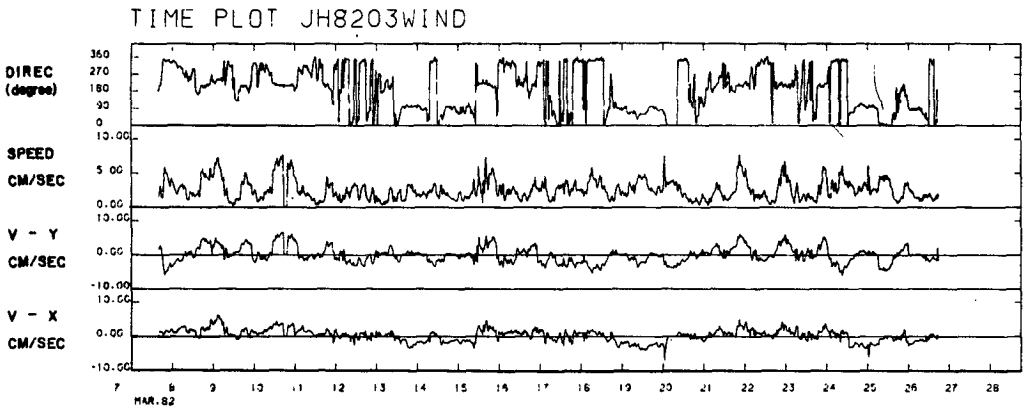


Fig. I-2b. Time plots of the wind data observed at Sogwangi Do in the Jinhae Bay during March 7-26, 1982.

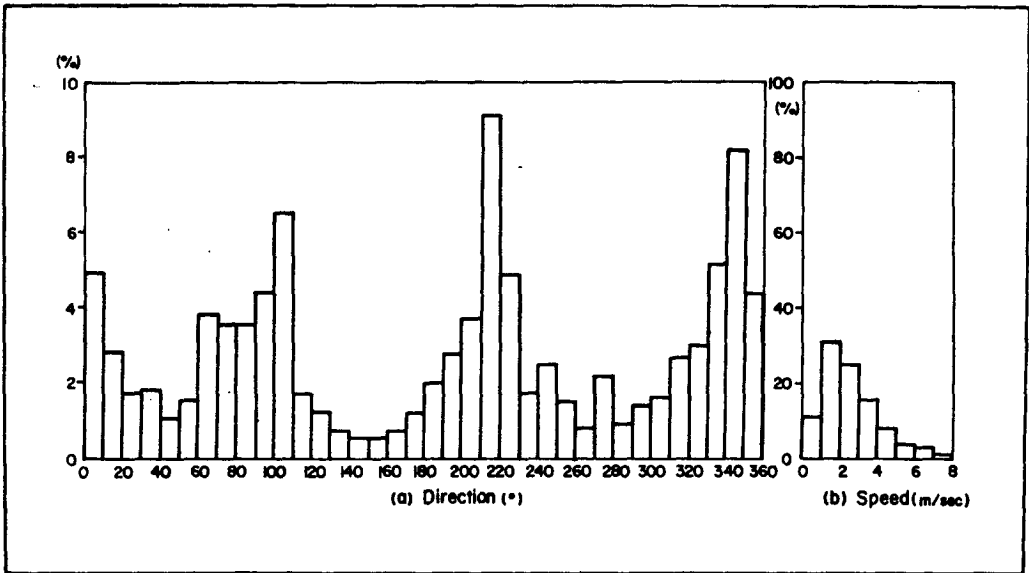


Fig. I-2c. Histograms of the wind direction and speed at Sogwangi Do in March, 1982.

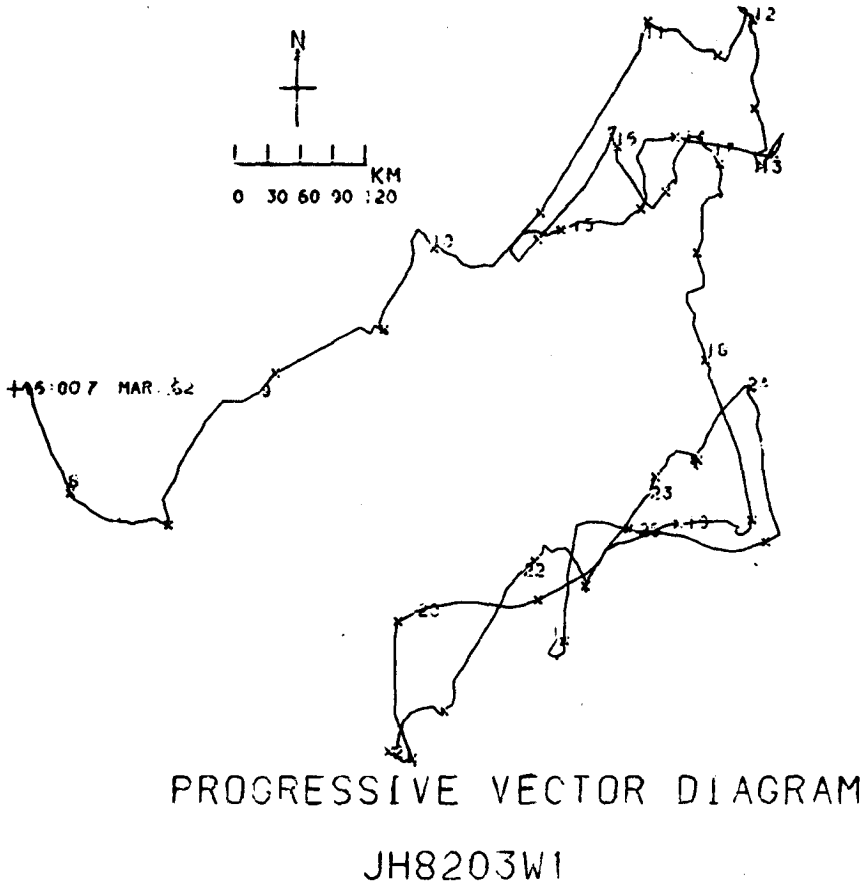


Fig. I-2d. Progressive vector diagram of the wind at Sogwangi Do in March, 1982.

풍속의 분포는 Fig. 2c에 나타나 있는 바와 같이,

1 - 2 m/sec : 30.9 %

2 - 3 m/sec : 25.4 %

3 - 4 m/sec : 16.9 %

로서 1-4 m/sec의 분포가 전체의 73.2%를 차지하고 있으며, 관측기간 중의 최대 풍속은 7.7 m/sec, 평균 풍속은 2.6 m/sec를 기록하고 있다.

풍속의 동서 성분과 남북 성분의 주기성 및 에너지 분포를 알기 위하여 스펙

트럼분석을 한 결과가 Fig. I-2e-2f에 나타나 있다. 바람 에너지는 주로 12시간 이상의 주기 성분에 분포되어 있고(∼80%), 12시간 이하의 주기 성분에서는 주기 2시간의 성분에 이르기까지 에너지 분포가 거의 일양하게 나타나 있으나 그량은 20% 미만이다. 동서 방향 바람 성분의 에너지 스펙트럼(Fig. I-2e)에 나타나 있는 주기 성분으로서는 25-28時間 주기와 ∼16시간의 주기 성분이 현저하며 그 다음으로는 ∼12시간, 9시간, ∼7시간 주기 성분이 나타나 있어서, 바람의 성분은 1주 성분, 반일주 성분 외에도 ∼16시간, ∼9시간, ∼7시간 주기 성분이 존재한다. 남북 방향 바람 성분의 에너지 스펙트럼 분포(Fig. I-2f)에서는 25시간 주기 성분이 뚜렷하고 ∼17시간, ∼12시간, ∼9시간, 7시간 주기 성분이 고르게 나타나 있어 스펙트럼의 전체적인 특성은 동서 성분과 동일하다 하겠다. 5월에서 8월까지 W2에서 관측한 바람 자료에서도 24시간과 12시간의 주기 성분이 현저함이 스펙트럼분석에서 나타나 있어서, 진해만 일대의 바람 특성은 1주, 반일주로 특징지어진다 하겠으나 주기가 16∼17시간, 7시간∼9시간인 성분도 나타나고 있다.

### 第3節 海水流動

#### 1. 觀測方法

磁氣流速計 안테라 RCM-4를 이용한 연속 조류 관측이 4차에 걸쳐서 실시되었으며, 자기유속계의 계류 방법은 W-type을 사용하였고 관측점 및 관측내용은 Fig. I-1a와 Table I-3에 나타내었다. 1차의 관측에서는 진동만 입구의 좌우로 상하층에 계류하였으며 2·3·4차의 관측은 행암만의 소모도에서 가덕수도 사이의 3개의 정점에 위치 변동없이 1개월마다 자기유속계의 자기테이프만을 교환함으로써 3개월간의 연속 자료를 얻을 수 있도록 하였다. 정점 A21은 5월 23일에 그 위치를 변경하였고 정점 A24는 5월 23일까지 관측하고

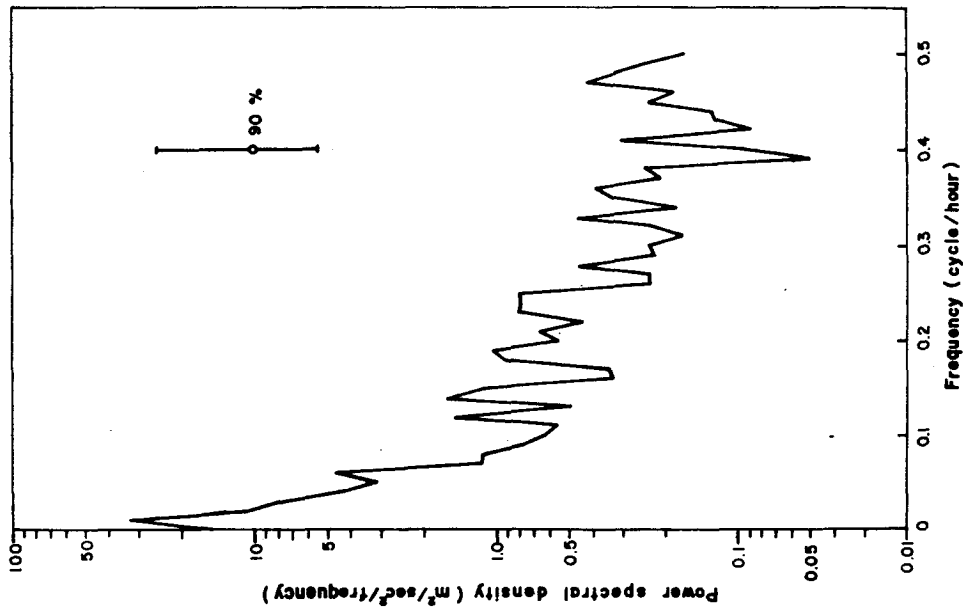


Fig.1-2e. Power spectra of the east-west component of the wind speed at Sogwangi Do in March, 1982.

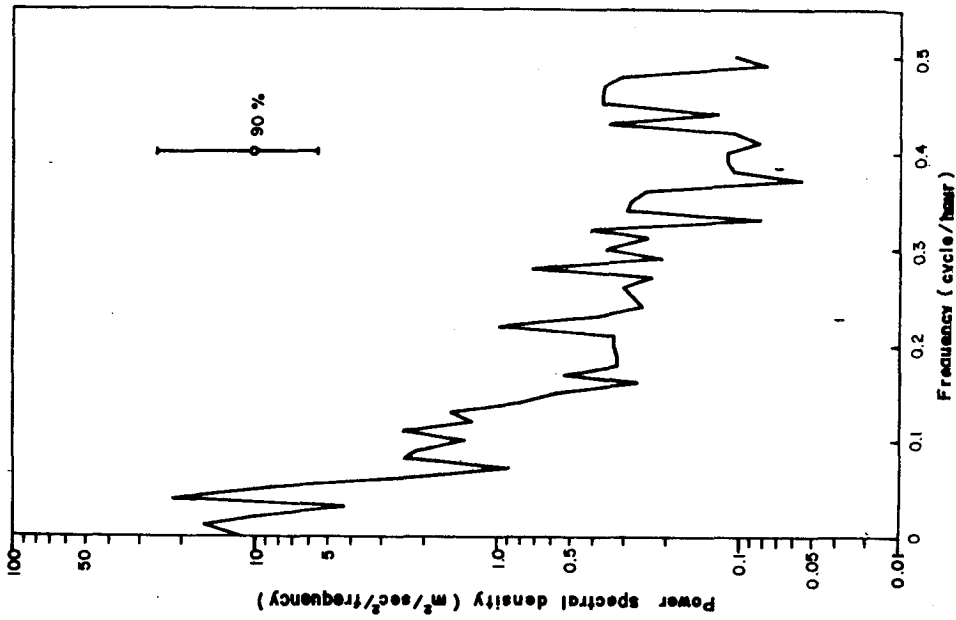


Fig.1-2f. Power spectra of the north-south component of the wind speed at Sogwangi Do in March, 1982.



그 이후는 정점 A25로 이동하여 관측을 계속하였다. 또한 유속을 관측하는 동안 정점 T2, T3 및 T4에 안테라 WLR조석계를 동시에 계류하여 조석의 변화를 알 수 있도록 하였다.

## 2. 資料의 處理 및 分析

관측된 자료는 VAX 컴퓨터와 calcomp-960 plotter를 이용하여 다음의 순서로 처리되었다 (KORDI, 1980).

- 1) Read tapes by Tape Reader 2650
  - 2) Convert readings into real values
  - 3) Print and plot the raw data
  - 4) Check errors
  - 5) Compute basic statistics
  - 6) Draw histogram and scatter plot of the current
  - 7) Filter the raw data to get smoothed hourly data
  - 8) Calculate the residual and tidal currents
  - 9) Print and plot the smoothed, residual and tidal currents
  - 10) Plot progressive vector diagram and stick plot
- 7)번에서 사용한 filter는 표본 채취 구간에 따라 달리하였는데 각각의 transfer function은 다음과 같다.

$$F(\sigma) = \frac{1}{2016} \alpha_{12}^2 \alpha_{14} : 5 \text{ 分 간격}$$

$$F(\sigma) = \frac{1}{251} \alpha_6^2 \alpha_7 : 10 \text{ 分 간격}$$

$$\alpha_n(\sigma) = \frac{\sin(n\pi\sigma \cdot \Delta t)}{\sin(\pi\sigma \cdot \Delta t)}$$

8)에서 residual current를 구하기 위한 filter는 Doodson의 Xo-filter를 사용하였으며 그 전달 함수는 다음과 같다.

$$F(\sigma) = \frac{1}{30} A_2 (I + A_{16}) (I + A_{10} + A_{20})$$

$$A_n(\sigma) = 2 \cos(n\pi\sigma \cdot \Delta t)$$

I = intensity

smoothing filter와 Doodson의 Xo-filter의 transfer function 은 Fig. I-3에 도시되어 있다.

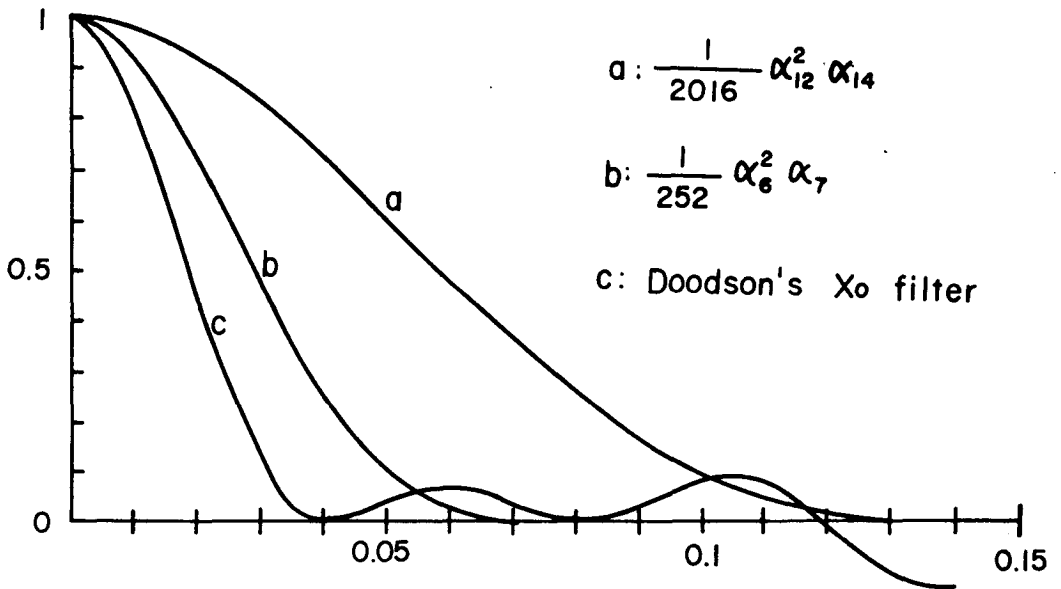


Fig. I-3. Filters used in the current data processing .

### 3. 結 果

#### 1) 水溫, 鹽分, 海水密度

定點 A11에서 3월 8일부터 3월 26일까지 계류한 안테라 RCM-4로 觀測된 水溫과 鹽分の 時系列 資料의 time plot이 Fig. I-4 a(상층)와 Fig. I-4b(하층)에 나타나 있다. 觀測 期間 동안에 水溫은 상하층이 같이 증

가하고, 密度는 水溫과 반대로 서서히 감소하고 있으나 鹽分은 水溫과 密度가 보여주듯 뚜렷한 變化 樣相을 나타내지는 않는다. 거의 일정한 값을 유지하는 鹽分값이 15일 이후에서 감소하는 추세를 보인 뒤에 약간의 增減現象을 나타내고 있음은 釜山·忠武 일대의 강수량이 3월 12일, 14일에 이어서 15일에 현저한 量(22.4 mm)을 보이고 있고 그 이후로도 19일~21일간 계속 강수량이 있었던 結果라고 생각된다(Fig. I-9).

觀測 期間 동안, 定點 A11에서, 사리, 조금, 사리와 조금의 중간 시점에서의 水溫, 鹽分, 海水密度의 日變化를 보면,

관측수심	관측량	최대	최소	일일변화범위
상층	수온(℃)	10.02	6.71	0.4 -1.1
	염분(‰)	33.46	32.92	0.14-0.54
	밀도( $\sigma_t$ )	26.17	25.57	0.14-0.46
하층	수온(℃)	9.33	6.43	0.30-1.16
	염분(‰)	33.51	32.79	0.20-0.72
	밀도( $\sigma_t$ )	26.13	25.50	0.16-0.45

로 나타났으며, 정점 12에서는

관측수심	관측량	최대	최소	일일변화범위
상층	수온(℃)	10.22	6.79	0.29-1.12
	염분(‰)	33.46	32.97	0.13-0.55
	밀도( $\sigma_t$ )	26.23	25.30	0.09-0.69
하층	수온(℃)	9.54	6.62	0.36-1.63
	염분(‰)	33.55	32.89	0.21-0.66
	밀도( $\sigma_t$ )	26.56	25.75	0.17-0.81

로 나타났다. 觀測 期間 동안 定點 A12에서의 水溫, 鹽分, 密度의 變化를 보면 (Fig. I-4c, 4d) 상하층이 공히 水溫은 서서히 增加하고 鹽分과 密度는 서서히 減少하고 있다.

## 2) 海水 流動

(1) 時系列 變化度 : 3月 8日부터 3月 26日까지, 안데라 PCM-4 유속계를 이용해서, 정점 A11과 A12의 상하층에서 관측한 유속과 유향의 시계열 자료 및 유속의 동서 방향성분, 남북 방향성분, 만(灣)의 주축에 평행한 성분, 수직인 성분의 시계열 자료들은 time plot으로서 Fig. I-4a-4d에 도시되어 있으며 이 기간동안 정점 T2, T3에서 관측된 조석의 time plots도 Fig. I-4e에 도시하여 놓았다. 정점 A11과 A12의 상층(Fig. I-4a, 4c)에서는 유속과 유향이 조석 주기에 따라서 변화하고 있으나 이러한 특징은 조석 상태가 사리에서 조금으로 진전됨에 따라서 점차로 사라졌다가, 다시 조금에서 사리로 진전됨에 따라서 나타나기 시작한다. 그러나 하층에서의 유속의 시계열 변화(Fig. I-4b, 4d)는 상층과는 좀 다르게 나타나고 있음이 주목된다. 조석 상태가 사리에서 조금으로 진전되어감에 따라서 유속은 계기가 감지하지 못할 만큼 미약해지고 조금에 이르러서(18日~20日) 잠시 강세를 보이다가 조금에서 사리로 진전됨에 따라서 유속은 다시 미약해지고 사리에 가까워 옴에 따라 원래의 강세를 회복한다. 이러한 現象은 정점 A11과 A12에서 공통으로 존재하는 현상으로서 조금 時에 하층의 유속이 잠시 강화되는 이유는 분명치 않다.

(2) 流向·流速 : 관측 기간동안 정점 A11과 A12에서 관측된 유향과 유속의 대략적인 특징은 Table I-4와 Table I-5에 수록하여 놓았다. Table I-4에서는 두 정점 A11과 A12의 상하층에서의 유향의 분포를 백분율로 표시하여 놓았고, 최대 빈도수의 유향도 아울러 표시해 놓았다. 유향의 분포 성향은 Fig. I-5a~5d까지 도시되어 있는데 정점 A12의 유향이 상하층 모두 2개의 주방향으로 구분되어 있음에 반하여 정점 A11의 유향은 진동만으로부터 해수가 유



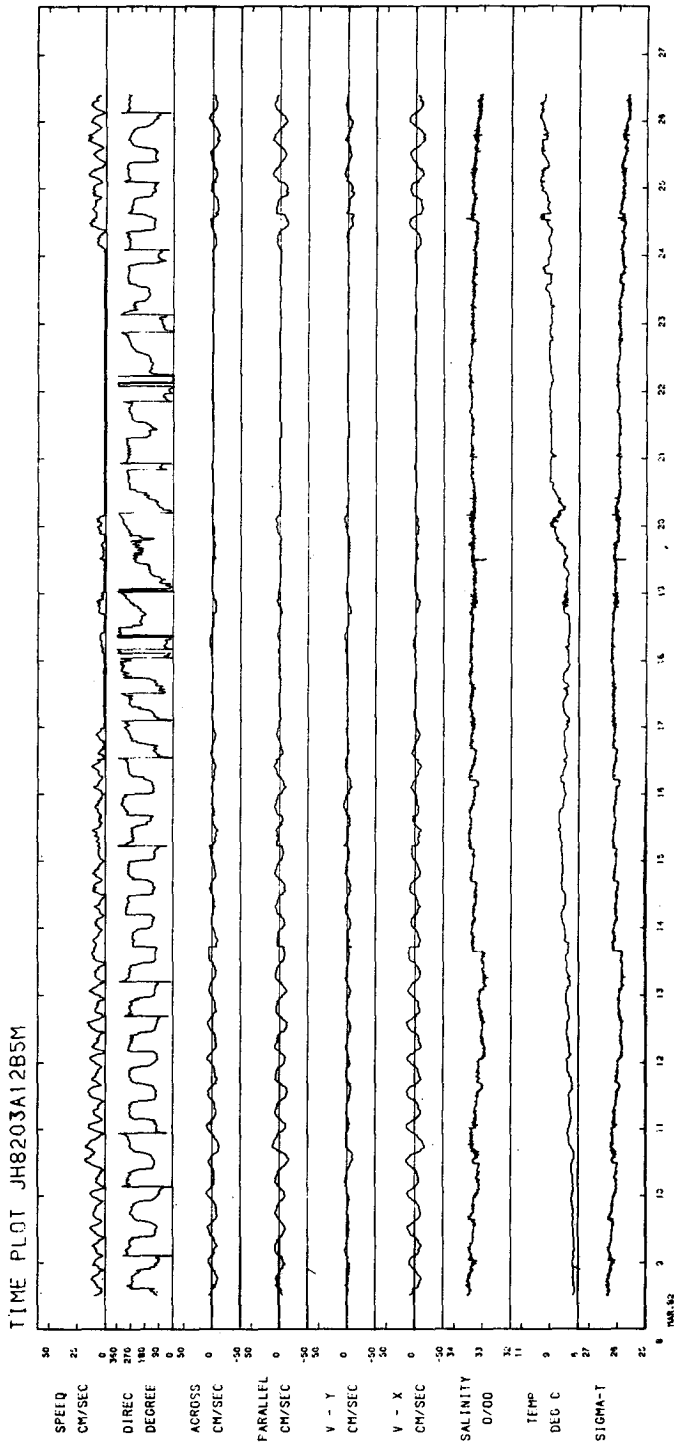
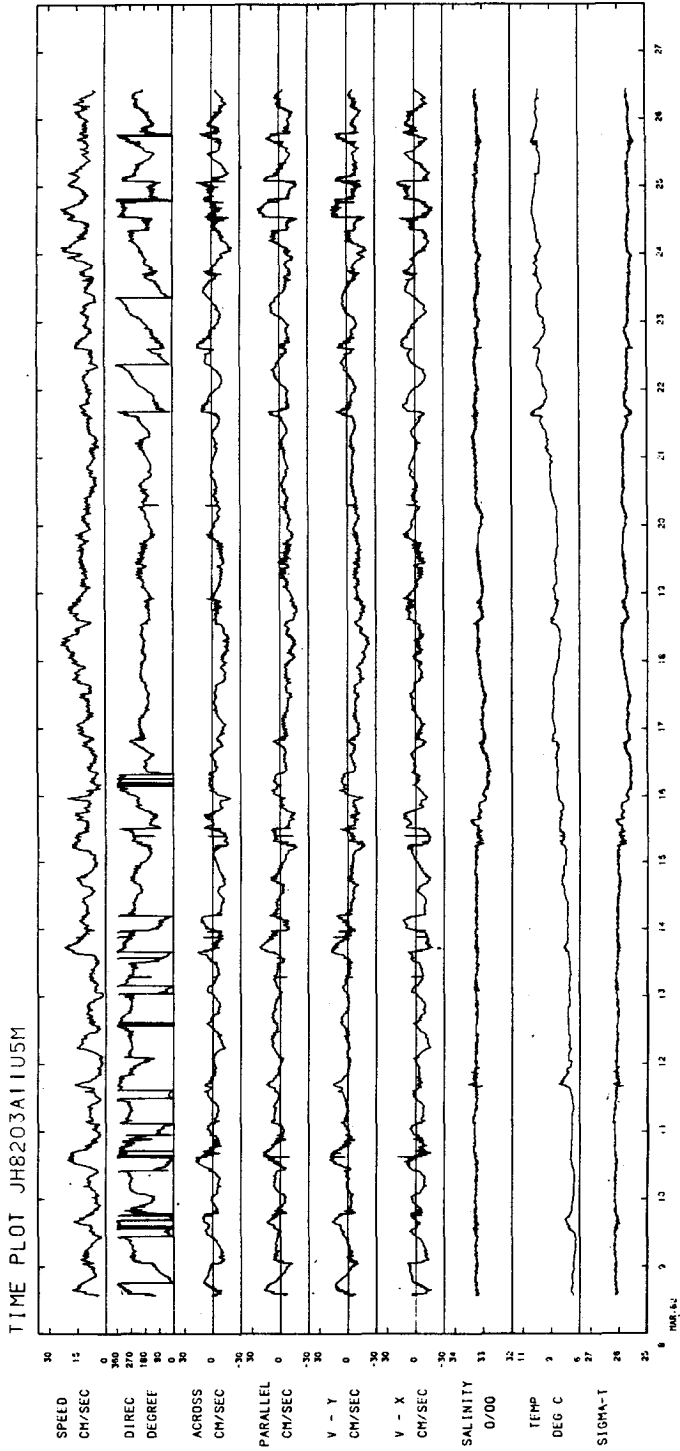
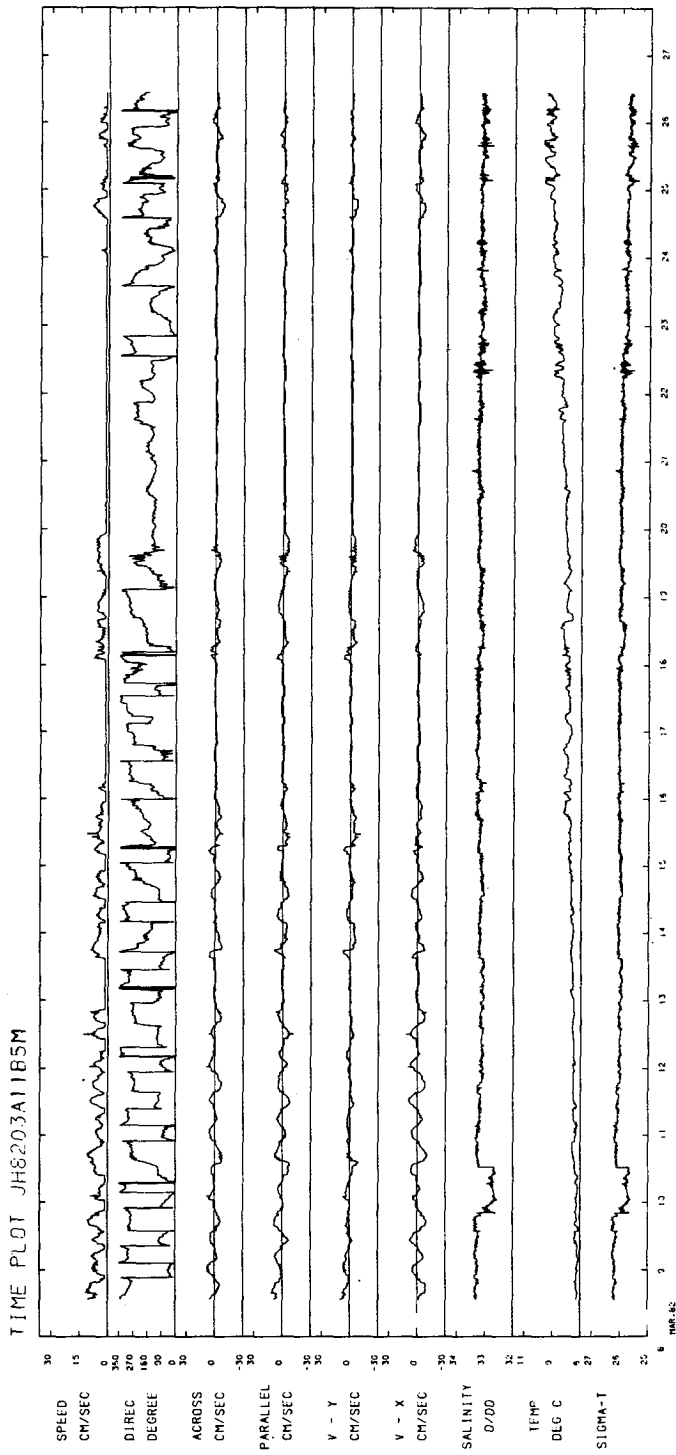


Fig. I-4b. Time plots of the RCM-4 data at the station A11 (bottom) occupied in March, 1982.



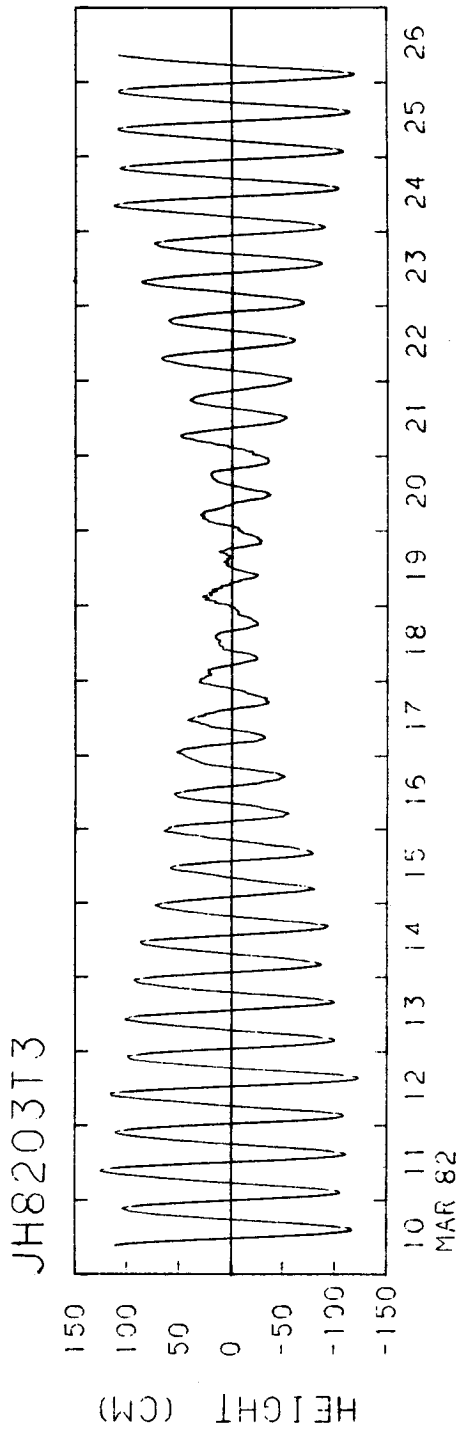
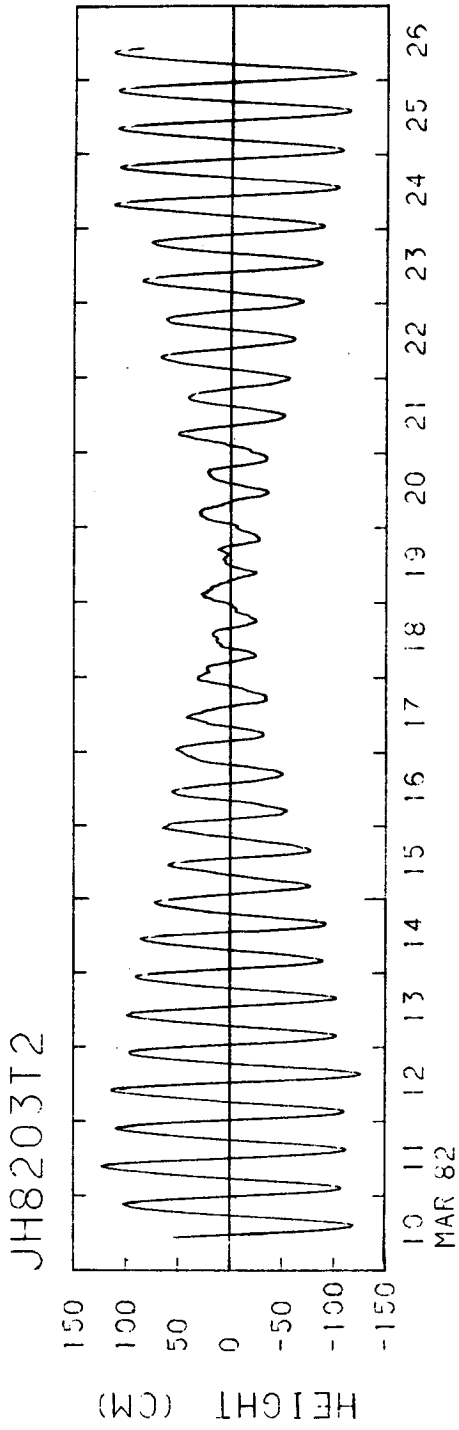


**Fig. I-4c. Time plots of the RCM 4 data at the station A12 ( upper ) occupied in March, 1982.**



**Fig. 1-4d. Time plots of the RCM-4 data at the station A12 (bottom) occupied in March, 1982.**





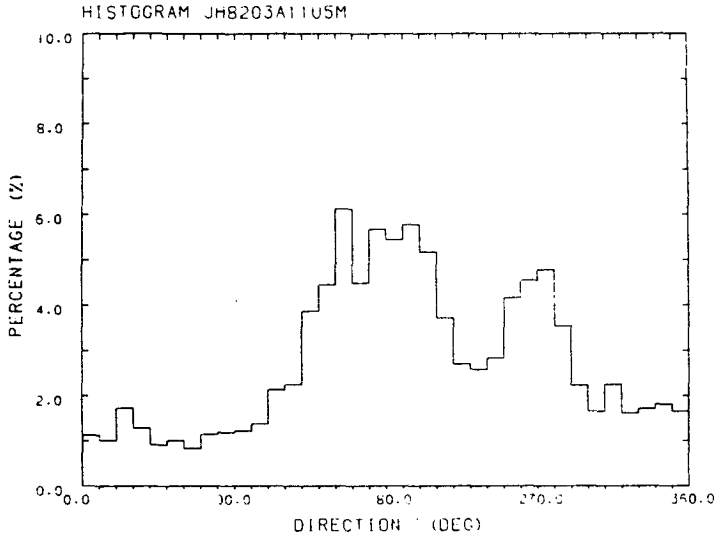
**Fig. I-4e. Time plots of the Aanderra WLR data at stations T<sub>2</sub> and T<sub>3</sub> in March, 1982.**

**Table I-4. Current directions at the stations A11 and A12 in March, 1982.**

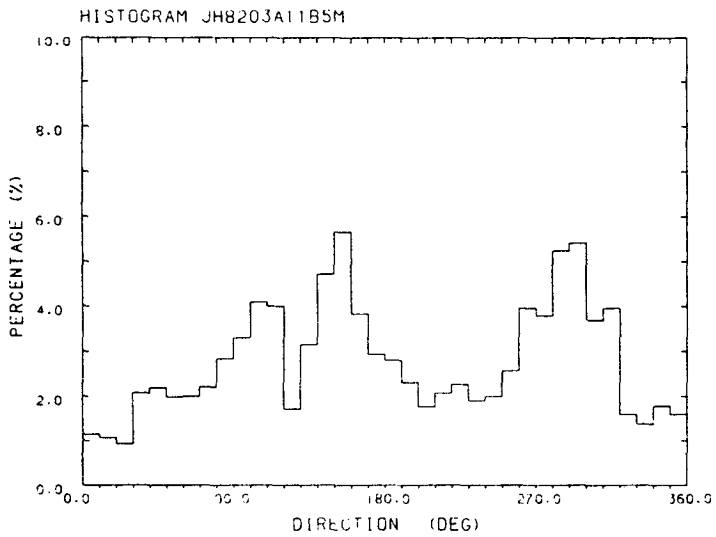
Orientation	Station A11				Station A12			
	Upper		Bottom		Upper		Bottom	
	Direction (degrees)	%	Direction (degrees)	%	Direction (degrees)	%	Direction (degrees)	%
Principal	130-210	41.1	100-130	11.4	110-140	11.8	100-150	24.2
Peak	(150-160)	6.1	(100-110)	4.1	(120-130)	4.8	110-120	7.1
Principal	250-280	13.5	140-170	14.2	230-310	50.4	250-300	39.7
Peak	(270-280)	4.8	(150-160)	5.7	(280-290)	10.2	280-290	11.3
Principal			260-320	26.1				
Peak			(290-300)	5.4				

**Table I-5. Current speeds at the stations A11 and A12 in March, 1982.**

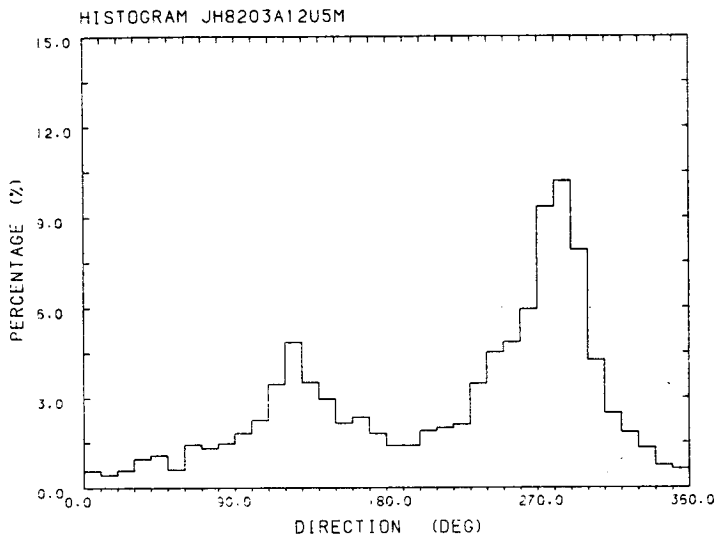
Station (depth)	Speed (cm/sec)			Variance	Standard deviation
	Max.	Min.	Average		
A11(Upper)	23.8	1.5	10.0	16.9	4.1
A11(Bottom)	23.6	1.5	3.2	5.2	2.3
A12(Upper)	27.1	1.5	11.2	17.8	4.2
A12(Bottom)	18.2	1.5	5.4	15.6	4.0



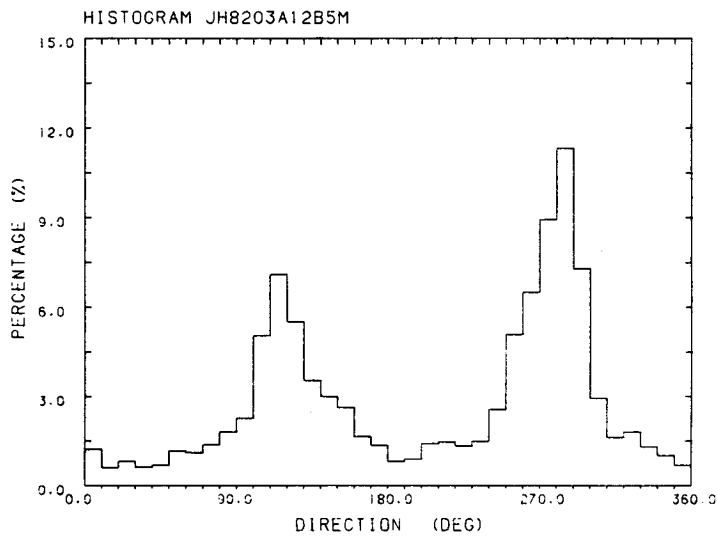
**Fig. I-5a. Histogram of the current direction at the station A11 (upper).**



**Fig. I-5b. Histogram of the current direction at the station A11 (bottom).**



**Fig. 1-5c. Histogram of the current direction at the station A12 (upper ).**



**Fig. 1-5d. Histogram of the current direction at the station A12 (bottom).**

출할 때의 유향이  $100^{\circ} - 210^{\circ}$  까지 방향폭을 넓게 나타나고 있다 (Fig. I-5e,5f).

유속의 분포는 정점 A11의 상층에서,

5 - 10 cm/sec : 46.4 %  
 (78.7 %)  
 10 - 15 cm/sec : 32.3 %

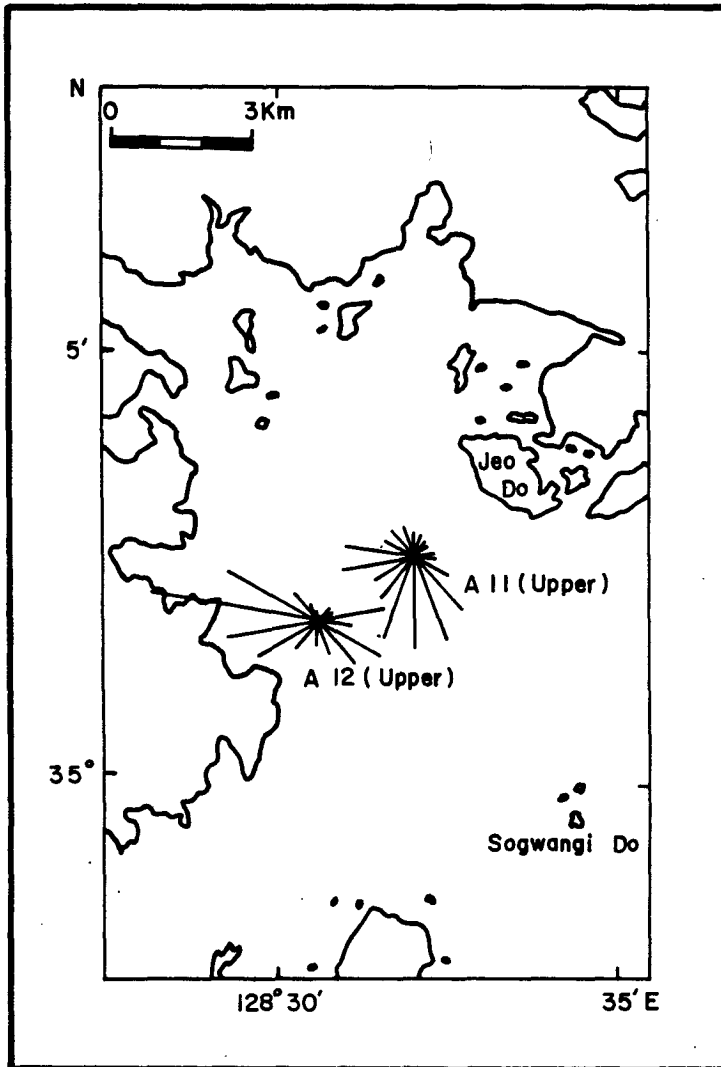


Fig.5 e. Current directions at the stations A11 and A12 (upper).

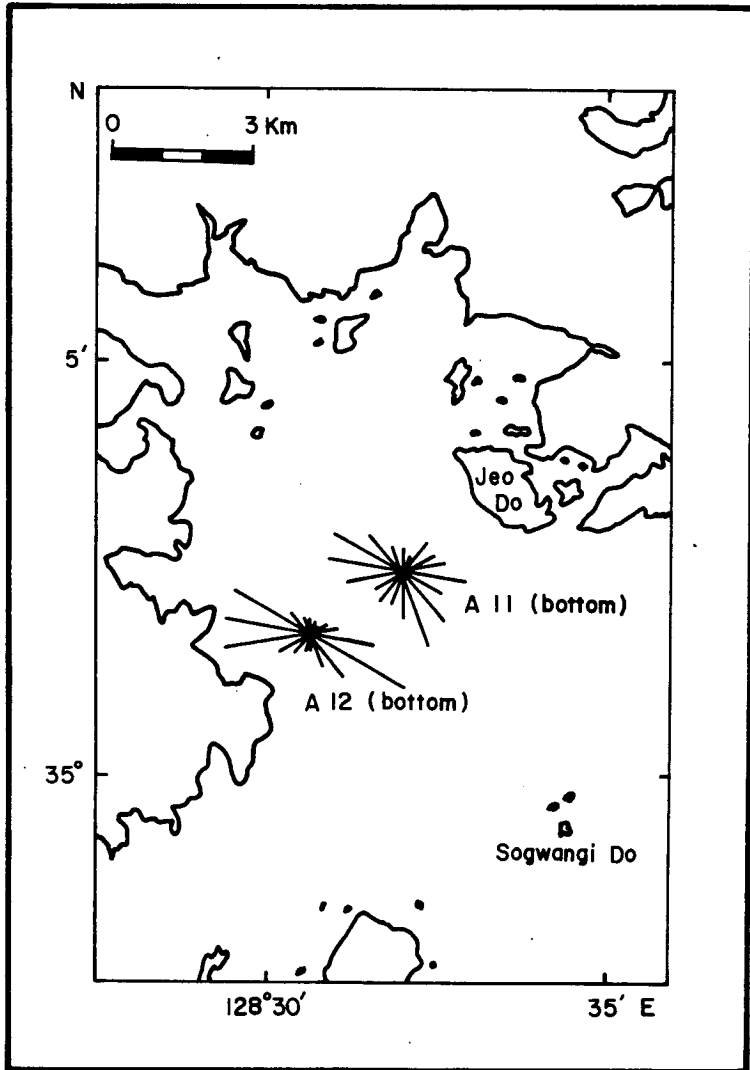


Fig.5 f. Current directions at the stations A11 and A12 (upper).

로서 전체 유속 분포의 78% 이상이 5-15 cm/sec의 크기로 나타나 있고 정점 A12의 상층의 유속도,

5 - 10 cm/sec : 33.6% (76.5%)

10 - 15 cm/sec : 42.9%

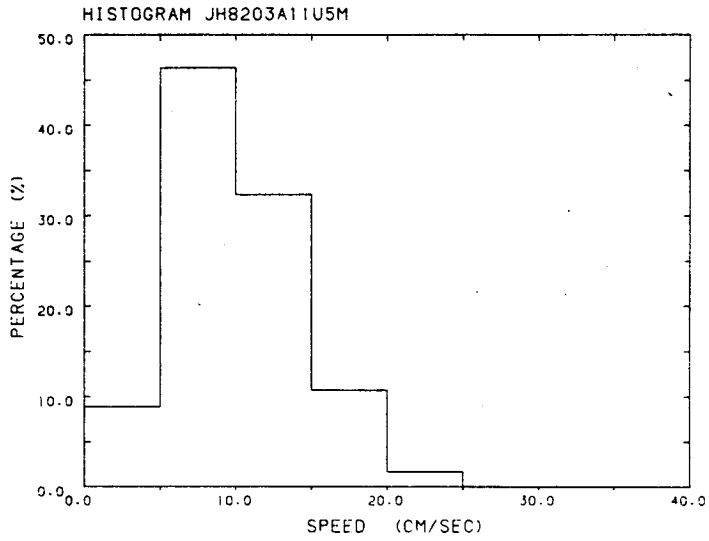
로서 전체 유속 분포의 76% 이상이 5-15 cm/sec의 크기를 나타낸다. 유속의

분포는 Fig. I-6a-6d에 도시하여 놓았다.

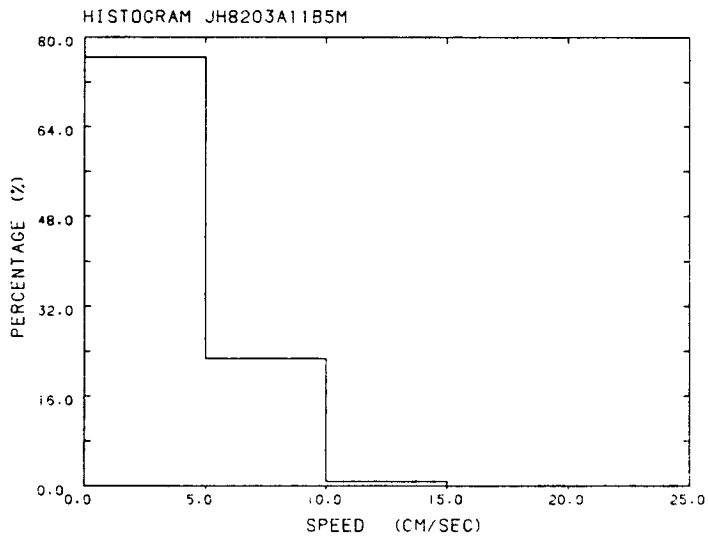
(3) 연속벡터도 (progressive vector diagram) 및 殘差流 (residual current) : 정점 A11과 A12의 상층과 하층에서 해수의 항류성 유동 특성을 이해하기 위하여 관측 자료를 1시간 평균치로 환산한 다음 연속벡터도 (Fig. I-7a-7d)를 작성하였고 이 결과로부터 조류 성분을 제거하여 잔차류 성분만을 뽑아서 그 결과를 stick plot로 Fig. I-8a-8d에 도시하여 놓았다.

Fig. I-7a와 I-7b에서 보는 바와 같이 정점 A11의 상층의 항류 성분은 관측 시작이후 3월 15일경 (사리이후 사리와 조금의 중간시점)까지의 기간에는 서쪽 (진동만 內側)으로 유동하고 15일부터 17일까지 (사리와 조금의 중간시점에서 조금까지)는 유동 방향이 서쪽에서 남쪽 (진동만 外側)으로 서서히 바뀌어서 17일 이후 21일경 (조금)까지는 계속 남향으로 유동되고 있고, 21일 이후 24일경 (조금에서 조금과 사리의 중간시점)까지의 기간중에 다시 남서쪽으로 전향되고 있다. Fig. I-7a에서 항류 성분의 유동 방향이 전향되고 있는 15일 - 17일, 21일 - 24일의 기간에 정점 A11의 연속벡터도 (Fig. I-7b)에 나타낸 항류 성분의 유동 상태는 거의 정체 상태에 가까울 정도로 느리다. 이 현상은 정점 A11의 하층 유속의 시계열 변화로 (Fig. I-4b)에서 16일 - 18일과 20일 - 24일 기간동안 유속이 기록되지 못할 정도로 미약했던 것과 상응하고 있음이 주목된다. 정점 A11의 상하층의 연속벡터도에서 관측된 기간 (3월 8일 - 26일)동안에 나타난 바와 같이 상하층의 유동 방향과 양상이 대체로 유사하다 하겠고, 사리때에는 해수가 진동만 內로 유입하다가 조금때에는 진동만 外로 유출하는 경향을 알겠다.

정점 A12의 상층에서 관측된 조류의 항류 성분은 Fig. I-7c에서 보는 바와 같이, 관측 시작이후 3월 14일까지 (사리에서 사리와 조금의 중간시점까지)는 남쪽 (진동만 外側)으로 향하다가 14일경부터 서서히 남서쪽으로 전향하기 시작하여 18일까지 남서쪽으로 유동하고 18일경부터 21일경 (조금)까지는 해

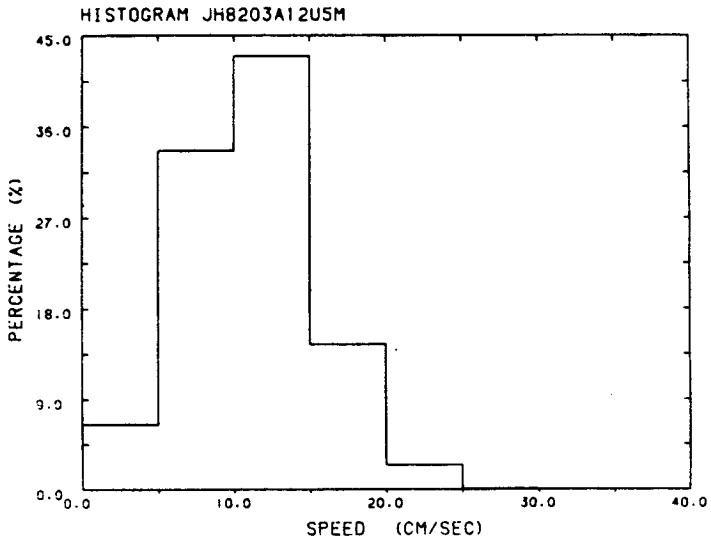


**Fig. I-6a . Histogram of the current speed at the station A11 (upper).**

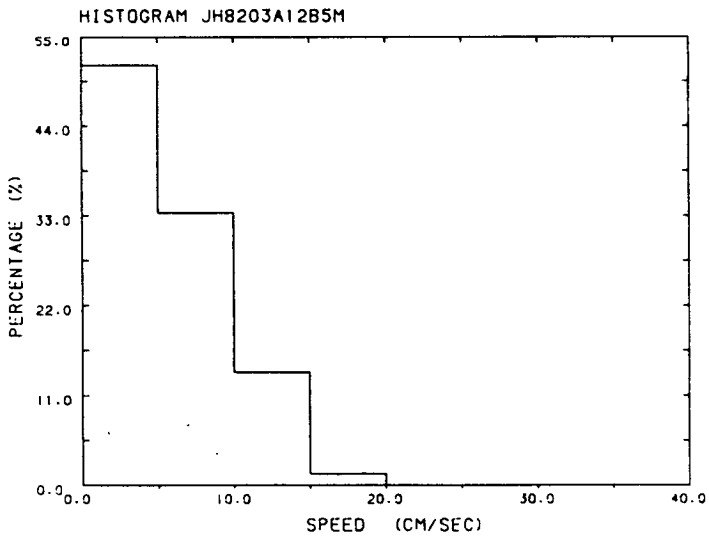


**Fig. I-6b . Histogram of the current speed at the station A11 (bottom).**

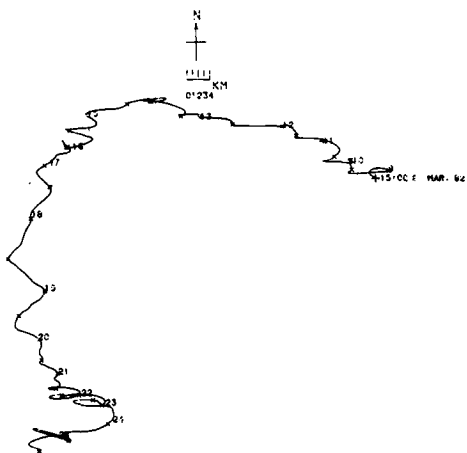




**Fig. I-6c. Histogram of the current speed at the station A12 (upper).**

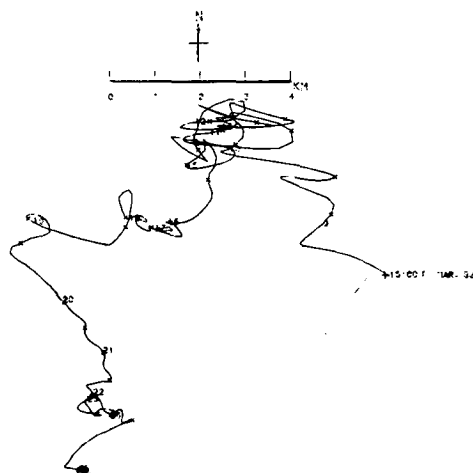


**Fig. I-6d. Histogram of the current speed at the station A12 (bottom).**



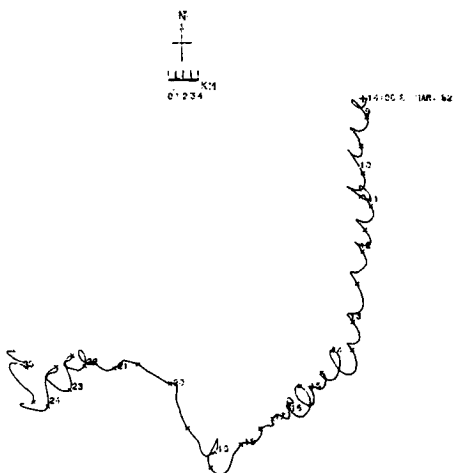
PROGRESSIVE VECTOR DIAGRAM  
JH8203A11U5M

**Fig. I-7a. Progressive current vector diagram at the station A11 (upper).**



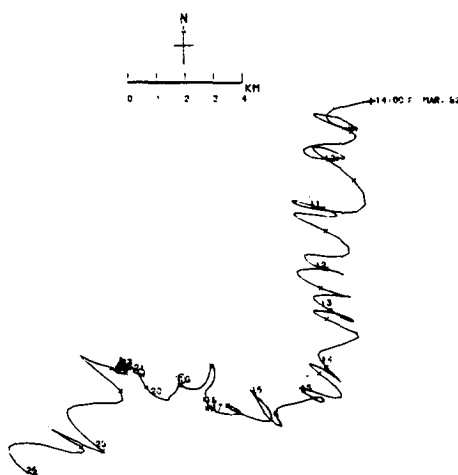
PROGRESSIVE VECTOR DIAGRAM  
JH8203A11B5M

**Fig. I-7b. Progressive current vector diagram at the station A11 (bottom)**



PROGRESSIVE VECTOR DIAGRAM  
JH8203A12U5M

**Fig. I-7c. Progressive current vector diagram at the station A12 (upper).**



PROGRESSIVE VECTOR DIAGRAM  
JH8203A12B5M

**Fig. I-7d. Progressive current vector diagram at the station A12 (bottom)**

수의 유동 방향이 북서 내지 서쪽(진동만 내측)으로 전향되어 있고, 21일부터 24일경까지는 다시 남서쪽으로 서서히 전향되고 있다. 정점 A12의 상층에서 유동 방향의 전향 시기인 14일 - 18일, 21일 - 24일의 기간에 하층에서 나타난 유동 양상은 거의 정체 상태에 가까우리만큼 작는데 이것 역시 Fig. I-4d에 도시되어 있는 시계열 변화도에서 유속이 14일 - 18일, 20일 - 24일 동안에 기록되지 못할 만큼 미약했던 것과 상응하고 있다. 이로써 정점 A12의 상하층에서 유속의 항류 성분이 대체로 유사한 양상으로 변화하고 있으며 사리 때에는 해수가 진동만으로부터 유출되고 조금 때에는 진동만 내측으로 유입되고 있음을 알겠다. 그리고 조석 상태가 사리에서 조금으로, 조금에서 사리로 바뀌는 중간시점에서는 해수의 항류 성분의 유향이 바뀌는데 이 기간 중에는 하층의 유속이 극히 미약하다고 하겠다.

유속자료를 매시간 간격의 평균치로서 smoothing 한 결과에 조류 성분을 제거해서 얻은 잔차류의 시간적변화 양상은 Fig. I-8a-8d에 나타나 있다. 정점 A11의 경우, 상층(Fig. 8a)에서는 잔차류가 13일 이후로 灣外로 유출되고 있고 이러한 현상은 16일 - 19일 기간에 특히 현저하게 나타나고 있으며 상하층의 잔차류 변화 양상은 상층이 하층보다 변화폭이 큰 것을 제외하면 대체로 유사하다. 정점 A12의 경우, 상하층의 잔차류는 13일경까지 만외로 유출하고 14일부터 그 크기가 차차 감소되다가 17일경 이후로 방향이 전환되어서 20일경까지 만내로 유입되고, 그 이후로 잔차류의 크기는 극히 미약해지다가 23일 이후로 상층은 만내로, 하층은 만외로 유동하고 있다. Fig. I-8a-8d에 나타나 있는 잔차류의 stick plot에서 해수의 유동은 사리 때에는 정점 A11에서는 상하층 모두 만내로 유입되고 정점 A12에서는 상하층 모두 만외로 유출되고 있고, 조금 때에는 반대로 정점 A11에서는 만외로, 정점 A12에서는 만내로 유입되고 있음을 알 수 있다. 17일 - 20일 기간에 정점 A11의 상층에서 만외로 유출하는 잔차류의 크기가 현저히 증대한 것은 14일 - 15일에 부산-충무 일대에

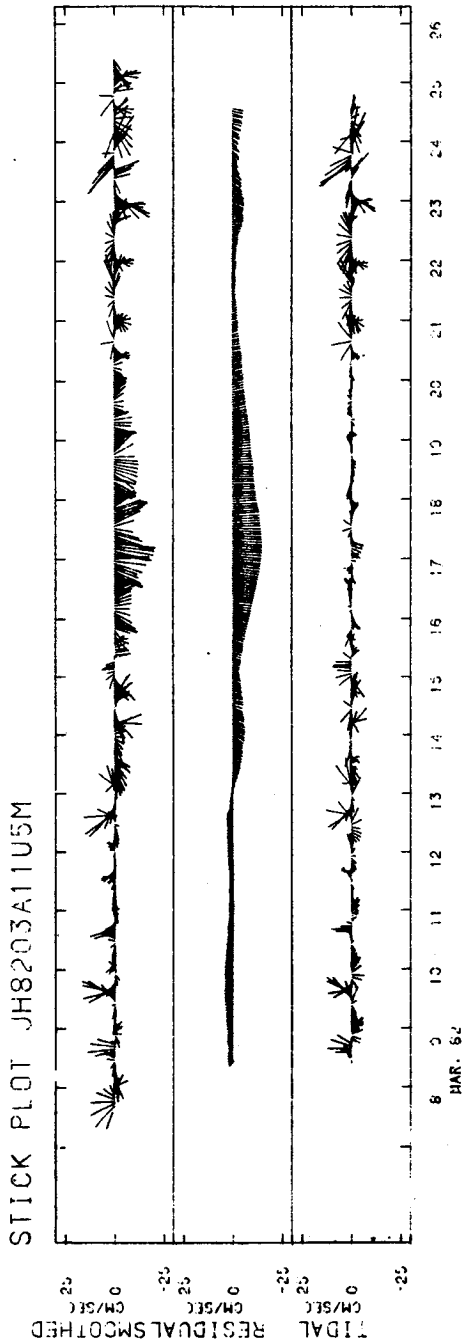


Fig. I-8 a. Stick diagrams of the tidal, smoothed and residual currents at the station A11 ( upper )

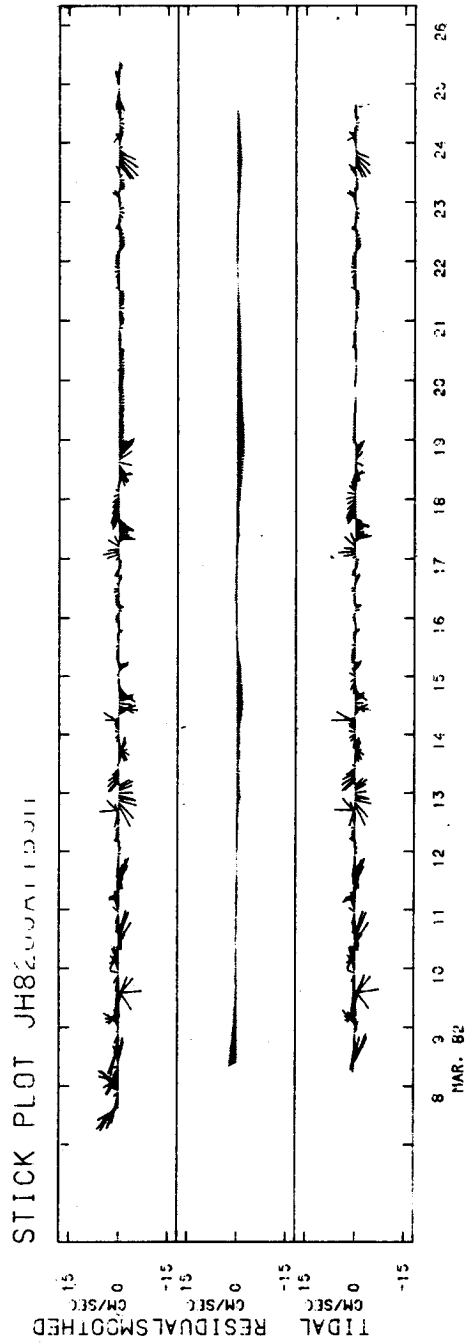


Fig. I-8 b. Stick diagrams of the tidal, smoothed, and residual currents at the station A11 ( bottom )

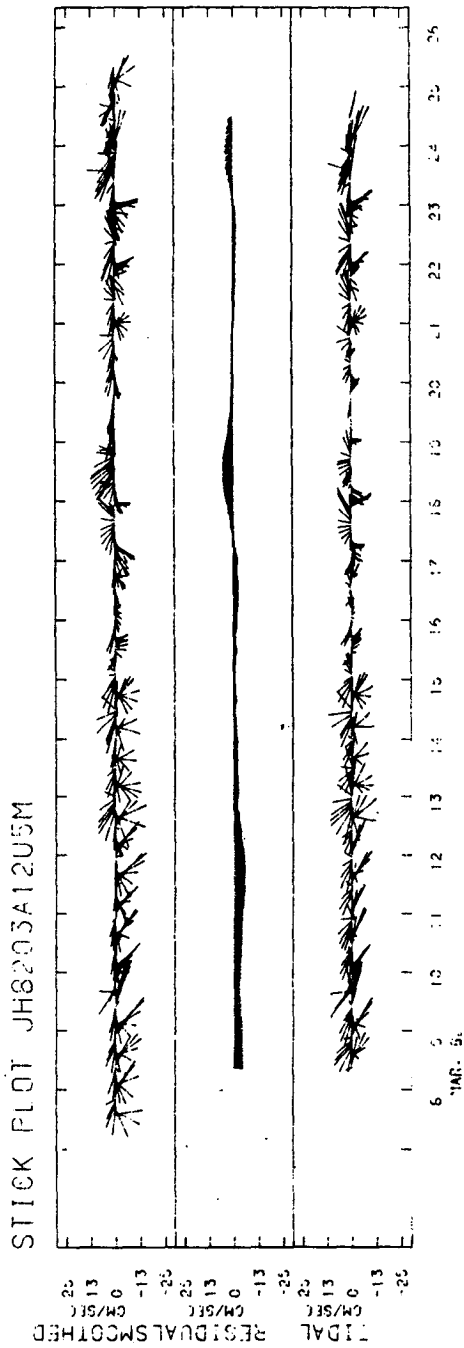


Fig. I-8c. Stick diagrams of the tidal, smoothed, and residual currents at the station AI2 (upper)

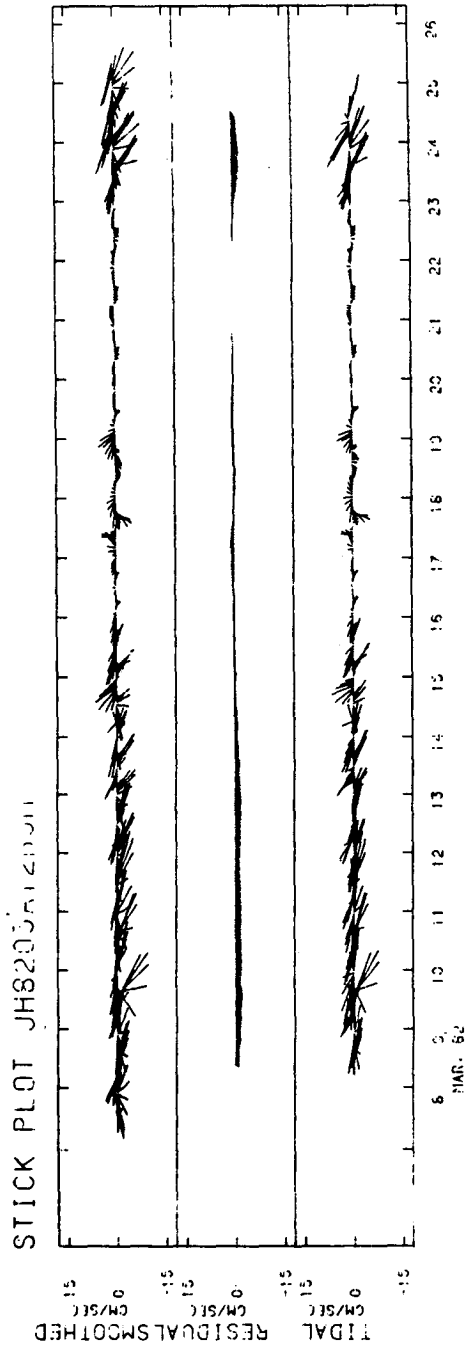
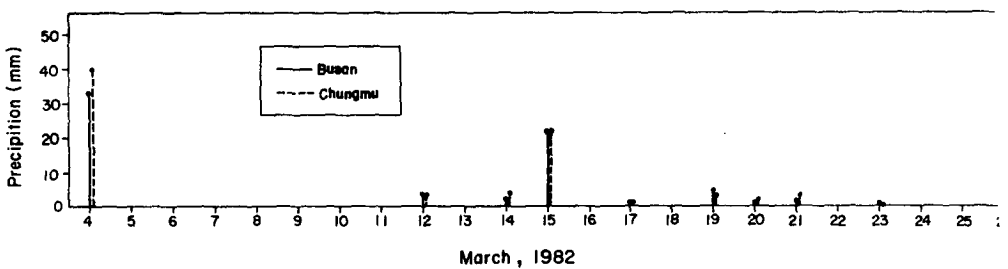


Fig. I-8d. Stick diagrams of the tidal, smoothed, and residual currents at the station AI2 (bottom)

서 내린 강수량(Fig. I-9)에 기인한다고 생각된다. 유속의 원시 자료를 1시간 단위 자료로 smoothing한 다음 FFT를 이용하여 얻은 에너지 스펙트럼은 Fig. I-10a-1에 도시된 바와 같다. 정점 A11의 상층의 에너지 분포(Fig. I-10a)를 보면 주기-1시간의 반일주 유속성분이 현저하게 나타나 있고 다음이 25시간, 6.25시간, 8.3시간의 주기를 가지는 유속성분 순으로 에너지 밀도 분포를 보인다. 전 에너지의 86% 이상이 주기 10시간 이상의 유속성분에 분포되어 있고 이보다 짧은 기의 유속성분에는 14% 미만의 에너지가 분포되어 있을 뿐이다. 정점 A11 하층의 에너지 밀도분포(Fig. I-10b)는 25시간 주기의 일주 유속성분이 전의 9%, 12.5시간의 주기의 반일주 유속성분이 4.5%, 8.3시간 주기성분 약 1%의 에너지를 나타내고 있으며 전체 에너지의 89% 정도가 10시간 상의 주기성분에 분포되어 있음은 상층과 크게 다르지 않다. 정점 A12의 상과 하층의 유속의 에너지 분포는 Fig. I-10c와 I-10d에 보는 바와 같이 반주 성분이 뚜렷이 나타나 있고(상층: 전체 에너지의 67%, 하층: 전체 에너지의 12.5%) 그 다음에 25시간, 6.25시간, 8.3시간 주기 성분들이 차례



**Fig. I-9. Precipitations at Busan and Chungmu in March, 1982.**

나타나 있어서, 정점 A11과 같이 반일주와 일주 주기 성분의 유속이 주요 분임을 알겠다. 또한 숲 에너지의 90% 이상이 주기 10시간 이상의 유속 성분에 분포되어 있어서 10시간 미만의 주기 성분의 에너지 분포량은 무시할 만 작다 하겠다.

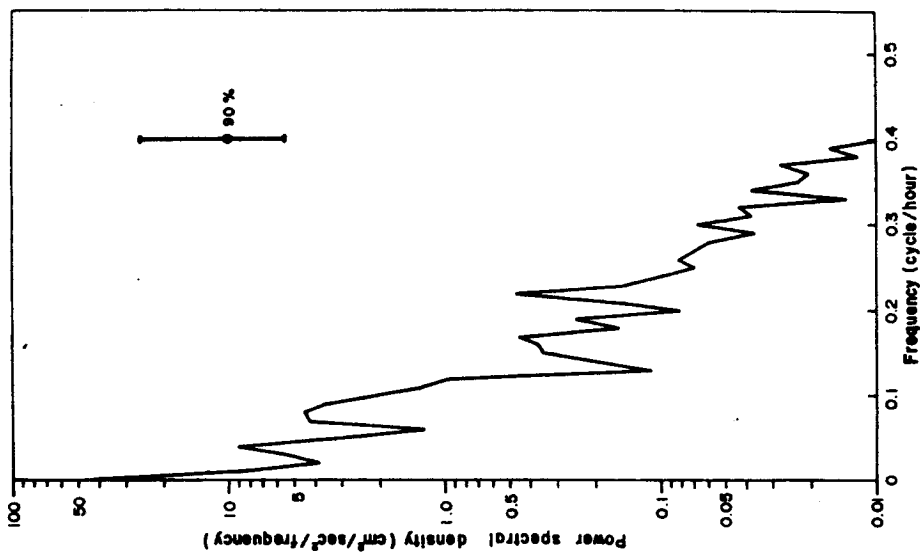


Fig. I-10b. Spectral decomposition of the north-south current component at the station A11 (upper).

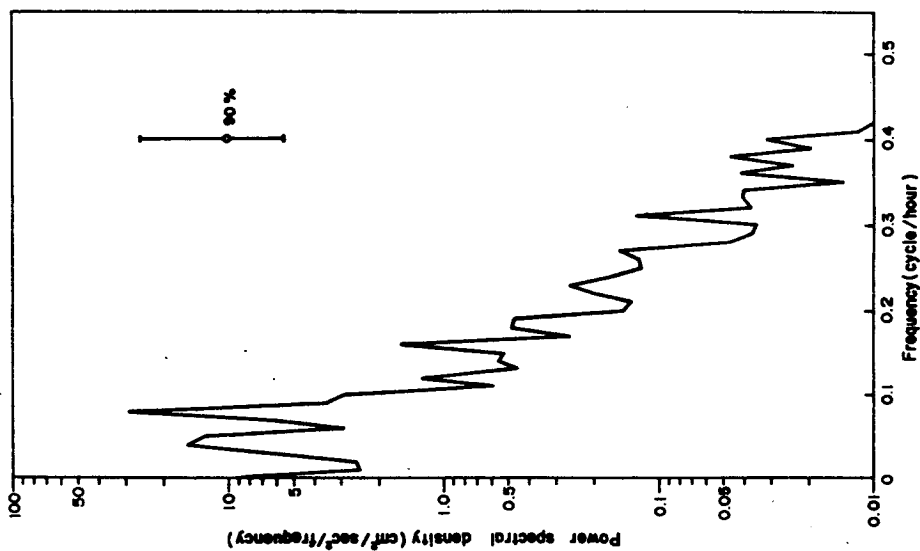


Fig. I-10a. Spectral decomposition of the east-west current component at the station A11 (upper).

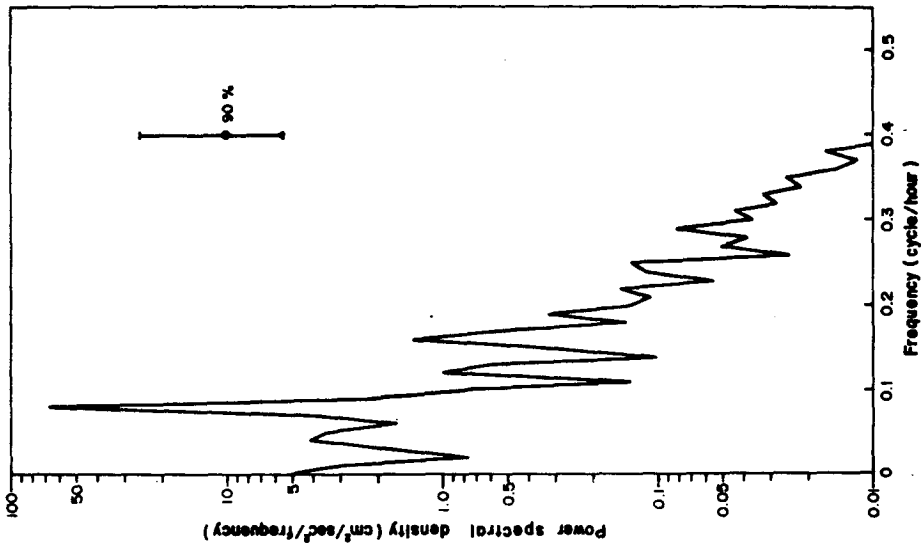


Fig. I-10 c. Spectral decomposition of the east-west current component at the station A12 (upper).

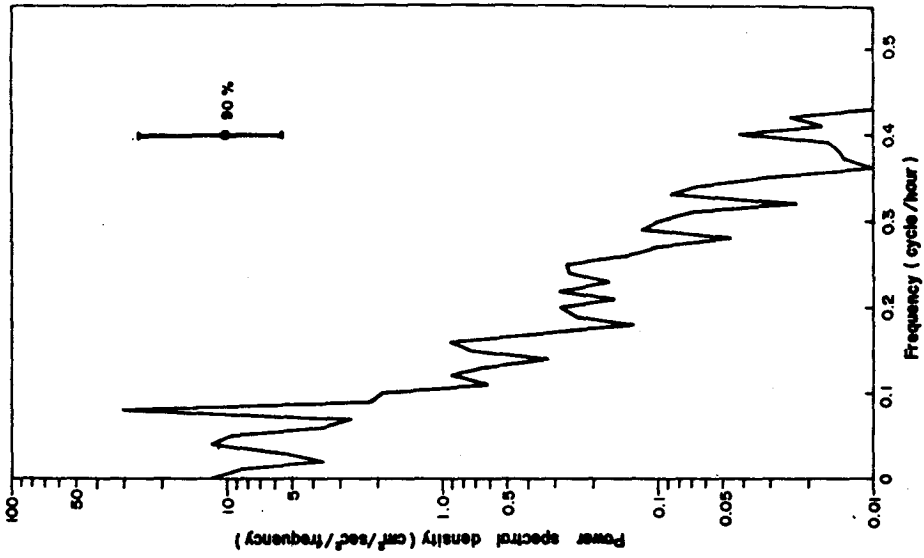


Fig. I-10 d. Spectral decomposition of the north-south current component at the station A12 (upper).



바림과 유속의 cross-spectrum : 유속에 미치는 바림의 영향을 보기 위하여 소 광이도(정점 N1)에서 관측한 바림자료와 정점 A11과 A12의 상층의 流速資料間의 상관관계를 알아보았다. 바림의 동서 성분과 정점 A11의 상층에서 관측된 유속의 동서 성분과의 cross-spectrum, coherence, phase는 Fig. I-11a-11c에서 보는 바와 같다. 바림을 입력 자료로 할 때, 바림의 영향이 유속에 나타나

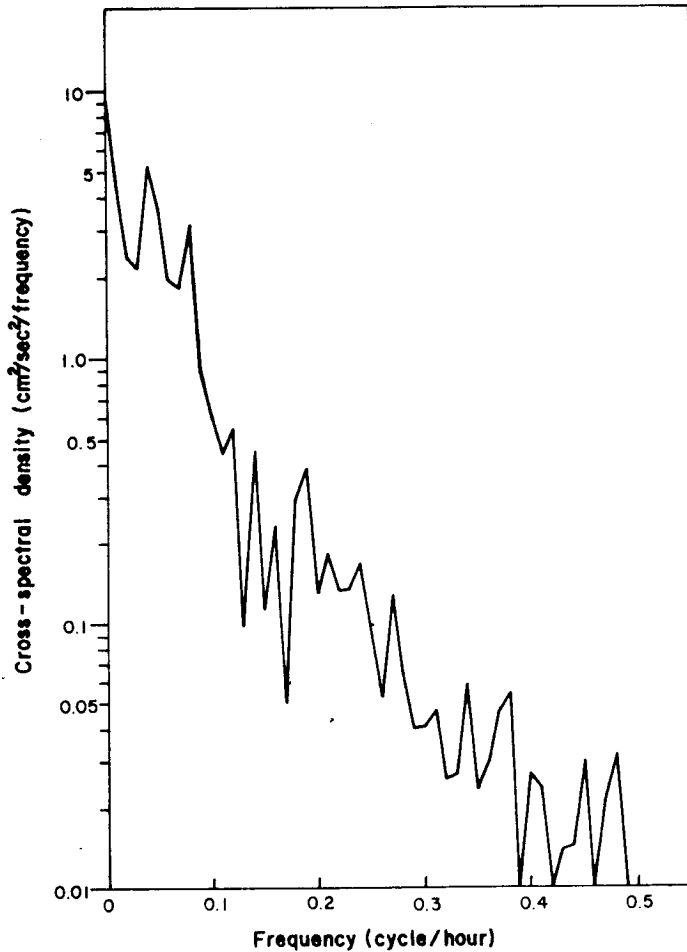
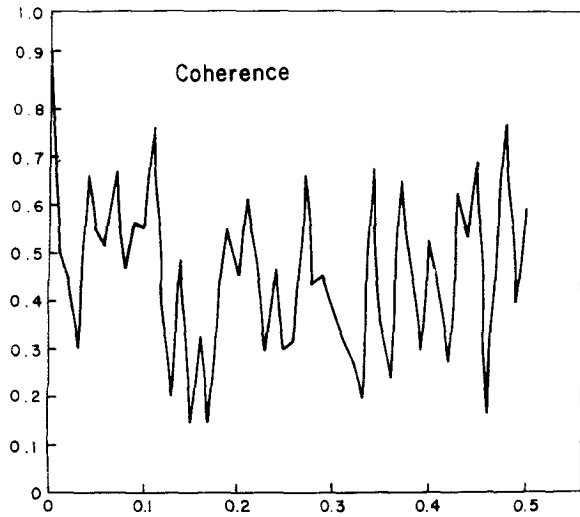
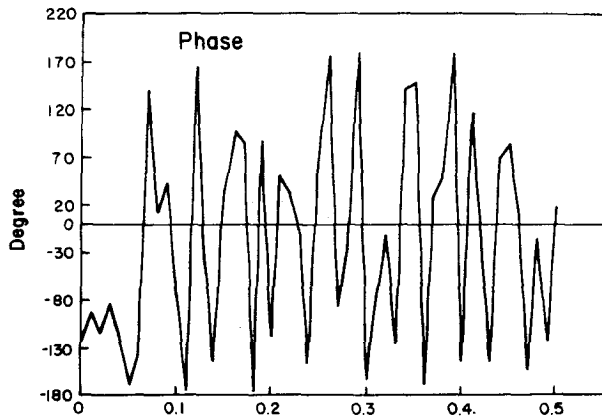


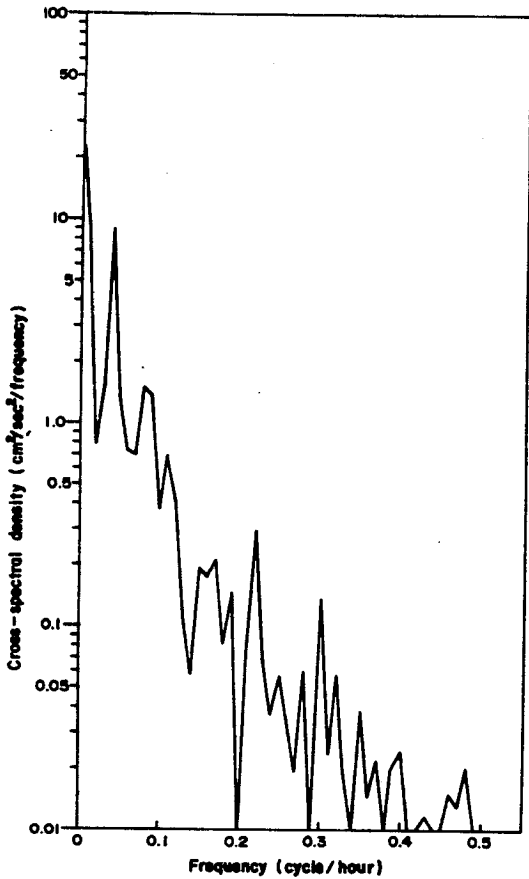
Fig I - 11a. Cross-spectral density between the east-west component of the wind at Sogwangi Do and the east-west component of the current speed at the station A11(upper).



**Fig. I-11b.** Coherences between the east-west component of the wind at Sogwangi Do and the east-west component of the current speed at the station A11 (upper).



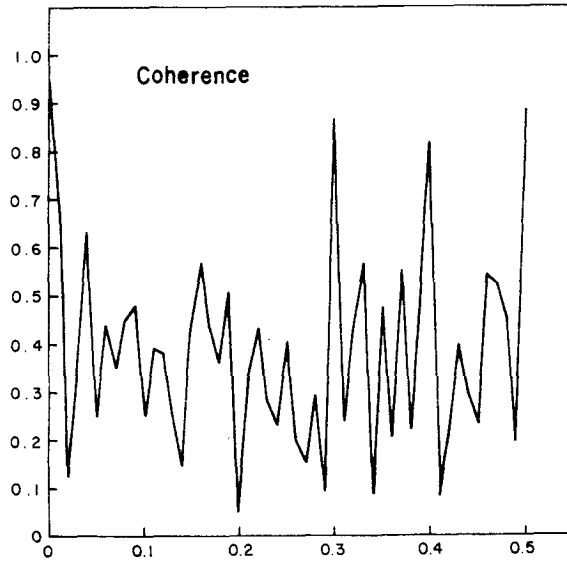
**Fig. I-11c.** Phases of the east-west component of the wind at Sogwangi Do with respect to that of the current speed at the station A11 (upper)



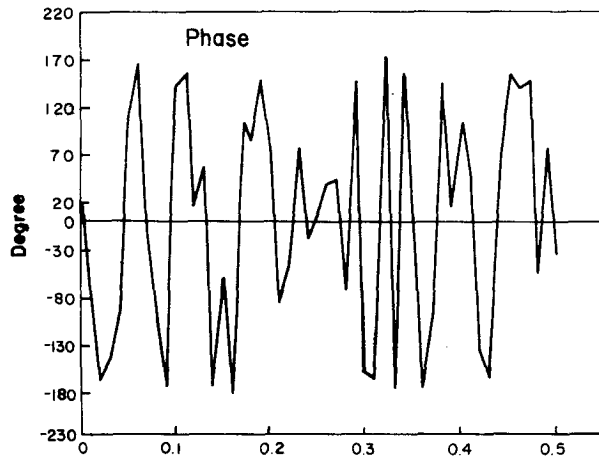
**Fig. I-12a. Cross-spectral density between the north-south component of the wind at Sogwangi Do and the north-south component of the current speed at the station A11 (upper).**

는 데에는 반응 시간이 요구될 것 (time delay)이고 따라서 陽(+)의 위상만이 물리적으로 의미가 있을 것이므로 이것을 고려한다면 바람과 유속의 상관정도가 0.50 이상인 성분은 주기가 5時間 前後인 성분과 2.5-3.0시간 되는 성분뿐이고 그 외의 유속 성분은 바람과의 상관도가 낮다. 바람 에너지나 유속 에너지의 80-90% 이상이 주기 10시간 이상의 성분에 분포되어 있으므로 주기가 10시간 이하의 바람성분에 의한 스펙트럼은 random noise에 의한 것으로 간주하며 바람이 海水의 운동에 미치는 영향은 그렇게 크지 않다 하겠다. 정점 A11의 상층 유속의 남북방향 성분과의 상관관계는 Fig. I-12a-12c에 표시되어 있는데 coherence가 0.5이상 되는 것은 5.3시간 주기 성분 및 2.5시간, 2.2시간 주기 성분으

로서 이것 역시 random noise로 간주하여 바람으로부터 해수의 운동 에너지에 미치는 영향은 그렇게 크지 않다 하겠다. 정점 A12의 상층의 유속 성분과 바람과의 상관관계는 Fig. I-13a-13c에 나타나 있다. 바람과 유속의 동서방향 성분간의 상관관계는 주기 12.5시간과 2.1시간



**Fig. I-12b. Coherences between the north-south component of the wind at Sogwangi Do and the north-south component of the current speed at the station A11 (upper)**



**Fig. I-12c. Phases of the north-south component of the wind at Sogwangi Do with respect to that of the current speed at the station A11 (upper)**

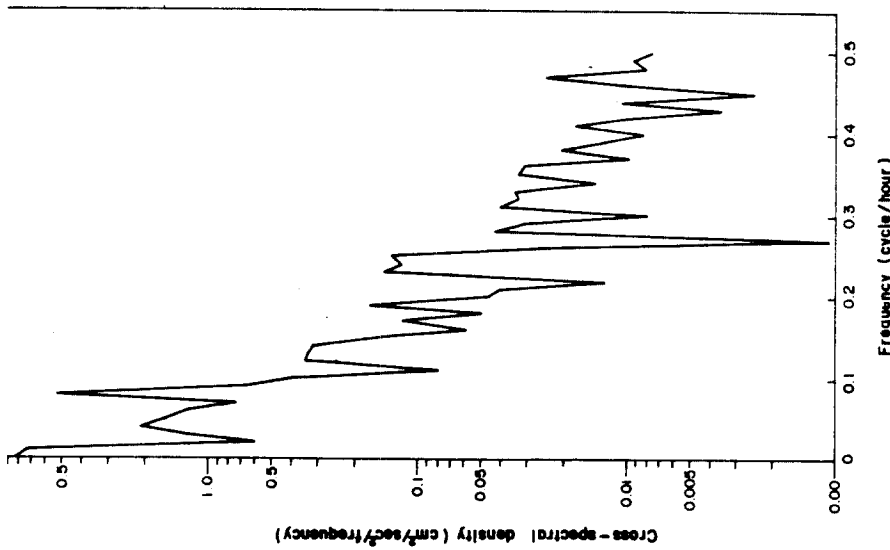


Fig. 1-13a. Cross-spectral density between the east-west component of the wind at Sogwangi Do and the east-west component of the current speed at the station A12(upper).

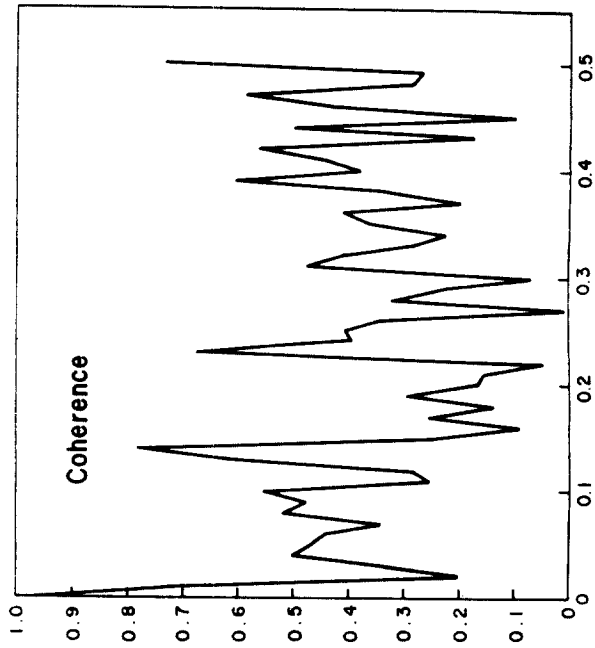


Fig. 1-13b. Coherences between the east-west component of the wind at Sogwangi Do and the east-west component of the current speed at the station A12(upper).

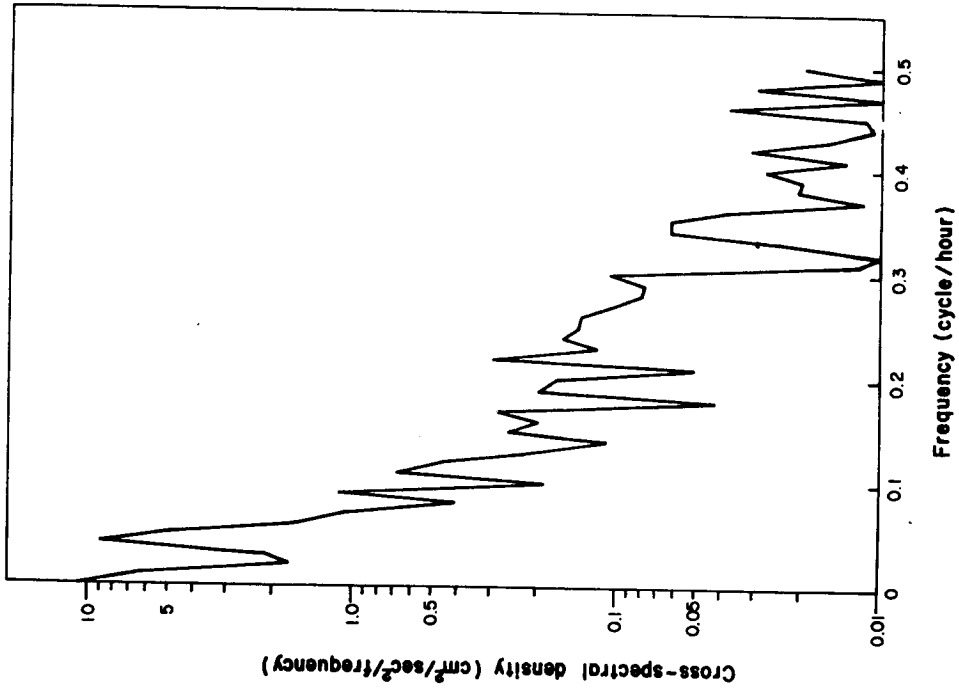


Fig. 1-14a. Cross-spectral density between the north-south component of the wind at Sogwangi Do and the north-south component of the current speed at the station AI2 (upper).

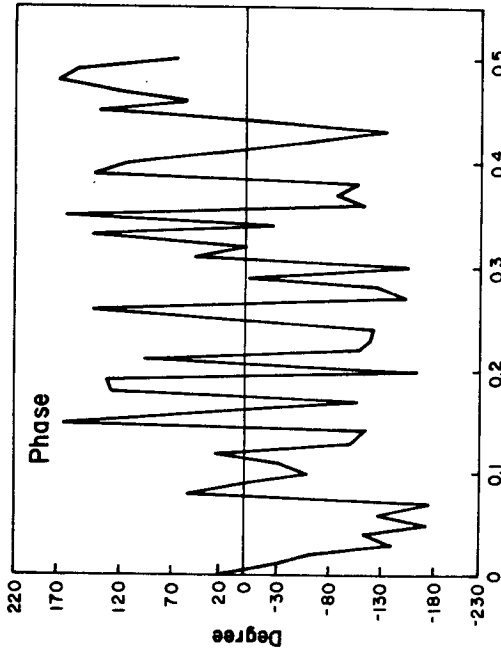
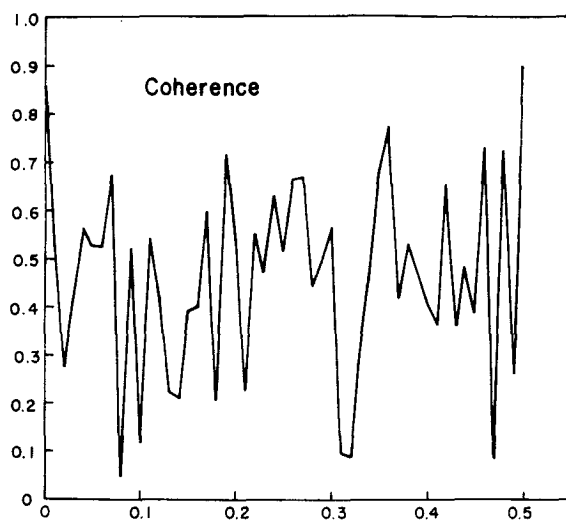
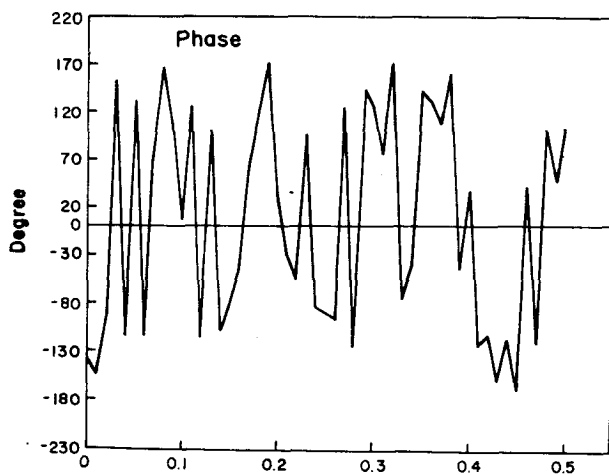


Fig. 1-13c. Phases of the east-west component of the wind at Sogwangi Do with respect to that of the current speed at the station AI2 (upper)



**Fig. I-14b.** Coherences between the east-west component of the wind at Sogwangi Do and the east-west component of the current speed at the station A12(upper)



**Fig. I-14c.** Phases of the north-south component of the wind at Sogwangi Do with respect to that of the current speed at the station A12 (upper)

성분의 coherence가 0.50 이상이 되고 남북방향 성분간의 상관관계는 주기 9시간-11시간 성분과 ~5시간, ~3시간, 2.1-2.2시간 성분의 coherence가 0.5 이상 나타나 있다. 따라서 바람 에너지가 해수 유동 에너지에 미치는 영향은 정점 A12가 A11 보다는 크다 하겠으나, 전반적으로 바람에 의해 해수 유동에 나타나는 효과는 크지 않다 하겠다. 이러한 결론은 Fig. I-2d 에 도시되어 있는 바람의 연속벡터도와 Fig. I-7a-7d에 나타나 있는 해수 유동의 연속벡터도와 서로 비교해 볼 때 거의 상관성이 없다는 것에 대한 說明이 된다.

## 第 4 節 結 論

진해만의 적조 및 오염 모니터링 시스템 研究의 제 3차년도인 1982年度 물리해양 분야의 연구 내용은 다음과 같다.

1. 해수 순환 모델 및 오염 물질 이동과 水質 모델의 入力資料 및 검증 자료로 사용하기 위한 자료의 수립이 2개의 기상 관측 정점, 4개의 조석 관측정점, 7개의 유속 관측 정점에서 2주 이상 3개월간에 걸쳐서 실시되었다.

2. 소광이도에서 관측한 바람은 주변 지형의 영향을 많이 받으며 주요 풍향은 잠도 방향( $60^{\circ} - 110^{\circ}$ ), 원문포 방향( $190^{\circ} - 250^{\circ}$ ), 진동만 방향( $310^{\circ} - 350^{\circ}$ )이 되고 풍속은 1-4 m/sec가 全體의 70% 이상을 나타낸다. 바람의 주기 성분은 스펙트럼분석 결과 일주, 반일주 성분이 우세하되 ~16시간, ~9시간, ~7시간 주기 성분도 존재함이 밝혀졌다.

3. 진동만 입구 양측에서 관측한 해수 유동 특성은

(1) 스펙트럼분석 결과 반일주 조류 성분이 우세하고 일주 조류 성분이 그 다음으로 나타났다. 유동 에너지의 80-90% 이상이 주기 10시간 이상의 조류 성분에 분포되어 있고, 8.3시간, 6.25시간의 주기 성분도 나타나지만 그 에너지는 미세하다.



(2) 조류의 최대 流速은 상층의 경우 정점 A11에서 23.8 cm/sec, A12에서 27.1 cm/sec가 되고 하층의 最大 流速은 A11에서 23.6 cm/sec, A12에서 18.2 cm/sec로 되었으며 평균 유속은 상층에서 10-11 cm/sec, 하층에서 3-5 cm/sec로 나타났다.

(3) 진동만 입구의 양측에서 관측한 결과, 항류성 해수의 유동은 사리때에는 反時計方向으로 흘러서 진동만의 우측에서 流入하고 좌측에서 流出하며 조금때에는 시계방향으로 흘러서 진동만의 좌측으로 유입하고 우측으로 유출한다. 그리고 사리와 조금의 中間時點에서는 하층의 유속은 극히 미약하다.

(4) 바람에 의한 恒流性 海水流動은 크지 않은 것으로 나타났다.

#### References

KORDI, 1980. A preliminary investigation on the monitoring system for the red tides in the Jinhae Bay. BSPE: ... 22-43-7, p.77.

## 第Ⅱ章 鎮海灣의 化學的 特性

研究責任者：李 光 雨(海洋化學研究室)

研 究 員：李 壽 珩

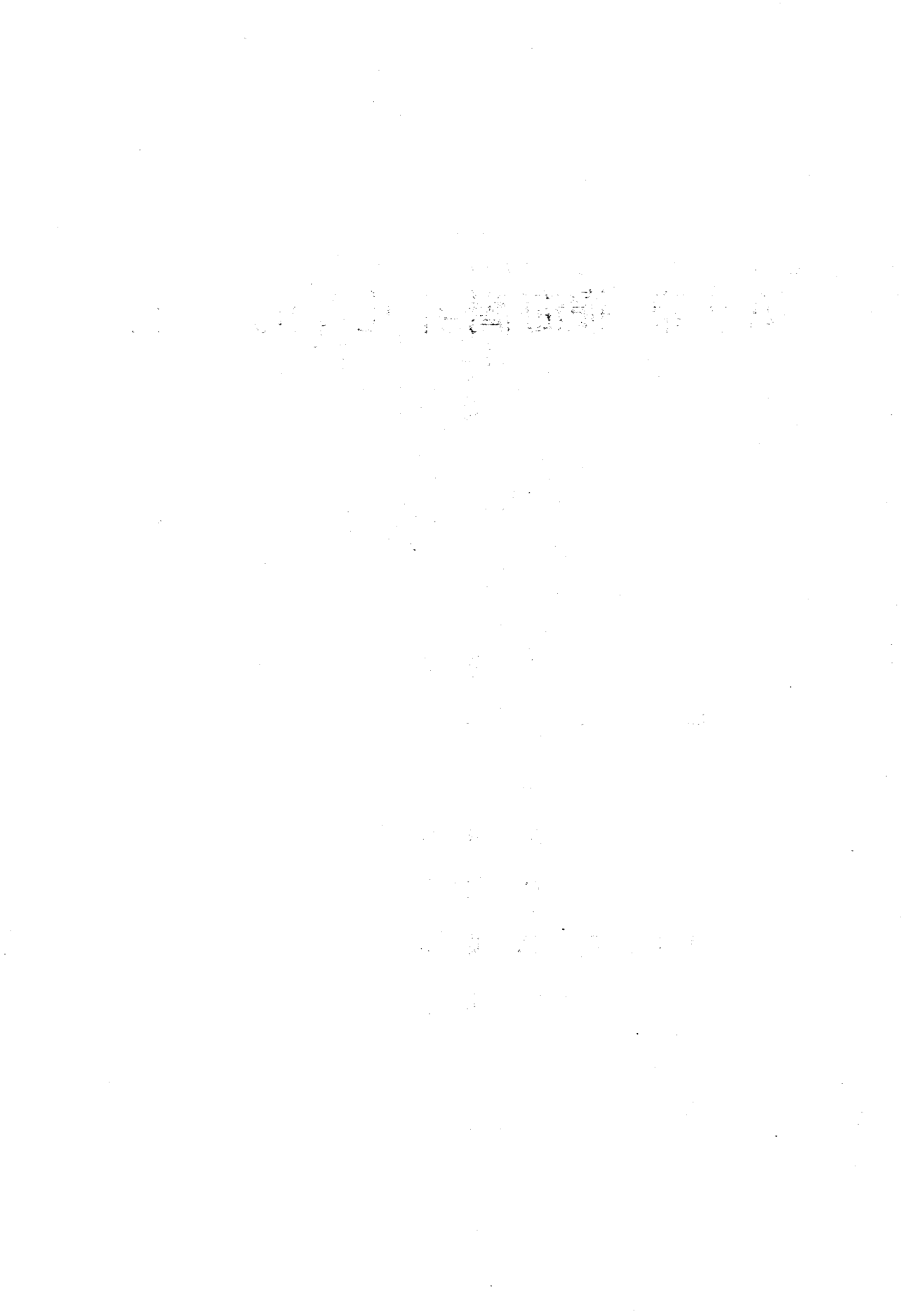
梁 東 範

金 銀 洙

吳 在 龍

研究助員：趙 誠 碌

李 龍 善



## 第1節 序 論

진해만의 赤潮가 高溫水期에 限하지 않고 周年 發生하고 있으며 또한 一回의 發生期間이 長期化되고 있다. 한편 우리나라의 全 沿岸을 보면 울산만, 충무주변, 사천만, 광양만 등에서도 赤潮의 發生頻도가 높아가는 傾向을 보이고 있다. 이에 따라 赤潮에 수반되어 받는 漁業被害는 매년 우리나라에 있어서 增加되고 있을 뿐 아니라 일본의 경우 有毒性 赤潮生物을 攝食하는 貝類를 媒介로 하여 人間의 健康에 까지 크게 影響을 미치고 있다.

따라서 우리나라 沿岸의 富營養化와 關聯하여 赤潮의 發生機構를 밝히고 效率的인 monitoring system을 開發하는 것은 무엇보다도 시급하며 또 長期的眼目으로 볼 때 우리나라 沿岸海水의 環境保全을 위해 必須的인 研究라 하겠다.

이에 따라 본 연구는 1979년 7월 부터 시작한 진해만의 赤潮 및 汚染에 대한 monitoring system開發을 위한 綜合的인 研究의 계속사업 중 一部로서 특히 진해만의 一般水質指數 營養鹽, 重金屬 등 物理化學的인 環境을 調査함으로써 赤潮 및 汚染防止對策樹立에 기여하고자 하는 것이다.

## 第2節 調査內容 및 方法

### 1. 調査海域 및 調査時期

#### 1) 調査海域

調査海域은 Fig. II - 1에서 보는 바와 같이 가조도해역, 진동만, 마산만 그리고 행암만을 주대상으로 삼았다.

월별 정기조사를 위하여는 모두 11개의 조사점을 정했는데 진동만에서는 계도와 화도 중간 (St.1) 과 저도와 호암산 사이의 중간 지점 (St.2) 등 2개점을 정하여 조사를 실시하였다. 마산만의 조사점으로는 마산만내의 공장과 인구밀집지

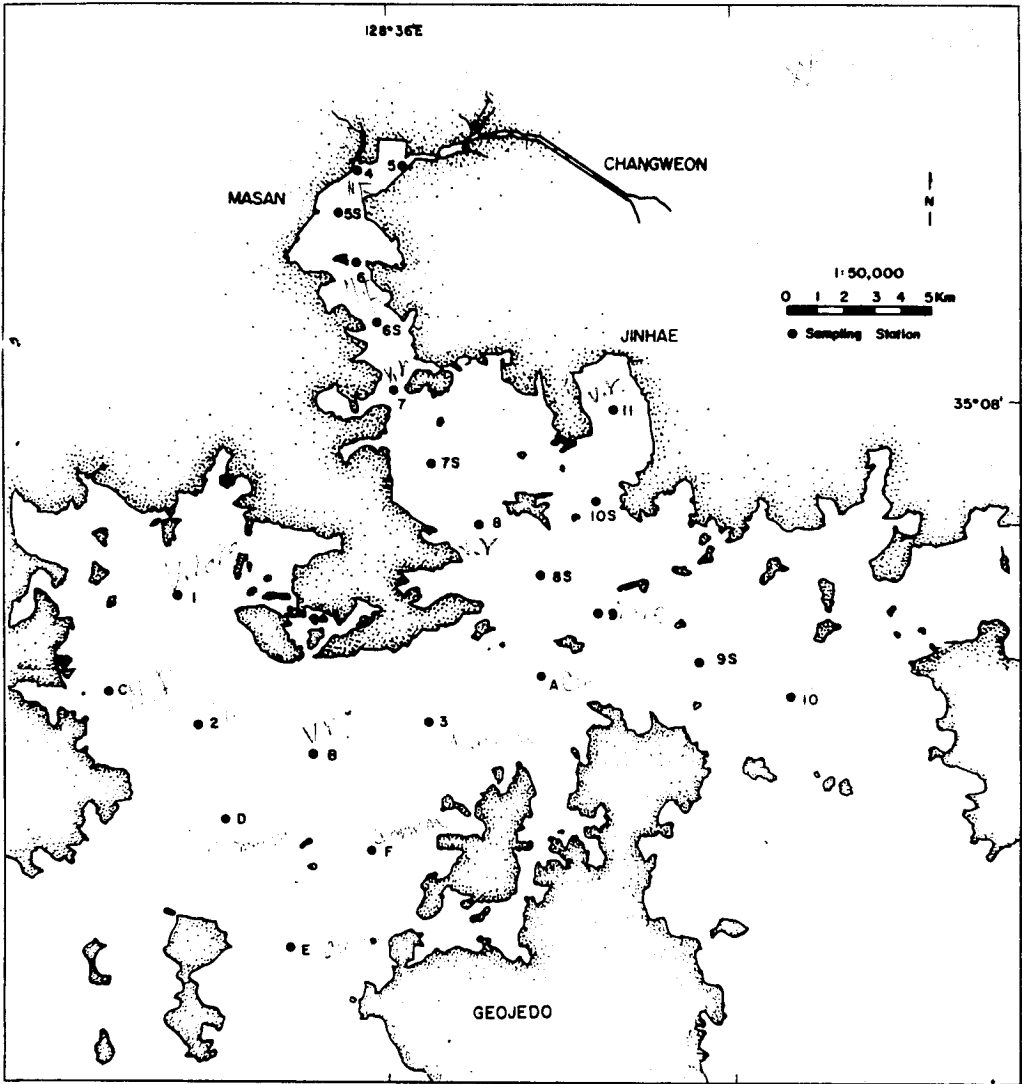


Fig. II-1. Sampling stations of Jinhae Bay.

역을 관통하여 유입되는 하천입구 (St.4) 와 창원시를 거쳐 나와서 마산수출자유 지역 앞으로 유입되는 하천입구 (St.5) 그리고 돌섬 동쪽 (St.6) 과 마산만 입구의 모개등대와 모도 사이 (St.7) 등 4개 조사점을 정하였다. 마산수로에서는, 釜島水道를 거쳐 거제도과 가덕도 사이로 나가는 해역에서 부도 부근 ( St.8) 과

革理島와 蠶島사이 (St.9), 그리고 저도와 연도사이 (St.10) 등 3개점을 정하였고 행암만에서는 대죽도 옆 (St.11) 에 1개의 조사점을 정하여 모두 11개의 조사점에서 조사를 실시하였다.

1982년 7월과 9월에는 가조도해역의 해양화학적 특성을 보다 구체적으로把握하기 위하여 기존 3개 조사점 (St.1~3) 외에 6개 조사점 (A~F) 을 추가하여 일반수질지수, 영양염류, 그리고 클로로필 등을測定 調査하였다. 이 추가된 6개 調査點은 실리도와 蠶島 사이 (St.A) 와 진동만의 St.2와 St.3의 중간지점 (St.B), 그리고 고성군 내산리 앞바다에 한점 (St.C) 을 정하였으며 St.1과 St.2의 연장선상에 비슷한 거리를 두고 St.D와 St.E를 정하는 한편 황덕도와 대광이도 사이에도 한점 (St.F) 을 정하는 등 모두 6개의 추가 조사점을 정하여 5월과 7월 두 차례에 걸쳐 조사하였다.

해저퇴적물의 중금속함량조사는 기존 17개 조사점외에 마산만 및 마산수로의 각 조사점의 중간지점에 추가로 6개의 조사점 (St.5S~St.10S) 을 정하여 1982년 9월의 정기조사 때 1회 시료를 채취하여 중금속함량을測定하였다.

## 2) 調査時期

수질지수의 월변화 관측목적을 위한 현장조사는 1982년 2월 18~19일, 3월 24~25일, 4월 13~14일, 5월 14~15일과 18일, 6월 23일, 7월 19~20일, 8월 28일, 9월 15~16일, 10월 27일, 11월 23일, 그리고 12월 17일 등 모두 11회에 걸쳐 調査하였다. 24시간 연속관측을 위한 현장조사는 1982년 5월 18~19일과 9월 17~18일 등 St.7에서 2회 調査를 수행하였으며 진동만해역의 해양화학적 특성조사를 위한 현장조사는 7월 19일과 9월 15일 등 2회에 걸쳐 실시하였다. 또한 해저퇴적물의 중금속함량은 9월 15~16일 월별 정기조사 때 시료를 채취하여 측정하였다.

## 2. 試料採取 및 保存方法

해수시료는 각 조사점에서 van Dorn 채수기를 사용하여 표층, 저층에서 채취

하는 것을 원칙으로 하였으며 수질지수에 따라 다음과 같은 容器와 保存方法을 사용하였다.

Winkler 法에 의한 용존산소량 (DO) 측정용 시료는 300 ml 用 유리병에 기포가 생기지 않도록 잘 담은 후 황산망간과 알칼리성 요드화칼륨용액으로 용존산소를 고정시켜서 얼음상자에 넣고 실험실에 옮긴 다음 측정하였다.

영양염측정을 위한 시료는 현장에서 일단 여과한 다음 여액을 20 ml 用 폴리에틸렌 병에 담아 마산시내 冷凍工場에서 급속냉凍시킨 후 試料를 얼음상자에 넣어 실험실로 옮긴 다음 측정하였다.

클로로필은 試料를 현장에서 pore size 0.45  $\mu\text{m}$ 의 Millipore HA type membrane filter paper로 여과하여 fiber paper를 冷凍하여 실험실로 옮긴 후 측정하였다.

입자성 탄소, 질소는 해수시료를 현장에서 effective retention 1  $\mu\text{m}$ , 직경 24 mm의 Reeve Angel 934 AH glass fiber filter paper로 여과하여 filter paper를 건조한 후 실험실로 옮긴 다음 측정하였다.

화학적 산소요구량 (COD) 은 시료를 300 ml 用 폴리에틸렌 병에 담아서 얼음상자에 넣은 뒤 실험실로 옮겨서 측정하였다.

중금속 측정용 해수시료는 미리 질산과 증류수로 수회 세척한 3.8 l 用 폴리에틸렌 병에 담아 실험실로 옮긴 후 分析하였다. 또 해저퇴적물시료는 sediment snapper로 採取하여 폴리에틸렌 병에 담아 冷凍工場에서 일단 냉凍시킨 후 얼음상자에 넣어 실험실로 옮긴 다음 分析하였다.

### 3. 分析器機

- 1) Dissolved oxygen meter : Yellow Springs Instrument Co. Model 57.
- 2) PH meter : Orion Model 407 A/F, Fisher Model 525, digital.
- 3) Salinometer : Yeo-Kal Environmental Electronics Model 601 MKIII.
- 4) Automatic titrator : Metrohm Herisau Co. Multi - Dosimet M 415.

- 5) UV-VIS spectrophotometer : Perkin - Elmer Lambda 3.
- 6) Atomic absorption spectrophotometer : Instrumentation laboratory Model 251, Varian Model 875.
- 7) Freeze dryer : Virtis # 10 -100
- 8) Auto Analyzer : Technicon AA II .
- 9) Muffle furnace : Gallenhamp.
- 10) Centrifuge : Sorvall SS-3
- 11) Elemental Analyzer : Perkin - Elmer 240 B.

#### 4. 測定 및 分析方法

##### 1) 一般水質指數

##### 가) 水溫 (water temperature)

휴대용 DO meter 를 사용하여 현장에서 測定하였다.

##### 나) 鹽分 (salinity)

시료를 300 ml 用 폴리에틸렌병에 담아 실험실로 옮긴 다음 Conductivity meter 로 전도도를 測定한 후 鹽分으로 다시 환산하였다.

##### 다) pH

휴대용 pH meter 로 현장에서 測定하였다.

##### 라) 溶存酸素量 (dissolved oxygen)

휴대용 Do meter 로 현장에서 일차 測定하고, 또 300ml 用 BOD병에 시료를 담아 Winkler 法에 의해 황산망간 (II) 과 알카리성 요드화 칼륨용액으로 용존산소를 고정시킨 후 실험실로 옮겨 황산으로 시료를 산성으로 한 다음 유리되어 나오는 요오드를 치오황산소다로 역적정하여 (Standard Method 1976) 測定된 용존산소량을 Weiss 의 포화도표를 써서 다시 포화백분율로 나타냈다 (Weiss 1970).



마) 浮遊物質 (suspended solids)

부유물질의 測定은 미리 desiccator 속에서 건조시켜 무게를 測定한 Millipore HA type membrane filter paper (pore size  $0.45\mu\text{m}$ , 직경 47mm) 로 여과한 다음  $105^{\circ}\text{C}$  oven 속에서 2시간 건조하고 다시 desiccator 속에서 室溫으로 식힌 후 무게를 測定하여 여과하기 전 filter paper 무게를 빼 값으로 하였다. 부유물질 測定을 위해서는 시료 1 l 를 여과하였으며 그 함량은  $\text{mg}/\text{l}$  농도로 표시하였다.

바) 化學的酸素要求量 (Chemical Oxygen demand)

시료 50ml 를 알카리성하에서 일정 과량의 과망간산칼륨용액을 가하고 수욕상에서 30분간 가열한 후 냉각시키고 요오드화칼륨용액을 가한 다음 황산으로 시료용액을 산성으로 만들어 요오드를 유리시킨 후 치오황산소다로 역적정하였다 (Carlberg 1972). 화학적산소요구량은  $\text{mg O}_2/\text{l}$  농도로 표시했다.

사) 透明度 (transparency)

Secchi disc (직경 20 cm) 를 사용해서 현장에서 測定하였다.

2) 營養鹽類 및 플랑크톤 색소량 (nutrients and pigments)

용존성 (dissolved or filtered) 영양염은 Zimmermann *et al.* (1977) 에 의거 Technicon AAII 자동분석기를 사용하여 測定하였으며 여기에 사용된 분석 원리는 다음과 같다.

가) 아질산염 - 질소 ( $\text{NO}_2\text{-N}$ )

시료에 Sulfanilamide 와 N(1-naphthyl)-ethylenediamine dihydrochloride 로 發色시켰다. (Strickland and Parsons 1972)

나) 질산염 - 질소 ( $\text{NO}_3\text{-N}$ )

시료를 Cd-column 에 통과시켜 아질산염으로 환원시킨 후  $\text{NO}_2\text{-N}$  測定과 같은 方法으로 發色시켰다. (Strickland and Parsons 1972)

다) 인산염 - 인 ( $\text{PO}_4\text{-P}$ )

시료를 ammonium molybdate, 황산, ascorbic acid, potassium antimonyl tartrate의 혼합시약으로 발색시켰다. (Strickland and Parsons 1972).

라) 규산염 - 규소 [Si (OH)<sub>4</sub>-Si]

Ammonium molybdate에 시료를 가해 silico-molybdate complex를 만든 후 수산, 황산, ascorbic acid로 발색시켰다. (Strickland and Parsons 1972).

마) 플랑크톤 색소량 (pigments)

Filter paper를 90% 아세톤으로 20시간 동안 냉암소에서 추출한 후 5 cm cell을 사용하여 흡수파장 480 nm, 510 nm, 630 nm, 645 nm, 663 nm 750 nm에서 흡광도를測定하였다. 測定된 값은 SCOR/UNESCO 공식에 의해 클로로필 a, b, c를 계산하고 plant carotenoids는 Richards 공식에 의하여 계산하였다 (Strickland and Parsons 1972).

바) 입자성 탄소·질소

Kerambrun and Szekiolda (1969)에 의거 elemental analyzer를 사용하여 測定하였다.

사) 해저퇴적물중의 유기탄소·유기질소

해저퇴적물중의 유기탄소, 유기질소성분의 분석을 위해서는 퇴적물시료에 2 N 염산을 가하여 무기탄소를 제거한 후 oven에서 100 ℃로 건조하여 Kerambrun and Szekiolda (1969)에 의거 elemental analyzer를 사용하여 分析하였다.

3) 重金屬 (Heavy metals)

海水中の 重金屬은 溶存性 (dissolved) 金屬과 粒子性 (particulate) 金屬으로 區分하여 測定하였으며 溶存性 金屬의 測定을 위한 농축단계를 除外하고

는 대체로 미국환경보호청의 分析方法 (U. S Environmental Protection Agency 1974) 을 따랐다.

중금속분석에 사용된 모든 시약들은 獨逸 Merck제 특급시약 (G. R. ) 이었으며 증류수는 일단 증류한 물을 다시 이온교환수지컬럼을 통과시켜 脫鹽水로 만들어 사용하였다. Ammonium citrate는 dithizone추출법으로 정제한 후 사용했으며 APDC ( ammonium pyrrolidine dithiocarbamate) 용액도 chloroform과 MI BK ( methylisobutylketone) 로 2~3 회 추출해낸 후 사용하였다. 그리고 용존성 중금속 測定에 사용된 Millipore membrane filter paper 도 2 N질산용액, 0.1% APDC 용액, 증류수순으로 각각 2~3 회 세척한 후 사용하였다.

#### 가) 溶存性 重金屬 (Cd, Cu , Pb, Zn )

Pore size  $0.45\mu\text{m}$ , 직경  $47\text{mm}$ 의 Millipore membrane filter paper 로 여과한 시료를 Fe - APDC 침전법 ( Lee *et al.* 1980 ) 으로 160 배 농축한 후 원자흡수분광기로 분석하였다.

등근바닥 플라스크 ( 1 ℓ 용 ) 에 시료 800 ml 를 넣고 0.1 % methyl orange 2 방울과 1,000 mg/ℓ Fe(III)용액 5 ml 를 가한 후 묽은염산 및 암모니아수로 대략 pH 3 되게 조절하였다. 여기에 ammonium citrate 완충용액 ( citrate buffer solution ) 10 ml 와 5 % APDC 용액 5 ml 를 가하고 1 분동안 흔들여 준 다음 20 ~ 30 분간 침전이 완결토록 방치하였다. 이렇게 처리된 용액을  $0.45\mu\text{m}$  Millipore membrane filter paper 로 여과하여 침전은 filter paper 와 함께 시험관에 넣고 2N 질산용액 5 ml 를 가한 후  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$  oven속에서 30 분동안 방치시켰다. 이와 같이 처리하면 filter paper 는 그대로 남고 침전물만 용해되어 맑은 용액이 되는데 이 용액을 공기-아세틸렌 불꽃에 분무시켜 각 원소의 농도를 測定하였다. 각 금속의 측정 흡수파장은 Cd 228.8nm, Cu 324.7nm, Pb 283.3nm, Zn 213.9nm 였다.

#### 나) 粒子性 重金屬 (Cd, Cu, pb, Zn)

Millipore 막여과지에 걸른 부유물질을 여과지와 함께 10 ml Pyrex 시

시험관에 넣고 진한 질산 3 ml 를 가한 후 기름중탕 속에서 130 ~ 140 ℃를 유지하면서 완전히 digestion 시켰다. 여기에서 1N HNO<sub>3</sub> 10 ml 를 가하고 진탕기로 용액을 잘 혼합시켜 준 다음 공기-아세틸렌 불꽃에 분무시켜 각 원소의 농도를 측정하였다.

#### 다) 總重金屬 (Cd, Cu, Pb, Zn)

미국환경보호청의 방법에 따라 용존성 중금속과 입자성 중금속의 합을 總重金屬의 농도로 하였다. (EPA 1974)

#### 라) 海底堆積物中の 重金屬分析 (Cd, Cu, Co, Cr, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn)

시료를 freeze dryer 로 말려서 mortar로 곱게 빻은 다음 80mesh nylon sieve 로 걸렀다. 이 堆積物試料 1g 을 50ml porcelain crucible 에 담아 전기도가니 (electric muffle furnace) 에 넣고 550 ℃에서 3시간동안 가열하여 유기물을 태운 후 다시 꺼내 식힌 다음 30ml Pyrex test tube 에 옮겨 담았다. 여기에서 진한 질산 3 ml 를 가하고 oil bath에서 130 ~ 140 ℃를 유지하여 digestion 시켰다. 다시 1N 질산 20 ml 를 test tube 에 가하고 전기진탕기로 잘 흔들어 준 다음 이 용액을 원자흡수 분광기의 공기-아세틸렌 불꽃에 분무시켜 각 원소의 농도를 측정하였으며 농도 표시는 乾重量 (dry weight) 의 ppm 단위로 나타냈다. 측정에 사용된 각 원소의 흡수과정은 Cd 228.8nm, Cu 324.7nm, Co 240.7 nm, Cr 357.9 nm, Fe 248.3 nm, Mn 279.5nm, Ni 232.0 nm, Pd 283.3nm, Zn 213.9nm이었다.

## 第 3 節 一般水質指數의 調查結果 및 考察

### 1. 月別定期調查結果

#### 1) 水 溫 (water temperature)

1982년 1년간 진해만 전체의 수온분포를 보면 표층의 경우 마산만이 여름철 (6월~8월)에는 평균 21.7 ~ 25.8 ℃로 타 해역보다 높은 반면 겨울철

(11월 ~ 12월)에는 5.5 ~ 10.1 ℃로 오히려 진동만에 비해 낮는데 이러한 현상은 마산만이 육수의 영향을 많이 받는데에 기인하는 까닭이다. 그러나 저층의 경우 여름철에는 행암만이 평균 21.2 ℃로 약간 높을 뿐 전해역이 20.4 ℃ 정도의 비교적 균일한 수온을 나타냈으며 이와 반대로 겨울철에는 마산수로가 평균 8.5 ℃로 가장 높고 나머지 해역은 평균 7.7 ~ 7.9 ℃의 비슷한 수온을 나타냈다

(Table II-1). 여름철에는 표층수온의 상승으로 인해 해수의 수직혼합이 잘 이루어지지 않기 때문에 표 저층간의 수온차가 커지게 되는데 본 조사에서 나타난 표 저층간 수온차는 마산만이 5월 ~ 8월 사이에 평균 2.8 ~ 5.9 ℃로 진동만에 비해 비교적 큰 차이를 나타냈다. 특히 5월에는 마산만의 표·저층간 수온차가 평균 5.9 ℃로 다른 해역보다도 2배 이상이나 높았다. 또한 7월의 표·저층간 수온차가 전해역에 걸쳐 4.2 ~ 4.9 ℃로 높은값을 나타내는데 비해 8월에 0.9 ~ 2.8 ℃로 낮은값을 보인 것은 8월의 현장조사가 태풍 Ellis호가 지나간 직후에 실시되어 해수의 수직혼합이 잘 이루어졌기 때문인 것 같다.

## 2) 鹽分 (salinity)

전 조사기간을 통한 염분의 변동범위는 26.59 ~ 34.42‰로 폭넓은 변화를 보였는데 진해만의 염분변화는 육수유입에 의한 영향이 크며 특히 마산만의 표층염분은 조석과 육수유입의 영향을 크게 받는 것으로 나타났다. 각 해역별 연평균염분분포를 보면 표층은 진동만 (32.18‰), 마산수로 (32.32‰), 행암만 (31.94‰) 등이 비슷하고 마산만 (31.01‰)이 가장 낮은 반면 저층은 마산수로 (33.11‰)가 가장 높고 진동만 (32.71‰), 마산만 (32.71‰), 마산만 (32.61‰), 행암만 (32.21‰)으로 갈수록 염분이 조금씩 감소하는 것으로 나타났다 (Table II-2). 또한 각 해역의 표층염분분포는 전반적으로 6월이 높고 반대로 5월과 8월이 낮는데 이것은 5월과 8월의 현장조사가 30 mm 이상의 강우 직후에 실시되어 육수유입의 영향을 많이 받았기 때문인 것으로 생각된다. 이러한 강우의 영향은 9월조사에서도 약간 나타나고 있다 (Fig II-2).

**Table II - 1. Monthly mean water temperatures in each area (°C).**

Area	Month W. Layer	1982											Mean
		Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.		
Jindong Bay (St. 1-3)	S	5.5	10.9	12.8	17.2	21.4	24.2	24.0	24.6	18.9	11.0	17.1	
	B	5.1	8.9	11.6	15.5	18.6	19.8	22.6	22.2	18.0	10.6	15.3	
Masan Bay (St. 4-7)	S	5.5	10.5	14.4	20.2	21.7	25.8	24.7	23.4	17.6	10.1	17.4	
	B	5.0	9.3	11.8	14.3	18.2	21.2	21.9	22.3	17.6	10.5	15.2	
Masan Waterway (St. 8-10)	S	9.0	11.5	13.7	18.1	21.0	23.8	23.4	23.2	17.9	10.2	17.2	
	B	6.9	10.7	12.5	15.3	19.5	18.9	22.5	22.4	17.5	10.0	14.9	
Haengam Bay (St. 11)	S	7.0	12.2	15.0	17.9	21.5	25.7	23.6	23.8	18.0	9.2	17.4	
	B	6.2	11.4	13.0	16.7	20.0	21.5	22.1	22.9	17.8	9.2	16.1	

**Table II - 2. Monthly mean salinities in each area (‰).**

Area	Month W. Layer	1982											Mean
		Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.		
Jindong Bay (St. 1-3)	S	33.43	33.47	33.30	30.22	34.15	33.58	28.85	30.16	31.96	32.63	32.18	
	B	33.60	32.35	33.40	30.94	34.25	33.95	32.10	31.11	32.57	32.78	32.71	
Masan Bay (St. 4-7)	S	32.39	32.67	31.30	27.10	32.67	32.31	29.66	29.23	31.19	31.62	31.01	
	B	33.57	33.08	33.24	30.74	34.07	33.67	31.84	30.92	32.32	32.63	32.61	
Masan Waterway (St. 8-10)	S	33.93	33.60	33.15	29.99	34.12	33.63	29.05	30.69	32.08	32.96	32.32	
	B	33.86	33.70	33.56	33.03	34.36	33.93	31.17	30.97	32.82	33.14	33.11	
Haengam Bay (St. 11)	S	32.44	33.78	33.11	27.24	34.30	33.59	29.14	30.63	32.33	32.97	31.94	
	B	33.87	33.69	33.35	27.59	34.26	33.81	29.51	30.76	32.38	32.85	32.21	

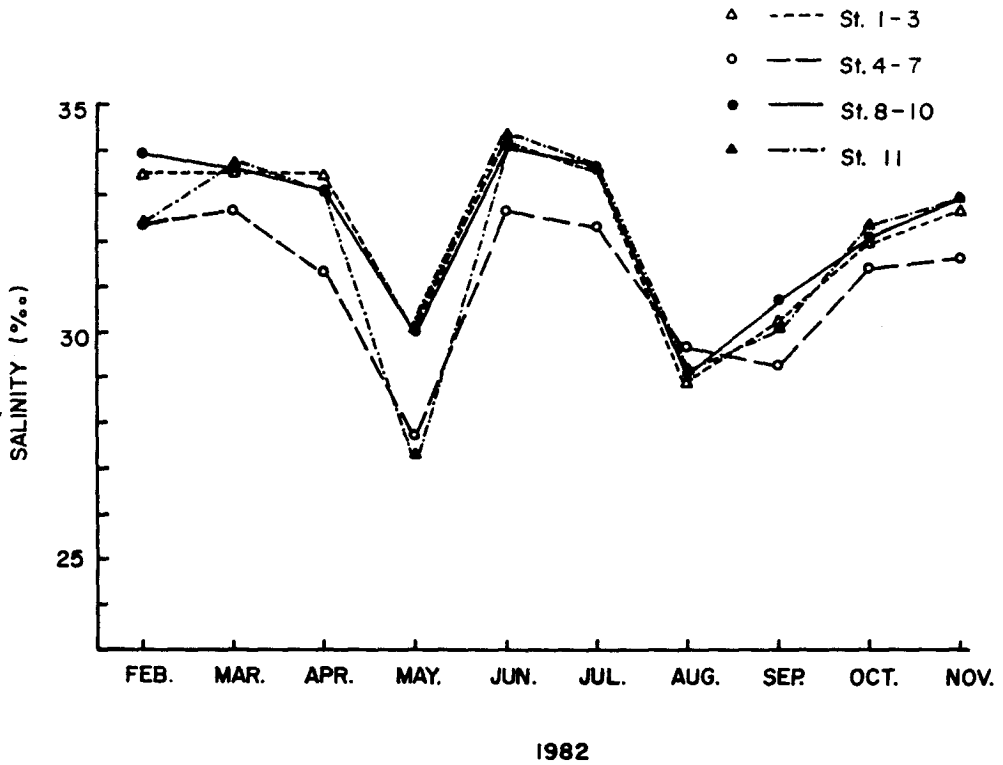


Fig. II-2. Monthly variations of salinity of surface seawater in Jinhae Bay.

각 조사점별 염분분포를 보면 진동만에서는 내만쪽에 있는 St.1의 연평균분포 (표층 32.36‰, 저층 32.48‰)가 바깥쪽에 위치한 St.2 (표층 31.80‰, 저층 32.30‰)보다 표·저층 모두 높았으며 특히 5월에는 St.1의 표층염분 (32.75‰)이 St.2 (26.59‰)에 비해 6%이상이나 높았던 것으로 보아 St.1과 St.2는 서로 다른 수로에 위치한 조사점인 것을 알 수 있다. 이와 같은 현상은 마산수로의 St.8과 St.9 사이에서도 나타나고 있다. 표층해수의 연평균염분을 비교해 보면 St.8 (32.35‰)이 St.9 (32.02‰)보다 약간 높고 특히 5월에는 St.8 (31.43‰)이 St.9 (27.06‰)에 비해 4% 이상 높았는데 행암만의 St.11 역시 27.24‰로 St.9와 비슷하게 나타났다. 따라서 St.9는 마산수로

보다는 오히려 행암만쪽에서 유입되는 육수의 영향을 더 크게 받는 것으로 생각된다.

전반적으로 진해만의 염분분포는 표층의 경우 육수유입에 의한 영향을 크게 받고 있으나 저층은 비교적 큰 변화없이 안정된 염분분포를 나타내고 있다.

### 3) 溶存酸素量 (dissolved oxygen)

진해만의 전반적인 용존산소분포를 보면 표층은 28.7 ~ 227.1%, 저층은 0 ~ 145.7%로 표·저층 모두 변화폭이 매우 크며 또 표층의 포화도가 봄철에서 여름철로 가면서 대체로 증가하다가 가을철로 접어들면서 감소하는 경향을 보인 반면 저층은 봄철에서 여름철로 갈수록 감소하고 다시 가을철로 가면서 포화도가 증가하는 상반된 현상을 나타냈다. 이것은 여름철에 식물성 플랑크톤류의 광합성작용이 해수표면에서 가장 활발해 용존산소의 과포화현상을 가져 오는데 비해 저층은 해수의 수직혼합이 잘 이루어지지않아 저층의 유기물이 부패되어 그 결과 용존산소가 감소하기 때문인 것으로 생각된다.

각 해역의 연평균 용존산소포화도는 행암만이 표층 127.9%, 저층 101.3%, 마산만이 표층 114.5%, 저층 38.8%, 마산수로가 표층 118.7%, 저층 90.5%, 진동만이 표층 108.9%, 저층 85.5%로 표·저층 모두 행암만이 가장 높았으며 반대로 표층은 진동만이 그리고 저층은 마산만이 가장 낮았다 (Table II-3) 특히 마산만은 봄철에서 가을철까지 표층은 용존산소의 과포화도를 나타낸 반면 저층은 용존산소포화도가 거의 0에 가까운 부패해역인 것을 알 수 있다. 6월 ~ 8월 사이에는 전해역에 걸쳐 표층의 용존산소포화도가 평균 109.1 ~ 197.1%의 높은값을 나타냈으나 겨울철에는 해수의 수직혼합이 비교적 잘 이루어져 표·저층이 비슷한 용존산소포화도를 나타냈다.

조사점별로는 마산만의 St.7이 7월조사에서 용존산소포화도가 227.1%로 전 조사기간을 통해 가장 높았고, 또 6월과 8월도 각각 202.0%와 194.9%로 매우 높은 포화도를 나타냈는데 이것은 이 해에 여름철 내내 생긴 적조현상 때문이며 이와 비슷한 현상은 St.6에서도 나타났다.



#### 4) pH

82년 조사기간을 통한 진해만의 pH 변동범위는 7.6 ~ 9.2로서 81년도의 변동범위와 비슷하다. 본 조사에 나타난 진해만의 pH분포양상을 보면 표층은 여름철에 식물성 플랑크톤의 광합성작용이 활발하여 대체로 pH가 높고 겨울철에는 일반적인 해수의 pH범위를 유지하고 있으며 저층은 해역에 따라 약간의 차이는 있으나 전반적으로 계절에 따른 큰 변화없이 안정된 pH를 나타내고 있다.

조사점별 연평균 pH는 표층의 경우 St.7과 St.8이 8.5로 가장 높았으며 저층은 St.8과 St.11이 8.3으로 역시 가장 높았다. 또 전체 연평균 pH는 표층 8.3, 저층 8.2로 작년도 2차조사 때의 연평균 pH(표층 8.4, 저층 8.2)와 비슷하였다. 월별 pH분포를 보면 9월이 전반적으로 높아 St.7의 표층에서는 9.2로 조사기간 중에서 가장 높았으며 St.6과 St.8도 9.0으로 매우 높은 pH를 나타내 이 부근해역에서 식물성 플랑크톤의 대증식이 있었음을 알 수 있다. 이렇듯 여름철에 높았던 pH는 10월부터 정상적인 해수의 pH로 회복되면서 표·저층간의 pH 차이도 거의 없었다.

각 해역 간의 pH 분포양상을 보면 (Table II - 4) 행암만이 연평균 pH가 표층 8.4, 저층 8.3으로 표·저층 모두 타 해역보다도 높았으며 특히 8월~9월 사이에는 표층의 pH가 평균 8.8~8.9로 대단히 높게 나타났고 저층 역시 8.4~8.8로 높은 pH를 나타냈는데 이 해역에서는 수심이 10 m 정도로 얕아 플랑크톤의 대증식이 일어날 경우 그 영향이 저층에 까지 미치는 것을 쉽게 예측할 수 있다. 그 밖에 진동만, 마산만 그리고 마산수로 등의 해역은 연평균 pH가 표층 8.2~8.3, 저층 8.1~8.2로 비슷한 값을 나타냈다.

#### 5) 化學的酸素要求量 (chemical oxygen demand)

전 조사기간을 통해 진해만의 COD변동범위는 0.78 ~ 13.02 mg O<sub>2</sub>/ℓ로 81년도의 조사결과와 거의 같은 수준이었으며 연평균COD는 표층 3.61 mg O<sub>2</sub>/ℓ로 표층이 저층보다 훨씬 높았다. 각 조사점별 연평균COD를 비교해 보면

**Table II - 3. Monthly mean saturation percentages of dissolved oxygen in each area ( % ).**

Area	Month W. Layer	1982											Mean
		Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.		
Jindong Bay (St. 1-3)	S	95.2	112.7	109.6	97.3	109.1	116.9	129.3	121.7	109.0	88.4	108.9	
	B	94.1	87.0	97.5	89.3	68.7	79.0	108.3	71.3	78.2	82.0	85.5	
Masan Bay (St. 4-7)	S	99.2	89.2	100.9	127.6	125.7	178.7	154.8	107.0	85.4	76.2	114.5	
	B	91.6	62.4	31.3	22.9	0	18.3	0	8.6	75.1	77.7	38.8	
Masan Waterway (St. 8-10)	S	101.0	109.4	106.9	125.7	117.1	137.0	175.8	107.7	119.6	86.5	118.7	
	B	77.9	90.5	100.6	89.7	88.3	100.9	89.9	91.2	90.3	86.3	90.5	
Haengam Bay (St. 11)	S	107.3	116.5	135.1	120.4	136.3	139.8	197.1	110.9	131.2	88.7	127.9	
	B	103.4	101.6	111.6	112.7	82.6	84.7	145.7	91.3	91.2	88.6	101.3	

**Table II - 4 Monthly means of pH in each area.**

Area	Month W. Layer	1982											Mean
		Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.		
Jindong Bay (St. 1-3)	S	7.9	8.2	8.3	8.1	8.3	8.3	8.4	8.4	8.0	8.2	8.2	
	B	7.9	8.1	8.4	8.1	8.2	8.2	8.0	8.2	8.0	8.0	8.1	
Masan Bay (St. 4-7)	S	8.4	8.3	8.1	8.6	8.5	8.5	8.3	8.6	8.0	7.9	8.3	
	B	8.3	8.2	8.2	8.1	7.9	7.8	8.0	8.4	8.0	7.9	8.1	
Masan Waterway (St. 8-10)	S	8.1	8.5	8.3	8.3	8.4	8.4	8.5	8.7	8.3	7.9	8.3	
	B	8.1	8.5	8.3	8.0	8.3	8.2	8.2	8.7	8.2	7.9	8.2	
Haengam Bay (St. 11)	S	8.3	8.7	8.4	8.1	8.4	8.4	8.8	8.9	8.4	7.9	8.4	
	B	8.4	8.6	8.3	8.1	8.2	8.1	8.4	8.8	8.2	7.9	8.3	

표층은 마산만의 St.4가 5.71 mg/ℓ로 가장 높았고 저층 역시 마산만의 St.5가 2.90 mg/ℓ로 가장 높았던 반면 마산수로의 St.10은 표층 1.96 mg/ℓ, 저층 1.58 mg/ℓ로 표·저층 모두 조사점들 중 가장 낮은값을 나타냈다. 1979년부터 1982년 사이에 각 조사점의 연평균COD는 Table II-5에서 보는 바와 같이 진동만을 제외하고는 매년 증가하고 있으며 또 진해만에서는 마산만이 항상 높은 COD값을 유지하고 있는 것을 알 수 있다.

해역별 COD분포를 보면 (Table II-6) 표층은 마산만의 연평균 COD가 5.02 mg/ℓ로 행암만 (3.37 mg/ℓ) 이나 마산수로 (2.96 mg/ℓ), 또는 진동만 (2.46 mg/ℓ) 보다 대단히 높지만 저층은 마산만 (2.43 mg/ℓ) 과 행암만 (2.46 mg/ℓ) 이 비슷하고 마산수로 (1.83 mg/ℓ) 와 진동만 (2.05 mg/ℓ) 이 약간 낮은 정도이다. 계절별 COD분포는 표층의 경우 육수유입이 많고 생물활동이 활발한 하절기가 월등히 높았으며 저층 역시 하절기가 높기는 하지만 다른 계절에 비해 그렇게 큰 차이는 없었다.

吉田 (1973) 은 해역의 영양정도를 COD로 나타낸 바 있는데 COD가 1 mg/ℓ 이하일 때 貧營養海域 (oligotrophic zone), 1~3 mg/ℓ 사이는 富營養海域 (eutrophic zone), 3~10 mg/ℓ 사이는 過營養海域 (hypereutrophic zone) 그리고 10 mg/ℓ 이상이 되면 腐敗海域 (dystrophic zone) 으로 구분하고 있다. 이것을 진해만에 적용하면 마산만과 행암만은 過營養海域, 그리고 진동만은 富營養海域에 해당된다고 하겠다.

#### 6) 浮遊質物 (suspended solids)

조사기간을 통하여 전체해역의 浮遊質物의 변동범위는 0.6 ~ 99.5 mg/ℓ로서 변화폭이 대단히 크며 연평균은 표층 24.5 mg/ℓ, 저층 20.6 mg/ℓ로 표층이 약간 높다. 부유물질도 COD의 경우처럼 강수량이 많은 하절기에 높고 갈수기인 겨울철에는 비교적 낮은데 COD와 부유물질의 분포양상이 비슷한 것은 COD가 부유물질함량에 많이 의존하기 때문인 것 같다. Table II-7에서 보는 바와 같

**Table II - 5. Annual means of COD at each station (mgO<sub>2</sub>/l).**

Yr. St.	1979	1980	1981	1982	Total mean
1	-	-	3.5	2.5	2.9
	-	-	2.8	2.2	2.5
2	-	-	2.9	2.7	2.8
	-	-	1.9	0.1	1.0
3	1.8	1.4	3.1	2.3	2.2
	0.9	1.1	1.9	1.9	1.5
4	-	7.6	-	5.7	6.5
	-	-	-	-	-
5	-	5.1	-	4.3	4.6
	-	-	-	2.9	2.9
6	3.8	4.3	5.0	5.0	4.6
	1.6	1.5	2.6	2.3	2.1
7	2.8	3.6	5.4	5.1	4.4
	1.2	1.4	2.2	2.2	1.8
8	2.7	2.2	3.3	3.7	3.0
	1.2	1.1	2.2	2.2	1.7
9	1.9	1.3	2.6	3.3	2.3
	1.3	1.2	1.6	1.7	1.5
10	2.0	0.9	-	2.0	1.6
	1.2	1.0	-	1.6	1.3
11	2.0	1.6	3.1	3.4	2.6
	1.8	0.9	2.0	2.5	1.8

Table II - 6. Monthly means of COD in each area (mg O<sub>2</sub>/l )

Area	Month W. Layer	1982										Mean
		Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	
Jindong Bay (St. 1-3)	S	2.48	2.68	2.29	3.00	3.39	2.69	2.43	2.99	2.23	1.98	2.46
	B	1.94	1.59	2.57	1.47	2.33	1.94	2.92	1.70	1.85	2.14	2.05
Masan Bay (St. 4-7)	S	3.89	4.00	4.05	7.43	8.79	7.50	5.33	4.42	2.88	3.02	5.02
	B	2.11	1.91	2.31	1.91	3.28	2.56	2.26	3.28	1.87	2.62	2.43
Masan Waterway (St. 8-10)	S	1.70	2.79	3.32	5.07	3.64	3.37	2.51	4.11	2.03	2.05	2.96
	B	1.59	2.30	1.92	1.09	2.21	1.82	1.79	2.18	1.26	2.10	1.83
Haengam Bay (St. 11)	S	2.59	3.06	2.22	1.52	3.23	5.30	7.49	2.90	2.51	2.84	3.37
	B	1.30	2.55	3.49	1.78	2.25	3.13	3.34	2.29	1.90	2.52	2.46

**Table II - 7. Annual means of suspended solids at each station  
( mg / l ).**

Yr. St.	1979	1980	1981	1982	Total mean
1	-	-	3.9	14.4	10.1
	-	-	2.7	15.0	9.9
2	-	-	3.5	14.9	10.2
	-	-	3.4	14.0	9.7
3	10.9	7.0	2.8	14.6	8.9
	11.4	8.1	5.3	16.0	10.3
4	-	38.1	-	38.1	38.1
	-	-	-	-	-
5	-	31.9	-	40.7	36.8
	-	-	-	28.6	28.6
6	11.8	20.7	8.2	28.7	18.6
	10.5	7.9	4.3	27.9	13.4
7	8.4	18.3	10.6	30.4	18.7
	7.5	6.9	3.5	24.8	11.6
8	11.5	9.8	5.0	26.1	13.8
	9.0	7.3	4.7	19.4	10.6
9	11.8	7.7	4.4	23.7	12.3
	13.8	9.6	6.4	21.4	12.9
10	19.4	9.4	-	17.1	14.7
	18.5	12.5	-	17.9	16.1
11	8.6	11.5	5.5	23.0	13.0
	9.9	8.7	4.2	21.1	11.4

이 79 년에서 82 년 사이의 각 조사점별 연평균부유물질함량은 82 년이 예년에 비해 월등히 높은데 이 것은 진해만에 부유물질함량이 크게 증가하였다기 보다는 오히려 4월~9월에 직접 현장에서 소량의 시료를 여과하여 부유물질을 측정 한데 기인한 실험오차가 원인이었을 것으로 간주된다. 각 해역별 연평균부유물질함량을 비교해 보면 표·저층 공히 마산만이 높고 진동만은 마산만의 절반정도에 지나지 않으며 마산수로와 행암만은 비슷한 것으로 나타났다 (Table II-8). 이와 같이 마산만이 특히 높은 것은 마산내만으로 유입되는 육수가 부유물질함량이 높은 도시하수 및 공장폐수인 점과 이 해역에서의 활발한 생물활동에 기인된 것으로 생각할 수 있다.

7) 水深 및 透明度 (water depths and transparency)

진해만과 같이 조석의 영향이 크게 미치는 해역에서 측정된 수심은 단순

**Table II - 8. Monthly means of suspended solids in each area ( mg / l ).**

Area	Month W. Layer	1982										Mean
		Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	
Jindong Bay (St. 1-3)	S	6.4	5.8	25.5	24.2	30.3	10.2	18.0	17.7	3.2	5.1	14.6
	B	6.0	5.6	27.4	25.4	31.3	11.8	20.0	16.9	1.7	3.7	15.0
Masan Bay (St. 4-7)	S	7.7	13.5	58.0	79.7	93.7	33.4	15.1	34.1	1.7	7.7	34.5
	B	9.5	4.9	24.3	78.5	70.2	16.7	19.2	35.2	2.6	5.5	26.7
Masan Waterway (St. 8-10)	S	6.1	8.0	28.1	61.3	40.6	28.2	11.3	32.2	1.6	5.5	22.0
	B	3.0	8.4	26.9	33.5	44.4	22.6	17.5	29.6	2.0	6.2	20.0
Haengam Bay (St. 11)	S	7.3	13.4	31.6	47.9	58.0	24.5	9.8	32.1	2.2	2.9	23.0
	B	9.4	5.8	26.3	50.3	50.6	11.9	12.5	32.8	3.9	7.6	21.1

히 측정당시의 대표값 외에는 별다른 의미를 갖지 못한다고 보겠다. 수심은 대략 진동만이 12~22m 정도이며 마산만은 2~30m 마산수로는 11~22m 그리고 행암만은 9~10m의 분포를 나타냈다.

투명도는 전 조사기간을 통해 0.5~11.0m의 폭넓은 변동범위를 보였으며 전반적으로 하절기에는 낮고 반대로 겨울철에 높은 투명도를 나타냈다. 79~82년 사이의 각 조사점별 연평균투명도를 비교해 보면 진동만이 높는데 비해 마산만은 낮으며 또 매년 투명도가 증가하는 것을 볼 수 있다 (Table II-9). 각 해역별 연평균투명도는 진동만이 5.4m로 가장 높고 마산만이 1.7m로 진동만의 1/3 정도에 지나지 않으며 마산수로와 행암만은 각각 3.2m와 3.1m로 비슷하였다. 진해만의 투명도는 마산만과 같이 부유물질함량이 높은 곳에서는 낮고 반대로 진동만이나 외양쪽에 위치한 조사점들 처럼 부유물질함량이 적은 곳에서는 높았으며 또 육수유입량이 많고 플랑크톤의 성장이 활발한 하절기에는 낮고 갈수기와 동절기에 투명도가 높은 양상을 나타냈다 (Table II-10).

**Table II-9. Annual means of transparency at each station (m).**

Yr. St.	1979	1980	1981	1982	Total mean
1	-	-	4.4	5.1	4.8
2	-	-	4.0	5.6	5.0
3	3.2	4.7	4.3	5.2	4.5
4	-	0.7	-	1.4	1.1
5	-	1.0	-	1.4	1.2
6	1.5	1.4	1.4	1.7	1.5
7	2.2	1.5	1.6	2.2	1.9
8	2.6	2.4	2.8	2.8	2.7
9	2.8	3.0	3.6	3.4	3.2
10	2.5	2.9	-	3.3	3.0
11	2.0	2.3	2.5	3.1	2.5



Table II - 10. Monthly means of transparency in each area ( m ).

Area	Month W. Layer	1982												Mean
		Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.			
Jindong Bay (St. 1-3)	S	7.5	4.5	4.7	6.7	4.3	4.0	4.5	4.7	3.7	9.3	5.4		
	B													
Masan Bay (St. 4-7)	S	2.4	2.5	1.8	0.9	1.0	1.0	1.0	1.8	1.5	2.8	1.7		
	B													
Masan Waterway (St. 8-10)	S	5.8	3.2	2.2	2.2	1.7	2.0	3.3	4.5	2.7	3.8	3.2		
	B													
Haengam Bay (St. 11)	S	4.0	4.0	3.0	3.5	1.5	2.0	1.5	3.5	1.5	6.5	3.1		
	B													

## 第 4 節 營 養 鹽 및 플랑크톤 色素量의 調查結果 및 考察

### 1. 溶存性 無機窒素 (dissolved inorganic nitrogen)

조사점별로 용존성  $\text{NO}_3\text{-N}$ 의 연평균농도를 비교해 보면, 마산지역의 공장폐수 및 생활하수가 유입되는 St.4의 표층수가  $5565\mu\text{g N}/\ell$ 로서 St.6,7 등의 지역과 비교해 10 배 이상 높았다. 마산내에 있는 St.6 과 7에서는 연평균 용존성  $\text{NO}_3\text{-N}$ 농도가  $400\mu\text{g N}/\ell$ 를 넘었고 부도수도로 이어지는 해역으로 나갈때 점차 감소하는 경향을 보였다. 계절별로는 81년의 조사결과에서 이들 지역이 여름에 높은  $\text{NO}_3\text{-N}$ 농도를 나타내었던 것과는 대조적으로 82년에는 그 경향이 뚜렷하지 않다. 저층수에서는 6월부터 9월까지 St.6에서  $11\sim 88\mu\text{g N}/\ell$ , St.7에서  $17\sim 49\mu\text{g N}/\ell$ 로 낮은 값을 나타낸다.

행암만 (St.11)에서는 연중  $\text{NO}_3\text{-N}$ 농도가 낮아 연평균이 표층에서  $26\mu\text{g N}/\ell$ , 저층에서  $28\mu\text{g N}/\ell$ 였다. 진동만은 예년에도 질소원이 마산만에 비해 훨씬 적어 82년 2월부터 7월까지의 표층의  $\text{NO}_3\text{-N}$ 농도가  $20\mu\text{g N}/\ell$ 를 넘지 않았다. 단 8월에 St.1의  $1,841\mu\text{g N}/\ell$  등 간혹 높은 값이 나타나는데 이는 강우후 육지에서 유입으로 인한 일시적인 농도증가로 보여진다. 진동만의 저층수에서도  $\text{NO}_3\text{-N}$ 농도가 낮아 2월부터 7월까지  $38\mu\text{g N}/\ell$ 를 넘지 않는데 8월에는  $46\sim 144\mu\text{g N}/\ell$ 의 높은 값이 나타난다.

$\text{NO}_3\text{-N}$ 은 St.4에서 연평균  $164\mu\text{g N}/\ell$ 로 가장 높고 부도수도 쪽으로 가며 낮아져 St.6,7,8의 표층수에서 각각  $31, 29, 11\mu\text{g N}/\ell$ 로 감소한다. 이 해역에서는 여름에 표층수의  $\text{NO}_2\text{-N}$ 농도가 높아 5월부터 7월까지 St.6이  $42\sim 67\mu\text{g N}/\ell$ , St.7이  $43\sim 85\mu\text{g N}/\ell$ 였다. 저층수의  $\text{NO}_2\text{-N}$ 은 St.6,7,8에서는 표층수보다 적지만 마산내만에서 더 떨어진 St.9,10에서는 저층수에서 더 높았다.

진동만에서도 연평균  $\text{NO}_2\text{-N}$ 농도가 표층에서  $4\mu\text{g N}/\ell$ , 저층에서  $9\mu\text{g N}/\ell$ 로 저층에서 더 높은 농도를 나타냈다. 행암만 (St.11)에서는 표·저층수의 연평

균  $\text{NO}_2\text{-N}$  농도가 각각 5, 8  $\mu\text{gN}/\ell$ 의 낮은 값에 머물고 있다.

$\text{NO}_3\text{-N}$ 과  $\text{NO}_2\text{-N}$ 만으로 무기질소량을 보면 82년의 연평균이 140  $\mu\text{gN}/\ell$ 을 넘는 St.1, 4, 5, 6, 7 등의 해역은 吉田 (1973)의 기준으로 보면 과영양수역에 속한다고 하겠으며 기타해역도 모두 28  $\mu\text{gN}/\ell$ 을 넘어 부영양수역에 속한다.

## 2. 溶存性 磷酸鹽 - 磷

마산지역의 하수가 유입되는 St.4에서는 표층수의  $\text{PO}_4\text{-P}$ 가 연평균 7.5  $\mu\text{gN}/\ell$ 이며 5월부터 7월까지는 13.3~25.1  $\mu\text{gP}/\ell$ 로서 다른 계절보다 낮은 농도를 나타냈는데 이것은 어느정도 일정한  $\text{PO}_4\text{-P}$ 의 오염원이 강우에 의하여 희석된데 기인했다고 간주된다. St.5에서는 표층수의 연평균  $\text{PO}_4\text{-P}$ 가 27.9  $\mu\text{gP}/\ell$ 이며 St.6, 7, 8에서는 각각 20.5, 20.2, 16.7  $\mu\text{gP}/\ell$ 로 마산만에서 멀어질수록 점차 감소한다. 이는 1980년이나 1981년의 값과 비교해 볼때 훨씬 낮은 값이다.

이 해역에서는 예년에도 저층수의  $\text{PO}_4\text{-P}$ 농도가 표층수보다 높는데 마산내만에 있는 St.5의 경우 2월의 20.8  $\mu\text{gP}/\ell$ 에서 6월의 259.8  $\mu\text{gP}/\ell$ 에 이르기까지 점차 증가하며 7월에 198.4, 8월에 142.9  $\mu\text{gP}/\ell$ 로 감소한다. St.6, 7에서도 4월까지는 20  $\mu\text{gP}/\ell$  이하에 머물다가 5월에 각각 54.3, 64.8  $\mu\text{gP}/\ell$ , 6월에 각각 168.0, 128.7  $\mu\text{gP}/\ell$ 로 증가한다. 이처럼 저층수의  $\text{PO}_4\text{-P}$ 농도가 하계에 높은 것은 저층수에서의 유기물 분해에 의한 증가, 또는 혐기성 환경에서 퇴적물로부터 유리되는  $\text{PO}_4\text{-P}$ 에 의한 증가등에 이유가 있고 또 표층에서는 유입된  $\text{PO}_4\text{-P}$ 가 식물성 플랑크톤의 이상증식에 의하여 다량 소모되는데에 기인한다고 간주된다. 이 점은 total P와 입자성 P의 정량에 의하여 밝혀질 것이다.

행암만 (St.11)에서는 예년의 경우와 마찬가지로  $\text{PO}_4\text{-P}$ 의 농도가 높아 표층에서 연평균 45  $\mu\text{gP}/\ell$ 였는데  $\text{NO}_3\text{-N}$ 의 경우 이 조사점이 조사지역중 가장 연평균 농도가 낮은 26  $\mu\text{gP}/\ell$ 였던 것을 볼때 행암만에는 질소에 비해 상대적으로 인이

많이 유입된다고 볼 수 있다. 진동만에서는 표층수의 연평균  $PO_4-P$ 가 부도수도 해역의 값에 가까운 ( $4.0 \sim 17.9 \mu g P/l$ )였다. 5월까지의 표·저층의 농도차이가 크지 않으나 6월에는 산소소모의 증가와 함께 저층수의  $PO_4-P$ 농도가 증가하여  $25.1 \sim 29.8 \mu g P/l$ 를 기록했다.

### 3. 硅酸鹽 - 硅素

연안해수에서  $Si(OH)_4-Si$ 는 일반적으로 식물성플랑크톤 성장에 충분한 양이 용존되어있다고 알려져 있다. 조사해역중 육수의 유입이 많은 St.4가 표층수의 연평균  $898 \mu g Si/l$ 로 가장 높은 값을 나타냈다. 마산내만의 St.5와 내만 입구의 St.6에서는 각각  $695, 316 \mu g Si/l$ 로 다른 해역보다 높은 값을 나타내며 부도수도에서는  $191 \sim 254 \mu g Si/l$ , 진동만에서는  $193 \sim 365 \mu g Si/l$ 였다. 저층에서는 표층보다 높은 농도를 보여 부도수도의 해역에는  $292 \sim 738 \mu g Si/l$ , 진동만에서는  $382 \sim 401 \mu g Si/l$ 였다. 일반적으로 육수유입이 많은 시기에 높은 농도가 나타나 8월에 St.1의 표층수 (27.9%)에서  $1220 \mu g Si/l$  5월에 St.5의 표층수 (26.7%)에서  $1215 \mu g Si/l$ 의 값이었다.

### 4. 플랑크톤색소량

영양염이 풍부한 해역인 마산내만의 St.4,5에서는 표층의 연평균 클로로필  $a$  함량이  $13 \mu g/l$  정도로 St.6,7의  $16 \mu g/l$ 보다 낮다. St.6에서는 6월과 8월에 각각  $37, 54 \mu g/l$ 의 높은 농도를 보였으며 특히 8월에는 전 해역에서 클로로필  $a$  농도가 높았다. 진동만에서는 연평균 클로로필  $a$  농도가  $2.5 \mu g/l$  미만으로 81년의 연평균에 비해 훨씬 낮은 값이며 82년도에 적조 발생이 심하지 않았다는 것을 뜻한다.

吉田 (1973)의 분류기준으로 보면 마산내만의 표층수에서 연평균 클로로필  $a$  농도가  $10 \mu g/l$ 를 넘어 과영양수역이라 할 수 있겠고 다른지역은  $1 \sim 10 \mu g/l$ 의 범위에 들어 부영양수역에 속한다고 본다.

클로로필 *b*는 내만에 서식하는 식물성 플랑크톤에서 주로 발견되는데 St.6, 7의 연평균 클로로필 *b* 농도가 각각 3.2, 2.4  $\mu\text{g}/\ell$ 로 클로로필 *a*와는 달리 내만에 가까운 St.6이 더 많은 것을 알 수 있다. 클로로필 *a*가 8월에 많았던 것과는 달리 전 해역에 걸쳐 클로로필 *b* 농도가 높았던 때는 7월이었고 특히 St.7에서 14.6  $\mu\text{g}/\ell$ 의 높은 값을 보였다. 진동만에서는 연평균 클로로필 *b* 함량이 0.5  $\mu\text{g}/\ell$  미만이었고 6월에는 약간 높은 값을 나타냈다. 클로로필 *c*는 클로로필 *a*와 함께 해양에 서식하는 식물성 플랑크톤이 가지는 중요한 색소로서 그 분포가 클로로필 *a*와 유사하다. 연평균 클로로필 *c* 농도는 St.6,7에서 11  $\mu\text{g}/\ell$  정도이며 St.8, 9, 10으로 갈수록 감소하는 경향이 있었다. 이 해역에서 클로로필 *c*가 특히 많았던 때는 7월로 St.7에서 36.8  $\mu\text{g}/\ell$ 로 높았으며 진동만에서는 6월에 높은 농도를 보였다. Carotenoids는 연평균이 마산내만에서는 6 m - SPU 미만이었으며 6월에 특히 높아서 St.7에서 20 m - SPU의 높은 값을 보였다.

##### 5. 해저퇴적물중의 유기탄소 유기질소

9월에 마산만 - 부도수도 해역과 진동만 해역에서 해저퇴적물중의 유기질소 유기탄소의 양을 측정한 결과는 Table II-11과 같다. 마산만에서 유기질소는 1.71 ~ 3.60 mg/g, 유기탄소는 16.00 ~ 29.06 mg/g이었고 두 성분보다 마산내만의 퇴적물에 풍부하며 외만으로 갈수록 점차 감소하는 경향을 보였다. 진동만에서는 유기질소가 2.00 ~ 3.23 mg/g, 유기탄소가 16.01 ~ 25.97 mg/g의 분포를 보였다. C/N 비율의 평균은 마산만이 8.53으로 진동만이 7.81보다 높아 마산만은 진동만에 비해 유기탄소 성분이 상대적으로 높다고 생각된다. 田中 (1977)이 瀬戸内海 中央海域에서 측정한 퇴적물중의 유기질소·유기탄소의 양은 최고값이 각각 1.12, 18.62 mg/g으로 진해만보다 낮은 값을 나타내고 있다.

**Table II - 11. Organic nitrogen and organic carbon contents in marine sediments of Jinhae Bay in September, 1982.**

Area	Station	Organic N ( mg/ g )	Organic C ( mg/ g )	C/N ratio
Masan Bay	4	3.60	29.06	8.07
	5S	3.43	31.25	9.11
	6	1.71	18.48	10.81
	6S	3.44	29.04	8.44
	7	3.41	26.91	7.89
	8	2.47	18.27	7.40
	9	2.02	16.00	7.92
	10	1.80	17.63	9.79
	mean	2.74	23.33	8.53
Jindong Bay	1	2.75	21.57	7.84
	2	2.59	19.06	7.36
	3	2.00	16.01	8.01
	B	2.28	16.96	7.44
	C	3.23	25.97	8.04
	D	2.50	20.17	8.07
	E	3.12	24.47	7.84
		mean	2.64	20.60

## 第 5 節 連續測定結果 및 考察

### 1. 5월 마산만조사

82년 5월에 마산만에 유입되는 오염물질들이 부도수도, 가덕수도를 거쳐 확산되는 경로를 보기 위해 8개 정점을 설정하고 깊이 5m 간격마다 시료를 채취했다. St.6A, 7A, 8A는 월별 정기 조사시의 St.6, 7, 8과 같은 위치이며 St.6A와 St.7A 사이에 정점들간의 거리가 같도록 St.6B, 6C를 정했고 같은 방법으로 St.7A와 St.8A 사이에 St.7B, 7C를 정했다 (Fig. II-3).

이 지역은 대체로 깊이가 15m 이내이지만 St.7A를 중심으로한 해역은 주위에 비해 깊어 해수의 정체현상이 예상된다. 또한 St.6A에서 St.8B까지 마산내만 지역의 오염물질들이 이동 되기도 하지만 St.7A, 7B 근처로는 전해향으로 부터 오는 해수와의 혼합도 존재할것으로 간주된다.

표층의 수온은 마산내만쪽이 20.1℃에서 바깥쪽으로 가며 점차 감소하여 St.8B가 18.4℃로 가장 낮았다. 5m층은 14.8~16.6℃, 저층은 14.3~15.8℃의 분포를 나타내며 표층과는 반대로 바깥쪽으로 갈수록 수온이 증가한다. 염분은 표층이 평균 27.6‰, 5m층이 31.01‰, 저층이 31.5‰로서 해수의 밀도차에 의해 수직혼합이 잘 이루어지지 않고 있으며 표층은 육수의 영향을 심하게 받는 것으로 생각된다.

용존산소량은 표층에서 평균 6.8 ml/l (포화율 124.1%), 5m층이 평균 4.8 ml/l (포화율 84.2%), 저층이 평균 3.3 ml/l (포화율 55.9%)였다. 이 해역에서의 수심별 용존산소 분포를 보면 표층의 경우 클로로필 a 농도가 높았던 St.6C, 7B에서 각각 8.1, 8.8 ml/l의 높은 값이 나타났고 저층에서는 St.6A에서 0.1 ml/l였으며 St.6B, 6C에서 각각 2.2, 3.1 ml/l로 비교적 낮은 값을 보였다 (Fig II-4).

pH는 표층에서 St.6C의 8.7등 전 해역이 8.4 이상의 높은 값이었으며 저

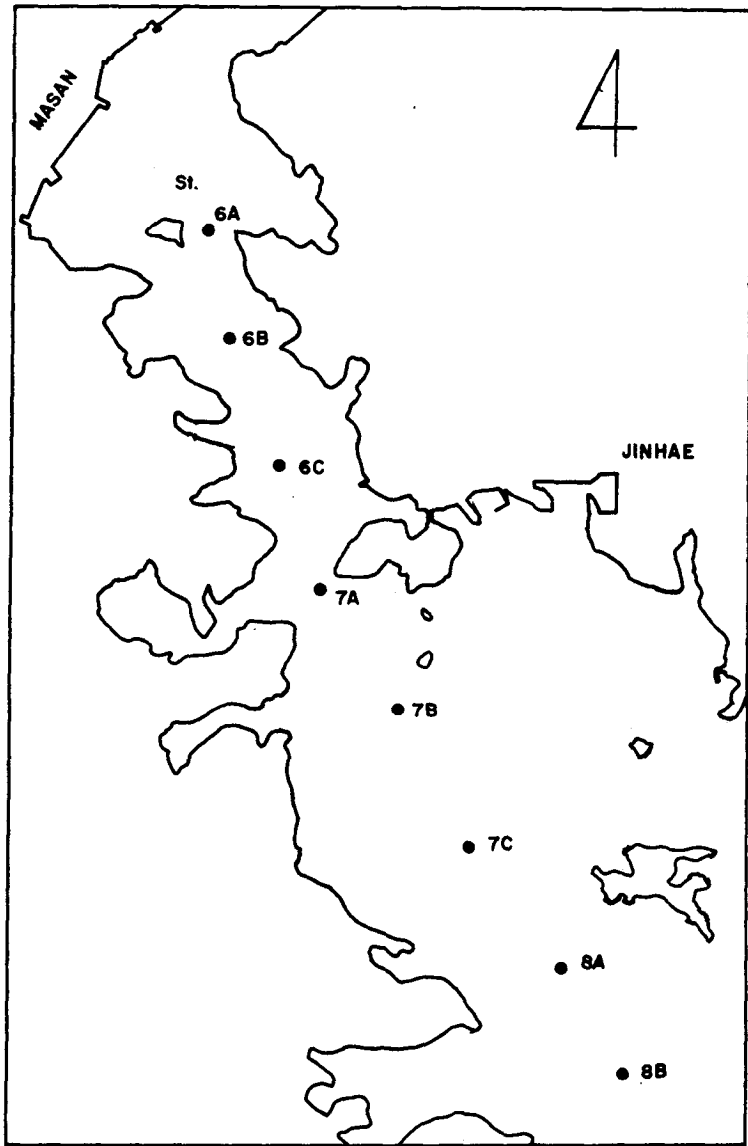


Fig. II-3. Sampling stations of Masan Bay in May, 1982.



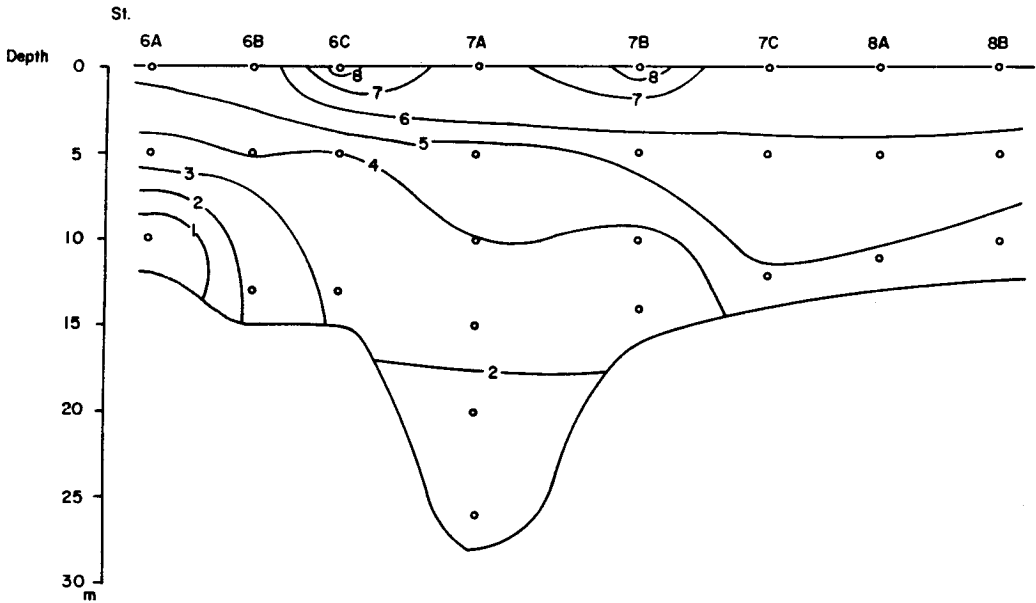


Fig. II-4. Vertical distribution of DO in Masan Bay in May, 1982 .

층은 평균 8.1로 다른 해역과 같았다. COD는 표층이 평균 7.9 mg O<sub>2</sub>/ℓ, 5 m층이 2.9mgO<sub>2</sub>/ℓ, 저층이 1.8 mg O<sub>2</sub>/ℓ로서 표층이 매우 높으며 St.6 C, 7 B의 표층은 각각 12.5, 14.2mg O<sub>2</sub>/ℓ의 높은 농도를 보였다.

표층의 NO<sub>3</sub>-N은 St.8 A, 8 B가 200 μgN/ℓ를 약간 넘는데 비해 St.6 A에서 St.7 C까지는 455 ~ 665 μgN/ℓ로 높는데 마산내만에서는 거리에 관계없이 농도의 변화가 심하다.(Fig.II-5). 마산내만에 가까운 St.6 A~St. 6 C에서는 NO<sub>3</sub>-N 농도가 5 m층이 46 ~ 55 μgN/ℓ, 저층이 40 ~ 59 μgN/ℓ로 표층에 비하여 현저히 낮지만 외만쪽 저층 보다는 높은 농도를 보이고 있다. NO<sub>2</sub>-N은 St. 6 C, 7 A의 표층에서 85 μgN/ℓ의 분포를 보이는 등 NO<sub>3</sub>-N이 많은 곳에서 높은 농도를 나타낸다. 5 m층 아래에서는 NO<sub>2</sub>-N 농도가 낮아져 St. 7 A에서 St.8 B까지 6 μgN/ℓ이하였고 St.6 A에서 St.6 C까지는 14 μgN/ℓ 이하였다.

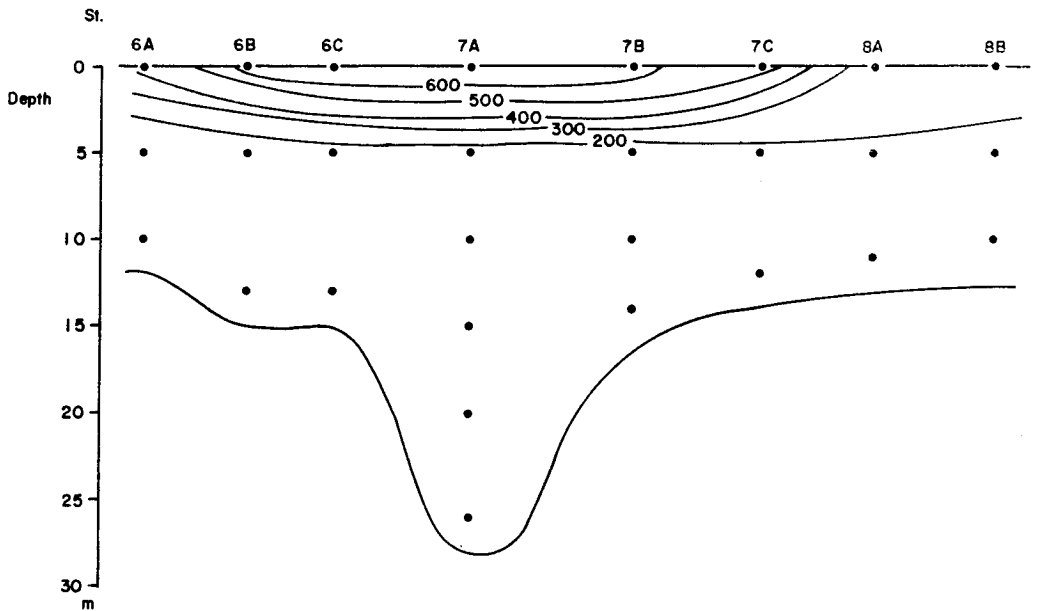


Fig. II-5. Vertical distribution of  $\text{NO}_3\text{-N}$  in Masan Bay in May, 1982.

$\text{PO}_4\text{-P}$ 는 St. 6 C의 표층에서  $31.9\mu\text{gP}/\ell$ , St. 7 B에서  $50.2\mu\text{gP}/\ell$ 의 높은 값을 보였다 (Fig. II-6).  $\text{NO}_3\text{-N}$ 의 경우와는 달리  $\text{PO}_4\text{-P}$ 는 표층 보다 저층에서 더 높은 농도를 나타내는데 St. 6 A~St. 6 C에서는 5 m층이  $31.0\sim 37.8\mu\text{gN}/\ell$ , 저층이  $51.5\sim 56.1\mu\text{gP}/\ell$ 로 산소소모가 많은 곳에서 높은 농도를 보였다. 가장 높은 농도를 보인 곳은 정체된 해수인 St. 7 A의 하층으로  $64.8\mu\text{gP}/\ell$ 였다.  $\text{Si}(\text{OH})_4\text{-Si}$ 는 표·저층에 따른 분포의 변화가 뚜렷하지 않아 표층에서는 St. 7 B가  $847\mu\text{gSi}/\ell$ 로 가장 높은 농도를 보이며 St. 6 A에서 St. 7 A까지  $651\sim 711\mu\text{gSi}/\ell$ 의 높은 농도를 보이고 있다.

클로로필  $a$ 는 St. 6 C, St. 8 B에서  $90\mu\text{g}/\ell$ 에 가까운 높은 값을 나타내며 마산내만쪽의 St. 6 A, St. 6 B가  $14\mu\text{g}/\ell$ 로 비교적 낮다 (Fig. II-7). 5 m층에서는 St. 6 A에서 St. 7 B까지  $1.6\mu\text{g}/\ell$  이하인데 비해 St. 7 C~St. 8 B가  $4\sim 6\mu\text{g}/\ell$ 로 바깥쪽이 더 높다. 저층수에서는 St. 6 B를 제외하고 모두 1

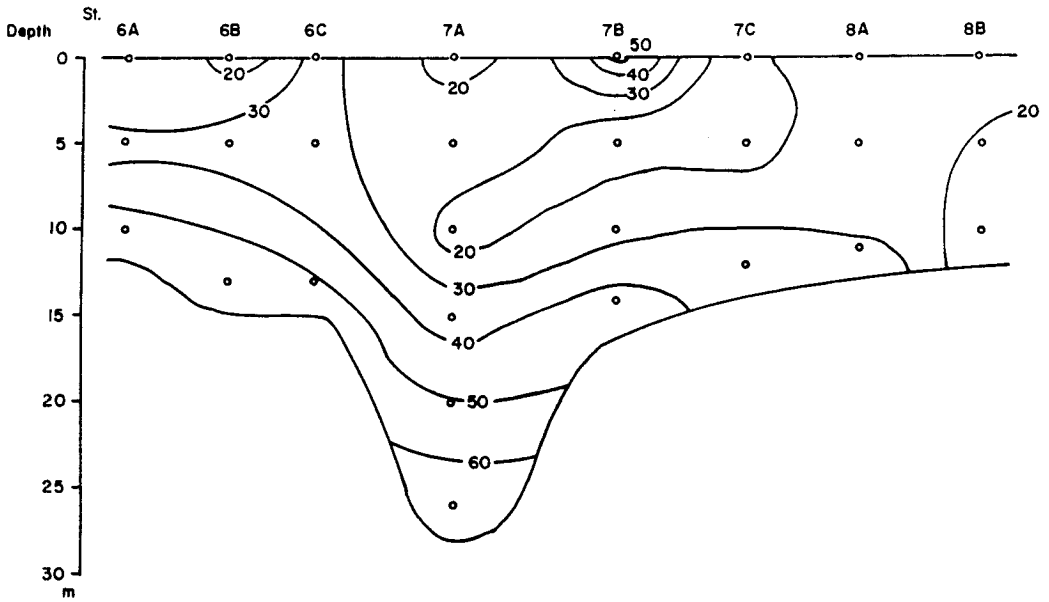


Fig. II-6. Vertical distribution of  $PO_4-P$  in Masan Bay in May, 1982.

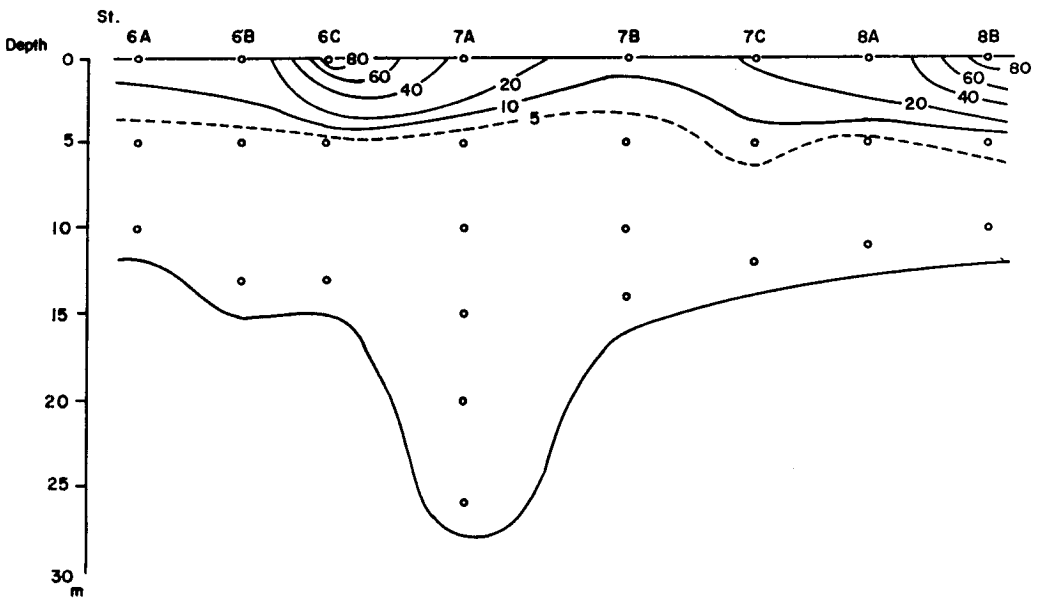


Fig. II-7. Vertical distribution of  $chl\ a$  of surface seawater in Masan Bay in May, 1982.

$\mu\text{g}/\ell$  이하의 낮은 클로로필  $a$  농도를 보였다. 클로로필  $b$ 는 연안에 서식하는 식물성 플랑크톤에 많아 St. 6 A에서 St. 7 B에 이르기까지의 표층수에서 높은 농도를 보이고 내만에 가장 가까운 St. 6 A에서는  $15\mu\text{g}/\ell$ 에 가까운 최고값을 보인다. 클로로필  $c$ 는 클로로필  $a$  농도가 높은 St. 6 C, 7 B, 8 B에서 각각 60.3, 68.0,  $45.6\mu\text{g}/\ell$ 의 높은 농도를 나타내고 있다.

## 2. 7월 진동만조사

진동만에서의 수온분포를 보면 표층이  $22.7\sim 25.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 5 m층이  $22.6\sim 24.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 저층이  $18.0\sim 21.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 인데 이 수온분포는 시료채취 시간과 수심에 따라 크게 좌우된다고 생각된다. 염분은 표·저층 모두  $33.5\sim 34.1\%$ 의 분포로서 다른 시기에 비해 크게 높았는데 이 시기에 강우량이 적었던 것에 기인되며 진동만 전 해역이 비슷하였다.

용존산소는 표층이  $5.6\text{ ml}/\ell$  (포화율 116.4%), 5 m층이  $6.3\text{ ml}/\ell$  (포화율 128.5%), 저층이  $4.3\text{ ml}/\ell$  (포화율 81.8%)로서 표층은 5월의 마산만과 비슷하나 5 m층과 저층은 매우 높게 나타났다. 전체적으로 5 m층이 높았고 조사점 간의 특징이나 다른 인자들과의 상관관계는 없었다.

pH는 표층에서 St. 1, A, F에서 8.4로서 다른 조사점의  $8.1\sim 8.3$ 보다 높았고 전체적으로 81년과 비슷했다. 5 m층은  $8.1\sim 8.4$ , 저층은  $8.0\sim 8.3$ 의 분포로서 다른 해역에서와 같은 경향을 나타냈다. COD는 표층이 평균  $3.3\text{ mgO}_2/\ell$  5 m층이  $3.1\text{ mgO}_2/\ell$ , 저층이  $2.2\text{ mgO}_2/\ell$ 이며 저층은 진해만 전 해역의 COD와 비슷하며 St. A에서  $5.0\text{ mgO}_2/\ell$ 로서 다른 조사점에서 보다 크게 높았다.

$\text{NO}_3\text{-N}$ 은 표층과 5 m층에서  $16\mu\text{gN}/\ell$  이하로서 이하로서 그 농도가 아주 낮으며, 저층수에서 높이 St. C, St. 3이 각각 95,  $111\mu\text{gN}/\ell$ 를 기록했다.

$\text{NO}_2\text{-N}$  역시 표층과 5 m층에서는  $10\mu\text{gN}/\ell$  이하인데 비해 저층수에서는  $13\sim 21\mu\text{gN}/\ell$ 를 나타냈다. 이상으로 보아 진동만은 질소원의 지속적인 공급이 적다고 볼 수 있으며 오히려 저층수에서  $\text{NO}_3\text{-N}$ 이 높은 현상을 나타내고 있다.

용존산소량은 표층이 평균 5.9ml/l (포화율 118.8%), 5 m층이 5.9 ml/l (포화율 118.3%), 10 m층이 4.6 ml/l (포화율 92.0%), 저층이 1.8ml/l (34.4%)로서 표층은 7월 진동만조사에서와 비슷하고 저층은 크게 떨어졌다. St. D, E에서는 무산소상태를 보였는데 79년과 80년 여름철에 이 해역 부근에서 빈산소층을 이룬것으로 보아 이 해역의 유기물의 분해가 활발하여 용존산소량이 감소된 것으로 생각된다.

pH는 표층과 5 m층이 8.4로서 염분, 용존산소, COD와 같은 경향을 보이며 79.~81년 사이의 pH값과 유사했다. 5 m층과 10 m층은 각각 8.4~8.5, 8.2~8.4의 분포를 보이며 저층은 7.8~8.4로서 비교적 큰 변화폭을 나타냈다. COD는 표층이 평균 2.8 mg O<sub>2</sub>/l, 5 m층이 2.6 mg O<sub>2</sub>/l, 10 m층이 2.3 mg O<sub>2</sub>/l, 저층이 1.8 mg O<sub>2</sub>/l로서 5월에 비해 낮고 81년에 비해 약간 낮은 것으로 나타났으며 COD와 다른 인자와의 상관관계는 보이지 않았다.

NO<sub>3</sub>-N은 표층수에서 St. 2가 99 μg N/l, St. 3이 197 μg N/l로 다소 높지만 다른 정점들에서는 모두 50 μg N/l 이하이다. 저층에서는 St. 2, 3, C가 각각 80, 60, 249 μg N/l 등 높은 농도를 보인다. 그러나 저층수의 용존산소가 0이었던 St. D, E에서는 14.21 μg N/l에 불과해 무산소환경에서 NO<sub>3</sub>의 환원이 일어난다고 생각할 수 있다. NO<sub>2</sub>-N은 표층에서 1~5 μg N/l로 극히 적으나 NO<sub>3</sub>-N이 풍부했던 St. 2, 3, B의 저층수에서 15~20 μg N/l로 다소 높은 농도를 보였다.

PO<sub>4</sub>-P는 표층에서 5.0~22.3 μg P/l의 분포를 보여 7월보다 높은 농도를 나타냈다. pH가 7.8이고 용존산소의 농도가 0인 St. D, E의 저층수에서는 PO<sub>4</sub>-P가 각각 125.2, 102.9 μg P/l로서 이러한 증가는 유기물의 분해 및 무산소 환경에서 해저퇴적물로부터의 PO<sub>4</sub>-P 용출 등의 때문이라 생각된다. Si(OH)<sub>4</sub> Si는 표층에서 90 μg Si/l 이하였으며 저층에서는 그 농도가 높아져서 St. D에서는 2000 μg Si/l를 넘었다.

PO<sub>4</sub>-P 도 그 농도가 낮는데 표층수에서 1.6 ~ 4.3 μgP/l, 5 m층에서 2.5 ~ 10.5 μgP/l, 저층수에서 15.2 ~ 40.0 μgP/l 를 기록했다. 저층수에서의 이러한 높은 PO<sub>4</sub>-P 농도는 유기물의 분해와 퇴적물에서의 혐기적 용출 (leaching) 과 관련이 있는 것으로 보인다. Si(OH)<sub>4</sub>-Si 는 표층에서 49 ~ 269 μgSi/l, 5 m층에서 49 ~ 446 μgSi/l, 저층에서 497 ~ 801 μgSi/l 로서, 저층에서 높은 농도를 나타낸다.

표층수의 클로로필 *a* 농도는 St. A에서만 6.3 μg/l로 높았을 뿐 다른 정점들에서는 1.7 μg/l이하의 분포를 보였다. 이에 비해 5 m층은 0.2 ~ 2.5 μg/l로 비교적 높은 농도를 보이며 St. 1, 2, B 등의 저층수에서는 각각 4.3, 2.3, 2.6 μg/l로 저층의 클로로필 *a* 농도가 더 높았다. 위 정점들의 저층수는 채수한 깊이가 수온약층 아래이기 때문에 식물성 플랑크톤의 일주운동이라고 보기는 어려우며, 이 해역의 투명도가 4.5 m 정도로 높은 것으로 보아 저층까지 광합성에 필요한 광선이 미치지 때문에 영양염이 풍부한 저층수에서 식물성 플랑크톤의 증식이 활발하였을 가능성이 있다고 하겠다. 20 m 이상의 깊이에서 채수한 St. D, E에서는 클로로필 *a* 가 0.4 μg/l미만에 머물고 있다. 클로로필 *b*, 클로로필 *c* carotenoids의 깊이에 따른 분포도 클로로필 *a*와 유사하다.

### 3. 9월 진동만조사

수온분포는 표층이 23.5 ~ 24.9 ℃, 5 m층이 23.7 ~ 24.2 ℃, 10 m층이 23.0 ~ 23.8 ℃ 저층이 20.7 ~ 22.0 ℃로서 각층에서 조사점 간의 수온차는 크지 않으며 표층과 저층간의 수온차는 4 ℃ 정도로 나타났다. 표층의 염분은 30 ‰ 정도로 5 m, 10 m층과 거의 같고 St. D, E에서는 저층수가 각각 33.1, 32.6 ‰의 높은 염분을 보이고 있다. 7월에는 이 해역에서 표·저층의 염분차가 크지 않았다는 것을 볼 때 9월에는 강우에 의한 담수유입이 특히 많았던 탓이라고 생각할 수 있다.

9월에는 클로로필 *a*가 표층에서  $3\mu\text{g}/\ell$  이하였으며  $\text{NO}_3\text{-N}$ ,  $\text{PO}_4\text{-P}$ 가 높았던 St. 3에서도  $1.2\mu\text{g}/\ell$ 에 머물고 있다. 5 m층에서는  $2.5\mu\text{g}/\ell$  이하로 표층과 비슷하거나 적은 값이지만 10 m층에서는 St. B에서 각각  $3.0$ ,  $3.9\mu\text{g}/\ell$ 로서 표층보다 높은 농도가 나타나며 St. C의 12 m층도 표층보다 훨씬 높은  $5.4\mu\text{g}/\ell$ 였다. 이러한 현상은 식물성 플랑크톤이 수직운동의 결과로 수온약층 부근에 밀집되었기 때문이라고 생각된다.

클로로필 *b*는 St.B의 10 m층을 제외하고는  $1\mu\text{g}/\ell$ 를 넘지 않으며 클로로필 *c*는 표층에서  $3.5\mu\text{g}/\ell$ 이하의 분포를 보이고 클로로필 *a*와 분포의 양상이 비슷하다.

#### 4. 5월 연속측정

##### 1) 표 층

5월 18일 11시 부터 St. 7에서 25시간 실시한 연속관측 중 18일 10시 49분에 저조 ( $61\text{ cm}$ ), 17시 19분에 고조 ( $148\text{ cm}$ ), 23시 06분에 저조 ( $63\text{ cm}$ ), 19일 5시 43분에 고조 ( $162\text{ cm}$ ), 11시 39분에 저조 ( $46\text{ cm}$ )가 있었다. 조사중에 표층의 수온은  $18.5\sim 19.5\text{ }^\circ\text{C}$ 의 분포를 나타냈는데 주·야간의 변화나 조석주기에 따른 변화가 없었다. 염분은 18일 고조시간 (17시 19분,  $148\text{ cm}$ ) 바로뒤의 18시, 19시에  $30.8\%$ , 20시에  $31.0\%$ 등 비교적 높은 값을 보이고 점차 감소하여 저조때인 19일 0시에  $30.4\%$ 로 떨어졌다가 이후 약간 증가하며 그 다음 고조시  $29.1\%$ 의 낮은 값이 기록되었고 그다음 저조때에는  $29.9\%$ 이었다.

pH는 표층에서  $8.3\sim 8.7$ 로서 평균 pH는  $8.5$ 였으며 클로로필 *a*의 농도가 높은 곳에서 높은 값을 나타냈다. 용존산소량은 표층이 평균  $8.2\text{ ml}/\ell$  (포화율  $150.6\%$ )로서 매시간 과포화현상을 나타냈으며 염분이나 pH와 같은 변화를 보이지 않았다. COD는 표층이 평균  $4.0\text{ mg O}_2/\ell$ 로서 19일 고조시 부근에서  $4.5\sim 5.8\text{ mg O}_2/\ell$ 로 높은 값이 나타나는데 이는 클로로필 *a*의 증가와 일치하고 있다.

표층수의 영양염 농도의 변화는 조석주기 보다는 염분의 변화에 따르고 있다. 염분의 감소는 오염물질을 포함한 육수의 영향을 뜻하며 높은 농도의 영양염을 동반한다(Fig. II-8).  $\text{NO}_3\text{-N}$ 은 25시간 동안의 조사중 표층에서 0~491  $\mu\text{gN}/\ell$  까지 변하며 Fig. II-9 에서 볼 수 있는 바와 같이 높은  $\text{NO}_3\text{-N}$  농도는 낮은 염분과 상관성이 있다( $r = -0.802, n = 26$ ).  $\text{NO}_2\text{-N}$ 은 표층에서 112  $\mu\text{gN}/\ell$  이하로서  $\text{NO}_3\text{-N}$  처럼 낮은 염분에서 높은 농도를 나타내 이들 질소원이 마산내만에서의 육수유입에 기인하는 것으로 보인다.

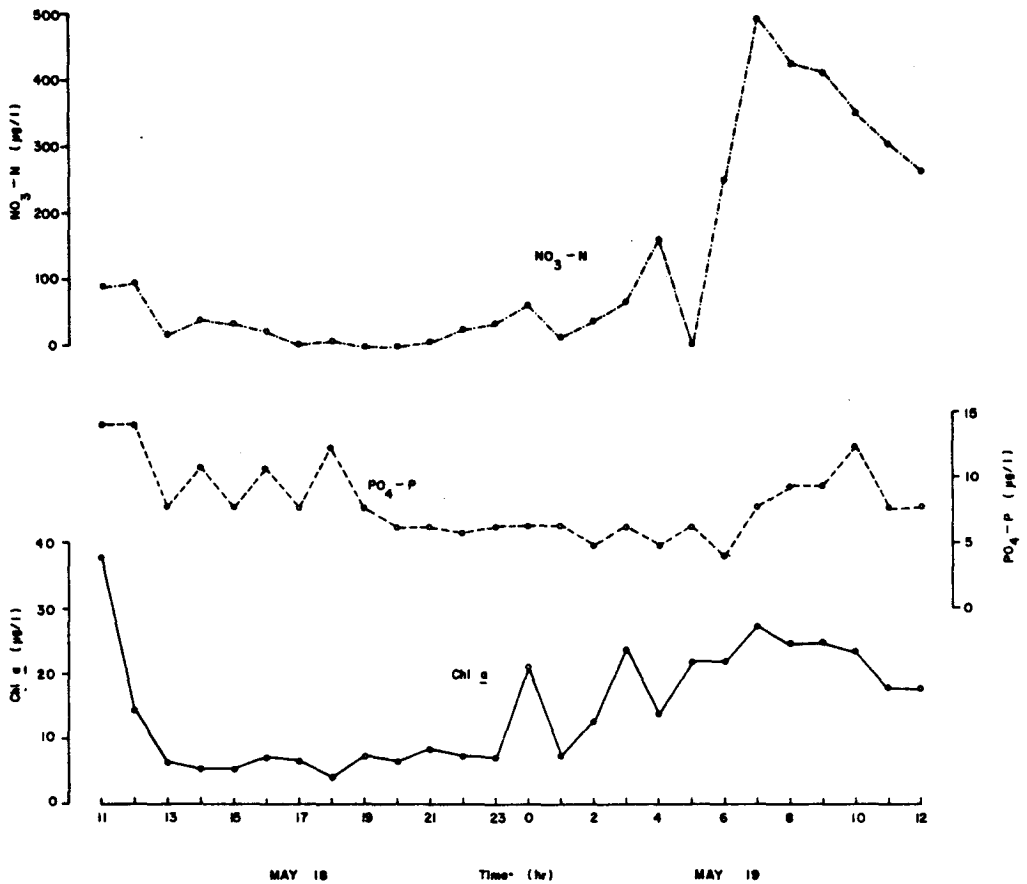


Fig. II-8. Diurnal variation of  $\text{NO}_3\text{-N}$ ,  $\text{PO}_4\text{-P}$  and chl *a* of surface seawater at St. 7 on May 18-19, 1982.



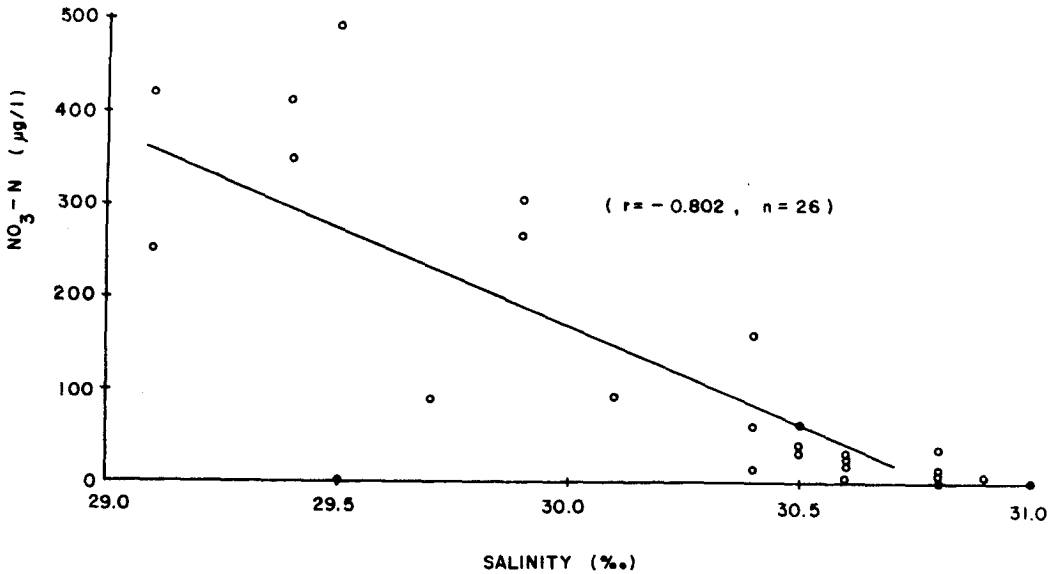


Fig. II-9. Relationship between NO<sub>3</sub>-N and salinity surface seawater at St.7 on May 18-19, 1982.

PO<sub>4</sub><sup>-</sup>P는 표층에서 4.0 ~ 14.0 µgP/l로 19일 새벽 5시 이후의 염분 감소 시 NO<sub>3</sub>-N이 급격히 증가하는데 비해 PO<sub>4</sub><sup>-</sup>P는 약간의 증가를 보이는 등 염분의 변화에 따른 농도 증감이 비교적 적다. 81년 6월 같은 지점에서의 연속관측 자료를 보면 82년 5월보다 조석차가 더 작았음에도 PO<sub>4</sub><sup>-</sup>P는 25시간 동안의 조사에서 14.2 ~ 52.5 µgP/l의 높은 농도와 큰 변화폭을 보여 82년 5월에는 표층수의 PO<sub>4</sub><sup>-</sup>P 농도가 크지 않았다는 것을 알 수 있다. Si(OH)<sub>4</sub><sup>-</sup>Si는 204 ~ 493 µgSi/l의 변화를 보였으며 18일 23시 까지 비교적 높은 염분의 해수에서 높은 농도를 보이고 있다.

표층의 클로로필 *a*는 염분이 29.7‰이었던 18일 11시에 38.1 µg/l의 최고 값을 보였으나 이후 염분이 31.0‰로 증가함에 따라 18일 13시부터 23시 까지 4.5 ~ 8.5 µg/l의 비교적 낮은 농도를 보였다(Fig. II-8). 19일 새벽부터는 염분의 감소와 함께 클로로필 *a*의 농도가 높아져 07시에는 27.4 µg/l를 기록했다. 이상으로 보아 이 시기의 식물성 플랑크톤의 성장은 NO<sub>3</sub>-N이 풍부한

저염분 해수에서 활발했다고 생각된다. 클로로필  $b$ 는 19일 5시 이후의 저염분 해수에서도  $1.3 \sim 2.2 \mu\text{g}/\ell$ 로 크게 농도가 증가하지 않았다. 클로로필  $c$ 는 19일 04시에  $41.8 \mu\text{g}/\ell$ 로 최고값을 나타내며 대체적으로 저염분 해수에서 그 농도가 높으나 변화의 폭은 크지 않다.

입자성 질소(PN)는 클로로필  $a$ 가 가장 많았던 18일 11시에  $690 \mu\text{g}/\ell$ 로 가장 높으며 19일 5시 이후의 저염분 해수에서  $361 \sim 508 \mu\text{gN}/\ell$ 의 높은 농도를 나타내고 있어 클로로필  $a$ 와 그 분포양상이 비슷하다(Fig. II-10). 입자성 탄소(PC)도 18일 11시에  $3766 \mu\text{g}/\ell$ 의 가장 높은 농도를 나타내며 19일 5시 이후  $1969 \sim 3838 \mu\text{g}/\ell$ 로 높은 농도를 보였다. C/N 비율은  $5.1 \sim 7.5$ 로 그 변화의 주기성이 없었다. PN, PC는 이 지역의 식물성 플랑크톤 외에도 입자 상태의 오염물질들을 포함하는데 이들이 클로로필  $a$ 와 비슷한 변화를 보이는 것은 이 시기의 클로로필  $a$ 가 오염물질이 많은 저염분 해수에 많기 때문이라 생각된다.

## 2) 5 m 층

5 m 층의 염분은 조사기간중 그 변화폭이 작아  $31.0 \sim 31.7\text{‰}$ 이었으며 조석주기에 따른 특성이 없다. 수온은 15.0에서 18.3 ℃까지의 큰 변화폭을 보이는데 이는 고조시 수면이 높아짐에 따라 5 m 층 시료를 조사 시간에 따라 수온약층 부근 또는 그 위에서 채수했기 때문이라 생각된다(Fig. II-11). 18일 16시에 16.9 ℃였던 5 m 층의 수온은 저조로 되면서 점차 감소하고 19일 01시에 다시 증가하기 시작하여 05시에는 18.0 ℃, 18시에는 18.3 ℃를 기록한다. pH는 5 m 층에서 7.8~8.5의 변화폭을 보였고 평균은 8.2였다. 18일 18시에 깊이 1 m 간격으로 측정된 수온·용존산소량의 분포를 보면 5 m 층에서 수온약층과 함께 용존산소량이 감소하는 것을 볼 수 있다(Fig. II-12). 따라서 5 m 층의 용존산소량은 수온의 변화에 따르고 있으며 그 변화폭이 커  $3.1 \sim 8.4 \text{ml}/\ell$ 의 분포를 보였다.

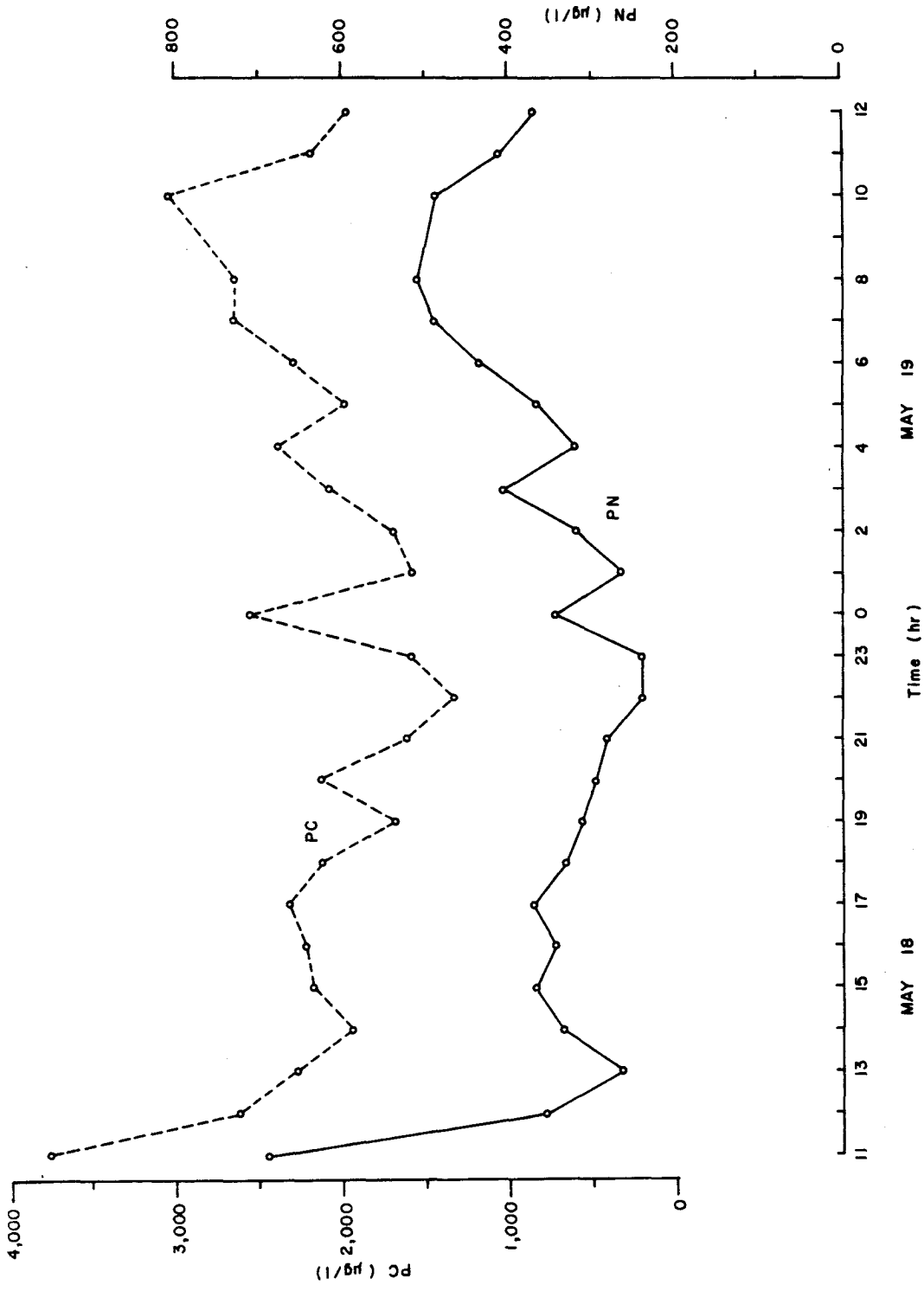


Fig. II-10. Diurnal variations of particulate N and particulate C of Surface seawater at St. 7 on May 18-19, 1982.

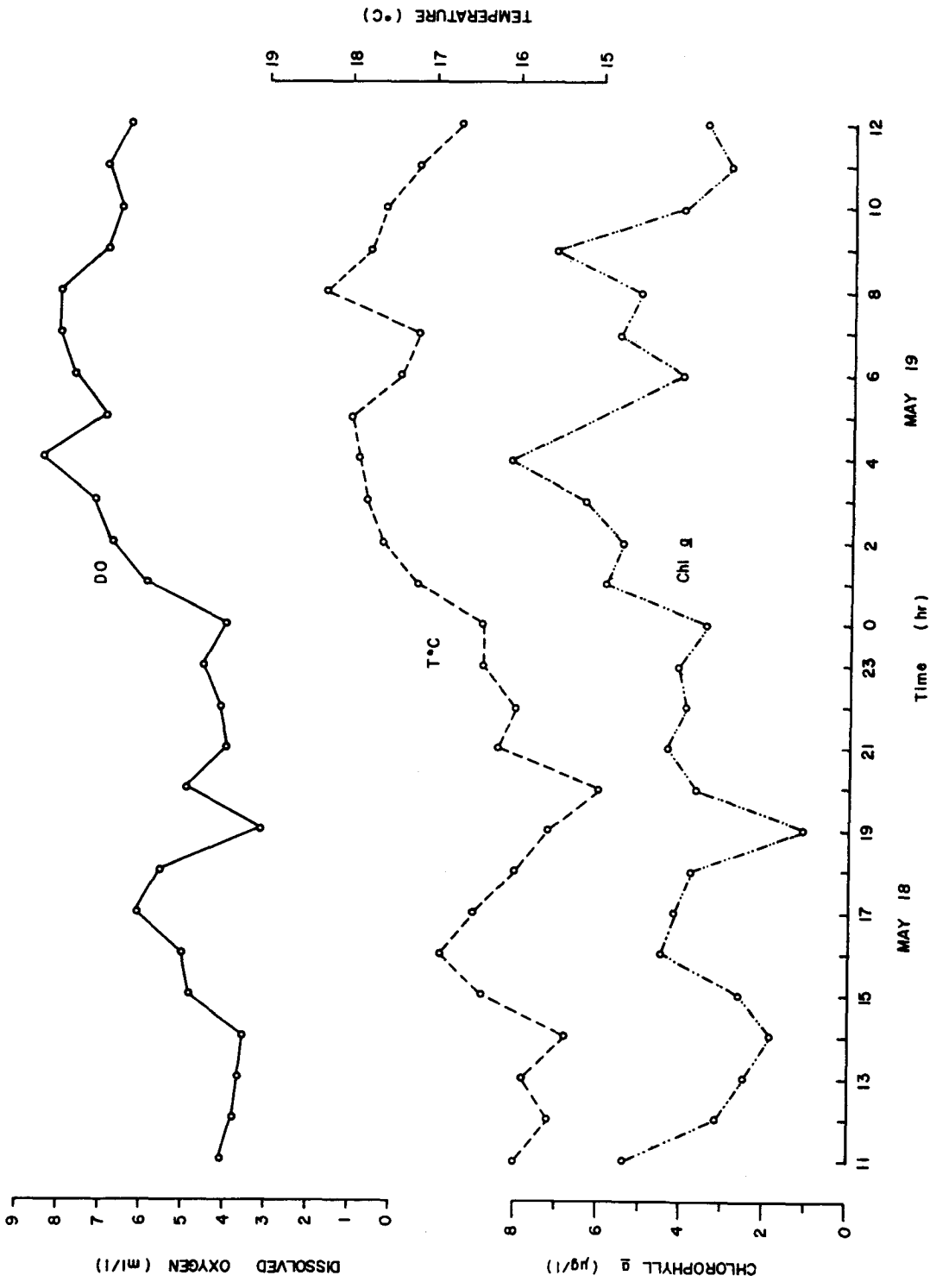


Fig. II-11. Diurnal variations of temperature, DO and chl *a* at the 5 m layer at St. 7 on May 18-19, 1982.

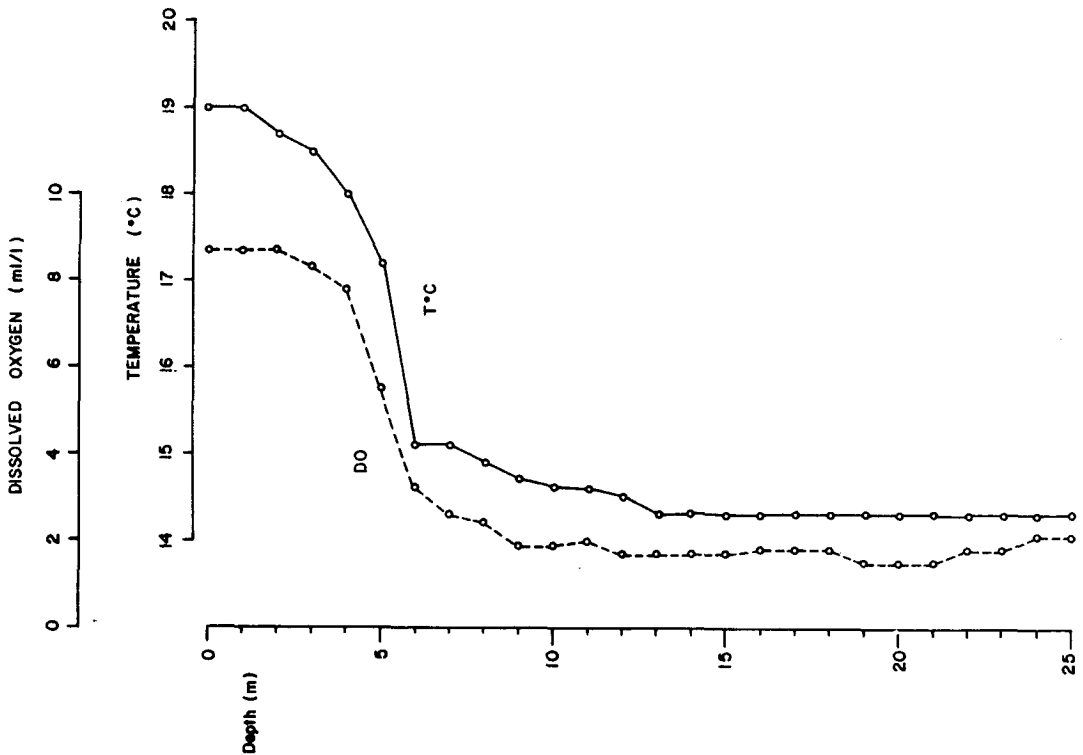


Fig. II-12. Vertical distribution of temperature and DO at St. 7 on May 18, 1982 .

$\text{NO}_3\text{-N}$ 은 5 m층에서 0~87  $\mu\text{gN}/\ell$ 로 변화폭이 작으며 18일 11시, 18시에 각각 54, 87  $\mu\text{gN}/\ell$ 로 약간 농도가 높을 뿐 대체로 낮은 농도에 머물고 있다. 이처럼 5 m층에서의 변화가 크지 않은것은 이 지역의 질소원이 주로 마산내만에 기원을 두고 표층을 따라 외부로 확산되기 때문이라 생각된다.  $\text{NO}_2\text{-N}$ 은 3 ~ 22  $\mu\text{gN}/\ell$ 로 고조시에 다소 높은 농도를 보인다.

$\text{PO}_4\text{-P}$ 는 8.7~33.8  $\mu\text{gP}/\ell$ 까지,  $\text{Si(OH)}_4\text{-Si}$ 는 302~749  $\mu\text{gP}/\ell$ 까지 변하며 역시 조석주기에 따른 변화는 보이지 않는다.

클로로필 *a*는 5 m층에서 1.1~8.2  $\mu\text{g}/\ell$ 로 변하며 수온·용존산소량의 변화 양상과 유사하다(Fig. II-11). 이는 수온약층 아래쪽에 식물성 플랑크톤이 적

어 5 m층 시료가 수온약층 부근일때 낮은 온도, 낮은 용존산소량과 함께 적은 클로로필 *a*의 양이 나타나기 때문이라 생각된다. 클로로필 *b*는 0.6~2.3  $\mu\text{g}/\ell$  까지, 클로로필 *c*는 2.5~8.5  $\mu\text{g}/\ell$  까지 변하며 수온과의 연관성이 없는 것으로 보인다.

## 5. 9월 연속측정

### 1) 일반수질, 영양염 및 플랑크톤 색소량

82년 9월 17일 St. 7에서 24시간 연속관측을 실시하였다. 당일에는 17일 14시 23분에 저조(22 cm), 21시 07분에 고조(236 cm), 18일 02시 48분에 저조(18 cm), 09시 24분에 고조(225 cm)가 있었다.

수온의 변화폭은 표층에서 22.4~24.0  $^{\circ}\text{C}$ , 5 m층에서 22.2~23.0  $^{\circ}\text{C}$ , 15 m층에서는 21.7~22.5  $^{\circ}\text{C}$ 의 변화폭을 나타냈으나 15 m 이하에서는 일정한 수온을 유지하고 있었고 이 시기에는 해수의 수직혼합이 비교적 잘 이루어지고 있는 것으로 생각되며 조석주기에 따른 뚜렷한 변화는 볼 수 없었다. 염분은 표층에서 29.9~30.4 ‰, 5 m층에서 30.3~30.7 ‰, 15 m층에서는 30.7~31.1 ‰의 변화폭을 보였으며 표층의 최저값과 15 m층의 최고값이 1.2 ‰의 차이를 보였다. 표층의 염분은 저조였던 9월 17일 15시의 29.9 ‰에서 21시에는 30.4 ‰로 증가하고 이후 감소하였다가 다시 9월 18일 09시에는 34.4 ‰로 증가한다(Fig. II-13).

용존산소는 측정기간 동안 표층과 5 m층에서 비슷한 수준으로서 수직혼합이 잘 되고 있음을 알 수 있었으며 표층은 평균 5.1  $\text{ml}/\ell$  (포화율 106.5%), 5 m층은 4.6  $\text{ml}/\ell$ 였으며 15 m층 이하에서는 거의 0에 가까운 빈산소층을 이루었고 표층에서의 포화율은 18일 오전에 약간 낮은 경향을 보였다.

pH는 표층과 5 m층이 평균 8.4에 가깝고, 15 m층에서는 8.1을 나타냈으며 다른 인자들과의 상관관계나 조석주기에 따른 변동은 없었고, 일조량이 많은

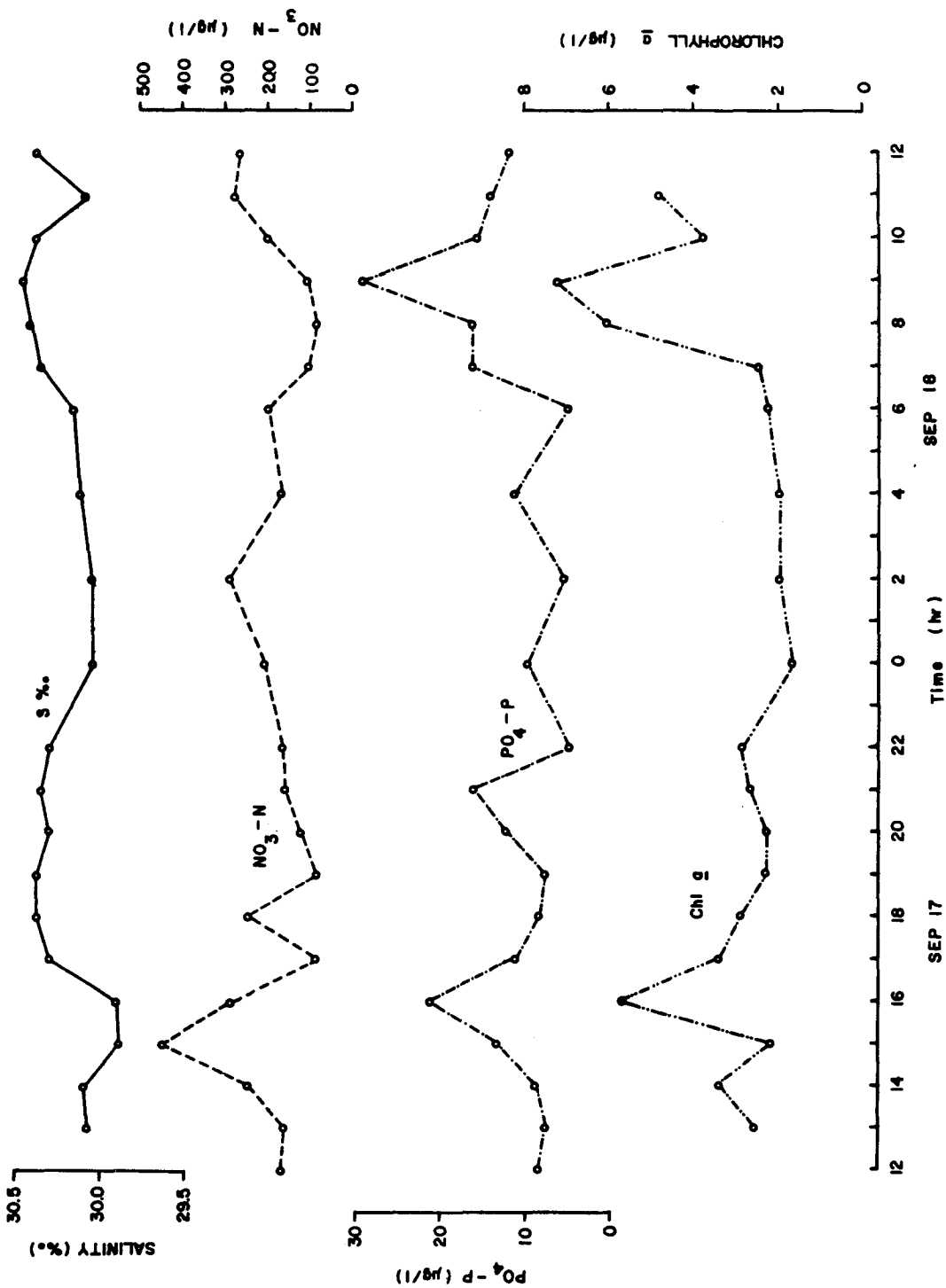


Fig. II-13. Diurnal variation of salinity NO<sub>3</sub>-N, PO<sub>4</sub>-P and chl *a* of surface water at st. 7 on Sep. 17-18, 1982.

17일 오후에 비교적 높아 이 시간에 생물활동이 활발했던 것으로 보인다. COD는 표층과 5m층에서  $3.2 \text{ mg O}_2/\ell$ 로서 같았으며 15m층에서는  $2.6 \text{ mg O}_2/\ell$ 로서 비교적 높았고 다른 인자들과의 상관관계는 없었다.

$\text{NO}_3\text{-N}$ 은 조사점에서  $88 \sim 452 \mu\text{g N}/\ell$ 의 변화를 보였으며 저조시간에 가까운 15시에  $452 \mu\text{g N}/\ell$ 의 최고값을 보이고 있다 (Fig. II-13). 이 값은 계속 낮아지다가 고조(21시 07분)전인 19시, 20시에 각각  $94, 132 \mu\text{g N}/\ell$ 로 낮아지며 18일 02시에는  $297 \mu\text{g N}/\ell$ 로 증가하고 08시에는  $88 \mu\text{g N}/\ell$ 의 최저값을 보이는 등 비교적 조석주기와 잘 맞는다고 하겠다.  $\text{NO}_2\text{-N}$ 은 조사점에서  $8 \sim 38 \mu\text{g N}/\ell$ 의 변화를 보이며  $\text{NO}_3\text{-N}$ 과 그 변화유형이 아주 유사하다.

$\text{PO}_4\text{-P}$ 는 5.0에서  $29.4 \mu\text{g P}/\ell$ 까지 변하는데 그 변화가  $\text{NO}_3\text{-N}$ 과는 상관이 없으며 오히려 저조시에 낮고 고조시에 높아 19일 02시에는  $5.6 \mu\text{g P}/\ell$ 이었으며 09시에  $29.1 \mu\text{g P}/\ell$ 의 높은 농도를 나타내고 있다. 고조시에 고염분 해수에서 이러한  $\text{PO}_4\text{-P}$  증가가 나타나는 것은 표층수가 염분이 높고  $\text{PO}_4\text{-P}$ 가 많은 이 지역의 저층수 또는 행암만 지역 표층수의 영향을 받았기 때문이라 생각할 수 있으며 81년에도 같은 현상이 나타난 바 있다.

클로로필  $a$ 는 1.8에서  $6.1 \mu\text{g}/\ell$ 까지 변하며  $\text{PO}_4\text{-P}$ 가 각각 21.1,  $29.1 \mu\text{g P}/\ell$ 이었던 17일 16시와 18일 09시에 각각 5.79,  $7.25 \mu\text{g}/\ell$ 의 높은 클로로필  $a$  농도가 나타났다 (Fig. II-13). 클로로필  $b$ 는  $0.5 \sim 1.0 \mu\text{g}/\ell$ , 클로로필  $c$ 는  $1.1 \sim 4.4 \mu\text{g}/\ell$ 의 변화를 보이며 시간에 따른 변화양상은 클로로필  $a$ 의 경우와 같다.

## 2) 중금속

마산만의 중금속함량이 시간과 조석주기에 따라 어떻게 변화하는가를 조사하기 위하여 마산만 입구 모래등대 앞의 St. 7에서 82년 9월 17일 12시부터 18일 09시까지 3시간 간격으로 표층, 5m층, 15m층에서 연속관측 조사하였는데 이 조사 결과는 Table II-18에 나와 있다.



Table II-18에서 보는 바와 같이 24시간 동안에 총중금속농도변화는 Cd 0.03 ~ 0.16  $\mu\text{g}/\ell$ , Cu 0.09 ~ 2.03  $\mu\text{g}/\ell$ , Pb 0.3 ~ 1.2  $\mu\text{g}/\ell$ , Zn 0.4 ~ 33.0  $\mu\text{g}/\ell$  등이며 중금속 농도는 Pb를 제외하고는 전반적으로 5m층이 높은것으로 나타났다. Cd는 대체로 농도가 낮고 시간이나 수심에 따른 농도변화가 크지 않았으며 또 5m층에서는 고조에서 저조로 갈수록 Cd농도가 증가하였으며 표층이나 15m층에 비해 농도가 약간 높았다. Cu는 표층과 5m층에서는 고조에서 저조로 갈수록 농도가 증가하는 현상을 보였으나 저층에서는 고·저조간에 별다른 차이를 나타내지 않았다. 수심별 평균Cu 농도를 보면 5m층이 가장 높고(총 Cu 0.95  $\mu\text{g}/\ell$ ), 표층(0.76  $\mu\text{g}/\ell$ ), 그리고 저층(0.52  $\mu\text{g}/\ell$ )으로 갈수록 대략 0.2  $\mu\text{g}/\ell$ 씩 감소 하는 것으로 나타났다. Pb는 시간이나 수심, 조석주기에 따른 농도의 변화없이 항상 낮은 값을 유지하였으며 Zn은 표층과 5m층이 비슷한 농도를 보인 반면에 저층은 매우 낮은 농도를 나타냈다. 특히 시간에 따른 저층의 총 Zn 농도변화는 아주 심하여 0.4 ~ 31.0  $\mu\text{g}/\ell$ 의 폭넓은 변동을 보였으며, 또 조석주기에 따른 총 Zn 농도변화를 보면 표층은 고조에서 저조로 갈수록 농도가 감소한 반면 5m층과 15m층은 반대로 농도가 증가하는 현상을 나타냈다.

전반적으로 St.7에서의 중금속함량은 시간에 따라 농도변화가 심하게 나타나기 보다는 육수 유입량이나 조석주기 등의 영향으로 조사시간에 따라 약간의 차이를 보이고 있으며 이것은 81년도의 연속관측결과와 잘 일치하고 있다.

## 第6節 重金屬의 調查結果 및 考察

海水中の 重金屬調查에서는 環境汚染과 關聯이 깊은 重金屬가운데서도 특히 카드뮴(Cd), 구리(Cu), 납(Pb) 및 아연(Zn) 등 4가지 金屬을 調查項目으로 택하였다. 重金屬은 溶存性(dissolved)과 粒子性(particulate)成分으로 區分하여 測定하였고 이 두成分의 合計를 總(total)重金屬으로 나타냈다.

Table II - 12에는 각 조사점별 重金屬含量的 年 平均이 나와 있고 Table II - 13에는 진해만의 總 重金屬含量中 溶存性和 粒子性成分이 차지하는 平均百分率이 나와 있다.

海水中的 重金屬은 月別變化를 보기위하여 11개 調査點의 표·저층에서 10회에 걸쳐 시료를 채취하였고, 時間別 重金屬含量變化를 보기위해서는 9월에 St. 7에서 표층, 5 m층, 그리고 15 m층을 3時間 間隔으로 24시간동안 連續觀測하였다. 또한 海底堆積物中的 重金屬含量調査는 9月 現場調査時 23개 調査點에서 시료를 채취하여 1回 分析測定하였다.

## 1. 海水中的 重金屬

### 1) 카드뮴 (cadmium)

전 調査期間을 통한 Cd의 濃度範圍는 溶存性Cd  $< 0.03 \sim 3.78 \mu\text{g}/\ell$ , 粒子性Cd  $< 0.03 \sim 0.06 \mu\text{g}/\ell$ , 총Cd  $0.03 \sim 3.80 \mu\text{g}/\ell$ 이며 平均濃度는 표층이 溶存性Cd  $0.30 \mu\text{g}/\ell$ , 粒子性Cd  $< 0.03 \mu\text{g}/\ell$ , 총Cd  $0.32 \mu\text{g}/\ell$ 인 반면 底層은 각각  $0.14 \mu\text{g}/\ell$ ,  $< 0.03 \mu\text{g}/\ell$ ,  $0.61 \mu\text{g}/\ell$ 로 총Cd는 표층이 저층보다 두배나 높다. 각 조사점별 年 平均 Cd濃度를 보면 총Cd는 표층의 경우 마산만의 St. 6이  $0.61 \mu\text{g}/\ell$ 로 가장 높고 七川島附近의 St. 3과 행암만의 St. 11이  $0.14 \mu\text{g}/\ell$ 로 가장 낮는데 이와 반대로 저층은 St. 11이  $0.30 \mu\text{g}/\ell$ 로 가장 높고 St. 6이  $0.10 \mu\text{g}/\ell$ 로 가장 낮아 매우 대조적인 현상을 나타냈다 (Table II - 12). 한편 粒子性Cd의 平均濃度는 전 조사점의 表·저층 모두 測定限界인  $0.03 \mu\text{g}/\ell$ 以下였으며 따라서 溶存性Cd 濃度分布는 총Cd 濃度分布와 거의 같았다.

Table II - 13에서 보는 바와 같이 溶存性Cd는 총Cd의 90% 이상을 차지하고 있는데 이 값은 1980年度의 1次調査 (80.3% : 李 等 1980)나 1981年度의 2次調査 (76.9% : 李 等 1981) 때 보다는 월등히 높다. 이와 같이 海水中的 Cd成分은 대부분 溶存成分으로 存在하고 있으며 이 사실은 여러 調査結果에

Table II - 12. Mean heavy metal concentrations at each station in Jimhae Bay in 1982 ( $\mu\text{g}/\text{l}$ ).

Station	Metal		Cd			Cu			Pb			Zn			
	W. Layer	Fraction	Dis.	* Par.	** Tot.	*** Tot.	Dis.	Par.	Tot.	Dis.	Par.	Tot.	Dis.	Par.	Tot.
1	S		0.33	<0.03	0.35	1.67	0.13	1.80	0.7	<0.3	1.0	23.8	0.3	24.1	
	B		0.20	<0.03	0.22	1.71	0.17	1.88	0.6	<0.3	0.8	20.6	0.4	21.1	
2	S		0.22	<0.03	0.24	0.93	0.07	1.00	0.8	<0.3	1.0	14.6	0.2	14.8	
	B		0.11	<0.03	0.13	1.13	0.16	1.29	0.8	<0.3	1.0	17.2	0.3	17.5	
3	S		0.12	<0.03	0.14	1.17	0.12	1.29	1.1	<0.3	1.3	16.7	0.3	17.0	
	B		0.15	<0.03	0.17	1.32	0.13	1.45	0.5	<0.3	0.7	11.3	0.3	11.6	
4	S		0.40	<0.03	0.42	2.08	0.36	2.44	0.5	0.4	0.8	29.1	1.1	30.3	
5	S		0.27	<0.03	0.29	1.72	0.19	1.91	0.8	<0.3	1.0	22.3	0.8	23.1	
	B		0.14	<0.03	0.16	0.96	0.19	1.14	0.4	<0.3	0.6	8.0	0.6	8.6	
6	S		0.59	<0.03	0.61	1.34	0.15	1.49	0.4	<0.3	0.6	11.2	0.4	11.6	
	B		0.08	<0.03	0.10	0.93	0.16	1.09	0.5	<0.3	0.7	10.1	0.7	10.8	
7	S		0.30	<0.03	0.32	0.76	0.11	0.87	0.7	<0.3	0.9	9.9	0.4	10.3	
	B		0.13	<0.03	0.15	0.75	0.08	0.83	0.4	<0.3	0.6	8.0	0.7	8.7	
8	S		0.39	<0.03	0.41	1.37	0.11	1.48	0.4	<0.3	0.6	13.9	0.3	14.2	
	B		0.10	<0.03	0.12	1.02	0.07	1.09	0.4	<0.3	0.6	16.2	0.3	16.5	
9	S		0.40	<0.03	0.42	0.86	0.07	0.93	0.5	<0.3	0.7	9.5	0.3	9.8	
	B		0.09	<0.03	0.11	0.86	0.07	0.93	0.6	<0.3	0.8	14.9	0.3	15.2	
10	S		0.13	<0.03	0.15	0.88	0.08	0.97	0.5	<0.3	0.7	9.5	0.2	9.7	
	B		0.14	<0.03	0.16	1.23	0.13	1.36	0.5	<0.3	0.7	15.6	0.6	16.2	
11	S		0.12	<0.03	0.14	0.85	0.06	0.91	0.8	<0.3	1.0	7.8	0.2	8.0	
	B		0.28	<0.03	0.30	1.61	0.14	1.76	0.7	<0.3	0.9	13.3	0.4	13.7	
Mean			0.30	<0.03	0.32	1.24	0.13	1.37	0.7	<0.3	0.9	15.3	0.4	15.7	
			0.14	<0.03	0.16	1.15	0.13	1.28	0.5	<0.3	0.7	13.5	0.5	14.0	

Dis.\*: Dissolved, Par.\*\*: Particulated, Tot.\*\*\*: Total.

서도 잘 나타나 있다. (Preston *et al.* 1972 ; Boyden and Romeril 1974 ; Lee *et al.* 1981a, b). 1979년부터 1982년까지의 기간동안 각 조사점 표층의 총 Cd의 平均濃度를 보면 마산내만이  $0.33 \sim 0.40 \mu\text{g}/\ell$ 로 가장 높은 값을 나타냈고 행암만은  $0.15 \mu\text{g}/\ell$ 로 마산내만에 비해 절반이하였으며 진동만은  $0.19 \sim 0.26 \mu\text{g}/\ell$ , 또 마산수로는  $0.20 \sim 0.22 \mu\text{g}/\ell$ 로 비슷한 값을 보였다 (Table II - 14). 이 表에서 보는 바와 같이 총 Cd 濃度는 마산내만이 진해만 全體에서 가장 높기는 하지만 그 차이는 별로 크지 않은 것 같다.

본 調査에서 測定된 Cd 平均濃度는 표층의 경우 1980年度의 1차조사 (총 Cd  $0.18 \mu\text{g}/\ell$ ) 나 1981年度의 2차조사 (총 Cd  $0.13 \mu\text{g}/\ell$ ) 때 보다 높지만 저층은 1차조사 (총 Cd  $0.21 \mu\text{g}/\ell$ ) 때 보다도 오히려 약간 낮다. 또한 본 조사값은 美國 수산용수기준인  $5 \mu\text{g}/\ell$  (EPA 1976) 나 環境廳에서 設定한 우리나라 南海와 東海南部海域의 水質基準인  $10 \mu\text{g}/\ell$  보다는 훨씬 낮은 濃度를 보이고 있다.

#### 나) 구리 (copper)

전 調査期間을 통한 Cu의 濃度範圍는 溶存性 Cu  $0.19 \sim 5.17 \mu\text{g}/\ell$ , 粒子性 Cu  $< 0.03 \sim 1.33 \mu\text{g}/\ell$ , 총 Cu  $0.21 \sim 6.16 \mu\text{g}/\ell$ 이며 平均濃度는 표층이 溶存性 Cu  $1.24 \mu\text{g}/\ell$ , 粒子性 Cu, 총 Cu  $1.37 \mu\text{g}/\ell$  인데 반해 저층은 각각  $1.15 \mu\text{g}/\ell$ ,  $0.13 \mu\text{g}/\ell$ ,  $1.28 \mu\text{g}/\ell$ 로 총 Cu는 표층이 저층보다 약간 높다. 각 조사점별 年平均 Cu 濃度를 보면 마산내만의 St. 4가 溶存性 Cu ( $2.08 \mu\text{g}/\ell$ ) 와 粒子性 Cu ( $0.36 \mu\text{g}/\ell$ ) 모두 가장 높았으며 진동만의 St. 1도 표·저층 모두 비교적 높은 값을 나타냈다 (Table II - 12). 마산만에서는 표층의 총 Cu 濃도가 마산내만에서 외양으로 나갈수록 대체로 減少하는 양상을 보이다가 釜島近處의 St. 8에서 약간 增加하고 다시 마산수로를 따라 나가면서 減少하는 경향을 나타냈다 (Table II - 12).

본 調査에서 총 Cu 含量中 溶存性 Cu가 차지하는 比率는 平均 90%로 나타났는데 (Table II - 13), 이 값은 1980年度의 1차조사와 1981年度의 2차조사

**Table II - 13. Dissolved and particulate fractions of heavy metals in Jinhae Bay(%) .**

Element	Water layer	Dissolved	Particulate
Cd	S*	93.8	6.2
	B**	87.5	12.5
Cu	S	90.5	9.5
	B	89.8	10.2
Pb	S	77.8	22.2
	B	71.4	28.6
Zn	S	97.5	2.5
	B	96.4	3.6

\* S : Surface

\*\* B : Bottom

**Table II - 14. Annual means of total cadmium in surface waters of Jinhae Bay ( $\mu\text{g}/\ell$ ).**

Area	Year	1979	1980	1981	1982	Total mean
	St.					
Jindong Bay	1	-	-	0.13	0.35	0.26
	2	-	-	0.13	0.24	0.19
	3	0.38	0.06	0.26	0.14	0.19
Masan Inner Bay	4	-	0.22	-	0.42	0.33
	5	-	0.49	-	0.29	0.38
	6	0.66	0.21	0.20	0.61	0.40
Masan Waterway	7	0.18	0.20	0.08	0.32	0.20
	8	0.21	0.09	0.11	0.41	0.21
	9	0.20	0.10	0.07	0.42	0.21
	10	0.42	0.19	-	0.15	0.22
Haengam Bay	11	0.22	0.19	0.09	0.14	0.15

때의 값인 75%를 훨씬 초과하고 있다. 총Cu 농량中 溶存性Cu가 차지하는 比率은 地域에 따라 큰 차이가 있어서 낙동강하구에서는 73.8%(Lee et al. 1981b)였고 그 밖에 반월해역 53.1%, 울산해역 79.3%, 창원해역 81.7%, 그리고 여천해역 68.8%였다 (Lee et al. 1981a). Cu도 Cd의 경우처럼 粒子成分보다는 溶存成分으로 남아 있으려는 경향이 크긴하지만 부유물질의 양과 特性에 따라 溶存 및 粒子成分間의 比率이 달라지는 것 같다. 예를 들어 반월해역과 같이 부유물질이 대부분 微砂로 構成되어 있는 곳에서는 粒子性Cu 比率이 높아지며 또 부유물질량은 바로 粒子性Cu 농량에 關係되는 것으로 나타났다(Lee et al. 1981a). 1979년부터 1982年사이에 각 조사점 표층의 총Cu의 平均濃度を 보면 Cd 때와 같이 마산내만이 가장높고 (1.8 ~ 5.1 $\mu\text{g}/\ell$ ) 그 외에는 진동만 (1.2 ~ 1.8  $\mu\text{g}/\ell$ ), 마산수로 (1.3 ~ 1.4 $\mu\text{g}/\ell$ ), 행암만 (1.2 $\mu\text{g}/\ell$ ) 등이 비슷한 값을 나타내고있다 (Table II - 15). Cu는 마산내만의 St. 4와 St. 5 부근이 특히 높을 뿐 기타 해역은 비교적 낮은 값을 보이고 있다.

본 조사에서 測定된 Cu 平均濃度は 표층의 경우 1980年度의 1차조사 (총Cu 1.13 $\mu\text{g}/\ell$ ) 보다는 높으나 1982年度의 2차조사 (총Cu 1.47 $\mu\text{g}/\ell$ ) 보다는 다소 낮으며 저층 역시 1차조사 (총Cu 1.44 $\mu\text{g}/\ell$ ) 때보다도 낮은 값을 나타냈다. 또한 본 조사의 총Cu 平均濃度は 美國 수산용수기준인 50 $\mu\text{g}/\ell$  (EPA 1976)나 環境廳에서 設定한 우리나라 南海와 東海 南部海域의 水質基準인 20 $\mu\text{g}/\ell$  보다는 훨씬 낮은 값을 나타내고 있다.

#### 다) 납 (lead)

전 조사기간을 통한 Pb의 濃度範圍는 溶存性Pb <0.3 ~ 6.5  $\mu\text{g}/\ell$ , 粒子性Pb <0.3 ~ 0.7 $\mu\text{g}/\ell$ , 총Pb 0.3 ~ 6.7 $\mu\text{g}/\ell$ 이며 平均濃度は 표층이 溶存性Pb 0.7 $\mu\text{g}/\ell$ , 粒子性Pb <0.3  $\mu\text{g}/\ell$ , 총Pb 0.9 $\mu\text{g}/\ell$ 인 반면 저층은 각각 0.5  $\mu\text{g}/\ell$ , <0.3  $\mu\text{g}/\ell$ , 0.7  $\mu\text{g}/\ell$ 로 총Pb는 Cd와 Cu와 같이 표층이 저층보다 약간 높다. 본 調査에 나타난 진해만의 Pb分布 傾向은 전 조사점에서 Pb

**Table II - 15. Annual means of total copper in surface waters of Jinhae Bay ( $\mu\text{g}/\ell$ ).**

Area	Year St.	1979	1980	1981	1982	Total mean
Jindong Bay	1	-	-	1.8	1.8	1.8
	2	-	-	1.5	1.0	1.2
	3	1.0	1.0	1.6	1.3	1.2
Masan Inner Bay	4	-	8.2	-	2.4	5.0
	5	-	5.4	-	1.9	3.5
	6	2.0	2.0	1.7	1.5	1.8
Masan Waterway	7	1.2	1.7	1.6	0.9	1.3
	8	1.0	1.6	1.1	1.5	1.3
	9	1.3	1.9	1.5	0.9	1.4
	10	1.3	1.8	-	1.0	1.3
Haengam Bay	11	0.9	1.6	1.4	0.9	1.2

**Table II - 16. Annual means of total lead in surface waters of Jinhae Bay ( $\mu\text{g}/\ell$ ).**

Area	Year St.	1979	1980	1981	1982	Total mean
Jindong Bay	1	-	-	3.3	1.0	2.0
	2	-	-	2.3	1.0	1.6
	3	6.5	2.3	3.4	1.4	2.9
Masan Inner Bay	4	-	2.6	-	0.8	1.6
	5	-	3.8	-	1.0	2.3
	6	4.8	2.4	5.0	0.6	2.9
Masan Waterway	7	3.3	1.3	2.3	0.9	1.8
	8	3.7	1.0	2.2	0.6	1.6
	9	6.5	1.8	2.9	0.7	2.5
	10	8.5	2.2	-	0.7	2.9
Haengam Bay	11	4.1	2.1	3.2	1.0	2.4

濃도가 前年度에 비하여 減少한 것으로 나타났으며 (Table II - 16) 특히 粒子性 Pb의 濃도는 연중 測定限界인  $0.3\mu g/l$ 이하로서 전년보다도 훨씬 낮았다. 따라서 총 Pb 含量中 粒子性 Pb가 차지하는 比率도 80年度 調査의 61.7%와 81年度 調査의 83.9%에 비해 30%이하로 減少하여 (Table II - 13) 진해만의 납 유입경로 및 부유물질의 특성에 어떤 變化가 있었지않았나 생각된다. Table II - 16에서 보는 바와 같이 진해만에서는 각 海역간 총 Pb 濃도가 큰 차이없이 진동만, 마산내만, 마산수로, 그리고 行암만이 모두 비슷한 값을 나타내고 있다. 이것은 Pb가 河川을 따라 進해만에 유입되기보다는 대기등 다른 경로를 통해 유입되는데에 기인하는게 아닌가 생각된다.

본 조사에서 測定된 Pb 平均濃도는 80年度나 81年度 調査, 낙동강하구 (총 Pb  $2.4\mu g/l$  : Lee *et al.* 1981b), 그리고 Lee *et al.* (1981a) 이 調査한 반월 (총 Pb  $2.0\mu g/l$ ), 울산 (총 Pb  $2.7\mu g/l$ ) 보다 훨씬 낮지만 光양만 (총 Pb  $0.5\mu g/l$ ) 과는 비슷한 값이다. 또 본 조사값은 美國 수산용수기준인  $50\mu g/l$  (EPA 1976) 나 우리나라 南海와 東海南部海域의 水質基準인  $100\mu g/l$  보다는 아주 낮은 값이다.

#### 라) 아연 (Zinc)

전 調査期間을 통한 Zn의 濃度範圍는 溶存性 Zn  $<0.1 \sim 63.8\mu g/l$ , 粒子性 Zn  $0.1 \sim 3.1\mu g/l$ , 총 Zn  $0.15 \sim 64.6\mu g/l$ 이며, 平均濃도는 표층이 溶存性 Zn  $15.3\mu g/l$ , 粒子性 Zn  $0.4\mu g/l$ , 총 Zn  $15.7\mu g/l$ 인 반면 저층은 각각  $13.5\mu g/l$ ,  $0.5\mu g/l$ ,  $14.0\mu g/l$ 로 총 Zn는 표층이 저층보다 약간 높다. 각 조사점별 年平均 Zn 濃도를 보면 마산내만의 St. 4가 溶存性 Zn ( $29.1\mu g/l$ ) 나 粒子性 Zn ( $1.1\mu g/l$ ) 모두 가장 높은 값을 나타냈으나 進동만의 St. 1도 표·저층 모두 비교적 높은 Zn 含量을 나타냈다. 그러나 溶存性 Zn와는 달리 粒子性 Zn는 각 조사점간에 큰 차이없이 낮은 값을 보였다 (Table II - 12). 마산



만에서는 표층의 총 Zn 濃度가 내만에서 외양으로 나갈수록 대체로 減少하는 양상을 보이다가 釜島近處의 St. 8에서 약간 증가하고 다시 마산수로를 따라 나가면서 減少하는 傾向을 나타냈는데 이러한 분포양상은 Cu에서도 나타난 바 있다 (Table II - 12).

본 조사에서 총 Zn 含量中 溶存性 Zn가 차지하는 比率은 96% 이상으로 나타났는데 (Table II - 13), 이 값은 80年度 調査때에 나타난 값보다 훨씬 크다. 1979 ~ 1982年 사이에 각 조사전 표층의 총 Zn 平均濃度를 보면 마산내만이 가장 높고 ( $16.0 \sim 29.8 \mu\text{g}/\ell$ ), 진동만 ( $15.5 \sim 20.0 \mu\text{g}/\ell$ ) 과 마산수로 ( $16.0 \sim 18.5 \mu\text{g}/\ell$ ) 가 비슷한 반면 행암만 ( $14.9 \mu\text{g}/\ell$ ) 은 이들 海域보다 약간 낮은 濃度分布를 나타내고 있다. 이러한 海域別 Zn 含量 分布傾向은 Cd 와 Cu에서도 나타난 바 있어, 진해만에서는 마산내만에서만 重金屬汚染이 문제시 된다고 보겠다.

본 조사에서 測定된 Zn 平均濃度는 표층의 경우 80年度의 조사값 (총 Zn  $15.5 \mu\text{g}/\ell$ ) 과는 비슷하지만 81年度 ( $18.4 \mu\text{g}/\ell$ ) 낮다는 낮으며 저층 역시 80年度 調査의 총 Zn 平均濃度인  $17.3 \mu\text{g}/\ell$  보다 낮다 (Table II - 17). 또한 본 조사값은 美國 수산용수기준 (EPA 1976) 이며 環境廳에서 設定한 우리나라 南海와 東海南部海域의 水質基準인  $100 \mu\text{g}/\ell$  보다 훨씬 낮은 값을 보이고 있다.

## 2. 海底堆積物의 重金屬

각 조사점에서 測定된 堆積物中の 重金屬含量이 Table II - 19에 나와 있다. 調査된 重金屬은 카드뮴 (Cd), 크롬 (Cr), 구리 (Cu), 코발트 (Co), 니켈 (Ni), 납 (Pb), 아연 (Zn), 망간 (Mn), 철 (Fe) 등 9가지 원소이며 시료는 82年 9月 現場調査時 23개 조사점에서 1회 채취하여 分析하였다 (Fig. II - 1)

**Table II - 17. Annual means of total zinc in surface waters of Jinhae Bay. ( $\mu\text{g}/\ell$ )**

Area \ Year St.	1979	1980	1981	1982	Total mean	
Jindong Bay	1	-	-	15.0	24.1	20.0
	2	-	-	16.4	14.8	15.5
	3	17.0	13.3	18.7	17.0	16.5
Masan Inner Bay	4	-	29.2	-	30.3	29.8
	5	-	34.7	-	23.1	28.3
	6	16.0	16.9	20.0	11.6	16.0
Masan Waterway	7	16.3	14.5	26.2	10.3	16.7
	8	17.5	15.7	17.6	14.2	16.0
	9	18.7	17.9	20.8	9.8	16.4
	10	35.0	19.1	-	9.7	18.5
Haengam Bay	11	22.0	15.4	18.0	8.0	14.9

가) 카드뮴 (cadmium)

전 調査海域 堆積物中の Cd 濃度範圍는 0.1 ~ 2.4 ppm 이며 平均은 0.7ppm으로 작년도 2차조사 平均濃도와 같다. 海域別로는 마산만이 平均 1.5 ppm으로 가조도해역 (0.4ppm) 이나 마산수로 (0.5ppm), 또는 행암만 (0.5 ppm) 에 비해 3배정도 높으며 (Table II - 19) 특히 마산내만의 St. 4 (2.4 ppm) 와 St. 5 S (1.9 ppm) 는 타 조사점에 비해 월등히 높는데 이 것은 이 조사점들이 산업폐수와 생활하수의 마산만 유입지점에 위치해 있기 때문이다. 한편 마산만 堆積物의 Cd 濃度は 내만에서 외양으로 나갈수록 減少하는 傾向이 뚜렷하게 나타났다.

海底堆積物의 Cd 平均濃度は 調査結果에 따라 달라서 0.17ppm (Bowen 1979) 에서 0.5ppm (Brooks 1977) 의 값을 가지고 있다. 이 값과 본 調査의 海域別

Table II - 18. Continuous monitoring data for heavy metals at St. 7 on September 17 - 18, 1982 (  $\mu\text{g/l}$  ).

Sampling time	Metal Fraction		Cd			Cu			Pb			Zn		
	Depth (m)	Dis. *	Par. **	Tot. ***	Dis.	Par.	Tot.	Dis.	Par.	Tot.	Dis.	Par.	Tot.	
12:00	0	<0.03	0.08	0.10	0.88	0.05	0.93	0.5	<0.3	0.7	16.6	0.3	16.9	
	5	0.06	0.03	0.09	0.19	<0.03	0.21	<0.3	<0.3	0.3	9.7	0.1	9.8	
	15	<0.03	<0.03	0.03	0.06	<0.3	0.12	<0.3	<0.3	0.3	12.8	0.1	12.9	
15:00	0	<0.03	<0.03	0.03	1.63	0.11	1.74	0.5	<0.3	0.7	26.6	0.4	27.0	
	5	0.06	<0.03	0.08	1.13	0.90	2.03	<0.3	<0.3	0.3	27.2	2.2	29.4	
	15	<0.03	<0.03	0.03	0.81	0.06	0.87	0.5	<0.3	0.7	27.2	0.2	27.4	
18:00	0	<0.03	<0.03	0.03	0.56	0.10	0.66	<0.3	<0.3	0.3	14.7	0.4	15.1	
	5	<0.03	<0.03	0.03	1.44	0.07	1.51	0.5	<0.3	0.7	13.4	0.2	13.6	
	15	0.06	<0.03	0.08	0.13	0.07	0.20	<0.3	<0.3	0.3	2.2	0.8	3.0	
21:00	0	<0.03	<0.03	0.03	0.63	0.05	0.68	<0.3	<0.3	0.3	22.8	0.2	23.0	
	5	<0.03	<0.03	0.03	0.75	0.05	0.80	<0.3	<0.3	0.3	12.8	0.2	13.0	
	15	<0.03	<0.03	0.03	0.56	0.06	0.62	<0.3	<0.3	0.3	7.2	0.6	7.8	
24:00	0	<0.03	<0.03	0.03	0.63	0.05	0.68	0.3	<0.3	0.5	19.7	0.5	20.2	
	5	<0.03	0.09	0.11	0.44	0.04	0.48	0.3	<0.3	0.5	14.7	0.2	14.9	
	15	<0.03	<0.03	0.03	0.38	0.05	0.43	0.3	<0.3	0.5	4.7	0.6	5.3	
03:00	0	<0.03	<0.03	0.03	0.44	0.05	0.49	0.3	<0.3	0.5	4.7	0.1	4.8	
	5	0.06	0.10	0.16	0.44	0.03	0.47	0.5	<0.3	0.7	24.1	0.3	24.4	
	15	<0.03	0.06	0.08	0.06	0.03	0.09	0.3	<0.3	0.5	0.3	0.1	0.4	
06:00	0	<0.03	<0.03	0.03	0.50	<0.03	0.52	<0.3	<0.3	0.3	30.3	0.6	30.9	
	5	0.06	0.03	0.09	1.81	0.03	1.84	0.3	<0.3	0.3	32.8	0.6	33.0	
	15	0.06	<0.03	0.08	1.38	0.05	1.43	0.3	<0.3	0.5	30.9	0.1	31.0	
09:00	0	<0.03	<0.03	0.03	0.31	0.07	0.38	0.5	<0.3	0.7	17.2	1.4	18.6	
	5	<0.03	<0.03	0.03	0.25	<0.03	0.27	0.3	<0.3	0.5	23.4	0.2	23.6	
	15	<0.03	<0.03	0.03	0.31	0.05	0.36	1.0	<0.3	1.2	6.6	0.7	7.3	
Mean	0	<0.03	<0.03	0.03	0.70	0.06	0.76	0.3	<0.3	0.5	19.1	0.5	19.6	
	5	0.04	0.04	0.08	0.81	0.14	0.95	0.3	<0.3	0.5	19.8	0.5	20.2	
	15	0.03	<0.03	0.05	0.46	0.05	0.52	0.4	<0.3	0.5	11.5	0.4	11.9	

Dis. \*: Dissolved, Par. \*\*: Particulate, Tot. \*\*\*: Total.

**Table II - 19. Heavy metal concentrations in sediments in Jinhae Bay  
(ppm dry weight).**

Area	Element St.	Element								
		Cd	Cr	Cu	Co	Ni	Pb	Zn	Mn	Fe (%)
Gajodo Area	A	0.3	45	22	13	28	29	97	475	3.7
	B	0.2	57	29	13	30	33	104	800	5.1
	C	0.8	57	27	12	31	32	99	275	4.2
	D	0.2	50	22	13	30	31	98	375	3.6
	E	0.5	45	23	13	30	32	98	300	3.6
	F	0.4	57	21	13	23	26	88	435	3.6
	1	0.6	66	34	14	30	29	100	320	4.2
	2	0.3	68	30	14	30	24	96	400	4.2
Masan Bay	3	0.3	75	24	13	33	30	98	450	3.3
	4	2.4	114	105	12	28	85	447	340	3.1
	5	1.2	50	31	9	17	51	149	225	2.7
	5S	1.9	85	66	11	20	73	267	200	3.3
	6	1.0	59	23	13	20	43	130	300	3.6
Masan Waterway	6S	1.1	64	37	12	28	46	152	365	3.3
	7	0.7	59	31	13	30	38	125	400	3.6
	7S	0.8	50	17	11	22	32	102	150	3.3
	8	0.6	47	24	12	30	32	111	420	3.9
	8S	0.5	45	21	13	30	30	101	410	3.9
	9	0.2	64	20	13	30	28	94	410	3.9
Haengam Bay	9S	0.1	45	19	14	27	33	107	450	3.6
	10	0.3	55	20	13	25	29	90	420	3.7
Mean	10S	0.2	55	19	10	21	26	93	725	3.7
	11	0.8	56	24	12	31	34	109	235	3.7
	Mean	0.7	59	30	12	27	37	128	386	3.6

Cd 濃度와 비교하면 가조도해역, 마산수로, 행암만등은 堆積物의 平均濃度와 거의 비슷하지만 마산만은 3배정도 높다. 참고로 産業活動이 活潑한 外國 沿岸海域 堆積物中の Cd 濃度を 보면 英國 Wales 地方의 Cardigan Bay는 1.1ppm (Jones 1973) 으로 마산만보다 낮으며 Roth and Hornung (1977) 이 Israel 쪽 지중해 沿岸에서 調査한 堆積物의 平均값 (0.7ppm) 이나 Goldberg *et al.* (1978) 이 美國 東部 Chesapeake Bay에서 調査한 Cd 平均濃度 (0.67ppm) 는 近해만 全體의 平均 Cd 濃도와 비슷하다.

#### 나) 크롬 (chromium) 및 구리 (copper)

전 調査海域 堆積量中の Cr 및 Cu 濃度範圍는 각각 45 ~ 114ppm 및 17 ~ 105ppm이며 平均濃度는 59 와 30ppm이다. 海域別 Cr 및 Cu 濃度を 비교해 보면 Cd에서와 같이 마산만이 他 海域에 비해 월등히 높다. Cr은 마산수로, 행암만, 가조도해역이 平均 52 ~ 58ppm인 반면 마산만은 平均 74ppm 이었으며 Cu는 마산수로와 행암만이 平均 22ppm, 그리고 가조도해역이 26 ppm 이었으나 마산만은 52ppm으로 이들 海域보다 두배이상 높았다. 마산내만의 St. 4는 Cr 이 114ppm, Cu가 105 ppm으로 近해만 全體의 平均濃度와 비교할때 각각 두배 또는 3배이상 높아 Cd와 함께 Cr 및 Cu는 마산내만의 河川을 통해 주로 유입됨을 알 수 있다.

마산만에서의 본 조사값과 都等 (1981) 이 같은 海域에서 調査한 Cr (平均 56.9ppm) 과 Cu (52.3ppm) 濃도와 比較해 보면 Cr는 본 조사값이 훨씬 높고 Cu는 비슷하다. 또한 近해만 全體의 平均 Cr과 Cu 濃度は 海底堆積物의 平均濃度인 72ppm과 33ppm (Bowen 1979) 보다 오히려 낮다.

#### 다) 코발트 (cobalt) 및 니켈 (nickel)

전 調査海域 堆積物中の Co 및 Ni 濃度範圍는 각각 9 ~ 14ppm과 17 ~ 33ppm이며 平均濃度는 12ppm과 27ppm이다. Co와 Ni는 海域間에 별다른 濃

度差異가 없으며 Co는 平均濃도가 11~13ppm, 그리고 Ni는 23~29ppm 정도로 海底堆積物의 平均濃度 (Co 14ppm, Ni 52ppm; Bowen 1979)보다도 오히려 낮았다. 이 것은 Co와 Ni가 近해만 沿岸地域의 産業活動과 密接한 關係가 적기때문인 것 같다. 이러한 사실은 南海 東部沿岸에서 調査한 이 등(1978)의 測定結果 (Co 13ppm, Ni 29ppm) 나 近해만에서의 李 등 (1982)의 調査結果 (Co 14ppm, Ni 42ppm)에서도 나타난 바 있다.

#### 라) 납 (lead) 및 아연 (zinc)

전 조사해역 堆積物中の Pb 및 Zn 濃度範圍는 각각 24~85ppm과 88~447ppm이며 平均濃度는 37ppm과 128ppm이다. 海域別 Pb 및 Zn 平均濃度는 Cd, Cr, Cu의 경우와 같이 마산만 (Pb 60ppm, Zn 229ppm) 이 마산수로 (Pb 32ppm, Zn 104ppm) 나 熊川만 (Pb 30ppm, Zn 101ppm) 또는 加道해역 (Pb 30ppm, Zn 98ppm) 에 비해 월등히 높고 특히 마산내만의 St. 4는 Pb가 85ppm, Zn이 447ppm으로 近해만 전체의 平均濃度보다도 2~3배 이상 높았다. 또한 마산만에서는 Pb와 Zn 모두 내만에서 외양으로 나갈수록 濃도가 減少하는 현상을 보였는데 이러한 현상은 Cd, Cr, 그리고 Cu 등에서도 나타난 바 있다.

近해만에서의 본 조사값은 81年度 調査結果와 이 등 (1978)의 南海 東部沿岸 堆積物中の Pb와 Zn 平均濃度인 28ppm과 111ppm을 상회하고 있으며 海底堆積物의 平均濃度 (Pb 19ppm, Zn 95ppm : Bowen 1979) 보다는 훨씬 높은 값이다. 그러나 都 등 (1981) 마산만에서 調査한 Pb와 Zn 測定結果 (Pb 91.3ppm, Zn 274ppm) 는 본 調査의 마산만 平均濃度보다도 매우 높다. 참고로 外國의 調査結果와 比較해 보면 Goldberg *et al.* (1978) 이 美國 東部 Chesapeake Bay에서 調査한 Pb 濃度 (65ppm) 는 본 調査의 마산만과 비슷하지만 Zn (275ppm) 는 마산만보다도 훨씬 높다.

## 마) 망간 (manganese) 및 철 (iron)

전 조사해역 堆積物中の Mn 및 Fe 濃度範圍는 각각 150 ~ 800ppm 과 2.7 ~ 5.1 %이며 平均濃度는 386ppm과 3.6 %이다. 海城別 Mn 및 Fe 平均濃度를 보면 Cd, Cr, Cu, Pb, Zn 등의 경우와는 반대로 마산만 (Mn 286ppm, Fe 3.2 %) 이 마산수로 (Mn 380ppm, Fe 3.7 %), 행암만 (Mn 480ppm, Fe 3.2 %), 그리고 가조도해역 (Mn 426ppm, Fe 3.9 %) 에 비해 오히려 낮은것을 볼 수 있다. 이러한 현상은 Co와 Ni에서도 나타난 바 있다. Mn과 Fe 역시 Co와 Ni의 경우처럼 각 海城間의 큰 濃度差異는 없었다. 이 것은 堆積物中の Mn과 Fe 含量에 産業活動에 의한 流入量이 별다른 影響을 주지 못하기때문인 것 같다. 본 調査에서 測定된 진해만의 Mn과 Fe 平均濃度는 海底堆積物의 平均濃度 (Mn 770ppm, Fe 4.1 % : Bowen 1979) 보다도 훨씬 낮다.

이상의 調査結果에서 나타난 바와 같이 진해만에서는 Cd, Cr, Cu, Pb, Zn 등의 다섯가지 元素들이 沿岸地域의 産業活動과 密接한 關係가 있는듯 하며 반대로 Co, Ni, Mn, Fe 등은 堆積物의 濃도에 별다른 影響을 주지 못하는 것으로 생각된다. 진해만에서는 오래전부터 마산만을 중심으로 産業活動이 이루어져 왔기때문에 Cd, Cr, Cu, Pb, Zn 등의 含量은 마산만이 다른 地域에 비해 특히 높다고 할 수 있다. 또한 이들 다섯가지 元素들의 堆積物中の 含量은 마산내만에서 외양으로 나갈수록 점차 減少하는 傾向을 뚜렷이 나타냈다.

## 第 7 節 結 論

진해만의 赤潮 및 汚染研究를 위해 일반수질지수, 영양염, 플랑크톤 色素量, 그리고 重金屬의 分布를 調査한 1982年度 調査 結果는 다음과 같다.

1. 표층 수온은 마산만이 他 海城보다 여름철 (平均 21.7 ~ 25.8 °C) 에 높고 겨울철 (5.5 ~ 10.1 °C) 에 낮는데 이것은 마산만이 陸水의 影響을 크게 받는 때문이다. 그러나 저층은 全 海城이 비슷한 水溫을 維持하고 있다.

鹽分の 變動範圍는 26.6 ~ 34.4%로 폭넓게 變化하였으며 海域別 年平均 鹽分은 表層의 경우 마산만 (31%) 이 가장 낮고 진동만, 마산수도, 행암만 등은 31.9 ~ 32.3%로 비슷하였으며 底層은 마산수도 (33.1%) 가 가장 높고 나머지는 32.2 ~ 32.7%의 平均鹽分을 나타냈다.

表層의 溶存酸素飽和度는 봄철에서 여름철로 가면서 增加했다가 가을철로 접어들면서 減少하는데 반해 底層은 表層과 정반대의 現象을 보였다. 海域別 年平均飽和度는 행암만 (표층 127.9%, 저층 101.3%) 이 가장 높은 반면 표층은 진동만 (108.9%) 이, 그리고 저층은 마산만 (38.8%) 이 가장 낮았다.

pH變動範圍는 7.6 ~ 9.2로 작년과 비슷하였으며 表層의 pH는 植物性 플랑크톤의 광합성작용이 活潑한 여름철에 특히 높았으며 겨울철에는 정상적인 海水의 pH를 維持하였다. 저층은 海域에 따라 약간의 차이를 보였으나 全般的으로 季節에 따라 變動없는 pH를 나타내었다.

COD 變動範圍는  $0.78 \sim 13.02 \text{ mg O}_2/\ell$ 로 表層이 底層보다 훨씬 높았다. 조사점별로는 마산내만의 St. 4와 5가 특히 높아서 表層은 St. 4 ( $5.71 \text{ mg O}_2/\ell$ ) 가, 저층은 St. 5 ( $2.90 \text{ mg O}_2/\ell$ ) 가 가장 높았다. 1979 ~ 82年 사이에 진해만의 COD는 진동만을 除外하고는 全般的으로 每年 增加하고 있다.

부유물질의 變動範圍는  $0.6 \sim 99.5 \text{ mg}/\ell$ 로 변화폭이 매우 크며 江水量이 많은 여름철에 높고 갈수기인 겨울철에 낮다. 부유물질의 분포양상은 COD와 매우 비슷하였으며 부유물질 含量은 마산만이 가장 높으며 진동만은 마산만의 절반정도에 지나지 않았다.

透明度는 季節 및 地域에 따라 0.5 ~ 11.0 m의 폭넓은 變化를 보였으며 계절별로는 여름철이 낮고 반대로 겨울철이 높다. 海域別로는 마산만이 年平均 1.7 m로 가장 낮고 진동만은 5.4 m로 마산만의 3배 이상이나 높았다.

2. 표층수에서 溶存性  $\text{NO}_3\text{-N}$ 의 年平均濃度는 馬山內灣의 陸水流入을 받는곳



이  $5,565\mu\text{g}/\ell$  였고 馬山灣 (St. 6, 7, 8) 이  $330\mu\text{g}/\ell$  였다. 鎮東灣 (St. 1, 2, 3) 은 馬山灣에 비해  $\text{NO}_3\text{-N}$  濃도가 낮아 표층에서 年平均  $113\mu\text{g}/\ell$  를 보였다. 두地域 다 저층수에서는 여름에  $\text{NO}_3\text{-N}$  濃도의 減少現象을 나타내었다. 溶存性  $\text{NO}_2\text{-N}$  은 그 지리적, 季節的 분포양상이  $\text{NO}_3\text{-N}$  과 유사하다.

표수층의 溶存性  $\text{PO}_4\text{-P}$  의 年平均濃도는 馬山灣이  $19.1\mu\text{g}/\ell$ , 鎮東灣이  $15.5\mu\text{g}/\ell$ , 行岩灣 (St. 11) 은  $45.0\mu\text{g}/\ell$  였다. 全 海域에서 표층수보다는 저층수에서  $\text{PO}_4\text{-P}$  濃도가 높는데 이는 하계철에 더욱 뚜렷하다.

클로로필  $a$  는 표층에서 馬山灣이 年平均  $13.7\mu\text{g}/\ell$ , 鎮東灣이  $2.1\mu\text{g}/\ell$  로 이는 81년에 비하여 낮은 結果를 보였다.

3. 5월에 馬山內灣 — 釜島水道 海역에서 화학적 수질지수의 수직분포를 調査한 結果에 의하면 陸水의 影響을 크게 받는 표층수에서는  $\text{NO}_3\text{-N}$  과 함께 COD, 클로로필  $a$  의 높은 濃도를 보였다. 저층수에서는 낮은 pH, 낮은 溶存酸素量과 함께 높은  $\text{PO}_4\text{-P}$  濃도가 나타났다.

4. 7월에는 鎮東灣 全域에 걸쳐 표·저층의 염분차가 적었으며 영양염 濃도가 높은 저층수에서는 높은 클로로필  $a$  濃도를 보였다. 표·저층의 염분차가 커진 9월에는 7월에 비해 저층수의 溶存酸素量이 크게 떨어졌으며 표층수의 영양염 濃도가 增加하고 클로로필  $a$  는 수온약층 附近에서 높은 값을 나타냈다.

5. 5월에 St. 7에서 행한 25시간 연속측정 결과에 의하면 표층의 염분은 조석주기에 따른 變化를 보이지 않고  $\text{NO}_3\text{-N}$  은 저염분 해수에 豊富하다. 클로로필  $a$ , 입자성질소 (PN), 입자성 탄소 (PC) 도 저염분 해수에 높았고 이때  $\text{NO}_3\text{-N}$  과 부유물질이 豊富한 馬山內灣쪽 해수에 식물성 플랑크톤 성장이 活潑한 것으로 나타났다.

6. 9월에 St. 7에서 행한 연속측정 結果에 의하면 鹽分은 조석주기와의 關係가 뚜렷하여 저조시에 낮고 고조시에 높다.  $\text{NO}_3\text{-N}$  濃度는 저조시에 높으며  $\text{PO}_4\text{-P}$ , 클로로필 *a* 濃度는 고조시에 높았다.

7. 重金屬 調査는 해수에서는 Cd, Cu, Pb, Zn 등 4 원소를, 그리고 海底堆積物에서는 Cd, Cr, Cu, Co, Ni, Pb, Zn, Mn, Fe 등 9 원소를 測定하였다. 해수중의 重金屬 調査에서 나타난 結果를 보면 Cd, Cu, Pb, Zn 등 4 원소 모두 표층이 저층보다 높았으며 특히 Cd는 표층 (총 Cd  $0.32 \mu\text{g}/\ell$ ) 이 저층 (총 Cd  $0.16 \mu\text{g}/\ell$ ) 에 비해 두배나 높았다. 조사점별 重金屬濃度を 보면 Cd, Cu, Zn 등은 馬山灣의 조사점들이 대체로 높은 含量을 나타냈으나 Pb는 해역간 또는 조사점간에 큰 차이없이 비슷한 값을 보였다. 總重金屬含量中 溶存成分이 차지하는 比率는 Cd, Cu, Zn 등이 平均 90% 이상으로서 80年度의 調査나 81年度의 調査값을 훨씬 상회한 반면에 Pb는 粒子成分比率이 높았던 前年과는 달리 82년에는 溶存成分이 70% 이상으로서 粒子成分보다 높았다. 79年 부터 82년까지의 기간동안 각 調査點 表층의 重金屬濃度を 보면 Cd, Cu, Zn 등은 馬山海域이 마산수도나 行岩灣 또는 鎭東灣보다 높았으나 Pb는 각 해역간에 뚜렷한 濃度差異 없이 比較的 높은 含量을 나타냈다. 본 調査에서 Cd, Cu, Pb, Zn 등 4 원소의 含量은 美國 수산용수기준이나 우리나라 남해와 동해 남부해역의 수질기준에 비하면 훨씬 낮은 것으로 나타났다.

8. 9월에 St. 7에서 行한 연속관측 結果로는 Pb를 除外한 Cd, Cu, Zn 含量이 5 m층에서 가장 높았다. Cd는 대체로 濃度가 낮고 시간이나 水深에 따른 濃度變化가 별로 없었고 5 m층에서는 고조에서 저조로 가면서 Cd 濃度가 增加하였는데 이와같은 조석주기에 따른 濃度增加가 Cu의 경우 表층과 5 m층에서, 그리고 Zn에서는 5 m층과 15 m층에서 각각 나타났다. Pb는 시간이나 수심, 또는 조석주기에 따른 濃度變化없이 全般的으로 낮은 含量을 나타냈으나 Zn은 15층에

서 시간에 따른 濃度變化가 매우 심한 變動을 나타냈다. 이와같이 St. 7 에서의 重金屬含量은 시간에 따라 濃度變化가 심하게 나타나기보다는 육수유입량이나 조석 등의 影響으로인해 調査時間에 따라 약간의 差異를 보이는것 같다.

9. 海底堆積物의 重金屬含量 調査 結果로는 Cd, Cu, Cr, Pb, Zn 등 5가지 원소들의 含量은 馬山灣이 마산수도나 행암만 또는 가조도 해역보다 월등히 높으며 특히 馬山內灣의 St. 4가 다른 조사점들에 비해 매우 높은 것으로 나타났다. 馬山灣에서는 이들 5가지 원소들의 含量이 內灣에서 외양으로 나갈수록 점차 減少하는 경향을 뚜렷이 보였다. 그러나 Co, Ni, Mn, Fe 등 4가지 원소들은 해역간에 큰 含量差異를 나타내지 않았다. 馬山灣이 海底堆積物中の Cd, Cr, Cu, Pb, Zn 등의 含量이 특히 높은것은 沿岸地域에서 유입되는 생활하수 및 공장폐수와 밀접한 關係가 있는 것으로 간주된다.

## 參 考 文 獻

- 국립수산진흥원. 1977. 국립수산진흥원 사업보고 34 : 64 ~ 67.
- 都 吉明·裴 俊雄·洪 錫. 1981. 馬山港 汚染의 綜合的 調査. 경남대학교 부설 環境研究所 研究報告, 9 ~ 33.
- 吉田陽一. 1973. 底質生産における 生物生産の 變化. 水産學シリーズ-1. 恒星社 原生閣, 東京, 日本.
- 李 光雨·郭 熙相·李 壽珩·梁 東範·洪 基勳. 1980. 鎭海灣의 赤潮 및 汚染모니터링시스템 開發을 위한 基礎研究 III. 鎭海灣의 化學的 特性. 海洋研究所 報告書, BSPE - 00022 - 43 - 7.
- 李 光雨·郭 熙相·李 壽珩·梁 東範·金 銀洙·吳 在龍. 1981. 鎭海灣의 赤潮 및 汚染모니터링 시스템 開發을 위한 研究 II. 鎭海灣의 化學的 特性. 韓國科學技術院 海洋研究所 報告書, BSPE 00031 - 56 - 7.
- 李 光雨·李 壽珩·梁 東範·吳 在龍·金 銀洙. 1982. 生態系內에 있어서 汚染物質의 移動體系에 관한 研究. 海洋研究所 報告書, BSPE 00032-60-4
- 이 동수·한 상준. 1978. 韓國 南海東部沿岸 海底堆積物中の 重金屬 含量에 관한 研究. 韓國海洋學會誌, 13 : 11 ~ 16.
- 田中啓陽. 1977. 備讚瀬戸 中央海域 の 底質について 香川大學農學部 瀬戸内海中部海域における 漁場惡化現象 の 解明, 25 ~ 31
- American Public Health Association. 1976. Standard methods for the examination of water and wastewater, 14th ed. AWWA, 443 ~ 447.
- Bowen, H.J.M. 1979. Environmental Chemistry of the elements. Academic Press, London, U.K.
- Boyden, C.R., and M.G. Romeril. 1974. A trace metal problem in

- pond oyster culture. *Mar. Pollut. Bull.*, 5(5): 74-44.
- Brooks, R.R. 1977. Pollution through trace elements. (In) J. O'M. Bockris (ed.), *Environmental Chemistry*, Plenum Press, New York, U.S.A.
- Bryan, G.W. 1976. Cadmium in the environment. Pages 505-(In) R. Johnston (ed.) *Marine Pollution*, Academic Press, New York, U.S.A.
- Carlberg, D.R. 1972. *New Baltic manual with methods for sampling and analysis of physical, chemical and biological parameters*. Inter. Council for the Exploration of the Sea, Charlottenlund Slot, DK-2920 Charlottenlund, Denmark.
- Environmental Protection Agency (E.P.A). 1974. *Manual of methods for chemical analysis of water and wastes*. U.S. Environmental Protection Agency. U.S.A.
- EPA. 1976. *Quality criteria for water*. U.S Environmental Protection Agency, EPA-440/9-76-023.
- Goldberg, E.D., V. Hodge, M. Koide, J. Griffin, E. Gamble. O.P. Bricker, G. Matisoff, G.R. Holdren, Jr. and R. Braun. 1978. A pollution history of Chesapeake Bay. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 42: 1413-1425.
- Jones, A.S.G. 1973. The concentration of copper, lead, zinc. and cadmium in shallow marine sediments, Cardigan Bay. *Wales Marine Geol.*, 14: M1-M9.
- Kerambrun P. and Szekiolda K.H. 1969. Dosage simultane du carbone, de l'axote dans le materiel en suspension dans l'eau de mer. *Note Technique. Tethys*, 1: 581-584.
- Lee, D.S., S.H. Lee, H.S. Kwak, and K.W. Lee. 1980. Determina-

tion of dissolved trace metals in sea water by atomic absorption spectrophotometry after concentration by Fe (III)-APDC coprecipitation. *J. Oceanol. Soc. Korea*, 15: 66-70.

Lee, K.W., G.H. Hong, J.R. Oh., and S.H. Lee. 1981a. Heavy metals in coastal waters of Four Industrial Complex Areas of Korea, 1981. *Bull. of Korea Ocean Res. and Develop. Inst.*, 3: 87-96.

Lee, S.H., D.S. Lee, E.S. Kim, H.S. Kwak, and K.W. Lee. 1981b. Heavy metals in the Nagdong Estuary. *J. Oceanol. Soc. Korea*, 16: 24-20.

Preston, A., D.F. Jefferies, J.W.R. Dutton, B.R. Harvey, and A.K. Steele. 1972. British Isles Coastal Waters; "the concentrations, of selected heavy metals in seawater, suspended matter and biological indicators -- a pilot survey." *Environ. Pollut.* 3: 69-82.

Roth, I., and H. Hornung. 1977. Heavy metal concentrations in water, sediments and fish from Mediterranean coastal area, Israel. *Environ. Sci. and Tech.*, 11: 265-269.

Strickland, J.D.H. and T.R. Parsons. 1972. A practical handbook of seawater analysis. *Bull. Fish. Res. Bd. Can. No. 167*, Fisheries Research Board of Canada, Ottawa, Canada.

Weiss, R.F. 1970. The solubility of nitrogen, oxygen and argon in water and seawater. *Deep-Sea Res.*, 17: 721-735.

Zimmermann, C., M. Price, and J. Montgomery. 1977. Operation, methods and quality control of Technicon Autoanalyzer II systems for nutrient determinations in seawater. Harbor Branch Foundation Ind., Technical Report No. 11.



# 第Ⅲ章 鎮海灣의 生物學的 特性

研究責任者：郭 熙 相(海洋生物研究室)

研 究 員：金 東 燁

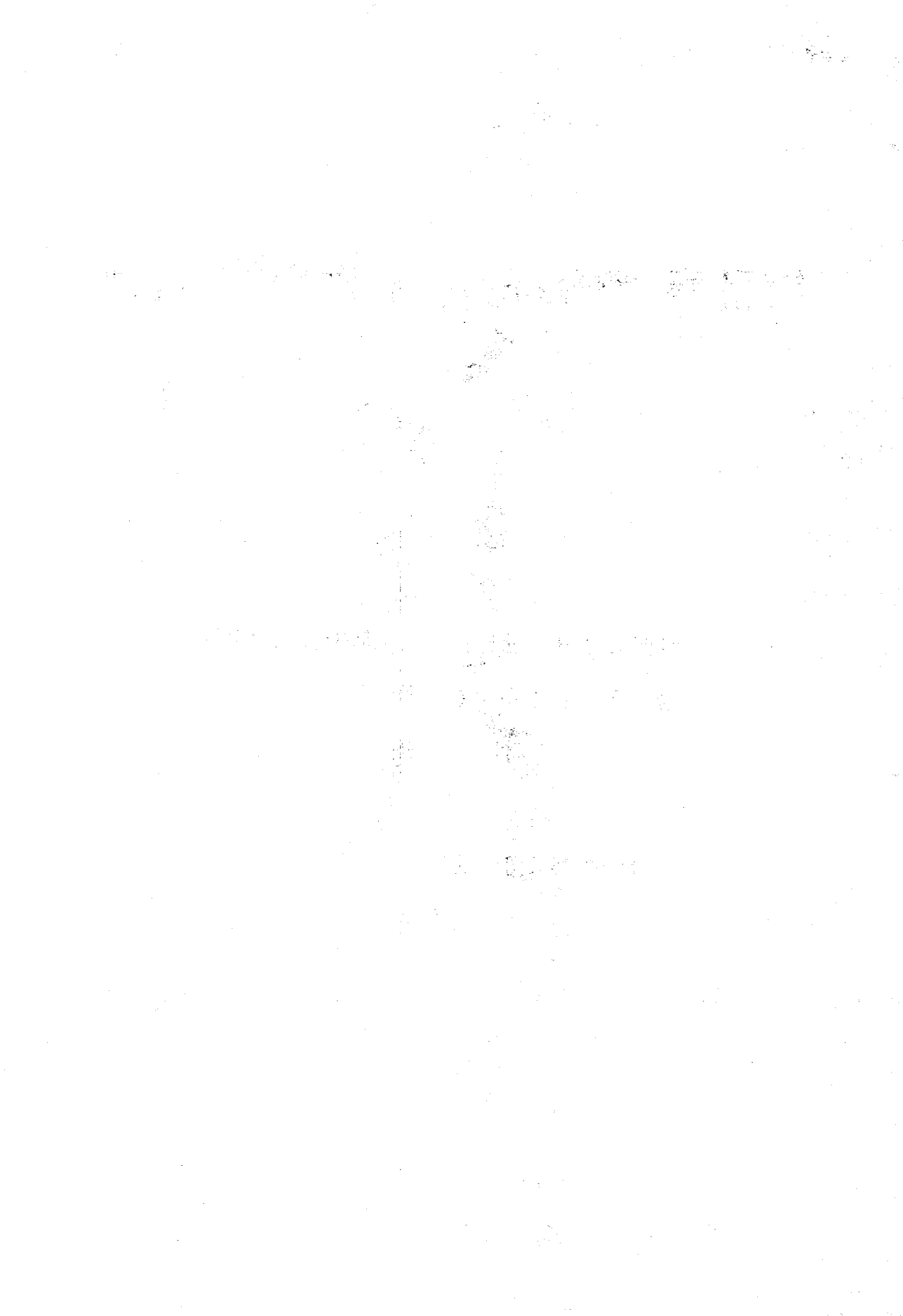
李 晋 煥

李 竣 伯

研究助員：李 順 英

秋 柔 希





## 第 1 節 序 論

우리나라의 沿岸域은 埋立이나 臨海工業團地의 造成 그리고 人口의 增加에 따르는 都市의 과밀화 등에 의하여 과다한 環境負荷가 첨가되고 있으며, 특히 이에 수반되는 沿岸域의 富營養化는 수질의 惡化를 초래할 뿐 아니라 必然的으로 赤潮現象을 유발하게 되었다. 近來에 와서는 赤潮原因生物의 多樣化에 더하여 南海 沿岸 일대에서는 年中 赤潮 現象이 일어나고 있다. 한편 有毒性 赤潮生物에 기인하는 적조의 發生은 비단 魚貝類 養殖場에 큰 피해를 줄 뿐 아니라 人間生活에 까지 直接 또는 間接的인 惡 影響을 미치게 된다. 따라서 적조의 피해를 最少限으로 줄이고 보다 깨끗한 沿岸域을 보전하기 위하여서는 무엇보다도 赤潮原因生物의 時·空分布를 통한 群集動態와 이들의 發生機構를 究明하고 아울러 적절한 赤潮의 방제기술을 開發하지 않으면 안된다고 하겠다.

本 研究는 赤潮多發 海域인 鎭海灣에서 1979年 8月부터 5個年 連續事業으로 第三次年인 1982年에는 赤潮의 發生機構를 究明하기 위한 研究의 일환으로 赤潮生物群集의 構造와 동태를 把握하므로써 赤潮 發生에 對한 예측과 방제대책을 樹立하는데 必要한 基礎資料를 얻는데 目的을 두었으며 赤潮發生時에 物理·化學的 環境要因과 더불어 赤潮生物群集 成長의 制限要因 (limiting factor)을 찾고자 시도하였다.

## 第 2 節 材料 및 方法

赤潮의 多發 海域인 鎭海灣에 9個 定點을 選定하고 2月부터 11月까지 매월 定期的으로 表·底層에서 식물성 플랑크톤을 採集하였다 (Fig.Ⅲ-1). 한편 5月 赤潮時 馬山灣에 8個定點을 정하여 表層에서 5m간격으로 이를 採集하였

으며 赤潮가 發生하여 떠다니는 곳 ( patch 形成 ) 을 따라 龜山洞앞 養殖場에서는 水深 1 m 간격으로 플랑크톤 표본을 채집하였다 ( Fig. Ⅲ - 1, Ⅲ - 2 )

試料의 定性分析은 침전법에 의하였으며 濃縮된 시료 1 / 10 ml를 취하여 Carl Zeiss Photomicroscope Ⅲ의 고배율 ( × 400 ~ 1,000 )에서 檢鏡하여 種을 同定, 分類하였다. 한편 定量分析은 濃縮된 시료를 잘 희석하여 1 ml를 Sedgwick-Rafter 계수판에 넣고 Inverted Microscope ( Wild M 40 )에서 전체 細胞數를 計數한 후 cell/l로 환산하여 植物性플랑크톤 現存量으로 표시하였다. 計數는 3 회

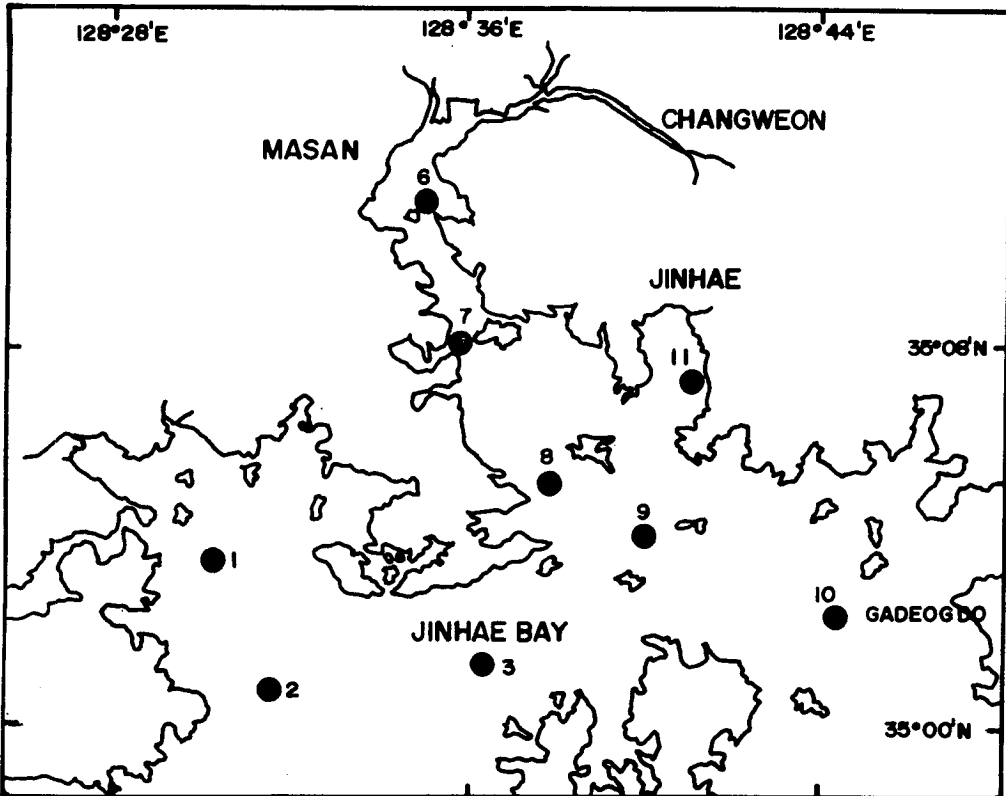


Fig.Ⅲ-1. Sampling stations in Jinhae Bay.

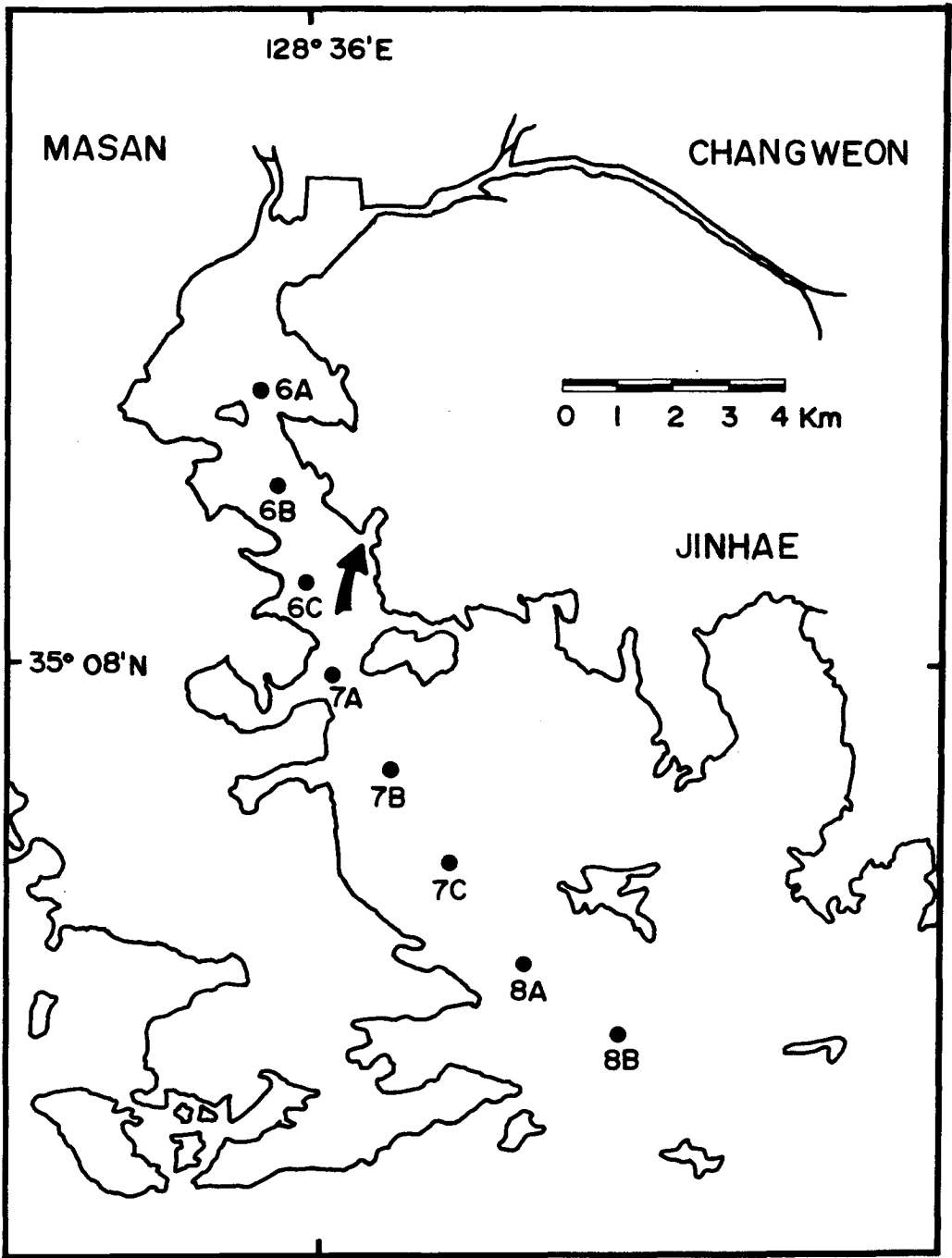


Fig. III-2. Sampling Stations in Masan Bay ( May, 1982 ).

實施하였으며 이들의 平均値를 취하였다.

動物性 플랑크톤의 채집은 植物性 플랑크톤과 같은 달과 정점에서 實施하였다. 採集에는 Marukawa Net 를 사용하여 底層부터 表層까지 垂直으로 引網하였다. 採集된 시료의 處理過程 및 方法은 李 等 (1980) 이 사용했던 方法과 同一하다.

### 第 3 節 結果 및 考察

#### 1. 赤潮原因生物의 分類學的 考察

日本 水産廳 赤潮 研究會 分類班 (1979; 1980; 1981; 1982) 에서는 120 種類의 赤潮 發生 原因生物을 發表하였다. 이 報告에 根據하여 本 海域에서 1979 年 8 月부터 1982 年 11 月 사이에 出現했던 赤潮 原因生物을 硅藻類는 Simonsen (1972) 과 Shim (1977) 에 따라 雙鞭毛藻類는 Schiller (1933), Abe' (1967 a ; 1967 b) 및 Parke and Dixson (1976) 등의 分類體系에 따라 정리하면 2 門 (phylum), 8 目 (Order), 5 亞目 (Suborder), 18 科 (Family), 25 屬 (Genus), 44 種 (Species) 으로 나타났다 (Table III - 1). 다시 門別로 區分하면 硅藻類는 단일綱에 2 目, 5 亞目, 9 科, 14 屬, 24 種 雙鞭毛藻類도 단일綱에 6 目, 9 科, 11 屬, 20 種이었다. 여기에서보면 鎭海灣에서 만 출현했던 赤潮原因生物의 種類數는 日本赤潮研究分類班(1979;1980;1981;1982) 이 밝힌 赤潮原因生物數 보다 훨씬 적었다. 그러나 日本에서 赤潮原因生物로 밝혀지지 않은 플랑크톤의 種類들이 本 海域에서 赤潮를 유발시킨 경우가 있었다. 즉 1979 年 8 月부터 1982 年 11 月까지 上記 44 種 이외에 硅藻類의 *Chaetoceros curvisetus*, *Nitzschia seriata*, *Cylindrotheca closterium*, *Thalassiosira angustelineata* 등 4 種, 雙鞭毛藻類의 *Heterosigma* sp., *Gymnodinium* '65 type, *Oxyphysis oxytoxoides* 등 3 種類와 *Euglena* 植物門의 *Eutreptiella* sp. 등 總

Table III-1. The checklist of the causative organisms of red-tide in the Jinhae Bay, Korea (August 1979-November 1982)

CHRYSTOPHYTA

Class: Bacillariophyceae

Order: Centrales

Suborder: Coscinodiscineae

Family: Melosiraceae KUTZING 1844

Genus: *Stephanopyxis* EHRENBERG

*Stephanopyxis palmeriana* (GREV.) GRUNOW

Genus: *Leptocylindrus* CLEVE

*Leptocylindrus danicus* CLEVE

Family Thalassiosiraceae LEBOUR 1930, emend. HASLE 1973

Genus: *Thalassiosira* CLEVE

*Thalassiosira angusti* (GRAN) MAKAROVA

\**Thalassiosira anguste-lineata* (SCHMIDT) FRYXELL &  
HASLE

*Thalassiosira exentrica* (EHRENB.) CLEVE

*Thalassiosira hyalina* GRUNOW

*Thalassiosira nordenskioeldii* CLEVE

*Thalassiosira rotula* MEUNIER

Genus: *Skeletonema* GREVILLE

*Skeletonema costatum* (GREV.) CLEVE

Family: Coscinodiscaceae KUTZING 1844

Genus: *Coscinodiscus* EHREMBERG

*Coscinodiscus grani* GOUCH

*Coscinodiscus perforatus* EHRENBERG

*Coscinodiscus wailesii* GRAN & ANGST

Family: Heliopeltaceae H. L. SMITH 1872  
(Syn. Actinodiscadeae SCHUTT 1896)

Genus: *Actinoptychus* EHRENBERG

*Actinoptychus seranius* EHRENBERG

Suborder: Rhizosoleniineae

Family: Rhizosoleniaceae PETIT 1889

Genus: *Rhizosolenia* BRIGHTWELL

*Rhizosolenia fragilissima* BREGON

*Rhizosolenia* (BALL) GRAN f. *semispina* (HENSEN) GRAN

*Rhizosolenia setigera* BRIGHTWELL

Genus: *Guinardia* PERAGALLO

*Guinardia flaccida* (CASTRA.) PERAGALLO

Genus: *Ditylum* BAILEY

*Ditylum brightwellii* (WEST) GRUNOW

Family: Chaetoceraceae H. L. SMITH 1872

Genus: *Chaetoceros* EHRENBERG

\**Chaetoceros curvisetus* CLEVE

*Chaetoceros debilis* CLEVE

*Chaetoceros socialis* LAUDER

Suborder: Biddulphiineae

Family: Hemiaulaceae HEIBERG 1863

Genus: *Eucampia* EHRENBERG

*Eucampia zodiacus* EHRENBERG

Order: Pennales

Suborder: Araphineae

Family: Diatomaceae DUMORTIER 1822

Genus: *Thalassionema* (GRUNOW) HUSTEDT  
*Thalassionema nitzschioides* GRUNOW

Genus: *Asterionella* HASSALL  
*Asterionella gracialis* CASTRACANE  
*Asterionella kariana* GRUNOW

Suborder: Biraphidineae

Family: Nitzschiaceae GRUNOW 1860

Genus: *Nitzschia* HASSALL  
*Nitzschia pungens* GRUNOW  
*\*Nitzschia seriata* CLEVE

Genus: *Cylindrotheca* EHRENBERG  
*\*Cylindrotheca closterium* (EHRENB.) REMANN & LEWIN

#### EUGLENOPHYTA

Class: Euglenophyceae

Order: Eutreptiales

Family: Eutreptiaceae

*\*Eutreptiella* sp.

#### DINOPHYTA

Class: Dinophyceae



Order: Prorocentrales

Family: Prorocentraceae

*Prorocentrum micans* EHRENBERG

*Prorocentrum minimum* (PAVILLARD) SCHILLER

*Prorocentrum triestinum* SCHILLER

Order: Dinophysiales

Family: Heterosigmaceae

\**Heterosigma* sp.

Family: Oxyphysiaceae

\**Oxyphysis oxytoxoides* KOFOID

Family: Dinophsiaceae

*Dinophysis acuminata* CLAPAREDE & LACHMANN

*Dinophysis caudata* SAVILL-KENT

Order: Gymnodiniaceae

Family: Gymnodiniaceae

*Gymnodinium pseudonoctiluca* POUCHET

*Gymnodinium splendens* LEBOUR

\**Gymnodinium* '65 type

Order: Noctilucales

Family: Noctilucaceae

*Noctiluca miliaris* SURIRAY

Order: Pyrocystales

Family : Pyrosystaceae

*Dissodinium pseudolunula* SWIFT ex ELBRACHTER & DREBES

Order: Peridiniales

Family: Peridiniaceae

*Protoperidinium conicum* (GRAN) BALECH

*Protoperidinium depressum* (BAILEY) BALECH

*Protoperidinium pentagonum* (GRAN) BALECH

*Heterocapsa triquetra* STEIN

Family: Goniaulaceae

*Gonyaulax polygramma* STEIN

*Gonyaulax spinifera* (CLAPAREDE & LACHMANN) DIESING

*Gonyaulax triacantha* JRGENSEN

*Protogonyaulax fratercula* BALECH

Family: Ceratiaceae

*Ceratium furca* (EHREBERG) CLAPAREDE & LACHMANN

*Ceratium fusus* (EHRENBERG) DUJARDIN

Family: Calciodinellidaceae

*Scrippsiella trochoidea* (STEIN) LOEBLICH III

\*: Newly recorded causative organisms of red-tide in Korea

8種類가 赤潮를 發生시켜 전체적으로 3門, 3綱, 9目, 5亞目, 21科, 29屬, 52種類로 구성되어 있었다. 이로서 본 海域의 赤潮發生 原因生物의 check-list가 처음으로 밝혀졌다. 한편 금번 調査에서는 韓國產 未記錄種으로 *Actinoptychus solendus*, *Chaetoceros similis*, *Navicula placentula* var. *rostratus* 등 3種類가 처음으로 同定되었다.

## 2. 植物性 플랑크톤現存量の 變化

### 1) 定點別 및 月別 定期的인 調査

全 植物性 플랑크톤現存量の 變化는 月別, 定點 및 層 (layer) 에 따라 심한 變化가 있었다. 즉 최저 2,621 cell / ℓ (11月, 정점 2의 表層) 에서 최고 5,769,950 cell / ℓ (7月, 정점 11의 表層) 까지 變化幅이 무려 2,000 배 이상 차이가 있었다. 植物性 플랑크톤 中 矽藻類의 現存量 變動 역시 月別 및 정점에 따라 크게 차이가 있었으며 11月 정점 2의 表層에서 최저 2,621 cell / ℓ 를 보였고 최고로는 7月 정점 11의 表層에서 5,756,927 cell / ℓ 를 보였다. 한편 雙鞭毛藻類의 現存量은 11月 정점 2의 表層에서 出現이 없었고 8月 정점 11의 表層에서 738,150 cell / ℓ 의 최고치를 보여 矽藻類의 現存量과 대조적이었다. 定點別로 月別變化를 보면 다음과 같다.

定點 1 : 植物性 플랑크톤現存량은 表層에서 矽藻類가 2월에 최저 3,037 cell / ℓ 에서 4월에 최고 737,156 cell / ℓ 까지 變化가 있었으며, 底層에서는 3월에 최저 14,776 cell / ℓ 에서 10월에 최고 1,215,092 cell / ℓ 의 大發生까지 變化하고 있었으나 表·底層, 月別 變化 樣相은 거의 일치하였다 (Fig. III - 3). 한편 雙鞭毛藻類의 現存量은 矽藻類보다 월등히 낮은 값을 보였고 그 양상 또한 뚜렷하지 않았으며 表·底層 共히  $10^3 \sim 5 \times 10^4$  cell / ℓ 로 1979年에서 1981年까지 變化보다 낮은 값을 보였다 (李 等 1980; 1981).

定點 2 : 이 定點에서도 정점 1과 같이 矽藻類의 現存量이 雙鞭毛藻類보다 대부분

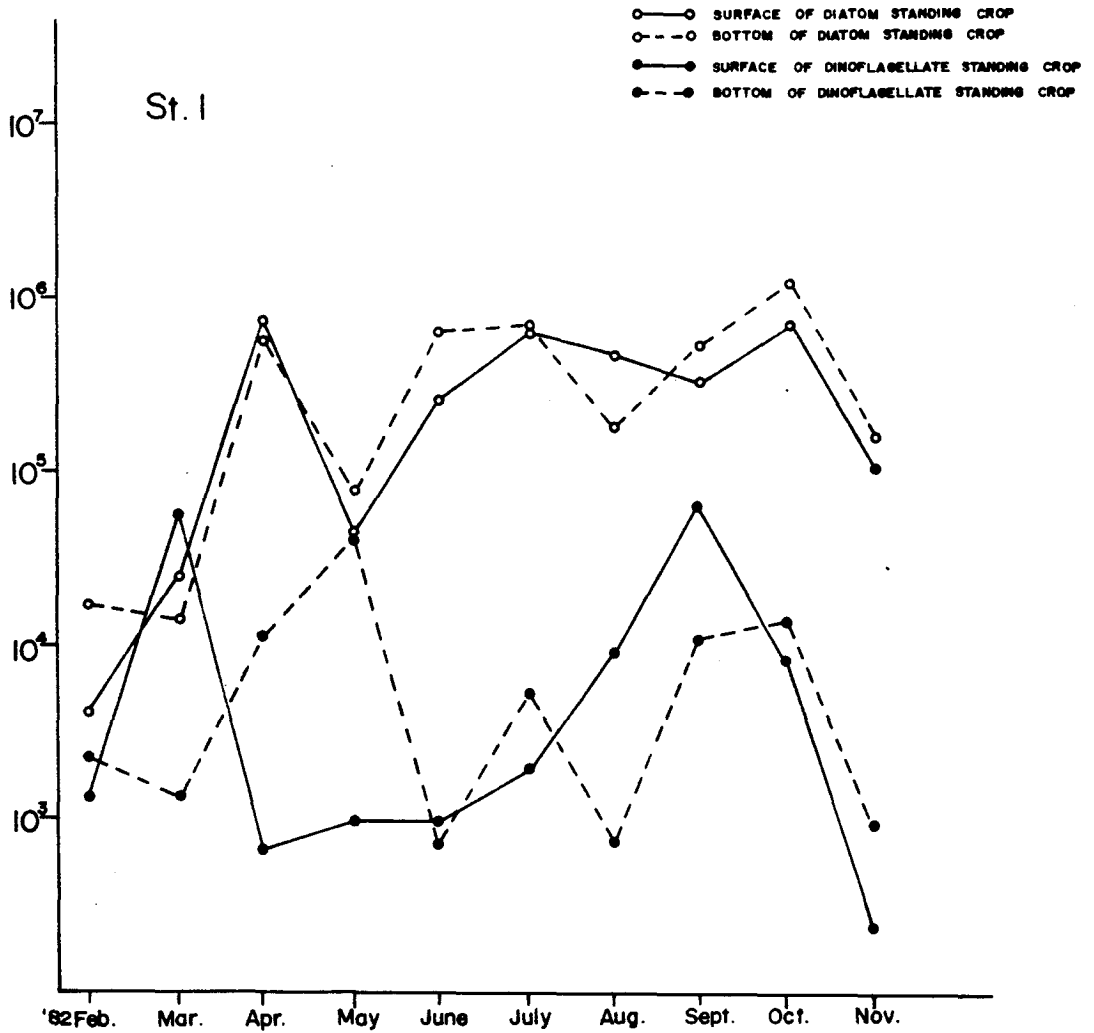


Fig. III-3. Monthly variations of diatom and dinoflagellate standing crops in station 1.

높았으나 3月の 表層에서는 雙鞭毛藻類가  $10^5 \text{ cell} / \ell$ 의 現存量을 보여 矽藻類 보다 많았다. 調査期間 中 大發生은 일어나지 않았으나 4, 6, 8, 10月에는 矽藻類가  $5 \times 10^5 \text{ cell} / \ell$ 의 現存量을 보여 比較的 높았을 뿐 全體的으로 낮았다. 雙鞭毛藻類의 現存量은 表層에서 3, 8, 9月에  $10^5 \text{ cell} / \ell$  정도를 보였으며, 底層에서는  $10^4 \text{ cell} / \ell$  미만으로 낮은 값을 보였다 (Fig. III - 4).

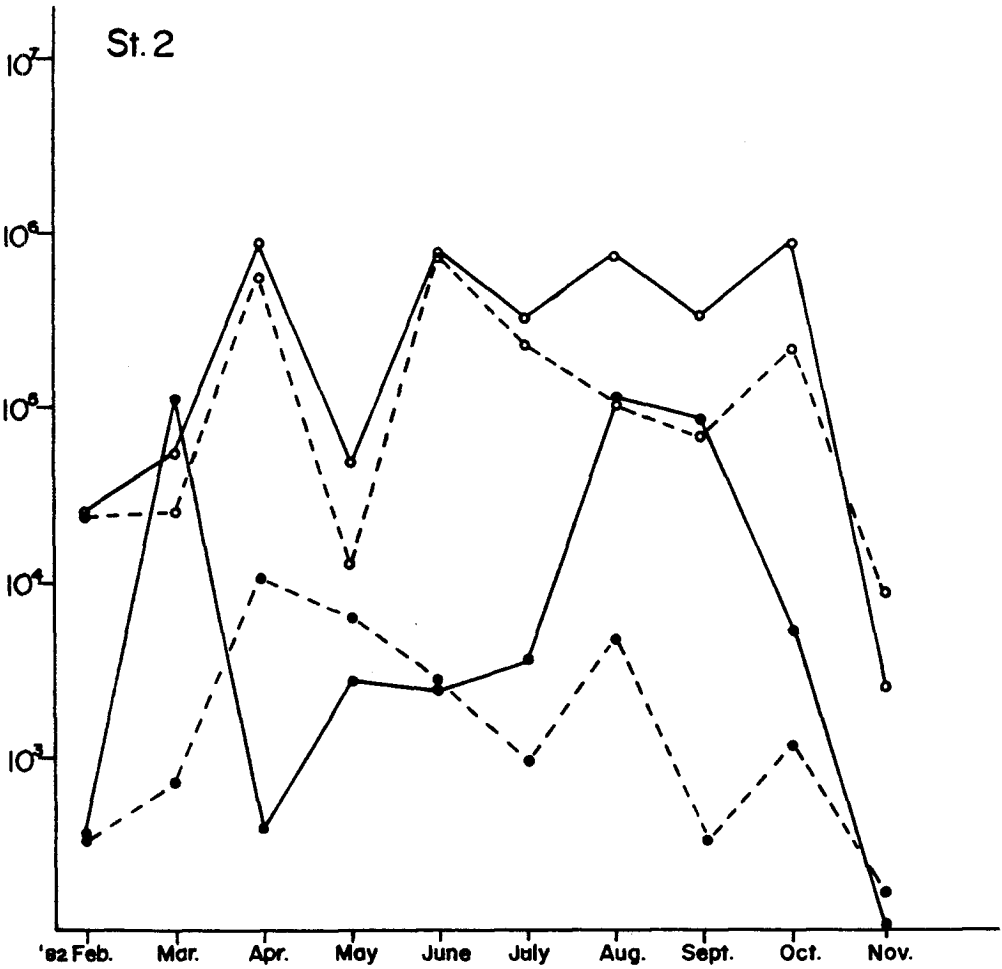


Fig. III-4. Monthly variations of diatom and dinoflagellate standing crops in station 2.

定點 3 : 硅藻類의 現存量은 年中  $10^3 \sim 10^6 \text{ cell}/\ell$  로 變化하고 있었으며 表層에 있어서 7月부터 계속 增加하여 10月에는  $10^6 \text{ cell}/\ell$  의 大發生이 있었다. 2月부터 5月, 11月에는 항상 底層의 現存量이 높아 1979年~1980年의 變化樣相과 같았다 (李 等 1980). 한편 雙鞭毛藻類는  $10^2 \sim 3 \times 10^4 \text{ cell}/\ell$  로 硅藻類의 現存量보다 항상 낮았으며 일정한 變化樣相은 없었다 (Fig. III - 5).

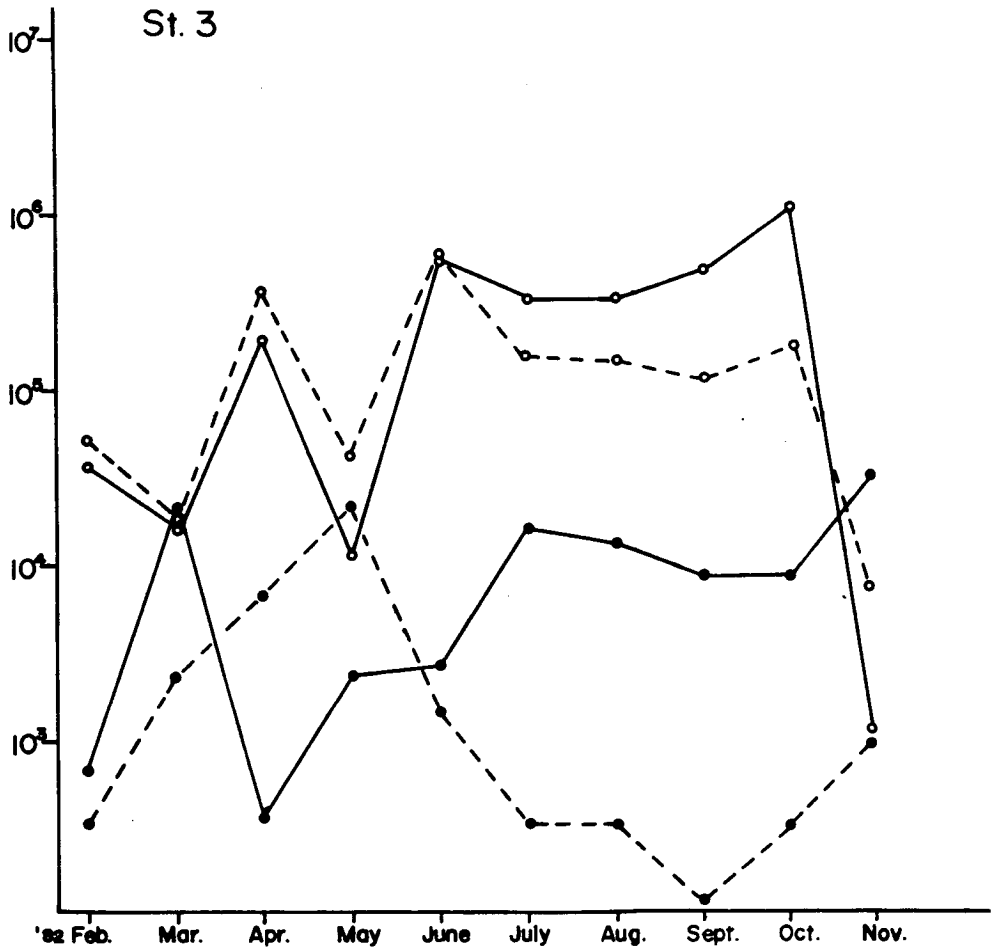


Fig. III-5. Monthly variations of diatom and dinoflagellate standing crops in station 3.

定點 6 : 調査期間中 7月, 8月に 주로 硅藻類에 의한  $10^6 \text{ cell} / \ell$  이상의 赤潮가 있었을 뿐 나머지 달은  $10^4 \sim 10^6 \text{ cell} / \ell$ 의 범위로 다른 정점에 비해 약간 높은 現存量을 보였으나 5월부터 10월까지 赤潮가 發生되었던 1979年~1981年の 경우와 현저한 차이가 있었다 (李 等 1980;1981) . 한편 雙鞭毛藻類의 現存量은 항상 表層이 底層보다 높았고, 表層에서 6~9월에  $10^5 \text{ cell} / \ell$  内外의 量을 보였고 底層에서는 2月, 11月을 除外하고는  $10^3 \text{ cell} / \ell$  이하로 이것 역시 한 李 等(1980;1981)의 調査때와 比較가 안될 정도로 낮았다 (Fig. III-6).

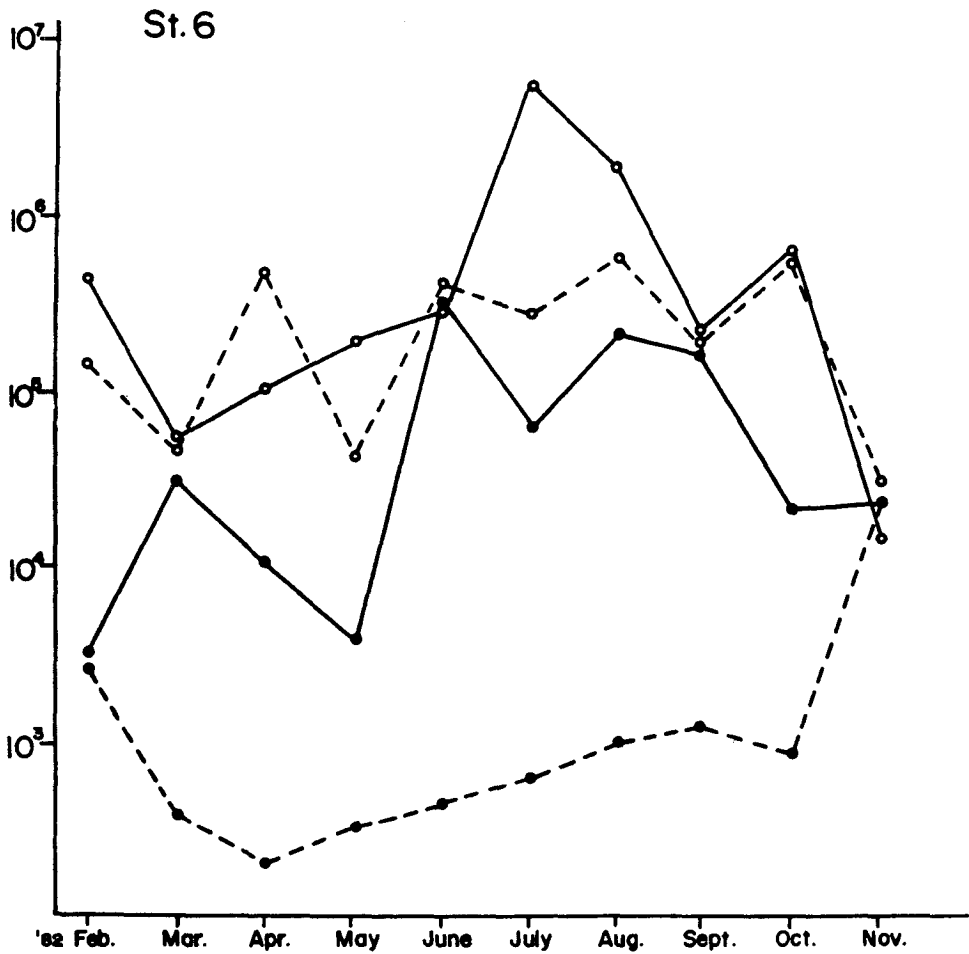


Fig. III-6. Monthly variations of diatom and dinoflagellate standing crops in station 6.

특히 10월에 전 植物性 플랑크톤現存量 中 *Skeletonema costatum*과 *Thalassiosira nordenskiöldii*가 90%이상 優占하였으며 *Thalassiosira nordenskiöldii*의 出現頻度가 높았던것은 본 海域에서 처음 있었던 일이다.

定點 7 : 全體的으로 定點 6과 비슷한 月別 變化 樣相을 보였으나 10月 表層에서 硅藻類 (*Skeletonema costatum*과 *Thalassiosira nordenskiöldii*가 定點 6과 거의 같은 比率)가  $10^6$  cell / l 이상의 大發生을 보였고 11月에도 表·底層

共히 定點 6보다 높은  $10^5 \text{ cell} / \ell$  정도의 現存量을 보였다 (Fig. III - 7).  
 雙鞭毛藻類의 現存量은 定點 6과 거의 같은 出現 樣相을 보였으나 5月과 6月의  
 表層에서  $5.0 \times 10^5 \text{ cell} / \ell$  이상의 大發生이 있었으며 이는 *Gymnodinium*  
*splendens* *Prorocentrum micans*에 의한 赤潮였다. 全體的인 植物性 플랑크톤 現  
 存量의 變化 樣相은 定點 6과 定點 8의 中間 形態이었으며 이는 馬山灣의 中間  
 部에 定點 7이 位置해 있기 때문으로 생각된다 (李 等 1980).

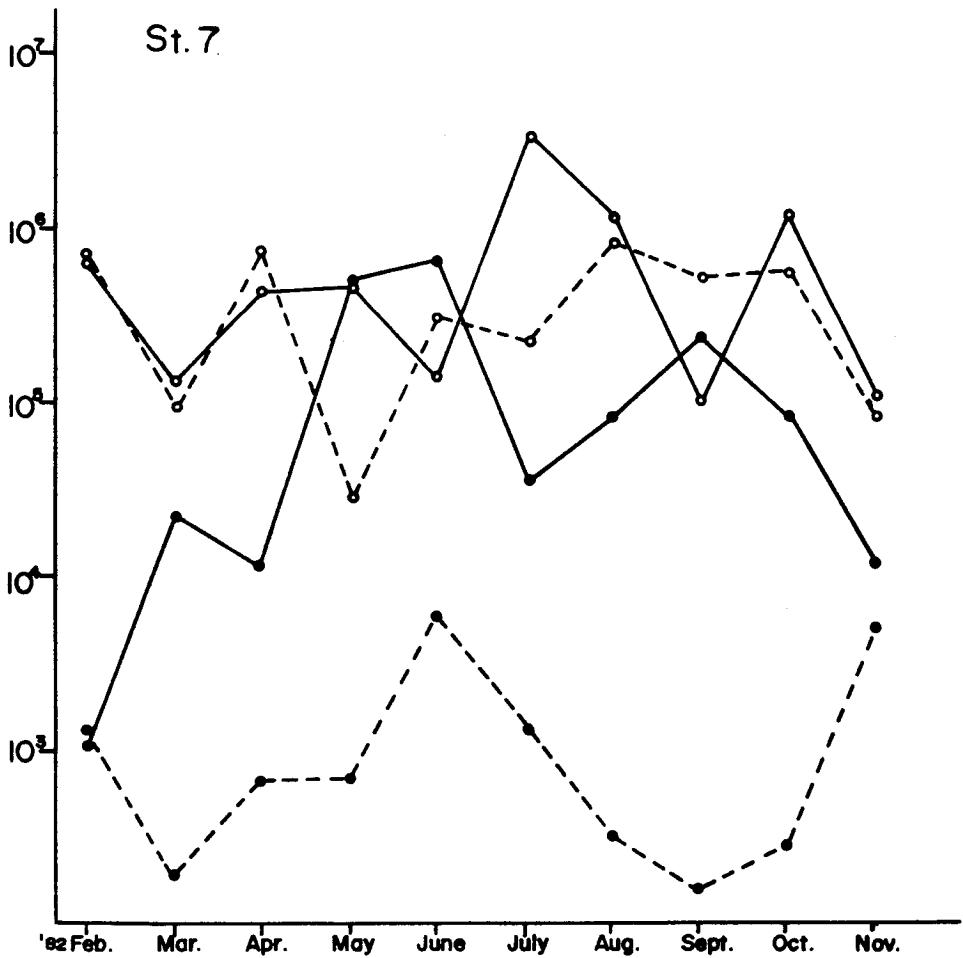


Fig. III-7. Monthly variations of diatom and dinoflagellate standing crops in station 7.



定點 8 : 馬山灣 入口에 位置한 이 定點의 硅藻類 現存量의 月別 變化는 表·底層 共히  $10^5 \sim 10^6$  cell /  $\ell$  정도였다. 그리고 7~8月의 表層에서 定點 6 과 7 에서 처럼 赤潮現像이 있었으며 9~11月에는 底層에서 表層보다 높은 現存量을 보여 定點 6 과 正반대이었고 定點 7 과는 中間 形態의 樣相이었다. 雙鞭毛藻類의 現存量은 表層에서 2月을 除外하고 每月  $10^4 \sim 4.8 \times 10^5$  cell /  $\ell$  까지 定點 7 과 유사한 樣相이었으나 底層에서는 거의  $10^4$  cell /  $\ell$  이하로 定點 6, 7 과 비슷하였다 (Fig. III - 8).

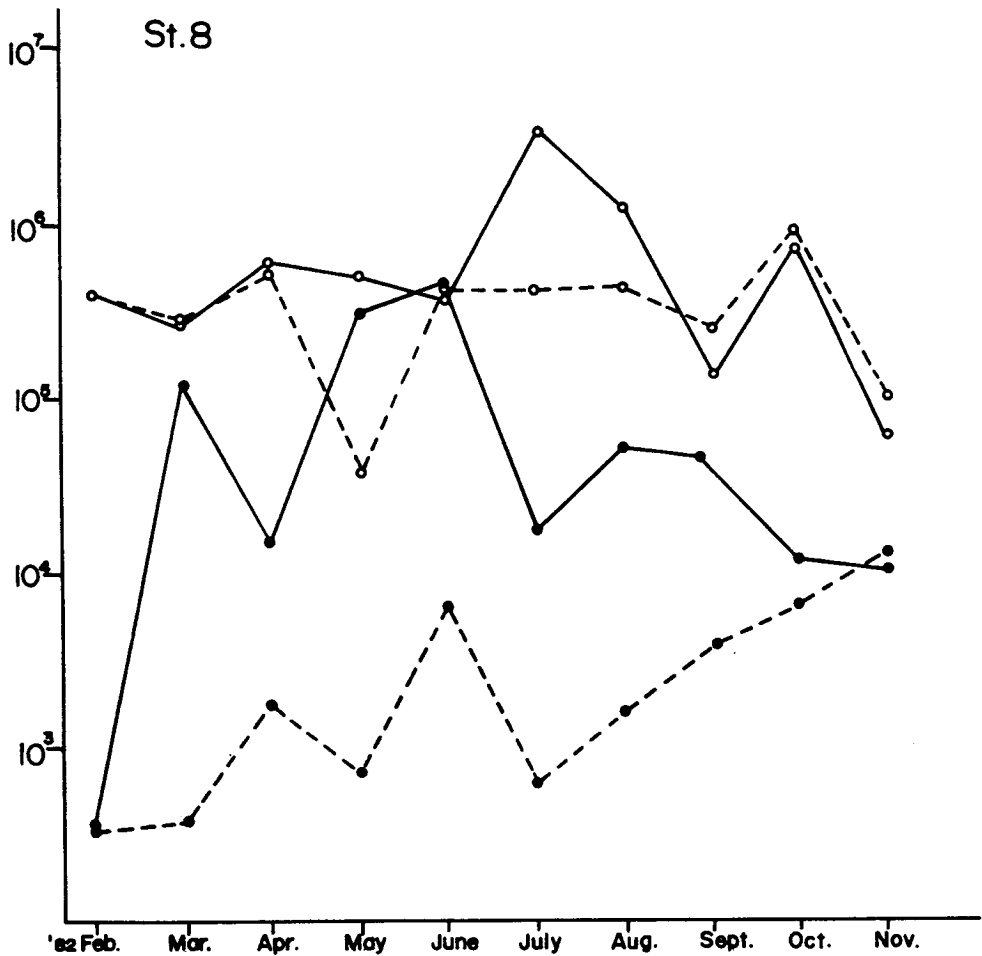


Fig. III-8. Monthly variations of diatom and dinoflagellate standing crops in station 8.

定點9 : 硅藻類의 現存量은 4月을 除外하고 每월 表層이 底層보다 높아 어느 定點과도 달랐으나 全體的인 變化傾向은 馬山灣의 定點 6, 7, 8과 유사하였다 ( Fig. III - 9 ). 특히 7月의 表層에서  $2.7 \times 10^6$  cell / l의 大發生이 대부분 *Skeletonema costatum*에 의한 赤潮였으며 나머지 달의 表·底層의 現存量은  $10^4 \sim 10^6$  cell / l 범위에서 分布하고 있었다. 雙鞭毛藻類의 現存量은 5月의 表層에서  $3.4 \times 10^5$  cell/l의 높은 값을 보였을 뿐 全體的으로  $10^4$  cell/l 이내였다. 특히 夏季節(5~8月)에 底層에서 400 cell/l 이하의 現存量은 특기할 만 하다.

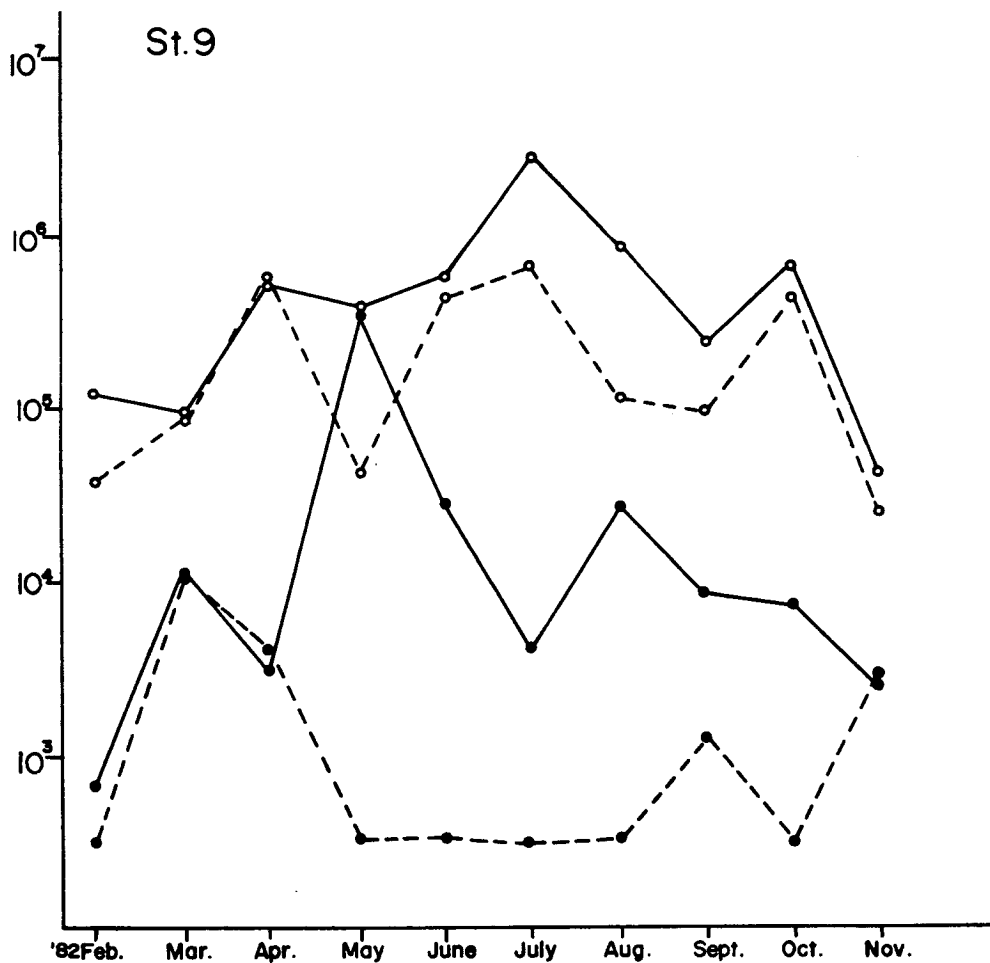


Fig. III-9. Monthly variations of diatom and dinoflagellate standing crops in station 9.

定點10 : 가장 外海에 位置하여 Control station (對照定點)으로 정한 이 定點은年  
 中 表·底層 共히 硅藻類의 現存量이 雙鞭毛藻類보다 많아 明確한 區分이 있었다  
 (Fig. III - 10). 定點 6~9와 같이 8월에 硅藻類에 의한 大發生( $1.1 \times 10^6$  cell /  $\ell$ )이  
 한번 있었으며, 그 外의 달은 최저  $10^4$  cell /  $\ell$  (11月 表層)  
 에서 최고  $8.6 \times 10^5$  cell /  $\ell$  (10月 底層) 까지 比較的 變化幅이 적었다. 雙  
 鞭毛藻類의 現存量은 2~3월에 底層이 表層보다 약간 많았고 4月부터 11月까지  
 는 反對現象이었으며 比較的 定點 9와 유사한 變化를 하고 있었다.

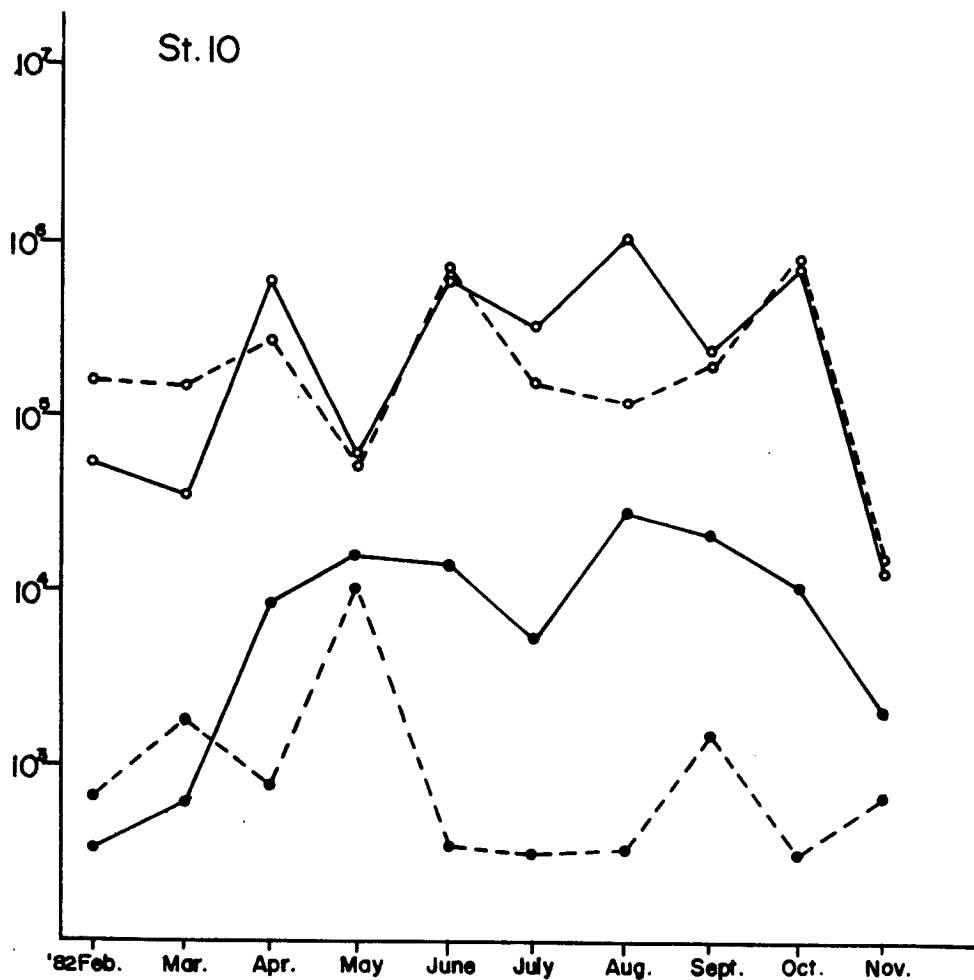


Fig. III-10. Monthly variations of diatom and dinoflagellate standing crops in station 10.

定點 11 : 行岩灣에 位置한 이 定點에서는 硅藻類의 現存量이 表層에서 최저  $7.8 \times 10^4 \text{ cell} / \ell$  (11月) 에서 최고  $5.8 \times 10^6 \text{ cell} / \ell$  (7月) 까지 變化가 있었으며 底層에서는 최저  $7.9 \times 10^4 \text{ cell} / \ell$  (11月) 에서 최고  $8.7 \times 10^5 \text{ cell} / \ell$  (8月) 까지 比較的 좁은 變化幅이었다 (Fig. III - 11). 雙鞭毛藻類의 現存量은 3月, 6~8月 에 表層에서 현저히 높았으며 이밖의 값은  $1.4 \sim 7.4 \times 10^5 \text{ cell} / \ell$  였다.

이상과 같은 定點別·月別 變化를 보면 전 調查海域에서 가장 낮은 現存量을 보인 곳은 鎮東灣에 位置한 定點 1~3 이었으며, 最高値는 行岩灣의 定點 11 과 馬

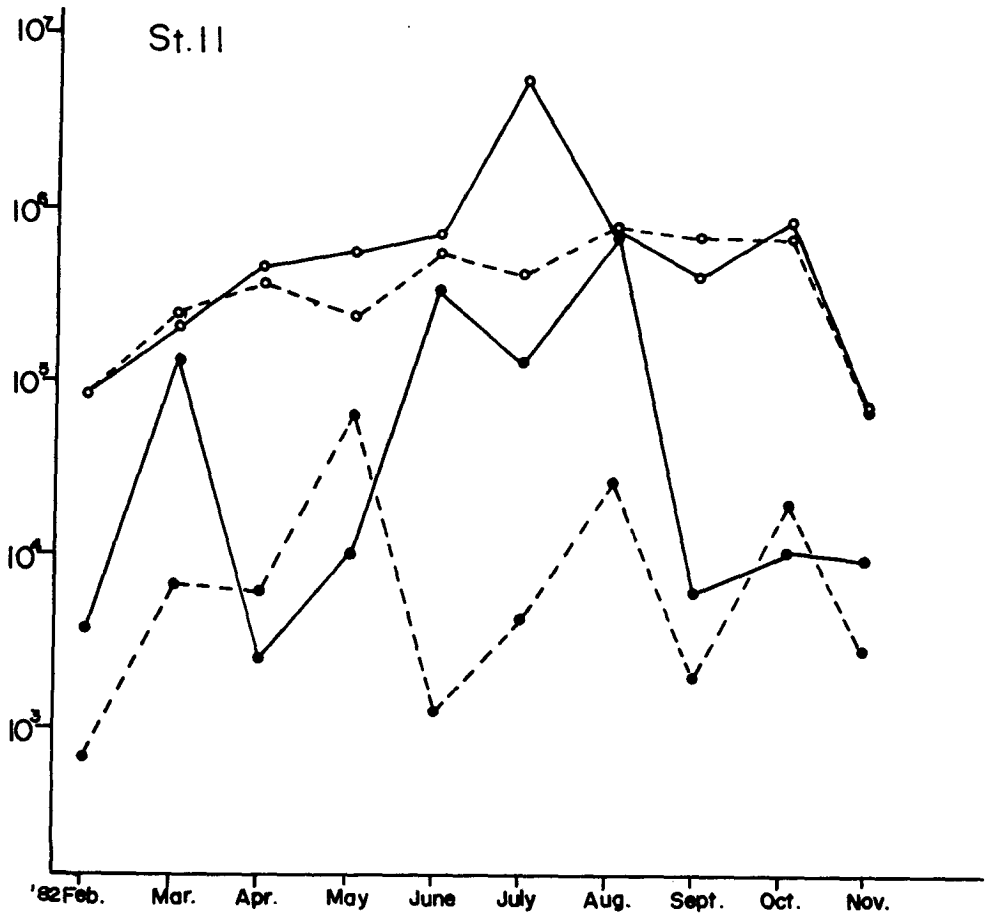


Fig. III-11. Monthly variations of diatom and dinoflagellate standing crops in station 11.

山內灣에 位置한 定點 6, 7이었다. 특히 定點 6과 7은 變化樣相이 비슷하다하여 여러 研究者들은 같은 區系 (Zonation) 로 보고 했다 (Yoo and Lee 1979 ; 李等 1980 ; 李等 1981 ). 한편 馬山灣 入口에 位置한 定點 8은 定點 6, 7의 影響을 많이 받는 것으로 나타나 1次年度의 結果와 유사하였고 (李等 1980) 定點 11은 定點 6, 7과 비슷한 現存量의 變動이 있었다. 그리고 表·底層間 現存量은 대부분의 달과 定點에서 表層이 底層보다 항상 높았으므로 赤潮가 發生했던 7月, 8月 및 10月에 더욱 심하였다. 전 植物性 플랑크톤 現存量의 變化를보면 예년에 비해 훨씬 낮은 값을 보이고 있어 1981年度의 심한 赤潮狀態와 좋은 대조를 이루었다 (李等 1981 ).

## 2) 5月 馬山灣에서 水深別 現存量의 變化와 環境要因

5월에 馬山灣에서 (Fig. III - 2) 植物性 플랑크톤 現存量의 變化는 表層에서 최저  $1.2 \times 10^5 \text{ cell/l}$  (정점 6B)에서 최고  $8.4 \times 10^5 \text{ cell/l}$  (定點 7A)까지 比較的 고른 分布를 하고 있었다. 5m層에서는 現存量이 최저  $8 \times 10^3 \text{ cell/l}$  (정점 6B)에서 최고  $2.0 \times 10^5 \text{ cell/l}$  (정점 8B)까지 變化幅이 심했으며 馬山灣 바깥쪽 (定點 7C, 8A, 8B)으로 향할수록 높은 값을 보였다. 한편 水深이 10 ~ 15m인 대부분의 定點의 底層과 定點 7A에서는 水深이 깊을수록 現存量은 減少하였으나 定點 7A의 20 ~ 26m에서는 增加하였다 (Fig III-12). Chlorophylla-a 의 水深別 變化도 植物性플랑크톤現存量의 變化樣相과 類似하여 본 海역에서는 基礎生産力이 矽藻類와 雙鞭全藻類에 의해 이루어지고 있음을 알 수 있었다. 한편 전체 植物性 플랑크톤 現存量 中 矽藻類가 차지하는 比率은 表層에서 55 ~ 95%까지 出現하였으며 그 중 *Skeletonema costatum* 이 80 ~ 95%를 차지하였고 雙鞭毛藻類는 *Gymnodinium splendens* 가 優占이었다. 따라서 馬山灣 海域에서 發生한 赤潮는 *Skeletonema costatum*과 *Gymnodinium splendens*에 의한 것이었다.

한편 水溫變化를 보면 表層에서 18.4 ~ 21.6 °C까지 分布하고 있었으며, 鹽分度는

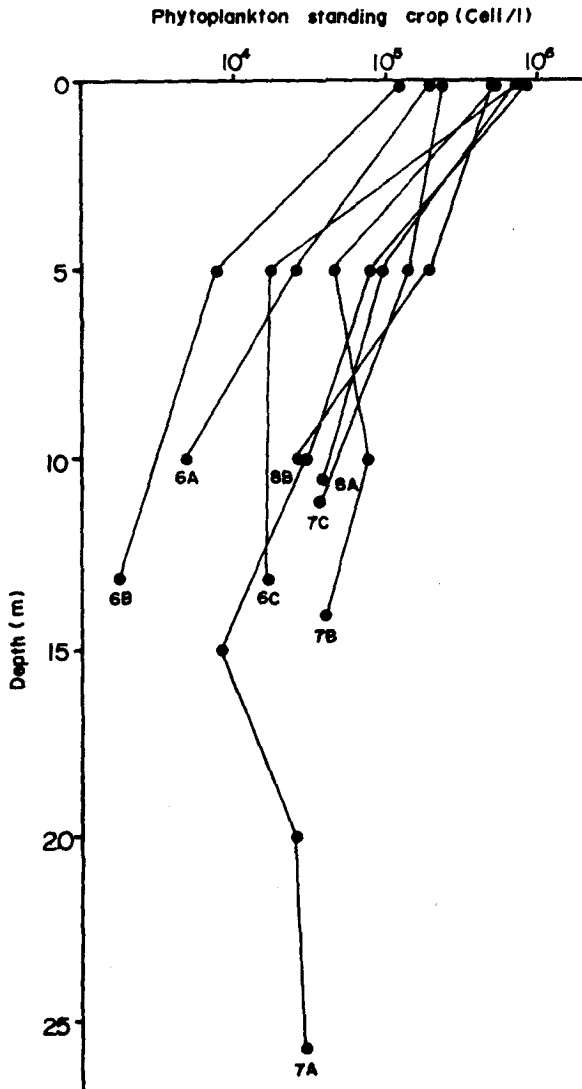


Fig III - 12. The relationship between phytoplankton standing crops and depth in Masan Bay, May 1982.

작용의 결과로 생각되며 많은 研究者들에 의해 지적한 바 있다(安達 1972: 朴 1980: 李 等 1981: 李 等 1981).

한편 실험실에서 배양을 통한 *Gymnodinium splendens*의 物理·化學的 最適環

31.0 ~ 31.6‰의 分布였으며 5 m層 以下의 水塊 (Water mass)는 表層과 전혀 달랐다. 水深別 水溫·鹽分度의 分布는 Fig III - 13에서 보듯이 水深이 깊을 수록 鹽分度는 높은 傾向을 나타내었고 表層에서는 30‰以下를 나타내었다. 또한 水溫이 14~18℃의 範圍에서는 鹽分度가 31‰이상을 보였고 18℃ 이상에서는 30‰이하의 鹽分度를 보여 좋은 대조를 나타내었다. 表層에서 水溫·鹽分度의 關係는

$$y = -0.8687x + 45.3264$$

$$(r = -0.95)$$

y : 鹽分度

x : 水溫

으로 뚜렷한 逆相關 關係였다. 한편 表層에서 植物性 플랑크톤의 現存量이 높았음은 上記 서술한 바와 같고 이때의 pH는 최저 8.4에서 최고 8.7이었으며 溶存酸素量의 飽和度는 100% 이상을 훨씬 넘었다. 이는 表層에서 활발한 光合成

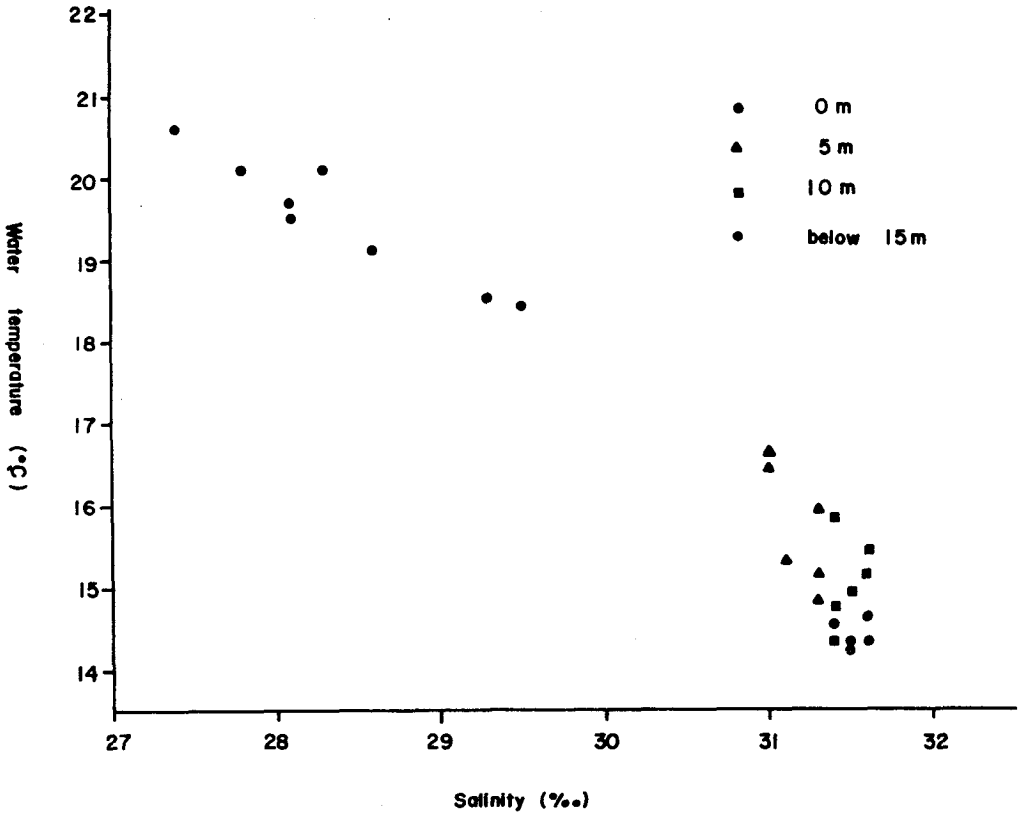


Fig. III-13. T-S diagram in surface water of Masan Bay, May 1982.

境要因을 보면 水溫 13~24 °C의 범위에서, 鹽分度는 15~35‰로 광염성이었으나 20~32‰에서 최대 증식이 있었으며 그때의 pH는 7.5~8.5로 나타났다(中村等 1982).

### 3) 成群 (Patchness) 으로 形成되었을 때의 赤潮

Fig. III-1에 표시된 蔚山동 입구 皮조개 養殖場 바로 옆에서 5月 17일 完全히 붉은색의 赤潮成群이 있었다. 赤潮 發生時의 原因種을 (2) 항의 調査와 比較하고 赤潮의 두께를 알고자 表層부터 底層까지 水深 1 m 간격으로 採集하였다.

赤潮原因生物은 (2) 項과 마찬가지로 *Skeletonema costatum*과 *Gyrodinium*

*splendens* 이었으며 赤潮生物의 濃度는 (2)項의 平均 現存量보다 4 ~ 5 배 가량 높았다.

水深別 變化를 보면 硅藻類의 경우 表層에서  $1.6 \times 10^6$  cell /  $\ell$ 의 赤潮를 일으켰으며 水深 6 m層까지 점차 減少하고 있었으나 7 m層부터 底層으로 갈수록 높아져 中層이 가장 낮은 값을 보였다. 한편 雙鞭毛藻類의 現存量도 硅藻類와 마찬가지로 變化樣相으로 表層에서 最高值인  $1.1 \times 10^6$  cell /  $\ell$ 이었으며 水深에 따라 減少하며 底層에서 가장 낮은  $10^4$  cell /  $\ell$ 를 보였다 (Fig. III - 14). 따라서 patch 現象으로 나타난 赤潮의 두께는 불과 水深 0 ~ 1 m 범위임을 알 수 있었으며 하루 전날 (2項)에 발생했던 赤潮 原因生物인 *Skeletonema costatum* 과 *Gymnodinium splendens*가 主要原因種이었다. 李等(1980; 1981)은 5月 馬山灣에 位置한 定點 6, 7, 8에서 *Heterosigma* sp., *Gymnodinium splendens*, *Prorocentrum* spp, *Nitzschia pungens* 등 複合的인 種에 의한 赤潮를 보고하였으며 금번조사에서도 *Skeletonema costatum*과 *Gymnodinium splendens*에 赤潮로 예년과 마찬가지로인 複合相 赤潮(Multiple phase of red-tide)이었다. 그리고 赤潮의 두께가 이와 같이 얇게 나타난 것은 조사 대상이 浮游하는 赤潮의 Patch였기 때문이고 이미죽은 赤潮原因生物이 가라앉기 시작한 현상이었던 것으로 생각된다. 한편 5月 16日에 發生된 赤潮(2項)는 17日에도 發生되었고 그 다음날인 18일에도 發生된 점으로 최소한 며칠은 같은 種에 의해 赤潮가 進行되는 것으로 생각되었다.

#### 4) *Noctiluca miliaris*의 月變化

赤潮原因生物로 널리 알려져 있는 *Noctiluca miliaris* (安達 1972 : 村上 1977; 柳田 1976)는 전 調査期間을 통하여 최저 152個體 /  $m^3$  (11월, 定點 2)에서 최고 799,029個體 /  $m^3$  (9月 定點 2)까지 變化幅이 무려 5,000 배 이상이었으며 平均은  $1.2 \times 10^5$  個體 /  $m^3$ 이었다. Fig. III - 15에서 보듯이 海域別로 보면 鎭東灣(定點 1 ~ 3)에서 이것은 2 ~ 7월, 10 ~ 11월에 대체로  $10^4 \sim 10^5$



個體 /  $m^3$ 의 범위를 보였으나 8~9월에는 全 海域에서 최고치인  $3.7 \sim 6.7 \times 10^5$  個體 /  $m^3$ 의 값을 보였다. 馬山灣(定點 6~8)에서는 2~4월에 이 *Noctiluca miliaris*가 鎮東灣보다 全體的으로 平均  $6.7 \times 10^4$  個體 /  $m^3$ 가 높았으나 6~9월에는 낮은 값을 보였다. 그러나 10~11월에는 馬山灣에서도 이것이 鎮東灣에서와 같이 급격히 減少하였지만 절대치로는 약간 많은 個體數를 보였다. 行岩灣(定點 11)에서는 2월에 이것이 다른 海域보다 높은 個體數가 觀察되었

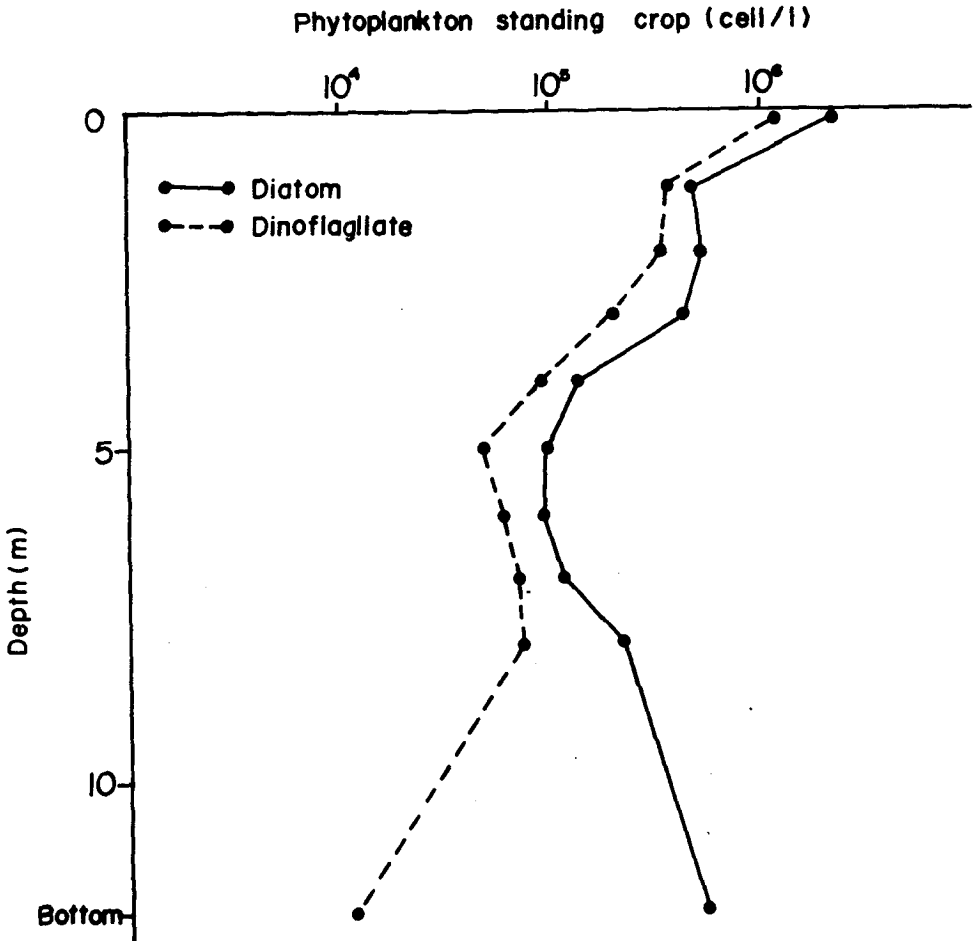


Fig. III-14. The relationship between phytoplankton standing crops and depth in the patch point of Masan Bay, May 1982.

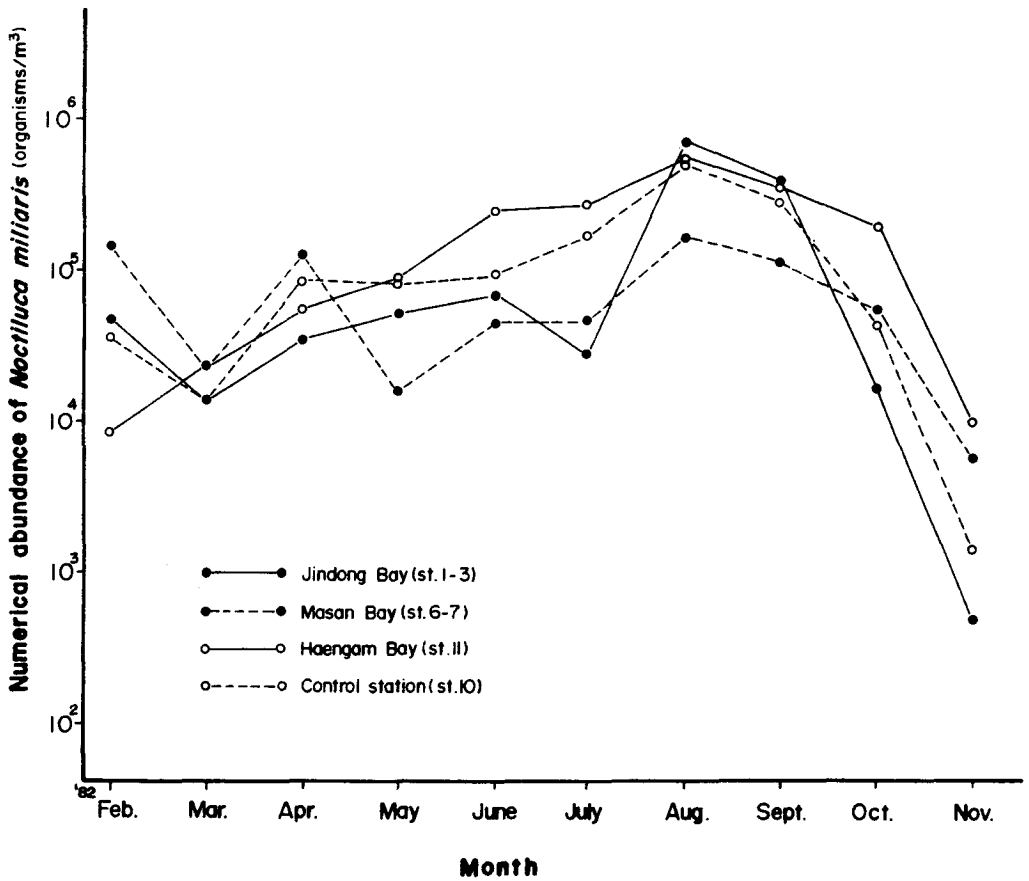


Fig. III-15. Monthly variation of the number of *Noctiluca miliaris* in Jinhae Bay, 1982.

으며 對照定點인 定點 10 에서의 變化도 다른 海域과 거의 유사한 變化 樣相을 보이고 있었다.

*Noctiluca miliaris*의 出現樣相을 1979年부터 金邊조사까지 海域別로 비교 해 보면 Table III - 2 와 같다. 즉 鎮東灣에서 1979年에 4,053個體/  $m^3$ 에서 1982年 129,598個體/  $m^3$ 까지 계속하여 增加한 반면 馬山灣에서는 1981年에 最高치인 176,632 를 보이다가 1982年에 74,094個體/  $m^3$ 로 減少하였다. 이와같이 馬山灣에서 1981年度에 이것의 높은 個體數를 보인것은 李 等 ( 1981 )이 報告한 것처럼 봄철 ( 3 ~ 4 월 ) 赤潮가 *Noctiluca miliaris*에 의해 이루어진 것이 原

因으로 생각된다. 한편 行岩灣에 位置한 定點 11에서도 馬山灣과 같이 *Noctiluca miliaris*의 年別變化가 유사하였고 定點 10에서는 上記 세 海域과 달리 전반적으로 낮은 個體數에 增加現象은 鎭東灣과 類似하였다.

**Table III- 2. Yearly variations of *Noctiluca miliaris* in Jinhae Bay [ 1979 ~ 1982 ].**

year \ area	Jindong Bay	Masan Bay	Haengam Bay	Control
Aug. - Dec. 1979	4,053	584	2,817	3,517
Apr. - Sept. 1980	24,660	13,431	30,851	23,359
Apr. - Nov. 1981	112,380	176,632	227,888	—
Feb. - Nov. 1982	129,598	74,094	189,586	88,464

5) 調査海域의 環境變化에 따른 植物性 플랑크톤 現存量의 年別 變化

1979年 8月부터 1982年 11月까지 調査海域의 環境과 植物性 플랑크톤 現存量의 變化를 Yoshida(1973)의 富營養化 基準値와 比較하였다 (Table III-3). 透明度는 調査期間동안 全體 平均 3 m이었으며 鎭東灣은 平均 4.5 m, 馬山灣은 2.0 m, 行岩灣은 2.5 m 그리고 對照定點은 3.0 m로 鎭東灣은 富營養化 海域, 나머지 海域은 過營養化海域으로 나타났다. 年別 變化를 보면 대체로 1981年度 각 海域에서 가장 낮은 값을 보였으며 1982년에 있어서는 전반적으로 透明度가 높은 값을 보여 赤潮發生頻도가 높았던 1981年の 경우와 密接한 關係가 있었다(李 等 1980, 1981; 李 等 1981). COD도 平均  $2.64 \text{ mg O}_2 / \ell$ 로 當營養化狀態를 나타내었으나 특히 馬山灣은  $4.0 \text{ mg O}_2 / \ell$ 로 腐敗水域으로 판명되었다. COD의 年別 變化 역시 透明度 變化와 마찬가지로 赤潮發生이 심했던 1981年度에 각 海域에서 전반적으로 높은 값을 보였다(Table III-3).  $\text{NO}_3\text{-N}$ 의 값은 馬山灣에서 최저 1980年の  $264 \mu\text{g} - \text{N} / \ell$ 에서 최고 1979년의  $374 \mu\text{g} - \text{N} / \ell$ 까지 상당히

**Table III-3. Comparison of physical, chemical, and biological characteristics in Jinhae Bay, Korea with those of eutrophic seawater ( 1979 - 1982 ).**

Parameters	Areas												Control Station			
	Eutrophic Seawater			Jindong Bay			Masan Bay			Haengam Bay			1981		1982	
	1979	1980	1981	1979	1980	1981	1979	1980	1981	1979	1980	1981	1982	1979	1980	1981
Transparency (m)	3.6	4.94	3.8	2.1	1.9	1.9	2.2	2.2	2.2	2.6	2.5	3.1	2.5	3.1	-	3.3
COD (mg O <sub>2</sub> /ℓ)	1.53	1.39	3.10	3.06	3.53	4.88	4.58	2.04	1.51	83.75	64.13	26.00	31.6	40.8	-	1.96
NO <sub>3</sub> -N (μg-N/ℓ)	18.11	84.96	20.33	374.1	264.4	364.5	306.00	30.5	32.42	19.13	123.66	45.0	24.86	18.9	-	15.9
PO <sub>4</sub> -P (μg-P/ℓ)	17.92	15.94	18.5	116.8	132.46	144.4	132.9	122.77	106.95	135.54	78.73	101.3	76.7	88.46	-	91.0
DO Saturation (%)	112.0	104.48	122.85	48.14	66.52	54.87	58.13	71.77	86.35	13.19	7.40	8.06	17.78	6.98	-	2.40
Chlorophylla-a (mg/m <sup>3</sup> )	6.91	4.19	12.02	30.54	46.62	86.80	13.58	15.84	13.19	7.40	8.06	17.78	6.98	2.7 × 10 <sup>4</sup>	-	1.0 × 10 <sup>4</sup>
Phytoplankton Standing crop (cell/ℓ)	5.5 × 10 <sup>4</sup>	1.7 × 10 <sup>4</sup>	1.1 × 10 <sup>4</sup>	3.5 × 10 <sup>4</sup>	1.0 × 10 <sup>4</sup>	1.5 × 10 <sup>4</sup>	1.2 × 10 <sup>4</sup>	3.9 × 10 <sup>4</sup>	2.0 × 10 <sup>4</sup>	8.0 × 10 <sup>4</sup>	1.2 × 10 <sup>4</sup>	4.5 × 10 <sup>4</sup>	2.7 × 10 <sup>4</sup>	2.2 × 10 <sup>4</sup>	-	3.8 × 10 <sup>4</sup>
pH	8.35	8.35	8.43	8.37	8.53	8.43	8.45	8.38	8.34	8.30	8.4	8.36	8.26	8.26	-	8.2
Zooplankton ( indiv/m <sup>3</sup> )	7 × 10 <sup>4</sup>	1.6 × 10 <sup>4</sup>	1.4 × 10 <sup>4</sup>	1.1 × 10 <sup>4</sup>	1 × 10 <sup>4</sup>	2.3 × 10 <sup>4</sup>	2.3 × 10 <sup>4</sup>	2.2 × 10 <sup>4</sup>	4 × 10 <sup>4</sup>	2.4 × 10 <sup>4</sup>	3.1 × 10 <sup>4</sup>	3.1 × 10 <sup>4</sup>	8 × 10 <sup>4</sup>	3.2 × 10 <sup>4</sup>	-	2 × 10 <sup>4</sup>

a : inorganic N  
b : Vollenweider (1968)  
c : total P

높은 값을 보여 Yoshida (1973)의 기준치보다 2~13 배 높은 값으로 過營養化 海域임을 알 수 있었다. 한편 鎭東灣에서 平均  $57.3\mu\text{g} - \text{N} / \ell$ , 行岩灣에서  $51.1\mu\text{g} - \text{N} / \ell$  그리고 對照定點에서  $36.5\mu\text{g} - \text{N} / \ell$ 로 富營養化 基準値에 해당되었다.  $\text{PO}_4 - \text{P}$ 는 行岩灣에서 제일 높아 調查期間中 平均  $75.6\mu\text{g} - \text{P} / \ell$ 를 보였으며, 馬山灣에서 29.0 對照定點에서 19.9 그리고 鎭東灣에서  $16.9\mu\text{g} - \text{P} / \ell$ 를 보여 行岩灣을 除外한 海域에서 富營養化 基準値에 미달하였다. 특히  $\text{NO}_3 - \text{N}$ 는 馬山灣에서 行岩灣보다 6.4 배 높았고  $\text{PO}_4 - \text{P}$ 는 行岩灣이 馬山灣보다 2.6 배 높아 좋은 대조를 이루었다. 이는 주변 海域에 位置해 있는 都市, 工業團地에서 유입되는 各種 廢水가 서로 다르기 때문인 것으로 생각되며 예년의 報告에서도 지적한 바 있다(李等 1980;1981). Redfield (1958)는 海洋生態系에서 P와 N의 原子의무게比率를 1對15로 報告하였는데 本 海域은 이 점에 있어서 行岩灣에 P가 특히 높았다고 할 수 있다. 한편 溶存酸素의 飽和度를 보면 表層에서 전부 過飽和狀態이었으며 底層에서는 역시 全體가 不飽和狀態로 富營養化狀態로 나타났다. Chlorophyll - a의 變化를 보면 馬山灣에서 富營養化의 基準値보다 훨씬 초과하는 平均  $46.46\text{mg} / \text{m}^3$ 으로 過營養化의 數値였으며 나머지 海域에서는 대체로  $10\text{mg} / \text{m}^3$  內外로 富營養化 海域이었다. pH의 海域別 變化는 赤潮發生이 빈번했고 따라서 基礎生産이 왕성했던 馬山灣에서 年 平均 8.45로 제일 높았고 다음이 行岩灣 8.36 鎭東灣 8.32 그리고 對照定點에서 8.27로 제일 낮은 값을 보였다.

植物性 플랑크톤 現在量의 海域別·年別 變化를 보면 硅藻類가 최저  $2.2 \times 10^5 \text{ cell} / \ell$  (1980年, 對照定點)에서 최고  $3.2 \times 10^6 \text{ cell} / \ell$  (1981年, 行岩灣) 으로 그 範圍가 富營養化 領域을 넘어서고 있었다. 즉 鎭東灣에서 1981年 이것이  $10^6 \text{ cell} / \ell$  이상으로 赤潮現象이 나타났을 뿐 그 外에는  $3.3 \sim 4.8 \times 10^5 \text{ cell} / \ell$ 를 나타내었다. 馬山灣에서 1980年과 1981年에 이것이 각각  $3.4 \times 10^6$ 과  $2.4 \times 10^6 \text{ cell} / \ell$ 이었으며 1979年과 1982年에도 거의  $10^6 \text{ cell} / \ell$ 에 달하는 現存量을 보였다. 行岩灣에서는  $1.0 \sim 3.2 \times 10^6 \text{ cell} / \ell$ 로 매년  $10^6 \text{ cell} / \ell$  이상의 식물성플

랑크톤이 나타나서 어느 海域보다 높은 값으로 赤潮現象을 나타냈으며 對照定點에서는 1979년에만 他地域에 비해 높은 식물성플랑크톤 현존량이었고 1980년과 1982년에는 鎭東灣과 유사한 數値를 보였다. 한편 雙鞭毛藻類의 現存量은 최저  $1.0 \times 10^4$  (1982年, 對照定點)에서 최고  $1.5 \times 10^6$  cell/l (1981年, 馬山灣)까지 硅藻類의 現存量보다 훨씬 變化幅이 넓었다. 鎭東灣에서 赤潮現象이 심하게 나타났던 1981년에  $1.1 \times 10^6$  cell/l의 높은 數置를 보였고 그 外의 해에는  $1.7 \sim 5.5 \times 10^4$  cell/l의 範圍로 比較的 均一한 分布을 하고 있었다. 馬山灣에서는 이것이  $1.2 \times 10^5$  (1982年)에서  $1.5 \times 10^6$  cell/l (1981年)까지 分布하고 있었으며 어느 海域보다 높은 現存量을 보였다. 行岩灣에서  $1.2 \sim 8.0 \times 10^5$  cell/l의 범위로 馬山灣보다는 現在量이 낮았지만 富營養化 海域의 基準値에 미치는 數値였으며 對照定點에서는 어느 海域보다 가장 낮은  $1.0 \times 10^4$  cell/l (1982年)에서  $4.5 \times 10^5$  cell/l (1979年)까지 變化하고 있었다.

動物性 플랑크톤의 現存量은 全 海域에서 최저  $4 \times 10^4$  個體數 /  $m^3$  (1980年, 行岩灣)에서 최고  $3.2 \times 10^5$  (1980年, 對照定點)에 이르기까지 變化幅이 그리 크지 않았다. 海域別로 보면 馬山灣에서  $10^5$  個體數 /  $m^3$  이상으로 제일 높은 現存量을 보였고 나머지 海域에서는 거의 비슷한 數値를 보였다.

#### 6) 赤潮生物群集과 環境要因

前記한 바와 같이 本 海域에서 赤潮原因生物은 3門, 3綱, 9目, 5亞目, 21科 29屬, 52種類로 構成되어 있으나 그 중 실제로 赤潮를 유발시켰던 生物은 10~15種이었다. 赤潮發生 原因種을 環境要因과 연관시켜 보면 Table III - 4와 같다.

한편 *Noctiluca miliaris*에 의한 赤潮는 1981年 4月 馬山灣 및 行岩灣에서, 5月에는 全 海域에서 그리고 1982年 8月에 鎭東灣과 馬山灣의 外洋部 (定點 8과 9)와 行岩灣에서, 9月에는 鎭東灣의 定點 1과 行岩灣에서 各各 發生하였다. 이때의 赤潮의 定義는 Table III - 5에서 보듯이  $3.0 \times 10^5$  個體數 /  $m^3$ 으로 나타난 경우이다. 安達 (1973)에 따르면 赤潮原因生物의 體長이  $300 \sim 1,000 \mu$ 인 경우

Table III - 4. The optimum environmental conditions for the causative organisms of red-tide in Jinhae Bay, Korea.

Species	Parameter		W. T. ( °C)	Sal. (‰)	pH	DO (mg/ℓ)	Trans. (m)	COD (mg/ℓ)	SiO <sub>2</sub> (μg-Si)
	Range	Mean							
<i>Skeletonema costatum</i>	Range	2.0 ~ 55.0	18.35 ~ 34.71	8.1 ~ 8.8	4.51 ~ 11.70	0.5 ~ 2.5	0.76 ~ 10.95	31 ~ 2170	
	Mean	16.24	28.71	8.44	7.28	1.81	3.14	650.05	
<i>Chaetoceros curvisetus</i>	Range	20.3 ~ 24.79	23.62 ~ 25.49	8.4 ~ 8.5	5.45 ~ 6.59	2.5 ~ 4.0	1.03 ~ 1.33	59 ~ 310	
	Mean	21.08	24.48	8.44	5.82	3.0	1.20	172.25	
<i>Cylindrotheca closterium</i>	Range	21.2	28.02	8.4	6.42	0.8	5.55	270	
	Mean	19.16	28.84	8.40	7.14	1.93	2.99	580.57	
<i>Gonyaulax</i> sp.	Range	18.8 ~ 25.0	25.49 ~ 31.56	8.0 ~ 8.6	4.33 ~ 9.22	1.5 ~ 2.5	1.50 ~ 4.72	350 ~ 800	
	Mean	19.6	30.23	8.5	7.55	1.75	3.03	355	
<i>Gymnodinium</i> spp.	Range	15.7 ~ 21.5	29.14 ~ 33.17	8.2 ~ 8.8	6.80 ~ 8.33	0.5 ~ 2.0	0.30 ~ 10.95	270 ~ 600	
	Mean	18.45	31.56	8.68	8.85	1.43	6.33	392.5	
<i>Heterostigma</i> sp.	Range	18.9 ~ 21.8	28.03 ~ 31.03	8.5 ~ 9.0	5.12 ~ 10.61	1.0 ~ 2.5	0.88 ~ 7.84	150 ~ 1380	
	Mean	20.54	27.53	8.7	7.65	1.57	3.92	597.14	
<i>Enteprtiella</i> sp.	Range	13.5	26.44	8.7	9.71	1.5	3.10	570	

Table III - 5. Environmental conditions during red - tide of *Noctiluca miliaris* in Jinhae Bay.

Month	Area	indiv./m <sup>3</sup>	WT(°C)	Sal. (‰)	O <sub>2</sub> (ml/l)	COD(mg O <sub>2</sub> /l)	S S (mg/l)
April 1981	Masan Bay	528,568	11.2	33.0	7.3	3.5	3.3
	Haengam Bay	572,675	11.1	33.5	6.5	3.5	3.9
	Jindong Bay	-	11.5	33.4	6.5	2.0	2.4
May 1981	Masan Bay	288,884	17.0	32.9	9.1	9.3	8.4
	Haengam Bay	541,706	17.2	33.6	7.3	2.7	13.2
	Jindong Bay	438,609	15.7	33.5	6.2	3.0	1.4
August 1982	Masan Bay	-	23.7	28.7	9.5	4.2	17.5
	Haengam Bay	515,450	23.6	29.1	9.9	7.5	9.8
	Jindong Bay	670,328	24.0	28.9	6.5	2.4	18.0
September 1982	Masan Bay	-	23.8	30.2	6.3	4.0	36.8
	Haengam Bay	363,934	23.8	30.6	5.5	2.9	32.1
	Jindong Bay	373,261	24.6	30.2	6.0	3.0	17.6
Range		2.9 × 6.7 × 10 <sup>5</sup>	11.1 ~ 24.6	28.7 ~ 33.6	5.5 ~ 9.9	2.0 ~ 9.3	1.4 ~ 36.8
Mean		477,046	18.9	31.5	7.2	4.0	13.7



$3 \times 10 \text{ cells / ml}$  이상을 赤潮濃度로 규정하고 있으며 *Noctiluca miliaris*의 길이는  $100 \sim 1,000 \mu$  (安達 1972),  $200 \sim 1,200 \mu$  (Kofoid & Swezy 1921),  $200 \sim 2,000 \mu$  (沈等 1981),  $420 \mu$  (韓 1981)으로 알려져 있다. 最近 밝혀진 바에 의하면 *Noctiluca miliaris*의 분열법은 二分裂에 의한 번식과 遊走子增殖法에 의해 1回 數十個體씩 增殖하고 있어 適當한 環境이 주어지면 갑자기 赤潮가 發生된다 (赤潮研究會 1980). 岡市 (1972)는 *Noctiluca miliaris*에서 多量의 암모니아가 發生되며 1g의 *Noctiluca miliaris*가 4.5 M. U. (mouse unit)의 神經毒을 가지고 있음을 밝혀냈다. 本 海域에서 *Noctiluca miliaris*에 의해 赤潮가 發生되었을때 物理·化學的 環境要因은 水溫이  $11.1 \sim 24.6 \text{ }^\circ\text{C}$ , 鹽分度는  $28.7 \sim 33.6 \text{ ‰}$ , 溶存酸素量은  $5.5 \sim 9.9 \text{ mg O}_2/\ell$ , COD는  $2.0 \sim 9.3 \text{ mg O}_2/\ell$  그리고 浮遊物質 (SS)는  $1.4 \sim 36.8 \text{ mg}/\ell$ 의 範圍였다. 安達(1972)은 水溫이  $18.7 \sim 19.6 \text{ }^\circ\text{C}$ , Chlorinity  $17.13 \sim 17.71 \text{ ‰}$ 에서 赤潮가 發生되었음을 관찰하였으며, 岡市 (1979)는 水深別 調査에서 Table III - 6과 같은 結果를 얻었다. 따라서 本 海域에서 *Noctiluca miliaris*에 의한 赤潮는 日本에서 發生한 諸 赤潮의 環境과 비슷하였으며 특히 水溫, 鹽分 및 COD 등은 중요한 環境要因으로 생각되었다.

**Table III-6. Red tide breakout by *Noctiluca miliaris* in Gagawa prefecture, Japan.**

Depth ( m )	W. T. ( $^\circ\text{C}$ )	Chlorinity ( $\text{‰}$ )	O <sub>2</sub> (ml/ ℓ )	COD (ml O <sub>2</sub> /ℓ )	S. S. (mg/ ℓ )	<i>Noctiluca miliaris</i> (cell/ℓ )
0	17.5	17.64	4.72	239.6	2900	4860
0.1	-	17.23	-	11.1	49	372
0.5	17.0	17.31	5.12	10.9	2.3	36
1	16.7	17.29	6.02	0.90	0.9	24
2	14.5	17.18	5.95	1.49	2.2	2
5	13.1	17.38	5.87	0.62	0.8	0
9.5	12.5	17.31	6.07	0.30	1.9	0

### 3. 動物性 플랑크톤

#### 1) 個體數의 變化

調査期間中 나타난 動物 플랑크톤 個體數는 최저 1982年 2月 定點 1의 10,225 個體 /  $m^3$ 로 부터 최대 동년 3월 定點 2의 579,521 個體 /  $m^3$ 의 範圍를 나타내어 變化가 컸다. 全 調査定點 平均個體數를 보면 3월에 343,337 個體 /  $m^3$ 로 최대이었으며 최저는 2월의 24,222 個體 /  $m^3$ 이었다. 대체로 보아 10個月間 平均個體數는 月間增減現象은 있었으나 2월부터 增加하여 3월을 정점으로 한 후 7月까지는 점차 減少하는 樣相을 나타내다가 8月과 10월에 다시 많은 個體數가 나타났다.

Protozoa는 大部分이 Tintinnida로서 4月과 6월에 平均 30,000 個體 /  $m^3$  이상의 많은 양이 나타나 全體 動物 플랑크톤의 出現樣相과는 달랐으며 6月以後 個體數는 급격히 減少하였고 時間이 지남에 따라 대체로 減少하는 傾向을 보여 주었다. Protozoa의 全體에 대한 出現比率은 2月과 11월에 1.0% 미만으로 낮았으며 4月과 6월에 높았는데 6월의 경우 全體의 48.0%에 달하기도 하였다.

Cladocera는 8月과 10월에 15,000 個體 /  $m^3$  이상 出現하여 出現個體數가 많았으며 全體에 대한 出現比率은 5월에 11.0%를 나타내어 높았다.

Copepoda와 그 幼生은 2월부터 7월까지 11,729 個體 /  $m^3$ 에서 71,650 個體 /  $m^3$  정도의 變化를 나타내었으나 8월부터 11月 사이는 그 增減幅이 컸다. 出現個體數의 최대는 8월의 平均 167,045 個體 /  $m^3$ 이었으며 10월에도 118,823 個體 /  $m^3$ 로 出現個體數가 많았다. 한편 최저는 2월의 11,729 個體 /  $m^3$ 로 최대 出現個體數의 1/10에도 미달하였다. 全體에 대한 出現比率은 3월이 9.4%로 가장 낮았으며 8월이 74.3%로 가장 높았는데 대체로 2월에서 6月 사이에 낮았으며 그以後는 높았다. 出現 Copepoda中 調査期間을 통하여 *Oithona nana*, *Paracalanus parvus*와 *Acartia clausi*가 優占的으로 나타났으며 10月과 11월에 暖流種인 *Temora turbinata*가 상당량 나타난 것이 특이한 現象이었다.

Copepoda 와 그 幼生 그리고 Cladocera 를 除外한 中生動物로는 出現個體數에 있어서 많았던 Chaetognatha, Appendicularia 와 봄 철에는 同定되지 않은 Rotatoria 의 一種이 주를 차지하였다. 이들은 3월에 264,297 個體 /  $m^3$ 가 나타나 全體의 77.0%에 달하였으며 그 외에 4월, 8월 그리고 10월에도 10,000 個體 /  $m^3$  이상이 나타나 出現個體數에 있어서 상당한 比重을 차지하였다. 多樣한 幼生들 中에는 Veliger 幼生과 Pluteus 幼生の 出現이 뚜렷하였는데 10,000 個體 /  $m^3$  이상을 나타내었던 경우가 대부분이었다. 全體에 비해 차지하는 比率도 대부분의 경우 10.0% 이상이었으며 2월에 34.0%로 가장 높았고 6월에 9.1%로 가장 낮았다 (Table III-7).

## 2) 各 海域別 動物性 플랑크톤

鎮東灣: 鎮東灣 平均 動物 플랑크톤 個體數의 變化는 鎮海灣 全體의 變化와 아주 類似한 增減 樣相을 나타내었으나 그 幅은 鎮海灣 全體의 그것보다 훨씬 컸다. 出現個體數의 최대는 3월의 410,817 個體 /  $m^3$ 이었으며 최소는 2월의 20,616 個體 /  $m^3$ 로 2월과 3월 사이에 個體數의 變化가 가장 컸다 (Fig III - 16). Copepoda를 보면 8월에 平均 209,151 個體 /  $m^3$ 가 나타나 최대의 出現個體數를 나타내었는데 그 외에 4월과 10월에도 다른 調查期間에 비하여 比較的 많은 個體數가 나타났다. 出現 Copepoda는 2월과 3월 그리고 6~8월에는 *Oithona nana*가 優占種이었으며 4월에는 *Acartia clausi*가 5월과 9월, 11월에는 *Paracalanus parvus*가 優占種이었다. 10월에는 *Temora turbinata*가 優占種으로 나타나 특이하였는데 *Temora turbinata*는 鎮東灣 뿐 아니라 鎮海灣 전체에서 10月中 多量 나타났다. *Temora turbinata*의 出現이 많았던 것은 이 種이 熱帶 혹은 溫暖한 海水의 種 (Chen and Zhang 1965) 임을 考慮하고 또한 Mori (1937)에 의하면 日本 北海島 부근에 가을과 겨울철에 쓰시마 暖流에 의해 連搬된다는 점을 보면 10월에 鎮海灣 일대가 쓰시마 暖流의 影響을 강하게 받았던 것으로 생각된다. 한편 幼生들은

Table III - 7. The range and mean numbers of zooplankton in Jinhae Bay.

Plankton	Month		Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.
	Range	Mean										
Protozoa	Range		0-	3,448-	9,723-	3,433-	4,394-	728-	0-	0-	0-	0-
	Mean		424	35,651	69,392	14,770	158,271	3,274	8,488	11,883	6,037	1,698
	% of total		168	13,885	36,976	8,813	55,071	1,977	3,296	3,694	2,218	509
Cladocera	Range		0-	0-	21.52	11.70	47.98	4.28	1.45	7.10	1.19	0.90
	Mean		231	812	3,056	27,544	11,534	9,004	43,078	2,476	49,482	18,787
	% of total		41	151	1,291	8,364	2,714	4,541	15,561	1,171	15,538	4,898
Copepod & larvae	Range		0.17	0.04	0.75	11.10	2.36	9.83	6.92	2.25	8.34	8.69
	Mean		6,669	16,977	39,215	16,429	14,442	12,709	86,156	7,357	33,534	11,035
	% of total		21,221	61,097	127,324	58,569	107,085	47,817	338,003	64,511	332,688	101,468
Other Metazoa	Range		11,729	32,175	71,650	39,090	42,470	30,671	167,045	31,196	118,823	40,222
	Mean		48.42	9.37	41.70	51.88	37.00	66.39	74.33	59.99	63.75	71.38
	% of total		1,157	46,483	10,695	2,228	0-	0-	1,485	579	5,449	1,536
Larval forms	Range		8,260	513,540	46,300	21,009	8,120	5,446	30,812	8,488	26,408	13,807
	Mean		4,060	264,297	25,778	9,969	4,131	2,901	12,569	4,447	14,215	4,839
	% of total		16.76	76.98	15.00	13.23	3.60	6.28	5.59	8.55	7.63	8.59
Total	Range		1,373-	10,352-	13,890-	3,187-	3,242-	1,092-	14,713-	1,840-	12,576-	2,146-
	Mean		37,559	123,080	79,653	17,315	18,091	13,227	38,282	34,165	64,221	16,150
	% of total		8,223	32,828	36,120	9,110	10,393	6,109	26,281	11,494	35,586	5,880
Total	Range		33.95	9.56	21.02	12.09	9.06	13.22	11.69	22.10	19.09	10.44
	Mean		10,225	139,651	96,767	28,444	37,136	24,121	163,397	13,796	52,816	15,481
	% of total		37,559	579,521	256,686	118,665	244,038	60,691	443,512	99,524	450,603	139,862
	Mean		24,222	343,337	171,815	75,346	114,779	46,200	224,725	52,001	186,380	56,348

다른 調査期間에 비하여 4, 8, 10월에 많은 個體數가 나타났는데 대부분 Veliger 幼生과 Polychaete 幼生이었다.

馬山灣 : 馬山灣에서 動物 플랑크톤의 月別 變化는 다른 調査海域과 같이 3월에 최대의 個體數가 나타났으나 10월에도 3월과 거의 비슷한 양의 個體數가 나타나 다른 海域에 비하여 月別 變化가 比較的 큰 樣相을 보여 주었다. 全體 平均 個體數를 보면 151,220 個體 / m<sup>3</sup>나 나타나 調査海域中 가장 動物 플랑크톤의 양이 풍부하였다 (Fig. III - 17). 3월에는 嶺東灣에서와 같이 同定되지 않은 Rotatoria의 一種이 大量發生하여 出現 個體數가 많아졌으며 10월에는 Copepoda가 232,098 個體 / m<sup>3</sup>나 나타난 外에도 Cladocera와 幼生들도 상당량 나타나 出現 個體數가

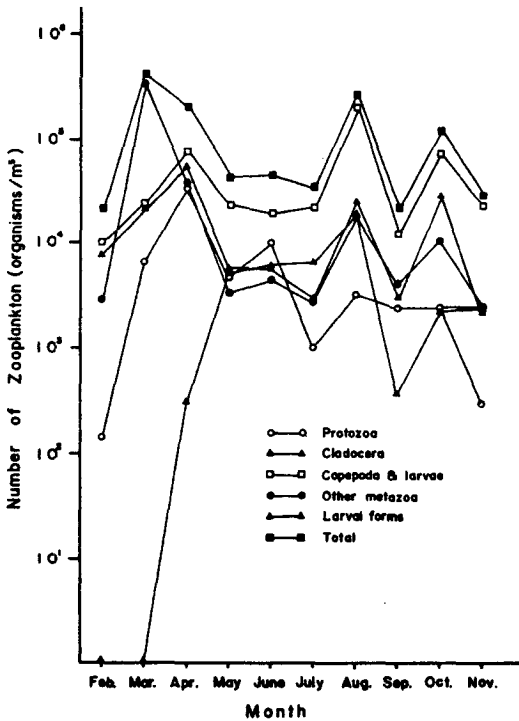


Fig III - 16. Monthly variation of zooplankton in Jindong Bay.

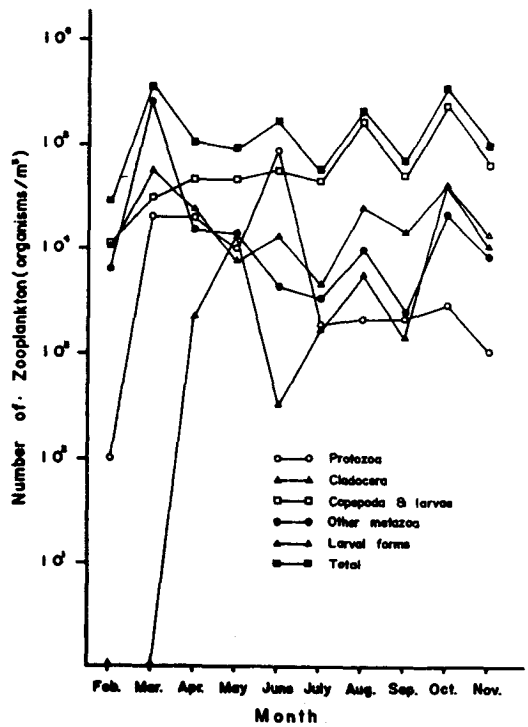


Fig III - 17. Monthly variation of zooplankton in Masan Bay.

많았다. 出現 動物 플랑크톤 중 Copepoda 는 다른 調査海域과 달리 2月 부터 7月 까지 꾸준히 增加하는 樣相을 나타내었으며 7月 以後에는 Copepoda의 增減이 全體 動物 플랑크톤의 增減과 거의 일치하는 樣相을 보여주었다. 出現 Copepoda 는 *Acartia clausi* 가 優占種으로 나타났던 4月과 5月을 除外하면 全 調査期間을 통하여 *Oithona nana* 가 優占種으로 나타나 鎭東灣에 비하여 *Oithona nana*의 出現頻도가 훨씬 높았는데 이는 馬山灣이 鎭東灣에 비하여 좀 더 閉鎖된 데 起因한 現象으로 생각된다. Cladocera 는 鎭東灣이나 다른 調査海域과는 달리 10月 중에 가장 많은 個體數가 나타난 것이 특이한 現象이었는데 個體數도 41,370 個體 /  $m^3$ 나 되어 다른 調査期間에 비하여 탁월하였다. Protozoa 는 2~6 月에 10,000 個體 /  $m^3$  이상의 많은 個體數가 나타났으며, 특히 6月에는 86,215 個體 /  $m^3$  가 나타나 全體 動物 플랑크톤의 50% 이상을 차지하였는데 이는 Tintinnida의 大量發生에 의한 것이었다. 6月 以後 11月 까지 Protozoa의 出現은 微弱하여 모두 3,000 個體 /  $m^3$ 이하로 적었다.

行岩灣：調査期間中 行岩灣에서는 3月에 動物 플랑크톤의 採集이 이루어지지 않았다. 따라서 動物 플랑크톤 個體數의 全體 平均에서 이 점을 考慮하여야만 할 것이다. 3月을 除外한 다른 調査期間의 個體數의 月別 增減 現象은 다른 調査海域과 類似한 樣相을 나타내었으나 그 變化幅은 작았다. 出現個體數도 가장 적어서 平均 98,057 個體 /  $m^3$ 이었으며 최대의 出現個體數도 8月的 163,397 個體 /  $m^3$ 로 적게 나타났다 (Fig. III - 18 ).

Copepoda 는 다른 調査海域과는 달리 6月에 97,085 個體 /  $m^3$ 가 나타나 최대의 出現個體數를 나타내었으며 7月에는 減少하였다가 8月에 다시 86,156 個體 /  $m^3$ 로 增加한 후 11月 까지 減少하는 樣相을 나타내어 다른 調査海域과 區別되었다. 出現 Copepoda 는 2, 10, 11月을 除外하면 모두 *Oithona nana*가 優占種으로 나타났는데 2月에는 *Acartia clausi*가 10月과 11月에는 *Paracalanus parvus*가 優占種으로 나타났었다. *Oithona nana*가 차지하는 比重은 여름철에 특히 높았

으며 6월과 7월에는 種構成이 상당히 단순하여 6월의 경우 *Oithona nana* 이 외에 *Paracalanus parvus* 와 *Acartia clausi* 만이 少量 出現하였을 뿐이었다.

Cladocera는 馬山灣을 除外한 鎮海灣의 다른 海域과 같이 8월에 出現個體數가 많았으며 5월에도 比較的 많은 個體數가 나타났다. Protozoa 는 4~6월 사이에 出現個體數가 많았으며 다른 調査海域과는 달리 9월에도 11,883 個體 /  $m^3$ 나 나타난 것이 특이하였다. 幼生들은 4~6월 사이에는 18,000 個體 /  $m^3$  前後의 出現 個體數를 나타내어 變化가 거의 없다가 7월에 약간 減少한 후 8월에 급격히 增加하여 10월에 최대치인 64,221 個體 /  $m^3$ 를 나타내었는데 대부분이 Veliger 幼生에 의한 것이었으며 10월의 大發生은 Polychaete 幼生에 의한 것이었다.

蠶島 : 蠶島 부근에서는 4월에 최대의 出現個體數가 나타나 다른 調査海域과는 약간 다른 個體數의 月別 變化를 나타내 주었다. 調査期間을 통하여 300,000 個體/ $m^3$  이상의 個體數가 나타났던 경우는 없었으며 따라서 月別 變化幅도 비교적 적었다. 全體의 平均個體數는 112,696 個體 /  $m^3$ 로 鎮東灣이나 馬山灣에 비하여 약간 적은 個體數를 나타내었다 (Fig. III - 19). Copepoda 의 變化는 調査期間의 前半에는 馬山灣의 그것과 비슷한 傾向을 나타내었고 後半에는 鎮東灣에서의 變化와 類似的 樣相을 나타내었는데 4월에는 出現個體數가 다른 調査海域에 비하여 比較的 많아 117,138 個體 /  $m^3$ 가 나타난 것이 특이하였다. 出現 Copepoda 는 鎮海灣의 다른 海域과 같이 *Oithona nana*가 大部分의 경우 優占種으로 出現하였는데 4월에는 *Acartia clausi*가 5, 10, 11월에는 *Paracalanus parvus*가 優占種이었다. Cladocera 의 出現은 調査海域들 中 가장 微弱하여 10,000 個體 /  $m^3$  이상 出現한 경우는 없었으며 8월의 7,074 個體 /  $m^3$ 가 최대의 出現個體數이었는데 蠶島 부근에서 Cladocera 의 出現이 이와 같이 다른 調査海域에 비하여 微弱하였던 것은 이 海域이 鎮海灣內에서는 비교적 外海水의 影響을 많이 받는 곳이기 때문에 나타난 現象으로 생각된다. 幼生들은 4월과 8월에 30,000 個體 /  $m^3$  前後의 많은 양이 出現하였는데 다른 調査海域과 마찬가지로 Veliger 幼生이 그 大部分이

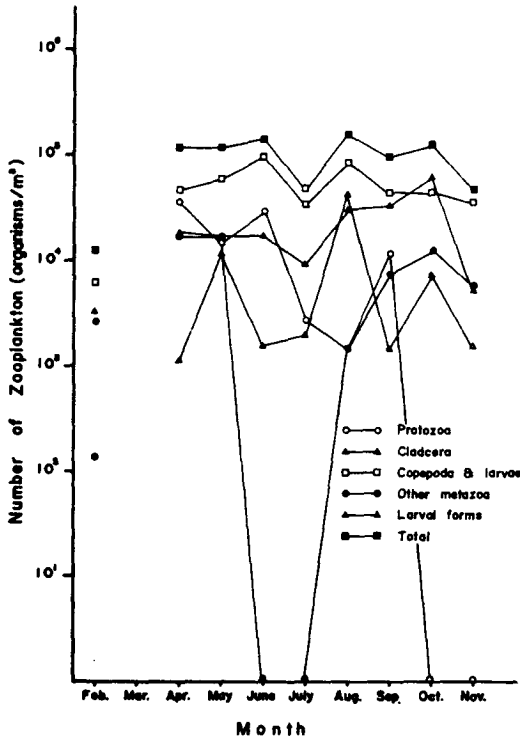


Fig III - 18. Monthly variation of zooplankton in Haengam Bay.

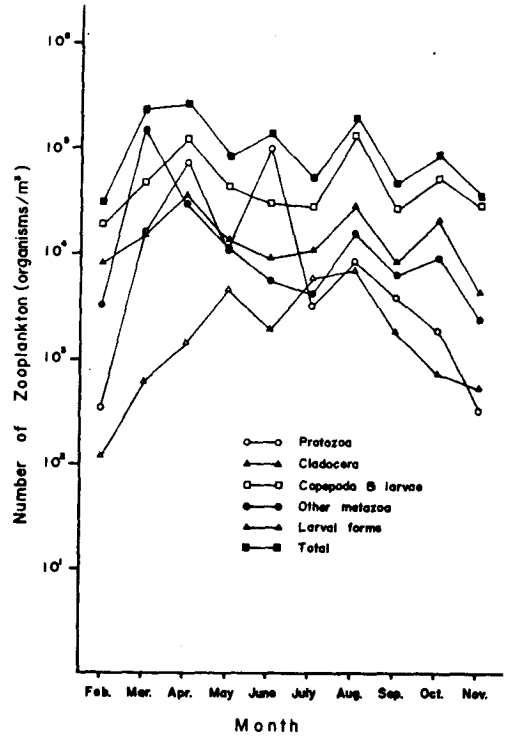


Fig III - 19. Monthly variation of zooplankton in Jamdo area.

었다. Protozoa 는 4 月과 6 月에 多量이 出現하였는데 특히 6 月에는 88,970 個體 / m³가 나타나 全 調査期間과 場所를 통하여 가장 높은 값을 記錄하였다.

以上에서 鎮海灣內의 調査海域들 간에 動物 플랑크톤 出現個體數의 變化에 있어서 양의 차이는 있었으나 增減 樣相은 거의 비슷하였다. Protozoa 는 蠶島海域에서 가장 出現個體數가 많았는데 4 月과 6 月에 특히 많았고 鎮東灣에서 가장 적었으며 Cladocera 는 馬山灣과 行岩灣에서 거의 같은 양으로 많았고 蠶島 부근에서 적었다. Copepoda 와 그 幼生은 馬山灣에서 平均 74,560 個體 / m³로 가장 많은 個體數가 나타났는데 나머지 세 海域 모두 50,000 個體 / m³ 정도로 차이가 적었다. 그 外의 中生動物들은 鎮東灣에서 平均 44,670 個體 / m³로 가장 적게 나타난 行岩灣에 비하여 約 6 배나 많은 양이 나타났다. 幼生들의 出現을 보면



여러가지 多樣한 幼生들이 나타났으나 그 중 Veliger 幼生과 Polychaete 幼生이 큰 比重을 차지하였고 出現個體數는 調查海域間에 차이가 적어 蠶島 부근의 15,227個體 / m<sup>2</sup>로 부터 行岩灣의 22,299個體 / m<sup>2</sup>사이로 出現하였다.

금번 調查와 李 等 (1980,1981)의 調查와 가장 큰 차이점은 李 等 (1980, 1981)의 調查時 1979年 8月부터 1981年 11月 사이에는 Copepoda 와 그 幼生이 전체에 대하여 차지하는 比率이 거의 60.0% 이상이었으나 금번 調查의 結果 行岩灣의 51.47%를 除外하면 모두 50.0% 이하의 出現比率을 나타내어 Copepoda 와 그 幼生이 차지하는 比率이 낮아졌다는 점 일 것이다. 한편 1979年 8月 이후 行岩灣에서 Copepoda 의全體에 대해 차지하는 比率이 다른 海域에 비하여 항상 가장 높았던 것이 특기할 만한 現象이었다.

鎮海灣全體의 月 平均 個體數를 보면 李 等 (1980, 1981)의 結果와 큰 차이는 없어서 이 점으로 보아 대체로 鎮海灣에서의 月 平均 動物 플랑크톤 個體數는 100,000個體 / m<sup>3</sup>~150,000個體 / m<sup>3</sup>정도를 3年間 유지하였다고 볼 수 있겠다. 海域別 個體數의 平均을 보면 1979~1980年에는 馬山灣에서 가장 적은 個體數가 나타났고 行岩灣에서 가장 많은 個體數가 나타났는데 그 차이는 거의 2배에 달하였다. 1980-1981年 사이에는 蠶島 부근에서 가장 적은 個體數가 나타났고 역시 行岩灣에서 가장 많은 個體數가 나타났는데 그 차이 또한 약 2배에 달하여 1979~1981年 사이에 鎮海灣에서 動物 플랑크톤 個體數의 分布는 行岩灣에서 他海域에 비하여 卓越 하였음을 알 수 있다. 그러나 금번 調查에서는 行岩灣에서 3月中 採集이 이루어지지 않은 점을 考慮하여도 他海域에 비하여 적은 個體數가 出現하여 1979~1981年 사이의 海域別 動物 플랑크톤 個體數의 分布와는 다른 分布樣相을 나타내었다.) 動物 플랑크톤 個體數의 年中 變化樣相은 1979年 以後 금번 調查 까지 어떤 뚜렷한 傾向性을 찾아 보기는 어려웠다. 즉 鎮海灣에서 動物 플랑크톤 個體數의 月別 變化는 매 調查時 같지 않았는데 단 봄철에 Rotatoria 의 一種이 大量으로 나타나는 것은 매 調查時 나타나는 現象으로 本 Rotatoria 의 分類 및 同定이 이루어

어겨야 할 것으로 생각된다. 1979年以後 月別個體數의 變化樣相이 매 년 다른점을 볼 때 鎭海灣에서의 動物 플랑크톤 個體數의 變化는 季節變化에 의한다기 보다는 어떤 순간의 生態學的인 要因들에 의해서 左右되는 것이 더 큰 것으로 생각된다.

出現 Copepoda 의 種構成은 李 等 (1981) 과 금번 調査가 거의 같은樣相을 나타내었는데, 金번 調査時 특이한 것은 *Temora turbinata*의 出現이었다. *T. turbinata* 는 1979年 이래 가을철에 鎭海灣에서 간혹 나타났으나 그 양은 많지 않아 무시할 정도이었다 그러나 *T. turbinata*가 金번 調査에서는 10月 中에 鎭海灣 全體에서 多量으로 出現하였는데, *T. turbinata*가 Mori (1937) 의 報告대로 쓰시마 暖流에 의해 運搬된다면, 金번 調査時 10月 中에 鎭海灣 一帶에는 쓰시마 暖流의 流入이 강하였음을 시사해 준다고 할 수 있겠으며 그 範圍는 馬山灣까지 미쳤다고 할 수 있겠다.

#### 第 4 節 結 論

1. 1979年 8月부터 1982年 11月까지 本 海域에서 出現한 赤潮原因生物은 3門, 9目, 5亞目, 21科, 29屬, 52種類로 構成되어 있어 鎭海灣에서는 처음으로 check-list가 밝혀졌으며, 硅藻類 중 韓國產 未記錄種으로 *Actinoptychus solendus*, *Chaetoceros similis* 및 *Navicula var. rostratus* 등 3種類가 처음으로 同定되었다. 全 植物性 플랑크톤 現存量의 變化는 月別, 定點別 및 層 (layer) 에 따라 심한 變化가 있었다. 즉 최저 2,621 cell/ℓ (11月, 定點 2의 表層) 에서 최고 5,769,950 cell/ℓ (7月, 定點 11의 表層) 까지 變化幅이 무려 2,000배 이상 차이가 있었다. 植物性 플랑크톤 中 硅藻類의 現存量 變動 역시 月別 및 定點 에 따라 크게 차이가 있었으며 11月 定點 2의 表層에서 최저 2,621 cell/ℓ 를 보였고 최고로는 7月 定點 11의 表層에서 5,756,927 cell/ℓ 를 보였다. 한편 雙鞭

毛藻類의 現存量은 11月 定點 2의 表層에서 出現이 없었고 8月 定點 11의 定點 11의 表層에서 738,150 cell/l의 最高値를 보여 矽藻類의 現存量과 對照的이었다. 年中 優占種은 矽藻類에서 *Skeletonema costatum*이, 雙鞭毛藻類에서는 *Gymnodinium splendens*였다. 이들 두 種은 5월부터 8월까지 馬山灣(定點 6, 7, 8)과 行岩灣(定點 11)에서 混合赤潮를 유발시켰다. 한편 10월에 全 海域에서 *Skeletonema costatum*과 *Thalassiosira nordenskioeldii*에 의한 大發生이 있었으며, 8~9월에 *Noctiluca miliaris*에 의한 赤潮가 鎮東灣(定點 1, 2, 3)과 行岩灣(定點 11)에서 各各 發生되었다.

2. 水深別 植物性 플랑크톤 現存量의 變化는 0~1m以內의 水層에서 最高値를 보였으며 定點 7A에서 15m層 以下에서 약간 現存量이 增加하였으며 成群(patchiness)을 이루었을때도 赤潮의 두께는 불과 0~1m이내였다. 赤潮時 環境要因의 特徵은 水溫이 높고 鹽分度가 낮을 때 赤潮가 發生되었으며 이때의 發生原因種은 *Skeletonema costatum*과 *Gymnodinium splendens*였다. 한편 *Noctiluca miliaris*에 의한 赤潮時는 水溫이 11.1~24.6°C, 鹽分度는 28.7~33.6‰, COD는 2.0~9.3mg O<sub>2</sub>/l의 범위였다. 岡市(1979)는 *Noctiluca miliaris*의 赤潮와 COD와의 높은 상관관계를 보고 하였으나 本 研究에서는 水溫·鹽分이 중요한 環境要因이었다.

3. 植物性 플랑크톤群集 및 物理·化學的 環境要因의 富營養化 基準値를 Yoshida(1973)과 比較하였을때 本 海域에서 馬山灣·行岩灣은 過營養化域(Hypereutrophic zone)이고 鎮東灣은 富營養化域(Eutrophic zone)이었다.

4. 赤潮原因生物 52種中 10~15種이 赤潮를 유발시켰으며 이때의 最適環境이 Table III-4에서처럼 밝혀졌으며 금년에는 4~5種에 의한 赤潮가 1981年의 심한 赤潮보다 훨씬 정도가 낮았다. 또한 매월 出現種數가 다양하고 이들이 차지하는 現存量도 均一하여 多樣性指數가 높아(H>3) 비교적 생태적으로 安定性을 보였다.

5. 금번 調査結果 動物 플랑크톤 個體數는 馬山灣에서 가장 많았으며 그 다음이

鎮東灣, 蠶島 부근, 行岩灣의 순서이었다. 네 海域이 年中 動物 플랑크톤의 出現 樣相을 비교하여 보면 크게 다른 점은 나타나지 않았으나 行岩灣에서는 幼生들과 Copepoda 및 그 幼生이 차지하는 比率이 비교적 높았으며 蠶島 부근에서는 Protozoa 의 出現이 다른 海域에 비하여 높았다.

6. 5 個年 連續事業의 名稱인 “鎮海灣 赤潮 및 汚染모니터링시스템 開發을 爲한 研究” 를 1979年 8月부터 82年 11月까지 第3次年度에 걸쳐 生物學的 研究를 遂行한 結果, 赤潮原因生物의 分類學的 究明, 優占種의 月別 動態 및 生態的 遷移, 生物群集의 最適環境 等 여러가지 측면에서 研究調査 되었다. 그러나 모니터링시스템 開發을 위한 基本 調査로 實驗室內 純粹培養을 遂行하지 못하였다. 現在까지 밝혀진 月別 赤潮原因 生物群集의 動態를 기초로 몇가지 種 (*Skeletonema costatum*, *Chaetoceros* spp., *Prorocentrum* spp., *Gymnodinium* spp., *Gonyaulax* spp., *Noctiluca miliaris* 等)에 대하여 實驗室內에서 可能的 環境變化를 주면서 이들 種의 現場環境資料와 比較·檢討하므로써 各各의 赤潮生物群集이 일시에 增殖할 수 있는 環境, 즉 物理·化學的 parameter 를 設定하므로써 모니터링시스템 開發에 接近해야 하리라고 생각된다.

## 參 考 文 獻

- 沈載亨·幸恩玲·崔仲基, 1981. 여수근해의 雙鞭毛藻類에 관한 分類學的 研究. 韓國海洋學會誌, 16 : 57 ~ 98.
- 李光雨·南基樹·許亨澤 等, 1980. 鎭海灣의 赤潮 및 汚染모니터링 시스템 開發을 爲한 基礎研究. 韓國科學技術研究所 附設 海洋開發研究所 報告書 BSPE 00022-43-7.
- 李光雨·南基樹·許亨澤 等, 1981. 鎭海灣의 赤潮 및 汚染모니터링 시스템 開發을 위한 研究. 韓國科學技術院 海洋研究所, BSPE 00031-56-7.
- 李晋煥·韓明洙·許亨澤, 1981. 鎭海灣의 赤潮原因生物에 관하여. 海洋研究所 所報, 3 : 97 ~ 105.
- 韓明洙, 1981. 鎭海灣의 雙鞭毛藻類에 關한 研究. 漢陽大學校 大學院 碩士學位論文, 1 ~ 69.
- 岡市友利, 1972. 夜光虫赤潮의 毒性. 海水利用學研究ノート II.
- 岡市友利, 1979. 培養中にみられろ鞭毛藻類의 펙시形成について. 海洋科學, 11 : 650 ~ 654.
- 安達六郎, 1972. 赤潮生物의 分類學的 研究. 三重縣立大學, 水産學部紀要, 9 : 9 ~ 145.
- 安達六郎, 1973. 赤潮의 規定. 昭和48年度日本海洋學會秋季大會講演要旨集.
- 日本水産廳赤潮研究分類班, 1979. 赤潮生物 Sheets, 1 ~ 30.
- 日本水産廳赤潮研究會分類班, 1980. 赤潮生物 Sheets, 31 ~ 60.
- 日本水産廳赤潮研究會分類班, 1981. 赤潮生物 Sheets, 61 ~ 90.
- 日本水産廳赤潮研究會分類班, 1982. 赤潮生物 Sheets, 91 ~ 120.
- 赤潮研究會編集委員會, 1980. 赤潮에 關すろ近年의 知見と研究의 問題點. 日本水産資源保護協會, 水産研究叢書 33.

- 中村泰男, 渡邊 信, 渡邊正孝. 1982. 赤潮藻類の増殖量に及ぼす環境因子の影響.  
國立公害研究所報告. 30 : 87 ~ 93 .
- 村上彰男. 1977. 赤潮と 富營養化. 公害對策技術同友會.
- Abe, T. H. 1967a. The armoured Dinoflagellata: II. Prorocent-  
ridae and Dinophysidae (A). Publ. Seto. Mar. Biol. Lab.,  
14: 369-389.
- Abe, T. H. 1967b. The armoured Dinoflagellata: II. Prorocent-  
ridae and Dinophysidae (B). *Dinophysis* and its allied  
Genera. Publ. Seto. Mar. Biol. Lab., 15, 37 78.
- Chen, Q., and S. Zhang. 1965. The Planktonic copepods of the  
Yellow Sea and the East China Sea. 1. Calanoida. *Studia  
Marina Sinica*. 7: 20 122.
- Kofoed, C. A., and O. Swezy. 1921. The Free-living unarmoured  
Dinoflagellata. *Mem. Univ. Calif.*, 5: 53.
- Mori, T. 1937. The Pelagic Copepoda from the Neighbouring  
Waters of Japan. Tokyo.
- Parke, M., and P. S. Dixon. 1976. Check-list of british Marine  
algae-third revision. *J. mar. biol. Ass. U. K.* 56:  
527 ~ 594.
- Redfield, A. C. 1958. The Biological control of chemical  
factors in the environment. *Am. Scientist*. 46: 205 221.
- Schiller, J. 1933. Dinoflagellate (Peridineae). Teil(1) *in*  
Rabenhorsts Kryptogamenflora von Deutchland, Osterrich

und der Schweiz. Akademisch Verlagsgesellschaft M. B. H.,  
Leipzig.

Shim, J. H. 1977. A taxonomic study of marine planktonic diatoms  
of Vancouver Island coastal waters. Proc. Coll. Natur.  
Sci., S.N.U. 2: 29 184.

Simonsen, R. 1972. The Diatom plankton of the Indian Ocean  
Expedition of R/V "Meteor" 1964 1965. Meteor Forsch,  
Ergebnisse, Ser. D. 19: 1 107.

Vollenweider, R. A. 1968. Scientific fundamentals of the  
eutrophication of lakes and flowing waters, with parti-  
cular reference to nitrogen and Phosphorus as factors  
in eutrophication. Paris, Rep. Organization for Econo-  
mic Cooperation and Development, DAS/CSI/63.27.

Yoshida, Y. 1973. Changes in Biological Production on Sediment.  
Fishery Series 1. Koseisha Koseikaku. Tokyo, Japan.