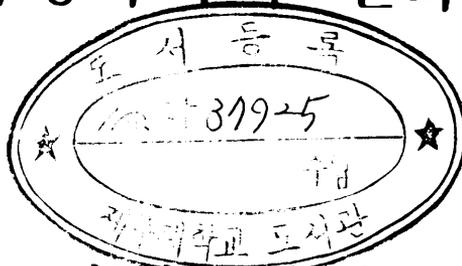


ㄱ  
494.1  
26683

석사학위논문

하계 제주도 동·서해역 해수  
특성의 일주 변화



제주대학교 대학원

해양학과

조 인 숙

1998년 12월

# 하계 제주도 동·서해역 해수 특성의 일주 변화

지도교수 고 유 봉  
조 인 숙

이 논문을 이학석사학위 논문으로 제출함

1998년 12월

조인숙의 이학석사학위 논문을 인준함.

심사위원장 이 준 백 (인)

위 원 윤 석 훈 (인)

위 원 고 유 봉 (인)

제주대학교 대학원

1998년 12월

**Diel Change of Sea Water  
Characteristics in the Eastern and the  
Western Seas around Cheju Island in  
Summer**

**In-Sook Cho**

**(Supervised by professor You-Bong Go)**

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

**DEPARTMENT OF OCEANOGRAPHY  
GRADUATE SCHOOL  
CHEJU NATIONAL UNIVERSITY**

**1998. 12.**

# 목 차

Abstract	
I. 서 론	1
II. 재료 및 방법	3
1. 조사방법	3
2. 분석방법	3
III. 결과 및 고찰	6
1. 동·서해역의 물리, 화학적 특성	6
1) 수온, 염분, 밀도	6
2) 용존산소	10
3) 영양염류	12
4) 클로로필 - a	17
5) 탄소, 수소, 질소	19
2. 물리·화학적 인자들의 일주 변화	21
1) 수온, 염분, pH	21
2) 용존산소	22
3) 부유물질	26
4) 영양염류	29
5) 클로로필 - a	34
6) N/P, Si/P의 변화 특성	34
2. 각 성분 간의 상관성	37
1) T-N과 $PO_4$ -P	37
2) AOU와 T-N, $PO_4$ -P	37
IV. 요약	43
참고문헌	45

## List of Figures

Fig. 1. Location of the sampling stations in the eastern and western seas of Cheju Island	5
Fig. 2. Distribution of mean water temperature by depth in the eastern and western seas of Cheju Island	9
Fig. 3. Distribution of mean salinity by depth in the eastern and western seas of Cheju Island	11
Fig. 4. Distribution of mean dissolved oxygen by depth in the eastern and western seas of Cheju Island	13
Fig. 5. Distribution of mean nitrate nitrogen by depth in the eastern and western seas of Cheju Island	15
Fig. 6. Distribution of mean phosphate phosphorus by depth in the eastern and western seas of Cheju Island	16
Fig. 7. Distribution of mean silicate silicon by depth in the eastern and western seas of Cheju Island	18
Fig. 8. Distribution of mean chlorophyll - a by depth in the eastern and western seas of Cheju Island	20
Fig. 9. Diel change of water temperature by depth in the eastern and western seas of Cheju Island	23
Fig. 10. Diel change of salinity by depth in the eastern and western seas of Cheju Island	24
Fig. 11. Diel change of pH by depth in the eastern and western seas of Cheju Island	25
Fig. 12. Diel change of dissolved oxygen by depth in the eastern and western seas of Cheju Island	27
Fig. 13. Diel change of suspended solid by depth in the eastern and western seas of Cheju Island	28
Fig. 14. Diel change of nitrate nitrogen by depth in the eastern and western seas of Cheju Island	30
Fig. 15. Diel change of phosphate phosphorus by depth in the eastern and western seas of Cheju Island	32

Fig. 16. Diel change of silicate silicon by depth in the eastern and western seas of Cheju Island	33
Fig. 17. Diel change of chlorophyll - a by depth in the eastern and western seas of Cheju Island	35
Fig. 18. Correlation between total nitrogen and phosphate phosphorus in the eastern and western seas of Cheju Island	39
Fig. 19. Correlation between total nitrogen, phosphate phosphorus and apparent oxygen utilization (AOU) in the eastern and western seas of Cheju Island	40
Fig. 20. Correlation between apparent oxygen utilization (AOU) and chlorophyll - a in the eastern and western seas of Cheju Island (upper : east, lower : west)	41
Fig. 21. Correlation between suspended solid (SS) and chlorophyll - a in the eastern and western seas of Cheju Island (upper : east, lower : west)	42

## List of Tables

Table 1. Range and mean values of physical and chemical constituent at each depth in the eastern sea of Cheju Island.....	7
Table 2. Range and mean values of physical and chemical constituent at each depth in the western sea of Cheju Island.....	8
Table 3. N/P and Si/P between day and night in the eastern and western seas of Cheju Island.....	36
Table 4. Correlation between chemical components in the eastern and western seas.....	37

## Abstract

In order to find out diel change of sea water characteristics in the eastern and western sea around Cheju Island in summer. Observations on a standing point in each sea have been performed at two hours' interval for 24 hours from June 20 to 22 in 1997.

Water temperature was almost uniform in the surface layer for each sea, but those of the eastern and the western in the lower layer were different as 15.2°C and 13.8°C, respectively. The distribution of salinity was 33.81‰ for the eastern surface, 34.33‰ for its lower layer, 33.34‰ for the western surface and 34.11‰ for its lower layer, which indicated that the eastern sea had a higher salinity and higher water temperature than the western sea. The distribution of nutrients was similar to nitrate content in the surface of the eastern and the western sea, but that in the lower layer of the eastern was 1.77~2.26  $\mu\text{g-at}/\ell$  higher than the western. Unlike other nutrients, phosphate content of the eastern was 0.03~0.23  $\mu\text{g-at}/\ell$  higher than that of the western in both layers. Those of silicate and nitrate appeared similar. The distribution of chlorophyll - a was two to four times higher in the western than the eastern, and that of carbon, hydrogen, and nitrogen was almost similar in the surface for both points, but 0.08% for carbon, 0.05% for hydrogen, and 0.02% for nitrogen in the lower was higher in the western than in the eastern.

For the diel change, water temperature and salinity changed highest in 30 m depth. pH was a little higher at daytime than at night. Nutrients changed a lot with depth, in which nitrate and phosphate were higher at night than at daytime. The chlorophyll - a changed a lot with depth.

The ratio of nitrogen and phosphorus (N/P) was 13 for the eastern, and 16 for the western, which indicated that the western contained higher

nutrients. Both the eastern and the western showed 2 or so higher nutrient ratio at night than at daytime. Unlike this N/P, the ratio of silicon and phosphorous was almost not changed between daytime and night. Furthermore, the difference between lower and surface was not so clear as N/P.

The relationship between nitrogen and phosphorous was significantly correlated as 0.669 for the eastern sea and 0.642 for the western sea. Even in the relation AOU among N and P, the coefficient was 0.839 and 0.733 for the eastern sea, 0.473 and 0.665 for the western sea, all of which showed highly significant correlation

## I. 서론

제주도는 사면이 바다로 둘러 싸여 있고, 우리나라 최남단에 위치하고 있으며 주변에는 많은 해양자원을 보유하고 있어 좋은 어장환경을 유지하고 있다. 또한 제주도 주변에는 쿠로시오의 지류인 대마 난류수와 황해 난류수가 통과하는 등 복잡한 양상을 보이고 있다(윤 등, 1991; 방과 김, 1989). 특히 제주도 주변 해역은 주년을 통해 대마 난류수계의 난수와 냉수계인 황해 저층냉수 및 중국대륙 연안수 등의 외양수가 복잡한 양상으로 서로 접하여 해황의 계절적 변화가 심한 것이 특징이다(井上, 1974). 이들 외양수가 제주도 연안역으로 접근함에 따라 연안수와의 경계역에서는 그 해역 특유의 해양환경을 조성하며, 이러한 해양환경의 시·공간적 변화는 해양생물의 서식조건과 분포특성 및 어장 형성기구에 많은 영향을 미치고 있다.

이와 같은 제주도 주변해역에서의 물리적 특성과 해수의 유동 확산과정에 대한 연구로는 노와 정(1976, 1977, 1980), 방과 김(1980), 김(1982), 변 등(1983), 김 등(1991), 양과 김(1991), 김과 노(1994) 등이 있으며, 해수의 해양 화학적 특성에 관한 연구도 박(1982, 1984), 전과 고(1983), 박과 노(1980), 양(1983), 문(1990), 양과 김(1991), 강(1994), 최(1996) 등에 의해 활발하게 진행되어왔다.

복잡한 해황특성을 갖는 제주도 주변해역에 대한 물리·화학적 특성에 대해서 장기 또는 계절별로는 다양하게 조사가 이루어졌지만, 일정 해역에서의 일주간 변동특성에 대한 연구로는 최(1989)의 제주도 해안선 주변에서의 일주변화가 있을 뿐 거의 전무한 실정이다. 연안에서의 일주변화는 육상수의 유입과 조석주기 등의 물리·화학적 특성이 반일주기로 변화하고 있음이 알려져 있다. 그러나 외양역에서는 이와같은 영향은 크지 않지만 해류의 흐름

이나 수괴구조에 따라 일주변동 특성이 나타날 것으로 생각된다.

따라서 본 연구에서는 대마난류의 영향을 받는 제주도 동쪽 해역( $127^{\circ} 20' E, 33^{\circ} 30' N$ )과 황해 저층냉수계 및 중구대륙 연안수의 영향을 받는 곳으로 보고되고 있는 서쪽해역( $125^{\circ} 40' E, 33^{\circ} 30' N$ ) 각각 1개 정점을 선정하여 서로 다른 수괴에서 수온, 염분, 용존산소, 영양염류, CHN의 분포특성과 이들 각 성분의 일주변화 특성을 분석하였다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 조사방법

본 조사는 1997년 6월 20일부터 22일까지 제주도 동쪽해역인 동경 127° 20' 북위 33° 30' (수심 105m)과 서쪽해역인 동경 125° 40' 북위 33° 30' (수심 100m)의 같은 위도상의 2개 정점(Fig. 1)에서 24시간 관측하였다. 채수는 2시간 간격으로 0m, 10m, 20m, 30m, 50m, 75m, 90m를 기준으로 Nansen 채수기를 이용하였다.

### 2. 분석방법

채수된 시료는 냉동 보관후 실험실로 옮겨 다음과 같은 방법으로 분석하였다.

수온, 염분은 현장에서 CTD로 측정하였고, 수소이온농도(pH)는 pH meter(Orion 901)로 현장에서 측정하였으며, 용존산소(DO)는 현장에서 산소를 고정 시킨 후 Winkler Azid 변법으로 측정하였다.

암모니아 질소( $\text{NH}_4 - \text{N}$ )는 암모늄이온을 차아염소산의 공존아래에서 페놀과 반응하여 생성하는 인도페놀의 청색을 630nm에서 측정하였고, 아질산 질소( $\text{NO}_2^- - \text{N}$ )는 아질산이온을 술퍼닐아미드와 반응시켜 디아조화하고  $\alpha$ -나프틸에틸렌디아민이염산염과 반응시켜 생성된 아조화합물의 홍색의 흡광도

를 540nm에서 측정하였으며, 질산 질소( $\text{NO}_3^- - \text{N}$ )는 시료중 질산이온을 카드뮴-구리 환원칼람에 통과시켜 아질산이온으로 환원한 다음 아질산이온 상태에서 질소의 양을 측정하는 Cadmium reduction method에 의한 비색정량으로 측정하였다. 총질소(T-N)는 암모니아 질소, 아질산 질소, 질산 질소의 합으로 하였다. 인산 인 ( $\text{PO}_4^{3-} - \text{P}$ )은 Strickland and Parsons(1968)의 방법에 따른 Ascorbic acid method에 의한 비색정량 하였으며, 규산규소( $\text{SiO}_2 - \text{Si}$ )는 몰리브덴산 암모늄을 첨가하여 규소 몰리브덴착체를 만든 후 발색시켜 정량하는 Molybden blue method에 의하여 비색정량 하였다.

부유물질(SS)은 시수를 GF/C로 여과하여 105℃에서 2시간 건조시킨 후 함량을 구하였다.

식물색소(Chlorophyll - a)는 시수를 GF/C로 여과하여 90% acetone 10 ml를 첨가하고 20시간 냉암소에 보관 후 4000rpm에서 10분간 원심분리 시켜 750, 660, 645, 630nm에서의 흡광도를 측정하여 SCOR/UNESCO식으로 계산하였다.

탄소, 수소, 질소 (CHN)의 구성비는 시수를 GF/F 여지로 여과하고 60℃에서 건조시킨 후, CHN 분석기(LECO LC - 1000)에서 1,040℃ 정도에서 회화 시킨 후 CHN의 구성비를 측정하였다.

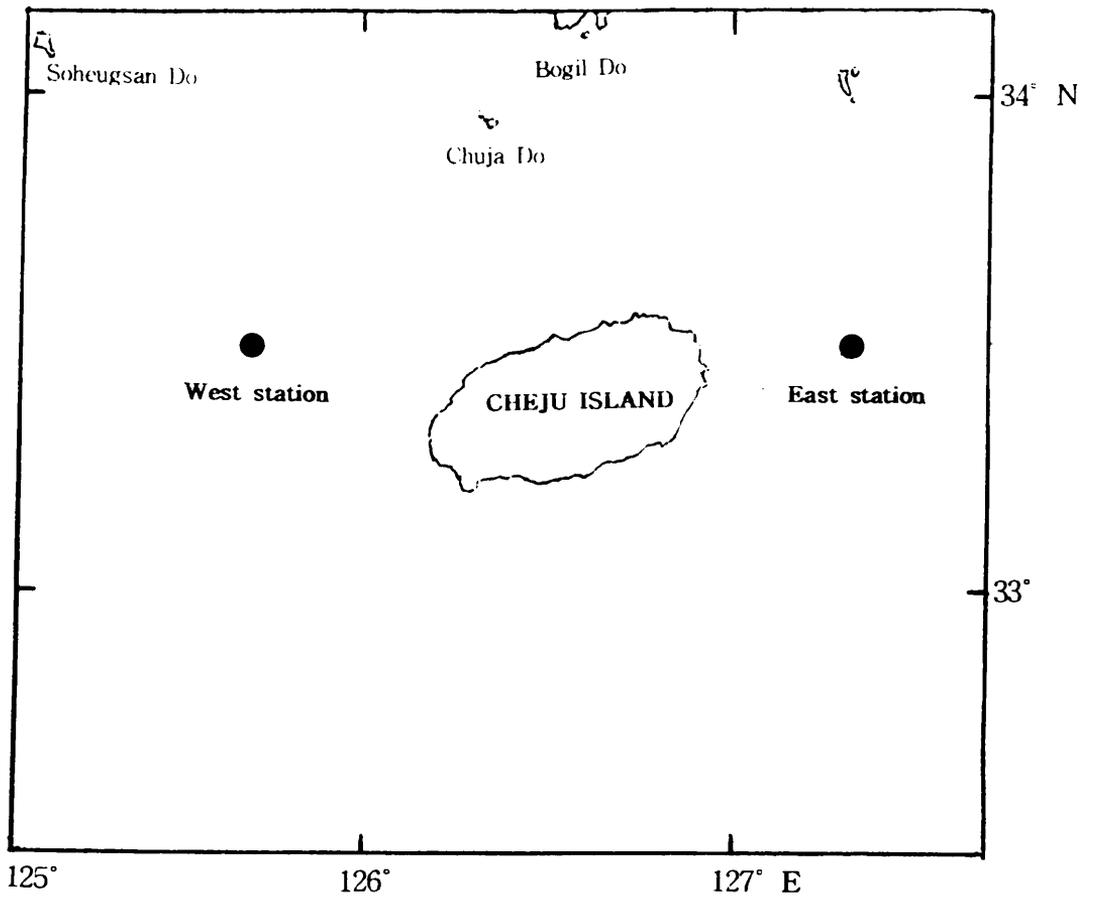


Fig. 1. Location of sampling stations in the eastern and western seas of Cheju Island

### Ⅲ. 결과 및 고찰

1997년 6월 20일부터 22일 사이에 제주도 동,서해역의 2개 정점에서 각각 24시간 동안, 2시간 간격으로 채수하여 수온, 염분, 용존산소, 영양염류, 식물색소, 부유물질 등의 분석결과(Tables 1 and 2)를 토대로 이들 해역의 각 성분의 일주 변화에 따른 수질변화 특성을 파악하고 성분들 사이의 상호관련성을 고찰하였다.

#### 1. 동·서해역의 물리·화학적 특성

##### 1). 수온, 염분, 밀도

수온은 0~30m층에서는 동쪽이 23.41~16.37℃(평균 20.33℃), 서쪽이 23.16~16.32℃(평균 19.89℃)로 서로 비슷하나, 50~90m에서는 동쪽이 15.16~14.87℃(평균 15.02℃) 서쪽이 13.81~13.78℃(평균 13.79℃)로 동,서 구분이 확실하게 나타나 서쪽해역이 동쪽해역에 비해 1.1~1.3℃(평균 1.23℃)정도 낮은 저온수가 분포하고 있음을 알 수 있다(Fig. 2). 수심에 따라 30m 이천에서 두 해역 모두 수온변화가 크게 나타나다가 50m 이심부터는 거의 일정한 수온을 나타내고 있으며, 동·서해역 모두 수온약층이 30m 층에 나타나고 있음을 알 수 있다.

염분 분포(Fig. 3)는 수온과 상반되는 경향을 나타내고 있다. 동쪽해역은 0~30m에서 33.63~34.07‰(평균 33.81‰)였으며, 수심에 따라 점차 증가하여 50~90m에서는 34.29~34.36‰(평균 34.33‰)로 30m 이천에 비해 0.52‰ 정도의 증가를 보였다. 서쪽해역에서는 0~30m에서 32.99~33.84‰(평균 33.34‰),

Table 1. Range and mean values of physical and chemical constituent at each depth in eastern sea of Cheju Island.

Item		0m	10m	20m	30m	50m	75m	90m
Temp.(°C)	Range	23.04 24.01	21.38 23.22	17.43 20.84	15.73 17.22	14.93 15.45	14.82 15.19	14.70 14.95
	Mean	23.41	22.24	19.33	16.37	15.16	15.05	14.87
Sal.(‰)	Range	33.31 34.02	33.20 33.84	33.67 34.06	32.64 34.31	33.16 34.47	33.26 34.46	33.25 34.48
	Mean	33.63	33.67	33.87	34.07	34.29	34.33	34.36
Density ( $\sigma_t$ )	Range	22.52 23.02	22.76 23.42	23.52 24.66	23.99 25.18	24.46 25.52	24.60 25.58	24.66 25.63
	Mean	22.77	23.14	24.07	24.95	25.39	25.45	25.51
pH	Range	8.13 8.23	8.17 8.26	8.15 8.25	8.08 8.22	7.99 8.12	8.00 8.12	7.98 8.08
	Mean	8.19	8.21	8.20	8.14	8.06	8.05	8.04
DO(mg/ℓ)	Range	5.33 5.84	5.33 6.04	4.97 6.42	5.96 6.57	4.70 5.99	4.66 5.94	4.07 5.04
	Mean	5.49	5.59	6.02	6.14	5.29	4.99	4.70
T-N ( $\mu\text{g-at}/\ell$ )	Range	0.50 4.15	0.16 5.01	0.12 6.23	0.08 3.81	1.26 8.52	4.13 12.51	2.85 12.86
	Mean	2.22	2.76	2.31	2.37	5.68	8.14	8.57
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N ( $\mu\text{g-at}/\ell$ )	Range	0.50 2.92	0.16 2.92	0.12 3.04	0.08 2.46	0.82 7.48	3.98 11.58	2.46 12.86
	Mean	1.74	1.90	1.41	1.56	4.94	7.15	7.79
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -P ( $\mu\text{g-at}/\ell$ )	Range	0.04 0.23	0.04 0.23	0.02 0.36	0.04 0.26	0.17 0.83	0.45 0.81	0.45 0.86
	Mean	0.12	0.11	0.15	0.14	0.40	0.59	0.64
SiO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -Si ( $\mu\text{g-at}/\ell$ )	Range	1.80 4.23	2.06 4.19	1.90 8.33	1.64 7.85	4.82 9.58	6.47 12.60	6.88 11.51
	Mean	2.85	2.56	3.97	4.47	6.95	8.62	9.15
Chl. a (mg/m <sup>3</sup> )	Range	0.01 0.14	0.03 0.14	0.01 0.23	0.08 0.23	0.01 0.50	0.01 0.22	0.01 0.23
	Mean	0.07	0.08	0.10	0.15	0.27	0.10	0.12
SS(mg/ℓ)	Range	0.60 2.55	0.30 3.90	0.75 2.10	0.45 3.30	0.60 2.25	0.45 2.40	0.90 4.20
	Mean	1.27	1.53	1.27	1.54	1.12	1.26	1.63
C(%)	Range	0.10 0.45	0.02 0.34	0.02 0.33	0.00 0.34	0.02 0.96	0.12 0.64	0.13 0.60
	Mean	0.23	0.19	0.21	0.18	0.26	0.27	0.25
H(%)	Range	0.04 0.50	0.0 0.22	0.03 0.22	0.00 0.18	0.00 0.31	0.05 0.15	0.02 0.20
	Mean	0.18	0.12	0.11	0.09	0.10	0.10	0.09
N(%)	Range	0.01 0.12	0.00 0.13	0.00 0.12	0.00 0.13	0.00 0.14	0.00 0.14	0.00 0.12
	Mean	0.06	0.06	0.06	0.04	0.04	0.04	0.04

Table 2. Range and mean values of physical and chemical constituent at each depth in western sea of Cheju Island.

Item		0m	10m	20m	30m	50m	75m	90m
Temp.(°C)	Range	22.87 23.51	19.95 22.10	17.81 20.29	14.42 18.35	13.75 13.89	13.73 13.87	13.74 13.86
	Mean	23.16	20.76	19.32	16.32	13.81	13.79	13.78
Sal.(‰)	Range	31.99 33.56	32.73 33.22	33.20 33.70	33.70 33.99	34.10 34.14	34.10 34.14	34.11 34.13
	Mean	32.99	33.03	33.51	33.84	34.11	34.11	34.11
Density ( $\sigma_t$ )	Range	21.60 22.79	22.74 23.42	23.31 24.32	24.19 25.32	25.53 25.55	25.54 25.55	25.54 25.55
	Mean	22.36	23.08	23.80	24.77	25.54	25.54	25.55
pH	Range	8.07 8.16	8.06 8.20	8.11 8.23	8.15 8.23	8.02 8.10	8.01 8.10	8.01 8.11
	Mean	8.11	8.16	8.18	8.19	8.07	8.07	8.06
DO(mg/ℓ)	Range	5.31 7.98	5.33 6.11	5.58 6.61	5.45 6.91	5.18 6.16	5.11 6.56	4.94 5.51
	Mean	5.75	5.86	6.20	6.48	5.51	5.39	5.24
T-N ( $\mu\text{g-at}/\ell$ )	Range	0.24 4.51	0.88 11.25	0.32 8.72	1.28 7.01	4.29 9.42	1.23 9.95	0.93 11.09
	Mean	1.99	2.75	3.47	2.80	7.07	6.35	6.32
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N ( $\mu\text{g-at}/\ell$ )	Range	0.24 3.34	0.18 11.25	0.16 6.86	0.32 5.63	2.53 8.26	1.23 8.62	0.88 10.02
	Mean	1.55	1.90	1.46	1.87	5.71	5.38	5.52
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -P ( $\mu\text{g-at}/\ell$ )	Range	0.02 0.40	0.00 0.14	0.00 0.10	0.02 0.29	0.12 0.53	0.02 0.57	0.08 0.78
	Mean	0.09	0.05	0.05	0.10	0.36	0.40	0.41
SiO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -Si ( $\mu\text{g-at}/\ell$ )	Range	2.16 6.18	1.26 9.44	1.71 5.29	2.16 7.11	5.66 10.01	3.30 11.53	5.29 10.43
	Mean	4.25	4.06	3.45	4.14	7.84	8.63	7.86
Chl. a (mg/m <sup>3</sup> )	Range	0.08 0.22	0.06 0.16	0.08 0.23	0.15 1.91	0.22 1.17	0.22 0.45	0.14 0.52
	Mean	0.13	0.10	0.14	0.51	0.47	0.32	0.33
SS(mg/ℓ)	Range	0.75 7.95	0.90 9.45	0.90 6.00	0.75 8.25	3.45 12.90	7.50 25.05	1.05 21.45
	Mean	2.96	2.56	2.85	2.58	6.83	12.87	13.34
C(%)	Range	0.08 0.32	0.04 0.37	0.04 0.37	0.08 0.44	0.08 0.48	0.20 0.55	0.23 0.90
	Mean	0.17	0.21	0.20	0.24	0.27	0.35	0.41
H(%)	Range	0.00 0.12	0.01 0.12	0.00 0.17	0.02 0.14	0.02 0.17	0.06 0.22	0.09 0.36
	Mean	0.04	0.07	0.06	0.08	0.10	0.15	0.19
N(%)	Range	0.00 0.10	0.00 0.12	0.00 0.12	0.00 0.12	0.00 0.13	0.00 0.13	0.00 0.13
	Mean	0.04	0.06	0.04	0.06	0.06	0.08	0.06

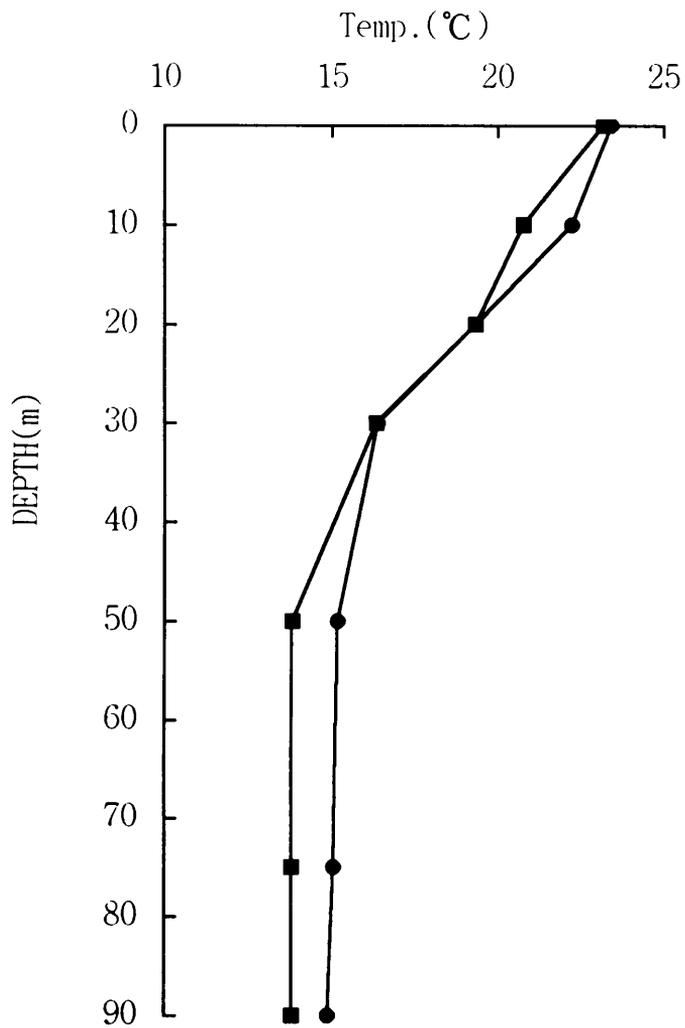


Fig. 2. Distribution of mean water temperature by depth in the eastern and western seas of Cheju Island(East: ●, West: ■ )

50~90m에서 34.11‰(평균 34.11‰)였다. 수심에 따른 변화는 서쪽 해역에서는 50m까지는 동쪽과 마찬가지로 증가 추세를 보였으나 50m이심부터는 일정한 농도분포를 보였다. 그리고 동·서해역의 염분량 차이도 30m이천에서는 0.65~0.23‰로 비교적 크게 나타나고 있으나, 50m이심 저층에서는 0.25‰전후로 30m이천층에 비해 차이가 적었다. 그리고 수온 분포에서와 마찬가지로 동쪽해역에서는 수심에 따라 조금씩 증가하고 있으나, 서쪽해역에서는 50~90m 사이의 염분농도가 34.10~34.14‰(34.11‰)로 저층 전체가 거의 균일하게 나타났다. 그리고 동·서해역의 염분약층도 수온약층과 같은 30m층에서 나타나고 있음을 알 수 있다.

이상과 같이 서쪽해역의 수온 및 염분 분포가 동쪽해역에 비해 저온 저염의 경향을 보이는 것은 양과 김(1991)이 제시한 50m 층에서 황해 저층냉수의 수온( 10.3~13℃ ), 염분( 33.8~33.72‰ )과 비슷하여 황해 저층수가 이 계절에서도 조사해역까지 분포하고 있는 것으로 생각되며, 동쪽해역은 대마난류의 영향으로 50m층에 16~18.9℃, 34.03~34.43‰와 비교할 때 수온은 1~3℃ 낮지만 염분33.16~34.47‰로 비슷하게 나타나고 있다.

동, 서 해역의 밀도분포( $\sigma_t$ )를 보면 동쪽은 22.77~25.51, 서쪽은 22.36~25.55로 나타났다. 염분 분포에서 동쪽해역이 서쪽해역에 비해 30m 이천에서 0.47‰, 50m 이심에서 0.22 ‰ 높게 나타나고 있는데 밀도는 30m이천에서 동쪽이 0.23 높으나 50m이심에서는 동쪽에 비해 서쪽이 0.09 높게 나타나고 있었다.

## 2) 용존산소

해수 성분 중 용존산소는 유기물의 분해작용에 따른 소모와 식물성플랑크톤의 광합성 작용에 의한 생성 등으로 인하여 보존성이 적은 것으로 알려져 있으며(홍과 조, 1983), 해수 내에서 생물들의 호흡작용에 의한 감소 정도를 정성적으로 이해하는데 유용하여 해수의 이동 혹은 수괴분석에 종종 이용

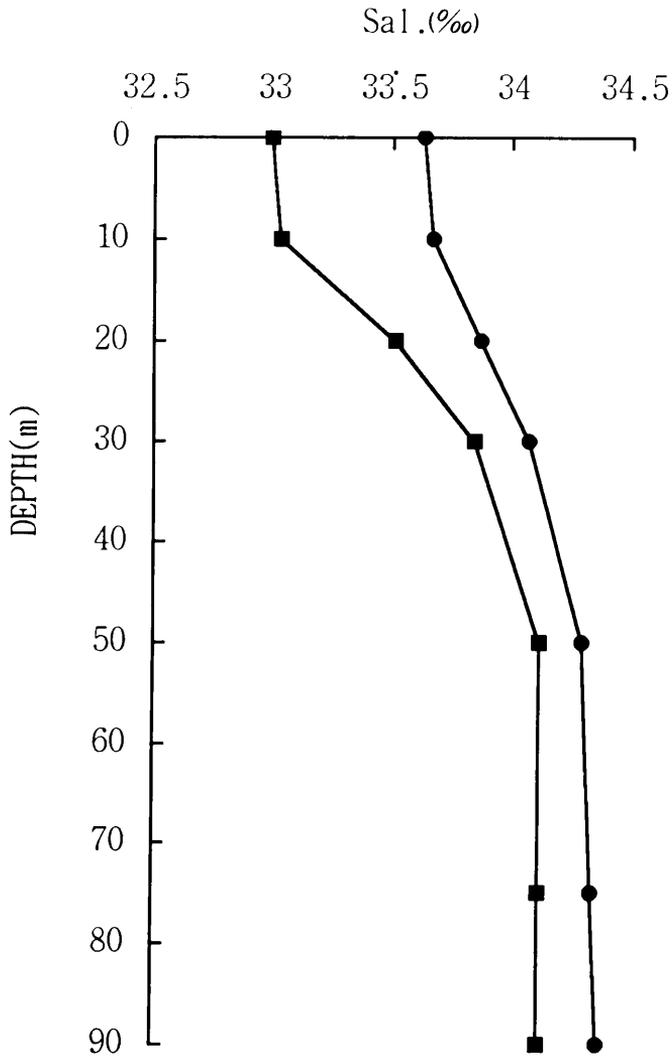


Fig. 3. Distribution of mean salinity by depth in the eastern and western seas of Cheju Island(●:east, ■:west)

되어왔다. 그러나 용존산소는 순전히 물리적 변수인 해수의 온도 및 염분의 변화에 따른 용해도의 차이에만 의하여도 상당히 그 값이 변할 수 있다(김 등, 1991).

용존산소 분포(Fig.4)는 0~30m에서 동쪽해역이 5.49~6.14mg/ℓ (평균 5.85mg/ℓ), 서쪽해역이 5.75~6.48mg/ℓ (평균 6.07mg/ℓ), 50~90m에서는 동쪽해역이 5.29~4.70mg/ℓ (평균 4.99mg/ℓ), 서쪽해역이 5.51~5.24mg/ℓ (평균 5.38mg/ℓ)였다. 수심별 특성은 30m 이천에서 서쪽해역이 동쪽해역에 비해 0.22mg/ℓ, 50m이심에서도 0.39mg/ℓ 더 높게 나타나고 있다. 즉 용존산소 포화량은 수온과 염분량에 따라 달라지지만 수온이 1℃ 정도 낮아지면 포화량은 0.2mg/l 정도 증가(해양관측지침, 1979) 하기 때문에 온도분포에서 동쪽해역보다 서쪽해역이 1℃ 정도 낮은 것과 잘 일치하고 있어 수온에 따른 포화량 차이와 상관성이 크다는 것을 알 수 있다. 그리고 수층별로 서쪽이 동쪽에 비해 50m 이천층에서는 0.18~0.34mg/ℓ 높았고, 50m 이심층에서는 0.4~0.5mg/ℓ 로 수심이 깊어짐에 따라 용존산소 함량 차이가 크게 나타나고 있음을 알 수 있다.

### 3) 영양염류

#### (1) 질산염 질소

질산염 질소의 농도 분포(Fig. 5)는 0~30m에서 동쪽이 1.41~1.90 $\mu\text{g-at}/\ell$  (1.65 $\mu\text{g-at}/\ell$ ) 서쪽은 1.46~1.90 $\mu\text{g-at}/\ell$  (1.69 $\mu\text{g-at}/\ell$ )이며, 50~90m에서는 동쪽이 4.94~7.79 $\mu\text{g-at}/\ell$  (6.63 $\mu\text{g-at}/\ell$ ) 서쪽이 5.38~5.71 $\mu\text{g-at}/\ell$  (5.54 $\mu\text{g-at}/\ell$ )의 분포를 보였다. 수심별 특성은 30m 이천에서 동·서해역의 질산염 농도는 거의 비슷하였다. 그러나 50m층에서는 차이가 뚜렷하여 서쪽해역이 동쪽해역에 비해 0.77 $\mu\text{g-at}/\ell$  정도 높게 나타났고, 50m 이심부터는 반대로 동쪽해역이 서쪽해역 보다 1.77~2.26  $\mu\text{g-at}/\ell$  높게 나타나고 있어 표층과 저층 간의 질산염 분포가 수심에 따라서, 또는 해역에 따라서 서로 다른 분포를 하고 있음

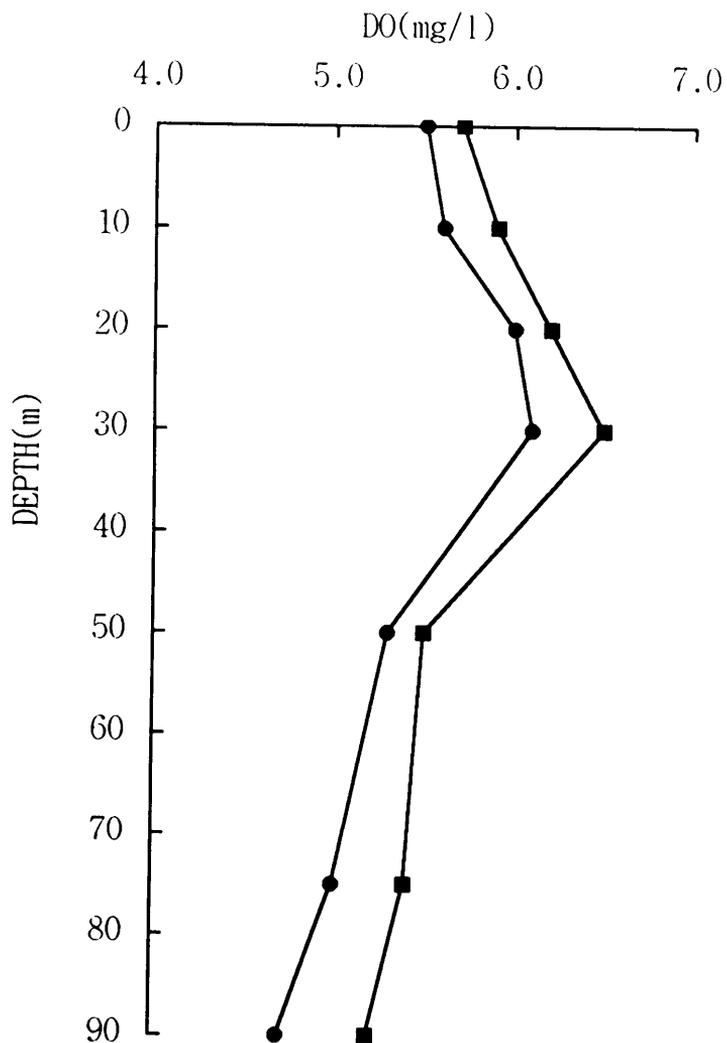


Fig. 4. Distribution of mean dissolved oxygen by depth in the eastern and western seas of Cheju Island(●:east, ■:west)

을 알 수 있다. 그리고 동쪽해역은 저층으로 갈수록 뚜렷한 농도 증가를 보여 성층화되었음을 나타내고 있고, 서쪽해역에서는 50m 이심에서의 질산염 농도변화가 거의 비슷하게 나타나고 있어 혼합층을 형성하고 있음을 알 수 있다. 50m 이심층에서 질산염 농도가 증가되고 있음은 일반적으로 해양에서의 질산염 농도분포가 표층에서는 식물플랑크톤의 활발한 유기물 흡수로 낮은 농도를 나타내지만 유광층 이하로 내려가면 식물플랑크톤에 의해 소비되던 영양염이 농축되는 결과로 생각된다(김 등, 1976).

## (2) 인산염 인

인산염의 농도분포(Fig. 6)는 0~30m에서는 동쪽해역이  $0.11\sim 0.15\mu\text{g-at}/\ell$  (평균  $0.13\mu\text{g-at}/\ell$ ) 서쪽해역이  $0.05\sim 0.10\mu\text{g-at}/\ell$  (평균  $0.07\mu\text{g-at}/\ell$ )이며, 50~90m에서는 동쪽이  $0.40\sim 0.64\mu\text{g-at}/\ell$  (평균  $0.54\mu\text{g-at}/\ell$ ) 서쪽이  $0.36\sim 0.41\mu\text{g-at}/\ell$  (평균  $0.39\mu\text{g-at}/\ell$ )로 나타났다. 수심별 특성은 질산염과 마찬가지로 30m 이천에서의 변화폭은 적으나 50m 이심부터는 30m 이천에 비해  $0.3\sim 0.4\mu\text{g-at}/\ell$  높게 나타나고 있다. 그리고 동·서해역의 농도 차이도 30m이천에서는 동쪽해역이 서쪽해역에 비해  $0.06\mu\text{g-at}/\ell$ , 50m 이심에서는  $0.15\mu\text{g-at}/\ell$  정도 높게 나타나 표층에 비해 저층으로 갈수록 동·서해역의 농도 차이가 크게 나타남을 알 수 있으며, 질산염이나 규산염과 달리 전 수층에서 동쪽이 서쪽보다 높게 나타나고 있다.

그리고 50m층의 경우 제주도 연안해수의 영양염에 관한 연구(박, 1982) 결과에서 보고된 측정치(인산염 농도  $0.4\mu\text{g-at}/\ell$ )와 유사한 값을 보인다.

## (3) 규산염 규소

규산염의 농도분포는(Fig.7) 0~30m층에서 동쪽해역  $2.56\sim 4.47\mu\text{g-at}/\ell$  (평균  $3.46\mu\text{g-at}/\ell$ ), 서쪽해역은  $3.45\sim 4.25\mu\text{g-at}/\ell$  (평균  $3.97\mu\text{g-at}/\ell$ ), 50~90m층에서는 동쪽이  $6.95\sim 9.15\mu\text{g-at}/\ell$  (평균  $8.24\mu\text{g-at}/\ell$ ), 서쪽이  $7.84\sim 8.63\mu\text{g-at}/\ell$  (평균  $8.11\mu\text{g-at}/\ell$ )로 나타났다. 이러한 분포경향은 표층에서 질산염, 인산염의 분포형태와는 달리 동쪽해역이 서쪽해역에 비해  $1.49\mu\text{g-at}/\ell$

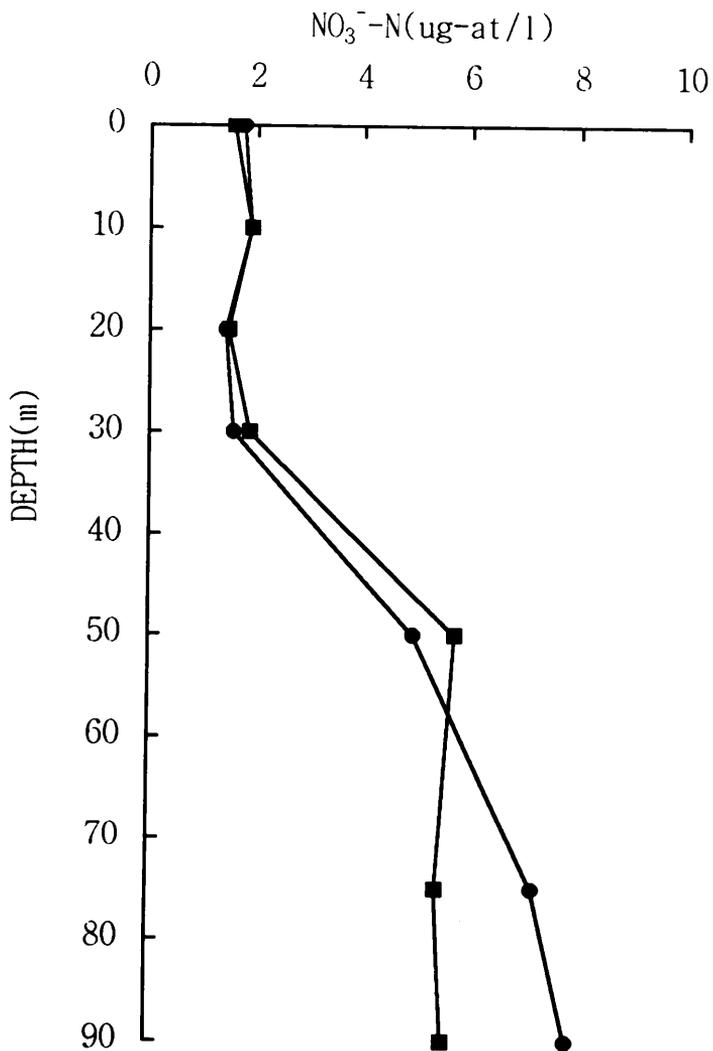


Fig. 5. Distribution of mean nitrate nitrogen by depth in the eastern and western seas of Cheju Island (●:east, ■:west)

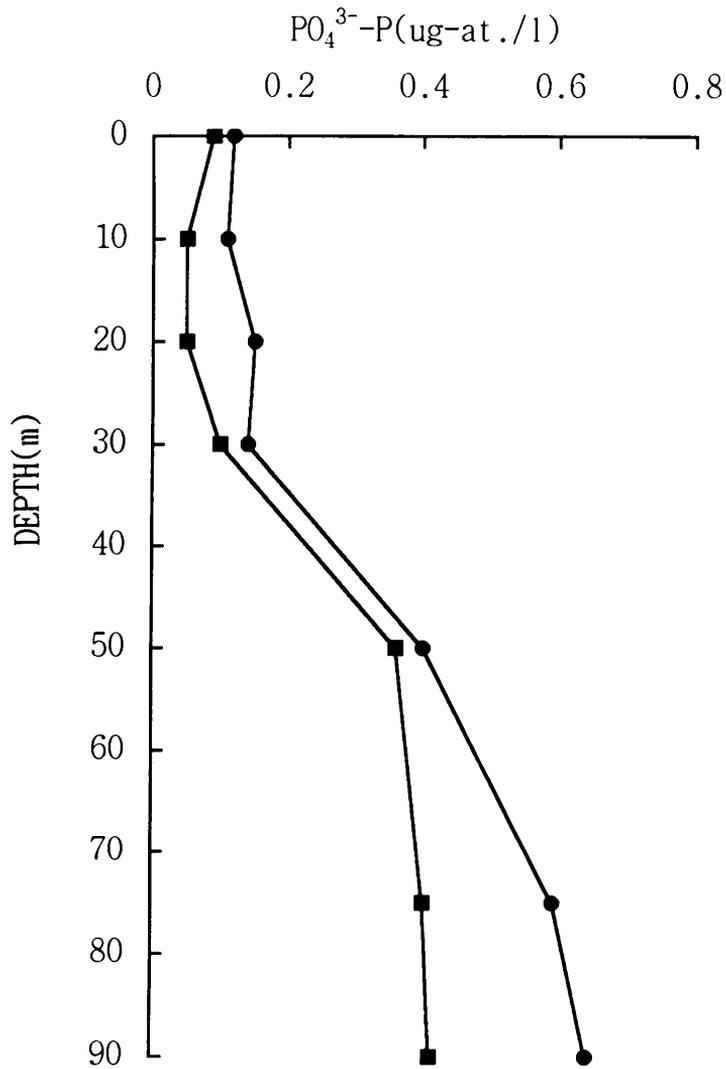


Fig. 6. Distribution of mean phosphate phosphorus by depth in the eastern and western seas of Cheju Island (●:east, ■:west)

낮게 나타나고 있는 반면 저층에서의 규산염 분포는 거의 비슷한 분포를 보이고 있다. 서쪽해역 표층수에서 상대적으로 높은 농도가 나타나는 것은 또 다른 유입원이 있을 가능성이 있으며 이는 중국대륙 육상수(양자강수)의 영향을 배제할 수 없다. 이것은 양자강수의 영향이 제주도 서쪽에서 제주해협까지 영향을 미치고 있다는 기존의 보고로부터 유추할 수 있다(김 등, 1991). 동·서해역의 규산염 분포도 질산염과 마찬가지로 층별로 일정하지 않은 경향을 나타내고 있음을 알 수 있다.

영양염의 수심에 따른 변화는 대체적으로 표층에서 30m층까지는 수심이 깊어짐에 따라 약간의 감소 경향을 보이나 30m 이심부터는 급격히 증가하고 있다. 반면 용존산소량은 30m층을 중심으로 그 이천층은 높고 그 이심층은 낮게 나타나고 있다. 이와 같이 30m층을 중심으로 영양염과 용존산소의 분포 경향이 크게 변화하는 것은 본 조사해역에서의 기초생산자인 식물플랑크톤의 분포와 광합성에 기인하는 것으로서, 30m 이천층에서 일차생산이 활발하게 이루어지고 있다고 말할 수 있다.

#### 4) Chlorophyll - a

Chl. a의 농도 분포(Fig. 8)는 0~30m층에서 동쪽해역 0.07~0.15mg/m'(평균 0.10mg/m') 서쪽해역 0.10~0.51mg/m'(평균 0.22mg/m'), 50~90m층에서는 동쪽해역 0.10~0.27mg/m'(평균 0.16mg/m') 서쪽해역 0.32~0.47mg/m'(평균 0.37mg/m')로 나타났다. 동쪽해역 보다 서쪽해역이 30m 이천에서는 0.12mg/m' 50m 이심에서는 0.21mg/m' 높게 나타났다. 이와 같은 농도분포는 서쪽해역이 동쪽해역에 비해 전 수층에서 2.5배 정도 높게 나타나고 있으며, 제주도 북서해역의 수층별 Chl. a 함량분석치 0.023~0.578mg/m'(전과 고, 1983)와 비교해 보면 서쪽해역은 비슷한 농도분포를 나타냈지만 동쪽해역에서는 최고 2배정도 낮았다. 그리고 수층별로 최대값은 동쪽해역은 50m층 서쪽해역은 30m층에서 나타났다. 전과 고(1983)에 의하면 Chl. a의 수직분포의 특징으로 수심 20~

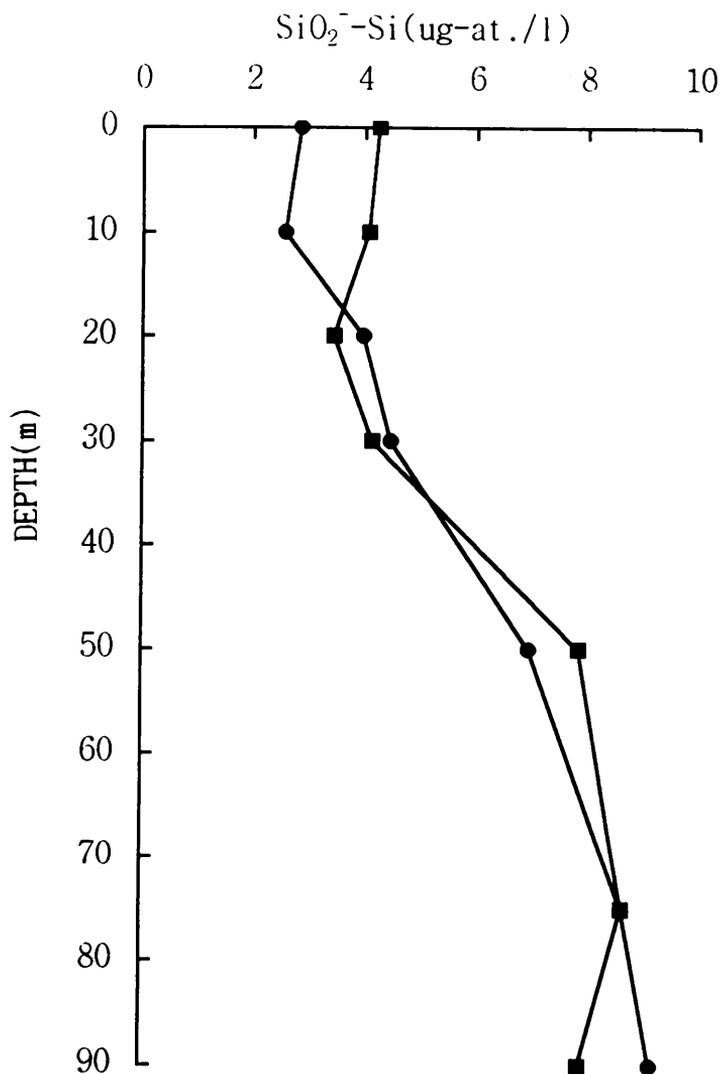


Fig. 7. Distribution of mean silicate silicon by depth in the eastern and western seas of Cheju Island(●:east, ■:west)

30m에 이르는 중층에서 최대값을 나타냈는데, 서쪽해역은 이와 일치하고 있으나 동쪽해역은 조금 더 깊은 수심에서 최대치가 나타났다. 그리고 부영양 상태가 유지되는 해역의 Chl·a함량은 1~10mg/m<sup>3</sup>(吉田, 1973)로 알려져 있어 이와 비교해 보면 본 연구해역은 빈영양 해역으로서 낮은 농도를 보였다.

#### 5) Carbon, Hydrogen, Nitrogen (CHN)

CHN에 대해서는 제주도 주변 연안이나 그외 다른 해역에서 분석한 자료가 전무한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 제주도 동·서해역의 분포특성을 확인하는데 의의가 있다. CHN의 분포 특성은 30m이천에서 동쪽해역의 C가 0.18~0.23%(평균 0.20%), H는 0.09~0.18%(평균 0.12%), N는 0.04~0.06%(평균 0.05%), 서쪽해역에서는 C가 0.17~0.24%(평균 0.20%), H는 0.04~0.08%(평균 0.06%), N가 0.04~0.06%(평균 0.05%)로 나타났다. 50m이심에서는 동쪽의 C가 0.25~0.26%(평균 0.26%), H는 0.09~0.10%(평균 0.10%), N는 0.04~0.05%(평균 0.04%), 서쪽에서는 C가 0.27~0.41%(평균 0.34%), H는 0.10~0.19%(평균 0.15%), N는 0.06~0.08%(평균 0.07%)로 나타났다. 이와같은 분석결과로 동·서해역을 비교해 보면 표층에서는 거의 비슷하나 저층에서는 동쪽해역 보다 서쪽해역에서 C가 0.08%, H가 0.05%, N가 0.03% 정도 높게 나타났다. 이는 부유물질의 함량분포에서 나타난 것처럼 서쪽의 부유물질 함량이 동쪽에 비해 현저하게 높은 것과 일치하고 있어 부유물질량과 CHN 구성비가 유사한 분포양상을 보인다는 것을 알 수 있다.

1997년 8월에 제주주변 연안역에서 채수된 시료의 CHN을 분석한 결과 C는 0.62~0.87%, H는 0.42~0.55%, N는 0.02~0.12%로 나타나 본 연구해역에서의 CHN 구성비는 연안역에 비해 C와 H는 3~4배 적었고, N는 거의 비슷하게 나타났다.

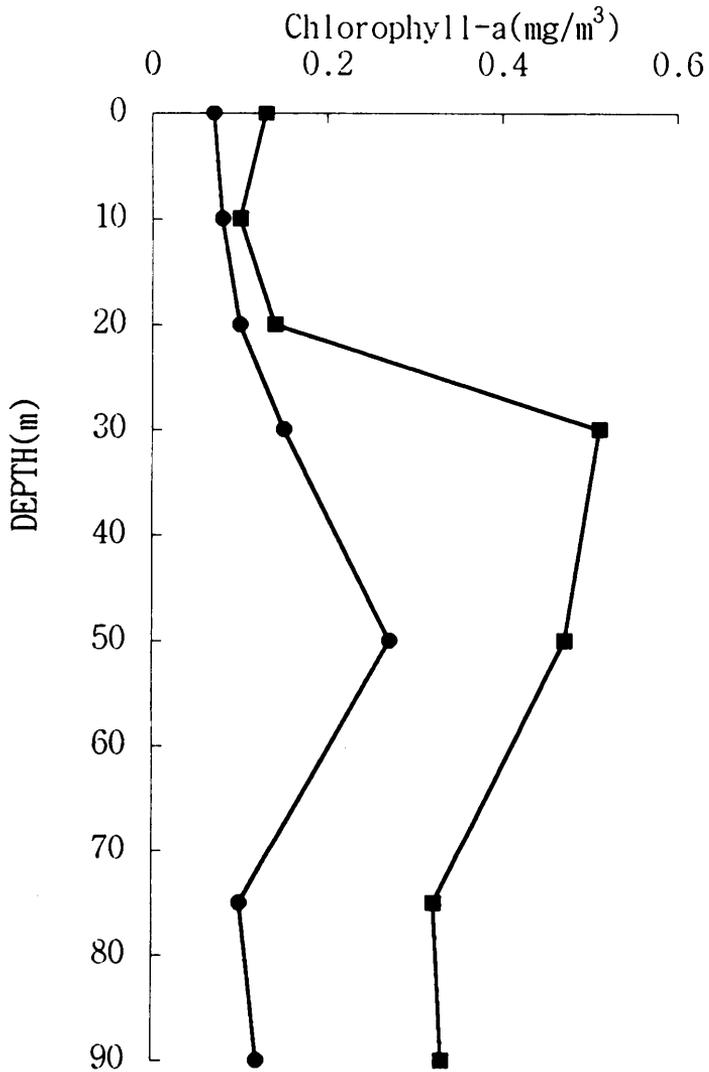


Fig. 8. Distribution of mean chlorophyll - a by depth in the eastern and western seas of Cheju Island(● :east, ■ :west)

## 2. 물리, 화학적 인자들의 일주변화

### 1) 수온, 염분, pH

수온의 일주 변화(Fig. 9)는 동쪽해역의 표층에서 23.04~24.01℃(평균 23.41℃), 30m층에서 15.73~17.22℃(평균 16.37℃), 50m층에서 14.93~15.45℃(평균 15.16℃)로, 표층에서 1℃, 30m층에서 1.49℃, 50m층에서 0.52℃ 정도의 변화폭을 보였다. 서쪽해역에서는 표층에서 22.87~23.51℃(23.16℃), 30m층에서 14.42~18.35℃(16.32℃), 50m층에서 13.75~13.89℃(평균 13.81℃)로 표층에서 0.64℃, 30m층에서 3.93℃, 50m층에서 0.14℃ 정도의 변화폭을 보였다. 이와 같이 수심에 따른 온도 변화를 보면 표층에서 보다 30m 층에서의 변화폭이 더 큰 것으로 나타났다. 50m층에서는 24시간 동안에 0.5℃ 정도의 미미한 변화만이 관측되어 기온에 의한 수온변동은 거의 없는 균일한 수온분포를 보인다. 그리고 시간대별로는 표층에서는 6:00부터 서서히 증가하기 시작하여 16:00에 최고값을 나타냈다가 18:00대부터 서서히 감소하기 시작하고 있어 주간에 높은 수온분포를 보이고 있다. 30m층에서도 표층에서와 마찬가지로 16:00대에 최고값을 나타냈다가 18:00부터 감소하여 22:00에 최소값을 나타내고 있다. 50m층에서는 거의 변함이 없이 일정한 수온분포를 보이고 있다.

염분의 일주 변화(Fig. 10)도 수온분포에서 관찰된 것과 같은 양상으로 50m층에서는 시간대 별로 거의 비슷한 분포를 보였다. 동쪽해역에서는 표층에서 33.31~34.02‰(33.63‰), 30m층에서 32.64~34.31‰(34.07‰), 50m층에서 33.16~33.47‰(34.29‰)로 나타났으며, 일주변화폭은 30m층에서 1.67‰로 가장 크게 나타났다. 특히 22:00에는 30m층에서 15.7℃, 32.64‰로 저온, 저염분 수괴가 분포하고 있었는데 이에 대한 원인으로 측정자체의 문제점과 다른 요인을 추론할 수 있겠는데 장차 자세한 재조사의 필요성이 요구된다. 서쪽해

역에서는 표층에서 31.99~33.56‰(32.99‰)로 1.57‰의 농도변화를 보이고 있는데 동쪽해역의 표층에서의 농도변화가 0.71‰에 비해 약 1‰정도 변화폭이 크다고 할 수 있다. 이와같이 24시간 관측에서 염분농도의 변화양상이 일정한 경향이 없는 것은 육상수 영향을 받는 연안과 달리 조석주기 등에 의한 영향이 미미한 것으로 생각된다

해수의 pH는 광합성에 의해 증가하고 호흡에 의하여 감소하는 용존 이산화탄소의 농도에 달려있다. 이와 같은 pH의 변화폭(Fig. 11)은 동쪽해역의 표층에서 8.13~8.23(평균 8.19), 30m층에서 8.08~8.22(평균 8.14), 50m층에서 7.99~8.12(평균 8.06)이며, 서쪽해역의 표층에서 8.07~8.16(평균 8.11), 30m층에서 8.15~8.23(평균 8.19), 50m층에서 8.02~8.10(평균 8.07)을 나타냈다. 동·서해역에서의 일주변동폭을 살펴보면 대체적으로 6시간 간격으로 증가와 감소를 반복하고 있으며, 주간이 야간에 비해 조금 높게 나타나고 있다. 이것은 해수의 pH가 야간에는 식물플랑크톤의 호흡으로 인하여 낮아지다가 주간에는 광합성활동으로 높아지는 결과라 할 수 있다(Komatsu and Kwai, 1987). 또 수심별로 주·야간 변동폭은 표층에서 0.09~0.10, 30m층에서 0.08~0.14, 50m층에서는 0.08~0.14로 층별 변화폭이 거의 비슷하게 나타났다.

## 2) 용존산소(DO)

용존산소의 일주변화 분포(Fig. 12)는 동쪽해역의 표층에서 5.33~84mg/ℓ(평균 5.49mg/ℓ), 30m층에서 5.96~6.57mg/ℓ(평균 6.14mg/ℓ), 50m층에서 4.70~5.99mg/ℓ(평균 5.29mg/ℓ)이며, 서쪽해역의 표층에서 5.31~7.98mg/ℓ(평균 5.75mg/ℓ), 30m층에서 5.45~6.91mg/ℓ(평균 6.48mg/ℓ), 50m층에서 5.18~6.16mg/ℓ(5.51mg/ℓ)범위로 나타났다. 이상에서 볼 수 있는 것처럼 표층에서는 서쪽해역에서의 8:00에 나타난 7.98mg/ℓ의 농도를 제외 하고는 일주간 변동폭

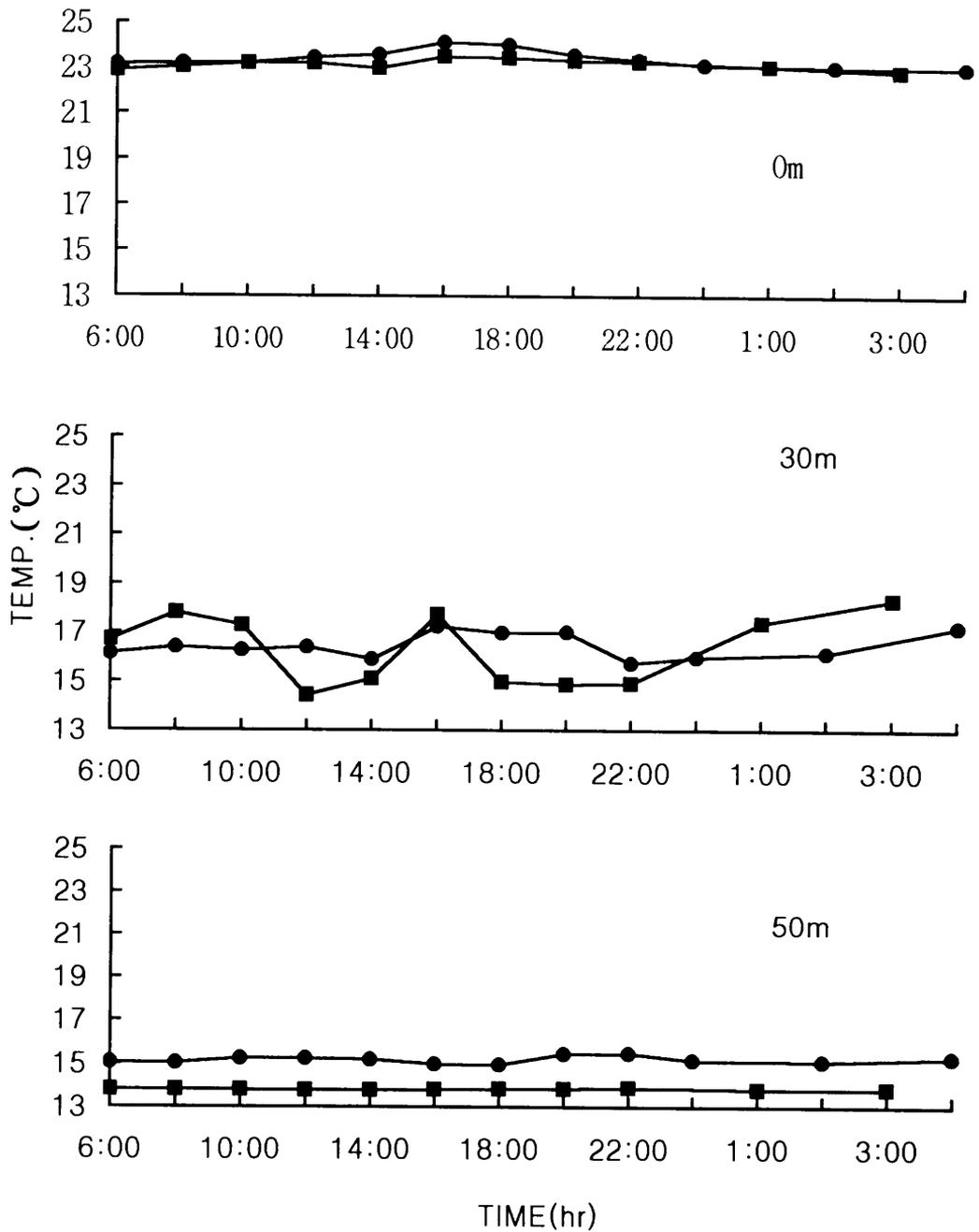


Fig. 9. Diel change of water temperature by depth in the eastern and western seas of Cheju Island (●:east, ■:west)

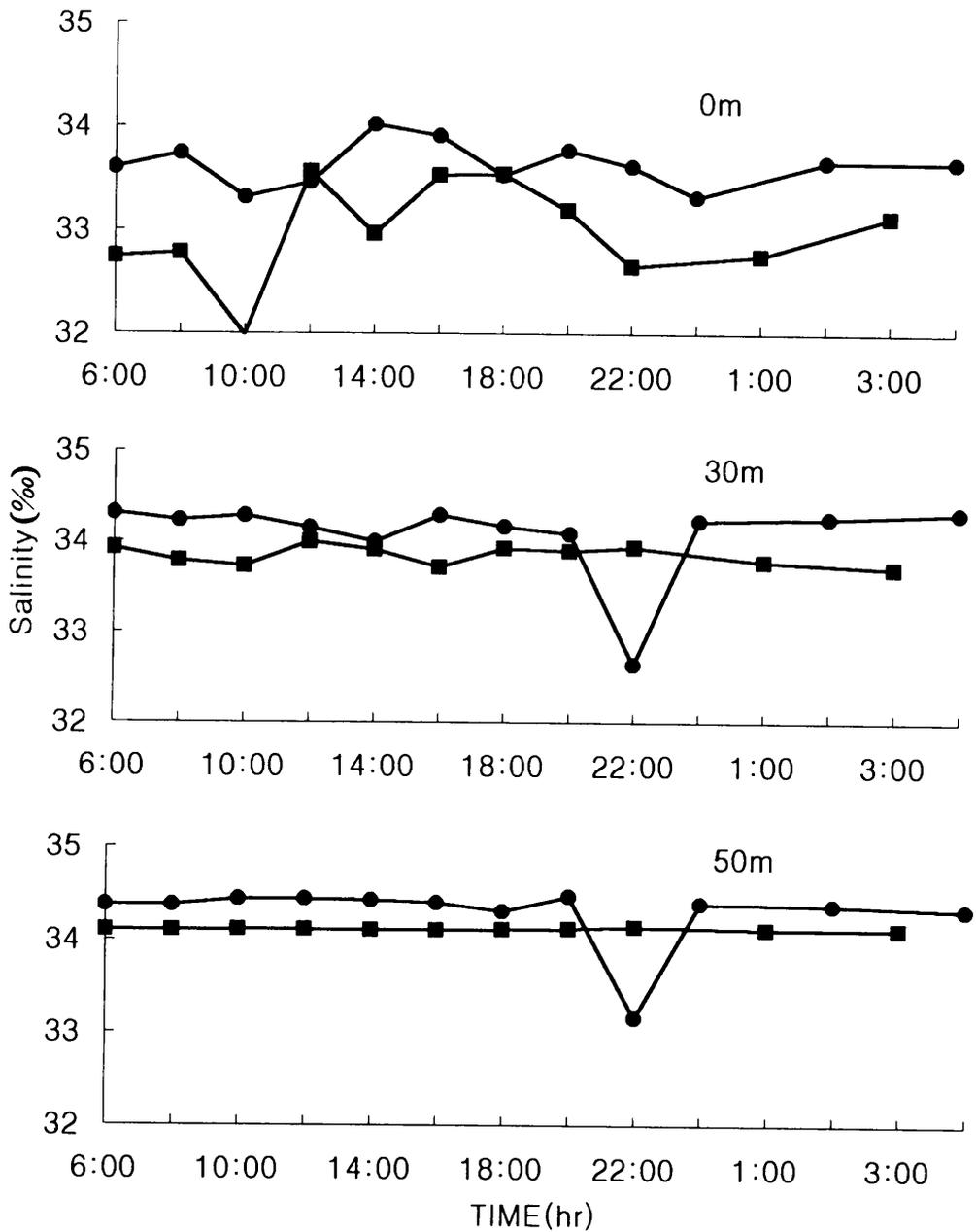


Fig. 10. Diel change of salinity by depth in the eastern and western seas of Cheju Island (●:east, ■:west)

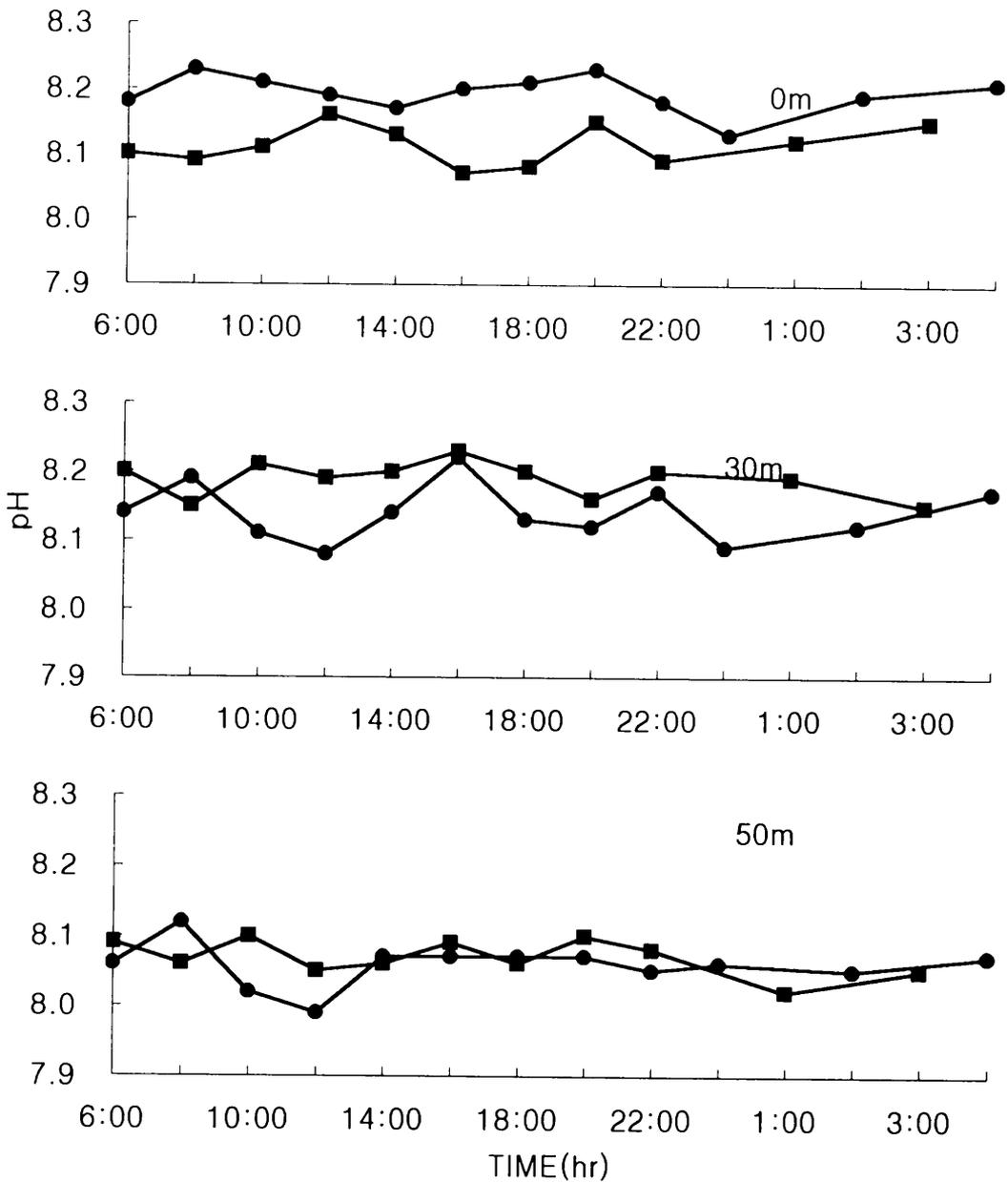


Fig. 11. Diel change of pH by depth in the eastern and western seas of Cheju Island (●:east, ■:west)

이 거의 없었다. 수심별로는 표층에서의 용존산소 함량보다 30m층에서 최대 값을 나타내고 있는데 이는 유광층내에서 풍부한 영양염에 의한 식물플랑크톤의 광합성 활동으로 인한 과포화 현상이 일어난 것으로 생각된다(홍과조, 1983). 또 시간대별 변화폭은 표층에서는 0.5mg/ℓ의 차이로 거의 비슷하였으나 30m층에서는 0.5~1.22mg/ℓ로 표층에 비하여 조금 큰 변화폭을 나타냈으며, 주·야간 비교를 해보면 야간에 비하여 주간이 높은 경향을 나타내고 있는데 이는 주간에 광합성에 의한 산소생산과 야간에 소비에 의한 영향이 작용한 것으로 사료된다.

### 3) 부유물질(SS)

부유물질의 일주 변화(Fig. 13)는 동쪽해역의 표층에서 0.6~2.55mg/ℓ(평균 1.27mg/ℓ), 30m층에서 0.45~3.30mg/ℓ(평균 1.54mg/ℓ), 50m층에서 0.6~2.25mg/ℓ(평균 1.12mg/ℓ)이며 서쪽해역의 표층에서 0.75~7.95mg/ℓ(평균 2.96mg/ℓ), 30m층에서는 0.75~8.25mg/ℓ(평균 2.58mg/ℓ), 50m층에서는 3.45~12.90mg/ℓ(평균 6.83mg/ℓ)로 나타났다. 수심에 따른 변화는 동쪽해역에서는 1.12~1.54mg/ℓ로 전 수층에서 거의 비슷한 농도분포를 보였고 서쪽해역에서는 동쪽과 달리 2.58~6.83mg/ℓ로 수심이 깊어짐에 따라 점차 증가하고 있다(김, 1987). 또한 해역별로는 서쪽해역이 동쪽해역에 비해 30m층에서는 1.04mg/ℓ, 50m층에서는 5.71mg/ℓ 더 높게 나타나고 있다. 그리고 시간대별 변화폭도 동쪽해역에서는 전 수층에서 1.65~2.85mg/ℓ 정도의 변화를 보이고 있으나 서쪽에서는 7.20~9.45mg/ℓ로 큰 폭의 변동폭을 볼 수 있다. 이와 같이 부유물질의 농도가 서쪽해역이 동쪽해역보다 훨씬 높은 농도를 보이는 것은 다른 유입원이 있음을 시사해 주고 있으며, 이는 6월경 제주도 서방해역까지 이동해 온 중국대륙연안수의 영향으로 생각된다(김과 노, 1994; 김, 1987)). 그러나 주·야간 변동특성은 뚜렷한 경향을 나타내지는 않았다.

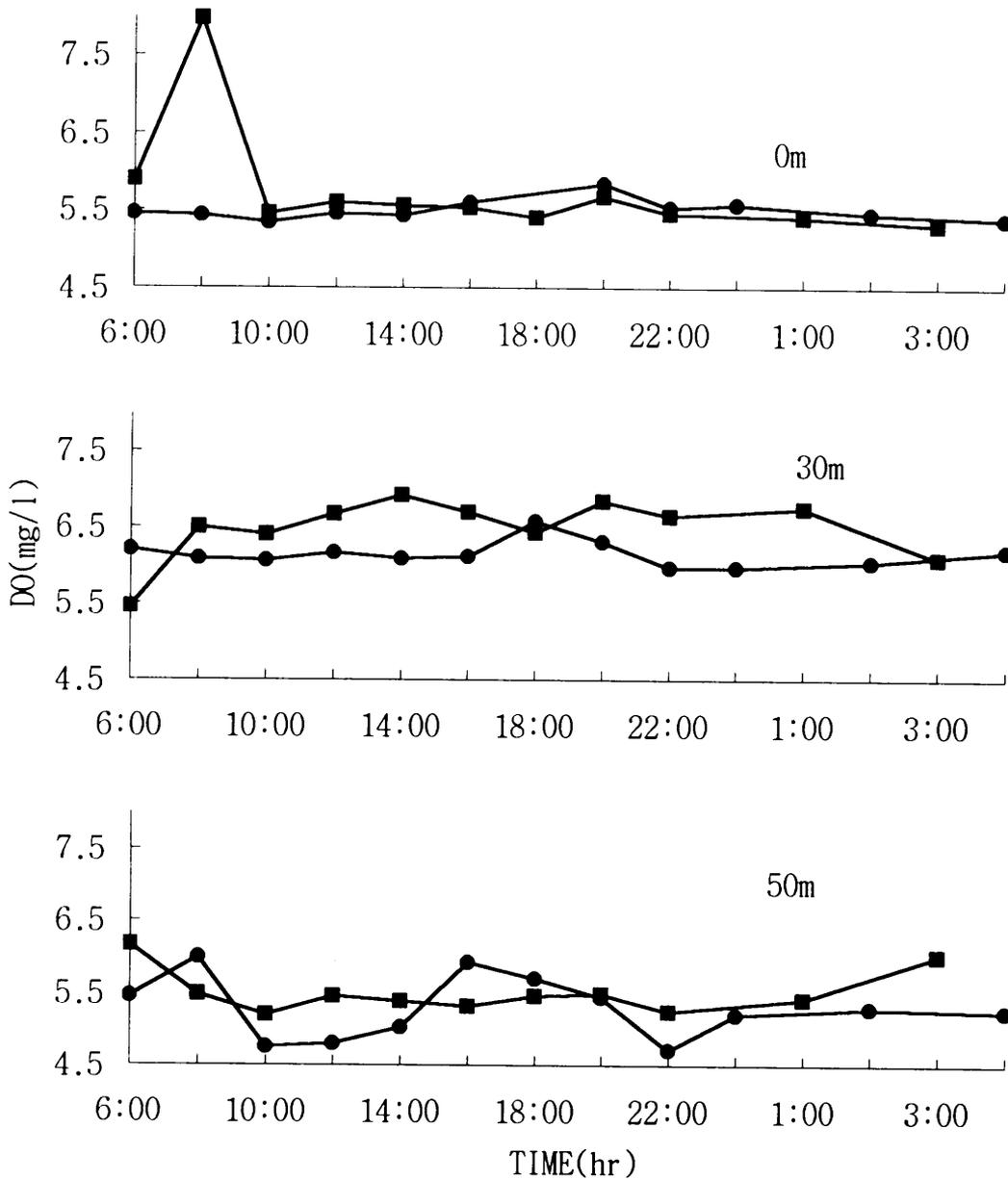


Fig. 12. Diel change of dissolved oxygen by depth in the eastern and western seas of Cheju Island (●:east, ■:west)

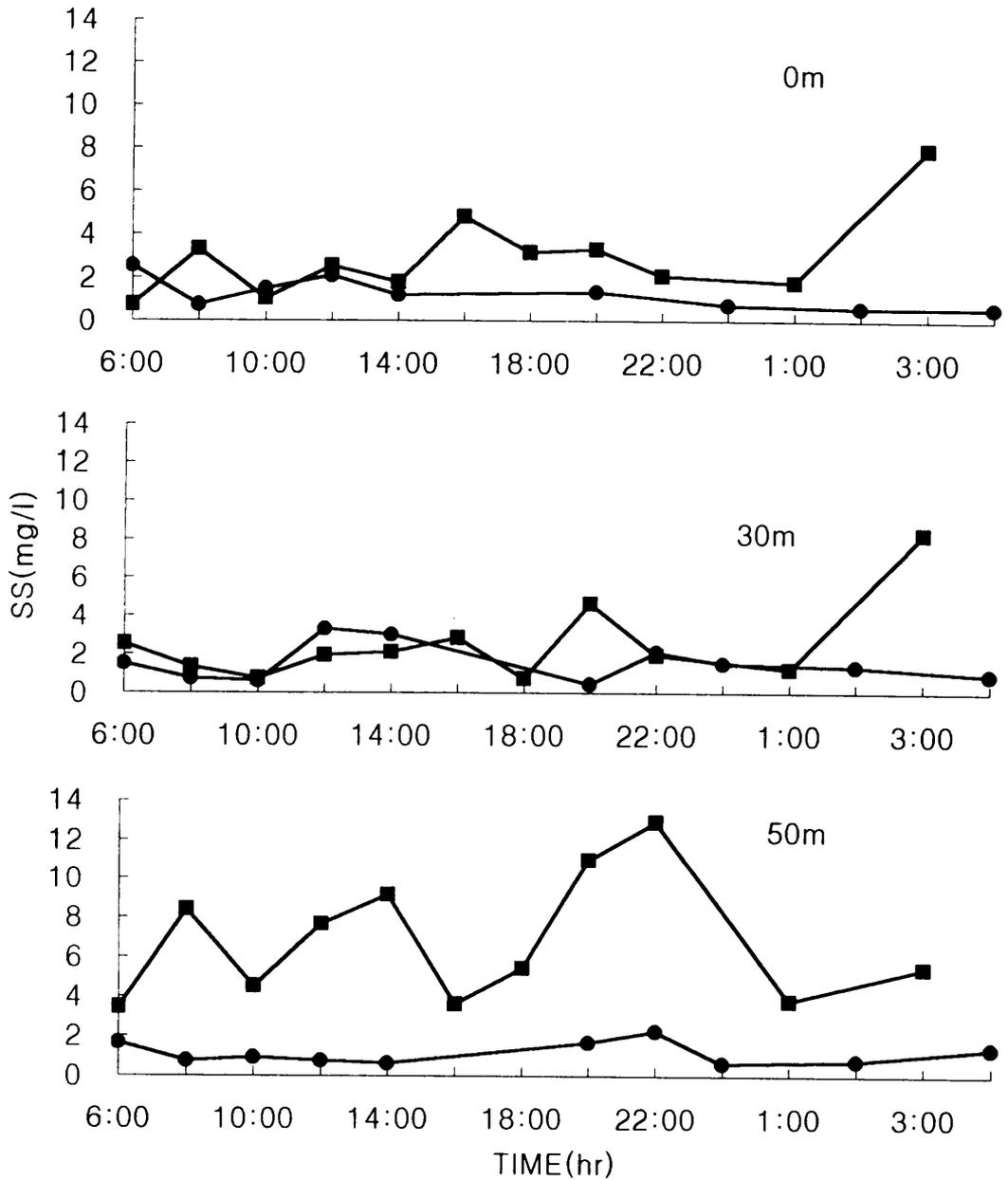


Fig. 13. Diel change of suspended solid by depth in the eastern and western seas of Cheju Island (●:east, ■:west)

#### 4) 영양염류

##### (1) 질산염 질소( $\text{NO}_3^- - \text{N}$ )

질산염 질소의 일주 변화(Fig. 14)를 살펴보면 동쪽해역 표층에서  $0.50 \sim 2.92 \mu\text{g-at}/\ell$  (평균  $1.74 \mu\text{g-at}/\ell$ ), 30m층에서  $0.08 \sim 2.46 \mu\text{g-at}/\ell$  (평균  $1.56 \mu\text{g-at}/\ell$ ), 50m층에서  $0.82 \sim 7.48 \mu\text{g-at}/\ell$  (평균  $4.94 \mu\text{g-at}/\ell$ )이며, 서쪽해역 표층에서  $0.24 \sim 3.34$  (평균  $1.55 \mu\text{g-at}/\ell$ ), 30m층에서  $0.32 \sim 5.63 \mu\text{g-at}/\ell$  (평균  $1.87 \mu\text{g-at}/\ell$ ), 50m층에서는  $2.53 \sim 8.26 \mu\text{g-at}/\ell$  (평균  $5.71 \mu\text{g-at}/\ell$ )를 나타냈다. 시간대별 변화폭은 동쪽해역의 표층과 30m층에서는 각각  $2.38 \mu\text{g-at}/\ell$ ,  $2.42 \mu\text{g-at}/\ell$  50m층에서는  $6.66 \mu\text{g-at}/\ell$ 이며, 서쪽해역의 표층과 30m층에서는 각각  $3.10 \mu\text{g-at}/\ell$ ,  $5.31 \mu\text{g-at}/\ell$  50m층에서는  $5.73 \mu\text{g-at}/\ell$ 로 수심이 깊어짐에 따라 변화폭도 크게 나타나고 있음을 알 수 있다. 또 일주 변화는 동쪽해역은 대체적으로 10:00부터 14:00대에 높게 나타나다가 16:00, 18:00대에 최소값을 나타내고 있으며 20:00부터 다시 증가하고 있다. 서쪽해역에서는 동쪽해역과 달리 10:00부터 16:00까지 낮은 농도분포를 보이다가 18:00, 20:00대에 가장 높은 값을 나타내고 있으며 30m층에서도 표층과 비슷하게 야간인 18:00~22:00에 최고값을 나타냈다. 대체적으로 동.서쪽해역에서의 일주변화는 서로 반대의 패턴을 보여주고 있어 질산염 질소의 일주변동이 해역에 따라 다를 수 있음을 시사하고 있다.

##### (2) 인산염 인

인산염 인의 일주 변화(Fig. 15)는 동쪽해역의 표층에서  $0.04 \sim 0.23 \mu\text{g-at}/\ell$  (평균  $0.12 \mu\text{g-at}/\ell$ ) 30m층에서  $0.04 \sim 0.26 \mu\text{g-at}/\ell$  (평균  $0.14 \mu\text{g-at}/\ell$ ) 50m층에서  $0.17 \sim 0.83 \mu\text{g-at}/\ell$  (평균  $0.40 \mu\text{g-at}/\ell$ )이며, 서쪽해역의 표층에서는  $0.02 \sim 0.40 \mu\text{g-at}/\ell$  (평균  $0.09 \mu\text{g-at}/\ell$ ), 30m층에서  $0.02 \sim 0.29 \mu\text{g-at}/\ell$  (평균  $0.10 \mu\text{g-at}/\ell$ ), 50m층에서  $0.12 \sim 0.53 \mu\text{g-at}/\ell$  (평균  $0.36 \mu\text{g-at}/\ell$ )로 나타났다. 일주 변화폭은 동쪽해역의 표층이  $0.19 \mu\text{g-at}/\ell$ , 30m층  $0.22 \mu\text{g-at}/\ell$ , 50m층

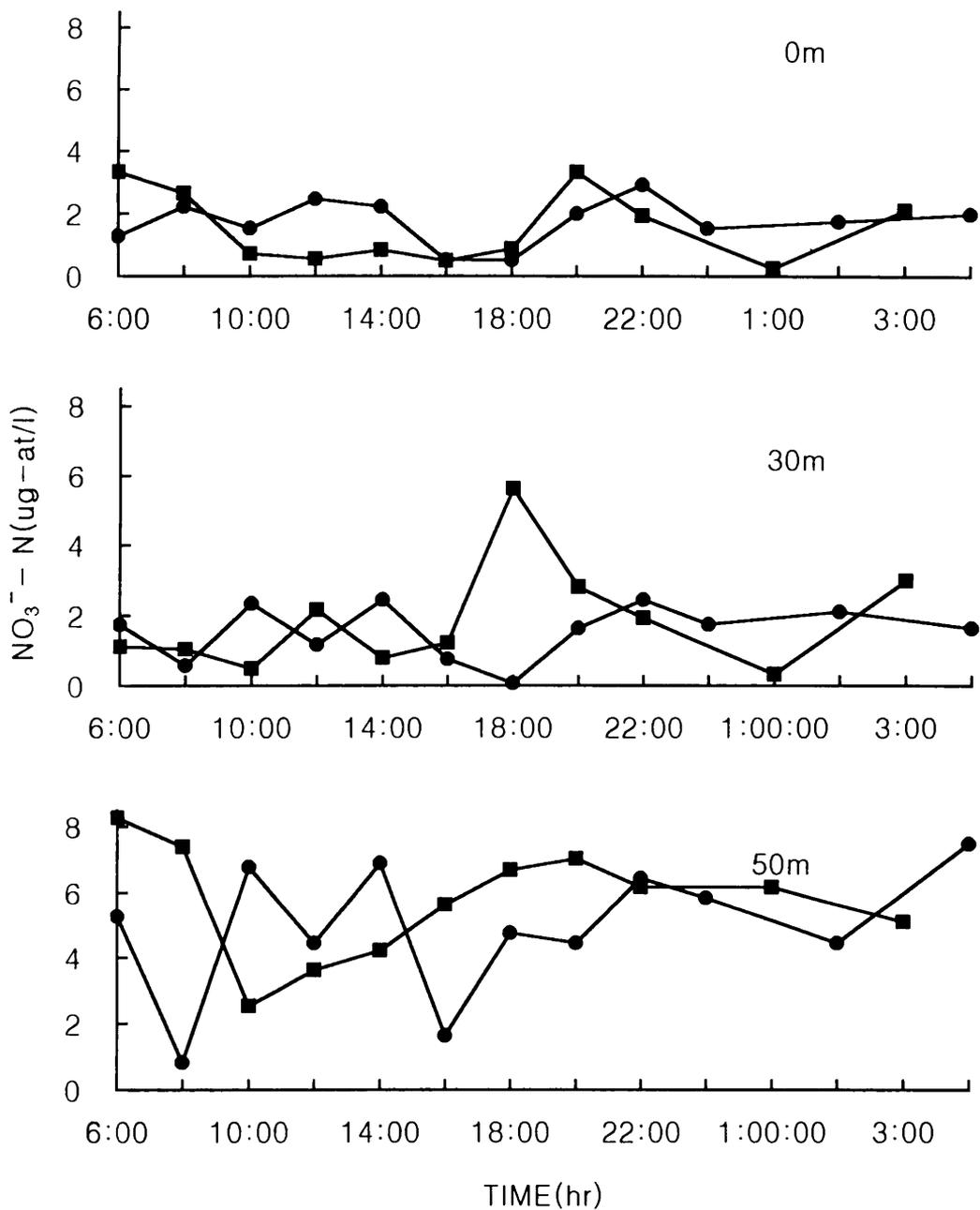


Fig. 14. Diel change of nitrate nitrogen by depth in the eastern and western seas of Cheju Island (●:east, ■:west)

0.66 $\mu\text{g-at}/\ell$ 로 표층에 비해 수심 증가에 따라 일주 변화폭이 크게 나타나고 있다. 서쪽해역의 표층에서는 0.38 $\mu\text{g-at}/\ell$ , 30m층 0.27 $\mu\text{g-at}/\ell$ , 50m층 0.41 $\mu\text{g-at}/\ell$ 로 동쪽해역과 달리 30m층에서의 변화폭이 가장 작게 나타났다.

그리고 시간대 별 변화는 표층에서는 동쪽해역이 6:00부터 14:00까지 낮은 농도분포를 보이다가 16:00부터 22:00까지 가장 높은 농도를 나타냈으나 서쪽해역에서는 6:00대를 제외하면 주·야간 변동폭이 거의 비슷한 분포를 보이고 있다. 그리고 동·서쪽해역이 각각 30m층에서는 18:00, 22:00대에 최대값을 나타내고 있으며, 50m층에서는 6:00부터 16:00까지 비슷한 패턴을 보이고 있으며 0:00 와 20:00에 가장 낮은 농도를 나타내고 있다.

### (3) 규산염 규소

규산염 규소의 일주 변화(Fig. 16)는 동쪽해역의 표층에서 1.80~4.23(평균 2.85 $\mu\text{g-at}/\ell$ ), 30m층에서 1.64~7.85 $\mu\text{g-at}/\ell$ (평균 4.47 $\mu\text{g-at}/\ell$ ), 50m층에서 4.82~9.58 $\mu\text{g-at}/\ell$ (평균 6.95 $\mu\text{g-at}/\ell$ )로 나타났으며, 서쪽해역에서는 표층에서 2.16~6.18 $\mu\text{g-at}/\ell$ (평균 4.25 $\mu\text{g-at}/\ell$ ), 30m층에서 2.16~7.11 $\mu\text{g-at}/\ell$ (평균 4.14 $\mu\text{g-at}/\ell$ ), 50m층에서 5.66~10.01 $\mu\text{g-at}/\ell$ (평균 7.84 $\mu\text{g-at}/\ell$ )였다. 일주변화폭은 동쪽해역에서 2.43~6.21 $\mu\text{g-at}/\ell$ , 서쪽해역에서 3.59~8.23 $\mu\text{g-at}/\ell$ 로 나타났으며, 수심이 깊어짐에 따라 변화폭도 크다는 것을 알 수 있다.

시간대 별로 동쪽해역 표층에서는 특별한 일주변화 특성이 관측되지 않았으나 30m층에서의 일주변화 특성은 동쪽해역은 8:00부터 감소하기 시작하여 16:00에 최소값을 나타냈고 다시 18:00부터 서서히 증가하였으며, 서쪽해역은 동쪽해역과 반대의 변화 양상을 보여주고 있다. 그리고 저층에서도 대체적으로 동·서해역의 변화 특성이 상반되는 특성을 보였고 18:00를 전,후하여 최대값을 나타내고 있으며 앞에서 서술한 질산염의 일주변화 특성과 비슷함을 알 수 있다.

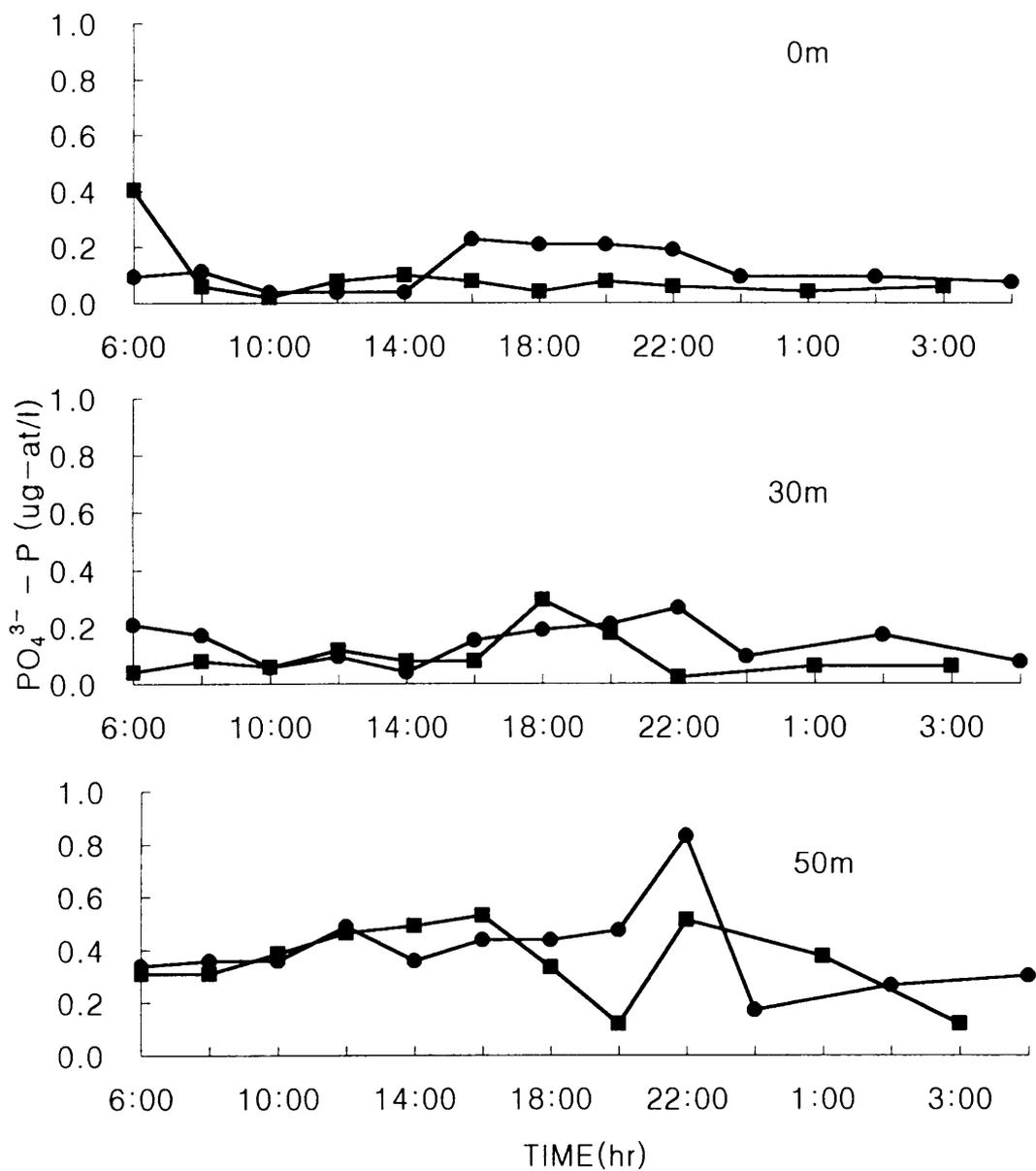


Fig. 15. Diel change of phosphate phosphorus by depth in the eastern and western seas of Cheju Island (●:east, ■:west)

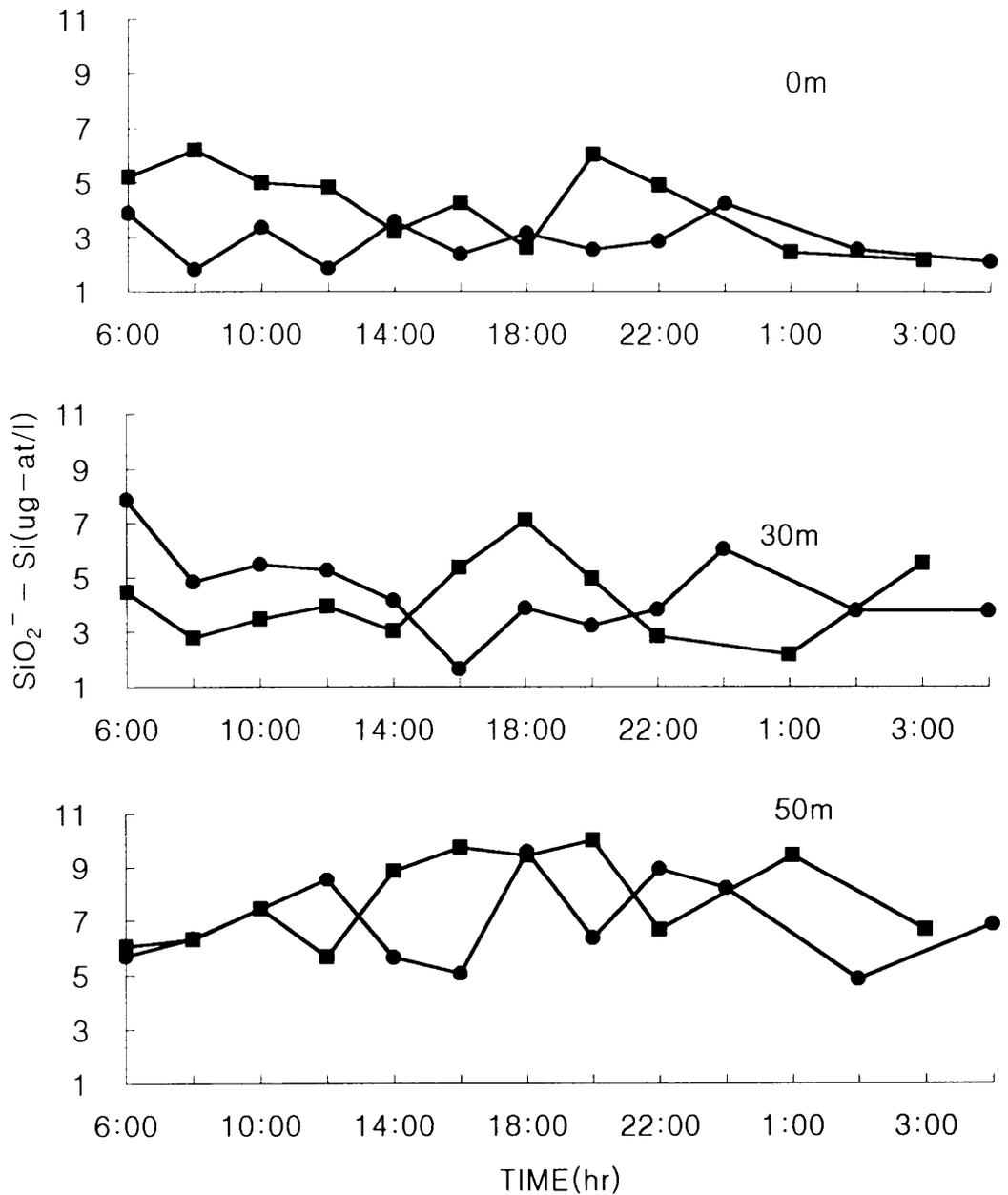


Fig. 16. Diel change of silicate silicon by depth in the eastern and western seas of Cheju Island (●:east, ■:west)

#### 5) Chl - a

Chl - a의 분포는(Fig. 17) 동쪽해역 표층에서 0.01~0.14mg/m'(평균 0.07mg/m') 30m층에서 0.08~0.23mg/m'(평균 0.15mg/m') 50m층에서 0.01~0.50mg/m'(평균 0.27mg/m')이며, 서쪽해역 표층에서는 0.08~0.22mg/m'(평균 0.13mg/m') 30m층에서 0.15~1.91mg/m'(평균 0.51mg/m') 50m층에서 0.22~1.17mg/m'(평균 0.47mg/m')였다.

그리고 일주변화는 동쪽해역 표층과 30m층에서는 0.13~0.15mg/m'로 거의 비슷하며 50m층에서는 0.49mg/m'로 나타났다. 서쪽해역에서는 표층에서 0.14mg/m'로 동쪽해역과 비슷하였고, 30m층에서는 1.76mg/m'로 변화폭이 가장크게 나타났다. 또 다른 수심에 비해 전 시간대에 Chl.a농도가 높았으며 18:00에 최고값을 나타냈다. 50m층에서는 0.95mg/m'의 변화폭을 나타냈다.

#### 6) N/P, Si/P의 변화특성

질소와 인의 분포는 밀접한 유사성을 갖고 있으며 Redfield et al.(1963)은 해양의 식물플랑크톤의 C : N : P의 분자비는 106 : 16 : 1이라고 하였으며, 이 비율은 유광층내에서 영양염의 소비된 정도를 알아낼 때 사용하는 Redfield ratio로 쓰여지고 있다. 플랑크톤 성장은 N/P비가 16이상이면 인이 제한인자이고 N/P비가 16이하이면 N이 제한인자로 작용하게 되는 것이다.

따라서 이들 해역에 대한 N/P비 특성(Table 3)을 살펴본 결과 동쪽해역은 N/P비가 13, 서쪽해역은 N/P비가 16으로 서쪽해역이 동쪽해역 보다 높게 나타나고 있어서 동쪽해역은 질소가 식물플랑크톤 성장에 제한 인자로 작용하리라 생각된다. 그리고 주·야간 N/P비 변화를 보면 동쪽해역에서 주간에는 12, 야간에 14, 서쪽해역에서는 주간에는 14, 야간에 18로 나타나고 있으며 두해역 모두 야간에 N/P비가 높게 나타나고 있는데 이는 주간에는 플랑크

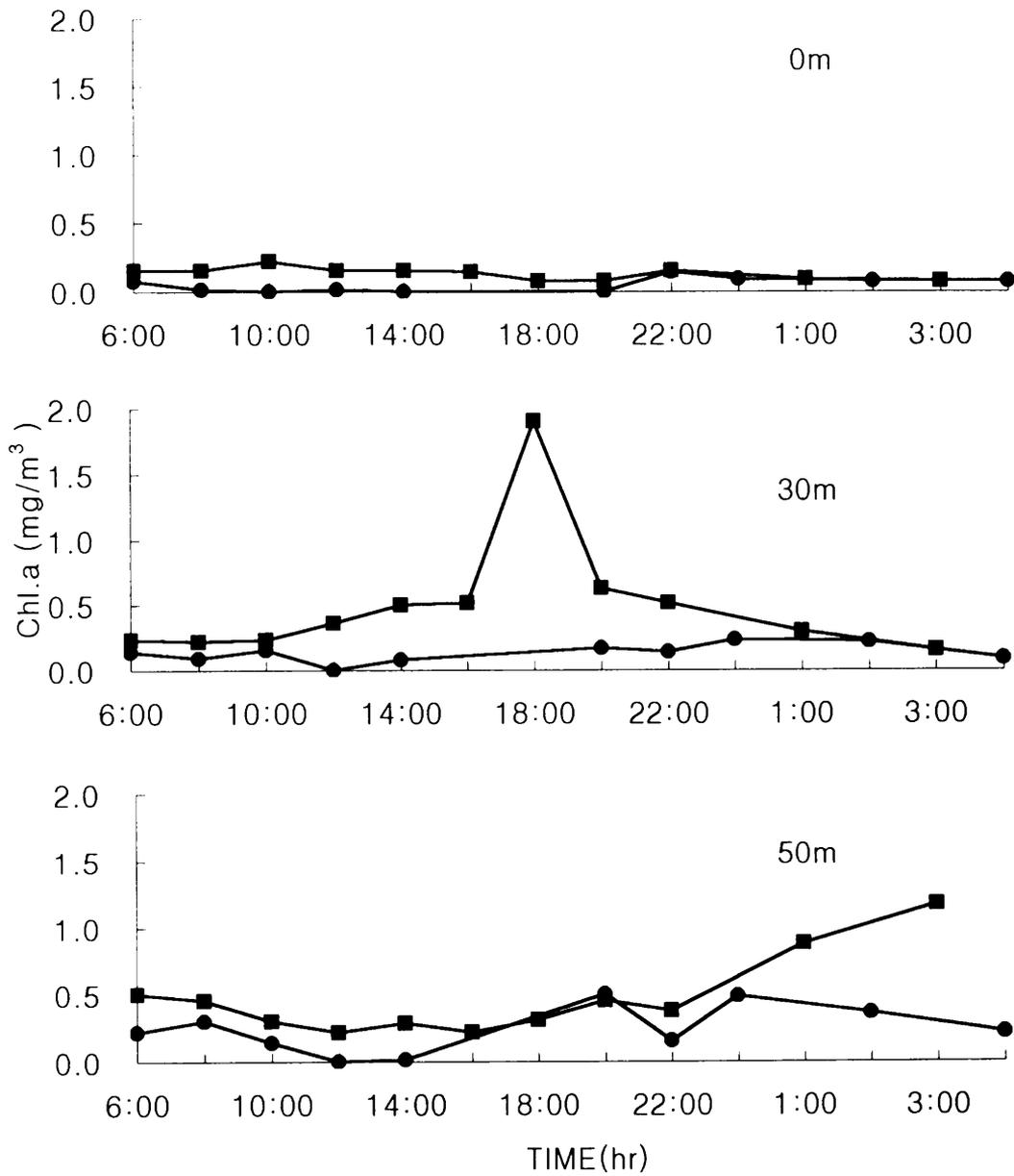


Fig. 17. Diel change of chlorophyll-a by depth in the eastern and western seas of Cheju Island (●:east, ■:west)

톤의 왕성한 광합성 활동으로 질소를 야간보다 많이 이용하기 때문으로 생각된다. 또 표층과 저층의 N/P비를 비교해 보면 주간에는 동쪽에서 표층, 저층 각각 11, 12로 나타나고 있으며 서쪽에서는 표층이 18, 저층이 13으로 나타나고 있다. 그리고 표,저층간에도 야간의 N/P비가 높음을 알 수 있다.

규소는 가장 풍부한 1차 생산자인 규조류(diatoms)의 골격물질에 필요한 영양원소이며 특히 규조류에 대해서 중요성을 가진다. 따라서 본 연구결과에서 얻은 Si/P비(Table 3)는 동쪽해역이 15, 서쪽해역이 19로 서쪽해역의 규산 함량 비율이 동쪽해역에 비하여 높게 나타나고 있다. 그리고 주·야간 변동은 거의 없으며 표,저층간 차이도 N/P비의 변동폭과 달리 뚜렷한 경향을 나타내지 않아 일주간의 변화폭이 미미하게 나타나고 있음을 알 수 있다.

Table 3. N/P and Si/P between day and night in the eastern and western seas of Cheju Island

Item	Mean	Diel		surface		bottom		
		D	N	D	N	D	N	
N/P	East	13	12	14	11	19	12	14
	West	16	14	18	18	20	13	18
Si/P	East	15	15	14	13	17	14	16
	West	19	19	20	21	20	18	18

### 3. 각 성분간의 상관성

#### 1) T - N 과 PO<sub>4</sub> - P

질소와 인의 상관관계를 Fig. 18 및 Table 4에 나타내었다. 질소와 인의 상관관계를 보면 동.서해역 모두 정의 상관성을 보이고 있으며, 동쪽해역의 상관계수는 0.669\*\*\*, 서쪽해역의 상관계수는 0.642\*\*\* 로 매우 유의성이 높은 상관관계를 나타냈다.

Table 4. Correlation between chemical components in the eastern and western seas

Item	T - N		AOU	
	Eastern sea	Western sea	Eastern sea	Western sea
PO <sub>4</sub> -P	$y=0.0814x-0.0653$ ( $r^2=0.99$ )	$y=0.0765x-0.1275$ ( $r^2=0.88$ )	$y=0.317x+0.268$ ( $r^2=0.97$ )	$y=0.1889x+0.1889$ ( $r^2=0.57$ )
T - N			$y=3.891x+4.100$ ( $r^2=0.97$ )	$y=2.0427x+4.17$ ( $r^2=0.44$ )

#### 2) 겉보기 산소소비량(Apparent Oxygen Utilization)과 T-N, PO<sub>4</sub> - P

AOU는 영양염의 재생에 관계하는 량으로 수괴에 따라서 재생되는 영양염의 조성이 차이가 있음을 의미한다(Maita and Toya, 1986). 따라서 생물화학적 과정에 따른 T-N과 PO<sub>4</sub> - P의 변화를 보기 위해 AOU와의 관계를 Fig. 19 및 Table 4에 나타냈다. AOU는 포화산소량과 실측한 용존산소량의 차이로 구할 수 있다(해양관측지침, 1979). 동쪽해역에서의 AOU와 T-N, PO<sub>4</sub> - P의 관계에서 각각의 상관계수는 0.839\*\*\*, 0.733\*\*\* 로 매우 유의성이 높은 정의 상관관계를 나타냈다. 서쪽해역에서도 각각 상관계수는 0.473\*\*\*, 0.665\*\*\* 로 매우 유의성이 높게 나타났다.

그리고 AOU와 Chl·a , Chl·a와 SS와의 상관관계를 구해 본 결과 Fig. 20, Fig. 21에서 알 수 있는 것 처럼 분산이 심하며, AOU와 Chl·a의 상관계수는 동쪽해역 0.042 서쪽해역 0.143 Chl·a와 SS와의 상관계수는 동쪽해역 -0.042 서쪽해역 0.027로 모두 상관성이 없는 것으로 나타났다.

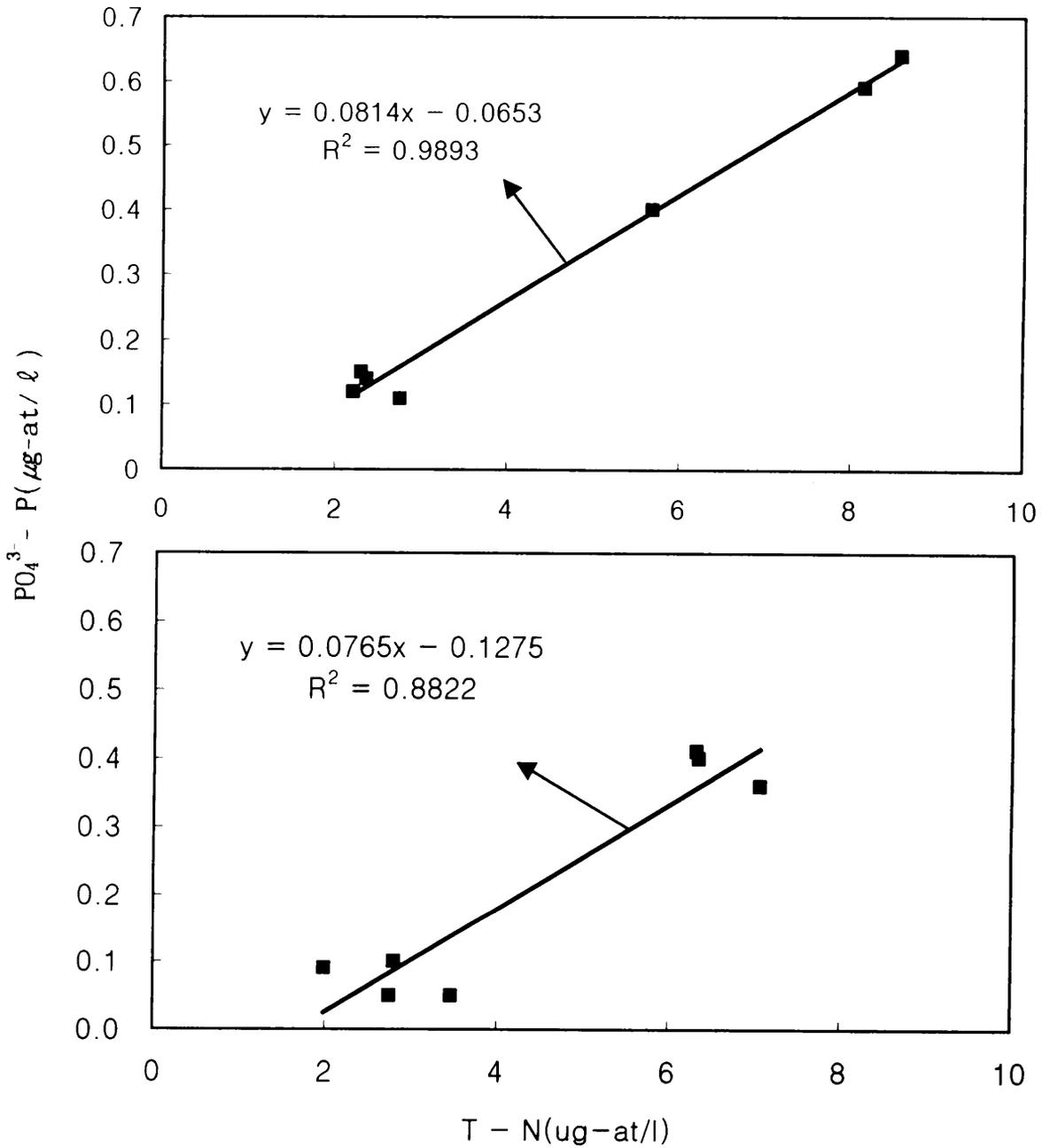


Fig. 18. Correlation between total nitrogen and phosphate phosphorus in the eastern and western seas of Cheju Island ( upper: east, lower: west)

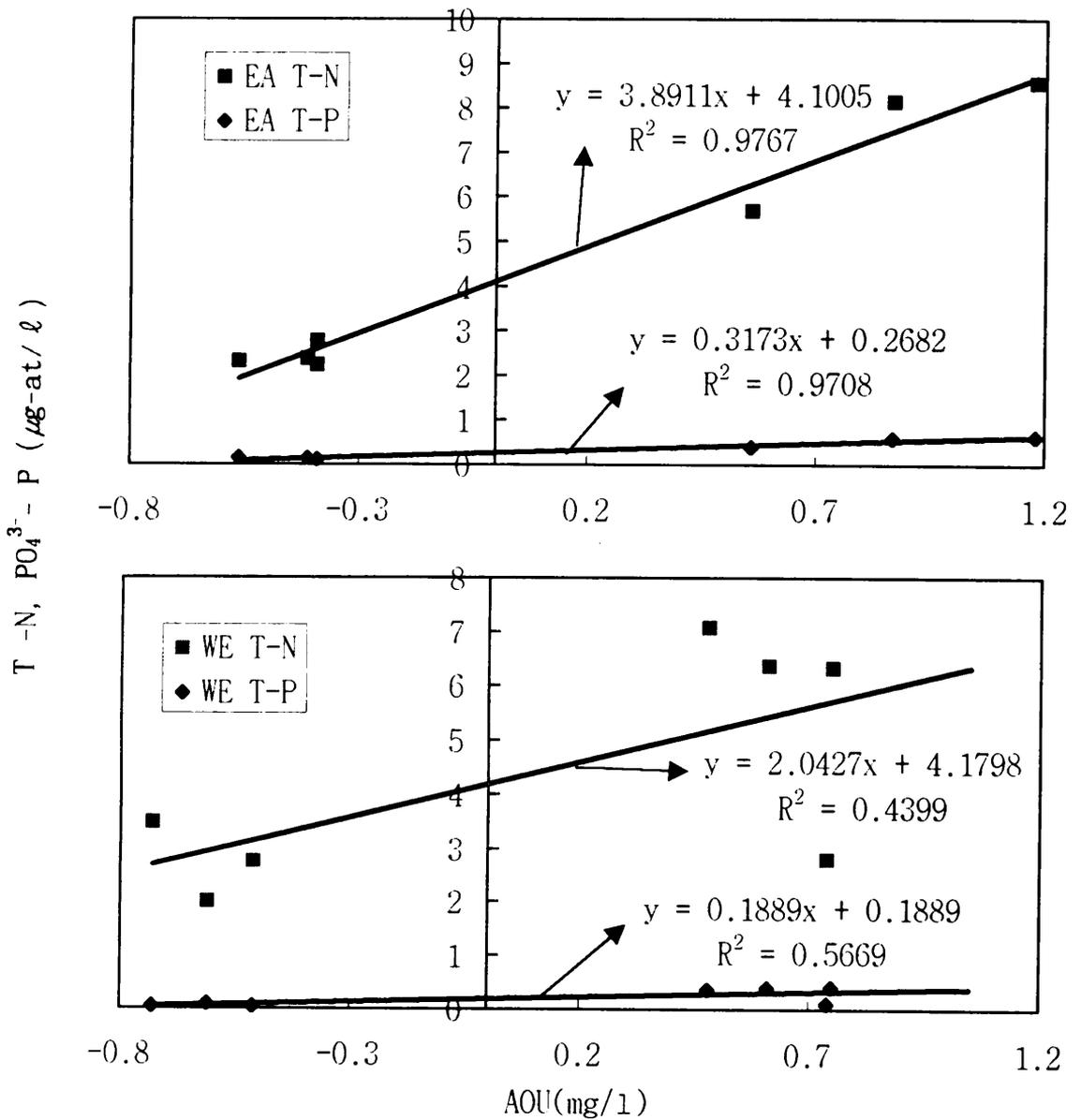


Fig. 19. Correlation between total nitrogen, phosphate phosphorus and apparent oxygen utilization(AOU) in the eastern and western seas of Cheju Island ( upper: east, lower: west)

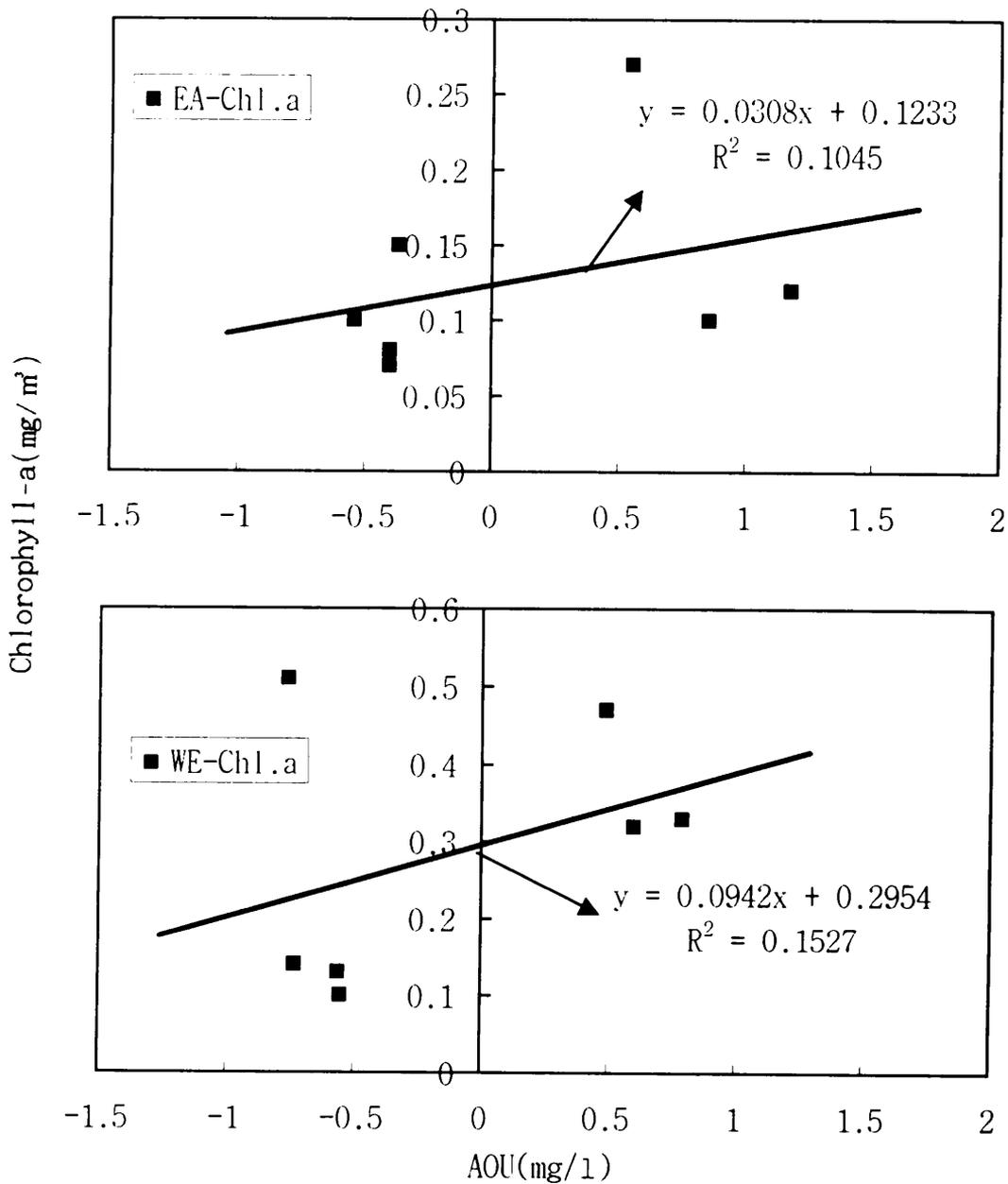


Fig. 20. Correlation between apparent oxygen utilization(AOU) and chlorophyll -a in the eastern and western seas of Cheju Island(upper: east, lower: west)

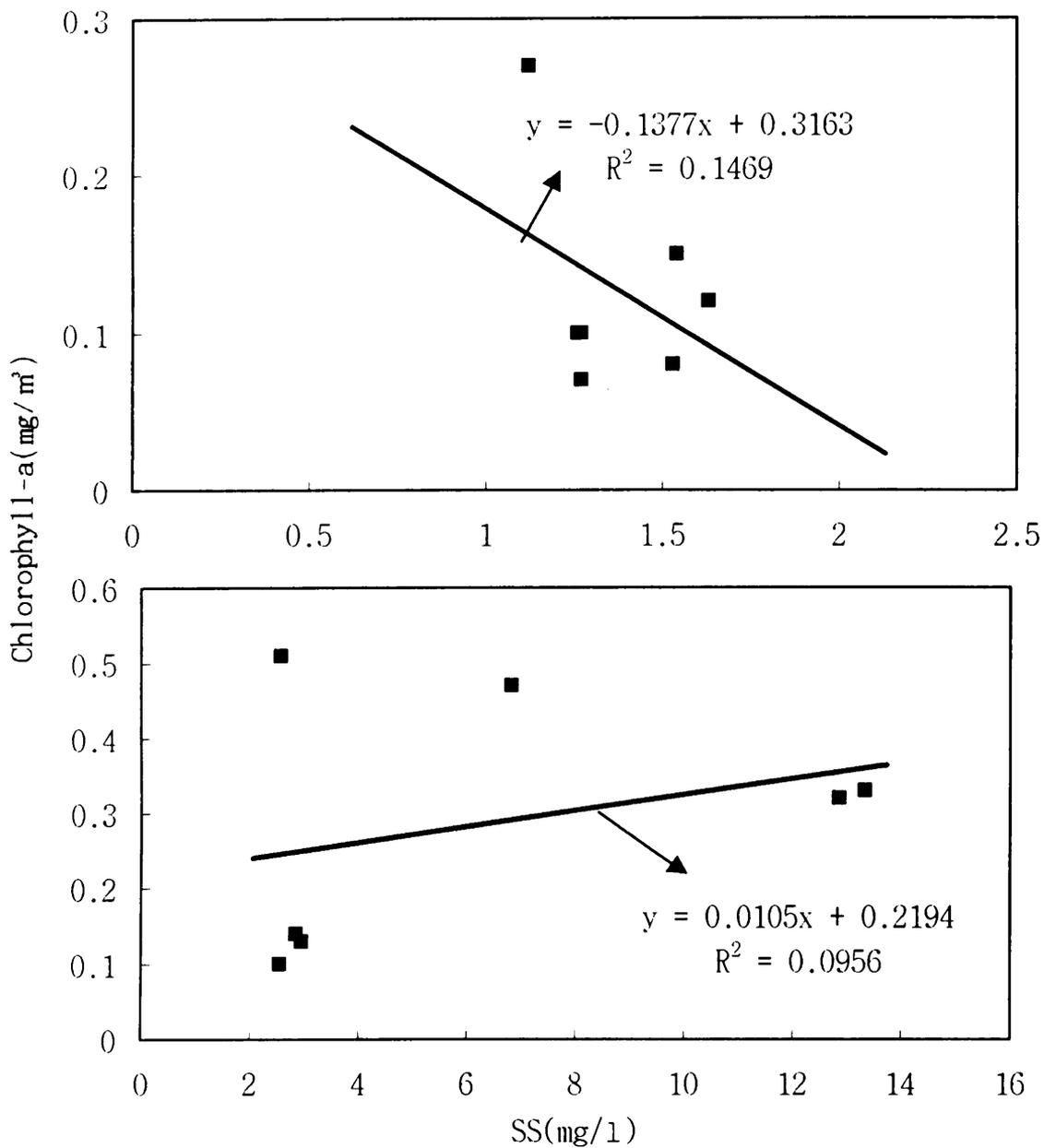


Fig. 21. Correlation between suspended solid(SS) and chlorophyll - a in the eastern and western seas of Cheju Island (upper: east, lower: west)

## IV. 요약

세주도를 중심으로하여 동쪽해역과 서쪽해역 해수의 일주 변화 특성을 규명하기 위하여 1997년 6월 20일 부터 22일 까지 각 해역 1개정점에서 24시간 동안 2시간 간격으로 연속 관측을 실시하여 그 결과를 고찰하였다.

동·서 해역의 수온은 표층에서는 거의 비슷하나 저층에서는 동쪽해역이 15.02℃, 서쪽해역이 13.8℃로 나타났으며, 염분분포는 동쪽해역 표층 33.81‰, 저층 34.33‰, 서쪽해역 표층 33.34‰, 저층 34.11‰로 동쪽해역이 서쪽해역보다 높은 고염수가 분포하고 있다. 영양염류의 분포에 있어서 질산염 함량은 표층에서는 동·서 해역이 거의 비슷하나 저층에서는 동쪽해역이 서쪽해역보다 1.77~2.26 $\mu\text{g-at}/\ell$  더 높게 나타났으며, 인산염 함량은 다른 영양염류와 달리 전 수층에서 동쪽해역이 서쪽해역보다 0.03~0.23 $\mu\text{g-at}/\ell$  높게 나타났다. 그리고 규산염은 질산염과 비슷한 경향을 보였다. Chlorophyll - a는 서쪽해역이 동쪽해역 보다 2~4배 높았으며, CHN 분포는 표층에서는 동·서해역이 거의 비슷하나 저층에서는 동쪽해역 보다 서쪽해역에서 C 0.08%, H 0.05%, N 0.02% 높았다.

일주변화는 수온, 염분은 30m층에서 변동폭이 가장 크게 나타났으며, pH는 수심별 변화는 거의 없고 주간이 야간에 비해 조금 높았다. 영양염류는 수심이 깊어짐에 따라 변동폭이 크게 나타났으며, 질산염과 인산염의 함량은 주간보다 야간이 높았고, 규산염은 주·야간 변화가 없었다. Chlorophyll - a는 수심이 깊어짐에 따라 변화폭이 크게 나타났다.

영양염류의 구성비인 N/P비는 동쪽해역 13, 서쪽해역 16으로 동쪽해역보다 서쪽해역이 높은 질산염을 함유한 해수가 분포하고 있다. 동·서해역 모두 주간보다 야간의 N/P비가 2정도 높다. Si/p비는 N/P비와 달리 주·야간

변동폭이 거의 없었으며 표·저층간 차이도 N/P비와 같이 뚜렷한 경향을 나타내지 않았다.

질소와 인의 상관관계는 동쪽해역 0.669<sup>\*\*\*</sup>, 서쪽해역 0.642<sup>\*\*\*</sup> 로 유의성이 높은 정의 상관관계를 나타냈으며, AOU와 질소.인의 관계에서도 상관계수는 각각 동쪽해역 0.839<sup>\*\*\*</sup>, 0.733<sup>\*\*\*</sup>, 서쪽해역 0.473<sup>\*\*\*</sup>, 0.665<sup>\*\*\*</sup> 로 유의성이 높은 정의 상관관계를 나타냈다.

## 참고문헌

- 고유봉, 진득산, 1983. 제주도 주변해역의 Chlorophyll. a 함량분포. 제주대 해양자원연구보, 7 : 23 - 27
- 吉田陽一, 1973. 低質生産における生物生産の變化. 水産學 series 1. 恒星社 厚生閣.
- 김구, 노홍길, 이상호, 1991. 하계 제주도 주변 해역의 수계 및 해수순환. 한국수산학회지. 26(3) 262 - 277
- 김구, 노홍길. 1982. 한국 남서해의 해류분포와 그 영향에 관한 연구. 서울대학교 자연과학대학. 미발표. 기술보고서
- 김성수, 1987. 여름철 제주도 주변해역에 있어서 해수의 화학적 특성에 관한 연구. 제주대 석사논문
- 김인옥, 노홍길, 1994. 제주도 주변역에 출현하는 중국대륙연안수에 관한 연구. 한국수산학회지, 27(5):515-528
- 김준영, 1997. 황해 중동부 해역에서의 용존무기질소 분포에 관한 연구. 서울대 석사논문
- 나정열, 이성욱, 조규대, 1991. 한반도 근해의 해류 및 해수 특성. 한국수산학회지, 24(4): 215-228
- 노홍길, 정공현, 1976. 제주도 연안의 수온, 염분변동에 관한 연구(I). 제주대 논문집 8:115-122
- 노홍길, 정공현, 1977. 제주도 연안의 수온, 염분변동에 관한 연구(II). 제주대 논문집 9:131-136
- 노홍길, 정공현, 1980. 제주연안의 환경특성에 관한 기초적 연구-I. 제주대, 해양자원연구보 4:1-5

- 문영석, 1990. 제주도 함덕 북방해역에서의 해수의 화학적 특성. 제주대 석사논문
- 박길순, 1982. 제주도 연안해수의 영양염류에 관한연구. 한국수산화회지 15(4):255-262
- 박길순, 1984. 제주도 삼양 연안해수의 영양염 분포에 관하여. 제주대 해양자원연구보, 8:9-18
- 방익찬, 김태의, 1989. 동지나해의 해수 분포의 계절변화와 해수순환. 제주대 논문집, 28:61-73
- 변창익, 노홍길, 정용진, 1983. 제주도 연안의 해양특성에 관한 연구. 제주대 해양자원연구보, 7:59-64
- 양한섭, 김성수, 김규범, 1995. 득량만 표층수중 영양염류의 시.공간적 분포 특성. 한국수산화회지, 28(4):475-488
- 양한섭, 김성수, 1991. 한반도 근해의 해류와 해수 특성. 한국수산화회지 24(3):177-184
- 윤용훈, 박용향, 봉중현, 1991. 황해저층냉수의 특성과 남하에 대한 재조명. 한국지구과학회지, 12(1):25-37
- 日本氣象廳篇, 1979. 海洋觀測指針.
- 장찬주, 1995. 대한해협내 해수물성의 이류에 의한 단기변화. 서울대 석사논문
- 井上尚文. 1974. 西日本海 海域の 海洋學的 特性. 對馬暖流-海洋構造と漁業. 日本水産學會篇 水産學series 5. 恒成社厚渥閣 27~41
- 최영찬, 정용진, 1989. 제주도 해안선 주변 1개정점에서 해수특성의 일주 변화. 제주대 해양자원연구보, 13:27-33
- 홍철훈, 조규대, 1983. 하계 동해의 용존산소 분포 특성과 대마난류. 한국수산화회지, 16(3):291-297

- Chung, C. S., J. H. Shim, Y. C. Park and S. G. Park, 1989. Primary Productivity and Nitrogenous Nutrient Dynamics in the East Sea of Korea. *J. Oceano. Soci. Korea*, 24(1):52-61
- Choi, Y. C., 1996. Water Quality Variation in the Northwestern Sea of Cheju Island in the Mixed and Stratified Terms. *Bull. Mar. Res. Inst. Cheju NAT. Univ.*, 20:312-39
- David J. V., P. N. Froelich and A. M. Tyre, 1990. Ditermination of Organic Carbon and Nitrogen in Marine Sediments Using the Carlo Erba NA - 1500 Analyzer. *Deep-Sea Research*, 37(1):157-165
- Kato, T., 1969. An influence of the upper water of the Kuroshio upon the bottom water mass over the continental shelf in the East China Sea. helf off Eastern part of Hokkaido. *J. Oceano. Soci. Japan*, 56(3):
- Saitou, k., I. Watabe, and S. Iwata, 1991. Temporal Variations of Water Properties at off Hiratsuka in Sagami Bay Summer. *J. Oceano. Soci. Japan*, 59(3):251-255
- Lee P. Y., C. K. Kang, J. S. Park and J. S. Park, 1994. Annual Change and C:N:P ratio in Particulate Organic Matter in Chinhae Bay. *J. Oceano. Soci. Korea*, 29(2):107-118
- Yamamuro, M., H. Kayanne, 1995. Rapid Direct Determination of Organic Carbon and Nitrogen in Carbonate-Bearing Sediments with a YANACO MT-5 CHN Analyzer. *Limnol. Oceano.* 40(5):1001-1005
- Maita, Y. and K. Toya, 1986. Characteristics on the distribution and composition of nutrients in subarctic regions. *J. Oceano. Soci. Japan*, 50(2):105-113

- Miyazaki, M. and S. Abe, 1960. On the water masses in the Tsushima current area. *J. oceano. soci. Japan*, 16:59-68
- Nakao, T., 1977. Oceanic variability in relation to fisheries in the East China sea and the Yellow sea. *J. Fac. Mar. Soc. Tech., Tokyo Univ. Japan, Spec. No.*, 190-367
- Park K. S., and H. K. Rho, 1980. distribution of Chemical Constituents in the Coastal Sea at Seogwipo Area. *Bull, Mar, Resour, Res, inst, CheJu uni.*, 4:31-37
- Redfield, A. C., B. H. Kirtchum and F. A. Richards, 1963. The influence of organisms on the composition of sea water. *The sea. Vol. 2. Interscience publishers New York - London*
- Strickland, J. D. H, and T. R. Parsons, 1968. A practical hand book of seawater analysis. *Fish. Res. Bd. Canada, Bull. 167, otawa, canada.*
- Komatsu, T., and H. Kwai, 1987. Diurnal Changes of pH Distribution and the Cascading of shore Water in a Sargassum Forest. *J. Oceano. Soci. Japan.* 42:447-459

## 감사의 글

본 논문이 완성되기 까지 세심하게 지도하여 주신 고유봉 교수님께 감사를 드리며, 지속적인 지도와 조언을 아끼지 않으신 최영찬 교수님께 깊은 감사를 드립니다. 그리고 본 논문을 심사하여 주신 이준백 교수님, 윤석훈 교수님께 감사를 드리며, 항상 따뜻하게 격려하여 주신 방익찬 교수님, 윤정수 교수님께도 감사를 드립니다

그리고 업무에 바쁜 가운데도 학업을 마칠 수 있도록 시간적인 배려와 격려를 아끼지 않으신 보건환경연구원의 고용구 원장님을 비롯한 동료직원 여러분들께도 감사를 드립니다.

또한 실험에 많은 도움을 준 한동석, 임춘봉 후배와 해양화학 실험실원들에게도 고마운 마음을 전합니다.

끝으로 늘 염려하여 주시는 부모님과 가족들에게 이 작은 결실을 드립니다.