

清州取水源의 窒素 및 磷濃度에 關한 調查研究

李英信·李弘根

서울대학교 保健大學院 環境保健學科

A Study on Nitrogen and Phosphorus Concentration in Chung Ju Intake Reservoir

Yeoung Shin Lee · Hong Keun Lee

School of Public Health, Seoul National University

Abstract

This study was carried out to investigate inflow stream of Chungju intake reservoir and in catchment area, run-off loading amount, distribution of Nitrogen and phosphorus, N/P ratio, correlationship between T-N and chlorophyll a, correlationship between T-P and chlorophyll a, and study of trophic state.

Field survey was carried out from June to August, 1985, for the purpose of finding out the nitrogen and phosphorus concentration in Chungju intake reservoir.

I. 序 論

一般的으로 自然系의 窒素와 磷의 汚染源을 點汚染源(point source)과 非點汚染源(Non point source)으로 區分한다. 點汚染源은 湖水로 流入되는 支流의 一定한 點에서 放出되는 産業廢水, 都市家庭下水 및 雨水등이고, 非點汚染源은 流域內 下水道施設이 없는 地域에서 排出되는 流出水이다.¹⁾ 都市, 農耕地, 林野등 土地利用過程에서 流出되는 流域內 蓄積된 肥料, 動物의 排泄物, 植物썩은것, 廢棄物, 土壤浸蝕과 自然水, 大氣(降雨, 落下分

塵)에 包含된 窒素와 磷은 非點汚染源으로 分類한다.

이러한 汚染源內의 窒素와 磷 成分이 湖水나 貯水地로 流入될 때 窒素成分中 無機窒素와 암모니아性 窒素는 水中박테리아의 新陳大謝에 利用되는 過程에서 水中에 溶存 酸素를 減少시키며²⁾ 特히 암모니아性 窒素는 鹽素處理過程中 鹽素를 消耗시켜 消毒作用을 防害하기도 한다.³⁾

磷 成分은 藻類成長의 必須要素로서 湖水나 貯水地와 같은 停滯水域의 生産性을 좌우하는 役割을 한다.⁴⁾

窒素와 磷 成分이 停滯水域에 流入되면

富營養化 可能性이 높아지며 일단 富營養化가 深化된 湖沼水를 上水源으로 利用할 때에는 上水處理時 鹽素消毒 과정에서 發癌性物質인 THM(Trihalomethanes)의 發生頻度가 높다는 보고가 있다.⁵⁾ 또한 窒素와 磷은 水中에 맛과 냄새를 超來하는 各種 藻類가 繁殖하는데 營養素가 된다.^{6,7)}

本 調查 研究에서는 大淸湖 一部인 淸州 取水場 隣近의 湖水域과 流入支川을 對象으로 汚染源, 汚染負荷量 및 水質을 調查하였다. 이 調查結果를 가지고 取水源의 窒素·磷의 濃度와 Chlorophyll a濃度와의 相關性을 살펴보고, N/P를 계산하여 藻類成長의 限界營養物質을 찾아내어, TSI (Trophic State Index)를 利用하여 取水源의 富營養化 狀態를 評價해보는 것을 本 研究

의 目的으로 한다.

本 調查研究는 淸州取水源 및 隣近支川의 水質管理와 富營養化 防止를 爲한 基礎資料로 도움이 되리라 생각된다.

II. 調查對象 및 調查方法

1. 調查對象

本 調查研究의 對象地域은 淸州取水塔이 위치한 大淸湖 右岸部의 湖水域과 이 水域에 對한 流域面積으로 調查範圍는 Fig.1과 같다.

調查湖水域의 最北端에는 淸州取水塔이 位置하고 있어 湖水面의 水質管理上 重要視되는 湖水域이며 그 水面積은 滿水時 5.2 km²이다. 調查湖水域의 流域面積은 33.8km²

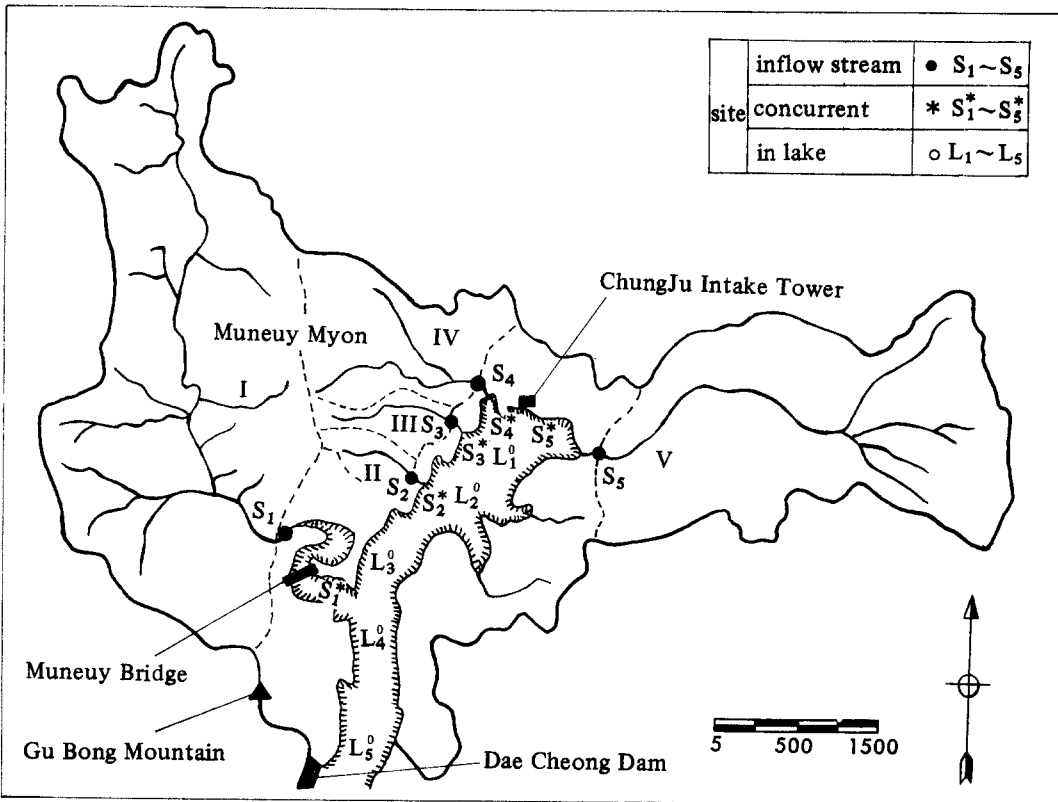


Fig. 1. Location of sampling sites

로 大部分의 流域이 忠北 淸原郡 文義面에 屬해 있고 극히 一部가 淸原郡 加德面에 屬해 있다.

汚染源의 調査對象은 5個小流域의 汚染源 現況을 把握하기 위한 人口, 家畜, 農耕地 및 山林等이다. 이러한 汚染源의 調査는 各種 汚染物質들이 汚染源으로 부터 發生하여 流入支川을 통해 本 調査對象湖水域으로 流入되어 取水源의 水質을 汚染시키므로 그 影響을 推定, 比較하기 爲해서 이다.

水質調査對象은 湖水域으로 流入되는 5個 支川의 下流部의 地點인 -S₁, S₂, S₃, S₄, S₅ 와 上記 5個支川이 湖水에 合流된 直後 湖水面地點(이하 合流 地點이라 칭한다). S₁^{*}, S₂^{*}, S₃^{*}, S₄^{*}, S₅^{*}, 그리고 湖水中央地點 L₁, L₂, L₃, L₄, L₅로 區分하였다.

本 研究의 流域調査와 水質調査의 期間은 第1次가 1985年 6月 10日~6月 11日(2日), 第2次가 1985年 7月 9日~7月 10日(2日), 第3次가 1985年 8月 13日~8月 14日(2日), 로서 總 3회에 걸쳐 調査하였다.

2. 調査方法

1) 汚染源 調査

5個支川에 對한 集水區域으로 分割하여 人口數, 土地利用現況, 家畜數 등을 現況調

査와 文獻을 통해 調査하였다.

2) 水質 調査

NO₂-N, NO₃-N, PO₄-P의 試驗은 US EPA manual의 試驗方法⁸⁾에 따라으며, NH₃-N은 Nesslerization Method에 따라 試驗하였다.⁹⁾ Chlorophyll a는 Standard Method¹⁰⁾에 따라 測定 算出하였다. 透明度(Transparency)는 Secchi Disk(自色圖盤, 直徑 30cm)로써 採水地點에서 調査하였다. 流量測定은 河川幅에 따라 一定間隔(4, 5等分)으로 區分 짓고 各 區間마다 流速과 水深을 測定하여 流量을 算定하였다.

3) 流入되는 窒素, 磷의 負荷量 調査

各 支川의 水質測定地點에서 測定된 T-N · T-P 濃度에 流量을 곱하여 T-N 및 T-P 의 流出汚染負荷量을 算定하였다.

III. 調査結果

1. 汚染源調査

各 流域別로 調査한 汚染發生源 現況은 Table 1 과 같다.

2. 水質調査

各 流入支川의 調査地點別로 分析, 測定한 流量과 水質은 Table 2 와 같고, 湖水面에서

Table 1. Status of pollutant sources in catchment Area

Area	Pollutant Source	population (person)	land use (km ²)			live stock (number)		
			dry field	paddy field	forest land	cattle	swine	poultry
I		1,878	1.32	2.3	10.3	904	110	2,050
II		-	0.01	0.02	0.4	50	-	-
III		389	0.03	0.03	0.8	78	-	1,920
IV		1,835	0.51	0.58	1.8	208	163	-
V		259	0.34	0.47	9.1	100	-	-
others		258	0.5	0.32	3.5	66	-	7
Total		4,617	2.71	3.72	25.8	1,406	273	3,977

source; ChungJu City, "Annual report of Chungju city", 1985

Table 2. Flow rate of tributaries and results of water quality analysis

site	Item period	Flow rate (m ³ /day)	Water Quality (mg/l)				
			NH ₃ -N	NO ₂ -N	NO ₃ -N	T-N	T-P
S ₁	1st	3684.6	0.183	0.005	0.469	0.657	0.084
	2nd	105840.0	0.281	0.067	0.155	1.503	0.303
	3rd	46553.1	0.230	0.005	0.183	0.418	0.382
	Average	52026.0	0.230	0.030	0.269	0.860	0.260
S ₂	1st	-	-	-	-	-	-
	2nd	4447.2	0.161	0.001	0.692	0.854	0.531
	3rd	1140.5	0.330	0.005	0.337	0.672	0.070
	Average	2644.0	0.250	0.003	0.515	0.763	0.300
S ₃	1st	1188.0	5.421	0.003	0.198	5.652	2.608
	2nd	3594.0	5.150	0.276	1.227	6.653	0.483
	3rd	1544.4	5.65	0.007	0.115	5.772	0.396
	Average	2109.0	5.410	0.095	0.510	6.030	1.160
S ₄	1st	238.5	0.185	0.005	0.468	0.658	0.102
	2nd	18294.5	0.402	0.051	1.258	1.709	0.172
	3rd	10537.6	0.670	0.016	0.493	1.179	0.113
	Average	9690.0	0.419	0.024	0.739	1.182	0.130
S ₅	1st	324.0	0.232	0.016	0.921	1.169	0.110
	2nd	26802.5	0.212	0.013	1.256	1.481	0.069
	3rd	26305.9	0.430	0.004	0.726	1.160	0.058
	Average	17811.0	0.291	0.011	0.968	1.270	0.079

Table 3. Lake surface water quality

site	Item Period	Water Quality (mg/l)					Chlorophyll-a (mg/m ³)	secchi disk(m)
		NH ₃ -N	NO ₂ -N	NO ₃ -N	T-N	T-P		
S ₁ *	1st	0.204	0.010	0.624	0.838	0.084	2.7	3.40
	2nd	0.151	0.013	0.708	0.872	0.040	24.6	2.00
	3rd	0.180	0.024	0.828	1.032	0.083	21.9	1.90
	Average	0.178	0.016	0.720	0.914	0.069	16.4	2.40
S ₂ *	1st	0.223	0.010	0.637	0.870	0.084	4.9	2.00
	2nd	0.112	0.013	0.635	0.760	0.048	18.1	1.95
	3rd	0.200	0.024	0.652	0.876	0.081	22.2	1.90
	Average	0.178	0.016	0.641	0.835	0.071	15.1	1.95
S ₃ *	1st	0.205	0.010	0.418	0.633	0.059	8.5	1.70
	2nd	0.153	0.013	1.184	1.350	0.124	25.3	1.80
	3rd	0.320	0.024	0.578	0.922	0.083	27.6	1.70
	Average	0.226	0.016	0.727	0.969	0.089	20.5	1.70

S ₄ *	1st	0.176	0.010	0.578	0.764	0.063	13.8	0.90
	2nd	0.171	0.014	0.606	0.791	0.042	25.0	1.70
	3rd	0.310	0.025	0.500	0.835	0.086	29.2	1.80
	Average	0.219	0.016	0.561	0.796	0.064	22.7	1.50
S ₅ *	1st	0.302	0.010	0.549	0.861	0.073	11.5	1.00
	2nd	0.241	0.014	0.621	0.876	0.063	24.9	1.70
	3rd	0.250	0.025	0.652	0.937	0.120	26.7	1.80
	Average	0.264	0.016	0.607	0.891	0.085	21.0	1.50
L ₁	1st	0.275	0.010	0.498	0.783	0.052	4.8	2.20
	2nd	0.231	0.013	0.751	0.995	0.123	8.4	2.20
	3rd	0.810	0.024	0.666	1.510	0.178	28.8	1.90
	Average	0.439	0.016	0.638	1.096	0.118	14.0	2.10
L ₂	1st	0.314	0.010	0.619	0.943	0.078	6.2	2.10
	2nd	0.152	0.013	0.563	0.728	0.048	29.9	1.90
	3rd	0.510	0.024	0.863	1.397	0.094	24.6	1.90
	Average	0.325	0.016	0.682	1.023	0.073	20.2	2.00
L ₃	1st	0.168	0.010	0.635	0.813	0.087	3.7	2.90
	2nd	0.203	0.016	0.659	0.878	0.067	5.7	3.00
	3rd	0.580	0.023	0.819	1.340	0.135	26.3	1.90
	Average	0.317	0.016	0.704	1.010	0.096	11.7	2.60
L ₄	1st	0.142	0.010	0.650	0.802	0.033	2.1	2.90
	2nd	0.202	0.014	0.650	0.866	0.062	5.4	3.90
	3rd	0.400	0.023	0.721	1.144	0.083	28.6	1.90
	Average	0.248	0.016	0.674	0.938	0.059	12.0	2.90
L ₅	1st	0.165	0.010	0.722	0.897	0.033	2.8	3.00
	2nd	0.191	0.016	0.707	0.914	0.051	6.8	3.20
	3rd	0.310	0.024	0.811	1.145	0.076	22.9	2.10
	Average	0.222	0.017	0.747	0.986	0.053	10.8	2.80

各 調査地點別로 分析한 水質은 Table 3 과 같다.

IV. 調査結果 및 考察

1. T-N 및 T-P의 流出汚染負荷量

流出汚染負荷量을 算定하기 위해서는 流量과 河川水의 汚染物質의 濃度를 測定하는 것이 必要하며 Table 3의 實測資料를 利用하여 各 流入支川의 測定地點別로 T-N와 T-P의 流出汚染負荷量을 算定한 結果는 Table 4와 같다.

Table 4에서 보는바와 같이 S₁地點에서

T-N 및 T-P의 流出汚染負荷量이 모두 他地點보다 顯著히 높게 나타나고 있다.

이것은 S₁地點이 位置한 流域(I)의 경우 流域人口가 전체의 41%이고, 田, 畚, 林野等은 各各 49%, 62%, 40%를 차지하고 있으며, 家畜廢水發生源이 되는 牛, 豚, 家禽의 數도 各各 64%, 40%, 52%로 他流域보다 汚染源이 많이 分布되어 있고, 流量이 많은데 起因한 것이다.

2. 窒素와 磷濃度分布

取水源을 中心으로 合流地點과 湖水의 中央地點의 窒素와 磷의 濃度分布는 Fig. 2와

Table 4. Run-off pollutants loading amount in inflow stream

Site	Period	Item	Run-off Pollutants		Run-off Pollutants	
			Total-N (mg/l)	Total-P (mg/l)	loading amount of T-N (kg/day)	loading amount of T-P (kg/day)
S ₁	1st		0.66	0.08	2.4	3.9
	2nd		1.50	0.30	159.1	32.0
	3rd		0.42	0.38	19.5	17.8
	Average		0.86	0.26	44.7	13.5
S ₂	1st		-	-	-	-
	2nd		0.85	0.53	3.5	2.2
	3rd		0.67	0.07	0.8	0.1
	Average		0.76	0.30	2.1	0.8
S ₃	1st		5.65	2.61	6.7	3.1
	2nd		6.65	0.48	23.9	1.7
	3rd		5.77	0.39	8.9	0.6
	Average		6.03	1.16	12.7	2.4
S ₄	1st		0.66	0.10	0.2	0.02
	2nd		1.71	0.17	31.2	3.1
	3rd		1.18	0.11	12.4	1.2
	Average		1.18	0.13	11.4	1.3
S ₅	1st		1.17	0.11	0.4	0.04
	2nd		1.48	0.07	39.6	1.8
	3rd		1.16	0.06	30.5	1.5
	Average		1.27	0.08	22.6	1.4

같다.

그림에서 보는바와 같이 合流地點의 경우 S₃*地點에서 窒素와 磷의 濃度는 各各 平均 0.969 mg/l, 0.089 mg/l로 他地點에서 보다 높게 나타나고 있다. 이것은 S₃*地點으로 流入되는 支川은 汚染物質의 流下距離가 짧고, 流量이 적어, 發生된 汚染物質의 상당량이 稀釋이 안된 狀態로 湖水內로 流入되어 湖水의 水質에 直接的으로 影響을 미친 것으로 생각된다.¹¹⁾

湖水中央地點의 경우 取水塔앞 地點인 L₁에서 窒素와 磷의 濃度는 各各 平均 1.096 mg/l, 0.118 mg/l로 他地點보다 높게 나타나 있고, 取水塔에서 멀어질수록 낮아져서

大清本댐앞 地點이 가장 낮게 나타나고 있다. 이것은 取水塔앞으로 3個支川(S₃, S₄, S₅)이 流入하면서 多量의 汚染物質이 함께 流入되기 때문이며, 特히 本댐 앞에 위치한 L₅地點의 경우 大清댐의 水門操作에 의해 排水가 많이 되므로 汚染物質의 稀釋이 급속히 이루어지기 때문에 낮게 나타나는 것으로 생각된다.

合流地點(S₁*~S₅*)과 湖水中央地點(L₁~L₅)의 窒素와 磷의 濃度分布를 比較해 볼 때, 湖水中央地點(L₁~L₅)이 전반적으로 合流地點(S₁*~S₅*)보다 높게 나타나고 있다. 이것은 水理學的 滯留時間[貯水池 容量(m³) ÷ 年平均 流入量(m³/年)]이 길 경우 湖水의

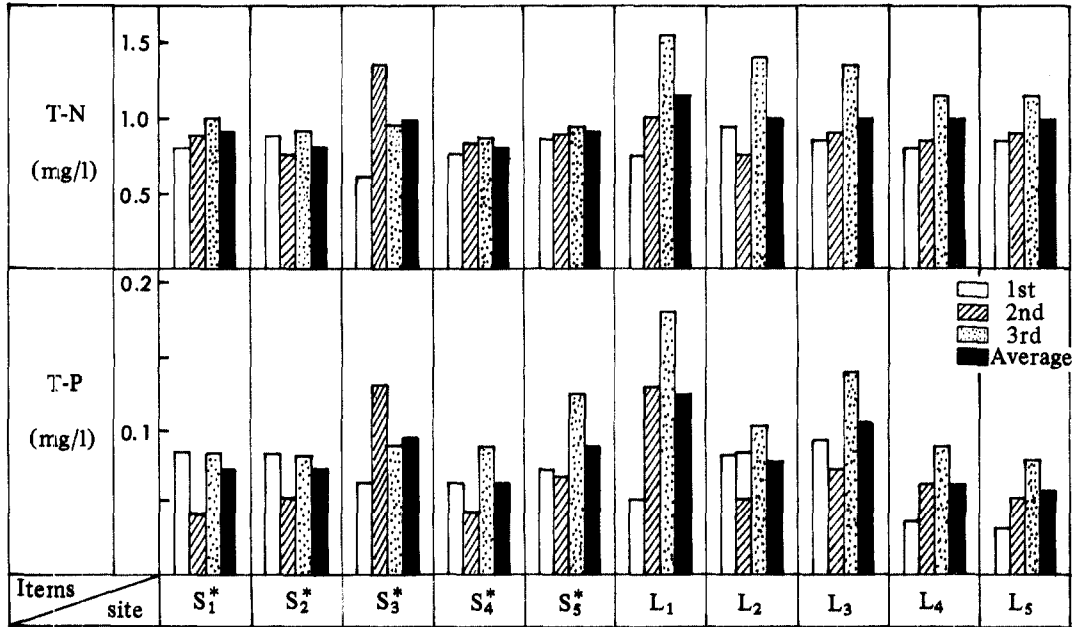


Fig. 2. Distribution of Nitrogen and phosphorus

Table 5. N/P in sampling site

Item Site	N/P										
	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	L ₅	
1st	10.0	10.4	10.7	12.1	11.8	15.1	12.1	9.3	24.3	27.2	
2nd	21.8	15.8	10.9	18.8	13.9	8.1	15.2	13.1	13.9	17.9	
3rd	12.4	10.8	11.1	9.7	7.9	8.5	14.9	9.9	13.8	15.1	
Average	13.2	11.8	10.9	12.4	10.5	9.3	14.0	11.2	15.9	18.6	

營養鹽類(N, P)는 藻類의 增殖, 死滅, 沈積, 溶出의 過程을 通하여 水體內에서 循環되므로 거의 消滅되지 않고 水體內에 蓄積되기 때문에¹²⁾ 支川으로 부터 流入되는 合流地點의 汚染物質濃度보다 높게 나타난 것으로 생각된다.

本 調查 湖水域의 경우 水理學的 滯流時間이 3.40Yr¹³⁾로 徐等¹⁴⁾의 報告에 의한 破虜湖 0.51Yr, 昭陽湖 2.04Yr, 衣岩湖 0.02Yr, 淸平湖 0.04Yr, 八堂湖 0.01Yr, 虎岩

湖 1.39Yr, 대가미湖 0.04Yr 보다 높은 것도 이러한 사실을 뒷받침해주는 근거가 되고 있다.

3. N/P 比

調查地點의 T-N 과 T-P 의 比는 Table 5 와 같다. 調查湖水 全地點의 N/P 값(平均)은 9.3~18.6(10.9)로 나타났고, L₁ 地點의 경우 9.3으로 가장 낮고 L₅ 地點으로 갈수록 높아 18.6으로 나타나고 있다.

産業基地開發公社¹⁵⁾의 報告에 의하면 5個湖의 N/P 比는 昭陽湖 59, 安東湖 42.9, 擔津江湖 60, 南江湖 20.9로 나타남에 比하여 本 調查湖水域은 平均 10.9로 상당히 낮은 값을 보였다. 이것은 本 調查地域의 磷濃度가 매우 높은데 起因한 것이며, 한편 調查湖水域의 富營養化 發生可能性이 매우 높음을 間接적으로 示唆해 주고 있다.

富營養化 觀點에서 볼 때 窒素와 磷의 相對的 比를 조절하는 것이 특히 중요하다. 대체로 식물성 플랑크톤이나 水草生體는 물수(moles)로 16N:1P로 구성되어 있는데 이들이 成長하기 위해서는 이 比가 維持되어야 한다. 만약 N:P가 16以上이면 磷이 藻類成長에 不充分하게 되어 藻類成長은 磷에 의해 制限되고, 16以下이면 窒素가 制限要素로 作用하게 된다. Forsberg¹⁶⁾는 1978年 N/P 比를 要約하여 湖水의 限界營養物質을 判斷하기 위해 指標를 提示하였으며 Table 5에서 구한 N/P 比를 指標에 適用해 본 結果 本 調查 湖水域의 限界營養物質은 窒素 또는 磷으로 判定되었다.

4. 窒素·磷濃度와 Chlorophyll a와의 相關關係

Fig. 3는 取水源에서 窒素濃度와 Chlorophyll a濃度, 磷濃度와 Chlorophyll a濃度 사이의 關係를 나타낸 것이다.

調查研究에서는 窒素濃度와 Chlorophyll a濃度 사이의 關係를 알아보기 위해 두 變數사이의 相關係數와 $Y = a + bX$ ($Y = \text{Chlorophyll a濃度 (mg/m}^3\text{)}$, $X = T-N(\text{mg/l})$, $a, b = \text{定數}$)로 表示되는 回歸式을 求하였다. 그 結果 回歸式은 $Y = -3.98 + 24.70X$ ($r = 0.45$)로 나타났다.

또한 磷과 Chlorophyll a濃度사이의 關係를 알아보기 위해 두 變數사이의 相關係數와 $Y = a + bX$ ($Y = \text{Chlorophyll a濃度 (mg/m}^3\text{)}$, $X = T-P(\text{mg/l})$, $a, b = \text{定數}$)로 表示되는 回歸式을 求하였다. 그 結果 回歸式은 $Y = 7.57 + 115.30X$ ($r = 0.37$)로 나타났다.

總 磷과 Chlorophyll a와의 相關性 分析은 이미 많이 報告된바 있어^{17, 18, 19)} 그 調查結果 두 變數사이의 相關係數가 $r = 0.94$

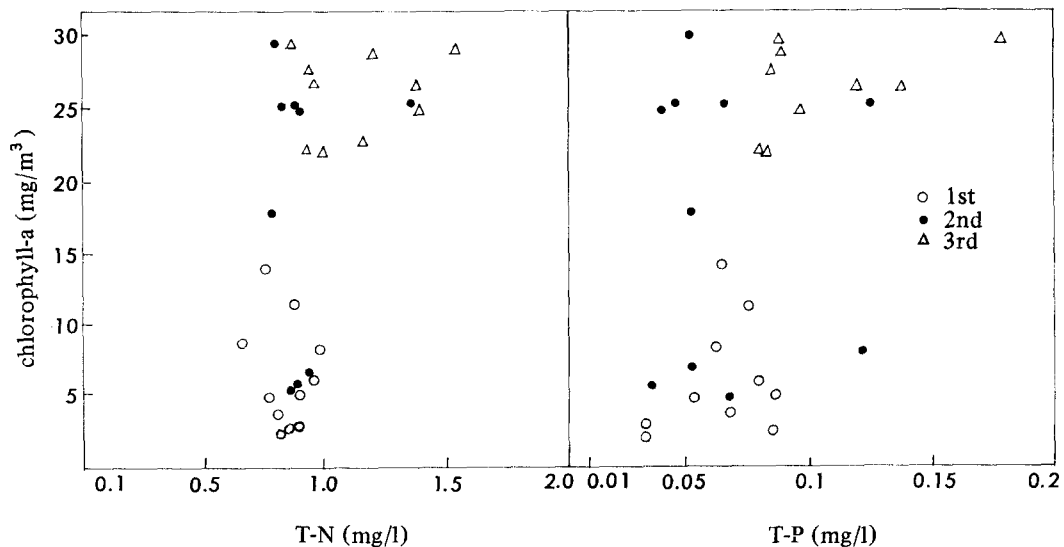


Fig. 3. Relationship between T-N and chlorophyll a, Relationship between T-P and chlorophyll a.

~0.97^{17, 18, 19)} 로 매우 有意한 相關結果를 나타냈다. 이밖의 여러 調査에서도 總 磷과 Chlorophyll a 사이의 相關程度는 매우 큰 것으로 報告되었다.^{20, 21)}

本 調査結果 <Fig. 3>에서 相關關係를 살펴보면 窒素와 Chlorophyll a 사이는 물론 磷과 Chlorophyll a 사이도 相關程度가 매우 낮아서, 本 調査湖水에 관한 그동안 報告되었던 窒素와 Chlorophyll a, 磷과 Chlorophyll a 사이 높은 相關程度와 一致되지 않고 있다. 따라서 앞으로 오랜 기간을 두고 營養鹽類와 Chlorophyll a 와의 相關性에 관한 調査研究가 補強되어야 한다고 생각한다.

5. 富營養化段階 檢討

Carlson 은 湖水의 富營養化에 對한 現狀態와 未來의 狀態를 把握하기 위하여 湖水의 營養狀態를 나타내는 營養狀態指數 (Trophic State Index : TSI)를 考案하였으며²²⁾, 그 狀態를 0~100으로 區分하여 Table 6에 提示하였다.

一般的으로 TSI 指數의 富營養化 段階는 TSI가 60 以上일때 富營養狀態라 하고, 40

~60일때 中營養狀態, 40 以下일때 負營養狀態라고 分類하고 있다.

TSI는 透明度(Secchi Disk Transparency), Chlorophyll a 및 總 磷(T-P)의 函數인 式으로 表示되는데 이에 對한 各式은 다음과 같다.

$$TSI(SD) = 10 \left(6 - \frac{\ln SD}{\ln 2} \right) \dots\dots\dots (1)$$

여기서, SD = Secchi Disk Transparency (m)

$$TSI(Chl) = 10 \left(6 - \frac{2.04 - 0.68 \ln Chl}{\ln 2} \right) \dots\dots (2)$$

여기서, Chl = Chlorophyll a 量 (mg/m³)

$$TSI(T-P) = 10 \left(6 - \frac{\ln \frac{48}{T-P}}{\ln 2} \right) \dots\dots\dots (3)$$

여기서, T-P = Total phosphorus (mg/m³)

調査湖水内の 水質測定 地點인 S₁*~S₅*와 L₁~L₅에서 測定한 透明度 (Secchi disk Transparency), Chlorophyll a 量 및 T-P의 調査結果 平均値를 式 (1), (2), (3)에 各各 適用하여 算出된 TSI는 Table 7와 같다.

本 調査水域의 水質測定 資料를 TSI에 適用한 結果, 調査湖水域의 營養段階는 中營養湖 또는 富營養湖에 속하며 Vollenweider²³⁾의 湖水, 貯水池의 營養段階 分類에 適用해 본 結果와도 一致하고 있다.

Table 6. Carlson's Trophic State Index

TSI	Secchi Disk Depth (m)	Surface phosphorus (mg/m ³)	Surface chlorophyll (mg/m ³)
0	64	0.75	0.04
10	32	1.5	0.12
20	16	3	0.34
30	8	6	0.94
40	4	12	0.61
50	2	24	7.23
60	1	48	20
70	0.5	96	55.5
80	0.25	192	154
90	0.125	384	426
100	0.0625	768	1180

Table 7. Carlson's TSI value Lake

Period	Item	TSI (SD)	TSI (Chl)	TSI (TP)
1st		49	48	64
2nd		48	59	65
3rd		51	63	81
Average		49	57	70
Trophic State		meso trophic	meso trophic	Eutrophic

V. 結 論

清州取水源의 窒素와 磷 濃度에 關한 調査를 目的으로 夏秀인 1985年 6月부터 8月까지 大淸湖 一部 湖水域인 清州取水源에서 實施한 流域調査 및 水質調査에 對한 流出汚染負荷量, 窒素, 磷의 濃度分布, N/P比, 窒素, 磷 濃度와 Chlorophyll a 濃度사이의 關係 그리고 富營養化段階를 檢討한 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 取水源으로 流入되는 T-N와 T-P의 流出汚染負荷量은 流域人口, 家畜飼育이 가장 많은 流域에 위치한 S₁地點에서 T-N은 44.7 kg/day(48%), T-P는 13.5 kg/day(42%)로 他 調査 地點에서 보다 높다.

2. 窒素와 磷 濃度 分布에 關한 調査結果는 合流地點의 경우 流域面積은 작으나 家畜飼育이 많은 流域(Ⅲ)에서 흐르는 S₃支川과 合流하는 S₃*地點에서 窒素와 磷 濃도가 他 地點보다 높게 나타났다.

또한 湖水 中央地點의 경우 取水培앞의 L₁地點에서 窒素와 磷의 濃度は 各各 1.096 mg/l, 0.118 mg/l로 他 調査地點보다 높고, 取水塔앞에서 大淸本댐 앞으로 갈수록 濃도가 낮게 나타났다.

3. 合流地點과 湖水中央地點의 窒素, 磷 濃度の 分布는 湖水中央地點이 支川과의 合流地點보다 모두 높게 나타나고 있다.

4. 取水源 全 調査地點의 總 窒素와 總 磷의 濃度分布는 各各 0.796~1.096 mg/l 0.053~0.118 mg/l로서 Vollenweider가 定한 富營養化基準인 總窒素 0.5 mg/e, 總 磷 0.04 mg/l를 모두 超過하고 있다.

5. N/P比는 9.3~18.6의 값으로 平均 10.9로 나타났는데 이것은 T-N 濃度 보다는 상대적으로 T-P 濃도가 매우 높기 때문이다.

6. 窒素 濃度와 Chlorophyll a 濃度, 磷 濃度와 Chlorophyll a 濃度 사이에 相關關係는 各各 $r=0.45$, $r=0.37$ 로서 相關程度가 낮게 나타나고 있다.

7. 湖水의 營養狀態를 나타내는 Carlson의 TSI (Trophic State Index)로 계산해본 結果 TSI(SD)는 49로 中營養狀態 TSI(Chl)는 57로 中營養狀態, TSI(TP)는 70으로 富營養狀態로 나타났다.

參 考 文 獻

1. OECD, "Eutrophication of waters Monitoring Assessment and control", pp. 10-20, 87-88, 139, 1982.
2. Clair N. Sawyer, and perry L. Mcarty "Chemistry for Environmental Engineering", 3th ED, McGraw-Hill kogakusha, Ltd. pp. 439~453. 1967.
3. J. H. N. GarLand, "Nitrification in River Trent, Mathmatical Models in Water Pollution Control", pp. 165 ~ 191, 1972.
4. G. Fred Lee, R. Anne Jones and Walter Rast, Alternative approach to troprvc state "Classification for water quality management", occassional paper No. 66 July 1981.
5. R. Anne Jones and G. Fred Lee, "Recent advances in assessing impact of phosphorous loads on Eutrophication related water Quality" water Res, Vol. 16., p. 502, 503, 1982.
6. Arthur M. Hanson, and G. Fred Lee, "Forms of organic Nitrogen in Domestic waste water", JWPCF., 43, 11, 1971.

7. U. S. EPA, "Measures for the Restoration and Enhancement of Quality of Fresh-Water Lakes" EPA 430-9-731, 005, 1973.
8. U. S. EPA, "Manuals of Methods for Chemical Analysis of Water and Waste" EPA - 625-6-74-003, 197-215, 1974.
9. HACH Company, "Water Analysis Handbook", 2-175-2-178, 1982.
10. "Standard Methods for the Examination of water and waste water" 15th ed, 1981.
11. 李弘根, "우리나라 河川의 流出汚染負荷量에 關한 研究", 1985. 1.
12. 崔義昭, 趙光明, "環境工學", 清文閣, 1977. 2.
13. 李弘根의 4人, "大清댐 貯水地內 清州市 上水道源 汚染源 調查", 産業基地開發公社, 1985. 9.
14. 徐胤洙의 5인, "湖沼水의 富營養化에 關한 調查研究", 國立環境研究所.
15. 産業基地開發公社, "5個 多目的댐 貯水地水質 調查報告書", 1985. 12.
16. Forsberg, OECD, op, cit, p. 139, 1978.
17. P. J. Dillon and F. H. Rigler "The phosphorus -chlorophyll-a Relationship in lakes", *Limnology & oceanography* 19(5), 768, 1974.
18. Val H. Smith and Joseph Shapiro, "Chlorophyll - Phosphorus Relationship in individual lakes. Their importance to Lake Restoration Strategies", *Environmental science and Technology*, 15(4), 445-446, 1981.
19. John R. Jones and Roger W. Bachmann, "Prediction of phosphorus and Chlorophyll levels in Lake", *Journal of WP-CF* 48, 2176 -2182, 1976.
20. W. R. Schafner and R. togles by "Phosphorus loadings to lakes and some of their response part 1. A new calculation of phosphorus loading and its application to 13 New York lakes".
21. Robert D. Fallon et al "Planktonic blue-green algal production, Sedimentation and decomposition in Lake Mendota Wisconsin, *Limnology & Oceanography* 25(1), 72, 1980.
22. Robert E. Carlson "A trophic state index for lakes", *Limnology & Oceanography*, 1977.