

목포항 주변 해역에서 장기 모니터링을 통한 수질의 계절 및 연간 변동

박중현^{*}· 박승윤^{*}· 이용화^{**}· 최다미^{***}· 이상룡^{***}

^{*} 국립수산물과학원 서해수산연구소, ^{**} 국립수산물과학원 동해수산연구소, ^{***} 국립수산물과학원 남해수산연구소

Seasonal and Year-to-year Variations of Water Quality in Mokpo Harbor Area by the Long-term Monitoring

Joong Hyun Park^{*}· Seong Yoon Park^{*}· Yong Hwa Lee^{**}· Da Mi Choi^{***}· Sang Yong Lee^{***}

^{*} West Sea Fisheries Research Institute, NFRDI, Incheon 400-420, Korea

^{**} East Sea Fisheries Research Institute, NFRDI, Yeosu 556-823, Korea

^{***} South Sea Fisheries Research Institute, NFRDI, Kangnung 210-861, Korea

요 약 : 목포항 주변 해역의 6개 정점에서 1997년부터 2004년까지 수질의 계절 및 연간 변동에 대해 조사하였다. 염분, pH, 용존무기질소와 용존무기인은 연간 다양하게 나타났다. 염분은 1998년에 유의하게 나타났으나, 영양염 농도들은 1998년이 다른 년도보다 유의하게 높았다. 수온, DO, COD와 DIP의 농도는 계절 변동이 명확하게 나타났으며, 이러한 계절적인 변화는 영산강하구언에서 유입되는 담수의 계절적인 특징에 영향을 받았다. 수온, COD와 DIP는 8월에 유의하게 높았으나, 염분과 DO는 8월에 최소로 나타났다. 정점 1(영산강 하구언)의 수질은 영산강의 유입에 따른 낮은 염분과 높은 영양염의 특성을 보였으나, 정점 6(목포항 외해)은 주로의 외해의 특성을 보였다. 목포항 주변 해역에서 수질 인자간의 관계에서 염분은 COD, DO, pH, Chlorophyll a와 영양염 농도에 주요한 요인으로 나타났다.

핵심용어 : 목포항, 수질환경, 장기모니터링, 영양염, COD

ABSTRACT: Seasonal and year-to-year variations of water quality were observed at six stations in Mokpo Harbor area between 1997 and 2004. Water quality (salinity, pH, DIN and DIP) was variable between years. Salinity was significantly low in 1998, while nutrient concentrations were significantly higher in 1998 than other years. Water temperature, salinity, DO, COD and DIP concentrations exhibited clear seasonal variations, and these seasonal trends reflected seasonal changes in fresh water discharge from Youngsan river mouth. Water temperature, COD and DIP were significantly higher in August, while salinity and DO reached minimum values in August. In the station 1 (Youngsan river mouth), waters with low salinity are subject to high nutrient inputs from Youngsan river, while in the station 6 (outside from Mokpo harbor) waters are primarily oceanic. Relationship between water quality parameters indicates that salinity is the primary factor influencing the COD, DO, pH, Chlorophyll a and nutrient concentrations in Mokpo harbor area.

KEY WORDS : Mokpo harbor, Water quality, Long-term monitoring, Nutrient concentration, COD

1. 서 론

목포항은 남해 서부 가장자리해역에 위치하고 있으며 대외 무역의 관문항으로 중요한 역할을 맡고 있으나, 삼호공단과 대불공단의 급속한 성장에 따라 항 주변 오염이 심각해진 상태이다(김, 2001). 목포항 주변 해역은 많은 섬들로 싸인 반폐쇄적인 해역이지만, 최대 5.0m 정도의 조석간만의 차에 의해 형성되는 조류는 수질의 수직적 분포에 영향을 미친다.

또한 목포항은 축조 된지 20여년이 지난 인공 담수호인 영산강 하구언의 방류에 따라 담수의 영향을 크게 받는다(김, 2001). 담수의 유입은 목포항 주변 해역에 수온약층과 염분약층을 형성하는 등 수괴의 수직적인 분포를 다양하게 변화시킨다(김과 유, 2003; 김과 이, 2003). 이러한 높은 조석차와 담수의 유입과 같은 물리적인 요인의 변화는 목포항 주변 해역의 오염물의 이동에 중요한 역할을 하는 것으로 나타났다. 최근 목포항 해역은 오수, 도시하수 또는 산업 폐수와 영산호의 담수 유입에 따라 주변 해역의 부영양화와 적조 및 빈산소 수괴 형성 등 해양의 수환경의 악화가 가속되고 있는 것으로 나타났다(김, 2001; 김과 유, 2003). 이러한 특성은 목포항의 자정 능력에 제한을 받는 입지적인 조건 때문에 목포

* 대표저자 : 정희원, lake0215@momaf.go.kr 032)745-0601
* psy111@momaf.go.kr 032)745-0554
** dragon@momaf.go.kr 033)660-8531
*** dami1911@nate.com 061)690-8955
*** seagrass@skku.edu 061)690-8956

항내 수질 문제뿐만 아니라 장기적으로는 주변해역의 수질의 악화를 촉진하기도 한다. 특히 하계 집중 강우시 연안강 하구연의 방류는 목포 주변해역의 수질의 주된 오염부하원인 것으로 나타났다(김과 유, 2003). 지금까지 목포항과 그 주변해역의 수질에 대한 연구는 하계 유기물 오염과 용존산소(김, 1997; 김과 유, 2003; 김과 이, 2003) 및 부영양화(김, 1997; 김, 1999; 김, 2001)에 대한 수질의 특성에 대해 논의된 바 있으며, 목포항에 유입하는 육상오염부하에 관한 연구가 수행된 바 있다(김, 2000; 윤 등, 2003). 그러나 목포항과 그 주변해역에 대한 정기적인 수질조사가 미흡한 실정이며, 목포항 개발과 산업 공단의 조성에 따른 다년간의 체계적인 수질조사가 미흡하였다. 따라서 목포항과 주변해역의 수질에 대한 종합적인 수질 평가와 부영양화 개선 등 수질 관리 대책을 위해 장기적이고 주기적인 조사가 필요하다.

본 연구는 목포항과 주변해역 수질의 계절적 특성에 따른 장기적인 수질 변화를 규명하고 평가하는데 그 목적이 있다. 이를 위하여 1997년부터 2004년까지 목포항과 주변해역의 수질을 계절별로 조사한 후 시공간적인 변동과 이에 영향을 미치는 요인을 규명하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

본 연구의 자료는 국립수산과학원 남해수산연구소의 해양환경측정망(1997-2004) 장소인 목포항과 주변해역의 6개 정점을 대상으로 계절별(2월, 5월, 8월과 11월) 수질자료를 분석하였다(Fig. 1). 조사항목으로는 수온, 염분, 수소이온농도(pH), 용존산소(DO), 화학적산소요구량(COD) 및 암모니아질소(NH_4^+-N), 아질산질소(NO_2^--N), 질산질소(NO_3^--N), 용존무기인(DIP), 부유물질(SS)과 Chlorophyll a(Chl. a)를 측정하였다. 용존무기인(DIP)은 인산인($\text{PO}_4^{3-}-\text{P}$)으로 구하였으며, 용존무기질소(DIN)는 암모니아질소, 아질산질소와 질산질소의 합으로 구하였다.

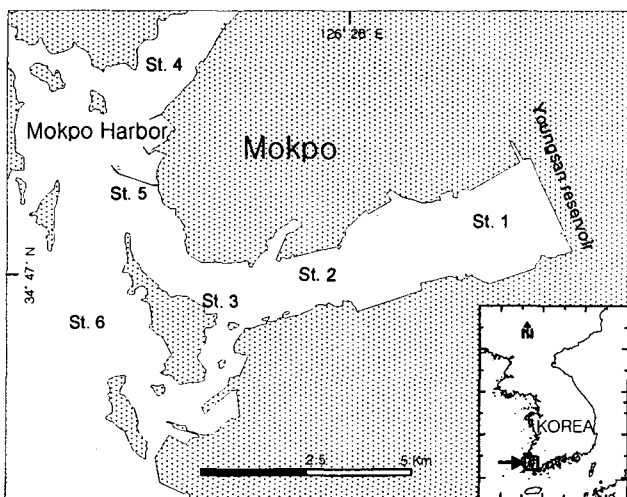


Fig. 1 Location of sampling station in Mokpo Harbor area

수온, 염분과 pH는 수질측정기(YSI 600)를 이용하여 현장에서 측정하였다. DIN과 DIP는 Parson *et al.*(1984)에 따라 분석하였으며, 해수의 DO, COD, Chl. a와 SS는 해양환경공정시험방법을 이용하였다. 각 측정 항목들의 연간, 계절 및 정점간의 차이는 One-way ANOVA를 이용하여 분석하였으며, 항목들의 유의한 차이는 Tukey의 사후분석(Post Hoc multiple comparison test)을 수행하여 조사시기와 장소에 따른 차이를 검정하였다. 수질 변동에 영향을 미치는 요인들을 구명하기 위하여 수질 항목들은 정점별 상관분석을 실시하였다. 또한 목포항과 주변해역에서 1998년과 2001년 자료를 이용하여 표층 염분의 시공간적인 변동을 비교하였으며, 염분의 변화에 따른 다른 수질인자와 관계를 1차 회귀분석을 수행하여 관계를 규명하였다. 통계적인 분석들은 SPSS 프로그램(SPSS Inc)을 이용하였으며, 유의성은 $p < 0.05$ 수준으로 하였다.

3. 결과

3.1 연간 수질 분포의 특성

목포항과 주변해역의 각 정점에서 조사된 수질인자의 연간 변동 범위와 평균값을 Table 1에 나타내었다.

Table 1 Summary of mean \pm SE of water column measurements in Mokpo harbor area from 1997 to 2004. Differences between sampling years are indicated by the corresponding one-way ANOVA F-ratio and associated p-values

Parameters		Mean	F-ratio	p-value
Temperature (°C)	Surface	15.3 \pm 0.6	0.34	0.934
	Bottom	14.7 \pm 0.5	0.40	0.904
Salinity (psu)	Surface	29.6 \pm 0.3	6.25	<0.001
	Bottom	31.1 \pm 0.2	5.50	<0.001
pH	Surface	8.1 \pm 0.01	5.51	<0.001
	Bottom	8.1 \pm 0.01	2.92	0.007
DO (mg/L)	Surface	8.8 \pm 0.1	1.14	0.343
	Bottom	8.4 \pm 0.1	0.60	0.755
COD (mg/L)	Surface	1.6 \pm 0.06	2.58	0.015
	Bottom	1.4 \pm 0.05	1.23	0.290
NH_4^+-N (μM)	Surface	1.6 \pm 0.2	1.81	0.089
	Bottom	1.3 \pm 0.1	3.59	0.001
NO_2^--N (μM)	Surface	1.15 \pm 0.07	2.61	0.014
	Bottom	1.21 \pm 0.08	4.27	<0.001
NO_3^--N (μM)	Surface	10.3 \pm 0.9	2.63	0.013
	Bottom	9.0 \pm 0.9	2.22	0.035
DIN (μM)	Surface	13.1 \pm 0.9	3.05	0.005
	Bottom	11.4 \pm 0.9	2.89	0.007
DIP (μM)	Surface	0.35 \pm 0.02	6.75	<0.001
	Bottom	0.43 \pm 0.02	3.66	0.001
Suspended solid (mg/L)	Surface	16.1 \pm 0.7	2.17	0.039
Chlorophyll a ($\mu\text{g/L}$)	Surface	5.1 \pm 0.4	1.37	0.224

수질인자의 연간 변화는 표층의 경우 염분, pH, COD, NO₂⁻-N, NO₃⁻-N, DIN, DIP, SS가 유의한 차이(p<0.05)를 보였다. 저층의 경우 염분, pH, NH₄⁺-N, NO₂⁻-N, NO₃⁻-N, DIN, DIP가 유의한 변이(p<0.05)를 보였으나, 수온, DO와 Chl. *a* 농도는 연간 변화가 나타나지 않았다(p>0.05). 조사 기간 동안의 표층 평균 수온은 15.3±0.6°C 이었으며, 저층 평균 수온은 14.7±0.5°C로 나타났다(Fig. 2A).

2J). 부유고형물질(SS)은 연간 다양한 변이를 나타내었으며, 평균 16.1±0.7mg/L로 나타났다(Fig. 2K). 클로로필 *a*의 농도는 2004년 3.0μg/L로 가장 낮았으며, 1997년 6.3μg/L로 가장 높았다(Fig. 2L).

3.2 계절적 수질분포의 특성

목포항과 주변 해역에서 수질인자의 계절에 따른 변동과 평균값을 Table 2에 나타내었다. 조사기간 동안 수온, 염분, DO, COD, NO₂⁻-N와 DIP는 명확한 계절변화를 보였다(p<0.05).

Table 2 Summary of mean values and one-way ANOVA results for seasonal variations of water quality in Mokpo harbor area from February 1997 to December 2004

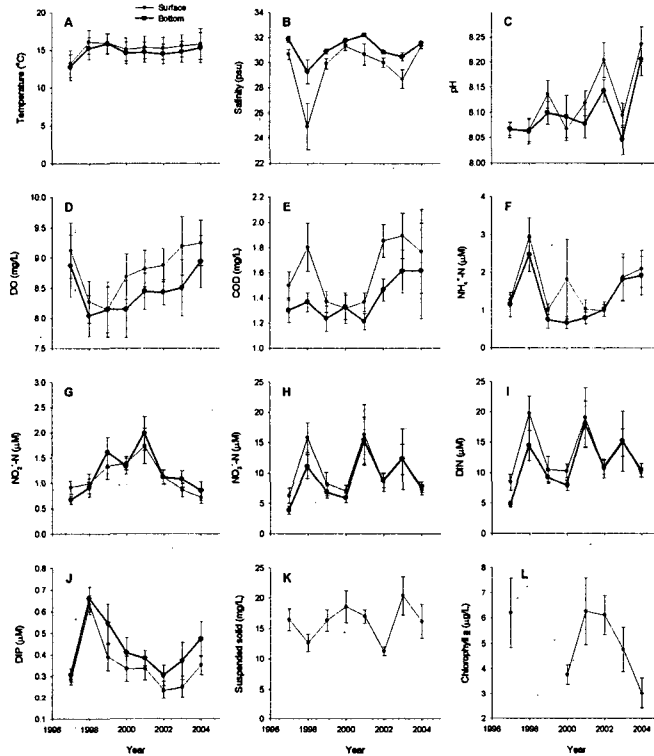


Fig. 2 Annual changes of water quality in Mokpo harbor area from 1997 to 2004

표층과 저층의 평균 염분은 29.6±0.3과 31.1±0.2 psu로서 1998년이 가장 낮았으며, 2004년에 가장 높았다(Fig. 2B). pH는 연간 변화가 다양하게 나타났으며, 평균 8.1±0.01의 값을 보였다(Fig. 2C). 표층 용존산소(DO)의 평균농도는 8.8±1.1mg/L이었으며, 저층의 평균농도는 8.4±0.1mg/L로 나타났다(Fig. 2D). 화학적산소요구량(COD)은 표층과 저층에서 연간 다양한 변이를 보였으며, 표층과 저층은 2003년에 1.9mg/L와 1.6mg/L로 각각 가장 높게 나타났다(Fig. 2E). 암모니아질소(NH₄⁺-N)의 농도는 명확한 연간 변화를 보였으며, 1998년에 표층과 저층에서 3.0과 2.5μM로 가장 높게 나타났다(Fig. 2F). 아질산질소(NO₂⁻-N)의 농도는 1997년부터 증가하여 2002년까지 증가하다 감소하는 경향을 나타내었다(Fig. 2G). 질산질소(NO₃⁻-N)의 농도는 연간 다양한 변화를 보였으며, 저층과 표층의 평균 농도는 10.3±0.9와 9.0±0.9μM로 나타났다(Fig. 2H). 용존무기질소(DIN)의 농도는 연간 다양한 변화를 보였으며, 1997년에 표층과 저층에서 8.5와 4.8μM로 가장 낮게 나타났다(Fig. 2I). 용존무기인(DIP)의 농도는 1998년 급격히 증가한 후 2002년까지 감소하는 경향을 나타내었다(Fig.

Parameters		February	May	August	November	F-ratio	p-value
Temperature (°C)	Surface	5.3±0.1	15.5±0.2	25.7±0.2	14.4±0.5	779.5	<0.001
	Bottom	5.2±0.1	14.8±0.1	24.3±0.2	14.3±0.5	682.8	<0.001
Salinity (psu)	Surface	31.2±0.2	30.9±0.4	26.7±1.0	29.6±0.6	11.7	<0.001
	Bottom	31.8±0.1	31.6±0.2	29.5±0.5	31.3±0.2	13.7	<0.001
pH	Surface	8.1±0.02	8.1±0.02	8.2±0.03	8.1±0.01	1.7	0.161
	Bottom	8.1±0.02	8.1±0.02	8.1±0.03	8.1±0.01	2.3	0.075
DO (mg/L)	Surface	11.1±0.1	8.3±0.1	7.3±0.3	8.4±0.2	89.4	<0.001
	Bottom	11.1±0.1	8.0±0.1	6.5±0.2	8.2±0.2	163.4	<0.001
COD (mg/L)	Surface	1.4±0.1	1.7±0.1	2.0±0.1	1.3±0.1	9.0	<0.001
	Bottom	1.5±0.1	1.5±0.1	1.5±0.1	1.1±0.1	3.9	0.010
NH ₄ ⁺ -N (μM)	Surface	1.1±0.1	1.7±0.6	2.1±0.3	1.6±0.3	1.1	0.366
	Bottom	1.0±0.1	1.2±0.2	1.6±0.3	1.4±0.3	8.4	0.476
NO ₂ ⁻ -N (μM)	Surface	0.8±0.1	0.8±0.1	1.3±0.1	1.7±0.2	9.2	<0.001
	Bottom	0.7±0.1	0.9±0.1	1.7±0.2	1.5±0.2	10.6	<0.001
NO ₃ ⁻ -N (μM)	Surface	12.1±2.7	7.1±1.3	10.0±1.7	12.1±1.2	1.7	0.168
	Bottom	9.7±2.2	6.5±1.0	10.9±2.7	9.0±0.7	1.0	0.384
DIN (μM)	Surface	14.1±2.2	9.6±1.3	13.4±1.9	15.4±1.1	1.8	0.148
	Bottom	11.5±2.2	8.6±0.9	14.2±2.9	11.4±0.6	1.5	0.214
DIP (μM)	Surface	0.27±0.03	0.31±0.03	0.39±0.05	0.44±0.04	4.3	0.006
	Bottom	0.29±0.03	0.36±0.4	0.61±0.07	0.46±0.04	9.4	<0.001
Suspended solid (mg/L)	Surface	18.2±1.5	15.4±1.3	16.9±2.0	14.0±0.9	1.5	0.212
	Bottom	18.2±1.5	15.4±1.3	16.9±2.0	14.0±0.9	1.5	0.212
Chlorophyll <i>a</i> (μg/L)	Surface	5.3±0.5	5.1±0.6	6.0±1.0	4.1±0.9	1.0	0.384
	Bottom	5.3±0.5	5.1±0.6	6.0±1.0	4.1±0.9	1.0	0.384

반면에 pH, $\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 와 DIN은 계절에 따른 유의한 차이는 보이지 않았다($p>0.05$). 수온은 2월에 표층과 저층에서 가장 낮았으며, 8월에 가장 높게 나타났다(Fig. 3A). 염분은 8월(26.7 psu)에 가장 낮았으며, 2월(31.9 psu)에 가장 높았다(Fig. 3B). DO는 8월(6.5 mg/L)에 가장 낮았으며, 2월(11.1 mg/L)에 가장 높게 나타났다(Fig. 3D).

COD는 11월(1.1 mg/L)에 가장 낮았으며, 8월(2.01 mg/L)에 가장 높게 나타났다(Fig. 3E). $\text{NO}_2^-\text{-N}$ 는 2월에 가장 낮았으며, 11월에 높은 값을 보였다(Fig. 3G). DIP는 2월(0.27 μM)에 가장 낮았으며, 표층은 11월(0.44 μM) 그리고 저층은 8월(0.61 μM)에 가장 높은 농도를 보였다(Fig. 3J).

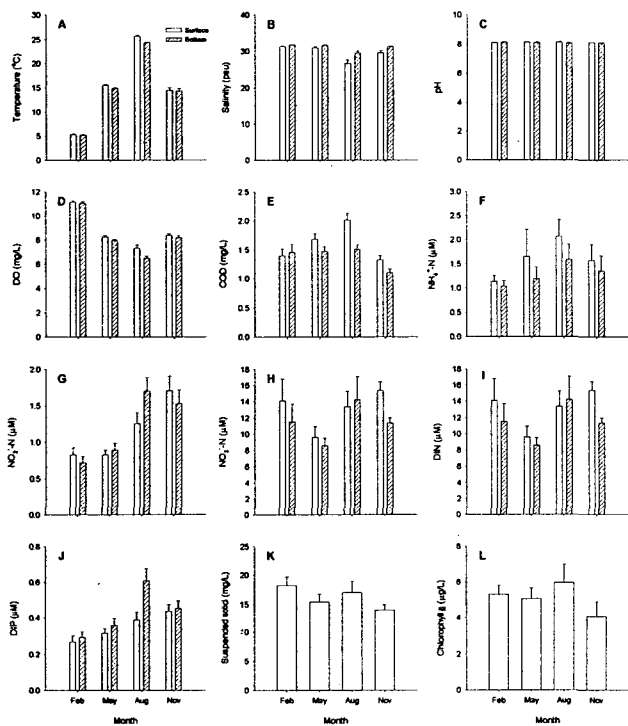


Fig. 3 Seasonal variations of water quality in Mokpo harbor area from February 1997 to December 2004

3.3 정점에 따른 수질분포의 특성

조사 정점에 따른 수질 인자는 표층 염분과 COD만이 유의한 차이를 나타내었다($p<0.05$). 평균 표층 염분은 정점 1에서 가장 낮았으며, 정점 6에서 가장 높게 나타났다($p=0.011$). 반면에 표층 COD의 농도는 정점 6에서 가장 낮았으며, 정점 2에서 가장 높게 나타났다($p=0.015$). 염분의 변화는 계절에 따른 정점 간의 차이가 명확히 나타났다. 동계의 경우 하계보다는 염분에 따른 정점간의 차이는 작게 나타났으나, 정점간의 차이는 명확히 나타났다(Fig. 4). 1998년 8월의 경우 정점간의 염분 변화는 2001년 8월보다 큰 차이를 보였다(Fig. 4). 목포에서 조사된 하계(6월부터 8월) 강수량은 2001년의

경우 544.6mm이었으나, 1998년의 경우 712.2mm로 높았다(기상청, www.kma.go.kr). 또한 연간 영산강하구언 배수갑문 배제량은 2001년의 경우 약 13억 6천만톤이었으나, 1998년의 경우 약 29억만톤으로 2배 이상 높은 것으로 나타났다(영산강유역환경청, yeongsan.me.go.kr). 따라서 하계 강수량에 따른 영산강하구언 배수갑문의 배제량은 연간 염분 분포에 영향을 미치며, 배제량에 따른 정점간의 염분층이 명확히 구분되었다(Fig. 4).

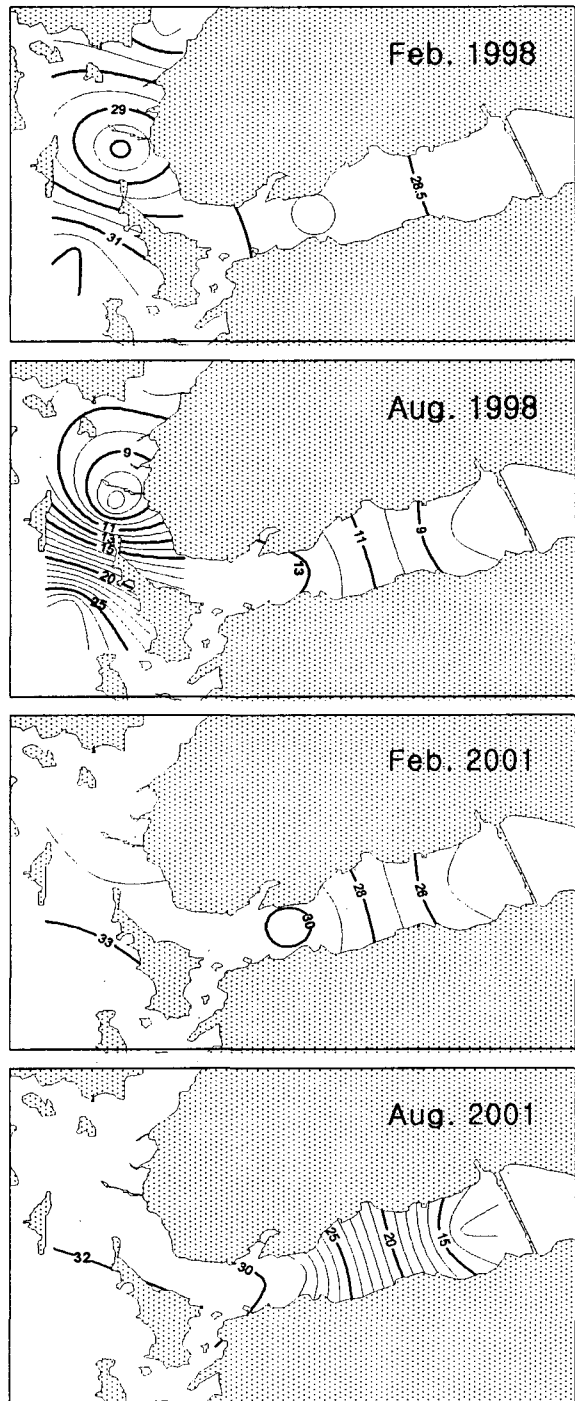


Fig. 4 Seasonal distribution of salinity at each stations for 1998 and 2001

조사기간 동안 정점 1에서 정점 3까지는 영산강하구언 배수갑문의 방류 영향으로 낮은 염분 분포를 나타내었으나, 정점 6에서는 계절에 따른 염분의 변화는 적고 높은 염분이 지속적으로 분포하였다(Fig. 4).

3.4 표층과 저층의 수질분포

목포항과 주변해역의 표층과 저층의 수질 인자는 염분, COD와 DIP가 유의한 차이를 나타내었다(p<0.05). 조사기간 동안 평균 염분은 저층이 표층보다 유의하게 높게 나타났다(Table 3). COD의 농도는 2000년을 제외하고 표층의 농도가 저층의 농도보다 유의하게 높게 나타났다(Table 3). 이와 같은 결과는 밀도가 낮고 영양염이 풍부한 담수가 영산강하구언으로부터 유입되기 때문에 표층에서 염분이 낮고 COD가 높은 것으로 판단되었다. 그러나 DIP의 농도는 표층보다 저층이 유의하게 높게 나타났다(Table 3). 조사기간 동안 연간 평균 수온, pH, DO와, DIN의 농도는 표층과 저층에서 유의한 차이를 보이지 않았다(p>0.05).

Table 3 One-way ANOVA results of water quality for surface and bottom in Mokpo harbor area from February 1997 to December 2004

Parameters	Surface	Bottom	F-ratio	p-value
Salinity (psu)	29.6±0.3	31.1±0.2	16.2	<0.001
COD(mg/L)	1.6±0.06	1.4±0.05	8.8	0.003
DIP(μM)	0.35±0.02	0.43±0.02	6.5	0.011

3.5 수질인자들의 상관관계

조사기간 동안 각 정점에서 조사된 표층 수질 항목간의 상관관계를 Table 4에 나타내었다. 수온은 염분과 음의 상관관계를 보였으며, 염분은 pH와 DO는 양의 상관관계를 보였다. 반면에 염분은 COD, NH₄⁺-N, NO₃⁻-N, NO₂⁻-N, DIN, DIP와 Chlorophyll a와는 음의 상관관계를 보였다. COD는 NO₃⁻-N, DIN과, Chlorophyll a와는 양의 상관관계를 보였으나, 부유고형물질과는 음의 상관성을 나타내었다. 목포항과 주변 해역에서 표층 염분의 변화는 영양염, pH, DO와 COD 변화에 밀접한 영향을 미치는 것으로 나타났다.

표층 염분의 변화가 다른 수질항목에 미치는 영향을 판단하기 위하여 선형 회귀분석을(linear regression) 실시하였다. 표층 염분의 감소는 수질 항목에서 DIN(r²=0.237, p<0.001), COD(r²=0.210, p<0.001), NO₃⁻-N(r²=0.203, p<0.001), DIP(r²=0.137, p<0.001), NO₂⁻-N(r²=0.052, p=0.002), Chlorophyll a(r²=0.032, p=0.042)와 NH₄⁺-N(r²=0.027, p=0.026)의 농도를 증가시키는 것으로 나타났다. 반면에 표층 염분의 감소는 DO(r²=0.082, p<0.001)와 pH(r²=0.025, p=0.032)감소에 다소 영향을 미치는 것으로 나타났다.

Table 4 Pearson correlation between environmental parameters of surface water in Mokpo harbor area from 1997 to 2004 (ns= not significant, *= p<0.05, **= p<0.01)

	Temp	Salinity	pH	DO	COD	NH ₄ ⁺	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	DIN	DIP	Chl. a	SS
Temp. (°C)	1											
Salinity (psu)	-0.36**	1										
pH	ns	0.16*	1									
DO (mg/L)	-0.75**	0.29**	ns	1								
COD (mg/L)	0.28**	-0.46**	0.18*	-0.16*	1							
NH ₄ ⁺ -N (μM)	0.17*	-0.16*	ns	-0.16*	ns	1						
NO ₂ ⁻ -N (μM)	0.21**	-0.23**	-0.31**	-0.38**	ns	ns	1					
NO ₃ ⁻ -N (μM)	ns	-0.45**	ns	ns	0.16*	ns	0.16*	1				
DIN (μM)	ns	-0.49**	-0.17*	ns	0.15*	ns	0.26**	0.96**	1			
DIP (μM)	0.15*	-0.37**	-0.16*	-0.16*	ns	ns	0.20**	0.41**	0.42**	1		
Chl. a (μg/L)	ns	-0.18*	0.31**	0.20*	0.23**	ns	-0.26**	ns	ns	ns	1	
SS (mg/L)	ns	ns	-0.27**	0.21**	-0.17*	-0.20*	ns	ns	ns	ns	ns	1

4. 토 의 및 결 론

목포항 주변 해역에 유입되는 담수의 평균 유입량은 약 550만 m³ d⁻¹로서 연간 20억 m³가 유입되고 있는 것으로 보고되고 있다. 특히, 영산강 하구언에서 유입되는 방류수는 모든 계절에서 총일유량의 90%이상 상회하며, 하계의 경우 총일유량의 99%를 차지하는 것으로 알려져 있다(김과 이, 2003). 영산호의 COD에 따른 호소수질환경 등급은 하계와 추계의 경우 IV급수 그리고 동계와 춘계의 경우 III급수에 해당하는 수질의 특성을 보였다. 이러한 영산강 하구언으로부터 유입되는 COD의 부하량은 평균 약 34 ton d⁻¹로서 전체의 유입 부하량의 약 92%를 차지하는 것으로 알려져 있으며, 하계의 경우 약 82 ton d⁻¹로서 사계절 총합계 부하량의 약 56%를 차지하였다(김과 이, 2003). 따라서 목포항 주변 해역의 계절에 따른 오염 부하량은 영산호의 방류수가 주된 오염원으로 밝혀져 있다(김, 1997; 김, 2001; 김과 유, 2003; 김과 이, 2003).

이와 같은 경향은 본 연구에서도 유사한 결과로 나타났다. 목포항 주변 해역의 수질환경은 시간적인 변화량의 경우 동계보다 하계의 변화량이 큰 것으로 나타났다(p<0.05). 동계의 경우 수질환경의 변화량은 공간적으로 차이가 없었으나, 하계의 경우 수질환경의 변화량은 정점 간에 뚜렷한 차이를 나타내었다(p<0.05). 영산강 하구언 주변의 정점들은 방류된 담수의 영향으로 낮은 염분 분포를 보였으며, 외해로 갈수록 점차 염분이 높게 나타났다(Fig. 4). 반면에 영양염의 농도는 염분 분포와 달리 영산강 하구언에서 외해로 갈수록 감소하

는 경향을 보였다. 조사기간 동안 염분의 변화는 목포항 주변 해역의 영양염 농도, pH, DO, COD와 Chl. *a*의 변화에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 목포항 주변 해역의 수질환경의 특성은 영산강 하구언의 방류에 따른 담수의 유입에 의해 영향을 받는 것으로 나타났다.

장기 모니터링을 통한 목포항 주변 해역에서 수질환경의 특성은 수온, DO와 Chl. *a*의 농도는 연간 변화가 나타나지 않았으나, 다른 수질요인들은 유의한 연간 차이를 보였다. 1998년의 경우 다른 조사기간 동안 보다 낮은 염분 분포를 보였으며, 영양염의 농도는 다른 조사기간 동안 높게 나타났다. 특히 염분의 변화는 DIN 농도(23.7%), COD(21.0%), NO₃⁻-N(20.3%)과 DIN(13.7%)농도에 영향을 미치는 요인으로 판단되었다. 결과적으로 장기모니터링을 통한 목포항 주변 해역의 수질환경은 연간 변화는 다양하게 나타났으며, 염분의 변화가 연간 변화의 가장 주요한 요인으로서 판단되었다. 결론적으로 목포항 주변 해역에서 수질의 시·공간적인 변동을 장기 모니터링을 통한 변동 상황은 영산강 하구언의 방류에 가장 큰 영향을 받는 것으로 나타났다.

참고문헌

- [1] 김광수(1997), 목포항의 수질 특성(I)-하계의 유기물 오염과 용존산소를 중심으로-, 해양안전학회지, 제3권 제1호, pp. 56-61.
- [2] 김광수(1997), 목포항의 수질 특성(II)-하계의 부영화를 중심으로-, 해양안전학회지, 제3권 제2호, pp. 99-109.
- [3] 김광수(1999), 목포항 수질의 계절변화 특성-1. 물리환경과 유기오염, 해양환경안전학회지, 제5권 제2호, pp. 57-65.
- [4] 김광수(2001), 목포항의 수질 및 부영양도의 계절변화, J. Kor. Soc. Envir. Eng., 제4권 제3호, pp. 3-15.
- [5] 김광수(2000), 목포항 하수처리장 가동에 따른 목포항 유입 오염부하량의 변화, 2000년도 한국해양환경공학회 춘계학술대회논문집, pp. 189-193.
- [6] 김광수·이남일(2003), 목포항에 유입하는 오염부하량 산정-비강우시 육상오염부하를 중심으로-, J. Kor. Soc. Mar. Envir. Eng., 제6권 1호, pp. 11-20.
- [7] 김도희·유한홍(2003), 집중 강우시 목포 주변해역의 수질특성, J. Kor. Soc. Envir. Eng., 제6권 2호, pp. 28-37.
- [8] 윤석태·고영구·오강호·문병찬·김해경(2003), 영산강 하류권역 하천수의 수질 평가, 환경영향평가, 제12권 4호, pp. 259-270.
- [9] T. R. Parsons, Y. Maita, and C. M. Lalli(1984), A Manual of Chemical and Biological Methods for Seawater Analysis. Pergamon Press, New York, pp. 173.

원고접수일 : 2005년 5월 3일
 원고채택일 : 2005년 10월 13일