

# 순천만 수질환경의 계절적 특성에 관한 연구

장 성 국\* / 정 정 조\*\*\*

## Seasonal Characteristics of Seawater Quality in the Suncheon Bay

Sung-Guk Jang\* / Cheong-Jo Cheong\*\*\*

**요약** : 본 연구에서는 순천만 수질의 현황을 과학적으로 파악하고 효율적인 보존과 관리를 위한 기초자료를 제공하는 것을 목적으로 하여, 2008년 10월, 2009년 1, 4, 7월에 걸쳐 순천만 수질의 계절적 특성을 조사하였다. 조사기간 동안 염분은 8.8~31.9psu, DO는 6.34~11.84 mg/L의 범위를 나타내었으며 pH는 7.80~8.34의 범위를 나타내었다. 부유물질 농도는 평균 52.1~104.0 mg/L의 범위를 보였으며, COD의 경우는 2.27~5.33 mg/L의 범위를 나타내었다. 그리고 총대장균군의 경우는 6~37CFU의 범위를 나타내었으며 COD와 총대장균군의 경우는 담수가 유입되는 순천만 초입부에서 상대적으로 높은 경향을 나타내었다. 한편 순천만에서의 질소, 인, 규소와 같은 영양염류는 동천과 이사천의 담수가 직접적으로 유입되는 순천만 초입부에서 상대적으로 높은 경향을 나타내었으며, N/P 비는 평균값이 4.54~9.61의 범위를 보여 Redfield ratio를 고려했을 때 순천만에서는 질소가 제한영양물질임을 알 수 있었다.

**핵심용어** : 연안습지, 순천만, 조간대, 수질, 영양염

**Abstract** : The purpose of this study is to investigate the seasonal variation of water quality parameters in Suncheon bay. We investigated at fifteen stations from October 2008to July 2009. picoplankton The salinity in the bay ranged from 8.8 to 31.9psu, DO ranged from 6.34 to 11.84 mg/L and the pH ranged from 7.80 to 8.34. The mean concentration of suspended solids ranged from 52.1 to 104.0 mg/L and COD concentration ranged from 2.27 to 5.33 mg/L. The total coliform group ranged from 6 to 37CFU. The concentrations of COD and total coliform group were relatively higher in the upper part of the Suncheon bay than lower one. The concentrations of nutrients such as nitrogen, phosphorus, silicate were also higher in the upper part of the bay, because the large amount of fresh water was inflowed into the bay from the Dong stream and Isa stream. Because the N/P ratio was ranged from 4.54 to 9.61 in this study, the limiting nutrients was nitrogen in the Suncheon bay comparing to the Redfield ratio.

**Keywords** : coastal wetland, Suncheon bay, intertidal zone, water quality, nutrients

### 1. 서 론

습지(wetland)는 육상생태계와 수생생태계 사이의 전이대로서 지구표면의 약 6%를 점하고 있으며 지구상에 존재하는 가장 중요한 자연생태계 중의 하나로서 “자연의 공팔”이라고 묘사된다(박 등, 2000). 습지는 크게 육지에 속해 있는 내륙습

지(하천습지, 산지습지)와 해양에 속해 있는 해안 습지(연안습지, 하구습지)로 구분할 수 있다. 남한의 연안습지는 약 2,800 km<sup>2</sup>로 국토면적의 약 3%를 차지하며(박 등, 2000), 어류 산란장 및 패류 서식지, 물새 및 야생동물 서식지, 오염물질 정화, 사회경제적 가치, 홍수조절, 해안 침식조절 등 수많은 가치와 기능을 지니고 있다. 미국에서도

+ Corresponding author : ccj@scnu.ac.kr

\* 비회원 · 순천대학교 환경공학과 석사

\*\* 정회원 · 순천대학교 환경공학과 조교수

1970년 이전까지는 습지를 쓸모없는 땅(wasteland)으로 취급하였으나, 1971년 2월 랍사르협약(RAMSAR)이 체결된 이후부터 습지정책이 변화되어 1990년 이후에는 경이로운 땅(wonderland)으로 그 가치를 재평가하고 있다.

국내 최초로 랍사르협약에 등록(2006년 1월)되었으며, 국토해양부로부터 2003년 12월 습지보호구역으로 지정된 연안습지인 순천만(27km<sup>2</sup>)은 여수반도와 고흥반도로 둘러싸인 만 지형으로 넓은 사니질 갯벌(21.6km<sup>2</sup>)과 갈대밭(5.4km<sup>2</sup>)이 잘 발달되어 있는 만입형 연안습지이다. 순천만에는 국제적 희귀조류인 흑두루미와 국제보호종인 검은머리갈매기, 흑부리오리, 민물도요가 서식하고 있으며, 2009년 조사에 의하면 천연기념물 9종과 환경부 멸종위기 I급에 해당하는 3종의 조류 그리고 멸종위기 II급에 해당하는 8종의 조류가 서식하는 것으로 보고되고 있다(정, 2009).

연안생태계는 물리·화학적 환경과 더불어 미생물에서부터 저서생물 그리고 염생식물, 조류 등이 유기적인 상호관계를 유지하고 있기 때문에 생태계의 일부분을 담당하고 있는 순천만의 수질 및 갯벌의 오염정도를 파악함으로써 순천만의 현황을 진단하고 보다 효율적인 보전대책의 수립을 위한 기초자료의 제공이 필요하리라 판단된다.

지금까지의 순천만에 대한 소수의 연구자료(김, 1999; 구 등, 2001; 백, 1999)는 저서생물이나 조류 및 식물 연구에 국한 되어있는 실정이지만

이러한 생태계는 가장 기본적인 수질 및 갯벌환경에 의해서 직접적인 영향을 받기 때문에 순천만의 수질 및 갯벌에 대한 현황을 파악하는 것이 순천만을 본질을 이해하는데 필수적이라 할 수 있다. 박(2001)은 순천만의 6개 정점에서 해수 수질 및 중금속을 조사하였으나 조사정점이 다소 적어 순천만 수질의 대표성을 갖기가 어렵다고 판단된다. 한편 김 등(2008)은 순천만의 수질환경 및 퇴적물의 지화학적 특성에 대해서 조사를 수행하였으나 순천만의 해수수질보다는 퇴적물의 지화학적 특성에 비중을 두고 있는 연구로 판단된다.

따라서 본 연구에서는 순천만의 효율적인 관리 및 보존을 위한 기초자료를 제공하기 위하여 순천만 수질의 현황을 과학적으로 파악하는 것을 목적으로 하여 2008년 10월, 2009년 1, 4, 7월에 걸쳐 순천만 수질의 계절적 특성을 조사하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1 지점 및 시료채취

순천만의 수질조사를 위한 조사정점은 총 15개 지점을 선정하였으며, 이중 St-1, 3, 6, 9, 13번의 지점은 간조시에 동천 및 이사천에서 유입되는 하천수가 유하하는 수로인 갯강에 해당한다. 조사 지점의 위치 및 경위도 좌표는 Fig. 1과 Table 1에 제시한 바와 같다.

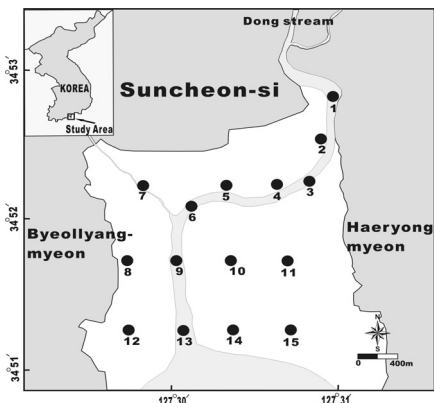


Fig. 1. Map of sampling sites in the Suncheon Bay

Table 1. Longitude and latitude coordinates of sampling stations

Stations	Longitude	Latitude
St-1	34° 52'48.3"	127° 31'01.9"
St-2	34° 52'30.0"	127° 30'59.7"
St-3	34° 52'18.9"	127° 30'55.7"
St-4	34° 52'17.2"	127° 30'44.2"
St-5	34° 52'17.2"	127° 30'20.9"
St-6	34° 52'11.2"	127° 30'13.2"
St-7	34° 52'17.2"	127° 29'50.9"
St-8	34° 51'45.4"	127° 29'40.9"
St-9	34° 51'45.4"	127° 30'04.2"
St-10	34° 51'45.4"	127° 30'22.0"
St-11	34° 51'45.4"	127° 30'44.6"
St-12	34° 51'13.9"	127° 29'40.9"
St-13	34° 51'13.9"	127° 30'05.3"
St-14	34° 51'13.9"	127° 30'22.0"
St-15	34° 51'13.9"	127° 30'44.6"

한편 순천만에서 수질환경의 조사는 계절적인 측면을 고려하여 2008년 10월 28일(가을), 2009년 01월 12일(겨울), 04월 08일(봄), 07월 23일(여름)로 총 4회에 걸쳐서 수행하였다.

해수시료의 채취는 조위표를 참조하여 고조와 저조의 조차(tidal range)가 가장 큰 대조(사리, spring tide)를 택하였으며, 수위가 310 cm 이상인 고조(만조, high water)일 때 소형선박을 이용하여 실시하였다. 측정 당시 순천만 조사정점의 수심은 약 0.6~3.9 m(갯강 평균 수심 3.6 m, 갯벌 평균 수심 1.3 m)로서 순천만 전체의 수질특성을 나타내는데 크게 영향을 미치지 않을 것으로 판단하여 표층수를 대상 시료로 취하였다.

시료는 채수 즉시 ice box에 냉장 보관하여 실험실로 운반한 후, 영양염류(암모니아성 질소, 아질산성 질소, 질산성 질소, 인산염 인, 규산규소)의 분석을 위해서 시료의 일부를 pore size 0.45 μm의 membrane filter로 여과하였다.

## 2.2 실험항목 및 방법

현장측정 항목들인 수온과 용존산소(DO)와 염분은 DO meter(YSI Model 85)를 이용하였으며, pH는 pH meter(YSI Model 60)로 측정하였다. 현장측정은 소형선박 위에서 직접 센서를 수중에 30 cm 가량 침지시켜 측정하였다.

한편 실험실 분석은 해양환경공정시험법(국토해양부, 2005년 6월 고시)에 준하여 분석하였다. 부유물질(SS)은 중량법으로, 화학적산소요구량(COD)은 알칼리성 과망간산 칼륨법으로 분석하였다. 영양염류의 분석은 여과한 여액을 시료로 사용하여, 암모니아성 질소(NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N)는 인도페놀법, 아질산성 질소(NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N)는 디아조화법, 질산성 질소(NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N)는 카드뮴-구리 칼럼 환원법, 인산염 인(PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>-P) 및 총인은 아스코르빈산환원법, 규산규소(SiO<sub>2</sub>-Si)는 몰리브덴산환원법으로 분석하였다. 총대장균군(Total coliform group)은 막여과법, 총인(T-P)은 시료를 과황산칼륨으로 산화시킨 후 아스코르빈산환원법으로 분석하였고, 총질

소(T-N)은 알칼리성 과황산칼륨으로 산화시킨 후 카드뮴-구리 칼럼 환원법으로 분석하였다.

수질항목간의 상관관계를 알아보기 위해 상관분석(Pearson correlation)을 하였으며, 자료의 처리는 SPSS(Ver14.0 SPSS Inc.)을 이용하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 강수량 및 기초환경

Fig. 2는 기상청 순천기상대로부터 제공받은 순천만 주변의 강수량자료를 나타낸 결과이다. 결과에 제시된 바와 같이 총강수량은 추계(2008년 10월)에 21.1 mm, 동계(2009년 1월)에 21.2 mm로 나타났다. 그리고 춘계에 해당하는 2009년 4월에는 50.5 mm의 강수량이 관측되었으며 하계에 해당하는 2009년 7월에는 828.8 mm로 가장 많은 강수량이 기록되었다.

Table 2는 조사지역에서의 계절에 따른 수온(Water temperature), 염분(Salinity), 용존산소(DO), 수소이온의 농도(pH)를 최대값, 평균값, 최소값 그리고 표준편차를 제시한 결과이다. 수온은 2008년 10월(추계)에는 13.8~15.1℃(14.5±0.4℃, 평균±표준편차, 이하동일), 2009년 1월(동계)에는 -0.6~1.9℃(0.91±0.99℃), 그리고 춘계에 해당하는 2009년 4월에는 14.3~15.5℃(14.8±0.34℃), 2009년 7월 하계에는 20.5~

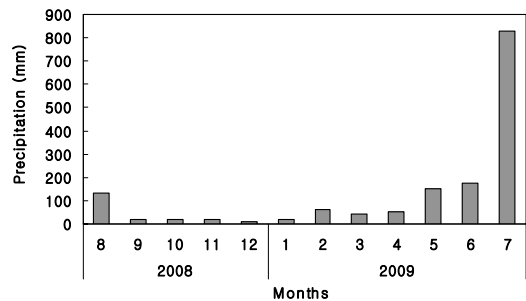


Fig. 2. Monthly variation of precipitation around the Suncheon bay

Table 2. Values of the minimum, maximum, mean, standard deviation on the surveying parameters in the study sites

Para. Sites	Temp. (°C)				Salinity (psu)				DO (mg/L)				pH			
	Oct.	Jan.	Apr.	Jul.	Oct.	Jan.	Apr.	Jul.	Oct.	Jan.	Apr.	Jul.	Oct.	Jan.	Apr.	Jul.
1	14.2	-0.1	15.3	20.5	27.0	26.8	22.5	0.1	6.17	11.96	9.34	7.73	7.76	8.24	9.03	7.64
2	14.1	-0.6	15.5	22.9	28.3	30.2	26.2	0.5	6.40	11.92	6.74	5.61	7.80	8.28	7.96	7.28
3	13.8	-0.5	14.9	20.9	28.6	30.0	27.3	0.4	6.49	12.22	6.34	7.19	7.82	8.31	7.93	7.26
4	14.7	1.2	14.7	21.6	29.6	32.3	29.8	0.5	6.29	11.69	6.02	6.21	7.85	8.34	7.75	7.48
5	14.9	1.8	15.3	22.6	29.9	32.8	30.8	0.7	6.36	11.39	5.89	6.47	7.86	8.34	7.98	7.33
6	14.6	1.8	15.0	22.6	30.1	32.9	31.7	3.3	6.48	11.40	5.89	6.31	7.85	8.35	7.98	7.63
7	14.2	0.7	15.2	24.1	27.8	31.9	30.3	1.9	6.55	12.00	5.72	7.08	7.82	8.33	7.96	7.89
8	14.8	-0.5	14.7	24.3	29.6	32.2	30.4	3.5	6.55	12.36	5.96	7.47	7.89	8.36	7.91	8.08
9	15.0	1.6	14.9	25.4	29.8	32.9	31.5	14.9	6.66	11.67	5.81	7.06	7.89	8.35	7.95	8.07
10	14.3	1.6	14.7	24.6	30.4	32.8	32.2	2.7	6.48	11.76	6.16	6.15	7.86	8.35	8.00	7.95
11	13.8	1.6	15.1	25.6	29.9	32.8	32.0	18.2	6.66	11.50	5.87	6.41	7.85	8.33	7.97	8.23
12	13.9	-0.2	14.4	24.8	30.0	32.6	31.5	18.2	6.58	12.35	5.72	5.35	7.89	8.37	7.62	7.89
13	14.5	1.9	14.7	25.4	29.7	32.9	32.1	21.6	6.62	11.68	6.27	6.55	7.89	8.36	8.04	8.13
14	15.1	1.6	14.3	25.4	30.2	32.9	32.6	22.3	6.83	11.91	6.84	5.57	7.85	8.37	8.06	8.11
15	14.8	1.7	14.7	25.4	30.6	32.8	32.1	22.4	6.76	11.84	6.48	5.01	7.90	8.37	8.01	8.09
Min.	13.8	-0.6	14.3	20.5	27.0	26.8	22.5	0.1	6.17	11.39	5.72	5.01	7.76	8.24	7.62	7.26
Max.	15.1	1.90	15.5	25.6	30.6	32.9	32.6	22.4	6.83	12.36	9.34	7.73	7.90	8.37	9.03	8.23
Mean	14.5	0.91	14.8	23.7	29.4	31.9	30.2	8.8	6.53	11.84	6.34	6.41	7.85	8.34	8.01	7.80
Stdev.	0.44	0.99	0.34	1.76	1.03	1.71	2.81	9.40	0.18	0.31	0.90	0.80	0.04	0.04	0.30	0.34

25.6°C(23.7±1.76°C)의 값을 나타내었다.

그리고 염분은 2009년 1월(동계)에는 26.8~32.9psu(31.9±1.71psu)이었으나 2009년 7월 하계에는 0.1~22.4psu(8.8±9.40psu)의 값을 나타내었다. 조사기간 동안 2008년 10월과 2009년 1월, 4월의 경우는 평균 염분이 29.4psu, 31.9psu, 30.2psu값을 나타내었으나, 강수량이 가장 많았던 2009년 7월에는 8.8psu로서 가장 낮은 것은 육상으로부터 하천을 통해 유입되는 많은 양의 담수로 인한 영향으로 볼 수 있다. 그리고 조사기간 동안 동천과 이사천으로 부터 유입되는 담수의 영향으로 염분도 순천만의 초입부의 지점들에서 비교적 낮은 경향을 나타내고 있었다.

한편 DO의 분포는 2008년 10월(추계)에는 6.17~6.83 mg/L(6.53±0.18 mg/L), 2009년 1월(동계)에는 11.39~12.36 mg/L(11.84±0.31

mg/L), 그리고 춘계에 해당하는 2009년 4월에는 5.72~9.34 mg/L(6.34±0.90 mg/L), 2009년 7월 하계에는 5.01~7.73 mg/L(6.41±0.80 mg/L)의 값을 나타내었다.

대기중의 산소 용해도는 압력에 비례하고 수온 및 염분에 반비례하며, 수중에 산소가 공급되는 요인은 대기로부터의 재포기(recreation), 식물성 플랑크톤 및 수생식물의 광합성이며, 감소되는 요인으로는 미생물에 의한 유기물의 분해작용(탈산소), 수중동물의 호흡작용, 무기화합물의 산화작용이 있다. 본 조사연구에서는 조사당일의 풍속자료(순천기상대)를 파악한 결과, 2008년 10월에는 1.6 m/s, 2009년 1월에는 3.2 m/s, 4월에는 1.6 m/s, 7월에는 0.9 m/s이었음을 알 수 있었다.

한편 2009년 1월의 평균 수온 및 염분은 각각 0.9°C와 31.9psu이었을 때의 평균 용존산소포화

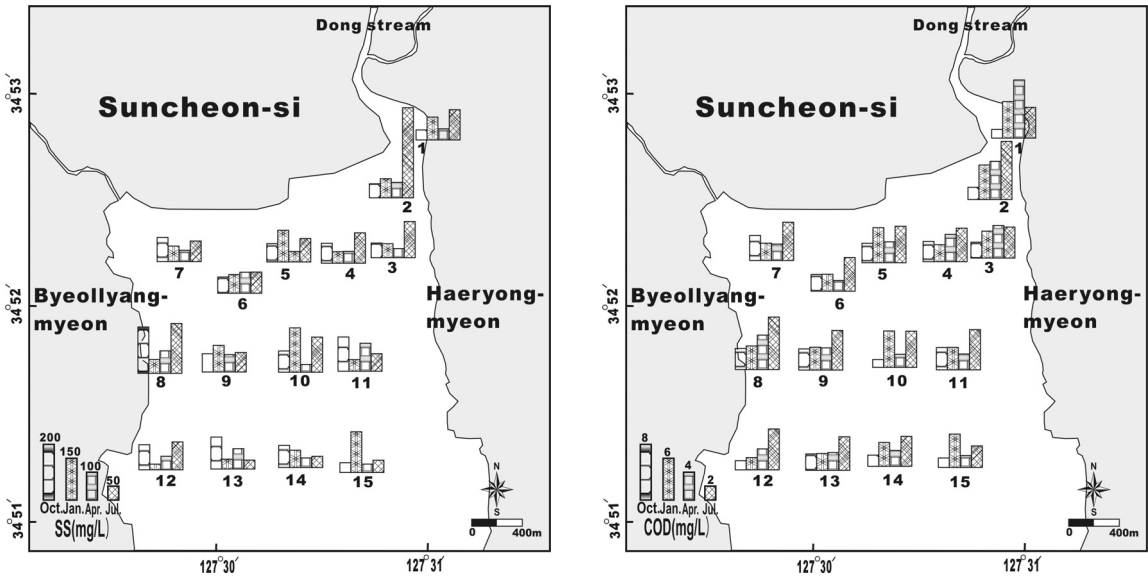


Fig. 3. Seasonal variations of SS(left) and COD(right) concentration at the Suncheon bay from October 2008 to July 2009

도는 103.3%이었으며, 7월의 평균 수온 및 염분은 각각 23.7°C와 8.7psu이었을 때의 평균 용존 산소포화도는 79.7%이었다. 이 결과에서 수온이 낮은 1월이 7월보다 용존산소포화도가 높은 것은 기존의 이론에 부합되는 결과인 반면, 1월의 염분이 31.9psu로서 7월의 8.7psu보다 매우 높음에도 불구하고 용존산소포화도가 낮은 것은 염분의 영향보다는 풍속의 영향을 많이 받았기 때문으로 판단된다.

그리고 pH의 경우는 조사기간 동안(2008년 10월, 2009년 1월, 2009년 4월 그리고 2009년 7월) 각각 평균적으로 7.85, 8.34, 8.01, 7.80의 값을 나타내고 있었다.

Fig. 3은 순천만에서 계절별 부유물질(SS)의 농도와 화학적산소요구량(COD)의 농도를 제시한 결과이다. 결과에 제시한 바와 같이 순천만에서의 SS 분포는 10월에 78.2 mg/L(35.2~166.4 mg/L)이었고, 1월에는 72.6 mg/L(20.4~159.2 mg/L)이었다. 4월에는 52.2m mg/L(27.8~100.6 mg/L)이었고, 7월에는 104.0 mg/L(32.0~324.0 mg/L)이었다. 순천만은 수심이 낮고 바닥이 펄(점

토, clay)로 구성되어 있어 해수 유동에 쉽게 재부유(resuspension)되기 때문에 전체적으로 SS농도가 높은 경향을 보이고 있다. 지점에 따른 특이성은 나타나지 않았다.

한편 COD 분포는 10월에 2.27 mg/L(1.12~3.60 mg/L)이었고, 1월에는 3.60 mg/L(1.77~5.25 mg/L)이었다. 4월에는 3.42 mg/L(1.5 5~8.37 mg/L)이었고, 7월에는 5.33 mg/L(3.10~8.36 mg/L)이었다.

SS와 COD의 실험은 채수된 시료를 전처리 없이 이용하기 때문에 만일 채수된 시료 중에 점토 입자가 많으면 SS 및 COD의 농도는 높은 값을 나타내게 된다. 따라서 강수량이 많으면 하천으로부터 유입되거나 순천만의 갯벌의 10월, 1월, 4월에 비해서 7월의 COD 값이 높은 이유는 강수량이 많아 순천만으로 유입되는 유속이 빨라져서 순천만 갯벌에서 생성된 부유사로 인한 것으로 판단된다.

지점에 따라 약간의 차이를 보이는데, 초입부에서 상대적으로 높게 나타나는 것으로 보아 담수의 유입에 따른 영향을 받는 것을 볼 수 있다.

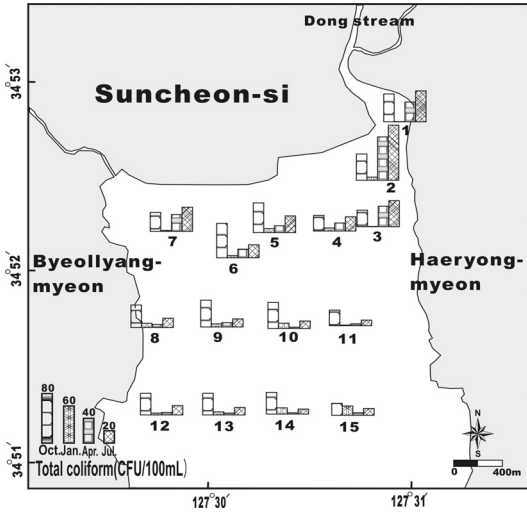


Fig. 4. Seasonal variations total coliform group at the Suncheon bay from October 2008 to July 2009

총대장균군은 “35°C에서 유당을 분해하여 산과 가스를 발생하는 모든 호기성 및 통성혐기성균”으로 정의되며, 온혈동물의 분변으로부터 기인하는 분원성 대장균군과 대장균과 유사한 생리를 가지는 일반 세균(자연환경에서 존재)이 포함된다. Fig. 4는 순천만에서 계절별에 따른 총대장균군수 (Total coliform group)를 제시한 결과이다.

총대장균군수 분포는 10월에 37CFU (20~

56CFU)이었고, 1월에는 6CFU(1~15CFU)이었다. 4월에는 16CFU(2~70CFU)이었고, 7월에는 26CFU (8~89CFU)이었다. 상대적으로 기온이 낮은 겨울철에 낮은 값을 나타내었으며 지점별로 약간의 차이를 보이는데, 염분이 상대적으로 낮은 초입부에서 상대적으로 높게 나타났다.

Fig. 5는 순천만에서 계절별 암모니아성질소 ( $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ )와 아질산성질소( $\text{NO}_2^- - \text{N}$ )의 농도를 제시한 결과이다. 암모니아성 질소의 분포는 10월에 0.79 mg/L(0.49~1.54 mg/L)이었고, 1월에는 0.26 mg/L(0.00~1.85 mg/L)이었다. 4월에는 0.85 mg/L(0.12~2.02 mg/L)이었고, 7월에는 0.32 mg/L(0.04~0.52 mg/L)이었다. 지점별 암모니아성 질소의 분포는 유입되는 담수의 영향을 직접 받는 순천만 초입부의 지점들에서 상대적으로 높게 나타났다.

한편 아질산성 질소 분포는 10월에 0.08 mg/L(0.00~0.21 mg/L)이었고, 1월에는 0.01 mg/L(0.00~0.05 mg/L)이었다. 4월에는 0.04 mg/L(0.01~0.10 mg/L)이었고, 7월에는 0.03 mg/L(0.01~0.04 mg/L)이었다. 지점별 아질산성 질소의 분포 역시 담수 유입에 의한 영향을 받는 초입부의 지점들에서 상대적으로 높게 나타났다.

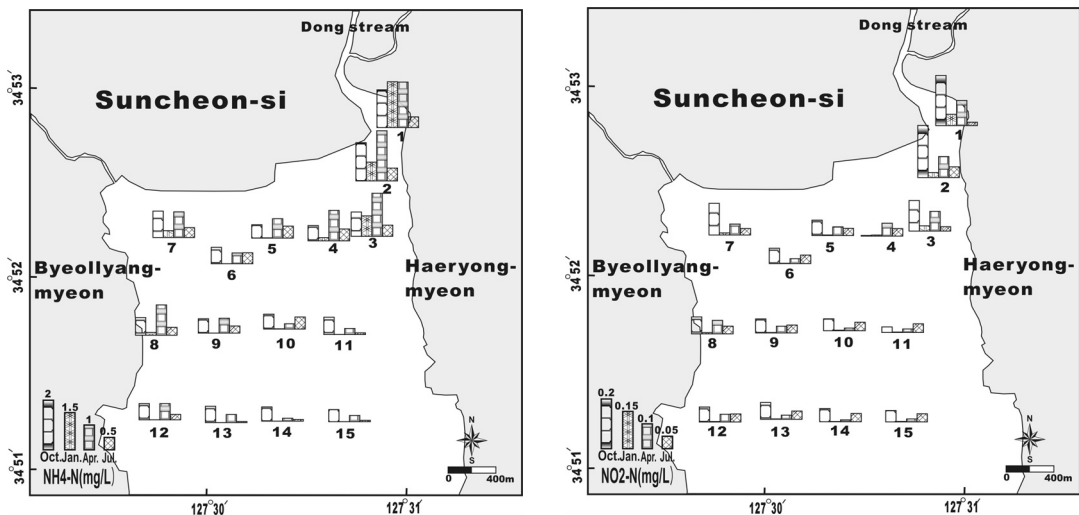


Fig. 5. Seasonal variations of  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ (left) and  $\text{NO}_2^- - \text{N}$ (right) concentration at the Suncheon bay from October 2008 to July 2009

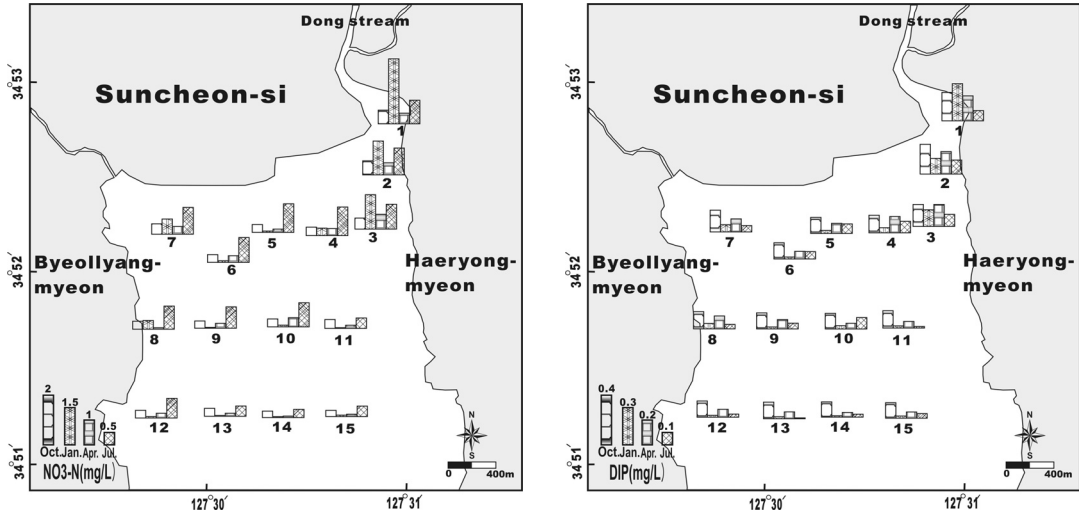


Fig. 6. Seasonal variations of  $\text{NO}_3^-$ -N(left) and DIP(right) concentration at the Suncheon bay from October 2008 to July 2009

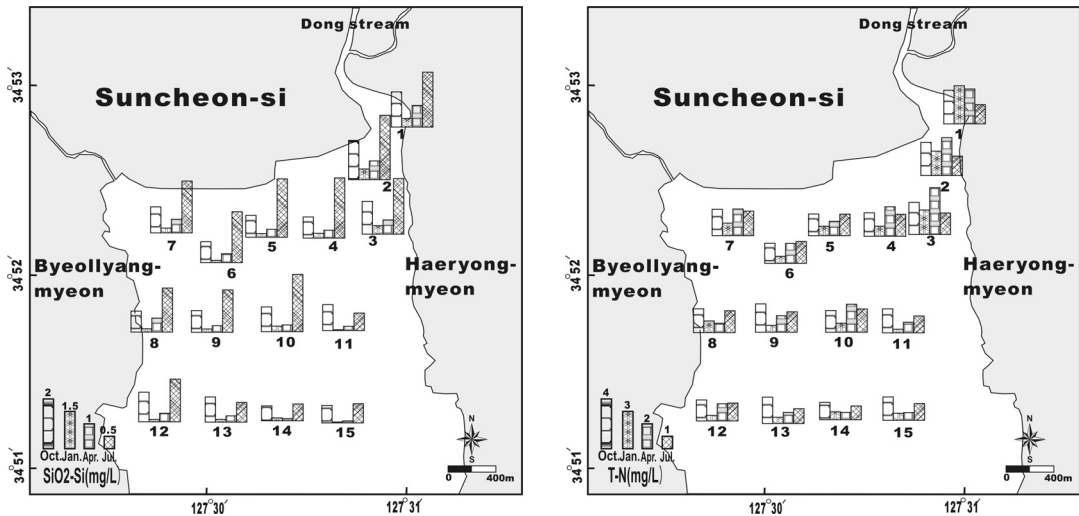


Fig. 7. Seasonal variations of DISi(left) and T-N(right) concentration at the Suncheon bay from October 2008 to July 2009

Fig. 6은 순천만에서 계절별 질산성 질소 ( $\text{NO}_3^-$ -N)와 용존무기인( $\text{PO}_4^{3-}$ -P)의 농도를 제시한 결과이다. 질산성 질소의 분포는 10월에 0.36 mg/L(0.25~0.56 mg/L)이었고, 1월에는 0.47 mg/L(0.03~2.62 mg/L)이었다. 4월에는 0.25 mg/L(0.06~0.59 mg/L)이었고, 7월에는 0.84 mg/L(0.33~1.15 mg/L)이었다. 마찬가지로 질산성 질소의 지점별 분포도 담수의 유입에 영향을 받는 초입부 지점에서 높게 나타났다.

한편 DIP의 분포는 10월 0.15 mg/L(0.12~0.24 mg/L)이었고, 1월에는 0.06 mg/L(0.01~0.30 mg/L)이었다. 4월에는 0.09 mg/L(0.04~0.20 mg/L)이었고, 7월에는 0.06 mg/L(0.01~0.11 mg/L)이었다. 질소계 영양염류들과 같이 DIP의 분포 또한 초입부에서 상대적으로 높게 나타났다.

Fig. 7은 순천만에서 계절별 용존무기규산염 ( $\text{SiO}_2$ -Si)과 총질소(T-N)의 농도를 제시한 결과

이다. 규산 규소 분포는 10월에 1.01 mg/L(0.60 ~1.58 mg/L)이었고, 1월에는 0.17 mg/L(0.03 ~0.43 mg/L)이었다. 4월에는 0.38 mg/L(0.08 ~0.87 mg/L)이었고, 7월에는 1.76 mg/L(0.68 ~2.59 mg/L)이었다. 7월에 농도가 높게 나타난 것은 강수량이 많아 육상으로부터 하천을 통해 담수의 유입량이 많아 육상기원의 규산염이 많이 유입되었기 때문으로 판단된다. 지점에 따른 규산염분포 역시 담수 유입의 영향을 직접적으로 받는 초입부 지점에서 높게 나타났다.

한편 조사지역의 총질소 분포는 10월에 2.02 mg/L(1.39~2.71 mg/L)이었고, 1월에는 0.99 mg/L(0.29~3.07 mg/L)이었다. 4월에는 1.70 mg/L(0.59~3.76 mg/L)이었고, 7월에는 1.59 mg/L(1.10~1.97 mg/L)이었다. 강수량이 많아지면 육상으로부터의 유입량이 많아지기 때문에 일반적으로 춘계와 추계에 비슷한 값과 경향을 보이고, 추계인 10월에 가장 높았고, 하계, 춘계, 동계 순서로 나타났다. 지점에 따른 분포를 보면 담수에 의한 영향을 받는 초입부에서 농도가 높게 나타났다.

Fig. 8은 순천만에서 계절별 총인(T-P)의 농도를 제시한 결과이다. 총인 분포는 10월에 0.21

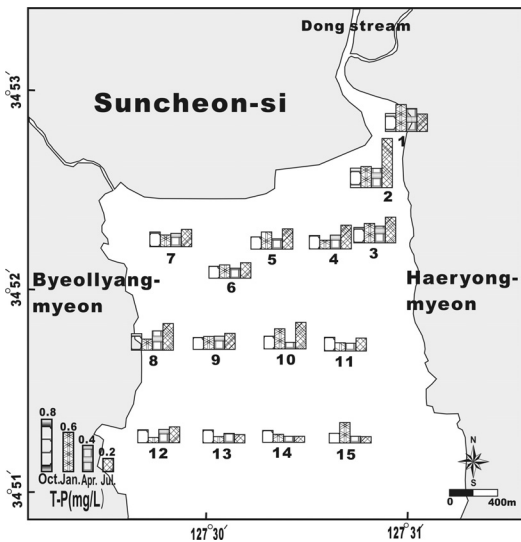


Fig. 8. Seasonal variations of T-P concentration at the Suncheon bay from October 2008 to July 2009

mg/L(0.15~0.30 mg/L)이었고, 1월에는 0.22 mg/L(0.08~0.41 mg/L)이었다. 4월에는 0.19 mg/L(0.09~0.35 mg/L)이었고, 7월에는 0.29 mg/L(0.09~0.75 mg/L)이었다. 계절적으로 큰 차이를 보이지는 않지만 하계인 7월에 가장 높은 값으로 나타나고, 춘계인 4월에 가장 낮은 값을 보인다. 이는 곧 강우에 의한 유출량 증가 또는 유량 및 부하량의 증가에 따른 결과라고 판단된다. 또한 총인의 지점별 분포에서도 담수의 유입의 영향을 직접적으로 받는 초입부 지점에서 높게 나타나는 것으로 보아, 인계 영양염류 또한 하천으로부터 유입되는 것이라고 판단되어진다.

Fig. 9는 DIN과 DIP로부터 산출된 N/P의 원차비의 계절적 변화를 나타낸 결과이다. 해수에서 식물플랑크톤은 생체중의 질소와 인의 비율이 Redfield ratio로서 16:1정도로 보고된다(Redfield, 1963). 따라서 이를 기본으로 식물성 플랑크톤의 성장에 영향을 주고 있는 영양인자를 질소와 인만을 한정하여 생각해본다면, N/P 비가 16이상이면 용존무기인보다 용존무기질소가 상대적으로 많게 되어 식물성플랑크톤의 증식에 인이 제한 영양인자로 작용된다고 볼 수 있고, 16이하이면 질소가 제한영양인자라고 볼 수 있다.

순천만에서 계절별 N/P 비의 결과를 보면 10월에 9.61(7.57~12.68)이었고, 1월에는 4.54(1.79 ~7.43)이었다. 4월에는 9.11(2.57~22.36)이었고, 7월에는 6.75(2.07~13.97)이었다. 따라서 N/P비

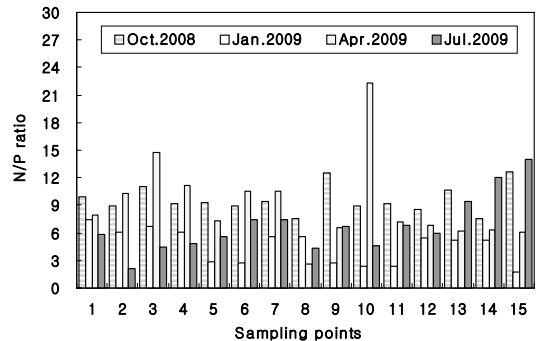


Fig. 9. Seasonal variations of N/P ratio at the Suncheon bay from October 2008 to July 2009



를 보여주고 있는데, 이는 순천만 초입부에서는 질소가 제한물질인 것으로 나타났다.

순천만으로 유입되기 전(약 100 m)의 하천 상류에는 1일 처리용량이 10만 톤인 하수종말처리장이 위치하고 있어 영양염류의 농도가 높은 2차 처리수가 동천으로 유입되고 있고, 순천만으로 유입되기 직전에 동천과 합류하는 해룡천은 수질환경기준에 의한 BOD항목의 수질등급이 4등급으로 유기물 농도가 상대적으로 높은 편이다(정, 2009). 따라서 연구결과에서 동천의 담수가 유입되는 순천만의 초입부에서 유기물과 영양염류의 농도가 높게 나타난 것으로 판단된다.

Table 3은 현장측정 항목과 실험실 분석항목과 같은 수질항목간의 상관관계를 분석한 자료이다. Pearson의 상관관계로부터 얻어진 결과를 살펴보면, COD와 SS는 상당한 양의 상관관계( $r=0.69$ ,  $p<0.05$ )를 보였으며, 총대장균군과 COD도 상당

한 양의 상관관계( $r=0.70$ ,  $p<0.05$ )를 나타내었다. T-N과 T-P는 강한 상관관계( $r=0.85$ ,  $p<0.05$ )를 나타내었으며, T-N과 COD는 상당한 양의 상관관계( $r=0.65$ ,  $p<0.05$ )를 나타내었다.

Table 4는 본 연구를 통해 얻어진 용존 무기질소(DIN)와 용존 무기인(DIP)의 결과와 국내의 주요 항만들의 결과를 비교한 내용이다. 득량만과 가막만에서 용존무기질소가 각각 5.73  $\mu\text{M}$ 과 4.18  $\mu\text{M}$ 이었고, 용존무기인은 0.47  $\mu\text{M}$ 과 0.51  $\mu\text{M}$ 로 나타났으며, 광양만은 DIN과 DIP가 각각 8.47  $\mu\text{M}$ 과 0.51  $\mu\text{M}$ 을 나타내었다. 한편 순천만의 경우, 1999~2000년에는 용존무기질소와 용존무기인이 각각 272.38  $\mu\text{M}$ 과 6.34  $\mu\text{M}$ , 2007년에는 각각 113.12  $\mu\text{M}$ 과 3.82  $\mu\text{M}$ , 그리고 2008~2009년에는 76.59  $\mu\text{M}$ 과 2.90  $\mu\text{M}$ 로 점차 감소하는 것으로 나타났으나, 비교했던 다른 지점들 중에서 가장 높은 값을 나타냈다.

Table 3. Pearson's correlation coefficient between environmental items in the seawater of Suncheon bay from October 2008 to July 2009(\*:  $p<0.05$ , \*\*:  $p<0.01$ )

	Temp.	Sal.	DO	pH	SS	COD	T.C.	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>2</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	T-N	T-P	DSi	DIP
Temp.	1.00													
Sal.	0.82**	1.00												
DO	-0.56*	-0.55*	1.00											
pH	0.41	0.32	0.38	1.00										
SS	-0.16	-0.34	0.02	-0.21	1.00									
COD	-0.55*	-0.73**	0.58*	-0.14	0.69**	1.00								
T.C.	-0.71**	-0.80**	0.49	-0.38	0.34	0.70**	1.00							
NH <sub>4</sub> -N	-0.85**	-0.89**	0.70**	-0.25	0.29	0.78**	0.92**	1.00						
NO <sub>2</sub> -N	-0.72**	-0.76**	0.67**	-0.18	0.34	0.76**	0.94**	0.95**	1.00					
NO <sub>3</sub> -N	-0.86**	-0.92**	0.69**	-0.26	0.21	0.71**	0.90**	0.98**	0.91**	1.00				
T-N	-0.84**	-0.89**	0.61*	-0.38	0.22	0.65**	0.87**	0.94**	0.85**	0.97**	1.00			
T-P	-0.73**	-0.86**	0.46	-0.42	0.66**	0.87**	0.87**	0.88**	0.84**	0.86**	0.85**	1.00		
DSi	-0.81**	-0.92**	0.39	-0.53*	0.43	0.71**	0.84**	0.87**	0.79**	0.89**	0.89**	0.91**	1.00	
DIP	-0.84**	-0.88**	0.71**	-0.21	0.22	0.73**	0.90**	0.99**	0.92**	0.99**	0.95**	0.85**	0.83**	1.00

※T.C.: Total coliform group

Table 4. Comparison of dissolved inorganic nitrogen and phosphate between major bays in the coast of Korea

Area	Sampling time	DIN (μM)	DIP (μM)	References
Suncheon Bay	2008~2009 (this study)	76.59	2.90	-
	2007	113.12	3.82	김숙양, 2008
	1999~2000	272.38	6.34	박태영, 2001
Kamak Bay	2007~2008	4.18	0.94	조현서, 2008
Gwangyang Bay	2004	8.47	0.51	최다미, 2006
Yungil Bay	1990~1998	11.83	0.44	강양순, 2002
Pusan Harbor	1992	26.02	1.30	박영철, 1995
Deukryaung Bay	1998	5.73	0.47	이진환, 1999

#### 4. 결 론

본 연구에서는 순천만 수질의 현황을 과학적으로 파악하고 효율적인 보존과 관리를 위한 기초자료를 제공하는 것을 목적으로 하여, 2008년 10월, 2009년 1, 4, 7월에 걸쳐 순천만 수질의 계절적 특성을 조사하였다. 조사결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 조사기간 동안 염분은 8.8~31.9psu, DO는 6.34~11.84 mg/L의 범위를 나타내었으며 pH는 7.80~8.34의 범위를 나타내었다.
- 2) 순천만에서의 부유물질 농도는 평균 52.1~104.0 mg/L의 범위를 보였으며, COD의 경우는 2.27~5.33 mg/L의 범위를 나타내었다. 그리고 총대장균군수의 경우는 6~37CFU의 범위를 나타내었으며 COD와 총대장균군수의 경우는 담수가 유입되는 순천만 초입부에서 상대적으로 높은 경향을 나타내었다.
- 3) 한편 순천만에서의 질소, 인, 규소와 같은 영양염류는 동천과 이사천의 담수가 직접적으로 유입되는 순천만 초입부에서 상대적으로 높은 경향을 나타내었으며, N/P 비는 평균값이 4.54~9.61의 범위를 보여 순천만

초입부에서는 질소가 제한영양물질임을 알 수 있었다.

순천만의 경우 수심이 낮고 니질(mud)로 이루어진 갯벌로써 해수의 유동에 의해 저층의 점토가 쉽게 부유할 수 있어 점토의 부유로 인해 COD, T-N, T-P와 같은 수질항목의 결과 값이 높아지는 영향도 무시할 수 없다. 그리고 순천만으로 직접적으로 유입되는 해룡천과 동천, 이사천의 수계 중에서 해룡천과 동천으로 유입되는 하수종말처리장으로부터 유기물 및 영양염류가 순천만으로 지속적으로 유입되고 있어(정, 2009) 이에 대한 저감방안을 수립하는 근본적인 해결이 요구된다.

#### 참 고 문 헌

강양순, 영일만 수질의 시공간적 변동, 한국수산학회지, 제35권, 제2호, pp. 431-437, 2002.  
 구자용, 황철수, 위성영상 해상도에 따른 순천만 해안습지의 분류 정확도 변화, 한국지역지리학회지, 제7권, 제1호, pp. 35-50, 2001.  
 국토해양부, 해양환경공정시험법, 2005.  
 김숙양, 정규귀, 김병만, 이연규, 최윤석, 김신, 순천만 습지 및 조간대의 지화학적 특성, 한국습지학회지, 제10권, 제2호, pp. 81-96 2008.  
 김형국, 순천만으로 유입되는 하천의 수환경과 수

- 생관속식물 분포에 관한 연구, 순천대학교 석사학위논문, 1999.
- 박수영, 윤성윤, 이기철, 김귀곤, 배덕호, 김형수, 습지학 원론, 은혜기획, 2000.
- 박영철, 겨울철 부산항 주변해역의 수질과 표층퇴적물 환경특성, 한국수산학회지, 제28권, 제5호, pp. 577-588, 1995.
- 박태영, 순천만 해수질의 오염에 관한 연구. 환경관리학회지, 제7권, 제3호, pp. 403-409 2001.
- 백근식, 순천만 갯벌내의 분해능 및 체외효소 활성도, 순천대학교 석사학위논문, 1999.
- 이진환, 득량만의 수질과 식물플랑크톤 적조, 환경생물, 제17권, 제3호, pp. 271-278, 1999.
- 정정조, 순천만의 효율적 관리 및 보전을 위한 기초환경 조사 연구, 순천시, 2009.
- 조현서, 2007년 가막만의 해양수질 및 저질의 계절 변동에 관한 연구, 해양환경안전학회, pp. 129-132, 2008.
- 최다미, 광양만 해역의 수질에 관한 계절 및 연간 변동, 전남대학교 석사논문, 2006.
- Redifield, A. C., Ketchum, B. H. and Richards, F. A., 1963, The influence of organism on the composition of sea-water, In "HILL, M. N.(ed), The Sea, Vol. 2, The composition of sea-water comparative and descriptive oceanography, John Wiley & Son, New York", pp. 26-27, 1963.

○논문접수일 : 10년 04월 08일  
○심사의뢰일 : 10년 04월 13일  
○심사완료일 : 10년 08월 16일