

水營江의 水質汚濁과 그것이 廣安里 海水浴場에 미치는 影響에 對하여

元鍾勳* · 李培靜* · 沈戊慶* · 朴憲碩*

EFFECT OF SUYEONG RIVER WATER ON THE WATER POLLUTION OF SUYEONG BAY

Jong-Hun WON*, Bae-Jeong LEE*, Mu-Gyoung SIM* and Heon-Serk PARK*

This research was conducted to evaluate the effects of polluted Suyeong River water on the water quality of Kwangan-Ri bathing beach. The quantity of pollutant loading of Suyeong River was determined in January 1979, and the directions of tidal currents and the chemical constituents of the Suyeong Bay water were observed in May 1979. The results are as follows:

The quantity of total pollutant loading which was discharged into Suyeong Bay is: BOD 75.2ton/day; COD 96.9ton/day; SS 20.5ton/day; ammonia-nitrogen 12.4ton/day; nitrate-nitrogen 430kg/day; nitrite-nitrogen 85.1kg/day; phosphate-phosphorus 594kg/day and total heavy metals 3.01ton/day.

Considering the tidal current, the polluted waters of Suyeong River flow off the Kwangan-Ri beach during the ebb tides, and flow into the Kwangan Ri beach during the flood tides.

Consequently, the water quality of Kangan-Ri bathing beach is not suitable for bathing.

緒 論

釜山市 東萊區를 흐르는 水營江은 釜山 市内를 흐르는 河川中에서 가장 길고 水量도 많으며 流域人口와 産業體가 많아 最近들어 極甚하게 汚濁되어 마차下水와 같다.

이 江이 流入되는 水營灣에는 數年前만해도 養殖場等 水産業이 盛었으나 지금은 養殖場 같은 것은 생각도 할 수 없고, 夏季에는 그 海上을 지나면 목이 따가울 정도로 惡臭을 뿜고 있을 뿐 아니라 動物의 시체, 더러운 固形物 등이 마구 떠다니고 있으며 水色은 까맣게 汚濁되어 보기에 도 不快하다.

이 水營灣의 左右에는 全國에서 第一가는 海雲台 海水浴場과 廣安里海水浴場이 있어, 그 水質에 미칠 影響을 생각할 때 水營江의 汚濁은 다른 河川과는 다른 深刻한 問題를 안고 있다. 그래서 本人들은 1977年 8월에 水營江의 汚濁水가 上記 兩海水浴場 水質에 어느 程度로 影響을 미치는가를 調査한 바 있다. 그 結果, 동백섬 건너편에 있는 海雲台海水浴場 水質에는 아무런 影響이 없었으나 廣安里海水浴場에는 分明히 影響을 미치고 있었으므로, 이번에 다시 더욱 集中的으로 水營江의 汚濁水가 廣安里海水浴場에 어느 範圍에 걸쳐 어느 程度로 水質을 惡化시키고 있는가를 調査해 보았다.

*釜山水産大學, National Fisheries University of Busan

調查方法

1. 調查地点 및 時期

1) 水營江

水營江 및 春川, 佑洞川에서의 調查地点은 Fig. 1에 나타나 있는 13個 地点으로 地点 1~10은 水營江各支流의 流入地点이고, 地点11은 民樂다리 밑, 地点12는 佑洞川流入口, 地点13은 春川流入口이며 流量은 地点1~7에서는 1979年 1月 20日에, 地点8~10

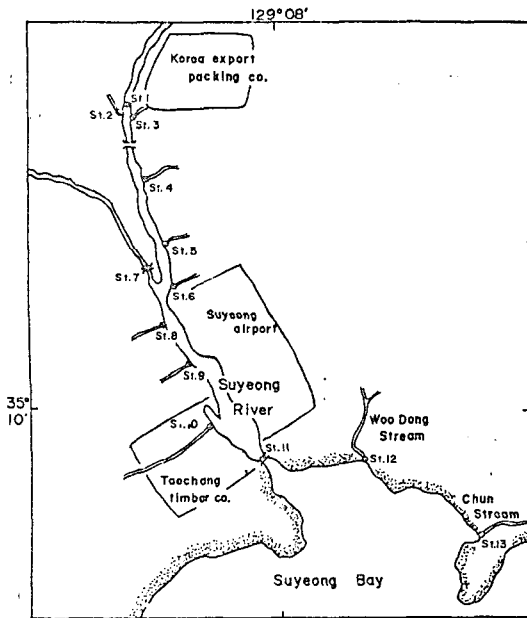


Fig. 1. Map showing the sampling stations along the Suyeong River.

및 地点12, 13에서는 1月 21日에 測定했고, 水質分析用 試水는 地点 1~9에서는 1979年 1月 23日에, 地点10~13에서는 最高干潮 時刻인 1月 22日 9時에 採水했다.

2) 水營灣

Fig. 2에 나타나 있는 16個 地点中에서 大潮日인 1979年 5月 13日에 水營江 河口海域인 地点1~6 即 A海域을, 덕시 大潮日인 5月 26日에 廣安里海水浴場 앞 海域인 地点7~16 即 B海域을 調査했다.

A海域에서는 1979年 5月 13日 最高滿潮時刻인 9時 25分부터 最低干潮時刻인 14時 55分까지 1~2時間 間隙으로 5回 表面水를 採水했으며, 流動은 9時 20分부터 14時 45分까지 調査했다. 또한 B海域에서는

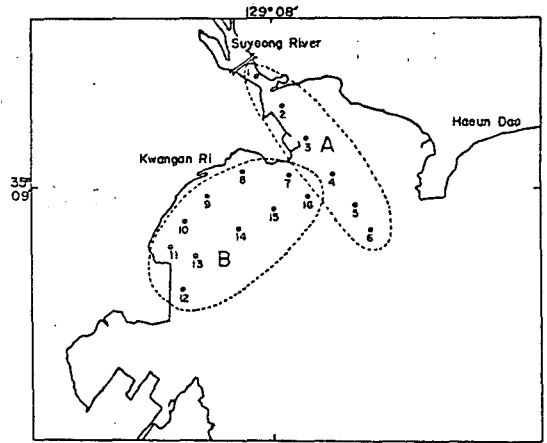


Fig. 2. Map showing the sampling stations in Suyeong Bay.

1979年 5月 26日 最高滿潮時刻인 9時부터 다음 最高滿潮時刻 2時間 前인 18時 45分까지 2~3時間 間隙으로 4~5回 表面水를 採水했으며, 流動은 9時 20分부터 14時 30分까지 せん물때의 流動을, 14時 30分부터 18時 25分까지 밀물때의 流動을 調査했다.

2. 實驗方法

1) 流量

水營江의 地点2, 5에서는 容器에 依한 方法, 二外 地点에서는 開水路에 依한 測定方法³⁾.

2) 流動

漂流병과 漂流板을 띄워 追跡함과 同時에 水營灣의 地点7~16에서는 electric current meter (CM-II)로 流速과 流向을 測定했다.

3) 濁度

採水現場에서 카울린 標準溶液으로 肉眼比色하여 測定³⁾.

4) 透明度

直徑 30cm 白色圓板을 使用하여 測定⁴⁾.

5) 鹽化이온

淡水는 디메틸카르바논 指示藥을 使用한 鹽酸第二水銀 滴定法⁵⁾, 海水는 우라닌 指示藥을 使用한 銀 滴定法⁶⁾

6) 溶存酸素

인콜리法的 아지드화 나트륨 變法⁷⁾.

7) BOD

試水를 植種시킨 補強稀釋水로 稀釋시켜 20°C 5日間の BOD 測定⁸⁾.

- 8) COD
 淡水는 過망간酸칼륨 酸性法으로 測定⁹⁾ 했으며 海水는 JIS法을 약간 바꾼 過망간酸칼륨 酸性法으로 測定¹⁰⁾ 했다.
- 9) 黃化物
 p-아미노디메틸아닐린에 依한 比色法¹¹⁾
- 10) 亞窒酸鹽窒素
 GR試藥에 依한 比色法¹²⁾
- 11) 窒酸鹽窒素
 鹽化암모늄 存在下에서 亞鉛粉末에 依한 還元法¹³⁾
- 12) 암모니아-窒素
 인도메놀法¹⁴⁾
- 13) 磷酸鹽
 몰리브덴(V)-티오시안酸錯鹽 發色法¹⁵⁾
- 14) 黃酸이온
 로류-모리 錯體를 利用한 比色法¹⁶⁾
- 15) 플루오르
 Dottie試藥 알폰손을 使用한 比色法¹⁷⁾
- 16) 浮游物質
 Büchner濾過器, No. 6C濾過紙를 使用한 重量法¹⁸⁾
- 17) 리그닌
 亞窒酸나트륨을 使用한 比色法¹⁹⁾
- 18) pH
 유리電極 pH計로 測定
- 19) 電氣傳導度

- TOA Electric Co. Model CM-IDB 電導度計로 測定.
- 20) 알루미늄
 Oxine을 使用한 比色法²⁰⁾
- 21) 망간
 4-(2-Pyridylazo)-resorcin(PAR)을 使用한 比色法²¹⁾
- 22) 鐵, 구리, 납, 亞鉛, 카드뮴
 APDC-MIBK溶媒 抽出에 依한 原子吸光光度法²²⁾
- 23) 水銀
 無炎原子吸光光度法²³⁾

結果 및 考察

1. 水營江 및 隣近河川의 汚濁負荷量과 水質

Table 1은 水營江 및 隣近河川의 各地点에서의 汚濁負荷量을 나타낸 것이고 Table 2는 各地点에서의 水質을 나타낸 것이다. Table 1 및 2를 살펴보면, pH는 우리나라 環境基準值인 pH5.8~8.5에 對해 地点8에서는 0.6이라는 強酸性으로서 環境基準值를 훨씬 밑어났으나 다른 地点에서는 6.6~8.40이었다.

電氣傳導度, 鹽化이온, 黃酸이온은 江河口인 地点

Table 1. Pollutant loading at each station of Suyeong River, Woo-Dong Stream and Chun Stream in January 1979

Station	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	13	Total
COD (ton/day)	2.78	0.04	1.80	1.23	0.06	0.43	67.4	3.73	3.58	10.3	0.37	5.15	96.9
BOD (ton/day)	1.89	0.03	1.09	1.92	0.02	0.60	50.0	4.96	3.83	8.30	0.29	2.24	75.2
SS (ton/day)	0.04	0.02	0.65	0.46	0.008	1.10	4.89	0.42	7.66	4.63	0.09	0.51	20.5
NO ₂ -N (kg/day)	0.24	0.03	2.40	0.43	0.01	0.13	70.5	1.50	2.38	4.34	0.15	2.99	85.1
NO ₃ -N (kg/day)	0.10	0.05	16.1	2.06	0.16	0.44	383	5.52	0.99	6.62	0.14	14.6	430
NH ₄ -N (ton/day)	0.37	0.01	0.24	0.10	0.005	0.05	8.72	0.13	0.48	1.66	0.04	0.62	12.4
PO ₄ -P (kg/day)	14.1	0.44	5.97	6.28	0.16	1.15	279	2.91	51.2	176	5.77	50.9	594
S ²⁻ (kg/day)	4.20	0.02	0.84	0	0.02	0.07	0	0.11	1.88	7.77	0.07	2.69	17.7
Al (kg/day)	22.2	1.15	184	13.5	0.15	13.2	562	35.0	26.5	25.0	1.95	26.8	912
Mn (kg/day)	35.8	0.69	17.7	19.8	0.54	1.39	742	4.18	2.62	15.3	1.87	43.2	885
Fe (kg/day)	73.7	2.13	40.8	55.0	0.82	21.5	732	13.1	92.9	78.5	2.64	39.5	1,153
Cu (kg/day)	0.72	0.001	0.47	0.08	0.001	0.04	19.3	0.06	20.7	1.28	0.04	1.05	43.7
Pb (g/day)	58.1	0.47	272	55.7	3.63	119	9,142	102	145	156	8.41	163	10,226
Zn (g/day)	822	6.67	199	0	5.71	0	378	0	45.5	0	15.9	342	1,816
Cd (g/day)	12.0	0	7.47	0	0	0	0	0	0	42.8	1.39	44.9	109
Hg (g/day)	4.15	0.07	4.18	2.22	0.23	0.26	132	1.04	15.9	16.0	0	25.1	201

Table 2. Water quality at each station of Suyeong River, Woo-Dong Stream and Chun Stream in January 1979

Station	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Discharge (l/sec)	185	3.0	115	44.3	7.7	21.1	1,530	16.2	184	661		21.4	693
pH	7.32	6.98	7.73	7.85	7.61	7.30	6.62	0.55	8.40	8.02	6.67	7.79	7.22
Conductivity (×10 ³ μΩ/cm)	1.21	1.35	1.37	1.48	0.48	1.56	1.76	9.15	0.85	0.80	32.1	1.09	33.2
DO (% saturation)	0	40.8	33.5	27.5	124	51.3	7.97	0	48.4	36.1	0	28.3	32.5
COD (ppm)	174	168	181	322	86.3	236	510	2,663	225	181	176	199	86.1
BOD (ppm)	119	121	110	500	32.5	326	378	3,544	241	145	84.4	158	37.5
SS (ppm)	2.8	68	65	121	11.5	603	37	303	482	81	3.5	48	8.6
Turbidity (ppm)	93	67	157	156	19	200	244	140	314	133	75	91	133
Lignin (ppm)	11.1	8.85	51.7	24.3	7.38	11.1	107	719	15.5	14.8	22.1	17.7	2.95
S ²⁺ (ppm)	0.26	0.09	0.08	0	0.02	0.04	0	0.08	0.12	0.14	0.20	0.04	0.05
NO ₂ -N (ppm)	0.02	0.11	0.24	0.11	0.02	0.07	0.53	1.07	0.15	0.08	0.07	0.08	0.05
NO ₃ -N (ppm)	0.01	0.21	1.61	0.54	0.23	0.24	2.90	3.94	0.06	0.12	0.15	0.08	0.24
NH ₄ -N (ppm)	23.0	40.7	23.9	25.7	7.18	27.9	66.0	89.4	30.1	29.0	16.9	19.9	10.3
PO ₄ -P (ppm)	0.88	1.69	0.60	1.64	0.24	0.63	2.11	2.08	3.22	3.08	0.50	3.12	0.85
Cl ⁻ (g/l)	0.18	0.15	0.22	0.11	0.07	0.25	0.20	1.26	0.10	0.10	10.9	0.18	5.11
F ⁻ (ppm)	0.63	0.40	0.09	0.70	0.15	0.50	1.46	1.72	1.60	0.33	1.05	0.25	0.47
SO ₄ (ppm)	178	210	153	220	52.5	138	458	43.7	89.8	52.5	1,808	62.1	840
Al (ppm)	1.39	4.44	18.5	3.52	0.22	7.25	4.26	25.0	1.67	0.44	7.40	1.05	0.45
Mn (ppm)	2.25	2.66	1.78	5.18	0.81	0.76	5.61	2.99	0.17	0.27	3.07	1.01	0.72
Fe (ppm)	4.62	8.21	4.10	14.4	1.23	11.8	5.54	9.33	5.85	1.38	3.25	1.43	0.66
Cu (ppb)	45.0	4.50	47.3	20.3	2.25	20.3	146	40.5	1,300	22.4	96.0	19.2	17.6
Pb (ppb)	3.64	1.82	27.3	14.6	5.46	65.5	69.2	72.8	9.10	2.73	18.2	4.55	2.73
Zn (ppb)	51.5	25.7	20.0	0	8.58	0	2.86	0	2.86	0	0	8.58	5.72
Cd (ppb)	0.75	0	0.75	0	0	0	0	0	0	0.75	0.75	0.75	0.75
Hg (ppb)	0.26	0.26	0.42	0.58	0.34	0.14	1.00	0.74	1.00	0.28	0.42	0	0.42

11과 13은 海水의 流入에 따라 다른 地点과는 比較할 수 없이 높았다. 此外 地点에서는 電氣傳導度, 鹽化이온은 地点8에서 가장 높은 값을 나타내었고 다음으로 地点7에서 높았으며 地点5에서 가장 낮았다. 黃酸이온은 地点7에서 가장 높았고 다음으로 地点4, 2에서 높은 값을 나타내었으며 地点8에서 가장 낮았다. 플루오르는 地点8에서의 값이 가장 높고 다음에 地点9, 7이 높았으며 地点5에서 가장 낮았다.

BOD 및 COD는 BOD의 環境基準値가 10ppm인데 對해 地点11을 除外한 全地点의 總汚濁負荷량을 總流量으로 나눈 平均水質이 250ppm으로 環境基準

値의 約 25배나 되었으며 이 값은 우리나라 排出許容値인 150~200ppm조차도 초과하는 것이다. 그리고 COD 역시 平均水質이 322ppm으로, 排出許容値인 150~200ppm을 초과하고 있었다. 各 地点中에서 BOD 및 COD가 排出許容値를 초과하고 있는 곳은 地点4, 6, 7, 8 및 9였다. BOD, COD의 地点別 汚濁負荷량을 比較해 보면 地点7에서의 汚濁負荷量이 가장 많아 總汚濁負荷量의 2/3가량을 차지했고 다음이 地点 10이고 地点8, 9, 13이 그 다음으로 많았다.

浮游物質은 우리나라 排出許容値에는 100~200ppm으로 되어 있는데 對해 地点6, 8, 9에서 이 값을 초과

하고 있었다. 浮游物質의 總負荷量은 20.5ton/day 였으며, 地點9에서의 負荷量이 7.66ton/day로 가장 많았고 다음에 地點7, 10에서 많았다.

溶存酸素는 우리나라 環境基準의 農業用水基準에 2.0ppm 以上으로 되어있는데 對해 地點 1, 7, 8, 11에서는 거의 無酸素狀態로서 農業用水로서도 不適한 狀態였다.

濁度는 地點9에서의 값이 314ppm으로 가장 높았고 다음이 地點7, 6에서 높았으며 地點5에서 가장 낮았다.

리그닌은 다른 地點에 비해 地點8에서 두드러지게 높았으며 다음으로 地點7, 3이 높았다.

亞硝酸鹽, 亞硝酸鹽, 암모니아-窒素의 汚濁負荷量은 地點7에서 월등히 많았으며 다음으로 地點10, 13에서 많았다. 그리고 水質은 地點8에서의 濃도가 가장 높고 다음으로 地點7, 3, 13의 濃도가 높았으며 地點5에서 가장 낮았다.

磷酸鹽은 地點7과 地點10에서 汚濁負荷量이 굉장히 많아 總汚濁負荷量의 4/5가량을 차지했으며 다음으로는 地點9와 13이 조금 많았다. 또한 濃도는 地點9에서의 값이 가장 높고 다음에 地點10, 12가 높았다.

黃化物은 地點10에서 汚濁負荷量이 다른 地點에 비해 가장 많았고 다음으로 地點1, 13, 9가 많았으며, 濃도는 地點1과 11에서 높았다.

알루미늄은 地點7에서 汚濁負荷量이 매우 많아 總汚濁負荷量의 1/2가량을 차지했으며 다음으로 地點3의 負荷量이 많았고 나머지 地點에서는 모두 35kg/day以下였다. 그리고 濃도는 地點8과 3에서 월등히 높았고 다음으로 地點11, 6이 높았다.

망간은 우리나라 排出許容值엔 10ppm以下로 되어 있는데 地點7과 4에서의 값이 各各 5.6ppm, 5.2ppm으로 排出許容值의 約 1/2程度였으며 나머지 地點에서는 모두 3.1 ppm以下였다. 그리고 汚濁負荷量은 地點7에서의 汚濁負荷量이 總汚濁負荷量의 대부분을 차지했으며 나머지 地點에서는 그다지 많지 않았다.

鐵은 總汚濁負荷量 1,153kg/day 中에서 地點7에서의 값이 732kg/day로 가장 많았으며 다음으로 地點9, 10, 1이 조금 많았다. 그리고 濃도는 地點4에서 가장 높았고 다음으로 地點6, 8, 2에서 높았다.

구리는 排出許容基準에 3ppm以下로 되어 있는데 地點9에서 1.3ppm으로 約 1/3程度가 나타났으나 나머지 地點에서는 0.2ppm以下였다. 그리고 汚濁負荷量은 地點9와 7에서 많았고 나머지 地點에서는 얼마

되지 않았다.

납은 環境基準에 0.1ppm以下로 되어 있는데 地點 6, 7, 8에서 60~70ppb로 環境基準에 가까웠으나 다른 地點에서는 모두 30ppb以下였다. 그리고 汚濁負荷量은 地點7에서 總汚濁負荷量의 거의 대부분을 차지할 정도로 많았으며 나머지 地點에서는 그다지 많지 않았다.

亜鉛은 排出許容值은 5ppm인데 各地點에서의 값은 모두 52ppb以下였으며, 地點1에서 汚濁負荷量이 다른 地點에 비해 굉장히 많을뿐 아니라 濃度も 地點1에서 가장 높았다.

카드뮴은 環境基準이 0.01ppm으로 되어있는데 各地點에서의 濃도는 0.75ppb를 넘어서는 곳이 없었고, 地點13과 地點10에서의 汚濁負荷量이 다른 地點에 비해 많았다.

水銀은 環境基準이 0.5ppb以下로 되어있는데 對해 地點11을 除外한 全地點의 總汚濁負荷量을 總流量으로 나눈 平均水質이 0.66ppb로 이 값을 초과하고 있었으며 地點7과 地點9에서는 1ppb로 위의 基準值은 2배나 넘어서고 있었다. 또한 水銀의 汚濁負荷量도 地點7에서 132g/day로 가장 많았으며 다음으로는 地點13, 10, 9에서 많았다.

以上과 같이 水營江은 BOD나 濁度の 極甚한 汚濁에도 不拘하고 重金屬 汚濁程度가 比較的 낮은 것은 有機物의 嫌氣性分解에 依해 黃化物로 沈澱되어 버리는 까닭이라고도 생각되므로, 따라서 이같이 沈澱物로서의 重金屬도 함께 水營灣에 流入되므로 水營江의 水中濃도가 極甚하게 높지 않다고 해서 水營灣에 流入되는 重金屬負荷量이 적다는 것은 결코 아니라고 생각된다.

2. 水營灣의 流動

水營江 河口에서의 水質의 流動은 Fig. 3에서 보는바와 같이 地點1에서 南東쪽으로 흘러 地點2, 3, 4를 거쳐 地點4, 5의 中間地點을 지나서 南西쪽으로 흘렀으며 이때 所要되는 時間은 1979年 5月 13日 7시에 地點1에서 P地點까지 4~5時間 걸렸다. 또한 廣安里海水浴場 앞 海域에서의 水質의 流動은 Fig. 3에서 보는바와 같이 地點7, 8, 9, 10, 12, 13, 14에서는 海岸線을 따라 北東쪽으로 흘렀으며 안가섬 근처인 地點6에서는 바다 바깥쪽인 南東쪽으로, 삼익멘선 앞인 地點11에서는 正南으로 흘렀다.

민물체의 流動은 Fig. 4에서 보는바와 같이 地點 1, 2, 3에서는 西쪽으로, 地點4에서는 反時計 方向으

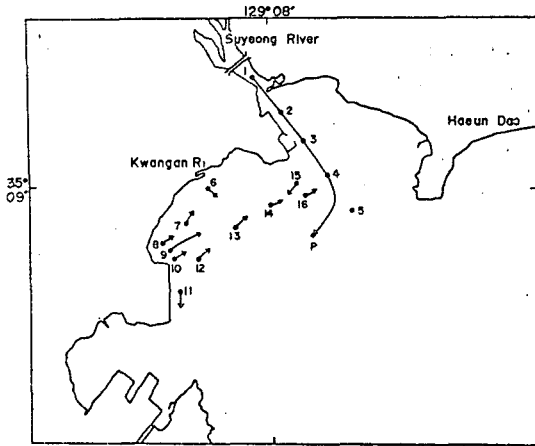


Fig. 3. Tidal currents in Suyeong Bay during the ebb tides.

로 돌아 廣安里海水浴場 안쪽으로 갔으며 地点5, 6에서는 北西쪽으로, 地点7에서는 北東쪽으로 흘러 各 廣安里海水浴場 안쪽으로 갔다.

結局 水營灣에서의 流動은 退물 때 水營江 河口에서 동백섬 南쪽 海域까지 나왔던 汚濁水가 退물 때 一部는 水營江 河口쪽으로 一部는 廣安里海水浴場쪽으로 흘러감과 同時에 退물 때 南川洞 및 廣安2洞의 下水도 廣安里海水浴場쪽으로 흘러 들어갔다.

3. 水營灣의 汚濁現況

A, B海域에서의 各成分의 變動範圍 및 平均값은 Table 3과 같으며, 各地点別 成分의 變動範圍 및 平均값은 Table 4와 같다.

Table 3에서 A海域과 B海域의 값을 比較해 보면 濁度, COD, 窒酸鹽窒素, 암모니아-窒素, 磷酸鹽은 A海域이 B海域보다 훨씬 높은 값을 나타내고, 透明度, 濁度, 溶存酸素, 鹽化이온은 B海域의 값이 A海域보다 높았으며 黃化物은 A海域의 地点5, 6에서는 B海域보다 낮은 값이었으나 나머지 地点1, 2, 3, 4에서는 B海域의 값보다 훨씬 높았다. 그리고 水溫, 而窒酸鹽窒素는 全般的으로 비슷했다.

Table 3 및 4의 값을 우리나라 水産用水基準 및 日本 水産用水基準과 比較해보면 濁度는 日本 水産用水基準이 10ppm인데 地点1~5에서는 5~25배나 높았으며 나머지 海域에서도 地点6과 13을 除外하고는 10ppm보다 多少 높은 편이었다.

溶存酸素는 우리나라 水産用水基準인 5ppm以上

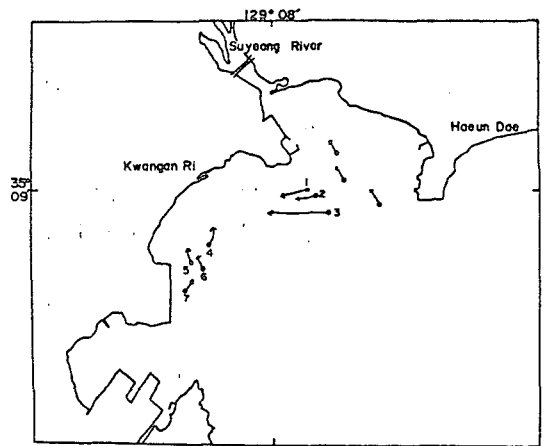


Fig. 4. Tidal currents in Suyeong Bay during the flood tides.

Table 3. Range and mean value of each parameter at the A and B areas in Suyeong Bay

Parameter	Area	
	A (St. 1-St. 6)	B (St. 7-St. 16)
Water temp. (°C)	13.8-17.0	15.0-17.9
	15.4	16.1
Chlorosity (g/l)	5.28-19.01	17.75-19.36
	15.67	19.10
Transparency (m)	0.1-5.5	0.8-3.8
	2.3	2.1
Turbidity (ppm)	4-400	7-65
	99	19
DO (% saturation)	0-106	73.4-125
	57.3	102
COD (ppm)	3.42-105.5	0.26-16.07
	31.96	4.87
NO ₂ -N (ppm)	0.007-0.054	0.006-0.014
	0.015	0.011
NO ₃ -N (ppm)	0.018-0.243	0.012-0.108
	0.098	0.030
NH ₄ -N (ppm)	0-12.77	0-0.33
	2.92	0.08
PO ₄ -P (ppm)	0.01-0.88	0.01-0.10
	0.19	0.04
S ²⁻ (ppm)	0-0.60	0-0.05
	0.01	0.02

Table 4. Range and mean values of the parameters at each station in Suyeong Bay on May 13 and 26, 1979

Parameter	Station							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Water temp. (°C)	15.0-17.0	14.8-16.8	14.8-16.3	13.8-15.9	14.6-15.5	14.6-14.8	15.5-17.7	15.6-16.9
	16.5	15.8	15.4	15.1	14.9	14.7	16.4	16.3
Chlorosity (g/l)	5.28-18.68	10.33-18.95	12.25-18.87	13.40-18.94	14.65-18.96	18.66-19.01	17.75-19.33	18.58-19.30
	10.31	14.79	15.60	16.58	17.81	18.93	18.75	19.03
Transparency (m)	0.1-2.8	0.3-3.4	0.2-3.5	0.5-4.8	0.8-4.8	4.5-5.5	0.9-2.3	0.9-1.8
	0.9	1.3	1.5	1.7	3.4	4.9	1.6	1.5
Turbidity (ppm)	7-400	7-300	7-160	5-233	5-133	4-5	11-45	17-40
	255	131	67	103	34	4	24	27
DO (% saturation)	0-84.4	0-87.4	4.4-92.8	22.2-101	38.1-101	98.5-106	93.0-106	89.4-106
	18.6	33.1	49.9	60.2	84.5	101	94.9	95.4
COD (ppm)	10.8-105.5	11.4-96.0	7.49-95.7	7.29-45.9	3.94-18.4	3.42-7.27	1.45-16.1	2.51-9.82
	67.8	46.0	38.9	24.4	9.78	4.86	10.1	5.30
NO ₂ -N (ppm)	0.009-0.054	0.012-0.024	0.011-0.018	0.011-0.017	0.011-0.016	0.007-0.015	0.012-0.019	0.010-0.014
	0.020	0.016	0.015	0.013	0.013	0.011	0.015	0.012
NO ₃ -N (ppm)	0.012-0.243	0.039-0.162	0.027-0.133	0.040-0.160	0.036-0.173	0.128-0.200	0.014-0.046	0.021-0.039
	0.071	0.076	0.057	0.094	0.119	0.162	0.029	0.030
NH ₄ -N (ppm)	0.13-12.77	0.04-11.32	0.03-5.52	0.09-4.31	0.02-2.45	0-0.07	0.02-0.33	0.01-0.21
	9.33	3.81	2.27	1.50	0.58	0.02	0.15	0.09
PO ₄ -P (ppm)	0.06-0.88	0.01-0.52	0.01-0.45	0.01-0.38	0.01-0.21	0.01-0.03	0.03-0.07	0.03-0.10
	0.50	0.22	0.20	0.16	0.06	0.02	0.04	0.06
S ²⁻ (ppm)	0-0.60	0-0.31	0-0.19	0.01-0.12	0-0.04	0-0.01	0.01-0.03	0.01-0.04
	0.33	0.12	0.08	0.06	0.01	0.002	0.02	0.02

Table 4. (continued)

Parameter	Station	9	10	11	12	13	14	15	16
Water temp. (°C)		15.1-17.2	15.1-17.3	15.1-17.0	15.0-16.8	15.0-16.6	15.1-17.3	15.1-17.9	15.3-17.5
		16.0	15.9	15.9	15.8	15.8	16.0	16.0	16.4
Chlorosity (g/l)		18.70-19.35	18.49-19.35	18.79-19.36	19.06-19.34	19.25-19.33	18.86-19.35	18.01-19.35	18.37-19.30
		19.20	19.17	19.23	19.24	19.31	19.23	19.01	18.95
Transparency (m)		1.0-2.5	1.2-2.5	1.5-3.8	1.5-3.4	2.5-3.0	1.5-3.0	0.8-2.7	0.8-2.3
		1.9	2.0	2.7	2.7	2.9	2.5	2.0	1.5
Turbidity (ppm)		9-65	10-33	7-29	7-24	7-11	7-22	8-40	7-43
		25	18	14	12	9	12	18	26
DO (% saturation)		101-111	91.8-113	98.9-113	103-118	95.2-125	104-112	81.7-106	73.3-111
		104	106	106	110	103	108	96.7	93.8
COD (ppm)		1.91-8.89	2.47-5.70	2.00-6.12	2.89-7.99	1.57-7.23	0.43-4.93	0.26-8.12	0.43-6.42
		4.98	3.91	3.86	4.58	4.25	2.11	4.14	4.56
NO ₂ -N (ppm)		0.008-0.013	0.006-0.013	0.008-0.012	0.007-0.010	0.006-0.010	0.007-0.013	0.009-0.015	0.011-0.016
		0.010	0.008	0.011	0.009	0.009	0.010	0.011	0.013
NO ₃ -N (ppm)		0.015-0.036	0.014-0.031	0.026-0.066	0.022-0.108	0.018-0.076	0.012-0.041	0.015-0.045	0.015-0.031
		0.023	0.018	0.045	0.047	0.042	0.023	0.028	0.022
NH ₄ -N (ppm)		0-0.22	0.01-0.19	0-0.19	0.02-0.20	0.01-0.09	0.02-0.14	0-0.23	0.01-0.24
		0.06	0.05	0.04	0.09	0.03	0.06	0.07	0.11
PO ₄ -P (ppm)		0.01-0.05	0.02-0.05	0.02-0.04	0.02-0.04	0.02-0.03	0.02-0.04	0.02-0.05	0.03-0.05
		0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04
S ²⁻ (ppm)		0-0.03	0-0.03	0-0.01	0-0.02	0-0.01	0-0.02	0-0.05	0.02-0.04
		0.02	0.01	0	0.01	0.01	0.01	0.02	0.03

및 日本 水産用水基準인 3ppm以上에 비해 地点1, 2에서는 3ppm보다 낮은 값이었고 地点3에서는 4.3ppm으로 5ppm보다 낮았으나 나머지 地点에서는 5ppm보다 높은 값을 나타내었다.

COD는 우리나라 水産用水基準인 3ppm以下에 비해 地点14를 除外하고는 全海域에 걸쳐 3ppm보다 높은 값을 나타내어 基準値를 超過하고 있었으며 A海域의 平均値는 32ppm으로 約 10배나 높았고 B海域은 4.9ppm으로 約 1.5倍 程度 높았다. 그리고 日本 環境基準인 8ppm과 比較해 보면 A海域에서는 地点6을 除外하고는 모두 이 값보다 훨씬 높았고 B海域에서는 地点7만이 이 값보다 높았다.

암모니아-窒素는 日本 水産用水基準에 pH8.0에서 1.0ppm으로 되어있는데 地点1, 2, 3, 4에서는 各 各의 平均값이 1.5~9.3ppm으로서 이 값보다 원통히 높았으나 다른 地点에서는 모두 0.6ppm 以下였다.

黄化物은 日本 水産用水基準인 0.3ppm에 비해 地点1에서는 0.33ppm으로 同一한 값이었으나 다른 地点에서는 모두 0.15ppm以下였다.

한편 廣安里海水浴場 앞 海域을 日本 海水浴場 水質基準과 比較해 보면 溶存酸素, COD가 各 各 7.5ppm以上, 2ppm以下인데 비해 溶存酸素는 대체로 7.5ppm 以上이었으나 COD는 B海域의 平均値가 4.9ppm으로 2ppm의 約 2.5倍였으며 地点14의 2.1ppm을 除外하고는 모두 3.5ppm 以上이었다. 우리나라는 아리 海水浴場 水質基準이 없다.

4. 水營灣에서의 河川水의 混合率

水營江 汚濁水가 水營灣 各 海域에서 어느 程度로 混合되어 있는가를 알아보기 위해 水營灣의 各 地点에서 다음식에 의해 COD와 鹽化이온의 混合率을 計算해 보았다.

$$\text{混合率 } M(\%) = \frac{C_s - C_o}{C_r - C_o} \times 100$$

여기서 C_s : 各 地点에서의 濃度

C_o : 外洋水의 濃度

C_r : 水營江 물의 濃度

위의 式에서 水營灣 外洋水에서의 鹽化이온 濃度는 地点6의 값인 19g/l로 했고, COD는 동백섬 앞 海域에서의 값인 1.0ppm으로 잡았다. 또한 水營江 물의 鹽化이온濃度는 1979年 1月에 調査한 값인 0.20g/l, COD는 鹽化이온 混合率에 의한 計算値인 190ppm으로 해서 計算했다. 各 地点에서의 混合率의 時間에 따른 變動範圍 및 平均값은 Table 5와 같다.

Table 5를 살펴보면 水營灣의 地点1, 2, 3, 4,에서는 變動範圍가 큰것으로 보아 밀물, 썰물에 따른 淡水의 混合 變動이 큰것을 알수 있으며 平均값도 역시 커서 水營江의 汚濁水가 많이 섞이고 있었다. 그리고 地点7, 15, 16에서도 變動範圍와 平均値가 큰것으로 보아 그 地点에서도 水營江淡水 및 廣安2洞의 下水가 混合되고 있음을 알수 있으며 나머지 地点6 및 地点8~14에서는 COD 混合率은 比較的 높으나 淡

Table 5. Range and mean values of mixing percentage of pollutants at each station in Suyeong Bay . . .

Station	COD(%)	River water(%)	Station	COD(%)	River water(%)
1	5.2-55.4 35.4	1.7-73.0 46.2	9	0.5-4.2 2.1	0-1.6 0.3
2	5.5-50.4 23.8	0.3-46.1 22.4	10	0.8-2.5 1.5	0-2.7 0.5
3	3.4-50.2 20.1	0.7-35.9 18.1	11	0.5-2.7 1.5	0-1.1 0.2
4	3.3-23.8 12.4	0.3-29.8 12.9	12	1.0-3.7 1.9	0 0
5	1.6-9.2 4.7	0.2-23.1 6.3	13	0.3-3.3 1.7	0 0
6	1.3-3.3 2.0	0-1.8 0.5	14	0-2.1 0.6	0-0.7 0.2
7	0.2-8.0 4.8	0-6.6 2.3	15	0-3.8 1.7	0-5.3 1.3
8	0.8-4.7 2.3	0-0.4 0.4	16	0-2.9 1.0	0-3.4 1.1

水의 混合率은 매우 낮다.

要 約

1) 水營江 및 隣近河川에서의 BOD 및 COD의 平均水質은 우리나라 環境基準值뿐만 아니라 排出許容值까지도 초과하고 있었으며 水銀 역시 平均水質이 環境基準值를 초과 했다. 또한 pH는 地点8에서 環境基準值를 벗어났고 溶存酸素는 地点1, 7, 8, 11에서 環境基準值를 벗어났으며 浮游物質은 地点6, 8, 9에서 排出許容值를 초과했다.

2) 水營灣으로 流入되는 水營江, 春川, 佑洞川에서의 總汚濁負荷量은 BOD:75.2ton/day, COD:96.9ton/day, 浮游物質:20.5ton/day, 암모니아-窒素:12.4ton/day, 窒酸鹽窒素:430kg/day, 亞窒酸鹽窒素:85.1kg/day, 磷酸鹽:594kg/day, 重金屬: 3.01ton/day였다.

3) 水營灣의 流動은 썰물때는 水營江 河口에서 南東쪽으로 흘렀고, 밀물때는 동백섬 부근의 海水가 一部는 水營江 河口쪽으로 一部는 廣安里 海水浴場쪽으로 흘렀으며 廣安里 海水浴場 南西쪽에서는 北東쪽과는 反對로 南川洞에서 海水浴場쪽으로 흘렀다.

4) 廣安里 海水浴場의 水質은 日本 海水浴場 水質 基準值를 초과하고 있었다.

5) 水營江 汚濁水는 썰물때 廣安里 海水浴場 앞 外洋까지 나왔다가 밀물때 廣安里 海水浴場쪽으로 흘러 들어 간다.

6) 南川洞 및 廣安2洞의 下水는 밀물때 廣安里 海水浴場쪽으로 흘러가 水質에 影響을 미친다.

이 研究는 1978年度 峨山社會福祉事業財團의 研究 補助費로 했습니다. 감사드립니다. 同時 實驗을 도와준 研究室의 여러분들에게도 감사드립니다.

文 獻

- 1) 元鍾勳·李培靜(1979): 水營灣 隣近海水의 汚濁分布에 對하여. 韓水誌 12(2), 87~94.
- 2) JIS K0102(1975): 工場排水試驗方法. p. 189.
- 3) 日本分析化學會北海道支部 編(1971): 新版 水의 分析 p. 189, 化學同人, 京都, 日本.

- 4) 日本海洋學會(1970): 海洋觀測指針 p. 85, 日本海洋學會, 東京.
- 5) 日本分析化學會北海道支部 編(1971): 新版 水의 分析 p. 203, 化學同人, 京都, 日本.
- 6) 日本海洋學會(1970): 海洋觀測指針. p. 158, 日本海洋學會, 東京.
- 7) 日本分析化學會北海道支部 編(1971): 新版 水의 分析. p. 241, 化學同人, 京都, 日本.
- 8) 同上, p. 259.
- 9) 同上, p. 250.
- 10) 元鍾勳·李培靜(1979): 水營灣 隣近海水의 汚濁分布에 對하여. 韓水誌 12(2), 87~94.
- 11) 日本分析化學會北海道支部 編(1971): 新版 水의 分析. p. 333, 化學同人, 京都, 日本.
- 12) 同上, p. 270.
- 13) 西村雅吉·松永勝彦(1969): 硝酸イオンの定量(亞硝酸への還元). 分化 18(2), 154.
- 14) 松永勝彦·西村雅吉(1971): 인드フェノール抽出による海水中のアンモニア의 定量. 分化 20 (8), 993.
- 15) 元鍾勳(1964): 水質分析을 目的한 極微量 磷酸鹽의 高感度 比色 定量法. 大韓化誌 8(3), 113.
- 16) 日本分析化學會北海道支部 編(1971): 新版 水의 分析. p. 212, 化學同人, 京都, 日本.
- 17) 元鍾勳·朴吉淳(1973): 海水汚染追跡子로서의 플루오르화물이온 및 鎭海灣의 플루오르화물이온 濃度分析. 韓水誌 8(1), 9.
- 18) JIS K0102(1975): 工場排水試驗方法. p. 532
- 19) 日本分析化學會北海道支部 編(1971): 新版 水의 分析. p. 344, 化學同人, 京都, 日本.
- 20) 同上, p. 285.
- 21) 四ツ柳隆夫·後藤克己·永山政一·青村和夫 (1969): 4-(2-ピリジルアゾ)-レゾルシンによるマンガンの吸光光度定量. 分化 18, 477.
- 22) FAO(1975): Manual of methods in aquatic environment research. p. 202, FAO Fish. Tech. Paper. No. 137, FAO, Rome.
- 23) 元鍾勳·朴清吉·梁漢燮(1976): 海水中 카드뮴, 구리, 납, 亞鉛 및 水銀의 原子吸光定量法. 韓水誌 9(3), 169~175.