한국환경보건학회지, 제33권 제4호(2007)
Kor. J. Env. Hlth., Vol. 33, No. 4, pp 299~305(2007)

도심지역 인공호의 수질관리를 위한 지표세균에 관한 연구

추덕성 · 권혁구 · 이상은 · 이장훈†
호서대학교 환경공학과
(2007. 7. 24. 접수/2007. 5. 10. 채택)

A Study on Indicator Bacteria for Water Quality Management of Urban Artificial Lakes

Duk Sung Chu · Hyuk Ku Kwon · Sang Eun Lee · Jang Hoon Lee†

Department of Environmental Engineering, Graduate School Hoseo University, Asan 336-795, Korea
ental Health Research Department, National Institute of Environmental Research
(Received July 24, 2007/Accepted May 10, 2007)

ABSTRACT

Distribution of fecal pollution indicator bacteria and environmental parameter were investigated of urban artificial lakes. An average concentration of temperature, pH, SS, DO, COD_{Mn}, T-P, T-N, Turbidity, Chl-a were 21.5℃, 8.07, 116.70 mg/l, 8.66 mg/l, 2.24 mg/l, 0.52 mg/l, 1.71 mg/l, 80.54 NTU, and 52.12 mg/l respectively. From the results of bivariate correlation analysis, fecal contamination indicator bacteria were found to be mutually correlated. And turbidity and suspended solid were correlated. From the results of principal component analysis, four factors were extracted. And four factors of variance explained up to 81.5 percentage. Factor 1 was pollution pattern by fecal contamination, factor 2 was physical pollution pattern by pollution source, factor 3 was natural pollution by precipitation, and factor 4 was artificial pollution pattern by organism.

Keywords : urban artificial lakes, water quality, indicator bacteria, bivariate correlation analysis, principal component analysis

I. 서 론

호소는 수계 상에서 해양에 도달되기까지 중간에 존재하는 담수의 저장고이며 폐쇄성 또는 준 폐쇄성 수역공간이라는 구조적 특성을 갖고 있다. 또한 소량의 유기, 무기성 오염물질의 유입에 의해 일단 오염이 시작되면 오염도가 계속 증가하는 경향을 보인다.[1,2]

도심지역의 소규모 호소는 대부분이 인공호이며 상류유역에 주거 및 산업시설 등 인위적인 오염원을 가지고 있어 건설 후 10-30년 경과시 모두 중영양호 또는 부영양호 수질을 나타낸다. 그리고 소규모 하천과 비교하여 체류시간이 상당히 길며 물질순환의 속도가 매우 느리게 진행되는 곳으로 조성위치 및 목적에 따라 호소의 유·출입 조절방법과 주 오염원 등이 매우 다르다. 따라서 수질악화의 원인을 파악하거나 수질보전 및 관리 계획을 수립하기 위해서는 집중적인 조사가 필요하다.[3-6]

호소의 현황을 파악하기 위한 대표적인 방법으로는 이화학적 분석법과 미생물학적 분석법 등이 있다. 하지만 수질에 영향을 줄 수 있는 요인들은 무수히 많으며 이화학적 및 미생물학적 분석 결과만으로 호소의 수질특성을 해석하고 오염의 핵심요인을 파악하기에는 많은 어려움이 있다.

통계분석법[3,7-16]은 각 요인간의 복잡한 선형관계를 몇 개의 유형으로 분류한 후 그 유형으로부터 원인을 파악할 수 있는 분석법으로서 이화학적 분석과 미생물학적 분석의 결과를 토대로 통계분석법을 적용한다면 호소오염의 주원인을 파악할 수 있을 것이라 생각한다.

본 연구는 C시 U 호소를 대상으로 분변오염 지표세균의 분포와 이들의 분포에 영향을 미치는 환경요인과의 상호연관성 및 환경오염실태를 살펴보고, 통계학적 분석을 이용하여 지표세균과 수질분석항목들의 상호연

†Corresponding author : Environmental Engineering Major, Hoseo University
Tel: 82-41-540-5741, Fax: 82-41-540-5748
E-mail : jhlee@hoseo.edu

관성을 새로운 요인들로 축약하고 각 요인간의 관계를 해석함으로써 U 호소의 수질 보전 및 관리를 위한 기초자료를 제시하고자 하였다.

II. 연구방법

1. 연구대상지역

U 호소는 C시에 소재하고 있으며 1971년 3월 농업용수 공급을 목적으로 준공된 인공저수지로서 주목적 외에 낚시터로 많이 활용되어 왔다. 유역면적은 50.7 km^2, 만수위수면적은 5.2 km^2, 유지용수는 연간 2.4×10^6 ton이며 이중 농업용수로 1.2×10^6 ton을 이용하고 있다.

시료채수지점은 소하천 유입 지점(site1), 간이 화장실 앞(site2), 인근 과수원과 골프장 근접지역(site3) 등 3개의 유입 지점과 인근하천으로 유출되는 지점(site4) 및 낚시터 및 양식장 시설이 있는 지점(site5) 등 2개의 유출 지점을 선정하여 2006년 3월부터 12월까지 건기와 우기를 고려하여 4회 채수를 하였다(Fig. 1).

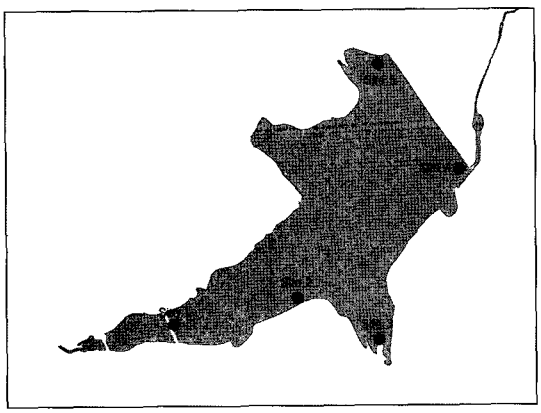

Fig. 1. Sampling sites in U lake.

2. 이화학적 분석

수온, DO, pH는 현장에서 즉시 측정하였고, T-N, T-P, COD_{Mn}, SS, Turbidity, Chlorophyll-a 등은 표층수를 멸균된 polypropylene 병에 담아 채수 즉시 실험실로 옮겨 실험하였으며, 즉시 실험이 어려운 경우에는 4℃ 이하의 냉암소에 보관하여 24시간 이내에 실험하였다. 각 시료의 측정기기 및 방법[17,18]은 Table 1에 나타내었다.

3. 미생물학적 분석

종속영양세균(Heterotrophic Bacteria: HB), 총 대장균군(Total Coliform: TC), 분원성대장균(Fecal Coliform: FC), 대장균(Escherichia Coloform: E. coli), 분원성연쇄상구균(Fecal Streptococci: FS) 등을 선정하여 실험하였으며 각각의 분석방법[19-21]에 대해서는 Fig. 2에 나타내었다. 총 대장균군은 암적색의 금속광택 집락, 대장균은 적갈색 집락, 분원성연쇄상구균은 붉은색 또는 진자주색 집락을 계수하였으며 분원성대장균의 경우 푸른색 집락을 양성으로 판정하고 회색이나 크림색 집락은 음성으로 판정하였다.

4. 통계학적 분석

지표세균과 이들의 분포에 영향을 미치는 이화학적 요인과의 상관관계를 산출하였으며 각 변수의 단위를 감안하여 상관행렬을 이용한 주성분 분석을 행하였다. 주성분 분석은 각 항목간의 복잡한 선형관계를 몇 개의 요인으로 추출할 수 있는 요인분석법으로써 SPSS 12.0K program을 이용하여 분석하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 이화학적 분석

조사기간 동안 수질 분석의 연평균, 최대, 최소, 표준

Table 1. Analysis instruments and methods of characteristics of water

Analysis items	Analysis methods	Analysis instruments
Temperature	Thermometer	YSI model 58
DO	Dissolved oxygen meter	YSI model 58
pH	pH meter	Orion model 520A
T-N	Persulfate digestion method	DR-4000(HACH)
T-P	Acid persulfate digestion	DR-4000(HACH)
COD_{Mn}	Potassium permanganate method	DR-4000(HACH)
SS	Standard method of water quality	Standard method
Turbidity	Turbidimeter	Orion model AQ4500
Chlorophyll-a	Standard method of water quality	UVmini1240(SHIMADZU)

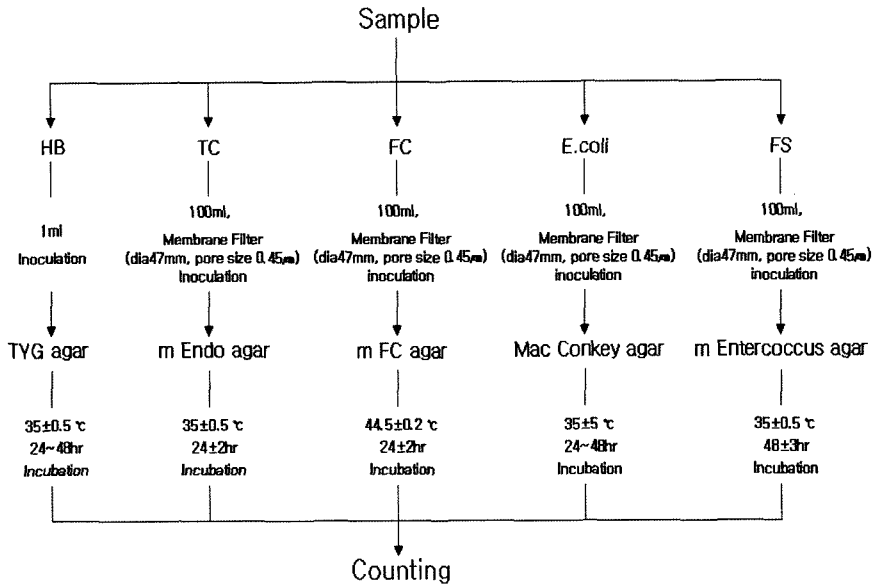

Fig. 2. Analysis method of indicator bacteria. HB: Heterotrophic Bacteria, TC: Total Coliform, FC: Fecal Coliform, E. coli: Escherichia Coliform, FS: Fecal Streptococci, TYG: Tryptone (5 g)-Yeast Extract (5 g)-Glucose (1 g).

Table 2. Summary of chemical parameters in source water

Parameters	Mean	Max	Min	Std. Dev.
Temp. (℃)	21.56	27.80	10.40	6.493
pH	8.0	9.5	6.5	1.003
SS (mg/*l*)	116.70	476.00	5.00	160.280
DO (mg/*l*)	8.66	10.80	6.58	1.157
COD_{Mn} (mg/*l*)	2.24	4.42	0.10	1.239
T-P (mg/*l*)	0.52	3.74	0.08	0.793
T-N (mg/*l*)	1.71	9.90	0.01	2.393
Turbidity (NTU)	80.54	360.00	3.21	114.183
Chl-a (mg/m^3)	52.12	144.57	2.12	46.834

편차 등을 Table 2에 나타내었다. U 호소의 평균 수온은 21.5℃이며 수소이온(pH)은 최소 6.5에서 최대 9.5까지 다양한 범주에서 측정되었다.

SS는 최소 5.00 mg/*l*에서 최대 476.00 mg/*l*로 조사되었으며 Turbidity는 최소 3.21NTU에서 최대 360.00 NTU로 SS와 시기적으로 비슷한 경향을 나타내었다. 이는 우기와 건기시 주변에서의 토사 유입 여부에 따라 SS와 Turbidity에 영향을 미친 것으로 판단된다.

DO와 COD_{Mn}의 평균 농도는 각각 8.66 mg/*l*와 2.24 mg/*l*이었으며 T-P와 T-N의 평균농도는 각각 0.52 mg/*l*와 1.71 mg/*l*로 측정되었다.

T-N의 경우 5월 Site 1에서 최대 9.90 mg/*l*로 측정되었다. 이는 소하천을 통해 오염원이 유입되었고 건기로 인하여 호소 내 순환이 미비하여 나타난 결과로 사료된다.

Chl-a는 2.12-144.57 mg/m^3의 범위를 나타내었으며 타 지점에 비해 Site 3과 Site 4에서 높게 측정되었다. 이는 인근 과수원과 양식장 부근에서의 오염 유입에 의한 결과라고 판단된다.

2. 미생물학적 분석

1) 종속영양세균(Heterotrophic Bacteria: HB)

조사기간 동안 종속영양세균의 계절별 개체군 변화를 살펴보면 5월 10-280 *CFU*/100 m*l*, 7월 53-275 *CFU*/100 m*l*, 9월 600-2080 *CFU*/100 m*l*, 11월 26-120 *CFU*/100 m*l*이었으며 강우시기 이후인 9월에 급격히 증가했음을 확인할 수 있었다. 지점별 분포를 보면 강우시에 유입하천과 간이화장실 부근에서 많은 오염물질이 유입되어 처리되지 않은 상태로 하천으로 유출되어 U 호소의 오염이 하천에도 직접적인 영향을 미치는 것으로 조사되었다.

2) 총 대장균군(Total Coliform: TC)

조사기간 동안 총 대장균군의 계절별 개체군 변화를 살펴보면 5월 6-80 *CFU*/100 m*l*, 7월 9-203 *CFU*/100 m*l*, 9월 240-720 *CFU*/100 m*l*, 11월 12-55 *CFU*/100 m*l*이며 강우시기 이후인 9월에 급격히 증가했음을 확인할 수 있었다. 지점별 분포를 보면 간이화장실 앞 지점, 과수원과 골프장 인근 지점은 우기인 9월에만 급

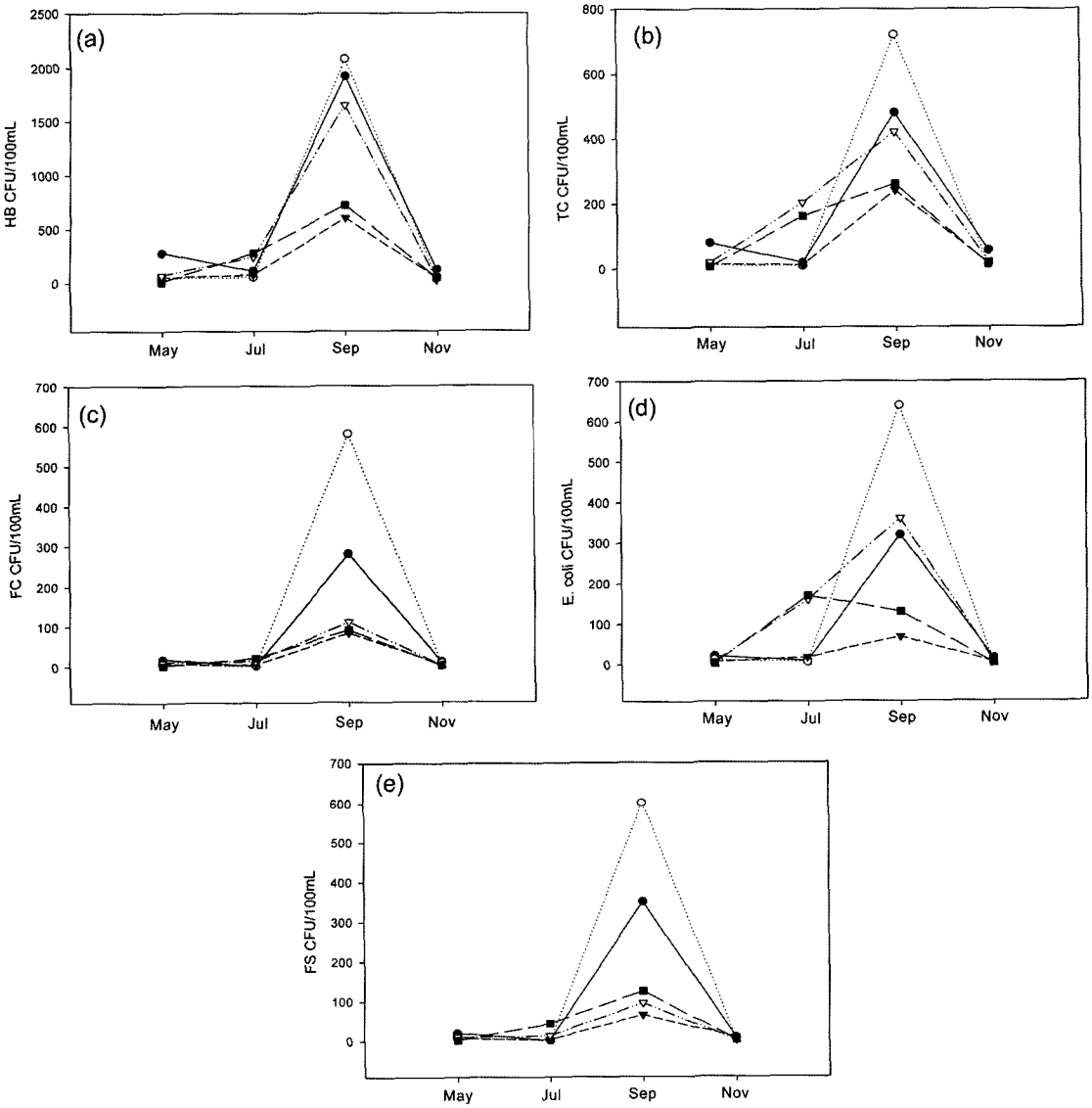

Fig. 3. Seasonal variation of (a): HB(Heterotrophic Bacteria), (b): TC(Total Coliform), (c): FC(Fecal Coliform), (d): E. coli (Escherichia Coliform), (e): FS(Fecal Streptococci). (--●-- : Site 1, --○-- : Site 2, --▼-- : Site 3, --▽-- : Site 4, --■-- : Site 5)

격한 변화를 보였으며 2군데의 유출지점은 7월에도 다른 지점에 비해 높은 값을 보였다. 즉, 낚시터 및 양식장등에 의한 오염이 수온에 영향을 받아 심화되었다가 강우시에 유입되는 오염원과 함께 방류되어 하천에 영향을 주는 것으로 조사되었다.

3) 분원성대장균(Fecal Coliform: FC)

조사기간 동안 분원성대장균의 계절별 개체군 변화를 살펴보면 5월 2~18 *CFU*/100 m*l*, 7월 1~20 *CFU*/100 m*l*, 9월 82~580 *CFU*/100 m*l*, 11월 1~11 *CFU*/100 m*l*이며 강우시기 이후인 9월에 급격히 증가했음을 확인할 수 있었다. 지점별 분포를 보면 강우에 의해 간이화장실 부근과 유입하천을 통해 많은 오염물질이 유입된 것으로 판단된다.

4) 대장균(Escherichia Coloform: E. coli)

조사기간 동안 대장균의 계절별 개체군 변화를 살펴보면 5월 280 *CFU*/100 m*l*, 7월 4~22 *CFU*/100 m*l*, 9월 68~640 *CFU*/100 m*l*, 11월 3~15 *CFU*/100 m*l*이며 강우시기 이후인 9월에 급격히 증가했음을 확인할 수

있었다. 지점별 분포를 보면 Site 2, 1, 4 지점 순으로 높게 나타났고 낚시터 및 양식장이 있는 지점(Site5)은 7월에 높은 값을 나타내어 수온(온도)과 영향이 있음을 확인하였으며 9월에 전반적으로 높은 값을 나타내었다.

5) 분원성연쇄상구균(Fecal Streptococci: FS)

조사기간 동안 분원성연쇄상구균의 계절별 개체군 변화를 살펴보면 5월 2~20 *CFU*/100 ml, 7월 1~44 *CFU*/100 ml, 9월 65~600 *CFU*/100 ml, 11월 1~8 *CFU*/100 ml이며 강우시기 이후인 9월에 급격히 증가했음을 확인할 수 있었다. 지점별 분포를 보면 간이화장실 앞과 유입하천 지점이 높게 나타났다. 따라서 강우에 의해 많은 오염물질이 유입된 것으로 판단되며 미생물학적 분석 결과를 Fig. 3에 나타내었다.

3. 통계학적 분석

상관분석은 두 변수들 간의 관련성 및 방향성의 정도를 검정하고자 할 때 이용하는 통계기법으로서 가설 검정을 위해서는 표본상관계수 r에 근거하여, 모집단의 상관관계에 대한 가설을 검정한다. 호소수질항목간의 관련성을 분석하기 위하여 14개 수질항목에 대한 단순상관분석을 실시하였다(Table 3).

종속영양세균은 총 대장균군(r=0.964), 분원성대장균군(r=0.875), 대장균(r=0.925), 분원성연쇄상구균(r=0.880)와 정(+)의 높은 상관성을 가졌고, 총 대장균군은 분원성대장균군(r=0.913), 대장균(r=0.968), 분원성연쇄상구균(r=0.910)과 정(+)의 높은 상관성을 가지는 것으로 나타났으며, SS는 탁도(r=0.969)와 정(+)의 높은 상관성을 보였다. 단순상관분석을 통해 지표세균 간 서로 상관관계가 있는 것을 확인하였고, SS와 탁도 또한 높은 상관관계가 있는 것을 확인할 수 있었다.

U 호소에 대해 14개 수질분석 대상항목들로부터 주성분 분석을 행한 결과 14개 요인에 대해 산출한 고유치(Eigen value)와 기여율은 Table 4에 나타내었다. 요인 1의 고유치는 6.191이고 기여율은 44.220%로 이는 전체 호소 수질 변동의 분산 중에서 44.220%를 설명할 수 있음을 의미한다. 요인 2의 고유치는 2.427이고 기여율은 17.3385%이고, 요인 3과 요인 4의 고유치는

Table 4. Eigen values and cumulative percentage

Factor	Eigen Value	Perc. of variance	Cumulative Perc.
1	6.191	44.220	44.220
2	2.427	17.338	61.559
3	1.694	12.101	73.659
4	1.097	7.835	81.494
5	.846	6.042	87.536
6	.826	5.901	93.437
7	.494	3.528	96.965
8	.232	1.660	98.625
9	.135	.964	99.589
10	.042	.300	99.889
11	.008	.059	99.948
12	.005	.035	99.983
13	.002	.012	99.996
14	.001	.004	100.000

Extraction method: Principal component analysis.

Table 3. Correlation matrix among 14 variables (n=20)

Items	HB	TC	FC	E. coli	FS	Temp.	pH	SS	DO	T-P	T-N	Turb.	Chl-a	COD_{Mn}
HB	1.000													
TC	**.964**	1.000												
FC	**.875**	**.913**	1.000											
E. coli	**.925**	**.968**	**.915**	1.000										
FS	**.880**	**.910**	**.994**	**.905**	1.000									
Temp.	.036	.084	.023	.097	.023	1.000								
pH	.017	−.067	.102	−.078	.064	.360	1.000							
SS	.574	.591	.436	.520	.385	−.206	−.011	1.000						
DO	−.403	−.459	−.370	−.385	−.394	.111	.489	−.236	1.000					
T-P	.513	.393	.364	.289	.442	.001	−.049	−.123	−.185	1.000				
T-N	.079	−.005	−.014	−.088	.031	−.091	−.092	−.378	−.226	.398	1.000			
Turb.	.578	.637	.449	.557	.397	−.069	.012	**.969**	−.262	−.120	−.358	1.000		
Chl-a	.138	.161	.278	.187	.210	−.077	.496	.313	−.107	−.382	−.418	.350	1.000	
COD_{Mn}	.532	.536	.483	.407	.486	−.002	.160	.381	−.467	.387	.173	.417	.250	1.000

HB: (Heterotrophic Bacteria), TC: (Total Coliform), FC: (Fecal Coliform), E. coli: (Escherichia Coloform), FS: (Fecal Streptococci).

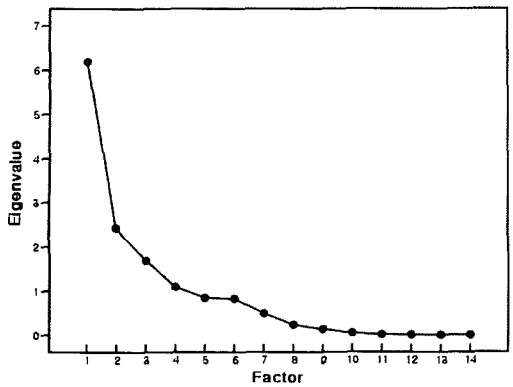

Fig. 4. Plotting of eigen values extracted by principal component analysis.

각각 1.694, 1.097이고 기여율은 12.101%, 7.835%를 나타내고 있다. 이들 요인 1부터 4까지 누적기여율은 81.494%로서 호소수질변동의 대부분을 설명할 수 있는 것으로 나타났다.

요인수를 결정하는 것은 여러 가지 방법이 있으나, 본 연구에서는 고유치가 1.0 이하인 경우의 요인은 변수 1개의 분산을 설명할 수 없으므로 변수 1개 이상의 분산을 설명할 수 있는 1.0 이상이 되는 요인 4개를 추출하였고 Fig. 4에 각 요인(Factor)들의 고유치 변화를 나타내었다.

요인분석의 요인추출에서 얻어진 성분행렬에서 요인적재량(Factor loading)은 각 변수와 요인간의 상관관계 정도를 나타내어 주는데 0.4 이상이 되면 유의한 변수로 간주하며 0.5가 넘으면 중요한 변수로 본다[15]. 그리고 최초의 행렬에서 나타난 요인들에 적재된 변수들을 보다 한 요인에 속할 수 있도록 하기 위해 요인을 회전시켜 확인한다. 그 중 하나의 요인에 높게 적재하는 변수의 수를 줄여서 요인 해석에 중점을 둔 Varimax 방식을 사용하였다.

최초의 성분행렬을 보면 요인 1과 2는 비교적 뚜렷한 특징을 볼 수 있으나, 요인 3과 4는 변수들의 상관관계와 특정요인에 적재되어 있는지를 판별하기 어렵다(Table 5). 따라서 보다 정확한 설명을 위해 Varimax 방식에 의해 직각 회전시켜 나타난 결과를 Table 6에 나타내었다.

회전된 성분행렬을 보면 요인 1은 종속영양세균, 대장균군, 분원성대장균군, 대장균, 분원성연쇄상구균과 밀접한 관련을 나타내고 있으며 요인 2는 SS, T-P, T-N, 탁도, 요인 3은 수온, DO, 요인 4는 pH, Chl-a, COD_{Mn}과 높은 상관성을 나타내고 있다. 요인 1은 분변오염요인과 관련된 것이며 요인 2는 오염원 유입에 의한 물리적 인자와 관련된 것으로 파악할 수 있다. 요인 3은 계절적 요인, 요인 4는 유기물질에 의한 오염으로 생각할 수 있다. 이를 정리하면 인근지역에서의 인위적

Table 5. Factor matrix extracted from principal component analysis

Items	Component			
	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4
HB	.951	−.149	.087	−.090
TC	.978	−.082	.022	−.153
FC	.922	−.070	.189	−.064
E. coli	.932	−.034	.050	−.264
FS	.913	−.158	.188	−.072
Temp.	−.001	.018	.639	−.354
pH	.002	.399	.825	.295
SS	.659	.523	−.363	−.025
DO	−.503	.288	.465	−.303
T-P	.372	−.714	.218	.041
T-N	−.046	−.764	.046	.363
Turbidity	.688	.522	−.293	−.035
Chl-a	.279	.691	.183	.460
COD_{Mn}	.631	−.095	.075	.579

Factor extraction method: Principal component analysis.
HB: (Heterotrophic Bacteria), TC: (Total Coliform), FC: (Fecal Coliform), E. coli: (Escherichia Coloform), FS: (Fecal Streptococci).

Table 6. Rotated factor matrix extracted from principal component analysis

Items	Component			
	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4
HB	**.964**	−.019	−.089	.070
TC	**.984**	.085	−.107	.024
FC	**.931**	.008	−.004	.166
E. coli	**.958**	.148	−.010	−.036
FS	**.938**	−.068	−.010	.121
Temp.	.149	−.070	**.711**	.034
pH	−.016	.001	.571	**.775**
SS	.509	**.663**	−.349	.141
DO	−.406	.148	**.675**	.020
T-P	.487	**−.670**	−.006	−.102
T-N	.007	**−.813**	−.239	−.027
Turbidity	.548	**.646**	−.293	.170
Chl-a	.089	.442	−.060	**.771**
COD_{Mn}	.511	−.219	−.379	**.544**

Rotation method: Varimax with kaiser normalization.
HB: (Heterotrophic Bacteria), TC: (Total Coliform), FC: (Fecal Coliform), E. coli: (Escherichia Coloform), FS: (Fecal Streptococci).

인 오염요인으로 볼 수 있고 연구에는 계절성의 존재를 반드시 고려해야 하는 것을 시사한다. 즉 도심지역 인공호의 경우에는 주변 인근지역의 분변오염물질 및 유기물질 등 비점오염원의 오염물질이 여름철 홍수기에 강우에 영향을 받아 호소 내로 유입 축적되는 것으로 판단된다.

IV. 결 론

C시 U 호소를 대상으로 분변오염 지표세균의 분포와 이들의 분포에 영향을 미치는 환경요인과의 상호연관성 및 오염실태를 살펴본 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) U 호소의 이화학적 분석결과 - SS와 Turbidity의 경우 우기와 건기시 주변에서의 토사 유입여부에 따라 영향을 미친 것으로 판단된다. T-N의 경우 특정 지점에서 높게 나타났는데 이는 소하천을 통해 유입된 오염원이 호소 내 순환이 미비하여 나타난 결과로 사료된다. Chl-a의 경우 타 지점에 비해 Site 3과 Site 4에서 높게 나타났는데 이는 인근 과수원과 양식장 부근에서의 오염원 유입에 의한 결과라고 판단된다.

2) 미생물학적 분석(지표세균의 분포) 결과 - 종속영양세균 5월 10~280 *CFU*/100 ml, 7월 53~275 *CFU*/100 ml, 9월 600~2080 *CFU*/100 ml, 11월 26~120 *CFU*/100 ml, 총 대장균군 5월 6~80 *CFU*/100 ml, 7월 9~203*CFU*/100 ml, 9월 240~720*CFU*/100 ml, 11월 12~55 *CFU*/100 ml, 분원성대장균군 5월 2~18 *CFU*/100 ml, 7월 1~20 *CFU*/100 ml, 9월 82~580 *CFU*/100 ml, 11월 1~11 *CFU*/100 ml, 대장균 5월 280 *CFU*/100 ml, 7월 4~22 *CFU*/100 ml, 9월 68~640 *CFU*/100 ml, 11월 3~15 *CFU*/100 ml, 분원성연쇄상구균 5월 2~20 *CFU*/100 ml, 7월 1~44 *CFU*/100 ml, 9월 65~600 *CFU*/100 ml, 11월 1~8 *CFU*/100 ml의 분포를 나타내었으며 특히 강우 이후인 9월에 높은 밀도를 보였다.

3) 통계학적 분석 중 단순상관분석을 통해 지표세균간의 서로 상관관계가 있는 것으로 나타났으며 SS와 탁도 역시 상관관계가 있는 것으로 나타났다.

4) 주성분 분석을 통해 고유치 1.0이상을 기준으로 호소수질변동의 81.5%를 설명할 수 있는 4개의 요인을 추출하였다. 요인 1은 분변오염요인, 요인 2는 오염원 유입에 의한 물리적 인자, 요인 3은 계절적 요인, 요인 4는 유기물질에 의한 오염으로 생각할 수 있다.

5) 4개의 요인을 정리하면 인근지역에서의 인위적인 오염요인으로 볼 수 있으며 계절성의 존재를 반드시 고려하여 연구가 진행되어야 하는 것을 시사한다.

향후 본 연구의 결과는 국내 도심지역 소규모 인공호의 수질관리를 위한 기초 자료로 활용될 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 황갑수, 김강주, 이영남, 여성구, 김진삼 : 군산시 호소수에서의 수질특성과 THMs 생성에 관한 연구. 한국환경위생학회지, **27**(1), 44-50, 2001.
2. 장봉기, 박종안, 이종화 : 아산시 신정호소의 수질오염 현황 및 부영양화 저감 방안. 순천향자연과학연구논문집, **4**(1), 169-185, 1998.
3. 김영주 : 주성분분석에 의한 도시호수의 수질평가에 관한 연구. 환경관리학회지, **9**(2), 197-203, 2003.
4. 김호섭, 황순진, 고재만 : 도심의 얕은 인공호인 일감호의 수질변화특성과 퇴적환경의 평가. 한국육수학회지, **36**(2), 161-171, 2003.
5. Walter Rast and Sven-Olof Ryding : The Control of Eutrophication of Lakes and Reservoirs(Man and the Biosphere), The Parthenon Publishing Group, 1989.
6. OECD : Eutrophication of Assessment and Control, 1982.
7. 유호식 : 한강수질에 영향을 끼치는 요인들의 통계분석. 대한환경공학회지, **24**(12), 2139-2150, 2002.
8. 정현미, 임연택, 류재근 : 수질관리를 위한 대장균군 자료의 통계적 해석. 1999 한국물환경학회 춘계학술발표회, 한국물환경학회, 고려대학교, 39-42, 1999.
9. 신성교, 박청길, 송교욱 : 주성분 분석법을 이용한 낙동강 하구 해역의 수질 평가. 한국환경과학회지, **7**(2), 171-176, 1998.
10. 이홍재, 이형진, 한진석, 권숙표 : 주성분분석에 의한 인천연안 수질의 평가. 한국물환경학회, **7**(1), 9-19, 1991.
11. 김복현, 이재형, 이수환, 윤조희 : 주성분 분석에 의한 A_2O 공법의 처리성 평가. 한국환경위생학회, **18**(2), 67-74, 1992.
12. 오영민, 백성옥 : 주성분 분석을 이용한 하천수질 자료의 해석. 대한화경공학회지, **6**(1), 1056-1062, 1984.
13. 자유아카데미 : 데이터 유형에 따른 통계분석기법, 61-66, 81-84, 2005.
14. 강병서 : 다변량통계학, 법문사, 1988.
15. 이학식, 임지훈 : SPSS12.0 매뉴얼, 초판 4쇄, 법문사, 2006.
16. 이남도 : 통계분석 기법을 이용한 군산 연안해역의 수질특성 평가. 군산대학교 대학원, 2004.
17. 동화기술편집부 : 수질오염·폐기물·토양오염 공정시험방법, 8판, 동화기술, 166-167, 277-278, 2003.
18. HACH COMPANY DR-4000 MANUAL.
19. 장현정, 이용욱 : 상수원 수질관리를 위한 분변오염 지표세균에 관한 연구. 한국환경위생학회지, **29**(1), 19-27, 2003.
20. 박희정 : 곡교천 수계의 이화학적 특성과 미생물군집의 상관관계. 호서대학교 대학원, 21-22, 2003.
21. 박지은, 김선덕, 조주래, 김상현, 이혜진, 이영옥 : 지표수에서의 분변오염지표세균(대장균군) 검출방법의 비교연구. 한국물환경학회지, **22**(6), 1052-1059, 2006.