

새만금 예정수역의 수질특성 분석

Analysis on the Characteristics of Water Quality in Prearranged Saemangeum Area

이 광 야* · 엄 명 철* · 조 재 원* · 정 해 진**

Lee, Kwang Ya · Eom, Myung Chul · Cho, Jae Won · Jeong, Hae Jin

Abstract

Hourly monitoring data from Saemangeum estuary, which is expected to become freshwater, was analyzed to evaluate the water quality characteristics. Higher algal growth at spring season than winter influenced the high ratio of organic nitrogen to total nitrogen and concentration of chemical oxygen demand (COD). About 87.9% and 59.7% of organic nitrogen was observed at winter season and spring season, respectively. Daily salinity analysis at the mouth of two main rivers demonstrated that the Dongjin river was more influenced by tidal effect and showed higher variation than the Mankyung river. The ratio of nitrogen to phosphorus (N/P ratio) was different with site (estuary versus sea area) and season (winter versus spring) remarkably. The N/P ratio was highest (32.74 ~ 43.93) at estuary in winter and was lowest (1.78 ~ 3.06) at sea in spring. The high N/P ratio at estuary area implies that phosphorus can be the limiting nutrient factor for algal growth as in general freshwater river, therefore, water quality management practice considering river characteristics rather might be needed in the Saemangeum estuary. The Saemangeum project is nationally recognized for its environmental issues, and especially water quality concern is a critical factor to make policy decision and further assessment with continued monitoring is strongly recommended.

Keywords : Organic-Nitrogen, salinity, N/P ratio, Seawater, estuary

I. 서 론

최근 산업화와 도시화로 인한 농경지의 감소 등 많은 사회적 변화가 가속되고 있으며 지난 10년간

우리나라는 전체 농경지 중 약 22만ha의 농지가 도로·주택·산업용지 등으로 전용되었으며 향후 이러한 추세가 계속 진행될 경우 상당한 농지가 없어지게 될 전망이다. 이러한 상황은 농지와 수자원 부족을 초래하고 있으며 이를 해결하기 위하여 친환경적인 간척으로 농지 확대, 수자원 확보가 필요하다. 그러나 무분별한 간척개발은 환경 및 생태의 회복할 수 없는 파괴의 원인이므로 지속가능하고 친환경적인 개발이 요구된다.

* 농업기반공사 농어촌연구원 새만금연구실
** 서울대학교 지구환경과학부
* Corresponding author. Tel.: +82-31-400-1884
Fax: +82-31-400-1680
E-mail address: kylee@karico.co.kr

현재 우리나라는 1960년대 이후로 가장 규모가 큰 새만금 간척사업을 진행하고 있으며, 동시에 기존의 간척사업에서 볼 수 없었던 환경문제에 대한 관심과 노력을 기울이고 있다. 새만금 간척사업은 개발에 따라 발생하는 환경문제를 최소화하기 위하여 2001년부터 순차개발이라는 방안을 도입하였다. 순차개발방안은 새만금호의 오염원이 되는 만경수역과 동진수역을 순차적으로 개발한다는 것으로 비교적 수질이 양호한 동진수역을 먼저 개발하고 만경수역은 한시적으로 해수를 유통시킨 뒤 수질이 목표에 도달했을 때 공사를 진행하는 방법이다. 이를 위해서는 공사진행에 따른 예정수역에 대한 오염부하량 및 수질변화를 파악하기 위한 지속적인 모니터링이 요구된다.

현재 새만금호는 해수의 영향과 담수의 영향을 동시에 받고 있으며 방조제의 체절에 의한 수질 변화가 크게 발생할 것으로 판단되나 이러한 수질 변화에 대한 연구는 그리 많지 않은 실정이다. 본 연구는 만경강과 동진강 하구의 2개 지점과 해역의 5개 지점에서 수질의 변화 특성을 분석하여 새만금 수역 수질예측모델 구축에 필요한 보정 및 검증자료를 도출하고 향후 새만금 수질관리에 필요한 기초자료로 활용하고자 한다.

II. 재료 및 연구방법

본 연구는 Fig. 1에서 보는 바와 같이 새만금 예정수역 7개 수질조사 지점을 선정하고 1차 조사는 2002년 11월 21일(T=0, 11:00), 2차 조사는 2003년 2월 24일(T=0, 14:30)에 각각 1시간 간격으로 25회씩 시료채취 및 수질측정을 실시하였다.

정점 ST.1은 새만금방조제 사업 중 제4호 방조제 GAP구간 안쪽에 위치하며, 간조시 만경강의 담수가 해역으로 배수되는 구간으로서 조석현상 또는 방조제 건설로 인한 병목현상으로 유속이 매우 큰 곳이다. 신시배수갑문에 위치한 정점 ST.2는 간조시 만경강과 동진강의 담수가 혼합되어 배수되고,

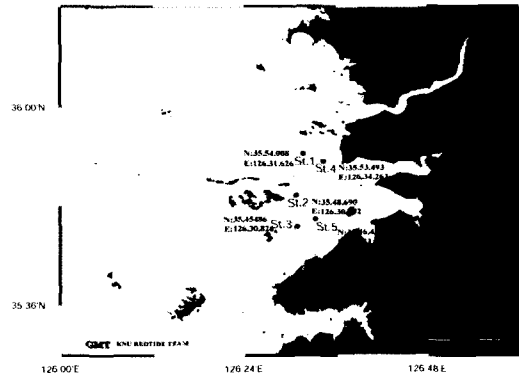


Fig. 1 Figure of sampling point in water quality study for Saemangeum reclaiming area

Table 1 Items and methods of analysis for water quality study

Items	Method*
〈Physical Properties〉	
Temperature	Multi parameter (SBE, YSI)
pH	pH meter
Salinity	
〈Chemical Properties〉	
Chemical Oxygen Demand, COD	KMnO ₄ method (open method)
Nitrate, NO ₃ ⁻ -N	Cadmium reduction method
Nitrite, NH ₄ ⁺ -N	Indophenol method
Total Nitrogen, T-N	Spectrophotometric method
Phosphate, PO ₄ ³⁻ -P	Ascorbic acid method
Chlorophyll - a, Chl-a	Fluorometric method

* : Standard Methods for the Examination of Seawater, Sediment and Marine Organisms (1998)

정점 ST.3는 가력배수갑문 안쪽에 위치하여 간조시 동진강의 담수가 해역으로 배수된다. 정점 ST.4는 만경강 배수로에 위치하였고 정점 ST.5는 ST.3에서 동진강 쪽으로 약 4~5km 거리의 동진강 본류 배수로에 위치하였다. 한편 만경강 본류와 동진강 본류의 최하단에 위치한 정점 ST.6과 ST.7은 각각 만경대교, 동진대교에 위치한 곳으로 감조하천의 특성을 가지고 있다.

수질조사는 Table 1과 같이 물리적 요소인 수온, pH, 염도(Salinity)와 화학적 요소인 COD(Chemical

Oxygen Demand), 질소계 NO_3^- -N, NH_4^+ -N, T-N(Total Nitrogen), PO_4^{3-} -P, Chl-a에 대하여 실시하였고, 해양환경공정시험법(Ministry of Marine Affairs & Fisheries, 1998)에 준하여 조사/분석하였다.

물리적 특성 조사는 Multi parameter instrument로써 정점1과 4, 5는 SBE19(Sea-Bird Electronics, Inc.)를, 정점2, 3은 SBE25를, 정점6, 7은 YSI-600XLM(YSI Incorporated)을 이용하여 10분 간격으로 조사하였다.

유속과 유향은 정점1과 4, 5, 6, 7은 RCM-7(Aanderaa)을, 정점2, 3은 RCM-9을 표층하 1~2 m에 고정후 10분 간격으로 측정하였다.

Ⅲ. 수질분석 결과

1. 해역에서의 수질변화

해역 5개 정점에서의 수질농도는 Table 2와 같고, 각 정점간의 농도를 다중분석(Duncan's Multiple Range Test)에 의하여 크기를 비교하였다. 각 지점별 평균농도의 대소는 알파벳의 오름차순으로 표시하였다.

가. 염 도

Fig. 2에서와 같이 두 시기의 염도 변화는 2차 조사의 ST.4를 제외한 나머지 지점에서는 조위의 변동과 관계없이 거의 일정한 변화를 보였다. 1차 조사에서는 모든 정점에서 30.28~31.31%의 범위

Table 2 Summary of water quality for sea area. For each constituent, means with different letter are significantly different (analysis of variance [ANOVA] on ranks followed by Duncan's Multiple Range Test)

Survey	Constituent	ST.1	ST.2	ST.3	ST.4	ST.5
1st	Temp(°C)	9.0b±0.2	9.7a±1.1	8.8b±0.5	9.0b±0.4	9.0b±0.4
	pH	8.1c±0.1	8.2bc±0.1	8.3a±0.2	8.3a±0.1	8.2ab±0.1
	Sal.(‰)	30.28c±1.10	31.09ab±0.69	31.31a±0.31	30.84b±0.49	—
	NO_3^- -N(mg/L)	0.02ab±0.01	0.01b±0.01	0.04a±0.09	0.02ab±0.01	0.01b±0.01
	NH_4^+ -N(mg/L)	0.15b±0.08	0.14b±0.14	0.10b±0.04	0.34a±0.11	0.10b±0.01
	T-N(mg/L)	1.58a±0.88	1.63a±0.82	1.63a±0.85	1.79a±0.87	1.12b±0.58
	PO_4^{3-} -P(mg/L)	0.016c±0.002	0.018b±0.002	0.019a±0.002	0.018b±0.002	0.015c±0.002
	COD(mg/L)	4.78a±3.35	3.06b±1.29	3.57b±1.21	3.32b±2.30	5.64a±1.61
	Chl-a(µgmg/L)	1.23a±0.39	0.82c±0.23	0.89c±0.46	1.15ab±0.28	1.00bc±0.21
	2nd	Tem.(°C)	4.9b±0.4	4.9b±0.2	5.1ab±0.7	5.1a±0.2
pH		8.1b±0.3	7.7d±0.1	8.2a±0.2	7.9c±0.0	8.1b±0.1
Sal.(‰)		31.00ab±0.37	31.29a±0.29	30.60b±0.80	20.67c±1.72	31.18a±0.46
NO_3^- -N(mg/L)		0.17ab±0.04	0.16bc±0.03	0.14c±0.03	0.18a±0.03	0.16bc±0.02
NH_4^+ -N(mg/L)		0.09d±0.07	0.13cd±0.07	0.18bc±0.11	0.33a±0.17	0.22b±0.07
T-N(mg/L)		0.67d±0.12	0.67d±0.14	0.78c±0.11	1.05a±0.29	0.94b±0.20
PO_4^{3-} -P(mg/L)		0.075b±0.023	0.094ab±0.044	0.106a±0.037	0.100a±0.038	0.100a±0.038
COD(mg/L)				9.73a±7.93	9.78a±10.38	4.25b±1.99
Chl-a(µgmg/L)		2.24b±0.71	1.21d±0.39	1.51cd±0.32	2.73a±1.04	1.83c±0.44

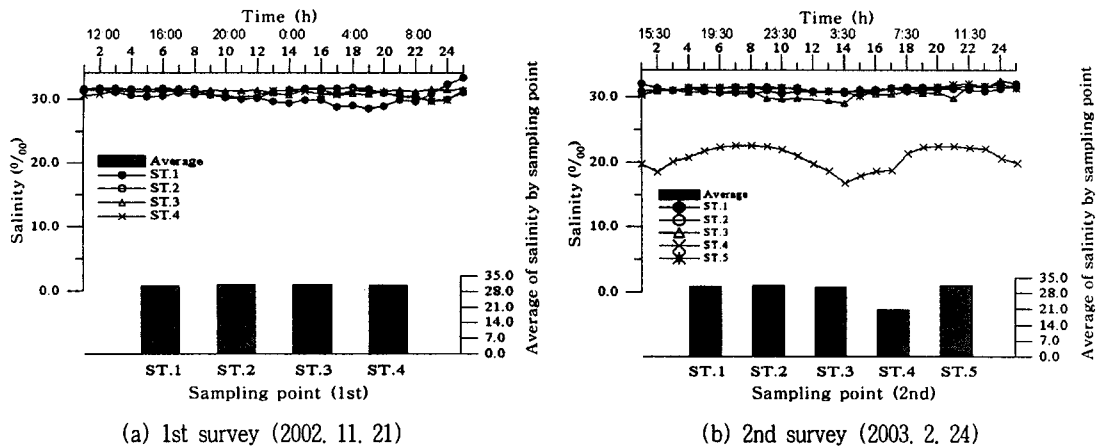


Fig. 2 Variation of salinity in sea area

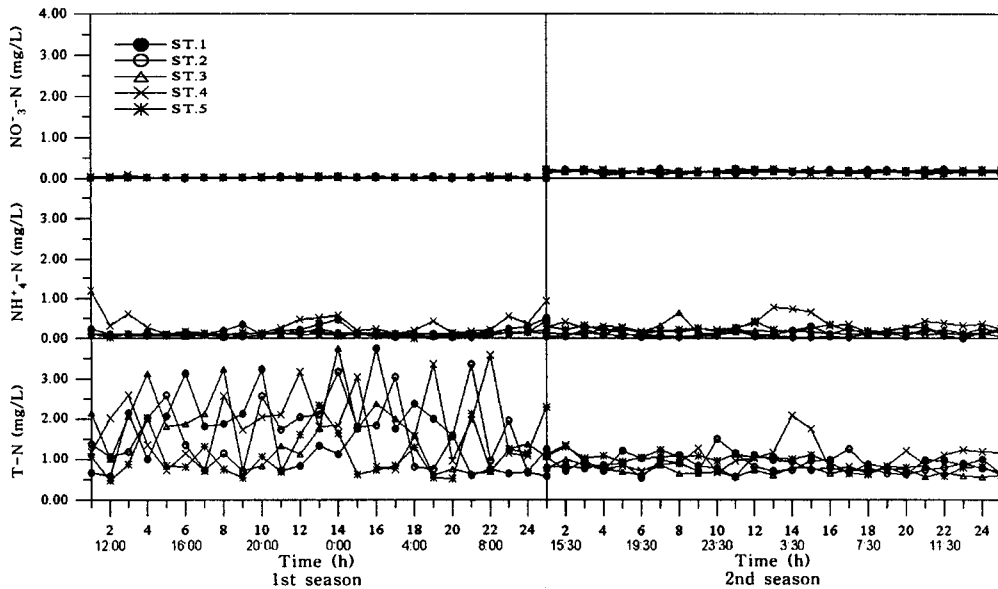


Fig. 3 Variation of nitrogen source concentration in sea area

로 거의 같은 값을 나타냈으며 2차 조사에서는 ST.4를 제외한 나머지 정점에서 30.60~31.29로 비슷한 값을 나타냈다. 2차 조사의 ST.4에서는 창조시에 최대 22.6%, 낙조시에 최소 16.8%로 평균 20.67%의 상대적으로 적은 염분농도를 나타냈다 (Table 2). 이것은 측정 전일(前日) ST.6(만경대교)으로부터 하천유출량이 161.0 m³/s로 1차 조사

의 하천유출량 96.7 m³/s보다 많았기 때문에 판단된다(하구에서의 유출량은 유량을 유역면적으로 나누어 환산함, 자료출처 <http://www.hrfco.go.kr/youngsan>).

나. 질소계

질소계 농도의 변화는 Fig. 3와 같다. 질산성 질

소는 1차 조사에서의 평균농도는 0.01~0.04 mg/L, 2차 조사에서 0.14~0.18 mg/L로 2차 조사에서 6.4배 정도 높게 타났고 암모니아성 질소는 1차 조사에서 0.10~0.34 mg/L, 2차 조사에서 0.09~0.33 mg/L로 거의 같은 농도를 보였다.

암모니아성 질소의 경우는 Fig. 3에서와 같이 ST.4에서 두 시기에 모두 최대값을 보였고 또한, 조석차에 의한 변화를 보이고 있어 유기물이 많은 만경강의 하천유출수가 해수보다 더 큰 영향을 미치는 것으로 판단된다.

질소의 구성 성분은 아질산성 질소가 거의 존재하지 않는다고 가정할 경우 1차 조사에서 87.9%가 유기성 질소로 나타났고 암모니아성 질소와 질산성 질소는 10.7%, 1.4%를 차지하였다. 2차 조사에서는 유기성 질소가 59.7%로 크게 감소하였으며 상대적으로 암모니아성 질소와 질산성 질소가 21.4%, 18.8%로 증가하는 것으로 나타났다. 2차 조사의 질산성 및 암모니아성 질소 비율의 증가는 엽록소의 대사활동이 감소함으로써 나타나는 현상으로 판단된다(Fig. 4).

총질소의 평균농도는 1차 조사에서 1.12~1.79 mg/L, 2차 조사에서 0.67~1.05 mg/L로 1차 조사에서 1.7배 정도 높은 것으로 나타났다(Table 2). 이것은 1차 조사의 수온이 상대적으로 높고 상류유

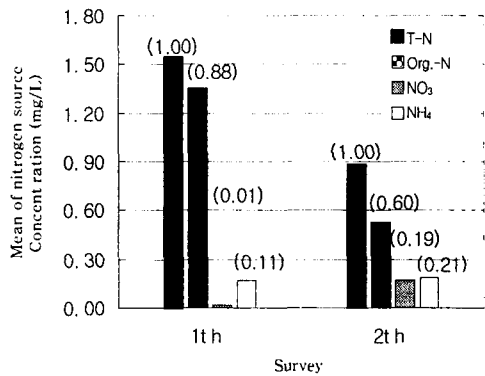
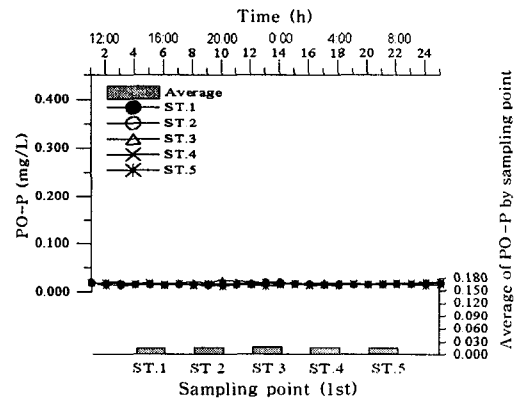


Fig. 4 Composition of nitrogen source in sea area. Value in parenthesis is ratio of nitrogen ingredient for total nitrogen

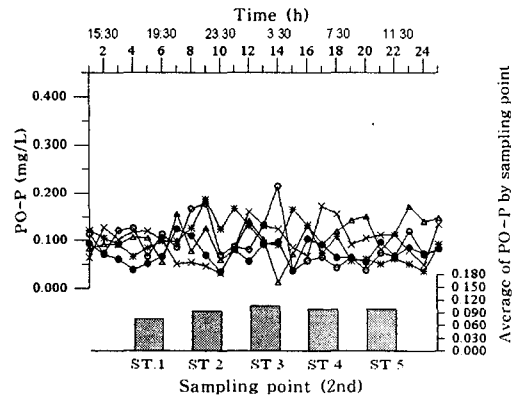
역에서 영농활동이 있었던 점과 하천으로부터의 적은 유출량으로 인해 유량대비 농도가 크기 때문인 것으로 사료된다.

다. 인

인산염 인의 변화는 Fig. 5과 같다. 1차 조사의 정점별 평균농도는 0.015~0.019 mg/L였고 2차 조사에서는 0.075~0.106 mg/L로 2차 조사에서 5.3배 정도 높게 나타났다. 2차 조사의 난변화는 하천 유량의 증가에 따른 하천 저질(底質)의 재부유 또는 포기(포기)로 인해 다량 유출된 것으로 판단된다.

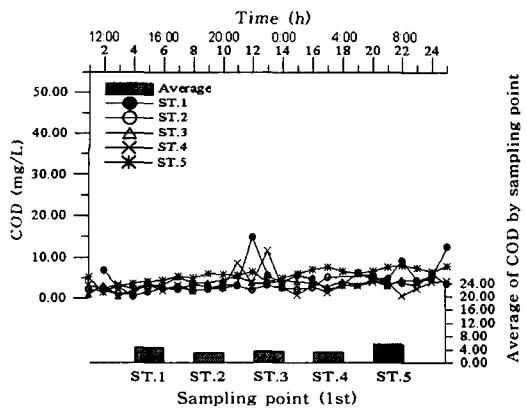


(a) 1st survey (2002. 11. 21)

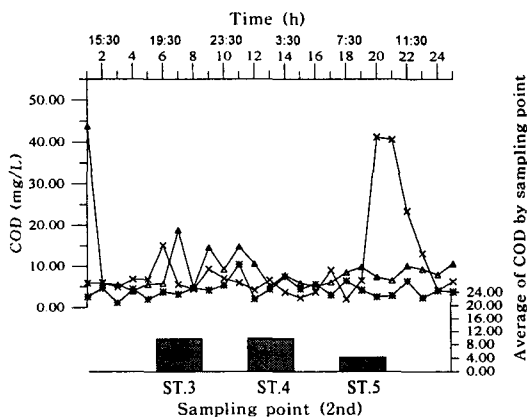


(b) 2nd survey (2003. 2. 24)

Fig. 5 Variation of PO₄-P concentration in sea area



(a) 1st survey (2002. 11. 21)



(b) 2nd survey (2003. 2. 24)

Fig. 6 Variation of COD concentration in sea area

라. 화학적 산소요구량(COD)

COD 농도의 변화는 Fig. 6과 같다. 1차 조사의 평균농도는 정점 ST.1과 ST.5가 같고 ST.2, ST.3, ST.4가 같은 것으로 나타났다. 2차 조사의 ST.1과 ST.2는 자료의 신뢰성이 없는 것으로 판단하여 제거하였다. 평균농도의 크기는 ST.3와 ST.4는 같고 ST.5가 작은 것으로 나타났다. ST.4에서는 09:30~11:30사이의 농도가 상승하였는데 창조의 영향으로 판단된다.

마. Chl-a

정점별 평균농도는 1차 조사의 ST.1에서 ST.5까지 각각 1.23 $\mu\text{g/L}$, 0.82 $\mu\text{g/L}$, 0.89 $\mu\text{g/L}$, 1.15 $\mu\text{g/L}$, 1.00 $\mu\text{g/L}$ 으로 ST.1에서 가장 높았고 ST.4, ST.5, ST.3 순으로 높게 나타났으며 ST.2에서 가장 낮았다. 2차 조사에서는 ST.4(2.73 $\mu\text{g/L}$)에서 가장 높았고 ST.1(2.24 $\mu\text{g/L}$), ST.5(1.83 $\mu\text{g/L}$), ST.3(1.51 $\mu\text{g/L}$)순으로 높았으며 ST.2(1.21 $\mu\text{g/L}$)에서 가장 낮게 나타났다(Table 2). 엽록소는 평균값의 차이는 있으나 Variation range가 작아서 1th와 2th survey의 농도를 같은 것으로 보아도 무리가 없을 것으로 판단된다.

2. 하구지역에서의 수질변화

하구지역 2개 정점(ST.6, ST.7)에서의 수질농도

Table 3 Summary of water quality for estuary area(t-test)

Constituent	1st survey			2nd survey		
	ST.6	ST.7	Significant	ST.6	ST.7	Significant
Tem.($^{\circ}\text{C}$)	7.5 \pm 1.0	7.1 \pm 1.0	-	6.9 \pm 0.3	6.3 \pm 0.5	$p < 0.001$
pH	7.6 \pm 0.3	7.81 \pm 0.5	$p < 0.05$	7.4 \pm 0.0	7.6 \pm 0.2	$p < 0.001$
Sal.(‰)	6.53 \pm 0.34	4.46 \pm 0.30	-	0.20 \pm 0.02	1.76 \pm 2.56	$p < 0.001$
$\text{NO}_3^- \text{-N}(\text{mg/L})$	0.22 \pm 0.10	0.17 \pm 0.07	$p < 0.05$	1.65 \pm 0.36	2.35 \pm 1.23	$p < 0.01$
$\text{NH}_4^+ \text{-N}(\text{mg/L})$	2.05 \pm 0.71	0.91 \pm 0.21	$p < 0.001$	3.82 \pm 0.65	1.44 \pm 0.48	$p < 0.001$
T-N(mg/L)	9.76 \pm 4.11	8.89 \pm 3.44	-	9.64 \pm 0.99	5.81 \pm 0.68	$p < 0.001$
$\text{PO}_4^{3-} \text{-P}(\text{mg/L})$	0.05 \pm 0.02	0.02 \pm 0.01	$p < 0.001$	0.17 \pm 0.01	0.17 \pm 0.10	-
COD(mg/L)	15.29 \pm 7.85	12.48 \pm 9.56	-	19.63 \pm 6.90	16.41 \pm 7.93	-
Chl-a($\mu\text{gmg/L}$)	2.94 \pm 1.31	2.01 \pm 0.96	$p < 0.01$	5.48 \pm 2.50	3.24 \pm 0.68	$p < 0.001$

는 Table 3과 같고, 각 정점간의 평균농도는 t-test를 통하여 크기를 비교하였다. Table 3에서 p-value는 두지점에서 평균농도가 유의적인 차이가 있음을 의미한다.

가. 염도

염분농도의 변화는 Fig. 7과 같다. 1차 조사의 두 지점(ST.6와 ST.7) 평균 염분도는 각각 6.53%, 4.46%였고 2차 조사에서는 0.20%, 1.76%로 1차 조사에서 5.6배 정도 높게 나타났다. 또한 1차 조사에서는 해역에 비하여 5.6배, 2차 조사에는 무려 29.5배 정도가 낮게 나타났다. 염분도의 연속변화는 1차 조사의 경우, 두 정점에서 모두 조석주기에 따라 변화하여 M자형 곡선을 나타냈다. ST.6에

서는 17시(20.87)와 06시(13.52)에 가장 높았고 ST.7에서는 16시(8.10)와 04시(8.70)에 가장 높게 나타났다. 2차 조사의 경우, ST.6에서의 변화는 거의 없어 이 시기의 해수는 만경강 하구까지 미치지 않는 것으로 생각된다. ST.7에서는 1차 조사에 비하여 변동폭이 작은 M자형 곡선을 나타냈는데 18시(7.80)와 10시(7.70)에 높은 값을 나타냈다 (Table 3).

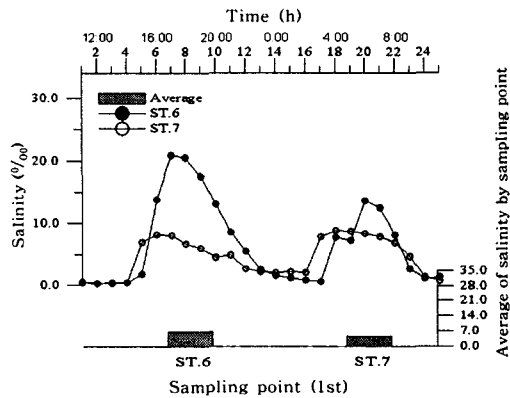
나. 질소계

질소계 농도의 변화는 Fig. 8와 같다. 질산성 질소는 1차 조사의 ST.6과 ST.7에서 평균 0.22 mg/L, 0.17 mg/L였고 2차 조사에서는 1.65 mg/L, 2.38 mg/L로 2차 조사에 5.04배 정도 높게 나타났다. 시간에 따른 농도변화는 1차 조사에서는 거의 나타나지 않았고 2차 조사의 경우, ST.7에서 20시와 05시 사이에 최고 4.41 mg/L까지 상승하는 경향을 보였다.

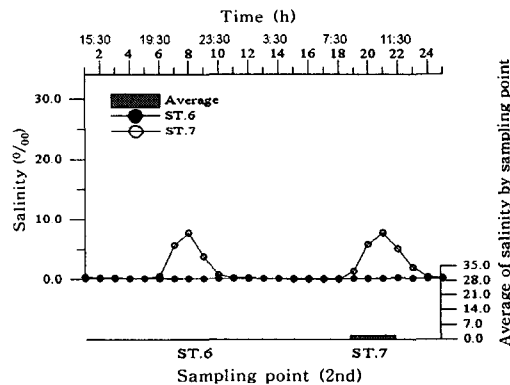
암모니아성 질소는 1차 조사의 ST.6과 ST.7에서 평균 2.05 mg/L, 0.91 mg/L로 ST.6이 ST.7에서보다 2.3배 정도 높았고 2차 조사에서는 3.82 mg/L, 1.44 mg/L로 ST.6이 ST.7에서보다 2.65배 높게 나타났다. 시기별로는 2차 조사가 1차 조사보다 2.63배 정도 높았다. 총질소는 1차 조사의 ST.6과 ST.7에서 평균 9.76 mg/L, 8.89 mg/L였고 2차 조사에서는 9.64 mg/L, 5.81 mg/L으로 1차 조사가 2차 조사보다 1.7배 높게 나타났다(Table 3).

다. 인

인의 농도변화는 Fig. 9과 같다. ST.6과 ST.7에서 1차 조사의 평균농도는 0.052 mg/L, 0.024 mg/L로 ST.6이 2.2배 정도 높았고 2차 조사에서는 0.165 mg/L, 0.170 mg/L로 거의 같은 값을 나타냈으며, 시기별로는 2차 조사에서 4.4배 정도 높게 나타났다. 시간별 연속농도로서 1차 조사의 ST.6에서는 거의 변화가 없었고 ST.7에서는 08시~15시와 23시~04시에 조석의 영향을 받아 상승하였



(a) 1st survey (2002. 11. 21)



(b) 2nd survey (2003. 2. 24)

Fig. 7 Variation of salinity in estuary

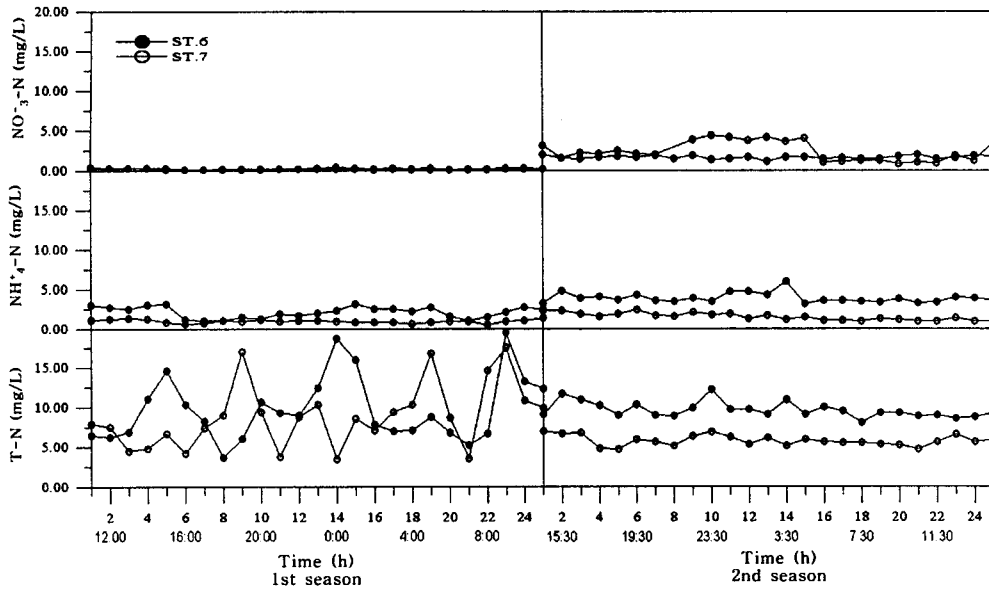


Fig. 8 Variation of nitrogen source concentration in estuary

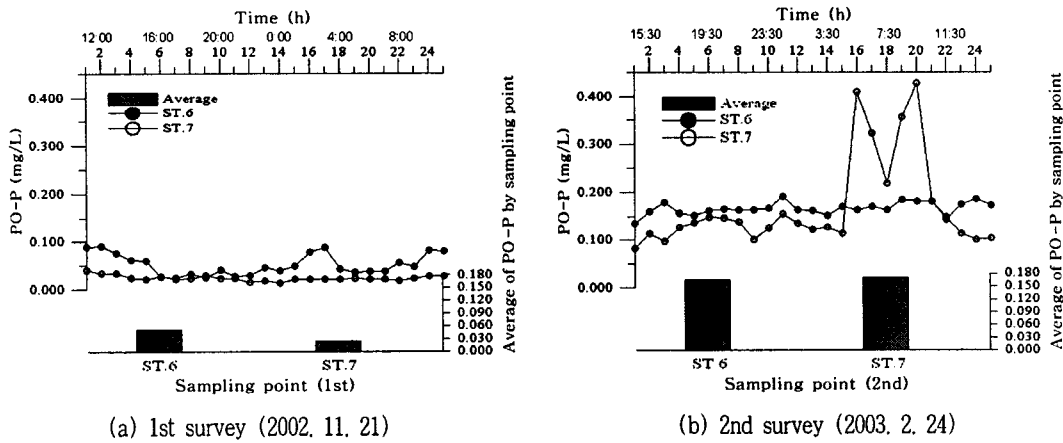


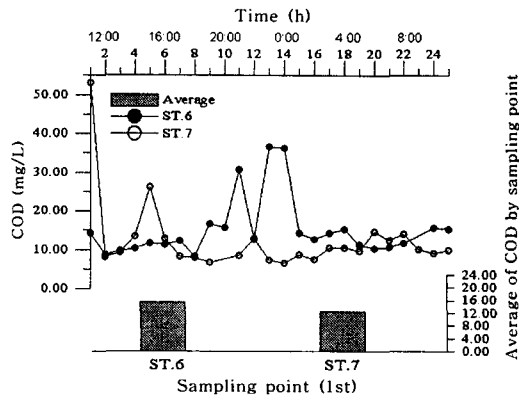
Fig. 9 Variation of PO4-P concentration in estuary

다. 2차 조사의 ST.6에서는 5:30~9:30분 사이에서 큰 변동을 보였고 ST.7에서는 거의 변화가 없는 것으로 나타났다(Table 3).

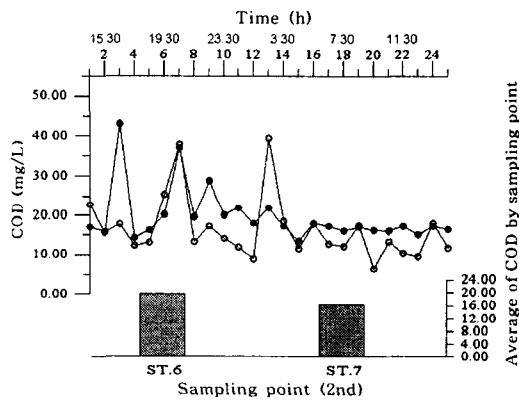
라. 화학적 산소요구량(COD)

COD의 농도변화는 Fig. 10와 같다. ST.6과 ST.7에서 1차 조사의 평균농도는 15.29 mg/L,

12.48 mg/L로 ST.6이 1.2배 정도 높았고 2차 조사에서는 19.63 mg/L, 16.41 mg/L로 ST.6이 1.2배 정도 높았으며, 시기별로는 2차 조사가 1.3배 정도 높게 나타났다. 시간별 연속농도로서 1차 조사의 ST.6에서는 거의 변화가 없었고 ST.7에서는 19시~01시 사이에 크게 상승하였다. 2차 조사의 ST.6에서는 19:30분과 23:30사이에서 높게 나타



(a) 1st survey (2002. 11. 21)



(b) 2nd survey (2003. 2. 24)

Fig. 10 Variation of COD concentration in estuary

났고 ST.7에서는 20:30분과 2:30분의 난변화를 제외하면 거의 변화가 없었다(Table 3).

마. Chl-a

ST.6과 ST.7에서 1차 조사의 평균농도는 2.94 $\mu\text{g/L}$, 2.01 $\mu\text{g/L}$ 로 ST.6이 1.5배 정도 높았고 2차 조사에서는 5.48 $\mu\text{g/L}$, 3.24 $\mu\text{g/L}$ 로 ST.6이 1.7배 정도 높았으며, 시기별로는 1차 조사가 2.1배 정도 높게 나타났다. 시간별 연속농도로서 1차 조사에서는 거의 변화가 없었고 ST.7에서는 17시와 06시 사이에 상대적으로 낮고 일정한 변화를 보였다 (Table 3).

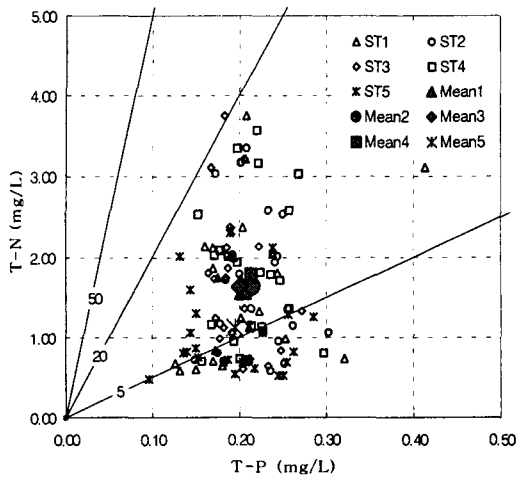
3. T-N/T-P비의 변화

조류는 호소의 부영양화와 밀접한 관계를 가지고 있다. 조류의 성장에 필요한 화학적 원소는 C, H, O, S, K, Ca, Mg, N, P, Mo 등이 있으며, 질소와 인 성분이 조류의 성장에 직접적인 영양분으로 알려져 있다.

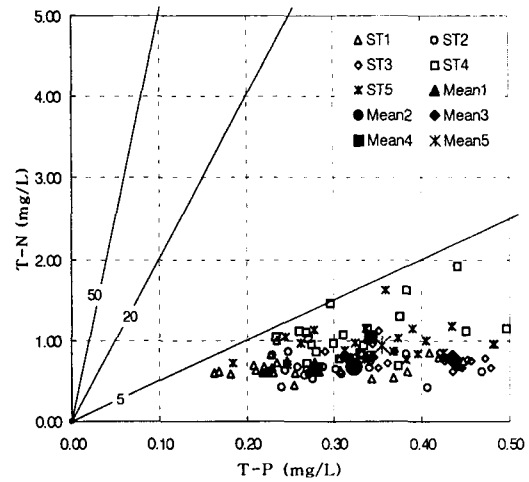
양분측면에서 생물성장은 가장 결핍되는 성분에 의하여 지배된다는 Leibig의 최소량의 법칙(Leibig's law of minimum)에 의하면 이론적으로는 r 이 $7.2(r=N/P)$ 보다 크면 인이 성장제한 인자가 되어 인농도에 따라 조류의 성장속도가 달라진다. 한편, r 가 7.2보다 작으면 질소농도에 따라 조류의 성장속도가 달라진다. 실제로는 r 가 16이상일 때 인성분이 제한인자가 되고, r 가 7이하일 때 질소성분이 제한인자가 되며, T-N/T-P비는 5~20에서 부영양화가 일어나기 쉬운 조건이 되는 것으로 알려져 있다(Thomann & Mueller, 1987). 본 연구에서는 N/P로서 T-N/T-P를 사용하였다.

T-N/T-P비는 조류성장에 영향을 주는 화학적 인자로서 크게 해역과 동진강, 만경강의 하구지역 지역으로 분류하여 비교하였다. Fig. 11(a)에서와 같이 1차 조사의 경우를 보면, 해역은 각 정점에서 r 의 평균값이 5.74~8.38로 나타났고, 하구지역은 Fig. 11(b)와 같이 만경강(ST.6)이 32.74, 동진강(ST.7)이 43.93으로 인성분이 제한인자로 나타났다 (Table 4). 따라서 인성분이 다량으로 유출될 경우에 해역보다는 하구지역에서 부영양화가 발생할 가능성이 있을 것으로 사료된다.

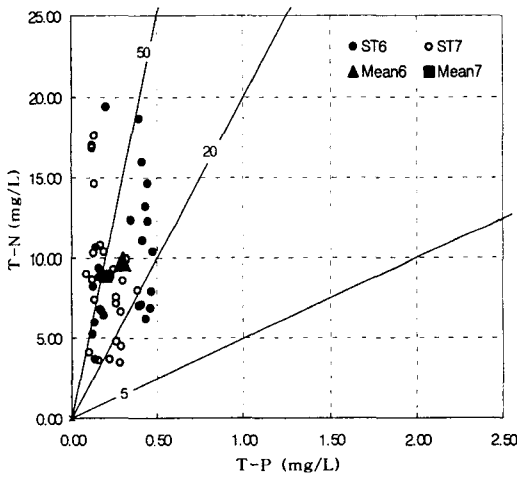
2차 조사의 경우, 해역은 r 의 평균값이 1.78~3.06으로 질소성분이 제한인자로 작용하는 것으로 나타나 하절기 상류로부터 질소성분이 다량 유입시 적조현상이 발생할 수 있는 조건을 가지고 있다. 하구지역에서는 ST.6의 경우 평균값이 11.74, ST.7의 경우는 7.39로 나타났다(Fig. 12). N/P비 수치만으로 조류발생을 판단하는 것은 무리일 수 있으나, 1차 조사의 해역과 2차 조사의 하구지역에서



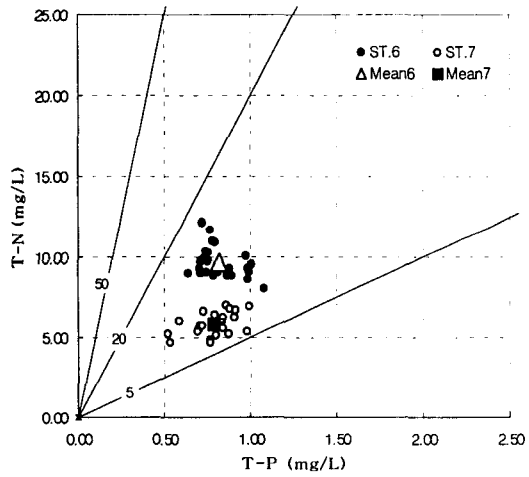
(a) Sea area



(a) Sea area



(b) Estuary



(b) Estuary

Fig. 11 Comparison of T-N/T-P ratios between sea area and estuary in 1st survey

Fig. 12 Comparison of T-N/T-P ratios between sea area and estuary in 2nd survey

Table 4 Mean of T-N/T-P ratios

Point Survey	ST.1	ST.2	ST.3	ST.4	ST.5	ST.6	ST.7
1th	7.73	7.60	8.11	8.38	5.74	32.74	43.93
2th	2.41	2.07	1.78	3.06	2.65	11.74	7.39

다른 시기와 지점보다 확률이 높을 것으로 사료된다.

IV. 결 론

새만금호 예정수역 7개 정점에서 2002년 11월 21일(1차조사, T=0, 11:00)과 2003년 2월 24일(2차조사, T=0, 14:30) 2회에 걸쳐서 각각 1시간 간격으로 25시간 모니터링을 실시한 결과를 분석한 결과는 다음과 같다.

1. 해역에서 질소는 1차 조사의 경우 유기질소가 87.9%, 암모니아성 질소 10.7%, 질산성 질소 1.4%로 90%에 가까운 양이 유기성 질소로 나타났다. 이에 반해 2차 조사에는 유기성 질소가 59.7%, 암모니아성 질소 21.4%, 질산성 질소 18.8%로 상대적으로 유기성 질소는 감소하고 암모니아성 질소와 질산성 질소는 증가하는 것으로 나타나 조류의 대사활동이 미약해 상대적으로 무기질소의 잔존량이 많아지는 것으로 판단된다.

2. 총질소는 만경강과 가까운 정점 ST.4에서 두 시기 모두 평균값이 가장 큰 것으로 나타났고, 동시에 조석차에 의한 변화가 나타났다. 따라서 정점 ST.4는 하천과 해수의 영향을 동시에 받는 것으로 생각된다. 그러나 정점 ST.4가 다른 정점과는 뚜렷하게 농도가 높은 것으로 나타나 상류하천의 유출량 변화에 다른 지점보다 민감한 것으로 판단된다.

3. 하구지역에서 2차 조사의 염도에 대한 일변화를 보면 만경대교(ST.6)에서는 거의 변화가 없었고 동진대교(ST.7)에서는 조차에 따른 농도변화를 나타냈다. 또한 1차 조사에서 만경대교와 동진대교에서의 평균농도는 차이가 없었으나 2차 조사는 동진대교 지점이 만경대교 지점보다 약 9배 높은 것으로 나타나 만경대교 지점이 해수의 영향을 덜 받는 것으로 판단된다.

4. COD는 2차 조사가 1차 조사의 평균농도보다 큰 것으로 나타났고, 총질소는 2차 조사가 1차 조사의 평균농도보다 작게 나타났다. 이것은 2차 조사의 작업에 강우가 발생하여 상류의 탄소비율이 많이 함유된 유기물이 다량 유입 된 것으로 판단된다.

5. 조류성장에 영향을 미치는 N/P비는 1차 조사에서 해역은 5.74~8.38로 나타났고 하구지역에서는 32.74~43.93으로 인성분이 제한인자로 적용될 것으로 판단된다. 2차 조사에서 해역은 1.78~3.06으로 질소성분이 제한인자로 적용되며, 하구지역에서는 7.39~11.74로 나타났다. 2회 조사 결과 해역과 하구 지역의 N/P비의 차이가 뚜렷하고 하구지역의 경우 인성분이 제한인자로 작용하는 전

형적인 하천의 특성을 나타내므로 이 지역은 해역 특성보다 하천 특성이 더 고려된 수질관리방안이 적용되어야 할 것으로 판단된다.

References

1. Gillbert PM, 1982, *Regional studies of daily, seasonal and size fraction variability in ammonium remineralization*, Mar Biol 70, pp. 209-222.
2. Korea Agricultural & Rural Infrastructure Corporation-Rural Research Institute, 2002, Water Quality Study for the Saemangeum Reclaiming Area(I).
3. Kwon, S. K., et al., 1998, *Regional Environmental Engineering*, p. 174
4. Ministry of Construction & Transportation, Hydrogeological Data of Youngsan River Flood Control Office (<http://www.hrfco.go.kr/youngsan>).
5. Ministry of Environment, 2002, *Environmental statistics annual report, 2002(15)*.
6. Ministry of Marine Affairs & Fisheries, 1998, *Standard Methods for the Examination of Seawater, Sediment and Marine Organism*.
7. Parsons TR, Maita Y, Lalli CM, 1984, *A manual of chemical and biological methods for seawater analysis*, p. 173.
8. Price NM, Clchlan WP, Harrison PJ, 1985, *Time course of uptake of inorganic and organic nitrogen by phytoplankton in the Strait of Georgia:comarison of frontal and stratified communities*. Mar Ecol Prog Ser 27, pp. 39-53.
9. Ronald P. Cody, Jeffrey K. Smith, 1997, *Applied Statistics and the SAS Programming Language*.
10. Thurman, R. V., J. R. Mueller, 1987, *Principes of Surface Water Quality Modeling and Control*, Harper and Row, pp. 399-404.