

論 文

목포항의 수질 특성(I)

- 하계의 유기물 오염과 용존산소를 중심으로 -

김 광 수*

The Characteristics of Water Quality in Mokpo Harbour(I)

- Centering on organic pollution and dissolved oxygen in summer -

Gwang-Su Kim

〈 목 차 〉

Abstract	3.2 용존산소
1. 서론	3.3 화학적 산소요구량
2. 재료 및 방법	3.4 부유물질
2.1 수질조사	4. 결론
3. 결과 및 고찰	참고문헌
3.1 수온 및 염분	

Abstract

The *in situ* observations and the seawater analyses were conducted in July and August, 1996 for the purpose of describing the characteristics of organic pollution, dissolved oxygen distributions, and the evaluation of water quality in Mokpo harbour. The vertical density distribution of water column was found to be in stable structure with higher water temperature and lower salinity on surface layer at ebb tide in summer. In July, dissolved oxygen was shown to be oversaturated on surface and bottom layers, while in August, which was shown to be oversaturated on surface layer, and to be unsaturated on bottom layer as 68~93% of saturation percentage. Dissolved oxygen of bottom layer in August was evaluated to be under the regular grades, based on Korean standards of seawater quality. In view of COD, the seawater quality of Mokpo harbour in summer was evaluated to be deteriorated

* 정회원, 목포해양대학교 교수

due to organic wastes and graded to be the third class, and TSS of Mokpo harbour in summer was graded to be the second class, based on Korean standards of seawater quality. In particular, COD of surface layer in August was found to be under the regular grades. It is, therefore, necessary to take measures for the control of pollution loads and the proper management of seawater quality in Mokpo harbour. The distribution patterns of DO, COD, VSS and Chlorophyll-a on surface layer along the downstream center line from inner harbour to harbour entrance were similar to one another at ebb tide in August.

1. 서 론

한반도 서남권의 영산강 하구에 위치하고 있는 목포항은 북쪽의 무안반도, 남쪽의 영암반도 그리고 동쪽의 영산강 하구언으로 둘러싸여 있을 뿐만 아니라 그 입구가 서쪽의 고힌도, 달리도, 늘도 등 수많은 섬에 의하여 둘러싸인 천혜의 선박 피항지로서, 고힌도의 북단에 위치한 용두와 무안반도의 남서단에 위치한 서각을 잇는 선이 그 항계로 되어 있었다. 그러나, 최근에 새로운 외항이 개발되면서 장좌도, 달리도, 화원반도, 금호방조제 및 영암방조제에 이르기까지 항계의 범위를 확대하였다. 서남권의 생활 및 사회 활동은 목포항과 밀접한 관계를 유지하고 있다. 따라서 서남권의 물류 중심항으로서 또한 인근 도시민의 생활기지항으로서 목포항의 역할이 증대되면서 새로운 부두와 항만의 건설, 항내의 준설사업 등이 진행되고 있다. 또한 수자원 관리를 위한 영산강 하구언의 건설, 입해산업기지화를 위한 대불산업단지의 조성 및 해안 매립, 다도해를 이용한 해양관광산업의 개발 등 각종 개발 사업으로 인하여 목포항과 그 주변의 자연환경에는 많은 변화가 일어났다. 이러한 인간의 활동으로 인한 자연환경의 변화는 목포 주변 해역의 수질 변화에 지대한 영향을 미치게 되었다. 해수는 선박통항을 위하여 수로를 제공할 뿐만 아니라 해수욕장의 이용, 해양관광 등 심미적 이용, 바다낚시 등 각종의 오락적 이용, 선박과 공장에서 냉각수의 이용, 담수화 또는 산업 활동을 위한 농업적 이용, 연전 또는 바다 양식에의 이용 등 다양한 용도에 있어서 매우 중요한 수자원이기 때문에, 목포항을 중심으로 주변 해역의 해수도 다양한 목

적으로 이용되고 있다. 육상의 생활 하수와 농·어·축·공업 폐수 그리고 각종 선박의 폐유 및 폐수 등이 목포항으로 유입되면, 목포항은 반폐쇄성 해역으로서 해수의 유동이 제약을 받고 있어서 오염물질이 외해로 쉽게 확산되거나 희석되지 못하기 때문에 수질 악화가 빠르게 진행된다. 즉 목포항은 자정능력이 제한을 받는 입지적 조건 때문에 목포항 자체의 수질 문제 뿐만 아니라 장기적으로는 주변 해역의 수질에도 영향을 미치게 된다. 특히 항계에 있어서 성층현상이 나타나고 일사량이 증가하면, 부영양화에 따른 적조 발생과 저층의 빈산소수괴 형성 등 여러 가지 해양오염문제가 심각하게 대두될 가능성이 크다. 목포항과 그 주변 해역에 대한 환경오염조사가 국립수산진흥원에 의해서 수행되어 왔고¹⁾, 목포항의 개발과 산업공단의 조성 등에 따른 연안해역의 변화에 관한 연구가 수행된 바가 있지만^{2, 3, 4, 5, 6)}, 체계적인 수질 조사가 미흡하고 수질 해석이 단편적이었으며, 특히 저층수에서 용존산소가 저하되는 하계에 있어서 목포항에 대한 체계적이고 종합적인 수질 해석이 미흡한 실정이다. 그래서 목포항에 있어서 유기물 오염과 용존산소, 영양염류와 식물플랑크톤, 목포항의 오염부하, 목포항의 수질 평가 및 관리 등 다양한 과제에 대한 체계적이고 단계적인 연구가 필요하다.

따라서 본 연구는 목포항의 수질 평가 및 관리에 앞서서, 목포항의 수질 특성을 파악하기 위한 수질항목들을 조사 및 분석하여 각 항목별 분포 특성을 기술하고 해석하는 일환으로서, 항계에 있어서 목포항의 유기물 오염과 용존산소의 분포 특성을 파악하고자 하였다. 본 연구의 결과는 목포

항과 그 주변 해역의 수질 평가에 도움이 되고 또한 장래의 수질 예측 및 합리적 수질 관리에 필요한 기초 자료가 될 것으로 기대된다.

2. 재료 및 방법

2.1 수질 조사

2.1.1 채수

항계에 있어서 목포항의 수질을 조사하기 위하여 Fig. 1에 제시한 바와 같이, 항내 수역과 항외 수역에 설정한 11개의 정점에서 1996년 7월 10일과 8월 15일 두차례에 걸쳐 낙조시에 목포해양대학교의 선박 "전남 706호"를 이용하여 Niskin 채수기를 사용하여 표층과 저층의 해수를 채취한 후, 실험실로 신속히 운반하여 분석하였다. 95년 12월부터 목포항의 항계는 서쪽으로 장좌도 및 달리도까지 확장되었으나, 본 연구에서는 고하도의 북단과 무안반도의 남서단을 연결하는 구항계를 기준으로 동쪽에 위치한 3개의 정박 수역, 즉 제1구, 제2구 및 제3구 수역을 항내 수역이라 하였고, 구항계의 서쪽에 위치한 외측의 해역을 항외 수역이라고 표현하였다.

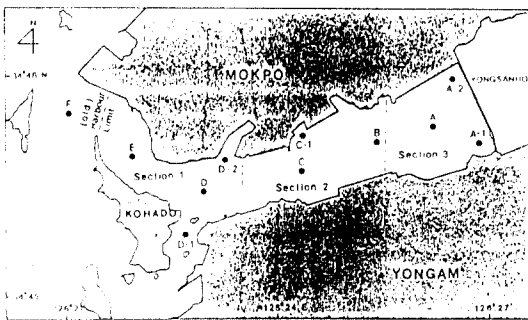


Fig. 1 Location of stations for sampling seawater in Mokpo harbour.

2.1.2 수질 분석

채수한 시료수에 대하여 pH, 투명도(Trans), 수온(Temp), 염분(Sal), 용존산소(DO), 화학적 산소

요구량(COD), 총부유성 고형물(TSS), 휘발성 부유물(VSS), 암모니아성 질소 ($\text{NH}_3\text{-N}$), 아질산성 질소 ($\text{NO}_2\text{-N}$), 질산성 질소 ($\text{NO}_3\text{-N}$), 인산인 ($\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$), 클로로필 a(Chl-a), 입자성 유기탄소(POC) 및 입자성 유기질소(PON)를 측정 및 분석하였다. 그러나 본 연구에서는 수온, 염분, 용존산소, 화학적 산소요구량, 총부유성 고형물 및 휘발성 부유물에 대한 자료를 제시하였으며, 클로로필 a는 본 연구의 고찰에 필요한 일부의 자료를 그림으로 제시하였다. 수온과 염분은 SCT 측정기(ACT20-D)를 사용하고, 용존산소는 용존산소계(YSI 57)을 이용하여 현장에서 측정하였다. 화학적 산소요구량은 알칼리성 과망간산칼륨법으로 정량하였다. 일정량의 시료수를 건조된 GF/C 여과지로써 여과한 후, 이 여과지를 105~110°C에서 2시간 항온건조시켜서 항량의 무게차이를 측정함으로써 총부유성 고형물을 측정하였고, 일정량의 시료수를 여과한 GF/C 여과지를 550°C의 전기로에서 20분간 회화한 후, 항량의 무게 차이를 측정함으로써 휘발성 부유물을 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

목포항의 각 정점에서 수질을 조사 및 분석한 결과, 7월과 8월의 수질항목별 자료를 Table 1에 제시하였다.

3.1 수온 및 염분

Table 1과 Fig. 2에 제시한 바와 같이, 7월의 수온(water temperature)은 항내의 제3구 수역에 위치한 A정점의 표층에서 23.0°C, 저층에서 19.7°C, 그리고 항외 수역에 위치한 F정점의 표층에서 21.7°C, 저층에서 20.1°C를 보임으로써 제3구 수역에서 항외 수역으로 갈수록 표층에서는 감소하는 경향을 보였으며, 저층에서는 증가하는 경향을 보였으나 증가의 범위는 작았다. 8월의 수온은 A정점의 표층에서 28.0°C, 저층에서 25.0°C, 그리고 F정점의 표층에서 26.3°C, 저층에서 25.2°C를 보임으로써 제3구 수역에서 항외 수역으로 갈수록 표

Table 1. Results of seawater analysis for Mokpo Harbour in July and Aug. 1996

St. No.	Layer	July						Aug.					
		Temp (°C)	Sal. (‰)	DO (mg/l)	COD (mg/l)	TSS (mg/l)	VSS (mg/l)	Temp (°C)	Sal. (‰)	DO (mg/l)	COD (mg/l)	TSS (mg/l)	VSS (mg/l)
A	S	23.0	10.34	10.6	3.12	6.02	2.51	28.0	11.84	11.5	4.46	10.13	9.15
	B	19.7	30.34	8.5	1.32	9.78	2.17	25.0	31.63	5.6	2.35	5.08	2.90
A-1	S	22.8	10.11	11.2	3.08	7.64	2.47	27.8	10.81	12.6	4.94	12.81	8.03
	B	19.8	30.15	9.7	1.68	6.61	1.14	25.7	31.71	6.7	2.83	6.33	3.35
A-2	S	23.5	10.21	9.2	8.31	20.55	7.12	27.8	11.28	11.4	4.11	10.35	7.39
	B	19.7	22.33	8.5	8.00	21.50	7.50	24.6	18.38	5.2	1.97	14.57	4.19
B	S	23.0	14.89	10.2	2.79	5.65	1.65	28.3	16.45	10.7	3.62	11.85	7.44
	B	19.8	30.90	9.0	1.73	20.72	3.13	24.6	31.85	4.7	2.37	6.60	2.45
C	S	22.9	17.00	8.6	1.75	8.40	3.46	28.4	23.50	11.6	4.26	11.02	6.94
	B	19.9	30.82	8.4	1.15	8.64	2.50	25.0	32.06	5.4	2.38	6.26	2.28
C-1	S	22.6	20.00	8.0	2.19	8.00	2.50	28.3	17.20	11.3	3.33	11.99	7.35
	B	19.8	29.75	7.8	1.65	15.00	4.32	25.3	31.79	5.4	2.51	10.06	3.11
D	S	22.5	19.00	10.2	2.19	11.22	3.90	27.1	28.80	8.5	2.83	10.00	5.00
	B	20.1	30.95	9.2	1.04	14.93	3.17	25.0	31.90	5.4	2.38	9.23	2.55
D-1	S	21.4	22.90	9.5	1.67	8.22	3.05	26.7	29.25	7.4	2.67	11.14	3.63
	B	20.0	30.44	8.8	1.29	12.05	3.64	25.3	31.97	5.8	2.34	8.38	2.73
D-2	S	22.7	18.90	9.8	1.68	9.89	3.66	27.3	28.81	7.9	2.75	7.26	3.73
	B	20.0	31.24	8.8	1.18	13.08	3.10	25.1	32.20	6.3	2.43	15.39	3.57
E	S	21.9	23.83	11.0	1.79	7.67	2.79	27.0	29.70	7.9	2.93	7.52	4.78
	B	20.1	31.36	9.7	1.07	14.95	3.96	25.3	32.22	6.4	2.62	16.42	3.65
F	S	21.7	24.18	10.5	1.75	10.21	4.68	26.3	31.75	6.6	2.98	12.06	3.34
	B	20.1	31.08	10.2	1.21	15.05	3.23	25.2	32.36	6.3	2.77	20.35	3.68

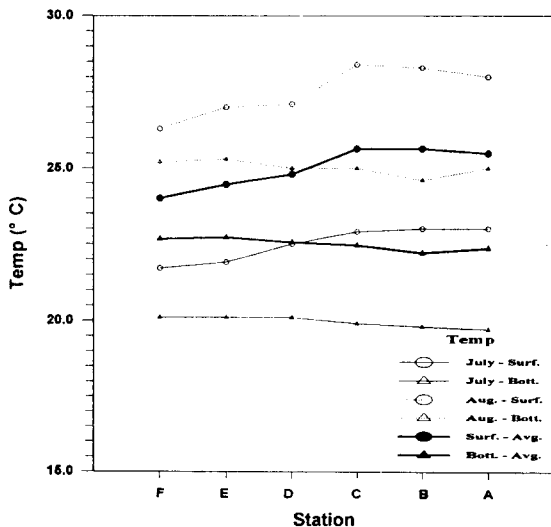


Fig. 2 Spatial variations of water temperature on surface and bottom layers of Mokpo harbour in summer.

층에서는 다소 감소하는 경향을 보였으며, 저층에서는 증가하는 경향을 보였으나 증가의 범위는 작았다. 표층과 저층의 모든 수층에서 수온은 8월이 7월보다 높게 나타났다. 그리고 수온에 대한 7월과 8월의 평균값을 하계의 수온이라고 보면, 목포항에 있어서 하계의 수온은 항내의 제3구 수역에서 항외 수역으로 진행함에 따라 표층에서는 감소하는 경향을 보였으나, 저층에서는 다소 증가하는 경향을 보였다.

하계에 있어서 목포항은 표층과 저층 간에 약 3°C의 수온차를 보임으로써 온도성층이 나타나며 이러한 성층현상은 목포항의 반폐쇄성 및 하계의 강한 일사량에 기인하는 것으로 보인다. 또한 표층과 저층 간의 수온차는 항외 수역보다 항내 수역에서 크기 때문에, 표층과 저층 간의 연직 혼합은 항외 수역보다 항내 수역에서 더 제약을 받을 것이다.

Table 1과 Fig. 3에서 제시한 바와 같이, 7월의

염분(salinity)은 A정점의 표층에서 10.34‰, 저층에서 30.34‰, F정점의 표층에서 24.18‰, 저층에서 31.08‰로 나타나서 항내의 제3구 수역에서 항외 수역으로 진행함에 따라 표층에서는 증가하는 경향을 보였고, 저층에서도 증가하는 경향을 보였으나 증가의 범위는 작았다. 8월의 염분은 A정점의 표층에서 11.84‰, 저층에서 31.63‰, F정점의 표층에서 31.75‰, 저층에서 32.36‰로 나타나서 항내의 제3구 수역에서 항외 수역으로 갈수록 표층에서는 증가하는 경향을 보였으며, 저층에서도 비록 하천수가 유입하는 A-2정점에서 낮은 값을 보였지만, 증가하는 경향을 보였으나 증가의 범위는 작았다. 표층과 저층의 모든 수층에서 염분은 8월이 7월보다 높게 나타났다. 따라서 염분에 대한 7월과 8월의 평균값을 하계의 염분으로 보면, 목포항에 있어서 하계의 염분은 항내의 제3구 수역에서 항외 수역으로 진행함에 따라 표층에서는 급격히 증가하는 경향을 보였으며, 저층에서도 약간 증가하는 경향을 보였다.

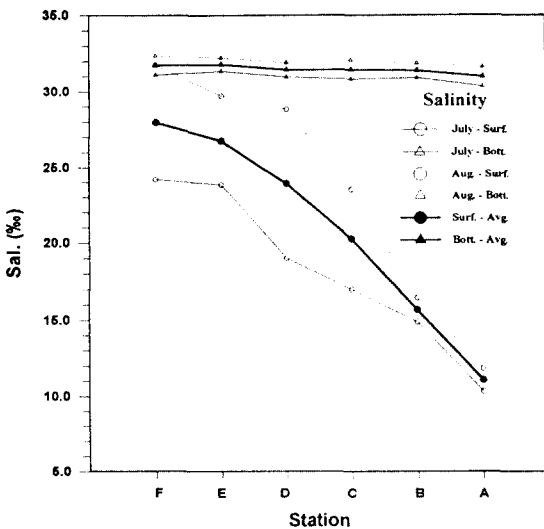


Fig. 3 Spatial variations of salinity on surface and bottom layers of Mokpo harbour in summer.

하계에 있어서 목포항의 전역은 표층과 저층 간

에 염분의 차이를 보임으로써 염분성층이 나타났으며, 이러한 염분성층이 항외 수역보다 항내 수역에서 강하게 나타난 것은 항내 수역 주변에 위치한 영산강 하구언이나 육상의 하천을 통하여 유입하는 담수의 영향에 기인하는 것으로 보인다. 따라서 표층수와 저층수 간의 연직 혼합이 항외 수역보다 항내 수역에서 더 제약을 받을 것으로 생각된다.

따라서 하계의 낙조시에 있어서 목포항의 경우, 수온은 저층이 표층보다 낮는데 반하여 염분은 오히려 저층이 표층보다 높게 나타나기 때문에 해수의 밀도가 표층보다 저층에서 크다. 따라서 전체 수층의 연직밀도분포는 안정된 구조를 이루며 표층수와 저층수의 연직 혼합이 잘 이루어지지 않는다. 이러한 성층현상은 목포항의 반폐쇄성 지형조건, 영산강 하구언이나 하천으로부터 담수의 유입, 하계의 강한 일사량 등에 기인하며, 오염물질의 연직 혼합에 의한 희석효과에는 제한적 요소로 작용할 것이다.

3.2 용존산소

Table 1, Fig. 4 및 Fig. 5에 제시한 바와 같이, 7월의 용존산소(dissolved oxygen)는 표층의 경우 8.0~11.2mg/ℓ로서 104~145%의 포화율을, 저층의 경우 7.8~10.2mg/ℓ로서 101~134%의 포화율을 보임으로써 목포항 전역의 표층과 저층에서 과포화되어 있었다. 용존산소 수준은 수층의 물리적, 화학적 및 생화학적 활동에 따라서 변동한다.⁷⁾ 그래서 Fig. 6에 제시한 바와 같이 식물플랑크톤 지표의 하나인 클로로필 a가 표층에서 7.24~20.23mg/m³의 높은 값을 보이기 때문에 표층에서 용존산소의 과포화는 식물플랑크톤의 광합성 활동에 기인하는 것으로 해석될 수 있으나, 저층의 과포화는 항외 수역의 F정점에서 12.73mg/m³의 값을 보인 것을 제외하고는 저층에서 클로로필 a가 0.72~3.93mg/m³의 낮은 값을 나타냄으로써 식물플랑크톤의 광합성 활동만으로는 해석하기 어렵다. 따라서 7월에 있어서 저층의 용존산소 과포화는 목포항의 전역에서 수온과 염분이 8월에 비하여 훨씬 낮은 것으로 보아 영산강 하구언의 수문 개폐에

다른 대량의 담수 유입과 깊은 관련이 있는 것으로 판단된다.

8월의 용존산소는 표층의 경우, 항외 수역의 F정점에서 6.6mg/ℓ로서 100%의 포화율을 보인 반면에, 항내 제3구 수역의 A정점에서 11.5mg/ℓ로서 170%의 포화율을, 항내 제1구 수역의 E정점에서 7.9mg/ℓ로서 118%의 포화율을 보임으로써 항내의 제3구 수역에서 항외 수역으로 진행함에 따라 용존산소의 농도와 포화율은 모두 감소하는 경향을 보였다. 이러한 경향은 클로로필 a가 제3구 수역의 A정점에서 45.89mg/m³, 제1구 수역의 E정점에서 11.80mg/m³, 항외 수역의 F정점에서 3.01mg/m³를 보임으로써 항내의 제3구 수역에서 항외 수역으로 갈수록 감소하는 클로로필 a의 경향과 일치하기 때문에, 항내 수역의 표층에 있어서 용존산소의 과포화는 식물플랑크톤의 활발한 광합성 활동에 기인하는 것으로 해석된다. 그러나 저층의 용존산소는 제2구 수역과 제3구 수역의 경계에 위치한 B정점에서 4.7mg/ℓ로서 68%의 포화율을 나타냄으로써 가장 낮은 값을 보였으며, 제1구 수역의 E정점에서 6.4mg/ℓ로서 93%의 포화율을, 항외 수역의 F정점에서 6.3mg/ℓ로서 91%의 포화율을 보임으로써 항내 수역에서 항외 수역으로 진행함에 따라 용존산소의 농도와 포화율은 모두 나소의 기복은 있으나 대체로 증가하는 경향을 보였다. 그러나 8월에 목포항의 전역에서 저층의 용존산소는 저하된 상태였다. 이와 같이 저층에서 용존산소가 감소하는 현상은 용존산소의 소비가 공급보다 우세하기 때문이다. 즉 8월에 있어서 목포항 전수역의 수온과 염분 분포로 보아 성층이 발달하여 연직 혼합이 제약되면서 표층으로부터 저층으로 산소의 공급이 어려울 뿐만 아니라 목포항의 반폐쇄성, 영산강 하구언의 수문 폐쇄, 해저의 기복 등으로 인하여 해수는 저층에서 수평적 흐름이 원활하지 못하기 때문에 산소의 수평적 공급도 적다. 또한 저층에 도달하는 일사량도 적어서 식물플랑크톤의 광합성 활동도 미약하거나 없기 때문에 저층수에 대한 산소 공급은 제한된다. 반면에, 목포항으로 유입된 유기오염물이 침강하여 저층의 수중이나 저질에서 미생물에 의하여 분해되기 때문에

저층에서 용존산소를 소비하는 속도는 크다. 따라서 저층에서 용존산소의 소비 속도가 공급 속도보다 크기 때문에 저층의 용존산소는 감소하게 된다.⁸⁾

용존산소에 대한 7월과 8월의 평균 농도와 평균 포화율을 각각 용존산소에 대한 하계의 농도와 하계의 포화율이라고 보면, 목포항에서 용존산소에 대한 하계의 농도와 하계의 포화율은 모두 항내의 제3구 수역에서 항외 수역으로 진행함에 따라 표층에서는 감소하는 경향을 보였으나, 저층에서는 다소 증가하는 경향을 보였다.

한편, 수중에서 유기물 오염이 진행되면 하계의 성층기에 저층에서는 빈산소수괴가 나타나고⁸⁾, 이어서 무산소화로 진행된다. 이러한 빈산소화 또는 무산소화는 어패류의 호흡 및 생식에 악영향을 미치고 저서생물에 치명적인 영향을 미쳐서 무생물역이 출현한다. 회유성 치어는 최소한 4.0mg/ℓ의 용존산소를 필요로 하며⁹⁾, 방어는 용존산소가 4.3mg/ℓ 이하에서 생리적 장애를 일으킨다.¹⁰⁾ 또한 혐기성 조건에서는 해저의 퇴적물로부터 황화수소 및 암모니아가 발생하여 악취를 유발하는 등 환경악화 현상이 심화된다. 특히 저층의 무산소수괴가 용승하면, 해면에 청백색의 靑潮가 발생하여 산소결핍으로 어패류가 대량 폐사하며 어업 피해가 막대하다.¹¹⁾ 저층의 빈산소화는 해역의 부영양화 또는 과영양화와 밀접한 관계가 있기 때문에 용존산소는 수질오염의 중요한 지표이다.⁷⁾ 국립수산진흥원의 자료¹⁾에 의하면 1991년 8월과 1992년 8월에 목포항의 저층수에서 용존산소가 5.0mg/ℓ 이하로 나타난 바가 있고, 본 연구의 결과에서도 항내의 제2구 수역과 제3구 수역의 경계에 위치한 B정점의 저층에서 8월의 용존산소는 4.7mg/ℓ을 나타내어 Ⅲ등급 수질의 기준에도 미달하는 등급외의 수역이 나타났다. 또한 8월에 A-2정점, B정점, C정점, C-1정점 및 D정점의 저층수에서 80% 미만의 용존산소 포화율을 보임으로써 목포항의 항내 수역은 Ⅲ등급 수질의 기준에도 못미치는 등급외의 수역으로 나타났다. 따라서 목포항으로 유입하는 오염부하를 제어하거나 저질의 유기오염물을 준설하는 등 목포항의 전역에 대한 수질 개선을 위한 대책 및 관리가 시급하다.

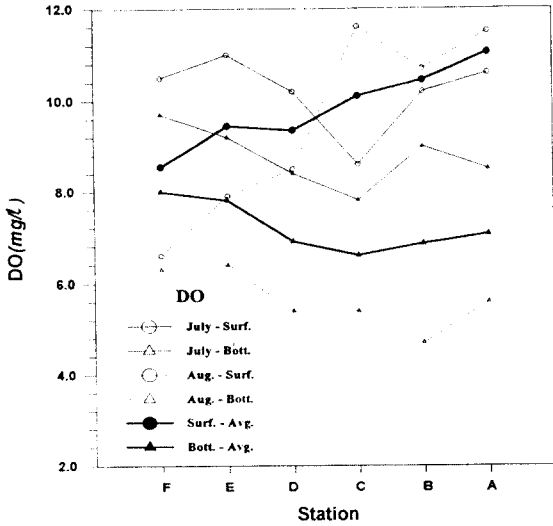


Fig. 4 Spatial variations of dissolved oxygen on surface and bottom layers of Mokpo harbour in summer.

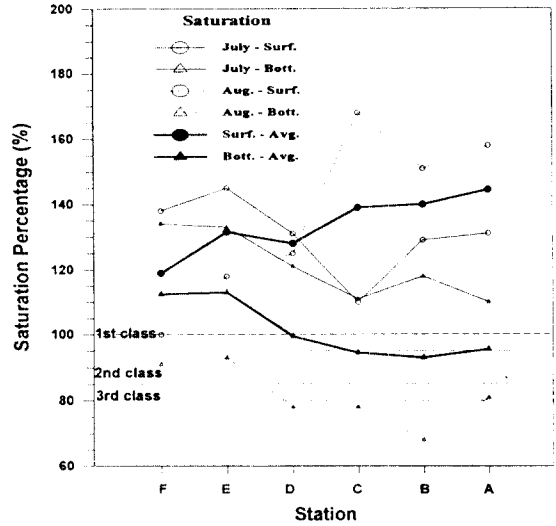


Fig. 6 Spatial variations of Chlorophyll-a on surface and bottom layers of Mokpo harbour in summer.

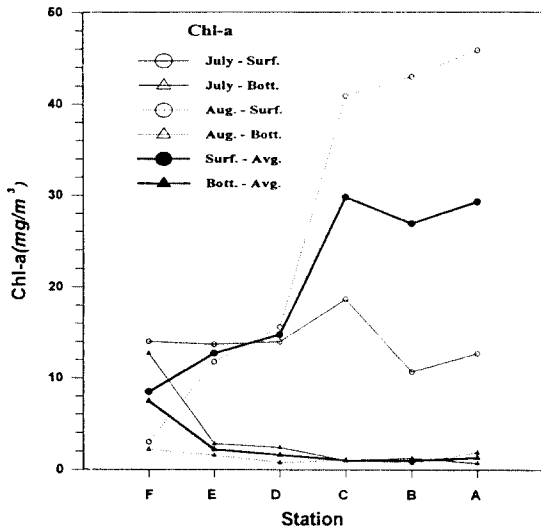


Fig. 5 Spatial variations of dissolved oxygen saturation percentage on surface and bottom layers of Mokpo harbour in summer.

3.3 화학적 산소요구량

Table 1과 Fig. 7에 제시한 바와 같이, 목포시의 생활하수가 유입하는 A-2정점을 제외하면, 7월의 화학적 산소요구량(chemical oxygen demand)은 표층의 경우 1.67~3.12mg/ℓ, 저층의 경우 1.04~1.68mg/ℓ를 나타냄으로써 항내 수역에서 항외 수역으로 진행함에 따라 표층과 저층의 모든 수층에서 감소하는 경향을 보였다. 8월의 화학적 산소요구량은 표층의 경우 2.67~4.94mg/ℓ, 저층의 경우 1.97~2.83mg/ℓ를 보임으로써 항내 수역에서 항외 수역으로 진행함에 따라서 표층에서는 기복은 있으나 대체적으로 감소하는 경향을 보였으며, 저층에서는 반대로 증가하는 경향을 보였으나 증가의 범위는 작았다.

A-2정점을 제외하면, 7월의 경우는 A정점, A-1정점, B정점, C-1정점 및 D정점의 표층에서 2.19~3.12mg/ℓ를 나타냈고, 모든 정점의 저층에서 1.04~1.73mg/ℓ를 보임으로써 항내 수역의 표층과 저층에서 각각 III등급과 II등급의 수질로 나타났

다. 8월의 경우 표층에서는 A정점, A-1정점 및 C 정점에서 4.26~4.94mg/ℓ를 보임으로써 항내 제2구 및 제3구 수역은 III등급에도 못미치는 등급의 수질이었지만, 항내의 제1구 수역과 항외 수역은 III등급의 수질을 보였다. 그리고 8월의 경우 저층에서는 항내 수역과 항외 수역에서 모두 III등급 수질로 나타났다. 따라서 화학적 산소요구량은 표층과 저층의 모든 수층에서 8월이 7월보다 더 높은 값을 보임으로써 8월이 7월보다 유기물 오염이 심화되었다. 8월의 경우 표층에서는 식물플랑크톤의 성장에 따라서 광합성 활동이 활발해지고, 이에 따라 용존산소의 과포화화 동시에 내부생산, 즉 자생COD의 증가를 야기함으로써 COD가 높은 값을 보였다. 따라서 8월의 경우 표층에서는 항내의 제3구 수역에서 항외 수역으로 진행함에 따라서 용존산소, 화학적 산소요구량, 클로로필 a 및 휘발성 고형물이 모두 비슷하게 감소하는 경향을 보였다. 또한 국립수산진흥원¹¹⁾이 1989~1993년에 목포항에서 조사한 화학적 산소요구량에 대한 8월의 자료와 비교하면, 본 연구의 결과가 높은 값을 보임

으로써 유기물 오염이 점점 심화되고 있음을 알 수 있었다.

화학적 산소요구량에 대한 7월과 8월의 평균값을 하계의 화학적 산소요구량으로 보면, 목포항에서 하계의 화학적 산소요구량은 항내의 제3구 수역에서 항외 수역으로 진행함에 따라 표층에서는 감소하는 경향을 보이면서 III등급의 수질을 나타냈으나, 저층에서는 다소의 기복은 있으나 큰 변화가 없이 II등급의 수질을 보였다. 따라서 하계의 화학적 산소요구량에 대한 표층과 저층의 평균값으로 판단하면, 목포항의 하계 수질은 III등급 수질로 평가된다.

3.4 부유물질

3.5.1 총부유성 고형물

Table 1과 Fig. 8에 제시한 바와 같이, 목포시의 생활하수가 유입하는 A-2정점을 제외하면, 7월의 총부유성 고형물(total suspended solid)은 표층의 경우 5.65~11.22mg/ℓ로서 제1구 수역의 D정점에서 가장 높은 값을 보였으며, 저층의 경우 6.61~20.72mg/ℓ로서 제2구 수역과 제3구 수역의 경계에 위치한 B정점에서 가장 높은 값을 보였다. 그래서 7월의 총부유성 고형물은 A-1정점과 A-2정점을 제외한 모든 정점에서 저층이 표층보다 높은 값을 보였다. 8월의 총부유성 고형물은 표층의 경우 7.26~12.81mg/ℓ, 저층의 경우 5.08~20.38mg/ℓ로서 항내의 제3구 수역에서 항외 수역으로 진행함에 따라 표층에서는 기복이 있었으나 저층에서는 급격히 증가하는 경향을 보였으며, 제2구와 제3구 수역에서는 표층이 저층보다 높은 값을 보였으나 제1구 수역과 항외 수역에서는 반대로 저층이 표층보다 높은 값을 보였다. 표층의 총부유성 고형물은 제1구 수역의 D정점을 제외한 모든 정점에서 8월이 7월보다 높은 값을 보였다. 또한 모든 정점에서 측정된 7월의 투명도는 1.5~2.2m였으나 8월의 투명도는 0.7~1.6m를 나타내어 8월의 수질이 더 혼탁하였다. 저층의 총부유성 고형물은 외항 수역의 F정점과 제1구 수역의 E정점에

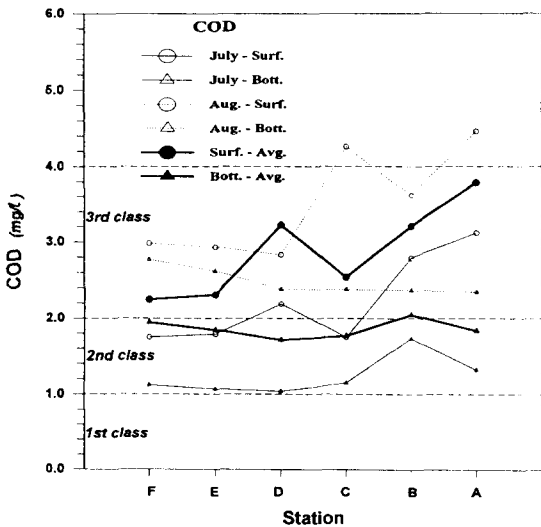


Fig. 7 Spatial variations of chemical oxygen demand on surface and bottom layers of Mokpo harbour in summer.

서 8월이 7월보다 높은 값을 보였으나, 그 외의 정점이 위치하는 내항 수역에서 7월이 8월보다 높은 값을 보였다. 국립수산진흥원¹¹⁾이 1989~1993년에 목포항에서 조사한 부유물질에 대한 8월의 자료는 연도별로 변동이 있었으나, 4.5~19.0mg/ℓ의 값을 보임으로써 본 연구의 결과와 대체로 일치하였다.

7월의 경우 항내 수역은 대체로 표층에서는 I 등급, 저층에서는 II등급의 수질을 보였다. 한편, 8월의 경우 항내 수역은 대체로 표층에서 II등급, 저층에서 I 등급의 수질로 나타났지만, 항외 수역에서는 표층과 저층에서 7월 및 8월에 모두 II등급 수질을 보였다.

총부유성 고형물에 대한 7월과 8월의 평균값을 하계의 총부유성 고형물로 보면, 목포항에서 하계의 총부유성 고형물은 대체로 표층에서는 I 등급, 저층에서는 II등급의 수질로 나타났다. 따라서 하계의 총부유성 고형물에 대한 표층과 저층의 평균값으로 판단하면, 목포항의 하계 수질은 II등급 수질로 평가된다.

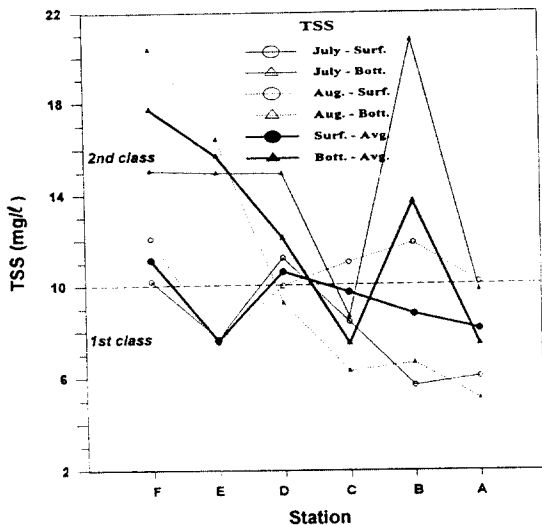


Fig. 8 Spatial variations of total suspended solid on surface and bottom layers of Mokpo harbour in summer.

3.5.2 휘발성 부유물

Table 1과 Fig. 9에 제시한 바와 같이, 목포시의 생활하수가 유입하는 A-2정점을 제외하면, 7월의 휘발성 부유물(volatile suspended solid)은 표층에서 1.65~4.68mg/ℓ, 저층에서 1.14~4.32mg/ℓ로서 항내의 제3구 수역에서 항외 수역으로 진행함에 따라 표층과 저층의 모든 수층에서 기복은 있었으나 대체로 증가하는 경향을 나타냈다. 8월의 경우 휘발성 부유물은 표층에서 3.34~9.15mg/ℓ로서 항내의 제3구 수역에서 항외 수역으로 진행함에 따라 급격히 감소하는 경향을 보여 클로로필 a의 경향과 매우 유사하였다. 또한 저층에서는 2.28~4.19mg/ℓ로서 항내의 제3구 수역에서 항외 수역으로 진행함에 따라 제2구 수역까지는 감소하였으나 감소의 범위는 작았으며, 제2구 수역부터는 증가하는 경향을 보임으로써 클로로필 a의 분포 경향과 유사하였다. 또한 항내 수역의 휘발성 부유물은 표층에서는 8월이 7월보다 매우 높게 나타났지만, 저층에서는 7월이 8월보다 높게 나타났으나 차이는 작았다. 이와는 반대로 항외 수역의 휘발성 부유물은 표층에서는 7월이 8월보다 높게 나타났으나, 저층에서는 8월이 7월보다 높게 나타났다. 그러나 그 차이는 작았다. 이렇게 항내 수역에서 휘발성 부유물이 7월과 8월 간에 큰 차이를 보이는 것은 8월의 경우 항내 수역의 휘발성 부유물 중에 식물플랑크톤이 차지하는 비율이 크다는 것을 의미하며 그 원인은 부영양화에 따른 식물플랑크톤의 성장에 기인하는 것으로 판단된다.

휘발성 부유물에 대한 7월과 8월의 평균값을 하계의 휘발성 부유물로 보면, 목포항에서 하계의 휘발성 부유물은 항내의 제3구 수역에서 항외 수역으로 진행함에 따라 표층에서는 감소하는 경향을, 저층에서는 증가하는 경향을 보임으로써 항내 수역에서는 표층이 저층보다 매우 높은 값을 보였으나, 항외 수역에서는 저층이 표층보다 약간 높은 값을 보였다.

Fig. 10에서 제시한 바와 같이 총부유성 고형물에 대한 휘발성 부유물의 비, 즉 VSS/TSS를 살펴보면, 항내 수역의 VSS/TSS는 7월의 경우 표

층에서 29~42%, 저층에서 15~30%, 8월의 경우 표층에서 50~90%, 저층에서 22~57%를 보임으로써 표층과 저층의 모든 수층에서 8월이 7월보다 크게 나타난 반면에, 항외 수역의 VSS/TSS는 7

월의 경우 표층에서 46%, 저층에서 22%, 8월의 경우 표층에서 28%, 저층에서 18%를 보임으로써 표층과 저층의 모든 수층에서 7월이 8월보다 크게 나타났다. 7월의 VSS/TSS와 8월의 VSS/TSS의 차이는 항내의 제3구 수역에서 항외 수역으로 진행함에 따라 차이의 폭이 표층과 저층의 모든 수층에서 좁혀지는 경향을 보이다가 제1구 수역을 지나서 항외 수역에 접근하면서 반대로 7월의 VSS/TSS가 8월의 VSS/TSS보다 약간 크게 나타났다. 따라서 항내 수역에서 휘발성 부유물의 분포 경향은 7월의 경우보다 8월의 경우에 클로로필 a의 분포 경향과 잘 일치하였다.

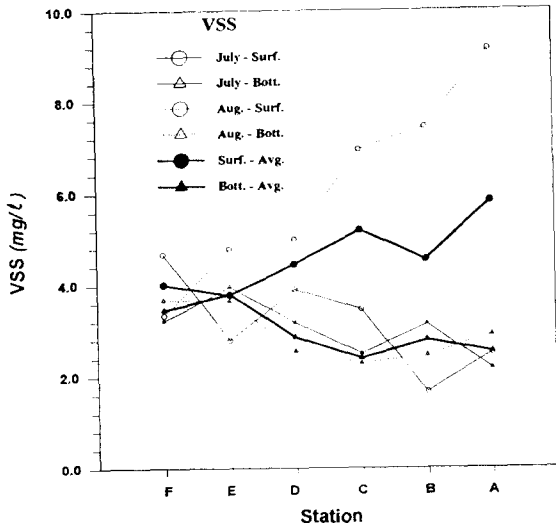


Fig. 9 Spatial variations of volatile suspended solid on surface and bottom layers of Mokpo harbour in summer.

VSS/TSS에 대한 7월과 8월의 평균값을 하계의 VSS/TSS로 보면, 목포항에서 하계의 VSS/TSS는 항내의 제3구 수역에서 항외 수역으로 진행함에 따라 표층과 저층의 모든 수층에서 동일한 기복의 형태를 보이면서 대체로 감소하는 경향을 보였다. 따라서 하계에 있어서 목포항의 총부유성 고형물 중에 휘발성 고형물, 즉 입자성 유기물이 차지하는 비율이 항외 수역보다 항내 수역에서 높았다.

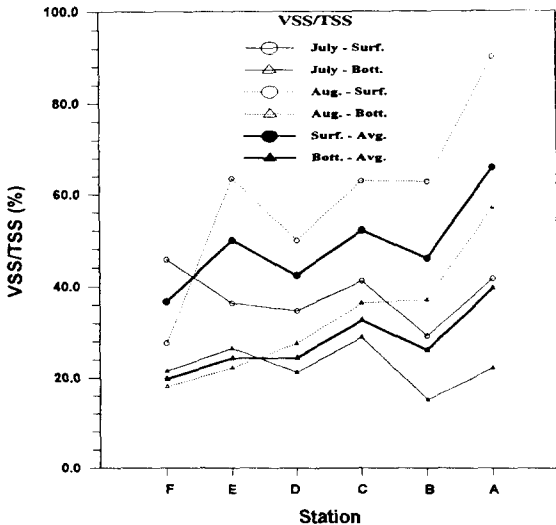


Fig. 10 Spatial variations of VSS/TSS ratio on surface and bottom layers of Mokpo harbour in summer.

8월의 표층에서는 항내 수역에서 항외 수역으로 진행함에 따라서 용존산소, 화학적 산소요구량, 클로로필 a 및 휘발성 고형물이 모두 감소하는 경향의 유사한 분포를 나타냈다. 이것은 항내에서 유기물 오염이 진행되면서 표층에서는 식물플랑크톤이 성장하게 되었고, 식물플랑크톤의 광합성 활동이 활발해짐에 따라서 용존산소의 과포화와 동시에 내부생산의 증가를 유발함으로써 COD가 상승하게 되었고, 저층에서는 미생물에 의한 유기물 분해로 인하여 용존산소의 저하를 초래하였다.

4. 결론

목포항의 하계 수질 특성을 밝히기 위하여 수질 항목들을 조사 및 분석함으로써 하계에 있어서 목포항의 유기물 오염과 용존산소의 현황 및 분포 특성을 살펴본 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 하계의 낙조시에 목포항의 수온은 저층이 표층보다 낮는데 반하여 염분은 오히려 저층이 표층보다 높게 나타남에 따라서 전체 수층의 연직밀도

분포는 표층수와 저층수 간에 연직 혼합이 어려운 안정된 구조를 이루고 있었다.

2) 용존산소는 7월에는 목포항 전역의 표층과 저층에서 과포화되어 있었고, 8월에는 표층에서 과포화되어 있었으나, 저층에서 68~93%의 포화율을 나타냄으로써 용존산소가 저하된 상태로써 III등급 수질의 기준에도 미달하였다. 화학적 산소 요구량을 기준으로 평가하면, 목포항은 하계에 유기물 오염이 심화되어 평균적으로 III등급의 수질이었으나, 총부유성 고형물을 기준으로 평가하면, 목포항의 하계 수질은 평균적으로 II등급 수질이었다. 특히 8월에는 표층에서의 화학적 산소요구량이 III등급의 수질 기준에도 미치지 못하였다.

따라서 목포항으로 유입하는 오염부하를 제어하거나 저질의 유기오염물을 준설하는 등 목포항의 전역에 대한 수질 개선을 위한 대책 및 관리가 필요하다.

3) 8월의 표층에서는 항내 수역에서 항외 수역으로 진행함에 따라서 용존산소, 화학적 산소요구량, 클로로필 a 및 휘발성 고형물이 모두 감소하는 경향의 유사한 분포를 나타냈다.

참 고 문 헌

1. 국립수산진흥원, "한국연안어장환경오염고사 결과 보고서", 115~119, 1996.
2. 이종우·정명선, "목포항 개발 및 대불 산업단지 조성에 따른 연안해역 변화(I) : 해면 정온도를 중심으로", 한국해양학회지 제15권 제2호, 87~96, 1991.
3. 이종우·정명선·민병언, "목포항 개발 및 대불 산업단지 조성에 따른 연안해역 변화(I) : 해상환경을 중심으로", 한국해양학회지 제16권 제1호, 37~64, 1992.
4. 정명선, "목포 연안역 개발에 따른 연안수역 변화에 관한 연구", 한국해양대학교 공학박사 학위논문, pp. 124, 1992.
5. 농어촌진흥공사, "영산강(III)지구 대단위간척 지중합개발사업 환경관리조사보고서", pp.234, 1991.
6. 여수수산대학 수산과학연구소, "목포신도심 조성 II단계 매립사업에 따른 어업권 피해 영향 조사 보고서", pp.239, 1992.
7. APHA-AWWA-WPCF, "Standard methods for the examination of water and wastewater", 19th Ed. Washington, USA. 5-2~5-10, 1989.
8. 柳哲雄, "シンポジウム「貧酸素水塊」のまとめ", 沿岸海洋研究ノート, 第26卷, 第2號, 141-145, 1989.
9. Clark, R.B., "Marine Pollution", Clarendon Press, Oxford, USA, p. 17, 1986.
10. Yanagi, T., "A summary of symposium on oxygen-deficient water mass", Bull. Coastal Oceanogr. Res. Comm., Oceanogr. Soc. Japan, 31(2), 141~145, 1989.
11. 藏本武明·中田喜三朗, 東京灣における流動と底層DO濃度シミュレーション, 沿岸海洋研究ノート, 第28卷, 第2號, 140-151(1991).