

서울市內 3個 人工湖水에 對한 理化學的 水質에 關한 調査

環境調査科

韓商運, 呂寅學, 李鍾賢, 金吉植, 金雄秀, 金旻永

The Investigation on Physio-Chemical Water Quality in the Three Man-Made Lakes located in Seoul

Environmental Research Division

Sang-Un Han, In-Hak Yeo, Chong-Hyun Lee, Gil-Sik Kim,
Woong-Soo Kim, Min-Young Kim

=Abstract=

The environmental condition and monthly changes of the water qualities in the three man-made lakes located in the Seoul are described and compared during 5 months from August till December in 1986.

The results as follows.

- 1) The annual mean value of pH were $8.76 \pm 0.640 \sim 9.14 \pm 0.642$ in each sites at Mongchon lake. It was the highest value among three lakes.
- 2) The lowest of average DO saturated ratio were $91.7 \sim 12.5\%$ in Regatta course and the highest value were $56.3 \sim 189.6\%$ in Mongchon lake.
- 3) The limit standard of eutrophication for nourishing salts, that is, Total nitrogen is 0.5mg/l and total phosphate is 0.04mg/l , were over in Mongchon lake and Sukchon lake.
- 4) The annual mean value of BOD were $3.25 \pm 0.771 \sim 4.2 \pm 2.473\text{mg/l}$ in Sukchon, $2.5 \pm 0.854 \sim 3.9 \pm 1.099\text{mg/l}$ in Mongchon and $2.2 \pm 0.630 \sim 2.4 \pm 0.748\text{mg/l}$ in Regatta course.
- 5) The annual mean value of COD were $6.1 \pm 1.059 \sim 8.3 \pm 3.677\text{mg/l}$ in Sukchon, $3.6 \pm 0.897 \sim 5.7 \pm 1.820\text{mg/l}$ in Mongchon and $3.6 \pm 0.674 \sim 3.8 \pm 1.015\text{mg/l}$ in Regatta course.

緒 論

우리나라의湖수를用途別이나形成된樣相別로區分하여 볼때發電을 위하여河川에堤防을 쌓아 만든人工湖수와農水産用으로水源을確保하기 위하여堤防을 쌓아 만든貯水池 등이 있고自然湖는 그數가稀少하고海岸에 몇개의汽水湖가 있으나 그用途는大部分貯水用이다.¹⁾

江東區에位置하고 있는石村湖, 夢村湖 및漕艇競技場 등의人工湖수는上記의用途나形成과는달리市民의休息空間으로의活用度가 높고漕艇競技場은'88올림픽에서競技를實施하는競技場으로서水質汚染度

를測定하여汚染에對備하는것은매우重要하다고할수있다.

夢村湖와漕艇競技場의潭水는Pumping에依한것으로湖水에汚染現象이發生하게되던새로운물로交替할수있어水質汚染에對應할수있으나石村湖의경우는漢江의갯江을막아만든湖水로伏流에依한地下水의湧出로因한湧水에依하여潭水되었으며湖水의水位는廣津橋의水位와一致한것으로報告된바있다.²⁾

湖水는形成된初期에는營養鹽類가결핍되고Phytoplankton 등의生物生産이적은데이런湖水를貧營養湖라고하며이런湖水에流域에서排出되는營養鹽類와懸濁物質의계속적인流入으로湖内の營養鹽類

가 많아지게 되면 Phytoplankton의 增殖이 活發해지고 또 이것을 먹고 사는 Zooplankton도 많아져 湖底에는 生物의 死體가 堆積하게 되고 底泥에서는 分解가 일어나서 營養鹽類가 다시 溶出되고 湖水의 營養鹽類가 增加되어 畜積되면 生物의 生産力이 增大되어 湖水는 富營養湖로 되어 湖水는 加速的으로 낮아지게 되고 浮葉植物, 沈水植物等이 번창하게 되어 湖水는 泥地帶로 變化하게 된다.³⁻⁶⁾

湖水의 富營養化 및 陸水學的 研究가 國內에서 많은 學者들에 依하여 報告된 바 있으나 一般的인 人工湖水和 이와는 用途나 形成이 다른 서울市內에 소재한 3個湖水에 對한 水質汚染現況은 裴等⁷⁾, 李等⁸⁾이 石村湖水의 汚染度를 報告한 바 있으나 '88올림픽에 對備하고 市民의 휴식공간으로서 環境改善의 일환으로 本調査 研究를 實施하였기에 報告하는 바이다.

調査對象 및 調査方法

調査對象

調査對象은 서울 江東區 石村洞에 位置한 石村湖, 芳夷洞에 位置한 夢村湖 및 下一洞에 位置한 漕艇競技場을 湖水의 面積과 깊이를 고려하여 採水地點을 選定하였으며 湖水別 採水地點은 圖 1~3에 表示하였다.

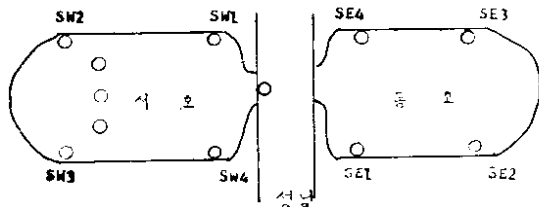


Fig. 1 Sampling sites in the Sukchon lake.

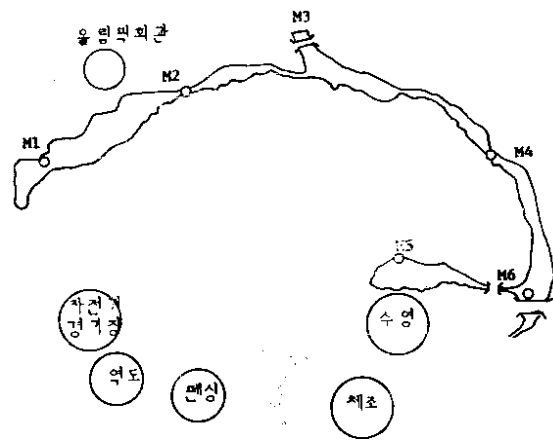


Fig. 2 Sampling sites in the Mongchon lake.

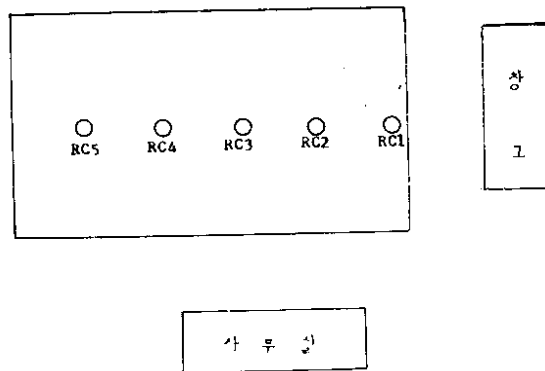


Fig. 3 Sampling sites in the Regatta course.

調査方法

1. 試料採取

採水地點別로 水質을 代表할 수 있도록 3回 採水한 후 이를 混合水로 만든 후 試料로 하였으며 採水時 水溫과 溶存酸素는 現場에서 棒狀溫度計와 Winkler法으로 測定하였으며 pH等 22個項目은 實驗室에서 調査하였고 1986年 8月에서 12月까지 每月 2回 實施하였다.

2. 分析方法

環境汚染公定試驗法(水質編), JIS, Standard method, 衛生試驗法注解 등을 參考하였다.⁹⁻¹²⁾

調査成績 및 考察

石村湖水, 夢村湖水 및 漕艇競技場의 採水地點別 採水日別 分析結果는 表 1~20과 같다.

1. pH

石村湖水의 地點別 平均 pH의 範圍를 表 1~9에서 보면 $7.9 \pm 0.715 \sim 8.12 \pm 0.774$ 로 韓¹³⁾ 등이 報告한 九宜의 年平均 pH 7.2보다 훨씬 높은 濃度를 나타내었고 S.W 2地點이 8.12 ± 0.774 로 가장 높았으며 S.E 2地點에서 7.9 ± 0.715 로 가장 낮은 平均濃度를 나타내었다.

圖 4는 石村湖水의 地點別, 採水日別 pH, DO, 水溫의 變化를 나타내었다.

圖에서 最高, 最少値는 S.W 2地點(9月 4日)에서 pH 9.03으로 가장 높은 알카리성을 나타내었고 採水日別로는 S.W 1地點을 除外한 모든 地點에서 9月 4日 pH 8.83~9.03으로 가장 높았으며 地點間의 濃度差는 0.2로 濃度幅은 거의 없었으나 環境保全法上¹⁴⁾의 水質環境基準인 pH 8.5를 훨씬 상회 하였다.

最少値는 S.W 1地點(11月 26日)에서 pH 6.7로 나타났으며 採水日別로는 모든 地點에서 11月 26日 pH 6.7

Table 1. Analysis of the Sukchon Lake East 1

Time of Collection		8.16	9.4	9.26	10.24	11.12	11.26	12.10	12.24	Mean±SD
Weather { Appointed day Preceding day		rainy rainy	clear clear	clear clear	clear clear	clear cloudy	clear cloudy	clear cloudy	clear cloudy	
Temperature Water	(°C)	27.5	26.5	24.5	17.8	9.4	6.0	5.5	3.5	15.1±9.496
pH		8.7	8.83	8.20	8.50	7.70	7.00	7.30	7.40	7.95±0.651
Total Alkalinity	(mg/l)	48	42	42	54	74	144	72	68	68±31.177
Total Acidity	(mg/l)	ALK	ALK	4	4	4	2	4	5	3±1.833
Residue on Evaporation	(mg/l)	140	125	129	192	148	170	151	172	153±21.587
Suspended Solid	(mg/l)	3.0	2.5	15.0	21.0	9.8	3.0	1.5	7.2	7.9±6.560
DO	(mg/l)	8.2	11.3	12.2	11.2	8.5	8.2	11.0	11.4	10.3±1.548
BOD	(mg/l)	3.0	3.4	4.6	10.4	3.8	2.4	4.2	2.0	4.2±2.473
COD	(mg/l)	6.4	6.6	7.2	14.8	7.0	7.0	6.4	6.6	7.8±2.679
Soluble matter	(mg/l)	135	121	114	120	140	166	150	157	138±17.645
Sulfate	(mg/l)	30.08	38.40	27.50	60.08	28.80	19.20	20.08	19.76	30.49±12.753
Chloride	(mg/l)	14.18	14.18	21.27	14.18	21.27	17.73	14.18	21.27	17.28±3.286
Total Hardness	(mg/l)	75	75	91	82	91	101	101	94	89±9.756
Ammonia Nitrogen	(mg/l)	0.076	0.011	0.296	0.750	0.359	0.750	0.134	0.327	0.489±0.410
Nitrite Nitrogen	(mg/l)	0.010	0.010	0.006	0.014	0.025	0.011	0.007	0.021	0.013±0.006
Nitrate Nitrogen	(mg/l)	0.056	0.112	0.056	0.252	0.504	0.392	0.526	0.756	0.332±0.239
Total Nitrogen	(mg/l)	0.142	0.133	0.358	1.016	0.888	1.153	0.667	1.104	0.682±0.395
Phosphate phosphorus	(mg/l)	nd	0.044	0.035	nd	nd	nd	nd	0.066	0.018±0.025
ABS	(mg/l)	0.060	0.230	0.050	nd	nd	nd	0.023	0.021	0.048±0.072
Phenol	(mg/l)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
CN	(mg/l)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
As	(mg/l)	—	0.003	0.003	0.003	0.003	0.004	nd	nd	nd
Coliform Group	(MPN/100ml)	280	350	320	390	140	45	16	63	200±141.266
Conductivity	(μS/cm)	189	165	164	182	203	192	263	228	198±31.160

Table 2. Analysis of the Sukchon Lake East 2

Time of Collection		8.16	9.4	9.26	10.24	11.12	11.26	12.10	12.24	Mean±SD
Weather { Appointed day Preceding day		rainy rainy	clear clear	clear clear	clear clear	clear cloudy	clear cloudy	clear cloudy	clear cloudy	
Temperature Water	(°C)	27.5	27.1	24.8	17.5	9.5	5.5	5.5	4.0	15.2±9.595
pH		8.70	8.98	8.10	8.50	7.70	6.90	7.20	7.30	7.9±0.715
Total Alkalinity	(mg/l)	44	44	48	46	76	148	74	66	68±32.672
Total Acidity	(mg/l)	ALK	ALK	3	3	4	3	4	3	3±1.5
Residue on Evaporation	(mg/l)	249	132	134	151	153	187	164	161	166±35.235
Suspended Solid	(mg/l)	7.0	11.5	18.0	28.5	15.0	14.0	3.5	9.2	13.3±7.179
DO	(mg/l)	8.8	11.3	10.3	11.2	9.8	10.4	11.8	11.2	10.6±0.912
BOD	(mg/l)	3.0	3.8	4.8	8.8	3.6	2.4	3.4	2.2	4.0±19.69
COD	(mg/l)	6.8	6.4	9.4	17.6	7.0	6.2	6.8	5.8	8.3±3.677
Soluble matter	(mg/l)	239	110	116	122	137	171	155	149	149±38.886
Sulfate	(mg/l)	19.20	14.72	25.60	69.76	12.80	22.40	29.52	26.96	27.62±16.838
Chloride	(mg/l)	17.73	17.73	17.73	10.64	17.73	17.73	17.73	21.27	17.29±2.766
Total Hardness	(mg/l)	74	77	92	91	93	106	88	92	89±9.333
Ammonia Nitrogen	(mg/l)	0.10	0.004	0.203	0.781	0.437	0.470	0.906	0.563	0.433±0.298
Nitrite Nitrogen	(mg/l)	0.01	0.005	0.006	0.011	0.017	0.009	0.007	0.011	0.009±0.003
Nitrate Nitrogen	(mg/l)	0.056	0.084	0.112	0.224	0.488	0.392	0.616	0.840	0.367±0.263
Total Nitrogen	(mg/l)	0.166	0.093	0.321	1.016	0.942	0.871	1.529	1.414	0.794±0.513
Phosphate phosphorus	(mg/l)	nd	0.018	0.105	nd	nd	0.048	nd	0.011	0.023±0.035
ABS	(mg/l)	0.110	0.210	0.030	0.072	0.189	0.018	0.021	0.042	0.087±0.071
Phenol	(mg/l)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	—
CN	(mg/l)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	—
As	(mg/l)	—	0.015	0.006	0.006	0.007	nd	0.005	nd	—
Coliform Group	(MPN/100ml)	350	540	490	240	330	63	32	80	266±182.907
Conductivity	(μS/cm)	192	166	167	182	220	185	259	237	201±31.820

Table 3. Analysis of the Sukchon Lake East 3

Time of Collection		8.16	9.4	9.26	10.24	11.12	11.26	12.10	12.24	Mean±SD
Weather {	Appointed day									
	Preceding day									
Temperature Water	(°C)	27.6	27.1	24.5	17.2	10.0	6.0	5.5	3.5	15.180±9.543
pH		8.70	8.89	8.15	8.60	7.40	7.20	7.20	7.30	7.93±0.685
Total Alkalinity	(mg/l)	40	50	44	50	68	152	68	68	68±33.656
Total Acidity	(mg/l)	ALK	ALK	4	3	2	4	3	3	2±1.495
Residue on Evaporation	(mg/l)	170	137	146	144	120	180	162	154	152±17.888
Suspended Solid	(mg/l)	19.0	10.0	22.0	18.5	10.0	18.0	1.0	8.0	13±6.694
DO	(mg/l)	9.0	12.0	11.6	11.4	10.2	10.8	11.8	11.0	11±0.924
BOD	(mg/l)	3.6	4.0	4.8	3.6	4.0	2.8	4.4	3.2	3.8±0.6
COD	(mg/l)	6.2	6.4	8.4	9.8	5.6	6.4	6.2	5.8	6.9±1.370
Soluble matter	(mg/l)	151	116	122	124	109	164	160	158	138±20.934
Sulfate	(mg/l)	16.64	24.96	32.00	59.52	16.00	16.00	19.80	23.16	26.01±13.669
Chloride	(mg/l)	14.18	14.18	21.27	17.73	21.27	21.27	14.18	17.73	17.726±3.070
Total Hardness	(mg/l)	75	76	93	92	93	100	104	92	91±9.617
Ammonia Nitrogen	(mg/l)	0.140	0.008	0.250	0.718	0.434	0.590	0.781	0.436	0.419±0.256
Nitrite Nitrogen	(mg/l)	0.010	0.003	0.006	0.011	0.025	0.008	0.007	0.016	0.011±0.006
Nitrate Nitrogen	(mg/l)	0.084	0.084	0.095	0.280	0.560	0.409	0.487	0.644	0.330±0.212
Total Nitrogen	(mg/l)	0.108	0.095	0.351	1.009	1.019	1.007	1.275	1.096	0.745±0.447
Phosphate phosphorus	(mg/l)	0.034	0.050	0.016	nd	nd	0.132	0.011	0.155	0.049±0.057
ABS	(mg/l)	0.110	0.170	0.020	0.038	0.084	0.024	0.013	0.042	0.063±0.051
Phenol	(mg/l)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	—
CN	(mg/l)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	—
As	(mg/l)	—	0.015	0.003	0.004	0.001	nd	nd	nd	—
Coliform Group	(MPN/100ml)	540	490	400	220	92	28	18	110	237±197.317
Conductivity	(μS/cm)	194	169	173	184	226	186	245	231	201±27

Table 4. Analysis of the Sukchon Lake East 4

Time of Collection		8.16	9.4	9.26	10.24	11.12	11.26	12.10	12.24	Mean±SD
Weather {	Appointed day									
	Preceding day									
Temperature Water	(°C)	27.8	26.9	24.5	17.0	10.0	5.6	5.5	4.0	15.2±9.514
pH		8.70	8.89	8.20	8.40	7.60	7.10	7.10	7.30	7.9±0.679
Total Alkalinity	(mg/l)	42	40	48	22	72	148	54	56	60±35.797
Total Acidity	(mg/l)	ALK	ALK	5	4	2	2	2	2	2±1.615
Residue on Evaporation	(mg/l)	181	141	155	97	141	176	149	159	150±24.277
Suspended Solid	(mg/l)	35.0	7.5	1.90	23.5	7.5	15.0	3.5	8.8	14.9±9.820
DO	(mg/l)	9.0	11.8	11.4	11.2	9.6	10.2	11.8	11.2	10.8±0.982
BOD	(mg/l)	2.6	2.8	4.6	3.6	4.0	2.0	3.0	3.2	3.2±0.771
COD	(mg/l)	6.6	6.6	6.8	10.0	6.0	7.0	6.4	6.0	6.9±1.208
Soluble matter	(mg/l)	142	125	137	76	133	160	141	145	132±23.302
Sulfate	(mg/l)	33.92	14.08	32.0	56.96	32.00	19.20	25.60	28.20	30.2±11.949
Chloride	(mg/l)	17.73	14.18	17.73	17.73	17.73	14.18	17.73	14.18	16.399±1.719
Total Hardness	(mg/l)	77	74	93	93	94	101	94	101	91±9.427
Ammonia Nitrogen	(mg/l)	0.060	0.008	0.359	0.531	0.446	0.590	0.781	0.472	0.406±0.244
Nitrite Nitrogen	(mg/l)	0.020	0.006	0.013	0.011	0.015	0.011	0.007	0.021	0.013±0.005
Nitrate Nitrogen	(mg/l)	0.140	0.112	0.168	0.224	0.336	0.392	0.560	0.784	0.339±0.219
Total Nitrogen	(mg/l)	0.220	0.126	0.540	0.766	0.797	0.993	1.348	1.277	0.758±0.419
Phosphate phosphorus	(mg/l)	nd	0.016	0.124	nd	0.034	0.144	0.099	0.055	0.059±0.053
ABS	(mg/l)	0.170	0.250	0.040	nd	nd	nd	0.042	0.063	0.071±0.086
Phenol	(mg/l)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	—
CN	(mg/l)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	—
As	(mg/l)	—	0.015	0.006	0.006	nd	nd	0.002	nd	—
Coliform Group	(MPN/100ml)	700	390	620	340	110	80	54	54	294±244.258
Conductivity	(μS/cm)	200	172	168	185	232	186	254	230	203±29.534

Table 5. Analysis of the Sukchon Lake center

Time of Collection	8.16	9.4	9.26	10.24	11.12	11.26	12.10	12.24	Mean±SD
Weather { Appointed day Preceding day		clear clear	clear clear	clear clear	clear cloudy	clear cloudy	clear cloudy	clear cloudy	
Temperature Water (°C)		27.1	24.0	16.5	9.3	6.0	5.0	4.0	13.1±8.780
pH		9.00	8.40	8.80	7.60	7.30	7.10	7.30	7.9±0.728
Total Alkalinity (mg/l)		44	50	58	72	128	60	60	67±26.027
Total Acidity (mg/l)		ALK	5	3	3	2	2	1	2±1.485
Residue on Evaporation (mg/l)		118	136	132	145	158	155	175	146±17.508
Suspended Solid (mg/l)		16.0	30.0	24.0	9.5	10.0	2.1	11.6	14.7±7.423
DO (mg/l)		11.4	11.0	11.6	9.4	10.4	12.0	11.0	10.9±0.759
BOD (mg/l)		4.0	5.0	4.2	7.2	2.2	3.2	2.2	4.0±1.621
COD (mg/l)		6.2	7.6	11.0	6.0	7.0	6.2	5.8	7.1±1.689
Soluble matter (mg/l)		105	108	106	136	150	152	157	130±21.816
Sulfate (mg/l)		38.40	38.40	78.72	32.00	22.40	46.80	52.50	44.2±16.723
Chloride (mg/l)		14.18	14.18	17.73	21.27	17.73	14.18	17.73	16.71±2.482
Total Hardness (mg/l)		70	91	91	91	86	92	102	89±8.904
Ammonia Nitrogen (mg/l)		0.014	0.218	0.578	0.468	0.580	0.687	0.472	0.431±0.217
Nitrite Nitrogen (mg/l)		0.009	0.016	0.168	0.017	0.009	0.007	0.005	0.033±0.055
Nitrate Nitrogen (mg/l)		0.112	0.168	0.006	0.448	0.308	0.532	0.672	0.321±0.224
Total Nitrogen (mg/l)		0.135	0.402	0.752	0.933	0.897	1.226	1.149	0.784±0.364
Phosphate phosphorus (mg/l)		0.014	0.188	nd	nd	0.420	0.022	0.011	0.094±0.147
ABS (mg/l)		0.210	0.110	nd	nd	nd	0.042	0.023	0.055±0.073
Phenol (mg/l)		nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	—
CN (mg/l)		nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	—
As (mg/l)		nd	0.005	0.006	0.012	0.002	0.004	0.003	—
Coliform Group (MPN/100ml)		460	1800	280	130	94	40	22	404±587.601
Conductivity (μS/cm)		171	174	168	194	166	242	238	193±30.756

Table 6. Analysis of the Sukchon Lake West 1

Time of Collection	8.16	9.4	9.26	10.24	11.12	11.26	12.10	12.24	Mean±SD
Weather { Appointed day Preceding day		rainy rainy	clear clear	clear clear	clear cloudy	clear cloudy	clear cloudy	clear cloudy	
Temperature Water (°C)		28.0	26.5	24.2	16.8	9.0	5.5	5.0	4.0
pH		8.60	8.87	8.35	8.90	8.40	7.40	6.70	7.30
Total Alkalinity (mg/l)		42	48	48	52	60	116	70	60
Total Acidity (mg/l)		ALK	ALK	4	4	2	2	2	4
Residue on Evaporation (mg/l)		133	139	121	124	120	144	126	147
Suspended Solid (mg/l)		7.0	15.0	19.0	34	10	1.0	1.0	4.4
DO (mg/l)		9.2	11.3	11.4	12.2	11.6	10.8	11.4	10.8
BOD (mg/l)		3.6	4.4	5.6	7.6	4.2	2.4	3.4	2.0
COD (mg/l)		6.2	6.0	7.6	10.6	7.2	6.8	6.6	5.8
Soluble matter (mg/l)		124	108	103	92	109	142	125	149
Sulfate (mg/l)		36.48	31.36	32.60	12.80	22.40	28.80	29.30	32.7
Chloride (mg/l)		14.18	21.27	21.27	14.18	21.27	14.18	10.64	21.27
Total Hardness (mg/l)		82	76	82	94	82	83	104	88
Ammonia Nitrogen (mg/l)		0.110	0.011	0.250	0.656	0.156	0.390	0.796	0.327
Nitrite Nitrogen (mg/l)		0.010	0.008	0.009	0.007	0.017	0.011	0.004	0.032
Nitrate Nitrogen (mg/l)		0.123	0.084	0.140	0.168	0.308	0.280	0.364	0.616
Total Nitrogen (mg/l)		0.243	0.103	0.399	0.831	0.481	0.681	1.164	0.975
Phosphate phosphorus (mg/l)		nd	0.084	0.141	nd	0.002	0.144	nd	nd
ABS (mg/l)		0.110	0.250	0.040	0.029	0.531	0.027	0.051	0.051
Phenol (mg/l)		nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
CN (mg/l)		nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
As (mg/l)		—	0.016	0.003	0.006	nd	nd	nd	nd
Coliform Group (MPN/100ml)		320	600	540	160	94	110	62	70
Conductivity (μS/cm)		214	173	174	164	177	161	228	216

Table 7. Analysis of the Sukchon Lake West 2

Time of Collection		8.16	9.4	9.26	10.24	11.12	11.26	12.10	12.24	Mean±SD
Weather { Appointed day Preceding day		rainy rainy	clear clear	clear clear	clear clear	clear cloudy	clear cloudy	clear cloudy	clear cloudy	
Temperature Water	(°C)	28.2	26.5	23.2	17.5	9.0	5.5	5.0	3.5	14.8±9.606
pH		8.70	9.03	8.45	8.90	8.40	7.30	6.90	7.30	8.12±0.774
Total Alkalinity	(mg/l)	38	42	54	58	54	108	72	72	62±20.723
Total Acidity	(mg/l)	ALK	ALK	5	5	1	2	4	5	3±2.107
Residue on Evaporation	(mg/l)	140	116	129	148	125	148	131	149	136±11.552
Suspended Solid	(mg/l)	2.0	2.5	14.0	29.5	10.0	2.0	1.5	6.4	8.5±8.996
DO	(mg/l)	9.0	12.2	12.0	11.2	11.2	10.6	12.4	11.0	11.2±1.020
BOD	(mg/l)	3.0	4.2	6.0	5.6	4.4	2.8	3.2	2.8	4.0±1.187
COD	(mg/l)	6.4	6.0	7.6	7.0	7.4	7.7	7.0	5.0	6.8±0.860
Soluble matter	(mg/l)	134	110	117	117	114	147	129	145	127±13.388
Sulfate	(mg/l)	25.60	37.12	39.04	25.60	25.60	19.20	35.20	36.40	30.47±6.832
Chloride	(mg/l)	24.82	24.82	17.73	17.73	17.73	21.27	17.73	17.73	19.95±3.038
Total Hardness	(mg/l)	83	66	82	91	82	86	92	82	83±7.467
Ammonia Nitrogen	(mg/l)	0.040	0.020	0.250	0.875	0.187	0.280	0.593	0.418	0.333±0.269
Nitrite Nitrogen	(mg/l)	0.010	0.010	0.009	0.007	0.013	0.011	0.007	nd	0.008±0.003
Nitrate Nitrogen	(mg/l)	0.056	0.101	0.112	0.168	0.274	0.280	0.364	0.476	0.229±0.136
Total Nitrogen	(mg/l)	0.106	0.131	0.371	1.050	0.474	0.571	0.964	0.894	0.570±0.344
Phosphate phosphorus	(mg/l)	0.002	0.060	0.235	nd	nd	0.024	0.022	0.055	0.050±0.073
ABS	(mg/l)	0.110	0.230	0.040	nd	0.547	nd	0.051	nd	0.122±0.176
Phenol	(mg/l)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	—
CN	(mg/l)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	—
As	(mg/l)	—	0.016	0.003	0.003	nd	nd	nd	0.001	—
Coliform Group	(MPN/100ml)	400	470	700	230	180	60	20	32	261±227.532
Conductivity	(μS/cm)	212	176	143	165	176	159	217	214	183±26.352

Table 8. Analysis of the Sukchon Lake West 3

Time of Collection		8.16	9.4	9.26	10.24	11.12	11.26	12.10	12.24	Mean±SD
Weather { Appointed day Preceding day		rainy rainy	clear clear	clear clear	clear clear	clear cloudy	clear cloudy	clear cloudy	clear cloudy	
Temperature Water	(°C)	28.1	27.0	24.2	16.8	9.0	5.5	5.0	4.0	14.9±9.687
pH		8.70	8.98	8.40	8.80	8.30	7.40	7.10	7.20	8.11±0.712
Total Alkalinity	(mg/l)	38	40	46	58	60	118	66	68	62±23.779
Total Acidity	(mg/l)	ALK	ALK	6	ALK	2	2	5	4	2±2.233
Residue on Evaporation	(mg/l)	141	128	112	116	122	150	138	136	130±12.288
Suspended Solid	(mg/l)	1.0	5.5	20.0	10.3	10.5	2.5	1.0	4.4	6.9±6.055
DO	(mg/l)	9.6	11.4	12.0	12.0	10.8	10.8	12.2	10.8	11.2±0.819
BOD	(mg/l)	3.2	3.6	5.4	3.6	4.2	2.8	3.2	2.4	3.6±0.865
COD	(mg/l)	6.4	5.6	7.0	7.0	6.0	7.2	6.2	5.4	6.45±0.630
Soluble matter	(mg/l)	138	116	93	107	111	146	140	129	122±17.414
Sulfate	(mg/l)	27.52	28.16	32.00	53.12	12.80	22.40	40.60	43.20	32.48±11.933
Chloride	(mg/l)	21.27	17.73	17.73	17.73	21.27	17.73	14.18	21.27	18.61±2.344
Total Hardness	(mg/l)	82	68	94	88	82	101	84	92	86±9.273
Ammonia Nitrogen	(mg/l)	0.05	0.015	0.193	0.562	0.156	0.270	0.687	0.309	0.280±0.221
Nitrite Nitrogen	(mg/l)	0.010	0.010	0.005	0.007	0.017	0.013	0.004	0.005	0.009±0.004
Nitrate Nitrogen	(mg/l)	0.840	0.084	0.112	0.140	0.336	0.308	0.347	0.504	0.428±0.264
Total Nitrogen	(mg/l)	0.900	0.109	0.310	0.709	0.509	0.591	0.349	0.818	0.536±0.253
Phosphate phosphorus	(mg/l)	nd	0.040	0.286	nd	0.002	0.120	0.022	0.011	0.060±0.093
ABS	(mg/l)	0.180	0.270	0.040	0.152	0.034	0.048	0.013	0.042	0.097±0.086
Phenol	(mg/l)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	—
CN	(mg/l)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	—
As	(mg/l)	—	0.012	0.006	0.005	0.012	0.003	0.002	nd	—
Coliform Group	(MPN/100ml)	390	450	600	230	140	62	35	180	261±187.124
Conductivity	(μS/cm)	211	179	158	165	188	156	203	214	184±21.942

Table 9. Analysis of the Sukchon Lake West 4

Time of Collection		8.16	9.4	9.26	10.24	11.12	11.26	12.10	12.24	Mean±SD
Weather { Appointed day Preceding day		rainy rainy	clear clear	clear clear	clear clear	clear cloudy	clear cloudy	clear cloudy	clear cloudy	
Temperature Water	(°C)	28.1	28.2	24.2	16.7	9.5	5.5	5.0	4.0	15.2±9.841
pH		6.8	8.96	8.35	8.90	8.50	7.50	7.30	7.30	7.9±0.771
Total Alkalinity	(mg/l)	26	42	48	56	60	116	70	70	61±24.919
Total Acidity	(mg/l)	5	ALK	4	ALK	1	2	5	4	3±1.996
Residue on Evaporation	(mg/l)	170	114	116	119	122	161	140	120	133±20.425
Suspended Solid	(mg/l)	9.0	3.5	15.0	16.0	7.5	3.0	1.5	8.4	7.988±5.024
DO	(mg/l)	10.0	10.8	11.2	12.4	11.4	10.8	11.0	11.0	11.1±0.632
BOD	(mg/l)	3.2	2.8	5.2	3.4	4.6	3.4	3.2	2.6	3.9±0.835
COD	(mg/l)	6.6	5.2	6.6	4.8	7.6	7.5	5.8	4.8	6.1±1.059
Soluble matter	(mg/l)	151	108	104	102	114	156	139	117	124±20.208
Sulfate	(mg/l)	30.08	32.64	38.40	37.76	16.00	19.20	36.20	32.30	30.32±7.852
Chloride	(mg/l)	21.27	17.73	21.27	14.18	21.27	17.73	17.73	14.18	18.17±2.767
Total Hardness	(mg/l)	83	72	95	94	94	79	84	84	86±7.664
Ammonia Nitrogen	(mg/l)	0.040	0.015	0.196	0.593	0.156	0.330	0.640	0.327	0.287±0.218
Nitrite Nitrogen	(mg/l)	0.010	0.011	nd	0.009	0.017	0.013	0.007	0.011	0.009±0.004
Nitrate Nitrogen	(mg/l)	0.840	0.168	0.084	0.224	0.252	0.224	0.352	0.448	0.324±0.221
Total Nitrogen	(mg/l)	0.890	0.194	0.280	0.826	0.425	0.567	0.999	0.786	0.620±0.279
Phosphate phosphorus	(mg/l)	nd	0.072	0.216	nd	0.005	0.036	0.022	0.011	0.045±0.068
ABS	(mg/l)	0.130	0.130	0.040	nd	0.029	0.018	0.021	0.042	0.051±0.047
Phenol	(mg/l)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	—
CN	(mg/l)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	—
As	(mg/l)	—	0.003	0.006	0.006	0.004	nd	0.002	nd	—
Coliform Group	(MPN/100ml)	210	400	500	180	160	46	60	140	212±149.107
Conductivity	(μS/cm)	218	179	168	165	182	161	216	18	186±20.985

Table 10. Analysis of the Mongchon Lake 1.

Time of Collection		8.16	9.4	9.26	10.24	11.12	11.26	12.10	12.24	Mean±SD
Weather { Appointed day Preceding day		rainy rainy	rainy clear	clear clear	clear clear	clear cloudy	clear cloudy	clear cloudy	clear cloudy	
Temperature Water	(°C)	27.1	27.5	23.8	16.7	8.5	5.0	5.0	3.5	14.6±9.724
pH		7.60	9.00	9.10	9.80	9.40	9.40	9.40	9.40	9.14±0.622
Total Alkalinity	(mg/l)	28	30	70	70	48	60	46	50	50±15.015
Total Acidity	(mg/l)	3	ALL	ALK	ALK	ALK	ALK	ALK	ALK	—
Residue on Evaporation	(mg/l)	126	150	99	76	62	127	89	97	103±27.321
Suspended Solid	(mg/l)	19.0	8.5	16.0	10.5	2.0	3.0	1.0	7.2	8.4±6.132
DO	(mg/l)	6.4	11.8	16.0	13.4	14.0	13.4	15.4	14.0	13.1±2.785
BOD	(mg/l)	4.0	3.2	1.6	1.0	2.6	2.4	3.4	2.4	2.6±0.907
COD	(mg/l)	4.0	4.0	2.8	2.4	2.4	5.1	4.2	3.6	3.6±0.897
Soluble matter	(mg/l)	105	132	84	65	59	119	87	83	92±23.679
Sulfate	(mg/l)	48.64	18.56	19.84	19.20	19.20	19.20	19.20	19.20	22.9±9.742
Chloride	(mg/l)	28.36	21.27	14.18	21.27	21.27	17.73	21.27	17.73	20.39±3.862
Total Hardness	(mg/l)	51	75	57	75	43	44	43	42	54±13.160
Ammonia Nitrogen	(mg/l)	0.060	0.028	0.046	0.468	0.046	nd	0.140	0.109	0.112±0.140
Nitrite Nitrogen	(mg/l)	0.050	0.013	0.009	0.008	0.017	0.008	0.007	0.005	0.015±0.014
Nitrate Nitrogen	(mg/l)	0.728	0.067	0.224	0.252	0.308	0.196	0.481	0.308	0.321±0.189
Total Nitrogen	(mg/l)	0.838	0.108	0.279	0.728	0.371	0.204	0.628	0.422	0.447±0.243
Phosphate phosphorus	(mg/l)	0.002	0.044	0.963	nd	0.002	0.144	0.022	nd	0.147±0.312
ABS	(mg/l)	0.250	0.210	0.030	nd	0.042	nd	0.042	0.023	0.075±0.092
Phenol	(mg/l)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	—
CN	(mg/l)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	—
As	(mg/l)	—	0.018	0.003	0.006	nd	0.002	nd	nd	—
Coliform Group	(NPN/100ml)	260	2400	630	120	180	27	12	17	456±759.177
Conductivity	(μS/cm)	138	212	109	121	134	109	160	193	147±35.924

Table 11. Analysis of the Mongchon Lake 2.

Time of Collection		8.16	9.4	9.26	10.24	11.12	11.26	12.10	12.24	Mean±SD
Weather { Appointed day Preceding day		rainy rainy	clear clear	clear clear	clear clear	clear cloudy	clear cloudy	clear cloudy	clear cloudy	
Temperature Water	(°C)	26.4	28.0	22.3	15.8	8.5	5.0	5.0	3.5	14.3±9.511
pH		7.70	8.80	8.80	9.80	9.60	9.40	9.60	9.40	9.14±0.642
Total Alkalinity	(mg/l)	26	32	74	72	50	54	48	46	50±15.794
Total Acidity	(mg/l)	4	ALK	ALK	ALK	ALK	ALK	ALK	ALK	—
Residue on Evaporation	(mg/l)	180	134	65	54	92	101	92	112	104±37.178
Suspended Solid	(mg/l)	19.6	10.5	15.0	13.0	15.0	1.5	1.0	10.4	22.9±30.519
DO	(mg/l)	6.0	10.6	11.8	12.4	14.2	13.4	16.2	14.2	12.5±2.903
BOD	(mg/l)	4.4	2.6	1.8	1.0	3.0	2.2	3.8	2.4	2.7±1.014
COD	(mg/l)	5.2	3.8	3.2	1.8	2.6	4.9	3.8	3.2	3.6±1.053
Soluble matter	(mg/l)	81	113	51	42	76	98	89	95	80±22.411
Sulfate	(mg/l)	42.88	16.00	19.84	25.60	19.20	19.20	25.60	25.60	24.2±7.835
Chloride	(mg/l)	21.27	24.82	10.64	17.73	17.73	28.36	17.73	21.73	20.00±5.010
Total Hardness	(mg/l)	44	72	58	88	50	48	50	52	58±13.944
Ammonia Nitrogen	(mg/l)	0.030	0.013	0.171	0.468	nd	nd	0.328	0.145	0.144±0.162
Nitrite Nitrogen	(mg/l)	0.050	0.017	0.009	0.011	0.013	0.007	0.007	0.021	0.017±0.013
Nitrate Nitrogen	(mg/l)	0.420	0.364	0.347	0.252	0.196	0.168	0.347	0.280	0.297±0.082
Total Nitrogen	(mg/l)	0.500	0.394	0.527	0.731	0.209	0.175	0.682	0.446	0.458±0.186
Phosphate phosphorus	(mg/l)	0.005	0.072	0.540	nd	0.005	0.180	nd	0.033	0.104±0.174
ABS	(mg/l)	0.060	0.170	0.130	0.051	0.021	nd	0.042	0.051	0.066±0.053
Phenol	(mg/l)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	—
CN	(mg/l)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	—
As	(mg/l)	—	0.019	0.001	0.004	0.004	0.002	0.002	nd	—
Coliform Group	(MPN/100ml)	500	1800	620	130	110	92	16	20	398±572.942
Conductivity	(μS/cm)	153	185	10	114	124	110	157	196	144±32.237

Table 12. Analysis of the Mongchon Lake 3.

Time of Collection		8.16	9.4	9.26	10.24	11.12	11.26	12.10	12.24	Mean±SD
Weather { Appointed day Preceding day		rainy rainy	clear clear	clear clear	clear clear	clear cloudy	clear cloudy	clear cloudy	clear cloudy	
Temperature Water	(°C)	28.0	28.0	22.6	15.2	8.8	5.0	5.0	3.0	14.5±9.848
pH		7.50	8.60	8.85	9.70	8.90	9.10	9.80	9.50	8.99±0.692
Total Alkalinity	(mg/l)	22	24	72	70	66	54	62	66	55±18.888
Total Acidity	(mg/l)	2	3	ALK	ALK	ALK	ALK	ALK	ALK	—
Residue on Evaporation	(mg/l)	80	142	95	106	82	164	97	104	109±27.517
Suspended Solid	(mg/l)	6.0	10.5	17.0	8.0	2.0	3.5	2.0	4.8	6.7±4.753
DO	(mg/l)	6.6	11.4	12.8	13.2	13.8	14.4	14.0	13.8	12.5±2.394
BOD	(mg/l)	3.2	2.2	2.0	0.6	3.0	2.8	3.0	3.4	2.5±0.854
COD	(mg/l)	4.2	4.4	2.8	2.2	4.6	6.6	2.6	3.4	3.7±1.382
Soluble matter	(mg/l)	72	120	79	99	80	161	98	93	100±26.925
Sulfate	(mg/l)	42.24	21.12	25.60	24.32	28.80	25.60	22.40	19.40	26.19±6.659
Chloride	(mg/l)	17.73	21.27	14.18	24.82	24.82	17.73	21.73	17.73	20.00±3.543
Total Hardness	(mg/l)	42	74	88	91	60	59	60	60	67±15.417
Ammonia Nitrogen	(mg/l)	0.050	0.007	0.234	0.515	0.031	0.030	0.265	0.109	0.155±0.163
Nitrite Nitrogen	(mg/l)	0.060	0.020	0.009	0.009	0.017	0.009	0.009	0.005	0.039±0.006
Nitrate Nitrogen	(mg/l)	0.560	0.532	0.448	0.280	0.364	0.252	0.392	0.360	0.398±0.103
Total Nitrogen	(mg/l)	0.670	0.559	0.691	0.804	0.412	0.291	0.666	0.474	0.570±0.158
Phosphate phosphorus	(mg/l)	0.016	0.092	0.529	nd	0.016	0.204	nd	nd	0.107±0.173
ABS	(mg/l)	0.130	0.150	0.160	nd	0.029	nd	0.021	nd	0.061±0.067
Phenol	(mg/l)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	—
CN	(mg/l)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	—
As	(mg/l)	—	0.016	0.007	0.013	0.004	0.003	0.002	nd	—
Coliform Group	(MPN/100ml)	790	1,200	790	350	160	140	14	35	435±409.938
Conductivity	(μS/cm)	135	196	115	127	135	128	155	157	144±23.822

Table 13. Analysis of the Mongchon Lake 4.

Time of Collection		8. 16	9. 4	9. 26	10. 24	11. 12	11. 26	12. 10	12. 24	Mean±SD
Weather {	Appointed day	rainy	clear	clear	clear	clear	clear	clear	clear	
	Preceding day	rainy	clear	clear	clear	cloudy	cloudy	cloudy	cloudy	
Temperature Water	(°C)	28.4	28.7	22.4	15.5	8.0	5.0	6.0	3.5	14.7±9.878
pH		7.40	8.50	8.00	9.70	9.20	9.10	9.80	9.30	8.9±0.787
Total Alkalinity	(mg/l)	26	28	68	74	70	46	68	70	56±18.666
Total Acidity	(mg/l)	5	ALK	ALK	ALK	ALK	ALK	ALK	ALK	—
Residue on Evaporation	(mg/l)	143	113	101	94	110	144	67	83	107±25.226
Suspended Solid	(mg/l)	18.0	12.0	11.0	2.5	2.0	4.5	3.0	6.0	7.4±5.355
DO	(mg/l)	5.8	11.0	12.6	12.4	13.8	14.6	13.4	14.4	12.3±2.673
BOD	(mg/l)	4.0	2.6	2.2	1.4	3.4	3.6	4.0	2.6	3.0±0.869
COD	(mg/l)	3.6	5.0	3.0	2.0	7.4	6.6	3.4	2.4	4.2±1.842
Soluble matter	(mg/l)	121	88	91	93	106	138	63	83	98±21.843
Sulfate	(mg/l)	32.64	16.00	26.24	18.56	25.60	25.60	25.60	20.80	24.88±4.972
Chloride	(mg/l)	21.27	17.73	14.18	17.73	31.91	28.36	24.82	21.73	22.97±5.811
Total Hardness	(mg/l)	45	74	87	88	105	61	98	105	83±20.134
Ammonia Nitrogen	(mg/l)	0.056	0.036	0.115	0.609	nd	0.070	0.343	0.072	0.162±0.195
Nitrite Nitrogen	(mg/l)	0.060	0.027	0.006	0.014	0.033	0.016	0.007	0.016	0.022±0.017
Nitrate Nitrogen	(mg/l)	0.672	0.593	0.812	0.504	0.728	0.448	0.369	0.336	0.558±0.161
Total Nitrogen	(mg/l)	0.788	0.656	0.933	1.127	0.761	0.534	0.719	0.424	0.742±0.206
Phosphate phosphorus	(mg/l)	0.006	nd	0.846	0.071	0.071	0.336	nd	0.074	0.176±0.273
ABS	(mg/l)	0.290	0.170	0.100	0.126	0.055	0.015	0.042	0.055	0.107±0.084
Phenol	(mg/l)	nd	nd	0.003	nd	nd	nd	nd	nd	—
CN	(mg/l)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	—
As	(mg/l)	—	0.012	0.005	0.010	nd	nd	nd	nd	—
Coliform Group	(MPN/100ml)	450	1,600	2,000	790	220	90	18	26	649±713.433
Conductivity	(μS/cm)	134	233	136	155	188	156	156	157	164±30.162

Table 14. Analysis of the Mongchon Lake 5.

Time of Collection		8. 16	9. 4	9. 26	10. 24	11. 12	11. 26	12. 10	12. 24	Mean±SD
Weather {	Appointed day	rainy		clear	clear	clear	clear	clear	clear	
	Preceding day	rainy		clear	clear	cloudy	cloudy	cloudy	cloudy	
Temperature Water	(°C)	28.0		23.0	16	8.0	5.0	6.0	3.5	12.8±8.950
pH		7.30		8.80	8.70	8.70	9.20	9.40	9.20	8.76±0.640
Total Alkalinity	(mg/l)	18		72	68	76	140	76	74	74±33.813
Total Acidity	(mg/l)	3		ALK	ALK	ALK	ALK	ALK	ALK	—
Residue on Evaporation	(mg/l)	145		167	159	230	284	251	192	204±48.261
Suspended Solid	(mg/l)	23.0		18.0	18.0	11.0	1.0	1.0	6.4	11.2±8.132
DO	(mg/l)	4.4		10.6	10.6	15.0	14.8	23.0	18.2	13.8±5.546
BOD	(mg/l)	3.0		3.0	4.0	3.0	3.4	5.6	5.6	3.9±1.099
COD	(mg/l)	3.2		3.0	5.2	8.0	6.8	6.8	7.0	5.7±1.820
Soluble matter	(mg/l)	117		151	139	218	280	250	179	190±56.129
Sulfate	(mg/l)	51.20		38.40	18.56	25.60	22.40	19.20	25.60	28.7±11.034
Chloride	(mg/l)	24.82		17.73	38.09	40.09	17.73	38.99	40.09	31.21±9.878
Total Hardness	(mg/l)	44		88	76	110	67	110	112	87±24.064
Ammonia Nitrogen	(mg/l)	0.060		0.053	0.500	0.140	nd	0.375	0.109	0.176±0.173
Nitrite Nitrogen	(mg/l)	0.070		0.076	0.079	0.083	0.061	0.040	0.100	0.073±0.017
Nitrate Nitrogen	(mg/l)	0.980		1.848	1.960	2.128	2.352	2.632	1.960	1.980±0.478
Total Nitrogen	(mg/l)	1.110		1.977	2.539	2.351	2.413	3.047	2.169	2.229±0.552
Phosphate Phosphorus	(mg/l)	0.002		1.692	0.141	0.141	0.288	0.022	0.055	0.367±0.600
ABS	(mg/l)	0.130		0.030	0.076	0.059	0.074	0.042	0.072	0.069±0.029
Phenol	(mg/l)	nd		nd	nd	nd	nd	nd	nd	—
CN	(mg/l)	nd		nd	nd	nd	nd	nd	nd	—
As	(mg/l)	—		0.004	0.016	nd	0.003	nd	0.002	—
Coliform Group	(MPN/100ml)	600		2,800	1,800	450	180	390	33	893±944.334
Conductivity	(μS/cm)	133		225	241	374	318	446	425	309±106.359

Table 15. Analysis of the Mongchon Lake 6.

Time of Collection		8.16	9.4	9.26	10.24	11.12	11.26	12.10	12.24	Mean±SD
Weather { Appointed day Preceding day		rainy rainy		clear clear	clear clear	clear cloudy	clear cloudy	clear cloudy	clear cloudy	
Temperature Water	(°C)	27.8		23.0	15.3	7.8	5.0	5.0	3.5	12.5±9.006
pH		7.40		8.40	9.30	8.60	9.20	9.80	9.20	8.84±0.729
Total Alkalinity	(mg/l)	20		68	75	52	102	54	50	60±23.461
Total Acidity	(mg/l)	3		ALK	ALK	ALK	ALK	ALK	ALK	—
Residue on Evaporation	(mg/l)	193		86	128	136	187	71	114	130±42.974
Suspended Solid	(mg/l)	34.0		15.0	4.0	2.0	4.0	1.0	10.4	10.1±10.811
DO	(mg/l)	5.8		11.0	12.4	13.8	14.2	1.0	15.0	10.9±4.049
BOD	(mg/l)	4.8		1.8	1.4	4.6	3.2	3.6	4.2	3.4±1.235
COD	(mg/l)	4.4		3.4	2.8	7.4	7.5	3.4	2.8	4.5±1.913
Soluble matter	(mg/l)	151		73	126	134	180	69	110	120±37.228
Sulfate	(mg/l)	42.88		32.00	37.12	19.20	25.60	22.40	19.20	28.34±8.550
Chloride	(mg/l)	24.82		21.27	31.91	38.99	28.36	31.90	31.91	29.88±5.309
Total Hardness	(mg/l)	46		57	78	77	78	72	70	68±11.373
Ammonia Nitrogen	(mg/l)	0.056		0.171	0.546	nd	0.110	0.125	0.145	0.165±0.164
Nitrite Nitrogen	(mg/l)	0.080		0.066	0.039	0.042	0.030	0.004	0.011	0.039±0.025
Nitrate Nitrogen	(mg/l)	0.840		1.288	1.344	1.288	1.036	0.380	0.336	0.930±0.397
Total Nitrogen	(mg/l)	0.976		1.525	1.929	1.330	1.176	0.509	0.492	1.133±0.485
Phosphate phosphorus	(mg/l)	0.015		0.799	0.082	0.025	0.144	nd	0.055	0.160±0.265
ABS	(mg/l)	0.040		0.180	nd	0.021	nd	0.023	nd	0.030±0.059
Phenol	(mg/l)	nd		nd	nd	nd	nd	nd	nd	—
CN	(mg/l)	nd		nd	nd	nd	nd	nd	nd	—
As	(mg/l)	—		0.004	0.012	nd	nd	0.002	nd	—
Coliform Group	(MPN/100ml)	700		2,100	1,600	260	47	79	180	709±760.209
Conductivity	(μS/cm)	148		165	189	251	201	158	153	181±33.851

Table 16. Analysis of the Regatta course 1.

Time of Collection		8.16	9.4	9.26	10.24	11.12	11.26	12.10	12.24	Mean±SD
Weather { Appointed day Preceding day		rainy rainy	clear clear	clear clear	clear clear	clear cloudy	clear cloudy	clear cloudy	clear cloudy	
Temperature Water	(°C)	26.0	25.5	19.7	14.6	7.8	4.0	5.0	4.0	13.3±8.838
pH		8.00	8.50	8.70	8.60	7.40	7.30	7.20	7.40	7.89±0.597
Total Alkalinity	(mg/l)	15	30	54	48	42	80	40	42	44±17.582
Total Acidity	(mg/l)	4	4	3	5	2	1	2	3	3±1.225
Residue on Evaporation	(mg/l)	135	118	90	72	76	98	82	86	95±20.316
Suspended Solid	(mg/l)	21.0	9.0	22.0	5.0	5.0	2.5	1.5	6.8	9.1±7.485
DO	(mg/l)	9.4	9.6	9.8	10.4	11.6	12.0	13.0	12.0	11.0±1.259
BOD	(mg/l)	2.8	2.0	3.0	0.6	2.6	3.0	2.4	2.8	2.4±0.748
COD	(mg/l)	4.2	4.4	3.8	2.6	3.6	4.0	3.6	2.4	3.6±0.674
Soluble matter	(mg/l)	110	99	71	68	70	97	80	76	84±14.878
Sulfate	(mg/l)	19.20	16.00	15.40	19.20	19.20	19.20	28.20	22.40	19.9±3.751
Chloride	(mg/l)	17.73	21.27	28.36	17.73	14.18	17.73	17.73	14.18	18.61±4.249
Total Hardness	(mg/l)	57	57	68	47	47	54	47	49	53±6.906
Ammonia Nitrogen	(mg/l)	0.050	0.008	0.271	0.671	0.125	0.060	0.312	0.181	0.210±0.201
Nitrite Nitrogen	(mg/l)	0.010	0.005	nd	0.011	0.013	0.007	0.004	0.016	0.008±0.005
Nitrate Nitrogen	(mg/l)	0.056	0.123	0.151	0.224	0.252	0.140	0.145	0.168	0.157±0.056
Total Nitrogen	(mg/l)	0.116	0.136	0.422	0.906	0.390	0.207	0.461	0.365	0.375±0.235
Phosphate phosphorus	(mg/l)	nd	0.076	0.470	nd	nd	0.036	nd	nd	0.073±0.152
ABS	(mg/l)	0.210	0.130	0.080	nd	nd	0.024	0.013	0.021	0.060±0.071
Phenol	(mg/l)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	—
CN	(mg/l)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	—
As	(mg/l)	—	0.016	0.011	0.011	nd	0.006	0.005	nd	—
Coliform Group	(MPN/100ml)	1100	120	280	140	70	350	45	18	265±333.309
Conductivity	(μS/cm)	146	139	109	104	121	99	137	136	124±16.885

Table 17. Analysis of the Regatta course 2

Time of Collection		8.16	9.4	9.26	10.24	11.12	11.26	12.10	12.24	Mean±SD
Weather { Appointed day Preceding day		rainy rainy	clear clear	clear clear	clear clear	clear cloudy	clear cloudy	clear cloudy	clear cloudy	
Temperature Water	(°C)	26.0	25.5	19.8	14.2	7.5	4.0	5.0	3.8	13.2±8.891
pH		8.50	8.30	8.70	8.50	7.70	7.20	7.30	7.30	7.94±0.587
Total Alkalinity	(mg/l)	19	40	52	54	42	82	42	44	47±16.549
Total Acidity	(mg/l)	2	3	2	4	2	2	2	1	2±0.829
Residue on Evaporation	(mg/l)	127	93	97	63	65	91	75	99	89±19.607
Suspended Solid	(mg/l)	22.0	5.0	22.0	11.0	4.5	4.0	1.5	8.8	9.9±7.531
DO	(mg/l)	9.0	10.2	10.0	10.4	11.6	12.0	13.4	12.8	11.2±1.419
BOD	(mg/l)	2.0	2.4	3.0	0.8	2.4	2.6	3.2	2.6	2.4±0.689
COD	(mg/l)	4.2	5.2	3.6	2.0	5.2	3.8	3.4	2.4	3.7±1.086
Soluble matter		103	87	76	52	60	86	76	83	78±15.012
Sulfate	(mg/l)	33.92	12.16	21.12	22.4	12.80	19.20	16.00	12.80	18.8±6.810
Chloride	(mg/l)	17.73	17.73	31.91	14.18	17.73	17.73	17.73	14.18	18.62±5.244
Total Hardness	(mg/l)	55	66	68	51	50	49	51	50	55±7.141
Ammonia Nitrogen	(mg/l)	0.03	0.026	0.218	0.265	0.156	0.050	0.421	0.072	0.155±0.131
Nitrite Nitrogen	(mg/l)	0.01	0.006	0.006	0.007	0.003	0.004	0.004	nd	0.005±0.003
Nitrate Nitrogen	(mg/l)	0.028	0.090	0.112	0.168	0.168	0.084	0.212	0.224	0.136±0.064
Total Nitrogen	(mg/l)	0.068	0.122	0.336	0.440	0.327	0.138	0.637	0.296	0.295±0.175
Phosphate phosphorus	(mg/l)	0.007	0.004	1.057	0.059	0.017	0.029	nd	nd	0.147±0.335
ABS	(mg/l)	0.150	0.130	0.210	0.029	nd	0.063	0.021	0.055	0.065±0.066
Phenol	(mg/l)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	—
CN	(mg/l)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	—
As	(mg/l)	—	0.012	0.011	0.004	nd	0.003	nd	nd	—
Coliform Group	(MPN/100ml)	1600	140	260	62	63	26	26	16	274±506.886
Conductivity	(µS/cm)	145	135	107	104	121	96	132	137	108±40.441

Table 18. Analysis of the Regatta course 3.

Time of Collection		8.16	9.4	9.26	10.24	11.12	11.26	12.10	12.24	Mean±SD
Weather { Appointed day Preceding day		rainy rainy	clear clear	clear clear	clear clear	clear cloudy	clear cloudy	clear cloudy	clear cloudy	
Temperature Water	(°C)	26.3	25.5	20.3	14.5	7.5	4.0	4.0	3.5	13.2±9.157
pH		8.30	8.30	8.80	8.50	7.70	7.30	7.30	7.30	7.94±0.570
Total Alkalinity	(mg/l)	20	36	50	42	42	80	38	40	44±15.929
Total Acidity	(mg/l)	3	4	4	3	2	2	2	3	3±0.781
Residue on Evaporation	(mg/l)	100	81	89	74	68	96	82	73	83±10.635
Suspended Solid	(mg/l)	9.0	3.5	21.0	8.0	8.5	2.5	1.0	6.4	7.5±5.812
DO	(mg/l)	8.2	9.8	10.4	10.6	12.0	12.2	13.0	12.4	11.1±1.506
BOD	(mg/l)	2.0	2.0	2.8	1.8	2.4	2.6	3.0	2.8	2.4±0.418
COD	(mg/l)	4.2	5.0	3.6	2.2	5.0	4.5	3.4	2.4	3.8±1.015
Soluble matter	(mg/l)	88	74	70	68	61	93	80	71	76±10.001
Sulfate	(mg/l)	30.08	31.36	16.00	44.16	12.80	19.20	12.80	16.00	20.935±12.693
Chloride	(mg/l)	14.18	14.18	24.82	17.73	14.18	21.27	14.18	17.73	17.28±3.735
Total Hardness	(mg/l)	66	46	76	50	59	53	46	46	55±10.305
Ammonia Nitrogen	(mg/l)	0.020	0.035	0.234	0.281	0.068	0.060	0.265	0.072	0.129±0.103
Nitrite Nitrogen	(mg/l)	0.010	0.008	0.013	0.009	0.013	0.006	nd	0.008	0.008±0.004
Nitrate Nitrogen	(mg/l)	0.028	0.084	0.179	0.168	0.185	0.084	0.151	0.196	0.134±0.057
Total Nitrogen	(mg/l)	0.058	0.127	0.426	0.458	0.266	0.150	0.416	0.276	0.272±0.141
Phosphate phosphorus	(mg/l)	nd	nd	0.035	nd	nd	0.060	0.060	0.062	0.019±0.026
ABS	(mg/l)	0.210	0.150	nd	0.135	0.021	0.030	0.042	0.042	0.079±0.071
Phenol	(mg/l)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	—
CN	(mg/l)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	—
As	(mg/l)	—	0.012	0.014	0.006	nd	0.003	0.002	nd	—
Coliform Group	(MPN/100ml)	1400	180	210	280	54	22	14	21	273±436.512
Conductivity	(µS/cm)	141	133	105	104	115	97	129	136	120±15.740

Table 19. Analysis of the Regatta course 4.

Time of Collection		8.16	9.4	9.26	10.24	11.12	11.26	12.10	12.24	Mean±SD
Weather {	Appointed day									
	Preceding day									
Temperature Water	(°C)	26.5	25.8	20.1	14.3	7.5	4.0	4.0	4.0	13.3±9.157
pH		8.30	8.40	8.80	8.60	7.30	7.30	7.40	7.30	7.93±0.616
Total Alkalinity	(mg/l)	21	40	48	44	40	84	42	40	45±16.549
Total Acidity	(mg/l)	4	3	4	4	1	2	2	3	3±1.053
Residue on Evaporation	(mg/l)	107	87	86	74	58	105	69	75	83±16.007
Suspended Solid	(mg/l)	10.0	6.0	22.0	5.0	2.0	3.5	1.0	6.8	7.0±6.248
DO	(mg/l)	8.2	9.8	10.4	10.6	12.2	12.4	13.4	12.0	11.1±1.575
BOD	(mg/l)	2.2	2.0	2.6	0.6	2.2	2.4	2.8	2.4	2.2±0.630
COD	(mg/l)	3.4	5.2	3.4	2.4	5.0	4.5	3.8	2.6	2.8±0.875
Soluble matter	(mg/l)	90	80	66	70	54	100	68	62	74±14.263
Sulfate	(mg/l)	27.52	21.12	19.20	50.56	16.00	16.00	19.20	19.20	23.60±10.735
Chloride	(mg/l)	14.18	17.73	38.99	14.18	17.73	17.73	14.18	17.73	19.06±7.711
Total Hardness	(mg/l)	56	66	77	43	51	50	50	51	36±10.186
Ammonia Nitrogen	(mg/l)	0.02	0.026	0.256	0.156	0.078	nd	0.171	0.054	0.095±0.084
Nitrite Nitrogen	(mg/l)	0.01	0.006	0.013	0.007	0.013	0.004	nd	0.005	0.007±0.004
Nitrate Nitrogen	(mg/l)	0.028	0.067	0.140	0.140	0.224	0.028	0.168	0.140	0.117±0.065
Total Nitrogen	(mg/l)	0.058	0.099	0.409	0.303	0.315	0.032	0.339	0.199	0.219±0.133
Phosphate phosphorus	(mg/l)	nd	0.006	0.540	nd	nd	0.072	nd	0.033	0.081±0.175
ABS	(mg/l)	0.610	0.210	0.020	0.097	0.094	0.046	0.013	0.042	0.142±0.187
Phenol	(mg/l)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	—
CN	(mg/l)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	—
As	(mg/l)	—	0.015	0.014	0.012	nd	0.002	0.003	nd	—
Coliform Group	(MPN/100ml)	1800	110	120	110	49	24	13	45	284±574.357
Conductivity	(µS/cm)	142	135	102	103	115	97	131	135	120±16.666

Table 20. Analysis of the Regatta course 5.

Time of Collection		8.16	9.4	9.26	10.24	11.12	11.26	12.10	12.24	Mean±SD
Weather {	Appointed day		clear	clear	clear	clear	clear	clear	clear	
	Preceding day		clear	clear	clear	cloudy	cloudy	cloudy	cloudy	
Temperature Water	(°C)	25.6	20.2	14.3	7.5	4.0	5.0	4.0	4.0	11.5±8.045
pH		8.50	8.75	8.60	7.90	7.30	7.40	7.30	7.30	7.96±0.599
Total Alkalinity	(mg/l)	30	42	44	34	82	42	42	42	45±15.779
Total Acidity	(mg/l)	4	3	3	2	2	2	2	2	3±0.728
Residue on Evaporation	(mg/l)	80	81	80	63	102	83	78	81	81±10.556
Suspended Solid	(mg/l)	4.0	16.0	7.5	1.5	4.5	2.0	6.4	6.4	5.9±4.549
DO	(mg/l)	9.8	16.2	10.4	12.0	12.2	12.8	13.2	11.5	11.5±1.259
BOD	(mg/l)	2.2	2.6	1.0	2.6	2.2	3.0	3.0	3.0	2.4±0.636
COD	(mg/l)	5.2	3.0	2.2	4.0	4.5	3.4	2.6	2.6	3.6±0.991
Soluble matter	(mg/l)	75	65	72	61	97	81	67	67	74±11.225
Sulfate	(mg/l)	14.08	19.20	12.16	16.00	19.20	12.60	16.00	16.00	15.61±2.656
Chloride	(mg/l)	17.73	60.27	17.73	17.73	17.73	17.73	17.73	17.73	23.807±14.886
Total Hardness	(mg/l)	66	100	50	50	48	48	46	46	58±18.124
Ammonia Nitrogen	(mg/l)	0.048	0.306	0.256	0.046	0.080	0.390	0.080	0.080	0.172±0.131
Nitrite Nitrogen	(mg/l)	0.006	0.019	0.006	0.013	0.006	0.004	0.016	0.016	0.010±0.005
Nitrate Nitrogen	(mg/l)	0.084	0.224	0.112	0.168	0.045	0.173	0.168	0.168	0.139±0.057
Total Nitrogen	(mg/l)	0.138	0.549	0.374	0.227	0.131	0.567	0.264	0.264	0.321±0.167
Phosphate phosphorus	(mg/l)	nd	0.587	nd	nd	0.036	nd	0.033	0.033	0.094±0.202
ABS	(mg/l)	0.210	0.110	0.219	0.118	0.027	0.021	nd	nd	0.101±0.083
Phenol	(mg/l)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	—
CN	(mg/l)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	—
As	(mg/l)	0.015	0.011	0.012	nd	0.003	nd	nd	nd	—
Coliform Group	(MPN/100ml)	130	160	92	45	33	180	220	220	123±64.609
Conductivity	(µS/cm)	137	107	103	117	99	136	138	138	120±15.927

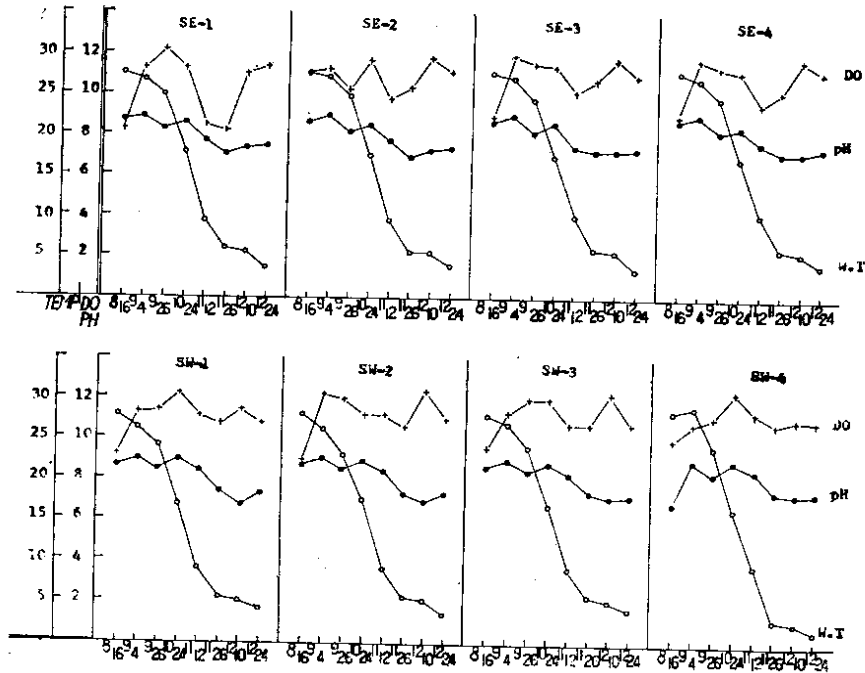


Fig. 4. Variation of water temperature (W.T °C), dissolved oxygen (DO mg/l) and pH of Sukchon Lake (from August to December 1986)

~7.3으로 가장 낮았으며 地點間的 濃度差는 0.6으로 最高値에 비해 조금 크게 나타났다. 東湖와 西湖의 pH 變化를 보면 東湖에서는 8月~10月까지 pH 8.1~8.9, 西湖에서는 8月~11月까지 pH 8.3~9.03으로 東湖에 비해 높았으며 모든 測定地點에서 11月以後부터 pH가 점차 安定되어지는 影響을 나타내었다. 이는 Phytoplankton의 增殖으로 Chlorophyll의 光合成作用에 의한 水中 HCO_3^- , CO_3^{2-} 이온의 消費에 따른 pH濃度上昇現象과 關連하여 水溫의 低下에 따라 Chlorophyll의 生長과 增殖量에 相關關係가 있는 것으로 思料된다. 夢村湖水의 平均 pH範圍를 表 10~16에서 보면 pH $8.76 \pm 0.640 \sim 9.14 \pm 0.642$ 로 石村湖水의 平均値보다 높게 나타났으며 M. 2地點에서 pH 9.14 ± 0.642 로 가장 높았고 M. 5地點에서 pH 8.76 ± 0.640 로 가장 낮은 平均値를 나타내었다.

圖 5는 夢村湖水의 地點別, 採水日別 pH, DO, 水溫의 變化를 나타내었다. 圖에서 最高, 最低値는 M. 1, M. 2地點(10月 24日) 및 M. 3, M. 4地點(12月 24日)에서 pH 9.8로 가장 높았으며 8月以後 M. 4, M. 6地點(9月 26日)을 除外한 모든 地點에서 湖水 水質環境基準을 超過하였으며 最低値는 모든 地點에서 潭水한 期間이 얼마지나지 않은 8月 6日에서 pH 7.3~7.7의 範圍를 보였고 M. 5地點의 7.3이 가장 낮았다. 各 地點別, 採水日別 pH의 變化曲線은 비슷한 樣相을 보였으

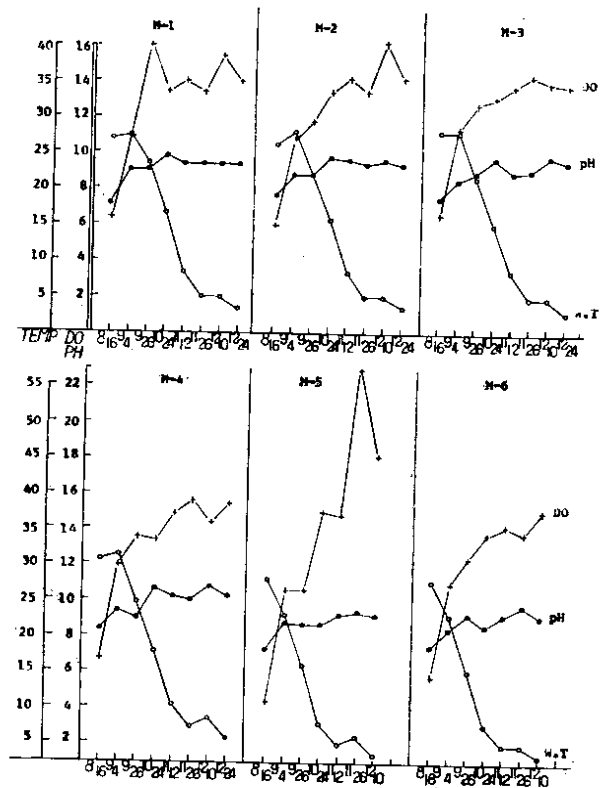


Fig. 5. Variation of water temperature (W.T °C), dissolved oxygen (DO mg/l) and pH of Mongchon Lake (from August to December 1986)

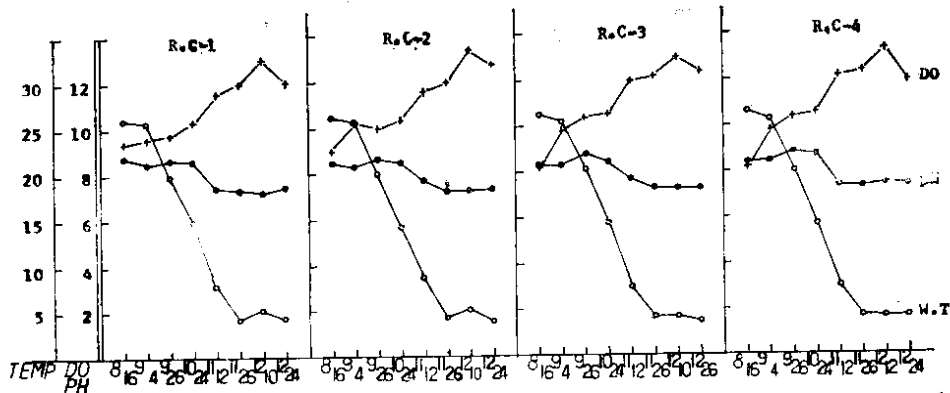


Fig. 6. Variation of water temperature (W.T. °C), dissolved oxygen (DO mg/l) and pH of Olympic Regatta Course (from August to December 1986)

며 石村湖水에 비해 높은 알카리성으로 나타났다. 이는 採水現場에서 確認한 바 있는 過多한 Phytoplankton의 影響으로 思料된다.

漕艇競技場의 平均 pH範圍를 表 17~21에서 보면 pH $7.89 \pm 0.579 \sim 7.96 \pm 0.599$ 로 石村湖水나 夢村湖水에 비해 多少 낮았으나 韓¹⁵⁾ 등이 報告한 덕소의 年平均 pH 7.05보다 높게 나타났으며 모든 地點의 平均值가 비슷한 濃度를 보였으나 R.C 5地點이 가장 높았으며 R.C 1地點이 가장 낮은 平均值를 보였다.

圖 6은 漕艇競技場의 pH, DO, 水溫의 變化를 나타

내었다. 圖에서 보면 R.C 3, R.C 4地點(9月 26日)에서 pH 8.8로 最高値를 보였고 모든 地點에서 11月부터 pH가 低下되며 安定되는 樣相을 보였으며 앞의 두湖水보다 낮은 pH濃度値를 보였다.

2. DO

DO의 地點別, 採水日別 溶存酸素飽和率은 表 21과 같다. 表에서 石村湖水의 飽和率을 보면 10月以前에는 모든 地點에서 100% 以上の 過飽和率을 나타내었으나 11月以後부터 水溫의 降下와 더불어 飽和率이 100% 以下로 점차 減少되었으며 가장 높은 飽和率은

Table 21. DO saturation rate of sampling sites.

Rate : %

Lake	Site	S.E 1							
Sukchon	Date	8.16	9.4	9.26	10.24	11.12	11.26	12.10	12.24
	Rate	104.0	140.9	146.7	117.8	70.8	65.9	87.5	85.9
	Site	S.E 4							
	Rate	115.1	148.6	137.0	116.0	85.0	81.3	93.9	80.1
	Site	S.W 2							
	Rate	114.8	152.1	141.0	117.3	96.9	83.1	97.3	82.9
Mongchon	Site	M 1							
	Rate	80.6	149.7	189.6	138.0	119.8	105.1	120.8	105.5
	Site	M 4							
	Rate	74.5	143.9	145.2	126.0	116.7	114.5	117.5	107.8
Regatta course	Site	R.C 1							
	Rate	116.2	118.4	106.5	102.4	100.8	91.7	101.9	91.7
	Site	R.C 4							
	Rate	102.2	121.6	114.7	103.8	101.8	94.7	102.5	91.7

Lake	Site	S.E 2							
Sukchon	Date	8. 16	9. 4	9. 26	10. 24	11. 12	11. 26	12. 10	12. 24
	Rate	111. 7	142. 1	123. 1	117. 3	97. 9	82. 7	93. 9	85. 6
	Site	S.C							
	Rate	—	143. 2	130. 9	118. 9	81. 9	86. 5	94. 1	94. 1
	Site	S.W 3							
	Rate	122. 8	143. 4	143. 5	124. 9	93. 5	85. 9	95. 7	82. 5
Mongchon	Site	M 2							
	Rate	74. 7	135. 9	135. 9	135. 8	121. 5	105. 1	127. 1	107. 0
	Site	M 5							
	Rate	56. 3	—	124. 7	124. 7	116. 9	116. 1	185. 0	137. 2
Regatta course	Site	R.C 2							
	Rate	111. 2	125. 0	110. 5	101. 3	96. 4	91. 7	105. 1	95. 4
	Site	R.C 5							
	Rate	—	119. 8	112. 8	102. 4	100. 2	93. 2	100. 4	100. 8
Lake	Site	S.E 3							
Sukchon	Date	8. 16	9. 4	9. 26	10. 24	11. 12	11. 26	12. 10	12. 24
	Rate	114. 0	150. 8	139. 4	118. 6	90. 5	86. 9	93. 9	82. 9
	Site	S.W 1							
	Rate	117. 8	140. 9	136. 4	124. 4	100. 4	85. 9	89. 4	82. 5
	Site	S.W S.W 4							
	Rate	127. 9	137. 8	133. 9	126. 8	99. 7	85. 9	86. 3	84. 0
Mongchon	Site	M 3							
	Rate	84. 1	145. 9	147. 8	131. 3	119. 9	112. 9	109. 8	102. 7
	Site	M 6							
	Rate	74. 2	—	128. 5	123. 8	116. 9	116. 4	108. 2	113. 0
Regatta course	Site	R.C 3							
	Rate	101. 7	119. 9	115. 3	104. 1	100. 2	93. 2	99. 3	93. 4

S.W 2地點(9月 4日)에서 152.1%로 12.2mg/l이었고 S.W 1地點(11月 26日)에서 69.9%로 8.2mg/l을 나타내어 가장 낮은 飽和率을 나타내었다. 採水日別로는 9月 4日에 모든 地點에서 130~152%로 가장 높았고 月別의 飽和率은 9月 > 10月 > 8月 > 12月 > 11月의 順으로 나타났다.

DO도 Chlorophyll의 光合成作用과 密接한 關係가 있으며 Chlorophyll의 生長이 水溫 10°C 以下에서 靜

止되고 水中의 有機物質分解에 溶存酸素의 消費로 因하여 水溫降下와 함께 飽和率도 減少되는 것으로 思料된다.

夢村湖水的 飽和率을 表에서 보면 8月 16日 以後에는 모든 地點에서 過飽和狀態를 나타내었으며 M.1地點(9月 26日)에서 무려 189.6%로 16.0mg/l을 나타내어 가장 높은 過飽和率을 보였으며 다음이 M.5地點(12月 10日)에서 185%로 23.0mg/l의 順이었으며 石

村湖수와 마찬가지로 9월에 극도의 過飽和率을 나타내었다. 潭水한 期間이 얼마 經過하지 않은 8월 16일은 모든 地點에서 100% 以下の 飽和率을 보였으며 M.5 地點에서 56.3%로 가장 낮은 飽和率을 나타내었다. 그러나 8월 16日以後는 모든 採水地點의 飽和率이 石村湖수에 비해 월등히 높은 過飽和率을 보여 주고 있으며 9月에서 12月까지 Chlorophyll의 過繁殖狀態 (Algal biomass)를 採水時 確認한 바 있다.

漕艇競技場의 DO飽和率을 表에서 보던 모든 測定值가 몇지점을 除外한 모든 地點에서 100%를 超過하는 過飽和率을 나타내었다. 地點別 最高, 最少飽和率을 보던 R.C 2地點(9月 6日)에서 125%로 가장 높은 飽和率을 나타내었으며 R.C 4地點(12月 24日)에서 91.7%로 가장 낮은 飽和率을 보였으며 月別 飽和率은 9月 > 8月 > 12月 > 10月 > 11月的 順이었고 石村, 夢村湖수에 比하여 낮은 過飽和率을 보여 주었다.

一般的으로 물은 無味, 無臭의 液體狀態로서 自然界에서 微量의 酸素를 溶存하고 있는 特性을 가지고 있으며 pH 5.6~8.6의 範圍로 알려져 있고 溶存酸素의 飽和率은 物理的現象인 溫度가 높아지거나 氣壓이 낮아지면 적어지고 溫度가 낮아지거나 氣壓이 上昇하면 많아진다고 알려져 있다. 그러나 앞에서 說明한 바와 같이 3個 湖수에서는 水溫과 DO간에 負의 相關性을 나타내지 않았으며 이는 Chlorophyll의 光合作用으로 酸素가 放出되어 過飽和狀態로 나타나는 것으로 思料되며 特히 夢村湖수는 現場에서 確認한 長期間에 걸

친 Algae의 過多한 繁殖으로 미루어 富營養化現象이 發生되고 있는 것으로 思料된다.

3. 營養鹽類(T-N, T-P)

富營養化는 水體에 過多한 營養鹽類의 流入으로 植物性 Plankton과 같은 一次生産者가 異狀의으로 增殖하여 一次生産(Primary Process)이 消費보다 훨씬 많아 自體的으로 有機物이 生成되어 水質이 惡化되는 現象을 말하며 Phytoplankton의 細胞構成($C_{108}H_{263}O_{110}N_{16}P_1$)으로 알 수 있듯이 Phytoplankton의 營養要求는 炭素, 窒素, 磷(C:N:P=106:16:1)과 微量元素가 되며 炭素와 窒素는 自然水系에서 充分히 供給되므로 磷이 가장 重要한 生長制限要素(Growth limiting factor)가 된다.¹⁶⁾

表에서 石村湖수의 T-N의 地點別 平均濃度範圍는 $0.536 \pm 0.253 \sim 0.794 \pm 0.513$ 이며 S.E 2地點이 最高值를 나타내었고 S.W 3地點에서 最少值를 나타내었으며 地點間의 平均濃度差는 크지 않았다.

圖 7에서 地點別, 採水日別 T-N의 濃度を 比較하여 보던 S.E 1地點(11月 26日)에서 1.153 mg/l 로 가장 높았고 S.E 2 (9月 4日)에서 0.093 mg/l 로 가장 낮게 나타났으며 大部分의 地點에서 12月 10日에 가장 높은 peak를 나타내었고 10月 24日에 두번째 peak를 나타내는 비슷한 狀態를 보였다.

表에서 T-P의 地點別 平均濃度範圍는 $0.018 \pm 0.025 \sim 0.06 \pm 0.093$ 이며 S.W 3地點에서 가장 높았고 S.E 1地點에서 가장 낮은 平均值를 보였으며 採水日 別로는

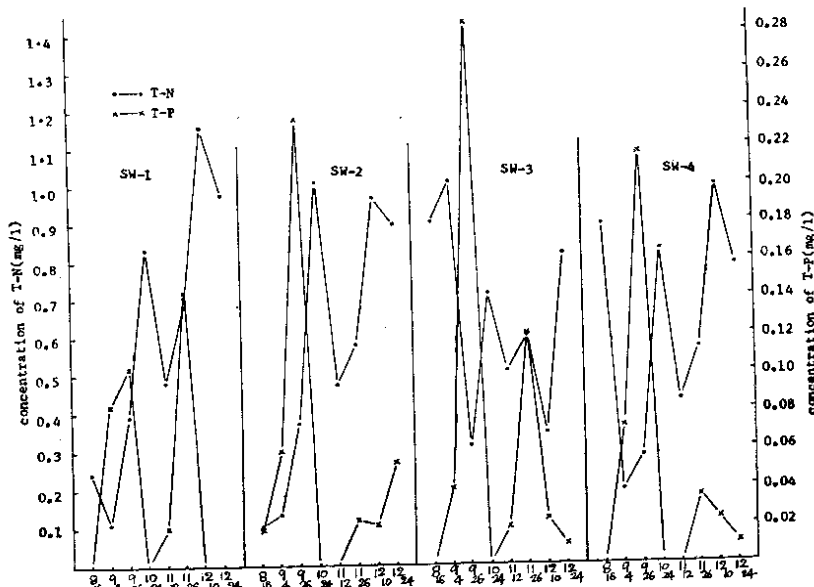


Fig. 7-1. Variation of T-N and T-P of Sukchon Lake (from August to December 1986).

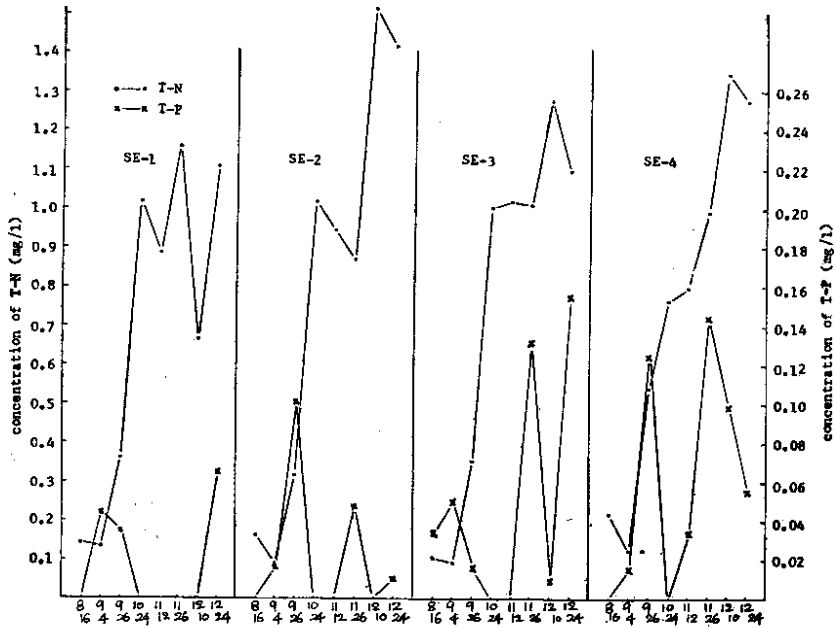


Fig. 7-2. Variation of T-N and T-P of Sukchon Lake (from August to December 1986).

S.W 3地點 (9月 26日)에서 0.286mg/l로 最高値를 보였고 다음이 S.W 2地點 (9月 26日)에서 0.235mg/l의 順으로 나타났다.

이는 大部分 地點의 平均 濃度가 美國陸水學者들의 調査資料에 根據하여 Vollenweider¹⁷⁾가 定한 湖水의 營養段階에서 營養鹽類의 富營養化 基準値인 T-N : 0.5mg/l, T-P : 0.04mg/l을 超過하고 있는 結果를 나타내었다.

表에서 夢村湖水의 T-N의 地點別 平均濃度範圍를 보면 0.447±0.243~2.229±0.552이며 M.5地點이 最高値, M.1地點이 最少値를 나타내었으며 圖 8에서 地點別, 採水日別 T-N의 濃度를 比較하여 보면 M.5地點 (12月 10日)에서 3.047mg/l로 가장 높았고 다음이 M.5地點 (10月 24日)의 2.539mg/l의 順이었으며 M.2地點 (11月 26日)에서 0.175mg/l로 가장 낮은 濃度値를 보였으며, M.1地點 (9月 4日, 9月 26日, 11月 12日, 11月 26日, 12月 24日), M.2地點 (9月 4日, 11月 12日, 11月 26日, 12月 24日), M.3 (11月 12日, 11月 26日, 12月 24日), M.4 (12月 24日)을 除外한 모든 地點의 測定結果가 Vollenweider의 富營養化 基準値인 0.5mg/l를 超過하였으며 M.6地點이외의 모든 地點에서 10月

24日과 12月 10日에 peak値를 보였는데 이는 湖水가 形成되기 前에 農耕地였던 周위의 토양에서 降水에 依하여 營養鹽類가 湧出되어 湖水로 流入되어 汚染度가 높아진 것으로 思料된다.

表에서 T-P의 地點別 平均濃度範圍는 0.104±0.174~0.367±0.600의 範圍였으며 M.5地點에서 最高, M.2地點에서 最少의 平均濃度値를 나타내었다.

圖 8에서 地點別, 採水日別 T-P의 濃度를 比較하여 보면 M.5地點 (9月 26日)에서 1.692mg/l로 가장 높은 濃度値를 보였고 9月 26日의 採水日에서 가장 높은 peak를 보였으며 모든 地點에서 採水日別의 濃度變化曲線이 비슷한 樣相을 보였다. 또한 T-N과 T-P 등의 營養鹽類의 濃度는 石村湖水에 比해 월등히 높은 값을 나타내었다.

表에서 漕艇競技場의 T-N의 地點別 平均濃度範圍를 보면 0.219±0.133~0.375±0.235이며 R.C 1地點이 最高値, R.C 4地點에서 最少의 平均濃度를 나타내었다. 圖 9에서 T-N의 地點別, 採水日別 濃度를 比較하여 보면 R.C 1地點 (10月 24日)에서 0.906mg/l로 가장 높게 나타났으며 가장 낮은 濃度値도 R.C 4地點 (11月 26日)에서 0.032mg/l로 나타났으며 大部分의 地

Vollenweider, R.A.: Scientific fundamental of the eutrophication of lakes and flowing waters, with particular reference to nitrogen and phosphorus as factors in eutrophication, Technical report, DAS/CSI 68.27. OECD (1968).

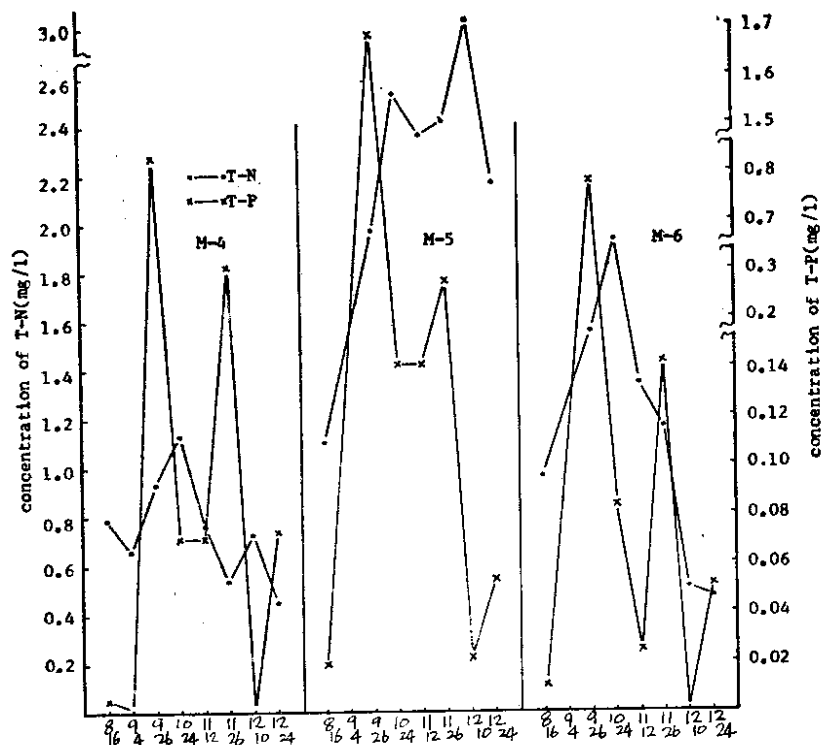


Fig. 8-1. Variation of T-N and T-P of Mongchon Lake (from August to December 1986).

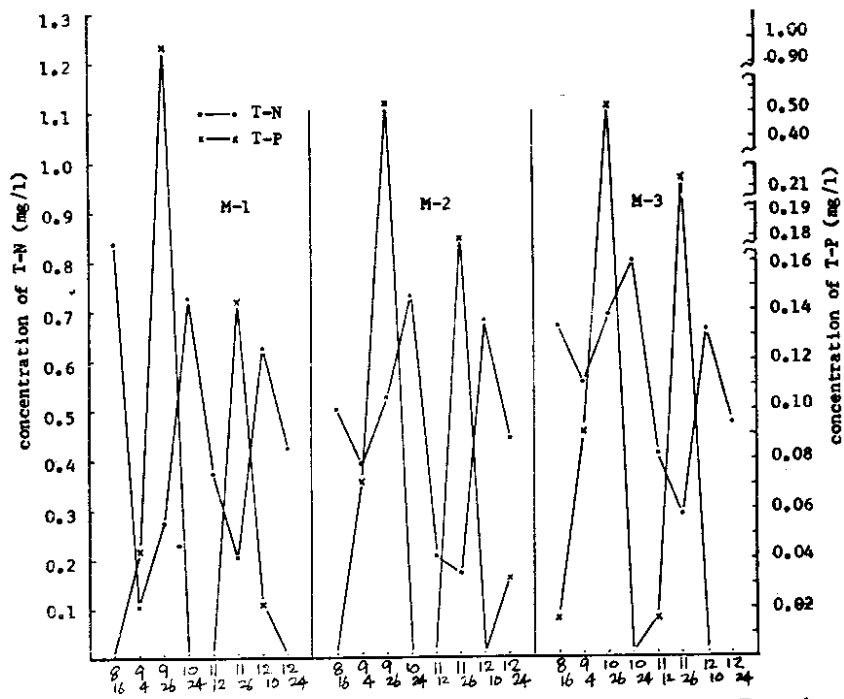


Fig. 8-2. Variation of T-N and T-P of Mongchon Lake (from August to December 1986).

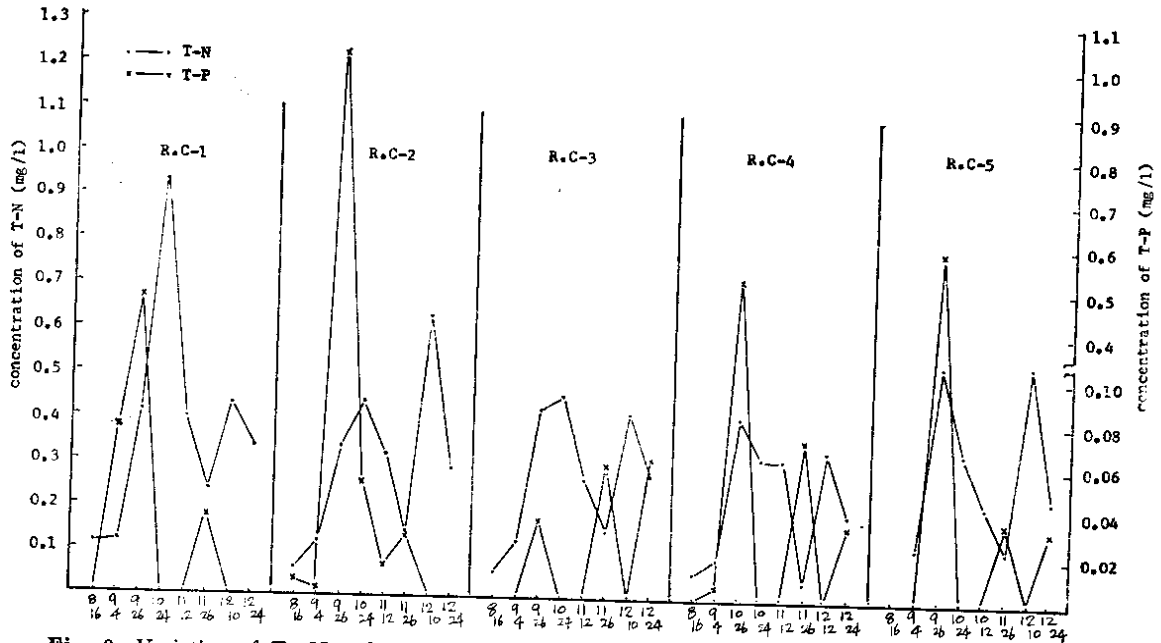


Fig. 9. Variation of T-N and T-P of Olympic Regatta Course (from August to December 1986).

點에서 10월 24일과 12월 10일에 peak值를 보였다.

T-P의 地點別 平均濃度範圍는 $0.019 \pm 0.026 \sim 0.147 \pm 0.335$ 이며 R.C 2地點이 最高, R.C 3地點이 最少平均値를 나타내었다.

圖에서 地點別 採水日別 濃度를 比較하여 보면 R.C 2地點(9월 26日)에서 1.057mg/l 로 가장 높았으며 R.C 5地點에서 0.587mg/l , R.C 4地點에서 0.54mg/l 의 順이 있으며 9월 26日에 모든 地點에서 最高値를 나타내었고 石村湖水나 夢村湖水에 比하여 營養鹽類의 濃度는 낮게 나타났다. 이는 湖의 構造나 湖水 生成前의 여러 條件으로 보아서 앞의 두 湖水에 比해 營養鹽類의 少量流入이 그 原因인 것으로 생각된다.

4. Total Alkalinity, Total Acidity, Total Hardness.

石村湖水의 總알카리도 總酸度 및 總硬도를 表 1~9에 表示하였다.

總알카리도의 地點別 平均濃度範圍는 $60 \pm 35.797 \sim 68 \pm 33.656$ 으로 나타났으며 S.E 3地點이 가장 높고 S.E 4地點이 가장 낮은 平均値를 나타내었다. 이는 韓¹⁵⁾ 등이 報告한 九宜의 總알카리도에 比해 約 2倍 以上되는 높은 濃度値를 나타내었다.

地點別, 採水日別의 最高, 最低値를 보면 S.E 3地點(11월 26日)에서 152mg/l 로 最高, S.E 4地點(8월 16日)에서 26mg/l 로 最低値를 보였고 採水日別로는 모든 地點에서 11월 26日에 가장 높았으며 8월 16日에

가장 낮게 나타났다.

總酸度の 地點別 平均濃度範圍는 $2 \pm 1.495 \sim 3 \pm 2.107$ 이며 S.W 2地點이 가장 높고 S.E 3地點이 가장 낮은 平均値를 나타내었다. 이는 韓¹⁵⁾ 등이 報告한 九宜의 年平均値 2.2mg/l 와 비슷한 狀態를 보였다.

地點別 採水日別의 最高, 最低値를 보면 S.W 3地點(9월 26日)에서 6mg/l 로 最高値를 나타내었으며 9월 26日 以後에는 모든 地點에서 비슷한 濃度値를 보였고 最低値는 S.W 4地點(8월 16日)을 除外한 모든 地點에서 8월 16日과 9월 4日에 不檢出로 나타나는 特徵을 보였다.

夢村湖水의 總알카리도, 總酸度 및 總硬도를 表 10~15에 表示하였다.

總알카리도의 地點別 平均濃度範圍는 $50 \pm 15.015 \sim 74 \pm 33.813$ 이며 M. 5地點이 가장 높고 M. 1地點이 가장 낮은 平均値를 나타내었으며 石村湖水에 比해 큰 變化幅을 보여 주었다.

地點別, 採水日別 最高, 最低値를 보면 M. 5地點(11월 26日)에서 140mg/l 로 最高値를 보였으며 이는 다른 地點에 比해 約 2倍가량 높은 濃度値를 나타낸 것이었고 最低値는 M. 5地點(8월 16日)에서 18mg/l 이었고 採水日別로는 最高値는 一定하지 않았으나 最低値는 8월 16日에 나타났다. 漕艇競技場의 總알카리도, 總酸度, 總硬도를 表 16~20에 表示하였다.

總알카리도의 地點別 平均濃度範圍는 $44 \pm 15.929 \sim$

47±16.549로 나타났으며 R.C 2地點이 가장 높고 R.C 3地點이 가장 낮은 平均値를 나타내었으며 韓¹⁵⁾ 등이 報告한 덕소의 年平均 37.0mg/l보다 多少 높았으며 地點間 濃度差는 3mg/l로 그 差가 적었다.

地點別, 採水日別 最高, 最少値는 R.C 4地點(11月 26日)에서 84.0mg/l로 最高, R.C 1地點(8月 16日)에서 15.0mg/l로 最少値를 나타내었으며 採水日別로는 모든 地點에서 11月 26日에 最高, 8月 16日에 最少値를 보였다.

總酸度の 地點別 平均濃度範圍는 2±0.829~3±1.225이며 R.C 1地點이 가장 높고 R.C 2地點이 가장 낮은 平均値를 나타내었으며 地點別, 採水日別 濃度變化는 極히 적게 나타나 石村, 夢村湖水에 비해 濃度値가 작은 特徵을 보여주었다.

總硬度的 地點別 平均濃度範圍는 53±6.906~58±18.124이며 R.C 5地點이 가장 높고 R.C 1地點이 가장 낮은 平均値를 나타내었다.

地點別, 採水日別 最高, 最少値는 R.C 5地點(9月 26日)에서 100mg/l로 最高, R.C 4地點(10月 24日)의 43mg/l로 가장 낮았으며 9月 26日以後 점차 낮아지는 傾向을 보였다.

5. BOD, COD.

石村湖水의 地點別 平均 BOD範圍를 表에서 보면 3.2±0.771~4.2±2.473의 範圍로 韓¹⁵⁾ 등이 報告한 九宜의 年平均値인 1.9mg/l보다 約 2倍의 높은 汚染度를 나타내었으며 S.E 1地點이 가장 높았고, S.E 4地點이 가장 낮은 平均値를 나타내었다.

地點別 採水日別 最高, 最少値를 보면 S.E 1地點(10月 24日)에서 10.4mg/l을 나타내어 가장 높았으며 最少値는 S.E 1地點(12月 24日)에서 2.0mg/l로 가장 낮게 나타났고 採水日別로는 大部分의 地點에서 9月 26日에 最高, 12月 24日에 最少値를 보였으며 11月 26日以後부터 점차 낮아지는 傾向을 보였다.

COD의 地點別 平均濃度範圍는 6.1±1.059~8.3±3.677로 S.E 2地點에서 가장 높았고 S.W 4地點에서 가장 낮은 平均値를 보였으며 韓¹⁵⁾ 등이 報告한 九宜의 2.9mg/l보다 2倍를 超過하였고 環境保全法上의 湖水 水質環境基準¹⁴⁾ 上水原水 3級以下에 該當하는 汚染度가 높은 湖水로 나타났다.

地點別, 採水日別 最高, 最少値는 S.E 2地點(10月 24日)에서 17.6mg/l로 가장 높았고 S.E 3地點(12月 10日)에서 1.5mg/l로 最少値를 나타내었으며 東湖에서는 10月 24日에 最高値를 보였으나 西湖에서는 地點間에 最高, 最少値의 出現이 一定하지 않은 狀態를 나타내었다. 夢村湖水의 地點別 平均 BOD濃度範圍를 表에서

보면 2.5±0.854~3.9±1.099로 나타났으며 M.5地點에서 가장 높았고 M.3地點에서 가장 낮은 平均値를 내었다.

地點別 採水日別 最高, 最少値는 M.5地點(12月 10, 24日)에서 5.6mg/l로 最高値, M.3地點(10月 24日)에서 0.6mg/l로 最少値를 나타내었으며 全體적으로 石村湖水에 비해 낮은 濃度値를 보였다. COD의 地點別 平均濃度範圍는 3.6±0.897~5.7±1.820으로 M.5地點에서 가장 높았으며 M.1地點에서 가장 낮은 平均値를 나타내었다.

地點別 採水日別 最高, 最少値를 보면 M.5地點(11月 12日)에서 8.0mg/l로 最高, M.2地點(10月 26日)에서 1.8mg/l로 最少値를 나타내었고 上水原水 3級에 該當하였으며 石村湖水에 비하여 낮은 濃度値를 보였는데 이는 流入된 有機物質이 Phytoplankton의 生産에 消費된 結果로 생각된다.

漕艇競技場의 地點別 平均 BOD 濃度範圍는 2.2±0.630~2.4±0.748로 R.C 1地點에서 가장 높았고 R.C 4地點에서 가장 낮은 平均値를 나타내었으나 地點間의 濃度差는 크지 않았다.

地點別, 採水日別 最高, 最少値는 R.C 2地點(12月 10日)에서 3.2mg/l로 가장 높았고 R.C 1, R.C 4地點(10月 24日)에서 0.6mg/l로 最少値를 보였으며 앞의 두湖에 비해 낮은 濃度値를 나타내었다.

COD의 地點別 平均濃度範圍는 3.8±1.015~3.6±0.674로 R.C 3地點에서 가장 높았고 R.C 1地點에서 가장 낮은 平均値를 나타내었다.

地點別 採水日別 最高, 最少値는 R.C 2, R.C 4, R.C 5地點(9月 4日)에서 5.2mg/l로 最高値를 나타내었으며 R.C 2地點(10月 24日)에서 2.0mg/l로 最少値를 보였고 R.C 1地點을 除外한 모든 地點에서 12月 10日에 最大値, 10月 24日에 最少値를 나타내었으며 湖水環境基準 上水原水 3級에 該當하였다.

7. 浮遊物質

石村湖水의 地點別 SS의 平均濃度範圍를 表에서 보면 14.9±9.820~6.9±9.055로 S.E 4地點에서 가장 높았고 S.W 3地點에서 가장 낮은 平均値를 보였으며 地點間의 濃度差는 큰 幅이었고 湖水環境基準 上水原水 3級에 該當하였다.

地點別, 採水日別 最高, 最少値는 S.W 1地點(10月 24日)에서 34mg/l로 最高値, S.E 3, S.W 3地點(12月 10日)에서 1.0mg/l로 最少値를 나타내었고 大體로 10月 24日에 最高値, 12月 10日에 最少値를 各 地點에서 나타내었다.

夢村湖水의 地點別 BOD 平均濃度範圍는 9.9±7.531

~5.9±4.549로 R.C 2地點에서 가장 높았으며 R.C 5地點에서 가장 낮은 平均値를 나타내었다.

地點別, 採水日別 最高, 最少値는 R.C 1, 2, 4地點 (9月 26日)에서 22mg/l로 最高, R.C 3, 4地點(12月 10日)에서 1.0mg/l로 最少値를 나타내었으며 모든 地點에서 9月 26日에 最高値, 12月 10日에 最少値를 나타내었다.

一般的인 湖水的 富營養化의 程度를 測定하기 위해서는 1) 生物의 現存量, 2) Chlorophyll量 3) 1次生産量(光合成生産量) 4) 生物의 種類, 5) 透明度, 6) 溶存酸素 7) 營養鹽類(窒素, 磷) 8) 底質의 組成, 9) pH 등을 調査하여 綜合的인 評價가 이루어져야 하나 앞에서 報告한 測定 項目으로 3個 湖水에 對한 富營養化에 關하여 評價해보면 pH, DO, 營養鹽類의 濃度 등으로 보아 富營養化가 일어나고 있음을 알 수 있었고 특히 夢村湖水에서는 Algal biomass를 나타내어 深刻한 富營養化狀態를 確認하였으므로 앞으로 上記의 項目에 對한 分析을 보완하여 富營養化에 對한 研究를 推進해야 할 것으로 思料된다.

結 論

石村湖水, 夢村湖水 및 漕艇競技場의 富營養化에 對한 水質汚染度 測定을 86年 8月부터 12月까지 實施한 結果 다음과 같은 結論을 얻었다.

1. 石村, 夢村湖水 및 漕艇競技場의 pH 平均値가 모두 pH 7.9以上の 알카리성을 나타내었으며 夢村湖水는 pH8.8의 强알카리성을 보였고 最高値는 pH9.8이었다.

2. 對象湖水的 DO飽和率이 모두 100% 以上の 過飽和率을 나타내었으며 夢村湖水는 9月부터 Chlorophyll의 過繁殖狀態(Algal biomass)로 最高 189.6%의 過飽和率을 보여 富營養化가 明白히 發生되고 있음이 確認되었다.

3. T-N의 경우는 3個 湖水 中 石村湖水 全地點과 夢村湖水 4地點(M3, M4, M5, M6)은 모두가 Vollenweider의 富營養基準인 0.5mg/l를 超過하였고 T-P는 石村湖水; 0.018±0.025~0.060±0.093mg/l, 夢村湖水; 0.104±0.174~0.367±0.60mg/l, 漕艇競技場; 0.019±0.026~0.147±0.33mg/l로 夢村湖水에서 단 월등히 초과하였다.

4. BOD는 石村湖水; 3.25±0.771~4.2±2.473mg/l, 夢村湖水; 2.5±0.854~3.9±1.099mg/l, 漕艇競技場; 2.2±0.630~2.4±0.748mg/l로 石村>夢村>漕艇의 順으로 濃度幅을 나타내었고 COD는 石村湖水; 6.1±

1.059~8.3±3.677mg/l, 夢村湖水; 3.6±0.897~5.7±1.820mg/l, 漕艇競技場; 3.6±0.674~3.8±1.015mg/l의 濃度幅으로 石村湖水는 工業用水 2級, 夢村湖水 및 漕艇競技場은 上水原水 3級에 該當하였다.

參 考 文 獻

1. 趙顯英, 洪思澳: 貯水池의 陸水學의 研究(第1報) 韓國陸水學會誌, 1, 4. p. 1-5 (1970)
2. 靑室 Project 地質調査 報告書: 中央開發株式會社, p. 1-45. (1986. 6)
3. Brock, T.D. Principles of Microbial Ecology, 40, Prentice Hall, Inc. N, T. (1966)
4. Rohlich, G.A. Methods for the Removal of Phosphorus and Nitrogen from Sewage plant Effluents, J. Air Water pollution, 79, 427-434, Pergamon Press. (1963)
5. Sawyer, C.N, Stream Pollution; Some New Aspects of Phosphates in Relation to Lake Fertilization, 41(5). Part 1. p. 70 (1969)
6. Nesbitt, J.B. Phosphorous Removal the Sate of the Art, Journal Water Pollution Control Federation, 41(5), part 1. p. 701 (1969)
7. 裴清鎭, 全在植, 崔漢英, 尹源庸, 朴相賢: 石村湖의 營養鹽類 및 水質汚染의 動態에 關한 調査研究 서울시보건환경연구소보 (1985)
8. 李靜子, 孫秉穆, 金教鶴, 黃貞眞, 李承洲, 成始慶, 朴相賢, 朴聖培: 石村湖 底質中 重金屬 調査, 서울시保健環境研究所報 (1985)
9. 環境廳, 環境汚染公定試驗法, 水質分野 (1983)
10. JIS K0101, 工業用水試驗方法, 日本規格協會, p. 116-126, 東京.
11. APHA-AWWA-WPCF, Standard method for the examination of water and waste water, 15th edition America public Health Association p. 141-247 (1981)
12. 日本藥學會, 衛生試驗法主解, 金原出版株式會社, 東京, (1980)
13. 韓商運의 6人: 自動連續分析機에 依한 漢江水質汚染分析 結果에 關한 評價(第10報), 서울特別市 保健環境研究所報, p. 264-275 (1985)
14. 環境保全法: 環境廳 (1983)
15. 韓商運의 6人: 漢江原水의 水質汚染度 調査研究 (第16報), 서울特別市 保健環境研究所報 p. 276-293 (1985)

16. John R. Jones and Roger W. Bochnrann, 1976,
Prediction of Phosphorus and Chlorophyll levels
in Lake, Journal of WPCF, 48, 2176-2182
17. G. Fred Lee, R. Anne Jones and Walter Rast,

1981, Alternative approach to trophic state Clas-
sification for Water quality management, Occasi-
onal Paper, No. 66.