

錦江 河口에 나타나는 黃色 水色帶의 環境特性

유병철 · 유선재* · 조주환**

군산대학교 실습선 · *군산대학교 해양환경학과 · **조선대학교 지구과학과

Environmental Characteristics of the Yellow Water Zones in the Estuary of Keum River

Byeong-Cheol YU · Sun-Jae YOU · Ju-Whan CHO

Kun San National University, Kunsan 573-400, Korea

*Department of Marine Environment, Kun San National University, Kunsan 573-400, Korea

**Department of Earth Sciences, Chosun University, Kwangju 375, Korea

To investigate the characteristic and the cause of the yellow water zones in the estuary of keum River, physico-chemical measurement and analyses were made on seawater samples collected from 18 stations in May, July, august, October in 1992, and February in 1993 respectively.

The yellow water zones were recorded as grade 9 on the forel water color meter and appeared consistently at the stations 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 13, 14, 15 and 17 through out the year.

The organically polluted matter gradually increased in the study area. The nutrient concentrations of inner waters of water zones were higher than that of the surrounding waters and were over red tide criteria levels. But abnormal aggregation of phytoplanktons could not occur because of lack of light and high current velocity.

In Conclusion, this yellowish colored water zone was caused not by abnormal aggregation of phytoplanktons but by inorganic matters such as sand or soil particles, 85% of which consisted of suspended solids.

緒論

錦江은 韓半島의 西海岸 中部에 位置하고 군산, 장항 地域으로 淡水를 流出시키며 淡水 流出量은 6.4×10^9 ton으로 漢江, 洛東江에 이어 세번째로 큰 江이다(Chung, 1981). 여기에는 周邊에 散在하는 都市에서 排出되는 各種 汚水와 農耕地에서 排出되는 관계용수에 含有되어 있는 各種營養鹽類 및 地域特性인 土砂가 多量 존재한다.

錦江河口 海域은 1988年 12月 錦江하구둑 완공과 최근에 활발히 진행되고 있는 郡·長 國家工團造成 및 新港建設의 推進으로 河口附近 海域은 많은 變化가 일어나고 있으며, 周邊 工團에 製紙,

肥料工場과 尖端工業에 관련된 工場들이 入住함으로 생각되어 이곳의 環境汚染에 대한 관심이 날로 높아져 가고 있다.

錦江河口의 여러가지 復雜한 自然的 特性을 把握하기 위한 많은 研究들이 이루어졌는데, 鄭等 (1983)이 調査한 錦江河口의 海水 循環力學에서 보면 河口의 鹽分 變動은 小潮期가 大潮期보다 심하고 堆積作用도 小潮期에 더 활발하다고 報告하였으며, Lee와 Kim(1987)은 錦江河口에서 濁度 最高值의 形成 및 그 變化에 대해 調査한 結果에서 濁度 最高值의 形成은 淡水의 流入과 강한 潮汐力의 相互 力學的인 관계로 인한 浸蝕과 堆積物의 再浮上이 主要人이며, 半日, 朔望間, 季節別 變化

를 하는 것으로 설명하였다. 錦江河口에서 营養鹽循環이나 유동 및 堆積學의 문제 등을 다룬 研究로는 이밖에도 기(1987), 俞(1991), 洪(1982) 等이 있다.

錦江을 통해 供給되는 浮游物質의 流出量은 年間 1.3×10^6 ton으로 推定되며, 이 중 約 60~80%는 雨期인 夏季에 주로 供給되는데, 浮游物質의 含量 및 分布樣相은 季節別 氣象條件의 變化 뿐만 아니라, 潮汐週期에 따라 變化폭이 매우 크며 锦江을 통해 供給되는 浮游物質의 約 65% 程度가 锦江河口에 集積되는 것으로 報告되어 있다(Choi et al 1989). 이때 锦江河口 一部 海域에서는 바깥쪽 海域의 青綠色을 띤 水色을 갖는 海水와 뚜렷이 구별되는 黃色의 水色을 가진 독특한 水色帶가 形成됨을 觀察할 수가 있어 本 研究에서는 锦江河口海域에서 특히 干潮時에 더 뚜렷이 나타나는 黃色水色帶의 發生原因과 化學的 性狀을 結明하였다.

材料 및 方法

本 研究는 锦江河口 海域에서 西海로 흐르는 南側水路를 中心으로 4개 方向의 軸을 택하여 總 18 개 調查定點에서 1992年 5月 9日, 7月 2日, 8月 29日, 10月 13日, 1993年 2月 9日의 5回에 걸쳐 表層水를 採水하였다(Fig. 1). 锦江河口와 隣近海域을 포함하는 本 研究地域은 最大 水深이 20m보다 얕은 沿岸環境으로서 海岸地域에는 넓은 조간대가 특징적으로 발달하고 있다. 锦江河口域에는 대규모의 조석사주(대죽사주)가 발달하여 锦江의 本流를 北水路와 南水路로 兩分하며, 南岑(群山岑)으로 발달한 水路가 北쪽(장항쪽)으로 발달한 水路 보다 그 규모 및 海水 유동의 관점에서 더욱 중요한 역할을 하는 것으로 여겨진다.

水溫은 봉상온도계, pH는 pH meter(Orion 200 series), 透明度는 Secchi disk, 水色은 Forel 수색계 그리고 용존산소는 DO meter(YSI 57)로 現場에서 測定하였다. 鹽분은 염분계(Salinometer E2-Tsurumi)로 測定하였으며, 化學的酸素要求量(chem: Q 1 Oxygen Demand)은 알칼리성 100 °C 과 망간산 칼륨법(公正試驗方法, 1992)에 의해 測定하였다. 浮游物質(SS)은 유리섬유 濾過紙(GF/C)를 이용한 濾過法(公正試驗方法, 1992)으로 總浮游物質(TSS)를 測定한 다음 濾過紙를 550 °C에 灰化시킨 후 그 減量으로 挥發性浮游物質(VSS)를 測定하였다. 總無機窒素(DIN)은 암모니아性窒素, 亞窒酸性窒素,

窒酸性窒素를 定量하고 이들의 합을 나타낸 것이며 燐酸鹽은 Ascorbic acid法으로 定量하였다(APHA, AWWA, APCF, 1985).

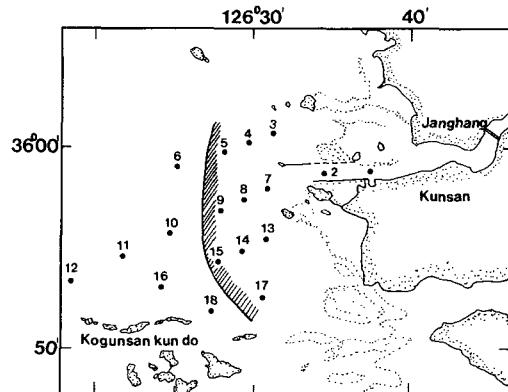


Fig. 1. Map showing sampling stations, and boundary of yellowish colored water zone in the estuary of Keum River.

結果 및 考察

1. 黃色水色帶

海洋에서 海水의 色은 빛의 波長에 따른 相對的吸收 때문에 牡蠣과 藍色을 띠게 되는데, 地域의 으로는 플랑크톤의 繁殖으로 赤色과 綠色이 되는 環境도 있고 炭酸鹽이 形成되는 천해에서는 일관적으로 백색화(whiting)가 되기도 하며 진흙과 粘土가 많으면 난류에 의한 浮游입자로 인해 海水의 色이 黃色을 띤다. 이와같이 海水의 色은 有機物이나 無機物 粒子의 浮游量에 관계되어 变하게 된다(金等, 1990).

錦江은 浮游物質을 多量 含有한 淡水가 海域으로 供給되고 있으며 河口周邊은 冬季에 강한 北西季節風으로 인해 表層 堆積物이 再浮游되는 特性을 띠고 있다. 水色 階級은 Table 1과 같으며 Fig. 1에는 水色階級 9에 該當하는 黃色水色帶의 平均擴張範圍를 나타낸 것인데 調查지점 5, 9, 15 및 17이 경계 지점이었다. Table 1을 살펴보면 季節別로 약간의 差異를 보이나 지점 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 13, 14, 15 및 17에서 全調查期間을 통해 觀測되어 이를 水色帶 안쪽 海域으로, 그리고 나머지 6, 10, 11, 12 및 18 지점을 바깥쪽 海域으로 구분하여 調査된 각項目의 成分을 비교해 黃色水色帶의 環境特性을 把握하는데 이용하였다.

Table 1. Measurement of seawater color in each sampling station by Forel scale

st. No.	May 9	Jul. 2	Aug. 29	Oct. 13	Feb. 9
1	11	11	11	11	11
2	10	11	11	11	11
3	10	10	10	—	—
4	10	10	10	9	10
5	8	9	9	9	9
6	7	8	8	7	8
7	10	11	11	11	11
8	11	10	11	10	10
9	9	10	11	9	10
10	8	8	9	8	8
11	7	8	8	7	8
12	—	—	7	7	8
13	10	11	11	10	10
14	10	10	10	10	9
15	9	9	10	9	9
16	7	8	9	8	8
17	10	11	11	10	11
18	8	8	10	10	10

2. 一般 水質 分布特性

本研究海域의 一般水質分析結果(Table 2, 3) 중 水溫은 2月에 平均 4.1°C (範圍: $3.2\sim 5.0^{\circ}\text{C}$)로 가장 낮았고, 8月에 平均 25.6°C (範圍: $22.8\sim 27.5^{\circ}\text{C}$)로 가장 높았다. 黃色水色帶의 안쪽海域과 바깥쪽海域의 月別差異는 1.5°C 以内로海域別 차이는 적었다. 水素이온濃度(pH)는 $7.39\sim 9.25$ 의範圍로一部地點은海域環境基準인 pH $7.8\sim 8.3$ 을超過하였지만大部分은基準以内에 있었으며, 黃色水色帶의 안쪽海域은 平均 7.91, 바깥쪽海域平均 7.88로海域別 차이가 그다지 크지 않았다.

鹽分範圍는 $11.90\sim 32.26\text{‰}$ 로 錦江의影響을 받는河口水域에서 낮았고 바깥쪽海域으로 갈수록 높았으며 안쪽海域에서 平均 28.76‰ , 바깥쪽海域 31.01‰ 로 2.25‰ 의 차이를 보였다.

海水의 透明度는 水色과 탁도에 의해 결정(UNESCO WHO, 1978)되며 光透過 정도를 알 수 있다. 透明度의範圍는 $0.1m\sim 4.5m$ 로 나타났으며河口水域에서 멀어질수록 높게 나타났는데, 안쪽海域은 平均 $1.2m$, 바깥쪽海域은 平均 $2.3m$ 로 $1m$ 以上的 차이를 나타냈다. 그러나 이와같은結果는日本水產環境水質基準(日本水產資源保護協會,

1973)in $2.5m$ 에는 미달하였다. 透明度의季節變化(Fig. 2)를 보면 2月에 안쪽海域과 바깥쪽海域차이가 적은데, 이는 西海岸의特性인 北西季節風으로 인해 친해에沈澱되어 있던表層堆積物이再浮游 때문인 것으로 생각된다.

溶存酸素濃度는 특히漁具類에 가장 큰制限要因으로作用할 뿐만 아니라水塊의 移動이나混合課程을糾明하는데重要한因子이며, 溶存酸素變動은植物性프랑크톤의增殖과死滅 및水質變化에깊이관여한다. 本調查地域의溶存酸素平均濃度는 $6.15ml/\ell$ 였으며黃色水色帶안쪽海域은平均 $6.11ml/\ell$, 바깥쪽海域 $6.27ml/\ell$ 로 바깥쪽海域이 $0.16ml/\ell$ 높았지만全體的으로溶存酸素濃度는水中生物의繁植과生長에適合한濃度인 것으로 생각된다.

有機汚染物의指標인化學的酸素要求量(COD)은全體平均 $1.36mg/\ell$ 이었으며, 黃色水色帶의 안쪽海域은平均 $1.66mg/\ell$ 로 우리나라海域環境基準II等級($2mg/\ell$ 以下)에 해당하고, 바깥쪽海域은平均 $0.70mg/\ell$ 로 I等級($1mg/\ell$ 以下)이었다. COD의平均濃度는崔等(1991)의富營養化된忠무北灣에서平均 $2.10mg/\ell$ 보다 다소 낮지만, 李

Table 2. Values of temperature, pH and salinity in the surface seawater column

St. No.	Temperature(℃)					pH					Salinity(‰)				
	May 9	Jul.2	Aug.29	Oct.13	Feb.9	May 9	Jul.2	Aug.29	Oct.13	Feb.9	May 9	Jul.2	Aug.29	Oct.13	Feb.9
1	15.8	23.0	25.4	18.2	3.2	7.59	7.39	7.73	7.80	7.87	25.20	28.05	22.75	22.08	11.90
2	15.1	22.5	25.4	18.3	3.3	7.88	7.48	7.79	8.20	8.02	30.06	29.39	26.31	26.02	22.92
3	15.9	22.3	25.5	—	—	7.95	7.56	7.95	—	—	30.12	30.84	29.63	—	—
4	15.7	22.0	26.3	19.5	4.6	7.99	7.65	7.92	9.25	8.08	30.39	30.55	28.20	30.48	27.24
5	15.2	21.7	27.5	19.7	5.0	8.03	7.54	7.91	8.20	8.10	30.47	30.55	26.54	31.83	29.62
6	15.2	21.4	26.9	19.8	4.8	8.01	7.66	7.91	8.14	8.04	30.38	30.85	27.32	32.02	31.26
7	15.0	22.0	25.4	18.7	3.6	8.06	7.44	7.71	8.29	8.07	29.90	29.82	20.37	29.03	24.46
8	15.5	21.8	25.5	18.8	3.5	7.99	7.52	7.85	8.16	8.10	29.96	30.32	24.12	29.39	28.26
9	15.5	21.3	25.3	19.0	3.8	7.96	7.69	7.92	8.16	8.09	29.90	30.67	24.28	31.34	28.53
10	13.2	21.0	25.1	19.6	4.1	8.00	7.70	7.93	7.63	8.05	31.31	31.23	28.07	31.61	30.27
11	12.1	21.0	24.2	19.7	4.6	7.98	7.72	7.87	7.70	8.04	31.94	31.33	31.49	31.81	31.16
12	—	—	22.8	19.8	4.7	—	—	7.73	7.66	8.01	—	—	30.42	32.01	32.26
13	14.3	21.9	26.1	19.2	4.2	7.96	7.72	7.81	7.63	8.11	30.39	30.84	29.30	31.01	30.18
14	13.1	21.8	25.9	19.1	4.5	8.03	7.80	7.84	7.66	8.10	31.71	31.04	29.47	31.19	30.52
15	12.8	21.6	25.8	19.3	4.3	7.98	7.84	7.81	7.79	8.09	31.59	30.68	29.66	31.06	30.71
16	12.7	21.0	25.9	19.6	4.1	8.10	7.70	7.82	7.82	8.10	31.76	31.56	28.88	31.54	31.63
17	13.0	21.7	26.4	19.3	3.6	8.00	7.84	7.86	7.77	7.97	31.66	30.32	30.05	31.22	30.64
18	12.6	21.0	26.0	19.5	4.6	7.95	7.72	7.88	7.66	8.08	31.46	31.78	30.31	31.61	32.24

Table 3. Values of transparency, dissolved oxygen and chemical oxygen demand in the surface seawater column

St. No.	Transparency(m)					DO(ml/ℓ)					COD(mg/ℓ)				
	May 9	Jul.2	Aug.29	Oct.13	Feb.9	May 9	Jul.2	Aug.29	Oct.13	Feb.9	May 9	Jul.2	Aug.29	Oct.13	Feb.9
1	1.0	0.4	0.5	0.3	0.10	5.54	5.22	3.63	5.38	8.36	1.16	2.40	2.84	3.84	1.51
2	1.4	0.4	0.4	0.5	0.20	5.96	5.56	3.35	5.62	8.46	0.60	2.22	2.62	3.38	0.46
3	1.3	1.2	1.5	—	—	5.45	6.11	4.93	—	—	2.44	1.50	2.46	—	—
4	1.7	1.5	1.5	2.2	0.70	5.68	6.13	4.90	6.28	8.45	1.08	1.70	2.38	2.68	0.36
5	1.8	2.0	1.5	2.2	1.30	5.89	6.18	4.70	6.01	8.56	1.00	1.40	2.12	1.26	0.97
6	4.5	2.0	1.8	3.3	1.40	5.85	6.04	4.86	5.96	8.32	0.20	1.04	1.96	0.74	0.63
7	1.5	0.5	0.6	0.5	0.40	5.65	5.81	3.72	5.74	8.62	1.76	1.54	2.32	3.38	0.86
8	1.2	1.2	1.0	1.2	0.70	5.60	5.96	4.07	6.10	8.63	1.68	2.56	1.80	3.34	0.92
9	2.0	1.4	1.1	1.6	0.80	5.82	6.02	4.16	6.02	8.55	1.28	1.64	1.50	2.82	0.21
10	2.8	2.5	1.7	2.5	0.80	5.93	6.22	4.35	6.02	8.48	0.96	1.32	0.64	1.78	0.26
11	2.8	2.5	2.8	3.0	1.00	6.31	6.22	4.45	6.12	8.34	0.52	0.80	0.16	0.38	1.16
12	—	—	2.5	3.4	1.20	—	—	4.71	6.04	8.20	—	—	ND	0.11	1.00
13	1.3	1.0	1.3	1.8	0.90	5.99	5.99	4.35	6.09	8.54	3.00	1.66	1.42	3.10	0.78
14	1.6	1.2	1.5	2.0	1.00	6.33	5.93	4.43	6.09	8.54	1.28	1.20	0.94	2.26	0.86
15	2.2	2.0	1.5	2.1	1.00	6.37	6.18	4.41	6.24	8.48	1.04	1.00	0.74	1.20	0.79
16	3.5	2.5	1.8	2.4	1.10	6.48	6.24	4.52	6.37	8.52	0.44	0.50	0.66	0.06	0.06
17	1.7	1.0	1.0	1.8	0.30	5.85	5.95	4.96	6.23	8.14	1.44	1.52	0.92	1.64	0.29
18	2.5	2.5	1.3	1.8	1.00	6.23	6.19	4.91	6.22	8.46	0.16	0.83	0.20	1.26	0.86

(1992)의 群山沿岸에서 '89~'90의 平均 0.88mg/l 보다 높아 本調查 海域의 有機汚染物이 점차 증가됨을 알 수 있었다.

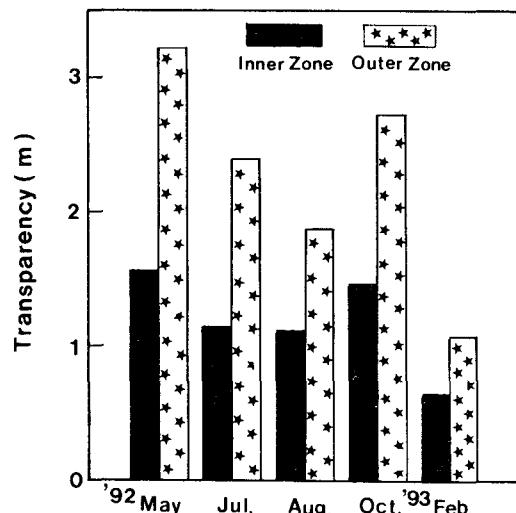


Fig. 2. Seasonal variation of transparency.

3. 營養鹽類의 分布 特性

營養鹽類濃度는 Table. 4와 같다. 總無機窒素은 $0.37\sim99.75\mu\text{g-at/l}$ 範圍로 平均 $17.17\mu\text{g-at/l}$ 이었다. 黃色 水色帶 안쪽 海域은 平均 $21.78\mu\text{g-at/l}$ 로 바깥쪽 海域의 平均 $7.09\mu\text{g-at/l}$ 과 比較 할 때 3배 정도 높은 值이었고, 안쪽 海域은 海域環境基準 III等級 ($14.29\mu\text{g-at/l}$ 이하)을 超過하였으며 바깥쪽 海域에서는 海域環境基準 II等級 ($7.14\mu\text{g-at/l}$ 以下)으로 나타났다. 그리고 黃色 水色帶 안쪽 海域의 濃度는 朴(1975)이 富營養化가 促進되고 있다고 報告한 馬山灣의 平均濃度 $22.78\mu\text{g-at/l}$ 와 비슷한 值이었고 全體 平均값은 崔等(1991)이 報告한 富營養化된 충무시 北灣의 $16.44\mu\text{g-at/l}$ 와 비슷한 수준이었다.

總無機窒素의 安쪽 海域과 바깥쪽 海域에서의 季節別 變化(Fig. 3)를 보면 안쪽 海域에서는 8月에 가장 높은 $50.93\mu\text{g-at/l}$ 로 나타났고, 7月에 가장 낮은 $9.64\mu\text{g-at/l}$ 로 나타났다. 8月에 總無機窒素濃度가 높은 이유는 降雨에 의해 錦江周邊의 農耕地에서 流入되는 窒素의 양이 많기 때문인 것으로 생각된다. 따라서 總無機窒素濃度에 미치는 錦江淡水의 影響을 살펴보기 위해 Fig. 4에 總無機窒素

Table 4. Nutrients concentration of the surface seawater column

St. No.	DIN($\mu\text{g-at/l}$)					PO ₄ ³⁻ -P($\mu\text{g-at/l}$)				
	May 9	Jul. 2	Aug. 29	Oct. 13	Feb. 9	May 9	Jul. 2	Aug. 29	Oct. 13	Feb. 9
1	72.54	38.34	99.75	87.85	35.51	1.71	0.46	0.82	1.17	0.71
2	10.34	18.14	98.84	46.55	20.19	ND	0.29	0.68	0.85	0.55
3	16.89	7.22	49.24	—	—	0.36	2.38	0.42	—	—
4	7.96	8.14	35.32	8.08	8.65	0.27	0.70	0.42	0.58	0.77
5	8.86	5.39	34.37	2.42	1.60	0.09	0.52	0.45	0.53	0.48
6	7.43	6.51	22.43	3.46	1.36	ND	0.47	0.42	0.53	0.55
7	25.06	7.08	60.41	7.27	9.33	0.45	0.52	0.71	0.48	0.90
8	11.97	5.19	55.39	8.31	8.96	0.27	0.23	0.51	0.58	0.55
9	9.50	6.93	37.43	5.89	7.16	0.09	0.47	0.54	0.58	0.84
10	2.74	3.28	28.46	14.08	4.46	0.36	0.47	0.42	0.64	0.77
11	0.37	1.50	16.60	1.15	4.19	0.36	0.39	0.34	0.53	0.72
12	—	—	11.09	3.74	4.07	—	—	1.53	0.58	0.41
13	4.51	4.81	52.90	2.42	26.63	0.36	0.12	0.59	0.53	0.90
14	0.56	4.78	35.32	31.62	6.29	0.18	0.17	0.59	0.69	0.71
15	2.34	4.40	24.28	4.62	6.48	0.36	0.52	0.59	0.48	0.48
16	2.81	0.97	20.00	1.85	2.94	0.27	0.09	0.57	0.53	0.71
17	32.61	5.29	27.90	2.42	4.90	0.27	0.48	0.45	0.53	0.84
18	0.56	1.35	20.72	3.46	2.26	0.09	0.17	0.45	0.43	0.61

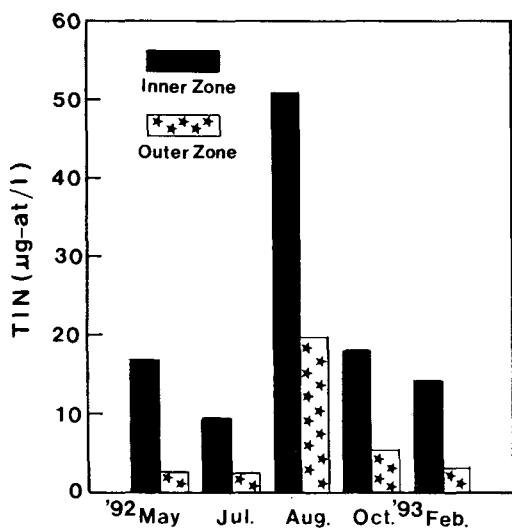


Fig. 3. Seasonal variation of total inorganic nitrogen.

와 鹽分의 相關關係를 나타냈는데 降雨가 많은 8月에 가장 分散이 심하였으나($r=0.64$), 나머지 調查 時間에는 상관계수가 $0.91\sim0.96$ 으로 좋은 상관성으로 보인다. 그러므로 錦江河口 海域에서 總無機窒素 濃度는 錦江淡水에 큰 影響을 받지만 降雨에 의해 淡水가 많이 流入되어 海域全體에 總無機窒素 濃度가 높아지면 鹽분과는 양호한 상관성을 가지지 않는 것으로 판단되었다.

總無機窒素中 암모니아성 窒素, 亞窒酸窒素, 窒酸窒素의 含量比를 Table 5에 나타했는데 암모니아성 窒素 成分比는 2月과 7月에 각각 41.4%, 30.4%로 높게 나타났으며 나머지 調査 時期에는 5% 미만이었다. 亞窒酸窒素는 전체 10% 미만의 낮은 비율이었고, 窒酸窒素는 8月에 91.3%로 가장 높았고 2月에 54.2%로 가장 낮았다. 窒酸窒素의 成分比가 증가하면 總無機窒素 濃度는 높아지며 암모니아性 窒素의 成分比가 증대된 2月과 7月에 總無機窒素

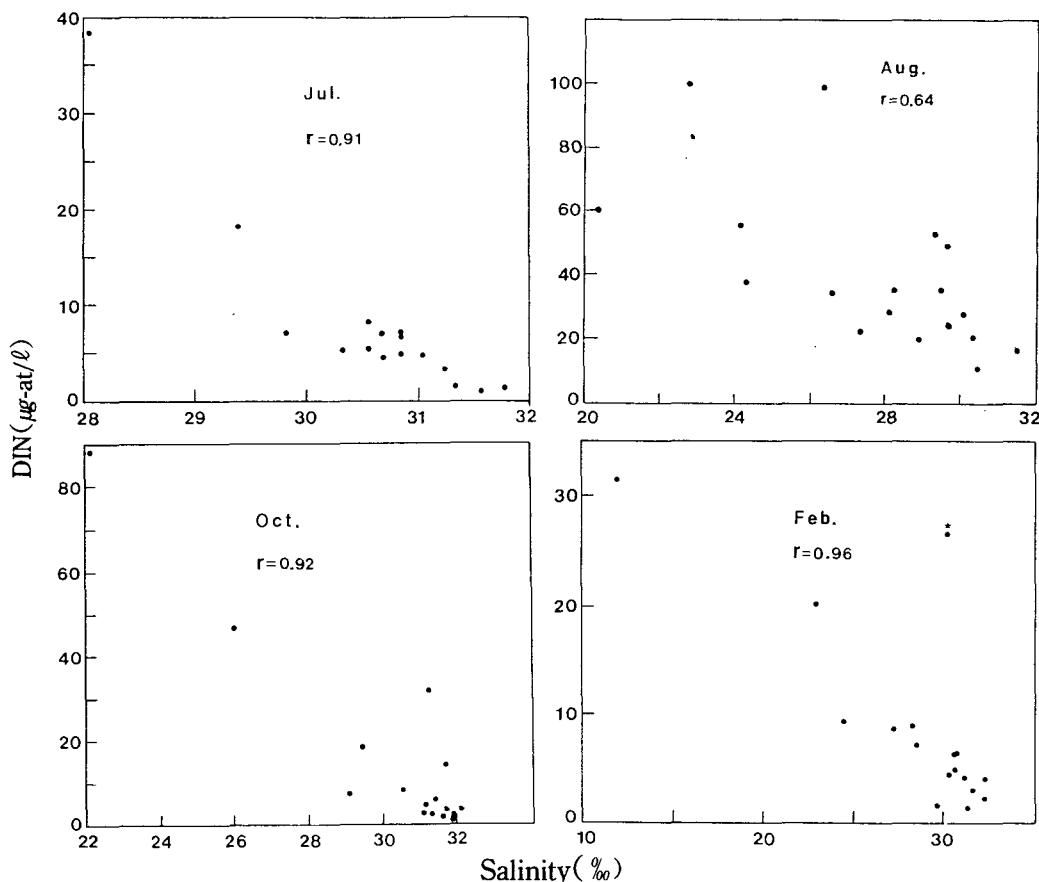


Fig. 4. Correlation between salinity and dissolved inorganic nitrogen.

Table 5. Proportion of change on ammonium, nitrite, nitrate in study month

	NH ₄ ⁺ -N	NO ₂ ⁻ -N	NO ₃ ⁻ -N
'92 May	2.6	8.5	88.9
Jul.	30.4	4.2	65.4
Aug.	3.9	4.8	91.3
Oct.	4.3	5.5	90.2
'93 Feb.	41.4	4.4	54.2

濃度가 낮았는데 이는 Otsuki et. al(1981)의 Takanohamairi Bay에서 總無機窒素濃度와 암모니아, 窒酸窒素의 成分比의 季節變動中 窒酸窒素成分比增減에 따라 總無機窒素濃度가增減된다는結果와 유사하였다.

磷酸磷의濃度範圍는 0.09~2.38 $\mu\text{g-at/l}$ 로 平均 0.54 $\mu\text{g-at/l}$ 이었다. 黃色水色帶 안쪽海域과 바깥쪽海域의平均濃度가 각각 0.57 $\mu\text{g-at/l}$, 0.47 $\mu\text{g-at/l}$ 로 0.1 $\mu\text{g-at/l}$ 의 차이를 보였는데 안쪽海域은海域環境基準II等級(0.48 $\mu\text{g-at/l}$ 이하)을超過하는 값이었다. 이들結果는崔等(1991)이報告한富營養化된忠武시北灣의 0.40 $\mu\text{g-at/l}$ 보다 다소 높은 값이었으나, 田等(1984)이報告한 1971年부터 1980年까지 목포신안海域의 0.63 $\mu\text{g-at/l}$ 보다 낮은分布를보이나 일반적인赤潮發生濃度인 0.47 $\mu\text{g-at/l}$ (日本水產資源保護協會, 1973)을超過하는 값이었다. 磷酸磷濃度는 總無機窒素와 달리 鹽分과는 거의 상관성을 가지지 않았다.

總無機窒素濃度와 磷酸磷濃度의比인 N/P比는黃色水色帶安쪽海域이平均 38.2, 바깥쪽海域 15.1로 안쪽海域은窒素의 점유비율이 높았고 바깥쪽海域은植物性플랑크톤의平均造成比 16과 비슷하였다.

以上의結果로 볼 때 總無機窒素濃度는黃色水色帶安쪽海域이海域環境基準III等級을초과하였고 바깥쪽海域은II等級이었으며, 磷酸磷은安쪽海域III等級 바깥쪽海域II等級으로 나타나黃色水色帶의安쪽海域은窒素의 점유비율이 높은富營養海域이며 바깥쪽海域도營養鹽濃度가 매우 높았다. 따라서錦江河口海域은赤潮發生濃度 7.14 $\mu\text{g-at/l}$, 磷酸磷濃度 0.48 $\mu\text{g-at/l}$ (日本水產資源保護協會, 1973)를總無機窒素濃度는超越하였고 磷酸磷濃度는基準을약간상회하고 있어植物性플랑크톤大量增殖이예상된다.

4. 浮游物質의 分布 特性

表層水中總浮游物質의濃度(Table 6)는黃色水色帶가形成되는安쪽海域에서는平均 43.2 mg/l (範圍: 1.8~452.5 mg/l)로서 바깥쪽海域에서의 16.4 mg/l (範圍: 1.2~61.6 mg/l)보다 높은濃度를보였다. 이러한濃度는安쪽海域이海域環境基準II等級(25 mg/l 以下)을超過하였고, 바깥쪽海域은海域環境基準II等級以下였다.

안쪽海域과 바깥쪽海域의季節別變化(Fig. 5)를보면 2月이 다른調查時間에비해總浮游物質의濃度가높게나타났는데이는강한北西季節風에의한높은波濤로인하여表層堆積物이再浮游된것으로생각된다. 특히지점1, 2는平均 126.8 mg/l 로 다른調查지점보다훨씬높았는데이는여름의降雨와겨울의北西季節風뿐만아니라낮은水深과流速이100~160cm/sec(Choi et. al., 1989)로빨라表層堆積物의再浮游를유발하기때문인것으로생각된다. 이러한result는李(1992)의'89~'90년錦江沿岸調查result인32~80 mg/l 와安쪽海域은비슷한水準이었으며바깥쪽海域은梁等(1983)이報告한'81年,'82年溫泉灣沿岸에서의平均濃度14.6 mg/l 와비슷한값이었다.

浮游物質이造成을알아보기위하여研究海域表層水의總浮游物質에대한揮發性浮游物質의比率은安쪽海域의平均값이11.4%(範圍: 2~30.9%)이고, 바깥쪽海域은15.1%(範圍: 2.7~53.3%)로서全體的인平均은15%未滿으로낮게나타나주로土砂인것으로판단되며, 이와같은result는朴(1985)의洛東江河口海域의43%,梁等(1983)의溫泉灣沿岸에서의23%보다낮게나타났다. 그리고總浮游物質과植物性플랑크톤의增殖因子중하나로光의透過程度를把握할수있는透明度와의相關關係(Fig. 6)를보면양호한지수함수적인상관성($r=0.76$)을보여錦江河口海域은總浮游物質濃度가높기때문에光의透過가적은것으로판단된다. 따라서總浮游物質中揮發性浮游物質의含量이낮은것은透明度저하로인한光量의부족으로植物性플랑크톤增殖이왕성하지않은것도하나의원인으로생각된다.

따라서錦江河口海域의黃色水色은주로無機物인土砂때문인것으로생각된다.

要 約

錦江河口에서觀察되는黃色水色帶의發生原因과性狀을糾明하기위하여'92年5月, 7月, 8月,

Table 6. Suspended solids concentration in the surface seawater column

St. No.	TSS(mg/l)					VSS(mg/l)					VSS/TSS(%)				
	May 9	Jul.2	Aug.29	Oct.13	Feb.9	May 9	Jul.2	Aug.29	Oct.13	Feb.9	May 9	Jul.2	Aug.29	Oct.13	Feb.9
1	15.9	191.6	108.9	120.0	452.5	0.6	16.3	7.1	6.8	13.0	3.8	8.5	6.5	5.6	2.9
2	12.0	109.6	43.8	73.2	140.8	1.1	7.5	7.6	3.8	10.0	9.1	6.8	17.4	5.2	7.1
3	8.1	16.5	15.0	—	—	1.4	1.6	4.5	—	—	17.2	9.7	30.0	—	—
4	10.0	16.3	12.3	4.9	44.7	0.6	1.6	3.8	0.8	3.3	6.0	9.8	31.1	16.7	7.4
5	14.0	8.9	16.2	1.9	23.9	0.6	0.7	2.7	0.3	2.9	4.3	7.8	16.9	14.0	12.3
6	4.6	12.4	13.5	4.9	29.0	0.3	0.4	1.2	0.9	2.5	6.5	3.2	8.7	18.7	8.8
7	14.8	52.2	23.5	86.9	123.4	1.2	1.8	5.3	5.1	6.5	8.1	3.4	22.6	5.8	5.2
8	17.0	25.1	17.5	7.8	75.7	1.7	0.9	2.0	1.2	8.7	10.0	3.6	11.6	15.3	11.5
9	10.3	19.5	17.7	7.2	65.5	1.3	0.4	3.1	1.5	10.6	12.6	2.0	17.7	20.8	16.2
10	4.0	11.3	15.3	1.5	47.9	1.3	0.5	3.3	0.8	6.4	32.5	4.4	21.4	52.6	13.4
11	11.0	9.8	10.5	2.3	61.6	0.7	0.3	1.5	0.3	8.8	6.4	3.0	14.3	12.7	14.3
12	—	—	23.3	1.2	53.6	—	—	9.4	0.3	5.5	—	—	40.2	24.1	10.2
13	18.7	23.4	18.2	3.5	59.0	1.7	1.1	1.3	0.3	8.3	9.0	4.7	7.0	.5	14.0
14	7.2	18.2	13.2	3.0	48.7	0.6	2.7	2.4	0.8	8.1	8.3	14.8	18.0	27.2	16.6
15	11.0	14.5	6.7	2.2	51.2	0.7	0.7	1.1	0.3	7.9	6.44.8	16.0	12.3	15.4	
16	12.0	18.2	5.6	2.7	52.0	0.7	0.5	1.0	0.5	7.7	5.8	2.7	18.5	20.0	14.8
17	13.7	22.8	12.4	2.9	128.9	0.4	1.2	1.8	0.5	5.6	2.9	5.3	14.9	18.2	4.3
18	9.7	10.2	12.4	1.8	42.3	1.4	0.6	1.6	0.3	9.8	14.4	5.9	13.0	14.3	23.2

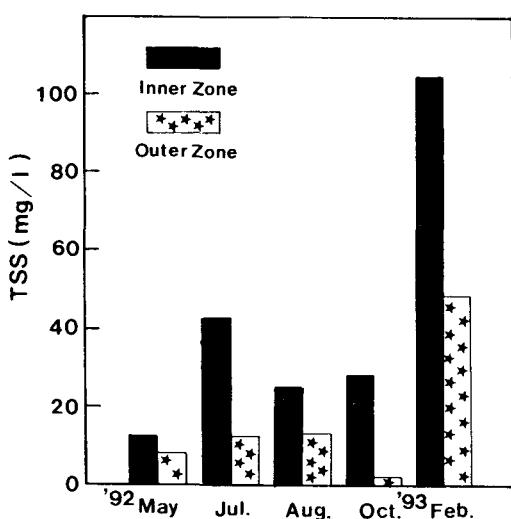


Fig. 5. Seasonal variation of total suspended solids.

10月, 93年 2月 錦江 河口海域 18個 定點에서 行한
研究 調査 結果를 約하면 錦江 河口 海域에 나
타나는 黃色 水色帶의 水色은 水色階級 9에 해당
되며 보통 調査點 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 13, 14, 15
및 17에서 年中 계속 存在하였다.

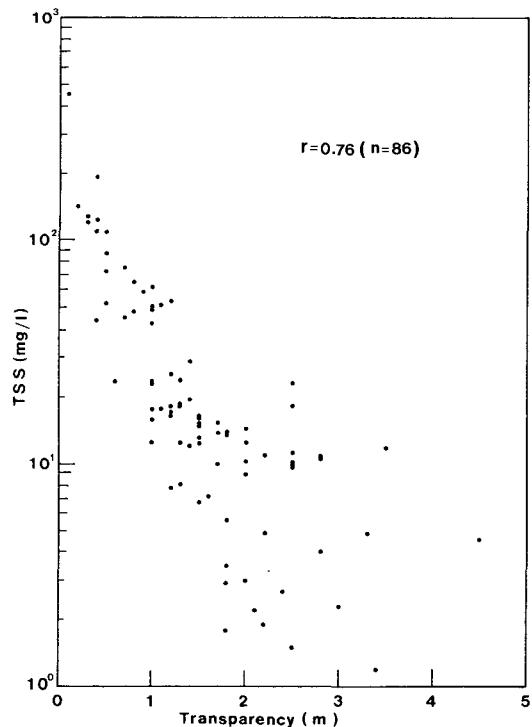


Fig. 6. Correlation between transparency and total suspended solids.

錦江河口 海域의 一般水質은 海域環境基準 I 級에 해당하는 양호한 상태이나 有機汚染物은 증가되고 있으며 營養鹽濃度는 黃色水色帶 안쪽海域이 바깥쪽海域보다 높은데 總無機窒素 안쪽海域에서 보면 總無機窒素는 海域環境基準 III等級을 초과하였고 煙酸燐濃度는 III等級이었으며 바깥쪽海域에서는 總無機窒素濃度와 煙酸燐濃度 모두 II等級에 해당하는 富營養 상태였다. 그러나 錦江河口 海域은 流速이 빠르고 總浮游物質로 인한 光透過 저하 때문에 植物性 프랑크톤의 大量增殖에는 否適合한 지역이었다. 또한, 錦江河口 海域에 나타나는 黃色水色帶의 形成 원인 總浮游物質中 85% 이상을 점유하는 土砂때문이었다.

參 考 文 獻

- 기준학, 1987. 錦江河口에서의 營養鹽類 循環에 관한 研究. 서울大學校 環境碩士學位論文, 125p.
- 金完洪·朴龍安·鄭鍾律, 1990. 一般海洋學. 大韓民國. 大韓教科書株式會社, pp. 81~83.
- 朴榮冠, 1975. 鎮海灣海水의 富營養化와 Chlorophyll 分布. 韓國水產學會誌, 8(3), 121~126.
- 梁秉洙·朴哉明·金印洙, 1983. 溫山灣海域의 水質調查(II). 韓國漁業技術學會誌 19(2), 130~135.
- 俞松希, 1991. 錦江河口域의 浮游堆積物의 이동에 관한 研究. 서울大學校 理學碩士論文, 79p.
- 李延烈·朴周錫·陳坪·姜龍柱·孫徹鉉·李弼容, 1985. 洛東江河口域의 主要水產物의 環境 및 資源生物學的研究. 國立水產振興院 研究報告, 35, 5~60.
- 日本水產資源保護協會, 1973. 水產環境水質基準, pp. 11~13.
- 田承寬·金相根·朴榮濟·李貞愛, 1984. 全南'南部와 西海海域의 海洋物理, 化學的特性. 木浦大學沿岸生物研究誌, 1(1), 17~41.
- 鄭鍾律·李載學·安希洙, 1983. 錦江河口의 海水循環力學. 韓國海洋學會誌, 18(2), 142~148.
- 崔禹政·羅琪煥·金永烈·朴清吉, 1991. 富永養化된 北灣의 溶存酸素에 의한 自浮能力. 韓國水產學會誌, 24(1), 21~30.
- 洪聖根, 1982. 群山港의 潮流와 壓散特性에 관한 研究. 朝鮮大學校 大學院 碩士學位論文, 29p.
- 東和技術, 1992. 環境污染 公定試驗法(水質) pp 400.
- APHA, AWWA, APCF, 1985. Standard methods for the examination of water and wastewater, 16th ed. Washington. pp 1268.
- Choi, B. H., K. G. Kang and S. W. Lee. 1989. Tide and sediment transport in the Keum River estuary, J. Coastal and Ocean Eng. Korea, 1(1), 31~43.
- Chung, J. Y. 1981. Estuarine dynamics of the Keum estuary. In a basic study on Oceanographic environments off the west coast of Korea the Keum estuary and adjacent continental Shelf. N. U. RIBS-ED-80-134, pp. 58~71.
- Lee, C. B. and T. I. Kim, 1987. Formation and evolution of turbidity maximum in the Keum estuary, west coast of Korea. J. Oceanol. Soc. Korea, 22(2), 105~118.
- Otsuki, A., Kwaai, T. and M. Aizaki, 1982. Dynamics of phosphorus and dissolved inorganic nitrogen in highly eutrophic lake water of Takahamairi Bay, lake Kasumigaura. Res. Rep. Natl. Inst. Environ. Stud., 22, 3~21.
- UNESCO, WHO, 1978. Water quality survey. The United Kingdom. p 57.

1993년 8월 2일 접수

1994년 1월 4일 수리