

목포항 주변해역의 수질 및 식물플랑크톤 변동 특성

조은섭*

국립수산과학원 남서해수산연구소
(2010년 6월 11일 접수; 2010년 9월 27일 수정; 2010년 10월 25일 채택)

Variations in Marine Environments and Phytoplankton Community around Mokpo Harbour

Eun-Seob Cho*

Southwest Sea Fisheries Research Institute, NFRDI, Yeosu 556-823, Korea
(Manuscript received 11 June, 2010; revised 27 September, 2010; accepted 25 October, 2010)

Abstract

This study was carried out to determine marine environments and phytoplankton community around Mokpo harbour on March to November during the period of 2004-2009. The remarkable fluctuations of marine environments were shown around Mokpo harbour depending on monthly and yearly. Among seasons, summer was a great that was associated with extremely releasing the freshwater from Youngsan River Weir, contributing to effect the fluctuations of water quality. Nevertheless of monthly and yearly, the molecular ratio of N:P was always shown in above 16 that was mainly attributed to freshwater discharge on March to November. This indicates that phosphorus plays an important role in limiting factor as growth in phytoplankton. During this study, *Skeletonema costatum* was found to be richer than the other groups of diatoms in terms of abundance and species number. Mokpo harbour, with the presence of a narrow avenue for exchange with offshore waters, has limited growth in phytoplankton, but this species is able to well adapt and fast grow under even high level of suspended solid and low intensity of light compared with other species. The discharge of freshwater is associated with significantly fluctuation of marine environments in this region, but it does not affect the quantitative and qualitative distribution of phytoplankton. It is necessary to persistently monitor based on water quality and phytoplankton community.

Key Words : Phytoplankton, Youngsan River Weir, Water quality, *Skeletonema costatum*, Freshwater discharge

1. 서론

목포 연안은 영산강 하구가 인접하고, 지형적으로 복잡한 리아스식 해안을 형성하고 있다. 영산강 하구 독과 금호방조제가 건설되어 해안선이 단순화된 이후에 유속이 변함과 아울러 선박 운항을 위한 준설 등으

로 안정되지 못한 퇴적 환경이 나타나는 지역이다. 목포항은 남해서부 가장자리 해역에 위치하고 있으며, 대외 무역항으로 중요한 역할을 하고 있다. 또한 목포항은 폐쇄성이 강한 해역으로 육상이나 선박 등으로부터 각종 오염물질이 항내로 유입되면 외해로 쉽게 확산되지 못해 항내 수역에 축적되기 때문에 수질 악화가 빠르게 진행되어 주변 해역의 수질에도 영향을 미치게 된다. 이러한 중요성 때문에 목포항과 주변해역에 대한 환경오염 특성(김, 1997, 1999; 김과 유, 2003; 박 등, 2006; 윤 등, 2003; 조, 2009, 조 등,

*Corresponding author : Eun-Seob Cho, Southwest Sea Fisheries Research Institute, NFRDI, Yeosu 556-823, Korea
Phone: +81-61-690-8959
E-mail: escho@nfrdi.go.kr

2009) 및 저서생물에 대해서 폭넓게 조사한 바 있다 (임 등, 1997; 임과 박, 1998, 1999). 목포주변 해역에 대한 해양환경 특성 연구에 비하여 해양생태계의 가장 기본적인 요소이자 먹이생물인 식물플랑크톤 군집 변동에 관한 연구는 매우 부족하다.

최근 기후변화에 따른 해양생태계의 변화로 인하여 전남서부의 중요 해양산업기지인 목포항의 건강한 해양환경을 지속적으로 유지하기 위해서는 해양생태계의 가장 기본적인 요소인 수질과 식물플랑크톤 조사가 절실히 요구되는 바이다. 따라서 본 연구는 목포항을 중심으로 영산강 하구둑과 장좌도 동북방 해역에 대한 2004년부터 2009년까지의 월별 수질 변화 및 식물플랑크톤 변동을 파악하여 목포항의 오염 현황과 생태계의 건강도를 파악하고자 한다.

2. 재료 및 방법

조사 정점은 목포항을 기점으로 영산강 하두둑 근해 해역(정점 1)과 장좌도 동북방 해역(정점 2)으로 설정했다(Fig. 1). 현장 조사는 매년 3월부터 11월까지 총 9회에 걸쳐 수행하였다. 조사 시기는 2004년부터 2009년까지 6년 동안 2개 정점에 대하여 실시했다. 각 조사 정점에서의 수온과 염분은 YSI 6920을 이용하여 현장에서 측정하였다. 표층과 저층 해수는 Niskin bottle (G/O, 1.2 L, USA)을 이용하였다. 채수된 해수는 1 L 플라스틱 용기에 담아 냉장고에 보관 후 실험실로 옮겨와 해양환경공정시험방법(해양수산부, 2002)에 의거 즉시 분석을 실시했다. SS는 미리 무게를 측정된 유리섬유 여과지(GF/F: 0.7 μm)로 여과하여 건조한 후 함량차로 측정하였다. 클로로필은 해수시료를 0.45 μm 여과지로 여과하여 90% acetone으로 추출한 후 spectrophotometer (Perkin Elmer, LS50B)로 비색 정량하였다. DIN (Dissolved Inorganic Nitrogen)의 경우, 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. DIP (Dissolved Inorganic Phosphorus)는 885 nm에서 측정하였고, COD는 티오황산나트륨으로 적정한 후 환산하여 정량하였다. 식



Fig. 1. Map showing the sampling locations.

물플랑크톤의 정량 분석을 위하여 표층 해수 1 L를 채수하여 Lugol's 용액으로 고정된 후 실험실로 운반하여 3일 이상 침강시킨 후 상등액을 제거하여 5 mL로 농축시켰다. 농축 시료는 Sedgwick-Rafter에 분산시킨 뒤 광학현미경(Olympus, BX50) 하에서 검정하였다.

3. 결과

3.1. 해양환경

3.1.1. 수온

정점 1의 연도별 표층수온을 보면 3월에는 거의 6.00-7.16 $^{\circ}\text{C}$ 범위로 나타났으나, 수온이 서서히 상승되는 4월부터는 연도별 수온차이를 볼 수 있다(Table 1). 4월부터 7월까지의 최고와 최저 수온차이는 약 2 $^{\circ}\text{C}$ 정도 나타났으나, 수온이 최고점에 상승되는 8월의 경우 2004년에는 27.70 $^{\circ}\text{C}$ 를 보였으나, 2009년에는 23.73 $^{\circ}\text{C}$ 로 차이는 약 4 $^{\circ}\text{C}$ 로 매우 큰 변동을 알 수 있다(Table 1-1). 그러나 수온이 서서히 하강되는 9월부터 11월까지의 수온차이는 약 2 $^{\circ}\text{C}$ 정도로 거의 4월부터 7월까지의 수온차를 볼 수 있다. 2004년부터 2009년까지의 저층수온은 3월부터 7월까지 년도 별 수온차를 크게 볼 수 없었으나, 8월에 2004년 27.70 $^{\circ}\text{C}$ 인 반면에 2006년 22.55 $^{\circ}\text{C}$ 로 약 4 $^{\circ}\text{C}$ 이상 차이가 나타난다. 그러나 2004년을 제외한 나머지 년도의 저층수온은 23 $^{\circ}\text{C}$ 정도로 거의 비슷한 수온범위를 보이고 있다. 그

그러나 9월부터 11월까지는 저층수온의 차이는 년도 별로 큰 차이를 볼 수 없었다. 정점 2를 보면 겨울철 3월의 경우 2004년부터 2009년까지 거의 2°C 이내 범위 차를 보이고 있고, 수온이 서서히 증가되기 시작되는 4월부터 6월까지도 수온 차는 2°C 범위를 나타내고 있다. 그러나 수온이 최고점에 도달되는 8월의 경우 2004년에 최대 27.00°C인 반면에, 2007년에는 최소 21.82°C로 수온 차는 약 5°C 이상의 매우 큰 연도별 차이를 보이고 있다. 9월부터 11월까지는 정점1에 나타난 바와 같이 큰 수온차를 볼 수 없었다.

3.1.2. 염분

3월 정점 1의 경우 2004년부터 2008년까지 표층수의 염분 범위는 27.24-32.15를 보였으나, 2009년 22.15로 평균 7 이상 낮은 염분을 나타내었다. 5월에는 15.06으로 평균치보다 훨씬 낮은 염분농도를 보이고 있다. 특히 7월에는 2009년을 제외한 나머지 연도에서 10.64-17.40으로 조사 연도 중 가장 낮은 염분을 나타내었다. 그러나 8월부터 11월까지는 7월처럼 큰 변동 폭을 보이지 않았다. 저층수는 표층수의 큰 염분 변화에 비하여 월별 및 연도별에 관계없이 비교적 안정적인 30 정도의 염분을 보이고 있다. 정점 2의 경우 3월과 4월 표층수 염분 범위는 일반 해수와 거의 비슷한 농도를 보이고 있으나, 5월이 되면 2004년에 22.71, 2006년에 12.34로 일반 해수의 절반에도 미치지 않는 매우 낮은 염분을 보였다. 7월에도 2006년 10.14로 조사 기간 동안 가장 낮은 염분을 나타내었다. 물론 2004년 9월에 16.09 염분을 보였으나, 대부분 8월 이후부터는 정상적인 염분을 나타내고 있다. 표층수에 비하여 저층수의 염분은 연도별 및 월별에 관계없이 비교적 30 정도 범위로 안정적인 값을 보이고 있다.

3.1.3. SS

SS는 식물플랑크톤 성장에 큰 영향을 미치는 환경 요소로 정점 1의 표층수 3월에는 2004년에 최소 8.00 mg/L에서 2007년 25.60 mg/L로 차이가 약 3배 정도 나타나고 있다. 이러한 경향은 7월까지 최소와 최대값은 차이는 약 3배 정도로 보였으나, 8월부터 연도별에 관계없이 SS의 값이 평균 20 mg/L로 9월까지 지속적으로 높은 농도를 보였다. 특히 2008년 9월에는 56.80

mg/L로 조사 기간 중 가장 높은 값을 나타내었다. 그러나 10월에는 SS의 농도가 대체적으로 8월과 9월에 비하여 전반적으로 낮은 농도를 보였으나, 11월에는 평균 20 mg/L 이상의 높은 농도를 보였다. 저층수의 경우는 표층수의 농도 변화와 유사한 경향을 보였다. 반면, 정점 2의 경우 표층수, 저층수 모두 2007년부터 농도가 급격히 증가하는 경향을 보이고 있다. 특히 2009년 6월에는 표층수에서 99.20 mg/L로 2004년 4.80 mg/L에 비하여 약 20배 이상의 매우 높은 농도를 보이고 있다. 저층수도 2009년 132.40 mg/L로 2004년 6.80 mg/L에 비하여 약 20배 이상의 높은 농도로 2004년부터 2006년까지는 비교적 SS 농도가 낮았으나, 2007년부터 최대 20배 이상의 고농도를 보이고 있는 큰 특징이다. 그러나 8월부터 11월까지는 3월-7월에 비하여 큰 농도차이를 보이고 있지 않다.

3.1.4. COD

하구연 인근 수역(정점 1)의 3월 COD 범위는 2004년부터 2008년까지 표층에서 1.34-2.43 mg/L였으나, 2009년에는 5.28 mg/L로 평균치보다 약 2배 이상의 높은 농도를 보였다(Table 2). 그러나 4월부터 8월까지 4 mg/L 이하로 나타났다. 9월에는 최고 7.83 mg/L로 매우 높은 값을 보였으나, 10월부터 서서히 낮은 농도를 보여 11월에는 0.38 mg/L로 월별 COD의 농도 변화폭은 매우 큰 것으로 나타났다(Table 2-1). 또한 2005년의 경우에도 6월, 7월, 9월에는 4 mg/L 이상의 높은 농도를 나타내고 있다. 2007년에도 7월에 6.21 mg/L로 연도별 및 월별 COD 농도 변화는 큰 것으로 추측된다. 표층과 달리 저층의 COD 변화폭은 3월부터 5월까지 2 mg/L 이하의 비교적 안정적 농도를 보이고 있으며, 이러한 농도 범위는 6월부터 11월까지도 나타나고 있다. 정점 2의 경우 조사기간 중 7월 2007년과 2009년 표층에서 4 mg/L 이상의 높은 농도를 보였고 9월에도 2009년 7.99 mg/L로 매우 높은 농도를 나타내었다. 10월에도 2009년 5.89 mg/L로 9월부터 10월까지 지속적으로 COD 농도가 보였으나 겨울철 11월에는 0.50 mg/L로 급격히 감량되는 경향을 보이고 있다. 2004-2006년 동안 COD 변화폭은 3 mg/L 이하로 보인 반면에 2007년부터 7월, 8월, 9월에서 4 mg/L 이상의 고농도 COD를 보여 최근의 COD

Table 2. Monthly variations of COD, DIN and, DIP around Mokpo harbour during the period of 2004-2009

St.	Year	Depth	March			April			May			June			July			
			C	DN	DP	C	DN	DP	C	DN	DP	C	DN	DP	C	DN	DP	
1	2004	S	1.34	0.210	0.003	1.34	0.246	0.004	3.47	0.228	0.006	2.58	0.194	0.009	3.41	1.463	0.048	
		B	1.16	0.172	0.006	1.16	0.203	0.013	1.81	0.351	0.016	1.18	0.116	0.001	1.81	0.754	0.028	
	2005	S	3.48	1.443	0.018	3.28	0.523	0.001	0.45	0.201	0.013	4.45	0.431	0.015	4.08	1.753	0.083	
		B	1.08	0.321	0.004	2.48	0.209	0.001	0.50	0.167	0.012	1.11	0.259	0.076	0.66	0.498	0.050	
	2006	S	2.43	0.299	0.002	1.94	0.250	0.005	0.90	1.047	0.035	2.66	0.860	0.006	3.25	1.245	0.044	
		B	1.49	0.280	0.008	1.25	0.138	0.006	1.13	0.897	0.026	0.94	0.395	0.036	1.12	0.483	0.031	
	2007	S	2.05	1.139	0.005	2.86	0.716	0.002	0.66	0.207	0.008	1.66	0.436	0.010	6.21	0.399	0.016	
		B	1.46	0.710	0.002	1.23	0.459	0.014	0.38	0.204	0.009	0.91	0.219	0.021	1.21	0.553	0.044	
	2008	S	2.42	0.057	0.005	1.98	0.158	0.002	1.22	0.256	0.003	1.36	0.708	0.011	1.25	1.251	0.077	
		B	2.35	0.034	0.012	1.86	0.152	0.005	1.16	0.189	0.003	1.17	0.459	0.0581	2.67	0.538	0.032	
	2009	S	5.28	0.924	0.005	1.38	0.173	0.012	0.57	0.040	0.004	3.09	0.149	0.010	3.63	0.272	0.001	
		B	2.75	0.238	0.006	2.24	0.216	0.003	0.49	0.074	0.005	1.34	0.122	0.004	0.93	0.439	0.013	
	2	2004	S	0.76	0.138	0.002	0.76	0.178	0.003	3.58	1.873	0.003	1.34	0.250	0.001	3.09	1.448	0.034
			B	0.91	0.114	0.003	0.91	0.230	0.003	1.98	0.764	0.014	0.74	0.197	0.013	1.60	0.902	0.012
		2005	S	2.95	1.853	0.038	1.99	0.069	0.000	0.60	0.173	0.009	2.42	0.194	0.015	1.55	0.786	0.038
			B	0.99	0.254	0.009	2.00	0.110	0.000	0.56	0.160	0.011	0.77	0.151	0.013	0.74	0.446	0.025
		2006	S	1.10	0.195	0.003	0.77	0.186	0.021	2.58	1.903	0.010	0.88	0.409	0.013	2.85	1.256	0.062
			B	0.83	0.198	0.006	0.84	0.163	0.013	1.80	0.746	0.018	0.70	0.326	0.021	1.18	0.449	0.019
2007		S	1.38	0.982	0.032	1.04	0.437	0.013	0.43	0.093	0.039	0.55	0.205	0.021	5.78	0.069	0.016	
		B	1.68	0.687	0.069	1.17	0.433	0.015	0.32	0.163	0.039	0.81	0.243	0.025	0.98	0.401	0.023	
2008		S	3.54	0.070	0.003	1.86	0.061	0.003	1.05	0.174	0.006	1.68	0.683	0.0092	1.49	0.412	0.025	
		B	2.51	0.041	0.006	1.15	0.083	0.004	1.02	0.160	0.006	1.33	0.298	0.0192	2.50	1.178	0.071	
2009		S	2.67	0.252	0.009	1.55	0.176	0.011	0.73	0.048	0.004	1.22	0.113	0.005	4.34	0.119	0.002	
		B	2.40	0.089	0.005	1.58	0.166	0.016	0.50	0.039	0.002	2.18	0.097	0.013	1.68	0.136	0.002	

Note: C, COD (mg l⁻¹); DN, DIN (mg l⁻¹); DP, DIP (mg l⁻¹).

Table 2-1. continued

St.	Year	Depth	August			September			October			November			
			C	DN	DP	C	DN	DP	C	DN	DP	C	DN	DP	
1	2004	S	0.93	0.170	0.011	2.70	1.594	0.064	1.71	0.153	0.000	0.89	0.185	0.017	
		B	0.55	0.100	0.012	1.62	0.681	0.040	1.31	0.187	0.007	0.63	0.161	0.018	
	2005	S	0.88	0.256	0.029	5.93	0.135	0.011	0.86	0.136	0.049	1.04	0.218	0.026	
		B	1.23	0.287	0.030	4.13	0.019	0.009	0.61	0.139	0.055	0.85	0.227	0.025	
	2006	S	3.62	1.697	0.031	2.93	0.811	0.003	1.01	0.320	0.047	0.19	0.308	0.032	
		B	0.86	0.278	0.055	0.66	0.366	0.035	0.96	0.324	0.038	0.32	0.369	0.031	
	2007	S	3.53	0.079	0.011	3.01	1.399	0.070	1.25	0.336	0.022	0.99	0.297	0.010	
		B	1.85	0.049	0.013	0.83	1.388	0.070	0.48	0.414	0.014	0.82	0.296	0.008	
	2008	S	1.10	1.229	0.078	1.46	0.085	0.004	0.99	0.218	0.046	0.68	0.195	0.014	
		B	0.90	1.493	0.089	1.10	0.432	0.088	0.67	0.249	0.054	0.79	0.197	0.017	
	2009	S	1.07	0.214	0.002	7.83	0.093	0.007	4.11	0.650	0.005	0.38	0.147	0.014	
		B	1.10	0.262	0.002	1.79	0.321	0.008	2.46	0.295	0.014	0.58	0.167	0.017	
	2	2004	S	1.14	0.141	0.014	2.27	1.583	0.069	0.96	0.245	0.006	0.62	0.110	0.012
			B	1.06	0.129	0.012	1.20	0.655	0.038	0.72	0.136	0.007	0.51	0.143	0.012
		2005	S	2.42	0.719	0.026	3.65	0.176	0.009	0.90	0.055	0.021	1.10	0.251	0.020
			B	0.91	0.242	0.014	1.54	0.141	0.010	0.74	0.067	0.020	0.86	0.208	0.021
		2006	S	3.16	1.110	0.019	2.90	0.339	0.002	0.85	0.238	0.019	0.14	0.370	0.031
			B	1.27	0.278	0.012	1.04	0.176	0.004	0.72	0.257	0.021	0.29	0.296	0.030
2007		S	1.02	0.395	0.011	2.83	1.472	0.020	0.50	0.423	0.006	0.77	0.250	0.008	
		B	3.71	0.171	0.012	1.62	2.890	0.060	0.40	0.470	0.001	0.62	0.193	0.001	
2008		S	2.80	0.422	0.014	2.61	0.034	0.006	0.77	0.189	0.029	0.67	0.212	0.006	
		B	2.38	0.336	0.021	2.35	0.034	0.004	0.53	0.189	0.032	0.35	0.202	0.010	
2009		S	1.03	0.189	0.003	7.99	0.125	0.005	5.89	0.540	0.001	0.50	0.201	0.015	
		B	1.07	0.204	0.003	2.32	0.070	0.005	2.24	0.185	0.013	0.50	0.139	0.019	

Note: C, COD (mg l⁻¹); DN, DIN (mg l⁻¹); DP, DIP (mg l⁻¹).

농도는 6년 전에 비하여 변화폭도 높을 뿐만 아니라 최고 농도의 값도 훨씬 높은 값을 보이고 있는 큰 특징이다. 저층은 월별, 연도별에 관계없이 3 mg/L 이하의 비교적 안정적인 COD 농도를 나타내고 있다.

3.1.5. DIN

정점 1의 경우 수온이 낮은 3월을 보면 2008년에는 표층에서 0.057 mg/L 낮은 농도를 보였으나, 2005년에는 1.443 mg/L로 약 20 배 이상의 차이를 보이고 있다. 4월에서 6월까지의 1 mg/L 이하를 나타냈으나, 7월에는 2004년, 2005년, 2006년 모두 1.2 mg/L 이상의 높은 농도였으나, 2009년에는 0.272 mg/L로 약 20 배 정도 차이로 DIN 농도는 연도별 매우 큰 폭의 변화를 보이고 있는 것이 특징이다. 이러한 현상은 8월과 9월에도 큰 차이 폭을 보였으나, 10월부터 차이 폭은 현저히 감소되는 경향을 보이고 있다. 저층은 표층과 달리 연도별 및 월별에 관계없이 안정적인 농도 폭을 보이고 있다. 정점 2도 2005년에 3월에서 7월 사이의 표층 최고 농도는 5월에 1.853 mg/L, 2006년에 1.903 mg/L로 최저 농도인 2009년 5월 0.048 mg/L와는 약 20 배 이상의 차이를 보여 주고 있다. 이러한 차이 폭의 경향은 정점 1의 경우와 비슷한 양상을 보이고 있다. 또한 8월부터 11월까지의 DIN 변화 양상도 거의 정점 1처럼 여름철에는 차이 폭이 높지만 10월부터는 차이 폭이 현저히 감소되는 것을 볼 수 있다.

3.1.6. DIP

대체적으로 DIP 변동 폭은 DIN에 비하여 상당히 안정적인 범위 내에서 농도를 보이고 있다. 하구둑의 영향을 가장 많이 받는 정점 1의 표층을 보면 3월의 DIP 범위는 2006년 0.002 mg/L, 2005년 0.018 mg/L로 나타났다. 이러한 범위는 6월까지 3월과 비슷한 경향을 보였다. 7월에는 2009년에 0.001 mg/L로 매우 낮은 농도를 보였으나, 2005년에는 0.083 mg/L까지 상승되는 것을 알 수 있듯이 8월과 9월에도 2008년에 0.078 mg/L, 2004년에 0.064 mg/L로 3월부터 6월에 비하여 변동 폭은 높은 것으로 나타났다. 그러나 10월부터는 이러한 변동 폭이 현저히 감소되어 매우 안정적인 범위를 보였다. 저층도 표층 DIP의 변화 폭처럼 7월, 8월, 9월에 높은 농도를 보였고, 연도별에 따른 농도 증가 등 표층처럼 뚜렷한 양상을 보이지 않고 수

온이 높은 하절기에 변동 폭도 높을 뿐만 아니라 최대 농도도 다른 월별에 비하여 높게 나타났다. 정점 2의 경우도 정점 1처럼 표층과 저층 모두 하절기에 대부분 높은 농도를 보이며 연도별 변동 폭 또한 매우 크다. 그러나 9월 이후부터는 DIP 변동 폭이 현저히 감소되어, DIP 변화 양상은 정점 1, 2 모두 비슷한 경향을 보이고 있는 것이 특징이다.

3.1.7. 투명도

정점 1의 경우 투명도는 월별, 연도별에 관계없이 0.9-2.4 m 범위를 보이고 있으며, 특히 수온이 높은 하절기에도 0.7-2 m 범위로 상대적으로 수온이 낮은 계절에 비교하여도 거의 비슷한 수준을 보이고 있다 (Table 3, 3-1). 또한 정점 2의 경우도 2007년 7월에 4.1 m 투명도를 보였으나 대부분 정점 1과 유사한 경향을 보이고 있다.

3.1.8. 클로로필

정점 1의 경우 2004년 표층의 클로로필 농도는 4.86 µg/L 였으나, 2006년, 2008년, 2009년에는 최대 10 배에 근접하는 40.24 µg/L까지 높은 값을 보였다. 4월과 5월에는 3월에 보여준 높은 농도를 나타나지 못했다. 6월부터 7월까지의 3월에 보여준 최대 농도인 40 µg/L 정도의 값을 보이고 있고, 9월에는 2005년 69.91 µg/L로 조사기간 중 최대 농도를 보이고 있으며, 10월에도 2007년에 48.98 µg/L로 수온이 낮은 시기에도 불구하고 클로로필 농도는 매우 높은 농도를 보이고 있으며, 또한 연도별에 따른 변동 폭도 상당히 큰 것으로 나타나고 있다. 저층도 3월에는 표층처럼 연도별에 따라 많은 농도 차이를 보이고 있다. 2007년에는 3.20 µg/L 였으나, 2008년에 23.22 µg/L까지 약 10배 정도의 차이를 보이고 있다. 4월부터 6월까지의 표층보다 낮은 10 µg/L 이하의 농도를 보였다. 7월의 2009년에는 표층보다 저층에서 훨씬 높은 25.38 µg/L로 표층보다 현저히 높은 값이 나타났다. 오히려 8월에는 3 µg/L 이하로 3월보다 다소 낮은 농도를 보였으나, 9월부터 10월까지 농도가 증가되는 경향을 보이고 있다. 정점 2의 경우 3월에도 표층의 클로로필 농도는 2006년 22.39 µg/L까지 보여, 4월-6월에 나타난 값보다 높은 수치를 보이고 있다. 7월에도 2004년 22.37 µg/L을 보였으나, 2005년부터 2008년까지 3 µg/L 이하

Table 3. Monthly variations of pH, transparency and chlorophyll a around Mokpo harbour during the period of 2004-2009

St.	Year	Depth	March		April		May		June		July	
			T	CH	T	CH	T	CH	T	CH	T	CH
1	2004	S	2.2	4.86	1.5	1.02	1.1	9.09	1.8	2.43	1.0	22.38
		B		5.07		1.62		1.38		2.35		2.70
	2005	S	2.5	8.31	1.6	10.59	2.2	1.97	1.2	31.19	0.7	6.76
		B		6.24		9.59		1.81		4.24		0.72
	2006	S	1.7	43.51	2.0	8.01	1.5	4.30	1.2	37.21	1.0	1.54
		B		21.42		9.34		4.26		6.09		0.96
	2007	S	1.5	2.10	2.1	10.53	0.9	2.06	1.8	18.44	1.2	5.20
		B		3.20		4.67		2.76		7.77		1.5
	2008	S	1.8	23.82	2.0	0.46	2.7	3.54	0.7	41.95	1.0	29.10
		B		23.22		0.29		7.22		2.49		2.840
	2009	S	2.1	40.24	2.0	6.96	2.5	2.81	1.0	2.89	1.1	1.50
		B		21.73		6.92		2.65		3.05		25.38
2	2004	S	2.0	3.68	2.5	1.46	1.0	9.44	1.5	1.25	1.8	22.37
		B		4.48		1.23		4.66		0.79		9.54
	2005	S	1.0	5.64	1.7	10.82	2.2	4.75	2.4	15.11	1.2	2.96
		B		4.17		9.87		2.97		5.84		1.95
	2006	S	2.0	22.39	2.0	1.74	1.1	12.01	2.5	15.16	0.7	1.83
		B		20.13		3.07		4.45		4.27		0.92
	2007	S	1.6	2.67	1.5	2.89	1.5	4.83	1.6	3.77	4.1	1.65
		B		3.30		1.49		5.55		3.18		1.2
	2008	S	1.8	20.00	1.2	7.27	1.0	8.37	1.1	8.31	1.0	2.40
		B		17.23		7.42		4.33		3.67		11.77
	2009	S	1.4	18.53	1.0	6.60	2.1	2.97	1.2	24.80	2.2	26.58
		B		19.64		4.62		3.53		6.14		32.64

Note: T, transparency (m); CH, chlorophyll a ($\mu\text{g l}^{-1}$).

Table 3-1. continued

St.	Year	Depth	August		September		October		November	
			T	CH	T	CH	T	CH	T	CH
1	2004	S	1.0	0.92	1.0	1.93	2.1	6.57	0.4	1.90
		B		0.73		0.91		6.15		1.75
	2005	S	1.2	3.51	2.0	69.91	1.9	3.79	1.1	2.49
		B		1.46		31.77		8.46		2.34
	2006	S	1.5	14.42	1.0	75.74	1.3	6.37	1.6	1.47
		B		0.99		17.10		6.19		1.10
	2007	S	1.0	21.79	0.8	3.49	1.5	48.98	2.4	3.03
		B		1.1		0.81		1.49		1.66
	2008	S	1.5	5.62	1.7	7.03	1.8	9.15	0.8	2.53
		B		4.05		2.94		4.36		3.33
	2009	S	1.2	2.11	1.2	3.51	0.9	30.26	0.6	1.18
		B		2.99		2.29		16.62		1.29
2	2004	S	1.9	3.51	1.9	1.46	2.0	3.46	0.7	4.81
		B		2.89		0.87		3.61		4.34
	2005	S	1.5	31.66	2.5	7.65	1.8	2.95	1.4	5.41
		B		2.21		15.17		2.38		4.74
	2006	S	2.0	19.25	1.0	120.69	2.5	3.03	1.8	2.63
		B		7.41		27.89		3.22		1.27
	2007	S	1.2	9.86	0.9	18.79	1.5	15.57	1.0	6.43
		B		1.5		5.36		6.46		7.46
	2008	S	1.1	7.31	1.8	7.07	0.8	1.96	1.0	2.26
		B		16.54		5.02		2.11		1.95
	2009	S	1.8	5.05	2.2	4.71	1.1	37.30	0.7	1.55
		B		5.36		2.24		14.99		1.08

Note: T, transparency (m); CH, chlorophyll a ($\mu\text{g l}^{-1}$).

Table 4. Monthly dominant species accounting for over 50% of total cell number

St.	Year	Month	Species	Concentration (cells/mL)	
1	2004	March	<i>Skeletonema costatum</i>	201	
		April	<i>Ditylum brighwellii</i>	394	
		May	<i>Guinardia flaccida</i>	25	
		June	<i>Eucampia zodiacus</i>	518	
		July	<i>Skeletonema costatum</i>	54	
		August	<i>Skeletonema costatum</i>	225	
		September	<i>Leptocylindrus danicus</i>	57	
		October	<i>Chaetoceros</i> spp.	69	
		November	<i>Chaetoceros</i> spp.	109	
		2005	March	<i>Chaetoceros</i> spp.	324
			April	<i>Skeletonema costatum</i>	429
	May		<i>Eucampia zodiacus</i>	68	
	June		<i>Leptocylindrus danicus</i>	277	
	July		<i>Skeletonema costatum</i>	105	
	August		<i>Chaetoceros</i> spp.	104	
	September		<i>Chaetoceros</i> spp.	142	
	October		<i>Chaetoceros</i> spp.	54	
	November		<i>Chaetoceros</i> spp.	41	
	2006		March	<i>Skeletonema costatum</i>	1,074
			April	<i>Skeletonema costatum</i>	388
		May	<i>Leptocylindrus danicus</i>	172	
		June	<i>Skeletonema costatum</i>	877	
		July	<i>Pseudonitzschia</i> spp.	159	
		August	<i>Skeletonema costatum</i>	382	
		September	<i>Skeletonema costatum</i>	315	
		October	<i>Skeletonema costatum</i>	62	
		November	<i>Skeletonema costatum</i>	58	
		2007	March	<i>Thalassiosira deceipens</i>	61
			April	<i>Pseudonitzschia</i> spp.	219
	May		<i>Eucampia zodiacus</i>	83	
	June		<i>Rhizosolenia setigera</i>	129	
	July		<i>Skeletonema costatum</i>	1925	
	August		<i>Skeletonema costatum</i>	40	
September	<i>Skeletonema costatum</i>		59		
October	<i>Skeletonema costatum</i>		104		
November	<i>Chaetoceros curvisetus</i>		149		
2008	March		<i>Thalassiosira</i> spp.	889	
	April		<i>Thalassiosira</i> spp.	428	
	May	<i>Pseudonitzschia</i> sp.	219		
	June	<i>Eutreptiella gymnastica</i>	549		
	July	<i>Thalassiosira longissima</i>	33		
	August	<i>Skeletonema costatum</i>	1049		
	September	<i>Skeletonema costatum</i>	543		
	October	<i>Skeletonema costatum</i>	125		
	November	<i>Thalassiosira longissima</i>	49		
	2009	March	<i>Thalassiosira deceipens</i>	204	
		April	<i>Skeletonema costatum</i>	1,394	
May		<i>Chaetoceros curvisetus</i>	24		
June		<i>Heterosigma akashiwo</i>	2825		
July		<i>Pseudonitzschia</i> sp.	2019		
August		<i>Chaetoceros</i> sp.	102		
September		<i>Chaetoceros</i> spp.	114		
October		<i>Chaetoceros</i> spp.	34		
November		<i>Leptocylindrus danicus</i>	49		

Table 4-1. continued

St.	Year	Month	Species	Concentration (cells/mL)	
2	2004	March	<i>Chaetoceros</i> spp.	104	
		April	<i>Ditylum brighwellii</i>	62	
		May	<i>Cosinodiscus gigas</i>	35	
		June	<i>Eucampia zodiacus</i>	395	
		July	<i>Skeletonema costatum</i>	109	
		August	<i>Leptocylindrus danicus</i>	425	
		September	<i>Pseudonitzschia delicatissima</i>	34	
		October	<i>Skeletonema costatum</i>	144	
		November	<i>Chaetoceros</i> spp.	84	
		2005	March	<i>Chaetoceros</i> spp.	98
			April	<i>Chaetoceros</i> spp.	305
	May		<i>Eucampia zodiacus</i>	255	
	June		<i>Eucampia zodiacus</i>	244	
	July		<i>Chaetoceros</i> spp.	105	
	August		<i>Skeletonema costatum</i>	84	
	September		<i>Pseudonitzschia pungens</i>	105	
	October		<i>Skeletonema costatum</i>	94	
	November		<i>Chaetoceros</i> spp.	64	
	2006		March	<i>Skeletonema costatum</i>	925
			April	<i>Skeletonema costatum</i>	188
		May	<i>Pseudonitzschia pungens</i>	178	
		June	<i>Skeletonema costatum</i>	318	
		July	<i>Skeletonema costatum</i>	184	
		August	<i>Pseudonitzschia</i> spp.	129	
		September	<i>Skeletonema costatum</i>	244	
		October	<i>Skeletonema costatum</i>	49	
		November	<i>Leptocylindrus danicus</i>	31	
		2007	March	<i>Thalassiosira deceipens</i>	108
			April	<i>Skeletonema costatum</i>	39
	May		<i>Pseudonitzschia pungens</i>	178	
	June		<i>Rhizosolenia setigera</i>	133	
	July		<i>Skeletonema costatum</i>	2512	
	August		<i>Skeletonema costatum</i>	40	
	September		<i>Skeletonema costatum</i>	42	
	October		<i>Skeletonema costatum</i>	84	
	November		<i>Chaetoceros curvisetus</i>	104	
	2008		March	<i>Thalassiosira</i> spp.	1074
			April	<i>Thalassiosira</i> spp.	214
		May	<i>Eucampia zodiacus</i>	119	
		June	<i>Chaetoceros curvisetus</i>	34	
		July	<i>Chaetoceros</i> spp.	31	
		August	<i>Skeletonema costatum</i>	312	
September		<i>Skeletonema costatum</i>	319		
October		<i>Thalassiosira deceipens</i>	58		
November		<i>Cosinodiscus gigas</i>	31		
2009		March	<i>Thalassiosira deceipens</i>	119	
		April	<i>Skeletonema costatum</i>	54	
	May	<i>Rhizosolenia setigera</i>	71		
	June	<i>Chaetoceros</i> sp.	34		
	July	<i>Pseudonitzschia</i> sp.	1528		
	August	<i>Skeletonema costatum</i>	134		
	September	<i>Thalassiothrix fraudellii</i>	182		
	October	<i>Skeletonema costatum</i>	149		
	November	<i>Chaetoceros curvisetus</i>	21		

의 낮은 농도를 나타내고 있다. 2009년 8월에는 5.05 $\mu\text{g/L}$ 인 반면에, 2005년에는 31.66 $\mu\text{g/L}$ 로 차이는 약 6배 정도를 보이고 있다. 2006년 9월에는 120.69 $\mu\text{g/L}$ 로 6년 동안 가장 높은 농도를 보여 2004년 1.46 $\mu\text{g/L}$ 에 비하면 약 100배 이상 큰 차이를 나타내고 있다. 그러나 10월부터 11월까지는 하절기에 비하여 다소 변동 폭이 현저히 줄어든 현상을 보이고 있다. 저층도 표층농도가 높아짐에 따라 동반 상승되는 경향을 보이고 있으며, 표층과 저층차이도 3월부터 6월까지의 7월, 8월, 9월에 비하여 상대적으로 크지 않았으나, 동절기 10월부터는 다소 안정적인 추세를 보이고 있다.

3.2. 식물플랑크톤

3.2.1. 정점 1

정점 1의 2004년 3월부터 11월까지 출현된 식물플랑크톤을 보면 *Skeletonema costatum*이 3월, 7월, 8월에 총 3회, *Chaetoceros* spp.가 10월과 11월 총 2회의 우점종으로 나타났다(Table 4). 일반적으로 수온이 높은 하절기에는 와편모조류가 다소 우점종으로 출현되지만 정점 1의 경우는 2004년 동안 규조류로 점유된 것을 알 수 있다. 이러한 경향은 2005년, 2006년, 2007년, 2008년까지 지속되었으며, 특히 *S. costatum*이 가장 많은 횡수의 우점종으로 나타내었다. 2009년에도 3월부터 11월까지 규조류로 우점을 보였으나, 6월 *Heterosigma akashiwo*와 같은 라피도조가 규조류보다 월등한 최대 2,825 cells/mL을 보여 조사기간 중 가장 특이한 현상으로 나타났다. 따라서 정점 1의 경우 식물플랑크톤 중 *S. costatum*이나 *Chaetoceros* spp. 종은 대표종으로 볼 수 있다.

3.2.2. 정점 2

정점 2도 2004년 3월부터 11월까지 *Chaetoceros* spp.와 같은 규조류로 우점을 나타내고 있으며, 수온이 높은 하절기에도 와편모조류보다 규조류가 훨씬 높은 세포수를 보이고 있다(Table 4-1). 2005년부터 2009년까지 *Chaetoceros* spp.와 *S. costatum* 출현빈도가 가장 높게 보였다. 특히 *S. costatum*은 특정한 계절별 경향을 보이지 않고 연중 우점종으로 출현되어 정점 2도 정점 1과 유사한 우점종을 보이고 있다. 또한 우점종의 종 조성도 비슷한 경향을 보이고 있다.

3.3. N:P

Fig. 2는 2004-2009년 동안 월별 및 연도별 N:P 비율을 나타낸 것으로 정점 1의 경우 3월에는 표층과 저층 모두 N:P 비율은 약 30을 보였으나, 4월에는 표층에서 80인 반면에 저층에서는 30 정도를 보여 현저한 차이가 나타났다. 그러나 이러한 차이 폭은 5월부터 11월까지 4월만큼 큰 폭으로 차이가 보이지 않았다. 특히 수온이 상승하는 7월부터 9월까지도 표층과 저층 N:P 비율 차이는 약 10 정도를 보였고 10월과 11월에는 거의 유사한 N:P 비율을 보였다. 대부분 N:P 비율이 16 이상을 보여 식물플랑크톤 성장을 위해서는 질산염 영양염류보다 인산염 영양염이 제한요인으로 작용될 수 있다. 정점 2의 N:P 비율 경향은 정점 1과는 상이한 곡선을 보이고 있다. 3월 표층의 N:P 비율이 40까지 보였으나, 저층은 20 이하의 낮은 값을 나타내었다. 4월과 5월에는 표층과 거의 동일한 수치를 보이고 있다. 7월부터 표층의 비율은 9월까지 계속 상승되는 추세를 보였으나, 10월에는 5 이하의 매우 낮은 경향을 보이고 있다. 정점 1에 비하여 정점 2는 Redfield 지수가 16 이하를 보이는 횡수가 많은 경향을 보여 질산염 영양염이 정점 1보다 큰 제한요인인 것을 알 수 있다. 연도별을 보면 정점 1의 표층 N:P 비율 곡선과 저층 곡선의 경향이 저층 곡선 경향과 매우 유사한 형태를 보이고 있다. 표층과 저층 모두 2004년은 2005년과 2006년에 비하여 상승하는 추세를 보였으나, 2007년에는 N:P 비율이 10 이하의 최저점을 보인 후 2008년부터 급상승하기 시작하여 2009년에는 최고점에 도달하는 추세를 보이고 있다. 표층은 2007년을 제외한 나머지 연도에서는 N:P 비율이 16 이상의 값을 보여 식물플랑크톤 성장을 위해서는 인산염이 부족한 것으로 나타난 반면에 저층에는 2009년을 제외한 나머지 연도에서는 20 이하의 값을 보여 표층과는 달리 질산염이 제한요인으로 작용될 수 있다는 것을 알 수 있다. 정점 2도 정점 1처럼 연도별 N:P 추세 곡선이 표층과 저층이 거의 유사한 형태를 보이고 있다. 표층과 달리 2004년에 표층과 저층 모두 최대값을 보이고 있고, 2007년에는 10 이하의 최저값을 보이고 있다. 표층도 2007년을 제외한 나머지 연도에서는 N:P 비율이 20 이상을 보여 인산염이 제한요인으로 작용될 수 있는 반면에 저층은 2004년을 제외한 나머

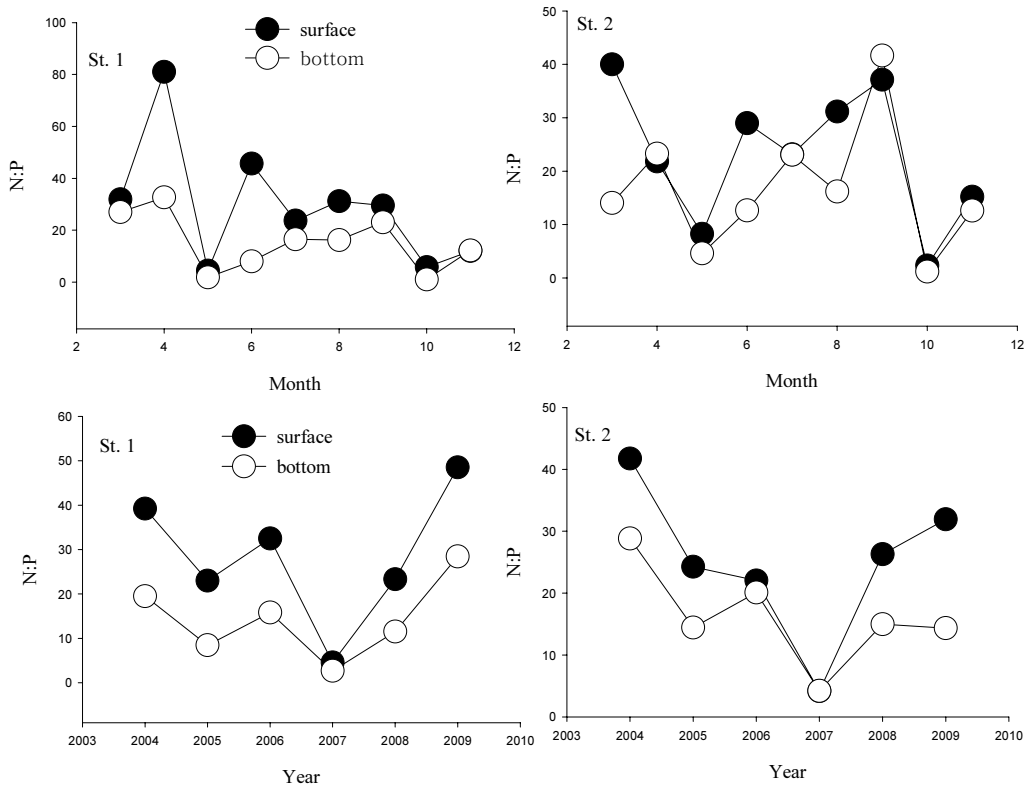


Fig. 2. Molar ratio of N/P in Mokpo coastal waters during the period of 2004-2009.

지 연도에서는 대부분 20 이하의 값을 보여 질산염이 식물플랑크톤 생장을 위해서는 질산염이 제한요인으로 작용될 수 있다는 것을 알 수 있다.

4. 고찰

목포 주변 해역은 영산호와 대규모 방조제 건설이후 환경 및 생태계 변화가 발생했던 지역이다. 인공 호수의 수위조절을 위한 불연속적인 담수 방류와 외해에 비해 조석의 영향이 적어 수괴 정체가 생김으로서 방조제 부근은 일시적으로 수온 및 염분 변화가 나타나 여름철에는 성층 현상이 발생되기도 한다(임과 박, 1998). 조사기간 중 여름철의 표층수온 차이는 방조제 건설로 인한 수괴 정체가 여름철 표층수온 상승시 수온약층이 형성되었기 때문으로 생각된다. 또한 염분의 변화도 방조제 부근에서 불규칙한 담수 방류가 일시적인 염분도 감소가 아닌 만성적인 영향을 미치고

있는 것으로 보인다. 그러나 저층의 경우 염분의 변화는 큰 차이가 없는 이유로는 배수문을 통해 방류된 담수는 해수와의 밀도차에 의해 표층으로 확산되기 때문으로 생각된다. 또한 목포 주변 해역에 대한 장기간의 수질환경 모니터링 자료에서도 여름철 수질환경의 공간적 변화량은 영산강 하구언에서 방류되는 담수의 유입에 의해 영향을 받은 것으로 언급하고 있다(박 등, 2006).

한국농어촌공사 영산강 사업단 자료(한국농어촌공사, 2010)에 따르면 2004년, 2006년, 2007년, 2009년 방류량은 1,200,000 천 톤 이상을 방류하여 2005년과 2008년에 비하여 약 40% 이상의 많은 담수를 목포 연안으로 방류한 것을 알 수 있다(Table 5). 또한 이러한 방류량은 7월, 8월, 9월에 1,609,467 천 톤 이상을 방류하여 나머지 월별에 비하여 약 10 배 이상을 보여 본 조사 기간 중 영산강 하구언은 여름철에 대부분 담수를 방류시켜 여름철 목포 연안 수역의 급격한 해양

Table 5. The amount of released freshwater in Youngsan River Estuarine Weir during the period of 2004-2009. Data from Korea Rural Community Corporation(Kr, 2010) (unit: a thousand of ton)

Year	2004	2005	2006	2007	2008	2009	Monthly total
March	14,481	53,756	0	115,073	0	10,286	193,596
April	11,843	15,001	58,158	29,271	29,949	0	144,222
May	37,664	35,671	164,211	36,405	103,818	19,727	397,496
June	183,248	100,289	200,790	33,161	405,139	50,479	973,106
July	381,402	191,138	578,962	196,748	241,028	930,035	2,519,313
August	747,742	229,396	166,359	384,142	72,699	195,523	1,795,861
September	311,880	72,230	85,890	1,127,491	0	11,976	1,609,467
October	43,270	27,271	45,343	139,012	10,940	25,223	291,059
November	39,448	12,797	30,667	54,769	5,677	6,386	149,744
Yearly total	1,770,978	737,549	1,330,380	2,116,072	869,250	1,249,635	8,073,864

환경 변화의 주 요인으로 작용한 것 같다. 비록 본 조사는 월 1회 실시하였고, 조사시기가 수문 작동 일자와 반드시 일치되지는 않지만 6년 동안의 시계열을 보면 여름철에 급격히 떨어진 염분은 본 조사 날짜가 하구언 방류일자와 일치되어 나타난 수치일 가능성도 있을 뿐만 아니라 집중 강우 등으로 생각할 수 있다. 사실상 집중적으로 강우가 계속되면 조사가 불가능하기 때문에 6년 동안의 염분 변화는 집중 강우에 의한 요인으로 접근하기에는 다소 무리가 있는 듯 하다. 비록 목포 연안의 수질이 오염되었다고 보고할 뿐만 아니라(김, 2001) 목포 연안은 외양수와 해수교환이 낮지만, 자정능력이 잠재해 있기 때문에 하절기 외에도 하구언으로부터 상당량의 담수를 방류하지만 정상적인 수질에 가까운 수치를 보이는 것은 목포 연안의 완충 능력이 뛰어난 것을 추측할 수 있다. 그러나 하절기 동안 방류되는 담수에 대한 자정 능력은 목포 연안이 처리할 수 있는 이상의 양이 방류되기 때문에 급격한 염분 변화를 가져오는 것으로 보인다. 하구언에서 방류되는 담수는 하구언 근해 해역뿐만 아니라 장좌도 해역까지 큰 영향을 미치는 것으로 보인다. 이와 같은 급격한 변화는 이 등(2005)의 자료에서도 금강 주변 해역의 극심한 수질환경 및 영양염 농도 변화를 불규칙한 수문 작동과 연계된 것으로 언급하고 있다. 앞으로도 목포 주변 해역은 영산강 하구언 방류에 의하여 수질환경에 많은 영향을 미칠 수 있을 것으로 판단되어 이 지역에 대한 지속적이고 장기적인 모니터링

이 필요할 것 같다.

2001년 목포항의 수질변화 조사에서도 식물플랑크톤 성장에 대한 제한 영양 인자는 질소보다 인으로 보고했다(김, 2001). 본 조사에서 나타난 바와 같이 최근 6년 동안의 N:P 비율에서도 인이 제한 요소로 나타났듯이 앞으로 지속적으로 목포 연안의 식물플랑크톤 성장과 생장을 위해서는 절대적으로 인이 제한 인자로 작용될 수 있을 것으로 보인다. 따라서 목포 연안에 대한 시계열의 자료를 보아 인 생산은 앞으로도 좀 어려울 것으로 보여 지속적으로 제한 인자로 작용될 것으로 추측된다. 일반적으로 규조류 성장을 위해서는 N:P 비율이 16:1 인 것으로 알려져 있다(Harris, 1986). 수온이 높은 하절기에는 N:P 비율이 10 이하의 낮은 수치를 보일 경우 규조류보다 와편모조류로 천이될 가능성은 수직이동으로 인하여 저층의 영양염을 이용할 수 있기 때문에 우점으로 형성될 수 있지만(Olli, 1999), 목포 연안의 N:P 비율은 하절기에도 16 이상을 보여 와편모조류로 우점이 될 가능성은 매우 희박한 것으로 보인다. 이러한 규조류 우점현상은 하구언으로부터 방류되는 담수의 영향으로 정상적인 N:P 비율보다 훨씬 높게 보여 와편모조류의 효율적인 영양염 흡수 장애를 초래한 것으로 사료된다.

최근 목포항을 중심으로 연륙교 공사, 선박 운항을 위한 준설, 육상 기원 및 하구언의 담수 방류에 따른 현탁물 유입 등으로 부유물질이 조사기간 동안 매우 불규칙하게 급변하는 농도를 보이고 있다. 일반적으로

로 현탁물 증가는 식물플랑크톤 광합성 저해로 성장에 많은 영향을 미치는 것으로 알려져 있으나, 본 조사 기간 동안 규조류가 우점하는 이유는 다른 식물플랑크톤 군집보다 목포 연안처럼 급변하는 수질환경에 잘 적응되는 종으로 생각된다. 수온이 높은 하절기에는 와편모조류의 점유율이 규조류보다 높게 보이는 것이 경우가 많으나, 목포 연안에서는 규조류가 여름철에도 지속적으로 세력을 유지하고 있는 원인으로 급변하는 염분과 현탁물 증가로 인하여 와편모조류 성장을 위한 생리대사의 저하와 낮은 광량에 대한 광합성 능력이 규조류보다 훨씬 떨어지기 때문에 우점으로 출현되지 않는 이유로 추측된다(Langdon, 1987). 또한 표층보다 더 높은 저층의 부유물질은 빛의 투과성을 현저히 저하시키기 때문에 와편모조류의 저층 이동이 어려워, 결국 일주 운동에 많은 생리적 장애를 초래하여 저밀도로 출현한 것으로 보인다. Table 4을 보면 하구연 근해 해역에 출현하는 우점종과 장좌도 해역에서 출현하는 우점종 조성이 거의 유사한 관계로 영산강 하구연의 담수는 장좌도까지 수질환경 및 식물플랑크톤 종 조성까지도 영향을 미치는 것으로 보인다. 큰 이유 중의 하나가 규조류가 본 조사기간 동안 우점종으로 출현된 점이다. 만약 하구둑으로부터 방류되는 담수가 장좌도까지 영향을 미치지 않는다면 6년 동안 여름철에 와편모조류가 우점으로 출현될 가능성이 높지만, 전혀 출현되지 않았고, 우점종 중 *S. costatum*이 가장 높은 빈도의 우점을 보인 점은 담수 방류와 매우 밀접한 관계가 있다. *S. costatum*은 광온성 및 광염성 종으로 알려져 있다(Curl과 McLeod, 1961). 실내 실험에서도 *S. costatum*이 빛에 대한 친화성이 뛰어나기 때문에 낮은 광량에서도 성장이 가능하고 광량의 증가에 따라 급속히 성장하는 것으로 밝혀졌다(Oh 등, 2008). 따라서 현탁물의 농도가 높아서 빛의 투과성이 낮은 목포 연안의 *S. costatum*이 다른 규조류보다 성장이 월등히 뛰어난 이유는 빛에 대한 성장반응 속도가 빠르며 낮은 조도라도 충분히 성장할 수 적응 능력이 다른 생물보다 매우 높다는 것을 알 수 있다. 그러나 2009년 정점 1에서 규조류가 아닌 raphidophyte에 속하는 *H. akashiwo* 종이 우점으로 출현한 것처럼 급변하는 목포항 주변해역에 수질환경 및 식물플랑크톤의 군집 변동에 관한 모니터링이 목포항의 건강한 해

양환경 생태계를 위하여 매우 절실히 요구되는 바이다.

5. 결론

본 조사는 2004-2009년 동안 3월부터 11월까지 목포항 주변 해역을 대상으로 수질환경 및 식물플랑크톤 군집변동을 실시했다. 목포항 주변해역의 수질환경은 월별 및 연도별에 따라 많은 차이를 보이고 있다. 특히 하절기동안 수질환경 변동이 다른 계절에 비하여 매우 극심한 차이를 보이는 원인은 영산강 하구둑에서 방류되는 담수의 대부분이 여름철에 이루어지기 때문에 목포 주변 연안의 수질환경에 매우 큰 영향을 미치는 것으로 보인다. 또한 하구연 방류는 3월부터 11월까지 실시되는 관계로 목포 주변 해역의 N:P 비율은 월별 및 연도별에 관계없이 16 이상을 보여 식물플랑크톤 성장에 질소보다 인 성분이 많은 영향을 줄 것으로 보인다. 목포 연안의 식물플랑크톤의 군집은 규조류가 와편모조류보다 월등히 높은 비율로 출현되었고, 특히 *S. costatum*이 규조류 중에서 가장 높은 빈도의 우점종으로 나타남으로써 목포 연안의 대표종으로 간주될 수 있다. 이러한 원인으로 높은 탁도와 낮은 광량하에서도 급속히 성장할 수 있는 적응 능력이 다른 종보다 월등히 뛰어난 것으로 보인다. 따라서 반 폐쇄적 목포 연안은 하구연 방류로 인하여 급격한 수질환경을 변화를 초래할 수 있지만 식물플랑크톤 군집에는 큰 영향을 미치지 않는 것으로 보여 앞으로 본 해역에 대한 장기적인 모니터링이 필요하다.

감사의 글

이 연구는 국립수산과학원 (남해해양환경연구, RP-2010-ME-026)의 지원에 의해 운영되었습니다. 바쁘신데도 꼼꼼하게 논문을 심사해주신 익명의 교수님에게 감사드립니다.

참고 문헌

- 김광수, 1997, 목포항의 수질 특성 (I)-하계의 유기물 오염과 용존산소를 중심으로, 해양환경안전학회지, 3(1), 56-61.
 김광수, 1999, 목포항 수질의 계절변화 특성-1. 물리환경

- 과 유기오염, 해양환경안전학회지, 5(2), 57-65.
- 김광수, 2001, 목포항의 수질 및 부영양도의 계절 변화, 환경공학회지, 4(3), 3-15.
- 김도희, 유한홍, 2003, 집중 강우시 목포 주변해역의 수질 특성, 환경공학회지, 6(2), 28-37.
- 박중현, 최정일, 최다미, 이용화, 이상룡, 2006, 목포항 주변 해역에서 장기 모니터링을 통한 수질의 계절 및 년간 변동, 해양환경안전학회지, 11(2), 97-102.
- 윤석태, 고영구, 오강호, 문병찬, 김해경, 2003, 영산강 하류권역 하천수의 수질 평가, 환경영향평가, 12(4), 259-270.
- 이원호, 명금옥, 유영두, 김영길, 정해진, 2005, 금강하구 연 담수방류와 춘계 식물플랑크톤 군집의 단주기 변동, 바다, 10(3), 154-163.
- 임현식, 박경양, 1998, 영산강 하구역의 연성지질에 서식하는 저서동물군집, 한국수산학회지, 31(3), 330-342.
- 임현식, 박경양, 1999, 반폐쇄적인 영산강 하구역 조하대 연성지질의 저서동물군집, 한국수산학회지, 32(3), 320-333.
- 임현식, 박경양, 임병선, 이점숙, 주수동, 1997, 목포 인근 해역 조간대의 저서동물군집, 한국생태학회지, 20(3), 355-365.
- 조은섭, 2009, 남해안 시공간적 수질환경 특성 비교, 한국환경과학회지, 18(2), 141-151.
- 조은섭, 김상수, 이상용, 정희동, 김숙양, 2009, 전남서부 해역의 수질환경 특성, 해양환경안전학회지, 15(3), 187-203.
- 한국농어촌공사, 2010, <http://www.ekr.or.kr>.
- 해양수산부, 2002, 해양환경공정시험방법, 해양수산부, 330.
- Curl, H., McLeod, G. C., 1961, The physiological ecology of a marine diatom, *Skeletonema costatum*, J. Mar. Res., 19(2), 70-88.
- Harris, G. P., 1986, Phytoplankton ecology: Structure, function and fluctuations, Chapman and Hall, London, 232.
- Langdon, C., 1987, On the causes of inter specific differences in the growth-irradiance relationship for phytoplankton. Part I. A comparative study of the growth-irradiance relationship of three marine phytoplankton species: *Skeletonema costatum*, *Olisthodiscus luteus* and *Gonyaulax tamarensis*, J. Plank. Res., 9(3), 459-482.
- Oh, S. J., Kim, D. I., Sajima, T., Shimasaki, Y., Matsuyama, Y., Oshima, T., Honjo, T., Yang, H. S., 2008, Effects of irradiance of various wavelengths from light-emitting diodes on the growth of the harmful dinoflagellate *Heterocapsa circularisquama* and the diatom *Skeletonema costatum*, Fisheries Science, 74(4), 137-145.
- Olli, K., 1999, Diel vertical migration of phytoplankton and heterotrophic flagellates in Gulf of Riga, J. Mar. Syst., 23(1), 145-163.