

전남서부해역의 수질환경 특성

조은섭* · 김상수** · 이상용*** · 정희동** · 김숙양**

*, ** 남해수산연구소, *** 해조류바이오연구소, 국립수산과학원

Marine Environmental Characteristics in Western Coastal Waters of the South Sea of Korea

Eun-Seob Cho* · Sang-Soo Kim** · Sang-Yong Lee*** · Hee-Dong Jeong** · Sook-Yang Kim**

*, ** South Sea Fisheries Research Institute, *** Seaweed Bio Research Institute, NFRDI, Busan 619-705, Korea

요약 : 본 연구는 2005년부터 2007년까지 3년 동안 전남서부해역을 대상으로 수질환경 및 영양염류를 분석하여 양식어장의 해양환경 특성을 파악하고자 실시하였다. 겨울철과 여름철은 봄철과 가을철에 비하여 수온차가 최고 5 °C 이상을 나타냈고 아울러 염분도 봄철과 여름철에 목포 해역에 표층수가 최저 9 psu에 근접하는 경향을 보이고 있다. 영양염류의 경우 대부분의 해역에 COD 2 mg/L 이하를 보여 수질등급 II 수준을 유지하여 비교적 양호한 수질을 보이고 있고, T-N과 T-P 모두 연중 고른 공간적 분포를 보이고 있다. 그러나 SS의 경우 연중 매우 높은 농도를 보이고 있는 반면에, Chl. a의 공간적 분포도 연중 목포를 제외한 나머지 해역들은 고른 양상을 보이고 있다. 각 정점에서 목포를 제외한 나머지 해역들은 표층과 저층 모두 큰 차이를 보여 주지 못하고 있다. Redfield ratio도 대부분의 해역에서 16 이하를 보여 기초생물생산에 필요한 질산염소가 제한인자로 작용될 수 있는 것으로 보였다. Chl. a는 영양염류 뿐만 아니라 COD와 양의 상관관계이며, 특히 COD와는 매우 강한 양의 상관관계를 보인다. 이러한 관계는 겨울, 봄, 여름철에 잘 나타나고 있다. 유연관계를 보면 목포 7번 정점은 다른 해역에 속하지 않고 독립적인 위치를 보이고 있다. 또한 거리도 2이상을 보여 상당히 다른 수질환경을 나타냄을 알 수 있다. 그러나 진도, 완도, 해남해역은 다른 해역과 달리 상호 매우 근접한 거리를 나타내고 있다. 따라서 전남서부해역은 영산강 하구둑의 영향을 받는 목포를 제외한 나머지 해역들은 비교적 안정된 수질과 영양염류를 보여 양식어장의 환경으로 적합한 환경을 보이고 있다.

핵심용어 : 수질환경, 모니터링, 영양염, 전남서부해역, 수산양식, 상관관계

Abstract : This study monitored marine environments in western coastal waters of the South Sea of Korea during the period of 2005-2007 and analyzed the data from environmental parameters and nutrients, which contributed to fluctuate marine environmental characteristics in aquaculture. On the basis of the fluctuation of temperature depending on seasons and sampling sites, two seasons of winter and summer showed a remarkable temperature gap of 5°C, compared with spring and autumn. Salinity in spring and summer approached 9 psu in Mokpo. Most of sampling sites showed COD below 2mg/L, indicating somewhat optimal environmental conditions. T-N and T-P also had desirable horizontal distributions all year round. the concentration of SS was higher, but Chl. a was well-distributed horizontally except for Mokpo. Marine environmental parameters of surface water were similar to those of bottom water except for Mokpo. Most of sampling sites showed the ratio of N/P below 16, implying that nitrogen played an important role in growth of phytoplankton as a limiting factor. The relationship between Chl. a and nutrients was positive linear, whereas the relationship between Chl. a and COD were very strong positive. Winter, Spring and Summer showed the strong relationship between Chl. a and COD. In the analysis of dendrogram based on environmental parameters using SPSS ver. 10.0, the station 7 did not belong to other stations, and kept an independent place. The relationships of waters between Jindo, Wando and Heanam were close, compared with other waters. Consequently, these regions except for Mokpo into which fresh water is introduced by the dike showed somewhat optimal environmental parameters and nutrients in year, and were assumed to maintain the desirable marine conditions for aquaculture.

Key Words : Marine environments, Monitoring, Nutrients, Westsouthern coastal waters of Korea, Aquaculture, Relationship

1. 서론

* 대표저자 : 정희동, escho@nfrdi.go.kr , 061-690-8959
** kimss@nfrdi.go.kr , 061-690-8960
** hdjeong@nfrdi.go.kr , 061-690-8951
** ksy7207@nfrdi.go.kr , 061-690-8962
*** seagrass1@nfrdi.go.kr , 061-285-1951

연안 해역은 육상 기원 물질의 유입량이나 기상조건에 따라 해황이나 해양환경 특성을 달리하게 되어, 계절적인 변화 양상이 뚜렷한 곳이다. 도시나 임해산업도시를 포함하고 있는 연안 해역은 산업화와 생활환경의 개선에 의해 각종 생활하수 및 산업폐수가 다량으로 유입되어 부영양화 및 인위적인 연안

환경의 변화도가 높아짐과 아울러 이상현상들이 종종 나타나고 있다. 또한 연안 해역은 어업 및 수산양식이 활발히 진행되고 있는 곳으로서, 최근 수산 활동에 의한 오염현상이 급격히 진행되고 있기 때문에 이 해역에 대한 효율적인 관리가 절실히 요구되는 바이다.

목포를 중심으로 한 서남부 해역은 대마난류, 남해고유 연안수, 중국대륙 연안수, 황해저층 고유 냉수가 만나는 길목으로 수산해양학적으로 매우 중요한 전략수역이다. 또한 수심이 깊고 수많은 섬으로 이루어져 있어 다양한 어종의 주요 산란장 및 성육장으로 알려져 있다. 목포 인근해역인 신안군과 무안군은 갯벌은 우리나라 총 갯벌면적의 약 30% 상의 할 수

및 완도해역도 수산업 및 수산양식이 오래전부터 활발히 진행되어져 왔으나, 여기에 대한 기초적인 수질환경 모니터링 자료는 목포인근해역에 비하여 다소 미흡한 실정이다.

전남서부해역의 해양환경 모니터링은 이 해역에 서식하고 있는 모든 해양생물의 생산활동 유지 및 해양생태계의 효율적인 관리를 위해서는 기본적인 연구임과 아울러 필수적인 요소이다. 따라서 본 연구는 2005년부터 2007년까지 3개년 수질환경 자료를 바탕으로 전남서부해역의 계절별 해양환경 특성을 밝히고 양식어장 환경 파악에 필요한 기초 자료를 제공하기 위해 실시했다.

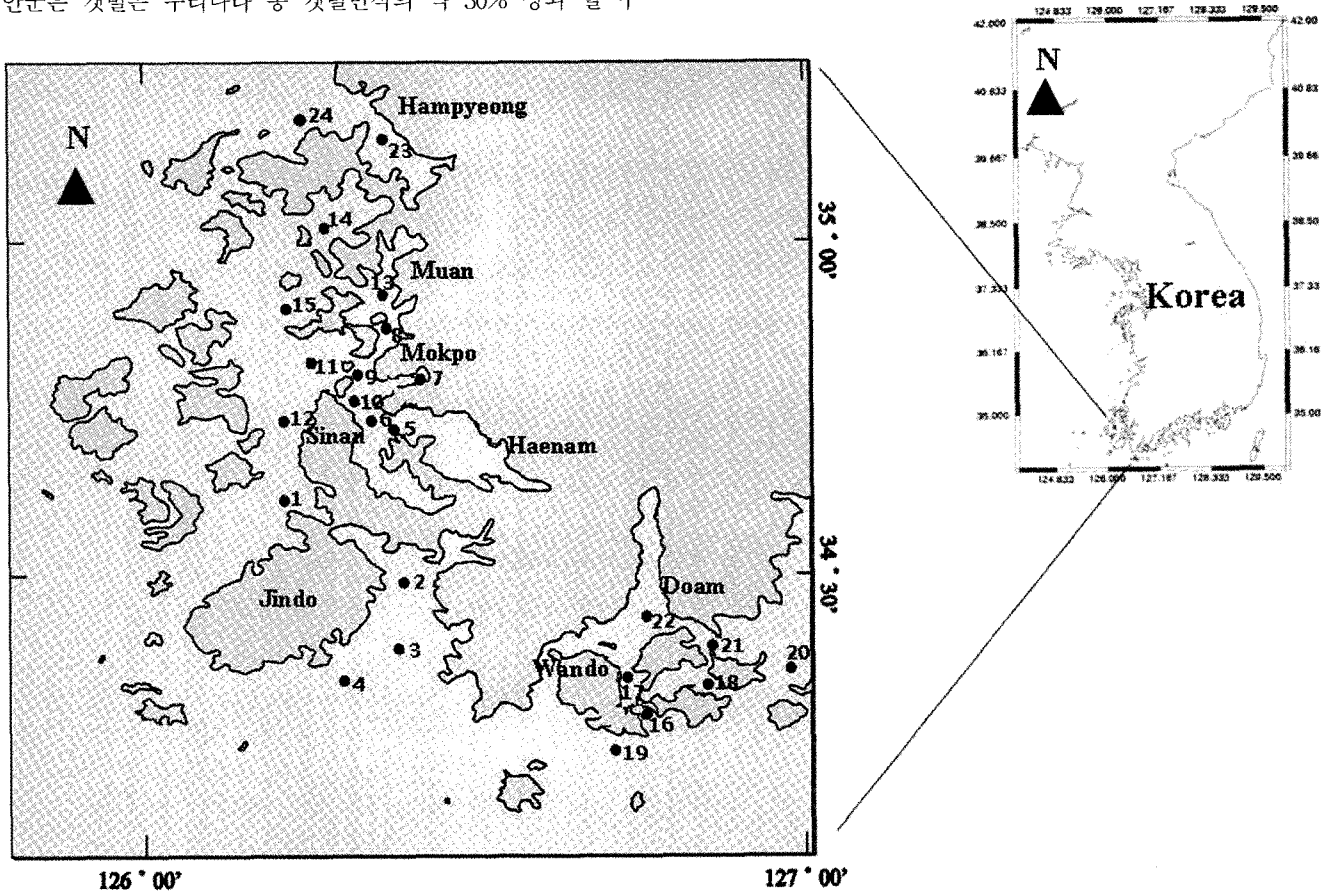


Fig. 1. Map showing the sampling locations.

있는 정도로 점유하고 있기 때문에 해양환경 및 자원학적 측면에서 중요성이 매우 크다고 할 수 있다.

현재까지 전남서부해역을 중심으로 연구된 보고에 의하면 유기물 오염과 용존산소(김, 1997a; 김, 2001; 김과 유, 2003; 윤 등, 2003; 박 등, 2006), 수질환경 변동 조사(김, 1997b, 1999, 2000, 2001; 조와 윤, 1997; 조, 1998; 김과 유, 2003; 김, 2006; 박 등, 2006), 생물조사(임 등, 1997, 1998, 1999; 박 등, 2000)로 크게 나눌 수 있다. 이러한 조사의 대부분 해역은 목포해역을 중심으로 이루어졌다. 목포 연안은 영양장 하구에 인접하고 영양장 하구 독과 금호방조제가 건설되어 해수 순환이 원활하지 못하여 해양생태계 및 해양환경 모니터링 연구가 다른 해역에 비하여 많은 행해졌다. 그러나 무안, 함평, 진도

2. 재료 및 방법

조사 시기는 2005년부터 2007년까지 전남서부연안의 진도(정점 1, 2, 3, 4), 해남(정점 5, 6), 목포(정점 7, 8, 9, 10), 신안(정점 11, 12), 무안(정점 13, 14, 15), 완도(정점 16, 17, 18, 19, 20), 도암(정점 21, 22), 함평(정점 23, 24)를 대상으로 계절별(2월, 5월, 8월, 11월)로 조사했다(Fig. 1). 각 조사 정점에서의 표층수와 염분은 염분계 YSI 6920을 이용하여 현장에서 기록하였다. 표층수는 niskin bottle(G/O, 1.2 L, USA)을 이용하였다. 채수된 해수는 1 L 플라스틱 용기에 담아 냉장고에 보관 후 실험실로 옮겨와 해양환경공정시험방법에 의거 즉시 분석을 실시했다(해양수산부, 2002). 부유물질(SS)은 미리 무

계를 측정한 유리섬유 여과지(GF/F: 0.7µm)로 여과하여 건조한 후 함량차로 측정하였다. Chlorophyll *a*는 해수시료를 0.45 µm 여과지로 여과하여 90% acetone으로 추출한 후 spectrophotometer(Perkin Elmer, LS50B)로 비색 정량하였다. 암모니아 질소는 인도페놀법을 이용하여 640 nm에서 정량하였고, 아질산 질소는 술퍼닐아미드 용액과 NED 용액으로 반응시켜 543 nm에서, 질산 질소는 카드뮴-구리 환원관을 통과시켜 아질산 질소의 정량 방법에 의해서 정량하였다. 인산인은 885 nm에서 측정하였고, COD는 티오황산나트륨으로 직접 환산화하여 정량하였다. 각 정점간의 상관관계 및 유사도는 SPSS 프로그램(SPSS Inc)을 이용했다.

표층과 저층과의 수온 차이도 다른 해역에 비하여 높게 보였다. 이러한 수온 차이는 가을철에는 큰 차이 없이 지역별 수온 범위는 거의 균등한 분포를 보였다. 따라서 전남서부해역의 수온 분포는 계절별 및 지역별로 큰 차이를 보이는 것이 특징이다.

2) 염분

진도해역은 겨울, 봄, 여름, 가을의 염분변화는 평균 33.8 psu 정도로 항상 유지하고 있는 반면에, 목포의 경우 계절별 염분 변동은 조사해역 중 가장 많았다(Table 2). 겨울에는 평균 32 psu범위를 보였으나 봄이 되면 급격히 감소되어 표층에는 27.9 psu, 여름에는 25.6 psu을 나타내어 저층보다 표층에

Table 1. Seasonal variation of temperature(°C) in southwestern coastal waters during the period of 2005-2007

Area	Depth	Winter				Spring				Summer				Autumn			
		Min.	Max.	Mean	S.D.	Min.	Max.	Mean	S.D.	Min.	Max.	Mean	S.D.	Min.	Max.	Mean	S.D.
Jindo	S	5.19	8.69	6.97	1.01	13.30	18.85	15.16	1.83	21.26	25.33	23.27	1.39	15.75	16.78	16.07	0.34
	B	5.00	8.52	6.70	1.09	12.80	16.90	14.52	1.38	20.34	24.73	22.51	1.44	15.54	16.79	15.97	0.37
Haenam	S	3.87	7.32	5.33	1.59	14.60	16.21	15.42	0.65	24.24	26.27	25.65	0.75	14.15	16.13	15.33	0.70
	B	3.94	7.09	5.23	1.44	13.40	16.01	14.62	1.09	23.22	24.01	23.58	0.26	15.26	17.02	15.92	0.85
Mokpo	S	3.24	7.63	5.13	1.59	14.40	18.41	16.15	1.16	24.45	27.00	25.66	0.81	13.31	18.31	15.91	1.28
	B	3.16	7.27	5.00	1.50	12.90	18.14	15.00	1.45	22.55	25.53	23.91	0.86	13.25	17.33	15.66	1.10
Sinan	S	4.00	7.20	5.34	1.22	13.30	16.91	15.24	1.38	22.77	26.56	24.41	1.57	14.73	16.97	16.22	0.95
	B	4.00	7.18	5.38	1.41	13.20	16.19	14.71	1.27	22.71	24.37	23.46	0.65	14.66	16.92	16.09	0.96
Muan	S	2.41	6.93	4.31	1.94	14.40	18.32	17.06	1.31	25.22	27.91	26.40	0.98	12.03	16.53	14.39	1.39
	B	2.43	6.81	4.19	1.85	14.00	18.21	16.71	1.33	25.02	27.60	26.10	0.94	12.01	16.35	14.33	1.35
Wando	S	7.20	10.52	9.04	1.07	12.70	18.01	15.11	1.57	20.11	27.68	23.50	2.06	15.52	17.57	16.16	0.60
	B	7.00	10.53	8.84	1.15	12.50	16.61	14.32	1.28	17.86	23.51	20.72	1.75	15.52	17.16	16.06	0.56
Doam	S	6.60	9.22	7.75	1.04	14.50	18.76	16.32	1.73	24.03	28.11	25.74	1.62	15.72	17.18	16.29	0.55
	B	6.53	9.15	7.72	0.97	14.10	17.08	15.41	1.21	21.62	24.68	23.25	1.08	15.64	17.21	16.28	0.72
Hampyeong	S	1.94	5.51	3.50	1.57	15.10	19.01	17.27	1.49	25.17	28.50	26.64	1.48	13.25	15.33	14.08	0.89
	B	1.78	5.66	3.30	1.70	14.60	17.77	16.58	1.09	24.91	28.02	26.16	1.21	12.97	19.85	14.61	2.66

3. 결과 및 고찰

3.1 2005-2007년

1) 수온

Table 1은 2005년부터 2007년까지의 진도, 해남, 목포, 신안, 무안, 완도, 도암, 함평연안에 대한 표층과 저층수온을 계절별로 측정했다. 겨울철에는 표층과 저층간의 수온 차이는 나타나지 않으며, 함평에서 조사 해역 중 가장 낮은 2 °C 내외로 보여 완도와는 5 °C 정도 차이를 보여주고 있다. 즉 함평과 무안해역은 낮은 수온을 보이고 있는 반면 완도와 도암해역은 상대적으로 높은 수온 분포를 보이고 있다. 따라서 전남서부해역의 겨울철 수온 분포는 해역별 큰 차이를 볼 수 있는 것이 큰 특징이다. 그러나 봄이 되면 무안과 함평은 약 10 °C 이상 상승되어 다른 해역보다 평균 수온이 2 °C 이상 높은 수온 분포를 보이고 있다. 즉 무안과 함평은 봄이 되면서 일조량 증가 및 수심이 다소 낮아서 수온을 급상승시키는 주 원인으로 추정된다. 반면에 겨울철 수온이 높아진 완도와 도암은 무안과 함평에 비하여 오히려 낮은 수온 분포를 보이고 있다. 함평과 무안은 여름철에도 조사해역 중 가장 높은 평균 수온 26 °C 내외를 나타내고 있다. 완도해역의 최저 수온과 최대 수온 차이가 6-7 °C 범위로 조사해역 중 가장 높았다.

서 염분변화가 매우 높다는 것을 알 수 있다. 이러한 원인은 영산강 하구둑에서 방류되는 담수의 영향으로 보인다. 즉 겨울철이나 가을철에 비하여 봄과 여름철에 방류량이 훨씬 많음을 알 수 있다. 겨울이나 가을철에는 강우량이 상대적으로 적음에 따라 정상적인 염분농도를 보이지만 봄과 여름철의 우기로 인하여 목포의 염분변화는 강우 및 하구둑의 영향으로 염분변화가 매우 높다는 것을 알 수 있다. 그러나 저층의 경우는 거의 정상적인 염분을 보이고 있다. 나머지 조사해역은 목포만큼 큰 변화를 보여주지 못하고 있다. 진도, 완도, 함평해역의 염분변화는 다른 해역에 비하여 계절별에 관계없이 거의 33 psu 정도 수준으로 유지하고 있다.

3) DO

진도를 제외한 나머지 해역의 겨울철 표층의 용존산소 최소 범위는 5-8 mg/L로 지역간 큰 차이는 볼 수 없으나, 진도는 다른 해역에 비하여 상당히 낮은 3.4 mg/L을 보이고 있다(Table 3). 봄철에는 상당히 회복되어 다른 해역과 거의 유사한 9 mg/L을 나타내고 있고, 여름철과 가을철에도 다른 해역과는 큰 차이가 없다. 계절별로 약간의 차이는 볼 수 있으나, 조사해역 중에서 3 mg/L 이하의 낮은 농도를 보이는 해역은 나타나지 않고 평균 용존산소의 농도는 계절별에 관계없이 균일한 범위를 보이고 있다. 가을철에는 다른 계절에 비하여 다

Table 2. Seasonal variation of salinity(psu) in southwestern coastal waters during the period of 2005-2007

Area	Depth	Winter				Spring				Summer				Autumn			
		Min.	Max.	Mean	S.D.	Min.	Max.	Mean	S.D.	Min.	Max.	Mean	S.D.	Min.	Max.	Mean	S.D.
Jindo	S	32.50	34.31	33.80	1.00	32.65	33.76	33.29	0.33	30.92	34.48	33.03	1.13	32.39	34.35	33.48	0.63
	B	32.55	34.30	33.84	0.99	32.67	33.82	33.38	0.32	31.73	34.46	33.15	0.92	32.42	34.39	33.55	0.65
Haenam	S	31.53	34.40	32.78	1.26	24.67	32.87	30.54	3.55	23.58	31.56	28.43	3.42	27.91	33.44	31.13	2.36
	B	31.86	34.51	33.02	1.15	31.20	33.11	32.40	0.78	30.97	33.35	31.99	0.94	30.40	33.57	32.32	1.39
Mokpo	S	30.58	34.62	32.31	1.30	9.49	32.88	27.90	8.13	8.71	31.01	25.63	6.64	29.70	34.03	32.23	1.47
	B	30.70	34.65	32.66	1.25	29.30	33.05	32.11	1.13	30.60	33.56	31.93	1.06	29.90	34.52	32.40	1.45
Sinan	S	31.89	34.65	30.75	1.04	30.25	33.24	32.42	1.11	29.64	34.09	31.80	1.54	31.46	33.69	33.11	0.87
	B	31.90	34.66	30.91	1.10	32.06	33.34	32.82	0.48	30.99	34.06	32.50	1.01	31.56	33.70	33.15	0.84
Muan	S	31.24	34.42	32.70	1.10	29.29	32.87	31.89	1.13	28.09	33.09	30.78	1.71	29.76	33.85	32.33	1.54
	B	31.27	34.64	32.77	1.16	29.34	32.72	31.94	1.06	29.18	33.14	31.38	1.37	29.77	33.87	32.35	1.54
Wando	S	33.56	34.52	34.32	0.74	32.70	34.32	33.62	0.41	31.55	34.59	33.22	1.02	32.86	34.70	33.88	0.60
	B	33.58	34.43	34.35	0.71	32.84	34.10	33.74	0.33	32.84	34.85	33.66	0.75	33.08	34.74	33.98	0.52
Doam	S	32.82	34.50	34.19	1.04	29.40	33.63	31.82	1.53	20.17	34.09	30.22	5.03	32.06	34.25	33.35	0.85
	B	32.98	34.49	34.24	0.99	32.28	33.67	33.19	0.52	31.99	34.35	32.90	0.88	32.51	34.34	33.49	0.75
Hampyeong	S	32.46	34.20	32.60	1.25	31.60	32.60	32.17	0.38	29.95	33.85	32.26	1.48	31.07	33.99	32.86	1.20
	B	31.45	34.15	32.64	1.22	31.62	32.62	32.14	0.38	31.10	33.85	32.42	1.14	30.87	33.99	32.83	1.24

Table 3. Seasonal variation of DO(mg/L) in southwestern coastal waters during the period of 2005-2007

Area	Depth	Winter				Spring				Summer				Autumn			
		Min.	Max.	Mean	S.D.	Min.	Max.	Mean	S.D.	Min.	Max.	Mean	S.D.	Min.	Max.	Mean	S.D.
Jindo	S	3.41	10.85	7.88	2.51	8.18	11.76	9.89	1.38	7.90	8.18	8.08	0.10	7.02	8.35	7.76	0.34
	B	3.40	11.23	8.15	2.40	8.35	11.85	9.65	1.27	7.90	8.18	8.06	0.09	7.45	8.48	7.91	0.32
Haenam	S	5.98	11.65	9.47	2.25	8.85	12.26	10.48	1.76	7.92	8.44	8.10	0.20	7.55	8.15	7.92	0.24
	B	7.50	11.69	9.66	1.78	8.41	11.20	9.85	1.04	7.53	7.98	7.80	0.19	7.54	8.31	8.03	0.28
Mokpo	S	5.00	12.57	9.90	2.23	7.09	14.81	9.49	2.43	7.57	8.42	8.07	0.24	7.03	8.40	7.74	0.47
	B	5.02	11.94	9.73	2.04	6.67	11.16	8.86	1.44	7.62	8.09	7.89	0.16	7.40	8.90	8.12	0.47
Sinan	S	5.32	11.20	8.48	2.42	7.68	11.42	9.21	1.34	7.15	8.10	7.85	0.35	7.02	8.11	7.78	0.40
	B	6.25	11.11	8.56	1.85	7.38	11.18	9.16	1.30	6.73	8.09	7.75	0.51	7.54	8.89	8.16	0.56
Muan	S	7.93	12.31	9.79	1.48	7.86	9.51	8.23	0.51	7.42	8.21	7.92	0.24	7.04	8.60	8.02	0.51
	B	7.63	11.75	9.64	1.59	7.28	8.43	7.98	0.41	7.44	8.19	7.91	0.23	7.95	9.23	8.36	0.40
Wando	S	5.62	10.66	8.85	1.21	8.16	9.51	8.98	0.47	8.00	8.31	8.16	0.11	6.21	7.79	7.38	0.47
	B	6.35	10.02	8.89	1.02	8.38	9.68	8.97	0.40	7.86	8.22	8.06	0.10	6.59	8.02	7.51	0.37
Doam	S	7.56	11.65	9.62	1.34	8.49	9.39	9.00	0.37	7.97	8.26	8.14	0.13	6.60	8.03	7.37	0.58
	B	7.90	10.96	9.58	1.02	8.32	9.50	8.90	0.48	7.96	8.12	8.05	0.07	7.36	7.95	7.57	0.22
Hampyeong	S	8.84	11.79	10.24	1.29	7.77	8.55	8.14	0.26	7.80	8.10	7.99	0.13	7.16	8.16	7.76	0.44
	B	8.92	11.21	9.98	1.02	7.10	8.31	7.83	0.46	7.76	8.06	7.90	0.11	8.02	8.56	8.30	0.29

소 떨어지는 경향을 보이지만 대부분 7.3 mg/L 이상을 보여 큰 차이가 없는 것으로 본다.

4) COD

진도해역의 겨울철 COD 표층 농도는 평균 1.1 mg/L으로 저층과는 큰 차이를 볼 수 없고, 봄부터 가을까지 COD 농도는 1 mg/L 이하로 수질1등급 수준을 유지하는 것으로 나타났다 (Table 4). 무안과 함평해역의 저층에서 1.8 및 1.9 mg/L으로 높게 보였으나 봄과 여름이 되면서 COD 농도는 겨울철에 비하여 낮게 나타나는 추이를 보였다. 이러한 경향은 대부분의 해역에서 겨울철보다 다른 계절에서는 COD 농도가 낮게 보였다. 그러나 여름철 목포 표층에서 2.2 mg/L, 함평에서 가을철 저층에서 2.1 mg/L이 나타났지만 대체적으로 조사해역의 수질은 2등급 수준을 유지하고 있는 것 같다.

5) T-N/DIN

겨울철에는 조사해역에 관계없이 평균 0.6-0.7 mg/L 범위로 보였으나, 봄이 되면 완도해역에서 0.52 mg/L 농도로 목포

해역과 비교해 보면 거의 1/2 정도로 낮은 농도를 나타내고 있다(Table 5). 표준편차도 목포해역의 경우 7.01 수준으로 매우 높은 수치를 보이고 있는 것이 큰 특징이다. 여름철과 가을철에는 봄철과 비교하여 지역간의 농도차이는 크게 나타나지 않았다. 따라서 목포해역의 경우 사계절 중 여름철에 비하여 봄철에 T-N 농도의 변화가 매우 높다는 것은 해양생태계에 미치는 영향도 매우 클 것으로 본다. 그러나 나머지 해역의 T-N 농도는 거의 계절에 관계없이 일정한 농도로 유지하고 있다. 겨울철 DIN 농도 범위는 조사해역에 관계없이 거의 균일화된 평균 0.12-0.21 mg/L(표층)으로 저층과도 큰 차이를 볼 수 없다(Table 6). 봄과 여름철이 되면 균일화된 DIN 농도는 완도와 도암해역 및 진도, 무안, 함평해역 모두 0.3 mg/L 이하로 보였으나, 목포와 해남해역은 2배 이상 높은 농도를 보였고 표층과 저층간의 차이도 약 2배 이상 보여 주고 있다. 그러나 가을철이 되면 목포와 해남해역도 거의 다른 조사해역도 유사한 농도를 보여주고 있다.

Table 4. Seasonal variation of COD(mg/L) in southwestern coastal waters during the period of 2005-2007

Area	Depth	Winter				Spring				Summer				Autumn			
		Min.	Max.	Mean	S.D.	Min.	Max.	Mean	S.D.	Min.	Max.	Mean	S.D.	Min.	Max.	Mean	S.D.
Jindo	S	0.72	2.35	1.17	0.44	0.65	1.08	0.88	0.14	0.25	0.94	0.62	0.23	0.40	1.06	0.71	0.22
	B	0.82	2.13	1.30	0.43	0.55	1.61	0.88	0.26	0.38	1.29	0.72	0.31	0.48	1.18	0.78	0.23
Haenam	S	0.90	1.87	1.50	0.36	0.95	1.46	1.17	0.19	0.92	1.96	1.33	0.44	0.37	1.42	0.98	0.35
	B	0.94	1.98	1.51	0.39	0.65	1.73	1.10	0.40	0.90	0.99	0.95	0.04	0.37	1.12	0.75	0.26
Mokpo	S	0.46	1.98	1.34	0.38	0.43	1.97	1.14	0.69	0.88	3.65	2.25	1.12	0.45	0.99	0.64	0.17
	B	0.98	1.71	1.38	0.28	0.32	1.80	0.93	0.47	0.86	3.71	1.47	0.79	0.40	1.30	0.68	0.26
Sinan	S	0.94	1.94	1.26	0.41	0.49	1.17	0.83	0.24	0.39	2.71	1.10	0.87	0.38	0.83	0.54	0.21
	B	0.59	1.66	1.29	0.40	0.55	1.49	0.80	0.35	0.57	1.37	0.85	0.32	0.26	1.31	0.71	0.38
Muan	S	0.93	2.42	1.56	0.51	0.47	1.06	0.70	0.20	0.82	2.30	1.32	0.48	0.19	1.17	0.65	0.34
	B	0.93	2.90	1.84	0.65	0.37	1.05	0.78	0.22	0.63	1.54	1.13	0.30	0.29	1.15	0.69	0.36
Wando	S	0.38	2.29	1.15	0.52	0.54	1.17	0.89	0.17	0.52	1.27	0.87	0.30	0.30	0.66	0.51	0.11
	B	0.67	1.76	1.09	0.34	0.67	1.38	0.91	0.18	0.27	1.45	0.69	0.31	0.27	2.96	0.78	0.65
Doam	S	0.54	1.81	1.09	0.46	0.69	1.73	1.24	0.41	0.63	1.75	1.10	0.38	0.40	1.01	0.65	0.23
	B	0.48	1.46	0.97	0.41	0.42	1.70	1.08	0.42	0.71	1.54	0.96	0.31	0.45	1.01	0.69	0.25
Hampyeong	S	0.99	2.82	1.70	0.63	0.42	1.22	0.76	0.28	0.36	1.15	0.81	0.31	0.32	2.21	1.06	0.62
	B	1.09	3.54	1.94	0.92	0.77	1.75	1.23	0.40	0.49	1.32	0.89	0.31	1.26	3.57	2.13	0.89

Table 5. Seasonal variation of T-N(mg/L) in southwestern coastal waters during the period of 2005-2007

Area	Depth	Winter				Spring				Summer				Autumn			
		Min.	Max.	Mean	S.D.	Min.	Max.	Mean	S.D.	Min.	Max.	Mean	S.D.	Min.	Max.	Mean	S.D.
Jindo	S	0.29	0.92	0.63	0.22	0.29	0.98	0.69	0.23	0.23	1.46	0.72	0.40	0.42	1.20	0.80	0.25
	B	0.35	0.83	0.65	0.16	0.26	0.95	0.65	0.24	0.20	1.41	0.72	0.42	0.47	1.24	0.80	0.22
Haenam	S	0.40	0.96	0.70	0.24	0.40	1.70	1.04	0.56	0.85	1.39	1.06	0.26	0.58	1.28	0.88	0.26
	B	0.42	0.87	0.65	0.19	0.41	1.20	0.78	0.30	0.92	1.21	1.07	0.12	0.68	0.98	0.80	0.11
Mokpo	S	0.38	1.07	0.69	0.23	0.53	4.42	1.26	7.01	0.29	2.36	1.12	0.56	0.70	0.91	0.81	0.07
	B	0.37	0.90	0.68	0.19	0.32	1.48	0.86	0.34	0.61	1.07	0.80	0.15	0.55	0.97	0.79	0.13
Sinan	S	0.40	0.95	0.64	0.23	0.29	1.29	0.83	0.40	0.55	0.89	0.70	0.12	0.48	0.96	0.75	0.19
	B	0.40	1.29	0.64	0.33	0.44	1.15	0.89	0.35	0.53	0.97	0.71	0.16	0.51	1.25	0.87	0.30
Muan	S	0.37	1.18	0.67	0.30	0.31	2.29	0.91	0.59	0.64	1.01	0.80	0.14	0.38	0.83	0.66	0.14
	B	0.47	1.09	0.76	0.25	0.37	1.28	0.75	0.33	0.54	1.14	0.85	0.19	0.49	1.00	0.73	0.17
Wando	S	0.25	0.90	0.62	0.25	0.22	1.06	0.59	0.24	0.20	1.47	0.74	0.41	0.54	1.15	0.81	0.22
	B	0.23	0.99	0.64	0.29	0.22	0.96	0.58	0.26	0.18	1.44	0.67	0.43	0.56	1.14	0.84	0.23
Doam	S	0.23	0.94	0.60	0.30	0.40	1.05	0.65	0.27	0.40	1.46	0.89	0.44	0.65	1.05	0.83	0.15
	B	0.29	0.93	0.67	0.29	0.36	0.91	0.70	0.21	0.22	1.58	0.83	0.52	0.66	1.04	0.85	0.16
Hampyeong	S	0.40	1.17	0.84	0.34	0.39	1.13	0.75	0.33	0.55	1.14	0.81	0.20	0.66	1.07	0.84	0.17
	B	0.46	1.16	0.78	0.26	0.36	1.39	0.82	0.41	0.64	1.09	0.89	0.18	0.80	1.03	0.87	0.09

Table 6. Seasonal variation of DIN(mg/L) in southwestern coastal waters during the period of 2005-2007

Area	Depth	Winter				Spring				Summer				Autumn			
		Min.	Max.	Mean	S.D.	Min.	Max.	Mean	S.D.	Min.	Max.	Mean	S.D.	Min.	Max.	Mean	S.D.
Jindo	S	0.10	0.45	0.21	0.10	0.10	0.42	0.22	0.09	0.04	0.25	0.13	0.08	0.08	0.28	0.14	0.07
	B	0.06	0.38	0.20	0.09	0.07	0.35	0.22	0.10	0.04	0.30	0.16	0.11	0.09	0.24	0.15	0.05
Haenam	S	0.12	0.35	0.21	0.09	0.08	1.05	0.42	0.47	0.10	0.82	0.35	0.33	0.07	0.27	0.12	0.07
	B	0.09	0.28	0.24	0.18	0.08	0.52	0.28	0.22	0.05	0.49	0.27	0.21	0.10	0.26	0.16	0.07
Mokpo	S	0.09	0.40	0.25	0.11	0.09	1.90	0.60	0.68	0.08	1.70	0.63	0.51	0.13	0.37	0.23	0.07
	B	0.08	0.35	0.19	0.08	0.12	0.75	0.34	0.27	0.05	0.33	0.23	0.10	0.15	0.31	0.23	0.06
Sinan	S	0.12	0.39	0.21	0.09	0.18	0.58	0.30	0.14	0.05	0.26	0.14	0.10	0.16	0.36	0.24	0.09
	B	0.12	0.28	0.20	0.06	0.14	0.50	0.28	0.13	0.06	0.30	0.22	0.08	0.17	0.38	0.25	0.10
Muan	S	0.04	0.36	0.18	0.12	0.14	0.56	0.27	0.15	0.05	0.30	0.18	0.10	0.13	0.37	0.23	0.08
	B	0.04	0.30	0.15	0.09	0.12	0.62	0.27	0.17	0.06	0.31	0.21	0.11	0.13	0.37	0.23	0.09
Wando	S	0.10	0.42	0.17	0.09	0.07	0.34	0.16	0.08	0.02	0.19	0.10	0.06	0.03	0.28	0.14	0.08
	B	0.10	0.45	0.19	0.11	0.06	0.37	0.16	0.09	0.02	0.30	0.14	0.10	0.07	0.27	0.17	0.07
Doam	S	0.07	0.24	0.12	0.07	0.12	0.28	0.19	0.07	0.05	0.34	0.13	0.11	0.03	0.24	0.12	0.08
	B	0.07	0.25	0.13	0.08	0.11	0.27	0.18	0.07	0.06	0.30	0.14	0.09	0.05	0.19	0.12	0.06
Hampyeong	S	0.11	0.38	0.21	0.11	0.19	0.34	0.27	0.06	0.06	0.29	0.13	0.10	0.17	0.45	0.26	0.14
	B	0.18	0.43	0.26	0.10	0.20	0.39	0.28	0.08	0.07	0.32	0.23	0.09	0.15	0.44	0.26	0.12

6) T-P/DIP

표층의 T-P 농도 분포는 겨울철의 경우 평균 0.04-0.07 mg/L 분포를 보이고 있으나 저층과 비교하면 약간 낮은 농도를 보이고 있다(Table 7). 봄부터 가을까지 표층과 저층간의 농도 차이는 거의 나타나지 않았다. 또한 계절 및 조사해역에 관계없이 전남서부해역의 대부분 T-P 농도 분포는 거의 균일한 양상을 보이고 있다. DIP의 경우 T-N 농도 분포처럼 거의 평균 0.01-0.03 mg/L을 보이며 표층과 저층간의 농도차이도 없었다(Table 8).

남의 겨울철 SS 표층 평균 농도의 범위는 10.83-18.40 mg/L로 진도, 무안, 함평에 비해서는 약 2배 이상 낮았다. 특히 무안과 함평의 저층 SS는 표층보다 2배 정도 높게 나타났다. 봄철이 되면 진도해역의 SS는 표층에서 약 2배 정도 감소되는 15.23 mg/L이며, 신안, 무안, 완도, 도암, 함평해역 모두 겨울보다 SS 함량이 대체적으로 적었다. 또한 여름철에도 봄철처럼 SS 농도가 겨울철에 비하여 낮게 분포하고 있다. 함평의 저층 SS는 조사해역 중 가장 많은 양상을 보이고 있다. 가을부터는 봄과 여름철에 비하여 조사해역 모두에서 높게 분포하

Table 7. Seasonal variation of T-P(mg/L) in southwestern coastal waters during the period of 2005-2007

Area	Depth	Winter				Spring				Summer				Autumn			
		Min.	Max.	Mean	S.D.	Min.	Max.	Mean	S.D.	Min.	Max.	Mean	S.D.	Min.	Max.	Mean	S.D.
Jindo	S	0.03	0.09	0.05	0.02	0.03	0.20	0.07	0.04	0.02	0.09	0.05	0.02	0.02	0.08	0.04	0.02
	B	0.03	0.14	0.08	0.03	0.05	0.14	0.08	0.03	0.02	0.17	0.06	0.04	0.01	0.08	0.04	0.02
Haenam	S	0.03	0.05	0.04	0.01	0.03	0.07	0.05	0.01	0.03	0.09	0.05	0.03	0.02	0.08	0.05	0.02
	B	0.02	0.08	0.05	0.02	0.04	0.06	0.05	0.01	0.02	0.08	0.05	0.02	0.02	0.06	0.04	0.01
Mokpo	S	0.03	0.08	0.05	0.02	0.04	0.14	0.08	0.03	0.03	0.16	0.08	0.04	0.03	0.08	0.05	0.02
	B	0.03	0.12	0.07	0.03	0.04	0.24	0.07	0.05	0.03	0.08	0.05	0.02	0.03	0.14	0.06	0.03
Sinan	S	0.05	0.09	0.05	0.02	0.04	0.07	0.06	0.01	0.03	0.09	0.05	0.02	0.03	0.06	0.04	0.01
	B	0.04	0.15	0.07	0.03	0.05	0.07	0.06	0.01	0.04	0.08	0.06	0.02	0.03	0.11	0.06	0.04
Muan	S	0.03	0.08	0.06	0.02	0.02	0.07	0.04	0.01	0.02	0.09	0.05	0.02	0.02	0.13	0.06	0.04
	B	0.03	0.15	0.08	0.04	0.04	0.07	0.05	0.01	0.03	0.11	0.06	0.04	0.02	0.12	0.08	0.09
Wando	S	0.03	0.06	0.04	0.01	0.03	0.22	0.06	0.05	0.02	0.06	0.04	0.01	0.02	0.08	0.05	0.02
	B	0.02	0.09	0.05	0.02	0.04	0.07	0.05	0.02	0.02	0.14	0.05	0.03	0.02	0.23	0.07	0.06
Doam	S	0.03	0.05	0.04	0.01	0.04	0.57	0.14	0.21	0.03	0.06	0.05	0.01	0.02	0.07	0.05	0.02
	B	0.03	0.06	0.05	0.01	0.05	0.42	0.12	0.15	0.03	0.07	0.04	0.01	0.03	0.09	0.05	0.02
Hampyeong	S	0.05	0.09	0.07	0.01	0.04	0.12	0.06	0.03	0.03	0.09	0.06	0.03	0.07	0.18	0.11	0.04
	B	0.05	0.18	0.10	0.05	0.06	0.51	0.21	0.18	0.04	0.10	0.07	0.02	0.10	0.38	0.19	0.10

Table 8. Seasonal variation of DIP(mg/L) in southwestern coastal waters during the period of 2005-2007

Area	Depth	Winter				Spring				Summer				Autumn			
		Min.	Max.	Mean	S.D.	Min.	Max.	Mean	S.D.	Min.	Max.	Mean	S.D.	Min.	Max.	Mean	S.D.
Jindo	S	0.01	0.03	0.02	0.01	0.01	0.04	0.02	0.01	0.01	0.05	0.02	0.01	0.00	0.02	0.01	0.01
	B	0.02	0.03	0.02	0.01	0.01	0.04	0.02	0.01	0.00	0.02	0.01	0.01	0.00	0.02	0.01	0.01
Haenam	S	0.00	0.02	0.01	0.01	0.01	0.04	0.02	0.01	0.00	0.05	0.02	0.02	0.00	0.02	0.01	0.01
	B	0.00	0.03	0.01	0.01	0.01	0.03	0.02	0.01	0.00	0.08	0.03	0.03	0.00	0.03	0.01	0.01
Mokpo	S	0.00	0.03	0.01	0.01	0.01	0.10	0.03	0.03	0.01	0.16	0.03	0.04	0.01	0.03	0.02	0.01
	B	0.00	0.03	0.01	0.01	0.01	0.04	0.02	0.01	0.01	0.05	0.02	0.01	0.00	0.03	0.02	0.01
Sinan	S	0.00	0.03	0.02	0.01	0.01	0.03	0.02	0.01	0.01	0.03	0.02	0.01	0.00	0.03	0.02	0.01
	B	0.00	0.03	0.02	0.01	0.01	0.03	0.02	0.01	0.01	0.03	0.02	0.01	0.00	0.04	0.02	0.01
Muan	S	0.00	0.04	0.01	0.01	0.01	0.03	0.02	0.01	0.01	0.04	0.02	0.01	0.01	0.03	0.02	0.01
	B	0.00	0.04	0.01	0.01	0.01	0.03	0.02	0.01	0.00	0.08	0.02	0.02	0.00	0.03	0.02	0.01
Wando	S	0.01	0.03	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	0.00	0.00	0.03	0.01	0.01	0.00	0.04	0.01	0.01
	B	0.01	0.03	0.02	0.01	0.00	0.02	0.01	0.00	0.00	0.02	0.01	0.00	0.00	0.06	0.02	0.01
Doam	S	0.01	0.02	0.02	0.00	0.01	0.02	0.01	0.00	0.00	0.02	0.01	0.01	0.00	0.02	0.02	0.01
	B	0.01	0.02	0.01	0.00	0.01	0.02	0.01	0.00	0.00	0.02	0.01	0.01	0.00	0.03	0.02	0.01
Hampyeong	S	0.01	0.04	0.02	0.01	0.01	0.04	0.02	0.01	0.01	0.03	0.02	0.01	0.01	0.03	0.02	0.01
	B	0.01	0.04	0.02	0.01	0.01	0.04	0.03	0.01	0.01	0.04	0.02	0.01	0.00	0.04	0.02	0.01

7) Silicate

silicate 농도는 조사해역별로는 큰 차이를 볼 수 없고 대체적으로 겨울철에는 농도가 낮고(0.36-0.56 mg/L) 봄과 여름철에 다소 높은 농도(0.38-1.19 mg/L)를 보여주고 있으며 표층보다 저층에 농도가 높게 나타났다(Table 9).

8) SS

대체적으로 SS 농도변화는 계절별 및 조사해역에 따라 큰 차이를 보여주고 있는 것이 큰 특징이다(Table 10). 목포와 해

고 있다. 특히 완도의 경우 겨울철 표층 SS는 21.44 mg/L에서 계속 감소되어 가을철에는 9.09 mg/L까지 보여 조사해역 중 가장 낮은 SS을 보였다.

9) Chlorophyll

겨울철 클로로필의 수치는 정점별 큰 변화를 보이고 있다(Table 11). 완도와 도암의 경우 표층에서 평균 0.86-1.03 μg/L로 해남, 목포, 무안과 비교해 보면 약 7배 이상 차이를 보이고 있으며, 대부분 표층과 저층간의 클로로필 차이는 크지

전남서부해역의 수질환경 특성

Table 9. Seasonal variation of silicate(mg/L) in southwestern coastal waters during the period of 2005-2007

Area	Depth	Winter				Spring				Summer				Autumn			
		Min.	Max.	Mean	S.D.	Min.	Max.	Mean	S.D.	Min.	Max.	Mean	S.D.	Min.	Max.	Mean	S.D.
Jindo	S	0.39	0.71	0.50	0.08	0.25	0.82	0.56	0.29	0.20	0.86	0.47	0.22	0.14	0.63	0.30	0.15
	B	0.43	0.52	0.49	0.02	0.25	0.96	0.55	0.30	0.17	1.73	0.62	0.55	0.15	0.75	0.35	0.18
Haenam	S	0.36	0.61	0.45	0.10	0.10	1.56	0.61	0.73	0.51	1.27	0.77	0.33	0.14	1.14	0.45	0.38
	B	0.33	0.55	0.48	0.09	0.08	1.32	0.47	0.53	0.15	1.73	0.88	0.64	0.15	0.77	0.42	0.21
Mokpo	S	0.17	0.55	0.41	0.13	0.05	2.30	0.74	0.80	0.43	2.25	1.19	0.58	0.28	0.67	0.44	0.12
	B	0.27	0.51	0.39	0.09	0.07	1.26	0.53	0.45	0.18	1.73	0.74	0.49	0.34	0.73	0.50	0.13
Sinan	S	0.23	0.52	0.43	0.12	0.31	1.46	0.72	0.57	0.28	0.60	0.46	0.12	0.32	0.71	0.48	0.14
	B	0.20	0.53	0.42	0.13	0.31	1.50	0.66	0.48	0.21	1.73	0.66	0.54	0.28	0.62	0.47	0.12
Muan	S	0.14	0.63	0.36	0.19	0.25	1.45	0.67	0.44	0.17	0.92	0.54	0.23	0.27	0.61	0.44	0.13
	B	0.16	0.62	0.38	0.16	0.27	1.16	0.57	0.31	0.32	1.73	0.82	0.54	0.31	0.52	0.46	0.12
Wando	S	0.34	0.52	0.42	0.06	0.20	0.70	0.38	0.16	0.15	1.15	0.52	0.29	0.15	0.55	0.39	0.19
	B	0.34	1.21	0.48	0.22	0.15	1.08	0.43	0.25	0.18	1.73	0.66	0.58	0.11	0.55	0.37	0.13
Doam	S	0.35	0.51	0.40	0.06	0.20	1.10	0.59	0.31	0.32	1.25	0.79	0.34	0.09	0.65	0.38	0.22
	B	0.36	0.53	0.42	0.06	0.16	0.70	0.47	0.20	0.52	1.73	0.84	0.46	0.13	0.71	0.39	0.22
Hampyeong	S	0.41	0.62	0.56	0.09	0.48	0.96	0.61	0.20	0.36	0.86	0.62	0.20	0.42	0.83	0.66	0.18
	B	0.45	0.72	0.61	0.10	0.23	0.82	0.56	0.22	0.42	1.73	0.80	0.47	0.42	1.00	0.71	0.22

Table 10. Seasonal variation of SS(mg/L) in southwestern coastal waters during the period of 2005-2007

Area	Depth	Winter				Spring				Summer				Autumn			
		Min.	Max.	Mean	S.D.	Min.	Max.	Mean	S.D.	Min.	Max.	Mean	S.D.	Min.	Max.	Mean	S.D.
Jindo	S	0.07	2.37	1.03	0.86	1.05	8.76	3.43	2.58	1.13	14.83	4.39	3.88	1.14	4.19	2.49	0.93
	B	0.05	2.02	0.85	0.70	1.61	9.91	3.77	2.35	1.03	14.53	4.22	4.46	0.67	4.13	2.26	1.07
Haenam	S	0.15	17.06	8.65	7.19	2.12	9.07	4.86	2.56	2.02	8.86	4.80	2.86	1.63	12.18	6.99	5.08
	B	0.31	16.62	6.88	6.45	1.25	12.09	6.16	4.51	1.24	27.61	8.39	11.08	1.05	8.13	3.55	2.43
Mokpo	S	0.43	25.41	7.45	7.53	1.73	15.52	6.78	5.00	1.32	42.71	15.24	15.22	1.25	6.43	3.29	1.62
	B	0.22	17.49	7.39	6.77	1.57	11.04	4.02	2.80	1.14	21.79	5.81	7.13	1.17	5.81	2.82	2.12
Sinan	S	0.18	23.74	5.19	9.18	1.11	3.42	2.30	0.88	0.67	23.74	8.34	9.73	1.07	3.31	2.12	0.96
	B	0.13	15.70	4.53	6.03	1.84	4.17	2.71	0.84	0.34	21.48	6.61	8.89	1.06	2.85	1.72	0.75
Muan	S	0.07	23.19	7.38	8.24	0.90	3.81	2.00	0.84	1.05	49.68	8.18	15.67	1.20	4.47	2.34	1.23
	B	0.33	27.89	7.32	9.49	1.57	5.67	2.53	1.32	1.24	26.45	6.46	9.44	0.89	2.76	1.76	0.74
Wando	S	0.03	2.83	0.86	0.84	1.14	10.83	4.69	3.07	1.42	7.49	3.34	1.72	1.16	8.56	3.79	2.43
	B	0.03	2.34	0.73	0.70	1.13	12.86	4.22	3.47	1.24	6.08	2.73	1.50	0.52	10.49	3.22	2.86
Doam	S	0.14	2.26	1.03	0.84	2.85	9.42	6.24	2.22	2.02	34.48	8.97	12.62	1.35	6.19	4.39	1.95
	B	0.12	2.29	1.17	0.99	3.55	11.74	6.84	3.81	1.24	15.12	5.04	5.31	1.43	6.76	3.46	2.02
Hampyeong	S	0.16	8.73	2.71	3.23	1.12	6.61	3.50	1.87	1.72	13.67	5.63	5.07	0.58	2.29	1.58	0.70
	B	0.26	8.68	2.80	3.18	1.62	11.53	4.50	3.72	1.16	6.81	2.80	2.25	0.64	9.20	3.31	3.25

Table 11. Seasonal variation of chlorophyll *a*($\mu\text{g/L}$) in southwestern coastal waters during the period of 2005-2007

Area	Depth	Winter				Spring				Summer				Autumn			
		Min.	Max.	Mean	S.D.	Min.	Max.	Mean	S.D.	Min.	Max.	Mean	S.D.	Min.	Max.	Mean	S.D.
Jindo	S	14.20	62.40	39.96	20.41	6.20	33.20	15.23	8.58	3.40	44.60	16.65	12.73	8.40	70.00	24.43	15.98
	B	12.60	96.40	36.05	22.29	12.60	80.60	38.43	22.56	4.60	53.60	19.58	13.96	10.00	75.40	29.00	16.99
Haenam	S	7.60	15.80	10.83	3.21	4.40	14.40	9.37	4.22	3.40	14.40	8.77	4.36	7.60	30.80	16.83	8.88
	B	8.00	13.20	10.33	1.73	4.40	40.40	16.57	12.98	4.60	23.60	13.33	7.92	5.80	51.60	22.63	20.88
Mokpo	S	6.80	37.20	18.40	9.69	6.40	90.00	20.47	22.79	3.40	30.00	10.47	8.32	6.40	55.00	14.62	13.38
	B	12.60	48.00	21.63	12.21	7.60	156.40	27.82	41.21	4.60	29.60	13.27	7.32	5.80	64.60	20.87	16.42
Sinan	S	20.60	56.20	24.87	15.01	8.20	37.40	19.50	9.90	3.40	22.80	13.77	8.22	9.40	45.00	28.37	12.93
	B	26.20	156.80	28.40	50.51	11.60	66.40	32.13	19.57	4.60	50.40	21.36	16.22	11.60	58.00	33.00	17.06
Muan	S	13.60	151.60	36.31	43.94	9.20	29.40	17.51	6.31	3.40	20.80	11.96	6.61	10.40	51.00	25.60	13.42
	B	15.80	144.00	51.04	44.73	10.60	188.00	48.20	54.61	4.60	22.00	13.84	6.58	8.80	89.30	34.32	26.94
Wando	S	7.80	82.60	21.44	18.98	4.80	33.40	12.97	7.53	3.40	30.40	9.79	8.02	4.60	15.20	9.09	3.44
	B	8.40	47.60	19.10	10.90	4.00	29.60	15.80	8.32	4.60	39.20	11.92	9.31	5.60	20.60	10.79	4.79
Doam	S	5.40	25.20	14.00	7.54	6.60	19.00	12.47	5.09	3.40	16.00	8.17	5.00	5.40	16.40	11.27	4.84
	B	4.00	26.40	15.80	9.15	3.80	20.40	13.00	6.73	4.60	20.83	10.63	6.00	7.60	19.20	12.00	5.25
Hampyeong	S	20.80	85.60	55.20	37.04	20.40	56.40	36.30	14.38	3.40	26.00	16.13	9.77	21.00	99.60	73.83	30.37
	B	23.60	232.00	110.13	89.39	14.40	174.40	76.07	69.81	4.60	138.80	52.60	52.44	48.80	433.00	172.80	134.63

않았다. 봄과 가을이 되면 모든 정점별 클로로필 수치는 대체적으로 비슷한 양상을 보이고 있다. 여름철에도 목포를 제외한 나머지 정점도 비슷한 클로로필 값을 나타내고 있다.

3.2 정점별 (표.저층)

1) 수온/염분

표층수온의 경우 정점내의 차이는 겨울뿐만 아니라 하절기에도 보이지 않으나(Table 12), 목포항의 염분은 정점별 차이가 뚜렷하게 나타났다(Table 13, Table 20).

목포 7번 정점과 9번 정점의 경우 봄철 평균염분이 23.29 psu와 25.86 psu로 8번과 9번 정점에 비하여 약 6-7 psu 정도 낮은 염분을 보이고 있다. 여름철에는 정점 7번에서 봄철보다 훨씬 낮은 17.33 psu를 보여 다른 조사정점에 비하여 약 2배 정도 낮은 염분을 보이고 있다. 이러한 원인으로 여름철 집중강우로 인한 영산강 하구둑의 담수방류에 많은 영향을 받은 것으로 보인다. 또한 도암만에서도 봄철과 여름철에 정점별 염분차이는 2-5 psu 범위로 육지에서 유입되는 담수영향을 많이 받는 것으로 추측된다. 그러나 목포와 도암을 제외한 나머지 조사해역의 정점별 염분차이는 크게 나타나지 않는 것으로 보인다. 진도의 표층수온도 사계절 중 여름철 수온차이는 약 4°C 정도로 조사해역 중에서 가장 많은 수온차를 보이고 있고 저층수온도 여름철에 약 4°C 차이가 나타났다(Table 19).

Table 12. Seasonal variation of surface temperature(°C) at different stations in southwestern coastal waters during the period of 2005-2007

Area	St.	Winter		Spring		Summer		Autumn	
		Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.
Jindo	1	6.63	1.08	14.40	1.66	22.98	0.26	16.42	0.31
	2	6.44	1.14	15.51	1.55	25.24	0.13	15.91	0.24
	3	6.98	0.90	15.93	2.67	23.28	0.50	15.79	0.06
	4	7.82	0.78	14.79	2.00	21.59	0.29	16.15	0.33
Haenam	5	5.33	1.77	15.34	0.81	25.54	1.13	15.24	1.00
	6	5.33	1.79	15.49	0.61	25.77	0.30	15.43	0.44
Mokpo	7	5.58	1.79	16.80	0.99	26.45	0.62	16.77	1.36
	8	4.61	1.99	16.83	1.66	26.02	0.66	14.63	1.28
	9	5.07	1.69	15.73	0.49	25.19	0.08	15.87	0.85
	10	5.25	1.77	15.23	0.78	25.00	0.80	16.39	0.95
Sinan	11	5.11	1.81	16.06	0.97	25.76	0.83	15.61	0.19
	12	5.57	0.50	14.42	1.32	23.07	0.27	16.62	0.25
Muan	13	4.30	2.19	17.26	1.30	26.80	0.99	14.15	1.40
	14	3.84	2.23	17.72	0.89	26.96	0.80	13.56	1.44
Wando	15	4.78	2.16	16.21	1.63	25.45	0.39	15.45	0.94
	16	8.76	0.91	15.21	1.65	22.79	0.63	15.96	0.53
	17	8.32	0.99	15.82	1.58	25.43	2.01	15.97	0.56
	18	9.33	1.32	15.64	2.08	24.51	9.70	16.19	0.74
Doam	19	9.59	1.22	14.01	1.45	21.01	0.94	16.28	0.36
	20	9.32	1.29	14.86	1.60	23.74	1.67	16.43	0.99
	21	8.29	1.02	16.24	2.24	24.50	0.58	16.40	0.68
	22	7.21	0.88	17.01	1.43	26.98	1.29	16.18	0.51
Hampyeong	23	3.32	1.85	17.38	1.29	26.98	1.41	13.94	0.99
	24	3.68	1.62	17.16	1.96	26.31	1.77	14.22	0.96

그러나 나머지 조사해역의 저층수온도 표층수온과 마찬가지로 비교적 안정된 수온을 보이고 있다. 염분의 경우는 표층에서 목포와 도암에서는 많은 변화를 보였으나, 저층에서는

다른 해역과 거의 비슷한 염분농도를 보이고 있는 것이 큰 특징이다.

Table 13. Seasonal variation of surface salinity(psu) at different stations in southwestern coastal waters during the period of 2005-2007

Area	St.	Winter		Spring		Summer		Autumn	
		Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.
Jindo	1	33.59	1.13	33.21	0.33	32.71	1.42	33.56	0.43
	2	33.70	1.20	33.12	0.41	32.54	1.54	33.28	0.84
	3	33.82	1.18	33.23	0.32	33.39	0.95	33.50	0.89
	4	34.09	1.11	33.61	0.14	33.47	6.89	33.58	0.67
Haenam	5	32.72	1.39	31.02	3.00	28.23	4.15	30.08	2.90
	6	32.84	1.44	30.06	4.67	28.63	3.45	32.17	1.48
Mokpo	7	31.48	0.75	23.29	7.96	17.33	7.75	31.84	1.86
	8	32.47	1.28	31.11	2.17	27.00	6.17	31.99	1.87
	9	32.33	1.77	25.86	4.71	28.47	0.60	32.08	1.66
	10	32.99	1.47	31.35	2.60	29.72	0.96	33.01	0.99
Sinan	11	33.11	1.41	31.89	1.44	30.69	1.06	33.11	1.25
	12	33.22	0.83	32.95	0.40	32.90	1.06	33.32	0.44
Muan	13	32.38	1.22	31.33	1.77	30.09	1.02	31.95	1.90
	14	32.74	1.19	32.10	0.66	31.16	1.61	32.27	1.81
Wando	15	32.97	1.31	32.25	0.91	31.07	2.64	32.77	1.42
	16	34.37	0.93	33.52	0.49	33.35	1.08	34.03	0.33
	17	34.33	0.96	33.23	0.46	32.60	1.53	33.95	0.37
	18	34.47	0.92	33.61	0.25	33.22	1.81	33.77	0.84
Doam	19	34.40	0.85	33.92	0.35	33.61	0.83	33.83	0.79
	20	33.91	0.18	33.82	0.34	33.34	0.97	33.84	0.93
	21	34.33	1.06	32.71	0.81	32.46	1.44	33.49	0.82
	22	34.05	1.24	30.93	1.67	27.98	6.79	33.20	1.05
Hampyeong	23	32.62	1.36	32.14	0.48	31.96	1.91	32.97	1.14
	24	32.58	1.44	32.19	0.36	32.55	1.25	32.74	1.50

Table 14. Seasonal variation of surface COD(mg/L) at different stations in southwestern coastal waters during the period of 2005-2007

Area	St.	Winter		Spring		Summer		Autumn	
		Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.
Jindo	1	1.12	0.41	0.91	0.09	0.68	0.35	0.75	0.10
	2	1.15	0.15	0.89	0.21	0.62	0.27	0.68	0.26
	3	1.44	0.83	0.82	0.17	0.62	0.46	0.59	0.12
	4	0.98	0.08	0.88	0.16	0.54	0.30	0.82	0.37
Haenam	5	1.28	0.38	1.08	0.12	1.34	0.05	1.15	0.26
	6	1.73	0.16	1.25	0.24	1.32	0.04	0.82	0.39
Mokpo	7	1.42	0.29	1.71	0.26	3.43	0.41	0.52	0.07
	8	1.62	0.32	0.67	0.23	1.98	0.36	0.73	0.25
	9	1.04	0.52	1.20	1.20	2.20	1.52	0.69	0.13
	10	1.29	0.31	0.95	0.41	1.40	0.56	0.63	0.17
Sinan	11	1.28	0.32	0.78	0.26	1.31	0.40	1.28	0.23
	12	1.63	0.47	0.89	0.27	0.89	0.25	0.55	0.24
Muan	13	2.10	0.50	0.70	0.31	1.54	0.08	0.65	0.41
	14	1.41	0.24	0.75	0.16	1.24	0.06	0.69	0.52
Wando	15	1.18	0.22	0.64	0.16	1.18	0.19	0.62	0.15
	16	1.42	0.80	0.81	0.11	0.84	0.25	0.54	0.11
	17	1.12	0.37	0.97	0.18	0.97	0.56	0.53	0.13
	18	1.23	0.31	0.96	0.10	0.95	0.53	0.47	0.08
Doam	19	1.17	0.69	0.91	0.24	0.72	0.21	0.48	0.15
	20	0.66	0.38	0.81	0.24	0.85	0.26	0.53	0.12
	21	0.89	0.40	1.20	0.37	0.86	0.19	0.59	0.16
	22	1.30	0.49	0.28	0.54	1.34	0.39	0.72	0.30
Hampyeong	23	1.37	0.41	0.58	0.17	0.87	0.35	0.68	0.32
	24	2.03	0.70	0.94	0.26	0.74	0.33	1.43	0.67

2) 영양염류/COD

진도와 해남의 경우 사계절 및 정점별에 관계없이 1.5

mg/L 이하로 유지하고 있는 반면에, 목포의 정점 7번에서 여름철 3.43 mg/L까지 상승하고 정점 10번은 1.40 mg/L로 정점별 약 2배 이상의 차이를 보이고 있다(Table 14).

Table 15. Seasonal variation of surface DIN(mg/L) at different stations in southwestern coastal waters during the period of 2005-2007

Area	St.	Winter		Spring		Summer		Autumn	
		Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.
Jindo	1	0.19	0.05	0.29	0.13	0.18	0.10	0.20	0.06
	2	0.21	0.06	0.22	0.07	0.17	0.10	0.17	0.10
	3	0.19	0.11	0.19	0.09	0.08	0.03	0.10	0.02
	4	0.25	0.18	0.18	0.09	0.10	0.05	0.10	0.02
Haenam	5	0.23	0.12	0.41	0.51	0.36	0.40	0.09	0.02
	6	0.19	0.08	0.42	0.55	0.34	0.35	0.16	0.09
	7	0.33	0.04	0.79	0.97	1.28	0.41	0.26	0.05
Mokpo	8	0.21	0.09	0.48	0.49	0.23	0.14	0.20	0.08
	9	0.22	0.16	0.73	1.02	0.74	0.36	0.20	0.06
	10	0.23	0.12	0.41	0.40	0.26	0.14	0.25	0.11
	11	0.25	0.12	0.35	0.20	0.18	0.12	0.25	0.09
Sinan	12	0.17	0.04	0.26	0.07	0.10	0.07	0.24	0.11
	13	0.15	0.18	0.31	0.22	0.18	0.12	0.25	0.06
	14	0.14	0.06	0.22	0.09	0.19	0.12	0.22	0.13
Wando	15	0.23	0.11	0.28	0.18	0.16	0.11	0.22	0.07
	16	0.16	0.04	0.18	0.14	0.08	0.06	0.16	0.10
	17	0.23	0.16	0.14	0.11	0.10	0.08	0.12	0.07
	18	0.17	0.11	0.14	0.07	0.06	0.30	0.11	0.06
Doam	19	0.17	0.05	0.16	0.07	0.12	0.05	0.17	0.06
	20	0.12	0.03	0.19	0.08	0.12	0.07	0.13	0.12
	21	0.14	0.09	0.18	0.08	0.09	0.04	0.10	0.05
	22	0.10	0.06	0.21	0.07	0.16	0.15	0.14	0.10
Hampyeong	23	0.21	0.15	0.25	0.07	0.15	0.13	0.25	0.14
	24	0.22	0.08	0.28	0.05	0.11	0.09	0.27	0.16

Table 16. Seasonal variation of surface DIP(mg/L) at different stations in southwestern coastal waters during the period of 2005-2007

Area	St.	Winter		Spring		Summer		Autumn	
		Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.
Jindo	1	0.02	0.01	0.02	0.01	0.03	0.02	0.01	0.01
	2	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.00	0.01	0.01
	3	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01
	4	0.02	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00
Haenam	5	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01
	6	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01
Mokpo	7	0.01	0.01	0.04	0.05	0.03	0.01	0.02	0.01
	8	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01
	9	0.01	0.01	0.04	0.05	0.02	0.01	0.01	0.01
Sinan	10	0.02	0.01	0.02	0.01	0.06	0.09	0.02	0.01
	11	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01
	12	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.02
Muan	13	0.00	0.01	0.02	0.01	0.01	0.00	0.02	0.01
	14	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01
Wando	15	0.02	0.01	0.03	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01
	16	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01
	17	0.02	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.02	0.02
	18	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01
Doam	19	0.02	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01
	20	0.02	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01
	21	0.02	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.02	0.01
	22	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.02	0.01
Hampyeong	23	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01
	24	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.02

Table 17. Seasonal variation of surface silicate(mg/L) at different stations in southwestern coastal waters during the period of 2005-2007

Area	St.	Winter		Spring		Summer		Autumn	
		Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.
Jindo	1	0.56	0.14	0.53	0.26	0.57	0.33	0.39	0.20
	2	0.47	0.08	0.58	0.24	0.52	0.23	0.26	0.12
	3	0.50	0.03	0.51	0.26	0.44	0.21	0.30	0.15
	4	0.47	0.05	0.60	0.52	0.35	0.18	0.26	0.17
Haenam	5	0.46	0.14	0.61	0.82	0.79	0.42	0.54	0.53
	6	0.45	0.07	0.60	0.83	0.76	0.31	0.35	0.21
Mokpo	7	0.38	0.11	0.87	1.25	1.88	0.45	0.49	0.16
	8	0.35	0.23	0.60	0.53	0.63	0.18	0.40	0.12
Sinan	9	0.40	0.09	0.71	0.92	1.33	0.30	0.44	0.17
	10	0.50	0.04	0.77	0.89	0.90	0.42	0.44	0.09
	11	0.50	0.02	0.69	0.65	0.50	0.05	0.52	0.18
Muan	12	0.42	0.17	0.75	0.62	0.41	0.17	0.45	0.11
	13	0.17	0.03	0.73	0.63	0.49	0.19	0.46	0.16
Wando	14	0.33	0.02	0.71	0.51	0.67	0.26	0.46	0.17
	15	0.58	0.05	0.56	0.29	0.45	0.25	0.40	0.08
	16	0.43	0.08	0.42	0.24	0.63	0.31	0.36	0.20
	17	0.44	0.06	0.35	0.15	0.60	0.51	0.51	0.33
Doam	18	0.40	0.07	0.36	0.17	0.49	0.37	0.37	0.18
	19	0.42	0.09	0.40	0.22	0.41	0.18	0.38	0.14
	20	0.40	0.05	0.36	0.16	0.48	0.10	0.39	0.15
	21	0.42	0.08	0.51	0.12	0.62	0.35	0.37	0.19
Hampyeong	22	0.38	0.02	0.67	0.45	0.95	0.28	0.39	0.28
	23	0.53	0.11	0.58	0.16	0.66	0.26	0.68	0.21
	24	0.58	0.08	0.64	0.27	0.57	0.17	0.65	0.20

도암과 함평에서 정점별 차이를 보이고 있으나 목포에 비하여 다소 낮은 경향을 보이고 있다. 저층의 경우 여름철에도 대부분의 해역에서 거의 비슷한 수준을 보이고 있다. 특히 목포의 경우는 표층에서 정점별 많은 변화를 보였으나, 저층에서는 정점별 큰 차이를 보이고 있지 않는 점이 특징이다(Table 21). 그러나 함평은 무안보다 정점별 차이가 많았다. DIN의 경우 조사해역 중 목포에서 정점별 차이를 뚜렷하게 보이고 있다. 겨울, 봄, 여름철 목포 7점에서 0.1-1.0 mg/L 이상 높은 농도를 보이고 있으나, 가을철이 되면 정점별 차이는 훨씬 감소하는 경향을 보이고 있다. 또한 목포 10점도 봄과 여름철에는 정점 7를 제외한 목포 나머지 정점보다 약 2배 이상 높은 표층농도를 보이는 것이 특징이다(Table 15) 목포 정점에 대한 저층의 DIN은 표층과 달리 정점별 큰 차이를 보여 주지 못하고 있다(Table 22). 따라서 저층의 DIN은 정점별에 관계없이 비교적 안정적 DIN 농도분포를 나타내고 있다. DIP도 표층과 저층에 관계없이 균일한 농도분포를 보이고, 특히 목포의 모든 정점도 다른 조사정점과 거의 유사한 농도를 보이고 있다(Table 16, Table 23). 무안의 겨울철 silicate 함량은 정점 13은 15에 비하여 약 3배 정도 낮은 농도를 보이고 있으나, 봄부터 가을까지 정점별 차이는 겨울철에 비하여 크지 않았다(Table 17). 목포의 경우 여름철 7번 정점에서 8번 정점에 비하여 약 3배 정도 높은 1.88 mg/L를 보여 사계절중 하절기에 많은 정점별 차이를 보이는 것이 무안과 상이한 특징이다. 그러나 목포 저층의 silicate 함량은 표층에 비하여 정점별 큰 차이를 보여주고 있다(Table 24). 특히 하절기의 경우

Table 18. Seasonal variation of surface chlorophyll a ($\mu\text{g/L}$) at different stations in southwestern coastal waters during the period of 2005-2007

Area	St.	Winter		Spring		Summer		Autumn	
		Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.
Jindo	1	0.16	0.94	2.37	0.81	6.82	6.98	2.09	0.86
	2	1.03	1.20	2.22	1.02	4.18	3.53	2.69	1.33
	3	1.13	1.10	4.95	3.27	3.50	1.44	2.77	0.97
	4	0.81	0.62	4.16	3.99	3.06	2.62	2.34	0.96
Haenam	5	9.06	7.71	5.20	3.54	5.16	3.22	8.53	4.83
	6	8.24	8.33	4.52	1.88	4.44	3.11	5.45	5.84
Mokpo	7	12.15	12.10	13.52	2.06	24.36	19.65	3.60	1.93
	8	10.08	7.59	2.80	1.30	4.54	3.16	2.75	1.38
	9	2.79	2.50	7.20	4.17	22.51	16.35	3.93	2.16
	10	4.81	3.84	3.60	2.64	9.54	13.64	2.89	1.63
Sinan	11	2.09	2.13	2.74	0.89	9.99	11.92	2.09	0.42
	12	8.45	13.26	1.86	0.74	6.69	9.29	2.70	1.05
Muan	13	14.29	11.40	2.37	1.25	18.12	27.36	2.41	1.79
	14	6.31	3.75	2.25	0.46	3.37	2.91	2.55	1.24
	15	1.54	1.73	1.39	0.46	3.05	1.46	2.07	1.08
Wando	16	0.55	0.43	5.57	4.58	2.76	1.18	4.76	2.67
	17	1.35	1.32	5.80	0.64	4.31	2.84	5.95	2.35
	18	1.15	1.10	5.12	4.26	3.30	9.52	4.40	2.32
	19	0.67	0.67	3.52	4.08	2.39	1.11	2.07	1.73
Doam	20	0.44	0.58	3.43	1.46	3.92	2.07	1.76	0.93
	21	0.81	0.77	5.27	2.42	4.24	2.68	4.32	1.51
	22	1.24	1.02	7.22	1.91	13.70	18.00	4.45	2.69
Hampyeong	23	3.44	4.61	3.29	1.00	6.05	6.61	1.60	0.90
	24	1.98	1.78	3.71	2.76	5.21	4.49	1.57	0.65

Table 19. Seasonal variation of bottom temperature($^{\circ}\text{C}$) at different stations in southwestern coastal waters during the period of 2005-2007

Area	St.	Winter		Spring		Summer		Autumn	
		Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.
Jindo	1	6.48	1.11	14.20	1.58	22.70	0.31	16.27	0.51
	2	6.14	1.22	15.25	1.46	24.51	0.21	15.81	0.25
	3	6.62	1.04	14.64	1.55	22.11	0.21	15.71	0.15
	4	7.67	0.92	14.01	1.45	20.71	0.37	16.11	0.33
Haenam	5	5.32	1.54	14.64	1.31	23.40	0.18	15.92	0.93
	6	5.13	1.68	14.61	1.13	23.76	0.22	15.91	0.96
Mokpo	7	5.08	1.44	14.12	1.19	23.29	0.68	16.35	0.85
	8	4.58	2.00	16.42	1.67	24.66	1.06	14.56	1.25
	9	5.02	1.74	14.85	1.16	24.32	0.44	15.65	0.96
	10	5.34	1.69	14.60	1.23	23.35	0.42	16.07	0.83
Sinan	11	5.08	1.82	15.27	1.29	23.98	0.46	15.08	1.19
	12	5.84	1.10	14.15	1.21	22.94	0.20	16.61	0.28
Muan	13	4.26	2.20	16.98	1.16	26.40	0.77	14.13	1.39
	14	3.79	2.13	17.43	1.07	26.82	0.69	13.52	1.42
	15	4.50	2.00	15.73	1.50	25.09	0.06	15.32	0.89
Wando	16	8.57	1.15	14.26	1.17	21.34	1.25	15.95	0.53
	17	8.15	1.02	15.16	1.28	22.50	0.87	15.91	0.61
	18	9.07	1.21	14.35	1.33	20.93	9.22	16.10	0.83
	19	9.47	1.39	13.76	1.52	18.68	0.84	16.12	0.29
Doam	20	9.04	1.61	14.09	1.66	20.13	1.99	16.23	0.81
	21	8.21	0.98	15.21	1.37	22.53	0.92	16.25	0.82
	22	7.22	0.83	15.62	1.28	23.97	0.73	16.31	0.80
Hampyeong	23	3.08	1.90	16.99	0.79	26.65	1.36	15.37	3.88
	24	3.52	1.86	16.16	1.35	25.67	1.06	13.85	0.92

Table 20. Seasonal variation of bottom salinity(psu) at different stations in southwestern coastal waters during the period of 2005-2007

Area	St.	Winter		Spring		Summer		Autumn	
		Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.
Jindo	1	33.61	1.11	33.22	0.32	32.84	1.27	33.63	0.43
	2	33.75	1.17	33.17	0.43	32.88	0.96	33.32	0.83
	3	33.84	1.19	33.48	0.18	33.41	0.89	33.56	0.90
	4	34.15	1.04	33.64	0.16	33.48	0.86	33.69	0.71
Haenam	5	33.00	1.21	32.44	0.70	32.33	1.09	32.20	1.60
	6	33.03	1.35	32.37	1.02	31.66	0.82	32.43	1.48
Mokpo	7	32.54	1.21	32.40	0.47	31.93	1.23	32.03	1.66
	8	32.49	1.28	31.35	1.79	30.97	0.30	32.04	1.85
	9	32.44	1.76	32.01	1.37	32.35	1.19	32.24	1.59
	10	33.16	1.38	32.68	0.52	32.46	1.03	33.29	1.11
Sinan	11	33.11	1.41	32.56	0.45	32.08	0.98	33.11	1.21
	12	33.34	1.00	33.07	0.42	32.93	1.02	33.34	0.44
Muan	13	32.43	1.24	31.30	1.70	30.81	1.45	31.96	1.90
	14	32.81	1.25	32.18	0.56	31.31	1.68	32.30	1.82
	15	33.07	1.42	32.33	0.63	32.02	1.20	32.80	1.41
Wando	16	34.41	0.90	33.60	0.34	33.57	1.02	34.09	0.31
	17	34.37	0.94	33.44	0.52	33.40	0.90	33.99	0.34
	18	34.46	0.85	33.84	0.26	33.68	12.46	33.93	0.69
	19	34.43	0.83	33.91	0.17	33.90	0.85	33.90	0.73
Doam	20	33.96	0.21	33.89	0.15	33.76	0.77	33.61	0.80
	21	34.34	1.06	33.39	0.35	33.24	0.97	33.37	0.84
	22	34.13	1.15	32.99	0.65	32.56	0.82	33.00	0.81
Hampyeong	23	32.65	1.37	32.07	0.46	32.35	1.32	32.66	1.09
	24	32.64	1.36	32.20	0.36	32.48	1.22	32.64	1.60

Table 21. Seasonal variation of bottom COD(mg/L) at different stations in southwestern coastal waters during the period of 2005-2007

Area	St.	Winter		Spring		Summer		Autumn	
		Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.
Jindo	1	1.50	0.26	0.78	0.24	0.66	0.34	0.78	0.15
	2	1.42	0.40	0.80	0.11	0.71	0.27	0.74	0.23
	3	1.29	0.73	1.08	0.46	0.87	0.46	0.74	0.34
	4	0.99	0.14	0.84	0.06	0.62	0.30	0.88	0.27
Haenam	5	1.42	0.21	1.01	0.32	0.95	0.05	0.93	0.18
	6	1.59	0.56	1.18	0.53	0.94	0.04	0.57	0.20
Mokpo	7	1.66	0.06	1.31	0.37	1.22	0.41	0.91	0.38
	8	1.30	0.34	0.74	0.34	1.43	0.36	0.58	0.22
	9	1.28	0.30	0.90	0.79	1.96	1.52	0.54	0.08
	10	1.26	0.24	0.79	0.18	1.28	0.56	0.70	0.19
Sinan	11	1.17	0.54	0.67	0.13	0.95	0.40	1.17	0.48
	12	1.41	0.27	0.94	0.49	0.75	0.25	0.65	0.35
Muan	13	1.91	0.43	0.73	0.18	1.48	0.08	0.58	0.43
	14	1.56	0.88	0.86	0.16	1.07	0.06	0.69	0.35
	15	2.05	0.75	0.75	0.35	0.84	0.19	0.79	0.41
Wando	16	1.21	0.52	0.85	0.13	0.71	0.25	1.38	1.38
	17	1.14	0.45	0.95	0.16	0.80	0.56	0.83	0.25
	18	1.03	0.33	0.90	0.14	0.63	0.53	0.67	0.39
	19	1.13	0.27	0.77	0.10	0.59	0.21	0.50	0.10
Doam	20	0.89	0.06	1.06	0.28	0.71	0.26	0.52	0.26
	21	0.92	0.43	1.23	0.41	0.83	0.19	0.60	0.23
	22	1.03	0.47	0.94	0.45	1.09	0.39	0.78	0.28
Hampyeong	23	1.50	0.43	0.99	0.31	0.92	0.35	1.72	0.63
	24	2.38	1.16	1.47	0.36	0.85	0.33	2.54	1.04

Table 22. Seasonal variation of bottom DIN(mg/L) at different stations in southwestern coastal waters during the period of 2005-2007

Area	St.	Winter		Spring		Summer		Autumn	
		Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.
Jindo	1	0.19	0.09	0.26	0.08	0.20	0.13	0.17	0.06
	2	0.23	0.14	0.23	0.13	0.16	0.13	0.15	0.07
	3	0.22	0.06	0.18	0.12	0.14	0.14	0.15	0.03
	4	0.15	0.10	0.21	0.11	0.13	0.07	0.13	0.04
Haenam	5	0.32	0.23	0.28	0.21	0.29	0.23	0.12	0.02
	6	0.16	0.10	0.28	0.27	0.25	0.22	0.20	0.07
Mokpo	7	0.25	0.09	0.28	0.21	0.26	0.07	0.25	0.06
	8	0.15	0.09	0.40	0.43	0.21	0.14	0.23	0.07
	9	0.16	0.07	0.36	0.33	0.24	0.07	0.19	0.05
	10	0.21	0.08	0.31	0.23	0.20	0.13	0.23	0.07
Sinan	11	0.23	0.06	0.30	0.18	0.25	0.05	0.23	0.11
	12	0.16	0.04	0.27	0.08	0.19	0.11	0.25	0.11
Muan	13	0.09	0.04	0.30	0.28	0.29	0.04	0.26	0.10
	14	0.14	0.12	0.22	0.12	0.14	0.12	0.19	0.09
	15	0.21	0.08	0.30	0.14	0.20	0.12	0.23	0.10
Wando	16	0.23	0.16	0.20	0.15	0.17	0.13	0.20	0.08
	17	0.17	0.06	0.13	0.09	0.12	0.07	0.17	0.05
	18	0.24	0.19	0.13	0.09	0.14	0.10	0.16	0.10
	19	0.17	0.09	0.18	0.07	0.12	0.06	0.18	0.06
	20	0.13	0.02	0.19	0.04	0.14	0.15	0.12	0.06
Doam	21	0.15	0.09	0.17	0.09	0.10	0.04	0.11	0.06
	22	0.12	0.08	0.20	0.05	0.18	0.12	0.13	0.07
Hampyeong	23	0.24	0.08	0.29	0.10	0.21	0.13	0.25	0.12
	24	0.27	0.14	0.28	0.07	0.26	0.04	0.27	0.14

Table 24. Seasonal variation of bottom silicate(mg/L) at different stations in southwestern coastal waters during the period of 2005-2007

Area	St.	Winter		Spring		Summer		Autumn	
		Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.
Jindo	1	0.50	0.01	0.55	0.25	0.84	0.78	0.38	0.13
	2	0.51	0.01	0.54	0.28	0.54	0.31	0.32	0.16
	3	0.50	0.01	0.56	0.36	0.77	0.83	0.41	0.30
	4	0.47	0.04	0.57	0.45	0.34	0.17	0.28	0.18
Haenam	5	0.51	0.07	0.53	0.69	0.89	0.79	0.42	0.31
	6	0.45	0.11	0.40	0.47	0.87	0.63	0.42	0.12
Mokpo	7	0.43	0.07	0.43	0.58	1.03	0.63	0.56	0.17
	8	0.27	0.01	0.60	0.57	0.59	0.16	0.44	0.15
	9	0.38	0.08	0.60	0.56	0.92	0.71	0.47	0.05
	10	0.46	0.02	0.48	0.35	0.43	0.21	0.54	0.17
Sinan	11	0.50	0.02	0.56	0.37	0.95	0.68	0.51	0.11
	12	0.41	0.18	0.76	0.64	0.37	0.17	0.44	0.14
	13	0.22	0.05	0.61	0.48	0.98	0.65	0.56	0.14
Muan	14	0.36	0.08	0.58	0.27	0.61	0.26	0.40	0.09
	15	0.55	0.06	0.54	0.28	0.86	0.76	0.43	0.08
	16	0.44	0.06	0.40	0.20	0.79	0.81	0.37	0.16
Wando	17	0.42	0.05	0.34	0.23	0.46	0.26	0.40	0.15
	18	0.67	0.47	0.37	0.21	0.76	0.84	0.31	0.18
	19	0.43	0.10	0.55	0.46	0.47	0.22	0.42	0.08
	20	0.43	0.08	0.50	0.17	0.79	0.81	0.37	0.12
	21	0.45	0.07	0.49	0.19	0.60	0.12	0.34	0.21
Doam	22	0.39	0.04	0.45	0.25	1.07	0.59	0.44	0.27
	23	0.58	0.12	0.49	0.28	0.63	0.19	0.76	0.25
	24	0.64	0.08	0.62	0.18	0.97	0.66	0.67	0.22

Table 23. Seasonal variation of bottom DIP(mg/L) at different stations in southwestern coastal waters during the period of 2005-2007

Area	St.	Winter		Spring		Summer		Autumn	
		Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.
Jindo	1	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01
	2	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01
	3	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
	4	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01
Haenam	5	0.01	0.00	0.02	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01
	6	0.01	0.01	0.01	0.01	0.04	0.03	0.02	0.01
Mokpo	7	0.01	0.00	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.00
	8	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01
	9	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01
	10	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01
Sinan	11	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01
	12	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.02
Muan	13	0.00	0.00	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01
	14	0.01	0.01	0.02	0.01	0.04	0.03	0.01	0.01
	15	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01
Wando	16	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.03	0.02
	17	0.02	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.03	0.01
	18	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.00
	19	0.02	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01
	20	0.02	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.02	0.01
Doam	21	0.02	0.00	0.01	0.00	0.02	0.00	0.02	0.01
	22	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.02	0.02
Hampyeong	23	0.02	0.01	0.03	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02
	24	0.03	0.01	0.03	0.01	0.02	0.01	0.02	0.02

Table 25. Seasonal variation of bottom chlorophyll a ($\mu\text{g/L}$) at different stations in southwestern coastal waters during the period of 2005-2007

Area	St.	Winter		Spring		Summer		Autumn	
		Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.
Jindo	1	0.77	0.87	1.89	0.28	5.12	5.47	1.93	1.18
	2	1.08	0.99	3.16	0.53	6.00	7.40	2.50	1.49
	3	0.85	0.70	3.94	1.46	3.31	2.78	2.26	1.19
	4	0.73	0.58	6.08	3.74	2.44	2.26	2.37	1.00
Haenam	5	5.76	5.76	6.24	5.47	10.35	14.95	4.85	2.85
	6	8.01	8.20	6.09	4.58	6.42	8.48	2.26	1.29
	7	7.15	5.40	5.56	4.91	4.50	5.54	3.12	1.91
	8	11.28	9.61	2.61	1.43	8.16	11.80	1.50	0.29
Mokpo	9	8.43	8.16	4.32	1.29	4.51	4.65	3.71	3.29
	10	2.68	2.49	3.60	2.89	6.05	8.62	2.94	2.50
	11	1.26	0.99	3.19	0.86	8.09	11.60	1.26	0.76
	12	5.74	8.65	2.23	0.58	5.13	7.52	1.91	0.84
Muan	13	15.51	13.47	2.29	0.85	9.80	14.42	1.45	0.08
	14	4.90	4.16	3.00	2.31	2.35	1.47	1.83	0.81
	15	1.56	1.40	2.28	0.60	7.25	10.15	2.00	0.83
Wando	16	0.79	0.57	3.38	1.81	2.83	1.23	5.02	4.84
	17	1.05	1.18	5.18	3.67	3.36	2.47	4.13	3.01
	18	0.80	0.90	5.81	6.13	2.65	5.96	3.36	2.64
	19	0.57	0.45	2.90	3.33	2.37	1.60	1.58	1.23
	20	0.26	0.29	3.83	3.15	2.43	1.24	2.00	1.95
Doam	21	0.82	0.76	6.43	4.49	3.60	2.79	2.90	1.47
	22	1.52	1.22	7.25	3.95	6.49	7.51	4.01	2.67
Hampyeong	23	3.39	4.61	3.50	2.09	3.37	3.01	1.87	1.37
	24	2.21	1.72	5.49	5.23	2.24	1.62	4.74	4.29

정점 10번은 정점 7번에 비하여 약 2배 이상 낮은 농도를 보이고 있다. 무안 저층은 목포에 비하여 비교적 안정적 변화를 나타내고 있다. 겨울철 진도, 해남, 완도, 도암의 정점별 클로로필 함량은 거의 유사하게 나타나게 되었으나, 목포를 포함한 나머지 조사해역의 정점별 차이는 매우 큰 것으로 나타났다 (Table 18).

목포는 봄과 여름철에도 정점별 클로로필 함량차이는 매우 뚜렷한 것으로 보여 약 3-4배 정도의 차이를 보이고 있다. 반면에, 진도와 완도는 사계절 모두 정점별 큰 차이 없이 일정한 농도를 보여주고 있다. 나머지 해역도 정점별로 차이를 보여주고 있으나, 목포에 비하면 다소 낮은 변화를 보여주고 있다. 저층의 경우도 목포와 무안에서 정점별 차이가 최고 5배 이상 보이고 있으나, 봄철부터 가을철까지는 겨울철에 비하여 오히려 차이 폭은 훨씬 적게 나타났다 (Table 25). 저층은 표층에 비하여 겨울철을 제외한 나머지 계절에서는 정점별 차이가 다소 적었고 고른 분포 양상을 보이고 있다.

3) Redfield ratio

2005년부터 2007년까지 전남서부해역에 대한 Redfield ratio를 보면 해남과 목포에서 저층보다 표층에서 16 이상을 보인 반면에 나머지 해역들은 16 이하의 값을 보이고 있다 (Fig. 2). 목포와 해남의 DIN 공급은 육지와 강수에 의해서 원활이 진행되는 것으로 보이지만 진도를 비롯한 전남서부해역들의 대부분은 DIN 공급은 거의 강수에 많이 의존되는 것으로 판단된다. 정점 5번부터 9번까지는 Redfield ratio가 표층에서 15 이상 나타나지만, 나머지 조사정점은 대부분 10 이하로 질소원이 생물생장에 필요한 제한요소로 크게 작용할 수 있다는

것을 알 수 있다. 저층에서도 정점 1번부터 4번까지는 표층처럼 10 이하로 낮은 수치를 보여 진도해역의 모든 정점들은 DIN 공급이 절실히 요구되는 해역이다.

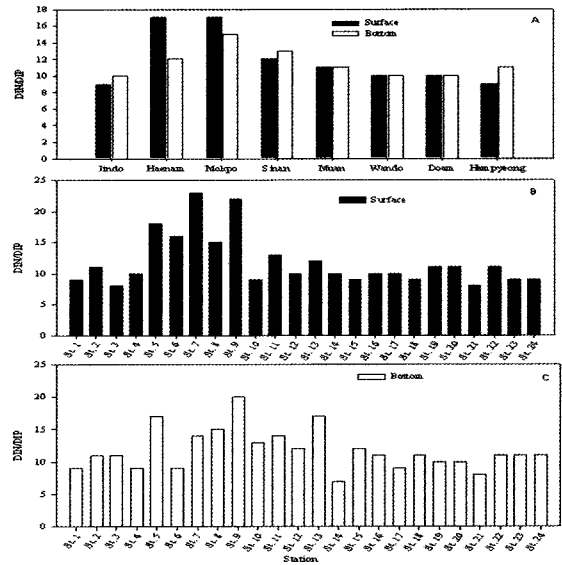


Fig. 3. The ratio of DIN:DIP at different months.

도암, 완도 및 함평 정점들 모두 진도해역과 거의 비슷한 수질환경을 이루고 있는 것 같다. 그러나 정점 11번부터 14번까지 표층보다 저층에서 훨씬 높은 Redfield ratio를 나타내고 있다. 계절별 표층 Redfield ratio를 보면 정점 7의 경우 겨울철 30 이상을 보이는 것은 영상상 하구둑에서 방류되는 담수의 영향으로 보이고 여름철 40에 근접하는 원인은 하구둑 및 강수에 의해서 매우 높은 수치를 보이는 것으로 보인다 (Fig. 3). 겨울철 정점 5번부터 10번까지 Redfield ratio 15 이상을 보인 반면에 나머지 정점들은 10에 근접하는 값을 보여 정점 간 Redfield ratio는 매우 큰 것으로 보인다. 그러나 봄과 가을이 되면 대부분의 해역에서 겨울철보다 훨씬 높은 Redfield ratio를 보여주고 있다. 특히 여름철은 정점 7과 9는 정점 10번과는 약 8배 정도 차이를 보여 목포 해역 내에서도 극심히 차이를 보여 하절기 목포해역에 존재하고 있는 식물플랑크톤 성장에 많은 영향을 미칠 것으로 보인다. 저층의 Redfield ratio 패턴은 표층과는 상이한 결과를 보이고 있다 (Fig. 3).

겨울철 정점 5번과 7번을 제외하고는 Redfield ratio가 대부분 15 이하로 DIN이 제한 영양염으로 작용할 가능성이 매우 높다. 목포 정점 내에서도 정점 10번과 7번은 약 2배 이상 차이를 표층과 유사한 형상을 보였다. 그러나 봄철이 되면 표층에서는 Redfield ratio가 대부분의 정점에서 10 이상을 보였으나, 저층은 Redfield ratio가 표층에 비하여 상대적으로 낮게 보이고 있다. 여름철에는 표층과 유사한 Redfield ratio 분포 양상을 보이고 있으나, 정점 7번은 저층에서 표층보다 약 3배 정도 낮은 10 정도를 보였다. 정점 12는 정점 7번과 달리 표층보다 저층에서 오히려 3배 이상 높은 Redfield ratio를 보였다. 가을은 표층과 저층과의 Redfield ratio는 큰 차이가 없는 것으로 나타났다.

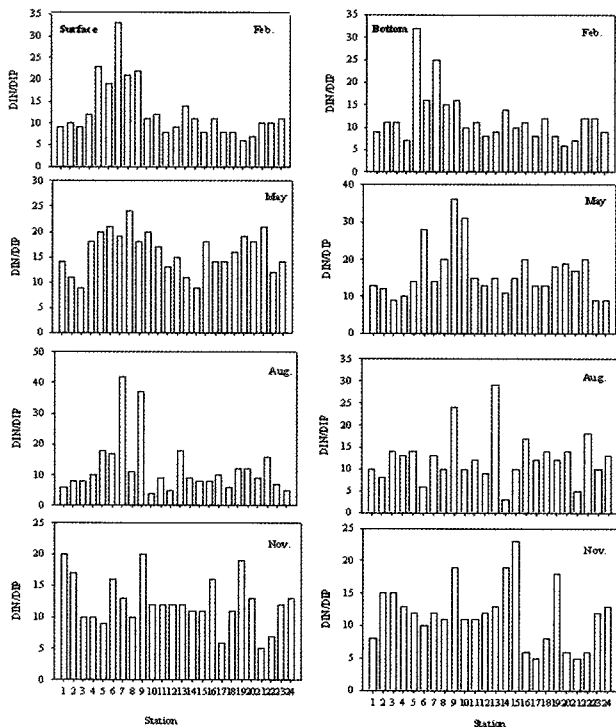


Fig. 2. The ratio of DIN:DIP at sampling sites.

전남서부해역의 수질환경 특성

Table 26. Pearson correlation between environmental paramets of surface water in southwestern regions on Febuary during period of 2005-2007 (Bold letters mean the value of probability.)

	Temp.	Salinity	pH	DO	COD	NH ₄	NO ₂	NO ₃	DIN	TN	DIP	TP	SiO ₂	SS	Chl.a
Temp.	1														
Salinity	0.856 0.000	1													
pH	0.261 0.219	0.093 0.667	1												
DO	-0.523 0.009	-0.559 0.005	-0.118 0.582	1											
COD	-0.594 0.002	-0.505 0.012	-0.065 0.762	0.295 0.162	1										
NH ₄	-0.058 0.790	-0.317 0.131	0.015 0.944	0.324 0.123	0.156 0.466	1									
NO ₂	-0.13 0.545	-0.544 0.006	-0.004 0.983	0.386 0.062	-0.03 0.889	0.691 0.000	1								
NO ₃	-0.37 0.075	-0.444 0.030	0.116 0.589	-0.042 0.844	0.075 0.726	0.336 0.109	0.369 0.076	1							
DIN	-0.327 0.119	-0.470 0.013	0.114 0.595	0.08 0.712	0.052 0.809	0.548 0.006	0.567 0.004	0.959 0.000	1						
TN	-0.532 0.007	-0.572 0.004	-0.103 0.632	0.461 0.023	0.246 0.247	0.518 0.010	0.429 0.036	0.467 0.021	0.55 0.005	1					
DIP	0.427 0.038	0.586 0.003	-0.055 0.800	-0.456 0.025	-0.471 0.02	0 1.000	-0.316 0.133	0.106 0.622	0.07 0.745	0.088 0.682	1				
TP	-0.563 0.004	-0.416 0.043	-0.345 0.098	0.18 0.399	0.313 0.137	0.222 0.297	0.084 0.697	0.317 0.131	0.306 0.146	0.717 0.000	0.268 0.205	1			
SiO ₂	-0.076 0.724	0.118 0.583	0.006 0.979	-0.137 0.525	-0.21 0.324	0.058 0.788	-0.168 0.431	0.448 0.028	0.376 0.07	0.524 0.009	0.724 0.000	0.48 0.018	1		
SS	-0.246 0.246	-0.077 0.722	-0.195 0.362	-0.082 0.704	-0.014 0.949	-0.094 0.663	-0.223 0.296	0.177 0.408	0.105 0.624	0.443 0.030	0.466 0.022	0.692 0.000	0.626 0.001	1	
Chl.a	-0.556 0.005	-0.743 0.000	0.044 0.838	0.312 0.137	0.623 0.001	0.203 0.341	0.353 0.091	0.172 0.423	0.229 0.282	0.138 0.519	-0.773 0.000	0.017 0.937	-0.556 0.005	-0.376 0.070	1

Table 27. Pearson correlation between environmental paramets of surface water in southwestern regions on May during period of 2005-2007(Bold letters mean the value of probability.)

	Temp.	Salinity	pH	DO	COD	NH ₄	NO ₂	NO ₃	DIN	TN	DIP	TP	SiO ₂	SS	Chl.a
Temp.	1														
Salinity	-0.336 0.108	1													
pH	-0.512 0.011	0.283 0.18	1												
DO	-0.561 0.004	-0.208 0.329	0.525 0.008	1											
COD	-0.033 0.877	-0.685 0.000	0.322 0.125	0.539 0.007	1										
NH ₄	0.156 0.467	-0.954 0.000	-0.223 0.296	0.258 0.223	0.634 0.001	1									
NO ₂	0.169 0.429	-0.901 0.000	-0.315 0.133	0.254 0.231	0.592 0.002	0.879 0.000	1								
NO ₃	0.193 0.367	-0.881 0.000	-0.488 0.016	0.259 0.222	0.456 0.025	0.861 0.000	0.824 0.000	1							
DIN	0.184 0.390	-0.936 0.000	-0.425 0.039	0.254 0.231	0.528 0.008	0.936 0.000	0.877 0.000	0.984 0.000	1						
TN	0.310 0.140	-0.848 0.000	-0.277 0.190	0.280 0.185	0.574 0.003	0.785 0.000	0.844 0.000	0.802 0.000	0.826 0.000	1					
DIP	0.266 0.209	-0.814 0.000	-0.502 0.012	0.135 0.529	0.300 0.155	0.811 0.000	0.809 0.000	0.833 0.000	0.858 0.000	0.692 0.000	1				
TP	0.089 0.678	-0.255 0.229	0.231 0.278	0.116 0.589	0.502 0.012	0.156 0.467	0.252 0.234	0.021 0.924	0.069 0.748	0.074 0.731	-0.07 0.745	1			
SiO ₂	0.385 0.063	-0.665 0.000	-0.460 0.024	0.159 0.457	0.309 0.142	0.533 0.007	0.738 0.000	0.691 0.000	0.665 0.000	0.703 0.000	0.663 0.000	0.212 0.32	1		
SS	0.385 0.063	0.016 0.942	-0.517 0.010	-0.320 0.128	-0.323 0.124	0.097 0.652	0.157 0.465	0.089 0.678	0.029 0.894	0.006 0.978	0.111 0.605	-0.053 0.805	0.33 0.115	1	
Chl.a	0.148 0.491	-0.721 0.000	0.233 0.272	0.310 0.140	0.846 0.000	0.714 0.000	0.597 0.002	0.424 0.039	0.533 0.007	0.592 0.002	0.319 0.129	0.495 0.014	0.201 0.345	-0.226 0.288	1

Table 28. Pearson correlation between environmental paramets of surface water in southwestern regions on August during period of 2005-2007 (Bold letters mean the value of probability.)

	Temp.	Salinity	pH	DO	COD	NH ₄	NO ₂	NO ₃	DIN	TN	DIP	TP	SiO ₂	SS	Chl.a
Temp.	1														
Salinity	-0.514 0.010	1													
pH	-0.269 0.204	0.032 0.881	1												
DO	-0.363 0.081	-0.142 0.508	0.419 0.041	1											
COD	0.49 0.015	-0.945 0.000	-0.049 0.820	0.131 0.540	1										
NH ₄	0.321 0.126	-0.52 0.009	0.252 0.234	0.33 0.115	0.624 0.001	1									
NO ₂	0.405 0.050	-0.856 0.000	-0.094 0.663	0.202 0.343	0.845 0.000	0.447 0.028	1								
NO ₃	0.29 0.170	-0.892 0.000	0.013 0.953	0.245 0.249	0.897 0.000	0.507 0.011	0.942 0.000	1							
DIN	0.301 0.153	-0.894 0.000	0.013 0.951	0.248 0.242	0.901 0.000	0.525 0.008	0.947 0.000	0.000	1						
TN	0.361 0.083	-0.85 0.000	0.042 0.846	0.23 0.280	0.781 0.000	0.405 0.050	0.887 0.000	0.915 0.000	0.914 0.000	1					
DIP	0.156 0.466	-0.279 0.186	-0.308 0.143	0.024 0.911	0.249 0.240	0.092 0.670	0.332 0.113	0.258 0.224	0.261 0.217	0.264 0.213	1				
TP	0.435 0.034	-0.656 0.001	-0.312 0.138	0.089 0.680	0.658 0.000	0.305 0.147	0.732 0.000	0.685 0.000	0.688 0.000	0.676 0.000	0.783 0.000	1			
SiO ₂	0.416 0.043	-0.878 0.000	0.115 0.594	0.204 0.339	0.872 0.000	0.548 0.006	0.872 0.000	0.93 0.000	0.931 0.000	0.917 0.000	0.325 0.121	0.723 0.000	1		
SS	-0.109 0.612	0.109 0.611	-0.257 0.226	-0.126 0.556	-0.185 0.387	-0.413 0.045	-0.055 0.800	-0.086 0.689	-0.094 0.662	-0.143 0.504	-0.014 0.950	-0.018 0.933	-0.223 0.295	1	
Chl.a	0.408 0.048	-0.721 0.000	-0.067 0.756	-0.051 0.813	0.795 0.000	0.369 0.076	0.689 0.000	0.784 0.000	0.78 0.000	0.668 0.000	0.226 0.287	0.616 0.001	0.785 0.000	-0.145 0.499	1

Table 29. Pearson correlation between environmental paramets of surface water in southwestern regions on November during period of 2005-2007(Bold letters mean the value of probability.)

	Temp.	Salinity	pH	DO	COD	NH ₄	NO ₂	NO ₃	DIN	TN	DIP	TP	SiO ₂	SS	Chl.a
Temp.	1														
Salinity	0.435 0.034	1													
pH	-0.229 0.283	-0.395 0.056	1												
DO	-0.359 0.085	-0.278 0.188	0.709 0.000	1											
COD	-0.402 0.051	-0.414 0.044	0.528 0.008	0.554 0.005	1										
NH ₄	0.162 0.449	-0.080 0.712	-0.083 0.700	-0.187 0.380	0.149 0.488	1									
NO ₂	-0.217 0.309	-0.498 0.013	-0.050 0.815	-0.147 0.493	-0.242 0.255	0.090 0.675	1								
NO ₃	-0.369 0.076	-0.191 0.372	0.329 0.116	0.482 0.017	0.269 0.203	-0.110 0.609	0.231 0.277	1							
DIN	-0.36 0.084	-0.210 0.325	0.284 0.179	0.406 0.049	0.222 0.297	-0.048 0.824	0.322 0.125	0.991 0.000	1						
TN	0.252 0.236	0.162 0.451	-0.330 0.116	-0.289 0.171	-0.002 0.994	0.420 0.041	0.001 0.995	-0.223 0.294	-0.217 0.308	1					
DIP	-0.333 0.112	-0.138 0.520	0.205 0.336	0.222 0.297	0.117 0.585	-0.438 0.032	0.246 0.247	0.587 0.003	0.581 0.003	0.250 0.239	1				
TP	-0.503 0.012	-0.110 0.609	0.049 0.819	0.194 0.364	0.557 0.005	0.047 0.828	-0.085 0.693	0.522 0.009	0.514 0.010	0.060 0.782	0.382 0.066	1			
SiO ₂	-0.517 0.010	-0.383 0.065	0.151 0.482	0.177 0.407	0.448 0.028	-0.003 0.987	0.132 0.537	0.56 0.004	0.555 0.005	0.074 0.730	0.559 0.004	0.732 0.000	1		
SS	-0.511 0.011	-0.061 0.778	0.323 0.124	0.376 0.070	0.671 0.000	0.155 0.470	-0.188 0.378	0.621 0.001	0.598 0.002	0.040 0.853	0.358 0.086	0.771 0.000	0.662 0.000	1	
Chl.a	0.167 0.437	-0.396 0.056	-0.257 0.225	-0.210 0.325	0.029 0.895	0.106 0.622	0.07 0.745	-0.551 0.005	-0.549 0.005	0.275 0.193	-0.219 0.305	-0.216 0.310	0.012 0.954	-0.459 0.024	1

4) 수질환경 상관관계

2005년부터 2007년까지 3년 동안 각 정점에서 조사된 표층 수질 항목간의 상관관계를 보면, 2월의 경우 수온과 염분, pH, DIP와는 양의 상관성을 보인 반면에 나머지 항목과는 모두 음의 상관관계를 보이고 있다(Table 26). 특히 DO, COD, TN, TP 항목들은 수온과 현저한 음의 상관성을 나타내고 있다 ($p < 0.05$). 염분과 DIP와는 뚜렷한 양의 상관성을 보이고 있다 ($p < 0.05$). 수온이 상승되는 5월과 8월이 되면 2월과 달리 수온과 염분, pH와는 음의 상관성을 보이고 있다(Table 27, Table 28). 특히, 전남서부해역의 여름철에는 수온과 염분이 뚜렷한 음의 관계를 나타내고 있다 ($p < 0.01$).

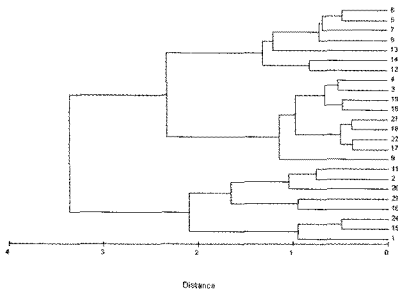


Fig. 4. Relationship between sampling sites on February based on environmental parameters using SPSS ver. 10.0.

사도를 Fig. 4 - Fig. 7에 SPSS 프로그램을 이용하여 나타내었다. 2월에는 목포와 해남해역은 하나의 그룹으로 형성하고 있고, 완도와 진도해역은 상호 밀접한 관계를 이루고 있으나, 목포/해남 및 완도/진도 그룹 간에는 거리가 약 2 정도 보여 다소 수질환경이 상이한 것을 알 수 있다(Fig. 4). 5월에도 진도와 완도해역간의 거리가 0.5 이내로 매우 근접한 환경임을 알 수 있다(Fig. 5).

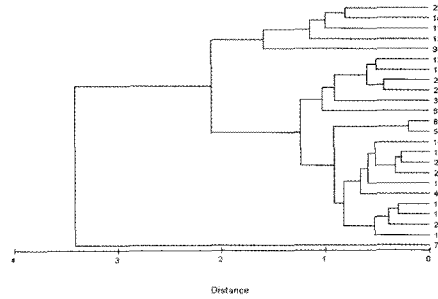


Fig. 6. Relationship between sampling sites on August based on environmental parameters using SPSS ver. 10.0.

그러나 2월에 형성된 목포와 해남과의 유연관계는 형성되지 않고 5월에는 상호 분리된 모습을 보이고 있다. 함평해역의 수질환경은 다른 해역과 달리 거리 2.0 이상을 보여 봄철에는 다소 많이 상이한 수질 특성을 나타내고 있는 것 같다. 2월에 해남은 목포해역과 연계성을 보였으나, 8월이 되면서 진도 및 완도해역과 거리 1 이내로 매우 근접한 유사성을 보이고 있다(Fig. 6).

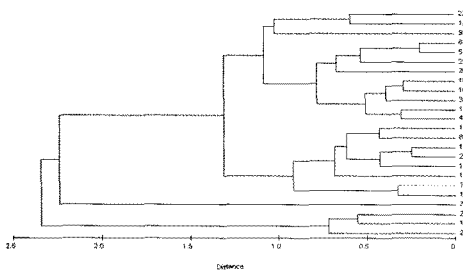


Fig. 5. Relationship between sampling sites on May based on environmental parameters using SPSS ver. 10.0.

그러나 11월이 되면 수온과 염분은 강한 양의 상관성을 보이고 있다(Table 29, $p < 0.05$). 2월의 염분은 pH, DIP, SiO₂와는 다른 항목과 달리 양의 상관성을 나타내고 있다. 또한 NH₄, NO₂, NO₃, DIN, TP, DIP, TP, SiO₂, SS 항목들은 상호간에 대부분 양의 상관성을 보이고 있다. 이러한 영양염들의 상관성은 5월, 8월, 11월 모두 거의 2월과 비슷한 양의 상관성을 나타내고 있다. 그러나 SS와 Chl. *a*와의 상관성은 2월, 5월, 8월, 11월 모두 음의 상관성을 보이고 있다. 각 정점별 유

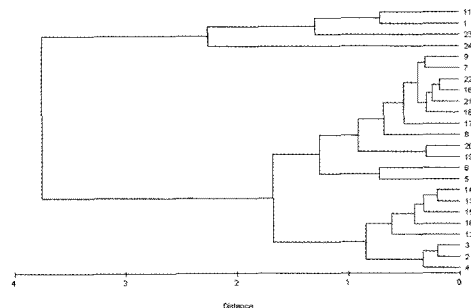


Fig. 7. Relationship between sampling sites on November based on environmental parameters using SPSS ver. 10.0.

특히 목포 7번 정점은 5월과 8월에서 거리가 2.3, 3.5로 보여 춘계부터 하절기 동안의 수질환경은 매우 특이한 특성을 보여주고 있다. 그러나 11월이 되면 정점 7번은 5월과 8월과

달리 단독으로 존재하지 않고 다른 정점에 예측되는 경향을 보이고 있다(Fig. 7). 해남해역은 가을에도 완도해역과 거리 1 이내로 여름철과 마찬가지로 지속적 유연관계를 형성하고 있다.

5) 고찰

수온, 염분, 용존산소 등과 같은 수질인자 중 가장 큰 변화를 가져온 것은 염분으로 나타났다. 목포는 영산강 하구언에서 유입되는 방류수의 영향으로 3년 동안 최저 봄철과 여름철에 8.71에서 최고 겨울철 34.62로 그 차이는 4배 이상의 큰 변화폭을 가져옴으로 수질환경에 미치는 영향은 매우 크다고 할 수 있다. 그러나 목포에서 가장 인접한 해역인 신안까지는 담수의 영향이 없는 것으로 보인다. 이러한 지형학적 특성을 나타내고 있는 목포항에 대한 시공간적 변동을 파악하기 위하여 1997년부터 2004년까지 장기 모니터링 한 수질환경 결과는 본 연구와도 잘 일치하고 있다(박 등, 2006). 또한 겨울철 및 봄철까지 염분농도가 잘 유지하고 있으나 수온이 높은 여름철에는 대부분의 조사정점에서 최저와 최대 염분수치의 차이가 예상보다 크게 나타나고 있다. 평균 약 2 이상으로 나타나는 것은 여름철 우기로 인하여 육지와 인접된 조사해역은 담수의 영향을 많이 받게 되어 해남이나 도암의 경우의 최저값을 보면 잘 알 수 있다. 이러한 양상은 공간적으로 수심이 얕은 연안부에서 낮은 염분을, 수심이 깊은 해역에서는 비교적 높은 염분을 보이고 있다. 고수온기의 연안해역에서 쉽게 관찰되는 성층 현상은 완도해역 외의 다른 연안에서는 잘 발달되지는 않은 것 같다(Boaden and Seed, 1985). 이러한 원인으로서는 전남서부해역은 조석간만의 차이가 크기 때문에 조석에 의한 해수혼합이 원활히 이루어지고 있기 때문에 표층과 저층간의 수온차이는 현저하지 않은 것으로 판단된다. 조사해역의 대부분이 연안 천해 해역에 다소 근접하기 때문에 대기의 영향을 비교적 쉽게 받을 것으로 예상되나 표층과 저층과의 수온차가 크지 않은 것은 조석차이에 따른 해류 혼획이 잘 이루어지고 있다는 사실이다. 표층의 용존산소는 기초생물에 의한 생물생산 활동을 보여주는 것으로 대부분의 해역에서 계절에 관계없이 최소 6.21 mg/L 이상을 보여 양호한 값을 보여주고 있다. 하절기 저층에는 많은 잔해 물질등이 해저에 축적되어 미생물 분해에 의한 화학작용에 의해서 수중의 산소를 다량으로 소비하는 경향을 보이는 것이 일반적인 현상이나, 대부분의 조사정점 모두 저층의 용존산소 값은 표층과 거의 비슷한 수치를 여름철에도 보여주고 있기 때문에 아직까지 수산생물을 양식하는데 비교적 안정된 수질을 보여주고 있다. 또한 해역의 유기물 오염을 나타내고 있는 지표인 COD에서도 3년 동안 최대값은 목포에서 2.25 mg/L을 제외한 나머지 해역에서는 2 mg/L 이하를 보여 환경부에서 정한 해역수질기준으로 II 급수의 수질상태를 나타내고 있다. 용존무기인의 경우 사계절에 관계없이 거의 일정한 농도를 유지하고 있으나, 여름철 용존무기질소는 대부분의 해역에서 낮은 값을 나타내는 것은 식물플랑크톤의 성장생리를 위한 질소성분의 흡수 및 동화가 매우 활발히 이루어지고 있다는 사실이다(Rhee, 1978). 그러나 목포

해역의 여름철 용존무기질소 수치는 봄철과 약간 높아, 물속에 용존된 질소성분은 식물플랑크톤 이용보다 화학작용으로 이용되는 것으로 사료된다. 하계 클로로필 농도를 보더라도 목포 표층에서는 15.24 µg/L로 다른 해역에 비하여 월등히 높으면 저층과 비교해 보와도 매우 농도를 보이는 것은 목포 표층의 용존무기질소는 생물학적 이용성보다 이화학적 작용에 훨씬 많이 이용되는 것을 알 수 있다. 규산염은 계절에 따라 다소 차이가 있으나 대체적으로 낮은 농도를 보여주고 있다. 연안역의 규산염은 대부분 담수유입에 의해서 공급되기 때문에 수온이 높은 하절기에 목포를 제외한 대부분의 해역에서 낮은 농도를 보여주고 있는 것은 지속적으로 규산염을 공급해 줄 수 있는 담수유입이 목포에 비하여 월등히 낮은 것을 알 수 있다. 낮은 규산염 농도는 규조류 등 규산염을 주요 영양원으로 하는 광합성 생물의 활성화에 많은 영향을 미칠 것으로 판단된다.

전남서부해역 중 해남과 목포의 표층수 Redfield ratio만 16 이상을 보이고 나머지 연안들은 16 이하의 낮은 값은 남해중부연안에서 보여준 Redfield ratio가 거의 유사한 특성을 보이고 있다(조 등, 2007). 따라서 해남과 목포연안은 식물플랑크톤 성장에 지배적인 질소의 용존량 공급이 원활하지만, 나머지 해역들의 표층 및 저층수 모두 용존무기질소가 많이 부족한 실정이다(Redfield et al., 1963; Rhee, 1978; Malone et al., 1996). 특히 목포의 7번 정점의 표층수와 저층수의 Redfield ratio 차이가 많이 나타나는 이유는 영산강 하구언으로 유입되는 담수의 영향으로 염분 성층수괴로 보여 진다. 7번과 달리 9번의 경우 표층 및 저층 모두 N/P 비가 조사정점 중 거의 최상위에 속하는 점은 지리적으로 영산강으로부터 담수유입에 의한 표층수 용존무기질소 공급이 가능하며, 저층은 신안과 접안되는 지역으로 외류에 의한 용존무기질소 공급이 가능한 것으로 보여진다. 따라서 7번은 표층수만 용존무기질소 공급이 가능하지만, 9번은 표층과 저층모두 충분한 용존무기질소 공급으로 일년 동안 가장 안정적인 식물플랑크톤 성장에 적합한 정점으로 생각된다.

2월의 전남서부해역에 생존하고 있는 Chl. *a*와 영양염류와는 약한 양의 상관관을 보여 용존무기질소를 성장을 위하여 어느 정도 이용하는 것으로 보여 지지만, COD와는 아주 강한 양의 상관관계로 식물플랑크톤 성장 쇠퇴기의 유기물 분해에 의한 영양염류의 재순환에 의한 것으로 판단된다(Qian et al., 2003). 또한 영양염류 중 용존무기인과는 강한 음의 상관성을 보여 Chl. *a*는 유기물 흡수에 의한 성장보다 영양염류의 재순환으로 설명하는 것이 타당할 것 같다. 그러나 수온이 상승되는 봄철과 여름철이 되면 Chl. *a*는 영양염류와 강한 상관성을 뚜렷이 보여 2월에 비하여 영양염류 이용도가 훨씬 높음을 알 수 있다. 따라서 봄철과 여름철의 전남서부해역의 모든 Chl. *a*는 영양염류의 재순환과 식물플랑크톤의 직접적인 이용에 의해서 상승될 수 있음을 알 수 있다. 수온이 급격히 떨어지는 11월에는 봄철과 여름철과 달리 전남서부해역의 식물플랑크톤 성장을 위한 영양염류 이용도가 훨씬 떨어지며, COD와도 2월,

5월, 8월에 비하여 상관성이 현저히 낮기 때문에 성장보다 정 체수준에 있는 것으로 보인다.

4. 결 론

전남서부해역은 빠른 유속과 조석 혼합으로 인하여 여름철 에도 성층이 발달하지 않고, 저층의 영양염류가 표층으로 충 분히 공급되어, 양식장의 해양환경 조건으로는 최적의 상태를 유지하고 있다. 그러나 SS의 농도가 높아서 서식생물의 상태 에 다소 영향을 미칠 것이다. T-N과 T-P도 연중 고루 분포 하고 있어 기초생물의 성장과 생산활동 유지에 충분한 농도로 용존되어 있다. 질소와 인의 주 공급원은 대부분 담수 유입에 의해서 이루어지나, 전남서부해역에서 목포를 제외한 나머지 연안역들은 외해수 혹은 유기물 분해에 의한 재공급으로 연중 영양염류를 유지하고 있다.

감사의 글

이 연구는 국립수산물연구원(남해해양환경연구, RP-09-ME-01 7)의 지원에 의해 운영되었습니다.

참 고 문 헌

[1] 김광수(1997a), 목포항의 수질특성(I)-하계의 유기물 오염 과 용존산소를 중심으로, 해양환경안전학회지, 제3권 제1 호, pp. 56-61.

[2] 김광수(1997b), 목포항의 수질특성(II)-하계의 부영양화를 중심으로, 해양환경안전학회지, 제3권 제1호, pp. 99-109.

[3] 김광수(1999), 목포항 수질의 계절적 변화 특성- I. 물리환 경과 유기오염, 해양환경안전학회지, 제5권 제2호, pp. 57-65.

[4] 김광수(2000), 목포하수처리장 가동에 따른 목포항 유입 오염부하량의 변화, 200년도 한국해양환경공학회 춘계학 술대회논문집, pp. 189-193.

[5] 김광수(2001), 목포항의 수질 및 부영양도의 계절변화, 한 국해양환경공학회지, 제4권 제3호, pp. 3-15.

[6] 김도희, 유한홍(2003), 집중 강우시 목포 주변해역의 수질 특성, 한국해양환경공학회지, 제6권 제2호, pp. 28-37

[7] 김우항(2006), 완도해역에서 유기물의 생산량 평가, 해양환 경안전학회, 제12권 제3호, pp. 65-170.

[8] 박중현, 최정일, 최다미, 이용화, 이상룡(2006), 목포항 주 변 해역에서 장기 모니터링을 통한 수질의 계절 및 연간 변동, 제11권 제2호, pp. 97-102.

[9] 박홍식, 이재학, 최진우(2000), 목포 주변 해역 조하대 저서동 물 군집의 시·공간적 분포, 바다, 제5권 제2호, pp. 169-176.

[10] 윤석태, 고영구, 오강호, 문병찬, 김해경(2003), 영산강 하 류권역 하천수의 수질 평가, 환경영향평가, 제12권 제4호,

pp. 259-270.

[11] 임현식, 박경양(1998), 영산강 하구역의 연성저질에 서식 하는 저서동물 군집 1. 저서환경, 한국수산학회지, 제31권 제3호, pp. 330-342.

[12] 임현식, 박경양(1999), 반폐쇄적인 영산강 하구역 조하대 연성저질의 저서동물 군집, 한국수산학회지, 제32권 제3 호, pp. 320-333.

[13] 임현식, 박경양, 임병선, 이점숙, 주수동(1997), 목포 인근 해역 펄 조간대의 조서동물군집, 한국생태학회지, 제 20 권 제3호, pp. 355-365.

[14] 조은섭, 이상용, 김상수, 최윤석(2007), 2004-2006년 6-10 월 동안의 남해중부연안 해역 특성 및 식물플랑크톤 군집 상태, 한국환경과학회지, 제16권 제8호, pp. 941-957.

[15] 조현서, 윤양호(1997), 신지도 동쪽 주변해역의 계절별 수 질특성, 여수수산대학교 논문집, 제11권 제2호, pp. 9-104.

[16] 조현수(1998), 춘·하계 도암만의 수질환경 특성, 여수수 산대학교 논문집, 제12권 제2호, pp. 677-694.

[17] 해양수산부(1998), 해양환경공정시험방법, 해양수산부, pp. 330.

[18] Boaden, P. J. S. and R. Seed(1985), An introduction to coastal ecology. Chapman and Hall, New York, America, pp. 218.

[19] Malone, T. C., D. J. Conley, T. R. Fisher, P. M. Glibert, L. W. Harding and K. G. Sellner(1996), Scales of nutrient-limited phytoplankton productivity in Chesapeake Bay. Estuaries, Vol. 19, pp. 371-385.

[20] Qian, Y., A. E. Jochens, M. C. Kennicutt and D. C. Biggs(2003), Spatial and temporal variability of phytoplankton biomass and community structure over the continental margin of the northeast Gulf of Mexico based on pigment analysis. Continental Shelf Research, Vol. 23, pp. 1-17.

[21] Redfield, A. C., B. H. Ketchum and F. A. Richards(1963), The influence of organism on the composition of sea-water, p. 26-77, In M. N. Hill (ed), The Sea, John Wiley and Sons, New York.

[22] Rhee, G. Y.(1978), Effect on N/P atomic ratios and nitrate limitation on algae growth, cell composition, and nitrate uptake: a study of dual nutrient limitation, Limnology and Oceanography, Vol. 23, pp. 10-25.

원고접수일 : 2009년 05월 12일

원고수정일 : 2009년 07월 15일 (1차)

: 2009년 08월 10일 (2차)

게재확정일 : 2009년 08월 28일