한국해양환경 · 에너지학회지
J. Korean Soc. Mar. Environ. Energy
Vol. 22, No. 2, 77-83, May 2019

https://doi.org/10.7846/JKOSMEE.2019.22.2.77
ISSN 2288-0089(Print) / ISSN 2288-081X(Online)

Original Article

영산강 하구둑에 의한 하계 담수유입 후 시간 경과에 따른 목포 주변해역의 수질

김도희[1] · 진동환[2,†]
[1]목포해양대학교 환경생명공학과 교수
[2](주)코엔텍 대학원생

Sea Water Quality depending on as time passed after Inflow of Freshwater from Yeongsan River Barrage on summer around Mokpo

DoHee Kim[1] and DongHwan Jin[2,†]
[1]Professor, Department of Environmental Engineering & Biotechonology, Mokpo National Maritime University, Mokpo 61744, Korea
[2]Graduate Student, (Co.)Koentec, Gwanju 61229, Korea

요 약

2015년 8월 영산강의 담수 방류 3시간 후와 2016년 8월 영산강 담수 방류 7일 후 목포 주변해역 5개 정점의 표 저층의 염분, DIN, DIP, Chlorophyll-a, DO, 투명도를 11회 측정하여 수질 변화를 비교하였고, 각 수질인자 간 상관관계와 해역환경기준에 근거하여 공간적인 수질 오염도를 비교하였다. DO와 투명도는 지점별 차이는 크지 않았으나 DIN, DIP, Chlorophyll-a는 외해 측으로 갈수록 낮았고, 염분은 저층에서 DIN과 Chlorophyll-a는 표층에서 높게 나타났다. 2015년과 2016년 염분과 DIN의 상관관계(r)는 각각 -0.975와 -0.934이었고, 염분과 DIP와의 상관관계는 각각 -0.826과 -0.830이었다. DIN과 Chlorophyll-a의 상관관계는 각각 -0.562과 -0.702였고, DIP와 Chlorophyll-a의 상관관계는 각각 -0.873과 -0.503이었다. 해양환경기준에 근거한 수질의 오염도는 2015년 III~IV등급, 2016년에는 II~IV등급으로 2015년이 더 오염된 상태를 보였다. 이와 같이 하천수 유입 후 시간경과에 따라서 수질 변화가 달리 나타나고 있는 사실을 확인할 수 있었다.

Abstract – This study aimed to estimated water qualities depending on as time passed after inflow of freshwater from Yeongsan river barrage on summer after 3 hour in 2015 and after 7 days in 2016. We 11 times researched salinity, DIN, DIP, Chlorophyll-a, DO, Transparency at 5 stations in surface and bottom sea of Mokpo. The horizontal distribution of salinity, DIN and DIP were decreased as toward out of the sea. The vertical concentrations of DIN and chlorophyll-a were higher in surface than bottom while Salinity was high in bottom of the sea. Meanwhile DO and transparency were not showed over stations. The relationship coefficient between salinity and DIN were -0.975, -0.934 in 2015 and in 2016 respectively, the relationship coefficient between DIP and salinity were -0.826, -0.830 respectively. Also the relationship coefficient between DIN and chlorophyll-a were -0.562, -0.702 respectively, between DIP and chlorophyll-a were -0.873, -0.503 respectively. The sea water qualities estimated by the Water Quality Index ranged III~IV were more worse in 2015 than II~IV in 2016 due to as time passed after inflow of freshwater from Yeongsan river barrage.

Keywords: Sea of Mokpo(목포해역), Summer(여름), Time inflow of freshwater(담수유입시간), Water quality (수질), Yeongsan river barrage(영산강하구둑)

1. 서 론

목포 주변 해역은 폐쇄성이 강한 해역으로 유입된 오염물질이 외해로 쉽게 확산 되지 않는 지형적인 특성 때문에 목포 주변해역의 수질관리의 중요성이 대두되고 있는 실정이다. 특히, 목포 내만은 많은 섬들로 둘러싸여 있고 영산강 하구 둑 내 수위에 따른 수문의 인위적인 조작으로 인해 주변해역으로 하천수가 유입되고 있다. 그 외 공장과 생활하수 처리장의 배출수와 같은 점원오염과 도시와 농경지 등의 비점오염원 그리고 오염된 저층 퇴적물로 인해 목포 주

†Corresponding author: jjk236@naver.com

변해역의 수질이 악화되고 있는 실정이다(Lee *et al.*[2008]).

목포 주변 해역의 수질 관련 연구는 Kim[2001] 에 의한 하계 부영양화와 빈 산소 수괴 발생, Kang *et al.*[1998]에 의한 방조제 건설 전후에 목포해역의 오염물질 확산에 관한 연구가 수행되었다. 특히, Cho[2010]는 목포 주변해역의 수질에 미치는 영향 인자 중 담수방류에 의한 영향이 가장 큼을 지적하였고, Kwoun *et al.*[2012]은 담수유입에 따른 저 염수 거동을 파악하기 위해 EFDC모델을 이용한 연구에서 영산강 하구 둑 방류 3~6시간 경과 후 최대 확산을 보였으며, 7일 후 담수가 유입되기 전 상태로 회복된다고 보고하였다. 하지만, 현장조사를 통해 여름철 담수 방류 후, 시간경과에 따른 수질 변화를 조사한 연구는 없어 이에 대한 연구의 필요성이 대두되고 있다.

따라서 본 연구에서는 해양레저 활동과 수산 양식업에 따른 수질 문제가 주로 여름철에 발생되고 있는 점을 고려하여 하계에 목포 주변해역에서 영산강 하구 둑에서 방류되는 하천수의 유입 시간 경과 차이에 따른 주변 해역의 수질 차이를 알아보고, 측정된 수질인자 간의 상관관계를 검토한 후 해양환경기준에 근거한 해역의 수질 오염도를 비교 평가하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 조사해역 및 조사지점

조사 해역은 영산강 하구 둑을 기준으로 내측과 중앙, 외측으로 구분하였다(Fig. 1). 내측은 영산강 하구 둑 인근 지점(A)와 (B) 2개 지점으로 선정하였고, 중앙 해역은 목포해양대학 인근 지점인(C)로 정하였으며, 외측은 고하도(D)와 외달도 인근 지점(E)로 정하였다.

일반적인 내만의 수질 변화는 조석과 외해와의 해수교환, 점원과 비점오염원, 저층퇴적물과 양식장의 자가 오염에 의한 내부오염원 등에 의해 좌우될 것으로 생각된다. 본 연구의 조사 자료는 본 대학 환경생명공학과 3학년 전체가 매년 1주일간 목포주변 해역을 대상으로 연안환경조사 실습으로 실시되고 있는 자료이다. 앞서의 기존 연구자들의 목포주변 해역의 연구결과에 기초하여 2015년 8월 25일 영산강 하구 둑에서 방류되는 하천수의 유입 후 3시간이 지난 시점에 5개 팀이 각 정점에서 표층수와 저층수를 동시에 조사하였다. 2016년 8월 23일은 6개 팀이 하천수 유입 후 7일 지난 후 각 지점에서 동시에 표층수와 저층수를 조사하였다. 각 정점의 수질 결과는 각 팀이 측정된 자료를 산술 평균해서 정리하였다.

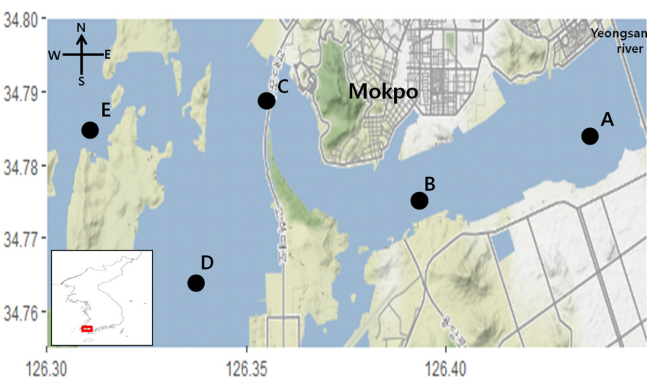

Fig. 1. Sampling stations in sea of Mokpo, Korea.

영산강 하구 둑에서 방류된 하천수의 유입시간 경과에 따른 수질 변화를 알아보기 위해 추적물질로서 염분은 현장에서 CTD(model 602-mkll)로 실시하였고, 투명도는 백색원판으로 DO는 YSI 6000으로 현장에서 측정하였다. DIN, DIP, Chlorophyll-a 조사는 채수된 시수를 냉장 보관하여 실험실로 옮긴 후 해양환경공정시험기준(MOF[2014])에 따라 분석하였다.

2.2 공간적인 수질분포와 수질인자 간 상관관계

하계 목포 주변해역에서 측정된 염분, DIN, DIP, Chlorophyll-a, DO포화도(%), 투명도를 하구 둑을 기점으로 내측, 중앙, 외측 간의 수평적인 수질 변화를 비교하였다. 수직적인 비교는 조사해역의 수심이 20 m 이내인 관계로 표·저층간의 수질 차이를 비교 하였다. 염분을 포함한 DIN, DIP, Chlorophyll-a와의 상관관계를 검토하였고 각 수질인자 간의 상관관계도 검토하여 염분 변화로부터 영산강 하구 둑에서 방류되는 하천수로 인한 해수수질 변화도 파악하였다.

2.3 수질 오염도 평가

영산강 하구 둑에서 하천수의 유입에 따른 목포 주변해역의 수질 오염도 차이를 평가하기 위해 측정된 수질 자료를 이용하여 해양환경기준의 생태기반 해수수질기준(WQI;Water Quality Index)과 비교하기 위하여 식 (1)에 따라 수질평가 지수를 산정하고 해수수질 등급을 평가하였다.

$$WQI = 10\times[\text{저층DO(\%)}]+6\times[\text{Chlorophyll-a+투명도}/2]+4\times[\text{DIN+DIP}/2] \quad (1)$$

3. 결과 및 고찰

3.1 담수 유입과 염분 분포

영산강 하구 둑에서 하천수 유입 3시간 경과 후 측정된 2015년 8월 25일 염분 농도를 측정한 결과, 내측 표층에서는 12.3~13.9 psu를 보였고 저층에서는 30.2~30.9 psu로 표층과 저층 간의 염분 차이가 크게 나타났다(Fig. 2). 중앙 해역의 표층에서 20.7 psu, 저층에서는 31.5 psu로 차이를 보였고, 외측에서는 표층 24.1~28.4 psu, 저층 31.7 psu로 표·저층 간의 염분 차이는 외측으로 갈수록 감소하는 경향을 보였다. 이와 같은 결과는 2015년 8월 25일은 조사 전 영산강 하구 둑에서 6,365톤의 하천수가 주변 해역으로 유입되었기 때문에 표·저층 간 염분 차이가 뚜렷하게 나타나고 있는 것을 확인할 수 있었다(Fig. 3).

한편, 영산강 하구둑에서 하천수가 유입 후 7일이 경과 된 시점인 2016년 8월 23일에 측정된 염분 분포는 내측의 표층에서 27.9psu, 저층에서 30.7psu로 2015년도 보다 표·저층 간 염분의 차이가 크지 않는 것을 알 수 있었다. 특히, 외달도 외측으로 갈수록

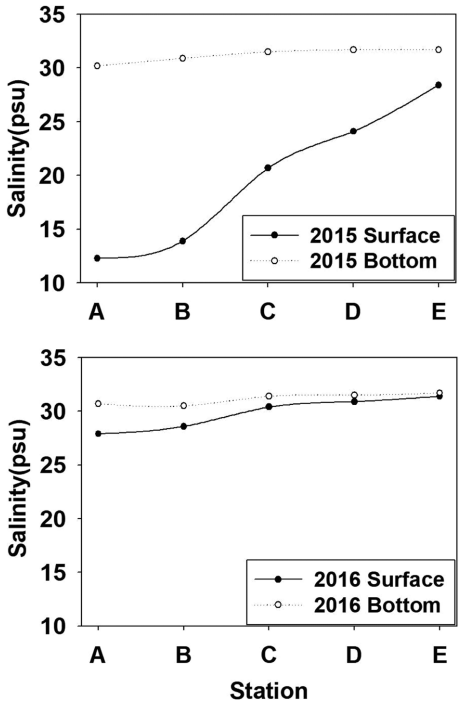

Fig. 2. Distributions of salinity in surface and bottom layer around sea of Mokpo.

표·저층 간 차이는 2015년보다 크지 않았다(Fig. 2). 이와 같은 결과는 2015년에 비해 영산강 하구둑에서 유입된 하천수의 유입량은 2배 이상으로 많았으나 유입 후 일주일의 시간이 지나 하천수와 해수 간의 혼합이 많이 이루어졌기 때문으로 판단되었다(Fig. 3).

하지만 목포 주변 해역은 해수교환이 느린 지형적인 특징(Cho[2010])으로 인해 2016년에도 약간의 염분 차이가 나타나고 있었다. 이는 영산강 하구 둑에서 방류된 하천수가 일주일이 지나도 여전히 목포 주변해역의 수질 변화에 영향을 미치고 있는 것으로 보인다. 이와 같은 결과는 Kwoun *et al.*[2012]가 저 염수 거동 예측모델에서 담수 방류 7일 후 방류 전의 상태로 회복되는 경향을 보였다고 보고한 예측 결과와도 유사한 결과를 보였다.

따라서 담수 유입으로 인한 주변 해역의 급격한 염분 변화를 예방하기 위해서는 최근에 수문확장 공사 이후 일시적으로 방류되는 하천수의 양이 더욱 증가된 상태에서 방류 시 해수와의 희석을 고려하여 조석 시간과 담수 방류양의 결정, 하천수의 방류지속시간 등을 고려하는 것이 중요할 것으로 생각되었다.

3.2 수질의 공간적인 분포

2015년 DIN은 표층수에서 0.678~2.264 mg L^{-1}, 저층수에서 0.532~1.224 mg L^{-1}로 저층수보다 표층수에서 높게 나타났다(Fig. 4). 이는 하천수의 유입으로 인해 표층에서 더 높게 나타나고 있는 것으로 판단된다. 수평적 분포는 외측으로 갈수록 농도가 점차 감소하는 경향을 보였다. 앞서의 염분 분포도 영산강 하구 둑과 근접한 내측의 표층에서 염분이 가장 낮아 하천수의 영향을 가장 크게 받고 있는 것과 잘 일치하고 있음을 알 수 있었다. 즉, 유입된 하천수가 목포주변 해역의 수질변화에 큰 영향을 미치고 있음을 알 수 있었다.

2016년 DIN은 표층수에서 0.176~0.409 mg L^{-1}, 저층수에서 0.174~0.846 mg L^{-1}로 내측 외에는 큰 차이는 없었다(Fig. 4). 내측인 영산강 하구 둑 인근 지점에서는 표층보다는 저층에서 높은 농도를 보였으나 다른 지점에서는 시간이 경과함에 따라서 해수와의 혼합이 진행되어 표·저층 간 농도 차이는 크게 나타나지 않는 것으로 판단되었다. 수평적 분포 차이는 2015년도와 마찬가지로 외측으로 갈수록 다소 농도가 감소되는 경향을 보였다. 표층과 저층의 전체적인 DIN농도는 2015년이 2016년보다 2배 이상의 높은 농도를 보여 유입된 하천수의 경과시간 차이에 따른 영향인 것을 알 수 있었다.

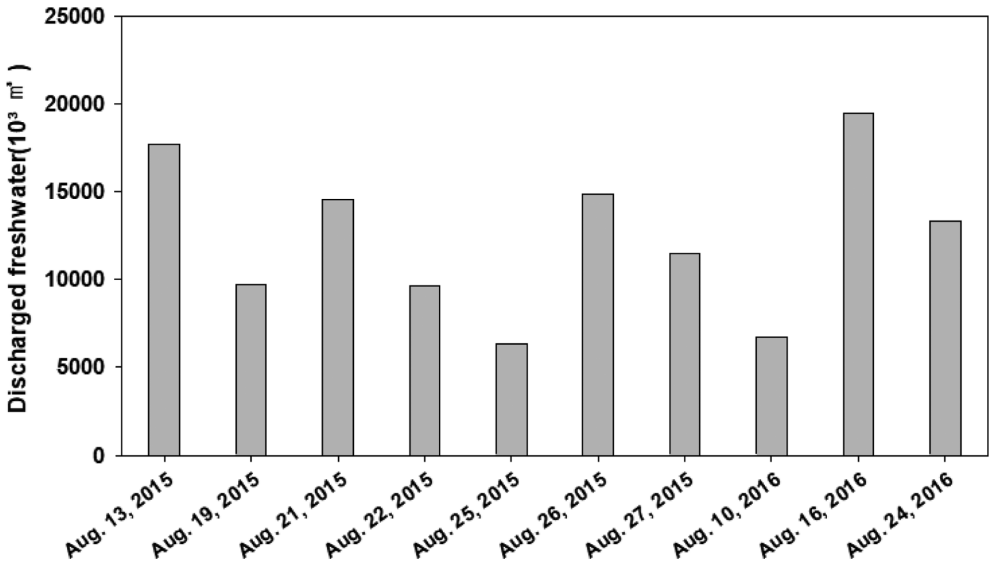

Fig. 3. Discharged fresh water from Yeongsan river barrage to sea of Mokpo in 2015 and 2016.

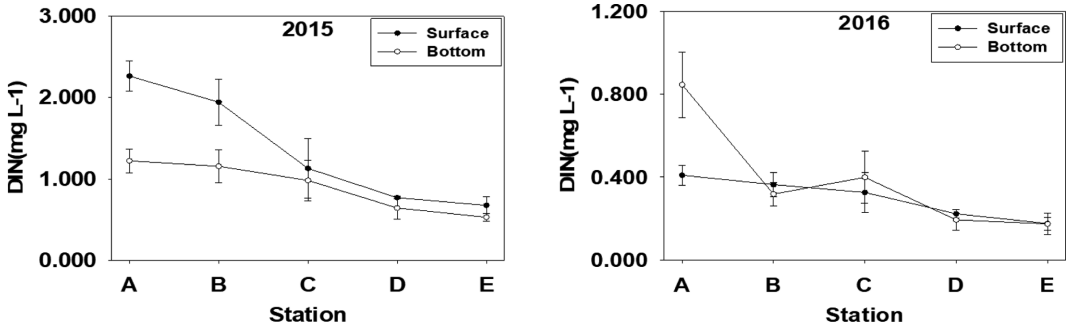

Fig. 4. Distributions of DIN in surface and bottom layer around sea of Mokpo.

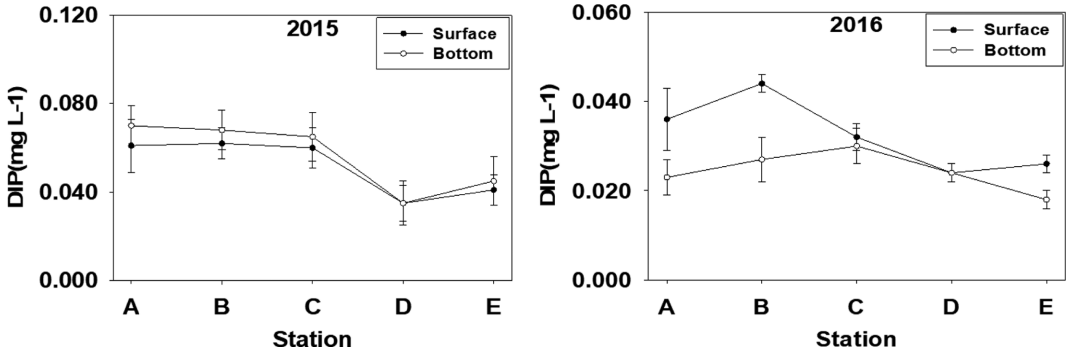

Fig. 5. Distributions of DIP in surface and bottom layer around sea of Mokpo.

2015년 DIP의 표·저층간 분포는 표층수에서 0.035~0.062 mg L^{-1}, 저층수에서 0.035~0.070 mg L^{-1}로 DIN과는 달리 표층보다 저층에서 높게 분포하였다(Fig. 5). 이는 하천수의 유입에 따른 밀도 차에 의해 연직적으로 충분히 혼합되지 않은 상태에서 저층의 유기물이 분해되어 DIP의 농도가 증가하고, 하계에 저층 퇴적물에서 DIP가 용출되는 일반적인 현상인 것으로 생각된다. 따라서 목포 내만 해역과 같이 해수교환율이 느린 해역의 수질관리를 위해서는 오염된 저층 퇴적물의 관리도 중요하다는 것을 알 수 있었다. 이와 같은 결과는 Yoon *et al.* [2008] 이 낙동강 하구 둑 방류수에 의한 하구역 수질의 시공간적 변화 연구에서 총인의 농도가 표층수보다 저층수에서 높게 분포한다는 결과와 Cho [2010]가 목포항 주변해역의 수질 및 식물플랑크톤의 변동 특성에서 DIP가 표층보다 저층에서 높게 분포한다는 결과와 유사하였다. DIP 수평적 분포는 DIN과 같이 외측으로 갈수록 낮아지는 경향을 보였다.

한편, 2016년 DIP의 농도는 표층수에서 0.024~0.044 mg L^{-1}, 저층수에서 0.018~0.030 mg L^{-1}로 2015년과는 달리 표층수에서 높게 나타났다. 이는 2015년과는 달리 염분의 표·저층 간 분포에서 알 수 있듯이 해수와 하천수가 혼합되었기 때문으로 판단된다. 2015년과 2016년의 표 저층의 전체적인 DIP의 농도 차이는 앞서의 DIN과 같이 2016년보다는 2015년에 높게 분포하고 있었다. Kwon *et al.* [2001]에 의한 금강 하구역의 담수 유입의 영향에 관한 조사에서도 내측에서 DIN의 농도가 담수 유입 전보다 담수 유입 후에 크게 증가하였고, 외측으로 갈수록 농도가 감소하였으며 DIP의 수평적 분포도 같은 경향이 나타났다고 보고하였다.

2015년 Chlorophyll-a의 표·저층간 분포는 표층수에서 4.85~7.83 μg L^{-1}, 저층수에서 4.34~6.27 μg L^{-1} 로 표층에서 전체적으로 약간 높게 분포하는 것을 알 수 있었다(Fig. 6). 이와 같은 결과는 앞서의 표·저층 간 영양염의 분포 차이에서 표층에서 높은 농도로 분포하기

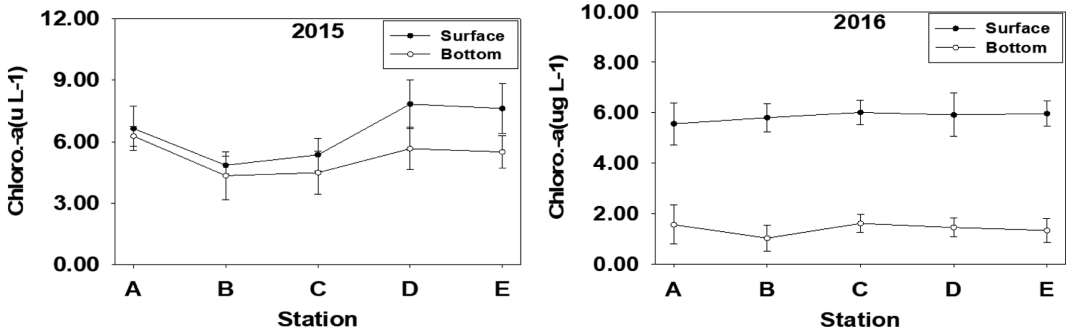

Fig. 6. Distributions of Chlorophyll-a in surface and bottom layer around sea of Mokpo.

Table 1. Different of weather conditions in 2015 and 2016

	Aug. 25, 2015	Aug.23, 2016
Weather	Cloudy	Sunny
Temperature (℃)	21.7~25.9 (mean 22.6)	24.8~34.6 (mean 28.8)
Precipitation (mm)	11.1	0.0

때문으로 판단된다.

2016년에는 표층수 5.56~6.01 μg L^{-1}, 저층수 1.03~1.61 μg L^{-1} 로 표층에서는 2015년과 비슷하였으나 저층수에서는 낮게 나타나 표·저층 간 농도 차이가 크게 나타났다. 이는 2015년과 2016년 모두 소조기로 조석의 차이는 크지 않았으나 2015년은 앞서 기술된 바와 같이 저층에서의 DIP의 용출과 함께 하천수의 유입으로 DIN과 함께 DIP도 높게 분포했기 때문에 표·저층 모두 Chlorophyll-a 농도가 높았다. 반면에 2016년도에는 수온과 햇빛의 광량이 양호하여 표층에서는 높았으나 상대적으로 저층에서는 낮은 식물플랑크톤의 증식으로 인한 차이 때문으로 판단되었다.

Table 1에서 알 수 있듯이 2016년에는 24.8~34.6 ℃(평균 28.8 ℃) 맑은 날씨였으나 2015년에는 21.7~25.9 ℃(평균 22.6 ℃)로 흐리고 11.1 mm 강우량을 보인 것에서 알 수 있었다. 수평적으로는 DIN과 DIP와는 달리 2015년, 2016년 모두 정점 간 큰 차이를 보이지 않았다.

DO 포화도(%)는 2015년 내측은 90~97%, 중앙과 외측에서는 110~115%였고, 2016년에는 95~98%로 모든 지점에서 비슷한 분포를 보였다. 다만 표·저층 간의 DO 포화도는 표층이 다소 높은 일반적인 연안해역의 분포 양상과 비슷한 분포를 보였다. 투명도는 2015년 1.4~2.0 m(평균 1.8 m), 2016년 0.8~1.5 m(평균 1.3 m)로 연도별 차이는 약간 보였으나 지점별 차이는 크지 않았다.

3.3 수질인자 간 상관관계

2015년과 2016년 염분과 DIN의 상관성(r)은 각각 -0.975, -0.934로 높은 부의 상관관계를 보였다. 이는 하천수의 유입이 있는 하구에서 일반적으로 나타나는 높은 부의 상관관계인 것으로 판단되었다(Kim and Kim [2004]). 아울러 염분과 DIP의 상관계수도 2015년 -0.826, 2016년은 -0.830으로 역시 높은 부의 상관관계를 보였다. 이는 표층수에서 하천수의 유입으로 인해 염분은 감소하는 대신에 DIN, DIP의 농도가 증가하기 때문으로 판단되었다. 즉, 염분과 영양염 농도의 관계식으로부터도 하구 둑에서 하천수의 유입이 주변 해역의 수질변화에 큰 영향을 미치고 있음을 확인할 수 있었다(Fig. 7~8).

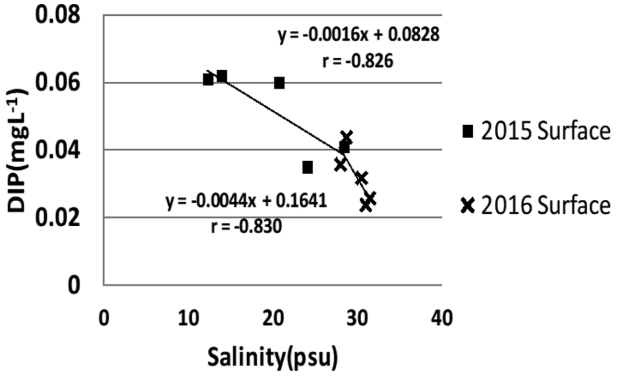

Fig. 8. Correlation between DIP and Salinity in sea of Mokpo on summer of 2015 and 2016.

2015년과 2016년 Chlorophyll-a와 DIN의 상관성(r)은 각각 -0.562와 -0.702, Chlorophyll-a와 DIP의 상관성은 각각 -0.873과 -0.503으로 나타나났다. 일반적인 먼 바다에서는 Chlorophyll-a가 증가하면 DIN, DIP가 감소하는 부(-)의 상관관계가 예상되어 본 조사에서도 일반적인 현상을 보였으나, 2015년 DIN과 2016년 DIP의 상관계수가 낮은 것은 영산강 하구 둑에서의 간헐적으로 하천수가 방류되고 있고 점원과 비 점원 오염원 그리고 조석과 기상조건 등의 복합적인 요인으로 인해 영양염과 Chlorophyll-a와의 상관성이 일정한 경향으로 나타나지 않는 것으로 생각된다(Fig. 9~10). 이는

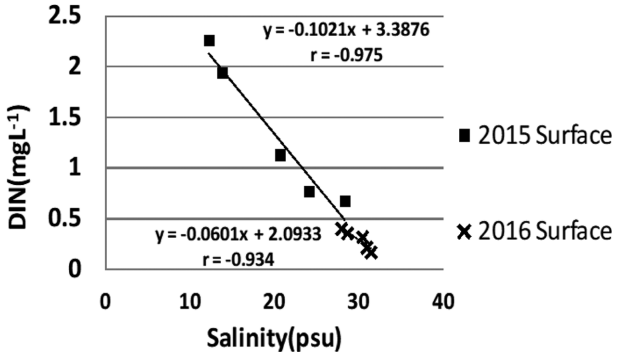

Fig. 7. Correlation between DIN and Salinity in sea of Mokpo on summer of 2015 and 2016.

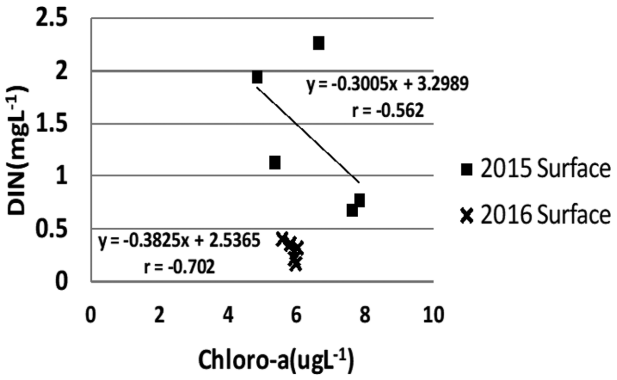

Fig. 9. Correlation between DIN and Chlorophyll-a in sea of Mokpo on summer of 2015 and 2016.

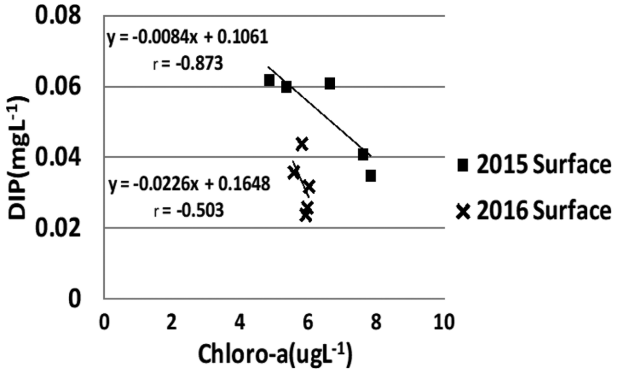

Fig. 10. Correlation between DIP and Chlorophyll-a in sea of Mokpo on summer of 2015 and 2016.

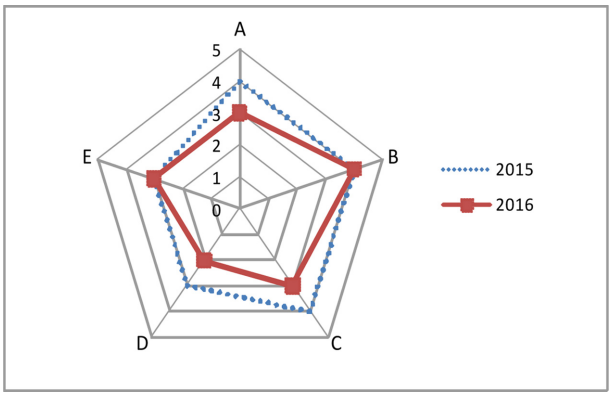

Fig. 11. Results of water quality level estimated by the WQI in 2105 and 2016.

Kim and Kim [2004]이 영일만 수질의 시공간 변동에 미치는 담수유입의 효과 연구에서 해수유입과 담수유입의 복잡한 영향으로 Chlorophyll-a와 DIN, DIP 상관성이 낮은 부(-)의 상관성을 보였다고 보고한 것과 유사한 결과를 보였다.

3.4 수질 오염도

해양생태기반 수질평가지수(WQI, Water Quality Index)를 이용하여 수질 오염 등급을 평가한 결과, 2015년 내측과 중간에서는 IV등급, 외측에서는 III등급의 수질을 보였다. 2016년 내측과 중간해역에서 III~IV등급, 외측에서는 II~III등급의 수질을 보였다(Table 2, Table 3 and Fig. 11).

전체적으로 수질이 나쁜 이유는 해양생태기반 수질평가지수(WQI) 점수 합산에 포함된 5개 수질항목 중 DO 이외의 모든 항목이 기준치를 초과하였기 때문이며 특히, DIN, DIP가 높았기 때문이었다. 이러한 수질 상태는 수산양식이나 향후 요트 마리나와 같은 친수활동에 부적합하며, 단지 공업이나 선박의 정박 등의 용도로 이용되는 수질에 해당되는 것으로 판단되었다. 또한, 해양레저 활동이 주로 여름철에 이루어지고 수산 양식업의 수질 문제 또한 여름철에 발생되고 있는 점을 고려하다면 여름철의 목포 주변해역의 수질 관리가 중요하다는 것을 알 수 있었다.

공간적인 수질 등급 차이는 앞서의 영양염과 염분 분포와도 잘 일치하고 있음을 알 수 있었다. 특히, 내측에서 등급이 높게 나타나고 있는 것은 목포 내항의 내측에 비점원 오염원과 각 종 점원 오염원이 유입되고 있고 해수교환이 잘 이뤄지지 않기 때문으로 판단된다. 반면에 해수교환이 비교적 양호한 외측에서는 상대적으로 양호한 수질을 보였다.

앞서의 염분과 DIN, DIP의 각 수질 인자의 공간적인 분포에서와 같이 하천수 유입 후 3시간이 경과된 시점에서 조사된 2015년의 수질이 하천수 유입 7일이 지난 후에 조사된 2016년 보다 수질 등급이 모두 나쁜 상태를 보이고 있는 것으로 볼 때도 유입된 하천수의 경과시간 경과에 따라서 주변 해역의 수질이 크게 달라지고 있음을 알 수 있었다.

Table 2. Results of water quality level estimated by the WQI in 2015

St.	Result		DIN		DIP		Chlo.-a		Trans.		DO	
	Total score	Grade level	mg L^{-1}	score	mg L^{-1}	score	μg L^{-1}	score	m	score	%	score
A	48	IV	2.264	5	0.061	5	7.83	5	1.6	1	97	1
B	58	IV	1.943	5	0.062	5	7.62	5	1.9	1	90	2
C	48	IV	1.131	5	0.060	5	6.64	5	1.8	1	110	1
D	43	III	0.772	5	0.035	4	5.36	4	1.3	1	115	1
E	45	III	0.678	5	0.041	5	4.85	4	1.7	1	110	1

Table 3. Results of water quality level estimated by the WQI in 2016

St.	Result		DIN		DIP		Chlo.-a		Trans.		DO	
	Total score	Geadelevel	mg L^{-1}	score	mg L^{-1}	score	μg L^{-1}	score	m	score	%	score
A	46	III	0.409	5	0.036	5	5.56	4	0.6	1	95	1
B	48	IV	0.364	5	0.044	5	5.80	5	0.7	1	95	1
C	44	III	0.326	4	0.032	4	6.01	5	0.7	1	96.	1
D	32	II	0.223	1	0.024	1	5.91	5	0.6	1	98	1
E	34	III	0.176	1	0.026	2	5.96	5	0.6	1	97	1

4. 결 론

영산강 하구 둑에서 하천수 유입 후 3시간이 지난 2015년 8월과 하천수 유입 후 7일이 지난 2016년 8월에 주변해역 5개 정점의 표·저층에서 염분, DIN, DIP, Chlorophyll-a, DO, 투명도를 측정하여 하천수 유입된 후 시간 경과 차이에 따른 주변 해역의 수질 차이를 비교한 결과는 다음과 같다.

(1) 하천수 유입 3시간 후와 7일이 경과한 후의 염분 분포는 저층에서 그리고 외해 측으로 갈수록 높게 나타나는 수평, 수직적 차이가 뚜렷하게 보였다. DIN, DIP도 뚜렷한 공간적인 분포를 보여 영산강 하구 둑으로부터 유입된 하천수의 경과 시간에 따라서 주변해역의 수질 차이가 나타나고 있음을 확인 할 수 있었다.

(2) 2015년과 2016년에 각 정점에서 조사된 염분과 DIN의 상관계수(r)은 -0.975과 -0.934였고, 염분과 DIP의 상관계수는 -0.826과 -0.830으로 높은 부(-)의 상관관계를 보여 영산강의 하구 둑에서 유입되는 하천수가 주변 해역의 수질변화에 큰 영향을 미치고 있음을 염분과 수질 간의 상관관계로부터도 확인 할 수 있었다. 2015년과 2016년 Chlorophyll-a와 DIN의 상관계수(r)은 -0.562와 -0.702. Chlorophyll-a와 DIP 간은 -0.873과 -0.503으로 부(-)의 상관관계를 보였다.

(3) 측정된 수질조사 결과를 이용하여 해양환경기준에 근거하여 수질등급을 평가한 결과, 내측에서는 IV등급, 중간해역에서는 II~IV등급, 외측에서는 II~III등급이었고, 연도별 차이는 II~III 등급을 보인 2016년 보다 III~IV등급을 보인 2015년이 나쁜 수질 오염도를 보였다.

이와 같은 결과도 하천수의 유입에 따라서 수질 차이를 보이고 있어 주로 여름철에 요트 마리나와 같은 친수 활동이 이루어지고, 수산양식업의 수질 문제가 발생될 수 있는 점을 고려할 때 여름철에 영산강 하구 둑에서 하천수의 유입이 목포 주변 해역의 수질관리에 있어 중요한 인자로 판단된다. 특히, 해수교환이 느린 목포 주변해역의 지형적인 조건하에서 영산강 하구 둑에서 인위적인 수문조작에 의해 유입되고 있는 하천수가 주변해역의 염분 변화와 수질 변화를 발생시키고 있기 때문에 하구 둑 주변의 수질관리를 위해서 하천수의 방류량과 방류 지속시간의 결정이 중요함을 알 수 있었다.

후 기

본 연구의 조사 자료는 본 대학 환경생명공학과 3학년이 2015년과 2016년 여름방학 중 목포주변 해역을 대상으로 연안환경조사 실습으로 조사한 자료이다. 학생들의 노고와 선박 이용을 제공해주신 목포지역 해양환경관리 공단에도 감사를 드립니다.

References

[1] Cho, E.S., 2010, Variations in Marine Environments and Phytoplankton Community around Mokpo Harbour, J. KENSS, 19(11), 1323-1336.

[2] Kang J.W., Ihm, B.S., Lee, J.S., Kim, J.W., Lim, H.S. and Kim, H.S., 1998, Pollutant Dispersion Mechanism by Constructions of the Seawalls near the Mokpo Coastal Zone. J. Korean Soc. Environ. Biology, 16(4), 375-381.

[3] Kim, G.S., 2001, Seasonal Variations of Marine Water Quality and Eutorphication Index in Mokpo Harbour, J. KOSMEE, 4(3), 3-15.

[4] Kim, Y.S. and Kim, Y.S., 2004, The effect of freshwater inflow on the spatio-temporal variation of water quality of Yeongil bay, Korean J. Environ. Biol. 22(1), 57-65.

[5] Kwon, J.N., Kim, J.G. and Ko, T.S., 2001, The Estimation of Water Quality Changes in the Keum River Estuary by the Dyke Gate Operation Using Long Term Data, J. Korean Fish. Soc., 34(3), 348-354.

[6] Kwoun, C.H., Kwon, M.S., Kang, H., Jang, G.S., Seo, J.B., Cho, K.W. and Maeng, J.H., 2012, The Prediction Of Low Salinity Water Behavior Caused By Tidal Gate Extension In Yeongsan-River Estuary, J. Environ. Impact Assessment, 21(4), 553-565.

[7] Lee, J.E., Song, J.J. and Kim, H.G., 2008, Accumulation Condition and Management Plan after Yeongsan River Estuary Barrage Construction (Sea Side), J. SETK, 9(1), 62-69.

[8] Ministry of Ocean and Fisheries, Korea (MOF), 2014, Manual of seawater analysis in Korea, Seoul, Korea.

[9] Yoon, H.S, Park, S., Lee, I.C. and Kim, H.T., 2008, Spatiotemporal ariations of seawater quality due to the inflow of discharge from Nakdong river barrage, J. Korean Soc. for Mar. Environ. Eng., 11(2), 78-85.

Received 17 December 2018
1st Revised 8 February 2019, 2nd Revised 18 March 2019,
3rd Revised 25 April 2019, 4th Revised 4 May 2019
Accepted 11 May 2019