

2004~2005년 광양만의 해양수질 및 저질의 계절적 변동에 관한 연구

조현서* · 조천래 · 강조해 · 이규형

전남대학교 수산해양대학 해양기술학부

A Study on the Seasonal Variation of Water Quality and Sediment Environment in Gwangyang Bay, Korea

Hyeon seo CHO · Chon rae CHO · Jo Hae KANG · Kyu hyong LEE

Faculty of Marine Technology, College of Fisheries and Ocean Science, Chonnam National University, Yeosu, 550-749, Korea

요 약 : 광양만 해양수질 및 저질의 계절적 변동에 관한 조사를 위해 2004년 5월부터 2006년 2월까지 광양만의 21개 정점을 선정하여 계절별로 관측을 실시하였다. 수질의 관측결과 폐쇄적인 내만해역의 특성을 잘 반영해 영양염류 등의 농도가 만의 내측인 묘도 서측에서 다른 곳에 비해 상대적으로 높은 농도를 보였다. 계절적 변동은 계절의 주요인자인 수온과 강우의 영향을 많이 받은 하계(2005년 7월)에 가장 높은 농도분포를 보였으며, 동계(2005년 1월, 2006년 2월)에는 상대적으로 낮은 농도분포를 보였다. DIP와 TP의 경우 춘계를 제외한 전 계절에 걸쳐 여수국가산단이 위치한 일부지점에서 높은 농도를 보였다. N/P비의 경우 Redfield비를 상회하는 값은 주로 표층해수에서 춘계(2005년 5월), 동계(2006년 2월)에 나타났으며, 저층해수에서는 거의 모든 정점에서 Redfield비 이하의 값을 보였다. 저질환경의 변동에서 강열감량(IL), 화학적산소요구량(COD)과 산휘발성황화물(AVS)의 농도범위는 각각 2.51~22.10%, 2.65~48.41mg/g-dry, 0.01~8.95mg/g-dry를 보였다. COD는 하계에 높은 농도를 보였고, AVS는 추계에 높은 농도분포를 보였으며, 섬진강 하구와 묘도서측해역에서 다른 지점에 비해 상대적으로 높은 값을 보였다. 저질의 경우 COD와 IL, COD와 AVS사이에 유의한 상관관계를 갖는 것을 확인할 수 있었으며, 상관계수는 각각 0.65와 0.44로 나타났다.

핵심용어 : 광양만, 해양수질환경, 해양저질환경, 계절변동

ABSTRACT : This study was performed to characterize the seasonal variation of water quality and sediment environment from May, 2004 to February, 2006 in 21 stations of Gwangyang bay. Gwangyang bay is located in the middle of south coast of Korea and semi-closed with Yeosu peninsula, Gwangyang-city and Namheo-do. Water quality at the west coast of Myo-do were highly deteriorated than other stations. At summer season(July 2005), the concentration of the most analytical items were highly detected than other seasons and the lowest concentration was at the winter season(January 2005, February 2006). Especially, DIP and TP were highly detected around the coast of Yeosu industrial complex. N/P ratio were higher than 16 of Redfield ratio in the spring(May 2005) and winter(February 2006) at the surface layer. While at other seasons and most stations were lower than 16 of Redfield ratio. In the survey of sediment environment, ignition loss(IL), chemical oxygen demand(COD) and acid volatile sulfide(AVS) were in the range of 2.51~22.10%, 2.65~48.41mg/g-dry and 0.01~8.95mg/g-dry, respectively. COD in surface sediment was highest at summer season. AVS was highest at autumn. In sediment, the corelationship coefficients between COD and IL, COD and AVS were 0.65 and 0.44, respectively.

KEY WORDS : Gwangyang Bay, Seawater quality, Sediment environment, Seasonal variation

1. 서 론

남해안의 중앙부에 위치한 반폐쇄성 내만해역인 광양만은 동서의 길이가 17km, 남북의 폭이 약 9km로 해안선의 길이가 229km이며, 넓이가 159.7km²로 전형적인 리아스식 해안이었으나, 최근 매립등의 영향으로 63.5%가 인공해안으로 구성되어 있다(해양수산부, 2004). 광양만은 북서해역에서 광양의 동천과

서천이 유입되고 있으며, 북측의 중앙부에는 수어천과 섬진강이 유입되고 있으며, 남해대교가 위치해있는 노랑해협과 여수해만을 통해서 해수가 교환된다. 만의 중앙에는 묘도가 위치해 있으며, 묘도의 서측은 5m내외의 얇은 수심을 형성하고 있고, 묘도의 동측과 북측 및 여수해만에서는 20m내외의 수심층을 형성하고 있다.(수로국, 1993) 묘도를 중심으로 북측에는 80년대 조성되어 가동중인 광양체철소와 그 연관산업단지가 위치해 있으며, 지리적조건이 최적으로 선정되어 건립·가동중인 광양컨테이너부두와 섬진강하구의 하동 갈사만에 하동화력이 위치해

*대표저자 : 종신회원, hscho@chonnam.ac.kr, 061)659-3146

있고, 남측은 70년대 말에 석유화학공업을 중심으로 형성된 여수국가산업단지가 위치해 있으며, 만의 서측은 울촌2산단이 조성중에 있다. 현재 울촌1산단이 매립이 완료되어 하이스코가 가동중에 있으며, 울촌2산단 지구가 매립공사를 진행 중에 있다. 이러한 공단 및 항만의 개발은 광양만의 지형을 상당부분 바꿔놓았으며, 광양서측내만의 경우 매립의 진행으로 인해 해역의 크기가 작아져 그 유동변화가 아주 크게 나타나며 그 영향이 여수해만 및 대도 부근까지 나타난다. 이러한 광양만의 지형변화는 해양환경에 큰 영향을 주며 광양제철소, 여수국가산업단지 및 인근 연관단지에서 배출되는 산업폐수 및 생활하수의 증가등으로 점차 광양만의 해양환경이 악화될 것으로 사료된다. 연안의 환경 오염정도는 용존산소(DO), 화학적 산소요구량(COD), 영양염류, 중금속류, 유지류 등 다양한 항목의 조사 분석으로 평가될 수 있다. 이들 항목 중 영양염류(Nutrients)는 연안 해역의 영양단계 및 오염정도를 나타내는 지표로 이용될 뿐만 아니라 생물생산 제한인자로서 알려져 있다(Hecky, 1988).

본 연구에서는 광양만 해역의 수질 및 저질의 계절적 특성을 파악하여 환경관리해역으로 지정된 본 해역의 환경적 특성을 규명하여 해역의 효율적인 관리를 위한 기초 자료로 제공하고자 한다.

2. 재료 및 방법

2.1 조사시기 및 조사 정점

Fig. 1에서 나타낸 바와 같이 광양만의 21개 정점에서 2004년 5월부터 2006년 2월 까지 계절별로 총7회에 걸쳐 수질과 저질을 각각 조사하였다. 수질시료의 경우 표층수는 바켓스, 저층수는 Van Dorn 채수기를 이용하여 폴리에틸렌(PE)제병에 채수하였으며 채수 후 실험실로 운반하여 즉시 분석하였다. 저질시료의 경우, 중력식 core 채수기를 이용하여 경질유리병에 채집하여 아이스박스에 넣어 실험실로 운반 후 실험시까지 영하 20℃에서 냉동 보관하였다.

수질 분석은 pH, 용존산소(DO), 총부유물질(SS), 화학적 산소요구량(COD)과 영양염류인 암모니아성 질소(NH₄⁺-N), 아질산성 질소(NO₂⁻-N), 질산성 질소(NO₃⁻-N), 인산염 인(PO₄³⁻-P), 규산 규소(Si(OH)₄-Si), 총인(TP) 및 총질소(TN)를 분석하였다. 분석방법은 해양환경공정시험방법(해양수산부, 2002, 2005) 및 해양관측지침(日本氣象協會編, 1985)에 준하여 분석하였다. 저질 분석은 함수율(%), 강열감량(IL), 화학적 산소요구량(COD), 산화발성황화물(AVS)을 분석하였으며 해양환경공정시험방법(해양수산부, 2002, 2005)과 新編水質汚濁調査指針(日本水産資源保護協會編, 1980)에 준하여 분석하였다.

수질의 분석항목별 분석방법은 pH는 pH Meter(IQ150), 염분은 전도도 측정기(YSI-3200)를 사용하여 현장에서 측정하였으며, 총부유물질(SS)는 유리섬유 여과지로 여과하여 중량법으로 측정하였다.

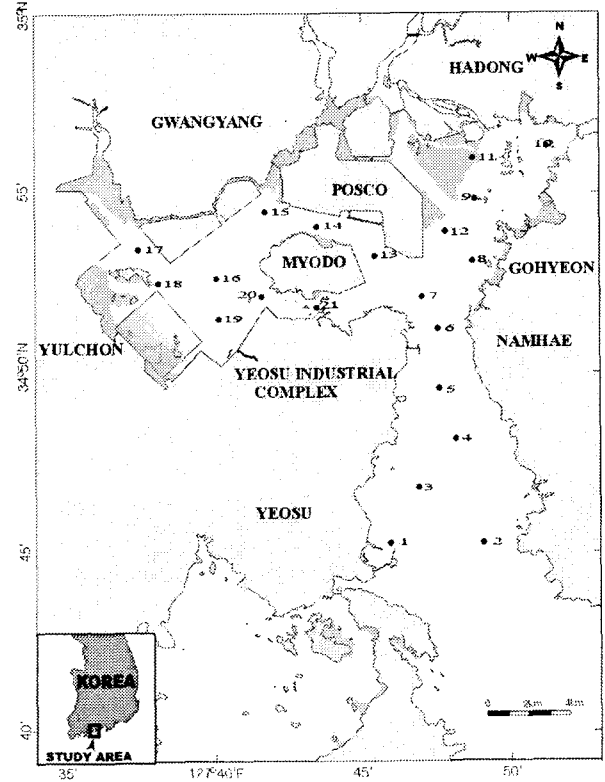


Fig. 1. Map showing sampling stations.

용존산소(DO)는 윙클러-아지드화 나트륨 적정법을 이용하여 측정하였으며, 현장에서 고정 후 실험실로 옮겨 즉시 측정하였다. 화학적 산소요구량(COD)은 알칼리성 과망간산 칼륨법으로 측정하였다. 영양염류의 분석은 채수한 해수를 Pore Size 약 1 μm인 유리섬유 여과지(GF/C)를 이용하여 여과시킨 후 여액을 시료로 제공하여 암모니아성 질소(NH₄⁺-N)는 인도페놀법, 아질산성 질소(NO₂⁻-N)는 디아조화법, 질산성 질소(NO₃⁻-N)는 카드뮴-구리 칼럼 환원법, 인산 인(PO₄³⁻-P) 및 규산 규소(Si(OH)₄-Si)는 폴리브덴 청법으로 분석하였다. 총질소(TN)과 총인(TP)는 비여과수를 이용한 알칼리성 과황산칼륨 산화에 의한 동시분석법을 통해 분석하였다. 저질의 분석항목별 분석방법은 공극율과 함수관계를 가지는 함수율은 해저퇴적물의 건조 전 무게와 건조 후 무게 차이를 측정하였고, 퇴적물 중의 유기물을 측정하는 방법 중 하나인 강열감량(IL)은 건조후, 고온도 회화법을 이용하여 화학저울로 중량을 측정하여 감량에 대한 백분율로 나타내었다. 퇴적물내의 간접적으로 유기물의 양을 추정할 수 있는 화학적 산소요구량(COD)은 알칼리성 과망간산칼륨법으로 측정하였다. 산화발성황화수소(AVS)는 황산 산성 하에서 황화수소를 추출시켜 검지관법으로 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 광양만의 수질환경

계절별 항목별 변동범위 및 평균치를 Table 1과 2에 계절

Table 1. Seasonal range and mean values of analytical parameters in seawater of Gwangyang Bay at 2004-2005.

Parameters		2004				2005	
		May		November		January	
		Range	Mean	Range	Mean	Range	Mean
Temp (°C)	S	-	-	13.4~18.3	16.00	4.9~8.3	6.79
	B	-	-	13.7~16.8	15.82	5.2~7.9	6.78
Sal (psu)	S	29.8~31.0	30.4	27.4~32.0	31.2	32.0~33.0	32.6
	B	29.9~31.4	30.7	30.7~32.4	31.7	32.1~33.1	32.7
pH	S	7.83~7.95	7.91	7.71~8.59	8.15	7.39~7.54	7.47
	B	7.89~8.08	7.97	7.65~8.42	8.16	7.41~7.48	7.44
SS	S	11.86~22.86	15.92	7.43~30.00	19.01	3.29~23.71	14.77
	B	14.00~39.71	20.15	10.29~35.57	21.84	10.29~22.29	15.25
DO (mg/L)	S	5.76~7.93	6.20	7.29~8.55	7.82	8.45~11.53	10.25
	B	5.78~8.09	6.20	6.82~8.41	7.53	8.77~10.87	9.88
COD (mg/L)	S	0.1~2.6	1.1	0.1~2.4	0.8	0.6~1.8	1.2
	B	ND~0.8	0.4	0.2~2.4	0.9	0.9~2.2	1.4
NH ₄ ⁺ -N (μg-at./L)	S	0.89~7.70	3.15	0.02~3.54	1.32	0.12~1.28	0.57
	B	0.24~5.71	2.78	0.06~2.01	0.97	0.29~1.19	0.69
NO ₂ ⁻ -N (μg-at./L)	S	0.22~0.64	0.39	1.17~3.67	1.92	0.01~0.27	0.10
	B	0.22~0.48	0.34	0.72~3.24	1.71	0.01~0.22	0.08
NO ₃ ⁻ -N (μg-at./L)	S	1.10~5.99	2.58	0.10~4.01	2.00	0.06~1.08	0.22
	B	0.90~4.05	1.75	0.03~6.60	1.93	0.05~0.20	0.15
DIN (μg-at./L)	S	2.39~14.25	6.12	2.08~10.19	5.24	0.41~1.88	0.89
	B	1.41~8.96	4.68	1.92~7.90	4.55	0.42~1.41	0.93
DIP (μg-at./L)	S	0.57~1.72	0.79	0.84~1.80	1.13	0.40~2.35	0.67
	B	0.25~1.09	0.66	0.76~1.71	1.07	0.48~0.80	0.62
Si(OH) ₄ -Si (μg-at./L)	S	11.04~21.04	15.19	3.80~30.67	20.30	0.79~6.19	1.79
	B	10.34~17.98	13.98	9.13~33.32	19.91	0.41~2.41	1.38
TN (mg/L)	S	0.11~0.28	0.18	0.30~0.85	0.52	0.27~0.48	0.36
	B	0.08~0.15	0.12	0.30~0.88	0.46	0.29~0.49	0.36
TP (mg/L)	S	0.03~0.06	0.05	0.05~0.10	0.07	0.03~0.11	0.05
	B	0.03~0.12	0.05	0.04~0.09	0.06	0.04~0.08	0.05

별 층별 평균치의 변동을 Fig.2에 나타내었다. 총부유물질(SS)은 전 기간동안 표층에서 3.29~51.86mg/L의 농도범위를 보였으며, 저층에서 3.29~68.00mg/L의 값을 보였다. 저층에서 다소 높은 농도를 보였으며 조사시에 기상조건과 만내의 준설공사의 여부에 따라 많은 농도차를 보였다.

용존산소(DO)의 분포범위는 춘계인 2004년 5월에 표층에서 5.76~7.93mg/L(평균 6.20)의 범위를 보였고, 저층에서는 2005년 7월에 평균 6.14로 전 조사기간 중 가장 낮은 농도를 보였으며, 동계인 05년 1월과 06년 2월에 각각 표층과 저층에서 평균 10.25, 11.27과 9.88, 11.19mg/L의 값으로 최고농도를 보였다. 동계의 DO의 분포는 춘계나 하계에 비해 표저에서 높은 값으로 농도분포를 보였으며, 이러한 값은 일반적인 해양 환경에서 나타나는 계절적 특징과 일치한다.

화학적산소요구량(COD)은 수중의 피산화성 물질을 산화제로 화학적으로 산화하였을때 소비되는 산소량으로, 수중의 유기물의 분포를 아는 척도로서 질소와 인과 함께 해역의 부영양화 상태를 판단하는 지표로 이용되고 있다. 화학적산소요구량의 경우 전 조사기간에 걸쳐 광양만과 여수해만에서 2mg/L 이하의 값으로 1등급의 수질현황을 보여주고 있었다. 계절적으로는 하계와 동계에 다소 낮은 값을 보였으며, 춘계인 2005년 5월에 표층과 저층에서 각각 0.11~2.51mg/L(평균 1.45)와 0.19~7.67mg/L(평균1.46)의 값으로 가장 높은 농도를 보였

으며, 19, 14번 지점과 여수신항 부근의 1번 지점에서 다소 높게 조사되었다. 이러한 화학적산소요구량의 값은 기존의 자료(국립수산과학원, 1997~2003)에 값에 비해 다소 낮은 농도분포를 보였다.

암모니아성 질소, 아질산성 질소, 질산성 질소의 합으로 나타내는 용존무기질소(DIN)는 생물의 성장에 필수적인 원소이며 특히 인과 함께 생물의 성장에 제한 요소로 작용하지만, 필요이상으로 존재하게 되면 부영양화 및 적조등의 유해한 영향을 유발하기도 한다. 용존무기질소의 계절별 변동은 2005년 하계인 7월에 표층과 저층에서 각각 2.21~11.68μg-at./L(평균 7.77), 2.11~12.10μg-at./L(평균 7.17)로 가장 높은 값을 보였으며, 동계(2005년 1월)에 표층과 저층에서 각각 0.41~1.88μg-at./L(평균 0.89), 0.42~1.41μg-at./L(평균 0.93)로 가장 낮은 농도범위를 보였다.

용존무기인(DIP)은 해수중에서 인산염(PO₄³⁻-P)의 형태로 존재하는 인을 의미한다. 용존무기인의 농도는 춘계인 2004년 11월에 표저층에서 각각 0.84~1.80μg-at./L(평균 1.13), 0.76~1.71μg-at./L(평균 1.07) 가장 높은 농도를 나타냈으며, 동계인 2006년 2월에 표저층에서 각각 0.08~0.90μg-at./L(평균 0.25), 0.08~0.71μg-at./L(평균 0.28)로 가장 낮은 농도분포를 나타내고 있었다. 하지만 용존무기질소와는 다르게 계절변화에 따른 변동폭이 상대적으로 작게 나타났다.

Table 2. Seasonal range- and mean values of analytical parameters in seawater of Gwangyang Bay at 2005-2006.

Parameters		2005				2006			
		May		July		October		February	
		Range	Mean	Range	Mean	Range	Mean	Range	Mean
Temp (°C)	S	18.9~23.4	20.43	22.0~25.8	23.69	18.8~22.1	20.04	5.0~8.5	6.23
	B	16.3~20.4	18.06	20.8~23.8	21.74	18.7~20.3	19.91	5.0~7.8	6.23
Sal (psu)	S	-	-	30.2~32.5	31.79	30.1~31.5	30.84	26.8~34.4	33.09
	B	-	-	30.6~33.1	32.17	30.6~31.9	31.24	33.0~34.4	33.74
pH	S	7.40~9.00	8.38	7.93~8.40	8.28	8.35~8.55	8.48	8.46~8.58	8.52
	B	7.30~9.10	8.38	8.22~8.38	8.26	8.41~8.56	8.50	8.47~8.55	8.52
SS	S	-	-	23.00~51.86	38.97	3.71~12.29	6.54	17.86~28.00	22.33
	B	-	-	37.57~68.00	46.17	3.29~15.57	6.20	17.71~30.29	24.49
DO (mg/L)	S	-	-	5.00~7.98	6.84	6.68~9.40	8.09	9.34~13.80	11.27
	B	-	-	5.41~7.80	6.14	6.45~9.28	7.58	10.23~13.00	11.19
COD (mg/L)	S	0.11~2.51	1.45	0.08~1.48	0.66	0.40~2.41	1.19	0.09~1.31	0.77
	B	0.19~7.67	1.46	0.28~1.76	1.04	0.44~2.17	1.30	0.09~0.73	0.39
NH ₄ ⁺ -N (μg-at./L)	S	1.06~10.68	3.81	1.48~2.90	2.07	0.21~3.96	1.17	0.00~4.85	1.44
	B	1.33~8.60	2.70	1.57~3.04	2.13	0.55~2.92	1.19	0.03~2.72	1.01
NO ₂ ⁻ -N (μg-at./L)	S	0.03~0.39	0.15	0.04~0.51	0.25	0.70~1.68	1.31	0.16~0.38	0.26
	B	0.06~6.58	0.15	0.31~0.59	0.42	0.54~1.63	1.05	0.12~0.52	0.32
NO ₃ ⁻ -N (μg-at./L)	S	0.21~6.58	2.44	0.69~8.94	5.30	2.02~7.68	3.27	0.54~3.46	1.46
	B	0.56~6.48	1.39	0.36~9.58	5.04	1.08~4.53	2.25	0.08~0.94	0.46
DIN (μg-at./L)	S	1.50~15.53	6.41	2.21~11.68	7.77	3.16~10.69	5.51	0.91~8.16	3.16
	B	2.33~15.59	4.31	2.11~12.10	7.17	2.28~8.73	4.43	0.43~4.12	1.79
DIP (μg-at./L)	S	0.13~0.82	0.55	0.39~1.86	0.77	0.14~1.51	0.65	0.08~0.90	0.25
	B	0.36~0.87	0.62	0.49~1.21	0.83	0.17~0.82	0.48	0.08~0.71	0.28
Si(OH) ₄ -Si (μg-at./L)	S	2.07~11.06	6.33	3.59~18.29	12.56	9.91~20.28	14.31	3.45~23.74	6.81
	B	2.97~15.69	8.94	9.52~18.58	15.32	11.07~28.69	15.91	3.51~6.44	4.72
TN (mg/L)	S	0.41~0.87	0.58	0.63~1.17	0.77	0.34~1.26	0.62	0.12~0.31	0.17
	B	0.37~1.09	0.56	0.54~0.81	0.68	0.53~1.09	0.68	0.03~0.12	0.07
TP (mg/L)	S	0.021~0.045	0.028	0.010~0.058	0.033	0.020~0.065	0.036	0.019~0.042	0.027
	B	0.027~0.056	0.035	0.017~0.049	0.034	0.022~0.048	0.033	0.021~0.045	0.031

총질소(TN)의 경우 전 연구기간동안 표층에서 0.11~1.17mg/L(평균 0.46)의 값을 보여 II등급 수준의 수질상태를 나타냈다. 동계인 06년 2월에 표층에서 0.12~0.31mg/L(평균 0.17)과 저층에서 0.03~0.12mg/L(평균 0.07)의 값으로 가장 낮은 농도를 보였으며, 하계인 2005년 7월에 표층과 저층에서 가장 높은 농도를 보였으며, 하계 총질소의 농도는 해역에서의 수질 III등급 수준의 값을 보이고 있었다. 이 값은 국립수산과학원(2002, 2003)에서 연구한 자료와 유사한 결과를 보이고 있다.

총인(TP)은 전 연구기간동안 표층에서 0.010~0.065mg/L(평균 0.042), 저층에서 0.017~0.090mg/L(평균 0.043)의 값으로 II등급의 수질을 나타냈다. 총인의 농도변화는 계절에 따라서 크게 영향을 받지 않는 것으로 보인다. 하지만 국지적으로 만내의 19, 20, 21번의 지점에서 다른 지점에 비해 상대적으로 높게 관측되었다. 이러한 영향은 하수나 우수에 의한 인의 유입보다는 광양만내의 유입원으로 판단되며 여수산업단지에 가까운 측정 정점에서 인산염 농도가 높게 나타나고 있는데, 이는 산업단지에 위치하고 있는 남해화학의 인산비료 생산과정에서 부산물로 발생하는 석고를 쌓아둔 야적장에서 유출 또는 침출되었을 가능성이 높은 것으로 보고 되고 있다(해양연구원, 2003).

N/P비는 용존무기질소(DIN)와 용존무기인(DIP)의 비로 표현된다. 해수를 생활의 기본영양분으로 하고 있는 1차 생산자의 생체구성 중 질소와 인의 비율은 16:1의 Redfield비로서 잘 알려져 있다. 이는 기본적으로 식물 성장에 제한을 주고 있는 영양소의 인자로서 질소와 인만을 한정하여 생각한다면 수중의 N/P비가 16:1이상인 경우에는 용존 무기인에 비해 용존무기질소가 상대적으로 많아 식물플랑크톤의 성장은 인의 용존량에 의해서 지배된다고 볼 수 있으며, 16:1 보다 작은 경우에는 이와 반대의 현상으로 간주할 수 있다. Fig. 3의 결과로 볼때 표층에서 저층에 비해 Redfield 비 16을 초과한 값이 상대적으로 많이 나타난 것을 확인할 수 있다. 또한 저층의 대부분 지점에서 Redfield비 이하의 값을 나타내고 있어 질소가 제한 인자로 나타났지만 표층에서는 인이 제한인자로 작용하는 지점이 상대적으로 다수 출현하였다. 계절적으로는 봄인 2005년 5월과 겨울인 2006년 2월에 상대적으로 Redfield 비를 초과한 지점이 많이 나타났다. 저층의 경우 만내의 정점이 시작되는 13번지점 이후로 평균 비율보다 높은 값을 형성하였다. 이러한 값은 다른 지역의 연구자료와 비교하여 상대적으로 높은 값으로 나타났으며, 최근의 광양만에 대한 다른 연구자료들과는 유사한 값들을 나타내었다(권기영, 2002, 이영식, 2004).

Table 3. Seasonal ranges and mean values of analytical parameters in sediment in Gwangyang Bay in 2004-2005.

Parameters	2004				2005	
	May		November		January	
	Range	Mean	Range	Mean	Range	Mean
Water content(%)	36.05~65.72	55.64	35.73~63.85	53.25	37.14~66.42	55.54
AVS(mgS/g-dry)	0.16~6.71	1.64	0.02~6.64	1.76	0.02~5.94	1.00
COD(mgO ₂ /g-dry)	12.04~32.95	22.43	7.83~48.41	21.81	5.10~33.71	18.23
IL(%)	4.28~16.14	8.57	5.3~12.35	8.89	7.21~18.77	11.64

3.2. 저질 환경

계절별 항목별 분석결과를 Table 3과 4에 나타내었으며, 계절별 변동 양상을 Fig. 4에 나타내었다. 강열감량(IL)은 춘계인 2004년 5월에 4.28~16.14%(평균 8.57)로 가장 낮은 분포를 보였으며, 2005년 1월에 7.21~18.77%(평균 11.64)로 가장 높은 분포를 보였다. 강열감량의 경우 전 조사기간동안 소폭의 변화를 보였을 뿐 계절의 영향이나 다른 인자에 의한 변동은 거의 없는 것으로 보인다.

화학적산소요구량(COD)은 저질중에 함유되어있는 유기물중 산화되기 쉬운 물질의 양을 과망간산칼륨으로 산화시켜 그 산소소비량을 구하는 것으로 저질중에 유기물질이 많아지면 산소소비량이 증가하므로 오염의 지표로 중요하게 이용된다.

COD는 Fig. 5에서 나타낸 바와 같이 강열감량(IL)이나 산

화발성황화물(AVS)과 유의한 상관관계를 갖는 것을 확인할 수 있으며, 특히 IL과 유의한 상관성을 보이고 있다. 하계인 2005년 7월에 9.58~41.63(평균 26.00)의 범위로 가장 높은 값을 보였으며 조사기간 중 평균농도의 변동은 13.34~26.00mg/g-dry(평균 18.65)로 비교적 큰 변동특성을 보여주었다. 2004년 춘계와 추계 그리고 2005년 하계의 경우 평균이 각각 22.43, 21.81과 26.00mg/g-dry로 저질 COD의 부영양의 기준으로 알려져 있는 20mg/g-dry를 초과하는 것으로 나타났다. 또한, 오염 기준치인 30mg/g(日本水産資源保護協會編, 1980)을 초과하는 정점은 하계인 2005년 7월에 주로 발생하는 것으로 나타났으며, 주로 삼진강 하구역에 위치한 9, 10, 11에서 높은 농도로 나타났으며, 만내의 14, 15번 지점과 낮은 수심을 보이며 머드가 우세한(현상민, 2003) 지역인 19번 지점과 16번 지점에서 다소 높은 농도로 검출되었다. 광양 만내의 14, 15지점을 비롯한 여러 지점에서는 지속적으로 항

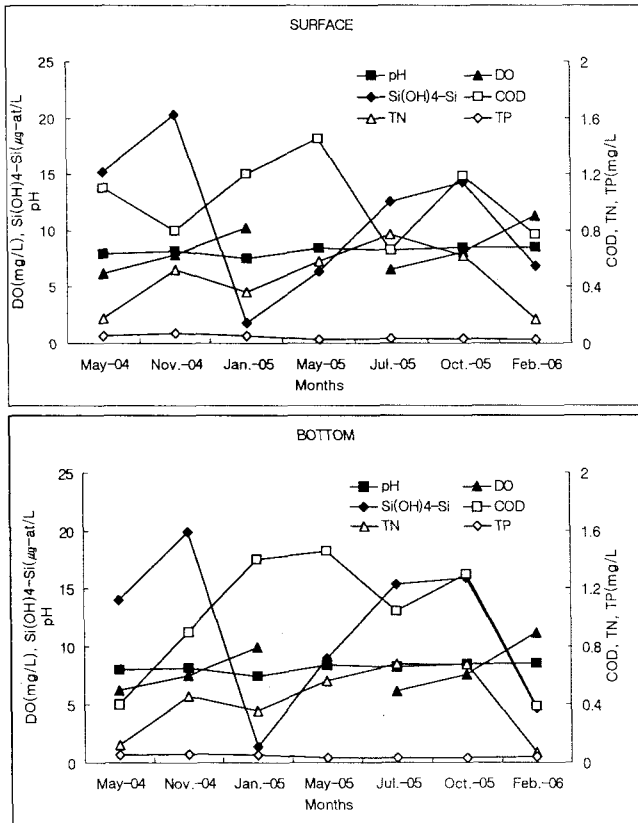


Fig. 2. Seasonal variations of mean values of water quality in surface and bottom layer in Gwangyang bay.

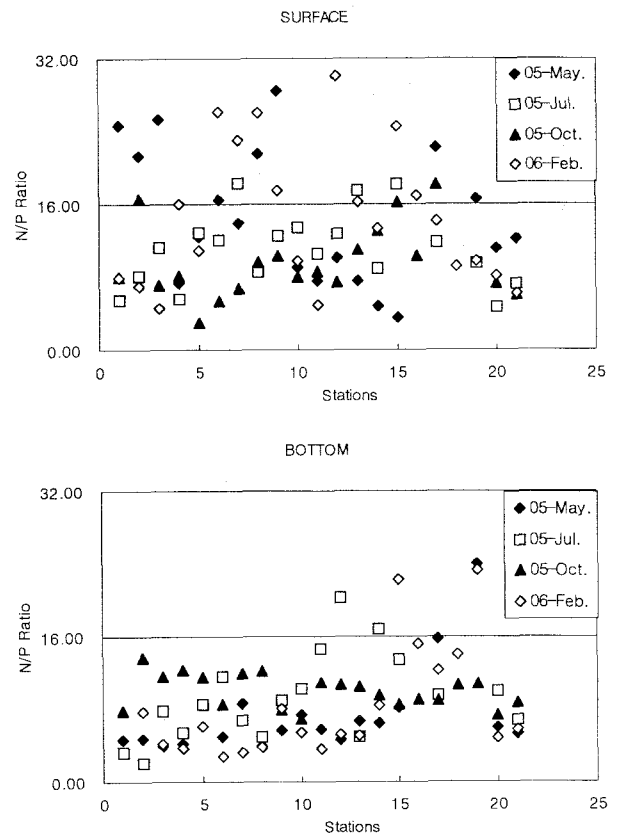


Fig. 3. N/P ratio at each station in Gwangyang bay. 로의 수심을 확보하기 위한 준설이 진행되고 있어 이로 인한

Table 4. Seasonal range and mean values of analytical parameters in sediment in Gwangyang Bay in 2005-2006.

Parameters	2005				2006			
	May		July		October		January	
	Range	Mean	Range	Mean	Range	Mean	Range	Mean
Water content(%)	32.41~63.16	51.60	35.31~61.98	53.36	28.09~62.76	51.72	33.00~65.30	59.16
AVS(mgS/g-dry)	0.01~0.96	0.24	0.06~6.31	0.96	0.02~8.95	0.96	0.01~3.48	0.77
COD(mgO ₂ /g-dry)	2.65~22.04	13.51	9.58~41.63	26.00	2.58~27.97	13.34	3.89~25.59	15.23
IL(%)	6.09~20.14	9.72	5.48~22.10	11.11	4.22~18.65	10.04	2.51~12.02	9.27

농도의 변화가 심할 것으로 예측된다. 지역적으로는 다량의 담수가 유입되는 섬진강의 하구와 광양지역의 동천과 서천을 비롯한 여러 소하천들이 합류되어 유입되어 퇴적층을 형성하는 묘도서측해역에서 다른 지점에 비해 다소 높은 농도특성을 보였다.

산화발성황화물(AVS)의 경우 Fig. 5에서 보는 바와 같이 COD와 유의성 있는 상관관계를 보이며 추계인 2004년 11월에 0.02~6.64mg/g-dry(평균 1.76)로 가장 높은 값을 나타내었고, 춘계인 2005년 5월에 평균 0.24mg/g-dry로 가장 낮은 농도 분포를 보였다. 시기별로 높은 값을 보였던 정점들은 광양만내 항로유지를 위한 준설이 시행되고 있는 지점과 섬진강 하구역에 위치한 지점에서 상대적으로 높은 농도를 보였다.

높은 값을 보였다.

SS는 전 표층에서 3.29~51.86mg/L, 저층에서 3.29~68.00mg/L의 범위를 보였으며, DO는 표층과 저층에서 유사한 농도 분포를 보였으며, 전 조사기간동안 5.00~13.80mg/L의 범위를 보였으며, 동계인 2005년 1월과 2006년 2월에 가장 높은 값을 보였으며, 하계인 2005년 7월에 가장 낮은 값을 보였다. COD는 표층에서 0.10~2.60mg/L의 값을 보였으며 저층에서는 ND~2.40mg/L의 범위를 보였다. DIP의 경우 전 기간동안 0.08~2.35µg-at/L의 범위로 계절에 따라 큰 변동을 나타내지 않았다. 하지만 DIN의 경우 춘계와 하계에 다소 낮은 특성을 보인 반면, 추계와 동계에는 다소 낮은 농도범위를 보였다. 규산은 전 조사기간에 표층에서 0.79~30.67µg-at/L의 범위를 보였고,

4. 결론

4.1. 수질 환경의 계절적 변동

광양만의 수질 및 저질환경의 계절별 변동특성을 파악하기 위하여 2004년 5월부터 2006년 2월까지 계절별로 조사한 내용을 종합하면 다음과 같다.

염분은 전 기간을 통하여 표층에서는 26.8~34.4psu, 저층에서는 29.9~34.4psu의 값을 보였으며, 춘계인 2004년 5월에 가장 낮은 값을 보였으며, 동계인 2006년 2월에 가장

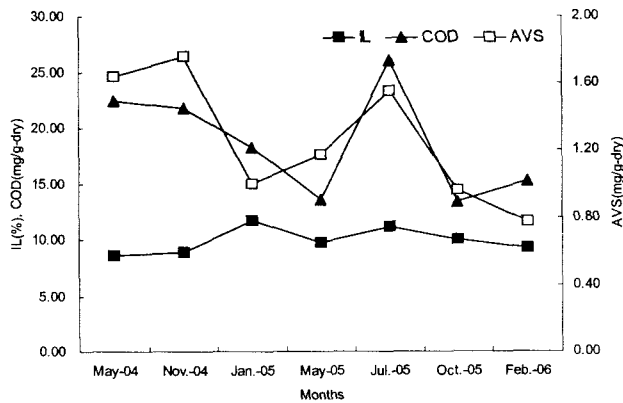


Fig. 4. Seasonal variations of mean values of IL, COD, and AVS in surface sediment in Gwangyaang bay.

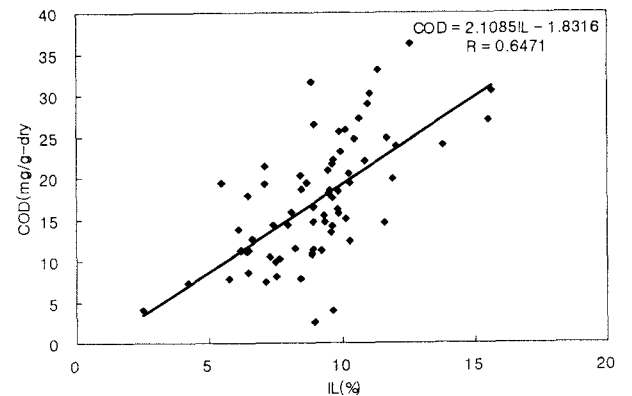
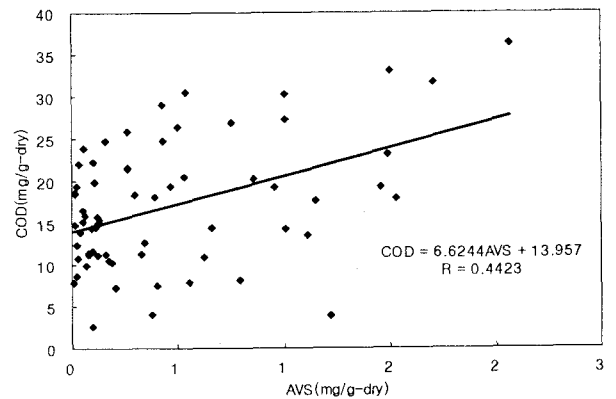


Fig. 5. Relationship between COD and IL, COD and AVS in surface in Gwangyang bay.

저층에서는 0.41~33.32 $\mu\text{g-at./L}$ 농도 범위를 보였으며, 계절에 따라 강수량이 상대적으로 많은 계절인 하계(2005년 7월)와 추계(2004년 11월, 2005년 10월)에 높은 농도를 보이고, 강수량이 적은 동계에 가장 낮은 농도분포를 보였다.

TP의 경우 DIP와 유사하게 전 계절에 걸쳐 변동이 크지 않았으며, 분포농도는 표층에서 0.010~0.110mg/L, 저층에서 0.017~0.120mg/L의 범위를 보였다. TN의 경우 추계인 2004년 11월과, 2005년 10, 하계인 2005년 7월에 다른 시기에 비해 상대적으로 높은 농도분포를 보였으며, 지점별로는 광양만의 내측이 여수해만을 포함한 외측에 비해 보다 높은 농도분포를 보였다.

영양염류는 표층과 저층에서 계절변화에 따라 유사한 농도분포를 보였으며 전반적으로 수온이 높으며 강수량이 많았던 하계에 다른 계절에 비해 높은 농도를 보였으며, 전 계절에 걸쳐 광양만내에서의 농도가 여수해만에서의 농도와 비교하였을 때 상대적으로 높은 것으로 나타났다.

N/P비는 전 해역에서 2.02~28.41의 범위를 보였으며 표층해수에서 춘계와 동계에 Redfield비인 16을 초과하는 값이 상대적으로 높게 나타났다. 하지만 저층의 거의 모든 지점에서는 인이 제한인자로 작용하는 16이하의 값을 보였다.

4.2. 저질 환경의 계절적 변동

저질환경은 전 조사기간을 통하여 IL이 2.51~22.10%, COD는 2.65~48.41mg/g-dry, AVS가 0.01~8.95mg/g-dry의 범위로 COD의 경우 하계에 가장 높은 농도분포를 보였으며, 섬진강 하구지점과 광양만내의 5m 이하의 얕은 수심층을 형성하고 있는 묘도서측 지점에서 농도가 높게 검출되었다. AVS와 IL항목도 COD와 유사하게 섬진강 하구역에서 상대적으로 높은 농도분포를 보였다. 또한, 이러한 항목들의 값은 대체로 하계에 가장 높은 농도분포를 보였고, 동계와 춘계에 상대적으로 낮은 농도분포를 보였다.

참 고 문 헌

- [1] 교육부(2001), 광양만 종합개발에 따른 섬진강 하구역의 해양환경변화, pp. 343-473.
- [2] 김도희(2004), 광양만으로 유입되는 질소, 인의 점원 오염부하 특성, J. of KOSEE Vol. 8, pp. 1-8.
- [3] 김도희(2002), 영양염 용출 측정에 관한 고찰, 한국환경과학회지, Vol. 11, pp. 1333-1337.
- [4] 김형태(2005), 광양만 해양수질 및 저질의 계절적 변동에 관한 연구, 이학사 학위논문, pp. 56.
- [5] 조현서(2001), 광양만 유해물질 오염, Proceeding of the KOSMEE spring annual meeting, pp. 113-118
- [6] 이대인(2004), 광양만유역 점오염원의 오염부하량과 시간변동 특성, Bull. Fish. Sci. Inst., Yosunat' Univ. Vol. 13, pp. 59-68.
- [7] 이영식(2001), 광양만에서 식물플랑크톤증식 제한영양염의 시·공간적 변동 특성, 한국해양학회지-바다, Vol. 6, pp. 201-210.
- [8] 이영식(2004), 광양만에서 식물플랑크톤증식 제한영양염의 시·공간적 변동 특성, J. of KSEE Vol. 26, pp. 890-895.
- [9] 이원제(2004), 광양만에서 식물플랑크톤의 시·공간적 변화, 경남대학교 환경문제연구소, Vol. 27, pp. 105-127.
- [10] 장민철(2004), 광양만에서 동물플랑크톤 군집의 계절 변화, Korean J. Environ. Biol. 22(Special issue), pp. 11-29.
- [11] 조영길(2000), 광양만 표층퇴적물의 중금속 함량 및 분포, 한국환경과학회지, Vol. 5, pp. 131-140.
- [12] 최정민(1997), 광양만과 여수해만의 퇴적환경, 여수수산대학교 이학석사학위논문, pp. 66.
- [13] 해양수산부(2004), 환경관리해역 환경개선연구(III), pp. 639.
- [14] 해양수산부, 해양환경공정시험방법, (2002, 2005)
- [15] 현상민(2003), 광양만 및 여수해만 표층퇴적물의 지화학적 특성과 중금속 오염, 한국해양학회지-바다, Vol. 8, pp. 380-391.
- [16] 현상민(2004), 지화학적 자료에 근거한 광양만 표층퇴적물의 특성과 저서환경, Korean J. Environ. Biol. 22, pp. 93-102.
- [17] Hecky, R. E. (1988), Nutrient limitation of phytoplankton in freshwater and marine environments: A review of recent evidence on the effects of enrichment, Limnol. Oceanogr, Vol. 33, 796-822.
- [18] 日本氣象協會編, 1985, 海洋觀測指針.
- [19] 日本水産資源保護協會編, 1980, 新編水質汚濁調査指針 恒星社厚生閣, 東京.