

## 수영만 및 광안리 주변 수질특성 조사 연구

강성원<sup>†</sup> · 임용승 · 최종욱 · 유숙진 · 권기원 · 류병순  
환경조사과

### Study on the Specific Character of Water Quality in Suyeong Bay & Kwanganri

Seong-Won Kang<sup>†</sup>, Young-Sung Yim, Jong-Wook Choi, Suk-Jin You, Ki-Won Kwon and Byung-Soon Ryu

Environmental Research Division

#### Abstract

To investigate the characteristics of water quality in Suyeong Bay & Kwangan Beach, 12 sampling sites were selected including Suyeong River the of and Kwangan Beach. The salinity of sampling sites ranged from measured 22 to 33‰ during the spring(March to June) and measured 15 to 33‰ during the summer, so it shows that the fresh water from rainfall affected the salinity of Suyeong Bay during the summer. The concentration of the pollutants such as COD, T-N, T-P and NH<sub>3</sub>-N satisfied the Environmental Standard Sea Level II at most sites, but especially exceeded the Sea Level II at the downstream of Suyeong River in the summer. The main direction of tidal current was the southwest in Suyeong Bay. The tidal current was active at the outside of Kwangan Beach, though stagnant at the inside. The concentration of chlorophyll-a ranged of 0.0 to 6.5 mg/m<sup>3</sup>. which was more affected by tidal current than that of the other pollutants.

Key words : Suyeong Bay, Kwangan Beach, Salinity, Tidal Current

#### 서 론

수영만은 우리나라의 남동해안에 위치하여 해운대 동백섬과 이기대를 연결하는 내만 해역으로 그 안에는 요트경기장과 광안리해수욕장이 있으며 만내에는 수영강이 흐르고 있다<sup>1)</sup>. 수영강은 경남 양산시의 웅상읍, 동면의 경계지점에서 발원하여 남하하면서 철마천, 석대천, 온천천이 지류를 형성하여 수영1 호교를 거쳐 민락동 수영만에 도달하는 하천연장 28.4 km, 유역면적 199.57 km<sup>2</sup>인 부산광역시 최대의 도시하천이다. 회동수원지 상류유역의 대부분은 상수원보호구역으로 개발이 제한된 자연상태의 하천유역으로 대부분이 수림이 울창한 산지로 구성되어 있고 그다지 유출이 크지 않은 지역이고, 회동수원지 하류의 수영강 본류유역은 금사동의 구월산 부근 반여동의 위봉, 재송동의 장산일대를 제외한 하변지역이 주거지 및 공장지대로 도시화가 되어 있다. 서쪽에 산지가 분포하여 대부분의 소하천이 남동연안으로 유입하는 서고동저형의 지형이 주로 나타난다<sup>2)</sup>.

수영만은 지형적으로 수영강 하구의 상부에서 외해 쪽으로 폭이 넓어지고 수심이 깊어지는 연안 평야형 하구이다. 따라서

이 해역은 외해와 접하는 단면이 넓어 만내수가 외해수의 침입을 직접 받는 특성을 가지고 있다. 또한 수영강을 중심으로 인구가 밀집한 광안리 지역과 해운대지역, 그리고 수영 요트경기장으로부터 오염물질이 대량으로 유입 될 수 있는 해역이기도 하다<sup>3)</sup>.

부산연안의 해양환경은 최근 5년간 COD 기준 II 등급인 평균 1.51 mg/L 수준이며, 총질소와 총인 농도는 5년간 평균 각각 0.427 mg/L, 0.040 mg/L로 수질기준 II 등급에 해당한다. 그리고 해양의 영향으로 기온의 일교차와 연교차가 내륙에 비하여 상대적으로 작고 연중 온화한 기후를 보이나, 바람은 상대적으로 강한 편이고 여름에 태풍의 피해를 많이 받는 지역이다. 10년간 연평균 강수량은 1,716 mm로 여름철인 6, 7, 8월에 연평균 수량의 53 %를 차지하여 집중호우의 형태를 보인다. 조류는 왕복성으로 크기는 유사하며, 외해쪽으로 연중 북상하는 동한난류의 영향이 강하고 연안으로 접근할수록 유속이 감소한다. 부산연안을 낙동강권역, 부산항권역, 수영만권역 등 세 가지 권역으로 구분 하였을때 BOD, 총질소, 총인등 오염물질 발생 부하량은 수영강유역이 가장 많이 나타났다. 수영만 권역의 환경

<sup>†</sup>Corresponding author. E-mail : k6967@korea.kr  
Tel : +82-51-758-6123, Fax : +82-51-753-1424

악화의 원인을 조사한 결과 영향을 줄 수 있는 요인들로는 생활하수, 해수욕장쓰레기, 공단배출 오염물질, 부산일대 산림파괴, 유류오염사고의 순으로 조사되었다<sup>4)</sup>.

수영만의 수질은 육지로부터의 유입수에 기인한다는 보고가 있으며<sup>5)</sup>, 또한 비점원 오염부하가 미치는 영향에서 수영강의 오염부하가 낙조시는 해운대 해수욕장으로, 창조시에는 광안리 해수욕장으로 수질을 악화시킨다는 연구결과<sup>6)</sup>와 수영만으로 유입되는 오염원 중 대표적인 오염원은 온천천과 수영강이며, 오염 부하량은 암모니아성 질소가 특히 높게 나타난다고 보고된 바 있다<sup>7)</sup>.

### 재료 및 방법

#### 시료채취지점 및 기간

시료채취는 수영강에서 오염물질이 영향을 미칠 수 있는 수영만의 여러 지점을 선정하였는데, 채취지점은 수영만의 수영강 하류 지점과 광안리 해수욕장 연안 지역, 광안대교 바깥쪽과 요트경기장 인근 해역 등을 포함한 12개 지점으로 Fig. 1과 Table 1에 나타나 있다. 시료채취 기간은 3월부터 10월까지 매월 총 8회 시료채취를 하였고 3, 4월의 봄철과 5, 6월의 해수욕장 개장준비기와 7, 8월 하절기, 10월 가을철까지이다. 시료

는 표층수를 채취하였고, 부산광역시 수영구청(지역경제과)의 선박을 협조 받았다.



Fig. 1. Location of Sampling sites in Suyeong Bay.

#### 이화학적 분석방법 및 분석결과

이화학적인 분석항목은 pH, COD, T-N, T-P 등 9개 항목을 수질오염공정시험기준<sup>9)</sup>에 의거 분석하였으며, 각 항목의 분석방법은 Table 2와 같으며 그에 따른 수질 분석결과는 Table 3-1 및 Table 3-2와 같다.

Table 1. The name of Location of Sampling sites

No.	sites	sampling location	month
1	민락항등대	35° 09' 07" N 129° 07' 43" E	3, 4, 5, 6, 7(2), 8, 10
2	민락방향방파제	35° 09' 06" N 129° 07' 27" E	"
3	안개섬(바위섬)	35° 09' 10" N 129° 07' 19" E	"
4	호메르스앞	35° 09' 02" N 129° 07' 09" E	"
5	WHO호프집앞	35° 08' 52" N 129° 07' 03" E	"
6	남천삼익비치	35° 08' 42" N 129° 07' 09" E	"
7	광안대교교각(24)	35° 08' 33" N 129° 07' 21" E	"
8	광안대교주교각(우측)	35° 08' 28" N 129° 07' 38" E	"
9	광안대교주교각(좌측)	35° 08' 49" N 129° 07' 59" E	"
10	요트경기장	35° 09' 08" N 129° 08' 33" E	"
11	민락수변공원	35° 09' 15" N 129° 08' 09" E	"
12	수영강(롯데캐슬)	35° 09' 38" N 129° 07' 59" E	"

Table 2. The physicochemical parameters and analytical method

Parameter	Unit	Method
pH	—	YSI 556
Salinity	‰	YSI 556
Temp.	℃	YSI 556
DO	mg/L	YSI 556
COD	mg/L	Mn oxidation method
T-N	mg/L	Photometric method(BRAN+LUEBBE)
T-P	mg/L	Photometric method(BRAN+LUEBBE)
NH3-N	mg/L	Absorptiometric Analysis
chlorophyll-a	mg/m <sup>3</sup>	Spectrophotometric method

Table 3-1. Water quality at each site of Suyeong Bay

Date	Site Item	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		pH	7.5	7.5	7.7	7.8	7.9	7.9	8.0	8.0	8.1	8.1	8.0
3.18	DO	7.5	8.8	8.0	7.9	7.8	7.8	7.8	7.9	7.9	7.7	6.5	6.9
	Temp.	13	13	13	13	13	13	13	12	12	12	13	14
	Salinity	33.40	33.70	33.70	33.75	33.72	33.73	33.70	33.70	33.70	31.44	24.60	27.20
	pH	7.7	7.7	7.8	7.8	7.9	7.9	7.9	8.0	8.1	8.1	8.0	7.9
4.30	DO	7.9	8.1	8.1	8.0	8.2	8.3	8.3	8.2	8.3	8.1	7.6	7.6
	Temp.	13	13	13	14	14	14	14	13	14	14	15	15
	Salinity	32.87	33.02	33.05	33.08	33.09	32.95	32.97	33.02	32.85	31.03	25.55	27.70
	pH	7.8	7.7	7.8	7.8	7.9	8.0	7.9	8.0	8.0	8.0	8.0	7.9
5.29	DO	9.0	9.1	9.2	9.0	9.1	8.9	8.9	9.0	9.0	9.0	8.9	8.5
	Temp.	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
	Salinity	32.75	32.86	32.94	32.92	32.88	32.86	32.47	32.46	32.74	32.84	31.41	29.20
	pH	8.1	8.0	8	8.0	8.0	8.1	8.1	8.1	8.1	8.0	7.6	7.5
6.25	DO	8.0	7.6	7.6	7.3	7.3	7.3	7.6	7.7	7.6	6.9	5.2	5.0
	Temp.	18	18	18	17	17	17	17	17	16	17	18	19
	Salinity	33.57	33.71	33.62	33.77	33.87	33.89	33.90	33.91	33.92	31.74	24.23	22.68
	pH	8.0	8.1	8.2	8.1	8.2	8.1	8.1	8.1	8.1	8.0	7.8	7.5
7.10	DO	6.6	6.8	7.2	7.2	7.2	7.2	7.3	7.2	6.9	6.3	5.2	5.4
	Temp.	18	18	18	18	18	18	17	17	18	17	19	19
	Salinity	24.63	31.75	30.70	28.94	30.10	31.55	32.67	32.12	29.72	24.95	18.10	15.82
	pH	7.7	7.7	8	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.0	7.7	7.5
7.28	DO	7.4	7.7	7.8	7.8	7.7	7.7	7.6	7.8	7.7	7.3	5.2	5.4
	Temp.	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	23	23
	Salinity	26.54	27.45	28.42	29.64	30.34	29.85	29.95	30.52	30.34	25.23	18.76	18.13
	pH	8.1	8.1	8.1	8.2	8.2	8.1	8.2	8.2	8.2	8.0	7.7	7.6
8.14	DO	5.9	5.9	6.1	6.7	6.4	5.8	7.0	6.8	6.2	5.1	4.8	4.8
	Temp.	23	23	23	23	23	23	23	23	24	24	24	24
	Salinity	30.85	30.61	30.42	29.88	30.56	29.93	30.60	31.02	29.64	24.98	19.47	17.78
	pH	7.7	7.8	7.8	7.8	7.8	7.7	7.8	7.8	7.8	7.7	7.6	7.6
10.21	DO	7.6	7.5	7.4	7.7	7.2	6.8	6.9	6.9	7.0	6.9	6.5	6.9
	Temp.	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
	Salinity	33.22	33.61	33.45	33.62	33.47	33.53	33.69	33.74	33.70	32.45	29.12	32.75

Unit : DO(mg/L), Temp.(℃), Salinity(‰)

Table 3-2. Water quality at each site of Suyeong Bay

Date	Item	Site											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
3.18	COD	0.4	0.2	0.6	0.2	0.2	0.4	0.2	0.4	0.2	0.8	3.2	3.0
	T-N	0.246	0.146	0.133	0.112	0.130	0.109	0.102	0.109	0.148	1.050	3.955	2.825
	T-P	0.034	0.025	0.020	0.020	0.020	0.014	0.014	0.015	0.016	0.086	0.321	0.241
	NH <sub>3</sub> -N	0.155	0.106	0.105	0.106	0.108	0.147	0.138	0.112	0.148	0.577	1.478	2.116
	chlorophyll-a	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.2	0.7	0.7
4.30	COD	0.4	0.8	0.4	0.4	0.8	0.4	0.8	0.8	0.8	1.2	3.0	2.6
	T-N	0.327	0.516	0.240	0.260	0.367	0.292	0.357	0.254	0.390	0.911	2.563	1.934
	T-P	0.031	0.045	0.033	0.030	0.037	0.029	0.031	0.029	0.035	0.052	0.144	0.128
	NH <sub>3</sub> -N	0.148	0.170	0.224	0.153	0.348	0.234	0.266	0.265	0.297	2.069	2.162	1.171
	chlorophyll-a	0.3	0.3	0.3	0.4	0.6	0.3	0.2	0.2	0.4	0.7	3.2	3.6
5.29	COD	1.4	1.4	1.4	1.4	1.6	1.2	1.2	1.8	1.4	1.4	1.8	1.6
	T-N	0.222	0.209	0.154	0.128	0.149	0.157	0.319	0.356	0.268	0.192	0.672	1.516
	T-P	0.026	0.024	0.022	0.021	0.021	0.024	0.033	0.034	0.029	0.025	0.057	0.13
	NH <sub>3</sub> -N	0.073	0.170	0.130	0.105	0.111	0.137	0.161	0.296	0.153	0.119	0.336	0.695
	chlorophyll-a	4.1	3.6	3.6	3.5	3.1	3.0	2.0	1.2	1.8	1.6	2.2	2.5
6.25	COD	1.8	1.4	1.0	1.0	1.8	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	3.0	2.6
	T-N	0.559	0.532	0.495	0.52	0.421	0.375	0.395	0.368	0.379	1.14	3.018	3.285
	T-P	0.066	0.049	0.049	0.045	0.042	0.036	0.032	0.036	0.032	0.072	0.201	0.242
	NH <sub>3</sub> -N	0.220	0.180	0.240	0.220	0.200	0.220	0.200	0.220	0.340	0.460	1.000	1.200
	chlorophyll-a	0.4	0.3	1.9	0.9	0.7	0.7	0.6	0.7	0.9	0.5	0.9	0.6
7.10	COD	2.8	1.8	1.2	1.6	1.2	0.8	0.8	1.2	2.0	2.0	3.6	3.8
	T-N	1.455	0.903	0.640	0.860	0.689	0.535	0.404	0.391	0.676	1.356	1.899	2.855
	T-P	0.101	0.098	0.072	0.083	0.071	0.065	0.053	0.053	0.062	0.102	0.135	0.195
	NH <sub>3</sub> -N	0.370	0.407	0.241	0.296	0.278	0.222	0.167	0.185	0.370	0.648	0.907	0.944
	chlorophyll-a	0.7	0.9	1.1	1.2	0.9	0.8	1.1	0.6	0.4	0.8	0.0	0.7
7.28	COD	2.6	2.0	1.8	1.4	2.0	1.8	2.2	2.2	2.4	3.2	3.6	3.6
	T-N	1.457	0.848	0.523	0.319	0.288	0.297	0.343	0.318	0.369	1.917	3.753	4.437
	T-P	0.101	0.079	0.056	0.045	0.038	0.037	0.040	0.036	0.040	0.130	0.253	0.333
	NH <sub>3</sub> -N	0.412	0.370	0.254	0.230	0.240	0.215	0.235	0.226	0.210	0.720	0.975	1.250
	chlorophyll-a	2.3	3.1	3.9	4.6	6.5	4.3	4.0	3.7	4.1	2.1	1.0	0.0
8.14	COD	1.4	1.6	2.0	2.4	2.2	1.4	2.8	2.4	2.2	3.4	4.4	4.4
	T-N	0.064	0.213	0.194	0.201	0.093	0.314	0.072	0.032	0.340	1.423	2.684	3.020
	T-P	0.019	0.030	0.038	0.038	0.032	0.038	0.041	0.025	0.045	0.120	0.226	0.263
	NH <sub>3</sub> -N	0.045	0.073	0.052	0.046	0.028	0.073	0.014	0.015	0.088	0.605	1.218	1.294
	chlorophyll-a	0.7	1.3	2.7	1.6	1.6	0.5	2.3	1.4	1.1	0.5	1.9	1.8
10.21	COD	1.8	1.0	1.2	1.6	1.2	1.4	1.4	1.6	2.0	2.0	1.6	2.0
	T-N	0.498	0.495	0.478	0.463	0.498	0.469	0.384	0.350	0.431	0.837	2.131	0.794
	T-P	0.041	0.048	0.042	0.037	0.039	0.039	0.032	0.033	0.059	0.066	0.158	0.078
	NH <sub>3</sub> -N	0.040	0.014	0.025	0.019	0.026	0.016	0.039	0.014	0.012	0.195	0.668	0.143
	chlorophyll-a	1.0	0.9	0.8	0.4	0.7	0.4	0.5	0.4	0.5	0.3	0.4	0.7

Unit : COD(mg/L), T-N(mg/L), T-P(mg/L), NH<sub>3</sub>-N(mg/L), chlorophyll-a(mg/m<sup>3</sup>)

결과 및 고찰

지점별 오염물질의 수질현황

조사를 시작한 3월부터 10월까지 강수량은 Fig. 2와 같이 월 최저 30 mm에서 최고 880 mm 이상까지 변동이 심하였고 특히 3, 4월 봄철과 하절기인 7월과의 강수량 차이는 큰 폭으로 나타났다. 각 지점별 염분, 총질소, 총인, 암모니아성 질소 및 클로로필-a를 Fig. 2에서 Fig. 5까지 각각 나타내었다.

염분은 지점 1과 지점 10, 11, 12를 제외한 나머지는 대체로 28 - 34 ‰을 보여 주었다. 3, 4, 5, 10월 염분의 변화폭은 25 - 33 ‰이고, 하절기인 7, 8월은 15 - 32 ‰로 크게 나타났다. COD는 지점 1, 10, 11, 12에서 0.4 - 4.4 mg/L의 오염도를 보였고 특히 하절기인 7, 8월에는 전 지점에서 평균 2.3 mg/L으로 해역 수질 II 등급을 초과하였다.

총질소는 전 지점에서 0.032 - 4.437 mg/L의 범위에 있으며 특히 지점 10, 11, 12에서 0.192 - 4.437 mg/L의 변화폭을 가지는데 세 지점의 평균치는 2.09 mg/L 정도로 역시 해역 수질 II 등급을 상회하였다. 총인은 총질소와 유사한 형태를 가지고 있는데 하절기와 수영강 하류인 지점 10, 11, 12를 제외하고 대부분 해역 수질 II 등급을 만족하는 수준이었다. 암모니아도 총질소와 총인과 유사한 경향을 보이고 있으며 하절기에는 담수의 희석작용으로 농도가 0.01 - 1.25 mg/L의 변화를 보여 주고 있고 3, 4, 5월에는 오히려 0.07 - 2.16 mg/L의 다소

높은 농도를 나타냈다. 클로로필-a 는 강수량이 적은 3, 4, 8, 10월의 평균농도범위가 0.2 - 0.9 mg/m<sup>3</sup> 으로 나타났고 7월 하절기에는 2.1 mg/m<sup>3</sup> 으로 나타났는데 수영강 하류지점보다 광안리해수욕장과 광안대교 부근지점에서 높은 농도의 클로로필-a를 보여준다.

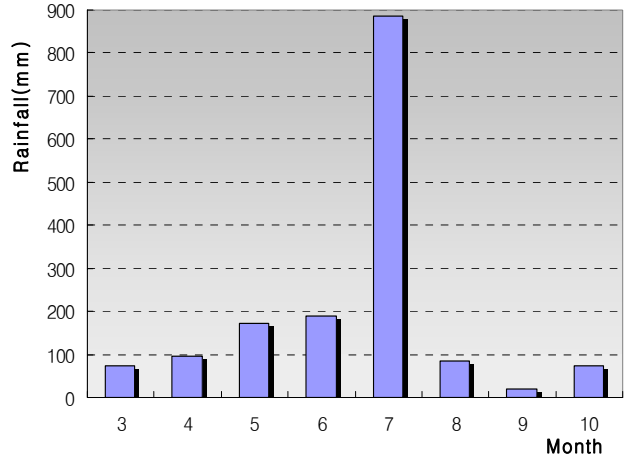


Fig. 2. Monthly Rainfall of Sampling site in Busan, 2009.

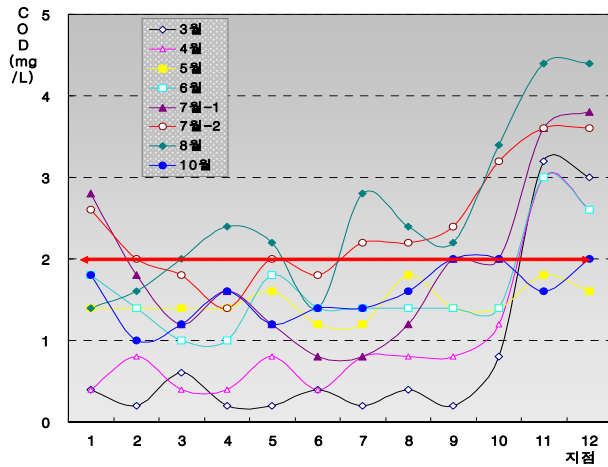
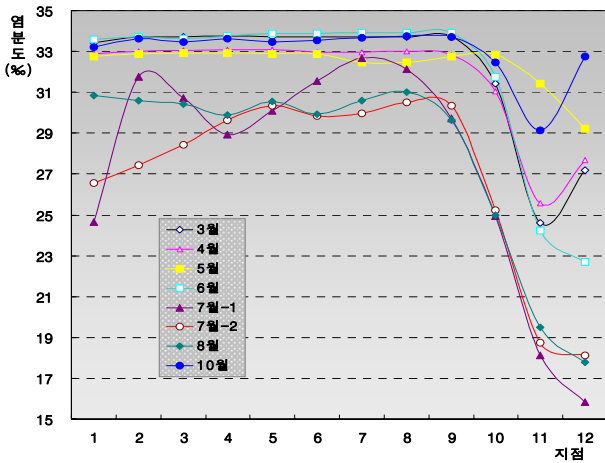


Fig. 3. Monthly variations of salinity, COD in each sites.

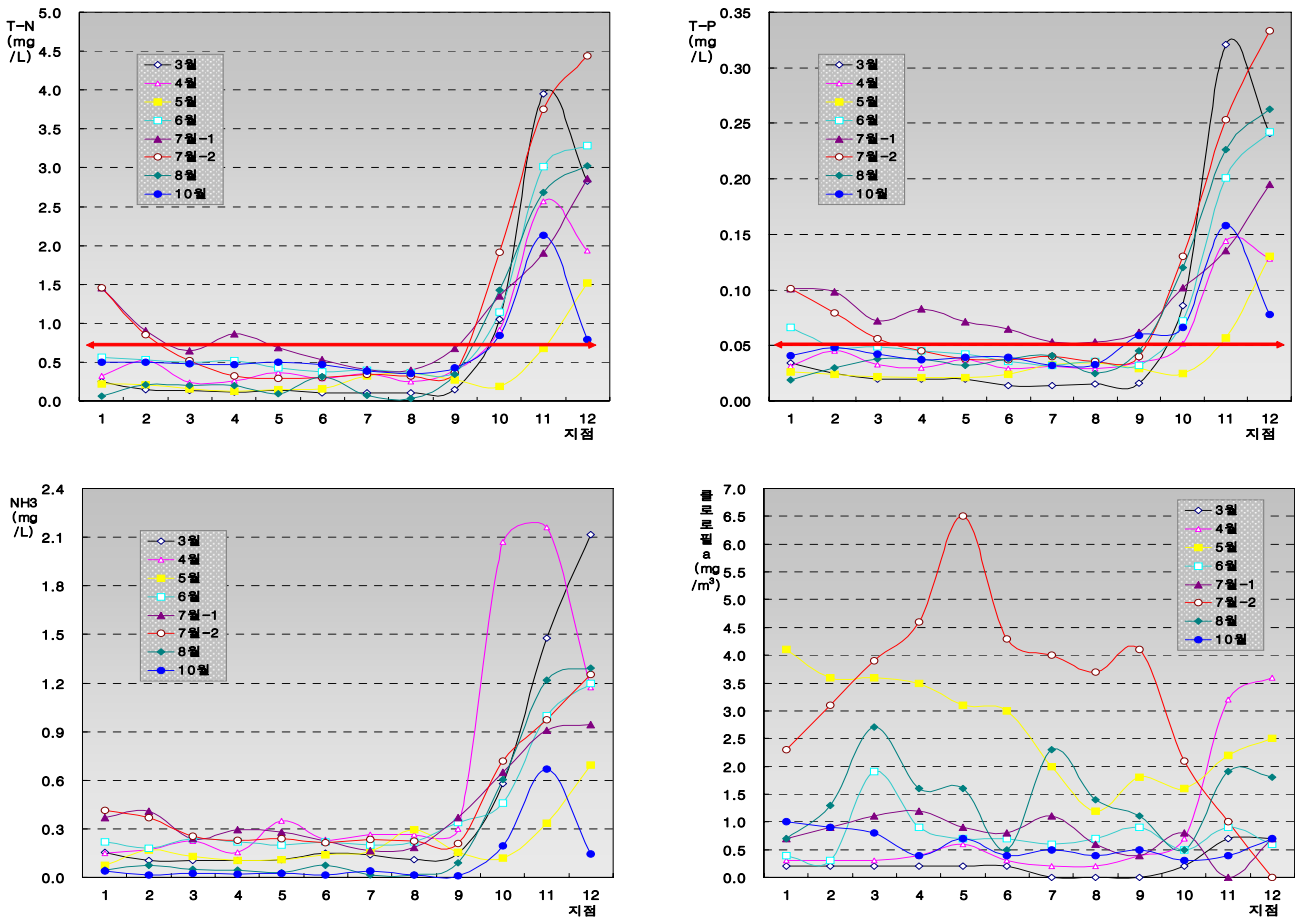


Fig. 5. Monthly variations of NH<sub>3</sub>-N, chlorophyll-a in each sites.

### 오염물질의 거동특성

#### 염분(salinity)

염분의 분포를 결정짓는 주요 원인 중에 해수 표면의 염분을 증가시키는 요인은 바람, 일사 등에 의한 해수의 증발이며, 염분을 감소시키는 요인은 강수, 하천수, 해빙 등에 의한 담수의 공급 등에 의한다. 일반적으로 대양에서의 표면 염분의 값은 33 - 37 ‰이며, 강우량의 연 변화가 심하지 않으면 그 연 변화는 0.5 ‰를 넘지 않는다<sup>10),11)</sup>. Fig. 6에서 Fig. 9까지 시료 채취일별 염분의 분포를 나타내었다. 3, 4월은 강우량이 월평균 100 mm 이하여서 광안리해수욕장 연안의 염분은 33 ‰을 유지하고 있고 수영강 하류 지점 10, 11, 12 주변은 27 - 31 ‰을 나타내고 있다. 5, 6월 강수량이 200 mm에 육박하는 시기에는 광안리주변은 32 - 33 ‰을 나타내고, 수영강 하류지점은 22 - 31 ‰로 봄철에 비하여 다소 낮은 염분도를 나타내었다. 하절기인 7, 8월에는 지점 6, 7, 8, 9는 29 - 33 ‰정도이고, 그 외 수영강 하류 지점 10, 11, 12는 15 - 25 ‰로 강우에 따른 담수의 영향을 크게 받은 것으로 나타났다. 이처럼 수영만의 물리적 현상의 계절적 변동은 만내의 지형뿐만 아니라 수영강으로부터 유입되는 담수에 의해서 영향을 많이 받음을 알 수 있다<sup>3)</sup>.

#### 화학적 산소요구량(COD)

COD 유발물질은 그 분해에 산소가 소비되는 물질로서 다양한 유기물을 포함하며 생활하수, 농경 및 폐수 및 유류유출에 의하여 해양에 유입된다<sup>10)</sup>. 산소 요구성 물질의 측정은 담수에서는 주로 생화학적 산소요구량(BOD)으로 행해지나 수영만은 해수이므로 화학적 산소요구량(COD)으로 수행하였으며, Fig. 10에서 Fig. 13까지 시료채취일별 화학적산소요구량 측정결과를 나타내었다.

부산연안의 해양환경은 최근 5년간 COD 기준 II등급인 평균 1.51 mg/L(전국 연안평균 1.32 mg/L) 수준이다<sup>4)</sup>. 수영만내의 COD 값은 조사 기간 내 0.2 - 4.4 mg/L의 범위에 있는데, 3, 4, 5, 6, 10월은 0.2 - 3.2 mg/L의 범위에 있으며 수영강 하류 3개 지점(지점 10, 11, 12)을 제외하면 0.2 - 2.0 mg/L 정도로 해역 II등급을 만족하는 수질을 나타내고 있다. 하절기인 7, 8월에는 0.8 - 4.4 mg/L로서 수영강 하류 외 지점에서 COD 2.0 mg/L을 상회하는 곳이 여러 곳 나타났다. 또 수영강에서 내려오는 COD물질이 광안리해수욕장내에는 어느 정도 영향이 미치는 것으로 나타났고, 갈수기인 10월에 다시 확산이 되어 광안대교 바깥쪽으로 이동이 일어났는데 조류의 흐름에 따라 동백섬 방향으로 움직이는 형태를 보여주고 있었다.

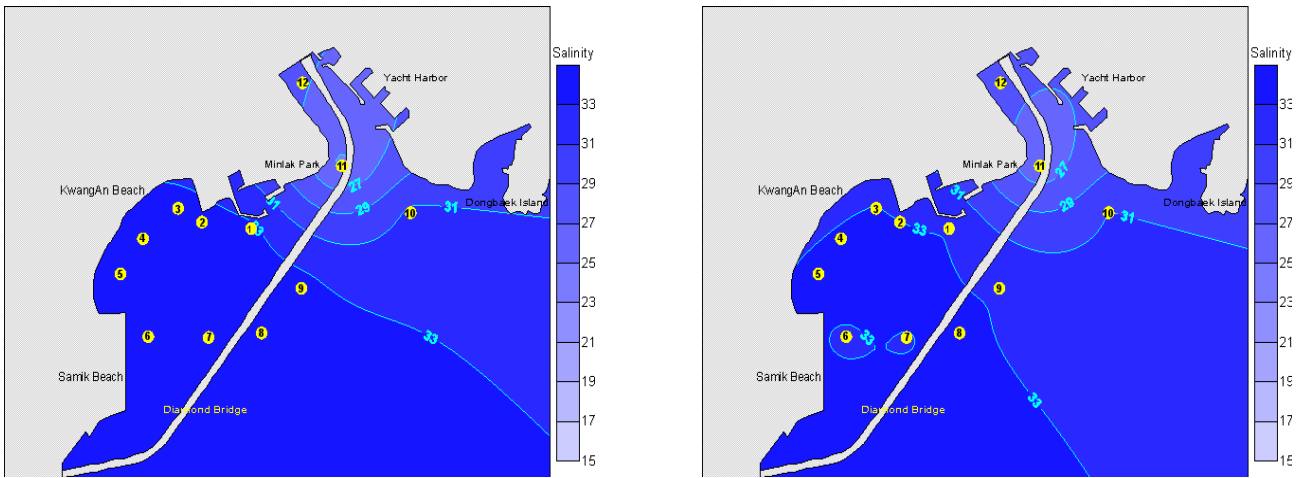


Fig. 6. Horizontal distribution of surface salinity in 18 March and 30 April, 2009.

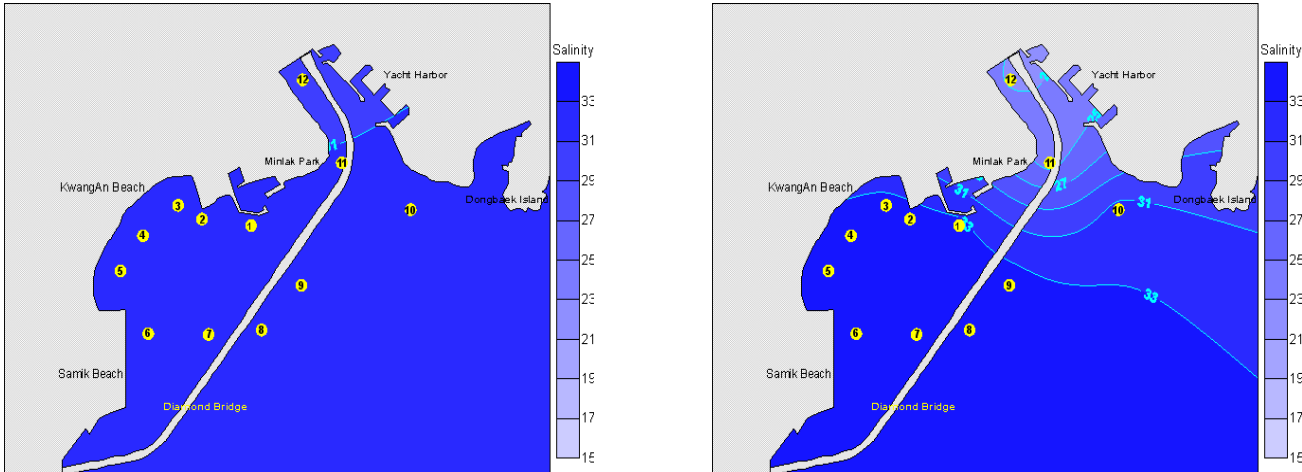


Fig. 7. Horizontal distribution of surface salinity in 29 May and 25 June, 2009.

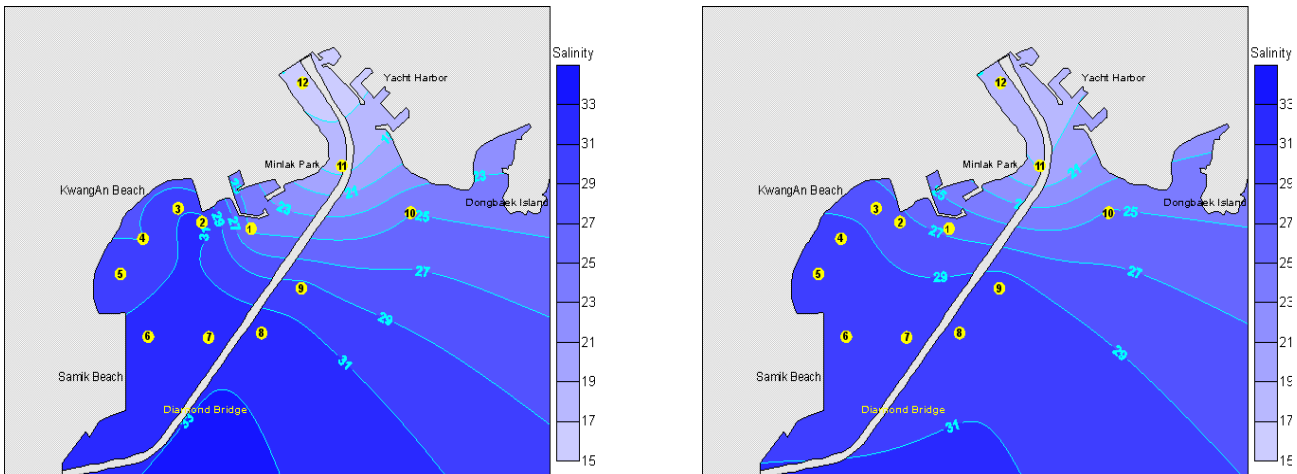


Fig. 8. Horizontal distribution of surface salinity in 10 July and 28 July, 2009.

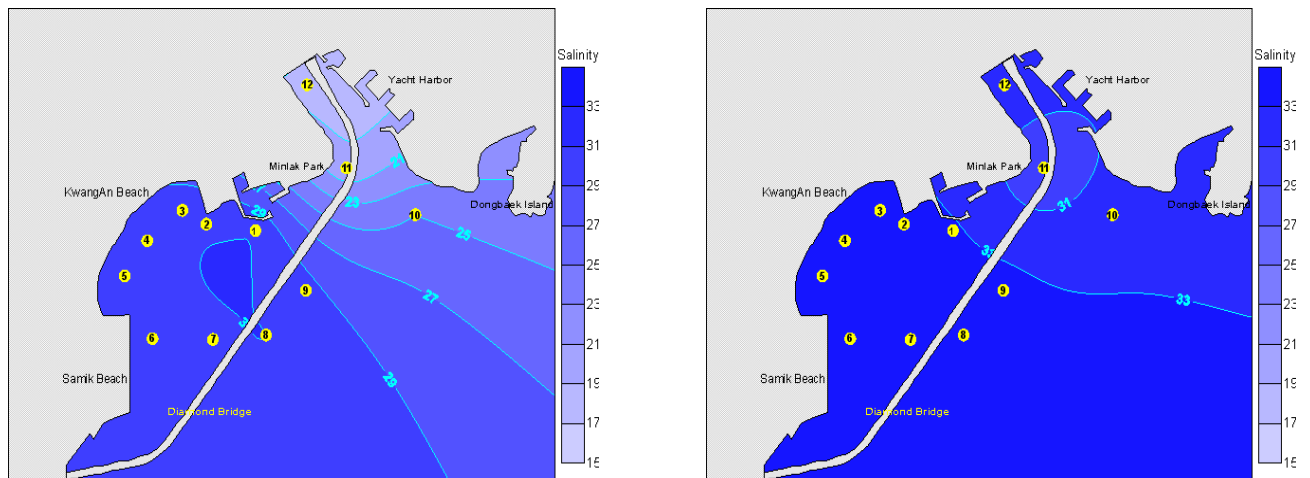


Fig. 9. Horizontal distribution of surface salinity in 14 August and 21 October, 2009.

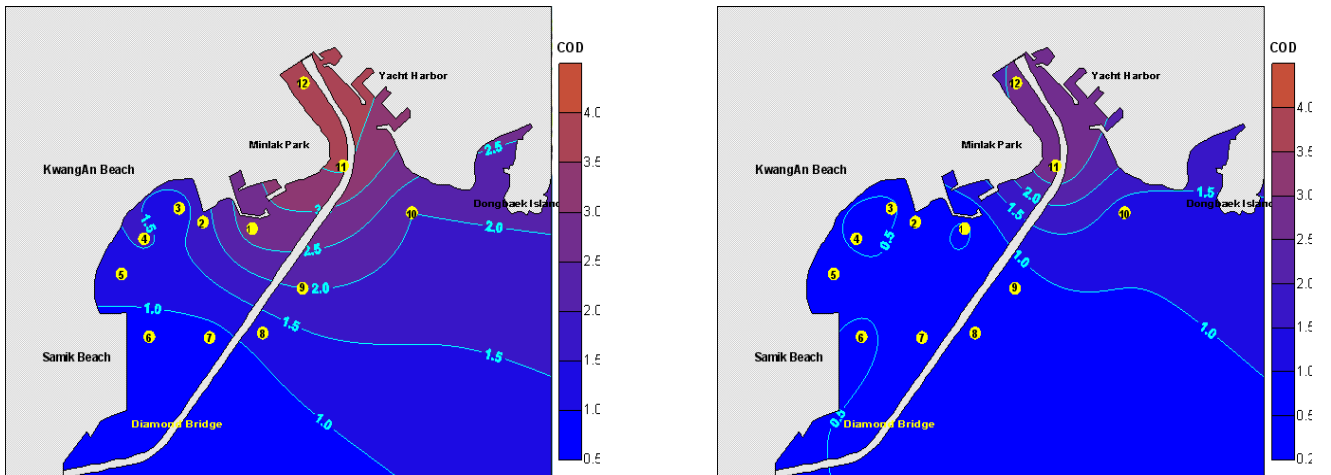


Fig. 10. Horizontal distribution of COD in 18 March and 30 April, 2009.

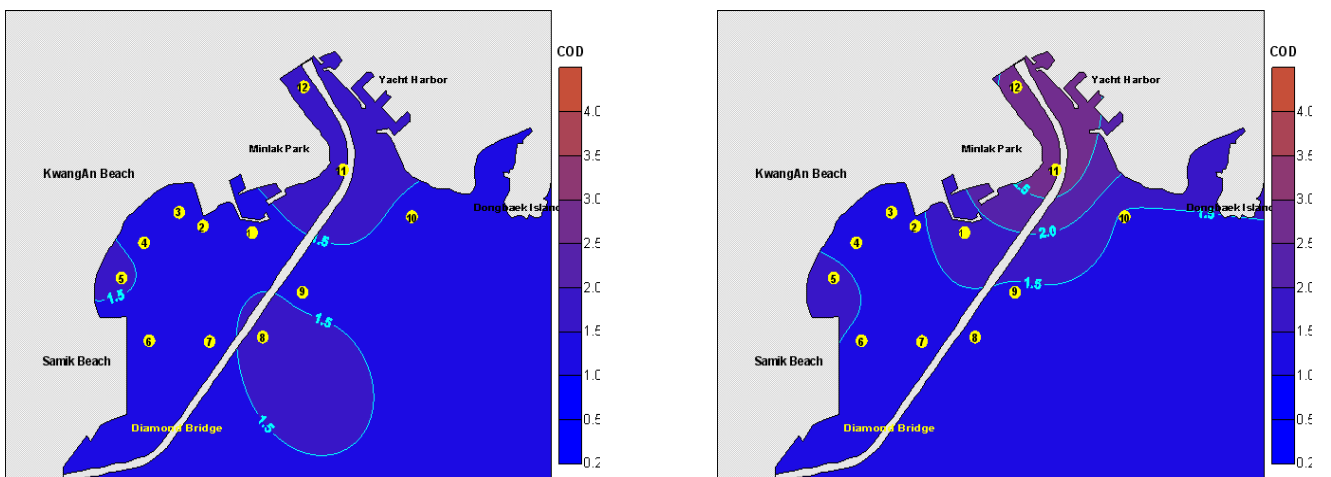


Fig. 11. Horizontal distribution of COD in 29 May and 25 June, 2009.



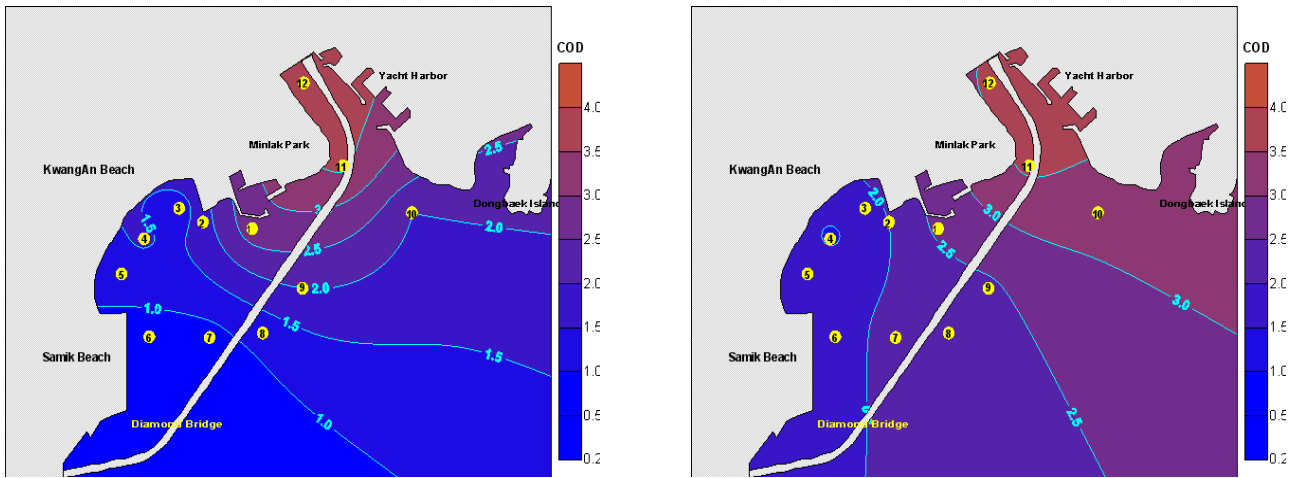


Fig. 12. Horizontal distribution of COD in 10 July and 28 July, 2009.

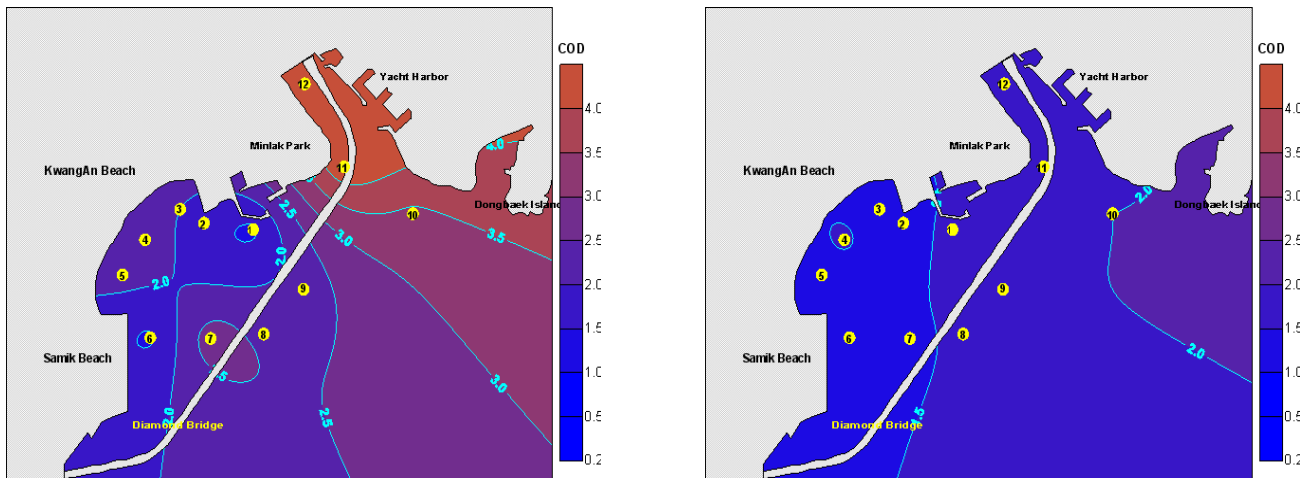


Fig. 13. Horizontal distribution of COD in 14 August and 21 October, 2009.

**총질소 (T-N)**

질소는 비료사용에 따른 농경지 폐수, 생활하수 등으로 유입되며 일반적인 하수처리에 의하여 제거가 어려운 것으로 알려져 있다. 질소와 같은 영양염의 연안으로의 유입은 부영양화를 유발하여 적조를 발생시키는 중요한 원인이 된다<sup>10)</sup>. 따라서 수영만에서의 영양염 공급이 녹조류 발생과 무관하지 않은 것으로 생각되어 진다<sup>12)</sup>. 수영만의 총질소 측정결과는 Fig. 14에서 Fig. 17과 같이 나타났다.

부산연안의 최근 5년간 총질소의 농도는 0.427 mg/L로 해역 수질 II 등급에 해당하는데<sup>4)</sup> 수영만은 0.032 - 4.437 mg/L의 범위에 있다. 이 역시 수영강 하류 세 지점을 제외하면 0.6 mg/L 이하의 수질 II 등급으로 나타난다. 하지만 하절기에는 요트경기장 주변과 동백섬 일대에 이르기 까지 오염물질의 확산으로 1.0에서 4.0 mg/L까지 높은 농도를 유지하였다.

**총인 (T-P)**

부산연안의 최근 5년간 총인의 농도는 0.04 mg/L로 해역 수질 II 등급에 해당하는데<sup>4)</sup>, Fig. 18에서 Fig. 21과 측정된 결과와 같이, 수영만은 0.02 - 0.33 mg/L의 범위에 있고, 수영강 하류 세 지점에서의 평균농도는 0.157 mg/L 으로 수질 II 등급을 상회하고 있다. 3, 4, 5, 6, 10월에는 수영강 하류에서 어느 정도의 확산이 일어나 광안리해수욕장에는 다소 낮은 농도를 유지하고 있고, 대부분의 지점들은 해역 수질 II 등급을 만족하고 있다. 하절기인에는 광안리해수욕장 내측과 동백섬 방향으로 총인의 오염물질 분포가 고르게 나타났다.

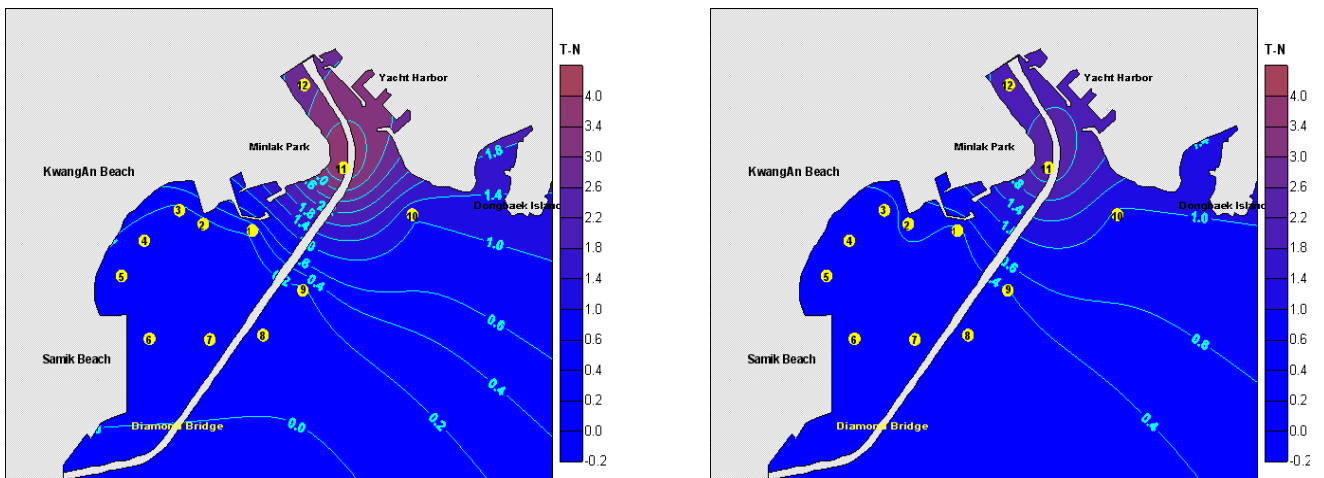


Fig. 14. Horizontal distribution of T-N in 18 March and 30 April, 2009.

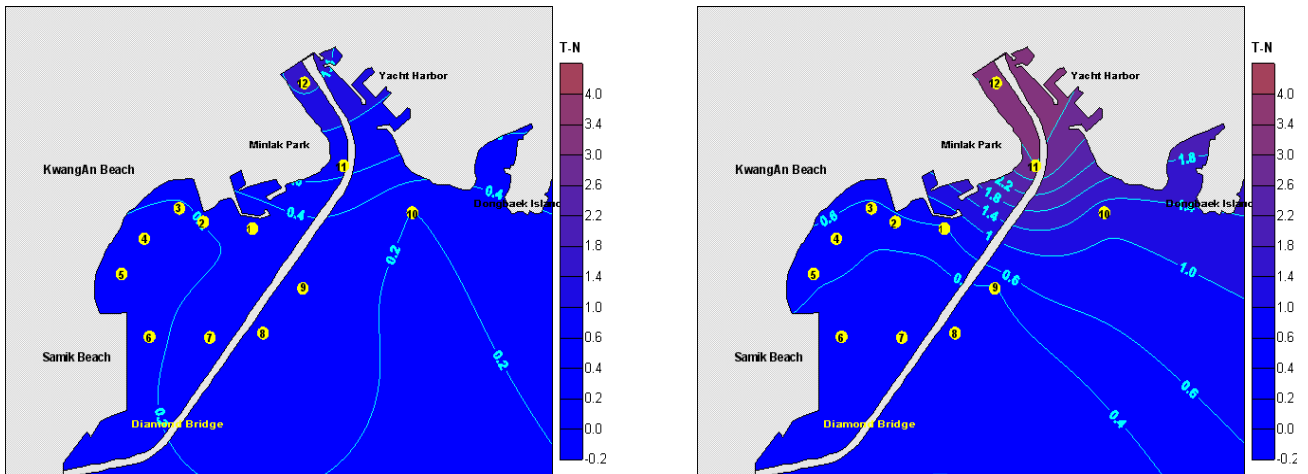


Fig. 15. Horizontal distribution of T-N in 29 May and 25 June, 2009.

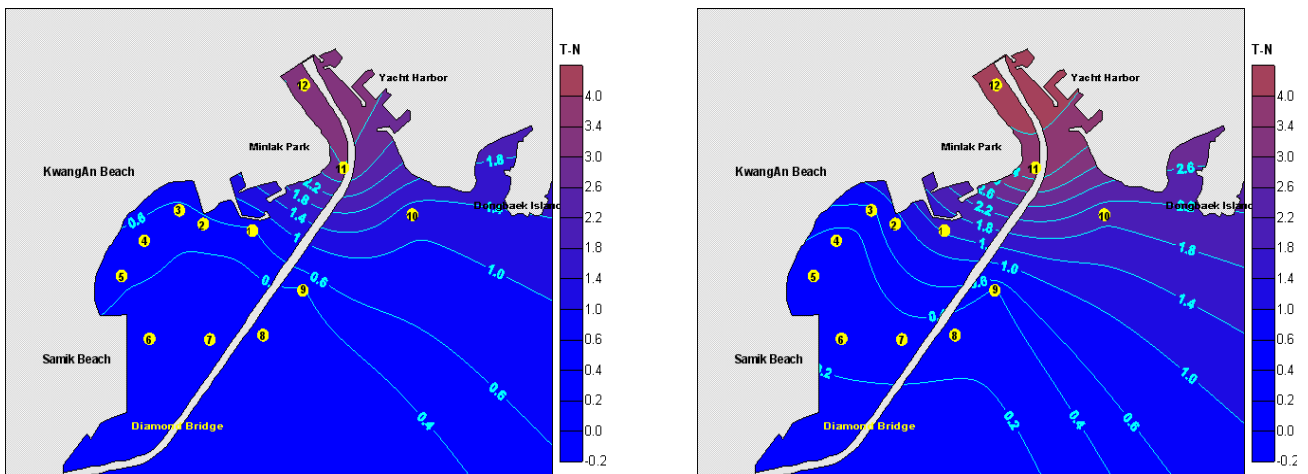


Fig. 16. Horizontal distribution of T-N in 10 July and 28 July, 2009.

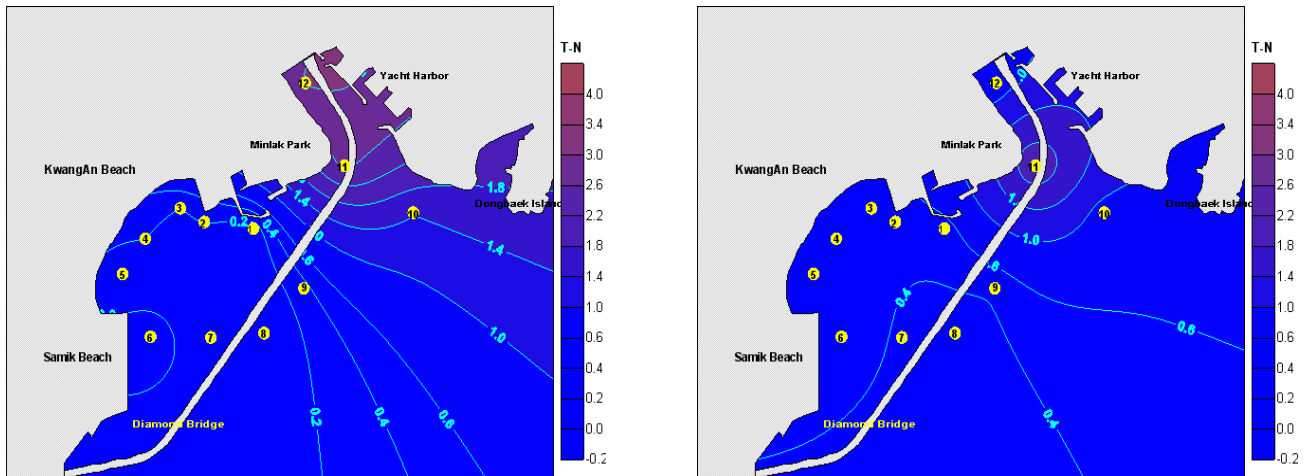


Fig. 17. Horizontal distribution of T-N in 14 August and 21 October, 2009.

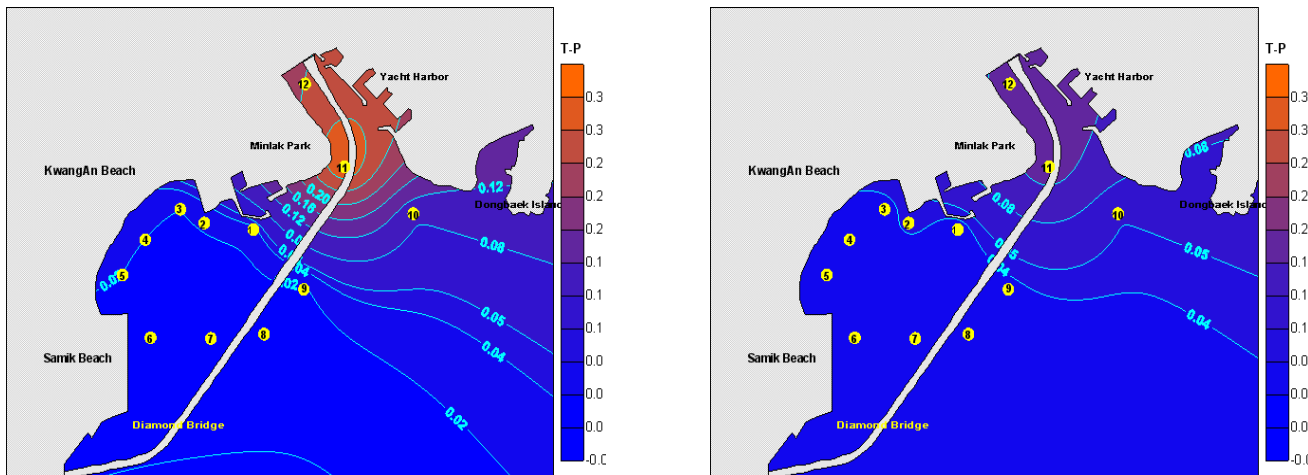


Fig. 18. Horizontal distribution of T-P in 18 March and 30 April, 2009.

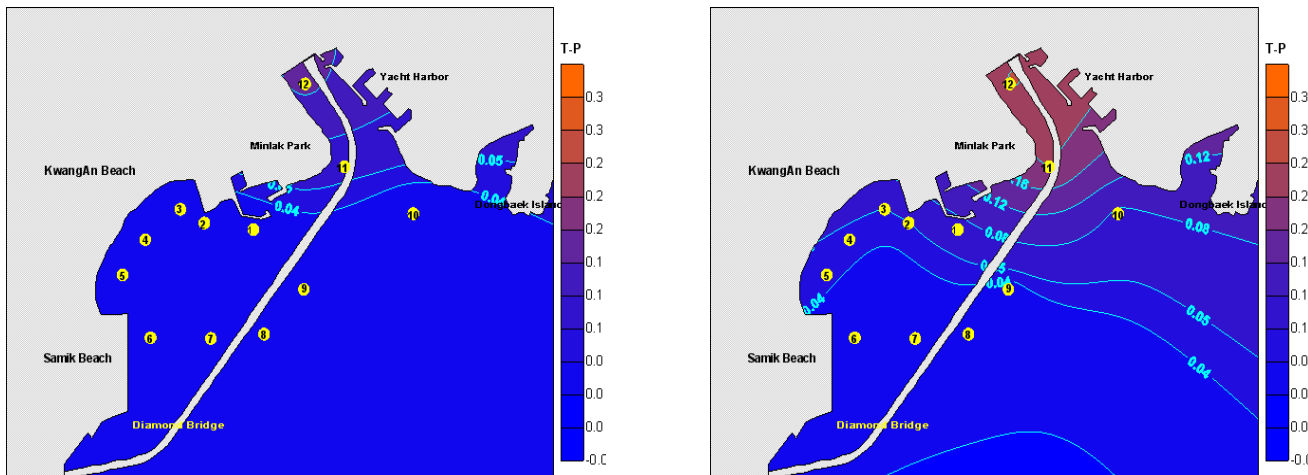


Fig. 19. Horizontal distribution of T-P in 29 May and 25 June, 2009.

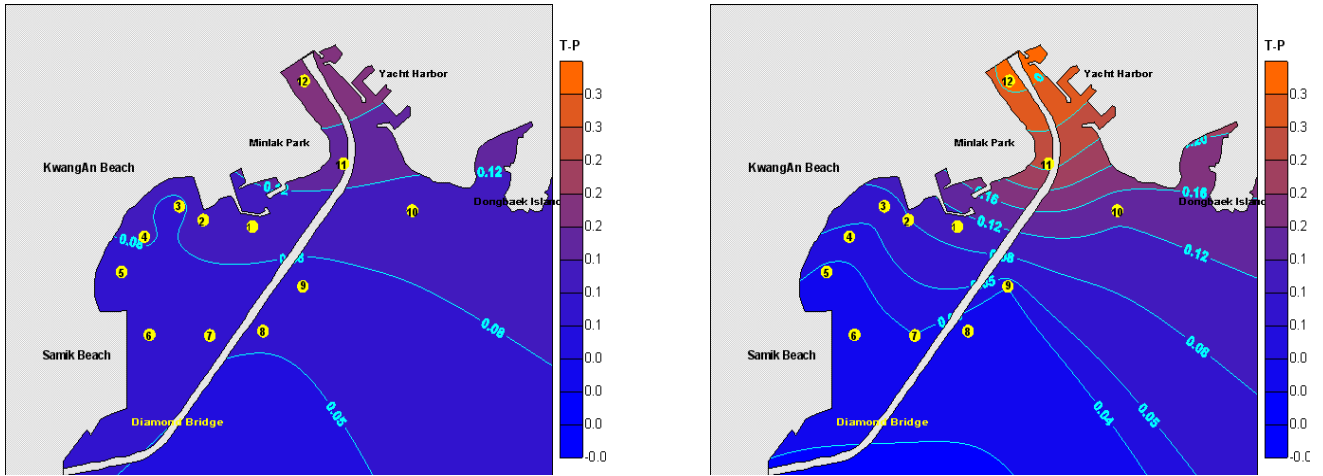


Fig. 20. Horizontal distribution of T-P in 10 July and 28 July, 2009.

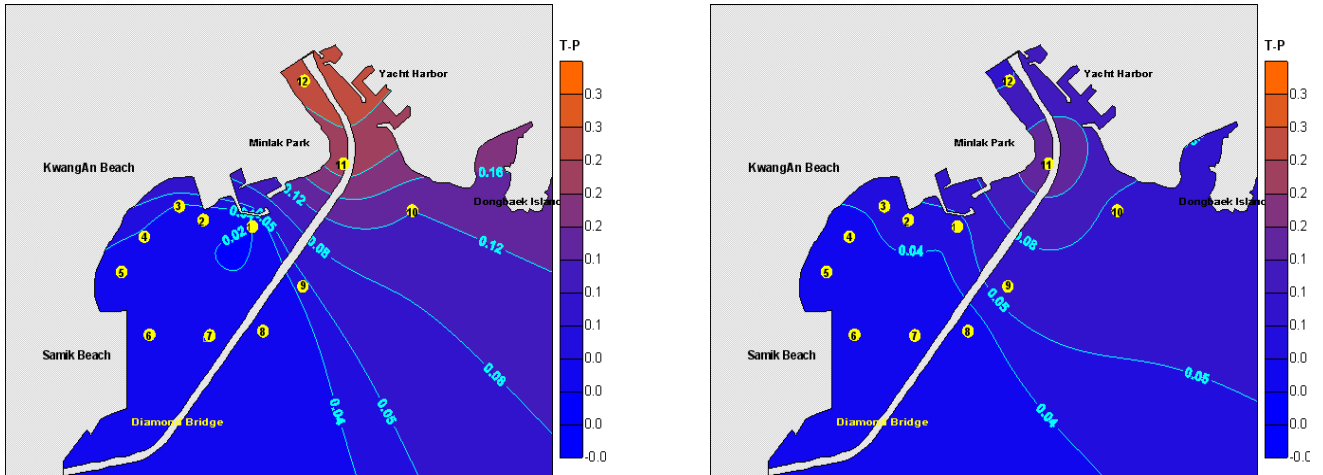


Fig. 21. Horizontal distribution of T-P in 14 August and 21 October, 2009.

### 암모니아성 질소(NH<sub>3</sub>-N)

암모니아성 질소는 동물의 배설물 등의 유기성 질소화합물이 분해하여 생긴 첫 단계의 물질로서 최근에 오염되었음을 알 수 있어 위생학적인 면에서 중요한 오염의 지표가 되고 있다<sup>10)</sup>.

Fig. 22에서 Fig. 25까지 시료채취일별 암모니아성 질소의 측정결과를 나타내었으며, 암모니아성 질소는 수영장의 강우에 의한 담수유입으로 영향을 받을 때 초기 강우시 수영장 하류와 동백섬 인근까지 확산 하는 것으로 나타난다. 3, 5, 6, 10월에는 수영장 하류 지점 일부만 암모니아의 분포를 나타내고 있는데 강우의 영향을 받은 5월에는 광안리해수욕장의 외측부분에 오염물질의 확산이 나타났다. 특히 광안리해수욕장의 양쪽가장 자리에서 농도가 높으며, 하절기에는 수영장에 많은 양의 담수 유입으로 암모니아성 질소의 희석이 일어나서 오히려 농도가 낮은 것으로 나타났다.

### 클로로필 a(chlorophyll a)

식물성 플랑크톤의 농도를 측정하는 방법으로는 현미경으로 직접 식물성 플랑크톤의 종류와 개수를 측정하는 방법과 그것의 부피 또는 중량을 측정하는 방법이 있다. 그러나 식물성 플랑크톤을 현미경으로서 직접 측정하는 경우에는 각 식물성 플랑크톤의 종류를 구분하기 위한 전문적인 지식이 필요하며 자료의 양이 많아지는 문제점이 있다. 그리고 부피 또는 중량을 측정하는 경우에는 부유물질과 동물성플랑크톤에 의한 오차가 발생할 수 있는 문제점이 있다. 이런 문제점을 해결하기 위하여 식물성 플랑크톤의 농도와 높은 상관관계를 갖는 chlorophyll-a의 농도를 측정하기로 하였다. chlorophyll-a는 다른 색소와는 달리 모든 식물성 플랑크톤에 함유되어 있어 측정하기가 비교적 간단하다. 그리고 chlorophyll -a농도로 부영양화를 평가하는 기준이 될 수 있다. EPA에 따르면 4 mg/m<sup>3</sup> 이하 일 때 빈

영양 상태이고 4 - 10 mg/m<sup>3</sup> 일 경우 중영양이고 10 mg/m<sup>3</sup> 이상은 부영양으로 본다(13).

chlorophyll-a는 광합성 작용을 담당하는 물질로 모든 식물성 플랑크톤에 들어 있기 때문에 해수에 존재하는 다양한 작은 입자들에서 식물성 플랑크톤을 구분하여 그 생물량을 측정 할 수 있는 보편적인 방법으로 사용되고 있으며(14), 또한 수온상승과 해수표면의 일사량 증가에 따른 활발한 광합성작용으로 식물성 플랑크톤의 개체증식에 영향을 주는 것으로 알려져 있다(15).

Fig. 26에서 Fig. 29까지 시료채취일별 chlorophyll-a 측정결과를 나타내었다. 3월부터 10월까지의 조사 기간 중 chlorophyll-a는 0.0 - 6.5 mg/m<sup>3</sup>으로 범위가 다소 큰 폭이었고 12개 지점별 평균 농도는 0.8 - 1.8 mg/m<sup>3</sup>로 나타났다. 강우량이 적었던 3, 10월에 지점 대부분의 chlorophyll-a농도

가 0.0 -1.0 mg/m<sup>3</sup>으로 낮은 범위에 있었고 4월에는 수영강 하류 3개 지점에서 0.7 - 3.6 mg/m<sup>3</sup>으로 다소 높은 농도를 나타냈다. 5월에는 chlorophyll-a가 조류의 흐름에 따라 광안리해수욕장 안쪽과 민락방파제 쪽으로 편중되는 경향을 보여준다. 7월 10일에는 강우량이 많았지만 광안리와 광안대교 요트경기장 일대 모든 지점에서 0.0 - 1.2 mg/m<sup>3</sup>으로 낮게 나타났고, 7월 28일에는 수영강 하류인 민락 수변공원과 요트경기장은 낮은 농도를 나타냈고 그 외 지점 대부분은 2.1 - 6.5 mg/m<sup>3</sup>으로 높은 범위를 보여주었는데 조류의 흐름이 남서방향으로 흘러서 만내로 오염물질의 정체가 일어나 chlorophyll-a가 높아진 것으로 생각된다. 8월에는 대부분의 지점에서 0.5 - 2.7 mg/m<sup>3</sup>으로 나타났는데 특히 민락회센터 주변 지점에서 높은 농도를 보여주었다.

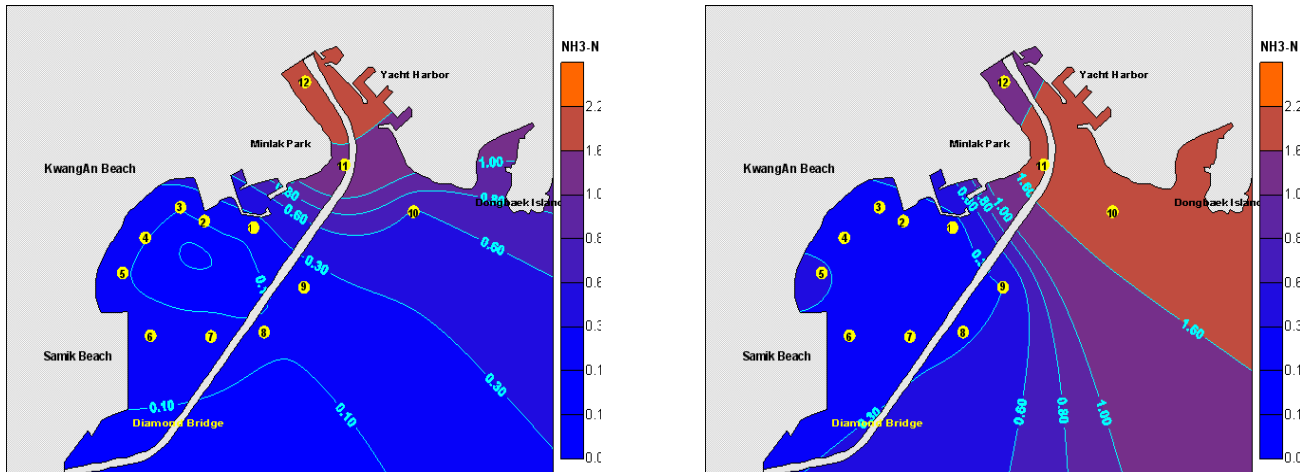


Fig. 22. Horizontal distribution of NH<sub>3</sub>-N in 18 March and 30 April, 2009.

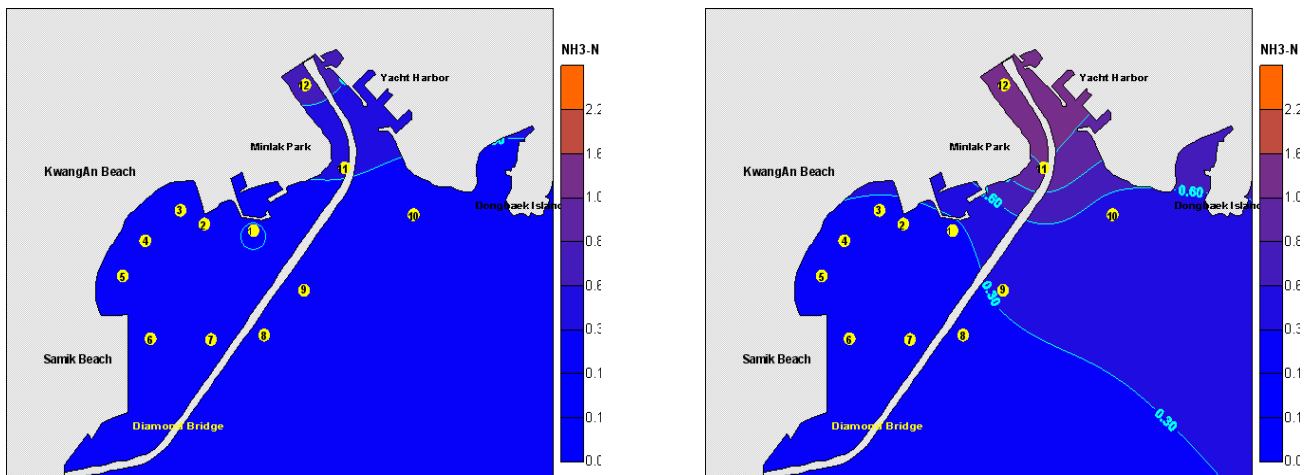


Fig. 23. Horizontal distribution of NH<sub>3</sub>-N in 29 May and 25 June, 2009.

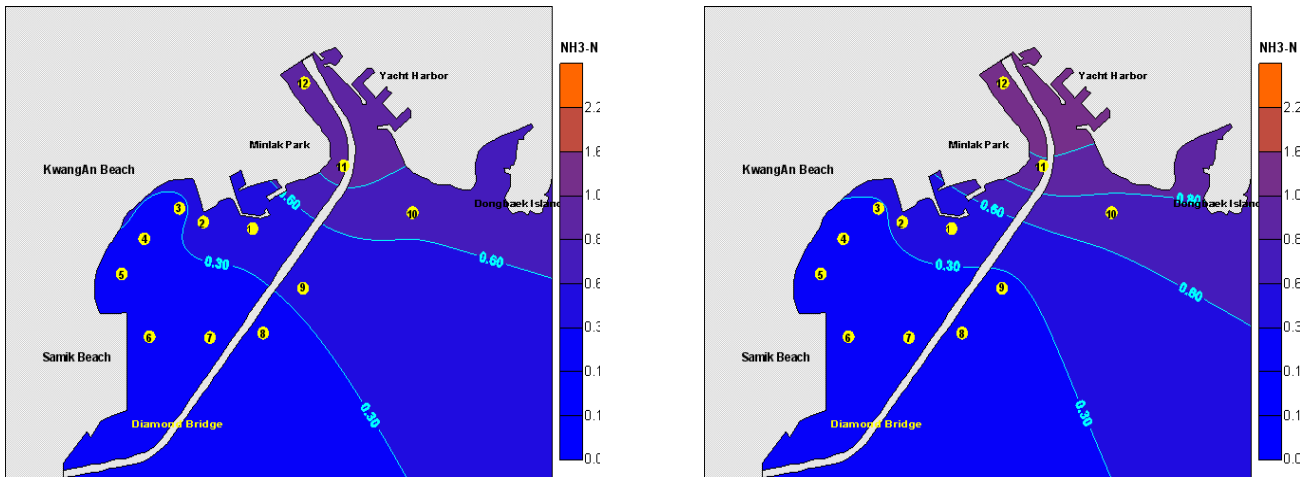


Fig. 24. Horizontal distribution of NH<sub>3</sub>-N in 10 July and 28 July, 2009.

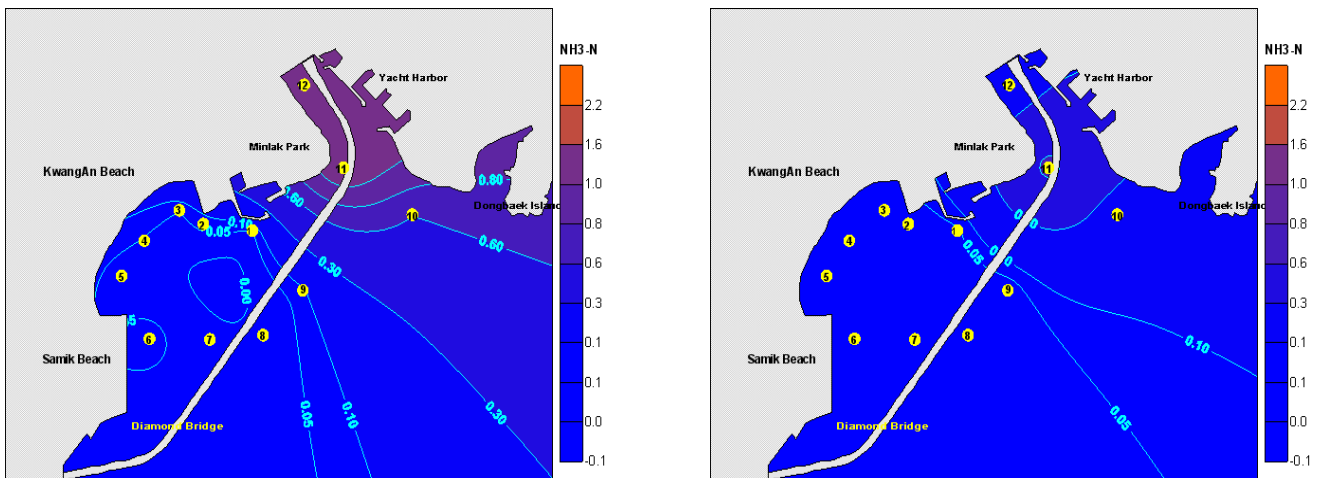


Fig. 25. Horizontal distribution of NH<sub>3</sub>-N in 14 August and 21 October, 2009.

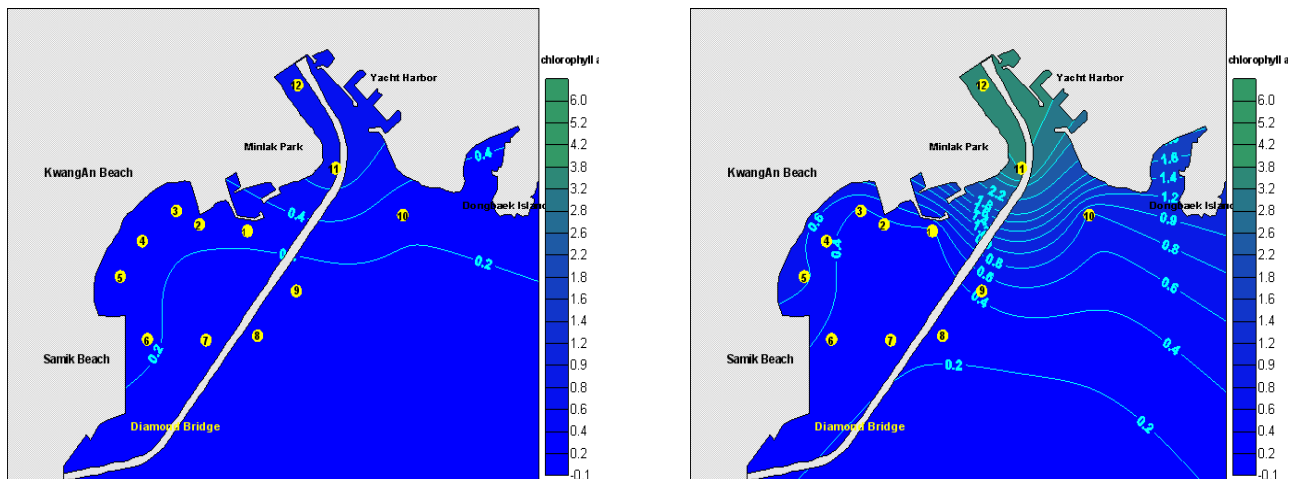


Fig. 26. Horizontal distribution of chlorophyll-a in 18 March and 30 April, 2009.

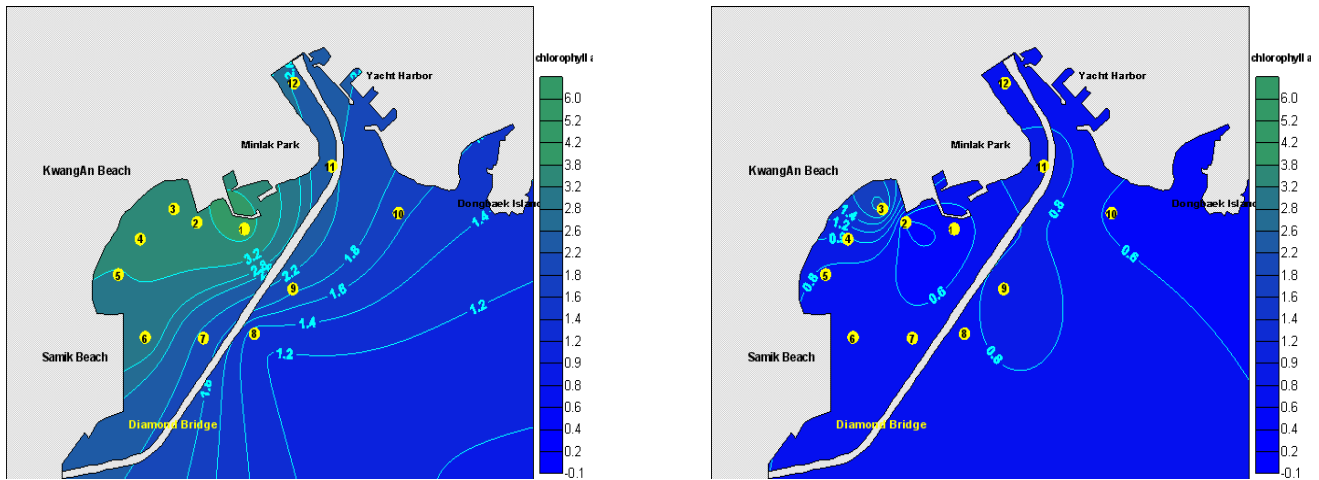


Fig. 27. Horizontal distribution of chlorophyll-a in 29 May and 25 June, 2009.

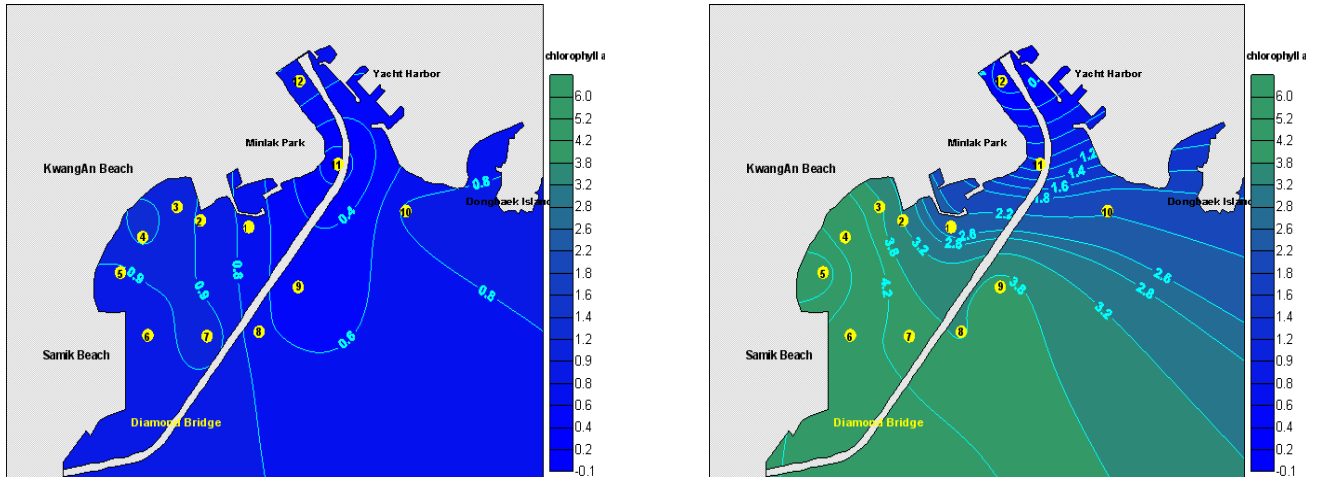


Fig. 28. Horizontal distribution of chlorophyll-a in 10 July and 28 July, 2009.

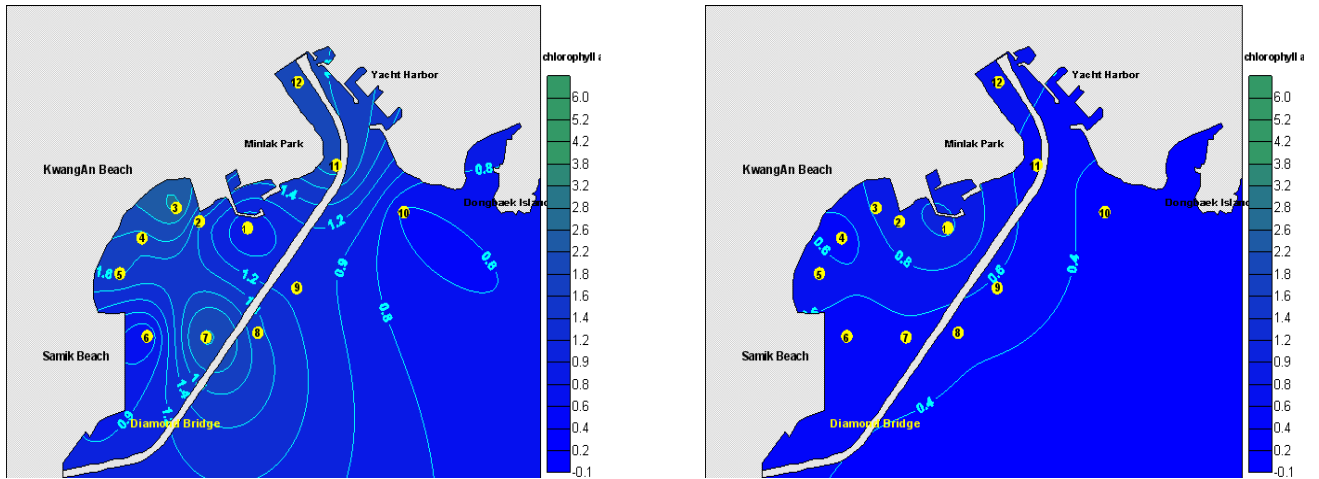
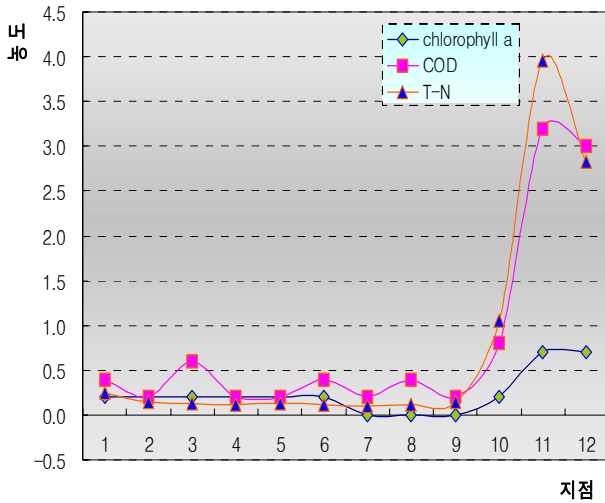


Fig. 29. Horizontal distribution of chlorophyll-a in 14 August and 21 October, 2009.

오염물질과의 상관관계

봄철(3, 4월)에서의 상관관계

Fig. 30과 같이 강우량이 다소 적은 3, 4월에는 수영강 하류 지점을 포함한 대부분의 지점에서 chlorophyll-a 와 COD, 총질소는 농도의 변동 폭은 있지만 대체적으로 상관관계가 일정한 것으로 보이고 있었다. 특히 4월에는 그 상관성이 뚜렷하게 나타나고 있다.



하절기(6, 7월)에서의 상관관계

Fig. 31에 보는 바와 같이 강우량이 200 mm 정도였던 6월에는 COD 값과 총질소와는 상관성이 어느 정도 있지만 chlorophyll-a와는 상관성이 떨어진다. 7월에는 COD와 총질소는 상관성을 보여주지만 chlorophyll-a와는 부의 상관성을 가진다. 특히 광안리해수욕장 내측에서부터 남천삼익비치까지 총질소와 COD는 다소 낮지만 chlorophyll-a의 농도가 높게 나타나고 있다.

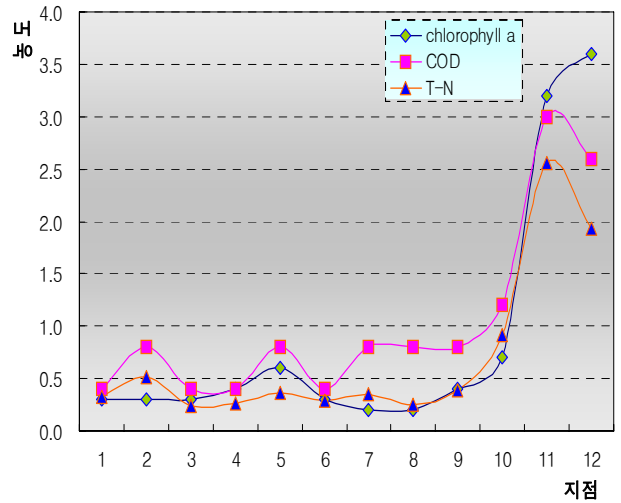


Fig. 30. Correlation of chlorophyll-a, COD and T-N in March, April.

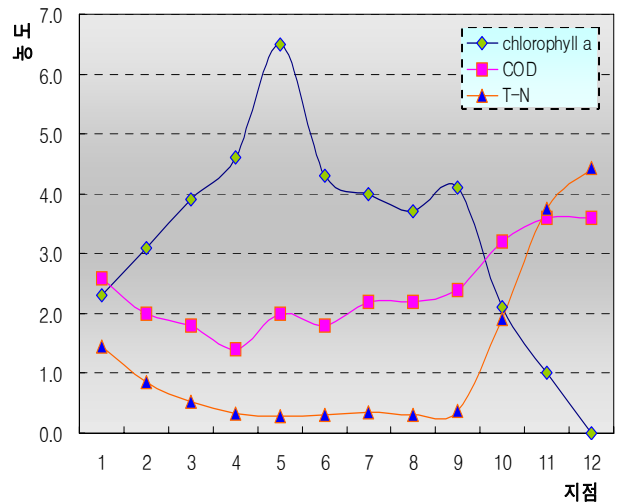
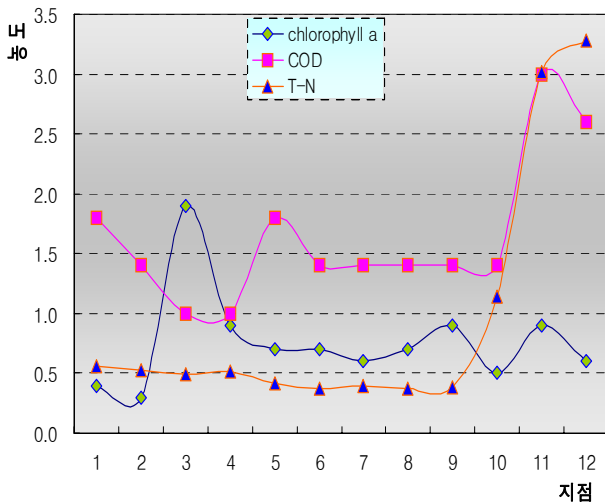


Fig. 31. Correlation of chlorophyll-a , COD and T-N in June, July.



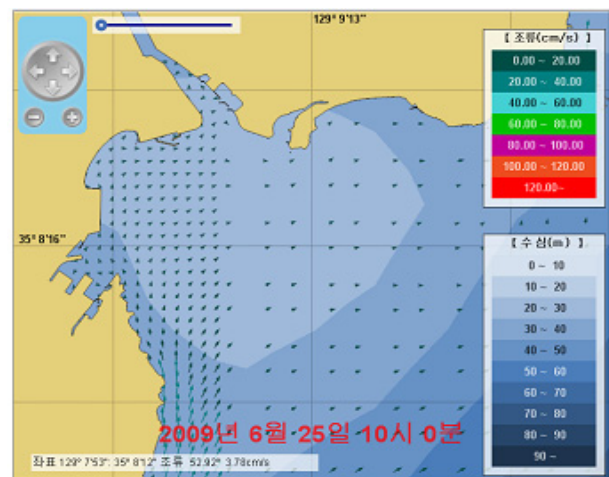
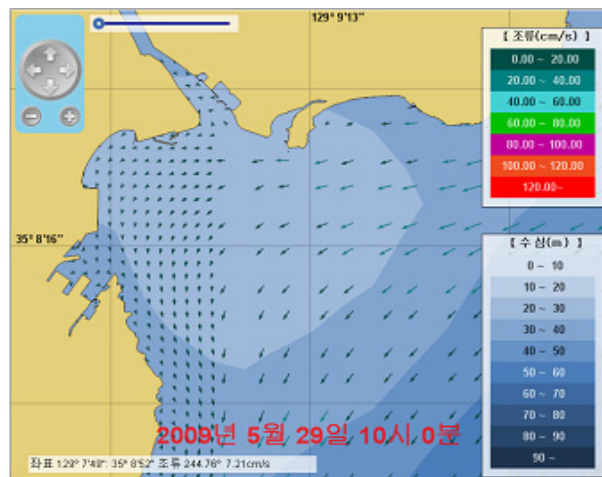
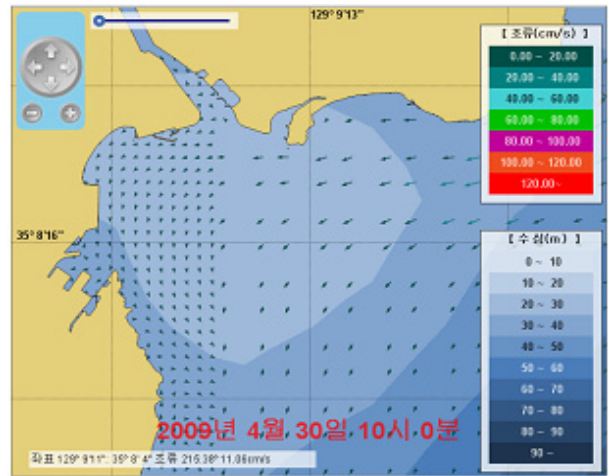
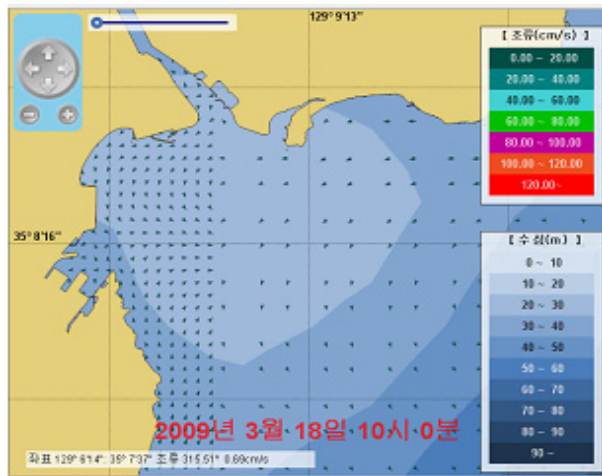
수영만의 조류(潮流)특성

부산연안의 조류(潮流)는 왕복성으로 크기는 유사하며 외해 쪽으로 연중 북상하는 동한난류의 영향이 강하고 연안으로 접근할수록 유속이 감소하는 것으로 나타나 있으며<sup>4)</sup>, Fig. 32에 각 시료채취일별 수영만 주변의 조류의 방향과 세기를 나타내었다.<sup>16)</sup>

3월에는 평균풍속이 7.0 m/s이고 최대풍속은 10.5 m/s으로 다른 달에 비하여 풍속이 높은 편이고 풍향이 남서(SW)풍으로 불고 있는데, 광안리의 내측과 광안대교의 외측 모두 조류의 유속이 20 cm/s 이하로 나타났고 특별한 방향성이 없는 것으로 나타났다. 4월은 풍향이 남서(SW)풍이고 평균풍속은 4.6m/s이고 최대풍속은 7.3 m/s으로 3월에 비하여 다소 약하게 나타났고 조류의 방향은 서남방향으로 광안리해수욕장을 향하고 있으며 외측 조류의 유속은 20 - 40 cm/s 으로 나타났다. 5월은 풍속이 전월과 유사하며 풍향은 북북동(NNE)이고 조류의 방향은 서남향이며, 광안대교 외측의 유속은 60 - 80 cm/s으로 다

소 높은 수치를 보여주었다. 6월은 4, 5월과 마찬가지로 풍속은 유사한 것으로 나타났고 풍향은 남서(SW)풍이며 조류의 방향은 이기대 방향에서 유속 40 - 60 cm/s이고 광안리 내측에서는 정체되는 모습을 보여준다. 하절기인 7월 10일은 풍향이 동북동(ENE)이고 조류의 유속은 광안리 내, 외측 모두 20 cm/s이하의 낮은 유속을 보여주었다. 7월 28일 평균풍속은 3.2 m/s고 최대풍속은 4.8m/s로 낮고 풍향은 북북동(NNE), 조류는 서남방향, 유속은 40 - 60 cm/s으로 나타났다. 8월은 평균 풍속 3.3 m/s, 최대풍속은 5.9 m/s로 나타났고 풍향은 남향, 조류의 흐름은 7월 28일과 유사하게 서남방향이며 조류의 유속도 40 - 60 cm/s이었다<sup>16)</sup>.

조류의 흐름은 대체적으로 남서방향으로 주로 흐르고 있고 광안리해수욕장 외측인 광안대교방향의 조류 흐름은 활발한 것으로 나타나지만 광안리의 내측은 다소 정체되는 모습을 보여 주고 있다. 따라서 계절별로 바람의 방향 및 풍속과 조류의 방향은 연관성이 약한 것으로 보여 지고 있다.



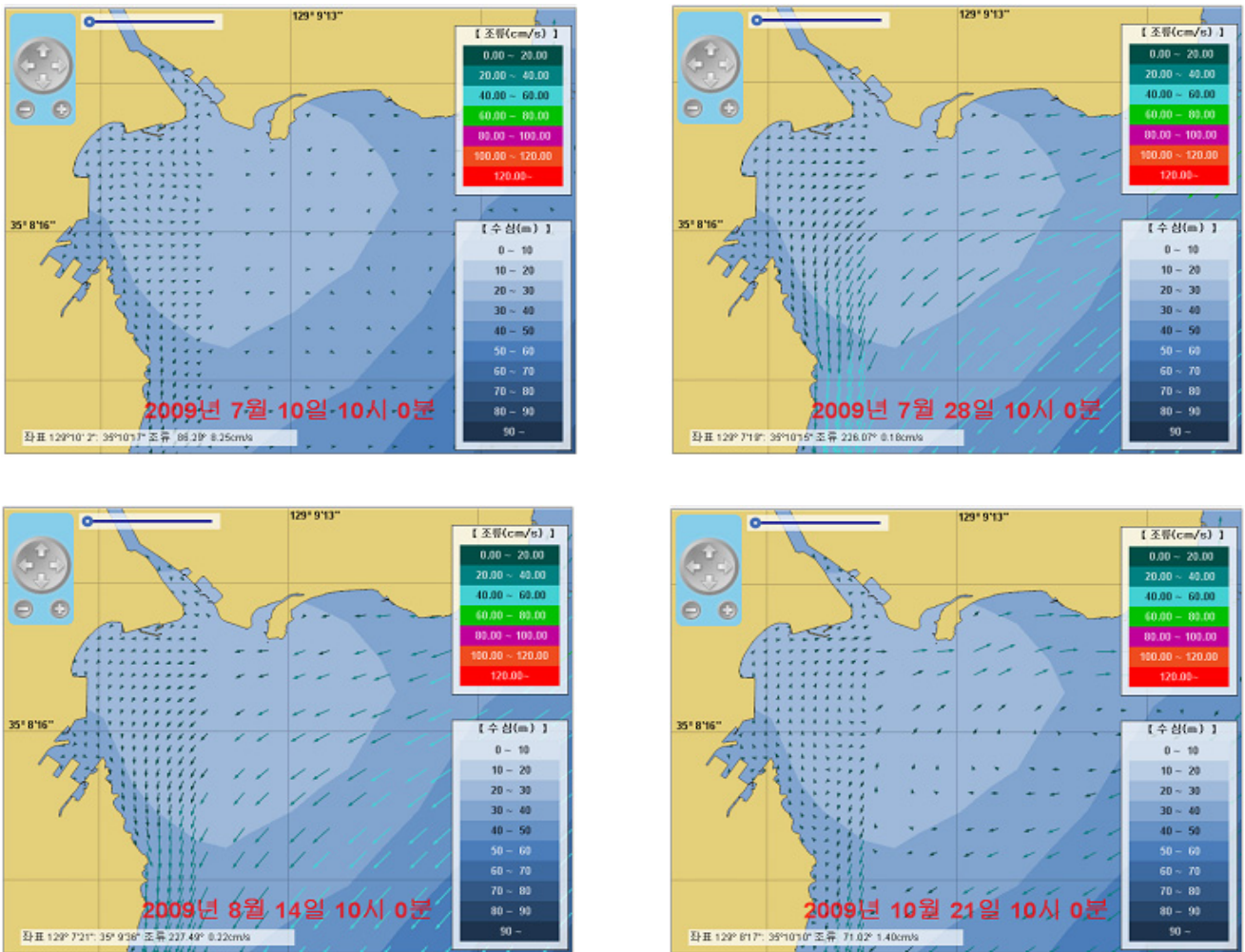


Fig. 32. Seasonal variations of the tidal current at the Suyeong Bay.

## 결 론

1. 3~6월까지 광안리해수욕장 주변과 수영강 하류의 염분도는 22 - 33 ‰이고 7, 8월에는 15 - 25 ‰ 정도로 강우에 따른 담수의 영향을 크게 받은 것으로 나타났다.

2. 수영만내 전 지점에서의 COD값은 0.2 - 4.4 mg/L의 범위이고, 수영강 하류를 제외하면 0.2 - 2.0 mg/L 정도로 해역 II 등급을 만족하는 수질을 나타낸다. 7, 8월에는 COD값이 0.8 - 4.4 mg/L의 범위에 있으므로 수영강에서 내려오는 COD물질은 광안리해수욕장내에 어느 정도 영향을 미치는 것으로 나타났다.

3. 총질소는 0.032 - 4.437 mg/L이고 총인은 0.02 - 0.33 mg/L의 범위에 있는데 수영강 하류를 제외하면 역시 해역 II 등급을 만족하는 것으로 나타났다. 3, 4, 5, 6, 10월에는 수영강 하류에서 확산이 일어나 광안리해수욕장에도 어느 정도 영향을 미치며, 하절기에는 요트경기장 주변과 동백섬에 이르기까지 오염물질의 분포가 나타났다.

4. 암모니아성 질소는 5, 6월에 광안리해수욕장의 외측부분에 오염물질의 확산이 일어났고, 특히 해수욕장 양쪽 가장자리에서 높으며 하절기에는 수영강의 많은 양의 담수 유입으로 암모니아성 질소의 희석이 일어나서 오히려 농도가 낮은 것으로 나타났다.

5. chlorophyll-a는 전 지점에서 0.0 - 6.5 mg/m<sup>3</sup>의 범위에 있는 것으로 나타났으며 3, 10월에 지점 대부분의 chlorophyll-a 농도가 낮은 범위에 있었고 4월에는 수영강 하류 지점에서 다소 높게 나타났다. 특히 5월은 광안리해수욕장과 민락방파제 주변에 높은 농도로 분포되어 있었다. 하절기에는 강우량이 많았지만 수영강 하류 쪽에서 낮은 농도를 나타냈고 그 외 지점 대부분은 2.1-6.5 mg/m<sup>3</sup> 으로 높은 범위를 보여주었다.

6. 3, 4월에 전 지점에서 chlorophyll-a COD, 총질소는 일정한 상관관계를 보이고 있었다. 특히 4월에는 그 상관성이 뚜렷하게 나타나고 있다. 6월에는 COD 값과 총질소와는 상관성이 어느 정도 있지만 chlorophyll-a와는 상관성이 떨어진다. 7월에는 COD와 총질소는 상관성을 보여 주지만 chlorophyll-a와는 부의 상관성을 가진다.

이상에서 본 바와 같이 광안리해수욕장은 도심지와 인접하여 있고 수영장을 끼고 있는 반폐쇄적인 지형의 영향으로 수질관리가 어려운 지역이다. 수영장에서 유입되는 오염원 중 총인, 총질소와 같은 영양염류의 영향이 큰 것으로 생각된다. 또한 해수욕장 서편에 저지대 침수방지 목적으로 펌프장이 설치되어 있는데 폭우시 다량의 비점오염원이 해수욕장으로 월류하고 있고, 반대편의 민락회 센터 주변에서는 생활하수의 직접적인 유입은 없지만 하수관거의 누수 등으로 오염이 우려되고 있다.

따라서 강우시 월류수에 의한 수영만 오염방지를 위하여 분류식 하수관거를 정비하고, 해역의 녹조 원인이 되는 총질소, 총인 등을 저감 할 수 있는 고도처리시설이 필요하다. 그리고 도심지 특성상 강우시 비점오염원 유입감소를 위하여 우수로 정비와 해수욕장 주변 청소활동 등을 통하여 수영만으로의 오염물질 유입량을 줄여나가야 할 것이다.

### 참 고 문 헌

1. 조은일 등, “수영만 수질에 미치는 비점원 오염부하의 특성과 영향”, 한수지, 28(3), pp.279~293(1995).
2. 낙동강유역환경청, “수영강중권역 물환경 관리계획”, 2008.
3. 이병걸 등, “수영만에 유입된 담수의 체류시간과 그 계절적 변동 특성”, 어업기술 27(3)(1991).
4. 국토해양부, 환경부, 농림수산부 등, “부산연안 특별관리해역 관리기본계획” (2009).
5. 유호식, “한강수질에 영향을 끼치는 요인들의 통계분석”, 대한환경공학회지, 24(12) pp.2139~2150(2002).
6. 김미아 등, “다변량분석법을 이용한 금강유역의 수질오염특성 연구”, 한국물환경학회지, 23(10), pp.161~168, (2007).
7. 환경부, 물환경정보시스템, <http://water.nier.go.kr>, 국립환경과학원(accessed Dec, 2008)
8. 신성교 등, “낙동강 하구둑 건설에 따른 해역의 염분 영향 분석 및 하구둑 운영 개선 방향” (재)부산발전연구원 (2006).
9. 환경부, 수질오염공정시험기준
10. 이근광, 수계환경오염개론” 동화기술(1997).
11. 최용규 등, “인천 연안역의 수온 및 염분의 계절변화” 한국환경과학회지 제9권 (제2호), pp.131~136(2000).
12. 권동민 등, “다변량분석법을 이용한 수영강수계의 수질특성평가”, 부산보건환경연구원(2008).
13. 환경부, “부영양화호소의 수질향상을 위한 콤팩트형 조류제거 공법 개발” (2007).
14. 해양수산부(한국해양연구원), “시화호 해양환경개선 연구용역” (2006).
15. 김학균, “해양적조” 『Harmful Algal Blooms in the Sea』, (2005).
16. 국립해양조사원, <http://www.nori.go.kr>(2009).
17. 환경부, “호소 및 인근 연안의 녹조, 적조 제거기술 개발”, (2007).
18. 해양수산부(한국해양수산개발원, 남해수산연구원, 전남대학교), “득량만 환경보전해역 환경관리방안 연구” (2007).
19. 김차겸 등, “수영만의 조류, 염분 및 부유물질의 분포”, 한국수산학회지, 25(5), pp.359~370(1992).
20. 원종훈 등, “수영강의 수질오탁과 그것이 광안리 해수욕장에 미치는 영향에 대하여”, 한수지, 12(4), pp.267~276 (1979).
21. 박철근 등, “수영강의 담, 염수의 혼합특성에 관한 연구” 한수지, 26(4), pp.353~362(1993).
22. 이영식 등, “Cochlodinium Polykrikoides 적조가 발생하는 해역에서 호우에 의한 담수 유입 범위와 질소, 인의 농도변동”, 한국환경과학회지 제 16권(제10호), pp.1119~1125(2007).
23. 이상호 등, “하계 서해안 새만금 연안역 주변 저염수와 순환” 『The Sea』 Journal of the Korean Society of Oceanography Vol. 8, NO. 2, pp.138~150(2003).
24. 정정호 등, “경기만내 담수 유입으로 인한 시, 공간적인 염분변화에 대한 연구” 환경영향평가 16(6)pp.421~432 (2007).