
석사학위논문

제주도 북방 함덕해역의
식물플랑크톤 군집구조 및 동태

제주대학교 대학원

해양학과

고형범

1990년 12월

제주도 북방 함덕해역의
식물플랑크톤 군집구조 및 동태

지도교수 이 준 백

고 형 범

이 논문을 이학 석사학위 논문으로 제출함.

1990년 12월

고형범의 이학 석사학위 논문을 인준함.

심사위원장 _____

위 원 _____

위 원 _____

제 주 대 학 교 대 학 원

1990년 12월

The structure and dynamics of phytoplankton
communities at Hamduk area in the northern
part of Cheju Island, Korea

Hyoung-Bum Koh
(Supervised by Professor Jun-Baek Lee)

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE

DEPARTMENT OF OCEANOGRAPHY
GRADUATE SCHOOL
CHEJU NATIONAL UNIVERSITY

1990. 12

목 차

List of Tables	iii)
List of Figures	iv)
Abstract	1
서 론	3
재료 및 방법	4
1. 조사시기 및 정점	4
2. 채집과 분석	5
2-1. 식물플랑크톤	6
2-2. 기초생산력	7
2-3. 환경 요인	8
3. 자료분석	8
결과 및 고찰	10
1. 수온과 염분의 분포특성	10
2. 군집구조	14
2-1. 종조성	14
2-2. 우점종의 동태	16
2-3. 종다양성	19
3. 군집동태	21
3-1. 현존량의 동태	21
3-2. 크기군별 현존량의 동태	26
3-3. Chlorophyll- α 의 동태	28

4. 기초생산력	31
참고문헌	38
국문 요약	42
Appendix	44

List of Table

Table 1. List of meteorological data in Hamduk area during the period from July, 1989 to July, 1990.	11
Table 2. Monthly variations of water temperature stations of A line in Hamduk area during the period from July, 1989 to July to July, 1990.	12
Table 3. Monthly variations of salinity on stations of A line in Hamduk area during the period from July, 1989 to July, 1990.	13
Table 4. Number of species of pytoplankton on each station and each layer in Hamduk area during the study period.	16
Table 5. List of phytoplankton at different size class in Hamduk area.	27
Table 6. Percent of standing crops of phytoplankton in Hamduk area during the period from July, 1989 to July, 1990.	29

List of Figure

Fig. 1. Sampling stations in the northern area of Hamduk.	5
Fig. 2. The schematic chart for this studies.	6
Fig. 3. Monthly variations of water temperature in Hamduk area during the period from July, 1989 to July, 1990.	10
Fig. 4. Monthly variatons of salinity in Hamduk area during the period from July, 1989 to July, 1990.	11
Fig. 5. Monthly variations of number of occurrence species in Hamduk area during the period from July, 1989 to July 1990.	15
Fig. 6. Monthly distribution of dominant species in Hamduk area during the period July, 1989 to July, 1990.	17
Fig. 7. Monthly variations of diversity indices of phytoplankton community in Hamduk area during the period July, 1989 to July, 1990.	19
Fig. 8. Monthly variations of diversity index of phytoplankton to community at each layer in Hamduk area during the period from July, 1989 July, 1990.	20
Fig. 9. Monthly variation of phytoplankton standing crops on surface water in Hamduk area during the period from July, 1989 to July 1990.	22

- Fig.10. Monthly changes and distribution of phytoplankton stading crops at station 9 during the period from July, 1989 to July, 1990. 23
- Fig.11. Monthly changes and distribution of phytoplankton stading crops at station 10 during the period from July, 1989 to July, 1990. 24
- Fig.12. Monthly variations of mean standing crops composition of each phytoplankton taxa in Hamduk area during the period July, 1989 to July, 1990. 25
- Fig.13. Monthly variations of standing crops ratio at different size class in Hamduk area during the period from July, 1989 to July, 1990. 28
- Fig.14. Monthly variations of chlorophyll-*a* on surface water in Hamduk coastal area during the period from July, 1989 to July, 1990. 30
- Fig.15. Seasonal variations of primary productivity at different euphotic layers in stations of A line in Hamduk area during the surveyed period. 32
- Fig.16. Seasonal variations of primary production at different euphotic layers in stations of A line in Hamduk area during the surveyed period. 33
- Fig.17. Seasonal variations of primary productivity and assimilation number in Hamduk coastal area during the period from July, 1989 to July, 1990. 34

Abstract

The dynamics and structure of phytoplankton community have been monthly investigated at 11 stations in Hamduk area in the northern part of Cheju Island, Korea during the period from July, 1989 to July, 1990.

A total of 163 taxa have been identified, representing 22 families, 50 genera, 153 species and 10 unidentified species. These comprised 117 taxa of diatoms(13 fam., 37 gen., 117 spp.), 38 taxa of dinoflagellate(6 fam., 7 gen., 38 spp.), 4 taxa of silicoflagellate(1 fam., 2 gen., 4 spp.), 3 taxa of green algae(1 fam., 2 gen., 3 spp.) and 1 taxon of euglena(1 fam., 1 gen., 1 sp.). The composition ratio of occurrence species represented 71.7% of diatoms, 23.3% of dinoflagellates, 2.5% of silicoflagellates, 1.8% of green-algae, and 0.7% of euglena. The monthly fluctuation of number of species showed a peak of 50 species in September and decreased in July, August and March.

During the study period, a total of 13 species were dominant at the surface layers. Of these, *Chaetoceros socilis*, *Fragilaria oceanica*, *Lauderia annulata*, predominated more than 70% of standing crops at station 1 and Genus *chaetoceros* was most abundant in all stations.

Diversity index ranged from 0.49 to 2.27, decreasing in April and May when the dominant species were predominant, while increasing in September when these not occurred.

The standing crops ranged from 10^3 to 10^5 cells/ ℓ , composing of diatom

and dinoflagellate with 97% and 3% in composition ratio respectively. Thus the standing crops of phytoplankton were influenced by diatom.

In terms of size fractionation of standing crops, the size class below $20\mu\text{m}$ showed high at inshore, whereas the size class of $20 - 40\mu\text{m}$ high at offshore. It revealed that the size class of phytoplankton was smaller at inshore than at offshore. Chlorophyll-*a* decreased in May, and showed a peak in August, ranging from 0.12 to 2.24 mg/m^3 .

Daily primary productivity ranged from 0.75 to $225.63\text{ (mg C/m}^2\text{/day)}$, increasing in fall and decreasing in Winter. At each station, inshore showed higher primary productivity than offshore.

서론

제주도는 주변을 흐르는 여러가지 해류의 영향을 년중 계속 받고 있고 특히 북부해역은 남해안 연안수, 황해저층수, 중국연안수등 외양수가 복잡한 양상으로 접근하여 연안으로까지 영향을 미치고 있으며 이에 따른 계절적 변화가 심한 것으로 알려져 있어 독특한 해양환경을 이루고 있다 (노와 정, 1980; 양, 1984; 박, 1985; 방과 김, 1989; 최등, 1989). 또한 제주도의 주변해역은 해안선에서 1 - 2 km 까지는 수심이 30 - 40 m 이내 이지만 그 이상으로 나가면 100 m 이상의 수심을 나타내고 있으므로 해안선 주변해역은 연안역과 외양역의 구분이 명확하게 그어질 수 있다. 특히 연안역주변은 여러가지 환경요인이 복합적으로 영향을 미치고 있어 다양한 생물상과 서식지의 특징을 보이고 있어 생태적으로 중요한 서식환경을 이루고 있다.

식물플랑크톤은 해양생태계의 기초생산자로서 해양의 물질순환과 먹이사슬을 이해하는 시발점인 동시에 해수 유동과 환경요인의 변화등 각 해역의 해양학적 특성에 따라 다른 시간적, 공간적 군집 분포 및 동태를 나타내는 중요한 분류군이다. 지금까지 제주도 주변해역의 식물플랑크톤 군집에 관한 연구는 주로 현존량과 출현종의 분포에 관한 것이었으며 (최, 1978; 이, 1979; 전등, 1986; 이, 1989; 좌, 1990), 그 밖에 chlorophyll-a 에 의해 생물량(정등, 1983; 전과 고, 1983; Shim and Park, 1984; 조, 1985)에 관한 연구등이 있다. 한편 기초생산력의 측정으로 명,암병에 의한 용존산소법과 방사선동위원소법(C^{14} 법)이 이용되는데 우리나라 주변해역에서 전자의 방법으로 진과 홍(1985)등이 연구하였고, 80년 후반에 들어 본격적으로 후자의 방법에 의한 기초생산력의 측정이 Shim and Park(1986), Shim and Kahng(1986), 정과 박(1988)등에 의해 연구가 수행되었으며, 제주도 주변해역에서는 이등(1989)의 연구가 이루어졌다. 그러나 이러

한 연구는 시,공간적으로 단편적인 연구였으며 연안역의 식물플랑톤 동태와 기초생산을 이해하기에 미흡하여 본 연구에서는 제주도 북방해역중 한 해역을 선정하여 구체적인 조사를 실시하였다. 따라서 본 연구의 목적은 현재 년차적으로 진행중인 “한국 남방해역 및 동지나해의 생물생태학적 연구”의 일환으로 제주도 북방 함덕해역의 식물플랑크톤의 계절에 따른 종조성, 현존량의 변화, 우점종의 동태와 크기별 변화를 비교 파악하고, 연안역과 외양역의 수심별 기초생산을 파악하는데 있다.

재료 및 방법

1. 조사시기 및 정점

제주대학교 해양연구소가 위치한 함덕의 북방해역을 중심으로 1989년 7월부터 1990년 7월까지 매월 조사하였으며 그중 1월과 6월은 기상 상태로 인하여 관측이 불가능 하였다.

조사정점은 북위 $33^{\circ} 33' 45''$, 동경 $126^{\circ} 40'$ 을 기점으로 함덕 해안선 부근에 수심 30 - 40m이내의 연안역에 8개 정점(정점 1 - 8), 정점1과 11을 정북 방향으로 연결한 일직선상 A line에 수심 100m이상의 외양역에 3개의 정점(정점 9, 10, 11)을 선정하였다(Fig 1). 정점간거리는 내부정점인 경우 450 - 600 m이며, 외부정점은 3.2 Km (2 Nautical Mile) 이다.

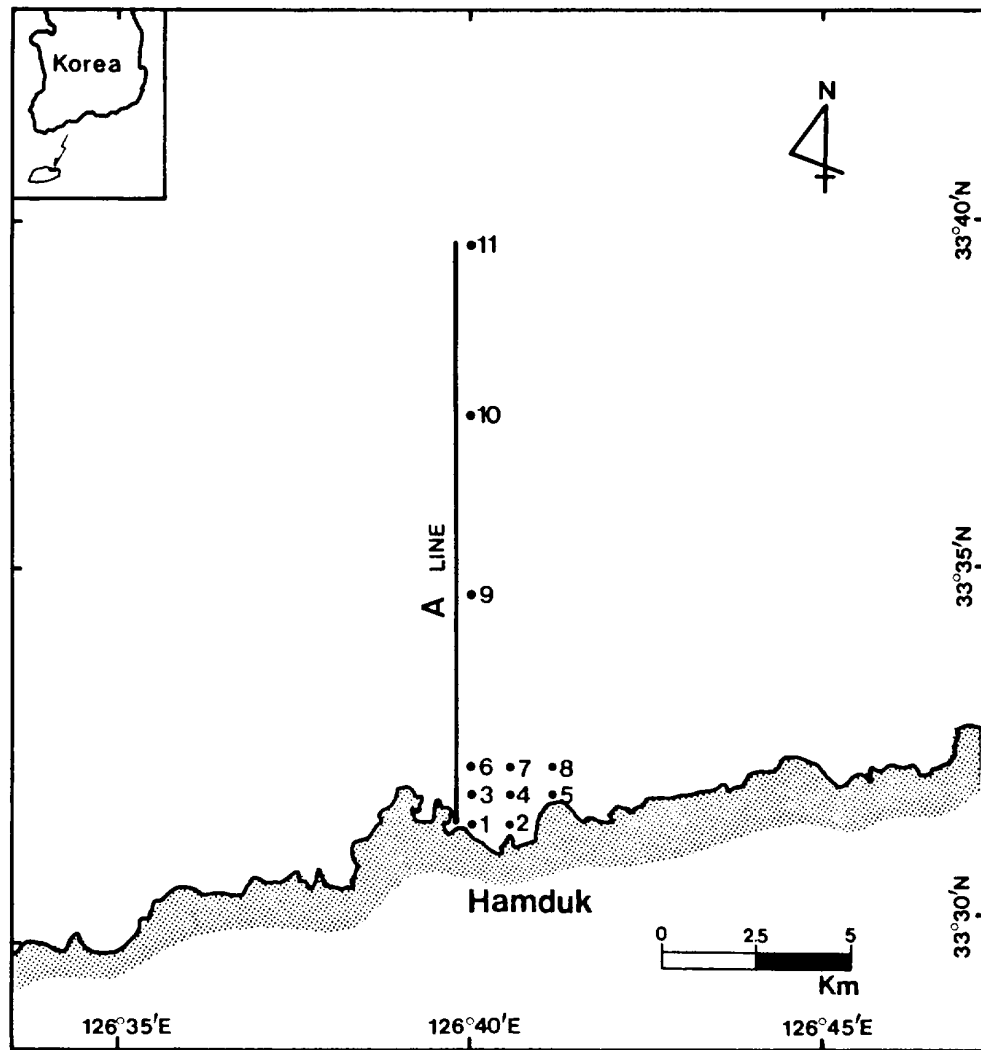


Fig. 1. Sampling stations in the northern area of Hamduk.

2. 채집과 분석

조사해역의 식물플랑크톤 동태를 파악하기위해 현존량과 Chlorophyll-a, 그리

고 기초생산력등을 측정하였으며, 환경과의 상관성을 밝히기 위해 환경 요인을 측정 하였다(Fig. 2).

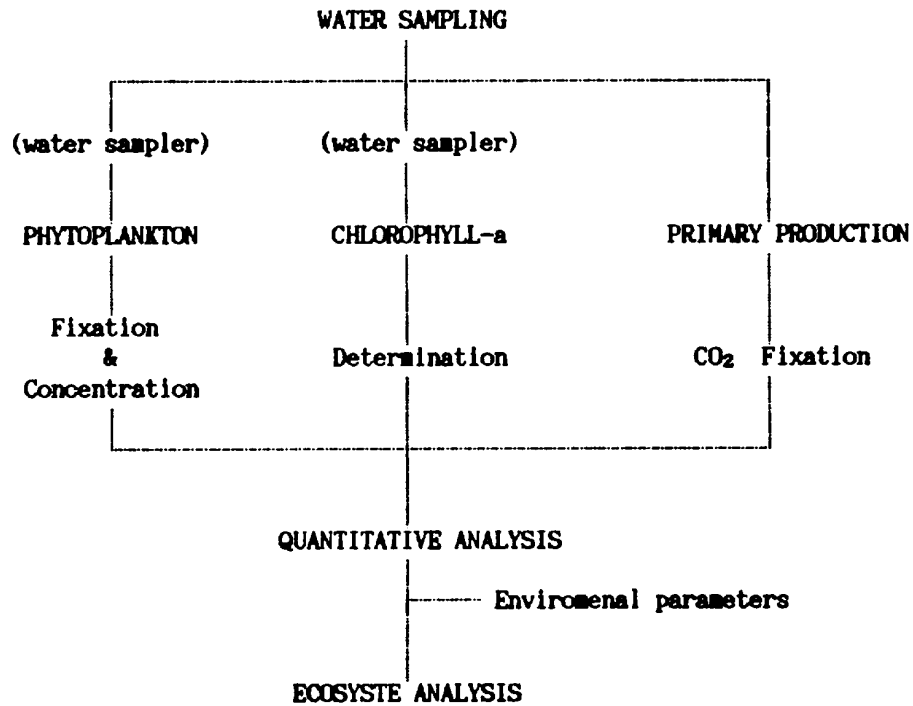


Fig. 2. The schematic chart for this studies.

2-1. 식물플랑크톤

채집은 Niskin채수기를 이용하여, 연안역은 0m, 5m, 10m, 20m에서 외양역은 0m, 10m, 20m, 30m, 50m, 75m, 100m의 표준수심을 기준으로 1 liter 씩을 채수하였으며 현장에서 중성 Formalin으로 최종 농도가 0.4%가 되게 고정하여 실험 재료로 사용하였다.

정량분석은 침전법에 의해 농축된 재료를 균일하게 희석시킨 후 1 ml을 취하

여 Sedgwick-Rafter counting chamber에 넣고 광학현미경(Swift, M1000-D)하에서 100배로 계수한 후 단위 체적당 세포수(cells/ ℓ)로 환산하여 현존량으로 표시하였다. 정성분석은 농축된 재료를 일정량 취하여 광학현미경(Olympus, CHT)으로 400 - 1,000 배율하에서 동정 및 분류 하였다. 각 분류군의분류는 Cupp(1943), Kokubo(1955), Hendey(1964), Simonsen(1979), Dodge(1982), Yamaji(1984), Chin *et al.* (1985) 의 분류체계를 참고하였다.

식물플랑크톤의 Chlorophyll-a 측정은 해수 1 ℓ 를 GF/C여과지(Whatman, pore size 1 μ m)에 여과하여 90% Acetone에 넣고 암냉소에서 하루정도 방치시켜 색소를 추출한 후 원심분리 시켜서 각 파장에서의 흡광도를 측정하여 SCOR/UNESCO식으로 계산하였으며(Strickland and Parsons, 1972) 이 자료는 (문, 1990)의 자료를 이용하였다.

2-2. 기초생산력

기초생산력 측정은 C-14 method(Parsons *et al.*, 1984)를 이용하여 정점 1, 6, 10에서 '89년 10월(추계), '90년 2월(동계), 4월(춘계), 7월(하계)등 계절별로 모두 4회 실시하였다. 각 정점에서 투명도에 의한 유광층을 측정하여 표층광도를 100 %로 기준하여 61 %, 37 %, 21%, 1% 광도를 나타내는 층의 해수를 채수하여 수심별 재료로 사용하였으며 각 층의 광도를 나타내는 shield의 겹을 조절하여 Z₀(무겹, 100%), Z₁(1겹, 61%), Z₂(2겹, 37%), Z₃(3겹, 21%), Z₇(7겹, 1%)의 광도에서 배양하였다. 재료의 처리는 각 정점 및 각층의 해수를 80 $\text{m}\ell$ captube에 채운 후 C-14 으로 처리된 sodium bicarbonate (NEN, NEC-860s, 10 μ Ci/ $\text{m}\ell$)를 0.2 $\text{m}\ell$ (2 μ Ci)씩 첨가하여 잘 혼든 후 자연광을 이용하여 각 층 광도 조건으로 조절된 shield에 넣어 광조건하와 무광조건하에서 각각 2시간씩 배양

했다. 배양이 끝난 해수를 곧바로 GF/C 여과지 (Whatman, pore size 1/μ, 47mm) 로 여과시킨후 보관하여 실험실로 옮겼다. 여과된 GF/C 여과지는 진한 HCl에 의해 acid fuming 을 시킨 후, scintillation vial 에 넣고 cocktail용액 (NEN, Aquasol)을 20 mL를 첨가하여 Liquid scintillation counter (Berthold, BF8000) 에서 DPM값을 측정했다. 측정된 방사능량은 광합성량으로 계산하여 시간당 기초생산력 ($\text{mg C} / \text{m}^3 / \text{hr}$)과 일일기초생산량 ($\text{mg C} / \text{m}^2 / \text{day}$)으로 환산하였다. 해수내 총이산화탄소량은 산정적법에 의해 측정하였으며 (Parsons *et al.*, 1984), 동화된 탄소량을 이용하여 단위시간당 식물플랑크톤의 탄소동화율 ($\text{mg C} / \text{mg chl-}a/\text{hr}$) 을 환산하였다.

2-3. 환경요인

조사해역의 환경요인은 물리적 요인으로서는 수온, 염분, 투명도등을 측정하였다.

수온은 봉상온도계와 CTD (Conductivity Temperature Density; Model SBE-19) 로, 염분은 Salinometer (Tsurumi Seiki, E-2)와 CTD를 이용하여 현장에서 측정하였다. 투명도는 표준 Secchi disk (직경 30 cm)를 사용하여 측정하였다.

3. 자료분석

종다양성지수(Species diversity index, \bar{H})

종다양성 지수의 분석은 Shannon-Weaver(1963)의 공식에 의해 계산하였으며

도입된 공식은 다음과 같다.

$$\bar{H} = - \sum_{i=1}^s (n_i/N) * \log_2(n_i/N)$$

여기서, S ; 총출현 종수

N ; 단위체적당 총 세포수

n_i ; 출현종별 세포수

이다.

결과 및 고찰

1. 수온과 염분의 분포특성

조사기간중 연안역으로부터 외양역까지(A Line) 표층 수온은 13.7 - 26.5°C의 범위로 90년 4월이 가장 낮고 90년 7월이 가장 높았으며(Fig. 3), 표층염분은 28.51 - 34.35‰의 범위로 90년 7월에 가장 낮고 90년 3월에 높게 나타나고 있었다(Fig. 4).

월별 변화는 서로 상반되는 양상을 보였으며 특히 89년 7월과 8월에 낮은 염분의 변화는 강우로 인한 육수유입과 용천수의 영향이라고 생각되며 특히 89년 8월 보다 90년 7월에 낮은 염분의 변화는 제주측후소에서 관측된 89년 8월의 강우량이 120.4mm, 90년 7월에 200.6mm로 89년에 비해 90년에 많은 강수량으로 인

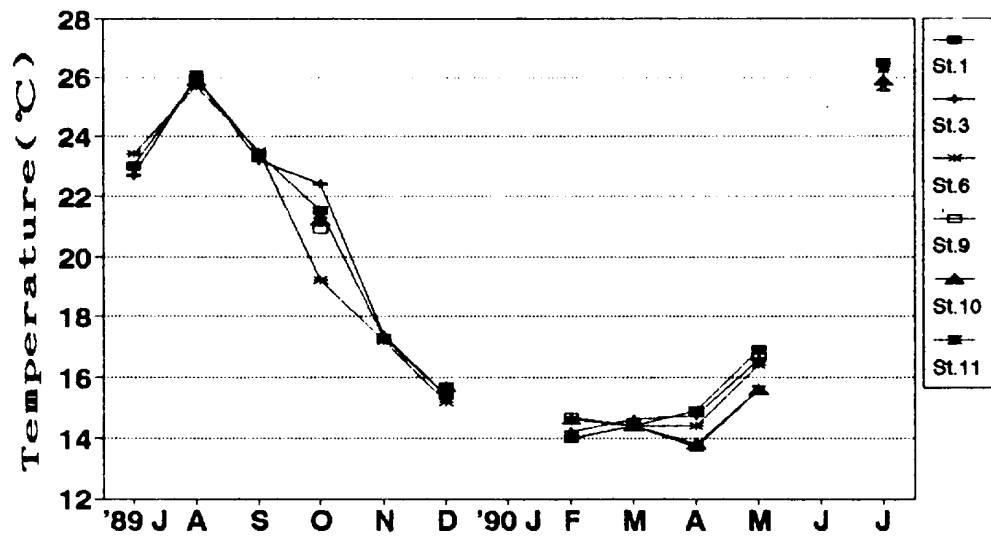


Fig. 3. Monthly variations of water temperature in Hamduk area during the period from July, 1989 to July, 1990.

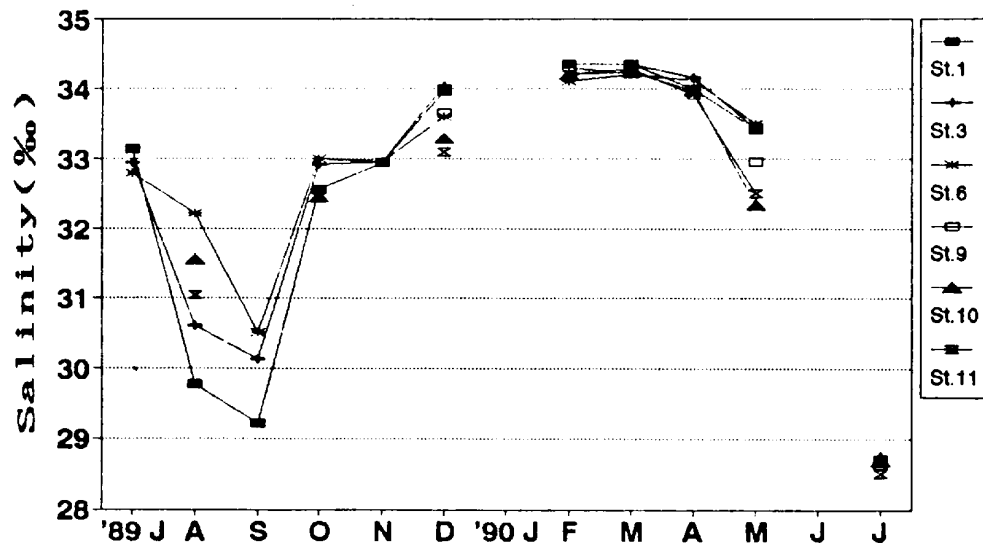


Fig. 4. Monthly variations of salinity in Hamduk area during the period from July, 1989 to July, 1990.

한 영향이라고 생각된다(Table 1). 동계에 높은 염분변화는 고염의 쿠로시오계 대마난류가 외양에서 부터 연안역까지 영향미치고 있다고 생각되며 이러한 결과는 양(1984)의 삼양해역에서의 결과와 일치하고 있었다.

Table 1. List of meteorological data in Hamduk area during the period from July, 1989 to July, 1990.

DATE	ATMOS (mb)	TEMP (°C)	MAX (°C)	MIN (°C)	WIND-V (m/s)	WIND-D	CLOUD (1/10)	PRECIP (mm)	SUNSHINE (hr)
19-Jul-89	1011.8	28.8	32.1	25.3	1.9	SE	1.5	179.7	12.9
22-Aug-89	1010.9	25.0	28.6	22.6	2.1	N	9.0	120.4	0.6
30-Sep-89	1018.2	18.9	22.9	15.7	2.5	N	3.5	347.2	8.9
14-Oct-89	1021.7	18.1	21.9	13.2	2.8	NNE	2.0	14.3	8.8
17-Nov-89	1023.1	11.8	14.2	10.2	2.9	NNW	2.8	59.7	8.0
28-Dec-89	1022.3	5.4	8.0	3.2	2.0	NNE	9.3	21.3	0.3
13-Feb-90	1024.8	6.6	10.8	0.9	2.7	ENE	6.0	119.8	5.6
9-Mar-90	1027.8	7.7	12.4	2.8	2.4	NNW	0.0	39.2	9.9
25-Apr-90	1017.4	12.9	16.9	7.4	3.3	WNW	3.5	97.5	11.0
23-May-90	1017.6	16.5	20.4	13.9	2.1	NNW	9.0	104.5	3.0
19-Jul-90	1011.8	28.8	32.2	26.6	3.5	SW	5	200.6	15.08

ARMOS;Atmosphere, TEMP;Daily mean of air temperature
 MAX;Maximum air temperature, MIN;Minimum air temperature
 WIND-V;Daily mean of wind velocity, WIND-D;Daily wind direction
 CLOUD;Daily cloudiness, PRECIP;Monthly total precipitation
 SUNSHINE;Daily sunshine

정점별 표층 수온 변화를 보면 연안역에서는 년 중 14.0 - 26.5℃, 외양역에서는 년 중 13.7 - 26.5℃의 범위를 나타내어 연안역과 외양역의 변화가 적었으며(Table 2), 표층 염분 변화는 연안역에서 년 중 26.25 - 34.36 ‰, 외양역에서는 년 중 28.5 - 34.3‰의 범위를 나타내며 89년 7월과 90년 5월을 제외하고는 변화폭이 적게 나타나고 있었다(Table 3). 특히 89년 7월의 경우에는 육지에서 가장 가까운 곳에 위치한 정점 1이 외양역에 비해 낮은 염분의 분포 특징을 나타내고 있는데 이는 강우에 의한 육수의 유입에 의한 결과라고 생각되어지며 방등(1990)은 함덕 해역에서의 저염화는 강수에 의한 영향보다 비로 인한 육수의 유입에 대한 영향이 크다고 보고하였다.

수심별 수온과 염분의 분포는 연안연에서는 낮은 수심으로 인해 표층과 저층

Table 2. Monthly variations of water temperature stations of A line in Hamduk area during the period from July, 1989 to July to July, 1990.

Temperature(℃)														
St.Depth		89 J	A	S	O	N	D	90 J	F	M	A	M	J	J
1	0■	23.00	26.00	23.40	21.50	17.30	15.40		14.00	14.40	14.90	16.90		26.50
	5■	21.20	25.30	22.90	21.00	17.30	15.10		14.10	14.40	14.80	16.80		26.70
3	0■	22.70	26.00	23.20	22.40	17.40	15.40		14.20	14.60	14.75	16.80		26.40
	5■	21.70	25.70	23.00	20.60	17.40	15.20		13.90	14.40	14.70	16.50		26.50
6	0■	23.40	25.70	23.50	19.20	17.20	15.20		14.60	14.40	14.40	16.40		26.25
	10■	22.10	26.50	23.20	18.40	16.80	15.30		14.60	14.40	14.30	16.40		24.65
	20■	20.60	26.30	22.60	18.40	16.70	15.30		14.60	14.40	14.30	16.40		19.53
9	0■				20.90		15.70		14.70	14.40		16.70		26.48
	10■				20.00		15.80		14.70	14.40		16.80		24.71
	20■				19.00		15.80		14.70	14.40		16.60		21.43
	30■				18.10		15.80		14.70	14.40		16.50		16.78
	50■				16.00		15.90		14.70	14.40		16.40		15.10
	75■				15.30		15.90		14.70	14.40		16.60		15.21
	100■						16.10		14.70	14.40				14.73
10	0■		25.90		21.20		15.70		14.60	14.40	13.80	15.60		25.89
	10■		25.90		21.00		15.70		14.60	14.40	13.80	16.40		25.39
	20■		25.90		20.30		15.70		14.50	14.40	13.80	16.30		21.22
	30■		23.30		19.50		15.70		14.40	14.40	13.80	16.00		17.93
	50■		18.20		16.70		15.80		14.20	14.40	14.20	16.00		15.17
	75■				15.75		16.10		14.00	14.40	14.40	15.70		15.23
	100■		15.10		14.40		16.30		14.00	14.40				14.07
11	0■		26.10		21.40		15.70		14.00	14.40	13.70	15.60		25.69
	10■		26.00		21.10		15.90		14.00	14.40	13.60	16.40		25.32
	20■		25.30		20.80		16.00		13.90	14.40	13.60	16.30		20.72
	30■		24.00		17.70		16.00		13.80	14.40	13.70	16.00		18.23
	50■		18.00		16.00		16.10		13.80	14.40	13.90	15.90		14.91
	75■		14.20		14.30		16.25		13.80	14.30	14.40	15.80		15.20
	100■		14.40		14.20		16.50		13.80	13.90				14.20

의 변화가 크지 않지만 외양역의 100m수심에서는 동계를 제외하고 수온이 14°C이하의 낮은 분포를 나타내고 있는 반면, 염분이 34‰이상의 높은 분포를 나타내고 있어 저온고염화 현상을 나타내고 있는데(Table 2). 이러한 심층에서 동계를 제외하고 년 중 저온고염화 현상을 나타내는 이유는 양등(1984)이 보고한 바와 같이 황해 저층수 냉수괴가 남하하여 제주도 북방 해역에까지 영향을 미치고 있기 때문이라고 생각된다.

Table 3. Monthly variations of salinity on stations of A line in Hamduk area during the period from July, 1989 to July, 1990.

Salinity (‰)														
St.		'89 J	A	S	O	N	F	'90 J	F	M	A	M	J	J
1	0m	33.14	29.77	29.21	32.57	32.96	33.95		34.36	34.35	34.00	33.42		28.68
	5m	33.24	32.33	31.26	32.81	33.09	34.03		34.37		34.18	33.42		28.76
3	0m	32.96	30.61	30.14	32.92	32.97	34.05		34.36	34.35	34.16	33.44		28.76
	5m	33.15	32.11	31.59	32.92	32.96			34.38	34.36		33.53		28.82
6	0m	32.79	32.22	30.51	33.00	32.97	33.60		34.10	34.20	34.13	33.50		28.68
	10m	32.85	30.83	32.26	33.30	33.48	33.70		34.20	34.22	34.13	33.50		29.19
20m		33.28		31.73	33.35	32.96	33.75		34.20	34.22	34.13	33.50		31.98
	9	0m			32.55		33.65		34.30	34.22		32.97		28.64
10m					33.00		33.70		34.30	34.22		33.65		29.11
	20m						33.70		34.30	34.22		33.80		30.90
30m							33.75		34.30	34.22		33.90		33.28
	50m				33.75		33.85		34.30	34.22		34.05		33.24
75m					34.00		33.90		34.30	34.22		34.10		33.81
	100m						34.00		34.30	34.22				34.04
10	0m		31.57		32.45		33.30		34.20	34.24	33.96	32.35		28.69
	10m		31.65				33.50		34.25	34.24	33.96	33.90		28.82
20m			31.70		32.70		33.55		34.25	34.24	33.96	33.96		31.15
	30m		32.80				33.65		34.25	34.24	33.96	34.04		32.76
50m		33.72			33.65		33.70		34.20	34.24	34.09	34.04		33.33
	75m				33.90		34.02		34.20	34.24	34.10	34.17		33.81
100m			34.20		33.90		34.20		34.20	34.24				34.38
	11	0m		31.05		32.57		33.10		34.20	34.29	33.92	32.51	
10m			31.53				33.60		34.20	34.29	33.90	33.35		28.71
	20m		32.25		32.55		33.70		34.25	34.29	33.90	33.95		31.20
30m		32.40					33.75		34.25	34.29	33.90	34.12		32.44
	50m		33.70		33.80		33.95		34.25	34.29	33.95	34.12		33.10
75m		33.87			33.90		34.08		34.25	34.25	34.20	34.14		33.78
	100m		34.10		34.00		34.25		34.25	34.22				34.40

2. 군집구조

2-1. 종조성

조사기간 중 식물플랑크톤의 총 출현종수는 22과 50속 163종으로 규조류가 13과 37속 117종, 와편모조류가 6과 7속 38종, 규질편모조류가 1과 2속 4종, 녹조류가 1과 3속 3종, 유글레나류가 1과 1속 1종, 그리고 미동정종 10종으로 구성되어 있다(Appendix). 출현종의 구성비율은 규조류가 71.7%, 와편모조류가 23.3%, 규질편모조류가 2.5%, 녹조류가 1.8%, 유글레나류가 0.7% 차지하고 있었다. 제주도 북방해역인 탐동 연안역에서는 규조류가 69.9%, 와편모조류가 30.1% 차지하였고(이, 1989), 삼양 연안역에서도 규조류가 73.3%, 와편모조류가 24.1% 차지하고 있어(고와 전, 1984) 제주도 북부해역은 규조류와 와편모조류가 전체 식물플랑크톤의 95% 이상을 차지하고 있었음을 알 수 있고, 한국 연안해역에서 구성비율도 규조류가 75.0%, 와편모조류가 22.9%를 나타내어(조, 1986) 본 조사 해역은 한국 연안해역과 식물플랑크톤 구성비율에 있어서 유사성을 나타내고 있었다.

월별 변화를 보면 9월에 50종으로 가장 높고, 7월과 8월 그리고 3월에 13종으로 낮은 출현 변화를 보였다(Fig. 5). 전체 종의 출현변화에 규조류가 대부분을 차지하였으나 90년 7월에는 규조류 보다는 와편모조류의 출현이 높아지고 있는데, 이러한 결과는 90년 하계에 한림과 표선의 해안선 주변에 편모조류와 녹조류의 이상번식(미발표관측)과 이(1990)의 탐동 연안해역에서 하계에 와편모조류의 구성비율이 높아지는 결과와 일치하고 있었다.

정점별로 보면 정점 1에서 37종, 정점 6에서 68종, 정점 10에서 28종이 출현

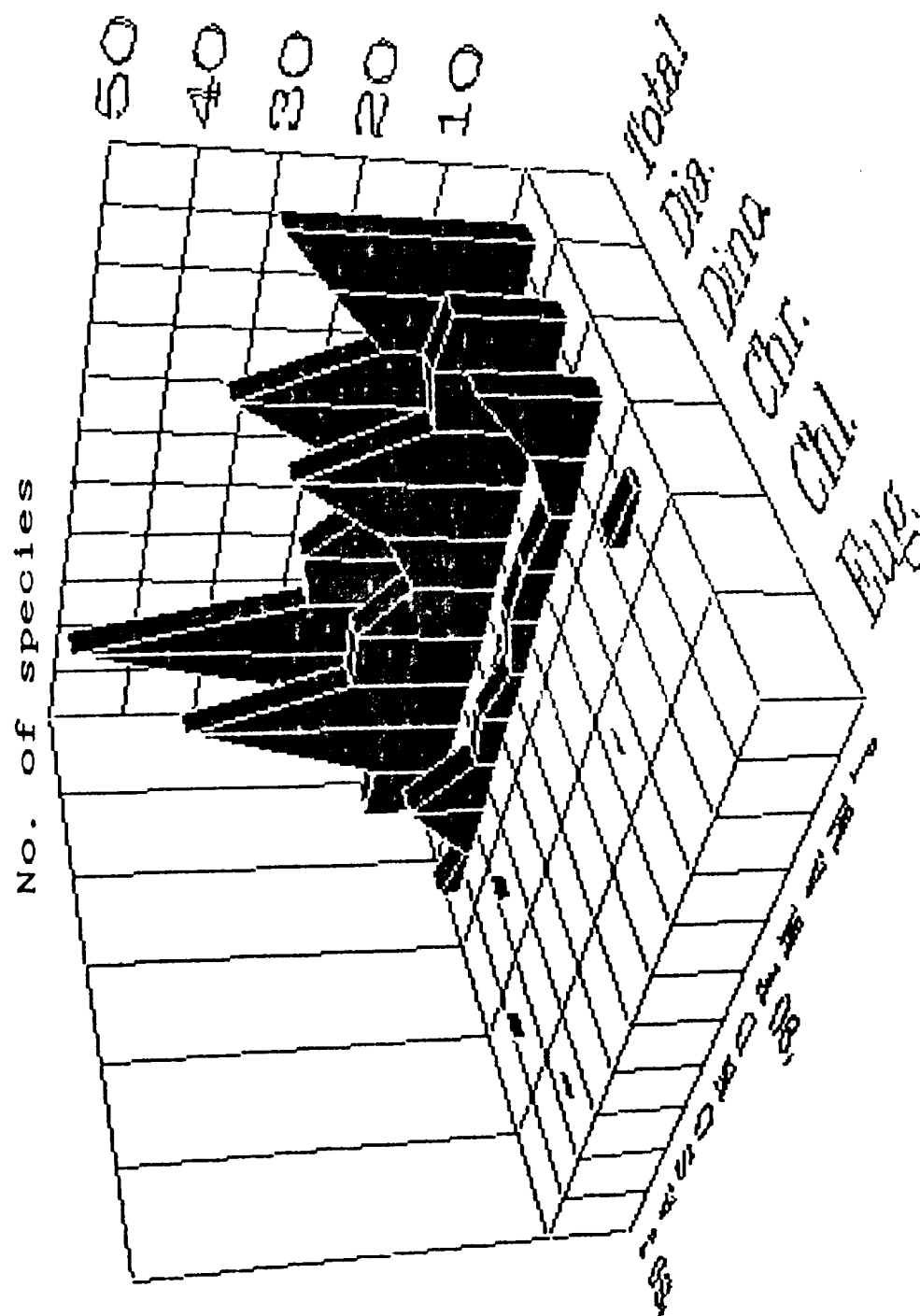


Fig. 5. Monthly variations of number of occurrence species in Hamduk area during the period from July, 1989 to July 1990.

하여 연안역과 외양역의 중간정점인 정점 6에서 가장 높게 나타나고 있었으며, 연안역이 외양역에 비해 많은 출현종수를 나타내고 있었다(Table 4).

Table 4. Number of species of pytoplankton on each station and each layer in Hamduk area during the study period.

	'89 J	A	S	O	N	D	'90 J	F	M	A	M	J	J	Total
St.1	4	4	12	3	4			3	3	2	4		4	37
St.6	4	3	16	4	4	6		6	8	4	4		18	68
St.10		3		2		4		3	8	3	4		3	28

St.6

	'89 J	A	S	O	N	D	'90 J	F	M	A	M	J	J	Total
0m	4	3	16	4	4	6		6	8	4	4		18	68
10m		3	25	7	13			6	13	5	12		7	74
20m	5	4	10	6	7	4		3	13	5	6		5	57

수심별로는 정점 6의 표층(0m)에서 68종, 10m층에서 76종, 20m층에서 56종이 출현하고 있어 표층과 20m층에서 보다 10m층에서 많은 출현 종수를 나타내고 있었다(Table 4).

2-2. 우점종의 동태

우점종의 선정은 조사해역의 해양환경의 특성에 따라 선정 방법이 다르기 때문에 어떠한 기준을 정하기가 어려우나 본 조사해역은 조사기간 중 각 정점의 표층에 출현한 종 중 현존량의 50%이상을 나타낸 종을 우점종으로 선정하였으며 모두 13종으로 규조류에 속하고 있었다(Fig. 6). 현존량의 50-70%를 점유한 종은 *Amphipleura rutilans*, *Asterionella kariana*, *Chaetoceros constrictus*, *Chaetoceros decipiens*, *Chaetoceros lauderii*, *Chaetoceros vanheurckii*,

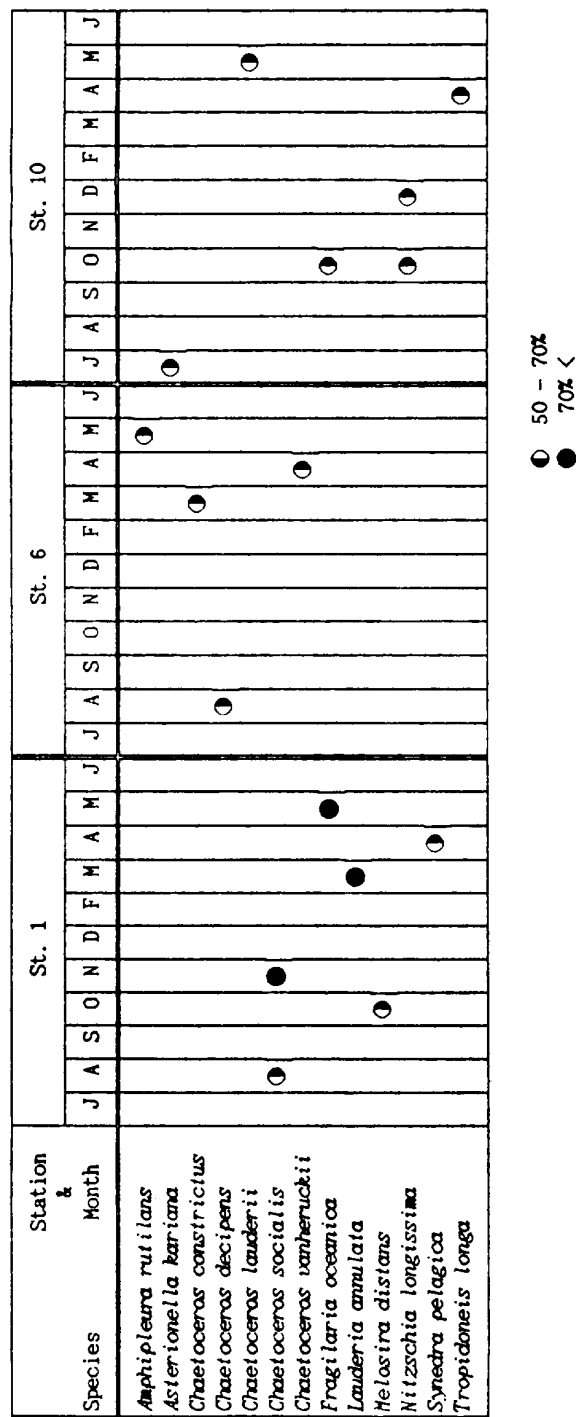


Fig. 6. Monthly distribution of dominant species in Hamduk area during the period July, 1989 to July, 1990.

Melosira distans, *Nitzschia longissima*, *Synedra pelagica*, *Tropidoneis longa* 등 10종이며, 70% 이상을 점유한 종은 *Chaetoceros socialis*, *Fragilaria oceanica*, *Lauderia annulata* 등 3종이었다.

월별로 보면 전 우점종이 10월과 4월 그리고 5월에 각각 3종씩 나타나고 있었으며, 8월과 3월에 각각 2종, 7월과 11월 그리고 12월에 각각 1종씩 나타나고 있었다. 그 중 특히 대증식이 일어나는 시기인 4월과 5월에는 *Amphipleura rutilans*, *Chaetoceros laudarii*, *Chaetoceros vanheurckii*, *Fragilaria oceanica*, *Synedra pelagica*, *Tropidoneis longa* 으로 50 - 70%인 종이 5종, 70%이상을 차지하고 있는 종이 1종으로 모두 6종이 출현하여 전체 우점종 출현 비율중 37.5%의 높은 비율을 차지하고 있었다.

정점별로는 정점 1에서 *Chaetoceros socialis*, *Fragilaria oceanica*, *Lauderia annulata*, *Melosira distans*, *Synedra pelagica* 등이 70%이상 을, 정점 6에서는 *Amphipleura rutilans*, *Chaetoceros constrictus*, *Chaetoceros decipiens*, *Chaetoceros vanheurckii* 등이 출현하여 *Chaetoceros*속이 우점하였으며, 정점 10에서 *Asterionella kariana*, *Chaetoceros laudarii*, *Nitzschia longissima*, *Tropidoneis longa*등이 우점하였다.

이와같은 결과로 볼 때 70%이상을 점유하는 우점종이 가장 연안역에 위치한 정점 1에서만 나타났으며 89년 9월과 90년 7월에는 우점종이 출현을 하지않고 있었다. 전체 우점종 중 *Chaetoceros*속이 모두 5종으로 가장 많은것으로 나타나고 있었는데, 이는 유와 이(1982)의 고리원자력발전소의 주변해역과 조(1986)의 한국 연안 해역에서 보고한 우점종중 *Chaetoceros*속이 높은 비율을 차지하는 결과와 일치하고 있었으며, 제주도 북방탐동연안해역에서 규조류만이 우점하고 있는 것과 같은 결과를 나타내었으나(이, 1989), 오염 수역인 진해만의 경우 크기

가 작은 규조류와 와편모조류가 단일종 또는 복합적으로 대발생을 일으키고 있는 것(Yoo and Lee, 1980)과는 달리 본 해역의 우점종은 단순한 종 조성 및 동태의 특징을 보이고 있다고 생각된다.

3. 종다양성

조사기간중 출현한 식물플랑크톤 군집의 종다양성을 종다양성지수로 보면 년중 표층에서 0.49-2.27로 나타났으며, 3월에 가장 낮고 9월에 가장 높게 나타나고 있었다(Fig. 7). 월별 종다양도의 동태를 보면 9월과 3월에 높게 나타나고 있었으며 8월과 4월에 낮게 나타나고 있었다. 종다양성지수가 9월에 높게 나타나는 이유는 9월에는 우점종이 나타나고 있지 않았기 때문이라고 생각되어지며,

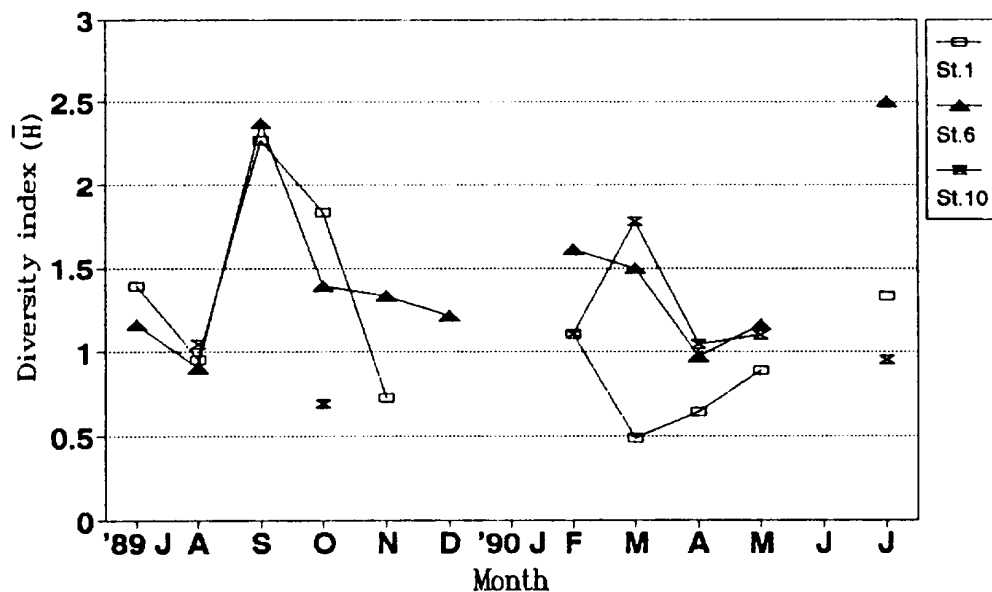


Fig. 7. Monthly variations of diversity indices of phytoplankton community in Hamduk area during the period July, 1989 to July, 1990.

4월과 5월에는 낮게 나타나고 있는데 이는 전체 우점종의 구성비율 중 37.5%가 4월과 5월에 나타나고있어 종다양성은 낮아졌기 때문이라고 생각된다.

정점별로는 정점 1에서 0.49 - 2.27, 정점 6에서 0.97 - 2.38, 정점 10에서 0.69 - 1.78의 범위를 나타내고있어 연안역에서 외양역으로 갈수록 종다양성은 낮아지고 있었다.

수심별로는 표층(0m)에서 0.97 - 2.38, 10m층에서 1.01 - 2.71, 20m층에서 0.79 - 1.86의 범위를 나타내고 있어 10m층에서 가장 높은 종다양성을 나타내고 있었으며, 20m층에서 가장 낮은 종다양성을 나타내고 있었다(Fig. 8). 또한 타 해역과의 종다양성을 비교하여보면 장과 심(1986)의 춘계 서해에서의 0.39 - 2.47의 범위와 유사하였으며, 유과 이(1976)의 마산만에서의 0.48 - 3.09보다 낮게 나타나고 있었으며, 이(1989)의제주 북부 해역인 탐동에서 나타난 1.05 - 4.63과 비교하면 월등히 낮은 다양도를 나타내고 있었다.

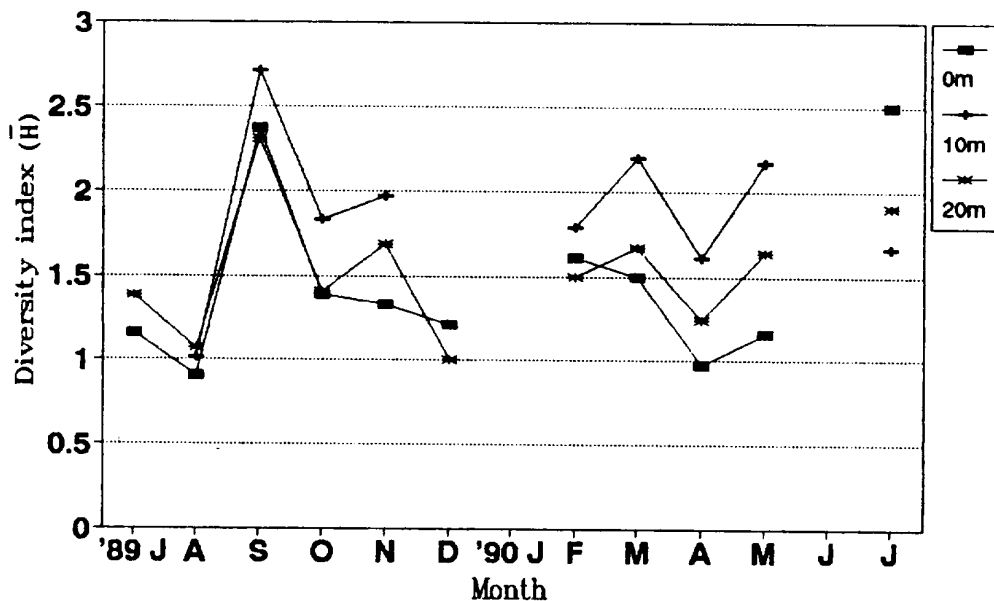


Fig. 8. Monthly variations of diversity index of phytoplankton to community at each layer in Hamduk area during the period from July, 1989 July, 1990.

이러한 결과 볼 때 조사해역은 9월에는 안정된 군집을 이루고 있으나, 4월과 5월에는 안정성이 떨어지고 있으며, 외양역에 비해 연안역의 식물플랑크톤의 군집 구조가 더욱 안정되어 있다고 생각되어진다.

3. 군집동태

3-1. 현존량의 동태

조사기간 중 식물플랑크톤의 현존량은 1,296-143,987cells/ℓ의 범위를 나타내었으며 89년 7월에 가장 낮았고 8월에 가장 높게 나타나고 있었다. A Line의 표층에서의 월별 변화를 보면 9월부터 11월에 걸쳐 높게 나타나다가 12월부터 감소하고 있었으며, 다시 3월부터 증가하기 시작하여 4월에 높은 현존량의 분포를 나타내다가 7월에 들어서 다시 낮아지는 경향을 나타내었다(Fig. 9).

정점별로는 연안역(정점 1, 3, 6)의 현존량이 12월을 제외하고 대부분이 $10^4 - 10^5$ cells/ℓ의 범위를 나타내었으나 외양역(정점 9, 10, 11)에서는 대부분이 10^4 cells/ℓ 이내의 범위를 나타내어 연안역에서 외양역으로 갈수록 현존량이 감소하고 있음을 알 수 있었다.

수심별로는 연안역과 외양역의 대부분이 표층 - 30m층이 다른 층보다 높은 현존량의 분포를 나타내었는데, 외양역인 정점 9에서의 변화를 보면 8월 - 10월, 5월 - 7월 걸쳐 표층부터 30m층까지 높은 현존량을 나타내었으며, 그외의 수심에서는 낮은 현존량의 분포를 나타내었다(Fig. 10). 정점 10에서는 3월과 5월에 표층에서부터 30m층에 걸쳐 높은 현존량을 보였을뿐 그 이심에서는 낮은 분포를 나타내고 있었다(Fig. 11). 따라서 조사 해역의 식물플랑크톤은 대부분이 30m층 상부에 높게 분포하고 있다고 할 수 있다.

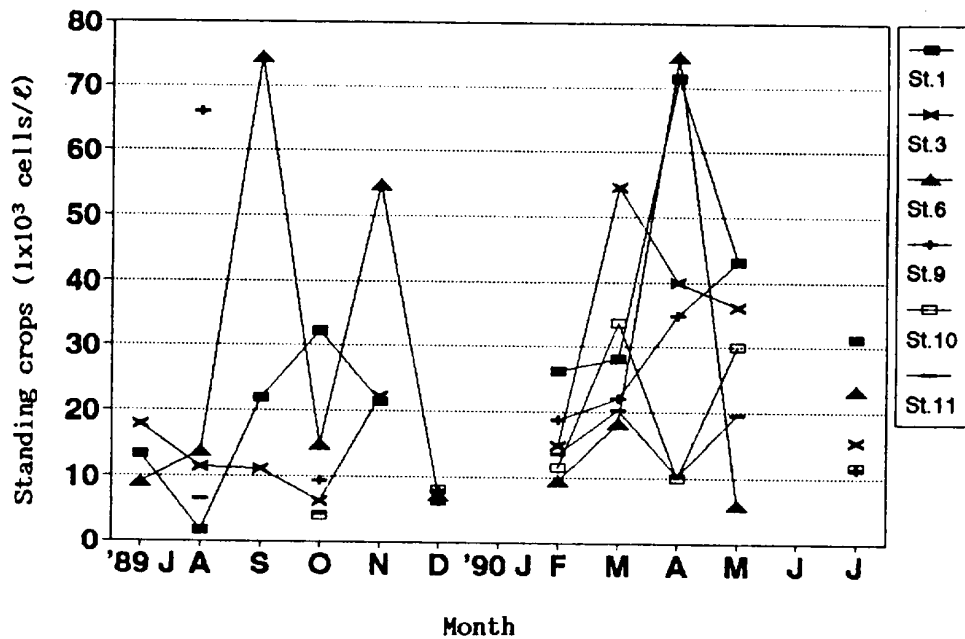


Fig. 9. Monthly variation of phytoplankton standing crops on surface water in Hamduk area during the period from July, 1989 to July 1990.

이러한 결과로 볼 때 조사해역의 식물플랑크톤의 현존량은 $10^3 - 10^5$ cells/ℓ의 범위를 나타내어 고과 전(1984)의 삼양연안역의 2,425 - 590,105 cells/ℓ와 이(1989)의 탐동연안역의 1,892 - 535,247 cells/ℓ에 비해 아주 낮은 현존량을 나타내고 있었으나, Shim and Park(1984)의 한국 서남해역의 년 평균 12,050 cell/ℓ보다는 높게 나타나고 있었다. 그러나 월별 변화양상은 위 조사와 모두 유사한 경향을 보이고 있었으며, 4월의 높은 현존량의 본포를 나타내는것은 수 온의 상승과, 일광시간과 강도의 증가등으로 인해 식물플랑크톤의 성장에 좋은 조건이 이루어지기 때문인 것으로 생각되어진다.

분류군별로 현존량의 동태를 살펴보면 규조류가 7,186-38,211cells/ℓ의 범위를 나타내며 전체 평균현존량에 97% 이상을 차지하고, 와편모조류는 8,502 -

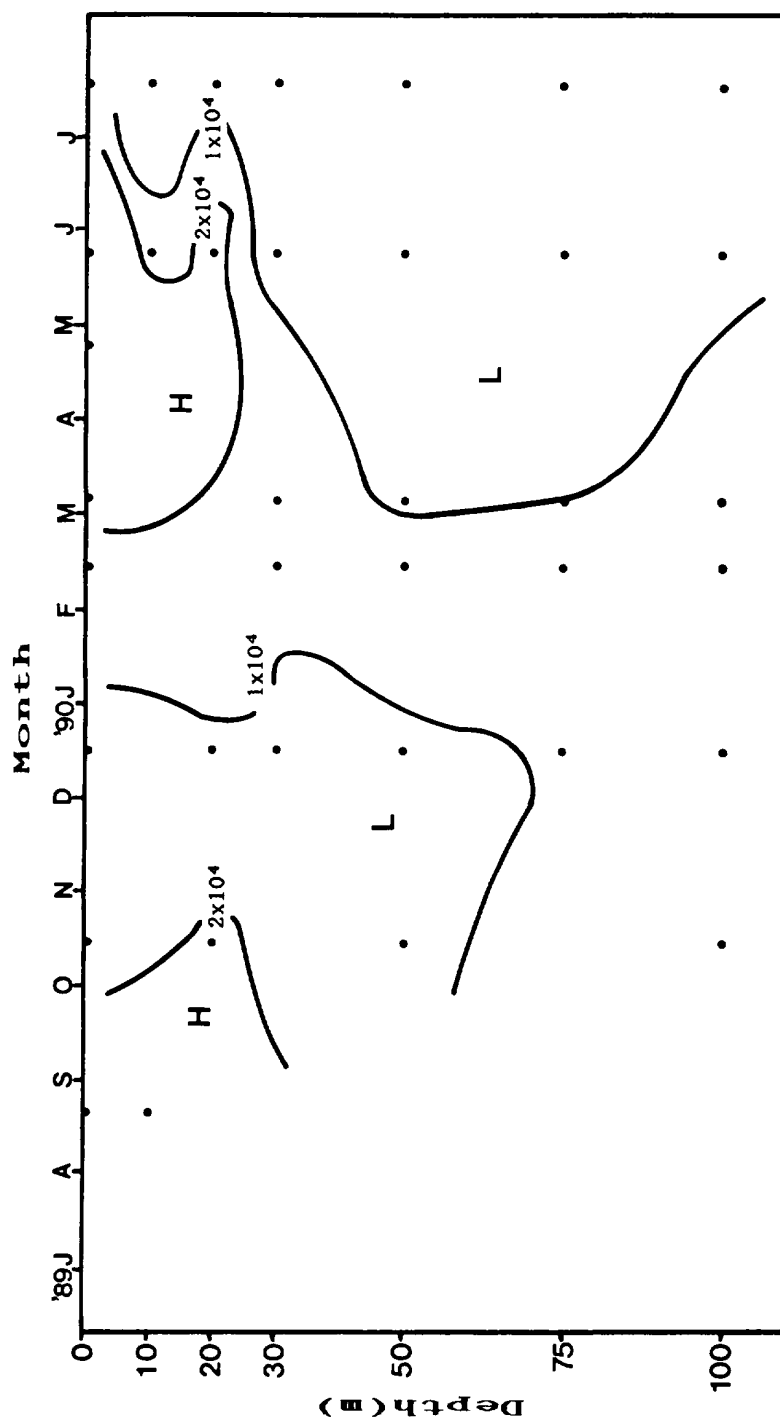


Fig.10. Monthly changes and distribution of phytoplankton stading crops at station 9 during the period from July, 1989 to July, 1990.

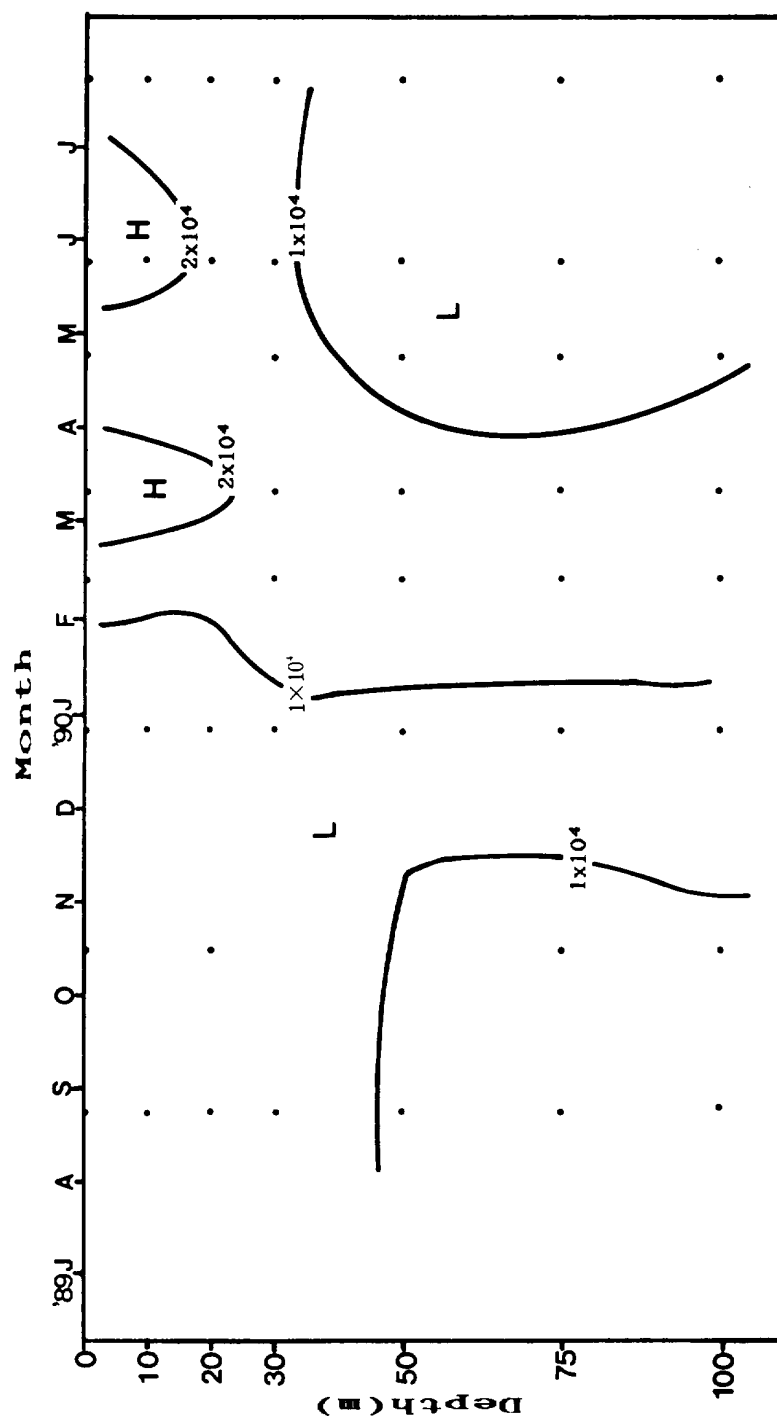


Fig.11. Monthly changes and distribution of phytoplankton stading crops at station 10 during the period from July, 1989 to July, 1990.

51,749 cells/ℓ의 범위로 전체 평균 현존량에 3%를 차지하여 식물플랑크톤의 동태는 규조류에 의해 좌우되었고 와편모조류는 거의 영향을 미치지 못하였다 (Fig. 12).

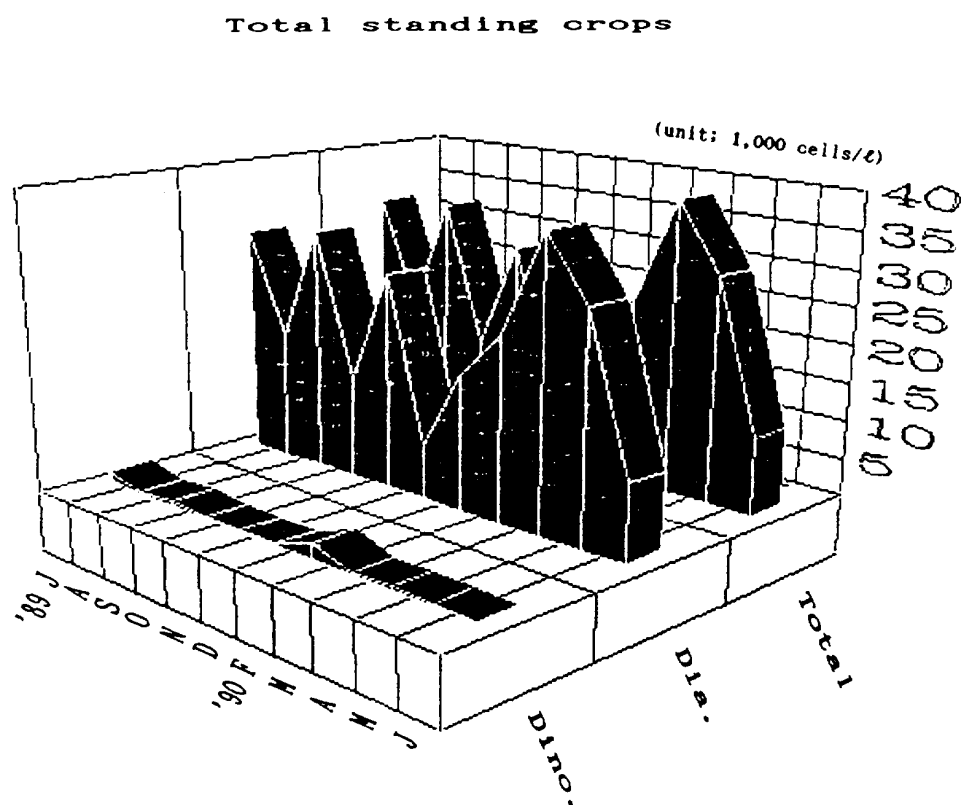


Fig.12. Monthly variations of mean standing crops composition of each phytoplankton taxa in Hamduk area during the period July, 1989 to July, 1990.

3-2. 크기군별 현존량의 동태

조사기간 중 출현한 식물플랑크톤의 세포 길이(cell length)를 기준으로 하여 크기별로 나누어 각 정점별로 각각의 크기군에 대한 현존량을 구하였다. 크기군의 분획은 $20\mu\text{m}$ 이하 부터 $100\mu\text{m}$ 이상 까지 $20\mu\text{m}$ 간격으로 나뉘 출현종의 크기를 구분하였다 (Table 5).

분석결과 전체 출현종 중 크기군별 현존량 비율을 보면 $20\mu\text{m}$ 이하 크기군이 6.6 - 70.8%의 범위로 가장 높은 비율을 차지하고 있었으며 $20 - 40\mu\text{m}$ 크기군이 2.2 - 69.7%를, $100\mu\text{m}$ 이상 크기군이 1.5 - 22.2%를, $40 - 60\mu\text{m}$ 크기군이 1.3 - 29.5%를, $60 - 80\mu\text{m}$ 크기군이 1.5 - 17.1%를, $80 - 100\mu\text{m}$ 크기군이 1.1 - 5.7%의 범위를 차지하고 있었다.

월변화를 보면 $20\mu\text{m}$ 이하 크기군과 $20 - 40\mu\text{m}$ 크기군이 전체 현존량의 65.1%로 높은 비율을 차지하고 있었으며 두 크기군이 서로 역의 상관성을 보여 11월에 $20 - 40\mu\text{m}$ 크기군 높은 반면 $20\mu\text{m}$ 이하의 크기군은 낮아지고 있었고, 4월에 $20\mu\text{m}$ 이하의 크기군이 높은 반면 $20 - 40\mu\text{m}$ 크기군은 낮아지고 는 경향성을 보이고 있었다(Fig.13).

정점별로는 연안역에서 $40\mu\text{m}$ 이하의 크기군($20\mu\text{m}$ 이하와 $20 - 40\mu\text{m}$)들이 높은 비율을 차지하고 있었으며, 외양역에서는 $40\mu\text{m}$ 이상의 크기군들이 높은 비율을 나타내었다(Table 6).

따라서 조사해역의 크기군별 현존량의 비율은 $20\mu\text{m}$ 이하와 $20 - 40\mu\text{m}$ 의 크기군은 높은 비율을 차지하고 있었으며 다른 크기군들은 낮은 현존량의 비율을 차지하고 있었다. 또한 연안역에서 외양역으로 갈수록 크기가 작은종이 현존량에 차지하는 구성비율이 점차 적어져 외양역에서는 크기가 큰종이 높은 현존량의 구

Table 5. List of phytoplankton at different size class in Hamduk area.

Species Name		Species Name		Species Name				
12.5	20um	<i>Achnanthes brevipes</i>	30	20-40um	<i>Coroneis scutellum</i>	40.5	40-60um	<i>Nephroselmis longicauda</i>
17.5	20um	<i>Asterionella bleekerleyii</i>	37.5	20-40um	<i>Ditylum brightwellii</i>	80	60-80um	<i>Amphora proteus</i> var. <i>acutata</i>
15	20um	<i>Bacteriastrium elegans</i>	32.5	20-40um	<i>Aminalus huxleyi</i>	75	60-80um	<i>Coccioidiscus anguste-lineatus</i>
15	20um	<i>Bacteriastrium hyalinum</i>	37.5	20-40um	<i>Leptocylindrus minimus</i>	62.5	60-80um	<i>Diatoma elongatum</i>
5	20um	<i>Chaetoceros affinis</i>	25	20-40um	<i>Licophora lyngbyei</i>	67.5	60-80um	<i>Fragilaria islandica</i>
7.5	20um	<i>Chaetoceros brevis</i>	25	20-40um	<i>Paragloria brauni</i>	62.5	60-80um	<i>Gaillardella tropica</i>
10	20um	<i>Chaetoceros compressus</i>	25	20-40um	<i>Navicula subbracca</i>	62.5	60-80um	<i>Grammatophora oceanica</i>
17.5	20um	<i>Chaetoceros constrictus</i>	37.5	20-40um	<i>Witzschia longissima</i>	61.5	60-80um	<i>Aminalus sinensis</i>
14	20um	<i>Chaetoceros debilis</i>	25.8	20-40um	<i>Witzschia longissima</i> var. <i>reversa</i>	80	60-80um	<i>Navicula crucigera</i>
10	20um	<i>Chaetoceros decipiens</i>	25	20-40um	<i>Plagiogramma pulchellum</i>	65	60-80um	<i>Witzschia comutata</i>
7.5	20um	<i>Chaetoceros didymus</i>	27.5	20-40um	<i>Stephanodiscus aetnae</i> var. <i>minutula</i>	80	60-80um	<i>Witzschia pungens</i> var. <i>atlantica</i>
10	20um	<i>Chaetoceros laevis</i>	31.5	20-40um	<i>Stephanodiscus rotula</i>	65	60-80um	<i>Witzschia vitrea</i>
10	20um	<i>Chaetoceros lorenzianus</i>	37.5	20-40um	<i>Thalassiosira nitzeioides</i>	75	60-80um	<i>Pseudonannochloris stauroptera</i>
10	20um	<i>Chaetoceros sessanoensis</i>	22.5	20-40um	<i>Thalassiosira rotula</i>	62.5	60-80um	<i>Rhizosolenia delicatula</i>
7.5	20um	<i>Chaetoceros pelagicus</i>	37.5	20-40um	<i>Tropidoneis longa</i>	75	60-80um	<i>Thalassiothrix frauenfeldii</i>
12.5	20um	<i>Chaetoceros pseudodichchaeta</i>	40	20-40um	<i>Dinophysis schroederi</i>	62.5	60-80um	<i>Tropidoneis lepidoptera</i>
7.5	20um	<i>Chaetoceros radicans</i>	32.5	20-40um	<i>Diplopsalis lenticula</i>	71	60-80um	<i>Gymnodinium sanguineum</i>
12	20um	<i>Chaetoceros socialis</i>	25	20-40um	<i>Diplopsalis orbicularis</i> var. <i>ovata</i>	85	80-100um	<i>Amphora gigas</i> var. <i>salcata</i>
7.5	20um	<i>Chaetoceros vanderhooftii</i>	25	20-40um	<i>Gymnodinium viridescens</i>	75	80-100um	<i>Amphora hyalina</i>
19.4	20um	<i>Fragilaria oceanica</i>	27.5	20-40um	<i>Kofoidinium splendens</i>	67.5	80-100um	<i>Amphora lineolata</i>
12.5	20um	<i>Grammatophora marina</i>	30	20-40um	<i>Proocentrum balticum</i>	97.5	80-100um	<i>Campylodinium cybelliformis</i>
16.3	20um	<i>Paragloria elliptica</i>	37.5	20-40um	<i>Proocentrum compressum</i>	85	80-100um	<i>Corethron criophilum</i>
12.5	20um	<i>Paragloria pumila</i>	39	20-40um	<i>Proocentrum lima</i>	95	80-100um	<i>Witzschia frandevista</i>
10	20um	<i>Melosira distans</i>	25	20-40um	<i>Proocentrum scutellum</i>	92.5	80-100um	<i>Witzschia signa</i>
20	20um	<i>Melosira jurgensii</i>	30	20-40um	<i>Proocentrum triestianum</i>	98	80-100um	<i>Ceratium gracilis</i>
7.5	20um	<i>Melosira moniliformis</i>	30	20-40um	<i>Protoperidinium cernuus</i>	95	80-100um	<i>Ceratium kofoidii</i>
10	20um	<i>Melosira ovuloides</i>	37.5	20-40um	<i>Protoperidinium compressum</i>	87.5	80-100um	<i>Proocentrum nicos</i>
20	20um	<i>Navicula cancellata</i>	25	20-40um	<i>Protoperidinium orbiculare</i>	140	>100um	<i>Coccioidiscus gigas</i>
15	20um	<i>Witzschia navicularis</i>	25	20-40um	<i>Dictyocha fibula</i>	190	>100um	<i>Paragloria imitatrix</i>
12.5	20um	<i>Podosira stelliger</i>	30	20-40um	<i>Dictyocha fibula</i> var. <i>stajedia</i>	112.5	>100um	<i>Witzschia delicatissima</i>
8.8	20um	<i>Tabellaria bimilis</i>	40	20-40um	<i>Distephanus speculum</i>	137.5	>100um	<i>Witzschia lanceolata</i>
7.5	20um	<i>Thalassiosira hyalina</i>	30	20-40um	<i>Parasolenia squamata</i>	132.5	>100um	<i>Witzschia pacificum</i>
7	20um	<i>Thalassiosira mala</i>	27.5	20-40um	<i>Baglens pisciformis</i>	117.5	>100um	<i>Witzschia ricta</i>
7.5	20um	<i>Diplopsalis globula</i>	47.5	40-60um	<i>Achnanthes longipes</i>	105	>100um	<i>Witzschia seriata</i>
20	20um	<i>Gymnodinium crassum</i>	42	40-60um	<i>Asterionella laticornis</i>	130	>100um	<i>Ocostella sinensis</i>
7.5	20um	<i>Gymnodinium fissum</i>	47.5	40-60um	<i>Chaetoceros pendulus</i>	137.5	>100um	<i>Rhizosolenia bergonii</i>
20	20um	<i>Protoperidinium pellucidum</i>	50	40-60um	<i>Danikina recta</i>	650	>100um	<i>Rhizosolenia bebetata</i>
12	20um	<i>Pyrophacus steinii</i>	57.5	40-60um	<i>Lauderia annulata</i>	107.5	>100um	<i>Rhizosolenia stalterfodii</i>
11.7	20um	<i>Pyramimonas grossii</i>	50	40-60um	<i>Leptocylindrus chinensis</i>	115	>100um	<i>Synedra pelagica</i>
25	20-40um	<i>Amphilepta rutilans</i>	42.5	40-60um	<i>Witzschia majuscula</i> var. <i>lineata</i>	130	>100um	<i>Synedra tabulata</i>
35	20-40um	<i>Amphipora alata</i>	42	40-60um	<i>Thalassiosira pacifica</i>	125	>100um	<i>Synedra tabulata</i> var. <i>gracilis</i>
32.5	20-40um	<i>Amphora arenicola</i>	50	40-60um	<i>Gonyaulax polyedra</i>	127.5	>100um	<i>Synedra undulata</i>
40	20-40um	<i>Amphora ostrearia</i> var. <i>vitrea</i>	58.8	40-60um	<i>Gonyaulax spinifera</i>	110	>100um	<i>Thalassiosira leptopus</i>
25	20-40um	<i>Amphora quadrata</i>	50	40-60um	<i>Gymnodinium lohmani</i>	150	>100um	<i>Thalassiothrix delicatula</i>
32.5	20-40um	<i>Caloneis linearis</i>	47.5	40-60um	<i>Protoperidinium achromatium</i>	112.5	>100um	<i>Thalassiothrix longissima</i>
21	20-40um	<i>Chaetoceros atlanticus</i>	50	40-60um	<i>Protoperidinium depressum</i>	142.5	>100um	<i>Tropidoneis antarctica</i> var. <i>polyplasta</i>
25	20-40um	<i>Chaetoceros atlanticus</i> var. <i>adaxial</i>	43	40-60um	<i>Protoperidinium eccentricum</i>	140	>100um	<i>Ceratium azoricum</i>
35	20-40um	<i>Chaetoceros densus</i>	46	40-60um	<i>Protoperidinium ovatum</i>	105	>100um	<i>Ceratium humile</i>
27.5	20-40um	<i>Chaetoceros holatonicus</i>	38	40-60um	<i>Protoperidinium roseum</i>	220	>100um	<i>Ceratium tripos</i> f. <i>balticum</i>
22.5	20-40um	<i>Chaetoceros lauderii</i>	30	40-60um	<i>Protoperidinium thorianum</i>	200	>100um	<i>Ceratium tripos</i> var. <i>neglecta</i>
22.5	20-40um	<i>Chaetoceros pseudocinnatus</i>	42	40-60um	<i>Distephanus speculum</i> var. <i>retrocurvum</i>	190	>100um	<i>Ceratium tripos</i> var. <i>subaequalum</i>

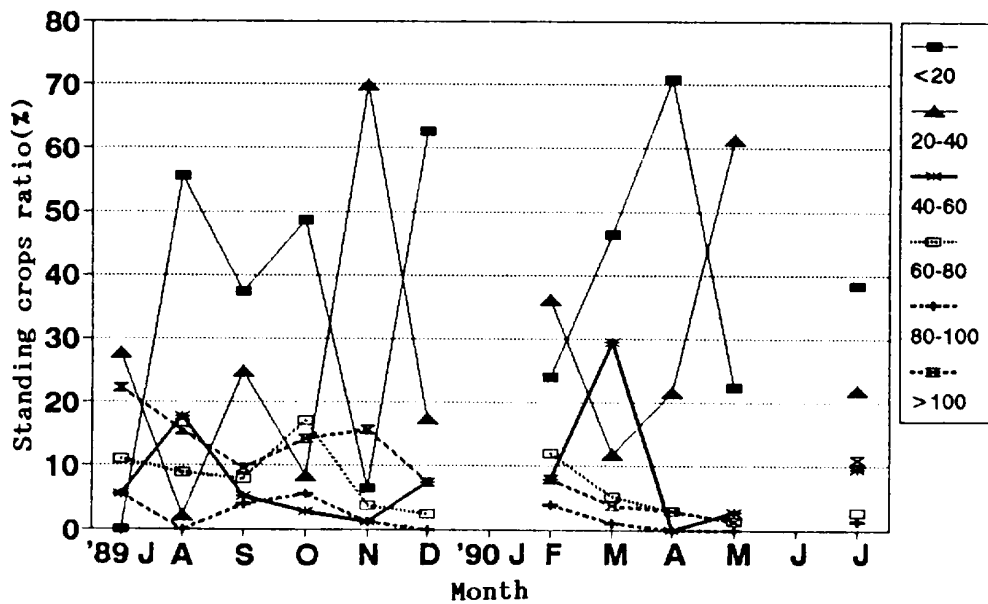


Fig.13. Monthly variations of standing crops ratio at different size class in Hamduk area during the period from July, 1989 to July, 1990.

성비율을 차지하고 있었다. 이러한 결과는 20 μ m이상의 크기군이 연안역에서 높게 나타나며 20 μ m이하의 크기군이 외양역에서 높게 나타나고 있다(Chang, 1988)는 결과와 반대되는 것이었다.

3-3. Chlorophyll-a의 동태

본 조사기간 동안 A line의 표층에서 나타난 식물플랑크톤 chlorophyll-a의 농도의 변화는 0.12 - 2.24 mg/m³의 범위로 5월에 가장 낮고, 8월에 가장 높은 농도를 나타내고 있었다(Fig. 14). 이러한 농도분포는 제주도 주변해역에서의 0.056 - 0.556 mg/m³ (전과 고, 1983)과 춘계 서해의 표층에서 나타난 0.13 - 1.13 μ g/l (장과 심, 1986)보다 높고 제주도 해안선주변에서의 0.30 - 3.89

Table 6. Percent of standing crops of phytoplankton in Hamduk area during the period from July, 1989 to July, 1990.

Station 1

	89 J	A	S	O	N	D	90 F	M	A	M	J	Avg
<20um	0.0	68.4	8.3	50.0	78.9		0.0	0.0	0.0	70.6	40.0	31.62
20-40um	50.0	5.3	54.2	0.0	15.7		33.3	13.3	33.3	5.9	20.0	23.10
40-60um	0.0	26.3	0.0	0.0	0.0		0.0	86.7	0.0	5.9	20.0	13.88
60-80um	50.0	0.0	4.2	0.0	0.0		33.3	0.0	0.0	0.0	0.0	8.75
80-100um	0.0	0.0	25.0	0.0	0.0		33.3	0.0	0.0	0.0	0.0	5.833
>100um	0.0	0.0	8.3	50.0	5.2		0.0	0.0	66.7	0.0	20.0	15.02

Station 6

	89 J	A	S	O	N	D	90 F	M	A	M	J	Avg
<20um	0.0	62.5	18.4	0.0	0.0	73.7	50.0	66.7	84.6	0.0	58.5	37.67
20-40um	22.2	0.0	42.1	50.0	40.0	10.5	40.0	6.7	15.4	100.0	19.5	31.49
40-60um	0.0	0.0	5.3	25.0	0.0	15.8	0.0	23.3	0.0	0.0	12.2	7.416
60-80um	0.0	12.5	5.3	25.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.887
80-100um	11.1	0.0	5.3	0.0	20.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.306
>100um	11.1	25.0	10.5	0.0	40.0	0.0	0.0	3.3	0.0	0.0	9.8	9.066

Station 10

	89 J	A	S	O	N	D	90 F	M	A	M	J	Avg
<20um		0.0		0.0		0.0	0.0	47.1	0.0	0.0	20.0	8.382
20-40um		0.0		50.0		50.0	0.0	13.7	100.0	80.0	20.0	39.21
40-60um		50.0		0.0		0.0	33.3	15.7	0.0	0.0	0.0	12.37
60-80um		25.0		50.0		12.5	0.0	21.6	0.0	0.0	0.0	13.63
80-100um		0.0		0.0		0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.245
>100um		25.0		0.0		25.0	66.7	0.0	0.0	0.0	0.0	14.58

mg/m³(최등, 1989)보다는 낮은 농도 분포를 나타내고 있었다.

월별 변화를 살펴보면 89년 7월부터 90년 2월까지의 chlorophyll-a의 농도가 점차 감소하다가 3월부터 증가하기 시작하여 4월에 높게 나타나다가 다시 감소하는 변화를 보여, 이러한 chlorophyll-a의 농도와 현존량의 월별 변화와 동일하게 나타나고 있었다. 이러한 변화 양상은 제주도 해안선 주변의

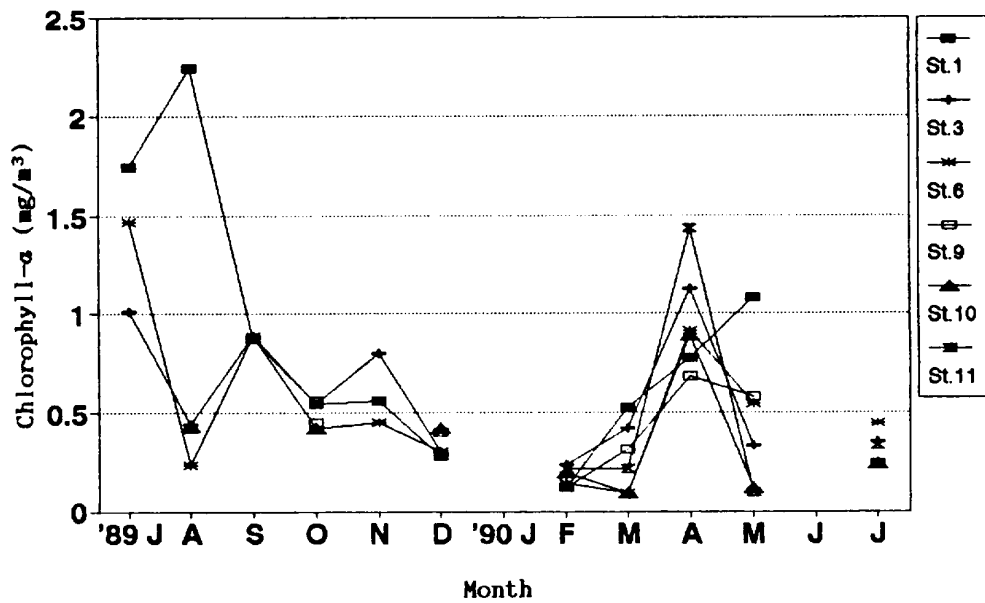


Fig.14. Monthly variations of chlorophyll-a on surface water in Hamduk coastal area during the period from July, 1989 to July, 1990.

chlorophyll-a의 월별 변화(좌, 1990)의 결과와 일치하고 있었다.

정점별 변화를 보면 정점 1의 89년 7월과 8월을 제외하고는 1.5 mg/m^3 이하의 농도를 나타내고 있었으며, 연안역에서는 $0.12 - 2.24$, 외양역에서 $0.10 - 1.43 \text{ mg/m}^3$ 의 농도 범위를 나타내어, 연안역이 외양역에 비해 높은 농도의 변화를 나타나고 있었다.

이러한 결과는 조사 해역의 경우 연안역에서의 식물플랑크톤의 생산량이 높은 것과 $20\mu\text{m}$ 이하의 크기군이 연안역에서 높은 비율을 차지하고 있어 chlorophyll-a의 농도가 연안역에서 높게 나타나고 있다고 생각되어지며, 천수만에서 chlorophyll-a의 변화 양상은 식물플랑크톤의 개체수의 공간적인 분포와 매우 유사하여 내만으로 갈수록 증가하고 있다(신, 1989)는 것과 New Zealand off westland에서 $20\mu\text{m}$ 이하의 크기군에서 chlorophyll-a의 함량이 89% 이상의 높

은 비율을 차지하고 있었다(Chang, 1988)는 연구 결과와 일치하고 있었다.

4. 기초생산력

조사 해역의 식물플랑크톤의 생물량 즉 현존량과 chlorophyll-*a*의 변화는 연안역에서 외양역으로 갈수록 감소하고 있었다. 이러한 생물량의 분포 변화와 식물플랑크톤이 가지고 있는 생산력은 어떠한 상관성이 있으며, 또한 연안역과 외양역에서 어떻게 나타나고 있는가를 알아보기위해 C^{14} 법에 의한 기초생산력 측정을 실시한 결과 시간당 기초생산력($mg\ C/m^3/hr$)은 추계에 0.69 - 6.27, 동계에 0.12 - 2.47, 춘계에 1.97 - 5.39, 하계에 0.61 - 5.51의범위를 나타내어 추계와 춘계에 높은 생산력을 나타내고 있었으며, 추계, 춘계, 하계에 높고 동계에 낮게 나타나고 있었다(Fig. 15).

정점별로는 연안역의 정점 1과 정점 6이 외양역의 정점 10에서 보다 높은 생산력을 나타내었으며 특히 정점별 표층의 기초생산력은 정점 1에서 동계를 제외하고 다른 정점에서 비해 생산력이 높게 나타나고 있었다. 수심별로는 10m층 상부에서 높은 생산력을 나타내며, 깊어 질수록 생산력은 감소하고 있었다.

식물플랑크톤의 탄소동화율(carbon assimilation number)를 단위 시간별 chlorophyll-*a*당 기초생산량($mg\ C/chl-a/hr$)으로 표시하였으며 0.89 - 23.96의 범위를 보였다. 계절별로는 하계에 1.36 - 23.96 로 가장 높은 동화율을 보였으며 추계에 2.91 - 12.06, 동계에 0.86 - 12.79, 춘계에 1.95 - 3.84 의 순으로 낮아지고 있었으며, 정점별로는 연안역이 외양역보다 동화력이 높고 수심별 동화력의 경우에는 표층에서 높고 수심이 깊어짐에 따라 감소하여 기초생산량과 같은 경향을 나타내었다(Fig. 17). 따라서 기초생산량은 다른 해역보다 낮은 분

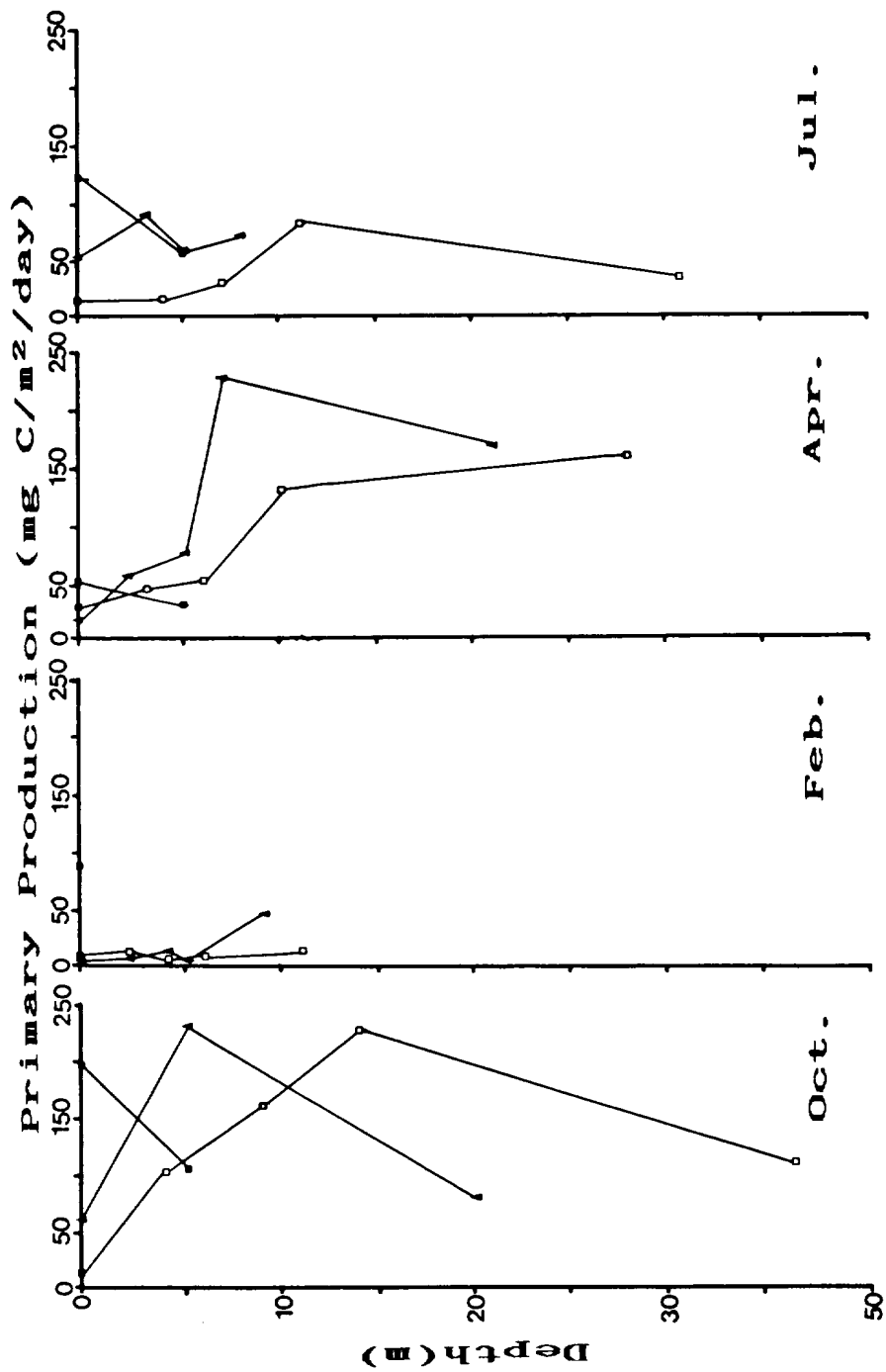


Fig.15. Seasonal variations of primary productivity at different euphotic layers in stations of A line in Hamduk area during the surveyed period.

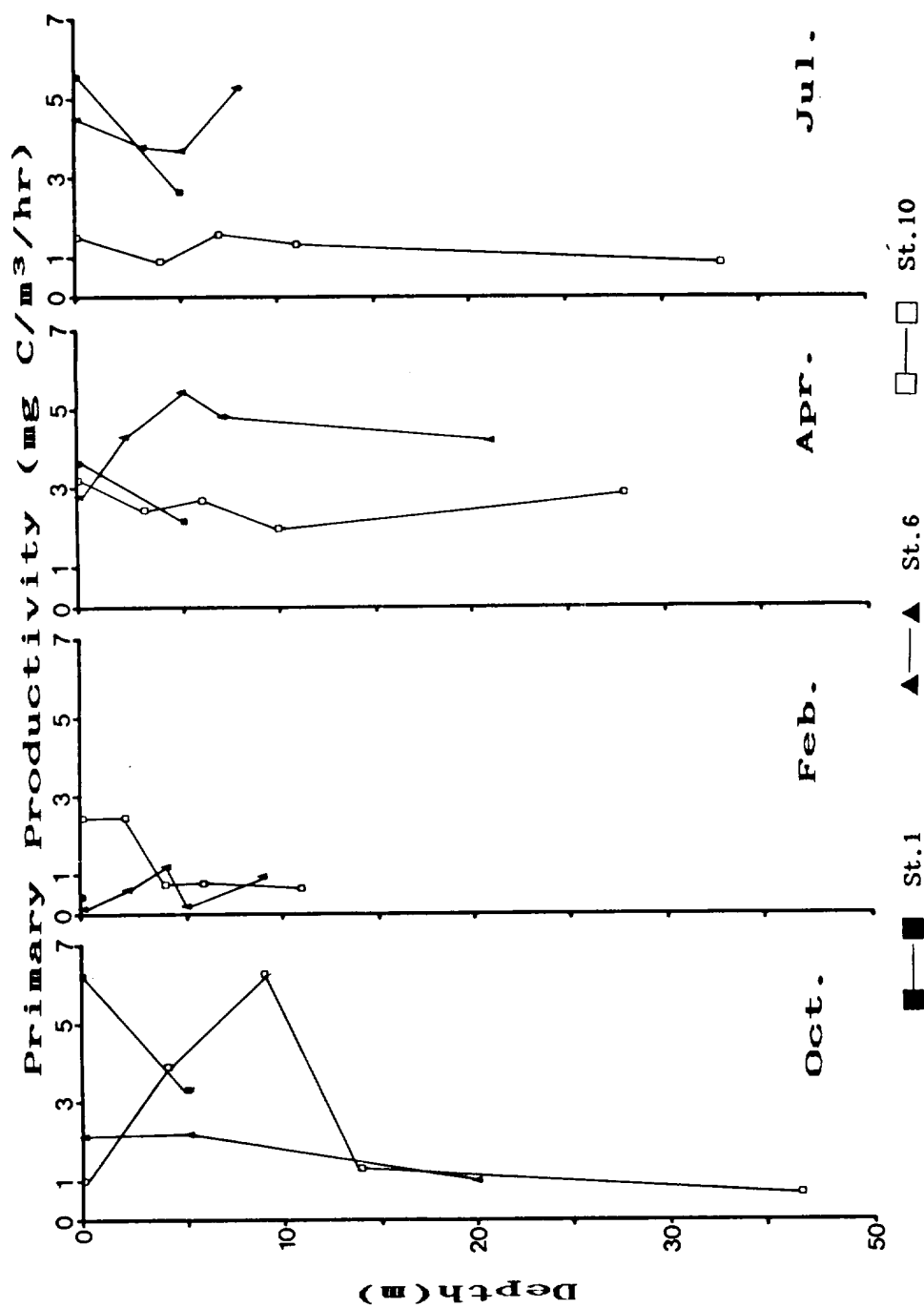


Fig.16. Seasonal variations of primary production at different euphotic layers in stations of A line in Handuk area during the surveyed period.

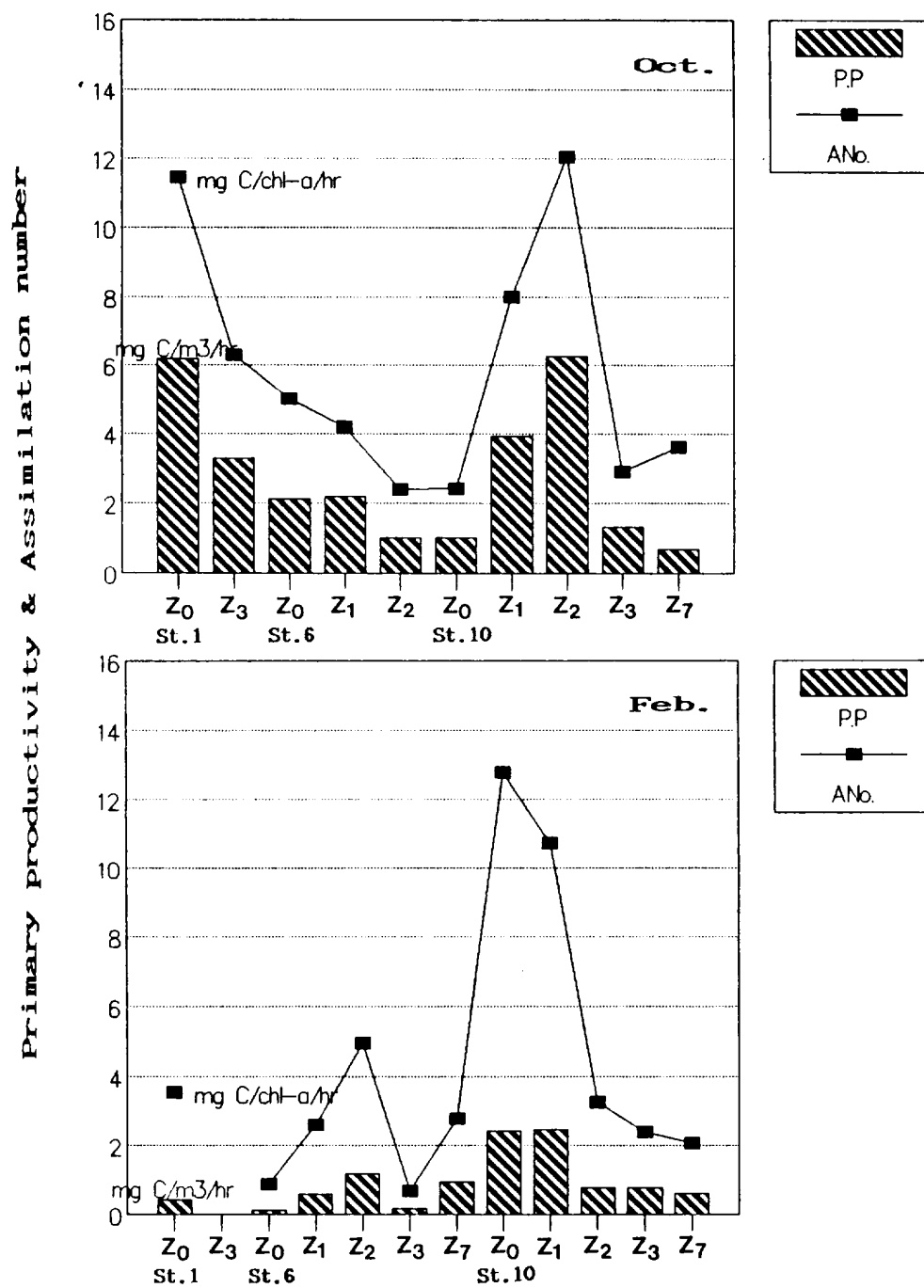
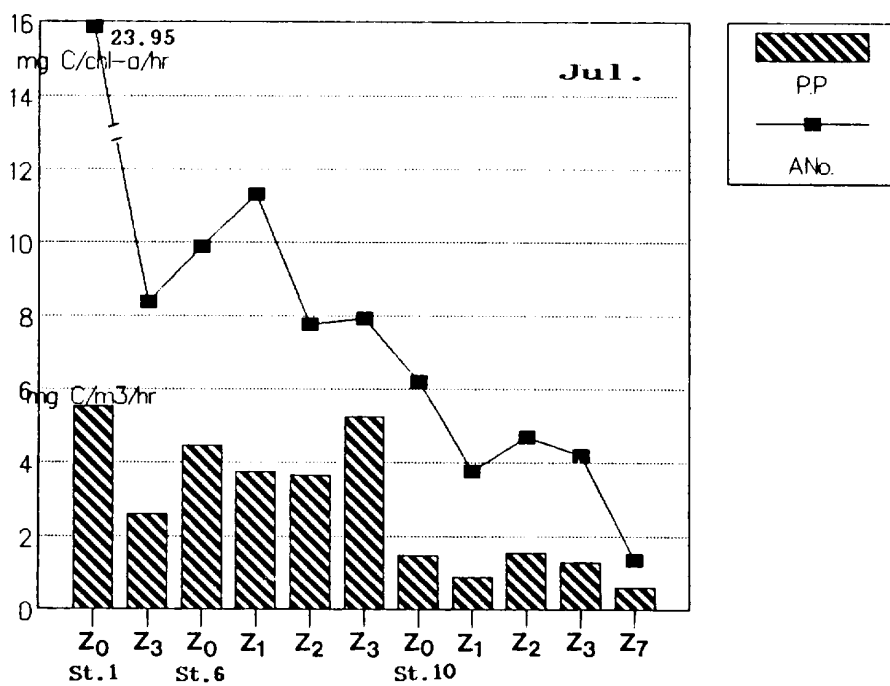
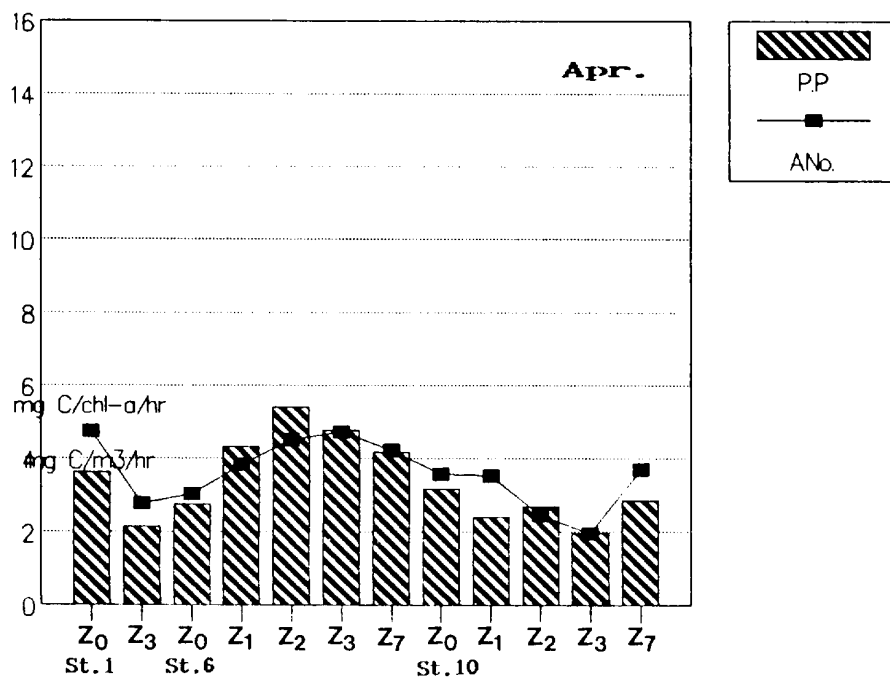


Fig.17. Seasonal variations of primary productivity and assimilation number in Hamduk coastal area during the period from July, 1989 to July, 1990.

Primary productivity & Assimilation number



포를 나타내는 반면 탄소동화율은 제주도 해안선부근의 0.15 - 8.39 (이등, 1989), 대한해협 3.50 - 17.98 mg C/chl-a/hr (진과 홍, 1985)에 비해 높게 나타나고 있었다.

일일 기초생산량(mg C/m²/day)의 월별 변화의 경우 추계(10월)에 12.93 - 229.17, 동계(2월)에 0.75 - 87.71, 춘계(4월)에 17.74 - 225.63, 하계(7월)에 14.66 - 120.71 의 범위로서 추계, 춘계, 하계, 동계의 순으로 낮아지는 경향을 보이고 있어, 추계와 춘계에 높고 하계와 동계에는 낮은 생산량을 나타내고 있었다(Fig. 16).

정점별로는 정점 6에서 가장 높고 정점 10에서 가장 낮은 생산량을 나타내고 있었으며, 수심별로는 표층부터 10m사이의 수심에서 높은 생산량을 나타내고 있었으며 그이하의 수심에서는 낮은 생산량을 나타내고 있었다. 또한 정점 6과 정점 10에서 모두 표층보다는 그 이하의 수심에서 높은 생산량을 나타내고 있는 반면 정점 1에서는 표층에서의 생산량이 높게 나타나고 있었다.

이러한 결과를 타해역과 비교하여보면 일일 기초생산량의 경우 이등(1989)이 제주도 해안선 부근에서 측정한 범위인 1.31 - 117.04 (mg C/m³/day)에 비해 높고, 정과 박(1988)의 서해 경기만의 일일 기초생산량인 883.9(mg C/m²/day)보다는 훨씬 낮은 생산량을 나타내고 있었다. 또한 시간당 기초생산력의 경우에는 대한해협 0.57 - 13.05(mg C/m³/hr)에 비해 낮은 생산력을 나타내고 있었다(진과 홍, 1985). 또한 일반적으로 광합성은 빛과 온도에 영향을 받고있어 춘계에 높은 일일 기초생산량은 광조건이 호전됨에따라 수온이 상승하여 탄소동화율이 증가하고 식물플랑크톤의 현존량의 증가되어 높게 나타나며, 동계에는 현존량이 감소하고 수온의 저하되어 광합성 대사작용이 떨어지기 때문에 낮은 생산량을 나타내었다고 생각된다. 연안역에서의 높은 기초생산력은 20μm이하의 크기

균이 연안역에서 높게 나타나 기초생산력에 영향을 주고 있다고 생각되어지며 이러한 결과는 $20\mu\text{m}$ 이하의 크기균이 차지하는 기초생산력이 85%이상을 차지한다 (Chang, 1988)는 결과와 일치하고 있었다.

참고문헌

- 고유봉, 전득산. 1984. 제주도 삼양연안지역에서의 플랑크톤 연구. 제주대 해양연구소 연구보고, 8:19-30.
- 노홍길, 정공훈. 1980. 제주도 연안의 환경특성에 관한 기초연구 I. 제주대 해양연구소 연구보고, 4:1-5.
- 박용항. 1985. 조천연안역의 용천수와 해수유동 및 환경요인의 대상분포에 대한 고찰. 제주대 해양연구소 연구보고, 9:25-31.
- 방익찬, 김태희. 1989. 동지나해 해수분포의 계절변화와 해수순환. 제주대학교 논문집 (자연과학편), 28:61-73.
- 방익찬, 노홍길, 김유근, 김태희. 1990. 제주도 북방 함덕 해역에서의 기상과 해양의 관계. 제주대학교 논문집 Vol.30: 31-52.
- 신윤근. 1989. 천수만 표영생물계의 부유생물군 생산구조와 에너지 유동에 관한 연구. 서울대 박사학위논문, 161pp.
- 이준백. 1989. 제주도 북방 탐동연안해역 식물플랑크톤 군집의 종조성과 동태. 제주대학교 해양연구소 연구보고, 13:35-45.
- 이준백, 최영찬, 고유봉. 1989. 제주도 해안선주변 식물플랑크톤의 기초생산. 한국지구과학회지, 10:62-67.
- 이기완. 1979. 제주도 서귀포 연안 식물플랑크톤의 계절변화. 제주대 해양연구소 연구보고, 3:23-28.
- 양성기. 1984. 제주도 삼양연안해역의 해양환경학적 연구 -수온, 염분 및 용존산소의 분포-. 제주대 해양연구소 연구보고, 8:1-8
- 양성기, 조규대, 홍철훈. 1984. 추계 황해저층냉수의 이상 저수온 현상. 한국해

- 양학회지, 19(2):125-132.
- 유광일, 이종화. 1976. 마산만의 환경학적 연구. 2. 식물플랑크톤의 년변화. 한국해양학회지, 11(1):34-38.
- 유광일, 이진환. 1982. 고리원자력발전소 주변해역의 부유성 규조류에 관하여. 해양연구소 소보. 4:53-62.
- 장만, 심재형. 1986. 춘계 서해의 식물플랑크톤 연구. 해양연구, 8:1-11.
- 전득산, 고유봉. 1983. 제주도 주변해역의 chlorophyll- α 함량 분포. 제주대 해양연구소 연구보고, 7:23-27.
- 전득산, 변충규, 노섬. 1986. 진주조개 (*Pinctada fucata*) 의 치패생산 및 양식에 관한 환경학적 연구(3) 식물플랑크톤의 현존량과 환경특성. 제주대 해양연구소 연구보고, 10:65-73.
- 정경호, 박용철. 1988. 서해 경기만의 기초생산력 및 질소계 영양염의 재생산에 관한 연구. 한국해양학회지, 23(4):194-206.
- 정상철, 노홍길, 박길순, 전득산. 1983. 서귀포 연안해역의 기초생산에 영향을 미치는 해양환경. 한국수산학회지, 16:305-315.
- 조창환. 1985. 가을철 한국 주변해역의 Microplankton 및 Nanoplankton의 클로로필 함량과 분포. 한국수산학회지, 18(1):63-66.
- 조창환. 1986. 한국 연안해역 식물플랑크톤의 출현 및 분포양상. 한국조류학회지. 1(1):135-143.
- 좌종현. 1990. 제주도 해안선 주변 해역의 식물플랑크톤 군집동태 및 구조. 제주대 석사학위논문. 59pp.
- 진평, 홍성균. 1985. 대한해협 의 식물플랑크톤의 기초생산력. 한국수산학회지, 18(1), 74-83

- 최영찬, 고유봉, 이준백. 1989. 제주도 해안선 주변의 해수특성 (1987년 6월 - 1988년 4월). 한국지구과학회지, 10:54-61.
- 최정신. 1978. 동지나해의 두 해역에 있어서 미세플랑크톤의 분포. 한국수산학회지, 11:123-127.
- Chang, F.H. 1988. Distribution, abundance, and size composition of phytoplankton off Westland, New Zealand, February 1982. J. New Marine and Freshwater Research, 22:345-367.
- Chin, T.G., Z. Cheng, J. Lin and S. Liu. 1985. The Marine Benthic Diatoms in China. China Ocean Press, Beijing, 313pp.
- Cupp, E.E. 1943. Marine Plankton Diatoms of the West Coast of North America. Bull. Scripps Inst. Oceanogr., 5:1-237.
- Dodge, J.D. 1982. Marine Dinoflagellates of the British Isles. London Stationary Office, London, 303pp.
- Hendey, N.I. 1964. An Introductory Account of the Smaller Algae of British Coastal Waters. Part V. Bacillariophyceae (Diatoms). Her Majesty's Stationery Office, London, 317pp.
- Kokubo, K. 1955. Planktonic Diatoms, Shinkokai, Tokyo, 330pp.
- Lodwing, J.A. and J.H. Reynolds. 1988. Statistical Ecology. John Wiley and sons, pp.1-337
- Parsons, T. R., Y. Maita and C.M. Lalli. 1984. A Manual of Chemical and Biological Methods for Seawater Analysis. Pergamon Press, Oxford, 173pp.
- Shannon, C.E. and W. Weaver. 1963. The Mathematical Theory of

- Communication. University of Illinois press, 177pp.
- Shim, J.H. and S.H. Kahng. 1986. A comparative study of primary production by using the ^{14}C and oxygen methods. J. Oceanol. Soc. Korea, 21(2):73-84.
- Shim, J.H. and Y.C. Park. 1984. Community structure and spatial distribution of phytoplankton in the southwestern sea of Korea in June, 1980. J. Oceanol. Soc. Korea, 19(1):68-81.
- Shim, J.H. and Y.C. Park. 1986. Primary productivity measurement using Carbon-14 and nitrogenous nutrient dynamics in the southeastern sea of Korea. J. Oceanol. Soc. Korea, 21(1):13-24
- Simonsen, R. 1979. The Diatom system; Ideas on phylogeny. Bacillaria, 2:9-71.
- Strickland, J.D.H. and T.R. Parsons. 1972. A Practical Handbook of Seawater Analysis. Bull. Fish. Res. Bd. Canada. 167pp.
- Yamaji, I. 1984. Illustrations of the Marine Plankton of Japan. Hoikusha Publ., Osaka, 537pp.
- Yoo, K.I. and J.H. Lee. 1980. Environmental studies of the Jinhae Bay. 3. Ecology succession of phytoplankton population. 1974-1980. J. Oceanol. Soc. Korea, 15:100-107.

국 문 요 약

1989년 7월부터 1990년 7월까지 북방 함덕해역의 11개의 정점에서 식물플랑크톤의 군집구조와 동태를 조사하였다.

본 조사기간 동안에 출현한 식물플랑크톤의 총 출현종수는 22과 50속 163종으로 규조류가 13과 37속 117종, 와편모조류가 6과 7속 38종, 규질편모조류가 1과 2속 4종, 녹조류가 1과 3속 3종, 유글레나류가 1과 1속 1종 그리고 미동정종 10종으로 나타났다. 출현종의 구성비율은 규조류가 71.7%, 와편모조류가 23.3%, 규질편모조류가 2.5%, 남조류가 1.8%, 유글레나류가 0.7%를 차지하고 있었으며, 월별변화를 보면 9월이 50종으로 가장 많았고, 7월과 8월 그리고 3월에 13종으로 낮게 나타나고 있었다.

조사기간중 각 정점의 표층에 출현한 우점종은 모두 13종으로 현존량의 70% 이상을 차지한 종은 *Chaetoceros socilis*, *Fragilaria oceanica* 그리고 *Lauderia annulata* 모두 3종 이었으며 정점 1에서 모두 출현하였고, 전체출현한 13종의 우점종 중 *Chaetoceros*속이 5종으로 가장 높은 비율을 차지하고 있었다.

다양도 지수는 0.49 - 2.27의 범위를 나타내었으며, 우점종이 다량 출현한 4월과 5월에는 다양도가 낮았고 우점종이 출현하지 않았던 9월에는 다양도가 높게 나타나고 있었다.

현존량의 분포는 $10^3 - 10^5$ cells/l의 범위를 나타내었으며, 분류군별로 볼 때 전체현존량에 규조류가 차지하는 비율은 97%, 와편모조류는 3%로 식물플랑크톤의 현존량은 규조류에 의해 좌우되고 있음을 알 수 있었다.

크기군별 현존량의 분포는 연안역에서 $20\mu\text{m}$ 이하의 크기군이 높은 비율을 차지

하고 있었으며, 20 - 40 μ m 크기군은 외양역에서 높은 비율을 나타내어 연안역에서 외양역으로 갈수록 세포의 크기가 큰 군집의 식물플랑크톤이 분포하고 있었다.

Chlorophyll-*a*는 0.12 - 2.24 mg/m³의 범위를 나타내어 5월에 가장 낮고 8월에 가장 높은 것으로 나타나고 있었다.

계절별 일일 기초생산량은 0.75 - 225.63 mg C/m²/day의 범위를 나타내었고 추계에 증가하고 동계에 감소하였으며, 정점별로는 연안역이 외양역에 비해 높은 생산량을 나타내었다.

Appendix. The list of phytoplankton species observed in this study.

Class Bacillariophyceae

Order Centrales

Suborder Coscinodiscineae

Family Thalassiosiraceae LEBURT 1930, emend. HASLE 1973

Genus *Lauderia* CLEVE

Lauderia annulata CLEVE

Genus *Stephanodiscus* EHRENBURG

Stephanodiscus rotula (Kützing) comb. nov.

Genus *Thalassiosira* CLEVE

Thalassiosira hyalina (GRUNOW) GRAN

Thalassiosira nitzschioides GRUNOW

Thalassiosira halina (GRUNOW)

Thalassiosira leptopus (EHRENBURG) FRYXELL & HASLE

Thalassiosira mala TAKANO

Thalassiosira pacifica GRAN & ANGEST

Thalassiosira rotula MEUNIER

Family Melosiraceae Kützing 1844

Genus *Corethron* CASTRACANE

Corethron criopilum CASTRACANE

Genus *Leptocylindrus* CLEVE

Leptocylindrus danicus CLEVE

Leptocylindrus minimus GRAN

Genus *Melosira* AGARDH

Melosira distans (EHRENBURG) Kützing

Melosira juergensii AGARDH

Melosira moniliformis (Müller) AGARDH

Melosira nummuloides AGARDH

Melosira sp.

Genus *Podosira* EHRENBURG

Podosira stelliger (BAILEY) MANN

Family Coscinodiscaceae Kützing 1844
Genus *Coscinodiscus* EHRENBURG

Coscinodiscus anguste-lineatus A. SCHMIDT
Coscinodiscus gigas EHRENBURG
Coscinodiscus sp.

Genus *Gossleriella* Schütt

Gossleriella tropica Schütt

Family Hemidiscaceae HENDEY 1937, emend. SIMONSEN 1975
Genus *Hemidiscus* WALICH

Hemidiscus hauckii GRUNOW

Suborder Rhizosoleniineae

Family Rhizosoleniaceae PETIT 1888
Genus *Rhizosolenia* BRIGHTWELL

Rhizosolenia delicatula CLEVE
Rhizosolenia hebetata BAILEY
Rhizosolenia stolterfothii PERAGALLO

Suborder Biddulphiaceae

Family Biddulphiaceae Kützing 1844
Subfamily Hemiauloideae JOUSE, KESEKEV & PORETSKII 1949
Genus *Campylosira* GRUNOW

Campylosira cymbelliformis (SCHMIDT) GRUNOW

Genus *Hemiaulus* EHRENBURG

Hemiaulus sinensis GREVILLE

Family Chaetoceraceae H.L. SMITH 1872
Genus *Bacteriastrum* SHUBOLT

Bacteriastrum elegans PAVILLARD
Bacteriastrum hyalium LAUDER

Genus *Chaetoceros* EHRENBURG

Chaetoceros affinis LAUDER
Chaetoceros atlanticus CLEVE

Chaetoceros atlanticus var. *adudax* CLEVE
Chaetoceros brevis Schütt
Chaetoceros compressus LAUDER
Chaetoceros constrictus GRAN
Chaetoceros debilis CLEVE
Chaetoceros decipiens CLEVE
Chaetoceros didymus EHRENBURG
Chaetoceros holsaticus Schütt
Chaetoceros laevis KEYDYGER-FROTMOREL
Chaetoceros lorenzianus GRUNOW
Chaetoceros messanensis CASTRACANE
Chaetoceros pelagicus CLEVE
Chaetoceros pendulus KARSTEN
Chaetoceros pseudocrinitus OSTENFELD
Chaetoceros pseudodichaeta IKARI
Chaetoceros radicans Schütt
Chaetoceros socialis LAUDER
Chaetoceros vanheurckii GRAN
Chaetoceros sp.

Family Lithodesmiaceae H. & M. PERAGALLO 1897-1908
 Genus *Ditylum* BAILEY

Ditylum brightwellii (West) GRUNOW

Family Eupodiscaceae Kützing
 Subfamily Eupodiscaceae (Kützing 1849)
 Genus *Odontella* AGARDH
Odontella sinensis (GREVILLE) GRUNOW

Order Pennales

Suborder Araphidineae

Family Diatomaceae DUMORTIER 1822
 Genus *Asterionella* HASSALL

Asterionella bleakerleyi SMITH

Genus *Diatoma* BORY

Diatoma elongatum AGARDH

Genus *Fragilaria* LYNGBYE

Fragilaria islandica GRUNOW
Fragilaria oceanica CLEVE

Genus *Grammatophora* EHRENBERG

Graammatophora marina (LYNGBYE) Kützing

Genus *Licmophora* AGARDH

Licmophora lyngbyei (Kützing) GRUNOW

Genus *Plagiogramma* GREVILLE

Plagiogramma pulchellum GREVILLE

Genus *Synedra* EHRENBERG

Synedra tabulata (AGARDH) Kützing

Synedra tabulata var. *grandis* AGARDH

Synedra undulata (BAILEY) GREGORY

Synedra sp.

Genus *Thalassionema* (GRUNOW) HUSTEDT

Thalassionema nitzschioides HUSTEDT

Genus *Thalassiothrix* CLEVE and GRUNOW

Thalassiothrix delicatula CUPP

Thalassiothrix frauenfeldii (GRUNOW) CASTRACANE

Thalassiothrix longissima CLEVE and GRUNOW

Family Achnanthes Bory de Saint-Vincent 1844

Genus *Achnanthes* BORY

Achnanthes brevipes AGARDH

Achnanthes longipes AGARDH

Achnanthes sp.

Family Naviculaceae (Kützing) 1844

Genus *Amphipecten* Kützing

Amphipecten rutilans CLEVE

Genus *Amphiprora* EHRENBERG

Amphiprora alata (EHRENBERG) Kützing

Genus *Amphora* EHRENBURG

Amphora arenicola (GRUNOW) CLEVE
Amphora gigantea var. *sulcata* (O' MEARA) CLEVE
Amphora hyalina Kützing
Amphora lineolata EHRENBURG
Amphora ostrearia var. *vitrea* CLEVE
Amphora quadrata BRÉBISSE

Genus *Caloneis* CLEVE

Caloneis linearis (GRUNOW) BOYER

Genus *Donkinia* RALFS

Donkinia recta (DONKIN) GRUNOW

Genus *Mastogloia* Thwaites

Mastogloia brauni GRUNOW
Mastogloia elliptica CLEVE
Mastogloia imitatrix MANN
Mastogloia pumila GRUNOW

Genus *Navicula* BORY

Navicula cancellata DONKIN
Navicula juergensi DONKIN
Navicula membranacea CLEVE

Genus *Pinnularia* EHRENBURG

Pinnularia sp.

Genus *Tropidoneis* CLEVE

Tropidoneis antarctica var. *polyplasta* GRUNOW
Tropidoneis longa CLEVE

Family Nitzschiaceae GRUNOW 1860

Genus *Nitzschia* HASSALL

Nitzschia commutata GRUNOW
Nitzschia delicatissima CLEVE
Nitzschia lanceolata SMITH

Nitzschia longissima (BRÉBISSE) RALFS
Nitzschia longissima var. *reversa* SMITH
Nitzschia majuscula var. *lineata* GRUNOW
Nitzschia navicularis GRUNOW
Nitzschia pacifica CUPP
Nitzschia pungens var. *atlantica* GRUNOW
Nitzschia rieta HANTZSCH
Nitzschia seriata CLEVE
Nitzschia vitrea NORMAN
Nitzschia sp.

Class Dinophyceae

Order Prorocentrales

Family Prorocentraceae

Genus *Prorocentrum* EHRENBURG

Prorocentrum balticum (LOHMANN) LOEBLICH
Prorocentrum lima (EHRENBURG) DODGE
Prorocentrum micans EHRENBURG
Prorocentrum scutellum SCHRÖDER
Prorocentrum triestinum SCHILLER

Order Dinophysiales

Family Dinophysiaceae

Genus *Dinophysis* EHRENBURG

Dinophysis schröderi KOFOID & SKOGSBERG

Order Gymnodiniales

Family Gymnodiniaceae

Genus *Gymnodinium* STEIN

Gymnodinium lohmanii PAULSEN
Gymnodinium sanguineum HIRASAKA
Gymnodinium viridescens KOFOID

Genus *Gyrodinium* KOFOID et SWEZY

Gyrodinium crassum POUCHET
Gyrodinium fissum (LEVANDER)

Order Peridinales

Family Peridiniaceae

Genus *Protoperidinium* BERGH

Protoperidinium achromaticum (LEVANDER) BALECH
Protoperidinium cerasus (PAULSEN) BALECH

Protooperidinium compressum ABÉ
Protooperidinium depressum (BAILEY) BALECH
Protooperidinium excentricum (PAULSEN) BALECH
Protooperidinium orbiculare PAULSEN
Protooperidinium ovatum (PAOUVHET) SCHUTT
Protooperidinium pellucidum BERGH
Protooperidinium roseum (PAULSEN) BALECH
Protooperidinium thorianum PAULSEN

Family Gonyaulaceae
Genus *Gonyaulax* DIESING

Gonyaulax polyedra STEIN

Family Ceratiaceae
Genus *Ceratium* SCHRANK

Ceratium azoricum CLEVE
Ceratium gracilis (GOURRET) Jørgensen
Ceratium humile Jørgensen
Ceratium kofoidii Jørgensen
Ceratium tripos f. *balticum* SCHÜTT
Ceratium tripos var. *neglecta* OSTENFELD
Ceratium tripos var. *subsalsum* OSTENFELD
Ceratium sp.

Division Chrysophyta
Class Chrysophyceae
Order Dictyochaes
Family Dictyochaecae
Genus *Dictyocha* EHRENBERG

Dictyocha fibula EHRENBERG
Dictyocha fibula var. *stapedia* (HAECKEL) LEMMERMAN

Genus *Distephanus* STORP

Distephanus speculum (EHRENBERG) HAECKEL
Distephanus speculum var. *octonarius* HAECKEL

Division Chlorophyta
Class Chlorophyceae
Order Protococcodae
Family Halosphaeraceae

Genus *Manoniella*

Manoniella squamata (MANTON & PARKE) DESIKACHARY

Genus *Nephroselmis*

Nephroselmis rotunda (N. CARTER) FOTT

Genus *Pyramimonas*

Pyramimonas frossii PARKE

Division Euglenophyta

Class Euglenophyceae

Order Euglenales

Family Euglenaceae

Genus *Euglena* EHRENFELD

Euglena pisciformis KLEBS

감사의 말씀

할렐루야! 하나님께서 지혜와 건강을 허락하여 주심을 감사드립니다.

본 논문이 완성되기까지 아낌없는 지도와 정성을 기울여 주신 이준백교수님께 깊은 감사를 드립니다. 또한 논문에 날카로운 조언을 하여주신 고유봉교수님, 바쁘신 가운데도 논문의 심사를 하여주신 최영찬교수님, 그리고 항상 관심을 보여주시고 충고를 하여주신 양성기교수님, 방익찬교수님, 윤정수교수님 께도 감사를 드립니다.

연구기간 동안 여러 어려운점을 해결하여 주신 올림픽호 김명학 정장님 이하 통신장님, 기관장님에게 깊은 감사의 마음을 전하며 논문의 토론을 함께하여주신 좌종헌선배님과 신희섭선배님, 고기원선배님등 자료를 제공하여 주신 문재인선배님과 여러 선배님들에게도 감사를 드리며 자료의 정리를 함께 하여준 해양자원연구실 졸업생과 재학생 그리고 동규에게 고마운 마음을 표합니다.

항상 관심을 가지고 용기를 북돋아준 친구 철호, 우철, 진호, 만하에게도 감사의 마음을 전합니다.

끝으로, 항상 묵묵히 곁에서 학문만을 할 수 있도록 도움을 주신 부모님과 기도으로써 마음을 같이 하여준 홍범, 미연 그리고 여러친지분들께 이 논문을 바칩니다.