

대청호 유역의 수질 변동특성 및 상관성에 관한 연구

김 재 윤
한국수자원공사
(1996년 10월 28일 접수)

A Study on Variation Characteristics and Correlations of Water Quality in Daecheong Lake Basin

Jae-Yun Kim
Korea Water Resources Corporation
(Manuscript received 28 October 1996)

This study was performed to analyze the variation characteristics of water quality, correlation analysis of water quality data at each site and among the items of water quality data. Water quality for analysis was monthly values of water temperature, pH, dissolved oxygen, biochemical oxygen demand, chemical oxygen demand, suspended solid, T-N and T-P checked in Daecheong Lake from January to December, 1995.

It was analyzed variation of monthly water quality was well from February to April, water temperature and COD seemed to have high correlations at all sites. Regression equation is $COD = 0.07 \text{ Water temperature} + 1.23$ ($R^2 = 0.7616$). Results of the correlation analysis of water quality data showed that DO had high correlations between site 1 and site 2, BOD did site 1 and 3, COD did site 1 and 2, SS did site 5 and 6, T-N did 2 and 3, T-P did site 4 and 6. Regression equations for estimate of water quality data are as follows.

$DO_1 = 4.46 + 0.59 DO_2$ ($R^2 = 0.8868$), $BOD_1 = 0.52 + 0.63 BOD_3$ ($R^2 = 0.6390$)
 $COD_2 = 0.44 + 0.71 COD_1$ ($R^2 = 0.9183$), $SS_6 = 0.89 + 0.70 SS_5$ ($R^2 = 0.9155$)
 $TN_3 = 0.151 + 0.886 TN_2$ ($R^2 = 0.9415$), $TP_4 = 0.004 + 0.758 TP_6$ ($R^2 = 0.9669$)

Key words : correlation analysis, regression equation

1. 서 론

인구의 급속한 증가와 더불어 도시화가 진행되고 각종 산업이 발달함에 따라 수자원이 크게 요구되는데 이에 비례하여 수자원의 오염이 심각한 문제로 대두되고 있다. 이러한 수자원의 한 시설인 인공호가 하천에 댐을 축조하게 됨으로 형성된 댐호가 대부분인 우리나라에서는 수역내에서 발생한 오염물질의 상당부분이 처리과정 없이 유입되고 있는 실정이므로 그 오염도를 가속화시키고 있다.

금강본류의 중류부에 위치한 대청댐 저수지는 한반도의 중앙에 위치하는 금강유역에서 유일한

다목적 댐인 인공 저수지이며, 유역면적 4,134km²이고 유로 총연장이 259.4km, 저수면적 251km²로 대전시, 충청남북도 및 전라북도 지역의 상수, 농공용수, 홍수조절, 전력, 양어 및 관광 등에 이용되는 중요한 수자원이다. 대청호에서 공급되는 용수량은 1986년에 1,649백만 m³/年, 1991년에 2,666백만 m³/年, 1995년에 4,152백만 m³/年으로 금강유역에 대한 용수공급의 기간이므로 수자원의 양적인 확보는 물론 양호한 수질을 확보해야 한다.

1995년, 대청호 유역내 인구는 355,560명이 고, 토지이용현황은, 임야가 3,076.3km²로 약

74.4%, 논 370.8km², 밭 324.7km², 대지가 42.2km², 기타 320.0km²로 타 지역에 비하여 수역으로 배출되는 단위면적당 오염부하량은 적은 편이나 호수 또는 저수지에서 물이 정체되어 있는 기간이 길기 때문에 저층에 침적량이 많고 침적물내에 포함된 유기물질의 혐기성 분해로 인해 수질이 악화됨과 동시에 부영양화 등 여러 가지 수질 문제가 일어날 가능성이 많다. 또한 우리나라 인공호에서 부영양화가 점차 가속되고 있는 상황에서 호수 내에서 발생하는 오염물질의 부하량을 분석하고 호수의 상태를 정밀하게 파악하는 것은 외부에서 유입되는 오염물질의 관리와 함께 호수 수의 수질관리를 위해 필수적이다.

따라서 유역으로부터 유입되는 오염물질의 유입특성을 분석하는 연구는 효율적인 유역관리를 위한 가장 기본이 되는 자료이며 환경부에서 추진하는 BOD위주의 수질관리 정책에서 인, 질소 및 기타 오염원을 포함한 수질정책으로 전환하는데 필수적인 자료이다.

본 연구에서는 대청호 유역 오염물질들의 월별 변동 특성을 분석하고 수질항목간의 상관관계를 분석함으로써 대청호 및 우리나라 인공호수 유역의 효율적인 관리를 위한 기초자료를 수립하는데 그 목적이 있다.

2. 재료 및 방법

본 연구에 이용된 자료는 한국수자원공사에서 수행하고 있는 수질자동측정망 지역인 대청호 유역의 6개 지점, 대전시 중구 추동지점(지점1), 충북 청원군 문의면 덕유리지점(지점2), 충북 청원군 문의면 상장리지점(지점3), 충북 옥천군 안내면 장계리지점(지점4), 충북 보은군 회남면 어성리지점(지점5) 및 충북 옥천군 북면 대정리지점(지점6) 등에서 측정된 1995년 1월부터 12월까지 1년 동안의 자료로써 수온, 수소이온농도(pH), 용존산소(DO), 생물화학적 산소요구량(BOD), 화학적 산소요구량(COD), 부유물질(SS), 총질소(T-N) 및 총인(T-P) 등 8개 항목의 수질측정자료를 이용하였다.

각 수질측정자료는 월 1회 측정된 자료로, 이들 수질항목을 토대로 월별 변동 특성을 분석하고 수질인자간의 상관성 분석 및 지점간 수질 상관성 등을 규명하였다. 이를 위한 통계분석은 통계패키지 프로그램인 SAS(Statistical Analysis System)를 이용하였다.

3. 분석결과 및 고찰

3.1 월별 변동특성

조사지점에 대한 수온의 최고치는 29℃, 최저치는 2℃이며 평균치는 13℃이다. pH의 경우, 7.1에서 8.8로 그 차는 1.7이며 평균 pH는 7.6으로 호소의 수질환경기준 1급수의 pH 값 6.5~8.5를 만족하는 것으로 분석되었다. pH는 월별로 큰 차이는 보이지 않지만 저절기로 하절기인 6월~9월사이가 약간 높게 나타나고 있는데 이는 조류의 광합성의 결과로 수중의 CO₂가 소모된 것이 원인이라 판단된다.

수질오염의 지표로써 널리 이용되고 있는 DO는 그 변화폭이 14.1mg/l에서 3.3mg/l로 10.8mg/l의 차이를 보여 그 폭이 크며 평균치는 8.8mg/l로 대부분의 지점에서 2월에서 5월 사이에 큰 값을 보이고 있으며 하절기에는 약간

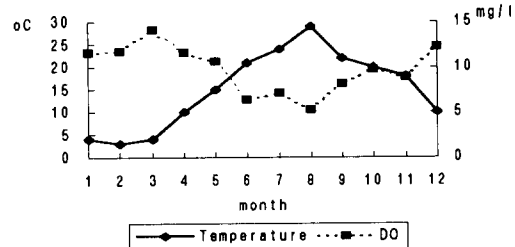


Fig. 1. Variation of monthly Water temperature and DO concentration.

낮은 값을 나타낸다. 수온 및 DO의 월별 변동 특성은 Fig 1과 같다.

BOD의 측정치는 0.7mg/l에서 2.2mg/l로 그 차이는 크지 않은 편이나 댐앞에서 측정된 지점 2에서의 농도가 가장 낮은 값을 보이고 있다. 이는 대청호의 오염원인 주요지천이 상류부에 존

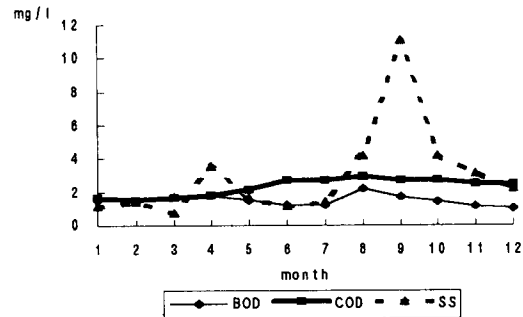


Fig. 2. Variation of monthly BOD, COD and SS concentration.

제한한다는 것과 밀접한 관계가 있다고 판단된다. 또한 지점별로 9월에 농도가 낮게 나타나는 경향이 있는데 이는 강우량의 증가에 기인한 것으로 생각된다. COD 및 SS의 경우 최고치는 각각 2.9mg/l, 11.0mg/l이며, 최저치는 1.3mg/l, 0.5mg/l로 호소의 수질환경기준 1등급 1mg/l에 대하여 각각 최대 2.9배, 11배까지 높게 나타났다. BOD, COD 및 SS의 전체 평균치는 각각 1.28mg/l, 2.19mg/l 및 3.24mg/l이며 월별 변화는 Fig 2와 같다.

부영양화와 밀접한 관련이 있는 T-N 및 T-P의 월별 변화는 Fig 3에서와 같이 T-N의 농도는 0.801mg/l ~ 1.987mg/l의 범위로 T-N의 호소수질 1급수 수질기준이 0.2mg/l이므로 최소 4배에서 10배까지 높다. 지점별로는 변화 양상이 비슷하며 2월에서 6월 사이에 농도가 낮게 나타나고 있다. T-P의 경우 농도의 범위가 0.005mg/l ~ 0.048mg/l로 호소수 1급수 수질기준인 0.01mg/l 보다 최고 5배까지 높게 나타났고, 7월~10월의 농도가 높은 것으로 분석되어 BOD의 수질 수준에 비하여 영양염류의 유입은 제대로 제어되지 못함으로써 호수의 부영양

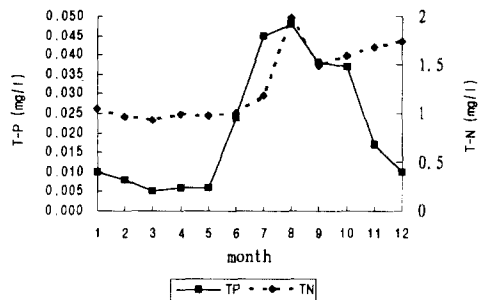


Fig 3. Variation of monthly T-P and T-N.

화에 기여하고 있는 것으로 판단된다.

이상의 결과를 종합해 보면 전반적으로 유출 지점인 댐근처의 오염도가 비교적 낮은 것으로 판단되며 주요오염원인 지천에서 가까운 지역일 수록 높은 오염도를 보이고 있음을 알 수 있고 또한 측정지점 전반에 걸쳐서 영양염류의 농도가 높다고 사료된다.

월별 수질변화를 살펴볼 때 2월, 3월 및 4월이 가장 양호한 것으로 판명되었으며 7~9월의 우기에는 지천에서 다량의 오염부하의 유입으

로 악화되었다가 11~12월에 걸쳐 서서히 회복되는 기미를 보이고 있다. 대청호는 호수물의 호수내 잔류기간이 반년 정도에 지나지 않기 때문에 봄철마다 전도현상에 의한 수질의 급속한 악화는 나타나지는 않을 것으로 생각되며 유역에서 호수내로 오염물의 직접유입과 지천을 통한 유입이 가장 중요시 되는 수질악화의 원인이라고 할 수 있다. 따라서 대청호의 부영양화에 대한 대책도 이에 맞추어 시행되는 것이 필요하다고 하겠다.

각 지점별 수질항목에 대한 최고, 최저치 및 평균치는 아래와 같다.

3.2 수질 항목간의 상관성 분석

수온, 수소이온농도, 용존산소, 생물화학적 산소요구량, 화학적 산소요구량, 부유물질, 총인 및 총질소 등 8개 수질항목의 상관성을 규명하기 위하여 각 지점별로 수질항목사이의 모상관계수(Pearson correlation coefficients)를 각각 구하고 t-검정을 실시하여 그 유의성을 검토하였다. 또한 지점별로 가장 큰 상관성을 나타내는 수질항목에 대하여 분석을 하고 간단한 회귀식을 구성하여 검토하였다.

각 지점별 수질항목에 대한 모상관계수 분석 결과는 아래 Table 3과 같다.

8개의 수질항목에 대하여 상관분석을 실시한 결과를 살펴보면, 수온과 COD가 가장 높은 상관성을 보였다. 이는 수온과 COD의 경우 월간 수온변화에 따른 COD의 농도 변동에 기인하고 있음을 보여준다.

수온과 COD간에 회귀분석을 한 결과 다음과 같은 회귀식을 구성하였다.

$$COD = 0.07 \text{ Water temperature} + 1.23 \quad (R^2 = 0.7616)$$

또한 각 지점별로 수질항목에 대한 상관분석 결과, 지점별로 DO 항목은 상관성이 높게 나타났다.

DO와 수온간의 관계는, 용존산소는 수중에 용존하고 있는 산소로서 산소가 수중에 용해하는 양은 일반적으로 수온, 바람이나 물리적 작용에 의한 공기 접촉면의 증가, 수중 환원성 물질의 유무 및 수중 염분농도 등에 의하여 영향을 받는데, 분석 결과에 의하면 용존산소와 수온간의 상관관계수는 -0.895로 큰 수치를 보이는데 이는 수온이 높아지면 높아질수록 용존산소의 양은 반

Table 1. Maximum, Minimum and Average concentration of W.T, pH, DO and BOD at each site

	W.T(°C)			pH			DO(mg/ℓ)			BOD(mg/ℓ)		
	Max	Min	Avg	Max	Min	Avg	Max	Min	Avg	Max	Min	Avg
Site 1	26	3	14.5	8.3	7.2	7.6	12	6.7	9.3	1.5	1.0	1.3
Site 2	17	3	11	7.8	7.1	7.5	11.8	4.1	8.2	1.4	0.9	1.1
Site 3	29	3	15	8.8	7.1	7.7	12.5	4.8	9.3	1.6	0.8	1.2
Site 4	28	2	14	8.4	7.1	7.6	14.1	5.2	9.8	1.9	0.7	1.3
Site 5	21	3	13	7.9	7.2	7.6	11.9	3.4	8.1	2.2	1.0	1.5
Site 6	22	3	13	8.0	7.1	7.6	11.9	3.3	8.3	1.7	0.9	1.33

Remarks) W.T:Water Temperature, Max:Maximum concentration, Min:Minimum concentration, Avg:Average concentration

Table 2. Maximum, Minimum and Average concentration of COD, SS, T-N and T-P at each site

	COD(mg/ℓ)			SS(mg/ℓ)			T-N(mg/ℓ)			T-P(mg/ℓ)		
	Max	Min	Avg	Max	Min	Avg	Max	Min	Avg	Max	Min	Avg
Site 1	2.9	1.5	2.3	7.5	0.9	3.1	1.618	0.804	1.126	0.038	0.005	0.021
Site 2	2.6	1.5	2.1	9.3	1.2	3.1	1.641	0.801	1.121	0.027	0.006	0.015
Site 3	2.9	1.4	2.2	8.6	0.5	3.4	1.612	0.888	1.145	0.040	0.007	0.019
Site 4	2.9	1.3	2.1	10.6	1.0	4.0	1.987	0.936	1.299	0.039	0.006	0.019
Site 5	2.9	1.9	2.3	11.0	0.7	2.9	1.685	0.908	1.299	0.047	0.005	0.025
Site 6	2.9	1.3	2.2	8.9	1.2	2.9	1.922	0.844	1.282	0.048	0.005	0.021

Remarks) W.T:Water Temperature, Max:Maximum concentration, Min:Minimum concentration, Avg:Average concentration

Table 3. Pearson correlation coefficients of water quality at site 1

	W.T	pH	DO	BOD	COD	SS	T-N	T-P
W.T	1.000							
pH	0.725	1.000						
DO	-0.782	-0.261	1.000					
BOD	0.504	0.805	-0.117	1.000				
COD	0.956	0.594	-0.834	0.303	1.000			
SS	0.782	0.428	-0.819	0.280	0.794	1.000		
T-N	0.712	0.388	-0.786	0.201	0.756	0.718	1.000	
T-P	0.842	0.520	-0.876	0.383	0.844	0.857	0.784	1.000

Remark) W.T:Water Temperature

Table 4. Pearson correlation coefficients of water quality at site 2

	W.T	pH	DO	BOD	COD	SS	T-N	T-P
W.T	1.000							
pH	-0.018	1.000						
DO	-0.826	0.483	1.000					
BOD	-0.261	-0.017	-0.194	1.000				
COD	0.921	0.007	-0.821	-0.294	1.000			
SS	0.587	-0.303	-0.627	-0.003	0.554	1.000		
T-N	0.739	-0.267	-0.773	-0.389	0.678	0.298	1.000	
T-P	0.691	-0.001	-0.657	-0.401	0.761	0.277	0.794	1.000

대청호 유역의 수질 변동특성 및 상관성에 관한 연구

Table 5. Pearson correlation coefficients of water quality at site 3

	W.T	pH	DO	BOD	COD	SS	T-N	T-P
W.T	1.000							
pH	0.647	1.000						
DO	-0.460	0.202	1.000					
BOD	0.299	0.539	0.406	1.000				
COD	0.882	0.410	-0.562	0.169	1.000			
SS	0.541	0.022	-0.555	0.357	0.558	1.000		
T-N	0.696	0.441	-0.426	-0.214	0.744	0.001	1.000	
T-P	0.828	0.127	-0.560	0.035	0.772	0.441	0.769	1.000

Table 6. Pearson correlation coefficients of water quality at site 4

	W.T	pH	DO	BOD	COD	SS	T-N	T-P
W.T	1.000							
pH	0.701	1.000						
DO	-0.895	-0.577	1.000					
BOD	0.835	0.647	-0.737	1.000				
COD	0.923	0.584	-0.822	0.715	1.000			
SS	0.809	0.537	-0.706	0.621	0.829	1.000		
T-N	0.496	0.406	-0.443	0.274	0.706	0.490	1.000	
T-P	0.866	0.674	-0.833	0.795	0.874	0.882	0.529	1.000

Table 7. Pearson correlation coefficients of water quality at site 5

	W.T	pH	DO	BOD	COD	SS	T-N	T-P
W.T	1.000							
pH	0.514	1.000						
DO	-0.758	-0.416	1.000					
BOD	0.034	0.694	-0.039	1.000				
COD	0.812	0.523	-0.737	0.356	1.000			
SS	0.594	0.255	-0.275	0.339	0.608	1.000		
T-N	0.666	0.071	-0.711	-0.116	0.733	0.324	1.000	
T-P	0.681	0.657	-0.650	0.329	0.753	0.513	0.439	1.000

Table 8. Pearson correlation coefficients of water quality at site 6

	W.T	pH	DO	BOD	COD	SS	T-N	T-P
W.T	1.000							
pH	0.483	1.000						
DO	-0.710	-0.412	1.000					
BOD	0.277	0.709	-0.360	1.000				
COD	0.869	0.375	-0.909	0.377	1.000			
SS	0.687	0.334	-0.303	0.208	0.488	1.000		
T-N	0.618	0.038	-0.630	-0.049	0.668	0.318	1.000	
T-P	0.840	0.527	-0.868	0.405	0.874	0.591	0.633	1.000

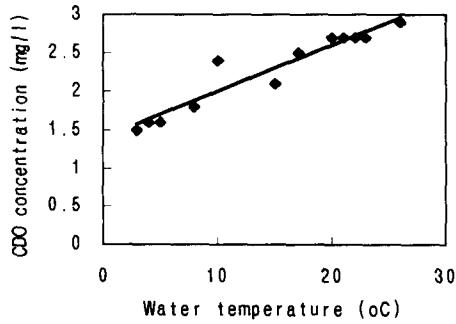


Fig. 4. Correlation diagram between Water temperature and COD.

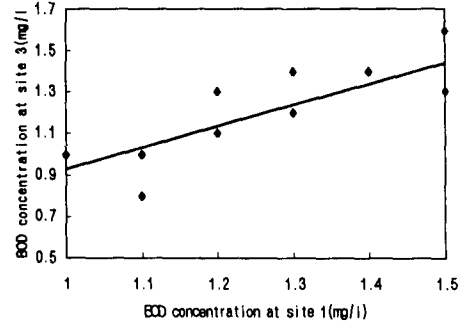


Fig. 7. Correlation diagram between site 1 and 3.

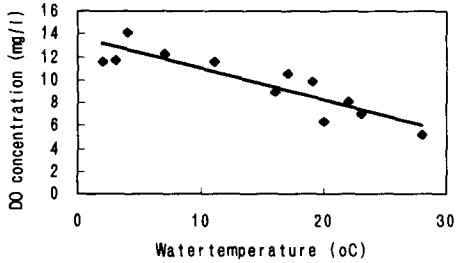


Fig. 5. Correlation diagram between Water temperature and DO at site 4.

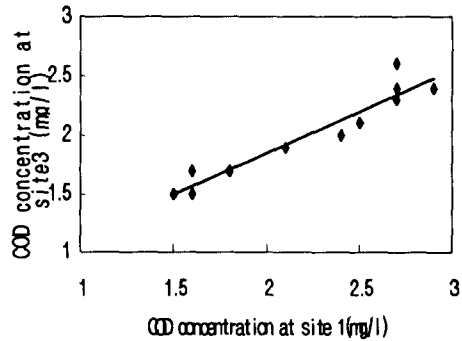


Fig. 8. Correlation diagram between site 1 and 2.

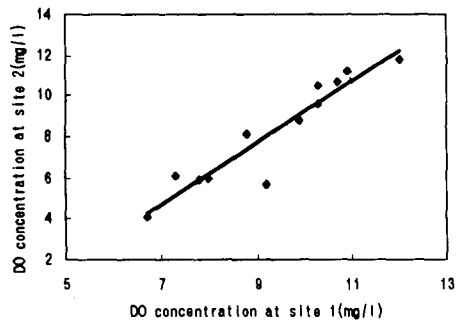


Fig. 6. Correlation diagram between site 1 and 2.

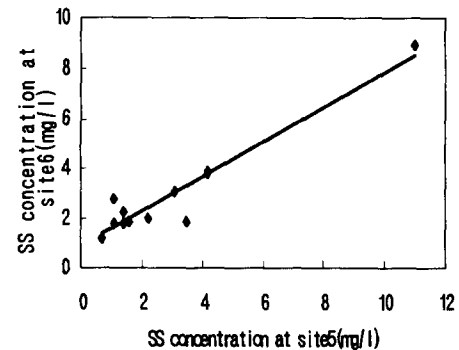


Fig. 9. Correlation diagram between site 5 and 6.

비례적으로 감소한다는 유의한 의미를 지닌다. 특히 지점 4에서 수온과 DO와는 높은 상관관계를 보이고 있으며 이에 대한 회귀식을 구성하면 다음과 같다.

$$D = 14.76 - 0.34 \text{ Water temperature } (R^2 = 0.8016)$$

3. 3 지점간 수질 인자사이의 상관성 분석
각 지점간 수질항목에 대하여 상관분석을 실시한 결과, DO는 지점 1과 지점 2간에 높은 상관성(상관계수 = 0.9417)을 보였고, BOD의 경우는 지점 1과 지점 3의 상관계수(0.7993)가 높

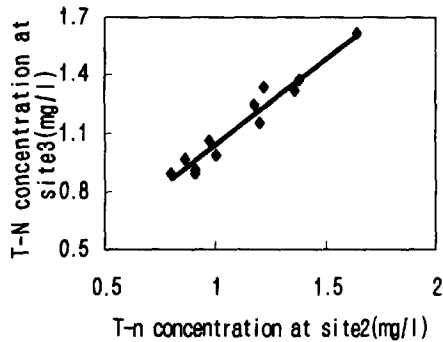


Fig. 10. Correlation diagram between site 2 and 3.

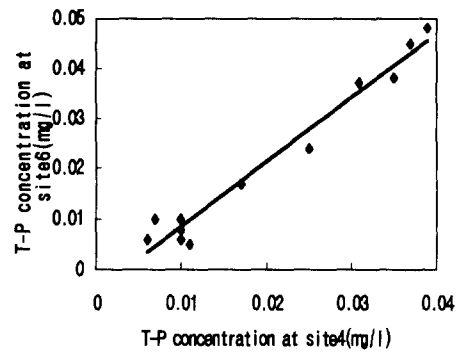


Fig. 11. Correlation diagram between site 4 and 6.

Table 9. Regression Equation of water quality at each site

Regression Equation	Coefficient of determination (R^2)
$DO_1 = 4.46 + 0.59 DO_2$	0.8868
$BOD_1 = 0.52 + 0.63 BOD_3$	0.6390
$COD_2 = 0.44 + 0.71 COD_1$	0.9183
$SS_6 = 0.89 + 0.70 SS_5$	0.9155
$TN_3 = 0.151 + 0.886 TN_2$	0.9415
$TP_4 = 0.004 + 0.758 TP_6$	0.9669

Remarks) DO_1 = DO concentration at site 1, DO_2 = DO concentration at site 2, BOD_1 = BOD concentration at site 1, BOD_3 = BOD concentration at site 3, COD_1 = COD concentration at site 1, COD_2 = COD concentration at site 2, SS_5 = SS concentration at site 5, SS_6 = SS concentration at site 6, TN_2 = TN concentration at site 2, TN_3 = TN concentration at site 3, TP_4 = TP concentration at site 4, TP_6 = TP concentration at site 6

게 분석되었으며 나머지 지점간에는 낮은 상관성을 보이고 있다. 이는 BOD 항목이 유입 오염 부하량의 영향에 비교적 덜 민감하다고 볼 수 있다. COD의 경우는 모든 지점간에 상관계수가 높은 값을 보였지만 특히 지점 1과 지점 2간의 상관계수가 0.9582로 가장 높은 상관성을 보였다. SS의 경우에도 각 지점간에 비교적 상관성이 높게 분석되었지만 지점 5와 지점 6간의 상관계수가 0.9568로 매우 높은 상관성을 보이고 있다. 또한 T-N 및 T-P의 경우에도 모든 지점간에 높은 상관성을 보이고 있고 가장 높은 상관성을 갖는 지점은 각각 지점 2와 지점 3, 지점 4와 지점 6으로 분석되었다.

지점간 상관분석 결과에서 각 지점간에 상관성이 가장 높은 수질항목들에 대하여 회귀분석

을 실시하여 수질항목간의 회귀식을 구성하였고 그 결과를 정리하면 Table 9와 같다.

4. 결 론

대청호 유역 6개 지점에서 측정된 수온, 수소이온농도, 용존산소, 생물화학적 산소요구량, 화학적 산소요구량, 부유물질, 총질소 및 총인 등 8가지의 수질항목을 대상으로 월별 변동 특성 및 수질항목간, 지점간 수질인자에 대한 상관분석을 실시하여 분석한 결과는 다음과 같다.

- 1) 수소이온농도는 하절기인 6월~9월 사이에 높게 나타났고 DO는 14.1mg/l~3.3mg/l의 범위에 대부분의 지점에서 2월에서 5월사이에 큰 값을 보이고 있으며 하절기에는 약간 낮은 값을 나타낸다. BOD의 경우에는 0.7mg/l에서 2.2mg/l로 댐앞에서

측정한 지점 2에서의 농도가 가장 낮은 값을 보이고 있다. 또한 지점별로 9월에 농도가 낮게 나타나는 경향이 있는데 이는 강우량의 증가에 기인한 것으로 생각된다. COD 및 SS의 경우 호소의 수질환경기준 1등급에 대하여 각각 최대 2.9배, 11배까지 높게 나타났다. T-N 및 T-P의 경우 지점별로 변화 양상이 비슷하며 2월에서 6월 사이에 농도가 낮게 나타나고 있다.

- 2) 월별 수질변화를 살펴볼 때 2월, 3월 및 4월이 가장 양호한 것으로 판명되었으며 7~9월의 우기에는 지천에서 다량의 오염 부하의 유입으로 악화되었다가 11~12월에 걸쳐 서서히 회복되는 기미를 보이고 있다.
- 3) 8개의 수질항목에 대하여 상관분석을 한 결과 수온과 COD가 가장 높은 상관성을 보였으며 이는 수온과 COD의 경우 월간 수온변화에 따른 COD의 농도 변동에 기인하고 있음을 보여준다. 수온과 COD간에 회귀분석을 실시한 결과 $COD = 0.07 \text{ Water temperature} + 1.23$ ($R^2 = 0.7616$) 과 같은 회귀식을 구성하였다.
- 4) 각 지점별로 수질항목에 대한 상관분석 결과, 지점별로 DO 항목은 상관성이 높게 나타났다. 특히 지점 4에서 수온과 DO와는 높은 상관관계를 보이고 있으며 이에 대한 회귀식을 구성하면 다음과 같다. $DO = 14.76 - 0.34 \text{ Water temperature}$ ($R^2 = 0.8016$)
- 5) 지점간 수질항목에 대한 상관분석 결과, DO는 지점 1과 지점 2간에, BOD의 경우는 지점 1과 지점 3, COD의 경우는 모든 지점간에 상관계수가 높은 값을 보였지만 특히 지점 1과 지점 2간의 상관계수가 0.9582로 가장 높은 상관성을 보였다. SS의

경우 지점5와 지점 6간, T-N 및 T-P의 경우에도 모든 지점간에 높은 상관성을 보이고 있고 가장 높은 상관성을 갖는 지점은 각각 지점 2와 지점 3, 지점 4와 지점 6으로 분석되었다. 이들에 대한 회귀식은 아래와 같다.

$$DO_1 = 4.46 + 0.59 DO_2 (R^2 = 0.8868),$$

$$BOD_1 = 0.52 + 0.63 BOD_3 (R^2 = 0.6390)$$

$$COD_2 = 0.44 + 0.71 COD_1 (R^2 = 0.9183),$$

$$SS_6 = 0.89 + 0.70 SS_5 (R^2 = 0.9155)$$

$$TN_3 = 0.151 + 0.886 TN_2 (R^2 = 0.9415),$$

$$TP_4 = 0.004 + 0.758 TP_6 (R^2 = 0.9669)$$

참 고 문 헌

孟錫在, 1978, 河川 水質變化의 相關性 研究, 서울대학교 보건대학원 석사학위논문

산업기지개발공사, 1986, 86대청다목적댐 유역 내 수질 및 오염원조사연구 보고서

심순보, 김병찬, 고덕구, 이용석, 1995, 대청호의 유입부하량 산정, 한국수문학회지 학술 발표 논문집

우효섭, 김연주, 이진원, 1995, 우리나라 5대 하천 본류에서의 하천유량과 수질의 상관 특성 검토, 한국수문학회지 학술발표 논문집

李寅善 외 9人, 1995, 대청호 수질보전 종합대책에 관한 연구(1), 국립환경연구원보, Vol. 17조인호, 1995, SAS 강좌와 통계컨설팅, 제일경제연구소

崔奎頤, 1991, 팔당 상수원에 유입하는 오염물질 부하량과 유출특성에 관한 연구, 환경과학회지, Vol. 12

한국수자원공사, 1994, 댐저수지 수질회복 기술개발에 관한 연구 보고서

한국수자원공사, 1995, 다목적댐 수질환경 연감