

2007년 광양만의 해양수질 및 저질의 계절 변동에 관한 연구

유진호, 조현서, 유영석, 박정채, 김용옥¹⁾

전남대학교 수산해양대학 해양기술학부, 해양오염방제조합¹⁾

Study of Characteristics of Seasonal Fluctuation of Water Quality and Sediment Environment in Gwangyang Bay in 2007

Yu Jin-Ho, Cho Hyeon-Seo, You Young-Seok, Park Jeong-Chae, Kim Yong-Ok¹⁾

Faculty of Marine Technology, College of Ocean Science and Technology, Chonnam National University, Korea Marine Pollution Response Corp.¹⁾

요 약 : 광양만 해양수질 및 저질의 계절적 변동에 관한 조사를 위해 2007년 2월부터 2007년 10월까지 광양만의 21개 정점을 선정하여 계절 별로 관측하였다. 용존산소(DO)는 표층에서 6.03~10.98mg/L와 저층에서 4.43~10.77mg/L, 화학적산소요구량은(COD)표층에서 0.12~3.16mg/L와 저층에서0.20~2.64mg/L, 용존무기질소(DIN)는 표층에서 0.23~18.28 μ g-at/L와 저층에서 0.33~9.56 μ g-at/L, 용존무기인(DIP)은 표층에서 0~1.47 μ g-at/L와 저층에서 0~4.56 μ g-at/L 농도를 보였다. 퇴적물에서의 강열감량은(IL)은2.86~21.17%, 산 휘발성황화물은(AVS)은0~6.11mg/g-dry 그리고 화학적 산소요구량(COD)은 2.64~23.23mg/g-dry 의 농도분포를 보였다.

핵심용어 : 광양만, 해양수질환경, 해양저질환경, 계절변동

Abstract : This study was performed to characterize the seasonal variation of water quality and sediment environment from February, 2007 to October, 2007 in 21 stations of Gwangyang bay. 6.03~11.98mg/L on surface and 4.43~10.71mg/L on bottom in DO, 0.12~3.16mg/L on surface and 0.20~2.64mg/L on bottom in COD, 0.23~18.28 μ g-at/L on surface and 0.33~9.56 μ g-at/L on bottom in DIN, ND~1.47 μ g-at/L on surface and 0~4.56 μ g-at/L on bottom in DIP. IN sediment the ranges were 2.86~21.17% in IL, 0~6.11mg/g-dry in AVS and 2.64~23.23mg/g-dry in COD.

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 노량해협과 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 광양제철소와 그 연관산업단지가 위치해 있으며, 지리적조건이 최적지로 선정되어 건립·가동중인 광양 컨테이너부두와 섬진강하구의 하동 갈사만에 하동화력이 위치

해 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, 유기류 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

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

규명하여 해역의 효율적인 관리를 위한 기초 자료로 제공하고 자 한다.

2. 재료 및 방법

2.1 조사시기 및 조사 정점

Fig. 1에서 나타낸 바와 같이 광양만의 21개 정점에서 2007년 2월부터 2007년 10월 까지 계절별로 총 4회에 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 경질 유리병에 채집하여 아이스박스에 넣어 실험실로 운반 후 실험시까지 영하 20℃에서 냉동 보관하였다.

수질 분석은 pH, 용존산소(DO), 총부유물질(SS), 화학적산소요구량(COD)과 영양염류인 암모니아성 질소(NH_4^+-N), 아질산성 질소(NO_2^--N), 질산성 질소(NO_3^--N), 인산염 인($\text{PO}_4^{3--}\text{P}$), 규산 규소($\text{Si}(\text{OH})_4\text{-Si}$), 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), 산취발성황화물(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(Thermo-Orion Star), 염분은 전도도 측정기(YSI-3253)를 사용하여 현장에서 측정하였으며, 총부유물질(SS)는 유리섬유 여과지로 여과하여 중량법으로 측정하였다.

용존산소(DO)는 윙클러-아지드화 나트륨 적정법을 이용하여 측정하였으며, 현장에서 고정 후 실험실로 옮겨 즉시 측정하였다. 화학적산소요구량(COD)은 알칼리성 과망간산 칼륨법으로 측정하였다. 영양염류의 분석은 채수한 해수를 Pore Size 약 1 μm 인 유리섬유 여과지(GF/F)를 이용하여 여과시킨 후 여액을 시료로 제공하여 암모니아성 질소(NH_4^+-N)는 인도페놀법, 아질산성 질소(NO_2^--N)는 디아조화법, 질산성 질소(NO_3^--N)는 카드뮴-구리 칼럼 환원법, 인산 인($\text{PO}_4^{3--}\text{P}$) 및 규산 규소($\text{Si}(\text{OH})_4\text{-Si}$)는 몰리브덴 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. 산취발성황화수소(AVS)는 황산 산성 하에서 황화수소를 추출시켜 검지관법으로 측정하였다.

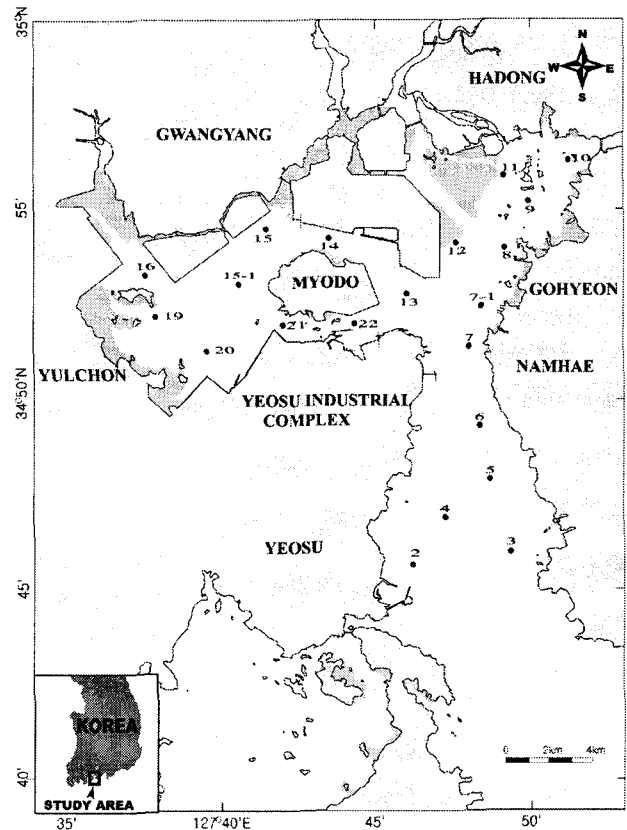


Fig. 1. Map showing the sampling stations.

3. 결과 및 고찰

3.1 광양만의 수질환경

계절별 항목별 변동범위 및 평균치를 Table 1에 나타내었다.

총부유물질(TSS)는 전 기간동안 표층에서 7.57~108.0mg/L의 농도범위를 보였으며, 저층에서 4.14~152.29mg/L의 값을 보였다. 저층에서 다소 높은 농도를 보였다.

용존산소(DO)의 농도분포는 표층에서 춘계 7.27~9.15(평균 8.39)mg/L, 하계 6.03~7.63(평균 6.67)mg/L, 추계 6.69~8.20(평균 7.27)mg/L, 동계 9.75~10.98(평균 10.04)mg/L의 범위를 보였고, 저층에서는 춘계 4.43~8.47(평균 7.20)mg/L, 하계 4.70~6.50(평균 5.87)mg/L, 추계 6.75~8.12(평균 7.10)mg/L, 동계 9.48~10.77(평균 9.98)mg/L의 농도 범위를 보였다. 계절별로는 해수 중에 산소가 많이 녹아 있는 동계에 10mg/L 이상으로 높게 나타났고, 이러한 값은 일반적인 해양환경에서 나타나는 계절적 특징과 일치한다

화학적산소요구량(COD)은 수중의 피산화성 물질을 산화제로 화학적으로 산화하였을 때 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 II등급의 수질현황을 보여주고 있었다.

Table 1. Seasonal range and mean values of analytical parameters in seawater of Gwangyang Bay at 2007.

Parameters	2007								
	February		May		August		October		Mean
	Range	Mean	Range	Mean	Range	Mean	Range	Mean	
Temp (°C)	S	5.7~8.0	7.17	19.2~24.0	20.6	23.9~28.3	26.1	19.5~24.3	21.0
	B	6.0~7.9	7.27	16.0~20.0	17.72	23.8~26.1	24.5	19.1~21.2	20.7
Sal (psu)	S	32.1~33.6	33.1	28.5~31.5	30.4	32.2~33.3	32.8	25.1~31.50	30.42
	B	32.8~33.8	33.33	28.8~31.5	30.6	31.9~33.1	32.6	30.1~31.7	30.9
pH	S	8.12~8.19	8.16	7.90~8.04	7.99	7.81~8.16	7.98	8.18~8.28	8.23
	B	8.14~8.22	8.17	7.82~7.98	7.91	7.68~8.07	7.93	8.21~8.30	8.26
SS	S	10.00~60.00	35.57	34.14~52.00	41.56	42.57~57.14	47.50	7.57~48.29	15.06
	B	12.50~113.00	37.24	37.29~56.57	45.79	49.43~139.71	66.97	4.14~152.29	43.79
DO (mg/L)	S	9.75~10.98	10.04	7.27~9.15	8.39	6.03~7.63	6.67	6.69~8.20	7.27
	B	9.48~10.77	9.98	4.43~8.47	7.20	4.70~6.50	5.87	6.75~8.12	7.10
COD (mg/L)	S	0.46~2.85	1.28	0.12~1.24	0.73	1.08~3.16	1.67	0.47~1.63	0.82
	B	0.54~2.26	0.99	0.20~1.08	0.64	1.08~2.64	1.59	0.55~2.27	1.31
NH ₄ ⁺ -N (μg-at./L)	S	0.19~1.85	0.77	0.13~2.16	0.44	0.33~1.10	0.64	0.27~2.82	1.65
	B	0.03~1.82	0.62	0.28~2.09	1.01	0.39~2.24	1.19	0.39~2.24	1.19
NO ₂ ⁻ -N (μg-at./L)	S	0.21~0.82	0.50	0.02~0.86	0.27	0.15~1.60	0.61	0.10~0.56	0.41
	B	0.20~0.70	0.40	0.11~0.62	0.36	0.62~2.01	1.04	0.15~0.51	0.41
NO ₃ ⁻ -N (μg-at./L)	S	0.12~4.53	2.04	0.08~7.75	2.12	0.03~8.82	1.98	0.54~15.46	4.47
	B	0.01~4.23	1.42	0.07~7.32	1.19	0.01~7.32	1.79	0.60~6.67	3.01
DIN (μg-at./L)	S	0.70~5.13	2.77	0.23~9.91	2.57	0.45~9.20	2.58	0.81~18.28	6.12
	B	0.33~4.69	1.99	0.38~5.21	2.19	0.47~9.56	2.99	1.51~8.45	4.43
DIP (μg-at./L)	S	0.27~0.98	0.60	0.72~1.47	1.00	0.50~1.38	1.04	ND~0.67	0.17
	B	0.29~1.26	0.83	ND~1.92	0.85	0.18~4.56	1.22	ND~0.92	0.31
Si(OH) ₄ -Si (μg-at./L)	S	5.43~9.78	8.36	1.44~13.83	5.66	0.82~7.28	4.24	3.98~31.55	9.57
	B	3.09~9.31	6.94	4.08~9.14	6.39	4.21~9.60	6.31	3.45~8.25	6.40
TN (mg/L)	S	0.60~0.82	0.72	0.66~1.02	0.81	0.76~1.94	1.13	0.57~0.91	0.68
	B	0.48~0.72	0.62	0.03~0.77	0.64	0.66~2.35	1.06	0.53~0.68	0.61
TP (mg/L)	S	0.027~0.053	0.040	0.024~0.054	0.035	0.016~0.052	0.038	0.018~0.049	0.028
	B	0.031~0.051	0.043	0.028~0.064	0.040	0.036~0.149	0.054	0.018~0.045	0.033

* ND : Not detected

표층의 경우 춘계 0.12~1.24(평균 0.73)mg/L, 하계 1.08~3.16(평균 1.67)mg/L, 추계 0.47~1.63(평균 0.82)mg/L, 동계 0.46~2.85(평균 1.28)mg/L의 값을 보였고, 저층에서는 춘계 0.20~1.08(평균 0.64)mg/L, 하계 1.08~2.64(평균 1.59)mg/L, 추계 0.55~2.27(평균 1.31)mg/L, 동계 0.54~2.26(평균 0.99)mg/L의 값을 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. 표층의 경우 춘계 0.23~9.91μg-at./L(평균2.57), 하계 0.45~9.20μg-at./L(평균2.58), 추계 0.81~18.28μg-at./L(평균6.12), 동계0.70~5.13μg-at./L(평균2.77)값을 보였고, 저층에서는 춘계 0.38~5.21μg-at./L(평균2.19), 하계 0.47~9.56μg-at./L(평균2.99), 추계 1.51~8.45μg-at./L(평균4.43), 동계0.33~4.69μg-at./L(평균1.99)의 값을 보였다.

용존무기인(DIP)은 해수중에서 인산염(PO₄³⁻-P)의 형태로 존재하는 인을 말한다. 표층에서 춘계 0.72~1.47(평균 1.00)μg-at./L, 하계 0.50~1.38(평균 1.04)μg-at./L, 추계 ND~0.67(평균 0.17)μg-at./L, 동계 0.27~0.98(평균 0.60)μg-at./L의 농도를 보였

고, 저층에서 춘계 ND~1.92(평균 0.85)μg-at./L, 하계 0.18~4.56(평균 1.22)μg-at./L, 추계 ND~0.92(평균 0.31)μg-at./L, 동계 0.29~1.26(평균 0.83)μg-at./L의 농도를 보였다. 하계에 가장 높은 값을 보였다.

총 질소(TN)는 표층에서 춘계 0.66~1.02(평균 0.81)mg/L, 하계 0.76~1.94(평균1.13)mg/L, 추계 0.57~0.91(평균 0.68)mg/L, 동계 0.60~0.82(평균 0.72)mg/L의 농도를 보였고, 저층에서는 춘계 0.03~0.77(평균 0.64)mg/L, 하계 0.66~2.35(평균 1.06)mg/L, 추계 0.53~0.68(평균 0.61)mg/L, 동계 0.48~0.72(평균 0.62)mg/L의 농도분포를 보였다. 하계에 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.

총 인(TP)은 전 연구기간동안 표층에서 0.016~0.054mg/L(평균 0.035), 저층에서 0.018~0.149mg/L(평균 0.042)의 값으로 II등급의 수질을 나타냈다. 총 인의 농도변화는 계절에 따라서 크게 영향을 받지 않는 것으로 나타났다.

3.2. 저질 환경

계절별 항목별 분석결과를 Table 2에 나타내었다.

Table 2. Seasonal range and mean values of analytical parameters in sediment in Gwangyang Bay at 2007..

Parameters	2007							
	February		May		August		October	
	Range	Mean	Range	Mean	Range	Mean	Range	Mean
AVS(mgS/g-dry)	ND~6.11	0.93	ND~2.16	0.48	ND~2.79	0.81	0.01~3.96	1.04
COD(mgO ₂ /g-dry)	3.57~23.23	13.30	4.42~19.72	11.44	ND~2.79	0.81	2.64~22.91	13.79
IL(%)	4.14~21.27	10.56	3.29~235.70	26.30	3.45~9.53	7.18	2.86~16.56	6.54

유기물 함량의 상대적 지표를 나타내는 강열감량(IL)의 값은 춘계 3.29~235.70(평균 26.30)%, 하계 3.45~9.53(평균 7.18)%, 추계 2.86~16.56(평균 6.54)%, 동계 4.14~21.27(평균 10.56)%의 범위를 보였다.

산 휘발성 황화물(AVS)의 계절적 변동범위는 춘계에 ND~2.16(평균 0.48)mgS/g-dry, 하계 ND~2.79(평균 0.81)mgS/g-dry, 추계 0.01~3.96(평균 1.04)mgS/g-dry, 동계 0.00~6.11(평균 0.93)mgS/g-dry 의 범위를 보였다. 추계에 가장 높은 값을 나타내었고, 춘계에는 가장 낮은 농도 분포를 보였다.

화학적 산소요구량(COD)은 저질중에 함유되어있는 유기물 중 산화되기 쉬운 물질의 양을 과망간산칼륨으로 산화시켜 산소소비량을 구하는 것으로 저질중에 유기물질이 많아지면 산소소비량이 증가하므로 오염의 지표로 중요하게 이용된다. 춘계에 4.42~19.72(평균 11.44)mgO₂/g-dry, 하계 0.00~2.79(평균 0.81)mgO₂/g-dry, 추계 2.64~22.91(평균 13.79)mgO₂/g-dry, 동계 3.57~23.23(평균 13.30)mgO₂/g-dry의 농도를 보였다.

enrichment, Limnol. Oceanogr, Vol. 33, 796-822.

[10] 日本氣象協會編, 1985, 海洋觀測指針.

[11] 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.

참 고 문 헌

- [1] 교육부(2001), 광양만 종합개발에 따른 섬진강 하구역의 해양환경변화, pp. 343-473.
- [2] 김도희(2004), 광양만으로 유입되는 질소, 인의 점원 오염 부하 특성, J. of KOSEE Vol. 8, pp. 1-8.
- [3] 조현서(2001), 광양만 유해물질 오염, Proceeding of the KOSMEE spring annual meeting, pp. 113-118
- [4] 이대인(2004), 광양만유역 점오염원의 오염부하량과 시간 변동 특성, Bull. Fish. Sci. Inst., Yosu Nat' l Univ. Vol. 13, pp. 59-68.
- [5] 해양수산부(2004), 환경관리해역 환경개선연구(III), pp. 639.
- [6] 조현서, 조천래, 강조해, 이규형 2006, "2004~2005년광양만의 해양수질 및 저질의 계절 변동에 관한 연구"129-135.
- [7] 해양수산부, 해양환경공정시험방법, (2002, 2005)
- [8] 해양수산부, 2003, 해역수질기준.
- [9] Hecky, R. E. (1988), Nutrient limitation of phytoplankton in freshwater and marine environments: A review of recent evidence on the effects of